

# RAČUNARSKE MREŽE/ INTERNET KOMUNIKACIJE

## Lekcija 6: Bežične lokalne računarske mreže (3/3)

leto 2018/2019

Prof. dr Branimir M. Trenkić

Visoka škola elektrotehnike i računarstva  
strukovnih studija

# Sadržaj

## Funkcionalnost IEEE 802.11 MAC sloja

- Osnovna CSMA/CA operacija
- Network Allocation Vector (NAV)
- Backoff operacija
- Primer pristupa bežičnom medijumu

Upotreba RTS / CTS

Fragmentacija

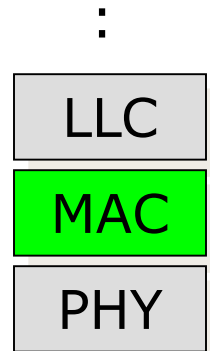
Visoka Škola elektro-tehnike i računarstva  
strukovnih studija

## Medium Access Control (MAC)

Medium access control: **Pristup** zajedničkom prenosnom medijumu (na primer, radio kanalu) od strane većeg broja stanica **mora biti koordinisan** (inače će se dešavati kolizije).

### Pristupne metode:

FDMA	Dodeljivanje kanala u <b>frekvencijskom</b> domenu
TDMA	Dodeljivanje slotu u <b>vremenskom</b> domenu
CDMA	Dodeljivanje kod sekvence u <b>kod-</b> domenu
CSMA	Dodeljivanje mogućnosti slanja u <b>vremenskom</b> domenu <b>na statističkoj osnovi</b>



## CSMA/CD vs. CSMA/CA (1)

**CSMA/CD** (*Collision Detection*) - MAC metod koji se koristi u žičanom LAN-u (Ethernet). Stanice žičanog LAN-a **mogu** (dok bežične stanice **ne mogu**) detektovati koliziju.

Osnovne CSMA/CD operacije:

- 1) Čekanje na slobodan medijum
- 2) Slanje okvira
- 3) Desila se kolizija – odmah prekinuti slanje
- 4) Retransmisija nakon slučajnog vremena (backoff)

**CSMA/CD pravilo:  
Backoff nakon kolizije**

## CSMA/CD vs. CSMA/CA (2)

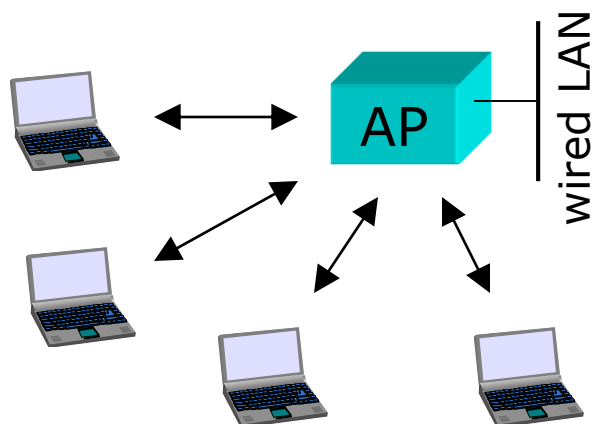
**CSMA/CA** (*Collision Avoidance*) - MAC metod koji se koristi u bežičanom LAN-u. Bežične stanice **ne mogu** detektovati koliziju (t.j. u svakom slučaju će biti poslat ceo okvir).

Osnovne CSMA/CA operacije:

- 1) Čekanje na slobodan medijum
- 2) Čekaj slučajno vreme (backoff)
- 3) Slanje okvira
- 4) Desila se kolizija, stanice to neće detektovati
- 5) Kolizija => okvir sa greškom => bez ACK unazad

**CSMA/CA pravilo:  
Backoff pre kolizije**

## Osnove pristupa bežičnom medijumu



CSMA:  
Samo jedan paket u  
jednom trenutku

U nastavku istražujemo samo  
**Infrastrukturni BSS.**

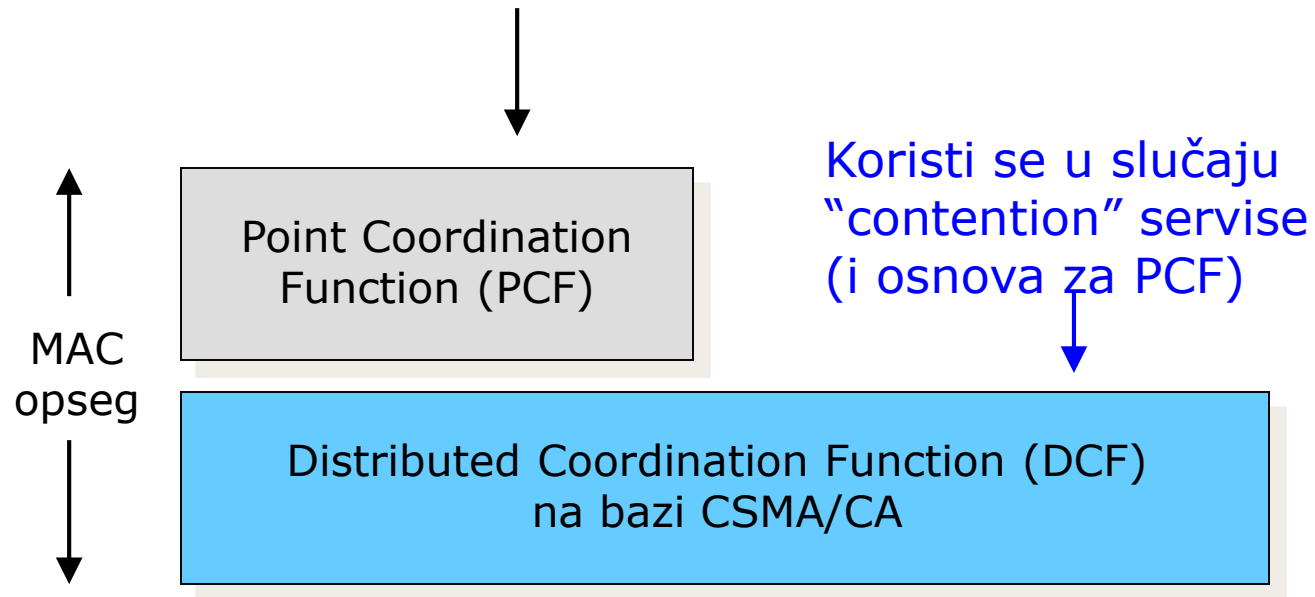
Što se tiče pristupa  
prenosnom medijumu, **sve**  
stanice i AP imaju **isti**  
**prioritet**



prenosi u **downlink**-u (od  
AP) and **uplink**-u (od  
stanice) su slični

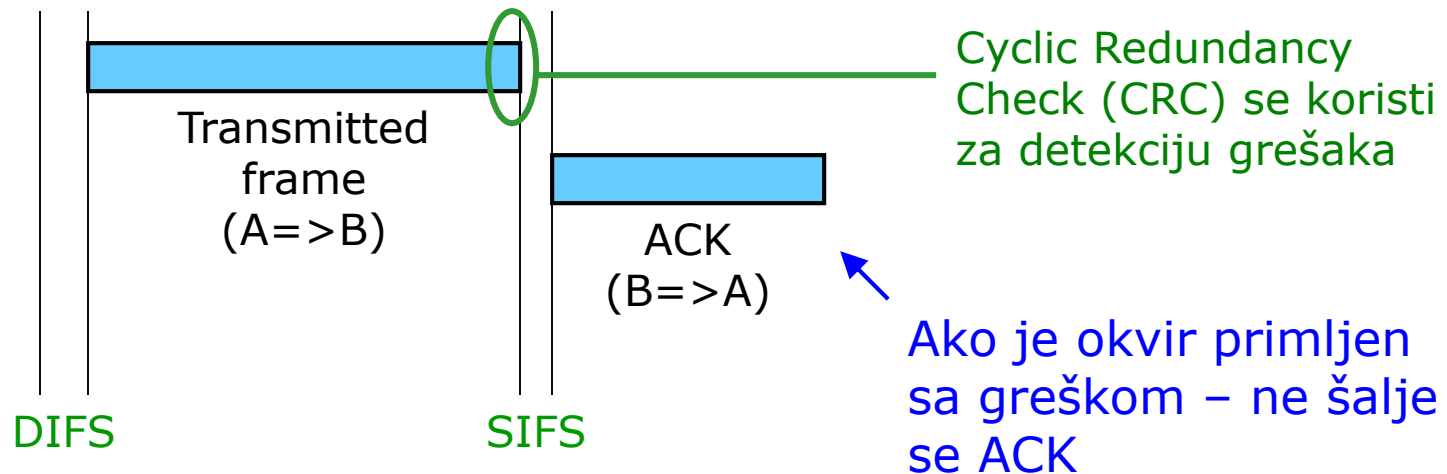
## DCF (CSMA/CA) vs. PCF

Projektovan za "contention-free" servise isporuke (osetljive na kašnjenje, real-time servisi kao što je prenos govora)



