

PROJECT WORK LEARNING - PATENT, FIRST PERSON VIEW FROM AIRPLANE »FROM IDEA TO PRODUCT«

LUKA ARTELJ, JOŽICA BEZJAK, EDVARD TRDAN

ABSTRACT

We got the idea for the research after the last year's success (Intelligent Multicopter). To make the task even better, we decided to build an unmanned airplane with added electronics, telemetry, with multiple cameras and a video image transfer. This is the FPV or the first person view. The aircraft is a flying platform in the shape of a wing that flies with two control surfaces and the drive motor. It is operated by a radio-controlled 2.4 GHz transmitter, which determines the heading, the altitude, the bank angle and the speed of the flight. By moving the control surfaces we can change the direction of flight and also by the help of the intelligent autopilot, pitot tubes and other sensors, to which inputs from the receiver are brought. Autopilot makes the correct adjustments by the help of the PID loop. The path of the flight plane is to follow can also be written on a map by using a computer.

If a failure occurs, the plane will return to the starting point. We fly in different regimes of flight: manual, stabilized, automatically, by using a GPS or via a computer. The plane has one brushless 14.8 V motor with speed controllers, which operate at a frequency of 480 Hz. It is powered by a LiPo battery 4S1P = 14.8 with the capacity of 5000 mAh 25 C (C is discharge coefficient). This battery allows up to 60 minutes of flying time at an average consumption of current at 5 A at ideal conditions. Big wings also allow gliding. Flying requires some skills. The PID loop provides a very stable and responsive flying. The live images are sent to the operator over two 250 mW video transmitter cameras. In addition, we have access to the flight data on the LCD display. However, for good and safe flying many years of experience and compliance with the current legislation are required.

Key words: pitot tube, sensors, PID loop, flight controller, GPS.

PROJEKTNO UČNO DELO - PATENT, OSEBNI POGLED IZ BREZPILOTNEGA LETALNIKA "OD IDEJE DO IZDELKA"

Student Luka Artelj, Ass.Prof. Ph.D.Ph.D. Jožica Bezjak, University of Primorska, Faculty of education, Prof.

Edvard Trdan, B.Sc., SŠTS Šiška, Ljubljana, Slovenia

POVZETEK

Na samo idejo smo prišli po doseženem uspehu preteklega leta (Inteligentni multikopter). Da bi bila naloga še boljše, smo se odločili za izgradnjo brez pilotnega letala z dodano elektroniko, telemetrijo, z več kamerami in video prenosom slike. To je angleško FPV ali slovensko osebni pogled. Letalo je letéča platforma v obliki krila, ki leti s pomočjo dveh krmilnih površin in pogonskega motorja. Upravlja se ga z radijsko vodenim 2,4 GHz oddajnikom, s katerim določamo smer, višino, nagib in hitrost letenja. S premikanjem krmilnih površin spreminjamo smer z pomočjo inteligentnega avtopilota, pitotove cevi in ostalih senzorjev, na katere pripeljemo vhode iz sprejemnika. Avtopilot jih pravilno preusmeri s pomočjo PID zanke. Letalu lahko tudi napišemo pot na zemljevidu preko računalnika in na tej osnovi bo tudi sam letel.

Pri napaki se bo sam vrnil na izhodiščno točko. Letimo v različnih režimih letenja: ročno, stabilizirano, avtomatsko, letenje s pomočjo GPS-a, preko računalnika. Letalo ima en brez krtačni trifazni 14.8 V motor z regulatorjem vrtljajev, ki deluje na frekvenci 480 Hz. Napajanje dobi iz LiPo akumulatorja 4S1P = 14.8 V s kapaciteto 5000 mAh 25 C. Ta akumulator omogoča do 60 minut letenja ob povprečni porabi 5 A in idealnih pogojih. Velika krila omogočajo tudi jadranje. Upravljanje zahteva nekaj znanja. PID zanka omogoča zelo stabilno in odzivno letenje. Dve kameri preko 250 mW video oddajnika pošiljata sliko v živo do operaterja. V pomoč so nam prikazani podatki o letu na LCD prikazovalniku. Za dobro in varno letenje pa so potrebne dolgoletne izkušnje in upoštevanje trenutne zakonodaje.

Ključne besede: pitotova cev, senzori, PID zanka, avtopilot, GPS.

1. Cilj izdelave raziskovalne naloge.

Naš cilj raziskovalne naloge, je bilo izdelati letalo, ki bo letelo popolnoma avtonomno. To je avtopilot z imenom Pixhavk, ki temelji na arduino ploščo, z senzori; pospeškometer, žiroskop, barometer, tokovni senzor, pitotova cev in GPS. Z temi senzori letalo leti skoraj avtonomno, razen pristanka in vzleta.

Letalo vsebuje dve kameri, eno za snemanje in eno za upravljanje letala. Obe sta vezani na en video oddajnik, ki bo pošiljal sliko do operaterja. Doseg video prenosa je omejen do 5 km daleč in višino do 300m.

S tem lahko snemalo velike površine, kot so kmetijska polja, gozdovi, reke in širšo pokrajino iz višjega pogleda.



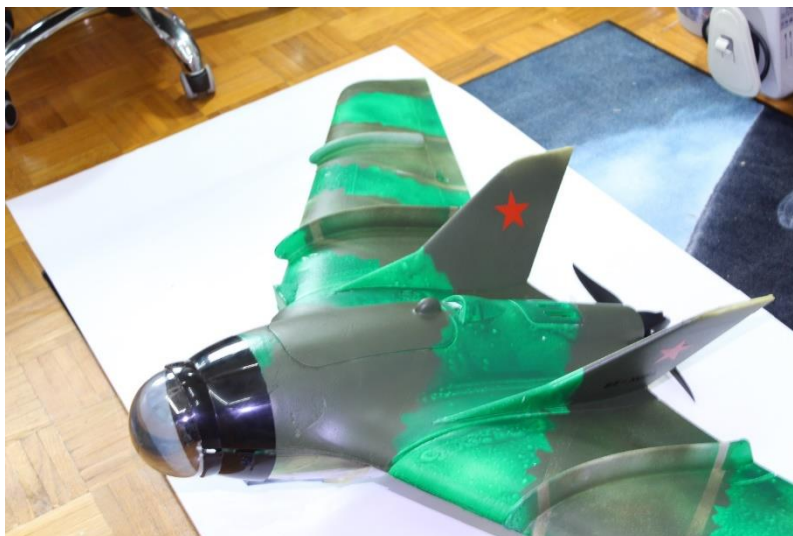
Slika 1: Registracija letala.

