

RAČUNARSKE MREŽE/ INTERNET KOMUNIKACIJE

Lekcija 3: Lokalne računarske mreže

leto 2018/2019

Prof. dr Branimir M. Trenkić

Visoka škola elektrotehnike i računarstva
strukovnih studija

LAN - Uvod

- **Lokalna računarska mreža**, ili LAN (**L**ocal **A**rea **N**etwork), 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)

LAN - Uvod

- Lokalne računarske mreže karakteriše:
 - **Način prenosa** podataka (okvira, ramova)
 - **Fizička topologija**
- Opšta rešenja:
 - Prenos od jedne ka svim stanicama (Difuzni prenos)
 - **Broadcast** prenos (istovremeni prijem)
 - **Sekvencijalni** prenos (od stanice do stanice po redosledu)
 - Topologije zasnovane na **deljivom prenosnom medijumu**
 - Magistrala, prsten, zvezda



- **Glavni problem** kojim se bave LAN standardi - **kontrola pristupa medijumu**

LAN - Uvod

LAN standardizacija i referentni modeli

- Postoji više **standarda za LAN mreže** - pokrivaju najniža dva sloja OSI modela (**fizički i sloj veze**)
 - **IEEE 802** familija standarda

Kontrola pristupa medijumu za prenos

- **Kontrola je neophodna u difuznim mrežama** - bez obzira da li se radi o **žičanom ili bežičnom** deljenom prenosnom medijumu

Problem:

- Ako su dva uređaja **istovremeno u stanju slanja** - **zbog** međusobnog **ometanja signala** **oba** prenosna **uređaja** će biti **nekorisna** u tom slučaju

Kontrola pristupa medijumu za prenos

- Dakle, ***pristup*** deljenom prenosnom medijumu ***mora biti aktivno nadgledan***
- Razlog:
 - ***Sprečavanje nekorisne upotrebe*** prenosnog opsega kroz ***ponavljanje kolizije*** usled ovakve situacije
- To je ***glavni posao sloja veze (MAC pod-sloja)!***

Kontrola pristupa medijumu za prenos

Protokoli pristupa prenosnom medijumu

Protokoli slučajnog pristupa

- ALOHA
- CSMA
- CSMA/CD
- CSMA/CA

Protokoli kontrolisanog pristupa

- Rezervacija
- Prozivka
- Prosleđivanje tokena (žetona)

Protokoli kanalisanja medijuma

- FDMA
- TDMA
- CDMA

Dinamičko dodeljivanje

Statičko dodeljivanje

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- Sve ***stanice su ravnopravne*** – ne postoji centralizovano upravljanje
- ***Distribuirano*** upravljanje
- U bilo kom trenutku, ***stanica koja ima podatke za slanje*** koristi proceduru definisanu protokolom kako bi ***donela odluku da li da šalje podatke ili ne***

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- ***Naziv*** pristupa?
- ***Ne postoji*** unapred definisan ***vremenski raspored*** kada neka stanica može da šalje podatke - ***trenuci slanja su sasvim slučajni***
- ***Ne postoji pravilo*** na osnovu kog se određuje ***koja će stanica sledeća zauzeti medijum***
- ***Kroz proceduru takmičenja*** između zainteresovanih stanica dolazi se po odluke koja će stanica sledeća zauzeti medijum

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- U cilju **izbegavanja konfliktnog pristupa** ili njegovog **rešavanja** ako se desi, procedura mora **dati odgovore na sledeća pitanja**:
 - **Kada** stanica može da pristupi prenosnom medijumu?
 - **Šta** stanica može da uradi ako je medijum zauzet?
 - **Kako** stanica može utvrditi da li je prenos bio uspešan ili neuspešan?
 - **Šta** stanica može uraditi u slučaju konfliktnog pristupa?

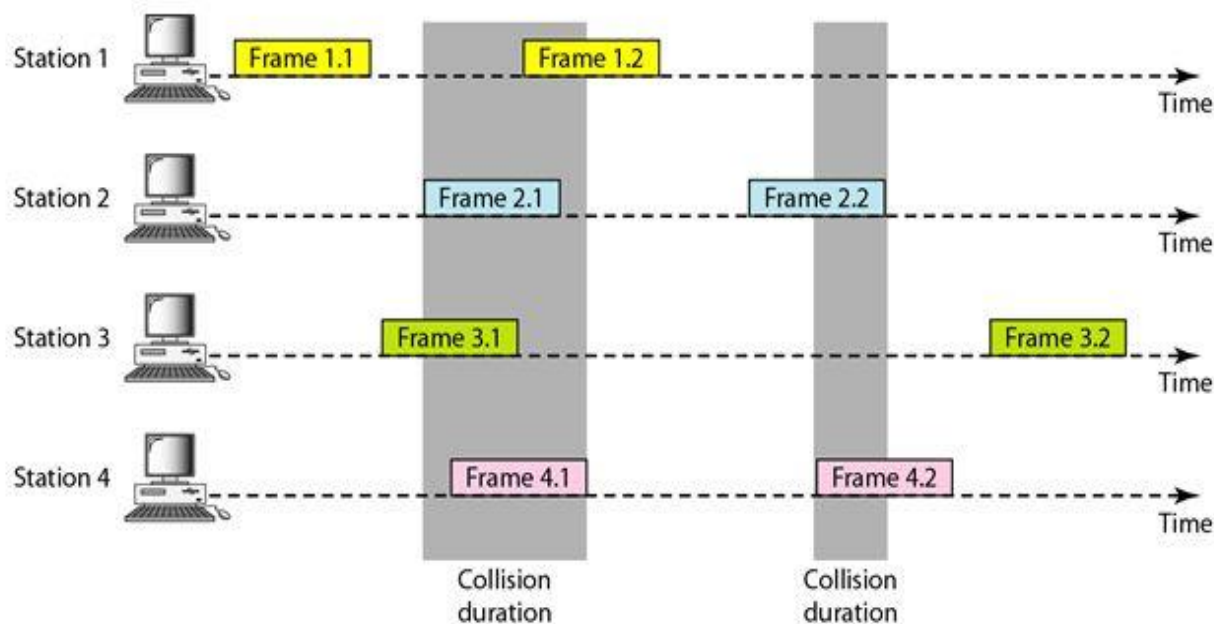
Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- Metode (protokoli) koji se zasnivaju na ovom pristupu:
 - ALOHA
 - CSMA
 - CSMA/CD
 - CSMA/CA

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

• ALOHA

- Kad god stanica ima okvir za slanje – ona ga šalje
- Ako se desi kolizija – stanica čeka slučajni vremenski period pre ponovnog pokušaja slanja



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

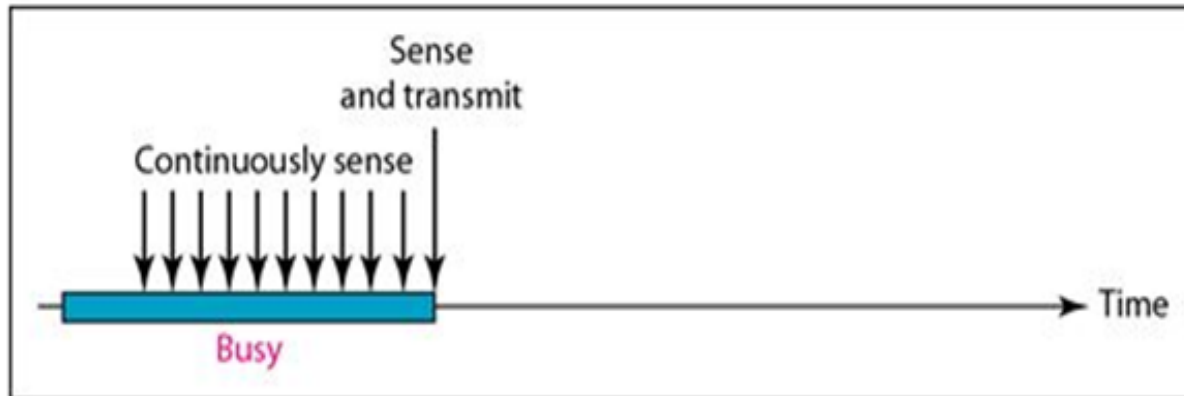
- **CSMA**

- Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca (*Carrier Sense Multiple Access*)
 - 1-persistent
 - non-persistent
 - p-persistent

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- ***1-persistent***

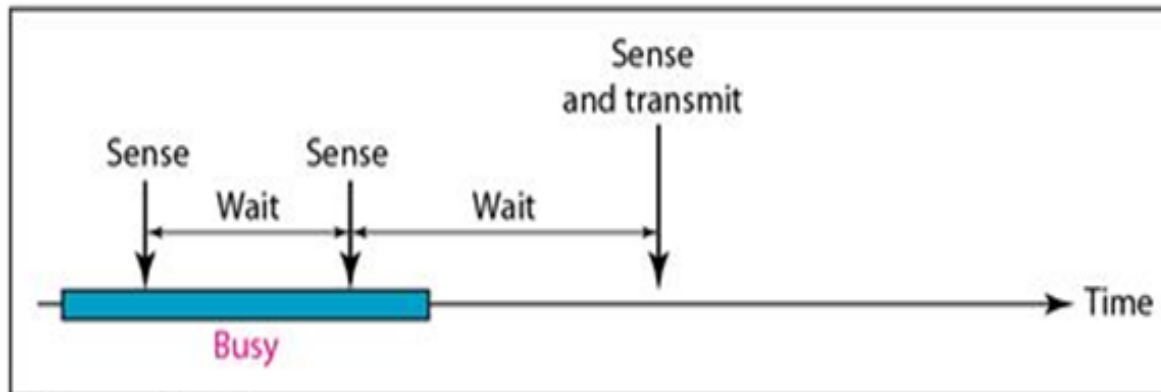
- Stanica nastavlja da osluškuje do god se kanal ne oslobodi – tada šalje podatke



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- ***non-persistent***

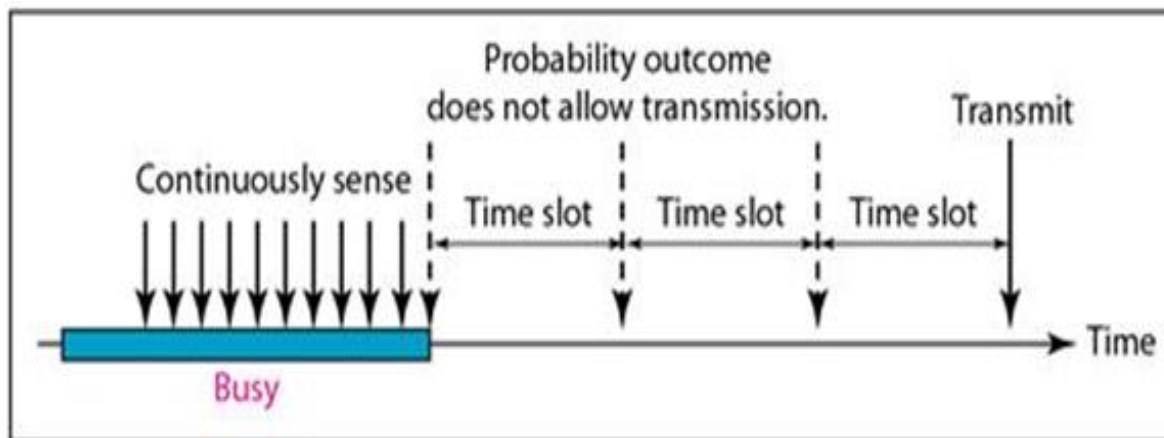
- Ako je kanal zauzet, stanica čeka slučajni vremenski period pre ponovnog pokušaja provere



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

- ***p-persistent***

- Za slotovane sisteme. Ako je kanal slobodan u tekućem slotu, stanica šalje sa verovatnoćom p ili odlaže slanje (sa verov. $1-p$) do sledećeg slota



