1. SADRŽAJ

1. SADRŽAJ III

2. PREDGOVOR 1

3. RAD SA IP ADRESAMA 3

4. RAD SA KOMUNIKACIONIM UREĐAJIMA 8

4.1. PRISTUP KOMUNIKACIONIM UREĐAJIMA 8
4.2. MODOVI RADA 10
4.3. ČUVANJE KONFIGURACIJE 16
4.4. INICIJALNO UKLJUČIVANJE KOMUNIKACIONOG UREĐAJA 19

5. KONFIGURISANJE FIZIČKIH LAN MREŽA 20

5.1. FIZIČKO POVEZIVANJE UREĐAJA 23
5.2. STATIČKO DODELJIVANJE ADRESA 23
5.3. DINAMIČKO DODELJIVANJE ADRESA SA POSEBNOG DHCP SERVERA 26
5.4. POVEZIVANJE LAN MREŽA NA RUTER 27
5.5. KONFIGURISANJE DHCP PROTOKOLA NA RUTERU 32
5.6. KONFLIKT IP ADRESA U MREŽI 35

6. KONFIGURISANJE VIRTUALNIH LAN MREŽA (VLAN) 38

6.1. DELJENJE SVIČEVA OD STRANE VIŠE LAN MREŽA 38
6.2. VLAN MREŽE 41
6.3. DODAVANJE I KONFIGURISANJE VLAN-OVA 45
6.4. VLAN TRANKOVI 49
6.5. VLAN TRANKING PROTOKOL - VTP 52
6.6. RUTIRANJE IZMEĐU VLAN-OVA 58
6.7. IP TELEFONIJA 60
6.8. SPANNING-TREE PROTOCOL - STP 63
6.8.1. Konfigurisanje STP 67
6.9. NAJBOLJA PRAKSA KONFIGURISANJA VLAN MREŽA 76

7. KONFIGURISANJE IP MREŽA 80

7.1. PRINCIPI RUTIRANJA 80
7.2. PRINCIPI PROJEKTOVANJA MREŽA 82
7.3. KONFIGURISANJE INTERFEJSA RUTERA 84

7.4. RUTING TABELE 89
7.5. STATIČKE RUTE 91
7.5.1. Konfigurisanje statičkih ruta 91
7.5.2. Višestruke rute istog prioriteta - balansiranje saobraćaja 95
7.5.3. Višestruke rute različitog prioriteta - primarna i sekundarna putanja 99
7.5.4. Pravilo najspecifičnije rute 100
7.5.5. Podrazumevana ruta - 0.0.0.0/0 102
7.6. RIP PROTOKOL RUTIRANJA 104
7.6.1. Potreba za dinamičkim ruting protokolima 104
7.6.2. Konfigurisanje RIP ruting protokola 108
7.6.3. Integracija sa drugim ruting domenima 112
7.7. OSPF RUTING PROTOKOL 115
7.7.1. Konfigurisanje OSPF ruting protokola sa jednom oblasti 115
7.7.2. Konfigurisanje OSPF ruting protokola sa više oblasti 122
7.7.3. Integracija sa drugim ruting domenima 126
7.8. BGP RUTING PROTOKOL 134
7.8.1. Primena BGP ruting protokola 134
7.8.2. Konfigurisanje BGP ruting protokola 137
7.9. GRE TUNELI 145

8. DODATNA PODEŠAVANJA NA RUTERIMA 149

8.1. AKSES LISTE 151
8.1.1. Standardne akses liste 152
8.1.2. Proširene akses liste 155
8.1.3. Primer konfiguracije akses liste 156
8.2. TRANSLACIJA MREŽNIH ADRESA – NAT 161
8.2.1. Statički NAT 164
8.2.2. Dinamički NAT 170
8.2.3. Dinamički NAT sa deljenjem adresa 177
8.2.4. Dinamički NAT i ICMP 181
8.2.5. Ostale specifičnosti NAT procesa 185

