

# WLAN

**Bežične mreže (Wireless Ethernet ili WLAN) definirane su standardom IEEE 802.11. Standard je nadograđivan u niz inačica od kojih su najznačajnije: 802.11a, 802.11b i 802.11g, a koje se međusobno razlikuju po brzinama prijenosa (max brzine: 54, 11, 54 Mbps), modulacijama signala (FHSS, DSSS, OFDM i PBCC) i broju kanala. Frekvencijski pojas 802.11b standarda dijeli se na 14 kanala. Svaki od kanala zauzima mali frekvencijski pojas sa svojom središnjom frekvencijom. U Hrvatskoj je dozvoljeno korištenje 13 kanala (2.4 – 2.4835 GHz). Brzine prijenosa na udaljenosti od 3m padaju na dvostruko manju vrijednost od definirane maksimalne vrijednosti.**

**WLAN-ovi koriste ISM (Industrial, Scientific & Medical) opseg frekvencija na 2.4 ili 5 GHz. ISM je u svijetu i Hrvatskoj prihvaćen kao FTA – free to air spektar, za koji nije potrebna dozvola.**

**Standard definira najniža dva sloja OSI modela: fizički i podatkovni sloj (data link layer) na kojemu je kompatibilan s IEEE 802.3 standardom (Ethernet).**

**WLAN-ovi se izgrađuju pomoću dva elementa: bežične mrežne kartice u korisničkom računalu i pristupne centralne točke (AP = Wireless Access Point). AP ostale korisnike povezuje u lokalnu mrežu. Postoje dvije različite topologije bežičnih mreža: infrastrukturni WLAN i neovisni (ad hoc) WLAN.**

**Kod pristupa mediju definiran je protokol višestrukog pristupa mediju s izbjegavanjem sudara okvira – MACA(Multiple Access with Collision Avoidance) ili CSMA/CA(Carries Sense With Multiple Access with Collision Avoidance) protokol.**

## Bežični prijenos

Bežične mreže koriste elektromagnetske valove (EM) za komunikaciju između dvije točke u prostoru. EM valovi nastaju gibanjem elektrona u prostoru nekim brojem oscilacija u sekundi (frekvencija). Za prenošenje informacija bežičnim putem koriste se radiosignali, mikro i infracrveni valovi i vidljivi dio svjetla (SI.1). Više frekvencije (bolje su za prijenos) EM zračenja imaju UV, X i Gama zrake, ali se ne koriste jer se ne šire dobro kroz zgrade i štetne su za zdravlje.

