

**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U
TRAVNIKU
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA TRAVNIK U
TRAVNIKU**

ZAVRŠNI RAD

RUTERI I NJIHOV FIRMWARE

Mentor :
Prof.dr. Mladen Radivojević

Student :
Mirza Šahinović

Travnik, 2019.

**INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK U
TRAVNIKU
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA TRAVNIK U
TRAVNIKU**

ZAVRŠNI RAD

RUTERI I NJIHOV FIRMWARE

Mentor :
Prof.dr. Mladen Radivojević

Student :
Mirza Šahinović

Travnik, 2019.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. RUTERI	3
2.1. HISTORIJSKI RAZVOJ RUTERA	4
2.2. TIPOVI RUTERA	5
2.2.1. SOFTVERSKI RUTERI	5
2.2.2. HARDVERSKI RUTERI	6
2.2.2.1. Ruteri kod internet provajdera	6
2.2.2.2. Korporacijski ruteri	6
2.2.2.3. Kućni ruteri i ruteri za male kancelarijske mreže	6
2.3. OSI MODEL	6
2.4. TCP / IP MODEL	8
2.3.1. MREŽNI SLOJ	9
2.3.1.1. Internet Protokol (IP)	10
2.4. NAČIN RADA RUTERA	10
2.4.1. PROSLJEĐIVANJE I RUTIRANJE	13
2.4.2. PAKETNE MREŽE	13
2.4.3. ADRESIRANJE RAČUNARA	15
2.4.3.1. RARP	15
2.4.3.2. BOOTP	16
2.4.3.3. DHCP	16
2.4.3.3.1. Način rada DHCP – a	16
2.4.4. PREVODIOCI MREŽNIH ADRESA	17
2.4.4.1. Način rada NAT servisa	18
2.4.4.2. Internet Control Message Protocol (ICMP)	19
2.5. DIJELOVI RUTERA	20
2.6. KOMPONENTE RUTERA	21
2.7. OPERATIVNI SISTEMI U MREŽnim UREĐAJIMA	23
2.8. VODEĆI PROIZVODAČI RUTERA	24
2.9.1. CISCO RUTERI	26

2.9. SIGURNOST KOD RUTERA	28
2.9.1. FIREWALL	29
2.9.2. IDS I IPS SISTEMI	30
3. FIRMWARE	31
3.1. HISTORIJSKI RAZVOJ FIRMWARE-A	31
3.2. PRIMJENA FIRMWARE-A	32
3.2.1. PERSONALNI RAČUNARI	32
3.2.1.1. BIOS	32
3.2.1.1. UEFI	33
3.2.2. AUTOMOBILSKA INDUSTRIJA	34
3.2.3. OSTALI PROIZVODI	34
3.3. PRINCIP RADA FIRMWARE-A	35
3.3.1. ROM	35
3.3.2. EPROM	36
3.3.3. FLASH MEMORIJA	36
3.3. SIGURNOST FIRMWARE-A	37
3.4. MODIFIKOVANJE, ZAMJENA I UPDATE FIRMWARE-A	37
3.4.1. UPDATE FIRMWARE-A NA RUTERU	38
6. ZAKLJUČAK	44
7. LITERATURA	45

1. UVOD

Danas bi jednostavno bio nezamisliv svijet bez interneta, a i život općenito. Veoma brz razvoj tehnologije u telekomunikacijama i računarstvu u mnogome je uticao na ovu današnju pojavu. Početak ere tehnike i tehnologije u računarstvu je, kako znamo, počeo u prošlom vijeku, kada je izrađen prvi računar, a svoj procvat doživljava u posljednjem desetljeću. Pored računara, u tom periodu su postavljeni temelji današnjeg interneta. Prema podacima kojima danas raspolažemo 1969. godine osnovan je internet koji se zvao ARPANET, za koji je zasluzno Američko Ministarstvo odbrane.

Trenutno postoje dvije svjetske telekomunikacione mreže, i to javna komutaciona mreža (*PSTN*, nastalo od engleskih riječi *Public Switched Telephone Network*) i internet.

PSTN je skup svjetskih telefonskih mreža kojima upravljaju nacionalni, regionalni ili lokalni operateri telefonije, pružajući infrastrukturu i usluge za javnu telekomunikaciju. Internet je javno dostupna globalna, paketna, podatkovna mreža koja zajedno povezuje računare i računarske mreže, korištenjem internet protokola, tj. IP.

Da bi ove telekomunikacione mreže mogle normalno funkcionisati i obavljati one zadatke za koje su prvobitno namijenjene potrebni su i mnogi drugi elementi mreže, među kojima je i ruter.

Ruter predstavlja mrežni uređaj koji poznaje adrese svih segmenata i koji ima zadatak da pronađe najbolju putanju za protok paketa, tj rutu i da iste te pakete¹ proslijedi sljedećem u nizu. Rutere možemo posmatrati kao male računare koji posjeduje softver i hardver specijalizovan za namjenu povezivanja više mreža.

U malim lokalnim mrežama ruteri se postavljaju da budu veza između same mreže i interneta. Također, ruter se postavlja i kao podrazumijevani izlaz sa mreže (eng. default gateway).

Današnji ruteri, fabrički, sadrže u sebi više mrežnih elemenata, koji su se u početku morali kupovati i instalirati posebno. Na primjer, danas ruter u sebi ima modem, uređaj koji moduliše, odnosno demoduliše noseći signal da bi enkodirao / dekodirao prenesenu informaciju. Pored modema, ruter sadrži i svič uređaj, koji prosljeđuje pakete podataka samo odgovarajućem portu za odgovarajućeg primaoca. U posljednje vrijeme mnogi korisnici internet usluga, rutere nazivaju i modemima, što je naravno potpuno ispravno, osvrčući se na gore navedene činjenice.

Kada zavirimo u samu unutrašnjost rutera, moramo spomenuti i jedan set instrukcija koji je vezan za stalnu memoriju i upravlja samim uređajem. Riječ je o takozvanom *firmware* – u. Puno se toga ne piše i ne zna o ovom programčiću, mada je on od vitalne važnosti kako za ruter, tako i za svaki drugi uređaj u kojem se nalazi. Upotrebljava se u gotovo svim najnovijim tehnologijama, za razliku od prošlih vremena kada je bio glavni dio samo daljinskih upravljača i nekih rijetkih vrsta digitrona.

Kako se svaki program mora poboljšavati i unapređivati, tako i firmware u nekim uređajima mora biti u „korak s vremenom“. Pogotovo kada govorimo o ruterima i njihovom firmware – u, jer sigurnost, podataka i svih paketa koji prolaze kroz ovaj uređaj, mora biti

¹ Paket – osnovna jedinica mrežne komunikacije. Podaci, koje ruter obrađuje, prima i šalje, se dijele u pakete, kako bi se eventualne greške mogле lakše ispraviti.

na prvom mjestu. Kako i na koji način update – ovati firmware i kako ga održavati, bit će pokazano u ovom radu.

Pored toga, bit će predstavljen historijski razvoj rutera, kad i kako je nastao i kako se razvijao, zatim način na koji funkcioniše i na koji način prosljeđuje pakete, njegove osnovne komponente, i kako na adekvatan način zaštiti vlastitu mrežu od zlonamjernih paketa.

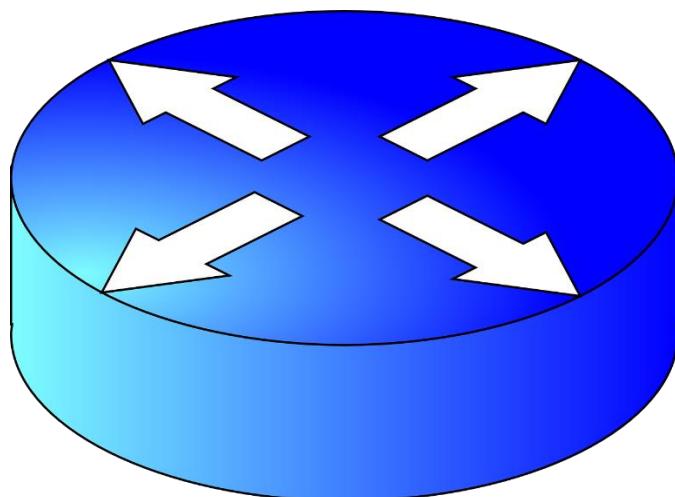
2. RUTERI

„Ruter je fizički ili virtualni uređaj koji prenosi informacije između dvije ili više računarskih mreža s komutacijom paketa, to jest, analizirajući odredišnu IP adresu datog paketa podataka, izračunavajući najbolji način da dođe do tog odredišta i potom ga proslijedi u skladu s tim.“²

Ruteri (eng. Routers) ili drugi naziv usmjerivač, bi se, pored ove definicije koju je dala gospođa Rouse, mogao definisati i kao računarski mrežni uređaj koji dijeli velike mreže na logičke dijelove, odnosno, služi za povezivanje podmreža. Podmreža (eng. Subnet = sub - network) predstavlja manju mrežu unutar neke veće mreže. Te podmreže ne moraju odgovarati fizičkim priključcima na ruteru, jer jedan priključak na ruteru može imati više interfejsa, odnosno logičkih adresa. Na osnovu tabele rutiranja (eng. routing table) ruter određuje na koji će interfejs biti proslijeđen svaki mrežni paket koji on primi.

Sve ovo, gore navedeno opisuje ruter odnosno njegove glavne funkcije, koje će biti definisane u dijelu u kojem će biti detaljno opisan način rada ovog uređaja.

Na mrežnim dijagramima, ruter se predstavlja kao krug sa četiri strelice, od kojih su dvije okrenute prema unutrašnjosti, dok su dvije okrenute prema vani. I naravno, simbol ruteru označava njegovu funkciju odnosno rad sa podacima.

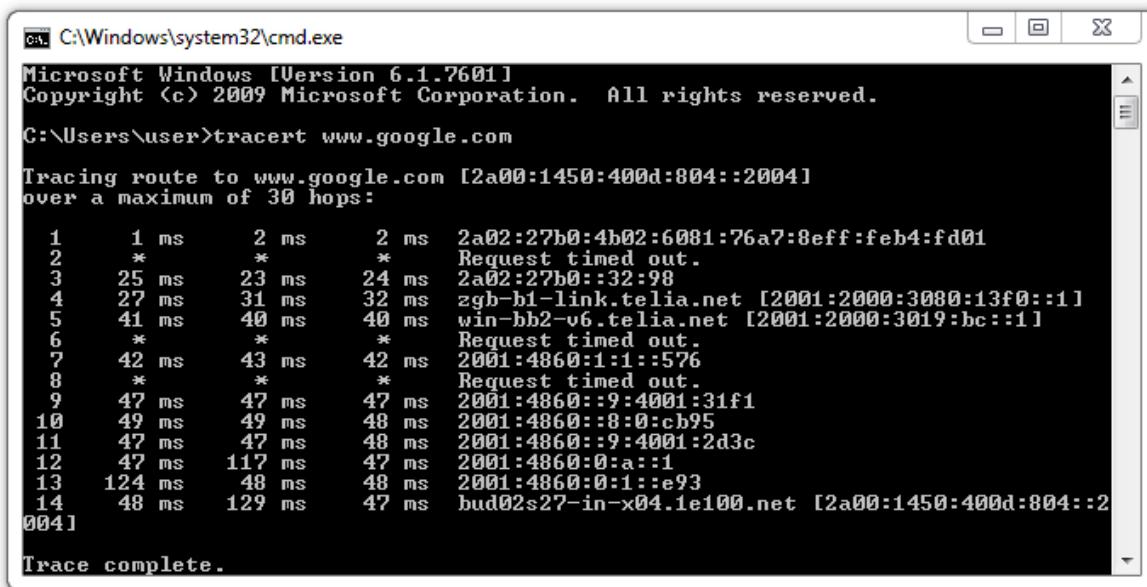


Slika 1. Simbol ruteru (izvor : <https://www.needpix.com/photo/18717/router-logo-symbols-switch-internet-network-link-cable-provider>)

Zanimljivo je da ruteri mogu u paketu koji proslijeđuju promijeniti podatak o pošiljaocu, tako da je pravi pošiljalac nevidljiv izvan vlastite mreže. Drugim riječima rečeno, ovim postupkom ruter prevodi privatne u javne adrese, jer privatne adrese nisu namijenjene da se povežu direktno na internet, tj. nisu rutabilne. Ovaj metod se naziva NAT (eng. Network Adress Translation).

² Rouse M. : Router, Tech Target, 2016., <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/router> (datum pristupa : 21.5.2019.)

Pored toga, korisnik računara može provjeriti preko koliko i kojih sve ruteru njegov mrežni paket prolazi da bi stigao do odredišta. To radimo naredbom *tracert* (eng. trace route) u Command Prompt – u. Na primjer : *tracert www.google.com* .



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\user>tracert www.google.com

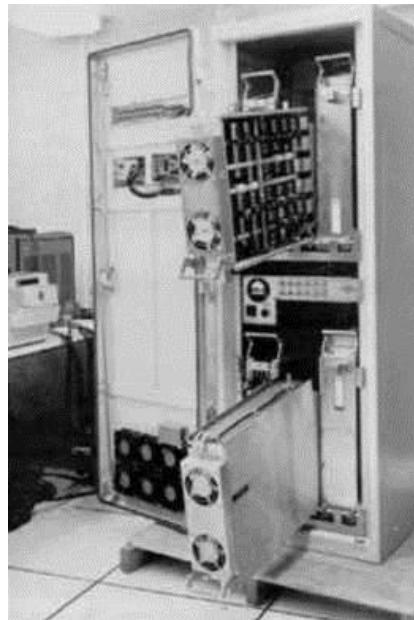
Tracing route to www.google.com [2a00:1450:400d:804::2004]
over a maximum of 30 hops:
1  1 ms    2 ms    2 ms  2a02:27b0:4b02:6081:76a7:8eff:feb4:fd01
2  *        *        * Request timed out.
3  25 ms   23 ms   24 ms  2a02:27b0::32:98
4  27 ms   31 ms   32 ms  zgb-b1-link.telia.net [2001:2000:3080:13f0::1]
5  41 ms   40 ms   40 ms  win-hb2-v6.telia.net [2001:2000:3019:bc::1]
6  *        *        * Request timed out.
7  42 ms   43 ms   42 ms  2001:4860:1::576
8  *        *        * Request timed out.
9  47 ms   47 ms   47 ms  2001:4860::9:4001:31f1
10 49 ms   49 ms   48 ms  2001:4860::8:0:cb95
11 47 ms   47 ms   48 ms  2001:4860::9:4001:2d3c
12 47 ms   117 ms  47 ms  2001:4860:0:a::1
13 124 ms  48 ms   48 ms  2001:4860:0:1::e93
14 48 ms   129 ms  47 ms  bud02s27-in-x04.1e100.net [2a00:1450:400d:804::2
004]

