

Postavljanje wireless mreže korištenjem IEEE 802.16 tehnologije

Magić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:959149>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository -
Polytechnic of Međimurje Undergraduate and
Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

LUKA MAGIĆ

POSTAVLJANJE WIRELESS MREŽE KORIŠTENJEM IEEE
802.16 TEHNOLOGIJE

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, lipanj 2022.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

LUKA MAGIĆ

POSTAVLJANJE WIRELESS MREŽE KORIŠTENJEM IEEE
802.16 TEHNOLOGIJE
SETTING UP A WIRELESS NETWORK USING IEEE 802.16
TECHNOLOGIES

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Jurica Trstenjak, dipl. ing., viši predavač

Čakovec, lipanj 2022.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 23. veljače 2022.

država: **Republika Hrvatska**
Predmet: **Računalne mreže**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2021-RAC-R-60

Pristupnik: **Luka Magić (0313023830)**
Studij: **redovni preddiplomski stručni studij Računarstvo**
Smjer: **Programsko inženjerstvo**

Zadatak: **Postavljanje wireless mreže korištenjem IEEE 802.16 tehnologije**

Opis zadatka:

Prvo je potrebno izaći na teren odraditi ITM (Izvid tehničke mogućnosti) kako bi se utvrdilo jeli moguće aktivirati uslugu stranci preko PMP (Point-to-Multipoint) strukture. Point-to-Multipoint je struktura prijenosa podataka u kojoj se preko glavnog modula (antene) tzv. Bazne stanice (Access point - AP) podatci prenose na korisničke module (Subscriber module - SM) preko bežičnog (wireless) signala. ITM je potrebno odraditi zbog mogućih optičkih prepreka između AP-a i SM-a. Nakon odrađenog ITM-a, krene se raditi priključak Internet usluge, proces izrade priključka je sljedeći:

1. Postavljanje SM modula (Cambium f300 - serija) na najvišu točku korisnikovog objekta
2. Provlačenje UTP/STP kabela (Outdoor-Shielded Cat.5e/6) od SM modula do željenog mjesta za router (uređaji tvrtke Mikrotik ili serija CnPilot tvrtke Cambium)
3. Aktiviranje i konfiguriranje Cambium modula preko POE adaptera (Power Over Ethernet) u GUI WEB sučelju tvrtke Cambium u koje se ulazi preko posebno određene IP adrese.
4. Konfiguriranje routera provodi se ovisno o modelu routera.
5. Nakon konfiguracije uređaja provode se testiranja brzine, kako bi se utvrdila brzina prijenosa podataka.

Zadatak uručen pristupniku: 23. veljače 2022.

Rok za predaju rada: 20. rujna 2022.

Mentor:



Jurica Trstenjak, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

ZAHVALA

Želio bih zahvaliti mentoru dipl. ing. Jurici Trstenjak na pomoći u odabiru teme završnog rada te na smjernicama za njegovu realizaciju. Također zahvaljujem poduzeću Magic Net d.o.o. koje mi je ustupilo mrežnu opremu potrebnu za izradu završnog rada.

SAŽETAK

Tema završnog rada je prikazati proces postavljanja bežične mreže na većem području tehnologijom s IEEE 802.16 standardom koji se definira kao način za omogućavanje bežičnog širokopojasnog pristupa. Za postavljanje bežične mreže najčešće se koriste topologije mreže *od točke do točke* (engl. *Point-to-Point*) i *od točke prema više točaka* (engl. *Point-to-Multipoint*). Topologija *od točke do točke* (engl. *Point-to-Point*) koristi se za uspostavljanje komunikacije između dvije bazne stanice. Topologija *od točke prema više točaka* (engl. *Point-to-Multipoint*) koristi se za uspostavljanje komunikacije bazne stanice s više pretplatničkih modula. Pretplatnički moduli se postavljaju na najvišu točku korisničkog objekta okrenuti prema baznoj stanici da bi ostvarili što bolju konekciju. Nakon postavljanja pretplatničkog modula, koristeći proces *strukturnog kabliranja*, pretplatnički modul povezuje se s usmjerivačem. Nakon toga potrebno je konfigurirati pretplatnički modul tako da radi sa željenom baznom stanicom. Kod njegove konfiguracije moramo obratiti pažnju na kvalitetu i jačinu signala između bazne stanice i pretplatničkog modula te provjeriti jesu li im pristupne lozinke identične. Nakon konfiguracije modula konfigurira se *usmjerivač*. Zadaća usmjerivača je kontrola prometa u mreži i pružanje sigurnosti između javne i privatne mreže. Kod konfiguriranja usmjerivača bitno je postaviti DHCP klijent i DHCP poslužitelj. Oni rade zajedno te se koriste DHCP protokolom da bi konfigurirali svoje domaćine (engl. *host*). Postavljaju se i postavke poput NAT-a koji se koristi za prevađanje javnih u privatne adrese i obrnuto, IP pool koji se koristi da bi se dao određeni adresni raspon DHCP poslužitelju, Most (engl. *Bridge*) za grupiranje više fizičkih portova te ostale opcionalne postavke. Nakon završetka konfiguriranja *testira* se pristup mreži i brzina prijenosa podataka na način da se naprave *ping* test i test mjerenja brzine prijenosa. Na kraju rada prikazano je postavljanje optičke mreže koja predstavlja budućnost mrežne tehnologije. Za postavljanje bežične i optičke mreže koriste se iste topologije. Optičku mrežu projektira projektant mreže i po njegovoj shemi se postavljaju distribucijski čvorovi, optičke spojnice, optičke razvodne kutije i druga optička tehnologija.

Ključne riječi: *od točke do točke* (engl. *Point-to-Point*), *od točke prema više točaka* (engl. *Point-to-Multipoint*), *usmjerivač*, *testiranje*, *strukturno kabliranje*, *optičke mreže*

SADRŽAJ

1. UVOD	5
2. TOPOLOGIJA POINT-TO-POINT	6
3. TOPOLOGIJA POINT-TO-MULTIPOINT	8
4. POSTAVLJANJE BEŽIČNE MREŽE TOPOLOGIJOM POINT-TO-MULTIPOINT	9
4.1 Izvid tehničke mogućnosti	10
4.2 Simulacija mreže	10
4.3 Postavljanje pretplatničkog modula	11
4.4 Strukturno kabliranje mreže	14
4.4.1 Kabel	14
4.5 Konfiguracija pretplatničkog modula	16
4.6 Konfiguracija usmjerivača	22
4.7 Testiranje	33
5. POSTAVLJANJE SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE	35
5.1 Projektiranje svjetlovodne mreže	35
5.2 Izgradnja svjetlovodne mreže	36
5.2.1 Optički kabel	36
5.2.2 Distribucijski čvor	37
6. ZAKLJUČAK	40
7. POPIS LITERATURE	41
8. POPIS SLIKA	43

1. UVOD

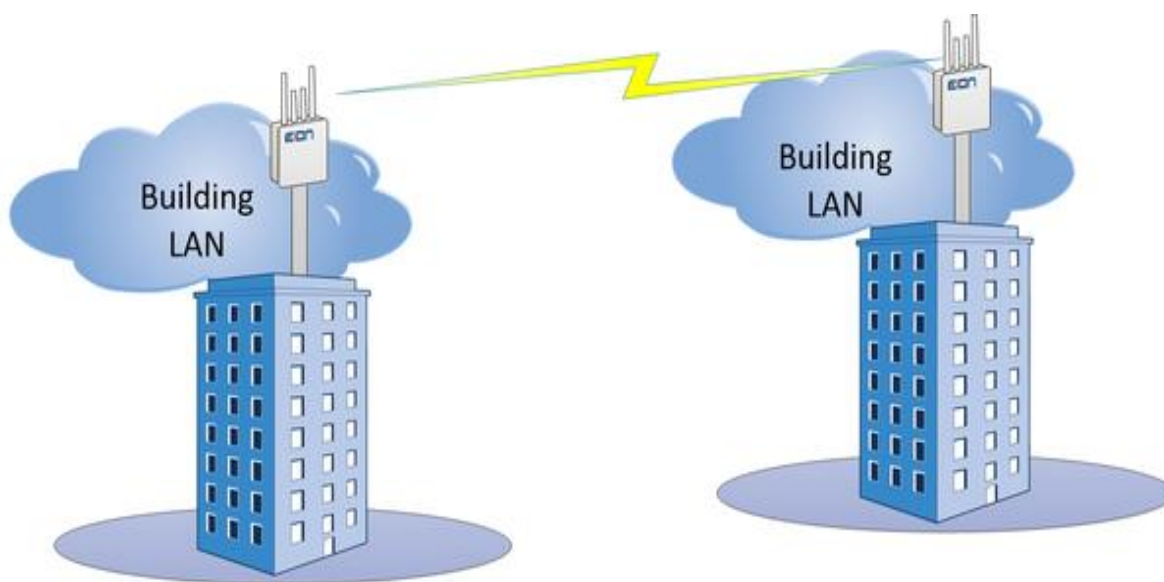
Internet je najveća svjetska globalna mreža koja svakodnevno postaje sve veća. Nastao je kao vojni projekt za razmjenu informacija i podataka s ciljem da može funkcionirati iako se uništi dio uspostavljene mreže.

Davatelji usluge pristupa internetu nude više mogućnosti povezivanja korisnika na internetsku mrežu, ovisno o tome u kojem se području nalaze. Najčešće se koristi usluga povezivanja bežičnom tehnologijom, usluga povezivanja digitalnom pretplatničkom linijom gdje se prijenos vrši preko bakrenih vodova (telefonske parice) i usluga digitalne pretplatničke linije preko optičkih vlakana. Digitalna pretplatnička linija preko bakrenih vodova usluga je koja pruža pristup internetu i telefonskoj liniji. Usluga povezivanja bežičnom tehnologijom pruža mogućnost lakše implementacije i održavanja te ostvaruje veće brzine od usluge digitalne pretplatničke linije preko bakrenih vodova. Jedini nedostatak ove tehnologije jest interferencija. Digitalna pretplatnička linija preko optičkih vodova usluga je koja pruža velike brzine jer se signal šalje u obliku svjetlosnih impulsa te je to čini najboljim izborom.

Cilj ovog završnog rada jest predstaviti sve procese za postavljanje bežične i optičke mreže. Predstavit će se tehnologije i oprema koja je nužna u tom procesu te bude prikazan proces rada tehničara koji su stručno osposobljeni za rad s mrežnom tehnologijom.

2. TOPOLOGIJA POINT-TO-POINT

Veza od točke do točke (*engl. Point-to-Point*) u telekomunikacijama se odnosi na komunikacijsku vezu između dvije krajnje točke. Ova veza ne zahtijeva da se podatkovni promet usmjerava javnim internetom (gdje se mogu dogoditi mnoge povrede sigurnosti), što uvelike pridonosi zaštiti privatnosti. Koristi se u raznim sektorima, ali najviše je koriste organizacije u poslovne svrhe. Savršeno je rješenje za VOIP¹, dijeljenje datoteka, sigurnosne kopije podataka i video konferencije[1].



Slika 1. Shema Point-to-Point.

Izvor: <https://www.wifimax.nz/wireless-access.html> (8.3.2022)

¹ VOIP(Voice over Internet Protocol) je ime za komunikacijsku tehnologiju koja omogućava prijenos zvučne komunikacije preko internetske mreže



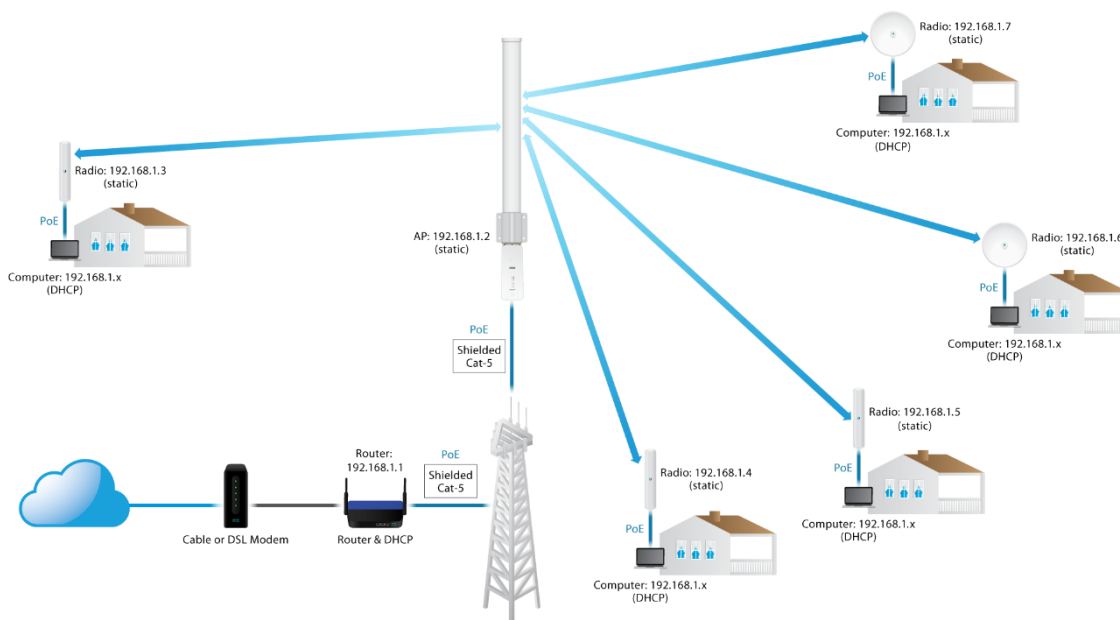
Slika 2. Point-to-Point Antena

Izvor: Autor

Za uspostavu ovakve veze bitno je da se povezuju samo dva čvorišta, a veza između njih može biti realizirana kablom ili bežičnim prijenosom. U današnjici se najviše koristi bežični način tako da se instaliraju antene na oba kraja veze te se potom povezuju s unutarnjom kablskom infrastrukturom stvarajući bežični most između dvije lokacije.

3. TOPOLOGIJA POINT-TO-MULTIPOINT

Veza točka-više točaka (*engl. Point-to-Multipoint*) sastoji se od bazne stanice (*engl. Access point*) i pretplatničkih modula (*engl. Subscriber module*). Namjera takve topologije jest pristup mreži iz jedne lokacije na više lokacija i to tako da se podaci prenose iz bazne stanice do pretplatničkih modula. Pritom bazna stanica može komunicirati s više pretplatničkih modula, dok pretplatnički modul može komunicirati samo s baznom stanicom[2]. Obje antene koriste frekvencijsko multipleksiranje ili multipleksiranje s vremenskom podjelom da bi se omogućio prijenos podataka u oba smjera[3].



