

Mobilna navigacija za športne pilote

Dušan Fister¹, Janez Kramberger¹, Jani Dugonik²

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija

²Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija

E-pošta: dusan.fister@uni-mb.si

Povzetek. Mobilne naprave danes prevzemajo čedalje večjo vlogo v vsakdanjem življenju. Uporabne so že domala na vseh področjih človekove dejavnosti. V tem članku predstavljamo uporabo mobilne naprave kot navigacijskega pripomočka v športnem letalstvu. Poleg osnovnega namena, t.j. navigacije, lahko koristi letalskim inštruktorjem kot naprava za sledenje samostojnih poletov pilotov pripravnikov. Predlagana rešitev se je v praksi pokazala kot poceni nadomestek za veliko dražje profesionalne navigacijske naprave in sledilnike.

Ključne besede: mobilna navigacija, Android, GPS, mobilno omrežje

Mobile navigation for sport's pilots

Mobile devices nowadays play an increasingly greater role in everyday live. They are almost useful on all areas of human activity. In this paper, the mobile device is used by mobile navigation for sport pilots. In addition, it can serve to flight instructors by tracking the first independent flights of beginners. The proposed solution shown in practice as a cheap substitute for expensive professional navigation devices.

1 UVOD

Navigacija je proces, ki usmerja človeka pri gibanju na poti med dvema točkama in pri tem zna določiti njegovo pozicijo v slehernem trenutku [15]. Navigacija na Zemlji temelji na uporabi zemljevidov, različnih signalov na poti in človekovih čutil za orientacijo. Prva orodja za navigacijo je človek razvil za varnost v mornariški plovbi. Tipični primer mornariške navigacijske infrastrukture prav gotovo predstavlja svetilnik, ki je osvetljeval pot v pristanišča že v času Rimskega imperija pred 2.000 leti.

Večina mornarjev je v času, ko je Krištofa Kolumb odkrival Ameriko, izračunavala položaj ladij na osnovi opravljene poti in smeri iz neke znane točke. Pozneje so začeli uporabljati sekstant, s katerim merimo višino nebesnega telesa iznad morskega horizonta, t.j. je vertikalni kot med nebesnim telesom in točko na horizontu. Pri uporabi sekstanta potrebujemo tudi točno uro. Če vemo, npr., koliko je ura v Londonu in v istem trenutku izmerimo višino sonca na nebu, lahko določimo zemljepisno širino. Iz višine sonca točno opoldne lahko izračunamo še zemljepisno dolžino.

Pojavitev sistema satelitske navigacije leta 1960 dokazuje, da se zgodovina ponavlja. Tudi ta sistem namreč temelji na poznavanju natančnih pozicij referenčnih točk,

ki jih predstavljajo sateliti GPS, ki krožijo v zemljini orbiti. Sprejemnik GPS pri določanju lastne pozicije na Zemlji potrebuje oddaljenost do vsaj štirih referenčnih točk.

Danes obstajajo trije najpomembnejši sistemi za globalno pozicioniranje:

- Global Positioning System (krajše GPS),
- GLOBALNAYA NAVIGATSIONNAYA SPUTNIKOVAYA SISTEMA (krajše GLONASS) in
- GALILEO.

GPS je sinonim sistema za globalno pozicioniranje in je nastal leta 1960 pod okriljem ameriške vojske. Kot protiutež je Sovjetska zveza v času hladne vojne razvila sistem GLONASS. Ideja o sistemu GALILEO je nastala leta 1990 na področju proizvodnje, prometa, nadzora in storitev pod okriljem Evropske unije. Vodi ga direktorat za energijo in transport, in je povsem nevojaške narave.

GPS je postal neprecenljiv pripomoček pri navigaciji tudi v športnem letalstvu. Večina modernejših letal ima sprejemnik GPS vgrajen že serijsko. S pomočjo tega lahko športni pilot vedno dobi informacijo o svoji poziciji na ekranu. Problem se pojavi predvsem pri starejših letalih, ki te naprave ne premorejo. V primeru bočnega vetra lahko pride do pojava *zanosa*, ko začne letalo leteti drugačno smer od načrtane. V takem primeru se mora pilot zanesti predvsem na lastne izkušnje, kjer si lahko pomaga z *osnovnimi navigacijskimi pripomočki*, kot so: *aeronavtično računalno, kompas, analogna ura*, ipd.

