

Milojko Jevtović

**PROTOKOLI
TELEKOMUNIKACIONIH
DIGITALNIH MREŽA**

Akadska misao
Beograd, 2015.

Milojko Jevtović

PROTOKOLI TELEKOMUNIKACIONIH DIGITALNIH MREŽA

Recenzenti

Prof. dr Milorad Obradović, dipl. inž. el.

Izdaje i štampa

AKADEMSKA MISAO, Beograd

Kompjuterska obrada i korektura teksta

Dmitar Stevanović, dip.inž.el.

Prof dr Zoran Veličković, dipl. inž. el.

Dizajn naslovne strane

Zorica Marković, akademski slikar

Tiraž

30 primeraka

ISBN 978-86-7466-581-7

S A D R Ž A J

PREDGOVOR.....	13
UVOD	15
1. OPŠTE KARAKTERISTIKE KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA	19
1.1 Definicije protokola	19
1.2 Vrste protokola	20
1.2.1 Primeri bitski orjentisanih protokola.....	27
1.2.2 Primer karakter orjenisanog protokola.....	28
1.3 Funkcije protokola	32
2. MODEL SISTEMA OTVORENIH ZA POVEZIVANJE.....	38
2.1 Osnovni principi OSI modela	39
2.2 Funkcionalni slojevi OSI modela	42
2.3 Primena OSI modela.....	44
2.4 Pogodnosti OSI arhitekture protokola	47
2.5 Protokoli fizičkog sloja u OSI modelu računarskih mreža.....	48
2.6 Stablo protokola komunikacione meže.....	52
3. PROTOKOLI LOKALNIH RAČUNARSKIH MREŽA	54
3.1 Opšti pregled protokola LAN mreža	54
3.2 Ethernet protokol LAN mreže	55
3.3 Token-bus protokol (IEEE-802.4).....	57
3.4 Token-ring protokol IEEE-802.5.....	58
3.5 Protokol IEEE-802.6.....	58
3.6 Protokol FDDI (IEEE-802.7.....	58

3.7	Protokoli bežičnih LAN mreža	59
3.7.1	Opšte o protokolima bežičnih LAN mreža	59
3.7.2	Standardi	59
3.7.3	Tehnike prenosa proširenim spektrom	62
3.7.4	Modulacija frekvencijskim skakanjem	63
3.7.5	Modulacija direktnom sekvencom	64
3.7.6	Komunikacija na 1 Mb/s	66
3.7.7	Komunikacija na 2 Mb/s	67
3.7.8	Komunikacija na 5,5 Mb/s	68
3.7.9	Komunikacija na 11 Mb/s	69
3.7.10	Uporedna analiza FH i DS tehnika prenosa	69
3.8	Fizički interfejsi LAN mreža	71
4.	PROTOKOLI FRAME-RELAY MREŽA	74
4.1	Definicija FR protokola i njegove prednosti	74
4.2	Standardizacija protokola Frame-relay mreža	75
4.3	Frame Relay standardi	76
4.3.1	ANSI T1.617 i T1.618 standard	76
4.3.2	Protokol Frame Relay NNI PVC (FRF.2)	76
4.3.3	Protokol FRF.3	76
4.4	Srtuktura FR protokola	78
4.5	LMI proširenje standarda	81
4.6	Virtuelna kola	83
4.7	Mrežna implementacija Frame Relay protokola	85
4.8	Poređenje performansi protokola Frame Relay mreža sa drugim mrežama	88
5.	PROTOKOLI MREŽA ŠIROKOG PROSTRANSTVA.....	90
5.1	Opšti pregled protokola WAN mreža	90
5.2	Familija protokola X.25	91
5.3	Terminologija u standardu X.25 protokola	92
5.4	ADCCP protokol	95
5.5	HDLC protokol	98

5.6	LAPB protokol.....	104
5.6.1	Osnovne procedure komunikacije po vodu podataka ..	105
5.6.2	Procedure specifične za LAPB.....	107
5.7	MLP protokol.....	109
5.8	X.25 protokol na sloju mreže.....	110
5.9	Protokol X.29.....	114
5.10	Protokol X.75.....	114
5.11	Fizički interfejsi WAN mreža.....	114
6.	PROTOKOLI INTERNETA I IP MREŽA.....	121
6.1	Protokol IPv4.....	121
6.2	Protokol IPv6.....	125
6.3	Protokol TCP.....	126
6.4	Protokol UDP.....	128
6.5	Protokol NARP.....	129
6.6	Protokol SCSP.....	131
6.7	Protokol NHRP.....	133
6.8	Protokol OSPF.....	134
6.9	Protokol TRIP.....	136
6.10	Protokol ISTEP.....	137
6.11	Protokol Mobile IP.....	139
6.12	Protokol RUDP.....	143
6.12.1	Zaglavlje RUDP.....	143
6.12.2	Segmenti RUDP protokola.....	145
6.13	Protokol TALI.....	145
6.14	Protokol Van Jacobson.....	146
6.15	Protokol XOT.....	147
6.16	Protokol BGMP.....	148
6.17	Protokol Diameter.....	149
6.18	Protokol DIS.....	151
6.19	Protokol iSCSI.....	155
6.20	Protokol MPLS.....	156

