

Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme telekomunikacijskog operatora

Jasak, Mateja

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:763331>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mateja Jasak

analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme
telekomunikacijskog operatora

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Zagreb, 19. rujna 2020.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Planiranje telekomunikacijskih mreža**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5889

Pristupnik: **Mateja Jasak (0135222456)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme telekomunikacijskog operatora**

Opis zadatka:

U diplomskom radu očekuje se analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme telekomunikacijskog operatora promatrajući problematiku održavanja kao višerazinski problem. Usporedit će se karakteristike odabrane mrežne opreme za određenu tehnologiju (xDSL, FTTH i HFC), prepoznat (mapirat) će se najčešći uzroci zamjene korisničke mrežne opreme i utvrditi koliko se često pojedina mrežna oprema mijenja (korektivno održavanje) novom odnosno koja se mrežna oprema prema svojim karakteristikama pokazala najboljom za određenu vrstu korisnika (poslovni i/ili rezidencijalni). Za potrebe analize pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme predlaže se korištenje programskog alata Matlab - Predictive Maintenance Toolbox). U sklopu diplomskog rada potrebno je prepoznati trendove razvoja korisničke mrežne opreme.

Zadatak uručen pristupniku: 21. travnja 2020.

Rok za predaju rada: 19. rujna 2020.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA POUZDANOSTI I ŽIVOTNOG CIKLUSA KORISNIČKE MREŽNE
OPREME TELEKOMUNIKACIJSKOG OPERATORA**

**ANALYSIS ON RELIABILITY AND LIFECYCLE OF USER NETWORK
EQUIPMENT EMPLOYED BY A TELECOMMUNICATIONS OPERATOR**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Studentica: Mateja Jasak

JMBAG: 0135222456

Zagreb, rujan 2020.

ANALIZA POUZDANOSTI I ŽIVOTNOG CIKLUSA KORISNIČKE MREŽNE OPREME TELEKOMUNIKACIJSKOG OPERATORA

SAŽETAK

Kako bi korisnici mogli koristiti telekomunikacijske usluge, telekomunikacijski operator je dužan isporučiti korisničku mrežnu opremu. Oprema sadrži usmjernik i digitalni prijemnik. Napretkom tehnologije, potrebno je promijeniti korisničku mrežnu opremu. Danas, ovisno o dostupnosti, pružanje telekomunikacijskih usluga moguće je ostvariti putem koaksijalnog kabela (HFC), bakrene parice i optičkog kabela (FTTH). S obzirom na održavanje korisničke mrežne opreme, postoje korektivno i preventivno održavanje. Bitna karakteristika korisničke mrežne opreme je pouzdanost i životni ciklus. U diplomskom radu grafički je prikazana i opisana usporedba zamjene mrežne opreme zbog kvarova i zbog promjene tehnologije.

KLJUČNE RIJEČI: korisnička mrežna oprema, HFC, parica, FTTH, korektivno održavanje, preventivno održavanje, pouzdanost, životni ciklus

ANALYSIS ON RELIABILITY AND LIFECYCLE OF USER NETWORK EQUIPMENT EMPLOYED BY A TELECOMMUNICATIONS OPERATOR

SUMMARY

For users to use telecommunication services, the telecommunications operator is obliged to supply the user with network equipment. The equipment includes a router and a digital receiver. With the advancement of technology, customer network equipment needs to be changed. Today, depending on availability, telecommunication services can be provided through coaxial cables (HFC), copper pairs and fiber optic cables (FTTH). As regards the maintenance of customer network equipment, there is corrective and preventative maintenance. An essential feature of customer networking equipment is its reliability and lifecycle. This master's thesis presents a graphical comparison of equipment replacement due to failures and technological change.

KEYWORDS: user network equipment, HFC, bitstream, FTTH, corrective maintenance, preventive maintenance, reliability, lifecycle

SADRŽAJ

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Uvod | 1 |
| 2 | Uloga telekomunikacijskog operatora | 3 |
| 3 | Korisnička mrežna oprema telekomunikacijskog operatora | 6 |
| 3.1. | Korisnička mrežna oprema za kablsku uslugu | 7 |
| 3.1.1. | Korisnička mrežna oprema – Cisco..... | 8 |
| 3.1.2. | Korisnička mrežna oprema – Technicolor | 14 |
| 3.1.3. | Korisnička mrežna oprema – Thomson..... | 19 |
| 3.1.4. | Korisnička mrežna oprema – Ubee | 23 |
| 3.2. | Korisnička mrežna oprema za usluge preko bakrene parice..... | 24 |
| 3.2.1 | Korisnička mrežna oprema – Huawei..... | 25 |
| 3.2.2 | Korisnička mrežna oprema – Technicolor i Thomson | 27 |
| 3.3. | Korisnička mrežna oprema za usluge preko optičkih niti..... | 30 |
| 3.3.1 | Korisnička mrežna oprema – Huawei..... | 32 |
| 3.3.2 | Korisnička mrežna oprema – Genexis | 34 |
| 3.3.3 | Korisnička mrežna oprema – Telsey..... | 36 |
| 3.3.4 | Korisnička mrežna oprema – Eltek..... | 37 |
| 3.4 | Korisnička mrežna oprema – televizijski prijemnici | 38 |
| 3.4.1 | Televizijski prijemnik – TechnoTrend | 40 |
| 3.4.2 | Televizijski prijemnik – Albis..... | 42 |
| 3.4.3 | Televizijski prijemnik – Kaon | 43 |
| 4 | Održavanje korisničke mrežne opreme | 45 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Korektivno održavanje | 46 |
| 4.2 | Preventivno održavanje | 47 |
| 5 | Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme (Matlab Predictive Maintenance Toolbox) | 49 |
| 6 | Trendovi razvoja korisničke mrežne opreme | 60 |
| 7 | ZAKLJUČAK..... | 63 |
| | LITERATURA..... | 65 |
| | POPIS KRATICA | 71 |
| | POPIS SLIKA | 73 |
| | POPIS TABLICA..... | 74 |
| | POPIS GRAFIKONA | 75 |

1 Uvod

Razvojem novijih tehnologija, danas su omogućene veće brzine Interneta¹ i pružanje digitalne slike kod televizijskih usluga. Kako bi telekomunikacijski operatori omogućili da korisnici koriste njihove usluge, dužni su isporučiti korisničku mrežnu opremu. Ovisno o vrsti usluge, telekomunikacijski operator dužan je isporučiti usmjernik² (engl. *Router*) i digitalni prijemnik³ (engl. *Set-top box*, STB). Održavanje je neizbježna značajka u telekomunikacijama, ali i u svim industrijskim sustavima i procesima.

Svrha diplomskog rada je prepoznati najčešće uzroke zamjene korisničke mrežne opreme i utvrditi koliko se često pojedina mrežna oprema mijenja novom (korektivno održavanje). U diplomskom radu razmotrit će se kvaliteta današnje mrežne opreme u usporedbi s opremom koja se koristila kod prijašnjih tehnologija. Također uspoređivat će se karakteristike odabrane mrežne opreme za određenu tehnologiju (xDSL, FTTH i HFC). Analizom karakteristika ustanovit će se uočene prednosti i nedostaci pojedine korisničke mrežne opreme.

Cilj diplomskog rada je provesti analizu pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme telekomunikacijskog operatora.

Navedena problematika bit će obrađena kroz sljedećih sedam povezanih cjelina/poglavlja:

1. Uvod
2. Uloga telekomunikacijskog operatora
3. Korisnička mrežna oprema telekomunikacijskog operatora
4. Održavanje korisničke mrežne opreme
5. Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme (Matlab Predictive Maintenance Toolbox)
6. Trendovi razvoja korisničke mrežne opreme

¹ Internet je svjetska računalna mreža. Sastoji se od milijuna računala raspoređenih širom svijeta.

² Usmjernik je mrežni uređaj koji prosljeđuje pakete podataka između računalnih mreža unutar mrežnog sloja OSI referentnog modela.

³ Digitalni prijemnik je uređaj koji prihvaća digitalni signal, dekodira ga i prikazuje na televizijskom uređaju.

7. Zaključak

U uvodnom poglavlju definirana je svrha i cilj te koncept diplomskog rada. Drugo poglavlje, *Uloga telekomunikacijskog operatora* opisuje korištene telekomunikacijske tehnologije te što je telekomunikacijski operator dužan napraviti u cilju poboljšanja svojih usluga. U trećem poglavlju pod nazivom *Korisnička mrežna oprema telekomunikacijskog operatora* opisane su specifikacije korisničkih mrežnih uređaja odabranog telekomunikacijskog operatora. Održavanje korisničke mrežne opreme opisano je u četvrtom poglavlju. U njemu su također opisana osnovna svojstva i vrste održavanja. U petom poglavlju, analizirani su odabrani podaci vezani za korisničku mrežnu opremu uz pomoć programskog alata *Matlab Predictive Maintenance Toolbox*. Šesto poglavlje *Trendovi razvoja korisničke mrežne opreme* koncentrirano je na ponudu korisničke mrežne opreme kod drugih telekomunikacijskih operatora u svijetu. U zadnjem poglavlju, Zaključak, izneseni su zaključci i završni komentari te spoznaje koje se odnose na obrađenu temu diplomskog rada.

2 Uloga telekomunikacijskog operatora

Na samim počecima *dial up* tehnologija je korisnicima omogućavala pristup Internetu uz pomoć telefonske linije. Da bi se ostvario pristup Internetu, usmjernik mora biti povezan na računalo. Signal koji je dobiven iz računala, dolazi do usmjernika koji ga modulira i prenosi telefonskom žicom do odredišta gdje se ponovo demodulira signal. Ova tehnologija nije zahtijevala nikakvu dodatnu infrastrukturu osim postojeće telefonske linije [1]. Ukoliko se pristupalo Internetu, nije bilo moguće obaviti odlazni poziv kao ni primiti dolazni poziv, čuo se znak zauzeća. Ako se telefoniralo, nije bilo moguće pretraživati internetske stranice sve dok se poziv ne prekine.

ISDN (engl. *Integrated Service Digital Network*) je nadogradnja na postojeću analognu fiksnu telefonsku mrežu. Ova tehnologija je omogućavala govornu komunikaciju i prijenos podataka. ISDN je tada imao više prednosti, nego nedostataka. Prednost mu je bila kratko trajanje uspostavljanja veze, potpuno digitalni sustav propusnosti 64 kbit/s po kanalu, bilo je moguće ostvariti prijenos glasa, videa i podatkovnog prometa. Također je bilo moguće odvajanje kanala za različite funkcije. Loša strana je to što nije bilo moguće zadovoljiti veće propusnosti za neke nove sadržaje, zato je danas omogućena ADSL (engl. *Asymmetric Digital Subscriber Line*) tehnologija, kao rješenje ograničene propusnosti kod ISDN-a [2].

Pristup Internetu bakrenim paricama se ostvaruje putem digitalne pretplatničke linije (engl. *Digital Subscriber Line*, DSL). Kod DSL-a, formiraju se tri odvojena frekvencijska spektra, tako da je jedan frekvencijski spektar za telefonski promet, jedan za promet prema korisniku i jedan za promet od korisnika [3]. Ovakvim načinom pristupa izbjegava se negativan učinak koji prometni zahtjevi imaju jedni na druge. Prednost je to što Internet predstavlja mogućnost dodatnog prihoda uporabom neiskorištenog prijenosnog kapaciteta parice. DSL je zajednički naziv za prijenosne tehnologije koje povećavaju učinkovitost uporabe POTS (engl. *Plain Old Telephone System*) parica. Svojstva ove tehnologije jesu da se standardna instalacija temelji na bakrenoj parici koju telekomunikacijski operator provodi do korisnika. Osim toga, koristi se višak kapaciteta za prijenos informacija preko bakrene parice bez da se ometa telefonski razgovor koji se odvija preko iste parice [4].

Uslugu preko koaksijalnog kabela najčešće koriste televizijske kompanije za implementiranje DOCSIS (engl. *Data Over Cable Service Interface Specification*) standarda. Osim televizijskih usluga, naravno, mogu se koristiti internetske i telefonske usluge. Usluge preko koaksijalnog kabela nude puno veće brzine prijenosa podataka koje dosežu do 200 Mbit/s od usluge preko bakrenih parica čija brzina može biti do 60 Mbit/s.

Što se tiče televizijskih usluga, analogna televizija je bila prva tehnologija u uvođenju televizijskog signala. Analogno odašiljanje signala se postepeno gasi, međutim još uvijek postoji na nekim područjima kao što je šira okolica Zagreba, Bjelovar, Split, Osijek, Zadar. Uvođenjem digitalne televizije, kvaliteta videa i audia se znatno poboljšala, omogućeno je interaktivno korisničko sučelje kao što je snimanje emisija, mogućnost gledanja ispočetka, videoteka. Razlikuju se dvije vrste pružanja televizijskih usluga: kabela televizija i IPTV (engl. *Internet Protocol Television*).

Svaki kanal opisuje se središnjom frekvencijom i širinom kanala. Kod analognog odašiljanja jedan televizijski program zauzima cijelu širinu jednog radiofrekvencijskog kanala, a kod digitalnog odašiljanja, odašilje se multipleks signala. Što znači da se u jednoj širini kanala šalje veći broj televizijskih programa i dodatnih sadržaja kako bi se što bolje iskoristio radiofrekvencijski spektar [5].

Prilikom ugovaranja usluge u nepokretnoj elektroničkoj komunikacijskoj mreži, operator je dužan isporučiti uslugu u roku od 45 dana od potpisivanja ugovora od strane korisnika koji želi realizirati uslugu. Nakon obrade potpisanog ugovora, telekomunikacijski operator ima obavezu osigurati mrežnu opremu na razini korisnika, a ovlašten je pružati usluge na temelju ugovora kojeg je korisnik potpisao. Korisnička mrežna oprema nije u vlasništvu korisnika te ukoliko korisnik prestane koristiti usluge, dužan je mrežnu opremu vratiti. U suprotnom, mrežna oprema koja se ne vrati u propisanom roku, prelazi u vlasništvo pretplatnika te je pretplatnik obavezan platiti mrežnu opremu u iznosu koji odredi telekomunikacijski operator. Osim navedenog, telekomunikacijski operator dužan je osigurati instalaciju mrežne opreme te ju optimalno održavati prema vrsti telekomunikacijske usluge. Dužan je osigurati djelatnike koji su obučeni za ispravno postavljanje mrežne opreme te djelatnike koji su obučeni za otkrivanje i otklanjanje kvarova na korisničkoj mrežnoj opremi.

Također, dužan je nabaviti korisničku mrežnu opremu koja zadovoljava propisane tehničke uvjete i norme. Odgovornost telekomunikacijskog operatora se isključuje kada neispravnost mrežne opreme bude uzrokovana krivnjom pretplatnika.

Ako jedan telekomunikacijski operator koji je ujedno i vlasnik, iznajmljuje svoju infrastrukturu drugom telekomunikacijskom operatoru, tada vlasnik u svakom trenutku mora osigurati nesmetani pristup svojoj elektroničkoj komunikacijskoj infrastrukturi i drugoj povezanoj opremi u svrhu korištenja, popravljanja i održavanja neprekinutog pružanja ugovorenih usluga s korisnikom. Realizacija ovakve vrste usluga traje duže nego kada telekomunikacijski operator nudi usluge koje ne zahtijevaju infrastrukturu drugog operatora. Telekomunikacijski operator ima ulogu osigurati ispravan i neometan rad telekomunikacijskog sustava. Dakle, mora redovito održavati, nadograđivati, modernizirati svoje mrežne kapacitete te nadzirati funkcioniranje i kvalitetu usluge u skladu s tehničkih standardima i propisima.

Telekomunikacijski operator ima pravo isključiti pretplatničku terminalnu opremu iz elektroničke komunikacijske mreže u situacijama ako korisnik ne podmiri dugovanje za pružene usluge, međutim mora omogućiti korisniku primanje dolaznih poziva i odlazne pozive ograničiti samo za hitne brojeve. Ako korisnik sam zatraži mirovanje usluge na određeni period, telekomunikacijski operator mora pokrenuti mirovanje do datuma kojeg je korisnik komunicirao. U tom slučaju, usluge nisu dostupne za korištenje [6].

3 Korisnička mrežna oprema telekomunikacijskog operatora

Korisničkom mrežnom opremom naziva se uređaj kojeg je korisnik dobio u najam na korištenje od telekomunikacijskog operatora. Prema tipu tehnologije raspoznaje se kabelaška usluga, usluga preko bakrene parice i usluga preko optičke niti. Kako bi se spojile usluge telekomunikacijskog operatora, svaka tehnologija zahtjeva korisničku mrežnu opremu preko koje će se moći pružiti usluge.

Usmjernik (engl. *router*) je aktivni mrežni uređaj koji radi na mrežnoj razini OSI (engl. *Open System Interconnection Model*) referentnog modela. Osnovne funkcije usmjernika su prosljeđivanje paketa iz jedne u drugu mrežu i odabir najboljeg puta kroz mrežu po kojoj će se paketi usmjeravati. Promet se usmjerava prema logičkim IP adresama. Iz zaglavljia primljenog paketa, usmjernici pročitaju odredišnu IP adresu i radi se usporedba sa zapisom unutar tablice usmjeravanja. Ako se IP adresa poklapa, paket se prosljeđuje prema odredištu. U suprotnom, paket se odbacuje.

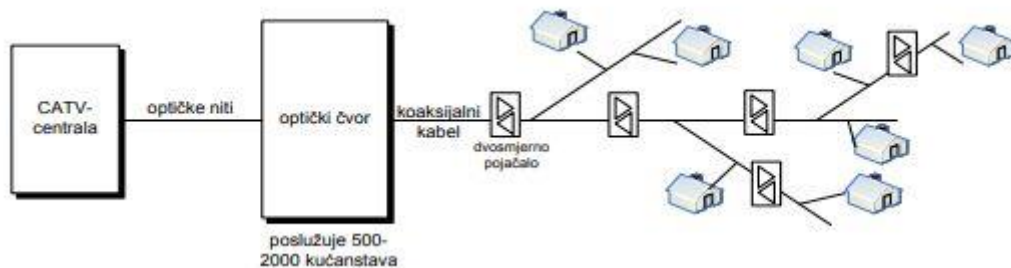
Usmjernici iako mogu imati više portova, najčešći su *Ethernet* portovi namijenjeni za komunikaciju s lokalnim mrežama (engl. *Local Area Network, LAN*) i serijski portovi za komunikaciju s udaljenim mrežama (engl. *Wide Area Network, WAN*) [7].

