

# Korišćenje sistema mobilne telefonije u telekomunikacionom segmentu kompleksa male bespilotne letelice

Vladimir Smiljaković, Predrag Manojlović, Dragan Obradović, Nenad Popović, Aleksandar Nešić

**Sadržaj** — U radu je prikazan i predložen jeftin i siguran sistem za upravljanje malom bespilotnom letelicom (MBL) kao i prenos podataka sa MBL-a do zemaljske stanice korišćenjem mreže mobilne telefonije.

**Ključne reči** — bespilotna letelica, mobilna telefonija, 3G, prenos podataka

## I. UVOD

U poslednjih nekoliko decenija vozila (uređaji – objekti) koja se autonomno kreću, a kojima čovek ne upravlja neposredno doživela su značajan napredak. Posebno je taj napredak ubrzan korišćenjem globalnih navigacionih sistema (GPS ili Glonas) putem kojih je omogućeno precizno određivanje prostorne pozicije a time u značajnoj meri olakšano autonomno ili dirigovano upravljanje objektima. S druge strane, kada je mreža mobilne telefonije instalirana i kada je ostvareno pokrivanje velikog dela teritorije, sasvim je opravdano da se i ovaj sistem koristi ravnopravno i u komunikacionom i u navigacijskom smislu za vođenje objekata na daljinu, a time i malih bespilotnih letelica čije su namene prvenstveno komercijalne prirode. Servisi u mobilnoj telefoniji kao GPRS i prenos digitalizovane slike u trećoj generaciji (3G) mobilne telefonije omogućavaju značajne pogodnosti u eksploataciji svih tipova kako lakših tako i srednjih bespilotnih letelica. U ovom radu će biti diskutovane prednosti korišćenja sistema predajnika mreže mobilne telefonije u eksploataciji malih bespilotnih letelica, kao i povećavanje raznovrsnih mogućnosti režima rada u toku leta bespilotnih letelica. Tehnički sistemi koji omogućavaju autonoman rad bespilotne letelice su raznovrsni i upotrebom komunikacionog sistema mreže mobilnih komunikacija mogu biti redukovani, a što je naročito značajno za ultralake i male bespilotne letelice. Ovaj sistem može biti redundovan već postojećim

autonomnim sistemima za vođenje. Pomenuti sistemi su vrlo često međuzavisni u radu i po načinu realizacije [1][2].

## II. PRINCIP VOĐENJA MBL UPOTREBOM MREŽE MOBILNE TELEFONIJE

Kompleks jednog BL sistema sastoji se od vazduhoplovnog segmenta, koji čine jedna ili više letelica, segmenta koji podržava rad posade (odnosno korisnika - obično se nalazi na zemlji u vidu zemaljske stanice za vođenje, ali može se nalaziti i na plovilu pa i na drugoj letilici.

Treći segment koji povezuje prva dva je komunikacioni segment, čije karakteristike i način rada direktno zavise od namene čitavog kompleksa. Zadatak telekomunikacionog segmenta je da od zemaljske stanice do letelice prenese komande kojima se upravlja letom, kao i radom opreme misije a takođe i prenose podatke sa senzora letelice na zemaljsku stanicu.

Karakteristike kompleksa bespilotne letelice usklađene su za korišćenje prvenstveno u civilne namene, a koje su u poslednje vreme sve raznovrsnije, prikazane su na blok šemi (Sl.1). Inače letelice se mogu formirati po trajanju leta, nosivosti i opremljenosti.

Na prikazanoj blok šemi uz sistem za vođenje, upotrebom sistema mobilne telefonije prikazan je i redundovani konekcijalni sistem za vođenje koji je naročito pogodan pri poletanju i sletanju. Za prenos komandi u smeru up linka se koristi mobilni telefon koji ne mora da bude 3G, a takođe se i za down link telekomandi koristi mobilni telefon, odnosno GSM/GPRS modem. Preko down linka se prenose podaci sa davača (senzora) koji su bitni za pilota (broj obrtaja motora, brzina, visina, nivo goriva, nagib, pozicija, gas, kompas itd.). Za prenos slike kao drugi down link može se koristiti mobilni telefon 3G. Ovde je opravdano nabrojati prednosti i mane ovakvog rešenja. Za ovakvo rešenje je neophodno dizajnirati odgovarajuće interfejsa kojima se svi relevantni podaci uvode u navedene sisteme na samoj letelici, kao i u samoj stanici za vođenje bespilotne letelice. Mobilni telefoni imaju svoje baterije u sopstvenom kućištu, međutim za ovakve namene ih je poželjno napajati iz akumulatora koji imaju veći kapacitet. Prilikom dizajniranja navedenih interfejsa poželjno je omogućiti i paralelno korišćenje komercijalnih RC stanica jer one mogu biti značajne u kritičnim fazama poletanja i sletanja