Slika 3. Princip rada Point-to-Multipoint

Izvor: <https://help.ui.com/hc/en-us/articles/205197610-airMAX-Configure-a-Point-to-Multipoint-PtMP-ISP-Style-Access-Point> (11.3.2022)

Prednost sustava *točka-više točaka* je u tome što se mogu dodijeliti različiti pragovi propusnosti, a to joj omogućuje bolju kontrolu prometa podacima. Iz tog razloga takav način mnogo pomaže telekomunikacijskim tvrtkama u kontroli pružanja usluga korisnicima. Prednost je također pouzdanost i jeftinija implementacija mreže.



Slika 4. Prikaz stupa sa baznim stanicama
Izvor: Autor

Da bi veza *točka-više točaka* funkcionirala, potrebno je da bazna stanica i pretplatnički modul nemaju nikakvih fizičkih prepreka između sebe te je zato najbolje baznu stanicu postaviti na što veću nadmorsku visinu jer joj u suprotnom određene prepreke (drveće, kuće, zgrade, brda...), mogu omesti signal.

4. POSTAVLJANJE BEŽIČNE MREŽE TOPOLOGIJOM POINT-TO-MULTIPOINT

Da bi se postavila mreža topologijom *točka-više točaka*, potrebno je napraviti temeljiti izvid okruženja u kojem se mreža namjerava postaviti. Iz tog se razloga u cjelokupnom procesu prvo radi izvid tehničke mogućnosti kojim se utvrđuje da nema nikakvih smetnji koje bi mogle narušiti kvalitetu samog prijenosa podataka. Nakon što se izvidom tehničke mogućnosti utvrdilo da je mrežu moguće

postaviti u odgovarajuće okruženje, započinje proces priključenja. Proces priključenja sastoji se od sljedećih koraka:

- postavljanje pretplatničkog modula marke *Cambium* na najvišu točku korisnikovog objekta
- provlačenje UTP² kabela od pretplatničkog modula do željenog mjesta za usmjerivač (*engl. router*)
- aktiviranje i konfiguriranje pretplatničkog modula preko POE³ adaptera u GUI⁴ WEB⁵ sučelju u koje se ulazi preko posebno određene IP adrese⁶.
- konfiguriranje usmjerivača da bi se aktivirala internet usluga.
- testiranje

4.1 Izvid tehničke mogućnosti

Izvid tehničke mogućnosti je proces kojim se prikupljaju podaci s terena potrebni za aktivaciju usluge novoj stranci koristeći za povezivanje topologiju *točka-više točaka*.

U ovome procesu tehničari izlaze na teren gdje moraju odrediti udaljenost od bazne stanice do korisničkog objekta. Udaljenost potrebna da bi veza ostala stabilna između bazne stanice i korisničkog objekta ovisi o: opremi koja će se koristiti, interferenciji signala i broju objekata koji mogu predstavljati smetnje za signal. Iz tih razloga ta udaljenost u gradovima varira od 1 do 2 kilometara, a u ruralnim područjima udaljenost može dostići i do 7 kilometara u teoriji.

Nakon što potvrde da je moguće aktivirati uslugu na određenoj udaljenosti, tehničari mjere jačinu signala testnim pretplatničkim modulom te dobivenim rezultatom stranci nude uslugu koja se može ostvariti na toj udaljenosti.

4.2 Simulacija mreže

U svrhu završnog rada na slici 5. prikazan je izgled simulirane mreže koja je realizirana u alatu Packet Tracer tvrtke *Cisco Systems*. Mreža se sastoji od usmjerivača s mogućnošću bežične

² UTP(*engl. Unshielded Twisted Pair*): kabel s uvijenim bakrenim paricama, služi za umrežavanje uređaja

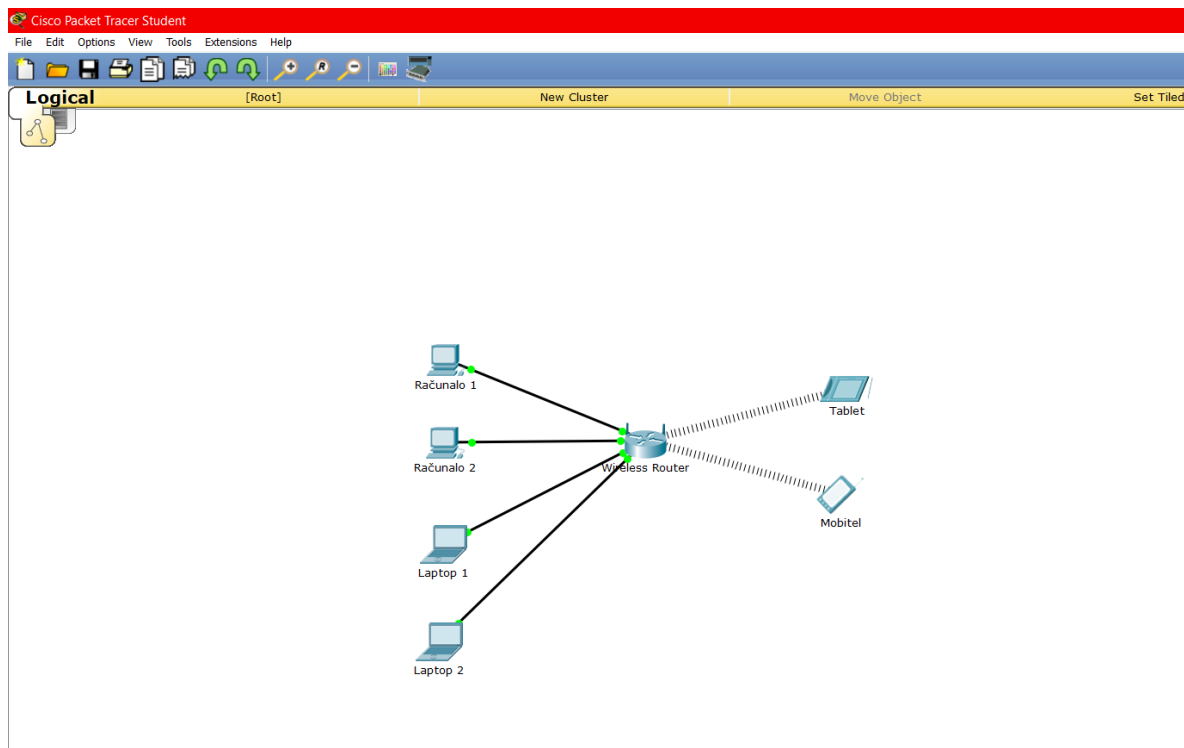
³ POE(*engl. Power over Ethernet*): tehnologija koja se koristi za prijenos električne energije u mrežnoj opremi, putem mrežnog UTP kabela

⁴ GUI(*engl. Graphical User Interface*): oblik korisničkog sučelja koji korisnicima omogućuje interakciju s elektroničkim uređajima putem grafičkih ikona

⁵ WEB: skraćenica od WWW(*engl. World Wide Web*) koja predstavlja jednu od najkorištenijih usluga interneta koja omogućava pregled hipertekstualnih dokumenata.

⁶ IP adresa: jedinstvena brojčana oznaka računala na internetu.

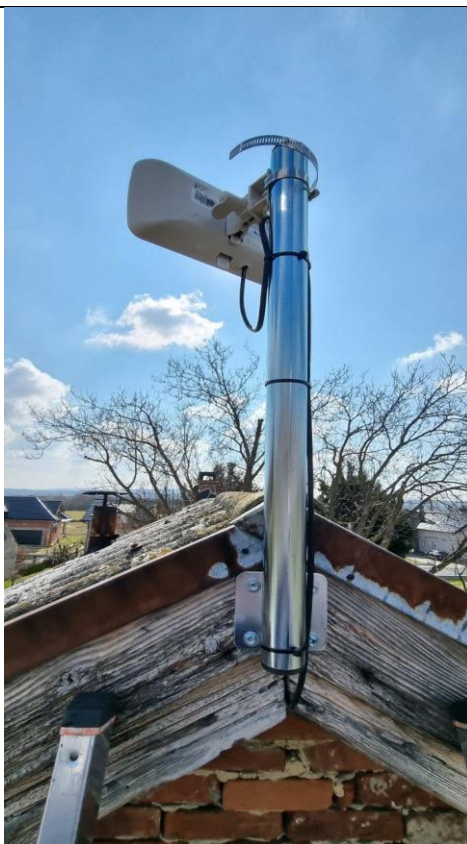
komunikacije što omogućuje mobitelu i tabletu da se bežično povežu. Također sastoji se od dva računala i dva laptopa koji su povezani kablom na mrežna sučelja usmjerivača.



Slika 5. Simulacija mreže
Izvor: Autor

4.3 Postavljanje pretplatničkog modula

Prvi korak kod procesa priključenja je postavljanje pretplatničkog modula. Prije samog postavljanja modula potrebno je montirati njegov nosač na najvišu i najprikladniju lokaciju na korisničkom objektu.



Slika 6. Pretplatnički modul na nosaču
Izvor: Autor

Kod postavljanja pretplatničkog modula na nosač, treba obratiti pažnju na procjenu napravljenu tijekom izvida tehničke mogućnosti jer modul mora biti usmjeren prema odgovarajućoj baznoj stanici. Ovisno o udaljenosti u praksi se koriste sljedeći pretplatnički moduli:

- Za udaljenosti do 700 metara koristi se Cambium Force 300-13
- Za udaljenosti od 700 metara do 2 kilometara koristi se Cambium Force 300-16
- Za udaljenosti od 2 kilometra do 3 kilometara koristi se Cambium Force 300-19



Slika 7. Cambium force 300-13 pretplatnički modul
Izvor: Autor



Slika 8. Cambium force 300-16 pretplatnički modul
Izvor: Autor



Slika 9. Cambium force 300-19 pretplatnički modul
Izvor: Autor

4.4 Strukturno kabliranje mreže

Nakon postavljanja pretplatničkog modula na korisnički objekt, on se mora direktno spojiti s usmjerivačem koristeći se procesom strukturnog kabliranja mreže.

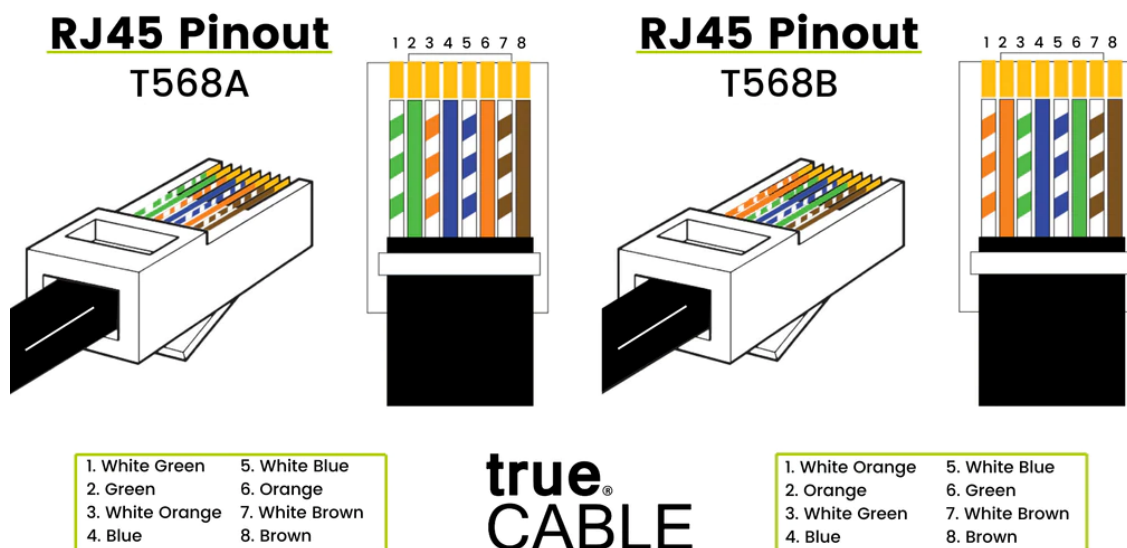
Strukturno kabliranje predstavlja instalaciju kablenskog mrežnog sustava višestruke namjene te postavljanje pasivne i aktivne opreme. Može biti izveden kao jedinstveni sustav ili kao više podsustava u korisničkom objektu s mogućnošću povezivanja u cjelinu koju nazivamo lokalnom računalnom mrežom (*engl. local area network*). U aktivnu opremu spadaju svi elektronički uređaji koji prihvaćaju i distribuiraju promet unutar lokalne mreže kao što su: serveri, usmjerivači i preklopnici. Pasivnu opremu čine: žičani i optički kablovi koji služe za spajanje aktivne opreme, konektori i komunikacijski ormari[4].

4.4.1 Kabel

Ovisno o namjeni postoji više vrsta mrežnih kablova. Tako postoji STP⁷ kabel koji se koristi u vanjskim okruženjima gdje su kablovi izloženi elementima i konstrukcijama koje je napravio čovjek i opremi koja može dovesti do dodatnih smetnji. Za unutarnje okruženje koristi se UTP kabel jer je jeftiniji i lakši od STP-a.

⁷ STP(*engl. shielded twisted pair*): kabel sa zaštićenim uvijenim bakrenim paricama, služi za umrežavanje uređaja

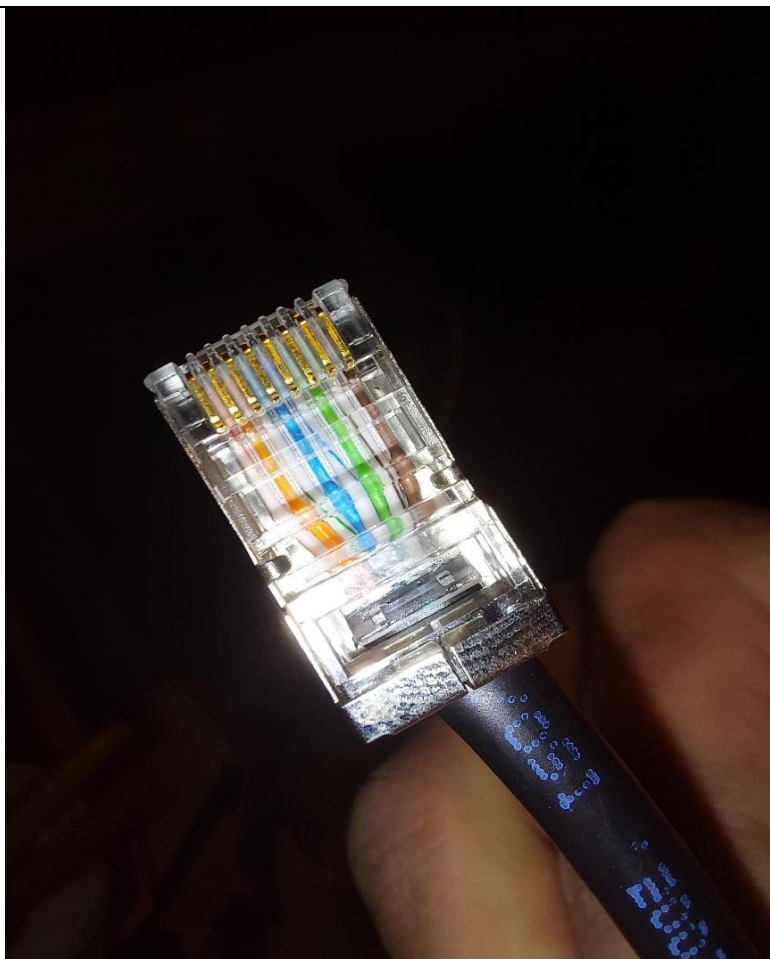
Nakon što smo kabel provukli od pretplatničkog modula započinjemo postupak krimpanja kabela gdje se žice spajaju s LAN⁸ konektorom. Postoje dva načina krimpanja a to su T-568A i T-568B koji se češće koristi[5].



