

Izgradnja gigabitne pasivne optičke mreže (GPON) – studija slučaja

Grozdan Jović, dr Nemanja Radosavljević

Sadržaj — Predmet rada jeste predstavljanje sprovođenja cjelokupnog procesa planiranja, izgradnje, implementacije i održavanja aktuelne gigabitne pasivne optičke mreže (GPON) i svega što ona podrazumijeva na studiji slučaja srednje razvijene opštine Šamac, prevashodno u cilju poboljšanja kvaliteta i stabilnosti usluge koju ova mreža pruža korisniku i pojednostavljanja održavanja izgrađene mreže, kao i analiza isplativosti uvođenja ove optičke mreže (GPON).

Ključne reči — optičke mreže, PON, GPON, EDFA, TR069.

I. UVOD

UBRZANI razvoj telekomunikacionih tehnologija sa kraja dvadesetog i početka 21. vijeka, rezultirao je željom i potrebom za pružanjem novih usluga korisnicima. Pojavom širokopoljnih „broadband“ usluga kao što su video konferencija, IPTV, HDTV, mrežne „online“ igre, učenja na daljinu, video on demand i dr., potrebne brzine neophodne za prenos tih usluga neprestano rastu što će sigurno biti glavni pokretač razvoja FTTx pristupnih mreža.

Period zatvaranja i izolacije tokom krize Covid-19 pokazao je važnost dobre, stabilne i pouzdane internet konekcije kod kuće. Brza veza kod kuće otvorila je mogućnost efikasnog rada na daljinu, konzumacije zabavnih sadržaja i održavanja kontakta sa našim najmilijima putem video konferencija. Količina podataka u svim mrežama je značajno porasla tokom perioda zatvaranja.

Prve telekomunikacione mreže izgrađene su korišćenjem bakarnih kablova kao fizičkog medija za prenos signala. Dugi niz godina, ove mreže su se koristile za osnovne telefonske usluge, uglavnom govorne usluge i slanje

Grozdan Jović, Blic net doo, BiH (e-mail: grozdan.jovic@gmail.com)

Dr Nemanja Radosavljević, Računarski fakultet, Srbija (e-mail: radosavljevic@raf.rs)

telegrama. Sa ekspanzijom interneta od sredine 1990-ih, glas je progresivno zamjenjen podacima, što je brzo pokazalo granice bakra u prenošenju podataka, pa je tehnologija optičkih vlakana razvijena kao odgovor na ovo ograničenje.

Ali prvo, zašto je tehnologija optičkih vlakana sposobna pružiti brže usluge većeg propusnog opsega od bakarne tehnologije? Bakar prenosi elektrone, dok optička vlakna prenose fotone. Drugim riječima, optičko vlakno prenosi svjetlost, koja putuje brže od elektrona, te samim tim omogućava prenos veće brzine.

Mrežni operateri su implementirali različite tehnologije fiksnog pristupa (xDSL, DOCSIS, FTTx, ...) i bežične tehnologije (3G, 4G, FWA i uskoro 5G). Današnje aplikacije gladne propusnog opsega kao što su video streaming i razne usluge u oblaku primorale su mrežne operatere da povećaju kapacitet svojih pristupnih mreža. Tokom poslednjih decenija, mnoga poboljšanja su doneta u mrežama digitalnih pretplatničkih linija (DSL). Dok su početne implementacije nudile propusni opseg od samo nekoliko Mbps, trenutne implementacije sa VDSL2 i FTTx su dostigle stotine Mbps ili više. Međutim, postoje mnoge regije, kao što su ruralna područja, gdje xDSL ne može postići svoju optimalnu brzinu zbog gubitka signala na dugim bakrenim vodovima.

Vrlo čest pojam koji se danas veže uz „broadband“ je „Triple Play“ koji uključuje istovremeni prenos govora, podataka i videa u digitalnom obliku. „Triple Play“ je danas prisutan širom svijeta tako i kod nas. Danas se postavlja pitanje kojom komunikacionom tehnologijom, sa aspekta efikasnosti, pouzdanosti i ekonomske isplativosti bi bilo najbolje dostaviti navedene usluge do krajnjeg korisnika?

II. IZGRADNJA PASIVNE OPTIČKE MREŽE U OPŠTINI ŠAMAC

Opština Šamac je sjeveroistočna opština Republike Srpske i centralna opština u Posavini. Kroz opštinu protiču rijeke Sava i Bosna, a na prostoru opštine se nalazi ušće Bosne u Savu. Prema popisu iz 1991. godine opština Šamac je imala 32.960 stanovnika, dok ih danas ima oko 17.500. U gradu Šamac, koji je predmet ove studije, živi oko 5.300 stanovnika.

Pretpostavljeni broj pretplatnika (domaćinstava) je 2419. Predviđena dužina pristupne mreže je oko 53 km.

Projekat treba da sadrži, tehničko rješenje, izbor i opis trase, proračun dionice, detalje uvođenja kablova u objekte, organizaciju rada, specifikaciju materijala i radova, potrebne crteže i detalje.

