

4 ETHERNET

4.1 Uvod

Ethernet je najviše korišćena mrežna tehnologija u LAN. Originalni Ethernet je razvijen 1970. godine u Xerox Corporation kao eksperimentalna mreža sa koaksijalnim kablom koja je radila sa protokom od 3 Mb/s. Korišćen je protokol CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect) za sporadični i povremeno vrlo intenzivan saobraćaj. Sam Ethernet ne čini mrežu; potreban mu je protokol kao što je TCP/IP ili SPX/IPX koji će omogućiti komunikaciju između čvorova. Ethernet ima dosta prednosti, između kojih su:

- mreže su jednostavne za planiranje i ekonomične za instalaciju;
- mrežne komponente su jevtine;
- tehnologija se pokazala kao pouzdana;
- jednostavno je dodati i odstraniti računare sa mreže;
- podržavaju ga mnogi softverski i hardverski sistemi.

Glavni problem Etherneteta je što se korisnici takmiče za pristup mreži i nema garancije da će korisnik moći da pristupi mreži uvek kada ima podataka za slanje. Naime, do problema dolazi kada dva ili više korisnika želi da koristi mrežu u isto vreme. U tom slučaju dolazi do sudara (kolizije) podataka različitih korisnika. Korisnici mora da prestanu sa slanjem i da sačekaju određeno vreme dok mreža ne postane slobodna. Sadšnje mreže bazirane na Ethernet tehnologiji dozvoljavaju protoke od 10 Mb/s do reda Gb/s. U daljem tekstu će biti opisane savremene Ethernet mreže.

4.2 Elementi Ethernet mreže

Ethernet LAN se sastoji od uređaja i sredine za prenos koja je povezuje. Uređaji se mogu podeliti na dve glavne klase:

- **Terminalna oprema za podatke** (DTE – Data Terminal Equipement) su uređaji koji su izvor ili odredište podataka izdvojenih na pakete ili okvire. DTE su tipično personalni računari, radne stanice, serveri datoteka, serveri printera, ... Često korišćeni naziv za DTE je *krajnja stanica* (terminal).
- **Oprema za komuniciranje podacima** (DCE – Data Communication Equipement) su uređaji unutar mreže koji primaju i prosleđuju okvire podataka kroz mrežu. DTE može da bude jedinstveni uređaj kao što je ripiter, komutator i ruter, ali može da bude i jedinica sprege kao što je kartica za spregu sa mrežom (NIC - Network Interface Card) i modem. Jedan od opštih naziva naziva za DCE je *čvor mreže*.

Kao sredinu za prenos Ethernet koristi koaksijalne kablove, upredene parice (UTP i STP) ili optička vlakna.

Topologije LAN mogu da budu raznovrsne, ali bez obzira na njihove dimenzije i složenost, sve su kombinacija od samo tri osnovne strukture povezivanja uređaja mreže. To su:

- *veza tačka – tačka*. Ovde su angažovana samo dva uređaja, a veza može da bude terminal-terminal, terminal čvor ili čvor-čvor. Dužina veze zavisi od tipa kabla i metode koja se koristi za prenos;
- *magistrala (bus)*. Prve Ethernet mreže su primenjene u strukturi magistrale sa koaksijalnim kablom. Dužina segmenta je bila ograničena na 500 m, a moglo je da bude povezano do 100 stanica na jedan segment. Individualni segmenti su se mogli povezivati ripiterima pod uslovima da se ne formiraju višestruke putanje između bilo koje dve stanice u mreži i dok broj stanica ne pređe 1024. Ukupna dužina putanje između dve najudaljenije krajnje stanice nije smela da pređe maksimalnu propisanu dužinu. Mada se nove mreže ne povezuju više u konfiguraciju magistrale, neke starije mreže tog tipa se i dalje koriste.
- *zvezda*; Od ranih 1990-tih koriste se topologije tipa zvezda. Centralna jedinica je ili ripiter sa više ulaza (portova), poznat pod nazivom **hab** (hub) ili komutator (switch). Sve veze u topologiji zvezda su veze tačka-tačka realizovane uprednim paricama ili optičkim vlaknima.

4.3 Logička relacija standarda IEEE 802.3 i ISO referentnog modela

Slika 4.x prikazuje IEEE 802.3 logičke slojeve i njihovu vezu sa OSI referentnim modelom. Sloj linka podataka je podeljen na dva IEEE 802 podsloja, MAC podsloj i MAC-klijent podsloj. IEEE 802.3 fizički sloj odgovara ISO fizičkom sloju.

Slika 4.x (Slika 7.4)

MAC klijent podsloj može da bude jedan od sledećih:

- kontrola logičkog linka (LLC – Logical Link Control), ako je uređaj krajnja stanica. Ovaj podsloj obezbeđuje spregu između Ethernet MAC i viših slojeva u steku protokola krajnje stanice. LLC podsloj je definisan IEEE 802.2 standardom.
- Entitet most, ako je uređaj čvor mreže. Mostovi obezbeđuju sprege LAN-LAN između LAN koje koriste isti ili različite protokole. Funkcije mosta su definisane IEEE 802.1 standardima.

MAC sloj kontroliše pristup uređaja sredini za prenos u mreži i specifičan je za individualni protokol. Svi IEEE 802.3 MAC mora da sadrže isti osnovni skup logičkih zahteva, bez obzira da li uključuju jednu ili više definisanih opcionih proširenja protokola. Jedini zahtev za osnovnu komunikaciju (komunikacija koja ne zahteva opciono proširenje protokola) između dva uređaja je da oba MAC mora da podrže isti protok podataka.

IEEE 802.3 fizički sloj je specificiran protokom, kodiranjem signala i tipom sredine koja povezuje dve opreme.

4.4 Ethernet MAC podsloj

MAC podsloj mora da ostvari dve osnovne funkcije:

- pakovanje podataka , uključujući formiranje okvira pre prenosa i detekciju greške za vreme i posle prijama;

- kontrolu pristupa sredini za prenos, uključujući informacije o prenosu okvira i oporavak za slučaj prekida prenosa.

4.4.1. Osnovni format Ethernet okvira

Kada šalje podatke MAC podsloj prima informacije od LLC podsloja. IEEE 802.3 standard definiše osnovni format okvira podataka koji se zahteva za sve MAC primene, kao i nekoliko dodatnih opcionih formata koji se koriste radi proširenja osnovnih mogućnosti protokola. Osnovni format podataka sadrži sedam polja kao što je prikazano na slici 4.2.

