

ARHITEKTURA RAČUNARSKIH MREŽA I PRISTUP MREŽAMA

PREGLED POGLAVLJA

Topologije mreža 26

Topologija magistrale
Topologija zvezde
Kombinovana topologija zvezde
i magistrale
Hijerarhijska topologija zvezde
Topologija prstena
Topologija rešetke
Bežična topologija

Osnove kabliranja 31

Vrste kablova

Protokoli sloja veze podataka 39

Ethernet
Osnove Token Ringa
Osnove interfejsa FDDI

Sažetak 51

Dodatni izvori informacija 52

Ovo poglavlje pokriva osnove mrežnih topologija, kabliranja i protokola sloja veze podataka. Topologija mreže, signali i kabliranje tri su komponente koje čine fizički sloj OSI modela. Fizički sloj leži na dnu OSI modela i služi za definisanje osobina elemenata mrežnog hardvera, na primer, osobina signala koji se koristi za prenos binarnih podataka preko žice. Takođe, on definiše tipove mrežnih kartica koje se moraju koristiti u svim računarima priključenim na mrežu, kao i vrstu razvodnika. Ostale mogućnosti fizičkog sloja obuhvataju primenu raznih vrsta bakarnih ili optičkih kablova i više različitih bežičnih rešenja. U lokalnoj mreži (LAN), specifikacije fizičkog sloja su u direktnoj vezi s protokolom sloja veze podataka. To znači da, kada izaberete protokol sloja veze podataka, morate koristiti jednu od specifikacija fizičkog sloja koje odgovaraju tom protokolu.

Protokol sloja veze podataka opisuje kanal između mrežnih delova hardvera računara i pripadajući mrežni softver. Protokol sloja veze podataka za koji se odlučite prilikom projektovanja lokalne mreže najviše utiče na izbor hardvera za realizaciju mreže i na

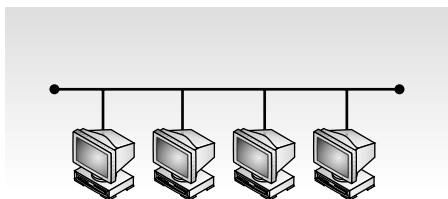
način njegovog instaliranja. Trenutno je Ethernet najpopularniji protokol za sloj veze podataka u lokalnim mrežama. Token ring i Fiber Distributed Data Interface (FDDI) takođe su protokoli sloja veze podataka za lokalne mreže. Ovo poglavlje počinje objašnjenjem komponente fizičkog sloja – topologije mreže.

Topologije mreža

Pojam „topologija“ odnosi se na način povezivanja računara i ostalih uređaja u mreži. Vrsta kabla koju koristite u mreži određuje njenu topologiju. Pri realizaciji mreže ne možete upotrebiti određenu vrstu kabla za bilo koju topologiju. Za svaku vrstu kabla postoji odgovarajuća topologija. Tri osnovne topologije lokalnih mreža jesu magistrala, zvezda i prsten. Ovde je objašnjeno sedam topologija: magistrala, zvezda, zvezda–magistrala, hijerarhijska topologija zvezde, prsten, rešetka i bežična topologija.

TOPOLOGIJA MAGISTRALNE

Kada u mreži primenite topologiju magistralne, računari i ostali uređaji povezani su u jednu liniju, svako sa svojim susedima. Ova konfiguracija se naziva „daisy chain“ (u bukvalnom prevodu, venčić od belih rada). Da bi svi signali koje generiše sistem stigli na svoje odredište, prenose se magistralom u oba smera ka svim ostalim sistemima. Topologija magistralne uvek ima dva otvorena kraja, kao što je prikazano na slici 2.1. Oba kraja magistralne moraju se zatvoriti otpornicima da bi se izbegla refleksija signala u suprotnom smeru koja izaziva interferenciju s novim signalima koji se prenose. Nepostojanje završetaka na jednom ili na oba kraja magistralne onemogućava ispravan rad mreže.

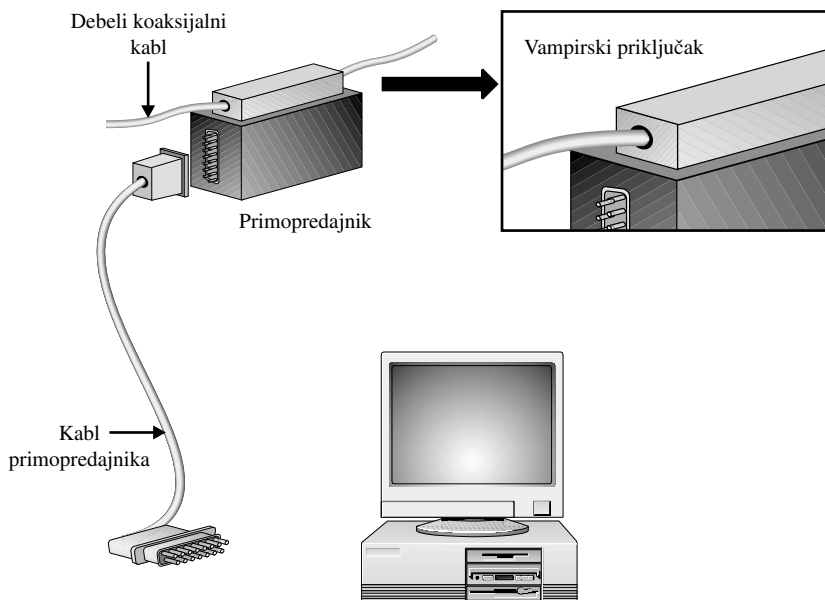


SLIKA 2.1 Topologija magistralne

Topologija magistralne postoji u dva oblika: tanki i debeli Ethernet. Mreže s debelim Ethernetom koriste jedan dugačak koaksijalni kabl. Umreženi računari su povezani na taj kabl pomoću manjih, pojedinačnih kratkih kablova, koji se zovu interfejs priključnih jedinica (engl. *Attachment Unit Interface*, AUI, poznati i pod nazivom kablovi primopredajnika). Mreže s tankim Ethernetom koriste tanje koaksijalne kablove, isečene na parčad različitih dužina. Svako parče kabla povezuje računar sa susednim računarom.

Svaki računar u mreži ima primopredajnik koji je zadužen i za prijem i za predaju podataka na mrežni kabl. Izuzev debelog Etherneteta, kod ostalih standarda fizičkog sloja za Ethernet, primopredajnici su ugrađeni u mrežnu karticu. Debeli Ethernet je jedini oblik

Ethernet mreža koji koristi interfejs različit od mrežnih kartica. U njegovom slučaju, primopredajnici se na koaksijalni kabl povezuju pomoću vampirskog priključka. Primopredajnik se povezuje na mrežnu karticu računara pomoću AUI kabla. Pogledajte sliku 2.2.



SLIKA 2.2 Vampirski priključak/primopredajnik koristi se za priključivanje AUI kabla na debeli Ethernet

Topologija magistrale ima jednu ozbiljnu manu. Kvar na bilo kojem delu kabla, neispravan završetak kabla ili neispravan konektor, može da izazove pad čitave mreže. Neki od ovih kvarova mogu prelomiti mrežu na dva dela, sprečavajući komunikaciju sistema sa suprotnih strana. Štaviše, ako neka neispravna komponenta izazove prekid mreže na dva dela, oba dela mreže postaju nezavršena, što izaziva refleksiju signala, koja ozbiljno ugrožava komunikaciju.

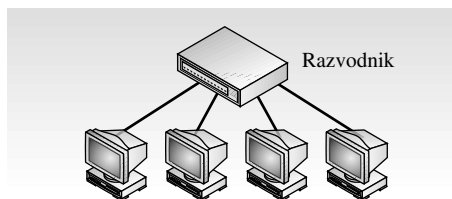
TOPOLOGIJA ZVEZDE

Topologija zvezde koristi centralni uređaj za povezivanje, koji se zove razvodnik (engl. *hub*), odnosno koncentrator. Svaki računar je na razvodnik povezan zasebnim kablom, kao što je prikazano na slici 2.3. Topologija zvezde koristi kabl sa upredenim paricama, kao što su 10BaseT i 100BaseT. Većina Ethernet lokalnih mreža i mnoge lokalne mreže koje koriste ostale protokole imaju zvezdastu topologiju.

Iako je svaki računar povezan na razvodnik pomoću zasebnog kabla, razvodnik propušta sve signale koji ulaze kroz jedan priključak, na sve ostale priključke. Zbog toga, svi signali koje odašilje jedan računar na mreži, stižu do svih ostalih računara u mreži.

Pošto je svakom računaru dodeljen po jedan priključak razvodnika, topologija zvezde je otpornija na kvarove od topologije magistrale – prekid jednog kabla ne utiče na ostatak

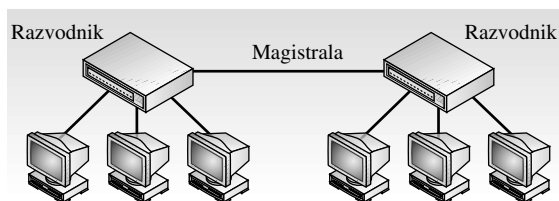
mreže. S mrežom nije povezan samo onaj računar čiji je kabl (ka razvodniku) prekinut. U topologiji zvezde mora obavezno postojati dodatni uređaj – razvodnik – i to je mana ove topologije. Ako razvodnik otkáže, cela mreža će biti prekinuta.



SLIKA 2.3 Topologija zvezde

KOMBINOVANA TOPOLOGIJA ZVEZDE I MAGISTRALE

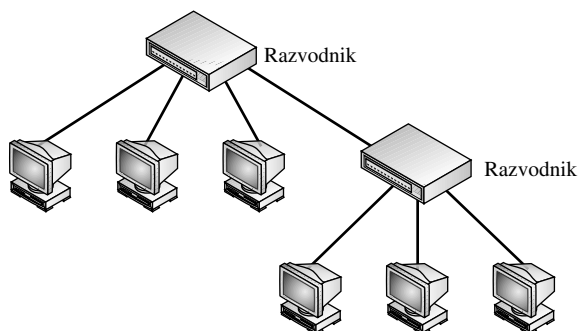
Topologija zvezda–magistrala je način za proširenje lokalne mreže koja ima topologiju zvezde. Lokalnu mrežu možete proširiti tako što ćete više zvezdastih mreža povezati zasebnim magistralama koje spajaju njihove razvodnike (slika 2.4). Svaki razvodnik prenosi ulazni saobraćaj na priključak magistrale i na ostale priključke zvezde, tako da svi računari lokalne mreže mogu međusobno komunicirati. Ova topologija je prvobitno projektovana za proširenje 10BaseT Ethernet mreža. Danas se retko koristi, zbog degradacije performansi mreže koja nastaje zbog sporosti mreža s koaksijalnom magistralom.



