

# PROTOKOLI I TEHNOLOGIJE BEŽIČNIH SISTEMA

## Vežba 7

### Arhitektura WLAN mreža. MAC sloj

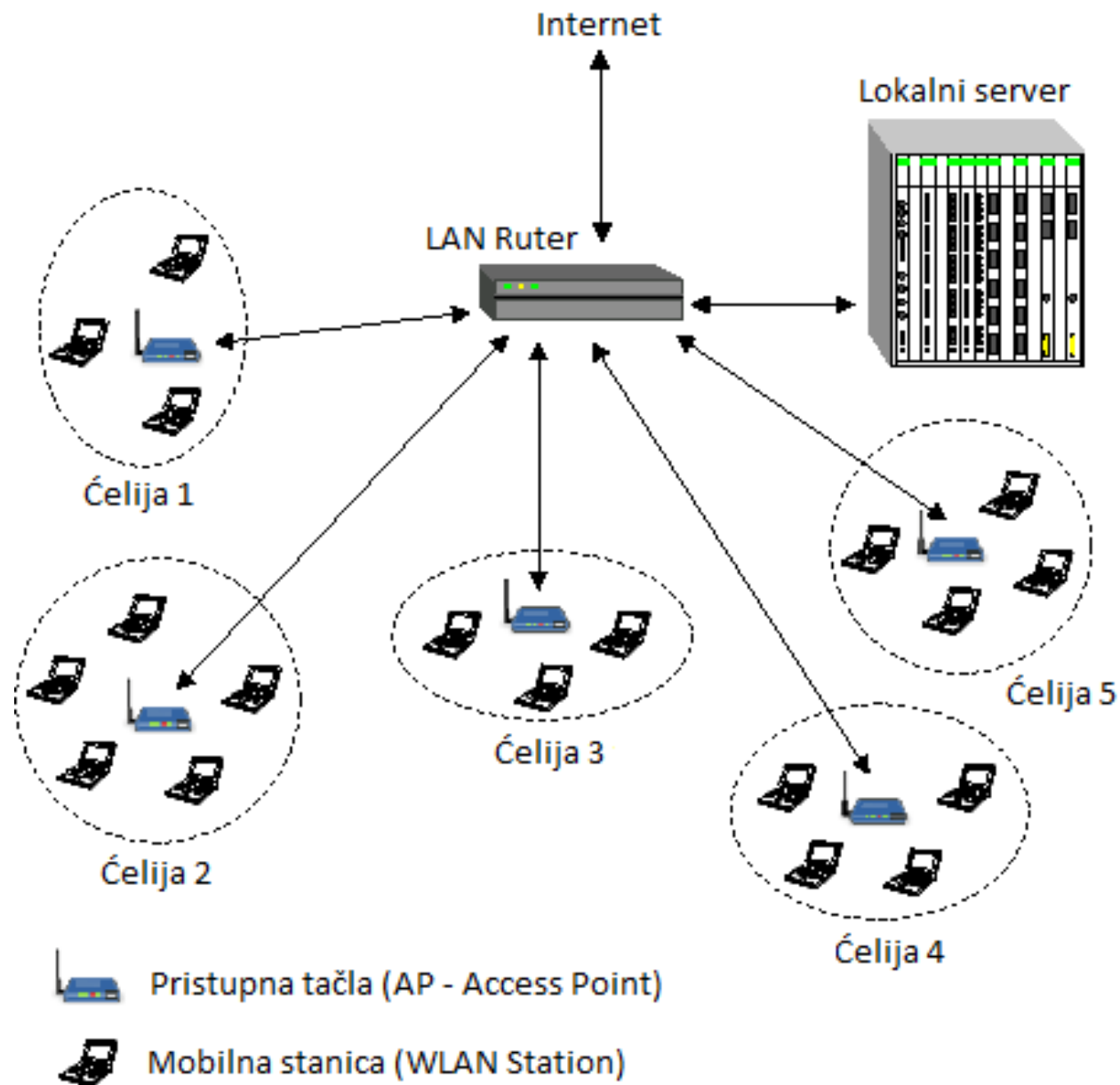
# Uvod

Po standardu 802.11 mreže imaju ćelijsku infrastrukturu

Veza između pristupnih tačaka i LAN rutera uglavnom je žična

Bežičnu opremu sačinjavaju dve osnovne komponente:

- bežična stanica
- pristupna tačka



# Uvod

Bežična stanica (*Wireless LAN station*):

- ima ulogu klijenta u mreži
- sa ostalim delom sistema komunicira preko bežičnog medijuma
- ulogu bežične stanice imaju svi uređaji koji su uz pomoć odgovarajućeg hardvera prilagođeni fizičkom i MAC delu sloja podataka. Adekvatan hardver je bežična mrežna karta (NIC – *network interface card*)



# Uvod

Pristupna tačka (AP – *access point*):

- ima ulogu bazne stanice u ćelijskoj infrastrukturi
- okuplja klijente i predstavlja most između bežičnog okruženja i žičane infrastrukture (npr. IEEE 802.3 – LAN)
- u pojedinim situacijama može biti konfigurisan kao ripiter



# Uvod

Suštinu 802.11 arhitekture čini elementarna ćelija odnosno BSS (*basic service set*)

BSS se sastoji od proizvoljnog broja stanica koje komuniciraju kroz jedan radio kanal

