

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivona Iličić

**PRISTUP INTERNETU U ZRAKOPLOVIMA NA KOMERCIJALNIM
LETOVIMA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRISTUP INTERNETU U ZRAKOPLOVIMA NA KOMERCIJALNIM
LETOVIMA

INTERNET ACCESS ON COMMERCIAL AIRLINES

Mentor: doc. dr. sc. Mario Muštra

Studentica: Ivona Iličić

JMBAG: 0135233521

Zagreb, rujan 2018.

Zagreb, 16. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Mobilni komunikacijski sustavi**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4430

Pristupnik: **Ivona Iličić (0135233521)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Pristup Internetu u zrakoplovima na komercijalnim letovima**

Opis zadatka:

Navesti značajke mobilnih mreža 4. generacije u pogledu korištenja frekvencijskog spektra, načina pristupa prijenosnom mediju, korištenja naprednijih modulacijskih postupaka te povećanja brzine i robusnosti kod prijenosa. Nabrojati i opisati satelitske komunikacijske sustave koji su trenutno aktivni i omogućavaju glasovnu i podatkovnu komunikaciju. Objasniti načine pružanja usluge pristupa Internetu u zrakoplovima na komercijalnim letovima i definirati zahtjeve na infrastrukturu potrebnu za omogućavanje te usluge. Opisati trenutno dostupne usluge i tarifiranje pojedinih zrakoplovnih kompanija koje nude uslugu pristupa Internetu u zrakoplovima.

Mentor:



doc. dr. sc. Mario Muštra

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



PRISTUP INTERNETU U ZRAKOPLOVIMA NA KOMERCIJALNIM LETOVIMA

SAŽETAK

Potreba za Internetom i mogućnosti koje pruža postali su sastavni dio ljudskoga života. Onakav pristup Internetu, kakav imaju u vlastitim domovima, takav žele gdje god da se nalaze, pa tako i prilikom putovanja zrakoplovom. Mrežni operateri, da bi ispunili zahtjeve korisnika, došli su do načina kako im to omogućiti, a to je pomoću satelitskih komunikacijskih sustava te razvojem četvrte generacije mobilnih mreža (LTE) s *air-to-ground* načinom rada. Time je omogućen pristup Internetu mnogobrojnim putnicima na komercijalnim letovima. U radu je opisana infrastruktura koja omogućava pristup Internetu u zrakoplovima i usluge koje se nude. Trenutno je zadovoljena potreba korisnika za pristupom Internetu u zrakoplovima, ali u skoroj budućnosti se očekuju novi izazovi za mrežne operatere te razvoj usluga koje nude.

KLJUČNE RIJEČI: pristup Internetu; satelitski komunikacijski sustavi; 4G; LTE; *air-to-ground*

INTERNET ACCESS ON COMMERCIAL AIRLINES

SUMMARY

The need for Internet and the possibilities it offers, have become crucial part of everyday life. The kind of Internet access that people have at their own homes is the same one they want wherever they go, including travelling by airline. To fulfill their customer needs, service providers came to a solution which is going to provide them that. With the help of satellite communication system, and development of fourth generation mobile network (LTE) air-to-ground system has provided Internet access to many passengers on commercial flights. This thesis explains infrastructure which provides Internet access in airlines and services which are provided. The need for Internet access in airlines is contended at the moment, but near future holds new challenges for service providers and development of their services.

KEY WORDS: Internet access; satellite communication system; 4G; LTE; air-to-ground

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Mobilne mreže 4. Generacije (LTE)	3
3. Satelitski komunikacijski sustavi	7
3.1. Nepokretna satelitska služba	8
3.2. Pokretna satelitska služba	9
3.2.1. Satelitski sustav SkyBridge.....	9
3.2.2. Satelitski sustav Inmarsat	10
3.2.3. Satelitski sustav Globalstar	12
3.2.4. Satelitski sustav Iridium	13
4. Načini pristupa Internetu u zrakoplovima.....	14
4.1. Pristup Internetu u zrakoplovima pomoću satelita	14
4.2. Pristup Internetu u zrakoplovima <i>air-to-ground</i>	16
5. Infrastruktura za pružanje usluge pristupa Internetu zrakoplovima	19
6. Usluge koje su trenutno u ponudi putnicima	23
6.1. Viasat	23
6.2. Panasonic Avionics	23
6.3. GoGo.....	24
7. Zaključak.....	26
Literatura	26
Popis slika i tablica.....	28
Popis kratica	29

1. Uvod

Internet je postao neizbježan segment čovjekovog života, te je u današnje vrijeme teško zamisliti obavljanje bilo kakve aktivnosti bez pristupa Internetu. Brzim razvojem Interneta, ljudi imaju sve veće potrebe za što boljom uslugom. Cilj im je doći do željene udaljene destinacije, a provesti što manje vremena u prijevoznom sredstvu, bez mogućnosti za obavljanjem posla za koji im je potreban pristup Internetu. Prvo što će svi pomisliti je prijevoz zračnim putem, odnosno zrakoplovom. Svojim karakteristikama poput brzine putovanja, sigurnosti, te sve većom pristupačnošću, zračni promet, postaje dostupan ne samo bogatom puku, nego i običnom čovjeku, te se ljudi sve češće odlučuju upravo na tu opciju. Međutim, tu se javlja problem pristupa Internetu, svi su naviknuli na dostupnost i zadovoljavajuću brzinu veze gdje god da se nalaze, takvu istu uslugu žele i u zraku, odnosno tijekom vožnje zrakoplovom.

U ovom završnom radu prikazano je kako se može pristupiti Internetu u zrakoplovima na komercijalnim letovima, na koje načine, koje brzine se mogu očekivati, te tko sve omogućuje te usluge.

Završni rad obrađen je u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Mobilne generacije 4. Generacije (LTE)
3. Satelitski komunikacijski sustavi
4. Načini pristupa Internetu u zrakoplovima
5. Infrastruktura za pružanje usluge pristupa Internetu zrakoplovima
6. Usluge koje su trenutno u ponudi putnicima
7. Zaključak.

U drugom poglavlju završnoga rada pobliže su opisane karakteristike mobilne mreže 4. Generacije, navedeni su ciljevi koji su postavljeni pred 4G, brzine koje se mogu postići, koji se višestruki pristup i modulacijske tehnike primjenjuju, te u kojim frekvencijskim pojasevima djeluje.

U trećem poglavlju rada predstavljeni su satelitski komunikacijski sustavi, definirano je u kojim frekvencijskim područjima djeluju, te navedeni su neki od najpoznatiji satelitskih sustava, koji su trenutno aktivni.

U četvrtom poglavlju navedeni su načini pristupa Internetu u zrakoplovima na komercijalnim letovima, a to su pomoću satelitskih sustava i *air-to-ground* načinom. Napisane su njihove karakteristike i usporedba ta dva načina pristupa.

U petom poglavlju rada opisana je arhitektura mreže i infrastruktura, samog zrakoplova, potrebna za pristup Internetu, te kako sve to međusobno funkcionira.

U šestom poglavlju navedene su usluge koje su trenutno dostupne putnicima na komercijalnim letovima, neki od operatera koji nude te usluge, te trenutne cijene usluga.

Sedmo poglavlje rada je Zaključak donesen na osnovu vlastitih promišljanja i istraživanja, gdje su izneseni zaključci o načinu pristupa Internetu u zrakoplovima na komercijalnim letovima, kako bi putnici bili zadovoljni pruženom uslugom.

Na kraju rada se uz popis literature nalazi i popis kratica, te popis slika i tablica prikazanih u radu.

2. Mobilne mreže 4. Generacije (LTE)

Mobilne komunikacijske tehnologije su se razvile kroz nekoliko desetljeća i podijeljene su u generacije. Prva generacija (1G) je analogni sustav i obrađuje samo govorni promet, druga generacija (2G) koristi digitalnu tehnologiju i nudi prve usluge prijenosa podataka, treća generacija (3G) omogućuje širokopojasni bežični prijenos zvuka, video poziva i bežični prijenos podataka. Sljedeća generacija, 4G ili LTE (eng. *Long Term Evolution*), pruža još bolju podršku mobilnoj širokopojasnoj mreži.