SLIKA 2.4 Topologija zvezda–magistrala

HIJERARHIJSKA TOPOLOGIJA ZVEZDE

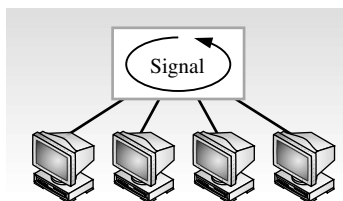
Kada zvezdastu mrežu treba proširiti van granica kapaciteta postojećeg razvodnika, primenićete hijerarhijsku topologiju zvezde (poznata je i kao mreža razgranatog stabla), kao što je prikazano na slici 2.5. Da bi se zvezdasta mreža proširila, treba povezati postojeći razvodnik na nov razvodnik. Za to se koristi standardni kabl, priključen u poseban priključak, koji se zove „veza naviše“ (engl. *uplink*) i namenjen je samo za tu svrhu. Saobraćaj koji ulazi u bilo koji razvodnik, prenosi se na drugi razvodnik i na sve priključene računare. Protokol koji se koristi u lokalnoj mreži određuje broj razvodnika. Na primer, brzi Ethernet obično podržava samo dva razvodnika.



SLIKA 2.5 Hijerarhijska topologija zvezde

TOPOLOGIJA PRSTENA

Topologija prstena liči na topologiju magistrale po tome što je svaki računar povezan sa susednim. Međutim, umesto da postoje dva kraja sa završecima, krajevi su spojeni i čine prsten (slika 2.6). Zbog ove veze, signali putuju od jednog računara do sledećeg, ukrug, vraćajući se do početne tačke. U većini slučajeva, topologija prstena je čisto logička, a ne fizička konstrukcija, jer se u topologiji prstena kablovi povezuju na razvodnik i u stvari imaju oblik zvezde. U zvezdastoj topologiji može se koristiti više vrsta kablova. FDDI mreže mogu koristiti topologiju zvezde sa optičkim kablom, dok token ring mreže koriste kablove sa upredenim paricama.



SLIKA 2.6 Topologija prstena

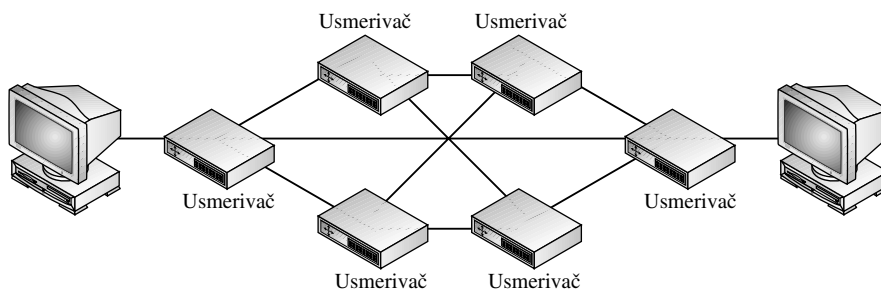
Token ring mreže koriste posebnu vrstu razvodnika, koja se zove pristupna jedinica za više stanica (engl. *Multistation Access Unit*, MAU). MAU prima sve ulazne signale kroz jedan priključak i prosleđuje ih na ostale priključke, kružnim redosledom. Ovo se ne izvodi istovremeno, kao kod Ethernet razvodnika, već jedno po jedno. Na primer, kada računar koji je povezan na 7. priključak pristupne jedinice sa 16 priključaka, pošalje paket podataka, on se prosleđuje samo na 8. priključak. Kada računar povezan na 8. priključak primi paket, on ga odmah vraća ka MAU razvodniku, koji paket šalje na 9. priključak i tako redom. MAU nastavlja ovaj postupak sve dok ne prenese paket svim računarima koji su povezani na prsten. Kada računar koji je inicijalno poslao paket (u ovom primeru, računar na priključku br. 7), primi paket nazad, ima obavezu da skine taj paket s prstena.

Dizajn ove topologije omogućava da mreža funkcioniše čak i kada otkáže kabl ili konektor, jer MAU sadži posebna kola koja iz prstena isključuju neispravnu radnu stanicu. MAU zadržava logičku topologiju, pa mreža iz koje je isključena neispravna radna stanica nastavlja rad.

TOPOLOGIJA REŠETKE

Korišćenje rešetkaste topologije u lokalnoj mreži je, najblaže rečeno, nepraktično. Svaki računar ima po jednu jednonamensku vezu ka svakom od ostalih računara vezanih u rešetkastu lokalnu mrežu. Ova topologija ima smisla samo u mreži s dva čvora. Rešetkasta mreža s tri ili više računara zahtevala bi zasebnu mrežnu karticu za svaku vezu ka ostalim računarima. Na primer, u rešetkastoj mreži sa sedam čvorova, svaki računar bi morao imati šest mrežnih kartica. Iako je ova topologija nepraktična za lokalne mreže, ona daje odličnu otpornost na greške. Kada neka veza otkáže, samo jedan računar ispada iz mreže i to je najveća šteta.

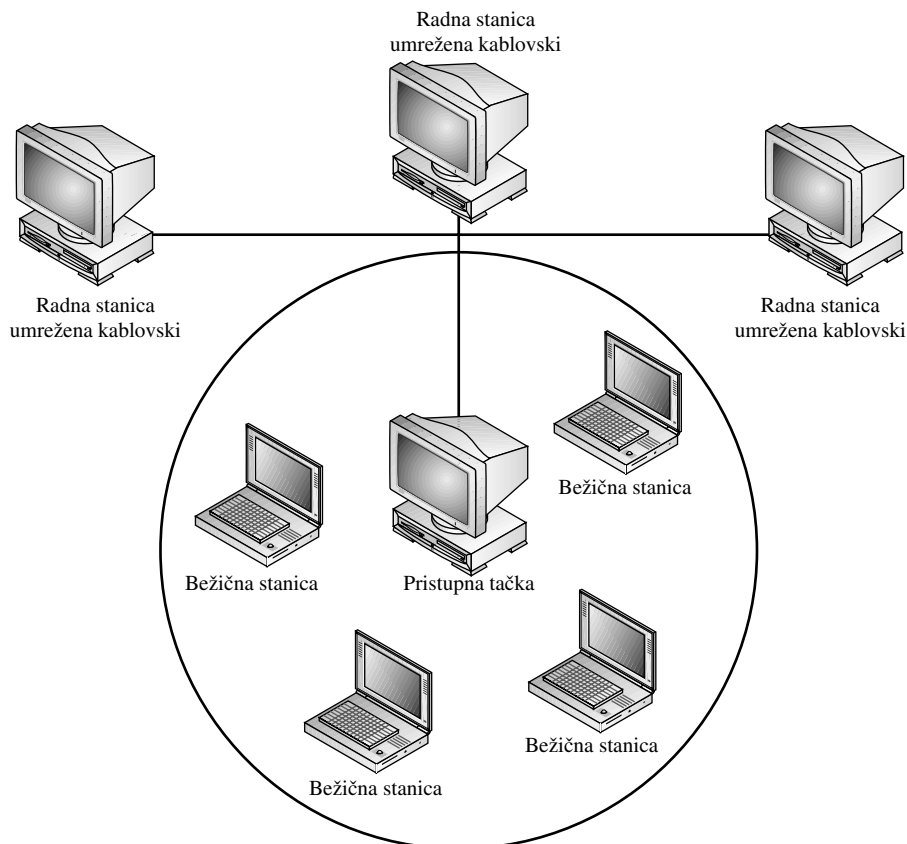
Rešetkasta topologija se obično koristi za povezivanje mreža. Ona povezuje lokacije pomoću više putanja, što omogućava korišćenje redundantnih usmerivača (slika 2.7). Topologija rešetke je uobičajena u velikim mrežama, jer toleriše moguće kvarove, kao što su prekid kabla ili otkazi razvodnika ili usmerivača.



SLIKA 2.7 Rešetkasta topologija

BEŽIČNA TOPOLOGIJA

Iako se reč topologija obično odnosi na raspored kablova u mreži, to nije jedino značenje. Bežične mreže kao medijum koriste etar, odnosno informacije se prenose radio-talasima ili svetlosnim talasima. Postoje dve osnovne bežične topologije: infrastrukturna topologija i ad hoc topologija. Infrastrukturna mreža se sastoji od računara opremljenih bežičnim primopredajnicima (zovu se pristupne tačke mreže), koji su sami povezani na mrežu standardnim kablovima (slika 2.8). U ovoj topologiji, računari ne komuniciraju međusobno, već posredstvom kablovske mreže, preko bežičnih primopredajnika. Ova topologija najviše odgovara velikim mrežama sa samo nekoliko bežičnih računara koji ne moraju komunicirati sa ostalim računarima. Primer je trgovački putnik s prenosivim računarom. Takvim korisnicima obično nije neophodna komunikacija sa ostalim radnim stanicama u mreži, već bežičnu vezu koriste za pristup serverima i resursima mreže.



SLIKA 2.8 Bežična topologija

Ad hoc topologija se sastoji od grupe računara opremljenih bežičnim mrežnim karticama koji su sposobni da komuniciraju međusobno. Mana obe bežične topologije jeste to što računari moraju ostati unutar dometa bežične topologije. Ova topologija najviše odgovara malim kancelarijskim mrežama gde se ne isplati ili gde nije moguće polagati kablove.

