

PREDLOG INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE MREŽE NA PRUZI BEOGRAD-NOVI SAD-SUBOTICA

PROPOSAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK ON THE BELGRADE-NOVI SAD-SUBOTICA RAILWAY

UDK: 656.2+004:654.1

REZIME:

Za povećanje efikasnosti poslovanja Infrastrukture Železnica Srbije (IŽS) u savremenim uslovima, neophodno je korišćenje savremenih informaciono - komunikacionih sistema, koji obezbeđuju pristup i razmenu poslovnih informacija sa bilo kog mesta u bilo kom trenutku. Imajući u vidu da modernizacija železnice predstavlja dugotrajan proces, neophodno je voditi računa o tehničko - tehnološkom razvoju i usvajanju savremenih informaciono - komunikacionih sistema, koji u velikoj meri utiču na obezbeđenje neophodnih servisa karakterističnih za savremene železnice. Potrebno je planiranje savremenih i proverenih sistema, koji su u prvom redu konstruisani za primenu u telekomunikacionim mrežama železnica i zasnovani na novim tehnologijama i platformama, s tim da omogućavaju integraciju sa postojećim sistemima tamo gde je to neophodno. Uzimajući u obzir potrebne kapacitete u transportnoj mreži, koja predstavlja platformu za pojedinačne podsisteme, može se doći do rešenja za informaciono - komunikacionu mrežu železnice baziranu na MPLS (Multi Protocol Label Switching) tehnologiji, na prugama za velike brzine.

Ključne reči: informaciono komunikaciona mreža, železnica, MPLS mreža za prenos podataka

SUMMARY:

To increase the efficiency of the Serbian Railway Infrastructure in modern conditions, it is necessary to use modern information and communication systems, which provide access and exchange of business information from anywhere at any time. Bearing in mind that the modernization of the railway is a long process, it is necessary to take into account the technical and technological development and adoption of modern information and communication systems that greatly affect the provision of necessary services characteristic of modern railways. It is necessary to plan modern and proven systems that are primarily designed for application in railway telecommunications networks and based on new technologies and platforms, while enabling integration with existing systems where necessary. Taking into account the necessary capacities in the transport network, which is a platform for individual subsystems, a solution can be found for the information - communication network of the railway based on MPLS (Multi Protocol Label Switching) technology, on high - speed lines.

Key words: information and communication network, railway, MPLS data transmission network

* Marina Rašković, Infrastruktura železnice Srbije, Beograd, Nemanjina 6, marina.raskovic@srbrail.rs

1. UVOD

Priključenje Infrastrukture Železnice Srbije (IŽS) u jedinstveni tarifni i komunikacioni sistem Evrope biće uslovljen razvojem tehnologije poslovanja i razvoja tehnike koje se koriste u stranim železničkim upravama, a omogućeno je primenom Intranet/Internet tehnologije. Generalno gledano postojeća računarska mreža - Intranet IŽS zadovoljava osnovne zahteve svog postojanja jer funkcioniše kao jedinstvena mreža u kojoj su obezbeđene tehničke mogućnosti da se sa svake lokacije u mreži mogu koristiti sve aplikacije i servisi Intraneta IŽS. Kičma mreže za prenos podataka - Intraneta IŽS je izgrađena u novijoj tehnologiji za prenos podataka po bakarnim kablovima, sa zadovoljavajućim kapacitetima, ali se ona ipak oslanja na železničku telekomunikacionu mrežu koja je tehnički i tehnološki zastarela, tako da postoji mogućnost otkaza glavnih linkova otkazom same železničke telekomunikacione mreže. Svrha izgradnje nove informaciono - komunikacione mreže je da se kroz objedinjeni - integrisani sistem povežu sve lokacije poslovnog sistema i omogući prenos svih servisa i aplikacija. Iz tog razloga zahteva se mreža sa velikim propusnim opsegom, podrškom za razmenu ogromne količine podataka, većim brzinama prenosa, malim kašnjenjem, a sa aspekta korisnika, mreža koja će omogućiti kvalitetne servise, dostupnost i brz odziv sistema. Kad je reč o komunikacionoj mreži IŽS, dosadašnja istraživanja su se uglavnom odnosila na pojedinačne komunikacione sisteme, pri čemu je zanemaran aspekt organizacije kompletnog informaciono- komunikacionog sistema i integracija svih potrebnih službi i servisa u jedinstvenu komunikacionu infrastrukturu.

Sa izgradnjom optičke kablovske infrastrukture stekli su se uslovi da IŽS otpočinu digitalizaciju svoje računarske mreže - Intraneta, primenom savremenih i proverenih sistema koji su u prvom redu konstruisani za primenu u telekomunikacionim mrežama železnica i zasnovani na novim tehnologijama i platformama.

Kad se posmatra stanje železničkih uprava iz okruženja, poput Slovenačkih i Hrvatskih železnica, može se konstatovati da su one mnogo ranije uvele digitalizaciju na svim nivoima komunikacione mreže. Na gotovo svim prugama obezbeđena je optička kablovska infrastruktura kao glavni preduslov procesa digitalizacije.