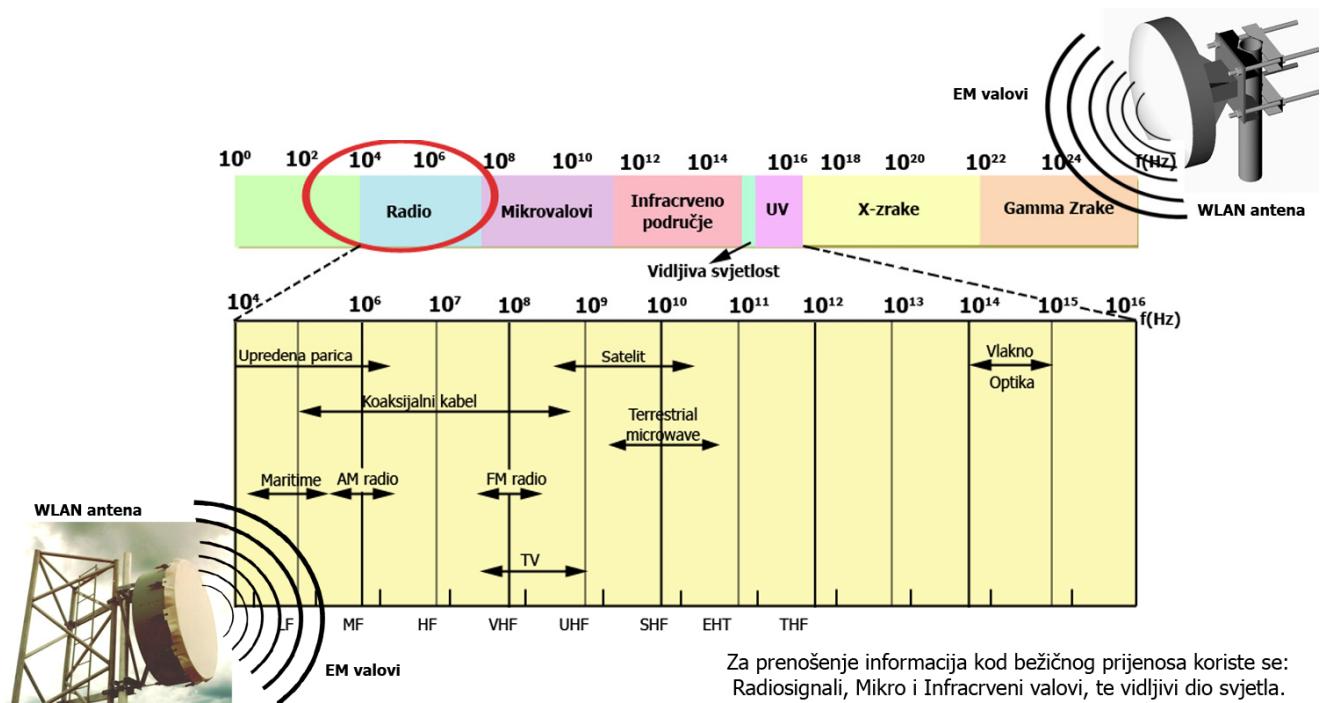


Količina informacije koju EM val može nositi ovisi o rasponu frekvencija (engl. frequency band).

Radio valovi se zovu i radiofrekvencijski nosioci jer prenose energiju signala do prijemnika. Podaci koji se prenose se moduliraju, odnosno superponiraju na nosioc radio signala. Na istom prostoru u isto vrijeme može postojati više nosioca bez

međusobne interferencije ako se valovi prenose na drugim radio frekvencijama. Radioprijemnik demodulira primljeni signal na način da se podešava na određenu radio frekvenciju (rezonancija).

Infracrvene mreže imaju velika ograničenja, jer je potrebna neometana vidljiva linija od jednog infracrvenog primopredajnika (kombinacija odašiljača i prijemnika) do drugog. U velikim prostorijama to je teško ostvariti jer se primopredajnik ne može postaviti dovoljno visoko da bi se premostile sve prepreke, te da korisnici u prolazu ne blokiraju mrežni signal. No, infracrvene veze se i dalje koriste kod "Palm" digitalnih pomoćnika, "Pocket PC" uređaja, nekih mobilnih telefona i prijenosnih računala, ali uporaba im je ograničena na *ad hoc* povezivanja i to samo na kraće vrijeme kada je to potrebno.



SI.1. WLAN prijenos EM zračenjem

Problem optičke vidljivosti kod bežičnih mreža rješava se prelaskom na drugi opseg EM spektra. Moderne bežične mreže rade većinom na 2.4 ili 5 GHz, daleko ispod vidljivog spektra.

### Zašto bežični LAN?

Bežična mreža koristi se na mjestima gdje korištenje kabela nije moguće ili gdje je teško ili skupo izvesti ožičenje. To je ono što bežične komunikacije čini privlačnim sve većem broju korisnika. Ipak, jedan od najvećih problema u realizaciji takvih mreža su smetnje.

## Svojstva WLAN-a

### **ISM (Industrial, Scientific & Medical) nelicencirani opseg frekvencija**

WLAN (Wi-Fi) je naziv za lokalnu računalnu mrežu u kojoj su dva ili više računala povezana bežičnim putem. Kako je razvoj WLAN-a na tržištu išao paralelno s razvojem prijenosnih računala, danas gotovo sva računala imaju bežičnu karticu potrebnu da se spoje na ovakvu vrstu mreže.