Preambula je dužine 7 bajta. Svaki bajt ima fiksni binarni redosled 10101010 što upozorava svaku prijemnu stanicu da pristigne okvir tako da stanica može da sinhroniše sa dolazećim nizom bita. Ova sekvenca takođe obaveštava stanice da sledi okvir i da treba da provere adresu odredišta u okviru.

Razgraničavač (SFD-Start-of-Frame Delimiter) dužine je jednog bajta a sadržaj polja je 10101011. SFD obaveštava stanicu da za njim sledi prvi bit adrese odredišta

Adresa odredišta (DA-Destination Address) dužine je 6 bajta. DA identifikuje koja stanica (stanice) treba da prime okvir. Prvi bit u polju DA govori o tome da li je adresa individualna (bit postavljen na 0) ili grupna (bit postavljen na 1). Drugi bit u DA govori o tome da li se adresa odredišta globalno administrira (bit 0) ili lokalno administrira (bit 1). Preostalih 46 bita su jedinstveno pridružene vrednosti kojim se označava pojedinačna stanica, definiše grupa stanica ili sve stanice u mreži. Individualne adrese se nazivaju jednodifuzne (unicast) jer se odnose na jedan MAC i određene su proizvođačem NIC iz skupa adresa dodeljene od strane IEEE. Grupna adresa (višedifuzna, multicast) identifikuje krajnje stanice u jednoj grupi i dodeljuje se od strane menadžera mreže. Posebna grupna adresa (svi biti 1) je širokodifuzna (broadcast) adresa i označava sve stanice u mreži.

Adresa izvora (SA-Source Address) je takođe dužine 6 bajta. SA identifikuje stanicu koja šalje okvir. SA je uvek individualna adresa pa je prvi bit u polju SA uvek 0. Ova adresa se prikazuje u obliku heksadecimalnih brojeva, kao što je:

4C – 31 – 22 – 10 – F1 – 32 ili 4C31 : 2210 : F132

Dužina/tip (Length/Type) polje je dužine 4 bajta. U ovom polju je naznačen ili broj bajta podataka MAC klijenta u polju podataka ili tip okvira ako je okvir sastavljen korišćenjem opcionog formata. Ako u polju podataka ima manje od 1500 bajta LLC, tada se taj broj upisuje u polje dužina/tip. Ako je vrednost u polju dužina/tip veća od 1536 okvir je opcion. Kada je u pitanju IPX/SPX protokol onda polje tipa okvira sadrži 1000 0001 0011 0111, a kada je TCP/IP protokol polje tipa okvira sadrže 0000 1000 0000 0000.

Podaci (Data) je polje dužine n bajta, gde je n manje ili jednako 1500. Ako je informacija duža od 1500 bajta onda se šalje više okvira. Ako je dužina polja podataka manja od 46, polje podataka mora da se proširi dodavanjem popune (pad) dovoljne da održi dužinu polja podataka minimalno 46 bajta.

Sekvenca za proveru okvira (FCS-Frame Check Sequence) je polje dužine 4 bajta. U ovo polje se upisuje rezultat provere cikličnom redundansom (CRC-Cyclic Redundancy Check). Ovaj rezultat se ponovo izračunava na mestu prijema i poredi sa onim upisanim u FCS polju. FCS se formira na osnovu sadržaja u poljima DA, SA, Length/Type i Data

Slika 4.2. IEEE 802.3 format okvira

4.4.2. Prenos okvira

Uvek kada MAC krajnje stanice primi okvir sa zahtevom za slanje sa pridruženom adresom i podacima od LLC podsloja, MAC započinje prenos sekvenci prenoseći LLC informaciju u MAC bafer okvira. Procedura je sledeća:

- ubacuju se preambula i razgraničavač u PRE i SFD polja;
- ubacuju se adresa odredišta i izvora u polja adresa;
- podaci LLC se broje po bajtima i broj bajta se upisuje u polje Length/Type;
- podaci LLC se ubacuju u polje Data. Ako je broj bajta manji od 46 pridružuje se dopuna do 46;
- generiše se FCS proračunom nad DA, SA, Length/Type i Data poljima i upisuje se u FCS polje.

Pošto se okvir sastavi, stvarni prenos okvira zavisi od toga da li MAC radi u polu-dupleksnom ili potpuno-dupleksnom modu. IEEE 802.3 standard trenutno zahteva da svi MAC podržavaju polu-dupleksni rad. To znači da MAC može bilo da predaje bilo da prima okvir, ali ne istovremeno. Rad u punom dupleksu je opcija.

4.4.2 Polu-dupleksni rad i CSMA/CD

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) protokol višestrukog pristupa zajedničkoj sredini za prenos je originalno razvijen kao sredstvo kojim dve ili više stanica mogu zajednički da koriste sredinu za prenos u okruženju gde nema komutatora i kada protokol ne zahteva centralno odlučivanje, žeton za pristup ili označeni vremenski slot radi indikacije kada će stanici biti dozvoljeno da prenosi. Svaki Ethernet MAC odlučuje za sebe kada će mu biti dozvoljeno da šalje okvir.

CSMA/CD pravila pristupa mogu da se sumiraju skraćenicom naziva protokola:

- **Osmatranje nosioca** (Carrier Sense) – Svaka stanica kontinualno osmatra saobraćaj na sredini za prenos da bi odredila kada se pojavljuju pauze između okvira.
- **Višestruki pristup** (Multiple access)- Stanice mogu da predaju okvire uvek kada otkriju da je mreža u praznom hodu (idle), tj. Nema saobraćaja.
- **Detekcija kolizije** (Collision Detect) – Ako dve ili više stanica u istom domenu kolizije počinju predaju približno u isto vreme dolazi do međusobne interferencija bita iz okvira različitih stanica (kolizija, sudar). Okviri su tada neupotrebljivi. Kada se to dogodi, svaka stanica koja predaje, mora da detektuje da je došlo do kolizije pre nego što završi slanje svog okvira. Svaka stanica mora da zaustavi predaju po detektovanju kolizije i zatim da čeka slučajni vremenski interval (definisani algoritmom) pre nego što pokuša da ponovo počalje okvir.

