

# **Povezivanje mreža TCP/IP**

## **Principi, protokoli i arhitektura**

**Prevod četvrtog izdanja**

**Tom 1**

**DOUGLAS E. COMER**

Odsek računarskih nauka

Univerzitet Purdue

West Lafayette, Indiana

Prevod

Danica Kovačević

Jasna Gonda



**CET Computer Equipment and Trade**



**PRENTICE HALL**  
Upper Saddle River, New Jersey 07458



# Sadržaj

<b>Predgovor</b>	<b>xxi</b>
------------------	------------

<b>Predgovor autora</b>	<b>xxv</b>
-------------------------	------------

<b>Poglavlje 1 Uvod i pregled</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

- 1.1 *Motivacija za međusobno povezivanje mreža* 1
- 1.2 *TCP/IP internet* 2
- 1.3 *Internet servisi* 3
- 1.4 *Istorijat i obim Interneta* 6
- 1.5 *Odbor za arhitekturu Interneta* 8
- 1.6 *Reorganizacija IAB-a* 9
- 1.7 *Internet zajednica* 11
- 1.8 *Zahtevi za komentarima o Internetu* 11
- 1.9 *Internet protokoli i standardizacija* 12
- 1.10 *Budući rast i tehnologija* 12
- 1.11 *Organizacija knjige* 13
- 1.12 *Rezime* 14
- 1.13 *Za dodatno proučavanje* 15

<b>Poglavlje 2 Pregled osnovnih mrežnih tehnologija</b>	<b>17</b>
---	-----------

- 2.1 *Uvod* 17
- 2.2 *Dva pristupa mrežnim komunikacijama* 18
- 2.3 *Regionalne i lokalne računarske mreže* 19
- 2.4 *Ethernet tehnologija* 20
- 2.5 *Interfejs za optički prenos podataka* 33
- 2.6 *Asinhroni režim prenosa* 37
- 2.7 *WAN tehnologije: ARPANET* 38
- 2.8 *Umrežavanje koje je sprovela Nacionalna fondacija za nauku* 40
- 2.9 *ANSNET* 44
- 2.10 *Magistrala veoma velike brzine (vBNS)* 45
- 2.11 *Ostale tehnologije preko kojih je korišćen TCP/IP* 46
- 2.12 *Rezime i zaključak* 50
- 2.13 *Za dodatno proučavanje* 51

## **Poglavlje 3 Konceptija međusobnog povezivanja mreža i model arhitekture**

53

- 3.1 *Uvod* 53
- 3.2 *Međusobno povezivanje na nivou aplikacija* 53
- 3.3 *Međusobno povezivanje na mrežnom nivou* 54
- 3.4 *Svojstva interneta* 55
- 3.5 *Arhitektura interneta* 56
- 3.6 *Međusobno povezivanje pomoću IP usmerivača* 56
- 3.7 *Korisnikov pogled* 58
- 3.8 *Sve mreže su ravnopravne* 58
- 3.9 *Pitanja na koja nismo odgovorili* 59
- 3.10 *Rezime* 60
- 3.11 *Vežbe* 61

## **Poglavlje 4 Klasne internet adrese**

63

- 4.1 *Uvod* 63
- 4.2 *4.2 Univerzalni identifikatori* 63
- 4.3 *Prvobitna šema klasnog adresiranja* 64
- 4.4 *Adrese određuju mrežne veze* 65
- 4.5 *Mreža i adrese usmerenog difuznog upućivanja* 65
- 4.6 *Ograničeno difuzno upućivanje* 66
- 4.7 *Tumačenje da nula znači „ovo“* 67
- 4.8 *Podmrežna i nadmrežna proširenja* 67
- 4.9 *Adrese višeznačnog upućivanja* 68
- 4.10 *Slabe strane internet adresiranja* 68
- 4.11 *Decimalna notacija sa tačkom* 69
- 4.12 *Adresa povratne petlje* 70
- 4.13 *Rezime specijalnih konvencija o adresama* 70
- 4.14 *Uprava za dodelu adresa na Internetu* 71
- 4.15 *Rezervisani adresni prefiksi* 72
- 4.16 *Primer* 72
- 4.17 *Mrežni redosled bajtova* 74
- 4.18 *Rezime* 75
- 4.19 *Za dodatno proučavanje* 76
- 4.20 *Vežbe* 76

## **Poglavlje 5 Mapiranje internet adresa u fizičke adrese (ARP) 77**

- 5.1 *Uvod* 77
- 5.2 *Problem razrešavanja adresa* 77
- 5.3 *Dva tipa fizičkih adresa* 78
- 5.4 *Razrešavanje pomoću direktnog mapiranja* 78
- 5.5 *Razrešavanje kroz dinamičko vezivanje* 79
- 5.6 *Keš za razrešavanje adresa* 80
- 5.7 *Vreme zastarevanja keša* 81
- 5.8 *Poboljšanja ARP-a* 82

- 5.9 Odnos ARP-a i drugih protokola 82
- 5.10 Implementiranje ARP-a 82
- 5.11 ARP enkapsuliranje i identifikacija 84
- 5.12 Format ARP protokola 84
- 5.13 Rezime 86
- 5.14 Za dodatno proučavanje 86
- 5.15 Vežbe 86

## **Poglavlje 6 Određivanje internet adrese prilikom pokretanja (RARP) 89**

- 6.1 Uvod 89
- 6.2 Protokol za inverzno razrešavanje adresa (RARP) 90
- 6.3 Trajanje RARP transakcija 92
- 6.4 Primarni i rezervni RARP serveri 92
- 6.5 Rezime 93
- 6.6 Za dodatno proučavanje 93
- 6.7 Vežbe 94

## **Poglavlje 7 Internet protokol: prenos datagrama bez uspostavljanja veze 95**

- 7.1 Uvod 95
- 7.2 Virtuelna mreža 95
- 7.3 Arhitektura i filozofija interneta 96
- 7.4 Konceptija organizacije servisa 96
- 7.5 Sistem prenosa bez uspostavljanja veze 97
- 7.6 Svrha internet protokola 97
- 7.7 Internet datagram 97
- 7.8 Opcije internet datagrama 107
- 7.9 Rezime 113
- 7.10 Za dodatno proučavanje 113
- 7.11 Vežbe 114

## **Poglavlje 8 Internet protokol: usmeravanje IP datagrama 115**

- 8.1 Uvod 115
- 8.2 Direktan i indirektan prenos 117
- 8.3 Indirektan prenos 118
- 8.4 IP usmeravanje na osnovu tabela 119
- 8.5 Usmeravanje ka sledećem skoku 119
- 8.6 Podrazumevani putevi 121
- 8.7 Specifični putevi za računare 121
- 8.8 Algoritam IP usmeravanja 121
- 8.9 Usmeravanje sa IP adresama 122
- 8.10 Postupanje sa dolaznim datagramima 124
- 8.11 Pravljenje tabela usmeravanja 125

- 8.12 *Rezime* 125
- 8.13 *Za dodatno proučavanje* 126
- 8.14 *Vežbe* 126

## **Poglavlje 9 Internet protokol: poruke o greškama i kontrolne poruke (ICMP) 129**

- 9.1 *Uvod* 129
- 9.2 *Protokol kontrolnih poruka interneta* 129
- 9.3 *Izveštavanje o greškama i ispravljanje grešaka* 130
- 9.4 *Prenos ICMP poruka* 131
- 9.5 *Format ICMP poruke* 132
- 9.6 *Testiranje dostupnosti i statusa odredišta (ping)* 133
- 9.7 *Format poruka eho zahtev i eho odgovor* 134
- 9.8 *Izveštaji o nedostupnim odredištima* 134
- 9.9 *Zagušenje i kontrola protoka datagrama* 136
- 9.10 *Format poruke o usporavanju izvora* 136
- 9.11 *Zahtevi usmerivača za promenu puta* 137
- 9.12 *Detekcija kružnih ili naročito dugih puteva* 139
- 9.13 *Izveštavanje o ostalim problemima* 140
- 9.14 *Sinhronizacija časovnika i izračunavanje vremena tranzita* 140
- 9.15 *Zahtevi za informacijama i poruke sa odgovorima* 142
- 9.16 *Dobijanje maske pod mreže* 142
- 9.17 *Otkrivanje usmerivača* 143
- 9.18 *Traženje usmerivača* 144
- 9.19 *Rezime* 145
- 9.20 *Za dodatno proučavanje* 145
- 9.21 *Vežbe* 146

## **Poglavlje 10 Besklasna i pod mrežna proširenja adresa (CIDR) 147**

- 10.1 *Uvod* 147
- 10.2 *Pregled važnih činjenica* 147
- 10.3 *Minimizovanje mrežnih brojeva* 148
- 10.4 *Transparentni usmerivači* 149
- 10.5 *Proksi ARP* 150
- 10.6 *Pod mrežno adresiranje* 152
- 10.7 *Fleksibilnost u dodeljivanju adresa pod mreža* 154
- 10.8 *Pod mreže promenljive dužine* 155
- 10.9 *Implementacija pod mreža pomoću maski* 156
- 10.10 *Predstavljanje maske pod mreže* 157
- 10.11 *Usmeravanje u prisustvu pod mreža* 158
- 10.12 *Algoritam za pod mrežno usmeravanje* 159
- 10.13 *Objedinjeni algoritam usmeravanja* 160
- 10.14 *Održavanje maski pod mreža* 161
- 10.15 *Difuzno upućivanje u pod mreže* 161

- 10.16 *Anonimne mreže od čvora do čvora* 162
- 10.17 *Beklasno adresiranje (formiranje nadmreža)* 164
- 10.18 *Uticao formiranja nadmreža na usmeravanje* 165
- 10.19 *CIDR adresni blokovi i bit maske* 165
- 10.20 *Adresni blokovi i CIDR notacija* 166
- 10.21 *Primer besklasnog adresiranja* 167
- 10.22 *Strukture podataka i algoritmi za besklasno pretraživanje* 167
- 10.23 *Usmeravanje sa najdužom podudarnošću i kombinacije tipova puteva* 170
- 10.24 *CIDR blokovi rezervisani za privatne mreže* 172
- 10.25 *Rezime* 173
- 10.26 *Za dodatno proučavanje* 173
- 10.27 *Vežbe* 174

## **Poglavlje 11 Uslojavanje protokola**

**177**

- 11.1 *Uvod* 177
- 11.2 *Potreba za više protokola* 177
- 11.3 *Koncepcijski slojevi softvera protokola* 178
- 11.4 *Funkcije slojeva* 181
- 11.5 *X.25 i njegov odnos sa ISO modelom* 182
- 11.6 *Razlike između ISO i internet uslojavanja* 185
- 11.7 *Princip uslojavanja protokola* 187
- 11.8 *Uslojavanje u prisustvu mrežnih podstruktura* 189
- 11.9 *Dve važne granice u TCP/IP modelu* 191
- 11.10 *Nedostatak uslojavanja* 192
- 11.11 *Osnovna ideja multipleksiranja i demultipleksiranja* 192
- 11.12 *Rezime* 194
- 11.13 *Za dodatno proučavanje* 195
- 11.14 *Vežbe* 195

