

Modernizacija telefonske mreže Hrvatskih željeznica na području regije Jug

Gavranović, Ivana

Professional thesis / Završni specijalistički

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:288718>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Ivana Gavranović

**MODERNIZACIJA TELEFONSKE MREŽE
HRVATSKIH ŽELJEZNICA NA PODRUČJU
REGIJE JUG**

SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2020. godine

Mentorica: **Prof. dr. sc. Sonja Grgić** - Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

Specijalistički rad ima 97 stranica.

Specijalistički rad br.:

Povjerenstvo za ocjenu u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Gordan Šišul, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
- predsjednik
2. Prof. dr. sc. Sonja Grgić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
- mentorica
3. Prof. dr. sc. Lidija Mandić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet – članica

Povjerenstvo za obranu u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Gordan Šišul, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
- predsjednik
2. Prof. dr. sc. Sonja Grgić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
- mentorica
3. Prof. dr. sc. Lidija Mandić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet – članica

Datum obrane: 28. travnja 2021. god.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KLASIFIKACIJA LOKACIJA	4
2.1. Definicija lokacije	4
2.2. Komunikacijski zahtjevi po rangovima lokacija	6
3. OPTIČKI KABEL I FIZIČKI SLOJ OKOSNICE	8
3.1. Uvod	8
3.2. Nitni plan optičkog kabela	9
3.3. Izgradnja optičke infrastrukture	10
3.4. Optički razdjelnik	13
3.5. Sustav za nadzor optičke mreže	15
4. SDH TRANSMISIJSKA OKOSNICA	18
4.1. SDH transmisijska okosnica na HŽ-u	22
4.2. Tehničko rješenje SDH transmisijske okosnice	28
5. IP INFRASTRUKTURA	31
5.1. Black Diamond 8810 Ethernet preklopnik	32
5.2. Summit 200-24/48 Ethernet preklopnik	34
6. ŽAT CENTRALE	
6.1. Postojeća topologija ŽAT sustava	36
6.2. Sklopovska konfiguracija ŽAT centrala	40
6.3. Povezivanje udaljenih korisničkih priključaka ŽAT-c	46
6.3.1. Multiservisni uređaj UMUX 1200 Keymile	47
6.4. Povezivanje ŽAT-c u mrežu HŽ-a	50
6.4.1. Povezivanje ŽAT-c SHDSL modemima	52
6.4.2. Povezivanje ŽAT-c Perković i ŽAT-c Šibenik	53
6.5. Nadzor i upravljanje ŽAT-c	54
7. MPLS	58
7.1. Uvod	58
7.1.1. Osnovni elementi MPLS rješenja	60
7.1.2. Struktura MPLS mreže	62

7.2.	MPLS profil mrežnog prometa.....	63
7.3.	Prijedlog tehničkog rješenja transportne mreže.....	64
7.3.1.	MPLS-TP uređaj-tip 7090-100 CEM.....	65
7.3.2.	MPLS-TP uređaj-tip 7090-2 CEM.....	66
8.	MODERNIZACIJA ŽAT MREŽE.....	68
8.1.	Općenito o ŽAT sustavu baziranom na MiVoice MX-One rješenju.....	69
8.1.1.	Uslužni čvor	69
8.1.2.	Medijski pristupnici.....	70
8.1.3.	Paket za upravljanje MX-One sustavom.....	72
8.2.	Zamjena postojećeg sklopovlja uslijed migracije u MX-ONE TS.....	73
9.	ZAKLJUČAK.....	83
	LITERATURA.....	84
	POPIS OZNAKA I KRATICA.....	86
	POPIS TABLICA.....	90
	POPIS SLIKA.....	91
	SAŽETAK.....	94
	KLJUČNE RIJEČI.....	94
	SUMMARY.....	95
	KEYWORDS.....	95
	ŽIVOTOPIS.....	96
	BIOGRAPHY.....	97

1. UVOD

U željezničkom prometu su prisutni najrazličitiji tipovi telekomunikacijskih uređaja. Pored klasičnih telekomunikacijskih uređaja i aparata u željezničkom prometu razvijeni su specifični uređaji, koji se koriste duž željezničkih pruga u obliku pružnih telefonskih veza, dispečerskih telefonskih sustava, telefonskih sustava za ranžirne kolodvore i velike željezničke čvorove. Automatizacija željezničkog telefonskog prometa omogućuje preko automatskih centrala odvijanje telekomunikacijskog prometa svih međusobno ovisnih radnih mjesta i izvedena je tako da u potpunosti odgovara specifičnim potrebama procesa željezničkog prometa.

Željeznička se automatska telefonska mreža (ŽAT mreža) sastoji iz mreže telefonskih centrala međusobno povezanih sustavima za prijenos i iz korisničkih telefonskih aparata. Organizacija ŽAT-mreže temelji se na i načinu upravljanja i organizaciji željezničkog prometa i raspodjeli telefonskog prometa.

Na području djelovanja Područne radne jedinice (PRJ) za održavanje SS i TK sustava, EEP i KM Jug prije desetak godina pristupilo se modernizaciji telekomunikacijskog sustava.

U navedenom periodu ugrađene su nove digitalne ŽAT-c, izgrađena je optička mreža Hrvatskih željeznica s čime je stvoren preduvjet za daljnju modernizaciju i ugradnju suvremenih komunikacijskih uređaja. Izgradnjom fizičkog sloja okosnice ostvarene su mogućnosti za povezivanje uređaja.

Hrvatske željeznice istovremeno su gradile poslovnu, podatkovnu IP (*Gigabit Ethernet*) infrastrukturu za povezivanje putničkih blagajni, prometnih terminala i osobnih računala te procesnu SDH mrežu koja se zbog visokog stupnja pouzdanosti i zaštitnih transportnih mehanizama koristi za servise koji se odnose na nesmetan i siguran tijek željezničkog prometa. Jedan od servisa je interkonekcija ŽAT centrala te povezivanja multipleksora i analognih telefonskih priključaka sa primarnom ŽAT centralom putem E1 veza.

Specijalističkom radnjom prikazati će se postojeće stanje ŽAT mreže, realizacija udaljenih korisnika, način povezivanja digitalnih ŽAT centrala tj. prikaz postojeće SDH transmisijske okosnice i rezervnog SHDSL prijenosa te izgrađene IP infrastrukture.

Budući da namjenske mreže prelaze na *Ethernet* tehnologiju, potrebno je razmotriti i modernizaciju SDH transportne okosnice tj. prijeći na MPLS-TP tehnologiju koja na jednako siguran način implementira *Ethernet* servise i omogućava implementaciju servisa većih kapaciteta (video nadzor, sustav za informiranje putnika...). Isto će biti prikazano u specijalističkom radu.

ŽAT sustav na području regije Jug izgrađen je modelom centrala TSW koje su implementirane 2010. godine i koje su dosegle kraj životnog ciklusa, odnosno ciklusa uporabe (phase-out). Također, nije moguća promjena i nadogradnja postojećoj verziji sustava zbog nemogućnosti dobave opreme za postojeći hardver niti licenci za dodavanje novih korisnika, kako direktnih ili lokalnih tako i dalekih priključaka. Za navedeni sustav razvijena je modernizirana verzija komunikacijskog sustava MiVoice MX-ONE TS (Telephony Server) te će isti biti razrađen u specijalističkom radu. MX-ONE podržava mnoštvo novih i klasičnih sučelja, kao što su IP (SIP i H.323), ISDN, DECT te analogna i digitalna sučelja. U skladu s time, MX-ONE lako surađuje kako s potpunim IP instalacijama tako i s konvencionalnim telekomunikacijama. Kao primjer problematike prikazati će se migracija ŽAT-c Knin.

Popis pruga koje obuhvaćaju područje djelovanja PRJ za održavanje SS i TK sustava, EEP i KM Jug-u daljnjem tekstu regija Jug:

- M304 DG – Metković – Ploče
- M604 Gračac (uklj.) – Split
- M606 Knin – Zadar
- M607 Perković – Šibenik.

Željeznička pruga Ogulin – Knin – Split (Vb1) je priključna željeznička pruga kojom se neposredno i preko drugih priključnih pruga srednje-dalmatinske luke Split, Šibenik i Zadar priključuju na ogranak Vb Pan-Europskog željezničkog koridora. Istodobno vrlo važna pruga za daljinski i regionalni željeznički promet koji povezuje srednju Dalmaciju i Liku sa središnjom Hrvatskom. Stoga će u specijalističkoj radnji naglasak biti na dionicu navedene pruge Gračac-Knin-Split koja je u nadležnosti regije Jug, a čija je ukupna duljina 166,8 km. Pruga Perković-Šibenik je priključna pruga na istu kao i pruga Knin-Zadar. Izrađen je projekt ugradnje telekomunikacijskih uređaja na pruzi Knin-Zadar, s obzirom da je cijela infrastruktura uništena tijekom Domovinskog rata. Nakon istog, pristupilo se djelomičnoj modernizaciji samo kolodvora Zadar.

Pruga Državna granica-Metković-Ploče u duljini od 22,74 km pripada području održavanja Regije Jug, ali s obzirom da pripada ogranku Vc paneuropskoga koridora) DG – Beli Manastir – Osijek – Slavonski Šamac – DG – (Sarajevo) – DG – Metković – Ploče, modernizacija uređaja je u ovisnosti o projektima i investicijama na istome te neće biti predmet specijalističke radnje.

2. KLASIFIKACIJA LOKACIJA

2.1. Definicija lokacija

Prema klasifikaciji lokacija (službenih mjesta) korištenoj u Hrvatskim željeznicama definira se i klasifikacija lokacija koja se koristi u okviru modernizacije telekomunikacijske infrastrukture. Nakon analize informacijsko-komunikacijskih zahtjeva (sadašnjih i budućih) na pojedinim tipovima lokacija, definiraju se četiri tipa lokacija u koje raspoređujemo sve lokacije: veliki kolodvor, kolodvor, stajalište te spojna točka [1].

Veliki Kolodvori (5+1):

Gračac, Knin, Perković, Split, Šibenik+(Split Predgrađe).

Kolodvori (15):

Malovan, Zrmanja, Plavno, Pađane, Kosovo, Drniš, Žitnić, Unešić, Primorski Dolac, Brdašće, Labin Dalmatinski, Sadine, Kaštel Stari, Kaštel Sućurac, Solin

Stajališta (18):

Cerovac, Pribudić, Prljevo, Oton, Stara Straža, Kaldrma, Tepljuh, Sedramić, Planjane, Cera, Koprno, Donji Dolac, Bakovići, Preslo, Prgomet, Sadine, Kaštel Kambelovac, Kaštel Gomilica

Na priloženoj tablici su dane tipovi lokacija na dionici pruge Gračac – Knin te ukupna duljina dionice.

Tablica 1. Pregled dionica i tipova lokacija

Dionica	Veliki Kolodvori	Kolodvori ukrižja	Stajališta	Spojne točke	Ukupno	Duljina (km)
Gračac-Split	5+1	15	18	0	39	166.8

Veliki kolodvor

Veliki kolodvor je svaki kolodvor koji je prometno značajniji i najčešće se nalazi u velikim naseljima te se u njemu očekuje veći agregirani promet lokalne mreže, povezivanje s okolnim lokacijama Hrvatskih željeznica tj. potencijalno i tržišni telekomunikacijski kapacitet i usluge. Dodatna karakteristika velikih kolodvora je pouzdana i kvalitetna infrastruktura koja omogućava smiješaj opreme koja zahtjeva visoku pouzdanost i dostupnost (DWDM, čvorovi IP mreže, telefonske centrale i slično).

Kolodvor

Kolodvor/ukrižje zapravo odgovara „običnim“ manjim kolodvorima i ukrižjima. Ukrižje (mjesto na pruzi na kojemu je moguće mimoilaženje na jednokolosječnoj pruzi) je po sudjelovanju u procesu prometa ekvivalentno kolodvoru, samo na njemu nema putničkog prometa. Oba ova tipa lokacije su zaposjednuta, odnosno postoje prometnici i drugi djelatnici koji sudjeluju u vođenju prometa. Na kolodvorima je izgrađena lokalna mreže s 10-20 korisnika.

Stajalište

Stajalište je prema svojoj definiciji bez djelatnika koji sudjeluju u vođenju prometa, odnosno na njima se ne događa nikakav proces koji ima veze s samim vođenjem prometa. Na stajalištu mogu postojati djelatnici koji obavljaju druge poslove (poput prodaje voznih karata). S vremenom na stajališta se planira ugradnja automata za prodaju voznih karata s pripadajućim sustavom video nadzora i slično, poradi čega postoji potreba za spajanje manjeg broja automatskih uređaja ili korisnika na takovim lokacijama (do 10). Obzirom na slične zahtjeve, pod rang stajališta također ubrajamo neke tipove postrojenja (poput stabilnih elektrovučnih postrojenja (EVP, PSN i PS)) ukoliko se ona nalaze na otvorenoj pruzi (izvan kolodvora i stajališta).

Spojna točka

Spojna točka jest zapravo granični spoj na fizičkom sloju, odnosno je uglavnom riječ o standardnoj telekomunikacijskoj betonskoj blok kućici (BBK) ili o kontejneru u kojoj se obavlja spajanje optičkih i ostalih kabela s susjednim željezničkim upravama. U takovoj kućici se nalaze optički razdjelnici (ODF – *Optical Distribution Frame*) čijim

se prospajanjem ostvaruje veza prema informacijsko-komunikacijskim mrežama susjednih željeznica.

2.2. Komunikacijski zahtjevi po rangovima lokacija

Nakon klasifikacije lokacija, odnosno službenih mjesta razrađen je plan potreba za različite rangove službenih mjesta. Osnovni komunikacijski zahtjevi po rangovima lokacija su dani u tablici 2. te prema njima se postavljaju zahtjevi za izgradnju komunikacijske infrastrukture U tablici se za SDH opremu definira kapacitet tributarija koji moraju biti podržani, odnosno ih SDH oprema mora moći prihvatiti. Nakon tablice se daje pregled aplikacija koje bi komunicirale preko predviđene infrastrukture [1].

Tablica 2. Pregled komunikacijskih zahtjeva

Rang lokacije	LAN korisnika	Tel. korisnika	SDH Trib. do i E1	PDH/SDH Trib. preko E1
STAJALIŠTE	<5	-/IPTel	NE	NE
KOLODVOR / UKRIŽJE	5-20	5-20	DA	NE
VELIKI KOLODVOR	20-100	20-100/PBX	DA	DA

Stajalište

Prema nekakvoj perspektivi razvoja i modernizacije lokacija ovog ranga, na ovakvoj lokaciji se mogu maksimalno očekivati slijedeće aplikacije:

- Aparat za automatsku prodaju voznih karata (povezan na središnji sustav prodaje).
- Kamere za nadzor lokacije te aparata za prodaju spojene na središnji sustav nadzora.
- Informacijski pokazivači koji najavljuju dolazak vlaka na peronima.
- Zasloni sposobni emitirati video poruke reklamnog i prometnog sadržaja.
- Centralizirani i automatski audio sustav za najavu vlakova i obavijesti.
- Telefon (govornica) spojena na javnu i/ili privatnu mrežu (moguće IP izvedbe).

Kolodvor

Na lokacijama ranga kolodvora se mogu očekivati neke dodatne aplikacije koje imaju više veze sa samim odvijanjem prometa te se popisu za stajalište dodaju slijedeće aplikacije koje komunikacijsko-informacijska infrastruktura treba zadovoljiti.

- Lokalna mreža za uredska računala (do 20-ak računala)
- Veza s centralnim poslovnim informacijskim sustavom.
- Računala prometnika, veza s centralnim prometnim i tehnološkim aplikacijama.
- Putničke blagajne povezane na središnji sustav prodaje.
- Teretne blagajne povezane na središnji sustav prodaje i organizacije prijevoza tereta.
- Korisnici uredske (ŽAT) telefonije.
- Agregacija pružne telefonije i integrirane prometničke komunikacijske konzole.
- Agregacija signalno-sigurnosnih (SS) podataka s SS uređaja i postrojenja.
- Ugradnja baznih stanica privatne mobilne mreže (GSM-R) ili/i radio-dispečerskog sustava.

Veliki kolodvor

Dodatni zahtjevi na ovakvim lokacijama u odnosu na lokacije ranga kolodvora su primarno u značajnom povećanju broja korisnika u lokalnim mrežama.

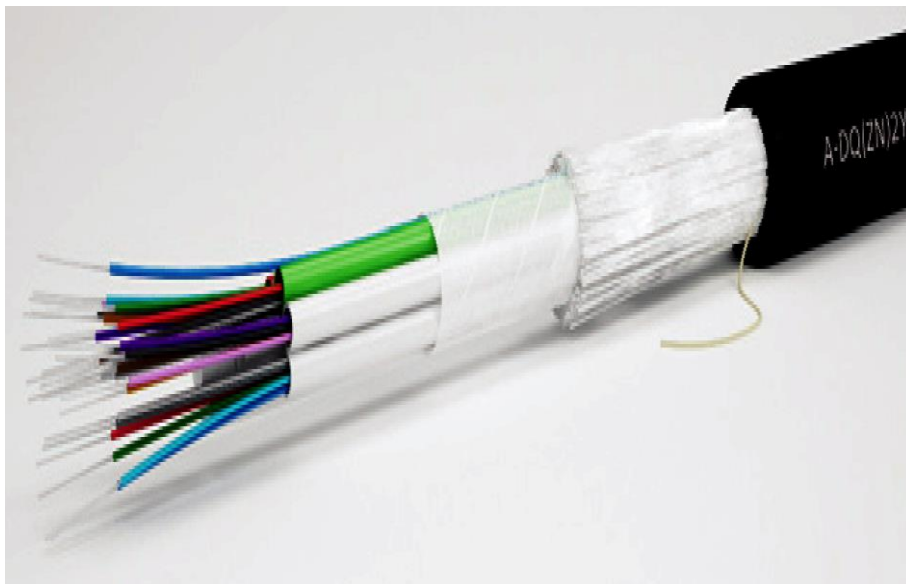
- Veće lokalne mreže za uredske korisnike (20 do 100 korisnika).
- Pristup više razine i viših mogućnosti poslovnom informacijskom sustavu i tehnološkim aplikacijama.
- Područni poslužitelji sustava za centralni video nadzor.
- Područni poslužitelji tehnoloških, prometnih i financijskih aplikacija.
- Lokalne telefonske centrale na ovakvim lokacijama s većim brojem korisnika, uključene u ŽAT telefonsku mrežu (ne na svim lokacijama).
- Spajanje drugih okolnih objekata HŽ-a na ovu lokaciju te agregiranje i usmjeravanje prometa s takovih lokacija u podatkovnu i telefonsku mrežu.

3. OPTIČKI KABEL I FIZIČKI SLOJ OKOSNICE

3.1. Uvod

Optička infrastruktura Hrvatskih željeznica predstavlja temelje komunikacijske, informacijske i sigurnosne infrastrukture Hrvatskih željeznica. Također, viškovi ugrađenih kapaciteta po pojedinim zahtjevima iznajmljuju se na tržište telekomunikacijskih usluga [2].

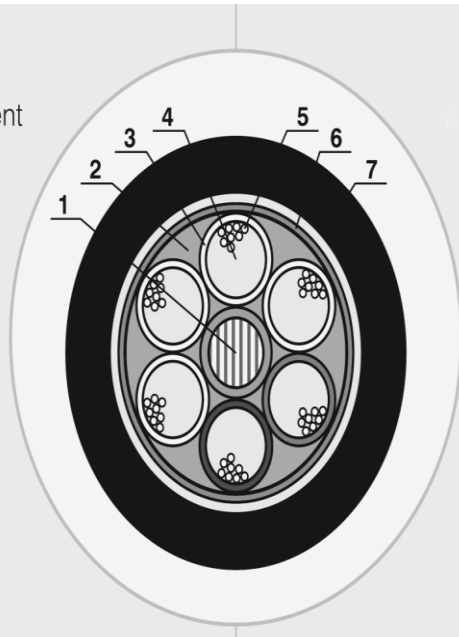
Na dionici pruge Ogulin – Gračac – Knin –Split ugrađen je tip kabela: A-DF(ZN)RG2Y kapaciteta 48 jednomodnih vlakana (6 cijevi x 8 niti), radne valne dužine 1310 nm i 1550 nm (Slika 3.1.,Slika 3.2.).



Slika 3.1. Svjetlovodni kabel A-DF(ZN)RG2Y [2]

OPIS KONSTRUKCIJE

1. Nemetalni centralni rasteretni element
2. Petrolatna masa
3. Cjevčica Pa; PBT; Pa/PBT
4. Tiksotropična masa
5. Svjetlovodna vlakna
6. Nosivi elementi
7. Vanjski plašt PE slijepljen s aluminijskom trakom (vodonepropusna barijera)



Slika 3.2. Presjek svjetlovodnog kabela [2]

3.2. Nitni plan optičkog kabela

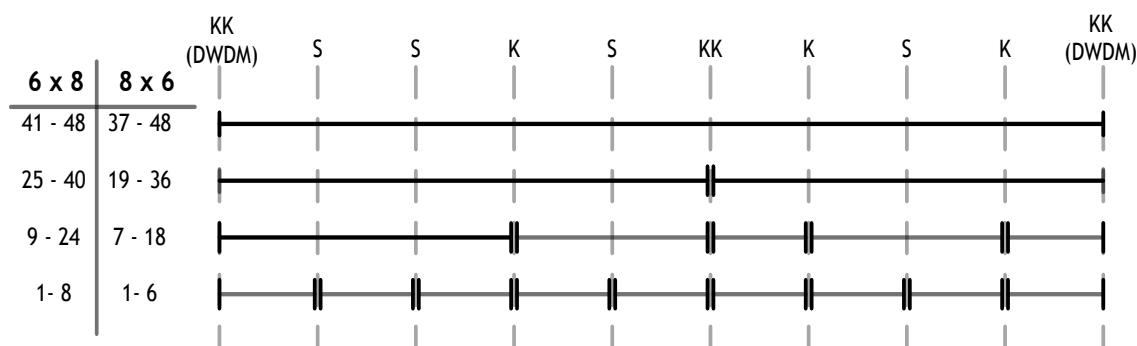
Na temelju zahtjeva za korištenjem 48-nitnog kabela definira se nitni plan prema kojemu se kasnije radi izvedba ugradbe optičkog kabela. Broj niti koji se vadi na lokaciji pojedinog ranga treba zadovoljiti potrebe za spajanje komunikacijske opreme i sustava koji se nalaze na lokaciji danog ranga.

Plan niti dodatno ovisi o samoj konstrukciji kabela, odnosno ponešto je različita ovisno o tome da li je kabel u 8x6 ili 6x8 (cijevi x niti) konfiguraciji (odnosno da li ima 8 podcijevi s po 6 niti u svakoj ili ima 6 podcijevi s 8 niti u svakoj). Prilikom spajanja dviju sekcija kabela na pojedinoj lokaciji, ovisno o njenom rangu se rade izvodi i konektORIZACIJA dijela niti optičkog kabela, dok se ostale niti spajaju fusion-splice metodom. U tablici 2.1. navodi se broj niti koje se izvode i povezuju u optičkom razdjelniku (K), odnosno broj niti koji se prespaja fusion-splice metodom (P), zavisno o rangu lokacije [1].

Tablica 3. Nitni plan optičke infrastrukture

RANG LOKACIJE	8 CIJEVI PO 6 NITI	K/P	6 CIJEVI PO 8 NITI	K/P
STAJALIŠTE	6	06/42	8	08/40
KOLODVOR/ UKRIŽJE	6 + 12	18/30	8 + 16	24/24
VELIKI KOLODVOR	6 + 12 + 18	36/12	8 + 16 + 16	40/08
VEL.KOL. S DWDM	6 + 12 + 18 + 12	48/00	8 + 16 + 16 + 8	48/00

Zahtjev jest da način numeriranja niti bude konzistentan na svim dionicama i na svim lokacijama. Također, poželjno jest da način numeriranja bude usklađen s principom numeriranja koji je primijenjen na trenutno postojećoj optičkoj infrastrukturi HŽ-a prema kojoj su brojevi niti apsolutni te da rastu prema rangu lokacije, niti koje spajaju stajališta su 1-6, odnosno 1-8 te tako prema višim brojevima kako je prikazano na slici 3.3..



Slika 3.3. Nitni plan optičke infrastrukture [1]

3.3. Izgradnja optičke infrastrukture

Trasa optičkog kabela, PEHD cijevi (jedna cijev u kojoj je položen optički kabel i jedna rezervna cijev) te pružni energetski kabel (PNK) kreće se trasom postojećeg STKA kabela, osim na mjestima gdje je nužno trasu izmjestiti zbog nemogućnosti polaganja po postojećoj trasi. Kabeli i cijevi polagani su u postojeći zemljani kabelski rov na dubinu od 80 cm, uz postojeći STKA kabel.

Na slikama 3.4., 3.5. i 3.6. prikazan je način na koji se vrši polaganje kabela na specifičnim mjestima.



Slika 3.4. Vođenje kabela u usjecima i prosecima



Slika 3.5. Prolaz PVC cijevi ispod pruge i/ili prometnice



Slika 3.6. Princip vođenja kabela i PEHD cijevi unutar tunela

Duljina i raspored uvlačnih dionica za upuhavane optičkog kabela ovise o predviđenoj trasi kabela i o maksimalnoj tvorničkoj dužini optičkog kabela namotanog na bubanj. Nabavna dužina optičkog kabela iznosi 3.000 m na jednom bubnju. Za provjeru tvorničke dužine i gušenja isporučenih i položenih optičkih kabela predviđa se korištenje Backscattering metode, kojom radi OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*). Prema tim kriterijima određene su uvlačne dionice za upuhivanje optičkog kabela.

Nakon polaganja i zatrpavanja tvorničke dužine PEHD cijevi pristupa se provjeri stanja cijevi pomoću kalibratora koji treba propuhati kroz svaku tvorničku dužinu cijevi prije nego se pristupi spajanju cijevi. Prolaz kalibratora kroz cijev potvrđuje da je cijev kvalitetno položena u zemlju tj. da je prohodna i bez većih deformacija profila. Cijevi kroz koju prođe kalibrator mogu nakon spajanja tvorničkih dužina poslužiti za upuhavanje kabela. Tvorničke dužine PEHD cijevi spaja se sa spojnicama KS-50 i spojno mjesto se učvrstiti stegnom cijevi nakon što su cijevi zatrpane u zemlju odstajale najmanje 24 sata kako bi se cijevi temperaturno stabilizirale i izbjeglo naknadno stezanje cijevi.

Dužina optičkog kabela koja se odjednom može upuhati u PEHD cijev ovisi o više faktora. Uz snagu, odnosno kapacitet kompresora koji treba iznositi više od 10 m³ zraka u minuti, bitan faktor je i konfiguracija trase, odnosno broj oštih skretanja ili lomova trase, kao i kvaliteta izrade spojnih mjesta PEHD cijevi. Najčešće se upuhuje cijela tvornička dužina kabela tj. 3000 m.

Nakon uvlačenja optičkog kabela pristupa se izradi nastavka (optičke spojnice). Budući da se spajanje obavlja u kablskom zdencu pomoću ventilatora ili grijača održavaju se određeni klimatski uvjeti. Spajanje optičkog kabela van zdenca (u terenskom vozilu koje je u blizini zdenca) zahtjeva dodatnu dužinu kabela koja je smještena i zaštićena u kablskom zdencu (cca 15 m). Spajanje optičkih vlakana vrši se postupkom zavarivanja kao na slici 3.7. [2].