Z razvojem vseprisotnega računalništva, ki zagotavlja informacije *kadarkoli* od *kjerkoli*, so se pojavili pametni telefoni (angl. smart-phone). Te naprave imajo sprejemnik GPS vgrajen že serijsko, hkrati pa so priključene na mobilno omrežje. Prednost pametnih telefonov je, da imajo nameščen operacijski sistem, ki omogoča razvoj mobilnih aplikacij. Tako mobilno aplikacijo je moč uporabiti tudi pri reševanju problema navigacije v športnih

letalih, pri čemer aplikacija s pomočjo naprave GPS izrisuje trenutno pozicijo letala na Google Maps in to primerja s načrtovano smerjo poleta. Čeprav je podobna rešitev že ponujena na spletnih straneh [19], je prednost naše aplikacije v tem, da je, po eni strani, pisana za odprtokodno platformo Android (brezplačna platforma), po drugi strani pa omogoča različne razširitve, ki jih lahko s pridom uporabijo tako športni piloti kot tudi njihovi inštruktorji. Za inštruktorja je zelo koristna analiza poti, ki jo je pilot pripravnik v njegovi odsotnosti preletel v času poleta in jo mobilna naprava samodejno zapisuje v datoteko.

Struktura članka v nadaljevanju je naslednja: v drugem poglavju obravnavamo osnovne športnega letalstva. Tretje poglavje opisuje, kako rešujemo problem športne navigacije z našo mobilno aplikacijo. Četrto poglavje zajema testiranje in analizo rezultatov. V zaključku naredimo povzetek opravljenega dela in zastavimo smeri za nadaljnji razvoj.

2 ŠPORTNO LETALSTVO

Kljub temu, da Slovenija zaradi svoje majhnosti ni nikoli postala letalska velesila pa z zgodovinskega vidika letalstvo predstavlja svetlo točko pri njenem sledenju tehničnih novosti v svetu. Prva pri nas sta se s konstrukcijo lastnega motornega letala preizkusila brata Rusjan leta 1909. Prva aerokluba v Ljubljani in Mariboru sta nastala v času med obema svetovnjima vojnima. Po drugi svetovni vojni se je športno letalstvo v Sloveniji začelo hitro razvijati. Danes je na ozemlju Slovenije nastalo kar 13 letališč, 36 vzletišč in okrog 59 mest za polete. S športnim letalstvom se ukvarja 14 aeroklubov z več kot 1500 člani, slovenska letalska flota pa premore skoraj 1000 zrakoplovov, t.j. motornimi, jadralnimi ter ultra lahкими letali. Manjša letališča na našem območju premorejo tudi nekaj motornih zmajev.

V nadaljevanju tega poglavja se najprej dotaknemo osnov letalske navigacije, nadaljujemo z navigacijo v športnem letalstvu v praksi in končamo z vlogo GPS v športnem letalstvu.

2.1 Osnove letalske navigacije

Letalska navigacija omogoča voditi pilotu letalo z ene točke v prostoru do druge. Pri tem mora ta stalno ugotavljati in preverjati položaj letala, smer letenja in preletno razdaljo. Čeprav je v začetku letalska navigacija veliko stvari podedovala od pomorske, se je po prvi svetovni vojni začela razvijati samostojno, predvsem kot pomoč pri poletih na velikih razdaljah. Z razvojem tehnologije so se razvijale različne vrste navigacij, kot so npr.:

- vizualna navigacija: orientacija s pomočjo zemljevida in primerjavo z vizualnimi orientirji na terenu,
- računska navigacija: preračunavanje in merjenje osnovnih navigacijskih parametrov,

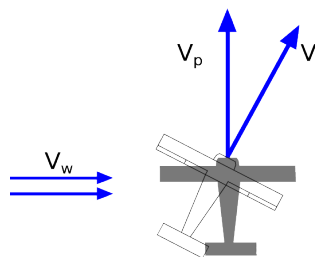
- radio-navigacija: vodenje letala s pomočjo radijskih naprav,
- inercialna navigacija: vodenje letala s pomočjo naprav, ki delujejo na principu merjenja pospeškov in pojemkov ob upoštevanju časa,
- satelitska navigacija: vodenje letala s pomočjo sistema GPS.