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

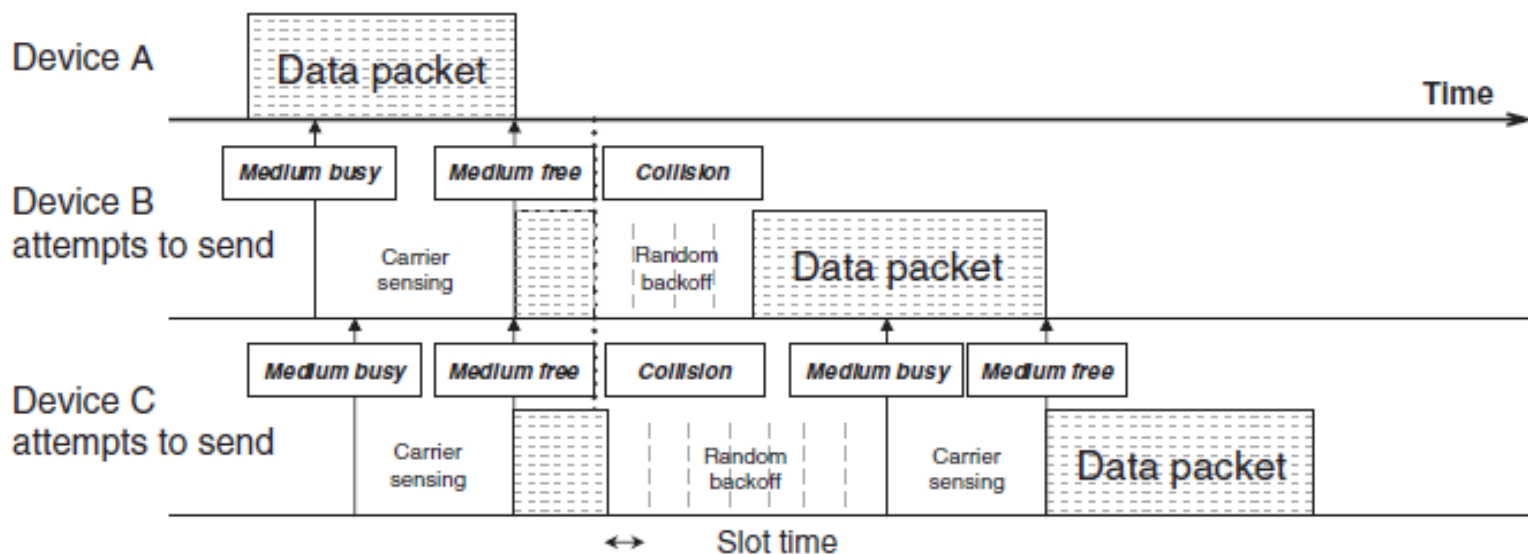
CSMA/CD

- ***Najčešće korišćeni MAC metod*** za kontrolu pristupa je metod specificiran za ***mreže bazirane na Ethernet tehnologiji***
- ***Naziv:-*** Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i otkrivanjem sudara (***CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection***)

Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

CSMA/CD

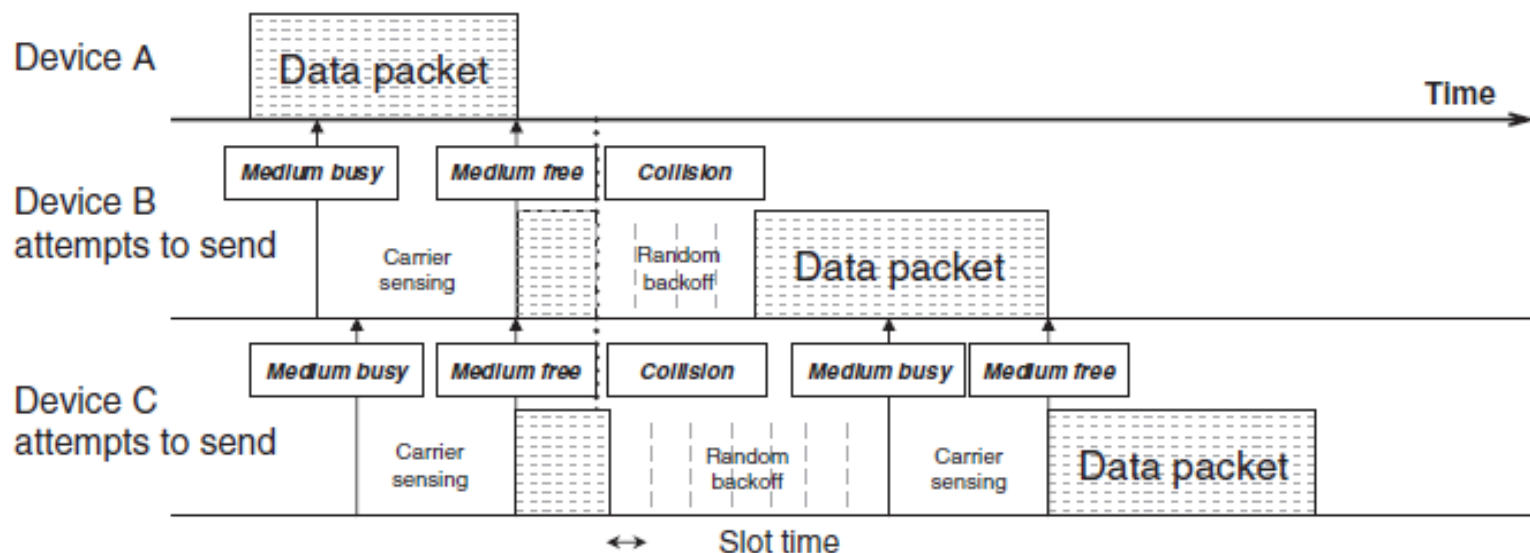
- Kada **uređaj poseduje okvir podataka koji treba poslati** kroz mrežu, on **prvo proverí fizički prenosni medijum** (CS, Carrier Sense) da vidi **da li je on već zauzet** od strane nekog drugog uređaja



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

CSMA/CD

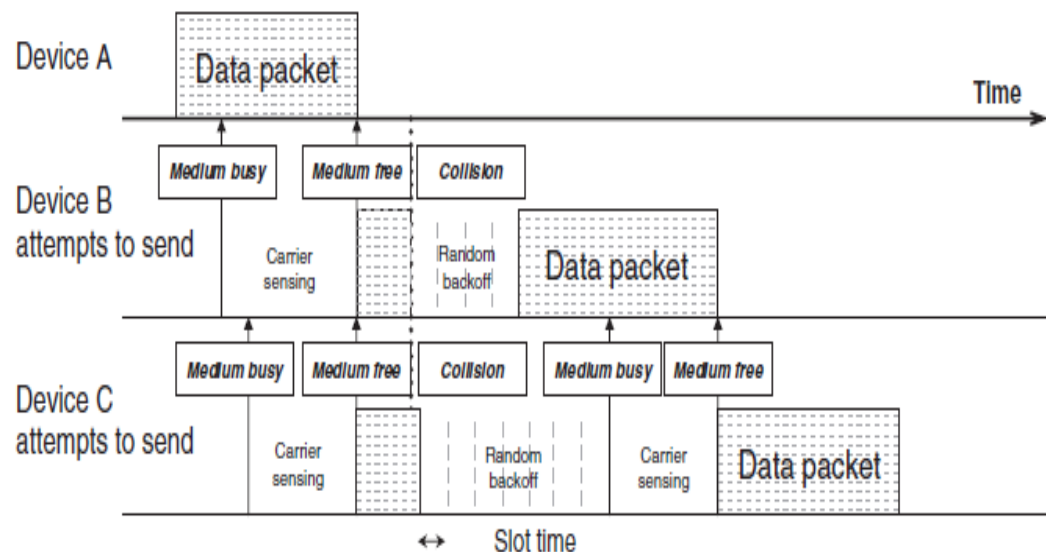
- **Ako** uređaj **detektuje takav slučaj**, on će **čekati sve dok se tekući prenos ne okonča**. Čim se prenosni medijum oslobodi, **počinje sa slanjem svog okvira** pri čemu **nastavlja osluškivanje medijuma** u cilju **detektovanja** nekog drugog **istovremenog prenosa**



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

CSMA/CD

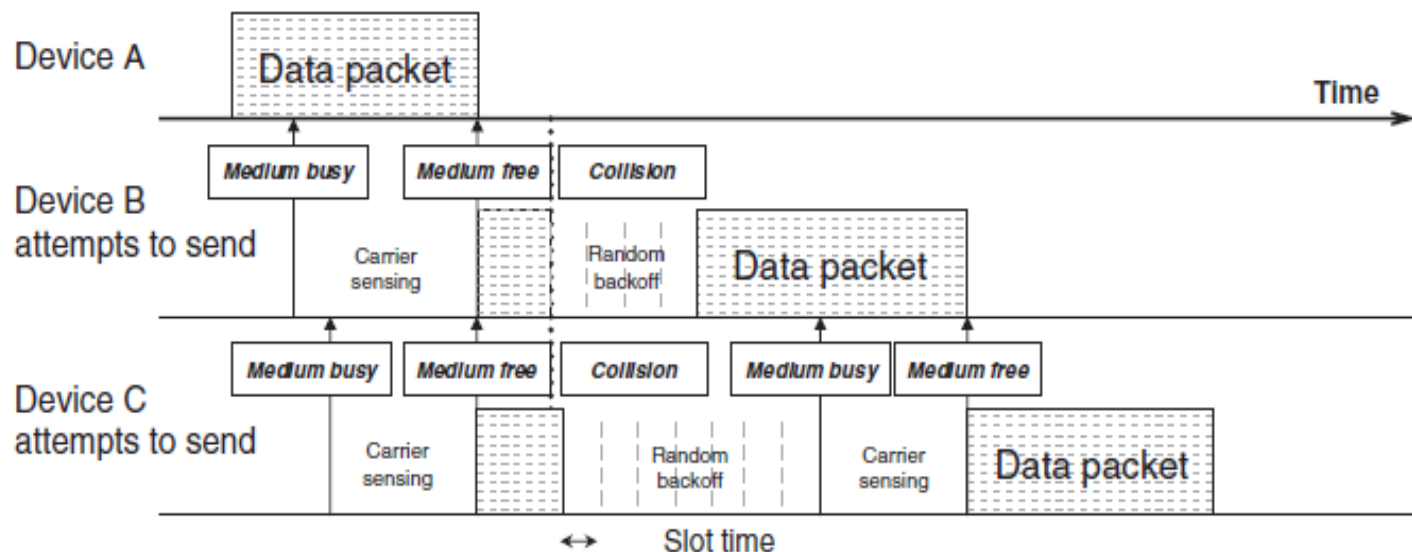
- Ako se detektuje takva situacija (CD, *Collision Detection*), **uređaj zaustavlja slanje** podataka i **šalje kratki jam signal** kako bi druge uređaje obavestio **o dešavanju kolizije**. Svi uređaji koji u tom trenutku pokušavaju slanje, **proračunavaju** slučajnu **dužinu back-off perioda** unutar datog intervala $(0, t_{max})$.



