



Ovo poglavlje obuhvata:

- 10 Mbit/s Ethernet
- 100 Mbit/s Fast Ethernet
- 1000 Mbit/s Gigabitni Ethernet i različite topologije

Poglavlje

1

Ethernet tehnologije

Bežične mreže (WLAN) predstavljaju najnoviju tehnologiju za pristup koja poput oluje osvaja industriju. WLAN, koje se često nazivaju i bežični Ethernet ili Wireless Fidelity (Wi-Fi), su popularne zato što predstavljaju dobru paralelu ožičenom Ethernetu. Iz tog razloga, pre nego što se upustimo u otkrivanje bežičnog Etherneteta, daćemo vam kratak pregled ožičenog Etherneteta. Potrebno je znati gde smo bili da bi razumeli gde idemo!

Generalno, mreže se sastoje iz tri hijerarhijsko postavljene logičke jedinice:

- **Pristupni sloj** Obezbeđuje vezu stanica sa mrežom
- **Distribucionni sloj** Deli mrežu na segmente u različite Layer 2 (Sloj 2) broadcast domene upotrebom rutera ili Layer 3 (Sloj 3) svičeva. U ovom distribucionom sloju nalaze se mrežni servisi, kao što su liste kontrole pristupa (ACL), filtriranje ruta i Network Address Translation (NAT).
- **Osnovni sloj** Dizajniran je tako da jednostavno prosleđuje okvire podataka između distribucionih slojeva, što je brže moguće. U ovom sloju nećete pronaći nijedan mrežni servis, zato što većina servisa zahteva obradu okvira ili paketa, što utiče na propusnost sloja. U ovaj sloj spada Layer 2 (Sloj 2) ili Layer 3 (Sloj 3).

Iako Ethernet tehnologije mogu da rade u bilo kom od ovih slojeva, težište ovog poglavlja će biti na Ethernetu kao tehnologiju pristupnog sloja, kao i na specifičnosti rada familije 802.3.

802.3 Ethernet

Svaki mrežni standard funkcioniše dobro u izolovanim, homogenim sredinama. Kao što je to slučaj u većini mreža, različite topologije se međusobno povezuju da bi se korisniku pružile bolje performanse. 802.3 Ethernet mreže se premošćavaju ili rutiraju u 802.5 Token Ring mreže; ASNI X3T9.5 FDDI mreže se premošćavaju i rutiraju u 802.3 Fast Ethernet mreže; i tako dalje. Da bismo pokazali kako 802.11 WLAN mreže funkcionišu i kako saraduju sa ožičenim mrežama, u nekoliko narednih

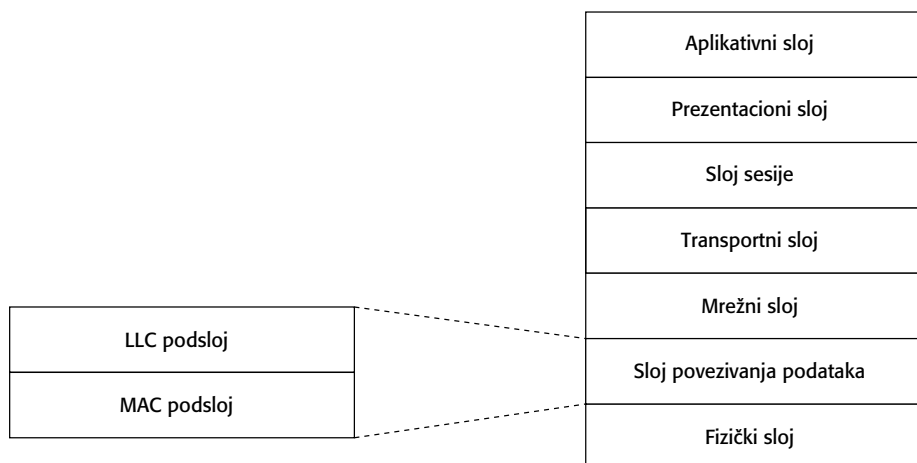
odeljaka bavićemo se sledećim temama:

- 802.3 i Open System Interconnection (OSI) referentni model
- 802.3 format okvira
- Ethernet adresiranje
- Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) arhitektura
- Najčešći medijumi za prenos

802.3 Ethernet i OSI model

U ovom poglavlju dublje proučavanje OSI modela nije nam namera. Međutim, da biste Ethernet tehnologiju bolje shvatili, potrebno je da proučite Sloj 2, tj. sloj povezivanja podataka. Ovaj sloj poseduje dva podsloja, kao što je to prikazano na slici 1.1:

- **Podsloj povezivanja podataka (Data Link Sublayer)** Poznat i kao MAC sloj, ovaj sloj ima posebnosti vezane za specifičnosti implementacija raznih topologija. Na primer, 802.5 Token Ring mreže poseduju drugačiji MAC od 802.3 Ethernet mreža.
- **Podsloj logičkog povezivanja (Logical Link - LLC)** Standardan je u svim 802 baziranim mrežama; ovaj podsloj obezbeđuje jednostavan protokol za rad sa okvirima koji omogućuje isporuku okvira u režimu kada nema konekcije. Ne postoji mehanizam kojim se pošiljaoc obaveštava da li je okvir isporučen ili ne.



Slika 1.1 OSI referentni model

U sledećih nekoliko odeljaka fokus je stavljen na MAC sloj. Ovaj sloj jedinstven u 802.3 mrežama i kao takav predstavlja referentnu tačku u vašem daljem istraživanju bežičnog MAC-a.

Format 802.3 okvira

Na slici 1.2 nalazi se opis Ethernet okvira.

