

Master strukovne studije –

Multimedijalno inženjerstvo,

Računarsko inženjerstvo



Protokoli i tehnologije bežičnih sistema:

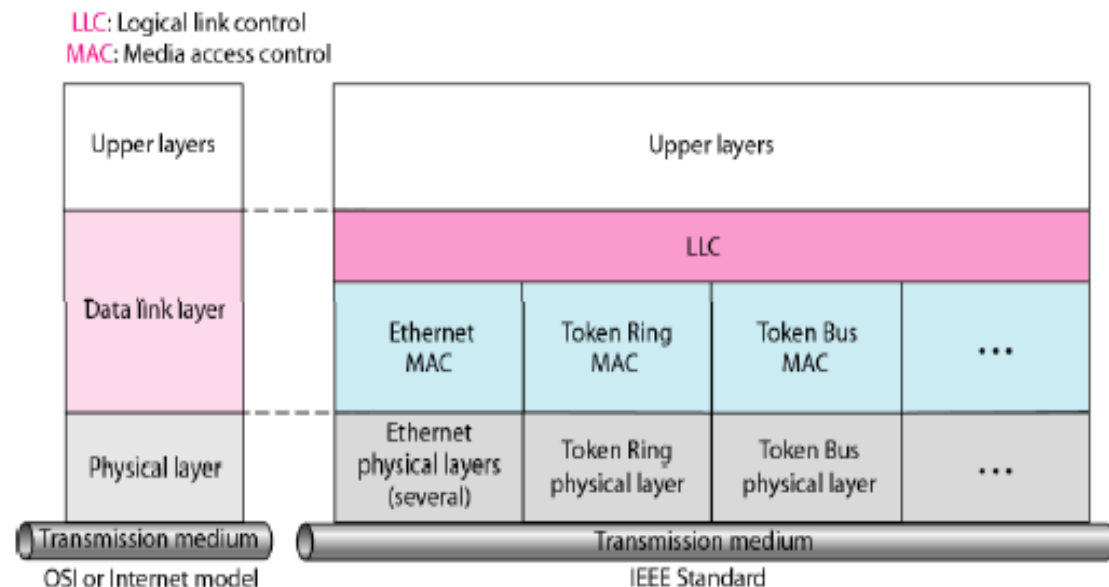
Lekcija 2: Arhitektura bežičnih mreža

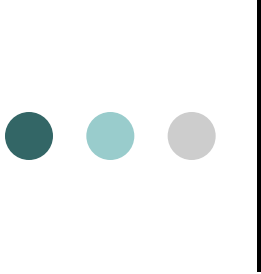
leto 2017/2018

Branimir M. Trenkić

Tehnologije sloja veze

- Sloj veze je ***podeljen u dva pod-sloja***
 - ***Kontrola*** (upravljanje) ***logičke veze*** (***LLC***, Logical Link Control) i
 - ***Kontrola pristupa medijumu*** (***MAC***, Media Access Control)





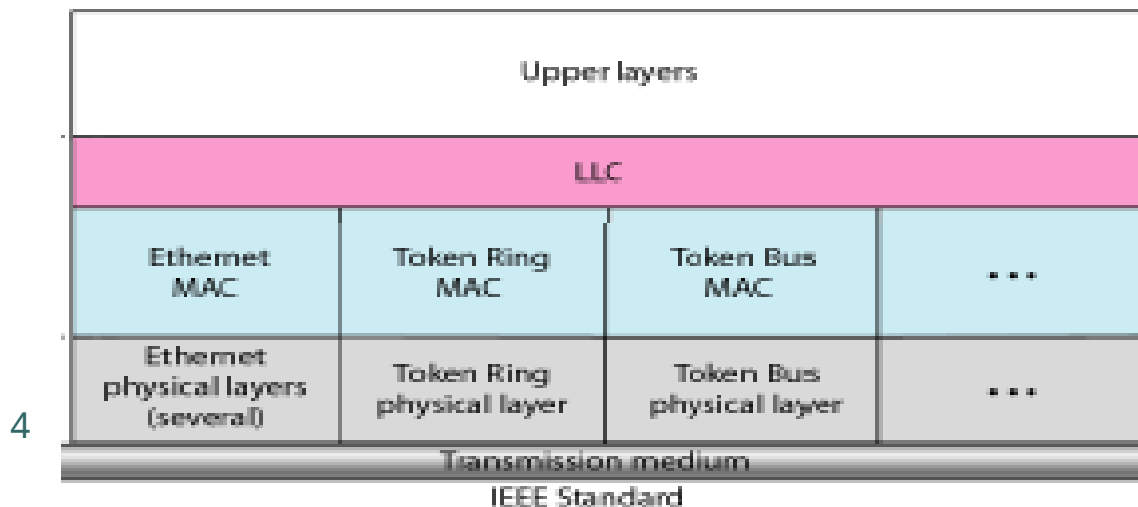
Tehnologije sloja veze

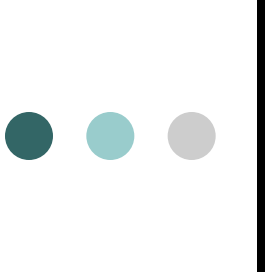
- Od sloja veze nadole, ***poruke su adresirane korišćenjem MAC adresa***
- Omogućuju ***identifikaciju fizičkih uređaja*** koji su izvorište i odredište poruke
 - IP adrese, URL ili imena domena se kao adrese koriste ***na višim OSI slojevima***

Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze, LLC

- **Viši** pod-sloj sloja veze
- Definisan kroz **IEEE 802.3 standard**
- Obezbeđuje **interfejs** koji **omogućuje mrežnom sloju da koristi MAC pod-sloj bilo kog tipa**





Tehnologije sloja veze

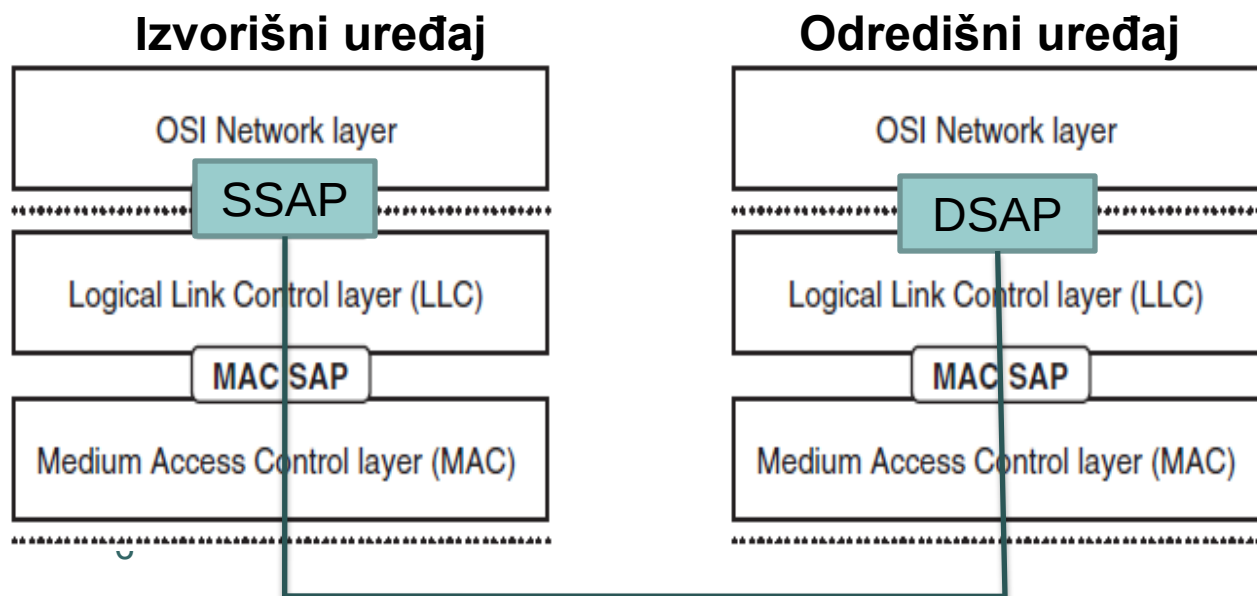
Kontrola (upravljanje) logičke veze

- **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*)

Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

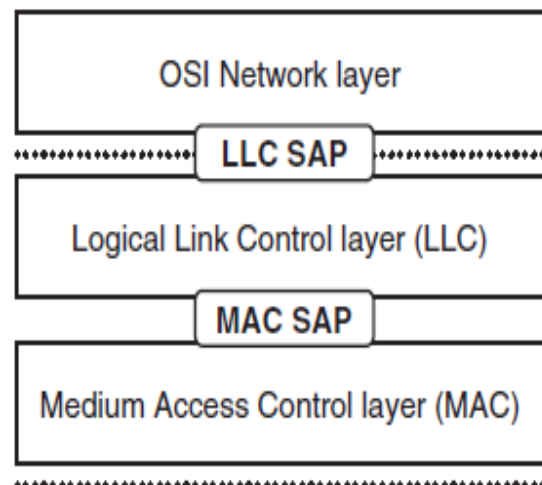
- LLC pod-sloj **upravlja prenosom** LPDU-ova ***između tačaka pristupa usluzi sloja veza izvorišnog i odredišnog uređaja***



Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

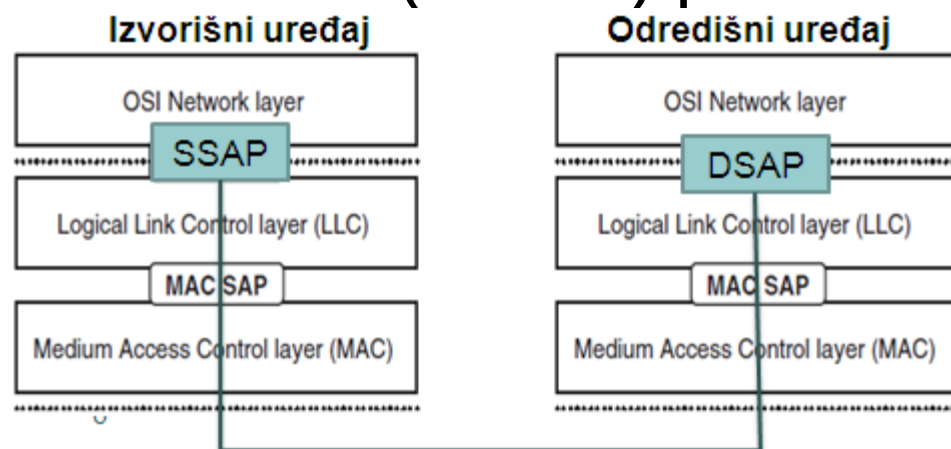
- **Pristupna tačka usluzi** sloja veze (**LLC SAP**, *Logical Link Control Service Access Point*) predstavlja **port ili tačku logičke veze** ka **protokolu mrežnog sloja**



Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

- 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

Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

- LCC pod-sloj definiše **dva tipa komunikacionih usluga**
- **Bez konekciona (Tip 1) usluga** i
- **Konekciono-orjentisana usluga (Tip 2)**
 - **Prijemni LLC** pod-sloj **prati redosled primljenih LPDU-ova**
 - Ako je **LPDU izgubljen u prenosu** ili primljen sa greškom, određeni LLC zahteva od izvorišta **ponovno slanje od poslednje primljenog LPDU**

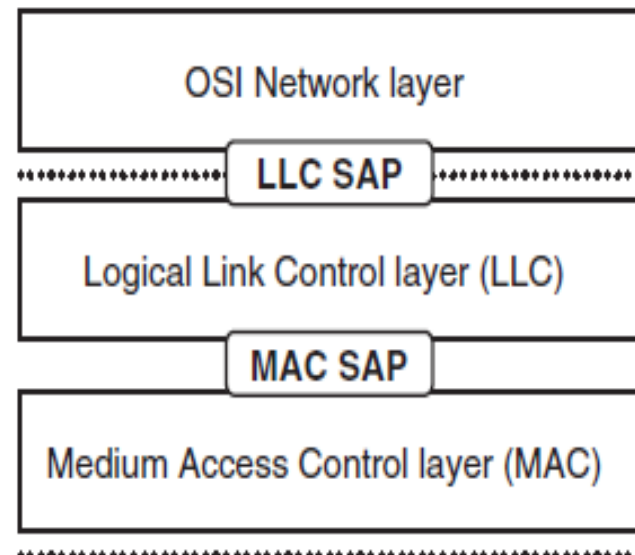
Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

