

Predlog rešenja sistema za prenos na pruzi za velike brzine

Damir Zaborski
Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija
Odsek visoka železnička škola
Beograd, Srbija
damir.zaborski@gmail.com

Zoran Avramović
Saobraćajni fakultet Univerzitet u Beogradu
Beograd, Srbija
zoran.avramovic@sf.bg.ac.rs

Nenad Stanković
Infrastruktura železnice Srbije
Sektor za elektrotehničke poslove
Beograd, Srbija
nele226@gmail.com

Sanja Jevtić
Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija
Odsek visoka železnička škola
Beograd, Srbija
jevtic.sanja@gmail.com

Sažetak: Železnički sistem velikih brzina ne predstavlja samo pruga za velike brzine, već je to mreža tehnoloških elemenata voznog parka, sistema za upravljanje i automatsku kontrolu saobraćaja, sistema za praćenje i navigaciju, uređaja za obradu podataka i telekomunikacionih sistema koji su namenjeni za bezbedno i harmonizovano korišćenje pruge, kao i efikasno upravljanje železničkim saobraćajem.

Zadatak telekomunikacionog sistema Železnice Srbije (ŽS) je obezbeđenje pouzdanog i pravovremenog prenosa informacija potrebnih za vođenje svih vidova poslovanja železnice, kao što su bezbedno odvijanje železničkog saobraćaja, upravljanje saobraćajem i drugim oblicima poslovanja sistema. Podelom železničkih servisa na kritične i nekritične pokazano je kako oni utiču na sistem za prenos i uslove koje on treba da ispuni. Pored toga prikazano je i rešenje sistema prenosa, mreže za sinhronizaciju i upravljanje na prugama velikih brzina.

Ključne reči: 1; železnica, 2; sistem prenosa, 3; integrisani komunikacioni sistem, 4; kritični servisi, 5; nekritični servisi, 6; upravljanje, 7; SDH (Synchronous digital hierarchy)

I. UVOD

Ubrzani tempo razvoja savremenog društva, složenost i brzina promena u ekonomskoj sferi, sve veće potrebe za međusobnom komunikacijom među ljudima zahtevaju brz i dinamičan razvoj informaciono komunikacionih tehnologija. One više nisu jednostavan kontaktni medijum, već su od izuzetnog značaja za neometano funkcionisanje svih sistema.

Savremene železničke uprave nastoje da racionalno i ekonomično posluju, tj. da manjim troškovima eksploatacije i održavanja železničkih postrojenja postignu zadovoljavajuće ekonomske efekte.

Povećanje efikasnosti poslovanja ŽS u savremenim uslovima zahteva korišćenje savremenih informaciono komunikacionih tehnologija koje obezbeđuju pristup i razmenu poslovnih informacija sa bilo kog mesta u bilo kom trenutku. Osnovu za funkcionisanje ovog sistema pruža

integrisani komunikacioni sistem (IKS) koji će povezati sve lokacije poslovnog sistema železnice i pružiti im sve neophodne servise i aplikacije.

IKS treba da omogući povezivanje sa postojećom železničkom komunikacionom mrežom (ŽAT, intranet), svim spoljnim železničkim namenskim sistemima (sistem napajanja, sistem daljinskog upravljanja, CTC sistem (engl. *Centralized traffic control*), OA sistem (engl. *Office Automation*), signalni sistem) i eksternim komunikacionim sistemima PSTN (engl. *Public Switched Telephone Network*), PLMN (engl. *Public Land Mobile Network*) i Internet.

Funkcionisanje IKS železnice ne bi bilo moguće bez kvalitetne prenosne infrastrukture, odnosno mreže za prenos.

II. POTREBE ŽELEZNICE ZA KOMUNIKACIONIM SERVISIMA I VRSTE SERVISIA

Da bi se obezbedile neophodne usluge i servisi karakteristični za savremenu organizaciju i rad železnice neophodno je uvođenje novih telekomunikacionih i informatičkih tehnologija. Osnovu za uvođenje govornih servisa, servisa prenosa podataka, prenos slike i servisa za organizaciju i upravljanje železničkim saobraćajem predstavlja integracija telekomunikacionih i informatičkih sistema. Izgradnjom pruga za velike brzine i primenom novih informaciono komunikacionih tehnologija povećavaju se bezbednost, produktivnost (povećanje propusne moći pruga) i ekonomičnost pruga, a to svakako treba da ima pozitivan uticaj na razvoj i kvalitet železničkih usluga na kompletnoj mreži pruga ŽS.

