

# Konfiguriranje usmjerivača za bežični pristup

---

Viljevac, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:334648>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

**KONFIGURIRANJE USMJERIVAČA ZA BEŽIČNI  
PRISTUP**

**Završni rad**

**Josipa Viljevac**

**Osijek, 2017.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 22.09.2017.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Josipa Viljevac
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	3981, 18.07.2014.
<b>OIB studenta:</b>	98256065109
<b>Mentor:</b>	Prof.dr.sc. Drago Žagar
<b>Sumentor:</b>	Dr.sc. Višnja Križanović-Čik
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Konfiguriranje usmjerivača za bežični pristup
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Telekomunikacije i informatika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	22.09.2017.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	27.09.2017.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTIRADA**

Osijek, 27.09.2017.

Ime i prezime studenta:	Josipa Viljevac
Studij:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	3981, 18.07.2014.
Ephorus podudaranje [%]:	2%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Konfiguriranje usmjerivača za bežični pristup**

izrađen pod vodstvom mentora Prof.dr.sc. Drago Žagar

i sumentora Dr.sc. Višnja Križanović-Čik

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.  
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada.....	1
2. IEEE STANDARDI ZA BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA U LAN MREŽAMA.....	2
2.1. IEEE 802.11 standardi.....	2
2.1.1. 802.11 fizički sloj .....	2
2.1.2. 802.11 MAC podsloj .....	3
2.2. 802.11a standard.....	4
2.3. 802.11b standard .....	4
2.4. 802.11g standard .....	5
2.5. 802.11n standard .....	6
2.6. 802.11ac standard.....	6
3. TOPOLOGIJE BEŽIČNIH MREŽA .....	7
3.1. Pristupna točka .....	7
3.1.1. Pregled i usporedba načina rada pristupnih točaka .....	8
3.1.1.1. Korijski način rada pristupnih točaka .....	8
3.1.1.2. Most način rada pristupnih točaka.....	8
3.1.1.3. Ponavljački način rada pristupnih točaka .....	9
3.2. Neovisni (ad hoc) WLAN .....	10
3.2.1. Prednosti i nedostaci.....	10
3.2.2. Uvjeti za postavljanje ad hoc mreže .....	11
3.3. Infrastrukturni WLAN.....	12
3.4. Usporedba infrastrukturnog i ad hoc načina rada.....	12
4. KONFIGURIRANJE USMJERIVAČA ZA BEŽIČNI PRISTUP .....	13
4.1. Izbor MikroTik usmjerivača.....	13
4.2. Konfiguracija MikroTik usmjerivača kao pristupne točke.....	13
5. ZAKLJUČAK .....	23
Literatura .....	24
Sažetak .....	25
ŽIVOTOPIS .....	25

# 1. UVOD

Uloga pristupnih točaka jest osigurati bežično pokrivanje na onim područjima gdje je to potrebno. Zadatak ovog završnog rada je konfigurirati usmjerivač kao pristupnu točku, te uspostaviti i testirati konekciju s ostalim čvorovima u testnoj računalnoj mreži. U drugom poglavlju navedeni su i opisani IEEE standardi za bežični prijenos podataka koji se koriste u LAN mrežama, te su izdvojene prednosti i nedostaci pojedinih standarda. U trećem poglavlju opisano je što su to pristupne točke, gdje se koriste, te je dan pregled i usporedba načina rada pristupnih točaka. Isto poglavlje sadrži još i usporedbu infrastrukturnog i ad hoc WLAN-a, te njihove prednosti i nedostatke. U četvrtom poglavlju uvodno su navedene karakteristike MikroTik usmjerivača i razlozi zbog kojih je njihova primjena pogodna pri konfiguriranju pristupne točke. Zatim je kroz pojedine korake opisano kako se konfigurira usmjerivač kao bežična pristupna točka, odnosno koje su to osnovne postavke koje određuju da će MikroTik usmjerivač služiti kao pristupna točka. Na kraju istog poglavlja, dan je pregled konfiguriranja MikroTik usmjerivača kao bežične pristupne točke, te je uspostavljena i testirana konekcija s ostalim čvorovima u kreiranoj testnoj računalnoj mreži.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak završnog rada je opisati mogućnost primjene usmjerivača kao bežične pristupne točke uz primjenu IEEE 802.11 standarda za bežičnu komunikaciju. U praktičnom dijelu rada je potrebno MikroTik RouterOS usmjerivač konfigurirati kao bežičnu pristupnu točku, te uspostaviti i testirati konekciju s ostalim čvorovima u kreiranoj testnoj računalnoj mreži.

## **2. IEEE STANDARDI ZA BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA U LAN MREŽAMA**

LAN je lokalna računalna mreža koja međusobno povezuje raznovrsne uređaje unutar ograničenog područja [14]. WLAN (engl. *Wireless Local Area Network*) je vrsta lokalne računalne mreže (*LAN*). WLAN kao bežična lokalna mreža omogućuje bežično povezivanje sučelja na kratkim udaljenostima uz primjenu radio ili infracrvenih signala umjesto tradicionalnog umrežavanja kablovima. WLAN standardi definiraju način bežičnog pristupa Internetu. Među osnovnim WLAN standardima su IEEE 802.11 i ETSI HiPeRLAN. Oba standarda imaju nekoliko svojih inačica koje omogućuju različite brzine prijenosa podataka te djeluju u različitim dijelovima radio spektra [1]. Unutar bežičnih lokalnih mreža mogu se povezati uređaji poput mobitela, laptopa, tableta, internet zvučnih sustava, igračih konzola te drugih krajnjih uređaja. WLAN može sadržavati od dva do sto i više uređaja, međutim složenost održavanja i upravljanja mrežom raste s porastom broja uređaja. Uređaji povezani u WLAN mrežu razmjenjuju podatke preko svojih ugrađenih radio predajnika i prijemnika. Bežične lokalne mreže mogu biti definirane na jedan od sljedećih načina: ad hoc ili infrastrukturni način [2]., naknadno opisani u ovom radu.

### **2.1. IEEE 802.11 standardi**

IEEE 802.11 je skup standarda koji definiraju komunikaciju na fizičkom sloju i sloju linka podataka. Bežične lokalne mreže omogućuju komunikaciju između umreženih uređaja u frekvencijskim pojasevima od 900 MHz te 2.5 GHz, 3.6 GHz, 5 GHz i 60 GHz. Oni su definirani od strane LAN/MAN Odbora za standarde, te od strane IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronical Engineers*) organizacije. Osnovna inačica standarda objavljena je 1997. godine, a naknadno je unaprijeđena. Takvi standardi definiraju način komunikacije u bežičnim mrežama. Kako nastaju novije inačice IEEE standarda, starije inačice polako izlaze iz upotrebe [3].

#### **2.1.1. 802.11 fizički sloj**

Originalni 802.11 standard definira dvije različite tehnologije koje se primjenjuju na fizičkoj razini bežičnih LAN-ova:

- raspršeni spektar varirajućih frekvencija (engl. *Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS*)

- raspršeni spektar izravnog sekvenciranja (engl. *Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS*) [7].

Obje tehnologije funkcioniraju u 2.4 GHz ISM (engl. *Industrial, Scientific and Medical*) opsegu. Organizacija FCC (engl. *Federal Communications Commission*) u SAD-u odredio je ovaj dio frekvencijskog spektra za ISM nelicenciranu upotrebu. Europska komisija je također izdala odgovarajuću preporuku s ciljem usklađivanja javnog korištenja bežičnih LAN-ova u 2.4 GHz i 5 GHz opsezima u zemljama članicama EU. Svaki od fizičkih slojeva ima jedinstven PLCP (engl. *Physical Layer Convergence Procedure*) i PMD (engl. *Physical Medium Dependent*) podsloj. IEEE 802.11 standard specificira brzine prijenosa podataka od 1 Mbps i 2 Mbps, te sljedeće tehnologije [7]:

a) FHSS

FHSS (engl. *Frequency Hopping Spread Spectrum*), odnosno raspršeni spektar varirajućih frekvencija koristi frekvencijsku okretnost za slanje podataka na širini frekvencijskog pojasa koji iznosi 83.5 MHz. Frekvencijska okretnost definira sposobnost radija da naglo mijenja frekvencije slanja unutar korisnog RF opsega. U slučaju varirajućih frekvencija bežičnih LAN-ova korisni dio 2.4 GHz ISM opsega, širina frekvencijskog pojasa iznosi 83.5 MHz prema FCC propisima i 802.11 standardu [7].

b) DSSS

DSSS (engl. *Direct Sequence Spread Spectrum*) je vrlo poznata i korištena tehnologija raspršenog spektra. DSSS tehnologija je stekla popularnost zahvaljujući lakoći implementacije i visokim brzinama prijenosa. DSSS je metoda slanja podataka u kojoj sustavi koji šalju i primaju podatke rade na širini frekvencijskog pojasa koji iznosi 22 MHz [7].

### **2.1.2. 802.11 MAC podsloj**

802.11 MAC okvir, prikazan slikom 2.1., opisuje se kao niz polja određenog redoslijeda, a sastoji se od: MAC zaglavlja (engl. *MAC header*), tijela okvira (engl. *Frame Body*) i FCS-a (engl. *Frame Check Sequence*). MAC zaglavlje se sastoji od: kontrole okvira (engl. *Frame Control*), trajanja/ID (engl. *Duration/ID*), adrese (engl. *Address*) i kontrole sekvence (engl. *Sequence Control*). Tijelo okvira sadrži informacije specifične za tip okvira. FCS sadrži IEEE 32-bitni CRC (engl. *Cyclic Redundancy Code*), koji se koristi za provjeru dugih sekvenci bitova u logičkom bloku podataka [7].