Osnove kabliranja

Zbog teškoća izazvanih neusaglašenosti mrežnih proizvoda različitih proizvođača, koje su postojale u ranim danima umrežavanja, javila se potreba za standardnim kablovima koji zasigurno podržavaju više različitih mrežnih tehnologija. Ovom izazovu su odgovorile tri organizacije: Američki nacionalni institut za standarde (engl. *American National Standards Institute*, ANSI), Udruženje elektronske industrije (engl. *Electronic Industry Association*, EIA) i Udruženje telekomunikacione industrije (*Telecommunications Industry Association*, TIA). Zajedno s timom telekomunikacionih kompanija, razvili su standard

ANSI/EIA/TIA-568-1991 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard (standard za telekomunikaciono kabliranje u javnim građevinama). Posle više pretrađivanja, dokument je preimenovan u ANSI/TIA/EIA-568-A, a najnovija revizija je izvršena marta 2002. godine (ANSI/TIA/EIA-568-B). Standard 568 definiše specifikacije kabliranja koje se koriste u SAD. Postoji zaseban standard koji definiše specifikacije kabliranja za Evropu. Zasnovan je na standardu 568. Razvila ga je Međunarodna organizacija za standardizaciju (engl. *International Standardization Organization*, ISO) i zove se ISO 11801 1995.

Standard 568 definiše kablove za sisteme prenosa govora i podataka, koji podržavaju proizvode velikog broja tehnologija i traju barem deset godina. Konkretno, standard definiše specifikacije za instaliranje kablova u zgradama, elemente topologija i specifikacije dužina kablovskih segmenata, specifikacije kablovskih konektora, karakteristike kablova i kriterijume koji određuju nivo performansi za svaku vrstu kabla. Ovde su objašnjene sledeće vrste kablova:

- monomodno optičko vlakno
- višemodno optičko vlakno
- neoklopljene upredene parice (UTP)
- oklopljene upredene parice (STP)

Sledeće dodatne standarde treba da poznaju i naručilac i izvođač radova:

- **TIA/EIA-569** Standard za telekomunikacionu infrastrukturu i prostorije u javnim građevinama.
- **TIA/EIA-606** Administrativni standard za telekomunikacionu infrastrukturu u javnim građevinama
- **TIA/EIA-607** Zahtevi za uzemljenje i povezivanje telekomunikacione infrastrukture u javnim građevinama

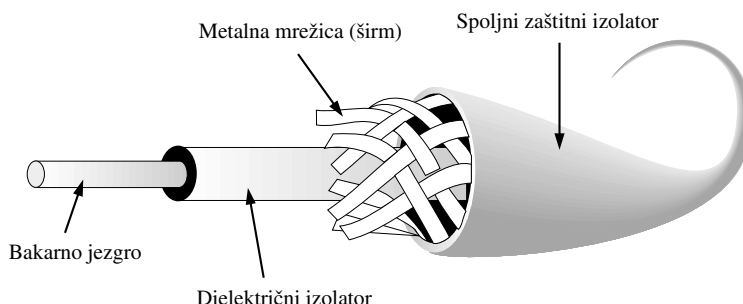
VRSTE KABLOVA

Kao što je ranije rečeno, protokoli sloja veze podataka odgovaraju određenim vrstama kablova. Ovi protokoli obuhvataju smernice poput maksimalne dužine segmenata kablova. Kada razmotrite koji je protokol najbolji za vašu mrežu, proučite podatke o vrsti kablova koji odgovaraju izabranom protokolu i proverite da li se oni mogu upotrebiti za ožičenje vaše mreže. Pri izboru treba imati u vidu cene kablova i potrebnih komponenta vezanih za kablove, kao što su mrežne kartice računara, konektori za kablove. Na kraju, razmislite o osoblju koje će postavljati kablove i komponente. Takođe, razmotrite koji kvalitet kabla zadovoljava vaše potrebe. Kablovi se svrstavaju u kategorije prema tome da li su oklopljeni ili nisu, po poprečnom preseku (debljini) žice itd. Kada se odlučite i za kvalitet kabla, morate nabaviti zidne utičnice, razvodne panoe i konektore iste kategorije kao i kablovi, da biste stvorili stabilno okruženje za rad mreže.

Postoje tri osnovne vrste kablova: koaksijalni kablovi, upredene parice i optička vlakna. Koaksijalni kablovi i kablovi sa upredenim paricama prenose električne signale i uglavnom se sastoje od bakarnih žica. Kablovi sa optičkim vlaknima prenose optičke signale i sastoje se od staklenih ili plastičnih vlakana.

Koaksijalni kabl

Koaksijalni kabl se tako zove jer se sastoji od dva kružna provodnika unutar omotača koji ih razdvaja, pri čemu svi imaju zajedničku centralnu osu (provodnici su koaksijalni). Većina dvožilnih kablova ima žice smeštene jedna pored druge, unutar izolatora koji ih razdvaja i štiti. Koaksijalni kabl je drugačiji. Koaksijalni kabl ima kružan presek, pri čemu je jedan provodnik unutar drugog (slika 2.9). Prvi provodnik se nalazi u sredini kabla i napravljen je od bakra. On prenosi električne signale. Bakarno jezgro može biti žica punog preseka ili licnasta žica (pletenica). Oko bakarnog jezgra je sloj dielektričnog penastog izolatora, koji jezgro štiti od drugog provodnika. Drugi provodnik je najčešće napravljen od bakarne mrežice (širm) i ponaša se kao uzemljenje kabla. Sve ovo je obuhvaćeno zaštitnim izolatorom od PVC-a ili teflona.



SLIKA 2.9 Koaksijalni kabl

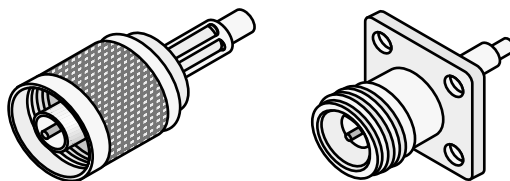
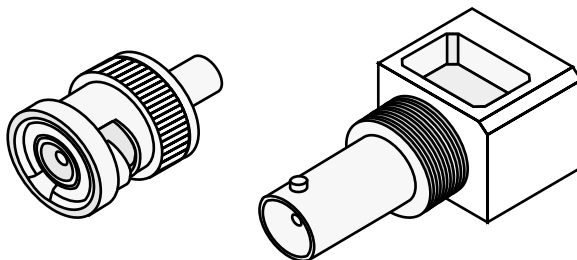
Ovde treba napomenuti da se spoljni zaštitni izolatori prave od različitih vrsta materijala, pa morate proveriti da li zaštitni izolator odabranog kabla odgovara sredini u koju se kablovi postavljaju. Na primer, ako će kabl prolaziti kroz dupli plafon (vazdušni prostor između ukrasnog i stvarnog plafona), zaštitni sloj kabla mora biti napravljen od materijala koji ne ispušta toksične gasove tokom sagorevanja. Kabl koji se postavlja u dupli plafon skuplji je od običnog kabla sa PVC zaštitnim slojem, ali to je cena koja se mora platiti kada kabl prolazi kroz vazdušni prostor zgrade.

U tabeli 2.1 date su vrste koaksijalnih kablova i njihove osobine. U mrežama se koriste dve vrste koaksijalnih kablova: RG-58, poznat kao tanki Ethernet (ili 10Base2), i RG-58, poznat kao debeli Ethernet (ili 10Base5). Oznake ovih kablova (10Base2 i 10Base5) kazuju da su ovi kablovi predviđeni za brzine do 10 Mb/s, da se prenos vrši u osnovnom opsegu i da je maksimalna dužina segmenata kablova približno 200, odnosno 500 metara.

TABELA 2.1 SPECIFIKACIJE KOAKSIJALNIH KABLOVA

	RG-8/U	RG-58/U ili RG-58A/U	RG-62A/U	RG-59/U
Prečnik kabla	0,405 inča	0,195 inča	0,242 inča	0,242 inča
Impedansa	50 oma	50 oma	93 oma	75 oma
Slabljenje (dB/100' na 100 MHz)	1,9	4,5	2,7	3,4
Koriste se konektori	N	BNC	BNC	F
Podržani protokoli	Debeli Ethernet	Tanki Ethernet	ARCnet	Kablovska TV

Obe pomenute vrste kablova koriste se za realizaciju topologije magistrale. Kao što vidite u tabeli, dva kabla se najviše razlikuju po debljini i vrsti konektora. RG-8 koristi N konektore (slika 2.10), a RG-58 koristi Neill-Concelmanov konektor s bajonetom (BNC, prikazan na slici 2.11).

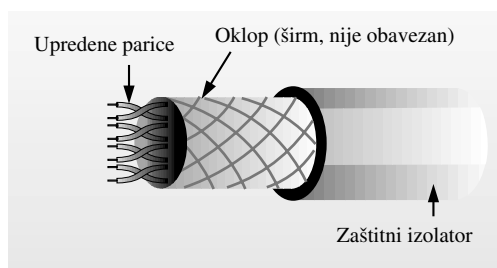
**SLIKA 2.10** N konektori koji se koriste za kabl RG-8 (debeli Ethernet)**SLIKA 2.11** BNC konektori koji se koriste za kabl RG-58 (tanki Ethernet)

Budući da su mogućnosti koaksijalnih kablova ograničene na brzine do 10 Mb/s, ispostavlja se da su oni neefikasni za prenos podataka – naročito u okruženju korporacijskih mreža. Iako ovi kablovi još uvek imaju mnoge namene, na primer za kablovsku televiziju, više nisu aktuelni za mrežni prenos podataka. Koaksijalni kabl nije podesan za većinu novih Ethernet mreža.

Kabl sa upredenim paricama

Trenutno se u lokalnim mrežama koje su ožičene zvezdastom topologijom najviše koristi kabl sa upredenim paricama. Postoje dve vrste kablova sa upredenim paricama:

neoklopljena upredena parica (engl. *Unshielded Twisted Pair*, UTP), koja se koristi u većini lokalnih mreža, i oklopljena upredena parica (engl. *Shielded Twisted Pair*, STP), koja se koristi u okruženjima gde se javlja elektromagnetna interferencija. Kabl sa upredenim paricama sadrži osam pojedinačno izolovanih bakarnih žica. Ovih osam žica je grupisno u četiri para, pri čemu su žice koje čine par upredene i označene bojama, prema standardu 568, kao što je prikazano u tabeli 2.2. Žice su različito upredene, odnosno upredene su s različitim korakom, da bi se ublažilo preslušavanje (interferencija koja potiče od njih samih) i interferencija koja potiče od spoljnih izvora. Ta četiri para žica obuhvaćena su zaštitnim omotačem. Na slici 2.12 prikazan je presek kabla sa upredenim paricama.