Postoje dve osnovne topologije WLAN mreža:

- nezavisne osnovne ćelije (IBSS - *independent basic service set*)
- infrastrukturne mreže (*infrastructure basic service set*)



# Nezavisne osnovne ćelije

Nezavisne osnovne ćelije su IEEE 802.11 topologija u kojoj bežični deo mreže nije povezan ni sa jednom fiksnom LAN mrežom – *ad hoc* mreža (*peer-to-peer* komunikacija)

Komunikacija se obavlja direktno između stanica, bez učešća *access point*-a

U ovom modu postoji samo jedna BSS (osnovna ćelija) a komunikacija između stanica ograničena je njihovim međusobnim rastojanjem

Koristi se u situacijama kada je neophodno uspostaviti privremenu komunikaciju u odsustvu infrastrukture



Klijent 1



Klijent 2



Klijent 3



Klijent 4



# Nezavisne osnovne ćelije

*Ad Hoc* način rada znači da uređaji nisu povezani na druge mreže (pa samim tim ni na Internet). Izuzetak je da je jedan od klijenata povezan na internet pa da deli konekciju sa ostalim klijentima ali tada su performanse uređaja koji deli konekciju ozbiljno ugrožene, a i to nije osnovna ideja ovih mreža

U *ad hoc* mrežama nema centralnog uređaja pa je bezbednost ove mreže ugrožena – napadač relativno lako može da postane deo mreže i da prikupi sve potrebne podatke

Ovaj tip infrastrukture ima smisla kada se radi o manjem broju uređaja, za više uređaja performanse mreže naglo opadaju

Još jedan od zahteva je da svi komuniciraju na istom kanalu odnosno ovo je komunikacija „svako sa svakim“ što znači da je svaki čvor posrednik u komunikaciji



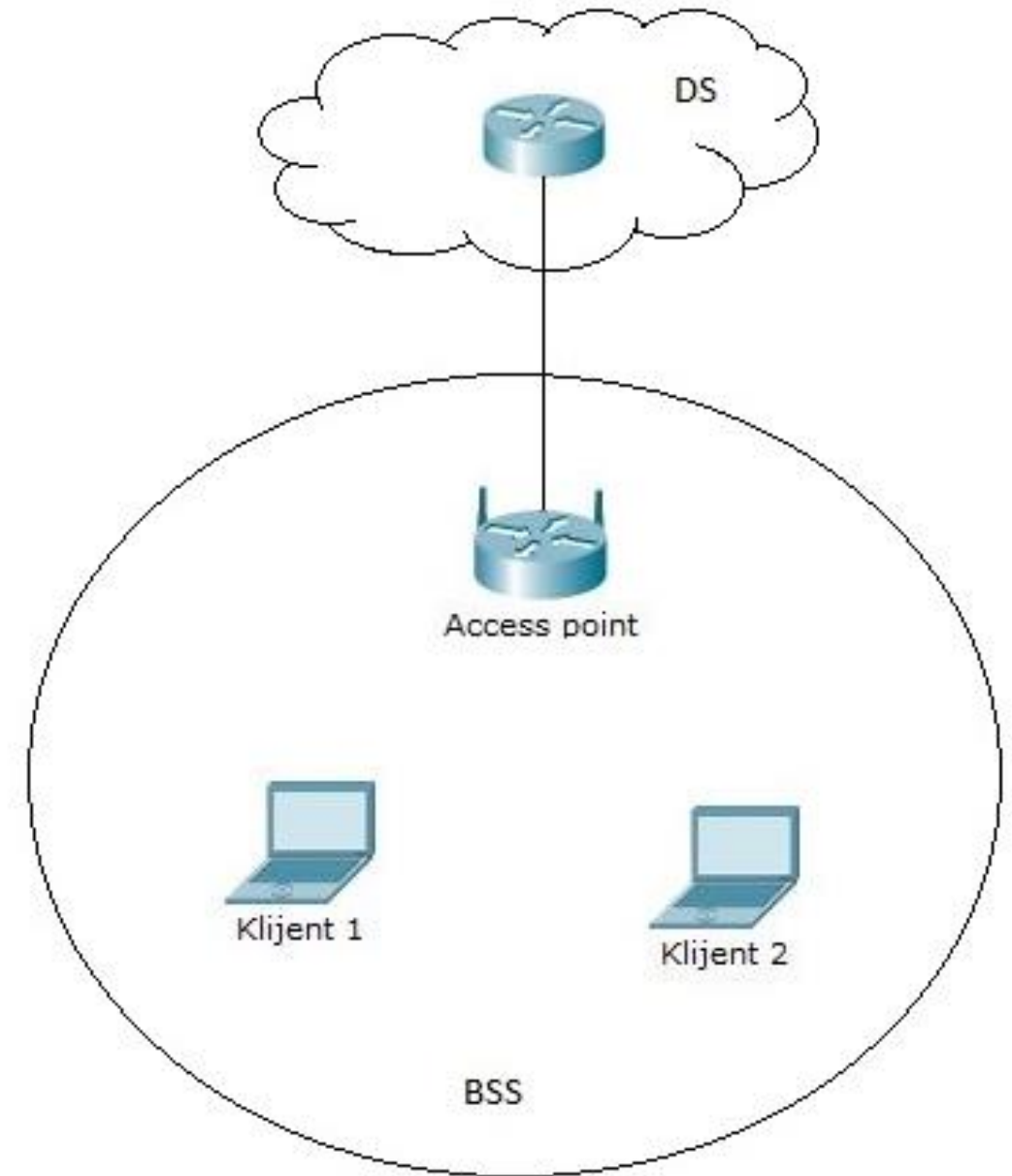
# Infrastrukturne mreže

Osnovu infrastrukturnih mreža čini najmanje jedan AP koji je povezan na distributivni sistem (DS – *distribution system*) i najmanje jedna krajnja mobilna stanica