Pouzdanost mrežne opreme prvotno testiraju i analiziraju proizvođači mrežne opreme, dok njezino korištenje vrednuju telekomunikacijski operatori i njihovi korisnici. Telekomunikacijski operatori evidentiraju pogreške i kvarove na mrežnoj opremi te sukladno tome vode statistike. Problematikom održavanja mrežne opreme s naglaskom na pouzdanost bavili su se mnogi autori, ali s različitih gledišta, prema tehnologiji, vrsti usluge, napajanju, kapacitetu, frekvenciji, kvarovima i dr [8].

Telekomunikacijski operatori su usmjereni prema optičkoj arhitekturi kako bi omogućili veće brzine prijenosa podataka i prema tome trebaju omogućiti jeftinu, učinkovitu i pouzdanu opremu [8]. Također se u analiziranim istraživanjima koriste metode i uređaji koji služe za komunikaciju između pružatelja informacijskih usluga i opreme koja je povezana s davateljem usluga. Najveći problem između davatelja usluga i korisnika je sigurnost jer se vrlo lako može doći do korisničkih podataka putem korisničke opreme [10].

3.1. Korisnička mrežna oprema za kabelsku uslugu

Hibridni koaksijalni kabel (engl. *Hybrid fiber – coaxial*, HFC) je komunikacijski medij koji predstavlja korištenje optičkih i koaksijalnih sustava prijenosa. Pruža glasovne, internetske i televizijske usluge. Hibridni koaksijalni kabel se bazira na optičkom prijenosu od centrale do čvora mreže i iz čvora mreže do korisnika. Zbog velike propusnosti, omogućuje velike Internet brzine [11].



Slika 1. Hibridna optičko-koaksijalna arhitektura, [12]

Na slici 1. prikazan je način spajanja kablanske televizije. Centrala se uz pomoć optičke niti spaja na optički čvor. Iz optičkog čvora se koaksijalnim kablom spaja na dvosmjerno pojačalo i zatim se grana na više korisnika.

DOCSIS je međunarodni telekomunikacijski standard koji omogućuje dodavanje visoko propusnog prijenosa podataka na postojeći sustav koaksijalne kablanske televizije [13].

Prva verzija DOCSIS 1.0 izdana je u ožujku 1997. godine, dok je s verzijom 1.1 omogućeno dodavanje kvalitete usluge, a uslijedila je u travnju 1999. godine. Budući da se tehnologija sve brže razvija, u prosincu 2000. godine objavljena je verzija 2.0 s kojom se poboljšao prijenos brzina. DOCSIS 3.0 objavljen je u kolovozu 2006. godine [14].

U listopadu 2013. godine razvija se verzija 3.1 koja pruža fleksibilnu migraciju za telekomunikacijske operatore, samim time, sa starijim verzijama zajedno se mogu izgrađivati na prethodno razvijenim kapacitetima [15].

Kabelski usmjernici koji su kod krajnjeg korisnika, spajaju se na kablanske modemske terminacijske sustave (engl. *Cable modem termination system*, CMTS) koji se nalaze u centrali

ili na obližnjem glavnom čvoru. CMTS predstavlja glavni dio koji nadzire pristup mediju i dodjeljuje *upstream* vremenske odsječke za svaki kabelski usmjernik. *Downstream* tok podataka od centralnog operatorskog dijela do korisnika, prenosi se preko kabelskog koaksijalnog postrojenja [16].

Do smanjivanja propusnosti može doći zbog dijeljenja frekvencijskog pojasa s ostalim korisnicima, smanjivanje počinje od obližnjeg čvora, a tu se promet račva prema pojedinom korisniku. Da bi se propusnost povećala, potrebno je koristiti posebnu kabelsku liniju čija cijena je skuplja [16].

U nastavku rada, bit će opisana korisnička mrežna oprema jednog odabranog telekomunikacijskog operatora.

3.1.1. Korisnička mrežna oprema – Cisco

Cisco je skraćenica od San Francisca, grada u kojem su računalni znanstvenici osnovali tvrtku. Ciscov logotip predstavlja most Golden Gate, a dvije najviše linije označavaju tornjeve. Cisco kao tvrtka je specijalizirana za usmjernike, *cyber sigurnost*⁴, IoT (engl. *Internet of things*) označava povezivanje terminalnih uređaja putem Interneta. Ciscova mrežna rješenja povezuju ljude, računalne uređaje i računalne mreže, omogućujući ljudima pristup ili prijenos podataka bez obzira na razlike u vremenu [17].

Kabelski usmjernik Cisco DPC2100 DOCSIS 2.0 pruža širokopojasne usluge s isplativim rješenjem za isporuku brzih dvosmjernih podataka usluge. Kompatibilan je s mrežama DOCSIS 1.0 i 1.1.

⁴ Cyber sigurnost je zaštita sustava, računala, mreža i podataka od napada, stvaranja štete te neautoriziranog pristupa.



Slika 2. Kabelski usmjernik Cisco DPC2100, [18]

Na slici 2. prikazan je kabelski usmjernik DPC2100 koji sadrži WebWizard korisničko sučelje, utemeljeno na pregledniku. WebWizard je alat koji olakšava instalaciju i rješava probleme te eliminira potrebu za učitavanjem softvera kod postavljanja korisničke mrežne opreme. Na prednjoj strani vidljivi su LED indikatori stanja koji pružaju informativni radni status usmjernika.

U tablici 1. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika DPC2100 za *downstream*.

Tablica 1. Specifikacije kabelskog usmjernika DPC2100 - *downstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--------------------------------------|---|
| Radni frekvencijski opseg | Od 88 do 930 MHz za reviziju 3.0 88 do 860 MHz za reviziju 2.1 i verzije prije 2.1 |
| Frekvencijski raspon usmjernika | Od 88 do 930 MHz za reviziju 3.0 88 do 860 MHz za reviziju 2.1 i verzije prije 2.1 |
| Demodulacija | 64 QAM ili 256 QAM |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka | 42.88 Mbit/s za 256 QAM i 30.34 Mbit/s za 64 QAM |
| Propusnost | 6 MHz |
| Raspon radne brzine | -15 do +15 dBmV |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [18]

U tablici 2. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika DPC2100 za *upstream*.

Tablica 2. Specifikacije kablenskog usmjernika DPC2100 - *upstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--|---|
| Radni frekvencijski opseg | 5 do 42 MHz ili 5 do 55 MHz |
| Opseg frekvencijskog odašiljača | 5 do 42 MHz ili 5 do 55 MHz |
| Modulacija | QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM / ATDMA, 128 QAM /SCDMA |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka po kanalu | Modulacija Propusnost Brzina prijenosa QPSK 1.6 2.56 16 QAM 1.6 5.12 QPSK 3.2 5.12 16 QAM 3.2 10.2 32 QAM 3.2 12.8 64 QAM 3.2 15.4 16 QAM 6.4 20.5 32 QAM 6.4 25.6 64 QAM 6.4 30.7 |
| Propusnost | 200 kHz do 6.4 MHz |

Izvor: [18]

Kablenski usmjernik Cisco EPC2100 izgledom je isti kao i DPC2100, a gledajući karakteristike, vrlo je sličan DPC2100. EPC2100 je dizajniran da zadovolji EuroDOCSIS 2.0 specifikacije. Kompatibilan je s mrežama EuroDOCSIS 1.0 i 1.1. Predstavlja podršku za dvostruki način rada za EuroDOCSIS i DOCSIS.



Slika 3. Kabelski usmjernik Cisco EPC2100, [19]

Na slici 3. prikazan je kabelski usmjernik Cisco EPC2100 koji na prednjoj strani ima LED indikatore stanja. Lampica „PC“ prikazuje da li je usmjernik povezan s uređajem, npr. računalom. Lampica „Cable“ predstavlja da li je usmjernik registriran na mrežu, ako treperi, to znači da je u procesu registracije. Kada se informacije šalju prema mreži, to prikazuje lampica „Data send“. Budući da usmjernik šalje informacije, isto tako ih mora i primiti, a to je vidljivo na lampici „Data receive“. „Power“ označava napajanje usmjernika i svijetli konstantno. U tablici 3. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika EPC2100 za *downstream*.

Tablica 3. Specifikacije kabelskog usmjernika EPC2100 - *downstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--------------------------------------|--|
| Radni frekvencijski opseg | Od 43 do 73 dB μ V za 64 QAM Od 47 do 77 dB μ V za 256 QAM |
| Frekvencijski raspon usmjernika | Od 108 do 930 MHz za reviziju 3.0 Od 108 do 860 MHz za reviziju 2.1 i verzije prije 2.1 |
| Demodulacija | 64 QAM ili 256 QAM |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka | 41.4 Mbit/s za 64 QAM 55.2 Mbit/s za 256 QAM |
| Propusnost | 8 ili 6 MHz |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [19]

U tablici 4. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika EPC2100 za *upstream*.

Tablica 4. Specifikacija kablenskog usmjernika EPC2100 - *upstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--|--|
| Radni frekvencijski opseg | Od 5 do 65 MHz |
| Modulacija | QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM/ATDMA, 128 QAM/SCDMA |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka po kanalu | 5.12 Mbit/s za QPSK 10.2 Mbit/s za 16 QAM 30 Mbit/s za ATMDA ili SCDMA |
| Propusnost | Od 200 kHz do 6.4 MHz |

Izvor: [19]

Kabelski usmjernik DPC2325 kombinira kablenski usmjernik i bežičnu pristupnu točku u jednom uređaju za isplativo rješenje za kućnu i malu poslovnu mrežu. Dizajniran je da zadovoljni DOCSIS 2.0, a kompatibilan je i za korištenje na mrežama DOCSIS 1.0 i 1.1.



Slika 4. Kabelski usmjernik DPC2325, [20]

Slika 4. prikazuje kablenski usmjernik DPC2325 koji također na prednjoj strani ima LED indikatore stanja. LED lampica „Power“ predstavlja napajanje. Lampica „DS“ predstavlja da

usmjernik prima podatke od kabelske mreže. Kada pristupnik šalje podatke na kabelsku mrežu, lampica „US“ bi trebala svijetliti. Ukoliko lampica „Online“ treperi ili ne svijetli, Internetska veza neće raditi, a ona pokazuje da li usmjernik registriran na mrežu. Ako je usmjernik spojen na jedan od *Ethernet* priključaka, mora svijetliti lampica „Ethernet“. „Blinking“ označava da se podaci prenose preko *Ethernet* veze. Ukoliko „Wireless link“ svijetli konstantno, to znači da bežična pristupna točka radi. Ako treperi, onda se podaci prenose preko bežične veze. Ako je isključena, to znači da je korisnik onemogućio bežičnu pristupnu točku. Kod „Wireless setup“ lampice se vidi da li je bežična pristupna točka aktivna ili nije aktivna. Ako lampica svijetli, to znači da je bežična veza aktivirana i može se postaviti nova bežična veza [21].

U tablici 5. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika DPC2325 za *downstream*.

Tablica 5. Specifikacije kabelskog usmjernika DPC2325 - *downstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--------------------------------------|---|
| Frekvencijski opseg | od 88 do 930 MHz |
| Demodulacija | 64 ili 256 QAM |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka | 30 Mbit/s za 64 QAM 43 Mbit/s za 256 QAM |
| Propusnost | 6 MHz |
| Raspon radne brzine | od -15 dBmV do +15 dBmV |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [20]

U tablici 6. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika DPC2325 za *upstream*.

Tablica 6. Specifikacije kabelskog usmjernika DPC2325 - *upstream*

| Specifikacije | Vrijednosti |
|-----------------------------|--|
| Frekvencijski opseg | od 5 do 42 MHz |
| Modulacija | QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 64 QAM, 128 QAM TCM |
| Maksimalna brzina prijenosa | 5.12 Mbit/s za QPSK 10.2 Mbit/s za 16 QAM 30.0 Mbit/s za A-TDMA i SCMA |

| | |
|--------------------|-----------------------|
| Propusnost | od 200 kHz do 6.4 MHz |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [20]

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Technicolor.

3.1.2. Korisnička mrežna oprema – Technicolor

Technicolor je globalni lider u *gateway* uređajima i *set-top box* uređajima. Osim toga, spada pod jedan od najvećih neovisnih proizvođača i distributera DVD-ova i Blu-ray diskova na svijetu, te jedan od najvećih filmskih procesora. Trenutni cilj im je razvoj proizvoda koji sadrži tehnologije uključujući visoki dinamički raspon, trodimenzionalni audio i virtualnu stvarnost [22].

Kabelski usmjernik THG541 pripadao je tvrtki Thomson, ali danas se koristi pod imenom Technicolor. Ovaj usmjernik ima ugrađeni adapter za multimedijски terminal (engl. *Embedded Multimedia Terminal Adapter*, EMTA) temeljeno na EuroDOCSIS 2.0 i EuroPacketCable 2.0 standardima, osim toga podržava IPv6 adrese.



Slika 5. Kabelski usmjernik Technicolor THG541, [23]

Na slici 5. prikazan je kabelski usmjernik Technicolor THG541 koji je jednostavan za korištenje, a Led indikatori stanja pokazuju jasan prikaz redoslijeda pokretanja i stanja povezivanja usmjernika. Što se tiče tehničkih specifikacija kabelskog usmjernika THG541, u tablici 7. prikazane su specifikacije s gledišta prijemne strane.

Tablica 7. Specifikacije kablenskog usmjernika Technicolor THG541 – prijemna strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--------------------|
| <i>Downstream</i> modulacija | 64 QAM / 256 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>downstream</i> | 108 – 862 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>downstream</i> | 41.71/55.61 Mbit/s |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [23]

U tablici 8. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika THG541 s gledišta odašiljačke strane.

Tablica 8. Specifikacije kablenskog usmjernika Technicolor THG541 – odašiljačka strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|---|
| <i>Upstream</i> modulacija | QPSK i 16 QAM |
| Dodatni tipovi <i>upstream</i> modulacije | 8/32/64 QAM za A-TDMA i 128 QAM za S-CDMA |
| Raspon frekvencije za <i>upstream</i> | Od 5 do 65 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>upstream</i> | Maksimalno 5.12/10.24 Mbit/s za QPSK i 16 QAM Maksimalno 30.720 Mbit/s za 64 QAM |
| Izlazna impedancija | 75 Ohm-a |
| Stabilnost frekvencije | ± 5 kHz |

Izvor: [23]

Kablenski usmjernik TCM471 kompatibilan je s DOCSIS/EuroDOCSIS 3.0. S razvojem standarda, DOCSIS 3.0 osigurava isporuku podataka visoke propusnosti. Ovaj usmjernik predvodnik je u ekološkom dizajnu pa omogućava kombinaciju hardverskih i softverskih značajki za smanjenje potrošnje energije. *Gateway* je optimiziran kako bi se smanjila energija kada god je to moguće, zahvaljujući visokoj integraciji te mogućnost isključivanja glavnog *interface* modula za budući razvoj programske podrške.



Slika 6. Kabelski usmjernik Technicolor TCM471, [24]

Slika 6. prikazuje usmjernik Technicolor TCM471 koji osigurava do osam spojenih *downstream* kanala i četiri *upstream* kanala putem kojih se može spojiti priključak za prijenos podataka i prijenos televizijskih usluga. Također se može upotrijebiti za usluge na starijim mrežama bez prekida usluge.

U tablici 9. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika TCM471 s gledišta prijemne strane.

Tablica 9. Specifikacije kabelskog usmjernika Technicolor TCM471 – prijemna strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--|
| <i>Downstream</i> modulacija | 64 QAM / 256 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>downstream</i> | Od 88 do 1002 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>downstream</i> | U teoriji je 440 Mbit/s (55,61 Mbit/s x 8 kanala) |
| Broj <i>downstream</i> -a | Do 8 |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [24]

U tablici 10. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika TCM471 s gledišta odašiljačke strane.

Tablica 10. Specifikacije kablenskog usmjernika Technicolor TCM471 – odašiljačka strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--|
| <i>Upstream</i> modulacija | QPSK i 8, 16, 32, 64 i 128 QAM |
| Broj <i>upstream</i> -a | 4 |
| Raspon frekvencije za <i>upstream</i> | Od 5 do 65 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>upstream</i> | U teoriji je 131 Mbit/s (32.78 Mbit/s x 4 kanala) |
| Izlazna impedancija | 75 Ohm-a |
| Širina kanala | 200, 400 i 800 kHz, 1.6, 3.2 i 6.4 MHz |

Izvor: [24]

Kabelski usmjernik Technicolor TC7200 EuroDOCSIS 3.0 ima bežični ugrađeni adapter za multimedijske terminale kao i kabelski usmjernik THG541. To znači da s tom tehnikom osigurava veliku propusnost prijenosa podataka. Ima do 8 *downstream* kanala i 4 *upstream* kanala te tako telekomunikacijski operatori imaju mogućnost svojim korisnicima pružiti 4 podatkovna kanala i 4 kanala koji su namijenjeni za televizijske usluge. Technicolor je predvodnik u uvođenju IPv6 adresa na svojim uređajima pa samim time, TC7200 osim IPv4, podržava i IPv6 adrese.



Slika 7. Kabelski usmjernik Technicolor TC7200, [25]

Na slici 7. prikazan je kabelski usmjernik Technicolor TC7200. Radni napon mu je od 120 V do 240 V. Bežična veza koristi standard IEEE 802.11n te se bežična konfiguracija može

prilagoditi korisniku. Radi na mrežnom sloju OSI referentnog modela. Što se tiče tehničkih specifikacija, prikazane su u tablici 11., a specifikacije se odnose na prijemnu stranu.

