**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**

**V A R A Ž D I N**

**Paula Kokić**

**SIMULACIJA POZICIONIRANJA AUTONOMNIH LETJELICA U PROSTORU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Varaždin, 2016.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**

**V A R A Ž D I N**

**Paula Kokić**

**Matični broj: 41987/13-R**

**Studij: Informacijski sustavi**

**SIMULACIJA POZICIONIRANJA AUTONOMNIH LETJELICA U PROSTORU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

prof.dr.sc. Neven Vrček

**Varaždin, kolovoz 2016.**

**Sadržaj**

[1. Uvod 1](#_Toc459212502)

[2. SOA 2](#_Toc459212503)

[2.1. GPS 2](#_Toc459212504)

[2.2. Autonomna letjelica (dron) 3](#_Toc459212505)

[2.3. RF propagacija 3](#_Toc459212506)

[3. Hipoteze 5](#_Toc459212507)

[3.1. Minimizacija GPS greške u crowd sourced sustavima 5](#_Toc459212508)

[3.2. Ciljevi 5](#_Toc459212509)

[4. Aplikacija 6](#_Toc459212510)

[4.1. Korisnički zahtjevi 6](#_Toc459212511)

[4.2. UML dijagrami 6](#_Toc459212512)

[4.3. Model podataka 6](#_Toc459212513)

[4.4. Algoritam za korekciju 6](#_Toc459212514)

[4.5. Implementacija 6](#_Toc459212515)

[5. Simulacija 7](#_Toc459212516)

[5.1. Scenariji 7](#_Toc459212517)

[5.2. Rezultati 7](#_Toc459212518)

[6. Zaključak 8](#_Toc459212519)

[7. Literatura 9](#_Toc459212520)

1. Uvod

U posljednjih par godina, na području tehnologije, sve se više spominju pojmovi poput „autonomne letjelice“, „dronovi“, „Internet of Things“, „crowdsourcing“, itd... Upravo zato će se i ovaj rad orijentirati tom području, odnosno dotaknuti se barem jednog njegovog dijela i na taj način pokušati doprinjeti njegovom razvoju.

Dakle, ovaj rad bavit će se pozicioniranjem autonomnih letjelica, odnosno simulacijom njihovog pozicioniranja te ispravljanjem GPS pogreške njihove pozicije, tj. lokacije. Naime, radi se o tome da postoji mogućnost minimiziranja pogreške koju pojedini čvor dobije skupa s lokacijom od GPS sustava i to očitavanjem jačine WiFi signala drugih čvorova koji se nalaze u njegovoj blizini. Prema dobivenim očitavanjima, računat će se udaljenost između čvorova te na temelju toga korigirati lokacija pojedinog čvora, odnosno smanjiti pogreška GPS sustava.

Rad će najprije pojasniti teoretski dio, tj. detaljnije objasniti sve pojmove koji će nam biti potrebni za shvaćanje problema i algoritma, a to su: GPS sustav, pojam autonomne letjelice i RF propagacije. Nakon toga bit će iznesena hipoteza na kojoj se zasniva ovaj rad te nakon toga prikazan i opisan rad aplikacije te rezultati koji su nastali korištenjem aplikacije.

1. SOA
   1. GPS

GPS (eng. *Global Positioning System*) je američki sustav koji korisnicima omogućava pozicioniranje, navigaciju i vremenske usluge. Razvoj ove tehnologije započeo je još u ranim 70-tima prošlog stoljeća, da bi danas već bilo korišten od gotovo svih uređaja kojima je potrebno odrediti lokaciju na Zemlji. Sustav se može koristiti neovisno o vremenskim prilikama, dobu dana ili lokaciji na Zemlji, važno je samo da pojedini čvor ima nesmetan signal prema najmanje četiri satelita GPS-a.

Postoje tri glavna segmenta rada GPS-a: svemirski, kontrolni i korisnički. Svemirski segment sastoji se od 24-31 satelita, koji se nalaze u srednjoj Zemljinoj orbiti i korisnicima odašilju radio signale. Svaki satelit dnevno obiđe Zemlju dva puta, ali na način da su u svakom trenutku, na gotovo svakoj lokaciji na Zemlji dostupna minimalno četiri satelita kako bi sustav mogao pravilno raditi. Kontrolni sustav sastoji se svjetske mreže koja prati GPS satelite, s njima razmjenjuje podatke, nadzire njihove transmisije i obavlja analize. Konačno, korisnički segment sastoji se od samih GPS prijemnika, bilo samostalnih, bilo ugrađenih u različite uređaje, koji očitavaju signale GPS satelita i određuju lokaciju korisnika.

