

# Organizacija sustava podatkovnih komunikacija u Hrvatskoj kontroli zračnog prometa

---

**Barun, Simona**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:550886>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Zagreb, 21. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**  
Predmet: **Uređaji i sustavi u kontroli zračnog prometa**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4538**

Pristupnik: **Simona Barun (0135237029)**  
Studij: **Aeronautika**  
Smjer: **Kontrola leta**

Zadatak: **Organizacija sustava podatkovnih komunikacija u Hrvatskoj kontroli zračnog prometa**

**Opis zadatka:**

Opisati sustave podatkovnih komunikacija u zračnom prometu. Navesti aktualne standarde i protokole podatkovnih komunikacija. Analizirati značajke GG i AG podatkovnih komunikacija u HKZP-u.

Mentor:



---

prof. dr. sc. Tino Bucak

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Simona Barun

**ORGANIZACIJA SUSTAVA PODATKOVNIH KOMUNIKACIJA U**  
**HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNOG PROMETA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**ZAVRŠNI RAD**

**ORGANIZACIJA SUSTAVA PODATKOVNIH  
KOMUNIKACIJA U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNOG  
PROMETA**

**ORGANIZATION OF DATA COMMUNICATION SYSTEMS  
IN CROATIA CONTROL LTD**

Mentor: prof.dr.sc. Tino Bucak

Student: Simona Barun

JMBAG:0135237029

Zagreb, rujan 2018.

## **ORGANIZACIJA SUSTAVA PODATKOVNIH KOMUNIKACIJA U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNOG PROMETA**

### **SAŽETAK**

U zračnom prometu se sve više koristi podatkovna komunikacija u odnosu na govornu komunikaciju. Razlog tome je uglavnom kako bi se prijenos nekih rutinskih poruka i odobrenja obavio samo prikazom podataka na zaslonu, a bez potrebe zauzimanja frekvencijskog kanala. Podatci koji se dijele su najčešće podatci iz plana leta, podatci koje pilot očitava s instrumenata u zrakoplovu, meteorološki podatci itd. Dijeljenje podataka i informacija je moguće pomoću podatkovnih sustava koji mogu biti nacionalno, međunarodno i globalno povezani. Cijeli sustav prijenosa podataka u zračnom prometu se temelji na raznim podatkovnim sustavima, mrežama i protokolima koji sudjeluju u upravljanju zračnim prometom. U Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe (HKZP) postoji šest podatkovnih sustava za *ground-to-ground* komunikaciju s različitim funkcijama. Tri mrežna sustava se brinu o komunikaciji centralne lokacije u Zagrebu s podružnicama te s vanjskim partnerima. FAMA je sustav unutar HKZP-a koji pohranjuje i razmjenjuje s drugim sustavima podatke iz planova leta. Također postoji sustav koji nadzire sve navedene sustave uključujući i samog sebe. Zadnji podatkovni sustav HKZP-a pruža kabelsku (strukturnu i namjensku) mrežnu infrastrukturu. AGDL je sustav koji služi za komunikaciju između operativnih sustava HKZP-a i zrakoplova u blizini, odnosno CPDLC komunikaciju.

**Ključne riječi:** podatkovna komunikacija; podatkovni sustavi; Hrvatska kontrola zračne plovidbe

### **SUMMARY**

Data communication is increasingly used nowadays in air traffic instead of voice communication. This is due to transmission of routine messages and clearances being easily accessed on a display rather than using a frequency channel. Most commonly shared data are from the flight plan, data from the aircraft instruments, weather data etc. Data and information sharing is possible using data systems that can be nationally, internationally and globally connected. Data transfers in air traffic are based on data systems, networks and protocols which participate in air traffic management.

Croatia control has six data systems, all with different functions. Three network systems in Croatia control allow the communication of central location in Zagreb with other control towers existing in Croatia as well as with external partners. FAMA is a data system within Croatia control that stores and exchanges flight plan data with other systems. Also, one of the systems is used for surveillance of the mentioned systems above, including itself. The last data system has the purpose of providing the cable network infrastructure. AGDL is one of the systems used to exchange data between operating systems in Croatia control and nearby aircraft (CPDLC communication).

**Key words:** data communication; data systems; Croatia control

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	SUSTAVI PODATKOVNIH <i>GROUND-TO-GROUND</i> KOMUNIKACIJA U ZRAČNOM PROMETU .....	3
2.1.	AFTN ( <i>Aeronautical Fixed Telecommunication Network</i> ).....	3
2.1.1.	Karakteristike AFTN-a .....	3
2.1.2.	AFTN poruka .....	4
2.2.	CIDIN ( <i>Common ICAO Data Interchange Network</i> ) .....	7
2.3.	AMHS ( <i>Air Traffic Services Message Handling System</i> ).....	8
3.	SUSTAVI PODATKOVNIH <i>AIR-TO-GROUND</i> KOMUNIKACIJA U ZRAČNOM PROMETU .....	11
3.1.	ACARS ( <i>Aircraft Communications, Addressing and Reporting System</i> ).....	11
3.2.	CPDLC ( <i>Controller Pilot Data Link Communications</i> ).....	12
3.2.1.	Usluge podatkovne veze CPDLC-a .....	13
3.2.2.	Ispunjavanje plana leta s CPDLC opremom .....	14
3.2.3.	Prebacivanje nadležnosti nad zrakoplovom između jedinica pružanja usluge zračnog prometa	14
3.2.4.	Poruke CPDLC-a .....	15
3.2.5.	Prijelaz s CPDLC sistema na govornu komunikaciju .....	16
3.3.	ADS-B ( <i>Automatic Dependent Surveillance- Broadcast</i> ).....	17
3.3.1.	Oprema u zrakoplovu i oprema na zemlji za ADS-B .....	17
3.3.2.	Podatci ADS-B sustava .....	18
3.4.	SSR ( <i>Secondary Surveillance Radar</i> ) .....	19
3.4.1.	Princip rada SSR sistema.....	19
3.4.2.	Nedostaci SSR-a .....	21
3.5.	Mode S.....	21
3.5.1.	Mode S ELS ( <i>Elementary Surveillance</i> ) .....	22
3.5.2.	Mode S EHS ( <i>Enhanced Surveillance</i> ) .....	22
4.	STANDARDI I PROTOKOLI KOJI SE KORISTE U PODATKOVNOJ KOMUNIKACIJI HRVATSKE KONTROLE ZRAČNE PLOVIDBE .....	23
4.1.	TCP ( <i>Transmission Control Protocol</i> ) .....	23
4.2.	UDP ( <i>User Datagram Protocol</i> ) .....	24
4.3.	IP ( <i>Internet Protocol</i> ) .....	25
4.4.	FMTP ( <i>Flight Message Transfer Protocol</i> ) .....	25

4.5.	OLDI ( <i>On-Line Data Interchange</i> ) .....	26
5.	SUSTAVI PODATKOVNE <i>GROUND-TO-GROUND</i> KOMUNIKACIJE KOJE SE KORISTE U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNE PLOVIDBE .....	28
5.1.	Strukturno i namjensko kabliranje .....	28
5.2.	Mreža širokog područja ( <i>Wide Area Network- WAN</i> ) .....	29
5.3.	Lokalne mreže u Zagrebu i udaljenim lokacijama ( <i>Local Area Network- LAN</i> ).....	29
5.4.	Mreža za komunikaciju s vanjskim partnerima .....	29
5.5.	Sustav za međunarodnu komunikaciju i razmjenu podataka ( <i>FAMA</i> ) .....	29
5.6.	Sustav za upravljanje mrežom.....	30
6.	SUSTAVI PODATKOVNE <i>AIR-TO-GROUND</i> KOMUNIKACIJE KOJI SE KORISTE U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNE PLOVIDBE .....	31
7.	ZAKLJUČAK.....	33
	LITERATURA.....	35
	POPIS KRATICA I AKRONIMA .....	37



## 1. UVOD

Podatkovna komunikacija je složeni proces koji se ostvaruje kroz mnogo funkcionalnih slojeva. Potrebna je razna oprema poput antena, računala, kablova itd. kako bi se ostvario prijenos podataka između raznih centara i stanica. Također, za komunikaciju su potrebni razni standardi i protokoli koji su zaslužni za sami prijenos podataka.

Podatkovna komunikacija može biti između zemaljskih stanica (*ground-to-ground*) ili između zemaljskih stanica i zrakoplova (*air-to-ground*). Komunikacija između zemaljskih stanica omogućava razmjenu podataka iz plana leta, meteoroloških podataka itd. između pružatelja usluga zračne plovidbe i drugih korisnika. Time se postiže povezanost i olakšano upravljanje zračnim prometom. Razmjena podataka u slučaju komunikacije stanice na zemlji i zrakoplova se pojavila kao alternativa za govornu komunikaciju što je pokazalo mnoge pogodnosti: manje pogrešaka u komunikaciji, manja zauzetost frekvencije, rasterećenje posla kontrolora i pilota i mnoge druge.

U ovom radu se nastoji objasniti kako funkcioniraju različiti sustavi za prijenos podataka u avijaciji, standardi i protokoli koji se pri tome koriste te na kraju će se objasniti podatkovni sustavi koji se koriste u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe (HKZP).

Završni rad se sastoji od 7 teza koje općenito opisuju sustave podatkovne komunikacije koja se koristi u avijaciji i one koji se specifično koriste u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe:

1. Uvod
2. Sustavi podatkovnih *ground-to-ground* komunikacija u zračnom prometu
3. Sustavi podatkovnih *air-to-ground* komunikacija u zračnom prometu
4. Standardi i protokoli koji se koriste u podatkovnoj komunikaciji Hrvatske kontrole zračne plovidbe
5. Sustavi podatkovnih *ground-to-ground* komunikacija koji se koriste u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe
6. Sustavi podatkovnih *air-to-ground* komunikacija koji se koriste u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe
7. Zaključak

Prvo poglavlje završnog rada je Uvod koji opisuje podatkovnu komunikaciju te strukturu završnog rada.

U drugom poglavlju se spominju glavni sustavi za razmjenu poruka u svijetu. Njihovim uslugama se postiže povezanost mnogih centara za upravljanje zračnim prometom i naposljetku olakšava njegovo upravljanje.

U trećem poglavlju su nabrojani pojedini sustavi koji se koriste pri komunikaciji zrakoplova sa zemaljskim stanicama tako da se podatci dobivaju digitalno, a ne prenose se korištenjem govora.

Četvrto poglavlje opisuje mrežne protokole koji su bitni sudionici u prijenosu podataka te specifične protokole koji se koriste isključivo u avijaciji, ali svi se koriste u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe.

Peto i šesto poglavlje predstavljaju temu ovog završnog rada objašnjavajući kako funkcioniraju podatkovni sustavi unutar Hrvatske kontrole zračne plovidbe. Opisuju se komunikacije između operativnih sustava centralne lokacije HKZP-a u Zagrebu i podružnica te vanjskih partnera, kao i sustav preko kojeg se vrši komunikacija sa zrakoplovom putem podatkovne veze.

Zadnje poglavlje je Zaključak koji ukratko iznosi i povezuje razmišljanja o svakom poglavlju.

## **2. SUSTAVI PODATKOVNIH *GROUND-TO-GROUND* KOMUNIKACIJA U ZRAČNOM PROMETU**

Zrakoplovna nepokretna usluga (engl. *Aeronautical Fixed Service- AFS*) je telekomunikacijska usluga između definiranih nepokretnih točaka (stanica) na zemlji s istim ili kompatibilnim karakteristikama komunikacije s ciljem održavanja sigurnosti, učinkovitosti i redovitosti u zračnom prometu. Usluga prenošenja poruka i podataka se obavlja putem sljedećih mreža:

- Zrakoplovna nepokretna mreža (engl. *Aeronautical Fixed Telecommunication Network- AFTN*)
- Zajednička mreža za razmjenu podataka (engl. *Common ICAO Data Interchange Network- CIDIN*)
- Sustav za rukovanje porukama u zračnom prometu (engl. *Air Traffic Services (ATS) Message Handling System- AMHS*)

### **2.1. AFTN (*Aeronautical Fixed Telecommunication Network*)**

AFTN se još uvijek smatra najbitnijim elementom AFS-a radi povezivanja aeronautičkih nepokretnih stanica diljem svijeta (nekoliko stotina čvorova se nalaze u gotovo svim zemljama svijeta), a izvorna infrastruktura potječe iz 1950.-ih godina. Pomoću AFTN mreže su dostupni potrebne informacije iz plana leta svim korisnicima čime se uvelike olakšava upravljanje zračnim prometom.

