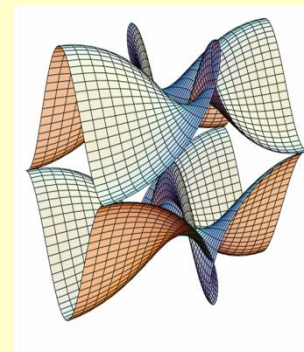




Sveučilište u Zagrebu
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA
Predavanja 2024/2025



Poglavlje 6: LAN tehnologije i struktura mreže

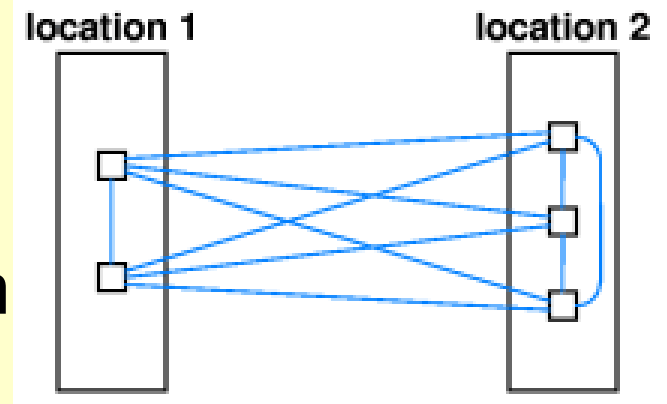
Sastavio: Robert Manger; Prilagodio: Zvonimir Bujanović
13.10.2014, Matej Mihelčić 14.10.2024

Potreba za LAN-om

- Pretpostavimo da u nekoj zgradi imamo više računala. Tada se prirodno javlja potreba za njihovim povezivanjem.
- Ta potreba zapravo je rezultat *principa lokalnosti reference* koji kaže:
 - Svako računalo ima tendenciju da češće komunicira s računalima koja su mu fizički blizu, te s onima s kojima je već prije komuniciralo.
- Postavlja se pitanje kako na najbolji način povezati naša računala. Odabrana tehnologija mora osigurati *veliku brzinu* komuniciranja, treba u što većoj mjeri biti *skalabilna*, te razmjerno *jeftina*.

Izravna komunikacija

- Najjednostavnija ideja kako povezati računala svodi se na uspostavljanje zasebne veze (žice) između svakog para računala.
- Ovakvo rješenje ima određenih prednosti, no gotovo se nikad ne primjenjuje u praksi jer je skupo i ne-skalabilno.
- Naime broj veza potrebnih za takvo povezivanje n računala je $n(n-1)/2$, dakle raste kao n^2 .
- Kod imalo većeg broja računala broj kablova bi bio tako velik da bi imali problema s njihovim fizičkim polaganjem.

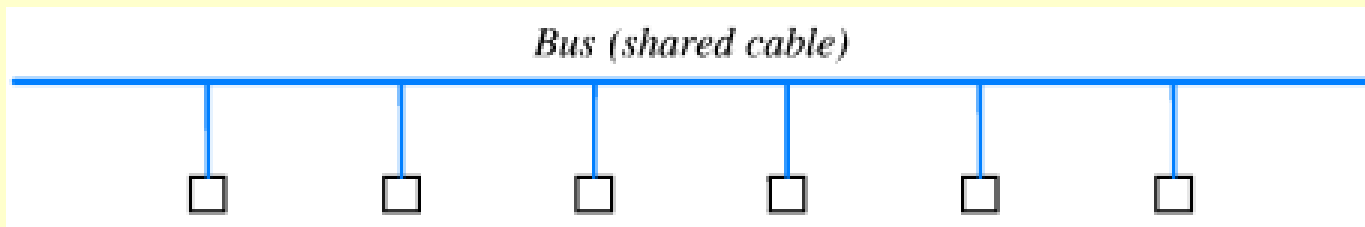


Zajednički komunikacijski mediji

- S obzirom da izravno povezivanje računala ne dolazi u obzir, u posljednjih 40-tak godina razvijale su se tzv. LAN tehnologije.
- Sve su one zasnovane na nekoj vrsti zajedničkog (dijeljenog) komunikacijskog medija.
- LAN tehnologije pokazale su se dovoljno brze, prilično jeftine, te u većoj ili manjoj mjeri skalabilne.
- Da bi računala mogla komunicirati preko zajedničkog medija, ona se moraju pokoravati određenim pravilima.
- Ta pravila osiguravaju da neće doći do kolizije u korištenju medija, te da će svako računalo prije ili kasnije ostvariti svoje pravo na komuniciranje.