Najgori slučaj se javlja kada dve najudaljenije stanice u mreži imaju okvire za slanje a druga stanica započinje predaju neposredno pre pristizanja okvira prve stanice. Druga stanica će detektovati koliziju skoro trenutno dok će prva stanica detektovati koliziju tek po povratku signala. Vremenski period da prva stanica detektuje koliziju je približno dvostruko vreme propagacije između dve najudaljenije stanice na mreži. Ovaj vremenski interval se naziva *prozor kolizije* ili *vreme slota*. Rastojanje između dve stanice, pri kome može da se detektuje kolizija, se naziva *prečnik kolizije*. Jasno je da su minimalna dužina okvira i prečnik kolizije u direktnoj vezi sa vremenom slota. Veća minimalna dužina okvira znači i duži vremenski slot i veći prečnik kolizije i obrnuto. Protivurečnost je između potrebe redukcije uticaja kolizije i potrebe da prečnik kolizije bude dovoljno veliki da bi odgovarao razumnim dimenzijama mreže. Kompromisom je usvojeno da maksimalni prečnik mreže bude oko 2500 m pri minimalnoj dužini okvira izabranoj tako da se osigura detekcija kolizije i u najgorem slučaju.

4.4.2 4.4.4. Virtuelni LAN

Virtuelni LAN je jedna opcija MAC podsloja koja obezbeđuje tri značajne mogućnosti korisnicima i operatorima Ethernet mreže:

- raspolaže sredstvima da ubrza slanje vremenski kritičnog saobraćaja postavljanjem prioriteta u okvirima tog saobraćaja;
- omogućava stanicama da se pridruže logičkim grupama tako da komuniciraju kroz više LAN kao da su u jednom LAN. Mostovi i komutatori filtriraju odredišne adrese i

prosleđuju VLAN okvire samo prema portovima koji opslužuju VLAN kome saobraćaj pripada;

- uprošćavaju upravljanje mrežom i olakšavaju administratoru dodavanje, premeštanje i promene stanica u mreži.

MAC okvir u VLAN je osnovni MAC okvir sa dodatim VLAN zaglavljem dužine 4 bajta, kao što je prikazano na slici 4.3 (Slika 7-11). Naznaka da se radi o VLAN okviru se ubacuje na mestu kde se nalazi polje length/type u osnovnom okviru.

Slika 4.3. Format VLAN okvira

VLAN zaglavlje se sastoji od dva polja:

- polje tipa dužine 2 bajta u koje se upisuje rezervisana vrednost čime se indicira da se radi o VLAN okviru;
- polja kontrole prioriteta dužine 2 bajta koje sadrži naznaku prioriteta (od 0 do 7, pri čemu je 7 najveći prioritet) i VLAN identifikatora koji identifikuje posebnu VLAN preko koje okvir treba da se šalje.

MAC u prijemniku čita vrednost tipa okvira i interpretira primljeni okvir kao VLAN okvir. Tada se ostvaruje sledeće:

- ako je MAC instaliran na portu komutatora, okvir se prosleđuje saglasno svom nivou prioriteta svim portovima koji su pridruženi naznačenom identifikatoru VLAN.
- Ako je MAC instaliran na krajnjoj stanici, on odstranjuje VLAN zaglavlje i obrađuje okvir na isti način kao što obrađuje osnovni okvir podataka.

4.5. IEEE 802.2 i Ethernet SNAP

LLC je ugrađen u Ethernet okvir i definisan je sa IEEE 802.2 standardom. Na slici 4.3. prikazano je kako su polja ubačena u IEEE 802.3 okvir. Polja tačka pristupa servisu odredišta (DSAP-Destination Service Access Point) i tačka pristupa servisu izvora (SSAP-Source Service Access Point) definišu tip mrežnog protokola koji se koristi. SAP kod vrednosti 1110 0000 identifikuje NetWare operativni mrežni sistem, a 0000 0110 identifikuje TCP/IP protokol. Ove SAP brojeve određuje IEEE. Kontrolno polje služi za sekvencu okvira.

U nekim slučajevima teško je modifikovati mreže na IEEE 802.2. Alternativni metod je da se koristi Ethernet SNAP mrežni protokol. On je definisan da bi se olakšao prelaz na IEEE 802.2 standard. Ovo je prikazano na slici 4.4. Ovaj protokol uključuje još dva dodatna polja da bi se definisao organizacioni ID i identifikator mrežnog sloja. NetWare dozvoljava Ethernet SNAP ili Ethernet 802.2.

Neusaglašeni protokoli su identifikovani sa 1010 1010 DSAP i SSAP kodovima, i kontrolnim kodom 0000 0011. Posle ovih polja slede:

- organizacioni ID određuje iz koje organizacije potiče protokol. Ako su u ovom polju sve nule to znači da taj Ethernet okvir nije specificiran u organizaciji;
- Ethertype polje definiše mrežni protokol. TCP/IP koristi 0000 1000 0000 0000, a NetWare koristi 1000 0001 0011 0111.

Slika 4.3. Ethernet IEEE 802.3 okvir sa LLC

Slika 4.4. Ethernet IEEE 802.3 okvir sa LLC i SNAP

4.4.2 LLC protokol

Jedan 802.3 okvir obezbeđuje neke funkcije sloja linka podataka, kao što su adresiranje (izvorišne i odredišne MAC adrese), dodatne bitove za početak okvira i kontrolu

greške (FCS). Ostale funkcije sloja podataka se nalaze u kontrolnom polju LLC polja i te funkcije su:

- **Kontrola greške i toka saobraćaja.** Svaki okvir koji je poslat ima svoj broj. Kontrolni okvir se šalje od odredišnog čvora ka izvornom da bi informisao izvor da li je okvir stigao ispravan ili ne.
- **Sekvencioniranje podataka.** Velika količina podatka se deli i šalje sa okvirima koji se numerišu. Na odredišnom čvoru se ti podaci ponovo sastavljaju po odgovarajućem redosledu.

Na slici 4.5. je prikazan osnovni LLC okvir. Postoje tri osnovna tipa okvira: informacioni, nadzorni i neobeleženi (bez broja). Informacioni okvir sadrži podatke, nadzorni okvir se koristi za potvrdu i tok saobraćaja a neobeleženi okvir se koristi u svrhe kontrole. Prva dva bita polja kontrole određuju kog tipa je okvir. Ako su ti biti 0X onda je to informacioni okvir, ako su 10 onda je nadzorni okvir, ako su 11 onda je neobeleženi okvir.

Informacioni okvir sadrži broj sekvence okvira u kontrolnom polju koji ide od 0 do 127. Svaki informacioni okvir ima naredni broj N(S). Odredišni čvor potvrđuje da je dobio okvir tako što šanje nadzorni okvir. Funkcije nadzornog okvira su specificirane sa 2-bitnim S poljem. Ovo polje može biti podešeno na prijemnik spreman (RR- Receiver Ready), prijemnik nije spreman (RNR- Receiver Not Ready) i odbacivanje (REJ- Reject). Ako je podešena funkcija RNR onda odredišni čvor potvrđuje da su svi poslani okvirovi do broja N(R) primljeni isparavni. RNR funkcije prima okvirove do broja N(R) i obaveštava izvor da ne želi više da komunicira. REJ funkcija obaveštava da je N(R) odbačen i da su svi okvirovi do N(R) primljeni (potvrđeni).