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

CSMA/CD

- **Novi pokušaj slanja** podataka će biti **nakon isteka tog back-off** vremenskog **perioda**. Uređaj čije je slučajno vreme čekanja najkraće, dobiće pravo pristupa medijumu, dok će **drugi uređaji** detektovati taj prenos podataka i **vratiti se u mod osluškivanja prenosnog medijuma** (CS mod)



Metode slučajnog pristupa (takmičenja)

CSMA/CD

- **Prenosni medijum** koji je **vrlo zauzet** rezultovaće u **čestim ponovljenim kolizijama**
- Kada se to desi, t_{max} **duplira svoju vrednost** svakim pokušajem (do maksimalno 10 dupliranja)
- Ako prenos bude neuspešan i nakon 16 pokušaja - okvir se odbacuje a uređaj proglašava stanje „**excessive collision error**“

Metode sa kontrolisanim pristupom

- ***Collision- Free metode pristupa***

- Metod rezervacije
- Metod prosleđivanja tokena
- Metod prozivke

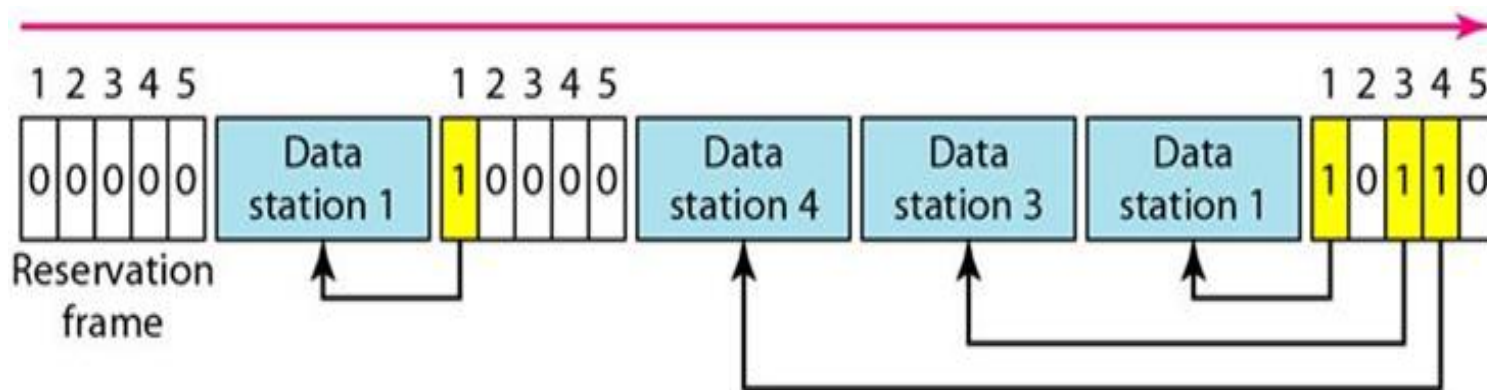
Metode sa kontrolisanim pristupom

- **Metod rezervacije (bit-map protokol)**
- **Rezervacija** kanala **pre slanja** podataka
- **Vreme podeljeno** u intervale (slotove)
- Svakom slotu sa podacima predhodi **rezervacioni slot**
 - Sastoji se od mini-slotova (jedan po stanici)
 - Rezervacija:- Stanica u svom rezervacionom mini-slotu označi da ima podatke za slanje

Metode sa kontrolisanim pristupom

- **Metod rezervacije (bit-map protokol)**

- Stanice šalju podatke nakon rezervacionog slotu po utvrđenom redosledu (u rezervacionom slotu)
- Rezervacioni slot određuje dužinu slotu sa podacima



Metode sa kontrolisanim pristupom

- ***Metoda pristupa sa prosleđivanjem tokena***
- Definisan u okviru ***IEEE 802.5 standarda***
- Uključuje ***prenos „tokena“*** između uređaja u mreži po predhodno definisanom redosledu (putanji)
- Token je ***sličan ulozi štafetne palice u trci, uređaj koji poseduje token jedini može slati podatke***

Metode sa kontrolisanim pristupom

- ***Ako uređaju nije potrebna kontrola*** nad prenosnim medijumom kako bi izvršio slanje podataka, on odmah ***prosleđuje token do sledećeg uređaja*** naznačenog u definisanom redosledu
- ***Ako*** nakon toga ***uređaj dobije podatke*** koje treba poslati, on to može uraditi tek ***nakon ponovnog prijema tokena***

Metode sa kontrolisanim pristupom

- *Uređaj može držati u posedu token* (a samim tim i koristiti medijum za prenos podataka) *samo određen vremenski interval*
- Nakon toga, token mora biti poslat do sledećeg uređaja kako je definisano redosledom

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

Detekcija kolizije:

- *Deo CSMA/CD metode* koji se odnosi na **detekciju kolizije** moguć je samo ako je **primo-predajnik** na fizičkom sloju **u mogućnosti osluškivanja medijuma u toku slanja podataka**
- To je **moguće u žičanim mrežama**, gde postoji mogućnost detekcije pogrešnog napona izazvanog kolizijom u prenosu

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

- ***Detekciju nije moguće*** korektno ***realizovati*** u ***radio tehnologijama***
- U bežičnim mrežama kao što su 802.11, u kojima detekcija kolizije nije moguća, ***koristi se varijanta CSMA/CD*** poznata kao ***CSMA/CA***
- ***CA*** označava ***mogućnost izbegavanja kolizije*** (CA, *Collision Avoidance*)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

- **CSMA/CA** ima **dosta sličnosti** sa CSMA/CD metodom
 - Uprkos tome što se kolizija ne može detektovati od strane uređaja koji šalje podatke
- Uređaji **osluškuju medijum pre slanja** i **čekaju u slučaju zauzetosti** medijuma
- **Polje trajanja** (*Duration*) u zaglavlju svakog poslatog okvira omogućuje uređajima koji čekaju **da predvide** koliko će dugo medijum **biti zauzet**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

- Kada se ustanovi da je **medijum slobodan**,
- **Uređaji koji čekaju** na oslobađanje medijuma, **određuju slučajni vremenski period**, nazvan **periodom takmičenja**, a **pokušaj slanja** podataka je određen **istekom periode takmičenja**
- Ovaj mehanizam je **sličan back-off mehanizmu** u CSMA/CD-u
 - Ovde osmišljen za izbegavanje kolizije a ne kao mehanizam oporavka od detektovane kolizije

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

- CSMA/CA ćemo ***kasnije detaljnije diskutovati*** kada bedemo govorili o ***801.11 MAC Layer*** specifikaciji, ***kao i o varijantama ove metode*** koje se koriste u drugim tipovima bežičnih mreža

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

Osluškivanje prenosioka:

- Problem skrivene stanice
- Problem izložene stanice

Skrivena stanica: C je skrivena od A
A neće “čuti” prenos od C i slanje
podataka ka B (ili nekoj drugoj stanici)
od A biće u kolizija sa podacima koje
šalje stanica C

Kolizija u prijemu!

**Osluškivanje prenosioka ne daje
potrebne informacije stanici A!**



Station A



Station B



Station C

Range of
station C's
transmitter

Izložena stanica: B šalje podatke stanici
C. Stanica A spremna za slanje nekoj
druoj stanici, međutim, detektuje
zauzetost i odlaže slanje. Za to nema
razloga jer A i C nisu u dometu.

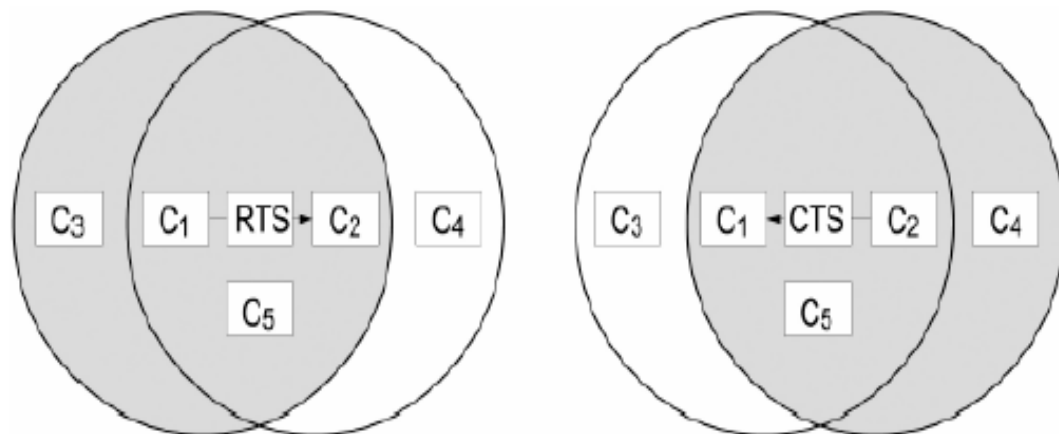
Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACA protokol

- **Alternativa** tradicionalnim **CSMA protokolima** u žičanim mrežama
- CSMA **ne rešava probleme** skrivene i izložene stanice
- MACA ne koristi pristup osluškivanja nosioca već **rezervacije kanala**
- MACA koristi **dva dodatna okvira**
- **RTS** (*request-to-send*) i **CTS** (*clear-to-send*)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

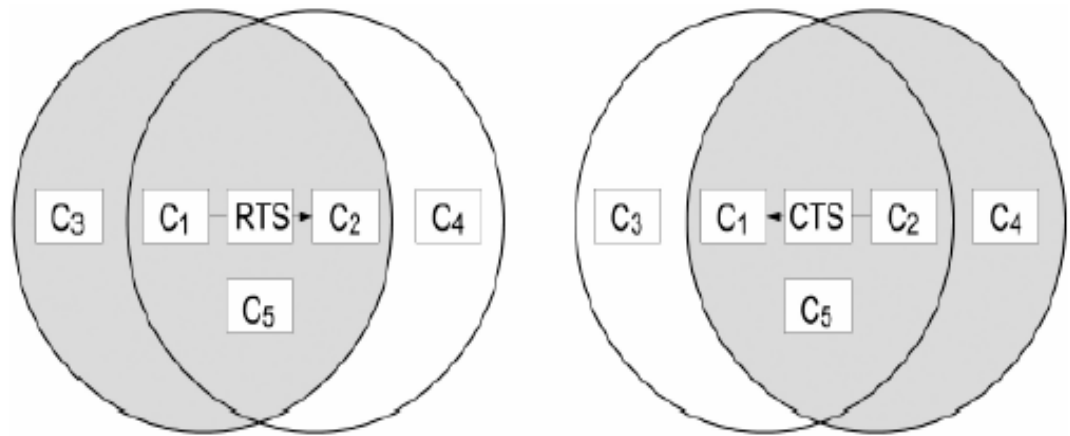
MACA protokol – procedura:



- Stanica C_1 treba da pošalje **okvir podataka** stanici C_2 ($C_1 \rightarrow C_2$)
- Započinje **slanjem RTS okvira** ka stanici C_2
 - Sadrži **informaciju o dužini potrebnog vremenskog intervala za slanje okvira podataka** (koji treba da bude poslat)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

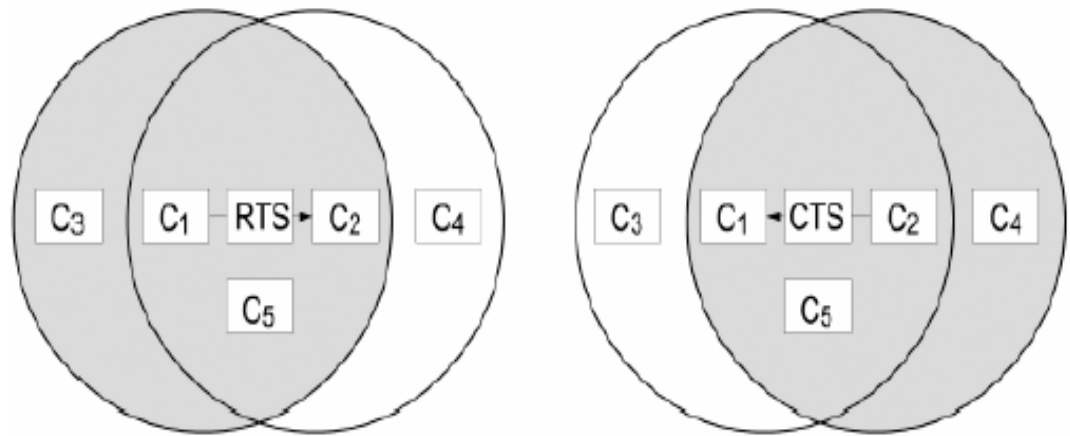
MACA protokol



- Stanica **C₂** *odgovara CTS okvirom* („spreman za prijem“)
 - Sadrži *informaciju o dužini potrebnog vremenskog intervala za slanje okvira podataka* (iskopiran iz RTS okvira)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACA protokol