III. PLANIRANJE I PROJEKTOVANJE

Potrebno je isprojektovati mrežu telekom operatera baziranu na dvosmjernoj GPON (gigabitna pasivna optička mreža) - mreži. Svrha korišćenja GPON tehnologije je pružanje usluga sa najbržim i najkvalitetnijim prenosom informacija (sadržaja). GPON tehnologija isključivo kao medij za prenos podataka koristi optički kabl. Gledano od glavne stanice (centrale) do krajnjeg korisnika. Mjesta uličnih kabineta (POP) predstavljaju koncentraciju svih optičkih kablova gledano sa strane korisnika. U njima će se nalaziti aktivna oprema kao što je optički linijski terminali (OLT), optički pojačavači EDFA, optički razdjelnici, pasivni optički razdjelnici. POP kao mjesto koncentracije obuhvata određeni dio prostora. U tom obuhvatu sa objektima (domaćinstva i poslovni prostori) na trasi su razmješteni izvodni ormarići u kojima završavaju sekundarni optički kablovi od kuća. Izvodni ormarići su međusobno povezani odgovarajućim optičkim kablovima, gdje na kraju glavni kabal završava u POP ormaru. Na glavnom optičkom razdjelniku u POP-u se nalaze po dva optička vlakna za svaki izvod (spliter), prvo vlakno je u upotrebi, a drugo je rezerva.

Izgradnja pasivne optičke mreže u opštini Šamac kao što je prikazano na slici 1 predviđa izgradnju tri POP - ormara koji obuhvataju cijelu opštinu Šamac. POP 1 je centralni ormar i predviđen za 590 korisnika, POP 2 predviđen za 825 korisnika i POP 3 predviđen za 1004 korisnika.

Projektom je predviđeno da postavljanje optičkih kablova za mrežu telekom operater ide podzemno u kanalizacionim cijevima.

Mreža telekom operatera izgrađena u Šamcu priključiće se sa već izrađenog spojnog puta optičkim kablom Brčko – Modriča kroz vlastitu infrastrukturu. Sekundarna (rezervna) veza je realizovana iznajmljivanjem dva optička vlakna od drugog telekom operatera. Na ovaj način postignuta je redundansa optičkih linkova, što znači da u slučaju prekida jednog od dva linka optička, sav saobraćaj automatski prelazi na drugi optički link i prema tome korisnici ne osjete prekid.



Slika 1: Raspored POP ormara i podjela regiona u opštini Šamac

IV. IZGRADNJA MREŽE I KABLIRANJE

Polaganje optičkih kablova vršit će se na dubini 60 cm i to tako što će se prvo polagati cijevi PVC fi 110, PE fi 40 i PE fi 10, a kroz njih će se provlačiti ili uduvavati kabl. Izvodi će biti postavljeni duž trase tako da omogućavaju prolaz primarne i razvod sekundarne mreže.

Princip energetskog napajanja POP ormara je iz energetske mreže sa kablom PP00 - A 4x16 mm². Na mjestima priključka na energetska mrežu postavlja se brojilo za registraciju potrošnje električne energije. Aktivna oprema u POP ormarima koristi jednosmjernu struju (engl. direct current; DC) od -48V. U sva tri POP ormara instaliran je ispravljač i set baterija koji je dovoljan da oprema bude aktivna maksimalno 8 sati od nestanka električne energije.

Jedan od najbitnijih elemenata izrade projekta GPON Šamac jeste pravilan izbor trase optičkog kablova. Ovo se prije svega odražava kako na troškove izgradnje tako i kasnije na njihovoj eksploataciji i održavanju. Zbog toga se prilikom izbora trase mora voditi računa o sledećem:

- da je dužina kabla što kraća,
- da je polaganje kabla što lakše,
- trasa kabla treba da bude tako odabrana da omogućava njegovu potpunu bezbjednost u toku vijeka eksploatacije.

Prije početka radova na polaganju PE-cijevi, potrebno je da se izvrši obilježavanje trase optičkog kabla tzv. trasiranje. Trasiranje se sastoji u prenošenju elemenata iz situacija trase kabla na teren koristeći poprečne profile ili naznačene kote i postavljanju vidnih oznaka (količenje) između kojih će se kopati rov. Prije početka iskopa treba odrediti i ispitati trasu kabla i obilježiti mjesta ukrštanja i paralelnog vođenja sa postojećim kablovima, vodovodom i sl. Kopanje rova između dvije tačke vrši se pravolinijski ručno ili mašinski. Na slici 2 je prikazan mašinski iskop rova, a na slici 3 ručni iskop sa položenim cijevima.



Slike 2 i 3: Mašinski i ručni iskop rova

Dubina rova iznosi 60 cm. U iskopan rov PE cijevi se polažu tek nakon čišćenja i poravnanja istog, a ako je teren kamenit u rov prethodno treba obavezno postaviti posteljicu od pijeska. Duž cijele trase na 10 cm iznad cijevi postavlja se opomenska traka i izolovani provodnik P/F 1,5 mm².

Na mjestima izrade nastavka na optičkom kablov formiraće se proširenje rova za smještaj rezerve kabla u dužini od 15-30 m, a zatim će se nakon izrade nastavaka, spojnica i rezerva kabla zaštititi slojem pijeska od oko 30 cm i betonskim pločama iznad ovog. Rov se poslije završenog ispitivanja PE cijevi fi 40 zatrpava u slojevima i to prvo slojem pijeska ili prosijane zemlje, a zatim nabijanjem sloja sitne zemlje.

Proizvođači optičkih kablova uvijek naglašavaju da se optički kablovi po pravilu polažu na isti način kao mehanički osjetljivi koaksijalni kablovi.

