

PRIMENA OPTIČKOG DIGITALNOG SISTEMA PRENOSA ZA POTREBE SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA PD "ELEKTRODISTRIBUCIJA BEOGRAD" D.O.O.

P. KUZMANOVIĆ; Elektrodistribucija Beograd, Srbija
S. JOVANOVIĆ; Elektrodistribucija Beograd, Srbija

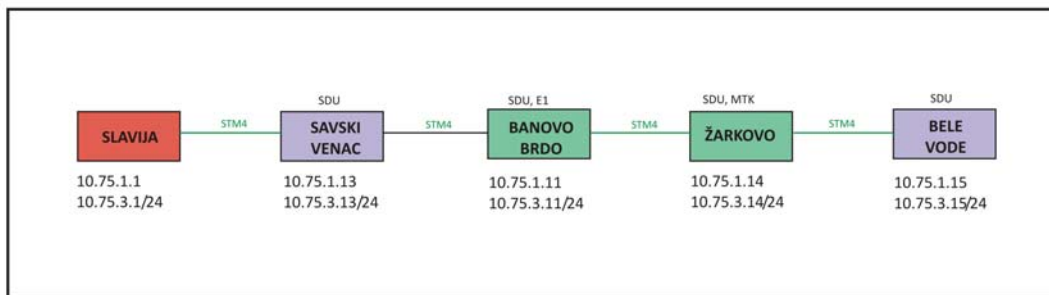
UVOD

Predmet rada je realizacija digitalnog sistema prenosa za rad po optičkim vlaknima na pravcima između dispečerskog centra upravljanja (DCU) Slavija i 21 visokonaponske trafo-stanice. PD EDB ima sopstvenu optičku kablovsku infrastrukturu baziranu uglavnom na podzemnim optičkim kablovima. Jedan broj relacija realizovan je primenom nemetalnih samonosivih optičkih kablova ADSS (položenim na stubove javne rasvete i na stubove niskonaponske distributivne mreže) kao i optičkih kablova u zemljovodnom užetu OPGW. Korišćena su monomodna optička vlakna u skladu sa ITU-T preporukom G.652. Zavisno od trenutka realizacije postavljeni optički kablovi su kapaciteta 24 i 72 vlakna. Implementiran je optički sistem prenosa zasnovan na SDH tehnologiji čime se obezbeđuje transparentni prenos signala različitih tehnologija. Ova mreža služi za prenos signala sistema daljinskog upravljanja (SDU) trafo-stanicama, signala mrežne trofrekventne komande (MTK) i signala govora (E1).

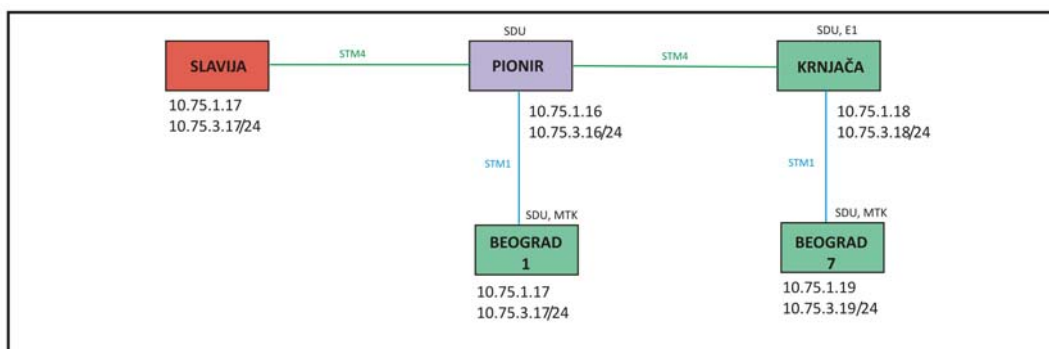
TEHNIČKO REŠENJE

Tehničko rešenje se zasniva na SDH/PDH uređajima koji realizuju neophodne servise. Oni su međusobno povezani STM-4 i STM-1 interfejsima i to na sledećim relacijama koje su prikazane na slikama 1-4:

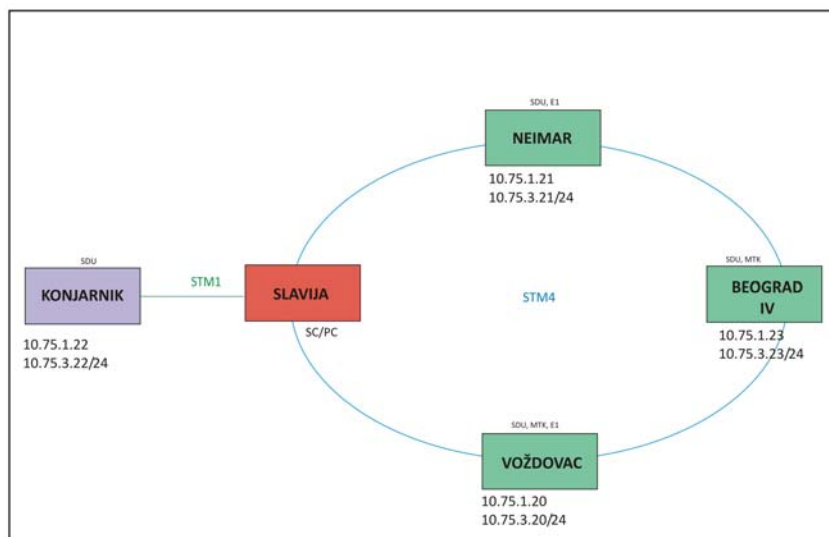
1. Slavija – Savski venac – Banovo Brdo – Žarkovo – Bele Vode
2. Slavija – Pionir (- Beograd 1) – Krnjača (- Beograd 7)
3. Slavija (- Konjarnik) – Neimar – Beograd 4 – Voždovac
4. Slavija – Kalemegdan – Zeleni Venac – Blok 20; Blok 20 – Zemun Centar – Novi Beograd 1 – FOB; FOB – Beograd 27 – Beograd 5 – Zemun Novi Grad