Komunikacija između klijenata više nije direktna već se čitav saobraćaj ostvaruje preko AP-a

AP ima ulogu:

- „mosta“ u bežičnom okruženju
- portala ka žičanim LAN strukturama



# Infrastrukturne mreže

Povezan na DS, AP ostvaruje funkciju logičkog servera za jednu ćeliju

Uvođenjem AP-a ostvaruje se dvostruko veći domet u odnosu na nezavisne ćelije

Jedna BSS ćelija sa infrastrukturom ograničava kretanje korisnika u skladu sa dometom jednog AP-a

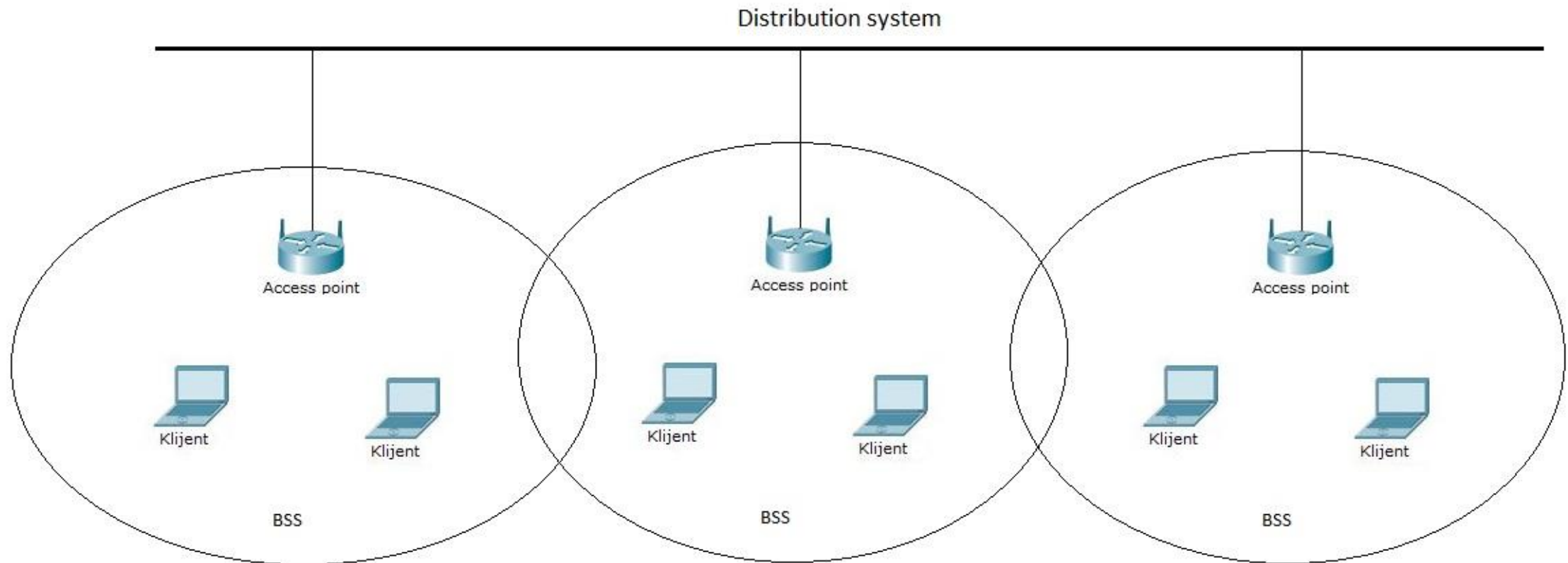
Jedna od glavnih prednosti WLAN mreža je mobilnost korisnika

Podsetnik: bežične mreže su mreže gde je komunikacioni medijum etar. Mobilne komunikacije su vrsta bežičnih komunikacija i njihova specifičnost je da barem jedna strana (predajnik ili prijemnik) ima mogućnost kretanja bez raskidanja komunikacije



# Infrastrukturne mreže

Proširena servisna oblast – ESS (*extended service set*) je topologija 802.11 koja omogućava korisnicima da se slobodno kreću između više BSS ćelija u infrastrukturnom modu rada



# Infrastrukturne mreže

U okviru jednog ESS komunikacija između različitih AP-a ostvarena je kroz distributivni sistem koji čini okosnicu WLAN mreže

U okviru DS-a odlučuje se da li saobraćaj treba proslediti klijentu u okviru:

- istog BSS-a
- nekog drugog BSS-a
- ka fiksnom delu mreže

Kontinualno se prati kretanje korisnika (iz ćelije u ćeliju)

Način implementacije okosnice nije specificiran IEEE 802.11 standardom (kao DS se najčešće koristi IEEE 803.2 Ethernet mreža) i standard specificira samo distributivne servise

