

5. WiFi

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

dr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

WiFi

- Uvod
- MAC kontrola
- Fizički nivo

WiFi

Uvod

- ❑ IEEE 802.11 familija standarda
- ❑ WiFi uređaji pristupaju mreži preko AP (Access Pointa)
- ❑ Skup uređaja povezanih na AP se naziva Basic Service Set (BSS)
- ❑ AP svakih 100ms šalje beacon frejm koji sadrži osnovne karakteristike BSS-a
- ❑ Definiše MAC podnivo (CSMA-CA i RTS-CTS) i fizički nivo (sub GHz, 2.4GHz, 5GHz i 60GHz za brzine od 1Mb/s do nekoliko Gb/s)

WiFi

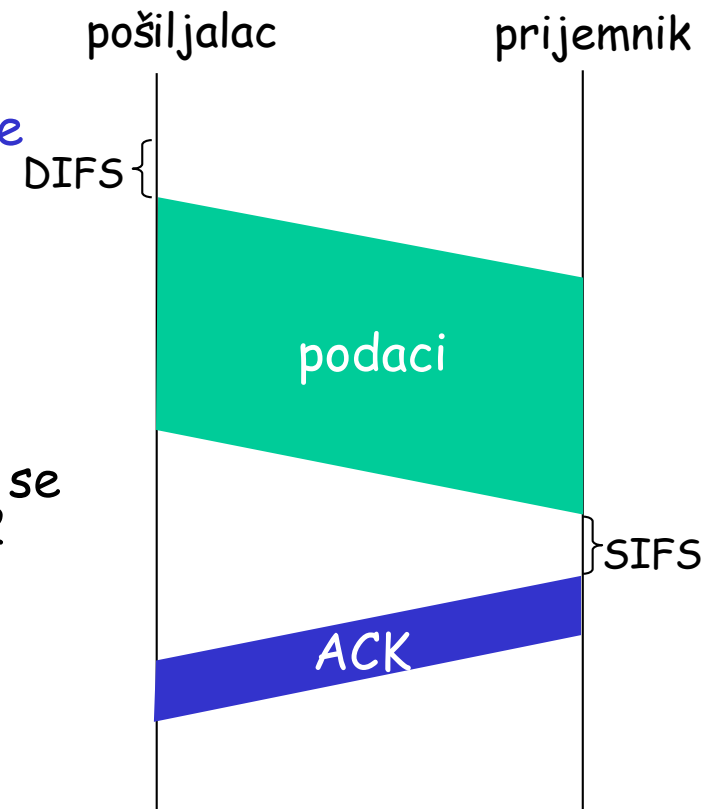
MAC kontrola (CSMA-CA)

802.11 pošiljalac

1. ako pošiljalac detektuje slobodan kanal tokom trajanja intervala **DIFS** (Distributed Interframe Space) tada se šalje cijeli frejm (nema detekcije kolizije)
2. ako se tokom DIFS detektuje zauzeti kanal tada se
 - Izračunava slučajno *backoff* vrijeme tajmera
 - Dok je kanal zauzet tajmer se zaustavlja
 - Nakon oslobađanja kanala timer odbrojava
 - Kada istekne tajmer, ako je kanal slobodan počinje slanje frejma
 - Ako nakon slanja nema potvrde ACK, povećava se slučajni backoff interval, i ponavlja se korak 2

802.11 prijemnik

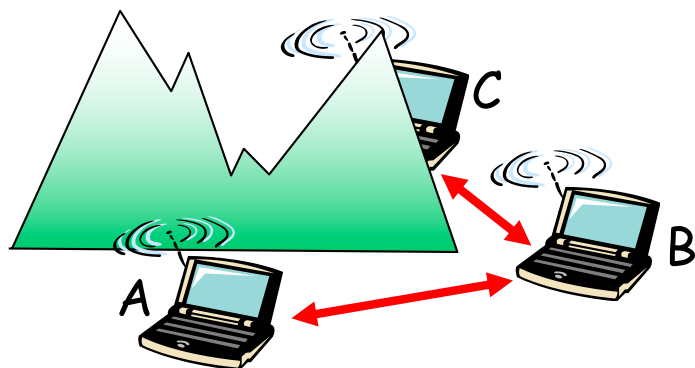
- Ako je primljeni frejm ispravan
 - šalje ACK poslije isteka **SIFS** (Short Interframe Space)
 - ACK je potreban zbog problema skriveni terminal
- Ako primljeni frejm nije ispravan prijemnik odbacuje frejm