○ **LLC** PDU format:

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

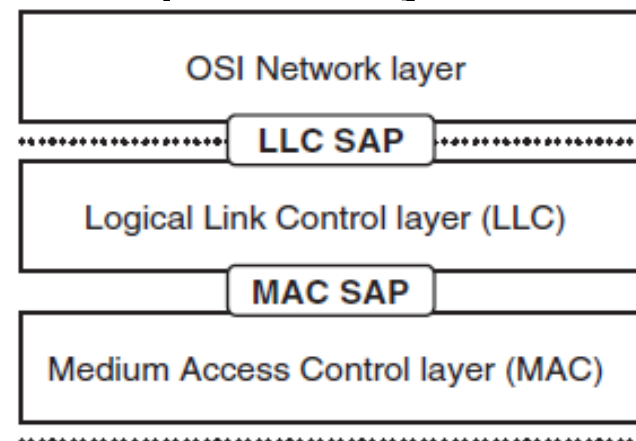
LLC zaglavlje sadrži **kontrolno polje** kao i HDLC, i koristi se za kontrolu protoka i grešaka u prenosu



Tehnologije sloja veze

Kontrola (upravljanje) logičke veze

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

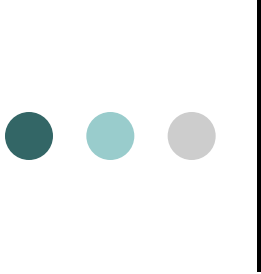


- LPDU se, od tog trenutka
 - **Konvertuje u jedinicu podataka MAC usluge (MSDU)** i
 - **Postaje korisnički sadržaj (data payload)** u okviru MAC pod-sloja (**MPDU**)

Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu za prenos

- **MAC** (*Media Access Control*) **pod-sloj**
 - **Drugi pod-sloj** sloja veze
 - Kontroliše (upravlja) (I) **kada** i (II) **kako** je uređaju **dozvoljen pristup fizičkom sloju** kako bi poslao podatke
- **Adresiranje** paketa podataka **na MAC pod-sloju**
- **MAC metode** primenjene **u žičanim mrežama**
 - **Uvod u složenija rešenja** potrebna za kontrolu pristupa medijumu u bežičnim mrežama



Tehnologije sloja veze

MAC adresiranje

- ***Svakoj mrežnoj kartici*** (Ethernet, bežična ili bilo koja druga), kada se proizvede - dodeli joj se ***jedinstveni serijski broj*** koji se naziva **MAC adresa**
- ***Upotreba*** MAC adresa
 - ***Omogućuju prijemniku da identifikuje pakete*** koji se prenose kroz prenosni medijum, i ***koji su namenjeni upravo njemu***

Tehnologije sloja veze

MAC adresiranje

- **Ethernet adresa** je najčešći oblik MAC adrese
- Sastoji se od **6 bajtova**, često prikazana **u heksa-decimalnom zapisu**
 - Na primer **00-D0-59-FE-CD-38**
 - A. Prva tri bajta** predstavljaju **kod proizvođača** (00-D0-59 je kod Intel-a)
 - B. Ostala tri bajta** čine jedinstveni **serijski broj kartice** (u okviru datog proizvođača)

Tehnologije sloja veze

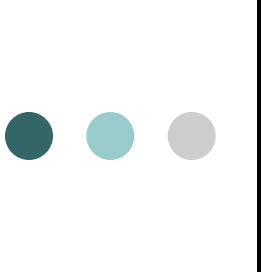
MAC adresiranje

- **MAC adresa** mrežne kartice **na Windows** PC može se naći:
 - Klikom na Start, Run, ukucavanjem komande „**winipcfg**“ i nakon toga selektovanjem mrežne kartice (**za Windows 95, 98 ili Me**)
 - Otvaranjem MS-DOS prozora (klikom na Start, Programs, Accessories, Command Prompt) i unošenjem komande „**ipconfig/all**“ (**u slučaju Windows NT, 2000, XP,...**)

Tehnologije sloja veze

MAC adresiranje

- Kada aplikacija kao što je web- pretraživač šalje zahtev za podatke kroz mrežu, taj **zahtev od aplikacionog sloja dolazi dole do MAC SAP u formi MSDU**
- MSDU se **proširuje sa MAC zaglavljem** koje **uključuje MAC adresu** mrežne kartice **izvorišnog uređaja - MPDU**



Tehnologije sloja veze

MAC adresiranje

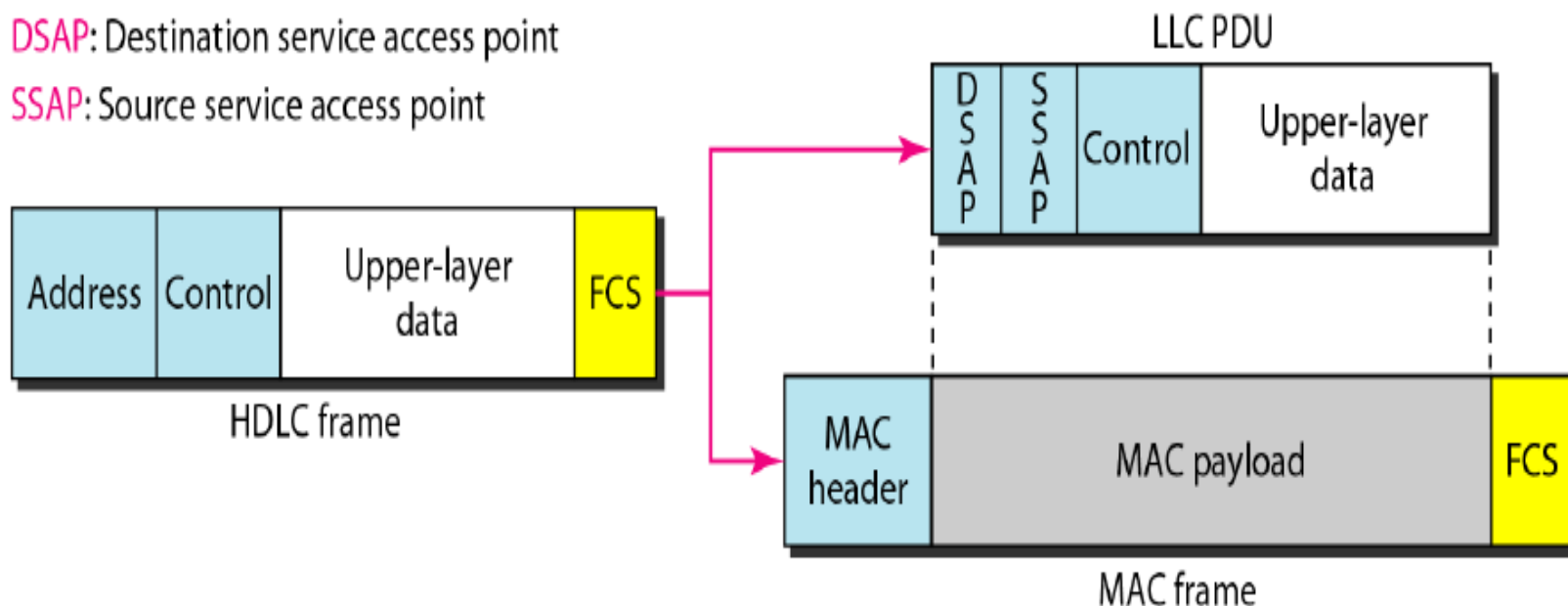
- **Kada se** zahtevani **podaci isporučuju nazad** kroz mrežu, početno postavljena kao **izvorišna adresa** postaje nova odredišna adresa
- Na taj način je **omogućeno mrežnoj kartici** izvorišta zahteva **da detektuje paket pomoću MAC adrese** u zaglavlju tog paketa i time kompletirati komunikaciju zahtev-odgovor

Tehnologije sloja veze

Opšta struktura IEEE 802 MAC okvira (MPDU)

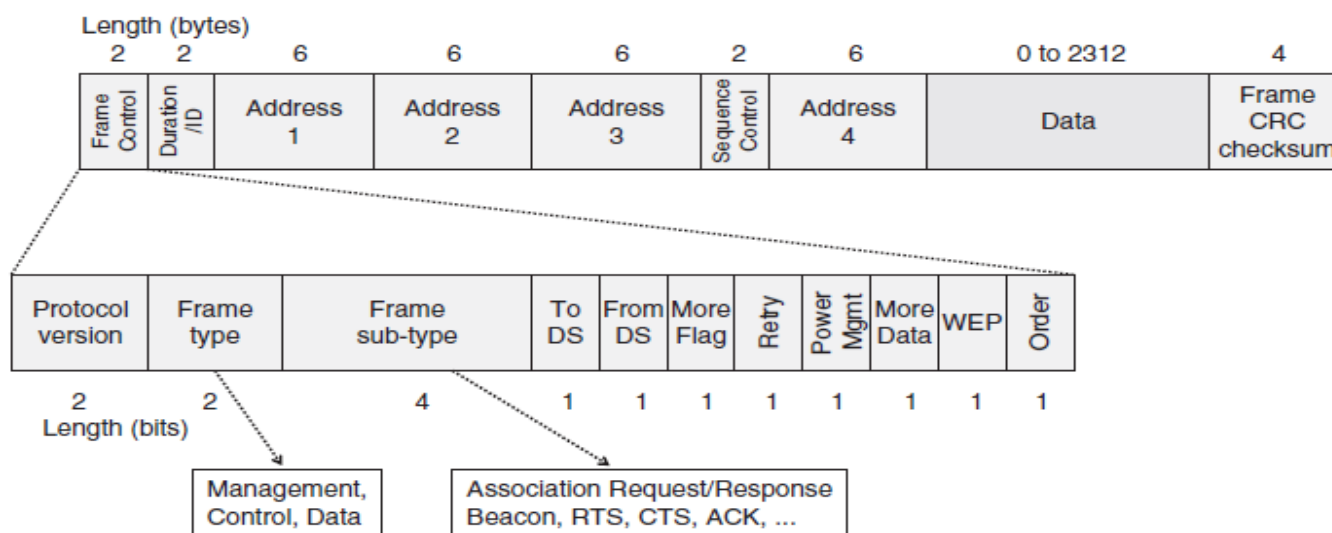
DSAP: Destination service access point

SSAP: Source service access point



Tehnologije sloja veze

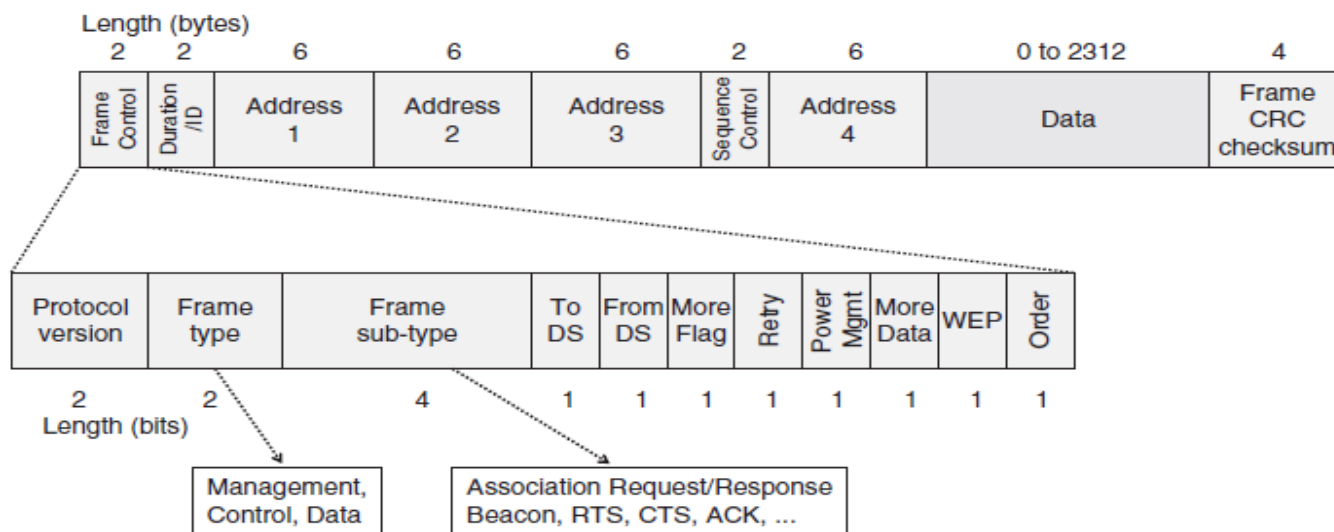
Opšta struktura IEEE 802.11 MAC okvira (MPDU)