2. Kaj je in kako deluje.

Naš izdelek, ki smo ga izdelali je radijsko vodeno letalo v obliki krila. Ni klasična oblika letala, ampak je samo krilo v deltasti obliki z vertikalnimi stabilizatorji za večjo stabilnost. Pogonski motor je lociran v zadnjem delu letala, da imamo spredaj dovolj prostora za kamero. Prednosti tega tipa letala so, je zelo enostaven za sestaviti ali razstaviti na terenu, ima enostavne krmilne površine v primerjavi z klasično obliko letala. Tovrstna oblika povzroči veliko vzgona s tem letalo tudi jadra. Slabosti so; letalnik ne premore ostrih zavojev, velik vzgon pri jadraniu povzroča težko pristajanje.

Upravlja se ga preko 2,4 GHz komande po višini, nagibu in hitrosti. Te trije osnovni ukazi zadoščajo vse osnovne zavoje, ki jih potrebujemo pri letu.

Imamo dve kameri ki prenašata video prenos slike, direktno preko radijske povezave do operaterja, ki ima LCD prikazovalnik slike.



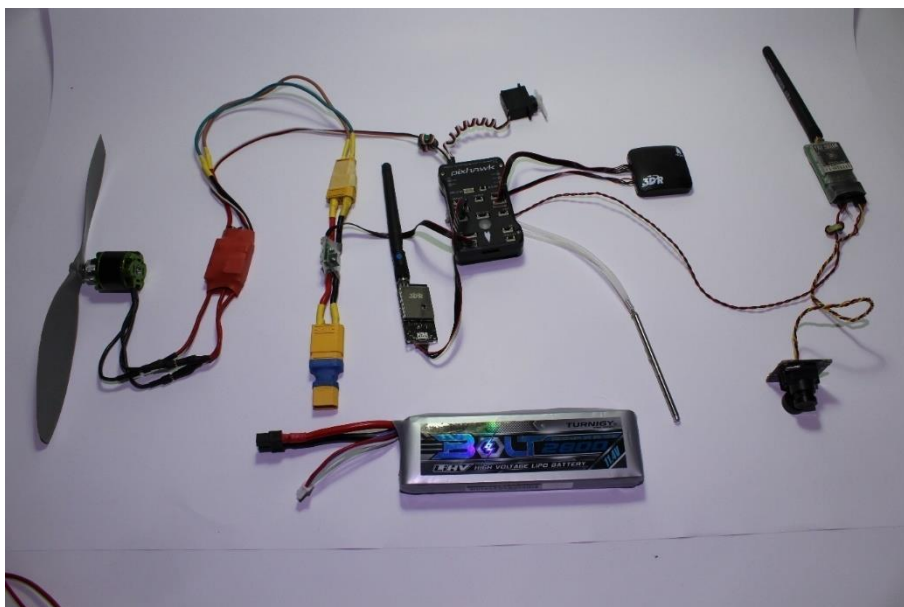
Slika 2: Letalo.

2. Teoretični del.

Letalo z 2,4 GHz radijsko potajo in 5,8 GHz video prenosom naj bi letelo do 5 km daleč in 300 metrov višine. 500 W motor z maksimalno porabo 40 A pri 15.8 voltih, naj bi zadoščal z akumulatorjem kapacitete 5000 mAh do 60 minut letenja.

Teoretično bi lahko letalo letelo popolnoma avtonomno z inteligentnim avtopilotom, a pot do tja je še dolga in ni varna. Tudi varnostni predpisi to ne dovoljujejo.

2.1. Električni načrt.

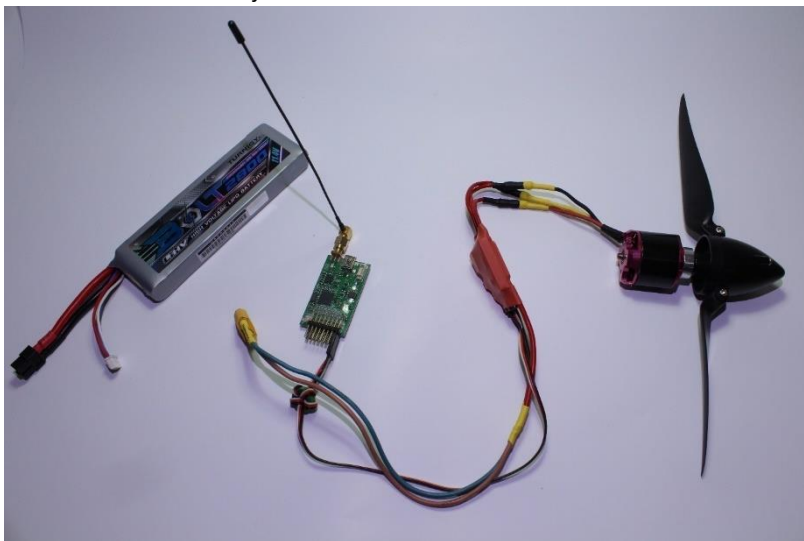


Slika 3: Komponente projekta.

3. Sestavni deli.

3.1. Pogonski motor.

Pogonski motor: brez krtačni trifazni 10 - 16,3 Voltni motor, ki je narejen predvsem za modelarska letala. Imajo točno določene obrate 950 KV od katerih je odvisna elisa.



Slika 4: Komponente pogonskega sistema.

3.2.Regulator vrtljajev.