- Funkcija za distribuiranu koordinaciju, DCF
- Funkcija za centralizovanu koordinaciju, PCF

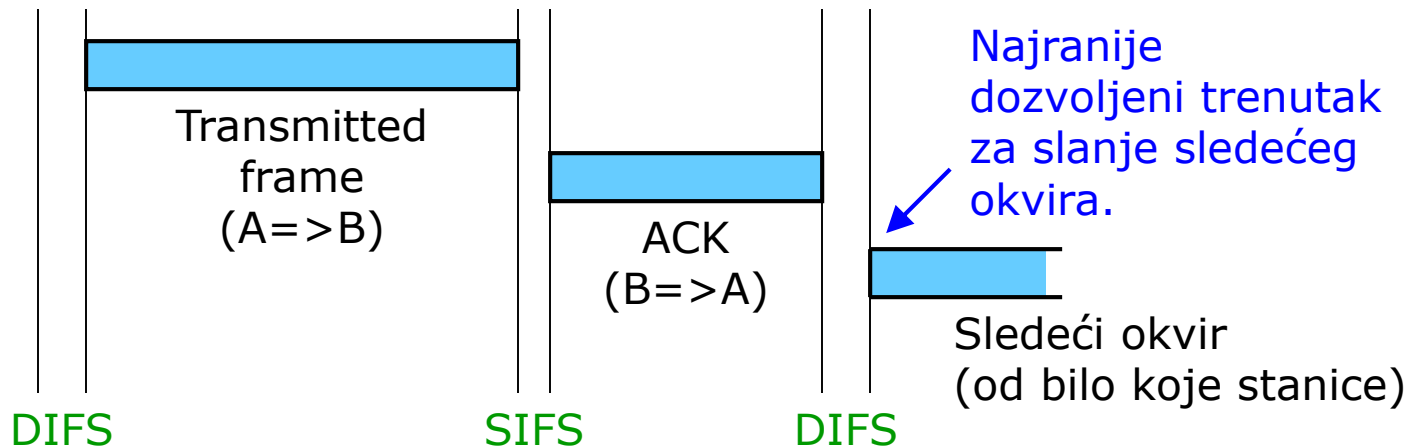
## Bežični pristup medijumu (1)



Kada se primi okvir bez bitskih grešaka, prijemna stanica (B) šalje **Acknowledgement (ACK) okvir** nazad do predajne stanice (A).



## Bežični pristup medijumu (2)



Stanica može da šalje podatke **SAMO AKO** detektuje da je kanal **SLOBODAN DIFS vremena**

U toku transakcije (Okvir (+ SIFS) + ACK) prenosni medijum (radio kanal) je rezervisan – **atomičnost transakcije**. Sledeći okvir može biti poslat **najranije** nakon sledećeg DIFS intervala.

## Bežični pristup medijumu (3)

Dva najznačajnija vremenska intervala između okvira su **SIFS** i **DIFS**:

SIFS (Short Interframe Space) = 10  $\mu$ s (16  $\mu$ s)

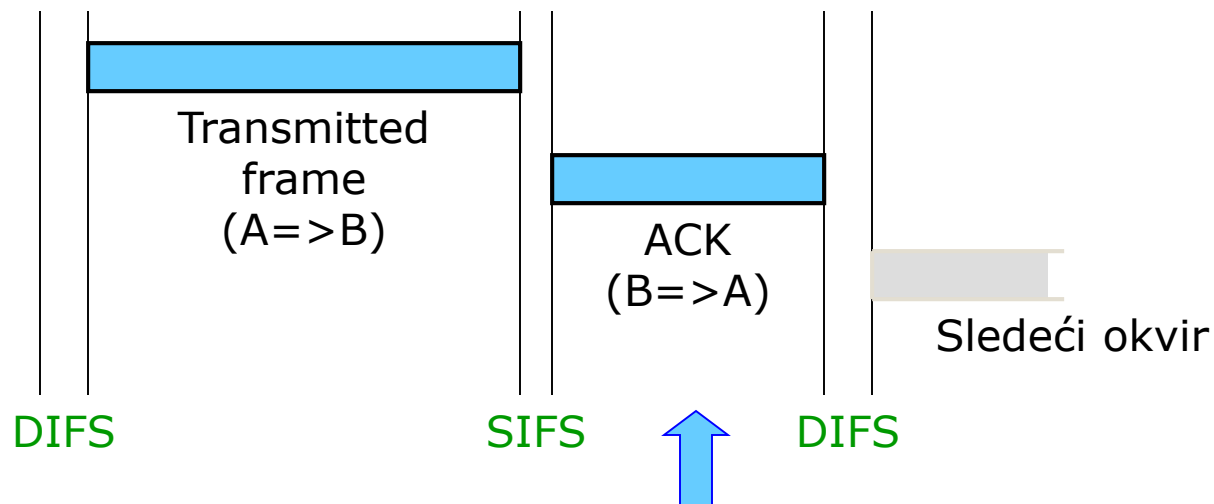
DIFS (DCF Interframe Space) = 50  $\mu$ s (34  $\mu$ s)

802.11b

802.11g

Kada dve stanice pokušaju da istovremeno pristupe medijumu, ona koja čeka SIFS vremenski interval pobeđuje u odnosu na stanicu koja čeka DIFS vremenski interval. Drugim rečima, SIFS ima veći prioritet u odnosu na DIFS.

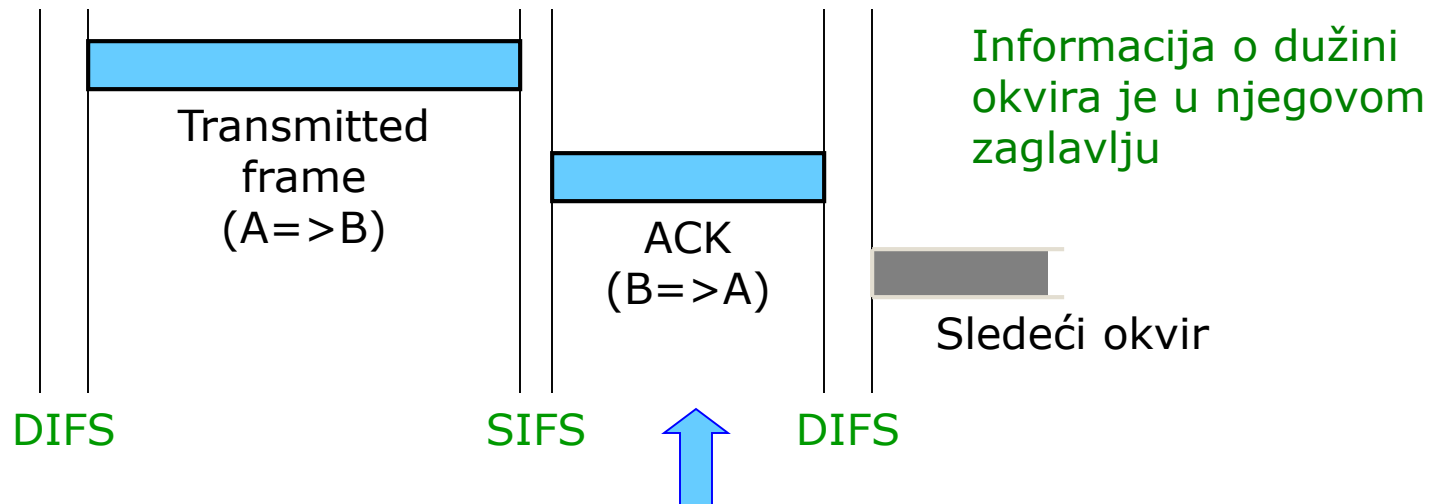
## Bežični pristup medijumu (4)



Postoje dva mehanizma za rezervaciju kanala:

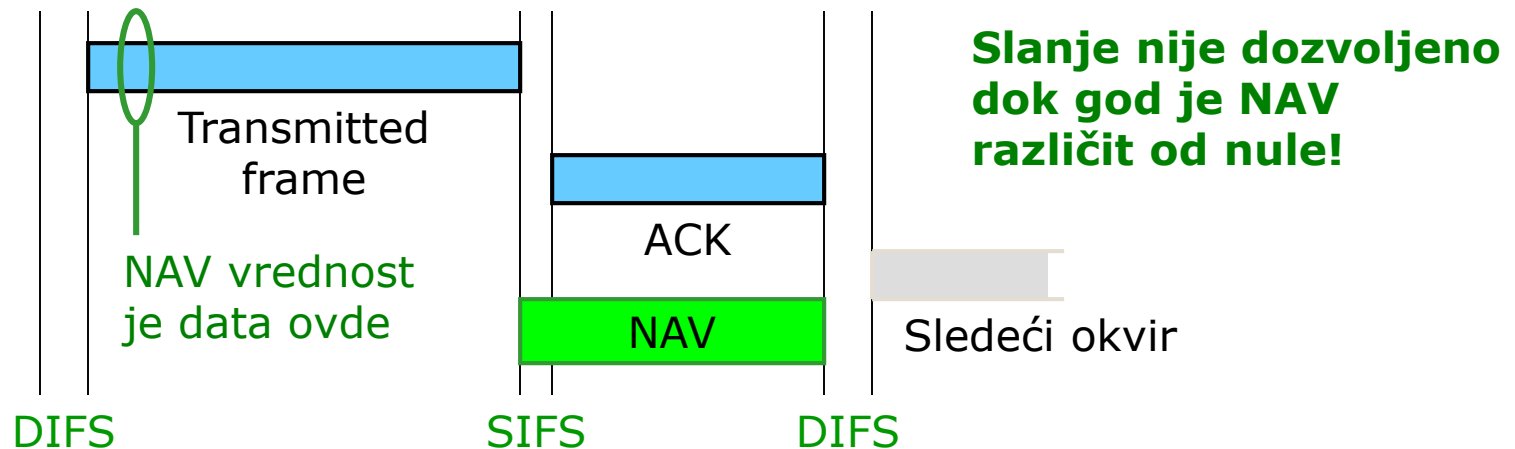
(I) **Physical carrier sensing** i (II) **Virtual carrier sensing** korišćenjem tzv. **Network Allocation Vector (NAV)**.

## Bežični pristup medijumu (5)



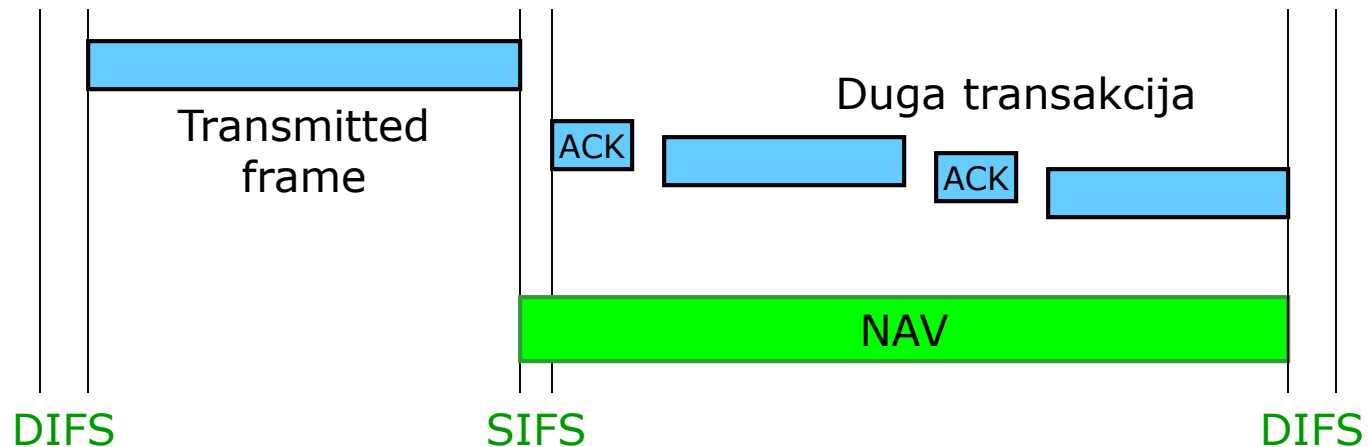
**Physical carrier sensing** – fizički sloj (PHY) informiše MAC pod-sloj kada se u kanalu detektuje okvir. Prioriteti u pristupu medijumu se rešavaju kroz dužinu intervala između okvira.

## Bežični pristup medijumu (6)



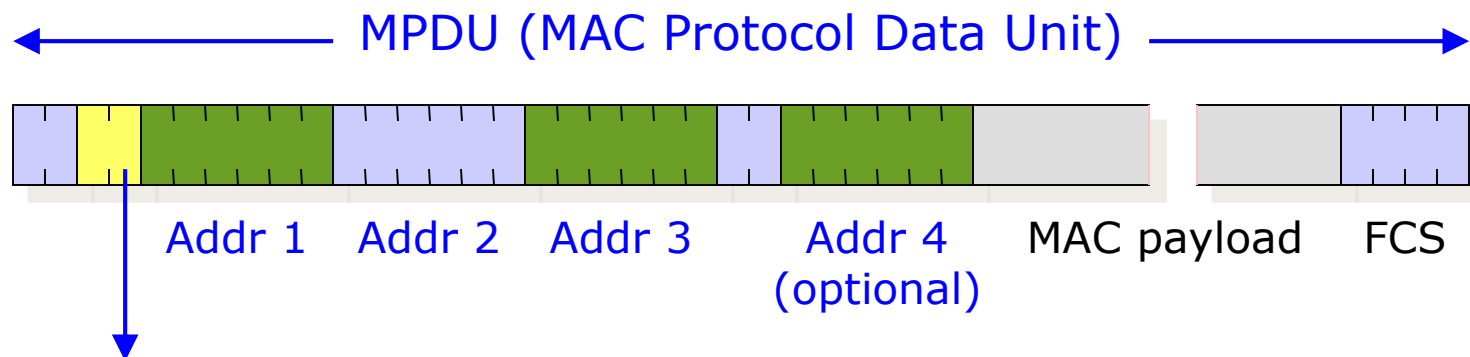
Virtual carrier sensing označava da je **NAV vrednost** postavljena u svim stanicama a koju je moguće očitati iz okvira koji je u prenosu.

## Bežični pristup medijumu (7)



**Virtual carrier sensing** koje koristi **NAV** je posebno značajno u situacijama u kojima će kanal biti rezervisan "duže vreme" (korišćenje RTS/CTS, fragmentacija, itd...).

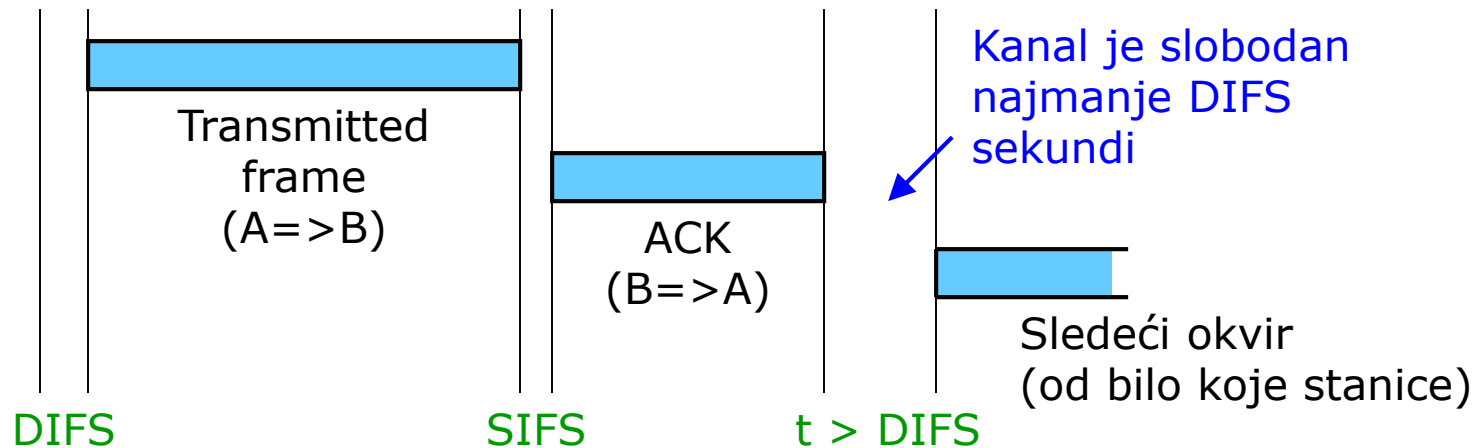
## NAV vrednost se prenosi u MAC zaglavlju



**Duration** polje: 15 bits sadrži NAV vrednost u broju mikrosekundi. Poslednji (16.) bit je nula.

Sve stanice moraju pratiti zaglavlja svih okvira koje primaju i na bazi NAV vrednosti iz okvira postavljaju svoj brojač (vremensku kontrolu). Brojač se dekrementira nakon svake mikrosekunde. Kada brojač dođe do nule – kanal je opet raspoloživ.