Trace complete.
```

Slika 2. Naredba „*tracert*“ u cmd-u (izvor : autor)

2.1. Historijski razvoj ruteru

Donald Dejvis (eng. Donald Davies) je 1996. godine prvi put koristio koncept „interfejs računara“ (eng. "Interface computer"). 1967. godine je osmišljen tzv. IMP (eng. Interface Message Processor), koji je imao gotovo istu funkciju kao i današnji ruter. I koristio se za potrebe ARPANET - a.



Slika 3. IMP, prvi ruter iz 1967. godine (izvor : <https://www.i-programmer.info/history/9-machines/334-internet.html>)

Ideju za razvoj prvog rutera zagovarala je međunarodna grupa istraživača računarskih mreža nazvanih INWG (eng. International Network Working Group), osnovana 1972. godine kao neformalna skupina za razmatranje tehničkih pitanja vezanih za povezivanje različitih mreža. Oni su za razvoj rutera (koji se u to vrijeme nazivao „gateway,“) imali poseban koncept i posebnu ideju, koja se razlikovala od ideja drugih istraživača u tom vremenu. Njihova shema za komutaciju paketa ogledala se u sljedećem :

1. Povezivanje različitih vrsta mreža, kao na primjer serijske linije i lokalne mreže.
2. Uredaji funkcionali bez povezivanja, i nisu mogli osigurati pouzdan promet što je u cijelosti prepušteno hostovima (eng. hosts)

S namjerom da se proizvede prototipni sistem, ova ideja je detaljnije istražena. Tako se došlo do plana da prototip bude dio dva savremena programa, i to :

- programa pokrenutog od strane DARPA – e, koji je stvorio TCP / IP arhitekturu koja je i danas u upotrebi,
- programa pokrenutog od strane Xerox PARC – a, koji je stvorio PARC Universal Packet sistem.

Zbog problema u kompaniji, Xerox nije dobivao mnogo pozornosti, te su ne dugo nakon početka 1974. godine prvi njihovi ruteri postali operativni. Kao dio napora koje je pokrenula DARPA u periodu od 1975. do 1976. godine, prvi pravi IP ruter vidio je svjetlo dana. Razvio ga je Ginny Strazisar na BBN – u.

1981. godine istraživači William Yeager na MIT – u i Noel Chiappa na Stanfordu stvorili su prve višenamjenske ruter.

Miniračunari opšte namjene su služili kao ruteri u periodu od sredine sedamdesetih i osamdesetih godina. Savremeni, brzi ruteri su visoko specijalizovani računari s dodatnim hardverom da ubrzavaju uobičajene funkcije usmjeravanja, kao što su proslijedivanje paketa i druge specijalizovane funkcije, kao na primjer, IPsec šifrovanje.

2.2. Tipovi ruter

Danas postoji mnogo tipova ruter, zbog svakodnevnog razvoja tehnologije u oblasti informatike i telekomunikacija. Spomenut će softverske i hardverske ruter, zatim ruter kod internet provajdera, korporacijske ruter i kućne ruter i ruter za male kancelarijske mreže koji spadaju u hardverske ruter.

2.2.1. Softverski ruter

Da bi mogli određivati kuda paketi pojedinih (pod) mreža idu dalje potrebno je instalirati jedan routerski softver. To je moguće ostvariti na serverima opremljenim serverskim operativnim sistemima koji imaju barem dva mrežna priključka. Da bi opisao dovoljno ovaj proces, navest će primjer Windows 2000 servera. Kompanija Microsoft je na ovom Windows serveru prvi put omogućila pokretanje usluge usmjeravanja i daljinskog pristupa (Routing and Remote Access Service, RRAS).

2.2.2. Hardverski ruteri

Hardverski ruteri su, u suštini gledano, mali računari, jer svaki u sebi sadrži poseban softver. Ali taj softver se mnogo razlikuje od softvera koji je „ugrađen“ u računar. Današnji ruteri posjeduju specijalizovane operativne sisteme u sebi, o čemu će biti govora u dijelu o operativnim mrežnim sistemima.

2.2.2.1. Ruteri kod internet provajdera

Osnovu interneta čine ruteri kod internet provajdera. Edge ruteri (eng. Edge routers) su smješteni na rubu ISP mreže i namijenjeni su za kontrolu saobraćaja između provajdera. Core ruteri (eng. Core routers) se nalaze na sredini ili okosnici LAN mreže, a ne na njezinoj periferiji.

2.2.2.2. Korporacijski ruteri

Ove rutere opisuje samo ime, tj. oni se uglavnom postavljaju u veće korporacije odnosno firme. Kada govorimo o njihovim funkcijama, uglavnom se tu radi o višefunkcionalnim uređajima. Između ostalog, oni obezbeđuju povezanost sa drugim mrežama, odnosno internetom, zatim rade raspodjelu saobraćaja zbog ravnomernog opterećenja mreže, a takođe obezbeđuju i rezervni izlaz sa mreže (eng. backup route).

2.2.2.3. Kućni ruteri i ruteri za male kancelarijske mreže

Ovo su ruteri sa kojima se susrećemo u manjim mrežama (engl. Small and Home Office - SOHO). Najčešće je njihova jedina funkcija da povežu kućnu / kancelarijsku mrežu sa internetom preko provajdera. Oni vrlo često vrše i preslikavanje adresa, a ponekad je na njima instaliran i DHCP server. Također, neki mali ruteri u sebi imaju ugrađene i dodatne mrežne utičnice, tako da vrše i ulogu mrežnog sviča (eng. switch).

Ukoliko se konekcija ka internet provajderu ostvaruje preko ADSL veze, onda se takav ruter naziva ADSL ruter.

Ukoliko ruter omogućava i bežično povezivanje na njega, radi se o bežičnom ruteru (engl. wireless router).³

2.3. OSI model

Krajem 70 – tih godina prošlog vijeka, zbog potrebe za univerzalnim komunikacionim standardima i zbog nekompakabilnosti dotadašnjih rješenja za kompleksnijom komunikacijom između radnih stanica, Internacionala Organizacija za Standardizaciju (ISO) razvila je *Open System Interconnection Basic Reference Model* (OSI model). Objavljen je 1984. godine i predstavljao je model za komunikaciju između raznorodnih sistema i nudio je (što je i danas slučaj) fazno prevođenje formata podataka kroz sedam slojeva, što mu je dalo i drugi naziv „OSI sedmoslojni model“.

Open System Interconnection Basic Reference Model se sastoji iz sedam slojeva. Ti slojevi su podijeljeni u dvije grupe. U prvu grupu spadaju (gledajući odozdo prema gore) četiri donja sloja, fizički sloj, sloj veze, mrežni sloj i transportni sloj i definišu kako se prenose informacije između korisnika. U drugu grupu spadaju tri preostala sloja i to sloj

³ Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str.242.

sesije, sloj prezentacije i sloj aplikacije, i imaju uloge opisivanja procesa komunikacije na relaciji korisnik – računar, zatim rad korisnika sa aplikacijama i proces komunikacije aplikacija međusobno (Tabela 1.).

1. *Fizički sloj* - definiše pravila po kojima se prenose bitovi, odnosno nule i jedinice, kroz komunikacioni kanal. Ovaj sloj OSI modela također određuje koliko bitova se šalje po sekundi, koji električni napon je potreban, i fizički format korištenih kablova i konektora.
2. *Sloj veze* - njegov zadatak jeste da zaštititi slojeve višeg nivoa od grešaka nastalih pri prijenosu podataka i upravlja prijenosom putem fizičkog sloja. Također, sloj veze definiše početak i kraj poruke uzimajući u obzir da je jedinica prijenosa fizičkog sloja bit. Drugim riječima, ovaj sloj upravlja formatom poruka.
3. *Mrežni sloj* - ima zadatak rutiranja, što bi značilo da prima poruke od nižeg sloja i određuje jednu ili više putanja kojima će poruka biti proslijeđena od izvorišta do odredišta. Također ima zadatak i logičkog adresiranja što znači da u svakom čvoru mreže odredi koji je sljedeći računar kome poruka treba biti proslijeđena.
4. *Transportni sloj* – Odliku je ga pouzdanost jer vodi računa o paketima koji putuju između dva računara. TCP i UDP su primjeri protokola na transportnom sloju. Ako neki paket ne stigne do odredišta, TCP će zahtijevati da se postupak ponovi, odnosno da se paket ponovo pošalje, pa je ovaj protokol pogodan za razmjenu podataka gdje je bitno da paket sigurno stigne na krajnje odredište, a ne brzina slanja samog paketa (npr. Outlook). S druge strane UDP neće zahtijevati ponovno slanje poruke, ako se neki paket „izgubi“ na putu, nego će nastaviti slati pakete idalje, pa je pogodan za razmjenu podataka gdje nije toliko bitno da li se zagubi poneki paket, nego je bitna brzina komunikacije (npr. slušanje muzike putem interneta).
5. *Sloj sesije* – ima zadatak uspostavljanja, održavanja i prekida logičkih sesija između krajnjih korisnika. Najlakše ga je objasniti kod videa preko Interneta, gdje ne želimo imati ton bez slike, ili sliku bez tona, ili oboje ali bez sinhronizacije. Za to se brine sloj sesije.
6. *Sloj prezentacije* – ima zadatak formatiranja podataka za prezentaciju korisniku. Drugim riječima, ovaj sloj je zadužen za kodiranje i dekodiranje podataka i usklajivanje formata podataka između učesnika u komunikaciji i da višem sloju tj. sloju aplikacije, dostavi podatke u željenoj formi.
7. *Sloj aplikacije* – sloj koji je najbliži korisniku u čitavom OSI modelu. Ima ulogu omogućiti pristup mreži korisničkim programima i od drugih slojeva se razlikuje po tome što pruža uslugu samo aplikacijama van OSI modela, a ne i drugim slojevima.

Tabela 1. *OSI model* (modifikovano prema : https://hr.wikipedia.org/wiki/OSI_model)

<i>Sloj</i>	<i>Funkcija</i>	<i>Jedinice prijenosa</i>	<i>Protokoli</i>	<i>Korisnički procesi (aplikacije)</i>
7. <i>Aplikacijski</i>	Mrežni procesi vezani za aplikaciju	Podatak	HTTP, FTP, Telnet, DNS, DHCP, POP/SMTP	
6. <i>Prezentacijski</i>	Enkriptovanje i kodiranje podataka	Podatak	-	
5. <i>Sloj sesije</i>	Uspostavljanje sesije krajnjih korisnika	Podatak	NetBIOS, PAP, CHAP, SSH	
4. <i>Transportni</i>	Veza, pouzdanost, transport	Segment Datagram	TCP, UDP	<i>Operativni sistem</i>
3. <i>Mrežni</i>	Logičko adresiranje i rutiranje	Paket	IP, ICMP, ARP, RARP	
2. <i>Sloj veze</i>	Fizičko adresiranje, pristup medijumu	Frame (Okvir)	PPP, HDLC, Frame Relay	
1. <i>Fizički</i>	Prijenos signala	Bit	Token Ring, IEEE 802. 11	

Glavna mana ovog modela je ta što se bespotrebno nalazi u unutrašnje dijelove računarskih sistema, odnosno definisanje komponenti koje nisu direktno zadužene za komunikaciju između sistema.

2.4. TCP / IP model

Ponajviše zbog gore navedene mane OSI modela, javila se potreba za nekim novim modelom koji će davati veću slobodu pri odabiru arhitekture aplikativnog softvera i apstraktne „gledati“ na najniže slojeve OSI modela. Sve ove osobine objedinjuje de facto standardizovani TCP/IP model. Ovaj model je mnogo jednostavniji od OSI modela i razvijen je za potrebe interneta.

TCP/IP model se po nekim izvorima definiše kao 5 – slojni, a po nekim kao 4 – slojni model. U ovom radu će biti opisan kao model sa 4 sloja, podijeljena u dvije grupe. Prvu grupu čine, sloj veze (koji zamjenjuje fizički sloj i sloj podataka u OSI modelu), mrežni sloj i transportni sloj, dok drugu grupu čini samo sloj aplikacije, koji je zamijenio sloj sesije, sloj

prezentacije i sloj aplikacije kod OSI modela. U suštini ovi slojevi obavljaju istu funkciju kao i slojevi kod OSI modela.

Tabela 2. *OSI vs. TCP / IP model* (izvor : autor)

OSI model	TCP/IP model
7. <i>Aplikacijski sloj</i>	
6. <i>Prezentacijski sloj</i>	4. <i>Aplikacijski sloj</i>
5. <i>Sloj sesije</i>	
4. <i>Transportni sloj</i>	3. <i>Transportni sloj</i>
3. <i>Mrežni sloj</i>	2. <i>Mrežni sloj</i>
2. <i>Sloj veze</i>	1. <i>Sloj veze</i>
1. <i>Fizički sloj</i>	

2.3.1. Mrežni sloj

Mrežni sloj (eng. Network Layer) je treći po redu sloj u OSI mrežnom modelu, i nalazi se ispod transportnog sloja, a iznad sloja veze. Njegov zadatak je obezbjeđivanje sistema adresiranja članova mreže i pravila po kojima će se obavljati sigurna isporuka do određene adrese. Komplikovanost ovog procesa, odnosno ovog zadatka, se tek primjećuje na nivou IP protokola, gdje se obavlja adresiranje preko četiri milijarde mogućih adresa na internetu, a time i povezivanje više različitih računarskih mreža.

Pored navedene uloge ovaj sloj još obavlja sljedeće funkcije :

- Enkapsulacija – dodavanje IP zaglavljha,
- Usmjeravanje paketa (eng. routing), što je glavna funkcija ruteru,
- Deenkapsulacija – skidanje IP zaglavljha na odredištu.

Mrežni protokol ima funkciju razrješavanja problema kao što su, problemi korištenja istih mrežnih adresa u različitim internim mrežama, problemi višestruke putanje, i slično. Cilj svega pomenutog jeste da se ostvari univerzalni i efikasni sistem što većeg broja članova mnogobrojnih računarskih mreža.

Neki protokoli mogu raditi sa ruterima, a drugi nemaju tu mogućnost. DECnet, IP, IPX, OSI, XNS, DDP (AppleTalk) su protokoli koji to mogu, dok LAT i NetBEUI ne mogu raditi s ruterom.

Protokolima mrežnog nivoa najčešće nedostaje funkcionalnost garantovanja isporuke podataka i otpornost na greške. Međutim, treba imati u vidu da se ove osobine najčešće nadomještaju u protokolima transportnog sloja i njihovo uvođenje u protokole mrežnog nivoa bi znatno iskomplikovalo njihovu definiciju i dovelo do redundantnosti.

Jedan od najpopularnijih protokola mrežnog sloja jeste IP protokol verzije 4 koji je ujedno i podrazumjevani protokol mrežnog sloja kod TCP/IP referentnog modela. Glavni atributi ovog protokola su jednostavnost i univerzalnost. Takođe, postoje i proširenja ovog protokola koja nude mogućnost dodatne kontrole prijenosa (protokol ICMP) kao i rješenja koja korištenjem IP protokola na mrežnom nivou omogućavaju kontrolu greške, tajnost putem šifrovanja podataka i utvrđivanje autentičnosti pošiljaoca (protokol IPsec).

Kod aktivnih mrežnih uređaja sa podrškom za protokole mrežnog sloja prvenstveno treba identifikovati ruter s tim da postoji i posebni svič uređaji koji nude dodatnu funkcionalnost (npr. VLAN segmentaciju) kroz razumjevanje protokola mrežnog nivoa.⁴

2.3.1.1. Internet Protokol (IP)

Internet Protokol (eng. Internet Protocol) je protokol koji se odnosi i na OSI i na TCP/IP model. Nastao je iz potrebe da se međusobno povežu razne vrste računara i računarskih mreža, a cilj je bio da IP bude što jednostavniji i omogući što lakše dodavanje novih servisa. Funkcioniše samo na mrežama zasnovanim na prenosu podataka sa komutacijom paketa (eng. packet switched). Glavna uloga ovog protokola je obezbjeđivanje jedinstvenog, univerzalnog sistema adresiranja računara, a također i omogućavanje jedinstvene identifikacije svakog od njih.

Internet Protokol nije pouzdan, jer ne garantuje dostavu paketa, niti njegovu ispravnost. Također, ovaj protokol dozvoljava dupliranje paketa, i njihov prijenos u izmijenjenom redoslijedu. Svi ovi nedostaci nam pokazuju jednostavnost i veće performanse IP protokola, a „prikrivanje i ispravljanje“ tih nedostataka i grešaka se odvija u protokolima višeg nivoa.

Najpoznatija dva Internet Protokola koja se koriste za adresiranje na mrežnom nivou, na internetu su Internet Protokol verzije 4 (IPv4) i Internet protokol verzije 6 (IPv6).

2.4. Način rada rutera

U mrežama koje se sastoje od više mrežnih segmenata sa mnogobrojnim protokolima, potrebni su uređaji koji mogu obezbijediti brzu komunikaciju, i koji poznaju adrese svih segmenata u mreži i koji pronalaze najbolje putanje za protokol podataka, a to su upravo ruteri. Također, oni zaobilaze spore veze i veze koje ne fukcionisu najbolje tako što međusobno dijele podatke o usmjeravanju i pružaju sigurnije upravljanje protokolom podataka. Ruteri obavljaju funkcije mostova, kao na primjer povezivanje mrežnih segmenata kao i izolovanje i filtriranje saobraćaja u mreži. Filtriranje se vrši na način da ruter ne dozvoljava prolaz u mrežu oštećenim i zalutalim podacima, jer čitaju samo adresirane podatke. Time se i opterećenost mreže smanjuje.

⁴ Veinović M. i Jevremović A. : *Uvod u računarske mreže*, UNIVERZITET SINGIDUNUM FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU, Beograd, 2007., str. 119.

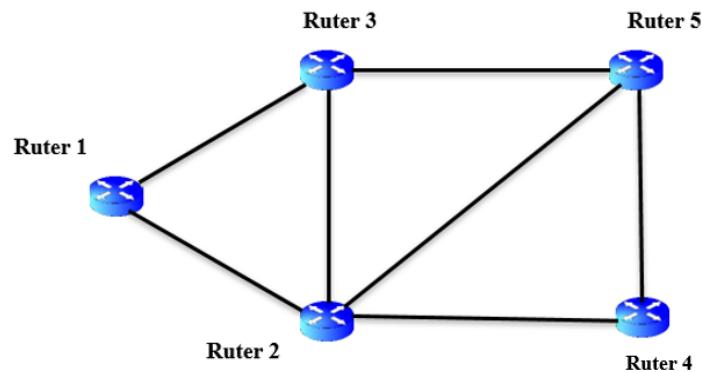
Rad ruteru se temelji na tabeli rutiranja (eng. routing table). Tabela rutiranja predstavlja bazu podataka o dostupnosti pojedinih mreža.

Tabela rutiranja sadrži :

- Sve poznate adrese u mreži,
- Načine na koji se povezuje sa mrežnim adresama,
- Moguće putanje među ruterima,
- Efikasnost svake putanje mjerena brojem usputnih ruteru

Na osnovu mrežnih adresa ruter se konfiguriše i održava svoje tabele rutiranja. Ruter, kada primi paket, prvo provjerava da li su odredište i izvor na istoj mreži, odnosno da li su njihove adrese na istoj mreži. Ako ustanovi da su na istoj mreži, ruter taj paket odbacuje. A u slučaju da nisu na istoj mreži, prosljeđuje taj paket do uređaja na odredištu, ako je njegova adresa povezana na ruter ili ga prosljeđuje sljedećem ruteru na putanji do odredišnog uređaja.

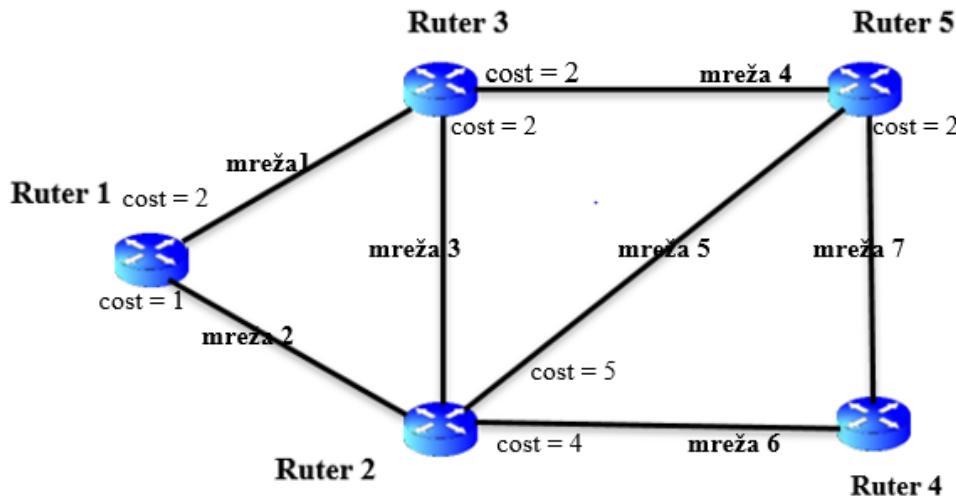
Odredište	Sljedeći skok
Ruter 1	-
Ruter 2	Ruter 2
Ruter 3	Ruter 3
Ruter 4	Ruter 2
Ruter 5	Ruter 3



Slika 4. Tabela rutiranja za Ruter 1 (izvor : autor)

Putanja ili ruta se sastoji od destinacije, sljedećeg uređaja koji se nalazi na putanji i od rastojanja (cijena ukupne rute do odredišta). Ovaj posljednji element putanje, odnosno destinacija, se još naziva i metrika, i u nekim protokolima predstavlja brzinu prijenosa, propusni opseg, broj linkova, i slično.

Da bih bolje pojasnio i metriku, a također i tabelu rutiranja predstaviti ću mrežu sa sedam segmenata. Za njihovo povezivanje koristi se pet ruteru (uzet ću mrežu sa slike 4.). Svaki ruter bira najbolju moguću putanje do bilo kojeg segmenta koristeći routersku tabelu. I uzet ću u obzir brzinu prijenosa, propusni opseg i cijenu koštanja linije da bih odredio metriku za Ruter 1.



Slika 5. Mreža od sedam segmenata (izvor : autor)

A tabela rutiranja i metrika za Ruter 1 na Slici 5. bi izgledala ovako :

Tabela 3. Tabela rutiranja i metrika (modifikovano prema : Nuković M. : Računarske mreže, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str. 32.)

Mreža	Izlaz	Metrika
mreža 1	direktan	2
mreža 2	direktan	1
mreža 3	Ruter 2	3
mreža 4	Ruter 3	4
mreža 5	Ruter 2	6
mreža 6	Ruter 2	5
mreža 7	Ruter 3	6

Ruter ima tu mogućnost da „osluškuje“ mrežu, i na taj način može prepoznati koji su segmenti najzauzetiji, i na osnovu toga određuje kojom će rutom poslati podatke. Alternativnu rutu za slanje podataka nalazi baš onda kada je neka putanja zauzeta.

Prema tome, ruter na dva načina prosljeđuje pakete do mreža sa kojima nije u direktnoj vezi :

- Statičke putanje ili rute su one koje administrator upisuje statički. Označavaju se sa velikim slovom „S“ (eng. Static) u tabelama rutiranja. Obično se koriste u manjim mrežama sa nekoliko ruta, ili kada postoji samo izlaz na internet servis provajdera (eng. Internet service provider).
- Dinamičke putnje ili rute su one koje ruter automatski saznaće i upisuje u tabelu pomoću protokola rutiranja (eng. Routing protocol). Ovaj način održavanja tabela rutiranja ima dosta prednosti u odnosu na statički. Dakle, čim se promijeni topologija mreže, ruteri automatskim putem ažuriraju informacije u tabeli rutiranja, bez potrebe da administrator brine o tome.

