

## LAN

*LAN - Local Area Network je skupina računala povezanih komunikacijskim medijem i posredničkom opremom u jednu tehnološku i administrativnu cjelinu na omeđenom fizičkom prostoru s najčešće jednim vlasnikom.*

*Brojne su tehnologije za ostvarenje lokalne računalne mreže, a najčešće korištene opisane su skupinom standarda IEEE-802.*

*Najrašireniji je IEEE-802.3 čija je najpoznatija podvrsta Ethernet. Koristi vrlo jednostavnu pristupnu tehnologiju, jeftini medij i nema upravljačke jedinice. Računala se vrlo jednostavno uključuju i isključuju iz mreže i komunikacije i sva su potpuno ravnopravna. Standardom je definiran koaksijalni kabel i brzine do 10 Mbps, ali danas se koriste i upletene parice i svjetlovodi te brzine do 100 Mbps.*

*Token Bus je standardiziran pod nazivom IEEE-802.4 pokušavajući u jedno mediju objединiti računalnu komunikaciju i audio i video prijenos za potrebe industrijskih pogona. Rijetk ose nalazi u praksi.*

*IEEE-802.5 standardizira tehnologiju poznatu pod nazivom Token Ring koja potpuno digitalnom vezom preko upletene parice povezuje svako računalo s dva susjedna. Ponašanje sustava je potpuno determinističko. Definirane brzine su do 16 Mbps.*

*Fiber Distributed Digital Interface se zasniva na ideji Token Ringa, ali koristi svjetlovođe u dva odvojena prstena, čime se postiže visok stupanj raspoloživosti mreže u slučaju višestrukih kvarova.*

*Korištenjem postojeće instalacije kabela TV uz pomoć tzv. "cable modem" moguć je prijenos do 40 Mbps na sličan način poput Etherneta, jer se radi o dijeljenom mediju. Ako kabela instalacija ima jednosmjerna pojačala, onda se kabel koristi za prijenos prema korisniku, a "uplink" se ostvaruje običnom modemskom vezom.*

### Što je LAN

Lokalne računalne mreže (**LAN** = Local Area Network) razvile su se kao posljedica pojeftinjenja računala, posebno osobnih, i potrebe za izravnom komunikacijom korisnika unutar jedne organizacije te dijeljenjem skupih i unikatnih jedinica kao što su brzi i kvalitetni printeri, ploteri ili masovne memorijske jedinice.

Riječ "lokalno" u njihovom nazivu označava da su takve mreže geografski uvijek ograničene, iako se ponekad mogu prostirati i na području većem od jedne zgrade.

LAN-ovima je također svojstveno da uglavnom koriste fizički medij (električni ili optički kabel) za povezivanje korisnika te da se takav kabel tipično proteže od jednog do drugog korisnika. Tako je za vezu jednog korisnika sa svima ostalima dovoljan jedan dolazni i jedan odlazni vod u općem slučaju.

**IEEE** je definirao nekoliko standarda za lokalne mreže. Pod zajedničkim nazivom **IEEE 802** definirana su tri najraširenija i najznačajnija standarda za LAN-ove. Te je standarde preuzeo **ANSI**, ali i **ISO** (ISO 8802). Ta se tri standarda razlikuju u fizičkom

sloju (physical layer) i u **MAC** (Medium Access Control) sloju, a podudaraju se na razini za razmjenu podataka (data link layer).

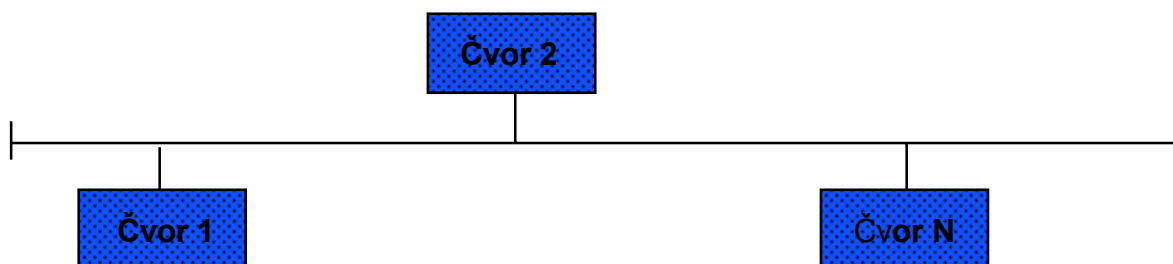
Standardi su podijeljeni na dijelove koji su oznaženi posebnim brojevima. Tako je **802.1** uvod u standarde koji daje i definicije nekih zajedničkih elemenata tzv. interface primitives. Gornji dio data link layer-a koji koristi **LLC** (Logical Link Control) protokol definiran je u **802.2**. CSMA/CD (često nazivan Ethernet) opisan je pod brojem **802.3**, token bus pod brojem **802.4**, dok **802.5** opisuje token ring.

