Simulacija WIFI i WIMAX mreže primjenom programske podrške OPNET

Kolobarić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:246242

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Kolobarić

SIMULACIJA RADA WI-FI MREŽE PRIMJENOM PROGRAMSKE PODRŠKE OPNET

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, Rujan 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI Zagreb, 9. rujna 2016.

ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zavod: Zavod za informacijsko komunikacijski promet

Predmet: Racunalne mreže

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1281

Pristupnik: **Ivan Kolobaric (0135202582)**

Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

1. Zadatak: **Simulacija WIFI i WIMAX mreže prmjenom programske podrške OPNET**

Opis zadatka:

Na primjeru zadane arhitekture mreže primjenom programske podrške Opnet istražiti i opisati performanse bežicne wi-fi mreže.

Zadatak uručen pristupniku:26. ožujka

Rok za predaju rada:7. rujna 2016.

Mentor: Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

prof. dr. sc. Zvonko Kavran

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

SIMULACIJA RADA WI-FI MREŽE PRIMJENOM PROGRAMSKE PODRŠKE OPNET

SIMULATION OF WORK WI-FI NETWORK USING SOFTWARE SUPPORT OPNET

Mentor:prof.dr.Zvonko Kavran

Student: Ivan Kolobarić
JMBAG:0135202582

Zagreb, Rujan 2016.

Sadržaj

SAŽETAK
1. UVOD 1
2. DEFINIRANJE BEŽIČNE MREŽE 3
2.1. Povezivanje preko bežične mreža 3
2.2. Topologija računalnih mreža 3
2.3. Podjele Wi–Fi mreža prema prostoru koji obuhvaćaju 6
2.4. Globalni wirelles standardi 8
2.5. Prednosti i mane bežične mreže 9
3. ARHITEKTURA 802.11 BEŽIČNIH MREŽA 11
3.1. Osnovni i prošireni skup usluga 11
3.1.1. Osnovni skup usluga 11
3.1.2. Prošireni skup usluga 12
3.2. Skup usluga 802.11 arhitekture 13
3.2.1. Skupina usluga stanice 13
3.2.2. Skupina distribuiranih usluga 13
3.2.3. CSMA-CA mehanizam 15
3.2.4. RTS/CTS mehanizam 15
3.2.5. Potvrda prijama podataka 18
3.2.6. Upravljanje fragmentacijom 18
3.2.7. Upravljanje snagom 19
3.3. Centralizirana i distribuirana arhitektura WLAN-a 19
3.4. Sigurnost wireless mreže 22
3.4.1. Krađa 22
3.4.2. Kontrola pristupa 22
3.4.3. Autentifikacija 23
3.4.4. Enkripcija 23
3.4.5. Sigurnost u IEEE 802.11 23

4. SIMULACIJA RADA WI–FI MREŽA PRIMJENOM PROGRAMSKE PODRŠKE OPNET 26
4.1. Implementacija OPNET-a 26
4.2. Podatkovni promet sa jedne Wi–Fi radne stanice i aplikacija Web Browser 29
4.3. Usporedba podatkovnog prometa različitih aplikacija sa jedne Wi–Fi radne stanice 30
4.4. Usporedba snage prijemnog signala jedne pokretne Wi–Fi radne stanice 33
4.5. Usporedba snage prijemnog signala različitih mobilnih radnih stanica 36
5. ZAKLJUČAK 38
6. LITERATURA 40
7. POPIS SLIKA 42

SAŽETAK

Osobne računalne mreže prema prostoru koji obuhvaćaju imaju mali domet od svega nekoliko metara. Standardi naziv za osobne računalne mreže je PAN (eng. Personal Area Network), a kada su povezane bežičnim tehnologijama skraćen naziv im je WPAN (eng. Wireless Personal Area Network).

Metode i standardi bežične komunikacija razvili su se širom svijeta na osnovu različitih komercijalnih zahtjeva.

Bežične mreže (Wi-Fi mreže ili Wireless networks) predstavljaju računalne mreže različitih uređaja putem elektromagnetnih valova. Osnovna razlika između bežičnih računalnih mreža i drugih računalnih mreža je u načinu međusobne konekcije uređaja.

Ovaj završni rad obrađuje analizu i simulaciju rada Wi-Fi (eng. Wireless Fidelity) mreže primjenom programske podrške OPNET. U sklopu ovog rada predstavljena je implementacija OPNET-a, te pojedinačne pristupne točke AP (eng. Access Point) sa jednom i više radnih stanica.

Ključne riječi: OPNET, simulacija, wireless, Wi-Fi, bežična mreža, 802.11 standard, WLAN

1. UVOD

Umrežavanje se u početku razvilo iz potrebe da rad na računalu i komunikacije u okviru jedne organizacije budu brzi i olakšani. Kada računala i drugi uređaji nisu umreženi komunikacija je otežana, a da bi se podaci ili dokumenti prenijeli moraju se odštampati ili prebaciti na neke od prenosivih medija. Ovakan način komunikacije nije brz ni produktivan, formiranjem računalnih mreža, komunikacija je u mnogome brža i olakšana.

Prvi eksperiment bežičnog povezivanja realiziran je 1970.godine u laboratorijama IBM-a u Švicarskoj.

Postoje različite klasifikacije mreža, njihova klasifikacija zavisi od primjene, tehnologije koju koriste, dometa i slično.

Prema zemljopisnom području koje pokrivaju mreže dijelimo na: PAN (Personal Area Network) – mreže s uskim područjem spajanja od svega nekoliko metara; LAN (Local Area Network) – lokalne mreže na relativno malom prostoru (ured, zgrada ili kampus); MAN (Metropolitan Area Network) – mreža koja se prostire na području grada; WAN (Wide Area Network) – mreže koje pokrivaju široko područje.

Jedna od podjela mreža je po osnovu tehnologije koja se upotrebljava za prijenos podataka:

- fiksne (Ethernet lokalne mreže spojene bakarnim kablom, optičkim vlaknima i sl.) i
- bežične mreže (WLAN - mreža kod koje se podaci prenose radio valovima, mobilna telefonija, i sl.).

Bežične mreže imaju veliku prednost u odnosu na žičano umrežavanje. Bežično umrežavanje je lakše za postavljanje. Najznačajnija prednost bežičnih mreže je upravo mobilnost korisnika.

Prije no što je usvojen 802.11 standard, sva bežična oprema bila je različita, tj. svaki je proizvođać proizvodio opremu prema vlastitim standardima, nad kojima je imao monopol.

Tako nije postojalo mogućnosti za međusobnu povezivost uređaja dvaju različitih proizvođača. Zbog toga bežična oprema nije ulazila u široku upotrebu te je postala nešto što si samo „bogate“ kompanije mogu priuštiti.

Zbog svega navedenog, radna grupa standarda 802 IEEE1-a standardizirala je prijenos podataka u radijskim spektrima od 2.4 GHz i od 5.1 GHz. IEEE je 26. srpnja 1997. ratificirao 802.11 standard za bežične lokalne mreže. Zbog konkurencije, od tada su cijene uređaja mnogostruko pale, a bežične mreže se sve brže i više pojavljuju u školama, uredima i domovima.

U ovom završnom radu predstavljena je simulacija rada wireless mreže primjenom programske podrške OPNET. Između ostalog, više će biti riječi o pojedinačnom AP i jednoj radnoj stanici, gdje će biti prikazana propusna moć, snaga radne stanice i slično. U radu je opisana simulaciju jednostavnih bežičnih mreža sa jednom pristupnom točkom, kao bežični ruter za prijenos bežičnih signala, i različitog broja (fiksnih i pokretnih) radnih stanica prema različitim scenarijima. Izvedbom simulacije bežične mreže i usporedbom snage prijemnog signala jedne pokretne Wi–Fi radne stanice, uspoređuju se i snage prijemnog signala različitih mobilnih radnih stanica

2. DEFINIRANJE BEŽIČNE MREŽE

2.1. Povezivanje preko bežične mreža

Kao što je napomenuto u uvodu, fleksibilnost računalnih bežičnih mreža čini ih dobrim rješenjima za objekte kao što su:

aerodromi, postaje, tržni centri,
sajmovi, uredi,
biblioteke, kuće ili
kao dopuna i proširenje kablovske mreže, a sve više i za pojedine dijelove grada.

Način rada bežičnih mreža je zapravo veoma jednostavan. Konekcija na bežičnu mrežu je moguća, jer se računalo ponaša i kao primatelj signala i kao uređaj koji šalje signal,. Ovakav način rada računala omogućava takozvani bežični adapter.[1]

Bežični adapter detektira da li postoji neka bežična mreža u okruženju datog računala.

Navedeno se ostvaruje pomoću radio valova povezujući se sa mrežom sa kojom se usklađuje kako bi mogao da detektira dolazni signal. Kada se signal detektira, korisnik prolazi kroz proces autentifikacija od strane programa za sigurnost mreže.

Prilikom slanja podataka sa osobnog računala ili laptopa, svi podaci se od strane bežičnog adaptera pretvaraju iz digitalne forme u radio signal (analognu formu). Zatim antena sa bežičnog adaptera odašilje taj signal.

Na prijemnoj strani, zatim antena sa bežičnog adaptera prima taj signal. Tada se dešava obrnuti proces, bežični adapter dobija radio signal (analognu formu podataka), koje zatim prebacuje u digitalnu formu..

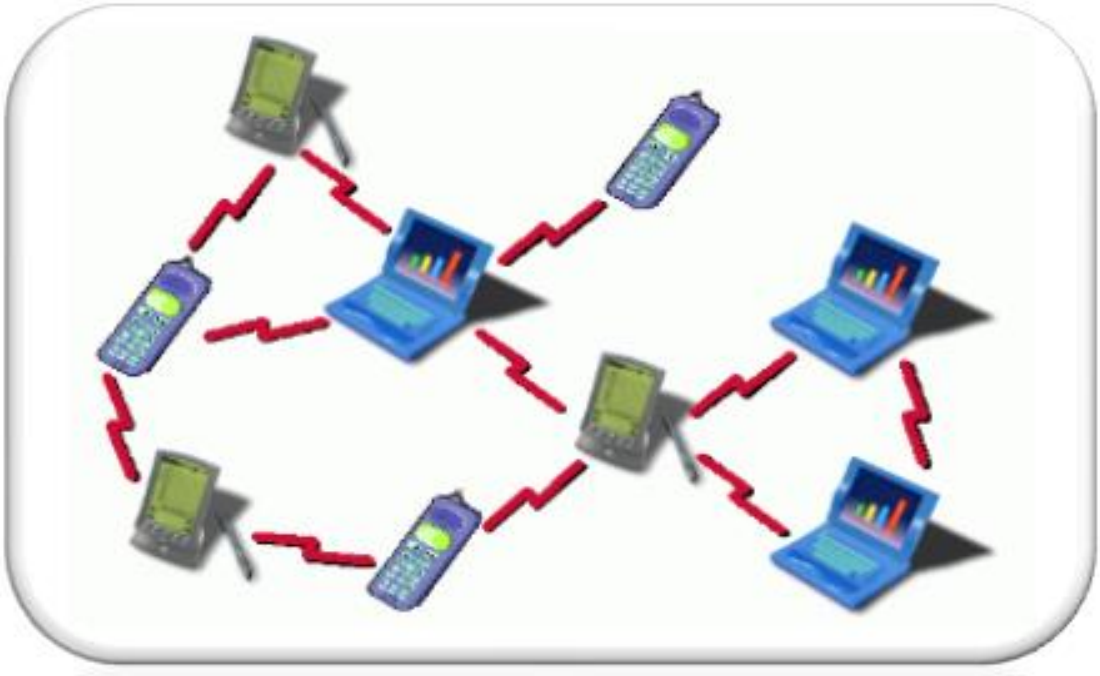
2.2. Topologija računalnih mreža

Wireless mreže pružaju veliku mogućnost kombiniranja različitih načina povezivanja, te postoje sljedeće topologije

[1] Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.

Ad – hoc mod

Ad hoc omogućava uspostavljanje mreže „svako sa svakim“ bez uređaja koji se zove pristupna točka (Access Point - AP). Svako računalo se oprema bežičnom karticom koja se konfigurira da radi u ad-hoc modu (slika 1.).



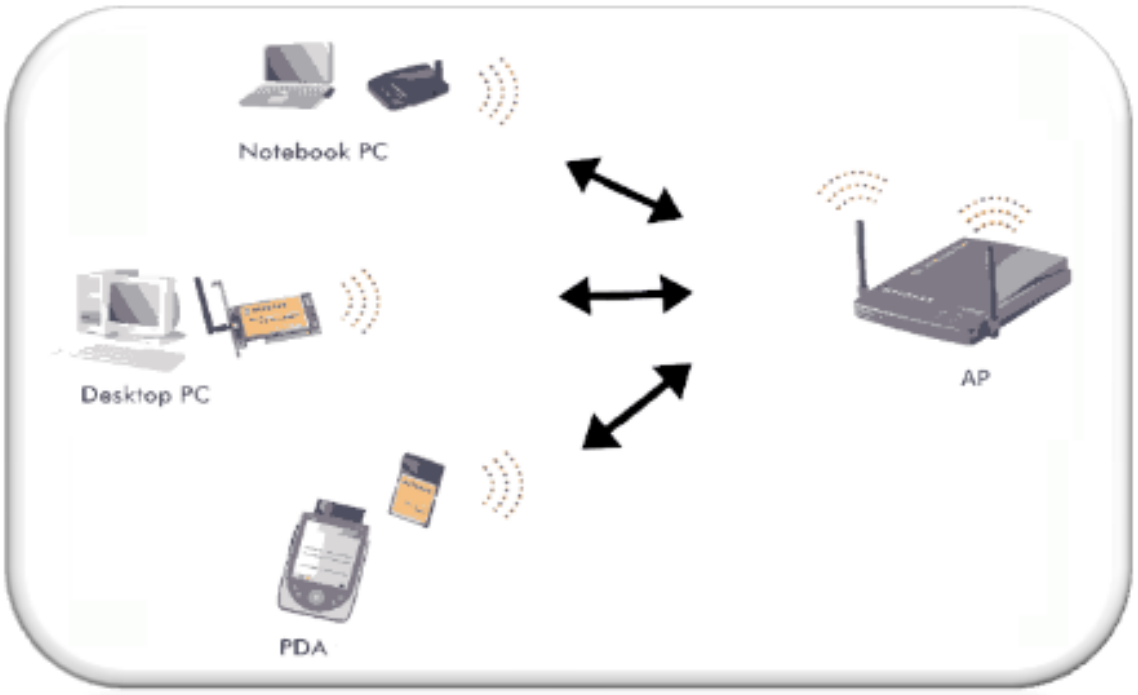
Slika 1. Izgled Ad – hoc mreže [2]

U tom modu računala mogu komunicirati direktno jedan sa drugim. Kako bi mogli da ostvare međusobnu komunikaciju potrebno je da računala budu u dometu jedan drugog, što može biti i mana jer ograničavaju međusobno kretanje, i koriste se na malim prostorima.