## **Poglavlje 12 Protokol korisničkih datagrama (UDP)**

**197**

- 12.1 *Uvod* 197
- 12.2 *Identifikovanje krajnjeg odredišta* 197
- 12.3 *Protokol korisničkih datagrama* 198
- 12.4 *Format UDP poruka* 199
- 12.5 *UDP pseudo-zaglavlje* 200
- 12.6 *UDP enkapsuliranje i uslojavanje protokola* 201
- 12.7 *Uslojavanje i izračunavanje UDP kontrolnog zbira* 203
- 12.8 *UDP multipleksiranje, demultipleksiranje i portovi* 203
- 12.9 *Rezervisani i raspoloživi brojevi UDP portova* 204
- 12.10 *Rezime* 206
- 12.11 *Za dodatno proučavanje* 206
- 12.12 *Vežbe* 206

## **Poglavlje 13 Transportni servis pouzdanog toka podataka (TCP)**

**209**

- 13.1 *Uvod* 209
- 13.2 *Potreba za prenosom toka* 209
- 13.3 *Svojstva servisa pouzdanog prenosa* 210
- 13.4 *Obezbeđivanje pouzdanosti* 211
- 13.5 *Ideja na kojoj se zasnivaju klizni prozori* 213
- 13.6 *Protokol za kontrolu prenosa* 215
- 13.7 *Portovi, veze i krajnje tačke* 216
- 13.8 *Pasivna i aktivna otvaranja* 218
- 13.9 *Segmenti, tokovi i redni brojevi* 219
- 13.10 *Promenljiva veličina prozora i kontrola protoka* 220
- 13.11 *Format TCP segmenta* 221
- 13.12 *Podaci izvan uobičajenog redosleda* 222
- 13.13 *Opcija maksimalne veličine segmenta* 223
- 13.14 *Izračunavanje TCP kontrolnog zbira* 224
- 13.15 *Potvrđivanje prenosa i ponovni prenos* 225
- 13.16 *Vreme čekaња i ponovni prenos* 226
- 13.17 *Tačno merenje uzoraka povratnog puta* 228
- 13.18 *Karnov algoritam i uvećanje brojača vremena* 229
- 13.19 *Reagovanje na veliku varijaciju kašnjenja* 230
- 13.20 *Reagovanje na zagušenje* 232
- 13.21 *Zagušenje, odbacivanje poslednjeg datagrama i TCP* 234
- 13.22 *Nasumično rano odbacivanje (RED)* 235
- 13.23 *Uspostavljanje TCP veze* 237
- 13.24 *Početni redni brojevi* 239
- 13.25 *Zatvaranje TCP veze* 239
- 13.26 *Nasilno prekidanje veze* 241
- 13.27 *Mašina stanja TCP-a* 241
- 13.28 *Nametanje prenosa podataka* 243
- 13.29 *Rezervisani brojevi TCP portova* 243
- 13.30 *Performanse TCP-a* 243
- 13.31 *Sindrom malog prozora* 245
- 13.32 *Sprečavanje sindroma malog prozora* 246
- 13.33 *Rezime* 249
- 13.34 *Za dodatno proučavanje* 250
- 13.35 *Vežbe* 250

## **Poglavlje 14 Usmeravanje: glavni usmerivači, ravnopravne magistrale i algoritmi**

**253**

- 14.1 *Uvod* 253
- 14.2 *Poreklo tabela usmeravanja* 254
- 14.3 *Usmeravanje sa nepotpunim informacijama* 255
- 14.4 *Prvobitna arhitektura Interneta i glavni usmerivači* 256
- 14.5 *Glavni usmerivači* 257
- 14.6 *Od arhitekture centralnog sistema do ravnopravnih magistrala* 260



- 14.7 Automatsko propagiranje puteva 262
- 14.8 Algoritam rastojanja vektora (Bellman-Fordov algoritam) 262
- 14.9 Protokol mrežnih prolaza za međusobnu razmenu informacija (GGP) 264
- 14.10 Rastavljanje rastojanja na faktore 265
- 14.11 Pouzdanost i protokoli usmeravanja 265
- 14.12 Usmeravanje pomoću stanja veze (SPF) 266
- 14.13 Rezime 267
- 14.14 Za dodatno proučavanje 267
- 14.15 Vežbe 268

## **Poglavlje 15 Usmeravanje: spoljašnji protokoli mrežnih prolaza i autonomni sistemi (BGP) 269**

- 15.1 Uvod 269
- 15.2 Povećanje složenosti modela arhitekture 269
- 15.3 Određivanje praktične granice za veličinu grupe 270
- 15.4 Fundamentalna ideja: dodatni skokovi 271
- 15.5 Skrivene mreže 273
- 15.6 Pojam autonomnih sistema 274
- 15.7 Od centralnog sistema do nezavisnih autonomnih sistema 275
- 15.8 Spoljašnji protokol mrežnog prolaza 276
- 15.9 Karakteristike BGP-a 277
- 15.10 Funkcije BGP protokola i tipovi poruka 278
- 15.11 Zaglavlje BGP poruke 278
- 15.12 BGP poruka OPEN 279
- 15.13 BGP poruka UPDATE 280
- 15.14 Komprimovani parovi maska-adresa 281
- 15.15 BGP atributi putanje 282
- 15.16 BGP poruka KEEPALIVE 283
- 15.17 Informacije iz perspektive primaoca 284
- 15.18 Ključno ograničenje spoljašnjih protokola mrežnog prolaza 285
- 15.19 Sistem arbitra usmeravanja u internetu 287
- 15.20 BGP poruka NOTIFICATION 288
- 15.21 Decentralizacija arhitekture Interneta 289
- 15.22 Rezime 290
- 15.23 Za dodatno proučavanje 290
- 15.24 Vežbe 291

## **Poglavlje 16 Usmeravanje u autonomnom sistemu (RIP, OSPF, HELLO) 293**

- 16.1 Uvod 293
- 16.2 Statički i dinamički unutrašnji putevi 293
- 16.3 Protokol za razmenu informacija o putevima (RIP) 296
- 16.4 Protokol Hello 305
- 16.5 Metrika kašnjenja i oscilovanje 305
- 16.6 Kombinovanje protokola RIP, Hello i BGP 307

- 16.7 *Usmeravanje između autonomnih sistema* 307
- 16.8 *Gated: komunikacija između autonomnih sistema* 308
- 16.9 *Otvoreni SPF protokol (OSPF)* 308
- 16.10 *Usmeravanje sa delimičnim informacijama* 315
- 16.11 *Rezime* 315
- 16.12 *Za dodatno proučavanje* 316
- 16.13 *Vežbe* 316

## **Poglavlje 17 Višeznačno upućivanje u internetu**

**319**

- 17.1 *Uvod* 319
- 17.2 *Hardversko difuzno upućivanje* 319
- 17.3 *Hardversko poreklo višeznačnog upućivanja* 320
- 17.4 *Višeznačno upućivanje u Ethernetu* 321
- 17.5 *IP višeznačno upućivanje* 321
- 17.6 *Koncepcijske celine* 322
- 17.7 *IP adrese višeznačnog upućivanja* 323
- 17.8 *Semantika adresa višeznačnog upućivanja* 325
- 17.9 *Mapiranje IP difuznog upućivanja u Ethernet višeznačno upućivanje* 325
- 17.10 *Računari i višeznačno upućivanje* 326
- 17.11 *Domet višeznačnog upućivanja* 326
- 17.12 *Proširivanje softvera računara za manipulisanje višeznačnim upućivanjem* 327
- 17.13 *Protokol za upravljanje internet grupama* 328
- 17.14 *Implementacija IGMP-a* 328
- 17.15 *Prelazi stanja članstva u grupama* 329
- 17.16 *Format IGMP poruke* 331
- 17.17 *Prosleđivanje i usmeravanje višeznačnog upućivanja* 332
- 17.18 *Osnovne paradigme usmeravanja višeznačnog upućivanja* 333
- 17.19 *Posledice TRPF-a* 335
- 17.20 *Stabla višeznačnog upućivanja* 337
- 17.21 *Suština usmeravanja višeznačnog upućivanja* 338
- 17.22 *Višeznačno upućivanje inverznom putanjom* 338
- 17.23 *Protokol usmeravanja višeznačnog upućivanja pomoću rastojanja vektora* 339
- 17.24 *Program mrouterd* 340
- 17.25 *Alternativni protokoli* 343
- 17.26 *Stabla zasnovana na glavnim usmerivačima (CBT)* 343
- 17.27 *Višeznačno upućivanje nezavisno od protokola (PIM)* 344
- 17.28 *Proširenja OSPF-a za višeznačno upućivanje (MOSPF)* 347
- 17.29 *Pouzdanost višeznačno upućivanje i ACK implozije* 347
- 17.30 *Rezime* 349
- 17.31 *Za dodatno proučavanje* 350
- 17.32 *Vežbe* 350

## **Poglavlje 18 TCP/IP preko ATM mreža**

**353**

- 18.1 *Uvod* 353

- 18.2 *ATM hardver* 354
- 18.3 *Velike ATM mreže* 354
- 18.4 *Logički prikaz ATM mreže* 355
- 18.5 *Dve paradigme ATM veza* 356
- 18.6 *Putanje, kola i identifikatori* 357
- 18.7 *Prenos ATM čelija* 358
- 18.8 *Slojevi ATM prilagodavanja* 358
- 18.9 *Sloj ATM prilagodavanja 5* 360
- 18.10 *Konvergencija, segmentiranje i ponovno sastavljanje protokola AAL5* 361
- 18.11 *Enkapsuliranje datagrama i veličina maksimalne jedinice prenosa IP-a* 361
- 18.12 *Tip paketa i multipleksiranje* 362
- 18.13 *Veživanje IP adresa u ATM mreži* 363
- 18.14 *Koncept logičke IP podmreže* 364
- 18.15 *Upravljanje povezivanjem* 365
- 18.16 *Veživanje adresa unutar LIS podmreže* 366
- 18.17 *Format ATMARP paketa* 366
- 18.18 *Korišćenje ATMARP paketa da bi se odredila adresa* 369
- 18.19 *Dobijanje stavki za bazu podataka servera* 370
- 18.20 *Zastarevanje ATMARP informacija na serveru* 370
- 18.21 *Zastarevanje ATMARP informacija na računaru ili usmerivaču* 371
- 18.22 *Tehnologije IP komutiranja* 371
- 18.23 *Rad komutatora* 372
- 18.24 *Optimizovano IP prosleđivanje* 372
- 18.25 *Klasifikacija, tokovi i komutiranje na osnovu viših slojeva* 373
- 18.26 *Primenjivost tehnologija komutiranja* 374
- 18.27 *Rezime* 374
- 18.28 *Za dodatno proučavanje* 375
- 18.29 *Vežbe* 375

## **Poglavlje 19 Mobilni IP**

**377**

- 19.1 *Uvod* 377
- 19.2 *Mobilnost, usmeravanje i adresiranje* 377
- 19.3 *Karakteristike mobilnog IP-a* 378
- 19.4 *Pregled rada mobilnog IP-a* 378
- 19.5 *Detalji mobilnog adresiranja* 379
- 19.6 *Otkrivanje stranog agenta* 380
- 19.7 *Registrowanje kod agenta* 381
- 19.8 *Format poruke za registrowanje* 381
- 19.9 *Komunikacija sa stranim agentom* 383
- 19.10 *Slanje i primanje datagrama* 383
- 19.11 *Problem dva prelaska* 384
- 19.12 *Komunikacija sa računarima u matičnoj mreži* 385
- 19.13 *Rezime* 386
- 19.14 *Za dodatno proučavanje* 386
- 19.15 *Vežbe* 387