4G je naziv digitalnog sustava četvrte generacije mobilne telefonije koji donosi velike brzine prijenosa, pogodan je za paketsku komunikaciju (Internet) i razmjenu multimedijskog sadržaja. Brzine prijenosa u silaznoj vezi su do 300 Mbit/s. Temelji se na tehnici OFDM (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) i tehnologiji MIMO (eng. *Multiple Input Multiple Output*) koja omogućava slanje nezavisnog sadržaja na istoj frekvenciji između dva uređaja. [1]

Kako se razvoj tehnologije nastavlja ubrzavati, tako se i 3GPP (eng. *The 3rd Generation Partnership Project*) fokusira na daljnje poboljšanje LTE standarda radi osiguravanja njegove optimalne učinkovitosti u budućnosti. To uključuje i razvoj novih specifikacija za LTE – *Advanced*, čija daljnja unapređenja isto tako spadaju pod četvrtu generaciju mobilnih sustava (4G) prema zahtjevima koje ITU postavlja pod nazivom „*IMT Advanced*“. [1]

Događaju se nagle promjene u načinu korištenja Interneta, prije je informacija bila u središtu zanimanja, a danas ju zamjenjuje sadržaj i postaje sve važniji aspekt komunikacije, te se javlja potreba za stalnom povezanošću. Širokopojasni pristup Internetu postaje jedna od osnovnih potreba današnjeg svijeta, a u njegovom razvoju sve veći dio zauzima mobilni širokopojasni pristup. Zahtjevi i očekivanja korisnika neprestano rastu zbog novih zahtjevnijih aplikacija (npr. VoIP, mobilna TV, online igre, video na zahtjev i sl.), ali i želje za jednostavnijim korištenjem. Operateri, s druge strane, teže što učinkovitijem načinu pružanja usluga - smanjeni troškovi po bitu informacije uz zadržavanje prihoda i smanjenje troškova izgradnje i održavanja.

Ključni ciljevi s aspekta performansi i mogućnost koje 3GPP stavlja pred LTE prema [1] su:

- Visoke brzine prijenosa – vršne brzine prijenosa podataka veće od 100 Mbit/s u silaznoj vezi, odnosno 50 Mbit/s u uzlaznoj vezi te ostvarivost 2-3 puta većih brzina na rubu ćelije u odnosu na HSPA (eng. *High Speed Packet Access*) verziju 6.
- Smanjenje vremena čekanja – niska latencija (ispod 10 ms) u korisničkoj ravnini, kao i smanjenje kašnjenja povezanog s procedurama u kontrolnoj ravnini.
- Visoka spektralna efikasnost – 2-3 puta veća u odnosu na HSPA verziju 6.
- Umjerena potrošnja snage u terminalima.
- Fleksibilnost upotrebe različitih frekvencijskih opsega uz široku mogućnost izbora širine pojasa (1,4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz ili 20 MHz), te izbor između FDD ili TDD moda rada.
- Pojednostavljena arhitektura – manje čvorova, a time i manje signalizacije, korištenje samo paketske domene (*all-IP* rješenje).
- Pojednostavljeno održavanje – podrška za samo-organizirajuće mreže, npr. mogućnost automatske konfiguracije.
- Isplativa migracija s trenutačnih mreža – mogućnost ponovnog korištenja dosadašnjih mreža.

Frekvencijski pojasevi za LTE su definirani u 3GPP specifikaciji 36.101. Frekvencijski pojas koji se trenutno koristi za TV radio-difuziju, od 790 MHz do 862 MHz. Taj frekvencijski pojas je pogodan za pokrivanje u ruralnim i slabo naseljenim područjima. Drugi frekvencijski pojas od posebnog značenja za LTE je 2,6 GHz, i to za pokrivanje urbanih područja. Važno je reći da LTE dizajn od samog početka podržava šest različitih širina kanala. To su 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz i 20 MHz. Kanali širine od 10 MHz, 15 MHz i 20 MHz, namijenjeni su za nove pojaseve u spektru, najčešće u pojasu 2,6 GHz. [1]

LTE radijsko sučelje zasniva se na upotrebi OFDM-a s OFDMA (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) višestrukim pristupom u silaznoj vezi, te SC-FDMA (eng. *Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) u uzlaznoj vezi. Za ostvarivanje visokih

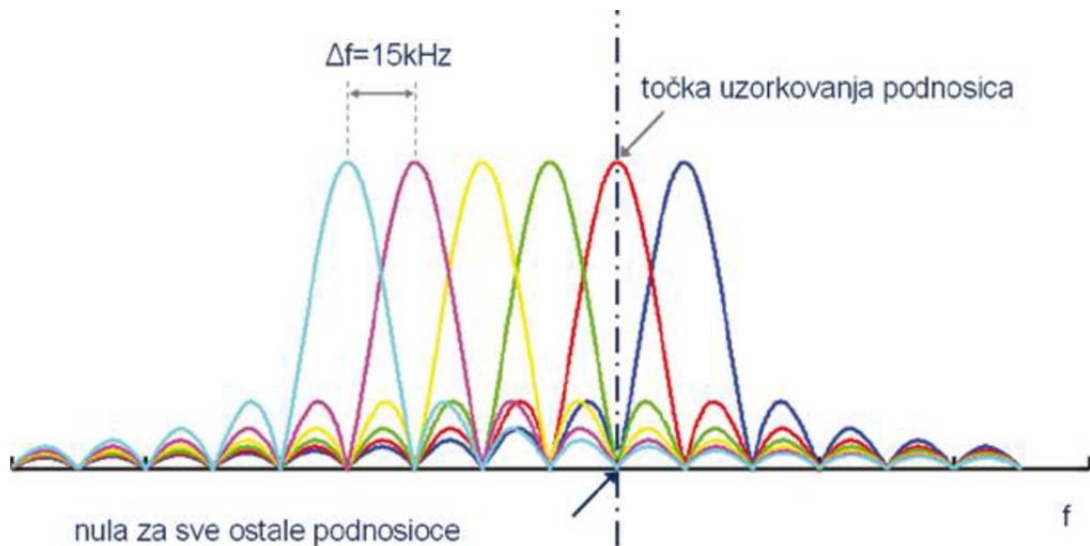
brzina prijenosa bitna je i podrška više-antenskih rješenja kako na osnovnoj postaji, tako i u terminalima. To uključuje metode višeslojnih prijenosa, tj. višestruki ulaz – višestruki izlaz – MIMO, kao i tehnike odašiljačke i prijamne raznolikosti (eng. TX/ RX *diversity*) te upravljanja dijagramom zračenja antene. [1]

Izbor OFDM tehnologije za LTE omogućava prilagodbu prijenosnih parametara sustava u frekvencijskoj domeni, zadovoljavajući zahtjeve za spektralnom efikasnosti, a prikladna je i za neusmjereno ili grupno odašiljanje (eng. *Broadcast/Multicast*). OFDM je otporan na frekvencijski selektivno slabljenje signala i zato pokazuje dobre performanse u visoko vremenski disperzivnim radijskim okružjima. Sveukupni tok podataka razdvaja se u veliki broj tokova koji se potom prenose na zasebnim podnosiocima. Budući da svaki podnosioc ima nisku brzinu prijenosa simbola, njihovo trajanje je produženo. Samim time smanjen je i utjecaj međusimbolne interferencije ISI (eng. *Inter Symbol Interference*). Svaki od podnosioca nosi jedan OFDM simbol koji sadrži informacijske bitove modulirane QPSK (eng. *Quadrature Phase Shift Keying*), 16-QAM ili 64-QAM modulacijom (eng. *Quadrature Amplitude Modulation*) (dakle to su 2, 4 ili 6 bita po simbolu). [1]

Kod uzlazne veze koristi se posebna izvedba OFDMA pristupa, takozvani predkodirani OFDMA, odnosno SC-FDMA, čije je osnovno obilježje da pojedini korisnik svoje podatke modulira na jedan podnosioc koji ima širinu nekoliko podnosioca u OFDMA. Osnovni cilj takvog pristupa je smanjenje potrošnje baterije u mobilnom terminalu zbog manjeg odnosa vršne i prosječne snage, a time i boljeg pokrivanja u uzlaznoj vezi. Korištenjem više antena na odašiljačkoj i prijamoj strani moguće je ostvariti različite dobitke. Oblikovanje dijagrama zračenja pritom osigurava veći odnos signal-šum, a time i bolje pokrivanje, dok se višeslojni prijenos može iskoristiti za ostvarivanje većih brzina prijenosa. Prijelaz između različitih tehnika može biti dinamički. Dijagram zračenja oblikuje se tako da se mijenjaju faze signala između pojedinih antena i na taj način latica zračenja se usmjerava prema ciljanom korisniku (time se smanjuje interferencija u ostatku ćelije). [1]

Kod tehnike MIMO se dobitak ostvaruje boljim iskorištavanjem postojećeg odnosa signal-šum. Za razliku od tehnika odašiljačkog i prijamnog diverzitija, gdje se na više antena šalju iste informacije, za MIMO se odašilju različiti tokovi podataka po pojedinom antenskom sloju i svaki od njih se prima na pojedinoj prijamoj anteni. Time se ostvaruje linearni rast

kapaciteta s povećanjem odnosa signal-šum, koji bi inače bio logaritamski, što bi limitiralo maksimalne vrijednosti. Može se uočiti da je zbog toga dobitak ostvaren uz MIMO više izražen u slučajevima visokog odnosa signal-šum. MIMO se može koristiti i u kombinaciji s oblikovanjem dijagrama zračenja. [1]



Slika 1. OFDM podnosioci, [1]

3. Satelitski komunikacijski sustavi

Satelitske komunikacije, zahvaljujući razvoju tehnologije, danas su dio uporabe i razvoja elektroničkih komunikacija na globalnom i regionalnom planu. Značajna pojava u evoluciji satelitskih komunikacijskih sustava je zamjena prijašnje konvencionalne analogne tehnike digitalnom tehnikom modulacije i prijenosa.