Struktura lokalne mreže (1)

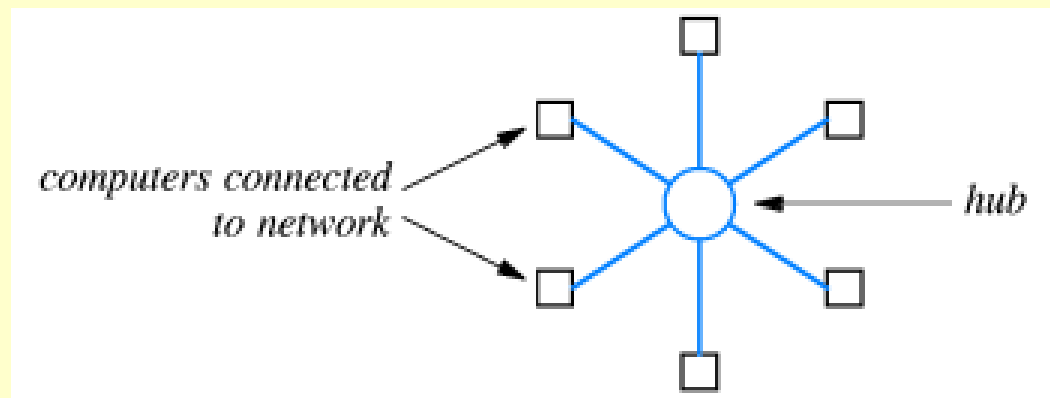
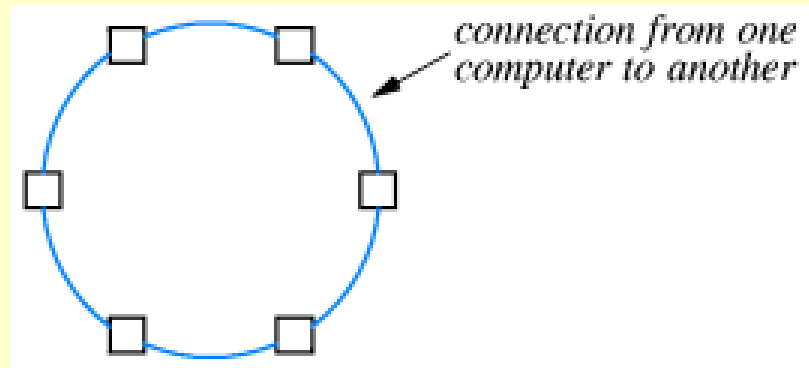
- Svaka LAN tehnologija uspostavlja određenu strukturu međusobne povezanosti dijelova opreme. Mnogi ljudi tu strukturu nazivaju *topologija mreže*.
- U dosadašnjim LAN tehnologijama pojavljivale su se tri različite strukture.
 - *Sabirnica*. Sva računala vežu se na jedan dugački kabel – sabirnicu. Poruka putuje tako da ju pošiljalac pusti kao signal na sabirnicu. Druga računala mogu tada primiti taj signal.



Struktura lokalne mreže (2)

– *Prsten*. Prvo računalo vezano je kablom za drugo, drugo za treće, ..., itd, ..., zadnje ponovo za prvo. Poruke putuju u krug, dakle računala ih prosljeđuju u zadanom smjeru.