Slika 3.7. Spajanje optičkog kabela postupkom zavarivanja [2]

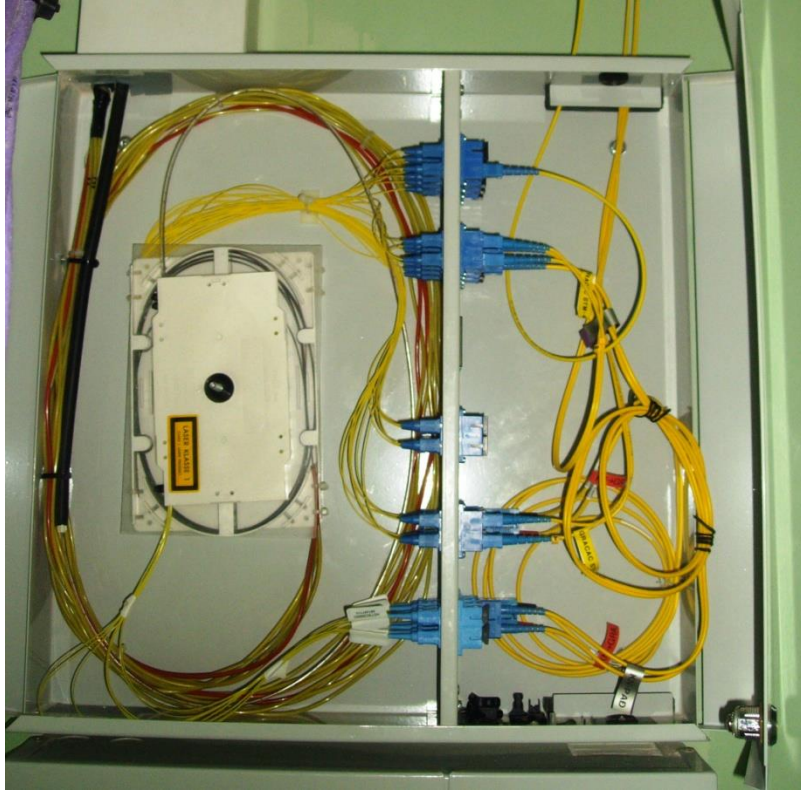
3.4. Optički razdjelnik

Ovisno o rangu lokacije, na velikim kolodvorima, kolodvorima i ukrižjima optički se razdjelnik ugrađuje u prostoriju u kojoj se nalazi aktivna mrežna oprema. Optički „magistralni“ kabel se polaže do razdjelnika i kazete za spajanje sekcija kabela gdje se i izvodi samo spajanje.

U kablskim zdencima ispred ulaza u zgradu odnosno prostoriju ostavljena je rezerva optičkog kabela u slučaju oštećenja kabela. Također, i u svakom kablskom zdenac ostavljena je rezerva dodatnih 15 m optičkog kabela.

S obzirom na lokaciju, ugrađeni su razdjelnici OR-64, OR-48 i OR-32. Razdjelnici su ugrađeni u metalnom plastificiranom kućištu predviđenom za montažu

na zid prostorije (kontejnera), s mogućnošću prihvaćanja različitog broja optičkih niti iz više kabela. Isti su modularne izvedbe za kasniju moguću nadogradnju kao na slici 3.8. [2].



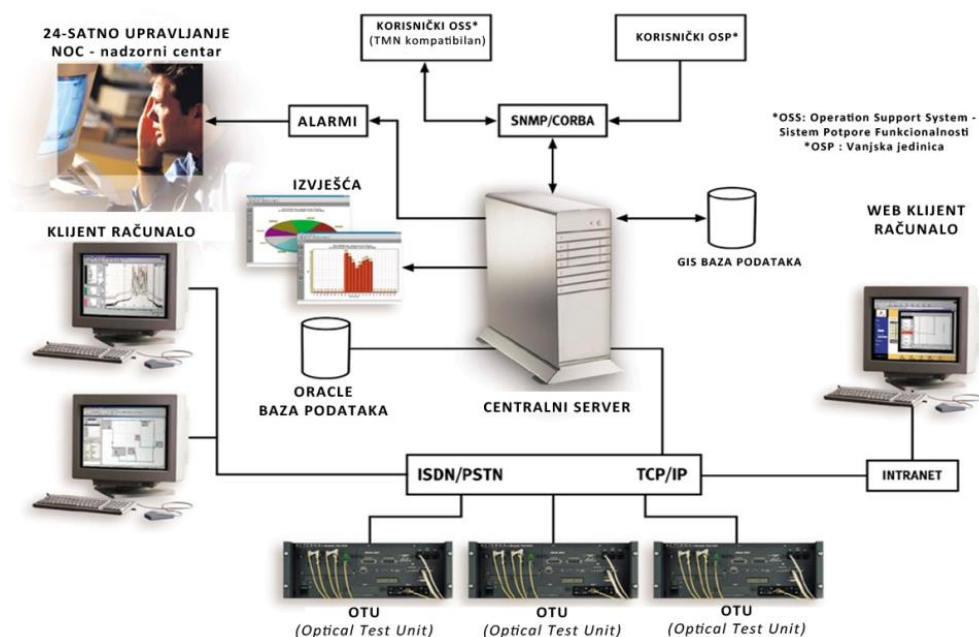
Slika 3.8. Optički razdjelnik [2]

Optički razdjelnik namijenjen je povezivanju optičke linijske opreme s optičkim kabelima te prospajanju (ranžiranju) signala s više uvodnih optičkih kabela. Opremljen je određenim brojem završnih optičkih kabela (*“pig-tail”*) kojima su zaključene optičke niti uvodnog kabela. 48-žilni uvlačni optički kabel koji se polaže do optičkog razdjelnika završava u završnoj kutiji (spojnom kućištu) na optičkom razdjelniku gdje se vrši prijelaz optičkog kabela sa više niti na završne optičke kabele s jednom niti. Završna kutija (spojno kućište) omogućava smještaj spojeva i rezervnih dužina optičkih niti za najmanje 10 obnavljanja spoja nit - završni optički kabel (*“pig-tail”*). Prijelaz sa višežilnog uvlačnog optičkog kabela sa 48 niti na završne optičke kabele vrši se nerastavljivim spojevima postupkom varenja (*“splice”*). Konektori SC kao komponente za mehaničko spajanje niti omogućuju dovoljan broj puta montažu i demontažu bez unošenja promjena nazivnih

karakteristika. U slučaju nastanka kvara ili zbog održavanja optičkog sustava prijenosa moguće je izvršiti mjerenja sa optičkog razdjelnika.

3.5. Sustava za nadzor optičke mreže

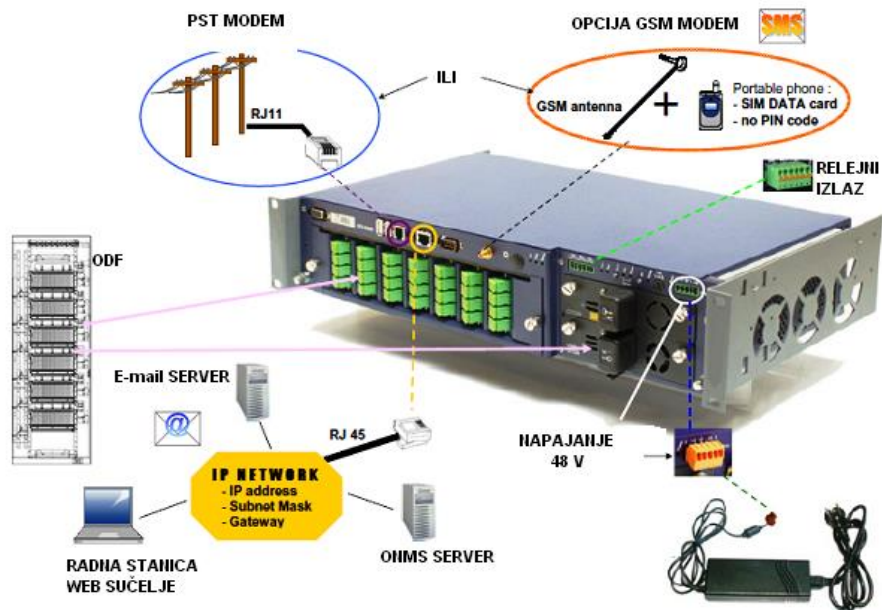
Za nadzor mreže optičkih kabela HŽ Infrastrukture koristi se sustav ONMSi (engl. Optical Network Management System) (slika 3.9.).



Slika 3.9. ONMS - arhitektura sustava [3]

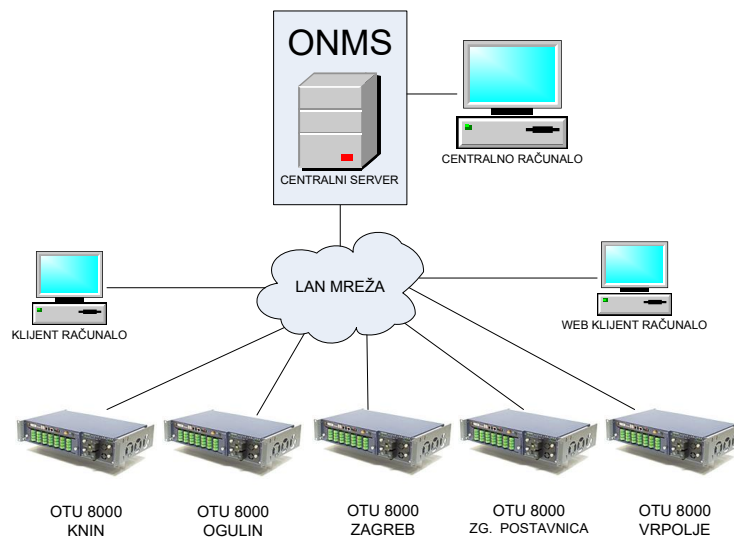
Sustav se sastoji od šest autonomnih optičkih mjernih jedinica smještenih tako da je pokriju cijelu optičku mrežu HŽ Infrastrukture, poslužiteljskoga računala i odgovarajuće programske podrške. Optičke mjerne jedinice tipa OTU-8000 smještene su u kolodvorima Zagreb Glavni kolodvor, Ogulin, Rijeka, Knin, Osijek i Strizivojna-Vrpolje i preko intranetske mreže HŽ Infrastrukture povezane su sa središnjim poslužiteljskim računalom sustava ONMSi koje se nalazi u Zagreb Glavnom kolodvoru. Centralno poslužiteljsko računalo u bazi podataka Oracle sadrži sve relevantne podatke o mreži: dokumentaciju, referentne izmjerene krivulje optičkih linkova, listu sistemskih inženjera zaduženih za održavanje i slične. Sastavni dio sustava za nadzor svjetlovoda jest i programski paket OFM-500 (engl. *Optical Fiber Mapping*) koji služi za izradu dokumentacije optičkoga kablenskog sustava i omogućuje integraciju mjernih

funkcionalnosti, dokumentiranja optičkoga kablenskog sustava i geografskoga informacijskog sustava (GIS).



Slika 3.10. OTU 8000 - Optička testna jedinica [3]

Važnost optičke infrastrukture za funkcioniranje svih modernih telekomunikacijskih sustava koji se koriste u HŽ Infrastrukturi kao i iznajmljivanje viška optičke infrastrukture zahtijevaju neprekidan uvid u stanje prijenosnoga medija na cijeloj optičkoj mreži. Neprestanim praćenjem karakteristika prijenosnoga medija omogućava se i preventivno održavanje, odnosno moguće je i unaprijed predvidjeti pojavu eventualnih problema na prijenosnome mediju zbog raznih vanjskih utjecaja (npr. temperaturni utjecaji na kabel ili natezanje kabela zbog pada grana), čime se smanjuje i trošak redovitoga održavanja [3].



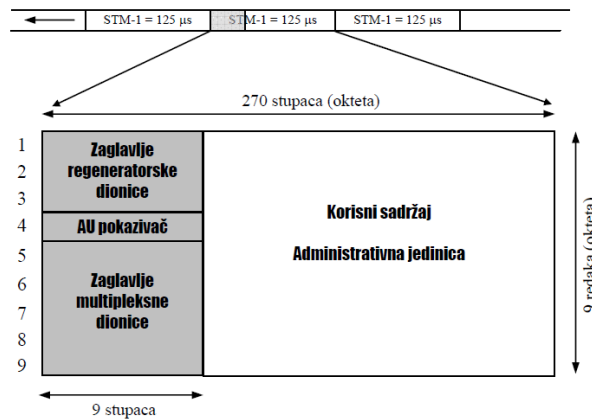
Slika 3.11. Mreža optičkih testnih jedinica [3]

4. SDH TRANSMISIJSKA OKOSNICA

Sedamdesetih godina 20. stoljeća uvedeni su digitalna tehnika i optički prijenos podataka što je utjecalo na formiranje SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) tehnike prijenosa sa kojom je započela nova faza u evoluciji telekomunikacijskih mreža. Ovaj napredak će dovesti do značajnih mogućnosti pružanja novih servisa znatno većih podatkovnih brzina. To dovodi do razvoja optičkih mreža koje sada omogućavaju prijenos veće količine podataka većim brzinama. Usvojene su tri osnovne SDH preporuke (G.707, G.708 i G.709) u kojima su definirani protoci, elementi, principi multipleksiranja, struktura okvira i struktura multipleksiranja koja je kasnije pojednostavljena i nakon toga ove preporuke nisu mijenjane

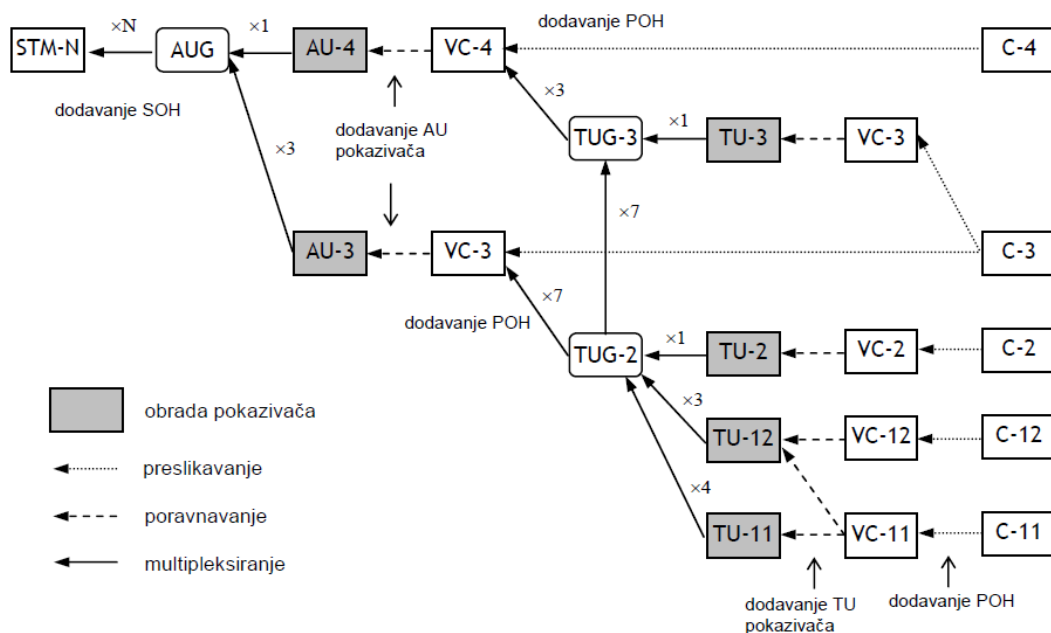
Okviri prema SDH standardu organizirani su u STM (*Synchronous Transfer Module*). Osnovni okvir kapaciteta 155,520 MBit/s naziva se STM-1 okvirom i prikazan je na slici 4.1.. Sastoji se od 270 stupaca i 9 redaka, gdje svaki element sadrži jedan oktet bitova. Prvih 9 stupaca koristi se za zaglavlja regeneratorske i multipleksne dionice te za pokazivač administrativne jedinice, dok ostalih 261 stupaca prenose korisni sadržaj [4].

Okvir STM-1 signala traje kao i svi okviri STM-N signala $125\mu\text{s}$ što odgovara frekvenciji od 8 kHz. Podatkovna brzina je $2430 \times 8 \times 8000 = 155520 \text{ kbit/s}$, što je osnovna podatkovna brzina SDH standarda. Svaki bajt predstavlja brzinu od 64 kbit/s. Brzine na višim hijerarhijskim nivoima se formiraju kao cjelobrojni umnožak STM-1 signala. Osnovna brzina je morala biti kompatibilna sa SONET-om, čiji osnovni nivo STS-1 (*Synchronous Transport Signal*) ima brzinu 51840 kbit/s, a STS-3 ima brzinu $3 \times 51840 \text{ kbit/s} = 155520 \text{ kbit/s}$. Pored osnovnog definirani su i STM-4 signal brzine 622080 kbit/s i STM-16 signal brzine 2488320 kbit/s. Signali na višim hijerarhijskim nivoima od ovih će biti definirani kada prijenos takvih signala bude ostvaren, a svi oni će predstavljati cjelobrojni umnožak STM-1 signala .



Slika 4.1. Struktura osnovnog STM okvira [4]

Korištenjem pokazivača omogućeno je kvalitetno sinkroniziranje i lako lociranje administrativnih jedinica unutar strukture okvira. Prijenos korisnih informacija iz izvora različitih brzina unutar STM-N okvira omogućen je stvaranjem virtualnih kontejnera, tributarija i administrativnih jedinica. Tributariji i administrativne jedinice nastaju dodavanjem pokazivača na virtualne kontejnere. Virtualni kontejneri su strukture koje se prenose s jednog kraja mreže na drugi, dok sve ostale strukture odlikuje veza od točke do točke (dionicama), s mogućnošću kontrole pojedine dionice pomoću zaglavlja dionica (SOH – *Section Overhead*) koje se dodaju pri različitim stupnjevima multipleksa. Standard multipleksiranja/demultipleksiranja u SDH prikazan je na slici 4.2..

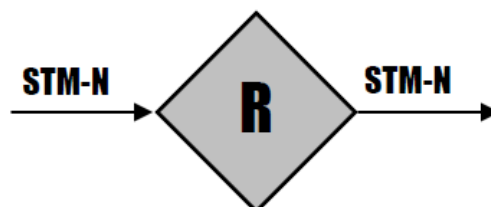


Slika 4.2. Standard multipleksiranja i demultipleksiranja u SDH [4]

Sam SDH dijeli transportne funkcije mreže na tri sloja – regeneratorsku dionicu (*Regenerator Section*), multipleksnu dionicu (*Multiplex Section*) i put (*Path*). Put u SDH odgovara putu s jednog kraja mreže na drugi (od početnog do krajnjeg SDH terminala (terminalnog multipleksora ili neke druge opreme), a njime se neovisno o ostalim dionicama prenose virtualni kontejneri sa podatkovnim sadržajima. Multipleksna dionica je dionica između dva multipleksora u mreži, a regeneratorska dionica je dionica između bilo kojeg elementa mreže i regeneratora. Prelascima na nove multipleksne, odnosno regeneratorske dionice, mijenjaju se i zaglavlja dionica (unutar SOH – RSOH = zaglavlje regeneratorske dionice, MSOH = zaglavlje multipleksne dionice). Na razini dionica omogućena je kontrola toka, detekcija pogrešaka, a predviđeni su i automatski modeli zaštitnog komutiranja (*APS – Automatic Protection Switching*) [4].

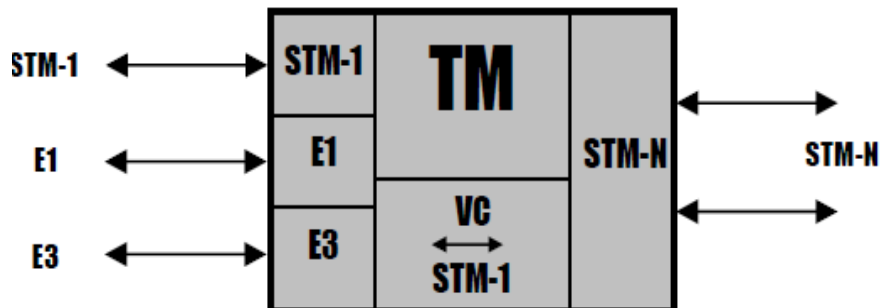
Nakon početnih razlika u sučeljima i ‘standardima’ povezivanja širokopolasne opreme različitih proizvođača, uvođenje i standardizacija ITU-T sinkrone digitalne hijerarhije dovela je do izjednačavanja svih sučelja i mogućnosti međudjelovanja opreme svih proizvođača. S razvojem novih ideja i pravaca u postavljanju osnova širokopolasne mreže te s unapređivanjem tehnoloških procesa proizvodnje SDH oprema postaje sve sofisticiranija, nudeći niz novih mogućnosti (ATM sučelje sa direktnim mapiranjem ATM ćelija u STM-N okvire, automatsko zaštitno komutiranje APS..). SDH uređaje funkcionalno dijelimo na : regeneratore, multipleksore i digitalne prospojenike (DXC, DCS – Digital CrossConnect).

Regeneratori se koriste na dužim dionicama putova, u slučajevima kada dolazi do slabljenja signala u optičkim vlaknima. Regeneratori tada obavljaju pojačanje signala te mijenjaju RSOH (zaglavlje regeneratorske dionice), dok zaglavlja multipleksne dionice i zaglavlja puta ostavljaju netaknutima. Shema regeneratora prikazana je na slici 4.3.



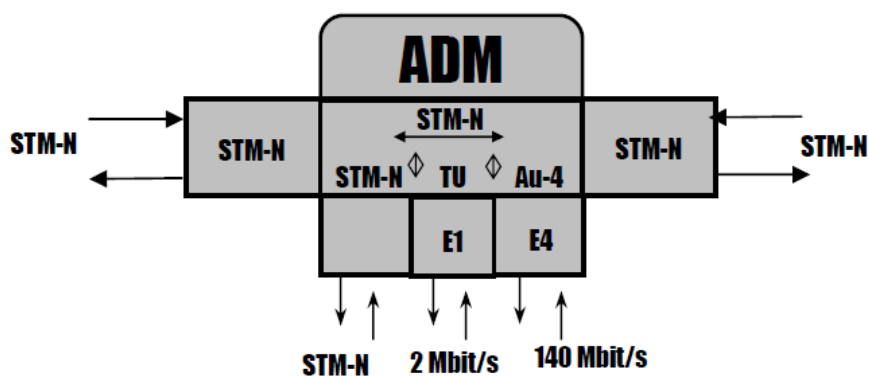
Slika 4.3. SDH regenerator [4]

Multiplexori/demultiplexori se koriste za dodavanje, izdvajanje i prijenos signala nižih brzina u brže tokove. Osnovna podjela multiplexora je na krajnje multiplexore (TM – *Terminal Multiplexor*) te na multiplexore za dodavanje i izdvajanje signala (ADM – *Add/Drop Multiplexor*) [4].



Slika 4.4. SDH terminalni multiplexor [4]

Krajnji multiplexori (Slika 4.4.) obavljaju multiplex signala nižih brzina u brže tokove. Npr. uključuju se E1 i STM-1 signali, kreiraju se zaglavlja dionica, virtualni kontejneri i sve se uključuje u npr. STM-4 signal. Dakle, u TM se obavlja kompletni multiplex signala, a naravno moguć je i demultiplex. TM se postavljaju na krajeve mreže, a njihovu ulogu u određenim strukturama mreže mogu preuzeti i ADM. ADM obavlja izdvajanje i dodavanje signala u tok. Po potrebi se obavlja i samo izdvajanje toka, uz nastavljanje prijenosa istog toka (*Drop and Continue Mux*), što se može iskoristiti u APS pri izgradnji zaštitnih ADM prstenova (Slika 4.5.).



Slika 4.5. SDH multiplexor s dodavanjem i izdvajanjem toka [4]

4.1. SDH transmisijska okosnica na HŽ-u

Prema definiranim tipovima lokacija odnosno kolodvora (poglavlje 2.) i njihovom značaju u smislu informacijsko-komunikacijskih zahtjeva (poglavlje 2.2.), planirana je i SDH transmisijska mreža. Definirano je da će SDH transmisijska okosnica kapaciteta 2 x 2,5 Gbit/s (2 x STM-16) obuhvaćati sve lokacije tipa „veliki kolodvor“ (KK) na koridoru, dok će se kroz lokacije tipa „kolodvor“ (K) realizirati linearne add/drop konfiguracije kapaciteta STM-4 odnosno SDH mreža područne razine. Iznimka je lokacija Split Predgrađe koja je definirana kao tip K, ali je realizirana kao SDH čvor okosnice kapaciteta 2 x 2,5 Gbit/s [5].