Uopćen izgled 802.11 MAC okvira								
MAC zaglavlje								
Kontrola Okvira	Trajanje/ID	Adresa 1	Adresa 2	Adresa 3	Kontrola Sekvence	Adresa 4	Tijelo Okvira	FCS
2 bajta	2 bajta	6 bajta	6 bajta	6 bajta	2 bajta	6 bajta	0-2312 bajta	4 bajta

Slika 2.1. Uopćen izgled 802.11 MAC okvira [7].

## 2.2. 802.11a standard

IEEE je stvorio nove inačice originalnog 802.11 standarda i nazvao ih 802.11a i 802.11b. Kako je 802.11b stekao popularnost mnogo brže od 802.11a, iako su oba standarda stvorena u isto vrijeme, zbog razlike u cijeni implementacije 802.11a se uobičajeno koristi u poslovnim okruženjima, dok je primjena 802.11b namijenjena kućanstvima. 802.11a radi u frekvencijskom području koje iznosi oko 5 GHz, te ima brzinu prijenosa podataka u iznosu od 54 Mbps [15]. Viša frekvencija znači da 802.11a signali imaju veće gubitke pri prolazu kroz zidove ili druge prepreke. Budući da 802.11a i 802.11b koriste različite frekvencije, one su nekompatibilne jedna s drugom. Neki mrežni proizvođači nude hibridnu opremu zvanu 802.11a/b, no ova rješenja mogu biti implementirana jedino usporedno (svaki od spojenih uređaja mora koristiti ili jedan ili drugi standard). Prema izvoru [4], slijedi pregled prednosti i nedostataka 802.11a standarda.

Prednosti 802.11a:

- velika brzina prijenosa podataka, 54 Mbps,
- usklađene frekvencije sprječavaju interferenciju signala ostalih uređaja.

Nedostaci 802.11a:

- viša cijena u odnosu na 802.11b standard,
- kratak domet signala.

## 2.3. 802.11b standard

IEEE je proširio originalni 802.11 standard u srpnju 1999. godine, kada je stvorena 802.11b specifikacija. Inačica 802.11b ima brzinu prijenosa signala u iznosu od 11 Mbps, te radi na frekvencijskom pojasu širine 2.4 GHz, što je usporedivo s tradicionalnim Ethernetom.

Proizvođači obično preferiraju korištenje tih frekvencija jer im omogućuje širu primjenu uređaja koji rade na istim frekvencijskim područjima. Budući da je neusklađena, 802.11b oprema se može izložiti interferenciji mikrovalnih pećnica, bežičnih telefona te ostalih uređaja koji koriste isto područje frekvencija od 2.4 GHz [15]. Međutim, pri instaliranju 802.11b opreme na dovoljnoj udaljenosti od ostalih uređaja moguće je izbjeći interferenciju. Prema izvoru [4], slijedi pregled prednosti i nedostataka 802.11b standarda.

Prednosti 802.11b:

- niža cijena u odnosu na 802.11a standard,
- veći domet signala u odnosu na 802.11a standard,
- manja osjetljivost na smetnje u odnosu na 802.11a.

Nedostaci 802.11b:

- niža maksimalna brzina u odnosu na osnovni 802.11 standard,
- uređaji u kućanstvu mogu uzrokovati interferenciju u neusklađenim frekvencijskim područjima.

## **2.4. 802.11g standard**

U 2002. i 2003. godini, na tržištu su se pojavili WLAN proizvodi koji su podržavali noviji standard pod imenom 802.11g. Standard 802.11g je bio pokušaj spajanja najboljih kvaliteta obiju prethodnih standarda 802.11a i 802.11b. Radi u frekvencijskom području koje iznosi oko 2.4 GHz frekvencije za što bolji domet, te ima brzinu prijenosa podataka u iznosu od 54 Mbps [15]. Standard 802.11g je obrnuto kompatibilan s 802.11b što znači da pristupne točke standarda 802.11g rade sa 802.11b bežičnim mrežnim adapterima i obratno. Prema izvoru [4], slijedi pregled prednosti i nedostataka 802.11g standarda.

Prednosti 802.11g:

- velika brzina od 54 Mbps,
- veći domet signala u odnosu na 802.11b,
- manja osjetljivost na smetnje u odnosu na 802.11b.

Nedostaci 802.11g:

- viša cijena u odnosu na 802.11b standard,
- kućni uređaji mogu stvarati interferenciju na neusklađenim signalnim frekvencijama.

## **2.5. 802.11n standard**

Standard 802.11n (poznat i pod imenom „Wireless N“) dizajniran je kako bi proširio raspon frekvencijskog pojasa koji koristi višestruke bežične signale i antene umjesto jedne. Ima brzinu prijenosa podataka u iznosu od 300 Mbps [15]. Standard 802.11n također nudi i nešto bolji domet od prijašnjih standarda upravo zbog više snage signala te zato što je obostrano kompatibilan s opremom 802.11b/g standarda. Prema izvoru [4], slijedi pregled prednosti i nedostataka 802.11n standarda.

Prednosti 802.11n:

- velika brzina, 300 Mbps
- veći domet signala u odnosu na 802.11g,
- manja osjetljivost na interferenciju signala u odnosu na 802.11g.

Nedostaci 802.11n:

- standard još uvijek nije dovršen,
- cijena mu je viša u odnosu na 802.11g standard,
- korištenje višestrukih signala može dovesti do interferencije s obližnjim mrežama temeljenim na 802.11b/g standardu.

## **2.6. 802.11ac standard**

802.11ac je standard za bežične mreže koji je napredniji od prijašnjih generacija 802.11n standarda. Oslanjajući se na prijašnju, ne toliko poznatu, originalnu verziju 802.11 standarda koja seže i do 1997. godine, 802.11ac predstavlja petu generaciju standarda. U usporedbi s 802.11n, i ostalim standardima koji su nastali prije njega, 802.11ac nudi bolju mrežnu izvedbu i mogućnost implementiranja kroz naprednije hardvere i ugrađene softvere [5].

### 3. TOPOLOGIJE BEŽIČNIH MREŽA

#### 3.1. Pristupna točka

Pristupne točke (engl. *Access Point – AP*) su komunikacijski uređaji u bežičnim lokalnim mrežama koji se ponašaju kao središnji predajnik i prijemnik bežičnih radio signala. Standardne bežične pristupne točke podržavaju prethodno navedene standarde i najčešće se koriste u javnim internetskim hotspot-ovima i ostalim poslovnim mrežama u većim zgradama i prostorima gdje je potrebno bežično pokrivanje. Za bežične pristupne točke u mobilnim mrežama se može koristiti termin bazna stanica (engl. *base station*). Bežični usmjerivači koji se koriste pri kućnom umrežavanju sadrže pristupne točke koje su ugrađene u hardver te koje mogu djelovati sa samostalnim jedinicama pristupnih točki. Nekolicina isporučitelja koji koriste WLAN opremu proizvodi i pristupne točke. Hardver pristupnih točki se sastoji od radio primopredajnika, antena te ugrađene programske podrške. Hotspotovi najčešće sadrže jednu ili više bežičnih pristupnih točaka kako bi područje pokrivenosti bilo bolje. Poslovne mreže najčešće se sastoje od više pristupnih točki, dok većina domova zahtijeva samo jednu pristupnu točku kako bi se pokrilo određeno područje. Utvrđivanje optimalne lokacije za instalaciju skupa pristupnih točaka može biti zahtjevna zadaća jer je za pokrivanje određenog područja potreban pouzdan signal. Mreža se u kućanstvima može proširiti tako što se mreži dodaje bežična pristupna točka, dok se u poslovnim područjima proširivanje mreže ostvaruje postavljanjem skupa pristupnih točaka kako bi se pokrila određena lokacija. Pristupne točke omogućuju takozvani infrastrukturni način umrežavanja. Dodatne pristupne točke omogućuju WLAN mrežama da dosegnu veće udaljenosti i veći broj klijenata. Moderne pristupne točke podržavaju i do 255 klijenata (dok one stare podržavaju samo oko 20). Pristupne točke također omogućuju spajanje WLAN mreža sa žičnim mrežama.