Tablica 11. Specifikacije kablenskog usmjernika Technicolor TC7200 – prijemna strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|---|
| <i>Downstream</i> modulacija | 64 QAM / 256 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>downstream</i> | Od 108 do 1002 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>downstream</i> | 440 Mbit/s u teoriji 55.61 Mbit/s x 8 kanala |
| Broj kanala za <i>downstream</i> | Do 8 |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [25]

Što se tiče specifikacija za odašiljačku stranu, ona je prikazana u tablici 12.

Tablica 12. Specifikacije kablenskog usmjernika Technicolor TC7200 – odašiljačka strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|---|
| <i>Upstream</i> modulacija | QPSK i 8, 16, 32, 64 i 128 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>upstream</i> | Od 5 do 65 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>upstream</i> | 131 Mbit/s , u teoriji, 32.78 Mbit/s x 4 kanala |
| Broj kanala za <i>upstream</i> | 4 |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |
| Širina pojasa kanala | 200, 400, 800 KHz, 1.6, 3.2 i 6.4 MHz |

Izvor: [25]

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Thomson.

3.1.3. Korisnička mrežna oprema – Thomson

Krajem 2009. godine počelo se raspravljati o promjeni imena te je početkom 2010. godine, Thomson postao Technicolor. Svi proizvodi koji još uvijek nose ime Thomson, sada održava tvrtka Technicolor [24]. Kabelski usmjernik Thomson TCM420 krajnjim korisnicima nudi jasan prikaz redoslijeda pokretanja i status povezivanja uz prikaz LED dioda koji se nalaze na prednjoj strani usmjernika. Kako bi krajnjim korisnicima i operatorima omogućili sigurnost, Thomson je ugradio nekoliko sigurnosnih mehanizama. Integrirani *firewall* jamči korisnicima potpunu mrežnu sigurnost i minimizira neželjeni učinak usluge. Dizajniran je da zadovolji DOCSIS i Euro-DOCSIS 2.0 standarde.



Slika 8. Kabelski usmjernik TCM420, [27]

Na slici 8. prikazan je kabelski usmjernik Thomson TCM420. Led lampica „Internet“ označava da li je internetska veza aktivna. „PC Link“ pokazuje da je uspostavljena veza između računala i usmjernika. „Cable Link“ označava status veze, da li je veza aktivna ili neaktivna. Lampica „Cable Activity“ ako svijetli ili treperi, to znači da je podatkovni promet uspostavljen. Lampica „Message“ treperi ako korisnik ima neku poštu ili poruku. To je moguće isključivo ako davatelj usluga nudi kao dodatnu opciju [28].

U tablici 13. prikazane su specifikacije kabelskog usmjernika TCM420 s gledišta prijemne strane.

Tablica 13. Specifikacije kablenskog usmjernika TCM420 – prijemna strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--------------------------|
| <i>Downstream</i> modulacija | 64 QAM i 256 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>downstream</i> | Od 108 do 862 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>downstream</i> | Od 41.71 do 55.61 Mbit/s |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [28]

U tablici 14. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika TCM420 s gledišta odašiljačke strane.

Tablica 14. Specifikacije kablenskog usmjernika TCM420 – odašiljačka strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--|
| <i>Upstream</i> modulacija | QPSK i 16 QAM |
| Dodatni tipovi <i>upstream</i> modulacije | 8/32/64 QAM za A-TDMA 128 QAM za S-CDMA kanale |
| Raspon frekvencije za <i>upstream</i> | Od 5 do 65 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>upstream</i> | 5.12/10.24 Mbit/s za QPSK/ 16 QAM 30.720 Mbit/s za 64 QAM |
| Izlazna impedancija | 75 Ohm-a |
| Stabilnost frekvencije | ± 5 kHz |

Izvor: [28]

Kablenski usmjernik Thomson DOCSIS/Euro-DOCSIS 2.0 TCW750-4 idealno je rješenje za stambena i SOHO (engl. *Small Office Home Office*) okruženja. Podržava zaštićeni bežični

pristup (WPA⁵, WPA2) i WEP (engl. *Wireless Encryption Protocol*). To krajnjem korisniku omogućuje komunikaciju s učinkovitom vezom i najvišom razinom mjere sigurnosti. Kompatibilan je s DOCSIS/Euro-DOCSIS 2.0 i ima izvrsnu 802.11b/g⁶ bežičnu vezu s izvrsnim rasponom emitiranja zahvaljujući uporabi vanjske antene. Ovaj usmjernik je idealno i jednostavno rješenje za stambene i poslovne prostore.



Slika 9. Kabelski usmjernik Thomson TCW750-4, [29]

Na slici 9. prikazan je TCW750-4 koji kao i svaki usmjernik ima LED indikatore s prednje strane. „Power“ pokazuje napajanje uređaja, „DS“ predstavlja primanje podataka, a „US“ slanje podataka na kabelsku mrežu. „Online“ označava da li je usmjernik registriran na mrežu. „Ethernet“ svijetli onda kada je kabel spojen na jedan od Ethernet priključaka. „Wireless“ lampica svijetli onda kada je bežična mreža uključena [30]. Kabelski usmjernik TCW750-4 koji nastoji krajnjim korisnicima i telekomunikacijskim operatorima osigurati najveću moguću sigurnost, ima ugrađeno nekoliko sigurnosnih mehanizama. Integrirani *firewall* jamči korisnicima potpunu mrežnu sigurnost pa se na taj način minimizira neželjeni učinak usluge. Integrirani uređaj za uskraćivanje usluge (engl. *Integrated Denial of Service, DoS*) nadzire koji su uzroci napada i bilježi potencijalne uzroke koji mogu naštetiti sigurnosti. Kao što je već

⁵ WPA (engl. *Wi-Fi Protected Access*) je sustav zaštite bežične mreže.

⁶ IEEE 802.11 je skupina standarda za bežične lokalne računalne mreže.

napisano, podržavaju WEP i WPA zaštitu, a to znači da se korisnicima omogućuje komuniciranje i pristup podacima s kvalitetnom vezom i najvišom razinom sigurnosti. Da bi se spriječio neovlašten pristup bežičnim mrežama, postoji ugrađeni bežični mehanizam kontrole pristupa [29].

U tablici 15. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika TCW750-4 s gledišta prijemne strane.

Tablica 15. Specifikacije kablenskog usmjernika TCW750-4 – prijemna strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|---|
| <i>Downstream</i> modulacija | QPSK i 16 QAM |
| Raspon frekvencije za <i>downstream</i> | 8/32/64 za A-TDMA 128 QAM za S-CDMA kanale |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>downstream</i> | 5.12/10.24 Mbit/s za QPSK/16 QAM 30.720 Mbit/s za 64 QAM |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [29]

U tablici 16. prikazane su specifikacije kablenskog usmjernika TCW750-4 s gledišta odašiljačke strane.

Tablica 16. Specifikacije kablenskog usmjernika TCW750-4 – odašiljačka strana

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---|--|
| <i>Upstream</i> modulacija | QPSK i 16 QAM |
| Dodatni tipovi <i>upstream</i> modulacije | 8/32/64 QAM za A-TDMA 128 QAM za S-CDMA kanale |
| Raspon frekvencije za <i>upstream</i> | Od 5 do 65 MHz |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka za <i>upstream</i> | 5.12/10.24 Mbit/s za QPSK/ 16 QAM 30.720 Mbit/s za 64 QAM |
| Izlazna impedancija | 75 Ohm-a |
| Stabilnost frekvencije | ± 5 kHz |

Izvor: [29]

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Ubee.

3.1.4. Korisnička mrežna oprema – Ubee

Ubee proizvodi širokopoljasnu opremu za korisnike koja se isporučuje telekomunikacijskim operatorima. Vizija Ubee-a je razviti proizvode koji uključuju najmoderniju tehnologiju da bi se pružateljima usluga ponudio razvoj novih rješenja, što znači da su uređaji prilagođeni specifikacijama davatelja usluga [31].

Ubee EVW32C je nova generacija WeMTA (engl. *Wisconsin Educational Media & Technology Association*). Mrežni uređaj je dobro prilagođen kako bi zadovoljio suvremene zahtjeve današnjih stambenih i poslovnih prostora.

Navedeni kabelski usmjernik, EuroPacketCable 2.0 i EuroDOCSIS-a 3.0, integrira četiri proizvoda u jedan uređaj: kabelski usmjernik, rezidencijalni *gateway* s ugrađenim 4-portnim gigabitnim *Ethernet switch*-em.



Slika 10. Kabelski usmjernik Ubee EVW32C, [32]

Na slici 10. prikazan je najnoviji uređaj, Ubee EVW32C, koji omogućuje velike brzine prijenosa podataka, do 1 Gbps za *downstream* i do 240 Mbit/s za *upstream*.

Tablica 17. prikazuje tehničke specifikacije za *downstream* koje se odnose na Ubee usmjernik.

Tablica 17. Specifikacije kablenskog usmjernika Ubee EVW32C – downstream

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--|--|
| Raspon frekvencija | Od 108 MHz do 1002 MHz |
| Modulacija | 64 ili 256 QAM |
| Maksimalna brzina prijenosa podataka po kanalu | Do 24 kanala, EuroDOCSIS: 41.71 Mbps za 64 QAM i 55.62 Mbit/s za 256 QAM |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [32]

Specifikacije za *upstream*, nalaze se u tablici 18.

Tablica 18. Specifikacije kablenskog usmjernika Ubee EVW32C – upstream

| Specifikacije | Vrijednosti |
|---------------------------|--|
| Raspon frekvencija | Od 5 MHz do 85 MHz (EuroDOCSIS) Od 5 MHz do 42 MHz (DOCSIS) |
| Modulacija | QPSK, 8, 16, 32 QAM za ATDMA QPSK, 8, 16, 32, 64 i 128 QAM za SCDMA |
| Brzina prijenosa podataka | Od 0.32 do 30.72 Mbit/s po kanalu |

Izvor: [32]

U nastavku se nalazi opis korisničke mrežne opreme za usluge preko bakrene parice.

3.2. Korisnička mrežna oprema za usluge preko bakrene parice

ADSL mreža omogućava integraciju velikog broja govornih i negovornih usluga koje su spojene preko POTS mreže. Prednosti te integracije su to što se može komunicirati istovremeno različitim medijima, jedan pristupni uređaj je za sve vrste usluga, povoljnije je tarifiranje usluga, brže uspostavljanje veze i veće su brzine prijenosa podataka, a ovisno o potrebama korisnika, uvode se nove usluge, manja je osjetljivost mreže na varijacije prometa i dr. Samim time, koristi se isti kapacitet za prijenos različitih usluga, a mreža se dimenzionira prema ukupnom prometu. Tradicionalne širokopojasne DSL mrežne arhitekture, uglavnom su

namijenjene prijenosu podataka, ali se i postojeći mrežni kapaciteti mogu iskoristiti za uvođenje novih usluga. Kod ove tehnologije prijenos govora, slike i podataka baziraju se na IP protokolu. One se nazivaju *Triple Play* uslugama koje telekomunikacijski operator nudi korisnicima [4].

Na krajevima bakrene parice, nalaze se dva mrežna elementa. To su pristupni multipleksor digitalne pretplatničke linije (engl. *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, DSLAM) koji se nalazi na strani mrežnog poslužitelja i usmjernik koji je kod korisnika. Usmjernik zaprima informacije u digitalnom obliku na strani korisnika i šalje ih visokim frekvencijama prema DSLAM-u koji zaprima signale od ostalih usmjernika i odvaja telefonski promet od internetskog te ih na taj način prosljeđuje prema mreži poslužitelja [3].

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Huawei.

3.2.1 Korisnička mrežna oprema – Huawei

Korisnička mrežna oprema Huawei HG658 V2 Home Gateway je bežični usmjernik koji je dizajniran za kućnu upotrebu i za male uredske prostore. Mrežni raspon omogućuje povezivanje bilo kojeg uređaja u kući s brzinom prijenosa do 300 Mbit/s. Snažan vatrozid ima fleksibilnu konfiguraciju mreže i kvalitetu usluge i na taj način se omogućuje brza i visokokvalitetna širokopoljasna usluga.

Što se tiče drugih specifikacija, HG658 ima ADSL2+ / VDSL (engl. *Very high speed digital subscriber line*) procesor što omogućava velike brzine prijenosa podataka. Podržava usmjeravanje pa može dobiti IP adresu putem PPP (engl. *Point-to-Point Protocol*) *dial-up*-a ili DHCP-a (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*). Podržava kontrolu propusnog opsega i dodjeljuje širinu pojasa različitim uređajima kako bi svatko tko pristupi Internetu, mogao neometano koristiti usluge bez međusobnog ometanja s drugima.



Slika 11. Korisnički mrežni usmjernik Huawei HG658 V2, [33]

Na slici 11. prikazan je Huawei HG658. Indikator stanja „Power“ prikazuje da li je usmjernik uključen. Indikator stanja „WLAN“ (engl. *Wireless Local Area Network*) ako svijetli to znači da je aktivirana digitalna pretplatnička linija, DSL. Ako treperi, DSL veza je u procesu aktivacije, a ako ne svijetli, nije postavljena DSL veza. „Internet“ prikazuje da je Internet dostupan. „WLAN“ označava da je uključena bežična mreža, ali nema prijenosa podataka. „WPS“ prikazuje da je spojen na bežičnu mrežu uz pomoć programa WPS (engl. *Wi-Fi Protected Setup*). Zatim, portovi LAN 1 – LAN 4 predstavljaju da li je računalo ili neki drugi uređaj spojen s mrežnim kabelom. „USB“ prikazuje da li je spojen neki USB uređaj. I posljednji indikator stanja „VoIP“ prikazuje da je usmjernik registriran na SIP (engl. *Session Initiation Protocol*) poslužitelj [34].

Tehničke specifikacije usmjernika Huawei HG658 V2 nalaze se u tablici 19.

Tablica 19. Specifikacije usmjernika Huawei HG658 V2

| Specifikacije | Vrijednosti |
|----------------------|-------------|
| Radni napon i struja | 12V, 1A |

| | |
|--------------------------------|---|
| Brzina prijenosa DSL-a | G.dmt ⁷ <i>downlink</i> : 8 Mbit/s <i>uplink</i> : 896 kbit/s ADSL <i>downlink</i> : 12 Mbit/s <i>uplink</i> : 1024 kbit/s ADSL2+ <i>downlink</i> : 24 Mbit/s <i>uplink</i> : 1024 kbit/s |
| Brzina prijenosa bežične mreže | 802.11b do 11 Mbit/s 802.11g do 54 Mbit/s 802.11n do 300 Mbit/s |

Izvor: [34]

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Technicolor i Thomson.

3.2.2 Korisnička mrežna oprema – Technicolor i Thomson

Thomson TG782 omogućuje ADSL povezivost uz pružanje VoIP usluga za korisnike u stambenim prostorima, a nudi četiri Ethernet priključka, dodatni 802.11b/g za bežično povezivanje te podržava ADSL2+. Nudi širok spektar usluga, kao što su ID pozivatelja, CLIR⁸, poziv na čekanju, prosljeđivanje poziva i dr.

⁷ G.DMT je tehnologija koja proširuje dosad iskorišteni frekvencijski pojas postojećih bakrenih parica i omogućuje prijenosne brzine do 8 Mbit/s.

⁸ CLIR je usluga koja pruža mogućnost korisniku da prilikom ostvarenja poziva spriječi prikaz svog broja.



Slika 12. Korisnički mrežni uređaj Thomson TG782, [35]

Slika 12. prikazuje Thomson TG782. LED indikatori stanja prikazuju rad usmjernika. „Power“ znači da je usmjernik uključen i spreman za rad. Do toga, nalazi se „Ethernet“ koji pokazuje da li je spojen mrežni uređaj. „Wireless“ prikazuje da li je uključena bežična mreža. Sinkronizacija usmjernika na širokopoljasnu mrežu prikazuje „Broadband“. „Internet“ označava da je usmjernik spojen i omogućava prijenos podataka.

U tablici 20. prikazane su DSL specifikacije usmjernika i koje su brzine prijenosa podataka za standarde ADSL tehnologije.

Tablica 20. Specifikacije usmjernika Thomson TG782

| Specifikacija | Vrijednost |
|---------------|---|
| ADSL | 8 Mbit/s za <i>downstream</i> 1 Mbit/s za <i>upstream</i> |
| ADSL2 | 12 Mbit/s za <i>downstream</i> 1.5 Mbit/s za <i>upstream</i> |
| ADSL2+ | 24 Mbit/s za <i>downstream</i> 3 Mbit/s za <i>upstream</i> |

Izvor: [35]

Technicolor TG788vn kombinira VDSL2 standard s nekim od najnovijih tehnologija kako bi poboljšao performanse iz postojeće infrastrukture. TG788vn ima skalabilnu softversku arhitekturu pa se najnaprednije značajke mogu jednostavno integrirati, uključiti zahtjevne vlastite aplikacije i aplikacije treće strane, kao što je kućna automatizacija, nadzor ili funkcije daljinskog upravljanja. Također sadrži jedinstvenu kombinaciju hardverskih i softverskih značajki koje smanjuju snagu potrošnje.



Slika 13. Korisnički mrežni uređaj Technicolor TG788vn, [34]

Usmjernik Technicolor TG788vn prikazan je na slici 13. Podržava 3G mobilnu WAN mrežu koja se ostvaruje putem 3G USB adaptera. Što se tiče zaštite bežičnih mreža, sadrži WPS, a razina sigurnosti je WPA2. Za daljinski pristup usmjerniku, provjera dijagnostike, upravljanje koristi se aplikacijsko programsko sučelje (engl. *Application Programming Interface, API*).

Brzine prijenosa podataka na standardima koje TG788vn podržava, nalaze se u tablici 21.