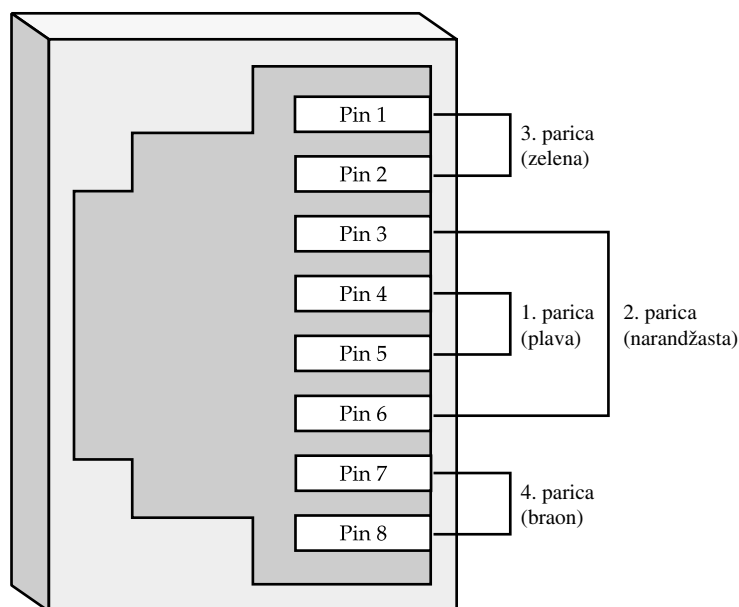
SLIKA 2.12 Kabl sa upredenim paricama

TABELA 2.2 OZNAČAVANJE UPREDENIH PARICA BOJAMA	
Parica	Boja
1. parica	Plava i bela s plavim trakama
2. parica	Narandžasta i bela s narandžastim trakama
3. parica	Zelena i bela sa zelenim trakama
4. parica	Braon i bela s braon trakama
Napomena: Žica obojena punom bojom prenosi signal, a bela žica sa obojenim trakama je uzemljenje.	

Konektor (modularni konektor RJ-45) na kabl sa upredenim paricama vrlo je sličan konektoru RJ-11, koji se već godinama koristi kao standardni konektor na telefonskim kablovima (RJ je akronim od „registered jack“, što znači preporučeni utikač). Razlika je u tome što konektor RJ-45 ima osam električnih kontakata (slika 2.13) umesto četiri ili šest, koliko ima konektor RJ-11. Standard TIA/EIA-568-A definiše raspored kontakata konektora RJ-45 za kabl sa upredenim paricama (slika 2.14).



SLIKA 2.13 Konektor RJ-45



SLIKA 2.14 Raspored kontakata za konektor kabla sa upredenim paricama, prema standardu 568-A

Upredene parice imaju prednosti nad koaksijalnim kablom. Pošto se kabl sa upredenim paricama već godinama koristi u telefonskoj industriji, brojni izvođači su ovladali postavljanjem takvih kablova. Korišćenje ovih kablova olakšava postavljanje telefonskih i mrežnih kablova. Upredene parice su savitljivije od koaksijalnih kablova pa se lakše postavljaju.

Neoklopljene upredene parice (UTP) Udruženja TIA i EIA razvila su standard TIA/EIA-568, koji definiše različite nivoe, odnosno različite kategorije UTP kablova. Što je viša kategorija kablova, to se brže i efikasnije prenose podaci. Kategorije se razlikuju po stepenu upredenosti žica koje čine paricu. Izuzimajući protokole 100BaseT4 i 100BaseVG-AnyLAN, u opštem slučaju Ethernet mreže koriste samo dve od četiri raspoložive parice. Jedna parica služi za prijem, a jedna za predaju podataka. Iako se ne koriste sve četiri parice, neiskorišćene parice ne smete koristiti za druge namene, recimo za telekomunikacioni saobraćaj. Kada bi se signal prenosio putem dve neiskorišćene parice verovatno bi se povećalo preslušavanje, a to bi znatno uvećalo gubitak podataka i izobličenje signala.

Dva najvažnija nivoa UTP kablova za lokalne mreže jesu kategorija 3 i kategorija 5 (poznata po oznaci Cat5). Trenutno se najčešće instaliraju kablovi kategorije 5 i veće. Kabl kategorije 3 uglavnom se ne koristi za brzi Ethernet, ali može da se upotrebi za 10-megabitne Ethernet mreže (tada se kabl označava sa 10BaseT). Protokol 100BaseT4 za brzi Ethernet izuzetak je po tome što koristi kabl kategorije 3, a predviđen je da radi na brzinama od 100 Mb/s. Ovaj protokol omogućava veće brzine prenosa, jer 100BaseT4 koristi sve četiri parice kabla, umesto uobičajene dve parice. Pogledajte spisak kategorija UTP kablova u tabeli 2.3.

Kategorija 5 UTP kablova pogodna je za ožičenje Ethernet mreža koje rade brzinom od 100 Mb/s, ali i za sporije protokole. Takođe, kategorija 5 može podržati protokol 1000BaseT, ukoliko ispunjava dodatne parametre testiranja definisane standardom TIA/EIA TSB-95. Kategorija 5e podiže nivoe performansi kablova koji se primenjuju u mrežama s protokolima 1000BaseT (takođe poznate i kao gigabitni Ethernet). Standardni kablovi sa upređenim paricama kategorije 5e rade na segmentima od 100 metara, na frekvenciji od 100 MHz.

TABELA 2.3 KLASIFIKACIJA KABLOVA U KATEGORIJE PREMA TIA/EIA STANDARDIMA

Kategorija	Frekvencija	Namena
1	≈100 KHz	Samo za prenos telefonskih signala u govornom opsegu i za alarmne sisteme; nije namenjen za mrežni prenos podataka
2	< 4 MHz	Za prenos telefonskih signala u govornom opsegu i za povezivanje neinteligentnih IBM terminala na velike računare i mini računare, za ARCnet i LocalTalk
3	Do 16 MHz	Za prenos telefonskih signala u govornom opsegu, 10-megabitni Ethernet (10BaseT Ethernet), 4-megabitni token ring, 100BaseT4 (Fast Ethernet) i 100BaseVG-AnyLAN, pogodna za telekomunikacione mreže (100BaseT4 i 100BaseVG-AnyLAN koriste sve četiri parice, umesto samo dve, kao što je uobičajeno)
4	Do 20 MHz	16-megabitne token ring mreže, pogodne za telekomunikacione mreže
5	Do 100 MHz, podržava 1000BaseT, ako ispunjava kriterijume dodatnih parametara za testiranje standarda TIA/EIA TSB-95	100BaseTX (brzi Ethernet), Sinhrono optičke mreže (SONET), Optički nosilac (OC-3) Asinhroni režim prenosa (ATM), pogodna za telekomunikacione mreže
5e	Do 100 MHz	1000BaseT (gigabitni Ethernet), pogodna za telekomunikacione mreže

Oklopljene upredene parice (STP) Kompanija IBM je razvila protokol Token Ring, u kojem se koriste oklopljene upredene parice. Ova kompanija je zaslužna za standardizaciju raznih vrsta STP kablova, navedenih u tabeli 2.4. (Standard TIA/EIA-T568-A poznaje samo dve vrste STP kablova: 1A i 6A.) STP se još uvek koristi prvenstveno u token ring mrežama, ali i u infrastrukturi koja zahteva dodatno oklopljen kabl, zaštićen od elektromagnetne interferencije, koju često izazivaju bliski električni uređaji. STP kabl se razlikuje od UTP kabla po tome što ima samo dva para upređenih parica, s dodatnom folijom ili mrežicom (širmom), koja pojedinačno obuhvata svaku paricu. Dodatni metalni oklop je provodan isto koliko i bakarna žica u parici. Kada se oklop propisno uzemlji, on se ponaša kao Faradejev kavez i u zemlju odvodi sve struje koje nastaju indukcijom elektromagnetnog šuma iz okruženja. Zbog toga su parice zaštićene od spoljnih smetnji.

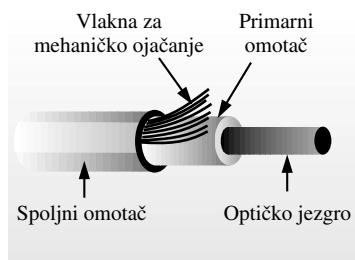
TABELA 2.4 VRSTE STP KABLOVA

Vrsta kabla	Žice	Materijal spoljnog omotača
Tip 1A	Dve parice punog poprečnog preseka 0,6 mm, sa zasebnim oklopom od metalne folije oko svake parice, s dodatnim zajedničkim oklopom (folija ili pletenica) oko obe parice. Koristi se za okosnicu (kičmu) mreže i za horizontalno ožičenje.	PVC ili odgovarajući*.
Tip 2A	Dve parice punog poprečnog preseka od 0,6 mm, sa zasebnim oklopom od metalne folije oko svake parice, s dodatnim zajedničkim oklopom (folija ili pletenica) oko obe parice, s 4 dodatne parice punog poprečnog preseka od 0,6 mm za prenos govora.	PVC ili odgovarajući*.
Tip 6A	Dve licnaste parice preseka 0,4 mm, sa oklopom od folije ili rešetke oko obe parice. Koristi se za prespajanje.	PVC ili odgovarajući*.
Tip 9A	Dve licnaste parice preseka 0,4 mm, sa oklopom od folije ili rešetke oko obe parice.	PVC ili odgovarajući*.

* engl. *plenum rated*. Radi se o oklopljenim paricama, čiji spoljni izolacioni omotač ne ispušta toksične gasove pri likom sagorevanja. Ova vrsta kablova je namenjena za duple plafone. Prim. prev.

Kablovi sa optičkim vlaknima

Kabl sa optičkim vlaknima sastoji se od providnog staklenog ili plastičnog jezgra koje prenosi svetlosne impulse. Jezgro je okruženo reflektujućim primarnim omotačem (engl. *cladding*). Oko primarnog omotača nalazi se plastični sloj; a oko njega je zaštitni sloj od talasastih vlakana kevlar. Sve je obuhvaćeno spoljnim omotačem od teflona ili PVC-a, kao što je prikazano na slici 2.15.