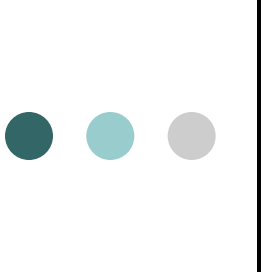
MPDU polje	Opis
Frame control	Kontrolno polje. Niz flegova, kontrolnih bitova, kojima se ukazuje na verziju protokola (802.11 a/b/g), tip okvira (upravljački, kontrolni, podaci), tip pod-okvira (npr. probni zahtev, autentifikacija, zahtev za asocijacijom,...), fragmentaciju , retransmisiju , enkripciju , itd...
Duration 19	Trajanje. Očekujuće trajanje prenosa. Koriste ga stanice koje čekaju slanje nakon ponovnog oslobađanja prenosnog medijuma.

Tehnologije sloja veze

Opšta struktura IEEE 802.11 MAC okvira (MPDU)



MPDU polje	Opis
Address1 – Address4	Adrese. Odredišna i izvorišna, plus opciono adrese (od i ka) unutar distribucionog sistema – zavisno od konteksta .
Sequence	Redni broj. Identifikuje fragmente okvira i redni broj okvira.
Data	Korisnički podaci (isporučeni kao MSDU)
Kontrolna sekvenca	CRC-32 kontrolna suma koja omogućuje detektovanje greške u prenosu okvira.



Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu za prenos u žičanim mrežama

- **Kontrola je neophodna** - bez obzira da li se radi o žičanom ili bežičnom deljenom prenosnom medijumu
- Ako su dva uređaja **istovremeno u stanju slanja** - **zbog** međusobnog **ometanja signala** **oba** prenosna **uređaja** će biti **nekorisna** u tom slučaju

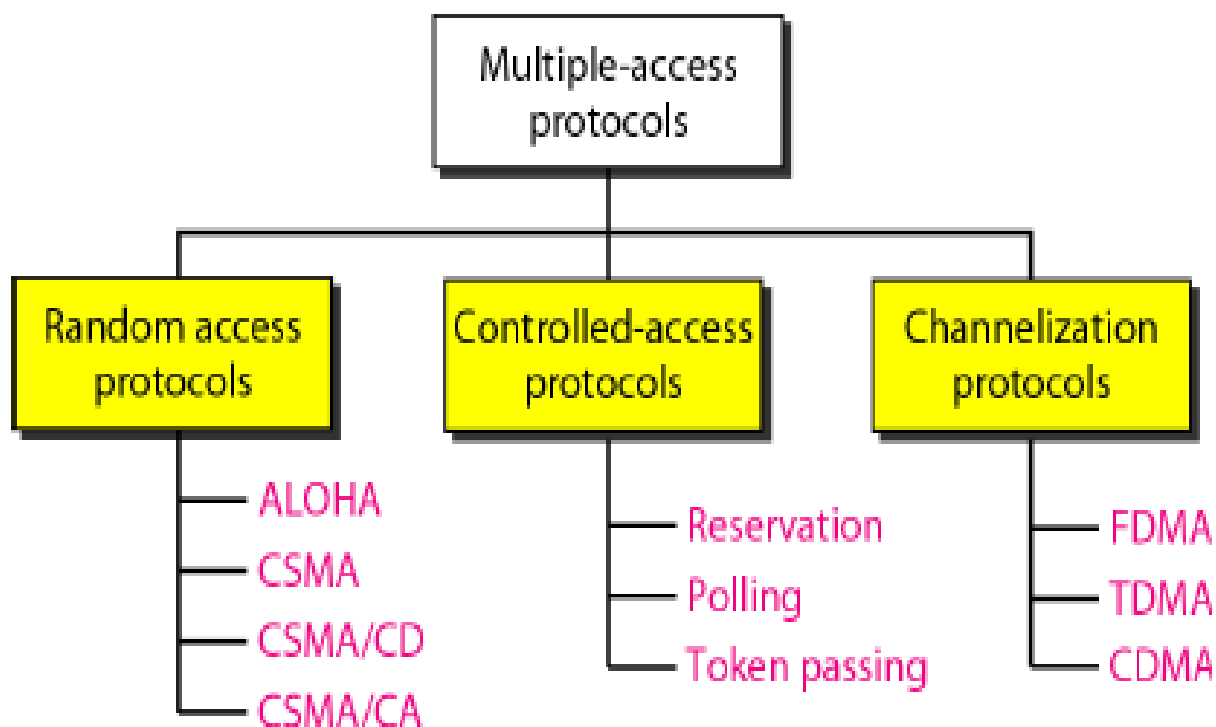
Tehnologije sloja veze

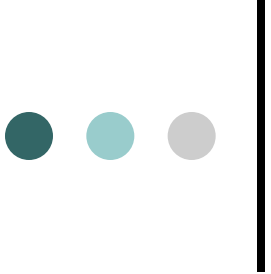
Kontrola pristupa medijumu za prenos u žičanim mrežama

- 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 MAC pod-sloja!***

Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu za prenos u žičanim mrežama





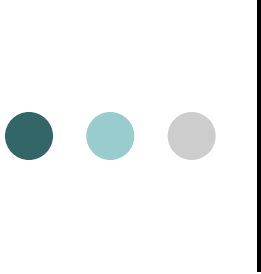
Tehnologije sloja veze

○ **ALOHA**

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

○ **CSMA**

- Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca (*Carrier Sense Multiple Access*)
 - 1-persistent
 - non-persistent
 - ₂₄p-persistent



Tehnologije sloja veze

- ***1-persistent***

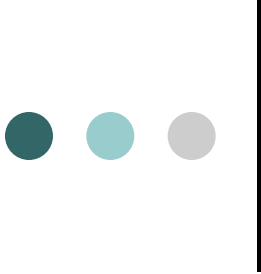
- Stanica nastavlja da osluškuje do god se kanal ne oslobodi – tada šalje podatke

- ***non-persistent***

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

- ***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 slot



Tehnologije sloja veze

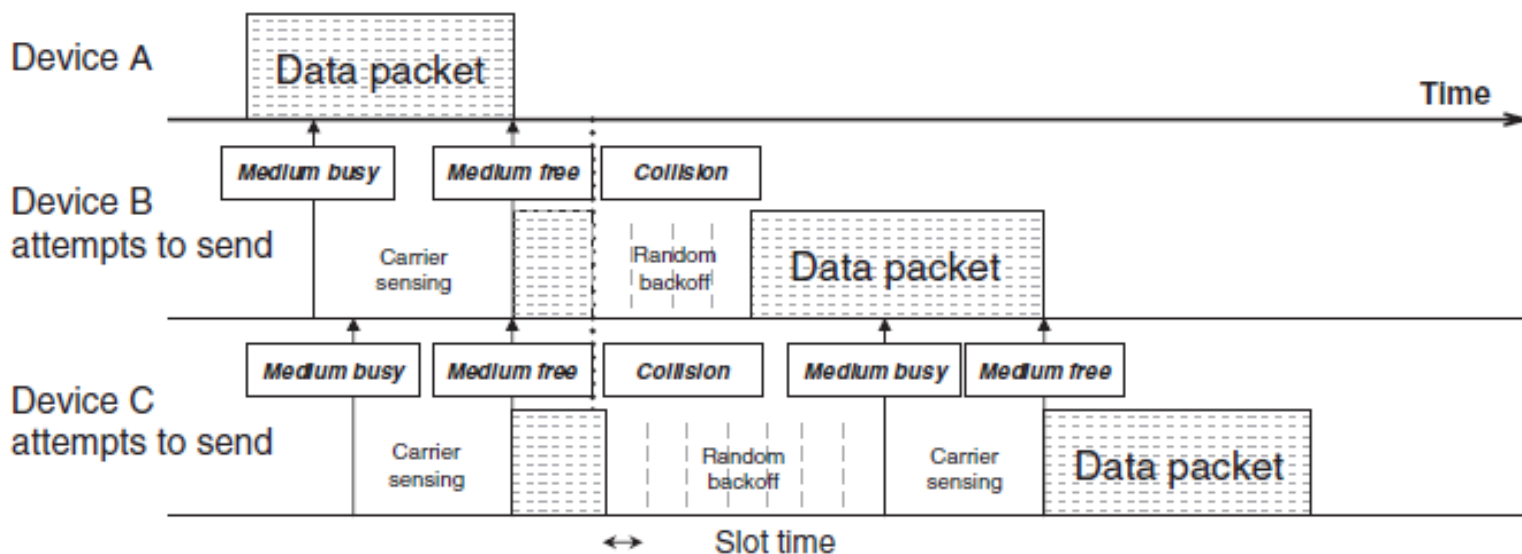
CSMA/CD

- ***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*)

Tehnologije sloja veze

CSMA/CD

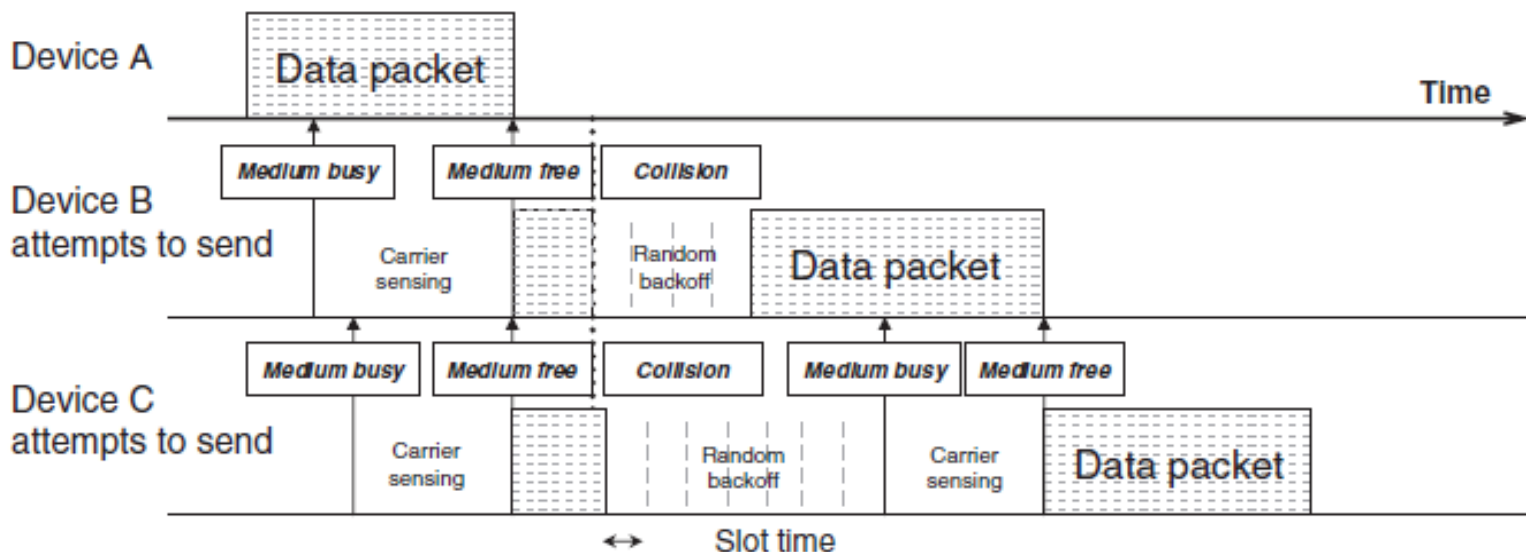
- Kada **uređaj poseduje okvir podataka koji treba poslati** kroz mrežu, on **prvo proverí fizički prenosni medijum** (CS, Carrier Sense) da vidi **da li je on već zauzet** od strane nekog drugog uređaja