### IEEE-802.3 i Ethernet

Mnogi ljudi umjesto IEEE-**802.3** koriste naziv **Ethernet** što nije ispravno. Naime, Ethernet je naziv za sustav koji je razvila kompanija Xerox (na temelju jednog ranijeg projekta sveučilišta na Havajima: ALOHA-e) koji je bio tako uspješan i raširen da je na temelju njega nastao standard 802.3. Dakle, Ethernet je samo jedna primjena standarda 802.3.

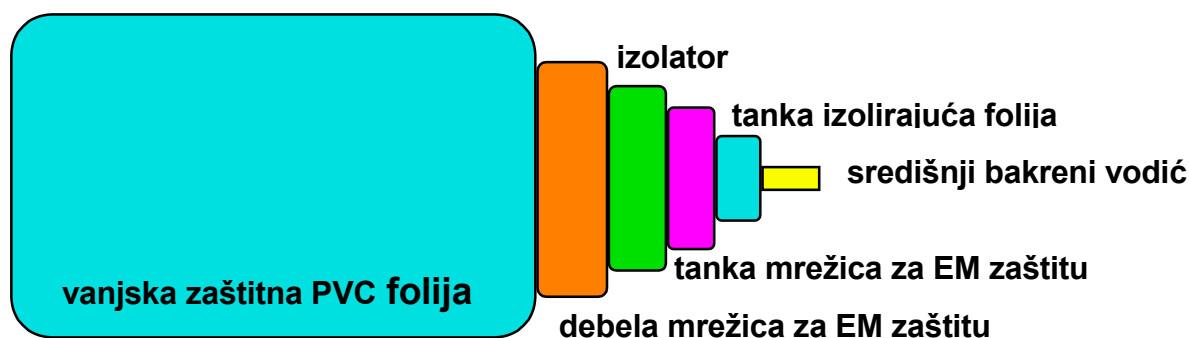
Drugi naziv koji se koristi je **CSMA/CD** što dolazi od "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection". S obzirom da ta kratica u potpunosti opisuje bit ovog sustava za LAN, može se koristiti umjesto službenoga IEEE-802.3.

Standard definira medij, konektore, električne karakteristike, protokol i format podataka. Radi se o sabirnici.