Infrastrukturni mod

Ukoliko stanice nisu u mogućnosti da komuniciraju bez AP onda se primjenjuje način rada koji zahtijeva određenu infrastrukturu. Sve stanice se nalaze u zoni pokrivenosti uređaja za AP i međusobno komuniciraju preko njega (slika 2.). Domet takvih uređaja je od 100 do 300m. U slučaju da se želi povećati pokrivenost može se instalirati veći broj uređaja za pristup i formirati ćelijska (celuralna) mreža.

[2] http://www.tehnomagazin.com/Tehno-magazin-br1/Povezivanje-dva-racunala-u-bezicnu-WiFi-mrezu.htm preuzeto, 25.01.2016.



Slika 2. Izgled infrastrukturne mreže[3]

U takvoj mreži stanice ne mogu komunicirati direktno međusobno, nego se sva komunikacija odvija preko jedne ili više pristupnih točki

Bridge mode

Kada je potrebno spojiti dva AP uređaja koristi se Bridge mod (most). Slično kao Ad-hoc, ali ne dozvoljava spajanje klijenata na uređaje.

Repetitorski mod

Repetitorski mod dozvoljava premošćivanje kao bridge mod, ali uz mogućnost istovremenog spajanja klijenata na svaki AP.

Najčešći način formiranja wireless računalne mreže je kao dodatak žičanoj. Bežična pristupna točka (AP) se spaja na postojeću žičanu mrežu, dalje sa AP-a se dobije bežični dio mreže.[4]

[3] http://www.StudioLeonardo.us preuzeto, 27.06.2016.

[4] Korhonen, J., Introduction to 3G Mobile Communications, 2nd ed, Artech House, 2003.

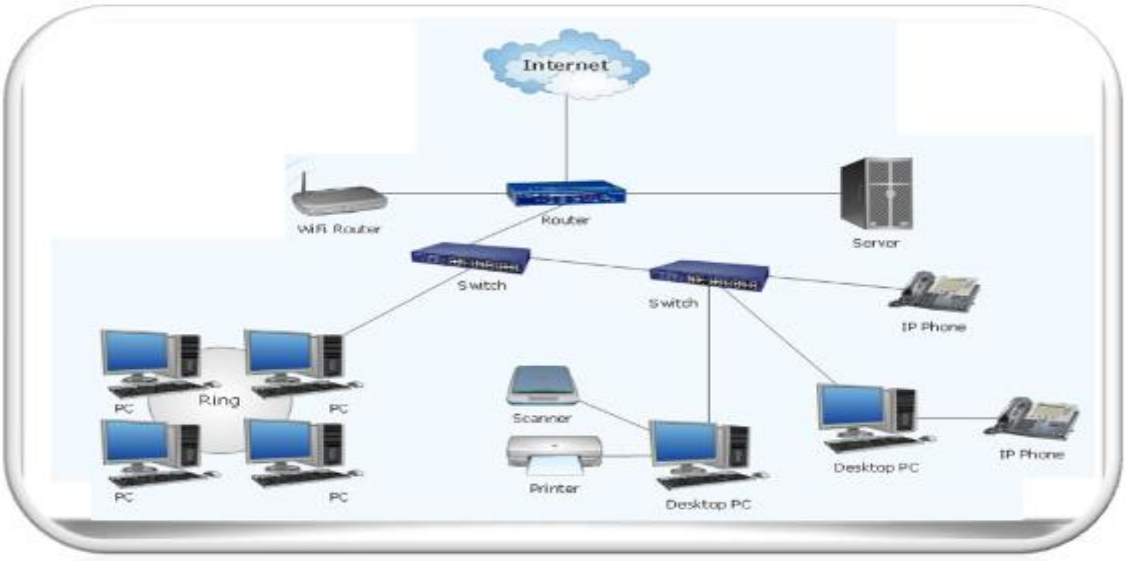
U samostalnoj bežičnoj mreži sva korisnička računala se povezuju preko bežičnog rutera. Ruter podržava bežični pristup ali također osigurava interni ruter, ADSL, ili kablovski modem. Neki ruteri imaju i manji broj priključaka za žičanu mrežu tako da serveri, pisači mogu da se spoje na ovu mrežu.[5]

2.3. Podjele Wi–Fi mreža prema prostoru koji obuhvaćaju

Postoji pet tipova wireless mreža prema prostoru koje obuhvaćaju:

- osobne računalne mreže,
- lokalne računalne mreže,
- gradske računalne mreže,
- regionalne računalne mreže i
- mreže mobilnih uređaja.[6]

Osobne računalne mreže po podjeli prema prostoru koji obuhvaćaju imaju mali domet. Njihov domet je svega nekoliko metara. Skraćeni standardi naziv za osobne računalne mreže je PAN (eng. Personal area network), a kada su povezane bežičnim tehnologijama skraćen naziv im je WPAN (eng. Wireless personal area network).



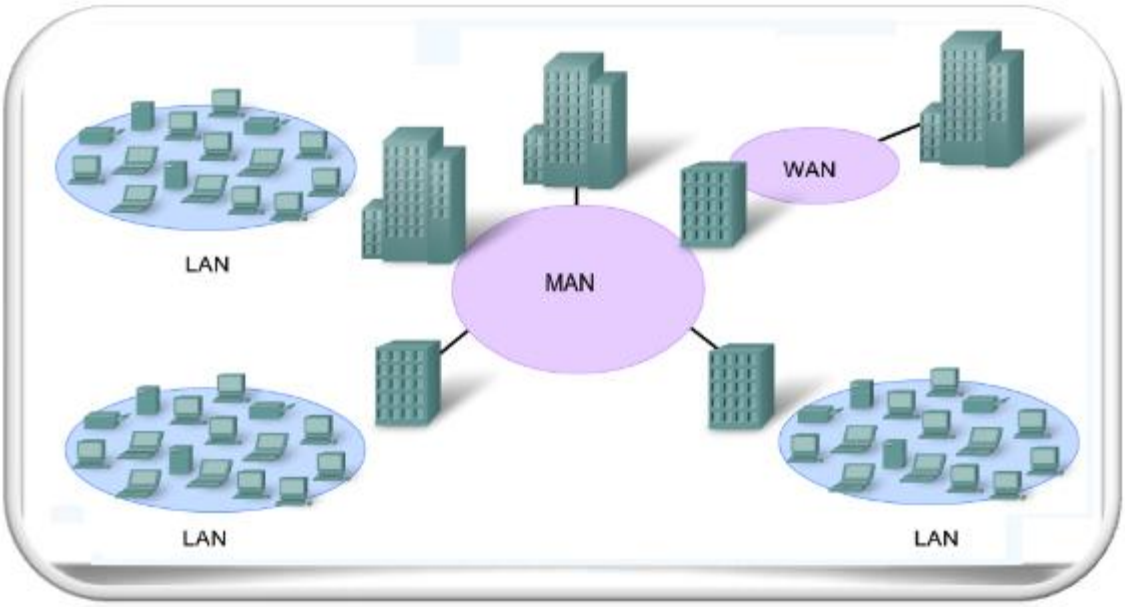
Slika 3. Primjer lokalne računalne mreže[7]

[5] Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.
[6] Korhonen, J., Introduction to 3G Mobile Communications, 2nd ed, Artech House, 2003.
[7] http://www.StudioLeonardo.us/lokalne_racunalne_mreze , preuzeto, 12.05.2016.

Lokalne računalne mreže (eng. Lokal area network-LAN), je skup računala i računalne opreme povezanih u jednu računalnu mrežu u relativno malom prostoru, kao što su na primjer uredi, kompanije i sl. (slika 3).

Glavna karakteristika lokalne mreže u odnosu na mreže na velikim područjima je mnogo veća brzina prijenosa podataka i nepostojanje potrebe za zakupom telekomunikacijskih vodova. Lokalna bežična mreža (WLAN) se najčešće preko rutera povezuje sa drugim mrežama u veću WAN mrežu ili direktno preko davatelja usluge na internet.[8]

Gradske mreže (eng. Metropolitan area network - MAN). To je mreža koja prema prostoru obuhvaća veće područje, najčešće na nivou grada (slika 4.). Najčešće tehnologije koje se koriste pri povezivanju su tehnologije bežičnog prijenosa informacija preko baznih stanica, ili optičkom vlaknima.[9]



Slika 4. Primjer gradske mreže[10]

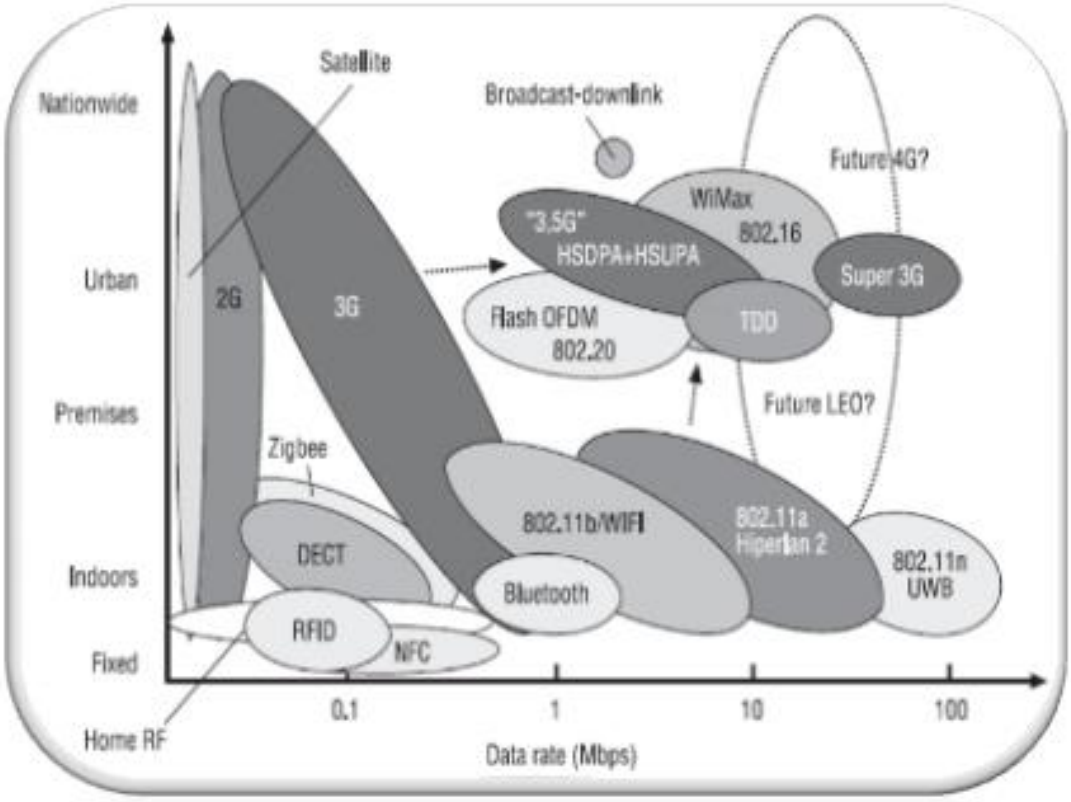
[8] Matin, M. A., Wireless sensor networks – technology and protocols, InTech, 2012
[9] Matin, M. A., Wireless sensor networks – technology and protocols, InTech, 2012
[10] http://www.StudioLeonardo.us/lokalne_racunalne_mreze , preuzeto, 12.05.2016.

Regionalne mreže (eng. Wide area network - WAN) su računalne mreže širokog područja. Regionalne računalne mreže se koriste za povezivanje različitih lokalnih računalnih mreža, i omogućavaju komunikaciju između korisnika i računala u različitim mrežama.

Mreže mobilnih uređaja danas imaju široku primjenu. Današnji mobilni uređaji posjeduju 4G, 3G, E, GPRS, Wi-Fi i bluetooth koji im omogućavaju: slanje, prijem podataka, i povezivanje sa drugim mrežama.[11]

2.4. Globalni wirelles standardi

Metode i standardi wireless komunikacija razvili su se širom svijeta na osnovu različitih komercijalnih zahtjeva. Ove tehnologije se mogu grubo podijeliti u četiri individualne kategorije na osnovu njihovih specifičnih aplikacija i dometa prijenosa (slika 5.)



Slika 5. Globalni wireless standardi[12]

[11] Morrow, R., Bluetooth: Operation and Use, New York, McGraw – Hill, 2002.
[12] http://www.ist-emobility.org/WorkingGroups/Roadmaps/eMobility_B3G4GRMWG_WhitePaper_Final.pdf preuzeto, 5.9.2016.

Bluetooth je aplikacija za wireless lične mreže takođe poznat i kao IEEE 802.15 standard koji definira osobne wirelless mreže. Bluetooth omogućava način za povezivanje i razmjenu informacija između uređaja kao što su: laptopi, mobilni telefoni, printeri, digitalne kamere, a preko sigurnog kratkog dometa radio frekvencije.[13]

Wi-Fi ili IEEE 802.11 mrežni standard definira lokalne wireless mreže. Ima efikasniju koding tehnologiju koja razdvaja radio - signal u nekoliko sub - signala prije nego što dođu do prijemnika.

WiMax takođe poznat kao 802.16 standard. To je standard koji definira gradske wireless mreže. Osigurava brz wireless pristup internetu sa:

- fiksnih ili mobilnih uređaja,
- preko antena, i
- osigurava pristup velikom području kao što je grad ili dijelovi grada.

Standard IEEE 802.20 Najveći i najpoznatiji primjer za WAN je internet. Ovaj standard se također odnosi i na GPRS ili 4G tehnologije.

2.5. Prednosti i mane bežične mreže

Wireless networking ili bežične mreže predstavljaju umrežavanje različitih uređaja putem elektromagnetnih valova. Bežične računalne mreže slične su drugim računalnim mrežama ali osnovna razlika je u načinu konekcije. Nema potrebe za uspostavljanjem fizičke (žičane) konekcije - nema razvlačenja kablova.

Izostanak te fizičke konekcije omogućava korisnicima da se lakše kreću kroz prostor, te korisnik može nastaviti korištenje započetog mrežnog servisa i nakon premještanja izvan radnog okruženja, ili od kuće.

Mnoge organizacije uvode za određene poslove rad od kuće (teleworking), što sa jedne strane omogućava fleksibilno radno vrijeme a sa druge strane tvrtka ne ulaže previše u skupe poslovne protore.

---

[13] Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.

Također, bežične mreže mogu se brzo i lako uspostaviti na privremenim lokacijama. One imaju laku mogućnost proširenja tj. lako mogu da podrže veći broj klijenata.[14]

Bežične mreže su predstavljale znatnu investiciju zbog kupovine novih komponenti, ali sada su cjenovno pristupačne, a prednosti koje pružaju čine ih optimalnim rješenjem.

Pogodnost izostanka fizičke konekcije sa druge strane povećanje problema sigurnosti i zaštite podataka.