Tablica 21. Specifikacije usmjernika Technicolor TG788vn

| Specifikacija | Vrijednost |
|---------------|--|
| ADSL | ANSI T1.413 Issue 2 ITU-T G.992.1 Annex A, B (G.dmt) ITU-T G.992.2 Annex A, B (G.lite) |

| | |
|--------|---|
| | ITU-T G.994.1 (G.hs) Brzina prijenosa podataka: 8 Mbit/s za <i>downstream</i> i 1 Mbit/s za <i>upstream</i> |
| ADSL2 | ITU-T G.992.3 Annex A, B, L, (G.dmt.bis) ITU-T G.992.4 Annex A, B, L (G.lite.bis) ITU-T G.998.4 (G.inp) Brzina prijenosa podataka: 12 Mbit/s za <i>downstream</i> i 1 Mbit/s za <i>upstream</i> |
| ADSL2+ | ITU-T G.992.5 Annex A, B, M ITU-T G.998.4 (G.inp) Brzina prijenosa podataka: 24 Mbit/s za <i>downstream</i> i 3 Mbit/s za <i>upstream</i> |
| VDSL2 | ITU G.993.2 SOS SRA INM do 17 MHz profles (POTS/ISDN) ITU-T G.993.5 (G.vector) ITU-T G.998.4 (G.inp) |

Izvor: [36]

U nastavku se nalazi opis korisničke opreme za usluge preko optičkih niti.

3.3. Korisnička mrežna oprema za usluge preko optičkih niti

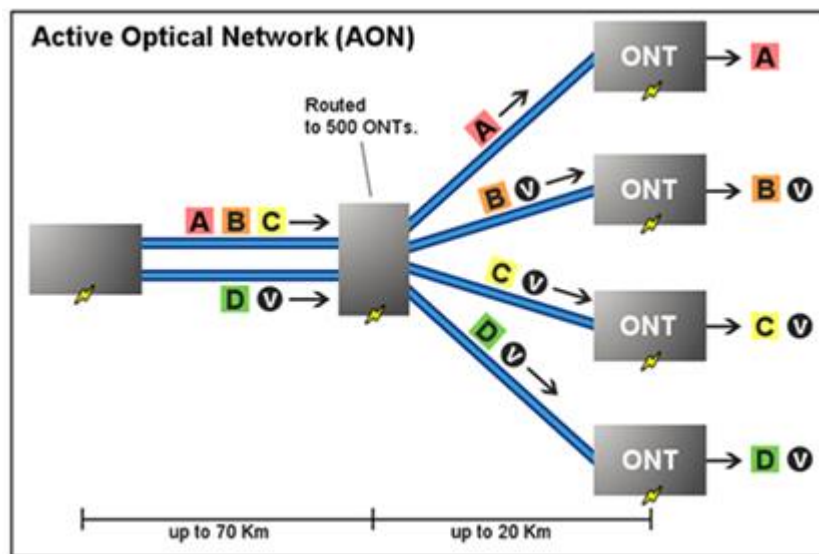
FTTx (engl. *Fiber To The x*), gdje slovo „x“ označava kategoriju ovisno gdje završava optički kraj. Dijeli se na kategorije:

- FTTH (engl. *Fiber to the Home*)
- FTTB (engl. *Fiber to the Building*)
- FTTCab (engl. *Fiber to the Cabinet*)
- FTTC (engl. *Fiber to the Curb*)

Optička distribucijska mrežna arhitektura dijeli se na:

- Aktivnu optičku mrežu (engl. *Active Optical Network*, AON) i
- Pasivnu optičku mrežu (engl. *Passive Optical Network*, PON).

Aktivne optičke mreže temelje se na vrsti elektroničke opreme kao što je *switch*, usmjernik ili multipleksor, a koje za svoj rad trebaju napajanje električnom energijom kako bi osigurali prijenos signala do krajnjeg korisnika. Svaki signal koji napusti centralu usmjeren je samo za određeno mjesto za koji je namijenjen.

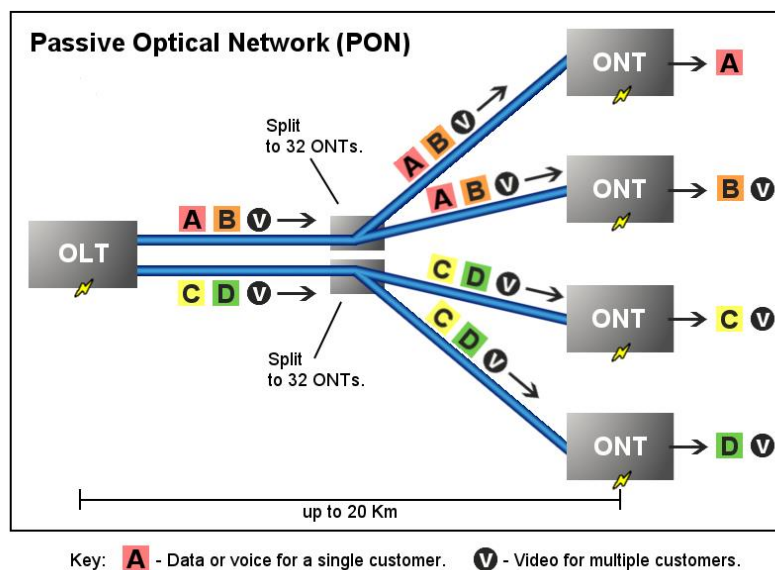


Slika 14. Aktivna optička mreža, [37]

Na slici 14. prikazan je način rada aktivne optičke mreže. Što se tiče strukture, AON je point-to-point, a to znači da svaki korisnik ima svoju vlastitu optičku liniju završenu u optičkom koncentratoru. Signali se prenose do *switch*-a koji odlučuje gdje će se proslijediti paket. Na slici je vidljivo da svaki korisnik ima svoju optičku nit.

Telekomunikacijski operatori danas korisnicima omogućuju FTTH tehnologiju. FTTH je vrsta optičke komunikacijske usluge kod koje optički signal dolazi do korisnikovog prostora. FTTH sustavi koriste pasivnu optičku mrežu (engl. *Passive Optical Network*, PON) te na taj način prenose signal od centrale do većeg broja korisnika uz pomoć optičkog *splittera* koji se nalazi u pasivnom kabinetu. Nakon toga, signal ide sve do mrežnog sučelja koje se nalazi izvan kuće. Svaki korisnikov *upstream* signal dolazi u promjenjivom vremenu, a ovisi o udaljenosti

korisnika od centrale – to predstavlja glavni problem PON mreža. Danas je za FTTH sustave korisnička propusnost do 500 MBit/s.



Slika 15. Pasivna optička mreža, [37]

Na slici 15. prikazan je način rada pasivne optičke mreže. Vidljive su dvije aktivne optičke komponente. Na optički uređaj u centrali (engl. *Optical Line Terminal*, OLT) uz pomoć svjetlovodnog kabela spaja se pasivni optički *splitter* koji usmjerava signal na optički uređaj kod korisnika (engl. *Optical Network Terminal*, ONT). PON je mrežna struktura od točke prema više točaka, a to znači da se na jednom optičkom vlaknu poslužuje više korisnika bez da potrebe uvođenja pojedinačnih optičkih vlakana. Ukoliko se želi omogućiti veće brzine prometa, veću pouzdanost i bolju pokrivenost kod većih udaljenosti, koristit će se optički kabel.

U nastavku se nalazi opis korisničke mrežne opreme proizvođača Huawei.

3.3.1 Korisnička mrežna oprema – Huawei

Optički mrežni terminal Huawei HG8245 dizajniran je za kućnu uporabu i za male urede. Koristeći tehnologiju pasivne optičke mreže s mogućnošću gigabitnog prijenosa (engl. *Gigabit-capable Passive Optical Networks*, GPON) osigurava velike brzine prijenosa podataka putem jednog optičkog vlakna s ulaznom brzinom od 1.244 Gbit/s i brzinu 2.488 Gbit/s.



Slika 16. Pasivni optički terminal Huawei HG8245, [38]

Na slici 16. prikazan je Huawei HG8245. LED indikator „Power“ prikazuje napajanje uređaja. „PON“ je indikator autentifikacije, dok je „LOS“ indikator spajanja. Od „LAN 1“ do „LAN 4“ prikazuju se *Ethernet* portovi. „TEL1-TEL2“ služe da prikaz stanja telefonskih linija, da li funkcionira ili ne. „USB“ port svijetli samo kada je uključen USB. „WLAN“ označava da li je bežična veza funkcionalna. „WPS“ (engl. *Wi-Fi Protected Setup*). „CATV“ je uključena jedino ako je korisnik u svom paketu uzeo televizijsku uslugu.

Tehničke specifikacije usmjernika Huawei HG8245 nalaze se u tablici 22.

Tablica 22. Specifikacije usmjernika Huawei HG8245

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--|---------------------------------|
| Radni napon i struja | 11 – 14 V DC, 1.5 A |
| Potrošnja energije u praznom hodu/ maksimalna potrošnja energije | 5.5 W / 16.5 W |
| Portovi | GPON, Ethernet, POTS, USB, WLAN |

Izvor: [38]

Huawei HG8245 podržava rad sa sedam standarda. Popis standarda i pridruženim im protokolima naveden je u tablici 23.

Tablica 23. Popis standarda i protokola za mrežni uređaj HG8245

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| GPON: | ITU-T G.984 |
| VoIP: | H.248, SIP, G.711A/u, G.729a/b i T.38 |
| Multicast: | IGMPv2, IGMPv3 i IGMP <i>snooping</i> |
| Routing: | NAT, NATP i ALG |
| Ethernet: | IEEE 802.3ab |
| USB: | USB 1.1/USB 2.0 |
| Wi-Fi: | IEEE 802.11n |

Izvor: [38]

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Genexis.

3.3.2 Korisnička mrežna oprema – Genexis





Genexis je vodeći europski dobavljač proizvoda i tehnologije koji omogućuje i poboljšava isporuku širokopoljane internetske veze putem optičkih niti. Strategija je razviti i ponuditi širok spektar inovativnih rješenja i upravljanje mrežom temeljenom na oblaku [38].

Genexis Hybrid Live Titanium je mješavina dizajna, *high-end* tehnologije i jednostavnosti u jednom proizvodu. Nudi širok raspon najsuvremenije funkcionalnosti, uključujući Gigabitne performanse mrežne opreme, usmjeravanja, telefonija, WLAN, USB. Što se tiče bežičnog sučelja, podržava IEEE 802.11b/g/n, sadrži unutarnje antene i razina sigurnosti je WEP, WPA i WPA2.



Slika 17. Optički pasivni terminal Genexis Hybrid Live Titanium, [40]

Slika 17. prikazuje Hybrid Live Titanium koji se sa svojim modernim izgledom, razlikuje od ostale korisničke opreme. Sastoji se od samo četiri LED indikatora:

-  - predstavlja podatkovnu vezu, odnosno da li je ONT spreman za rad
-  - status telefonske linije, ukoliko je korisnik pretplaćen na istu
-  - status bežične mreže
-  - status usmjeravanja

U nastavku je opisana korisnička mrežna oprema proizvođača Telsey.

3.3.3 Korisnička mrežna oprema – Telsey

Telsey Telecommunications talijanski je proizvođač telekomunikacijske opreme. Vodeća su tvrtka u Europi u području IP televizije, pristupnih uređaja te kućnog umrežavanja [40]. Telsey CPVA500 Residential Gateway povezuje opremu krajnjeg korisnika kao što su računala, STB i analogni telefoni putem:

- 1 Ethernet 10 / 100BaseT
- 1 USB
- 2 FXS porta

Oprema može djelovati kao telefonski adapter između dva FXS porta i sučelja RJ45 Ethernet. Da bi usmjernik radio na ovaj način, ADSL WAN mora biti onemogućen, a konfiguracija LAN-a i VoIP-a mora biti dovršena.



Slika 18. Optički pasivni terminal Telsey CPVA500, [42]

Na slici 18. prikazan je Telsey CPVA500 koji na prednjoj strani ima četiri LED indikatora koji pokazuju njegov radni status. Navedene s lijeva na desno ponašaju se kao: „*Phone 1*“ i „*Phone 2*“ označavaju aktivnosti na telefonskoj liniji. „*Link*“ znači da je *uplink* aktivan na priključku prema mreži. „*Power*“ označava da li je upaljen.

Prema tablici 24., prikazane su specifikacije ONT-a Telsey CPVA500.

Tablica 24. Specifikacije ONT-a Telsey CPVA500

| Specifikacije | Vrijednosti |
|--------------------------------|--|
| Radni napon i snaga | 12 V DC, 10 W |
| Širokopolasni <i>interface</i> | Do 840 Kbit/s <i>upstream</i> Do 8 Mbit/s <i>downstream</i> |
| Portovi | 1 Ethernet 10/100, USB, RJ 45 |
| Dodatne funkcionalnosti | DHCP i TFTP klijenti |

Izvor: [42]

U nastavku se nalazi opis korisničke mrežne opreme proizvođača Eltek.

3.3.4 Korisnička mrežna oprema – Eltek

Eltek R3621-W1 (slika 19.) korisnicima omogućuje ubrzani pristup mrežnim uslugama uključujući Internet i intranet pristup, videokonferencije, VoIP telefoniju, *ecommerce*, IPTV, web hosting. Način pristupa podatkovnim aplikacijama ostvaruje se putem gigabitne Ethernet veze ili preko bežične mreže 802.11n.



Slika 19. Optički pasivni terminal Eltek R3621-W1, [43]

U tablici 25. prikazane su specifikacije za Eltek R3621-W1.

Tablica 25. Specifikacije ONT-a Eltek R3621-W1

| Specifikacije | Vrijednosti |
|----------------------|--|
| Radni napon i struja | 100V-240V AC, 12V DC, 2A |
| Procesorska jedinica | Mediatek 7620 |
| Portovi | 1 WAN SFP port 1 WAN 10/100/1000BASE-TX 4 LAN 10/100/1000BASE-TX 2 POTS Portovi FXS (RJ-11) 1 USB 2.0 <i>Host</i> port |

Izvor: [43]

Optički pasivni terminal Eltek podržava protokole i funkcionalnosti kao što su IP (engl. *Internet protocol*), TCP (engl. *Transmission Control Protocol*), UDP (engl. *User Datagram Protocol*), TFTP (engl. *Trivial File Transfer Protocol*), RTP (engl. *Real-time Transport Protocol*), RTCP (engl. *RTP Control Protocol*), ARP (engl. *Address Resolution Protocol*), RARP (engl. *Reverse Address Resolution Protocol*), ICMP (engl. *Internet Control Message Protocol*), NTP (engl. *Network Time Protocol*), SNTP (engl. *Simple Network Time Protocol*), HTTP (engl. *Hyper Text Transfer Protocol*), HTTPS (engl. *HyperText Transfer Protocol Secure*), DNS (engl. *Domain Name System*), TELNET, DHCP (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*), Server, UPnP, DHCP Client, IGMP Proxy, RIP v1/2, SNMP V2c / V1, OSPF, BGP [43].

U nastavku rada opisana je korisnička mrežna oprema vezana za televizijske prijemnike.

3.4 Korisnička mrežna oprema – televizijski prijemnici

Danas se razlikuju kablaska televizija i IPTV (engl. *Internet Protocol Television*). Kablaska televizija dijeli se na analognu i digitalnu televiziju. Analogna televizija nije zahtijevala uporabu prijemnika. Uvođenjem digitalnog sustava odašiljanja televizijskog signala, omogućene su brojne prednosti. Jedna od najznačajnijih je bolja kvaliteta slike i zvuka. Osim toga, bolja je iskoristivost radiofrekvencijskog spektra, uvedena je interaktivna (programski

vodič (engl. *Electronic program guide*, EPG), snimalica, videoteka i dr.). Sukladno tome, uvedena je korisnička mrežna oprema koja će podržavati gore navedene karakteristike.

Kabelska televizija je širokopojasni prijenosni sustav kod kojeg se putem koaksijalnog ili optičkog kabela prenosi televizijski i radijski programi. Kako bi se omogućio kvalitetan prijem svim korisnicima, postavlja se zajednički antenski sustav, koji je ujedno i osnova iz koje su se razvili sustavi kableske televizije. Osnovni dijelovi sustava kableske televizije su:

- Prijemni antenski sustav
- Glavna postaja i
- Kabelska mreža za distribuciju signala.

Prijemni antenski sustav je dio sustava kableske televizije i o njegovoj izvedbi ovisi kvaliteta cjelokupnog sustava, zato se može reći da je važan čimbenik sustava. Određivanje vrste i broja prijemnih antena, određuje se na temelju podataka o televizijskim kanalima koji se emitiraju putem zemaljskih odašiljača na određenom području i na temelju podataka o jakosti elektromagnetskih polja na mjestu prijema. Signali, koji su dobiveni od prijemnih antenskih sustava, prenose se koaksijalnim ili optičkim kabelima do glavne postaje koja se nalazi u blizini antenskog sustava [44].

IPTV (engl. *Internet Protocol Television*) je sustav isporuke video sadržaja koji funkcionira na zatvorenom mrežnom okruženju koji osigurava propusnost za nesmetan protok videa visoke kvalitete.

STB se povezuje na kućnu DSL liniju i zadužen je za spajanje IP paketa u koherentni video tok. Zadaća STB-a je primanje televizijskog sadržaja, dekodiranje te slanje na televizijski uređaj koji se nalazi kod korisnika. Veći dio video signala ulazi u transportnu mrežu na lokaciji nacionalnog telekomunikacijskog mrežnog čvorišta (engl. *Head-End*, HE) gdje se ulazni TV signali primaju i kodiraju. Zatim se video tok rastavlja na IP pakete i prenosi se korištenjem telekomunikacijske jezgrene mreže. Osim za video podatke, jezgrene mreža sadrži veliku količinu prometa namijenjene za podatke i govor.