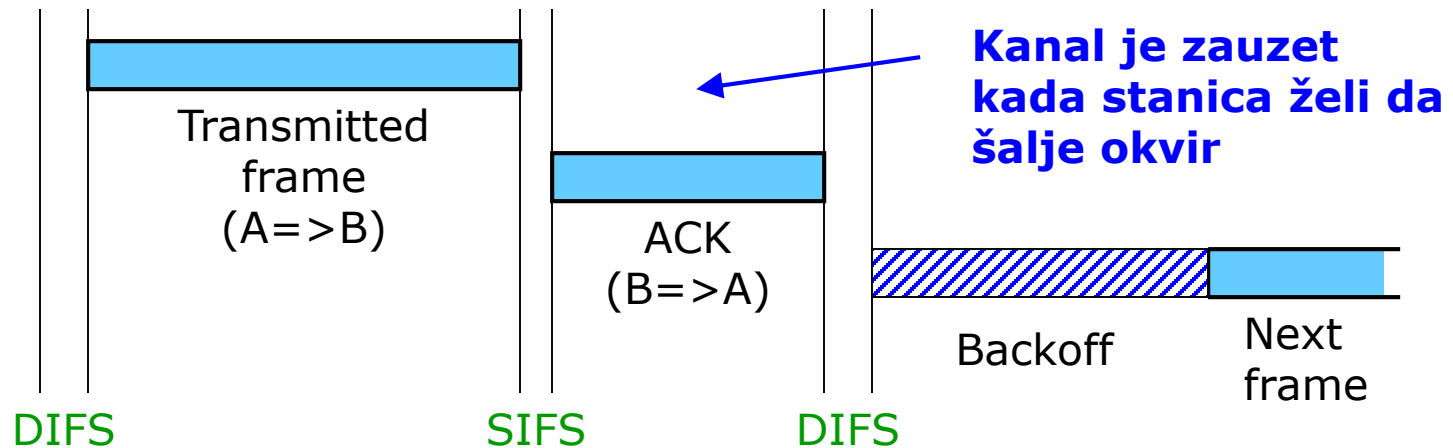
## Bežični pristup medijumu (8)



Kada stanica želi pa pošalje okvir a **kanal je već slobodan vremenski period > DIFS** (računato od trenutka kada je stanica prvi put proveravala zauzetost kanala) => **sa slanjem se može odmah početi.**



## Bežični pristup medijumu (9)

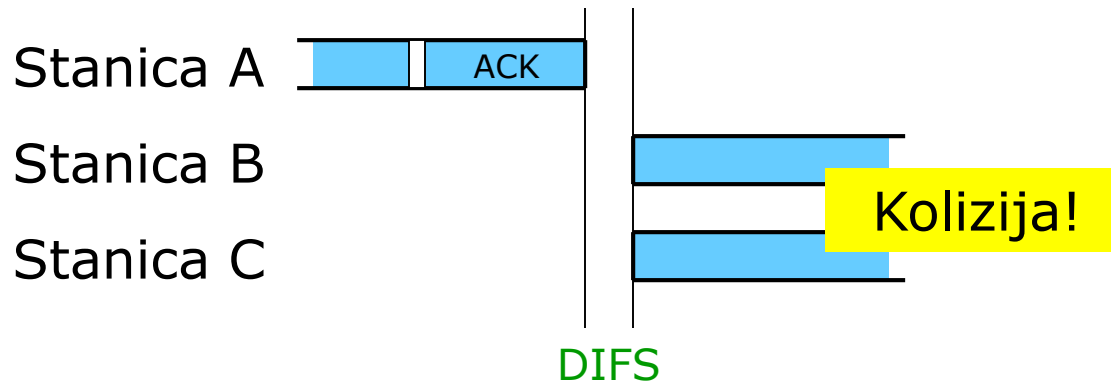


Kada stanica želi da šalje okvir a **kanal je zauzet** – **slanje se odlaže** => Nakon toga, kada se detektuje da je kanal slobodan DIFS vremena - stanica mora čekati **backoff vreme** pre nego što se dozvoli slanje okvira. Razlog? Sledeća dva slajda...

## Nema backoff => kolizija je verovatna

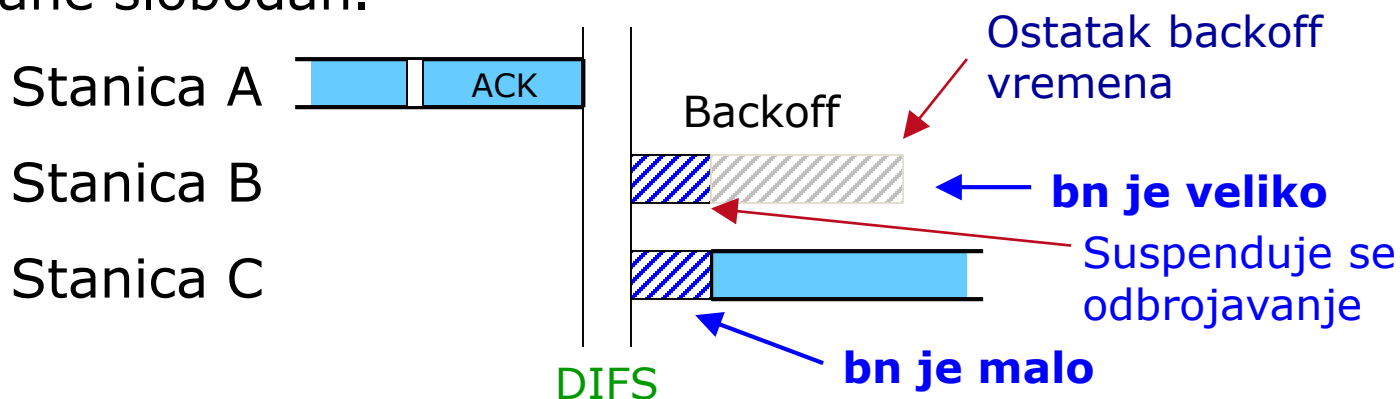
Predpostavimo da nekoliko stanica (B i C na slici) čekaju na pristup bežičnom prenosnom medijumu.

Kada kanal postane slobodan, ove stanice počinju slanje svojih okvira - istovremeno => **kolizija!**



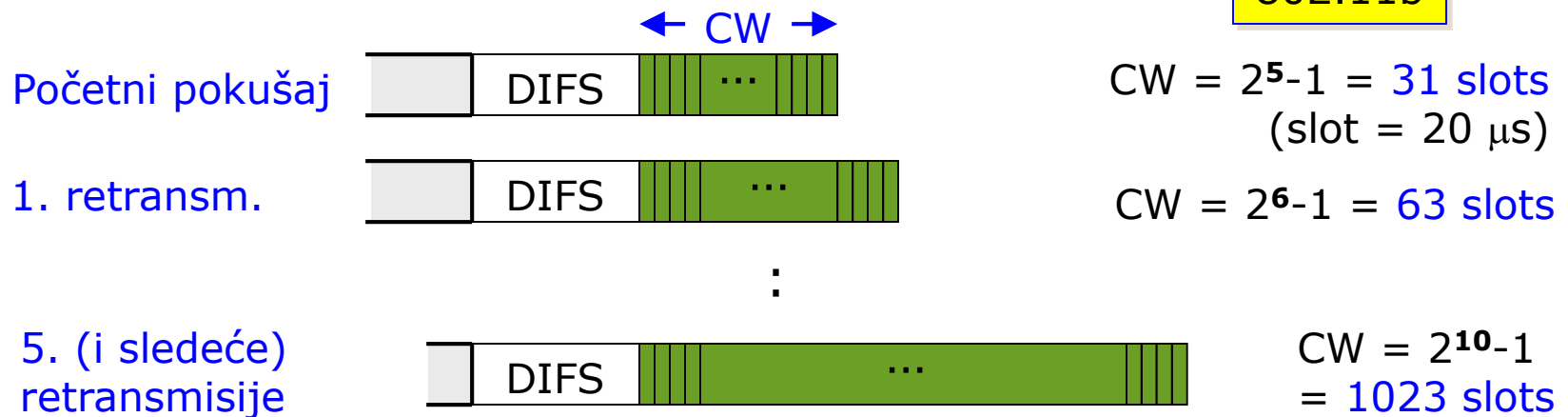
## Backoff => verovatnoća kolizije se redukuje

Stanice koje se nadmeću generišu slučajnu backoff vrednost **bn**. Backoff brojači odbrojavaju na dole ka nuli, počevši od **bn**. **Kada brojač dostigne nulu, stanici je dozvoljeno da šalje njegov okvir.** Svi drugi brojači se suspenduju (prekidaju odbrojavanje) dok kanal ponovo ne postane slobodan.