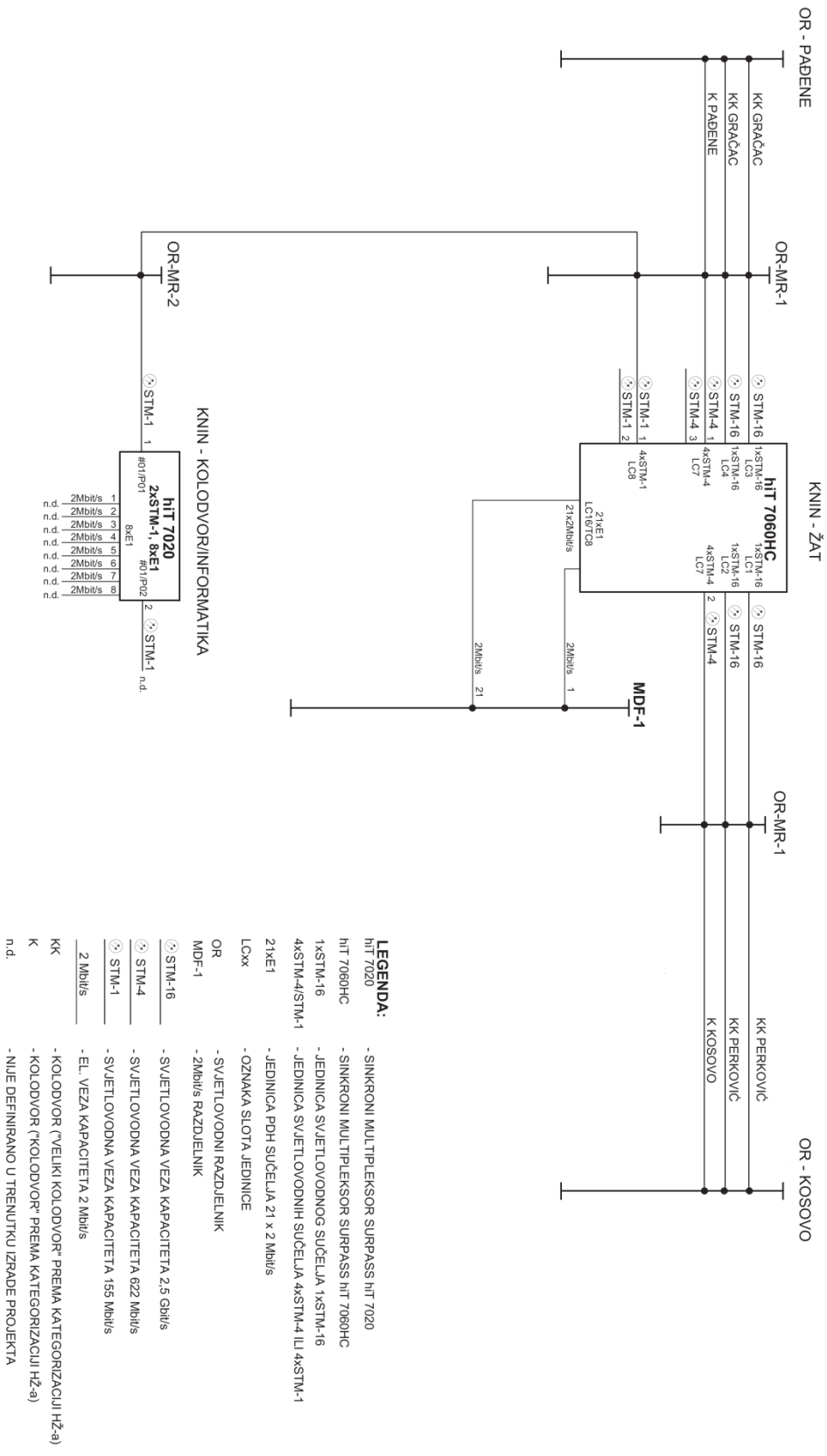
SDH transmisijska okosnica 2,5 gbit/s

Ovo rješenje obuhvaća realizaciju SDH transmisijske okosnice kapaciteta 2,5 Gbit/s (STM-16) kojom će se povezati slijedeće lokacije tipa „veliki kolodvor“ (KK) (uključujući čvor Split Predgrađe definiran kao tip „kolodvor“):

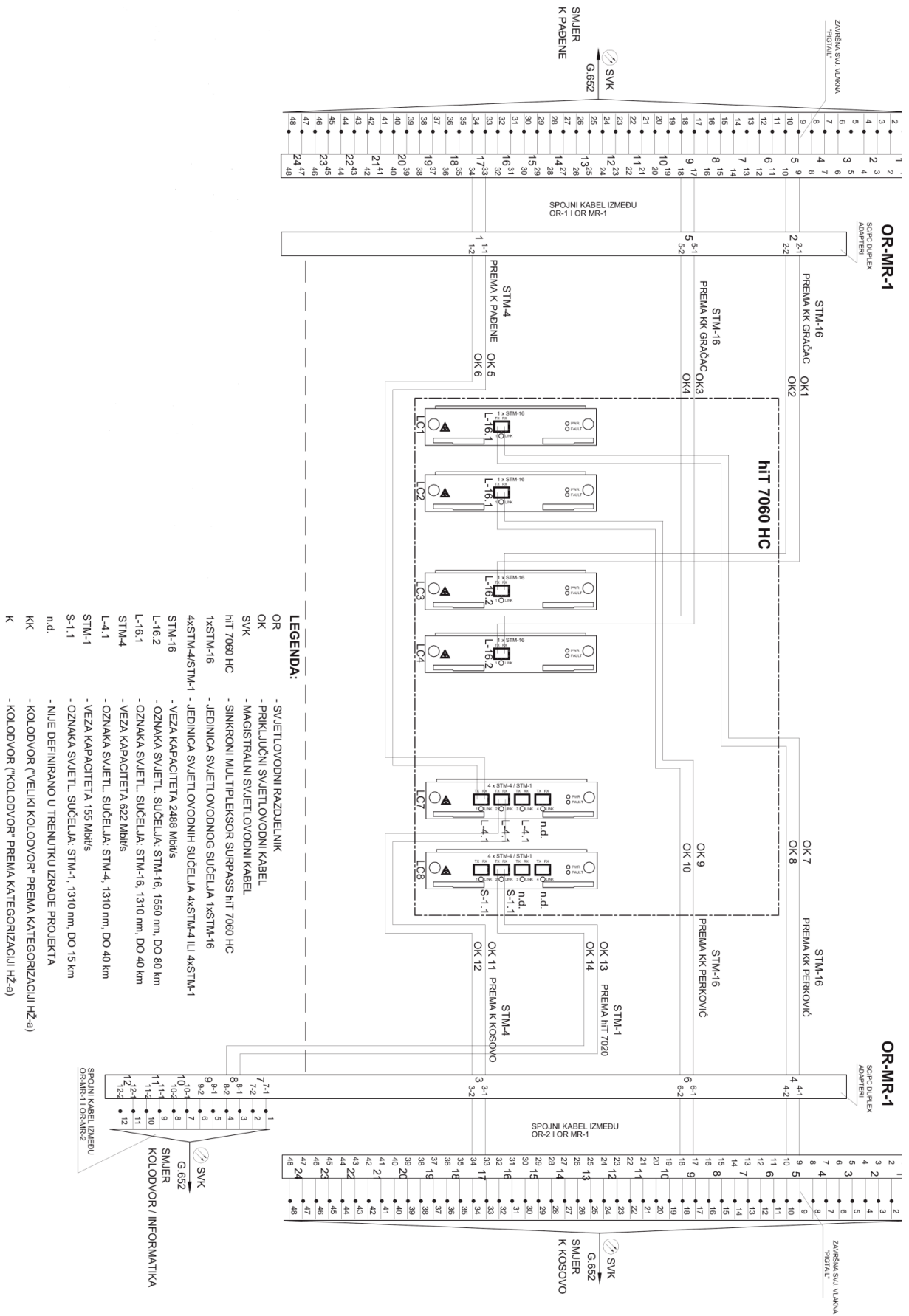
- Gračac
- Knin
- Perković
- Split Predgrađe
- Split

Između navedenih lokacija realizirane su dvije STM-16 (2 x 2,5 Gbit/s) veze. Shemu povezivanja lokacija tipa veliki kolodvor - Knin i dvaju susjednih velikih kolodvora Gračac i Perković prikazano je na slici 4.7., dok je shema povezivanja svjetlovodnih sučelja između OR susjednih kolodvora prikazana na slici 4.8. [5].

Na lokacijama Gračac, Perković Knin, Split Predgrađe i Split SDH čvorovi realizirat će se SDH multipleksorima tipa su Surpass hiT 7060 proizvođača Nokia Siemens Networks.



Slika 4.7. Povezivanje SDH multiplesora Surpass hit 7060 u kolodvoru Knin [5]



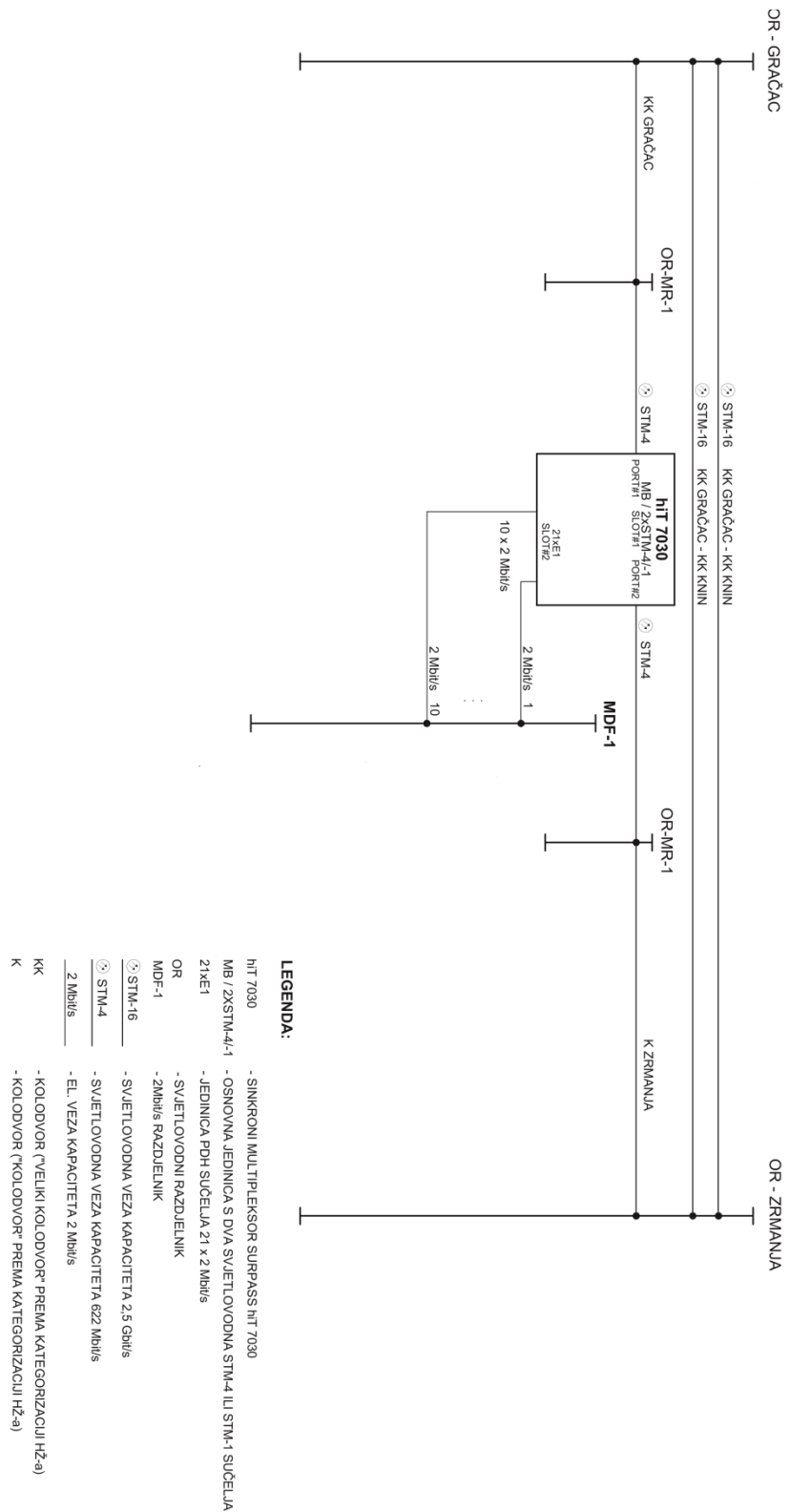
Slika 4.8. Shema povezivanja svjetlovodnih sučelja [5]

SDH mreža područne razine kapaciteta 622 Mbit/s

Ovaj dio obuhvaća realizaciju SDH transmisijskih veza kapaciteta 622 Mbit/s (STM-4) među lokacijama tipa „kolodvor“ (K) te između lokacija tipa „kolodvor“ i „veliki kolodvor“ na trasi SDH STM-16 okosnice. Ove veze će činiti SDH mrežu područne razine kapaciteta 622 Mbit/s (STM-4) za potrebe prihvata prometa područnog karaktera i njegovog usmjeravanja prema SDH čvorovima okosnice te za zaštitu najkritičnijeg dijela prometa 2,5 Gbit/s okosnice. Lokacije koje pripadaju SDH mreži područne razine su lokacije tipa „kolodvor“ (K) i to:

- Malovan
- Zrmanja
- Plavno
- Pađene
- Kosovo
- Driš
- Žitnić
- Unešić
- Primorski Dolac
- Labin Dalmatinski
- Kaštel Stari
- Kaštel Sućurac
- Solin

Među navedenim lokacijama, odnosno između njih i lokacija tipa „veliki kolodvor“ po koridorima bit će realizirane STM-4 veze, slika 4.9.. SDH transmisijsku mrežu područne razine Hrvatskih željeznica, kapaciteta 622 Mbit/s, prema ovom je rješenju planirano realizirati sinkronim multipleksorima nove generacije tipa Surpass hiT 7030 prosjerenog kapaciteta 2,5 Gbit/s (16 STM-1 ekvivalenata), linijskog kapaciteta 2xSTM-4 i tributarijskog kapaciteta do 2xSTM-1 ili 42x2Mbit/s ili 6x34Mbit/s [5].



Slika 4.9. Povezivanje SDH multipleksora Surpass hiT 7030 u kolodvoru Malovan [5]

4.2. Tehničko rješenje SDH transmisijske okosnice

Sinkroni multipleksor Surpass HIT 7060

Kao nova generacija 10 Gbit/s SDH sustava, Surpass hiT 7060 (slika 4.10.) dolazi s TDM i paketnom prospojenom matricom, čime se razlikuje od SDH opreme starije generacije. Surpass hiT 7060 sinkroni multipleksori mogu se koristiti kao "add/drop" multipleksori (ADM), terminalni multipleksori (TDM) te kao lokalni digitalni prespojnice (LCX). SDH multipleksiranje izvedeno je prema ITU/ETSI standardima. Surpass hiT 7060 podržava kompletno neblokirajući prospojeni kapacitet prometa do 160 STM-1 ekvivalenata na razini prospajanja VC-4 i do 64 STM-1 ekvivalenata na razinama prospajanja VC-3 i VC-12. Uz TDM prospojenu matricu, Surpass hiT 7060, također može biti opremljen s RPR paketnom prospojenom matricom. Paketna prospojena matrica radi kao "Layer 2 switch". Terminira VC grupe, izdvaja *Ethernet* okvire iz VC grupa i preusmjerava okvire prema destinacijskom sučelju na osnovi *Ethernet* MAC adrese.



Slika 4.10. Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7060 [6]

Uz standardne SDH i PDH kartice, Surpass hiT 7060 dolazi i sa dodatnim *Generic Framing Procedure (GFP)* sučeljima. GFP je definiran pomoću ITU-T G.7041 (definiran je i od strane ANSI), kao generički mehanizam da bi se današnji protokoli podataka prilagodili "bytealigned" mreži poput SDH. GFP podržava različite LAN i SAN

(Storage Area Network) protokole poput *Ethernet*, IP (*Internet Protocol*), ESCON (*Enterprise Systems Connection*) i FICON (*Fiber Connectivity in computing*) [6].

Sinkroni multipleksor Surpass hit 7030

Surpass hiT 7030 je multi-servisna platforma koja pokriva čitav raspon mrežnih aplikacija neophodnih za regionalne i "metro" mreže (slika 4.11.). Surpass hiT 7030 optimiziran je za paketni i tradicionalni TDM promet. Funkcionalni dizajn SURPASS hiT 7030 uređaja omogućava njegovu primjenu u različitim tipovima mrežnih struktura kao što su "point-to-point", lanac, prsten ili jednostavno za pristup okosnici SDH mreže većeg kapaciteta. Uređaj je dizajniran s funkcionalnošću prema preporukama ITU-T G.958, G.783 i G.784, te prema ETSI ETS 300 147. Dodatne funkcionalnosti kod prijenosa podataka i servisnih kanala STM-1/-4 SOH i POH također su podržane. Svi konfiguracijski parametri i status svih dijelova opreme kontrolirani su preko lokalnog kontrolora na osnovnoj jedinici korištenjem DCC kanala ili LAN-a.



Slika 4.11. Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7030 [6]

Osnovna multipleksna struktura odgovara ETSI ETS 300 147 i ITU-T G.707. Metode multipleksiranja i mapiranja je prema preporuci ITU-T G.707 te prema ETS 300 147. Funkcionalnost mapiranja i multipleksiranja omogućava mapiranje, svrstavanje i multipleksiranje bi-direkcijskih logičkih kanala između PDH i Ethernet tributarnih sučelja i SDH linijskih sučelja. Korištenje SOH (*Section Overhead*) byte-ova za svrstavanje, održavanje, i nadzor karakteristika i ostalih operacijskih funkcija odgovara preporukama ITU-T G.781 i G.783 i standardu ETSI ETS 300 417 1-1. Kao nova generacija SDH sustava, Surpass hiT 7030 dolazi, osim s TDM proslojenom matricom i s jedinicama za procesiranje paketnih podataka čime se razlikuje od SDH

opreme starije generacije. Surpass hiT 7030 sinkroni multipleksori mogu se koristiti kao "add/drop" multipleksori (ADM), terminalni multipleksori (TMX) te kao lokalni digitalni prespojnici (DCX). SDH multipleksiranje izvedeno je prema ITU/ETSI standardima. TDM prospojena matrica unutar Surpass hiT 7030 realizirana je za tri razine prospajanja: VC-3, VC-4 i VC-12.

Surpass hiT 7030 podržava kompletno neblokirajući prospojeni kapacitet između svih sučelja. Kapacitet HO (*High Order*) prometa s razinom prospajanja za 8 x 8 (VC-4) STM-1 i za 16 x 16 (VC-4) STM-1 ekvivalenta te LO (*Low Order*) razinom prospajanja za 504 x 504 (VC-12) E1 i 1008 x 1008 (VC-12) E1 ekvivalenta (ovisno o tipu uređaja; sa STM-1 ili STM-4 sučeljima na osnovnoj ploči). Prospojena matrica je neblokirajuća kvadratno strukturirana matrica za point-to-point ili point-to-multipoint konekcije. Za prijenos podataka, SURPASS hiT 7030 uređaj podržava tehnologije kao što je GFP (*Generic Framing Procedure*), LCAS (*Link Capacity Assignment Scheme*) i RPR (*Resilient Packet Ring*) [6].

5. IP INFRASTRUKTURA

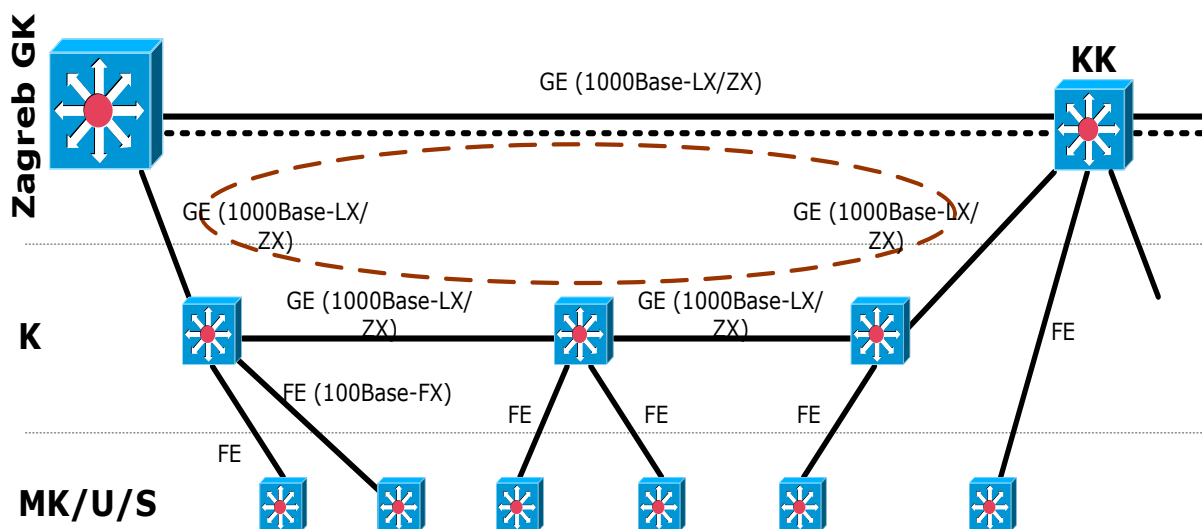
Izvedenim mrežnim rješenjem ostvaruje se podatkovna povezanost između lokacija u koridoru Vb. Svaki koridor osmišljen je kao zasebna mreža unutar koje su povezane lokacije tog koridora. Kako bi se ostvarila pouzdana komunikacija u mreži potrebno je realizirati nezavisne komunikacijske putove i modularne uređaje na važnijim lokacijama. Prema definiranim tipovima lokacija odnosno kolodvora (poglavlje 2.) i njihovom značaju u smislu informacijsko-komunikacijskih zahtjeva (poglavlje 2.2.), planirana je i IP infrastruktura.

Sukladno zahtjevnosti tih lokacija (gdje su KK najzahtjevnije lokacije, a MK/U i S najmanje zahtjevne) predviđeni su i tipovi uređaja za te lokacije i to za:

1. tip lokacije – Black Diamond 8810,
2. tip lokacije – Summit 200-48,
3. tip lokacije – Summit 200-24.

Black Diamond 8810 kao modularan uređaj s velikom propusnosti predviđen je za lokacije prvog tipa (GK i KK). Njime se ostvaruje visoka pouzdanost i propusnost tih čvorova u mreži. Summit 200-48 korišten je za lokacije drugog tipa s manjim komunikacijskim potrebama te Summit 200-24 za lokacije trećeg tipa s najmanjim komunikacijskim potrebama [7].

Mreža se promatra u tri sloja, zapravo prema rangovima lokacija.



Slika 5.1. Koncept podatkovne okosnice

Koncept spajanja lokacija prikazan je na slici 5.1.. Lokacije prvog tipa svakog pojedinog koridora međusobno su slijedno spojene 1Gb optičkom Ethernet vezom (1000BASE-ZX). Uređaji na lokacijama prvog i drugog tipa koriste se i za agregaciju lokalnog podatkovnog prometa.

Svaka lokacija prvog tipa sadrži uz Black Diamond 8810 i nosač FOT modula (za 16 modula) s redundantnim napajanjem, za spajanje prema trećem tipu lokacija.

Lokacije trećeg tipa spajaju se na lokacije prvog ili drugog tipa 100Mb Ethernet vezama (100BASE-FX). Uz svaki Summit 200-24 preklopnik specificiran je i jedan par FOT modula s pripadnim FO patch kabelima (jedan modul će se nalaziti na toj poziciji, a drugi modul će biti montiran u FOT nosač na lokaciji koja prima njezin promet). 100BASE-T port na preklopniku spaja se UTP kablom na FOT modul. FOT potom pretvara signal iz električnog 100BASE-FX optički i šalje do drugog FOT modula na lokaciji prvog ili drugog tipa. Tamo se ponovno odvija pretvaranje, ali u suprotnom smjeru. Na taj način omogućena je komunikacija na velike udaljenosti korištenjem UTP portova.

5.1. Black Diamond 8810 Ethernet preklopnik

Black Diamond 8810, slika 5.2. je modularan preklopnik s velikom gustoćom gigabitnih, *Power over Ethernet* (PoE) i 10 gigabitnih Ethernet priključaka. Black Diamond 8810 je konfiguriran s mehanizmom automatskog prebacivanja u slučaju kvara (failover) tako da u slučaju kvara jednog *Management Switch Module-a* (MSM), drugi MSM automatski preuzima upravljačke funkcije cijelog preklopnika.

Preklopnik uključuje pasivnu sabirnicu i elemente visoke dostupnosti kao što su izolirane upravljačke i podatkovne funkcionalnosti, redundantne upravljačke kartice za distribuciju napajanja i nadgledanje uvjeta okoline. Kućište podržava šest istovremenih internih izvora napajanja. Tri izvora napajanja u 2+1 redundantnoj konfiguraciji mogu napajati kompletno napunjeno kućište, a tri dodatna izvora napajanja podržavaju velike PoE implementacije.

Black Diamond 8800 serija podržava *Spanning Tree/Rapid Spanning Tree* protokole, VLAN Spanning Tree (802.1D) i *Rapid Spanning Tree* (802.1w) za otpornost mreže na 2 OSI sloju.

Extreme-ov protokol *Ethernet Automatic Protection Switching* (EAPS) omogućava veće vrijeme raspoloživosti IP mreže. EAPS ima vrijeme obnove manje od 1s (oko 50ms), bez obzira na broj VLAN-ova, mrežnih čvorova ili mrežne topologije.

Agregacija linkova sa više modula omogućava povezivanje do 8 linkova u jednu logičku vezu, za do 80Gbit/s redundantnog kapaciteta po logičkoj vezi.



Slika 5.2. Black Diamond 8810 Ethernet preklopnik [7]

Osnovne karakteristike Black Diamond 8810 preklopnika:

- 800 Gbps propusnost preklopne matrice
- 48 Gbps kapacitet po utoru
- 570 Mpps brzina prosljeđivanja
- lokalno preklapanje na svakom I/O modulu
- 10/100/1000 Base-T: 384 priključka s dva MSM-a ili 432 priključka s jednim MSM-om
- 1000 Base-X: 208 priključka s dva MSM-a ili 224 priključka s jednim MSM-om
- 10 Gigabit Ethernet: 32 priključka s dva MSM-a ili 36 priključka s jednim MSM-om.

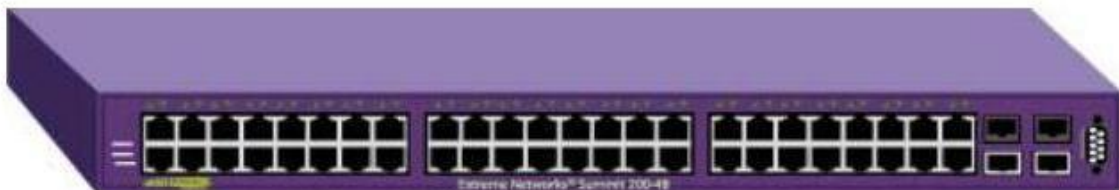
5.2. Summit 200-24/48 Ethernet preklopnik

Summit 200 serija preklopnika posjeduje 24/48, slika 5.3. i slika 5.4. 10/100 Ethernet priključaka s 4 Gigabitna Ethernet linka za vezu prema agregacijskim čvorovima (uplink) od kojih su dva aktivna, a dva redundantna. Dva uplink priključka su kombinacija 10/100/1000 Base-T RJ-45 i optičkog priključka s LC konektorima. Optički priključak se spaja preko SFP mini-GBIC-eva i to 1000BASE-SX, 1000BASELX ili 1000BASE-ZX.

Uplink sučelja omogućuju failover funkcionalnost sa redundantnog na aktivni link u vremenu od 50 ms. Summit 200 pruža funkcionalnosti drugog (QoS klasifikacija, EAPS, ACL itd.) i trećeg sloja (RIP, OSPF, NAT, ACL).



Slika 5.3. Summit 200-24 [7]



Slika 5.4. Summit 200-48 [7]

Osnovne karakteristike Summit 200-24/48 preklopnika:

- Neblokirajuća wire-speed arhitektura
- 13.6/8.8 Gbps propusnost preklopne matrice (200-48/200-24)
- 10.15/6.55 Mpps brzina prosljeđivanja (200-48/200-24)
- centralno ograničavanje brzine prijenosa primjenjivo na svaki prometni tok
- 255 VLAN-ova
- 4 hardverska reda čekanja po sučelju.



Slika 5.5. Prikaz IP rješenja na području regije Jug

Sve lokacije su direktno povezane optičkim kabelom, neovisno o SDH okosnici (slika 5.5.).

6. ŽAT CENTRALE

6.1. Postojeća topologija ŽAT sustava

PSTN (*Public switched telecommunication network*) javna telekomunikacijska mreža ima osnovnu zadaću da omogući krajnjim korisnicima uspostavu, održavanje i prekid telefonske mreže. Osnovna joj je namjena održavanje govorne komunikacije. Telefonske mreže grade se za posebne namjene pojedinih organizacija i poduzeća, a osnovna značajka takvih mreža je zatvorenost za javno korištenje. Primjer takvih mreža su: policija, vojska, željeznica

ŽAT mreža (željeznička automatska telefonska mreža) je posebna funkcionalna telefonska mreža koju je željeznica, kao velika privredna organizacija razvila za potrebe međusobnog poslovnog komuniciranja svojih djelatnika. ŽAT mreža ima zadaću da omogući djelatnicima ostvarivanje automatskih telefonskih veza kako na području Hrvatskih željeznica (HŽ-a) tako i u ŽAT mrežama ostalih Europskih željeznica. Većina ŽAT centrala je spojena na javne telefonske centrale HT-a tako da je njihovim korisnicima moguće i komuniciranje iz ŽAT mreže u javnu telefonsku mrežu.

ŽAT mreža sastoji se od centrala koji su komutacijski dijelovi mreže, prijenosnih sustava (analognih i digitalnih), optičkih i bakrenih kabela i TT linija kao prijenosnih medija te korisničkih terminalnih uređaja.