Osnovni navigacijski elementi so: smer leta, višina, hitrost in čas. V letalski navigaciji obravnavamo hitrost kot vektorsko veličino na dva načina: kot zračno hitrost, t.j. hitrost letala glede na zračno maso, skozi katero se to premika, in kot potno hitrost, t.j. hitrost, s katero se letalo premika glede na zemeljsko površino. Na smer in velikost premika potne hitrosti vpliva veter, ki lahko povzroči t.i. *zanos* letala. Zanos je pojav, ko letalo zaradi bočnega vetra leti izven načrtovane smeri. Zanos je odvisen od hitrosti in smeri vetra. V idealnem primeru, ko veter piha naravnost proti letalu, zanos ni. Močan bočni veter lahko letalo zanese daleč od načrtovane smeri letenja. Dodatna oteževalna okoliščina je tudi, da te spremembe smeri ni mogoče zaznati s kompasom, saj ta daje le podatke o izbrani smeri leta.

V praksi si lahko pilot pri vodenju letala k izbranemu cilju v primeru močnejšega vetra pomaga z vizualno navigacijo, t.j. s primerjanjem navigacijske karte in vizualnimi orientirji na poti, kot npr. avtoceste, daljnovodi, reke, jezera, ipd. Če poznamo približno smer in hitrost vetra, lahko s pomočjo aeronavtičnega računalna izračunamo t.i. *kot zanos* α , t.j. razliko med načrtovano in dejansko smerjo poleta, izraženo z enačbo

$$\alpha = \frac{v_w * 60}{v_i},$$

kjer pomeni v_w hitrost vetra in v_i zračno hitrost letala odčitano na instrumentu. Kot zanos je prikazan na sliki 1.



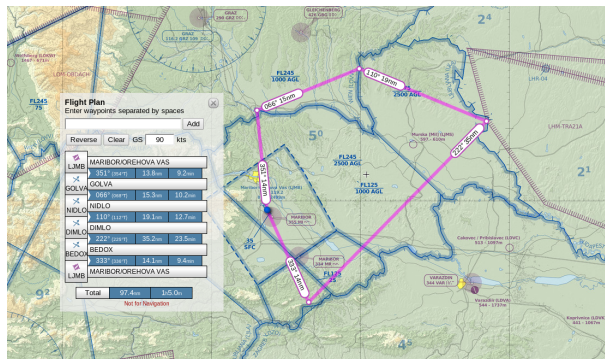
Slika 1: Slika prikazuje kot zanos, kjer v_w pomeni hitrost vetra, ki piha od strani, v_p planirano smer in hitrost letenja in v_r dejansko smer in hitrost letenja.

Iz slike 1 lahko razberemo, da je kot zanos odvisen od hitrosti in smeri vetra, t.j. kot zanos je večji, čim večja je hitrost vetra in čim bolj bočno piha. Največji kot zanos dobimo, če veter piha pravokotno na smer letenja.

2.2 Navigacija v športnem letalstvu

Vsak let v nadzorovanem zračnem prostoru Slovenije mora biti najavljen Kontrolni zračnega prometa. Najava leta vsebuje podatke, kot so: identifikacija in tip letala, vzletno in pristajalno letališče, čas vzleta, hitrost in višina poleta, predvidena dolžina poleta, smer poleta, ipd. Smer poleta določimo s t.i. *obratnimi točkami*. Obratne točke so običajno vizualni orientiri v prostoru in so zavedeni v navigacijskem zemljevidu kot markacije. Na teh točkah pilot prek radijskega oddajnika javlja najbližji letalski kontrolni svoje *pozicijsko poročilo* (angl. positioning report), ki vsebuje naslednje podatke: čas in višina poleta, predviden prihod do obratne točke in najava naslednje obratne točke na poletu.

Pred vsakim letom športni pilot po navadi izdelava *načrt poleta* (angl. flight plan). Tega je mogoče izdelati ročno, s pomočjo *navigacijskih zemljevidov* ali avtomatično, s pomočjo računalnika (slika 6). Značilnost navigacijskih zemljevidov je, da so na njem že označene: obratne točke, letališča, območja, kjer je letenje prepovedano, ipd. Navigacijske zemljevide lahko shranimo tudi na računalnik. Na podlagi izbranih obratnih točk lahko smer poleta enostavno določimo tako, da ustrezne točke povežemo med seboj z ravnimi linijami. Pri tem koordinate obratnih točk zapišemo v beležnico poleta zaradi lažjega sledenja med samim poletom. Beležnico poleta izdelava program na računalniku avtomatično.



Slika 2: Kreiranje načrta poleta z računalnikom.