Slika 4.5. LLC format okvira

4.6. Ethernet fizički slojevi

Pošto oprema za Ethernet primenjuje samo dva najniža sloja OSI modela, ona se najčešće realizuje kao kartica za spregu sa mrežom (NIC-Network Interface Card) i priključuje se u matičnu ploču uređaja.

Po konvenciji označavanja Ethernet mreža postoje tri povezane oznake koje se odnose na protok, način prenosa i tip sredine za prijenos/kodiranje signala. Na primer:

- 10BASE-T = 10 Mb/s, osnovni opseg, upredene parice (T-Twisted-pair);
- 100BASE-T2 = 100 Mb/s, osnovni opseg, 2 upredene parice;
- 100BASE-T4 = 100 Mb/s, osnovni opseg, 4 upredene parice;
- 1000BASE-LX=1000 Mb/s, osnovni opseg, optičko vlakno.

4.4.2 Kodiranje signala za prenos

Pri prenosu u osnovnom opsegu, okviri se direktno ubacuju na link kao niz binarnih impulsa. Binarni impulsi se kodiraju saglasno Mančester kodu.

Mančester kodiranje ima prednost što binarne impulse ubacuje informacije o taktu i sinhronizaciji. Logičko 1 se predstavlja prelazom sa niskog nivoa na visoki, a logička nula prelaskom sa visokog nivoa na niski. Visoki nivo je +0,7 V a niski nivo je -0,7 V. Druga prednost ovog kodiranja je da je jednosmerna komponenta 0 kada se koriste podjednako pozitivni i negativni naponski nivoi. Ovo je prikazano na slici 4.9.

Na slici 4.10. dat je primer Mančester kodiranja. Prijemnik prenosi kodirane bite do filtra. Ovim se izdvajaju niske frekvencije iz niza bita kao što je frekvencija takta. Pomoću ovoga prijemnik može da odredi šemu po kojoj se šalju biti.

Kodovan signal se prvo sinhronizuje. Kolo za generisanje takta generiše takt na sredini druge bitske ćelije. U Ethernet-u se sinhronizacija izvodi pomoću bita u polju preambule okvira koristeći kolo za generisanje takta. Mnogi Ethernet dekoderi koriste SEEQ 8020 konvertor Mančester koda, koji koristi PLL kolo da bi generisao takt. Na slici 4.10. prikazano je kolo za sinhronizaciju koje koristi Mančester dekodiranje i PLL.

PLL je kolo sa povratnom spregom koje se obično koristi za sinhronizaciju digitalnih signala. Njega čine detektor faze i naponski kontrolisan oscilator VCO koji koristi oscilator sa kristalom kao izvor takta. Frekvencija kristala je dva puta veća od frekvencije primljenog signala. Ona je konstantna tako da su potrebne male ispravke da bi signal bio sinhronizovan. Funkcija detektora faze je da pronade greške između dva signala i da podešavajući VCO smanji te greške. Ovo se postiže upoređivanjem primljenog signala i signala na izlazu VCO. Kada signali imaju istu frekvenciju i fazu PLL je zaključan. Na slici 4.11 prikazane su komponente PLL.

Slika 4.8. Mančester kodiranje

Slika 4.9. Primer Mančester kodiranja

Slika 4.10. Mančester dekodiranje sa bitskom sinhronizacijom

Slika 4.11. Komponente PLL kola

4.6.1. Veza između IEEE 802.3 fizičkog sloja I ISO referentnog modela

Mada posebni logički modeli fizičkog sloja mogu da se razlikuju od verzije do verzije, svi Ethernet NIC generalno podležu izvornom modelu prikazanom na slici 4.y (Slika 7-14)

Slika 4.y (7-14) Referentni model izvornog Ethernet fizičkog sloja

Fizički sloj se sastoji od dva podsloja, podsloja nezavisnog od sredine za prenos i podsloja zavisnog od sredine za prenos. Podsloj nezavisan od sredine za prenos se sastoji od dva dela, (reconciliation) i sprege nezavisne od sredine za prenos (MII-Media Independent Interface) (opcija). Podsloj zavisan od sredine za prenos se sastoji od četiri dela, kodiranja (PCS - Physical Coding Sublayer), priključka na fizičku sredinu (PMA- Physical Media Attachment), pregovaranja (opcija) i sprege zavisne od sredine za prenos (MDI-Medium-Dependent Interface).

Ovakvo grupisanje omogućava Ethernetu da bude fleksibilan i podrži razne protoke, razne metode signalizacije i razne tipove sredine za prenos.

PCS definiše protoke slanja, tipove kodiranja/dekodiranja i metode signaliziranja. U PMA se definiše predajnik i prijemnik signala, koja se često zove i transceiver. MDI je konektor kabla koji povezuje transiver i link.

4.7. Ethernet transceiveri

Svaki čvor ima hardver za slanje i primanje da bi kontrolisao pristup kablu i pratio mrežni saobraćaj. Ovaj hardver za slanje/primanje se zove transceiver (što je skraćeno od transmitter/receiver).

Kada ni jedan čvor ne šalje podatke napon na liniji je + 0.7 V. Kada čvor detektuje ovaj napon on zna da je mreža aktivna i da ni jedan čvor trenutno ne šalje (period praznog hoda).

Kada čvor želi da šalje on sluša kad će da nađe period praznog hoda. Kada dva ili više čvora šalju u isto vreme dolazi do sudara. Kada detektuju sudar, svaki čvor šalje signal kolizije. Čvorovi koji učestvuju u koliziji čekaju neko slučajno vreme (od 10 ms do 90 ms) pre nego što počnu da šalju ponovo (retransmisija). Svaki čvor u mreži takođe čeka retransmisiju. Kolizije sprečavaju čvorove da šalju podatke. Transceiver-i detektuju koliziju mereći napon na liniji.

Transciever šalje početni niz jedinica i nula. Koristi se Mančester kod, kod koga je 0 prelazak sa visokog na niski napon, a 1 prelazak sa niskog na visoki napon. Nizak napon je - 0.7 V, a visoki je +0.7 V. Kada se šalju ti početni biti napon se menja između +0.7 i -0.7 V. Ovo je prikazano na slici 4.7. Ako posle slanja ovih bita ne dođe do sudara onda se šalje ostatak okvira.