Slika 10. Standardi krimpanja

Izvor: <https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/t568a-vs-t568b> (23.3.2022)

⁸ LAN(engl.local area network):pokrata za lokalnu računalnu mrežu



Slika 11. LAN konektor

Izvor: Autor

4.5 Konfiguracija pretplatničkog modula

Da bi se konfigurirao pretplatnički modul, nakon strukturnog kabliranja moramo fizički spojiti pretplatnički modul preko POE adaptera s računalom te preko zadane IP adrese (169.254.1.1) ući u WEB sučelje pretplatničkog modula.

The screenshot shows the Cambium Networks ePMP 1000 web interface. The top navigation bar includes the logo, 'Završni rad', 'Subscriber Module', and user information. The left sidebar contains navigation options: Home, Quick Start, Configuration, Monitor, and Tools. The main content area is titled 'Home' and displays two tables of system information.

Parameter	Value
Device Name	Završni rad
Operating Frequency	Hold Off
Operating Channel Bandwidth	N/A
Transmitter Output Power	OFF
Antenna Gain	16 dBi
Country	Follow AP's Country
Subscriber Module Mode	TDD
Subscriber Module Priority	Normal
Network Mode	Bridge
Downlink RSSI	N/A
Downlink SNR	N/A
Uplink MCS	N/A
Downlink MCS	N/A
cnMaestro Remote Management	Enabled
cnMaestro Connection Status	Connecting in 1 minute
cnMaestro Account ID	--

Wireless MAC Address	00:04:56:FC:6F:D7
Ethernet MAC Address	00:04:56:FC:6F:D6
IP Address	13.11.127.2
Date and Time	01 Sep 2015, 00:03:40 CET
System Uptime	3 minutes, 40 seconds
System Description	Rezervirano Cambium
Registered AP MAC Address	N/A
Device Coordinates	46.328405, 16.619568
Link Quality (Uplink)	100 %
Link Capacity (Uplink)	75 %
Ethernet Status	1000 Mbps / Full
Wireless Status	Up

© 2022 Cambium Networks, All Rights Reserved | Version 4.6.0.1 | Support | Community Forum

Slika 12. Početna stranica cambium web sučelja
Izvor: Autor

Prvi korak kod konfiguriranja modula je nadogradnja *firmwarea*⁹ modula na najnoviju i najstabilniju verziju da bi se izbjegli mogući dosadašnji *bugove*¹⁰. Uređaj se mora ponovno pokrenuti da bi se učitale nove postavke *firmwarea*.

The screenshot shows the Cambium Networks ePMP 1000 web interface with the 'Tools > Software Upgrade' page selected. The left sidebar highlights the 'Software Upgrade' option. The main content area is divided into two sections: 'Main Software' and 'Check for new Version'.

Main Software

- Hardware Version: 5 GHz Force 180 (ROW)
- Software Version: 4.6.0.1
- Firmware Version: U-Boot 9342_PX 1.1.4.h (Dec 5 2017 - 13:56:06)

Upgrade Options: URL Local File

Select File:

Warning: Please ensure that power to the device is not interrupted during a software upgrade. Power interruption may cause flash corruption and render the device inoperable.

Check for new Version

- Active Software Version: 4.6.0.1
- Last Software Version: Check failed!

© 2022 Cambium Networks, All Rights Reserved | Version 4.6.0.1 | Support | Community Forum

Slika 13. Upgrade cambium web sučelje
Izvor: Autor

⁹ Firmware – mali fiksni program koji komunicira sa sklopovljem nekog elektroničkog uređaja.

¹⁰ Bug – drugi naziv za grešku u programu.

Nakon ponovnog ulaska u web sučelje pod opcijom „Quick Start“ odabiremo mod rada modula (Access point, Subscriber module, Spectrum Analyzer), postavljamo izlaznu snagu i radnu frekvenciju modula koje su zakonski propisane.

The screenshot displays the Cambium Networks ePMP 1000 web interface. The top navigation bar includes the logo, 'Završni rad', 'Subscriber Module', and user information. The left sidebar contains navigation options: Home, Quick Start (selected), Configuration, Monitor, and Tools. The main content area is titled 'Quick Start' and is divided into three main sections:

- General:**
 - Radio Mode: Access Point, Subscriber Module, Spectrum Analyzer
 - Driver Mode: TDD, Standard WiFi, ePTP Slave
 - Country: Follow AP's Country
 - Device Name: Završni rad
 - Network Mode: NAT, Bridge, Router
 - IP Assignment: Static, DHCP
 - IP Address: 13.11.127.2
 - Subnet Mask: 255.255.254.0
 - Gateway: 13.11.127.1
- Wireless Security:**
 - Wireless Security: RADIUS, WPA2, Open
 - WPA2 Pre-shared Key: [password field]
 - EAP-TTLS Username: cambium-station
 - Use Ethernet MAC Address as EAP-TTLS Username: OFF, Using ':' as Format, Using '-' as Format
 - EAP-TTLS Password: [password field]
 - Authentication Identity String: anonymous
 - Authentication Identity Realm: cambiumnetworks.com
 - Preferred APs: Add new AP, Show Details
- Subscriber Module Scanning:**
 - Scan Channel Bandwidth: 40 MHz, 20 MHz, 10 MHz, 5 MHz
 - 40 MHz Scan List: 207 items
 - 20 MHz Scan List: 211 items
 - Radio Frequency 20 MHz Scan List: Select All, Unselect All
 - Frequency list (all checked): 4920 MHz to 5095 MHz in 5 MHz increments.

Slika 14. Quick Start

Izvor: Autor

Sljedeći korak je postavljanje mrežnog moda (NAT, Bridge i Router) i standardnih mrežnih opcija kao što su IP adresa, *gateway*, DNS server (primarni i sekundarni), VLAN ID.

The screenshot displays the configuration page for a Subscriber Module in the Cambium Networks eRAP 1000 interface. The page is titled "Configuration > Network" and is divided into several sections:

- General:**
 - Network Mode: NAT Bridge Router
 - IP Assignment: Static DHCP
 - IP Address: 13.11.127.2
 - Subnet Mask: 255.255.254.0
 - Gateway: 13.11.127.1
 - Preferred DNS Server: (empty)
 - Alternate DNS Server: (empty)
 - Ethernet Port Security: Disabled Enabled
 - Secure MAC Limit: 5 (min: 1 | max: 254)
 - MAC Aging Time: 300 (seconds | min: 0 | max: 1440)
- Virtual Local Area Network (VLAN):**
 - Management VLAN: Disabled Enabled
 - Management VLAN ID: 500 (min: 1 | max: 4094)
 - Management VLAN Priority: 5 (min: 0 | max: 7)
 - Management VLAN Access: Wireless Ethernet and Wireless
 - Data VLAN: Disabled Enabled
 - Data VLAN ID: (empty) (min: 1 | max: 4094)
 - Data VLAN Priority: (empty) (min: 0 | max: 7)
 - Membership VLANs:

VLAN ID	Begin	End
500	500	500
932	932	932
 - VLAN Mapping:

C-VLAN	S-VLAN
Table is empty	
- Ethernet Port:**
 - Ethernet MTU: 1700 (bytes | min: 576 | max: 1700)
 - Ethernet Port: Disabled Enabled
 - Port Setting: Manual Auto-Negotiate
 - Smart Speed: Disabled Enabled
- Advanced:**
 - IPv6 Support: Disabled Enabled
 - ARP-NAT: Disabled Enabled
- Broadcast/Multicast Traffic Shaping:**
 - Broadcast Packet Limit: Disabled Enabled
 - Broadcast Packet Rate: 1000 (pps | min: 100 | max: 16000)

Slika 15. Postavljanje mrežnih opcija

Izvor: Autor

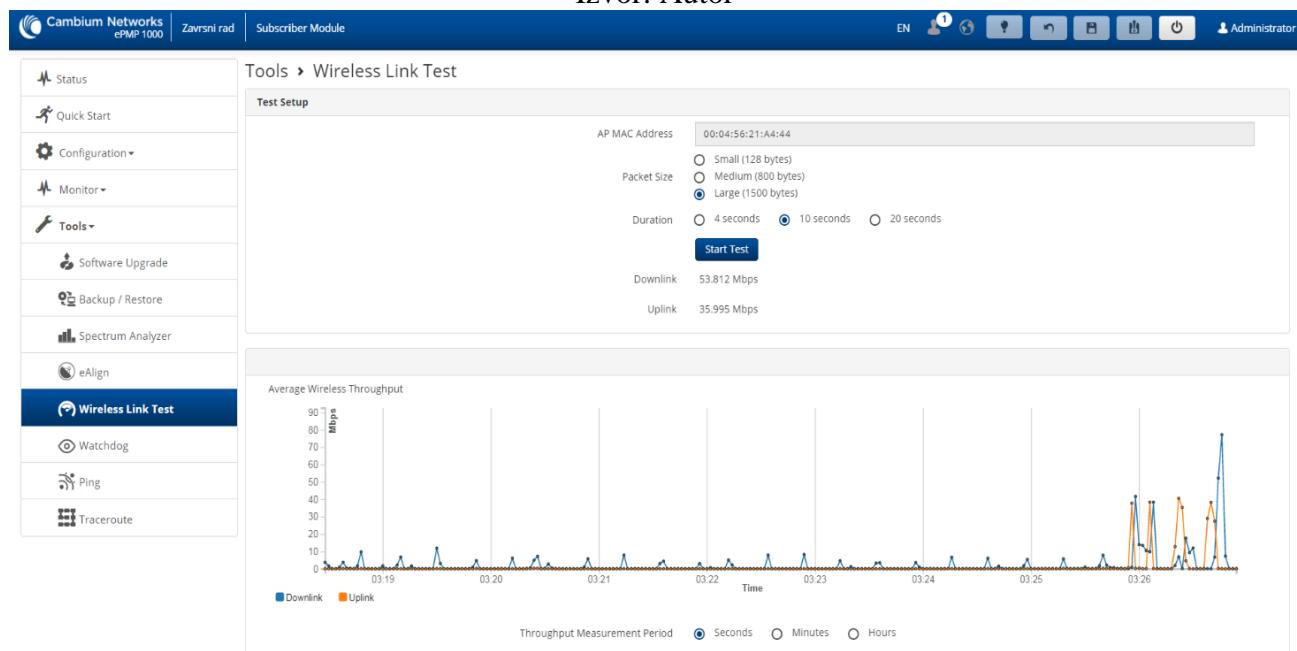
Slijedi postavljanje općenitih postavki. U općenite postavke spadaju ime uređaja (*engl. Device name*), NTP server, HTTP port te željeno korisničko ime i lozinka. U ovoj konfiguraciji za pristupanje WEB sučelju pretplatničkog modula koristi se „admin“ kao korisničko ime i lozinka.

Slika 16. Postavljanje općenitih opcija
Izvor: Autor

Pretplatnički modul mora imati zadanu istu lozinku za spajanje kao što je zadana na baznoj stanici jer se u protivnom pretplatnički modul neće spojiti s baznom stanicom. Kad se povežu, vidljiva je jačina signala u decibelima (dBm) i ukupna propusnost u megabitima u sekundi (Mb/s).



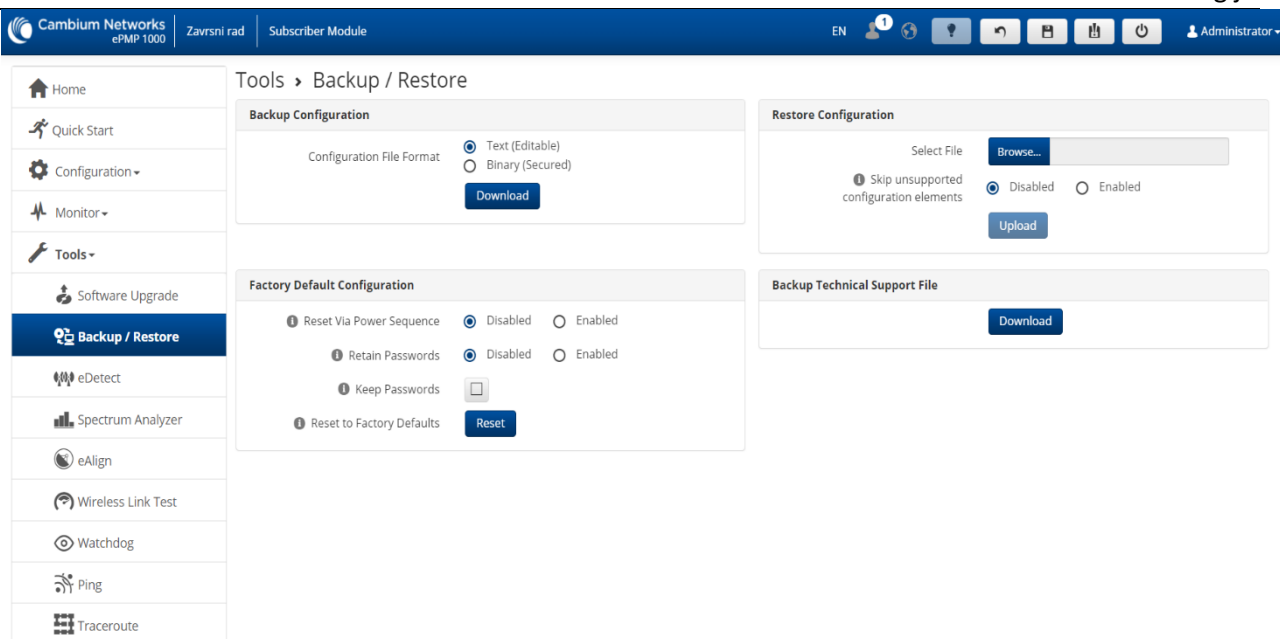
Slika 17. Opcija eAlign
Izvor: Autor



Slika 18. Test propusnosti
Izvor: Autor

Svaku konfiguraciju možemo preuzeti da bi služila kao backup¹¹ ili kao gotova konfiguracija za ostale module pa nije potrebno konfigurirati svaki modul pojedinačno.

¹¹ Backup - je proces u računarstvu koji se odnosi na izradu kopije podataka originalnog izvora za slučaj da se originalni izvor podataka ošteti ili izgubi.