Telefonski promet, prema karakteru i veličini područja, dijeli se na:

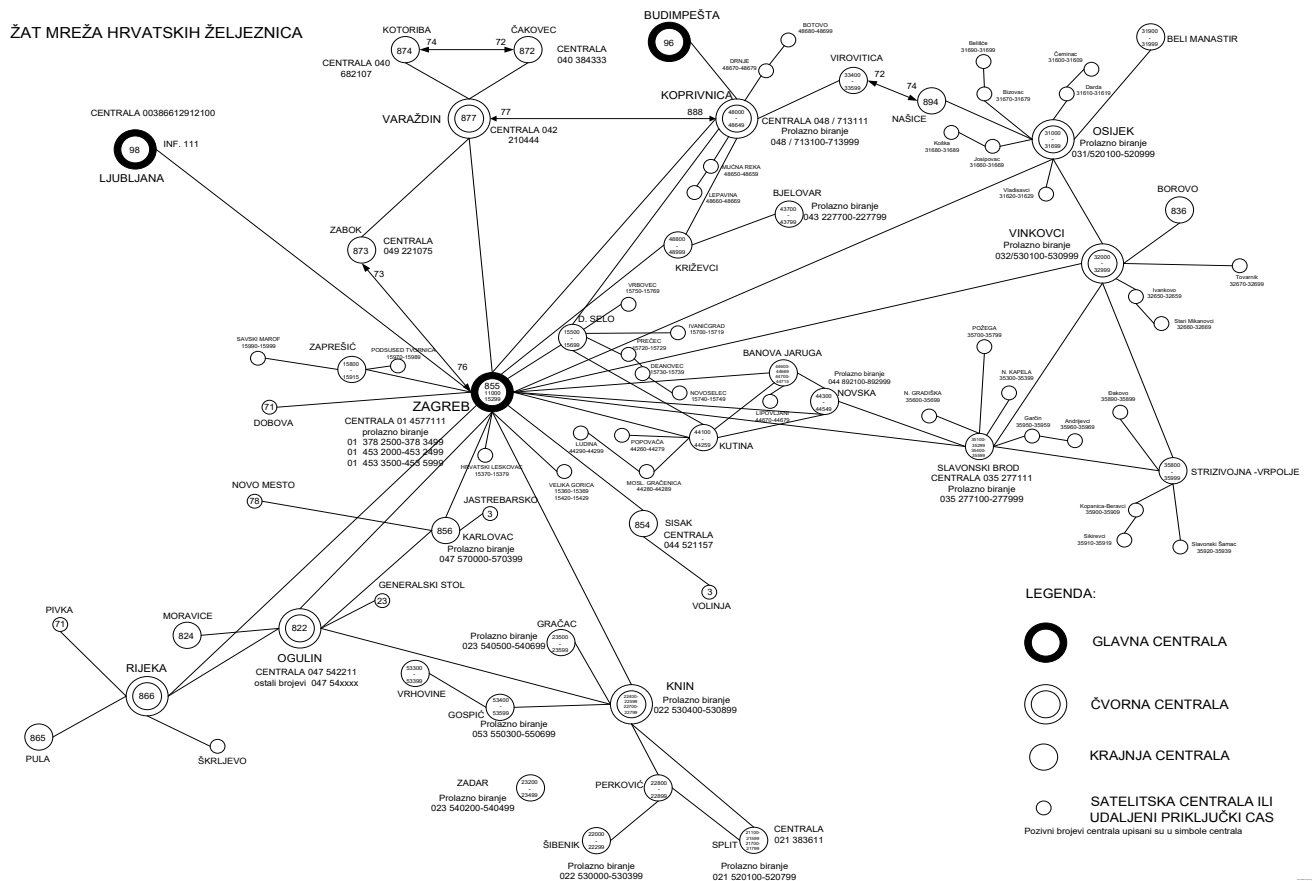
- a) lokalni telefonski promet,
- b) lokalni telefonski promet u ranžirnim kolodvorima i većim željezničkim čvorovima,
- c) međumjesni telefonski promet unutar mrežne grupe (mrežni telefonski promet),
- d) međumjesni telefonski promet izvan mreže grupe (tranzitni telefonski promet) i
- e) međunarodni telefonski promet.

Mjesna mreža obuhvaća područje mjesnog telefonskog prometa, što se proteže u granicama jednog željezničkog kolodvora (željezničkog čvora) ili dijela pruge, a sastoji se od sistema za prijenos, telefonske centrale i korisničkih aparata.

Međumjesna ŽAT-mreža obuhvaća mrežu za odvijanje mrežnog telefonskog prometa i mrežu za tranzitni telefonski promet. Međumjesna mrežna grupa obuhvaća

zatvoreno numeričko područje ŽAT-mreže te ŽAT-centrale i prijenosne sisteme.

Na slici 6.1. je dano trenutno stanje ŽAT mreže sa svim centralama, njihovim rangovima i njihovim karakterističnim pozivnim brojevima na području HŽ-Infrastrukture.

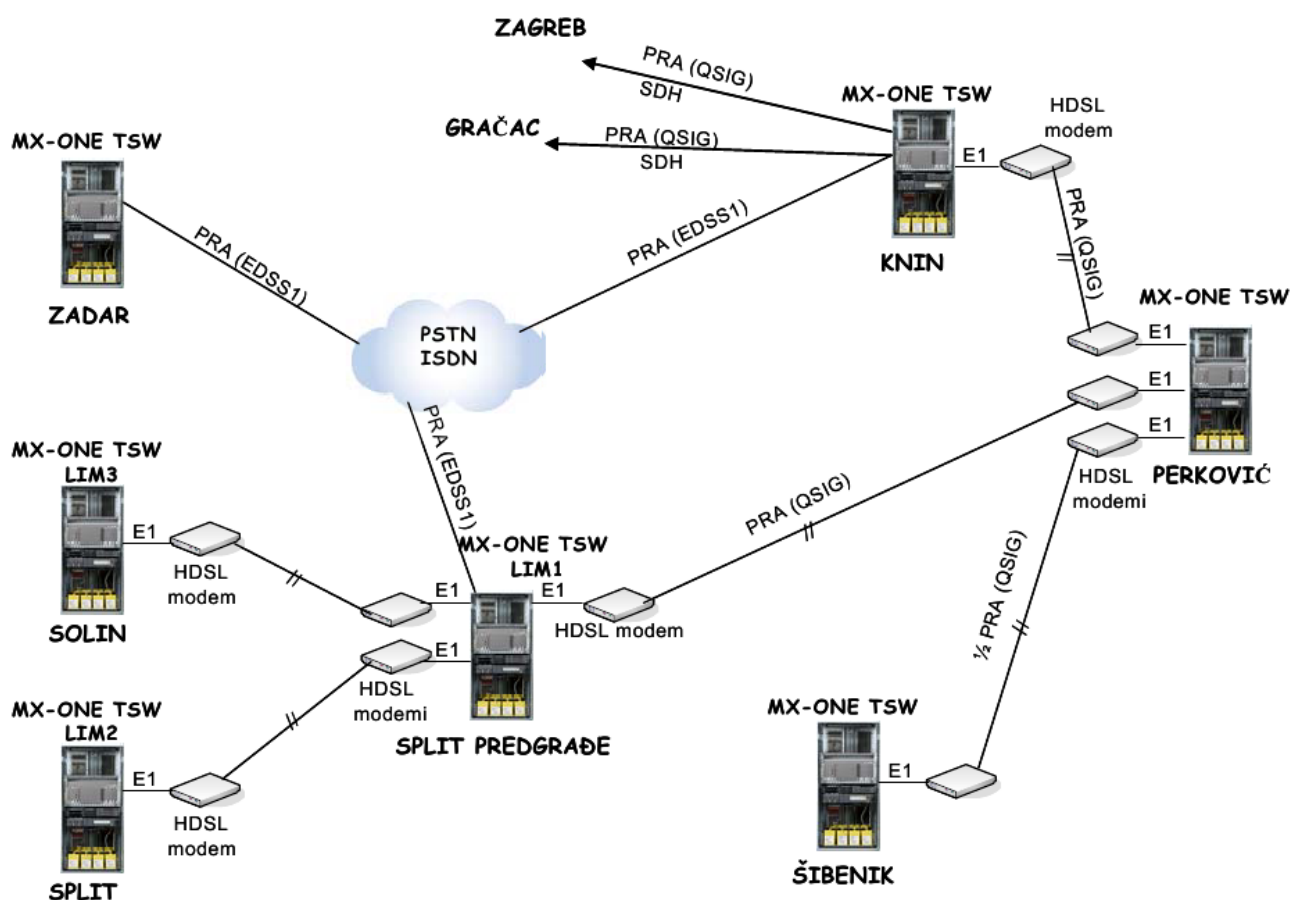


Slika 6.1. ŽAT mreža Hrvatskih željeznica

U ŽAT mreži Hrvatskih željeznica ugrađene su centrale različitih vrsta, kapaciteta i Starosti. Centrale su digitalne centrale proizvodnje tvrtke Ericsson – Nikola Tesla, tipa MD 110, MX-ONE™ Telephony Switch. Do 2000. tih godina Hrvatske željeznice nisu ulagale u izgradnju informacijsko-komunikacijske infrastrukture kada se pristupilo ugradnji optičkog kabela, izgradnji SDH pristupne i transportne infrastrukture te modernizaciji ŽAT mreže. Na području održavanje Regije Jug u funkciji su bile centrale 'korak po korak' (KPK) s podiznim i podizno-okretnim biračima te relejne centrale s

koordinatnim biračima, međusobno povezane bakrenim kabelom s papirnom izolacijom.

U sklopu modernizacije ŽAT centrale implementirane su samo u velikim kolodvorima (tip KK). Na koridoru Vb1 to su sljedeće lokacije: Gračac, Perković Knin i Split te izvan koridora Vb1 lokacije: Zadar i Šibenik. U Splitu je ŽAT centrala dislocirana na tri lokacije: Split Predgrađe središnja te Split kolodvor i Solin udaljene lokacije, slika 6.2..



Slika 6.2. Mreža ŽAT centrala na Vb 1 koridoru

Digitalni poslovni komunikacijski sustav MX-ONE™ Telephony Switch, kojim su izgrađene ŽAT centrale je dio Ericssonovog koncepta MX-ONE™ - komunikacijskog rješenja “sve u jednom” za srednje i veće tvrtke. Nadovezuje se na Ericssonov PBX sustav, komunikacijski sustav MD110 Convergence i sadrži sve njegove funkcije.

Zbog distribuirane arhitekture, MX-ONE™ Telephony Switch može podržati od pedesetak do 50.000 korisnika, s više od 500 korisnika po samostalnoj nezavisnoj jedinici – modulu LIM (*Line Interface Modul*) – u jednom sustavu. Dodatni sustavi se

mogu umrežiti preko IP mreže ili pomoću tradicionalnih digitalnih veza omogućujući virtualno neograničenu stupnjevitost u velikim mrežama.

Korisnicima imaju mogućnost da biraju hoće li koristiti jedan ili više terminala sustava: IP, digitalni ili analogni fiksni telefon, DECT ili WLAN bežični telefon ili čak mobilni GSM telefon. U stvarnosti se svaki tip javnog terminala može u potpunosti integrirati u sustav zahvaljujući funkciji mobilni korisnik. U slučaju da osoba koristi više terminala, pogodnost je da se pozvanom prikazuje samo jedan pozivni broj. Ovo je podržano funkcijama kao što su paralelno pozivanje ili prikaz jednoga broja. Kao opcija, može se isporučiti aplikacija za sjedinjeno poručivanje MX-ONE™ *Messaging*. Postojeći sustavi *MD110 Convergence* se mogu dograditi softverom sustava MX-ONE™ Telephony Switch.

Sustav MX-ONE™ Telephony Switch nudi sučelja za digitalne i analogne spojne vodove prema javnim mrežama (PSTN, PLMN) kao i niz mrežnih protokola: ISDN/QSIG, CAS, DPNSS, IP umrežavanje.

IP umrežavanje nudi napredne usluge pri povezivanju s drugim sustavima: MX-ONE™ *Telephony System*, *BusinessPhone*, *Enterprise Gateway* i *Enterprise Branch Node*. U rješenja za udaljene urede, uz korištenje telefonije IP, su uključeni MX-ONE™ Telephony Switch, *Enterprise Gateway* i *Enterprise Branch Node*. Podržani su i lokalni ne-IP uređaji, kao npr. faks uređaji skupine 3. Za povezivanje analognih telefona ili faks uređaja preko IP mreže nudi se DRG (*Digital Residential Gateway*), kompaktni pristupnik s dva analogna priključka.

U MX-ONE™ Telephony Switch se koristi novi naraštaj hardvera, poznat kao Media Gateway Classic u platformi MX-ONE™, koji se smješta u stalak 19" i omogućuje jednostavnu integraciju u IT okolinu. Uključene su nove pločice većega kapaciteta za IP, digitalne, analogne i bežične DECT telefone. Novo IP mrežno sučelje osigurava suvremene IP komunikacije s podrškom za punu funkcionalnost, kako za lokalnu IP telefoniju tako i za IP umrežavanje. Nova analogna pločica omogućuje prikaz broja i imena pozivatelja, na analognim telefonima, koji podržavaju ovakvu funkcionalnost.

Jedno od rješenja koje je integrirano u sustav MX-ONE™ Telephony Switch, omogućuje identifikaciju izvorišta poziva hitnim službama (npr. 112) kada je poziv upućen s IP telefona koji se nalazi bilo gdje na mreži tvrtke. Time središte hitne službe

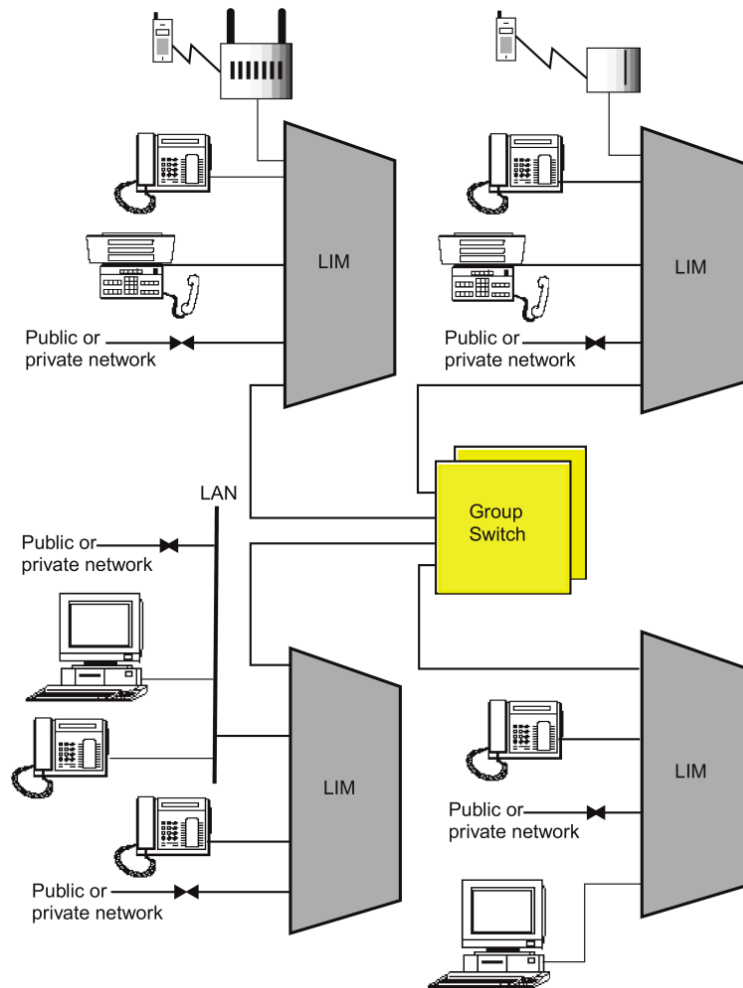
dobiva obavijest o zemljopisnoj lokaciji pozivatelja. Drugo rješenje, poslužitelj za usmjeravanje, koje se temelji na integriranom softveru, omogućuje jednostavno upravljanje velikim mrežama koje se zasnivaju na IP telefoniji.

U osnovni skup funkcija sustava MX-ONE™ Telephony Switch uključene su mobilne funkcije kao i funkcije okrenute osobama koje koriste više terminala. Njima se nude jedinstvene funkcije sustava MX-ONE™ Telephony Switch: paralelno pozivanje, prikaz jednoga broja, unaprijeđen tajnički nadzor, osobni broj i privremeni telefon. Paralelno pozivanje, na primjer, omogućuje kod dolaznih poziva istodobno slanje pozivnih signala na tri telefona [8].

6.2. Sklopovska konfiguracija ŽAT centrala

Sustav MX-ONE™ TSW se izgrađuje iz dva osnovna tipa jedinica, a to su modul linijskih sučelja LIM (*Line Interface Module*) i grupni komutacijski stupanj GS (*Group Switch*). Modul linijskih sučelja LIM je jedinica upravljana mikroprocesorom, koja može biti opremljena bilo kojom kombinacijom linijskih sklopova, sklopova spojnih vodova i ostalim telefonskim uređajima. Svaki LIM sadrži vlastiti upravljački (procesor) i digitalni komutacijski sustav i može raditi kao samostalni poslovni komunikacijski sustav ili može biti sastavni dio nekog većeg sustava. Kapacitet LIM modula u normalnim prometnim uvjetima iznosi približno 20-640 korisničkih priključaka, ipak zavisno o konfiguraciji. U većim poslovnim komunikacijskim sustavima, LIM moduli su međusobno povezani preko grupnog stupnja i 32-kanalnih PCM sustava u svrhu obrade prometa i upravljanja sustavom MX-ONE™ TSW. Dva LIM modula se mogu povezati direktno, dok je u većim sustavima potreban grupni komutacijski stupanj.

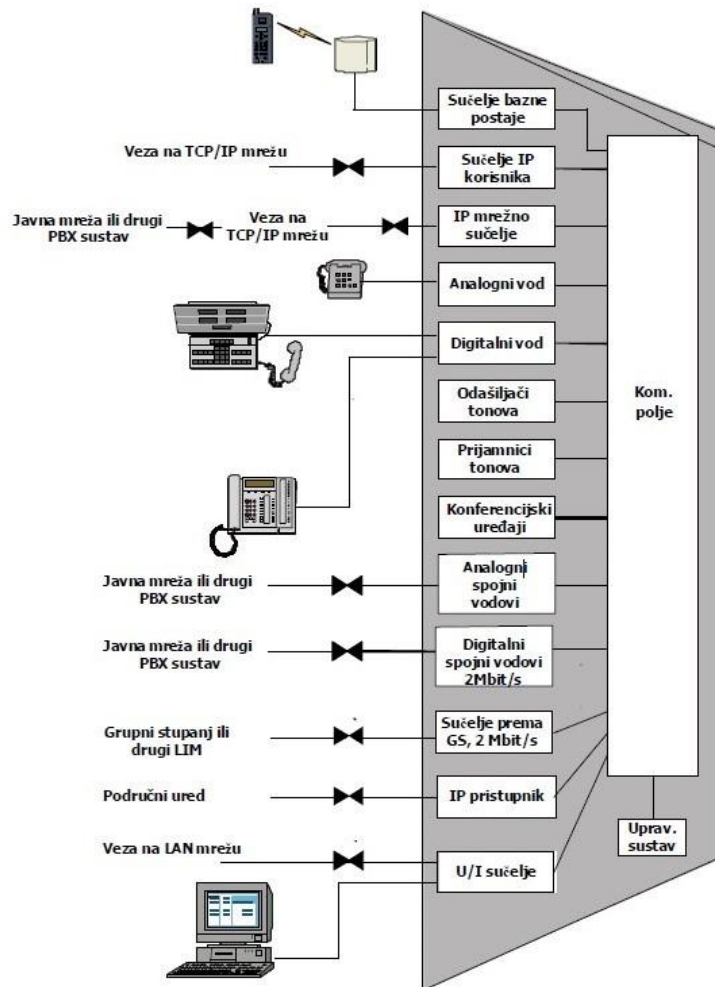
Grupni komutacijski stupanj GS je digitalno komutacijsko polje, čiji se kapacitet može modularno povećavati, a koristi se za prijenos PCM govornih signala, podataka i upravljačkih signala između LIM-ova (Slika 6.3.). Sam grupni komutacijski stupanj ne sadrži upravljačku opremu, već njime upravljaju LIM-ovi, koji su na njega spojeni[8].



Slika 6.3. Povezivanje LIM-ova preko GS [8]

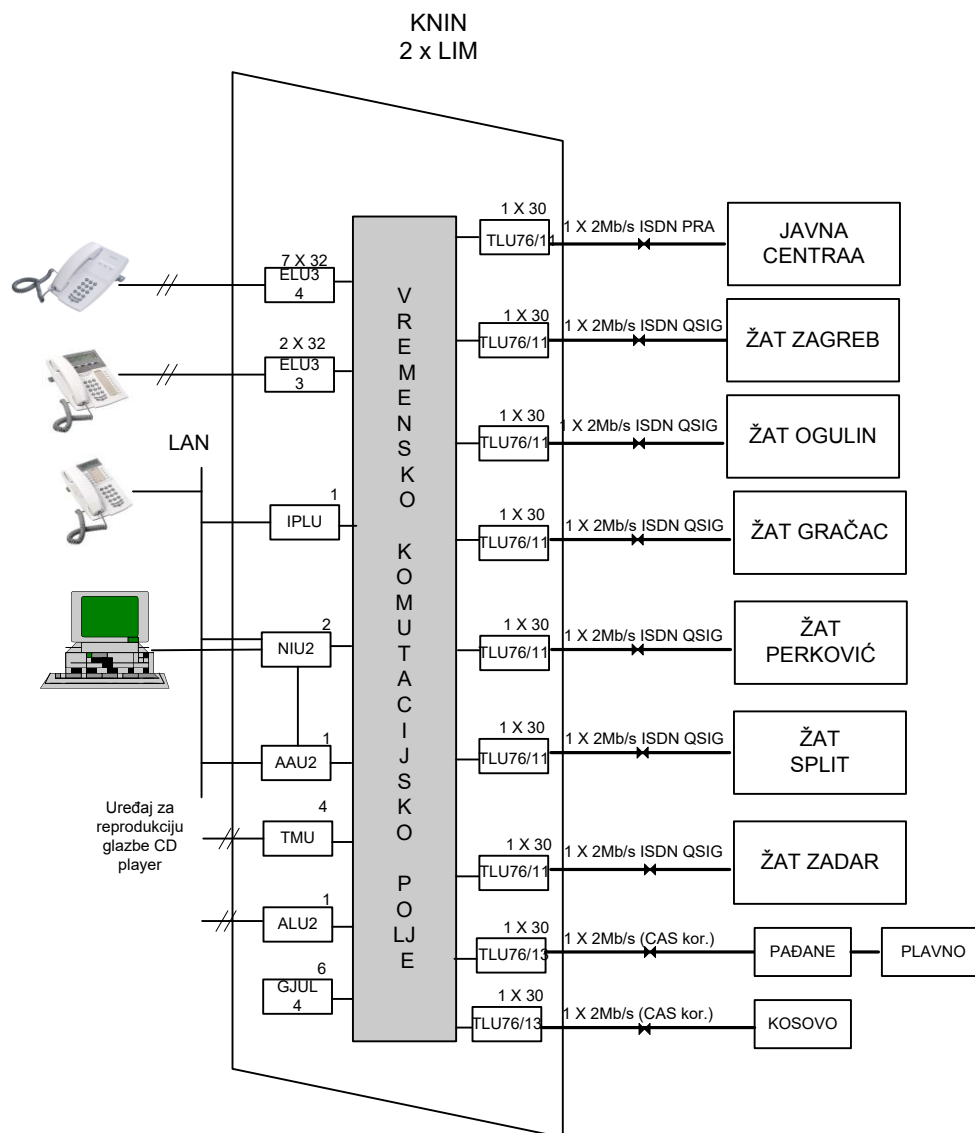
Na modul linijskih sučelja LIM se priključuju korisnički vodovi, posrednici i spojni vodovi (slika 6.4.). LIM može raditi kao samostalna poslovna centrala ili može biti sastavni dio većeg sustava. Osnovni hardver, koji se može i udvostručiti, sadrži upravljački sustav i sklop za vremensko komutiranje.

Osim toga LIM se može opremiti proizvoljnom kombinacijom analognih i digitalnih linijskih sklopova i sklopova spojnih vodova, uređajima za odašiljanje tonskih signala, prijem tonskih signala, uređajima za konferencijske veze i priključenje grupnog komutacijskog stupnja i ulazno-izlazne jedinice.



Slika 6.4. Konfiguracija LIM-a [8]

Na slici 6.5. je shematski prikaz konfiguracije centrale u kolodvoru Knin koja se sastoji od dva LIM-a. Na slici 6.6. vidimo centralu ugrađenu u kolodvoru Knin. Sve ostale centrale imaju sličnu konfiguraciju a jedina razlika je u broju pločica tj. modula za analogne, digitalne ili IP telefone, kao i broju veza između centrale sa ostalim centralama te sa javnom centralom.



Slika 6.5. Shema LIM-a centrale u Kninu [8]

Kao što je vidljivo na slici 6.5. konfiguracija ove centrale odnosno LIM-a sastoji se od sljedećih modula, a njihove funkcije su:

- TLU76 - *Trunk Line Unit* - Pločica TLU 76 spada u kategoriju prijenosničkih jedinica i služi za povezivanje centrala, udaljenih korisnika te za spajanje prema javnoj mreži.
- ELU A - *Extension Line Units* - Analogno linija pločica koriste se za povezivanje konvencionalnih telefona sa dekadskom ili DTMF signalizacijom te spada u kategoriju korisničkih jedinica.

- ELU D - *Extension Line Units* - Digitalni linijski sklopovi ELU-D koriste se za priključenje sistemskih digitalnih telefonskih aparata i posredničkih uređaja preko standardnih 2-žičnih vodova. Na digitalnim sistemskim korisničkim vodovima primjenjuje se tzv. ping-pong (burst) tehnika prijenosa, tj. informacije se formiraju u pakete, a zatim se naizmjenice šalju od i prema digitalnom odnosno posredničkom aparatu. Tiskana pločica ELU-D sadrži 32 sistemskih digitalnih linijskih sklopa. Digitalni spojni vodovi, sa signalizacijom pridruženom kanalu ili po zajedničkom kanalu, mogu se koristiti za povezivanje na javne mreže ili na druge PBX sustave.
- IPLU - *IP Line Units* – IP Linijska jedinica - se koriste kao mrežna sučelja prema IP mreži kako bi se omogućio „Voice over IP“ (glas preko IP) promet u MX-ONE™ TSW. Na IP korisničke pločice se mogu direktno spojiti mreže koje se temelje na 10 Mbit/s i 100 Mbit/s Ethernet sučeljima. Na ove se TCP/IP mreže mogu spojiti samo terminali koji su usklađeni sa skupom standarda H.323. Pločice IPLU se koriste i za IP umrežavanje, to jest multimedijску komunikaciju i umrežavanje sustava MX-ONE™ TSW kao i drugih sustava, koji su usklađeni sa skupom standarda H.323 v2. Na isti je način omogućeno spajanje na javne komunikacijske sustave.
- NIU 2 - *Network Interface Unit* - Ulazno-izlazna prilagodna jedinica - sastoji se od jedne pločice predviđene za LAN umrežavanje koristeći TCP/IP protokol preko Etherneta (10BaseT ili 10Base2).
Ona omogućuje priključenje "flash" memorije, tvrdog diska ili osobnoga računala za programe i podatke te za inicijalno i ponovno punjenje, a isto tako omogućuje priključenje tri V.24 ulazno-izlazna terminala, koji se koriste kod eksploatacije i održavanja. Obično je jedna NIU pločica uvijek uključena u sustav MX-ONE™ TSW, no ako je potrebno može ih biti uključeno i više.
- AAU2 - *Access Agent Unit* - Pristupna nadzorna jedinica - koristi za opće TCP / IP funkcionalnost, kao što su V.24 za telnet usmjeravanje, File Transfer Protocol, Telnet i Point-to-Point protokol.
- TMU - *Tone and Multiparty Unit* - Jedinica za prijam i odašiljanje tonova - služi za digitalno generiranje i prijem tonova, a isto tako osigurava konferencijske veze u LIM-u. TMU je smještena na jednoj tiskanoj pločici i osigurava ukupno 32 ulaza (prijemnika) i 32 izlaza (odašiljača). Kada se koriste funkcije *mobilni korisnik* i *fiksni udaljeni korisnik*, svaki aktivni poziv zahtijeva namjenski

prijemnik DTMF signala. To je riješeno korištenjem pločice SPU4, koja sadrži samo prijemnike DTMF signala. Također omogućava spajanje uređaja (cd playera) za glazbu na čekanju.