Mora se računati sa većim i češćim horizontalnim, ali isto tako i znatnim vertikalnim promjenama pravca. Razlozi za to su, između ostalih, sledeći:

- Nekvalitetan iskop rova, odnosno nepoštovanje konstantne, projektovane dubine polaganja PE-cijevi,

- Slijeganje/ispiranje terena,
- Deformacija PE-cijevi zbog grubog izvođenja zemljanih radova, odnosno zbog korišćenja PE-cijevi koje imaju malu debljinu zida,
- Velike dužine kabla stvaraju znatno veći otpor trenja, posebno ako su prisutni naprijed navedeni nedostaci,
- Otpor trenja između kabla i PE-cijevi.

Metode provlačenja optičkih kablova kroz PE cijevi su:

- Uduvavanje optičkog kabla,
- Metoda direktnog provlačenja, koja zahtijeva vučnu mašinu sa sajлом,
- Metoda provlačenja pomoću pneumatskog metka, kao i
- Ručno provlačenje.

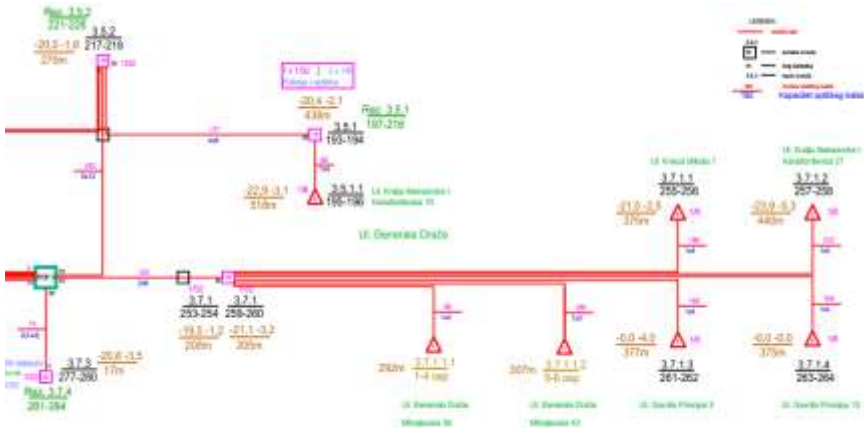
Ručno uvlačenje optičkih i koaksijalnih kablova dozvoljava se samo za izuzetno lake kablove ako se ne raspolaže pogodnim vučnim mašinama. Kod ovog načina uvlačenja, treba obezbjediti kontrolu u svakom oknu, a na svakih približno 100 m treba postaviti čovjeka za ručno uvlačenje kabla, pri čemu vučna sila čovjeka treba da iznosi približno 200 N.

Na mjestu nastavljanja optičkih kablova treba ostaviti krajeve sa preklapanjem i to:

- Kod kablova koji se uvlače u cijevi po 15 m
- Kod kablova koji se polažu u zemlju po 15 m

Prilikom održavanja potrebno je tačno znati lokaciju kabla. U cilju pronalaženja trase kabla postoje instrumenti - tragači kablova, koji rade na bazi magnetne indukcije. Projektovani optički kabl je bez metalnih elemenata pa je usvojeno rješenje da se zajedno sa PE cijevima položi izolovani bakarni provodnik 1,5 mm². Mjesta nastavka, prelaza i promjena pravca kabla treba obilježiti odgovarajućim betonskim stubićima.

Primjer plana polaganja optičkog kabla prikazan je na slici 4. Primjer se odnosi na samo jedan mali segment pasivne optičke mreže i dat je kao primjer kako je realizovana cjelokupna dokumentacija. Radi formata i obima dokumentacije dat je primjer izvoda 3.7.1 iz POP-a 3.



Slika 4: Primjer plana polaganja optičkog kabela

V. PRORAČUN REGENERATORSKE DIONICE

Za realizaciju pasivne optičke mreže u opštini Šamac izabran je dvostruki sistem splitanja, odnosno podjela 1:128 (jedan PON port za 128 korisnika). Pasivni optički razdjelnici bi se koristili u sledećim varijantama:

- U POP ormaru spliter 1:2, u izvodnom ormaru spliter 1:64,
- U POP ormaru spliter 1:4, u izvodnom ormaru spliter 1:32,
- U POP ormaru spliter 1:8, u izvodnom ormaru spliter 1:16,
- U POP ormaru spliter 1:16, u izvodnom ormaru spliter 1:8.

Regeneratorsku dionicu predstavlja prenosni put od izlaznog konektora EDFE jedne stanice do ulaznog konektora ONT-a. U opštini Šamac projektovana mreža ne prelazi 10 km od POP ormaru do korisnika. Prvi pasivni optički razdjelnik se nalazi u POP ormaru, a drugi u izvodnom ormaru. Najudaljeniji korisnik je 4300 m. Prema njemu radimo proračun regeneratorske dionice. Maksimalna predajna snaga je 27dB na talasnoj dužini 1410 nm, a na talasnoj dužini 1550 nm 30 dB. Primjer regeneratorske dionice dat je na slici 5.

Vrijednosti koje su date u proračunu najduže regeneratorske dionice koja je prikazana na slici 5 predstavljaju najgori slučaj sa najvećim vrijednostima slabljenja.

Ovaj slučaj se nalazi na POP 1, izvod 1.1.1. Udaljenost izvodnog ormaru od POP-a je 4125 m i oko 175 m udaljenost korisnika od izvodnog ormaru.