Slovenačke železnice (SŽ) imaju sopstveni telekomunikacioni sistem čiju transportnu mrežu čine:

SDH (Synchronous Digital Hierarchy), IP/Eth i DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) sistemi [6].

Hrvatske železnice (HŽ) na svojim prugama koriste optičku infrastrukturu, SDH i MPLS TP (Multi Protocol Label Switching) mreže. Primenom ovih tehnologija uspešno su rešili zahteve za prenosnim kapacitetima mreže kako bi se pokrile sve potrebe stanica i drugih objekata duž pruge. Hrvatske železnice (HŽ) ostvaruju značajni prihod od iznajmljivanja viška optičke infrastrukture i usluga informaciono - komunikacionih sistema na tržištu [7].

U prvom poglavlju rada je prikazano postojeće stanje računarske mreže za prenos podataka - Intraneta IŽS.

Naredno poglavlje se odnosi na strategiju razvoja savremenog informaciono - komunikacionog sistema (IKS) sa svim servisima i zahtevima, koji moraju biti zadovoljeni kad je u pitanju izgradnja nove savremene mreže.

Predstavljeno je i opšte tehničko rešenje informaciono - komunikacione mreže IŽS u MPLS (Multi Protocol Label Switching) tehnologiji.

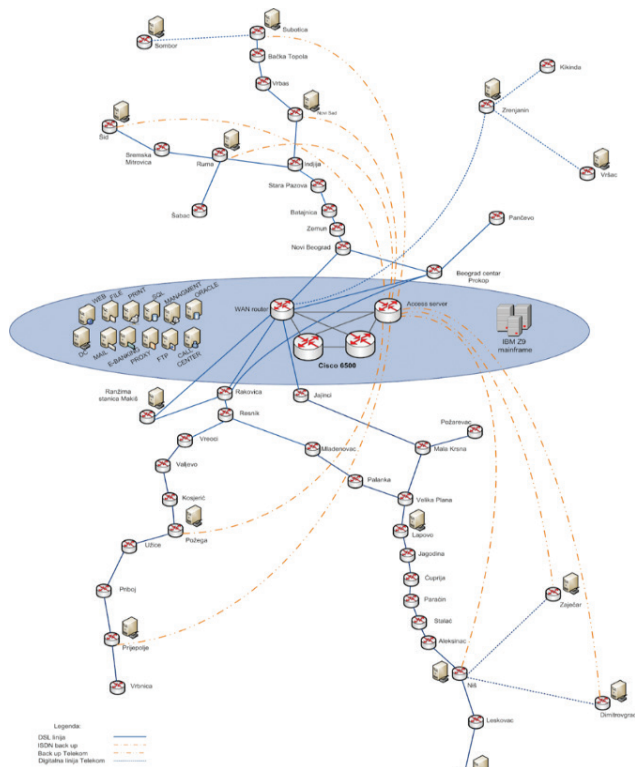
Konkretan predlog rešenja za izgradnju informaciono - komunikacione mreže na pruzi za velike brzine, Beograd - Novi Sad - Subotica, izrađen je primenom MPLS (Multi Protocol Label Switching) tehnologije integrisane sa DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) sistemima.

2. POSTOJEĆE STANJE RAČUNARSKE MREŽE (INTRANETA) INFRASTRUKTURE ŽELEZNICE SRBIJE

Za dosadašnju izgradnju Intraneta IŽS korišćeni su sopstveni resursi na pravcima gde to tehničke i eksploatacione karakteristike postojećih sistema dozvoljavaju (bakarni kablovi i analogni sistemi prenosa), a tamo gde to nije moguće zakupljeni su kapaciteti u javnoj mreži u vidu Internet pristupa preko ISP (Internet Service Provider), poprečnih digitalnih vodova i baznih ISDN (Integrated Services Digital Network) priključaka prikazano na slici 1.

Infrastruktura Železnica Srbije na određenim delovima svoje mreže poseduje savremene širokopojasne sisteme za prenos podataka koji su povezani preko optičke mreže. Oni se uglavnom koriste za unutrašnju mrežu Intranet, kao i za povezivanje nekritičnih sistema za

obaveštavanje putnika, video - nadzor, sistem tačnog vremena i druge sisteme. Te veze ne poseduju karakteristike savremenih mreža i preko njih je moguća samo osnovna komunikacija. Pored toga, postojeća mreža uglavnom ne poseduje dovoljan nivo redundanse i samim tim se ne može koristiti za sigurno povezivanje železničkih sistema, koji su neophodni za operativni rad železnica, posebno kritičnih sistema.