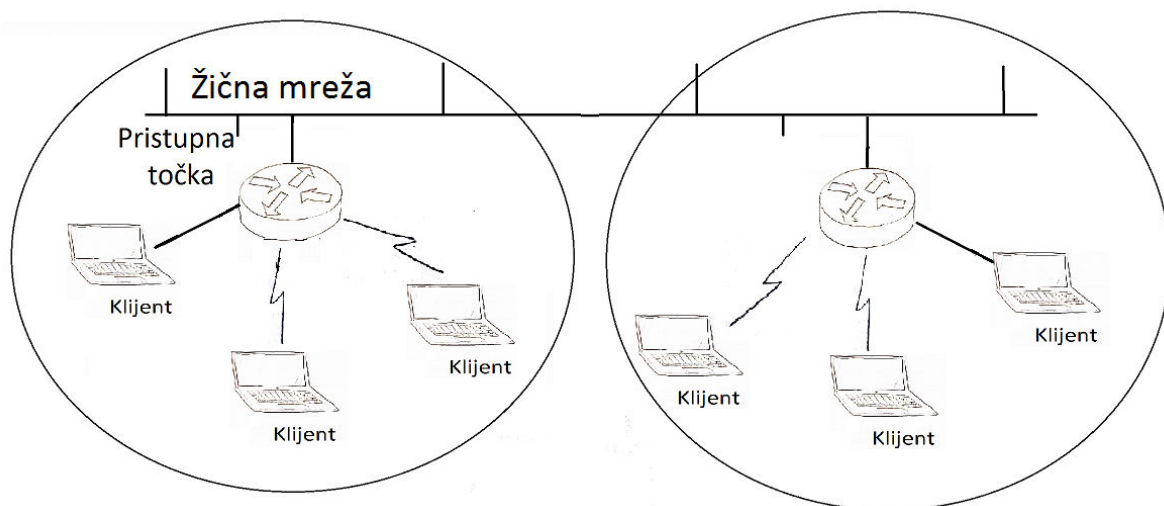
Prvu bežičnu pristupnu točku proizvela je tvrtka Proxim Corporation 1994. godine pod brendom RangeLAN2. Pristupne točke su doseglye masovno prihvaćanje ubrzo nakon što su se devedesetih godina 20. stoljeća u prodaji pojavili prvi komercijalni bežični proizvodi. Prvih godina su se pristupne točke zvale WAP uređaji, dok je kroz vrijeme izraz WAP zamijenjen izrazom AP. Ovo je načinjeno kako ne bi došlo do zabune jer je WAP skraćenica korištena i za Wireless Application Protocol [6].

### 3.1.1. Pregled i usporedba načina rada pristupnih točaka

Pristupne točke komuniciraju s bežičnim klijentima, žičnom mrežom te s drugim pristupnim točkama. One mogu biti konfigurirane za rad na tri različita načina: korijenski, most ili ponavljački. IEEE ne definira ni jedan od ovih načina rada. Za standardne operacije pristupnih točaka mogli bismo reći da rade u korijenskom načinu rada, dok su drugi načini zapravo proširenja funkcionalnosti pristupnih točaka koje dodaju proizvođači.

#### 3.1.1.1. Korijenski način rada pristupnih točaka

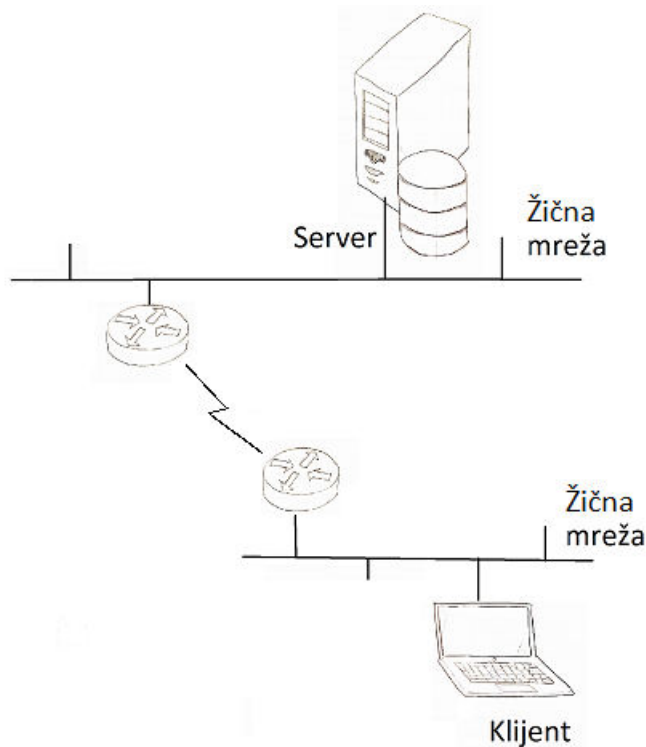
Korijenski način se koristi u slučajevima kad je pristupna točka povezana sa žičnom mrežom, najčešće preko svog, obično Ethernet, sučelja. Većina pristupnih točaka je po pretpostavci konfigurirana za rad u korijenskom načinu, koji je prikazan slikom 3.1.. Pristupne točke u korijenskom načinu rada koje su povezane na isti žični prijenosni sustav mogu komunicirati međusobno preko žičnog mrežnog segmenta. Pristupne točke komuniciraju međusobno radi koordiniranja roaming funkcija. Bežični klijenti mogu komunicirati s drugim bežičnim klijentima koji su locirani u drugim ćelijama kroz svoje pristupne točke putem žičnog mrežnog segmenta.



Slika 3.1. Prikaz pristupne točke u korijenskom načinu rada

### 3.1.1.2. Most način rada pristupnih točaka

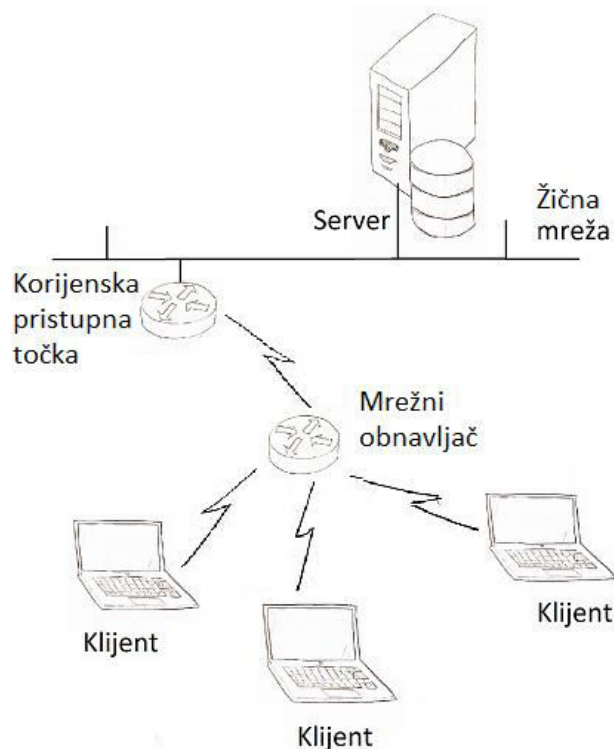
U most načinu rada pristupna točka se ponaša kao bežični most. Slika 3.2. prikazuje most način rada pristupne točke. Klijenti se ne pridjeljuju mostovima već se mostovi koriste za povezivanje dva ili više mrežnih segmenata bežičnim putem.



Slika 3.2. Prikaz pristupne točke u most načinu rada

### 3.1.1.3. Ponavljački način rada pristupnih točaka

U ponavljačkom načinu rada, koji je prikazan slikom 3.3., pristupna točka omogućuje produženje bežične veze. Na primjer, jedna pristupna točka služi kao korijenska pristupna točka, a druga kao bežični mrežni obnavljač. Pristupna točka u ponavljačkom načinu rada se povezuje s klijentima kao pristupna točka, a s korijenskom pristupnom točkom u produžetku kao klijent. Korištenje pristupne točke u ponavljačkom načinu rada nije preporučljivo, osim ako nije apsolutno nužno. Čelije oko svake pristupne točke u ovom scenariju moraju se preklapati. Preklapanje treba iznositi minimalno oko 50%. Pristupna točka u ponavljačkom načinu rada komunicira s klijentima, a također i s pristupnom točkom pomoću bežične veze, čime se smanjuje propusnost i povećava kašnjenje na bežičnom segmentu mreže [7].



Slika 3.3. Prikaz pristupne točke u ponavljačkom načinu rada

## 3.2. Neovisni (ad hoc) WLAN

Ad hoc mreže su lokalne mreže koje su također poznate i kao P2P (engl. *peer-to-peer*) mreže upravo iz razloga što uređaji direktno ostvaruju komunikaciju. Kao i kod P2P konfiguracije, ad hoc mreže podrazumijevaju malu grupu uređaja koji su blizu jedni drugima. Drugim riječima, bežična je ad hoc mreža način povezivanja više bežičnih uređaja koji ne koriste centralni uređaj kako bi se ostvarila komunikacija. Svaki uređaj/čvor spojen na ad hoc mrežu prosljeđuje podatke drugim uređajima/čvorovima. Kako ad hoc zahtjeva minimalnu konfiguraciju, te se čvorovi u mreži vrlo brzo mogu razmjestiti, ad hoc je zapravo vrlo pametno rješenje kada je potrebno postaviti malu, privremenu i jeftinu bežičnu lokalnu mrežu, tj. WLAN. Ad hoc također služi kao privremeno rezervno rješenje ukoliko dođe do kvara opreme koja se koristi za infrastrukturnu mrežu.

### 3.2.1. Prednosti i nedostaci

Ad hoc mreže su očito vrlo korisne, ali samo pri određenim uvjetima. Iako ih se vrlo lako konfigurira te su vrlo učinkovite za ono za što su namijenjene, ponekad nisu najbolje rješenje.

Prednosti ad hoc mreže:

- Upravo iz razloga što ad hoc mreže ne zahtijevaju pristupnu točku, one predstavljaju jeftin način ostvarivanja klijent-klijent komunikacije.