© 2022 Cambium Networks, All Rights Reserved | Version 4.6.0.1 | Support | Community Forum

Slika 19. Backup/Restore konfiguracije
Izvor: Autor

4.6 Konfiguracija usmjerivača

Usmjerivač je uređaj koji povezuje dvije i više mreža ili podmreža. Ima više funkcija, no primarne su: upravljanje prometom između mreža prosljeđivanjem podatkovnih paketa na njihove predviđene IP adrese i dopuštanje više uređaja da koriste istu internetsku vezu. Usmjerivač prenosi podatke u obliku paketa između LAN-a i WAN-a¹². Svaki paket treba biti vođen do odredišta što je učinkovitije moguće. Iz tog razloga usmjerivač koristi internu tablicu usmjeravanja koja predstavlja popis puteva do različitih odredišta na mreži. U svome radu, usmjerivač prvo čita zaglavlje paketa da bi odredio kamo paket ide, a zatim uz pomoć tablice usmjeravanja otkriva najučinkovitiji put do tog odredišta[6].

¹² WAN(*engl. Wide Area Network*)- označava podatkovnu mrežu koja pokriva veća područja: gradove, države ili kontinente.



Slika 20. Mikrotik Router

Izvor: Autor

Nakon što je pretplatnički modul konfiguriran, povezuju se pretplatnički modul i usmjerivač tako da ih spojimo u POE adapter. Da bi se korisniku aktivirala usluga interneta, potrebno je napraviti proces konfiguracije usmjerivača.



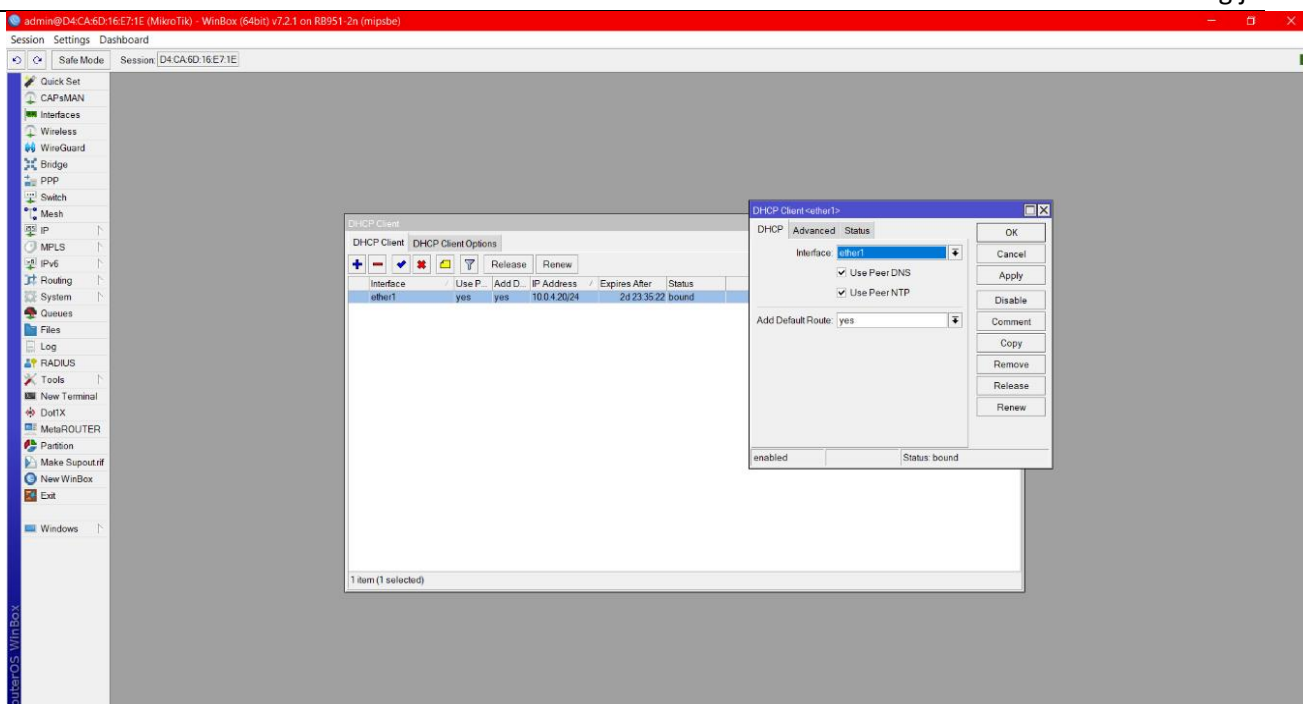
Slika 21. POE adapter

Izvor: Autor

U ovom radu će se konfigurirati usmjerivač kao simulacija. Predstavljene će biti samo postavke neophodne za pristup internetu te će većina opcionalnih postavki biti izostavljene. Koristit će se usmjerivač tvrtke Mikrotik te će se sama konfiguracija izvoditi u njihovoj službenoj aplikaciji WinBox.

Prvi korak kod konfiguracije usmjerivača je postavljanje DHCP klijenta koji koristi DHCP¹³ protokol da bi dobio informacije o konfiguraciji parametara kao što je IP adresa te tim informacijama konfigurira svojeg *hosta*[7].

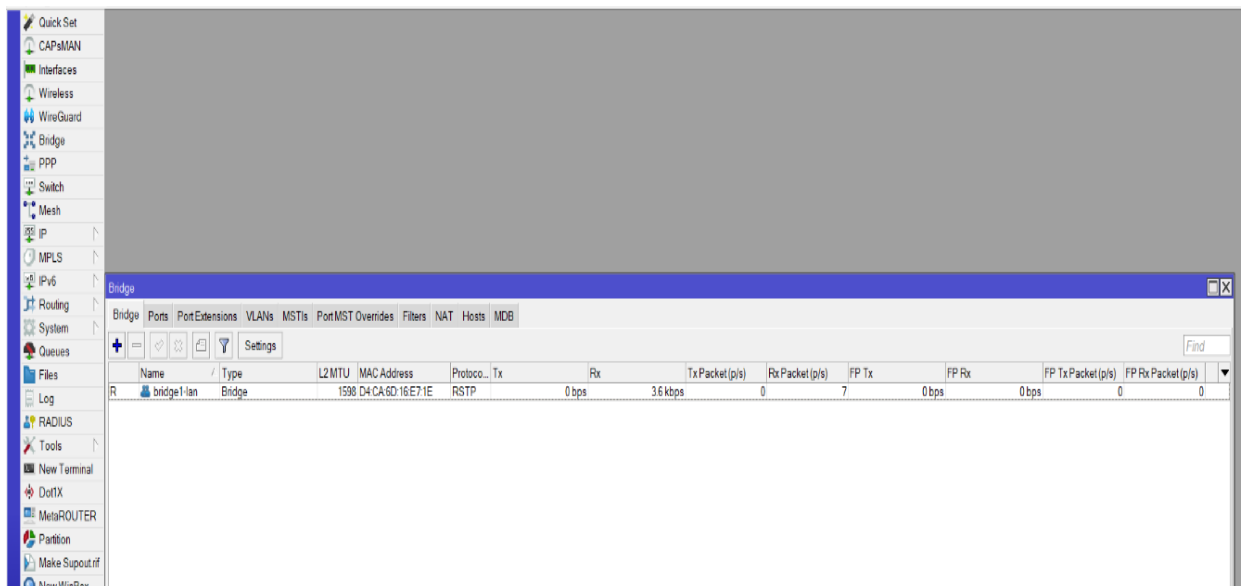
¹³ Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) je mrežni protokol koji se koristi za konfiguriranje mrežnih uređaja za komunikaciju na Internetskoj mreži.



Slika 22. DHCP Client

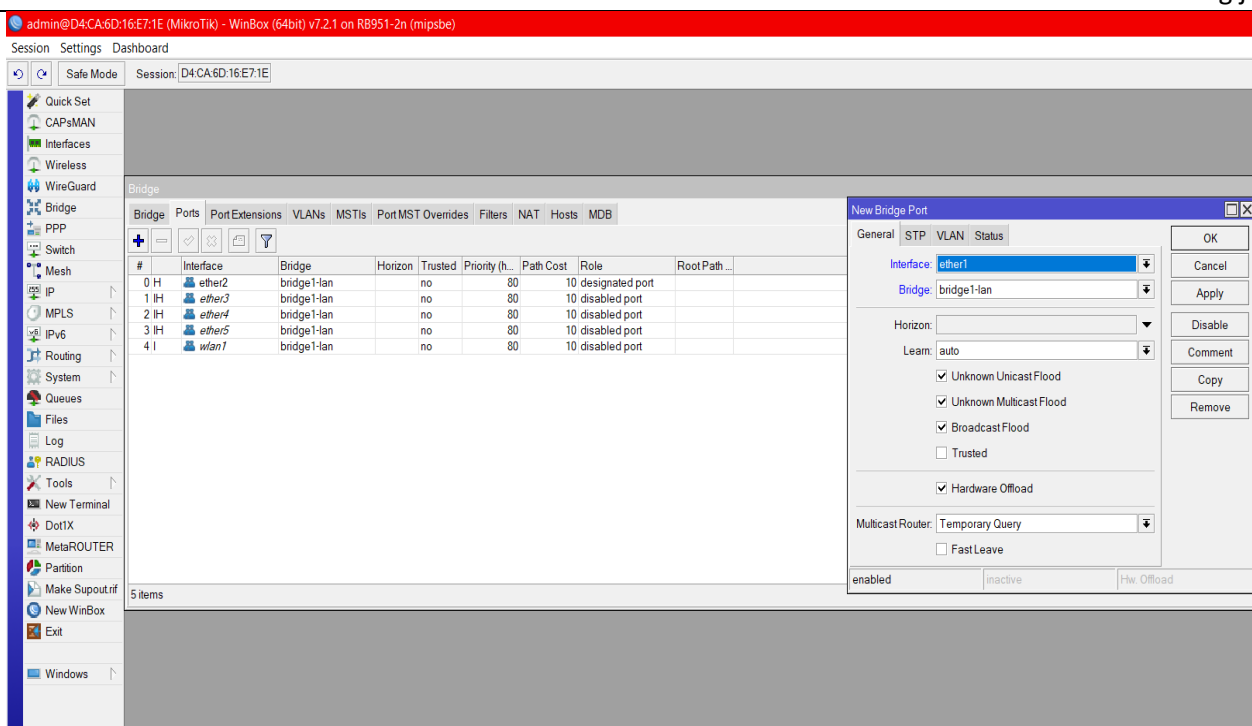
Izvor: Autor

Sljedeći korak je kreiranje virtualnog mosta (*engl. virtual bridge*) te dodavanje mrežnih sučelja usmjerivača koja će raditi u tom modu. Mrežna sučelja koja će se postaviti u most su *ether2*, *ether3*, *ether4*, *ether5* te *wlan1* koji predstavlja mrežno sučelje za bežičnu (*engl. wireless*) lokalnu mrežu na koju se možemo povezati uređajem koji imaju mogućnost bežične komunikacije.



Slika 23. Kreiranje virtualnog mosta

Izvor: Autor



Slika 24. Postavljanje portova u bridge

Izvor: Autor

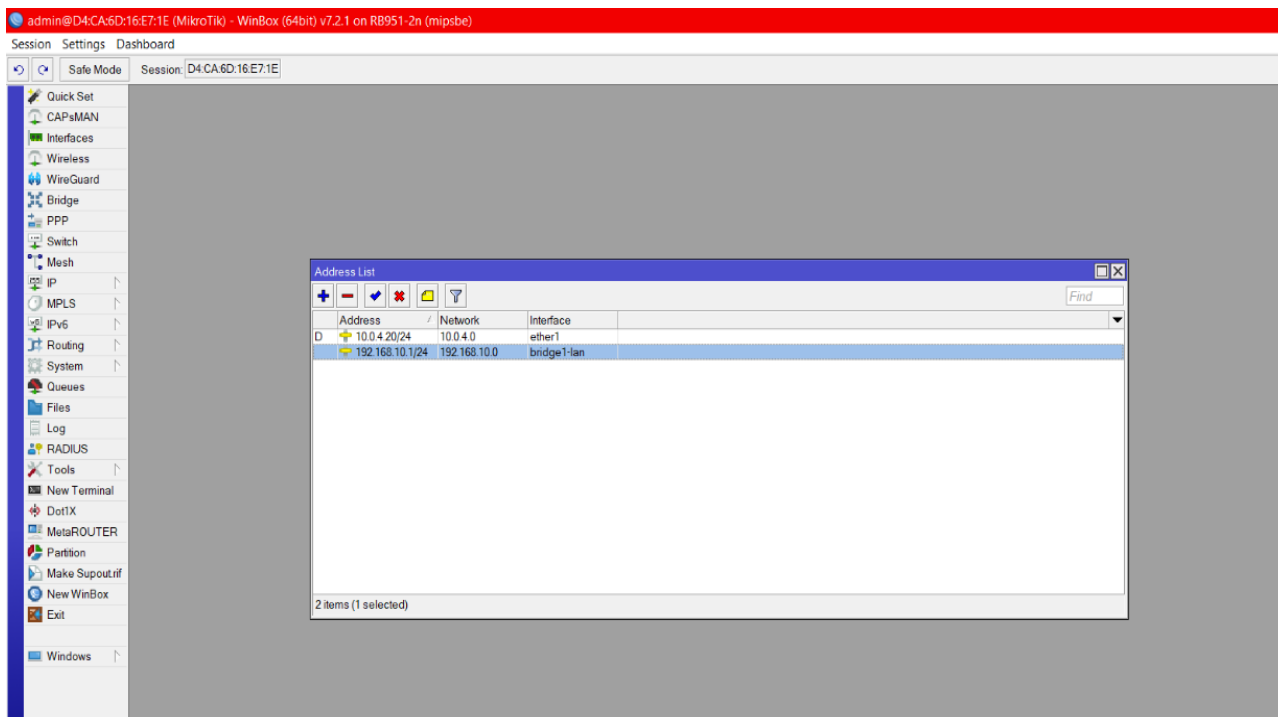
Virtualni most se koristi za grupiranje više mrežnih sučelja (*engl. interface*) na usmjerivaču u jedno, što znači da ćemo imati samo jednu podmrežu. Mrežno sučelje koje se dodaje mostu naziva se „bridge port“. Sučelje virtualnog mosta može imati jedan ili više „bridge portova“. Svaki „bridge port“ tog mosta će raditi kao preklopnik (*engl. Switch*)¹⁴. Ako se u jedno od ovih mrežnih sučelja unese bilo kakav promet, tada će se taj promet proslijediti na ostatak mrežnih sučelja koji su dodani u virtualni most (*engl. virtual bridge*)[8].

Ako je IP adresa dodijeljena virtualnom mostu, onda će ova IP adresa biti primjenjiva za sva njegova mrežna sučelja. Sva mrežna sučelja u mostu će raditi zajedno koristeći istu IP adresu, a upravo je postavljanje IP adrese sljedeći korak koji se mora napraviti u konfiguraciji usmjerivača.