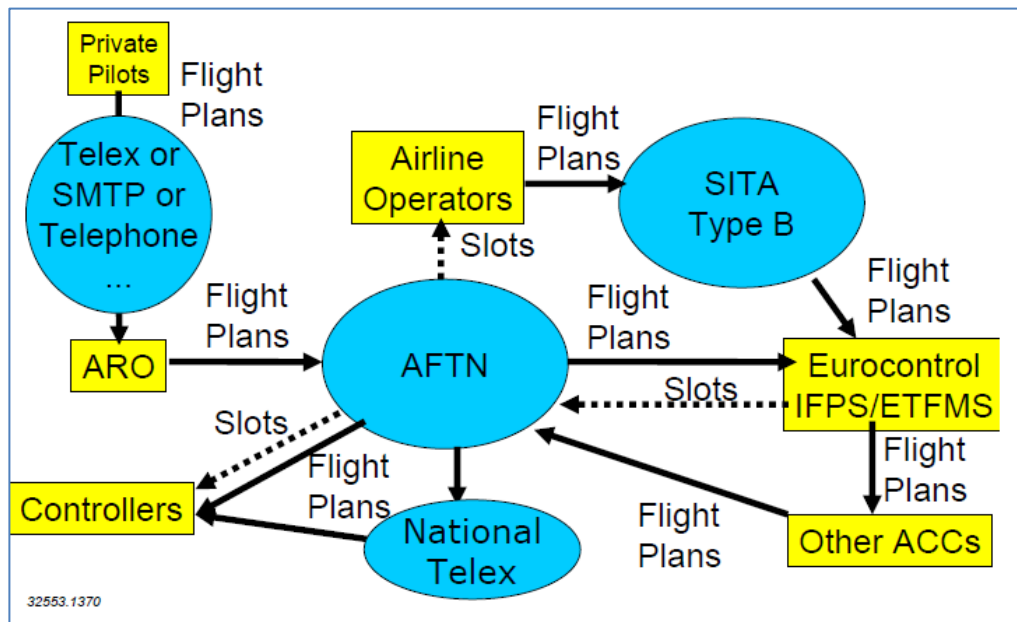
#### **2.1.1. Karakteristike AFTN-a**

Poruke koje su razmjenjuju AFTN-om su najčešće podatci iz plana leta, meteorološki podatci i poruke o uslugama zrakoplovnog informiranja (engl. *Aeronautical Information Service- AIS*). Prijenos spomenutih poruka se temelji na „*store-and-forward*“ sistemu što znači da se informacije pohranjuju u čvorovima i dalje šalju linijama između čvorova, a svaka poruka se može poslati na adrese 21 primatelja. Negativne karakteristike AFTN-a su:

- Ne podržava prijenos binarnih podataka, grafike i malih slova
- Sadržaj svake poruke ima maksimalni kapacitet od 1800 slova
- Mala brzina i loša kvaliteta linija s limitiranim mehanizmom oporavka poruke u slučaju pogreške
- Zastarjela tehnologija koja više nije financijski isplativa i nije je moguće povezati s modernijim komunikacijskim sustavima [1]

Korisnici AFTN-a su pružatelji usluga zračne plovidbe (engl. *Air Navigation Service Providers- ANSP*) odnosno jedinice kontrole zračnog prometa, uredi za primanje planova leta (engl. *Air Traffic Services Reporting Office- ARO*), aerodromi, aviokompanije, neke državne agencije itd.

Na slici 1 je prikazan prijenos podataka iz planova leta od ispunjavanja od strane pilota u ARO uredu do kontrolora, operatora i na kraju Eurocontrola preko AFTN-a.



Slika 1. Sustav prijena AFTN poruka, [2]

### 2.1.2. AFTN poruka

Format AFTN poruke je definiran u Annex-u 10 „Aeronautical Telecommunications Volume II“ te se svaka poruka sastoji od zaglavlja, adrese (indikator prioriteta i oznaka mjesta), podrijetla poruke (vremenska grupa i oznaka mjesta), tekstualnog sadržaja poruke (podatci iz plana leta, zrakoplovne informacije...) i završetka poruke. U zaglavlju poruke se stavlja adresa koja je definirana prema internacionalnoj civilnoj avijacijskoj organizaciji (engl. *International Civil Aviation Organization- ICAO*) i sastavljena je od osam slova. Prvo slovo označava ICAO regiju svijeta (slovo E je regija Sjeverne Europe, slovo L je regija Južne Europe itd.) koje su prikazane na slici 2. Drugo slovo označava ICAO državu regije (npr. Hrvatsku označava slovo D, a Dansku slovo K), te treće i četvrto slovo lokaciju u toj državi.[1]

Na temelju prvih četiri slova dobivamo lokacijski identifikator koji bi za Zagreb bio LDZA, EDDF za Frankfurt, EKCH za Kopenhagen itd. Zadnja četiri slova u adresi su dodijeljena u svakoj ICAO državi zasebno iako funkcionalne jedinice poput oblasne kontrole, tornjeva, meteoroloških ureda itd. imaju svoju kombinaciju slova, odnosno kodove, koji se uvijek koriste:

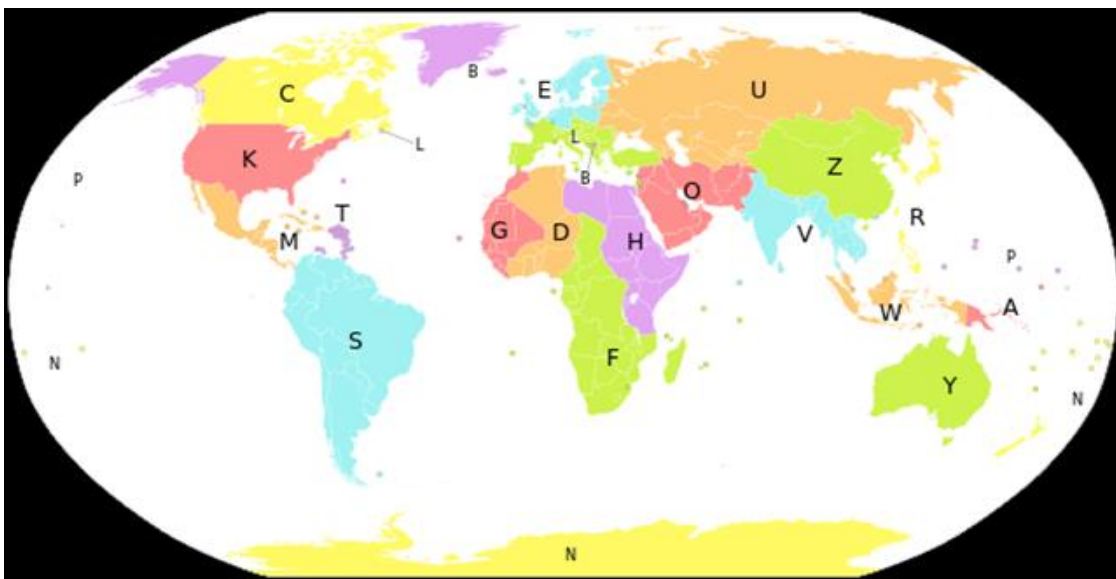
- YFYX "AFTN Office"
- ZTZX "Control tower"
- ZPZX "ATS Reporting Office"
- ZQZX "Area Control Center"
- YNYX "Notam Office"
- YDYX "Airport Manager"
- ZZYX "Met Data Bank"
- YMYX "Local Met Office"
- ZRZA "Radar Approach"
- YXYX "Military Aerodrome" [1]

Sljedeće su par navedenih primjera kompletnih adresa:

LDZAZQZX- Centar oblasne kontrole u Zagrebu

EKCHZTZX- Kontrolni toranj u Kopenhagenu

RJAAYMYX- Meteorološki ured u Japanu



**Slika 2.** ICAO regije svijeta, [1]

Maksimalna dozvoljena duljina poruke sa zaglavljem iznosi 2100 slova, a sami sadržaj poruke je limitiran na 1800. Prvobitno su poruke bile napisane u ITA-2 telegrafskoj abecedi koja se još uvijek koristi u nekim dijelovima svijeta, ali se većinom koristi verzija IA5 abecede. Vrste AFTN poruka su:

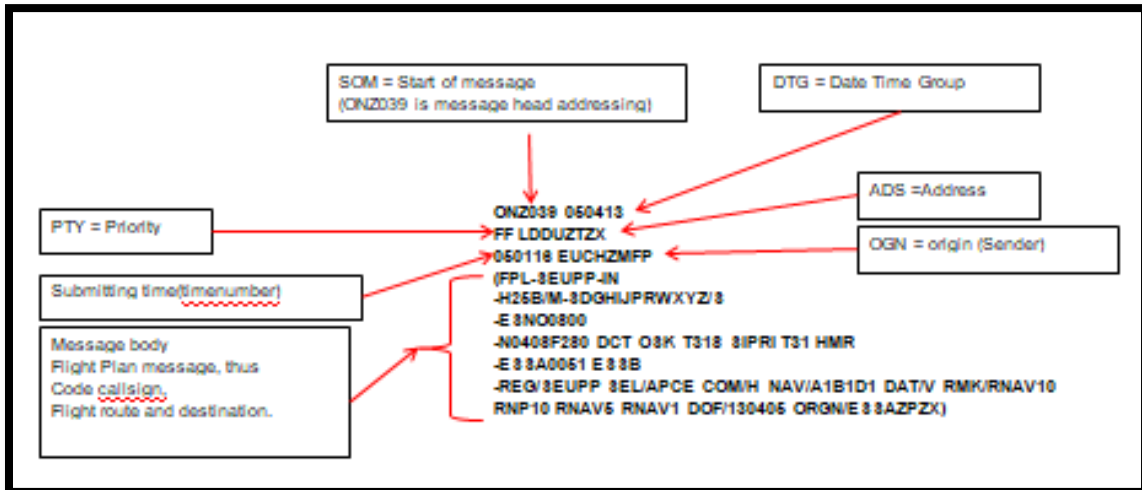
1. Poruke nevolje
2. Poruke hitnosti
3. Poruke o sigurnosti leta
4. Meteorološke poruke
5. Poruke o regularnosti leta
6. Poruke o uslugama zrakoplovnog informiranja
7. Zrakoplovne administrativne poruke
8. Poruke usluge

Nabrojane poruke imaju različite stupnjeve važnosti i hitnosti što možemo zaključiti iz njihova naziva te je potrebno dati prioritet porukama veće važnosti. Kako bi se raspoznala hitnost poruke, prije adrese se uvijek navodi indikator prioriteta slanja poruke u formi sljedećih kodova:

1. SS indikator prioriteta (najviša razina prioriteta)- Poruke nevolje (engl. *Distress Messages*) su poruke koje ističu najveću razinu prioriteta i zahtijevaju asistenciju čim prije jer je u pitanju neposredna opasnost
2. DD indikator prioriteta (srednja razina prioriteta)- Poruke hitnosti (engl. *Urgency Messages*) su poruke koje se tiču sigurnosti zrakoplova, vozila, putnika i posade te okoline
3. FF indikator prioriteta (srednja razina prioriteta)- Poruke sigurnosti leta (engl. *Flight Safety Messages*) su poruke koje se tiču zrakoplova u letu ili u pripremi za uzlijetanje, SIGMET i AIRMET poruke, ASHTAM te izmjene u vremenskoj prognozi
4. GG indikator prioriteta (najniža razina prioriteta)- Meteorološke poruke, poruke regularnosti i poruke o uslugama zrakoplovnog informiranja
5. KK indikatori prioriteta (najniža razina prioriteta)- Zrakoplovne administrativne poruke [3]

Kraj poruke završava sa signalom kraja poruke (engl. *End-of-Message-Signal*) koji glasi NNNN te sadrži i signal razmaka od 12 slova koji predstavlja separaciju poruke (engl. *Message Separation Signal*).