9. DODATAK 1 - VEŽBE ZA SAMOSTALAN RAD 188

9.1. VEŽBA 1 - POVEZIVANJE UREĐAJA U VLAN MREŽE 189
9.1.1. Postavka 189
9.1.2. Korak 1 – Povezivanje bez VLAN-ova 189
9.1.3. Korak 2 – Konfigurisanje VLAN-ova 191
9.1.4. Korak 3 – Konfigurisanje trank linka između svičeva 192
9.1.5. Korak 4 – Konfigurisanje rutera 194
9.2. VEŽBA 2 – INTERNI PROTOKOLI RUTIRANJA 195
9.2.1. Postavka 195
9.2.2. Korak 1 – Inicijalno povezivanje uređaja 196
9.2.3. Korak 2 – Konfigurisanje internih protokola rutiranja (RIP i OSPF) 197
9.2.4. Korak 3 – Povezivanje sa spoljnim okruženjem 199
9.3. VEŽBA 3 – KONFIGURISANJE EKSTERNOG PROTOKOLA RUTIRANJA (BGP) 202
9.3.1. Postavka 202
9.3.2. Korak 1 – inicijalno povezivanje uređaja 202
9.3.3. Korak 2 – Konfigurisanje BGP protokola rutiranja 203
9.4. VEŽBA 4 – AKSES LISTE 205
9.4.1. Postavka 205
9.4.2. Korak 1 – Konfigurisanje statičkih ruta 206

9.4.3. Korak 2 – Konfigurisanje numeričke akses liste *206*
9.4.4. Korak 3 – Konfigurisanje imenovanih akses listi *206*
9.4.5. Korak 4 – Dodavanje akses liste na interfejs *207*
9.4.6. Korak 5 – Premeštanje akses liste na drugi interfejs *208*
9.5. VEŽBA 5 – KONFIGURISANJE NAT-A 209
9.5.1. Postavka *209*
9.5.2. Korak 1 – Konfigurisanje statičkog NAT-a *209*
9.5.3. Korak 2 – Konfigurisanje dinamičkog NAT-a bez preklapanja adresa *210*
9.5.4. Korak 3 – Konfigurisanje dinamičkog NAT-a sa preklapanjem adresa *211*

10. DODATAK 2 - SPISAK KOMANDI 213

10.1. POVEZIVANJE UREĐAJA U LAN MREŽAMA 213
10.1.1. Konfigurisanje interfejsa rutera *214*
10.1.2. Konfigurisanje DHCP protokola na ruteru *215*
10.1.3. Konfigurisanje VLAN-oa *215*
10.1.4. Povezivanje VLAN-ova preko rutera *217*
10.1.5. Konfigurisanje STP protokola *217*
10.2. KOMANDE ZA RAD SA RUTERIMA 218
10.2.1. Konfigurisanje RIP ruting protokola *220*
10.2.2. Konfigurisanje OSPF ruting protokola *220*
10.2.3. Konfigurisanje BGP ruting protokola *222*
10.2.4. Konfigurisanje akses listi *223*
10.2.5. Konfigurisanje NAT procesa *224*

11. LITERATURA 226

2. PREDGOVOR

Računarske mreže danas predstavljaju integrativni deo svakog računarskog okruženja, bilo da se radi o poslovnoj IT infrastrukturi ili o privatnom korišćenju u kućnim uslovima. Potrebe za adekvatnim projektovanjem, konfigurisanjem i održavanjem računarskih mreža i tehnologija nemaju samo telekomunikacioni i Internet servis provajderi, već ove veštine u većoj ili manjoj meri predstavljaju sastavni deo specijalizacije svih IT administratora.

Knjiga „Principi konfigurisanja računarskih mreža“ orjentisana je na praktičnu realizaciju mrežnih tehnologija koje se uobičajeno koriste u poslovnim računarskim infrastrukturama. Obuhvaćene su tehnologije koje se primenjuju u LAN mrežama (DHCP, VLAN, STP, IP telefonija), zatim principi rutiranja koji omogućavaju integraciju u veće infrastrukture, uključujući i ceo Internet (statičke rute, RIP, OSPF, BGP), kao i pojedini prateći mehanizmi značajni za adekvatno funkcionisanje računarskih mreža (akses liste, NAT). Tom prilikom se u knjizi po pravilu ne iznose detaljne teorijske osnove navedenih tehnologija, za koje se podrazumeva da je sa njima čitalac već upoznat. Sadržaj je stoga primarno fokusiran na motive korišćenja, principe konfigurisanja i scenarije praktične primene mrežnih tehnologija. Poseban akcenat se stavlja na manje uočljive detalje i manifestacije koje mrežni administratori vremenom prihvataju kroz rad i iskustvo.