## **Poglavlje 20 Međusobno povezivanje privatnih mreža (NAT, VPN)**

**389**

- 20.1 *Uvod* 389
- 20.2 *Privatne i hibridne mreže* 389
- 20.3 *Virtuelna privatna mreža (VPN)* 390
- 20.4 *VPN adresiranje i usmeravanje* 392
- 20.5 *VPN sa privatnim adresama* 393
- 20.6 *Prevođenje mrežnih adresa (NAT)* 394
- 20.7 *NAT tabela za prevođenje* 395
- 20.8 *Višeadresni NAT* 396
- 20.9 *NAT sa mapiranjem portova* 396
- 20.10 *Interakcija NAT-a i ICMP-a* 398
- 20.11 *Interakcija NAT-a i aplikacija* 398
- 20.12 *Konceptualni adresni domeni* 399
- 20.13 *Slirp i Masquerade* 399
- 20.14 *Rezime* 400
- 20.15 *Za dodatno proučavanje* 400
- 20.16 *Vežbe* 401

## **Poglavlje 21 Model interakcije klijent-server**

**403**

- 21.1 *Uvod* 403
- 21.2 *Model klijent-server* 403
- 21.3 *Jednostavan primer: UDP eho server* 404
- 21.4 *Servis za vreme i datum* 406
- 21.5 *Složenost servera* 407
- 21.6 *RARP server* 408
- 21.7 *Alternative modelu klijent-server* 409
- 21.8 *Rezime* 410
- 21.9 *Za dodatno proučavanje* 410
- 21.10 *Vežbe* 411

## **Poglavlje 22 Interfejs logičkih mrežnih priključaka**

**413**

- 22.1 *Uvod* 413
- 22.2 *UNIX-ov U/I i mrežni U/I* 414
- 22.3 *Dodavanje mrežnog U/I-a u UNIX* 414
- 22.4 *Apstrakcija logičkog mrežnog priključka* 415
- 22.5 *Pravljenje soketa* 415
- 22.6 *Nasleđivanje i ukidanje soketa* 416
- 22.7 *Navođenje lokalne adrese* 417
- 22.8 *Povezivanje soketa sa adresama odredišta* 418
- 22.9 *Slanje podataka kroz soket* 419
- 22.10 *Primanje podataka kroz soket* 421
- 22.11 *Dobijanje lokalne i udaljene adrese soketa* 422
- 22.12 *Dobijanje i podešavanje opcija soketa* 423
- 22.13 *Određivanje dužine serverovog reda za čekanje* 424

- 22.14 *Kako server prihvata veze* 424
- 22.15 *Serveri koji pružaju više servisa* 425
- 22.16 *Dobijanje i podešavanje imena računara* 426
- 22.17 *Dobijanje i podešavanje internog domena računara* 427
- 22.18 *Soketski bibliotečki pozivi* 427
- 22.19 *Rutine za konverziju mrežnog redosleda bajtova* 428
- 22.20 *Rutine za manipulisanje IP adresama* 429
- 22.21 *Pristupanje sistemu imena domena* 431
- 22.22 *Dobijanje informacija o računarima* 432
- 22.23 *Dobijanje informacija o mrežama* 433
- 22.24 *Dobijanje informacija o protokolima* 434
- 22.25 *Dobijanje informacija o mrežnim servisima* 434
- 22.26 *Primer klijenta* 435
- 22.27 *Primer servera* 437
- 22.28 *Rezime* 440
- 22.29 *Za dodatno proučavanje* 441
- 22.30 *Vežbe* 441

## **Poglavlje 23 Podizanje sistema i samostalno konfigurisanje (BOOTP, DHCP) 443**

- 23.1 *Uvod* 443
- 23.2 *Potreba zamene za RARP* 444
- 23.3 *Korišćenje IP-a da bi se utvrdila IP adresa* 444
- 23.4 *Politika ponovnog prenosa protokola BOOTP* 445
- 23.5 *Format BOOTP poruke* 446
- 23.6 *Procedura od dva koraka za podizanje sistema* 447
- 23.7 *Polje svojstveno proizvođaču* 448
- 23.8 *Potreba za dinamičkim konfigurisanjem* 448
- 23.9 *Dinamičko konfigurisanje računara* 450
- 23.10 *Dinamičko dodeljivanje IP adrese* 450
- 23.11 *Dobijanje više adresa* 451
- 23.12 *Stanja tokom pribavljanja adrese* 452
- 23.13 *Preвременi prekid zakupa* 452
- 23.14 *Stanja obnavljanja zakupa* 454
- 23.15 *Format DHCP poruka* 455
- 23.16 *DHCP opcije i tip poruke* 456
- 23.17 *Opcija za preopterećivanje polja* 457
- 23.18 *DHCP i imena domena* 457
- 23.19 *Rezime* 458
- 23.20 *Za dodatno proučavanje* 459
- 23.21 *Vežbe* 459

## **Poglavlje 24 Sistem imena domena (DNS) 461**

- 24.1 *Uvod* 461
- 24.2 *Imena za mašine* 462

- 24.3 *Ravan prostor imena* 462
- 24.4 *Hijerarhijska imena* 463
- 24.5 *Delegiranje nadležnosti nad imenima* 464
- 24.6 *Nadležnost nad podskupom* 464
- 24.7 *Domenska imena u internetu* 465
- 24.8 *Zvanična i nezvanična domenska imena na Internetu* 466
- 24.9 *Imenovane stavke i sintaksa imena* 468
- 24.10 *Mapiranje domenskih imena u adrese* 469
- 24.11 *Razrešavanje domenskih imena* 471
- 24.12 *Efikasno prevođenje* 472
- 24.13 *Keširanje: ključ efikasnosti* 473
- 24.14 *Format poruka servera domena* 474
- 24.15 *Komprimirani format imena* 477
- 24.16 *Skraćivanje domenskih imena* 477
- 24.17 *Inverzna mapiranja* 478
- 24.18 *Pokazivački upiti* 479
- 24.19 *Tipovi objekata i sadržaj zapisa resursa* 479
- 24.20 *Dobijanje nadležnosti nad poddomenom* 480
- 24.21 *Rezime* 481
- 24.22 *Za dodatno proučavanje* 482
- 24.23 *Vežbe* 482

## **Poglavlje 25 Aplikacije: daljinsko prijavljivanje (TELNET, Rlogin)**

**485**

- 25.1 *Uvod* 485
- 25.2 *Udaljeno interaktivno računarstvo* 485
- 25.3 *Protokol TELNET* 486
- 25.4 *Prilagođavanje raznolikosti* 488
- 25.5 *Prenos komandi koje kontrolišu udaljenu stranu* 490
- 25.6 *Primoravanje servera da pročita kontrolnu funkciju* 492
- 25.7 *TELNET opcije* 492
- 25.8 *Pregovaranje o TELNET opcijama* 493
- 25.9 *Rlogin (BSD UNIX)* 494
- 25.10 *Rezime* 495
- 25.11 *Za dodatno proučavanje* 495
- 25.12 *Vežbe* 496

## **Poglavlje 26 Aplikacije: prenos datoteka i pristup datotekama (FTP, TFTP, NFS)**

**497**

- 26.1 *Uvod* 497
- 26.2 *Pristup datotekama i prenos datoteka* 497
- 26.3 *Deljeni onlajn pristup* 498
- 26.4 *Deljenje pomoću prenosa datoteka* 499
- 26.5 *FTP: glavni TCP/IP protokol za prenos datoteka* 499
- 26.6 *Funkcije FTP-a* 500

- 26.7 *Model procesa FTP-a* 500
- 26.8 *Dodeljivanje brojeva portova za TC* P502
- 26.9 *Kako korisnik vidi FTP* 502
- 26.10 *Primer anonimne FTP sesije* 504
- 26.11 *TFTP* 505
- 26.12 *NFS* 507
- 26.13 *Implementacija NFS-a* 507
- 26.14 *Poziv udaljene procedure (RPC)* 508
- 26.15 *Rezime* 509
- 26.16 *Za dodatno proučavanje* 509
- 26.17 *Vežbe* 510

## **Poglavlje 27 Aplikacije: elektronska pošta (SMTP, POP, IMAP, MIME)**

**511**

- 27.1 *Uvod* 511
- 27.2 *Elektronska pošta* 511
- 27.3 *Imena poštanskih sandučića i alijasi* 513
- 27.4 *Proširivanje alijasa i prosleđivanje pošte* 513
- 27.5 *Odnos međusobnog povezivanja mreža i pošte* 514
- 27.6 *TCP/IP standardi za servis elektronske pošte* 516
- 27.7 *Adrese elektronske pošte* 516
- 27.8 *Adrese pseudo domena* 518
- 27.9 *Jednostavni protokol za prenos pošte (SMTP)* 518
- 27.10 *Preuzimanje pošte i protokoli za manipulisanje poštanskim sandučićima* 521
- 27.11 *Proširenje MIME za podatke koji nisu u ASCII formatu* 522
- 27.12 *MIME poruke iz više delova* 523
- 27.13 *Rezime* 524
- 27.14 *Za dodatno proučavanje* 525
- 27.15 *Vežbe* 525

## **Poglavlje 28 Aplikacije: svetska računarska mreža (HTTP)**

**527**

- 28.1 *Uvod* 527
- 28.2 *Značaj Weba* 527
- 28.3 *Komponente arhitekture* 528
- 28.4 *Unifromni lokator resursa* 528
- 28.5 *Primer dokumenta* 529
- 28.6 *Protokol za prenos hiperteksta* 530
- 28.7 *HTTP zahtev GET* 530
- 28.8 *Poruke o greškama* 531
- 28.9 *Trajne veze i dužine podataka* 532
- 28.10 *Dužina podataka i rezultati programa* 532
- 28.11 *Zaglavlja i kodiranje dužine* 533
- 28.12 *Pregovaranje* 534
- 28.13 *Uslovni zahtevi* 535
- 28.14 *Podrška za proksi servere* 535

- 28.15 *Keširanje* 536
- 28.16 *Rezime* 537
- 28.17 *Za dodatno proučavanje* 537
- 28.18 *Vežbe* 538

## **Poglavlje 29 Aplikacije: govor i video preko IP-a (RTP) 539**

- 29.1 *Uvod* 539
- 29.2 *Zvučni isečci i standardi kodiranja* 539
- 29.3 *Audio i video prenos i reprodukcija* 540
- 29.4 *Treperenje i kašnjenje reprodukovanja* 541
- 29.5 *Protokol prenosa u realnom vremenu (RTP)* 542
- 29.6 *Tokovi, kombinovanje i višeznačno upućivanje* 543
- 29.7 *Enkapsuliranje RTP-a* 544
- 29.8 *Kontrolni protokol RTP-a (RTCP)* 544
- 29.9 *Rad protokola RTCP* 545
- 29.10 *IP telefonija i signalizacija* 546
- 29.11 *Rezervacija resursa i kvalitet servisa* 548
- 29.12 *QoS, iskorišćenost i kapacitet* 549
- 29.13 *RSVP* 549
- 29.14 *COPS* 550
- 29.15 *Rezime* 551
- 29.16 *Za dodatno proučavanje* 551
- 29.17 *Vežbe* 552