Uvodni deo	SFD (početak okvira)	Odredišna adresa	Izvorišna adresa	Tip	Podaci	FCS (sekvenca provere)
56 bita	8 bita	48 bita	48 bita	16 bita	Do 1500 bajtova	32 bita

Slika 1.2 Ethernet okvir

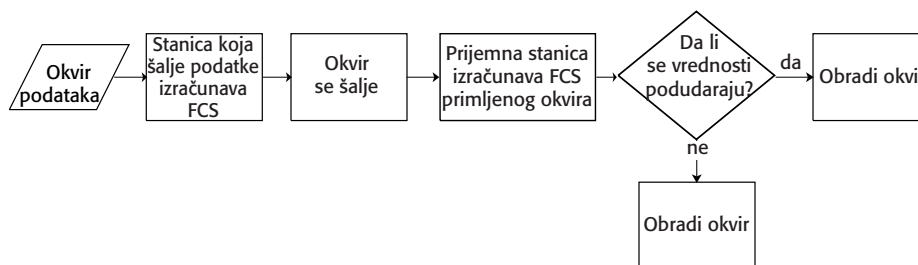
Kao što je prikazano na slici 1.2, Ethernet okvir se sastoji od sledećih polja:

- **Uvodni deo** To je skup od 7 okteta (oktet je skup od 8 bita), što ukupno čini 56 bita jedinica i nula. Svaki oktet ima sledeći oblik: 10101010. Uvodni deo ukazuje stanici koja prima podatke da je okvir poslat preko medijuma. Važno je napomenuti da Ethernet tehnologije nakon 10 Mb/s i dalje poseduju ovo polje, ali ono nije više obavezno.
- **Start of frame delimiter (SFD)** SFD je 8 bitno polje koje ima slični šablon kao uvodni deo, ali poslednja dva bita su jedinice (10101011). Ovo polje ukazuje da je ono što sledi sadržaj okvira.
- **Odredišna MAC adresa** Odredišna adresa se nalazi u 48-bitnom polju i ukazuje na adresu stanice kojoj je ovaj okvir upućen.
- **Izvorišna adresa** Ovo polje je 48-bitno i ukazuje na izvornu adresu stanice koja je poslala ovaj okvir.
- **Tip/Dužina (Type/Length value TLV)** Ovo polje koristi 16 bita i ukazuje na tip protokola višeg nivoa koji je enkapsuliran u polje podataka. Sadržaj ovog polja se naziva i *Ethertype vrednost*. U tabeli 1.1 nalaze se neke Ethertype vrednosti.

Tabela 1.1 Neke uobičajene vrednosti Ethertype

Ethertype vrednost	Značenje
0800	Internet Protocol (IP)
0806	Address Resolution Protocol (ARP)
0BAD	Banyan Systems
6004	DEC Local Area Transport (LAT)
8037	Internetwork Packet Exchange (IPX) (Novell NetWare)
809B	EtherTalk (AppleTalk over Ethernet)
80D5	IBM Systems Network Architecture (SNA) Services over Ethernet
80F3	AppleTalk Address Resolution Protocol (AARP)
86DD	IP Version 6

- **Podaci** U ovom polju nalaze se paketi viših slojeva. Njegova minimalna dužina je 46 bajtova, a maksimalna 1500 bajtova. Minimalna vrednost se definiše zbog toga da bi se svakoj stanici omogućilo da primi okvir. Detaljnije objašnjenje možete naći u odeljku "Ethernet mrežni prečnik i Ethernet vreme prenosa". Ukoliko je sadržaj ovog polja manji od 46 bajtova, onda stanica koja šalje ovaj okvir dopunjuje (pad) polje do veličine 46 bajtova.
- **Sekvenca provere (Frame check sequence - FCS)** Polje FCS sadrži vrednost cikličnog redundantnog koda (cyclic redundancy code - CRC) okvira. Kada stanica primi okvir, ona izračunava CRC i upoređuje ga sa vrednošću FCS polja. Ukoliko se vrednosti podudaraju, smatra se da je prenos obavljen bez greške (videti sliku 1.3).



Slika 1.3 Izračunavanje FCS

Ethernet adresiranje

Ethernet adrese predstavljaju 48-bitne jedinstvene vrednosti koje identifikuju Ethernet stanice na lokalnoj mreži (LAN-u). Ethernet adrese se jednim delom dodeljuju od strane IEEE, a drugim delom od strane proizvođača opreme. IEEE dodeljuje proizvođačima 24-bitne brojeve koji su jedinstveni za proizvođača (Organizational Unique Identifiers - OUI). OUI predstavlja prvih 24 bita Ethernet adrese. Proizvođači sami određuju brojeve preostalih 24 bita. Ovaj proces obezbeđuje da Ethernet adrese budu jedinstvene, da bilo koja stanica može da se poveže u bilo koju mrežu na svetu i da bude jedinstveno određena. Kako ovo adresiranje opisuje fizički interfejs, ono se naziva i *MAC adresiranje*. U većini slučajeva, MAC adrese se notiraju u heksadecimalnoj formi, tako da je svaki bajt odvojen crtom, dvotačkom ili tačkom. Na primer, Ethernet adresa Cisco rutera izgleda ovako:

00-03-6b-48-e9-20

Ovu vrednost možete notirati i kao:

00:03:6b:48:e9:20 ili 00.03.6b.48.e9.20

IEEE je dodelila prva 24 bita, 00-03-6b, proizvođaču Cisco. Preostalih 24 bita, 48-e9-20, je sam proizvođač dodelio ovom uređaju. OUI 00-03-6b omogućuje proizvođaču da dodeli opseg adresa 00-03-6b-00-00-00 do 00-03-6b-ff-ff-ff. Proizvođač time dobija 2^{24} ili 16.777.216 mogućih adresa.

CSMA/CD arhitektura

Ethernet mrežni standard je baziran na CSMA/CD arhitekturi. CSMA/CD je half-duplex arhitektura, odnosno samo jedna stanica može da vrši slanje u jednom trenutku. CSMA/CD arhitekturu možete uporediti sa ljudima koji komuniciraju tokom konferencijskog poziva:

- Nijedan od učesnika ne zna kada će druga osoba početi da priča.
- Učesnik koji nešto želi da kaže mora da sačeka dok se linija ne oslobodi, da bi mogao da počne sa pričom.
- Kada telefonska linija postane slobodna, moguće je da više učesnika započne priču u isto vreme.
- Ukoliko dva učesnika pričaju u isto vreme, ostalim slušaocima je teško da razumeju njihov razgovor, tako da ta dvojica moraju da prekinu sa razgovorom pre nego što ponovo neko započne priču.