Satelitskim komunikacijama mogu se ostvariti praktično sve elektroničke komunikacijske (telekomunikacijske) usluge, neovisno o međunarodnom, regionalnom ili nacionalnom obilježju komunikacija, a to su: telefonija, televizija, video i audio, prijenos podataka i internetske usluge, mreža integriranih digitalnih usluga (ISDN, eng. *Integrated Services Digital Network*), komunikacije u slučaju opasnosti, usluge kao zamjena za kabelaške komunikacije. [2]

Tablica 1. Prikaz najčešćih frekvencijskih područja

Frekvencijsko područje	Prijam (GHz)	Predaja (GHz)	Nedostaci
C	4 (3.7-4.2)	6 (5.925-6.425)	Interferencija sa zemaljskim vezama
Ku	11 (11.7-12.2)	14 (14.0-14.5)	Gušenja prilikom kiša, oborina
Ka	20 (17.7-21.7)	30 (27.5-30.5)	Visoka cijena opreme
L/S	1.6 (1.610-1.625)	2.4 (2.483-2.500)	Interferencije sa ISM područjem

Izvor: [2]

Frekvencijsko područje C (4 GHz) je najviše korišteno kod satelitskih komunikacija prve generacije, međutim to frekvencijsko područje danas se koristi za zemaljske mikrovalne veze. Današnji trend je korištenje viših frekvencija, frekvencijskih područja Ku i Ka (11 i 20 GHz), veliki problem kod prijenosa signala nastaje kao posljedica atmosferskih utjecaja (kiša, snijeg, magla) (Tablica 1.).

Satelitski sustavi se koriste za mnoge različite usluge koje definira ITU poput:

- Nepokretna satelitska služba (FSS – *Fixed Satellite Service*)
- Pokretna satelitska služba (MSS – *Mobile Satellite Service*)
- Broadcast satelitska služba (BSS – *Broadcasting Satellite Service*). [2]

3.1. Nepokretna satelitska služba

Nepokretna služba se odvija putem satelita od jedne određene lokacije na zemaljskoj površini i uporabom jednog ili više satelita. Nepokretna satelitska služba obuhvaća sve radiokomunikacijske usluge kojima upravljaju veliki operateri poput INTELSAT, EUTELSAT, PANAMSAT i operateri za fiksne zemaljske postaje. Radiopostaje na određenim lokacijama na Zemlji nazivaju se zemaljske postaje u nepokretnoj satelitskoj službi. Postaje koje su smještene na tijelu satelita uglavnom se sastoje od satelitskih transpondera s pripadnim antenama i nazivaju se svemirske postaje u nepokretnoj satelitskoj službi. Svaki satelit je opremljen s različitim tipovima transpondera. Transponder se sastoji od primopredajnika i antene prilagođene za određen frekvencijski spektar. Dolazni signal se pojačava, te reemitira na drugoj frekvenciji. Svi komunikacijski linkovi između odašiljačke i prijamne zemaljske postaje ostvaruju se najčešće putem jednog satelita, ali je moguće i ostvarenje linkova putem dvaju ili više satelita u izravnom međusobnom spajanju bez posredovanja druge zemaljske satelitske postaje u međusatelitskoj službi. [2]

U nepokretnoj satelitskoj službi sateliti se uglavnom kreću u kružnoj orbiti u ravnini ekvatora Zemlje koja se naziva geostacionarna satelitska orbita (GEO, eng. *Geostationary Earth Orbit*) i kroz 24 sata naprave jedan krug oko središta Zemlje. Ti geostacionarni sateliti su, dakle, sinkronizirani s rotacijom Zemlje, te s neke referentne točke na Zemlji izgledaju nepokretni. Time se mogu koncipirati zemaljske satelitske postaje koje više ne moraju pratiti kretanje satelita pomoću vlastitog zakretanja s odgovarajućom kutnom brzinom. [2]

Najširu primjenu u nepokretnoj satelitskoj službi imaju tzv. transparentni transponderi koji imaju ulogu radiorelejnih repetitora, tj. primaju signale sa Zemlje i ponovno ih odašilju na Zemlju nakon pojačanja i promjene frekvencije. Općenito, na satelitu postoji nekoliko transpondera koji se preko linkova mogu različito aktivirati. Često je potreban i

složeniji proces od same frekvencijske pretvorbe na transponderu (demodulacija, ponovna modulacija i sl.). Kvaliteta komunikacije, tj. temeljni signal koji se prima na korisničkom terminalu ovisi o odnosu snage i šuma na koje utječu procesi modulacije i demodulacije, kao i kodiranja i dekodiranja. U slučaju analogne komunikacije upotrebljava se frekvencijska modulacija i kvaliteta komunikacije se mjeri odnosom signal/šum koji se dobije iz odnosa vala nosioca i šuma na ulazu u prijamnik. U slučaju digitalne komunikacije, kvaliteta komunikacije se mjeri pomoću omjera pogrešaka bita informacije – BER (eng. *Bit Error Rate*). [2]

3.2. Pokretna satelitska služba

Pokretna satelitska služba je radiokomunikacijska služba koja se odvija između pokretnih zemaljskih postaja i jedne ili više svemirskih postaja, ili između pokretnih zemaljskih postaja putem jedne ili više svemirskih postaja. Pokretne zemaljske postaje mogu biti i mali ručni terminali. Ta služba uključuje kopnenu, pomorsku i zrakoplovnu pokretnu satelitsku službu. [2]

Satelitski sustavi pokretne satelitske službe, pretežito MSS, zasnivaju se najviše na niskoj Zemljinoj satelitskoj orbiti (LEO - eng. *Low Earth Orbit*), gdje je udaljenost satelita oko 1000 km. Sustavi srednje Zemljine orbite (MEO - eng. *Medium Earth Orbit*) kruže na udaljenosti od 2000 km do 36000 km, te još treba spomenuti geostacionarnu orbitu koja kruži na udaljenosti od 35786 km. [2]

Kod LEO satelitskih sustava ne postoje ćelije s fiksnim satelitskim položajnim snopom, nego se one stalno skeniraju na propisani način putem različitih položajnih snopova za odašiljanje i prijam koji odgovaraju različitim satelitima. U svakom slučaju se mora održati kontinuitet komunikacije primjenom tehnike prekapčanja (*Handoff* ili *Handover*) kada dolazi do promjene ćelije odnosno satelitskog snopa. [2]

3.2.1. Satelitski sustav SkyBridge

Konstelacija ovog satelitskog sustava za prijenos podataka velikih brzina sastoji se od 80 LEO satelita. Radi s ponavljanjem frekvencijskih pojaseva 10-12/18 GHz, pretežito u FSS i BSS, širine pojasa 1,65 GHz. Svaki satelit ima kružnu orbitu na visini 1469 km iznad Zemlje i

pokrivanje radijusa 3000 km koje je podijeljeno na fiksne ćelije radijusa oko 350 km, a brzina prijenosa može ići do 200 Gbit/s. [2]

SkyBridge sustav se sastoji od sljedećih glavnih dijelova:

- Svemirskog segmenta koji sadrži konstelaciju od 80 LEO satelita i upravlja se iz operativnog središta koje je povezano s praćenjem, telemetrijom i upravljanjem zemaljskih satelitskih postaja
- Zemaljskog segmenta koji ima dva dijela:
 1. Korisnički terminal s vrlo malim zemaljskim postajama koje se nekad nazivaju USAT (eng. *Ultra Small Aperture Terminals*), svaka se povezuje preko satelita s najbližom pristupnom postajom.
 2. Pristupna zemaljska postaja koja omogućava povezivanje s zemaljskom širokopojasnom infrastrukturom. Svaka pristupna postaja povezuje sve korisnike unutar fiksne ćelije s tipičnim radijusom od 350 km koja se naziva ćelija pristupne postaje. [2]

3.2.2. Satelitski sustav Inmarsat

Velik dio zemaljskih postaja u pokretnoj satelitskoj službi pripada sustavu Inmarsat koji pruža komunikacijske usluge govora, e-mail i prijenos podataka, određivanje i izvještaj o poziciji plovila, izravno biranje s ručnih telefona, prijenos podataka za zrakoplove, komunikaciju i izvještaj o poziciji za kopneni transport te BGAN (eng. *Broadband Global Area Network*). Sustav koristi različite terminale i služi za različite primjene: zrakoplovstvo, pomorstvo, kopnena služba. Postoje dva glavna tipa korisničkih zemaljskih postaja koje ostvaruju telekomunikacijski promet: kopnene zemaljske postaje (LES – *Land Earth Stations*) koje se ponekad nazivaju obalne zemaljske postaje (CES – *Coast Earth Stations*) koji rade u frekvencijskom pojasu 6/4 GHz (C-pojas) te pokretne zemaljske postaje (MES – *Mobile Earth Station*), koje rade u frekvencijskom pojasu 1,6/1,5 GHz (L-pojas). [2]

Inmarsat ima četiri sustava u zrakoplovnoj satelitskoj službi:

- Aero-C koji omogućava spremanje i naknadno odašiljanje teksta i poruka te prijenos podataka s odašiljanjem i prijmom u zrakoplovima na bilo kojem kraju svijeta.