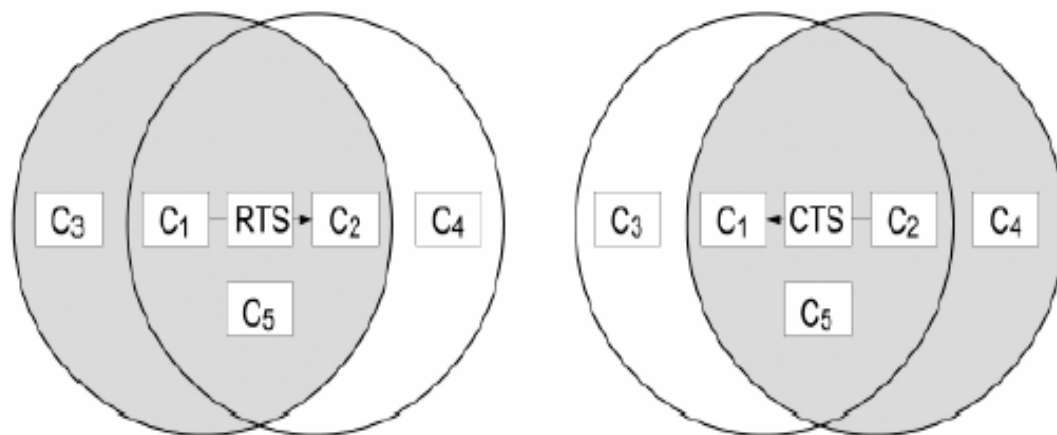


- **Po prijemu CTS okvira**, stanica **C₁** **započinje slanje okvira podataka** (RTS-CTS-DATA)

Kako stanice koje „čuju“ RTS i CTS okvire reaguju?

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

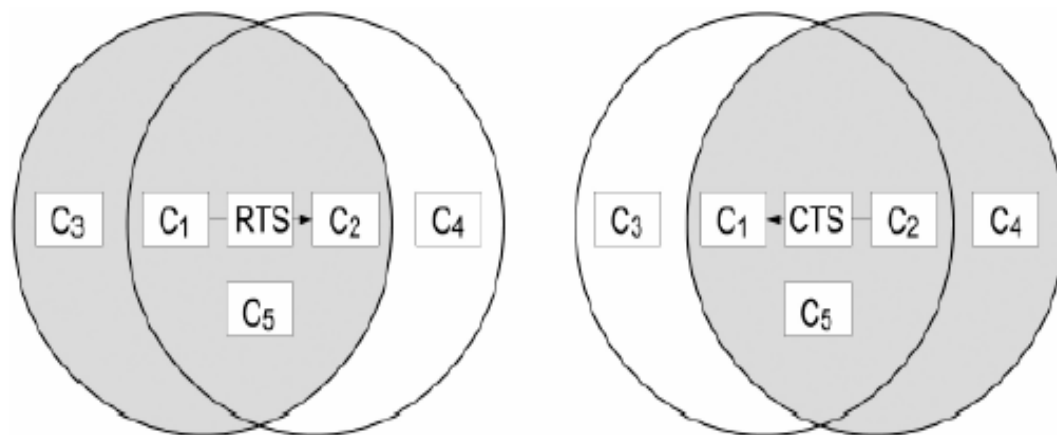
MACA protokol



- Svaka stanica koja „**čuje**“ **CTS okvir**, u opsegu prijemne stanice C_2 - ***mora da ostane „mirna“*** dok se ne završi prenos podataka u trajanju koja se može videti iz CTS okvira – **rešenje problema skrivene stanice** (npr. stanica C_4)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

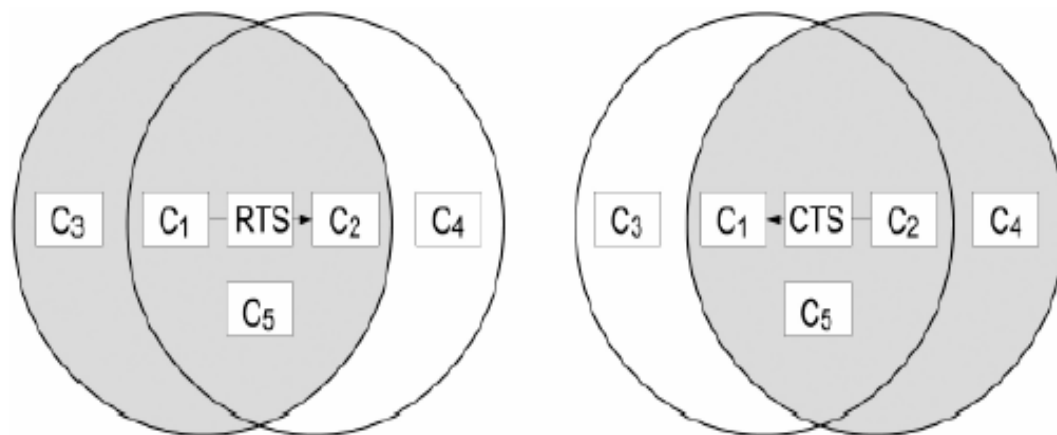
MACA protokol



- Svaka stanica koja **čuje RTS okvir** dovoljno je blizu stanice C_1 i ***mora da ostane „mirna“*** toliko dugo da može CTS okvir da stigne do stanice C_1 bez konflikta
- Ako CTS okvir ne stigne u predviđenom intervalu “čekanja” – njegovim istekom stanica je slobodna da šalje okvire (npr. stanica C_3)
- **Rešenje problema izloženosti stanice**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

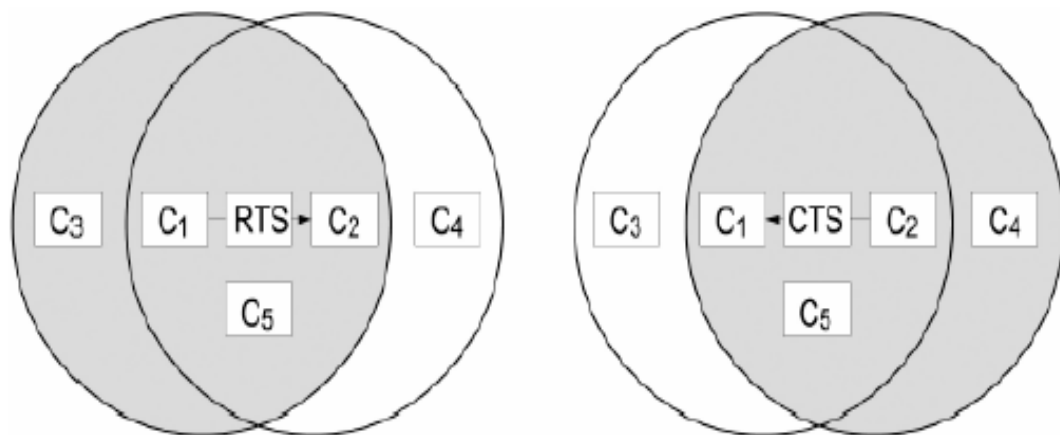
MACA protokol



- I pored svih mera predostrožnosti, do kolizije može da dođe
- Na primer, stanice C_2 i C_3 mogu da **pošalju istovremeno RTS okvire** ka stanici C_1
- Doći će do sudara tih okvira (kolizije)

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACA protokol



- ***U slučaju kolizije:***
- Pošiljalac RTS okvira (onaj koji ne dobije odgovor u vidu CTS okvira posle određenog vremena)
- ***Čeka određeni vremenski interval*** odabran ***po slučajnoj raspodeli***
- Nakon isteka tog vremena – pokušava ponovo
- Algoritam koji se koristi za određivanje dužine „čekanja“ - ***binarni eksponencijalni back-off (BEB) algoritam***

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- Dodate mogućnosti:
 - Binarni eksponencijalni back-off (BEB) algoritam
- Dodatni kontrolni okviri:
 - **ACK** (okvir potvrde)
 - **DS** (*data-sending*)
 - **RRTS** (*ready-for-request-to-send*)

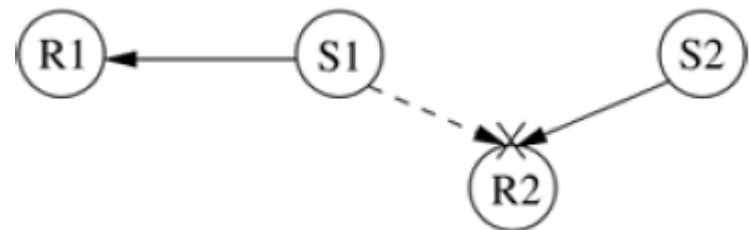
Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- **BEB algoritam** koji se koristi u MACA protokolu:
 - Definiše **back-off brojač (BO)**
 - BO se **duplira nakon svake kolizije**
 - Smanjuje se na minimalnu vrednost (**BO_{min}**) **nakon svake uspešne** RTS-CTS razmene
 - Pošiljalac čeka interval čija je dužina slučajno izabrana iz (1, BO)
 - BO se povećava do **BO_{max}**
- **Nepravilna raspodela prenosnog opsega**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol



- *BEB algoritam*

- Nakon svake uspešne RTS-CTS razmene sve stanice koje su je “čule” setuju svoj BO na sledeći način:
 - *Dodatno polje u zaglavlju okvira* koje prenosi tekuću vrednost BO brojača stanice koja šalje podatke
 - Stanica koja primi ovakav okvir kopira tu vrednost u svoj BO
 - Posledica:- *Sve stanice* u opsegu nakon uspešnog prenosa *imaju istu vrednost BO*

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- *BEB algoritam*
- Finije ***podešavanje brojača*** – ***MILD mehanizam***
- Multiplikativno povećavanje i linearno smanjivanje
- Nakon kolizije: ***Finc(x) = min(1.5*x, BOmax)***
- Nakon uspeha: ***Fdec(x) = max(x - 1, BOmin)***

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- ACK okvir
- **Pouzdanost prenosa** na sloju veze
 - Dužina TCP vremenske kontrole (0.5 sek) će rezultovati u veliko kašnjenje retransmisije
 - Prijemnik šalje ACK okvir nakon uspešnog prijema okvira podataka
 - **Gubitak ACK okvira**:- Pošiljalac šalje novi RTS okvir kao zahtev za retransmisijom, na to prijemnik vraća ACK okvir a ne CTS okvir

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

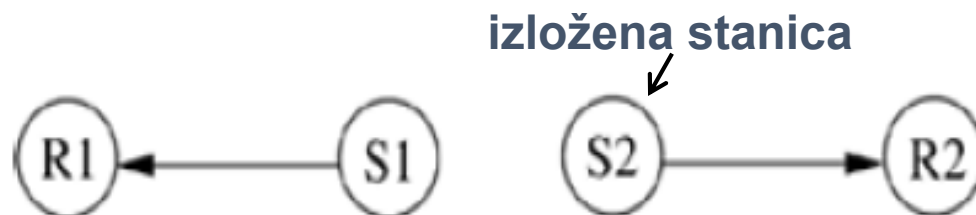
MACAW protokol



- DS okvir
- S1 šalje RTS ka R1. **S2 “čeka” RTS-CTS razmenu (+VK), po MACA protokolu**
- R1 vraća CTS ka S1. **S2 nije u mogućnosti da to “čuje”**
- S2 želi da šalje podatke ka R2 odlaže slanje do isteka VK. Nakon toga šalje RTS ka R2
- **CTS od R2** ka S2 će ući u koliziju (**na S2**) sa **podacima koje šalje S1 (neuspešno zauzimanje)**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