- Lako se konfiguriraju te pružaju jedan od najboljih načina komunikacije s obližnjim uređajima u situacijama kada ju se koristi za kratak kraće vrijeme bez upotrebe kabla kao u npr. hitnim medicinskim slučajevima.

- Ad hoc mreže su često zaštićene zbog njihove privremene ili improvizirane svrhe. Bez mrežnog kontrolnog pristupa ad hoc mreže mogu biti osjetljive za napade.

- Ukoliko je broj uređaja spojenih na ad hoc relativno malen, izvedba je mnogo bolja nego kada je više uređaja spojeno na mrežu.

Nedostaci ad hoc mreže:

- Uređaji u ad hoc mreži ne mogu onemogućiti SSID emitiranje kako to mogu infrastrukturne mreže. Napadači usmjereni na ad hoc neće imati velikih poteškoća tražeći i spajajući se na ad hoc uređaj ako uspiju ući unutar područja emitiranja signala.

- Kako broj uređaja spojenih na ad hoc raste tako upravljanje mrežom postaje zahtjevnije.

- Uređaji ne mogu koristiti Internet ako bilo koji od njih nije spojen na Internet te ga ne dijeli s ostalim uređajima.

- Održavanje ad hoc mreže je zahtjevno upravo iz razloga što ne postoji centralni uređaj, kroz kojeg prolazi sav promet. To znači da ne postoji jedinstveno mjesto gdje je moguće blokirati promet ili implementirati sigurnosne mehanizme.

### **3.2.2. Uvjeti za postavljanje ad hoc mreže**

Kako bi se konfigurirala ad hoc mreža, svaki bežični adapter mora biti konfiguriran za ad hoc način umjesto infrastrukturnog načina upravljanja. Taj se način upotrebljava kod mreža gdje postoji centralni uređaj, tj. usmjerivač ili neki drugi server koji održava promet. Također, svi bežični adapteri moraju koristiti broj kanala te isti niz znakova koji su jedinstveni za svaku bežičnu lokalnu mrežu (engl. *Service Set Identifier, SSID*). Bežične ad hoc mreže ne mogu premostiti žičane lokalne mreže bez instaliranog određenog prospojnika (engl. *Gateway*) [8].



### **3.3. Infrastrukturni WLAN**

Govoreći o računalnim mrežama, infrastrukturni način rada se ostvaruje kada mreža zajedno spaja uređaje, bilo na žični ili bežični način, koristeći pristupnu točku npr. usmjerivač. Upravo ova karakteristika je ključna za razlikovanje infrastrukturnog od ad hoc načina rada. Postavljanje infrastrukturnog načina zahtjeva barem jednu bežičnu pristupnu točku (AP) te da pristupna točka i svi klijenti budu konfigurirani tako da koriste isto ime mreže (SSID). Pristupna točka je povezana na žičnu mrežu kako bi se omogućilo bežičnim klijentima da pristupe mrežnim resursima. Dodatne se pristupne točke mogu spojiti na ovu mrežu kako bi se povećao domet signala te kako bi se podržalo još bežičnih klijenata. Kućne mreže s bežičnim usmjerivačima podržavaju infrastrukturni način automatski, upravo iz razloga što takvi tipovi uređaja imaju ugrađenu pristupnu točku.

### **3.4. Usporedba infrastrukturnog i ad hoc načina rada**

U usporedbi s ad hoc bežičnim mrežama, infrastrukturni način omogućuje centralizirano upravljanje mreža te širi domet. Bežični se uređaji mogu spojiti na izvore na žičnoj lokalnoj mreži, što je uobičajeno za poslovno okruženje, te se više pristupnih točaka može dodati kako bi se smanjila prometna zagušenost te se proširio domet same mreže. Nedostatak bežične infrastrukturne mreže je jedino taj što je njena implementacija skuplja. Ad hoc mreže se na uređaje spajaju metodom P2P, stoga su potrebni samo krajnji pristupni uređaji; pristupna točka uopće nije potrebna kako bi se uređaji međusobno povezali. Ukratko, infrastrukturni način može imati stalnu topologiju. Javne ustanove te poslovni prostori uobičajeno ne pribjegavaju P2P mrežama koje se koriste u ad hoc načinu upravo iz razloga što su previše decentralizirani, pa nisu pogodni. Ad hoc mreže se koriste u nekim kraćim vremenskim periodima kada se moraju prenijeti podaci s uređaja koji su previše udaljeni od mreže da bi se to i ostvarilo. Ad hoc mreža je pogodna ukoliko je potrebna međusobna komunikacija između nekoliko uređaja. Jedino ograničenje ad hoc načina je to da u određenom trenutku nije prikladan za sve prometne zahtjeve, a tada je potreban infrastrukturni. Mnogi bežični uređaji mogu raditi samo u infrastrukturnom načinu, što je razlog zašto taj način mora biti postavljen tako da se uređaji moraju spojiti kroz pristupnu točku [9].

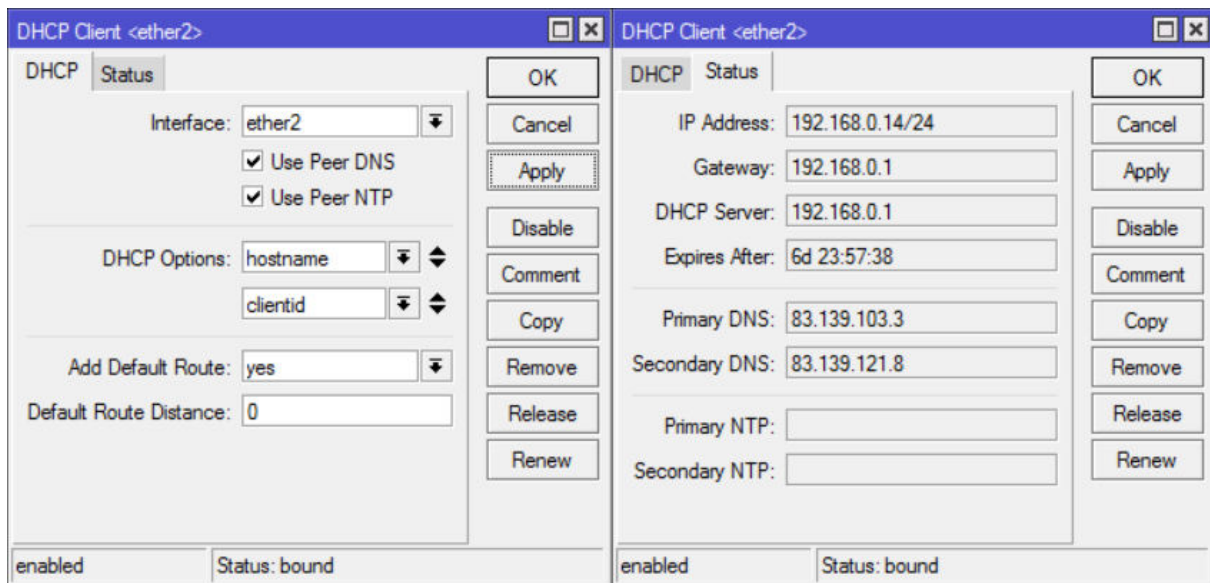
## 4. KONFIGURIRANJE USMJERIVAČA ZA BEŽIČNI PRISTUP

### 4.1. Izbor MikroTik usmjerivača

MikroTik model korišten u praktičnom dijelu završnog rada jest „RB951Ui-2HnD“, on ima pet Ethernet portova, jedan USB 2.0 port, podržava 802.11b/g/n standarde, ima ugrađene antene, snage je 1000mW, te može raditi u frekvencijskom pojasu od 2.4GHz. Ima procesor koji radi na frekvenciji od 600MHz, 128MB RAM-a i PoE izlaznu funkciju za peti port, koji može napajati ostale prikladne uređaje istom voltažom koja se već koristi na prvom uređaju. Podržava protokole IPv4 i IPv6 [12], [13]. Tvrtka Mikrotik omogućila je korisnicima lakše korištenje uređaja iz njihove ponude, kroz mnogo jednostavnih primjera konfiguracije usmjerivača, što je pomoglo i u izvršavanju zadatka ovog završnog rada.