Pored toga, železnice treba da omoguće veći komfor usluga putnicima (mogućnost kupovine karata i rezervacije mesta od kuće, dostupnost različitih informacija u toku putovanja – neregularnosti u saobraćaju, obaveštenja na stanicama i u vozu, ostvarivanje telekomunikacionih veza iz

vozova i dr.). Uz to, ovi sistemi moraju da budu usklađeni sa sličnim sistemima drugih železnica tj. mora da postoji interoperabilnost železničkih sistema.

Servisi koji se koriste na železnici mogu da se podele na kritične i nekritične.

U kritične servise spadaju podaci koji su potrebni za funkcionisanje sistema za vođenje saobraćaja kod:

- signalno-sigurnosnih sistema za upravljanje sistemima osiguranja železničkih stanica, pružnih signalnih sistema, uređaja za detekciju položaja voza na pruži, sistemima kočenja vozova, komunikacija sa uređajima u lokomotivi i uređajima za kontrolu pokretnih kapaciteta,
- sistema električne vuče koji se koriste za uključivanje/isključivanje napajanja u kontaktnom vodu, upravljanje elektroenergetskim postrojenjima u toku saobraćaja vozova i sakupljanje mernih rezultata potrebnih za donošenje odluka dispečera elektrovuče i
- veze organizatora železničkog saobraćaja na prugama – dispečera saobraćaja.

Pojam kritični servisi podrazumeva prenos podataka koji su potrebni za funkcionisanje Evropskog sistema upravljanja saobraćajem na prugama (*European Rail Traffic Management System - ERTMS*) i Evropskog sistema kontrole vozova (*European Train Control System - ETCS*), a u skladu sa tim i prenosa informacija preko železničkog mobilnog radio sistema veza (*Global System for Mobile Communications-Railway - GSM-R*). Pri tome, centralnu ulogu igraju sigurnost prenosa i kvalitet servisa, prenos u realnom vremenu, visoka pouzdanost i raspoloživost. [1]

Nekritični servisi su namenjeni organizaciji i rukovođenju radom železničkih službi i administrativnih jedinica na svim nivoima i na celoj mreži pruga ŽS.

III. TELEKOMUNIKACIONA MREŽA ZA PRENOS SERVISA NA PRUŽI ZA VELIKE BRZINE

Integrirani telekomunikacioni sistem ŽS slično kao i kod železnica u Evropi može da se posmatra kao skup dve telekomunikacione mreže:

- telekomunikacione mreže opšte namene i
- telekomunikacione mreže posebne namene.

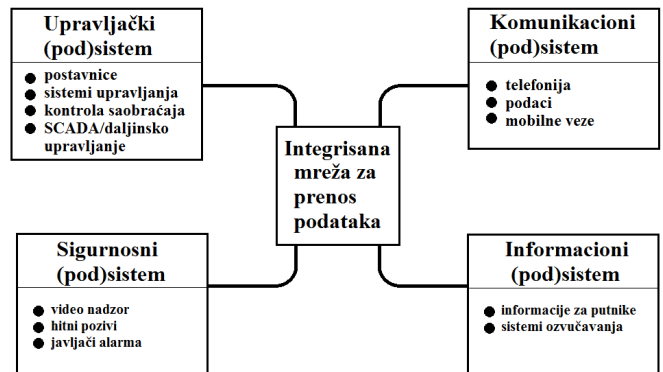
Zadatak telekomunikacione mreže opšte namene je da omogući telekomunikacione usluge za potrebe racionalnog funkcionisanja i koordinacije železničkih službi i administrativnih jedinica na svim nivoima.

Mreže posebne namene prenose kritične servise i omogućavaju operativno vođenje železničkog saobraćaja (upravljanje signalno-sigurnosnim postrojenjima i stabilnim postrojenjima električne vuče) i ostalih informacija koje služe za neposredno obezbeđenje postrojenja i instalacija. [2]

Obim i vrste telekomunikacionih veza uređaja i postrojenja na prugama utvrđeni su na osnovu kategorija pruga prema obimu saobraćaja i značaju pruga za unutrašnji i međunarodni

saobraćaj, vrste vuče i načina regulisanja železničkog saobraćaja.