Slika 4.7. Digitalna signalizacija kod Ethernet-a

4.8. NIC

Kada se primaju podaci, zadak NIC-a je da kopira sve poslate podatke u mreži, dekoduje ih i da ih šalje do računara. Ethernet NIC se sastoji iz tri osnovna dela:

- **Sprega fizičke sredine za prenos.** Ova sprega odgovara PCS i PMA po standardu i odgovorna je za električno slanje i prijem podataka. Sastoji se iz dva dela: transceivera, koji šalje ili prima podatke iz ili u sredinu za prenos; i konvertora koda koji kodira/dekodira podatke. On takođe prepoznaje sudare u sredini za prenos.
- **Kontroler linka podataka.** Ovaj kontroler odgovara MAC sloju.
- **Računarska sprega.**

NIC se može podeliti u četiri osnovna bloka:

- sprega mreže;
- Mančester dekoder;
- memorijski bafer;
- računarska sprega.

4.8.1. Sprega mreže

Funkcija sprege mreže je da sluša, da prevede sinusoidalni oblik signala u digitalni i onda ih prenosi do Mančester dekodera. Sprega mreže se sastoji iz tri dela:

- **BNC/RJ-45 konektora**
- **Hardver za prijem.** Ovaj hardver prevodi sinusoidalni signal u digitalni i prenosi ga do Mančester dekodera.
- **Izolator.** Izolator je između hardvera za prijem i Mančester dekodera. On garantuje da šum iz mreže ne deluje na računar i obrnuto.

Hardver za prijem se zove prijemnik i glavna je komponenta na spregi mreže. On ima funkciju slušalice, sluša i kopira saobraćaj na kabl. Nažalost, elektronika transceivera nije perfektna. Na liniji prenosa postoje otpori i kapacitivnosti koje izobličavaju oblik niza bita. Ovo dovodi do intersimbolske interferencije. Postoji i mogućnost da će šum delovati na digitalne impulse dok putuju kroz kabl. Odavde sledi da prijemnik treba da razdvoji šum i digitalni signal.

Na slici 4.8. prikazana je blok šema Ethernet prijemnika. Primljen signal prolazi kroz bafer sa velikom impedansom i malom kapacitivnošću da bi se smanjili efekti opterećenja koaksijalnog kabla. Ekvilajzer prenosi visoke frekvencije a slabi niske frekvencije iz mreže. Četvoropolni niskofrekventni filter daje prosečan DC nivo od primljenog signala. Squelch koloaktivira linijski drajver samo kada detektuje pravi signal. Ovim se sprečava da šum aktivira prijemnik.

Slika 4.8. Ethernet prijemnik

4.8.3. Memorijski bafer

Protok kojim se šaju podaci kroz kabl se razlikuje od protoka kojim prijemni računar prima podatke i podaci se pojavljuju sporadično (bursty). Da bi se ova razlika kompenzovala koristi se FIFO (first-in first-out) memorijski bafer, koji na svom izlazu daje konstantan protok. Važno je da prosečan protok podataka ne sme da prekorači frekvenciju takta. Ukoliko se ovo desi bafer će biti prepunjen.

FIFO je RAM kod koga se podaci na izlazu pojavljuju u istom redosledu u kom su ušli u bafer. Ulaz i izlaz kontrolišu dva različita brojača i FIFO vodi računa o tome koji su podaci upisani a koji očitani. Preko ovih drugih može tada da se upisuju novi podaci. Ovo se ostvaruje upotrebom ukazivača. Na slici 4.12. prikazan je blok dijagram FIFO konfiguracije. FIFO status se prikazuje uz pomoć flegova, EF je prazan fleg a FF pun fleg, što pokazuje da li je FIFO prazan ili pun.

Slika 4.12. FIFO konfiguracija

4.8.4. Ethernet implementacija

Šema jednog Ethernet prijemnika je prikazana na slici 4.13. Komponente prijemnika su SEEQ 8020 Technologies 82C93A Ethernet transceiver kao prijemnik i SEEQ 8020 konvertor Mančester koda koji dekodira Mančester kod. Transformator i DC-DC konvertor izoluje SEEQ 82C92A i mrežni kabl od ostatka kola. DC-DC konvertor konvertuje 5 V napajanja na -9 V potrebnih transiveru.

Slika 4.13. Ethernet konfiguracija

4.9. Standardna ograničenja Ethernet-a

Standardne Ethernet CSMA/CD specifikacije daju ograničenja na maksimalne dužine kablova. Ograničenja su zbog maksimalnog vremena propagacije signala i period takta.

4.9.1. Dužine segmenata

Upredene parice i koaksijalni kablovi imaju različite karakteristične impedanse. Kablovi moraju da budu završeni sa odgovarajućom karakterističnom impedansom da ne bi došlo do gubitka snage i refleksije. Karakteristična impedansa upredenih parica je 100Ω , a koaksijalnog kabla je 50Ω . Ethernet veza se može sastojati od mnogo spojenih sekcija koaksijalnog kabla. Jedna ili više sekcija čine segment kabla. Segment ne sme biti duži od 500 m. Ovo je prikazano na slici 4.14.

Slika 4.14. Veza segmenata

4.9.2. Razmak između ripitera

Ripiter se dodaje između segmenata da pojača signal. Maksimalno dva ripitera se mogu dodati između dva čvora. Maksimalno rastojanje dva čvora sa ripiterima između njih je 1500 m, kao što je prikazano na slici 4.15.

Slika 4.15. Maksimalan broj ripitera između dva čvora

4.9.3. Maksimalna dužina linka

Maksimalna dužina koaksijalnog linka tačka-tačka je 1500 m. Ovako velika dužina se koristi za dve udaljene tačke unutar jedne zgrade.

4.9.4 Rastojanje između transiver

Transiveri se ne smeju biti bliži od 2,5 m. Svaki segment ne sme imati više od 100 transivera, kao što je prikazano na slici 4.15. Transiveri koji su međusobno blizu postavljeni mogu biti uzrok interferencije i da povećaju rizik usled kolizije.

Svaki transiver čvora smanjuje otpor mreže i disipira poslati signal. Značajan broj transivera smanjuje električne karakteristike mreže ispod specificiranih vrednosti.