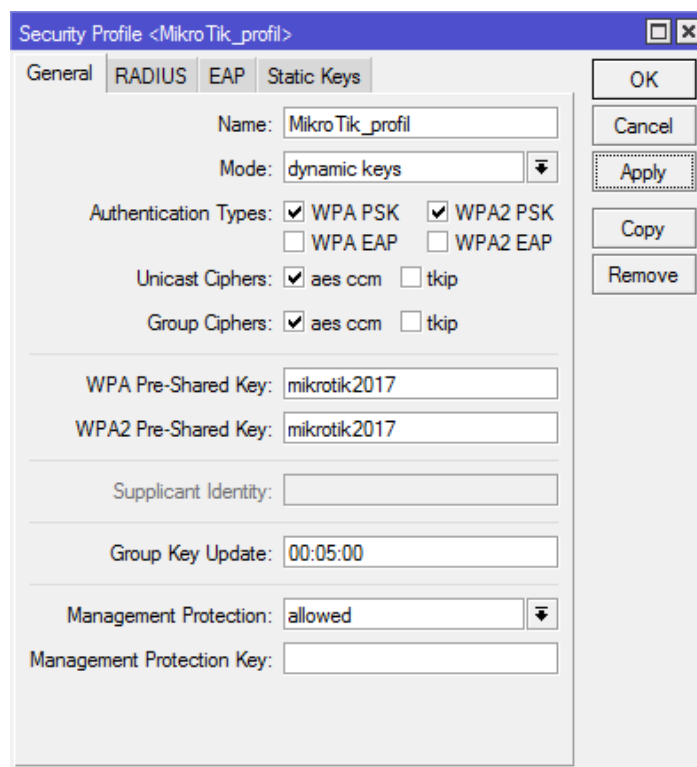
### 4.2. Konfiguracija MikroTik usmjerivača kao pristupne točke

U ovom poglavlju opisan je postupak konfiguriranja MikroTik usmjerivača kao pristupne točke za bežični pristup. MikroTik usmjerivač je uz pomoć patch kabla povezan s računalom koristeći se jednim od Ethernet sučelja (Ethernet3). Drugim patch kablom MikroTik usmjerivač je spojen s Internetom, odnosno usmjerivačem ISP-a (engl. *Internet service provider*). Nakon otvaranja aplikacije *Winbox*, odabrana je MAC adresa MikroTik usmjerivača te je ostvaren pristup *Winbox* sučelju unutar kojeg je usmjerivač konfiguriran. Za početak je Ethernet2 port učinjen WAN portom, i dinamički je dodijeljena IP adresa sa ISP-a. Slika 4.1. prikazuje prvi korak pri konfiguriranju usmjerivača. Odabirom *IP* → *DHCP* → *Client* → *Add*, otvorio se prozor unutar kojega je za *Interface* postavljeno: „ether2“, što znači da je preko Ethernet2 porta dodijeljena IP adresa. Pod opcijom *Status* (Sl.4.1.), vidljivi su parametri koji su dodijeljeni preko ISP-a.



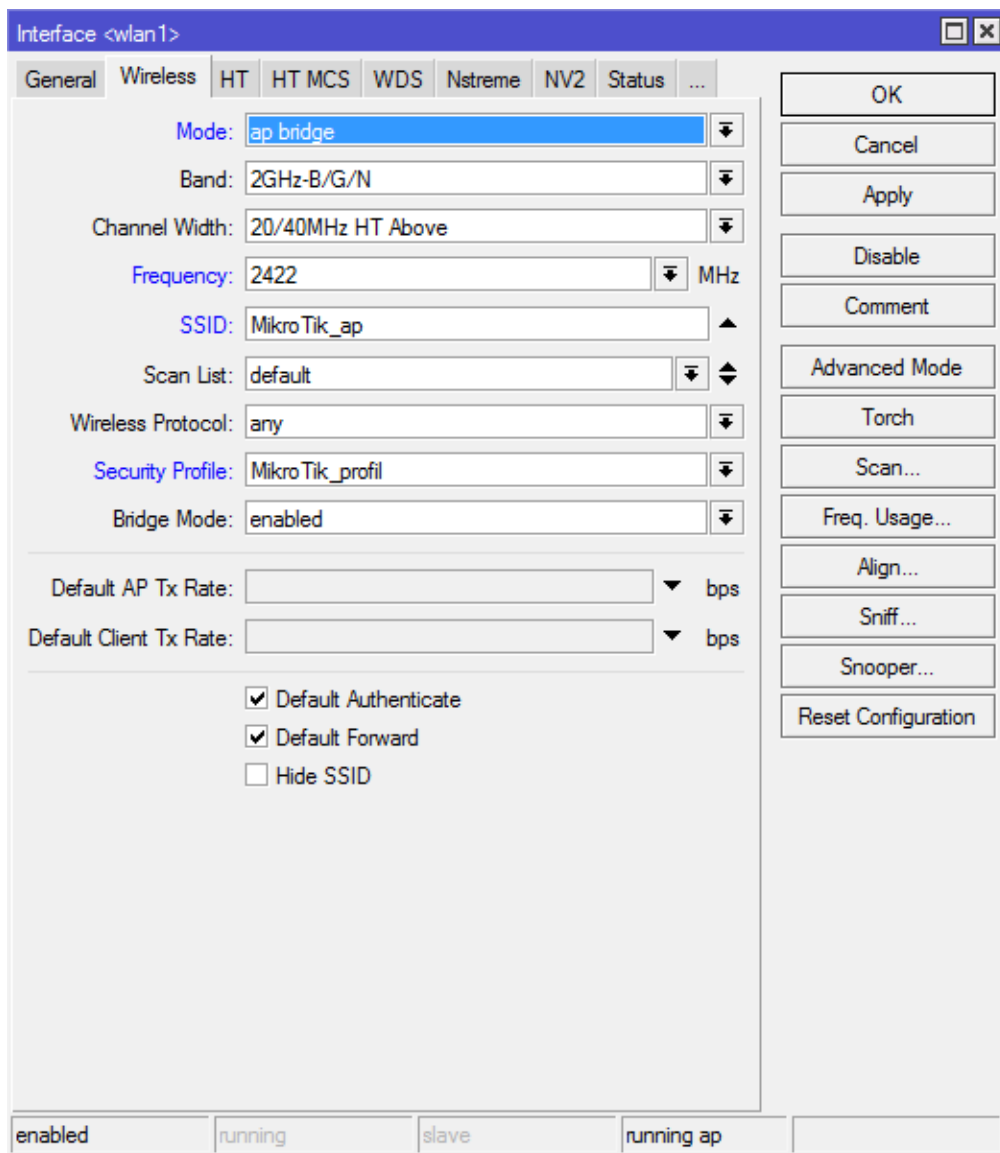
Slika 4.1. Prikaz opcije DHCP Client u Winbox-u

Nadalje, unutar otvorenog *Winbox* sučelja, odabrana je opcija *Wireless*, zatim *Security profiles*, te se opcijom *Add* omogućilo biranje imena i lozinke profila koju pristupna točka koristi, a što se vidi na slici 4.2..



Slika 4.2. Prikaz opcije Security Profile u Winbox-u

Idući korak je dvostruki klik na ime „wlan1“ unutar sučelja *Wireless* te su postavljeni parametri koji su potrebni za uspostavu bežične veze, a prikazani su na slici 4.3.. *Mode* je postavljen na „ap bridge“, što znači da usmjerivač služi kao pristupna točka. Izabran je *Band* 2GHz B/G/N. Frekvencija (engl. *Frequency*) koja je izabrana iznosi 2422 MHz, jer se ona u ovom slučaju najmanje koristi, a do informacije o najčešće korištenoj frekvenciji se dolazi odabirom tipke „*Freq. Usage*“. Pod *SSID* se može upisati proizvoljan naziv pristupne točke koja se kreira. U opciji *Security Profile* označen je prethodno kreirani profil „MikroTik\_profil“. U opciji *Security Profile* označen je prethodno kreirani profil „MikroTik\_profil“.



Slika 4.3. Prikaz opcije *Interface* u *Winbox-u*

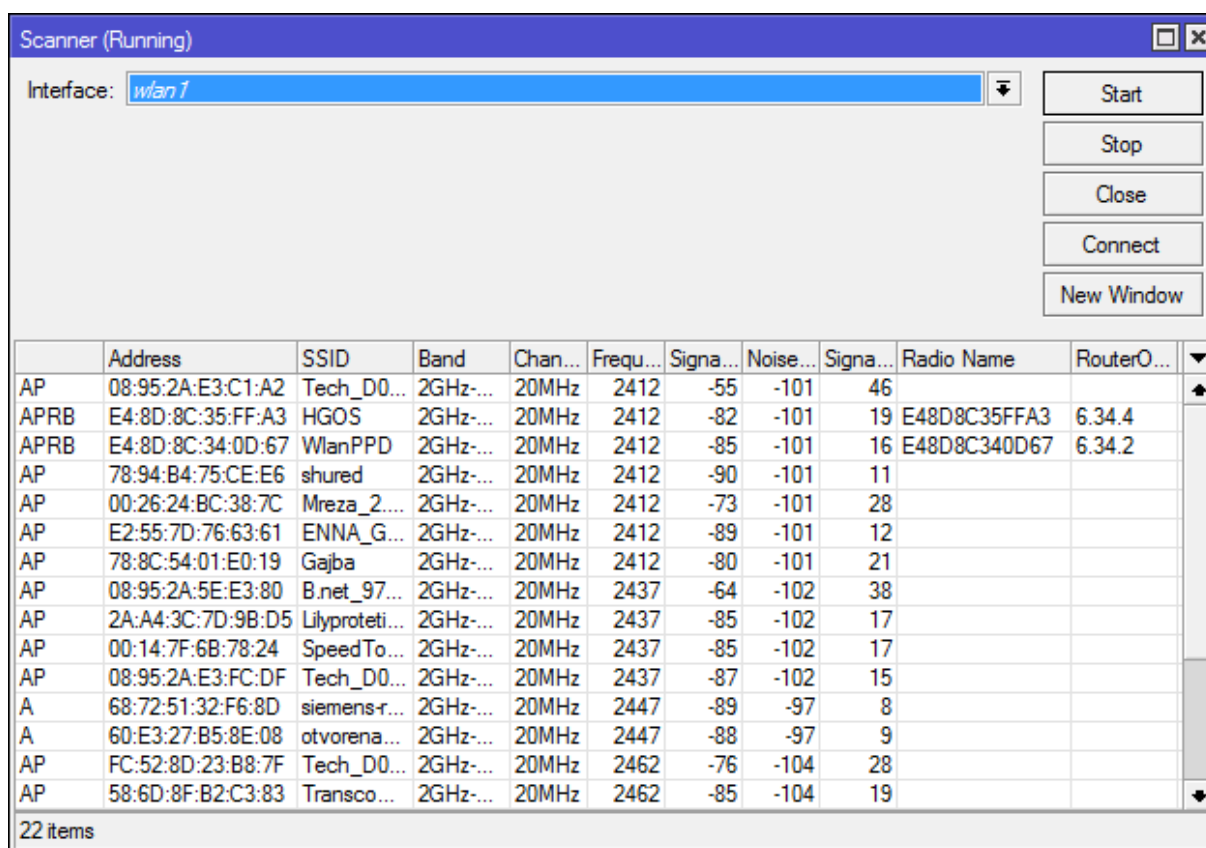
Neki od dodatnih alata koji se nalaze unutar „wlan1“ sučelja su *Torch*, *Scanner*, *Alignment*, *Sniffer* te *Snooper*. *Torch* naredba se koristi za praćenje prometa koji prolazi kroz sučelje.