Slika 5: Primjer najduže regeneratorske dionice u opštini Šamac

$$P = (L*a)+(N1*b)+(N2*c)+(N3*e)+(N4*f)+G$$

$$P=(4.3*0.35)+(4*0.1)+(4*0.2)+(1*6)+(1*15)+2=1.5+0.4+0.8+6+15+2=25.7\text{dB}<27\text{dB}$$

Gdje je:

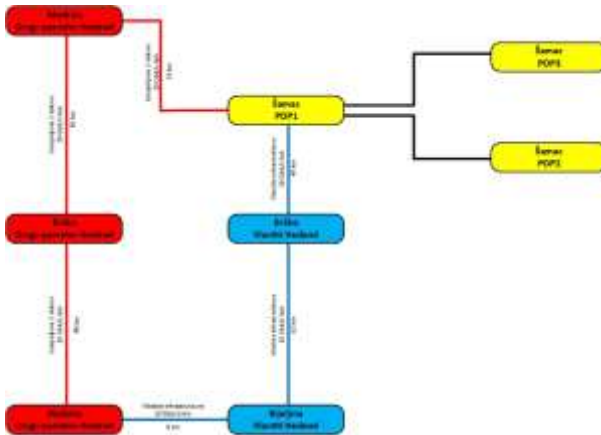
- **P**= < 27dB (ukupno slabljenje optičkog signala na trasi)
- **L**=4300 m = 4.3 km (ukupna dužina optičkog vlakna)
- **a**= 0.35 dB/km (slabljenje optičkog vlakna dB / km)
- **N1**= 4 broj varova (splajsova)
- **b**= 0.1 dB slabljenje po varu
- **N2**= 4 broj konektora
- **c**= 0.2 dB slabljenje po konektoru
- **N3** = 1 broj splitera 1/4
- **e** = 6 dB slabljenje splitera
- **N4** = 1 broj splitera 1/32
- **f** = 15 dB slabljenje splitera
- **G** = 2 dB zaštitna margina 10%

Ovim proračunom dobijeno je maksimalno slabljenje do najudaljenijeg korisnika koji se nalazi na izvodom mjestu 1.1.1 iz POP1 ormara od 25.7 dB. U praksi slabljenje je na talsnoj dužini 1410 nm -23.4 dB (dozvoljeno -27 dB), a na 1550 nm je -3.7 dB (dozvoljeno -8 do -10 dB).

VI. IMPLEMENTACIJA PRISTUPNE MREŽE

Pristupna mreža za opštinu Šamac je realizovana preko dva redundantna linka. Kapacitet linkova je 10 Gbps i realizovan je preko optičkog modula SFP (Small Form-factor Pluggable) oznake SFP-10G-ZR. Model ZR nam daje mogućnost prenosa optičkog signala do 80 km bez aktivnog regeneratora optičkog signala. Na slici 6 dat je šematski prikaz implementacije pristupne mreže i samog povezivanja POP tački u opštini Šamac. Na šemi se vidi da nijedna dionica ne prelazi 80 km što nam obezbeđuje mogućnost realizacije

10G linka. Iz glavne stanice HEDENDA-a, koji se nalazi u Bijeljini prosleđuje se Data, Voice i IPTV sadržaj preko redundantnih 10G linkova.



Slika 6: Šematski prikaz implementacije pristupne mreže u opštini Šamac

VII. IMPLEMENTACIJA PASIVNE I AKTIVNE OPREME

Pasivna optička oprema u POP ormaru je optički razdjelnik (ODF optical distribution frame) i pasivni optički razdjelnici. Radi jednostavnosti i uštede prostora koriste se LC/APC optički konektori i LC/APC adapteri. Veoma je važno da dokumentacija koja se u toku eksploatacije PON mreže redovno ažurira bude tačna.

Na slici 7 prikazan je glavni optički razdjelnik ODF, sa 288 vlakana koja završavaju na LC/APC konektorima. Prednost ovog optičkog razdjelnika jeste njegova gustina pakovanja, tako da na 3U bude završeno 288 vlakana. Na slici 8 dat je primjer dokumentacije glavnog optičkog razdjelnika ODF-a. Primjer čitanja dokumentacije, vlakno 8 je završilo u razvodnom ormaru 3.2.1, dužina vlakna je 745 m i izlaz iz splitera 4B (biće objašnjeno u nastavku).



Slika 7: Optički razdjelnik sa 288 LC/APC adaptera



Slika 8: Primjer dokumentacije glavnog optičkog razdjelnika.

Prvi red pasivnih optičkih razdjelnika smješten je u POP ormar. Ovaj način rasporeda pasivnih optičkih splitera gdje se prvi red nalazi u POP ormaru, a drugi red u izvodnom ormaru daje nam mogućnost da u budućnosti na veoma lak i brz način reorganizujemo pasivnu optičku mrežu gdje se koristi dijeljenje 1:128 da implementiramo odnos 1:64. To bi se uradilo samo zamjenom prvog reda pasivnih optičkih razdjelnika. Na primjer, umjesto 1:4 (a u drugom redu su 1:32 pasivni optički razdjelnici) implementirali bi pasivni optički razdjelnik 1:2.

Pasivni optički razdjelnici su smješteni u optički panel 1U u koji može da se završi 96 vlakana (24 x 4 LC/APC konektora). Primjer implementacije prvog nivoa pasivnih optičkih razdjelnika dat je na slici 9, dok je na slici 10 prikazan način dokumentacije za prvi red pasivnih optičkih razdjelnika. Ulazni portovi u splitere su smješteni na prvim pozicijama u optičkom razdjelniku, a posle su izlazi portovi iz pasivnih optičkih razdjelnika.