Slika 4.15. Konekcija sekcija

4.10. Tipovi Ethernet-a

Postoje nekoliko glavnih standardnih tipova Ethneta:

- standardni, ili sa debelim kablom (thick-wire) Ethernet (10BASE5)
- sa tankim kablom, Thinnet (ili thin-wire) Ethernet ili Cheapernet (10BASE5)
- Ethernet sa upredenim paricama (10BASE-T)
- Ethernet sa optičkim kablovima (10BASE-FL)
- Brzi Ethernet (100BASE-TX ili 100VG-Any LAN)
- Gigabitni Ethernet (1000BASE-T ili 1000BASE-X)

Ethernet tipovi sa debelim i tankim kablom se direktno vezuje za segment Ethneta, kao što je prikazano na slici 4.16. i 4.17. Standardni Ethernet, 10BASE5, koristi kabl visokih specifikacija (RG-50) i N-tip priključka da bi se povezao za transceiver Ethernet segmenta. Čvor se vezuje za transceiver koristeći 9-pinski D-tip konektor. Vampir konektor (ili bee-sting) se može koristiti da bi se transceiver povezo na okosnicu.

Chepernet koristi kablove specifikacija nižeg nivoa. Kablovski konektor je takođe sa specifikacijama nižeg nivoa (koristi BNC, a ne N-tip konektora). U standardnom Ethernetu transceiver se direktno vezuje za okosnicu. Kod Cheapernet je transceiver integrisan u čvor.

Moderni Ethernet povezivanje koristi 10BASE-T hub koji povezuju UTP kablove sa Ethernet segmentom. RJ-45 konektor se koristi za 10BASE-T. Ethernet sa optičkim kablovima, 10BASE-FL, dozvoljava velike dužine veza., oko 2 km. Oni koriste SMA ili ST konektore. U tabeli su pokazane osnovne specifikacije za različite tipove.

Slika 4.16. Ethernet sa debelom žicom

Slika 4.17. Ethernet sa tankom žicom i 10BASE-T

Tabela 4.1. Parametri Ethernet-a

Parametar	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
Opšti naziv	Standardni ili Ethernet sa debelim kablom	Ethernet sa tankim kablom, Thinnet	Ethernet sa upredenim paricama
Protok	10 Mb/s	10 Mb/s	10 Mb/s
Maksimalna dužina segmenta	500 m	200 m	100 m
Maksimalan broj čvorova po segmentu	100	30	3
Maksimalan broj ripitera	2	4	4
Maksimalan broj čvorova po mreži	1024	1024	
Minimalno rastojanje čvorova	2,5 m	0,5 m	Bez ograničenja
Lokacija transivera	Na priključku kabla	Integrisana u čvor	U hub-u
Tipičan kabl	RG-50 (1,25 mm u prečniku)	RG-6 (0,625 mm u prečniku)	UTP kablovi
Konektori	N-tip	BNC	RJ-45/Telco
Konektor transivera	15-pin D-tip	BNC	

4.11. Hub-ovi za upredene parice

Čvorovi Ethernet-a sa upredenim paricama (10BASE-T) povezani su za okosnicu preko hub-a, kao što je prikazano na slici 4.18. Veza do upredenih parica ide preko RJ-45 konektora.

Veza do okosnice može biti thin ili thick Ethernet. Ovo je CAN (Concentrated Area Network) i ograničava saobraćaj na okosnici. Korišćenje hubova poboljšava rad mreže.

10BASE-T koristi dve parice, jedna za predaju a druga za prijem. Do sudara dolazi kada čvor detektuje da kada šalje podatke u isto vreme i prima podatke. Ovo je prikazano na slici 4.18.

Slika 4.17. 10BASE-T povezivanje

Slika 4.18. BASE-T povezivanje

4.12. Ethernet na 100 Mb/s

Standardni Ethernet na 10 Mb/s ne radi kako treba kada ima dosta korisnika koji ga koriste za multimedijalne aplikacije. Dva napretka u odnosu na standardni Ethernet je brz Ethernet i 100VG-AnyLAN. IEEE je definisao standarde za oba ova tipa, IEEE 802.3 za brz Ethernet i 802.12 za 100VG-AnyLAN. Ova dva tipa koriste protoke od 100 Mb/s. Ovo je najmanje 10 puta veći protok od protoka kod standardnog Ethernet-a.

Međutim, sada postaju sve popularniji novi standardi za Ethernet, kao što su:

- 100BASE-TX (upredene parice)- sa protokom 100 Mb/s korišćenjem upredenih parica Cat-5 UTP ili Type 1 STP kabl;
- 100BASE-T4 (upredene parice)- što je standard za 100 Mb/s za Cat-3, Cat-4 ili Cat-5 UTP kabl;
- 100VG-AnyLAN (upredene parice)- koji koristi 100Mb/s kod dva para upredenih parica Cat-5 UTP ili Type 1 STP;
- 100 BASE-FX (optički kabl)- koji je standard za 100 Mb/s za optičke kablove.

4.12.1. 100BASE-T

Brzi Ethernet, ili 100BASE-T, je jednostavno 10BASE-T koji je 10 puta brži. Nastao je od standardnog Ethernet tako da se postojeće Ethernet mreže mogu poboljšati. Nažalost, kao kod standardnog Ethernet-a, čvorovi se nadmeću za sredinom za prenos, što smanjuje efikasnost mreže u slučaju velikog saobraćaja. Takođe, pošto se koristi detekcija kolizije, maksimalna dužina segmenta je limitirana vremenom koje je potrebno najdaljem čvoru u mreži da detektuje koliziju. Kod brzog Ethernet-a sa bakarnim upredenim paricama ovo rastojanje je 100 m a za optičke kablove je 400 m. U tabeli 3.2 su dati glavni mrežni parametri brzog Ethernet-a

Pošto su 100BASE-T standardi kompatibilni sa 10BASE-T mrežama, onda mreža dozvoljava oba protoka, 10 Mb/s i 100 Mb/s, na mreži. U slučaju da mreža treba da se poboljša potrebno je samo dodati adaptere sa dve brzine. Čvorovi sa mogućnostima rada na 100 Mb/s normalno komuniciraju na 100 Mb/s, ali mogu i da komuniciraju sa čvorovima na nižem protoku..

4.12.2 100BASE-4T

100BASE-4T dozvoljava korišćenje standardnih kablova Cat-3. Oni se sastoje od osam žica koje predstavljaju četiri upredenih parica. 100BASE-4T koristi sve upredene parice da bi radio na 100 Mb/s. Po ovome se razlikuje od 100BASE-T, koji koristi samo dva para upredenih parica, jedne za predaju i jedne za prijem. 100BASE-4T je kompatibilan sa 10BASE-T tako što se prve dve parice (parica 1 i parica 2) koriste kao i u 10BASE-T vezama. 100BASE-4T koristi ostale parice (parica 3 i parica 4) sa poludupleksnim linkom između hub-a i čvora. Veze su prikazane na slici 4.19.