6.21	Protokol LDP (MPLS LD).....	157
6.22	Protokol TFTP	160
6.23	Protokol Finger	162
6.24	Protokol HTTP.....	162
6.25	Protokol S-HTTP	163
6.26	Protokol RLOGIN	164
6.27	Protokol RTSP	164
6.28	Protokol SCTP	165
6.29	Protokol SLP.....	167
6.30	Protokol SMPP	169
6.31	Protokol SMTP	171
6.32	Protokol SNMP.....	172
6.33	Protokol SOCKS V5.....	174
6.33.1	Struktura protokola TCP baziranih klijenata.....	174
6.33.2	SOCKS poruke zahteva.....	175
6.33.3	SOCKS poruke odgovora.....	176
6.33.4	Struktura protokola za UDP baziranog klijenta	177
6.34	Protokol TACACS+.....	177
6.35	Protokol TELNET	178
6.36	Protokol WCCP	181
6.37	Paket WCCP HERE I AM Message	181
6.38	Paket I SEE YOU Message	182
6.39	Paket WCCP ASSIGN BUCKET.....	183
6.40	Protokol X - Window.....	184
7.	ISDN PROTOKOLI.....	187
7.1	Arhitektura ISDN protokola	187
7.2	Protokoli fizičkog sloja.....	188
7.3	LAPD signalizacioni protokol D kanala.....	189
7.3.1	Fizički nivo.....	189
7.3.2	LAPD protokol na nivou voda podataka.....	189
7.3.3	Tipovi ramova	192

7.3.4	Međunarodne verzije ISDN-a	192
7.4	ISDN protokol na mrežnom nivou	196
7.4.1	Struktura ISDN formata	196
7.4.2	ISDN informacioni elementi	198
7.4.3	Tipovi ISDN poruka.....	200
7.4.4	ISDN-UP korisnički deo	201
8.	PROTOKOLI ŠIROKOPOJASNIH ATM MREŽA.....	203
8.1	Referentni model protokola širokopojasnih ATM mreža....	203
8.2	ATM kao protokol transportnog sloja	205
8.3	Funkcije ATM adaptacionog sloja.....	206
8.4	Funkcija ATM protokola	207
8.5	ATM kao MAC protokol	211
8.6	ATM kao protokol voda podataka	212
8.7	ATM kao protokol mrežnog sloja.....	212
8.8	ATM AAL-1 protokol	214
8.9	ATM AAL-2 protokol	220
8.10	AAL-3/4 protokoli	222
8.11	AAL-5 (SEAL) protokol.....	227
8.12	Signalizacioni protokol SAAL	227
8.13	Formati UNI i NNI ćelija.....	228
8.14	ALL-0 protokol.....	229
8.15	Format ALL-1 PDU.....	229
8.16	ALL-2 protokol.....	230
8.17	Protokol AAL-2 SAR PDU	232
8.18	AAL-2 SSCS paket.....	232
8.19	AAL-2 SSCS paket tip 3.....	233
8.20	Protokol ALL-3/4	234
8.20.1	ALL-3/4 CPCS zajednički deo.....	235
8.20.2	ALL3/4 SAR PDU specifične usluge	236
8.21	ALL-5 PROTOKOL.....	237
8.22	F4/F5 OAM protokol.....	238

9. ISO PROTOKOLI	243
9.1 Arhitektura ISO protokola	243
9.2 ACSE protokol.....	244
9.3 CCITT X.400 sistem za rukovanje porukama	245
9.4 CLNP protokol.....	245
9.5 CMIP protokol	247
9.6 FTAM protokol.....	248
9.7 IDRP protokol.....	249
9.8 INAP protokol	250
9.9 IS-IS (1589) protokol.....	251
9.10 ISO-IP protokol	252
9.10.1 Fiksni deo	253
9.10.2 Adresni deo	254
9.10.3 Segmentacioni deo	254
9.10.4 Opcioni ramovi.....	254
9.10.5 Poruke o greskama u ramovima	255
9.11 ISO-PP potokol	255
9.12 ISO-SP protokol.....	256
9.13 ISO - TP (ISO 8073).....	257
9.14 ROSE protokol.....	258
10. GPRS PROTOKOLI.....	259
10.1 OSI arhitektua kompleta GPRS protokola.....	259
10.2 Familija GPRS protokola.....	260
10.3 BCC protokol.....	261
10.4 Protokol BSSAP+	263
10.5 BSSGP protokol.....	266
10.6 GCC protokol.....	267
10.7 GMM protokol.....	270
10.8 GSM protokol	271
10.9 LLC protokol	273
10.10 NS protokol.....	276

10.11 RLP protokol	277
10.12 SMSCB protokol	281
10.13 SNDCP protokol.....	282
10.14 TOM protokol.....	283
10.14 TRAU protokol.....	285
11. PROTOKOLI MULTIMEDIJALNIH MREŽA.....	286
11.1 Protokol H.320.....	286
11.2 Protokol H.321.....	289
11.2 Protokol H.322.....	291
11.4 Protokol H.323.....	294
11.4.1 Procedura funkcionisanja H.323 protokola.....	297
11.4.2 Oblast primene H.323 protokola.....	299
11.4.3 Analiza familije H.323 protokola.....	304
11.5 Protokol H.324.....	325
11.6 Protokoli za multipoint komunikaciju podacima.....	327
11.6.1 Protokol T.120.....	327
11.6.2 Protokol T.121.....	331
11.6.3 Protokoli T.122 i T.125.....	335
11.6.4 Protokol T.123.....	342
11.6.5 Protokol T.124.....	344
11.6.6 Protokol T.126.....	349
11.6.7 Protokol T.127.....	354
11.6.8 Primene T.120 protokola.....	359
12. PROTOKOLI UNIVERZALNIH MOBILNIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA.....	367
12.1 Familija UMTS protokola.....	367
12.2 Protokol AMR	369
12.3 Protokol BCC.....	370
12.4 Protokol BMC.....	372
12.5 Protokol SMS.....	374
12.6 Protokol SMS TP.....	375