Če poznamo smer in hitrost vetra na načrtovani poti, lahko izračunamo smeri, ki jih moramo leteti s pomočjo magnetnega kompasa, da bo letalo letelo po izbrani poti z izbrano potovalno hitrostjo. V primeru, da se razmere med letom spreminjajo, popravek leta zaradi bočnega vetra poiščemo s pomočjo navigacijskega trikotnika hitrosti.

Klasična navigacija zahteva od pilota veliko napora, zato si lahko ta pomaga tudi z uporabo dodatne navigacijske opreme in metod, če so te na razpolago v letalu. Največkrat uporabljamo naslednja dva dodatna navigacijska sistema:

- visoko-frekvenčni radijski sprejemnik (angl. Very High Frequency Omni-Directional Radio Range, krajše VOR) in

- avtomatski sledilnik smeri (angl. Automatic Direction Finder, krajše ADF),

VOR je radijsko-navigacijski sistem za zrakoplove. Zemeljska postaja oddaja visoko-frekvenčne radio-kompozitne signale s podatki, na podlagi katerih sprejemnik na letalu izračuna smer letala do postaje glede na pravi sever, ki je določen z zemeljsko osjo. Magnetni kompas na letalu meri t.i. kompasni sever, ki se od pravega razlikuje za velikost deviacije in deklinacije [1]. Vse zemeljske postaje kažejo smer letala glede na pravi sever in z letalom tvorijo ravno linijo t.i. *radial*. Presečišče radialov sprejetih z dveh različnih zemeljskih postaj, določa natančno pozicijo letala.

ADF je pomorski in zračni radio-navigacijski instrument, ki avtomatsko in neprekinjeno kaže relativno smer do ustreznega neusmerjenega radijskega svetilnika (angl. Non-Directional Beacon, NDB). Normalna frekvenca delovanja tega je med 190 - 535 kHz. Pilot nastavi sprejemnik ADF na pravilno frekvenco in preveri identiteto svetilnika s poslušanjem Morsejeve abecede (niz piskov). Nato sprejemnik ADF avtomatsko usmeri magnetno iglo v smer oddajnika. Pilot lahko usmeri letalo naravnost do oddajnika, ali pa izračuna smer od oddajnika in to upošteva med poletom.

2.3 Vloga GPS v športnem letalstvu

Global Positioning System ali krajše GPS lahko uporabljamo tudi pri mobilni navigaciji. Sistem GPS temelji na množici oddajnih satelitov, ki služijo kot referenčne točke za izračun pozicije objekta na Zemlji. Za pravi izračun potrebuje sprejemnik na Zemlji povezavo z vsaj štirimi sateliti GPS, ki določijo razdaljo do objekta in na podlagi matematične operacije triangulacije [17] izračunajo njegovo pozicijo.

Sistem GPS sestoji iz treh segmentov: vesoljskega, uporabniškega in nadzornega. Vesoljski segment je sestavljen iz 24 do 32 satelitov, ki krožijo v zemeljski orbiti na višini okrog 20 kilometrov. Uporabniški segment predstavljajo sprejemniki GPS, ki jih po navadi držimo v roki ali pa so pritrjeni v vozilu. Delo nadzornega segmenta je skrb za pravilno delovanje satelitov. Pozicija GPS je predstavljena z geografsko dolžino (angl. longitude), širino (angl. latitude), in nadmorsko višino (angl. altitude).

Sistem omogoča dva načina delovanja: standardni (Standard Positioning System oz. SPS) in precizni (Precise Positioning System oz. PPS). Standardni, namenjen širši uporabi, omogoča natančnost merjenja do 20 metrov, medtem ko precizni, ki se uporablja predvsem v vojaške namene, meri tudi do nekaj centimetrov natančno. Natančnost je umerjena glede na število satelitov, kar pomeni, da je natančnost večja pri večjem številu satelitov.

V športnem letalstvu se sistem GPS danes še ni uveljavil popolnoma, predvsem zaradi zastarele letalske flote. V modernejših letalih pa poenostavlja postopek navigacije, saj že vnaprej napove našo pozicijo glede na

letališče. Prav tako samodejno računa hitrost premikanja letala glede na zemljo (angl. Ground Speed), ki je v letalu drugače ne dobimo, in pokaže njegovo natančno višino.