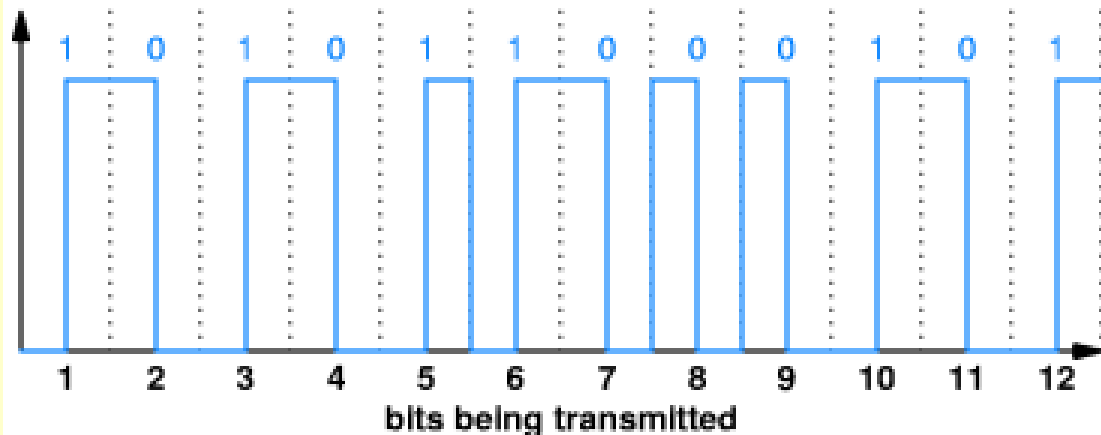
– *Zvijezda*. Svako računalo vezano je zasebnom vezom do zajedničkog elektroničkog uređaja. Taj uređaj može biti *hub* (glavčina kotača, konzentrator) ili *switch* (sklopka). Poruke putuju od pošiljatelja, preko hub-a, do primatelja.



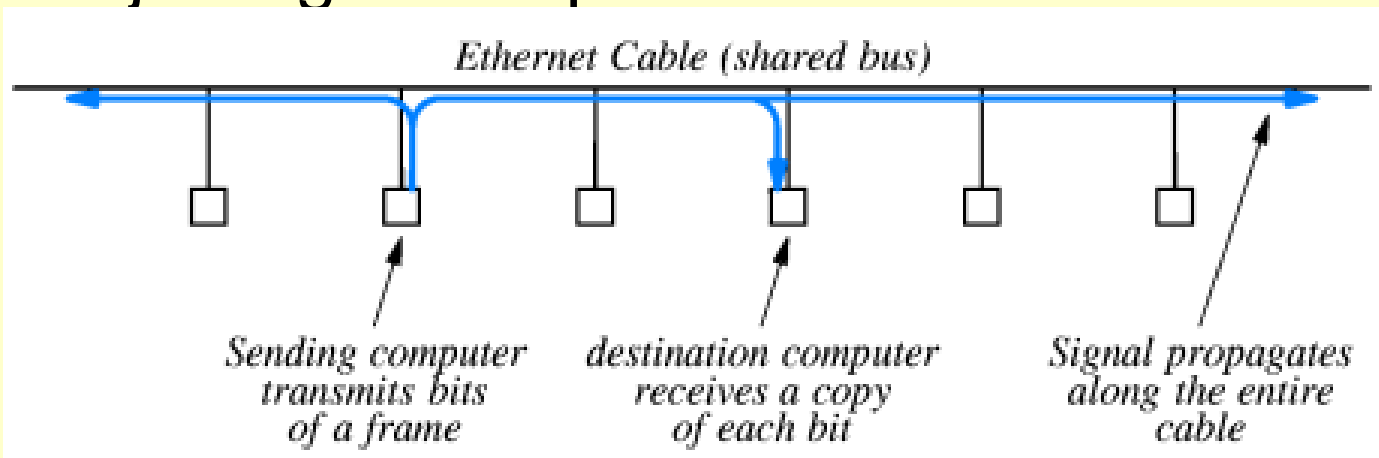
LAN sa sabirnicom (1)

- Najpoznatiji primjer LAN tehnologije sa sabirnicom je originalna verzija *Ethernet-a*.
- Riječ je o tehnologiji koja se razvija od ranih 1970-tih godina (Xerox, DEC, Intel, IEEE), doživjela je nekoliko generacija, te danas dominira tržištem.
- U originalnoj verziji postojala je sabirnica - koaksijalni kabel zvani *ether*. Taj kabel nije smio biti dulji od 500 m, a spojevi na njega morali su biti udaljeni barem 3 m.
- Ethernet standard propisuje format okvira, te način slanja bitova kroz sabirnicu neposrednim pretvaranjem bitova u promjenu napona, po pravilu zvanom *Manchester Encoding*.

LAN sa sabirnicom (2)



- Dok jedno računalo šalje podatke preko sabirnice, sva ostala čekaju. Pošiljalac šalje okvir u obliku električnog signala koji se širi od pošiljalca u oba smjera po kablju. Sva računala "vide" signal. Primalac iz signala reproducira okvir.