Tehnologije sloja veze

CSMA/CD

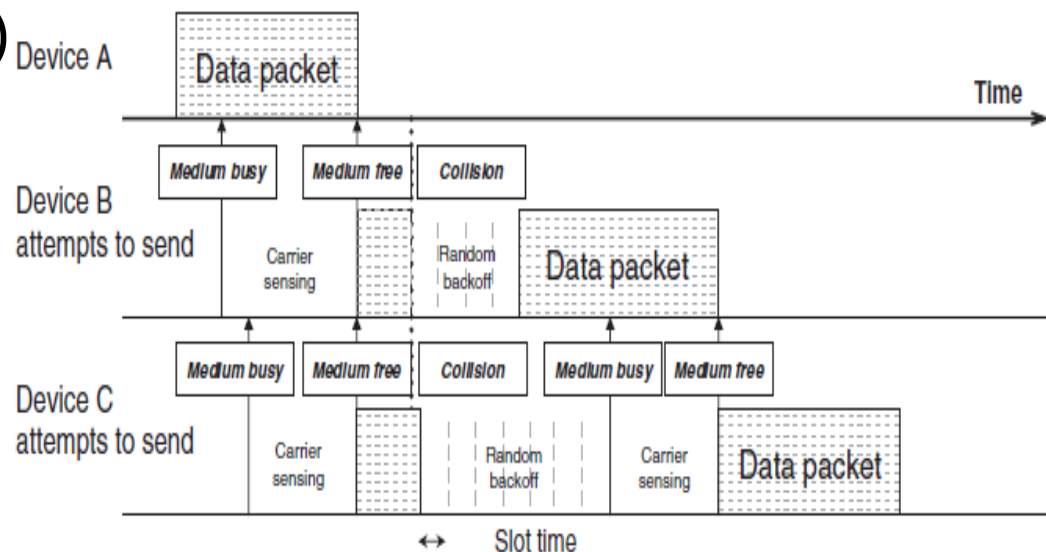
- **Ako** uređaj **detektuje takav slučaj**, on će **čekati sve dok se tekući prenos ne okonča**. Čim se prenosni medijum oslobodi, **počinje sa slanjem svog okvira** pri čemu **nastavlja osluškivanje medijuma** u cilju **detektovanja** nekog drugog **istovremenog prenosa**



Tehnologije sloja veze

CSMA/CD

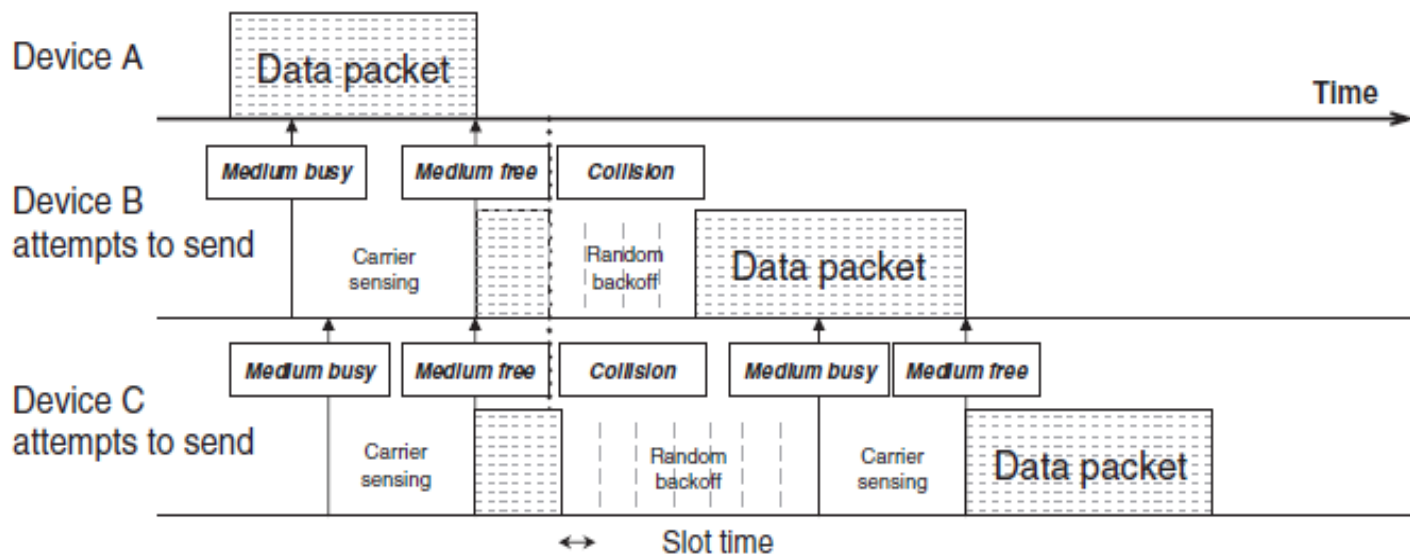
- Ako se detektuje takva situacija (CD, *Collision Detection*), **uređaj zaustavlja slanje** podataka i **šalje kratki jam signal** kako bi druge uređaje obavestio **o dešavanju kolizije**. Svi uređaji koji u tom trenutku pokušavaju slanje, **proračunavaju** slučajnu **dužinu back-off perioda** unutar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



Tehnologije sloja veze

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)



Tehnologije sloja veze

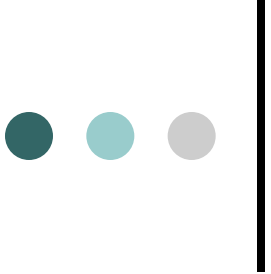
CSMA/CD

- **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“**

Tehnologije sloja veze

Druge MAC metode u žičanim mrežama

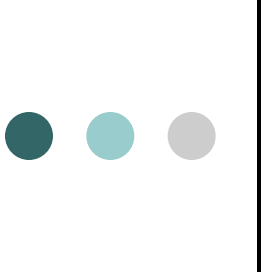
- **Drugi metod kontrole pristupa** za žičane mreže
- Definisan u okviru **IEEE 802.5 standarda**
- Uključuje **prenos „tokena“** između uređaja u mreži po predhodno definisanom redosledu (putanji)
- Token je **sličan ulozi štafetne palice u trci**, **uređaj koji poseduje token jedini može slati podatke**



Tehnologije sloja veze

Druge MAC metode u žičanim mrežama

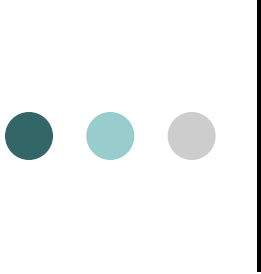
- ***Ako uređaju nije potrebna kontrola*** nad prenosnim medijumom kako bi izvršio slanje podataka, on odmah ***prosleđuje token do sledećeg uređaja*** naznačenog u definisanom redosledu
- ***Ako*** nakon toga ***uređaj dobije podatke*** koje treba poslati, on to može uraditi tek ***nakon ponovnog prijema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



Tehnologije sloja veze

Druge MAC metode u žičanim mrežama

- ***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



Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu u bežičanim mrežama

- **Deo CSMA/CD metode** koji se odnosi na **detekciju kolizije** moguć je samo ako je **primopredajnik** 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

Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu 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*)

Tehnologije sloja veze

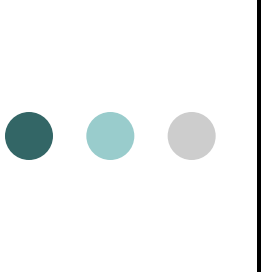
Kontrola pristupa medijumu u bežičanim mrežama

- **CSMA/CA** ima **dosta sličnosti** sa CSMA/CD metodom
 - Uprkos tome što se kolizija ne može detektovati od strane uređaja koji šalje podatke
- Uređaji **osluškiju 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**

Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu u bežičanim 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



Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu u bežičanim mrežama

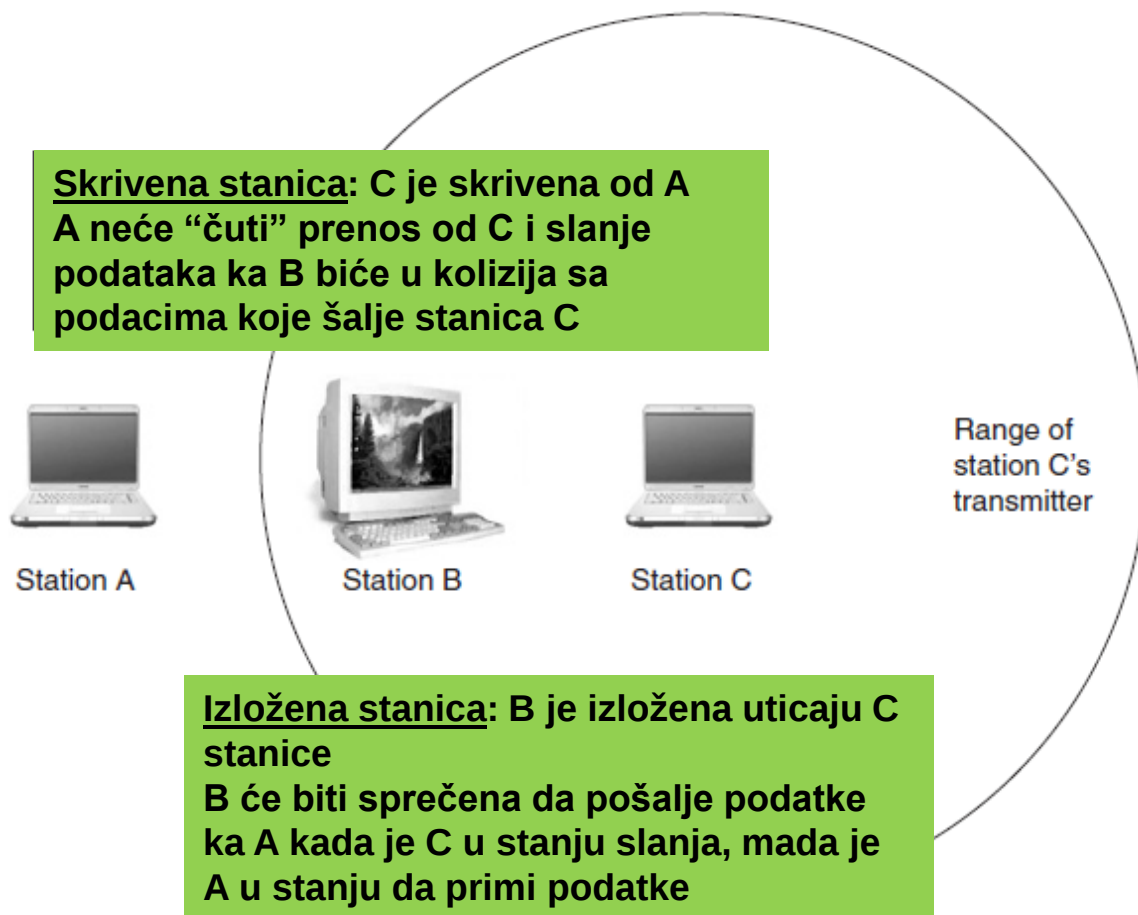
- CSMA/CA ćemo ***kasnije detaljnije diskutovati*** kada bedemo govorili o ***801.11 MAC Layer*** specifikaciji, ***kao i o varijantama ove metode*** koje se koriste u drugim tipovima bežičnih mreža

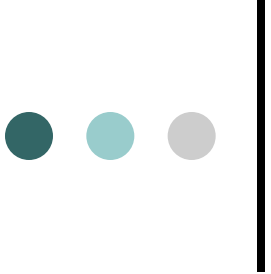
Tehnologije sloja veze

Kontrola pristupa medijumu u bežičnim mrežama

- Problem skrivene stanice
- Problem izložene stanice

Kolizija u prijemu!