Ethernet funkcioniše na isti način kao konferencijska veza. Carrier-sense (detekcija nosioca) deo CSMA/CD ukazuje na mogućnost stanica da utvrde da li je Ethernet medijum trenutno zauzet. Zapravo, ne postoji signal nosioca (carrier), već stanice detektuju odsustvo signala, što ukazuje da medijum nije u upotrebi. Multiple-access (višestruki pristup) deo CSMA/CD se odnosi na mogućnost medijuma da podrži više korisnika u isto vreme. Kao i učesnici u konferencijskoj vezi, sve stanice imaju ravnopravni pristup medijumu, ali moraju sačekati dok medijum ne postane slobodan za prenos.

Sa povećanjem stanica u mreži, raste verovatnoća kolizije (sudaranja) okvira (frame collision). Kolizija nastaje kada dve stanice šalju podatke u isto vreme. Podaci i jedne i druge stanice su neupotrebljivi, tako da te stanice moraju ponoviti slanje podataka. Na kraju, detekcija kolizije se odnosi na mogućnost stanica da otkriju pojavu kolizije. Specifikacija etherneteta opisuje mehanizam po kome stanice čiji su okviri došli u koliziju mogu ponoviti slanje svojih okvira.

Ethernet mrežni prečnik i Ethernet vreme prenosa

Mrežni prečnik (Ethernet Network Diameter) predstavlja rastojanje između stanica na krajnjim granicama opsega emitovanja. Uređaje možete međusobno povezivati habovima, ripiterima, mrežnim mostovima ili svičevima. Pravila 802.3 kažu da se kolizija mora detektovati u okviru vremena koje je potrebno da se pošalje najmanji Ethernet okvir. Najmanji okvir je veličine 64 bajta ili 512 bita. Poznajući brzinu prostiranja električnog signala i brzine prenosa na medijumu (10 Mb/s), maksimalna dužina kabla za Ethernet mreže je 2800 metara.

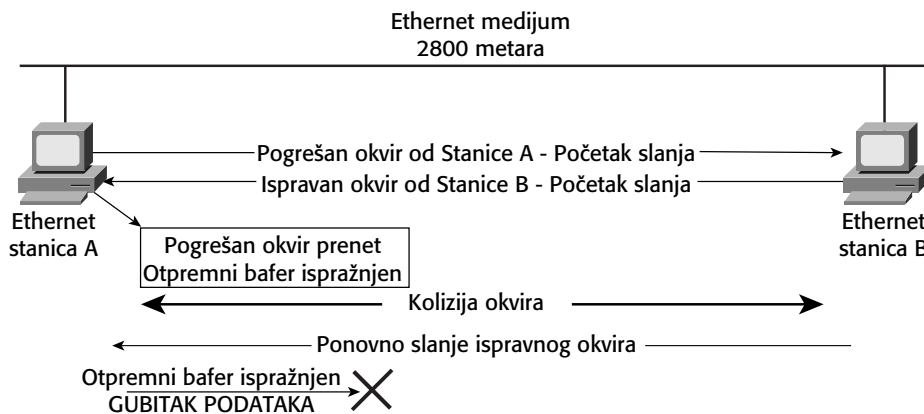
Vreme koje je potrebno da bi paket prešao put mrežnog prečnika naziva se *Ethernet vreme prenosa* (Ethernet Slot Time).

NAPOMENA

Opseg emitovanja (Broadcast Domain) je termin koji označava uređaje koji su povezani u mrežu i mogu da međusobno šalju i primaju okvire koji se emituju.

Obratite pažnju na sliku 1.4, na kojoj se dve stanice nalaze na krajevima opsega emitovanja:

- Stanica A šalje okvir koji je manji od 512 bita.
- U istom momentu, Stanica B šalje okvir.
- Stanica A šalje poslednji bit okvira.
- Stanica A ne otkriva koliziju tokom prenosa i odbacuje okvir iz otpremnog bafera.
- Stanica A pretpostavlja da je odredišna stanica primila okvir.
- Okvir stanice A dolazi u koliziju sa okvirom stanice B.
- Stanica A je već odbacila okvir iz svog otpremnog bafera, tako da Stanica A ne može da izvrši ponovno slanje okvira.



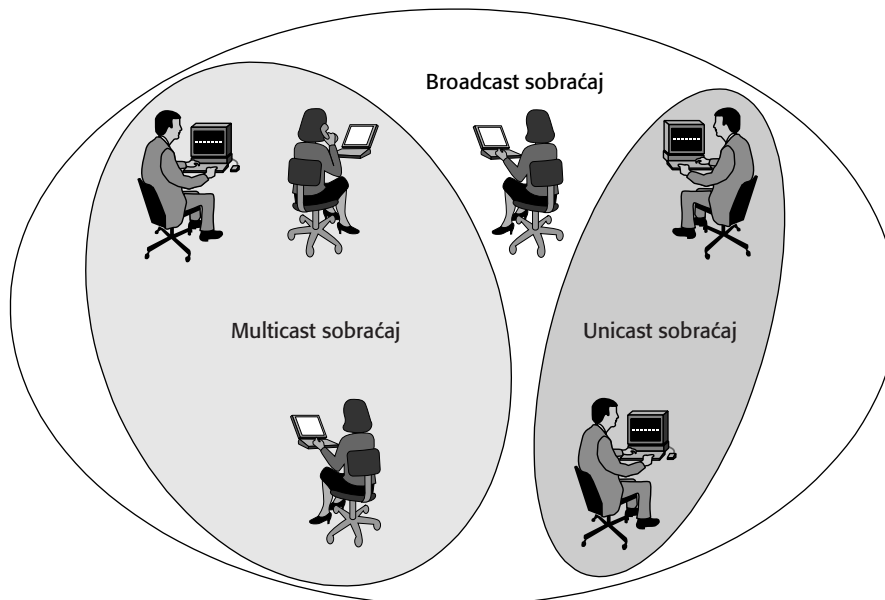
Slika 1.4 Kolizija u okviru opsega emitovanja

Ethernet Ovaj scenario se može ponoviti i ukoliko ukupna dužina medijuma prelazi 2800 metara.