Na slici 3 je prikazan primjer poruke koji sadrži podatke iz plana leta za kontrolni toranj u Dubrovniku s prioritetom poruke FF, dok je podrijetlo iz Eurocontrol-a FP1 u Haren/Brussels, Belgija.



Slika 3. Primjer AFTN poruke s podacima iz plana leta, [1]

## 2.2. CIDIN (*Common ICAO Data Interchange Network*)

Osamdesetih godina prošlog stoljeća uveden je CIDIN za kojeg su se prognozirale velike uloge u budućnosti komunikacije, međutim uz X.25 protokol i slabe implementacije van Europe nije zaživio u punom sjaju te se danas smatra zastarjelim sistemom. Ipak, za njega se često govori da je nasljednik AFTN-a i koristi se uglavnom za prijenos AFTN poruka između veza AFTN komunikacijskih središta.

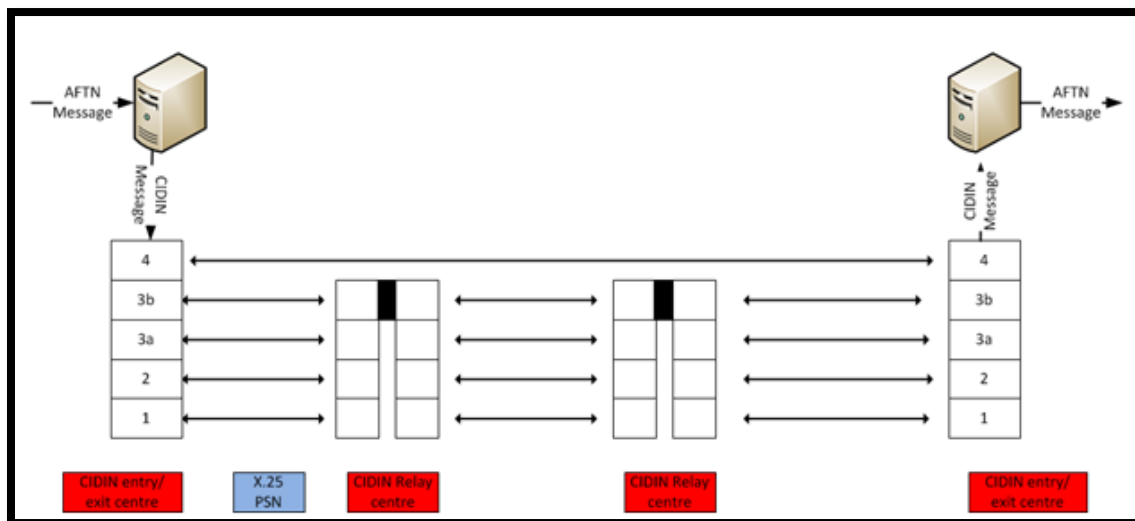
Njegova prednost u odnosu na AFTN je što podržava veliki broj tipova aplikacija (iako se koristi samo za internacionalne veze AFTN terminala), koristi modernije principe mreže (detekcija pogreške i povrat poruke...), ima veći kapacitet terminala i veće brzine linije te podržava prijenos digitalnih podataka.

CIDIN koristi format adresiranja od 8 slova kao i AFTN, ali se razlikuju po tome što CIDIN adrese lociraju ulazne i izlazne točke CIDIN mreže, a AFTN adrese lociraju AFTN korisnike. [1]

CIDIN mreža se sastoji od dvije vrste centara:

1. Ulazni/Izlazni centri (engl. *Entry/Exit Centres*)- podatci iz poruke korisnika se u ulaznim centrima pretvaraju u pakete koji dalje uz pomoć CIDIN adrese odlaze do određenog izlaznog centra. U izlaznom centru se paket ponovno pretvara u prvobitne podatke poruke i šalje se primatelju.
2. Prijenosni centri (engl. *Relay Centres*)- centri putem kojih se prenose paketi u mreži, odnosno koji vrše rutiranje između ulaznog i izlaznog centra [1]

CIDIN je strukturiran u četiri donja OSI (*Open System Interconnection*) sloja (fizički, podatkovni, mrežni i prijenosni sloj) od kojih svaki pruža uslugu do gornjih slojeva (sesijski, prezentacijski i aplikacijski sloj) koristeći usluge sljedećeg donjeg sloja (slika 4). [4]



Slika 4. Slanje poruke preko CIDIN mreže s prikazom OSI slojeva, [4]

### 2.3. AMHS (*Air Traffic Services Message Handling System*)

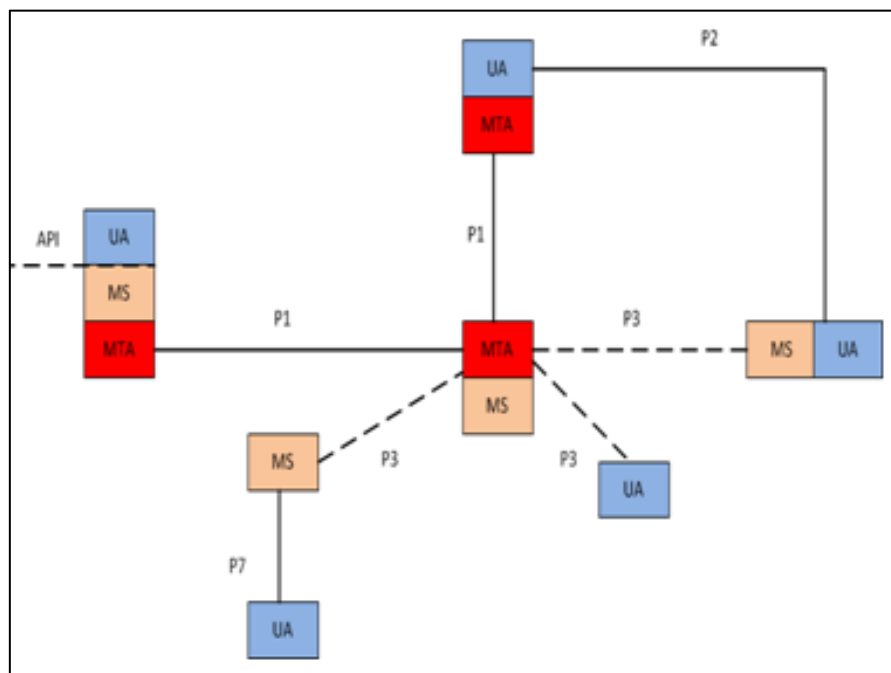
AMHS je sljedeći veliki sustav za *ground-to-ground* komunikaciju kojeg je ICAO uveo početkom 21. stoljeća i to isključivo s namjenom za slanje i primanje poruka. Predviđa se da će zamijeniti AFTN i CIDIN mreže radi potrebe slanja sve većih (duljih) poruka, odnosno da nema ograničenja duljine sadržaja poruke te radi potrebe za slanjem binarnih podataka, a ne slova. Dobre karakteristike AMHS-a, uz mogućnost slanja tekstualnog i binarnog sadržaja neograničene duljine, su korištenje X.400 standarda za razliku od X.25 protokola kojeg koriste AFTN i CIDIN sistemi te što se može implementirati na postojeće AFTN centre pomoću AFTN/AMHS pristupnika (engl. *Gateway*). [4]



Postoje dvije vrste AMHS-a:

1. Osnovni AMHS (engl. *Basic AMHS*)- koristi se za slanje jednostavnih poruka te je po operativnosti sličan AFTN-u
2. Prošireni AMHS (engl. *Extended AMHS*)- unaprijeđeni osnovni sustav s kojim je i kompatibilan, služi za slanje dodatnih usluga (provjera autentičnosti i integriteta podataka, sigurnosne usluge, slanje binarnih podataka)

Glavne komponente AMHS-a su *Message Transfer Agent (MTA)*, *Message Store (MS)*, *User Agent (UA)* i *Directory User Agent (DUA)*. MTA je komponenta koja odgovorna za pružanje usluga rukovanja poruka korisnicima. Njegova zadaća je prijenos poruke korisnicima direktno ili indirektno kroz druge MTA koristeći „*store-and-forward*“ tehnike te tako komunicira s drugim komunikacijskim centrima. MS služi za preuzimanje i pohranjivanje poruka sve dok ih korisnik ne dohvati pomoću UA. Spomenuta sljedeća komponenta se naziva UA koji podupire korisnike u izradi i primanju poruka za ATS sustav pružajući im pristup za sustav rukovanja porukama (engl. *Message Handling System- MHS*) s udaljenih lokacija. Zadnja komponenta DUA je proširena ATS (engl. *Extended ATS*) usluga za razmjenu poruka koja ima pristup *Directory Service Agent*-u. Prikaz komponenata AMHS mreže se nalazi na slici 5 uz protokole koja svaki od njih koristi. [4]



**Slika 5.** Prikaz glavnih komponenata i protokola AMHS-a, [4]

Protokoli koji se koriste za povezivanje komponenata su sljedeći:

- P1 se naziva protokol za prijenos poruka (engl. *Message Transfer Protocol*) koji se koristi, kao što mu ime govori, za prijenos poruka, ali i sondi i izvještaja između više MTA (slika 5)
- P2 je protokol za unutarnje slanje osobnih poruka između više interpersonalnih sustava za slanje poruka (engl. *Interpersonal Messaging Service- IPMS*) UA
- P3 je protokol za podnošenje i dostavu poruka, izvještaja i sondi između MTA i UA-a
- P7 se naziva interaktivnim protokolom za pohranjivanje i pristup porukama koji se koristi između MS i UA, ali i može povratiti cijelu ili dio poruke i izvještaja dostavljene MS-u za korisnika [4]

### 3. SUSTAVI PODATKOVNIH AIR-TO-GROUND KOMUNIKACIJA U ZRAČNOM PROMETU

U prijašnjem poglavlju se raspravljalo o *ground-to-ground* podatkovnoj komunikaciji, što zapravo znači o razmjeni podataka i poruka između stanica i sustava na zemlji. *Air-to-ground* podatkovna komunikacija je prijenos informacija između stanice na zemlji sa zrakoplovom ili obrnuto. Potreba za podatkovnom komunikacijom zraka i zemlje umjesto govorom se javlja radi rasterećenja kontrolora, odnosno olakšavanja rađenja više poslova istovremeno, davanja veće situacijske svjesnosti u zraku, poboljšanih tehnika nadzora itd., sve u svemu kako bi se povećala razina sigurnosti zračnog prometa i kapacitet kontrolora sa sve više rastućim prometom. U potpoglavljima će se opisati sustav za zrakoplovnu komunikaciju, adresiranje i izvještavanje (engl. *Aircraft Communications, Addressing and Reporting System- ACARS*), komunikacija putem podatkovne veze između kontrolora i pilota (engl. *Controller Pilot Data Link Communications- CPDLC*), emitiranje automatskog zavisnog nadzora (engl. *Automatic Dependent Surveillance- Broadcast- ADS-B*), sekundarni nadzorni radar (engl. *Secondary Surveillance Radar- SSR*) i mod S (engl. *Mode S*).

#### 3.1. ACARS (*Aircraft Communications, Addressing and Reporting System*)

ACARS je sustav za prijenos digitalnih podatkovnih poruka između zrakoplova i stanica na zemlji kojeg je razvio ARINC i koristi se od 1978. godine. ACARS sustav koristi VHF signale koji se primaju i šalju preko globalne mreže zemaljskih stanica i satelita. Danas se ACARS uglavnom koristi za prekooceanske letove te u SAD-u.

Primjer ACARS poruke koja sadrži predviđeno vrijeme dolaska:

EI-DTE XM0229 3401 ETA 0229/12 EGLL/LIML .EI-DTE/ETA 0915/FOB 0051

Arhitektura ACARS sistema se bazira na tri glavne komponente:

1. **Oprema zrakoplova** (engl. *The Aircraft Equipment*)- ACARS oprema u zrakoplovu je sistem s funkcijom rutera koji je zaslužan za primanje i odašiljanje podataka na „van“ i unutar zrakoplova. Taj „ruter“ se naziva jedinica upravljanja (*Management Unit- MU*) ili prema novoj poboljšanoj verziji: komunikacijska jedinica upravljanja (*Communications Management Unit- CMU*). Posada dolazi do podataka ACARS sustava pomoću kontrolne prikazne jedinice (*Control Display Unit- CDU*).
2. **Davatelj usluga** (engl. *The Service Provider*)- Za slanje poruka putem radio veze je potreban pružatelj usluga podatkovne veze (*Datalink Service Provider- DSP*). Glavni pružatelji usluga podatkovne veze u svijetu su ARINC (*Aeronautical Radio, Incorporated*) i SITA(*Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques*).