Primjer čitanja dokumentacije:

Izlaz 4B iz splitera je prosleđen na 49 vlakno na glavnom optičkom razdjelniku koje je završilo u izvodnom ormaru 3.2.1. 1A plavom bojom označava da ulaz u pasivni optički razdjelnik 1:4 povezan na port 1 na EDFI.



Slika 9: Primjer pakovanja prvog reda pasivnih optičkih razdjelnika

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
A	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA
B	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA
C	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA
D	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA	EDFA
	ODJAZAK 11 SPLITER								ODJAZAK 12 SPLITER								HEDEND OLTION								

Legenda:

- SPLITER 1:4
- SPLITER 1:8
- SPLITER 1:16
- HEDEND OLTION

Slika 10: Primjer dokumentacije prvog reda splitovanja

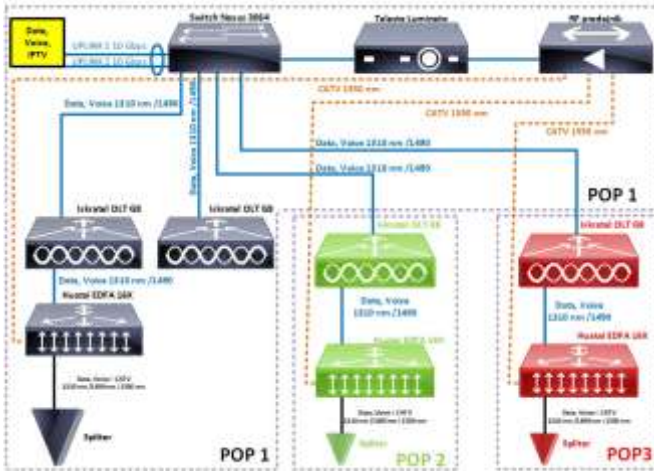
Isporučka svih servisa (Data, Voice, TV) iz HEDEND-a u Bijeljini do Šamca se isporučuje preko dva redundantna linka koji se agregiraju na centralnom switchu (npr. model Nexus 3064). Na isti taj switch povezani su OLT-ovi (ukupno ima 4 što se vidi na slici 11) i preko njih se korisnicima distribuira Data i Voice saobraćaj.

IPTV stream Teleste luminato iz IP -a uradi konverziju u RF signal. Isti taj RF signal se transportuje u RF predajnik sa direktnom modulacijom koji RF signal prepakuje u optički signal. Takav signal se isporučuje EDFI koja u sebi ima optički pojačivač. EDFA ulazni signal (koji mora biti u opsegu od -10 dB do +10 dB) pojača 36 dB na 1550 nm talasnoj dužini (izlazni signal 1550 nm je + 21dB jer EDFA u sebi ima pasivni optički razdjelnik 1:16 koji oslabi signal za 15dB) EDFA sadrži i WDM (Wavelength Division Multiplexing - multipleksiranje talasnih dužina).

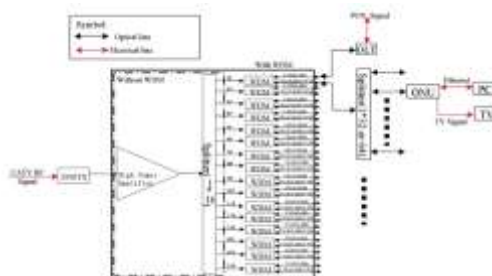
Šematski prikaz EDFA sa WDM prikazan je na slici 12. Uz pomoć WDM-a izlazni optički signal iz EDFA prema pasivnom optičkom razdjelniku je kombinovan (multipleksiran) Data i Voice (1310/1490 nm) izlazne snage od

0 do +2 dB (izlazna snaga iz OLT-a) i CATV signal (1550 nm) izlazne snage +21 dB (izlazna snaga iz EDFA).

Na prijemnoj strani, ONT uređaj, ima osjetljivost lasera 1310/1410 nm je -27 DB (laser klase b+) i 1550 nm od -8 do +10 dB za CATV.



Slika 11: Šematski prikaz povezivanja aktivne opreme u opštini Šamac



Slika 12: Šematski prikaz EDFA

Na slici 13 prikazan je centralni rack ormar POP1 za opštinu Šamac. U lijevom dijelu smješteni su optički razdjelnik i baterije. U desnom dijelu ormara smješteni su ispravljač i distribucija sa osiguračima. Ispod distribucije sa osiguračima redosledom smještena je sledeća oprema: ODF sa prvim redom pasivnih optičkih razdjelnika, EDFA, Iskratel OLT G8, Nexus switch 3064, Luminato teleste i RF predajnik.

Na slici 14 i 15 prikazan je POP 3. POP 2 je identičan POP-u 3. Na slici 16 dat je prikaz optičkog razdjelnika u POP 3, dok je na slici 17 dat primjer

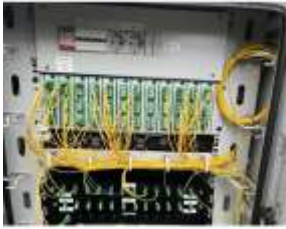
izvodnog ormara gdje se vidi dolazni kabl i sekundarne cijevi fi 10 prema krajnim korisnicima.