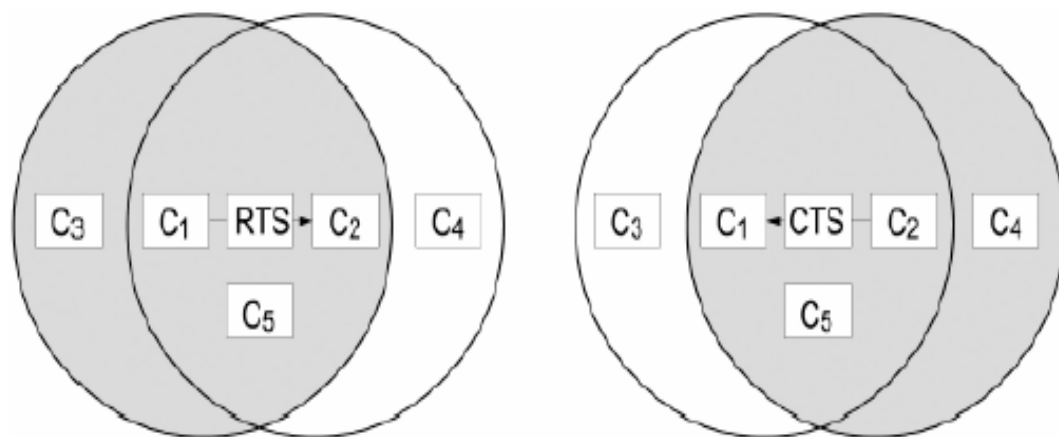
Tehnologije sloja veze

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*)

Tehnologije sloja veze

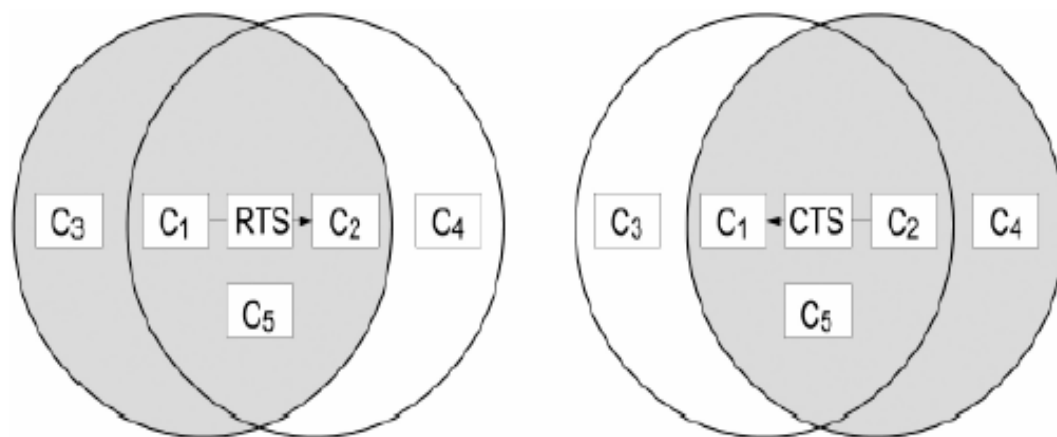
MACA protokol



- Stanica C1 treba da pošalje okvir podataka stanici C2
- Započinje **slanjem RTS okvira** ka stanici C2
- Ovaj kratak okvir (30 bajtova) sadrži **informaciju o dužini trajanja slanja okvira podataka** koji treba⁴² da bude poslat

Tehnologije sloja veze

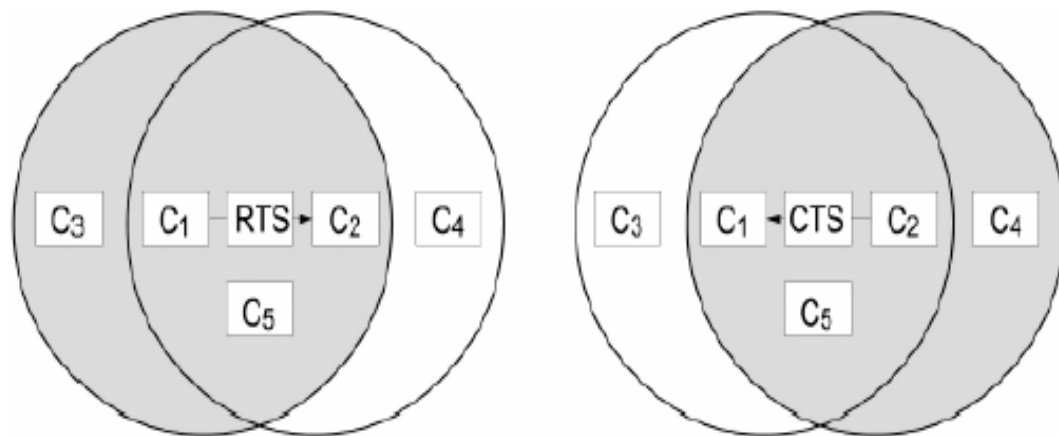
MACA protokol



- Stanica C2 **odgovara CTS okvirom** („spreman za prijem“)
- U CTS okviru nalazi se informaciju o dužini trajanja slanja okvira podataka koji treba da bude poslat (iskopiran iz RTS okvira)

Tehnologije sloja veze

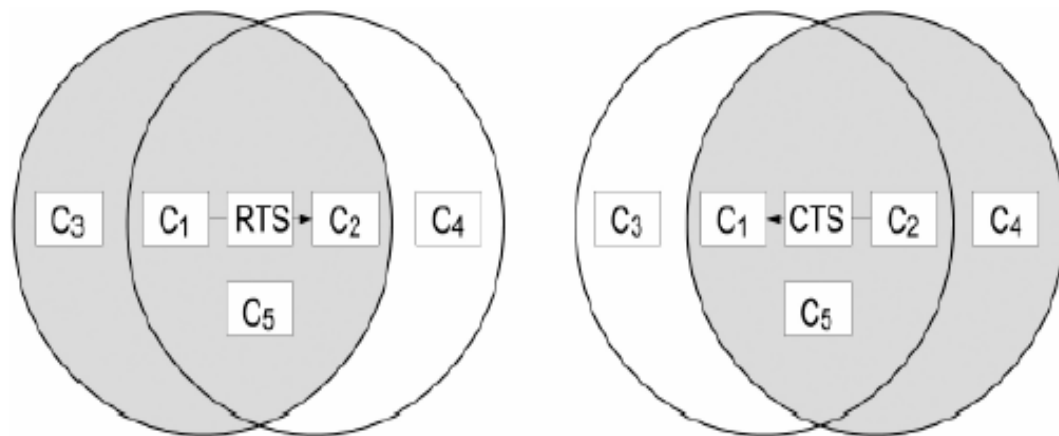
MACA protokol



- **Po prijemu CTS okvira**, stanica **C1** **započinje slanje podataka** (RTS-CTS-DATA)
- Kako stanice koje „čuju“ RTS i CTS okvire reaguju?

Tehnologije sloja veze

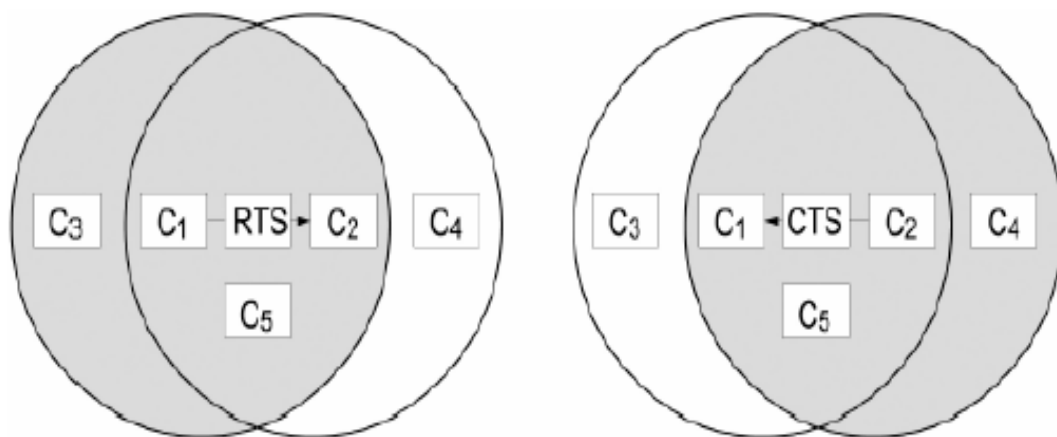
MACA protokol



- Svaka stanica koja „**čuje**“ **CTS okvir** je blizu prijemne stanice C2 i ***mora da ostane „mirna“*** dok se ne završi slanje podataka dužine koja se može videti iz CTS okvira – **rešenje problema skrivene stanice**

Tehnologije sloja veze

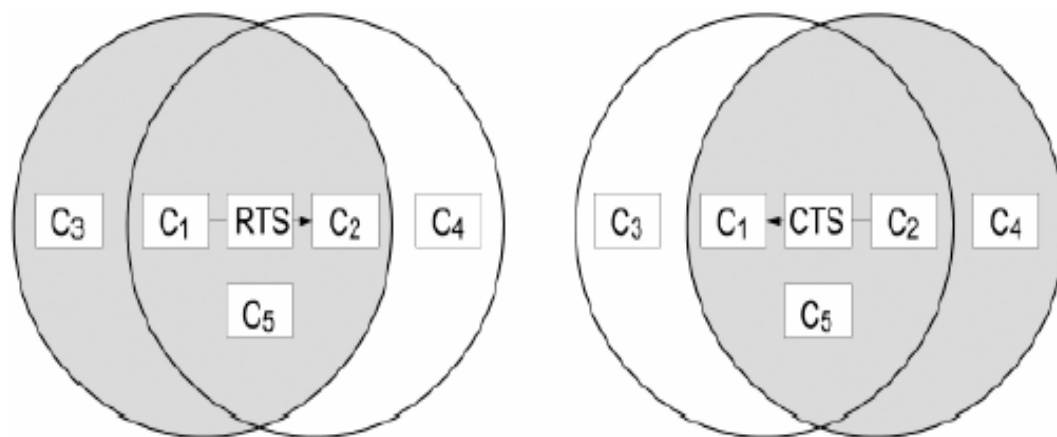
MACA protokol



- Svaka stanica koja **čuje RTS okvir** dovoljno je blizu stanice C1 i ***mora da ostane „mirna“*** toliko dugo da može CTS okvir da stigne do stanice C1 bez konflikta
- Ako CTS okvir ne stigne u predviđenom intervalu “čekanja” – njegovim istekom stanica je slobodna da šalje okvire
- ⁴⁶**Rešenje problema izloženosti stanice**

Tehnologije sloja veze

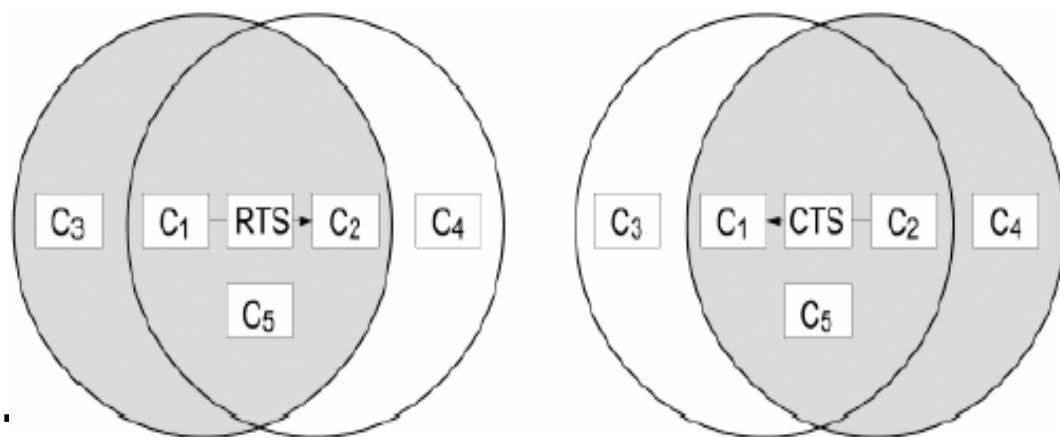
MACA protokol



- I pored svih mera predostrožnosti, do kolizije može da dođe
- Na primer, stanice C2 i C3 mogu da **pošalju istovremeno RTS okvire** ka stanici C1
- Doći će do sudara tih okvira (kolizije)