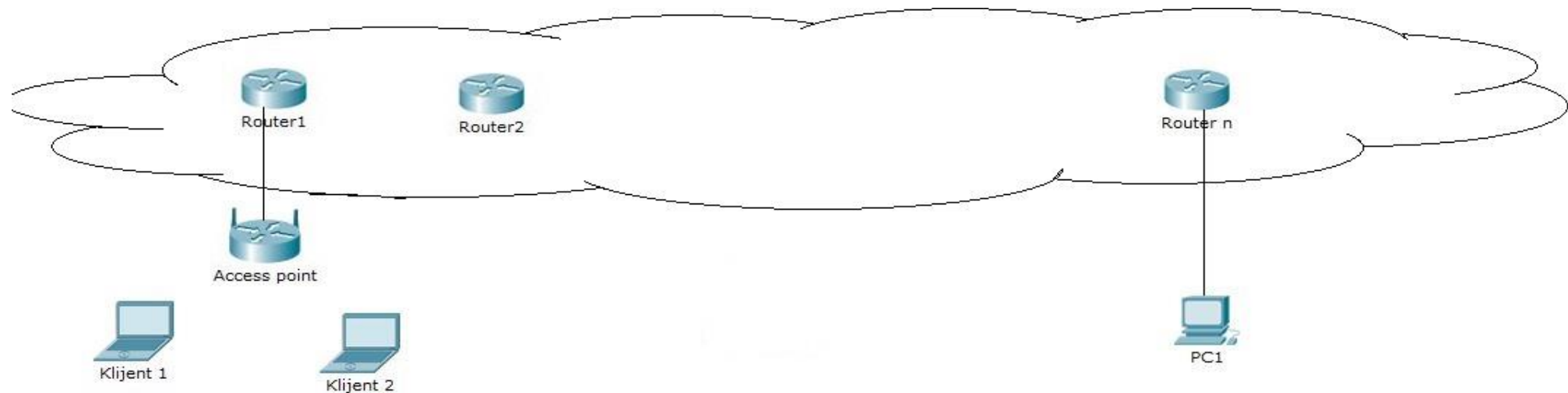


# Infrastrukturne mreže

Mrežna oprema van ESS entiteta vidi čitav ESS sa mobilnim stanicama kao jedinstven MAC sloj mreže sa fiksnim stanicama

ESS se ponaša kao još jedan čvor sa odgovarajućom fizičkom adresom

Na ovaj način je, na indirektan način, ostvarena komunikacija mrežnih protokola koji ne podržavaju mobilnost sa protokolima WLAN mreža



# MAC sloj

802.11 MAC (*medium access control*) sloj je zajednički za sve načine transmisije u radio segmentu

Kao sprega viših slojeva i fizičkog sloja, MAC ima osnovni zadatak da obezbedi pouzdanu komunikaciju korisnika uz fer i konzistentan pristup fizičkom medijumu

Princip rada se oslanja na ranije utvrđana pravila komuniciranja u 802.3 protokolu pri čemu je osnovna karakteristika MAC sloja mogućnost pristupa većeg broja korisnika zajedničkom medijumu

MAC adresa (*MAC address*) je dvanaestocifarni heksadecimalni broj, jedinstven za svaki NIC (primer: 00:18:02:74:13:FB)



# MAC sloj

Osnovne funkcije MAC sloja za WLAN su:

- pridruživanje mreži
- pristup bežičnom medijumu
- obezbeđivanje autentifikacije i enkripcije
- asocijacija / deasocijacija / reasocijacija
- *roaming*
- sinhronizacija
- kontrola greške i detekcija duplikata
- fragmentacija / defragmentacija
- kontrola uštede snage



# MAC sloj

Servisi MAC sloja podeljeni su u dve grupe:

## 1. Servisi stanica:

- Autentifikacija
- De-autentifikacija
- Servis privatnosti
- Servis prenosa podataka

## 2. Distributivni servisi:

- Asocijacija
- Disasocijacija
- Reasocijacija
- Distribucija
- Integracija



# MAC sloj

**Autentifikacija** – je mehanizam za utvrđivanje identiteta klijenta

Bez dokaza o identitetu stanici nije dozvoljen pristup WLAN sistemu za razmenu podataka.  
Obavezna performansa svih stanica, nezavisnih BSS ili ESS mreže

**De-autentifikacija** – je mehanizam eliminisanja prethodno autorizovanog korisnika iz daljeg korišćenja mreže. Pristup je moguć samo sa ponovnom autentifikacijom.

Koristi se pri prelasku jedne stanice u drugu, kada stanica ne želi više da bude aktivna u staroj ćeliji

De-autentifikacijom se oslobađaju resursi AP-a koje je klijent zauzimao



# MAC sloj

**Servis privatnosti** – je mehanizam zaštite podataka koji se prenose WLAN delom mreže

Zaštita se može realizovati na više različitih načina, zavisno od tipa mreže i karakteristika okruženja. Moguće je ostvariti nivo zaštite ekvivalentan nivou ostvarenom u *Ethernet* mrežama.