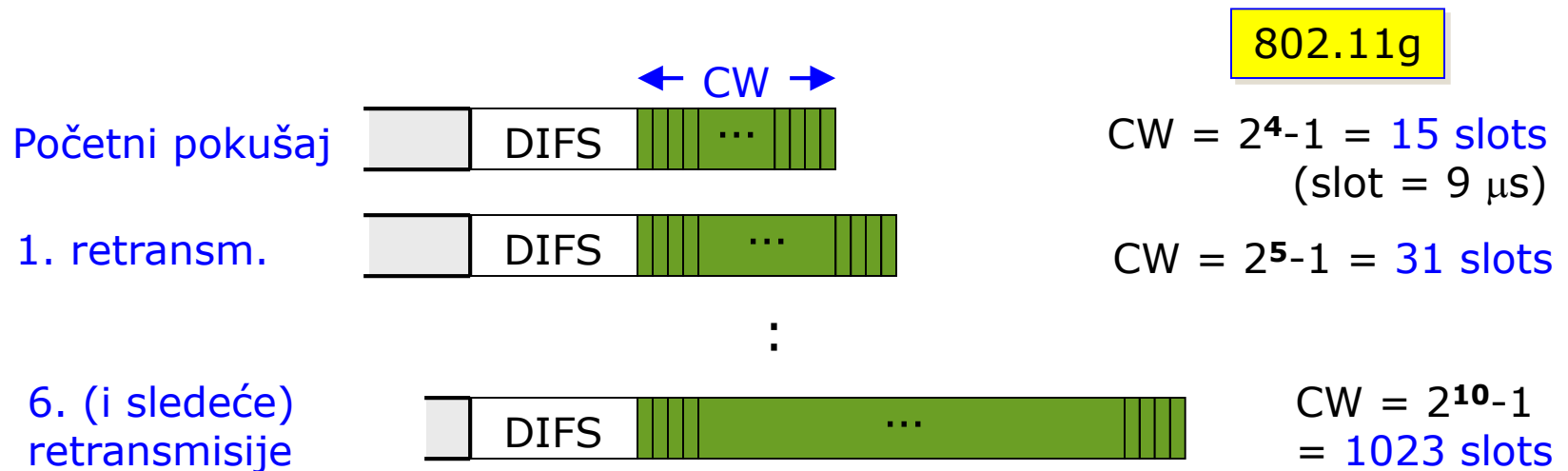
## Prozor čekanja (Contention window, CW) za 802.11b

Ako je prenos okvira bio neuspešan, dopušteno je **ponovno slanje okvira**, pre svake retransmisije **Prozor čekanja (CW)** se povećava (iz koga se određuje **bn**).



## Prozor čekanja (CW) za 802.11g

U slučaju 802.11g specifikacije, početna dužina CW je **15 slotova**. Trajanje slota je **9  $\mu$ s**. Backoff operacija za 802.11g je **značajno brža** nego u slučaju 802.11b.



## Slučajni izbor backoff brojača

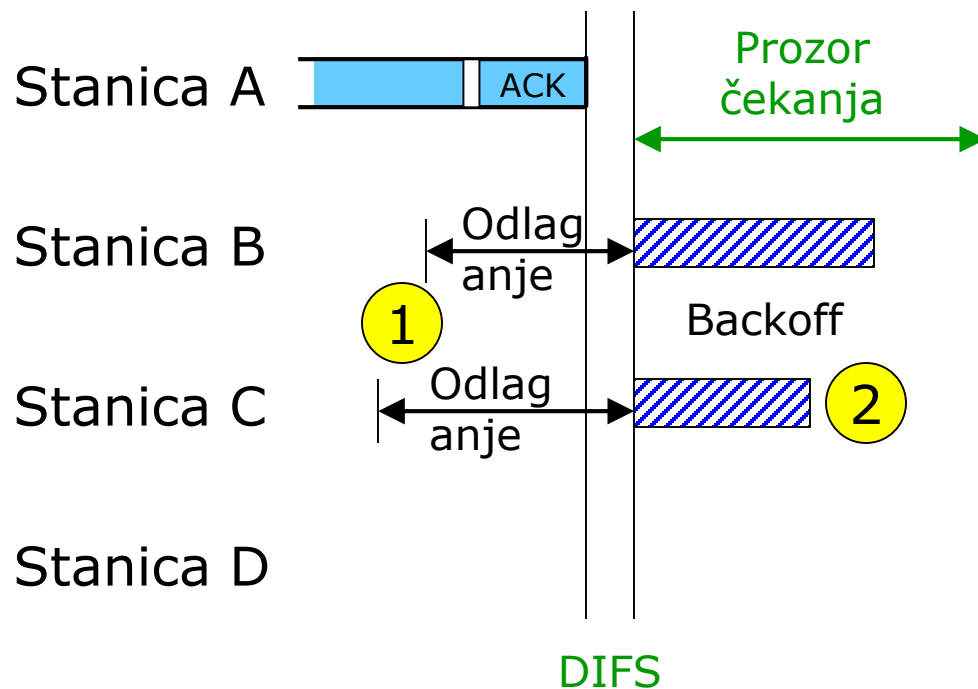
Na osnovu vrednosti **CW** ( $= 15 / 31 \dots 1023$  slotova) slučajno se bira vrednost backoff brojača **bn** (u broju slotova) tako da **bn** bude **uniformno raspodeljen** između  $0 \dots CW$ .

Budući da je malo verovatno da će više stanica izabrati istu vrednost za **bn**, kolizije su vrlo retke.

---

***Sledeći slajdovi prikazuju primer pristupa bežičnom medijumu.*** Primer uključuje četiri stanice: A, B, C i D. "Slanje okvira" označava "Podaci+SIFS+ACK" sekvencu. Uočimo kako se backoff vremenski interval može podeliti na nekoliko delova.

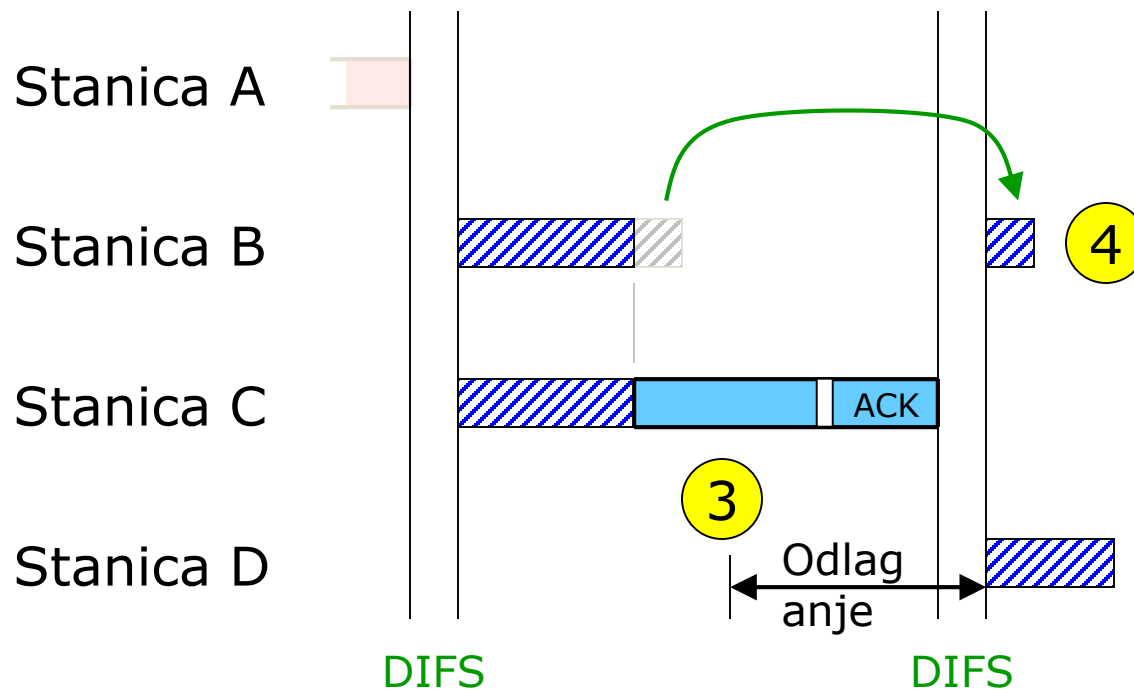
## Bežični pristup medijumu (1)



