

Uvod u RAČUNARSKE MREŽE

# Lekcija 4: Lokalne računarske mreže

leto 2019/2020

Prof. dr Branimir M. Trenkić

Fakultet za kompjuterske nauke – FKN  
Megatrend Univerzitet

# LAN - Uvod

- **Lokalna računarska mreža**, ili LAN (**Local Area Network**), je komunikacioni sistem za prenos podataka
  - Omogućava **direktnu međusobnu komunikaciju** većem broju nezavisnih uređaja (stanica)
  - Stanice su locirane u **ograničenoj geografskoj oblasti** (obično jedna zgrada ili manji kompleks zgrada)
- Postoji više **standarda za LAN mreže** - pokrivaju najniža dva sloja OSI modela (**fizički i sloj veze**)
  - ***IEEE 802*** familija standarda

# LAN - Uvod

- **LAN** su
  - Broadcast mreže
  - Zasnovane na deljivom prenosnom medijumu  

- **Glavni problem** kojim se bave LAN standardi -  
kontrola pristupa medijumu
  - MAC – podsloj sloja veze
  - Metode zasnovane na slučajnom pristupu
    - Aloha metod – paketski radio-prenos
    - Slotovana Aloha
    - CSMA
    - CSMA/CD

# LAN - Uvod

- Razmotrićemo **dva** tipična predstavnika LAN mreža (po pitanju arhitekture):
  - *Ethernet* i
  - *Token Ring (Bus)*

# LAN - Uvod

- **Ethernet**

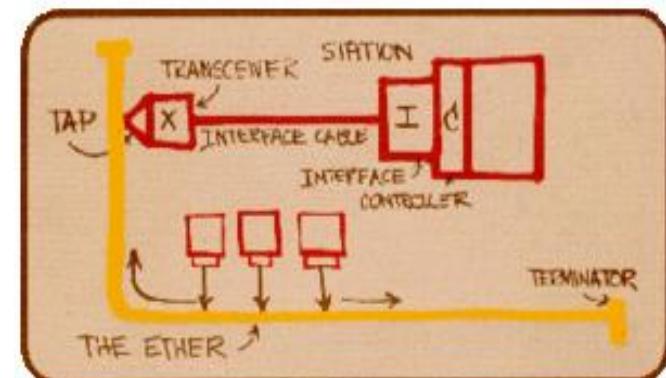
- Danas predstavlja **dominantan** oblik LAN-a
- Za **kontrolu pristupa** medijumu koristi se **princip izbegavanja kolizija**

- **Token Ring (Bus)**

- Funkcionisanje je zasnovano na **principu prosleđivanja tokena**

# Ethernet

- Sistem (tehnologija) za lokalnu komunikaciju između nezavisnih računara (lokalne mreže) koji je **70-tih godina** prošlog veka razvila kompanija **Xerox**
- Preteča Ethernet-a - tehnologija razvijena od strane **Normana Abramsona** – Havajski univerzitet (**ALOHAnet**)
- **Robert Metkalf** (MIT)



Metkalfov slajd sa prezentacije koncepta originalnog Ethernet-a (1976)

# Ethernet - Standardizacioni proces

- 1980. godine, **DIX** standard (**Ethernet I**)
  - „*The Ethernet, A Local Area Network. Data Link Layer and Physical Layer Specifications*“
- 1982. godine, verzija 2, (**Ethernet II**)
- 1983. godine, **IEEE** prihvatila je **Ethernet** kao **standard za lokalne računarske mreže** pod oznakom **IEEE 802.3**
- Danas je Ethernet LAN najrasprostranjeniji tip lokalne računarske mreže
  - Ethernet LAN se relativno **lako instalira**
  - Potreban **hardver je lako dostupan** po relativno niskoj ceni

# Ethernet

- Fizička mreža: Prenosni medijum – kabliranje
- Kao **prenosni medijum** kod Ethernet mreža koristi se:  
**(I) žičani** ili **(II) fiber-optički** kabl – **Fiksna mreža**
- Najčešće korišćeni **Ethernet kablovi**:

Naziv	Kabl	Max. dužina segmenta	Čvorova/seg.	Prednost
10Base5	Debeli koaksijalni	500 m	100	nije više u upotrebi
10Base2	Tanki koaksijalni	185 m	30	hab nije potreban
10Base-T	Upredeni provodnici	100 m	1024	najniža cena
10Base-F	Fiber optički	2000 m	1024	za vezu između zgrada

- Broj na početku naziva kabla - brzina prenosa (**10Mbps**)
- **“Base”** - prenos signala se obavlja u osnovnom opsegu (bez modulacije)

# Ethernet

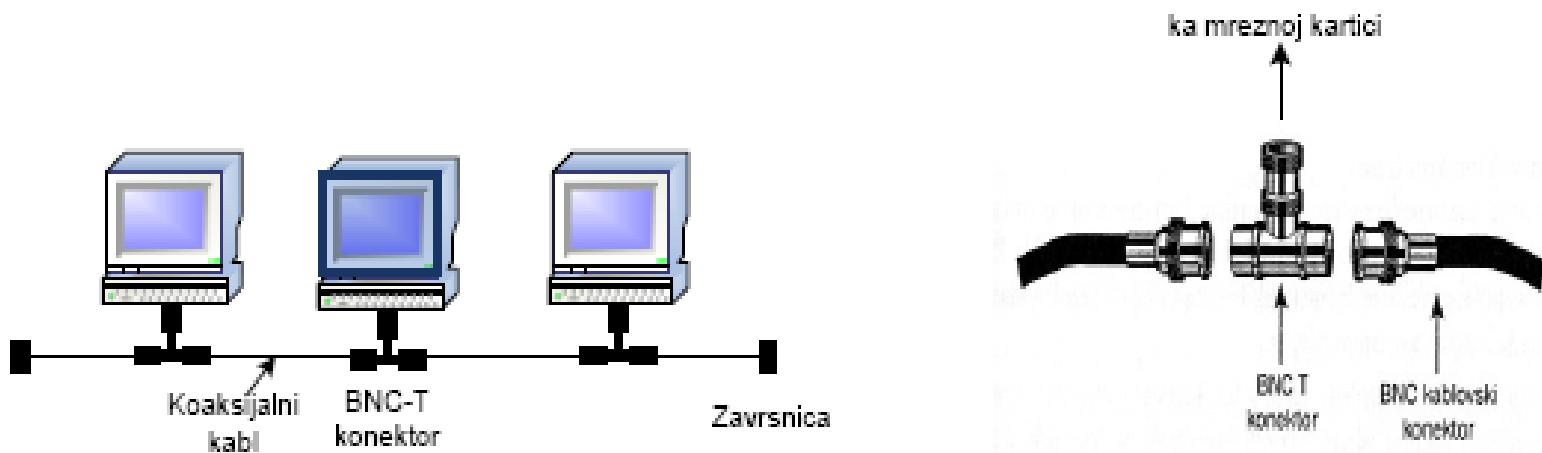
- Prenosni medijum - kabliranje
- **Žičani kabl**
  1. **Koaksijalni**
    - debeli (10Base5) i tanki (10Base2)
    - *Debeli* koaksijalni kabl više *nije u upotrebi*
  2. Kabl sa *upredenim paricama*
    - U upotrebi: *tanki koaksijalni* i *kabl sa upredenim paricama (10Base-T)*
- **Fiber-optički kabl (10Base-F)**
  - Zbog otpornosti na smetnje, koristi se *za veća rastojanja* (npr. između zgrada)

# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base2(5) kabla
- Lokalne mreže prve generacije (Magistrala)
- Za povezivanje na kabl koristi se (pasivni) **BNC-T konektor**
- **Elektronika za pobudu i prijem** signala sa kabla, zajedno sa **kontrolerom** smeštena je u stanici u vidu kartice koja se zove **NIC** (*Network Interface Card*)
- Krajevi segmenta završeni su tzv. terminatorom (završnicom) koji apsorbuje signal i tako **ne dozvoljava da bude reflektovan** nazad u kabl

# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base2 kabla



- Maksimalna dužina segmenta iznosi **185 m**
- Najviše **30 stanica** se mogu povezati na jedan segment
- Na slici je prikazan **jedan segment**