12.7	Protokol SS	376
12.8	Protokol MM	377
12.9	Protokol MTP-3B	378
12.10	Protokol GCC	380
12.11	Protokol GMM.....	382
13.	GSM I CDMA PROTOKOLI.....	384
13.1	Familija GSM i CDMA protokola.....	384
13.2	GSM telekomunikaciona mreža	385
13.3	Kodni multipleksni pristup	386
13.4	Protokol BSMAP	387
13.5	Protokol BSSLAP	387
13.6	Protokol BSSAP	389
13.7	Protokol BSSAPLE	390
13.8	Protokol BSSMAP.....	392
13.9	Protokol BTSM.....	393
13.10	Protokol CC	394
13.11	Protokol DTAP (CDMA)	397
13.12	Protokol DTAP (GSM).....	398
13.13	Protokol MM	400
13.14	Protokol MMS	401
13.15	Protokol RR	402
13.16	Protokol SMS.....	404
13.17	Protokol SMS TP.....	406
14.	PROTOKOLI KVALITETA USLUGA.....	408
14.1	Definicije i standardi kvaliteta usluga	408
14.2	Ključni parametri QoS.....	409
14.2.1	Kašnjenje.....	409
14.2.2	Varijacija kašnjenja.....	410
14.2.3	Gubitak informacija	410
14.3	Performanse kvaliteta i korisničke aplikacije	410
14.3.1	Audio signali i govor.....	410

14.3.2 Video slika	411
14.3.3 Podaci	412
14.3.4 Osnovne aplikacije prenosa podataka	412
14.4 Preslikavanje performansi na kategorije kvaliteta	413
14.5 Preporuka ITU-T Y.1450.....	417
14.6 Tehnički izveštaj ETSI ETR 003	418
14.7 Namena QoS protokla.....	421
14.8 Analiza karakteristika QoS protokola.....	422
14.9 Efikasnost u obezbeđenju kvaliteta usluga	431
LITERATURA	435
SKRAĆENICE NAZIVA KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA I DEFINICIJE TERMINA	443
ADRESAR KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA	457

PREDGOVOR

Komunikacioni protokoli predstavljaju temelj savremenih digitalnih telekomunikacionih mreža, uključujući i globalnu računarsku mrežu – Internet (oni su osnova svih funkcija, usluga i brojnih aplikacija, koje korisnicima pružaju različite digitalne paketske mreže). Digitalne telekomunikacione mreže funkcionišu zahvaljujući primeni velikog skupa različitih komunikacionih protokola. U digitalnim mrežama, tokom komunikacionog procesa, protokoli obavljaju niz različitih komunikacionih funkcija.

Nameće se pitanje šta su to protokoli. Ne ulazeći u stroge definicije (koje su inače date u ovoj knjizi), prosto rečeno, protokoli predstavljaju skup pravila po kojima se obavlja komunikacija porukama (govor, tekst, podaci, video slika, mirna slika, audio signali, muzika, štampani i rukom pisani tekstovi itd..) u paketskim digitalnim računarskim i telekomunikacionim digitalnim mrežama. Protokoli predstavljaju skup pravila po kojima se obavlja komunikacija porukama u digitalnim telekomunikacionim mrežama.

Osnovu svih komunikacionih protokola u digitalnim paketskim mrežama, uključujući i Internet, čini relativno brojan skup funkcija, gde spadaju: rastavljanje poruke na segmente (blokovi, paketi, ćelije), dodavanje upravljačkih informacija segmentima poruke, upravljanje vezom, upravljanje tokom podataka, upravljanje detekcijom i korekcijom grešaka nastalih tokom prenosa, upravljanje resursima, upravljanje aplikacijama, upravljanje usmeravanjem poruka kroz mrežu, upravljanje kvalitetom usluga, upravljanje kompresijom i dekompresijom poruka, upravljanje zaštitom informacija, sinhronizacija, identifikacija redosleda, multipleksiranje, adresiranje, usluge prenosa, upravljanje prenosom multimedijalnih poruka.

Pored navedenih protokola, postoje protokoli, koji omogućavaju: konverziju adresa odnosno sistema adresiranja poruka, upravljanje signalizacijom u mreži, konverziju signalizacionih poruka itd. Brojnost komunikacionih funkcija, kojima je podržana komunikacija u digitalnim mrežama, a posebno brojne usluge Interneta, uticale su na to da se (danas) koristi preko 1000 različitih vrsta komunikacionih protokola. Brojni protokoli su osmišljeni, razvijeni i primenjeni s ciljem da se omogući

obavljanje različitih komunikacionih funkcija, mrežnih usluga i aplikacija. Sa svakom novom uslugom, aplikacijom ili funkcijom neke mreže, uvode se novi protokoli. Treba imati u vidu da se protokolima podržavaju tokovi korisničkih, signalizacionih i upravljačkih informacija. U ovoj knjizi ti mrežni protokoli su detaljno opisani.