Slika 1 – Pravac Slavija – Bele Vode

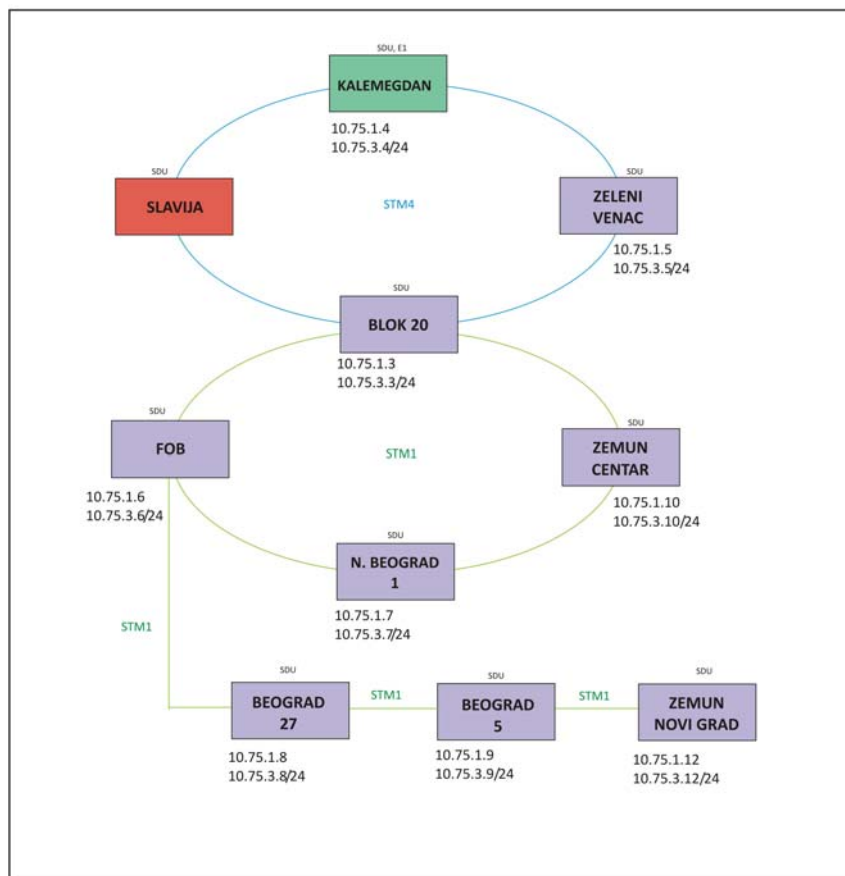


Slika 2 – Pravac Slavija – Krnjača



Slika 3 – Pravac Slavija - Voždovac

Ukoliko je veza između njih ostvarena preko STM-4 interfejsa, na slikama je to označeno zelenom bojom, a ukoliko je veza između njih STM-1 to je označeno plavom bojom. Lokacije na kojima su pored interfejsa za daljinsko upravljanje obezbeđeni interfejsi za prenos govora i/ili MTK obeleženi su zelenim pravougaonicima. Na slikama su date i IP adrese uređaja na lokacijama o čemu će kasnije biti reči.

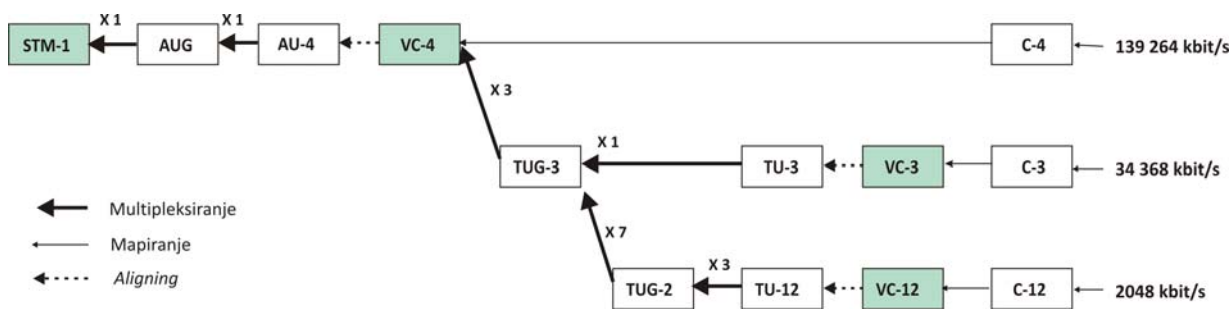


Slika 4 – Pravac Slavija – Zemun Novi Grad

Karakteristike SDH mreže

SDH je tehnologija prenosa i skup važnih međunarodnih standarda koji omogućavaju multipleksiranje više različitih strimova bita. SDH tehnologiju odlikuje je velika brzina prenosa. Napravljena je da zameni PDH hijerarhiju koja je imala problem sinhronizacije i malih brzina.

Sinhronizacija koja postoji u SDH mreži omogućava povezivanje mreže na druge mreže koje su sinhronizovane na druge izvore (npr. mreže EDB-a na mrežu Elektroprivrede Srbije). Primenjuje se proces poznat kao *bitstuffing* kojim se ubacuju dodatni biti u signal. Na taj način se svi ulazni signali dovode na zajedničku bitsku vrednost protoka. Zbog sinhronog prenosa, multipleksiranje i demultipleksiranje se izvodi u jednom koraku čime se smanjuje kompleksnost hardvera. U PDH mrežama ceo signal je morao da bude demultipleksiran da bi se pristupilo određenom kanalu, a nakon toga kanali koji nisu bili od interesa ponovo su multipleksirani da bi se nastavilo njihovo slanje do narednih destinacija. Kod SDH formata, demultipleksiraju se samo kanali od interesa. Drugim rečima, pojedinačni kanali postaju vidljivi. Ova funkcija u SDH se zove ADM (*add and drop multiplexer*). Zahvaljujući ovoj funkcionalnosti na svakoj lokaciji je moguće pristupiti signalu od interesa.