Slika 13: Centralni POP



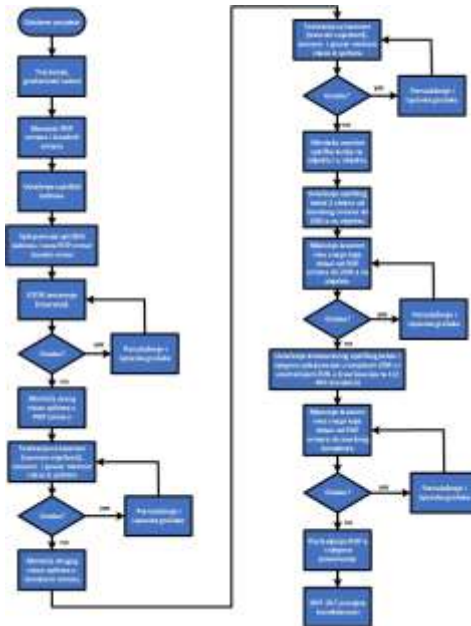
Slika 14 i 15: POP 3 unutrašnji izgled i spoljašnji izgled ormara sa izvodnim jestom



Slika 16 i 17: Glavni razdjelnik u POP3 ormaru i primjer izvodnog ormara

VIII. DIJAGRAM IMPLEMENTACIJE GPON MREŽE

Najbolji i najjednostavniji način prikaza implementacije GPON mreže u opštini Šamac jeste uz pomoć dijagrama. Na dijagramu koji je prikazan na slici 17 dati su svi koraci sa detaljnim objašnjenjem svakog koraka u implementaciji GPON mreže u opštini Šamac.



Slika 17: Dijagram implementacije GPON mreže

IX. MJERENJE

Izuzetno važan i jedan od posljednjih koraka u izgradnji optičke mreže su završna mjerenja, koja se ne mogu izvršiti bez adekvatne opreme za mjerenje. Za mjerenje optičkih instalacija i kablova koristimo optički reflektometar u vremenskom domenu OTDR (engl. Optical Time Domain Reflectometry) slika 18, mjerac snage (engl. Powermeter) slika 19 i mjerac snage sa izvorom svjetlosti (engl. Power meter with laser source) slika 20. OTDR je uređaj koji služi za mjerenje dužine optičkog vlakna, detekciju i lociranje grešaka duž optičkog kablova, te mjerenja slabljenja, gubitaka na konektorima, spliterima i spojevima. Radi na principu optičkog reflektometra, gdje se na laserskoj diodi emituje svjetlost u optičko vlakno, ta svjetlost se odbija i vraća nazad u mjerni uređaj. Optički signal se pretvara u električni, te se prikazuje na ekranu uređaja. Mjerenje je moguće izvršiti od korisnika prema centrali i obrnuto.



Slika 18: OTDR sa primjerom mjerenja



Slika 19 i 20: Optički mjerac snage i optički mjerac snage sa izvorom svjetlosti

Karakteristično za optičke kablove je da se prije i poslije izrade svakog spoja vrši mjerenje optičke dužine i produžnog slabljenja vlakna, kao i

mjerenje slabljenja spoja sa obe strane na 1310 i 1550 nm, neposredno poslije spajanja. Prosječna vrijednost slabljenja spoja dobijenog zavarivanjem na 1310 nm na regeneratorskoj dionici ne smije biti veća od 0.1 dB, a max vrijednost po jednom spoju ne smije biti veća od 0.25 dB. Kod mjerenja na 1550 nm slabljenje spoja ne smije biti veće od 0.05 dB u odnosu na rezultat mjerenja na 1310 nm.

Po završenom spajanju kabla na cijeloj regeneratorskoj dionici vrši se kontrola kvaliteta izgrađene regeneratorske dionice. Mjeri se slabljenje svih spojeva na 1310 nm i 1550 nm u oba smjera. Mjerenje ukupnog slabljenja se vrši stabilisanim optičkim izvorom (laser source) i mjerачem snage (power meter), u oba smjera na 1310 i 1550 nm. Svi navedeni rezultati sačinjavaju protokol mjerenja koji je dio dokumentacije izvedenog stanja.

Za mjerenje optičkog slabljenja primjenjuju se dvije mjerne metode:

- metoda mjerenja u dvije tačke i
- metoda mjerenja u jednoj tački (reflektometarska metoda).

Metoda mjerenja u dvije tačke zahtjeva kalibrisani izvor svjetlosnog zračenja (laser sourcer), koji se vezuje za jedan kraj ispitivanog vlakna i mjerач optičke snage, podešen na istu talasnu dužinu kao i laser na ulazu, koji se vezuje za drugi kraj - predajnik (laser source) generiše kontinuirani i stabilni nivo svjetlosti, a prijemnik (powermeter) mjeri primljenu optičku snagu.

Razlika:

$A(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) - P_r(\text{dBm})$, gdje je:

P_t - nivo snage predate vlaknu,

P_r - nivo primljene snage,

Daje totalno slabljenje vlakna.

Izmjereno slabljenje predstavlja ukupno slabljenje cijele trase, koje obuhvata: sopstveno slabljenje optičkih vlakana, njihovih spojeva, lokalna prigušenja, pasivnih optičkih razdjelnika, kao i slabljenje eventualno montiranih konektora.