- Aero-L (terminal s malim dobitkom antene i malom brzinom – 600 bit/s) komunikacija prijenosa podataka u stvarnom vremenu, uglavnom služi za operativne i upravne svrhe.
- Aero-I (terminal sa srednjim dobitkom antene) služi za višekanalne usluge putnika i operativne govorne usluge, te usluge prijenosa podataka za nacionalne i regionalne zrakoplove.
- Aero-H (terminal s velikim dobitkom antene) za usluge s brzinama do 10,5 kbit/s koje podržavaju višekanalni govor, telefaks i komunikacije prijenosa podataka za putnike i za operativne i upravne primjene na zrakoplovima za velike i interkontinentalne zrakoplove. [2]

Nova pokretna komunikacija u satelitskom sustavu Inmarsat pomoću malog prijenosnog satelitskog terminala može se uspostaviti s bilo kojom točkom na svijetu u širokopojasnoj mreži globalnog pokrivanja – BGAN. Tako se može obaviti provjera elektroničke pošte, pretraživati Internet, uspostaviti komunikacija s matičnom tvrtkom ili nazvati nekoga telefonom na bilo kojem dijelu svijeta. Uspostavljanju komunikacije prethodi izravan spoj prijenosnog satelitskog terminala sa satelitskim sustavom za pozicioniranje - GPS (eng. *Global Positioning System*). Nakon određivanja pozicije, moguće je obaviti komunikaciju putem satelitskog sustava Inmarsat. Brzina prijenosa podataka u ovom satelitskom sustavu je do 492 kbit/s, a mogu se ostvariti gotovo sve vrste komunikacije kao i zemaljskim putem, npr. prijenos podataka, govor i video usluge. Najčešće korištenje ovog širokopojasnog satelitskog sustava se ostvaruje tamo gdje je teško uspostaviti klasičnu zemaljsku komunikaciju bilo pokretnu ili nepokretnu. U tom pogledu sustav pruža brojne mogućnosti korištenja, odnosno u mogućnosti je pružati sve one komunikacijske usluge koje se ostvaruju u zemaljskim komunikacijama. [2]

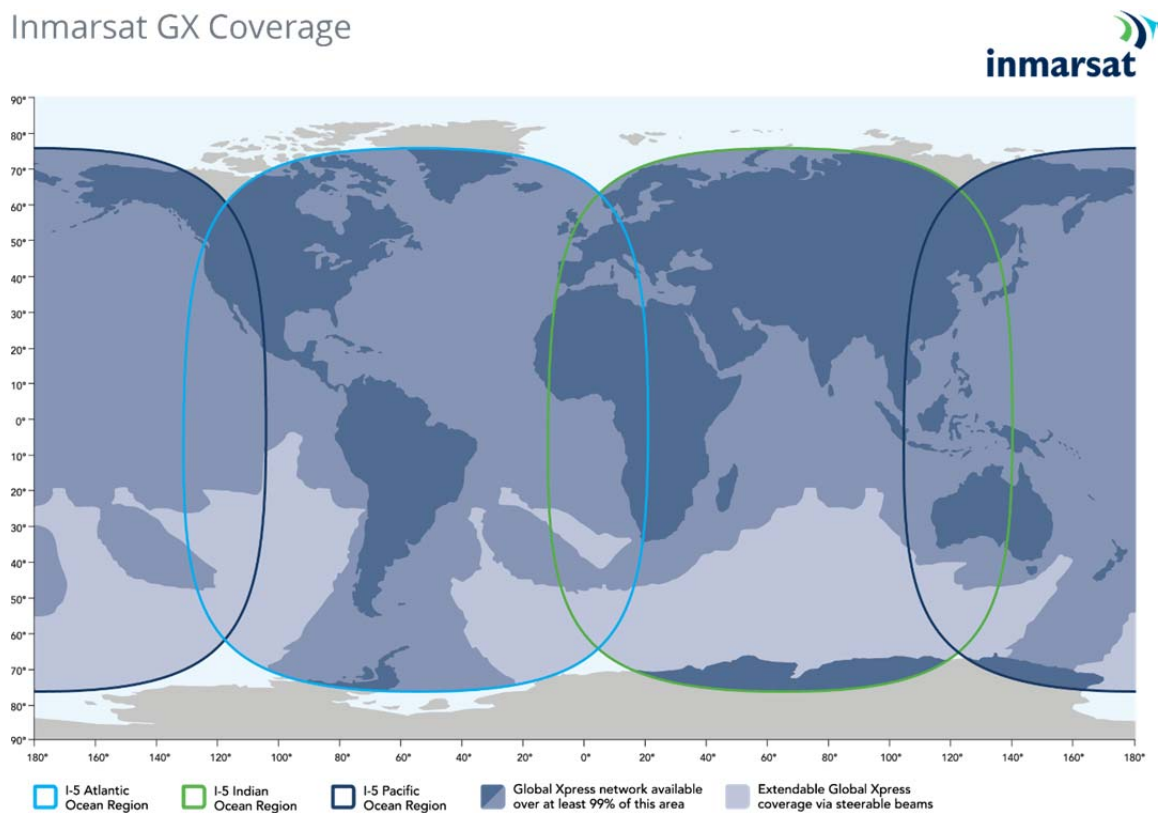
Komunikacija sa satelitskim sustavom Inmarsat se odvija u L-pojasu posredstvom ugrađene antene na satelitskom terminalu. Frekvencije za rad pokretne zemaljske postaje :

- odašiljačka frekvencija: 1626,5 MHz – 1660,5 MHz
- prijamna frekvencija: 1525,0 MHz – 1559,0 MHz. [2]

Pristupna zemaljska satelitska postaja – SAS (eng. *Satellite Access Station*) služi kao sučelje prema međunarodnim mrežama za telefoniju i prijenos podataka: PSTN (eng. *Public Switched Telephone Network*) – javna telefonska mreža, PSDN (eng. *Public Switched Data Network*) – podatkovna mreža s komutacijom paketa. Pristupne satelitske postaje pokrivaju odgovarajuće regije u sustavu Inmarsat (Slika 2.):

- regija Indijskog oceana (IOR)
- regija Atlantskog oceana - zapad (AOR)
- regija Tihog oceana (POR). [2]

Inmarsat GX Coverage



Slika 2. Regije koje pokriva Inmarsat, [2]

3.2.3. Satelitski sustav Globalstar

Globalstar je najsuvremenija tehnologija koja svakodnevno povezuje ljude na poslu i u životu kroz velik prijenos glasovnih i podatkovnih podataka preko sigurne satelitske mreže. Globalstar sateliti pružaju pouzdanost i operativnost širom svijeta povezujući korisnike na područjima gdje su tradicionalne mreže nepouzdanе ili nedostupne. Pokretni satelitski

sustav Globalstar pripada u osobne satelitske sustave (S-PCS) i nalazi se na niskoj zemljinoj orbiti (LEO).

Globalstar ima 24 zemaljske postaje koje služe kao most između LEO satelita i tradicionalne komunikacijske infrastrukture na 6 kontinenta. Ta veza omogućuje komunikaciju s više od 120 zemalja diljem svijeta. [3]

3.2.4. Satelitski sustav Iridium

Satelitski sustav Iridium sastoji se od 66 satelita. Nalaze se na visini od 780 km, pod kutom od $86,4^\circ$, s obzirom na ekvatorijalnu ravninu, što znači da su gotovo u polarnoj orbiti, te omogućuju pokrivanje cijelog svijeta. Zbog niske orbite, sateliti sustava Iridium se brzo rotiraju oko Zemlje, prijeđu cijelu orbitu za nekih 100 min, pa komunikacija obično ide preko nekoliko satelita. Koristi relativno niske frekvencije L pojasa, konkretno 1616 - 1626,5 MHz. [4]

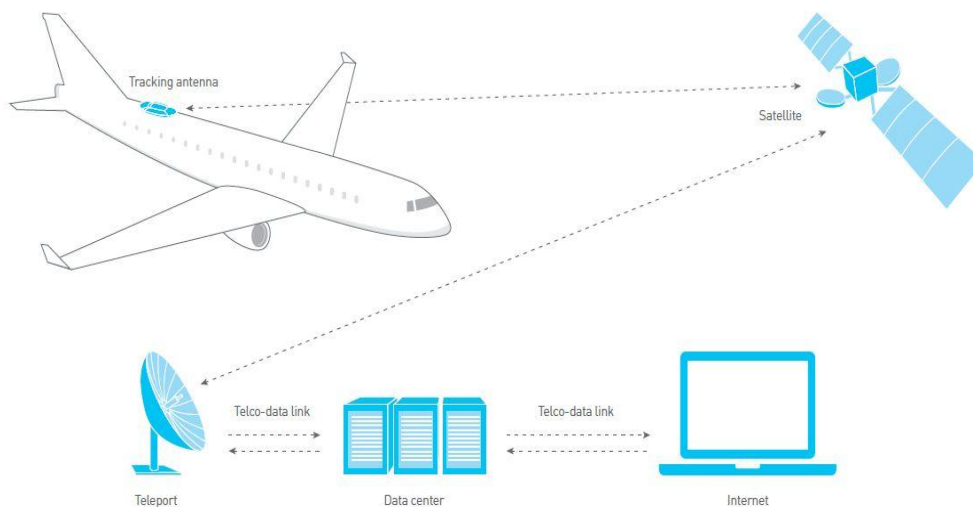
4. Načini pristupa Internetu u zrakoplovima

Pružanje usluge povezivanja na Internet u zrakoplovima je znatno složeniji proces nego pružanje bežične mreže na nepokretnim lokacijama, primjerice u kafiću ili salonu u zračnoj luci. Oba su primjera fiksna mjesta koja mogu biti žično povezana. Jedna od ključnih razlika između zračne komunikacijske mreže i mreže s fiksnom lokacijom jest da je raspoloživa propusnost za određeni zrakoplov ograničena i ta ograničena količina širine pojasa mora se dijeliti između svih spojenih uređaja u zrakoplovu. Ta širina pojasa bi morala biti sposobna pružiti pravi doživljaj svima koji su povezani s mrežom.