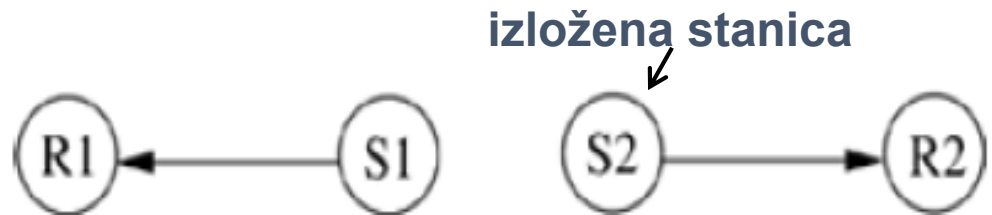


- DS okvir
- S1 šalje RTS ka R1. **S2 “čeka” RTS-CTS razmenu (+VK), po MACA protokolu**
- R1 vraća CTS ka S1 – započinje prenos podataka (S1→R1)
- **S2 nije u mogućnosti da to “čuje”**
- S2 želi da šalje podatke ka R2 - odlaže slanje do isteka VK
- Nakon toga šalje RTS ka R2

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- DS okvir



- Pratimo dalje situaciju izložene stanice

- **1. mogućnost**

- Stanica S2 neće moći da primi **CTS od R2**
- Zbog kolizije u prijemu (**na S2**) sa **podacima koje šalje S1**
- **Posledica:- Neuspešno zauzimanje**
- S2 ulazi u back-off proceduru i **nekontrolisano povećava svoj BO brojač**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- DS okvir



- Pratimo dalje situaciju izložene stanice

- **2. mogućnost**

- Stanica S1 nakon slanja okvira podataka prima ACK okvir **od R2** - neuspješno
- Zbog kolizije u prijemu (**na S1**) sa **podacima koje šalje S2**
- **Posledica:- Neuspешan prenos podataka**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

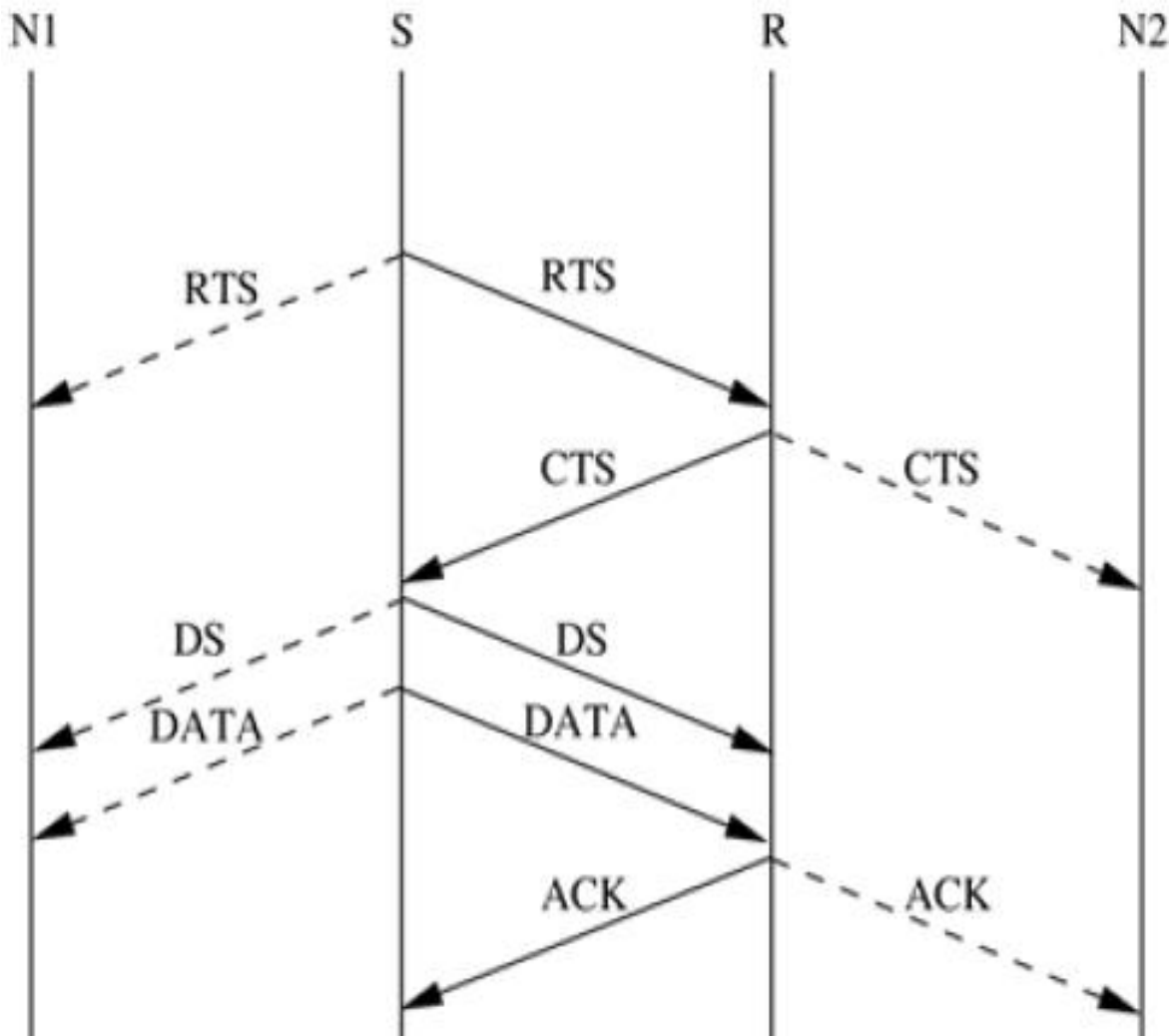
MACAW protokol

- DS okvir

- **Rešenje:**

MACAW koristi

DS okvir



Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- RRTS okvir
- Posmatrajmo dvo-ćelijsku konfiguraciju:



- Neka oba para imaju potrebe za razmenom podataka
- **Problem:- Nedostatak informacija sinhronizacije perioda nadmetanja**

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol



- *RRTS okvir*
- Neka je ***u toku razmena podataka S1-R1*** (S1 pobedio u nadmetanju)
- U tom trenutku ***S2 šalje (RTS) zahtev ka R2***
- Kako je R2 sused od R1 primio je CTS okvir od R1 i time odlaže svoju komunikaciju (dok traje slanje okvira podataka S1 – R1)
- Dakle, ***R2 ne može odgovoriti sa CTS okvirom*** – ometan sa podacima koje prima R1

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- RRTS okvir



- ***S2 nije svestan ove situacije*** i ***nastavlja da pokušava*** - back-off brojač stanice S2 će nastaviti da raste – smanjujući mogućnost da S2 inicira slanje
- ***Rešenje: R2 nastavlja “takmičenje” za kanalom u ime S2 stanice*** – slanjem RRTS okvira

Kontrola pristupa u bežičnim mrežama

MACAW protokol

- *RRTS okvir*



- Dakle, R2 nije u stanju da vrati CTS okvir ka S2, čeka sledeći period “nadmetanja” i šalje RRTS okvir
 - **R1** kao sused prijemom RRTS okvira od R2 **čeka period vremena** (RTS-CTS razmene)
 - **S2** prijemom RRTS okvira **započinje regularni postupak** za zauzimanje kanala slanjem RTS okvira

LAN - Uvod

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

LAN - Uvod

- **Ethernet**

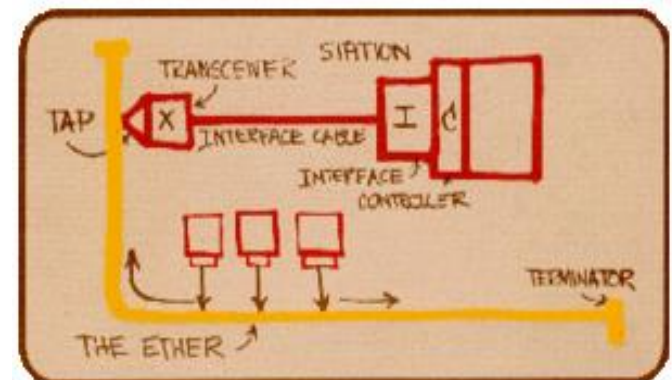
- Danas predstavlja **dominantan** oblik LAN-a
- Za **kontrolu pristupa** medijumu koristi se **princip izbegavanja kolizija**

- **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**)

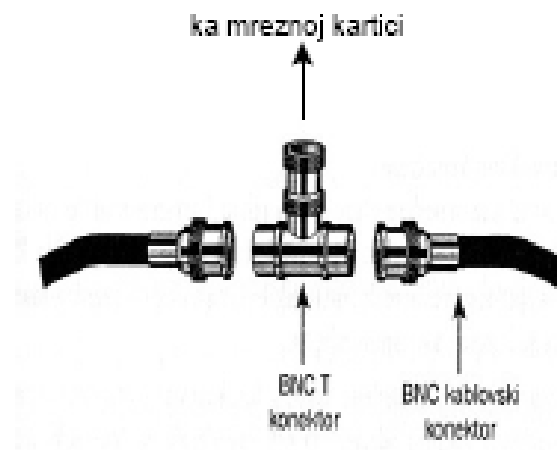
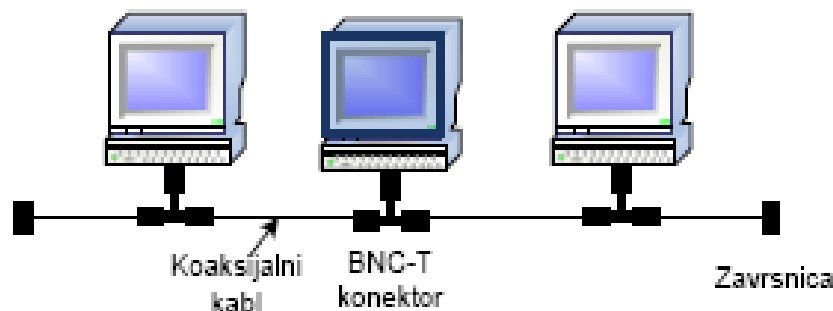
- Zbog otpornosti na smetnje, koristi se **za veća rastojanja** (npr. između zgrada)

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 apsorbira 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**