Za razliku od žičanih računalnih mreža koje mogu biti fizički zaštićene sa kontrolom pristupa, bežične mreže se teže štite.[15]

Wireless Encryption Protocol (WEP) protokol je sigurnosni protokol, preciziran standardom 802.11. WEP nastoji da uspostavi sličnu zaštitu koju nude žične mreže, tako što šifrira podatke prijenosa preko WLAN-a. Enkripcija podataka štiti osjetljivu vezu između klijenata i pristupne točke.[16]

WPA (eng. Wi-Fi Protected Access) je napravljen, nakon što je uočena ranjivost starijeg WEP algoritma. Bitna karakteristika WPA algoritma je da radi na uređajima koji mogu koristiti WEP. Poboljšanja koja su uvedena u WPA tiču se enkripcije komunikacije i autentikacije korisnika. Enkripcija kouminkacije je poboljšana korištenjem TKIP protokola (eng. Temporal Key Integrity Protocol).

Za autentikacijaju se koristi EAP (Extensible Authentication Protocol). Prva verzija WPA ima svoje poboljšanje koje se ogleda u WPA2 protokolu čije se poboljšanje ogleda u uvođenju novog algoritma koji se bazira na AES-u.[17]

---

[14] Prasanna, S., Rao, S., An Overview of Wireless Sensor Networks Applications and Security", International Journal of Soft Computing and Engineering Volume-2, Issue-2, May 2012.
[15] Sohraby, K., Minoli, D., Znati, T., Wireless sensor networks technology, Protocols, and Applications, John Wiley & Sons, 2005.
[16] Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.
[17] https://hr.wikipedia.org/wiki/WPA preuzeto, 5.9.2016.

3. ARHITEKTURA 802.11 BEŽIČNIH MREŽA

3.1. Osnovni i prošireni skup usluga

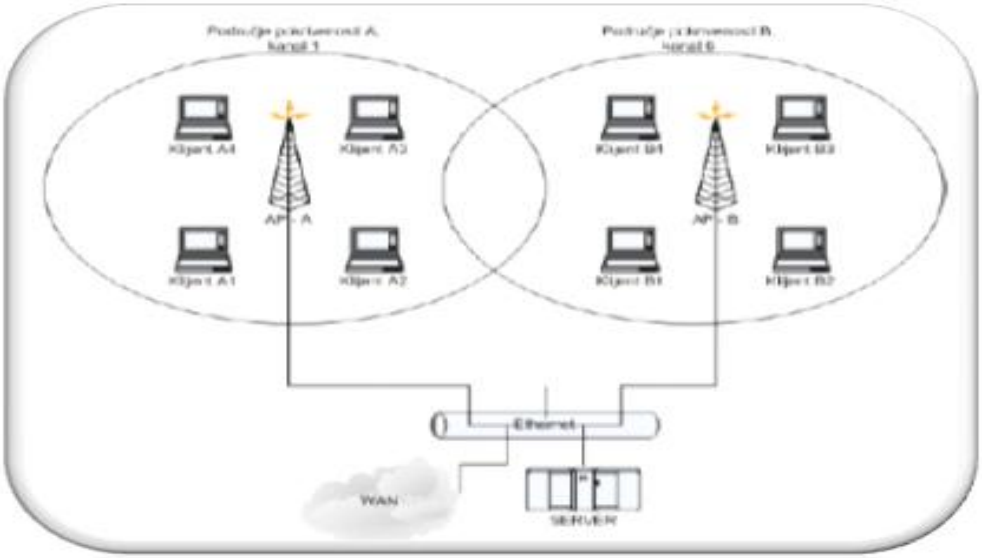
Arhitekturu 802.11 bežičnih mreža najlakše bismo mogli opisati, ako bismo rekli da je to skup međusobno povezanih ćelija, a sastoji se od sljedećeg:

- pristupne točke (AP),
- bežičnog medija,
- distribucijskog sustava (DS),
- osnovnog skupa usluga (BSS),
- proširenog skupa usluga (ESS),
- klijenata te
- skupa usluga.

Zajedničko funkcioniranje svih ovih faktora, pruža bežičnim uređajima mogućnost kretanja kroz WLAN koristeći se svim mogućnostima kao i uređaji priključeni na fiksnu mrežu.

3.1.1. Osnovni skup usluga

Skup IEEE 802.11 standarda je osnovni skup usluga, BSS.



Slika 6. Infrastrukturni skup osnovnih usluga[18]

[18] http://www.StudioLeonardo.us/lokalne_racunalne_mreze , preuzeto, 12.05.2016.

Ovaj model sastoji se od jednog ili više bežičnih klijenata koji komuniciraju s pristupnom točkom, funkcionirajući kao jedna radio ćelija. Na slici 6. prikazana je infrastrukturna BSS.

Iz ovog je modela vidljivo da AP funkcionira kao most između bežičnih klijenata i žičnog dijela mreže. Kako u mreži postoji više pristupnih tačaka, bežični klijenti više međusobno ne komuniciraju u peer-to-peer modu, već se promet s jednog bežičnog klijenta na drugi preusmjeruje preko AP-ova.[19]

3.1.2. Prošireni skup usluga

Glavna prednost upotrebe WLAN-a leži u činjenici da upotrebom 802.11 arhitekture bežični klijenti postaju mobilni, bez potrebe za razmišljanjem kako pronaći priključno mjesto, a ujedno i kako ostvariti vezu sa žičnom mrežom.

Ako bismo koristili BSS, naša bi mobilnost bila uvjetovana pokrivenošću jedne pristupne točke. Korištenjem ESS-a, 802.11 arhitektura omogućava da se korisnici kreću kroz više infrastrukturno povezanih BSS-ova.[20]

U ESS-u, pristupne točke međusobno komuniciraju, odnosno prosljeđuju promet, a isto tako vode računa o tome koji AP e preuzeti kojeg klijenta. Ova mogućnost ostvaruje se korištenjem distribucijskog sustava, DS-a.

DS je osnovica WLAN-a, DS odlučuje o tome hoće li se mrežni promet prosljeđivati od jednog BSS-a na žičnu mrežu i natrag ili će proslijediti drugom AP-u ili BSS-u. Jedinstvenost WLAN-ova je u transparentnoj interakciji različitih dijelova ESS-a.

Klijenti na žičnom LAN-u uopće ne znaju komuniciraju li s bežičnim mobilnim klijentima niti su svjesni promjena koje se događaju nakon što jedan bežični klijent bude pridružen s jednog AP-a na drugi.

Jedino što klijenti na žičnom LAN-u znaju je MAC adresa s kojom komuniciraju, baš kao što to čine s bilo kojom drugom MAC adresom na žičnom dijelu.

---

[19] Stankovic, J. A., Wireless Sensor Networks, Department of Computer Science, Charlottesville, Virginia, 2006.
[20] Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.

3.2. Skup usluga 802.11 arhitekture

U ovom skupu postoji devet različitih vrsta usluga. Od ovih devet, njih četiri pripadaju skupini usluga stanice, a preostalih pet u skupinu distribuiranih usluga.

3.2.1. Skupina usluga stanice

Ove usluge obuhvaćaju funkcionalnosti koje prema IEEE 802.3 standardu imaju žične mreže:

Autentifikaciju - definira identitet bežičnog uređaja. Bez jasno određenog identiteta, potencijalnom bežičnom klijentu nije dozvoljen pristup na WLAN. Autentifikacija se može potvrđivati iz kreirane liste MAC adresa kojima je dopušten pristup mreži. Ta lista može biti pohranjena ili na AP-u, ili negdje na mreži. Jedan uređaj može se „prijaviti" na više AP-ova.[21]

Deautentifikaciju - koristi se za uništenje prethodno poznatog identiteta nekog bežičnog uređaja. Jednom kada je proces deautentifikacije pokrenut, klijent više nema mogućnost spajanja na WLAN. Ovaj se proces pokreće kada se bežični klijent isključi ili kada izađe iz područja pokrivenosti AP-a.

Dostavu podataka - servis koji se brine da podatkovni okviri budu preneseni od jedne MAC adrese do druge.

Privatnost - služi za osiguranje podataka koji kruže WLAN-om. Iako koristi RC4 enkripcijsku shemu, njegova svrha nije da bude jedini način zaštite podataka, već da služi kao osnovni sigurnosni nivo.

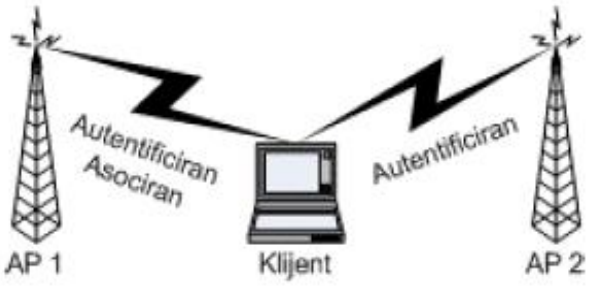
3.2.2. Skupina distribuiranih usluga

Između LLC podsloja i MAC sloja, postoji pet usluga koje odlučuju o tome gdje će koji okvir podatka biti proslijeđen.

Ovu skupinu čine:

[21] http://www.mactech.com/articles/mactech/Vol.15/15.12/WirelessNetworking/, preuzeto, 20.01.2016.

Asociranje - ovu uslugu klijent koristi odmah nakon priključenja na AP, a ona kreira logičku vezu između uređaja te određuju put koji distribucijski sistem treba znati kako bi mogao kontaktirati bežični uređaj.



Slika 7. Autentifikacija i asocijacija klijenta[22]

Ukoliko bežični klijent ne ostvari asociranje s AP-om, DS neće znati gdje je taj klijent, niti kako da mu dostavi podatkovne okvire.

Kao što se vidi na slici 7., jedan bežični klijent može biti autentificiran na više AP- ova, ali može biti asociran na samo jedan.

Reasociranje - kako bi se spriječio gubitak podataka prilikom roaminga ili situacija kada dolazi do variranja u napajanju klijenta, koristi se usluga reasociranja. Ova je usluga slična asociranju, ali uključuje i trenutnu informaciju koja postoji o bežičnom klijentu.

U slučaju roaminga, ova informacija govori trenutnom AP-u na koji je prethodni AP ovaj klijent bio asociran. Takav podatak novom AP-u omogućuje da kontaktira prethodni AP i preuzme eventualne postojeće okvire podataka koji tom bežičnom klijentu moraju biti proslijeđeni.

Disasociranje - koristi se za prekidanje veze između AP-a i bežičnog klijenta, iz razloga što je klijent izašao iz područja pokrivenosti AP-a, zbog isključivanja AP-a, ili bilo kojeg drugog razloga. Ukoliko želi nastaviti komunikaciju se mrežom, bežični će klijent ponovno koristiti uslugu asociranja ne bi li pronašao novi AP.

[22] http://www. Leonardo.ba/racunalne_mreze , preuzeto, 14.05.2016.

Integracija - vrši konverziju okvira podataka 802.11 formata u format koji se koristi na žičnoj mreži na koji je bežična infrastruktura priključena, odnosno, vrši obrnutu konverziju, s žičnog LAN-a na WLAN.

Distribucija - određuje hoće li neki okvir podataka biti proslijeđen unutar bežične mreže (drugom AP-u ili nekom bežičnom klijentu) ili će biti proslijeđen s WLAN-a na žični LAN.

3.2.3. CSMA-CA mehanizam

Osnovni pristupni mehanizam za 802.11 je CSMA-CA mehanizam. Ovaj je mehanizam vrlo sličan CSMA-CD mehanizmu koji koriste žične lokalne mreže (Ethernet, po standardu 802.3), no, s nekoliko bitnih razlika.[23]

Za razliku od Etherneta, koji šalje signale dok god ne detektira neki drugi paket, CSMA-CA neće početi s odašiljanjem tako dugo dok bilo koji drugi uređaj emitira i tako dok dugo dok ne dobije povratnu informaciju da odredišni uređaj sluša (metoda LBT).

Prije no što je paket emitiran, bežični će uređaj oslušati komunikacijski kanal ne bi li ustanovio emitira li koji drugi uređaj. Ukoliko neki drugi uređaj emitira, pričekat će slučajno generirani vremenski odsječak i slušati ponovno. Ukoliko niko drugi ne koristi medij, uređaj će početi s emitiranjem. U suprotnom, opet će pričekati slučajno generirani vremenski odsječak.

3.2.4. RTS/CTS mehanizam

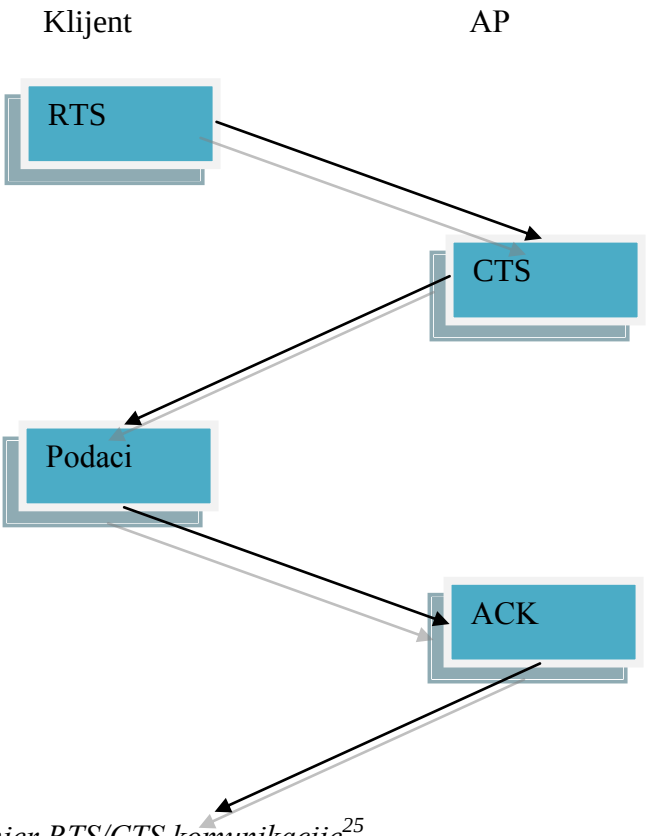
Ne bi li se spriječila kolizija koja nastaje istovremenim emitiranjem dvaju uređaja, u dizajn standarda uklopljen je RTS/CTS mehanizam.