4.1. Pristup Internetu u zrakoplovima pomoću satelita

Zračne komunikacijske mreže su podložne kašnjenju u smislu spektra i učinkovitosti, kao i inherentne latencije koja dolazi s usmjeravanjem podataka preko velike udaljenosti između satelita, zemaljskih komunikacijskih tornjeva i korisnika u povezanom zrakoplovu. Na primjeru Europske zrakoplovne mreže (EAN, eng. *European Aviation Network*) će se objasniti pristup Internetu u zrakoplovima pomoću satelita. Zrakoplovi koji lete europskim rutama imaju pristup Europskoj zrakoplovnoj mreži, revolucionarnoj, kombiniranoj platformi za povezivanje. Europska zrakoplovna mreža je partnerstvo Inmarsat-a i Deutsche Telekom-a, okuplja ta dva stručnjaka za globalno povezivanje kako bi zrakoplovnoj zajednici donijela vodeću širokopojasnu uslugu. EAN je prvo zrakoplovno rješenje koje kombinira svemirske i zemaljske komponente kako bi zrakoplovima pružio robusnu i brzu širokopojasnu vezu. To je značajna prekretnica za projektni konzorcij, kao i europske zrakoplovne prijevoznike i njihove putnike. Mreža kombinira S pojasni satelit i komplementarnu zrakoplovnu osnovnu komponentu - 4G LTE mobilnu zemaljsku mrežu. Mreža je dizajnirana posebno za ispunjavanje rastućih potreba zrakoplova koji putuju vrlo prometnim rutama iznad Europe. Vodeća platforma za povezivanje zadovoljava potrebe zrakoplovnih prijevoznika i njihovih putnika, a može se brzo proširiti kako bi zadovoljila rastuću potražnju za kvalitetnom širokopojasnom uslugom u budućnosti. Pristup ovoj vodećoj usluzi širokopojasnog Interneta omogućava zrakoplovnim prijevoznicima da poboljšaju zadovoljstvo svojih putnika. Osim toga, zrakoplovni prijevoznici mogu iskoristiti prednost širokopojasnih usluga kako bi poboljšali operativnu učinkovitost njihovih zrakoplova koji lete prometnim rutama, čime se

povećavaju sposobnosti i konkurentnost europskog zrakoplovnog sektora. Inmarsat-ov satelit S pojasa, najsvremenija platforma, osigurava višesmjernu paneuropsku pokrivenost. Sustav je prilagođen kako bi ponudio inovativne MSS usluge komercijalnim i poslovnim zrakoplovnim prijevoznicima koji lete preko prometnih europskih ruta, iskorištavajući Inmarsat-ov spektar S pojasa od 30 MHz (2x15 MHz) u svih 28 članica EU. Na Zemlji, Deutsche Telekom upravlja moćnom mobilnom širokopojasnom mrežom s otprilike 300 LTE mjesta koja neprimjetno funkcioniraju zajedno sa MSS uslugama. Ova paneuropska infrastruktura koristi istu raspodjelu S pojasa na najučinkovitiji način pružajući poboljšano iskustvo putnicima. Nakon što zrakoplov dostigne visinu od 3048 m, povezanost S pojasa bit će kombinirana s DT zemaljskim rješenjem. Mreže se sastoje od posebnih LTE mjesta, međusobno povezanih kako bi se osigurala velika širokopojasna brzina u svih 28 članica Europske Unije. Prebacivanje između satelita i Zemlje se automatski upravlja kabinskim sustavima, bez utjecaja ili interferencije na uslugu isporučenu korisnicima u zrakoplovu. [5]



Slika 3. Pristup Internetu u zrakoplovu pomoću satelita, [6]

EAN koristi satelite za slanje podataka od i prema zrakoplovima. Putnici povezuju svoje uređaje na Internet putem kabinske bežične mreže, slično načinu na koji se povezuju s pristupnim točkama na tlu. Podaci se prenose između zrakoplova i zemaljske stanice preko satelita. Kako se zrakoplov kreće, sustav automatski obavlja primopredaju između satelita.

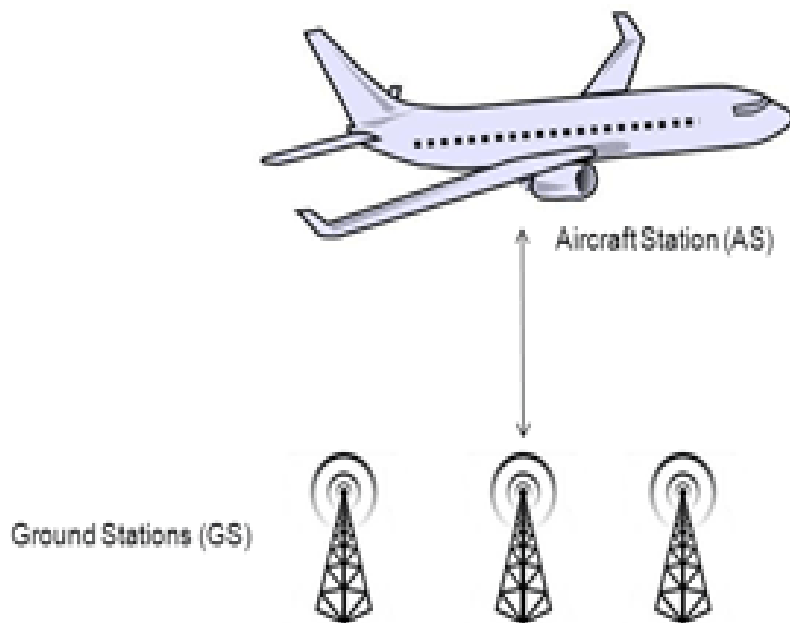
Da se povezanost u zrakoplovu povezanom na satelit ne bi prekinula, antena mora zadržati svoju orijentaciju prema željenom satelitu u orbiti. Kako se zrakoplov kreće, velika je vjerojatnost da će se u nekome trenutku naći u nepokrivenom području od strane prvotnog satelita. U tom slučaju veza se mora fizički preseliti s jednog satelita na drugi, to se još zove i prekapčanje. Uloga modema koji je smješten u zrakoplovu registrira prekapčanje, preusmjerava antenu, ponovno prima signal i uspostavlja podatkovnu vezu sa poslužiteljem na Zemlji. Budući da se pokrivanje satelita često poklapa, dostupno je više satelita za povezivanje. Hardver, u ovom slučaju MODMAN, konstantno prati položaj zrakoplova i koristi servisnu kartu, koja određuje najbolji satelit za korištenje na određenoj lokaciji. Postupak prekapčanja traje 1 do 2 min. Na dugim letovima, satelitska antena zahtjeva barem jedno prekapčanje kanala. Minimiziranje vremena prekapčanja je bitno kako bi se putnicima osigurala besprijekorna usluga. [6]

Veliki problem kod korištenja satelitskog pristupa Internetu stvara latencija. Latencija je količina vremena koje je potrebno da se paket podataka premjesti s jedne točke na drugu preko internetske veze. Dok je latencija inherentna u svim komunikacijama, stupanj latencije varira. Kada netko na satelitski povezanom zrakoplovu podnese zahtjev za podatkom, zahtjev mora prijeći put od zrakoplovne antene do satelita, što iznosi oko 35000 km. Zahtjev putuje od satelita do satelitske zemaljske stanice, a zatim do podatkovnog centra, prije nego dođe na svoje odredište na Internetu. Odgovor na zahtjev putuje istim putem natrag, kroz antenu zrakoplova, preko mreže u kabini i naposljetku na uređaj na kojem je zahtjev nastao.