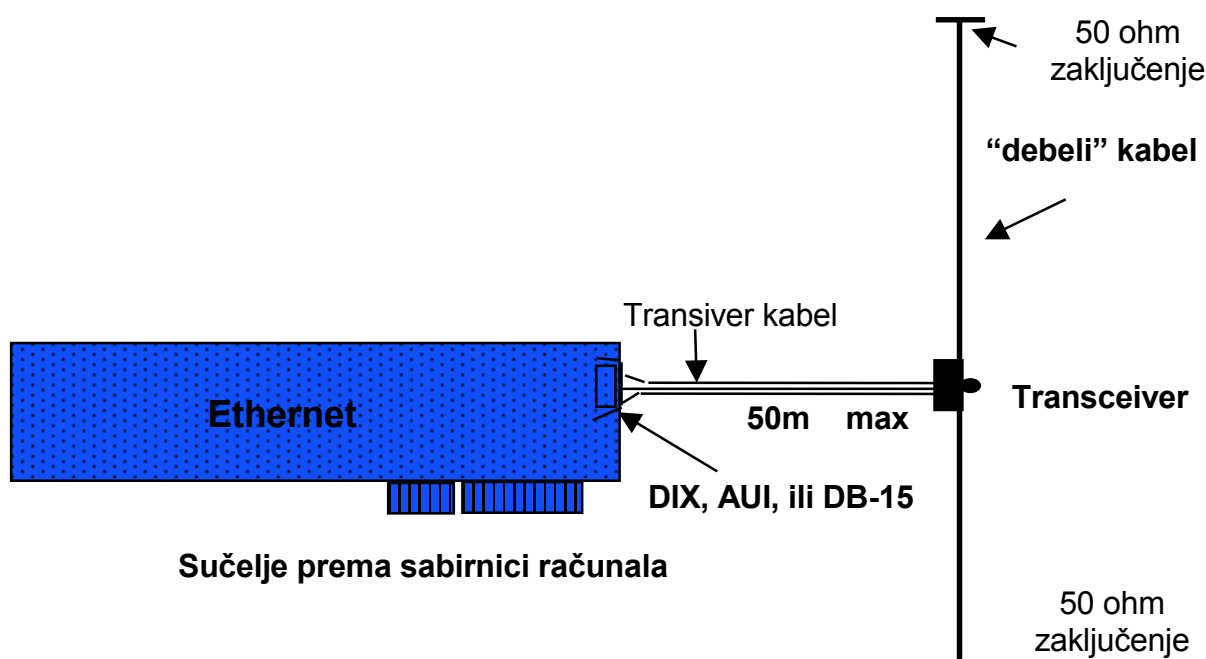
**Slika 1**

Na razini fizičke veze koristi se koaksijalni kabel u dvije izvedbe. "Debeli" Ethernet kabel poznat i kao "žuti kabel" (standard preporuča žutu boju, ali ju ne zahtjeva) čiji segmenti mogu biti duljine do 500 metara s pojedinačnim priključcima razmaknutim barem 2,5 metara. "Tanki" kabel koristi standardni industrijski kabel i BNC konektore, a duljina jednog segmenta je do 185 metara.



## Slika 2

Tanki je znatno jeftiniji, jer, osim jeftinijeg kabla, koristi jeftinije priključke. Kod debelog kabla se koristi tzv. "vampirski" priključak: posebno projektirani mehanički sistem koji tankom iglom prolazi kroz oklop kabla i čvrsto dodiruje centralni vodič. Kako pri tome ne smije presjeći centralni vodič, ali ni kratkospojiti ga s okloпом potrebna je visoka mehanička preciznost i kvaliteta, što ga čini skupim. Kod tankog je kabla to riješeno tako da se kabel presječe, na novonastale krajeve se ugradi BNC konektor i oni se zatim spoje BNC konektorom T oblika. Kako su konektori standardni, industrijski, taj tip veze je vrlo jeftin.