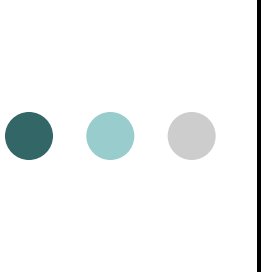
Tehnologije sloja veze

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**



Tehnologije sloja veze

MACAW protokol

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

Tehnologije sloja veze

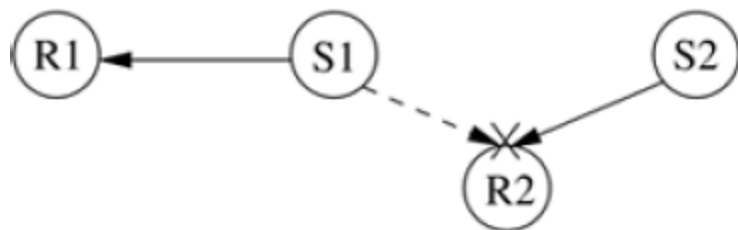
MACAW protokol

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

Tehnologije sloja veze

MACAW protokol

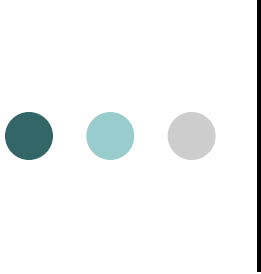
- *BEB algoritam*
- Nakon svake uspešne RTS-CTS razmene sve stanice koje su je “čule” setuju svoj BO na sledeći način:
 - Dodatno polje u zaglavlju okvira koje prenosi tekuću vrednost BO brojača stanice koja šalje podatke
 - Stanica koja primi ovakav okvir kopira tu vrednost u svoj BO



Tehnologije sloja veze

MACAW protokol

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



Tehnologije sloja veze

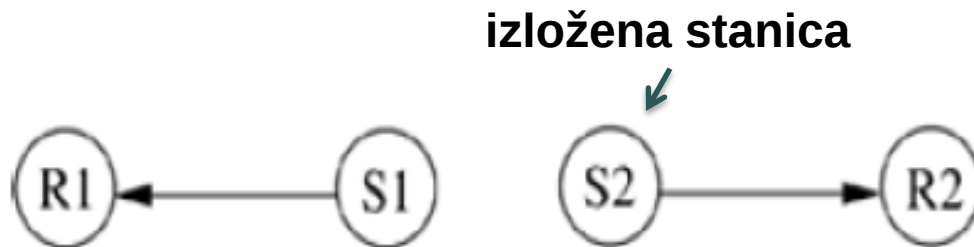
MACAW protokol

- 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

Tehnologije sloja veze

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**



Tehnologije sloja veze

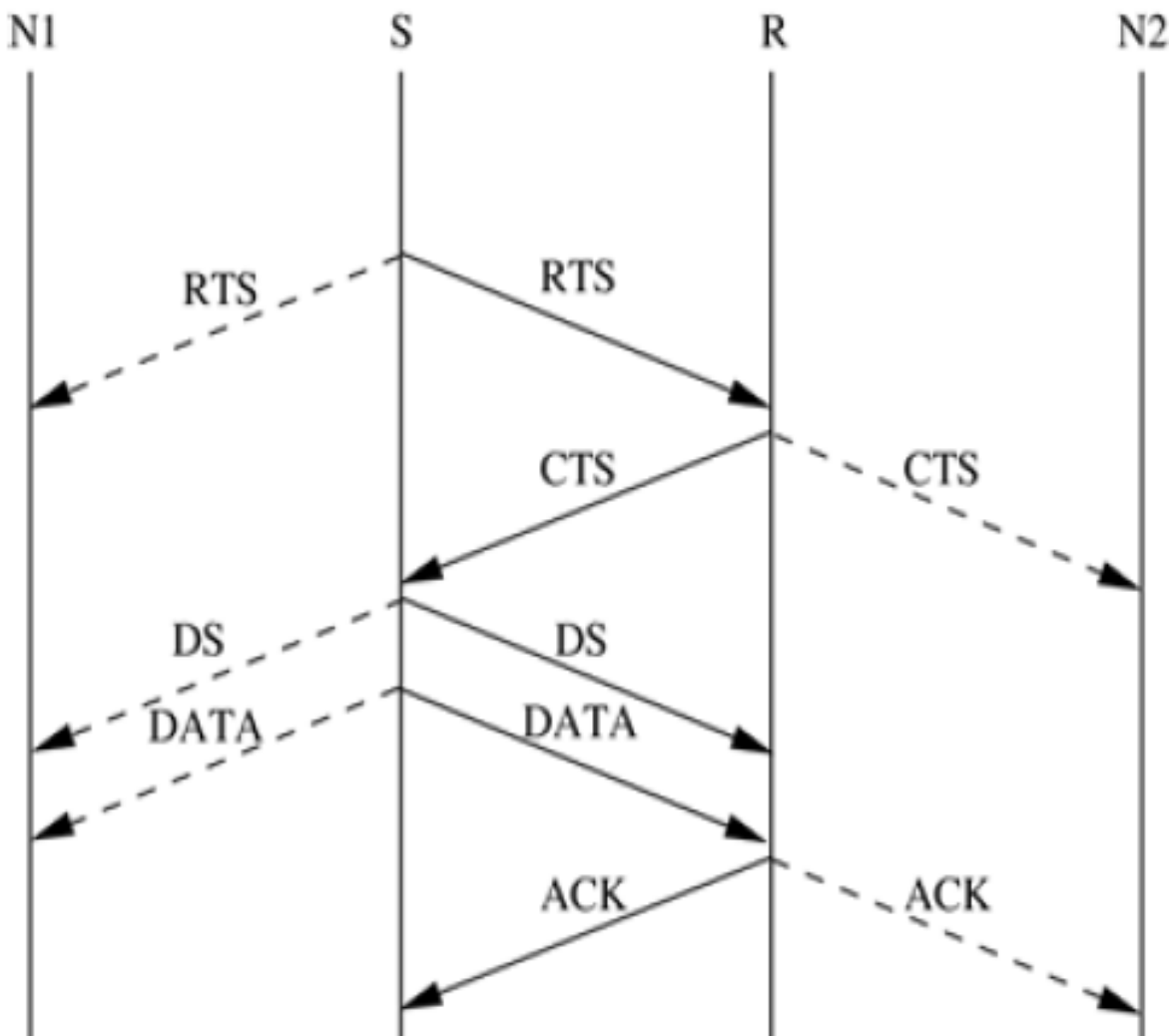
MACAW protokol

- DS okvir

- **Rešenje:**

MACAW koristi

DS okvir



Tehnologije sloja veze

MACAW protokol

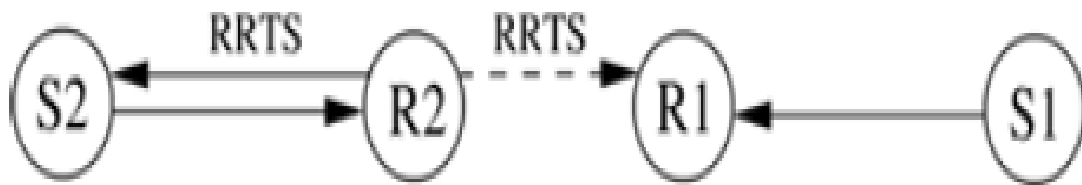
- RRTS okvir



- Neka je **u toku razmena podataka S1-R1**
- 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

Tehnologije sloja veze

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

Tehnologije sloja veze

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

Tehnologije fizičkog sloja

Dva pod-sloja:

- **Procedura konvergencije fizičkog sloja**
 - (PLCP, PHY Layer Convergence Procedure)
- **Pod-sloj zavisian od fizičkog medijuma**
 - (PMD, Physical Medium Dependent)

ISO/OSI Physical Layer (PHY)	802.11 Physical Layer Convergence Protocol (PLCP)		
	PMD 802.11 Infrared	PMD 802.11 FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum	PMD 802.11 DSSS Direct Sequence Spread Spectrum

Tri fizičke tehnike za
bežični prenos podataka:

- (1) Difuzni **infracrveni prenos** IR,
- (2) Rašireni spektar sa **skokovitim promenama frekvencije** i
- (3) Rašireni spektar pomoću **direktne sekvence**

Tehnologije fizičkog sloja

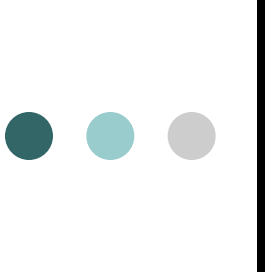
- Kada se **MPDU prosledi fizičkom sloju**
- Biva **obrađena** od strane **procedure konvergencije fizičkog sloja** (**PLCP**, *PHY Layer Convergence Procedure*)
- Dodavanjem **preamble** i **zaglavlja**
 - **Zavise od tipa fizičkog sloja** koji se koristi
 - **PLCP preamble** sadrži **specifičan niz bitova** koja **omogućuje prijemniku sinhronizaciju** demodulatora sa tajmingom prijemnog signala



Tehnologije fizičkog sloja

- **Formirana PLCP jedinica podataka** (PPDU, PLCP Protocol Data Unit) **se dalje prosleđuje**
- **Pod-sloju zavisnom od fizičkog medijuma** (**PMD**, Physical Medium Dependent)
- Ovaj pod-sloj **šalje PPDU preko fizičkog prenosnog medijuma**, bilo da su to
 - upredene parice,
 - optički kabl ili
 - radio prenos

802.11 Physical Layer Convergence Protocol (PLCP)		
PMD 802.11 Infrared	PMD 802.11 FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum	PMD 802.11 DSSS Direct Sequence Spread Spectrum



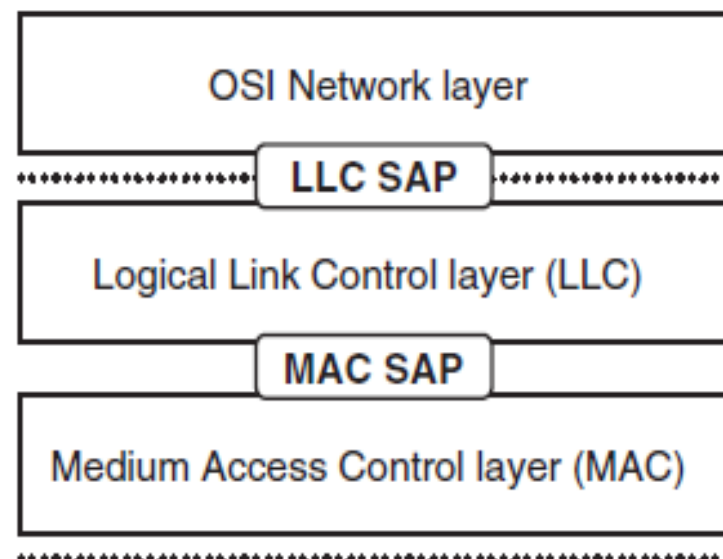
Tehnologije fizičkog sloja

- ***Tehnologije fizičkog sloja*** određuju ***maksimalnu brzinu prenosa*** podataka koju mreža omogućuje
- Jer se na ovom sloju ***definiše način kodovanja toka podataka*** u fizički prenosni medijum