```
Ruter#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
      i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
      * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
      P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R        172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:02, Serial0/0/0
C        172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C        172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C        192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
Ruter#
```

Slika 6. Primjer tabele rutiranja na Cisco ruteru (izvor :
https://sr.wikipedia.org/wiki/Tabela_rutiranja)

2.4.1. Prosljeđivanje i rutiranje

Mrežni sloj ima ulogu da prenosi pakete od otpremnog do prijemnog računara. Ima dvije bitne funkcije: prosljeđivanje i rutiranje. Prosljeđivanje - aktivnost prilikom prijenosa paketa sa interfejsa ulaznog linka u interfejs izlaznog linka. Rutiranje - proces određivanja putanje sa kraja na kraj, kroz cijelu mrežu kojom će paket ići (od izvora do odredišta). Ruteri imaju tabelu prosljeđivanja i oni prosljeđuju paket na način da ispituju vrijednost jednog polja u zaglavljima pristiglog paketa i ta vrijednost je indeks za tabelu prosljeđivanja. Dobijeni rezultat ukazuje na interfejs ruteru za prosljeđivanje paketa. Algoritmi rutiranja određuju vrijednosti koje se stavljuju u ruterske tabele i na taj način se formiraju i konfigurišu tabele prosljeđivanja u ruterima. Algoritam rutiranja može biti: 1. centralizovan – algoritam se završava na jednoj centralnoj lokaciji i 2. decentralizovan – dio distributivnog algoritma rutiranja izvršava se na svakom ruteru. Ruter prima poruke protokola rutiranja koje se koriste za konfiguriranje tabele prosljeđivanja u oba slučaja.

2.4.2. Paketne mreže

Krajnji sistem kad hoće poslati paket, u paketnim mrežama, on stavi u njega adresu krajnjeg odredišnog sistema i ubaci paket u mrežu. Paket tokom prenosa od izvora do odredišta prolazi kroz niz ruteru, od kojih svaki koristi adresu odredišta u paketu za njegovo prosljeđivanje. U tabeli prosljeđivanja, koju ima svaki ruter, adrese odredišta preslikavaju se u interfejs linkova. Ruter koristi adresu odredišta paketa da bi u tabeli prosljeđivanja pronašao odgovarajući interfejs izlaznog linka kada paket stigne u ruter.

Da bismo bolje shvatili postupak pretraživanja tabele, pogledat ćemo jedan konkretan primjer. Uzmimo da sve adrese odredišta imaju 32 bita. U gruboj implementaciji, tabela prosljeđivanja bi imala po jednu stavku za svaku moguću adresu odredišta. Pošto postoji više od 4 milijarde mogućih adresa, ta opcija nikako ne dolazi u obzir. Predpostavimo

zatim da naš ruter ima četiri linka, numerisana od 0 do 3 i da pakete treba proslijediti na interfejs linkova na sljedeći način :

Tabela 4. *Primjer tabele prosljeđivanja* (izvor : Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str.246.)

Raspon odredišnih adresa				Interfejs linka
11001000	00010111	00010000	00000000	0
do				
11001000	00010111	00010111	11111111	
11001000	00010111	00011000	00000000	1
do				
11001000	00010111	00011000	11111111	
11001000	00010111	00011001	00000000	2
do				
11001000	00010111	00011111	11111111	
inače				3

Sasvim je jasno da u ovom slučaju nije potrebno imati 4 milijarde adresa prosljeđivanja u tabeli rutera. Mogli bismo, na primjer, imati tabelu prosljeđivanja sa samo četiri stavke :

Tabela 5. *Primjer skraćene tabele prosljeđivanja na osnovu Tabele 4.* (izvor : Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str.246.)

Prefiks	Interfejs linka
11001000 00010111 00010	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
inače	3

Sa ovakvom vrstom tabele prosljeđivanja, ruter među stavkama u tabeli traži prefiks odredišne adrese paketa. Ako postoji jednakost, ruter prosljeđuje paket na link pridružen toj vrijednosti. Na primjer, predpostavimo da je odredišna adresa paketa 11001000 00010111 00010110 10100001. Pošto je prefiks od 21 bita ove adrese jednak prvoj stavci u tabeli, ruter prosljeđuje paket na interfejs linka 0. Ako prefiks nije jednak ni jednoj od prve tri stavke, ruter će proslijediti paket na interfejs 3. Mada ovo izgleda prilično jednostavno, tu postoji jedna značajna suptilnost. Možda ste primijetili da je moguće da odredišnoj adresi odgovara

više stavki. Na primjer, prvih 24 bita adrese 11001000 00010111 00011000 10101010 jednako je drugoj stavci tabele, a prvih 21 bita je jednak trećoj stavci. U slučaju više jednakosti ruter primjenjuje pravilo jednakosti najdužeg prefiksa, tj. pronalazi najdužu jednaku stavku tabele i proslijeđuje paket na interfejs linka pridružen najdužem odgovarajućem prefiksnu.

Naravno, da bi pravilo jednakosti najdužeg prefiksa moglo koristiti, svaki interfejs izlaznog linka treba biti zadužen za proslijeđivanje velikog broja susjednih, odredišnih adresa. Internet adrese se obično i dodjeljuju hijerarhijskim principom tako da u tabelama proslijeđivanja većine rutera preovladava to svojstvo susjednosti. Mada ruteri u paketnim mrežama ne održavaju nikakve informacije o stanju konekcija, oni ipak u svojim tabelama održavaju informacije o stanju proslijeđivanja. Međutim ove informacije se mijenjaju relativno sporo. Algoritmi rutiranja ažuriraju tabele proslijeđivanja u intervalima od približno jednog do pet minuta. Pošto se tabele proslijeđivanja mogu mijenjati bilo kad, niz paketa koji se šalju od jednog krajnjeg sistema u drugi mogu da prođu različitim putanjama kroz mrežu i mogu stići izvan redoslijeda. Iako ne reaguje trenutno, upravo ovaj sistem ažuriranja omogućava da Internet funkcioniše i ako cijeli dijelovi mreže prestanu raditi (što bi bila recimo posljedica zamišljenog scenarija atomskog rata, u vrijeme kada je nastao ARPANET, preteča interneta), dok god postoji barem jedna ruta od početnog do krajnjeg računara.⁵

2.4.3. Adresiranje računara

Kada je u dijelu o proslijeđivanju paketa bilo govora kako i na koji način ruter proslijeđuje paket do naredne mreže, spomenute su statičke i dinamičke putanje. Nešto slično se odvija i sa IP adresama kod računara, i on ih dobija na dva načina :

- Statički (ručno) dodijeljene IP adrese – sistem administrator ručno adresira računar, odnosno dodjeljuje mu adresu koja se neće mijenjati.
- Dinamički dodijeljene IP adrese – protokoli, koji su zaduženi za automatsko dodjeljivanje IP adresa, adresiraju računar i saznaju adresu njegovog ruteru (eng. gateway) i adresu DNS (eng. Domain Name System) servera. Protokoli automatskog dodjeljivanja IP adresa su : RARP, BOOTP i DHCP kao glavni i najpoznatiji protokol.

2.4.3.1. RARP

Protokol RARP (eng. Reverse Adress Resolution Protocol) predstavlja protokol čiji je zadatak prevođenje fizičke adrese u IP adresu. To je protokol koji radi na trećem, odnosno mrežnom sloju OSI modela. Dva značajna ograničenja koja je pokazao su :

1. Izravno na RARP serveru obligatno konfigurisanje svake fizičke adrese,
2. Nemogućnost središnje konfiguracije podmreža, pristupnih servera (eng. gateway).

Kako je pokazao svoje slabosti i pomenuta ograničenja zamijenili su ga BOOTP i DHCP protokoli.

⁵ Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str.247.

2.4.3.2. BOOTP

Protokol BOOTP (eng. Bootstrap Protocol) predstavlja protokol čiji je zadatak automatsko određivanje IP adresa. On je UDP (eng. User Datagram Protocol) mrežni protokol i pokretao se obično prije inicijalizacije operativnog sistema. Ova odlika mu je omogućila implementaciju u radne stанице bez hard diska (eng. diskless workstation). Poslije tog perioda BOOTP se implementirao i u mrežne kartice i matične ploče, koje su od tada podržavale učitavanje operativnog sistema direktno s mreže. Kako se javila potreba za nekim novijim protokolima, DHCP je izbacio iz upotrebe BOOTP, iako danas većina DHCP servera u svojoj ponudi imaju i BOOTP podršku.

2.4.3.3. DHCP

Protokol DHCP (eng. Dynamic Host Configuration Protocol) predstavlja protokol koji radi na aplikacijskom sloju OSI modela. Ovaj protokol omogućava komunikacijskim uređajima, računarima i ruterima, automatsko dodjeljivanje IP adrese, adrese preporučenog pristupnog servera, adrese DNS – a i sličnih podataka. DHCP je „plug – and – play“ protokol i ima veoma široku primjenu u kućnim mrežama.

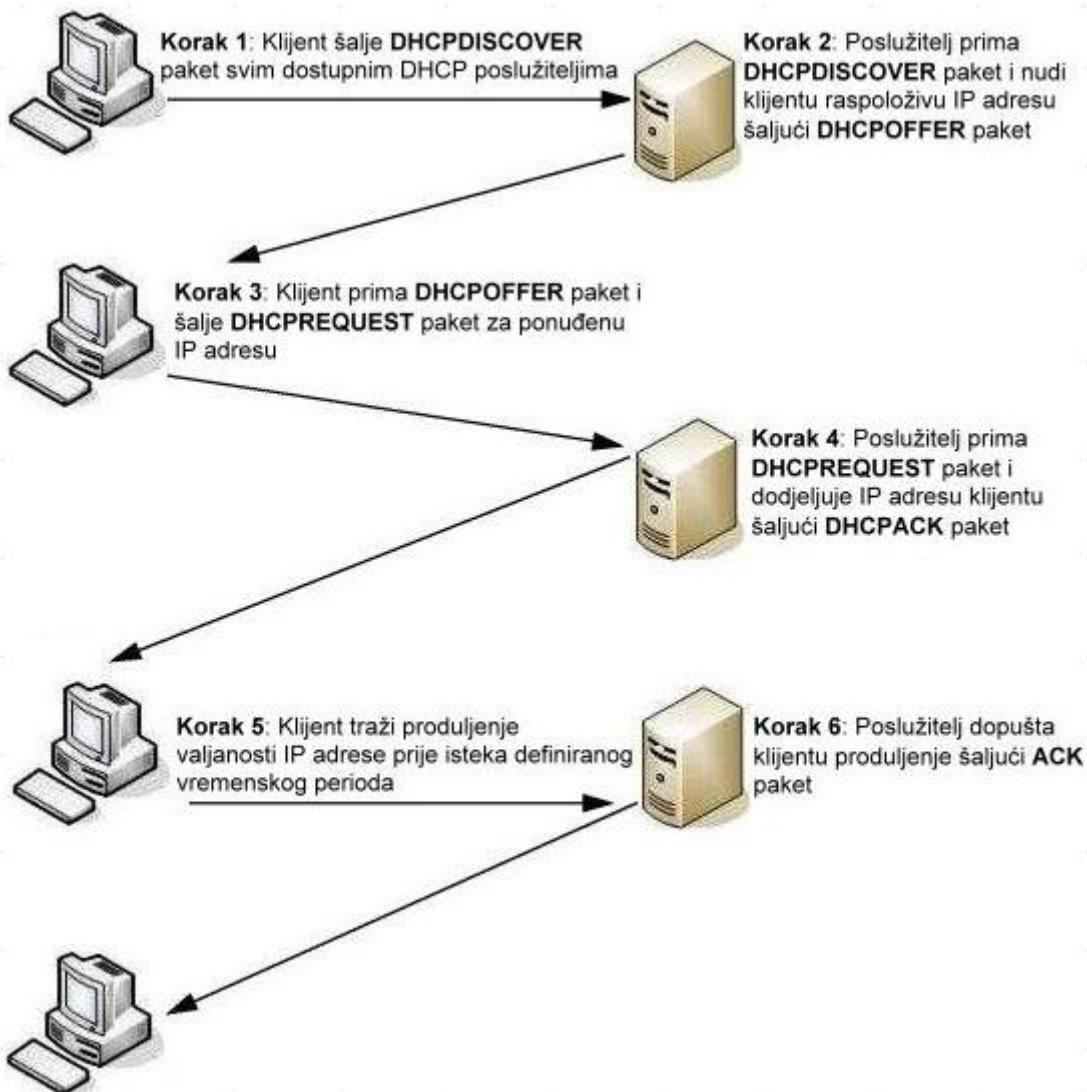
Mrežni administrator može konfigurisati DHCP tako da ograniči ovaj protokol, odnosno da ograniči automatsko dodjeljivanje IP adresa, pomoću opcije „DHCP SCOPE“, koja se nalazi na gotovo svim ruterima. Također, možemo reći da DHCP iznajmljuje IP adrese klijentima na mreži, pa se tu javlja termin „leased time“, odnosno vrijeme iznajmljivanja neke IP adrese klijentima na mreži, i njega također administrator može lako konfigurisati. Klijent, kome je DHCP već jednom iznajmio IP adresu, nakon isteka tog određenog vremena, DHCP će mu ponovno dodijeliti tu istu adresu. Naravno, ako se taj klijent još uvijek nalazi u domenu te mreže.

2.4.3.3.1. Način rada DHCP – a

DHCP upotrebljava dva UDP porta 67 (koristi ga server) i 68 (koristi ga klijent), koji su dodijeljeni BOOTP protokolu od strane IANA (eng. Internet Assigned Numbers Authority) organizacije.

Rad DHCP protokola možemo podijeliti na 6 koraka :

1. zahtjev za "njmom" IP adresu,
2. ponuda "njma",
3. izbor "njma" i
4. potvrda "njma"
5. ponuda produženja „njma“ nakon isteka vremena
6. potvrda dopuštenja.



Slika 7. Način rada DHCP protokola (izvor : <http://mreze.layer-x.com/s030400-0.html>)

2.4.4. Prevodioci mrežnih adresa

Svaki uređaj na internetu mora imati IP adresu. Usljed naglog povećanja broja tih uređaja dolazi do manjka slobodnih IP adresa. IP verzije 6 (skr. IPv6), sa 128 – bitnim adresama bi riješile taj problem dugoročno. Ali kako treba vremena i prostora da se taj sistem uvede, osmišljen je sistem za prevođenje mrežnih adresa (Network Address Translation, NAT) koji bi mogao na neki duži period riješiti problem raspoloživih IP adresa.

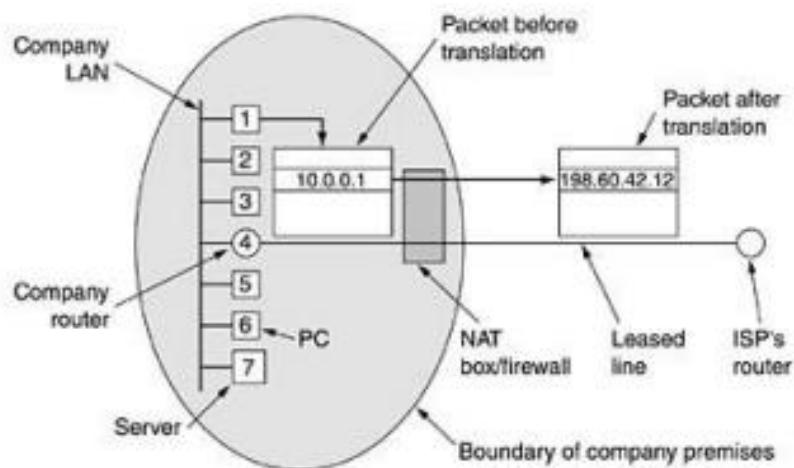
NAT sistem dodjeljuje samo jednu IP adresu za saobraćaj na internetu, svakoj manjoj mreži. Svaki računar unutar te mreže dobija jedinstvenu IP adresu za saobraćaj unutar mreže. Kada paket izlazi izvan okvira te manje mreže, i odlazi prema davaocu internet usluga, adresa paketa se prevodi. Sav ovaj sistem funkcioniše zahvaljujući privatnim IP adresama, odnosno adresama rezervisanim za privatne potrebe.

Tabela 5. *Privatne IP adrese* (modifikovano prema :
<http://forum.pceckspert.com/printthread.php?t=264835&pp=40&page=3>)

Klasa	Opseg IP adresa	Subnet	Broj mreža	Broj računara (hostova)
A	10.0.0.0 - 10.255.255.255	10.0.0.0 /8	126	16.777.216
B	172.16.0.0 - 172.31.255.255	172.16.0.0 /12	16.384	1.048.567
C	192.168.0.0 - 192.168.255.255	192.168.0.0/16	2.097.152	65.536

2.4.4.1. Način rada NAT servisa

Unutar manje mreže, svaki računar ima jedinstvenu adresu oblika 10.x.y.z. NAT sistem prepostavlja da se komunikacija odvija preko TCP ili UDP protokola. Zaglavla okvira ovih protokola sadrže izvorišni (eng. source port) i odredišni (eng. destination port) priključak. Ti priključci su 16-bitni cijeli brojevi koji ukazuju gdje veza počinje, a gdje se završava. Kada paket napušta tu manju mrežu on prolazi kroz NAT kutiju (eng. NAT box), koja internu IP adresu izvorišta (na slici 10.0.0.1) pretvara u pravu IP adresu te manje mreže (na slici 192.60.42.12). Tada se Izvorišna adresa zamjenjuje sa indeksom u tabeli za prevođenje sa 65.356 odrednica u NAT kutiji. Ta odrednica sadrži originalnu IP adresu i originalni priključak izvorišta. Kada stigne odgovor (npr. sa Web servera), on je adresiran na adresu te manje mreže (na slici 192.60.42.12). Tada se vadi Izvorišni priključak iz zaglavla okvira i koristi kao indeks u tabeli za prevođenje NAT kutije. Iz pronađene odrednice čitaju se interna IP adresa i originalni Izvorišni priključak zaglavla, i ubacuju se u paket. Paket se potom prosljeđuje ruteru radi uobičajne isporuke.⁶



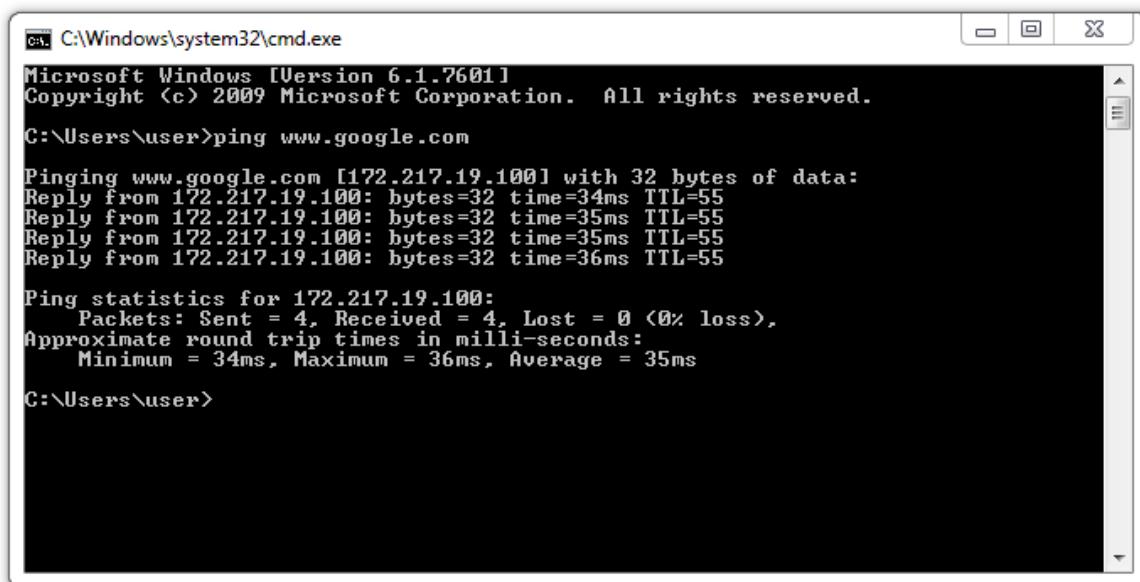
Slika 8. Postavljanje i rad NAT kutije (izvor : https://imi.pmf.kg.ac.rs/index-old.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=318&Itemid=198)

⁶ Internet sajt : https://imi.pmf.kg.ac.rs/index-old.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=318&Itemid=198 (datum pristupa : 14.6.2019.)

2.4.4.2. Internet Control Message Protocol (ICMP)

Internet Control Message Protocol (ICMP) se koristi za međusobnu komunikaciju računara i rutera o podnošenju izvještaja o greškama i stanju IP mreže. Smatra se dijelom Internet Protokola ili bolje rečeno, predstavlja proširenje IP protokola. Ovaj protokol koristi kontrolne poruke koje se prenose u okviru IP datagrama.

ICMP poruke se ne koriste samo za signalizaciju greške. Uloga ICMP protokola jeste i nadomeštanje funkcija koje nedostaju za kontrolu u IP protokolu. I obzirom na ovu ulogu ICMP poruke se uglavnom odnose na ispitivanje stanja mreže i u sebi sadrže upite i odgovore na njih. Alat *ping* je jedan od najčešće korištenih alata za upotrebu ICMP protokola.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright <c> 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\user>ping www.google.com

Pinging www.google.com [172.217.19.100] with 32 bytes of data:
Reply from 172.217.19.100: bytes=32 time=34ms TTL=55
Reply from 172.217.19.100: bytes=32 time=35ms TTL=55
Reply from 172.217.19.100: bytes=32 time=35ms TTL=55
Reply from 172.217.19.100: bytes=32 time=36ms TTL=55

Ping statistics for 172.217.19.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 34ms, Maximum = 36ms, Average = 35ms

C:\Users\user>
```