Slika 5 - Struktura SDH multipleksiranja

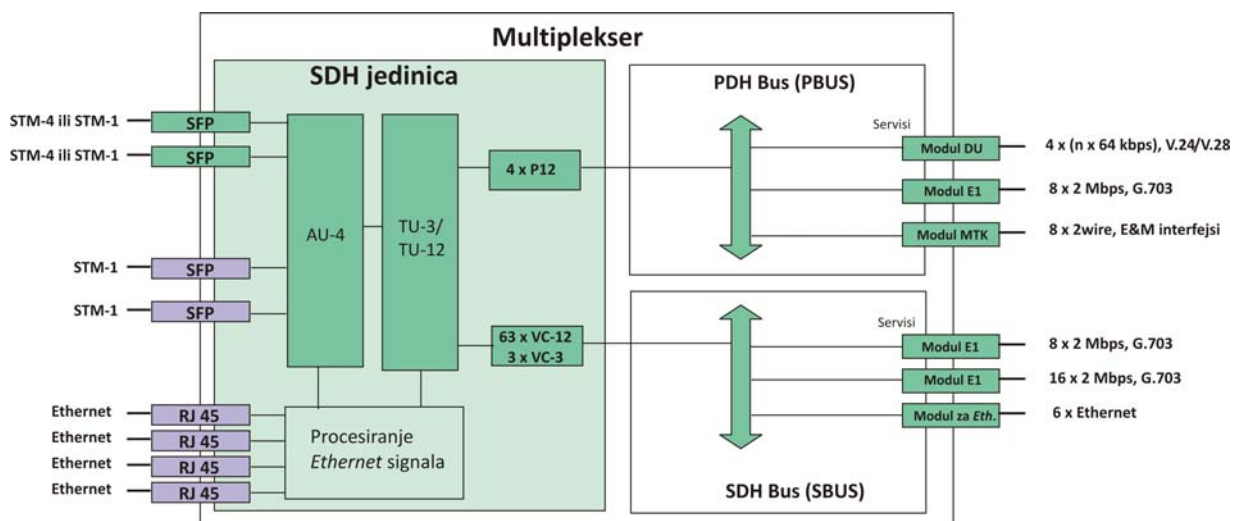
Postavljanje mreže u konfiguraciju prstena povećava se nivo dostupnosti servisa. Pri otkazu nekog dela mreže na prstenu aktivira se zaštitna putanja i SDH mreža prenos automatski prebacuje na nju. Kreirajući geografski različitu putanju za servise, prstenovi prave zaštitu od prekida kablova i otkaza čvorova u mreži. Na slikama 1-4 se mogu videti konfiguracije u mreži EDB-a. Gde god je bilo moguće pravljena je konfiguracija prstena i zaštitna putanja.

Još jedna prednost koju omogućuje SDH tehnologija je interoperabilnost između različitih proizvođača opreme. Trenutno se u mreži EDB-a koriste uređaji jednog proizvođača, ali se u budućnosti očekuju i drugi uređaji. Zbog svih ovih razloga SDH tehnologija predstavlja dugoročno rešenje za optičku mrežu EDB-a.