Kako bi se korisnicima omogućilo gledanje IPTV sadržaja, treba izgraditi kompleksni sustav, a on se prema [45] sastoji od nekoliko različitih fizičko-logičkih dijelova:

- Mrežno čvorište (HE) – prikupljanje televizijskih signala s različitih izvora, prepakiraju se u format koji je pogodan za slanje *multicastom*⁹ u mrežu
- Napredne programske aplikacije (engl. *Middleware*, MW) – ovo je tzv. „mozak“ IPTV rješenja. *Middleware* bi trebao znati koji gdje se točno koji sadržaj nalazi, određuje izgled sučelja, daje dozvolu za ulazak korisnicima, mogućnost biranja paketa usluga,
- Video na zahtjev (engl. *Video On Demand*, VoD) – dio koji se brine za interaktivne sadržaje. Sadrži filmove na koji se šalju *unicastom*¹⁰ te gledanje sadržaja uz odgodu. Također se brine za raspoređivanje sadržaja po mreži s ciljem smanjenja mrežnog opterećenja
- Sustav zaštite sadržaja (engl. *Conditional Access/Digital Rights Management*, CA/DRM) – predstavlja zaštitu od neovlaštenog kopiranja sadržaja
- Krajnji korisnički uređaj – to su uređaji koji se nalaze kod korisnika i zaduženi su za primanje IPTV sadržaja, njegovo dekodiranje i slanje na kućni televizijski uređaj

U nastavku su opisani televizijski prijemnici više različitih proizvođača odabranog telekomunikacijskog operatora.

3.4.1 Televizijski prijemnik – TechnoTrend

TechnoTrend je njemački pružatelj i proizvođač digitalne tehnologije, a to uključuje i digitalne televizijske prijemnike. Techotrend je 2009. godine postao dio grupe Katherin te sada nosi ime Kathrein TechnoTrend GmbH. Obje tvrtke se zalažu za visoku razinu kvalitete, puno inovacija te nastoje slijediti visoke tehnološke standarde [46].

⁹ Multicast – komunikacija između jednog pošiljatelja i više primatelja.

¹⁰ Unicast – komunikacija između jednog pošiljatelja i jednog primatelja.

Televizijski prijemnik TT-micro C202 je DVB (engl. *Digital Video Broadcasting*) kabelski prijemnik. Sadrži ugrađeni Conax bez uparivanja, video i audio izlaz spajaju se putem SCART kabla, izlaz digitalnog audio zvuka ostvaruje se uz pomoć S/PDIF¹¹.

Funkcionalnost STB-a su podrška za plaćanje, DVB kabelska televizija i radijske stanice koji su odvojeni pa se zasebno pretražuju televizijski programi, a zasebno radio stanice. Za lakše snalaženje po sučelju, napravljeno je jednostavno grafičko korisničko sučelje. Osim toga, moguće je automatsko i ručno skeniranje kanala. Ovaj televizijski prijemnik može pohraniti do 2000 programa. Također, sadrži elektronski programski vodič.



Slika 20. Televizijski prijemnik TechnoTrend- micro C202 [47]

Na slici 20. prikazana je prednja strana televizijskog prijemnika TechnoTrend C202. Navedeni prijemnik, može biti dizajniran i u potpunosti prilagođen izgledom i sučeljem bilo kojem telekomunikacijskom operatoru.

U tablici 26. prikazane su specifikacije TechnoTrend-a.

¹¹ S/PDIF – Sony/Philips digitalno sučelje – vrsta digitalnog audio spoja koji se koristi u potrošačkoj audio opremi za izlaz zvuka.

Tablica 26. Specifikacije televizijskog prijemnika TechnoTrend C202

| Specifikacije | Vrijednosti |
|-------------------------|----------------------|
| Frekvencijski opseg | Od 47 MHz do 862 MHz |
| Podrška za demodulaciju | 16/32/64/128/256 QAM |
| Širina pojasa | 8 MHz |
| Ulazna impedancija | 75 Ohm-a |

Izvor: [47]

U nastavku je opisan televizijski prijemnik proizvođača Albis.

3.4.2 Televizijski prijemnik – Albis

Albis-Elcon je tvrtka koja je nastala spajanjem njemačke tvrtke ELCON Systemtechnik i Albis Technologies. Tvrtka pruža široku paletu proizvoda i sustava za širokopojni pristup u telekomunikacijskoj industriji [48].

Albis SceneGate Micro namijenjen je za usluge visoke definicije koje koriste HDMI™ kao preferirano video sučelje. Nudi dekodiranje visoke razlučivosti i kvalitetu prikaza do 1080p sa 60 Hz preko HDMI™ 1.3 sučelja. Softverski okvir može se proširiti uz pomoć fleksibilnog medijskog mehanizma koji omogućuje demultipleksiranje i dekodiranje spremnika, uključujući i video zapis.



Slika 21. Televizijski prijemnik Albis SceneGate Micro, [49]

Na slici 21. prikazan je Albis-ov SceneGate Micro digitalni prijemnik koji na prednjoj strani ima samo jedan LED indikator koji pokazuje da li je prijemnik upaljen ili ugašen. Radi na operativnom sustavu Linux 2.6. Što se tiče sučelja podataka, USB 2.0 se nalazi s prednje strane, što je vidljivo i na slici, sa stražnje strane su *Ethernet* WAN te *Infrared* dodatno sučelje.

Tablica 27. prikazuje specifikacije navedenog digitalnog prijemnika.

Tablica 27. Specifikacije televizijskog prijemnika Albis SceneGate Micro

| Specifikacije | Vrijednosti |
|----------------------|---|
| Potrošnja energije | < 6 W, u <i>Standby</i> -u 1 W |
| Usluge | Internetske interaktivne usluge, IPTV, VoD, OTT |
| Protokoli | RTSP (VoD), DHCP, NTP, IGMPv2/v3; RTP; HTTP(S), UDP, HLS |
| Radni napon i struja | 12 V, 2 A |

Izvor: [49]

U nastavku je opisan televizijski prijemnik proizvođača Kaon.

3.4.3 Televizijski prijemnik – Kaon

Kaon je digitalni televizijski prijemnik, a u ovom radu će se opisivati prijemnik koji je prilagođen mreži jednog odabranog telekomunikacijskog operatora. Što se tiče portova, kod ovog prijemnika koriste se HDMI, USB i *Ethernet*. Kaon ima integrirani DVB-C standard (engl. *Digital Video Broadcasting - Cable*)¹².

¹² DVB-C je standard za slanje digitalnog televizijskog signala u kabelskim mrežama.



Slika 22. Televizijski prijemnik – Kaon, [50]

Na slici 22. prikazan je digitalni televizijski prijemnik Kaon koji s prednje strane ima dva indikatora stanja. Crveno svjetlo kada je prijemnik ugašen i zeleno svjetlo kada je prijemnik upaljen. Osim toga, vidljive su tipke za mijenjanje programa i pojačavanje zvuka, kao i tipka za gašenje prijemnika.

Tablica 28. prikazuje osnovne specifikacije televizijskog prijemnika Kaon.

Tablica 28. Specifikacije televizijskog prijemnika Kaon

| Specifikacije | Vrijednosti |
|------------------------------|---|
| Radni napon | 12V |
| Portovi | HDMI, USB, RCA, SPDIF, Tuner, Ethernet, Smart card slot |
| Procesorska jedinica | BCM7584 |
| Radna memorija | 256 MB, opcionalno 512 MB |
| Memorija za pohranu podataka | Nor 4 MB + Nand 128 MB |

Izvor: [50]

U nastavku diplomskog rada nalazi se poglavlje 4. u kojem su opisani načini održavanja korisničke mrežne opreme.

4 Održavanje korisničke mrežne opreme

Održavanje je proces u kojem se izvođenje zahtijevane funkcije zadržava na istoj razini tijekom vijeka trajanja od trenutka puštanja u rad. U tehnici, održavanje podrazumijeva postupak pregleda, otklanjanje kvara ili poboljšanja mrežne korisničke opreme. Smatra se da je uloga održavanja popraviti kvar kada se dogodi, ali tada je već kasno i jasno je da je održavanje zakazalo.

Ovisno o tome da li se kvar može popraviti, održavanje se može podijeliti na:

- Popravljive sustave – nakon kvara se može vratiti u stanje spremnosti bez zamjene za novim i
- Nepopravljive sustave – kvar unutar sustava znači i prestanak izvođenja zahtijevane funkcije.

Održavanje se temelji na dva zahtijeva. Da troškovi održavanja budu što manji, a da sustav mora raditi što pouzdanije. Ovisno o strategiji održavanja, dvije vrste su korektivno održavanje i preventivno održavanje. Korektivno održavanje se realizira neplanski dok se preventivno planski realizira [51].

Upravljanje održavanjem se definira kao funkcija koja je vezana uz tehnologije održavanja, dizajn opreme u smislu pouzdanosti i održivosti, istraživanja održivosti te pouzdanost u smislu poboljšanja rada. Ispravna i funkcionalna korisnička mrežna oprema osnovni je preduvjet za pristup i korištenje usluge od strane davatelja usluga. Telekomunikacijski operator mora osigurati odgovarajuću korisničku mrežnu opremu. U slučaju kvara korisničke mrežne opreme, korisnik je dužan obavijestiti telekomunikacijskog operatora o tome, a telekomunikacijski operator mora poduzeti potrebne mjere za njihovo osposobljavanje. Na teren izlazi ovlašteni djelatnik koji obavlja pregled korisničke mrežne opreme te na licu mjesta popravlja postojeću ili ju zamjenjuje s novom opremom. Također, korisnička mrežna oprema može biti zamijenjena od strane telekomunikacijskog operatora. Ukoliko postoji sumnja da korisnička mrežna oprema uzrokuje štetne smetnje u telekomunikacijskoj mreži, telekomunikacijski operator može zatražiti od korisnika, uz tehničko objašnjenje, obavljanje preventivnog pregleda ispravnosti mrežne opreme. Osim

toga, telekomunikacijski operator može zamijeniti opremu novijom ukoliko se radi o napretku tehnologije koji je uzrokovao prestanak rada starijeg modela opreme ili korisniku nudi više funkcionalnosti. Uvođenjem novijih standarda, postojeća mrežna oprema neće to moći podržati pa je davatelj usluge dužan zamijeniti opremu novom.

Tehničko osoblje koje je zaduženo za mrežnu opremu svakodnevno prati rad mrežnih uređaja. Primjerice, ukoliko je potrebna nadogradnja softvera na televizijskim prijemnicima prije nego što se komercijalno objavi, tehničko osoblje testira funkcionalnosti, a između ostalog i kompatibilnost s postojećim usmjernicima. Isto tako, svaka mrežna oprema prolazi kroz razna testiranja, stres testove kako bi zadovoljio uvjetima i pružio maksimalne performanse te se na taj način izbjegnu potencijalni problemi s mrežnom opremom. Međutim, to ne znači da se ne može dogoditi neki ne predviđeni kvar. U slučaju prekida usluga zbog održavanja sustava, mrežne opreme i slično, telekomunikacijski operatori obavijeste korisnike o navedenom problemu te jave kada će problem biti riješen.

4.1 Korektivno održavanje

Korektivno održavanje je skup održavalačkih pothvata uz pomoć kojih se popravljaju kvarovi koji su nastali zbog slučajnih uzroka. Cilj korektivnog održavanja je popravak kvara tako da sustav ili oprema postane radno sposobna, odnosno da funkcionira kako je i zamišljeno. Glavni zadatak koji je vezan za prekid rada korisničke mrežne opreme je vratiti uređaj u ispravno stanje i osigurati ispravan nastavak rada sustava. Sve dok oprema ne radi i na najmanjoj razini efektivnosti, zadaci koji su vezani za održavanje se ne pokreću. Ovakav način održavanja je skup, a uzrokovano je lošim planiranjem i nepotpunim popravljanjem komponenti. Kod korektivnog održavanja ne može se unaprijed odrediti vremenski trenutak kada će se ispad sustava dogoditi, to je moguće tek kod prepoznavanja simptoma kvara. Druga loša strana je to što se koriste resursi samo za popravljnje kvara, dok bi bilo bolje da se resursi koriste za popravljnje uzroka kvara. Samim time, oprema ne radi na razini pouzdanosti koja je prihvatljiva telekomunikacijskim operatorima [51].

Kod korektivnog održavanja intervenira se radi popravljnja opreme kada prestane raditi. Drugim riječima, to je reaktivni pristup, s potencijalno većim operativnim troškovima. Ovakva vrsta održavanja može biti isplativija, ali samo dok se ne dogodi veći kvar [52].

Uspoređujući razlike između korektivnog i preventivnog održavanja, kod korektivnog održavanja je činjenica da problem mora postojati prije nego se pokrenu korektivni zadaci. Kvaliteta i efikasnost ovog tipa održavanja mjeri se uz pomoć životnog ciklusa ključnih komponenti opreme. Glavna značajka je uklanjanje bilo kakvih devijacija od optimalnog radnog stanja sustava. Princip korektivnog održavanja je valjan i ukupan popravak svih problema, ali na temelju potrebe za popravkom. Sve devijacije gledajući optimalno radno stanje opreme uklanjaju se odmah nakon detekcije [51]. Obje vrste strategija održavanja imaju prednosti i nedostatke, a obje imaju tendenciju koristiti zastarjele metodologije što ponekad može dovesti do niže kvalitete usluge, smanjenja vijeka trajanja opreme i nedostupnosti sustava [52].

4.2 Preventivno održavanje

Preventivno održavanje predstavlja sprječavanje pojave potencijalnog kvara, odnosno podrazumijeva brigu o uređajima ili sustavu kako bi se mogla obavljati tražena funkcionalnost. Cilj preventivnog održavanja je da kod sustava i opreme ne dođe do kvara, a to se postiže periodičkim provjerama funkcija. To se izvodi na sljedeće načine:

- Vremenski orijentirano – sustav/oprema se pregledava i servisira nakon isteka određenog vremena i
- Radno orijentirano – sustav/oprema se pregledava i servisira nakon što je određeni vremenski period radio/la.

Prednosti preventivnog održavanja jesu jednostavnije planiranje i to što se sustav/oprema održava pouzdanim i sigurnim. Nedostatak je skuplje održavanje u odnosu na korektivno održavanje [51]. Međutim, ako se gleda dugoročnije, smanjuju se ukupni troškovi održavanja i osigurava se ispravan rad korisničke mrežne opreme.

Ovakav tip održavanja je planiran i redovit, usmjeren je na konstantnu provjeru ispravnosti rada kritičnih komponenti s ciljem da se spriječi moguća šteta.

Značajke preventivnog održavanja su:

- Održavanje opreme u uvjetima spremnosti koja ima unaprijed definirane radne uvjete, održava se uz pomoć sistematskih inspekcija, detekcija i popravaka sustava koji uklanjaju kvar i prije nego što dođe do njega te

- Održavanje koje uključuje testove, mjerenja, podešavanja i zamjenu dijelova uređaja ili sustava s ciljem da se spriječe mogući kvarovi.

Primarni cilj preventivnog održavanja je ukloniti kvarove koji posljedično uzrokuju značajnu štetu ili zahtijevaju dugotrajni popravak. Za uklanjanje kvara prije nego što se isti i dogodi, potrebno je stalnim ispitivanjem utvrditi razinu ispravnosti rada pojedinog uređaja. Ukoliko se pronade neispravna komponenta, ona će se zamijeniti ispravnom komponentom. Razlikuju se dva pristupa preventivnog održavanja [53]:

- Planirano održavanje – skup radova u funkciji održavanja koja se izvode na objektu ili uređaju, vremenski su isplanirani i izvedeni od strane stručne osobe s ciljem da se utvrdi ispravnost rada opreme te
- Uvjetno održavanje – uvjeti ukazuju na kvar uređaja i smanjuje se efikasnost cjelokupnog sustava. Koristi se samo u slučaju potrebe.

Pristup prediktivnog održavanja mjeri povijesne podatke i podatke iz mrežnih elemenata u stvarnom vremenu kako bi se razumio proces degradacije prije neuspjeha. Također predviđa koji će mrežni elementi zakazati u nadolazećim danima, koristeći alate i tehnike prediktivne analitike. Stoga može raditi kao povremeni pregled stanja opreme tako da se unaprijed utvrdi potreba za uslugama održavanja, povećavajući vrijeme dostupnosti opreme i smanjujući količinu neplaniranih hitnih radova. Također može povećati razinu pouzdanosti u performansama opreme, predviđanjem vjerojatnosti kvara i uvjetima potrebnim za maksimiziranje životnim vijekom opreme. Telekomunikacijski operatori moraju prikupljati sve povijesne podatke i podatke u stvarnom vremenu iz usluga i procesa održavanja te iz dobivenih podataka moguće je prikazati način rada opreme [52].

5 Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme (*Matlab Predictive Maintenance Toolbox*)

Pouzdanost je vjerojatnost rada bez kvara tijekom nekog vremenskog razdoblja i u skladu s propisanim radnim uvjetima. Kod pristupa problematici treba uzeti u obzir činjenice da se sustavi dijele na popravljive i nepopravljive. Popravljivi sustavi - nakon kvara se može vratiti u stanje spremnosti na bilo koji mogući način, osim zamjene čitavog sustava za novim. Nepopravljivi sustavi – samo jedan kvar može uzrokovati prestanak izvođenja zahtijevane funkcije.

Životni ciklus je vremenska dimenzija koja počinje u trenutku potrebe za nekom korisničkom opremom do trenutka završetka razgradnje. Sadrži četiri osnovna vremenska razdoblja [51]:

1. Razdoblje definiranja i stvaranja – određuje se svrha i opća svojstva
2. Razdoblje projektiranja i razvoja – provjera mogućnosti postizanja zadanih funkcija
3. Razdoblje implementacije i puštanje u rad te
4. Razdoblje rada i održavanja – nastupa završetkom implementacije.

Na temelju podataka koji su prilagođeni za izradu diplomskog rada, u programskom alatu *Matlab Predictive Maintenance Toolbox* prikazani su grafikoni za 2017. i 2018. godinu. Grafikoni su rađeni u verzijama MATLAB R2019a i MATLAB R2020a. Podaci koji su prikazani na grafikonima prikazuju da li je korisnička mrežna oprema mijenjana zbog kvara ili zbog primjerice, promjene tehnologije. Pod promjenom tehnologije se podrazumijeva zamjena uređaja zbog većih brzina Interneta, promjena načina spajanja, npr. prelazak s bakrene parice na koaksijalni kabel i slično. Podaci u grafikonima su prikazani prema polugodištima za dvije promatrane godine (2017. i 2018.).