Unicast, multicast i broadcast okviri

Stanica može adresirati svoje okvire za prenos upotrebom jedne od ove tri metode:

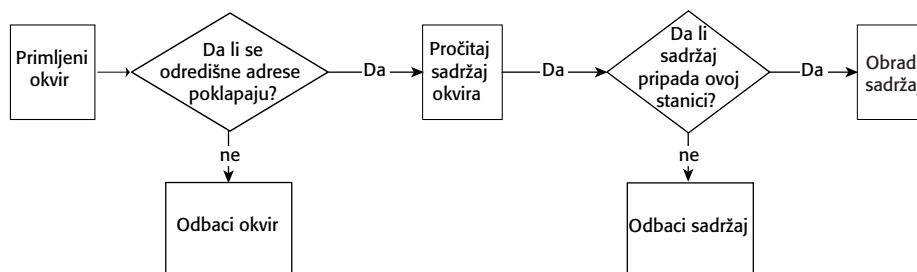
- **Broadcast adresiranje** Stanica šalje okvir svim stanicama u opsegu emitovanja.
- **Grupno ili multicast adresiranje** Stanica šalje svoje okvire podskupu stanica u opsegu emitovanja koji pripadaju nekoj određenoj grupi.
- **Unicast adresiranje** Stanica adresira svoje okvire samo određenoj stanici.



Slika 1.5 Tipovi adresiranja

Ethernet broadcast adresa ima posebnu 48-bitnu odredišnu adresu. Naziva se i "sve jedinice" adresa, zato što svaki bit ima vrednost 1 (ili svaki bajt ima vrednost ff). Broadcast adresa može izgledati poput ff-ff-ff-ff-ff ili ffff.ffff.ffff. Stanica koja namerava da pošalje okvir svim ostalim stanicama na medijumu šalje okvir sa odredišnom adresom koja ima vrednost broadcast adrese.

Broadcast okviri se primaju i obrađuju na svakoj stanici koja se nalazi na medijumu. Svaka stanica obrađuje paket (slika 1.6) kako bi utvrdila da li okvir sadrži podatak koji je namenjen toj stanici. Vi svakako ne želite da stanice obrađuju veliki broj okvira koji nisu namenjeni njima. Stanica koja prima neželjene broadcast okvire koristi svoj procesor kako bi obradila okvire koji bi trebalo da budu obrađeni od strane drugih stanica. Ovaj proces deluje trivijalno, ali "broadcast oluja" je poznata situacija koja zna da onesposobi mreže i računare na mreži.



Slika 1.6 Proces utvrđivanja da li stanica treba da obradi okvir

Multicast okviri su slični broadcast okvirima po tome što se pošiljaocima dozvoljava da se okviri adresiraju na grupu prijemnika. Ovaj proces smanjuje ukupnu upotrebu mreže, tako što se eliminiše potreba da stanica vrši ponovno slanje istog okvira više puta kako bi okvir stigao do svih željenih prijemnika. Multicast okviri moraju biti "određeni za..." odnosno prijemnik mora da želi da ih primi. Ukoliko prijemnik nije podešen da prima multicast od određene grupne adrese, on odbacuje okvire.

Kao primer uzmimo tok video zapisa. Video generalno zahteva resurse širokog propusnog opsega, i ako stanica emituje broadcast video toka, može se desiti da stanica koja uopšte ne prati video tok, troši veliki deo svog procesorskog vremena da bi obradila i odbacila sadržaj dobijenih okvira. Uobičajen mehanizam za prenos video toka je IP multicast. *IP multicast* okviri se šalju na specijalnu određenu IP adresu i sa specijalnim MAC OUI 01-00-5e.

Na primer, Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP), IP protokol za rutiranje, šalje ažurirane rute IP multicast grupi 224.0.0.10. Ova grupa odgovara Ethernet adresi 01-00-5e-00-00-0A. Svi uređaji koji bi trebalo da prime podatke o ažuriranim rutama prihvataju okvire koji su upućeni na ovu adresu. Uređaji koji nisu pretplaćeni za EIGRP rute odbacuju ove okvire.

Teoretski, multicast i broadcast okviri mogu da smanje opterećenje mreže tako što bi se stanici dozvolilo da jedan okvir šalje na više adresa simultano. Ali, ukoliko stanica upućuje okvir malom broju određinih stanica, ili možda samo jednoj stanici, broadcast i multicast saobraćaj može da prouzrokuje dodatnu obradu paketa kod svih stanica u mreži.

Unicast adresiranje predstavlja najjednostavniji i najdirektniji način za slanje podataka drugim stanicama. Stanica koja šalje podatke, šalje okvir sa specifičnom Ethernet adresom određene stanice, koja predstavlja određenu adresu. Samo stanica koja je adresirana obrađuje sadržaj okvira.

Ethernet obezbeđuje ova tri načina adresiranja, tako da se u aplikacijama može koristiti najpodesniji režim koji ima najmanji uticaj na mrežu.

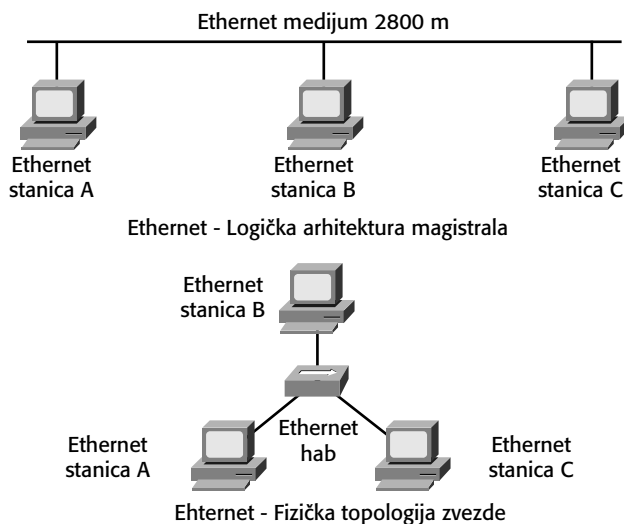
Najčešći medijumi

Ethernet postoji u više formi, uključujući 10BASE2, 10BASE5, 10BASE-T i 10BASE-FL. Svaka od Ethernet varijanti ima svoje prednosti i mane. Ovde nisu pomenuti neki slični tipovi zato što nisu široko rasprostranjeni ili podrška za njih nije na zadovoljavajućem nivou.