**Servis prenosa podataka** – zadužen je za pouzdanu razmenu podataka između dva MAC sloja *wireless* entiteta

Obezbeđuje pravilan redosled podataka na prijemu uz minimalna dupliranja i gubljenje ramova (identičan servis postoji u 803.2 mrežama)



# MAC sloj

**Asocijacija** – je servis zadužen za uspostavljanje logičke veze mobilne stanice i AP

Svaka stanica mora uspostaviti asocijaciju kako bi mogla da prima i šalje podatke

Na osnovu te veze DS zna gde treba da da prosledi podatke

Stanica vrši asocijaciju po ulasku u BSS i ima pravo da bude povezana samo sa jednim AP-om, dok istovremeno AP može biti povezan na više različitih mobilnih stanica

Pri tome, klijnt ima pravo autentifikacije sa više AP



# MAC sloj

**Disasocijacija** – mehanizam koji se pokreće kada mobilna stanica želi da prestane sa korišćenjem resursa mreže ili kada AP želi da primora stanicu da prekine vezu (za novu komunikaciju neophodno je ponoviti servis asocijacije)

Prinudno isključivanje klijenta obavlja se kada postoje ograničenja u resursima AP-a ili kada se on iz različitih razloga isključuje i uklanja iz mreže

Regularan slučaj podrazumeva da stanica koja ne želi više da bude aktivna, ovim servisom javlja AP-u da logička veza više nije neophodna i oslobađa resurse



# MAC sloj

**Reasocijacija** – mogućnost mobilne stanice da promeni trenutnu asocijaciju, odnosno AP sa kojim je povezana

Razlika u odnosu na servis asocijacije je u neophodnosti prosleđivanja informacije novom AP-u o prethodnoj vezi što dozvoljava novom AP-u da kontaktira stari i preuzme zaostali saobraćaj namenjen klijentu

Ovaj servis je neophodno koristiti pri prelasku klijenta iz jedne ćelije u drugu u okviru jednog ESS okruženja

**Distribucija** – obezbeđuje pravilno prosleđivanje MAC okvira do odgovarajućeg BSS-a u *wireless* delu mreže ili do odgovarajućeg dela fiksne strukture



# MAC sloj

**Integracija** – je mehanizam kojim je omogućeno povezivanje WLAN IEEE 802.11 mreže sa drugim LAN mrežama

Za proces integracije zadužen je portal, najčešće je sastavni deo AP-a iako može biti potpuno odvojena komponenta

Integracijom je obezbeđena transformacija IEEE 802.11 okvira u formate okvira podataka mreže sa kojima je WLAN povezan, i obrnuto

WLAN mreža može biti povezana sa *Ethernet* mrežom, ali isto tako može biti povezana sa servisom za prenos podatak javne mobilne mreže...



# MAC sloj – pridruživanje mreži

Pridruživanje mreži – bežična stanica mora da primi određene sinhronizacione impulse da bi se pridružila mreži, i to može da uradi na sledeće načine:

- pasivnim skeniranjem
- aktivnim skeniranjem

Prilikom pasivnog skeniranja:

- stanica osluškuje svaki kanal tokom određenog vremenskog perioda dok ne primi *beacon* okvir koji sadrži SSID (*service set identifier*) željene mreže i sinhronizacione informacije
- AP-i u određenim vremenskim intervalima šalju takve *broadcast* okvire (*beacon* okvire) kako bi klijentima omogućili pristup mreži
- Nakon prijema *beacon* okvira, uređaj može započeti proces autentifikacije i asocijacije



# MAC sloj – pridruživanje mreži

Prilikom aktivnog skeniranja:

- šalje se *Probe Request* okvir koji sadrži SSID mreže kojoj se želi pristupiti
- u slučaju infrastrukturne mreže, AP će odgovoriti sa *Probe Resonse* okvirom na sve *Probe Request* zahteve
- Kod *ad hoc* mreža, stanica koja je poslednja generisala *beacon* okvir će odgovoriti na zahtev sa *Probe Response* okvirom
- Stanica koja primi *Probe Request* okvir mora da odgovori sa ACK (*Acknowledgement*) okvirom
- *Probe Request* okviri mogu da koriste i *broadcast SSID* i tada odgovaraju:
  - svi AP-i u dometu
  - stanica koja je poslednja generisala *beacon* okvir u *ad hoc* režimu



# MAC sloj – sinhronizacija

U infrastrukturnim mrežama, AP je odgovoran za sinhronizaciju.

*Timing Synchronization Function* (TSF) održava sinhronizaciju tajmera svih stanica u okviru iste BSS, koje imaju svoje lokalne TSF tajmere

AP treba periodično (definisano vremenom *Beacon Interval*) da šalje *beacon* okvire koji sadrže kopiju TSF tajmera AP-a, koji služi za sinhronizaciju drugih stanica u okviru BSS-a

Trenutak slanja sinhronizacionog impulsa naziva se *Target Beacon Transmission Time* - TBTT



# MAC sloj – pristup bežičnom medijumu

IEEE 802.11 definiše dva načina pristupa bežičnom medijumu:

1. DCF (*Distributed Coordination Function*) – osnovni metod pristupa, poznat kao CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*).

Ova metoda je zapravo Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i izbegavanjem sudara (ova metoda je nastala od *Ethernet* standarda CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) odnosno od tehnike Višestrukog pristupa sa osluškivanjem medijuma i detekcijom sudara)

2. PCF (*Point Coordination Function*), opcioni metod



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

U okviru MAC sloja definisan je poseban mehanizam pristupa fizičkom medijumu koji je zajednički resurs za veći broj korisnika

U fiksnim LAN mrežama koristi se pristup CSMA/CD odnosno princip *first come first served*. U žičnim medijumima svi uređaji međusobno „čuju“ podatke na mreži pa neće da šalju ako je transmisija u toku. Iako se desi kolizija, stanice su obaveštene o tome.