SDH tehnologija omogućuje velike brzine prenosa koje idu maksimalno do 3.98 Gbit/s. SDH okvir se zove Synchronous Transmission Module (STM-1). Njegov prenos traje 125 μ s i sastoji se od 2430 okteta koji su organizovani u 9 redova, a svaki red sadrži po 270 okteta. Jedan okvir u SDH okviru predstavlja 64 kbit/s kanal, a za veće protoke koristi se agregacija više okteta. Kao što je već napomenuto i označeno na slikama 1-4, u mreži EDB-a se koriste okviri STM-1 i STM-4 koji imaju brzine 155.52 Mbit/s i 466.56 Mbit/s, respektivno. U njih su upakovani signali daljinskog upravljanja, govora i MTK. Formiranje STM signala je prikazano na slici 5. Koristan sadržaj se pakuje u kontejnere (npr. C-12) kojima se dodaje zaglavlje i nastaju virtualni kontejneri (VC12, VC3 ili VC4). Dodavanjem pointera nastaju TU-n jedinice koje se kao što je prikazano na slici 5 multipleksiraju u TUG jedinice. Multipleksiranjem TUG jedinica nastaje VC-4. Kada se njemu doda pointer koji pokazuje prvi bajt njegovog zaglavlja nastaje AU jedinica. Dodavanjem novog zaglavlja na AUG jedinicu u kojoj se nalazi jedan AU nastaje STM-1 signal. STM-4 signal nastaje od 4 STM-1 signala između kojih se vrši interliving na nivou bajtova.

Tehničke karakteristike uređaja u mreži

Tehničko rešenje se zasniva na uređajima za multipleksiranje. Oni pripadaju porodici fleksibilnih multipleksera. Glavne njihove funkcije su povezivanje, komutacija ili kros konektovanje, multipleksiranje i prenos. U kombinaciji sa xDSL sistemom, ovakav multiplekser je pogodan za izgradnju mreže za pristup internetu. Karakteriše ga više-servisni pristup baziran na optici i bakru, veliki broj modula sa različitim tipovima analognih i digitalnih interfejsa, kao i grafički korisnički interfejs za konfiguraciju i nadgledanje. Komutacija je implementirana na sistemskoj magistrali uređaja i kapaciteta je 128 x 2 Mbit/s. U ovom tehničkom rešenju, komutaciona funkcija se realizuje na nivou P0 (64 kbit/s), na nivou P12 (2 Mbit/s) i na nivou VC-12, VC-3 i VC-4.



Slika 6 - Blok dijagram multipleksera

Signali sa korisničkih interfejsa se multipleksiraju i prenose do sledećeg uređaja. Moguća je konfiguracija tačka-tačka, magistralne mreže, zvezdaste mreže, mreže tipa prstena i njihovih kombinacija.

Na slici 6 je prikazan blok dijagram multipleksera. Agregatna SDH jedinica poseduje SFP portove (*Singl Fibre Port*) za STM-1 i STM-4 signale, kao i za RJ interfejse za *Ethernet* signale. Dva SFP porta se mogu konfigurisati za STM-4 ili STM-1 signal, a dva su uvek za STM-1. Ova agregatna jedinica ima pristup unutrašnjim PBUS i SBUS magistralama. Ova kartica zauzima jedan slot u uređaju i enkapsulira dvomegabitne (2 Mbit/s) pritoke u VC12 i multipleksira ih u STM-1 odnosno STM-4 signale. Pridruženom VC-3 i VC-12 saobraćaju koji ima maksimalni kapacitet od jednog VC-4 pristupa se preko SBUS magistrale. To je, dakle, maksimalno 63 x VC-12 ili 3 x VC-3. P12 pridruženim signalima se direktno pristupa preko PBUS magistrale. Maksimalni kapacitet je 4 x P12. Dvomegabitne pritoke (2 Mbit/s) tj. pridruženi PDH signali se enkapsuliraju u VC-12 i mapiraju u STM-1 odnosno STM-4. Ova jedinica omogućava i transport *Ethernet* saobraćaja (*Ethernet over SDH*). Na prednjem delu jedinice postoje 10/100/1000BASE-T električni interfejsi i ima ih četiri. Iako se trenutno ne koriste, ovi interfejsi su značajni sa aspekta budućeg korišćenja mreže o čemu će biti reči u nastavku.