Pružanje tih usluga je moguće kroz tri metode: putem VHF-a ili VHF Data Link-a (VDL), SATCOM-a (*Satellite Communications*) koji nije moguć u polarnim regijama i putem HF-a ili HF Data Link-a (HF DL) koji su uspostavljeni radi polarne regije.

- 3. Sustav za obradu podataka na zemlji (engl. *The Ground Processing System*)-** Sustav za obradu podataka moraju opskrbiti ili zrakoplovni prijevoznici ili davatelji usluga zračne plovidbe. Obično su poruke koje dolaze iz zrakoplova unaprijed određene za stanice kojima se šalje poruka kao i u obrnutom slučaju kada poruka dolazi sa zemlje odgovarajućem zrakoplovu.[5]

Postoje tri vrste ACARS poruka, zavisno o njihovom sadržaju:

- 1. Poruka kontrole zračne plovidbe (engl. *Air Traffic Control- ATC*)** se koristi za izdavanje kontrolorskih odobrenja i instrukcija zrakoplovima, kao i traženja odobrenja od strane zrakoplova, emitiranje ATIS (*Automatic Terminal Information Service*) informacija i *en-route* odobrenja prekooceanskih letova.
- 2. Poruka zrakoplovne operativne kontrole (engl. *Aeronautical Operational Control- AOC*)**
- 3. Poruka administrativne kontrole aviokompanije (engl. *Airline Administrative Control- AAC*)**

AOC i AAC poruke služe za komunikaciju između zrakoplova i njihove bazne stanice. Zrakoplov može tražiti poruke od stanice kao npr. informacije o vremenu te tako i stanica može tražiti određene podatke iz zrakoplova kao što su to informacije o njegovoj poziciji, predviđeno vrijeme dolaska (engl. *Estimated Time of Arrival- ETA*) na sljedeću točku ili bilo kakva promjena i odstupanje od plana leta. Vrlo je korisno dobivanje podataka o vremenu sa zrakoplovnih senzora da bi se te informacije mogle prenijeti drugim zrakoplovima koji će letjeti u tom području. Također je moguće slobodno slanje poruka te se mogu dobiti podatci o tehničkim performansama tog zrakoplova i u slučaju neispravnosti se gleda status sustava zrakoplova. [5]

### **3.2. CPDLC (*Controller Pilot Data Link Communications*)**

CPDLC podrazumijeva komunikaciju kontrolora i pilota putem podatkovne veze (engl. *DataLink*). Služi za slanje poruka koje nisu hitnog slučaja kako bi se smanjila potreba za govorom te tako rasteretio posao kontrolora. U ovom poglavlju će se govoriti o karakteristikama CPDLC-a, raznim uslugama podatkovne veze, izgledu CPDLC poruke, ispunjavanja plana leta u slučaju opremljenosti s CPDLC opremom, prebacivanju nadležnosti zrakoplova koji koristi CPDLC sustav te u kojim slučajevima se prebacuje na govornu komunikaciju s podatkovne.

Kontrolori pomoću CPDLC-a mogu izdavati odobrenja kao što promjena visine i brzine, vektoriranje itd., prebacivati pilota na susjednu frekvenciju te tražiti razne informacije od pilota. S druge strane, piloti primaju odobrenja i informacije te imaju mogućnost odgovarati i slati informacije putem CPDLC-a. Također je moguće poslati „slobodne“ poruke koje nisu zadane niti definirane. Ono što se očekuje s korištenjem CPDLC-a su mnoga poboljšanja kao već spomenuto manje korištenje govora na frekvenciji, više zahtjeva pilota se može odrađivati istovremeno, povećanje kapaciteta sektora, manja mogućnost konfuzije u komunikaciji te se očekuje manja mogućnost nestanka komunikacije. [6]

Potrebno je razjasniti da CPDLC ne može biti jedini sistem komunikacije između kontrolora i pilota nego je uvijek potrebna i govorna komunikacija, odnosno CPDLC se koristi kao dopunski sistem u situacijama koje ne odstupaju od uobičajenih događaja i kada nema hitnosti. Obično za odgovor *data linka* se može očekivati i par minuta dok za govor na frekvenciji odgovor stiže u roku par sekundi. Odabir korištenja CPDLC-a se stavlja na kontrolora i pilota s kojim se vrši komunikacija, ali naravno da se ne mora koristiti ako to pilot ili kontrolor ne želi.

### 3.2.1. Usluge podatkovne veze CPDLC-a

U ovom odlomku će se objasniti usluge podatkovne veze koje se koriste za CPDLC:

- **Usluga mogućnosti započinjanja podatkovne veze (engl. *Data Link Initiation Capability- DLIC*)-** usluga koja daje potrebne informacije kako bi se inicirala podatkovna komunikacija između zrakoplova i jedinice pružanja usluge zračnog prometa
- **Usluga upravljanja komunikacijama kontrole zračne plovidbe (engl. *Air Traffic Control Communications Management Service- ACM*)-** usluga koja automatski pomaže u prebacivanju komunikacije s govora na CPDLC ili obrnuto
- **Usluga davanja odobrenja kontrole zračne plovidbe (engl. *Air Traffic Control Clearances Service- ACL*)-** preko ove usluge kontrolori izdaju odobrenja, instrukcije i obavijesti, a posada u zrakoplovu šalje svoje zahtjeve i izvješća
- **Usluga za provjeru mikrofona u kontroli zračne plovidbe (engl. *Air Traffic Control Microphone Check Service- AMC*)-** putem ove usluge kontrola zračne plovidbe provjerava funkcionalnost rada govorne komunikacije tako što svim zrakoplovima opremljenim CPDLC-om istovremeno pošalje instrukciju na frekvenciji

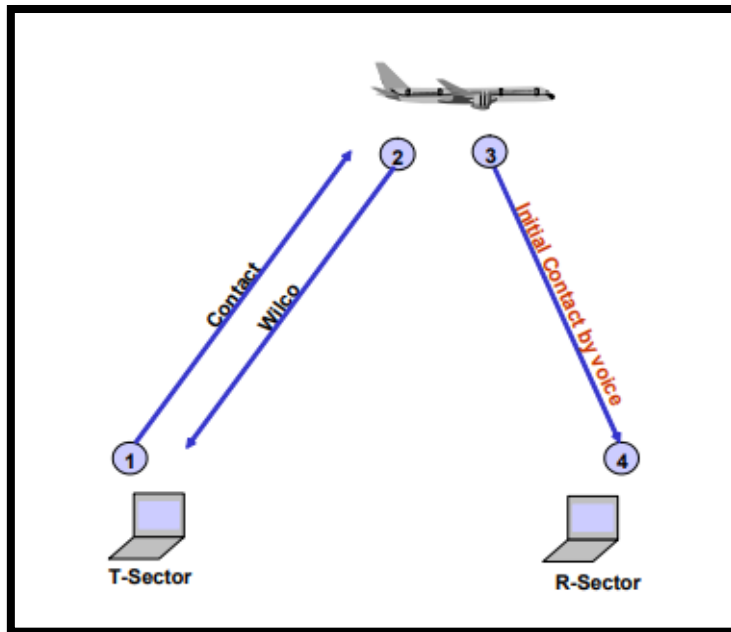
- **Usluga odobravanja za uzlijetanje** (engl. *Departure Clearance- DCL*)- usluga pomoću koje se traži uzlijetanje zrakoplova i daje odobrenje za uzlijetanje
- **Usluga davanja odobrenja uz koordinaciju** (engl. *Downstream Clearance Service- DSC*)- usluga koja omogućava posadi zrakoplova da prima odobrenja od jedinice za pružanje usluge zračnog prometa u čijoj nisu nadležnosti, a jedinice usluge zračnog prometa su obavile dogovor predaje zrakoplova koordinacijom [6]

### **3.2.2. Ispunjavanje plana leta s CPDLC opremom**

Kada se ispunjava plan leta operatori zrakoplova moraju pod brojem 10 u planu leta staviti slovo J ako su opremljeni CPDLC sustavom te odgovarajući broj uz njega. Stavlja se broj 1 u slučaju ATN VDL-a (*ATN VHF data link*) moda te brojevi od 2 do 7 za razne implementacije FANS sustava (*Future Air Navigation System*). U polju 18 ispunjavaju COM/CPDLC u ICAO formatu plana leta. Zrakoplov može biti opremljen s više implementacija tako da se sve moraju unijeti u plan leta. [6]

### **3.2.3. Prebacivanje nadležnosti nad zrakoplovom između jedinica pružanja usluge zračnog prometa**

U slučaju prebacivanja zrakoplova s jedinice koja ne podržava CPDLC na jedinicu koja ga podržava se koristi DLIC za ulogiravanje na tu jedinicu, a ako se zrakoplov prebacuje s jedinice koja podržava CPDLC na jedinicu koja ga ne podržava onda prekid CPDLC-a započinje istovremeno s prijenosom glasovne komunikacije. Na slici 6 je prikazano zadavanje instrukcije kontaktiranja druge jedinice pružanja usluge zračnog prometa na koju zrakoplov odgovara potvrdno i javljanje novoj jedinici putem glasovne komunikacije. Ako obadvije jedinice pružanja usluge zračnog prometa koriste CPDLC, govorna i podatkovna komunikacija putem CPDLC-a se počinje istodobno prenositi. Jedinica koja predaje komunikaciju se naziva trenutni autoritet podataka (*Current Data Authority- CDA*) i određuje sljedeću jedinicu za primanje komunikacije koja se naziva sljedeći autoritet podataka (*Next Data Authority- NDA*) kako ne bi došlo do greške u povezivanju krivih jedinica. [6]



Slika 6. Prekid CPDLC komunikacije s prijelazom na jedinicu koja ga ne podržava [7]

### 3.2.4. Poruke CPDLC-a

Već prije je napomenuto o kakvim porukama se radi slanjem putem CPDLC-a te iako sustav pruža širok spektar poruka koje se mogu poslati, najčešće se šalju poruke poput promjene SSR koda, prebacivanja na frekvenciju kao što je prikazano na slici 7, promjene visine, smjera i brzine koje nisu hitne te odgovaranje na zahtjeve zrakoplova. Te poruke mogu biti napisane na običnom jeziku (što se inače izbjegava) ili u kodovima i kraticama. Također bi se trebale izbacivati nepotrebne riječi i izrazi ljubaznosti jer je potrebno samo ukratko opisati instrukciju ili zahtjev koji je potreban. Poruka može imati jedan ili više elementa, odnosno maksimalno njih sedam.

Primjer poruke s jednim elementom:

CLIMB TO [level (FL 350)]

Primjer ove poruke sadrži samo jednu instrukciju i to penjanja na određenu visinu.

