

# Nova računarsko-komunikaciona mreža JAT Airways-a

Nenad Krajnović, Dragan Bukatarević

**Sadržaj** – U okviru rada prezentirano je rešenje računarsko-komunikacione mreže JAT Airways-a realizovano korišćenjem tehnologije Internet VPN-a. Mreža je realizovana u cilju podrške informacionim servisima kompanije od kojih je jedan uvođenje elektronske karte. Ovakvo rešenje predstavlja novost u oblasti računarskih mreža avio kompanija.

**Ključne reči** – Avio kompanija, Internet VPN, JAT, računarska mreža, SITA

## I UVOD

Poslovanje modernih avio kompanija se ne može zamisliti bez snažne podrške informaciono-komunikacionih tehnologija. Putnici očekuju da se u svakoj agenciji može rezervisati i kupiti avio karta i da se na aerodromu minimalno zadržavaju. Jedan od načina da se ubrza rad sa putnicima i smanje troškovi poslovanja u avio kompanijama je uvođenje elektronske karte za koju je IATA (*International Air Transport Association*) prvobitno predvidela da bude uvedena do kraja 2007. godine. Pokazalo se da je ovaj rok nije moguće ispoštovati tako da je za novi rok izabran 31. maj 2008. godine. Ovako oštri rokovi zahtevaju od avio kompanija da prilagode svoje informacione sisteme novom načinu poslovanja.

JAT Airways, naš nacionalni avio prevoznik je takođe krenuo u modernizaciju svoje infrastrukture i informacionog sistema. Osnovni problem u celom procesu modernizacije informacionog sistema je zahtev da postojeći informacioni sistem i servisi koji su na raspolaganju ni jednog trenutka ne smeju da budu prekinuti, tj. ni jednog trenutka se ne sme desiti da zaposleni u JAT-u nisu u mogućnosti da obavljaju svoje redovne zadatke, bilo korišćenjem starog bilo korišćenjem novog informacionog sistema i komunikacione infrastrukture. Tako oštar zahtev je postavio ozbiljan zadatak ispred tima koji je radio na projektovanju i implementaciji novog informacionog sistema.

## II POSTOJEĆE STANJE MREŽE

Za razliku od ostalih korporacijskih mreža, korporacijska mreža avio kompanije ima određenih specifičnosti. Možemo ih grupisati u nekoliko celina:

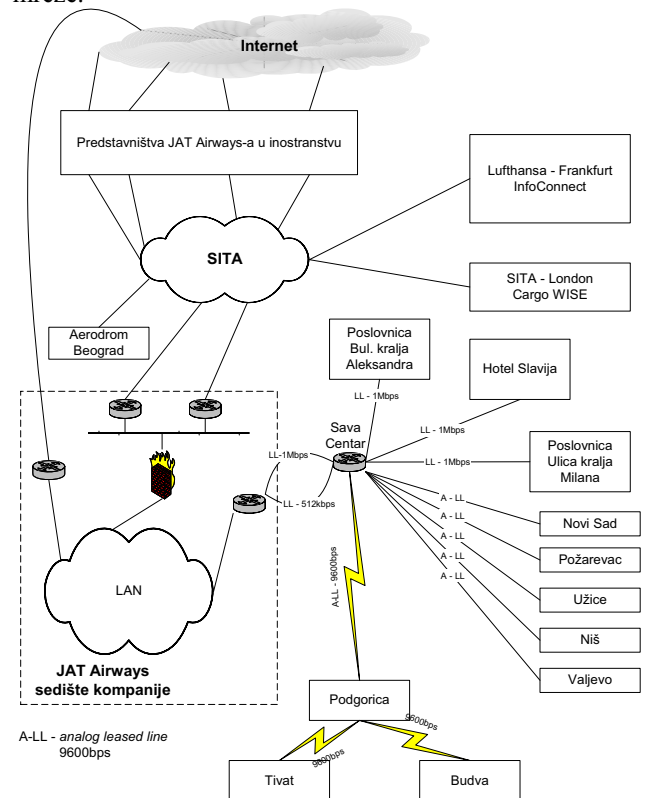
- potrebna je velika pouzdanost u radu,
- potrebno je obezbediti povezivanje sa ostalim avio kompanijama,

- određena vrsta komunikacije mora da prolazi kroz servere u SITA mreži (*Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques*).