Signal daljinskog upravljanja se dovodi na V.24/V.28 interfejs modula koji se koristi za daljinsko upravljanje. Ovaj modul ima četiri takva interfejsa. Za svaki interfejs postoji mogućnost pravljenja zaštitne putanje. Signal daljinskog upravljanja koji dolazi na interfejs je protoka 9.6 kbit/s. On se ubacuje u P0 signal, a P0 se multipleksira u P12. P12 signal se multipleksira u VC4 signal, koji se mapira u STM1 ili STM4 signal. U uređaju se kros konekcije konfigurisu na P0, VC12 i VC4 nivou. Signal daljinskog upravljanja se tako prenosi preko optičke SDH mreže do dispečerskog centra upravljanja gde se signal obrnutim procesom demultipleksira i preko V.24/V.28 interfejsa ove kartice multipleksera na lokaciji DCU Slavija šalje na SCADA sistem.

EDB poseduje svoju telefonsku mrežu u kojoj su povezane sve poslovnice. Stoga je sa određenih lokacija u mreži potrebno preneti E1 signal do centrale na Slaviji. Lokacije sa kojih se prenosi telefonski signal su označene na slikama 1-4. Signal se dovodi na G.703 interfejs E1 modula (slika 5). Ovaj modul može da terminira 16 E1 (2.048 kbit/s), ITU-T.G.703, signala. Ona ima pristup SDH magistrali (SBUS). U multiplekseru se komutacija vrši na VC12 i VC4 nivou. U mreži još uvek na nekim lokacijama postoje stariji tip modula i oni imaju pristup PDH magistrali i 8 E1, G.703 interfejsa.

Signal MTK (mrežne trofrekventne komande) je signal čiji je prenos značajan za funkcionisanje elektrodistributivnog sistema jer se njime upravlja opterećenjem elektrodistributivne mreže. U multiplekseru postoji modul koji ima 8 analognih 2W/4W E&M interfejsa. Za prenos MTK signala u mreži EDB-a se koristi 2W interfejs. Ova kartica ima pristup PDH magistrali. Signal se sa ovog interfejsa multipleksira u P12 signal, koji se na već opisan način mapira u STM4 ili STM1 signal.

Mreža multipleksera se može sinhronizovati na više načina. Svaki uređaj može da radi sa svojim internim taktom, ali može se dovesti i eksterni takt velike tačnosti na centralnu karticu jednog multipleksera sa koje bi se sinhronizovao cela mreža. Centralna kartica ima na sebi i konektor za eksterne alarmne ulaze/izlaze koji mogu da se povežu na spoljne uređaje, na primer na staničnu signalizacionu petlju.

Daljinsko upravljanje

Funkcija daljinskog upravljanja postavlja specifične zahteve za komunikacione servise, koje karakteriše prenos podataka u realnom vremenu i pogonskih podataka (van realnog vremena). U elektrodistributivnoj mreži EDB-a funkcija daljinskog upravljanja se realizuje SCADA operativnim servisom. Standardizovane komunikacione arhitekture za SCADA su IEC 870-5.

Protokoli serije IEC 870-5 pripadaju tzv. arhitekturi sa poboljšanim performansama (EPA – *Enhanced Performance Architecture*) koja koristi troslojni protokolski stek sa aplikacionim slojem, slojem linka za podatke i fizičkim slojem. Ovi protokoli namenjeni su razmeni podataka u realnom vremenu između daljinskih stanica i upravljačkog centra, a primenjuju se u sistemima koji zahtevaju kratko vreme odziva, u uslovima malog propusnog opsega komunikacionog kanala, često u prisustvu različitih oblika elektromagnetne interferencije.

Osnovni protokol serije koji se najviše koristi u sistemu daljinskog upravljanja EDB-a je **IEC 870-5-101**. Ovaj protokol podržava nebalansirani (*master/slave*) i balansirani režim prenosa podataka. Adresiranje na sloju linka podataka i na aplikacionom sloju, u sklopu jedinica podataka aplikacionog servisa omogućava klasifikaciju svake krajnje transformatorske stanice i različitih sektora unutar nje. Podaci se grupišu u različite informacione objekte, pri čemu se svakom objektu dodeljuje odgovarajuća adresa. Ovaj protokol koristi RS232 interfejs. RS232 signal dolazi do multipleksera gde se pakuje u STM-1 signal. U mreži postoje i daljinske stanice koje koriste ADLP-80 protokol, ali se očekuje da se ove daljinske stanice zamene novim. U implementiranom rešenju omogućeno je i povezivanje ovih stanica na multiplekser.