WiFi

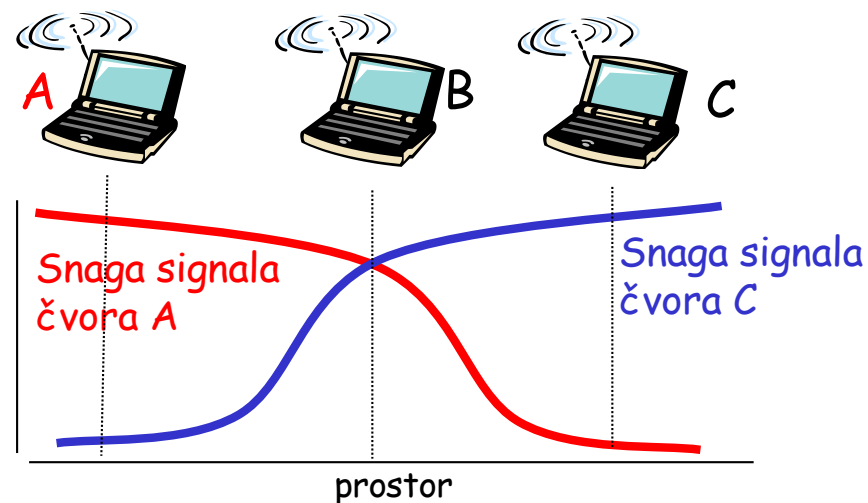
MAC kontrola (Problem sakrivenog terminala)

I pored primjene višestrukog pristupa, više bežičnih predajnika i prijemnika može izazivati dodatne probleme:



1. Problem sakrivenog terminala

- B, A detektuju jedan drugog
- B, C detektuju jedan drugog
- A, C se ne detektuju što znači da A, C ne vode računa o interferenciji na mjestu B



Slabljenje signala:

- B, A se detektuju
- B, C se detektuju
- A, C se ne detektuju i izazivaju interferenciju na mjestu B

WiFi

MAC kontrola (RTS-CTS)