3 MOBILNA NAVIGACIJA NA ANDROIDU

Hiter razvoj mobilnih naprav ni prinesel samo velik napredek telefonije, ampak je razširil njihovo uporabnost na nova področja dejavnosti. Današnje mobilne naprave, tudi pametni telefoni, poleg telefonije omogočajo povezavo s spletnim omrežjem. Te naprave so opremljene z dodatnimi strojnimi komponentami, kot npr.: kamero, svetlomerom, kompasom, merilnikom razdalje, pospeškometrom, termometrom, sprejemnikom GPS, ipd.

Na mobilnih napravah tečejo različni operacijski sistemi (npr. Windows Mobile, Mac OS X, Android, idr.). Zaradi zaščite naprave sistem ni odprt za uporabnika, kar pomeni, da uporabnik komunicira z operacijskim sistemom prek aplikacij. Z razvojem novih mobilnih aplikacij omogočamo dodatno fleksibilnost mobilnih naprav. Razvoj teh aplikacij poteka s pomočjo aplikacijskih ogrodij, ki so integrirana v ustrezno mobilno platformo. Danes najpomembnejše platforme so: Windows Mobile, iPhone in Android. Mobilne naprave povezujemo na spletno omrežje prek mobilnega omrežja. Povezavo med spletnimi strežniki in mobilnimi napravami največkrat implementiramo s pomočjo spletnih storitev.

Android je odprtokoden operacijski sistem za mobilne naprave razvit pod okriljem podjetja Google leta 2008. Jedro tega operacijskega sistema je pisano v programskem jeziku C, grafični vmesniki pa povečini v Javi. Google je za to platformo razvil razvojno orodje Android Software Development Kit (krajše Android SDK). Android SDK uporabljamo v povezavi z različnimi razvojnimi ogrodji, kot npr: Eclipse in Netbeans. V obeh omenjenih ogrodjih poteka programiranje v Javi, kar omogoča enostavnejše spreminjanje aplikacij in njihovo večjo prenosljivost.

Mobilna navigacija je aplikacija, ki smo jo razvili na platformi Android. Razvoj je potekal v razvojnem ogrodju Eclipse, ki je z Android SDK povezano s pomočjo vgrajenega vsadka za Android. Koncept aplikacije razložimo podrobneje v nadaljevanju.

3.1 Koncept mobilne navigacije na Androidu

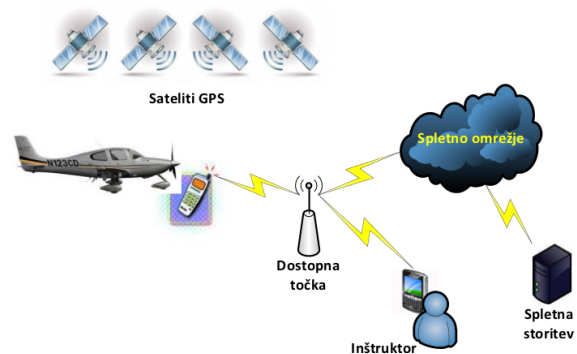
Pri razvoju mobilne aplikacije na Androidu izhajamo iz dveh zahtev, t.j. omogočiti funkciji:

- sledenja: prikaz dejanskega gibanja letala po navideznem navigacijskem zemljevidu na mobilni napravi, in
- navigacije: ponuditi uporabniku čim boljše navigacijske podatke o poletu (smer, hitrost, predvideni čas pristanka).

Funkcija sledenja služi inštruktorjem letenja kot sredstvo za nadzor pilotov pripravnikov pri samostojnem

letenju. V primeru, da letalo leti v bližini letališča, kjer je signal brezžičnega omrežja običajno še dovolj močan, lahko prikaz gibanja letala zasledujemo tudi prek spletnega omrežja sprotno (angl. online). To pomeni, da lahko inštruktor na letališču spremlja pilota pripravnika na navideznem navigacijskem zemljevidu prek spletnega brskalnika v realnem času. V primeru, da je dostop do tega omrežja onemogočen mora aplikacija omogočiti beleženje dejanskega gibanja letala in naknaden (angl. offline) prikaz tega na simulatorju.

V prvi fazi mora funkcija navigacije omogočiti izdelavo načrta poleta na mobilni napravi, v drugi fazi pa prikazovati krivuljo gibanja letala po navideznem navigacijskem zemljevidu na mobilni napravi skupaj z načrtovano krivuljo gibanja. Poleg tega želimo na mobilni napravi spremljati tudi podatke o smeri in hitrosti letenja, ter predvidenem času pristanka. V tem primeru sprotne prikaza gibanja letala prek spletnega omrežja ne zahtevamo, zaželeno pa je arhiviranje tega gibanja za naknaden prikaz na simulatorju.