Primjera radi, ukoliko je na neki AP stigao podatak koji je adresiran na nekog bežičnog klijenta, AP će poslati RTS okvir tom klijentu, tražeći vrijeme za predaju tog podatka.[24]

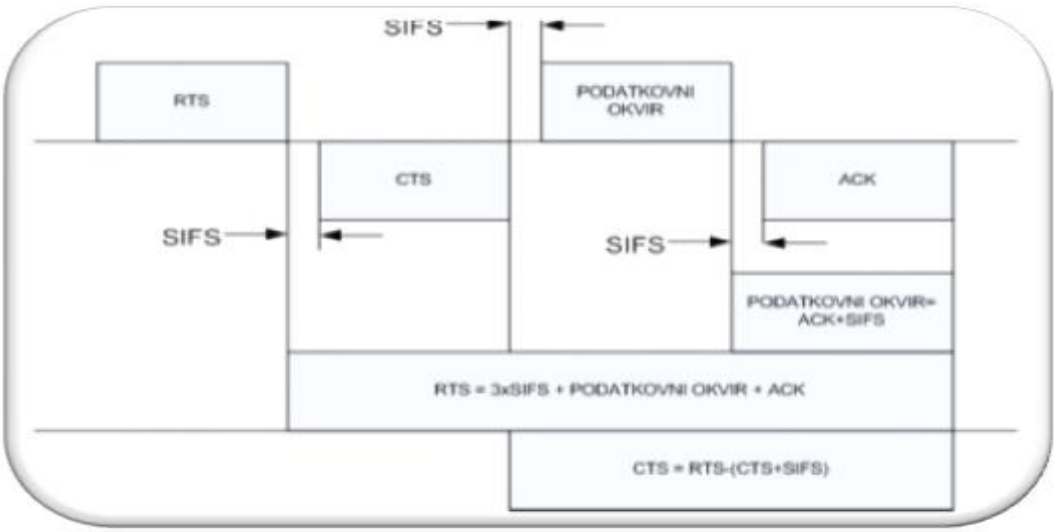
Klijent odgovara sa CTS okvirom, čime kaže AP-u da je spreman primiti njegovu transmisiju i da u tom vremenskom periodu neće održavati komunikaciju ni s kim

[23] http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11a-1999.pdf, preuzeto, 23.01.2016.
[24] William Stallings, Data and Computer Communication, Pearson Prentice Hall, NJ, USA, 2004.

drugim, tako dugo dok AP ne završi prijenos. Primjer RTS/CTS mehanizam komunikacije vidi se na slici 9.



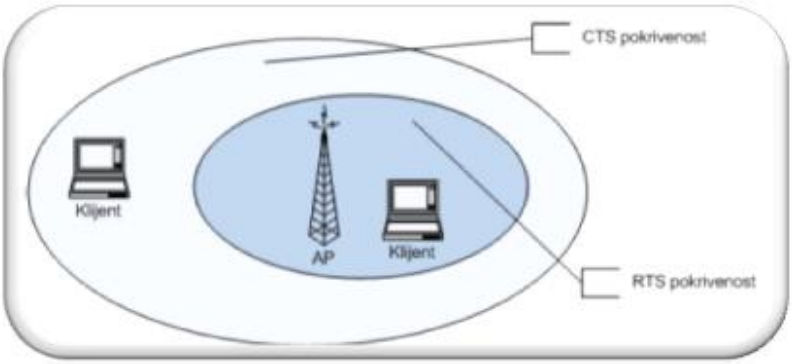
Slika 8. Primjer RTS/CTS komunikacije[25]



Slika 9. RTS/CTS mehanizam[26]

[25] http://www. Leonardo.ba/racunalne_mreze , preuzeto, 15.05.2016
[26] http://www. Leonardo.ba/racunalne_mreze , preuzeto, 15.05.2016

Istovremeno, i drugi bežični klijenti „čuju“ ovaj dogovor te se suzdržavaju od komunikacija. Na ovaj način podaci se prenose s minimalnom mogućnošću dolaska do kolizije. Istovremeno, ovako se rješava problem takozvanog „skrivenog klijenta“.[27]



Slika 10. Skriveni klijent[28]

Situacija skrivenog klijenta javlja se kada imamo dva ili više klijenta koji nisu u međusobnom dosegu, ali su svi u dosegu AP-a, kao što vidimo na slici 10. Pojam skrivenog klijenta jedinstven je za bežične mreže jer za razliku od klasičnog LAN-a gdje svaki klijent direktno „vidi“ svakog drugog klijenta, udaljenosti koje se kod bežičnih mreža javljaju, uzrokuju tu pojavu, tako da klijenti mogu komunicirati isključivo posredovanjem AP-a.[29]

Postoji još jedna prednost korištenja ovog mehanizma. Korištenjem RTS/CTS-a, u 802.11g prijenosnom sistemu, AP može motriti postoji li u komunikacijskom kanalu još neki uređaj koji podržava 802.11g komunikaciju te mu se prilagoditi.[30]

Ovo je bitno stoga što 802.11g uređaji mogu raditi i po 802.11b i po 802.11g standardu. Stoga što se prilikom razmjene RTS/CTS paketa javljaju i još neki podaci, 802.11g uređaj može otkriti kojem standardu koji uređaj pripada i automatski mu se prilagoditi.

---

[27] Akyildiz, I. F., Vuran, M. C., Wireless Sensor Networks, John Wiley & Sons, August 2010.
[28] http://www. Leonardo.ba/racunalne_mreze , preuzeto, 14.05.2016
[29] Andrew, S., Tanenbaum, David J., Computer Networks, 5/e; Wetherall, Prentice Hall, 2010.
[30] Culler, D., Estrin, D., Srivastava, M., Overview of Sensor Networks, Published by the IEEE Computer Society, August 2004.

3.2.5. Potvrda prijama podataka

Kada se podaci šalju radio signalom, zbog problema sa smetnjama, izgledi za gubitak paketa između pošiljaoca i primaoca mnogo su veći nego u bežičnim mrežama. Kako bi se izbjegli ovakvi gubici, ugrađen je signal potvrde prijama, ACK. Korištenje ovog mehanizma znači da će nakon što primatelj primi određeni paket, poslati potvrdu prijama, ACK, pošiljaocu. Ukoliko pošiljalac nikada ne primi ACK, znati će da paket nije isporučen i ponoviti će slanje.[31]

Sve se ovo odvija u MAC sloju čime pošiljatelj, nakon što ustanovi da nije primio ACK, može zauzeti radio medij prije svih ostalih i ponoviti slanje. Ovakav način pruža transparentan način korekcije prijenosa, odnosno krajnji korisnik ni ne zna da je došlo do bilo kakvih problema prilikom slanja podataka.[32]

Jedna od prednosti 802.11 standarda je brzina ACK regovanja, stoga što se manipulacija ACK paketom vrši na MAC sloju te prijenos ACK paketa ima veći prioritet u prijenosu od ostalih paketa. Vrijeme koje proteče između završetka prijenosa okvira podataka i početka prijenosa ACK paketa je jedan SIFS. Prijenosi koji nisu ACK moraju čekati najmanje jedan DIFS.

3.2.6. Upravljanje fragmentacijom

U okruženju osjetljivom na smetnje postoji mogućnost da neki bitovi u paketu budu neispravno preneseni.

Bez obzira na količinu neispravnih bitova, paket će morati biti ponovno poslan. Stoga što u bežičnim komunikacijama smetnje nisu mogućnost, već realnost, logično je u komunikaciji koristiti manje pakete podataka nego u klasičnim bežičnim mrežama. Ovo omogućava brže ponavljanje slanja neispravnog paketa.

Mana ovakvog načina je što je ukupna cijena koštanja u slučaju ispravnog prijenosa veća za manje pakete no što bi bila za veće pakete. No, zahvaljujući 802.11 standardu,

---

[31] Faludi, R., Building Wireless Sensor Networks, O'REILLY, 2011.
[32] Fitzgerald, J., Dennis, A., Business Data Communications and Networking - 8th Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2005.

veličine paketa moguće je proizvoljno podešavati, odnosno administrator, može, ovisno o situaciji, negdje staviti manju, a negdje veću veličinu paketa.

3.2.7. Upravljanje snagom

Iz razloga što se cijela filozofija WLAN-ova temelji na mobilnosti, nužan preduvjet za njeno funkcioniranje je dostatna jačina električne snage u bežičnim klijentima, odnosno njihovim baterijama. IEEE je u standard ugradio načine upravljanja električnom snagom, na način da bežični klijent odlazi u način rada s niskom ili nikakvom potrošnjom energije, a bez gubitaka veze s bežičnom infrastrukturom.

Kako bi klijent najavio odlazak u štedni mod rada, on AP-u šalje 20-bitni PS-Poll okvir. AP će sve podatke koji će biti namijenjeni tom klijentu pohraniti u predmemoriju za sve vrijeme koje je klijent u štednom načinu rada.

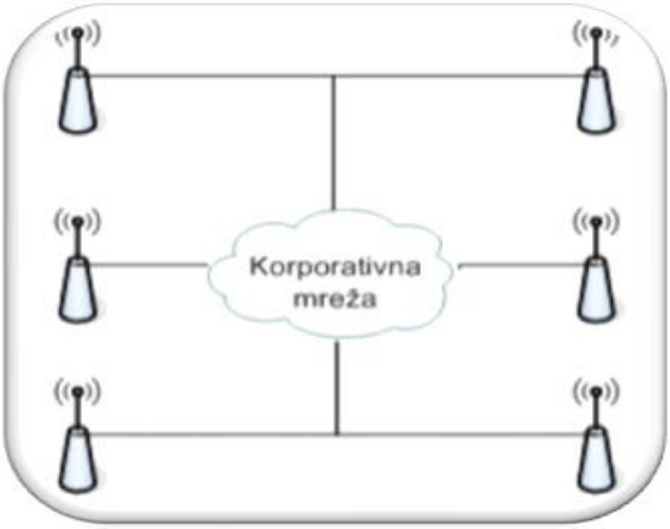
Periodično će se klijent prebacivati iz štednog načina rada u normalni kako bi provjerio čekaju li ga kakvi paketi.[33]

Nakon provjere i eventualnog primanja istih, klijent će ponovno poslati PS-Poll okvir i vratiti se u štedni način rada. Prednosti ovog pristupa su u tome što je vrijeme trajanja baterijskih izvora energije klijenta produženo, a samim time produžena je i autonomija rada.

3.3. Centralizirana i distribuirana arhitektura WLAN-a

Kada govorimo o distribuiranoj arhitekturi AP-ova, tada mislimo na originalni dizajn 802.11 standarda. U ovom okruženju AP-ovi cjelokupno okruženje WLAN-a predstavljaju kao jednu cjelinu, odnosno funkcioniraju kao most na drugom sloju OSI modela između žičnog i bežičnog dijela mreže.[34]

[33] Grundler, D., Blagojević, L., Informatika 1, Školska knjiga, Zagreb 2007.
[34] Matin, M. A., Wireless sensor networks – technology and protocols, InTech, 2012.



Slika 11. Distribuirana arhitektura AP-a

S druge strane, tzv. enterprise level AP-ovi pružaju i:

- napredne mogućnosti vezane uz više slojeve OSI modela,
- konfiguracija preko WEB, telnet ili SSH interfejsa,
- filtriranje po protokolu,
- filtriranje po adresama,
- liste kontrole pristupa,
- QoS,
- implementacija sigurnosnih protokola, i sl.

Distribuirana arhitektura je prikazana na slici 11.

Kod centralizirane arhitekture (ili prespojene arhitekture) trebamo najmanje dva uređaja za njenu implementaciju.

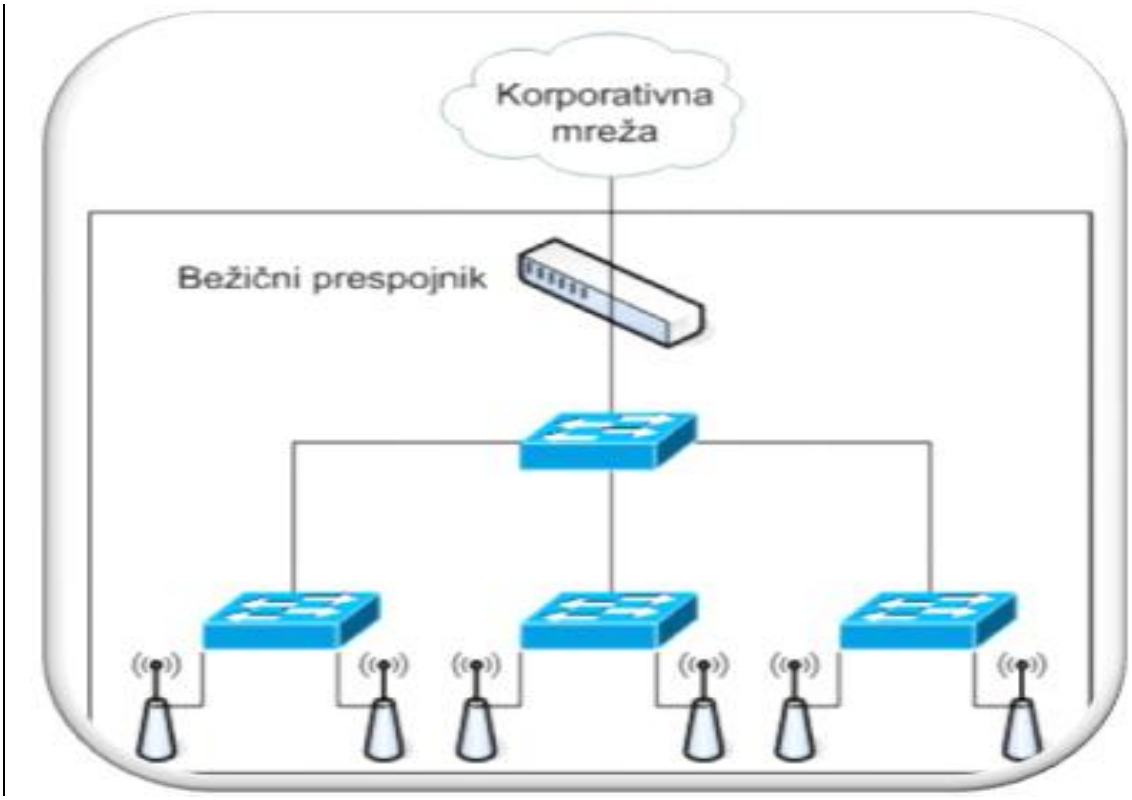
AP još uvijek služi kao most na drugom sloju OSI modela, dok je sva druga funkcionalnost preseljena na jumper WLAN-a. Odabir implementacije funkcionalnosti obično je takav da AP ima:

funkciju mosta,
enkripcije podataka i
kontrolu pristupa,
dok sve ostalo preuzima prespojnik.

Ovakva arhitektura znači da sav odlazni i dolazni promet prema AP-u mora proći preko prespojnika, što znači da prespojnik ima ulogu potpunog nadgledanja prometa na bežičnoj mreži.[35]

Centralizirana arhitektura tretira WLAN kao prespojnik na Ethernet mrežu. Ova arhitektura zahtijeva posebnu mrežu, odnosno, dio mreže za bežični promet i obično se implementira kao VLAN. Ovakav način rada je nužan stoga što sav bežični promet mora proći kroz prespojnik na putu do svog krajnjeg odredišta, a i konfiguracija je na taj način neusporedivo lakša.[36]

Postoje dva načina implementacije centralizirane arhitekture. Na slici 12. prikazana su dva nivoa prespajanja između AP-ova i bežičnog prespojnika. Ovakva se arhitektura koristi kada bežični prespojnik ima određen i ograničen broj portova. Ovakav način implementacije najčešće se koristi u malim mrežama.