Slika 4.19. 100.BASE-T konekcija

Tabela 3.2 Parametri brzog Ethernet

<i>Parametar</i>	<i>100BASETX</i>	<i>100VG-AnyLAN</i>
Standard	IEEE 802.3u	IEEE.802.12
Protok	100 Mb/s	100 Mb/s
Stvarna propusnost	Do 50 Mb/s	Do 96 Mb/s
Maksimalno rastojanje (hub-čvor)	100 m (upredene parice, Cat-5) 400 m (vlakno)	100 m (upredene parice, Cat-3) 200 m (upredene parice, Cat-5) 2 km (vlakno)
Proširivost	ne postoji	Do 400 Mb/s

4.12.3 Linijski kod

100BASE-4T koristi četiri upredene parice Cat-3. Maksimalan takt koji može da se koristi na njima je 30 Mb/s. Radi toga, neki mehanizam se mora izmisliti da bi se linijski protok smanjio ispod 30 Mb/s a da i dalje bude 100 Mb/s protok. Ovo je omogućeno sa 3-nivo kodom (+, - i 0) i poznat je kao 8B6T. Ovaj kod konvertuje 8 bita u 6 ternarna simbola. Prva tri koda su:

<i>Bajt podataka</i>	<i>Kod</i>	<i>Bajt podataka</i>	<i>Kod</i>	<i>Bajt podataka</i>	<i>Kod</i>
00000000	-+00-+	00000001	0-+-+0	00000010	0-+0-+
00000011	0-++0-	00000100	-+0+0-	00001001	+0--+0

Tako, sekvenca bita 00000000 će biti kodirana kao negativan napon, nulti napon, nulti napon, negativni napon i pozitivan napon.

Maksimalna osnovna frekvencija za signal sa protokom 100 Mb/s biće generisana kada su ulazni biti 0101010101010...01010. Svaki bit traje 10 ns tako da je razmak između nivoa 20 ns. Odatle sledi da je minimalna frekvencija 50 MHz. Ovo je veće od propusnog opsega kabla Cat-3, tako da ne može da prođe kroz kabl.

Sa 3-nivoskim kodovanjem maksimalna osnovna frekvencija će biti sa kodom +-+-+ +-...+- . Ako ovaj kod nije uključen a maksimum prelaza je za 0+-0+-0+-...0+-, onda je period između promena 40 ns. Onda će minimalna frekvencija biti 25 MHz, što može da prođe kroz kabl Cat-3. Ova situacija je ilustrovana na slici 4.20.

Slika 4.20. Primer kodovanja koji pokazuje period ponavljanja

Pored toga što smanjuje frekvenciju digitalnog signala, kod 8B6T ima prednost što smanjuje nivo jednosmerne komponente signala. Mnogi kodovi sadrže isti broj pozitivnih i negativnih napona. To je zato što se koristi samo 256 od mogućih 729 kodova. Kodovi su tako birani da imaju najmanje dve tranzicije u svakoj kodnoj reči, tako da je informacija o taktu u samom signalu.

Nažalost nije moguće da svi kodovi imaju isti broj pozitivnih i negativnih nivoa, neki od njih koji nemaju isti broj su:

0100 0001 +0-00+
0111 1001 +++-0-

Mnogi transceiveri koriste transformatore zbog izolacije od eksternih uređaja. Ovi transformatori ne dozvoljavaju prolaz jednosmerne komponente. Ako kod nema isti broj pozitivnih i negativnih nivoa, onda će imati jednosmernu komponentu. Ta jednosmerna komponenta ne prolazi kroz transformator, tako može biti smanjena amplituda signala na izlazu transformatora i može doći do greške. Ovo se zove lutanje jednosmerne komponente (DC wander). Kod koji ima više pozitivnih od negativnih nivoa, ima težinu +1.

Da bi se izbegao ovaj problem konvertuju se uzastopni kodovi koji imaju težinu +1. Na primer ako je linijski kod:

+0+++-- ++0+-- +++--0 +++--0

on će biti kodovan kao:

+0+++-- --0-++ +++--0 ---++-

Prijemnik detektuje kodove sa težinom od -1 kao invertovan šablon.

4.12.4. 100VG-AnyLAN

100VG-AnyLAN standard (IEEE 802.12) je napravljen od strane Hewlett Packard-a i prevazilazi problem nadmetanja čvorova koristeći metod pristupa zahtevom prioriteta DPAM (Demand Priority Access Method). Za razliku od brzog Ethernet-a, čvorovi su uvek povezani sa hub-om i skeniraju ulazne portove da bi detektovali da li neki čvor ima zahtev.

100VG-AnyLAN ima veliku prednost što podržava IEEE 802.3 (Ethernet) i IEEE 802.5 (Token Ring) okvire i može dobro da se integriše sa postojećim 10BASE-T i Token Ring mrežama.

100VG-Any ima ugrađen mehanizam prioriteta sa dva nivoa prioriteta: zahtev visokog prioriteta i zahtev normalnog prioriteta. Zahtev normalnog prioriteta se koristi za podatke koji nisu u realnom vremenu, kao što su podaci fajlova. Zahtev visokog prioriteta se koristi za podatke u realnom vremenu, kao što su govor i video. U ovom trenutku ovaj mehanizam je ograničenog dejstva jer kada podatak napusti hub nema nikakve podrške ovog mehanizma.

100VG-AnyLAN dozvoljava do 7 nivoa hub-a, (tj. Jedan koren i do 6 kaskadnih hub-ova) sa maksimalnim rastojanjem između čvorova od 150 m. Za razliku od ostalih tipova Ethernet-a, ovaj tip dozvoljava bilo koji broj čvorova da bude povezan za segment.

4.12.5. Veze

100BASE-TX, 100BASE-T4 i 100VG-AnyLAN koriste RJ-45 konektore, koji imaju 8 veza. 100BASE-TX koriste parice 2 i 3, a 100BASE-T4 i 100BASE-TX koriste parice 1,2,3 i

4. Veze kablova su definisane u Tabeli 4.3. Belo/narandžasta boja identifikuje da se radi o kablju koji je beo sa narandžastom štraftom.