Adresa se dodaje tako da iz alatne trake u Winbox aplikaciji odaberemo značajku „Address List“ i pritisnemo dugme „+“, zatim nam se otvara dijaloški okvir u kojem se u prvo polje upisuje željena adresa, u ovom slučaju 192.168.10.1 sa *subnet* maskom 255.255.255.0 (/24). Nakon toga, u zadnjem polju, odabiremo željeno mrežno sučelje (*engl. interface*), a u ovom slučaju to je *bridge1-lan*. Na 23.

¹⁴ Preklopnik(*engl. Switch*) - uređaj s većim brojem mrežnih sučelja, služi za stvaranje prostranih logičkih mreža.

slici vidimo da postoji još jedna adresa koja se automatski dodjeljuje jer je mrežno sučelje *ether1* spojeno na internet te je na njemu postavljen DHCP klijent.

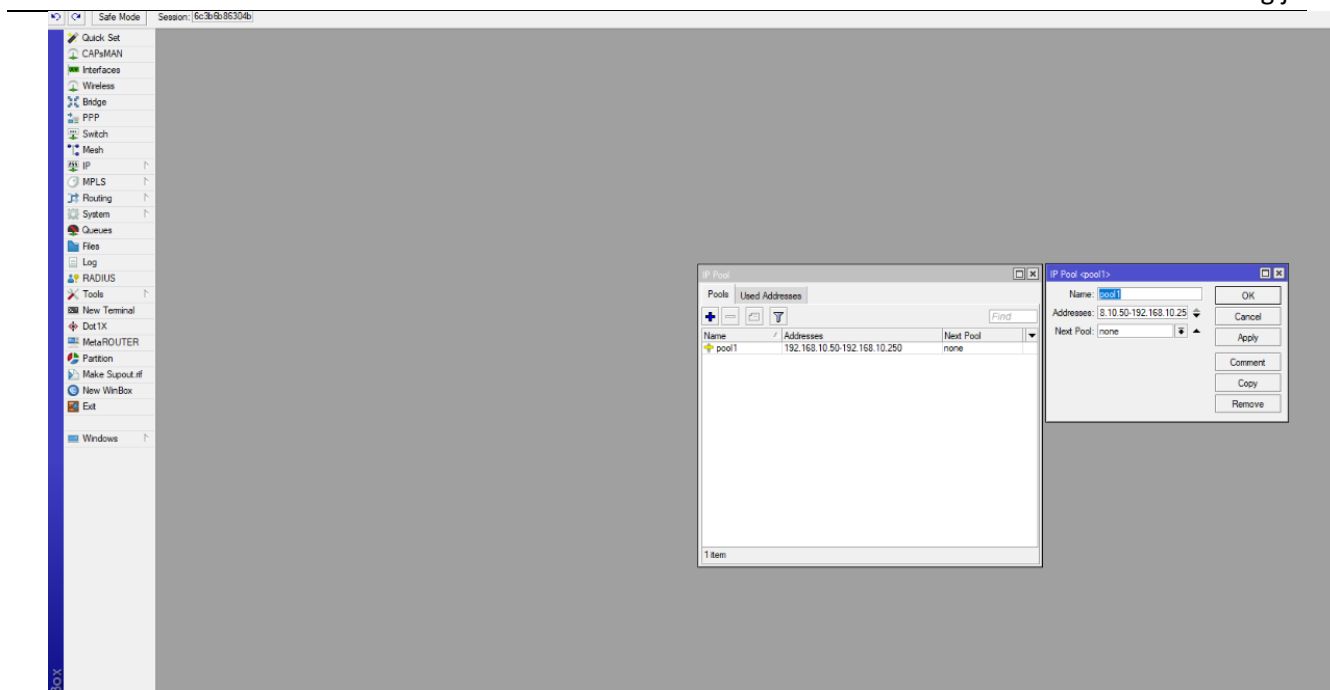


Slika 25. Dodavanje adrese za bridge

Izvor: Autor

Da bi DHCP poslužitelj (*engl. DHCP server*) mogao dodjeljivati IP adrese i ostale parametre DHCP klijentu, potrebno je napraviti IP skup. IP skup (*engl. IP pool*) je sekvencijalni raspon IP adresa koje će se koristiti unutar određene mreže. Može se konfigurirati tako da ima više IP skupova, što znači da se IP adrese mogu dodijeliti dinamički iz jednog IP skupa ili iz grupe IP skupova. U svakom skupu adrese su smještene u red. Kada se dodjeljuje adresa, uzima se prva adresa iz IP skupa, a kada se prestane koristiti stavlja se na kraj reda. Kada je grupa IP skupova istog prioriteta, koristi se algoritam za određivanje vjerojatnosti za svaki IP skup na temelju broja dostupnih adresa te se IP skup odabire na temelju utvrđene vjerojatnosti[9].

U ovoj je konfiguraciji jedan IP skup pod nazivom *pool1* koji ima raspon IP adresa od 192.168.10.50 do 192.168.10.250.



Slika 26. Slika IP Pool

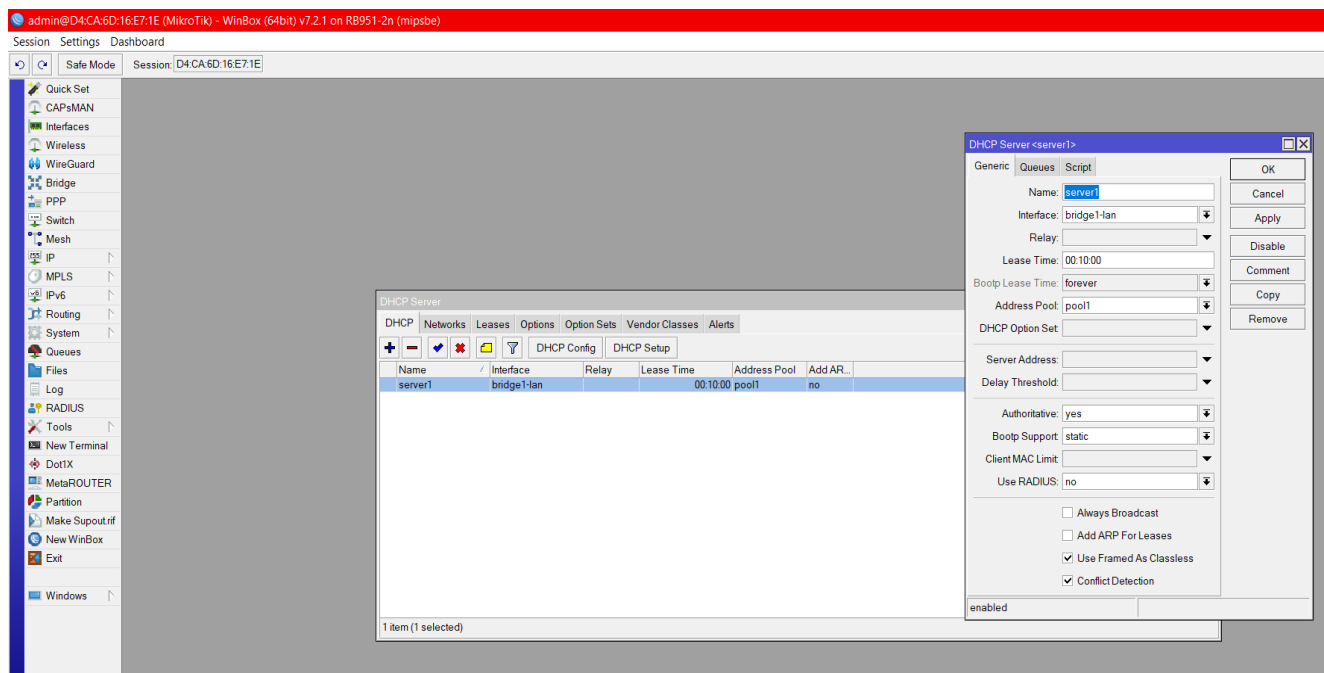
Izvor: Autor

Nakon što su postavljeni *IP pool* i *bridge*, prelazi se na postavljanje DHCP poslužitelja. DHCP poslužitelj koristi DHCP protokol za slanje informacija o konfiguraciji DHCP klijentu. DHCP klijent ove informacije zatim koristi da bi konfigurirao svojeg *hosta*. Bez DHCP poslužitelja mrežni administrator morao bi ručno postaviti svakog klijenta koji se pridružuje mreži, što bi u velikim mrežama bilo nepraktično. DHCP poslužitelj svakom klijentu obično dodjeljuje jedinstvenu dinamičku IP adresu koja se mijenja kada DHCP zakup¹⁵ te IP adrese istekne [7,10]. Prema [11] usluga DHCP protokol donosi tri ključne vrijednosti:

- operativni zadaci su smanjeni, administrator mreže više ne treba ručno konfigurirati svakog klijenta prije nego što može koristiti mrežu
- plan IP adresiranja je optimiziran pa se adrese koje se više ne koriste oslobađaju i dostupne su novim klijentima koji se povezuju
- mobilnost korisnika se lako upravlja zbog čega administrator ne mora ručno ponovno postavljati klijenta kada se promijeni njegova mrežna pristupna točka.

¹⁵ DHCP zakup -vremensko razdoblje trajanja IP adrese koja se daje klijentu, nakon isteka veza sa klijentom se produljuje ili prekida.

Kod postavljanja DHCP poslužitelja postavljamo *server1* kao ime DHCP poslužitelja, *bridge1* kao *interface* kojim će raditi, vrijeme zakupa (*engl. lease time*) i *IP pool* iz kojeg će dodjeljivati IP adrese.



Slika 27. DHCP Server
Izvor: Autor

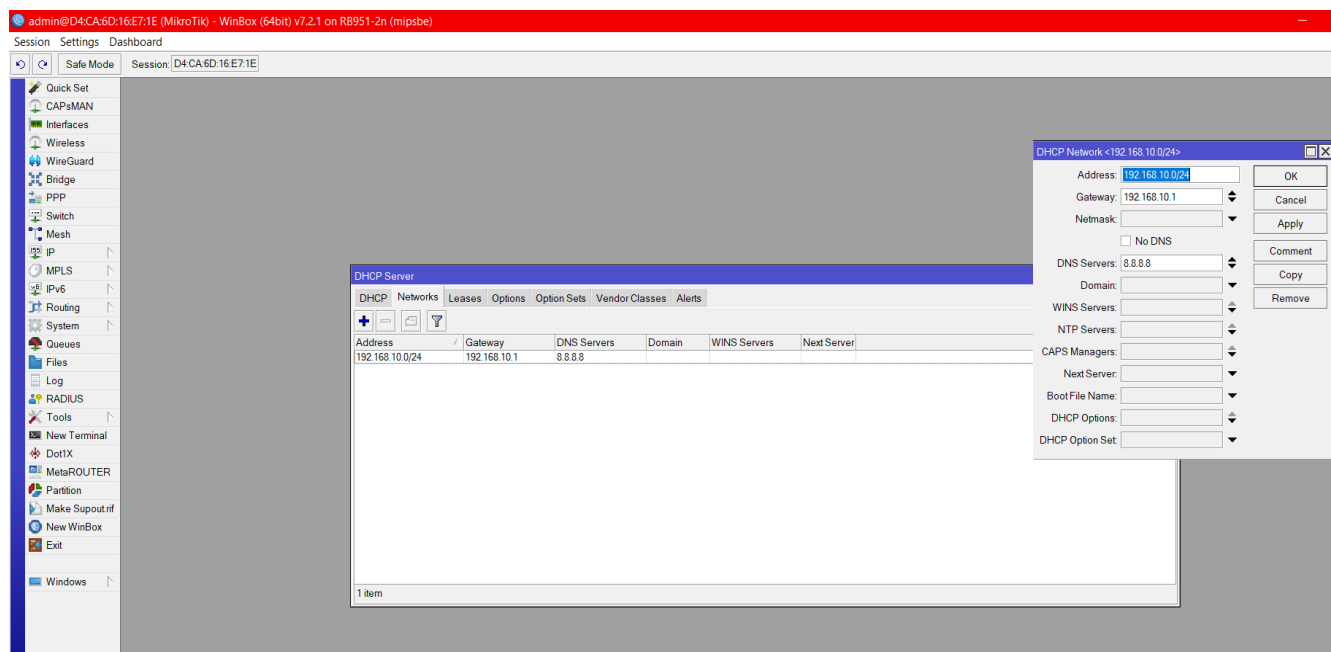
Nakon toga, zajedno s DHCP poslužiteljem postavlja se DHCP mreža (*engl. DHCP network*) u koju spadaju postavke poput: NTP poslužitelja (*engl. NTP server*), *DNS servera*, IP adresa i *gateway* te ostale opcije koje *hostovi* trebaju za ispravan rad na mreži.

Sustav domenskih imena (*engl. Domain Name System*) služi za zapis IP adresa i domena koje omogućuju da preglednici poput „Google Chromea“, „Mozilla Firefox“ i „Opere“ pronađu IP adresu koja odgovara usklađenom lokatoru sadržaja (*engl.URL*)¹⁶ unesenog *hosta*[12].

NTP server koristi NTP (*engl. Network Time Protocol*) protokol za sinkronizaciju vremena mrežnih uređaja. Pruža veliku preciznost na malim mrežama te ona iznosi do 1 milisekunde u lokalnoj mreži, a na internetu do nekoliko desetaka milisekunda. Međutim nedostatak je da se može iskoristiti u napadima uskraćivanja usluge (DOS/DDOS napadima). To se dešava jer odgovara na lažnu IP adresu i njegove ugrađene naredbe barem jednom šalju predug odgovor na kratki zahtjev[13].

¹⁶ Usklađeni lokator sadržaja (*engl.URL*) – obično se naziva poveznica, predstavlja putanju do određenog sadržaja na Internetu

U konfiguraciji postavljamo 192.168.10.0/24 kao IP adresu sa *subnet* maskom i 192.168.10.1 za *gateway*. Za postavljanje *DNS servera* stavljamo adresu 8.8.8.8. zbog praktičnosti jer navedena adresa predstavlja besplatnu uslugu Google javnog DNS-a.