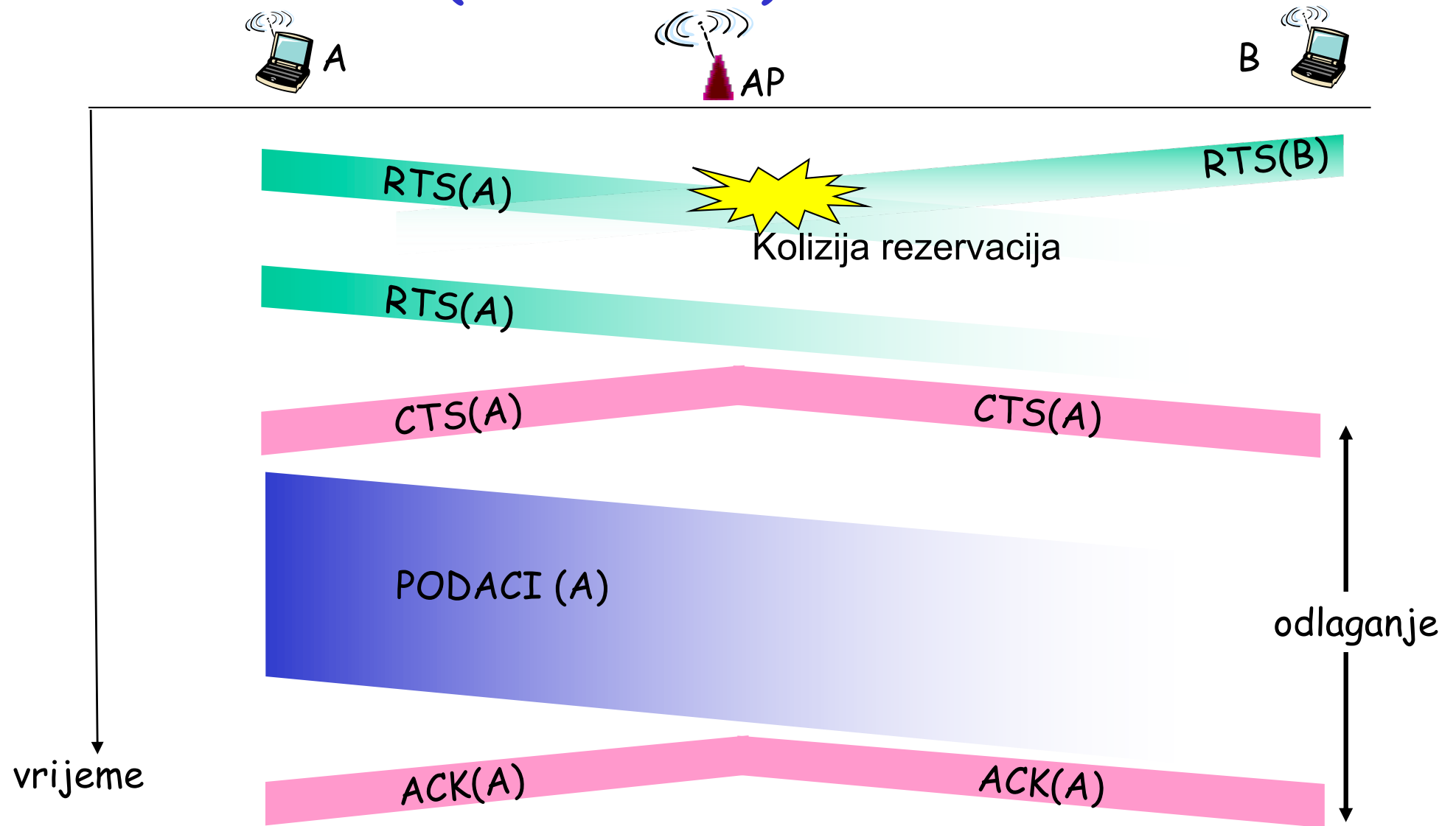
IDEJA! dozvoliti korisniku da “rezerviše” kanal duže nego što mu je potrebno za slanje jednog frejma: izbjeći kolizije za velike frejmove

- ❑ Pošiljalac prvo šalje mali *Request-To-Send* (RTS) frejm pristupnoj tački korišćenjem CSMA
 - RTS frejmovi mogu zapasti u koliziju sa drugim frejmovima (što nije veliki problem jer su kratki)
- ❑ Pristupna tačka šalje svima *Clear-To-Send* (CTS) frejm kao odgovor na RTS frejmove
- ❑ CTS frejm primaju sva čvorišta ali ga koristi samo onaj pošiljalac kojemu je namijenjen
 - Pošiljalac počinje slanje frejma sa podacima
 - Druge stanice ne šalju

Korišćenjem malih rezervacionih frejmova
izbjegava se kolizija velikih frejmova !