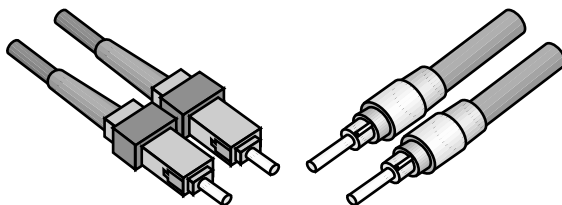
**SLIKA 2.15** Kabl sa optičkim vlaknima

Kabl sa optičkim vlaknima je potpuno drugačiji od koaksijalnih kablova i upredenih parica. Razliku čini to što se signal ne prenosi u obliku impulsa električnog napona preko bakarnih provodnika, već u obliku svetlosnih impulsa (fotona) preko optičkih vlakana. Svetlosni impulsi nose binarne informacije koje koriste računari. Pošto optički kablovi za prenos signala koriste svetlost umesto elektriciteta, otporni su na svaku vrstu elektromagnetne interferencije. Ne postoji preslušavanje, a slabljenje (izobličenje i slabljenje intenziteta signala tokom putovanja kroz medijum) mnogo je manje izraženo nego kod bakarnih kablova. Neki optički kablovi mogu biti dugački i do 120 kilometara, a da se na

njima ne javlja značajnije pogoršanje signala. Na tradicionalnim bakarnim kablovima se na daljinama između 100 i 500 metara (zavisno od upotrebene vrste kabla), javljaju degradacije do granice prepoznavanja signala. Ako kabl treba da povezuje velike razdaljine ili zgrade, optički kablovi su najbolje rešenje. Dodatnu prednost optičkih kablova čini to što je nemoguće neopaženo prisluškivanje komunikacije koja se preko njih vodi, jer ukoliko se uljez prikači na optički kabl, narušava se normalna komunikacija na toj vezi.

Dve osnovne vrste optičkih kablova su monomodni i višemodni. Ove dve vrste razlikuju se po širini preseka jezgra i košuljice. Vrstu optičkih kablova možete razaznati po prečniku optičkog vlakna (ukupna širina jezgra s primarnim omotačem). Monomodno optičko vlakno najčešće ima prečnik od 8,3 mikrona, a ukupni prečnik jezgra s primarnim omotačem je 125 mikrona. Stoga, monomodno optičko vlakno nosi oznaku „monomodno vlakno 8,3/125“. Poređenja radi, višemodno optičko vlakno ima prečnik 62,5 mikrona, a ukupni prečnik jezgra i primarnog omotača je 125 mikrona. Višemodno optičko vlakno nosi oznaku „višemodno vlakno 62,5/125“.

Monomodno vlakno prenosi laserski emitovan svetlosni signal određene talasne dužine. Višemodno vlakno prenosi svetlosni signal koji emituje LED dioda i može prenositi više talasnih dužina. Pošto se monomodno vlakno koristi za prenos zračenja lasera na određenoj talasnoj dužini, dometi su izrazito veliki, pa se ovo vlakno obično upotrebljava za prenos van zgrada, na velikim daljinama, na primer za mreže kablovske televizije. Ova vrsta kabla je mnogo skuplja od višemodnog kabla i koristi više frekvencijske opsege, pa nije pogodna za infrastrukturu običnih računarskih mreža. Višemodni optički kabl je pogodniji za lokalne mreže. Iako ne omogućuje velike domete, mnogo je jeftiniji i savitljiviji, pa se lakše postavlja. Najčešće korišćeni konektori su korisnički konektor (engl. *subscriber connector*, SC) ili ravan konektor (engl. *straight tip*, ST). Prikazani su na slici 2.16.



SLIKA 2.16 Konektori za optičke kablove

Protokoli sloja veze podataka

Protokol sloja veze podataka omogućuje vezu između fizičkog uređaja i skupa protokola na računaru. Obično se sastoji od tri elementa:

- format okvira
- mehanizam koji reguliše pristup deljenim resursima mreže
- specifikacije fizičkog sloja mreže.

ETHERNET

U većini slučajeva, kada neko spominje lokalnu mrežu, obično misli na Ethernet mrežu. Od nastanka, nadograđena je više puta da bi se zadovoljili zahtevi tržišta. Rane Ethernet mreže radile su na brzinama od 10 Mb/s, a danas rade na brzinama od 100 Mb/s, 1000 Mb/s, pa čak i 10 Gb/s, čime se zadovoljavaju potrebe od najmanjih kućnih mreža, pa sve do kičme mreže velikog kapaciteta.

Osnove Etherneta

Ethernet je napravljen sedamdesetih godina i postao je poznat pod imenom debeli Ethernet, zbog kabla koji je bio debeo skoro 1 cm. Prvi od dva standarda nosio je naziv „Ethernet, lokalna mreža: Sloj veze podataka i specifikacije fizičkog sloja“ i objavljen je 1980. Sačinjen je u kompanijama Digital Equipment Corporation, Intel i Xerox i bio je poznat kao DIX Ethernet. Ovaj standard je definisao upotrebu koaksijalnog kabla RG-8, koji radi na brzini od 10 Mb/s. Korišćena je topologija magistrale. Bio je poznat i kao debeli Ethernet, thickNet, ili 10Base5. Standard je prerađen 1982. i dobio je ime DIX Ethernet II. Protokolu je dodata druga mogućnost za fizički sloj, korišćenjem tanje vrste koaksijalnog kabla (RG-58), pa je standard nazvan tanki Ethernet, thinnet ili 10Base2.

U međuvremenu, međunarodna organizacija za pravljenje standarda Institut elektro inženjera i elektroničara (engl. *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, IEEE) započela je izradu međunarodnog standarda koji definiše Ethernet i slične mreže za javnu upotrebu. Radi toga je IEEE osnovala radnu grupu koja se zove IEEE 802.3. Pošto je ime Ethernet registrovano kao svojina kompanije Xerox, radna grupa nije smela koristiti to ime, pa je 1985. godine objavljena preporuka „IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications“, u prevodu „IEEE 802.3 Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i detekcijom sukoba, metode za pristup i specifikacije fizičkog sloja“. U preporuci su, iz DIX Etherneta, prenesene specifikacije za dva koaksijalna kabla, a dodat je standard za kabl sa neoklopljenom upredenom paricom (10BaseT). Radna grupa IEEE 802.3 je 1995. objavila dodatnu dokumentaciju, pod nazivom IEEE 802.3u, koja definiše specifikacije za 100-megabitni brzi Ethernet, zatim IEEE 802.3z i IEEE 802.3ab, koje standardizuju 1000-megabitni, odnosno gigabitni Ethernet.

Osnovne razlike između standarda IEEE 802.3 i standarda DIX Ethernet sastoje se u tome što IEEE standard zvanično uvodi dodatne mogućnosti za fizički sloj, koje su spomenute u prethodnim pasusima i neke razlike u formatu okvira. Iako se, u branši, za opisivanje ovog standarda upotrebljava samo ime Ethernet, današnje mreže zapravo koriste protokole date u preporuci IEEE 802.3, jer ovaj dokument daje dodatne specifikacije i mogućnosti za fizički sloj, kao i standarde za brzi i gigabitni Ethernet. Jedini element standarda DIX Ethernet, koji se danas još uvek koristi, jeste format rama Ethernet II. Ovaj format rama, između ostalog, sadrži polje Ethertype. Ono služi za prepoznavanje protokola mrežnog sloja koji je generisao podatke iz svakog paketa. U tabeli 2.5 dat je pregled razlika između standarda DIX Ethernet II i standarda IEEE 802.3.

Oba standarda za Ethernet, DIX i IEEE 802.3, sadrže sledeće komponente:

- Specifikacije fizičkog sloja koje definišu ograničenja za ožičenje, vrste kablova i načine signaliziranja.
- Format okvira koji definiše funkcije i redosled bitova koji se prenose u paketu.

- Mehanizam kontrole pristupa medijumu (engl. *Media Access Control*, MAC), pod imenom Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i detekcijom sukoba (CSMA/CD) koji omogućava računarima povezanim na mrežu da pristupe mrežnom medijumu.

TABELA 2.5 PREGLED RAZLIKA IZMEĐU STANDARDA DIX ETHERNET II I IEEE 802.3

Standard	Mogućnosti fizičkog sloja	Bitovi 13 i 14 u zaglavlju okvira	Testiranje spoljašnjeg primopredajnika
DIX Ethernet II	Isključivo koaksijalni kabl	Ethertype	Test prisutnosti sukoba
IEEE 802.3	Koaksijalni kabl, UTP, optički kabl	Dužina polja za podatke	SQE test

Fizički sloj i vrste Etherneta

Specifikacije za fizički sloj u standardima za Ethernet opisuju topologiju, maksimalnu dužinu i vrstu kablova u mreži. Osnovne specifikacije za mogućnosti fizičkog sloja Ethernet date su u tabeli 2.6. Važno je proučiti smernice ovih specifikacija koje objašnjavaju načine za smanjenje problema, kao što su preslušavanje i slabljenje. Takođe, treba proveriti specifikacije proizvođača određene tehnologije, jer postoje razlike od proizvođača do proizvođača.