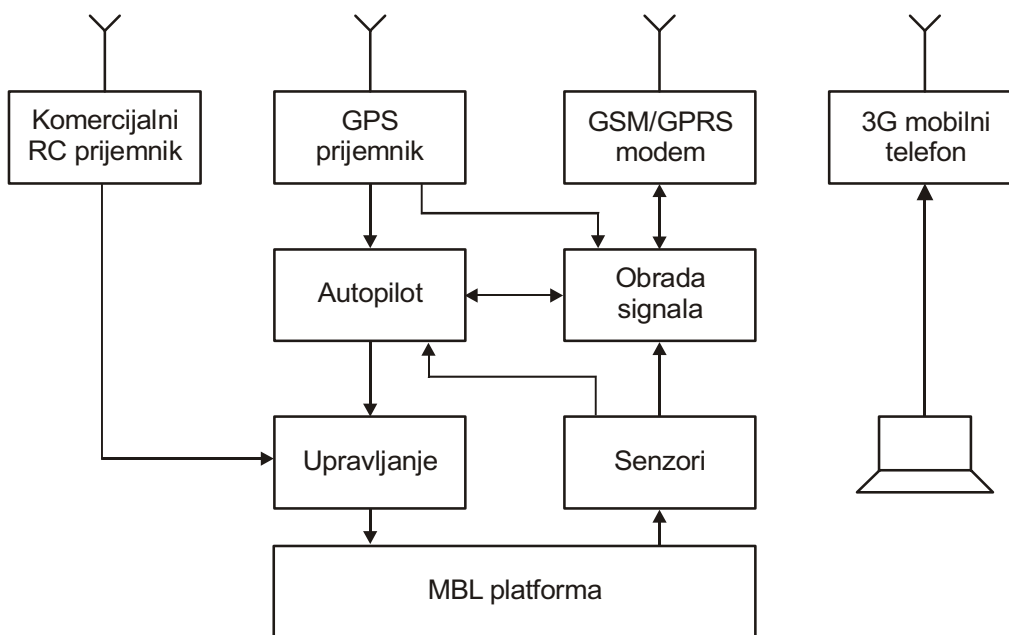
V. Smiljaković, IMTEL-Komunikacije, Bul. M. Pupina 165B, 11070 Novi Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3016845; faks: 381-11-3118801; e-mail: smiljac@insimtel.com).

P. Manojlović, IMTEL-Komunikacije, Bul. M. Pupina 165B, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: pedja@insimtel.com).

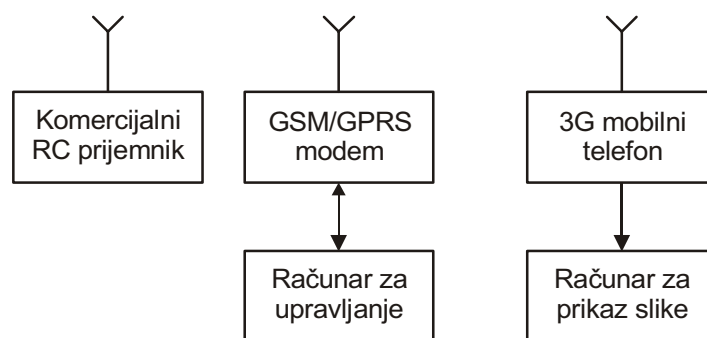
D. Obradović, IMTEL-Komunikacije, Bul. M. Pupina 165B, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: obrad@insimtel.com).

N. Popović, IMTEL-Komunikacije, Bul. M. Pupina 165B, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: nenad@insimtel.com).