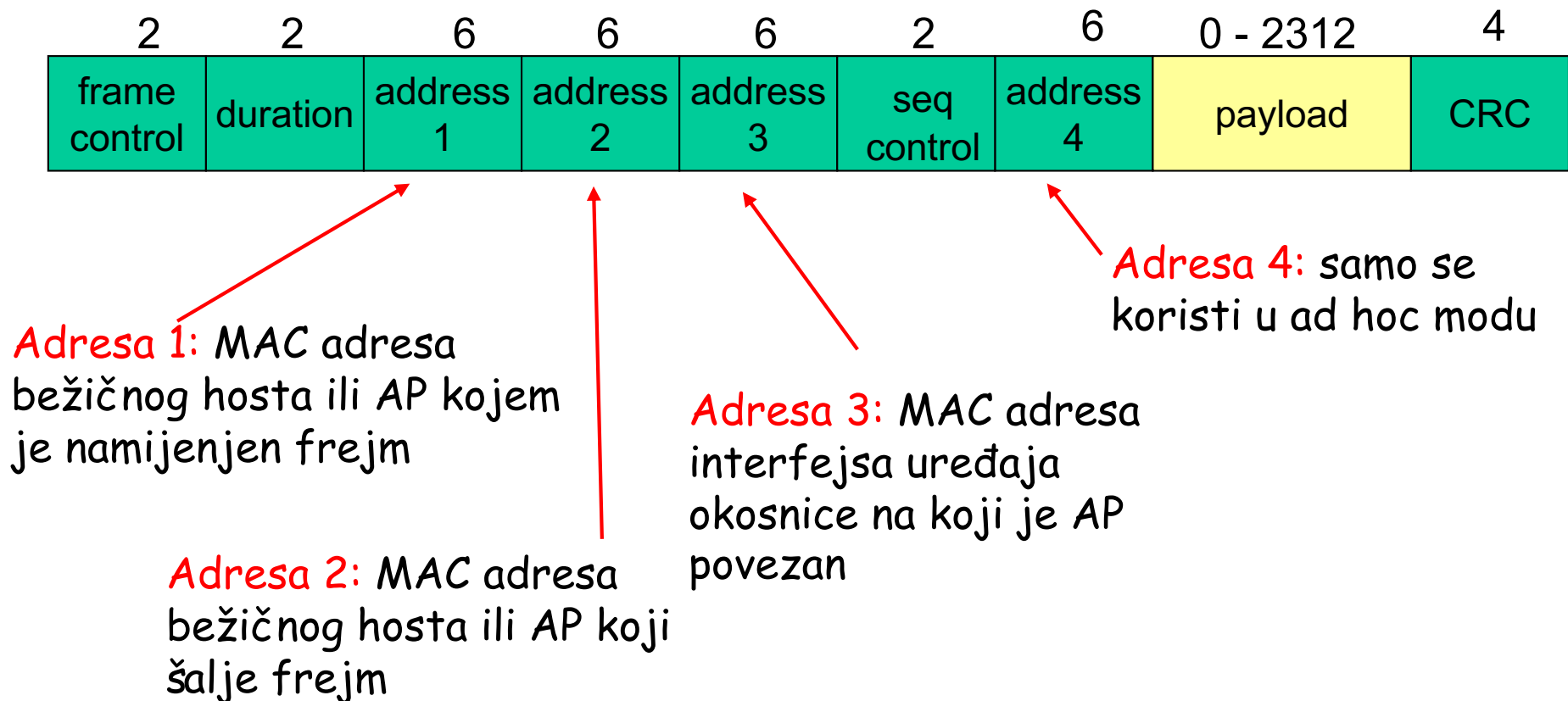
WiFi

MAC kontrola (RTS-CTS)