Primjer poruke s više elemenata:

CLIMB TO [level], MAINTAIN [speed (MACH.80)]

Na primjeru ove poruke vidimo 2 elementa, odnosno dvije instrukcije koje sadrže instrukciju penjanja na određenu visinu i zadržavanja trenutne brzine izražene Machovim brojem. [6]



Slika 7. Prikaz CPDLC-a u kokpitu zrakoplova, [8]

Odgovor zrakoplova na poruku (s jednim ili više elemenata) je uvijek s jednim elementom koji se primjenjuje na sve instrukcije (WILCO (*will comply*)- izvršit ću instrukcije, UNABLE- ne mogu izvršiti instrukcije, STANDBY- pričekajte za odgovor). Ako pilot nije u stanju izvršiti neku od instrukcija zadanu od strane kontrolora, odgovor za cijelu poruku će biti „UNABLE“ i neće izvršiti nijednu naredbu kontrolora. Zbog navedene situacije se može izgubiti na vremenu jer je potrebno puno više izmjenjivanja poruka nego što bi se to riješilo slanjem više poruka s jednim elementom ili govornom komunikacijom tako da se gubi svrha smanjenja posla kontrolora i takve poruke s više elemenata bi se trebale izbjegavati osim ako nisu zavisne. [6]

### 3.2.5. Prijelaz s CPDLC sistema na govornu komunikaciju

Uvijek kada se komunikacija odvija putem CPDLC-a, odgovor zrakoplova ili kontrolora trebao bi također biti putem CPDLC-a, a tako vrijedi i u slučaju govorne komunikacije. Samo u posebnim slučajevima odgovor na CPDLC poruku može biti govor:

- Potrebno je razjasniti točno vrijeme izvršenja instrukcije
- Potrebno je razjasniti značenje ili namjeru nejasne poruke
- Potrebne su korektivne mjere neželjenih poruka poslanih CPDLC-om
- Sistem je proizveo grešku u poruci [6]



### **3.3. ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance- Broadcast*)**

*Automatic Dependent Surveillance Broadcast* (ADS-B) je tehnika nadzora koja se koristi informacijama emitiranih od zrakoplova i vozila na aerodromu. Zrakoplovi i vozila dobivaju informacije preko svojih unutarnjih sistema (npr. GNSS, visinski mjerač tlaka itd.) te ih emitiraju bez potrebe za znanjem primatelja poruke i bez potrebe interakcije između pošiljatelja i primatelja. ADS-B je trenutno implementiran u Južnoj Americi, Europi i Pacifičko-Azijskoj regiji i u raznim drugim dijelovima svijeta. [9]

Samo ime sistema objašnjava njegov rad jer automatski šalje poruke bez vanjskog stimulansa, ovisi o sustavima koji se nalaze u zrakoplovu kako bi osigurao informacije za nadzor drugim korisnicima te emitira dobivene podatke. Podatci se mogu poslati stanicama na zemlji ili drugim zrakoplovima kako bi se omogućila situacijska svijest okoline, držanje razmaka između zrakoplova i samostalno razdvajanje zrakoplova.

Uvođenjem ADS-B sustava kao nadzornu tehniku u mrežu upravljanja zračnim prometom daje mnogo pogodnosti:

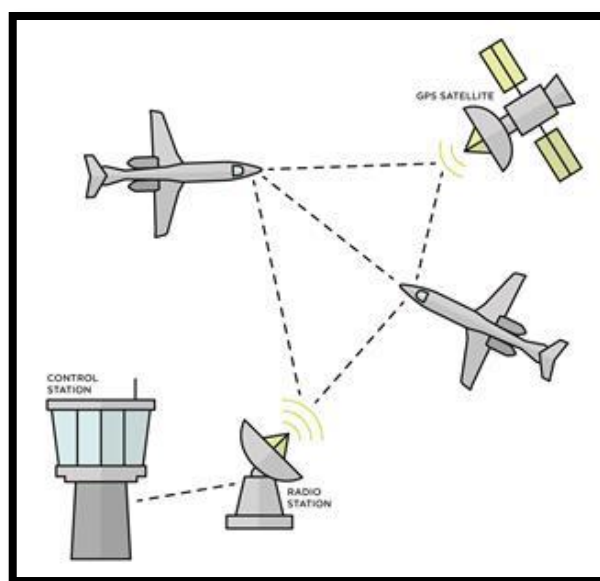
- Daje cjelovitu pokrivenost nadzora, mogućnost davanja svjesnosti situacije između zrakoplova
- Visoke performanse sustava
- Poboljšana sigurnost sustava
- Financijska isplativost (ADS-B je jeftiniji od radara, daje bolji profili leta na mjestima gdje prije nije bilo pokrivenosti nadzora, manja potrošnja goriva itd.)
- Manje zagađenje okoliša (manje emitiranja CO<sub>2</sub>)
- Globalna interoperabilnost
- Daje podlogu za budućnost kontrole zračnog prometa u smislu samostalnog razdvajanja zrakoplova i držanja sigurnosnog razmaka između zrakoplova [9]

#### **3.3.1. Oprema u zrakoplovu i oprema na zemlji za ADS-B**

Dva tipa ADS-B sustava mogu biti instalirana u zrakoplovu: *ADS-B In* i *ADS-B Out*. *ADS-B In* je prijамnički dio opreme koji omogućava primanje i tumačenje podataka od drugih zrakoplova koji sudjeluju u prometu te se zatim primljene informacije prikazuju u pilotskoj kabini na zaslonu (*Cockpit Display of Traffic Information- CDTI*).

*ADS-B Out* je odašiljački dio koji omogućuje emitiranje raznih podataka poput vlastite lokacije, visine i brzine prema zemaljskim stanicama. Na slici 8 je prikazano dobivanje podatka npr. pozicije od satelita GPS-a, te ih zatim ADS-B sustav šalje stanicama na zemlji i drugim zrakoplovima u blizini. Radio stanica na zemlji prenosi podatke kontrolnoj jedinici gdje se prikazuju na zaslonu kontrolora.

ADS-B stanice na zemlji primaju podatke emitirane sa zrakoplova ili aerodromskih vozila. U najviše slučajeva se podatci dalje šalju u sustav za obradu i distribuciju gdje se miješaju s podacima drugih nadzornih sistema (npr. radari) kako bi se stvorila što bolja slika situacije prometa u zraku.



**Slika 8.** Princip rada ADS-B sustava, [10]

### 3.3.2. Podatci ADS-B sustava

Najčešće emitirani podatci putem ADS-B sustava su:

- Horizontalna pozicija zrakoplova (geografska širina i duljina pozicije)
- Visina zrakoplova dobivena preko barometra
- Identifikacija zrakoplova, jedinstvena 24-bitna adresa zrakoplova
- Brzina zrakoplova
- Status hitnog slučaja [9]

### 3.4. SSR (*Secondary Surveillance Radar*)

*Secondary Surveillance Radar* (SSR) je nadzorni sustav pomoću radara koji se koristi u kontroli zračne plovidbe. Prvobitno se koristio u vojne svrhe za identifikaciju „prijateljskih“ zrakoplova pomoću slanja dogovorenih kodiranih odgovora na upite vojnih stanica. Rad SSR-a se bazira na upitu zemaljske stanice i odgovoru zrakoplova, a kako točno funkcionira SSR sistem, koji su modovi SSR-a, nedostaci i kodovi u hitnim slučajevima će se opisati u ovome odlomku.

#### 3.4.1. Princip rada SSR sistema

Princip rada SSR sistema se sastoji od upita interogatora na zemlji koji šalje kodirani upitni signal na frekvenciji 1030 MHz i kodiranog odgovora transpondera u zrakoplovu na frekvenciji 1090 MHz. Standardni SSR je multipulsni što znači da se upit ponavlja nekoliko puta pri okretaju antene te se uzima srednja vrijednost svih odgovora kao referenca za poziciju zrakoplova (pozicija neće biti najtočnije određena).

Upit interogatora se sastoji od 2 impulsa (P1 i P3), a razmak između njih definira mod. Impuls P2 dolazi iz svesmjerne antene te je razmak između P1 i P2 uvijek 2 mikrosekunde. P1 i P3 dolaze s usmjerene antene i razmak između njih definira mod upita:

- Mod 1- interval između P1 i P3 iznosi 3 +/- 0.1 mikrosekunde
- Mod 2- interval između P1 i P3 iznosi 5 +/- 0.1 mikrosekunde
- **Mod 3/A- interval između P1 i P3 iznosi 8 +/- 0.1 mikrosekunde**
- Mod B- interval između P1 i P3 iznosi 17 +/- 0.1 mikrosekunde
- **Mod C- interval između P1 i P3 iznosi 21 +/- 0.1 mikrosekunde**
- Mod D- interval između P1 i P3 iznosi 25 +/- 0.1 mikrosekunde

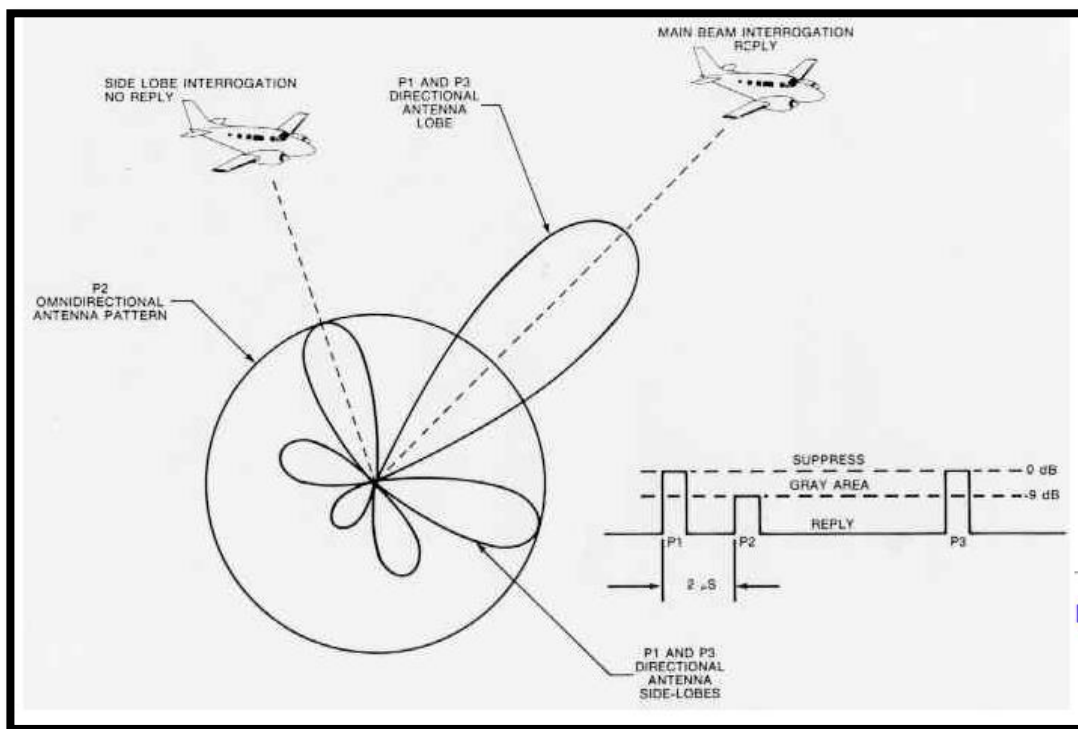
Najviše se koriste Mod A (identifikacija zrakoplova) i Mod C (visina zrakoplova u odnosu na 1013.25 hPa). [11]

Odgovor uređaja u zrakoplovu, transpondera, sastoji se od 12 bitova što daje kombinacije 4096 mogućih kodova i traje 20.3 mikrosekunde. Postoje tri koda transpondera koja se ukucavaju u slučaju nevolje ili hitnosti:

1. 7700- squawk (kod transpondera) u slučaju nekog izvanrednog događaja ili hitnosti
2. 7500- squawk u slučaju otmice zrakoplova
3. 7600- squawk koji daje do znanja da je došlo do prekida rada radio komunikacije

Transponder će odgovoriti na upit ako je P2 impuls manji od P1 što znači da je upit došao s glavne laticice zračenja, a ako je P2 veći od P1 znači da je upit došao s bočne laticice zračenja antene i na njega neće odgovoriti. Transponder uspoređuje amplitude signala koje su jednake impulsu P2 i tako zna da su bočne te se taj proces naziva potiskivanje sekundarnih latica (engl. *Side Lobe Suppression- SLS*). [12]

Na slici 9 se jasno vidi da amplituda zračenja glavne laticice (smjer maksimalnog zračenja) dobiva odgovor dok bočne laticice (koje su posljedica usmjerenosti antene i nepoželjno zračenje) neće dobiti odgovor jer im je amplituda signala jednaka zračenju svesmjerne antene i impulsu P2. Ako kontroloru treba dodatna potvrda identifikacije zrakoplova, zrakoplov šalje impuls 4.35 mikrosekundi nakon odgovora da bi dobio identifikaciju posebnog položaja (*Special Position Identification- SPI*). [11]



**Slika 9.** Prikaz zračenja SSR antena, [12]

### 3.4.2. Nedostaci SSR-a

Iako SSR ima puno prednosti u odnosu na primarni nadzorni radar (*Primary Surveillance Radar- PSR*) poput davanja informacija o putanji leta, brzini, visini i destinaciji, pozitivne identifikacije zrakoplova, ne ovisi o reflektivnoj površini zrakoplova itd., SSR se susreće s problemima poput:

1. *Garbling*- nastaje zbog interferencije odgovora dva ili više transpondera
2. *Fruiting*- nastaje zbog interferencije na interogatoru zbog zaprimanja odgovora transpondera kojemu je drugi interogator poslao upit
3. Mogućnost samo 4096 kombinacija kodova
4. Previše upita rezultira preopterećenjem transpondera
5. *Ghost targets*- nastaje zbog odraza signala od terena i prepreka
6. *Shielding*- nastaje zaklonom antene pri naginjanju zrakoplova što dovodi do gubitka signala [11]

### 3.5. Mode S

Mod S je jedan od modova SSR-a koji također funkcionira na sistemu zemaljskih interogatora i transpondera u zrakoplovu na istim frekvencijama za upit (1030 MHz) i odgovor (1090 MHz). Karakteristike i prednosti Moda S su upravo kompatibilnost s konvencionalnim interogatorom, individualna interogacija i selektivna interogacija zrakoplova pomoću jedinstvene 24-bitne adrese, podržava sustav za izbjegavanje sudara u zraku (*Airborne Collision Avoidance System- ACAS*) i ADS-B sustav i internacionalno je standardiziran te može biti povezan s mrežom upravljanja zračnog prometa. [11]

Transponderi Moda S pružaju podatke identifikacije i visine zrakoplova uz dodatak podataka ADS-B dobivenih od npr. GPS-a. Dobiveni podatci Moda S/ADS-B sustava pružaju veliku točnost informacija što olakšava situaciju kontrolorima i pilotima pružajući poboljšanu sigurnost, kapacitet, učinkovitost i svjesnost situacije. Također je odlično rješenje na mjestima gdje nema pokrivenosti radarom. Sve u svemu, Mod S se smatra bitnim razvojem SSR sustava i procesa upravljanja zračnim prometom radi velikog povećanja gustoće zračnog prometa. [13]

### 3.5.1. Mode S ELS (*Elementary Surveillance*)

Zrakoplov opremljen Modom S osnovnog nadzora pruža sljedeće funkcionalnosti: automatsko davanje identifikacije zrakoplova kontroloru u obliku pozivnog znaka (*Call Sign*), izvještavanje visine zrakoplova u intervalima od 25 ft, status leta (je li zrakoplov na zemlji ili u zraku) i drugo.

Mod S u odnosu na SSR pruža poboljšani nadzor rješavajući probleme SSR sustava:

- Zrakoplovi se identificiraju bez zabune u pozivnim znakovima uz dostupnost gotovo 17 milijuna jedinstvenih adresa zrakoplova (u odnosu na 4096 kombinacija za SSR kod identifikacije) s automatskim davanjem identifikacije. Povezuju se radarska praćenja zrakoplova s planovima leta u automatskim sistemima kontrole zračnog prometa.
- Selektivna interogacija Moda S otklanja problem interferencije odgovora dva ili više transpondera na interogatoru, otklanja i problem preopterećenja transpondera s previše upita i pojednostavljuje identifikaciju zrakoplova u slučaju refleksija signala.
- Radari Moda S daju manje grešaka sustava te pružaju poboljšano praćenje zrakoplova i daju bolju sliku situacije u zraku.
- Davanje izvješća za prijeđenih svakih 25 ft i eliminiranje interferencije više signala na interogatoru pružaju veću sigurnost
- Davanje većeg kapaciteta praćenja zrakoplova za trenutni i prognozirano veći broj zrakoplova u budućnosti. [13]

### 3.5.2. Mode S EHS (*Enhanced Surveillance*)

Mod S EHS pruža poboljšani nadzor pomoću *downlink* parametara iz zrakoplova. Kontrolori i ATM (*Air Traffic Management*) s dobivenim parametrima dobivaju veću svjesnost situacije u zraku, potrebno je manje govorne komunikacije i sprječava se probijanje visina (engl. *Level Bust*) zrakoplova tako da se uvelike poboljšava sigurnost i kapacitet. Neki od parametra su: magnetni kurs, zračna brzina (indicirana brzina i Machov broj) i putna brzina, selektirana visina, brzina penjanja, kut valjanja itd. Kontrolori mogu vidjeti parametre na svom ekranu te u slučaju bilo kakvog nepodudaranja između odobrene visine od strane kontrolora i selektirane visine se javlja alat za upozorenje [14].

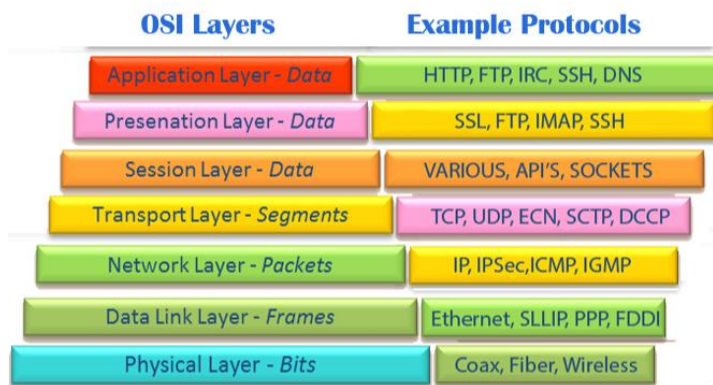
#### 4. STANDARDI I PROTOKOLI KOJI SE KORISTE U PODATKOVNOJ KOMUNIKACIJI HRVATSKE KONTROLE ZRAČNE PLOVIDBE

U ovom poglavlju će se govoriti o standardima i protokolima koji se koriste u podatkovnoj komunikaciji Hrvatske kontrole zračne plovidbe (HKZP) radi njihove ključne uloge u prijenosu podataka. Protokoli omogućuju komunikaciju različitih komponenti unutar mreže, odnosno protokoli su skup pravila koji dogovaraju efektivnu komunikaciju između jedinica. Standardi postoje kako bi se omogućila komunikacija između opreme različitih proizvođača s različitim programskim podrškama. Opisat će se pet protokola koja se široko primjenjuju u sustavima za upravljanje zračnim prometom, od kojih su tri mrežna (TCP, UDP i IP) i dva specifična za avijaciju (FMTP i OLDI).

##### 4.1. TCP (*Transmission Control Protocol*)

Protokol kontrole prijenosa (engl. *Transmission Control Protocol*- TCP) je jedan od važnijih mrežnih protokola za prijenos podataka u mreži, a nalazi se u prijenosnom (četvrtom) sloju OSI sustava. Funkcija TCP protokola je pružanje pouzdanosti pri prijenosu podataka.

U već prije spomenutom OSI referentnom modelu se nalazi sedam slojeva s različitim funkcijama i različitim protokolima u svakom sloju (slika 11). Svaki podatak koji se prenosi mrežom mora proći kroz svaki od tih slojeva počevši od fizičkog sloja (engl. *Physical Layer*).



Slika 10. Prikaz OSI slojeva s protokolima, [15]

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) je spoj TCP i IP protokola, odnosno IP grupa protokola (engl. *IP Protocol Suite*) koja djeluje dopunski. U tom slučaju TCP kontrolira pouzdanost prijenosa, a IP se bavi adresiranjem i prijenosom podataka od polazišta do odredišta. Mrežni model koji se koristi za TCP/IP se naziva TCP/IP model i sastoji se od samo četiri sloja:

1. Sloj podatkovne veze
2. Mrežni sloj
3. Prijenosni sloj
4. Aplikacijski sloj

Smatra se da prijenos podataka bio pouzdan ako:

- Nema izgubljenih paketa u prijenosu
- Nema kašnjenja koji utječe na kvalitetu podataka
- Svi paketi moraju imati svoj redoslijed

TCP označava pakete brojevima (vrši „adresiranje“). Brojevi kojima su označeni paketi se nazivaju pristupi (engl. *Port*), npr. kod slanja elektroničke pošte se koristi protokol SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) čije podatke preuzima TCP port 25.

TCP prati vremensko ograničenje dostizanja odredišta paketa. U slučaju da uređaj pošiljatelj ne dobije informaciju o zaprimanju poruke poslano od strane odredišta nakon vremenskog ograničenja, poruka se ponovno šalje jer se smatra zagubljenom ili zakašnjelom. [16]

#### **4.2. UDP (*User Datagram Protocol*)**

Protokol korisničkih datagrama (engl. *User Datagram Protocol*- UDP) je transportni protokol OSI modela uz TCP protokol. Neke aplikacije ne podržavaju TCP protokol i moraju isključivo koristiti UDP protokol. Glavna značajka UDP protokola je slanje datagrama (blok podataka) drugim korisnicima bez unaprijed definiranog puta i određivanja kanala. Prije početka prijenosa podataka se neće uspostaviti veza između pošiljatelja i primatelja. [16]

UDP za razliku od TCP protokola nema kontrolu pogrešaka niti traženja ponovnog slanja paketa u slučaju greške. Kako bi se poboljšale performanse prijenosa, pojedini paketi se čak mogu i ispustiti (bez ponovnog slanja) te mogu doći primatelju nepravilnim redoslijedom. Iz navedenih razloga se UDP koristi za prijenose koji ne zahtijevaju pouzdanost i potvrdu prijema nego brzinu prijenosa podataka (npr. za video materijale). Dakle, UDP se najviše koristi za videokonferencije te računalne igrice u stvarnom vremenu. [17]



### **4.3. IP (*Internet Protocol*)**

Internet protokol (engl. *Internet Protocol*- IP) je još jedan od važnijih mrežnih protokola koji se koristi za prijenos podataka u mreži i nalazi se u mrežnom (trećem) sloju OSI modela. Podatci (paketi) koji se šalju putem IP mreže nemaju dogovoren početak ili završetak prijena, nemaju unaprijed definirani put kojim moraju proći te nema ni slanja potvrde o prijemu paketa radi čega je IP protokol dobio ime „nepouzdan protokol“. Ono što IP protokol radi, odnosno njegove funkcije su:

- Definiranje IP paketa
- Fragmentacija i sastavljanje paketa
- Usmjeravanje paketa na temelju njihove IP adrese [18]

Postoje dvije verzije ovog protokola: IPv4 i IPv6. Razlikuju se po broju bitova u IP adresi, odnosno IPv4 adresa sastoji se od 32 bita koji su podijeljeni na četiri dijela od tri broja razmaknutih točkom.

Primjer IPv4 adrese: 192.168.0.1

Iako je prethodnom verzijom omogućeno više od 4 milijarde različitih IP adresa, potreba za sve više novih adresa raste svakim danom. Iz toga razloga je standardizirana IPv6 verzija protokola. IPv6 sastoji se od 128 bita koji su podijeljeni u 8 dijelova sastavljenih od 4 alfanumeričkih znakova odvojenih dvotočkom.

Primjer IPv6 adrese: 2001:cdba:0000:0000:0000:0000:3257:9652

Druge pogodnosti koje pruža IPv6 su veća sigurnost, pouzdanost i brzina. Međutim, IPv4 je još uvijek omiljen među korisnicima i potrebno je puno vremena i truda da se obavi prebačaj na IPv6, a direktna komunikacija između IPv4 i IPv6 nije moguća ako nema potrebne opreme koja bi to omogućila. [19]

### **4.4. FMTP (*Flight Message Transfer Protocol*)**

Protokol za prijenos zračne poruke (engl. *Flight Message Transfer Protocol*- FMTP) je novi protokol za podatkovnu komunikaciju koji pomoću standardnog mrežnog grupnog protokola TCP/IP pruža razmjenu podataka o letu. FMTP se nalazi u sesijskom sloju OSI modela.

Koristi se u razmjeni podataka između susjednih jedinica kontrole zračnog prometa kako bi se izvršio prijenos:

- obavijesti (engl. *Notification*)
- koordinacija (engl. *Coordination*)
- nadležnosti zrakoplova (engl. *Transfer of flights*)

Također, informacije se prenose između sustava za obradu podataka leta (engl. *Flight Data Processing System*). FMTP se koristi i u civilno-vojnoj koordinaciji.