Slika 9. Primjer korištenja ping alata (izvor : autor)

Ping korisnički alat upotrebljava ICMP poruku tipa 8 sa šifrom 0 koju šalja cilnjom računaru. Kada ciljni računar dobije i vidi echo zahtjev, vraća ICMP odgovor tipa 0 sa šifrom 0. Također i alat *traceroute*, koji sam spomenuo na početku rada, je implementiran pomoću ICMP poruka.

ICMP poruka bilo koje vrste kapsulira se u IP paket. Poruke se sastoje od 32 – bitnog zaglavlja i sadržaja. U zaglavljtu se nalaze polja „tip poruke“, „šifra“ i „kontrolna suma“. Definisano je nekoliko vrsta ICMP poruka.

Tabela 6. *ICMP poruke* (modifikovano prema : Veinović M. i Jevremović A. : *Uvod u računarske mreže*, UNIVERZITET SINGIDUNUM FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU, Beograd, 2007., str. 137.)

Kontrolna poruka	Opis
Destination Unreachable	Odredište nedostupno - paket se ne može isporučiti

Time Exceeded	Isteklo vrijeme - paket se šalje kada je vrijednost polja Time to Live u IP paketu dostigla 0, ili kada je tajmer za ponovno slanje paketa istekao
Parametar Problem	Greška u parametrima - neispravno polje u zaglavlju
Source Quench	Prigušivanje izvorišta - zahtjev redukovana učestalosti kojom se paketi šalju zbog suviše velikog broja paketa koji ruter prima
Redirect	Preusmjeravanje – obavještenje od jednog ruteru za slanje paketa preko drugog ruteru, kojim će se olakšati buduće rutiraje
Echo	Eho – provjeravanje dostupnosti odredišta
Echo reply	Odgovor na echo - potvrda dostupnosti odredišta
Timestamp Request Timestamp Reply	Zahtjev s vremenskom oznakom - omogućava hostu da procijeni koliko je vremena potrebno za krug do drugog hosta i nazad
Address Mask Request and Reply	Host može poslati Address Mask Request and Reply paket do ruteru da bi utvrdio masku adrese za mrežu na koju je priključen. Ruter može poslati odgovor

2.5. Dijelovi ruteru

Kada smo se upoznali sa načinom na koji funkcioniše ruter, potrebno je i da se upoznamo sa dijelovima koji vrše sve te procese.

Ruter, kao mrežni uređej, se sastoji od četiri osnovna dijela :

1. *Ulagani port* – ima više funkcija, i to funkciju fizičkog sloja, funkciju sloja veze podataka, i funkciju pretraživanja tabele i prosljeđivanja. Funkciju fizičkog sloja ima zato što je povezan sa završetkom fizičkog linka koji ulazi u ruter. A funkciju pretraživanja tabele i prosljeđivanja obavlja tako što svaki paket proslijeđen kroz komutatorsku mrežu ruteru mora izvesti na odgovarajući izlazni port. Kontrolni paketi se odmah prosljeđuju do procesora rutiranja od ulaznog porta.
2. *Komutatorska mreža* – nalazi se u samom „srcu ruteru“ i ima jedan osnovni zadatak, a to je povezivanje ulaznih portova sa izlaznim portovima ruteru. Komutiranje se može obaviti na više načina, i to preko memorije, preko magistrale i preko višestruko povezane mreže.
3. *Procesor rutiranja* – i ovaj dio ruteru obavlja više funkcija. Pored toga što izvršava protokole rutiranja, on također izvršava funkcije upravljanja mrežom u ruteru i osvježava informacije o rutiranju i tebele prosljeđivanja.

4. *Izlazni port* – ima zadatak čuvanja paketa koji su mu proslijedjeni kroz komutatorsku mrežu. On zatim pakete predaje na izlazni link izvršavajući inverzne operacije u odnosu na ulazni port. Kada se jednom utvrdi izlazni port paketa, kao što sam na početku napisao, on se proslijeduje do komutatora. Ali, paket se može privremeno blokirati prije ulaska u komutator. Tada blokirani paket mora čekati u redu ulaznog porta da se komutator oslobođe.

Ključna funkcija za prosljeđivanje u ruteru jeste pretraživanje tabele i prosljeđivanje koje se odvija u ulaznom portu. Ovdje se utvrđuje kroz koji će se izlazni port prosljediti pristigli paket kroz komutatorsku mrežu, a pomoću informacija iz tabele prosljeđivanja se vrši odabir izlaznog porta. Ovakav se proces odvija kod većine rutera. Kopije tabele prosljeđivanja obično čuva svaki ulazni port i oni imaju mogućnost donošenja odluka o prosljeđivanju, bez pomoći centralizovanog procesora rutiranja, a procesor rutiranja ih izračunava i po potrebi ažurira.

Jednostavnost procesa pretraživanja tabele i prosljeđivanja se narušava kada se milioni pretraživanja postave kao zadatak ruteru na nekom čvorištu. Taj problem ruteri rješavaju raznim optimizacijama. Kada govorimo o pohranjivanju tabele rutiranja, koje čuva ulazni port u vidu stabla podataka, možemo spomenuti specijalizovanu memoriju, *CAM* (eng. *Content Addressable Memory*) koja uspoređuje ulazne podatke pretraživanja s tabelom pohranjenih podataka i vraća adresu podataka koji se podudaraju. Još se naziva i asocijativna memorija (eng. associative memory) ili asocijativno pohranjivanje (eng. associative storage). Također se koristi i određena količina keš memorije (eng. cache memory), jer je velika vjerovatnoća da će neki podaci biti ponovno upotrijebljeni.

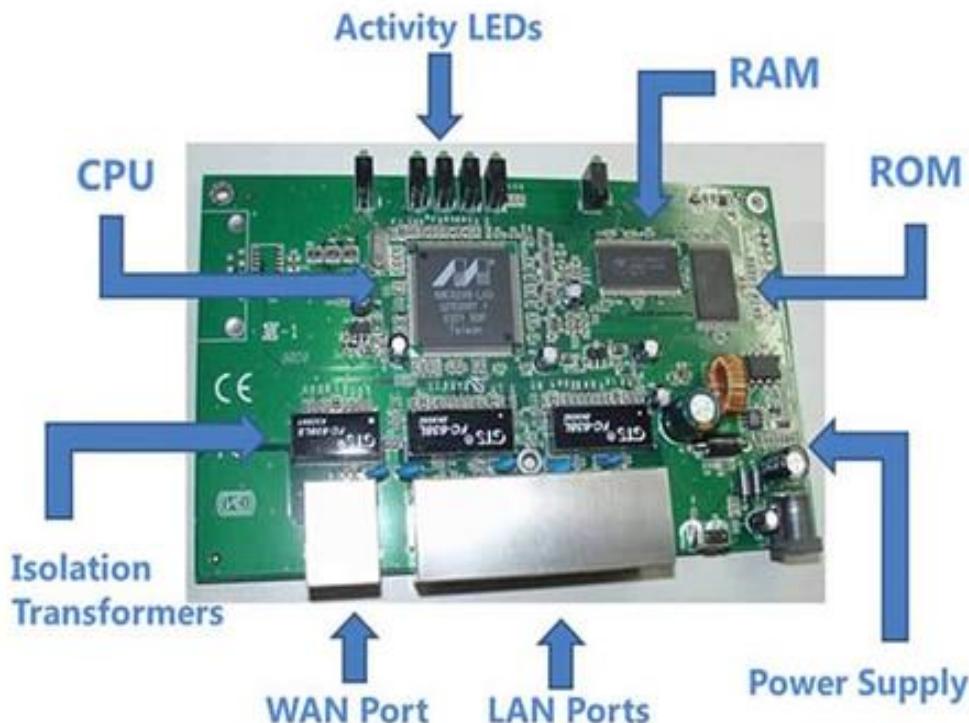
2.6. Komponente rutera

Način na koji svičevi povezuju više računara, tako i ruter povezuje više mreža. Ruteri sadrže podatke koji se sastoje od velikih tabela mreža i adresa. Oni koriste algoritme za određivanje najkraćeg puta do adrese u mreži.

Najvažnije (unutrašnje) komponente rutera su :

1. Procesor – ima zadatak da izvršava instrukcije koda operativnog sistema. Također, veličina rutera može zavisiti od broja procesora u njemu, odnosno, veći ruteri mogu imati više procesora.
2. RAM memorija (eng. Random Access Memory) – memorija koja gubi sadržaj pri nestanku napajanja. Dijeli se na procesorski dio u kome se izvršava tabela rutiranja, i na dijeljeni dio, u kome se nalaze primljeni paketi.
3. Fleš memorija (eng. Flash memory) – ima zadatak da čuva mikrokod operativnog sistema. Dolazi u vidu SIMM ili PCMCIA modula i to je vrsta memorije koja ne gubi sadržaj prilikom gubitka napajanja.
4. NVRAM memorija (eng. Non-Volatile Random Access Memory) – je vrsta RAM koja ne gubi sadržaj prilikom nestanka napajanja, što joj i samo ime govori. I ova memorija je zadužena za čuvanje inicijalne konfiguracije (eng. startup).

5. Magistrale (eng. bus) – postoje dvije vrste magistrala, a to su CPU i sistemska magistrala. CPU magistrala prenosi podatke između procesora i memorije, dok sistemska magistrala prenosi pakete između procesora i interfejsa (eng. interface).
6. ROM memorija (eng. Read Only Memory) – ima zadatku čuvanja programa koji obavlja inicijalnu dijagnostiku, i učitava operativni sistem (eng. bootstrap).

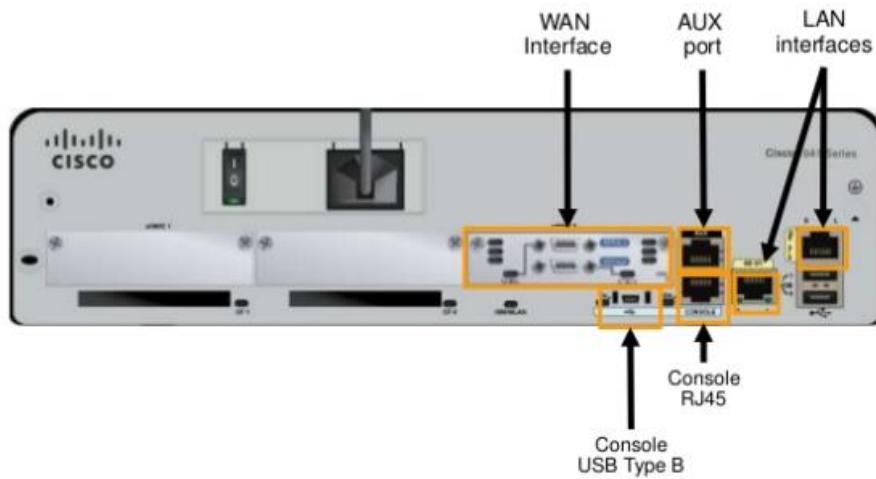


Slika 10. Glavne komponente rutera (izvor : <https://www.gearbest.com/blog/how-to/what-is-a-router-and-how-to-choose-one-2664>)

Potrebno je spomenuti još i, da ih nazovemo tako, eksterne komponente koje su također bitne u radu samog rutera. A to su :

1. Interfejsi (eng. Interfaces) – razlikujemo LAN, WAN i konzolne/AUX interfejse. LAN i WAN interfejsi imaju zadatku prenosa paketa i mogu biti fiksni i modularni. Konzolni/AUX interfejsi služe za konfiguraciju rutera, i oni su fiksni. PC računar, na konzolni port, se povezuje preko UTP rollover (eng. Unshielded Twisted Pair) kabla i odgovarajućeg nastavka.
2. Napajanje – može biti AC ili DC. I kod većih rutera može postojati višestruko napajanje.
3. AUX port (eng. AUXiliary port) – služi za udaljenu konfiguraciju rutera preko modema i telefonske mreže.

Treba spomenuti i to da se većina ovih portova, odnosno komponenti, nalazi na CISCO ruterima koji su u današnje vrijeme najviše korišteni u većim kompanijama gdje se zahtjeva veća sigurnost i bolje performanse svih mrežnih uređaja.



Slika 11. *Eksterni interfejsi kod Cisco ruteru* (izvor : <https://ccnaeducation.com/lan-and-wan-interfaces-in-router/>)

2.7. Operativni sistemi u mrežnim uređajima

U računarstvu, operativni sistem (eng. Operating System) je skup programa i rutina odgovoran za kontrolu i upravljanje uređajima i računarskim komponentama kao i za obavljanje osnovnih radnji.⁷

Operativni sistemi se u računarama i računarskoj opremi u mnogome razlikuju od operativnih sistema u mrežnim uređajima. U mrežnim uređajima, kao što su ruteri, svičevi i vatrozid (eng. firewall) se nalaze posebni operativni sistemi koji se nazivaju *mrežni operativni sistemi* (eng. *Network operating system*).

Mrežni operativni sistemi mogu biti ugrađeni u ruter ili hardverski firewall koji upravlja funkcijama na mrežnom sloju. Značajni mrežni operativni sistemi su:

1. Vlasnički, mrežni operativni sistemi
 - a) *Cisco IOS*, porodica mrežnih operativnih sistema, koji se koriste na većini Cisco sistemskih ruteru (eng. Cisco Systems routers) i trenutnih Cisco mrežnih svičeva. Svič uređaji pokreću Catalyst operativni sistem (eng. Catalyst Operating System) skraćeno CatOS.
 - b) *pfSense* je operativni sistem namijenjen za firewall i ruter. Ime je dobio po tome što koristi alat za filtriranje paketa, PF (eng. Packet Filter).
 - c) *ZyNOS* koristi se u mrežnim uređajima koje proizvodi tvrtka ZyXEL. Ime je dobio od prva dva slova naziva tvrtke ZyXEL i od skraćenice engleskih riječi Network Operating System (ZyNOS).
2. NetBSD i Linux operativni sistemi
 - a) *DD-WRT* je firmware temeljen na Linuxu za bežične ruteru (eng. wireless routers) i pristupne tačke (eng. access point). Izvorno dizajniran za Linksys WRT54G seriju, a sada radi na mnogobrojnim modelima.

⁷ Internet sajt : https://sh.wikipedia.org/wiki/Operativni_sistem (datum pristupa : 18.6.2019.)

- b) *Dell mrežni operativni sistem* (eng. Dell Networking Operating System), DNOS9 je NetBSD baziran mrežni operativni sistem koji se pokreće na Dell svičevima. Ova verzija sistema je preteća verzije 3 i 6, dok najnoviji OS10 je baziran na Linuxu.
- c) *EOS* (eng. Extensible Operating System) radi na svičevima Ariste kompanije i koristi nemodificirani Linux kernel.
- d) EXOS (eng. Extreme XOS) koristi se u mrežnim uređajima tvrtke Extreme Networks. To je druga generacija operativnog sistema, ove tvrtke, nakon VxWorks operativnog sistema. ExtremeXOS se temelji na Linux kernelu i BusyBoxu.
- e) *FTOS* ili *Force10 operativni sistem* je bila porodica firmware-a koji se koristili na svičevima Power10 tvrtke. Kako je ova tvrtka prestala sa radom, FTOS je prešao u posjed firme Dell i preimenovan je u DNOS.

3. Open source mrežni operativni sistemi

- a) *Kumulus Linux* je operativni sistem za svičeve temeljen na Linuxu.
- b) *VyOS* je mrežni operativni sistem baziran na Debian GNU / Linuxu. VyOS nudi besplatnu platformu za usmjeravanje koja se izravno natječe s drugim komercijalno dostupnim rješenjima, poznatih, mrežnih davalaca usluga. Budući da se VyOS pokreće na standardnim amd64, i586 i ARM sistemima, može se koristiti kao ruter i vatrozidna platforma za oblak.