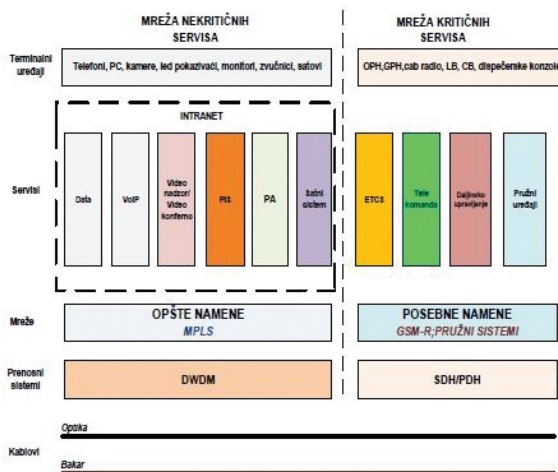


Slika 1. Intranet IŽS [1]

Imajući u vidu ovakvo činjenično stanje evidentno je da kvalitet i pouzdanost postojeće železničke telekomunikacione mreže nije u skladu sa novim složenim zahtevima koji su karakteristični za savremene železničke telekomunikacione sisteme. Sa obezbeđenjem optičke kablovske infrastrukture stiču se uslovi za digitalizaciju na svim nivoima telekomunikacione mreže i takvo rešenje će omogućiti primenu i nesmetan razvoj savremenog informaciono - komunikacionog sistema (IKS), na Železnici Srbije.

3. SERVISNI MODEL, ARHITEKTURA I ORGANIZACIJA INFORMACIONO KOMUNIKACIONOG SISTEMA IŽS

Zadatak ovog sistema je da stavi na raspolaganje sve pomenute servise, da po potrebi omogućí prelaze između servisa i da što je moguće u većoj meri zajednički koristi resurse optičkih vlakana u optičkim kablovima (slika 2).



Slika 2. Servisni model IKS [1]

Iz perspektive logičkih funkcija (slika 2), IKS čine sledeći podsystemi: prenosna mreža, IP/ MPLS mreža, GSM-R, IP telefonija, video - nadzor, video - konferencija, PIS (Public Information Systems), PA (Public Announcement), CLOCK i pružni sistem. IKS se može podeliti na: mreže namenjene za nekritične servise i mreže za kritične servise. Mreže nekritičnih servisa omogućavaju prenos informacija za potrebe administrativnog funkcionisanja železničkog sistema, kao i za prenos informacija za putnike.

Mreže kritičnih servisa prenose informacije neophodne za upravljanje i organizaciju železničkog saobraćaja. U okviru ovih mreža možemo identifikovati: sloj prenosa (transportni sloj), mrežni sloj (mreže opšte i posebne namene), servisni sloj (servisi u okviru IKS-a, ostali železnički servisi) i terminalni (pristupni) sloj u okviru koga se nalaze svi krajnji terminalni uređaji.

1. Podsystem za prenos (engl. Transmission System) omogućava prenos svih informaciono -komunikacionih usluga na svim prugama kako bi se ispunili traženi zahtevi za prenos govora, podataka, slika i multimedije. Mrežu za prenos čine DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) sistem prenosa, koji je planiran za prenos nekritičnih servisa, i SDH (Synchronous Digital Hierarchy) sistem za prenos kritičnih servisa u okviru IKS-a IŽS. Osnovni servis mreže za prenos je definisani protok koji je na raspolaganju drugim podsystemima ili korisnicima van železnice.
2. IP MPLS (engl. Multi Protocol Label Switching) mreža omogućava servis za komunikaciono orijentisane privatne linije i servise za prenos podataka. Pri izgradnji MPLS mreže potrebno je uzeti u obzir definiciju pozicije i logiku poslovanja korisnika IŽS.

3. Podsystem IP telefonije će biti jedan od servisa u IKS-u tzv. telefonski servis. Ovakva integracija voice i data servisa u savremenim mrežama ima za cilj što bolje iskorišćenje jedinstvene mrežne infrastrukture, pojednostavljenje upravljanja i održavanja, pre svega, uvođenje novih i naprednih aplikativnih servisa u segmentu IP telefonije.
4. GSM-R (eng. Global System for Mobile Communications – Railway or GSM-Railway) podsystem je namenjen za integraciju velikog broja telekomunikacionih servisa u okviru jednog komunikacionog sistema, sa ciljem da omogući širok spektar integrisanih servisa govora, podataka, slika i video - sadržaja. GSM-R je sistem koji zamenjuje sve do sada izgrađene radio - mreže na železnici, a ujedno je i sistem prenosa za ETCS (eng. European Train Control System) nivoa 2 i 3.
5. Podsystem video - nadzora (eng. CCTV - Closed Circuit Television) obezbeđuje IŽS funkcije video - nadzora u stanicama i na međustaničnim rastojanjima.
6. Video - konferencijski podsystem (eng. VC – Video Conference) pruža platformu za održavanje video - konferencije visoke rezolucije između železničkog operativnog menadžmenta ili između različitih službenih mesta na železnici, gde je to neophodno.
7. Vizuelno informacioni podsystem (eng. PIS - Public Information Systems) ili sistem za vizuelno obaveštavanje putnika na IŽS je složen, centralizovani sistem za generisanje, distribuciju i prikazivanje informacija o saobraćanju vozova u području jedne stanice ili stajališta.
8. Podsystem audio obaveštavanja (eng. PA - Public Announcement) obezbeđuje servis audio obaveštavanja, prenosi audio informacije (železničke informacije) za putnike i/ili zaposlene.
9. Satni sistem (eng. Clock Systems) je složeni sistem za generisanje, distribuciju i prikazivanje signala sa vremenskom porukom, koji pruža jedinstven servis tačnog vremena i sinhronizaciju - clock za sve sisteme u okviru IKS, za stanice i sva predviđena službena mesta duž pruga.