U datim okvirima JAT je imao mrežu koja je bila bazirana na korišćenju sledećih telekomunikacionih usluga:

- od Telekom Srbija su korišćeni iznajmljeni analogni vodovi za povezivanje sa lokacijama u zemlji – protoci reda 10-tak kb/s,
- od SITA-e su korišćeni komunikacioni servisi bazirani na X.25 protokolu sa veoma malim protokom za povezivanje sa lokacijama po svetu i sa ostalim avio kompanijama.

Na slici 1 prikazano je zatečeno stanje u trenutku početka projektovanja nove računarsko-komunikacione mreže.



Sl. 1. Prikaz zatečenog stanja mreže JAT Airways-a

U takvoj situaciji je došao zahtev za modernizacijom mreže i servisa i to iz više razloga. SITA je najavila ukidanje svoje X.25 mreže i zahtevala je od svojih korisnika da svoje servise prebace na neku od novih SITA mreža. Novi servisi koje je trebalo uvesti su zahtevali značajno veće komunikacione kapacitete nego što je postojeća mreža to omogućavala. Uvođenje elektronske karte je postavilo relativno kratke rokove za konsolidaciju informacionih servisa u JAT-u i realizaciju nove računarsko-komunikacione infrastrukture.

Nenad Krajnović, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (telefon: +381-11-3221-419; faks: +381-11-3248-681; e-mail: krajko@etf.bg.ac.yu).

Dragan Bukatarević, JAT Airways – Informacioni sistemi, Bulevar umetnosti 16, 11070 Novi Beograd, Srbija (telefon: +381-11-3110-259; faks: +381-11-145-969; e-mail: bukatarevicd@jat.com)

Prilikom projektovanja nove mreže prvobitno se krenulo od analize novih servisa koje je nudila SITA. Po prirodi stvari, SITA servisi predstavljaju prvi izbor za avio kompanije. Takva analiza je pokazala da bi korišćenje SITA servisa za realizaciju svih komunikacionih zahteva JAT-ove mreže predstavljalo izuzetno skupo rešenje. Krenulo se u potragu za alternativnim rešenjem koje bi se uklopilo u raspoloživi budžet. Kao alternativna rešenja su se nametnuli:

- zakup servisa od Telekoma Srbije
- korišćenje Internet VPN tehnologije

Zakup servisa od Telekoma Srbije je mogao da reši problem komunikacije u zemlji. Međutim, JAT mora da obezbedi povezivanje 57 svojih lokacija po svetu, 3 lokacije u Crnoj Gori, 5 lokacija u Beogradu i 7 lokacija po Srbiji. Dodatni problem u ovom slučaju je i održavanje komunikacione opreme na udaljenim lokacijama. Na najvećem broju udaljenih lokacija JAT nema tehničkog osoblja koje bi moglo da održava komunikacionu opremu u uslovima kada servisi treba da budu na raspolaganju 24 časa dnevno. Pored toga, za sve pobrojane lokacije Telekom Srbija nije mogao da obezbedi kvalitetan servis uz održavanje opreme.

U datoj situaciji projektanti su se okrenuli Internetu kao globalnoj komunikacionoj mreži koja nudi relativno jeftino globalno povezivanje. Analiza je pokazala da za protok od 512kb/s srednja mesečna cena za sve lokacije iznosi oko 300 eura. U nekim gradovima u Evropi i Americi ova cena je značajno niža ali postoje gradovi u svetu gde je cena značajno viša. Ovakve cene predstavljaju značajno niže troškove u odnosu na prvobitno dobijenu procenu troškova u slučaju korišćenja SITA servisa. Međutim, niska cena nije rešila veoma značajan problem a to je održavanje opreme na lokacijama. U situaciji kada bi došlo do prekida komunikacije, JAT bi morao da šalje tehničara iz Beograda da otkloni kvar. Očigledno je da to nije moguće obezbediti (problemi sa dobijanjem viza, raspoloživost avionskih letova do željene lokacije, slobodna mesta u avionu i slično). Drugi problem je organizacione prirode a odnosi se na mogućnost plaćanja troškova korišćenja Interneta u različitim gradovima u svetu. Treći problem da na većini aerodroma u svetu gde JAT ima svoje lokacije aerodromske vlasti ne dozvoljavaju uspostavu Internet linka.