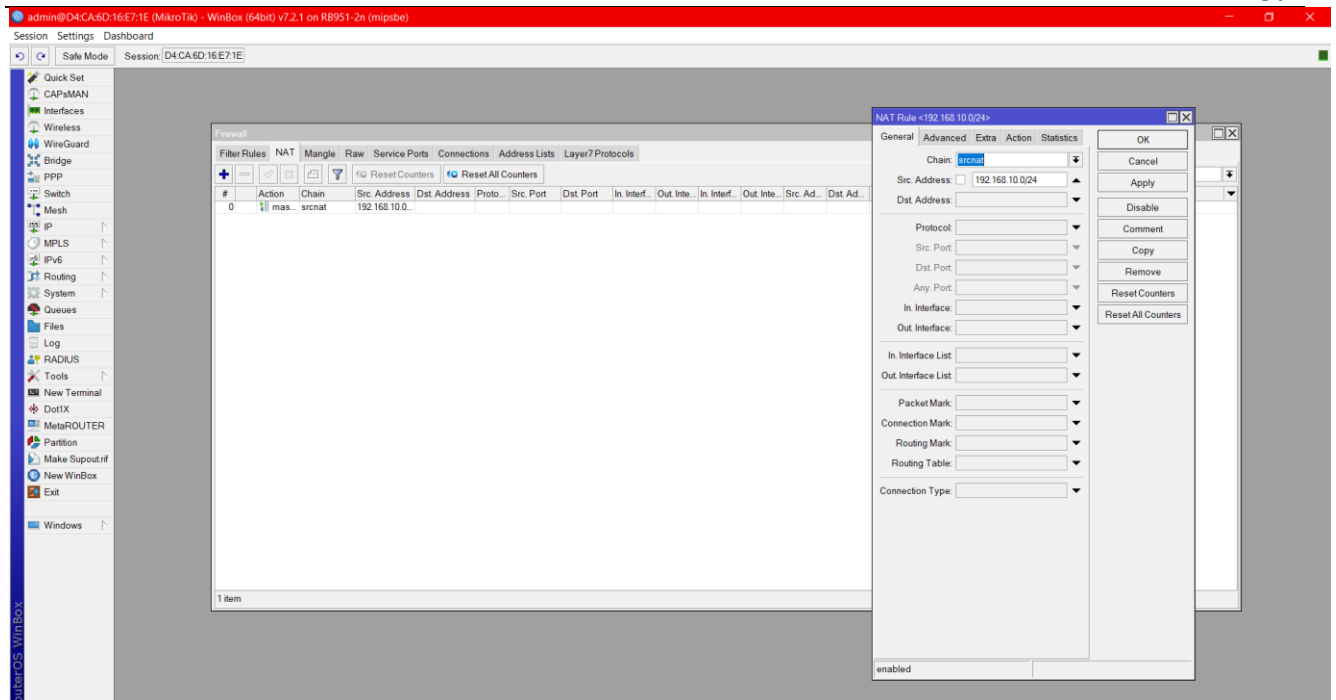
Slika 28. DHCP Networks

Izvor: Autor

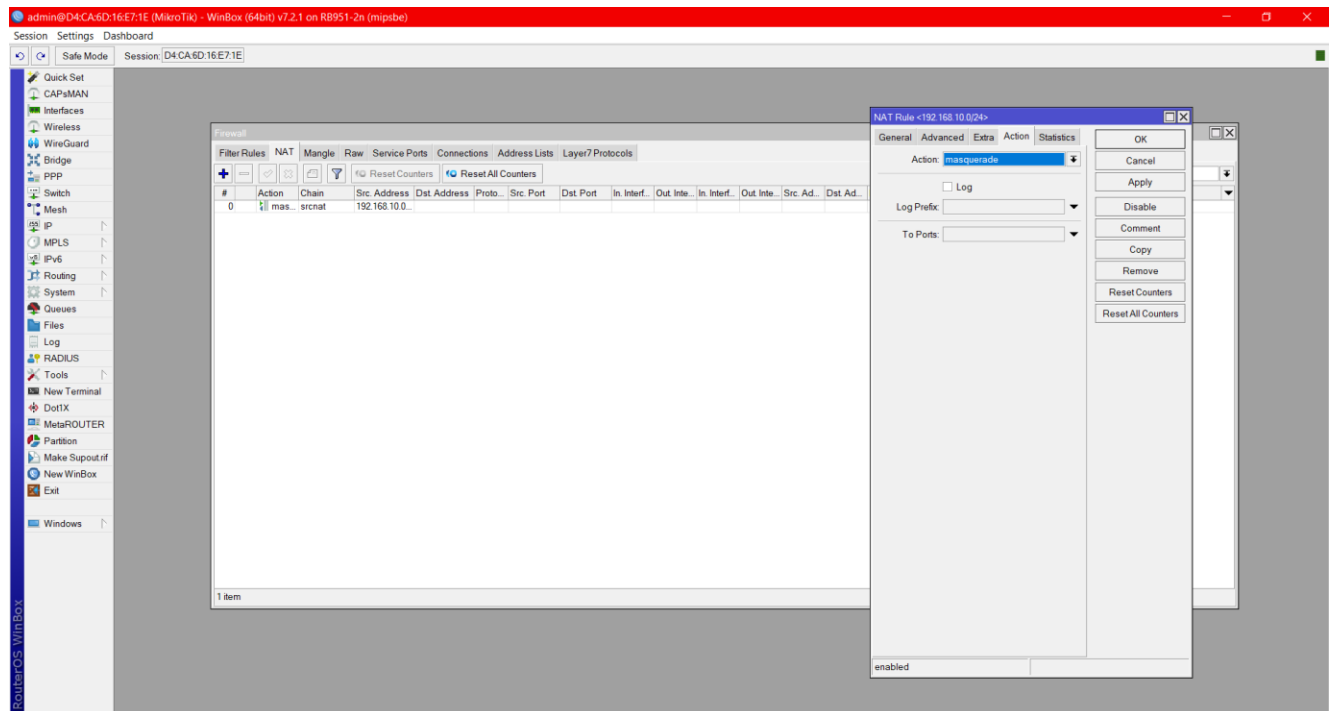
Zadnja stvar koju treba postaviti da bi se ostvarilo povezivanje na internet je *NAT (Network Address Translation)* koji služi da bi privatne adrese korištene u interne svrhe preveo na javne adrese koje se koriste u globalne svrhe. Bez njega trebalo bi dodijeliti nove adrese svakom *hostu* kada bi se promijenio davatelj internetske usluge. Za vrijeme mijenjanja infrastrukture mrežnog sustava, zbog migracije na IPv6, *NAT* je postao široko rasprostranjen kao način za smanjenje iscrpljivanja IPv4 adresa¹⁷ [14].

Postavlja se tako da se u alatnoj traci pod postavkama „Firewall“ odabire kartica „NAT“ te se pritisne „+“ da bi se otvorio dijaloški okvir. Pod prvo polje naziva „Chain“ odabire se „srcnat“ što označuje da će se mijenjati izvorna IP adresa paketa. Na sljedećem polju „Src.Address“ postavljamo adresu mreže 192.168.10.0 sa *subnet* maskom /24. Na kartici „Action“ pod poljem „Action“ biramo „masquerade“. Akcija „masquerade“ prevodi konekciju iz interne mreže van na *interface* gdje se dodjeljuje dinamička adresa.

¹⁷ IPv4 adresa- ima 32 - bitni adresni prostor koji pruža 4,294,967,296 jedinstvenih adresa, npr. 192.168.10.69



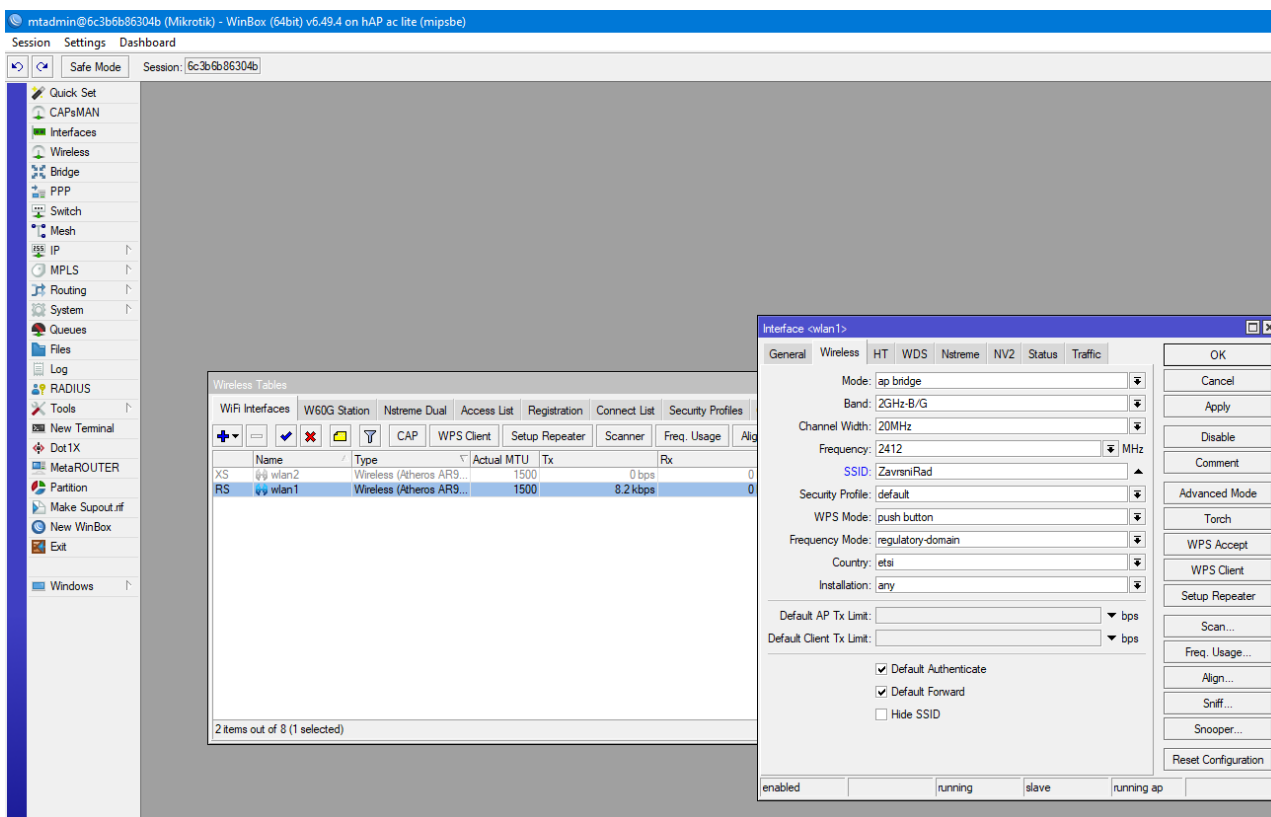
Slika 29. NAT
Izvor: Autor



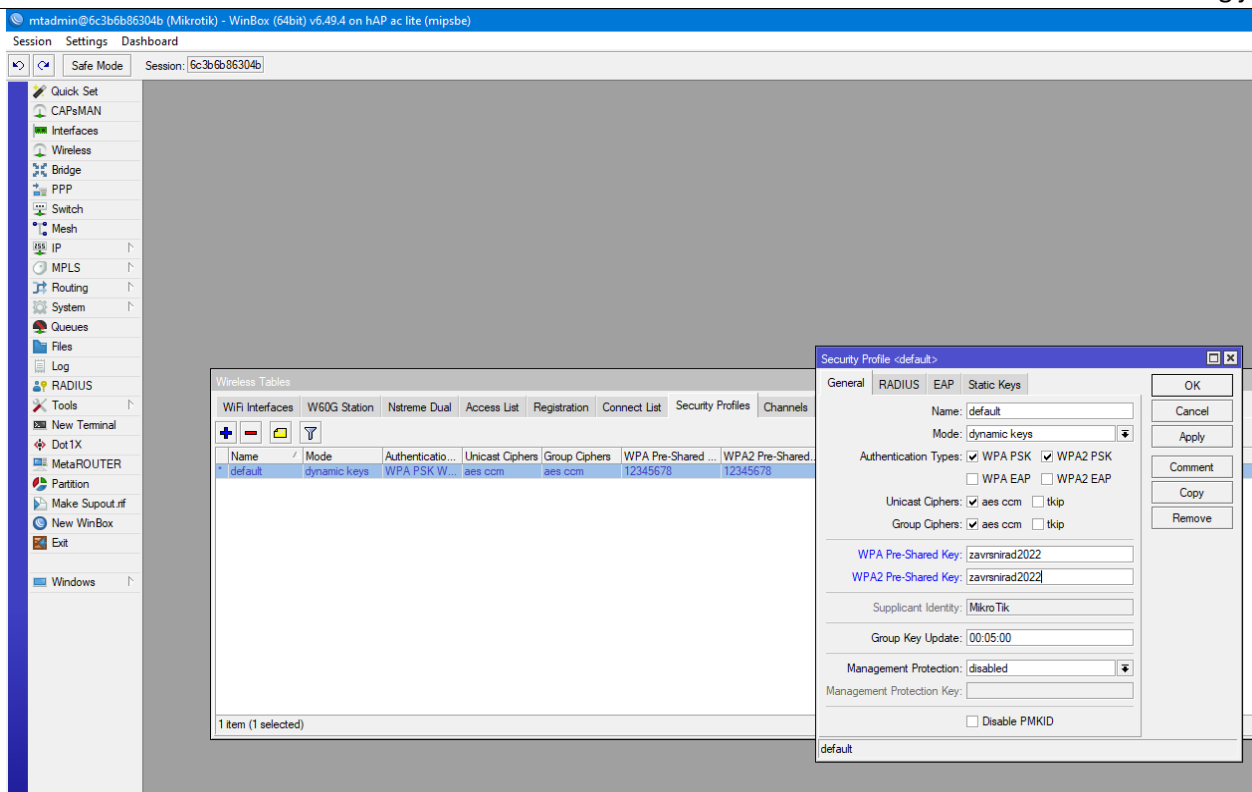
Slika 30. NAT-Action
Izvor: Autor

Nakon što su postavljeni svi bitni dijelovi konfiguracije, potrebno je urediti postavke o radu *wlan1*. *Wlan1* predstavlja mrežno sučelje za *wireless* adapter kojim se ostvaruje bežična lokalna mreža (engl. *Wireless Local Area Network*).

Kod konfiguracije mrežnog sučelja moguće je podesiti da *wireless* adapter radi u nekoliko modova kao što su: „client station“, „access point“, „wireless bridge“ i dr. Osim modova postavlja se „Channel width“ postavka koja označuje odabir za širinu kontrolnog kanala. Kontrolni kanal radi na način da uži spektar od 20MHz ostvaruje bolju konekciju, ali slabiju propusnost, dok 40MHz ostvaruje konekciju s više smetnji zbog širine spektra, no ima bolju propusnost[15]. Nakon toga se postavlja „Frequency“ gdje se određuje na kojoj će frekvenciji raditi *wireless* adapter. U polje „SSID“ unosi se željeno ime bežične lokalne mreže. U dijaloškom okviru naziva „Security Profile“ bira se željeni profil s postavkama o sigurnosti kao što su: vrsta zaštite mreže i polja za upis lozinke koja je potrebna za uspostavu bežične konekcije.