LAN sa sabirnicom (3)

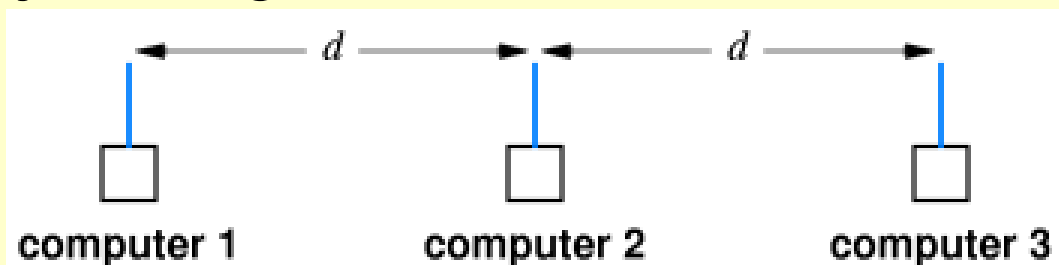
- Koordinacija računala koja žele u isto vrijeme slati svoje okvire preko sabirnice odvija se pomoću pravila *CSMA/CD* (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect).
 - Računalo ispituje sabirnicu te započinje slanje okvira tek onda kad na sabirnici nema signala.
 - Ako ipak dva računala počnu slati podatke u isto vrijeme, dolazi do kolizije koju oba pošiljatelja registriraju kao interferenciju na sabirnici.
 - Nakon kolizije svako računalo čeka određeno vrijeme prije nego što pokuša ponovo slati podatke. Vrijeme čekanja bira se slučajno, a kod svake uzastopne kolizije udvostručuje se raspon iz kojeg se obavlja slučajni izbor.

Bežični LAN-ovi (1)

- Danas postoje LAN tehnologije za povezivanje računala preko radio (mikro) valova. Najpoznatiji primjer su tehnologije po standardu IEEE 802.11b ili 802.11g/n/ac također poznate kao *Wi-Fi*.
- Bežični LAN je konceptualno sličan Ethernet-u. Umjesto sabirnice postoji zajednička radio frekvencija ~2.4 GHz. Koriste se slični okviri. Wi-Fi5/6 mogu raditi i na frekvenciji od 5GHz (nude veliku propusnost).
- Opet je potrebna koordinacija računala koja istovremeno pokušavaju slati svoje okvire preko zajedničke frekvencije. Skup pravila zove se *CSMA/CA (.../ Collision Avoidance)*.
- Pravila CSMA/CA slična su no malo kompliciranija od CSMA/CD. Naime CSMA/CA mora riješiti dodatne komplikacije koje nastaju kad pošiljaatelji nisu u stanju registrirati koliziju.

Bežični LAN-ovi (2)

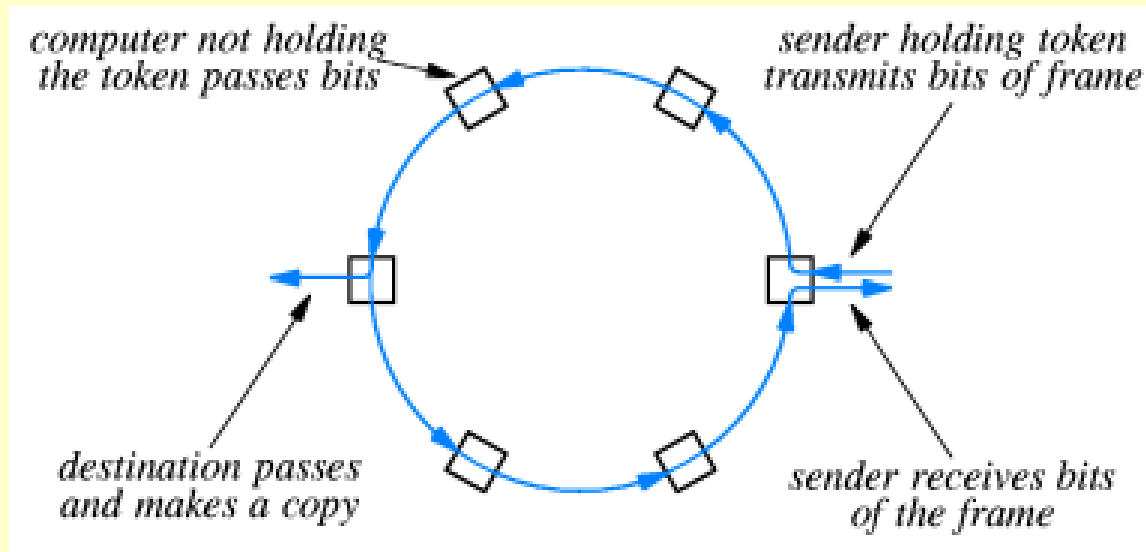
- Na primjer, komplikacija nastaje na sljedećoj slici, gdje su računala 1 i 3 previše udaljena da bi mogla međusobno razmjenjivati signale, ali oba još uvijek mogu komunicirati s računalom 2.