Rešenje je da se za sve servise i aplikacije koristi jedan sistem za prenos, odnosno jedinstvena integrirana mreža za prenos svih vrsta informacija i na taj način da se izbegne niz paralelnih mreža i izolovanih rešenja – ostrva u mreži (slika 1).



Slika 1. Prenos različitih servisa preko jedinstvene integrirane mreže

Integrirani komunikacioni sistem ŽS je sistem koji treba da obezbedi i uvođenje novih telekomunikacionih tehnologija za pružanje savremenih servisa kao što su:

- govorni servisi
- servisi prenosa podataka
- servisi za prenos slike i
- servisi upravljanja železničkim saobraćajem i telekomunikacionom mrežom

pri čemu značajnu ulogu imaju sistemi za prenosa novih generacija koji predstavljaju osnovu za dalji razvoj železničke komunikacione mreže.

Železnice Srbije kao i sve druge železnice u svom radu koriste računarske sisteme čiji je zadatak sakupljanje, čuvanje i obrada velike količine podataka, kao i prenošenje informacija za upravljanje i bolje korišćenje delova sistema. U tom smislu razvijeni su različiti podsistemi koji su omogućili praćenje pojedinih delatnosti rada u:

- saobraćajno-transportnoj delatnosti za odvijanje železničkog saobraćaja i praćenje transportnih kapaciteta i prevoza roba,
- komercijalnoj delatnosti za usluge u putničkom i teretnom saobraćaju,
- finansijsko-knjigovodstvenoj delatnosti (vođenja finansijskog i materijalnog knjigovodstva),
- održavanju sredstava u građevinskoj i elektrotehničkoj delatnosti, kao i održavanju voznih sredstava (lokomotiva i putničkih i teretnih kola).

U ovom momentu Železnice Srbije su izgradile intranet mrežu kojom je u jedinstvenu računarsku mrežu povezano 45 servera i više od 1.500 računara na celoj teritoriji preduzeća.

Zadatak komunikacionog sistema ŽS je da obezbedi pouzdani i pravovremeni prenos informacija potrebnih za obavljanje poslovanja železnice (organizacija železničkog saobraćaja, povećanje bezbednosti železničkog saobraćaja, upravljanje procesom transporta roba i putnika, praćenje i izvršavanje reda vožnje, preuzimanje mera u redovnim i vanrednim uslovima i drugo). Pored toga, ovaj sistem treba da obezbedi povezivanje sa nacionalnom javnom telekomunikacionom mrežom i povezivanje sa sistemima veza drugih železnica na način i prema uslovima propisanim od strane Međunarodne železničke unije - UIC (*Union Internationale Chemnis de fer*).

Zahtevi koji se postavljaju pred telekomunikacionu mrežu su veća propusna moć mreže (desetina Gbit/s i više), garantovanje kvaliteta servisa, pouzdanost prenosne mreže i mogućnost rekonfiguracije mreže u slučaju smetnji – grešaka u prenosu.

Transportni segment mreže realizovan pomoću SDH i DWDM (*Dense wavelength division multiplexing*) sistema služi kao osnova za funkcionisanje različitih servisa kao što su prenos govornih signala, prenos podataka, uskopojasnih i širokopojasnih servisa i multimedijalnih komunikacija. SDH i DWDM mreža omogućavaju ispunjenje korisničkih zahteva u pogledu željenog kvaliteta i pouzdanosti komunikacionih usluga, brzog uspostavljanja i fleksibilnosti veza, mogućnosti brzog prebacivanja saobraćaja na rezervne puteve u slučaju pojave prekida, mogućnosti zaštite na više nivoa i efikasne rekonfiguracije mreže u slučaju potrebe.