Slika 31. Wireless
Izvor: Autor



Slika 32. Security Profile

Izvor: Autor

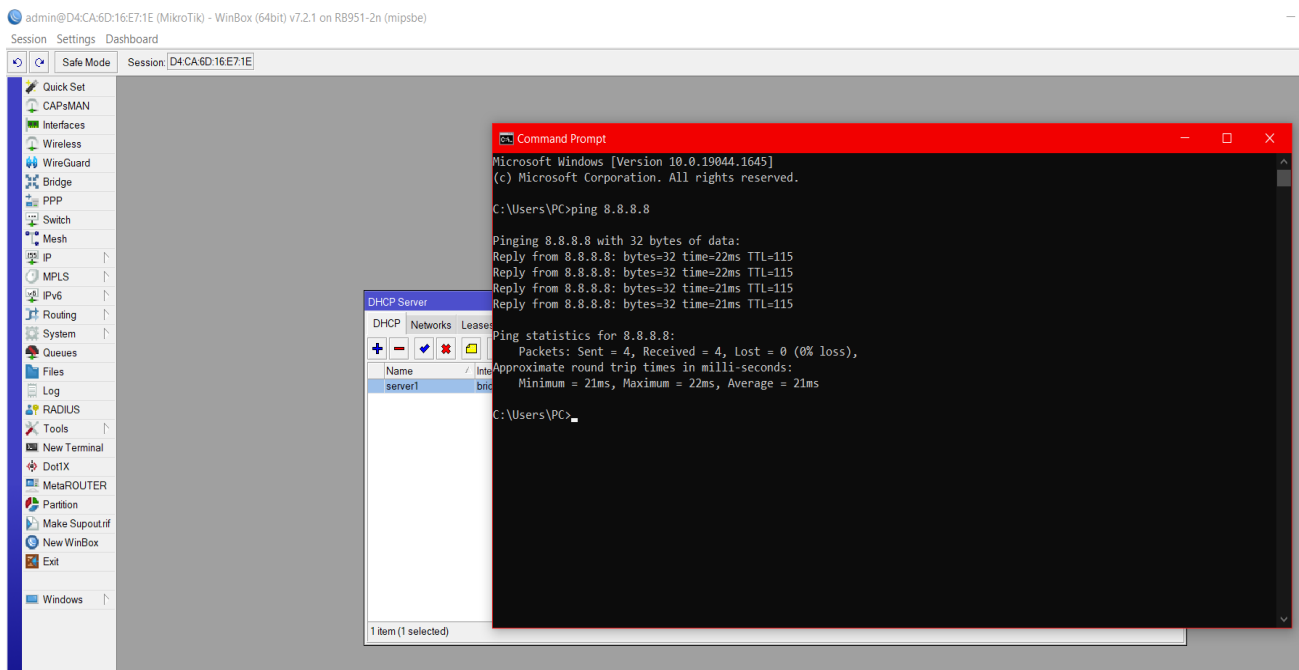
4.7 Testiranje

Testiranje će se provesti na dva načina: testiranje *ping* naredbom i mjerenje brzine prijenosa (engl. *speed test*).

Ping naredbom određuje se koliko brzo podatkovni signal putuje s jednog mjesta na drugo, primjerice s jednog računala na drugo računalo ili internetsku stranicu. Namjena mu je rješavanje problema, testiranje povezivanja i određivanje vremena odgovora. Funkcionira tako da pošalje *echo* zahtjev ICMP (Internet Control Message Protocol) protokola na određeno mrežno sučelje i čeka odgovor. Kada se izda naredba *ping*, *ping* signal se šalje na određenu IP adresu. Kada ciljani *host* primi *echo* zahtjev, odgovara na njega slanjem paketa *echo* odgovora[16].

Speed test služi za testiranje brzine i performansi internetske veze. Ovaj test najčešće se provodi besplatnim alatima koje možemo pronaći u preglednicima. Neki od njih su „Speedtest by Ookla“, „Fast.com“, „Speedof.me“ .

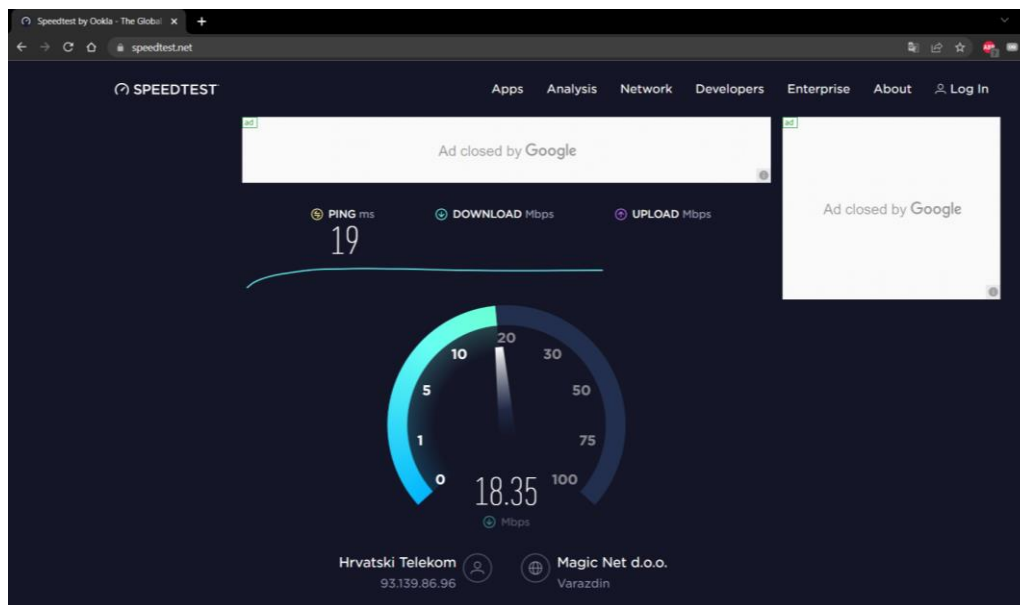
Postavljena konfiguracija testirat će se *ping* naredbom na način da se u „Command Prompt“ upiše *ping* naredba i određena IP adresa koja se želi provjeriti. U primjeru na slici 32. provjerava se veza s Google javnim DNS-om te se zato upisuje naredba „ping 8.8.8.8.“.



Slika 33. Ping

Izvor: Autor

Za mjerenje brzine prijenosa koristit će se „Speedtest by Ookla“, besplatan alat koji se može pronaći na poveznici „www.speedtest.net“.

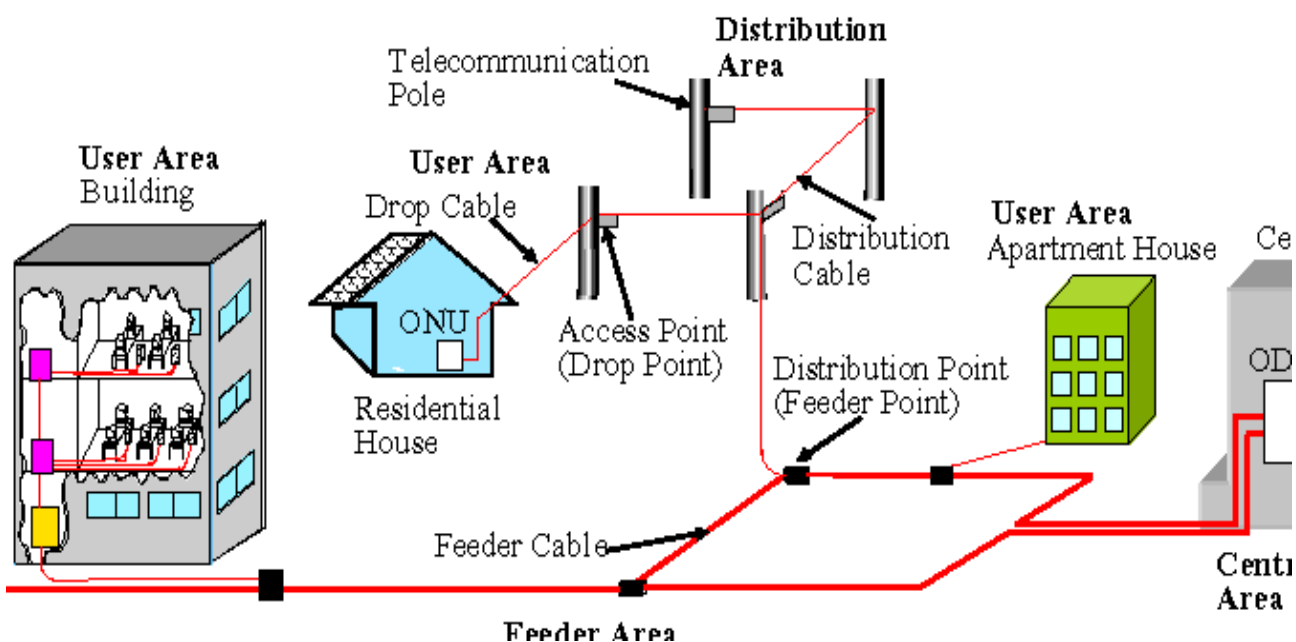


Slika 34. Speedtest

Izvor: Autor

5 POSTAVLJANJE SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Svjetlovodna mreža je komunikacijski sustav koji, umjesto elektroničkih, koristi svjetlosne signale za slanje informacija u mreži. Oprema optičke mreže obuhvaća: optičke prijemnike i odašiljače, optičke kabele (*engl. optical cable*), optičke preklopnike (*engl. Optical Switch*) i druge optičke komponente. Najveća prednost optičke mreže je brzina prijenosa podataka koja se može postići. Koriste se topologije *point to point* i *point to multipoint* za postavljanje optičke mreže[17].



Slika 35. Optička mreža

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Outside-plant-architecture-of-fiber-based-access-Kim-Lee/e964022f35bbd2652249bf1be01e4e8583ef50ff> (22.5.2022)

5.1 Projektiranje svjetlovodne mreže

Svjetlovodnu distribucijsku mrežu projektiraju projektanti mreža prema pravilniku o svjetlovodnim distribucijskim mrežama izdanim od strane HAKOM-a¹⁸ u kojem je propisan način postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže kao otvorene mreže koja omogućuje pristup i zajedničko korištenje svih operatora usluga s ciljem smanjenja troškova i izbjegavanja nepotrebnog multipliciranja mreža[18].

¹⁸ HAKOM-predstavlja pokratu za Hrvatsku regulatornu agenciju za mrežne djelatnosti

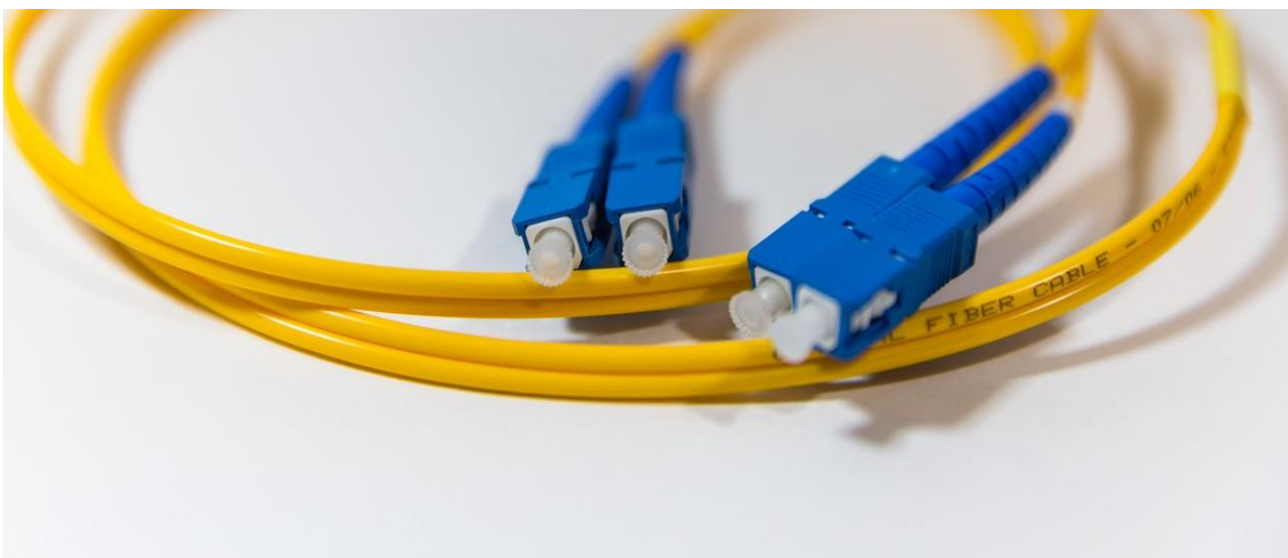
Kod projektiranja najprije treba označiti kuće ili zgrade koje će biti dio te mreže, zatim mjesto za distribucijski čvor. Na temelju tih i ostalih podataka radi se troškovnik. Optička mreža se može postavljati nadzemno ili podzemno, ovisno o isplativosti i mogućnostima izgradnje.

5.2 Izgradnja svjetlovodne mreže

Nakon što je mreža projektirana, građevinski tehničari izlaze na teren te započinju s procesom izgradnje mreže. Taj proces podrazumijeva pripremu kablova, postavljanje distribucijskih ormara, postavljanje optičkih prespojnih panela (*engl. patch panel*) u distribucijski ormar, povezivanje distribucijskih čvorova i korisničkih objekata te postavljanje optičkih spojnica.

5.2.1 Optički kabel

Optički kabel predstavlja mrežni kabel koji sadrži niti staklenih ili plastičnih vlakana. Nitima se prenose komunikacijski signali pomoću impulsa svjetlosti koje generiraju LED diode¹⁹ ili mali laseri. U praksi se najviše koriste dvije vrste optičkog kabela: „simpleks“ i „dupleks“. Jednožilni ili „simplex“ koristi se za jednosmjerni prijenos podataka. Višežilni ili „duplex“ ima više niti i koristi se za dvosmjernan prijenos podataka[19].