2.8. Vodeći proizvođači ruta

U danima gdje se dosta vremena provodi u surfanju, streamingu, igranju i još mnogo toga, Wi-Fi router je postao najvažniji dio tehnologije u našoj kući. Danas se na tržištu pojavljuje mnogo proizvođača mrežne opreme, koji pokušavaju zadovoljiti želje i potrebe kupaca. Najbolji bežični ruteri današnjice su kvalitetni WiFi ruteri sa brzim internetom, snažnim signalom dugog dometa i prijema, i ruteri koji zadovoljavaju normalan i optimalan rad na mreži. Pored Cisco Systems kompanije, koja je bez premca na vrhu ljestvice za proizvodnju mrežne opreme, bit će nabrojane neke od vodećih proizvođača ruta, ponajviše za kućnu primjenu :

AsusTek Computer Inc. (ASUS) je Tajvanska kompanija, koja je poznata po svojoj računarskoj opremi, kao što su matične ploče i prijenosni računari. Od nedavno su počeli sa proizvodnjom i mobilnih telefona, a također i mrežne opreme. Ove godine su na tržište izašli sa svojim novim ruterom *Asus ROG Rapture GT-AC5300*, koji se ističe svojim vrlo elegantnim izgledom i osam LAN portova, sa još boljim performansama. Predstavlja jedan od bržih i boljih ruta u 2019. godini.

Netgear Inc. je multinacionalna tvrtka koja proizvodi računarsku opremu, sa sjedištem u Kaliforniji, a urede ima u oko 25 drugih zemalja. Ova kompanija proizvodi mrežni hardver za potrošače, tvrtke i davaoce usluga. Tvrta posluje u tri poslovna segmenta: maloprodaji, komercijali i kao davalac usluga. Ove godine su proizveli *Netgear Nighthawk X10 R9000* pametni ruter koji po mišljenju potrošača predstavlja jedan od najboljih ruta

ove godine, zajedno sa Asus ROG ruterom. Podržava MUMIMO funkciju (eng. Multi-User Multiple Input, Multiple Output).



Slika 12. Asus ROG Rapture GT-AC5300 (lijevo) i Netgear Nighthawk R9000 ruter (desno), (izvor : <https://www.pcmag.com/roundup/292110/the-best-wireless-routers>)

D-Link Corporation je kompanija za proizvodnju multinacionalne mrežne opreme sa sjedištem na Tajvanu. Osnovana je 1986. godine kao Datex Systems Inc. Proizvodi tvrtke D-Link usmjereni su na tržište umrežavanja i komunikacije. Njihovi poslovni proizvodi uključuju svičeve, mrežne kamere za nadzor, vatrozide, iSCSI SAN i poslovnu bežičnu mrežu, dok potrošački proizvodi pokrivaju potrošačke bežične uređaje, širokopojasne uređaje (eng. broadband devices) i uređaje Digital Home (koji uključuju medijске uređaje, uređaje za pohranu i nadzorne kamere).

TP-Link Technologies Co., Ltd. je Kineska kompanija za proizvodnju mrežnih uređaja. TP-Link proizvodi uključuju High Speed modeme, bežične rutere, mobilne telefone, ADSL, rutere, svičeve, IP kamere, punjače, serverske printere, bežične punjače, prenosne punjače i pametne kućne uređaje. TP-Link je također proizveo OnHub ruter za Google. U 2016. godini tvrtka je lansirala novi brand Neffos za pametne telefone.

Tenda Technology Co.,Ltd. je Kineska firma osnovana 1999. godine. Tenda technology je priznati vodeći proizvođač mrežnih uređaja i opreme. Tenda se obavezala na isporuku mrežnih rješenja koja se lahko instaliraju i koja su pristupačna, nudeći inovativne, vrhunske proizvode za ostvarivanje praktičnog života ljudi. Tenda proizvodi uključuju kućno umrežavanje, poslovno umrežavanje, svičeve, širokopojasni CPE, gateway, powerline, mobilni širokopojasni pristup, IP kamere itd. Izvrsne performanse, stabilan signal, lako korištenje i instalacija, vrhunska kvaliteta s konkurentnim cijenama su zajedničke karakteristike svih Tenda proizvoda.⁸

Zyxel Communications Corp. je Tajvanski proizvođač mrežnih uređaja. Zyxel održava podružnice u Sjevernoj Americi, Europi i Aziji, a proizvodi se prodaju u preko 150 zemalja na pet kontinenata. Zyxel radi sa svjetskim dobavljačima mrežne opreme,

⁸ Internet sajt : <https://tendacn.com/en/aboutus/default.html> (datum pristupa : 19.6.2019.)

telekomunikacijskim tvrtkama, ISP-ovima i drugim malim i srednjim poduzećima. Jedna velika prednost ove kompanije jeste ta da su proizveli vlastiti operativni sistem ZyNOS, koji ugrađuju u svoje mrežne uređaje.

ZTE Corporation je kineska kompanija za telekomunikacijsku opremu i sisteme sa sjedištem u Kini. To je jedan od vodećih proizvođača telekomunikacijske opreme u Kini. ZTE djeluje u tri poslovne jedinice: mrežama operatera, terminalima i telekomunikacijama, a njihov osnovni proizvod je bežični, pristupni, optički prijenos i telekomunikacijski prijenos podataka, mobiteli i telekomunikacijski softveri. Također, ZTE je jedan od pet najvećih proizvođača pametnih telefona na domaćem tržištu.

2.9.1. CISCO ruteri

Pored svih navedenih proizvođača kako rutera, tako i komplet mrežne opreme, jedna je kompanija daleko ispred svih, gore spomenutih. A to je naravno, Cisco.

Pod punim nazivom *CISCO Systems, Inc.*, ova Američka kompanija već 34 godine funkcioniše kao vodeća svjetska kompanija u oblasti umrežavanja i interneta. Ključ uspjeha ove kompanije leži u dugogodišnjoj posvećenosti inovacijama u tehnologiji, vođstvu u industriji i korporativnoj, društvenoj odgovornosti. Kroz svoje brojne podružnice, kao što su OpenDNS, WebEx, Jabber i Jasper, Cisco se specijalizovao za specifična tehnološka tržišta, kao što su Internet stvari (eng. Internet of Things - IoT), sigurnost domena i upravljanje energijom. Njihovi proizvodi i usluge usredsređeni su na tri tržišna segmenta - poduzeća, davaoci usluga, srednje i male tvrtke. Cisco nudi IT proizvode i usluge na pet glavnih tehnoloških područja : umrežavanje (uključujući Ethernet, optički, bežični i mobilnost), sigurnost, saradnju (uključujući glasovne i video podatke), podatkovni centar i internet stvari koje sam gore spomenuo.

Bežični ruteri (eng. Wireless routers) se obično nalaze u kućama - to su hardverski uređaji koje davaoci internetskih usluga koriste za povezivanje s kablovskom ili xDSL internetskom mrežom. Bežični ruter, koji se naziva i Wi-Fi ruter, kombinuje mrežne funkcije bežične pristupne tačke (eng. wireless access point) i rutera.

Ruter povezuje lokalne mreže s drugim lokalnim mrežama ili s internetom. Bežični access point, bežično povezuje uređaje s mrežom, koristeći radio frekvencije, na frekvencijama 900 MHz i 2.4, 3.6, 5 i 60 GHz. Najnoviji bežični ruteri temelje se na *IEEE 802.11ac Wave 2* standardu, često zvanom samo Wave 2.

Bežični ruter se ponekad naziva i WLAN (Wireless Local Area Network) uređaj, a WLAN u prijevodu znači „bežična lokalna mreža“. Bežična mreža naziva se još i Wi-Fi mreža.

Wi-Fi je postao sinonim za bežično povezivanje. Wi-Fi hotspot je mjesto na kojem možete koristiti uređaje kompatibilne s Wi-Fi vezom za povezivanje s internetom. Ali uprkos brojnim špekulacijama, sam pojam je besmislen. To nije skraćenica ili standard. Wi-Fi je robna marka, da tako kažem, koju je osmisnila marketinška tvrtka Interbrand za osnivača Wireless Ethernet Compatibility Alliance (Wi-Fi Alliance). Naziv je predstavljao pečat interoperabilnosti i marketinških npora.

IEEE 802.11 standard definiše protokole koji omogućavaju komunikaciju s trenutnim bežičnim uređajima, uključujući bežične rutere i bežične access point - e.

Postoje tri tipa Wi-Fi rutera, a to su, stolni Wi-Fi ruteri (eng. desktop Wi-Fi router), mobilna pristupna tačka (eng. Mobile hotspot) i prenosivi Wi-Fi (eng. portable Wi-Fi).

Najčešći način na koji se korisnici mogu povezati s internetom je *desktop bežični (Wi-Fi) ruter*. Obično ti ruteri izgledaju kao male kutije s nekoliko kratkih antena koje pomažu u emitovanju signala po kući ili uredu. Što je korisnik dalje od Wi-Fi routera, to je signal slabiji. Dakle, obično postoji više bežičnih rutera smještenih širom radnog prostora, koji omogućuju veću pokrivenost internetom.

Mobilni hotspot je uobičajena opcija na pametnim telefonima. Kada telefon postavite kao mobilni hotspot, odnosno, kada uključite opciju za mobilni hotspot, svoju bežičnu mrežnu vezu dijelite s drugim uređajima, tako da i oni mogu pristupiti internetu.

Prijenosni Wi-Fi hotspot je vrsta mobilnog hotspota. To je mali uređaj podržan od strane mobilnih operatera koji emituju 3G ili 4G signal, koji više uređaja može dijeliti bežično. Slično mobilnom telefonu, mjesecni trošak prijenosnog hotspot-a temelji se na podatkovnom planu koji odaberete. Prijenosni Wi-Fi hotspot pouzdaniji je način pristupa internetu od javnih Wi-Fi hotspot-ova.

U Cisco ruterima, za razliku od drugih rutera, nalazi se *Cisco IOS* koji obezbjeđuje osnovne funkcije rutiranja, zatim pouzdanost, bezbjedan pristup mrežnim resursima i skalabilnost. Korisnički interfejs na ovim ruterima jeste *CLI (Command Line Editing)* tipa. Imamo mnogo načina za pristup CLI-u, a neki od njih su : preko AUX porta, preko konzolnog porta, preko telnet servisa, itd. Cisco IOS operativni sistem ima hijerarhijsku strukturu. To bi značilo da ima veći broj raznih modova u kojima se unose komande. Ti osnovni modovi su :

- Konfiguracioni modovi
- EXEC modovi
- EXEC modovi koji izvršavaju utipkanu komadnu i prikazuju njen rezultat na ekranu :
 - Ping i traceroute komande, koje smo pokazali na koji način funkcionišu
 - Komande za pregled parametara rutera

Iz sigurnosnih razloga, ubaćena su još dva EXEC moda :

- User EXEC mod
- Privileged EXEC mod

IOS dolazi u obliku jednog fajla (image), i na ruteru se čuva u flash memoriji, i pri startovanju se kopira u RAM memoriju, a zatim i izvršava. Pošto su Cisco ruteri podijeljeni u familije, svaka familija ima svoj, tačno određeni jedan IOS fajl. Vrlo važno je napomenuti, da svaka familija ima različit procesor, pa zbog toga i imaju različite IOS fajlove. Naziv IOS fajla se sastoji iz tri dijela i imenuje se na ovaj način :

naziv familije rutera - oznaka mogućnosti (feature set) – oznaka tipa

Tabela 7. Oznaka tipova IOS fajla (izvor : Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010., str.256.)

Karakter	Značenje
<i>f</i>	IOS se izvršava iz Flash memorije
<i>m</i>	IOS se izvršava iz RAM memorije
<i>r</i>	IOS se izvršava iz ROM memorije
<i>l</i>	IOS je relokabilan
<i>z</i>	IOS je kompresovan (zip)
<i>x</i>	IOS je kompresovan (mzip)

Danas Cisco objavljuje inovativna rješenja koja klijentima pomažu da prihvate novo doba bežičnog povezivanja. Wi-Fi 6 (poznat i kao 802.11ax), novi standard za Wi-Fi mreže, redefinira ono što je moguće za tvrtke. Izgrađeni na istim temeljnim bežičnim inovacijama kao i 5G, ovi novi standardi će preoblikovati način na koji tvrtke i potrošači komuniciraju sa svijetom. Osim što je znatno brži od prethodne generacije, Wi-Fi 6 pruža do 400 posto veći kapacitet i učinkovitost.

2.9. Sigurnost kod ruteru

Postoje različite funkcije kod ruteru. Sve zavisi od proizvođača tih ruteru. Neke funkcionalnosti sam spomenuo, a neke ćemo tek sada. Većina ruteru posjeduje sljedeće funkcije :

- Internet status – pokazuje status konekcije,
- Statistic – pokazuje statistiku ruteru i aktivnosti interneta, na primjer, koliko je preuzeto podataka, koliko dugo je korisnik bio aktivna na mreži itd.
- Firewall – pruža bezbjednost mreži.

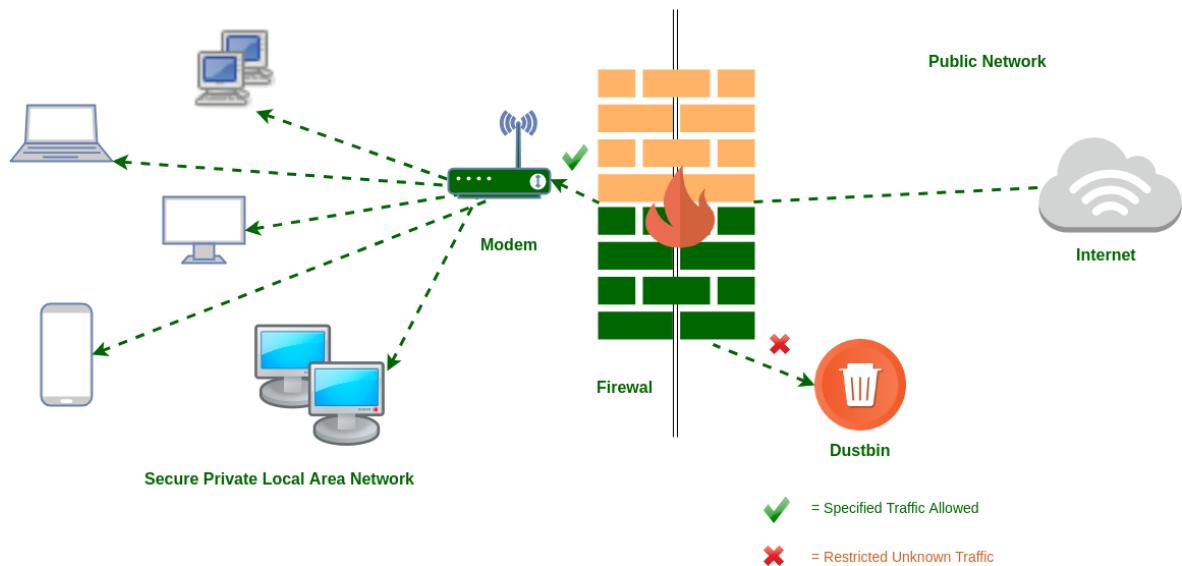
Pošto se ruteri bave paketima, tj. mogu manipulisati sa sadržajem paketa, ruteri mogu skrivati prave adrese svojih lokalnih mreža ili mreža na koje se one priključuju. Ovim je moguće upotrebljavati iste adrese na lokalnim mrežama i prema vani predstavljati samo jednu adresu. Ova sposobnost je jako važna za rad interneta, jer s tim je moguće imati veliki broj korisnika priključeno na mrežni protokol koji nije u sposobnosti podržavati veliki broj unikatnih adresa.

Kroz ruteru također je moguće uvesti i neke posebne sigurnosne mjere kao filtriranje zavisno o adresi i protokolu, kao i mnoge druge sigurnosne mjere. Broj i raznovrsnost sposobnosti nekog ruteru zavise od programske podrške koja je dio nekog mrežnog operativnog sistema ruteru ili sistemskih programa nekog ruteru. Na primjer, na ruteru je moguće definisati Virtuelne tajne mreže (eng. Virtual Private Network), ili je moguće izgrađivati različite tunelne protokole. U izgrađivanju ovih VPN i GRE tunela, postoje opcije upotrebe različitih algoritama za šifrovanje podataka koji se prenose preko tih mreža pa je

tako moguće izgrađivati sigurnije mreže preko nesigurnih komunikacijskih kanala. Mnogi ruteri sadrže i vatrozidne (eng. firewall) funkcije.⁹

2.9.1. Firewall

Vatrozidni (eng. firewall) sistem za kontrolu pristupa je jedan od najefikasnijih načina zaštite računarskih mreža u cjelini, ubrajajući i njene članove, naravno. Firewall sistemi rade na principu odbijanja ili prihvatanja komunikacija između mreža određenih polisama firewall sistema.



Slika 13. Način rada Firewall sistema (izvor :
<https://www.geeksforgeeks.org/types-of-firewall-and-possible-attacks/>)

Postoji više podjela firewall sistema. Možemo ih podijeliti na osnovu toga u kom obliku su realizovani na :

1. Hardver ili namjenske uređaje – namijenjeni zaštiti računarskih mreža,
2. Računarski softver – instaliraju se na računar.

Namjenski uređaji su realizovani u obliku nezavisnih uređaja, u koja su ugrađena najčešće dva interfejsa. Na jedan se priključuje mreža koju je potrebno zaštитiti na primjer LAN, dok se drugi interfejs firewall-a povezuje s nepouzdanom mrežom, na primjer internet. Ova vrsta firewall-a funkcioniše na način da u njima ugrađeni firmware vrši analize ulaznih i izlaznih podataka i na njima primjenjuje postavljena pravila. Računar se na ovaj uređaj priključuje preko serijskog ili mrežnog kabla, i putem računara se određuju pravila za firewall. Zbog svoje jednostavnosti i namjenskog dizajna, namjenski firewall je u velikoj prednosti u odnosu na ostala rješenja.

Računarski softver se može instalirati na računare u vidu korisničkog softvera ili dijela operativnog sistema. Prednost korisničkog softvera jeste mogućnost instaliranja firewall sistema na više uređaja pojedinačno, a manu su uglavnom performanse. Nasuprot ovoj podvrsti firewall-a, glavne odlike integracije firewall-a u kernel operativnog sistema

⁹ Internet sajt : <https://hr.wikipedia.org/wiki/Usmjeriva%C4%8D> (datum pristupa : 19.6.2019.)

jesu performanse, a mana je ta što se u nekim slučajevima zbog propusta u softveru, može pristupiti funkcijama operativnog sistema pri „pučanju“ softvera.

Firewall sisteme možemo podijeliti i na osnovu toga kakve mogućnosti nude, i to na:

1. Sisteme prve generacije
2. Sisteme druge generacije
3. Sisteme treće generacije

Firewall sistemi prve generacije samo mogu raditi sa prva četiri sloja TCP/IP modela, i u analizu uključuju samo trenutno aktuelnu jedinicu za prijenos podatka.

Firewall sistemi druge generacije ili kako ih još nazivaju „statefull firewall“, što bi značilo da područje rada ovih firewall-a nije ograničeno samo na trenutno aktuelnu jedinicu za prijenos podataka, kao kod prve generacije, nego jedinice analiziraju u kontekstu veze. Oni mogu utvrditi da li je dostavljena jedinica inicijator nove veze (eng. new connection) ili je riječ o jedinici već ostvarene veze (eng. established connection).