A. Nešić, IMTEL-Komunikacije, Bul. M. Pupina 165B, 11070 Novi Beograd, Srbija (e-mail: aca@insimtel.com).



Slika 1. Principalska blok šema povezivanja sklopova u maloj bespilotnoj letilici koja koristi prenosni sistem mreže mobilnih komunikacija



Slika 2. Blok šema povezivanja zemaljske stanice za vođenje

naročito kod većih modela bespilotnih letelica. Na ovakav način bismo se obezbedili od mogućih prekida prenosa komandi do bespilotne letelice u sistemu mobilnih komunikacija za vreme trajanja poletanja ili sletanja. Za vreme trajanja leta, kada je bespilotna letelica na većoj visini, autopilot vrši kontrolu parametara leta tako da eventualni prekid u mreži mobilne telefonije ne bi izazvao značajnije skretanje ili pri sletanju i poletanju pad letelice. Svakako ostaje mogućnost da autopilot zadrži komandu za kružni let za relativno kraće prekide veze ili da vrati bespilotnu letelicu prema mestu poletanja ukoliko prekid traje duže.

U pogledu fizičkih dimenzija i težine, mobilni telefoni su dostigli vrlo male i gabarite i male težine, a za veće modele bespilotnih letelica poželjno je koristiti antene koje su odvojene od samih telefona. Vrlo lako ih je smestiti u repni stabilizator ili na trup. Svakako najveća prednost korišćenja sistema mobilnog komunikacionog sistema je pokrivenost signalom celokupne teritorije kao i višestruka pokrivenost jedne teritorije signalom iz više predajnika, jer se u slučaju prekida saobraćaja sa jednog mobilnog korisnika preusmerava sa jedne bazne stanice na drugu, skoro bez gubitka korisnih informacija.

Za upotrebu kod bespilotne letelice ovo znači višestruku korist u odnosu na zasebni sistem radiovođenja kod kojega se pojavljuju delovi prostora gde je slabiji signal i kada postoji ograničen radijus unutar kojeg je signal dovoljnog intenziteta u kojem je moguća komunikacija sa bespilotnom letelicom. Ukoliko se koristi mikrotalasni opseg za vođenje bespilotne letelice npr. L band ili neki viši band potrebno je koristiti usmerene antenske sisteme ili monoimpulsne prijemnike što značajno poskupljuje i komplikuje sistem tako da nije moguće vođenje letelice iznad brda koje je zaklanja ili u nekoj "rupi". Korišćenjem sistema mobilne telefonije, smanjuje se broj sivih zona, a što je veća visina letelice to do nje dopire signal sa većeg broja baznih stanica pa je mogućnost prekida veze manja. Značajna prednost ovog načina vođenja je i u tome što nema ometanja drugih korisnika u spektru od strane komunikacionog sistema bespilotne letelice kao i to što drugi korisnici ne ometaju komunikaciju sistema vođenja bespilotne letelice. Mogućnosti dometa i doleta letelice sada bivaju ograničene letnim performansama letelice i količinom ponesenog goriva.

Najveći nedostatak korišćenja 3G kao down linka je u

tome da se radi o sistemu za prenos slike sa velikom kompresijom videosignala. To ima za posledicu kašnjenje signala kroz komunikacioni sistem. TV slika nije visokog kvaliteta i visoke rezolucije. Sledeći nedostatak se ogleda u tome što je broj prenesenih slika video signala zavisao od trenutne opterećenosti mreže. Međutim, može se očekivati se da će i ovaj problem biti rešen povećanjem bitskog protoka u sistemu 3G. Tehnički je za sada prihvatljivije, a čine se da je još uvek bolje kombinovati prikazani sistem sa već ranije opisanim klasičnim sistemom koji je razvijen i prikazan u Institutu IMTEL [3].

Sistem komandno pokazivačke jedinice je dosta jednostavan i prikazan je u radu [4]. Glavne izmene u odnosu na prikazani sistem komandno-pokazivačke jedinice se ogledaju u tome da postoje sada paralelni ulazi za korišćenje autonomnog sistema vođenja i već opisanog sistema koji koristi postojeću mrežu mobilne telefonije.