Slika 3: Koncept mobilne navigacije na Androidu.

Če predpostavimo, da lahko na mobilni napravi:

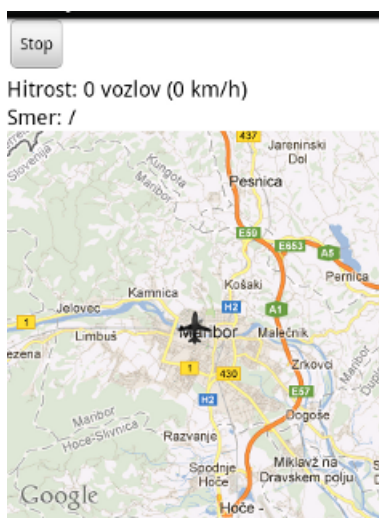
- navidezni navigacijski zemljevid predstavimo s pomočjo produkta Google Maps [20],
- gibanje letala spremljamo s pomočjo pozicij letala pridobljenih od sprejemnika GPS in z risanjem teh pozicij kot točk v Google Maps,
- smer in hitrost določimo iz podatkov pridobljenih od sprejemnika GPS, ter
- predvideni čas pristanka izračunamo na podlagi trenutne hitrosti in lokacije letala,

koncepta mobilne navigacije na Androidu, prikazanega na sliki 3, ni težko postaviti. Iz slike 3 lahko razberemo, da je mobilna naprava, ki jo nosi pilot v kabini letala povezana s satelitskim sistemom GPS prek sprejemnika GPS in s spletnim omrežjem komunicira prek brezžičnega omrežja. Pri sledenju mobilna naprava določi trenutno pozicijo letala. Zaporedje pozicij določa krivuljo poleta, ki se izrisuje na navideznem navigacijskem zemljevidu Google Maps. Pri navigaciji mobilna naprava poleg krivulje poleta prikazuje tudi krivuljo načrta poleta določene v predpoletnem načrtu. Tako

lahko v vsakem trenutku na mobilni napravi spremljamo razliko med načrtovano in dejansko krivuljo poleta in glede na zaznano odstopanje ustrezno ukrepamo.

4 TESTIRANJA IN REZULTATI

Namen testiranja mobilne navigacije na Androidu je bil pokazati, da je mobilno napravo mogoče uspešno uporabiti pri navigaciji v športnem letalstvu. V ta namen smo izvedli več testnih letov, s katerimi smo hoteli preizkusiti obnašanje mobilne navigacije pri sledenju in navigaciji.



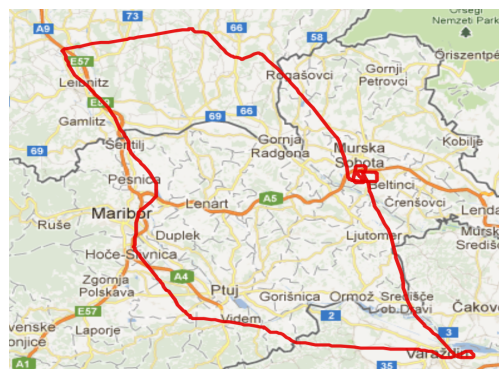
Slika 4: Sledenje na mobilni napravi Android.

Na sliki 4 je prikazan uporabniški vmesnik pri sledenju. Poudarimo, da je mobilna naprava pripravljena za sledenje šele, ko je vzpostavljena povezava s sistemom GPS in je trenutna lokacija letala (ikona letala) prikazana na navideznem zemljevidu Google Maps. Za začetni prikaz navideznega zemljevida Google Maps potrebujemo povezavo z brezžičnim omrežjem. Ta se nato naloži v začasni pomnilnik mobilne naprave.

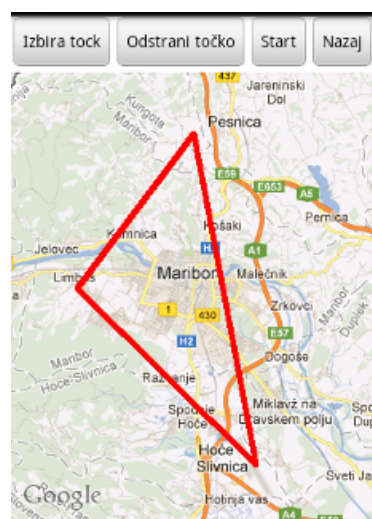
Pri sledenju aplikacija izrisuje krivuljo dejanskega poleta letala. Istočasno tvori datoteko tipa .GPX, v katero zapisuje trenutne pozicije točk med poletom. Te datoteke je mogoče prikazovati tudi na vizualizerjih.