- Ako računala 1 i 3 istovremeno pošalju okvir računalu 2, ni 1 ni 3 neće primijetiti koliziju.
- CSMA/CA zato predviđa male kontrolne poruke za najavu ili odobravanje komunikacije.
 - Računala 1 i 3 najprije traže od računala 2 dozvolu za komuniciranje.
 - Računalo 2 tada šalje dozvolu npr. računalu 1.
 - Ta dozvola vidljiva je i računalu 3, pa ono zna da mora čekati.

LAN s prstenom (1)

- LAN tehnologije koje koriste povezivanje u obliku prstena bile su popularne u 1980-tim godinama. Najpoznatiji primjer je *IBM Token Ring*.



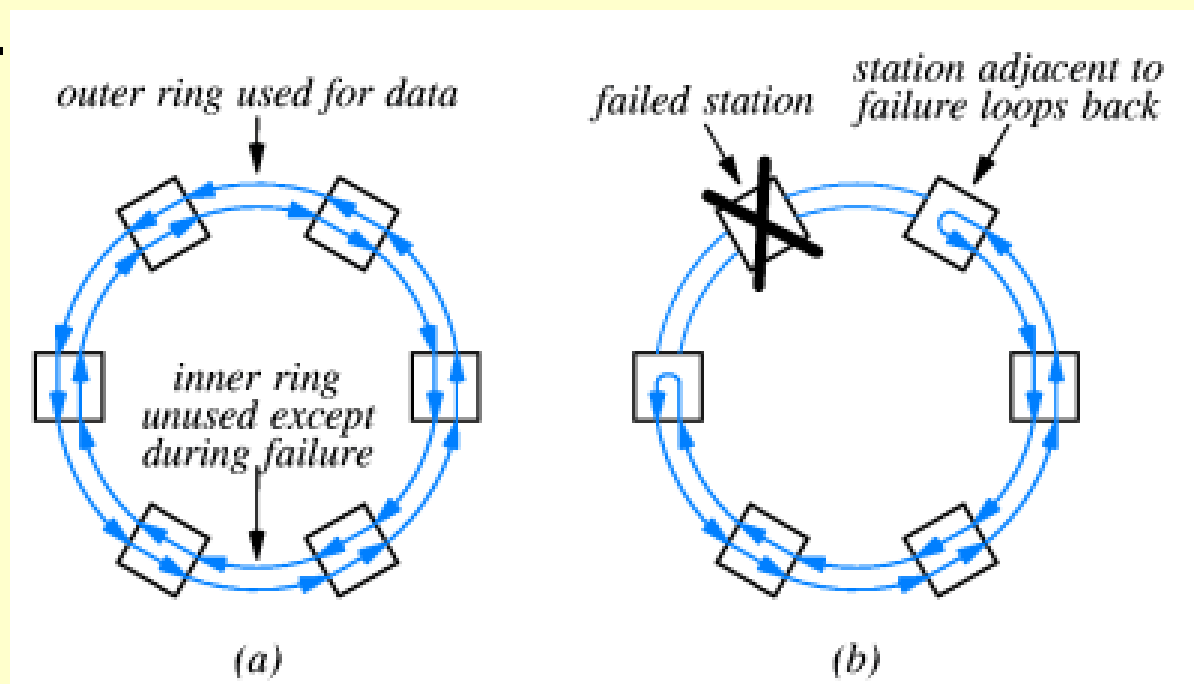
- Računala međusobno koordiniraju korištenje prstena služeći se posebnom kratkom porukom koja se zove *žeton* (token). U svakom trenutku u prstenu postoji samo jedan žeton.