Kada se koristi sistem bez autonomne navigacije broj uređaja i sklopova koji se koriste za vođenje MBL je znatno smanjen (Sl.2), pa je smeštaj opreme znatno olakšan u npr. nekom vozilu. Takođe je antenski sistem u ovoj varijanti vrlo malen, jer se radi o antenama na mobilnim telefonima i nema glomaznih antena sa pozicionerima kao kod autonomnih sistema za vođenje. Kao komandni pult koristi se standardna kvalitetnija radio-stanica za upravljanje RC modelima, budući da ima sve potrebne ručice i prekidače. Cena takve RC stanice je pristupačna u odnosu na profesionalne džojstike i komandne pultove koji bi bili razvijeni samo za ovu namenu. U sastavu zemaljske stanice je i agregat za elektronapajanje uređaja zemaljske stanice, komplet alata i pribora, TV monitor za prikazivanje signala sa opreme misije (koji je u ovom slučaju signal TV slike) i sistem za arhiviranje i reprodukciju primljenog signala. Treba napomenuti da je zbog malog raspoloživog prostora, odnosno malih dimenzija MBL vrlo veliki problem u praksi kako postići elektromagnetsku kompatibilnost. Na primer, da prijemnici u svim situacijama neometano rade u blizini predajnika drugih korisnika, kako na radnoj tako i na susjednim učestanostima.

Podaci o statusu letilice primljeni u poruci koja je deo telemetrijskog signala vode se na radno mesto operatera vođenja MBL u zemaljskoj stanici kompleksa MBL i prikazuju se na monitoru na način koji zavisi od režima rada zemaljske stanice [5].

### III. ZAKLJUČAK

Telekomunikacioni segment male bespilotne letilice (MBL) prikazan u ovom radu je predložen u Institutu za mikrotalasnu tehniku i elektroniku IMTEL, a čine ga telekomandni i telemetrijski kanal. Telekomandni kanal namenjen je za rad u realnom vremenu i u uslovima vizuelnog, a takođe i instrumentalnog letenja, dok TV kanal ima vremensko kašnjenje.

Telekomandni kanal namenjen je za prenos komandi za upravljanje letilicom i opremom misije koja se nalazi na BL. Realizovan je modifikacijom komercijalno raspoloživog pulta upravljanja RC modelima i redundovan u kanalu mobilnog telefona, i u zemaljskoj stanici za

vođenje, i u BL. TV kanal se ne prenosi u realnom vremenu nego sa kašnjenjem a prenesena slika je sa smanjenom rezolucijom. Zahvaljujući usvojenom pristupu i maksimalnom korišćenju komercijalno raspoloživih komponenti telekomunikacioni segment je realizovan sa pristupačnom cenom. Ispitivanja u vizuelnom režimu letenja su uspešno sprovedena. Predstoje ispitivanja u instrumentalnom režimu letenja. Najpre će se sprovesti ispitivanje u režimu direktnog daljinskog upravljanja (teleoperacija), a zatim i u režimu autonomnog letenja uz pomoć autopilota. Takođe će se ispitati ponašanje pri naizmeničnoj promeni načina upravljanja; prelazak iz daljinskog upravljanja u autonoman let a zatim i povratak na daljinsko upravljanje.

U daljijim etapama razvoja kompleksa MBL predviđeno je razvijanje MBL većeg doleta i sa mogućnošću nošenja korisnog tereta veće mase.

### ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu delimično je finansiran sredstvima Ministarstva nauke Vlade Republike Srbije, Beograd

### LITERATURA

- [1] Office of the Secretary of Defence Department of Defence USA, Unmanned Aerial Vehicles Roadmap 2005-2030, www.uavforum.com, 2005.
- [2] Slobodan Tirnanić Bespilotne letilice, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2001.
- [3] Smiljaković V, Golubičić Z, Manojlović P. i Popović N. Multifunkcionalni sistem vođenja male bespilotne letilice, Zbornik radova 49. konferencije ETRAN, tom II, str. 361-364, Budva 2005.
- [4] Obradović D., Smiljaković V, Popović N., Manojlović P., Nešić A., Obrenović Ž., Starčević D. Akvizicioni sistem male bespilotne letilice, TELFOR 2005, 22-24. XI 2005., Beograd
- [5] Smiljaković V, Golubičić Z, Manojlović P, Živanović Z, Microwave Autonomous Angular Position Finding System for Middle Range Unmanned Aerial Vehicle, Proceedings of XXXVIII ICEST, Sofia, 16-18 october 2003.

### ABSTRACT

This paper describes and suggests a low-cost and safe system for remote control with the small UAV and data transfer from it to the ground station using mobile telephony system.

### USING OF MOBILE TELEPHONY SYSTEM FOR COMMUNICATIONS SEGMENT OF THE UAV SYSTEM

Vladimir Smiljaković, Predrag Manojlović, Dragan Obradović, Nenad Popović, Aleksandar Nešić