Slika 12. Centralizirana arhitektura s dva nivoa prespajanja

[35] Chee, Y., Chong, Srikanta P. Kumar, Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges, IEEE.
[36] Andrews S. Tanenbaum, Računarske mreže, Mikro Knjiga, Beograd, 2005.

Neki proizvođači opreme preporučaju da bežični i žični dio mreže dijeli portove na bežičnom prespojniku.[37]

Ovakva arhitektura omogućava veću propusnost prema WLAN-u. Uzmimo primjer kada bežični prespojnik ima samo dva 100 Mb/s Ethernet porta.

Recimo da koristimo AP-ove koji funkcioniraju po 802.11b standardu, svaki od njih generira promet od 6 Mb/s, što znači da bi jedan 100 Mb/s port mogao posluživati 16 AP-ova gore navedenih karakteristika. Kako bi se omogućilo priključenje još više AP-ova, oba ova porta moraju biti rezervirana za bežični promet.[38]

3.4. Sigurnost wireless mreže

Sigurnost i problemi vezani uz njeno postizanje, jedni su od najvažnijih faktora koje treba uzeti u obzir prilikom implementacije WLAN-ova. U bežičnim mrežama, nemogućnost pristupa neovlaštenim osobama u prostorije već je sama po sebi jedna velika prednost pri osiguranju mreže.

Kod WLAN-a je ovo nemoguće jer AP ne može odrediti poziciju klijenta koji se želi spojiti, AP ne zna je li on u uredu, prolazi hodnikom ili sjedi parkiran u autu ispred zgrade ili postrojenja.

3.4.1. Krađa

Neautorizirani korisnik često će željeti pristupiti korporativnoj ili nekoj drugoj mreži s ciljem krađe informacija. Jedan od načina sprečavanja je da se vodi računa o korisničkim računima. Postojanje šifri koje se periodično mijenjaju, da se stari računi brišu nakon što se više ne upotrebljavaju, isl.

3.4.2. Kontrola pristupa

Potrebno je postaviti nivoe mogućnosti pristupa različitim podacima ovisno o tipu korisničkog računa.

---

[37] Bažant, A., Gledec, G., Ilić, Ž., Ježić, G., M. i dr., Osnovne arhitekture mreža - II. Izdanje, Element, 2007.

[38] Bharathidasan, A., Anand, V., Ponduru, S., Sensor Networks: An Overview, Potentials, IEEE Proceedings, vol. 22, no. 2, May 2003.

3.4.3. Autentifikacija

Da bi se spriječio neovlašten pristup, potrebno je moći jednoznačno identificirati korisnika. Kod bežičnih mreža moguće je postaviti autentifikaciju prema MAC adresi bežičnog uređaja korisnika.

3.4.4. Enkripcija

Ako neovlašteni korisnik nije u mogućnosti spojiti se na bežičnu mrežu, on još uvijek može koristiti takozvane sniffere prometa, odnosno prisluškivati promet. Iz tih podataka može presresti i preuzeti važne podatke, ali i nečije korisničko ime i širfu i time se „legalno“ logirati na mrežu. Korištenjem enkripcijskih algoritama ova se mogućnost otklanja.[39]

3.4.5. Sigurnost u IEEE 802.11

IEEE 802.11 standard pruža tri različita načina zaštite od neovlaštenog pristupa i primjena jednog ili svih dostatno će smanjiti, ali ne i u potpunosti otkloniti, mogućnost zloupotrebe.

SSID

Ova metoda omogućuje grupiranje jednog ili više AP-ova s ciljem kreiranja WLAN segmenta. Ovi segmenti mogu biti u vezi s odjelom, katom, poslovnom jedinicom ili nekom drugom organizacijskom strukturom na koju se odnose.

Stoga što je SSID prisutan prilikom procesa autentifikacije, on funkcioniše kao neka vrsta grube šifre jer bežični klijent koji se želi spojiti na njega mora dati oznaku SSID-a.

Nedostaci ovog pristupa su:

SSID može saznati i treća osoba,
SSID je podložan promjenama pa je promjena/obavijest/rekonfiguracija klijenata opsežan posao,
pogotovo ako se promjene događaju često ili je organizacija velika.

---

[39] James F. Kurose, Keith W. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, Pearson, 2012.

Filtriranje po MAC adresama

Kao što je već prije spomenuto, AP može autentificirati korisnike po MAC adresama. Stoga što je MAC adresa nedvosmislena i jedinstvena za jedan uređaj ovo je načelno vrlo siguran način autentifikacije. Lista ovlaštenih MAC adresa može biti pohranjena ili na AP-u ili na nekom serveru.[40]

Nedostaci ovog pristupa su što održavanje baze MAC adresa može postati vrlo teško, posebno ako su fluktuacije korisnika velike. S druge strane, MAC adresu je vrlo lako moguće krivotvoriti. Odnosno, dovoljno je da postoji mogućnost:

- prisluškivanja prometa,
- izdvojiti MAC adresu iz tog prometa i
- promijeniti MAC adresu na računalu kojim se želi kompromitirati neki WLAN.

WEP

Treći mehanizam zaštite odnosi se na zaštitu privatnosti prometa, odnosno enkripciju korištenjem RC4 algoritma. WEP je protokol za zaštitu bežičnih mreža, opisan IEEE standardom 802.11b, WEP zaštita se temelji se na enkripciji podataka između krajnjih točaka. WEP koristi kriptografske ključeve standardnih duljina od 64, 128 i 256 bita. Kao što je isto već prije spomenuto, WEP koristi RC4 algoritam kriptiranja, primjena ove zaštitne mjere nije zamišljena kao end-to-end solucija. Razlog je u tome što je WEP ključ lako probiti. RC4 je simetrički algoritam i princip funkcioniranja počiva na jednom zajedničkom ključu koji koriste i pošiljatelj za enkripciju i primatelj za dekripciju.

RC4 ključ sastoji se od dva dijela:

- KSA ključa,
- Algoritma generatora pseudo - slučajnih brojeva.

RC4 funkcioniranje na način da dužinu kratkog ključa proširi na beskonačno veliki, pseudo-slučajno generisani, niz. Proces enkripcije sastoji se od sljedećih koraka:

---

[40] Veinović, M., Jevremović, A., Uvod u računarske mreže, Singidunum, Beograd, 2008.

- Na osnovni tekst se izvrši 32-bitna CRC kontrola kako bi se iz teksta derivirao ICV, koji se zatim pridodaje čistom tekstu,
- Inicijalizacijski vektor, IV, slučajno se generiše za svaki paket podataka, čime osiguravamo ravnomjernost oznake svakog paketa.
- IV se kombinira sa zajedničkim ključem te se pušta kroz generator pseudo-slučajnih brojeva (PRNG) ne bi li se dobio niz ključeva. Dužina niza ključeva jednaka je dužini čistog teksta koji mora biti enkriptiran.
- Niz ključeva, zajedno s čistim tekstom, pušta se kroz XOR (ekskluzivno ILI) sklop, na čijem se izlazu dobija kriptirani podatak.

Svaki poslani podatak sadrži IV u nekriptiranom obliku. Primalac koristeći IV u kombinaciji sa zajedničkim ključem dekriptira dobiveni podatak.

4. SIMULACIJA RADA WI–FI MREŽA PRIMJENOM PROGRAMSKE PODRŠKE OPNET

Za simulaciju rada bežične mreže se koristi programska podrška OPNET 17.5 (Optimized Network Engineering Tool) koji radi u Windows 7 okruženju (Riverbed Modeler Academic Edition), izdavača Riverbed Technology, Inc.

Ovaj alat služi kao podrška, pružajući sveobuhvatno razvojno okruženje, gdje služi za simulaciju i analizu performansi mrežne komunikacije, računalnih sustava i naravno aplikacija. Navedeno omogućava kreiranje modela izvršavajući simulaciju i analizirajući izlazne podatke.

4.1. Implementacija OPNET-a

OPNET ima četiri hijerarhijska editora da razvije modelirani sistem, node (čvor) editor, procesni editor i editor parametara. Osnovni gradivni blok je čvor (Node), što ujedno predstavlja i osnovni model. Čvorovi odgovaraju prilikom komunikacije sa uređajima kao što su PC, File server i ruter.

Počinjemo graditi Wi-Fi model umrežavanja stvaranjem novog projekta imena "IvanKolobaricEthernetWLAN" sa uključenim „bežičnim LAN-om“ i radom na modelu sa mrežnim slojem. Podmreža (subnet) je stvorena da predstavlja „office network“, LAN i WLAN mrežu učionice.

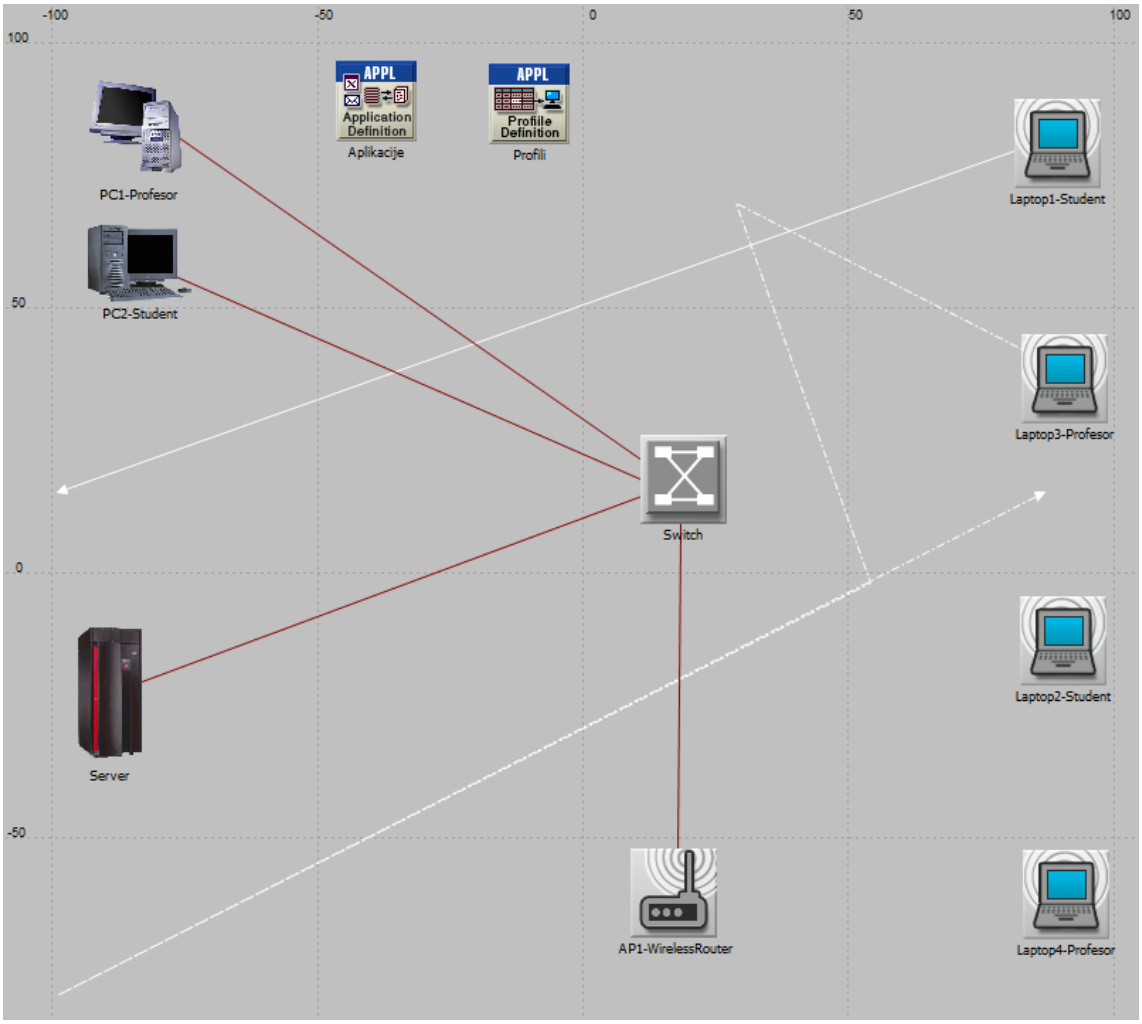
U okviru subneta, stavili smo jednu pristupnu točku (AP1-WirelessRouter), kao bežični ruter za prijenos bežičnih signala, i različit broj radnih stanica prema različitim scenarijima.

(AP1-WirelessRouter) je spojen na (Switch), a zatim spojen na (Server) koji pruža korištenje aplikacija na radnoj stanici, topologija mreže je prikazana na slici 13.

Definirali smo četiri aplikacije: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print. Sve aplikacije smo definirali da imaju veliki promet. Također smo definirali dva profila:

a) Student koji uporablja samo Web browsing

b) Profesor koji uporablja sve četiri aplikacije: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print



Slika 13: Topologija LAN i WLAN mreže

Važni atributi:

Dimenzije WLAN mreže: 200m x 200m,

(AP1-WirelessRouter) Pristupna točka (Access Point & Ethernet router)

Model: wlan_ethernet_router _adv

Wireless LAN parametri:

BSS Identifikator: 1 - istog nivoa kao i Mobilne radne stanica

Funkcionalnost pristupne točke: Omogućena

Standard rada: 802.11g (Extended Rate PHY),

Brzina: 54 Mbps

Snaga: 0.005W

(Switch) Preklopnik

Model: ethernet16_switch

(Server) Server sa servisima za podršku

Model: ethernet_server

Podržani servisi: Svi

(Aplikacije)

Model: Application Config

Aplikacije definicije: Email, File Transfer, Web Browsing, Kolor Print

(Profili)

Model: Profile Config

Definirani profili:

Student koristi aplikaciju Web Browsing

Profesor koristi aplikacije: Email, File Transfer, Web Browsing, Print

(PC1-Profesor, PC2-Student) Radna stanica/e

Model: ethernet_wkstn_adv

(Laptop1-Student; Laptop2-Student; Laptop3-Profesor; Laptop4-Profesor) Wi-Fi radna stanica/e