Knjiga **Protokoli telekomunikacionih digitalnih mreža** namenjena je svima onima, koji se bave informaciono-komunikacionim tehnologijama, njihovim projektovanjem ili korišćenjem usluga digitalnih telekomunikacionih mreža, globalne računarske mreže Interneta, kao i mreža zasnovanih na TCP/IP protokolima. Knjiga će biti veoma korisna:

- Svima koji koriste usluge: Interneta, lokalnih računarskih TCP/IP mreža, Ethernet mreža, IMS mreže, mobilne ad-hoc računarske mreže (MANET), ISDN, ATM mreža, multimedijalnih mreža, itd.

- Studentima osnovnih i master studija na fakultetima, koji se bave računarskim mrežama, komunikaciono-informacionim tehnologijama, a posebno Internet tehnologijama i sistemima, kao i globalnom računarskom mrežom, 3G/4G univerzalnim mobilnim telekomunikacionim mrežama (UMTS), a takođe sa globalnim informacionim infrastrukturama;

- Studentima fakulteta i visokih tehničkih škola, koji izučavaju predmete sa sadržajima, koji se odnose na Internet tehnologije i digitalne komunikacije;

- Brojnim korisnicima usluga Interneta, računarskih TCP/IP mreža i telekomunikacionih mreža.

Ukratko, knjiga Protokoli telekomunikacionih digitalnih mreža biće korisna i zanimljiva svima onima, koji koriste usluge digitalnih mreža i uključujući Internet, a koji žele da znaju kako funkcionišu različite digitalne mreže.

Zbog svoje izuzetne važnosti, protokoli su postali sinonim mnogih digitalnih telekomunikacionih mreža. Tako na primer, protokoli TCP/IP su sinonim za Internet, protokol X.25 za mreže X.25, protokol Frame Relay za frejm-relejne mreže, a Ethernet protokol za lokalne računarske mreže.

UVOD

Sa razvojem digitalnih telekomunikacionih mreža, uvode se nove telekomunikacione službe i usluge korisnicima, a takođe nove komunikacione procedure uspostavljanja veza i prenosa korisničkih informacija, koje su sadržane u porukama (govor, pisani i štampani tekst, podaci, faksimil poruke, video slika, audio signali, multimedijalne poruke, upravljačke poruke itd.). Procedure uspostave i raskidanja veza, postaju sve složenije. Drugim rečima, komunikacija porukama u ovakvim paketskim digitalnim mrežama, predstavlja veoma složen proces. Da bi se obezbedila složena veza između korisnika i obavile kompleksne komunikacione funkcije, koristi se veoma veliki broj različitih komunikacionih protokola, koji poseduju raznolike i brojne funkcije.

Komunikacionim protokolima se podržavaju tokovi korisničkih, signalizacionih i upravljačkih informacija. Postavlja se pitanje: *šta je to komunikacioni protokol?* Najprostije rečeno, *komunikacioni protokol predstavlja skup pravila po kojima se obavlja komunikacija porukama u digitalnim telekomunikacionim mrežama.*

Komunikacione usluge, korisnicima pružaju brojne digitalne telekomunikacione mreže, kao što su:

- Globalna računarska mreža Internet;
- Lokalne računarske mreže, koje koriste kablovski ili bežični prenos;
- *Ad-hoc* mobilne računarske mreže - MANET;
- Senzorske mreže;
- *Frame Relay* računarske mreže;
- Paketske mreže za prenos podataka X.25;
- Javne komutirane telefonske mreže sa analognim i digitalnim prenosom signala;
- Digitalne uskopojasne mreže integrisanih službi N-ISDN;
- Digitalne ATM širokopojasne mreže integrisanih službi;

- Satelitske globalne digitalne mreže na niskim, srednjim i visokim orbitama;
- GPRS (engl. *General Packet Radio Service*) mreže;
- Multimedijalne telekomunikacione mreže;
- GSM (engl. *Global System for Mobile telecommunications*) globalni sistemi mobilnih telekomunikacija;
- Digitalne satelitske telekomunikacione mreže;
- Univerzalni mobilni telekomunikacioni sistemi treće i četvrte generacije, UMTS (3G/4G);
- Kognitivne radio mreže.

U pethodno nabrojanim savremenim digitalnim mrežama koristi se preko 1000 različitih vrsta komunikacionih protokola, a u globalnoj računarskoj mreži - Internetu, komunikaciju podržava preko 100 različitih vrsta protokola.

U ovoj knjizi opisani su protokoli navedenih mreža. Svakako veliki značaj, u globalnim komunikacijama ima Internet sa kojim su povezane gotovo sve prethodno navedene telekomunikacione mreže. U suštini za svetske komunikacije Internet ima mnogo veći značaj od bilo koje druge pojedinačne računarske mreže. Primene u praksi čine Internet "tržištem informacija", podrškom "istraživačkim delatnostima" i "poslovnim aktivnostima". Postoji puno različitih definicija Interneta, na primer, da Internet predstavlja: "mrežu svih mreža", "informacioni autoput", "globalni kovčeg sa blagom" i drugih. U tehničkom smislu najznačajnija karakteristika Interneta je da omogućava povezivanje i pristup iz svih poredhodno navedenih telekomunikacionih mreža.