TABELA 2.6 SPECIFIKACIJE ZA ETHERNET

Oznaka	Brzina	Topologija	Vrsta kabla	Maksimalna dužina segmenta	Vrsta Ethernet
10Base5	10 Mb/s	Magistrala	Koaksijalni kabl RG-8	500 metara	Ethernet
10Base2	10 Mb/s	Magistrala	Koaksijalni kabl RG-58	185 metara	Ethernet
10BaseT	10 Mb/s	Zvezda	UTP kabl Kategorije 3	100 metara	Ethernet
Fiber-Optic Inter-Repeater Link (FOIRL)	10 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	1000 metara	Ethernet
10BaseFL	10 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	2000 metara	Ethernet
10Base-FB	10 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	2000 metara	Ethernet
10BaseFP	10 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	500 metara	Ethernet
100BaseTX	100 Mb/s	Zvezda	UTP kabl Kategorije 5	100 metara	Brzi Ethernet
100BaseT4	100 Mb/s	Zvezda	UTP kabl Kategorije 3	100 metara	Brzi Ethernet
100BaseFX	100 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	412 metara poludupleks i/ili 2000 metara puni dupleks	Brzi Ethernet

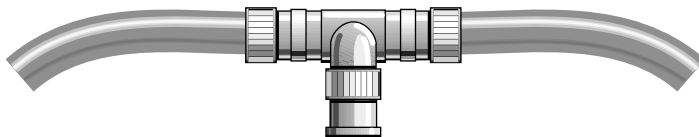
TABELA 2.6 SPECIFIKACIJE ZA ETHERNET (NASTAVAK)

Oznaka	Brzina	Topologija	Vrsta kabla	Maksimalna dužina segmenta	Vrsta Ethernet
1000BaseLX	1000 Mb/s	Zvezda	Monomodno optičko vlakno 9/125	5000 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseLX	1000 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 50/125 62.5/125	550 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseSX	1000 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 50/125 (400 MHz)	500 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseSX	1000 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 50/125 (500 MHz)	550 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseSX	1000 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125 (160 MHz)	220 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseSX	1000 Mb/s	Zvezda	Višemodno optičko vlakno 62.5/125 (200 MHz)	275 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseLH	1000 Mb/s	Zvezda	Monomodno optičko vlakno 9/125	10 km	Gigabitni Ethernet
1000BaseZX	1000 Mb/s	Zvezda	Monomodno optičko vlakno 9/125	100 km	Gigabitni Ethernet
1000BaseCX	1000 Mb/s	Zvezda	Oklopljeni bakarni kabl impedanse 150 oma	25 metara	Gigabitni Ethernet
1000BaseT	1000 Mb/s	Zvezda	UTP kabl Kategorije 5 (ili 5E)	100 metara	Gigabitni Ethernet

Ethernet Standard za Ethernet (IEEE 802.3) obuhvata specifikacije za kablove koje su sažeto prikazane u tabeli 2.7. Debeli Ethernet je ograničen na brzine prenosa od 10 Mb/s, pa se ne može koristiti kao medijum za kičmu mreže. Međutim, on se još uvek može upotrebiti kao komponenta za fizički sloj u Ethernet mreži.

Segment koaksijalnog kabla je efikasniji kada je ceo, a ne u nastavcima. Ako to nije moguće ostvariti, najpovoljnija mogućnost je da se napravi više parčadi od istog kabla, iz iste isporuke ili serije. Na svaki kraj kabla treba staviti N konektore, a između kablova N konektor za nastavljjanje. Treba paziti da na kablovima bude što manje ovakvih prekida. Ako raspolazete samo kablovima iz različitih serija, kablove treba seći na parčad dužine 23,4, 70,2 ili 117 metara. Kablovi ovih dužina imaju manju refleksiju signala. Oba kraja magistrale morate zatvoriti otpornikom od 50 oma, koji je ugrađen u N terminator. Takođe, treba uzemljiti samo jedan kraj magistrale.

Za razliku od koaksijalnog kabla, za realizaciju Ethernet sa upređenim paricama neophodan je razvodnik (sa jednim izuzetkom). Razvodnik služi kao repetitor signala i kao čvorište kablova. Iako je 100 m maksimalna dužina svakog parčeta kabla, razvodnik koji regeneriše signal duplo povećava maksimalnu razdaljinu. Mrežu od dva računara možete povezati direktno, bez razvodnika, ukrštenim kablom.



SLIKA 2.17 T konektor za tanki Ethernet

Mreže sa optičkim kablovima rade na brzinama od 10 Mb/s i koriste medijum u kojem se nalaze dva višemodna optička vlakna 62.5/125. Jedno vlakno se koristi za prijem signala, a drugo za predaju. Za Ethernet brzine 10 Mb/s, postoje dva osnovna standarda: FOIRL i 10BaseF. 10BaseF definiše tri konfiguracije optičkih vlakana: 10BaseFB, 10BaseFP i 10BaseFL, pri čemu je poslednja najpopularnija.

TABELA 2.7 SPECIFIKACIJE KABLOVA ZA ETHERNET BRZINE 10 MB/S

	Oznaka	Maksimalna dužina segmenta u metrima	Maksimalan broj čvorova po segmentu kabla	Vrsta kabla	Vrsta konektora
Debeli Ethernet	10Base5	500 metara	100	Koaksijalni kabl RG-8	N
Tanki Ethernet	10Base2	185 metara	30	Koaksijalni kabl RG-58	BNC
Upredene parice	10BaseT	100 metara	2	Neoklopljene upredene parice kategorije 3	RJ-45
Optičko vlakno	100Base-FL	1000/2000	2	Višemodno optičko vlakno 62.5/125	ST

Pošto su sada dostupni brzi Ethernet i FDDI i pošto oba protokola rade na optičkim kablovima, šteta je ako se maksimalno ne iskoristi raspoloživi kapacitet optičkih vlakana, odnosno ako se na toj infrastrukturi koriste sporiji protokoli.

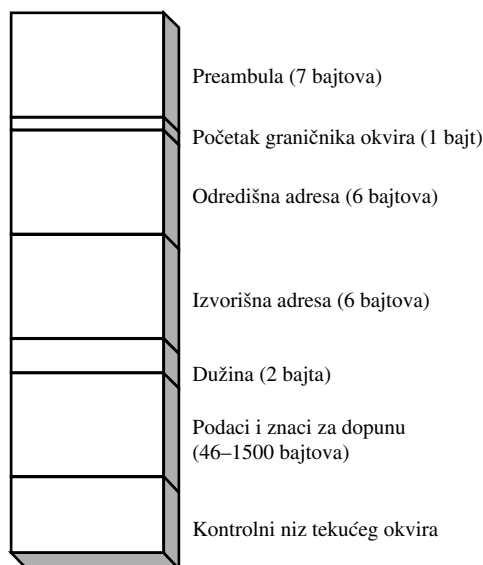
Brzi Ethernet Standard za brzi Ethernet (IEEE 802.3u) obuhvata dve specifikacije za kablove 100BaseT (UTP): 100BaseTX i 100BaseT4. Obe specifikacije zadržavaju ograničenje maksimalne dužine segmenta kabla na 100 metara. 100BaseTX zahteva kabl kategorije 5. Pošto kabl kategorije 5 spada u kablove boljeg kvaliteta, on omogućava bolji prenos signala od standarda 100BaseT4. Kao i 10BaseT, standard 100BaseTX koristi samo dve parice iz kabla. 100BaseT4 koristi kablove kategorije 3, kao i starije Ethernet mreže, pa je zato pogodan za nadgradnju postojećih mreža. Standard 100BaseT4 za prijem i predaju signala koristi sve četiri parice kabla.

Gigabitni Ethernet Za gigabitni Ethernet postoje dve specifikacije: IEEE 802.3z (optički kabl) i IEEE 802.3ab (UTP kabl 1000BaseT). Standard 1000BaseT koristi kablove kategorije 5 ili poboljšane kategorije 5 (poznata i pod oznakom kategorija 5E). Ovaj standard je napravljen kao nadgradnja postojećih standarda za Ethernet mreže ožičene UTP kablom, čiji segmenti ne prelaze 100 metara. Ovim standardom postižu se veće brzine prenosa jer se koriste sve četiri parice kabla i nova tehnika za pretvaranje bitova u signale, a to

je pulsna amplitudska modulacija 5 (PAM-5). Propusni opseg kategorije 5 jednak je propusnom opsegu kategorije 5E (1000 Mb/s) ako se tokom ožičenja poštuju dodatni parametri za testiranje, objavljeni u specifikaciji TIA/EIA TSB-95. Kategorija 5E je bolja zbog veće otpornosti na preslušavanje.

Format Ethernet okvira

Protokol Ethernet kapsulira u okvir podatke primljene od protokola mrežnog sloja. Sam okvir je niz bitova s kojim počinje i završava se svaki Ethernet paket koji se prenosi kablom. Okvir se sastoji od zaglavlja i podnožja. Oba bloka čine polja sa specifičnim informacijama, koje su neophodne da bi svaki paket stigao tamo gde treba. Obični, brzi i gigabitni Ethernet koriste isti format okvira, prikazan na slici 2.18.



SLIKA 2.18 Format Ethernet okvira

Polja u Ethernet okviru i njihove namene:

- **Preamble (7 bajtova)** Polje preambule sastoji se od 7 bajtova naizmeničnih nula i jedinica. Omogućava da komunikacioni sistemi sinhronizuju signale takta, a posle toga se odbacuje. U okviru DIX Ethernet, preambula ima 8 bajtova.
- **Početak graničnika okvira (1 bajt)** Ovo polje (engl. *Start of Frame Delimiter*, SFD) sadrži 6 bitova naizmeničnih nula i jedinica, iza kojih dolaze dve uzastopne jedinice. To je signal prijemniku da sledi sam okvir i da su dolazeći podaci deo podataka paketa koje treba smestiti u memorijski bafer mrežne kartice radi dalje obrade. Za razliku od standarda IEEE 802.3, okviri po standardu DIX Ethernet nemaju zasebno polje SFD. Ipak, poslednja dva bita preambule su dve uzastopne jedinice, slično SFD polju. Na taj način se prijemnik obaveštava da počinje okvir.

- **Odredišna adresa (6 bajtova)** Polje odredišne adrese sadrži heksadecimalnu adresu mrežne kartice, dugačku 6 bajtova. To je adresa mrežne kartice u lokalnoj mreži, kojoj je dati paket namenjen.
- **Izvorišna adresa (6 bajtova)** Polje izvorišne adrese sadrži heksadecimalnu adresu mrežne kartice, dugačku 6 bajtova. To je adresa mrežne kartice u lokalnoj mreži, koja je poslala dati paket.
- **Ethertype/dužina (2 bajta)** U mrežama usaglašenim sa standardom DIX Ethernet, polje Ethertype sadrži kôd koji označava protokol mrežnog sloja kojem su namenjeni podaci u paketu. U okviru koji podleže standardu IEEE 802.3, polje dužina određuje dužinu polja za podatke (izuzimajući dopunske znakove, što će biti objašnjeno u sledećoj stavci).
- **Podaci i znaci za dopunu (od 46 do 1500 bajtova)** Ovo polje sadrži podatke primljene od protokola iz mrežnog sloja prenosnog sistema, koji se šalju odgovarajućem protokolu odredišnog sistema. Ako su podaci primljeni od protokola mrežnog sloja suviše kratki (manje od 46 bajtova), Ethernet adapter dodaje niz bitova bez ikakvog značenja, samo da bi se zadovoljila forma, odnosno da bi se ovo polje popunilo do svoje minimalne dužine od 46 bajtova.
- **Kontrolni niz tekućeg okvira (4 bajta)** Ovo polje (engl. *Frame Check Sequence*, FCS) predstavlja podnožje okvira. Sadrži kontrolni zbir dužine 4 bajta. Pravi ga računar pošiljalac i stavlja u ovo polje. Prijemni računar upotrebljava ovo polje da bi utvrdio je li paket prenesen bez greške.