IV. REŠENJE MREŽE ZA PRENOS NA PRUZI BEOGRAD – NOVI SAD – SUBOTICA

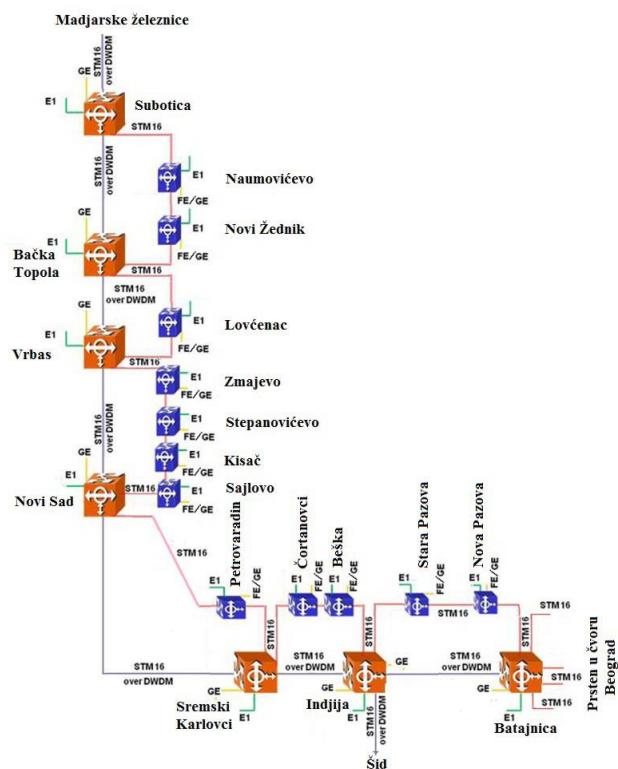
Telekomunikaciona mreža na pruzi za velike brzine Beograd – Novi Sad – Subotica sastoji se od mreže za prenos, sinhronizacione i mreže za upravljanje.

Za izgradnju mreže za prenos na ovoj pruzi biće položena dva magistralna optička kabla (kapaciteta 48 i 96 optičkih vlakana) sa jedne odnosno druge strane pruge, i jedan optički kabl na međustaničnim rastojanjima. Ovakvim načinom izgradnje prenosnih medijuma se postižu veća pouzdanost i raspoloživost sistema, kao i uslovi za obezbeđenje odgovarajuće zaštite u mreži za prenos. Istovremeno se povezivanjem stanica magistralnim optičkim kablovima i korišćenjem optičkih vlakana iz oba kabla omogućava realizaciju linijske prstenaste strukture mreže i održanje prenosnog sistema u radu i u slučaju prekida jednog od optičkih kablova čime se znatno podiže kvalitet mreže. [4]

Lokalni optički kabl na međustaničnim rastojanjima omogućava povezivanje staničnih i ostalih službenih mesta duž pruge (postrojenja napajanja kontaktne mreže, bazne stanice mobilnog sistema radio veza GSM-R i drugih važnih objekata na pruzi) za prenos različitih vrsta audio i video signala.

Koristeći podatke o kapacitetima potrebnim za prenos pojedinih informacija sa različitih službenih mesta na pruzi moguće je predložiti rešenje mreže za prenos (slika 2) koje

treba da zadovolji postavljene zahteve za prenosom svih vrsta podataka.



Slika 2. Rešenje mreže za prenos Beograd – Novi Sad – Subotica

Kao što je prikazano na slici 2, glavna ravan mreže za prenos povezuje glavne i regionalne železničke stanice koristeći STM-16 i 10G optičke interfejse preko DWDM prenosne mreže.

U centralnoj i regionalnim stanicama se planira veći saobraćaj u okviru IKS-a ŽS (komunikaciona mreža opšte namene, video servis, GSM-R, signalno sigurnosni sistemi, sistemi za upravljanje železničkim saobraćajem). Takođe, veći saobraćaj se očekuje i u upravnoj zgradi u Nemanjinoj ulici, i zato se ove lokacije opremaju OTN (*Optical Transport Network*)/DWDM uređajima koji omogućavaju komunikaciju 10Gb linkovima između centralne i regionalnih stanica.

Jedinstvena distributivno pristupna ravan mreže za prenos povezuje ostala službena mesta na pruzi sistemom STM-16 i realizuje se primenom MSTP (*Multi-service Transmission Platform*), odnosno SDH tehnologijom sa uređajima viših performansi u čvorovima Subotica, Bačka Topola, Vrbas, Novi Sad, Sremski Karlovci, Indjija, Batajnica, Nemanjina, Beograd Centar, odnosno uređajima nešto skromnijih performansi u svim ostalim službenim mestima. [1]

Svaki od čvorova se može po potrebi nadograditi u slučaju bilo kakvih budućih zahteva za većim kapacitetima.