Fenomen Interneta se može razumeti ako se ima u vidu da je na njemu "instaliran" svetski informacioni system WWW - World Wide Web, kao i to da su sa Internetom povezane praktično sve prethodno navedene telekomunikacione mreže.

Komunikacija unutar pomenutih tipova telekomunikacionih mreža, kao i preko Interneta je izuzetno složena. Sa povećanjem broja umreženih računara, mobilnih i stacionarnih telefona (analognih, digitalnih), multimedijalnih terminala, međusobno ali i sa Internetom povezanih različitih tipova telekomunikacionih mreža, povećava se broj novorazvijenih veoma složenih protokola. Uvođenjem standarda za komunikaciju, po logički jasno definisanim slojevima OSI arhitekture,

omogućeno je kombinovanje hardvera i softvera od različitih proizvođača, što je sve zajedno dovelo do pada cena opreme i softvera za umrežavanje ogromnog broja korisnika, kao i do povećanja kvaliteta usluga digitalnih mreža.

Komunikacioni protokoli digitalnih mreža, koji su opisani u ovoj knjizi, omogućavaju jednostavan pristup Internetu iz bilo koje digitalne mreže. Faktori koji takođe utiču na povećanje broja korisnika Interneta odnosno WWW svetskog informacionog sistema su:

– *Univerzalni pristup*. Veliki broj kompanija ("provajdera") širom sveta nude "on line" žični ili bežični pristup Internetu sa bilo koje lokacije gde postoji telefonska linija odnosno priključak na bilo koju mrežu, stacionarnu ili mobilnu;

– „*Prijateljski raspoloživi*“ softver, koji podržava pristup Internetu odnosno WWW-u. Razvoj softverskih tehnologija omogućio je jednostavne komande, ranije znane samo kompjuterskim ekspertima, sa „prijateljski“ raspoloživim, prostim, "na ikonama" zasnovanim komandama, koje su razumljive i pojedincima, koji nemaju posebna znanja iz oblasti informacionih tehnologija;

– *Niski troškovi pristupa*. Stalno smanjivanje troškova pristupa Internetu;

– *Lako korišćenje*. Korišćenje Interneta od strane pojedinaca i kompanija za obavljanje poslovnih transakcija sve je češće zbog brzine i malih troškova;

– *Prestiz korisnika*. Veliki broj kompanija i pojedinaca iz razloga što ne smeju sebi dozvoliti tehnološko zaostajanje u odnosu na konkurenciju, pojavljuju se, odnosno prisutni su na Internetu, a svakako i zbog reklamiranja svojih proizvoda ili usluga;

– *Korisnici*. Neprestano povećanje broja korisnika Interneta, broja „provajdera“ i broja kompanija, koje posluju putem Interneta.

Internet je globalna računarska i telekomunikaciona mreža, koja se sastoji od hiljada međusobno povezanih različitih digitalnih mreža, a te mreže za međusobno komuniciranje koriste veoma brojne skup protokola. Analogne mreže ne koriste komunikacione protokole.

Komunikacioni protokoli, a ima ih u upotrebi preko hiljadu, omogućavaju univerzalnost povezivanja računara i komunikacionih terminala različitih arhitektura i nezavisnost komunikacije od tehnologije

mrežnog povezivanja različitih digitalnih mreža, međusobno i sa Internetom. Tim i takvim protokolima posvećena je knjiga o protokolima digitalnih telekomunikacionih mreža.

Materija o protokolima digitalnih mreža, u ovoj knjizi, izložena je u 14 tematskih celina, odnosno poglavlja, pri čemu je svako poglavlje posvećeno protokolima konkretnih digitalnih mreža, uključujući Internet.

1. OPŠTE KARAKTERISTIKE KOMUNIKACIONIH PROTOKOLA

1.1 Definicije protokola

Pod komunikacionim protokolom (engl. *Communication Protocol*) se podrazumeva skup dogovorom utvrđenih pravila po kojima se obavlja komunikacija porukama (podaci, tekst, grafika, govor, mirna slika, audio signali, video slika itd.) između određenih *entiteta* različitih *sistema*. U ovom slučaju termini *entitet* i *sistem* imaju opšte značenje.

Entitet predstavlja objekt sposoban za slanje i prijem poruka. Na primer, to može biti aplikativni program korisnika, funkcije službe elektronske pošte, baza podataka, usluge telemedicine i drugo.