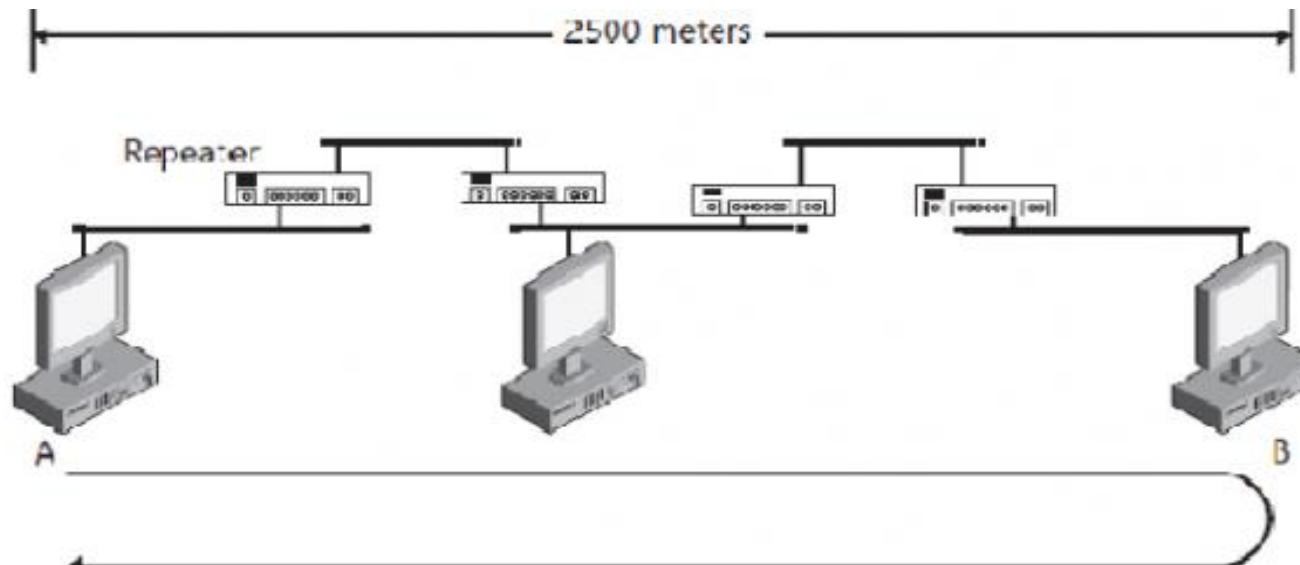
# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base5 (IEEE 802.3) kabla
- Formiranje većih lokalnih mreža: putem **više segmenata** koji su povezani pomoću repetitora
- Sistem može da sadrži **više segmenata** i više repetitora, ali
  - Na putu između bilo koje dve stanice ne sme biti više od **4 repetitora**
- IEEE 802.3 : **5-4-3 pravilo**
  - Maksimalan broj segmenata – **5**
  - Broj repetitora – **4**
  - Maksimalan broj segmenata koji imaju hostove - **3**

# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base5 (IEEE 802.3) kabla
- IEEE 802.3 : **5-4-3 pravilo**

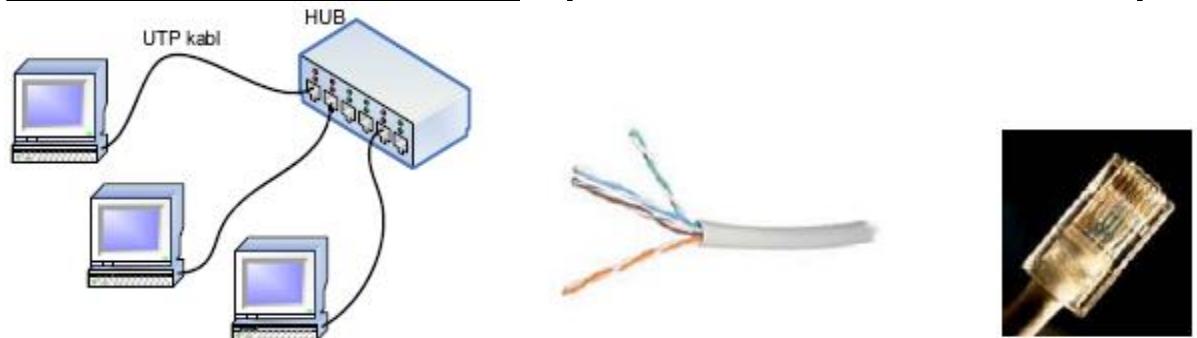
**Vreme prostiranja u jednom smeru = 28.8  $\mu$ s (vreme ranjavanja)**



**Slot time = 57.6  $\mu$ s**

# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base -T kabla
- Lokalne mreže **druge generacije** (*Zvezda sa hub-om*)



- Kabl čini **četiri para upredenih parica** (koristi se u telefoniji)
  - Koristi se dva (1-prijem, 1-predaja)
- Krajevi kabla završeni su konektorom
- Popularno ime za ovaj tip kabla je ***UTP***
- Stanice se ***ne povezuju direktno***
- Svaka stanica se posebnim 10Base-T kablom povezuje na ***centralni hub*** u kome su svi kablovi eklektično spojeni

# Ethernet

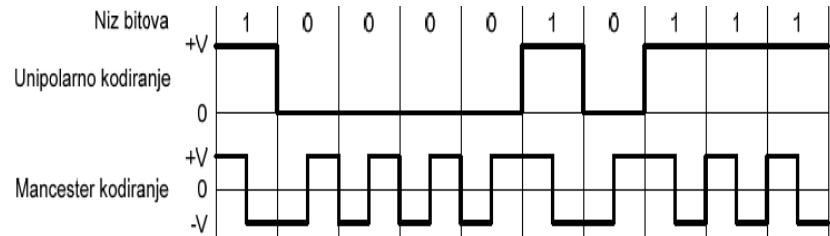
- Povezivanje pomoću 10Base -T kabla
- Hub ne baferuje (skladišti) dolazeći saobraćaj, niti vrši bilo kakvu obradu
  - Signal koji **stiče sa jednog** kabla distribuira na sve ostale
  - Iako nema deljivih kablova, **efekat je isti** kao kod 10Base2 šeme - signal koji šalje jedna stanica stiče do svih ostalih stanica
- **Prednosti:-** U ovoj konfiguraciji dodavanje i izbacivanje stanica je jednostavnije, a prekid kabla se lakše može otkriti

# Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base -T kabla
- Maksimalna dužina kabla je manja nego kod 10Base2 i iznosi **100 m**
- Bez obzira na to, 10Base-T je u široj upotrebi
- Kao i kod 10Base2 šeme, ***proširenje pomoću repetitora je moguće***
- **Brži tip** 10Base-T kabla (**100Base-T**) biće razmatran kasnije

# Ethernet

- Mančester kodiranje
- Ethernet mreže koriste
  - Prenos signala u osnovnom opsegu i
  - **Mančester kodiranje**
    - Viši nivo signala je **+0.85 V**
    - Niži nivo signala je **-0.85 V**
- Diferencijalno mančester kodiranje se ne koristi
  - Koristi se kod nekih drugih LAN standarda (npr. 802.5 token-ring)



# Ethernet

- Format okvira (IEEE 802.3 (Ethernet II):)

	7	1	6	6	2	0-1500	0-46	4
Preambula	S O F	Adresa odredista	Adresa izvora	Tip okvira	Podaci	Pad	CRC	

Dužina

- Svaki okvir počinje **preambulom** od identičnih **7 bajta** oblika **10101010**
  - Mančester kodiranje ove sekvence generiše pravougaoni periodični signal frekvencije 10MHz i trajanja **5.6μs** (mikro) koji omogućava da se **prijemnik sinhroniše** na takt predajnika
  - **Polje SOF (Start of Frame)** sadrži **1 bajt** oblika **10101011** i označava **pravi početak okvira**

# Ethernet



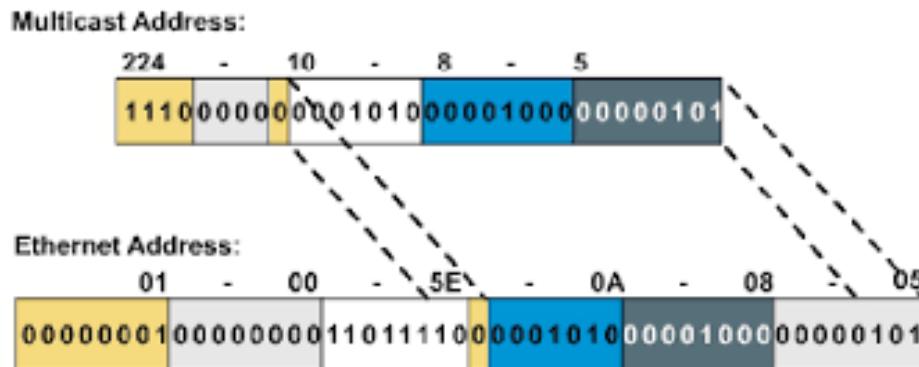
- Format okvira
- Okvir sadrži **dve adrese** - svaka dužine **6 bajtova**
  - **Adresa odredišta** (kome je okvir namenjen)
  - **Adresa izvora** (ko šalje okvir)
- **Prva dva** (krajnja leva u prenosu) bita u polju **adrese odredišta** ukazuju na tip adrese
- **Prvi bit = 0** - radi se o individualnoj
  - Individualna adresa je **fizička adresa** nekog čvora u mreži
- **Prvi bit = 1** – radi se o grupnoj adresi

# Ethernet

7      1      6      6      2      0-1500      0-46      4

Preambula	S O F	Adresa odredista	Adresa izvora	Tip okvira	Podaci	Pad	CRC
-----------	-------------	------------------	---------------	------------	--------	-----	-----