Korisnički segment GPS sustava dovodi upravo do njegove primjene. Glavna podjela upotrebe GPS-a je na civilne (dostupne svim građanima na Zemlji) i vojne svrhe (dostupne američkoj vojsci i njihovim vojnim saveznicima). Budući da je ova usluga besplatna, otvorena i poprilično neovisna, omogućila je razvoj stotine aplikacija bez kojih se današnji život ne bi mogao ni zamisliti, krenuvši od mobitela i pametnih telefona, preko ručnih satova do buldožera, bankomata i sl. Ovaj sustav koristi se u poljoprivredi, građevini, rudarstvu, dostavljanju paketa i logističkim sustavima, bankarskim sustavima, komunikacijskim mrežama... (prema: GPS.GOV, 2016) O primjeni GPS sustava može se danima govoriti, no to nije glavna tema ovog rada. Umjesto toga, u nastavku se iznosi zašto je ovom radu potreban GPS sustav i kako će se koristiti.

Svaki GPS prijemnik (pa tako i oni koji se nalaze u autonomnim letjelicama), od GPS satelita prima veću količinu podataka, a najbitnije su one koje se tiču same lokacije: geografska širina (eng. *latitude*) i geografska dužina (eng. *longitude*). Osim toga, jako je bitan i podatak GPS pogreške (eng. *error*) jer ćemo se njime najdetaljnije baviti. Geografska širina i dužina izražene su u stupnjevima, minutama i sekundama, dok je greška prikazana u metrima.

* 1. Autonomna letjelica

Pojam autonomna ili bespilotna letjelica (eng. *Unmanned Aerial Vechile – UAV*) odnosi se na letjelicu (zrakoplov) bez posade, odnosno pilota koji leti s njom. Takvu letjelicu se može nadzirati i upravljati na daljinu (ručno), a neke imaju i sposobnost autonomno letjeti pomoću unaprijed isprogramiranih planova leta ili kompeksnih dinamičkih automatskih sustava. Letjelice su često opremljene različitim senzorima, kamerama, odašiljačima i prijemnicima (kao što je GPS prijemnik ili RF antena), ovisno o svrhi/zadaći koju obavlja. A zadaće ovih letjelica su jednako različite: koriste se u vojne svrhe, ali i civilne – za snimanje iz zraka, dostavu, različita istraživanja, spašavanje, itd.

Razina autonomije je dio koji se zapravo još uvijek razvija, tako da čovjek ima sve manju ulogu u upravljanju samom letjelicom. Neka od područja koja će biti značajna za napredak autonomije jesu: spajanje podataka iz senzora, komunikacije između pojedinih letjelica u svrhu nadopunjavanja i korigiranja podataka, planiranje kretanja u svrhu pronalaska optimalnog puta između dvije točke (kako prijeđi određene zapreke, itd.), raspodjela posla i kooperacija između pojedinih letjelica kako bi se najoptimalnije riješili dani zadaci ili maksimizirala šansa za uspjeh u danoj misiji. (prema: theuav.com, 2016)

* 1. RF propagacija

Radio frekvencija (eng. *radio frequency*, RF) definira se kao bilo koja frekvencija elektromagnetskog vala koja leži u rasponu između 3 kHz i 300 GHz, a koristi se u komunikacijske svrhe ili kao signal za radar. (prema: Merriam Webster, 2016) Nas zapravo najviše zanimaju frekvencije od 2.4 GHz i 5GHz, jer na njima leži Wi-Fi signal, koji će odašiljati i primati naši čvorovi, tj. autonomne letjelice.

RF propagacija je pojam koji označava način na koji se radio valovi šire između dvije točke na Zemlji. Neću previše ulaziti u detalje, jer je to područje fizike, već ću samo naglasiti par stvari koje su nam važne za ovaj rad. Naime, propagacija signala važna nam je jer ćemo upravo pomoću nje pokušati odrediti udaljenost između dvije točke. Ono što trebamo znati jest da se svaki signal širi iz jedne točke određenom jačinom (mjereno u decibel-miliwatima, dBm; označava električnu snagu u dB koja odgovara 1 mW), i šireći se kroz prostor njegova jačina slabi. Signal nikad neće prestati, samo će slabiti, ali postoji prag, tj. minimalna jačina signala koju neki prijemnik može očitati, a ona iznosi oko -90 dBm. (prema: Experts Exchange, 2013) Formula koja će se koristiti za izračun udaljenosti između dva čvora je tzv. formula za gubitke propagacije u neomeđenom prostoru (eng. *free-space path loss*, FSPL), a glasi ovako:

gdje je:

* R – jačina primljenog signala, mjeri se putem odgovarajuće WiFi opreme na letjelici (dBm)
* T – jačina odašiljanja signala, iznosi 17 dBm
* K – konstanta gubitka propagacije, iznosi -147.55
* f – frekvencija WiFi signala, iznosi 2450 MHz
* n – eksponent gubitka propagacije, iznosi 2, jer se radi o slobodnom prostoru
* r – udaljenost između dva čvora (rezultat u metrima, m)

(prema Tomaš, 2013)

Prikupljajući na taj način podatke o udaljenosti između čvorova, tj. onih čvorova koji se međusobno „vide“, odnosno mogu očitati jedan drugome jačinu signala, pokušat će se preciznije odrediti lokacija pojedninog čvora i paralelno smanjiti GPS pogreška.