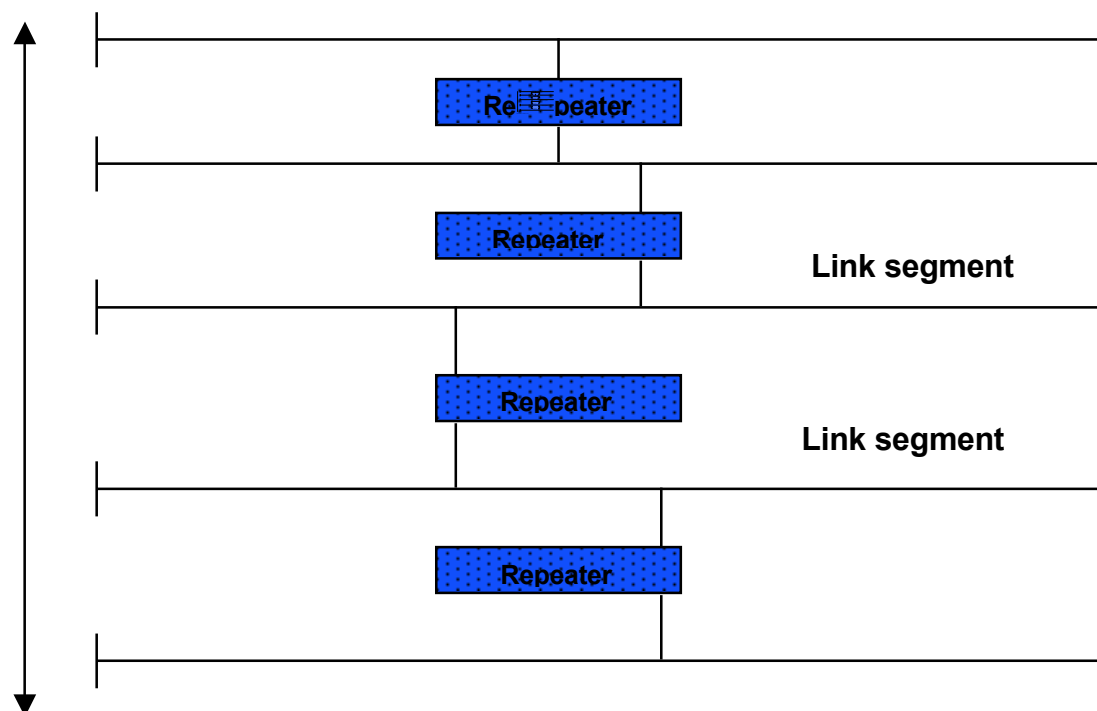


## Slika 3

Koristi se tzv. **baseband** komunikacija tj. ne koristi se modulacija, već se digitalni signal odvodi izravno na kabel. Prilagođenje signala na kabel, kao i detekcija kolizije signala obavlja se u **transceiver**-u uređaju koji se nalazi odmah uz kabel. Od njega do računala signal putuje kabelom koji se naziva **AUI** kabel. Konektori su DB-15 i kroz njih osim signala ide i napajanje transceiver-a. Svaki signal (podaci ulaz, podaci izlaz te kontrolni signali) ima svoj povratni vod i te su dvije žice upletene. Sve to pomaže pri smanjenju smetnji, te je maksimalna duljina AUI kabela 50 metara. Na PC računalima koja koriste tanki kabel često se koristi međusklop pločica na kojoj su svi potrebni sklopovi tako da se tanki kabel priključuje izravno na pločicu.

Jedan Ethernet kabel ima ograničenu maksimalnu duljinu (500 odnosno 185 m). Ako je za povezivanje korisnika to nedovoljno mogu se koristiti dva ili više segmenata međusobno povezanih tzv. **repeater**-ima. Repeater je jednostavan uređaj koji signale s jednog segmenta prosljeđuje na drugi i obrnuto. S aspekta software-a dva takva segmenta izgledaju jednako kao jedan, osim malog kašnjenja signala. Na taj se način mogu graditi različite fizičke topologije i znatno produljiti ukupna trasa. Općenito

ograničenje je da dva tansceiver-a ne mogu biti udaljeniji od 2,5 km te da među njima ne smije biti više od 4 repeater-a. Također je moguće koristiti kombinaciju tankih i debelih kablova (s odgovarajućim uređajima za povezivanje i prilagođavanje).



2500 m max za "debeli" Coax  
1000 m max za "tanki" Coax

*Slika 4*

Postoji još jedan način na koji je moguće povezati segmente mreže: pomoću mostova (**bridge** ili selektivni repeater). To su inteligentni uređaji koji ispituju pakete koji se javljaju na obje strane te uče na kojoj se strani nalazi pojedino računalo. Tada ne prenose pakete na drugi segment ako se računalo kome je upućen paket nalazi na istom segmentu s kojeg je paket poslan. Na taj je način moguće da istovremeno dva para korisnika razmjenjuju podatke na istoj mreži u slučaju da se nalaze na različitim segmentima.

Komunikacija u lokalnoj mreži se odvija slanjem paketa podataka. Kod 802.3 paket je promjenljive duljine i obavezno sadrži: adresu primaoca, adresu pošiljaoca i kontrolni kod kojim se ispituje ispravnost podataka.

Standard dozvoljava 2 bytne i 6 bytne adrese, ali se za brzine prijenosa 10 Mbps (miliona bita u sekundi) koriste isključivo 6 bytne adrese. Postoje dva posebna moda adresiranja: multicast i broadcast. Normalno paket prima samo onaj uređaj čija adresa odgovara prijemnoj adresi u paketu. Međutim ako je najviši bit prijemne adrese 1, to je tzv. **multicast** što znači da više uređaja prima isti paket. Ako su u prijemnoj adresi svi bitovi 1, to je tzv. **broadcast** što znači da svi primaju taj paket.