Wi-Fi (engl. *Wireless Fidelity*) je popularan naziv IEEE 802.11 niz standarda. Osim uređaja izrađenih po 802.11a standardu koji rade na frekvenciji od 5 GHz, druge implementacije koriste dio spektra oko 2.4 GHz u ISM nelicenciranom dijelu spektra (međunarodni dogovor).

Frekvencijski pojas u kojem radi 802.11b inačica standarda podijeljen je na 14 kanala. Svaki od kanala zauzima mali frekvencijski pojas (oko 1MHz) sa svojom središnjom frekvencijom. Međutim, **točna** frekvencija (2.4 GHz ili 5GHz), maksimalna dozvoljena izlazna snaga i mogućnost nelicencirane upotrebe pojedinih kanala variraju od zemlje do zemlje. Tako je u Japanu dozvoljeno korištenje svih 14 kanala, u SAD-u 11 kanala, u Francuskoj 2 kanala, a u Hrvatskoj 13 kanala.

ISM čine tri opsega frekvencija:

- 902MHz – 928 MHz,
- 2.4GHz – 2.4835 GHz,
- 5.728GHz – 5.750 GHz.

Od njih najčešće se koristi opseg frekvencija 2.4 - 2.48 GHz.

## Smetnje

Uz uobičajena izobličenja signala koja su prisutna u svim vrstama prijenosa (žični, optički, bežični), kod WLAN-a se pojavljuju i smetnje kojih nema u drugim vrstama prijenosa:

- Gubitak snage EM zračenja uslijed prostiranja (engl. *path loss*)

Snaga EM zračenja opada približno prema eksponencijalnom zakonu kako se povećava udaljenost odašiljača. To prigušenje signala ovisi o udaljenosti i snazi odašiljača, fizičkim preprekama (razni objekti) od kojih se zračenje reflektira, kao i o količini međudjelovanja (interferencije) s ostalim čvorovima koji odašilju signale. Npr. u području frekvencija oko 2.4 GHz prigušenje signala na udaljenosti do 100 metara iznosi čak 100 dB.

- Višestazno prostiranje (engl. *multipath propagation*)

Ono nastaje kada se EM zrake iz jednog izvora na svom putu do odredišta reflektiraju od objekata. Tako na odredište stiže originalni signal i njegove zakašnjene verzije (više ili manje prigušene). Višestazno prostiranje uzrokuje povećanje kašnjenja i na kraju intersimbolnu interferenciju (ISI) koja se manifestira neželjenim proširenjem simbola u prijemu čime simboli ometaju jedni druge.