Firewall sistemi treće generacije imaju sve funkcionalnosti prve i druge generacije sistema. Pored tih, već nabrojanih funkcija, ovi sistemi se nazivaju i „proxy based firewall“, jer mogu koristiti parametre aplikativnog sloja. Najčešće dolaze sa ugrađenom modularnom podrškom za različite protokole aplikativnog sloja, koje je uglavnom moguće proširiti (odnosi se na skup modula).

Firewall sisteme možemo podijeliti, i na osnovu uloge koju imaju u mreži, na :

1. Lične firewall sisteme, koji imaju zadatku da štite lokalni računar,
2. Mrežne firewall sisteme, koji imaju zadatku da štite sve članove lokalne mreže ili da im zabrane određene mrežne akcije ka vanjskim mrežama.

Na tačkama mreže koje se spajaju sa vanjskim mrežama najčešće se nalazi mrežni firewall. Ovaj sistem služi da bi zaštitio lokalnu mrežu, ali također može štititi i pojedine segmente mreže od vanjskih mreža. Tada se ovaj sistem postavlja na više tačaka u lokalnoj mreži.

2.9.2. IDS i IPS sistemi

IPS (eng. Intrusion Prevention System) sistemi su sistemi koji štite sisteme od raznih napada i pri izvršenju svog zadatka koriste detaljniju analizu, sličnu firewall sistemima treće generacije, a ponekad koriste i „inteligentne“ algoritme koji imaju mogućnost razviti model normalnog ponašanja i odbiti sve zahtjeve koji ne spadaju u taj novorazvijeni model. Mogu biti razvijeni za zaštitu cijele mreže (eng. Network based IPS, NIPS), ili samo jednog računara (eng. Host based IPS, HIPS).

IDS (Intrusion Detection System) sistemi su sistemi čija je uloga analiziranje internih aktivnosti sistema do kojih dolazi (kod regularnog korištenja analiziraju mrežni saobraćaj), zatim obavještava administratora i eventualno može ukloniti zaostale komponente napada. Ovi sistemi mogu da rade od jednostavne provjere adekvatnih elemenata sistema preko nekih alata koji se nalaze izvan dometa napadača, do korištenja nekih inteligentnih algoritama, isto kao i IPS sistemi. IDS sistemi su strogo vezani za jedan, određeni operativni sistem ili okruženje.

3. FIRMWARE

Elektronski uređaji često imaju trajno instaliran softver koji kontroliše osnovne funkcije hardvera. Taj softver se zove firmware i obično je pohranjen u neizbrisivu memoriju, kao EPROM ili Flash memorija.¹⁰ Možemo reći da je njegova glavna uloga posrednika između hardvera i softvera. Ovdje se ne misli samo na hardver i softver kod računara. Mnogi drugi uređaji posjeduju integrirani firmware, počevši od manjih kao što su memorijska kartica, mobilni telefon, digitron, pa do većih uređaja kao printer i drugi. A u današnje vrijeme gotovo svi elektronički uređaji imaju neki oblik firmware-a. Pored ove, navedene uloge, firmware može djelovati kao kompletan operativni sistem nekog uređaja, izvršavajući sve funkcije upravljanja, nadzora i manipulacije podacima.

Mijenjanje firmware uređaja bilo je veoma rijetko u prošlosti, ali danas je to uobičajeni postupak, s tim da su neki memorijski uređaji trajno instalirani i ne mogu se mijenjati nakon proizvodnje. Uobičajeni razlozi ažuriranja firmware-a uključuju popravljanje grešaka (eng. bug) ili dodavanje nekih novih karakteristika na uređaj. To može zahtijevati da se ROM integrirani krugovi fizički zamijene ili da se flash memorija reprogramira posebnim postupkom. Firmware, kao što je ROM BIOS osobnog računara, može sadržavati samo osnovne funkcije uređaja i može pružati usluge samo višem nivou softvera.

Firmware u ruteru je predinstalirani, ugrađeni softver koji upravlja protokolima rutiranja, administrativnim karakteristikama i sigurnosnim mehanizmima rutera. Firmware je najosnovniji softver u memoriji samo za čitanje (eng. Read - Only memory, ROM).¹¹

Firmware u ruteru se prvenstveno koristi za upravljanje ruterom i da radi kao operativni sistem pružajući interfejs, konfiguraciju protokola i sigurnosne postavke. Omogućuje konfigurisanje i prilagođavanje ruteru prema mrežnim radnim okruženjima.

Firmware ne može izbrisati korisnik, jedino se može zamijeniti samo novijom verzijom koju daje dobavljač.

3.1. Historijski razvoj firmware-a

1967. godine, naučnik Ascher Opler je spomenuo izraz "firmware" u članku Datamation. To je značilo da bi se sadržaj pohranjene kontrolne memorije (eng. writable control store), koja sadrži mikrokod koji je definisao i implementirao skup instrukcija računara, mogao ponovno učitati kako bi se specijalizovao ili izmijenio upute koje centralna procesorska jedinica (eng. Central Processing Unit, CPU) može izvršiti. Kao što je izvorno korišten, firmware je bio u koliziji sa hardverom (samim procesorom) i softverom (normalne instrukcije na CPU-u). On nije bio sastavljen od CPU mašinskih instrukcija, već od mikrokoda niže razine, koji je bio uključen u implementaciju mašinskih instrukcija. Bio je na granici između hardvera i softvera, tako da je dobio naziv "firmware". Tokom vremena, njegova sve veća upotreba je dovela do toga da se riječju "firmware" označi bilo koji

¹⁰ Internet sajt : <https://www.nfon.com/hr/servis/baza-znanja/baza-znanja/firmware/> (datum pristupa: 20.6.2019.).

¹¹ Internet sajt : <https://www.techopedia.com/definition/3177/router-firmware> (datum pristupa: 21.6.2019.)

računarski program koji je usko povezan s hardverom, uključujući procesorske mašinske instrukcije za BIOS, upravljačke sisteme za jednostavne elektroničke uređaje kao što su mikrovalne peći, daljinski upravljači, itd.

3.2. Primjena firmware-a

Kao što je navedeno na početku, svaki današnji, električni uređaj ima neki vid firmware-a. Daljinski upravljač za TV, primjer je proizvoda koji sadrži firmware. Upravljački program prati gumene dugmiće, kontrolisce LED diode i obrađuje svaki pritisak tipke da bi poslao podatke u formatu koji uređaj prima. U ovom slučaju se šalju podaci koje televizijski prijemnik može razumjeti i obraditi. Također, matična ploča televizora ima u sebi složeni vid firmware.

3.2.1. Personalni računari

Firmware komponente na računaru su, na neki način, jednako važne kao i sam operativni sistem na istom. Sa druge strane jedina razlika između ove dvije komponente jeste ta što firmware-i nemaju dobro razvijene mehanizme za automatsko ažuriranje kako bi popravili bilo kakve probleme koji se tiču funkcionalnosti. Prema tome, korisnik mora ručno ažurirati BIOS, da bi imao najnoviju verziju tog firmware-a.

Kada je riječ o memoriji, bila to interna ili eksterna, njihov firmware se rijetko ažurira. Čak, ni u slučajevima kada se za firmware koristi flash, a ne ROM memorija, jer ne postoje standardizovani uređaji za ažuriranje. Također tu imamo uređaje kao što su printeri, skeneri, kamere i USB flash driver-i, čiji je firmware interno pohranjen. Primjeri upotrebe firmware-a :

- *BIOS* se nalazi u IBM kompatibilnim ličnim računarima (eng. personal computers),
- *(U)EFI* je kompaktibilni firmware koji se koristi na Itanium sistemima, Intelovim računarima tvrtke Apple i mnogim Intelovim matičnim pločama za stolne računare (eng. desktop computers),
- *Open Firmware* se koristi u SPARC računarima tvrtke Sun Microsystems i Oracle Corporation, Apple-ovim računarima na temelju PowerPC-a, te računarima tvrtke Genesi,
- *ARCS* se koristi u računarima tvrtke Silicon Graphics
- *Kickstart* se koristi u Amiga liniji računara,
- *RTAS* (eng. Run-Time Abstraction Services) se koristi u računarima od IBM-a,
- *CFE* (eng. The Common Firmware Environment) je firmware interfejs razvijen od strane Broadcom-a za 32-bitne i 64-bitne sisteme.

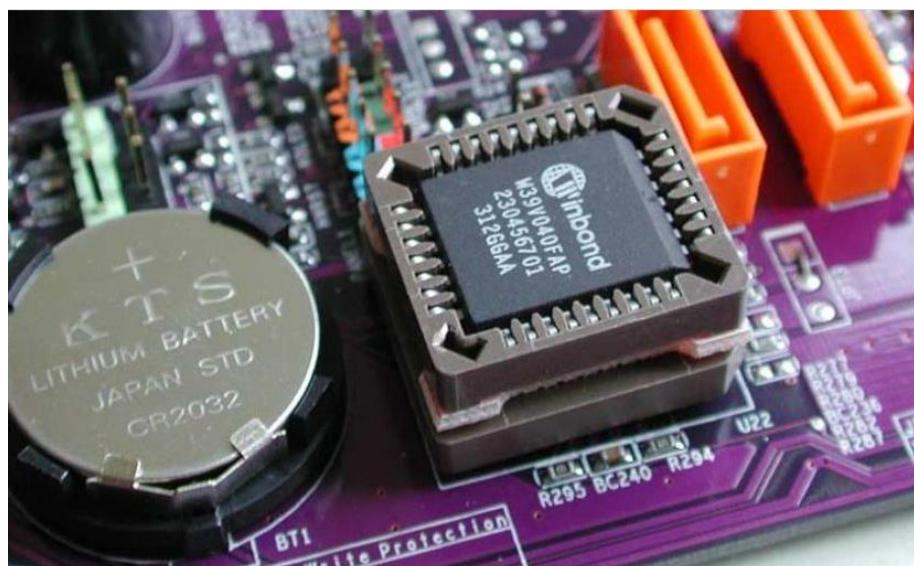
3.2.1.1. BIOS

BIOS (engl. Basic Input/Output System) je naziv za standardni računarski program koji se prvi pokreće nakon uključenja personalnih računara IBM PC i njima kompatibilnih. BIOS postavlja osnovne radne parametre računarskog hardvera te pronalazi i učitava operativni sistem u radnu memoriju (RAM). Kod nekih sistema umjesto BIOS-a koristi se

naziv sistemski ROM, ovaj naziv se često koristio kod personalnih računara tokom 1970-tih i 1980-tih godina.

Pojam BIOS se prvi put pojavio u operativnom sistemu CP/M gdje je označavao onaj dio operativnog sistema koji se učitava tokom pokretanja računara i koji direktno upravlja hardverom. Ovi računari su imali u ROM-u jednostavan program koji bi pokrenuo disketu jedinicu i sa umetnute inicijalne (boot) diskete učitao BIOS. CP/M je skraćenica engleske složenice Control Program for Microcomputers i ime je za operativni sistem kojeg je razvila američka kompanija Digital Research. CP/M je bio jako raširen u kasnim 70-im i 80-im godinama 20. stoljeća. CP/M je bio prvim proglašenim industrijskim standardom za operativne sisteme.

BIOS sadrži i malu softversku biblioteku ulazno-izlaznih funkcija za upravljanje tastaturom, zaslonom, diskovnim uređajima itd. Operativni sistem može koristiti te funkcije za upravljanje hardverom ili ipak može imati svoje funkcije za tu namjenu. Neki dijelovi računara, npr. grafička kartica, DVD i mrežna kartica, mogu sadržavati svoj BIOS koji proširuje funkcije osnovnog BIOS-a na matičnoj ploči.¹²



Slika 14. BIOS čip na matičnoj ploči (izvor : <https://geek.hr/pojmovnik/sto-je-bios/>)

3.2.1.1. UEFI

UEFI (eng. Unified Extensible Firmware Interface) je naziv za standardni računarski program koji obavlja istu funkciju kao i BIOS. UEFI je zamjena za, kako korisnici kažu, zastarjeli BIOS. Ovo se najviše odnosi na činjenicu da je BIOS bio u upotrebi još davnih 1980.-ih, na MS-DOS računarima. UEFI karakteriše jedna veoma bitna osobina, a to je da memoriše informacije o inicijalizaciji i da se pokreće u svom tzv. .efi formatu, umjesto da se memoriše u firmware.

Treba spomenuti još nekoliko bitnih prednosti UEFI-a u odnosu na BIOS. Prva prednost je ta što UEFI može pokrenuti diskove kapaciteta većeg od 2.2 TB, dok je kod BIOS-a, granica kapacitet diska od 2.1 TB. UEFI, također, može biti pokrenut u 32 ili 64-

¹² Internet sajt : https://jut.uibax.com/files/2018-19/materials/Vjezbe%20V%20-%20Bios_29713.pdf (datum pristupa : 21.6.2019.)

bitnom načinu rada, dok se BIOS pokreće u 16-bitnom procesorskom načinu i ima samo 1 MB prostora. Dalje, UEFI podržava sigurnosno pokretanje (eng. Secure Boot), i mogućnost otklanjanja eventualnih problema sa drugog računara (eng. remote troubleshooting). Prve verzije UEFI-a uveliko podsjećaju na BIOS, ali kako bude vrijeme odmicalo to će se vjerovatno promijeniti. Do 2020. godine, navodno, trebala bi se dogoditi potpuna implementacija UEFI-a, kada bi svi Intelovi čipseti trebali sadržavati UEFI sistem.



Slika 15. Izgled ASRock UEFI sistema (izvor : <https://pcchip.hr/helpdesk/sto-je-to-uefi-i-po-cemu-se-razlikuje-od-bios-a/>)

3.2.2. Automobilska industrija

Većina automobila, od 1996. godine, je koristila putni računar i razne senzore za otkrivanje mehaničkih problema. Od 2010. godine, savremena vozila također su počela koristiti kompjuterom upravljane sisteme protiv blokiranja točkova (eng. Anti-lock Braking Systems, ABS). Vozač također može dobiti informacije o vožnji, kao što je ušteda goriva u realnom vremenu i očitvanje pritiska u gumama, itd. Prodavači automobila mogu ažurirati većinu firmware u automobilima.

3.2.3. Ostali proizvodi

U većini muzičkih, prenosivih playera (najčešće mp3 player, iPod, itd.), također se nalazi jedna vrsta firmware-a i od 2010. godine počeli su se proizvoditi sa podrškom za ažuriranje firmware-a. Neke kompanije koriste ažuriranja firmware-a za dodavanje novih formata datoteka (kodera). Ostale karakteristike koje se mogu promijeniti s ažuriranjima firmware-a uključuju grafički korisnički interfejs (eng. Graphical User Interface, GUI) ili čak i vijek trajanja baterije. Većina mobilnih telefona ima mogućnost nadogradnje firmware-a, zbog istih razloga. Neki čak mogu biti nadograđeni kako bi se poboljšao prijem ili kvaliteta zvuka, što pokazuje da se firmware koristi na više razina u složenim proizvodima. Može biti

na nivou mukrokontrolera, nalik na CPU, a može biti i kao procesor digitalnog signala (poboljšanje kvaliteta zvuka). Neki primjeri primjene firmware-a u ovoj oblasti su :

- Sistemi za mjerjenje vremena i sistemi za upravljanje kod mašina za pranje veša,
- Kontrola zvučnih i video atributa, kao i popisa kanala na televizorima,
- EPROM (eng. Erasable Programmable Read-Only Memory) čipovi koji se koriste u Eventide H-3000 seriji digitalnih muzičkih procesora.

Također će navesti i neke primjere primjene u ruterima i firewall-ima :

- LibreCMC – besplatni softver za ruter, temeljen na Linux-libre kernelu,
- IPFire – open-source softver za firewall-e i rutere, temeljen na Linux kernelu,
- NAS4Free – open-source operativni sistem NAS-e, temeljen na FreeBSD-u 9.1,
- fli4l – open-source softver za firewall-e i rutere, temeljen na Linux kernelu,
- Openfiler - open-source operativni sistem NAS-e, baziran na Linux kernelu,
- OpenWrt – open-source softver za firewall-e i rutere, temeljen na Linux kernelu,
- m0n0wall - ugrađeni firewall softver, temeljen na FreeBSD.

3.3. Princip rada firmware-a

Postoje tri nivoa firmware-a :

- Firmware niskog nivoa (eng. Low Firmware) : On se nalazi u ROM, OTP / PROM i PLA strukturama. Softver niskog nivoa često je samo za čitanje i ne može se promijeniti ili ažurirati. Ponekad se naziva i hardver.
- Firmware visokog nivoa (eng. High Level Firmware): Koristi se u flash memoriji za ažuriranja i često se smatraju softverom.
- Podsistemi : Oni imaju vlastite fiksne mikrokodove ugrađene u flash čipove, procesore i LCD jedinice. Podistem se obično smatra dijelom hardverskog uređaja, kao i firmware-om visoke razine.

Firmware koristi memoriju koja se može koristiti i dok nije priključena na napajanje, odnosno, "stalnu" memoriju, kao što su ROM, EPROM i flash memorija.

3.3.1. ROM

ROM (eng. Read - only memory) što bi na našem jeziku značilo, memorija koja je napravljena samo za čitanje podataka na računarima. Ovu vrstu memorije odlikuju dvije veoma bitne osobine, to su neizbrisivost (eng. nonvolatility) i nedestruktibilnost (tj. neuništivost sadržaja). Ova druga osobina je odraz nepromjenjivosti podataka od strane mikroprocesora. Današnji poluvodički ROM ima tipičan oblik integralnog kruga, ono što obično zovemo "čip", a razlikujemo ga od ostalih "čipova" često samo po upisanim oznakama.

U ovu grupu ispisnih memorija spadaju :

1. ROM

2. PROM
3. EPROM
4. EAROM
5. EEPROM

U ROM je upisan određeni sadržaj već za vrijeme izrade memorijskog čipa. Bit-uzorke koji odgovaraju željenom programu korisnik dostavlja proizvođaču u standardnom obliku. Proizvođač izrađuje odgovarajuću masku (prema priloženom programu korisnika) i kao zadnji korak u proizvodnji čipa ROM vrši metalizaciju, odnosno uspostavlja veze između redaka i stupaca.¹³

3.3.2. EPROM

EPROM (engl. Erasable Programmable Read - Only Memory) je tip memorijskog čipa koji zadržava svoje podatke i kada je njegovo napajanje isključeno. Glavna osobina ove memorije jeste trajna pohrana podataka. EPROM memorija se sastoji od niza tranzistora koji su pojedinačno programirani pomoću elektronskog uređaja koji isporučuje veće napone od onih koji se obično koriste u digitalnim krugovima. Jednom kada se EPROM memorija programira, može se jedino izbrisati izlaganjem jakom ultraljubičastom izvoru svjetla. EPROM memorije se lako prepoznaju po prozirnom, kvarcnom prozoru na gornjoj strani integriranog sklopa, kroz koji je vidljiv silicijumski čip i koji omogućava izlaganje ultraljubičastom svjetlu tokom brisanja.