10BASE-T je najčešće korišćen Ethernet medijum sa upredenom paricom (twisted pair). Obezbeđuje mrežnu povezivost preko neoklopljenog kabla sa upredenim paricama kategorije 3 (UTP Category 3) koristeći samo dve parice. Iako 10BASE-T zahteva samo Category 3 kabliranje, veliki broj mreža je realizovan sa Category 5 kablovima koji omogućuju da se mreža unapredi u 100BASE-TX ili 1000BASE-T.

Kablovi kategorije 5 obezbeđuju bolji kvalitet signala. Termin *10BASE-T* se odnosi na mogućnost medijuma da radi na brzinama od 10 Mbit/s na kablju sa upredenom paricom. 10BASE-T dozvoljava dužine segmenta od 100 m, iako Ethernet sam po sebi dozvoljava 2800 m. Razlika je u slabljenju signala na UTP kablju.

10BASE-T stanice se fizički povezuju na uređaj koncentracionog tipa (ripiter, hab, svič) kako bi formirale topologiju zvezde. Iako je mreža fizički u obliku zvezde, ona funkcioniše kao logička magistrala, kao što je to prikazano na slici 1.7. Prednost topologije zvezde je u tome što prekid mrežnog kabla do jedne stanice ne utiče na rad cele mreže.



Slika 1.7 10BASE-T topologija

Pre nego što je 10BASE-T postao popularan, 10BASE2 je bila preovlađujuća topologija u manjim mrežama Ethernet sveta. Naziv 10BASE2 se odnosi na 10 Mbit/s signal koji ima maksimalni dolet od 200 m preko RG-58 koaksijalnog kabla (videti sliku 1.9 u sledećem odeljku).

Iako "2" u 10BASE2 znači 200 m, 10BASE2 mreže se mogu proširiti do 185 metara. Očigledno, IEEE želi da bude optimističan. 10BASE2 je bio popularan zato što je kabl relativno jeftin i mrežu je bilo moguće veoma brzo postaviti. 10BASE2 koristi RG-59 koaksijalni kabl i cela mreža je fizički povezana na jedan dugački kabl. Stanice su povezane direktno na medijum pomoću T konektora. Bilo kakav prekid u kابلu dovodi do prekida rada čitave mreže.

Još jedan od uobičajenih tipova je 10BASE5, koji koristi mnogo deblji koaksijalni kabl (veličine baštenskog creva). Ovaj kabl je bitno skuplji i teži za rukovanje. Spajanje stanica na 10BASE5 zahteva upotrebu primopredajnika koji su skupi. Svaka stanica je povezana na primopredajnik, a on na medijum. Kao i kod 10BASE2, prekid na kابلu znači i prekid cele mreže.

10BASE-FL je najčešća implementacija Ethterneta preko vlakna koji omogućava rad u više modova rada (multimod fiber). 10BASE-FL omogućuje da segmenti budu udaljeni 2 kilometra, i nije neuobičajeno videti da se 10BASE-FL koristi za dve udaljene Ethernet mreže. 10BASE-FL zahteva dva vlakna, jedan za slanje, a drugi za prijem.

802.3u Fast Ethernet

Kako je Ethernet postajao prihvaćeniji kao standard za računarske mreže, korisnici su postajali sve zahtevniji po pitanju propusnog opsega. Da bi umirili strasti, 1995. godine IEEE objavljuje 802.3u, standard za 100 Mbit/s Ethernet. Iako je postojalo nekoliko 100 Mbit rešenja za Ethernet, dva su postala prihvaćena, 100BASE-TX i 100BASE-FX (oba se oslovljavaju i sa 100BASE-X). 100BASE-X tehnologija se bazira na standardu FDDI (ANSI X3T9.5) koje nije IEEE rešenje. FDDI je bio, de facto, standard za 100 Mbit/s pre Fast Ethterneta i imao je nekoliko prednosti u odnosu na Ethernet.

100BASE-TX primenjuje 100BASE-X specifikaciju za kablove kategorije 5. 100BASE-TX je sličan 10BASE-T u mnogo čemu, ali za razliku od 10BASE-T, 100BASE-TX zahteva kablove kategorije 5. 100BASE-TX ima signalizaciju na višim frekvencijama koja zahteva kvalitetniji kabl od kablova kategorije 3, koje je zahtevao 10BASE-T. 100BASE-TX, takođe, ima ista ograničenja po pitanju dužine od približno 100 metara koje ima 10BASE-T, što znači da se može koristiti ista infrastruktura (naravno pod uslovom da je kategorije 5).

Udaljenost krajnjih tačaka Ethernet mreže i vreme prenosa između njih (Ethernet Network Diameter i Ethernet Slot Time) za Fast Ethernet mreže varira od mreže do mreže 100BASE-X. Ethernet slot vreme definiše maksimalni mrežni dijametar, tako da on ne sme preći dužinu koju bi 512-bitni paket prešao sve dok stanica koja je poslala taj paket ne završi sa slanjem tog paketa.

Fast Ethernet sistemi zadržavaju upotrebu okvira veličine 512 bita zbog kompatibilnosti sa starijim Ethernet sistemima

Za Ethernet mreže, maksimalni dijametar je 2800 m. Sa 100BASE-TX, operacija slanja se dešava 10 puta češće nego što je to slučaj kod Ethernet stanica. Shodno tome, da bi stanica koja šalje podatak mogla da registruje koliziju nakon slanja okvira dužine 512 bita, okvir će preći samo jednu desetinu puta.

Ovaj limit smanjuje maksimalni mrežni dijametar sa 2800 metara na oko 200 metara. Gubitak razdaljine ne predstavlja neki poseban problem, zato što većina Fast Ethernet instalacija koristi 100BASE-TX, kod koga je maksimalna razdaljina 100 metara.

100BASE-FX je varijanta 100BASE-X koja koristi multimode vlakno kao medijum za prenos podataka. Mrežne kartice (NIC) konvertuju električne signale u svetlosne impulse koji se šalju kroz vlakna ka prijemnom mrežnom adapteru. Prijemni adapter prevodi svetlosne impulse u električne signale koje stanica potom može da obradi.