Visokofrekvenčni regulator izmenične napetosti, ki pretvori enosmerno napetost iz baterije v trofazni signal za motorje, hitrost vrtenja regulira preko signalnega vodnika, ki gre iz avtopilota. S tem določamo hitrost letenja. Maksimalen tok, ki ga dopušča je 40 A, ki je usklajeno z motorjem.

Avtopilot oddaja impulzni signal od 0,5ms do 1,5ms, ta signal regulator prebere kot 0% in 100%, seveda so vmes še vmesne stopnje.



Slika 5: Regulator vrtljajev.

3.2. Servo motorji.

Servo motorji so mehanizem, ki mehansko premakne ročico za 60° v levo ali desno. Hitrost premika iz ene skrajnosti v drugo je 10ms in potisk na ročici je 2.5 Kg/cm.

Napajajo se preko avtopilota z 5V.

Pozicijo ročice določa avtopilot z impulznim signalom od 0,5ms-leve skrajne pozicije, do 1,5ms do desne skrajne pozicije.



Slika 6: Servo motor.

3.3. Elisa.

Elisa ali propeler, ki z vrtenjem omogočajo potisk letala in s tem preko kril ustvari vzgon, ki omogoči da letalo leti. Elisa je nameščena v zadnjem delu letala. Tako, da je v ospredju prostor za kameri. Hkrati je propeler zložljiv, letalo pa lažje jedra. odprta elisa bi ustvarila večji upor. Velikost elise je 9x5 (228x127mm.) kar pomeni 228mm premer s korakom 127mm, v idealnih razmerah en obrat elise je 127mm potiska.



Slika 7: Elisa



Slika 8: Elisa v položaju za jadranje.

3.3. Ohišje.

Ohišje letala je izdelano iz elaporja, podobno kot stiropor, a bolj prožen in trpežnejši. Razpon preko kril je 1600mm, dolžina 900mm in vse skupaj tehta 2 kilograma.



Slika 9: Ohišje.



Slika 10: Krilo.

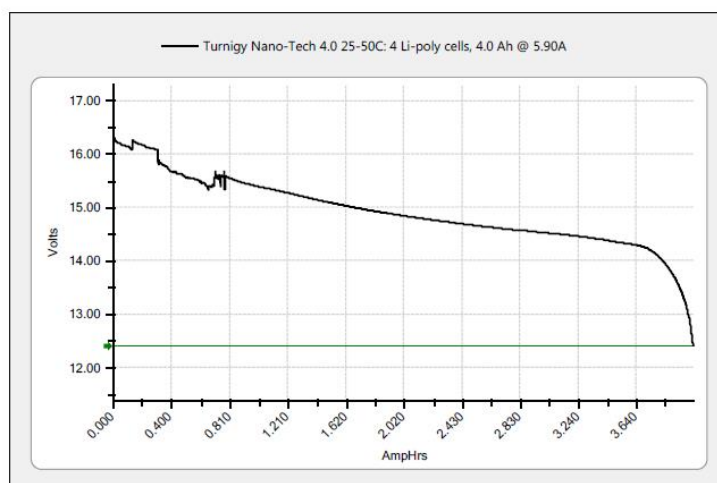
3.4. Akumulator.

Uporabili smo LiPo (litij polimer) akumulator, ki imajo najvišjo kapaciteto na svojo maso, pri danem toku. Lipo akumulatorji sprejemajo in oddajajo ogromne tokove do 50C praznjenja ali 10C (C je produkt z kapaciteto, dobimo maksimalen varen oddan tok, ki temelji na notranjo upornost) polnjenja pri čemer pridemo tudi na 200A varnega toka. So pa akumulatorji lahko zelo nevarni, če prekoračimo tok ali ponesrečen kratek stik, akumulator se lahko napihne in zagori pri čemer oddaja toksičen plin.

Akumulatorji se ločijo po številu členov in kapaciteti:

Št. členov 2S1P 7.2V, 3S1P 11.1V, 4S1P 14.8V (napisane napetosti so nazivne vrednosti baterij)

West Mountain Radio - CBA III



Turnigy Nano-Tech 4.0 25-50C:
Description: 4 Li-poly cells, 4.0 Ah @ 5.90A
Started At: 22/04/2011 3:09 PM
Discharge Rate: 5.90 A
Starting Voltage: 16.80 V
Ending Voltage: 12.39 V
Total Time (hh:mm:ss): 00:40:56
Tested Capacity: 4.037 Ah

Graf 1: Diagram za akumulatorje. (Vir: OneDrone. d.o.o.)

Kapaciteta, ki se meri v mili amperskih urah: 2200mAh, 4000mAh...

Akumulatorji imajo tudi minimalno napetost 3.3V po členu. Maksimalna napetost je 4,2V po členu. Akumulator moramo skladiščiti pri napetosti 3.81V po členu pri daljših mirovanjih, in shranjevati v ognjevarnih posodah ali vrečah. Teža akumulatorja je 230g.



Slika 11: LiPo akumulator.

3.5.Oddajnik.

Oddajnik ali radijska postaja s katero upravljamo letalo, deluje na frekvenci 2.4 GHz - 250mW - 6 kanalni oddajnik. Z radijsko postajo pošiljamo ukaze do avtopilota, nato jih preuredi v komande za letenje. Vgrajen ima NiMh akumulator za napajanje.