Programski alat *Matlab Predictive Maintenance Toolbox* ima široku primjenu, a omogućuje standardnu devijaciju i iskrivljenost. Također, može se procijeniti spektar snage i izvući značajke frekvencijske domene kao što su spektralne vršne vrijednosti. Nakon što se unesu vrijednosti, mogu se ucrtati i rangirati kako bi se utvrdile koje su značajke najprikladnije

za klasifikaciju grešaka. Uz pomoć ovog alata, omogućuje se proizvođačima smanjenje troškova održavanja, produljenje vijeka trajanja opreme, smanjenje zastoja i poboljšana kvaliteta proizvodnje rješavanjem problema prije nego što uzrokuju kvarove na opremi.

U ovom radu navedeni programski alat koristi se zbog jednostavnosti korištenja, mogućnosti procjene preostalog vijeka trajanja, mogućnosti procjene kvara mrežne opreme i na temelju dobivene procjene može se predvidjeti i izbjeći moguće kvarove. Pomoću ovog programskog alata, mogu se prikazati kvarovi mrežnih uređaja, odnosno zamjena mrežnih uređaja zbog napretka tehnologije prikazano u danima, sekundama, satima, mjesecima te godinama. Osim toga, ti podaci mogu biti prikazani zasebno što daje prednost ukoliko je potrebno analizirati pojedine mrežne uređaje u određenom trenutku.

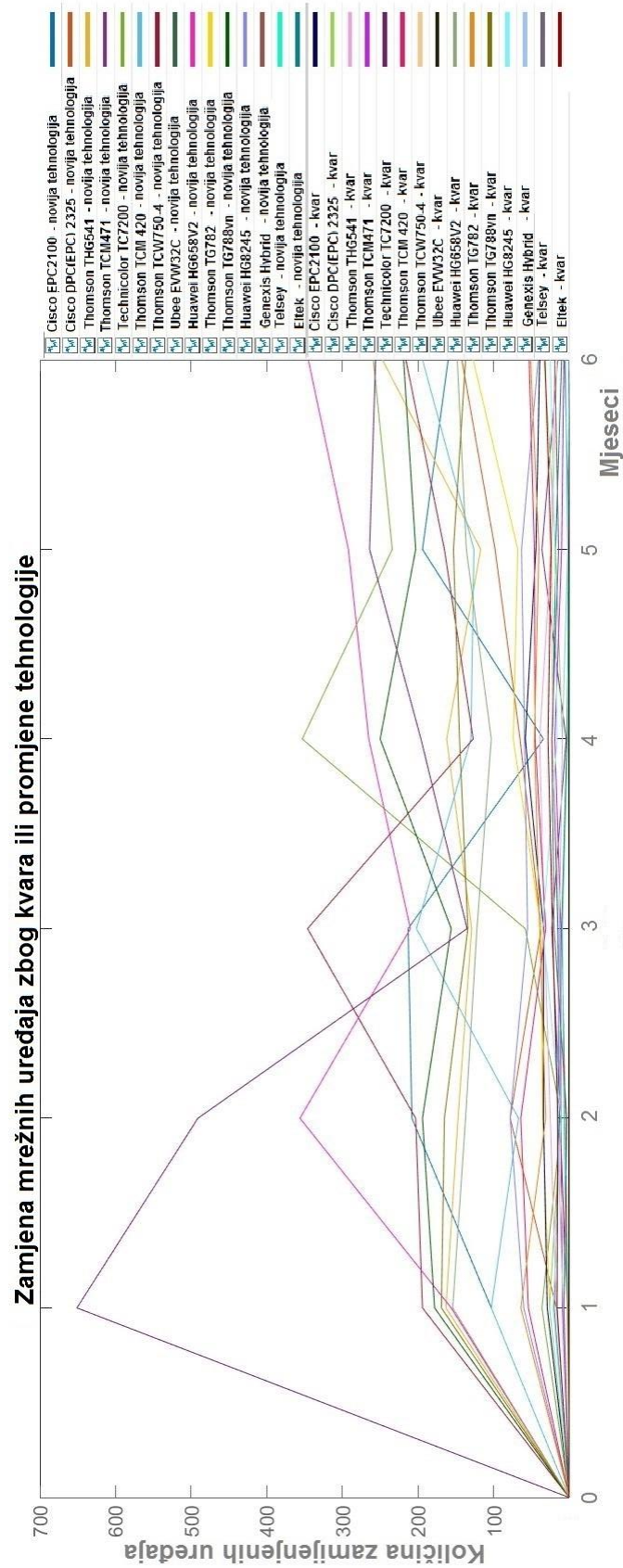
Tablica 29. Usporedba specifikacija mrežnih uređaja

| Model mrežnog uređaja | Frekvencijski raspon | Frekvencija bežične mreže | Brzine prijenosa | Modulacija | Ulazna impedancija |
|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------|
| Ubee EVW32C | Od 108 MHz do 1002 MHz | Dvopojasni (2,4 GHz i 5 GHz) | 2,4 GHz – 300 Mbit/s 5 GHz – 1300 Mbit/s | 64 ili 256 QAM | 75 Ohm-a |
| Technicolor TC7200 | Od 108 do 1002 MHz | Jednopoljasni (2,4 GHz ili 5 GHz) | Do 250 Mbit/s | 64 QAM / 256 QAM | 75 Ohm-a |
| Thomson TCW750-4 | Od 108 do 862 MHz | Jednopoljasni (2,4 GHz) | Do 54 Mbit/s | QPSK i 16 QAM | 75 Ohm-a |
| Cisco DPC2100 | Od 88 do 930 MHz | - | Do 42 Mbit/s | 64 QAM Od 43 do 73 dB μ V 256 QAM Od 47 do 77 dB μ V | 75 Ohm-a |

U tablici 29 prikazani su mrežni uređaji i njihove specifikacije, a poredani su od najnovijeg - Ubee EVW32C do najstarijeg - Cisco DPC2100. Telekomunikacijski operator kod odabira mrežnog uređaja, mora obratiti pozornost na frekvencijski raspon budući da svaki

telekomunikacijski operator ima zakupljen određeni frekvencijski spektar. Usmjernici koji imaju mogućnost spajanja preko bežične mreže, mogu se podijeliti na dvije vrste - jednopojasni ili dvopojasni. Jednopojasni usmjernik radi na frekvenciji od 2,4 GHz ili 5 GHz. Dvopojasni usmjernik radi na 2,4 GHz i 5 GHz. Korisnici koji koriste dvopojasni usmjernik, prilikom spajanja na bežičnu mrežu, imat će ponuđene dvije (2) bežične mreže s različitim imenima. Jednopojasni usmjernik znači da se emitira bežični signal na jednu frekvenciju, a dvopojasni znači da se bežični signal emitira na dvije frekvencije. Razlika između te dvije vrste je to što jednopojasni usmjernik ima široko područje pokrivanja, ali se sporije prenose podaci, zagušenja su dosta česti problem, a kod dvopojasnog je brzina prijenosa podataka veća, ali nedostatak je kraće područje pokrivanja. Što se tiče širine pojasa usmjernika, minimalna širina pojasa koja bi trebala biti je AC1200. AC znači da usmjernik ima podršku za standard bežičnog spajanja 802.11ac, koji nude bežične veze na frekvenciji 5 GHz. AX znači da usmjernik ima podršku za standard bežičnog spajanja 802.11ax. Broj koji dolazi nakon AC ili AX predstavlja teorijsku propusnost usmjernika. Naprimjer, 1200 znači 1200 Mbit/s. Nažalost, u praksi to nije tako, a postižu se manje brzine od navedenog. Što se tiče modulacije, što je veća modulacija to će biti veća propusnost podataka. Ulazna impedancija kod svih usmjernika je ista jer se koristi standardni koaksijalni kabel od 75 Ohm-a koji se primarno koristi za audio i video.

Na grafikonu 1. prikazana je količina zamjene korisničkih mrežnih uređaja u prvih šest mjeseci odnosno prvoj polovici 2017. godine.

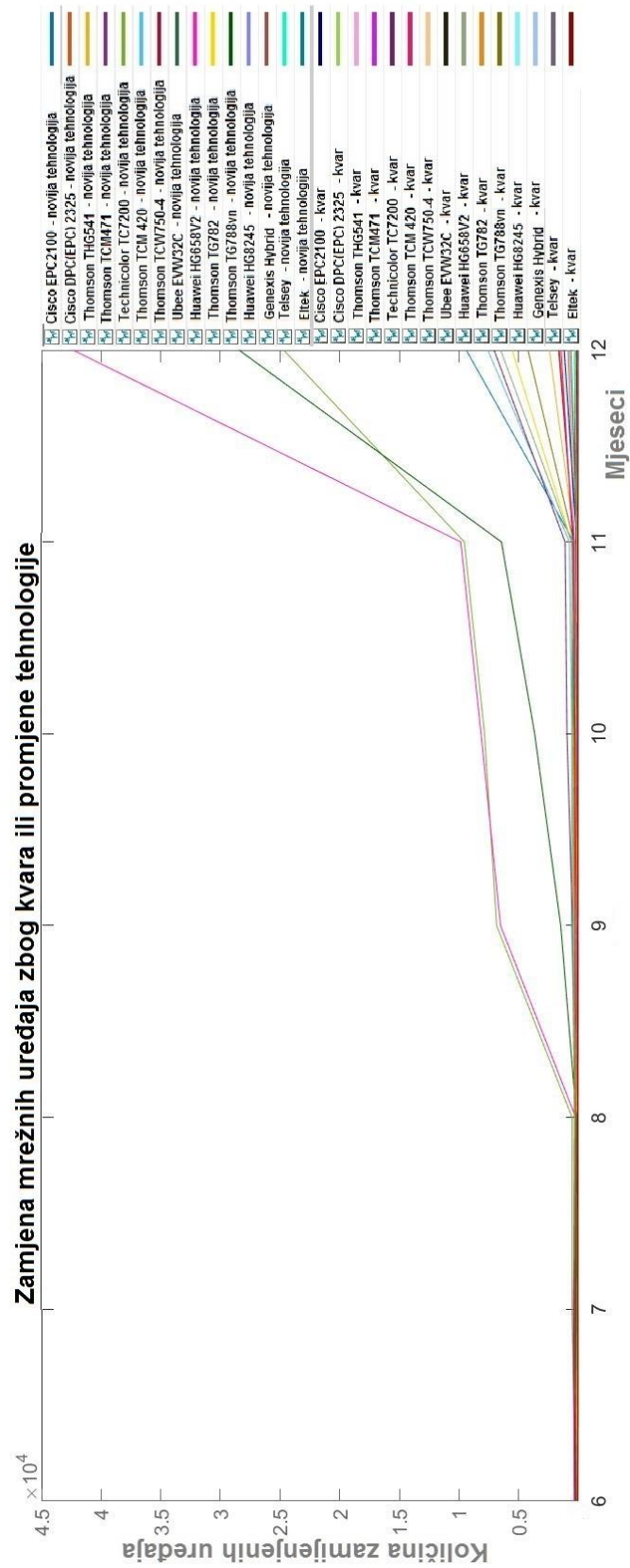


Grafikon 1. Zamjena korisničkih mrežnih uređaja u prvih šest mjeseci 2017. godine

Kao što je vidljivo iz grafikona 1., mrežni uređaj Technicolor TC7200 je u 1. mjesecu (u siječnju 2017.) najviše puta zamijenjen i to čak 651 puta zbog kvarova. U preostalim mjesecima prve polovice godine, količina zamijenjenog mrežnog uređaja se smanjuje. Navedeni mrežni uređaj podržava DOCSIS 3.0 čime se da zaključiti da uređaj podržava novije tehnologije. Razlog zamjene između ostalog je i slabije dohvaćanje signala putem bežične mreže. Isti mrežni uređaj zamijenjen je najviše 353 puta zbog promjene tehnologije. Mrežni uređaj Ubee EVW32C postavljen je umjesto Technicolor-a TC7200 jer podržava DOCSIS 3.1. Za Ubee EVW32C u prvoj polovici 2017. godine nije prijavljena niti jedna zamjena.

Mrežni uređaj Huawei HG658V2 zamijenjen je zbog promjene tehnologije. Budući da se navedeni mrežni uređaj koristi za tehnologiju putem bakrene parice, jedan od razloga zamjene je proširenje kableske i optičke mreže pa se na navedenim adresama uz korisničko dopuštenje odradi promjena tehnologije. U 2. mjesecu (veljača 2017.) zamijenjena je najveća količina uređaja, iznad 350 mrežnih uređaja, nakon toga, količina zamjene mrežnog uređaja je pala, ali se krajem godine opet povećala na količinu iznad 340 mrežnih uređaja. Thomson TCW750-4 zamijenjen je također zbog promjene tehnologije. Najčešća zamjena ovakvog mrežnog uređaja je ne podržavanje većih brzina Interneta.

Na grafikonu 2. prikazana je količina zamjene korisničkih mrežnih uređaja u drugih šest mjeseci 2017. godine.



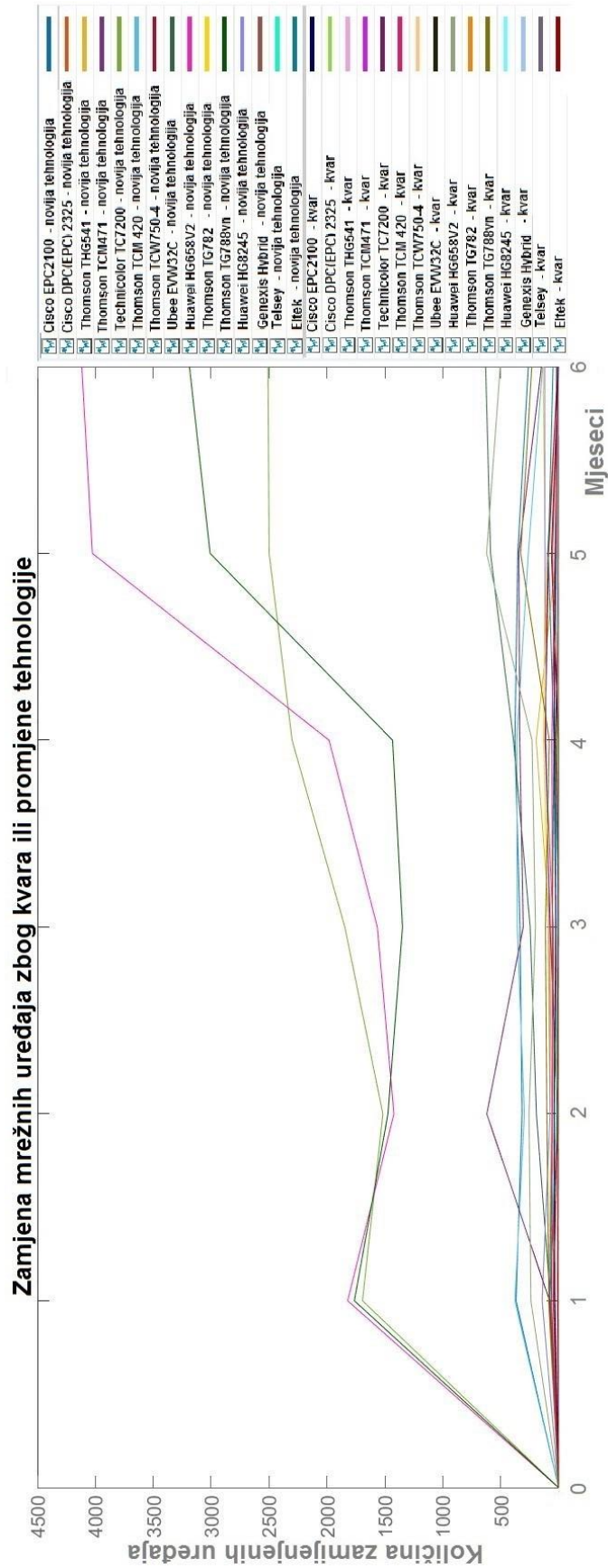
Grafikon 2. Zamjena korisničkih mrežnih uređaja u drugih šest mjeseci 2017. godine

Grafikon 2. prikazuje nagli porast zamjene mrežnih uređaja zbog promjene tehnologije u odnosu na zamjenu mrežnih uređaja zbog kvarova.

Vidljivo je da su mrežni uređaji Huawei HG658V2, Thomson TG788vn i Technicolor TC7200 zamijenjeni u najvećim količinama. Specifikacije kablinskih mrežnih uređaja Cisco EPC2100, Cisco DPC2325, Thomson THG541, Thomson TCM471 prikazuju da mrežni uređaji spadaju u DOCSIS 2.0, što znači da navedeni uređaji podržavaju maksimalne brzine do 55 Mbit/s za *download* i 30 Mbit/s za *upload*. Zamjena takvih mrežnih uređaja najčešće je nastupila zbog napretka tehnologije u vidu povećanja brzine Interneta. Na grafikonu 2. spomenuti mrežni uređaji koji spadaju u DOCSIS 2.0 nisu prikazani u većim količinama zato što su se postepeno do 2017. godine mijenjali u većim količinama.

Uspoređujući drugu polovicu 2017. godine, kvarova je više. Najviše mrežnih uređaja koji su se mijenjali su Technicolor TC7200, Huawei HG658V2, Thomson TG788vn i njihove količine prelaze čak 4000 uređaja unutar mjesec dana.

Na grafikonu 3. prikazana je količina zamjene korisničkih mrežnih uređaja u prvih šest mjeseci 2018. godine.