Metode mjerenja u jednoj tački OTDR-om je reflektometarska metoda bazirana na korišćenju principa povratnog rasijanja (backscattering). Prikazana kriva povratnog rasijanja daje kompletnu sliku optičkog vlakna, ili trase sa optičkim vlaknom, koje se ispituje i na njoj se može uočiti sljedeće:

- Vrhovi na krivoj ukazuju na refleksiju, koja se javlja na mjestima na kojima postoji nagla promjena indeksa prelamanja duž pravca prostiranja svjetlosti (ulaz, izlaz, u manjoj mjeri na konektorima ili loše izvedenim spojevima).
- Optičko slabljenje između dvije tačke.
- Slabljenje na spoju.
- Slabljenje na konektoru.

X. UPRAVLJANJE AKTIVNOM OPTIČKOM MREŽOM (GPON)

Kontrola usluga i konfiguracija korisničke opreme izvodi se pomoću softverskog modula za pružanje usluga (Provisioning), koji omogućuje konfiguriranje ONT uređaja na daljinu i pružanje odabranih usluga putem njegovih izlaznih interfejsa.

Slika 21 šematski prikazuje komunikaciju između softvera za upravljanje CPE opremom i ONT uređaja. Slika 22. prikazuje interfejs za konfiguraciju Iskratel CPE opreme preko NMS (Network Management System).



Slika 21: Grafički prikaz konfiguracije ONT-a preko NMS-a



Slika 22: Primjer konfiguracije CPE opreme uz pomoć Iskratel NMS softverske podrške

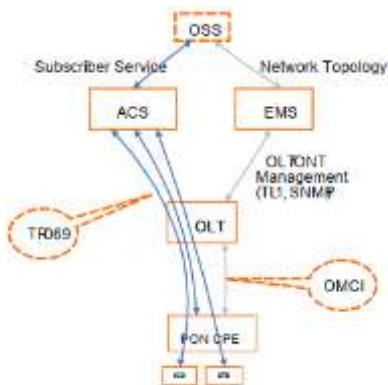
Iskratel GPON CPE oprema podržava TR-069 protokol. TR-069 (Technical Report 069) je tehnički standard razvijen od strane Broadband Forum koji opisuje protokol za upravljanje uređajima na mreži, posebno za daljinsko upravljanje ADSL, VDSL, GPON, DOCSIS i drugim mrežnim uređajima. Ovaj protokol omogućuje telekom operaterima usluga da na

daljinu upravljaju mrežnim uređajima i omogućuje im pristup postavkama uređaja, ažuriranja firmware-a i dijagnostiku. TR-069 je takođe poznat kao CPE WAN Management Protocol (CWMP) i omogućuje automatsko konfigurisanje mrežnih uređaja i praćenje njihovog stanja kako bi se osiguralo da su u skladu sa standardima i sigurnosnim politikama mreže.

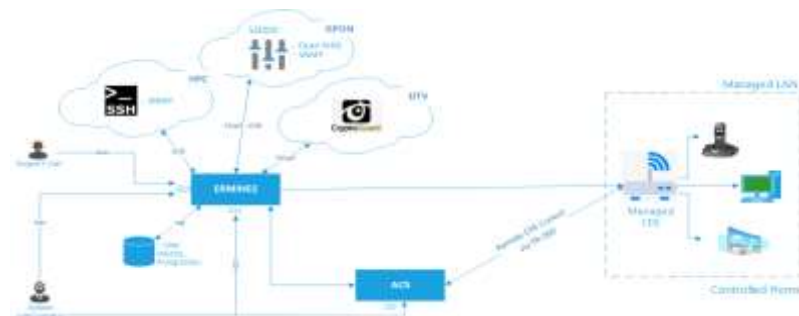
TR-069 omogućuje daljinsko upravljanje ONT-om i može se koristiti za konfigurisanje i nadzor postavki ONT-a, ažuriranje firmware-a i dijagnostiku problema na daljinu. Ovo čini TR-069 korisnim alatom za upravljanje GPON mrežama i osiguravanje njihove pouzdanosti i sigurnosti. Na slici 23 dat je šematski prikaz funkcionisanja TR-069, dok je na slici 24 šematski prikazana konfiguracije ACS servisa kod telekom operatera. Takođe, dat je prikaz potrebnih servisa i protokola za automatsku konfiguraciju korisničke opreme koja je proizvedena od strane više proizvođača kroz jedan softver.

ACS za konfiguraciju opreme sa protokolom TR-069 omogućuje provjeru statusa, ažuriranje firmware-a i konfiguriranje postavki na udaljenim uređajima. ACS se obično koristi od strane telekom operatera za daljinsko upravljanje uređajima u mreži, što smanjuje potrebu za tehničkim osobljem na terenu i povećava učinkovitost održavanja mreže. ACS obično uključuje bazu podataka s informacijama o opremi, poput serijskog broja, verzije firmware-a i konfiguracijskih postavki. Takođe, omogućuje provjeru statusa opreme i ažuriranje firmware-a u realnom vremenu.

Postoji mnogo ACS softverskih platformi koje se mogu koristiti za konfiguriranje opreme sa protokolom TR-069, uključujući open-source rješenja poput OpenACS i GenieACS, kao i komercijalne platforme poput Informbip ACS, TR-069 ACS od Broadband Forum, itd. Telekom operateri mogu razviti i svoje rešenje ACS-a.



Slika 23: Šematski prikaz konfiguracije ONT-a preko protokola TR-069



Slika 24: Primjer servisa i konfiguracije CPE opreme kod telekom operatera

XI. ZAKLJUČAK

Konstantna globalizacija društva, razvoj informacijskih tehnologija i uopšte razvoj čovečanstva dovode do povećane potrebe za stalnom razmjenom velike količine informacija. Te informacije je potrebno prenositi i razmjenjivati velikim brzinama.