CSMA/CD

Mehanizam za kontrolu pristupa medijumu (engl. *Media Access Control*, MAC) zove se Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i detektovanjem sukoba (engl. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*, CSMA/CD). On je najprepoznatljiviji element Ethernet standarda. Evo kako radi. Kada računar u Ethernet mreži želi da pošalje podatke putem mreže, on osluškuje mrežu i čeka momenat kada je ne koriste ostali sistemi. Ova faza se zove faza osluškivanja nosioca. Kad je mreža zauzeta, računar sačeka određeno vreme, pa onda ponovo proverava stanje mreže. Ako utvrdi da je mreža slobodna, računar šalje paket podataka. Ovo je faza višestrukog pristupa, a tako se naziva jer se svi uređaji na mreži takmiče za dobijanje pristupa istom mrežnom medijumu.

Iako je faza osluškivanja nosioca u funkciji regulisanja saobraćaja, ipak je na mreži moguć sukob kada dva ili više uređaja istovremeno na magistralu izbace svoje podatke. Tada se podaci pomešaju i postaju neprepoznatljivi. Sukob se može desiti kada računar pošiljalac sa zakašnjenjem dobije signal da je neko već uzeo kontrolu nad magistralom, pa i on otpočne prenos. Rezultat je da se dva paketa sudare negde u kablju. Kada se desi sukob, oba paketa se odbacuju, a računari se primoravaju da ponovo pošalju iste podatke. U Ethernet mrežama sukobi nisu neobična, već uobičajena pojava. Oni ne izazivaju teškoće, ukoliko se ne desi da ih računari ne mogu otkriti ili ako se sukobi dešavaju suviše često.

Faza detektovanja sukoba vema je važna, jer, ako računar nije u stanju da utvrdi kada se dešavaju sukobi, narušeni podaci se mogu uzeti kao ispravni. Dokle god se računar nalazi u procesu slanja podataka, trebalo bi da je sposoban da otkrije sukobe na mreži.

Računar pretpostavlja da se u koaksijalnom kablju desio sukob ako se izmeri naponski impuls velike amplitude. U režimu rada poludupleks, na optičkim kablovima ili upređenim paricama, računar pretpostavlja da se sukob desio onda kada signali istovremeno postoje na kanalima (paricama) za prijem i predaju.

Ako je paket suviše kratak (kraći od 64 bajta), ili ako je mrežni kabl suviše dugačak, računar može završiti predaju pre nego što se sukob desi. Sukob koji se desi pošto je i poslednji bit napustio sistem za predaju naziva se zakasneli sukob i ne spada u normalnu pojavu na Ethernetu. Zakasneli sukobi ukazuju na postojanje mnogo ozbiljnijeg problema, kao što je neispravna mrežna kartica. Takav problem morate rešiti što pre.

Kada računar detektuje sukob, on istog trenutka prekida predaju podataka i otpočinje slanje zabeleške o zagušenju. Ova zabeleška upozorava sve računare da se na mreži desio sukob, pa da treba odbaciti sve nepotpuno primljene pakete, sačekati i ne pokušavati slanje podataka dok se situacija na mreži ne raščisti. Posle slanja zabeleške o zagušenju, računar čeka određeno vreme pre nego što ponovo pokuša da pošalje isti paket. Ova faza se zove period zaostajanja. Svi računari koji su učestvovali u sukobu koriste algoritam za dobijanje pseudoslučajnog trajanja čekanja tokom perioda zaostajanja. Taj algoritam se zove eksponencijalno skraćivanje zaostajanja i sprovodi se s ciljem da se izbegnu ponovljeni sukobi, tako što učesnici u prethodnom sukobu čekaju različite vremenske intervale.

OSNOVE TOKEN RINGA

Token Ring je protokol sloja veze podataka. Razvila ga je kompanija IBM. Drastično se razlikuje od Etherneta po skoro svim osobinama. Token Ring koristi drugačije specifikacije fizičkog sloja, drugačije MAC mehanizme i drugačije formate okvira. Izvorni standard za token ring mreže bio je intelektualna svojina kompanije IBM. Kasnije, organizacija IEEE je ovaj protokol standardizovala pod imenom 802.5. Prve token ring mreže radile su na brzinama od 4 Mb/s, ali danas se u svim primenama postižu prividne brzine od 16 Mb/s.

Specifikacija fizičkog sloja

Token ring mreže su u početku koristile kablove sa upređenom paricom. Taj kabl se zvao IBM Type 1. Na njemu su bili IBM-ovi patentirani konektori (IBM Data Connectors, IDC). Ovi kablovi računare povezuju na posebnu vrstu razvodnika, koja se zove pristupna jedinica za više stanica (engl. *Multistation Access Unit*, MAU). MAU je uređaj koji u token ring mreži ostvaruje logičku topologiju prstena, iako se fizičko kabliranje ostvaruje isto kao i u topologiji zvezde.



Više informacija potražite u odeljku „Topologija prstena“ u ovom poglavlju.

Danas skoro sve token ring mreže koriste UTP kablove, koje IBM naziva kabliranje Type 3. Međutim, veze sa MAU su iste. U tabeli 2.8 navedeni su neki podaci o kablovima u token ring mrežama.

TABELA 2.8 PODACI O KABLOVIMA ZA TOKEN RING MREŽE

	Kabl Type 1	Kabl Type 2
Maksimalan broj radnih stanica	260	72
Maksimalna dužina pokrivanja kablovima	300 metara	150 metara
Maksimalan broj MAU jedinica sa 8 priključaka	32	9
Maksimalna dužina prstena pri brzini od 4 Mb/s	360 metara	150 metara
Maksimalna dužina prstena pri brzini od 16 Mb/s	160 metara	60 metara

Prosleđivanje tokena

Osnovna razlika između token ring mreže i Ethernet mreža pokazuje se u mehanizmu za kontrolu pristupa medijumu (enlg. *Media Access Control*, MAC). Prosleđivanje tokena je MAC metoda koja isključuje sukobe i omogućava veći i efikasniji protok saobraćaja. Za označavanje računara kojem je datog trenutka dozvoljeno slanje podataka, u token ring mrežama se koriste specijalizovani okviri, odnosno tokeni. Token kruži mrežom, od računara do računara i samo onaj računar koji poseduje token, sme da šalje podatke. Kada računar završi slanje podataka, on generiše nov token i prosledi ga sledećem računaru u prstenu. Pošto poslati paket podataka obiđe prsten i stigne do svih računara u mreži, sistem ili računar koji je paket poslao odgovoran je za njegovo uklanjanje. Kako na mreži može postojati samo jedan token, ne postoji mogućnost da dva računara istovremeno pošalju podatke. Zbog toga na token ring mrežama nema sukoba, za razliku od Etherneta.

Prosleđivanje tokena je visokoefikasan MAC mehanizam koji se koristi u još nekoliko drugih protokola, uključujući i interfejs za podatke distribuirane optičkim kablom (engl. *Fiber Distributed Data Interface*, FDDI).

Okviri u token ring mrežama

Token ring mreže koriste tri različite vrste okvira – za razliku od Etherneta, koji ima samo jedan. Kao što je u prethodnom odeljku rečeno, okvir token se koristi samo kao sredstvo mehanizma MAC. Dugačak je 3 bajta.

Okvir tokena Format okvira tokena prikazan je na slici 2.19. Evo namene pojedinih polja:

- **Početni graničnik (1 bajt)** Koristi se za označavanje početka okvira.
- **Kontrola pristupa (1 bajt)** Ovo polje sadrži bitove koji određuju prioritet prenosa u token ring mreži.
- **Završni graničnik (1 bajt)** Označava kraj okvira. Koristi istu tehniku kao i početni graničnik.



SLIKA 2.19 Format okvira tokena

Okvir za podatke U token ring mrežama, okvir za podatke je odgovoran za prenos konkretnih podataka koje su napravili umreženi računari. Može se uporediti sa okvirom koji koriste Ethernet mreže. Format okvira za podatke prikazan je na slici 2.20. Evo namene pojedinih polja:

- **Početni graničnik (1 bajt)** Koristi se za označavanje početka okvira.
- **Kontrola pristupa (1 bajt)** Ovo polje sadrži bitove koji određuju prioritet prenosa u token ring mreži.
- **Kontrola okvira (1 bajt)** Označava da li okvir sadrži podatke ili komandni okvir.
- **Odredišna adresa (6 bajtova)** Polje odredišne adrese sadrži hardversku adresu uređaja kojem je paket namenjen. Koriste se standardne adrese ugrađene u mrežne kartice.
- **Izvorišna adresa (6 bajtova)** Polje izvorišne adrese označava računar koji je generisao paket. U pitanju je standardna hardverska adresa, ugrađena u mrežnu karticu.
- **Informacije (promenljive dužine, do 4500 bajtova)** Ovo polje sadrži konkretne podatke, prosledene odozgo, iz protokola mrežnog sloja.
- **Kontrolni niz za okvir (4 bajta)** Sadrži kontrolni zbir koji je izračunao računar pošiljalac. Slično izračunavanje obavlja i računar primalac, za potrebe kontrole pristupa. Ako se vrednost ovog polja ne slaže s vrednošću koju izračuna računar primalac, paket se odbacuje.
- **Završni graničnik (1 bajt)** Označava kraj okvira. Koristi istu tehniku kao i početni graničnik.
- **Status okvira (1 bajt)** Ovo polje pokazuje da li je odredišni računar uspešno primio okvir.