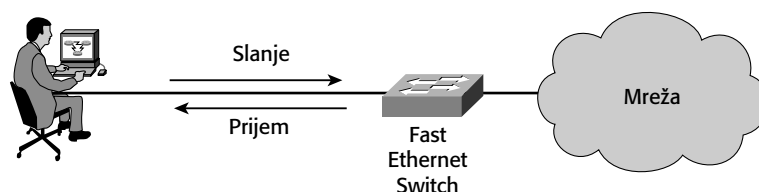
100BASE-FX koristi mehanizam za šifrovanje koji koristi i 100BASE-TX, ali tu sličnost između 100BASE-TX i 100BASE-FX prestaje. Pošto 100BASE-FX koristi svetlost za prenos podataka preko medijuma, zabrinutost zbog elektromagnetne interferencije ne postoji. Ovakav sistem omogućuje primenu mnogo kompleksnijih i zahtevnijih signala.

Maksimalni mrežni dijametar za 100BASE-FX je približno 400 m u half-duplex režimu. 100BASE-FX može da radi i u full-duplex režimu. (O ovim režimima biće reči u narednom odeljku). Full-duplex režim eliminiše pitanja kolizije, tako da 100BASE-FX može da prevaziđe ograničenja od 400 m.

Ustvari, upotrebom standarda 62.5/125 mikron multi fiber, 100BASE-FX može da proširi segment do 2 km u full-duplex režimu. Ukoliko postoji potreba za udaljenostima većim od 2 km, moguće je koristiti primopredajnike koji rade u jednom modu (single-mode), koji omogućuju da 100BASE-FX funkcioniše na udaljenostima od 40 km. Cena ovih uređaja je prilično visoka, ali вреди napomenuti i ovu mogućnost.

Full-Duplex režim

CSMA/CD je metodologija na kojoj je baziran half-duplex Ethernet i Fast Ethernet. Kao što je opisano ranije, CSMA/CD je poput konferencijskog poziva. Svaki učesnik mora da sačeka dok medijum ne postane dostupan. 1995. godine, IEEE je odobrio 802.3x, koji opisuje novu metodologiju za prenos u Ethernet mrežama, poznatiju kao *full-duplex* režim. Full-duplex operacije omogućuju stanicima da šalje i prima okvire simultano, čime se obezbeđuje bolja upotreba medijuma i veća propusnost (slika 1.8).



Slika 1.8 Full-duplex režim

Full-duplex režim može da funkcioniše samo u point-to-point okruženju. U kolizionom domenu može da postoji samo još jedan uređaj. Stanice povezane na hubove, ripitere ili slične uređaje neće biti u stanju da rade u full-duplex režimu. Stanice, koje su direktno povezane jedna sa drugom ili su povezane na Layer 2 svičeve (koji podržavaju full-duplex režim), u mogućnosti su da rade u full-duplex režimu.

Sposobnost slanja i prijema istom brzinom omogućuju stanici da bolje koristi resurse mreže. Propusni opseg koji je dostupan stanici teoretski je udvostručen, zato što stanica ima pun pristup medijumu u oba smera - u prijemnom i u predajnom.

U slučaju sa 100BASE-X, stanici je dostupan propusni opseg od 200 Mbit/s. Istina, veoma mali broj krajnjih stanica, kao što su PC računari, šalje i prima u isto vreme. Serveri i elementi mrežne infrastrukture, kao što su ruteri i svičevi, mogu iskoristiti prednosti full-duplex režima na način koji nije moguć kod krajnjih stanica. Ovi uređaji vrše agregaciju sesija i konekcija, koje se kreiraju sa stanicama na mreži, sa osnovom mreže.

Oni šalju i primaju saobraćaj distribuiran i u pravcu slanja i pravcu prijema, tako da ove veze mogu zaista da iskoriste dodatni propusni opseg koji je omogućen u full-duplex režimu.

Full-duplex režim omogućuje Ethernet topologijama da prevaziđu ograničenja udaljenosti koje half-duplex režim poseduje. Ironično, ali samo optički interfejsi mogu da iskoriste mogućnost dodatne dužine (kao što je to slučaj kod 100BASE-FX), zato što su kablovi sa upredenom paricom ograničeni sopstvenim karakteristikama, a ne mrežnim dijametrom koji postoji kod Ethernet i Fast Ethernet vremenskih slotova.

NAPOMENA

Full-duplex uređaji ne mogu da rade zajedno sa half-duplex uređajima. Problem koji je vrlo čest u mrežama sa pomešanim medijumima su greške koje nastaju usled neslaganja u duplex režimu (duplex mismatch). Rezultat jedne takve situacije je velika količina grešaka, kao što su kolizija i odbačeni okviri. Full-duplex uređaj emituje u momentu kada je on spreman na to, dakle ne detektuje da li postoji signal nosioca na medijumu. Ukoliko uređaj koji radi u half-duplex režimu u tom momentu emituje, dolazi do kolizije, a ona neće biti otkrivena od strane full-duplex uređaja. Iz navedenog razloga je vrlo važno da se proveri režim rada uređaja.

Gigabitni Ethernet

Prelaskom sa Etherneta na Fast Ethernet, korisnici su dobili deset puta širi propusni opseg. Gigabitni Ethernet, sa brzinama prenosa podataka od 1000 Mbit/s, nudi proporcionalno isti skok u odnosu na Fast Ethernet, s tim da je ovde razlika od 900 Mbit/s u odnosu na 90 Mbit/s. Ova povećana širina propusnog opsega dala je novi zadatak inženjerima koji moraju rešiti probleme mrežnog dijametra i pitanja u vezi kabliranja. Gigabitni Ethernet ima dve glavne kategorije:

- 1000BASE-T - Poput 10BASE-T i 100BASE-TX, 1000BASE-T podržava UTP kabliranje pri maksimalnoj razdaljini od 100 m.
- 1000BASE-X - 1000BASE-X se deli na tri podkategorije:
 - 1000BASE-SX - Optički medijum dizajniran za standardna multimod vlakna do 200 m.
 - 1000BASE-LX - Optički medijum dizajniran za single-mode vlakna, maksimalne dužine 10 km, mada je moguće koristiti prilagođeno multimode vlakno u nekim slučajevima.
 - 1000BASE-CX - Oklopljeni bakarni medijum dizajniran za kratke kablove koji se koriste za povezivanje između uređaja. 1000BASE-CX je ograničen na razdaljine od 25 m.