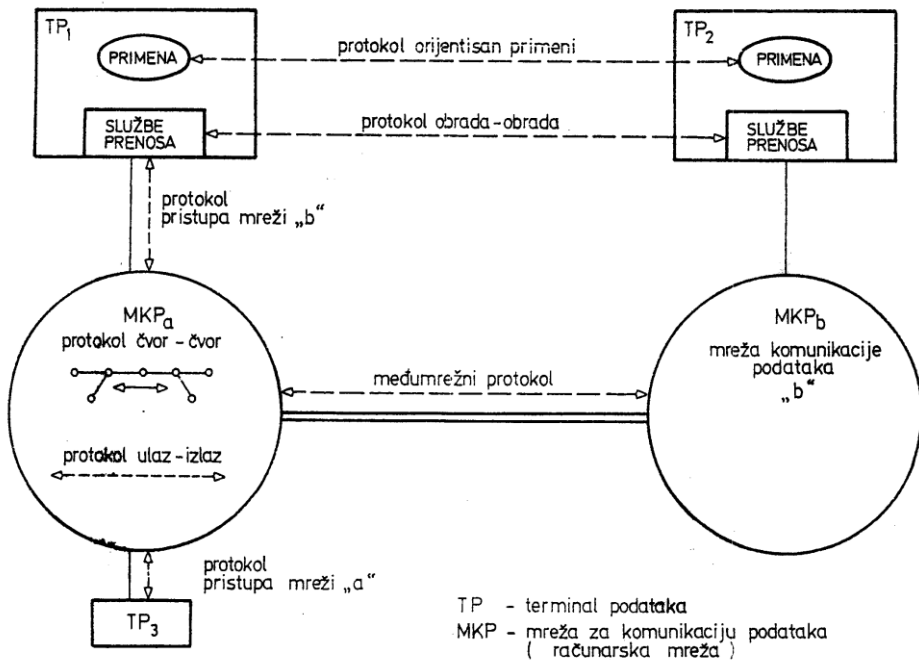
Sistem je fizički izdvojen objekat, koji obuhvata jedan ili više entiteta kao što su, na primer, multimedijalne radne stanice, računari, terminali, udaljene baze podataka, mobilni telefoni itd.

U određenim slučajevima entitet može da se podudara sa sistemom u kome se nalazi. Dva entiteta mogu međusobno da komuniciraju samo pod uslovom *da međusobnu komunikaciju* obavljaju koristeći *obostrano prepoznatljive oblike i forme*. Drugim rečima, mora postojati međusobno prihvaćena konvencija, koja određuje šta treba preneti i kako to uraditi. Ta *konvencija se naziva protokolom*. Protokol se može definisati kao konvencija ili dogovor o tome šta treba preneti, kada i kako ostvariti prenos određene vrste poruke (govor, štampani ili pisani tekst, grafika, mirna slika, video slika, podaci, audio signali itd.).

Osnovne karakteristike svakog komunikacionog protokola (u daljem tekstu: protokol) sačinjavaju njegova *sintaksa, semantika i sinhronizacija*. *Semantikom protokola* se definišu formati poruka, kodovi i nivoi signala. *Sintaksa obuhvata* upravljačke informacije kojima se upravlja komunikacijom i omogućava detekcija i korekcija grešaka nastalih prilikom prenosa signala preko kanala veza. *Sinhronizaciju* predstavljaju oni elementi protokola kojima se ostvaruje prilagođenje po brzini i definiše redosled prosleđivanja sadržaja poruke prilikom komunikacije.

1.2 Vrste protokola

U telekomunikacionim mrežama (telefonske, računarske, multi-servisne, mobilne, multimedijalne, mreže određenih službi, senzorske mreže, kognitivne mreže itd.) primenjuju se različite vrste protokola. Opšti prikaz mogućih vrsta protokola primenjenih u telekomunikacijama posebno u mrežama za prenos podataka, prikazan je na slici 1.1. Veoma su brojne različite primene protokola.



Slika 1.1 - Opšti prikaz mogućih vrsta protokola u mrežama za prenos podataka

Postoje protokoli orjentisani primeni, koji podržavaju komunikaciju između dve primene u dva računara ili terminala za prenos podataka (TP₁, TP₂). Komunikaciju između obrada podržavaju protokoli obrada-obrađa. Komunikaciju preko mreže za prenos podataka, računari ostvaruju korišćenjem protokola pristupa mreži. U računarskim mrežama postoje protokoli, koji omogućavaju komunikaciju čvor-čvor, kao i protokoli ulaz-izlaz. Komunikacija između povezanih mreža obezbeđuje se međumrežnim protokolom.

Protokoli se međusobno razlikuju i razvrstavaju prema obliku poruke koju u sebi sadrže. Teorijski gledano u komunikacionim protokolima su moguća tri osnovna oblika poruke: karakter orjentisana poruka, bitski orjentisana poruka i poruka mešovitoj sadržaja. Format protokola sa karakter orjentisanim sadržajem ima sledeći oblik:

SYN SYN SOH zaglavlje STX podaci/tekst ETX BCC,

gde je:

- SYN - karakter koji omogućava sinhronizaciju prijemnog uređaja,
- SOH - karakter koji označava početak zaglavlja,
- STX - karakter koji označava početak teksta/podataka,
- ETX - karakter koji označava kraj teksta,
- BCC - karakter kojim se ispituje sadržaj blok poruke koji počinje sa SOH, a završava se sa ETX.

Format protokola bitski orjentisane poruke ima sledeći oblik:

F A C podaci/tekst BCC F

gde je:

- F - karakter kojim se "omeđuje" okvir ili ram poruke,
- A - adresno polje,
- C - upravljačko polje.

Format protokola sa mešanim sadržajem (bitske sekvence i karakter kodovani podaci/tekst) ima sledeći oblik:

SYN SYN SOH zaglavlje BCCI podaci/tekst BCC2

Zadržaćemo se detaljnije na sadržaju formata protokola sa osnovnim oblicima poruka i njihovoj primeni u prenosu poruka. U ovom razmatranju, pod porukom u karakter orijentisanom protokolu, se podrazumeva niz karaktera poređanih po određenoj konvenciji u svrhu obezbeđenja prenosa podataka od izvora (predajnika) do jednog ili više korisnika (prijemnika). Osnovni oblik formata protokola sa karakter orjentisanim tekstom/podacima prikazan je na slici 1.2.