4.2. Pristup Internetu u zrakoplovima *air-to-ground*

Pojava LTE *air-to-ground* mreže predstavlja novu alternativu. LTE *air-to-ground* mreže su pristupačnije od satelitskih sustava. Podupiru nove aplikacije u zrakoplovu koje pomažu putnicima i zrakoplovnim prijevoznicima. Omogućuje upraviteljima zračne luke i tijelima zračnog prometa da koriste širokopoljasnu mrežu za sve operativne komunikacije unutar zračne luke. *Air-to-ground* mreža se temelji na 4G ćelijskoj LTE tehnologiji. Satelitski sustavi su učinkovita rješenja za duge letove na međukontinentalnim rutama preko oceana u smislu pokrivenosti. Za kontinentalne letove na kratkim i srednjim letovima, satelitsko rješenje je dosta skupo, oprema je teška, a latencija je visoka u jako prometnim regijama. *Air-to-ground* mreža koristi zemaljski ćelijski sustav za stvaranje izravne veze između zrakoplova i Zemlje za

širokopojasno IP povezivanje, manje latencije nego pri korištenju satelitskih sustava. S vrlo učinkovitim sučeljem i arhitekturom IP mreže, LTE je idealna platforma na koju se implementira *air-to-ground* mreža.



Slika 4. *Air-to-ground*, [7]

Air-to-ground ne zamjenjuje satelitsku širokopojasnu mrežu, već je nadopunjuje pružajući nenadmašnu razinu izvedbe za povezivanje u letu. Što se tiče same infrastrukture *air-to-ground* zahtjeva velike ćelije s rasponom do 150 km, a stvarni je raspon određen gustoćom zračnog prometa.

Air-to-ground LTE sposoban je postići *downlink* do 75 Mbit/s i *uplink* 25 Mbit/s na udaljenosti od 100 km i brzinama od 1200 km/h koristeći spektar od 2x15 MHz S pojasa, s ugrađenim prednostima:

- kratki prijenosni put u usporedbi sa satelitskom tehnologijom, uz nisku latenciju, smanjuje kašnjenje za kritične usluge, a pojednostavljuje dizajn sustava za *best-effort* usluge
- LTE se može integrirati s postojećim zrakoplovnim mrežama kao i satelitskim sustavima koji sada pružaju širokopojasne usluge za međunarodne letove. [7]

Tablica 2. Usporedba *air-to-ground* i Satelitskog sustava

<i>air-to-ground</i>	satelitski sustavi
niža cijena po bitu za pristupačne širokopojasne usluge	veća cijena po bitu
vrlo niska latencija	vrlo visoka latencija
kratko vrijeme potrebno za ugradnju opreme u zrakoplovu (bez imobilizacije)	dugo vrijeme potrebno za ugradnju opreme u zrakoplov (jedan tjedan imobilizacije)
mala masa i veličina opreme (niža potrošnja goriva)	velika masa i veličina opreme (veća potrošnja goriva)
ograničena upotreba, samo na kopnu	obuhvaća kopno i more

Izvor: [7]

Air-to-ground nudi najbržu uslugu širokopojasnog povezivanja u letu brzinom od 75 Mbit/s. Omogućuje veću propusnost i za prijenos i za preuzimanje. *Air-to-ground* rješenje nadmašuje već postojeće satelitsko rješenje u brzinama prijenosa po zrakoplovu, te ima mnogo jednostavniju, lakšu i jeftiniju opremu. Za razliku od satelita, zemaljski ćelijski pristup dopušta širenje mrežnog kapaciteta točno tamo gdje je to potrebno, prilagodbom veličine ćelije ili povećanjem broja ćelija - fleksibilnost koja nije lako dostupna sa satelitom. Vrijeme za instalaciju ovog rješenja na zrakoplovima je manje od 3 dana, u usporedbi s pet punih dana za satelitske sustave. *Air-to-ground* LTE, također, može pružiti multimedijalne usluge putnicima ukoliko im to zrakoplovni prijevoznik odluči ponuditi. [7]

5. Infrastruktura za pružanje usluge pristupa Internetu zrakoplovima

Usluge bežičnog povezivanja pružaju se putem softverskih sustava i hardverske opreme. Danas je omogućeno putnicima i osoblju korištenje vlastitih mobilnih uređaja u zrakoplovu (npr. tableta, prijenosnih računala, pametnih telefona) kako bi se povezali s bežičnom mrežom u zrakoplovu, te slali i primali e-poštu, surfali Internetom, čak i ostvarivali pristup korporativnom VPN-u (eng. *Virtual Private Network*).

Bežična tehnologija ima brojne prednosti u usporedbi sa žičanim mrežama, kao što su:

- smanjenje troškova mrežne infrastrukture unutar kabine
- izbacivanje Ethernet kabliranja dovodi do smanjenja potrošnje goriva
- prilagođen sadržaj zahvaljujući povezivanju mobilnih uređaja. [8]

Međutim, postoje neka velika tehnička ograničenja, naime velik broj bežičnih uređaja u vrlo uskom metalnom tunelu poput kabine ima dramatičan učinak na performanse mreže. Također, iako je dokazano da se Wi-Fi i Bluetooth mogu koristiti unutar kabine bez straha od ometanja navigacijske opreme i dalje ih je teško koristiti u velikom broju jer se performanse degradiraju u malom području unutar kabine, koja je puna različitih prepreka, poput sjedala. Pored toga, uobičajeni način postavljanja tih tehnologija obično se obavlja putem unaprijed definiranih identifikatora (IP adresa) ili korisničkog ključa (tj. ključa Bluetooth autentifikacije). Obje tehnike ne odgovaraju ograničenjima unutar kabine gdje se uređaji moraju projektirati bez prethodno definiranih identifikatora i konfigurirati ih bez ikakve intervencije korisnika. Uzimajući u obzir činjenicu da je širina pojasa bežične veze u letu dijeljena među svim putnicima koji je koriste, cjelokupnu uslugu može se poboljšati povećanjem širine pojasa i smanjenjem latencije mreže.

Arhitektura bežične mreže u zrakoplovu je tipična višeslojna arhitektura koja se sastoji od tri glavna sloja:

- DB sloj - sloj pristupa podacima pruža sučelje između sustava i baze podataka. Sloj posla/usluge može upitati bazu podataka pomoću metoda koje se primjenjuju u ovom sloju.

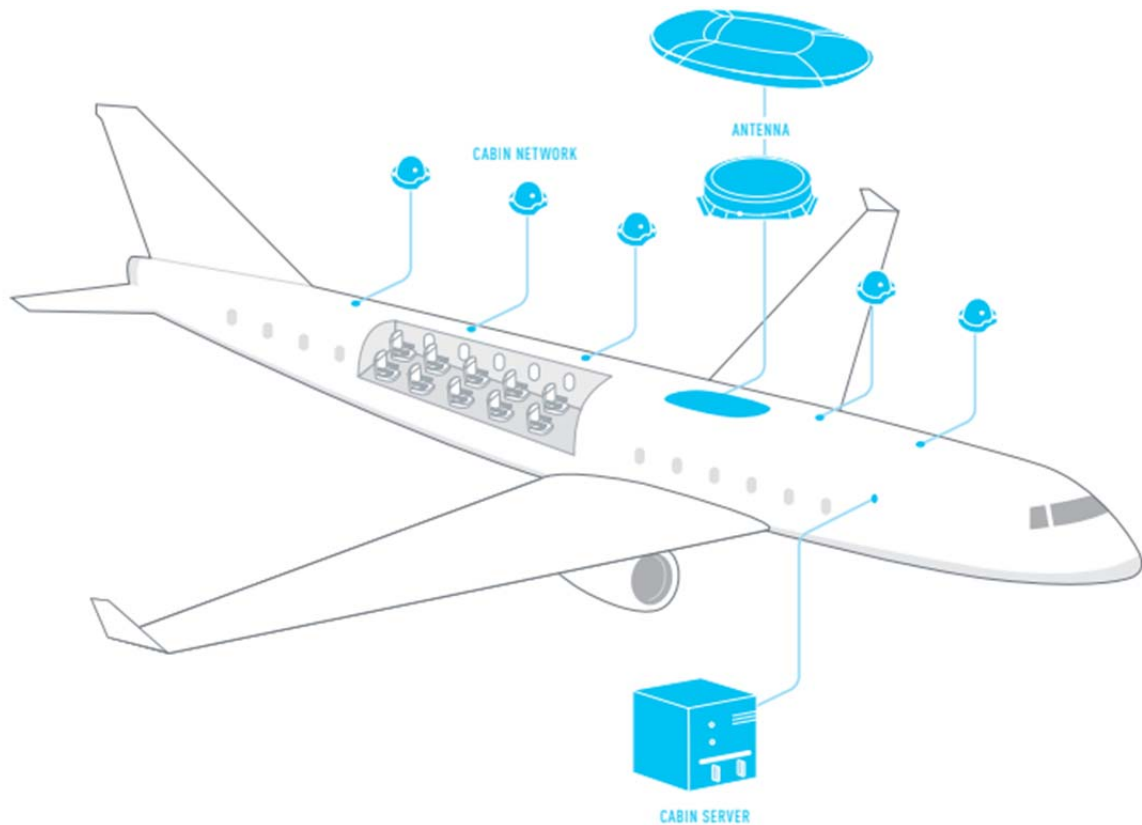
- Sloj posla/usluge - ovaj sloj implementira poslovnu logiku aplikacije, npr. automatsko otkrivanje pružatelja bežičnih usluga, automatsko isključivanje svih mrežnih veza tijekom polijetanja i slijetanja.
- Prezentacijski sloj - pruža grafičko korisničko sučelje aplikacije. Komunicira s drugim razinama kako bi se prikazali rezultati operacija. [8]

Bežični sustavi tijekom leta obrađuju podatke “u zraku”, kao i “na Zemlji”. To znači da sustav instaliran u zrakoplovu mora održavati povezanost sa sustavima temeljenim na Zemlji. Moderna arhitektura bežičnih sustava tijekom leta trebala bi biti dizajnirana na takav način da putnicima omogući pristup bežičnim uslugama putem web aplikacije, kao i putem mobilnih uređaja, pomoću namjenske mobilne aplikacije. Takva mobilna aplikacija je dostupna za iOS i Android uređaje.