## **Poglavlje 30 Aplikacije: upravljanje internetom (SNMP) 553**

- 30.1 *Uvod* 553
- 30.2 *Nivo upravljačkih protokola* 553
- 30.3 *Model arhitekture* 554
- 30.4 *Radni okvir protokola* 556
- 30.5 *Primeri MIB promenljivih* 557
- 30.6 *Struktura upravljačkih informacija* 558
- 30.7 *Formalne definicije po pravilima ASN.1* 559
- 30.8 *Struktura i predstavljanje imena MIB objekata* 559
- 30.9 *Jednostavni protokol za upravljanje mrežom* 564
- 30.10 *Format SNMP poruka* 566
- 30.11 *Primer kodirane SNMP poruke* 569
- 30.12 *Nove mogućnosti u SNMPv3* 572
- 30.13 *Rezime* 572
- 30.14 *Za dodatno proučavanje* 573
- 30.15 *Vežbe* 573

## **Poglavlje 31 Pregled međuzavisnosti protokola 575**

- 31.1 *Uvod* 575
- 31.2 *Međuzavisnost protokola* 575



- 31.3 *Model peščanog sata* 577
- 31.4 *Pristup aplikacionih programa* 578
- 31.5 *Rezime* 579
- 31.6 *Za dodatno proučavanje* 579
- 31.7 *Vežbe* 579

## **Poglavlje 32 Bezbednost interneta i mrežne barijere (IPsec) 581**

- 32.1 *Uvod* 581
- 32.2 *Zaštita resursa* 582
- 32.3 *Informaciona politika* 583
- 32.4 *Bezbednost interneta* 583
- 32.5 *IP bezbednost (IPsec)* 584
- 32.6 *IPsec zaglavlje za proveru autentičnosti* 584
- 32.7 *Bezbednosno udruživanje* 585
- 32.8 *IPsec enkapsulirana bezbednost nosećih podataka* 586
- 32.9 *Provera autentičnosti i mutirajuća polja zaglavlja* 587
- 32.10 *IPsec tunelovanje* 588
- 32.11 *Obavezni bezbednosni algoritmi* 588
- 32.12 *Bezbedni logički mrežni priključci* 589
- 32.13 *Mrežne barijere i pristup internetu* 589
- 32.14 *Više veza i najslabija karika* 589
- 32.15 *Implementacija mrežne barijere* 590
- 32.16 *Filtri na nivou paketa* 590
- 32.17 *Bezbednost i specifikacija filtriranja paketa* 591
- 32.18 *Posledice ograničenog pristupa za klijente* 592
- 32.19 *Proksi pristup kroz mrežnu barijeru* 592
- 32.20 *Detalji arhitekture mrežne barijere* 593
- 32.21 *Pomoćna mreža* 594
- 32.22 *Alternativna implementacija mrežne barijere* 595
- 32.23 *Nadgledanje i vođenje dnevnika* 596
- 32.24 *Rezime* 596
- 32.25 *Za dodatno proučavanje* 597
- 32.26 *Vežbe* 597

## **Poglavlje 33 Budućnost TCP/IP-a (IPv6) 599**

- 33.1 *Uvod* 599
- 33.2 *Zašto menjati?* 600
- 33.3 *Nove politike* 600
- 33.4 *Razlozi za menjanje protokola IPv4* 600
- 33.5 *Put prema novoj verziji protokola IP* 601
- 33.6 *Ime sledećeg IP-a* 602
- 33.7 *Nove mogućnosti protokola IPv6* 602
- 33.8 *Opšti oblik IPv6 datagrama* 603
- 33.9 *Format osnovnog zaglavlja IPv6* 603
- 33.10 *Dodatna zaglavlja protokola IPv6* 605

33.11	<i>Raščlanjivanje IPv6 datagrama</i>	606
33.12	<i>IPv6 fragmentiranje i ponovno sastavljanje</i>	607
33.13	<i>Posledica fragmentiranja samo na krajevima</i>	607
33.14	<i>IPv6 izvorno usmeravanje</i>	608
33.15	<i>IPv6 opcije</i>	609
33.16	<i>Veličina adresnog prostora protokola IPv6</i>	610
33.17	<i>Heksadecimalni zapis sa dvotačkama</i>	610
33.18	<i>Tri osnovna tipa IPv6 adresa</i>	612
33.19	<i>Sličnost višeznačnog i difuznog upućivanja</i>	612
33.20	<i>Inženjerski izbor i simulirano difuzno upućivanje</i>	613
33.21	<i>Predložena podela adresnog prostora protokola IPv6</i>	613
33.22	<i>Ugrađene IPv4 adrese i prelazak</i>	615
33.23	<i>Nedefinisana adresa i adresa povratne petlje</i>	616
33.24	<i>Hijerarhija adresa jednoznačnog upućivanja</i>	616
33.25	<i>Struktura zbirnih globalnih adresa jednoznačnog upućivanja</i>	617
33.26	<i>Identifikatori interfejsa</i>	618
33.27	<i>Dodatna hijerarhija</i>	619
33.28	<i>Lokalne adrese</i>	619
33.29	<i>Samostalno konfigurisanje i prenumerisanje</i>	620
33.30	<i>Rezime</i>	620
33.31	<i>Za dodatno proučavanje</i>	621
33.32	<i>Vežbe</i>	621

<b>Dodatak 1</b>	<b>Uputstvo za dokumente RFC</b>	<b>623</b>
------------------	----------------------------------	------------

<b>Dodatak 2</b>	<b>Glosar mrežnih izraza i skraćenica</b>	<b>673</b>
------------------	---	------------

<b>Bibliografija</b>	<b>721</b>
----------------------	------------

<b>Indeks</b>	<b>729</b>
---------------	------------

# Uvod i pregled

## 1.1 Motivacija za međusobno povezivanje mreža

Komunikacija preko Interneta postala je sastavni deo života. World Wide Web sadrži informacije o tako raznovrsnim temama kao što su atmosferski uslovi, proizvodnja useva, cene akcija i avionski saobraćaj. Grupe ljudi uspostavljaju elektronske poštanske distribucione liste da bi mogle da dele informacije od zajedničkog interesa. Saradnici elektronskim putem razmenjuju poslovnu korespondenciju a rođaci lične poruke.

Nažalost, većina mrežnih tehnologija osmišljena je za određenu namenu. Svako preduzeće bira hardversku tehnologiju koja odgovara specifičnim komunikacionim potrebama i budžetu. Što je još važnije, nemoguće je konstruisati univerzalnu mrežu na osnovu jedne mrežne tehnologije jer nijedna pojedinačna mreža ne može da zadovolji sve potrebe. Nekim ljudima su potrebne mreže sa velikim brzinama prenosa da bi povezali računare u jednoj zgradi. Jeftine tehnologije koje zadovoljavaju ovaj zahtev ne mogu se proširiti na velika geografska rastojanja. Druge grupe ljudi se zadovoljavaju manjim brzinama prenosa u mreži koja povezuje računare udaljene hiljadama kilometara.

Više od dve decenije razvija se nova tehnologija koja omogućuje međusobno povezivanje mnogih sasvim različitih fizičkih mreža tako da funkcionišu kao koordinirana jedinica. Tehnologija poznata kao *međusobno povezivanje mreža* (engl. *internetworking*) prilagođena je velikom broju sasvim različitih hardverskih tehnologija koje leže u osnovi ovog povezivanja i obezbeđuje način za uzajamno povezivanje heterogenih mreža kao i skup komunikacionih konvencija koje omogućuju njihov rad. Internet tehnologija skriva detalje o mrežnom hardveru i dopušta računarima da komuniciraju nezavisno od njihovih fizičkih mrežnih veza.

Internet tehnologija koja je opisana u ovoj knjizi primer je *otvorenog uzajamnog povezivanja sistema* (engl. *open system interconnection*). Naziva se *otvorenom* jer su njene specifikacije javno raspoložive, za razliku od vlasničkih komunikacionih sistema koji su dostupni od jednog posebnog proizvođača. Prema tome, svako može da napravi softver koji je potreban za komuniciranje preko nekog interneta. Što je još važnije, cela tehnologija je osmišljena tako da podstiče komunikaciju među računarima sasvim različitih arhitektura, da koristi gotovo svaki mrežni

hardver za komutaciju paketa, da se prilagodi velikom broju aplikacija kao i različitim operativnim sistemima računara.

Da biste shvatili pravu vrednost internet tehnologije, pomislite na to kako je ona promenila poslovanje. Pored komunikacije velikim brzinama među zaposlenima u kancelarijskom okruženju, mrežne tehnologije obezbeđuju trenutnu povratnu vezu između proizvodne strane poslovanja, prodaje i marketinga, kao i kupaca. Posledica toga je povećanje brzine kojom preduzeća mogu da planiraju i implementiraju proizvode, procenjuju tržište i zamenjuju opremu; ova promena je izuzetno velika.

## 1.2 TCP/IP internet

Još pre mnogo godina, vladine agencije u SAD shvatile su značaj i potencijal internet tehnologije i finansirale istraživanje koje je omogućilo globalni Internet. Ova knjiga govori o principima i idejama koje čine osnovu internet tehnologije nastale kao rezultat istraživanja koja je obavila *Agencija za napredne istraživačke projekte (Advanced Research Projects Agency, ARPA)*\*. ARPA tehnologija sadrži skup mrežnih standarda koji određuju detalje načina komuniciranja računara, kao i skup konvencija za međusobno povezivanje mreža i usmeravanje saobraćaja. Mada su zvanično poznati kao TCP/IP Internet Protocol Suite (paket TCP/IP internet protokola), obično ih nazivaju *TCP/IP* (prema imenima dva glavna standarda), a mogu da se koriste za komuniciranje preko bilo kojeg skupa međusobno povezanih mreža. Na primer, neke korporacije koriste TCP/IP za međusobno povezivanje svih mreža unutar korporacije, čak i ako korporacija nema vezu ka spoljašnjim mrežama. Druge grupe koriste TCP/IP za komuniciranje između geografski udaljenih lokacija.

Iako je TCP/IP tehnologija sama po sebi vredna pažnje, ona je posebno zanimljiva zato što je svoju vitalnost pokazala u širokim razmerama. Ona čini osnovnu tehnologiju za globalni Internet koji povezuje preko 170 miliona pojedinaca u kućama, školama, preduzećima i vladinim laboratorijama, u skoro svim naseljenim zemljama. U SAD su u finansiranju Interneta učestvovala *Nacionalna fondacija za nauku (National Science Foundation, NSF)*, *Ministarstvo za energetiku (Department of Energy, DOE)*, *Ministarstvo odbrane (Department of Defense, DOD)*, *Agencija za zdravstvo i socijalnu politiku (Health and Human Services Agency, HHS)* i *Nacionalna uprava za aeronautiku i svemir (National Aeronautics and Space Administration, NASA)* i koristile TCP/IP za povezivanje mnogih svojih istraživačkih lokacija. Poznat kao *ARPA/NSF Internet*, *TCP/IP Internet*, *globalni Internet* ili samo *Internet*<sup>†</sup>, rezultujući komunikacioni sistem omogućuje pretplatnicima da dele informacije sa bilo kim širom sveta isto tako jednostavno kao da ih dele sa nekim ko se nalazi u susednoj prostoriji. Izvanredan uspeh Interneta demonstrira vitalnost TCP/IP tehnologije i pokazuje kako ona može da se prilagodi velikom broju raznovrsnih mrežnih tehnologija na kojima se Internet zasniva.

Najveći deo građe u ovoj knjizi odnosi se na bilo koji internet koji koristi TCP/IP, ali neka poglavlja odnose se posebno na globalni Internet. Čitaoci koje zanima samo tehnologija, treba pažljivo da uoče razliku između arhitekture Interneta kao takve i opštih TCP/IP internetova ka-

---

\*Ranije se agencija ARPA zvala Agencija za napredne istraživačke projekte pri Ministarstvu odbrane SAD (*Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA*).