WiFi

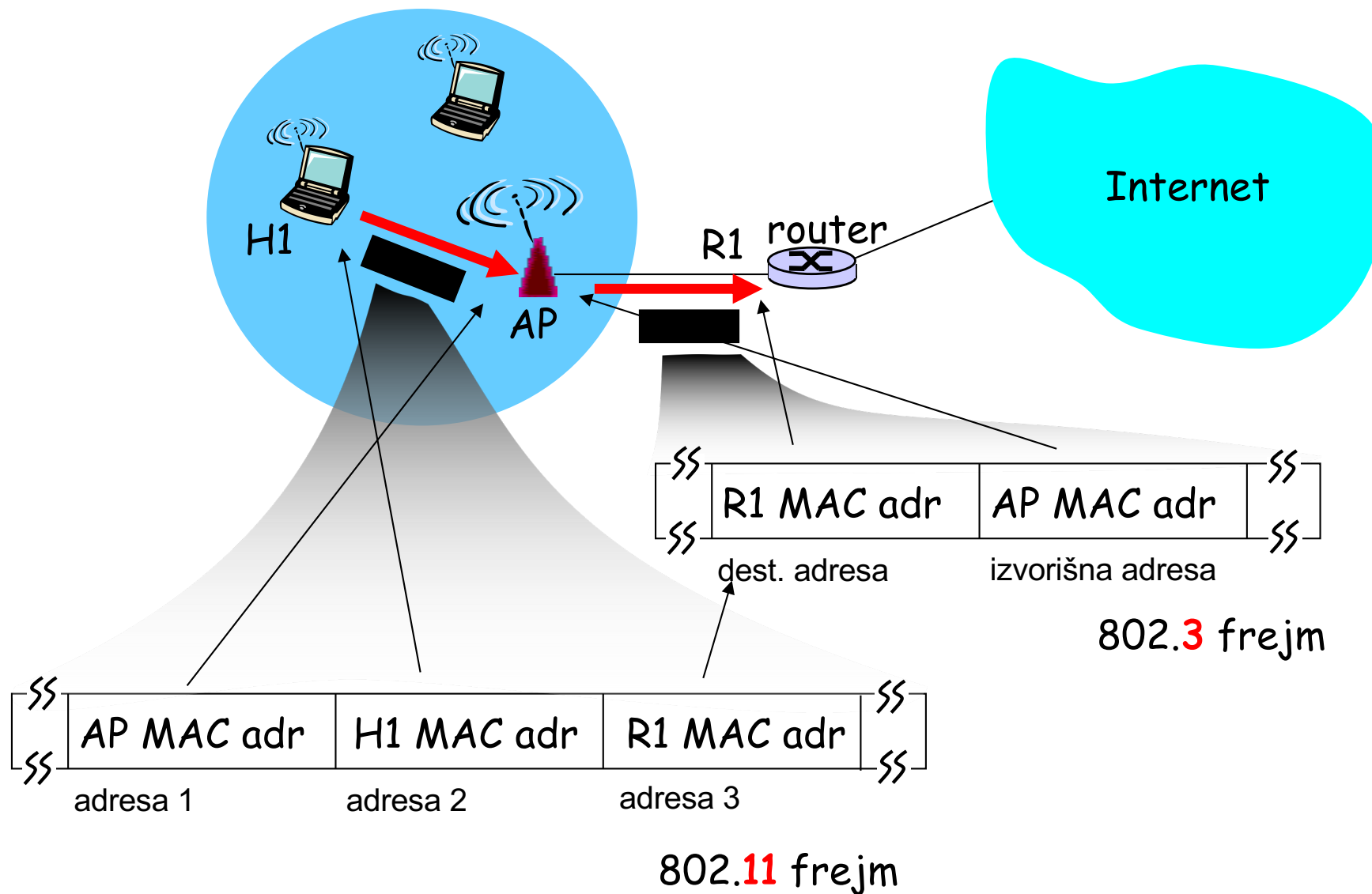
MAC kontrola (frejm)



Payload (najčešće veličine 1500B) nosi IP datagram ili ARP paket.