- Format okvira
- **Grupne adrese** omogućavaju da okvir primi **više od jedne stanice**, odnosno sve stanice koje pripadaju dатој grupи
- Slanje истог пакета групи станица се зове multicast (селективна емисија)



- **Adresa** koja садржи **sve 1-ce** rezervisana је за **broadcast** (емисија свима)

# Ethernet

7      1      6      6      2      0-1500      0-46      4



- Format okvira
- Drugi bit određuje svojstvo individualne adrese
- **Drugi bit = 0** - radi se o ***globalno administriranoj adresi***
  - Treba istaći da je adresa vezana za mrežni interfejs (**NIC**), a ne za stanicu (**dodeljuje proizvođač kartice!**)
- **Drugi bit = 1** – radi se o ***lokalno administriranoj adresi***
  - Lokalne adrese može da postavlja administrator mreže i one imaju značaj samo u okviru konkretnog LAN-a

# Ethernet

- Format okvira

Preambula	SOF	Adresa odredista	Adresa izvora	Tip okvira	Podaci	Pad	CRC
-----------	-----	------------------	---------------	------------	--------	-----	-----

- Dvobajtno polje koje sledi označava:
  - “**Tip okvira**” u specifikaciji Ethernet II (DIX- okvir)
  - “**Dužina polja Podaci**” u IEEE 802.3 okviru

# Ethernet

	7	1	6	6	2	0-1500	0-46	4
Preambula	S O F	Adresa odredista	Adresa izvora	Tip okvira	Podaci	Pad	CRC	

- Format okvira

- Dvobajtno polje "Tip okvira" svojim sadržajem ukazuje na **tip podataka** sadržanih u okviru
  - Na protokol višeg nivoa čiji paket je sadržan u polju "Podaci"
- Na ovaj način omogućeno je da se **više protokola mrežnog sloja** mogu u isto vreme koristiti u istoj (lokalnoj) mreži
- Polje "Tip okvira" upravo govori kom protokolu treba isporučiti podatke

# Ethernet



- Format okvira
- Ako je vrednost polja **> 1536** – predstavlja **tip okvira** inače označava **dužinu**

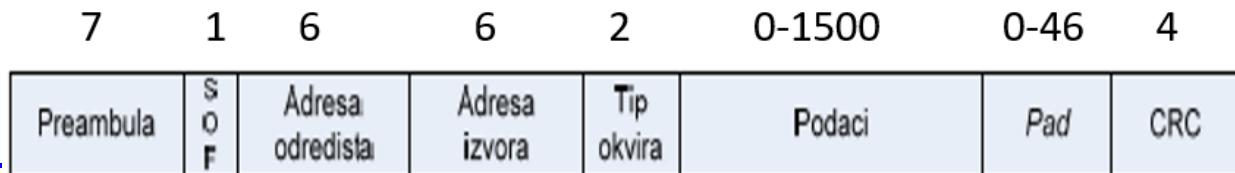
Decimal >1536	0x = hexadecimal > 0x 0600	Data type
2048	0x 0800	IPv4
2053	0x 0805	X25 lvl 3
2054	0x 0806	ARP
1536	0x 0600	XNS
33079	0x 8137	IPX

# Ethernet



- Format okvira
- U polju “*Podaci*” sadržan je **paket protokola mrežnog sloja (LLC podsloja za IEEE 802)**
- Veličina ovog polja može biti promenljiva, ali ne veća od **1500 bajtova**
- Ethernet ograničava i minimalnu dužinu okvira na **64 bajta** (bez preambule i SOF polja)
- Ako je polje za podatke kraće od **46 bajta**, polje “*Pad*” se koristi za dopunu okvira do minimalne veličine

# Ethernet



- Format okvira
- Poslednje polje Ethernet okvira, veličine **4 bajta**, sadrži kontrolnu sumu
- Ako su neki bitovi okvira pogrešno primljeni tada će *kontrolna suma* gotovo sigurno **biti pogrešna i greška će biti detektovana**
- Ethernet omogućava **detekciju greške**, ali **ne definiše načine za korekciju grešaka** (npr. retransmisija), već to prepušta protokolima iz viših slojeva

# Ethernet

- Kontrola pristupa medijumu (**CSMA/CD**)
- Ethernet je **multipoint linija** i zbog toga je neophodan mehanizam za **kontrolu pristupa deljivom prenosnom medijumu**
- Kod Ethernet-a se za tu namenu koristi **tehnika izbegavanja kolizija** poznata pod nazivom:
- ***CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)***
- **MA (Multiple Access)** znači da ***više stanica ima pravo pristupa*** istoj liniji

# Ethernet

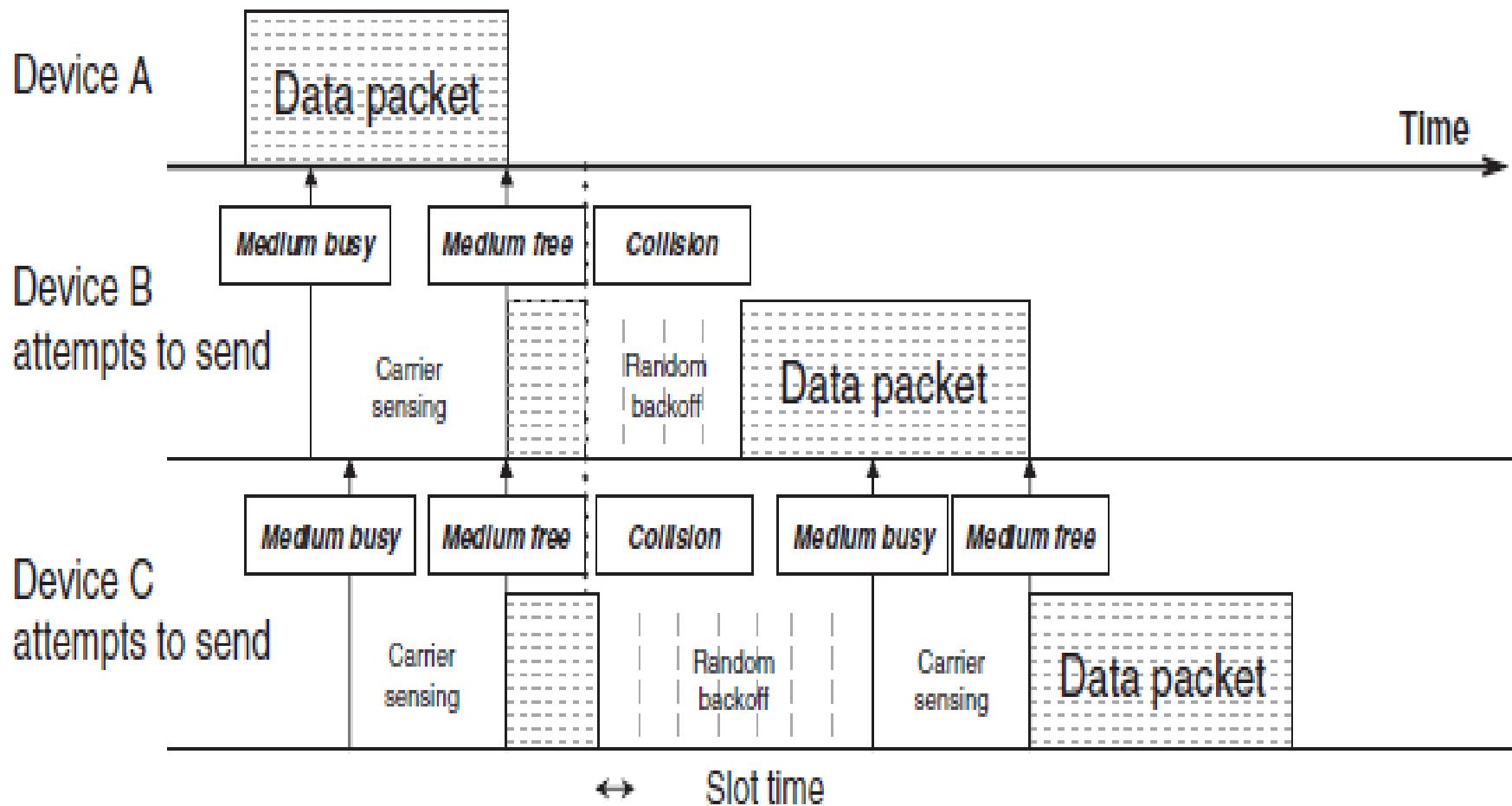
- Kontrola pristupa medijumu (CSMA/CD)
- **CS** (*Carrier Sense*) označava **mogućnost stanice da osluškuje liniju**, odnosno da detektuje prisustvo signala na liniji
- **CSMA** znači da pre slanja podataka stanica osluškuje liniju i **odlaže početak predaje** sve dok je linija zauzeta
- **CD** (*Collision Detection*) se odnosi na sposobnost stanice da detektuje pojavu kolizije na liniji