Prikazani su i ostali železnički sistemi za koje IKS predstavlja komunikacionu infrastrukturu (signalno - sigurnosni sistemi, telekomanda, sistemi daljinskog upravljanja).

Primenom prikazanog servisnog i organizacionog modela IKS-a moguće je razvrstati sva službena mesta na mreži pruga IŽS po navedenim kriterijumima i predvideti potrebnu opremu koja će omogućiti zahtevane servise za redovno i bezbedno odvijanje železničkog saobraćaja i podizanje kompletne železničke usluge na viši nivo [1].

4. IZGRADNJA NOVE INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE INTRANET MREŽE INFRASTRUKTURE ŽELEZNICE SRBIJE

4.1. Namena sistema

Strategija razvoja informacionog sistema se može sagledati iz nekoliko uglova, kako bi se tačno definisali ciljevi i namena razvitka. Koraci i ciljevi bi se mogli sagledati kao:

- stvaranje jedinstvene i dobro kontrolisane infrastrukture čime bi se postigla sigurnost i pouzdanost prenosa svih tipova informacija,
- stvaranje konkurencije na tržištu po pitanju mrežne pokrivenosti teritorije Srbije i pružanju dodatnih usluga,
- usavršavanje kadrova IŽS za rad u intranet i Internet okruženju i podsticanje razvijanja aplikacija i usluga u realnom vremenu,
- uvođenje novih servisa i usluga.

Zbog potrebe da se korisnicima i održavanju železničkih veza i usluga pružaju kvalitetne usluge, rad komunikacione mreže mora biti pouzdan i neprekidan, sa kratkim i unapred poznatim vremenima kašnjenja. U okviru modernizacije predviđaju se savremeni i provereni sistemi koji su, u prvom redu, konstruisani za primenu u telekomunikacionim mrežama železnica i zasnovani na novim tehnologijama i platformama, s tim da omogućavaju integraciju sa postojećim sistemima tamo gde je to neophodno. Novi sistemi omogućavaju osnovne zahteve zbog kojih se i uvode:

- digitalizaciju svih komunikacija;
- centralizaciju upravljanja kompletnim TT sistemom IŽS;
- pouzdanost rada – implementacija rešenja u redundantnoj i, u nekim slučajevima geo redundantnoj topologiji.

Pod novim tehnologijama i platformama podrazumeva se:

- upotreba OSI modela komunikacije, kao osnovnog modela komunikacije,
- upotreba IP protokola, kao osnovnog protokola komunikacije,

- upotreba virtualne servisne platforme, kao osnovne platforme za integraciju aplikativnih rešenja,
- integracija sa postojećim sistemima na određenim krajnjim (edge) tačkama rešenja preko određenih interfejsa hibridne platforme.

4.2. Opis tehničkih rešenja mreže

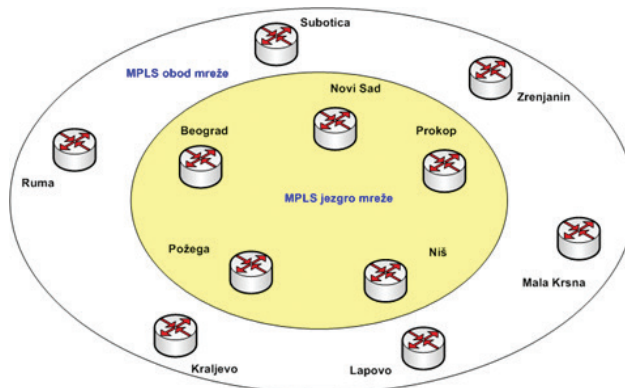
Kao osnovna mreža za prenos podataka između svih centara, kao i železničkih stanica i drugih lokacija na koridorima, koristiće se digitalna paketska mreža za prenos podataka (IP MPLS mreža za prenos podataka).

MPLS (Multi Protocol Label Switching) predstavlja skraćenicu za multiprotokolnu komutaciju labela. MPLS je standard koji donosi inovativni princip prosleđivanja paketa obeleženih labelama. Labela označavaju kako same putanje kroz mrežu tako i servisne atribute. Ključni element MPLS tehnologije je MPLS zaglavlje koje se dodaje u paket između zaglavlja protokola sloja veze (danas gotovo isključivo Ethernet) i IP protokola. U mrežama u kojima je aktiviran MPLS, rutiranje se vrši na osnovu ovog, a ne više IP zaglavlja [5].

Mreža nove generacije bi trebalo da se kompletno osloni na principe prenosa novih generacija, uz kompletnu podršku trenutnog sistema prenosa podataka. Mreža nove generacije mora imati kompletnu podršku za prenos podatka, glasa i slike (3-Play) uz mogućnost proširenja svih servisa i na mobilne korisnike (4-Play). Takođe, mreža mora biti otvorena za prenos različitih protokola, uključujući i pravljenje određenih tunela između lokacija [3].