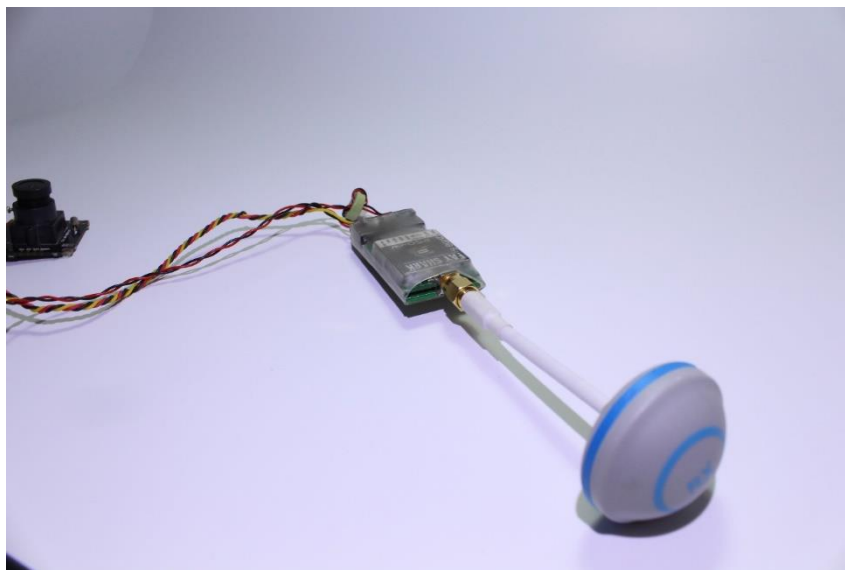


Slika 12: Radijska postaja.

3.5. Video prenos.

Video prenos je najbolj kompleksen del vsega letalnika. Vsaka napaka moti in povzroča motnje in nam krajša domet (lahko tudi iz 5 km na 500m). Uporabljamo video oddajnik moči 250mW, ki ima na frekvencah 5,8 GHz domet do 5 Km. Video oddajnik napaja 12V in na vhode pripeljemo AV (avdio video) signal direktno iz kamere in je prav tako napajana iz 12V.

Oddajnik ima SPA anteno (krožno polarizirana antena) ki najbolje oddaja radijski signal tudi če ni vzporedno z sprejemniško anteno. Klasične antene morajo biti navpične in vzporedne, da dosežemo največji domet, pri SPA antenah pa ni pomembno ali je ali ni navpična.



Slika 13: Video oddajnik

Poleg oddajnika imamo tudi sprejemnik, ki ima svojo posebno usmerjeno anteno (pach antena 13db) ploščata usmerjena antena z 13db ojačenja. Edina slabost je, da antena sprejema signal samo iz ene smeri 90 stopinjski kot.



Slika 14: Kamera.



Slika 15: LCD prikazovalnik slike.

3.6. Avtopilot.

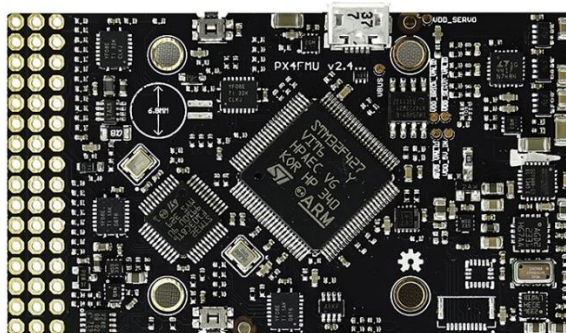
Krmilnik pixhawk je elektronika ki upravlja celotno letalo z našimi ukazi hkrati pa nadzoruje stanje o letu, porabi baterije, moč signalov, operativnost kamere. Te podatke nam prenaša neposredno na računalnik in monitor kjer imamo video sliko.



Slika 16: Avto pilot.

Krmilnik je najinteligentnejši krmilnik izmed vseh na trgu. Ostali krmilniki so zaprto kodni in uporabniku ne dopuščajo veliko opcij. Naš krmilnik je odprtokoden in zato lahko z njim počnemo prav vse kar se da. Ima zelo močan in zmogljiv procesor ki deluje na 32 bitnem operacijskem sistemu Arduplaner. Podvojeni senzorji (pospeškomeri in žiroskopi) so osnova za letenje, hkrati pa uporablja barometer, pitotovo cev in GPS sistem za avtonomno letenje. Najbolj popularen konektor na krmilniki je pa I²C konektor, zelo uporaben hiter in zanesljiv, nanj priključimo številne dodatke krmilniku.

Slika 17: Elektronika avtopilota.



Slika 18: Kabina letala v katerem je kamera.

3.5.1. GPS.

GPS (global positioning system) je sistem za prepoznavanje lokacije na zemljevidu.

Letalo ga uporablja za avtonomno letenje. Signal potrebuje najmanj tri ali več satelitov za natančno pozicioniranje.

Preko računalnika mu označimo pot po kateri bo letel, natančnost letenja je 1,5m.

Uporablja se ga samo na odprtih površinah saj se signal odbija od stavb, dreves in ostalih ovir.

GPS uporabljamo za meritev hitrosti, višine in lokacije. Te podatke nam izpisuje na računalnik in LCD monitor.

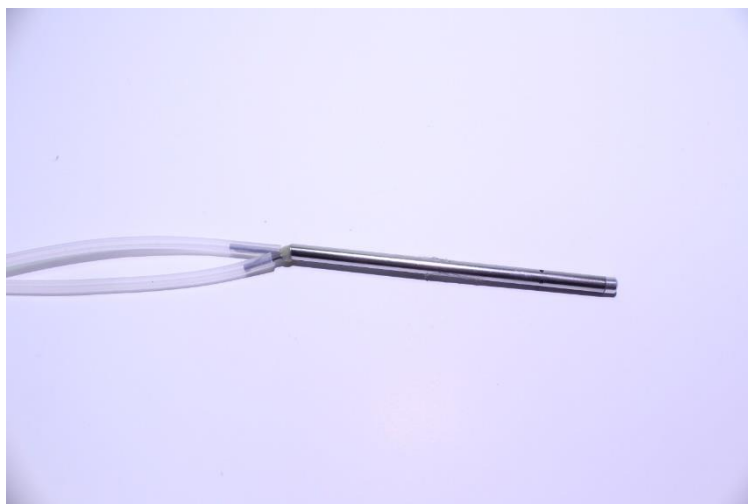


Slika 19: GPS sistem

3.5.2. Pitotova cev.

Pitotova cev je aluminijasta votla cev, ki meri zračno hitrost letala. Prikaže dejansko hitrost letala glede na veter saj upošteva smer vetra.