Tabela 3.3 Veze kablova za 100BASE-X

<i>Pin</i>	<i>Boja kabla</i>	<i>Boja kabla</i>	<i>Par</i>
1	bela/oranž	bela/oranž	Par 4
2	oranž/bela	oranž/bela	Par 4
3	bela/zelena	bela/zelena	Par 3
4	plava/bela	plava/bela	Par 3
5	bela/plava	bela/plava	Par 2
6	zelena/bela	zelena/bela	Par 2
7	bela/braon	bela/braon	Par 1
8	braon/bela	braon/bela	Par 1

4.12.6 Prelaz na brzi Ethernet

Ako je postojeća mreža bazirana na standardnom Ethernet-u u većini slučajeva je najbolje poboljšanje brzi Ethernet ili 100VG-AnyLAN. Pošto su protokoli i metode pristupa iste nema potrebe za promenom menadžmenta mreže ili aplikacionih programa. Put do brzog Ethernet-a je jednostavan:

- poboljša se protok čvorova, kao što su serveri ili radne stanice velike snage do brzog Ethernet-a;
- poboljšaju se NIC kartice (Network Interface Cards) na Ethernet segmentima do kartica koji podržavaju 10BASE-T i 100BASE-T. Ove kartice automatski detektuju koji je protok potreban, 10Mbps ili 100 Mbps.

Poboljšanje do 100VG-AnyLAN je malo teže jer se oslanja na hub i za razliku od brzog Ethernet-a, mnogi NIC imaju različite mrežne konektore, jedan za 10BASE-T i drugi za 100VG-AnyLAN. Mogući put bi bio:

- poboljša se protok čvorova, kao što su serveri ili radne stanice velike snage do 100VG-AnyLAN. ;
- instaliraju se 100VG-AnyLAN hub-ovi;
- povežu se čvorovi na 100VG-AnyLAN hub.

Brzi Ethernet koristi dobro proverenu tehnologiju ali pati od kolizija. 100VG-AnyLAN je relativno nova tehnologija i sporazumevanje (handshaking) sa hub-om povećeva kašnjenje. Maksimalan protok na izlazu 100BASE-TX mreže je oko 50 Mb/s, a na 100VG-AnyLAN je 96 Mb/s.

100BASE-TX ne dozvoljava poboljšanja u budućnosti, a 100VG-AnyLAN dozvoljava poboljšanja do 400 Mb/s.

4.13. Ethernet na 1000 Mb/s

Ethernet sa protokom od 1000 Mb/s sa još naziva i Gigabit Ethernet. Razvijeni su standardi za 1000BASE-T Ethernet koji koristi UTP kabl sa 4 parica, 1000BASE-CX koji koristi STP kabl sa dve parice, 1000BASE-SX koji koristi multimodno optičko vlakno i 1000BASE-LX koji koristi jednomodno ili multimodno optičko vlakno.

4.4.2 1000BASE-T

1000BASE-T Ethernet obezbeđuje prenos u punom dupleksu preko 4-o parićnog kabla Cat 5 ili više kategorije. Bazira se na pristupima koji su doveli do razvoja fizičkog sloja kod brzog Etherneteta:

- 100BASE-TX je obezbedio da se niz binarnih simbola uspešno može da prenosi po UTP kablu Cat 5 sa protokom 125 Mbauda/s;
- 100BASE-T4 je rešio probleme koji se odnose na slanje višenivoskih signala po 4 upredene parice;
- 100BASE-T2 je obezbedio da PAM5 kodiranje, kompletirano digitalnom obradom signala može da podrži dva simultana dvosmerna niza podataka i potencijalni problem preslušavanja signala sa susednih para žica.

1000BASE-T skremblira svaki bajt u MAC okviru radi unošenja slučajnosti u sekvencu bita pre nego što se ona kodira kodira korišćenjem 4-D, 8-stanja trellis FEC. To je postupak gde se četiri PAM simbola šalju u isto vreme po četiri upredene parice. Četiri od pet nivoa u svakom PAM simbolu predstavlja dva bita u bajtu podataka. Peti nivo se koristi za FEC kodiranje, čime se poboljšava oporavak signala u prisustvu šuma i preslušavanja. Odvojeni skrembleri za fizički sloj u režimu *master-slave* stvaraju nekorelisane nizove podataka između dva niza simbola koji se prenose u suprotnim smerovima po svakom paru žica.

Otkrivanje takta i master/slave procedure takta u petlji su iste kao i kod onih koje se koriste u 100BASE-T2. Čiji će NIC biti master a čiji slave određuje se u toku procedure samopregovaranja (autonegotiaton).

Svaki okvir je oivičen razgraničavačem na početku i na kraju okvira, a takt u petlji se održava kontinualnim nizom simbola praznog hoda (IDLE) koji se šalju po svakom paru žica za vreme pauza između okvira. 1000BASE-T podržava i polu-dupleksni i puni dupleksni rad.

4.13.2. 1000BASE-X

Sve tri verzije 1000BASE-X podržavaju binarni prenos u punom dupleksu sa protokom od 1250 Mb/s po dva optička vlakna (po jedno za svaki smer) ili dva STP kabla sa po 4 upredene parice. Kodiranje bita se zasniva na ANSI kodnoj šemi 8B/10B za optičke kanale. Svaki 8 bita podataka se mapira u 10-bitnu kodnu grupu za serijski prenos bita. Paketi se ovičavaju i sinhronizacija linka se održava na isti način kao i kod 1000BASE-T. Fizički sloj podržava rad i u polu-dupleksu i u punom dupleksu. Osnovne razlike između različitih verzija date su u tabeli.

1000BASE-X konfiguracije	1000BASE-CX	1000BASE-SX (850nm)	1000BASE-LH (1300nm)
STP bakar	Podržava	Ne podržava	Ne podržava
125/62,5 μm (multimodno vlakno)	ne podržava	podržava	podržava
125/50 μm (multimodno vlakno)	ne podržava	podržava	podržava
125/10 μm (jednomodno vlakno)	ne podržava	ne podržava	podržava
Dozvoljeni konektori	IEC style 1 ili Fiber Channel style 2	SFF MT-RJ ili Duplex SC	SFF MT-RJ ili Duplex SC

4.14. Bezbednost Ethernet-a

Ethernet sam po sebi ne obezbeđuje nikakvu sigurnost, on je jednostavan i otvorena fizička sredina za prenos podataka. Nije imun na prisluškivanje i špijuniranje. Slabosti Ethernet-a su:

- Ethernet je otvorena arhitektura gde svaki čvor može da šalje ili da prima;
- koristi širokodifuzne (broadcast) komunikacije;
- lako ga je prisluškivati;
- nema nikakav hardver za obezbeđenje;
- lako je onesposobiti mrežu.