Model: wlan_wkstn_adv

BSS Identifikator: 1 - istog nivoa kao i Pristupna točka

Funkcionalnost pristupne točke: Onemogućena

Standard rada: 802.11g (Extended Rate PHY),

Brzina: 54 Mbps

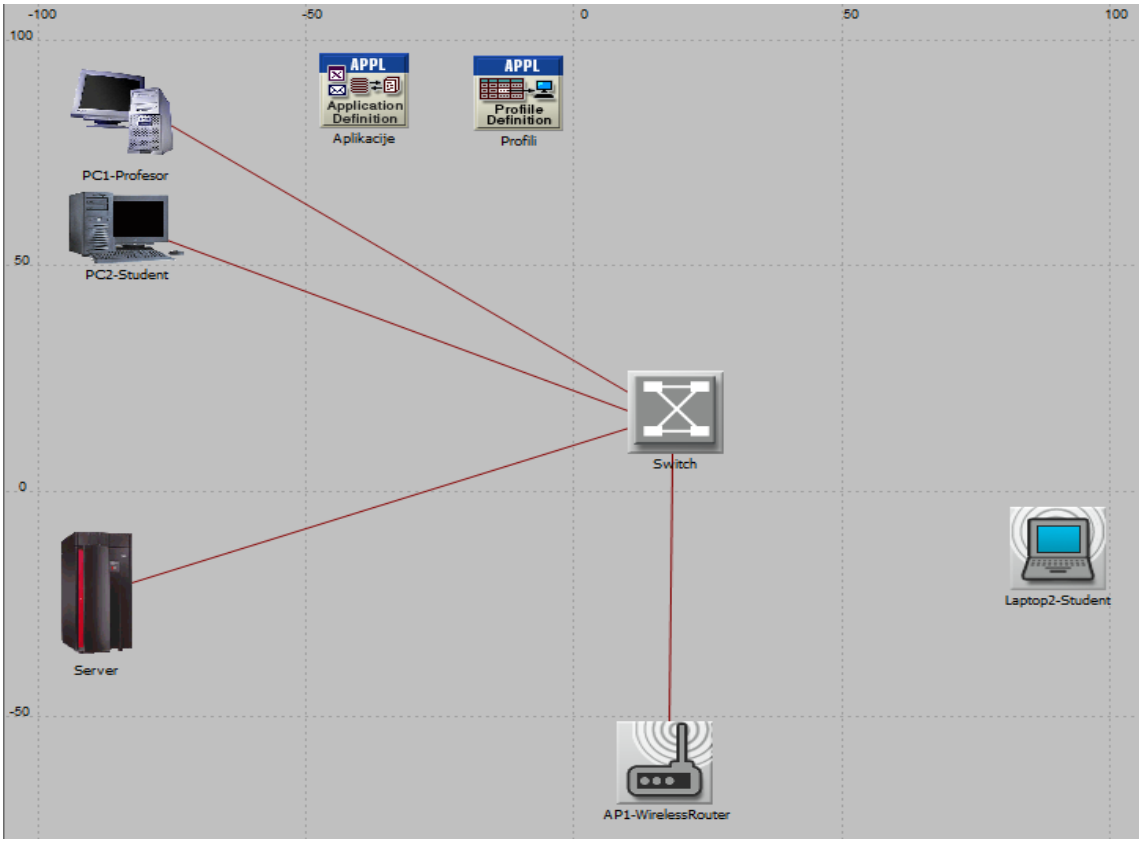
Snaga: 0.005W

(Link) Ethernet link između Servera, Preklopnika, Pristupne točke i Radnih stanica/e

Model: 100BaseT.

4.2. Podatkovni promet sa jedne Wi–Fi radne stanice i aplikacija Web Browser

Ovaj scenarij prati rad jednostavne strukture sa (Laptop2-Student) Wi-Fi radnom stanicom; pristupnom točkom (AP1-WirelessRouter), preklopnikom (Switch), serverom i dvije radne stanice (PC1-Profesor, PC2-Student).



Slika 14. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne mobilne radne stanice (Laptop2-Student)

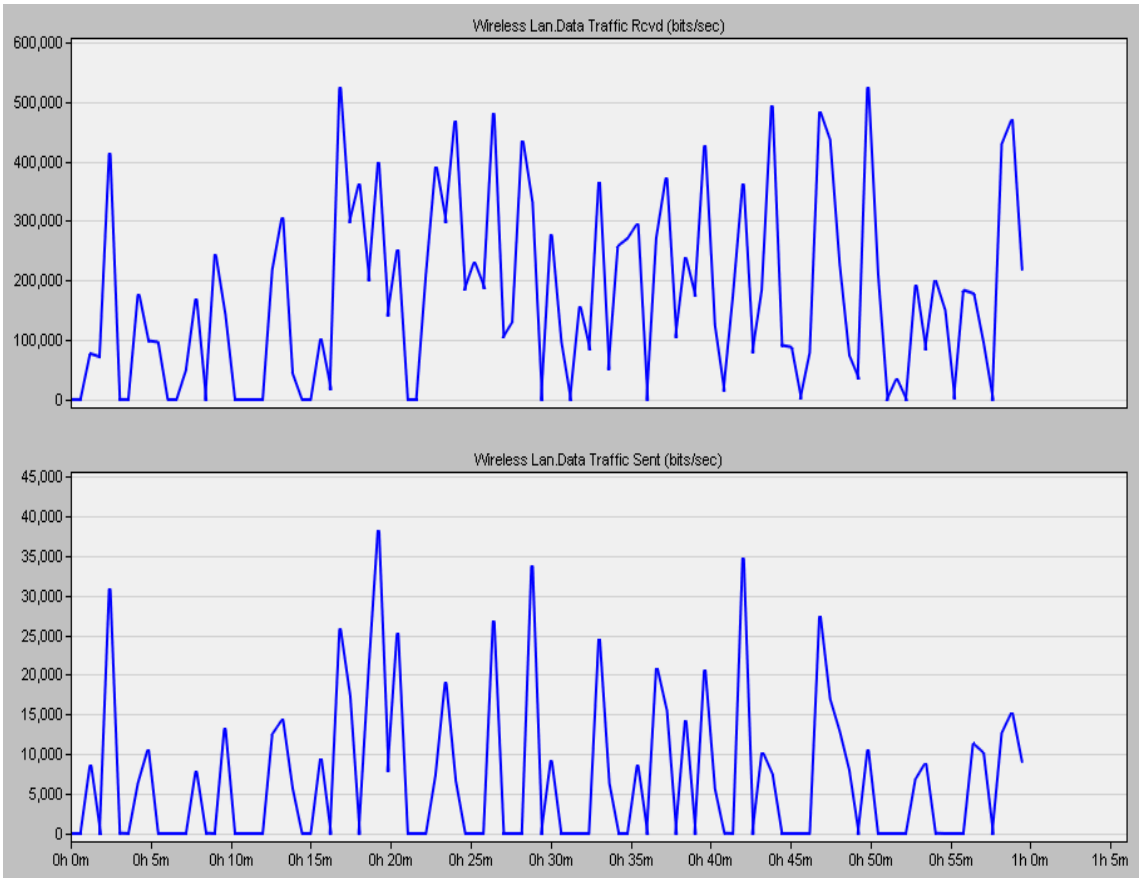
Wi–Fi radne stanice (Laptop1-Student; Laptop3-Profesor; Laptop4-Profesor) su isključene.

Podatkovni promet se analizira za jednu aplikaciju Web Browser koje se primijenjene na Wi–Fi radnoj stanici (Laptop2-Student).

Vrijeme trajanja simulacije: jedan sat.

Pokretanje simulacije: 10 sekundi.

Na slici 15 je predstavljen podatkovni promet Web Browsera za (Laptop2-Student).



Slika 15. Podatkovni promet Web Browsera sa jedne Wi–Fi radne stanice

Iz podatkovnog prometa za (Laptop2-Student) je vidljivo da je dolazni promet za dvadesetak puta veći od odlaznog, što je i bilo za očekivati za Web browsing.

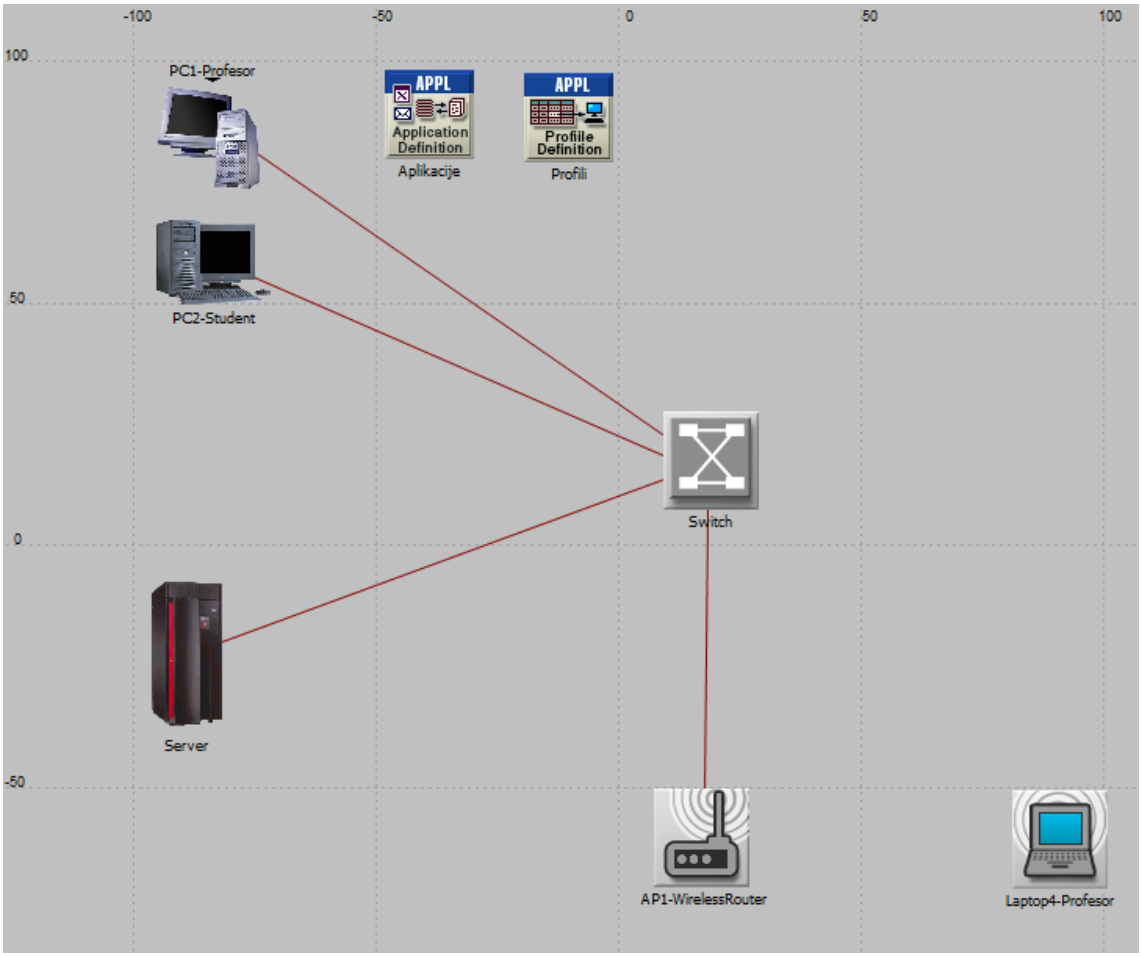
4.3. Usporedba podatkovnog prometa različitih aplikacija sa jedne Wi–Fi radne stanice

Ovaj scenarij prati rad performanse jednostavne strukture sa jednom Wi–Fi radnom stanicom (Laptop4-Profesor); (AP1-WirelessRouter), (Switch), serverom i dvije radne stanice (PC1-Profesor, PC2-Student).

Wi–Fi radne stanice (Laptop1-Student; Laptop2-Student; Laptop3-Profesor) su isključene.

Podatkovni promet se analizira za četiri aplikacije koje se primijenjene na Wi–Fi radnoj stanici (Laptop4-Profesor). Usporedba podatkovnog prometa vrši se za aplikacije:

Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print. Sve aplikacije su aplikacije sa velikim prometom.

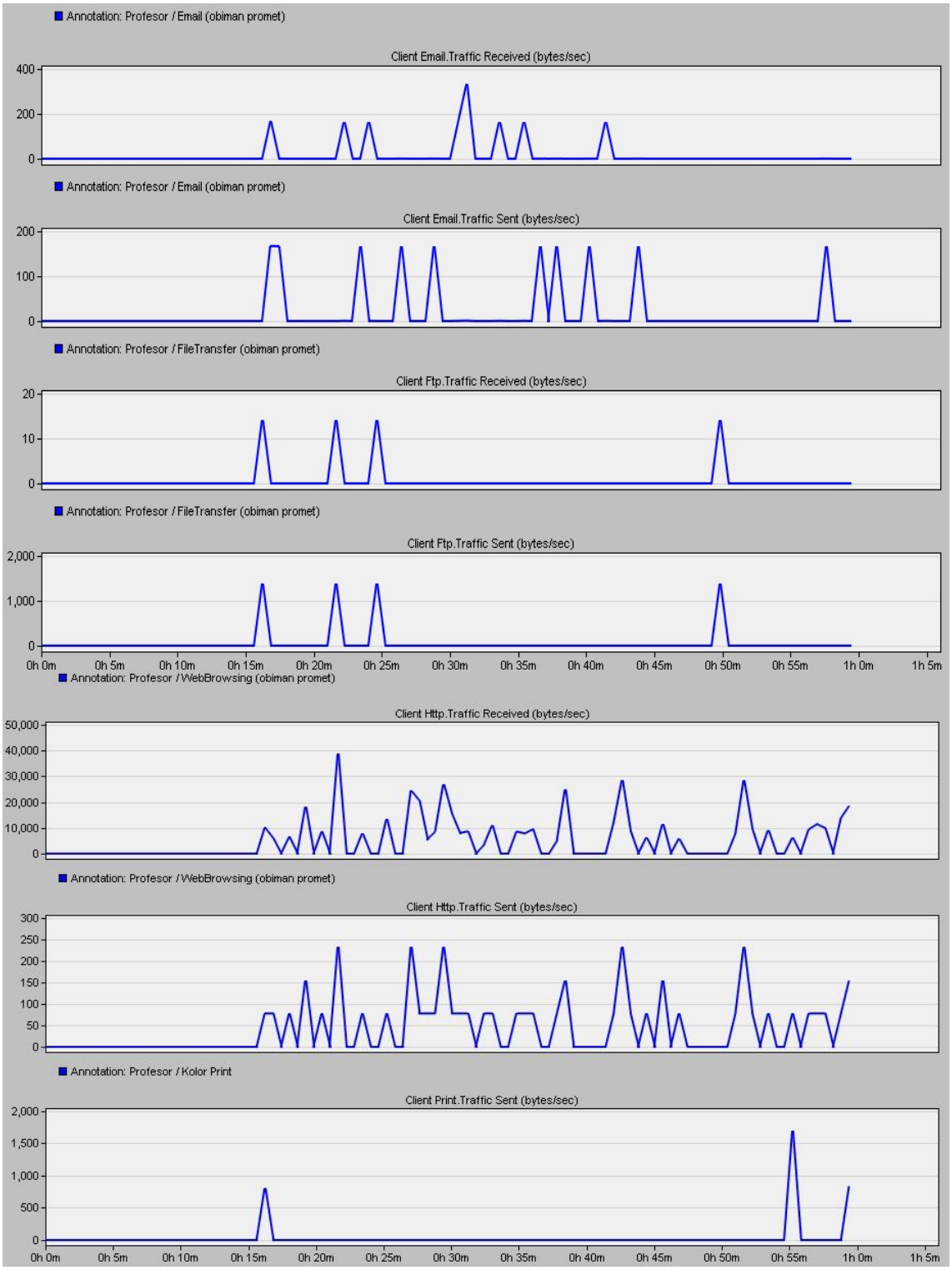


Slika 16. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne Wi–Fi radne stanice (Laptop4-Profesor)

Aplikacije se primjenjuju u intervalu od 60 minuta. Na grafikonu je predstavljen podatkovni promet za (Laptop2-Student) za četiri aplikacije sa velikim prometom: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print.