Slika 5 predstavlja krivuljo dejanskega poleta, ki smo ga dobili pri sledenju z mobilno navigacijo na Androidu. Iz slike lahko razberemo, da je pilot vzletel z matičnega letališča v Murski Soboti, naredil nekaj t.i. šolskih krogov in nato poletel proti severozahodu, t.j. čez mejo z Avstrijo v smeri Lipnice. V Slovenijo se je vrnil prek Šentilja, se izognil mestu Maribor in v okolici Slovenske Bistrice usmeril proti Hrvaški. Nad Varaždinom je nato naredil šolski krog in se vrnil v Mursko Soboto.

Na sliki 6 je prikazan grafični vmesnik za kreiranje načrta poleta. Grafični vmesnik omogoča izbiranje posameznih obratnih točk na dva načina: s pritiskom na točko v navideznem navigacijskem zemljevidu ali izbiro

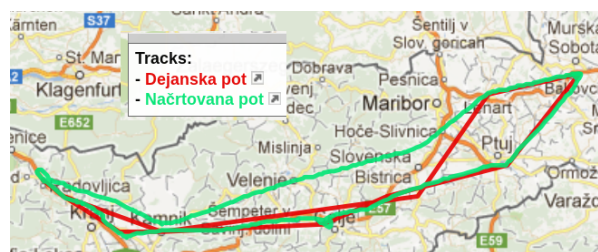


Slika 5: Primer sledenja z mobilno napravo Android.



Slika 6: Kreiranje poti leta na mobilni napravi.

določene točke shranjene v arhivu. Ko načrtujemo polet, lahko posamezne točke dodajamo s pritiskom na gumb tako, da enostavno kliknemo tja, kjer jo želimo imeti na navideznem navigacijskem zemljevidu. Pri drugem načinu pa željeno obratno točko izberemo iz arhiva in jo dodamo na navidezni navigacijski zemljevid. Po potrebi lahko zadnjo obratno točko zberemo iz navigacijskega navideznega zemljevida.



Slika 7: Navigacija z mobilno napravo.

Slika 7 prikazuje poti načrtovanega in dejanskega poleta z uporabo mobilne navigacije, kjer je načrtovani polet označen z zeleno, dejanski pa z rdečo barvo. Iz slike 7 lahko razberemo, da je načrtovani polet zajemal naslednje obratne točke: Murska Sobota-Lenart-

Maribor-Slovenska Bistrica-Kamnik in pristanek na letališču Lesce. Pri povratku naj bi polet potekal prek Kranja-Brnika-Celja-Slovenske Bistrice-Ptuja s pristankom na matičnem letališču v Murski Soboti.

Iz dejanske poti je razvidno, da je let potekal po krajši poti, kot je bilo načrtovano. Letenje po bližnjici, ki jo lahko odobri kontrola letenja, zahteva od pilota izračun nove smeri in časa letenja do obratne točke, zato je v tem primeru uporaba mobilne navigacije na Androidu zelo dobrodošla.

Testiranja so pokazala na številne probleme, s katerimi smo se soočali pri vpeljevanju mobilne navigacije na Androidu v prakso. Največji problem predstavlja nalaganje zemljevidov Google Maps v začasni pomnilnik, pri čemer potrebujemo povezavo z brezžičnim omrežjem. Po drugi strani Google Maps niso prave navigacijske karte, ampak splošni zemljevidi. To kliče po fiksnem nalaganju pravih navigacijskih zemljevidov na Android, ki pa so plačljivi. Dodaten problem predstavlja tudi velika poraba električne energije mobilnih naprav. Ta problem smo delno rešili z izklapljanjem mobilnega omrežja potem, ko je zemljevid že shranjen na mobilni napravi. Popolno rešitev tega problema predstavlja uporaba električnega sistema letala kot vira napajanja, za kar potrebujemo ustrezn adapter.

5 ZAKLJUČEK

Uporaba mobilne navigacije na Androidu v praksi je, kljub začetnim težavam, izpolnila pričakovanja, t.j. uporabna je tako pri sledenju kot tudi navigaciji. Rešitev je relativno poceni in po eni strani olajša delo pri navigaciji pilotom pripravnikom, ki v svet letalstva šele vstopajo, po drugi strani pa lahko služi kot pripomoček inštruktorju pri nadzoru njihovih prvih samostojnih poletov ali pa preprosto le za analizo navigacijskega leta.