Kao što je već spomenuto, FMTP koristi standardni industrijski TCP/IP protokol i usluge modela, a sustavi koji implementiraju FMTP uzimaju IPv6 verziju IP protokola. [4]

#### **4.5. OLDI (*On-Line Data Interchange*)**

*On-Line* razmjena podataka (engl. *On-Line Data Interchange*- OLDI) je protokol s glavnom funkcijom prijenosa koordinacijskih podataka između jedinica kontrole zračne plovidbe te se koristi u sloju iznad FMTP-a kao aplikacijski protokol. Razmjena podataka iz plana leta o nekom zrakoplovu se događa kada taj zrakoplov prelazi granicu između dviju jedinica kontrole zračne plovidbe. HKZP vrši OLDI koordinaciju s vojskom te sljedećim jedinicama kontrole zračne plovidbe: Beograd, Brindisi, Padova, Beč, Budimpešta, Ljubljana.

Prije OLDI standarda se koordinacija obavljala „ručno“. Svaka informacija iz plana leta, kao i posebni koordinacijski zahtjevi za određeni let su se morali prenositi preko govorne komunikacije. Danas je koordinacijski proces između kontrolnih centara unaprijed određen bilateralnim ugovorima. [1]

OLDI karakteristike:

- Preporučena dostupnost je 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu
- Pouzdanost od 99.86 %
- Preporučuje se korištenje provjere izvora i upravljanje mrežom (engl. *Network Management*) za povjerljivost i zaštitu OLDI poruka
- Dogodi se 1 greška u prijenosu na 2000 poruka
- Sve OLDI poruke se snimaju i čuvaju 30 dana
- Koordinacija se odvija u stvarnom vremenu
- Prijenos i potvrda komunikacije moraju biti izvršene u kratkom vremenu
- Prijenos OLDI poruka se prati i prijavljuju se pogreške u vezi

Postoje 3 kategorije OLDI poruka:

1. Kategorija 1: Prijenos komunikacije (engl. *Transfer of Communication*)
2. Kategorija 2: Koordinacija (engl. *Coordination*)
3. Kategorija 3: Obavijest (engl. *Notification*)

Message Category	90%	99,8%
1	<= 4sec	<= 10sec
2	<= 10sec	<= 25sec
3	<= 15sec	<= 45sec

**Slika 11.** Prikaz vremena maksimalnih prijenosa svake kategorije, [1]

Pri prijenosu podataka o letu potreban je prienos komunikacije između predajne jedinice (engl. *Transferring Unit*) i prihvatne jedinice (engl. *Accepting Unit*). Prijenos komunikacije ima najstrože ograničenje unutar kojeg se mora izvršiti, obično unutar 10 sekundi (slika 10). Zatim slijedi koordinacija jedinica koja se izvršava unutar 25 sekundi, te obavijest (engl. *Notification*), koji je zapravo postupak pripreme prihvatne jedinice za koordinaciju, mora biti poslana unutar 45 sekundi.

Vrijeme prijenosa unutar kojeg se mora izvršiti određeni prienos, uključuje: prienos, procesiranje primajuće jedinice (engl. *Receiving Unit*), stvaranje potvrđne poruke o zaprimanju te slanje potvrde i njeno primanje na predajnoj jedinici. Ako unutar tog vremena se ne izvrši svaki od tih segmenata poruka se smatra neuspješno poslanom. [20]

## 5. SUSTAVI PODATKOVNE *GROUND-TO-GROUND* KOMUNIKACIJE KOJE SE KORISTE U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNE PLOVIDBE

Hrvatska kontrola zračne plovodbe (HKZP) pruža visok stupanj usluga podatkovnih komunikacija preko svojih podatkovnih sustava. Usluge kreću od kabliranja, povezivanja ATM/CNS (*Air Traffic Management/Communication, Navigation, Surveillance*) sustava unutar HKZP-a (Zagreb i podružnice), povezivanja ATM/CNS sustava HKZP-a prema sustavima vanjskih partnera te usluge nadzora podatkovnih *ground-to-ground* sustava. Postoji šest podatkovnih sustava:

1. **Strukturno i namjensko kabliranje**
2. **Mreža širokog područja (WAN)**
3. **Lokalne mreže u Zagrebu i udaljenim lokacijama (LAN)**
4. **Mreža za komunikaciju s vanjskim partnerima**
5. **Sustav za međunarodnu komunikaciju i razmjenu podataka (engl. *Flightplan converter and ATS Messaging Application - FAMA*)**
6. **Sustav za upravljanje mrežom [21]**

ATM/CNS sustavi u HKZP-u (uključujući FAMA-u) spajaju se na lokalnu mrežu u Zagrebu i udaljenim lokacijama. Lokalne mreže u Zagrebu i udaljenim lokacijama komuniciraju međusobno putem mreže širokog područja (WAN). ATM/CNS sustavi u HKZP-u komuniciraju s ATM/CNS sustavima drugih partnera (npr. ANSP-ovi, EUROCONTROL i sl.) putem mreže za komunikaciju s vanjskim partnerima. Sustav za upravljanje mrežom koristi se za nadzor i upravljanje mreže širokog područja (WAN), lokalne mreže u Zagrebu i udaljenim lokacijama (LAN) i mreže za komunikaciju s vanjskim partnerima. Svi navedeni sustavi osim strukturnog i namjenskog kabliranja sastoje se od testnog i operativnog dijela te se održavaju prema posebno propisanim procedurama HKZP-a. Testni dijelovi sustava koriste se prvenstveno za testne i edukacijske potrebe. Operativni dio sustava podatkovne komunikacije se nadzire i održava 24/7 od strane osoblja HKZP-a. Detaljniji opis sustava dan je u tekstu niže. [22]

### 5.1. Strukturno i namjensko kabliranje

Sustav sudjeluje u prijenosu komunikacije pružanjem infrastrukture koja zapravo povezuje potrebnu komunikacijsku opremu. Postoje dvije vrste kabliranja koje se provode u HKZP-u sukladno njihovim standardima i pravilima: strukturno i namjensko kabliranje. Strukturno kabliranje se sastoji od razdjelnika i kabela koji sve povezuju u cjelinu, a namjensko kabliranje se izvodi tako da se oprema izravno međusobno spaja. [22]

## **5.2. Mreža širokog područja (*Wide Area Network- WAN*)**

Mreža širokog područja je komunikacijski sustav preko kojeg se ostvaruje IP veza između ATM/CNS sustava na lokaciji Zagreba i ATM/CNS sustava koji se nalaze u podružnicama (Dubrovnik, Split, Zadar, Pula, Rijeka, Osijek i Lošinj). Važno je napomenuti da je komunikacija koja se ostvaruje ovim sustavom sigurna, pouzdana i redundantna na razini sustava i na razini pružatelja telekomunikacijskih usluga, tj. na razini tehnologije prijenosa. [22]

## **5.3. Lokalne mreže u Zagrebu i udaljenim lokacijama (*Local Area Network-LAN*)**

Lokalna mreža u Zagrebu i udaljenim lokacijama sastoji se od LAN mreže u Zagrebu i LAN mreža u podružnicama (Dubrovnik, Split, Zadar, Pula, Rijeka, Lošinj i Osijek). Ovaj sustav omogućava IP komunikaciju između ATM/CNS sustava u Zagrebu i podružnicama direktno ili putem mreže širokog područja (WAN). Lokalna mreža u Zagrebu i udaljenim lokacijama hijerarhijski je organizirana u tri sloja: pristupni (*access*), distribucijski (*distribution*) i središnji (*core*). Na pristupni (*access*) sloj vežu se krajnji ATM/CNS sustavi. [22]

## **5.4. Mreža za komunikaciju s vanjskim partnerima**

Mreža za komunikaciju s vanjskim partnerima omogućuje povezivanje ATM/CNS sustava HKZP-a sa sustavima vanjskih partnera putem vanjskih mreža na siguran, pouzdan i redundantan način. Kao primjeri vanjskih mreža mogu se navesti PENS (*Pan-European Network Service*) [23] i FAB CE X-bone mreža [24]. Mreža za komunikaciju s vanjskim partnerima pruža zaštitu ATM/CNS sustava HKZP-a od mogućih sigurnosnih ugroza koje dolaze putem IP protokola. [22]

## **5.5. Sustav za međunarodnu komunikaciju i razmjenu podataka (*FAMA*)**

FAMA (*Flightplan converter and ATS Messaging Application*) je jedan od važnijih sustava HKZP-a za podatkovnu komunikaciju. To je sustav za međunarodnu komunikaciju, razmjenu i pohranu podataka, odnosno AFTN i AMHS poruka. Drugim riječima, svaki operativni sustav, bilo u Zagrebu, u podružnicama ili iz drugog ANSP-a, koji želi dohvatiti podatke iz plana leta nekog zrakoplova mora ih tražiti od FAMA sustava. Sustav pruža potpunu funkcionalnost AFTN/CIDIN sustava, AFTN/AMHS i AFTN/FAX pristupnika (engl. *Gatewaya*) i AMHS sustava. [22]

## **5.6. Sustav za upravljanje mrežom**

Sustav za upravljanje mrežom je sustav pomoću kojega se izvršava upravljanje i nadzor svih drugih podatkovnih sustava, osim sustava strukturnog i namjenskog kabliranja i FAMA-e. Sustav za upravljanje mrežom također služi za alarmiranje i obavještanje dežurnog osoblja u slučaju bilo kakvog kvara ili nepravilnosti na sustavima podatkovne komunikacije. [22]

## 6. SUSTAVI PODATKOVNE AIR-TO-GROUND KOMUNIKACIJE KOJI SE KORISTE U HRVATSKOJ KONTROLI ZRAČNE PLOVIDBE

U HKZP-u se od *air-to-ground* sustava za komunikaciju koristi samo CPDLC i Mode S, ali kao što je već prije o njemu napisano, Mode S je više sustav za nadzor jer se „komunikacija“ vrši u samo jednom smjeru.

Korištenje CPDLC-a nije obavezno u zračnom prostoru Hrvatske, ali postoje određena pravila ako se odlučuje na podatkovnu komunikaciju putem njega:

- Smije se koristiti iznad FL285
- Ne smije se koristiti u terminalnom području kontrole
- CPDLC komunikacija se mora prekinuti prije prijenosa nadležnosti zrakoplova s oblasne kontrole na prilaznu kontrolu
- Pilot se uvijek može ulogirati na CPDLC sustav oblasne kontrole, ali kontrolor odlučuje hoće li prihvatiti CPDLC komunikaciju ili ne [22]

Ako kontrolor želi prihvatiti CPDLC komunikaciju s pilotom, na oznaci (engl. *Label*) ulogiranog zrakoplova prikazanog na kontrolorskom zaslonu će pritisnuti *START CPDLC*. Kada je potrebno prekinuti CPDLC komunikaciju će kontrolor odabrati opciju na oznaci *END CPDLC*.

Poruke koje kontrolor može poslati pilotu su:

- predaja nadležnosti- Transfer
- zadavanje razine leta- Cleared Flight Level
- odobrenje direktne putanje do točke- Direct
- promjena smjera zadane putanje- Heading
- promjena SSR koda- Squawk
- traženje posebne identifikacije- Squawk ident
- provjera mikrofona- Check stuck microphone [22]

Na navedena odobrenja i zahtjeve pilot može poslati odgovor u obliku: *WILCO*, *SBY (Stand by)* i *UNA (Unable)*. Pilot također može tražiti od kontrolora određenu razinu leta ili direktnu rutu do neke točke. Još može poslati obrazloženja zbog kojih ne može izvršiti zahtjev te može poslati poruku hitnosti (*MAYDAY*, *PAN PAN*, Squawk 7500).