Kao što je već prethodno rečeno, na svakoj lokaciji postoji i 4 *ethernet* interfejsa. Ovi interfejsi predviđeni su za budući prelazak sa 101 na naprednije protokole kao što je IEC 60870-5-104 protokol. IEC 60870-5-104 protokol je unapređena verzija protokola 101 sa promenama na transportnom sloju, mrežnom sloju, sloju linka za podatke i fizičkom sloju. Standard koristi TCP/IP mrežni interfejs za povezivanje na LAN i različite tipove WAN mreža. Za sloj linka za podatke standard definiše prenos podataka preko *ethernet*-a što znači da će ovaj sistem prenosa lako omogućiti prelazak na protokol 104 korišćenjem *ethernet* interfejsa. U perspektivi je i moguća implementacija standarda IEC 61850 koji takođe koristi *ethernet* interfejse.

Na nekim lokacijama je povezano više udaljenih stanica na jedan multiplekser. Iskorišćeni su bakarni kablovi koji već postoje do njih. Tako npr. na multiplekser na Banovom Brdu dolaze signali do 3 daljinske stanice: Banovo Brdo, Makiš i Sremčica. Da bi se premostila velika rastojanja koja RS232 interfejs na DATAR modulu ne može da savlada, koriste se modemi koji se postavljaju jedan kod daljinske stanice, drugi kod multipleksera.

Nadzor mreže

Nadzor mreže se obavlja pomoću softvera za nadzor. Njegov deo je grafički korisnički interfejs koji je standardna *Windows* aplikacija koja omogućava administratoru nadzor nad sistemom. Nadzor je baziran na TCP/IP protokolu, čime je omogućeno da svaki multiplekser ima svoju IP adresu, tj. da se svakom multiplekseru pristupa i lokalno i daljinski (SDH ECC) kanal preko mreže multipleksera (gornja IP adresa na slikama 1-4).

ECC (*Embedded Communication Channel*) kanal obezbeđuje strukturu za menadžment komunikaciju koja omogućava povezivanje na različite čvorove u sistemu. Kontrolna jedinica obezbeđuje i kontroliše pristup ECC kanalu. On se prenosi u SDH *section overhead* bajtovima u STM-1 signalu. Omogućeni su kanali kapaciteta 192kbit/s i 576 kbit/s.

Lokalno se uređaju pristupa pomoću ethernet ili serijskog porta koji se nalaze na centralnoj kartici uređaja. Kada je u pitanju udaljeni pristup onda se sa jedne lokacije može pristupiti svim ostalim uređajima u mreži. Tada se jedan računar vezuje lokalno na jedan od multipleksera u mreži, a onda se svim ostalim uređajima pristupa udaljeno kroz taj multiplekser, koristeći veze između multipleksera. Ovde je takođe važno napomenuti da navedeni program za nadzor ima mogućnost polinga, odnosno periodičnog prozivanja uređaja. Na taj način se periodično očitavaju alarmi sa svih uređaja i ispisuju na ekranu, tako da se stanje sistema može pratiti sa centralne lokacije. Ovaj program omogućava i definisanje šifri za pristup uređaju, kao i definisanje šifri za pristup samom programu sa različitim privilegijama u radu. Na ovaj način se sigurnost sistema povećava. Sam softver za nadzor ima četiri nivoa pristupa. Nivoi pristupa se razlikuju po tome da li dozvoljavaju samo očitavanje konfiguracije uređaja ili i njenu izmenu. Takođe na svakom uređaju se mogu definisati šifre pristupa. U tom slučaju postoje dva nivoa zaštite. Jedan nivo zaštite podrazumeva da korisnik koji želi pristup sistemu, mora uneti i odgovarajuću šifru, dok drugi nivo zaštite omogućava da se samo sa određenih računara može pristupiti uređaju. U tom slučaju, računari sa kojih se može pristupiti uređaju su oni kod kojih je softver na računaru instaliran sa šifrom koja je jednaka šifri upisanoj na centralnu karticu i koja se ne može nikako pročitati, već se automatski upisuje prilikom prvog pristupa uređaju. Naravno, nijedan od ovih metoda zaštite ne mora da se koristi, a može se koristiti i samo jedan od njih.