- ALU2 - *Alarm Unit board* - Alarmna jedinica, služi za slanje i primanje alarmnih stanja. Postoji sedam naponskih izlaza i jedan izlaz za „watchdog“ funkciju. Na ovaj izlaz mogu biti spojene alarmna svjetla ili alarmna zvana.



Slika 6.6. Funkcionalna centrala sa dva LIM-a

Tablica 4. Kapacitet lokalnih priključaka i vodova centrala regije Jug

Centrala	Kapacitet lokalnih priključaka				Kapacitet vodova prema javnoj centrali	Kapacitet vodova poslovne mreže
	64A	32D	30CAS			
GRAČAC					30 ISDN KANALA-PRA	60QSIG
KNIN	224A	64D	60CAS	20IP	30 ISDN KANALA-PRA	180 QSIG
ZADAR	128A	32D			30 ISDN KANALA-PRA	30 ISDN QSIG
PERKOVIĆ	64A	32D	30CAS			90 QSIG
SPLIT PREDGRAĐE	224A	32D	30CAS	20IP	60 ISDN KANALA-PRA	150 QSIG
SPLIT	96A	32D				
SOLIN	96A	32D				
ŠIBENIK	128A	32D	30CAS		30 ISDN QSIG	30 QSIG
PLOČE	192A	48D	30CAS			
METKOVIĆ	32A	16D				

6.3. Povezivanje udaljenih korisničkih priključaka ŽAT-c

Telefonski priključci po kolodvorima se preko SDH infrastrukture i 1x2Mbps multipleksorom (*drop-insert*) UMUX 1200 proslijeđuju do ŽAT centrale putem 2Mbps G.703 sučelja, a centrala ih vidi kao svoje vlastite 'daleke' korisnike.

Kao medij koristi se optički kabel položen duž željezničke pruge dok se kao prijenosna aktivna oprema koriste Nokia Siemens SDH uređaji Surpass 7030/7060.

Centrale Ericsson MX-ONE su montirane željezničkim kolodvorima Gračac, Knin, Perković i Split Predgrađe te posjeduju pločice za povezivanje na prijenosnu SDH opremu.

Sljedeći kolodvori su spojeni kao udaljeni korisnici ŽAT Gračac:

Malovan 7 priključaka
Zrmanja 10 priključaka.

Sljedeći kolodvori su spojeni kao udaljeni korisnici ŽAT Knin:

Pađane 7 priključaka
Plavno 7 priključaka
Kosovo 7 priključaka
Drniš 7 priključaka
Žitnić 7 priključaka.

Sljedeći kolodvori su spojeni kao udaljeni korisnici ŽAT Perković:

Unešić 10 korisnika

Sljedeći kolodvori su spojeni kao udaljeni korisnici ŽAT Split:

Primorski Dolac 6 priključaka

Labin Dalmatinski 6 priključaka

Kaštel Stari 6 priključaka

Kaštel Sućurac 6 priključaka.

6.3.1. Multiservisni uređaj UMUX 1200 Keymile

Ostvarenje udaljenih priključaka u kolodvorima u kojima nije ugrađena ŽAT-c realiziran je instalacijom i montažom multiservisnog pristupnog uređaja UMUX 1200 (*Universal Multiplexer*) proizvođača Keymile GmbH, slika 6.7..



Slika 6.7. Keymile UMUX 1200 [9]

UMUX arhitektura izvedena je kao kompaktno kućište koje sadrži sljedeće jedinice:

- **Jedinica COBUV**-e je kontrolna jedinica multipleksera, koja sadrži sva potrebna sučelja za menadžment mreže te sučelja za alarme i sinkronizaciju. U njoj su sadržani svi podaci o konfiguraciji UMUX-a te je ona odgovorna za ispravan rad samog sustava. Sve alarmne situacije i situacije vezane za ispade pojedinih elemenata sistema koji se otkriju, procesuiraju se u kontrolnoj jedinici te šalju na listu koju je moguće pratiti korištenjem UCST management softvera. Isto tako, alarmi se prikazuju na LED lampicama jedinice koja je u grešci te LED lampici na kontrolnoj jedinici.

Sučelja za menadžment mreže:

Qx – sučelje 10BaseT prema ISO/IEC 8802-3

Q1 – sučelje RS-485

F – sučelje V.24/V.28 (RS-232)
4 alarmna ulaza, 2 alarmna izlaza
2 sinkronizacijska ulaza, 3 sinkronizacijska izlaza.

Povezivanjem na uređaj moguće je sljedeće podešavanje:

„*Synchronisation Inputs*“: ESI-1 i ESI-2, koje možemo podesiti na 75 Ohmski ili 120 Ohmski rad.

„*External alarms*“: omogućuju da se na COBUX sučelja spoje alarmna sučelja vanjskih jedinica, kao npr. FANUx ventilatorska jedinica.

„*Communication IF*“: određuje IP adrese serijskog sučelja u COBUXu, kao i IP adrese Ethernet sučelja (*routera*) kod složenijih mreža.

„SDH ECC“ i „PDH ECC“: omogućuju definiranje upravljačkih kanala unutar prometnih tokova u SDH ili PDH domeni, respektivno. Za svaki od upravljačkih kanala moguće je definirati naziv, status i širinu pojasa koja se daje na raspolaganje.

- Jedinica **POSUA** omogućuje izravno spajanje multipleksera na mrežno izmjenično napajanje 115 / 230 VAC. Također posjeduje vanjska sučelja za spajanje za baterijski modul za pričuvno napajanje –BATMO. Jedinica ima dva stupnja pretvorbe napona napajanja. AC/DC stupanj ispravlja napon na -51 VDC, dok DC/DC stupanj daje napajanje od 5 VDC, potrebno za rad jedinica unutar multipleksera. Ova vrsta napajanja koristit će se na svim lokacijama.
- Jedinica **LOMI4** (*Low Order 2 Mbit/s Interface*) pruža četiri električna 2 Mbit/s sučelja u skladu sa ITU-T G.703 preporukom. Omogućuje terminiranje strukturiranih i nestrukturiranih E12 2Mbit/s signala unutar multipleksera, a kao dio multipleksera koji prosljeđuje signale do PDH sabirnice. Ujedno predstavlja točku sučelja za funkcije prospajanja signala od 64 kbps, nx64kbps, sve do E1 kapaciteta.

Povezivanjem na uređaj moguće je sljedeće podešavanje:

„*Name*“: moguće je definirati naziv 2Mbit/s grupe radi lakšeg snalaženja na razdjelniku

„*State*“: moguće je za svaku 2Mbit/s grupu definirati status „*Enabled*“ ili „*Disabled*“

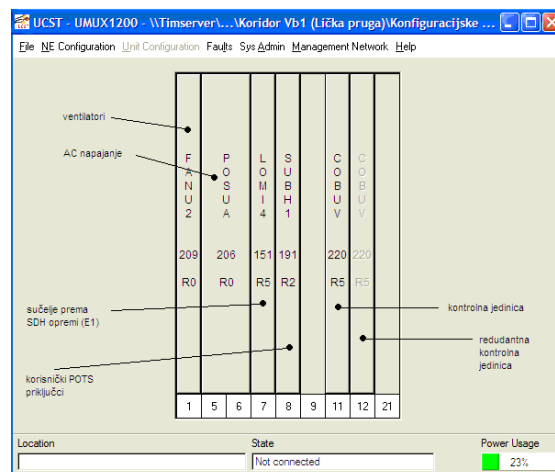
- „*P12 mode*“: definira način obrade 2Mbit/s signala. Moguće je odabrati „*Terminated*“, „*Monitor*“, „*Transparent*“ ili „*Clock master*“. U transparentnom načinu rada potrebno je odabrati „*Transparent*“. Ovom opcijom omogućen je transparentni prijenos cijele 2Mbit/s grupe bez utjecaja na sadržaj signala.

„CAS“: (*Channel Associated Signalling*): Koristi se kod rada sa jedinicama udaljenih pretplatnika centrale, ne može se uključiti ukoliko je LOMIF u transparentnom režimu rada.

„CRC4“: metoda cikličkog ispitivanja redundancije u svrhu detekcije eventualnih grešaka u prijenosu bitova.

- Jedinica **SUBH 1** i **SUBH 3** omogućuje 10 POTS pretplatničkih sučelja, dok jedinica SUBH3 omogućuje 30 POTS sučelja.
- Jedinica **XLAN** detektira signal centrale te prosljeđuje isti prema udaljenim korisnicima.
- Jedinica **STIC-SHDSL** transmisijska jedinica; 8 linijskih sučelja po jednoj parici (8x2Mbit/s).

Menadžment uređaja se vrši putem serijskog RS232 sučelja na prednjoj strani COBUV-a, a moguće je i spajanje putem Etherneta, korištenjem UTP prespojnog kabela (*straight ili cross*) na 10BaseT sučelju COBUV-a. Za menadžment koristi se UCST konfiguracijski program, namijenjen nadzoru i upravljanju manjih mreža do 30-ak elemenata. Korištenjem UCST-a moguće je nadzirati i konfigurirati sve jedinice sustava i njihove parametre (slika 6.8.) [9].



Slika 6.8. Prikaz UCST-a UMUX 1200 multiplexera na lokaciji Žitnić [9]

Električka 120 Ohmska sučelja LOMI4 jedinice izvedena su iz uređaja kao višeparični kabel. Pojedine parice iz kabela koriste se za povezivanje na SDH transmisijsku opremu, čiji spoj je ostvaren na KRONE regleti.

UMUX1200 sustav je povezan s MX-ONE centralom preko E1 G.703/704 linka korištenjem Nokia Siemens SDH opreme koja osigurava transmisiju. Da bi se to ostvarilo, na obje lokacije koristi se kartica LOMI4, koja osigurava E1 link prema SDH opremi.

Kako bi osigurali udaljene korisničke POTS priključke, unutar UMUX1200 okvira nalazi se kartica SUBH1. Kartica pruža 10 POTS sučelja koji su izvedeni uporabom višeparičnog kabela. Fizički, spoj između sučelja kartice i korisničke opreme (telefoni) izveden je na KRONE regleti. Da bi sustav funkcionirao potrebno je napraviti i logički spoj prema SDH transmisijskoj opremi koji je izveden kreiranjem prespajanja (*cross-connection*) na UMUX1200 uređaju.

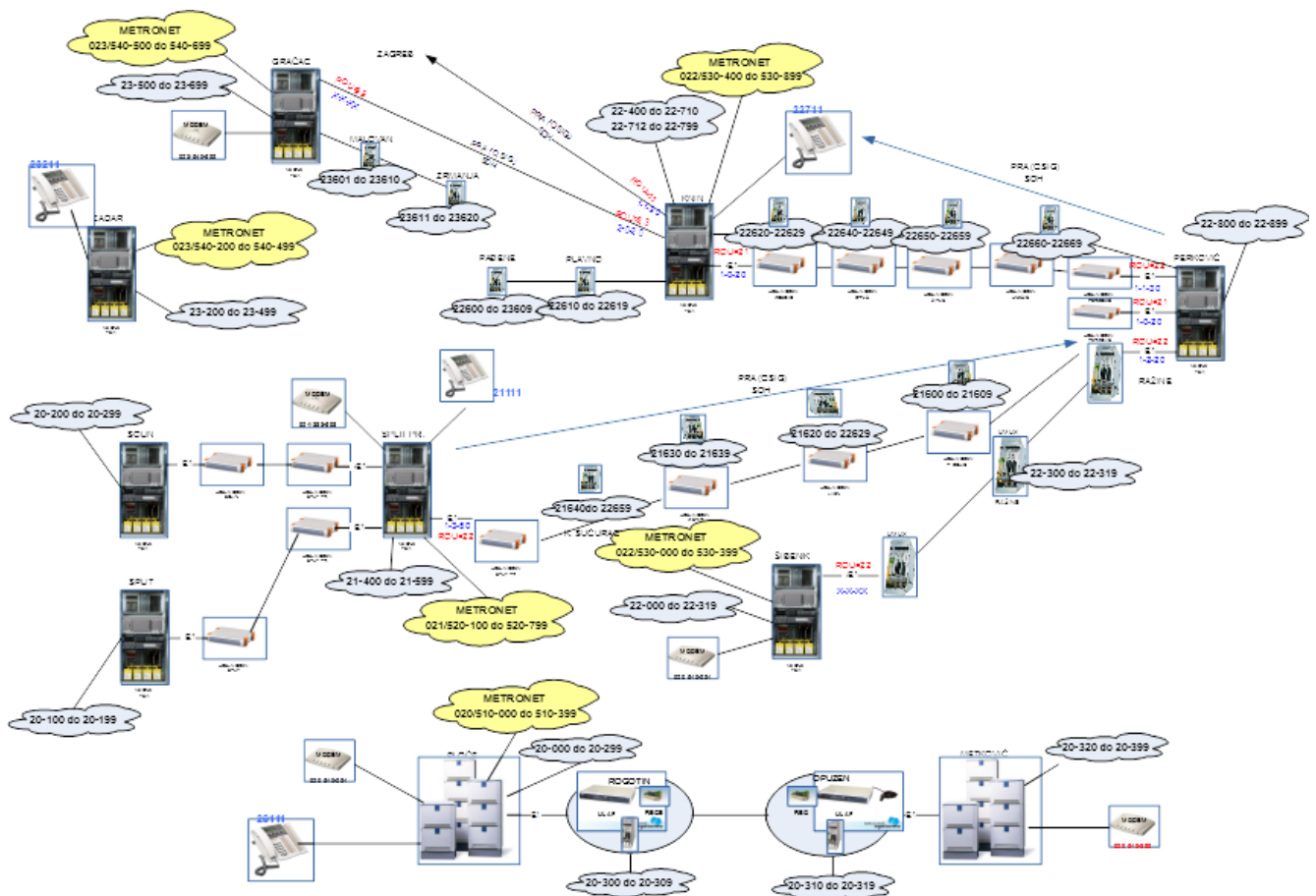
Osim navedenih kartica, u svakom UMUX1200 uređaju implementirana je redundantna COBUV kartica, koja objedinjuje kontrolne, multipleksne i nadzorne funkcije uređaja, omogućuje i funkciju konferencijskog poziva.

6.4. Povezivanje ŽAT centrala u mrežu HŽ-a

Tehničko rješenje za umrežavanje ŽAT centrala na dionici Vb1 koridora od Gračaca do Splita i prugama Knin-Zadar i Perković-Šibenik u postojeću digitalnu ŽAT mrežu zasnovano je na korištenju postojećih transmisijskih resursa, resursa digitalnih ŽAT centrala i minimalnim izdacima za njihovu nadogradnju.

Digitalne ŽAT centrale na Vb koridoru Gračac, Knin, Perković, Split Predgrađe umrežene su preko SDH transmisijske podloge.

Na slici 6.9. prikazana je struktura predmetnog dijela ŽAT mreže i način povezivanja komutacijskih čvorova.



Slika 6.9. ŽAT mreža i način povezivanja komutacijskih čvorova na području regije Jug

Za povezivanje ŽAT centrale Zadar u digitalnu ŽAT mrežu za sada ne postoje uvjeti te je predmetna centrala povezana samo na fiksnu javnu mrežu. Naime, telekomunikacijska infrastruktura uništena je tijekom Domovinskog rata te je u planu modernizacija pruge Knin-Zadar.

Na dionici pruge Perković-Šibenik ne postoji SDH infrastruktura te povezivanje ŽAT-c Perković i Šibenik sa digitalnim 2Mb/s vezama u jedan jedinstveni komutacijski sustav izvršeno je kroz postojeći STKA kabel, bakrenim parica (promjer žila 1,2 mm) i modema sa SHDSL prijenosom. S obzirom kako nije bila izgrađena SDH infrastruktura prije puštanja ŽAT-c, na identičan princip osigurano je privremeno povezivanje i ŽAT centrala Split Predgrađe-Perković, Perković-Knin te ŽAT centrale na lokacijama Split Predgrađe (centralni dio) s lokacijama Split (udaljeni stupanj 1) i Solin (udaljeni stupanj 2). Taj isti način povezivanja i dalje je zadržan kao redundantna veza, u slučaju prekida na SDH infrastrukturi.

Više detalja oko ovih povezivanja nalazi se u narednom poglavlju.

6.4.1. Povezivanje ŽAT centrala SHDSL modemima

Rezervno povezivanje ŽAT centrala na navedenim dionicama izvršeno je SHDSL LineRunner DTM modemima (Slika 6.10.). Rješenje je temeljeno na osnovi podataka da je maksimalna udaljenost po jednoj parici max. 13 km (idealno), po dvije parice do max 20 km (idealno) te na temelju podataka koje lokacije imaju osiguran izvod pružnog TK kabela. Nadzor i upravljanje LineRunner DTM modema i regeneratora provodi se preko programa ASMOS. Na dionicama gdje je potrebna regeneracija signala, odabrana je ekonomski povoljnija opcija u kojoj se umjesto regeneratora koristi par stolnih SHDSL modema povezanih „leđa na leđa“ [9].

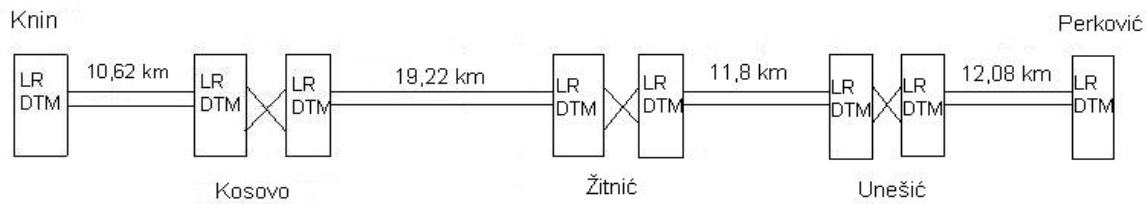


Slika 6.10. SHDSL modem

U sljedećem poglavlju bit će opisano povezivanje ŽAT centrale Perković i ŽAT centrale Knin (slika 6.11.). Ostala povezivanja sa SHDSL modemom neće biti dodatno opisana osnovna razlika je u broju SHDSL modema, s obzirom na udaljenost. Na slici 6.12. prikazano je povezivanje ŽAT centrale Perković i ŽAT centrale Split Predgrađe.

Povezivanje ŽAT-c Perković-ŽAT-c Knin-udaljenost: 53,71 km

Obzirom na veliku udaljenost lokacija na ovoj dionici, za prijenos digitalnih signala u postojećem bakrenom kابلu koji je položen na predmetnoj relaciji koristi se jedna VF četvorka promjera žila 1,2 mm, a također i odgovarajući broj regeneratora. Optimalne lokacije za smještaj regeneratora su kolodvori: Kosovo, Žitnić i Unešić. Međutim, obzirom na cijenu realizacije veza regeneratorima, predložena je jeftinija varijanta tj. umjesto regeneratora u naprijed navedenim kolodvorima ugrađuje se LineRunner DTM Na svakoj od tih lokacija, dva LineRunner DTM modema povezani su crossover kablom na G.703 sučelje, a napajani preko 220V AC. LineRunner DTM modemi u Kninu i Perkoviću napajani su od strane ŽAT centrale (-48 V DC).



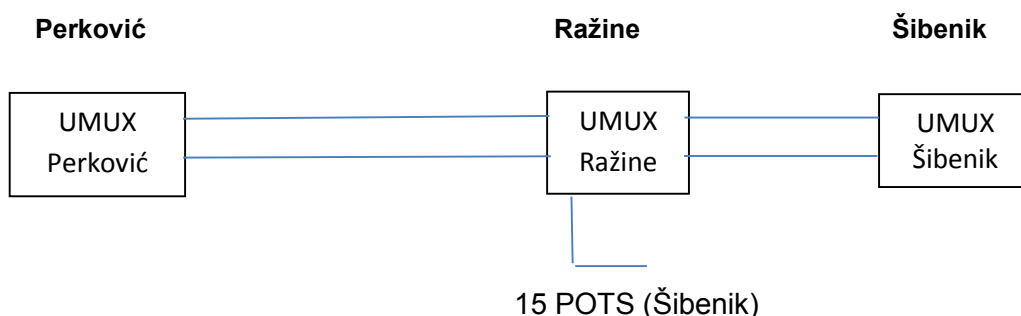
Slika 6.11. Prikaz veze na pruzi Knin-Perković [9]



Slika 6.12. Prikaz veze na pruzi Perković-Split Predgrađe [9]

6.4.2. Povezivanje ŽAT-c Perković-ŽAT-c Šibenik

Povezivanje ŽAT-c Perković i Šibenik (udaljenost 21,2 km) realizirano je multiservisnim uređajem UMUX 1200 Keymile, slika 6.13.. Obzirom na veliku udaljenost lokacija na ovoj dionici, za prijenos signala potrebno je u postojećem bakrenom kabelu koji je položen na predmetnoj relaciji koristiti jednu VF četvorku kabela promjera parice 1,2 mm, a također je na dionici pruge Perković-Ražine predviđena je ugradnja regeneratora koji radi po dvije parice 2x1056kbps. Prema dokumentaciji proizvođača linijske jedinice STIC2 i izračunom prigušenja, a u ovisnosti o kvaliteti samog kabela, udaljenosti lokacija i vanjskih utjecaja (gušenja kabela, preslušavanja bližem kraju i preslušavanja na daljnjem kraju, utjecaj elektrovuče, signalnih kabela i starosti materijala) došlo se do izračuna da se na toj dionici ne mora implementirati regenerator te da se i bez njega može jamčiti kvaliteta usluge [9].



Slika 6.13. Prikaz veze na dionici željezničke pruge Perković-Šibenik

Kako bi povezale ŽAT-c Šibenik i ŽAT-c Perković, na UMUX 1200 kolodvora Ražine na jedinici SUBH3 izdvajaju se 15 POTS signala za telefone u Ražinama, a preostalih 15 prosljeđuje se prema Perkoviću.

UMUX uređaj u kolodvoru Ražine je povezan na centralu u Šibeniku. To je ostvareno uporabom LOMI4 kartice na koju spajamo E1 signal, koji koristi QSIG signalizaciju. Kako bi omogućili prihvat POTS signala koji koriste CAS signalizaciju, a koja nam je potrebna za telefone u Ražinama, u UMUX 1200 Šibeniku ugrađenu su i dvije EXLAN kartice s po 12 sučelja. Linijske kartice STIC1 i STIC2 omogućuju ostvarivanje SHDSL signala preko bakrenih parica.

6.5. Nadzor i upravljanje ŽAT centrala

DNA (*Dynamic Network Administration*) je programski paket koji sadrži niz Windows aplikacija namijenjenih za nadzor i upravljanje MX-ONE TSW (MD110) centrala. Omogućava administratorima sustava da preko preglednog grafičkog sučelja gledaju, mijenjaju i konfiguriraju elemente ŽAT mreže. Sustav je baziran na otvorenoj platformi i standardima –TCP/IP komunikaciji i SNMP protokolu (*Simple Network Management Protocol*). Modul koji povezuje sve aplikacije i pruža poslužiteljske funkcije aplikacijama je DNA Server. DNA Server osigurava medij za pohranjivanje zajedničkih podataka i upravljački sklop za komunikacijsko sučelje svih ostalih namjenskih programa. On također brine o administrativnim funkcijama kao što su zaštita pristupa bazama podataka, lozinke, licence i konfiguriranje sustava.

U poslovnoj mreži HŽ-a implementiran je DNA sustav za nadzor i upravljanje postojećih MX-ONE TSW sustava te uključuje aplikacijski niz koji se sastoji od sljedećih aplikacija :

D.N.A. Extension Manager

D.N.A. Directory Manager

D.N.A. Performance Manager

D.N.A. Event Manager

D.N.A. Ericsson Communication Assistant - CALL H.

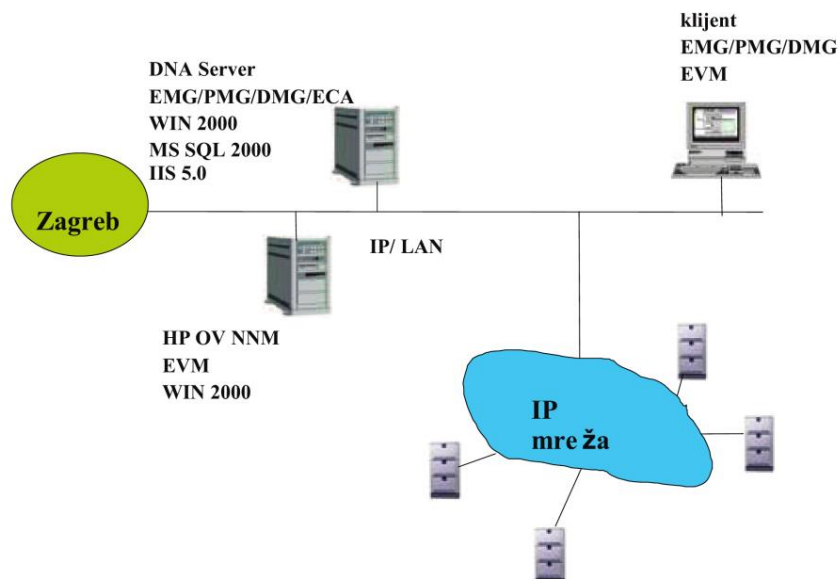
DNA aplikacije:

- **D.N.A Server** osigurava medij za pohranjivanje zajedničkih podataka i upravljački sklop za komunikacijsko sučelje svih ostalih namjenskih programa.

- **D.N.A. Extension Manager** omogućuje korisniku premještanje, dodavanje i mijenjanje telefonskih korisnika sustava MX-ONE TSW (MD110) putem grafičkog korisničkog sučelja umjesto korištenja komandi MML.
- **D.N.A. Performance Manager** omogućuje pojednostavljeno mjerenje i analizu podataka o izvedbi dobivenih od sustava MX-ONE TSW (MD110).
- **D.N.A. Directory Manager** omogućuje grafičko korisničko sučelje za upravljanje podacima u direktoriju sustava D.N.A.
- **D.N.A. Event Manager** je moćni, jednostavan za korištenje program za upravljanje mrežom MX-ONE TSW (MD110) te pruža alate koji koriste grafičko korisničko sučelje (GUI) za vizualizaciju i nadzor mreža izgrađenih od centrala MX-ONE TSW (MD110).
- **D.N.A. Ericsson Communication Assistant** je rješenje kojim se omogućuje jednostavan dostup preko WEB preglednika bazi podataka Directory Manager-a. U rješenje uključeno je i sljedeće sučelje :

- **LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) sučelje**

Preduvjet za korištenje ovog sučelja je postojanje DNA Directory Manager aplikacije. Osim omogućavanja nadzora do svih lokacija iz Zagreba osigurava se mogućnost nadzora nad pojedinim dijelovima mreže i iz udaljenih centara.