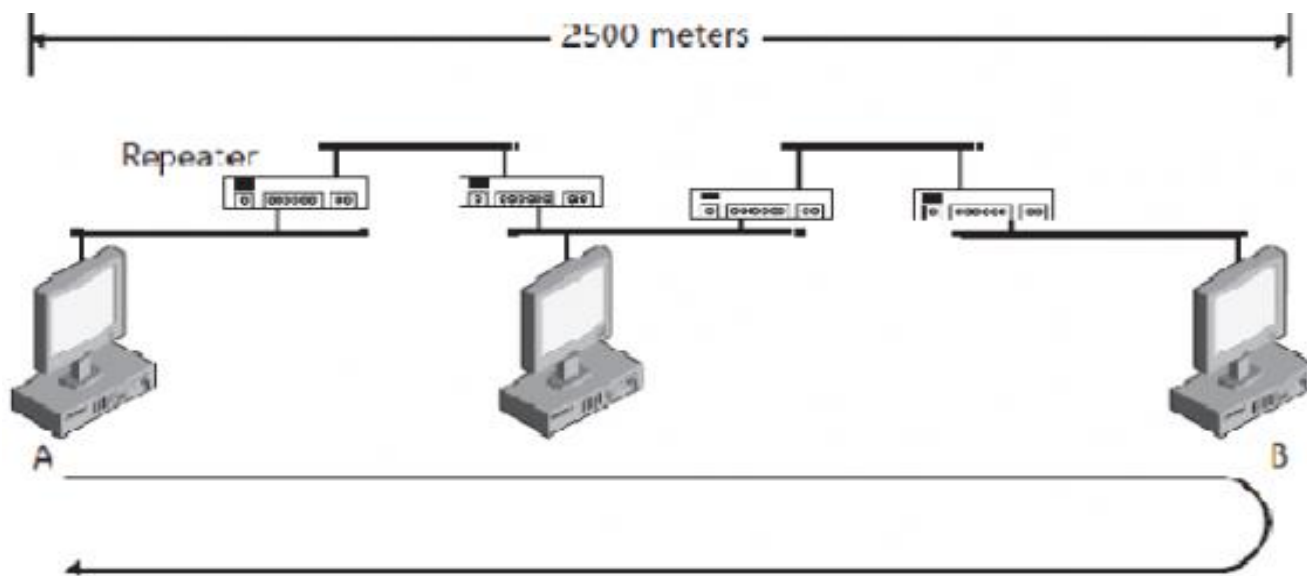
Ethernet

- 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**

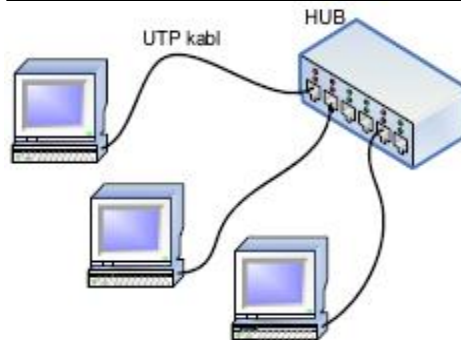
Vreme prostiranja u jednom smeru = $28.8\ \mu\text{s}$ (vreme ranjavanja)



Slot time = $57.6\ \mu\text{s}$

Ethernet

- Povezivanje pomoću 10Base -T kablova
- 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 kablova završeni su konektorom
- Popularno ime za ovaj tip kablova 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

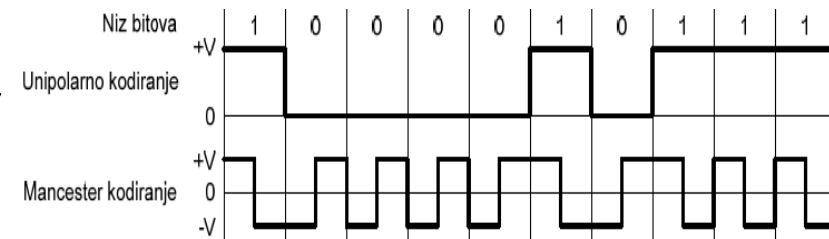
- Povezivanje pomoću 10Base -T kabla
- **Hub ne baferuje** (skladišti) dolazeći saobraćaj, niti vrši bilo kakvu obradu
 - Signal koji **stiže sa jednog** kabla distribuira **na sve ostale**
 - Iako nema deljivih kablova, **efekat je isti** kao kod 10Base2 šeme - signal koji šalje jedna stanica stiže 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

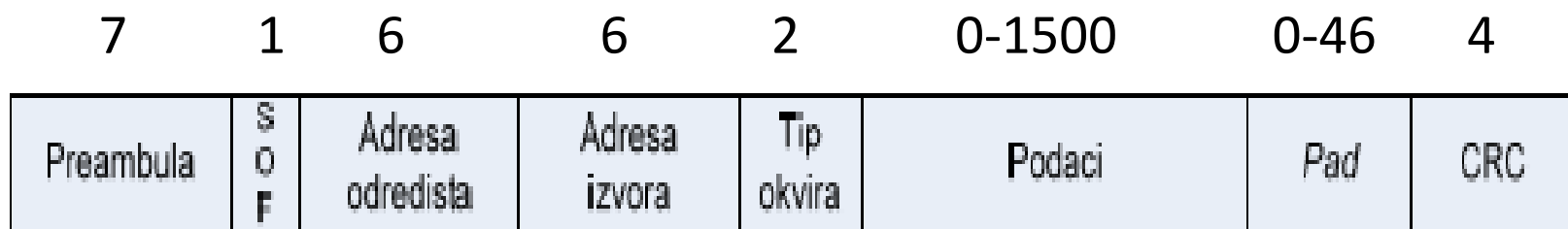
Ethernet

- [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):**)



- Svaki okvir počinje ^{Dužina} **preambulom** od identičnih **7 bajta** oblika **10101010**
 - Manchester 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

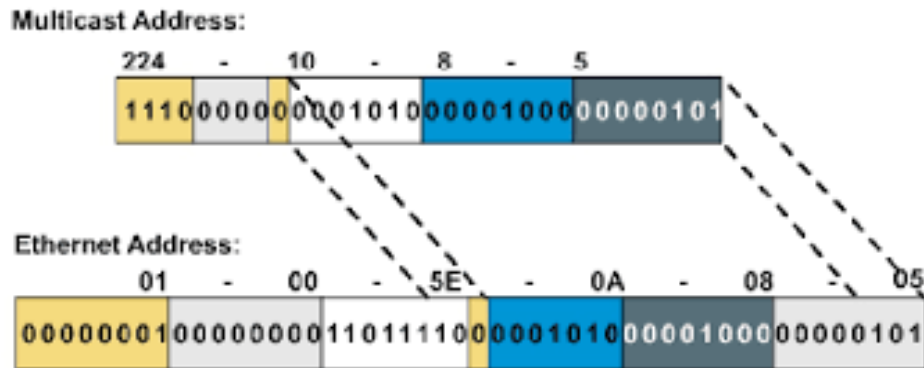
- | | | | | | | | |
|-----------|-------------|---------------------|------------------|---------------|--------|------|-----|
| 7 | 1 | 6 | 6 | 2 | 0-1500 | 0-46 | 4 |
| Preambula | S
O
F | Adresa
odredišta | Adresa
izvora | Tip
okvira | Podaci | Pad | CRC |
- Format okvira
 - Okvir sadrži **dve adrese** - 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

- Format okvira



- **Grupne adrese** omogućavaju da okvir primi **više od jedne stanice**, odnosno sve stanice koje pripadaju datoj grupi
- Slanje istog paketa grupi stanica se zove **multicast** (selektivna emisija)



- **Adresa** koja sadrži **sve 1-ce** rezervisana je za **broadcast** (emisija svima)

Ethernet

- Format okvira

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

- 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

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

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

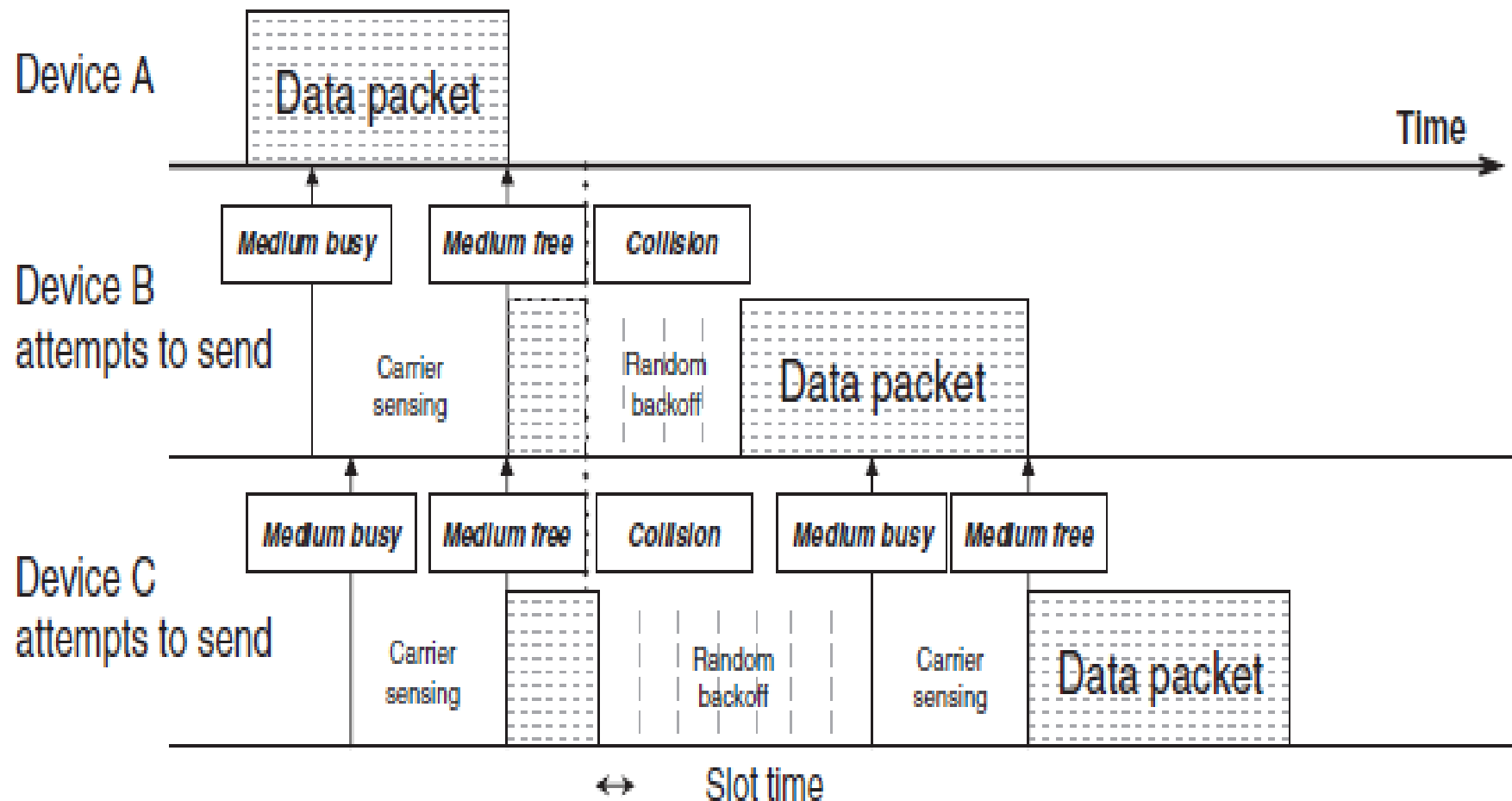
- Kontrola pristupa medijumu (CSMA/CD)
- **CS** (*Carrier Sense*) označava **mogućnost stanice da osluškuje liniju**, odnosno da detektuje prisustvo signala na liniji
- **CSMA** znači da pre slanja podataka stanica osluškuje liniju i **odlaže početak predaje** sve dok je linija zauzeta
- **CD** (*Collision 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 (vрати se na korak 1)

Ethernet

- Kontrola pristupa medijumu (CSMA/CD)

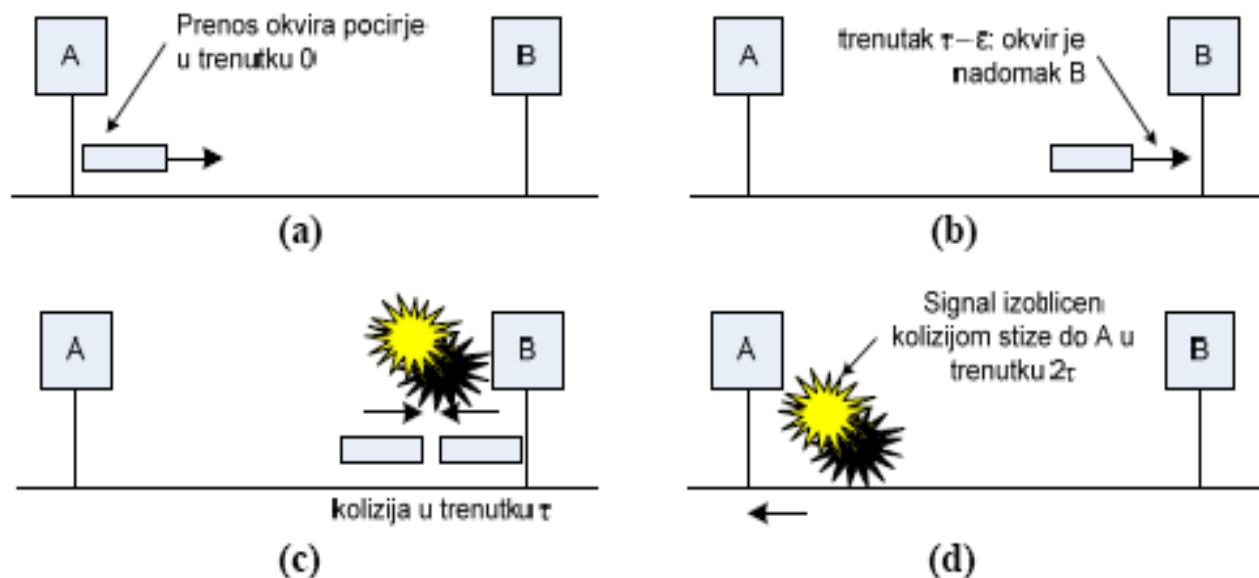


Ethernet

- 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 **τ**
- dužina okvira koji stanica A šalje je dovoljno mala tako da njegova **predaja traje manje od τ**