ANALIZA MOGUĆNOSTI POVEZIVANJA NA OPTIČKU MREŽU EPS-A

Elektrodistribucija Beograd je privredno društvo Elektroprivrede Srbije koja ima instaliranu OPGW mrežu na celoj teritoriji Srbije sa istim tipom uređaja za multipleksiranje kao i EDB. Na mestima koja predstavljaju zajednička čvorišta, moguće je povezivanje mreže EDB-a na mrežu EPS-a. Na taj način se može obezbediti upravljanje daljinskim stanicama kojima se može lako pristupiti iz mreže EPS-a, a do kojih ne postoji prenosni put EDB-a.



Slika 5 – Povezivanje objekta Filmski grad preko mreže EPS-a

Multiplexer u TS Filmski grad je povezan STM1 signalom na mrežu multipleksera EPS-a. Kako na lokaciji DC Slavija postoji čvor prenosnog sistema EPS-a, DU za TS Filmski grad ulazi u EPS-ovu prenosnu mrežu na modul V.24/V.28 pritoka i prenosi se do multipleksera u TS Filmski grad. Da bi bilo moguće nadzirati ovaj multiplexer iz mreže EDB-a, na lokaciji DC Slavija, mreže multipleksera EDB i EPS su povezane 2Mb/s-im linkom preko koga se prenosi ECC.

Treba reći da mreža EPS-a mreža ima precizniji izvor takta od mreže EDB-a (mreža multipleksera EDB-a sinhronizovana je na lokalni izvor takta multipleksera na Slaviji). Iako je za aplikacije koje se koriste u EDB-u trenutno implementirana preciznost adekvatna, planira se da mreža EDB-a bude sinhronizovana na izvor takta mreže EPS-a. To se ostvaruje povezivanjem eksternog interfejsa kontrolne kartice multipleksera na Slaviji i EPS-ovog multipleksera na Slaviji.

ZAKLJUČAK

Realizacija ovog optičkog digitalnog sistema prenosa omogućava izgradnju telekomunikacionog sistema i podršku tehničkom i poslovnom sistemu upravljanja. Kapaciteti ovog sistema zadovoljavaju sve potrebe za prenos signala sistema daljinskog upravljanja i u velikoj meri povećavaju pouzdanost sistema. Omogućena je kontrola svih uređaja u optičkoj mreži sa jedne lokacije. U budućnosti se optički kapaciteti mogu iskoristiti za prenos signala iz lokalnih računarskih mreža i VoIP mreža. Sve to omogućava PD Elektrodistribucija Beograd da sopstvene telekomunikacione resurse iskoristi za ekonomsku konsolidaciju. Veliki kapacitet ovih prenosnih puteva i dalje ostaje neiskorišćen, što omogućava dalji tehnološki razvoj i prodor u domaću telekomunikacionu industriju.

LITERATURA

1. Institut Mihailo Pupin, „Studija razvoja telekomunikacionog sistema privrednog društva za distribuciju električne energije “Elektrodistribucija Beograd d.o.o.“
2. N. Antić, M. Beleslin, M. Matić, “Mogućnost realizacije optičkih veza u mreži EPS-a”
3. M. Stanisavljević, N. Antić, ”Mogućnost primene optičkih kablova po dalekovodima visokog napona kao prenosnog medija u okviru elektroprivredne telekomunikacione mreže na užoj teritoriji Beograda”
4. Dokumentacija Izvedenog stanja UMUX mreže Elektrodistribucija Beograd
5. K Mile, ”UMUX Multiservice Access Platform”