Meri dinamični pritisk in ga primerja s statičnim pritiskom.



Slika 20: Pitotova cev.

3.5.3. Telemetrija.

Telemetrija- povezava podatkov s katero smo povezani na računalnik in na njem vidimo vse parametre o letu. Preko telemetrije tudi programiramo različne parametre letalnika. Radijska povezava deluje na 433 MHz, 250mW.



Slika 21: Telemetrija.

4. Izdelava.

Najprej smo izmerili maksimalni tok na pogonskem motorju, ki je znašal 18A, z napetostjo akumulatorja 15,8V dobimo moč 284W. Z obremenitvijo pogonske elise 9x5.

Motor ima maksimalno moč 600W, kar pomeni da let upravlja s polovico svoje moči.

Povprečna poraba je 6A, kar zadošča za 50min letenja, poleg tega letalo jadra, kar mu poveča čas letenja do 60min.

Nato smo se lotili vgradnje servo motorjev v krila, ki so z vzvodi povezani do krmilnih površin in s tem letalo krmilimo. Letalo ima dva servo motorja, enega na vsakem krilu, kar pri tej obliki letala zadošča za letenje.



Slika 22: Gradnja letala.

Sledila je vgradnja elektro motorja pritrjenega z štirimi M3x6mm vijaki na ogrodje letala. Regulator vrtljajev je vgrajen blizu motorja da zmanjšamo izgube in motnje trofaznega sistema. Zatem smo zaščitili motor in kabino letala ter se lotili barvanja.

Na spodnji strani z sivo barvo, z črnimi črtami za večjo opaznost. Za barvo smo uporabili akrilno barvo, ki ni temeljila na alkoholni osnovi saj bi sicer razžirala elapor. Za tem smo zaščitili spodnji del krila da smo začeli barvati zgornji del krila z temno-zeleno barvo. Z zaščitnim trakom in papirjem smo naredili vzorec nato pa še prebarvali z olivno zeleno barvo in pustili sušiti 24 ur. Sledi vgradnja, GPS sistema in ostalih komponent.



Slika 23: Gradnja letala.

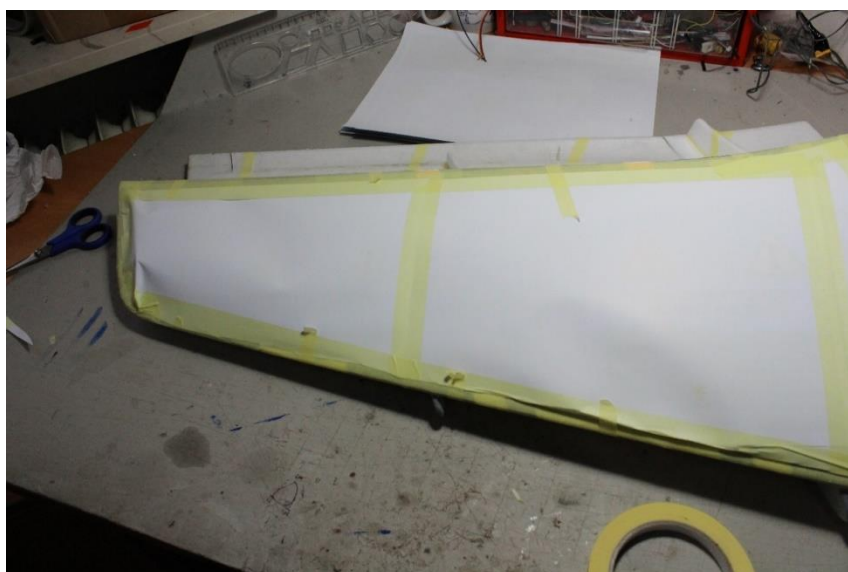
Pitotovo cev smo vgradili v sprednji del letala. Nalepke in oznake za lepši videz.

Akumulator, video-oddajnik, sprejemnik in telemetrija so vgrajeni v notranjosti letala, oddajniške in sprejemniške antene pa so nameščene na zunanji strani letala.

V sprednjem delu letala je na plastičnem nosilcu vgrajena kamera, zaščitena je s prozorno kupolo zaradi aerodinamičnega učinka. Kamera je s trižilnim vodnikom (napajanje + signal) povezana z video-oddajnikom.

Akumulator je nameščen pred avtopilotom v sprednjem delu letala, njegovo mesto je točno določeno saj moramo upoštevati težiščno točko letala, ki je 33 cm oddaljena od prednjega dela krila.

Pogonski motor se nahaja v zadnjem delu letala saj spredaj ni dovolj prostora zaradi kamere. Elisa je zložljiva tako da, ko je motor izključen, letalo lažje jadra. Ko je bilo vse končano smo ponovno preverili povezave med elementi in se lotili naslednjega koraka.



Slika 24: Priprava pred barvanjem.



Slika 25: Barvanje krila.

5. Program avtopilota.

Program za programiranje avtopilota je odprtokoden in edini najbolj zanesljiv program. Bistvo programa je programiranje PID zanke v že napisanem programu, poleg tega pa lahko urejamo številne parametre. Program lahko dopisujemo ali popravljamo, lahko pa tudi napišemo svoj program. Naš program temelji na osnovnem programu, samo, da se programira dodatne nastavitve o letu preko terminala direktno v MCPU (glavni procesor).

Ko je letalo sestavljeno, je potrebno konfigurirati PID zanko za stabilizacijo leta.

PID zanka je sestavljena iz Proporcionalnega člena (P), Integralnega člena (I) in Diferencialnega člena (D).



Slika 26: Program.

PID-zanka se uporablja za konfiguriranje odzivnosti letala.: (P) je člen za nastavljanje odzivnosti letala, naj bo čim višja (previsoka pomeni močne oscilacije med letom, prenizka pa pomeni zelo slaba odzivnost). (I) je člen za nastavljanje zunanjih vplivov oziroma slabega ravnovesja letal in spreminjane težišča med letom. (D) je člen za glajenje vmesnih vibracij (ko porinemo ročko iz skrajne leve v desno pride do potresavanja v sredini, z dvigovanjem D-ja se teh vibracij znebimo).