Prethodno opisana analiza je pokazala da se problem ne može rešiti sa raspoloživim servisima na tržištu. U tom trenutku je JAT ponovo okrenuo SITA-i, svom dugogodišnjem partneru. Ovaj put je predlog bio da SITA uvede novi servis u saradnji sa JAT-om. Novi servis bi se sastojao u tome da SITA obezbeđuje zakup Internet servisa od lokalnoj ISP-a, instalaciju VPN *gateway*-a i konfigurisanje i održavanje opreme. Plaćanje svih troškova bi išlo kroz centralizovanu naplatu između JAT-a i SITA-e. Posle određenog perioda zajedničkog razmatranja i razrade ove ideje, SITA je izašla sa ponudom novog komunikacionog servisa za JAT. Ovaj servis je obuhvatao upravo ono što je trebalo JAT-u. SITA se obavezala da na udaljenim lokacijama po svetu obezbedi lokalni pristup Internetu potrebnog protoka, da na svakoj od lokacija instalira odgovarajući VPN *gateway*, da obezbedi nadzor nad komunikacionim linkovima i

intervenciju tehničara na lokaciji kada se za tim ukaže potreba. Pored toga, ovaj servis nije bio običan *best effort* servis već je nudio određene elemente garantovanja kvaliteta servisa. Problem sa lokacijama na aerodromima je prevaziđen korišćenjem servisa iz standardne ponude SITA-e, IP VPN povezivanja. Prednost ovog servisa, u odnosu na Internet VPN, je što omogućava garantovanje potrebnog kvaliteta servisa (Internet VPN servis je *best effort*, bez garantovanja kvaliteta servisa). Ovo je posebno važno i zbog činjenice da su lokacije na aerodromima najosetljivije na eventualne probleme u funkcionisanju servisa.

Kao što je prethodno opisano, pomoću SITA servisa je obezbeđeno povezivanje na globalnom nivou. Ono što SITA u datom trenutku nije mogla da ponudi je bio Internet VPN servis na teritoriji bivše SFRJ. Na prvi pogled to deluje jako čudno međutim, SITA je nudila svoj novi servis samo za one lokacije za koje je već imala pouzdane partnere u vidu Internet servis provajdera i svoja lokalna predstavništva koja bi mogla da obezbede instalaciju i održavanje komunikacione opreme. SITA je i za ove lokacije nudila svoj IP VPN servis koji je za JAT bio suviše skup. Ovaj put rešenje je pronađeno u saradnji sa domaćim Internet servis provajderom MediaWorks. MediaWorks je ponudio da oni obezbede lokalno povezivanje na Internet za sve lokacije na teritoriji bivše SFRJ i da njihovi ljudi brinu o instaliranoj komunikacionoj opremi. Ponuda je zadovoljila finansijske limite koje je imao JAT tako da se krenulo u realizaciju ovog dela mreže sa MediaWorksom.

Dobra iskustva u radu sa MediaWorksom su dovela do toga da je njima prepuštena realizacija i Internet VPN mreže na teritoriji Srbije i MAN mreže u Beogradu. Najveći deo ovih linkova je realizovan korišćenjem infrastrukture MediaWorksa. Tamo gde MediaWorks nije imao svoju mrežu, Internet servis je iznajmljen od lokalnog Internet servis provajdera posredstvom MediaWorksa.