Slika 6.14. Prikaz DNA konfiguracije [10]

Nadzor i upravljanje vrši se sa jednog centralnog mjesta. Komunikacija između DNA sustava i mreže MX-ONE TSW centrala odvija se preko TCP/IP protokola. U svim sustavima MX-ONE TSW HŽ-a koristi se NIU2 pločica s Ethernet sučeljem.

D.N.A. Event Manager koji nadzire alarme, koristi HP OpenView kao podlogu za komuniciranje SNMP protokolom sa MX-ONE TSW mrežom. Radi osiguranja komunikacije SNMP protokolom potrebna je AAU2 pločica sa SNMP softverom. To znači da u svaku nadziranu MX-ONE TSW centralu dolazi jedna AAU2 pločica.

Na centralnoj lokaciji nalaze se DNA poslužitelj i EVM (*Event Manager*) poslužitelj koji nadziru MX-ONE TSW mrežu. Na DNA poslužitelju nalazi se centralna baza podataka (MS SQL) te DNA aplikacije

Na EVM poslužitelju nalazi se HP OpenView NNM i EVM (*Event Manager*). Event Manager je program za upravljanje mrežom MX-ONE TSW (MD110) te pruža alate koji koriste grafičko korisničko sučeljem (GUI) za vizualizaciju i nadzor mreža izgrađenih od centrala MX-ONE TSW (MD110). Korištenje HP OpenView-a, osim kao sustava za nadzor MX-ONE TSW centrala, omogućava i njegovu daljnju integraciju s ostalim sustavima za mrežni nadzor i upravljanje. Administratori sustava mogu raditi na DNA i EVM poslužiteljima, ali je preporučljivo da se administracija vrši s klijent računala. Da bi se mogla koristiti aplikacija ECA (*Ericsson Communication Assistant*) potreban je WEB poslužitelj i za to se koristi MS IIS.

Svi ECA korisnici imaju pravo:

- pretraživati telefonski imenika
- slati kratke poruke ostalim ECA korisnicima
- administrirati "osobni broj" (*Personal Number*) i svoj profil.

Standardna D.N.A. arhitektura omogućava klijent/poslužitelj konfiguraciju sustava. To znači da se prema potrebi mogu instalirati DNA klijenti na bilo kojoj lokaciji HŽ-a. Klijent aplikacije koriste zajedničku bazu podataka na centralnoj lokaciji. Tako se npr. u Zagrebu nalazi centralno mjesto za DNA, dok se u ostalim lokacijama instaliraju klijenti. To znači da će se u udaljenim središtima instalirati DNA klijent aplikacije EMG ,PMG i EVM. Preduvjet za instalaciju EVM klijenta je prethodna instalacija HP OpenView NNM konzole na udaljenim lokacijama

Parametrima konfiguracije klijenata definira se djelokrug prava i mogućnosti nadzora.

Centralni nadzor u Zagrebu omogućava konzistentni pogled na aktualno stanje mreže.

Radi osiguranja dostupa do svih MX-ONE TSW centrala u HŽ mreži i njihov nadzor potrebno je osigurati podatkovne IP veze do MX-ONE TSW centrala. Pošto se dostupa do dvije pločice u MX-ONE TSW (NIU2, AAU2) potrebno je osigurati dva

Ethernet porta i dvije IP adrese po MX-ONE TSW centrali. Radi osiguranja poslužitelj/klijent komunikacije potrebna je također i njihova podatkovna (TCP/IP) povezanost [10].

7. MPLS tehnologija

Ukoliko HŽ Infrastruktura nastavi s politikom razvoja i operativne mreže, potrebno je razmotriti i modernizaciju SDH transportne okosnice.

7.1. Uvod

Sve više mrežnih operatora počinje koristiti mrežne tehnike nove generacije u telekomunikacijskim mrežama. Jedna od takvih tehnika je i više protokolno komutiranje temeljeno na oznakama (engl. *MultiProtocol Label Switching* - MPLS). MPLS omogućuje brzo i pouzdano usmjeravanje mrežnih paketa u usporedbi sa standardnim postupcima usmjeravanja koje se koristi u IP mrežama i širok raspon funkcionalnosti i veliku skalabilnost kako bi se zadovoljili zahtjevi sve većeg broja korisnika u mrežama. Zbog povećanja složenosti strukture današnjih mreža, povećana je i potreba za njihovim detaljnim planiranjem [11].

Neki od ciljeva razvoja MPLS-a su:

- Zadovoljavanje sve većih prometnih zahtjeva postavljenih u IP mrežama.
- QoS podrška u IP mrežama.
- Osiguranje diferencijalnih razina usluga temeljenih na IP protokolu.
- Mogućnost povezivanja glasa, videa i aplikacija preko jedne IP mreže.
- Veća efikasnost uz nižu cijenu.
- Virtualne privatne mreže.

Višeprotokolno komutiranje temeljeno na oznakama - MPLS je tehnologija koja osigurava tradicionalni model prosljeđivanja paketa kroz mrežu, ali na efikasniji i brži način, nego što je to putem protokola u ATM ili FR (engl. *Frame Relay*) mrežama. Prilikom standardizacije MPLS protokola od strane IETF-a, uveden je konekcijsko orijentirani koncept u beskoneksijske mreže.

Prilikom usmjeravanja u ATM i FR mrežama, zaglavlje svakog paketa koji prolazi kroz mrežu analizira se pri svakom skoku na putu od izvorišnog do odredišnog usmjeritelja. Za razliku od toga, MPLS tehnologija prilikom transporta paketa kroz mrežu koristi postupak komutacije oznaka. Vrlo bitna prednost takvog postupka je da se informacije iz zaglavlja paketa analiziraju samo jednom, na ulaznom rubnom usmjerivaču u mreži, tzv. LER (engl. *Label Edge Router*) usmjerivaču, a daljnji postupak usmjeravanja

paketa temelji se samo na provjeri oznaka koje predstavljaju identifikacijske oznake paketa. S razvojem tehnologije napredniji su postali i mrežni čvorovi, pa se navedeni problem usmjeravanja mogao zaobići i bez MPLS-a, no u IP mrežama postojao je nedostatak mehanizama za očuvanje kvalitete usluge (engl. *Quality of Service* - QoS) i potpuni izostanak tehnika upravljanja mrežnim prometom, koji je dolazio do izražaja s većim prometnim opterećenjem.

U odnosu na prethodne metode usmjeravanja podataka u mreži, korištenje MPLS tehnologije pruža brojne prednosti, neke od njih su:

- Integracija brzine i značajki drugog sloja mreže sa inteligencijom i skalabilnošću karakterističnima za treći sloj mreže.
- Prijenos zasnovan na primjeni okvira i ćelija.
- Primjena mehanizama za očuvanje definiranih razina kvalitete usluga (QoS) te tehnika upravljanja mrežnim prometom.
- Mogućnost beskonačnog slaganja oznaka.
- Mogućnost prilagođavanja većeg broja korisnika MPLS tehnologiji.
- Mogućnost ugradnje MPLS mreže u već postojeće mreže.

MPLS koristi više protokola za distribucija oznaka, od kojih su najpopularniji protokol distribucije oznaka (engl. *Label Distribution Protocol* - LDP) i protokol rezervacije resursa za tehnike upravljanja mrežnim prometom (engl. *Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering* –RSVP-TE). Usmjerivački protokol temeljen na ograničenjima protokola distribucije oznaka (engl. *Constraint-based Routing LDP* - CR-LDP) je ekstenzija LDP protokola i predstavlja jedan od signalnih protokola za tehnike upravljanja mrežnim prometom.

MPLS pripada mrežnom ili podatkovnom sloju OSI modela, budući da ima funkcije pojednostavljenog konekcijskog prosljeđivanja paketa na podatkovnom sloju i mogućnost proširivanja i fleksibilnost mrežnog sloja. Prema tome, MPLS predstavlja nadogradnju mrežnog i podatkovnog sloja, pa je on protokol „2.5“ sloja.

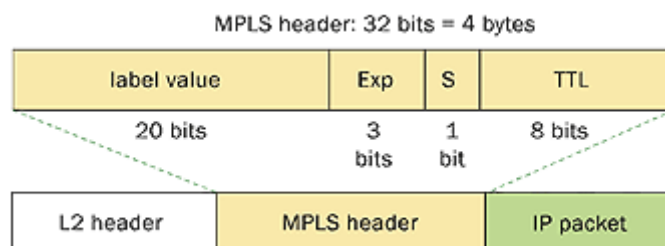
7.1.1. Osnovni elementi MPLS rješenja

Zaglavlje MPLS paketa

Zaglavlje MPLS oznake (engl. *label header*) dugo je 32 bita. Budući da MPLS djeluje između drugog i trećeg sloja OSI modela ovo zaglavlje naziva se još i umetnuto zaglavlje (engl. *shim header*) jer se umeće iza zaglavlja podatkovnog sloja, a ispred zaglavlja mrežnog sloja.

Zaglavlje MPLS-a podijeljeno je na četiri različita polja (Slika 7.1.):

- *Label* - polje dugo 20 bita, označava broj oznake, njime se prosljeđuju MPLS paketi i ono određuje klasu ekvivalentnog prosljeđivanja (FEC);
- *Experimental* - ovo polje izvorno je rezervirano za eksperimentalnu upotrebu, no danas se obično upotrebljava za klasu implementacije usluge. Usmjerivač koriste ovo polje veličine tri bita kako bi odlučili gdje će se u redu čekanja postaviti paket;
- *Bottom of Stack* – ovo polje predstavlja zadnju oznaku u nizu oznaka prije IP paketa. Osim toga, moguće je grupirati više oznaka u jednu oznaku, polje duljine jedan bit;
- *Time To Live (TTL)* - polje koje se koristi se za praćenje puta i opisuje životni vijek MPLS paketa. Pri prolasku paketa kroz LSR, TTL vrijednost smanjuje se za jedan. Ukoliko je prije odredišnog čvora TTL vrijednost jednaka nuli, paket će se odbaciti.



Slika 7.1. MPLS zaglavlje [11]

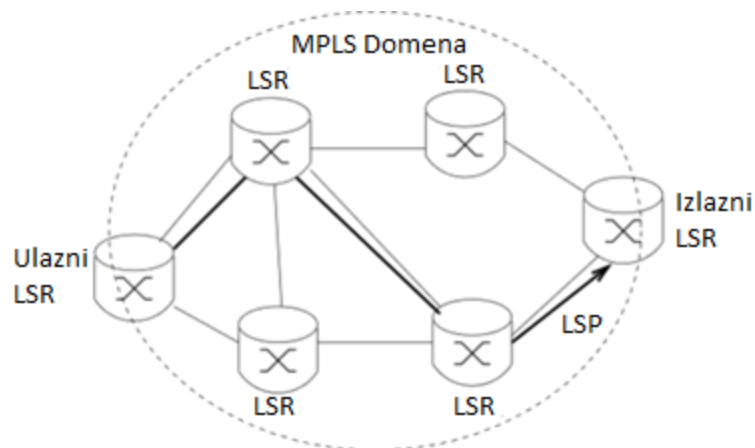
Usmjerivači u MPLS mreži

U MPLS mrežama primjenjuju se dvije vrste usmjerivača – LSR (engl. *Label Switched Router*) usmjerivači i LER (engl. *Label Edge Router*) rubni usmjerivači. LSR usmjerivač je usmjerivač koji spada pod fizički dio mreže. LSR usmjerivači mogu

brzo usmjeravati podatkovne pakete bez potrebe za provjerom tablica usmjeravanja ili odrađivanjem puta usmjeravanja koje bi u obzir uzelo vrijeme slanja/primanja podataka. Budući da oznake već sadrže upute o putevima paketa, usmjerivač mora jednostavno usmjeravati pakete na temelju uputa na oznakama [11].

Postoje tri različite vrste LSR-a (Slika 7.2.), diferencirane prema lokaciji i položaju na LSP (engl. *Label Switched Path*) putu paketa, a to su:

- Ulazni LSR (engl. *ingress LSR*) – rubni LSR koji prima neoznačeni paket kojem zatim dodaje oznaku te ga šalje u MPLS domenu.
- Tranzitni usmjerivač (engl. *transit LSR*) - nalazi se usred LSP-a, prebacuje MPLS pakete na sljedeći put u LSP-u, a koristi sučelje iz kojeg dolazi paket i MPLS zaglavlje za informacije o odredištu.
- Izlazni LSR (engl. *egress LSR*) – rubni LSR koji prima označene pakete kojima zatim uklanja oznaku i isporučuje ih dalje.



Slika 7.2. Prikaz MPLS domene i pripadajućih LSR-ova [11]

Operacije koje obavlja LSR su: stavljanje jedne ili više oznaka na stog, skidanje oznake sa stoga i mijenjanje oznake pri skoku. *Imposing* i *disposing* LSR predstavljaju ulazni odnosno izlazni LSR. Kod ulaznog LSR-a, oznake se stavljaju na neoznačene pakete, a kod izlaznog LSR-a te oznake se uklanjaju.

Put paketa kroz MPLS mrežu

LSP (engl. *Label Switched Path*) put je jednosmjerni put kroz MPLS mrežu. Usmjerivači u MPLS mreži mijenjaju MPLS informacije kako bi postavili te putove za različite izvorišno-odredišne parove. LSP je moguće postaviti pomoću bilo kojeg

signalnog protokola kao što su LDP, RSVP ili BGP. LSP predstavlja put u MPLS mreži kojim putuju označeni paketi jedne veze. Prvi LSR na LSP putu je ulazni LSR, dok je posljednji LSR na LSP putu izlazni LSR. Svi usmjerivači prebacivanja oznaka između ulaznog i izlaznog su posredni. Paket na ulaznim i izlaznim usmjerivačima dobiva oznaku pri čemu može putovati LSR-ovima kroz mrežu. Na rubnom izlaznom usmjerivaču ta oznaka se ponovno skida i paket nastavlja svojim putem (Slika 7.3.).



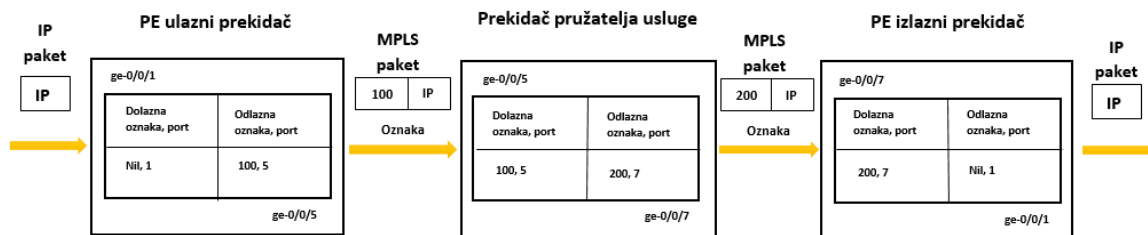
Slika 7.3. Prikaz prolaska paketa kroz LSP [11]

7.1.2. Struktura MPLS mreže

MPLS mrežni usmjerivači podijeljeni su na dvije različite vrste uređaja: jezgrene usmjerivače i rubne uređaje. Položaj uređaja u mreži određuje funkcije i zadatke uređaja. Rubni uređaji nalaze se na rubovima MPLS domene i nazivaju se LE (engl. *Label Edge*) usmjerivačima ili PE (engl. *Provider Edge*) usmjerivačima. Jezgreni usmjerivači poznati su kao LS (engl. *Label Switching*) usmjerivači ili P (engl. *Provider*) usmjerivači. Kada IP paket dođe pred ulazni čvor MPLS mreže, između ulaznog i izlaznog PE usmjerivača uspostavlja se LSP put. Bitno je zaključiti kako za svaki ulazno-izlazni par postoji unaprijed postavljen (statički ili dinamički) LSP put, koji može prolaziti kroz različite P usmjerivače.

Na temelju FEC grupe kojoj paket pripada, određuju se P usmjerivači kroz koje će prolaziti paketi te se određuje kako će se oni testirati. Ovo je jedino vrijeme kada je potrebno donijeti odluku u određenoj domeni i jedini trenutak u kojem se analizira zaglavlje. Nakon toga, sve se odluke o usmjeravanju obavljaju pomoću oznaka. PE usmjerivač na samom ulazu u mrežu odrađuje poveznicu između oznake, paketa i FEC grupe.

Kod prijenosa paketa kroz MPLS mrežu, usmjeritelji zamjenjuju oznake paketa i prosljeđuju ih prema unaprijed definiranom putu, proces se naziva zamjena oznaka (engl. *label swapping*) (Slika 7.4.).



Slika 7.4. Postupak zamjene oznaka [11]

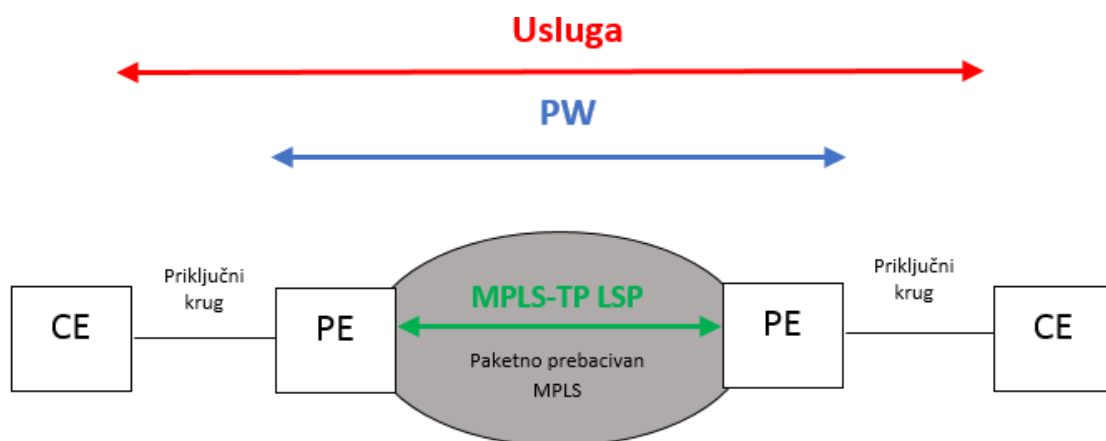
7.2. MPLS profil mrežnog prometa

Osim što je primjena MPLS tehnologije pogodna zbog njenih značajki i vrlo jednostavne implementacije, ona omogućuje i primjenu dodatnih aplikacijskih proširenja. Aplikacijska proširenja obuhvaćaju usluge zasnovane na primjeni MPLS tehnologije koje nisu odmah omogućene pri uspostavi MPLS mrežnog okruženja. Funkcionalnost svake takve aplikacije dijeli se na kontrolni i podatkovni dio. Jedna od MPLS aplikacijskih proširenja je i MPLS profil mrežnog prometa (engl. *MPLS Transport Profile* – MPLS TP).

MPLS profil mrežnog prometa, tj. MPLS-TP je proširenje osnovnog MPLS protokola koje omogućuje prosljeđivanje većine paketa na drugom, a ne na trećem sloju mrežnih modela. MPLS-TP predstavlja pojednostavljenu verziju MPLS-a, a dizajniran je kako bi ubrzao i oblikovao mrežni promet u telekomunikacijskim transportnim mrežama. Transportna mreža sastoji se od opreme i vlakana koja fizički prenose signale. Prijenosne mreže obično su izgrađene pomoću SONET/SDH uređaja s višestrukim prijenosom s vremenskom podjelom (engl. *Time Division Multiplexed* - TDM), koji su vrlo skupi i nedjelotvorni. Iz tog razloga, pružatelji usluga implementiraju više opreme temeljene na paketima u svoje prometne mreže. MPLS TP morao je imati slične karakteristike kao SDH mreža - predvidljivost, upravljivost i redundantnost. Kako bi se to moglo realizirati, neke od mogućnosti MPLS mreže morale su se isključiti, kao npr. više puteva sa istom cijenom (engl. *Equal-cost multi-path* - ECMP), povezivanje LSP puta te PHP (engl. *Penultimate Hop Popping*) skok. Bilo je potrebno napraviti tehnologiju koja bi osigurala da se LSP-om informacije mogu prenijeti u oba smjera, pri čemu je jedan smjer za podatke, a drugi za signal o dojadi pogreške (engl. *Fault Signal*).

MPLS TP koristi *pseudowire* tehniku (Slika 7.5.). Ona omogućuje prijenos okvira kroz MPLS mrežu, bez obzira koji protokol koristi CE usmjerivač. Tehnika je nazvana *pseudowire* jer kroz MPLS mrežu postoji virtualni put. Na takvom principu radi i MPLS VPN mreža, koja će biti opisana u sljedećim odlomcima rada.

Nadalje, MPLS-TP omogućuje dinamičko postavljanje MPLS-TP transportnih putova putem kontrolne ravnine. Kontrolna ravnina uglavnom se koristi za osiguravanje funkcija obnavljanja, radi poboljšanja izdržljivosti mreže u prisutnosti kvarova i olakšava pružanje end-to-end puteva preko mrežnih domena ili domena operatera. Operater može odabrati hoće li omogućiti upravljačku ravninu ili će upravljati mrežom na tradicionalan način bez upravljačke ravnine, pomoću sustava upravljanja mrežom (engl. *Network Management System* - NMS). Valja napomenuti da kontrolna ravnina ne čini NMS zastarjelim - NMS mora konfigurirati kontrolnu ravninu, a također treba i komunicirati s kontrolnom ravninom u svrhu upravljanja vezama. []



Slika 7.5. MPLS TP *Pseudowire* tehnika

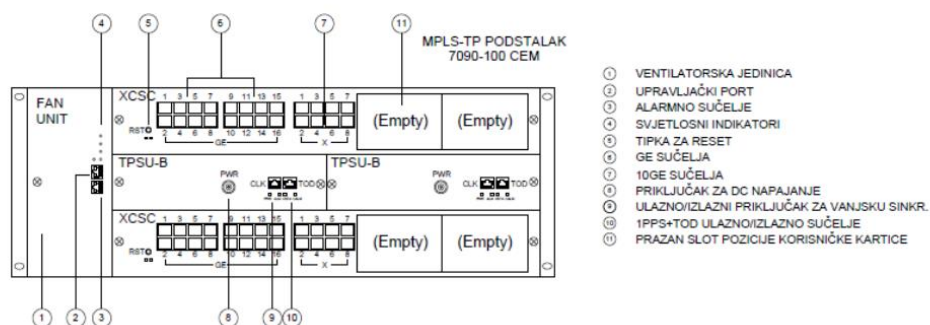
7.3. Prijedlog tehničkog rješenja transportne mreže

U ovisnosti o lokaciji tipa „kolodvor“ i „veliki kolodvor“ tj. potrebnoj količini servisa na pojedinoj lokaciji preporuča se ugradnja dva tipa MPLS-TP uređaja proizvođača opreme Infinera/Coriant; uređaj 7090-2 CEM i 7090-100 CEM. Glavne funkcionalnosti uređaja su prosljeđivanje i definiranje servisnih prioriteta te određivanje kontrolnih i komunikacijskih zadataka.

Infinera/Coriant 7090 CEM serija proizvoda podržava sve MEF CE2.0 certificirane servise i emulaciju TDM zasnovanih transportnih tehnologija (PDH/SDH). Stoga je idealna tehnologija za migraciju SDH transportnih mreža na fleksibilnu paketsku

transportnu tehnologiju omogućavajući pri tome dobre karakteristike TDM mreža kao što su „kreiranje servisa s kraja na kraj“, protekcijski mehanizmi slični kao u SDH, pouzdanost servisa, sinkronizacijske mehanizmi.... 7090 CEM serija proizvoda pored SDH serije proizvoda (hiT7020/30/25/60/60HC/65/80) potpuno je integrirana u sustav za nadzor i upravljanje TNMS omogućavajući laganu migraciju PDH/SDH servisa na paketski orijentiranu MPLS-TP tehnologiju dozvoljavajući hibridni rad servisa [12].

7.3.1. MPLS-TP uređaj – tip 7090-100 CEM



Slika 7.6. Infinera/Coriant 7090-100 CEM

Coriant 7090-100 CEM (Slika 7.6.) je modularni MPLS-TP preklopnik kapaciteta prospajanja 220Gbps, koji se predlaže ugraditi u kolodvor tipa "KK". Uređaj se sastoji od sljedećih kartica:

- 2 servisno procesorske kartice- XCSC
- 2 napojno sinkronizacijske kartice-TPSU
- 1 ventilatorske kartice-FAN UNIT

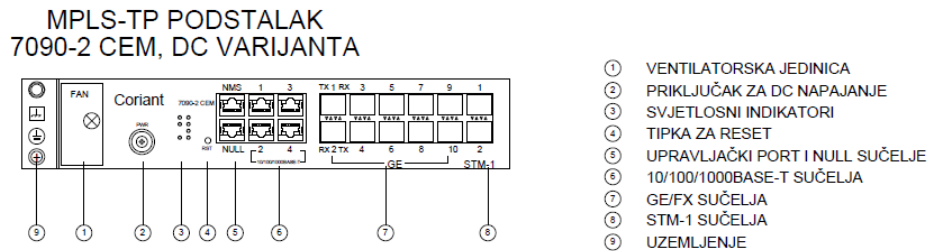
XCSC kartica se sastoji od:

Osnovna konfiguracija: 8 x 10 GbE, 16 x GbE SFP
 Dvije modularne kartice: 8 x GbE (SFP), 16 x E1 (75/120ohm), 4 x STM-1,

Konfiguracija sustava:

- 16 x 10 GbE
- 64 x GbE (optical/electrical)
- 64 x FE
- 64 x FX
- 32 x STM-1/4 Ports (smart SFP) (SAToP)
- 64 x E1

7.3.2. MPLS-TP uređaj – tip 7090-2 CEM



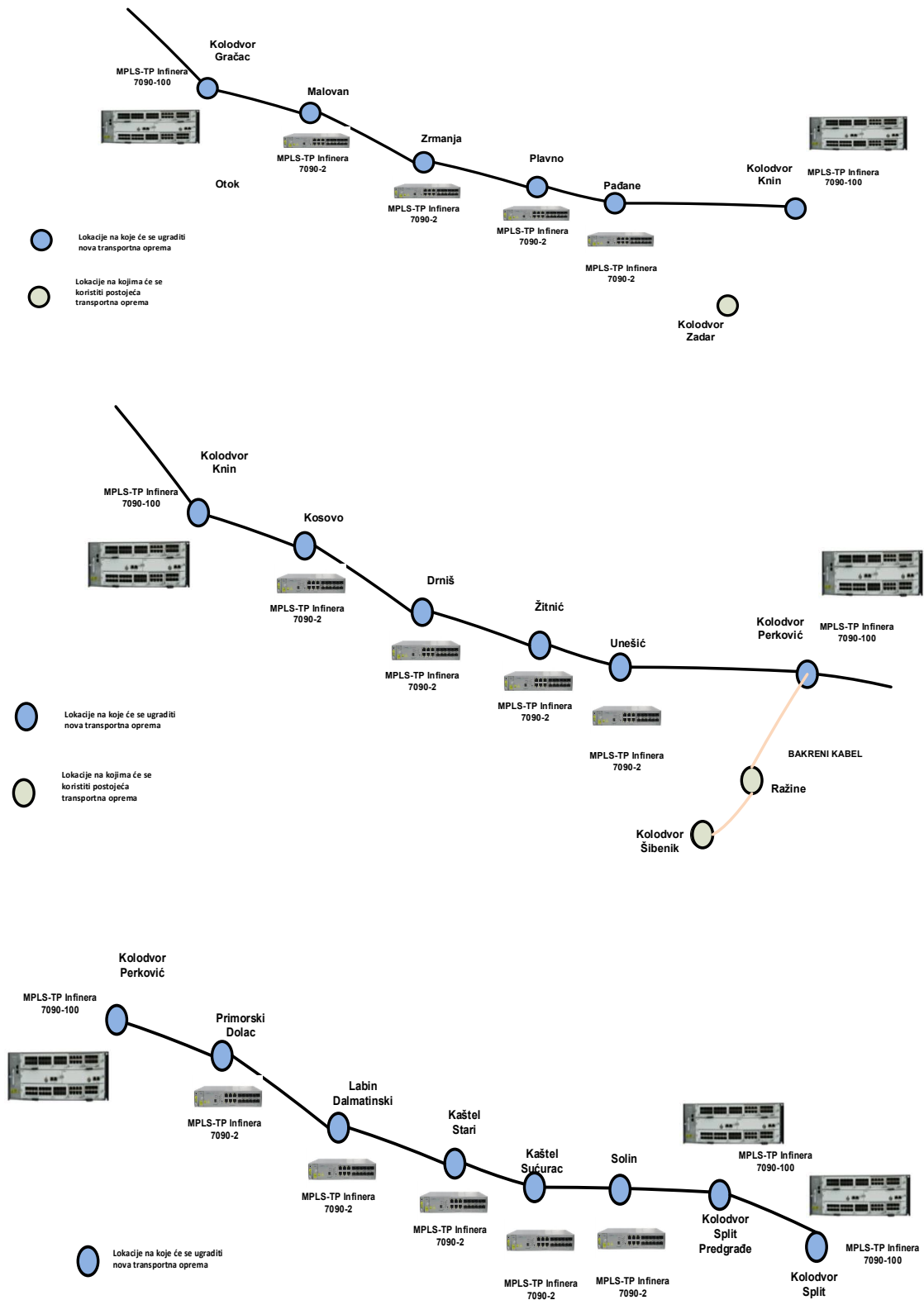
Slika 7.7. MPLS-TP čvora Infinera/Coriant 7090-2 CEM

Coriant 7090-2 CEM (Slika 7.7.) je kompaktni MPLS-TP preklopnik kapaciteta prospajanja 14Gbps, koji se predlaže ugraditi u kolodvor tipa "K". Glavna procesorska jedinica, prospojna matrica, jedinica za davanje takta, servisno procesorska jedinica, ventilatorska jedinica, optička i električna sučelja, posebno sučelje za nadzor i upravljanje su osnovne hardverske komponente ovog kompaktnog uređaja.