PID zanko nastavljamo tudi pri držanju višine na popolnoma enak princip, in pa seveda pri letenju z GPS-on. Če izgubimo signal z radijskim oddajnikom se nam bo preko GPS sistema sam vrnil na točko vzletišča po prednapisanem odprtokodnem programu.

Vso konfiguriranje PID zanke se upravlja med letom s pomočjo računalnika in telemetrije. Za dobro delo je potrebno si vzeti kakšen teden testiranj da dobimo najboljši možni izkoristek.

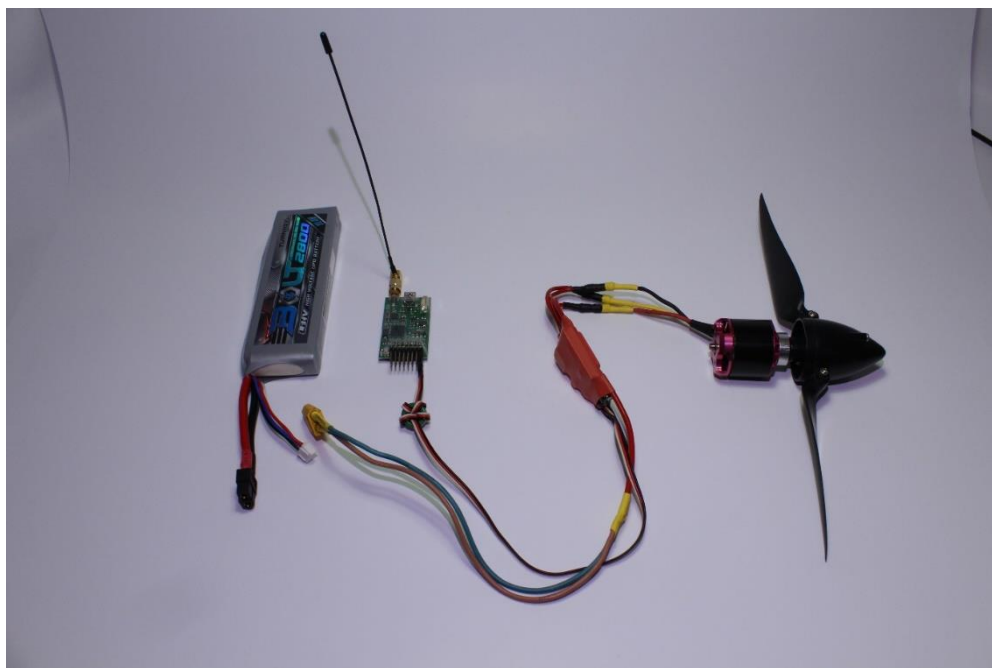
6. Meritev moči in porabe.

Po uspešni izdelavi letala in programiranju avtopilota smo naredili teste in meritve porabe moči motorja, servo motorjev in vklopljenega letala v mirujočem stanju.

Motor je 15,8V z maksimalen tokom 40A in močjo 632W.

Z eliso 9x5 smo izmerili maksimalno porabo 18A kar pride na 284W, kar pomeni da deluje z manj kot polovico moči. Z večjo eliso bi porabil več toka.

Servo motorji potrebujejo največji tok 1,2 A pri 5V. Hitrost premikanja servo motorja je 10ms/60°. Letalo v mirovanju porabi 0,7 A, toliko porabi samo avtopilot in ostali senzorji.



Slika 27: Komponente pogonskega kompleta.

7. Testni let.

Testni let je bil izveden v Smladniku na modelarski stezi. Prvi polet je trajal 15min. Izveden je bil brez kakršne koli avtonomije, ko je bil na vrsti drugi polet smo poskusili stabilizacijo in letenje po točkah. Za prvič je bilo kar solidno a v naslednjih letih smo konfigurirali PID-zanko do perfekcije. Sedaj letalo leti popolnoma avtonomno preko računalnika GPS-ja ali samo ročno v stabiliziranem načinu. Lahko rečemo da leti kot Airbusov sistem "fly by wire".



Slika 28: Letalo v zraku.

7. Podatkovna povezava.

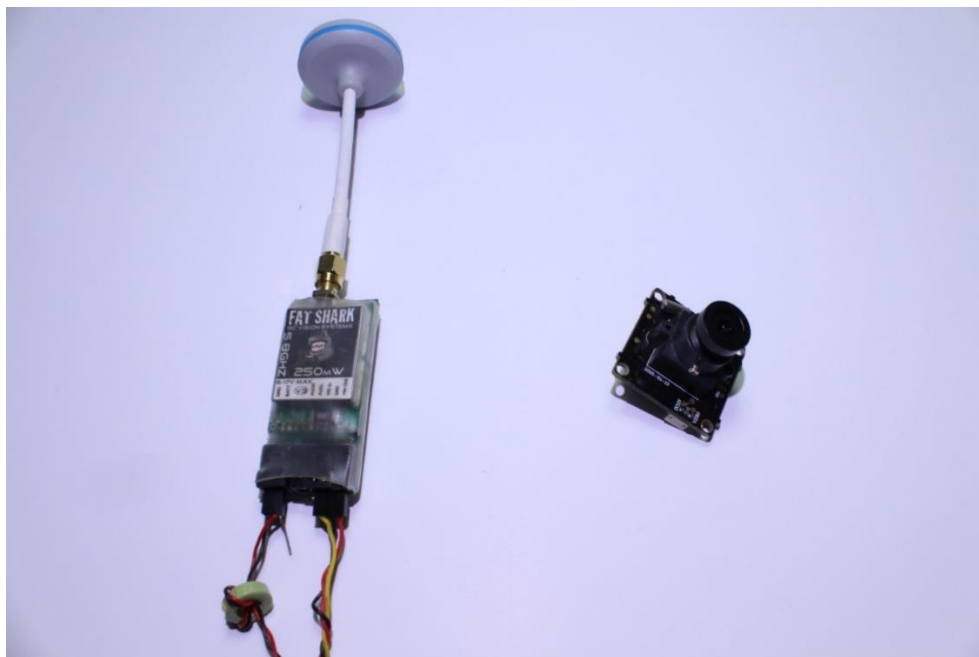
Na letalu imamo tri vrste povezav; radijska povezava video prenosa, radijski signal vodenja letala in pa telemetrija.