Može se pratiti promet koji je klasificiran prema imenu protokola, izvornoj adresi, odredišnoj adresi te portu [11]. *Snooper* alat (SI.4.4.) nadgleda okolnu frekvenciju koja se koristi, a isto tako prikazuje i koji uređaji koriste određenu frekvenciju. Dostupna je u konzoli (cmd), kao i u *Winbox*-u [10].

Frequenc...	Band	Address	SSID	Signal	Of Freq. (%)	Of Traf. (%)	Bandwidth	Net...	Stati...
2412	2GHz-N	E4:8D:8C:34:0D:67	WlanPPD		1.3	12.4	12.8 kbps		1
2412	2GHz-N	E2:55:7D:76:63:62			0.0	0.0	0 bps		1
2412	2GHz-N	E2:55:7D:76:63:61	ENNA_Gu...		0.0	0.0	0 bps		0
2412	2GHz-N	78:8C:54:04:82:8E	ISKONOV...		0.7	7.1	6.8 kbps		1
2412	2GHz-N	E4:8D:8C:35:FF:A3	HGOS		1.9	17.5	16.3 kbps		2
2412	2GHz-N	08:95:2A:E3:C1:A2	Tech_D00...		2.1	19.4	19.5 kbps		1
2412	2GHz-N	E2:55:7D:76:63:6F			0.0	0.0	0 bps		1
2412	2GHz-N	00:26:24:BF:24:02	MarininaM...		0.0	0.0	0 bps		1
2412	2GHz-N	00:26:24:BC:38:7C	Mreza_2.4...		1.3	12.0	11.3 kbps		1
2412	2GHz-N	B4:A5:EF:40:79:0E	Moja mre~a		0.0	0.0	0 bps		1
2412	2GHz-N	78:8C:54:01:E0:19	Gajba		0.0	0.0	0 bps		1
2412	2GHz-N	08:76:FF:04:34:8F	ODO-OSIJ...		0.0	0.0	0 bps		1
2412		E4:8D:8C:35:FF:A3	HGOS	-75	1.9	17.5	16.3 kbps		
2412		E4:8D:8C:34:0D:67	WlanPPD	-81	1.3	12.4	12.8 kbps		
2412		E2:55:7D:76:63:62		-76	0.0	0.0	0 bps		

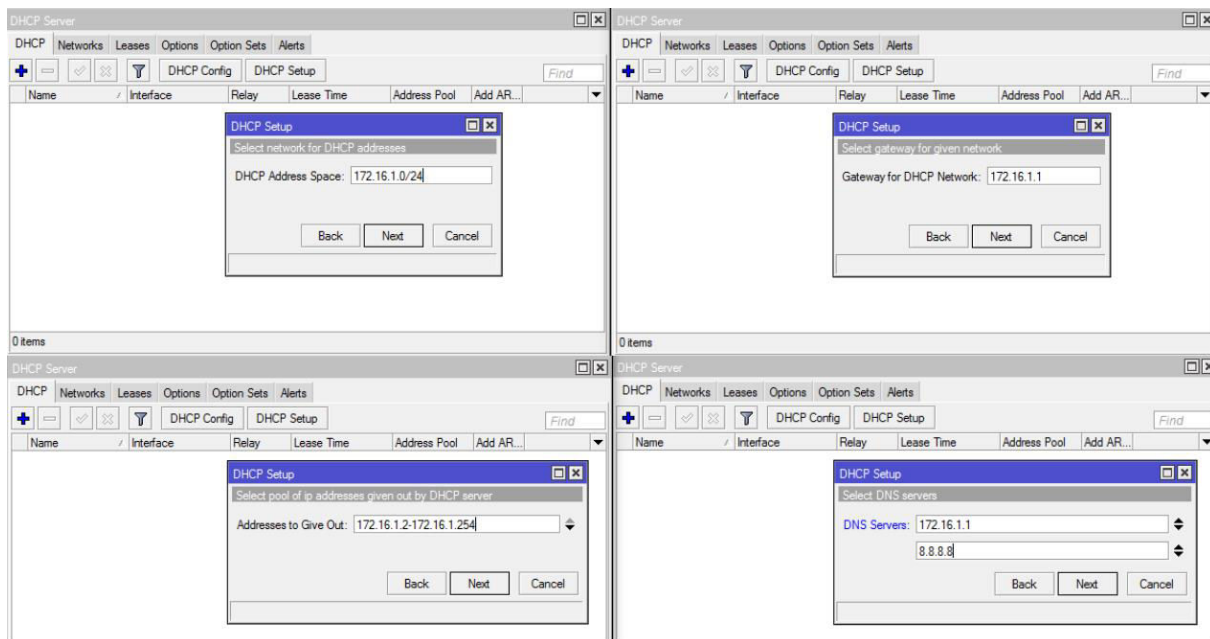
Slika 4.4. Prikaz opcije *Snooper* u *Winbox*-u

*Scanner* naredba, koja je prikazana na slici 4.5., omogućuje pregled svih pristupnih točaka u frekvencijskom dometu koje su definirane u scan-listi. Ta naredba će prikazivati pristupne točke sve dok korisnik ne zaustavi proces skeniranja [10].



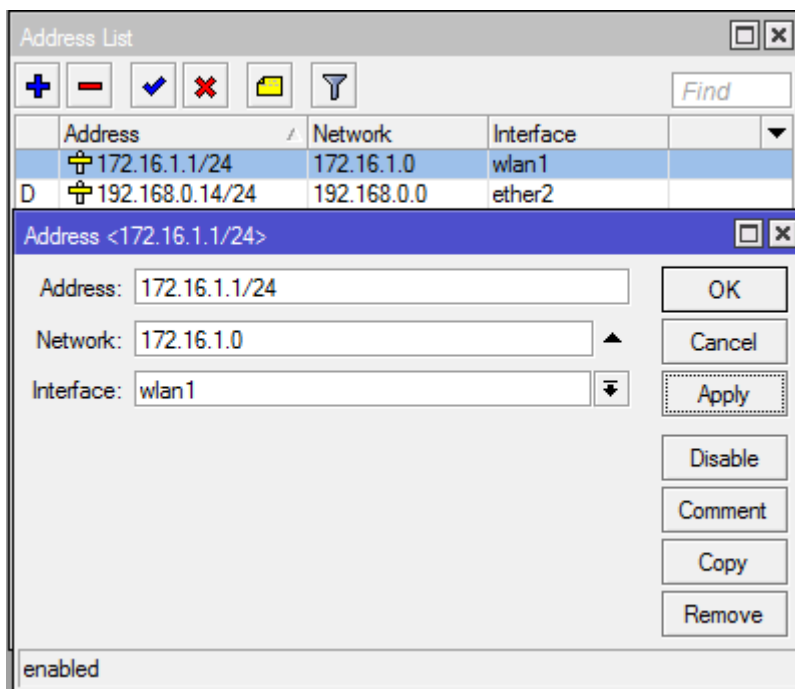
Slika 4.5. Prikaz Scanner opcije u Winbox-u

Idući korak pri konfiguriranju MikroTik usmjerivača kao pristupne točke je stvaranje DHCP Server-a u WLAN sučelju (Sl.4.6.), to se postiglo odabirom *IP* → *DHCP Server* → *DHCP* → *DHCP Setup*. Na slici 4.6. prikazane su opcije koje se u ovom koraku konfiguriraju, a to su DHCP adresa, *Gateway* za DHCP mrežu, raspon adresa koje se mogu koristiti, te DNS serveri. Raspon adresa korišten pri konfiguraciji jest: 172.16.1.2 – 172.16.1.254. Taj raspon spada u blok privatnih IPv4 adresa za lokalno adresiranje. Jedan od postavljenih DNS servera jest Google-ov (8.8.8.8), koji omogućuje pristup Internetu u slučaju da to ISP-ev DNS server ne može.