1) Dok stanica A šalje okvir, stanice B i C takođe žele da pošalju okvire, ali će na to čekati (odlaganje + backoff)

2) Stanica C je "pobednik" (prvoj ističe backoff vreme) i započinje slanje okvira

## Bežični pristup medijumu (2)

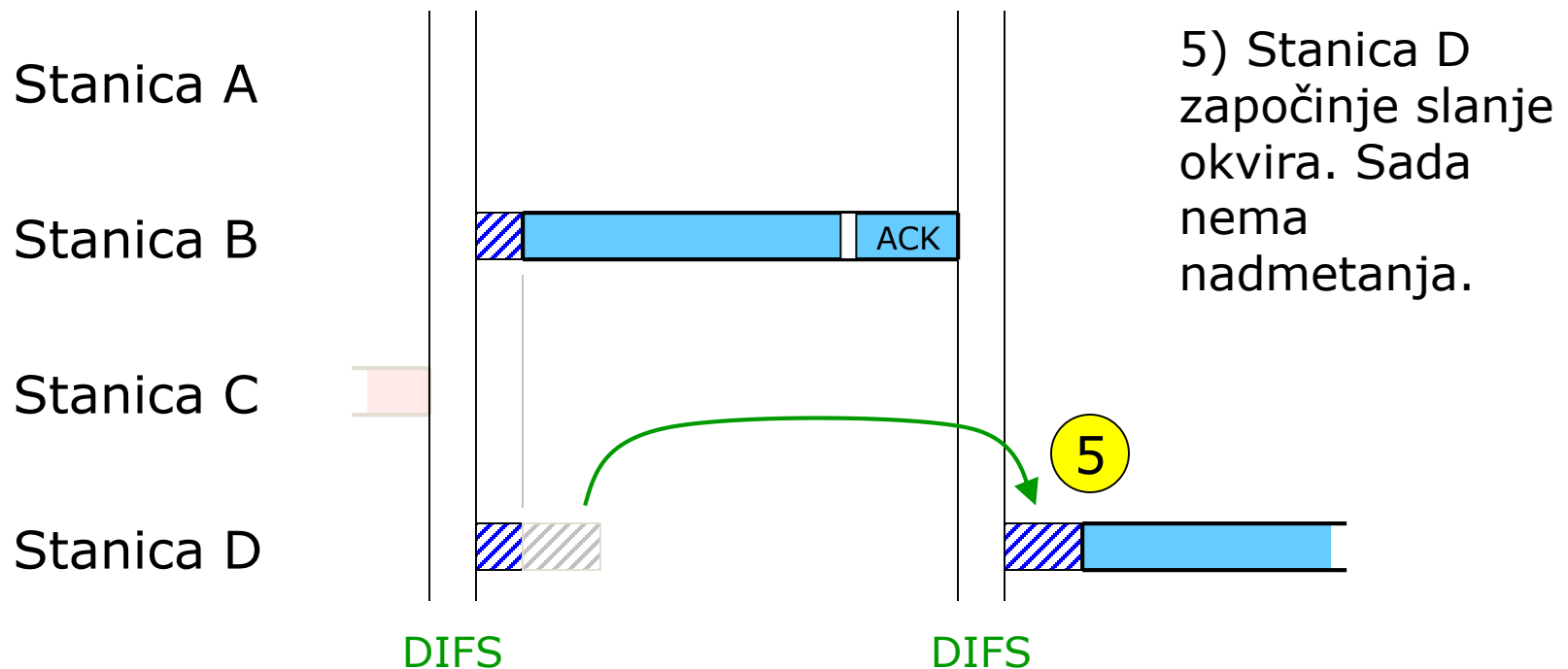


3) Stanica D  
takođe želi da  
pošalje okvir

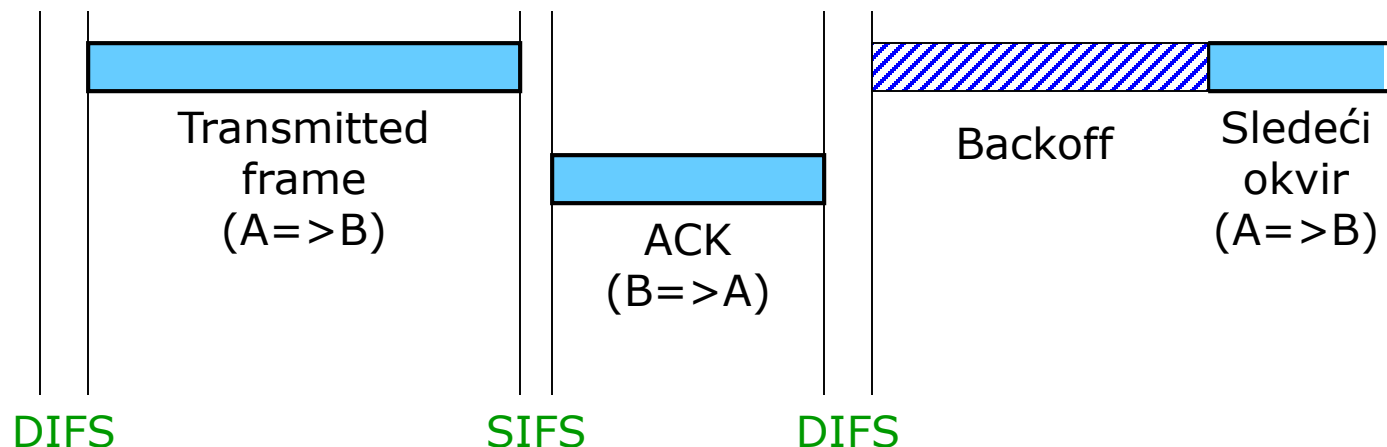
4) Međutim,  
stanica B je  
"pobednik" i  
započinje slanje  
okvira