Svi Internet VPN linkovi realizovani su zakupom lokalnog Internet pristupa protoka od 512kb/s pa do 4Mb/s, u zavisnosti od cene i lokalne ponude Internet pristupa. Ovaj protok je znajano veći od inicijalno planiranih 256kb/s ili 512kb/s. Dobijen veći protok na linkovima je omogućio planiranje uvođenja novih servisa o čemu će biti reči kasnije.

Osnovni link koji obezbeđuje da ovako organizovana komunikaciona infrastruktura može da funkcioniše je veza centralne lokacije JAT-a sa Internetom. Tehničko rešenje mreže predviđa centralizovanu realizaciju mreže tako da se svi VPN tuneli završavaju u Beogradu, u sedištu kompanije. Tu se nalaze dva velika VPN *gateway*-a koji imaju zadatak da terminiraju VPN tunele sa svih lokacija JAT-a. Da bi se obezbedila zadovoljavajuća raspoloživost cele mreže, na centralnoj lokaciji su VPN *gateway*-i duplirani kao i Internet link. Imajući u vidu komunikacione potrebe JAT-a kao i stanje na domaćem Internet tržištu, JAT se opredelio da dva svoja Internet linka realizuje posredstvom Telekoma Srbija, kao najvećeg domaćeg Internet provajdera, i MediaWorksa. Postojanje dva linka obezbeđuje potrebnu redundansu u radu. JAT je kod RIPE-a registrovao svoj *provider independent* adresni prostor tako da pomoću BGP protokola za globalno rutiranje saobraćaja može da

obežbedi brzo prebacivanje saobraćaja na rezervni link u slučaju otkaza glavnog linka.

VPN *gateway*-i, koji su takođe duplirani, koriste IP adrese iz JAT-vog adresnog opsega. Odustalo se od korišćenja adresa nadređenih Internet provajdera jer bi promena provajdera zahtevala promenu konfiguracije na svim udaljenim VPN *gateway*-ima. Na udaljenim lokacijama se ostalo sa samo jednim VPN *gateway*-em po lokaciji jer bi dupliranje ovih kutija i na udaljenim lokacijama značajno podiglo cenu koštanja realizacije mreže.

#### IV PROJEKAT NOVE MAN I KAMPUS MREŽE

Do sada je opisano kako se došlo do tehničkog rešenja za WAN mrežu. Osnovni deo JAT-ove korporacijske mreže predstavlja MAN mreža u Beogradu. MAN mreža je realizovana korišćenjem optičke infrastrukture MediaWorks-a koji je do svake od JAT-ovih lokacija u gradu postavio optički kabl i obezbedio komunikaciju potrebno kapaciteta.

Lokacija aerodroma Beograd predstavlja strateški najvažniju tačku u JAT-ovoj mreži. Na aerodromu se nalazi više važnih objekata za funkcionisanje JAT-a a ujeno je to i matični aerodrom za JAT. Da bi se sve tačke od interesa povezale u jednu celinu, potrebno je bilo predvideti na aerodromu i realizaciju kampus mreže. Realizacija ove kampus mreže je urađena uz saradnju sa aerodromom Beograd pošto je u jednom delu korišćena njihova kablovska kanalizacija. Ostale lokacije na aerodromu su predviđene za povezivanje korišćenjem kablovske kanalizacije koju JAT poseduje.