Slika 1.2 - Osnovni oblik poruke

Poruka sadrži zaglavlje, informaciono polje (podaci/tekst) i komunikaciono-komandne karaktere SOH, STX i BCC. Zaglavlje predstavlja niz karaktera, koji omogućavaju da se informacija (u vidu podataka ili teksta) uspešno prenese preko mreže. Zaglavlje sadrži karaktere koji označavaju odredište (adresa prijemnika), prioritet, redni broj poruke, adresu izvora (predajnika) i druge elemente od značaja za uspešan prenos. Korisnik ne može da menja organizaciju zaglavlja ali u proceduri otpreme unosi elemente, koji su nužni za formiranje njegovog sadržaja (adrese, redni brojevi, prioritet itd.). Podaci ili tekst prenose se u kontinuitetu kao jedinstven skup karaktera tj. bez prekida. Komandni odnosno upravljački karakteri razdvajaju pojedine poruke.

U formatu poruke (slika 1.2) prvi karakter je polje SOH (engl. *Start of Hending SOH*). Ono označava početak poruke odnosno početak zaglavlja. Analiza zaglavlja u prijemniku započinje tek kada on prepozna karakter SOH. U prijemniku ovaj karakter se detektuje nakon prijema određenog broja sinhronizacionih SYN karaktera. U zavisnosti od funkcija protokola, odnosno njegove primene, postoje razlike u sadržaju zaglavlja.

Kraj zaglavlja i početak informacionog sadržaja (podaci, tekst) označava karakter STX koji značava početak teksta (engl. *Start of Text*). Veličina polja za prenos podataka ili teksta nije po pravilu standardizovana već varira zavisno od tipa protokola i njegove namene u mreži.

Kraj teksta označava se karakterom ETX - kraj teksta (engl. *End of Text*). Iza ovog karaktera sledi zaštitni karakter poruke označen sa BCC - "kontrolni karakter bloka" (engl. *Block Cheak Character*). Postupak izračunavanja sadržaja ovog karaktera definiše se u skladu sa primenjenom metodom zaštite. To može biti izračunavanje parnosti svih karaktera, koji slede neposredno iza SOH karaktera, zaključno sa ETX karakterom. Broj karaktera BCC (jedan, dva ili više) takođe zavisi od odabrane metode zaštite sadržaja.

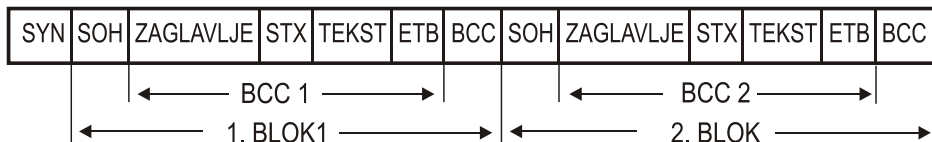
Kod bitski orijentisanih protokola karakter SYN omeđuje ili obeležava početak i kraj poruke pa se naziva međom, a u literaturi na engleskom jeziku se naziva "zastavicom" F (engl. *Flag*), a označava se sa F. Karakter F u nekim standardnim protokolima čini kombinacija bita oblika 01111110. Ovakva kombinacija bita se nikada ne sme pojaviti u podacima odnosno u informacionom i kontrolno-upravljačkom delu poruke. Drugim rečima, u podacima se nikada ne sme pojaviti šest ili više uzastopnih jedinica. Da se to ne bi dogodilo pre otpreme podataka/teksta u otpremnom uređaju analizira se bitski sadržaj, a nakon detektovanih pet uzastopnih "jedinica" automatski se ubacuje "nula". U prijemnom uređaju nakon detektovanih pet "jedinica" i bita "nula", bit "nula" se briše.

U bitski orjentisanom protokolu određuje se broj polja odnosno karaktera A (adresno polje) kao i polja C (upravljačko polje). Protokolom se takođe definiše i to da li se koristi više od jednog karaktera A (jedna ili više adresa) i C (jedna ili više upravljačkih komandi). Kod bitski orijentisanih protokola BCC takođe predstavlja karakter, kojim se obezbeđuje zaštita od grešaka u prenosu podataka. Njime se omogućava detekcija ili korekcija grešaka nastalih u prenosu, počev od zaglavlja (karakter: A, C) zaključno sa podacima odnosno informacionim sadržajem.

Kod protokola koji omogućavaju prenos mešovitog sadržaja (bitski i karakter orijentisan) sinhronizacioni karakter SYN i karakter SOH imaju isto značenje, kao u karakter orijentisanim protokolima. Razlika je u tome što se kod protokola mešanog sadržaja u zaglavlju, pored adresa, rednog broja otpremljene poruke, rednog broja potvrđene ispravno primljene poruke, nalazi podatak o dužini informacionog sadržaja (broj karaktera ili broj podblokova). Otuda je potreba da se posebno obezbedi zaštita zaglavlja krišćenjem karaktera BCC (slika 1.3). Umesto ovakvog načina zaštite, kod nekih specifičnih protokola, koristi se metoda višestrukog ponavljanja zaglavlja. Na prijemu se ispravan karakter određuje većinskim odlučivanjem. Na primer, ako se karakter zaglavlja ponavlja devet puta, ispravnim se smatra onaj karakter koji je detektovan šest puta. U zaglavlju, kod nekih protokola, se nalazi podatak kojim se označava veličina informacionog sadržaja. Kod takvih protokola ne postoji karakter kojim se označava kraj podataka/teksta ili kraj rama. Sama poruka u sopstvenom zaglavlju nosi informaciju o svojoj dužini (broj karaktera, broj podblokova, broj bajtova itd.).