†Pridržavaćemo se uobičajenog pravila da se *Internet* piše velikim početnim slovom kada se odnosi na globalni Internet, a malim početnim slovom kada se odnosi na privatne internetove koji koriste TCP/IP tehnologiju.

kvi bi mogli da postoje. Međutim, bilo bi pogrešno da se zanemare svi odeljci teksta koji opisuju globalni Internet – mnoge mreže na nivou preduzeća već su mnogo složenije od globalnog Interneta od pre desetak godina, a mnogi problemi sa kojima se one suočavaju već su rešeni u globalnom Internetu.

## 1.3 Internet servisi

Nećete moći dovoljno da cenite tehničke detalje na kojima počiva TCP/IP ako ne razumete servise koje on pruža. U ovom odeljku dat je kratak pregled servisa interneta, pri čemu su istaknuti oni servisi kojima pristupa većina korisnika, a za kasnija poglavlja ostavljena je rasprava o tome kako se računari povezuju na TCP/IP internet i kako se implementiraju funkcije.

Veći deo naše rasprave o servisima biće usmeren na standarde koji se nazivaju *protokolima*. Protokoli kao što su TCP i IP obezbeđuju sintaksna i semantička pravila komuniciranja. Oni sadrže detalje o formatima poruka, opisuju kako računar reaguje kada stigne poruka i određuju način na koji računar postupa sa greškama i drugim nenormalnim uslovima. Što je najvažnije, omogućuju nam da razmatramo računarske komunikacije nezavisno od mrežnog hardvera nekog određenog proizvođača. U izvesnom smislu, protokoli su za komunikaciju ono što su algoritmi za računarsku obradu. Algoritam nam omogućuje da odredimo ili razumemo obradu na računaru a da ne znamo detalje određenog skupa CPU instrukcija. Slično tome, komunikacioni protokol omogućuje da odredimo ili razumemo prenos podataka a da ne zavisimo od detaljnog poznavanja mrežnog hardvera određenog proizvođača.

Skrivanje komunikacionih detalja nižeg nivoa pomaže da se na nekoliko načina poveća produktivnost. Kao prvo, pošto se programeri bave apstrakcijama protokola na višem nivou, oni ne moraju da uče ili pamte tako mnogo detalja o datoj hardverskoj konfiguraciji. Prema tome, mogu brzo da pišu nove programe. Kao drugo, pošto programi napisani korišćenjem apstrakcija na višem nivou nisu ograničeni na određenu računarsku arhitekturu ili određeni mrežni hardver, oni ne moraju da se menjaju prilikom zamene ili ponovnog konfigurisanja računara ili mreža. Kao treće, s obzirom na to da su aplikacije nastale korišćenjem protokola viših nivoa nezavisne od hardvera koji leži u njihovoj osnovi, one mogu da obezbede direktnu komunikaciju između proizvodnog para računara. Programeri ne moraju da prave specijalnu verziju aplikacionog softvera za svaki tip računara ili mreže. Umesto toga, softver koji je napravljen korišćenjem protokola ima opštu namenu; isti kôd može da se prevede i izvrši na proizvodnom računaru.

Videćemo da su detalji svakog raspoloživog servisa na Internetu dati posebnim protokolom. Sledeći odeljci odnose se na protokole koji određuju neke servise na nivou aplikacija kao i na one koji se koriste za definisanje servisa na mrežnom nivou. U kasnijim poglavljima detaljno se objašnjava svaki od ovih protokola.

### 1.3.1 Internet servisi na nivou aplikacija

Iz perspektive korisnika, Internet izgleda kao da se sastoji od skupa aplikacija koje koriste mrežu u svojoj osnovi da bi obavile korisne komunikacione poslove. Da bismo označili mogućnost sasvim različitih računarskih sistema da sarađuju u rešavanju problema računarske obrade, koristimo izraz *međuooperativnost*. Internet aplikacije ispoljavaju visok stepen međuooperativnosti. Većina korisnika koja pristupa Internetu čini to jednostavnim pokretanjem aplikacija pri če-

mu ne poznaje tipove računara kojima pristupa, TCP/IP tehnologiju, strukturu interneta koji se nalazi u osnovi komunikacije ili čak putanju kojom podaci putuju do svog odredišta; oni se oslanjaju na aplikaciju i mrežni softver koji se bave takvim detaljima. Samo programeri koji pišu mrežne aplikacije treba da posmatraju TCP/IP internet kao mrežu i da razumeju njenu tehnologiju.

U najpopularnije Internet servise na nivou aplikacija spadaju:

- *World Wide Web.* Web omogućuje korisnicima da prikazuju dokumente koji sadrže tekst i grafiku i da prate hipermedijalne veze od jednog do drugog dokumenta. Web je prerastao u najveći izvor saobraćaja na globalnom Internetu između 1994. i 1995. i nastavlja svoju dominaciju. Neki posrednici za servise Interneta procenjuju da saobraćaj Weba danas čini 80% saobraćaja na Internetu.
- *Elektronska pošta.* Elektronska pošta omogućuje korisniku da sastavi dopis i pošalje primerak pojedincima ili grupama. Drugi deo poštanske aplikacije omogućuje korisnicima da čitaju dopise koje su primili. Jedna skorašnja inovacija dopušta korisnicima da elektronskoj poruci dodaju „priloge” koji se sastoje od proizvoljnih datoteka. Elektronska pošta je postala tako uspešna da mnogi korisnici Interneta pomoću nje obavljaju najveći deo svoje korespondencije. Jedan od razloga popularnosti elektronske pošte leži u njenom pažljivom osmišljavanju: protokol čini prenos pošte pouzdanim. Pored toga što poštanski sistem na računaru pošiljaoca direktno uspostavlja vezu sa poštanskim sistemom na računaru primaoca, protokol određuje i to da pošiljalac ne može da izbriše poruku sve dok primalac uspešno ne uskladišti kopiju.
- *Prenos datoteka.* Aplikacija prenosa datoteka omogućuje korisnicima da pošalju ili prime kopiju datoteke podataka. Prenos datoteka je jedan od najstarijih ali još uvek među najviše korišćenim Internet servisima na nivou aplikacija. Iako male datoteke danas mogu da se prilože uz elektronsku poruku, još uvek je za rad sa datotekama proizvoljne veličine potreban servis prenosa datoteka. Sistem obezbeđuje način provere ovlašćenih korisnika pa čak i sprečavanje svakog pristupa. Kao i pošta, prenos datoteka preko TCP/IP interneta je pouzdan jer dva računara učesnika direktno komuniciraju, ne oslanjajući se na posredničke uređaje koji prave kopije datoteke duž puta.
- *Daljinsko prijavljivanje.* Daljinsko prijavljivanje omogućuje korisniku koji sedi za jednim računarom da stupi u vezu sa udaljenim računarom i uspostavi interaktivnu sesiju prijavljivanja. Zahvaljujući daljinskom prijavljivanju izgleda kao da prozor na korisnikovom računaru direktno uspostavlja vezu sa udaljenim računarom, šaljući svaki pritisak na taster sa korisnikove tastature na udaljeni računar i prikazujući u korisnikovom prozoru svaki znak koji udaljeni računar ispiše. Kada se sesija daljinskog prijavljivanja završi, aplikacija vraća korisnika na lokalni sistem.

U kasnijim poglavljima vratićemo se na ove kao i na druge aplikacije da bismo ih detaljnije ispitali. Videćemo tačno kako one koriste TCP/IP protokole i zašto je postojanje standarda za aplikacione protokole pomoglo da se osigura njihova velika rasprostranjenost.

### 1.3.2 Internet servisi na mrežnom nivou

Programer koji pravi aplikacije koje koriste TCP/IP protokole ima potpuno drugačiji pogled na internet od korisnika koji samo izvršava aplikacije kao što je elektronska pošta. Na mrežnom nivou, internet obezbeđuje dva opšta tipa servisa koja koriste sve aplikacije. Iako u ovom trenutku nije važno da razumete detalje tih servisa, oni ne mogu da se ispuste iz pregleda TCP/IP-a:

- *Servis prenosa paketa bez uspostavljanja veze (Connectionless Packet Delivery Service)* Ovaj servis, koji je detaljno objašnjen u daljem tekstu, čini osnovu za sve druge internet servise. Prenos bez uspostavljanja veze je apstrakcija servisa koju nudi većina mreža sa komutacijom paketa. To jednostavno znači da TCP/IP internet usmerava male poruke od jednog računara do drugog na osnovu adresnih informacija koje se nalaze u poruci. S obzirom na to da servis bez uspostavljanja veze usmerava svaki paket posebno, on ne garantuje prenos koji će biti pouzdan i odvijati se po redu. Pošto se obično mapira direktno na hardver koji leži u njegovoj osnovi, servis bez uspostavljanja veze je izuzetno efikasan. Što je još važnije, prenos paketa bez uspostavljanja veze, kao osnova svih internet servisa, omogućuje prilagođavanje TCP/IP protokola raznovrsnom mrežnom hardveru.
- *Pouzdana transportni servis toka podataka (Reliable Stream Transport Service)* Većini aplikacija potrebno je mnogo više od prenosa paketa jer njima treba komunikacioni softver koji će se automatski oporaviti od grešaka u prenosu, izgubljenih paketa ili otkaza komutatora koji se nalaze duž putanje između pošiljaoca i primaoca. Pouzdani transportni servis bavi se ovim problemima. On omogućuje aplikaciji na jednom računaru da uspostavi „vezu” sa aplikacijom na drugom računaru i da zatim pošalje veliku količinu podataka preko te veze kao da je u pitanju trajna, direktna hardverska veza. Naravno, u nižem sloju, komunikacioni protokoli dele tok podataka u male poruke i šalju ih jedan po jedan, čekajući da primalac potvrdi prijem.

Mnoge mreže obezbeđuju osnovne servise slične ovima koje smo opisali, tako da bi neko mogao da se zapita po čemu se TCP/IP servisi razlikuju od ostalih servisa. Osnovne karakteristike u kojima se razlikuju su sledeće:

- *Nezavisnost mrežne tehnologije* Iako se TCP/IP zasniva na konvencionalnoj komutacionoj tehnologiji, on je nezavisan od hardvera bilo kojeg određenog proizvođača. Globalni Internet sadrži raznovrsne mrežne tehnologije koje se kreću od mreža osmišljenih za rad u jednoj zgradi do onih koje su predviđene za prostiranje na velikim rastojanjima. TCP/IP protokoli definišu jedinicu prenosa podataka, koja se naziva *datagramom* kao i način prenosa datagrama u određenoj mreži.
- *Univerzalna interkonekcija* TCP/IP internet omogućuje komunikaciju bilo kojeg para računara koji je priključeni na njega. Svakom računaru dodeljuje se *adresa* čije je prepoznavanje jedinstveno u celom internetu. Svaki datagram nosi adresu svog izvora i odredišta. Posredni komutacioni računari koriste odredišnu adresu za donošenje odluka o usmeravanju.

- *Potvrđivanje prenosa od jednog do drugog kraja* TCP/IP internet protokoli obezbeđuju potvrđivanje prenosa između prvobitnog izvora i konačnog odredišta umesto između uzastopnih računara duž putanje, čak i ako izvor i odredište nisu uključeni u istu fizičku mrežu.
- *Standardi protokola za aplikacije* Pored osnovnih servisa na transportnom nivou (kao što je veza pouzdanog toka), TCP/IP protokoli obuhvataju standarde za mnoge opšte aplikacije, uključujući elektronsku poštu, prenos datoteka i daljinsko prijavljivanje. Prema tome, prilikom projektovanja aplikacija koje koriste TCP/IP, programeri često nalaze da postojeći softver obezbeđuje komunikacioni servis koji im je potreban.