U odnosu na druge dostupne tehnologije prijenosa informacija xDSL i DOCSIS, koje su i opisane u radu, GPON tehnologija u doglednoj budućnosti ima očigledne prednosti za korisnike jer nudi poboljšanu učinkovitost za širokopojasne usluge u odnosu na mreže bazirane na bakarnim vodovima (xDSL, DOCSIS). Kao što je navedeno u radu, kod xDSL usluga smanjuje se kvalitet prijenosa kako se povećava udaljenost od distribucijskog čvora, dok je kod GPON-a smanjenje kvalitete prijenosa po udaljenosti neznatno. xDSL i DOCSIS usluge osjetljive su na interferenciju, dok kod GPON tehnologije interferencije nema. Uprkos njegovim prednostima, uvođenje GPON mreža nije isplativo u svim područjima te operateri odluke o uvođenju GPON mreža mogu donijeti na osnovu niza faktora poput gustine naseljenosti, načina stanovanja (stambene zgrade, porodične kuće), te na temelju provođenja ankete zainteresovanosti za uvođenje GPON mrežne infrastrukture u određenom mjestu.

Rezultati dobijeni iz provedene ankete pokazuju da je većina ispitanika odgovorila da je spremna prihvatiti uvođenje GPON mreže u opštini Šamac. Nakon što se u obzir uzmu visoki troškovi izgradnje infrastrukture, dolazi se do zaključka da bi telekom operater na kraju ugovorne obveze od 24 mjeseca imao minimalnu dobit.

Zaključak je da je GPON mreža nisko isplativa investicija u opštini Šamac. Ta investicija kroz kraći period (cca. 2 godina) operateru neće donijeti prihode, kao što je slučaj u urbano naseljenim područjima, već će

operater u ugovornoj obavezi imati minimalnu zaradu. S ovakvim rezultatima, telekom operater je svjestan da su ulaganja u opštini Šamac nisko profitabilna i nisu profitabilna u kratkom vremenskom periodu kao u većim gradovima.

Ulaganja u GPON mrežu u opštini Šamac su opravdana u dugoročnom vremenskom periodu eksploatacije bez dodatnih ulaganja, a poznavajući činjenicu da opština Šamac ima veoma staru ADSL mrežnu infrastrukturu bez mogućnosti pružanja modernih servisa i bez uticaja konkurentnih kompanija u ovoj oblasti. Pretpostavlja se da se scenario opštine Šamac može prenijeti na sve ostalje srednje razvijene opštine u Bosni i Hercegovini.

LITERATURA

- [1] G Souheil Kneifati, Passive Optical Networks and FTTx: Technology and Solutions, Toronto, Ontario, Canada, 2010.
- [2] Predrag Katanić, Razvoj i upravljanje regionalnim integrisanim sistemom prenosa podataka – doktorska disertacija, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo, 2014.
- [3] Mahmoud Al-Quzwini, Design and implementation of a Fiber to the Home FTTH access network based on GPON, New Jersey Institute of Technology, 2014.
- [4] Andre Girard, FTTx PON technology and testing, EXFO Electro-Optical Engineering Inc., Quebec City, Canada, 2005.
- [5] John M. Senior, Optical Fiber Communications Principles and Practice, Third Edition, Pearson Education Limited, England, 2009.
- [6] Stephen Colangelo, EPON Architecture and Testing, Fiber & Metro Solutions, VIVALI, September 2019.
- [7] FTTH PON Guide: Testing Passive Optical Networks, 5th edition, EXFO Electro-Optical Engineering Inc., Quebec City, Canada, 2012.
- [8] James F. Kurose, Keith W. Ross, Umrežavanje računara: Od vrha ka dnu, prevod 7. izdanja, Cet Beograd, 2018.
- [9] Jeff Finkelstein, Broadban Network Evolution, Cox Communications, October 2018.
- [10] Cisco book, Overview for Cisco DOCSIS 3.0 Downstream Solution, July 2012.
- [11] P. Katanić, S. Damjanović, „Analiza širokopojasnik mreža na primjeru komparacije HFC i FTTH tehnologije“, Jahorina, Infoteh 2011.
- [12] Francisco J. Hens, Jose M. Caballero, Triple Play: Building the converged network for IP, VoIP and IPTV, Wiley, 2008.
- [13] Jia Li, 10G GPON Management System Study and Implementation, Stockholm, 2009.
- [14] <https://www.ftthcouncil.eu/>
- [15] <https://www.rak.ba/bs-Latn-BA/>
- [16] Tehnička dokumnetacija Telrad net Bijeljina
- [17] <https://www.tutorialspoint.com>
- [18] <https://openfiber.it/en/>

Building a Gigabit Passive Optical Network (GPON) – A Case Study

Grozdan Jović, Dr. Nemanja Radosavljević

Abstract — The subject of this paper is the presentation of the entire process of planning, construction, implementation, and maintenance of a current Gigabit Passive Optical Network (GPON), and everything that it entails in a case study of a moderately developed municipality of Šamac, primarily aimed at improving the quality and stability of the service provided by this network to the user and simplifying the maintenance of the constructed network, as well as analyzing the cost-effectiveness of introducing this optical network (GPON).

Keywords – optical network, PON, GPON, EDFA, TR069.