Korišćenje SDH tehnologije je uslovljeno efikasnim mehanizmima zaštite, pre svega zbog implementacije sistema

za upravljanje i kontrolu vozova(ETCS) koji koristi GSM-R infrastrukturu preko SDH mreže za prenos. [3]

Prednost i osobenost primenjenog rešenja sa jedinstvenom distributivno pristupnom ravni transportne mreže kapaciteta STM-16 sa tehničke strane su:

- Smanjenje investicionih ulaganja ŽS kroz:
 - unifikaciju saobraćajnih modula - kartica;
 - manji broj različitih rezervnih delova;
 - dovoljan kapacitet od prvog dana.
- Obezbeđenje bolje zaštite saobraćaja kroz:
 - primenu MSP (*Multiplex Section Protection*) zaštite na svim STM-16 interfejsima od početka eksploatacije;
 - podršku za rad po dva optička kabla.
- Unifikacija uređaja, koja omogućava jednostavan rad i održavanje;
- Jednostavno proširenje mreže sa novim čvorovima i/ili servisima;
- Jedinstven sistem za upravljanje i nadzor cele mreže za prenos.

Predloženo rešenje možemo porediti sa sličnim rešenjima koja su primenjena i kod savremenih železničkih uprava u Evropi. Nama su bila dostupna rešenja primenjena na Austrijskim i Slovenačkim železnicama koje koriste SDH i DWDM tehnologije. Karakteristično za pomenute železničke uprave je to da su mnogo ranije izvršile digitalizaciju železničke telekomunikacione mreže, a kao prenosna infrastruktura korišćena je isključivo SDH mreža. Usled sve većih potreba za prenosom veoma velike količine informacija za funkcionisanje sistema železnice, posebno na prugama za velike brzine, ove železničke uprave su krenule sa uvođenjem DWDM tehnologije kako bi rešile problem sa prenosnim kapacitetima, i to uglavnom na pojedinačnim prugama. [1]

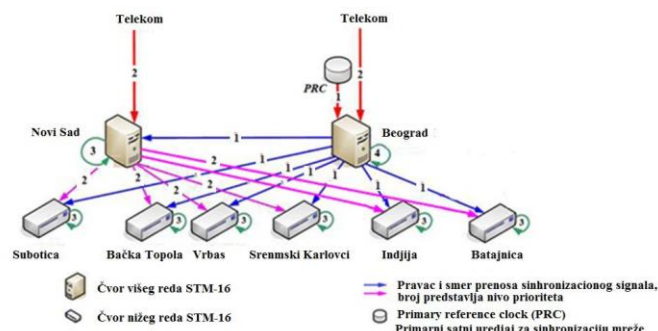
V. SINHRONIZACIJA I UPRAVLJANJE MREŽOM

Pored sistema za prenos informacija u sklopu prenosne mreže koristi se i sinhronizaciona mreža i mreža za upravljanje IKS-om.

Sinhronizacija predstavlja jednu od vitalnih funkcija digitalne telekomunikacione mreže, a način na koji će se ona organizovati i realizovati bitno zavisi od namene posmatrane telekomunikacione mreže i njenog odnosa sa drugim mrežama.

Za posmatranu prugu predviđa se sistem sinhronizacije koji će zbog veće pouzdanosti biti obezbeđen primarnim taktom iz dva izvora, korišćenjem primarnog takta iz mreže Telekom-a u čvorovima Beograd i Novi Sad, odakle bi se takt prosleđivao ka ostalim čvorovima u mreži. Prioritet u snabdevanju referentnim taktom je određen tako da se takt dobija od čvora Beograd preko sistema prenosa višeg nivoa (STM-4/16), a u slučaju njegovog izostanka iz čvora Novi Sad. Postoji mogućnost korišćenja i GPS sinhronizacionog signala. [2]

U konačnoj fazi realizacije IKS ŽS predlaže se rešenje mreže za sinhronizaciju ugradnjom sopstvenog primarnog referentnog sata – PRC(*Primary reference clock*) odgovarajuće tačnosti u čvoru Beograd. Time bi se obezbedio potreban nivo sinhronizacije i nezavisnost IKS Železnica Srbije. U tom slučaju obezbeđenje prijema signala od Telekom-a bi bila rezervna varijanta.