Novu mrežu treba izgraditi u tri logička sloja: okosnica, granični sloj i pristupni sloj. Osnovnu okosnicu mreže (backbone) baziranu na MPLS protokolu čini jezgro (Core), koje sadrži rutere tipa LSR (Label Switching Router). Granični deo (Edge) MPLS mreže sadrži rutere tipa ELSR (Edge Label Switching Router). Pristupni sloj čini oprema koja povezuje krajnje korisnike ili na jezgro (koje takođe ima ulogu i graničnog dela mreže) ili na granični deo mreže [1].

Na slici 3. je dat prikaz organizacije MPLS mreže u kojoj je definisano pet centralnih čvorova (LSR) u jezgru: Beograd Nemanjina 6, Beograd Prokop, Novi Sad, Požega i Niš. Predviđeno je da ovi čvorovi budu povezani FEthernet i GEthernet linkovima.



Slika 3. Arhitektura MPLS jezgra mreže [1]

Granični ruteri u MPLS mreži su definisani u gradovima: Subotica, Ruma, Zrenjanin, Lapovo, Mala Krsna i Kraljevo. Oni treba da sakupljaju linkove sa ostalih stanica (čvorova) u okruženju. Granični ruteri treba da imaju direktne linkove ka dva centralna rutera (u jezgru MPLS mreže). Na graničnim ruterima su definisani L2 switch-evi koji prikupljaju linkove iz ostalih gradova u okruženju. Kompletna mreža se može sagledati kroz presek nekoliko vrsta čvorova.

Centralni čvor je čvor najvišeg nivoa, zato što podržava većinu funkcija u mreži. Predviđeno je da ovaj nivo bude implementiran na dve lokacije u Beogradu: Prokop i Nemanjina 6. One su povezane brzim linkovima u jezgru MPLS mreže i linkovima iz beogradskog optičkog prstena, koji povezuje sve lokacije u gradu. Dodatna uloga ovog čvora je i da omogući definisanje rezervne lokacije za čuvanje podataka i za pristup Internetu.

Svi ostali čvorovi imaju manji set funkcionalnosti.

4.2.1. Čvor nivoa 2: MPLS LSR/ELSR ruter

Ovo je čvor koji ne vrši funkciju Internet konekcije, ali ima veliku obavezu da brzo prerutira saobraćaj u MPLS mreži iz jedne lokacije u drugu. Lokacije koje pripadaju ovom nivou čvora jesu: Novi Sad, Niš i Požega.

4.2.2. Čvor nivoa 3: MPLS ELSR ruter

Ovo je čvor čija je funkcija prikupljanje saobraćaja okolnih mreža, preslikavanje jednog ruting protokola u drugi i prosleđivanje saobraćaja do jezgra mreže. Lokacije koje pripadaju ovom nivou čvora jesu: Lapovo, Kraljevo, Mala Krsna, Ruma, Zrenjanin i Subotica.

4.2.3. Čvor nivoa 4. i 5: Pristupna mreža sa podrškom za jedan ili više VPN-ova

Čvor nivoa 4. u sebi definiše više od jednog VPN-a, dok Čvor nivoa 5. je onaj u kome postoje korisnici koji pripadaju jednom VPN-u [1].

4.3. Mreža za prenos

Funkcionisanje IKS železnice ne bi bilo moguće bez kvalitetne prenosne infrastrukture, odnosno mreže za prenos. Mreža za prenos se od ostalih podsistema integrisanog telekomunikacionog sistema (ITS) razlikuje po tome što se od nje očekuje da pruži servise drugim mrežama, a nema svoje pojedinačne aplikacije kao ostale mreže. Ova mreža je platforma ostalim podsistemima i kao takva mora da:

- bude pouzdana,
- ima visoku raspoloživost, prati konfiguracije pojedinih podsistema adekvatnim pristupnim tačkama,
- obezbeđuje visok kvalitet servisa,
- bude skalabilna i
- bude lako nadogradiva.

Krajnji korisnici ove mreže su pojedinačni podsistemi ITS-a i njihove aplikacije. Prenosna mreža sastojace se od tri glavne komponente:

- transportne mreže,
- sinhronizacione mreže,
- mreže za upravljanje,

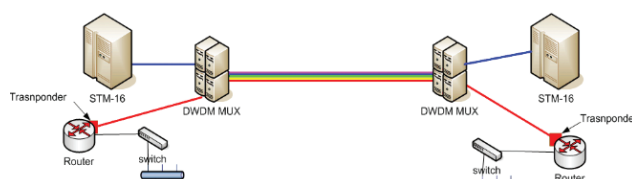
koje će formirati jedinstvenu prenosnu mrežu.

Kad su u pitanju tehnologije koje su danas raspoložive na tržištu, jasno je da se za realizaciju okosnica mreže mogu uzeti u obzir jedino optički sistemi. Međutim, optički kabl kao medijum za prenos informacija nije dovoljan za realizaciju okosnice mreže. Iz spiska zahteva je jasno da optički kablovi obezbeđuju dovoljan propusni opseg, ali se postavlja pitanje realizacije ostalih zahteva koji se postavljaju pred mrežu. Prenosna telekomunikaciona mreža treba da obezbedi i potrebne veze sa sistemima drugih železničkih uprava, u ovom slučaju sa Mađarskom, a preko nje i sa železnicama u Evropi što ima podseban značaj za IŽS. To istovremeno nameće potrebu da se kao rešenje prenosne telekomunikacione mreže na ovoj relaciji usvoji korišćenje SDH (Synchronous Digital Hierarchy) i DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) tehnologija prenosa [4].