Posebna je pažnja posvećena unikatnosti adresa. Tako je uveden koncept lokalnih i globalnih adresa. Lokalne adrese imaju značaj samo unutar vlastite mreže, dok globalne adrese dodjeljuje IEEE kako bi se osiguralo da u svijetu ne postoje dvije stanice s istom adresom. Selekciju između globalnih i lokalnih adresa vrši bit 46. Očigledno je da je moguće definirati 2 na 46 tj. 70 miliona miliona adresa, što se za sada smatra dovoljnim i za čitav svijet.

Kako više korisnika istovremeno koristi zajednički medij? Kod 802.3 komunikacije, svi su korisnici potpuno ravnopravni i nije potreban nitko tko bi upravljao komunikacijom. Korisnici to čine dogovorno. Uređaj koji želi emitirati podatke čeka dok mu kontrolna logika ne signalizira da je medij (kabel) slobodan, tj. da na njemu nema signala. Tada emitira paket i istovremeno promatra da li će doći do kolizije u slučaju da je netko drugi istovremeno počeo emitirati. Ako do kolizije dođe, uređaj će na kabel poslati signal kolizije da bi osigurao da su svi sudionici shvatili da je kolizija nastupila, a zatim će se suzdržati od emitiranja neko vrijeme, te potom će ponovo pokušati emitiranje. Očigledno je da ako oba korisnika čekaju isto vrijeme, velika je šansa da će ponovo doći do kolizije istih korisnika.

Zbog toga se koristi tzv. **binary exponential backoff** algoritam. Nakon prve kolizije uređaj će na slučajan način odlučiti da li će čekati 0 ili 1 vrijeme slota prije ponovnog pokušaja. Nakon druge kolizije slučajno bira između 0, 1, 2 ili 3 vremena slota. Nakon tri kolizije bira 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, ili 7. Kod svake slijedeće kolizije vrijeme se povećava za dva puta sve do 1023 na čemu i ostaje. Nakon 16 kolizija, uređaj odustaje i javlja grešku višim razinama komunikacijskih protokola. Vrijeme jednog slota je ono u kojem poruka propuše čitav kabel i vrati se. Tako je za maksimalnu udaljenost od 2,5 km to vrijeme definirano na 51,2 mikro sekunde.

### **IEEE-802.4 ili Token Bus**

Glavna zamjerka 802.3 standardu je da se ne može sa sigurnošću predvidjeti kako brzo će neka poruka biti poslana i primljena (u krajnje lošem slučaju, nikad) te da se ne može definirati prioritet poruke.

Stoga su korisnici, posebno iz industrije, tražili neko rješenje u tom smislu. Jednostavan sistem sa jasno definiranom donjom granicom brzine prijenosa je prsten u kome stanice naizmjenice emitiraju. Ako postoji N stanica u prstenu, a emitiranje jedne poruke traje T sekundi, onda nitko neće čekati dulje od  $N \times T$  sekundi da pošalje poruku.

Ova je ideja bila privlačna oponentima 802.3, ali im se nisu sviđali nedostaci prstena, prije svega osjetljivost na prekid (tada nitko više ne može komunicirati) te neprikladnost geografskog oblika prstena za industrijske linijske prilike.

Zbog toga je nastao koncept 802.4 koji ima robusnost i pravocrtnost 802.3 kabelela, a predvidljivost ponašanja prstena. taj se standard naziva i **token bus**.

Fizički, token bus je linearan ili bilo kog oblika, ali logički stanice su organizirane u prsten tako da svaka stanica zna adresu stanice sebi slijeva i sdesna. Nakon inicijalizacije, stanica s najvećim brojem može emitirati svoj paket, kad je gotova predaje "token" susjednoj stanici tako da joj pošalje specijalni kontrolni paket. S obzirom da u jednom trenutku samo jedna stanica ima token, ne može doći do kolizije.

Token bus koristi 75 omski broadband kabel koji se inače koristi u TV tehnici. Podržane su brzine od 1, 5 i 10 Mbps. Koriste se tri vrste modulacija, a na kablju se pojavljuju ne samo signali za 0 i 1, već i sa "slobodno" te još tri simbola za kontrolu mreže. Dakle, fizički sloj je potpuno **nekompatibilan s 802.3** i znatno kompliciraniji.