Slika 4.6. Prikaz opcije DHCP Setup, unutar opcije DHCP Server u Winbox-u

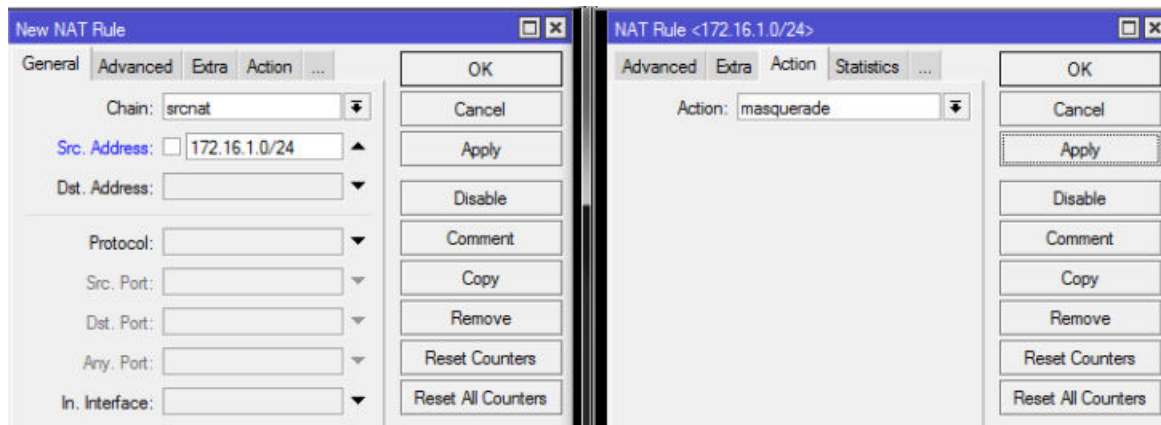
Nakon kreiranja DHCP servera, definirana je IP adresa za wlan1 sučelje (Sl.4.7.), koje se ostvarilo odabirom opcije *IP* → *Addresses* → *Add*, te pod opcijom Address upisivanjem odgovarajuće adrese.



Slika 4.7. Prikaz opcije Address u Winbox-u

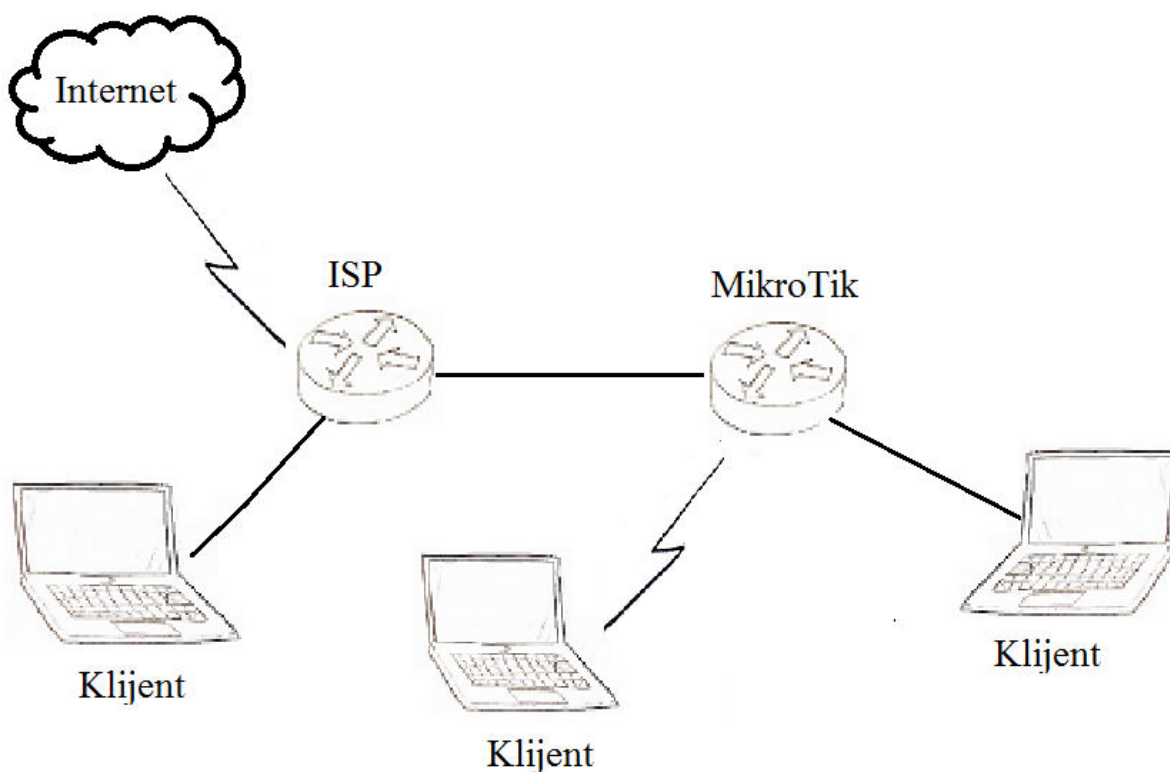
Posljednji korak, prikazan slikom 4.8., je prevođenje mrežnih adresa – NAT (engl. *Network Address Translation*). To se ostvarilo odabirom opcija *IP* → *Firewall* → *NAT* → *Add*, gdje

se unutar taba *General* postavlja *Chain* na *srcnat*, a unutar taba *Action*, odabire se opcija *masquerade*.



Slika 4.8. Prikaz opcije NAT Rule u Winbox-u

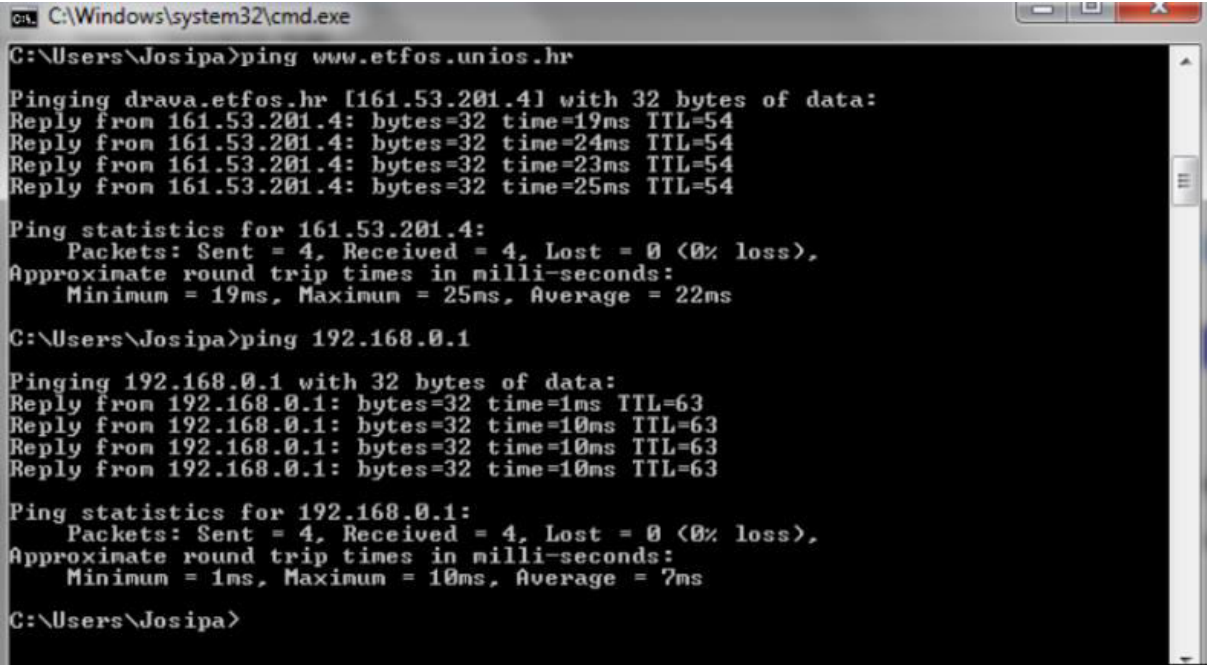
Kreirana je topologija (Sl.4.9.) koja podržava infrastrukturni način rada. Pristupna točka koristi ime „MikroTik\_ap“, te se na nju mogu spojiti bežični uređaji koristeći se lozinkom koja je definirana pri konfiguraciji.