3.3.3. Flash memorija

Flash memorija ili Flash EEPROM je poluprovodnička, spoljašnja memorija zasnovana na EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory) memoriji. Flash memorija ima mogućnost zapisivanja ili brisanja više memorijskih lokacija s jednom programskom operacijom, dok EEPROM može baratati samo sa jednom memorijskom lokacijom i isto vijeme. Flash memorija se primjenjuje onda kada je bitno da su podaci smješteni na što manjem mediju, na primjer USB stik (eng. USB flash drive).

Flash memorija se dijeli u dvije velike grupe : NAND i NOR Flash memoriju.

NAND Flash memorija je osmišljena od strane kompanije Toshiba 1989. godine. Glavne karakteristike ove grupe Flash memorije jest veća gustoća memorijskih ćelija, što je u konačnici omogućavalo puno veći kapacitet pohrane podataka te puno veću brzinu zapisivanja i brisanja podataka.

NOR memorija je osmišljena od strane kompanije Intel godinu dana ranije. Najvažniji razlog zbog kojeg je Intel osmislio NOR memoriju jest taj što je kompanija htjela nekako pronaći adekvatnu zamjenu za ROM memoriju. Ono što je vrlo dobro kod NOR memorije jest to što je ova memorija iznimno učinkovita u pogledu brzine učitavanja podataka ako je kapacitet pohrane između 1 i 4 MB. Nedostaci su slaba brzina zapisivanja i brisanja podataka s ovakvih medija (primjer NOR memorije je takozvana "Floppy" disketa).¹⁴

¹³ S.Ribarić : *Arhitektura mikroprocesora*, BIROGRAFIKA, Subotica,1990., str. 107.

¹⁴ Internet sajt : <https://pcchip.hr/helpdesk/sto-je-to-flash-memorija-i-kakve-sve-vrste-postoje/>
(datum pristupa : 21.6.2019.)

3.3. Sigurnost firmware-a

Nekada se može desiti da „treća strana“ stvori neslužbenu novu ili modificiranu verziju firmware-a za pružanje novih karakteristika ili za otključavanje novih funkcija što se naziva prilagođeni firmware (eng. custom firmware). Hakovani firmware obično koristi mogućnost ažuriranja na mnogim uređajima, kako bi se samo instalirali ili pokrenuli. Međutim, neki moraju posegnuti za drugim načinima pokretanja, jer je proizvođač pokušao zaključati hardver kako bi spriječio pokretanje nelicenciranog koda. Većina hakovanih firmware-a je besplatan softver.

Stvarnost je da se najviše hakuje i zlonamjeno upotrebljava firmware internetskih ruter, svičeva i firewall-a, zajedno s UEFI i ethernet adapterima. Broj žrtava, hakerskih napada je već u desetinama hiljada na godišnjoj razini. Mijenjanje firmware-a na ovaj način osigurava skriveno i trajno prisustvo zlonamjernog softvera, koji može prisluškivati ili preusmjeravati sve mrežne podatke ili pristupiti informacijama u nevidljivim područjima pohrane koji nisu zaštićeni nekom šifrom. Najgore od svega, vjeruje se da se sabotaža firmware-a odražava i na softverska ažuriranja ili potpunu re-instalaciju operativnog sistema. Napadi također mogu biti modelovani da pokvare firmware na taj način da se uređaji ne mogu paliti, čak ni s eksternim diskom.

Jedna zanimljiva, a pomalo i zabrinjavajuća činjenica nam dolazi iz Moskovskog laboratorija „Kaspersky“, koji tvrde kako su otkrili da je grupa programera razvila modifikacije firmware-a za hard disk, namijenjen raznim uređajima, koje sadrže trojanskog konja i koji omogućava pohranu podataka na disku na lokacijama koje se ne mogu izbrisati, čak i ako je uređaj formatiran ili potpuno očišćen.

3.4. Modifikovanje, zamjena i update firmware-a

Do relativno nedavno, bilo je rijetko moguće promijeniti, zamijeniti i nadograditi firmware. Čak i kada je to bilo moguće, uključivalo je zamjenu hardverskih komponenti. Ali sada, moderni uređaji podržavaju nadogradnju na razini softvera.

To je način kako su nove funkcije za moderne uređaje dostupne i kako softverski kvarovi i problemi s opremom se poprave. Firmware je nadograđen ili zamijenjen sa različitim verzijama putem posebnog softvera koji prepisuje neizbrisivu memoriju.¹⁵

Flešovanje (eng. Flashing) podrazumijeva zamjenu postojećeg firmware-a ili podataka, koji se nalaze u EEPROM-u, ili modulima flash memorije prisutnim u elektroničkom uređaju, s novim podacima. Promjena firmware-a na uređajima rijetko je moguća zbog njihove trajnosti, a kod nekih uređaja je firmware memorija trajno instalirana i onemogućena je zamjena. Firmware se najčešće mijenja kako bi se uklonili bugovi (greške u sistemu) ili kako bi se uređaju dodalo više funkcija. Ako se firmware može nadograditi, to se često provodi putem programa od davaoca usluga, a prije nadogradnje će često omogućiti spremanje starog firmware-a, tako da se može vratiti na staru u slučaju da proces ne uspije ili ako se nova verzija pokaže lošijom. Kao alternativa alatima dobavljača, razvijene su open – source alternative kao što je flashrom.

¹⁵ Internet sajt : <https://www.nfon.com/hr/servis/baza-znanja/baza-znanja/firmware/> (datum pristupa: 22.6.2019.)

Ovakve promjene na firmware-u uređaja mogu tražiti i fizičku zamjenu integrisanih krugova u samom uređaju.

Ažuriranja firmware-a ruteru su jednako važna kao i ažuriranje upravljačkog softvera bilo kojeg uređaja. Nadogradnja firmware-a nudi nove funkcije i sigurnosna poboljšanja.

Međutim, za razliku od ažuriranja računarskog softvera, koji obično možemo učiniti s jednostavnim alatom za ažuriranje, nadogradnje firmware-a ruteru nisu tako jednostavne za razumjeti. Srećom, cijeli postupak je olakšan, pa je novi firmware ažuriran za par minuta.

Upravljački program ruteru je u osnovi operativni sistem, koji je posebno dizajniran za rad naših ruteru. Osim ako nije riječ o routeru sa kompatibilnim open source firmware-om, kao što je DD-WRT.

Jedan dobar razlog zašto proizvođači ruteru mogu zaustaviti ažuriranje upravljačkog softvera je zato što pokušavaju popraviti ranjivost koja je otkrivena u trenutnom firmware-u. To je slično ažuriranju bilo kojeg uređaja. Kada se otkriju i ispravljaju greške, objavljuje se ažurirani firmware, tako da korisnici zapravo mogu implementirati te popravke.

Proizvođači ruteru mogu također izdati ažuriranje upravljačkog softvera za dodavanje novih funkcija ruteru, kao što su postavke roditeljske kontrole ili podrška za IPv6. Ostale nadogradnje mogu uključivati dodavanje potpuno novih sigurnosnih mehanizama koji nisu postojali u prethodnim verzijama firmware-a.

Neki ruteri automatski nadograđuju svoj firmware, ali to je samo slučaj s novijim, "pametnim" ruterima

3.4.1. Update firmware-a na ruteru

U ovom završnom radu će biti pokazano na koji način možemo ažurirati ili nadograditi firmware na našem ruteru.

Ruter na kojem će biti urađeno ažuriranje (eng. update) je ruter Kineske kompanije Tenda Technology Co., Ltd, koja je već gore i spomenuta. Riječ je o ruteru pod punim nazivom *Wireless N300 Easy Setup Router*, a model je F3. Ruter je proizведен 2018. godine, pa je sasvim očigledno da za ovaj ruter ima na novo napravljeni firmware od strane proizvođača.



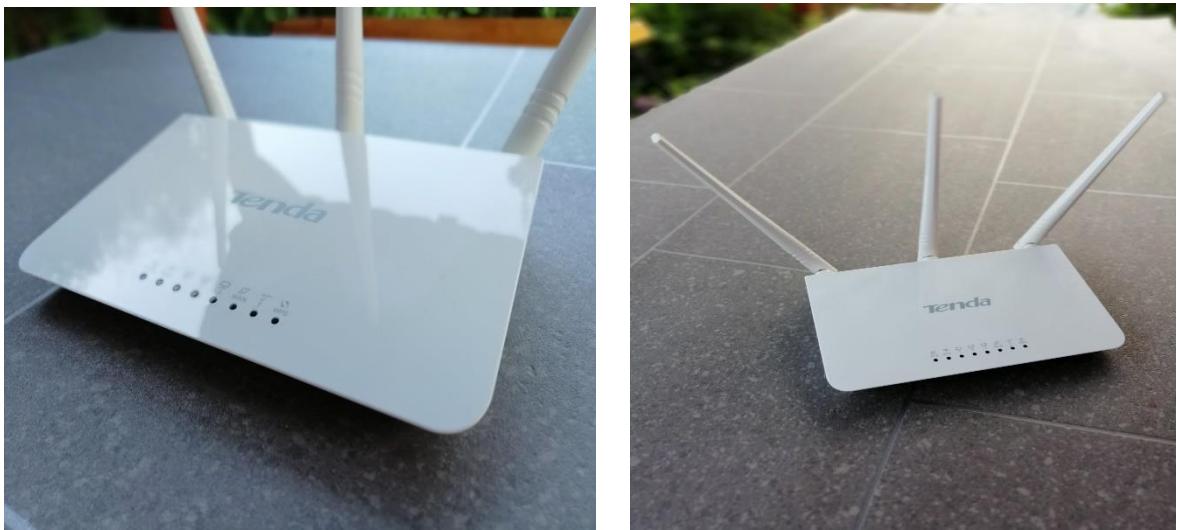
Slika 16. Tenda wireless ruter (izvor : autor)

Ovaj wireless ruter je odličan za kuće i male kompanije. Odlikuje ga wireless brzina od 300 Mb po sekundi. Također dolazi sa 3 antene od po 5 decibela (dBi), koje će biti i sasvim nego dovoljne da wireless signal dođe do svake prostorije u kući.



Slika 17. Interfejs Tenda ruter-a (izvor : autor)

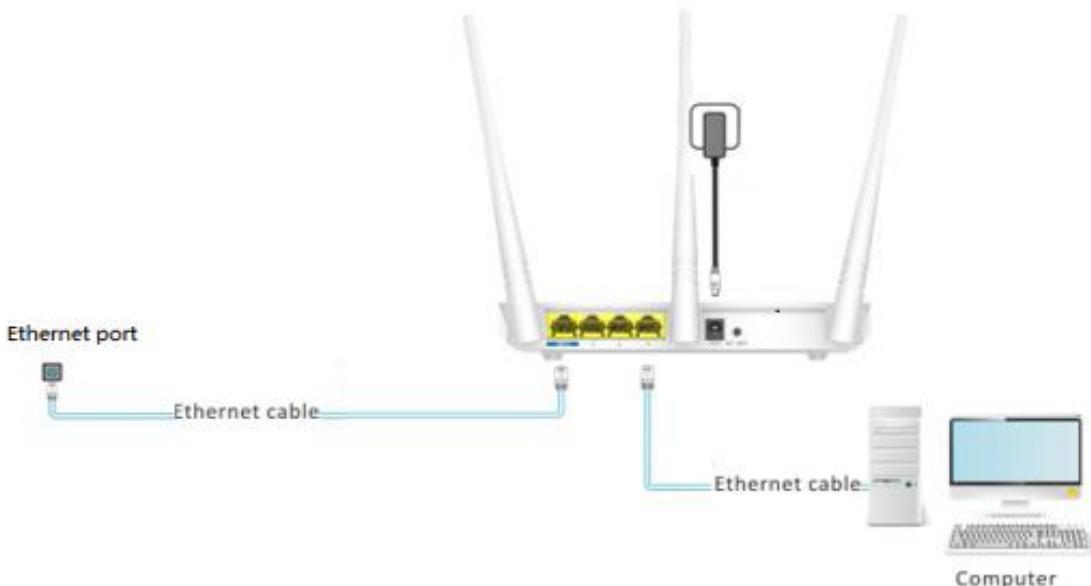
Interfejs mu se sastoji od 3 LAN porta i jednog WAN porta. Tu je također utor za napajanje i prekidač za paljenje i gašenje WPS-a. Zanimljiva je činjenica da proizvođač na ovaj model nije ugradio tipku za reset uređaja, niti tipku za paljenje i gašenje, što je veoma čudno kad je u pitanju ruter uređaj. Pa prema tome, ovaj ruter se pali dok se adapter uključi na napajanje.



Slika 18. Tenda ruter iz nekoliko perspektiva (izvor : autor)

Pošto ovaj ruter nema mogućnost automatskog ažuriranja, taj postupak se mora obaviti ručno, kao i kod većine drugih rutera. Ažuriranje firmware-a će biti objašnjeno kroz nekoliko kratkih koraka.

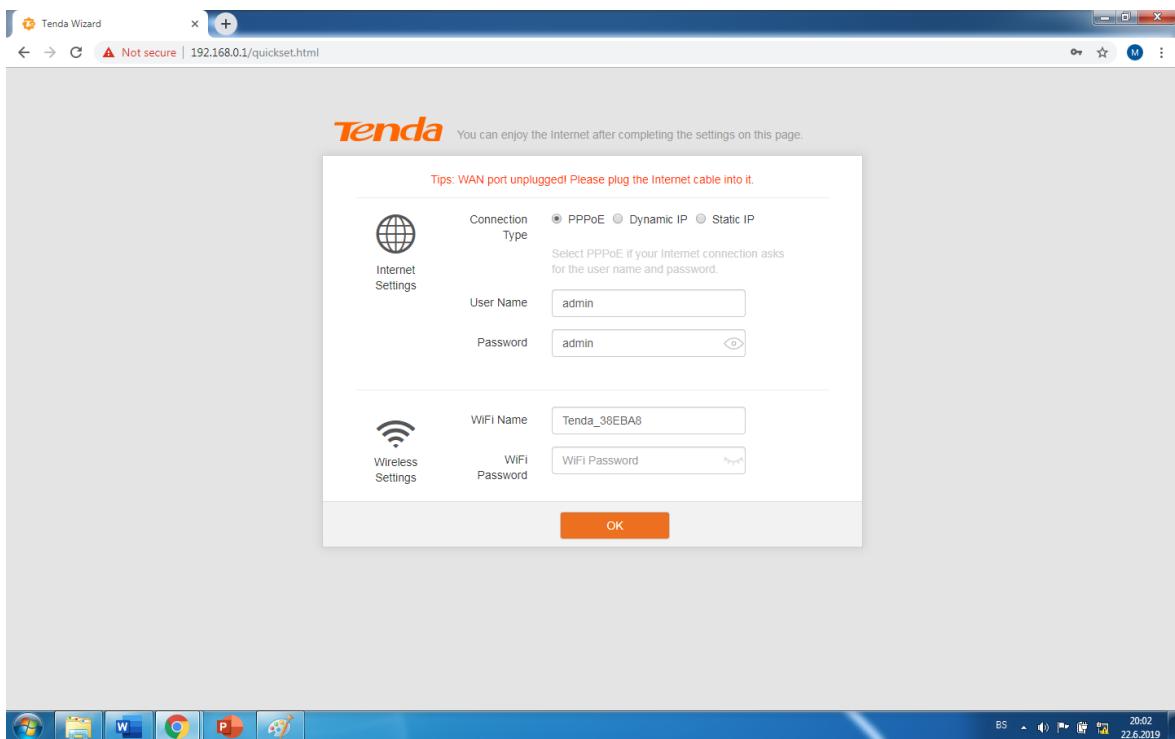
1. korak : odmah na početku, potrebno je povo priključiti ruter na pravi način. Ruter sa računarcem povezujemo standardnim UTP kablom, tako da jedan kraj UTP kabla treba priključiti na jedan od LAN portova rutera, a drugi kraj priključiti na mrežni port računara. Također, potrebno je povezati širokopojasnu liniju (eng. broadband line) sa WAN portom na ruteru (za ovu konfiguraciju nije bilo potrebno spajati ovaj kabal, jer nije potreban izlazak na internet, odnosno van mreže).



Slika 19. Spajanje Tenda rutera sa računarcem (izvor :
<https://www.tendacn.com/hr/faq/3267.html>)

2. korak : kada je ruter povezan i uključen na napajanje, potrebno je otvoriti web pretraživač i upisati IP adresu rutera 192.168.0.1. Pojavit će se stranica na kojoj je potrebno upisati user name i password rutera koji se nalaze na donjoj strani rutera. Obično su username i password isti, to jest „admin“.

Ruteri i njihov firmware

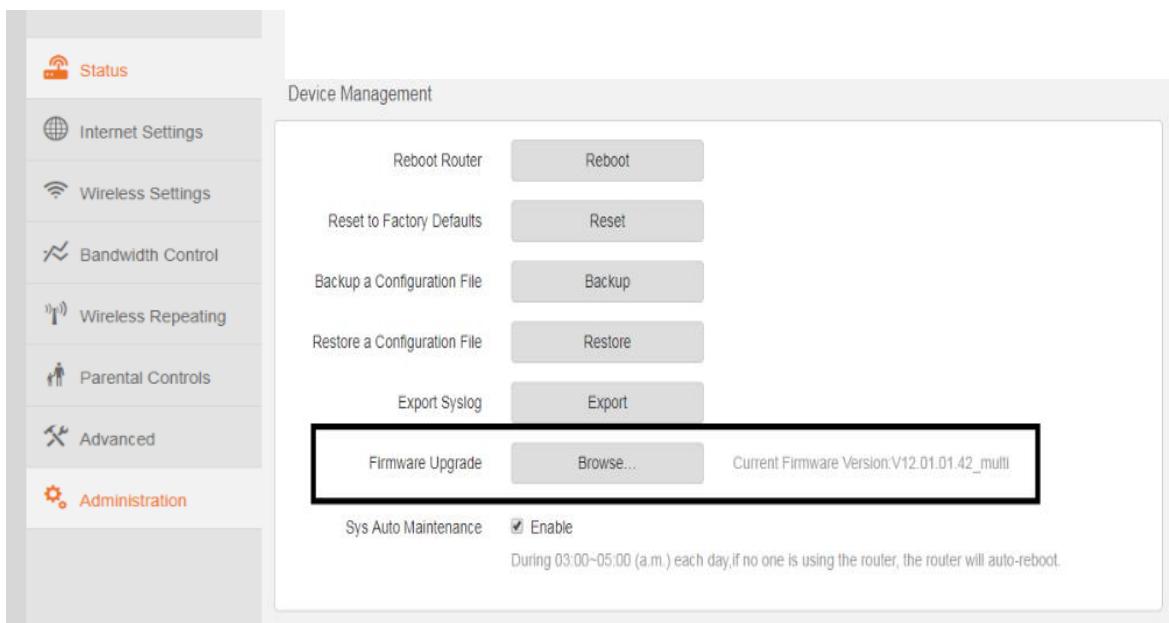


Slika 20. Izgled početnog zaslona kod Tenda rute (izvor : autor)

3. korak : ova kompanija je razvila svoj firmware za sve mrežne uređaje, tako da nije potrebno preuzimati neke open-source firmware-e. Na njihovoj oficielnoj stranici, www.tendacn.com, se nalaze sve nadogradnje za njihove mrežne uređaje.