Poruke koje kontrolor ne pokriva putem CPDLC-a su: uvjetna odobrenja, skretanje zrakoplova za određeni broj stupnjeva i brzina penjanja/spuštanja zrakoplova. Pilot neće tražiti spuštanje i neće unijeti squawk 7600 u transponder zrakoplova. [22]

AGDL (*Air Ground Data Link*) je HKZP-ov sustav koji omogućuje prijenos podataka između operativnih HKZP sustava i zrakoplova koji se nalaze u području pružanja HKZP-ovih ATM usluga. Pomoću AGDL-a se šalju podaci, odnosno CPDLC poruke između glavnog sustava kontrolora leta u HKZP-u (CroATMS\_C) i zrakoplova koji lete iznad FL285. Sustav koristi globalne vanjske mreže pružatelja ATN/VDLm2 komunikacijskih usluga. [23]

CPDLC poruke se prenose putem sustava u HKZP-u koji se naziva CroATMS\_C. CroATMS\_C je glavni sustav za kontrolore te se preko njega vrši i prijenos FMTP/OLDI poruka s vanjskim pružateljima usluga zračne plovidbe. Razni sustavi HKZP-a šalju podatke CroATMS\_C kako bi CroATMS\_C mogao obrađivati i korelirati te podatke (na primjer, radarski sustav, sustav za naplatu planova leta itd.). Glavni serveri sustava CroATMS\_C nalaze se u Zagrebu, ali dijelovi se nalaze i u podružnicama Split, Dubrovnik, Zadar i Pula. Usmjerivači AGDL sustava koriste se za realizaciju CPDLC komunikacije između CroATMS\_C sustava i zrakoplova posredstvom ATN/VDLm2 infrastrukture pružatelja aeronautičkih usluga. [23]



## 7. ZAKLJUČAK

Razmjena podataka između zemaljskih stanica se temelji na AFTN sustavu za razmjenu poruka. Povezuju se mnogipružatelji usluga zračne plovidbe, aerodromi, aviokompanije te EUROCONTROL kako bi se omogućila razmjena podataka iz planova leta, meteorološki podataka, podataka usluge zrakoplovnog informiranja itd.

Noviji sustavi koji se koriste, CIDIN i AMHS, su poboljšane verzije AFTN sustava. Iako pružaju više i bolje mogućnosti poput detekcije pogreške u mreži, korištenje novih protokola te mogućnost slanja binarnih i duljih poruka, još uvijek nisu u potpunosti zasjenili AFTN sustav.

Razmjena podataka između zraka i zemlje može biti u svrhu nadzora (jednosmjerna komunikacija) ili može biti u svrhu dvosmjerne komunikacije kontrolora i pilota, odnosno izvješćivanja i izdavanja odobrenja. Sustavi za nadzor su: SSR, Mode S i ADS-B, a sustavi za komunikaciju između kontrolora i pilota su: CPDLC i ACARS.

SSR je radarski sustav koji pomoću interogatora na zemlji i transpondera u zrakoplovu omogućuje dobivanje potrebnih informacija iz zrakoplova. Na temelju dobivenih informacija se vrši identifikacija zrakoplova.

Mode S je jedan od modova SSR-a koji zaobilazi njegove nedostatke poput preopterećenja upita na interogatoru, interferencije odgovora na transponderu itd. Najbitnija značajka moda S je selektivna interogacija pomoću koje rješava probleme SSR-a te tako pruža veću sigurnost i kapacitet kontrolora.

ADS-B je nadzorna tehnika koja automatski odašilje podatke dobivene iz zrakoplova (očitanje s instrumenata, dobivene od GPS-a itd.) bez potrebe upita zemaljske stanice.

CPDLC je sustav kojim se rutinske poruke šalju putem podatkovne veze u svrhu veće točnosti i manje dvosmislenosti poruka, smanjenja govorne komunikacije na frekvenciji te rasterećenja poslova kontrolora i pilota. Korištenjem CPDLC-a se dobivaju veći radni kapaciteti kontrolora i veća sigurnost u zračnom prometu.

ACARS je prvi sustav koji se koristio za razmjenu poruka putem podatkovne veze, ali se danas smatra zastarjelim sustavom i koristi se uglavnom za prekomorske letove te u SAD-u.

Standardi i protokoli opisani u ovom radu su oni koji se koriste u zračnom prometu, tako da iako su opisana tri mrežna protokola (TCP, UDP i IP) koji se inače povezuju s korištenjem u običnim računalima, jako su bitni za razmjenu podataka (koji se tiču zračnog prometa) između zemaljskih stanica.

IP protokol se nalazi u mrežnom sloju OSI modela, a TCP u prijenosnom sloju. IP se bavi usmjeravanjem i fragmentacijom paketa, dok se TCP brine o pouzdanosti prijenosa paketa. Postoje dvije verzije IP protokola: IPv4 i IPv6. Verzija IPv6 se pojavila radi sve više računala i uređaja kojima je potrebna vlastita adresa.

OLDI je protokol koji se koristi isključivo u zračnom prometu jer je njegova svrha predaja nadležnosti nad zrakoplovima. Pomoću njega se između dvije ATC jedinice vrši dogovorena koordinacija kada je zrakoplov u blizini granice država tih dviju ATC jedinica. FMTP je novi protokol koji se također koristi za razmjenu podataka iz plana leta. OLDI i FMTP se mogu koristiti i za civilno-vojnu komunikaciju.

Postoji šest podatkovnih sustava za *ground-to-ground* komunikaciju u HKZP-u te svaki od njih ima različitu funkciju. Potrebni su sustavi za komunikaciju unutar HKZP-a (Zagreb i podružnice) te sustavi za komunikaciju s vanjskim ANSP-ovima i partnerima.

Ovisno s kojim partnerom se želi razmijeniti AFTN ili FMTP/OLDI poruka, potrebno se spojiti na odgovarajuću mrežu preko sustava za vanjsku podatkovnu komunikaciju. Primjeri mreža za vanjsku komunikaciju su PENS mreža (za komunikaciju s EUROCONTROL-om i određenim europskim ANSP-ovima) te X-bone mreža za komunikaciju s ANSP-ovima država FAB CE bloka.

Postoji i sustav koji nadzire i upravlja svim sustavima podatkovne domene te ih nadzire sve (uključujući i samog sebe) osim sustava koji se bavi kabliranjem i FAMA-e.

Sustav u HKZP-u koji se koristi za podatkovnu komunikaciju između pilota i kontrolora, odnosno CPDLC komunikaciju se naziva AGDL, a glavni sustav kojeg koriste kontrolori se naziva CroATMS\_C.

## LITERATURA

- [1] nastavnički materijali Entry Point North Akademije, prezentacija „COM\_DAT 116 Global Networks“
- [2] prezentacija „Aeronautical Data Communications“, EUROCONTROL
- [3] Juričić, B., skripta „Zrakoplovno informiranje“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [4] nastavnički materijali Entry Point North Akademije, prezentacija “COM\_DAT 114 Introduction to National Networks”
- [5] preuzeto s:  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft\\_Communications,\\_Addressing\\_and\\_Reporting\\_System](https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Communications,_Addressing_and_Reporting_System), (pristupljeno: 05.08.2018.)
- [6] preuzeto s:  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Controller\\_Pilot\\_Data\\_Link\\_Communications\\_\(CPDLC\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_(CPDLC)), (pristupljeno: 06.08.2018.)
- [7] preuzeto s:  
[https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/nm/link2000/atc\\_dl\\_oper\\_guidance\\_for\\_link2000\\_services\\_v6\\_0.pdf](https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/nm/link2000/atc_dl_oper_guidance_for_link2000_services_v6_0.pdf), (pristupljeno: 06.08.2018.)
- [8] preuzeto s: <https://www.airliners.sk/cpdlc/>, (pristupljeno: 06.08.2018.)
- [9] preuzeto s:  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic\\_Dependent\\_Surveillance\\_\(ADS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_(ADS)), (pristupljeno: 07.08.2018.)
- [10] preuzeto s: <https://www.duncanaviation.aero/intelligence/2017/January/do-i-have-to-have-ads-b-out>, (pristupljeno: 07.08.2018.)
- [11] nastavni materijali Hrvatskog učilišnog središta za kontrolu zračnog prometa (HUSK), prezentacija „Secondary Surveillance Radar“
- [12] preuzeto s: [http://www.avionicslist.com/articles/how\\_transponders\\_work.php](http://www.avionicslist.com/articles/how_transponders_work.php), (pristupljeno: 07.08.2018.)
- [13] preuzeto s: [https://www.skybrary.aero/index.php/Mode\\_S](https://www.skybrary.aero/index.php/Mode_S), (pristupljeno: 08.08.2018.)
- [14] preuzeto s: <https://www.eurocontrol.int/articles/enhanced-mode-s>, (pristupljeno: 08.08.2018.)
- [15] preuzeto s: <https://asmed.com/comptia-network-osi-model/>, (pristupljeno: 13.08.2018.)

- [16] preuzeto s: <https://www.lifewire.com/tcp-transmission-control-protocol-3426736>, (pristupljeno: 12.08.2018.)
- [17] E.Tomić, Seminarski rad: UDP protokol, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2018.
- [18] T.Milak, Završni rad: Analiza značajki i primjene protokola mrežnog sloja TCP/IP skupine protokola, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [19] preuzeto s: <https://www.purevpn.com/blog/what-is-ipv6-address-scty/>, (pristupljeno: 16.08.2018.)
- [20] preuzeto s: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20101216-oldi-spec-v4.2.pdf>, (pristupljeno: 12.08. 2018.)
- [21] preuzeto s: <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=63>, (pristupljeno: 05.09.2018.)
- [22] interne dokumentacije Hrvatske kontrole zračne plovidbe
- [23] preuzeto s: <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=3751>, (pristupljeno: 05.09.2018.)
- [24] preuzeto s: <http://www.x-bone.eu/>, (pristupljeno: 05.09.2018.)
- [25] Jelisavčić M., Baričević J., Bayer Z., Harjač Ž., Projekt nadogradnje CroATMS\_C-a na COOPANS- Glasilo Hrvatske kontrole zračne plovidbe d.o.o. 2013(18): 8-13

## POPIS KRATICA I AKRONIMA

AAC	(Airline Administration Control)
ACARS	(Aircraft Communications, Addressing and Reporting System)
ACAS	(Airborne Collision Avoidance System)
ACM	(ATC Communications Management Service)
ADS-B	(Automatic Dependent Surveillance- Broadcast)
AFS	(Aeronautical Fixed Service)
AFTN	(Aeronautical Fixed Telecommunication Network)
AGDL	(Air Ground Data Link)
AIS	(Aeronautical Information Service)
AMC	(ATC Microphone Check Service)
AMHS	(ATS Message Handling System)
ANSP	(Air Navigation Service Provider)
AOC	(Aeronautical Operational Control)
ARINC	(Aeronautical Radio, Incorporated)
ARO	(ATS Reporting Office)
ATC	(Air Traffic Control)
ATIS	(Automatic Terminal Information Service)
ATM	(Air Traffic Management)
ATS	(Air Traffic Service)
CDA	(Current Data Authority)
CDTI	(Cockpit Display of Traffic Information)
CDU	(Control Display Unit)
CIDIN	(Common ICAO Data Interchange)
CNS	(Communication, Navigation, Surveillance)

CPDLC	(Controller Pilot Data Communications)
DCL	(Departure Clearance)
DLIC	(Data Link Initiation Capability)
DSC	(Downstream Clearance Service)
DSP	(Datalink Service Provider)
DUA	(Directory User Agent)
ETA	(Estimated Time of Arrival)
FAMA	(Flightplan converter and ATS Messaging Application)
FANS	(Future Air Navigation System)
FMTF	(Flight Message Transfer Protocol)
HF	(High Frequency)
HFDL	(High Frequency Data Link)
HKZP	(Hrvatska kontrola zračne plovidbe)
ICAO	(International Civil Aviation Organization)
IP	(Internet Protocol)
MHS	(Message Handling System)
MS	(Message Store)
MTA	(Message Transfer Agent)
NDA	(Next Data Authority)
OLDI	(On-Line Data Interchange)
OSI	(Open System Interconnection)
PENS	(Pan-European Network Service)
PSR	(Primary Surveillance Radar)
SATCOM	(Satellite Communication)
SITA	(Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques)
SLS	(Side Lobe Suppression)

SMTP	(Simple Mail Transfer Protocol)
SPI	(Special Position Indicator)
SSR	(Secondary Surveillance Radar)
TCP	(Transmission Control Protocol)
UA	(User Agent)
UDP	(User Datagram Protocol)
VDL	(VHF Data Link)
VHF	(Very High Frequency)



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 **Organizacija sustava podatkovnih komunikacija u Hrvatskoj**  
**kontroli zračnog prometa**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 10.9.2018

Silvana Bonini  
(potpis)