U kasnijim poglavljima govori se o detaljima servisa koji su obezbeđeni za programera kao i o mnogim standardima za aplikacione protokole.

## 1.4 Istorijat i obim Interneta

Razlozi zbog kojih je TCP/IP tehnologija tako dobra su njena opšta prihvaćenost kao i veličina i stepen rasta globalnog Interneta. Agencija ARPA započela je rad na internet tehnologiji sredinom sedamdesetih godina, a arhitektura i protokoli su poprimili svoj današnji oblik 1977-79. U to vreme, agencija ARPA bila je poznata kao glavna agencija za finansiranje istraživanja mreža sa komutacijom paketa i otvorila je put mnogim idejama u oblasti komutacije paketa sa svojom dobro poznatom mrežom *ARPANET*. Ova mreža je koristila konvencionalne međusobne veze od čvora do čvora preko iznajmljenih linija, ali je agencija ARPA takođe finansirala istraživanje komutacije paketa preko radio mreža i satelitskih komunikacionih kanala. Sve veća raznovrsnost tehnologija mrežnog hardvera doprinela je tome da agencija ARPA bude prisiljena da proučava mrežne interkonekcije i unapredi međusobno povezivanje mreža.

Mogućnost finansiranja istraživanja od strane agencije ARPA privukla je pažnju nekoliko istraživačkih grupa, posebno onih istraživača koji su već imali iskustva u korišćenju komutacije paketa u *ARPANET*-u. ARPA je održavala nezvanične sastanke istraživača na kojima su oni mogli da razmene ideje i raspravljaju o rezultatima eksperimenata. Ta grupa je bila poznata pod nezvaničnim imenom Istraživačka grupa za Internet (*Internet Research Group*). Do 1979. u rad na TCP/IP-u bilo je uključeno toliko mnogo istraživača da je agencija ARPA osnovala neformalni odbor za koordinaciju i rukovođenje projektima protokola i arhitekture Interneta koji se ubrzano razvijao. Ova grupa, koja je nazvana Odborom za kontrolu i konfigurisanje Interneta (*Internet Control and Configuration Board, ICCB*) sastajala se redovno sve dok 1983. nije reorganizovana.

Globalni Internet je nastao oko 1980. kada je agencija ARPA počela da prebacuje računare priključene u njene istraživačke mreže na nove TCP/IP protokole. Postojeća mreža *ARPANET* brzo je postala magistrala novog Interneta i korišćena je za mnoge prvobitne eksperimente sa TCP/IP-om. Prelazak na Internet tehnologiju bio je potpun u januaru 1983. kada je kabinet ministara odbrane SAD naložio da svi računari koji su uključeni u međumesne mreže koriste TCP/IP. U isto vreme, Agencija za komunikacije Ministarstva odbrane (*Defense Communication Agency, DCA*) podelila je *ARPANET* na dve posebne mreže: jednu za dalja istraživanja i jednu za vojne komunikacije. Istraživački deo zadržao je ime *ARPANET*; vojni deo, koji je bio nešto veći, postao je poznat kao *vojna mreža* (engl. *military network, MILNET*).



Da bi podstakla univerzitetske istraživače da usvoje i koriste nove protokole, agencija ARPA je stavila na raspolaganje jednu jeftinu implementaciju. U to vreme, većina univerzitetskih odseka za računarsku tehniku radila je sa verzijom operativnog sistema UNIX koja je mogla da se dobije od Softverske distribucije Berkeley (*Berkeley Software Distribution*) na Kalifornijskom univerzitetu i obično je nazivana *Berkeley UNIX* ili *BSD UNIX*. Finansiranjem firme Bolt Beranek and Newman, Incorporated (BBN) da implementira TCP/IP protokole za korišćenje sa UNIX-om i finansiranjem univerziteta Berkeley da integriše te protokole sa distribucijom svog softvera, agencija ARPA je mogla da pomogne više od 90% univerzitetskih odseka za računarsku tehniku. Novi softver za protokole pojavio se u veoma značajnom trenutku kada su mnogi odseci upravo nabavljali drugu ili treću generaciju računara i povezivali ih sa lokalnim računarskim mrežama. Ovim odsecima bili su potrebni komunikacioni protokoli.

Softverska distribucija Berkeley postala je popularna jer je nudila više od osnovnih TCP/IP protokola. Pored standardnih TCP/IP aplikacija, Berkeley je nudio skup pomoćnih programa za mrežne servise koji su ličili na obične UNIX servise korišćene na jednom računaru. Glavna prednost ovih pomoćnih programa leži u njihovoj sličnosti sa standardnim UNIX-om. Na primer, iskusan korisnik UNIX-a može brzo da nauči kako da koristi pomoćni program distribucije Berkeley za daljinsko kopiranje datoteka (*rcp*), jer se on ponaša isto kao pomoćni program UNIX-a za kopiranje datoteka, osim što korisnicima dopušta i kopiranje datoteka na udaljene računare i sa njih.

Pored skupa pomoćnih programa, Berkeley UNIX je pružio novu apstrakciju operativnog sistema poznatu kao *logički mrežni priključak* (engl. *socket*) koji je aplikacijama omogućio da pristupe komunikacionim protokolima. Kao generalizacija UNIX-ovog mehanizma za I/O, logički mrežni priključak ima opcije, pored TCP/IP-a, za još nekoliko tipova mrežnih protokola. Koncept logičkog mrežnog priključka je predmet rasprave još otkako je uveden i mnogi istraživači operativnih sistema predložili su alternative. Međutim, nezavisno od njihove ukupne vrednosti, uvođenje apstrakcije logičkih priključaka bilo je važno jer je programerima omogućilo da koriste TCP/IP protokole uz minimum uloženog truda. To je ohrabrilо istraživače da eksperimentišu sa TCP/IP-om.

Uspeh TCP/IP tehnologije i Interneta među istraživačima u oblasti računarske tehnike doveo je do toga da ih prihvate i druge grupe. Shvativši da će mrežna komunikacija uskoro postati ključni deo naučnih istraživanja, Nacionalna fondacija za nauku (*National Science Foundation*, NSF) preuzela je aktivnu ulogu u proširivanju TCP/IP Interneta da bi on dopro do što većeg broja naučnika. Krajem sedamdesetih godina, fondacija NSF je finansirala projekat poznat kao Mreža računarskih nauka (*Computer Science NETWORK*, CSNET), čiji je cilj bio da poveže sve računarske naučnike. Od 1985. fondacija NSF je započela uspostavljanje pristupnih mreža koncentrisanih oko njenih šest superračunarskih centara. Godine 1986. ona je svoj rad na umrežavanju proširila finansiranjem nove magistralne regionalne računarske mreže, poznate kao NSFNET\*, koja je vremenom doprla do svih njenih superračunarskih centara i povezala ih u ARPANET. Konačno, 1986. NSF je obezbedio početni novac za mnoge regionalne mreže koje sada povezuju glavne naučno-istraživačke institucije u datoj regiji. Sve mreže koje je finansirala agencija NSF koriste TCP/IP protokole i sve su deo globalnog Interneta.

U roku od sedam godina od svog početka Internet je svojim rastom obuhvatio stotine pojedinačnih mreža koje su se nalazile širom SAD i Evrope. On je povezivao gotovo 20 000 računa-

---

\*Izraz NSFNET ponekad se koristi slobodnije i označava sve aktivnosti koje je finansirala agencija NSF, ali mi ćemo ga koristiti za označavanje magistrale. U sledećem poglavlju dato je više detalja o ovoj tehnologiji.

ra na univerzitetima, u vladinim telima i istraživačkim laboratorijama korporacija. I veličina i korišćenje Interneta nastavili su da rastu mnogo brže nego što se ranije predviđalo. Do kraja 1987. godine, procenjeno je da je rast dostigao 15% mesečno. Do 2000. globalni Internet je dostigao preko 50 miliona računara u 209 zemalja.

Rano usvajanje TCP/IP protokola i rast Interneta nisu bili ograničeni samo na projekte koje je finansirala vlada. U Internet su se uključile glavne računarske korporacije kao i mnoge druge velike korporacije kao što su: naftne kompanije, automobilska industrija, elektronske firme, farmaceutske kompanije i telekomunikacione kompanije. Male i srednje kompanije počele su da se uključuju devedesetih godina. Pored toga, mnoge kompanije koristile su TCP/IP protokole u svojim internim korporativnim internetovima iako su se opredelile da ne budu u sastavu globalnog Interneta.

Brzo širenje dovelo je do problema u razmeri koja nije bila predviđena prvobitnim projektom i motivisalo je istraživače da otkriju postupke za upravljanje velikim, distribuiranim resursima. U prvobitnom projektu, na primer, imena i adrese svih računara priključenih na Internet čuvani su u jednoj datoteci koja je ručno menjana a zatim distribuirana na svaki sajt na Internetu. Do sredine osmdesetih godina, postalo je očigledno da centralna baza podataka neće biti dovoljna. Kao prvo, zbog toga što su računari dodavani na Internet sve većom brzinom, zahtevi za ažuriranje ove datoteke uskoro bi prevazišli mogućnosti osoblja koje je bilo na raspolaganju za njihovu obradu. Kao drugo, čak i da je postojala tačna centralna datoteka, mrežni kapacitet bio je nedovoljan da bi dozvolio čestu distribuciju na svaki sajt ili onlajn pristup sa svakog sajta.

Razvijeni su novi protokoli i uveden je sistem imenovanja u globalnom Internetu koji dopušta svakom korisniku da automatski razreši ime udaljenog računara. Ovaj mehanizam, koji se naziva sistemom imena domena (*Domain Name System*, DNS), oslanja se na računare poznate kao *serveri imena* da bi odgovorio na upite o imenima. Nijedan pojedinačan računar ne sadrži celu bazu podataka sa imenima domena. Umesto toga, podaci su podeljeni između skupa računara koji koriste TCP/IP protokole za međusobno komuniciranje prilikom odgovaranja na upite.

## 1.5 Odbor za arhitekturu Interneta

S obzirom na to da paket TCP/IP internet protokola nije delo određenog proizvođača ili nekog priznatog profesionalnog udruženja, prirodno je da se postavi pitanje: „Ko određuje tehničku smernice i odlučuje o tome kada protokoli postaju standardi?” Odgovor je grupa poznata kao *Odbor za arhitekturu Interneta* (*Internet Architecture Board*, IAB<sup>\*</sup>). IAB obezbeđuje smernice i koordinaciju za velik deo istraživanja i razvoja kao podloge za TCP/IP protokole i vodi razvoj Interneta. Ovaj odbor odlučuje koji protokoli su neophodan deo paketa TCP/IP i definiše zvaničnu politiku.