802.3ab 1000BASE-T

Razvoj 1000BASE-T standarda proizašao je iz razvoja Fast Etherneta. Potraga za idealnim bakarnim rešenjem dovela je do usvajanja 100BASE-TX. Iako ne toliko poznati, postojala su dva druga standarda: 100BASE-T4 i 100BASE-T2. 100BASE-T4 nije bio toliko popularan zato što je bilo potrebno koristiti sve četiri parice kablova kategorije 3 i kategorije 5. Neke instalacije su koristile samo dve parice kablova kategorije 3 ili kategorije 5, u skladu sa zahtevima 10BASE-T. Takođe, 100BASE-T4 nije dobio na značaju zbog nepostojanja full-duplex režima.

100BASE-T2 je bio potpunija specifikacija, omogućavao je 100 Mbit/s preko kablova kategorije 3 uz upotrebu samo dve parice. Problem je u tome što nijedan proizvođač nikada nije implementirao ovaj standard.

Kada je došlo vreme da se razvija rešenje za gigabitni ethernet, iskoristilo se sve najbolje iz 100 Mbit/s standarda i uvrstilo u 1000BASE-T specifikaciju.

802.3z 1000BASE-X

802.3z je odobren 1999. godine i uključen je u 802.3 standard. 1000BASE-X je specifikacija za gigabitni Ethernet preko optičkih vlakana. Ova tehnologija nije nova zato što se zasniva na ANSI Fivre Channel standardu (ANSI X3T11). 1000BASE-X koristi tri medijuma: 1000BASE-SX, 1000BASE-LX i 1000BASE-CX. 1000BASE-SX je najčešće primenjen i najjeftiniji medijum, koristi standardno multimode optičko vlakno.

Niska cena nije i bez loše strane: 1000BASE-SX ima maksimalnu udaljenost od 220 m (poređenja radi, full-duplex 100BASE-FX radi na 2 km). 1000BASE-LX obično koristi single-mode optiku, dok je maksimalna udaljenost do 5 km.

1000BASE-CX je najneobičniji medijum od sva tri pomenuta. To je bakarni medijum koji zahteva prekrimpovanje i oklopljen kabl sa upredenim paricama. Konektor nije poput RJ-45 koji se koristi kod 10/100/1000BASE-T.

Umesto njega koriste se ili DB-9 ili HSSDC konektori kojima se terminiraju dve parice. 1000BASE-CX može da savlada dužinu do 25 m, sa preporukom da se koristi u povezivanju najbližih uređaja. 1000BASE-CX nije tako rasprostranjen, zato što 1000BASE-T obezbeđuje istu funkcionalnost za samo deo cene i poseduje mogućnost povezivanja na većim udaljenostima, koristeći četiri parice standardnog kabla kategorije 5.

Slot Time gigabit Ethernet

Mrežni dijametar gigabit Ethernet predstavlja izazov. U half-duplex modu, zakon Ethernet kaže da je okvir veličine 512 bita minimalna veličina okvira koja je potrebna da bi sve stanice "čule" okvir i da bi poruka o otkrivanju kolizija stigla do svih stanica, pre nego što stanica, koja je poslala taj okvir, ne odbaci taj okvir. Koristeći metodologiju iz prethodnih odeljaka, 1000BASE-T ili 1000BASE-X link bi bio ograničen na 20 m, zato što je medijum u mogućnosti da emituje okvire 10 puta brže nego njegov prethodnik (oko 200 m za 100BASE-TX, podeljeno sa 10, daje 20 m).

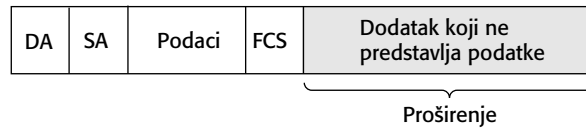
Dužina od 20 m nije odgovarajuća u svim situacijama, tako da je (da bi se ovo ograničenje prevazišlo) IEEE zahtevao da minimalna veličina okvira bude osam puta povećana, odnosno 4096 bita za gigabit Ethernet. Umesto da se deo okvira za podatke proširi dopunjavanjem, standard je opisao upotrebu novog polja poznatog pod nazivom *carrier extensions*.

Na primer, pretpostavimo da gigabit Ethernet stanica detektuje slobodan medijum i poželi da pošalje okvir veličine 512 bita. Mrežni adapter dodaje na kraj okvira *carrier extension* (proširenje) polje veličine 3584 bita.

Ovi bitovi su poznati ostalim gigabit Ethernet stanicama i tretiraju se kao deo samog okvira, a ne kao podatak (slika 1.9). Kada prijemna stanica primi okvir, ona odbacuje polje *carrier extension*. Ovim procesom se izbegava kolizija kod slanja malih paketa.

Iako se upotrebom ove metode rešava problem mrežnog dijametra, ona uvodi novi problem. Za svaki mali paket od 512 bita, dodaje se iznos koji je sedam puta veći. Time se sužava propusni opseg.

Kako bi se ovo opterećenje rešilo, standard opisuje i *burst režim* kao opcionu metodu za rešavanje pitanja slot vremena i opterećenja usled *carrier extension* polja.

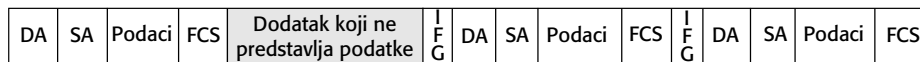


Slika 1.9 Gigabit Ethernet Carrier Extension

Burst režim omogućuje da se manji okviri spoje međusobno, tako što bi se carrier extension slao u međuprostoru između okvira. Druge stanice koje su na čekanju za slanje, otkriće međuprostor između okvira, ali će istovremeno detektovati nosioca i neće započeti slanje. Standard dozvoljava do 64Kb burst režim saobraćaja pre nego što se pošalje standardna međuokvirna praznina.