U bežičnim mrežama koristi se modifikovana metoda višestrukog pristupa (CSMA/CA) jer:

- bežične stanice nisu u stanju da detektuju koliziju ukoliko do nje dođe
- skupa *full duplex* oprema retko se koristi u WLAN mrežama
- bežične stanice nemaju mogućnost istovremene predaje i osluškivanja



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

## Scenario neotkrivene kolizije:

- Klijent 1 želi da šalje podatke. Klijent 1 ne „čuje“ signale koje šalje Klijent 2. Klijent 2 šalje dovoljno jake signale da stignu do AP-a ali nedovoljno jake da stignu do Klijenta 1
- kolizija će se desiti iako Klijent 2 šalje podatke dovoljno dug period
- kolizija će se desiti ako Klijent 1 i Klijent 2 počnu da šalju podatke u isto vreme. Iako se kolizija desi, klijenti je neće detektovati



Klijent 1



AP



Klijent 2



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Videli smo da je nemoguće detektovati koliziju u bežičnim mrežama pa se u ovim situacijama koristi DCF odnosno Distribuirana koordinaciona procedura tj. Višestruki pristup sa osluškivanjem nosioca i izbegavanjem sudara (CSMA/CA)

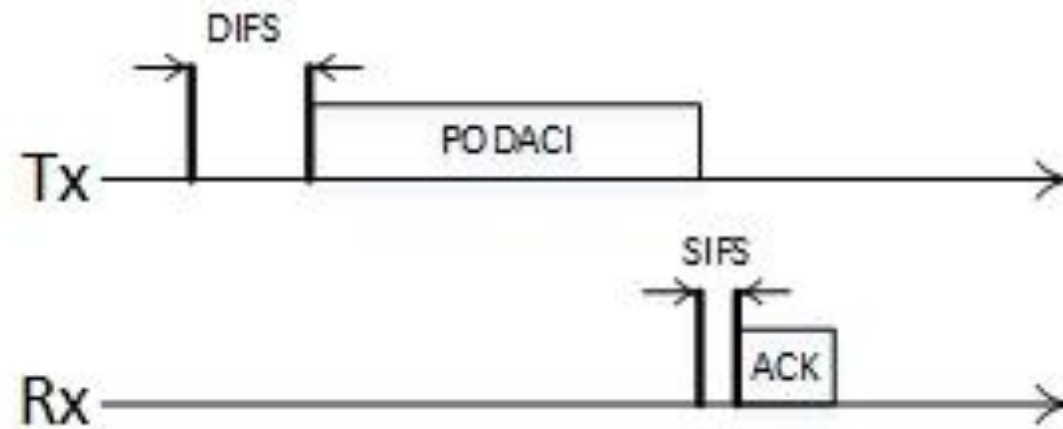
- stanica koja želi da emituje podatke najpre osluškuje medijum – nalazi se u LBT (*listening before talk*) stanju
- ako je medijum na raspolaganju u trajanju unapred specificiranog vremenskog intervala DIFS (*distributed inter frame spacing*) – transmisija će započeti nakon isticanja perioda
- ako medijum nije slobodan – stanica odlaže transmisiju u trajanju DIFS + slučajni\_vremenski\_interval (definisan algoritmom)



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

CSMA/CA tehnika se zasniva na:

- razmeni obaveznih ACK paketa
- precizno definisanim vremenskim intervalima
- eksponencijalnom *backoff* algoritmu



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Definisani vremenski intervali:

- SIFS (*short inter frame space*) – najkraći interval, omogućava razdvajanje transmisije u okviru istog dijaloga (predaja + ACK). Traje dovoljno dugo kako bi se stanica posle predaje vratila u prijemni mod i bila sposobna da detektuje paket koji joj stiže
- *slot time* – definisan na fizičkom nivou i nešto je duži od SIFS-a. U okviru njega stanica treba da utvrdi da li je u toku prethodnog vremenskog slot-a neka druga stanica pristupila medijumu
- PIFS (*point coordination inter frame space*) – omogućava AP-u da pristupi medijumu pre bilo koje druge stanice.  $\text{PIFS} = \text{SIFS} + \text{Slot Time}$
- DIFS (*distributed inter frame space*) – koristi ga stanica koja želi da započne novu transmisiju.  $\text{DIFS} = \text{PIFS} + \text{Slot Time}$
- EIFS (*extended inter frame space*) – koristi se kada stanica primi paket koji ne razume



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Binarni eksponencijalni *backoff* algoritam je metoda za rešavanje problema nadmetanja stanica za pristup istom medijumu, pri čemu se statistički gledano verovatnoća sudara smanjuje za 50%

Algoritam se obavezno izvršava:

- kada stanica osluškuje medijum pre prve transmisije paketa dok je medijum zauzet
- posle svake retransmisije
- posle uspešne transmisije

Algoritam se ne pokreće jedino kada je medijum slobodan u trajanju dužem od DIFS intervala, pre nego što mu stanica pristupi



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Binarni eksponencijalni *backoff* algoritam:

- stanica se uvodi u stanje čekanja izborom slučajnog vremenskog intervala u toku kojeg medijum mora biti slobodan, pre nego što se dozvoli pristup
- izabrani interval je celobrojni umnožak *Time Slot* intervala, proizvoljno izabran u okviru tzv konkurentskog prozora *CW (concurrent window)*. Vrednost prozora se udvostručuje svaki put kada se pristup medijumu ne ostvari (povećanje do  $CW_{max}$ )
- po uspešnoj transmisiji vrednost prozora se vraća na  $CW_{min}$
- vreme čekanja kontroliše se *backoff* brojačima, koji umanjuju slučajno dodeljenu vrednos
- po dostizanju nulte vrednosti u brojaču stanica zauzima medijum (ako je slobodan), pri čemu druge stanice poništavaju prethodne vrednosti u svojim brojačima
- ponovno pokretanje algoritma nastupa po završetku transmisije
- pošteno nadmetanje omogućava se korišćenjem dodatnog brojača koji registruje broj pokušaja transmisije jednog istog paketa, pri čemu je defnisana proizvoljna maksimalna vrednost



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Osluškivanje medijuma – postoje dva tipa osluškivanja medijuma:

- fizički – PSC (*Physical Carrier Sence*)
- virtuelni – VCS (*Virtual Carrier Sence*)

Fizički tip (PSC) podrazumeva da se sve stanice međusobno čuju prilikom osluškivanja.

Problem skrivenog čvora (*hidden node problem*) je situacija kada zbog fizičkih prepreka ili udaljenosti nije moguće ostvariti da sve stanice budu u dometu međusobnog osluškivanja. Iako sve stanice čuju nadređeni AP ovde se može desiti situacija da više stanica smatra medijum slobodnim i kao rezultat toga javlja se kolizija koju nije moguće detektovati.



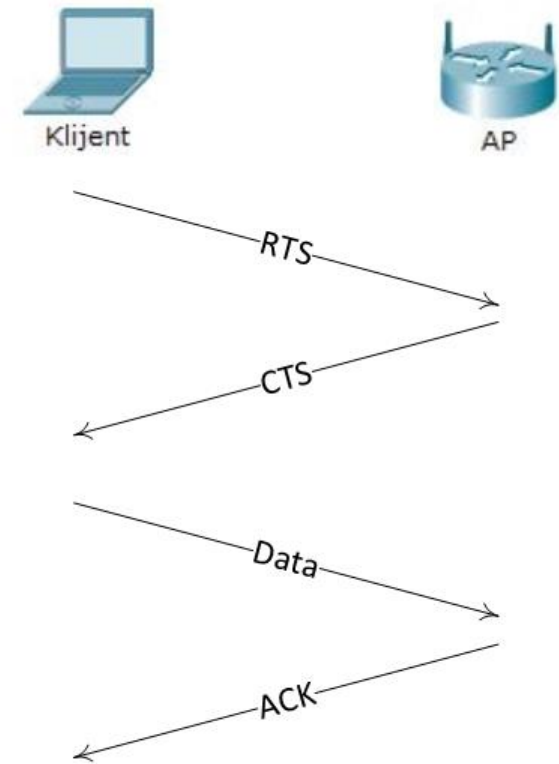
# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Virtuelni tip osluškivanja medijuma je zapravo algoritam RTS / CTS (*Request to Send / Clear to Send*)

Stanica koja čeka transmisiju šalje RTS okvir koji sadrži:

- informacije o izvoru (stanici)
- informacije o destinaciji
- zahtevanom trajanju transmisije koja uključuje i vreme potrebno za ACK odgovor

AP, ako je slobodan za komunikaciju, šalje CTS kontrolni okvir sa sadržajem istog tipa kao RTS



# MAC sloj – DCF pristup bežičnom medijumu

Prenosom dodatnih kontrolnih paketa pri svakoj transmisiji znatno se umanjuju karakteristike sistema sa stanovišta protoka podataka, odnosno kapaciteta

U MIB (*management information base*) dela MAC sloja može se onemogućiti korišćenje RTS/CTS metoda

Slučajevi u kojima je poželjno isključivanje RTS/CTS metoda:

- sredine u kojima ne postoji veliko nadmetanje za medijum
- oblast komunikacije u kojoj su sve stanice u međusobnom dometu („čuju se“)
- situacije kada ne postoje preterano strogi zahtevi u pogledu protoka podataka



# MAC sloj – PCF pristup bežičnom medijumu

PCF (*point coordination function*) procedura je pristup bez međusobnog nadmetanja klijenata

Kontrola pristupa je centralizovana u okviru BSS-a i dodeljena je AP-u. Mehanizmom rukovodi tzv. *Point Coordinator* lociran u AP-u; AP je zadužen za prozivanje svake sekvence

Posle razmene podataka sa jednom stanicom, prelazi se na prozivku sledeće stanice pri čemu se onemogućava nadmetanje za pristup medijumu

Ovom metodom je obezbeđeno:

- manja kašnjenja pri prenosu
- isključena mogućnost kolizije



# MAC sloj – PCF pristup bežičnom medijumu

PCF mehanizam je neefikasan u velikim mrežama ali je našao primenu pri prenosu asinhronih podataka i multimedijalnih aplikacija u realnom vremenu koje uključuju video prenos sa prenosom govora i podataka