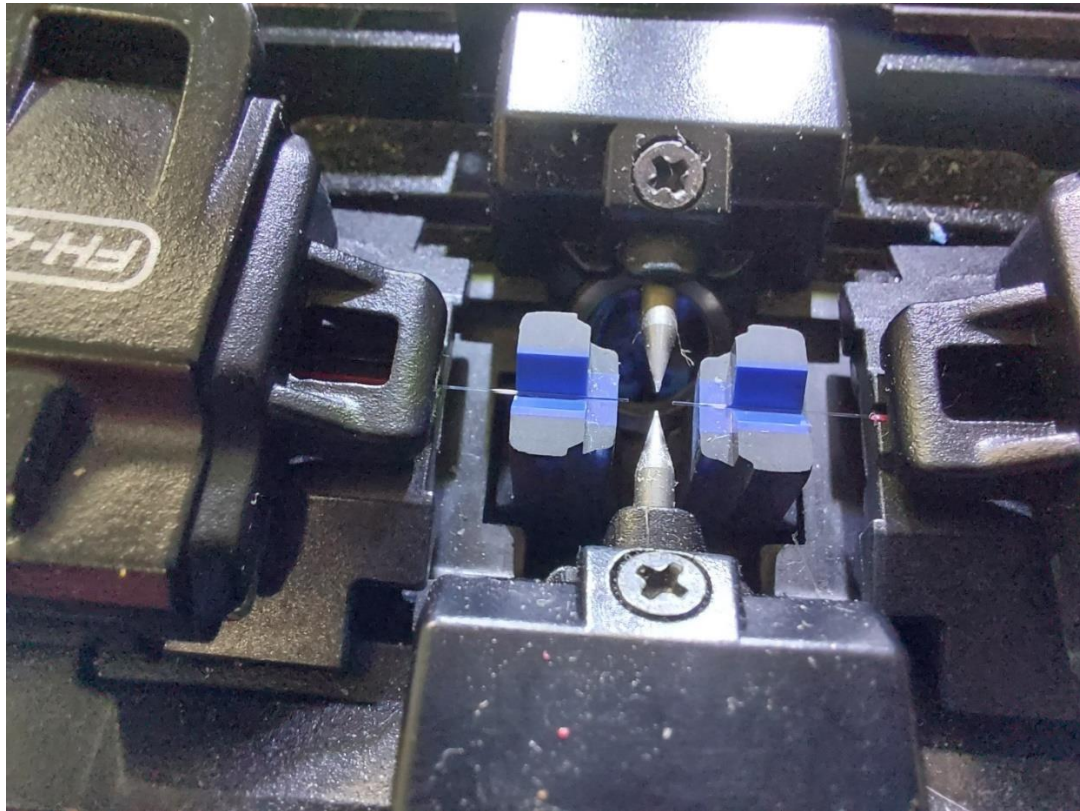
Slika 36. Optički kabel

Izvor: <https://www.techreviewer.com/learn-about-tech/fiber-optic-network/> (24.5.2022)

Optički kablovi mogu se spojiti na dva načina: varenjem optičkih vlakana i spajanjem vlakana konektorom. Varenje optičkih vlakana je tehnika koja se koristi za spajanje dva optička vlakna. Ova tehnika koristi se u optičkoj mreži da bi se formirale duge optičke veze za bolji i daljinski prijenos

¹⁹ LED diode- poluvodički elektronički element koji pretvara električni signal u optički signal(svjetlost)

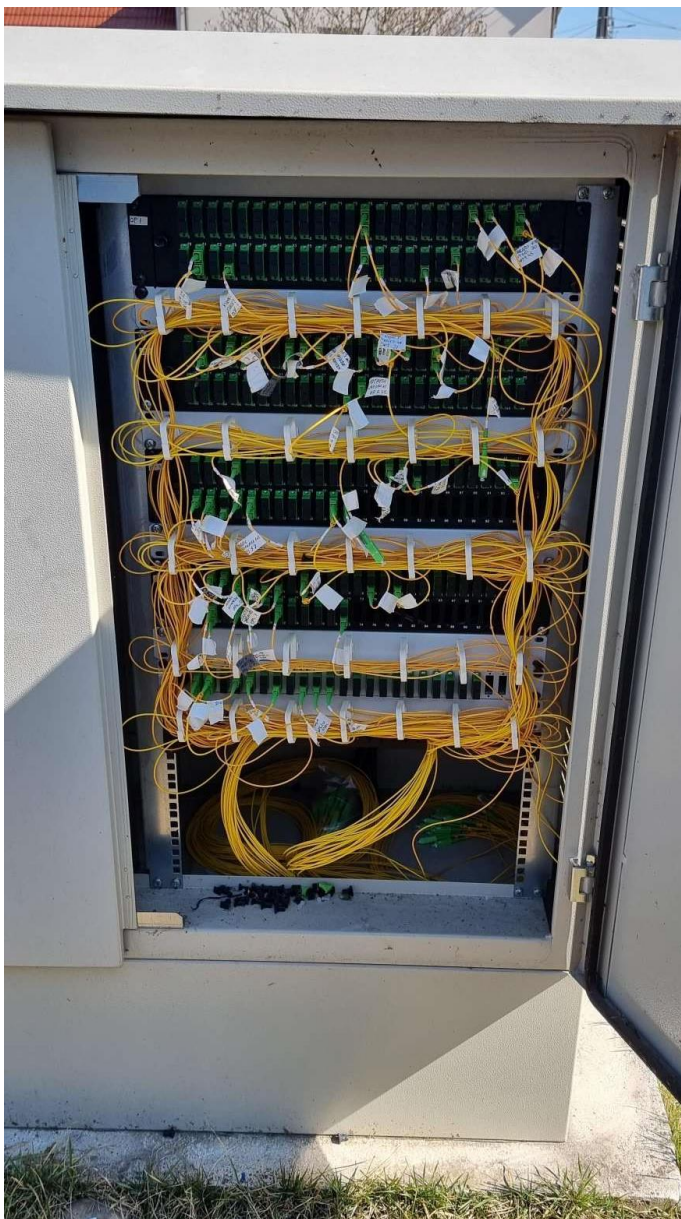
optičkog signala. Postoji više načina spajanja optičkih vlakana, ali u praksi se najviše koristi tehnika spajanja fuzijom. U ovoj tehnici koristi se elektronički instrument koji stvara toplinsku vezu između dva optička vlakna. Najprije se dva vlakna poravnaju i pričvrste te se pokreće zagrijavanje koje topi krajeve vlakana, a zatim ih spaja. Nakon što se stvori veza između vlakana, njihov se spoj prekriva polietilenskim omotačem ili plastičnim premazom da bi se zaštitio sam spoj[20].



Slika 37. Varenje optike
Izvor: Autor

5.2.2 Distribucijski čvor

Distribucijski čvor (DČ) je točka koncentracije dolaznih kablova svjetlovodne distribucijske mreže i odlaznih pristupnih svjetlovodnih kablova koji vode do optičke razvodne kutije unutar zgrade ili optičke spojnice[18]. Distribucijski čvor se realizira pomoću optičkih prespojnih panela koji djeluju kao spojne točke za međusobno povezivanje više optičkih vlakana[21]. Može biti smješten u uličnom razvodnom optičkom ormaru ili u tehničkom prostoru građevine koja služi za smještaj mrežne elektroničke opreme.



Slika 38. Distribucijski čvor
Izvor: Autor

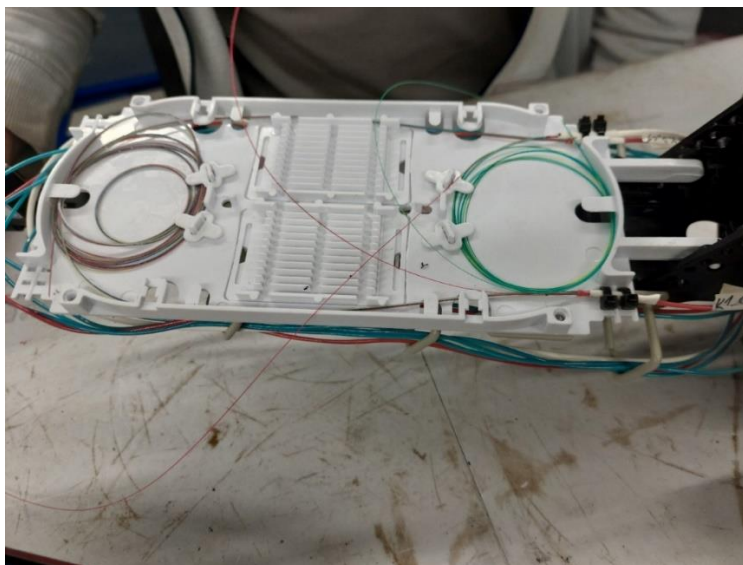
Optička razvodna kutija predstavlja sučelje vanjske pristupne elektroničke komunikacijske mreže ili ENI (engl. *External Network Interface*). To sučelje je granica između javne pristupne mreže i mreže korisničkog objekta (zgrade, kuće, ureda). Optička razvodna kutija postavlja se u hodnik zgrade ili unutar korisničkog objekta[18].



Slika 39. Optička razvodna kutija

Izvor: <https://www.fiber-optic-components.com/fiber-termination-box-overview.html> (25.5.2022)

Optičku spojnicu je najlakše definirati kao čvorište gdje se dolazni optički signal dijeli na više izlaznih signala tako da se na kaseti koja se nalazi u spojnici zavare određene optičke niti po shemi izdanoj od projektanta mreže. Nakon složenog procesa, spojnica se zatvara da bi vlakna bila zaštićena od vanjskih uvjeta.



Slika 40. Kaset iz spojnice

Izvor: Autor

6. ZAKLJUČAK

Danas je infrastruktura mreža mnogo razvijenija nego u svojim počecima. Koristeći jednostavne mrežne topologije *point to point* i *point to multipoint* moguće je spojiti korisnika na internetsku mrežu neovisno o njegovom geografskom položaju.

Bežična mreža ostvaruje se tako da povežemo korisnika koristeći samo pretplatnički modul i baznu stanicu. Pri postavljanju pretplatničkog modula, važno je da bude usmjeren prema baznoj stanici da bi se mogao povezati. Nakon što se montira pretplatnički modul, on se mora konfigurirati. Koristeći proces strukturnog kabliranja potrebno je dovesti kabel od pretplatničkog modula do usmjerivača. Usmjerivač je uređaj koji usmjerava mrežni promet prema određenim protokolima, a da bi obavljao tu zadaću na pravilan način mora se konfigurirati. U konfiguraciju spada postavljanje DHCP klijenta, DHCP poslužitelja, NAT-a, IP skupa i nekih drugih opcionalnih postavki. Nakon postavljanja mreže potrebno ju je testirati da bi se utvrdilo je li brzina zadovoljavajuća te je li došlo do prekida u nekom dijelu mreže. Bežična mreža ima brojne prednosti kao što su laka implementacija i održavanje, no nedostatak joj je što je podložna interferenciji signala. Njome se mogu ostvariti velike brzine prijenosa podataka, ali ni približno velike kao kod optičke mreže. Optička mreža je mreža koja radi na principu prijenosa podataka svjetlom, a ne električnim impulsom. Postiže velike brzine, ali zahtijeva projektiranje projektanata i protezanje optičkih kablova te postavljanje optičkih čvorišta. Čvorište optičke mreže naziva se distribucijski čvor, a to je zapravo mjesto dolaska dolaznog optičkog kabla i njegovog grananja u odlazne optičke kablove koji odlaze do korisničkog objekta.

7. POPIS LITERATURE

- [1] Point-to-point
<https://www.finchmagician.com/video-conferencing/point-to-point> (6.3.2022.)
- [2] Point-to-multipoint topology
https://itlaw.fandom.com/wiki/Point-to-multipoint_topology (14.3.2022.)
- [3] Point-to-Point and Point-to Multipoint Wireless
<https://www.cablefree.net/wireless-technology/difference-point-point-point-multipoint/>(20.3.2022.)
- [4] Strukturno kabliranje
<https://informatika.buzdo.com/s862-intranet-strukturno-kabliranje.htm> (10.4.2022.)
- [5] T568a vs T568b: Which To Use
<https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/t568a-vs-t568b>(12.4.2022.)
- [6] What is a router?
<https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-router/> (29.4.2022.)
- [7] DHCP
https://www.cisco.com/assets/sol/sb/RV320_Emulators/RV320_Emulator_v1-2-1-14/help/DHCP.html (2.5.2022.)
- [8] Mikrotik Bridge Configuration Step by Step
<https://mo-nirul.blogspot.com/2021/07/mikrotik-bridge-configuration-step-by.html>(10.5.2022)
- [9] Managing IP Address Pools
https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/prime/network/4-2-3/user/guide/CiscoPrimeNetwork423UserGuide/ip-pool.pdf (5.5.2022.)
- [10] What is a DHCP Server?
<https://www.infoblox.com/glossary/dhcp-server/> (8.5.2022.)
- [11] Dynamic Host Configuration Protocol
<https://www.efficientip.com/what-is-dhcp-and-why-is-it-important/> (9.5.2022.)
- [12] What is a DNS Server?
<https://www.cdnetworks.com/web-performance-blog/what-is-a-dns-server/>(12.5.2022.)
- [13] Network Time Protocol (NTP)
<https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Network-Time-Protocol>(13.5.2022.)
- [14] Network Address Translation
<https://avinetworks.com/glossary/network-address-translation/>(15.5.2022.)
- [15] Mikrotik wireless: Which channel width is best? 20MHz or 40MHz?
<https://www.timigate.com/2018/02/mikrotik-wireless-which-channel-width.html>(16.5.2022.)
- [16] Ping
<https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/ping> (16.5.2022.)
- [17] Overview of Optical Networking
<https://www.technologyreview.com/2002/01/22/235271/overview-of-optical-networking/>(10.5.2022.)
- [18] SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE (SDM)
<https://www.hakom.hr/hr/svjetlovodne-distribucijske-mreze-sdm/2690> (23.5.2022)
- [19] What Is Fiber Optic Cable?
<https://www.lifewire.com/fiber-optic-cable-817874> (22.5.2022.)
- [20] Spajanje optičkih vlakana

- [21] <https://illustrationprize.com/hr/295-splicing-of-optical-fibers.html> (24.5.2022.)
Patch Panel vs. Switch: What Is the Purpose of Each?
<https://www.fiberonellc.com/patch-panel-vs-switch/> (25.5.2022.)

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Shema Point-to-Point.....	6
Slika 2. Point-to-Point Antena.....	7
Slika 3. Princip rada Point-to-Multipoint	8
Slika 4. Prikaz stupa sa baznim stranicama	9
Slika 5. Simulacija mreže	11
Slika 6. Pretplatnički modul na nosaču.....	12
Slika 7. Cambium force 300-13 pretplatnički modul	13
Slika 8. Cambium force 300-16 pretplatnički modul	13
Slika 9. Cambium force 300-19 pretplatnički modul	14
Slika 10. Standardi krimpanja.....	15
Slika 11. LAN konektor.....	16
Slika 12. Početna stranica cambium web sučelja	17
Slika 13. Upgrade cambium web sučelje.....	17
Slika 14. Quick Start.....	18
Slika 15. Postavljanje mrežnih opcija.....	19
Slika 16. Postavljanje općenitih opcija.....	20
Slika 17. Opcija eAlign.....	21
Slika 18. Test propusnosti.....	21
Slika 19. Backup/Restore konfiguracije	22
Slika 20. Mikrotik Router	23
Slika 21. POE adapter.....	24
Slika 22. DHCP Client.....	25
Slika 23. Kreiranje virtualnog mosta	25
Slika 24. Postavljanje portova u bridge	26
Slika 25. Dodavanje adrese za bridge.....	27
Slika 26. Slika IP Pool	28
Slika 27. DHCP Server	29
Slika 28. DHCP Networks	30
Slika 29. NAT.....	31
Slika 30. NAT-Action.....	31
Slika 31. Wireless	32
Slika 32. Security Profile	33
Slika 33. Ping.....	34
Slika 34. Speedtest.....	34
Slika 35. Optička mreža.....	35
Slika 36. Optički kabel.....	36
Slika 37. Varenje optike.....	37
Slika 38. Distribucijski čvor	38
Slika 39. Optička razvodna kutija.....	39
Slika 40. Kasetna iz spojnice	39