7090-2 CEM uređaj sastoji se od:

- 4x 10/100/1000BASE-T sučelja
- 10x utora za SFP module
- 2x utora za TDM servise
- Sučelja za nadzor i upravljanje
- Prekidača za RESET hardvera i softvera
- Napojnog sučelja.

Na slici 7.8. dan je prikaz prijedloga modernizacije transportne mreže na području regije Jug.



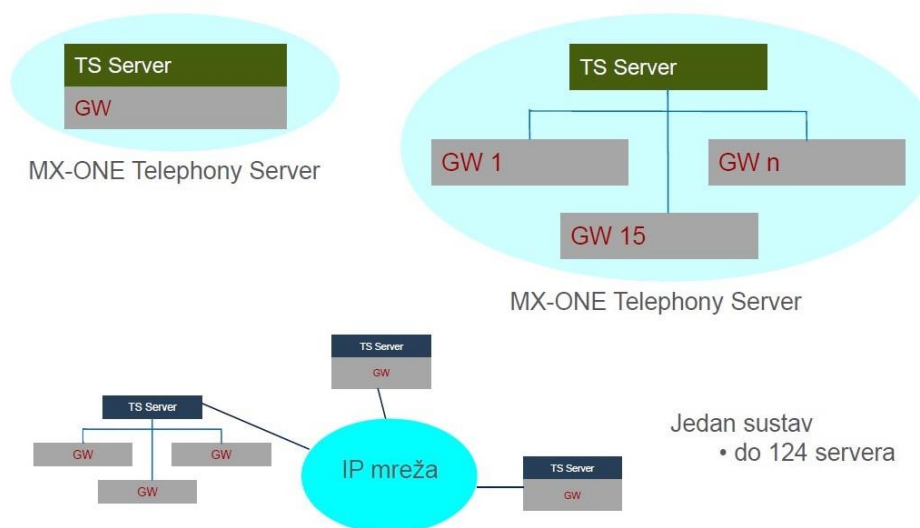
Slika 7.8. Prijedlog modernizacije transportne mreže na području regije Jug

8. MODERNIZACIJA ŽAT MREŽE

ŽAT sustav na području Regije Jug izgrađen je modelom centrala TSW koje su implementirane 2010. godine i koje su dosegle kraj životnog ciklusa, odnosno ciklusa uporabe (phase-out). Sukladno navedenom, postojeće centrale nije moguće više održavati s obzirom na zahtjev za dostupnost rezervnih dijelova i adekvatne zalihe najmanje 10 godina od završetka radova. Također, nije moguća promjena i nadogradnja postojećoj verziji sustava zbog nemogućnosti dobave opreme za postojeći hardver niti licenci za dodavanje novih korisnika, kako direktnih ili lokalnih tako i dalekih priključaka.

Da bi se zadovoljili uvjeti postupka nabave i tražene funkcionalnosti te zahtjevi na rezervne dijelove, nužno je postojeći sustav sa svom pripadajućom opremom i licencama, kao i sve udaljene korisnike ŽAT centrala dograditi.

Za navedeni sustav razvijena je modernizirana verzija komunikacijskog sustava MiVoice MX-ONE TS (Telephony Server) te predlažemo nadogradnju istom. Nova verzija sustava osim funkcionalnosti prethodnog modela (TSW) sadrži i brojne dodatne funkcionalnosti kao i mogućnost migracije postojećih korisnika, ali i dalekih priključaka putem koncentratora korisnika koji funkcionalno zamjenjuje multipleksni koncentrador.



Slika 8.1. MX ONE TS arhitektura

8.1. Općenito o ŽAT sustavu baziranom na MiVoice MX-One rješenju

MiVoice MX-ONE je potpuni IP PBX sustav, koji podržava do 124 međusobno povezana poslužitelja i 500.000 korisnika u jednom distribuiranom sustavu. Zasnovan je na otvorenom softveru i hardveru, radi na standardnim poslužiteljima s operativnim sustavom Linux. MiVoice MX-ONE podržava mnoštvo novih i klasičnih sučelja, kao što su IP (SIP i H.323), ISDN, DECT te konvencionalna analogna i digitalna sučelja. U skladu s time, MX-ONE lako surađuje kako s potpunim IP instalacijama tako i s konvencionalnim telekomunikacijama.

Koncept je prilagodljiv kako u pogledu centralizacije tako i decentralizacije; oba se pristupa mogu prilagoditi specifičnim scenarijima kupaca.

MX-ONE podržava razne scenarije kupaca – potpuno IP rješenje, područni ured ili zemljopisno raspršena tvrtka. Telefonski softver koji se izvodi na standardnoj poslužiteljskoj platformi može podržati do 15.000 SIP korisnika i 15 medijskih pretvornika. Poslužitelji i medijski pretvornici mogu se kombinirati na način da tvore potpuno centralizirani sustav ili veliki više poslužiteljski distribuirani sustav raspršen preko širokog zemljopisnog područja [13].

MiVoice MX-ONE sastoji se od tri osnovna dijela:

- Uslužni čvor MiVoice MX-ONE.
- Medijski pristupnik / medijski poslužitelj MiVoice MX- ONE (bazirano na hardveru/softveru).
- Paket za upravljanje MiVoice MX-ONE.

8.1.1. Uslužni čvor

Uslužni čvor MX-ONE središnji je dio rješenja MX-ONE. Visoko kapacitetni softver poslužitelja za pozive uslužnog čvora MX-ONE — bilo virtualni, bilo onaj koji se pokreće na standardnoj poslužiteljskoj platformi — može obrađivati do 15.000 SIP korisnika i 15 medijskih pristupnika u jedinstvenoj poslužiteljskoj konfiguraciji. Moguće je kombinirati nekoliko uslužnih čvorova i medijskih pristupnika kako bi se stvorio jedinstveni logički sustav i implementirao kao veliki centralizirani sustav ili kao distribuirani sustav s mnogo poslužitelja i medijskih pristupnika koji su raspoređeni na geografski raspršenom prostoru.

Uslužni čvor se sastoji od sljedećih poslužiteljskih jedinica:

- Aplikacijska poslužiteljska jedinica (ASU)
- Aplikacijska poslužiteljska jedinica Lite (ASU LITE)

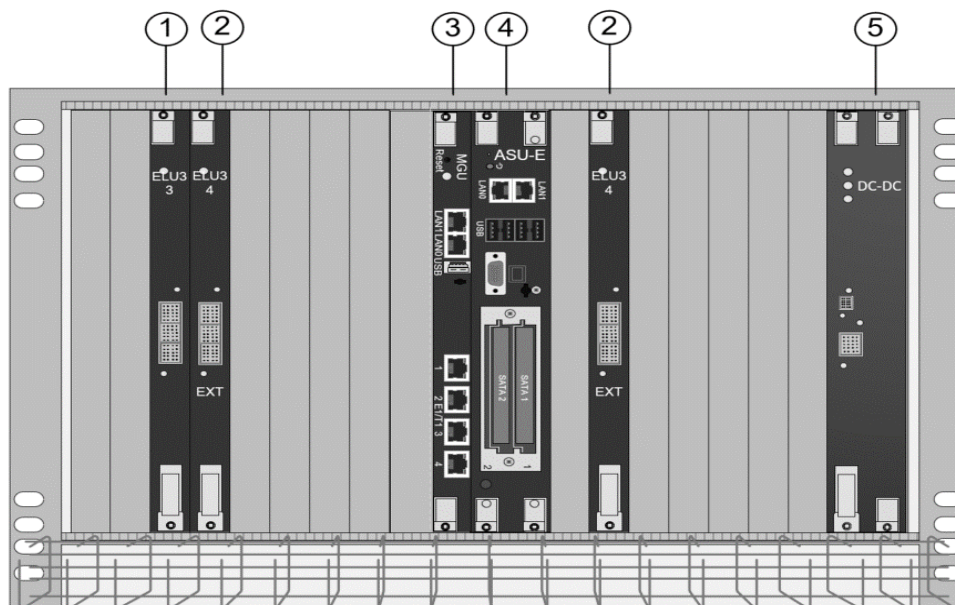
ASU, poslužiteljska pločica bazirana na Intelovoj tehnologiji, može se isporučiti kao dio kućišta medijskog pristupnika MX-ONE Lite ili MX-ONE Classic ili zasebno kao uređaj 1U. Prvenstveno se upotrebljava kao glavno računalo za softver uslužnog čvora MiVoice MX-ONE i medijskog poslužitelja MX-ONE, no može se upotrebljavati i za druge aplikacije.

Optimalni model poslužitelja za udaljene lokacije MX-ONE s jednostrukim kućištem medijskog pristupnika (npr. izdvojeni uredi s konfiguracijom MX-ONE Lite ili MX-ONE Classic). To je također najpoželjniji izbor za implementacije MX-ONE na jednoj lokaciji s najviše 1.000 korisnika. Osim toga, poslužitelj ASU Lite dio je paketa pomoćnog čvora s mogućnošću preživljavanja (SBN), koji omogućuju postojanost i lokalni pristupnik za podružnice koje su opremljene telefonima tipa IP/SIP.

8.1.2. Medijski pristupnici

MX-ONE sustav podrazumijeva sljedeće vrste medijskih pristupnika:

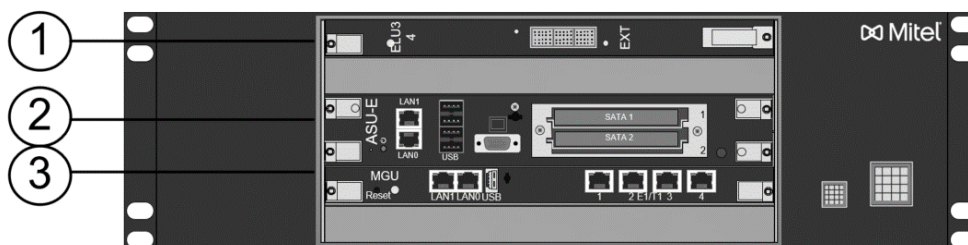
- MX-ONE Lite – kućište 3U, prikladnije za IP okruženja i situacije kada podružnice imaju mjesta za jednu pločicu MGU2, jednu ASU, plus tri ili pet pločica TDM, ovisno o tome koristi li se vanjski poslužitelj.
- MX-ONE Classic – kućište 7U, opremljeno pločicom MGU2, predviđeno uglavnom za kombinirana okruženja s mjestom za najviše 16 starijih pločica.
- Mitel GX Gateway – Kućište 1U, kombinacija graničnog kontrolera sesija i medijskog pristupnika. Sustav pruža do 120 istodobnih kanala VoIP i nudi lokalnu mogućnost preživljavanja i pristup PSTN-u za najviše 500 SIP i 24 FXS korisnika koji se nalaze na udaljenoj lokaciji. GX također podržava ISDN PRI, E&M i R2 E1/T1 CAS koji omogućavaju pristup lokalnom PSTN-u.



Slika 8.2. MX-One Classic kućišta s umetnutim karticama

MX-One Clasicc kućište na slici 8.2. sadrži sadrži sljedeće module:

1. ELU33 – Digitalna korisnička pločica za priključenje digitalnih sistemskih terminala.
2. ELU34 – Analogna korisnička pločica za priključenje analognih terminala.
3. MGU – Jedinica medijskog pristupnika - pločica podržava IP / SIP korisnike i spojne vodove, mobilne korisnike, TDM pločice i PSTN spojne vodove.
4. ASU-II Poslužitelj.
5. DC/DC pretvarač osigurava napajanje za pločice +/- 5 V i +/-12 V.



Slika 8.3. MX-One lite 3U kućište s umetnutim karticama

MX One lite 3U kućište na slici 8.3. sadrži sljedeće module:

1. ELU34 – Analogna korisnička pločica za priključenje analognih terminala.
2. ASU-Lite poslužitelj.
3. MGU – Jedinica medijskog pristupnika - pločica podržava IP / SIP korisnike i spojne vodove, mobilne korisnike, TDM pločice i PSTN spojne vodove.

Jedinica medijskog pristupnika, verzija 2 (MGU2), kompaktna je pločica medijskog pristupnika koja se postavlja u kućište MX-ONE, pruža resurse DSP i pristup do tradicionalne mreže PSTN. Njezina je osnovna funkcija transkodiranje između krajnjih točaka TDM i onih baziranih na IP/SIP u mreži MX-ONE. Osim toga, pruža komutacijsku matricu za starije pretplatničke krajnje točke koje se nalaze u kućištu MX-ONE. Poput medijskog poslužitelja MX-ONE, MGU2 također obrađuje medijske usluge, kao što su konferencije, detekcija/slanje tonova i najavnih poruka (RVA).

Medijski poslužitelj MX-ONE medijski je poslužitelj temeljen na softveru, koji uslužnom čvoru pruža medijske RTP resurse i upravlja konverzijom protokola između krajnjih točaka baziranih na IP-u korištenjem različitih protokola.

Nalazi se ili na poslužitelju uslužnog čvora ili na zasebnom poslužitelju Linux. U implementaciji IP/SIP obrađuje medijske usluge kao što su konferencije, detekcija/kreiranje tonova i najavnih poruka (RVA). Pomoću medijskog pristupnika temeljenog na softveru koriste se kanali (engl. trunk) SIP za pristup PSTN-u.

8.1.3. Paket za upravljanje MX-One sustavom

MX-ONE Manager sadržava niz aplikacija za upravljanje i nadzor komponenata MX-ONE sustava. Administratori sustava mogu s jednog mjesta konfigurirati parametre korisničke opreme i nadzirati ispravan rad i performanse sustava te kvalitetu VoIP-a (QoS). Osim toga u sustav je ugrađena podrška za SNMP protokol pa se na taj način dobivene informacije mogu slati u NMS sustav.

MX-ONE Manager paket sadržava sljedeće aplikacije:

MX-ONE Service Node Manager je WEB aplikacija namijenjena za konfiguriranje funkcija zajedničkih za sustav npr. za konfiguraciju numeracije, smjerova i spojnih

vodova, upravljanje IP telefonima, pohranu i ponovno vraćanje spremljenih podataka te pregledavanje sigurnosnih zapisa, zapisa o raznim događajima.

MX-ONE Provisioning Manager je WEB aplikacija namijenjena za konfiguriranje podataka o korisnicima i njihovim terminalima.

Procedura implementacije obuhvaća sljedeće glavne korake:

- Priprema sustava TSW za migraciju.
- Prikupljanje podataka iz TSW sustava.
- Kreiranje podataka za MiVoice MX-ONE.
- Zamjena postojećeg sklopovlja (hardvera) s novim zbog nekompatibilnosti.
- Instalacija MiVoice MX-ONE programske podrške.
- Unošenje podataka u MiVoice MX-ONE.
- Manualno završno konfiguriranje.

8.2. Zamjena postojećeg sklopovlja (hardvera) uslijed migracije u MX-ONE TS

Sustav se instalira u 19" mehanici. Sljedeći korak je priprema ASU servera te GW. Nakon čega slijedi instalacija novih pločica. Pojedine pločice iz sustava MX ONE TSW više nisu u funkciji.

- NIU/NIU2-funkcionalnost se rješava sa ASU
- HDU-koristi se HDD na ASU
- AAU-SNMP funkcije ugrađene u MX-ONE TSE softver
- LSU-E-funkcionalnost se rješava s MGU
- IPLU*8- funkcionalnost se rješava s MGU
- DSU*2- funkcionalnost se rješava s MGU
- TLU76*8-funkcionalnost se rješava s MGU
- LSU-E, DSU, IPLU, RG5DC/2, TLU 76/1, TLU 76/2, TLU 76/3, TMU, TMU/2- pločice se koriste samo u "stackable" sustavu.

Na primjeru telefonskih veza na objektu centrale ŽAT Knin, prikazat će se potrebne izmjene. ŽAT Knin je digitalni komunikacijski sustav tipa MX-ONE TSW sljedećeg kapaciteta (Slika 8.4.):

Komutacijske opreme - dva linijska modula (LIM) početnog kapaciteta 224 analogna korisnika, 64 digitalna korisnika te 20 IP korisnika s grupnim stupnjem.

Za vezu prema javnoj centrali podignuto je ISDN PRA (30B+D).

LIM 1										MAG0										LIM 1										MAG1									
0	10	20	30	40	50	60	70	DSU	LSU	DSU	0	10	20	30	40	50	60	70	DC	0	10	20	30	40	50	60	70	DC											
				ALU2/11, ROF 137537/11	ELU 34, ROF 1375064/1	ELU 34, ROF 1375064/1				MGU, ROF 1376304	ASU, ROF 1376307/4																		ELU 34, ROF 1375064/1	ELU 34, ROF 1375064/1	DC/DC, ROF								
1	5	9	13	17	21	25	22	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77																				

LIM 1										MAG2										LIM 1										MAG3									
0	10	20	30	40	50	60	70	DSU	LSU	DSU	0	10	20	30	40	50	60	70	DC	0	10	20	30	40	50	60	70	DC											
				ELU 34, ROF 1375064/1	ELU 33, ROF 1375062/1	ELU 33, ROF 1375062/1				MGU, ROF 1376304																			ELU 34, ROF 1375064/1	ELU 34, ROF 1375064/1	DC/DC, ROF								
1	5	9	13	17	21	25	22	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	77																				

AC/DC JEDINICA																			
Aku baterije																			
					Nova oprema														
					Oprema koja je ugrađena iz LIM 2														

Slika 8.5. Raspored sklopovlja ŽAT Knin nakon prilagodbe

Kako je vidljivo na slici 8.5., nova oprema ugrađuje se u postojeći magazin. Postojeće korisničke kartice ELU 33 i ELU 34 iz LIM-a 2 ugrađuju se u LIM-1. Zadržali bi se postojeći kabeli od korisničkih kartica (ELU 33 i ELU 34) do postojećeg MDF razdjelnika.

Tablica 5. Specifikacija osnovnog sklopovlja za dogradnju centrale Knin

Potrebno je novo sklopovlje:		
MX ONE HW MGU2 w 4*E1/T1 ISDN	ROF1376304/4	2 kom
ASU-II 16GB	ROF1376307/4	1 kom
HW SSD 250GB incl sledge for ASU	50008275	2 kom
Komplet kabela		

Za povezivanje sustava na podatkovnu infrastrukturu potrebno je pripremiti IP adrese.

Tablica 6. IP adrese za centralu Knin

	IP adress	Default GW	Mask
Telephony server data			
ŽAT KNIN			
TSE Server 1 Knin			
TSE LIM 1			
MGU 1A Control			
MGU 1A Media			
MGU 2A Control			
MGU 2A Media			

Dogradnjom postojećeg sustava u Kninu, osim funkcionalnosti prethodnog modela (TSW) postoji mogućnost migracije i dalekih priključaka putem koncentratora korisnika koji funkcionalno zamjenjuje multipleksni koncentrator.

Sljedeći kolodvori riješeni su kao udaljeni korisnici ŽAT Knin :

- Pađane 7 priključaka
- Plavno 7 priključaka
- Kosovo 7 priključaka
- Drniš 7 priključaka
- Žitnić 7 priključaka,

koji se preko SDH infrastrukture i 1x2Mbps multipleksorom (drop-insert) prosljeđuju do ŽAT centrale putem 2Mbps G.703 sučelja, a koje priključke centrala vidi kao svoje vlastite 'daleke' korisnike.

Naime, postojeći UMUX uređaji se već neko vrijeme ne mogu dobiti zbog čega postojeće MUX uređaje potrebno zamijeniti adekvatnim koncentratorima. U slučaju čvorova kod kojih postoji potreba za više od 8 telefonskih priključaka predlaže se MiVoice Gateway putem kojih će se na ŽAT sustav spajati daleki korisnici kao analogni priključci.

Tablica 7. Tablica osnovnog sklopovlja za lokaciju udaljeni korisnik

Potrebno je novo sklopovlje: ŽAT Knin lokacija udaljeni korisnik		
MX TS Lite HW pack MGU2 w PSU	FIP1060641/8	1 kom
ASU Lite 8GB	ROF1376307/31	1 kom
HW SSD 250GB incl sledge for ASU	50008275	1 kom
MX board ELU34/1, 32 x analog ports	ROF1375064/1	1 kom
Komplet kabela		

Na slici 8.6. prikazan je raspored opreme u pristupniku (GW) koji se ugrađuje u postojeći komunikacijski ormar. Također, za napajanje opreme koristi se postojeće AC napajanje.



Slika 8.6. Mitel Gateway

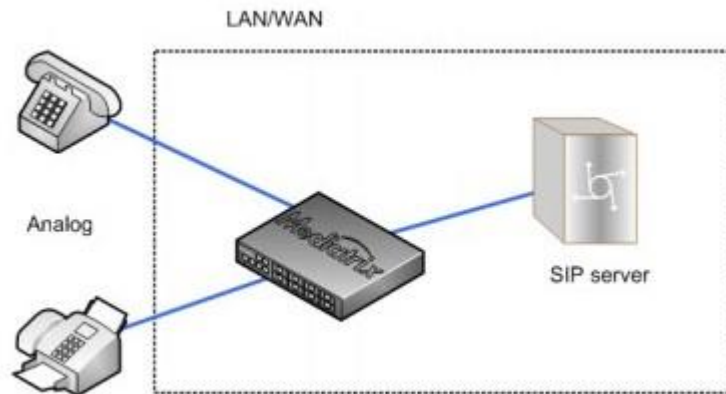
Za povezivanje sustava na podatkovnu infrastrukturu potrebno je također pripremiti IP adrese.

Tablica 8. IP adrese za lokaciju udaljeni korisnik

	IP adress	Default GW	Mask
TSE Server 2 Knin-udaljeni korisnik			
TSE LIM 2			
MGU 3A Control			
MGU 3A Media			

Preporuča se ugradnja navedenog MiVoice Gateway u kodovoru Drniš.

Za lokacije za koje je planirano manje priključaka udaljenih korisnika, kao jeftinije rješenje preporuča se ugradnja terminalnih adaptera, koji omogućavaju spajanje analognih telefona/faxova na server odgovarajuće centrale putem IP mreže [14]. Na slici 8.7. prikazan je način povezivanja terminalnog adaptera.



Slika 8.7. Povezivanje terminalnog adaptera [14]

Postoje izvedbe s dva analogna porta Mitel TA 7102, četiri analogna porta Mitel TA 7104 te Mitel TA 7108 s osam analognih portova (Slika 8.8.).

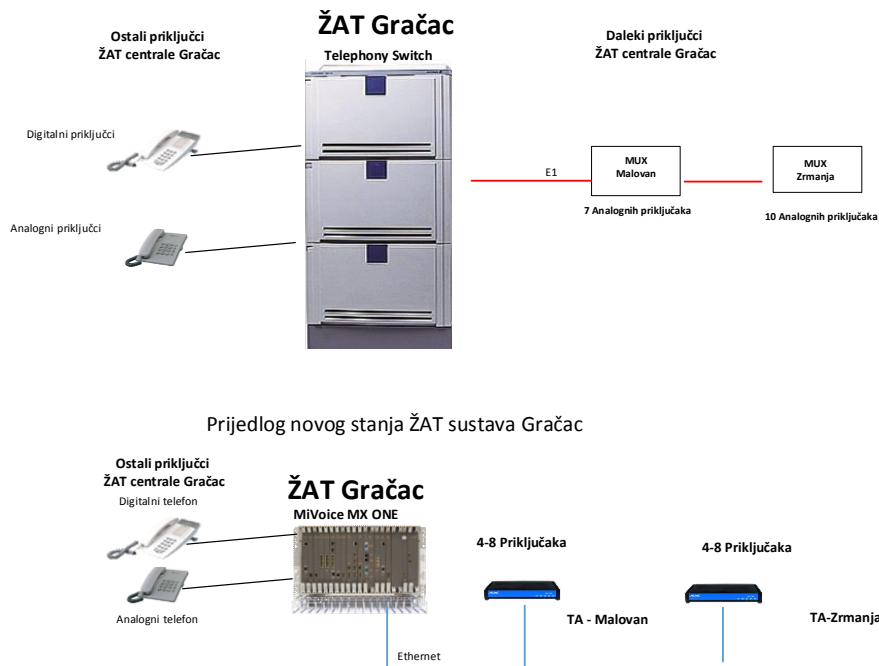


Slika 8.8. Terminalni adapter TA 7108 [14]

Također, u svaki kolodvor "K" predlaže se ugradnja i IP telefona.