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) se smatra jednom od boljih tehnologija za povećanje propusne sposobnosti u poređenju sa postojećim sistemima prenosa preko optičkih veza [8]. Dodatni

stepen poboljšanja je nastao kada je MPLS tehnologija integrisana sa DWDM sistemima i kada je nastala MPλS (Multi Protocol lambda Switching) tehnologija. Kako će se paralelno sa prenosnom mrežom formirati i MPLS mreža ovaj sloj će pratiti edge sloj u MPLS mreži [1].

Moguće je prebacivanje saobraćaja sa MSP sistema na sistem IP/MPLS preko DWDM. To praktično znači da će postojeći MSP (Multiplex Section Protection – zaštita u sloju multipleksne sekcije) sistem, kao i IP saobraćaj, biti praktično odvojeni ulazi u DWDM sistem (slika 4).



Slika 4. IP/MPLS preko DWDM [1]

Železnički telekomunikacioni sistemi, uopšte, različiti su od drugih i rade u specifičnim uslovima. Oni, naime prate pravce pruga i poseduju veliki broj čvorova u kojima je neophodno odgranjavanje. To znači da je osnova konfiguracije mreže lanac veoma različite dužine. Većina službenih mesta na pruzi zahteva manje potrebe za kapacitetima i nalazi se između čvorova većih kapaciteta za prenos različitih servisa.

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.

U prvom koraku neophodno je definisati pozicije i logiku poslovanja korskornika IŽS:

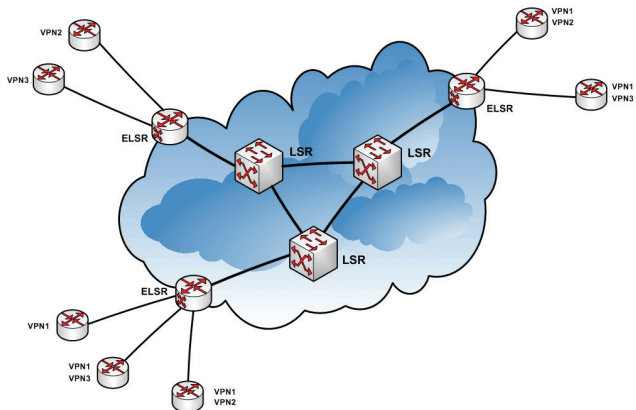
- Svaka organizaciona jedinica (Sektor) ima zatvoren sistem unutrašnje komunikacije;
- Sve lokacije koje čine sastavni deo jedne celine – Sektora, čine i jedan VPN, pa mogu međusobno komunicirati i razmenjivati podatke bez ograničenja;
- Komunikacija između VPN-ova, to jest različitih korisnika intraneta IŽS, biće moguća uz veliku kontrolu, bezbednost i samo na zahtev menadžmenta Preduzeća;
- Komunikacija između Sektora se vrši samo na osnovu zahteva i potreba, odgovarajućim zajedničkim aplikacijama ili elektronskom poštom, koju je za poslovnu primenu potrebno arhivirati;

- Pristup Internetu se odvija preko dve lokacije u Beogradu: Nemanjina 6 i Prokop;
- Koncept rešenja je zasnovan na principu VPN-ova i MPLS mreže. To znači da su svi podaci, koji prolaze između dve lokacije u okviru jednog VPN-a, logički i fizički odvojeni od podataka svih drugih korisnika. Jedna od osnovnih osobina rada VPN-ova u MPLS mreži jeste isključiva izolovanost mreža osim u situaciji da se eksplicitno ne definiše drugačiji princip rada. Ovakav princip rada je veoma bitan i poželjan za mrežu u kojoj figurišu aplikativni programi koji su u vezi sa praćenjem teretnih kola, putničkih kola, blagajni na međunarodnom i domaćem saobraćaju [1].

Osnovni izgled arhitekture mreže na principu MPLS-a sa VPN-ovima na određenim lokacijama je prikazan na slici 5.

U svakoj MPLS VPN mreži figuriše više VPN-ova pa je moguće definisati sledeće (gledano sa slike 5):

- Korisnici iz jednog VPN-a (VPN1 ili VPN2) mogu komunicirati samo sa članovima svog VPN-a;
- Korisnici iz jednog VPN-a mogu komunicirati sa članovima svog VPN-a i sa određenim članovima drugog VPN-a, što im omogućava filtriranje saobraćaja na nivou rutiranja;
- IP adresni prostor u okviru dva VPN-a se ne sme preklapati. Inače nije moguća komunikacija između zajedničkih lokacija;
- Mogućnost proširenja na proizvoljan broj zajedničkih „vidljivih“ VPN-ova.