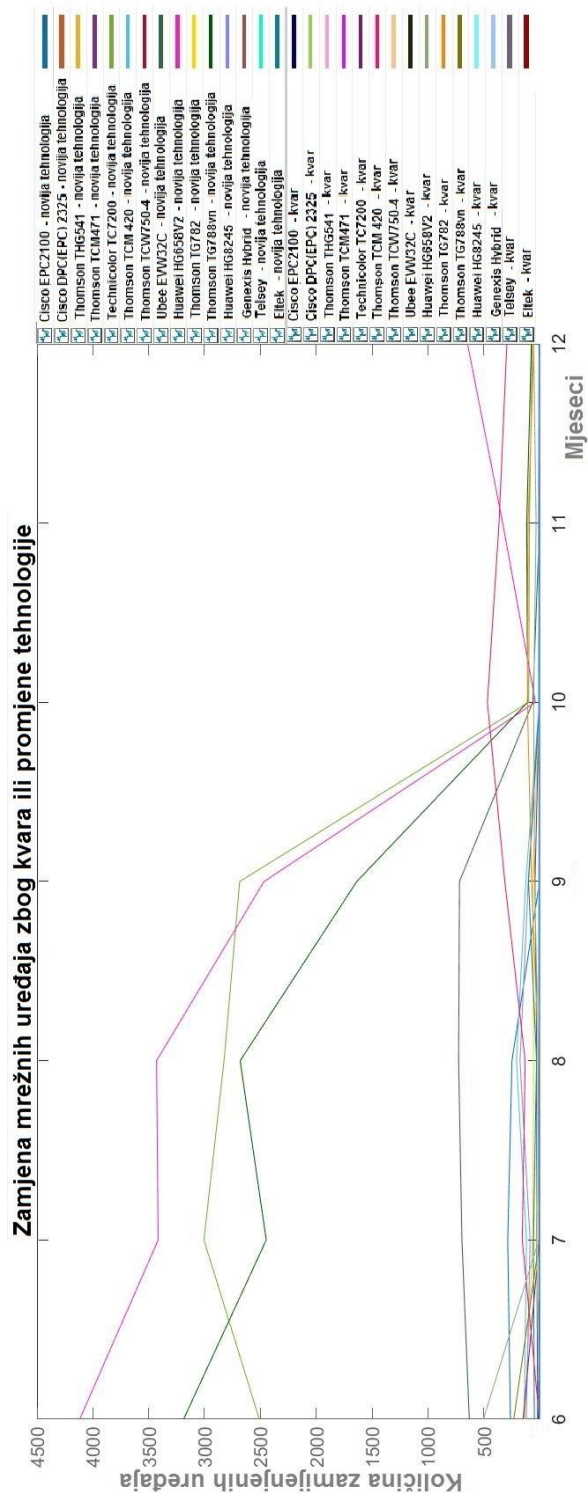


Grafikon 3. Zamjena korisničkih mrežnih uređaja u prvih šest mjeseci 2018. godine

Ako promatramo prvih šest mjeseci u 2018. godini u usporedbi s istim razdobljem u 2017. godini, vidljivo je da je u 2018. godini puno manje zamijenjenih korisničkih mrežnih uređaja zbog kvara. Na grafikonu 3. vidljivo je da se mrežni uređaj Huawei HG658V2 najviše mijenjao i da je čak promijenjeno preko 4000 mrežnih uređaja zbog promjene tehnologije. Kvarova za navedeni mrežni uređaj je bilo deset puta manje. Tamno zelena krivulja označuje promjenu tehnologije za mrežni uređaj Thomson TG788vn, a svijetlo zelena krivulja prikazuje mrežni uređaj Technicolor TC7200 koji je također mijenjan zbog promjene tehnologije.

U odnosu na 2017. godinu, u grafikonu 3. vidljiva je češća zamjena mrežnog uređaja Ubee EVW32C. Problem ovog mrežnog uređaja je zbog frekvencije na kojima mrežni uređaj radi. Osim toga, vidljiva je i zamjena mrežnog uređaja Technicolor TC7200. Oba navedena mrežna uređaja su novija i podržavaju sve navedene karakteristike koje su u skladu s napretkom tehnologije. Međutim, bez obzira na to, uređaji se dosta često mijenjaju.

U nastavku se nalazi grafikon 4. koji prikazuje količinu zamjene mrežnih korisničkih uređaja u drugih šest mjeseci odnosno drugoj polovici 2018. godine.



Grafikon 4. Zamjena mrežnih korisničkih uređaja drugih šest mjeseci 2018. godine

Kao i u prethodnim grafikonima, najveća količina zamijenjenog mrežnog uređaja je Huawei HG658V2, čiji broj prelazi 3400 uređaja, koji su zamijenjeni zbog promjene

tehnologije. Idući po redu s najvećim brojem zamjene zbog promjene tehnologije je Technicolor TC7200, čija količina zamjene iznosi 3005 uređaja u 7. mjesecu i Thomson TG788vn koji je mijenjan više od 2600 uređaja u istom mjesecu (srpnju 2018.). Što se tiče optičkih pasivnih terminala, koji se mijenjaju u vrlo malim količinama, najčešće mijenjani uređaj je Huawei HG8245. Primjerice Eltek u drugoj polovici 2018. godine zbog kvara nije zamijenjen niti jedan put, Telsey ima samo tri (3) zamijenjena uređaja, a Genexis Hybrid ima devet (9) zamijenjenih uređaja.

6 Trendovi razvoja korisničke mrežne opreme

U ovom poglavlju bit će analizirana korisnička mrežna oprema američkog telekomunikacijskog operatora AT&T, švicarskog telekomunikacijskog operatora Swiss, kao usporedba s korisničkom mrežnom opremom telekomunikacijskog operatora u Republici Hrvatskoj.

Arris BGW210 je jedan od usmjernika kojeg nudi američki telekomunikacijski operator AT&T. Što se tiče komunikacijskog sučelja Arris BGW210 ima mogućnost istodobne podrške za bežičnu mrežu snage 400 mW 802.11b/g/n i 802.11ac. Ethernet prekidač s 10/100/1000 Base-T port-a. Što se tiče karakteristika bežične mreže, ima podršku od 2.4 GHz za 3x3 integriranu omni antenu i podršku od 5GHz za 4x4 integriranu omni antenu. Podržava standarde VDSL2 i ADSL2+. Napajanje je 12V, a struja 3A [54].

Arris 5268AC slovi kao najbolji u klasi za bežičnu mrežu, koristi 4x4 omni-directional¹³ 5 GHz 802.11ac za isporuku video, glasa i podataka. Uspoređujući specifikacije bežične mreže, korisničkog mrežnog uređaja Technicolor vidljivo je da se koriste antene 2x2 MIMO¹⁴, a to su uređaji s dvostrukim antenama koji mogu komunicirati putem dva toka prijenosa i prijema. Dok 4x4 omni-directional antene su višesmjernne antene. Dvojezgreni procesor s usmjeravanjem hardverskog ubrzanja za iznimne performanse. Podržava DSL standarde ADSL 1, ADSL 2, ADSL2+ i VDSL. Napajanje je 12V, a struja 3A. Također najnoviji Technicolor uređaji koji su trenutno aktualni, podržavaju iste standarde kao i Arris uređaji [55].

Oba navedena usmjernika mogu se koristiti za dvije tehnologije. Uslugu preko bakrene parice, kao i za uslugu preko optičkog kabla što kod telekomunikacijskih operatora u Hrvatskoj nije moguće jer se posebna oprema koristi za usluge preko bakrene parice i posebno se koristi

¹³ Omni-directional antena zrači snagom u svim smjerovima okomito na neku osovinu, pri čemu snaga varira od kuta do osi.

¹⁴ MIMO (engl. *Multiple-input multiple-output*) – odnosi se na komunikacijski sustav s više prijemnih i odašiljačkih antena.

oprema za usluge preko optičkog kabla. Televizijski prijemnici AT&T telekoma imaju mogućnost bežičnog spajanja na usmjernik. Za prijenos se koristi digitalno H.264 (MPEG-4 AVC) kodiranje [56].

Telekomunikacijski operator Swiss svojim korisnicima nudi usmjernik „*Internet-Box Light*“ koji ima integriranu baznu stanicu koja se povezuje s HD telefonom i omogućuje visoku kvalitetu zvuka. Potrošnja energije je od 5 do 5.2 W. Što se tiče Internet brzina, omogućeno je do 150 Mbit/s kao i kod uređaja koji su opisani u drugom poglavlju [57].

Osim toga, nudi usmjernik „*Internet-Box 2*“ koji korisnicima omogućuje automatsko povezivanje na najbolju bežičnu mrežu tako da se postigne maksimalna brzina. Ukoliko je moguće, automatski se povezuju na znatno bržu mrežu od 5 GHz. Ovaj usmjernik nudi mogućnost aktiviranja WLAN mreže kako bi se moglo pristupiti mreži bez upisivanja korisničkog imena i lozinke. Što se tiče tehničkih specifikacija, WLAN radi na frekvencijama 2.4 GHz i 5 GHz. Ethernet veza je 4 x 1 Gbit/s [58].

Gledajući tehničke specifikacije usmjernika „*Internet-Box 2*“ i ostalih usmjernika koji su opisani u poglavlju 2, imaju iste specifikacije, međutim usmjernik „*Internet-Box 2*“ nudi dodatne mogućnosti koje ostali usmjernici ne podržavaju.

Što se tiče televizijske usluge Swiss telekoma, nude „*TV Smart Remote*“. Karakteristike ovakvog načina pružanja televizijskih usluga donose puno praktičkih funkcija za svakodnevnu upotrebu, a daljinski upravljač od televizijskog prijemnika se mapira s postavkama televizijskog uređaja i na taj način zamjenjuje funkcionalnosti daljinskog upravljača od televizijskog uređaja. Korisnički mrežni uređaj The Swisscom TV-Box ima četverojezgri ARM Cortex A53 i omogućava gledanje u 4K UHD (engl. *Ultra High Definition*) rezoluciji. Što se tiče spajanja na prijemnik, to je moguće putem HDMI 2.0a, 802.11ac WLAN, 10/100BASE – T Ethernet, *Bluetooth*, infracrvenog repetitora, USB kabla te vanjskog mrežnog adaptera. Što se tiče video prijenosa, omogućava 2160p ultra visoku rezoluciju te 50 okvira po sekundi i audio zvuk Dolby Digital 5.1. Što se tiče specifikacija televizijskih prijemnika koji su opisani u radu, imaju gotovo iste specifikacije, međutim „*TV Smart Remote*“ još uvijek nije dostupan i tek će nastupiti na snagu [59].

Jedan od problema kod današnjih usmjernika je gubitak podatkovnih paketa. Prema istraživanju utvrdilo se da se taj problem može izbjeći ako izlazni priključak usmjernika nudi

međuspremnik u koje se može pohraniti višak pristiglih paketa. Navedeno bi pomoglo i u poboljšanju raspodjele propusnosti. Krajnji rezultat bi bio nesmetan rad podatkovnih paketa s minimalnih gubitcima i bez zagušenja u prijenosu podataka. Proizvođači mrežne opreme imaju razna viđenja dizajna mrežne opreme u budućnosti. Dok jedni proizvođači razmišljaju u smjeru da usmjernici imaju što više ugrađenih antena kako bi unaprijedili karakteristike usmjernika, drugi proizvođači idu u smjeru modernijeg izgleda, ali naravno uz poboljšane karakteristike. [60].

Što se tiče TV prijemnika, davatelji usluga će lansirati hibridne TV prijemnike. Glavnu ulogu će imati 5G koji će ubrzati prelazak emitiranja, budući da će se zemaljski i satelitski TV spektar prenamijeniti za mobilne usluge. Bežična mreža koja bi bila integrirana u TV prijemnicima, postat će nužna tijekom sljedećeg desetljeća. Televizijski prijemnici neće podržavati sadržaj koji se emitira na razlučivosti 8K, to će biti dostupno isključivo putem aplikacija koje su već dostupne na pametnih televizorima. Kako bi se zaštitio okoliš, televizijski prijemnici bi se izrađivali s održivijim materijalima te da se dizajniraju s većom energetsom učinkovitošću i popravljivošću [61]. Valja napomenuti kako bi TV prijemnici mogli ići u smjeru Cloud TV-a koji omogućuju usluge u oblaku, a donosi prednosti u odnosu na trenutno stanje. Nadogradnja se dovršava u oblaku i stupa na snagu u stvarnom vremenu u odnosu na danas, kada je potrebno čekati da se postojeći TV prijemnik nadogradi. Usluge se obrađuju u oblaku, a TV prijemnik snosi manje opterećenja, a to donosi nesmetan rad i bolje korisničko iskustvo [62].

7 ZAKLJUČAK

Živimo u vremenima ubrzanog tehnološkog razvoja gdje se očekuje da se informacije prenose i razmjenjuju velikim brzinama. Što se tiče načina spajanja, danas kao i u skoroj budućnosti, spajanje usluge preko optičke niti ima prednosti za korisnike jer nudi poboljšanu učinkovitost za širokopojasne usluge u odnosu na usluge preko koaksijalnog kabla i usluge preko bakrene parice.

Za pristup navedenim uslugama, s korisničke strane potrebno je instalirati korisničku mrežnu opremu. Najčešći primjeri korisničke mrežne opreme su usmjernici i digitalni prijemnici. Osim instalacije uređaja, zahtjeva se i kvalitetno održavanje. Održavanje je postupak pregleda, otklanjanja kvara i poboljšanja korisničke opreme. Kako bi telekomunikacijski operatori utvrdili stanje mrežne opreme, predvidjeli korektivne potrebe održavanja, smanjili rizik od kvara, koriste se razne tehnike kako bi se sve navedeno postiglo. Telekomunikacijski operatori u svijetu koriste umjetnu inteligenciju i strojno učenje u mnogim aspektima poslovanja pa tako i za održavanje mrežne opreme. Korištenjem novijih tehnologija koje uključuju sustav ranog upozoravanja, senzore koji se temelje na vibracijama, digitalne platforme za upravljanje, prediktivni algoritmi, prikupljaju se podaci o mrežnim uređajima te se prati radno stanje mrežnih uređaja. Primjenom algoritama omogućuje se otkrivanje kvarova i prije nego što se kvarovi dogode.

Uz održavanje, bitna karakteristika korisničke opreme je pouzdanost i životni ciklus. Pouzdanost je vjerojatnost kako će određeni sustav raditi tijekom definiranog vremenskog razdoblja, sukladno propisanim uvjetima rada. Životni ciklus definira vremensku dimenziju koja počinje trenutkom potrebe za nekom korisničkom opremom, a traje do trenutka završetka razgradnje. U svrhu izrade ovog rada, korišten je programski alat *Matlab Predictive Maintenance Toolbox*, a grafikoni su prikazani i analizirani u verzijama MATLAB R2019a i MATLAB R2020a. Određeni modeli mrežnih uređaja u 2017. i 2018. godini imaju poveću količinu zamjene zbog kvarova, što takve mrežne uređaje čini ne pouzdanima. Međutim, uspoređujući zamjenu mrežnih uređaja zbog kvarova i zamjenu mrežnih uređaja zbog promjene tehnologije, brzi napredak tehnologije iniciralo je neusporedivo veću količinu zamijenjenih uređaja u odnosu na zamjenu mrežnih uređaja zbog kvarova.

S obzirom na ubrzani napredak tehnologije, mrežni uređaji se najčešće mijenjaju zbog većih brzina Interneta (zahtjeva za brzinama), dok TV prijemnici imaju sve naprednije interaktivne sadržaje. S obzirom da se sve brže razvijaju otvorene softverske platforme kao što su Android TV i prijenosni medijski uređaj kao što je Apple TV, TV prijemnici će i dalje biti sredstvo za dobivanje sadržaja pružateljima usluga tijekom sljedećeg desetljeća. Kod biranja kablskih usmjernika trebalo bi obratiti pažnju na DOCSIS standarde i povezivanje kanala. Svakim novijim DOCSIS standardom, povećaju se i brzine prijenosa. Što se tiče povezivanja kanala, obično se više podataka preuzme nego što se prenese tako da će broj kanala za preuzimanje uvijek biti veći od broja kanala za prijenos.

Temu pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme telekomunikacijskog operatora moguće je u budućnosti promatrati kao višekriterijski problem.

LITERATURA

- [1] What Is My IP Address. Preuzeto sa: <https://whatismyipaddress.com/dialup>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [2] Informatička abeceda. Preuzeto sa: <https://informatika.buzdo.com/s495-isdn-adsl.htm>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [3] Kurose JF, Ross KW. Computer Networking. A Top-Down Approach. USA: Pearson Education. šesto izdanje. Inc; 2013.
- [4] Mrvelj Š. Načini pristupa Internetu. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2010.
- [5] Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti. Preuzeto sa: <https://www.hakom.hr/default.aspx?id=198>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [6] Zakon.hr. Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/z/182/Zakon-o-elektroni%C4%8Dkim-komunikacijama>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [7] Sys.portal CARNet. Preuzeto sa: <https://sysportal.carnet.hr/node/374>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [8] Liu Y, Zhang C i Zhang A. A study of evaluating indexes for the reliability of equipment support network. 2012 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, Chengdu, 2012; 165-168. Salmela O. Reliability Assessment of Telecommunications Equipment, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology; 2005. i dr.
- [9] Byers CC. Customer premise equipment for use with a fiber access architecture in a telecommunications network, 1998.; Chen L, Xi Z, Lu Z i Chen M. Network Equipment Safety Assessment Based on Alert Data. 2018, 11th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), Changsha, 2018, 161-166; Optical Communication and Networking Market by Component (Fiber, Transceiver, Amplifier, Switch, Splitter, Circulator), Technology (WDM, SONET, and Fiber Channel), Application (Telecom, Data Center, and Enterprise) and Geography - Global Forecast to 2023
- [10] Garland SM, Smith DB. Communications between service providers and customer premises equipment, 2000; Li X, Lu Y, i Liu S. Research on security situation prediction of

equipment support information network based on Bayesian network, 2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), Beijing, 2017, 869-873; Lutui PR, Tete'imoana O. i Maeakafa G. An analysis of personal wireless network security in Tonga: A study of Nuku'alofa, 2017 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), Melbourne, VIC; 2017, 1-4 i dr.