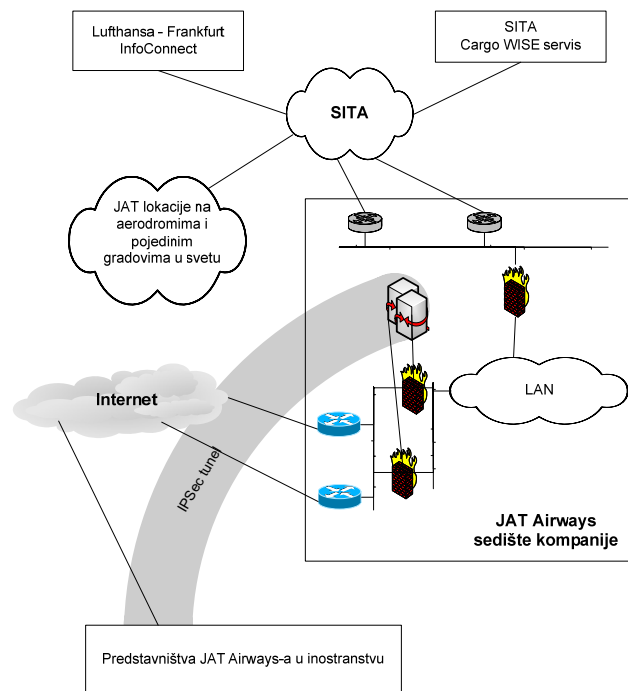
Pošto je aerodrom Beograd izuzetno bitan za funkcionisanje JAT-a, potrebno je bilo obezbediti kvalitetnu i stabilnu vezu od centralne lokacije JAT-a do aerodroma Beograd. Kod realizacije ove veze korišćeni su servisi Telekom Srbije. Od Telekom Srbije je zakupljen servis sa zaštitom protoka 100Mb/s između aerodroma Beograd i Novog Beograda gde se nalazi sedište JAT-a. Logička šema realizacije WAN mreže prikazana je na slici 2.

#### V SIGURNOST PODATAKA U MREŽI

Kod korporacijskih mreža ovog tipa veoma je važna sigurnost podataka koji se prenose. U cilju obezbeđenja podataka koji se prenose koristi se najbolje što je danas komercijalno raspoloživo na tržištu. To je IPSec enkapsulacija paketa u kombinaciji sa AES algoritmom za kriptovanje podataka. Ovim mehanizmima je obezbeđeno da tokom prenosa podataka preko Interneta niko ne može da vidi sadržaj paketa niti da ih modifikuje.

Drugi element bezbednosti mreže predstavlja upad sa Interneta na mrežu. S obzirom da na udaljenim lokacijama ne postoje IT stručnjaci, projektanti su se opredelili za kompletno centralizovanu realizaciju mreže. Udaljene lokacije mogu da direktno komuniciraju isključivo sa centralnom lokacijom u Beogradu. Čak i kada treba da pristupe nekim lokacijama na Internetu, to moraju da urade preko Internet izlaza u Beogradu. Projektanti su se opredelili za ovakvo rešenje upravo da obezbedili centralnu kontrolu izlaza na Internet. Da je kojim slučajem bilo dozvoljeno da korisnici mreže mogu da lokalno izlaze

na Internet, vrlo brzo bi se desilo da neko upadne u mrežu JAT-a upravo posredstvom sigurnosnih propusta na udaljenim lokacijama.



Sl. 2. Logička šema mreže JAT Airways-a

Na centralnoj lokaciji je izlaz na Internet zaštićen *firewall*-om u redundantnoj izvedbi. Zadatak ovih *firewall* uređaja je da spreči neovlašćen upad u JAT-ovu mrežu. Takođe je i izlaz prema SITA mreži zaštićen *firewall*-om. Bez obzira što SITA predstavlja operatora koji je fokusiran na tržište avio kompanija, neophodno je JAT-ovu mrežu zaštititi i od eventualnih upada sa te strane.

Unutar same mreže JAT-a, uvedeni su VLAN-ovi uz precizno filtriranje saobraćaja između segmenata mreže. Time se uvodi kontrola kako eksternog tako i internog saobraćaja u mreži. Segmentiranjem mreže je omogućena zaštita servera i servisa od neovlašćenog korišćenja unutar same kompanije. Naravno, na svim serverima gde su instalirani pojedini korisnički servisi postoji dodatni vid zaštite u vidu autentifikacije i autorizacija korisnika prilikom aktiviranja servisa.