# Ethernet

- Kontrola pristupa medijumu (CSMA/CD)
- **CSMA/CD** znači **mehanizam** izbegavanja kolizija koji sadrži sledeće korake:
  1. Ako je **medijum slobodan** počni sa predajom
  2. Ako je **medijum zauzet**, produži sa osluškivanjem sve dok medijum ne postane slobodan, a onda odmah počni sa prenosom
  3. Ako u toku predaje **detektuješ koliziju**, odmah prekini predaju
  4. Ako u toku predaje detektuješ koliziju, prekini predaju, sačekaj neko proizvoljno vreme, a onda pokušaj ponovo (vrati se na korak 1)

# Ethernet

- Kontrola pristupa medijumu (CSMA/CD)

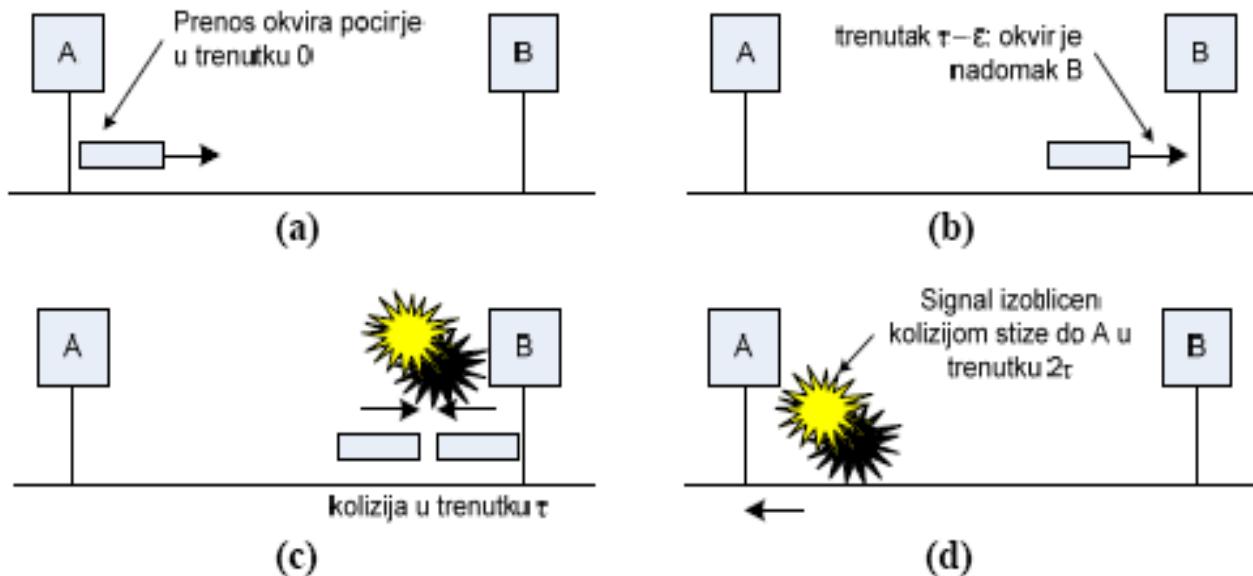


# Ethernet

- Efekat konačne brzine prostiranja signala
- *Brzina propagacije* signala kroz kabl je konačna
  - $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  - svetlosni signal
  - $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  – električni signal kroz bakarni provodnik
- To znači da **indikacija "linija je slobodna"**, koju dobija neka stanica ne mora uvek da bude tačna
- Može se desiti da je neka druga stanica već započela predaju, ali njen signal još uvek nije stigao do prve stanice

# Ethernet

- Efekat konačne brzine prostiranja signala



Predpostavimo:

- **vreme prostiranja signala** od stanice A do stanice B iznosi  $T$
- dužina okvira koji stanica A šalje je dovoljno mala tako da njegova **predaja traje manje od  $T$**

# Ethernet

- Efekat konačne brzine prostiranja signala
- Zaključak:
- Da bi se ovakve situacije predupredile, **Ethernet standard** zahteva da svaka predaja mora da traje najmanje  $2\tau$ 
  - gde je  $\tau$  vreme propagacije signala kroz kabl maksimalne dužine – vreme ranjivosti
  - $2\tau = \text{osnovni vremenski interval (slot time)}$

# Ethernet

- Efekat konačne brzine prostiranja signala
- Zaključak:
- Nemogućnost detekcije kolizije pri prenosu kratkih okvira glavni je razlog za postojanje ograničenja u pogledu minimalne dužine okvira - **64 bajta** (bez preamble i SOF polja)
- Kako se došlo do ove minimalne dužine okvira?

# Ethernet

- Eksponencijalni **backoff algoritam**
- Kritična situacija je i ona kada **u koraku 1.** CSMA/CD algoritma **više od jedne stanice** čeka da linija postane slobodna da bi započele prenos
- U trenutku kada se linija oslobođi (u **koraku 2.**), sve one **istovremeno počinju predaju**, što neminovno dovodi do kolizije (**korak 3**)

# Ethernet

- Eksponencijalni **backoff algoritam**
- Ako bi nakon detektovane kolizije u koraku 4. sve stanice **čekale isto vreme** pre ponovnog pokušaja predaje, **kolizija bi se ponovo desila**
- To je razlog za **proizvoljno (slučajno izabрано) vreme čekanja** u koraku 4
- Stanica koja prva izađe iz koraka 4, zauzima liniju, a sve ostale čekaju u koraku 1 da linija ponovo postane slobodna

# Ethernet

- Eksponencijalni *backoff* algoritam
- Izbor vremena čekanja u koraku 4 određuje se -- eksponencijalnim *backoff* algoritmom
- Koristi se osnovni vremenski interval (*slot time*)
- Nakon *i-te* kolizije – vreme čekanja slučajan broj slotova iz intervala (*0, 2<sup>i</sup> - 1*)
- Nakon *desete uzastopne kolizije*, interval čekanja se fiksira na **0 - 1023 slota**.
- Nakon **16 uzastopnih kolizija**, kontroler odustaje od daljih pokušaja i obaveštava računar o otkazu komunikacije

# Ethernet

- Performanse
- **Kapacitet** (ili propusna moć) **Ethernet mreže** iznosi ***10 Mbps***, u situaciji:
- U mreži postoji samo **dve stanice**, A i B, i stanica A **neprekidno** šalje okvire stanici B
- Broj prenetih bita u sekundi približno 10 Mb, jer je komunikacioni kanal gotovo sve vreme zauzet prenosom **“dobrih” bitova**
- U ovoj situaciji efikasnost komunikacionog kanala ***100 % ili E = 1.0***

# Ethernet

- Performanse
- U toku **realnog rada Ethernet mreže**, neprekidno se izmenjuju periodi:
  1. Prenosa okvira (**dobrih bitova**),
  2. Periodi nadmetanja (čekanje na razrešenje konflikta) i
  3. **Pasivni periodi** (ni jedna stanica nema potrebu da šalje okvir)
- Sa **povećanjem opterećenja** mreže, **pasivni periodi su sve ređi** i kraći, a vreme se deli na **periode prenosa i periode nadmetanja**

# Ethernet

- Performanse
- Ako opterećenje i dalje raste, **periodi nadmetanja** postaju sve **češći i duži**, a **periodi prenosa** ređi
- Sve **veći deo vremena** se troši na razrešavanje konflikta a sve manji na prenos "dobrih" bitova
- Kada u mreži postoji **veći broj stanica** koje često komuniciraju, ukupan broj "dobrih" bita koji se prenese kroz Ethernet mrežu u jednoj sekundi može biti **značajno manji od** maksimalno mogućeg (**10 Mb**)

# Ethernet

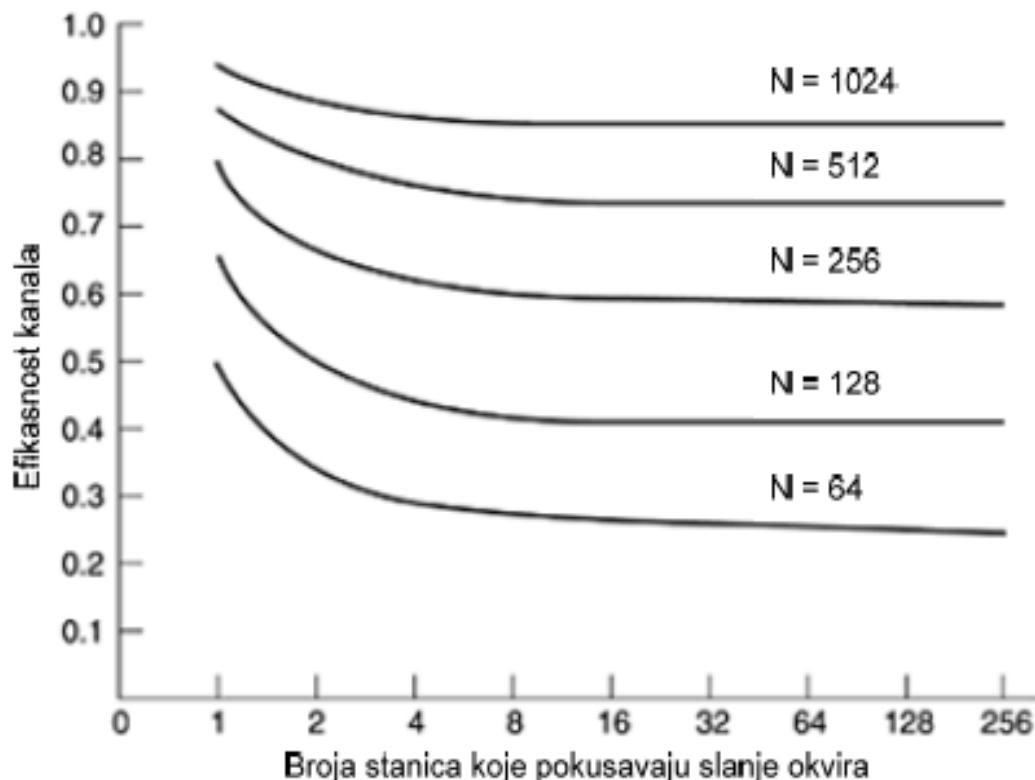
- Performanse
- **Efikasnost komunikacionog kanala** - deo vremena u kome je kanal zaokupljen prenosom dobrih bita
- Efikasnost će biti:
  - **Manja** što je broj stanica veći,
  - **Veća** što su okviri koji se prenose duži