- [11] Techopedia. Preuzeto sa: <https://www.techopedia.com/definition/25805/hybrid-fiber-coaxial-cable-hfc-cable>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [12] Regulatorni aspekti mreža i usluga. Preuzeto sa: https://www.fer.unizg.hr/download/repository/RTEK_2012-RAMiU3-pred3.pdf, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [13] CordCutting. Preuzeto sa: <https://cordcutting.com/isp/docsis/>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [14] Cisco. Preuzeto sa: <https://community.cisco.com/t5/networking-documents/docsis-tap/3115673>, [Pristupljeno: svibanj 2019.]
- [15] CableLabs. Preuzeto sa: <https://www.cablelabs.com/innovations/docsis-3-1>, [Pristupljeno: svibanj, 2019.]
- [16] Lam CF. Passive Optical Networks 2007. Preuzeto sa: <https://dl.epdf.pub/download/passive-optical-networks.html?hash=f64002aa928d05aa>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [17] Cisco. Preuzeto sa: https://www.cisco.com/c/en_dz/about/blog-africa/2017/8-things-you-didnt-know-about-Cisco.html [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [18] Gditechnology. Preuzeto sa: http://gditechnology.com/manuals/Cisco_DPC2100_Specs.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [19] Drinianet. Preuzeto sa: <http://www.drinianet.com/uploads/cisco%20-cable%20modem-1396549628.pdf>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [20] Gditechnology. Preuzeto sa: http://gditechnology.com/manuals/Cisco_DPC-EPC2325-Data-Sheet.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [21] Cisco. Preuzeto sa: https://www.cisco.com/en/US/docs/video/at_home/Cable_Modems/2300_Series/4024_320_B.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]

- [22] Technicolor. Preuzeto sa: <https://careers.technicolor.com/about>, [Pristupljeno: kolovoz, 2020.]
- [23] Normann Engineering. Preuzeto sa: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/premise_equipment/technicolor/thg541_original.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [24] Normann Engineering. Preuzeto sa: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/premise_equipment/technicolor/tcm471_original.pdf, [Pristupljeno: lipanj, 2019.]
- [25] Normann Engineering. Preuzeto sa: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/premise_equipment/technicolor/tc7200_original.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [26] Technicolor. Preuzeto sa: <https://www.technicolor.com/news/shareholders-approve-restructuring-plan-thomson-becomes-technicolor>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [27] Normann Engineering. Preuzeto sa: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/premise_equipment/technicolor/tcm420_original.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [28] Manualslib. Preuzeto sa: <https://www.manualslib.com/manual/313500/Thomson-Tcm420.html?page=46>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [29] Tveco. Preuzeto sa: <https://www.tveco.net/fag/DatasheetTCW750-4.pdf>, [Pristupljeno: lipanj 2019]
- [30] Docplayer. Preuzeto sa: <https://docplayer.es/4024947-Guia-de-configuracion-cable-modem-thompson-tcw750-4.html>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [31] Ubee Interactive. Preuzeto sa: http://www.ubeeinteractive.com/?page_id=19847, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [32] Telekom Telmor. Preuzeto sa: https://www.telmor.pl/content/download/3553/26590/file/Karta%20katalogowa_EVW_32C%20%20.pdf, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [33] Huawei Global. Preuzeto sa: <https://consumer-img.huawei.com/content/dam/huawei-cbg-site/common/additional/support/list-image/smart-home/hg658-v2-10/hg658-v2-10-listimage-white.png>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [34] Setup Router. Preuzeto sa: <https://setuprouter.com/router/huawei/hg658/manual-2347.pdf>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]

- [35] Allnet distribution. Preuzeto sa: <https://shop.allnet.de/fileadmin/transfer/products/73118.pdf>, [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [36] Normann Engineering. Preuzeto sa: [https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/dsl_modems/technicolor/DS_MediaAccess_TG_788vrv2\[1\].pdf](https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/dsl_modems/technicolor/DS_MediaAccess_TG_788vrv2[1].pdf), [Pristupljeno: lipanj 2019.]
- [37] Fiber Optic Network Products. Preuzeto sa: <http://www.fiberopticsshare.com/ftth-access-networks-aon-vs-pon.html>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [38] Setup Router. Preuzeto sa: <https://setuprouter.com/router/huawei/hg8245/manual-165.pdf>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [39] Genexis. Preuzeto sa: <https://genexis.eu/about/>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [40] Genexis. Preuzeto sa: <https://genexis.eu/content/uploads/2017/03/Hybrid-Live-Titanium-RG-Datasheet-v5.0-EN.pdf>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [41] TAdviser. Preuzeto sa: http://tadviser.com/index.php/Company:Telsey_Telecommunications, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [42] Setup Router. Preuzeto sa: <https://setuprouter.com/router/telsey/wau11n/manual-687.pdf>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [43] Squarespace. Preuzeto sa: https://static1.squarespace.com/static/5652dac2e4b0991ab31aa14c/t/56af50d08259b53131e02fbc/1454330066500/Eltek_R3621-W1_Datasheet_en.pdf, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [44] PCChip. Preuzeto sa: <https://pcchip.hr/ostalo/tech/tehnologije-prikaza-televizijskih-programa/>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [45] Ericsson. Preuzeto sa: http://arhiva.ericsson.hr:8080/etk/revija/Br_1_2008/tv IPTV.pdf, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [46] Receiver.de. Preuzeto sa: <https://www.receiver.de/technotrend/>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [47] Yumpu. Preuzeto sa: <https://www.yumpu.com/en/document/read/29352687/tt-micro-c202-technotrend-gaarler>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [48] Albis elcon. Preuzeto sa: <https://www.albis-elcon.com/company-profile/>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

- [49] Albis engineering. Preuzeto sa: http://www.albis-engineering.ch/en/set-top-box/Download_Files/Datasheet_SceneGate-Micro_8083.pdf, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [50] Edoc. Preuzeto sa: <https://edoc.pub/kaon-vm1200pdf-pdf-free.html>, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [51] Begović M. Održavanje tehničkih sustava“ Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2003.
- [52] InnovationMatrix. Preuzeto sa: <https://www.innovationmatrix.com/homepage/how-predictive-maintenance-can-promote-innovation-in-the-telecoms-sector>, [Pristupljeno: rujan 2020.]
- [53] Srednja strukovna škola Vice Vlatkovića. Preuzeto sa: http://www.ss-strukovna-vlatkovića-zd.skole.hr/images/pages/Nastavni_materijali/Spahic/DIOU/diou-1-uvod.pdf, [Pristupljeno: srpanj 2019.]
- [54] DSLReports. Preuzeto sa: <http://www.dslreports.com/r0/download/2346873~95c4c01f5458385e310472e8089ac04c/BGW210Manual.pdf>, [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [55] Arris. Preuzeto sa: <https://www.arris.com/globalassets/resources/datasheets/5268ac.pdf>, [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [56] AT&T. Preuzeto sa: <https://www.att.com/help/user-guides/u-verse-tv/wireless-receiver.html>, [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [57] Swisscom. Preuzeto sa: [https://www.swisscom.ch/en/residential/products/accessories/swisscom-tv-and-internet/internet-box-light_new\(,00000000010233868\).html#tab-technical-data](https://www.swisscom.ch/en/residential/products/accessories/swisscom-tv-and-internet/internet-box-light_new(,00000000010233868).html#tab-technical-data), [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [58] Swisscom. Preuzeto sa: [https://www.swisscom.ch/en/residential/products/accessories/swisscom-tv-and-internet/internet-box-2_new\(,00000000011004392\).html](https://www.swisscom.ch/en/residential/products/accessories/swisscom-tv-and-internet/internet-box-2_new(,00000000011004392).html), [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [59] Swisscom. Preuzeto sa: <https://www.swisscom.ch/en/residential/internet-television-fixednetwork/swisscom-tv/smartremote-tvbox.html>, [Pristupljeno: kolovoz 2019.]
- [60] Technavio Blog. Preuzeto sa: <https://blog.technavio.com/blog/what-can-we-expect-routers-future>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [61] Omdia technology. Preuzeto sa: <https://technology.informa.com/621375/predictions-for-2030-set-top-box-trends-in-the-next-decade>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

[62] ZTE Official Website. Preuzeto sa: <https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2019/2-en/Special-Topic/4.html>, [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

POPIS KRATICA I AKRONIMA

| Kratika | Značenje |
|---------|--|
| ADSL | engl. <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> |
| AON | engl. <i>Active Optical Network</i> |
| API | engl. <i>Application Programming Interface</i> |
| ARP | engl. <i>Address Resolution Protocol</i> |
| CA/DRM | engl. <i>Conditional Access/Digital Rights Management</i> |
| CMTS | engl. <i>Cable modem termination system</i> |
| DHCP | engl. <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> |
| DNS | engl. <i>Domain Name System</i> |
| DOCSIS | engl. <i>Data Over Cable Service Interface Specification</i> |
| DoS | engl. <i>Integrated Denial of Service</i> |
| DSL | engl. <i>Digital Subscriber Line</i> |
| DSLAM | engl. <i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i> |
| DVB | engl. <i>Digital Video Broadcasting</i> |
| DVBC | engl. <i>Digital Video Broadcasting – Cable</i> |
| EMTA | engl. <i>Embedded Multimedia Terminal Adapter</i> |
| EPG | engl. <i>Electronic program guide</i> |
| FTTB | engl. <i>Fiber to the Building</i> |
| FTTC | engl. <i>Fiber to the Curb</i> |
| FTTCab | engl. <i>Fiber to the Cabinet</i> |
| FTTH | engl. <i>Fiber to the Home</i> |
| FTTx | engl. <i>Fiber to the</i> |
| GPON | engl. <i>Gigabit-capable Passive Optical Networks</i> |
| HE | engl. <i>Head-End</i> |
| HFC | engl. <i>Hybrid fiber – coaxial</i> |
| HTTP | engl. <i>Hyper Text Transfer Protocol</i> |
| HTTPS | engl. <i>HyperText Transfer Protocol Secure</i> |
| ICMP | engl. <i>Internet Control Message Protocol</i> |
| IP | engl. <i>Internet protocol</i> |

| | |
|-------|---|
| IPTV | engl. <i>Internet Protocol Television</i> |
| ISDN | engl. <i>Integrated Service Digital Network</i> |
| LAN | engl. <i>Local Area Network</i> |
| MIM | engl. <i>Multiple-input multiple-output</i> |
| MW | engl. <i>Middleware</i> |
| NTP | engl. <i>Network Time Protocol</i> |
| OLT | engl. <i>Optical Line Terminal</i> |
| ONT | engl. <i>Optical Network Terminal</i> |
| OSI | engl. <i>Open System Interconnection Model</i> |
| PON | engl. <i>Passive Optical Network</i> |
| POTS | engl. <i>Plain Old Telephone System</i> |
| PPP | engl. <i>Point-to-Point Protocol</i> |
| RARP | engl. <i>Reverse Address Resolution Protocol</i> |
| RTCP | engl. <i>RTP Control Protocol</i> |
| RTP | engl. <i>Real-time Transport Protocol</i> |
| SIP | engl. <i>Session Initiation Protocol</i> |
| SNTP | engl. <i>Simple Network Time Protocol</i> |
| SOHO | engl. <i>Small Office Home Office</i> |
| TCP | engl. <i>Transmission Control Protocol</i> |
| TFTP | engl. <i>Trivial File Transfer Protocol</i> |
| UDP | engl. <i>User Datagram Protocol</i> |
| UHD | engl. <i>Ultra High Definition</i> |
| VDSL | engl. <i>Very high speed digital subscriber line</i> |
| VoD | engl. <i>Video On Demand</i> |
| WAN | engl. <i>Wide Area Network</i> |
| WeMTA | engl. <i>Wisconsin Educational Media & Technology Association</i> |
| WEP | engl. <i>Wired Equivalent Privacy</i> |
| WLAN | engl. <i>Wireless Local Area Network</i> |
| WPA | engl. <i>WiFi Protected Access</i> |
| WPS | engl. <i>Wi-Fi Protected Setup</i> |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| SLIKA 1. HIBRIDNA OPTIČKO-KOAKSIJALNA ARHITEKTURA, [11] | 7 |
| SLIKA 2. KABELSKI USMJERNIK CISCO DPC2100, [17]..... | 9 |
| SLIKA 3. KABELSKI USMJERNIK CISCO EPC2100, [18] | 11 |
| SLIKA 4. KABELSKI USMJERNIK DPC2325, [19] | 12 |
| SLIKA 5. KABELSKI USMJERNIK TECHNICOLOR THG541, [22]..... | 14 |
| SLIKA 6. KABELSKI USMJERNIK TECHNICOLOR TCM471, [23] | 16 |
| SLIKA 7. KABELSKI USMJERNIK TECHNICOLOR TC7200, [24]..... | 17 |
| SLIKA 8. KABELSKI USMJERNIK TCM420, [26] | 19 |
| SLIKA 9. KABELSKI USMJERNIK THOMSON TCW750-4, [28]..... | 21 |
| SLIKA 10. KABELSKI USMJERNIK UBEE EVW32C, [31]..... | 23 |
| SLIKA 11. KORISNIČKI MREŽNI USMJERNIK HUAWEI HG658 V2, [32]..... | 26 |
| SLIKA 12. KORISNIČKI MREŽNI UREĐAJ THOMSON TG782, [34]..... | 28 |
| SLIKA 13. KORISNIČKI MREŽNI UREĐAJ TECHNICOLOR TG788VN, [33] | 29 |
| SLIKA 14. AKTIVNA OPTIČKA MREŽA, [36] | 31 |
| SLIKA 15. PASIVNA OPTIČKA MREŽA, [36]..... | 32 |
| SLIKA 16. PASIVNI OPTIČKI TERMINAL HUAWEI HG8245, [37] | 33 |
| SLIKA 17. OPTIČKI PASIVNI TERMINAL GENEXIS HYBRID LIVE TITANIUM, [39]..... | 35 |
| SLIKA 18. OPTIČKI PASIVNI TERMINAL TELSEY CPVA500, [41] | 36 |
| SLIKA 19. OPTIČKI PASIVNI TERMINAL ELTEK R3621-W1, [42]..... | 37 |
| SLIKA 20. TELEVIZIJSKI PRIJEMNIK TECHNOTREND- MICRO C202 [46] | 41 |
| SLIKA 21. TELEVIZIJSKI PRIJEMNIK ALBIS SCENEGATE MICRO, [48] | 42 |
| SLIKA 22. TELEVIZIJSKI PRIJEMNIK – KAON, [49] | 44 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| TABLICA 1. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA DPC2100 - <i>DOWNSTREAM</i> | 9 |
| TABLICA 2. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA DPC2100 - <i>UPSTREAM</i> | 10 |
| TABLICA 3. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA EPC2100 - <i>DOWNSTREAM</i> | 11 |
| TABLICA 4. SPECIFIKACIJA KABELSKOG USMJERNIKA EPC2100 - <i>UPSTREAM</i> | 12 |
| TABLICA 5. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA DPC2325 - <i>DOWNSTREAM</i> | 13 |
| TABLICA 6. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA DPC2325 - <i>UPSTREAM</i> | 13 |
| TABLICA 7. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR THG541 – PRIJEMNA STRANA | 15 |
| TABLICA 8. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR THG541 – ODAŠILJAČKA STRANA | 15 |
| TABLICA 9. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR TCM471 – PRIJEMNA STRANA | 16 |
| TABLICA 10. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR TCM471 – ODAŠILJAČKA STRANA..... | 17 |
| TABLICA 11. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR TC7200 – PRIJEMNA STRANA | 18 |
| TABLICA 12. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TECHNICOLOR TC7200 – ODAŠILJAČKA STRANA | 18 |
| TABLICA 13. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TCM420 – PRIJEMNA STRANA | 20 |
| TABLICA 14. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TCM420 – ODAŠILJAČKA STRANA..... | 20 |
| TABLICA 15. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TCW750-4 – PRIJEMNA STRANA..... | 22 |
| TABLICA 16. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA TCW750-4 – ODAŠILJAČKA STRANA | 22 |
| TABLICA 17. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA UBEE EVW32C – <i>DOWNSTREAM</i> | 24 |
| TABLICA 18. SPECIFIKACIJE KABELSKOG USMJERNIKA UBEE EVW32C – <i>UPSTREAM</i> | 24 |
| TABLICA 19. SPECIFIKACIJE USMJERNIKA HUAWEI HG658 V2 | 26 |
| TABLICA 20. SPECIFIKACIJE USMJERNIKA THOMSON TG782 | 28 |
| TABLICA 21. SPECIFIKACIJE USMJERNIKA TECHNICOLOR TG788VN | 29 |
| TABLICA 22. SPECIFIKACIJE USMJERNIKA HUAWEI HG8245 | 33 |
| TABLICA 23. POPIS STANDARDA I PROTOKOLA ZA MREŽNI UREĐAJ HG8245 | 34 |
| TABLICA 24. SPECIFIKACIJE ONT-A TELSEY CPVA500 | 37 |
| TABLICA 25. SPECIFIKACIJE ONT-A ELTEK R3621-W1 | 38 |
| TABLICA 26. SPECIFIKACIJE TELEVIZIJSKOG PRIJEMNIKA TECHNOTREND C202..... | 42 |
| TABLICA 27. SPECIFIKACIJE TELEVIZIJSKOG PRIJEMNIKA ALBIS SCENEGATE MICRO | 43 |
| TABLICA 28. SPECIFIKACIJE TELEVIZIJSKOG PRIJEMNIKA KAON | 44 |
| TABLICA 29. USPOREDBA SPECIFIKACIJA MREŽNIH UREĐAJA | 50 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|--|----|
| GRAFIKON 1. ZAMJENA KORISNIČKIH MREŽNIH UREĐAJA U PRVIH ŠEST MJESECI 2017. GODINE | 52 |
| GRAFIKON 2. ZAMJENA KORISNIČKIH MREŽNIH UREĐAJA U DRUGIH ŠEST MJESECI 2017. GODINE | 54 |
| GRAFIKON 3. ZAMJENA KORISNIČKIH MREŽNIH UREĐAJA U PRVIH ŠEST MJESECI 2018. GODINE | 56 |
| GRAFIKON 4. ZAMJENA MREŽNIH KORISNIČKIH UREĐAJA DRUGIH ŠEST MJESECI 2018. GODINE | 58 |



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Analiza pouzdanosti i životnog ciklusa korisničke mrežne opreme
telekomunikacijskog operatora**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 20.9.2020

Student/ica:

Mateja Jnsak
(potpis)