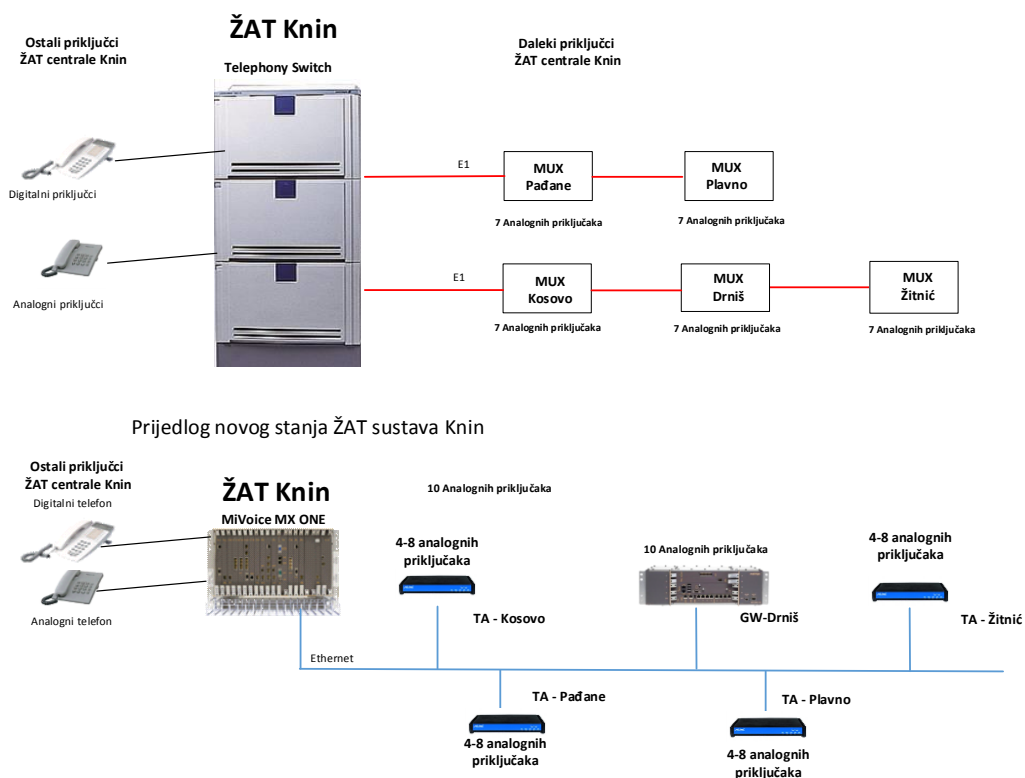
Rješenje bi trebalo pokriti sve lokacije na kojima je dostupna optika. Do polaganja optike na dionici pruge Perković-Šibenik, predlažemo da se zbog ekonomske isplativosti postojeći daleki priključci na lokaciji Ražine zadrže na postojećoj opremi. Nadalje, daleki priključci na lokaciji Ražine su spojeni na centralu putem sklopovlja koje je kompatibilno sa novom verzijom sustava. Oprema koja se zamjeni na preostalim kolodvorima koristila bi se kao rezervna oprema kod održavanja postojećih MUX uređaja u kolodvorima Perković, Ražine i Šibenik.

Na slici 8.9. prikazano je postojeće te prijedlog novog stanja udaljenih korisnika ŽAT-c Gračac.



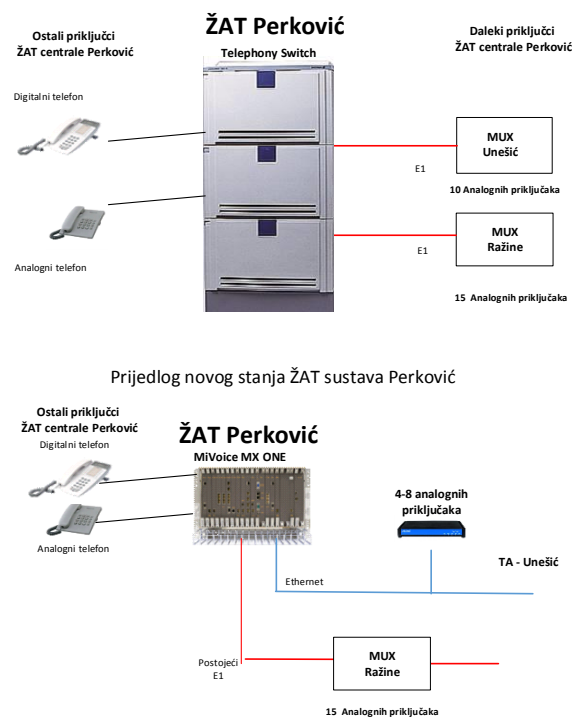
Slika 8.9. ŽAT-C Gračac-prikaz postojećeg i novog stanja udaljenih korisnika

Na slici 8.10. prikazano je postojeće te prijedlog novog stanja udaljenih korisnika ŽAT-c Knin.



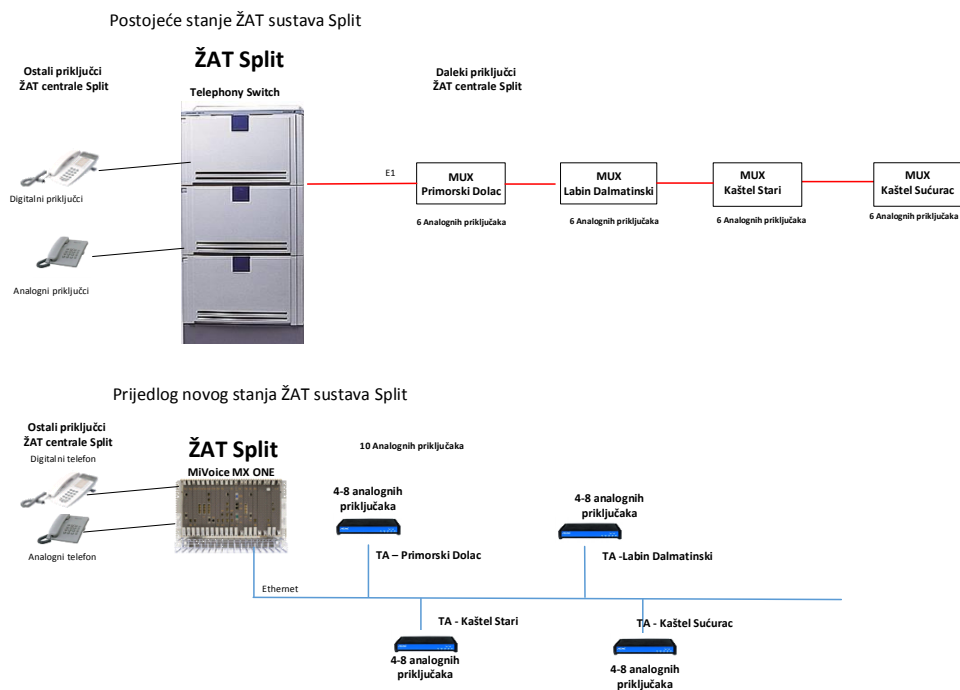
Slika 8.10. ŽAT-C Knin prikaz postojećeg i novog stanja udaljenih korisnika

Na slici 8.11. prikazano je postojeće te prijedlog novog stanja udaljenih korisnika ŽAT- c Perković.



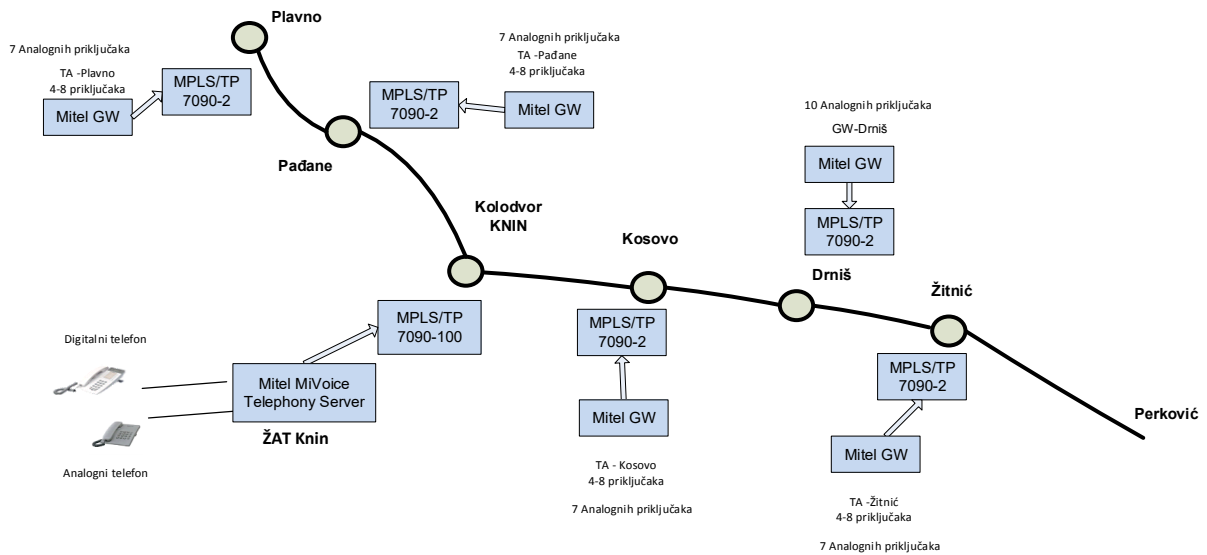
Slika 8.11. ŽAT-C Perković-prikaz postojećeg i novog stanja udaljenih korisnika

Na slici 8.12. prikazano je postojeće te prijedlog novog stanja udaljenih korisnika ŽAT- c Split.



Slika 8.12. ŽAT-C Split-prikaz postojećeg i novog stanja udaljenih korisnika

Navedene udaljene lokacije bile bi povezane novom transportnom mrežom. Na slici 8.13. prikazana je implementacija MPLS rješenja i novo ugrađenih udaljenih korisnika za čvor Knin.



Slika 8.13. Prijedlog modernizacije ŽAT i transportne mreže Knin

9. ZAKLJUČAK

Dani prijedlozi modernizacije i unaprjeđenja mreže polaze od pretpostavke kako su za uspostavu i implementiranje tako velike mreže uložena znatna financijska sredstva te organizacijski i operativni resursi.

Migracijski put sa MX-ONE TSW sustava na IP PBX sustav MX-ONE Telephony Server (MX-ONE TS) jasno je određen i što je najvažnije ne zahtijeva velike zahvate u TSW-u. Mogućnost zadržavanja velikog dijela postojeće hardverske opreme i terminala znači zaštitu dosadašnjih investicija u najvećoj mogućoj mjeri.

Arhitektura MX-ONE TS omogućava također konsolidaciju broja potrebnih telefonskih sustava kao i integriranje više prethodno samostalnih PBX sustava u jedan sustav sa zajedničkom kontrolom.

Poslužitelji i medijski pretvornici mogu se kombinirati na način da tvore potpuno centralizirani sustav ili veliki više poslužiteljski distribuirani sustav raspršen preko širokog zemljopisnog područja. Naime, u udaljenim kolodvorima, zastarjeli UMUX uređaji mogu se zamijeniti znatno jednostavnijim i jeftinijim terminalnim adapterima ili pak osigurati telefonski promet IP telefonima. Također, spajanjem opreme direktno na IP infrastrukturu, smanjili bi se troškovi održavanja velikog broja uređaja. Postojeći IP omogućeni sustavi dopuštaju postepeni i bezbolni prelazak na potpunu IP telefoniju.

LITERATURA

- [1]. Grupa autora HŽ Infrastrukture: *Tender Optika II (tehnički dio)*, Zagreb, 2007.
- [2]. Žunić, J.; *"Modernizacija telekomunikacijske infrastrukture na dionici Gračac-Split"* diplomski rad, Zagreb 2006.
- [3]. Pušec, T.; *"Sustav za nadzor optičke mreže HŽ Infrastrukture"*, Stručni časopis Hrvatskog društva željezničkih inženjera, članak (prosinac 2019.)
- [4]. Mikac, M., *"Algoritmi za optimizaciju prijenosne telekomunikacijske mreže"*, Diplomski rad, rujan 2000., dostupno na internetu (studeni 2020.)
- [5]. Lukin, D.; *SDH prijenosni sustav na koridoru Vb1, izvedbeni projekt*, Zagreb, ožujak 2011.
- [6]. Siemens d.d.: *Tehnički opis rješenja izgradnje SDH prijenosnog sustava HŽ-a*, Zagreb, travanj 2007.
- [7]. Ericsson Nikola Tesla d.d: *Projekt izvedenog stanja IP infrastrukture HŽ-a*, Zagreb, 2009.
- [8]. Ericsson Nikola Tesla d.d: *Projekt izvedenog stanja za poslovni komunikacijski sustav tipa MX-ONE TSW*, Zagreb 2011.
- [9]. Ericsson Nikola Tesla d.d: *Tehničko rješenje za privremeno umrežavanja ŽAT- c na dionici koridora vb1 Perković-Split te pruži Perković-Šibenik*, Zagreb, ožujak 2010.
- [10]. Ericsson Nikola Tesla d.d: *DNA Sustav za nadzor-proširenje*, Zagreb, 2009.
- [11]. Pavin, S.; *Višeprotokolno komutiranje podatkovnog prometa u virtualnim privatnim mrežama temeljeno na oznakama*, Diplomski rad, Osijek, 2018. god. dostupno na <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos%3A1770> (listopad 2020.)
- [12]. <https://www.infinera.com/wp-content/uploads/7090-M-CEM-Packet-Transport-Platforms-0084-DS-RevB-0820.pdf> (listopad 2020.)
- [13]. <https://www.ericsson.hr/mivoice-mx-one> (listopad 2020.)

- [14]. <https://www.telefonanlage-shop.de/downloads/Mitel-Terminal-Adapters-TA7100i-Datasheet-EN.pdf> (studeni, 2020.)

POPIS OZNAKA I KRATICA

AAU2	Pristupna nadzorna jedinica
ADM	Add/Drop multipleksori
ALC	Analogna linijska kartica
ALU2	Alarmna jedinica
ASU	Aplikacijska poslužiteljska jedinica
CPU	Centralna procesorska jedinica
CR-LDP	Protokol koji sadrži proširenja za LDP protokol, omogućuje širenje informacija korištenih za postavljanje putova izvan onoga što je dostupno za protokol usmjeravanja.
DDF	Koaksijalni razdjelnik
DLC	Digitalna linijska kartica
DNA	Dinamičko upravljanje mrežom
EAPS	Ethernet automatska zaštitna sklopka
ECMP	Mehanizam prosljeđivanja za usmjeravanje paketa duž više putova jednakih troškova.
ELU A	Analogna linija pločica
ESD	Oprema osjetljiva na statički elektricitet
ETSI	Europski institut za telekomunikacijske standarde
FE	Fast Ethernet (100Mbit/s)
FP	Panel s osiguračima
GFP	Tehnika multipleksiranja definirana ITU-T G.7041.
GK	Glavni kolodvor
GR	Glavni NF razdjelnik
hiT 7020	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7020 ("Nokia Siemens Networks")
hiT 7030	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7030 ("Siemens"/"Nokia Siemens Networks")
hiT 7060	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7060 ("Siemens"/"Nokia Siemens Networks")
hiT 7060 HC	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7060 HC ("Nokia Siemens Networks")
HŽ	Hrvatske željeznice
IO	Modul IO sučelje

IP	Internet protokol
IP	Oprema računalnih mreža
IPLU	IP linijska jedinica
ISO/OSI model	Apstraktni, slojeviti model koji služi kao preporuka stručnjacima za razvoj računalnih mreža i protokola.
ITMN	Instalacijski priručnik
ITU	T Međunarodna udruga za telekomunikacije
K	Kolodvor tipa "Kolodvor"
KK	Kolodvor tipa "Veliki kolodvor"
KK	Koaksijalni kabel
KKJ	Prespojni koaksijalni kabel "jumper"
KO	Komunikacijski ormar s opremom
LAN	Lokalna računalna mreža
LDP	Protokol koji osigurava razmjenu pridruženih oznaka između usmjerivača.
LCT	Računalo za lokalni nadzor i konfiguraciju opreme
LCX	Lokalni digitalni prespojници
LSP	Jednosmjerni put kroz MPLS mrežu
LSR	MPLS usmjerivač koji obavlja usmjeravanje samo na temelju oznake.
MDF	Digitalni NF razdjelnik u komunikacijskom ormaru
MGU	Jedinica koja omogućava prijenos između različitih telekomunikacijskih tehnologija.
MK	Kolodvor tipa "Mali kolodvor"
MPLS	<i>MultiProtocol Label Switching</i> , Višeprotokolno prospajanje oznaka, koristi se u jezgrenim mrežama pružatelja usluga.
MS	Sustav dizajniran za praćenje, održavanje i optimizaciju mreže.
MSM	<i>Management Switch Module-a</i> , modul za upravljanje preklopnikom
MUX	Multipleksni uređaj
N	Napojni kabel
NF	Niskofrekventni
NFTK	NF telekomunikacijski kabel
NFTKJ	Prespojni NF telekomunikacijski kabel "jumper"
NIU 2	Mrežna jedinica
NMS	Sustav dizajniran za praćenje, održavanje i optimizaciju mreže.
OK	Svjetlovodni kabel (priključni, prespojni, ...)

OTN	Optička prijenosna mreža koja se sastoji od skupa optičkih elemenata koji su povezani optičkim vlaknima.
OR / ODF	Svjetlovodni razdjelnik
QoS	Mehanizam za kontrolu rezervacije mrežnih resursa (npr., propusnosti mreže).
PDH	Pleziokrona digitalna hijerarhija, Tehnologija koja se koristi u telekomunikacijskim mrežama za prijenos velikih količina podataka preko digitalne transportne opreme kao što su svjetlovodni i mikrovalni radio sustavi.
PHP	Postupak kojim se vanjska oznaka MPLS označenog paketa uklanja pomoću LSR usmjerivača, prije nego što se paket prenese na susjedni LER usmjerivač.
PoE	Power over Ethernet
PSEUDOWIRE	Veza između dva rubna uređaja PE uređaja koja povezuje dvije krajnje usluge istog tipa.
RTP	Standardizirani paket informacija koje služe za prijenos zvuka i pokretnih slika preko IP mreža.
RPR	Paketna prospojna matrica
Rx	Strana prijama (signal ulazi u uređaj)
S	Stajalište
SAN	Storage Area Network, namjenska mreža za spremanje podataka.
SDH	Sinkrona digitalna hijerarhija, Tehnologija za multipleksiranje i prijenos digitalnih signala u transportnoj mreži, od govora i podataka do video signala.
SHDSL	Sustav prijenosa telekomunikacijskog signala po bakrenim paricama
STM-n	Sinkroni transmisijski modul kapaciteta $n \times 155\text{Mbit/s}$
SVK	Svjetlovodni kabel (podzemni, ADSS, ...)
SW	Software
TCP/IP	Protokoli putem kojih se podaci razmjenjuju između računala putem internetske veze.
TDM	Vremenski multipleks
TK	Telekomunikacijski
TNMS	Sustav nadzora i upravljanja telekomunikacijskom mrežom
TMU	Jedinica za prijam i odašiljanje tonova

TMX	Terminalni multipleksori
TP	Terminal panel ormara s opremom
TS	Telephony server
TSW	Telephony Switch
Tx	Strana predaje (signal izlazi iz uređaja)
U	Ukrižje
U/HU	Jedinica visine (1U=44,45mm)
VAC	Izmjenični napon
VDC	Istosmjerni napon
ŽATC	Privatna telefonska centrala HŽ-a

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Pregled dionica i tipova lokacija.....	4
Tablica 2.	Pregled komunikacijskih zahtjeva.....	6
Tablica 3.	Nitni plan optičke infrastrukture.....	10
Tablica 4.	Kapacitet lokalnih priključaka i vodova centrala regije Jug.....	47
Tablica 5.	Specifikacija osnovnog sklopovlja za dogradnju centrale Knin.....	77
Tablica 6.	IP adrese za centralu Knin.....	77
Tablica 7.	Tablica osnovnog sklopovlja za lokaciju udaljeni korisnik.....	78
Tablica 8.	IP adrese za lokaciju udaljeni korisnik.....	78

POPIS SLIKA

Slika 3.1.	Svjetlovodni kabel A-DF(ZN)RG2Y	8
Slika 3.2.	Presjek svjetlovodnog kabela	9
Slika 3.3.	Nitni plan optičke infrastrukture	10
Slika 3.4.	Vođenje kabela u usjecima i prosjeci	11
Slika 3.5.	Prolaz PVC cijevi ispod pruge i/ili prometnice	11
Slika 3.6.	Princip vođenja kabela i PEHD cijevi unutar tunela	12
Slika 3.7.	Spajanje optičkog kabela postupkom zavarivanja	13
Slika 3.8.	Optički razdjelnik	14
Slika 3.9.	ONMS - arhitektura sustava	15
Slika 3.10.	OTU 8000 - Optička testna jedinica	16
Slika 3.11.	Mreža optičkih testnih jedinica	17
Slika 4.1.	Struktura osnovnog STM okvira	19
Slika 4.2.	Standard multipleksiranja i demultipleksiranja u SDH	19
Slika 4.3.	SDH regenerator	20
Slika 4.4.	SDH terminalni multipleksor	21
Slika 4.5.	SDH multipleksor s dodavanjem i izdvajanjem toka	21
Slika 4.6.	SDH Transmisijaska okosnica na koridoru Vb1	23
Slika 4.7.	Povezivanje SDH mux Surpass hiT 7060 u kolodvoru Knin	24
Slika 4.8.	Shema povezivanja svjetlovodnih sučelja	25
Slika 4.9.	Povezivanje SDH mux Surpass hiT 7030 u kolodvoru Malovan	27
Slika 4.10.	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7060	28
Slika 4.11.	Sinkroni multipleksor Surpass hiT 7030	29
Slika 5.1.	Koncept podatkovne okosnice	31
Slika 5.2.	Black Diamond 8810 Ethernet preklopnik	33
Slika 5.3.	Summit 200-24	34

Slika 5.4.	Summit 200-48.....	34
Slika 5.5.	Prikaz IP rješenja na području regije Jug.....	35
Slika 6.1.	ŽAT mreža Hrvatskih željeznica.....	37
Slika 6.2.	Mreža ŽAT centrala na Vb 1 koridoru.....	38
Slika 6.3.	Povezivanje LIM-ova preko GS	41
Slika 6.4.	Konfiguracija LIM-a.....	42
Slika 6.5.	Shema LIM-a centrale u Kninu	43
Slika 6.6.	Funkcionalna centrala sa dva LIM-a.....	45
Slika 6.7.	Keymile UMUX 1200.....	47
Slika 6.8.	Prikaz UCST-a UMUX 1200 multipleksera na lokaciji Žitnić.....	49
Slika 6.9.	ŽAT mreža i način povezivanja čvorova na području Jug.....	51
Slika 6.10.	SHDSL modem.....	52
Slika 6.11.	Prikaz veze na pruzi Knin-Perković.....	53
Slika 6.12.	Prikaz veze na pruzi Perković-Split Predgrađe	53
Slika 6.13.	Prikaz veze na dionici željezničke pruge Perković-Šibenik.....	53
Slika 6.14.	Prikaz DNA konfiguracije.....	55
Slika 7.1.	MPLS zaglavlje	60
Slika 7.2.	Prikaz MPLS domene i pripadajućih LSR-ova	61
Slika 7.3.	Prikaz prolaska paketa kroz LSP.....	62
Slika 7.4.	Postupak zamjene oznaka	63
Slika 7.5.	MPLS TP <i>Pseudowire</i> tehnika.....	64
Slika 7.6.	Infinera/Coriant 7090-100 CEM	65
Slika 7.7.	MPLS-TP čvora Infinera/Coriant 7090-2 CEM.....	66
Slika 7.8.	Prijedlog modernizacije trans. mreže na području regije Jug.....	67
Slika 8.1.	MX ONE TS arhitektura.....	68
Slika 8.2.	MX-One Classic kućišta sa umetnutim karticama.....	71

Slika 8.3.	MX-One lite 3U kućište sa umetnutim karticama.....	71
Slika 8.4.	Raspored pločica u kabinetu ŽAT Knin.....	74
Slika 8.5.	Raspored sklopovlja ŽAT Knin nakon prilagodbe	76
Slika 8.6.	Mitel Gateway.....	78
Slika 8.7.	Povezivanje terminalnog adaptera.....	79
Slika 8.8.	Terminalni adapter TA 7108	79
Slika 8.9.	ŽAT-C Gračac-prikaz stanja udaljenih priključaka.....	80
Slika 8.10.	ŽAT-C Knin-prikaz stanja udaljenih priključaka.....	80
Slika 8.11.	ŽAT-C Perković-prikaz post. i novog stanja udaljenih priključaka.....	81
Slika 8.12.	ŽAT-C Split-prikaz post. i novog stanja udaljenih priključaka	81
Slika 8.13.	Prijedlog modernizacije ŽAT i transportne mreže Knin.....	82

SAŽETAK

Hrvatske željeznice izgradile su vlastiti sustav za međusobno komuniciranje svojih djelatnika. U specijalističkoj radnji opisan je sustav željezničkih automatskih centrala, s pripadajućim udaljenim priključcima na području regije Jug. S obzirom kako su iste dosegule kraj životnog ciklusa tj. nije moguća daljnja dobava opreme i dodatnih licenci, predložena je migracija na modernizirani komunikacijski sustav koji omogućava prelazak na IP rješenja.

Interkonekcija centrala i udaljenih priključaka realizirana je transportnom SDH mrežom. Dan je uvid u postojeću SDH okosnicu te prijedlog modernizacije MPLS tehnologijom.

U budućnosti, odabir komutacije telefonskog prometa i vrste ugrađenih uređaja po kolodvorima, ovisit će o prioritetu sigurnosti telekomunikacijskog prometa u odnosu na troškove održavanja.

KLJUČNE RIJEČI

Svjetlovodni kabel, SDH, ŽAT-c, MX-ONE Telephony Switch, MX-ONE Telephony Server, DNA, Udaljeni korisnik, UMUX, MPLS

SUMMARY

Croatian Railways has built its own system for communication between its employees. This graduate thesis describes a system of railway automatic telephone exchanges with associated remote units in the South Region. Since they reached the phase-out; i.e. the further procurement of equipment and additional licenses is not possible, migration to a modernized communication system that allows the transition to IP solutions is suggested.

Interconnection between the exchanges and their remote units is realized by transport SDH network. This thesis describes the existing SDH backbone network and proposes its modernization with MPLS technology.

In future, the selection of switching equipment and associated devices deployed at train stations will depend on the priority of telecommunications traffic safety over maintenance costs.

KEYWORDS

Optical fiber, SDH, Telephone exchange, MX-ONE Telephony Switch, MX-ONE Telephony Server, DNA, Remote Units, UMUX, MPLS

ŽIVOTOPIS

Ivana Gavranović rođena je 15.12.1974. godine u Splitu. Nakon osnovnoškolskog obrazovanja, 1993. godine završava Matematičko informatički obrazovni centar (MIOC) u Splitu.

2001. godine diplomira na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB) u Splitu, smjer Elektronika, usmjerenje Računarska tehnika.

Od 01.03.2002. god. zaposlena je u Hrvatskim željeznicama, gdje trenutno radi na mjestu Glavnog inženjera za telekomunikacije.

BIOGRAPHY

Ivana Gavranović was born in Split on Decembre 15,1974. She completed primary and secondary education in Split.

She graduated from the Faculty of Electronics in 2001 and she got professionally qualified in the field of electronics (computer science).

Since 2002 she has worked in Croatian Railway (Hrvatske željeznice d.o.o.) as Head engineer of telecommunication.