IAB, koji je osnovan 1983. kada je ARPA reorganizovala Odbor za kontrolu i konfigurisanje Interneta, nasledio je velik deo svojih zaduženja od prethodne grupe. Njegov početni cilj je bio da podstakne razmenu ideja među glavnim učesnicima istraživanja koja su se odnosila na TCP/IP i Internet i da istraživače usmeri ka zajedničkim ciljevima. Za prvih šest godina IAB se iz istraživačke grupe specifične za ARPA razvio u samostalnu organizaciju. Tokom ovih godina, svaki član IAB-a predsedavao je jednoj *Radnoj grupi za Internet* (*Internet Task Force*) koja

---

<sup>\*</sup>IAB je prvobitno predstavljao skraćenicu za *Internet Activities Board* (Odbor za aktivnosti Interneta).

je bila zadužena za istraživanje problema ili skupa pitanja koji su smatrani važnim. IAB se sastojao od oko deset radnih grupa čija su se zaduženja kretala od istraživanja uticaja saobraćajnog opterećenja na Internet pa do bavljenja kratkoročnim tehničkim problemima Interneta. IAB se sastajao nekoliko puta godišnje da bi čuo izveštaje o stanju od svake radne grupe, pregledao i ispravio tehnička uputstva, raspravljao o politikama i razmenjivao informacije sa predstavnicima agencija kao što su ARPA i NSF koje su finansirale aktivnosti na Internetu i istraživanje.

Predsedavajući IAB-a imao je zvanje arhitekta Interneta (*Internet Architect*) i bio je odgovoran za predlaganje tehničkih direktiva i koordinaciju aktivnosti raznih radnih grupa. Predsedavajući IAB-a je osnivao nove radne grupe na predlog IAB-a i bio je zvanični predstavnik IAB-a.

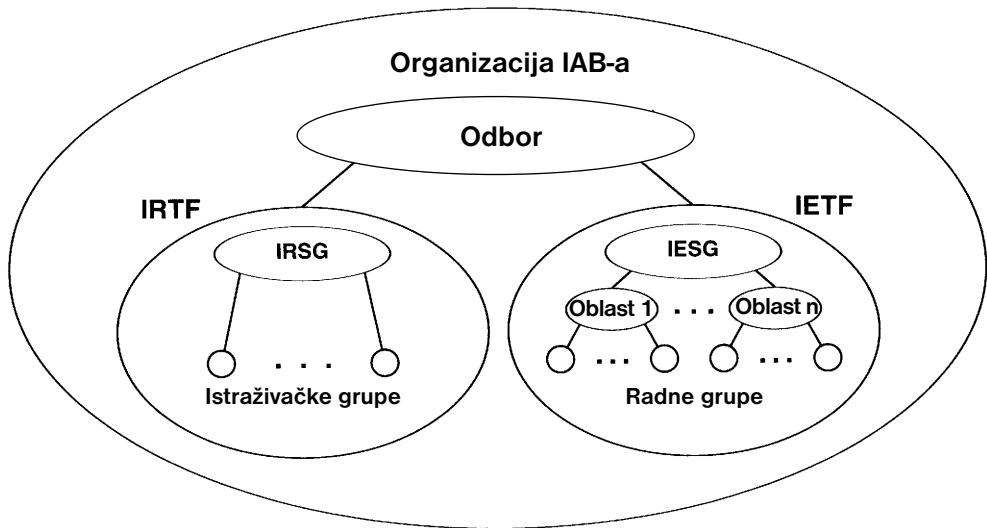
Oni koji se prvi put sreću sa TCP/IP-om ponekad su iznenađeni činjenicom da IAB nije raspolagao velikim budžetom; iako je definisao smer razvoja, on nije finansirao većinu istraživanja i tehničkih rešenja koja je predviđao. Umesto toga, veći deo posla obavljali su dobrovoljci. Članovi IAB-a bili su odgovorni za regrutovanje dobrovoljaca koji će raditi u njihovim radnim grupama, za sazivanje i vođenje sastanaka radne grupe i izveštavanje IAB-a o napredovanju. Obično su dobrovoljci dolazili iz istraživačkih sredina ili komercijalnih organizacija koje su proizvodile ili koristile TCP/IP. Aktivni istraživači su učestvovali u aktivnostima Radne grupe za Internet iz dva razloga. S jedne strane, rad u ovoj grupi pružao im je priliku da se upoznaju sa novim istraživačkim problemima. S druge strane, pošto su nove ideje i rešenja problema koja su davale i testirale radne grupe često postajali deo TCP/IP Internet tehnologije, članovi su shvatili da njihov rad ima neposredan, pozitivan uticaj na tu oblast.

## 1.6 Reorganizacija IAB-a

Do leta 1989. TCP/IP tehnologija i Internet su prerasli iz početnog istraživačkog projekta u proizvodne kapacitete koji su svakodnevno zapošljavali hiljade ljudi. Nove ideje se više nisu mogle uvoditi tako što bi se preko noći promenilo nekoliko komponenti. U velikoj meri, odlučivanjem o tome kada će ugraditi izmene u svoj softver, doslovno stotine komercijalnih kompanija koje nude TCP/IP proizvode određivalo je da li će proizvodi biti međuoperativni. Istraživači koji su pravili nacрте specifikacija i ispitivali nove ideje u laboratorijama nisu više mogli da očekuju trenutno prihvatanje i korišćenje svojih ideja. Bilo je ironije u tome da su istraživači koji su osmislili i nadgledali razvoj TCP/IP-a bilo savladani komercijalnim uspehom svoje zamisli. Ukratko, TCP/IP je postao uspešna proizvodna tehnologija i njegovim razvojem počelo je da dominira tržište.

Da bi odslikavao političku i komercijalnu stvarnost TCP/IP-a i Interneta, IAB je reorganizovan u leto 1989. Promenjeno je predsedništvo. Istraživači su iz samog IAB-a premešteni u pomoćnu grupu i konstituisan je nov IAB kako bi obuhvatio predstavnike šire zajednice.

Na slici 1.1 prikazani su organizacija IAB-a i odnos podgrupa.



**Slika 1.1** Struktura IAB-a posle reorganizacije 1989.

Kao što slika 1.1 pokazuje, pored samog odbora, organizacija IAB sadržala je dve glavne grupe: *Istraživačku radnu grupu za Internet (Internet Research Task Force, IRTF)* i *Stručnu radnu grupu za Internet (Internet Engineering Task Force, IETF)*.

Kao što ime govori, IETF je usmerena na kratkoročne ili srednjoročne tehničke probleme. Ova radna grupa postojala je i u prvobitnoj IAB strukturi i njen uspeh delimično je pružio motive za reorganizaciju. Za razliku od većine radnih grupa IAB-a, koje su bile ograničene na nekoliko pojedinaca koncentrisanih na određeni problem, IETF je bila velika grupa – pre reorganizacije ona je obuhvatala desetine aktivnih članova koji su istovremeno radili na više problema. Ona je podeljena na više od 20 *radnih grupa* od kojih je svaka usredsređena na poseban problem. Radne grupe su održavale pojedinačne sastanke da bi formulisale rešenja problema. Pored toga, grupa IETF se redovno sastajala da bi čula izveštaje radnih grupa i raspravljala o predloženim izmenama ili dopunama TCP/IP tehnologije. Sastanci cele IETF grupe, koji su se obično održavali tri puta godišnje, privlačili su stotine učesnika i posmatrača. Grupa IETF je postala suviše velika da bi njome upravljao predsedavajući.

Pošto je ova grupa bila poznata širom Interneta i zato što su njeni sastanci bili veoma priznati i posećeni, u reorganizovanoj strukturi IAB-a ona je zadržana, ali je podeljena na oko 10 oblasti od kojih je svaka imala svog rukovodioca. Predsedavajući IETF-a i rukovodioci za pojedine oblasti čine *Grupu za razmatranje tehničkih preporuka za Internet (Internet Engineering Steering Group, IESG)*; u njoj se nalaze pojedinci odgovorni za koordiniranje rada radnih IETF grupa. Naziv „IETF” danas označava celo telo, uključujući i predsedavajućeg, rukovodioca za pojedine oblasti i sve članove radnih grupa.

Istraživačka radna grupa za Internet, koja je nastala prilikom reorganizacije, predstavlja istraživački pandan IETF-u. IRTF koordinira istraživačke aktivnosti koje se odnose na TCP/IP protokole ili arhitekturu Interneta uopšte. Kao i IETF, IRTF ima jednu malu grupu, koja se naziva *Grupom za upravljanje istraživanjima na Internetu (Internet Research Steering Group, IRSG)*, koja određuje prioritete i koordinira istraživačke aktivnosti. Za razliku od IETF-a, grupa IRTF je trenutno mnogo manja i manje aktivna organizacija. U stvari, većina istraživanja obavlja se unutar IETF-a.

## 1.7 Internet zajednica

Kada se 1992. Internet udaljio od svojih korena u vladi SAD, formirana je grupa koja je trebalo da podstakne učešće u Internetu. Ova grupa, nazvana *Internet zajednicom (Internet Society, ISOC)*, je međunarodna organizacija inspirisana Nacionalnim geografskim društvom. Kao domaćin IAB-a, Internet zajednica nastavlja da pomaže povezivanje ljudi i korišćenje Interneta širom sveta.

## 1.8 Zahtevi za komentarima o Internetu

Već smo rekli da nijedan proizvođač, nijedno profesionalno udruženje, kao ni telo za standardizaciju nemaju vlasništvo nad TCP/IP tehnologijom. Prema tome, dokumentacija o protokolima, standardima i politikama ne može da se dobije od proizvođača. Umesto toga, dokumentacija se pohranjuje u onlajn skladišta i besplatno stavlja na raspolaganje.

Dokumentacija o radu na Internetu, predlozi za nove ili izmenjene protokole i standardi za TCP/IP protokole pojavljuju se u seriji tehničkih izveštaja koji se nazivaju *Zahtevi za komentarima (Requests for Comments)* ili *RFC* dokumenti. RFC dokumenti mogu da budu kratki ili dugački, mogu da pokrivaju široke pojmove ili detalje i mogu da budu standardi ili samo predlozi za nove protokole\*. Iako se sadržaj RFC dokumenata ne proverava na isti način kao akademski istraživački dokumenti, oni se uređuju. Mnogo godina, samo jedan čovek, Jon Postel†, bio je urednik RFC dokumenata. Posao uređivanja RFC dokumenata sada pripada rukovodiocima pojedinih oblasti IETF-a; IESG kao celina odobrava nove RFC dokumente.

I na kraju, nekoliko izveštaja koji se tiču Interneta objavljeno je u jednoj ranijoj paralelnoj seriji izveštaja koji se nazivaju *Tehničkim napomenama o Internetu (Internet Engineering Notes)* ili *IEN* napomenama. Iako IEN serija više nije aktivna, ne pojavljuju se sve IEN napomene u RFC seriji. U ovoj knjizi naići ćete na mnoge napomene koje se odnose na RFC dokumente (i na nekoliko IEN napomena).

RFC serija je numerisana rednim brojevima po hronološkom redosledu kojim su pisani RFC dokumenti. Svakom novom ili izmenjenom RFC dokumentu dodeljuje se nov broj tako da

---

\*Dodatak I sadrži uvod u RFC dokumente koji govori o raznovrsnosti ovih dokumenata, uključujući i šale koje su se pojavile.

†Jon je preminuo u jesen 1998. On je jedan od pionira koji je dao značajan doprinos TCP/IP-u i Internetu. Mi koji smo ga poznavali duboko osećamo gubitak.

čitaoci moraju da paze da dobiju verziju dokumenta sa najvećim brojem; na raspolaganju je i RFC indeks kao pomoć u identifikaciji tačne verzije.