Slika 4.9. Prikaz kreirane topologije u testnom okruženju



Kako bi se dokazalo da doista postoji povezanost MikroTik usmjerivača sa usmjerivačem ISP-a, prvo se uspostavila veza između računala, koje je patch kablom spojeno na MikroTik usmjerivač, i računala koje je patch kablom spojeno na ISP usmjerivač. Provjera uspostavljene veze se ostvarila uz pomoć naredbenog retka (cmd-a; engl. *Command prompt*), otvorenog na računalu, koje je spojeno na MikroTik usmjerivač, korištenjem naredbe: „ping 192.168.0.1“. Slika 4.11. prikazuje naredbeni redak računala koje je spojeno direktno na ISP usmjerivač, te se može zaključiti da se naredba: „ping 192.168.0.1“ odnosi upravo na to računalo. U naredbenom retku računala koje je spojeno na MikroTik usmjerivač, nakon upisa naredbe: „ping www.etfos.unios.hr“, vidljivo je da je uspješno uspostavljena veza i sa željenom internetskom stranicom. Slika 4.10. prikazuje uspješno izvršene naredbe „ping 192.168.0.1“ i „ping www.etfos.unios.hr“.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Josipa>ping www.etfos.unios.hr

Pinging drava.etfos.hr [161.53.201.4] with 32 bytes of data:
Reply from 161.53.201.4: bytes=32 time=19ms TTL=54
Reply from 161.53.201.4: bytes=32 time=24ms TTL=54
Reply from 161.53.201.4: bytes=32 time=23ms TTL=54
Reply from 161.53.201.4: bytes=32 time=25ms TTL=54

Ping statistics for 161.53.201.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 19ms, Maximum = 25ms, Average = 22ms

C:\Users\Josipa>ping 192.168.0.1

Pinging 192.168.0.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=63
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=10ms TTL=63
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=10ms TTL=63
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=10ms TTL=63

Ping statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 10ms, Average = 7ms

C:\Users\Josipa>
```

Slika 4.10. Prikaz naredbenog retka računala koje je spojeno na MikroTik usmjerivač

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::49a0:6e75:32c8:79a8%11
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.12
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1

Tunnel adapter isatap.{BCCA3739-CAE2-4E98-8E5A-523002E8660D}:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

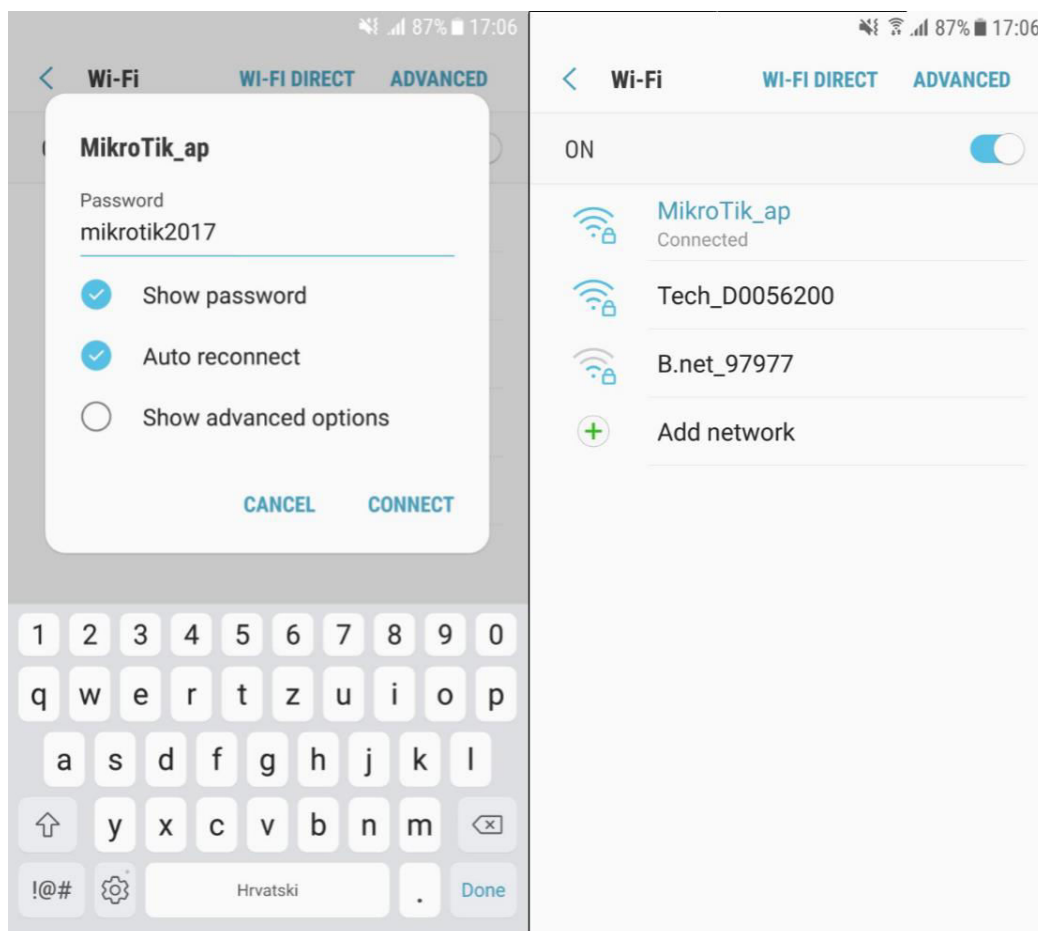
Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IPv6 Address. . . . . : 2001:0:9d38:6ab8:30b9:1984:a730:90df
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::30b9:1984:a730:90df%13
    Default Gateway . . . . . : 

C:\Users\Korisnik>
```

Slika 4.11. Prikaz naredbenog retka računala koje je spojeno direktno na ISP usmjerivač

S obzirom da je MikroTik usmjerivač konfiguriran kao bežična pristupna točka, moguće je spojiti se na mrežu i pametnim telefonima (Sl.4.12.), koristeći se lozinkom koja je definirana pri samoj konfiguraciji, koja se vidi na slici 4.2..



Slika 4.12. Prikaz spajanja pametnog telefona na kreiranu bežičnu mrežu

## 5. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog završnog rada bio je opisati mogućnost primjene usmjerivača kao bežične pristupne točke uz primjenu IEEE 802.11 standarda za bežičnu komunikaciju. Navedeni su i opisani standardi za bežični prijenos podataka koji se koriste u LAN mrežama. Opisano je što su to pristupne točke, gdje se koriste, koji načini rada pristupnih točaka postoje i kako izgledaju, te su objašnjeni neovisni (ad hoc) i infrastrukturni WLAN-ovi. S obzirom da je u praktičnom dijelu završnog rada bilo potrebno konfigurirati usmjerivač „RB951Ui-2HnD“ kao pristupnu točku, za isti su dane određene karakteristike i specifikacije. Zatim je uz objašnjenja prikazan postupak konfiguriranja usmjerivača kao pristupne točke, nakon čega je uspješno uspostavljena konekcija s ostalim čvorovima u kreiranoj testnoj računalnoj mreži. Pri nekim primjerima konfiguracije usmjerivača, bežični pristup je tvornički postavljen tako da je omogućen, što nije uvijek poželjno. Nadalje, pri izradi završnog rada kreirana je topologija koja podržava infrastrukturni način rada, što znači da bi se mogle spojiti dodatne pristupne točke na mrežu, kako bi se povećao domet signala, te kako bi se podržalo više bežičnih klijenata.

## Literatura

- [1] W. Cellary et al. (eds.), Internet Technologies, Applications and Societal Impact  
©Springer Science+Business Media New York 2002
- [2] <https://www.lifewire.com/wlan-816565>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)
- [4] <https://www.lifewire.com/wireless-standards-802-11a-802-11b-g-n-and-802-11ac-816553>
- [5] <https://www.lifewire.com/802-11ac-in-wireless-networking-818284>
- [6] <https://www.lifewire.com/wireless-access-point-816545>
- [7] Haris Hamidović: WLAN Bežične lokalne računalne mreže, Infopress
- [8] <https://www.lifewire.com/ad-hoc-mode-in-wireless-networking-816560>
- [9] <https://www.lifewire.com/infrastructure-mode-in-wireless-networking-816539>
- [10] <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Interface/Wireless#Snooper>
- [11] <https://mikrotik.com/testdocs/ros/2.8/tools/torch.php>
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/MikroTik#RouterOS>
- [13] <http://www.lost.hr/ponuda/item/32429-mikrotik-rb951ui-2hnd-routerboard-600mhz-cpu-128mb-ram-5lan-2-4ghz-802b-g-n-integrirana-antena-plasticno-kuciste-psu-routeros-14>
- [14] [http://www.ieee.hr/\\_download/repository/LAN.pdf](http://www.ieee.hr/_download/repository/LAN.pdf)
- [15] <https://hr.wikipedia.org/wiki/WLAN>

## **Sažetak**

Ključne riječi: LAN, WLAN, pristupna točka, MikroTik usmjerivač, IEEE 802.11 standard, Winbox.

Konfiguracija MikroTik usmjerivača kao pristupne točke za bežični pristup provodi se u Winbox aplikaciji, stoga je potrebno upoznati se s osnovama rada u aplikaciji kako bi se moglo kvalitetno služiti raspoloživim alatima. Prvi korak koji je potrebno učiniti pri navedenoj konfiguraciji jest definirati DHCP klijenta, nakon čega slijedi postupak podešavanja parametara potrebnih za uspostavu bežične veze. Postignuti rezultat završnog rada jest uspješna konekcija bežičnih uređaja s MikroTik usmjerivačem, koji je konfiguriran kao pristupna točka.

## **Summary**

Key words: LAN, WLAN, access point, MikroTik router, IEEE 802.11 standard, Winbox.

Configuring a MikroTik router as an access point for wireless access is performed via the Winbox app, therefore it's necessary to have basic understanding of the app to effectively use the tools at hand. The first step in configuration the router is defining a DHCP client followed by setting up parameters necessary for establishing a wireless connection. The final result of this thesis is a successful connection between wireless devices via a MikroTik router which is configured as an access point.

## **ŽIVOTOPIS**

Josipa Viljevac rođena je 1.3.1996. u Osijeku. Pohađala je Osnovnu školu Kneževi Vinogradi od 2002. do 2010. godine. Po završetku osnovne škole upisuje Prirodoslovno-matematičku gimnaziju u Osijeku, te istu završava 2014. godine. Također, 2014. godine upisuje prvu akademsku godinu na Sveučilištu J.J. Strossmayera u Osijeku, preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu, koji danas nosi naziv „Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija“.