Principi konfigurisanja računarskih mreža se iznose kroz niz konkretnih primera i demonstracija postepenog rešavanja pojedinačnih zahteva. Ovo je praktično bilo nemoguće bez vezivanja za konkretnog proizvođača mrežnih uređaja, za šta je izabran renomirani proizvođač *Cisco Systems*[1]. Osim liderske poziciji u ovoj oblasti, široke rasprostranjenosti uređaja ovog proizvođača u poslovnoj primeni, kao i dostupnosti literature i drugih sadržaja na Internetu, poseban razlog za ovaj izbor je i mogućnost besplatnog korišćenja simulatora računarskih mreža *Packet Tracer* [1]. Iako se radi o programu za simulaciju, na izuzetno veran način se do

[1] U nastavku će se *Cisco Systems* skraćeno označavati samo kao *Cisco*

najmanjih detalja oslikava rad različitih komunikacionih uređaja proizvođača *Cisco*, uključujući i računare pod Windows operativnim sistemom, pojedine aplikativne servise i IoT uređaje (*Internet of Things*). I pored toga, principi konfigurisanja koji se iznose u ovoj knjizi se u najvećoj meri mogu primeniti i na druge proizvođače mrežnih uređaja. Većina njih prati standarde, opšteprihvaćene principe i trendove, dok se odstupanja obično javljaju na nivou sintakse komandi i pojedinih opcija.

Najveći broj datih primera je realizovan u simulatoru *Packet Tracer* u verziji 7.1.1. Za pojedine, ali malobrojne komande i opcije koje nisu podržane u korišćenoj verziji simulatora to se posebno ističe. Čitalac se posebno motiviše i upućuje na samostalan rad, reprodukciju navedenih primera, dalje eksperimentisanje i istraživanje u cilju rešavanja pojedinačnih problema. Stoga su u dodatku knjige priložene praktične vežbe, koje čitaoca upućuju i postepeno vode kroz samostalno rešavanje pojedinačnih problema.

Alternativno se mogu koristi i drugi programi za simulaciju rada računarskih mreža, kao što je *Graphical Network Simulator-3* (GNS3) [2]. Ovaj program emulira stvarne operativne sisteme fizičkih uređaja različitih proizvođača i time u potpunosti realno interpretira njihov rad. Ovakav pristup ipak opterećuje računarske resurse, što nije podesno za iole veće mreže sa više komunikacionih uređaja.

Osim opšte namene za mrežne administratore, knjiga predstavlja i udžbenik na predmetu „Projektovanje računarskih mreža“ na master akademskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Iskustvo studenata prethodnih generacija na ovom predmetu ukazuje na neophodnost sticanja praktičnih veština kao nadogradnje na teorijsku osnovu stečenu na osnovnim studijama. Upravo su studenti na ovom predmetu doprineli koncipiranju sadržaja ovog udžbenika i pružili inspiraciju za njegovo nastajanje, na čemu im se autor iskreno zahvaljuje.

Posebnu zahvalnost dugujem kolegi i prijatelju prof. dr Zoranu Jovanoviću, koji mi je pre mnogo godina, u pionirskim danima razvoja Akademske mreže Srbije, pružio šansu za rad u Računarskom Centru Univerziteta u Beogradu (RCUB) i stručno usavršavanje u ovoj oblasti. Zahvalnost dugujem i bivšim i sadašnjim koleginicama i kolegama iz RCUB-a i Akademske mreže Srbije, na zajedničkom radu na uspostavljanju računarskih komunikacija i servisa u akademskoj zajednici. Zahvalan sam i kolegi dr Nemanji Ninkoviću na komentarima i sugestijama pri nastajanju ove knjige. Konačno, zahvalnost dugujem i svojoj porodici, majci Jeleni, za sva odricanja tokom mog školovanja, i supruzi Mirjani i deci Marku, Filipu i Ivi, koji su imali razumevanja za vreme provedeno pri nastajanju ovih stranica.

Beograd, maj 2018.

Autor