# Ethernet

- Performanse
- **Efikasnost komunikacionog kanala**
- Matematička analiza:
  - $k$  stanica, svaka stanica ima stalno okvire za slanje
  - Okviri iste veličine –  $N$
  - Kada prenos okvira jednom počne, on se ne prekida dok se ne završi

# Ethernet

- Performanse



Za okvire minimalne dužine,  
**64 bajta**, već za **3 stanice**  
efikasnost Etherneta pada  
na čak 0.3  
(**30 % od kapaciteta**)

Daljim povećanjem broja  
stanica – **zasićenje!**  
Efikasnost skoro  
konstantna

# Ethernet

- Performanse
- **Povećanje opterećenja mreže** ima još jednu negativnu posledicu - **povećanje vremena isporuke okvira**
- Vreme isporuke okvira = vreme od trenutka kada se u nekoj stanici generiše okvir koji treba preneti, pa do trenutka kada se taj okvir isporuči odredišnoj stanici
- **Što je opterećenje veće** to će **stanica duže čekati** da stigne na red da koristi komunikacioni kanal, a okvir će duže čekati da bude poslat

# Ethernet

- Performanse
- Kako **opterećenje raste**, a **efikasnost se** asimptotski **približava zasićenju**, tako se **vreme isporuke eksponencijalno povećava** težeći beskonačnosti u graničnom slučaju
- Drugim rečima, **pri velikom opterećenju, Ethernet mreža postaje beskorisna!!!!**
- **Kako ublažiti problem** zasićenja LAN-a pri povećanom opterećenju?

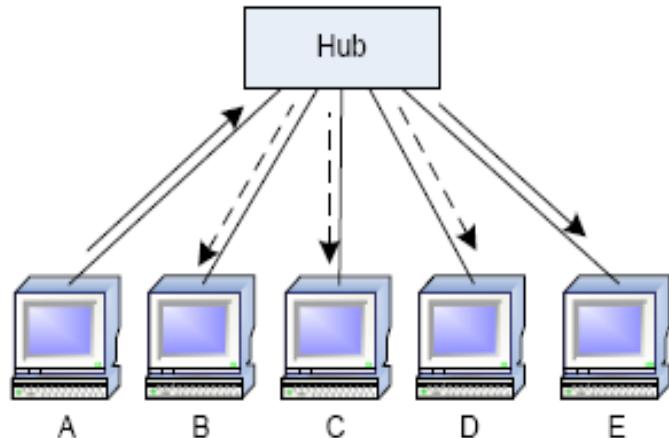
# Ethernet

- Komutirani Ethernet
- Rešenje - povećanjem brzine prenosa
- U **100 Mbs** ili **1 Gbps** LAN-u relativni odnosi ostaju isti kao na slici, ali sada **E=0.3** ne znači samo **3 Mb** prenetih podataka u sekundi, već **30 Mb**, odnosno **300 Mb**
- Međutim, sa sve većom popularnošću **multimedijalnih aplikacija**, čak i 100 Mbps i 1 Gbps LAN **može biti zasićen!**

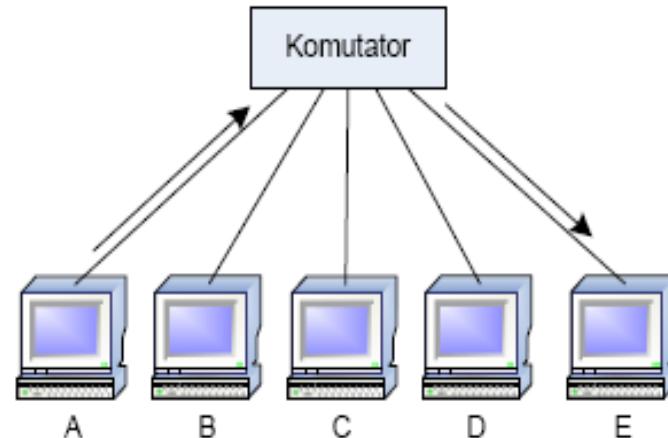
# Ethernet

- Komutirani Ethernet
- Postoji rešenje koje na mnogo efikasniji način obezbeđuje **racionalnije korišćenje** raspoloživog **kapaciteta** Ethernet LAN-a - reč je o **komutiranom** (*switched*) **Ethernet-u**

Sve stanice primaju okvir koga salje stanica A iako je samo E stvamo odrediste.



Samostanica E prima okvir, a ostali deo medijuma je raspoloziv za druge prenose



# Ethernet

- Komutirani Ethernet
- Lokalne mreže treće generacije (*Komutirane*)
- Rešenje je zasnovano na **10Base-T** šemi ali **umesto centralnog hub-a** koristi drugi tip mrežnog uređaja koji se zove **komutator ili switch**
- Komutator je uređaj koji može da prepozna odredišnu adresu i preusmeri okvir samo na port na koji je odredišna stanica povezana

# Ethernet

- **Brzi Ethernet**
- Pojavom novih aplikacija, kao što su obrada slike, audio i video prenos u realnom vremenu - pojavila se **potreba za LAN-om sa većom brzinom prenosa od 10 Mb/s**
- **Brzi Ethernet** radi na **100 Mbps**
- **Specifikacija** uglavnom ***identična***
  - **Izmene:**
    - a. Smanjenje domena kolizije
    - b. U fizičkom sloju (kablovi)

# Ethernet

- Brzi Ethernet
- **Domen kolizije maksimalno rastojanje** koje podaci prelaze između dve stanice
- Kod Ethernet-a domen kolizije iznosi **2500 m**
- Ograničenje je neophodno kako bi se postigla brzina prenosa od 10 Mbps korišćenjem CSMA/CD tehnike za detekciju kolizije
- Da bi se povećala brzina prenosa **uz očuvanje minimalne dužine okvira** neophodno je smanjiti **maksimalno vreme** prostiranja signala kroz Ethernet kabl ( $\tau$ ) – **250m**

# Ethernet

- Brzi Ethernet
- Osim manjeg domena kolizije – ostatak specifikacije identičan
- **Razlike postoje i na fizičkom nivou** - problem je u UTP kablu
- Nije moguće preneti signal frekvencije 200MHz na rastojanje od 100 m, bez velikih izobličenja
  - **Mančester kodiranje zahteva duplo veću frekvenciju od bitske brzine** - 2 taktna ciklusa za 1 bit
- Na fizičkom nivou, brzi Ethernet je **zvezdasta mreža slična 10Base-T**

# Ethernet

- Brzi Ethernet
- Predviđene su **dve kategorije brzog Ethernet-a:**
  - 100Base-T4
  - 100Base-X
    - 100Base-TX i
    - 100Base-FX

Naziv	Kabl	Max. dužina segmenta	Prednost
100Base-T4	Upredeni provodnici	100 m	koristi 3 UTP kabla
100Base-TX	Upredeni provodnici	100 m	full-duplex na 100 Mbps (Kat. 5 UTP)
100Base-FX	Fiber-optički	2000 m	full-duplex na 100 Mbps; veliko rastojanje

# Ethernet

- Brzi Ethernet
- Primer **100Base-T4** šeme:
  - Koristi UTP kabl kategorije 3 – **sva 4 para** upredenih provodnika
    - Dva para su dvosmerna i dva jednosmerna
  - **Komunikacija u jednom smeru: 2 dvosmerna + 1 jednosmeran = 3 para**
  - U slučaju brzog Etherneta (100Mb/s) – brzina prenosa na jednom paru – **33.33 Mb/s**
  - UTP kabl može da podrži prenos signala **max. do 25MHz**
  - Mančester kodovanje – max. brzina 12.5 Mb/s
- Metod kodovanja – **8B/6T (*4 bita u svakom ciklus*)**