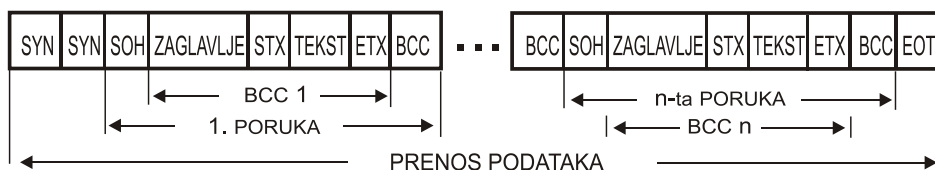
Ako se zahteva prenos relativno dugih poruka, problem efikasne zaštite od grešaka nastalih prilikom prenosa se rešava tako što se poruka

rastavlja na nekoliko blokova. Primer poruke rastavljene na dva bloka prikazan je na slici 1.3.



Slika 1.3 - Rastavljanje jedne poruke na dva bloka

Svaki blok počinje karakterom SOH i ima sopstvano zaglavlje. Karakter STX u ovom slučaju označava početak bloka, a karakter ETB (engl. *End of Transmission Block*) označava kraj bloka. Svaki blok poseduje svoj BCC koji omogućava detekciju grešaka nastalih u prenosu odnosno zaštitu podataka koji se prenose kroz određenu mrežu. U jednoj seansi prenosa (otprema i prijem podataka) može se otpremiti jedna ili više poruka, kako je to prikazano na slici 1.4.



Slika 1.4 - Organizacija prenosa podataka sa više poruka

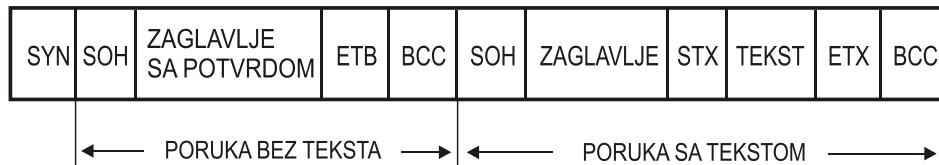
Nedostatak ovakvog načina prenosa je u tome što nema mogućnosti da se ponovi prenos nekog bloka, ako bi prilikom prenosa na kanalu veze došlo do grešaka.

U mrežama za prenos podataka gde se može obezbediti dupleksna veza, postoji mogućnost prenosa signala potvrde ispravnosti prijema. Razlika između informacionog bloka poruke i bloka za potvrdu prijema vidi se iz sadržaja zaglavlja. To znači da u prenosu podataka mogu postojati poruke sa informacionim sadržajem i poruke bez podataka (informacija). Primer takvih poruka prikazan je na slici 1.5.

U poruci bez informacije (podaci/tekst) odmah iza zaglavlja sledi karakter ETB, a potom odgovarajući BCC karakter.

Preko mreža za prenos podataka, koje koriste kanale telefonskog tipa, obično se poruke ili blokovi ne prenose (jedna za drugom) bez prethodne potvrde prijema. Posle svake otpremljene poruke čeka se da

prijemna strana potvrdi prijem, pa se tek onda nastavlja se otpremom nove poruke.



Slika 1.5 - Poruke sa tekstom i bez teksta

U dosadašnjem razmatranju pretpostavljeno je da informacioni deo poruke čine alfanumerički karakteri kodovani određenim izvornim kodom. Svi ti karakteri u suštini predstavljaju tekstualnu poruku ili podatke. Ima slučajeva kada se javlja potreba za mešanjem alfanumeričkih karaktera sa binarnim podacima unutar jedne iste poruke. Za take slučajeve koriste se protokoli, čiji format ima strukturu (sadržaj polja određene namene) koja je prikazana na slici 1.6.



Slika 1.6 - Format protokola sa mešanim binarnim sadržajem i alfanumeričkim tekstom

U takvim protokolima delovi alfanumeričkog teksta moraju, na pogodan način, biti razdvojeni od binarnih podataka, tako da prijemni uređaj (računar ili terminal) može te delove lako da identifikuje i posebno obrađuje.

Jedan od načina da se ova funkcija obezbedi predstavlja korišćenje karaktera GS (engl. *Group Separator*) i FS (engl. *File Separator*). Karakter GS se postavlja ispred binarnog dela poruke, a FS na čelo alfanumeričkih podataka. Protokolom se definiše osiguranje grupe binarnog sadržaja. S obzirom na to da nije moguće predvideti sadržaj binarnih karaktera odnosno binarnog dela poruke, moguće je da pojedini binarni karakteri imaju isti bitski sadržaj kao i kontrolni karakteri. Zbog toga se protokolom pedviđa korišćenje posebnog formata binarnih karaktera. Problem se može rešiti tako što se svaki binarni karakter koduje sa šest bita proizvoljnog bitskog sadržaja ali sedmi bit mora imati