Vse te povezave delujejo na različnih radijskih frekvencah, ki se med seboj ne smejo motiti.

10.1 Video prenos in kamere.

Video prenos je najbolj kompleksen del vsega letala saj ga vsaka malenkost moti in povzroča motnje in nam krajša dolet (lahko tudi iz 5 km na 500m).

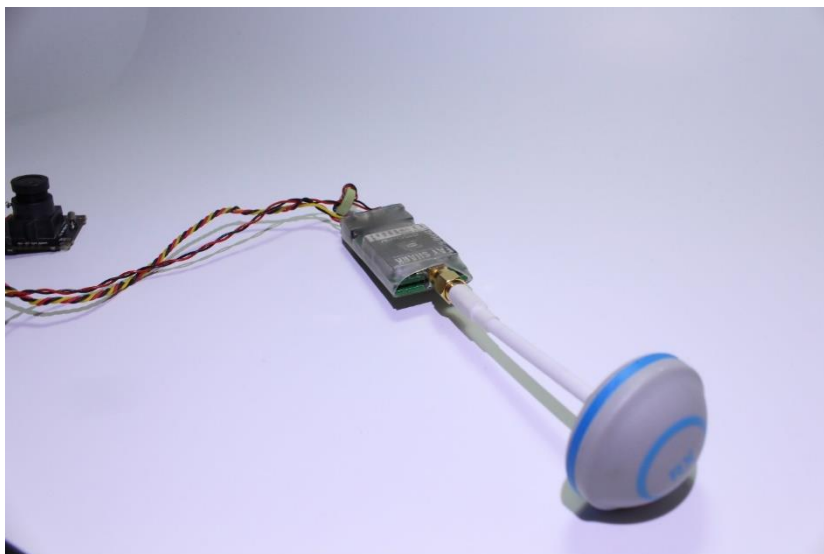
Video prenos dela na štirih frekvencah ki so odprte za vsakogar (ostale so namenjene vojski in klasificirane zadevam) mi pa uporabljamo najbolj pogosto 5,8Ghz ki se ne moti z ničemer a ne gre za ovire, dolet v povprečju 1,5km (Max 5 km) . Poznamo tudi 2,4Ghz ki se moti z oddajnikom, je najbolj zanesljiv sistem, z UHF oddajnikom lahko dobimo dolet tudi do 80 km in gre nekoliko čez ovire (UHF deluje na frekvencah 433 MHz). 1,2Ghz ki se moti z GPS-om gre čez ovire dolet 80 km. 915Mhz ki se moti z telefonskim omrežjem gre čez ovire dolet 100km če vmes ni nobenega oddajnika za telefon. Tukaj uporabljamo vse možne frekvence. Vsi ti doleti so računani na prostem in ne v naselju saj tam je veliko brez žičnih internetnih točk ki zelo slabijo signal, ter GPS signal se odbija tako da v naseljih ne deluje in v nikakršnem primeru ne sme nihče leteti v naselju.



Slika 29: Video oddajnik in kamera.

Poznamo več vrst anten: Rubreducky, Spa-Cloverleaf, Helical, Yagy, Patch antena tako kot se našete tako se jim tudi veča dolet od 500m do 100km. Nižaja kot je frekvenca večja mora biti antena. Poznamo levo in desno polarizacijo anten. Navoji so lahko SMA ali PR-SMA tako da vse skupaj imamo več kot 100 anten a le en par je pravi za to kar mi potrebujemo.

Mi uporabljamo za oddajnik SPA anteno (krožno polarizirana), za sprejemniško pa Patch (ploščata antena) ki ima usmerjen dolet in 14db (decibelov) ojačenje signala.



Slika 30: Video oddajnik.

Kamere, glavni dve vrsti kamer je CMOS in CCD kamere.

CMOS kamere so veliko cenejše in manjše kot CCD a je kvaliteta slike zelo slaba. Mi pa uporabljamo CCD kamero je res da je večja in dražja a je kvaliteta slike veliko boljša.

10.2. Radijska povezava.

Radijska povezava od pilota do letala je preko priročne komande kjer z prsti upravljamo smer leta.

komanda je graupner mx-12 ki preko 250 mW oddajnika pošilja strnjen ppm signal (PulsePositionModulation ali Modulacija impulznega položaja ki je dolg 20 ms in prenaša do 6 različnih kanalov) signal do sprejemnika in nato do avtopilota. Frekvenca po kateri deluje je 2,4 GHz



Slika 31: Radijski oddajnik.

10.3. Telemetrija.

Poleg tega ima tudi telemetrijo, ki je povezava avtopilota do računalnika s katero smo povezani na računalnik in na njem vidimo vse parametre o letu, hkrati lahko vozimo letalo preko računalnika. S programom na računalniku tudi programiramo avtopilot. Telemetrijska povezava deluje na 433 MHz 250mW.