Tehnologije fizičkog sloja

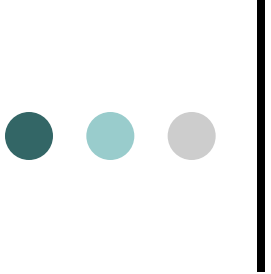
- **PMD pod-sloj** šalje **mnogo više bitova** nego što mu je **isporučeno kroz MAC SAP** od strane sloja veze

- MAC i PLCP zaglavlja,
- preambula i
- polje za proveru ispravnosti prenosa
- idle- periode povezane sa izbegavanjem kolizije i back-off procedurom



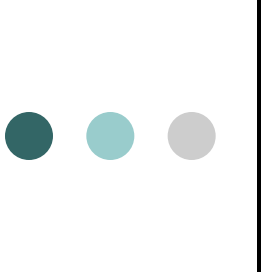
Fizički sloj – žičane mreže

- **Većina bežičnih mreža** poseduje i **elemente bazirane na žičanom umrežavanju**
 - **Ethernet link** do tačke pristupa,
 - Uređaj-uređaj **USB konekcija**, ili
 - Internet pristup na bazi **ISDN konekcije**
- **Najčešće korišćene tehnologije** za realizaciju **žičanog fizičkog sloja** su opisane u nastavku
- **Kao uvod** u detaljniju diskusiju o bežičnim tehnologijama fizičkog sloja u LAN, PAN ili MAN



Ethernet (IEEE 802.3)

- **Prva** od tih **tehnologija** je **Ethernet**
- **LAN tehnologija sloja veze**
- **Razvijena** od strane **Xerox** kompanije i **definisana** kroz **IEEE 802.3 standard**
- **Koristi** tehniku višestrukog pristupa sa osluškivanjem nosioca i otkrivanjem sudara (**CSMA/CD**, *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) kao način upravljanja pristupa deljenom prenosnom medijumu



Ethernet (IEEE 802.3)

- **Ethernet varijante** - „**A Base-B**“ mreže
 - „**A**“ - **brzina** prenosa (u **Mb/s**)
 - „**B**“ identifikuje **tip fizičkog** prenosnog **medijuma** koji se koristi u toj varijanti
- **Standardni Ethernet** (u oznaci **10 Base-T**)

Ethernet (IEEE 802.3)

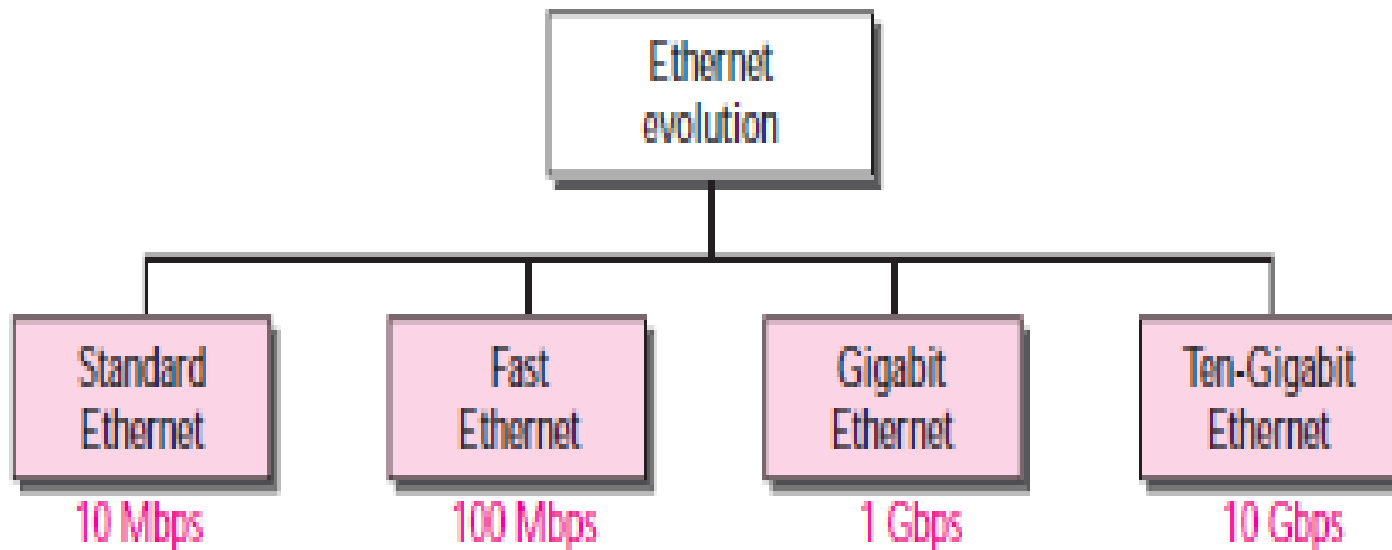
- **Standardni Ethernet** (u oznaci **10 Base-T**)
 - Omogućuje brzinu prenosa od **10 Mb/s**
 - Koristi **neoklopljeni kabl sa upredenim paricama (UTP kabl)**
 - **Maksimalno dozvoljena razdaljina** između stanica i najbližeg hab-a ili repetitora od **100m**

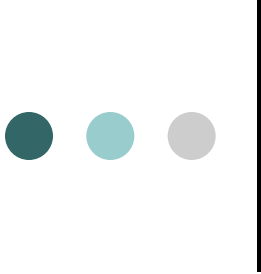
Implementacije:

<i>Characteristics</i>	<i>10Base5</i>	<i>10Base2</i>	<i>10Base-T</i>	<i>10Base-F</i>
Medium	Thick coax	Thin coax	2 UTP	2 Fiber
Maximum length	500 m	185 m	100 m	2000 m

Ethernet (IEEE 802.3)

- Trajni zahtevi za povećanjem brzine prenosa usloveli su postepeni ***razvoj bržih varijanti Ethernet mreže***





Ethernet (IEEE 802.3)

- **100 Base-T4**, ili **brzi Ethernet**
- Omogućuje brzinu prenosa od **100 Mb/s**
- **U odnosu na 10 Base-T** koristi:
 - **Istu topologiju,**
 - **Isti fizički prenosni medijum** (UTP) kao i
 - **CSMA/CD postupak** kontrole pristupa prenosnom medijumu

Ethernet (IEEE 802.3)

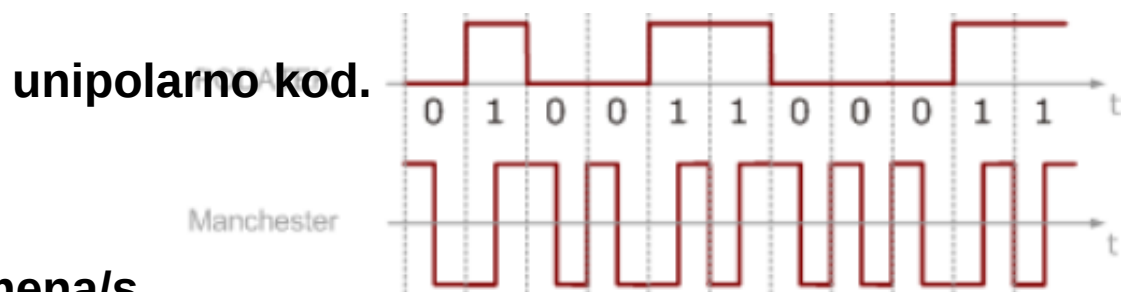
- Može koristiti ***i druge tipove žičanih prenosnih medijuma*** – ***100 Base-TX***, ***viša kategorija*** UTP kabla ili ***100 Base-FX***, koji koristi ***dva optička kabl***

Implementacije:

<i>Characteristics</i>	<i>100Base-TX</i>	<i>100Base-FX</i>	<i>100Base-T4</i>
Media	STP	Fiber	UTP
Number of wires	2	2	4
Maximum length	100 m	100 m	100 m

Ethernet (IEEE 802.3)

- Međutim, **razlike postoje na fizičkom nivou**
- **Problem je u UTP kablju**
 - **Nije moguće preneti signal** frekvencije **200MHz** na rastojanje od **100 m**, bez velikih izobličenja
 - **Mančester kodiranje** zahteva duplo veću frekvenciju od bitske brzine



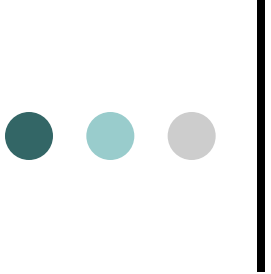
10Mb/s ⁷¹20 miliona promena/s

Ethernet (IEEE 802.3)

- 100Base-T4 šema koristi **UTP kabl kategorije 3** sa **četiri para upredenih provodnika**
- Dva para su **dvosmerna**, a dva **jednosmerna**
- **Za prenos u jednom smeru** (od stanice ka hub-u ili obrnuto) uvek koriste
dva dvosmerna + jedan jednosmerni par
- Dakle, **kroz jedan par** provodnika potrebno je **ostvariti brzinu** prenosa od **33.33 Mbps** kako bi ukupna brzina bila 100 Mbps

Ethernet (IEEE 802.3)

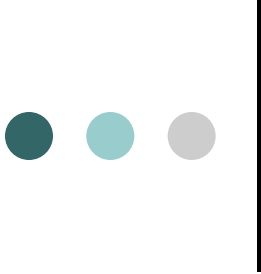
- ***Da bi se postigla brzina prenosa*** od 33.33 Mbps kroz jedan par provodnika, ***frekvencija signala je povećana na 25 MHz*** (najviše što UTP kabl kategorije 3 može da podrži)
- Međutim ***to je nedovoljno***
 - Ako bi se koristilo ***mančester kodiranje***, sa ***25 MHz*** bilo bi moguće ostvariti bitsku brzinu od tek ***12.5 Mb/s***
- ***Dodatno ubrzanje*** prenosa postignuto je ***metodom kodiranja*** koji se zove - ***8B/6T***



Ethernet (IEEE 802.3)

8B/6T

- Zahteva **ternarni signal** (*tri naponska nivoa* - negativan, nula i pozitivan)
- **Broj različitih simbola** koje je moguće preneti **u jednom taktnom ciklusu** iznosi **27** ($3*3*3$, sve varijacije tri naponska nivoa na tri linije)
- To praktično znači da se **u svakom taktnom ciklusu** mogu preneti **4 bita** korisne informacije
- Pri frekvenciji takta od 25 MHz daje konačnih **100 Mb/s**



Ethernet (IEEE 802.3)

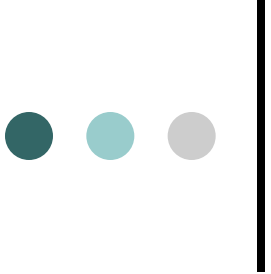
100Base-TX

- **Koristi** kvalitetniji **UTP kabl kategorije 5**
- **Omogućuje prenos** signala frekvencije **125 MHz**
- Umesto četiri **koriste se dva para upredenih provodnika**
- **Na svakom paru** postiže se bitska brzina od **100 Mb/s** - sistem je tipa **puni dupleks** (stanica može da predaje podatke brzinom od 100 Mbps i u isto vreme istom brzinom da prima podatke)

Ethernet (IEEE 802.3)

100Base-TX – 4B/5B

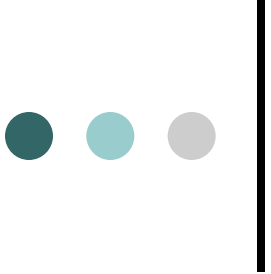
- **Brzina** prenosa od **100 Mb/s** sa taktnom **frekvencijom** od **125 MHz** - postiže se primenom kodiranja **4B/5B**
- Zahteva signal sa **dva naponska nivoa**
 - **Mančester** šema kodiranja - **u dva taktna ciklusa prenosi jedan bit**
 - **4B/5B** šema kodiranja - **u 5 taktnih ciklusa prenose se 4 bita**
- Za takt od 125 MHz daje $125 * 4 / 5 = 100 \text{ Mb/s}$



USB

Univerzalna serijska magistrala (USB)

- ***Upotreba*** univerzalne serijske magistrale (USB) ***počinje sredinom 90-ih godina***
- „***Hot-swappable plug-and-play***“ interfejs
- ***Cilj:- Zamena različitih tipova*** perifernih ***interfejsa*** paralelni portovi, serijski portovi, PS/2, MIDI, itd...