Očigledno, problemi nastaju kad se stanice uključuju i isključuju s mreže. Ako se stanica isključuje s mreže ona će svom prethodniku poslati specijalni paket kojim kaže da se isključuje i da tko je novi nasljednik. U slučaju da stanica ispadne iz mreže a da se nije regularno odjavila, njen će joj prethodnik poslati token i nikad koji će na taj način propasti. Zbog toga svatko tko emitira token, osluškuje da čuje da li će se token iskoristiti. Ako ne, pokušat će ponovo, a nakon toga će poslati poseban paket "Tko slijedi" i tako pokušati naći sebi novog nasljednika. Ako se ni takav ne javi, poslat će posebni paket "Ima li koji nasljednik". Daljnji tok događanja je istovjetan kao i kad se uključuje novi korisnik. Naime, povremeno će uređaji koji imaju pravo emitirati (drže token) poslati specijalni paket "Ima li netko novi" te ako se netko javi, uključit će ga prsten.

Naravno, poseban je problem ako se u takvim slučajima javi više od jedne stanice. Tada se ulazi u postupak aukcije u kojem se i opet primjenjuje neki algoritam za eliminaciju sukoba.

Treži posebni slučaj je da stanica preuzme token, ali ga ne preda nikome već prestane s radom. Sve stanice zbog toga održavaju štoperice koje će isteći ako nema tokena na prstenu neko vrijeme. Tada se započinje sa aukcijom.

Iz do sada opisanog vidljivo je da ni software ovog sustava nije jednostavan. Samo timera (štoperica) svaka stanica ima osam ili više.

### **IEEE-802.5 ili Token Ring**

Prstenaste mreže postoje već čitavi niz godina i dosta se koriste. Među nekim od njihovih privlačnih karakteristika, je činjenica da (za razliku od prethodna dva) ne koriste tzv. **broadcast medium** već skupinu tzv. **point-to-point** veza, koje se zatvaraju u prsten. Te su veze obično ostvarene oprobanim i udomaćenim tehnologijama i u pravilu su potpuno digitalne (prethodne dvije koriste značajan dio analognih sklopova).

Prstenaste mreže, općenito, koriste ideju prstenaste pokretne trake. Kada stanica koja emitira paket stavi podatke na prsten, oni će biti preneseni kroz sve stanice i na kraju će se vratiti pošiljaocu, koji će tada ukloniti podatke s prstena i poslati token. Stanice koje ne emitiraju, nalaze se u modu slušanja i svaki primljeni bit prosljeđuju dalje istovremeno promatrajući cijelu poruku. Ako je poruka za njih i ako u njoj postoji bit ili byte za potvrdu prijema, one mogu umjesto originalnog sadržaja tog bita na prsten poslati svoj sadržaj koji znači potvrdu prijema.

Na fizičkoj razini 802.5 propisuje oklopljenu upletenu paricu koja podržava 1 do 4 Mbps. Stanice moraju osigurati da prekid rada računala ne prekida i prijenos podataka na prstenu. Moguće je koristiti i tzv. **wire center** u kom se nalazi potrebna logika za sve učesnike, a do pojedinog korisnika je potrebno odvesti samo paricu. Nepotrebno

je napominjati da upravo ovakvo rješenje čini 802.5 čini vrlo atraktivnim, jer je postojeće kabliranje u mnogim zgradama upravo tog tipa.

Svaki token ring odabire jednu od priključenih stanica za ulogu monitorske stanice (**monitor station**). Njen je zadatak da se brine da prsten funkcioniра, da uključuje nove i da se brine za isključene stanice.

## **Cable modem**

Za potrebe umreživanja stambenih zgrada, hotela i sličnih objekata, u novije je vrijeme jako privlačna ideja korištenja postojeće instalacije kableske TV. Uređaji za priključenje računala na tu instalaciju se zovu "cable modem" i omogućavaju prijenos do 40 Mbps na sličan način poput Etherneta, jer se radi o dijeljenom mediju. Problem je u tome što stare instalacije uglavnom imaju jednosmjerna pojačala koja propuštaju signal prema korisniku, ali ne i u drugom smjeru. Stoga se pribjegava kombinaciji kableske TV i telefonske veze, pri čemu se običnom modemsom vezom šalju podaci od korisnika, tzv. "uplink", dok se kabelom šalju podaci korisniku.