Ključna oprema zrakoplova pri korištenju satelitskog sustava za pristup Internetu je:

- kabinski server - server koji se ponaša kao čvorište između kabinske bežične mreže i podataka koji se kreću od i prema zrakoplovu preko antene
- antena - ugrađena na vanjski dio zrakoplova za slanje i primanje podataka
- radome - aerodinamičko kućište koje pokriva i štiti satcom antenu
- kabinska mreža - unutarnja oprema (npr. bežične pristupne točke, radiofrekventni pretvarači, itd.) koja stvara bežičnu mrežu unutar kabine. [9]

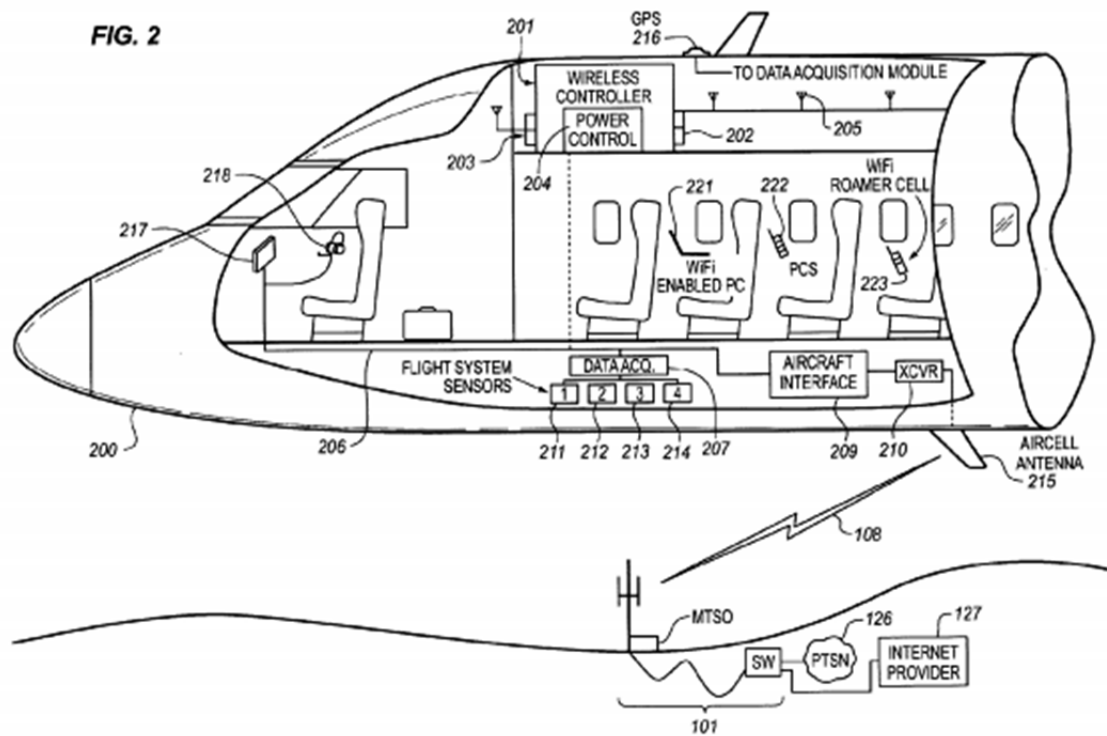
Primarna uloga zrakoplovnog modema je pretvoriti satelitske zrake podataka u signal da bi se mogla koristiti zrakoplovna kabinska mreža kako bi se omogućila povezanost sa zrakoplovom - za putnike od Interneta do IPTV-a (eng. *Internet Protocol Television*), te kritične usluge za posadu. Kao i njegova zemaljska inačica, zrakoplovni modem koristi modulatore kako bi pretvorio te signale u radiofrekvencijske signale i demodule, koji izvršavaju iste funkcije kao i modulatori, samo obrnutim redoslijedom. [9]



Slika 5. Ključna oprema zrakoplova pri korištenju satelitskog sustava za pristup Internetu, [9]

Slika 6. prikazuje arhitekturu zrakoplovne mreže za bežične uređaje putnika, kao što je utjelovljeno u višestrukim komercijalnim zrakoplovima. Ovaj sustav obuhvaća veći broj elemenata koji se koriste za implementaciju komunikacijske okosnice koja se koristi za omogućavanje bežične komunikacije za mnoštvo bežičnih uređaja različite prirode. Zrakoplovna mreža za bežične uređaje obuhvaća lokalnu mrežu – LAN (eng. *Local Area Network*) koja uključuje radiofrekvencijski komunikacijski sustav koji koristi tehniku prijenosa u proširenom spektru. Ova mreža podržava i komutaciju paketa i komutaciju kanala i povezuje komunikaciju bežičnih uređaja putnika putem pristupnika (eng. *gateway*) pošiljatelja ili primatelja na javnu telefonsku mrežu i na druga odredišta, kao što je Internet. Bežični uređaji tako zadržavaju svoj identitet kao da su izravno povezani na javnu telefonsku mrežu. Putnički bežični uređaji uključuju raznovrsne komunikacijske uređaje, kao što su prijenosna računala, mobilni telefoni, MP3 *player*, PDA (eng. *Personal Digital Assistant*), uređaji temeljeni na WiFi mreži, uređaji temeljeni na WiMaxu i slično. Osnovni elementi zrakoplovne mreže, za putničke bežične uređaje, obuhvaćaju najmanje jednu antenu za spajanje elektromagnetske energije na ili od zračnog podsustava koji se nalazi unutar

zrakoplova, te služi za komunikaciju s većim brojem bežičnih uređaja smještenih unutar zrakoplova. Barem jedna antena povezana je s bežičnim upravljačem koji obuhvaća više elemenata koji služe za reguliranje bežične komunikacije. [10]



Slika 6. Arhitektura zrakoplovne mreže *air-to ground*, [10]

6. Usluge koje su trenutno u ponudi putnicima

U zračnom prometu ima više operatera koji pružaju pristup Internetu u zrakoplovima. Neki od poznatijih su Viasat, američka tvrtka GoGo i japanska Panasonic Avionics.

6.1. Viasat

Viasat pruža pristup Internetu milijunima putnika u mnogim svjetskim zrakoplovima. Danas posluju sa satelitskom mrežom najvećeg kapaciteta na svijetu i na putu su ka isporuci prve globalne širokopojasne mreže. Cilj im je da svaki putnik koji u zračnom prometu pristupi Internetu ima isti doživljaj kao i na Zemlji, uz slobodu uživanja u stvarnom internetskom pristupu putem WiFi-a, da ima pristup omiljenim sadržajima i mogućnost komunikacije s bliskim ljudima, čak i na visini od 10000 m.

Viasat pruža usluge od gledanja filmova do *online* kupovine, pregled društvenih mreža, najnovijih vijesti, itd. Osim toga, Viasat ne pruža usluge samo za putnike, nego i za posadu kojoj su potrebni stvarno-vremenski podaci, analitika i robusni prikaz flote, putnika, posade i operacija. Neke od najvećih svjetskih zrakoplovnih tvrtki se prebacuju na Viasat. Trenutno posluju sa JetBlue, Virgin America, United i EL AL, a u skoroj budućnosti imaju u planu projekte sa American Airlines, Qanta, Finnair, SAS i Icelandair. Viasat poboljšava zadovoljstvo putnika dok ubrzava mobilnu strategiju zrakoplovne tvrtke, produljuje dostupnost i slično. U ruke zrakoplovne tvrtke se stavlja kontrola nad sadržajem, isporukom usluga i komercijalnom strategijom kompletne platforme za e-trgovinu i mobilnu zabavu. [11]

6.2. Panasonic Avionics

Panasonic Avionics su prvi koji pružaju uslugu gledanja televizije i uživanje u visoko kvalitetnoj zabavi na visini od 10000 km. Nudi niz vrhunskih, globalno priznatih kanala, uključujući Al Jazeera, BBC World News, CNBC, CNN International, EuroNews, NHK World Premium i Sky News Arabia, Sport 24, Sport 24 Extra, koja emitira najpoznatije sportske događaje na svijetu itd. Osim toga, omogućuje pristup Internetu, slanje i primanje e-pošte, pregledavanje omiljenih web stranica i društvenih medija. Mogu isporučivati visoko ciljano oglašavanje, pružati podršku klijentima u stvarnom vremenu, personaliziranu kabinsku

uslugu, status programa vjernosti, odredišne informacije, ažuriranje veze i još mnogo toga. [12]

6.3. GoGo

GoGo ima standardnu ponudu koja se isporučuje s vodećim uslugama, idealan je za brzu implementaciju.