Saobraćaj u PCF modu sadrži i dodatne podatke, *CF-poll (Contention Free Poll)* koje AP šalje stanicama koje su zahtevale servise

Isti sistem može biti konfigurisan da radi u DCF i PCF modu. Ukupno vreme rada se raspoređuje na rad sistema u DCF i rad sistema u PCF modu



# MAC sloj – fragmentacija podataka

U sredinama podložnim interferenciji moguće su greške pri prenosu i tada je neophodna retransmisija degradiranih informacija

Slanje dugačkih paketa povećava verovatnoću pojave greške i trajanje retransmisije

Fragmentacija podataka je podela dugačkih paketa na manje celine

Prag fragmentacije je minimalna dužina paketa do koje se prenos vrši bez podele na manje delove

Ukoliko je dužina paketa veća od praga, u zaglavlje rama, u okviru kontrolnog polja, navodi se redosled celina višestruke transmisije



# MAC sloj – fragmentacija podataka

Fragmenti se emituju jedan za drugim, bez neophodnog nadmetanja za pristup medijumu

ACK potvrdu je neophodno poslati za svaki fragment pojedinačno

Transmisija sekvence fragmenata naziva se jos i *frame burst režim*

Ukoliko dođe do greške, naredni fragmenti se ne prenose. Ranije opisana *back-off* pravila i retransmisija primenjuju se na svaki fragment pojedinačno.

Slanje kratkih fragmenata podrazumeva slanje dopunskih redundantnih informacija, što u sredinama sa niskim nivoom interferencije (gde ne dolazi do grešaka) iskazuje dodatne nepotrebne troškove, pa je poželjno isključiti fragmentaciju. Fragmentacija se nikad ne koristi u slučaju *broadcast* ramova i *multicast* ramova



# MAC sloj – kontrola snage

Mobilnost je jedna od osnovnih funkcija WLAN mreža pa postoji problem napajanja uređaja. Potrebno je obezbediti dovoljno energije za efikasno funkcionisanje sistema i dovoljno dug vek baterije.

Servis kontrole snage (*power save mode*) je servis koji dozvoljava stanici da određeni deo vremena provede u takozvanom *sleep* režimu rada, pri čemu ne gubi povezanost sa ostatkom mreže

Implementacija servisa niske potrošnje ne ostvaruje se na isti način u *ad hoc* mrežama i infrastrukturnim mrežama



# MAC sloj – kontrola snage

U *ad hoc* (IBSS) mrežama kontrolom snage upravljaju individualne mobilne stanice.

Stanica koja prelazi u operativno stanje male potrošnje:

- isključuje predajnik i prijemnik radi uštede energije
- obavlja razmenu podataka sa drugim stanicama i u zaglavlju postavlja bit kontrole snage na adekvatnu vrednost

Stanica mora biti povremeno aktivna kako bi mogla da primi *beacon* okvire. Takođe, stanica se mora povremeno probuditi kako bi joj se signaliziralo da postoje podaci koje treba da primi. *Multicast* saobraćaj se šalje bez zahteva za potvrdom!

Mehanizam kontrole snage znatno opterećuje stanice u *ad hoc* mrežama zbog slanja dodatnih paketa i potrebom za baferovanje podataka



# MAC sloj – kontrola snage

U infrastrukturnom modu rada kontrola snage je centralizovana u AP-u. AP je, po pravilu, priključen na stabilan izvor napajanja.

Vreme spavanja traje znatno duže nego kod *ad hoc* mreža. Naznaka AP-u o odlasku u stanje male potrošnje šalje se u okviru *PS-poll* (*Power Save Poll*) okvira

Stanica se povremeno budi kako bi se informisala i eventulano preuzela baferovane podatke. AP redovno obaveštava stanice o količini podataka koje su njima namenjene

*Multicast* podaci se šalju bez baferovanja!

Postoji maksimalan period u toku kojeg će baferovani podaci biti sačuvani.



# MAC sloj – kontrola greške i detekcija duplikata

Zbog moguće interferencije i kolizije dolazi do greške pri prenosu.

Svaki okvir sadrži polje za kontrolu ispravnosti na prijemu.

Koristi se mehanizam pozitivne potvrde okvira.

Ako izostane potvrda zaključak je da je došlo do kolizije. Kao posledica toga vrši se retransmisija (jedna ili više).

Pri retransmisijama je moguće da se određeni okviri prime više od jednog puta (npr. prijemna stanica pošalje ACK koji ne stigne do predajnestanice i predajna stanica vrši ponovnu retransmisiju). Ovo je razlog da se uvede filtriranje okvira koji predstavljaju duplikate.



# MAC sloj – kontrola greške i detekcija duplikata

Smetnje signala u IEEE 802.11 mogu poticati od:

- mikrotalasne pećnice
- bežični telefoni
- *bluetooth* mreže

Na prostiranje signala utiče fading

U ESS arhitekturi WLAN mreža podrazumevano se koristi više AP-a koji mogu raditi na istim ili različitim frekvencijama, pa mogu se međusobno ometati.

Potrebno je uraditi precizno frekvencijsko planiranje kako bi bila smanjena međusobna interferencija. Takođe, prilikom dimenzionisanja ćelija potrebno je obezbediti delimično preklapanje kako bi pokrivanje bilo potpuno.



# Pitanja