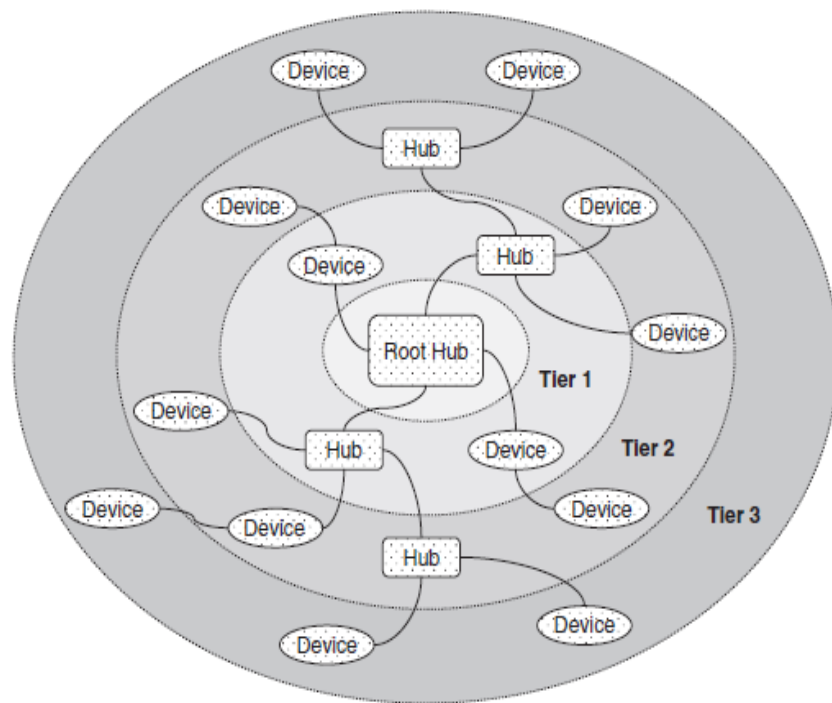
USB

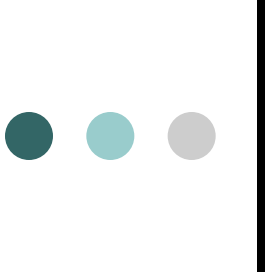
Univerzalna serijska magistrala (USB)

- **Prva verzija** (USB 1.0) je omogućavala brzinu prenosa podataka od **12 Mb/s**
- Brzina značajno porasla kako bi se dostigao FireWire nivo od **480 Mb/s** kroz **USB 2.0**

USB

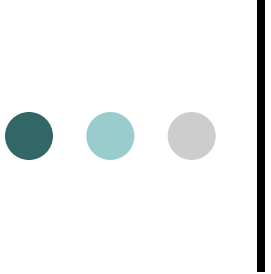
- USB koristi **host-centričnu arhitekturu**
- **Host kontroler** koji **upravlja** identifikacijom i konfiguracijom uređaja povezanih direktno na host ili **posredne habove**
- **USB mrežna topologija:**
lančane veze (daisy-chain)
i **topologija stabla**





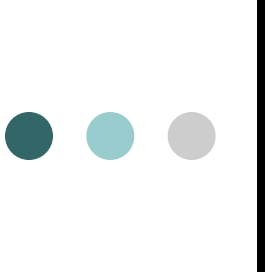
USB

- USB specifikacija ***podržava***:
- ***Izohroni prenos***
 - Zahteva ***garantovani prenosni opseg*** i ***malo kašnjenje*** za aplikacije kao što su telefonija i prenos multimedijalnih tokova
- ***Asinhroni prenos***
 - ***Tolerantan na kašnjenje*** i omogućuje čekanje na potrebni prenosni opseg



USB

- **USB protokoli**
- Projektovani tako da obezbede ***mali „protocol overhead“*** - efikasno koriste raspoloživi prenosni opseg
- Raspoloživi ***propusni opseg se deli između konektovanih uređaja*** dodeljivanjem ***virtuelnih kanala*** tzv. „pipe“-ova
- Svaki ***virtuelni kanal predstavlja konekciju između hosta i jednog uređaja***

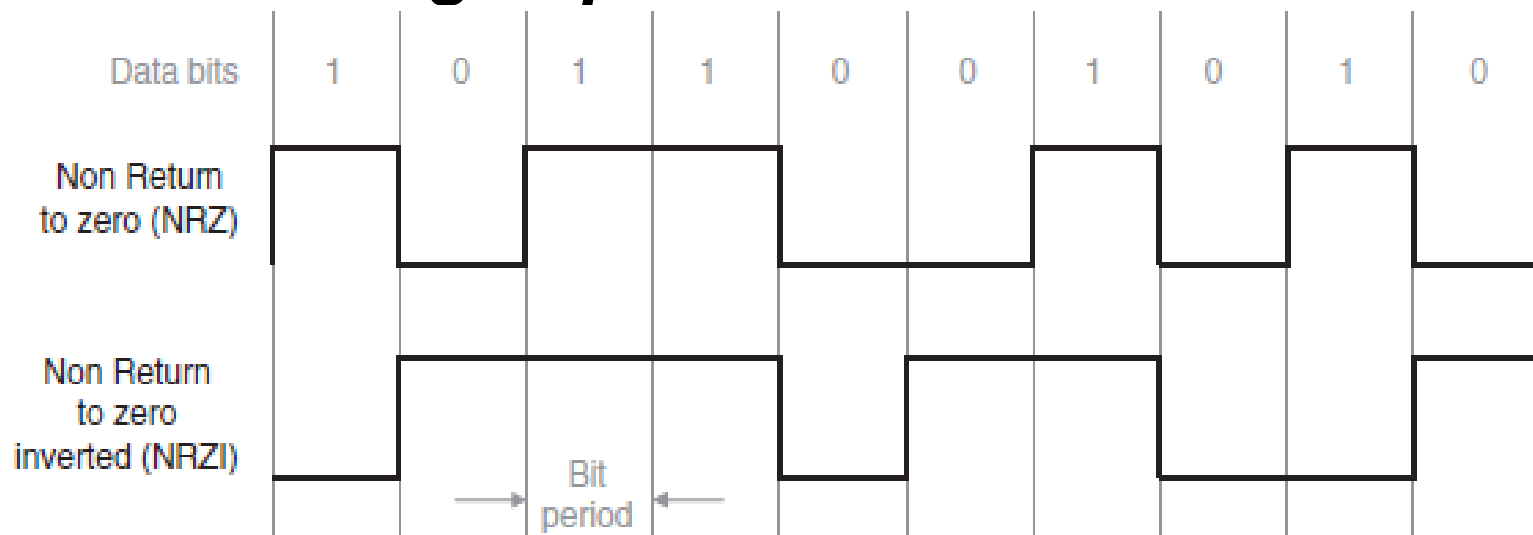


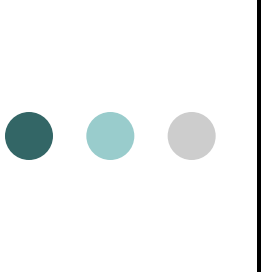
USB

- **USB protokoli**
- **Prenosni opseg virtuelnog kanala** se određuje **tokom uspostave virtuelnog kanala**
- Omogućena **istovremena komunikacija većeg broja uređaja** sa različitim brzinama prenosa
 - Na primer, prenosni opseg kojim se uslužuju aktivni uređaji za digitalnu telefoniju može biti rangiran od 1 B („bearer“) kanala plus 1 D („demand“) kanal pa sve do PCM kapaciteta (2 Mb/s)

USB

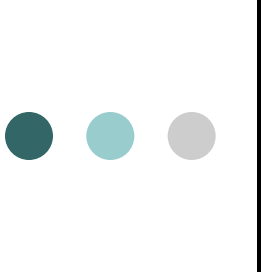
- **USB koristi NRZI** (*Non Return to Zero Inverted*) šemu kodovanja podataka. U NRZI kodovanju, **1**-bit se predstavlja **nivoom izlaznog napona bez promene**, a **0**-bit se predstavlja **promenom nivoa izlaznog napona**





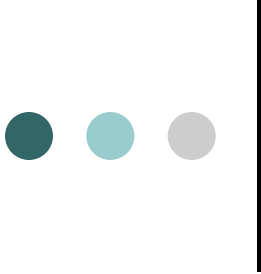
Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

- ***Tehnologije fizičkog sloja*** koje predstavljaju ***osnovu za bežične mreže*** će u nastavku kursa biti ***detaljno obrađene*** (što kroz predavanja a što kroz vežbe) kada se budu obrađivale LAN, PAN i MAN tehnologije i njihova implementacija



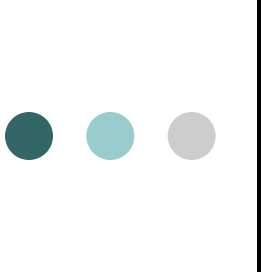
Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

- ***Svaka bežična tehnologija fizičkog sloja***, od Bluetooth-a do ZigBee-a, ***opisuje se kroz ključne tehnološke aspekte*** koji su sumirani u sledećoj tabeli:



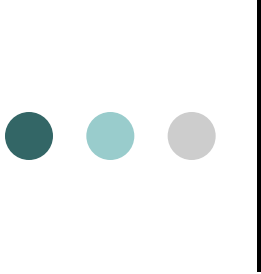
Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

Tehnološki aspekt	Pitanja za razmatranje
Frekvencijski opseg	Koji deo elektro-magnetnog spektra se koristi, koji je raspoloživi propusni opseg , kako se segmentira u kanale ? Koji mehanizmi su raspoloživi za kontrolu korišćenja propusnog opsega kako bi se omogućila koegzistencija većeg broja korisnika istog opsega.



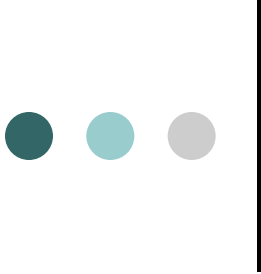
Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

Tehnološki aspekt	Pitanja za razmatranje
Prostiranje	Koji nivoi snage signala su dozvoljeni u datom opsegu od strane regulatornog tela? Koji mehanizmi su na raspolaganju što se tiče kontrole prenosne snage kako bi se minimizirao negativni efekat interferencije drugih korisnika, maksimizirao efektivni opseg ili iskoristi prostorna raznolikost kako bi se povećala propusnost?



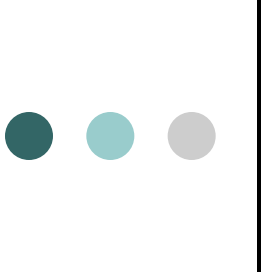
Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

Tehnološki aspekt	Pitanja za razmatranje
Modulacija	Kako se kodiraju podaci koji se prenose preko fizičkog medijuma, na primer, modulisanjem jednog nosioca ili više u fazi i/ili amplitudi i/ili poziciji?
Šema kodiranja	Kako se izvorni bitovi okvira podataka koduju u simbole za prenos? Koje funkcije se ostvaruju tim mehanizmima kodiranja, na primer, robusnost na šum ili efikasno korišćenje raspoloživog prenosnog opsega?



Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

Tehnološki aspekt	Pitanja za razmatranje
Pristup prenosnom medijumu	Kako kontrolisati pristup prenosnom medijumu tako da se raspoloživi prenosni opseg maksimizira i da se obezbedi efikasna veza između korisnika? Koji mehanizmi su na raspolaganju za pristup različitim medijumima korisnika sa različitim servisnim zahtevima?



Tehnologije fizičkog sloja - Bežične mreže

- Opseg i značaj pojedinih pitanja umnogome zavisi od tipa tehnologije (Ir, RF, Near-field) kao i od same primene (PAN, LAN ili WAN)