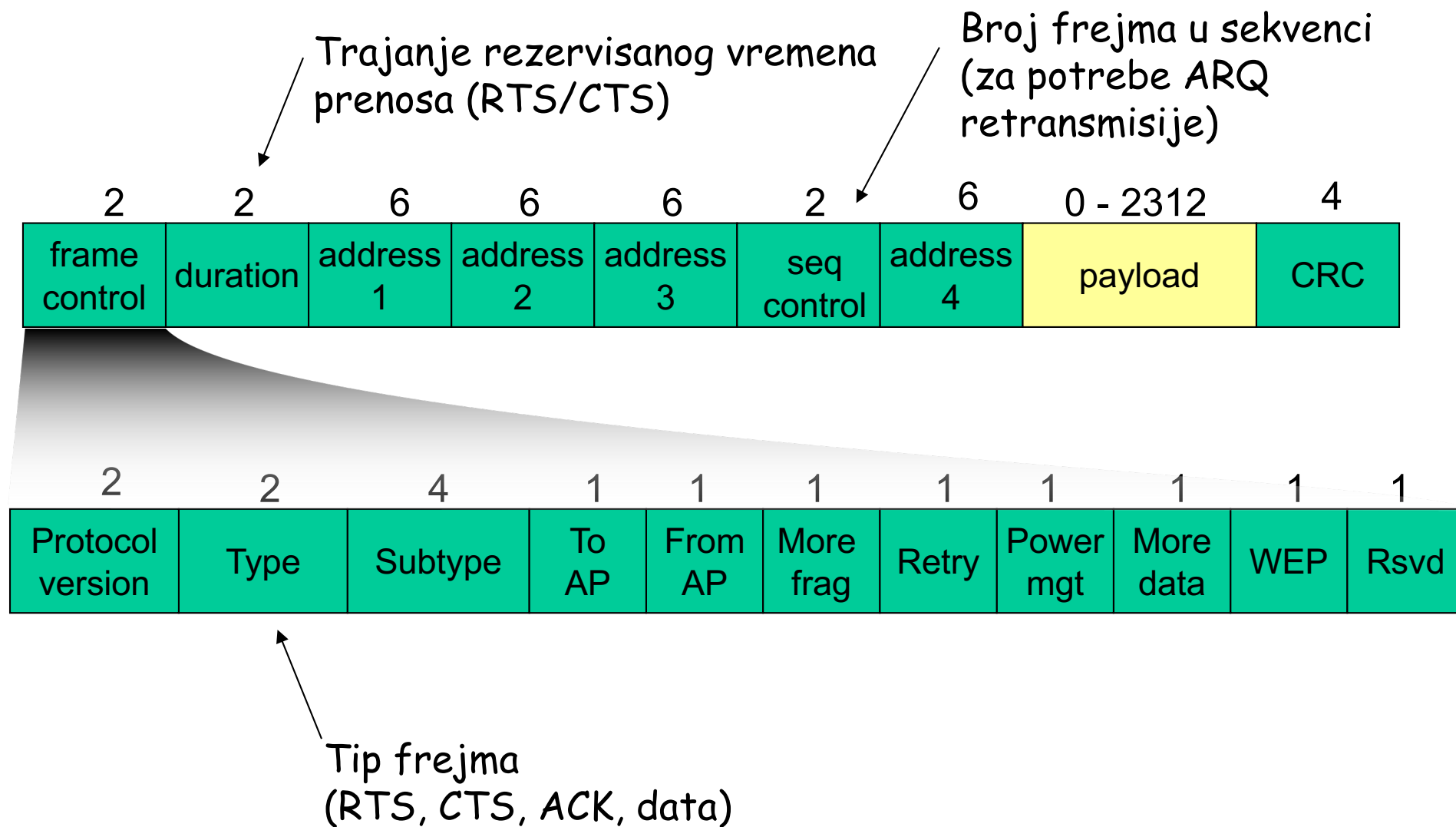
WiFi

MAC kontrola (frejm)



WiFi

MAC kontrola (frejm)



WiFi

Fizički nivo

□ 802.11b

- Ratifikovan 1999
- 2.4-2.5 GHz nelicencirani opseg
- Širina kanala 20MHz
- Kapacitet do 11 Mb/s (dijeljeno između korisnika)
- Domet 38m (unutar objekta) - 140m (van objekta)
- Domet 5000m (van objekta) ako se koristi licencirani opseg 3.7GHz (SAD)
- Stvarni kapacitet 6.5Mb/s
- DSSS (*direct sequence spread spectrum*) na fizičkom nivou