## Bežični pristup medijumu (3)

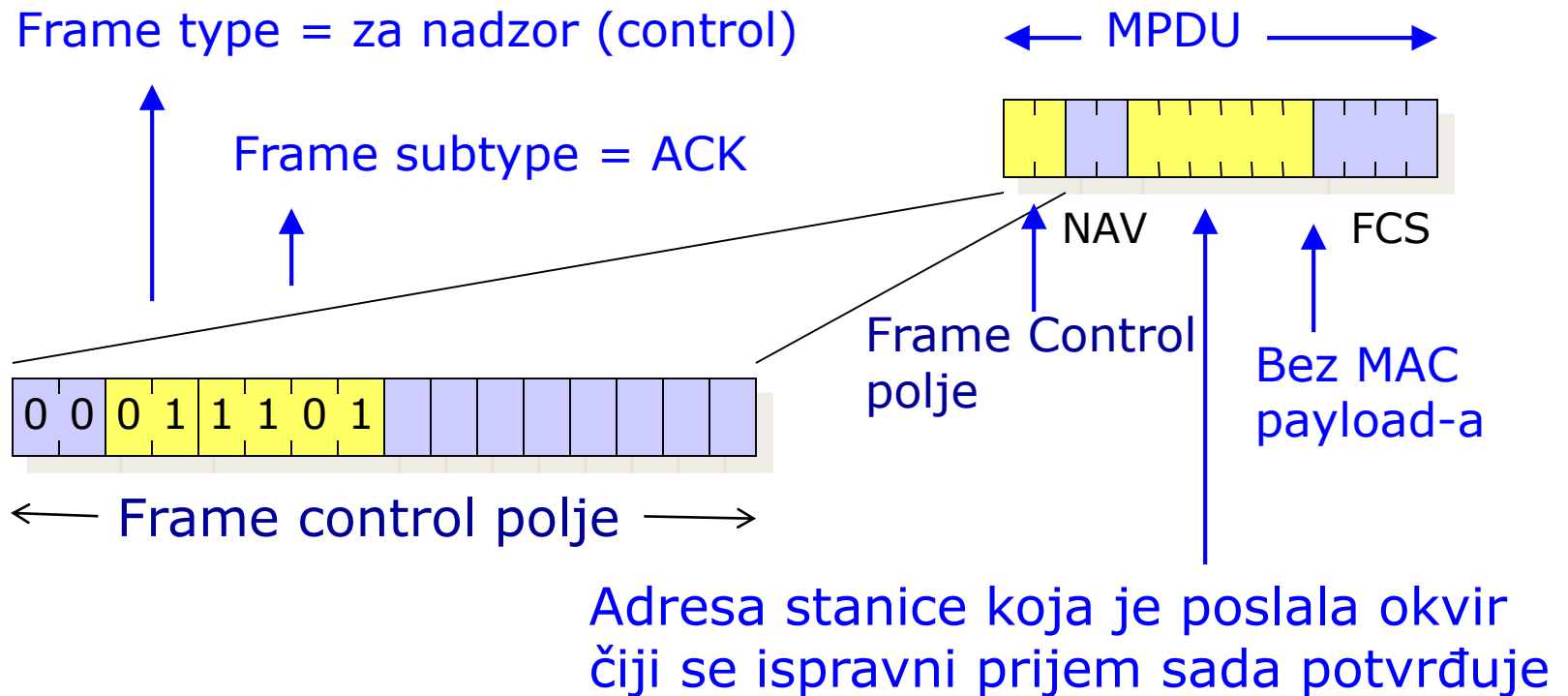


## Nema prečice za bilo koju stanicu...



Kada stanica želi da pošalje više od jednog okvira, ona koristi backoff mehanizam kao i svaka druga stanica (naravno, ona može da "uzurpira" kanal slanjem dugog okvira, na primer korišćenjem fragmentacije).

## Struktura ACK okvira



## Upotreba RTS & CTS

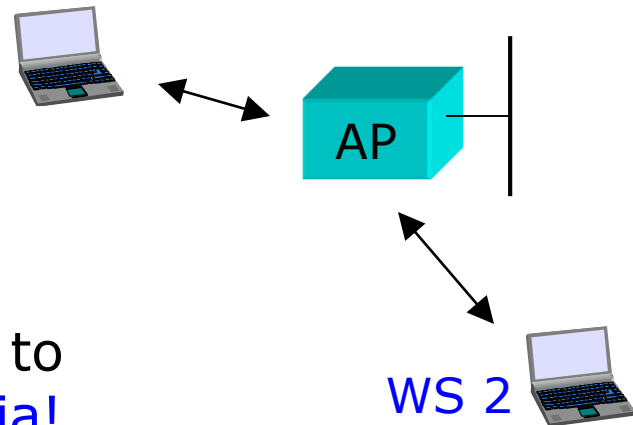
RTS/CTS (Request/Clear To Send) šema se koristi kao rešenje za problem "skrивene stanice":

Problem skrивene stanice: WS 1

WS 1 i WS 2 mogu da "čuju" AP ali ne jedna drugu

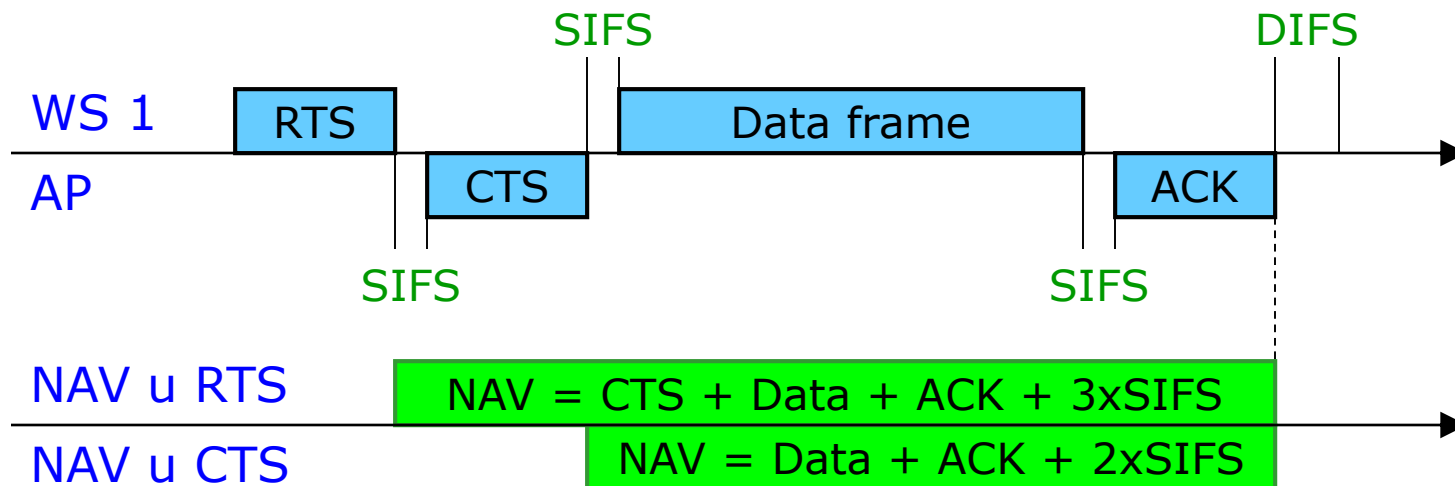
=>

Ako WS 1 šalje okvir, WS 2 neće to detektovati (i obrnuto) => kolizija!



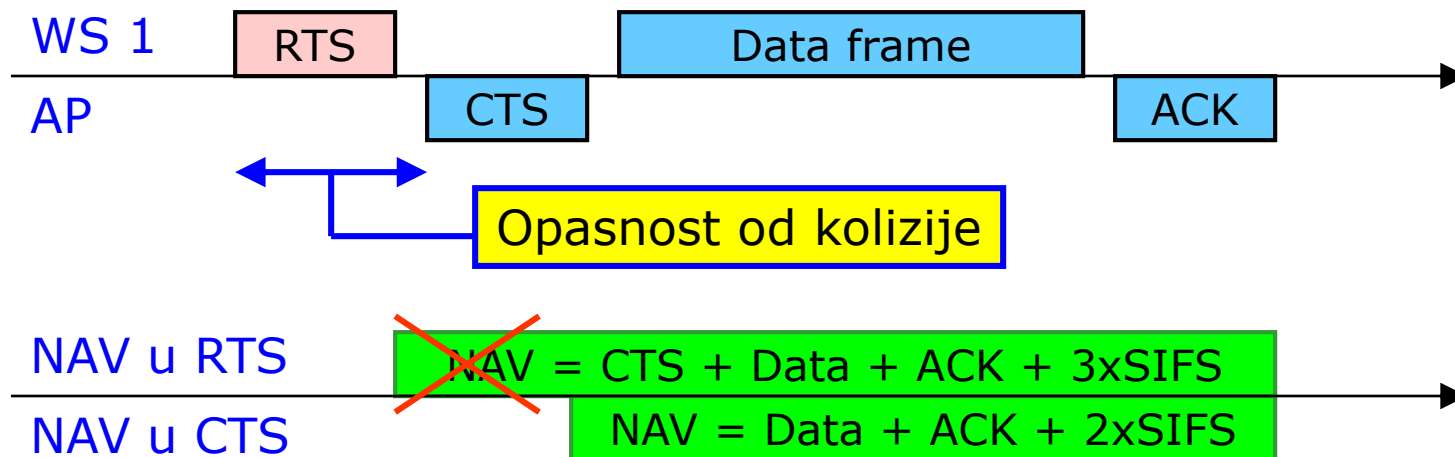
## Rezervacija kanala upotrebom NAV

The RTS/CTS šema koristi "samo-SIFS" i NAV (Network Allocation Vector) za **rezervaciju** prenosnog medijuma:



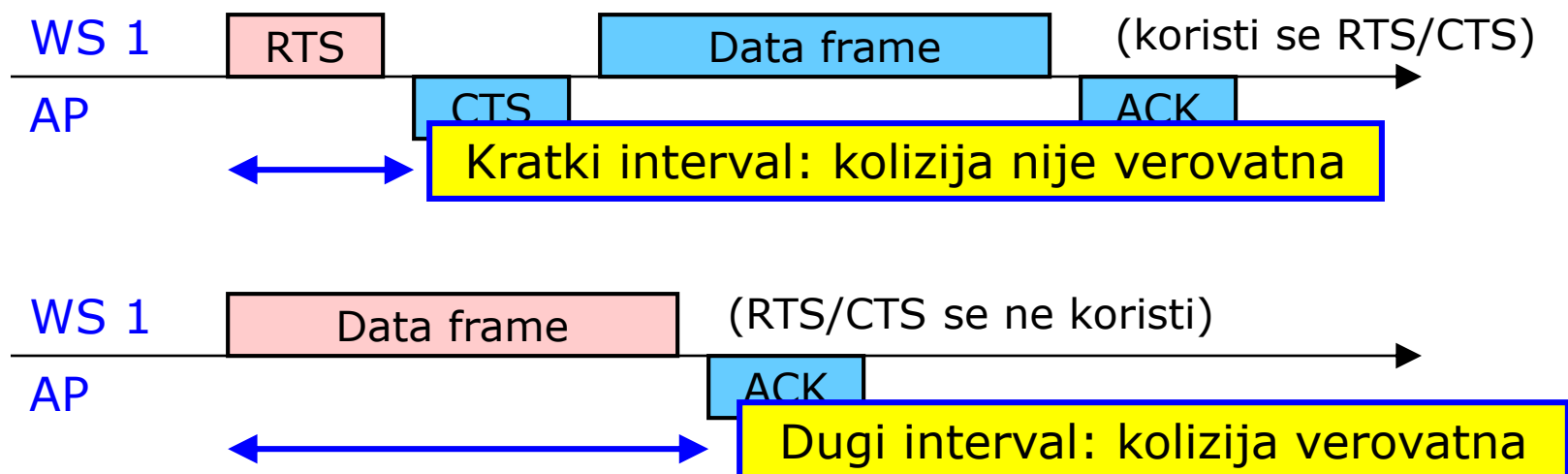
## Opasnost od kolizije samo tokom RTS

WS 2 ne "čuje" RTS okvir (i pridruženi NAV), ali može da "čuje" CTS okvir (i pridruženi NAV).



## Prednosti korišćenja RTS & CTS (1)

Korišćenje RTS/CTS nudi prednost ako je **okvir podataka mnogo duži** u odnosu na RTS okvir:



## Prednosti korišćenja RTS & CTS (2)

Dugačak interval u kome postoji “opasnost od kolizije” (predhodni slajd) treba izbeći iz sledećeg razloga:

- Veća verovatnoća kolizije
- Upotrebljen veći kapacitet ako se desi kolizija i okvir bude ponovo poslat (retransmisija).

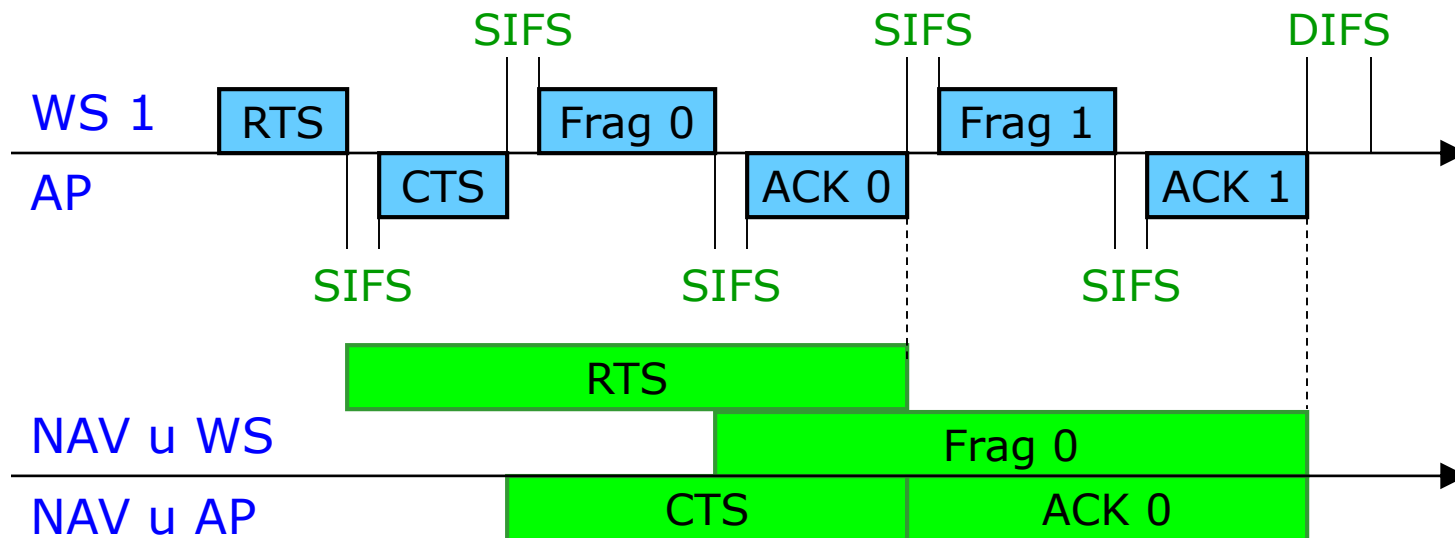
Parametar **RTS prag** (**dot11RTSThreshold**) može biti postavljen u bežičnoj stanici.

Okviri kraći od te vrednosti biće poslani bez korišćenja RTS/CTS.

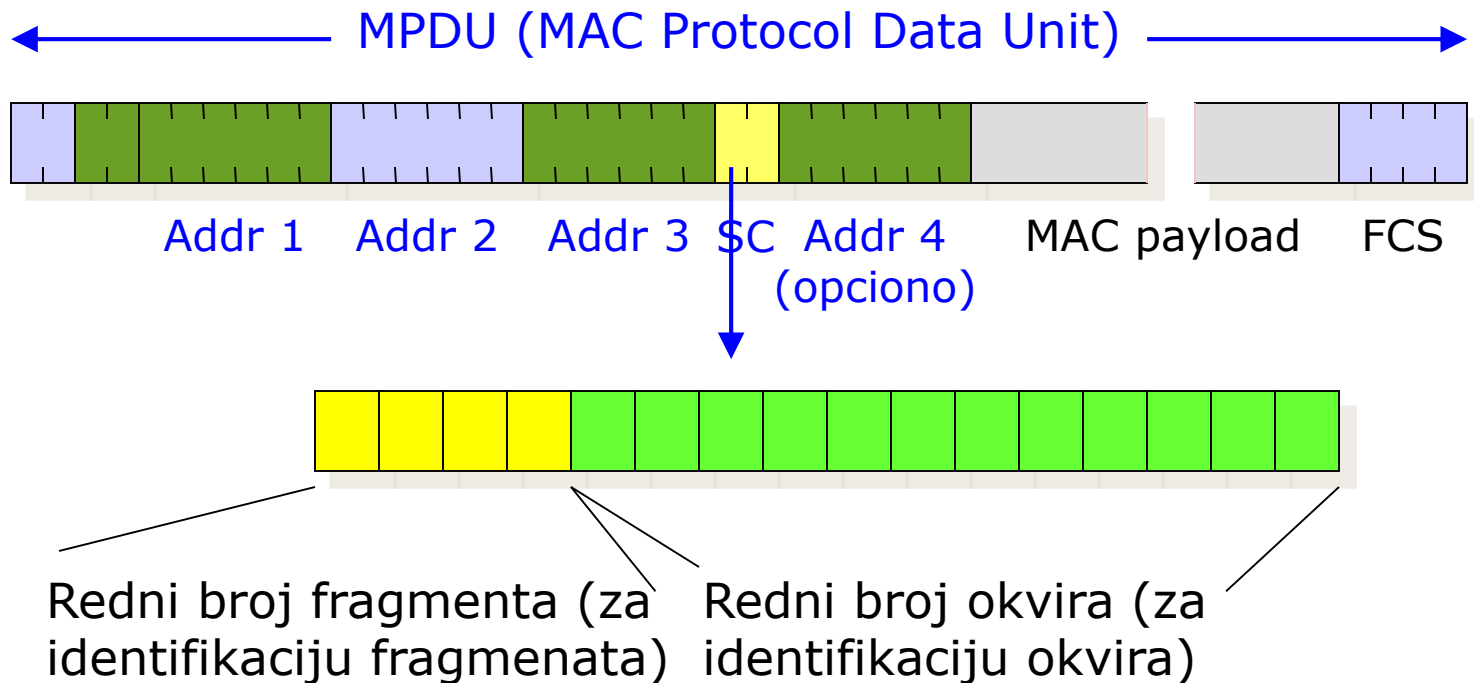


# Fragmentacija

Fragmentacija koristi RTS/CTS šemu i NAV mehanizam:



## Sequence control polje



## Prednosti fragmentacije

Slanje dugih okvira podataka treba izbeći iz sledećih razloga:

- Veća verovatnoća greške u prenosu okvira
- Upotrebljen veći kapacitet ako se desi greška u prenosu i čitav okvir treba ponovo poslati.

Parametar **prag Fragmentacije** (**dot11FragmentationThreshold**) može biti postavljen u bežičnoj stanici.

Okviri duži od ove vrednosti će biti poslati korišćenjem fragmentacije.