Ethernet

- Efekat konačne brzine prostiranja signala
- Zaključak:
- Da bi se ovakve situacije predupredile, **Ethernet standard** zahteva da svaka predaja mora da traje najmanje 2τ
 - gde je τ vreme propagacije signala kroz kabl maksimalne dužine – ***vreme ranjivosti***
 - 2τ = 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 preambule 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 oslobodi (u *koraku 2.*), sve one **istovremeno počinju predaju**, što neminovno dovodi do kolizije (*korak 3*)

Ethernet

- Eksponencijsalni *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 izabrano) 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 slot-ova iz intervala (***0, 2ⁱ - 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 postoje 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

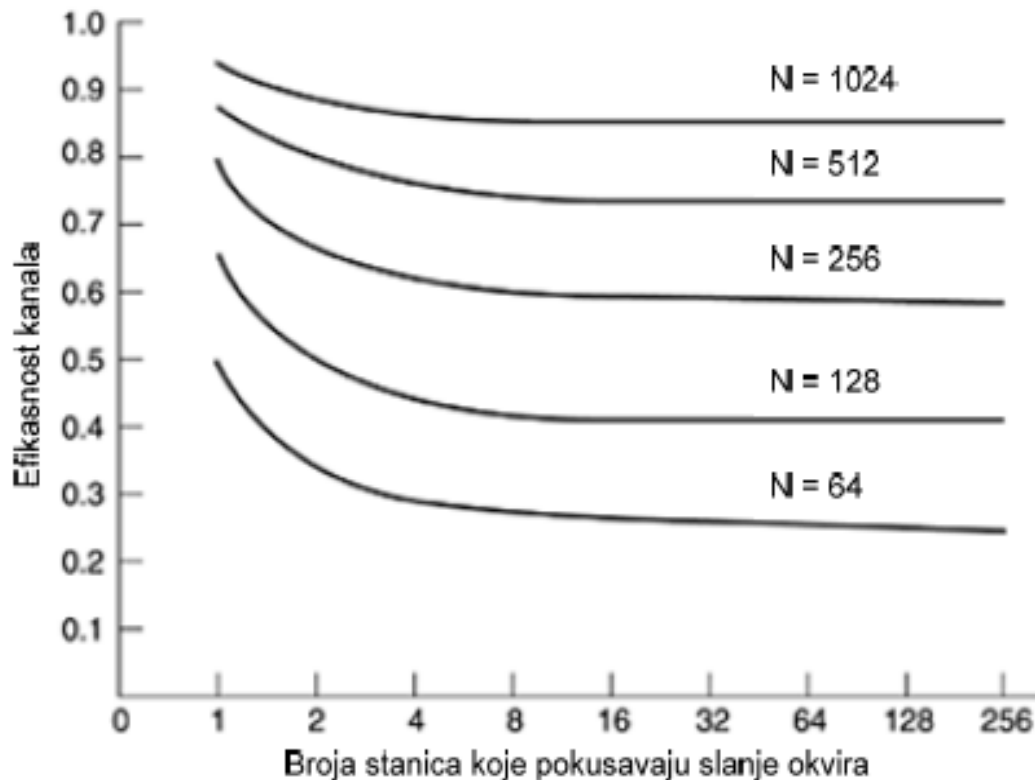
- Performanse
- **Efikasnost komunikacionog kanala** - deo vremena u kome je kanal zaokupljen prenosom dobrih bita
- Efikasnost će biti:
 - **Manja** što je broj stanica veći,
 - **Veća** što su okviri koji se prenose duži

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 Etherneteta 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?

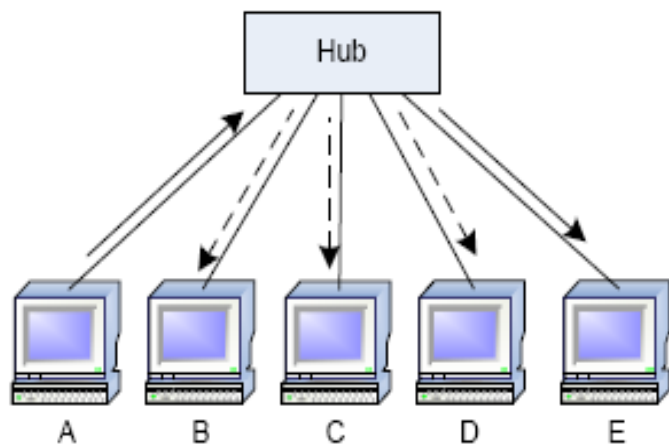
Ethernet

- 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!**

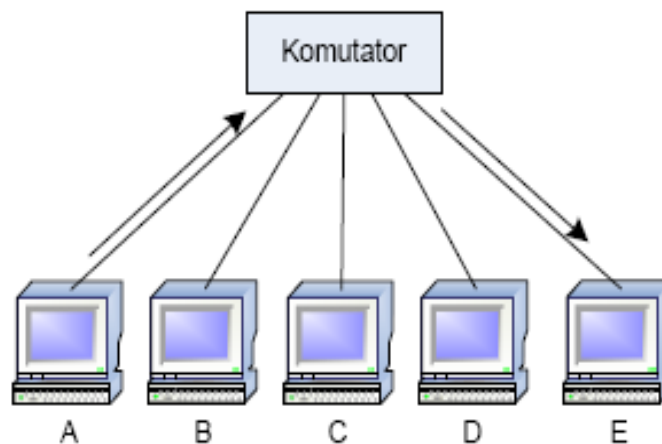
Ethernet

- 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 šalje stanica A iako je samo E stvarno odrediste.



Samo stanica 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 aplikacije, 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 (τ) – **250m**

Ethernet

- Brzi Ethernet
- Osim manjeg domena kolizije – ostatak specifikacije identičan
- **Razlike postoje i na fizičkom nivou** - problem je u UTP kabl
- 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 kabl
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

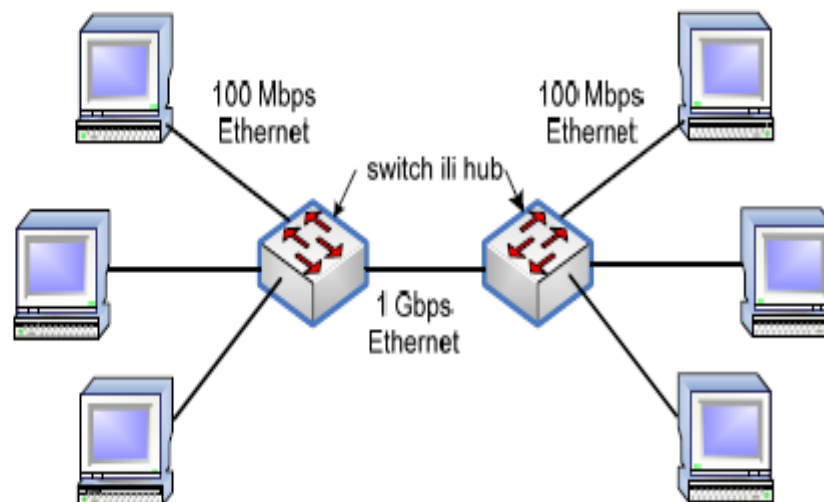
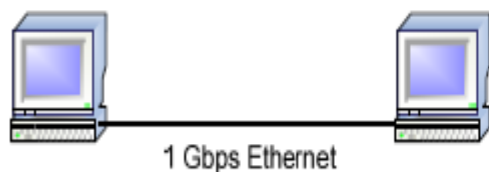
- Brzi Ethernet
- Primer **100Base-FX** šeme:
 - Koristi **dva optička vlakna**
 - 1 - prenos od stanice do haba i 1 - prenos od haba do stanice
 - Podrжан je **full-duplex**
 - Rastojanje između stanice i hab-a može biti i **do 2000m**

Ethernet

- Gigabitiski Ethernet
- Gigabitiski 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, 10Mbps Ethernet-a, **domen kolizije je skraćen na - 25 m**

Ethernet

- Gigabitni Ethernet
- 10 i 100 Mbps Ethernet - *multipoint mreže*
- Gigabitni 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** – оквир представља 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** (tro bajtni 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	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit

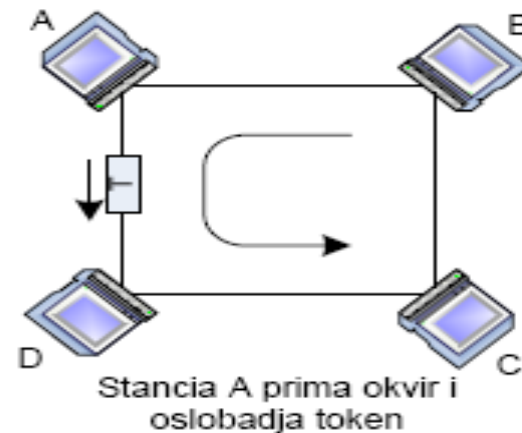
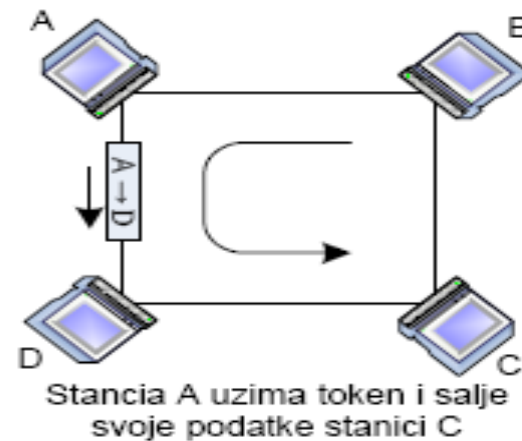
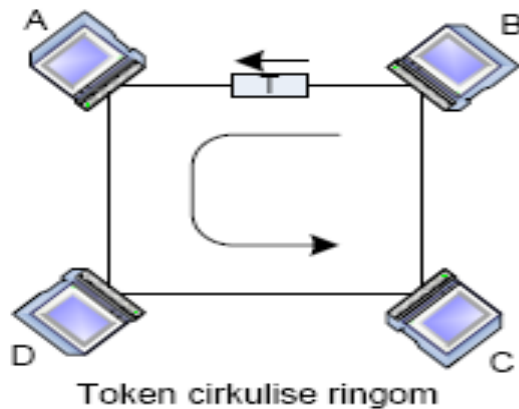
A = 1, Address recognized **C** = 1, Frame copied

Token Ring (IEEE802.5)

- Prosleđivanje tokena
- Tako modifikovan, **okvir nastavlja svoj put** duž ringa sve dok se ne vraća stanici 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 određenoj stanici
- Prijemna stanica 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-bajtna fizička adresa**, "utisnuta" 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**