□ 802.11a

- Ratifikovan 1999
- Nelicencirani opseg 5.75-5.875 GHz
- Širina kanala 20MHz
- Domet 35m (unutar objekta) - 120m (van objekta)
- Dijeljeni kapacitet do 54 Mb/s (stvarni kapacitet do 25Mb/s)
- OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*)

□ 802.11g

- Ratifikovan 2003
- 2.4-2.5 GHz nelicencirani opseg
- Širina kanala 20MHz
- Dijeljeni kapacitet do 54 Mb/s (stvarni kapacitet do 25Mb/s)
- Domet 35m (unutar objekta) - 120m (van objekta)
- OFDM ili DSSS

802.11n

- Ratifikovan 2009
- 2.4-2.5 GHz i/ili 5.75-5.875 GHz nelicencirani opsezi
- Širina kanala 20 ili 40 Mhz
- Dijeljeni kapacitet do 600Mb/s (stvarni ispod 200Mb/s)
- Domet 70m (unutar objekta) - 250m (van objekta)
- OFDM
- SU-MIMO (multiple input multiple out)
- 4 toka podataka istovremeno

WiFi Fizički nivo

802.11ad

- Ratifikovan 2012
- 60GHz nelicencirani opseg (5.7-7.1GHz) podijeljen na 6 kanala širine 2GHz
- Kapacitet do 7Gb/s
- WiGig
 - Poznat kao 60 GHz Wi-Fi
 - Uključuje i IEEE 802.11ay standard
- Domet nekoliko metara

802.11ac (WiFi5)

- Ratifikovan 2013
- Nelicencirani opseg 2.4 i 5 GHz
- Kapacitet 6,8Gb/s, stvarna brzina 720Mb/s
- Širina kanala 160MHz
- Do 8 UL MIMO i do 4 DL MU-MIMO sa 400Mb/s odnosno 200Mb/s po anteni
- 256QAM, beamforming,...
- Veći domet od IEEE 802.11n

802.11ax (WiFi6 i WiFi6E)

- Naslednik 802.11c, ratifikovan 2021
- Nelicencirani opsezi od 1GHz do 7.125GHz
- Teorijski kapacitet 11Gb/s
- Manje kašnjenje od prethodnika
- OFDM, 1024 QAM, Target Wake time, WPA3
- MU-MIMO (downlink i uplink) + OFDMA
- 20MHz, 40MHz, 80 MHz, 160 MHz
- *Trigger based random access*
- *Target Wake Time*

802.11ah (HaLow)

- Ratifikovan 2017
- 900MHz nelicencirani opseg
- *Extended range*
- Širina kanala 1MHz, 2MHz do 16MHz
- MU-MIMO na downlinku (4 uređaja istovremeno)
- Dijeljeni kapacitet do 347Mb/s
- Do 8192 uređaja povezana na AP
- IoT
- *Restricted Access Window*
- *Target Wake Time*
- Sektorizacija
- Relay AP
- WiFi HaLow za nisku potrošnju energije u pametnim vozilima, gradovima,....

802.11ay

- Poboljšanje 802.11ad iz 2020. godine
- 60GHz nelicencirani opseg (57.24-70.2GHz) podijeljen na 6 kanala širine 2.16GHz
- Može da objedini četiri kanala jedan kanal širine 8.64GHz (bonding channels)
- MU-MIMO (4 streama po 44Gb/s)
- Teorijski kapacitet 277Gb/s, a stvarni 20-40Gb/s
- Domet 300 - 500 metara

Hot spot device (WiFi Direct)!!!

WiFi

MAC kontrola (efikasnost)

- Može se pokazati da je efikasnost IEEE 802.11b u single user scenariju kada se prenose frejmovi veličine 1500B svega 58%
 - $1500 \cdot 8 / 11 = 1090,9 \mu s$
 - Prosječno trajanje prenosa zaglavlja poruka je $788,9 \mu s$
 - $\text{Propusnost} = 1500 \cdot 8 / (1090,9 \mu s + 788,9 \mu s) = 0,58$