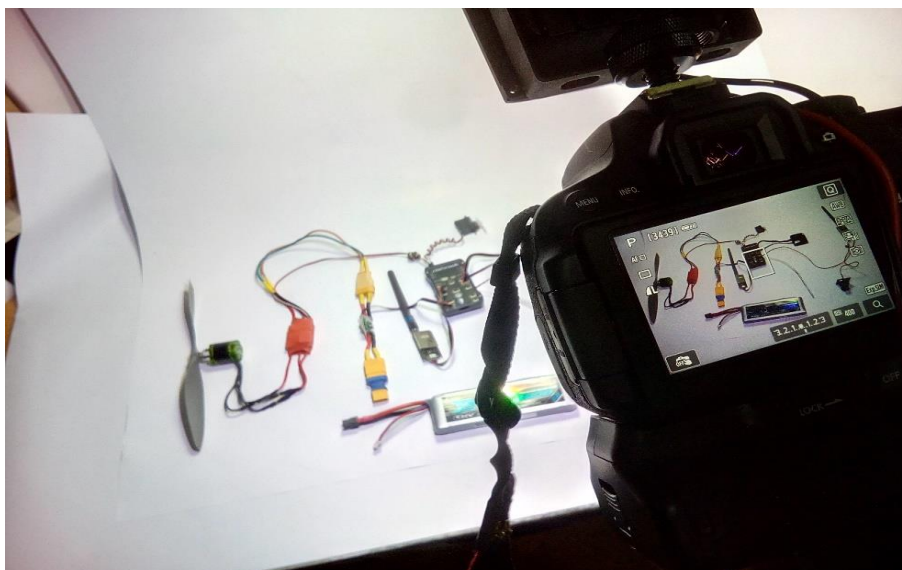
Slika 32: Telemetrijska povezava.

11. Končni izdelek

Izdelek je končan kot je vidno na slikah. Uspešno narejen projekt ki je narejen bolje kot smo pričakovali, vsi naši cilji naloge so uresničeni in smo zadovoljni z rezultatom.



Slika 33: Letalo.

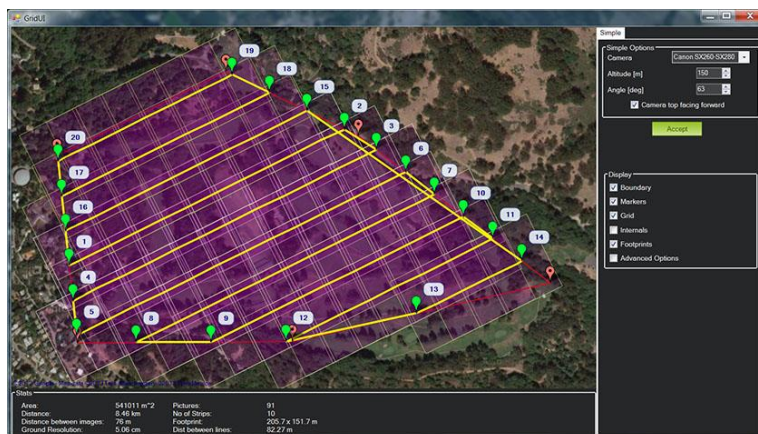


Slika 34: Fotografiranje sestavnih delov.

12. Uporabnost

Letalnik je možno uporabljati za številne različne namena ko so geodezija, gradbeništvo, gasilstvo, civilna zaščita, vojaška uporaba, gozdarstvo, kmetijstvo, prosti čas in hobiji.

Geodeti tovrsten letalnik uporabljajo za meritve površin in pokrajine, letalniki za gasilce bi opremili z termo kamero in iskali morebitne žariščne točke požarov. Vojaška industrija uporablja to kot done izvidnike in v najnovejšem času tudi oborožene z orožjem (letalo z kamero, letalnik (mutikopter) NI enako kot dron).



Slika 35: Program za avtonomno letenje

13.Varnost

Letalo ki tehta 2 kg je seveda tudi zelo nevarno, če pride do kakršne koli okvare v zraku. Možnosti za okvare je veliko kot na primer; porušitev vzgona, izguba signala, turbulenca blizu tal, ovire kot so drevesa, stavbe in razni objekti. Okvare v zraku lahko pripeljejo do poškodb predmetov ali oseb na tleh. Strmoglavljenje letala lahko naredi veliko škode. Letalnik je zavarovan pri zavarovalnici za nastalo škodo proti tretji osebi. Nadgradili ga bomo z varnostnim padalom.

Kako se izognemo tovrstnim nesrečam; Nikoli ne smemo leteti v naseljenih krajih, ne smemo leteti prenizko da se ne zaletimo v ovire a ravno tako ne smemo biti previsoki vsaj lahko oviramo zračni prostor (letimo na višini od 30 do 299m.) In kar je najbolj pomembno je da ima pilot veliko izkušen z letenjem. Pilot letalnika mora poznati aktualne predpise in imeti opravljen primeren izpit.



Slika 36: Letalo.

13. Zaključek

Izdelek je končan in smo zelo zadovoljni s tem kar smo naredili, letalo teti točno tako kot mora z avto pilotom ki ga vodi po napisani poti do destinacije in nazaj na točko vzletišča. Domet ima malo manj kot 5 km. Izredno lepo leti še posebej ko jadra, in tudi z prenosom slike ni nobenih težav. Vsi naši cilji so uresničeni in smo bili še sami zelo presenečeni nad zaključkom. Nestabilen je v močnem vetru, neuporaben v dežju in letenje omejujejo aktualni varnostni predpisi.



Slika 37: Letalo v nizkem preletu.

14. Viri in literatura

1. BEZJAK, Jožica. Contemporary forms of pedagogic - PUD-BJ. Klagenfurt: LVM, 2009. 66 str., ilustr. ISBN 978-961-6397-12-4. [COBISS.SI-ID [245921280](#)]
2. BEZJAK, Jožica. Project learning of model PUD-BJ - from idea to the product. Klagenfurt: LVM for Verlag S. Novak, 2009. 74 f., ilustr. ISBN 978-961-6397-11-7. [COBISS.SI-ID [245920768](#)]
3. Elektrotehniški priročnik: Tehniška založba Slovenije, 2013.
4. Martin Simons: Model Aircraft Aerodynamics, 2015.
5. Martin Simons: Airflow, 1998.
6. Dr. Rafael Cajhen: Radijsko vodenje letalskih modelov, Ljubljana 1996.
7. Vse fotografije slik: Luka Artelj, Ljubljana 2015-2016.
8. Veliki svetovno splet:
9. www.zptu.si

<http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/index.asp>.

<http://onedrone.com/store/sale/new>.

<http://www.mantua-model.si/>.

<http://kopterworx.com/>.