V prihodnje želimo namesto Google Maps, ki zahtevajo povezavo s strežnikom, uporabiti fiksne zemljevide naložene na samo mobilno napravo. V ta namen so posebej primerni zemljevidi OpenStreetMap [21], ki odpravljajo večino pravnih in tehničnih omejitev pri uporabi obstoječih zemljevidov. Poleg tega želimo izboljšati navigacijo z uporabo dodatnih grafičnih elementov, kot so npr: izračun in prikaz dejanske smeri in hitrosti vetra, izračun zanosa letala in potrebnega popravka smeri, prikaz trendnega vektorja poti, izračun zračne hitrosti letala v odvisnosti od višine leta, ipd.

LITERATURA

- [1] Willits, P.(Ed.), *Jeppesen flight discovery PRIVATE PILOT 2007*, Jeppesen, 2007.
- [2] D.C. Agnew, K.M. Larson *Finding the repeat times of the GPS constellation*, Springer Verlag, Berlin, 2007.
- [3] D. Bell, M. Parr *Java for Students*, Prentice-Hall, 2010.
- [4] E. Brunette *Hello, Android: Introducing Google's Mobile Development Platform*, Pragmatic Bookshelf, 2010.
- [5] L. Darcey, S. Conder *Android: Wireless Application Development*, Addison Wesley, Upper Saddle River, 2011.
- [6] A. J. Dierendonck "GPS Receivers," In: B. W. Parkinson, and J. J. Spilker (Eds.): *Global Positioning System: Theory and Applications*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, vol. 1, 1996.
- [7] I. Jr. Fister, I. Fister, M. Mernik, and J. Brest, "Design and implementation of domain-specific language Easytime," *Computer Languages, Systems & Structures*, vol. 37, no. 4, pp. 151–167, 2011.
- [8] I. Jr. Fister, M. Mernik, I. Fister, D. Hrnčič, "Implementation of the domain-specific language easy time using a LISA compiler generator," *FedCSIS : proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, pp. 809–816, 2011.
- [9] I. Jr. Fister, I. Fister, "Measuring time in sporting competitions with the domain-specific language easy time" *Elektrotehnik review*, vol. 78, no. 1-2, pp. 36–41, 2011.
- [10] I. Fister, I. Jr. Fister, "A concept of drafting detection system in Ironmans," *Elektrotehnik review*, vol. 78, no. 4, pp. 217–222, 2011.
- [11] I. Jr. Fister, M. Mernik, I. Fister, and D. Hrnčič, "Implementation of EasyTime Formal Semantics using a LISA Compiler Generator," *Computer Science and Information Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 1019–1044, 2012.
- [12] B. Fling *Mobile Design and Development*, O'Reilly Media, 2009.
- [13] P. Misra, P. Enge *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*, Ganga-Jamuna Press, Lincoln, Massachusetts, 2010.
- [14] TM8358.2 *The Universal Grids: Universal Transverse Mercator (UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS)*, Defense Mapping Agency, 1989.
- [15] R. Prasad, M. Ruggieri *Applied Satellite Navigation Using GPS, GALILEO, and Augmentation Systems*, Artech House, Boston, 2005.
- [16] T. Vincenty, "Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations," *Survey Review*, vol. 22, no. 176, pp. 88–93, 1975.
- [17] B. Žalik "An efficient sweep-line Delaunay triangulation algorithm," *Computer-Aided Design*, vol. 37, no. 10, pp. 1027–1038, 2005.
- [18] Android "<http://www.android.com/>"
- [19] Aviation mentor "<http://aviationmentor.blogspot.com/2009/04/iphone-efb.html>"
- [20] Google Maps "<https://developers.google.com/maps/>"
- [21] OpenStreetMap "<http://www.openstreetmap.org>"

Dušan Fister je študent prvega letnika mehatronike na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. Poleg študija je navdušeni športni pilot.

Janez Kramberger je predavatelj za področje Konstruiranje na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. Ima tudi bogate dolgoletne strokovne izkušnje kot poklicni pilot in inštruktor motornega letenja.

Jani Dugonik je diplomiral leta 2010 na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Trenutno je na omenjeni fakulteti absolvent podiplomskega študija in zaposlen kot tehniški sodelavec.