# Ethernet

- Brzi Ethernet
- Primer **100Base-TX** šeme:
  - Koristi kvalitetniji **UTP kabl kategorije 5** koji omogućava prenos signala frekvencije **125 MHz - dva para** upredenih provodnika
  - Na svakom paru - brzina od 100 Mbps, sistem je tipa puni dupleks (stanica može da predaje/ prima podatke brzinom od 100 Mbps)
  - Brzina prenosa od 100 Mbps sa taktnom od 125 MHz postiže se primenom kodiranja **4B/5B**
    - signal sa dva naponska nivoa, **4 bita u 5 ciklusa**

# Ethernet

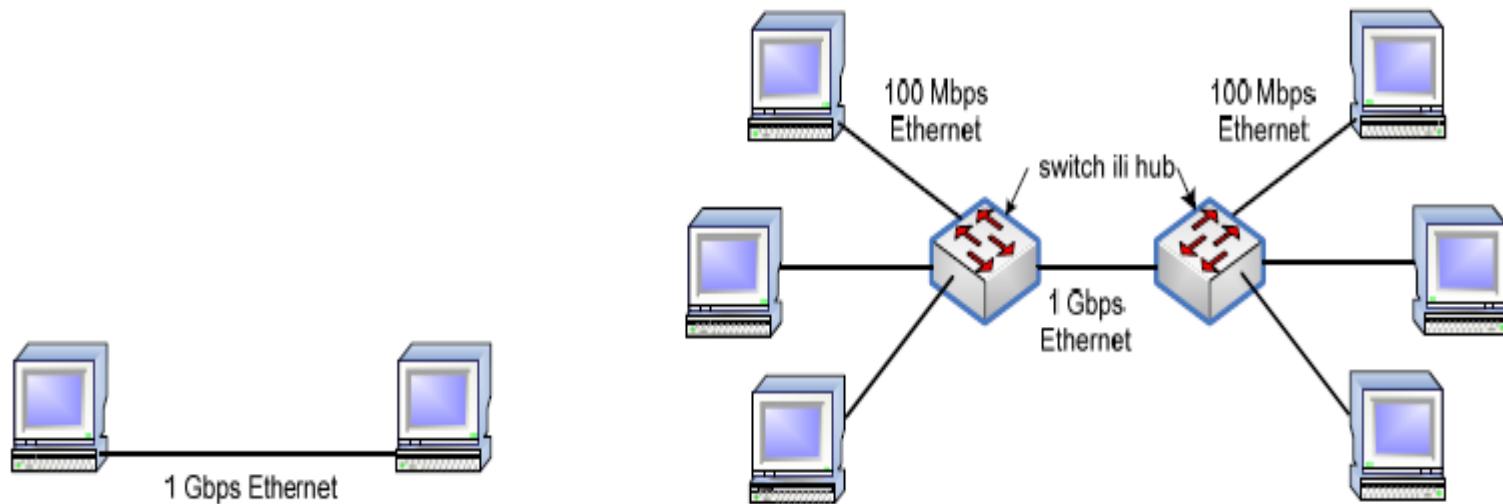
- Brzi Ethernet
- Primer **100Base-FX** šeme:
  - Koristi **dva optička vlakna**
  - 1 - prenos od stanice do haba i 1 - prenos od haba do stanice
  - Podržan je **full-duplex**
  - Rastojanje između stanice i hab-a može biti i **do 2000m**

# Ethernet

- Gigabitski Ethernet
- Gigabitski Ethernet je **najnoviji Ethernet standard** usvojen 1998. godine
- Prenosni medijum - **optička vlakna** ili žičani provodnici
- Razmatranje u vezi domena kolizije važe i u ovom slučaju; pošto je bitska brzina sada 100 puta veća od brzine klasičnog, 10Mbs Ethernet-a, **domen kolizije je skraćen na - 25 m**

# Ethernet

- Gigabitski Ethernet
- 10 i 100 Mbps Ethernet - ***multipoint mreže***
- Gigabitski Ethernet - ***point-to-point mreža***
  - Povezivanje samo dva računara
  - Povezivanje dva switch-a



# Token Ring (IEEE802.5) - Uvod

- **Mehanizam pristupa medijumu** koji se koristi kod Ethernet-a - **CSMA/CD** :
  - Nije savršen i može da dovede do **kolizije**
  - Stanica može **više puta da pokušava** da pošalje okvir **pre nego što** joj to i **uspe**
  - U uslovima intenzivnog saobraćaja, kolizije, kao i mehanizam izbegavanja kolizija - mogu da unesu **kašnjenje u isporuci okvira** nepredvidljivog trajanja

# Token Ring (IEEE802.5) - Uvod

- Kod **Token Ring** mreže kao tehnika za kontrolu pristupa medijumu uvodi se - multipleksiranje na vremenskoj osnovi
- U **Token Ring** mreži ne postoji nadmetanje oko korišćenja medijuma - stanice **redom dobijaju pravo** slanja okvira
- Stanica može da šalje okvir samo kada na nju dođe red i tom prilikom ima pravo da pošalje samo jedan okvir



# Token Ring (IEEE802.5) - Uvod

- Mehanizam koji reguliše ovu rotaciju zove se **prosleđivanje tokena** (*token passing*)
- Token je **specijalan okvir** koji se prenosi od stanice do stanice duž ringa



- Bit „**Žeton**“ = 0 – okvir predstavlja slobodan token
- Stanica **može da šalje** svoje podatke samo **ako poseduje token**

# Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena
- Uvek **kada mreža nije zauzeta** prenosom podataka – u mreži cirkuliše token (trobajtni okvir)
- Token se prenosi redom ***od NIC-a do NIC-a*** sve dok ne stigne do stanice koja ima podatke za slanje
- Stanica koja ima spremne podatke za slanje, **čeka da primi token**

# Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena
- Ako je token slobodan, stanica zadržava token kod sebe i umesto njega dalje **šalje** jedan **okvir podataka**
  1. Promeni bit „Žeton“ sa 0 u 1
  2. Dodaje adresu odredišta i svoju adresu
  3. Dodaje podatke (enkapsulira sa višeg nivoa)
  4. Dodaje ostala polja okvira



- **Kao podsetnik** da je token ostao kod nje, **stanica postavlja jedan bit u NIC-u na 1**

# Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena
- Okvir sa podacima nastavlja da se prenosi kroz ring
- Svaka među-stanica koja primi okvir **ispituje njegovu odredišnu adresu**, nalazi da je okvir namenjen nekoj drugoj stanici i šalje ga dalje
- Odredišna stanica prepoznaje svoju adresu, **kopira poruku, proverava ispravnost** okvira i menja četiri bita u zadnjem polju okvira (*status okvira*) čime naglašava da je adresa prepoznata (A) i okvir preuzet (C)

**Status okvira:**

A	C	0	0	A	C	0	0
1 bit							

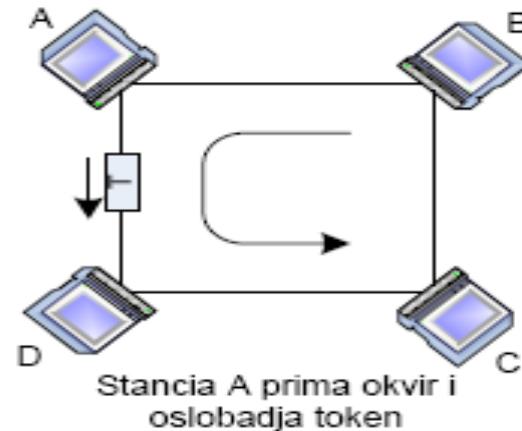
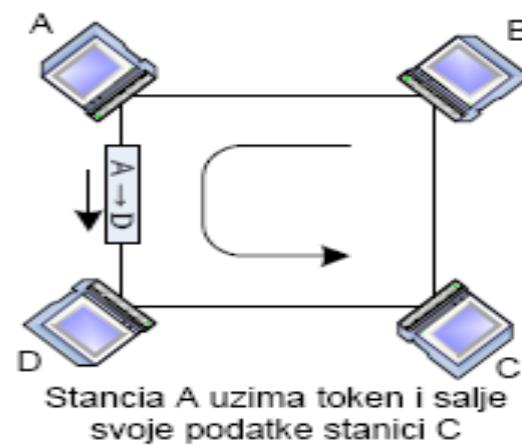
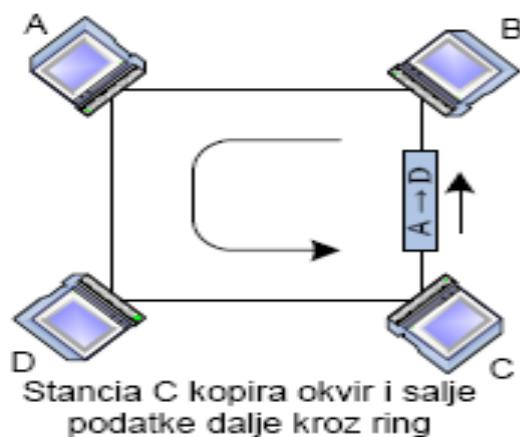
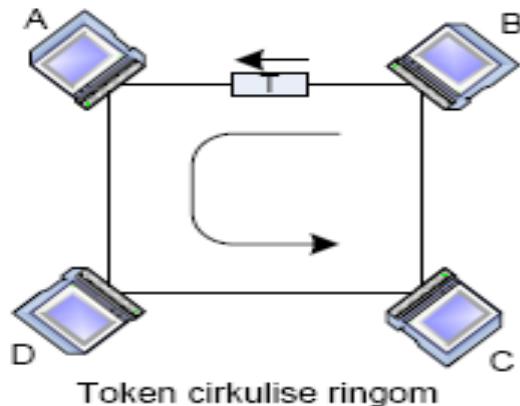
**A = 1, Address recognized C = 1, Frame copied**

# Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena
- Tako modifikovan, **okvir nastavlja svoj put** duž ringa sve dok se ne vrati stanicu koja ga je poslala
- Predajna stanica **prima okvir** i u polju za izvornu adresu prepoznaje svoju adresu; ispituje četiri bita sa kraja okvira i ako su postavljeni na 1 zaključuje da je okvir uspešno isporučen odredišnoj stanicu
- Prijemna stаница uništava iskorišćeni okvir podataka i **vraća token u mrežu**

# Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena



# Token Ring (IEEE802.5)

- **Monitor mreže**
- U **neregularnim situacijama** rad ringa može biti poremećen:
  1. Stanica ne prosledi token dalje ili **token** bude **uništen** zbog smetnji na liniji
    - Pošto tokena više nema, ni jedna stanica više ne može da šalje podatke
  2. Predajna stanica može da **propusti da ukloni** iz ringa **iskorišćeni okvir** podataka ili ne vrati token u mrežu

# Token Ring (IEEE802.5)

- Monitor mreže
- Da bi se opisane situacije prevazišle, jedna stanica u ringu ima ulogu monitora mreže
- Monitor **startuje tajmer** uvek kada token "prođe pored njega"
- Ako se token ponovo ne pojavi u dozvoljenom vremenu, monitor zaključuje da token uništen i u mrežu ubacuje novi token

# Token Ring (IEEE802.5)

- Monitor mreže
- Da bi **sprečio kruženje iskorišćenih okvira** podataka monitor markira svaki okvir koji prođe ringom postavljanjem *na 1 Monitor bita* u polju okvira – **Kontrola pristupa**



- Za svaki okvir koji primi, monitor proverava Monitor bit
- Ako je njegova vrednost 1, to znači da je okvir obišao jedan ceo krug i da ga treba uništiti
- Monitor uništava okvir i umesto njega na mrežu šalje token

# Token Ring (IEEE802.5)

- Implementacioni detalji
- Kod Token Ringa koriste se **6-bajtne fizičke adrese**, "utisnute" u NIC, slično Ethernet adresama
- Na fizičkom nivou, za kodiranje podataka koristi se **diferencijalno mančester kodiranje**
- Brzina prenosa podataka je ***16 Mbps***
- Za kontrolu grešaka koristi se 32-bitni ***CRC kôd***
- Okvir podataka može da prenosi najviše ***4500 bajta podataka***

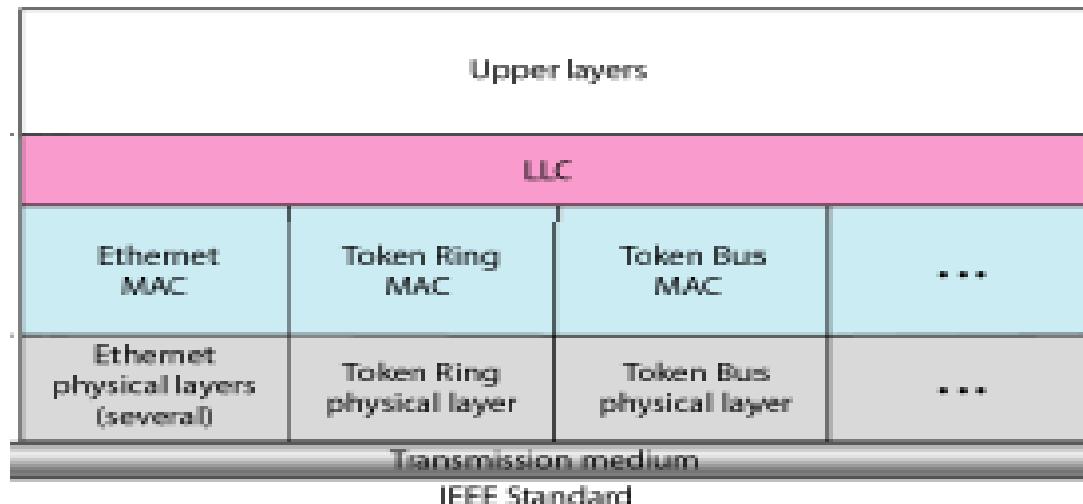
# IEEE 802 mreže

- Stanice mogu da ***komuniciraju pouzdano preko nepouzdanih veza***
  - Koristeći npr. HDLC protokol sloja veze
    - HDLC protokol obezbeđuje kontrolu grešaka koristeći:
      - ***Mehanizam potvrđivanja okvira***
      - ***Mehanizam kontrole toka*** (klizajući prozor)
- U analizi protokola koji se koriste u ***IEEE 802 lokalnim računarskim mrežama*** nije bilo reči o ***mehanizmima pouzdane komunikacije***

# IEEE 802 mreže

## Kontrola (upravljanje) logičke veze, LLC

- **Viši** pod-sloj sloja veze
- Definisan kroz ***IEEE 802.2 standard***
- Obezbeđuje *interfejs* koji *omogućuje mrežnom sloju da koristi MAC pod-sloj bilo kog tipa*



# IEEE 802.2 standard

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

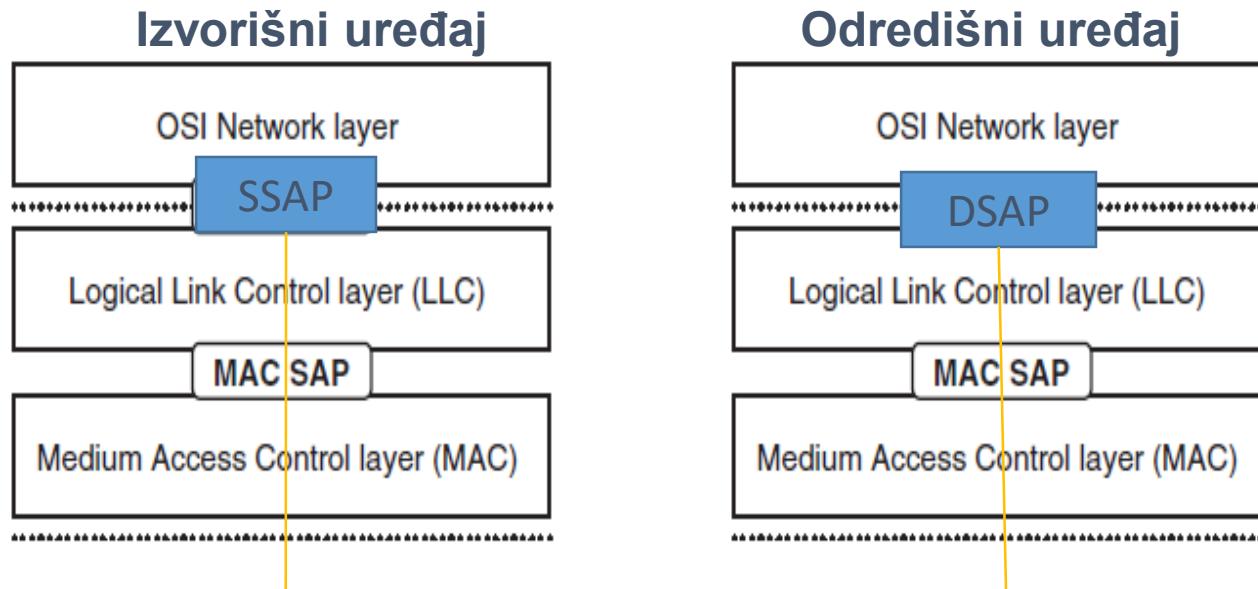
- **Okvir podataka (frame)**, formiran na LLC pod-sloju
- Prosleđuje se (na dole) ka MAC pod-sloju
- Naziva se jedinica podataka LLC protokola (LPDU, LLC Protocol Data Unit)