Standardne značajke:

- standardni dizajn
- dva jezika, jedna valuta
- mogućnost plaćanja i upravljanje računima
- odredišne usluge
- vrijeme
- karta leta
- sadržaj na temelju odredišta
- oglašavanje i promocije
- pristup skrbi za korisnike
- pristup GoGo Visionu i GoGo TV-u. [13]

Dodatne aplikacije i usluge:

- integracija programa lojalnosti
- oblikovanje i brendiranje prilagođenog portala
- dodatni jezici/valute
- poboljšanje karte leta
- digitalna narudžba hrane i pića
- digitalna kupnja. [13]

Naravno, pristup Internetu u zrakoplovima se naplaćuje, pa tako ukoliko putnik leti sa zrakoplovnom tvrtkom koja je u suradnji s GoGo operaterom i ima njihovu opremu može odabrati jednu od ponuđenih opcija :

- 1-Hour Pass - jedan sat kontinuiranog pristupa, opcija ističe 30 dana nakon kupnje, cijena je 7\$
- All-Day Pass - 24 sata kontinuiranog pristupa, opcija ističe godinu dana nakon kupnje, cijena je 19\$
- Delta Global Day Pass - 24 sata kontinuiranog pristupa na bilo kojem Gogo letu na Delta Air Lines-u, opcija ističe godinu dana nakon kupnje, cijena je 28\$
- Monthly Airline Plan - mjesečni pristup, cijena je 49,95\$
- 2-Device Plan- mjesečni pristup za dva uređaja istodobno, cijena je 59,95\$
- Global Delta Plan - mjesečni pristup Internetu na svim domaćim i međunarodnim Gogo opremljenim letovima na Delta Air Lines-u, cijena je 69,95\$
- Annual Airline Plan - godišnji pristup, cijena je 599\$. [14]

Ove dugoročnije opcije su isplative putnicima koji često koriste zrakoplove kao prijevozno sredstvo, dok se inače ljudima koji povremeno lete više isplate ove kratkoročnije opcije poput pristupa od 1 sata ili cjelodnevna.

7. Zaključak

Brzim razvojem mobilnih mreža došlo je do četvrte generacije koja donosi velike brzine prijenosa, pogodna je za paketsku komunikaciju i razmjenu multimedijских sadržaja, a pruža i bolju podršku mobilnoj širokopojasnoj mreži. Širokopojasni pristup Internetu jedna je od osnovnih potreba današnjeg društva, a u njegovom razvoju sve veću ulogu zauzima mobilni širokopojasni pristup.

Satelitske komunikacije su danas sastavni dio elektroničkih komunikacija na globalnom i regionalnom planu. Pomoću satelitskih sustava mogu se ostvariti gotovo sve elektroničke komunikacijske (telekomunikacijske) usluge, neovisno o međunarodnom, regionalnom ili nacionalnom obilježju komunikacija.

Pružanje usluge povezivanja na Internet u zrakoplovima je znatno složeniji proces nego pružanje bežične mreže na nepokretnim lokacijama, kao što je u kućama, fakultetima, itd. Pristup Internetu u zrakoplovima može se ostvariti pomoću satelita ili *air-to-ground* načinom. Kako ne bi došlo do prekida veze u zrakoplovu povezanom na satelit, antena mora zadržati svoju orijentaciju prema željenom satelitu u orbiti. Također, veliki problem kod korištenja satelitskog pristupa Internetu stvara i latencija. Pojava LTE *air-to-ground* mreže predstavlja novu alternativu, koja je pristupačnija od satelitskih sustava. *Air-to-ground* mreža se temelji na 4G ćelijskoj LTE tehnologiji. *Air-to-ground* ne zamjenjuje satelitsku širokopojasnu mrežu, već je nadopunjuje pružajući nenadmašnu razinu izvedbe za povezivanje u letu.

Usluge bežičnog povezivanja pružaju se putem softverskih sustava i hardverske opreme. Danas je omogućeno putnicima i osoblju korištenje vlastitih mobilnih uređaja u zrakoplovu. Moderna arhitektura bežičnih sustava tijekom leta trebala bi biti dizajnirana na takav način da putnicima omogući pristup bežičnim uslugama putem web aplikacije, kao i putem mobilnih uređaja, pomoću namjenske mobilne aplikacije. Dostupne su razne usluge od gledanja filmova do mrežne kupovine, pregleda društvenih mreža, najnovijih vijesti, slanja i primanja e-pošte, pregledavanja omiljenih web stranica i društvenih medija i mnoge druge. U skoroj budućnosti se očekuje daljnji razvoj Interneta u zrakoplovima, od povećanja brzine do veće ponude usluga i raznih drugih inovacija, koje tek dolaze.

Literatura

- [1] Muškatirović T. LTE radio interfejs. INFOTEH-JAHORINA. 2011;10(B-II-1): 129-133.
- [2] Marin D. Elektroničke komunikacije – Regulatorna, sustavi, norme. Zagreb: Alfotel d.o.o.; 2011.
- [3] URL: <https://www.aerospace-technology.com/projects/globalstar/> (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [4] URL: <https://www.iridium.com/> (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [5] URL: http://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2016/01/Inmarsat_European_aviation_network_April_2016_EN_Low_Res.pdf (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [6] URL: <https://www.gogoair.com/learning-center/anatomy-inflight-connectivity/> (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [7] URL: <https://onestore.nokia.com/asset/185856> (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [8] Biesialska M, Derory A, Hoinville L. Gogo Wi-Fi and the in-flight internet challenge, Stanford University, 2014.
- [9] URL: <https://www.gogoair.com/learning-center/how-technology-advances-are-transforming-the-gogo-2ku-satellite-modem/> (Pristupljeno: srpanj 2018.)
- [10] URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/4f/56/8a/1b4b75d44cded5/US8068829.pdf> (Pristupljeno: kolovoz 2018.)
- [11] URL: <https://www.viasat.com/services/commercial-aviation> (Pristupljeno: kolovoz 2018.)
- [12] URL: <https://www.panasonic.aero/inflight-connectivity/global-communications-services/mobile-phone-2/> (Pristupljeno: kolovoz 2018.)
- [13] URL: <https://www.gogoair.com/learning-center/gogo-passenger-experience-overview/> (Pristupljeno: kolovoz 2018.)
- [14] URL: <https://www.gogoair.com/for-passengers/> (Pristupljeno: kolovoz 2018.)

Popis slika i tablica

Slika 1. OFDM podnosioci, [1]	6
Slika 2. Regije koje pokriva Inmarsat, [2]	12
Slika 3. Pristup Internetu u zrakoplovu pomoću satelita, [6]	15
Slika 4. <i>Air-to-ground</i> , [7]	17
Slika 5. Ključna oprema zrakoplova pri korištenju satelitskog sustava za pristup Internetu, [9].....	21
Slika 6. Arhitektura zrakoplovne mreže <i>air-to ground</i> , [10]	22
Tablica 1. Prikaz najčešćih frekvencijskih područja.....	7
Tablica 2. Usporedba <i>air-to-ground</i> i Satelitskog sustava.....	18

Popis kratica

3GPP (eng. *The 3rd Generation Partnership Project*)

BER (eng. *Bit Error Rate*)

BGAN (eng. *Broadband Global Area Network*)

BSS (eng. *Broadcasting Satellite Service*)

CES (eng. *Coast Earth Station*)

EAN (eng. *European Aviation Network*)

FSS (eng. *Fixed Satellite Services*)

GEO (eng. *Geostationary Earth Orbit*)

GPS (eng. *Global Positioning System*)

HSPA (eng. *High Speed Packet Access*)

IPTV (eng. *Internet Protocol Television*)

ISDN (eng. *Integrated Services Digital Network*)

ISI (eng. *Inter Symbol Interference*)

LAN (eng. *Local Area Network*)

LEO (eng. *Low Earth Orbit*)

LES (eng. *Land Earth Station*)

LTE (eng. *Long Term Evolution*)

MEO (eng. *Medium Earth Orbit*)

MES (eng. *Mobile Earth Station*)

MIMO (eng. *Multiple Input Multiple Output*)

MSS (eng. *Mobile Satellite Service*)

OFDM (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

OFDMA (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*)

PDA (eng. *Personal Digital Assistant*)

PSDN (eng. *Public Switched Data Network*)

PSTN (eng. *Public Switched Telephone Network*)

SAS (eng. *Satellite Access Station*)

SC-FDMA (eng. *Single Carrier Frequency Division Multiple Access*)

USAT (eng. *Ultra Small Aperture Terminals*)

VPN (eng. *Virtual Private Network*)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **PRISTUP INTERNETU U ZRAKOPLOVIMA NA KOMERCIJALNIM**

LETOVIMA

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 10.9.2018.

Student:

(potpis)