LAN s prstenom (2)

- Da bi poslalo podatke, računalo prvo mora čekati da mu stigne žeton, zatim smije odaslati točno jedan okvir, te na kraju treba proslijediti žeton sljedećem računalu. Svi podaci putuju u istom smjeru.
- Jednom odaslani okvir putuje prstenom sve dok se ne vrati pošiljatelju. Ostala računala ga prosljeđuju, a primatelj ga usput kopira. Na kraju pošiljatelj može provjeriti da li je došlo do greške u prijenosu.
- Da bi poslao sljedeći okvir, pošiljatelj mora čekati da žeton ponovo stigne do njega. U međuvremenu je svako od preostalih računala dobilo šansu za slanje jednog okvira.

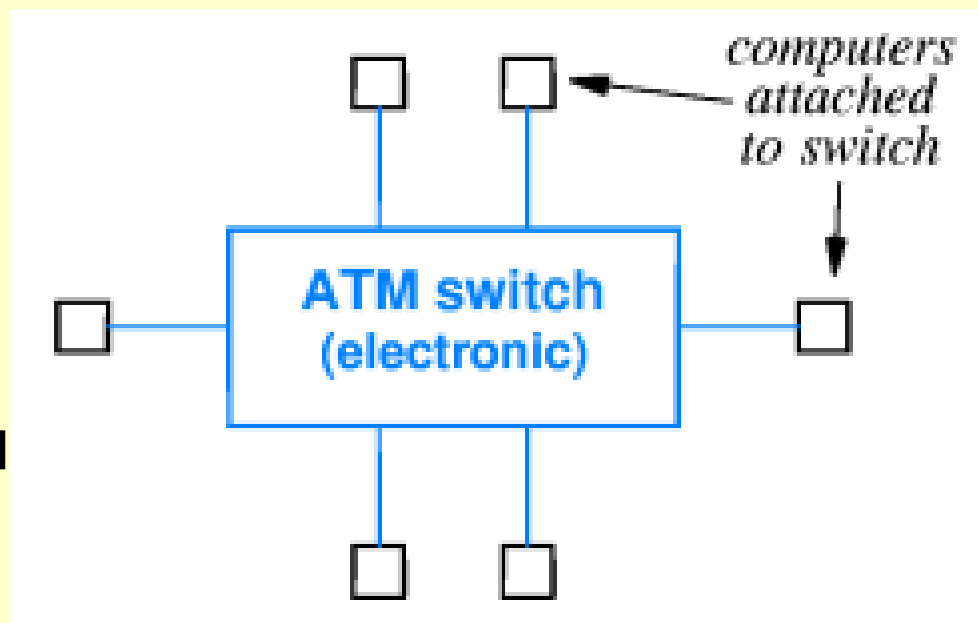
LAN s prstenom (3)

- Računalo koje nema podataka za slanje dužno je odmah proslijediti žeton. Ako nitko ne šalje podatke, žeton kruži prstenom velikom brzinom.
- Mana LAN-a s prstenom je da se komunikacija prekida čim jedno od računala ne radi.
- Postoji varijanta s dvostrukim prstenom, gdje se mreža rekonfigurira u slučaju kvara jednog računala.



LAN u obliku zvijezde (1)

- Najpoznatiji primjer LAN tehnologije koja koristi zvijezdu razvile su telefonske kompanije pod nazivom *ATM* (Asynchronous Transfer Mode).
- U središtu ATM mreže nalazi se jedan ili više elektroničkih uređaja koji se zovu *ATM sklopke* (ATM switch).
- Zbog brze dvosmjerne komunikacije, svako računalo izravno se spaja na ATM sklopku pomoću dvostrukog optičkog vlakna.



LAN u obliku zvijezde (2)

- Za razliku od sabirnice ili prstena, ATM sklopka ne distribuira podatke svim računalima, nego ih samo prebacuje od pošiljatelja do primatelja.
- U slučaju kvara jedne veze ili jednog računala ostatak ATM mreže radi dalje.
- U vrijeme svog nastanka ATM se isticao po visokoj propusnosti. Veza između računala i ATM sklopke osiguravala je 155 Mbit/s ili više.
- Sredinom 1990-tih godina mislilo se da je ATM najperspektivnija LAN tehnologija koja će zavladata tržištem. Ipak, to se nije dogodilo zbog pojave gigabitne verzije Ethernet-a.