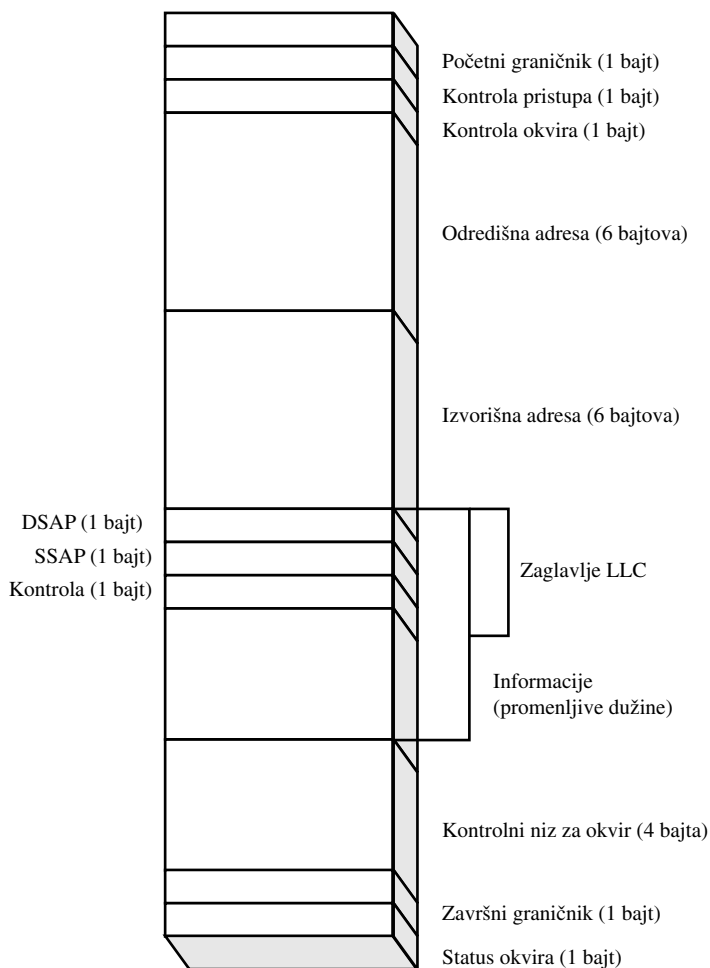
Komandni okvir Komandni okviri koriste isti format kao i okviri za podatke. Jedina razlika leži u sadržajima polja za kontrolu okvira i polja za informacije. Komandni okviri ne nose konkretne podatke, već se koriste samo za kontrolne funkcije, poput održavanja prstena. Komandni okviri se nikada ne propuštaju u ostale segmente mreže, kroz mrežne mostove, skretnice ili usmerivače.

Okvir za poništavanje Okvir za poništavanje ima samo 2 bajta i sastoji se od polja početni graničnik i završni graničnik, isto kao i ostale vrste okvira. Okviri za poništavanje se koriste samo u specijalnim prilikama, da bi se prsten očistio od podataka, koji su u njemu zaostali posle nekog problema, na primer, posle nepotpunog prenosa podataka.

OSNOVE INTERFEJSA FDDI

Interfejs za podatke distribuirane optičkim kablom (engl. *Fiber Distributed Data Interface*, FDDI) bio je prvi komercijalni protokol za sloj veze podataka, koji kroz optički kabl podatke prenosi brzinama od 100 Mb/s. Danas se FDDI retko koristi, jer su ga potisnuli standardi za brzi Ethernet i gigabitni Ethernet sa optičkim kablovima. Svojevremeno, FDDI je bio glavni protokol za brze kičme mreža.

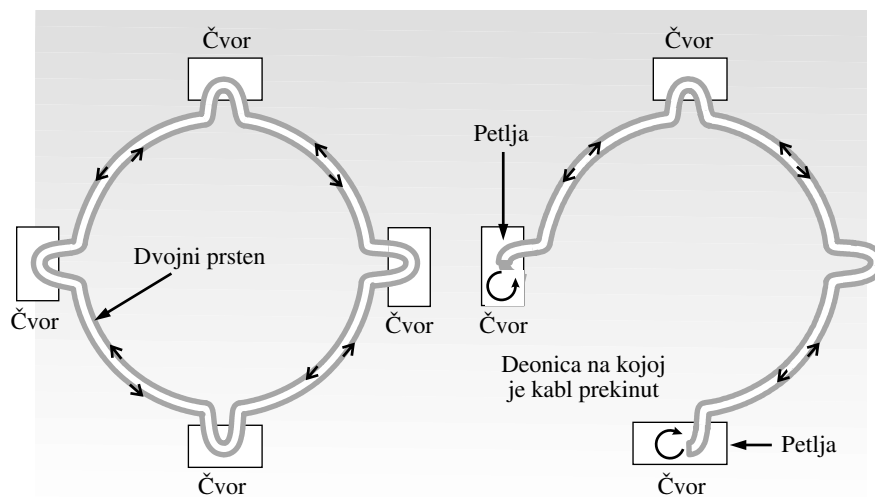
FDDI mreže obično koriste kablove s višemodnim optičkim vlaknima 62.5/125, u topologiji s duplim prstenom. Za razliku od token ring mreža, FDDI zaista koristi fizičku topologiju prstena, gde je svaki računar povezan sa susednim računarom. Da bi se u fizičkom prstenu ostvarila otpornost na greške, FDDI mreže koriste topologiju duplog



SLIKA 2.20 Token Ring – format okvira za podatke

prstena. Svaki računar se povezuje na dva odvojena i nezavisna prstena, u kojima saobraćaj teče u suprotnim smerovima. Ako se prekine primarni kabl, saobraćaj se skreće na drugi prsten, tako da svi računari na mreži ostanu dostupni i povezani (ovakav otkaz se zove „umotan prsten“). Slika 2.21 ilustruje dupli FDDI prsten i umotan prsten.

Računari koji su povezani na oba prstena, u mreži s duplim prstenom, nazivaju se radne stanice s dvojnim priključkom (engl. *Dual Attachment Station*, DAS). Neke FDDI mreže koriste razvodnik nazvan dvojni koncentrator priključaka (engl. *Dual Attachment Concentrator*, DAC). DAC se povezuje na oba prstena i stvara interni logički prsten, slično uređaju MAU u token ring mrežama. Računari koji su povezani na DAC zovu se radne stanice s jednim priključkom (engl. *Single Attachment Stations*, SAS).



SLIKA 2.21 Na levoj strani prikazan je prsten koji normalno radi, a na desnoj strani je umotan prsten

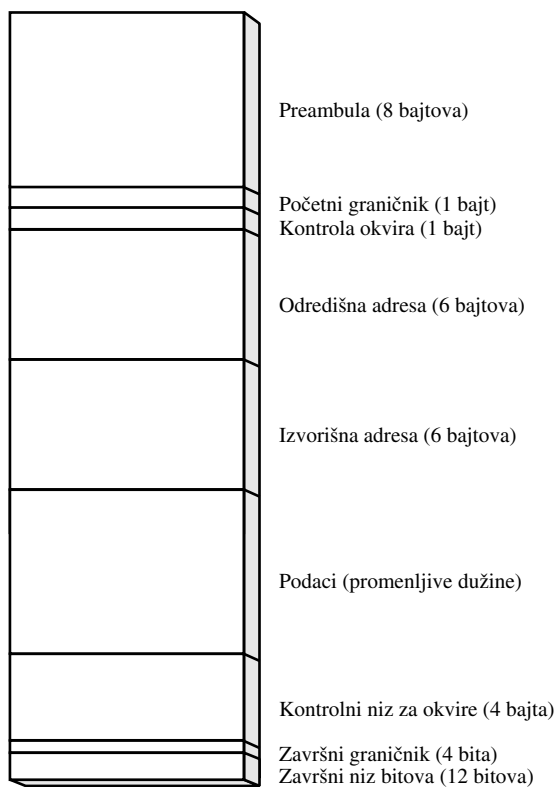
FDDI okviri

Kao MAC mehanizam, FDDI koristi prosleđivanje tokena i prividno isti format okvira tokena kao i u token ring mrežama.

Okvir za podatke kod FDDI-ja jako je sličan okviru token ringa. Nosi konkretne podatke koje su generisali protokoli viših slojeva. Okvir za podatke u FDDI mrežama prikazan je na slici 2.22. Evo namene polja okvira:

- **Preambula (8 bajtova)** Sadrži niz bitova koji služe za sinhronizaciju signala takta prijemnog i predajnog sistema.
- **Početni graničnik (1 bajt)** Koristi se za označavanje početka okvira.
- **Kontrola okvira (1 bajt)** Ovo polje određuje vrstu podataka koji se u okviru prenose. Vrednosti ovog polja označavaju da li polje za podatke sadrži informacije za upravljanje radnim stanicama, informacije za kontrolu pristupa medijumu (MAC) ili kontrolne podatke logičke veze.
- **Odredišna adresa (6 bajtova)** Polje odredišne adrese nosi hardversku adresu uređaja kojem je paket namenjen. Koriste se standardne adrese ugrađene u mrežne kartice.
- **Izvorišna adresa (6 bajtova)** Polje izvorišne adrese označava računar koji je generisao paket. U pitanju je standardna hardverska adresa, ugrađena u mrežnu karticu.
- **Podaci (promenljive dužine)** Ovo polje sadrži konkretne podatke, prosledene odozgo, iz protokola mrežnog sloja, ili podatke za upravljanje radnim stanicama ili MAC podatke, zavisno od vrednosti u polju kontrola okvira.
- **Kontrolni niz za okvir (4 bajta)** Ovo polje sadrži kontrolni zbir koji se koristi za otkrivanje grešaka u prenosu.

- **Završni graničnik (4 bita)** Označava kraj okvira.
- **Završni niz bitova (12 bitova)** Sadrži indikatore Error (greška), Acknowledge (potvrda) i Copy (kopiranje), koje posrednički sistemi koriste za opisivanje stanja okvira.



SLIKA 2.22 Okvir za podatke u FDDI mrežama

Sažetak

Ovo poglavlje opisuje osnove mrežnih topologija, kabliranje i protokole sloja veze podataka. Govorili smo o sedam topologija: magistrala, zvezda, zvezda–magistrala, hijerarhijska zvezda, prsten, rešetka i bežična. Opisane su sledeće vrste kablova: koaksijalni, upredene parice i optička vlakna. Takođe, opisali smo tri elementa protokola sloja veze podataka: format okvira, mehanizam koji reguliše pristup zajedničkoj mreži i osnove fizičkog sloja mreže.

Dodatni izvori informacija

Ako imate pristup Internetu, pogledajte sledeće adrese:

ANSI Online: <http://www.ansi.org/>

Prezentacija organizacije IEEE: <http://www.ieee.org/portal/index.jsp>

Prezentacija udruženja EIA: <http://www.eia.org/>

TIA Online: <http://www.tiaonline.org/>