Vrijeme trajanja simulacije: jedan sat.

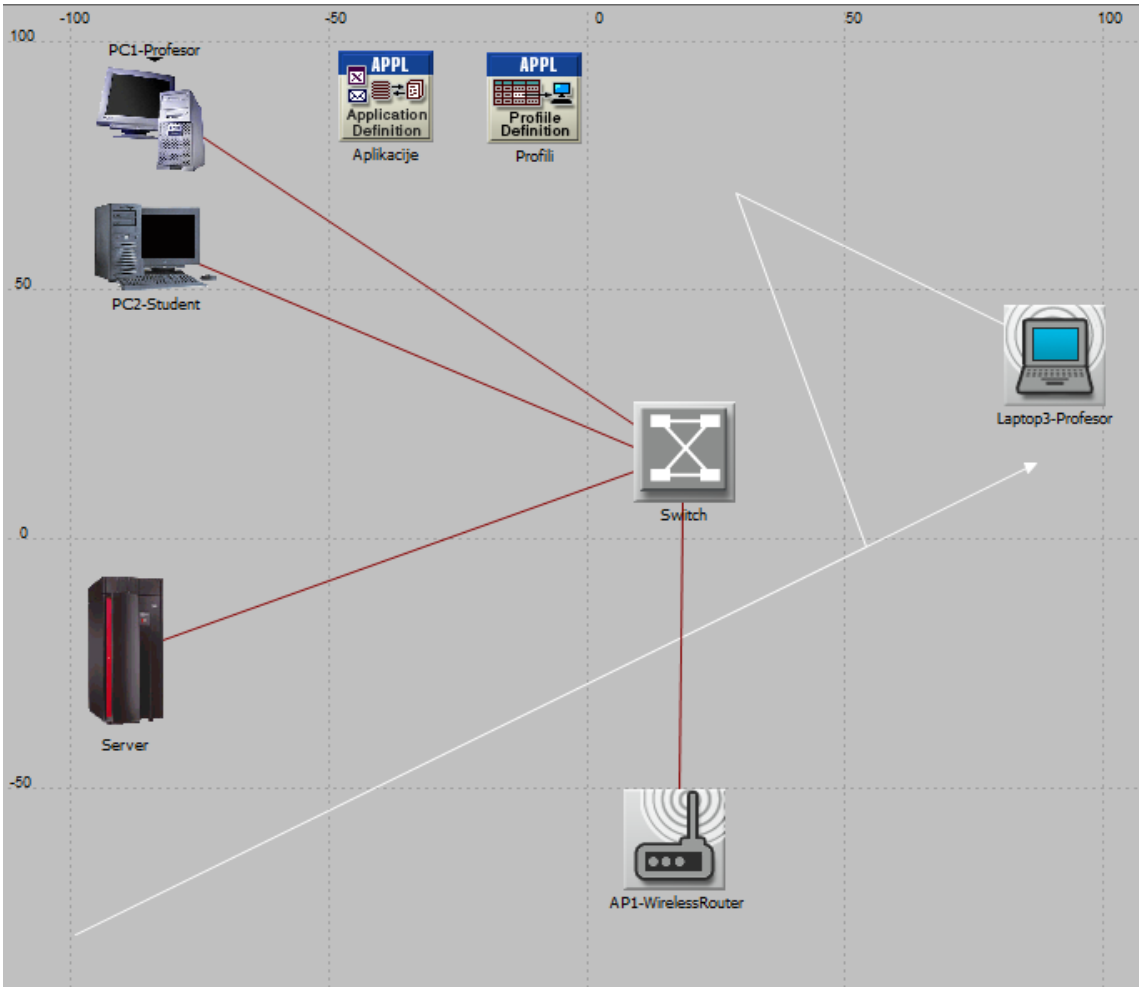
Pokretanje simulacije: 15 sekundi.



Slika 17. Usporedba podatkovnog prometa četiri aplikacije sa velikim prometom: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print

4.4. Usporedba snage prijemnog signala jedne pokretne Wi–Fi radne stanice

Ovaj scenarij prati rad performanse jednostavne strukture sa jednom Wi–Fi radnom stanicom (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu; (AP1-WirelessRouter), (Switch), serverom i dvije radne stanice (PC1-Profesor, PC2-Student).

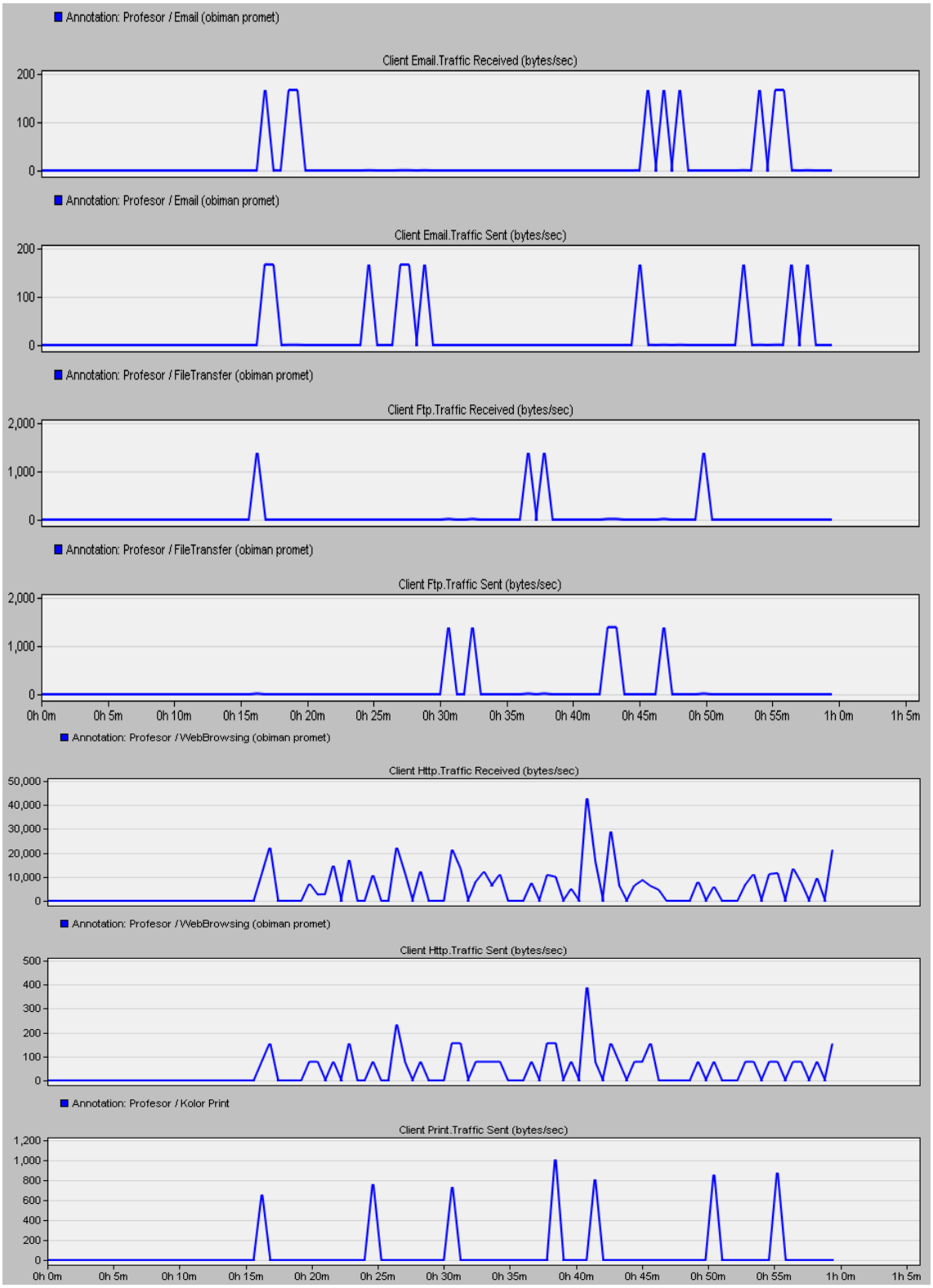


Slika 18. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Wi–Fi radne stanice (Laptop1-Student; Laptop2-Student; Laptop4-Profesor) su isključene.

Podatkovni promet se analizira za četiri aplikacije koje se primijenjene na pokretnoj Wi–Fi radnoj stanici (Laptop3-Profesor). Usporedba podatkovnog prometa vrši se za

aplikacije: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print. Sve aplikacije su aplikacije sa velikim prometom.

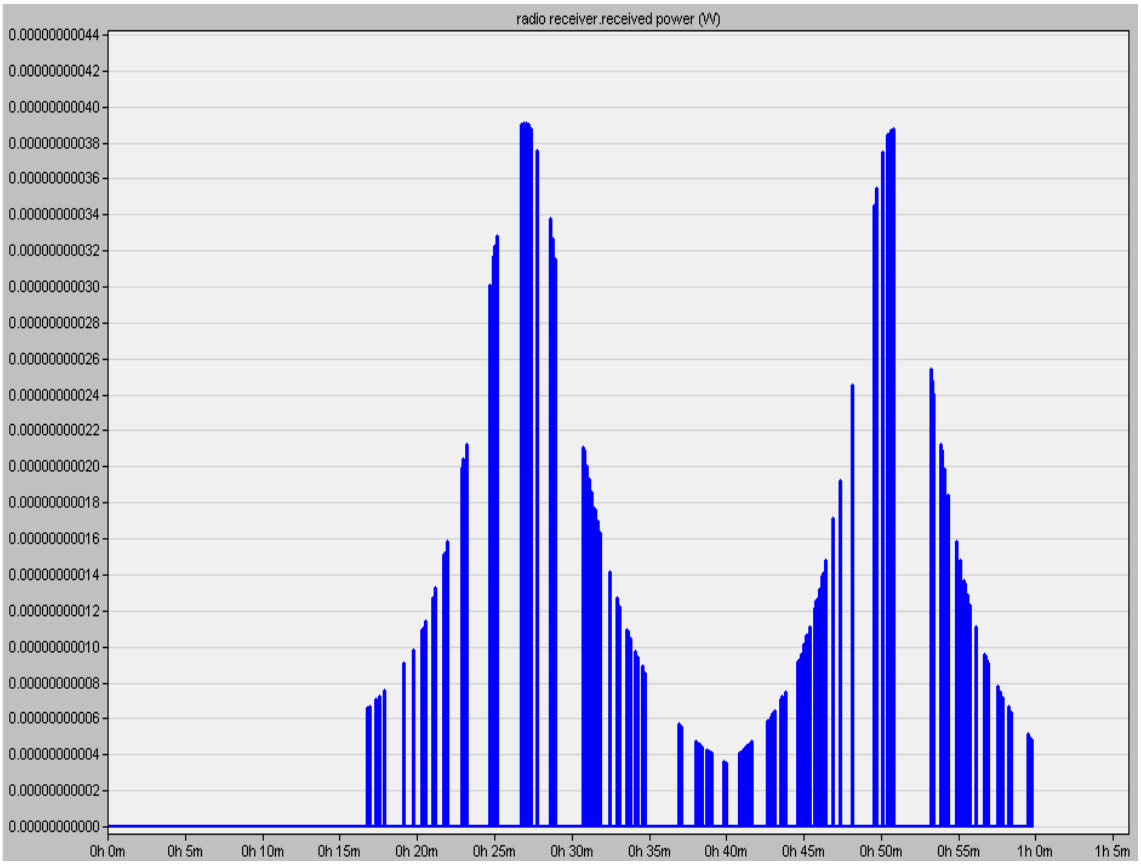


Slika 19. Podatkovni promet Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Aplikacije se primjenjuju u intervalu od 60 minuta. Na slici 19 je predstavljen podatkovni promet za (Laptop3-Profesor) za četiri aplikacije sa velikim prometom: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print.

Vrijeme trajanja simulacije: jedan sat.

Pokretanje simulacije: 18 sekundi.

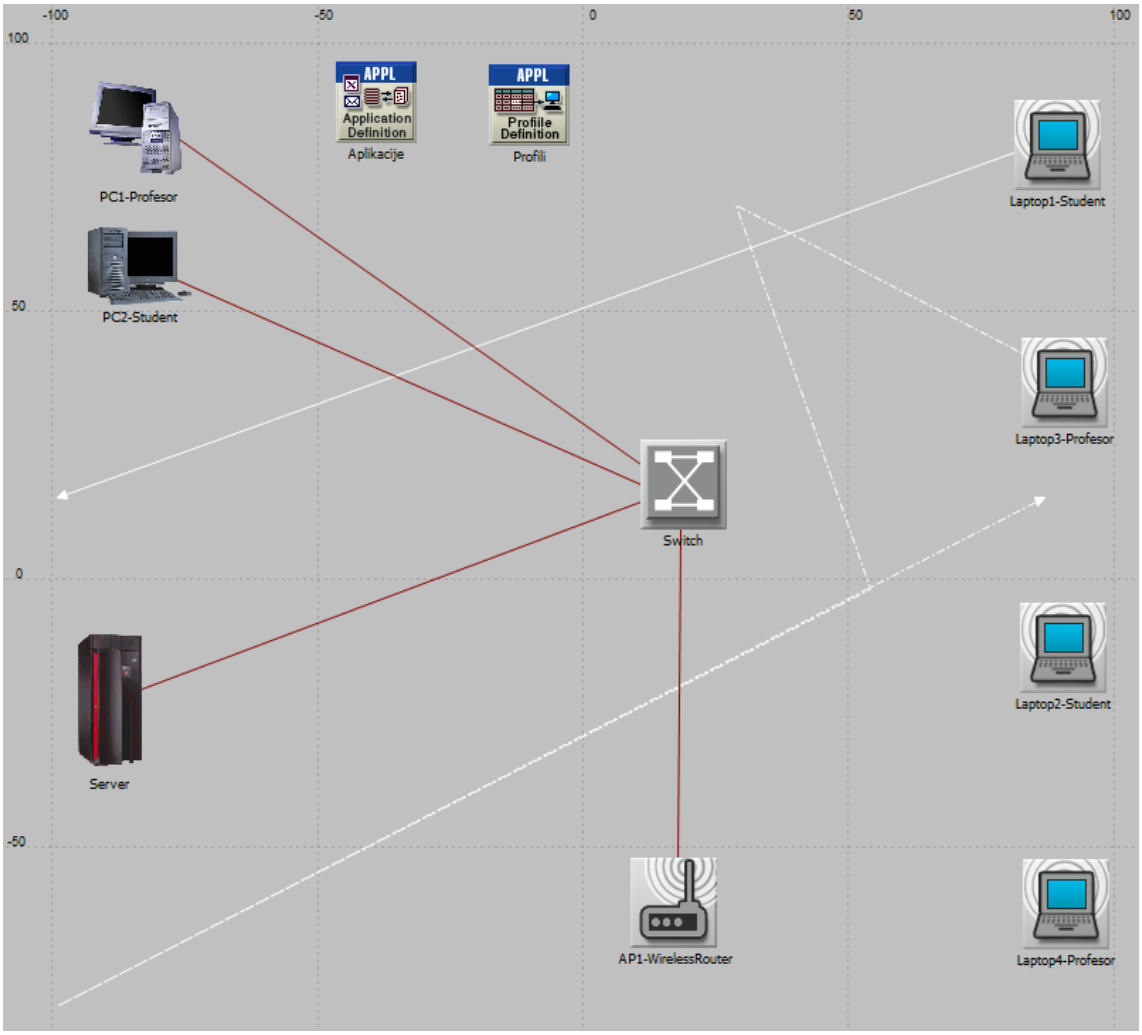


Slika 20. Snaga (W) prijemnog signala Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Iz slike 20 je vidljivo kako se snaga prijemnog signala (Laptop3-Profesor) Wi–Fi radne stanice koja je u pokretu mijenja ovisno o udaljenosti između pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i pokretne Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor). U vrijeme (oko 27 minute i 51 minute) prolazaka Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) pored pristupne točke (AP1-WirelessRouter) snaga prijemnog signala je najveća.