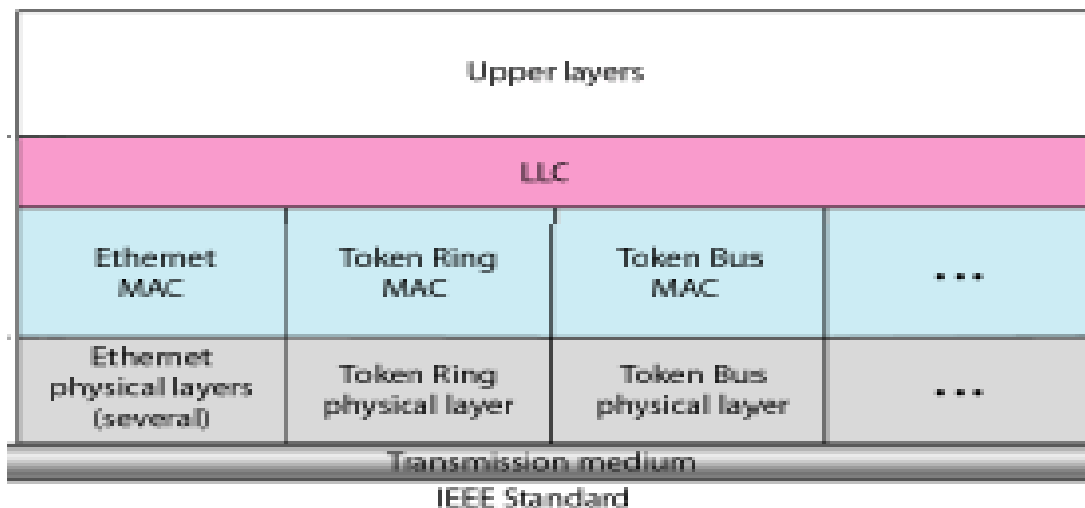
IEEE 802 mreže

- Stanice mogu da ***komuniciraju pouzdano preko nepouzdatih 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

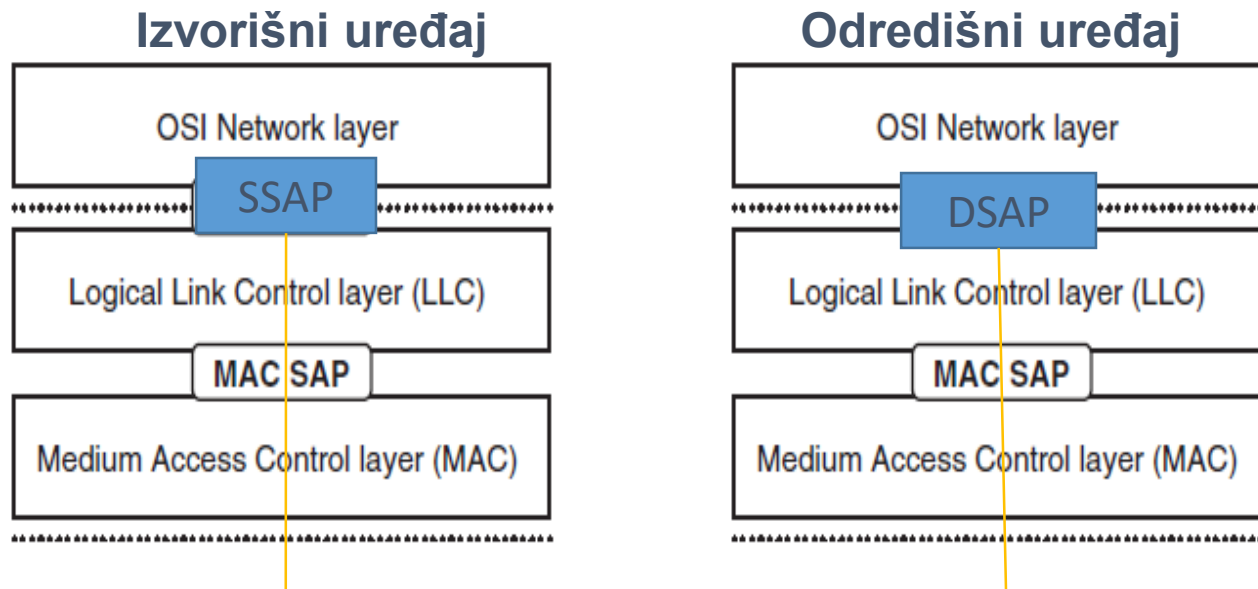
- **Okvir podataka**(*frame*), formiran na LLC pod-sloju
- Prosleđuje se (na dole) ka MAC pod-sloju
- Naziva se jedinica podataka LLC protokola (*LPDU, LLC Protocol Data Unit*)

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

IEEE 802.2 standard

Kontrola (upravljanje) logičke veze

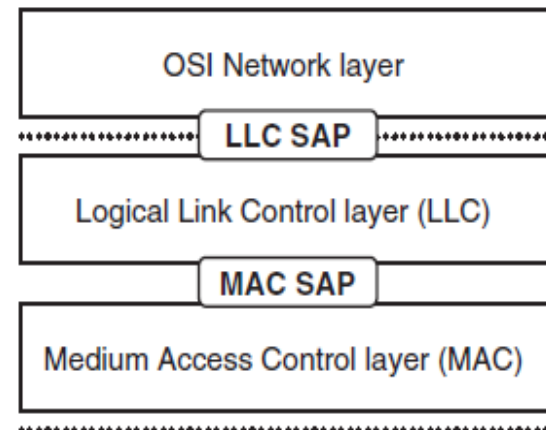
- LLC pod-sloj **upravlja prenosom** LPDU-ova **između tačaka pristupa usluzi sloja veza izvorišnog i odredišnog uređaja**



IEEE 802.2 standard

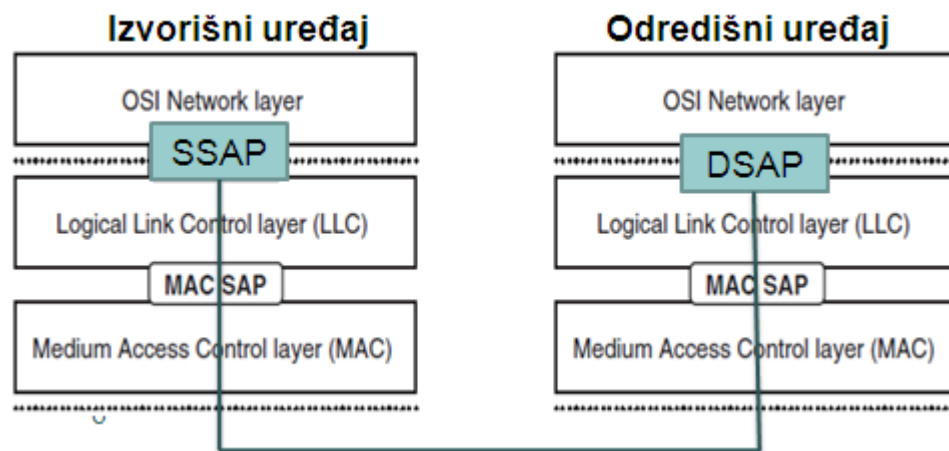
Kontrola (upravljanje) logičke veze

- ***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 **izvorišni 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

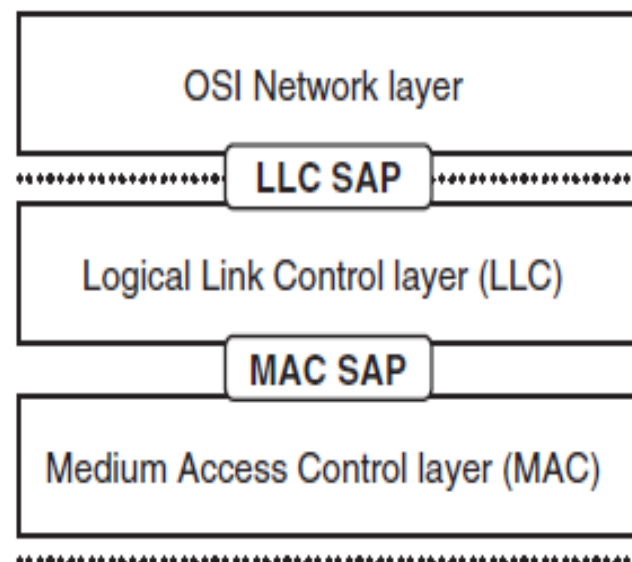
- LCC pod-sloj definiše **četiri klase usluga**
 - ***Klasa I*** – samo Tip 1
 - ***Klasa II*** – Tip 1 + Tip 2
 - ***Klasa III*** – Tip 1 + Tip 3
 - ***Klasa IV*** – sve tipove komunikacionih usluga

IEEE 802.2 standard – format LLC okvira

Kontrola (upravljanje) logičke veze

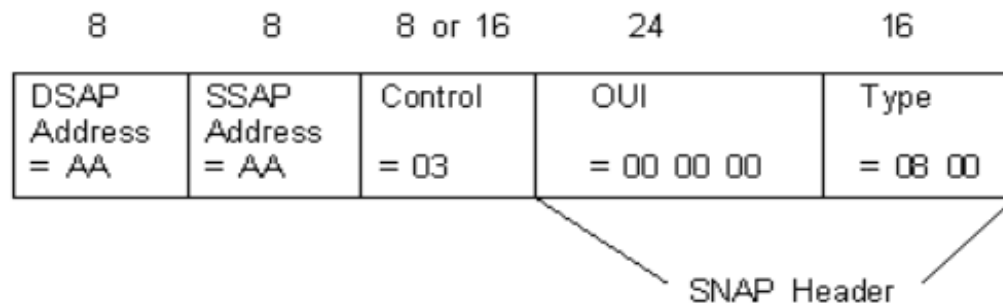
- **LLC** PDU format:

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



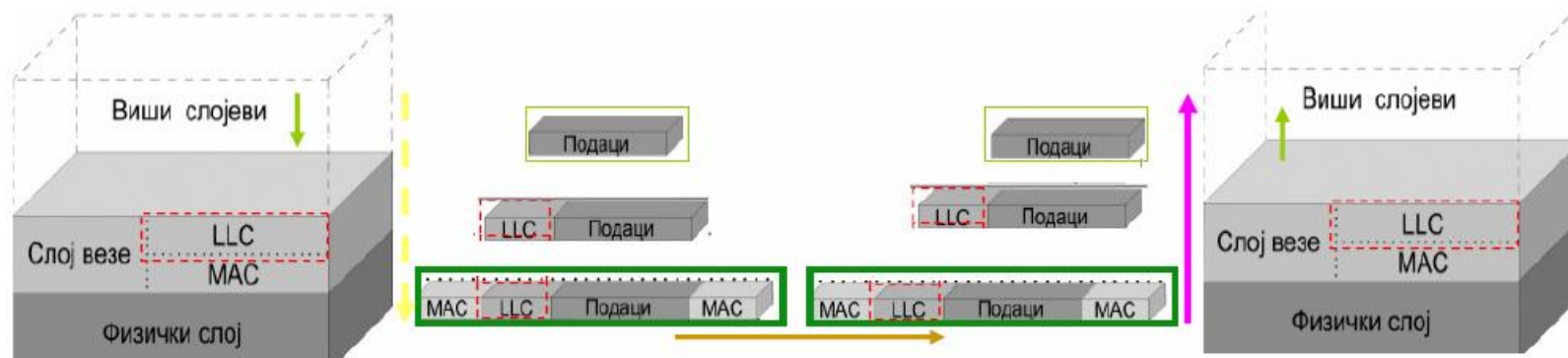
LLC zaglavlje sadrži **kontrolno polje** kao i HDLC, i koristi se za kontrolu protoka i grešaka u prenosu

- **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

Ethernet II



802.3 raw



802.3/802.2 LLC



802.3/802.2 SNAP