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	$M \times 8$ bits

# IEEE 802.2 standard

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

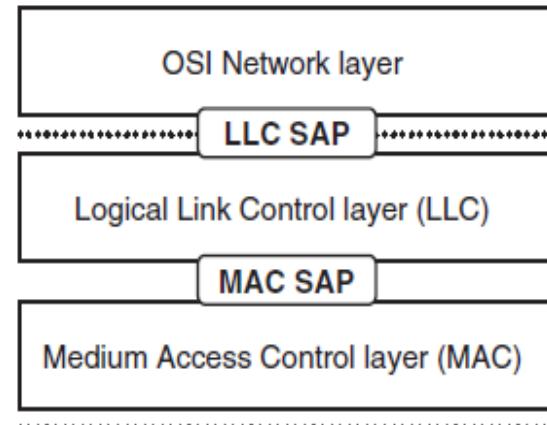
- LLC pod-sloj ***upravlja prenosom*** LPDU-ova ***između tačaka pristupa usluzi sloja veza izvorišnog i odredišnog uređaja***



# IEEE 802.2 standard

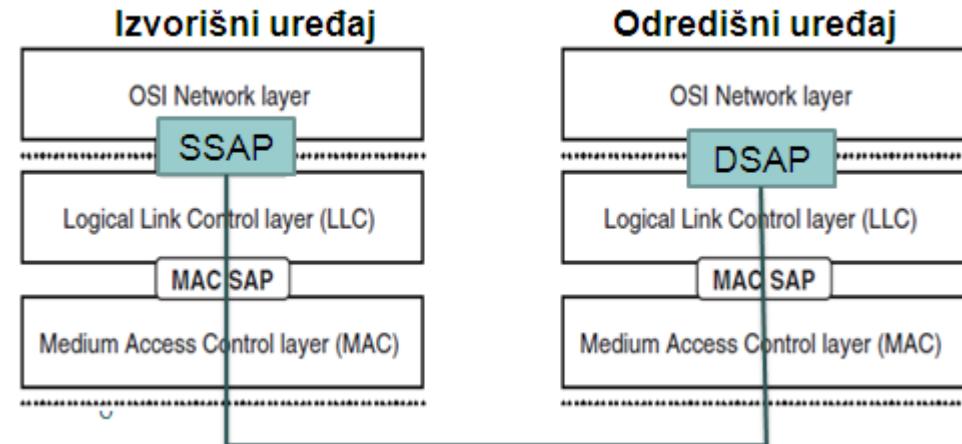
## Kontrola (upravljanje) logičke veze

- **Pristupna tačka usluzi** sloja veze (**LLC SAP**, *Logical Link Control Service Access Point*) predstavlja **port ili tačku logičke veze ka protokolu mrežnog sloja**
- **Multipleksiranje** mrežnih protokola



# IEEE 802.2 standard

- U mrežama koje podržavaju veći broj mrežnih protokola, svaki će imati svoj određeni **izvořišni SAP (SSAP)** i **odredišni SAP (DSAP)** port
- LPDU uključuje:
  - **DSAP adresu** i
  - **SSAP adresu**



**(dužine 8 bita)** kako bi se obezbedila njegova korektna isporuka protokolu mrežnog sloja

# IEEE 802.2 standard

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

- LCC pod-sloj definiše **tri tipa komunikacionih usluga**
  - ***Bezkonekciona (Tip 1 i Tip 3) usluga*** i
  - ***Konekciono-orjentisana usluga (Tip 2)***

# IEEE 802.2 standard – klase usluga

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

- **Bezkonekciona (Tip 1 i Tip 3) usluga**
- **Tip 1:**
  - **Bez potvrđivanja** – datagramski pristup prenosa
    - Unicast (**point-to-point**)
    - Multicast (**više destinacija u jednoj mreži**)
    - Broadcast (**sve destinacije u jednoj mreži**)
- **Tip 3:**
  - **Sa potvrđivanjem**
  - Podržava **samo point-to-point** komunikaciju

# IEEE 802.2 standard – klase usluga

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

- **Konekciono-orjentisana usluga (Tip 2)**
  - **Prijemni LLC** pod-sloj **prati redosled primljenih LPDU-ova**
  - Ako je **LPDU izgubljen u prenosu** ili primljen sa greškom, odredišni LLC zahteva od izvorišta **ponovno slanje od poslednje primljenog LPDU**

# IEEE 802.2 standard – klase usluga

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

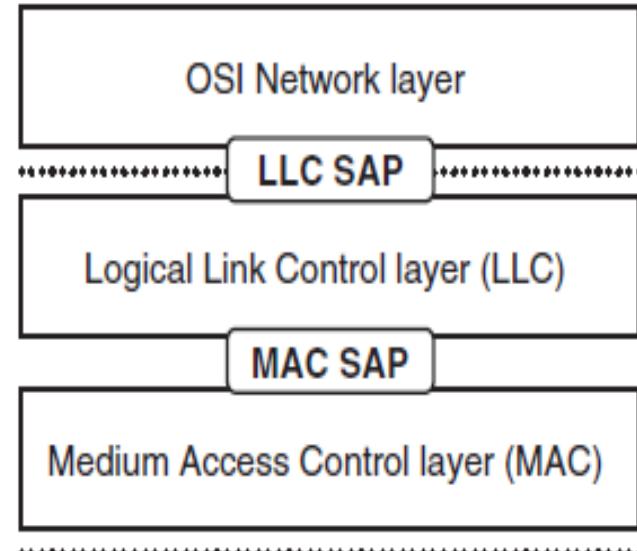
- LCC pod-sloj definiše ***četiri klase usluga***
  - ***Klasa I*** – samo Tip 1
  - ***Klasa II*** – Tip 1 + Tip 2
  - ***Klasa III*** – Tip 1 + Tip 3
  - ***Klasa IV*** – sve tipove komunikacionih usluga

# IEEE 802.2 standard – format LLC okvira

## Kontrola (upravljanje) logičke veze

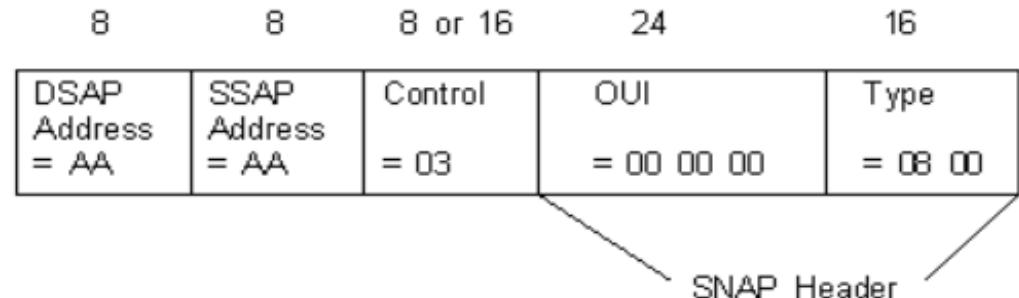
- **LLC** PDU format:

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	M*8 bits



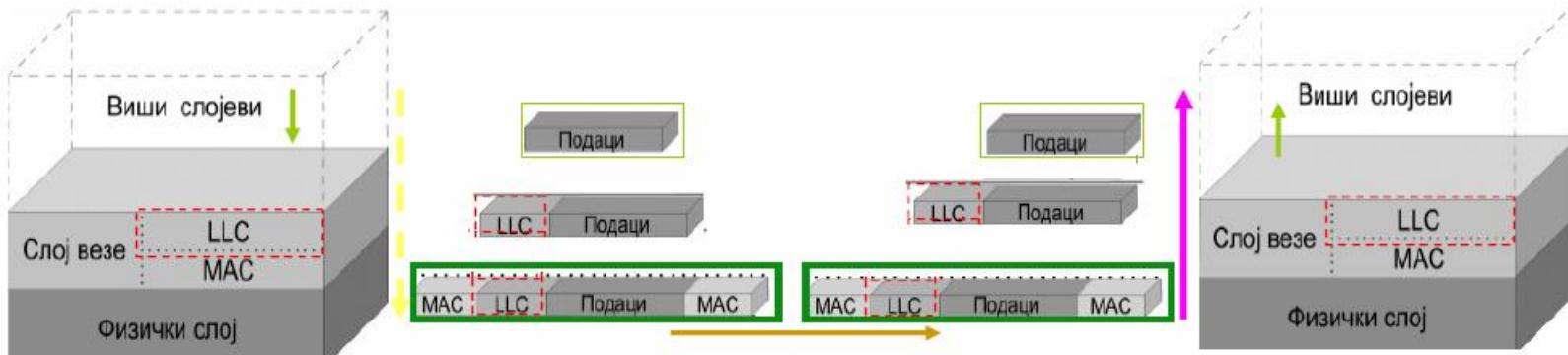
**LLC zaglavje** sadrži **kontrolno polje** kao i HDLC, i koristi se za kontrolu protoka i grešaka u prenosu

- **SNAP ekstenzija**



# IEEE 802 enkapsulacija

- **LLC prosleđuje LPDU-ove ka MAC pod-sloju kroz pristupnu tačku usluge MAC pod-sloja (MAC SAP)**



- LPDU se, od tog trenutka
  - **Konvertuje u jedinicu podataka MAC usluge (MSDU)** i
  - **Postaje korisnički sadržaj (data payload) u okviru MAC pod-sloja (MPDU)**

# Tehnologije sloja veze

## Varijante IEEE 802.3 (Ethernet) okvira

