

Principi konfigurisanja računarskih mreža

Slavko Gajin

**Akadska misao
Beograd, 2018.**

Slavko Gajin

PRINCIPI KONFIGURISANJA RAČUNARSKIH MREŽA

Recenzenti

Prof. Dr Zoran Jovanović

Doc. Dr Pavle Vuletić

Izdavač

AKADEMSKA MISAO

Beograd

Odlukom Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta broj 825 od 17.4.2018. ova knjiga je odobrena kao udžbenik na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Štampa

Epoha, Požega

Tiraž

250 primeraka

ISBN 978-86-7466-737-8

NAPOMENA: Fotokopiranje ili umnožavanje na bilo koji način ili ponovno objavljivanje ove knjige u celini ili u delovima - nije dozvoljeno bez saglasnosti i pismenog odobrenja izdavača.

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. <i>Konfigurisanje STP</i>	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 INTERFEISA RUTERA.....	84

7.4.	RUTING TABELE	89
7.5.	STATIČKE RUTE	91
7.5.1.	<i>Konfigurisanje statičkih ruta</i>	<i>91</i>
7.5.2.	<i>Višestruke rute istog prioriteta - balansiranje saobraćaja</i>	<i>95</i>
7.5.3.	<i>Višestruke rute različitog prioriteta - primarna i sekundarna putanja</i>	<i>99</i>
7.5.4.	<i>Pravilo najspecifičnije rute</i>	<i>100</i>
7.5.5.	<i>Podrazumevana ruta - 0.0.0.0/0</i>	<i>102</i>
7.6.	RIP PROTOKOL RUTIRANJA	104
7.6.1.	<i>Potreba za dinamičkim ruting protokolima</i>	<i>104</i>
7.6.2.	<i>Konfigurisanje RIP ruting protokola</i>	<i>108</i>
7.6.3.	<i>Integracija sa drugim ruting domenima</i>	<i>112</i>
7.7.	OSPF RUTING PROTOKOL	115
7.7.1.	<i>Konfigurisanje OSPF ruting protokola sa jednom oblasti</i>	<i>115</i>
7.7.2.	<i>Konfigurisanje OSPF ruting protokola sa više oblasti</i>	<i>122</i>
7.7.3.	<i>Integracija sa drugim ruting domenima</i>	<i>126</i>
7.8.	BGP RUTING PROTOKOL	134
7.8.1.	<i>Primena BGP ruting protokola</i>	<i>134</i>
7.8.2.	<i>Konfigurisanje BGP ruting protokola</i>	<i>137</i>
7.9.	GRE TUNELI	145
8.	DODATNA PODEŠAVANJA NA RUTERIMA	149
8.1.	AKSES LISTE	151
8.1.1.	<i>Standardne akse liste</i>	<i>152</i>
8.1.2.	<i>Proširene akse liste</i>	<i>155</i>
8.1.3.	<i>Primer konfiguracije akse liste</i>	<i>156</i>
8.2.	TRANSLACIJA MREŽNIH ADRESA – NAT	161
8.2.1.	<i>Statički NAT</i>	<i>164</i>
8.2.2.	<i>Dinamički NAT</i>	<i>170</i>
8.2.3.	<i>Dinamički NAT sa deljenjem adresa</i>	<i>177</i>
8.2.4.	<i>Dinamički NAT i ICMP</i>	<i>181</i>
8.2.5.	<i>Ostale specifičnosti NAT procesa</i>	<i>185</i>
9.	DODATAK 1 - VEŽBE ZA SAMOSTALAN RAD	188
9.1.	VEŽBA 1 - POVEZIVANJE UREĐAJA U VLAN MREŽE	189
9.1.1.	<i>Postavka</i>	<i>189</i>
9.1.2.	<i>Korak 1 – Povezivanje bez VLAN-ova</i>	<i>189</i>
9.1.3.	<i>Korak 2 – Konfigurisanje VLAN-ova</i>	<i>191</i>
9.1.4.	<i>Korak 3 – Konfigurisanje trank linka između svičeva</i>	<i>192</i>
9.1.5.	<i>Korak 4 – Konfigurisanje rutera</i>	<i>194</i>
9.2.	VEŽBA 2 – INTERNI PROTOKOLI RUTIRANJA	195
9.2.1.	<i>Postavka</i>	<i>195</i>
9.2.2.	<i>Korak 1 – Inicijalno povezivanje uređaja</i>	<i>196</i>
9.2.3.	<i>Korak 2 – Konfigurisanje internih protokola rutiranja (RIP i OSPF)</i>	<i>197</i>
9.2.4.	<i>Korak 3 – Povezivanje sa spoljnim okruženjem</i>	<i>199</i>
9.3.	VEŽBA 3 – KONFIGURISANJE EKSTERNOG PROTOKOLA RUTIRANJA (BGP)	202
9.3.1.	<i>Postavka</i>	<i>202</i>
9.3.2.	<i>Korak 1 – inicijalno povezivanje uređaja</i>	<i>202</i>
9.3.3.	<i>Korak 2 – Konfigurisanje BGP protokola rutiranja</i>	<i>203</i>
9.4.	VEŽBA 4 – AKSES LISTE	205
9.4.1.	<i>Postavka</i>	<i>205</i>
9.4.2.	<i>Korak 1 – Konfigurisanje statičkih ruta</i>	<i>206</i>

9.4.3.	<i>Korak 2 – Konfigurisanje numeričke akces liste</i>	206
9.4.4.	<i>Korak 3 – Konfigurisanje imenovanih akces listi</i>	206
9.4.5.	<i>Korak 4 – Dodavanje akces liste na interfejs</i>	207
9.4.6.	<i>Korak 5 – Premeštanje akces liste na drugi interfejs</i>	208
9.5.	VEŽBA 5 – KONFIGURISANJE NAT-A	209
9.5.1.	<i>Postavka</i>	209
9.5.2.	<i>Korak 1 – Konfigurisanje statičkog NAT-a</i>	209
9.5.3.	<i>Korak 2 – Konfigurisanje dinamičkog NAT-a bez preklapanja adresa</i>	210
9.5.4.	<i>Korak 3 – Konfigurisanje dinamičkog NAT-a sa preklapanjem adresa</i>	211
10.	DODATAK 2 - SPISAK KOMANDI	213
10.1.	POVEZIVANJE UREDAJA U LAN MREŽAMA	213
10.1.1.	<i>Konfigurisanje interfejsa rutera</i>	214
10.1.2.	<i>Konfigurisanje DHCP protokola na ruteru</i>	215
10.1.3.	<i>Konfigurisanje VLAN-ova</i>	215
10.1.4.	<i>Povezivanje VLAN-ova preko rutera</i>	217
10.1.5.	<i>Konfigurisanje STP protokola</i>	217
10.2.	KOMANDE ZA RAD SA RUTERIMA	218
10.2.1.	<i>Konfigurisanje RIP ruting protokola</i>	220
10.2.2.	<i>Konfigurisanje OSPF ruting protokola</i>	220
10.2.3.	<i>Konfigurisanje BGP ruting protokola</i>	222
10.2.4.	<i>Konfigurisanje akces listi</i>	223
10.2.5.	<i>Konfigurisanje NAT procesa</i>	224
11.	LITERATURA	226

2. PREGOVOR

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 (akces 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 leaderske 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 koristiti 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 kolegincama 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