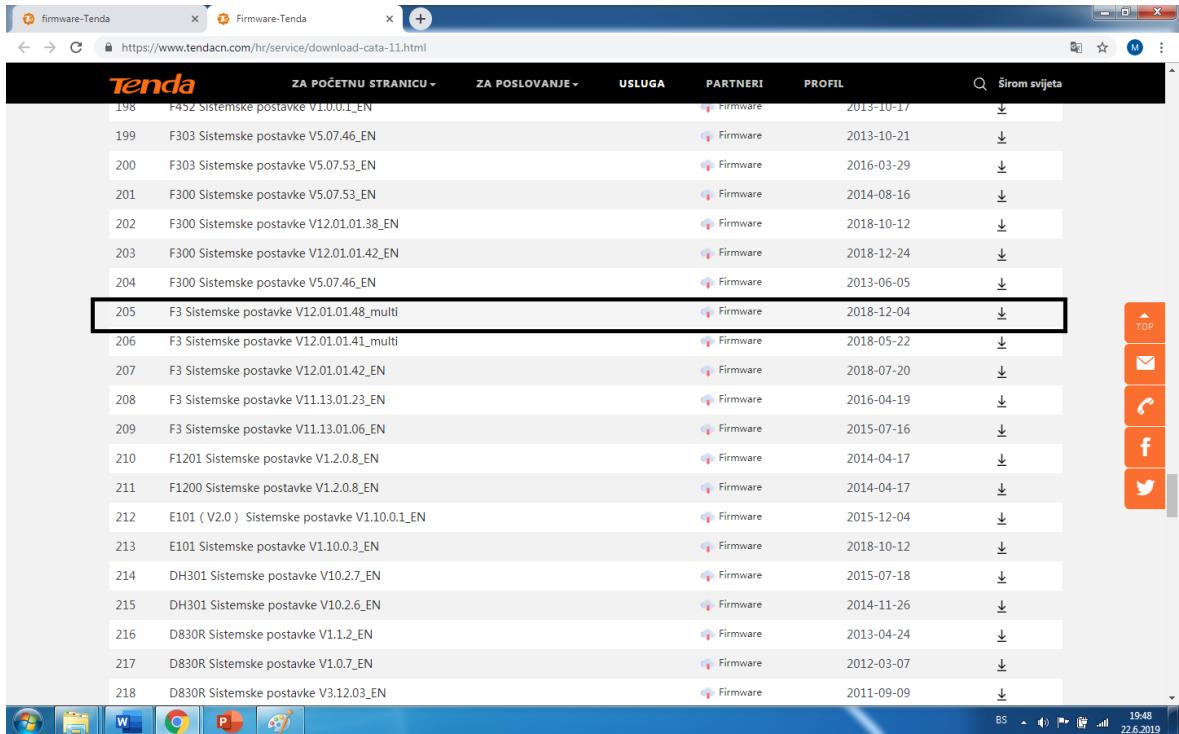
Ali prije nego što se preuzme nadogradnja za firmware, potrebno je ući u postavke rute, i provjeriti o kojem je firmware-u riječ.

Kako bi došli do postavki za firmware i vidjeli trenutnu verziju firmware-a, potrebno je kliknuti na karticu „Administration“ sa desne strane alatne trake, i pronaći polje „firmware upgrade“.



Slika 21. Provjera trenutne verzije firmware-a (izvor : autor)

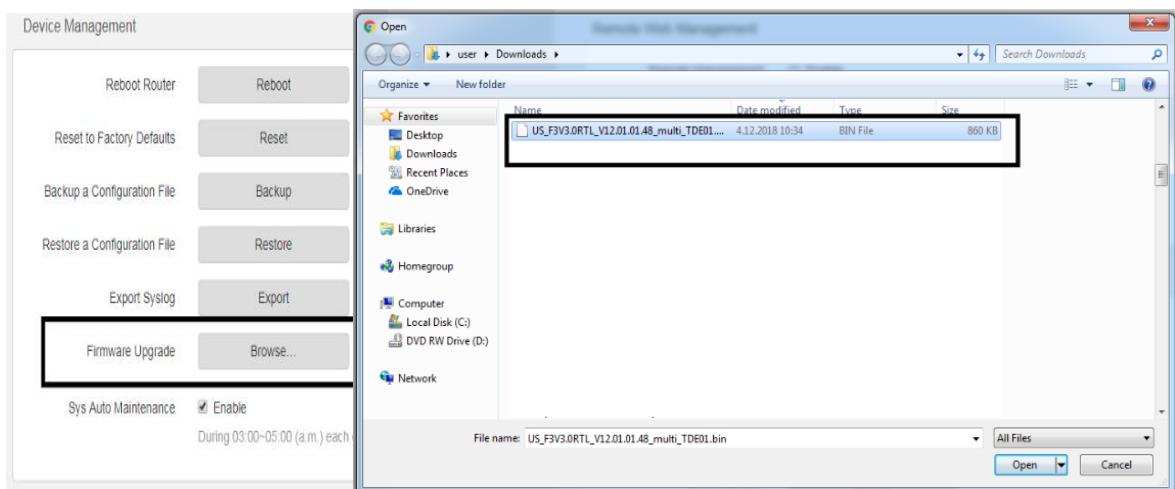
4. korak : kada je izvršena provjera trenutne verzije softvera, potrebno je preuzeti nadogradnju firmware-a sa gore-spomenute web stranice. Za ovaj model ruter-a verzija firmware-a jeste *V12.01.01.x_multi*, i niti jednu drugu verziju firmware-a ovaj ruter ne podržava. Tako da je pronađena novija verzija, koja je objavljena nekad krajem prošle godine, tačnije 12.04.2018.



Slika 22. Preuzimanje novije verzije ruter-a (izvor : autor)

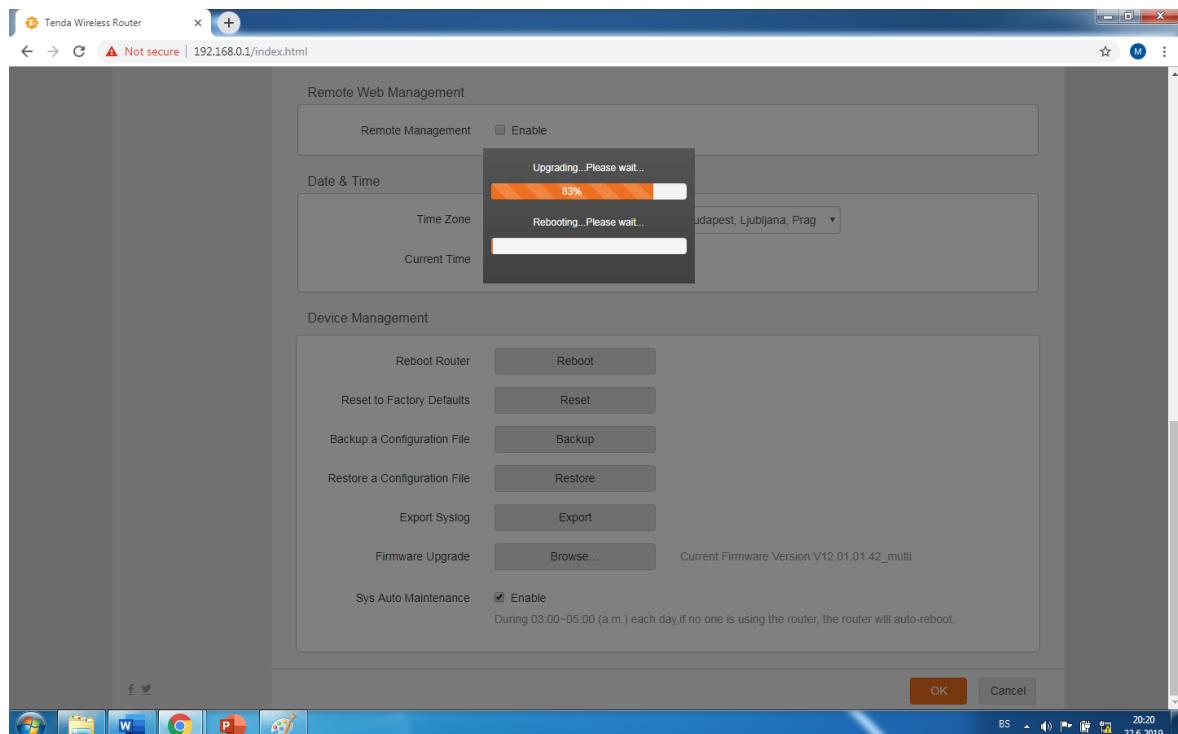
5. korak : preuzeta datoteka je zapakovana, odnosno u .zip formatu, tako da ako ju administrator ne otpakuje, kada bude učitavao fajl, ruter neće prepoznati nadogradnju firmware-a, te će javiti grešku.

6. korak : kada je fajl otpakovan, potrebno je ponovo ući u postavke ruter-a, opet odabrati karticu „Administration“, i u polju „firmware upgrade“ odabrati opciju „Browse“ kako bi odabrali fajl za nadogradnju firmware-a.



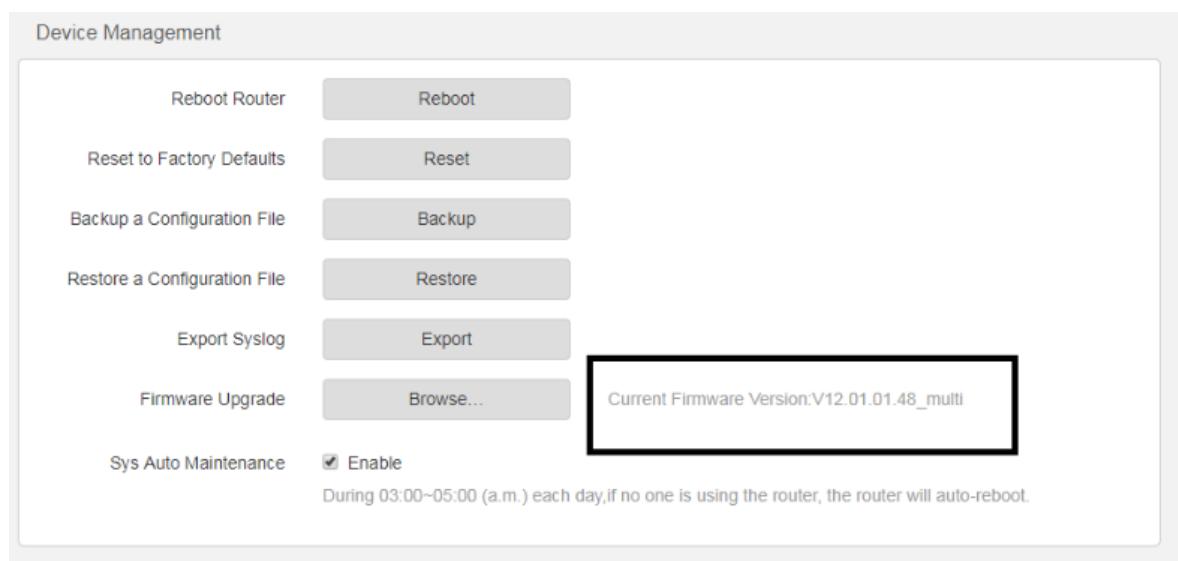
Slika 23. Upload-ovanje nadogradnje firmware-a (izvor : autor)

7. korak : odabirom odgovarajućeg fajla i pritiskom na taster „Open“, nova verzija firmware-a će se automatski započeti primjenjivati na ruter. Potrebno je sačekati par minuta dok se ne instalira nadogradnja i dok se ruter ne restartuje.



Slika 24. Proces instalacije nove verzije firmware-a (izvor : autor)

Kada se ruter restartuje, odnosno reboot-a (eng. reboot), proces nadogradnje firmware-a je završen. Nova verzija firmware-a, sa nekim poboljšanim funkcijama, prepravkama nedostataka, i drugim, sigurnosnim nadogradnjama, je uspješno instalirana na ruter. Verzija novog firmware-a je *V12.01.01.48_multi*, kao što se vidi na slici ispod (Slika 25.).



Slika 25. Nova verzija firmware-a na ruteru Tenda F3 (izvor : autor)

6. ZAKLJUČAK

Ruter je jedan od najznačajnijih električnih uređaja u našoj kući. Ovo je navedeno iz tog razloga što je danas nezamisliv život bez interneta, surfanja, facebook-a i dosta drugih stvari, a sve to mora ići preko uređaja koji se naziva ruter. I kako pohranjujemo, šaljemo, primamo podatke i informacije preko interneta, bili to važni ili manje bitni podaci, sigurnost ruteru i komponenti u njemu je od krucijalnog značaja. Nismo mnogih, mogućih situacija ni svjesni, jer nismo došli u položaj da nam neko drugi upravlja i manipuliše sa svim stvarima koje su povezane na mrežu i sa svim podacima koje se na njoj nalaze. Sve je to moguće, samo ako zlonamerni hakeri uspiju „probiti“ sve naše šifre i sigurnosne barijere na ruteru, i uspiju se nekako „uvući“ u našu mrežu. Broj žrtava, hakerskih napada je već u desetinama hiljada na godišnjoj razini. Svi ovi podaci i činjenice o napadima na našu kućnu mrežu su posljedica slabih, zastarjelih ruteru, koji imaju funkciju samo da pruže korisniku pristup internetu.

Da bi spriječili našu mrežu upravo od ovakvih scenarija u ovom završnom radu je objašnjeno i ukratko opisano kako se zaštiti barem na nekom osnovnom nivou. Firmware je softverski dio ruteru, koji upravlja i kontroliše svim operacijama u ruteru. Ako je njegova verzija zastarjela, samim tim nam je i ruter za starog gvožđa. Na nekim ruterima ažuriranje firmware-a je zaista nemoguće, pa je promjena ruteru u ovakvim situacijama neminovna. Današnji ruteri većinom podržavaju tu funkciju ručnog ažuriranja, mada postoje „pametni“ ruteri koji sami pronađu novu verziju firmware-a i automatski ga i instaliraju, slično kao na našim pametnim telefonima. Sa novom verzijom firmware-a koju proizvođači ruter objave, dolazi dosta novih promjena. Naravno, na bolje. Pored toga što se popravljaju greške i nedostaci, koji su pronađeni na starom firmware-u, s novom verzijom dolaze kako bolje funkcionalnosti, tako i bolji načini zaštite, odnosno sigurnosti.

Pored ovih tema, u ovom završnom radu opisan je i historijski razvoj ruteru. Kako je tekao razvoj, koji je prvi osmišljeni ruter, kada i na koji način, i td. Ovdje je bitno spomenuti da je prvi uređaj, koji je imao gotovo iste funkcionalnosti kao i ruter, napravljen davne 1967. godine. Nazvan je IMP, i služio je za potrebe ARPANET-a. Zatim su spomenuti dijelovi i vrste ruteru, i napisano nešto o mrežnog sloja, na kojem, između ostalog i funkcioniše ruter. Mrežni sloj predstavlja treći sloj i u OSI i u TCP/IP modelu. Najvažnija uloga mu je logičko adresiranje i rutiranje, i jedinica prijenosa se naziva paket. Ovdje se izdvaja IP ili Internet protokol, čija je glavna uloga obezbjeđivanje jedinstvenog, univerzalnog sistema adresiranja računara, a također i omogućavanje jedinstvene identifikacije svakog od njih.

Kako smo svjedoci naglog razvoja tehnologije na svakom polju i u svakom pogledu, također očekujemo da će se desiti neki drastični pomaci kada su u pitanju ruter i njegove komponente. Za sada ima nekih naznaka, ali je sve to još uvijek u granicama realnog svijeta. Google kompanija je uvijek na prvom mjestu što se tiče inovacija. Tako je slučaj i sa ruterima. Pa nam ostaje da se vidi da li će to zaista tako biti, ili će ipak Google nekoj drugoj kompaniji „gledati u leđa“, kada budu na tržište izbacili neki futuristički oblik ruteru.

7. LITERATURA

1. Nuković M. : *Računarske mreže*, Forum univerzitetskih nastavnika, Novi Pazar, 2010.
2. Ribarić S. : *Arhitektura mikroprocesora*, BIROGRAFIKA, Subotica, 1990.
3. Rouse M. : *Router*, Tech Target, 2016.,
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/router> (datum pristupa : 21.5.2019.)
4. Veinović M. i Jevremović A. : *Uvod u računarske mreže*, UNIVERZITET SINGIDUNUM FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU, Beograd, 2007.
5. Internet sajt : <https://www.needpix.com/photo/18717/router-logo-symbols-switch-internet-network-link-cable-provider> (datum pristupa : 11.6.2019.)
6. Internet sajt : <https://www.i-programmer.info/history/9-machines/334-internet.html> (datum pristupa : 11.6.2019.)
7. Internet sajt : https://sr.wikipedia.org/wiki/Tabela_rutiranja (datum pristupa : 11.6.2019.)
8. Internet sajt : <http://mreze.layer-x.com/s030400-0.html> (datum pristupa : 12.6.2019.)
9. Internet sajt : https://imi.pmf.kg.ac.rs/index-old.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=318&Itemid=198 (datum pristupa : 13.6.2019.)
10. Internet sajt : https://imi.pmf.kg.ac.rs/index-old.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=318&Itemid=198 (datum pristupa : 14.6.2019.)
11. Internet sajt : <https://www.gearbest.com/blog/how-to/what-is-a-router-and-how-to-choose-one-2664> (datum pristupa : 14.6.2019.)
12. Internet sajt : <https://ccnaeducation.com/lan-and-wan-interfaces-in-router/> (datum pristupa : 18.6.2019.)
13. Internet sajt : https://sh.wikipedia.org/wiki/Operativni_sistem (datum pristupa : 18.6.2019.)
14. Internet sajt : <https://www.pcmag.com/roundup/292110/the-best-wireless-routers> (datum pristupa : 18.6.2019.)
15. Internet sajt : <https://tendacn.com/en/aboutus/default.html> (datum pristupa : 19.6.2019.)
16. Internet sajt : <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-firewall-and-possible-attacks/> (datum pristupa : 19.6.2019.)
17. Internet sajt : <https://hr.wikipedia.org/wiki/Usmjeriva%C4%8D> (datum pristupa : 19.6.2019.)
18. Internet sajt : <https://www.nfon.com/hr/servis/baza-znanja/baza-znanja/firmware/> (datum pristupa: 20.6.2019.).
19. Internet sajt : <https://www.techopedia.com/definition/3177/router-firmware>

(datum pristupa: 21.6.2019.)

20. Internet sajt : <https://geek.hr/pojmovnik/sto-je-bios/> (datum pristupa : 21.6.2019.)

21. Internet sajt : <https://pcchip.hr/helpdesk/sto-je-to-uefi-i-po-cemu-se-razlikuje-od-bios-a/> (datum pristupa : 22.6.2019.)

22. Internet sajt : <https://www.nfon.com/hr/servis/baza-znanja/baza-znanja/firmware/> (datum pristupa : 22.6.2019.)