#### VI MIGRACIJA NA NOVU KOMUNIKACIONU INFRASTRUKTURU

Kao što je na početku rečeno, neophodno je bilo obezbediti bezbolan prelazak na novu komunikacionu infrastrukturu. Taj zahtev je ispunjen tako što stari telekomunikacioni servisi nisu otkazani i prekinuti pre nego što tim za implementaciju nije bio siguran da novi servis radi na zadovoljavajući način. To znači da su na velikom broju lokacija stari i novi komunikacioni linkovi jedno vreme radili u paraleli što je korisnicima omogućavalo lagan prelazak na stari sistem u slučaju pojave problema sa novim sistemom. Migracija je obavljena korak po korak tako da se u jednom trenutku migracija obavljala samo na jednoj lokaciji. To je omogućilo koncentrisanje svih raspoloživih resursa na rešavanje eventualnih problema.

Ovako složen posao migracije je zahtevao koordinaciju velikog broja ljudi. S jedne strane je bilo potrebno obezbediti da SITA tehničari puste nove linkove u određenom trenutku. S druge strane, bilo je potrebno da neko iz IT sektora JAT-a bude na lokaciji i da na radnim stanicama instalira softver potreban za rad sa novim aplikacijama. Po završetku migracije jedne lokacije svi zaposleni su prelazili na korišćenje novih servisa. Tamo gde je to bilo potrebno, zaposleni su mogli da koriste i stare servise ali ovaj put ne kroz direktan link ka SITA mreži već kroz VPN tunel do centralne lokacije i pristup SITA mreži kroz link u Beogradu. Tokom celog procesa migracije na novu infrastrukturu, JAT je redovno prevozio i opsluživao putnike.

## VII ZAKLJUČAK

Rezultat realizacije nove računarsko-komunikacione infrastrukture je stvaranje tehničkih mogućnosti za uvođenje novih servisa i aplikacija u procesu funkcionisanja JAT-a. Realizacijom svoje mreže JAT je omogućio prelazak na korišćenje elektronske karte mnogo pre većine avio kompanija. Finansiranje nove mreže je obezbeđeno preraspodelom postojećih troškova za iznajmljivanje komunikacionih servisa. Umesto korišćenja starih i skupih servisa (SITA X.25 servis, Telekom Srbija – prenos podataka po analognom vodu) prešlo se na korišćenje Internet VPN-a koji je omogućio bolji servis za manje pare.

Treba napomenuti da ova mreža ne obuhvata kontrolu leta i druge kritične servise za obavljanje avio servisa. Ovi kritični servisi se realizuju posredstvom posebnih mreža koje su izolovane od javnih telekomunikacionih mreža.

Nova mreža omogućava planiranje uvođenja novih servisa. Jedan od novih servisa čije se uvođenje planira u

bliskoj budućnosti je i servis IP telefonije. IP telefonija treba da obezbedi povezivanje svih JAT-ovih lokacija u jedinstvenu telefonsku mrežu. Preliminarne analize su pokazale da će korišćenjem servisa IP telefonije umesto javnih telefonskih mreža u zemljama gde se nalaze predstavništva JAT-a doći do dodatnih značajnih ušteda u poslovanju JAT-a bez gubitka kvaliteta i kvantiteta servisa koji su na raspolaganju zaposlenima.

Realizacija nove računarsko-komunikacione mreže JAT-a je pokazala da je Internet kao globalna komunikaciona mreža postao dovoljno pouzdan i dobar da se može koristiti za poslovnu komunikaciju između udaljenih lokacija kompanije.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju svim učesnicima projekta koji su uložili veliki trud i rad i bez kojih ne bi bilo moguće realizovati jednu ovakvu mrežu.

## LITERATURA

- [1] IATA – [www.iata.org](http://www.iata.org)
- [2] SITA – [www.sita.aero](http://www.sita.aero)
- [3] RFC-ovi – [www.ietf.org](http://www.ietf.org)

## ABSTRACT

This paper represents new communication infrastructure of JAT Airways which is based on using Internet VPN technology. This network was part of the project of migration to new corporate information systems and introduction of electronic ticket. Using of Internet VPN technology is new approach of building the communication infrastructure for airline companies.

**New communication network of JAT Airways**  
Nenad Krajnović, Dragan Bukatarević