Slika 3. Predlog rešenja mreže za sinhronizaciju u IKS Železnice Srbije

Od savremenih telekomunikacionih mreža zahtevaju se visoka raspoloživost, pouzdanost i kvalitet telekomunikacionih usluga kako bi se obezbedio stalni uvid u stanje mreže i omogućilo brže reagovanje u slučaju pojave prekida, kvarova ili preopterećenja mreže, ili pak pojave pada kvaliteta nekog od servisa. Tako će i kod ove mreže za prenos biti primenjeno upravljanje koje će omogućiti nadgledanje, kontrolu, održavanje, upravljanje, administriranje i planiranje mreže. Tako je omogućeno da se na osnovu primljenih informacija o stanju mreže (preopterećenje ili pojava smetnje na pojedinim pravcima) preduzimaju mere za rekonfiguraciju mreže i poboljšanje njenog rada.

VI. ZAKLJUČAK

Na osnovu zahteva koje postavlja železnički saobraćaj na pruži za velike brzine i mogućnosti raspoloživih tehnologija u radu je predloženo rešenje sistema za prenos na pruži Beograd – Novi Sad – Subotica korišćenjem SDH i DWDM tehnologija.

Predložena topologija i organizacija mreže uslovljena je zahtevima kritičnih servisa pa je zbog toga mreža za prenos organizovana u dve ravni- glavnoj preko DWDM sistema, i jedinstvenoj distributivnoj ravni preko STM-16 sistema.

Prikazano rešenje sistema za prenos omogućava realizaciju svih neophodnih servisa i predstavlja jednu celinu - jedinstvenu integrisanu mrežu za prenos informacija tako da se izbegava izgradnja niza posebnih mreža. Na ovaj način obezbeđen je potreban protok informacija za nekritične servise i opimalna zaštita i raspoloživost karakterističnih kritičnih železničkih servisa.

Evidentno je da izgradnja mreže za prenos predstavlja bazičnu infrastrukturu za razvoj integrisanog komunikacionog sistema železnice i da će se na taj način poboljšati funkcionisanje celog železničkog sistema, a korisnicima će se pružiti raznovrsnija i kvaitetnija železnička usluga.

LITERATURA

- [1] Damir Zaborski: Prijedlog savremenog riješenja informaciono komunikacionog istema željeznice sa optimizacijom kapaciteta u transportnoj mreži, doktorska disertacija, Banja Luka, 2019.
- [2] Generalni projekat integrisanog telekomunikacionog sistema JP „Železnica Srbije“ Saobraćajni institut CIP, Bograd, 2007
- [3] Saobraćajni Institut CIP, Idejni projekat: Modernizacije pruge Beograd – Subotica – državna granica (Kelebija) deonica: Beograd – Stara Pazova, Sveska 5/3.13. Projekat opremanja pruge GSM-R sistemom, Beograd 2017.
- [4] Saobraćajni Institut CIP, Idejni projekat: Modernizacije pruge Beograd – Subotica – državna granica (Kelebija) deonica: Beograd – Stara Pazova, Sveska 5/3.2. Optički kablovi, Beograd 2017.
- [5] White Paper. Bahn-Datennetze Anforderungen an ..., docplayer.org › 19543776-Whi...

ABSTRACT

The high-speed railway system doesn't include only a high-speed track/line, but also a network of technological elements of rolling stock, traffic control and automatic control

systems, tracking and navigation systems, data processing devices and telecommunication systems designed for safe and harmonized use of the railway, as well as efficient management of railway traffic. The telecommunication system of the Serbian Railways (ZS) should provide reliable and timely transmission of information needed to conduct all types of railway operations, such as: safe railway traffic, traffic management and other forms of business system. Analyzing railway services as critical and non-critical we can realize the way they affect the transmission system and the requirements that should be met. Additionally, this study/paper presents a solution of the transmission system, synchronization and control network on high-speed lines.

PROPOSED SOLUTIONS FOR HIGH-SPEED RAIL TRANSMISSION SYSTEMS

Damir Zaborski, Zoran Avramović, Nenad Stanković, Sanja Jevtić