Da bi se izbegla bilo kakva mogućnost nastajanja kolizije sa ostalim stanicama, mehanizam prvo šalje mali okvir pune veličine 4096 bita (zajedno sa carrier extension poljem). Nakon uspešnog slanja prvog okvira, međuprostor okvira se popunjava bitovima iz carrier extension polja, čime se ostalim stanicama sprečava pristup medijumu (slika 1.10).

Ostali okviri se prenose bez bilo kakvog popunjavanja carrier extension polja. Stanica može da pošalje do 64Kb dodatnih okvira pre nego što prepusti kontrolu nad medijumom. Ovaj mehanizam, iako ne savršen, omogućuje bolju iskorišćenost mreže nego sama upotreba carrier extension polja.



Slika 1.10 Gigabitni burst režim

NAPOMENA

Carrier extensions i burst režim su potrebni samo u half-duplex režimu. U full-duplex režimu ne postoji ovaj problem.

Automatsko usaglašavanje (Auto negotiation)

S obzirom na brojne moguće kombinacije parametara Ethernet, brzine prenosa podataka i duplex režima, automatsko usaglašavanje pronalazi i utvrđuje kompatibilnost među uređajima. Generalno, automatsko usaglašavanje brzine i duplex režima dizajnirano je za medijume sa upređenom paricom zato što oni ne podržavaju automatsko usaglašavanje, niti je to praktično za optičke medijume.

Proces automatskog usaglašavanja započinje tako što uređaj prepozna aktivnost linka na svom interfejsu:

- Uređaj šalje fast link impuls (FLP), oglašavajući željenu brzinu i duplex režim. U tabeli 1.2 prikazani su mogući režimi rada u hijerarhijskom redosledu.
- Ukoliko druga, udaljena stanica podržava automatsko podešavanje, ona šalje FLP sa svojim podacima.
- Dve stanice se usaglašavaju oko najboljih zajedničkih parametara brzine i duplex režima.

Tabela 1.2 Hijerarhija automatskog usaglašavanja

Prioritet	Režim
1	100BASE-TX full duplex
2	100BASE-T4
3	100BASE-TX
4	10BASE-T full duplex
5	10BASE-T

Ukoliko jedna stanica poseduje mogućnost automatskog usaglašavanja, a druga ne poseduje, u tom slučaju se preuzima otkrivanje medijuma. Na primer, starije 10BASE-T stanice se mogu povezati na svič koji podržava automatsko usaglašavanje. Svič šalje FLP 10BASE-T stanici i zahteva 100 Mbit/s full-duplex režim. 10BASE-T stanica ne razume FLP i ignoriše signal automatskog usaglašavanja. Stanica 10BASE-T ne može da pošalje svoj FLP, jer ne podržava to. Port na sviču otkriva odsustvo FLP podrške i pretpostavlja da je stanica 10BASE-T. U ovom slučaju, zato što stanica ne podržava automatsko usaglašavanje, svič se podešava na 10BASE-T.

Postoji i slučaj kada 100BASE-TX stanica radi u half-duplex režimu i ne podržava mogućnost automatskog usaglašavanja. Da li će ove stanice biti osuđene da rade u 10BASE-T režimu? Odgovor je ne. FLP signal se zasniva na mrežnom impulsu (NLP) koga je opisao Ethernet standard. NLP su periodični impulsi koji predstavljaju "otkucaje srca" jedne mreže. FLP signal obezbeđuje sličnu funkcionalnost, ali kod 100BASE-X mreža to čini deset puta brže. Tako da, iako se ne uključi u proceduru automatskog usaglašavanja, 100BASE-TX stanica šalje FLP signale koji sviču ukazuju da stanica može da podrži rad u 100 Mbit/s režimu. Upravo ovaj mehanizam obezbeđuje da uređaji sa mogućnošću automatske detekcije mogu da utvrde da li je stanica 100BASE-TX ili 10BASE-T.

Automatsko usaglašavanje kod gigabitnog Ethernet

Ovaj proces je kod gigabitnog Ethernet nešto drugačiji nego kod Fast Ethernet i Ethernet. Bakarni 1000BASE-T koriste isti FLP mehanizam koji koriste ostale topologije. Ali 1000BASE-X koristi nešto drugačiji mehanizam. Automatsko usaglašavanje je zavisno od medijuma. Kao posledica toga, samo 1000BASE-X

uređaji među sobom mogu da vrše usgalašavanje. Pošto je brzina prenosa unapred određena (odnosno, o brzini se ne usaglašavaju), jedina opcija je duplex režim. Za razliku od Etherneteta i Fast Etherneteta, FLP se ne koristi, dok se za ovu namenu koristi posebna signalizacija koja je specifična za 1000BASE-X tipove medijuma.

Zaključak

Ethernet je evoluirao i sada može da odgovori na zahteve korisnika i administratora mreža. On nastavlja da se razvija i dalje, iz Gigabit Etherneteta u 10 Gigabit Ethernet. U tabeli 1.3 nalazi se pregled topologija i tipova medijuma. Svaka topologija ima svoje mesto u svetu mreža, koje je određeno na osnovu cene, potrebne brzine prenosa podataka i postojeće kablovske infrastrukture. Žičani Ethernet poseduje kompatibilnost unazad i to je ono što obezbeđuje da jedna tehnologija napreduje i da postane prihvaćeni standard.

Tabela 1.3 Pregled topologija i tipova medijuma

Topologija	Brzina prenosa (Mbit/s)	Medijum	Maksimalna udaljenost
10BASE5	10	Debeli koaksijalni	485
10BASE2	10	Tanki RG-58 koaksijalni	185
10BASE-T	10	CAT 3/5 UTP dve parice	100
10BASE-FL	10	2-strand multimod optičko vlakno	2.000
100BASE-TX	100	CAT 5 UTP dve parice	100
100BASE-FX	100	2-strand multimod optičko vlakno	2.000
1000BASE-T	1000	CAT 5 UTP 4 parice	100
1000BASE-CX	1000	Oklopljen, upredenih parica	25
1000BASE-SX	1000	2-strand multimod optičko vlakno	200
1000BASE-LX	1000	2-strand multimod optičko vlakno	10.000