Slika 5. Arhitektura MPLS mreže sa pripadajućim VPN-ovima [1]

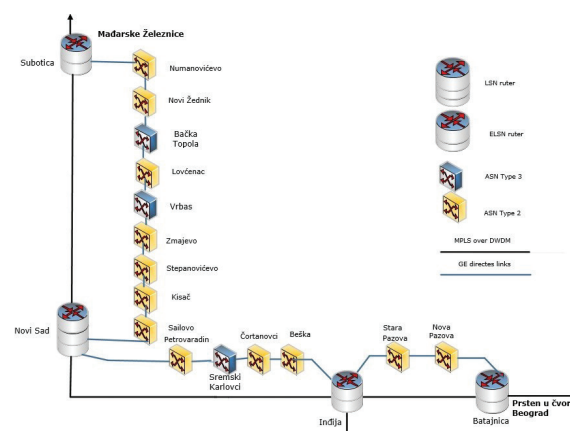
5. PREDLOG REŠENJA ZA INFORMACIONO-KOMUNIKACIONU MREŽU ZA PRUGU BEOGRAD – NOVI SAD – SUBOTICA

Za izgradnju mreže za prenos na pruzi Beograd – Novi Sad – Subotica polažu se dva magistralna optička kabla kapaciteta 48 i 96 optičkih vlakana

(OK1 i OK2) sa jedne odnosno druge strane pruge, koji se u stanicama završavaju na završnoj opremi. Polaže se i jedan lokalni optički kabl na međustaničnim rastojanjima (OK3), koji se u potpunosti uvodi u sve tačke opremljene TK sistemima u koje ne ulaze prethodna dva kabla [2].

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 realizacija 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].

Na slici 6. prikazan je predlog tehničkog rešenja informaciono - komunikacione mreže Beograd – Novi Sad – Subotica.



Slika 6. Predlog rešenja informaciono - komunikacione mreže Beograd – Novi Sad – Subotica

Novoprojektovani Intranet na deonici sa slike 6. organizovan je u tri sloja.

1. MPLS Core sloj (centralni sloj) koji obuhvata službena mesta, sve centralne regionalne stanice, sa Label Switching Node (LSN) uređajima. U ovim službenim mestima su postavljeni i OTN/DWDM uređaji.

To su centralna i regionalne stanice. Na ovoj deonici stanica Novi Sad (kao centralna stanica) oprema se LSN uređajem.

2. MPLS Edge sloj (granični sloj) koji obuhvata službena mesta, sve subregionalne i veće stanice, sa Edge Label Switching Node (ELSN) uređajima. U ovim službenim mestima su postavljeni i OTN/DWDM uređaji.

Na ovoj deonici stanice Indija, Subotica i Batajnica se opremaju ELSN uređajima.

3. Access sloj (pristupni sloj) koji obuhvata službena mesta sa Access Switching Node (ASN) uređajima i layer 2 (L2SN) svičevima. To su sve ostale stanice, stajališta, EEP, tuneli i mostovi. Kritične lokacije se opremaju L2SN uređajima.

Glavna ravan mreže za prenos (backbone) povezuje glavne i regionalne stanice koristeći STM-16 i 10G optičke interfejse preko DWDM prenosne mreže. Glavna ravan će se realizovati primenom DWDM tehnologije koja radi u optičkom C opsegu (1530–1565 nm) [4].

Stanice Indija, Subotica i Batajnica se posmatraju kao subregionalni centri (subregionalne stanice) - centri za nekoliko okolnih službenih mesta. Stanica Novi Sad se posmatra kao regionalni centar (regionalna stanica). Novi Sad je, takođe, subregionalni centar za okolna službena mesta. U regionalnoj i subregionalnim stanicama se planira veći saobraćaj na zajedničkoj komunikacionoj mreži. Svaki od čvorova se može u potpunosti nadograditi u slučaju bilo kojih budućih zahteva za većim kapacitetima.

Kao osnovni protokol u centralnom i graničnom sloju, planira se MPLS protokol sa internim protokolom za dinamičko rutiranje OSPF (engl. Open Shortest Path First). Kao protokol za razmenu labela se predlaže LDP (engl. Label Distribution Protocol). LSN i ELSN (E/LSN) međusobno komuniciraju putem OTN/DWDM sistema za prenos. Svaki ELSN uređaj komunicira sa bar druga dva E/LSN uređaja. Odgovarajućim podešavanjima LSN i ELSN opreme, uspostavljaju se direktni 10 GB linkovi.

ASN2/3 uređaji se vezuju međusobno i za E/LSN magistralnim optičkim kablovima (OK1 i OK2) linijski. Na raspolaganju su 2x1GB između dva E/LSN. Odgovarajućim podešavanjima E/LSN i ASN2/3 uređaja, saobraćaj se iz ASN2/3 uređaja usmerava ka jednom E/LSN uređaju. Uređaji su tako projektovani da se, u slučaju potrebe, saobraćaj može preusmeriti i na drugi E/LSN.