Da bi se ubrzalo uzimanje dokumenata, mnogi sajtovi širom sveta čuvaju kopije RFC dokumenata i stavljaju ih na raspolaganje zajednici. RFC dokument možete da dobijete običnom poštom, elektronskom poštom ili direktno preko Interneta koristeći program za prenos datoteka. Pored toga, preliminarne verzije RFC dokumenata, koje su poznate kao *nacrti dokumenata o Internetu (Internet drafts)* takođe su na raspolaganju. Pitajte lokalnog stručnjaka za mreže kako da nabavite RFC dokumente ili nacрте dokumenata o Internetu na vašem sajtu ili pročitajte dodatak *I* da biste saznali detaljnija uputstva o tome kako da ih preuzmete.

## 1.9 Internet protokoli i standardizacija

Čitaoci koji poznaju mreže za prenos podataka, znaju da postoji mnoštvo komunikacionih protokola. Mnogi od njih prethode Internetu tako da se postavlja pitanje: „Zašto su projektanti Interneta smišljali nove protokole kada već postoji tako mnogo međunarodnih standarda?” Odgovor je složen, ali sledi jednostavnu maksimu:

*Koristite postojeće standarde za protokole gde god takvi standardi mogu da se primene; pravite nove protokole samo kada su postojeći standardi nedovoljni i budite spremni da koristite nove standarde kada postanu dostupni i obezbede ekvivalentnu funkcionalnost.*

Dakle, iako tako ne izgleda, paket TCP/IP internet protokola nema za cilj da zanemari ili izbegne postojeće standarde. On se pojavio samo zato što nijedan postojeći protokol nije zadovoljavao potrebu za međuoperativnim komunikacionim sistemom povezanih mreža.

## 1.10 Budući rast i tehnologija

I TCP/IP tehnologija i Internet su nastavili da se razvijaju. Predlažu se novi protokoli; stari se prepravljaju. NSF je znatno doprineo složenosti sistema uvođenjem magistralne mreže, regionalnih mreža i stotina univerzitetskih mreža. Druge grupe širom sveta takođe nastavljaju da se uključuju u Internet. Međutim, najznačajnija promena ne potiče od dodatnih mrežnih veza nego od dodatnog saobraćaja. U Internet se uključuju novi korisnici, pojavljuju se nove aplikacije, menja se šablon saobraćaja. Kad su fizičari, hemičari i biolozi počeli da koriste Internet, oni su razmenjivali datoteke podataka prikupljenih iz eksperimenata. Datoteke sa naučnim podacima bile su velike u poređenju sa elektronskim porukama. Kad je Internet postao popularan a korisnici počeli da traže informacije korišćenjem servisa kao što je *World Wide Web*, saobraćajni šablon se ponovo promenio.

Da bi se prilagodio rastu saobraćaja, kapacitet magistralne NSFNET manjan je tri puta. Konačna verzija, poznata kao ANSNET po kompaniji koja ju je isporučila, imala je kapacitet približno 840 puta veći od prvobitne. Od 1995. godine kompanije poznate kao *posrednici za Internet servise (Internet Service Provider, ISP)* grade svoje magistralne mreže od kojih mnoge

imaju znatno veći kapacitet od poslednje magistrale koju je finansirala vlada. Trenutno je teško predvideti kada će prestati potreba za povećanjem kapaciteta.

Rast potrebe za umrežavanjem nije neočekivan. Već mnogo godina računarska industrija pokazuje stalnu potrebu za povećanjem mogućnosti obrade i većim skladištima podataka. Korisnici su počeli da shvataju kako da koriste mreže. U budućnosti možemo da očekujemo i stalna povećanja potreba za komunikacijama. Na primer, uskoro će se TCP/IP tehnologije koristiti za telefonske i video servise, pored servisa prenosa podataka. Prema tome, da bi se zadovoljio ovaj rast, biće potrebne komunikacione tehnologije većeg kapaciteta.

Na slici 1.2 dat je pregled širenja Interneta i ilustrovana je važna komponenta rasta: najveći deo promena koje se tiču složenosti nastao je zbog toga što sada nekoliko grupa upravlja različitim delovima celine. Pošto je tehnologija razvijena u vreme kada je jedna osoba u agenciji ARPA imala kontrolu nad svim aspektima Interneta, projekti mnogih podsistema zavisili su od centralizovanog upravljanja i kontrole. Sa rastom Interneta, odgovornost i kontrola podeljeni su na više organizacija. Sa globalizacijom Interneta rad i upravljanje trebalo je da se prošire na više zemalja. Velik deo uloženog truda od početka devedesetih godina bio je usmeren na pronalaženje načina za proširivanje strukture da bi se zadovoljilo decentralizovano upravljanje.

	Broj mreža	Broj računara	Broj korisnika	Broj rukovodilaca
<b>1980</b>	10	$10^2$	$10^2$	$10^0$
<b>1990</b>	$10^3$	$10^5$	$10^6$	$10^1$
<b>2000</b>	$10^5$	$10^7$	$10^8$	$10^2$

**Slika 1.2** Rast povezanog Interneta; pored povećanja saobraćaja koje je posledica povećanja Interneta, Internet se suočava sa složnošću koja proističe iz decentralizovanog upravljanja razvojem i radom Interneta.

## 1.11 Organizacija knjige

Materijal o TCP/IP-u napisan je u tri toma. U ovom tomu detaljnije se predstavljaju TCP/IP tehnologija, aplikacije koje je koriste i arhitektura globalnog Interneta. U njemu se govori o osnovama protokola kao što su TCP i IP i pokazuje kako se oni zajedno uklapaju u međusobno povezanim mrežama. Pored ovih detalja, u tekstu su istaknuti opšti principi koji leže u osnovi mrežnih protokola i objašnjeno je zašto se TCP/IP protokoli lako prilagođavaju mnogim fizičkim mrežnim tehnologijama kao podlogama. U tomu II detaljno se razmatraju unutrašnje pojednosti TCP/IP protokola i pokazuje se kako se oni implementiraju. Ovaj tom sadrži kôd jednog stvarnog sistema da bi se ilustrovalo na koji način pojedinačni protokoli rade zajedno, a sadrži i korisne detalje za osobe koje su odgovorne za izgradnju interneta na nivou korporacije. U tomu III pokazano je kako distribuirane aplikacije koriste TCP/IP za komuniciranje. Ovaj tom je

usmeren na način rada klijent-server koji predstavlja osnovu distribuiranog programiranja. U njemu se razmatra interfejs između programa i protokola\* i pokazuje kako su organizovani klijentski i serverski programi. Pored toga, u tomu III opisan je pojam udaljenih procedura, tzv. midlver, a pokazano je i kako programeri koriste alate da bi napravili klijentski i serverski softver.

Do sada smo govorili o TCP/IP tehnologiji i Internetu uopšte, rezimirajući obezbeđene servise i istorijat njihovog razvoja. U sledećem poglavlju daje se kratak pregled tipa mrežnog hardvera koji se koristi na Internetu. Pritom cilj nije da se osvetle nijanse hardvera određenog proizvođača, nego da se pozabavi karakteristikama svake tehnologije koje su od najveće važnosti za arhitektu interneta. U kasnijim poglavljima govori se o protokolima i Internetu, ispunjavajući tri cilja: istražuju se opšte koncepcije i daje pregled modela arhitekture Interneta, ispituju se detalji TCP/IP protokola i govori o standardima za servise visokog nivoa kao što su elektronska pošta i elektronski prenos datoteka. U poglavljima od 3 do 14 dat je pregled osnovnih principa i opis softvera mrežnih protokola koji se nalaze u svakom računaru koji koristi TCP/IP. U kasnijim poglavljima opisani su servisi u čijem radu učestvuje nekoliko računara. U ove servise spadaju prostiranje informacija o usmeravanju, razrešavanje imena i aplikacije kao što je elektronska pošta.

Na kraju glavnog teksta nalaze se dva dodatka. Prvi dodatak sadrži vodič za RFC dokumente. U njemu je proširen opis RFC dokumenata koji se nalazi u ovom poglavlju i dati su primeri informacija koje mogu da se pronađu u RFC dokumentima. Detaljno je opisan način dobijanja RFC dokumenata preko elektronske pošte, klasične pošte i korišćenjem prenosa datoteka. Pošto standardni RFC indeks ima hronološki redosled, u dodatku je data i lista RFC dokumenata organizovana po temama da bi početnici mogli lakše da pronađu RFC koji se tiče datog predmeta.

Drugi dodatak sadrži abecednu listu izraza i skraćenica koje se koriste u literaturi i u tekstu. S obzirom na to da je nova terminologija za početnike često preobimna i teška za pamćenje, oni se podstiču da koriste abecednu listu umesto da unazad pretražuju tekst.

## 1.12 Rezime

Internet se sastoji od skupa povezanih mreža koje se ponašaju kao usklađena celina. Glavna prednost interneta je u tome što on obezbeđuje univerzalnu međusobnu vezu istovremeno dopuštajući pojedinačnim grupama da koriste onaj mrežni hardver koji najbolje odgovara njihovim potrebama. Mi ćemo ispitivati opšte principe koji leže u osnovi komunikacije na internetu, a posebno i detalje jednog paketa internet protokola. Tehnologiju koju posmatramo, koja se prema svoja dva glavna protokola naziva TCP/IP, razvila je agencija ARPA. Ona pruža osnovu za globalni Internet, veliki operativni internet koji povezuje univerzitete, korporacije i vladina tela u mnogim zemljama širom sveta. Globalni Internet se ubrzano širi.

---

\*Tom III raspoloživ je u tri verzije: jedna u primerima koristi Unixov *interfejs za logičke mrežne priključke*, druga koristi *interfejs transportnog sloja* (TLI), a treća interfejs *Windows logičkih mrežnih priključaka* koji je definisao Microsoft.



## ZA DODATNO PROUČAVANJE

Cerfova izdanja *History Of the ARPANET* [1989] i *History of the Internet Activities Board* [RFC 1160] predstavljaju izvanredno štivo i usmeravaju korisnika na rane istraživačke radove o TCP/IP-u i međusobnom povezivanju mreža. Denning [Nov-Dec 1989] pruža drugačiji pogled na istorijat ARPANET-a. Jennings i drugi [1986] razmatraju važnost umrežavanja računara za naučnike. Denning [Sept-Oct 1989] takođe ističe važnost međusobnog povezivanja mreža i daje jedan mogući scenario za svetski Internet. Savezni komitet za nauku, tehniku i tehnologiju SAD [FCCSET] smatra da bi umrežavanje trebalo da bude nacionalni prioritet.

IETF (*ietf.org*) objavljuje zapisnike sa svojih redovnih sastanaka. Internet zajednica (*www.isoc.org*) pravi biltene koji razmatraju prodor Interneta u zemlje širom sveta. Konzorcijum za World Wide Web (*w3c.org*) predlaže protokole i standarde za Web tehnologije. Konačno, čitalac treba da zna da paket TCP/IP protokola i Internet nastavljaju da se razvijaju; nove informacije mogu da se pronađu u RFC dokumentima i da se dobiju na konferencijama kao što su godišnji simpozijum ACM SIGCOMM i skupovi NETWORLD+INTEROP koji se održavaju širom sveta.

## VEŽBE

- 1.1 Istražite aplikacije na vašem sajtu koje koriste TCP/IP.
- 1.2 Prikažite grafički rast TCP/IP tehnologije i pristupa Internetu u vašoj organizaciji. Koliko računara, korisnika i mreža je uključeno svake godine?
- 1.3 TCP/IP proizvodi ostvaruju godišnje bruto prihode od nekoliko milijardi dolara. Pročitajte ekonomske publikacije da biste pronašli listu proizvođača koji nude ovakve proizvode.