1. Hipoteze
   1. Minimizacija GPS greške u crowd sourced sustavima

Masovna podrška (eng. *crowdsourcing*) termin je koji predstavlja postupak dobivanja potrebnih usluga, ideja ili podataka od neodređene skupine ljudi. (prema: Frančula, 2015) Prema tome, crowd sourced sustavi (sustavi masovne podrške) su oni sustavi koji se sastoje od jedinica koje međusobno samostalno razmjenjuju podatke. U ovom slučaju, radi se o autonomnim letjelicama koje međusobno razmjenjuju podatke, odnosno konkretno (između ostalog) svoju lokaciju.

Problem koji je postavljen je sljedeći: GPS pogreška koju autonomne letjelice dobivaju skupa s lokacijom od GPS sustava mogu varirati, i iznositi i do 30 metara (prema: GPS SPS PS, 2008)

Hipoteza koja se postavlja glasi: Koristeći RF propagacijski model može se minimizirati GPS greška u crowd sourced sustavima. U prijašnjem poglavlju objašnjen je pojam RF propagacije i formule na temelju koje bi se ovakva postavka mogla ostvariti.

* 1. Ciljevi

Ovim radom pokušat će se dokazati navedena hipoteza koristeći osmišljeni algoritam za korekciju GPS pogreške. Bit će napravljena jednostavna aplikacija za simuliranje GPS podataka i kretanje čvorova te primijenjen algoritam za korekciju. S dobivenom preciznijom lokacijom svakog pojedinog čvora, algoritam će biti primjenjiv u stvarnim crowd sourced sustavima. U konačnici to rezultira lakšim nadgledanjem i upravljanjem pojednih čvorova, odnosno u ovom slučaju bespilotnih letjelica.

1. Aplikacija
   1. Korisnički zahtjevi

Prije razrade samog algoritma, definirat će se korisnički zahtjevi, odnosno specifikacija i domene aplikacije koja će koristiti taj algoritam, kako bi ga mogli testirati.

Aplikacija, koju možemo nazivati i Simulator pozicioniranja dronova, treba ispunjavati sljedeće zahtjeve:

* mogućnost unošenja podataka o svakom dronu: ID, naziv, lokaciju u obliku x i y koordinata, početni smjer kretanja (u stupnjevima) i brzinu
* mogućnost dodavanja unesenog drona na listu dronova koji će biti u simulaciji
* mogućnost brisanja dodanih dronova
* mogućnost pokretanja, zaustavljanja/pauziranja i ponovnog pokretanja (reset) simulacije
* vizualni prikaz kretanja dronova, njihove GPS greške i greške korigirane algoritmom
* mogućnost spremanja dobivenih rezultata simulacije u vanjsku datoteku
  1. Struktura sustava

U nastavku slijedi opis strukture sustava, odnosno način na koji je osmišljena aplikacija. Za bolji opis, za prikaz će se koristiti UML dijagram klasa, koji sadrži sve klase, atribute, metode i odnose među klasama.

* 1. Model podataka

bla bla bla

* 1. Algoritam za korekciju

bla bla bla

* 1. Implementacija

bla bla bla

1. Simulacija
   1. Scenariji

bla bla bla

* 1. Rezultati

bla bla bla

1. Zaključak

Fuck yea :D

1. Literatura
2. Tsui, JBY (2000) *Fundamentals of Global Positioning System Receivers*. New York: John Wiley & Sons, Inc. Preuzeto 17.08.2016. s <http://kakukoto.free.fr/F/019/Fundamentals%20of%20Global%20Positioning%20System%20Receivers/Fundamentals%20of%20Global%20Positioning%20System%20Receivers.pdf>
3. GPS.GOV (2016) *Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics*. Dostupno 18.08.2016. na <http://www.gps.gov/>
4. The UAV (2016) Dostupno 18.08.2016. na <http://www.theuav.com/index.html>
5. Sayler K (2015) *A World of Proliferated Drones: A Technology Primer.* Dostupno 20.08.2016. na <http://www.cnas.org/sites/default/files/publications-pdf/CNAS%20World%20of%20Drones_052115.pdf>
6. Merriam Webster (2016) *Dictionary – Radio Frequency*. Dostupno 20.08.2016. na <http://www.merriam-webster.com/dictionary/radio%20frequency>
7. Experts Exchange (2013) *Industry standard for minimum Wifi signal strength?* Dostupno 20.08.2016. na <https://www.experts-exchange.com/questions/28103112/Industry-standard-for-minimum-Wifi-signal-strength.html>
8. Tomaš B (2013) *WiFi roaming in urban multi-sensor environment*.
9. Frančula N (2015) *Terminologija*. Dostupno 27.08.2016. na <https://bib.irb.hr/datoteka/793247.Masovna_podrska.pdf>
10. Department of Defense USA (2008) *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard.* Dostupno 27.08.2016. na <http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>

# References

**There are no sources in the current document.**