ASN1/4 i L2SN uređaji se vezuju međusobno i za E/LSN odnosno ASN2/3 lokalnim optičkim kablom (OK3) linijski. Na raspolaganju je 1GB između E/LSN i ASN2/3 uređaja. Odgovarajućim podešavanjima E/LSN i ASN uređaja, saobraćaj se iz ASN1/4 i L2SN uređaja usmerava ka jednom E/LSN, odnosno ASN2/3 uređaju. Uređaji su tako projektovani da se,

u slučaju potrebe, saobraćaj može preusmeriti i na drugi E/LSN odnosno ASN2/3 [2].

ASN tip 2 je Layer 3 switch/ruter sa minimalno 48x10/1000Base -X SFP porta i 4x10GB SFP+ porta. Ovaj switch/ruter je u kompletu sa udvojenim napajanjem. Planira se za stanice: Nova Pazova, Stara Pazova, Beška, Čortanovci, Petrovaradin, Sajlovo, Kisač, Stepanovićevo, Zmajev, Kovačevac, Novi Žednik i Numanovićevo.

ASN tip 3 je Layer 3 switch/ruter sa minimalno 50x1GB SFP porta i 8x10GB SFP+ porta. Ovaj switch/ruter je u kompletu sa udvojenim napajanjem. Planira se za stanice: Bačka Topola, Vrbas i Sremski Karlovci.

ASN tip 4 je industrijski Layer 3 switch/ruter sa 16x1GB SFP, 8x1GB RJ45 porta i 2x10GB SFP+ porta. Switch/ruter je u kompletu sa udvojenim napajanjem. Planira se za EEP postrojenja.

Međusobno odvajanje servisa se osigurava planiranjem opreme, koja omogućava organizovanje virtuelnih mreža (VLAN tehnologija).

Svi pomenuti uređaji imaju mogućnost integracije sa postojećom Intranet mrežom IŽS. Postojeća Intranet mreža se putem postojećih Cisco rutera može integrisati na LSN i ELSN (E/LSN) uređaje preko fizičkog FE/GE porta. U te svrhe neophodno je koristiti protokole redistribucije između novog OSPF protkola i već postojećeg Cisco EIGRP protkola.

Na nivou ASN uređaja integracija se predviđa kroz proširenje LAN okruženja. Planirana zajednička komunikaciona mreža (svi sistemi i servisi koji se na nju oslanjaju) mora biti usklađena sa postojećom Intranet mrežom IŽS, pri čemu se planira korišćenje zajedničkih postojećih resursa i distribuiranje zajedničkih postojećih servisa.

6. ZAKLJUČAK

Postojeće stanje železničke telekomunikacione mreže pokazuje da je izostanak investicionih ulaganja u dužem vremenskom periodu doveo do znatnog tehničkog i tehnološkog zaostajanja u odnosu na potrebe i zahteve koje pred nju postavlja železnički saobraćaj, kao i u odnosu na druge železnice u okruženju. Zato u narednom periodu treba preduzeti mere za povećanje investicionih ulaganja i zamenu dotrajalih sistema veza novim optičkim kablovima, digitalnim sistemima prenosa, sistemima za komutaciju govora i podataka, radio

i drugim telekomunikacionim sistemima, koji bi predstavljali infrastrukturu za novu Intranet mrežu, sa ciljem zadovoljavanja svih zahteva za kvalitetnije funkcionisanje železničkog saobraćaja i bolju organizaciju sistema železnice u celini. Predloženo rešenje nove informaciono - komunikacione mreže predstavlja modernu mrežu čija se funkcionalnost zasniva na servisima koji su distribuirani po čitavoj mreži i omogućavaju kvalitetne usluge od nje same. Upotreba servisa se zasniva na prenosu podataka sa jednog kraja mreže na drugi.

LITERATURA

- [1] Saobraćajni Institut CIP: Generalni projekat integrisanog telekomunikacionog sistema Železnice Srbije, Beograd, 2007.
- [2] Saobraćajni Institut CIP, Idejni projekat Modernizacije pruge (Beograd) Stara Pazova – Novi Sad – Subotica – državna granica (Kelebija), deonica Stara Pazova – Novi Sad, Sveska 5/3.3.1: Informaciono – komunikacioni sistemi – opšta sveska, Beograd 2019.
- [3] Zaborski D, Ranković D, Vujović I, Likić D: Rešenje integrisanog telekomunikacionog sistema za prenos govora podataka i slike u beogradskom železničkom čvoru, Infotech-Jahorina Vol. 10, Ref. E-III-11, p. 636-640, 2011.
- [4] Zaborski D, Avramović Z, Stanković N, Jevtić S: Predlog rešenja sistema za prenos na pruzi za velike brzine, Infotech-Jahorina, str. 211-215, 2021.
- [5] <https://www.grotto-networking.com/BBMPLS.html#mpls-network-elements-lsrs-at-the-core-and-edge> (pristupano 25.8.2021. godine)
- [6] <https://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/zelezniske-proge> (pristupano 25.8.2021. godine)
- [7] [<https://www.hzinfra.hr/naslovna/odrzavanje-i-modernizacija/eu-projekti/>], (pristupano 15.8.2021.godine)
- [8] Grundlagender WDM-Technologie – PanDacomDirekt, [www.pandac](http://www.pandac.com) (pristupano 25.8.2021. godine)