4.5. Usporedba snage prijemnog signala različitih mobilnih radnih stanica

Ovaj scenarij prati rad performanse složene strukture sa: dvije Wi–Fi radne stanice koje su u pokretu (Laptop1-Student ; Laptop3-Profesor); dvije Wi–Fi radne stanice (Laptop2-Student ; Laptop4-Profesor); jednom (AP1-WirelessRouter) pristupnom točkom, preklopnikom (Switch), serverom i dvije radne stanice (PC1-Profesor ; PC2-Student).

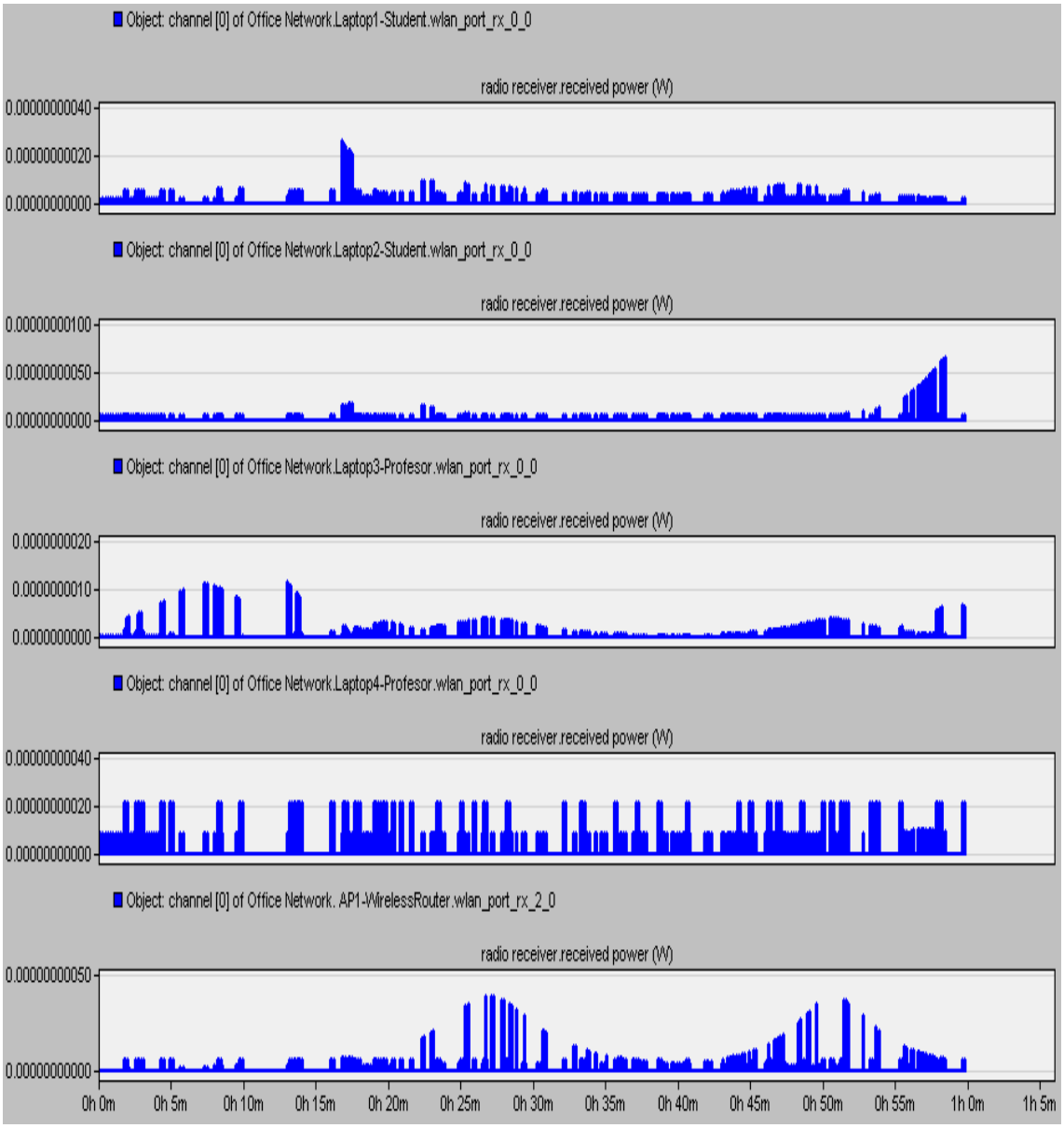


Slika 21. Složena struktura Wi–Fi radnih stanica i jedne pristupne točke

Snaga prijemnog signala se analizira za četiri aplikacije sa velikim prometom: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print koje se primijenjene na dvije Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor ; Laptop4-Profesor) i Web Browser koji se primjenjuje na

dvije Wi–Fi radne stanice (Laptop1-Student ; Laptop2-Student). Sve aplikacije su aplikacije sa velikim prometom.

Snaga (W) prijemnog signala pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i Wi–Fi radnih stanica (Laptop1-Student; Laptop2-Student; Laptop3-Profesor; Laptop4-Profesor) varira u ovisnosti o međusobnoj udaljenosti. U vrijeme malih međusobnih udaljenosti snaga signala je najveća, a kako su udaljenosti povećava tako i snaga signala opada.



Slika 22. Snaga (W) prijemnog signala jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i Wi–Fi radnih stanica (Laptop1-Student ; Laptop2-Student ; Laptop3-Profesor ; Laptop4-Profesor)

5. ZAKLJUČAK

Bežične (wireless) računalne mreže najčešće su formirane kao logički dodatak žičanim računalnim mrežama. Prilikom odašiljanja podataka sa Wi-Fi radne stanice (računalo, laptop, tablet, smartfon itd.), bez obzira koji tip podataka (email, tisak, web stranice, word dokumenti itd.) je u pitanju, ti podaci se konvertiraju od strane bežičnog adaptera iz digitalnog signala u radio signal, tj. iz digitalne forme u analognu formu.

Osnovna karakteristična razlika lokalne bežične mreže i mreža na velikim područjima je mnogo veća brzina prijenosa podataka i nepostojanje potrebe zakupa telekomunikacijskih vodova, nepostojanja fizičke konekcije. Lokalne bežične mreže se preko rutera povezuju sa drugim mrežama u veću WAN mrežu ili direktno na internet preko provajdera.

Izostanak te fizičke konekcije omogućava korisnicima da se lakše kreću kroz prostor. Također, klijent može nastaviti korištenje započetog mrežnog servisa i nakon premještanja izvan radnog okruženja, ili od kuće. Mnoge organizacije uvode za određene poslove rad od kuće (teleworking), što sa jedne strane omogućava fleksibilno radno vrijeme a sa druge strane firma ne ulaže previše u skupe poslovne protore.

Dodatna skrivena snaga upotrebe bežičnih mreža leži u činjenici da upotrebom 802.11 arhitekture bežični klijenti postaju mobilni, bez potrebe za razmišljanjem kako pronaći priključno mjesto, a ujedno i kako ostvariti vezu sa žičnom mrežom.

Sigurnost i problemi bežičnih mreža vezani uz njeno postizanje, jedni su od najvažnijih faktora koje treba uzeti u obzir prilikom implementacije bežičnih mreža. Dok je u žičnim mrežama, nemogućnost pristupa neovlaštenim osobama mreži, sama je po sebi jedna velika prednost pri osiguranju mreže.

Kao što je i očekivano iz rezultata, snaga signala koji prima Wi–Fi radne stanice je najniža kada je Wi–Fi radna stanica najudaljenija, a najviša je snaga signala koji Wi–Fi radna stanica prima kada je Wi–Fi radna stanica najbliža. Kako se radna stanica kreće prema AP-u, tako i dobiva veću snagu prijemnog radio signala i najveću snagu ujedno ima kada je Wi–Fi radna stanica najbliža pristupnoj točki.

Snaga (W) prijemnog signala pristupne točke i Wi–Fi radnih stanica varira u ovisnosti o međusobnoj udaljenosti. U vremeskom periodima kada je međusobna udaljenost između pristupne točke i Wi-Fi radne stanice najmanja, snaga signala je najveća, a kako su udaljenosti povećava tako i snaga signala opada.

Snaga prijemnog signala Wi–Fi radne stanice, koja je u pokretu, mijenja se ovisno o udaljenosti između pristupne točke i pokretne Wi–Fi radne stanice.

6. LITERATURA

Knjige i članci

1. Akyildiz, I. F., Vuran, M. C., Wireless Sensor Networks, John Wiley & Sons, August 2010.
2. Andrew, S., Tanenbaum, David J., Computer Networks, 5/e; Wetherall, Prentice Hall, 2010.
3. Andrews S. Tanenbaum, Računarske mreže, Mikro Knjiga, Beograd, 2005.
4. Bažant, A., Gledec, G., Ilić, Ž., Ježić, G., M. i dr., Osnovne arhitekture mreža - II. Izdanje, Element, 2007.
5. Bharathidasan, A., Anand, V., Ponduru, S., Sensor Networks: An Overview, Potentials, IEEE Proceedings, vol. 22, no. 2, May 2003.
6. James F. Kurose, Keith W. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, Pearson, 2012.
7. Culler, D., Estrin, D., Srivastava, M., Overview of Sensor Networks, Published by the IEEE Computer Society, August 2004.
8. Faludi, R., Building Wireless Sensor Networks, O'REILLY, 2011.
9. Fitzgerald, J., Dennis, A., Business Data Communications and Networking - 8th Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2005.
10. Goodman, D. J., Wireless Personal Communications Systems, Prenice – Hall, 1997.
11. Grundler, D., Blagojević, L., Informatika 1, Školska knjiga, Zagreb 2007.
12. Korhonen, J., Introduction to 3G Mobile Communications, 2nd ed, Artech House, 2003.
13. Matin, M. A., Wireless sensor networks – technology and protocols, InTech, 2012.
14. Morrow, R., Bluetooth: Operation and Use, New York, McGraw – Hill, 2002.
15. Prasanna, S., Rao, S., An Overview of Wireless Sensor Networks Applications and Security", International Journal of Soft Computing and Engineering Volume-2, Issue-2, May 2012.
16. Chee, Y., Chong, Srikanta P. Kumar, Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges, IEEE.
17. Radivojević, Z., Punt, M., Nikolić, B., Lazić, B., Đorđević, J., Akademska misao, Beograd, 2009.

18. Sohraby, K., Minoli, D., Znati, T., Wireless sensor networks technology, Protocols, and Applications, John Wiley & Sons, 2005.
19. Stankovic, J. A., Wireless Sensor Networks, Department of Computer Science, Charlottesville, Virginia, 2006.
20. Veinović, M., Jevremović, A., Uvod u računarske mreže, Singidunum, Beograd, 2008.
21. William Stallings, Data and Computer Communication, Pearson Prentice Hall, NJ, USA, 2004.

Internet izvori:

22. http://www.mactech.com/articles/mactech/Vol.15/15.12/WirelessNetworking/, preuzeto, 20.01.2016.
23. http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11a-1999.pdf, preuzeto, 23.01.2016.
24. http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2009-06-267.pdf, preuzeto, 25.01.2016.
25. http://www.StudioLeonardo.us preuzeto, 25.01.2016.
26. http://www. Leonardo.ba preuzeto, 15.05.2016.

7. POPIS SLIKA

Slika 1. Izgled Ad-hoc mreže

Slika 2. Izgled infrastrukturne mreže

Slika 3. Primar lokalne računalne mreže

Slika 4. Primjer gradske mreže

Slika 5. Globali wiraless standardi

Slika 6. Infrastrukturni skup osnovnih usluga

Slika 7. Autentifikacija i asocijacija klijenta

Slika 8. Primjer RTS/CTS komunikacije

Slika 9. RTS/CTS mehanizam

Slika 10. Skriveni klijent

Slika 11. Distribuirana arhitektura AP-a

Slika 12. Centralizirana arhitektura s dva nivoa prespajanja

Slika 13. Topologija LAN i WLAN mreže

Slika 14. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne mobilne radne stanice (Laptop2-Student)

Slika 15. Podatkovni promet Web Browsera sa jedne Wi–Fi radne stanice

Slika 16. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne Wi–Fi radne stanice (Laptop4-Profesor)

Slika 17. Usporedba podatkovnog prometa četiri aplikacije sa velikim prometom: Email, File Transfer, Web Browsing i Kolor Print

Slika 18. Struktura jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i jedne Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Slika 19. Podatkovni promet Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Slika 20. Snaga (W) prijemnog signala Wi–Fi radne stanice (Laptop3-Profesor) koja je u pokretu

Slika 21. Složena struktura Wi–Fi radnih stanica i jedne pristupne točke

Slika 22. Snaga (W) prijemnog signala jedne pristupne točke (AP1-WirelessRouter) i Wi–Fi radnih stanica (Laptop1-Student; Laptop2-Student; Laptop3-Profesor; Laptop4-Profesor)

METAPODACI

Naslov rada: **SIMULACIJA RADA WI-FI MREŽE PRIMJENOM PROGRAMSKE PODRŠKE OPNET**

Student: Ivan Kolobarić

Mentor: prof.dr.Zvonko Kavran

Naslov na drugom jeziku (engleski):
SIMULATION OF WORK WI-FI NETWORK USING SOFTWARE SUPPORT OPNET

Povjerenstvo za obranu:

- Zvonko Kavran predsjednik
- Ivan Grgurević mentor
- Ivan Forenbacher član
- Dragan Peraković zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Informacijsko komunikacijski

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Promet

Datum obrane završnog rada: 13.9.2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 završnog rada pod naslovom Simulacija rada Wi-Fi mreže primjenom programske podrške OPNET, na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student:
Ivan Kolobarić

U Zagrebu, 13.9.2016.

_____