## **Usporedba**

Vidljivo je da sva tri standarda imaju mnoga privlačna svojstva, ali i nedostatke. Nije moguće ni jednog od njih istaći kao "najboljeg". Zato ćemo ukratko sintetizirati njihova svojstva.

802.3 je njarašireniji, s velikom instaliranom bazom korisnika i sikustvom. Algoritam rada je jednostavan, a stanice se mogu instalirati u radu bez prekida rada mreže. Koristi se pasivni kabel, bez modema. Kod malih opterećenja mreže, praktički nema kašnjenja i podaci se emitiraju odmah (ne čeka se na token).

S druge strane potrebna je stanovita količina analognih sklopova, algoritam je nedeterministički i bez prioriteta. Nepogodan je za male poruke (npr. pojedinačne znakove s terminala). Kod velikih opterećenja ima lošu performancu. Nije pogodan za optičke kablove, jer je na njima teško realizirati spojeve.

802.4 koristi jeftinu i raširenu televizijsku opremu i komponente. S obzirom da koristi broadband kabel na istom se mediju može implementirati i nekoliko kanala. Podržava prioritete i male pakete te ispoljava dobre karakteristike kod velikih opterećenja.

Na minus strani je činjenica da koristi mnoštvo analogne elektronike koju treba održavati. Protokol je izuzetno složen i kod slabog opterećenja unosi veliko kašnjenje. Slabo je primjenljiv na optička vlakna.

802.5 posebno privlači jednostavnošću instaliranja i održavanja svojih veza i time što su one potpuno digitalne. Mogu se koristiti bilo kakvi mediji (ne moraju biti čak ni fizički). Mogu se koristiti izuzetno jeftini mediji (telefonska parica). Moguće je definirati prioritete iako ne tako elegantno kao kod token busa. Također je prilično neosjetljiv na duljinu paketa, iako kod slabog opterećenja ispoljava kašnjenja.

Najodbojnije svojstvo je potreba za centraliziranim monitorom. Iako je jednostavno zamijeniti monitor koji ne radi, velike štete može nanijeti neispravan monitor koji ipak nešto radi.

Iz svega navedenog vidljivo je da sva tri standarda imaju prednosti koje ih čine posebno atraktivnim za neke primjene. Stoga je i za očekivati da će postojati i biti u upotrebi još čitav niz godina.

Usprkos njihovih različitosti, danas postoje uređaji koji omogućuju njihovo međusobno povezivanje.

## **Literatura**

1. Andrew S. Tanenbaum: "Computer Networks" , Prentice-Hall, ISBN 0-13-349945-6

## **Pitanja**

1. Što je to LAN (za razliku od WAN)?
2. Koji je najbolji protokol za lokalne mreže ?
3. Što je IEEE 802 ?
4. Što je Ethernet ?
5. Što je CSMA/CD ?
6. Koji se medij koristi za Ethernet ? Koji su novi ili alternativni mediji ?
7. Kolika je brzina prijenosa na Ethernetu? Na koju udaljenost ?
8. Koji je glavni razlog da Ethernet ne može prenesti podatke na velike udaljenosti ?
9. Kakvu modulaciju koristi Ethernet?
10. Tko/kako se upravlja prometom na Ethernetu ?
11. Što je "binary exponential back-off" ?
12. Što je Token Bus ?
13. Koje su prednosti i nedostaci Token Bus-a prema Ethernetu ?
14. Koji je medij za Token Bus?
15. Kakvu modulaciju koristi Token Bus ?
16. Kolika je brzina prijenosa na Token Busu? Na koju udaljenost ?
17. Tko/kako se upravlja prometom na Token Busu?
18. Što je Token Ring ?
19. Koje su prednosti i nedostaci Token Ring-a prema Ethernetu ?
20. Koji je medij za Token Ring ?
21. Kakvu modulaciju koristi Token Ring?
22. Kolika je brzina prijenosa na Token Ringu? Na koju udaljenost ?
23. Tko/kako se upravlja prometom na Token Ringu?