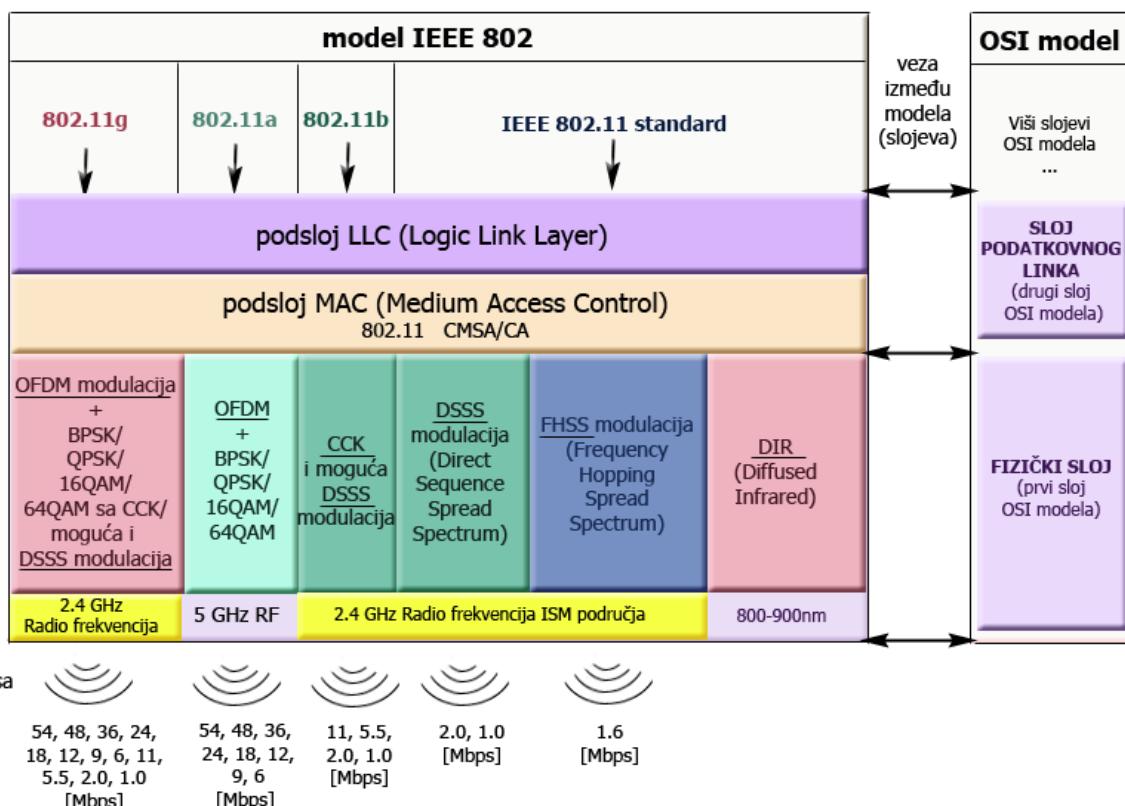
- Iščezavanje signala uslijed zasjenjenja (engl. *shadow fading*)

Uzrokovani su fizičkim preprekama na putu prostiranja EM zraka. Prigušenje signalova ovdje ovisi o dielektričnim svojstvima materijala (prepreke).

- Kašnjenje signalova uslijed prostiranja prijenosnim medijem

## OSI model i IEEE 802

IEEE 802.11 standard 'živi' na prva dva sloja OSI referentnog modela (Sl.2): Fizičkom sloju (engl. *Physical Layer*) i Podatkovnom sloju (engl. *Data Link Layer*) koji se dijeli u dva podsloja MAC i LLC.



Područje Radio Frekvencija (RF): 3KHz - 300GHz

Bežična (radio) komunikacija kod WLAN-ova obavlja se u ISM (Industrial, Scientific & Medical) opsegu frekvencija. Komunikacija se odvija na frekvenciji od 2.4 do 2.485 GHz. Ta frekvencija je nelicencirajuća.

To znači da je dozvoljena javna uporaba te frekvencije bez ikakve naknade državi.

Sl.2. Veza između OSI modela i IEEE 802

## Spread Spectrum

Fizički sloj IEEE 802.11 standarda definira optiku ("*Diffused Infrared*") i radio tehnologije za bežični prijenos signala (Sl.2). Postoje mnoge RF (engl. "radio frequency") modulacijske tehnike. No, kod IEEE 802.11 standarda uglavnom su prisutne dvije *spread spectrum* tehnike: FHSS i DSSS.

*Spread Spectrum* tehnika (prijenos signala u proširenom spektru) postoji više od 50 godina. Ovu metodu prijenosa podataka prva je koristila američka vojska koja je pokušavala prijenos informacija napraviti što otpornijim na prisluškivanje i smetnje. Proširenje spektra ostvaruje se korištenjem pseudo slučajnog niza (PN-pseudo noise) koji je najčešće binarni niz i ima valni oblik sličan šumu. Množenje korisnog signala s pseudo slučajnim nizom uzrokovat će:

- proširenje spektra snage signala na šire frekvencijsko područje od njegovog osnovnog frekvencijskog pojasa (engl. *baseband*),
- signal će poprimiti valni oblik šuma.

Korisni signal se na taj način tijekom prijenosa skriva unutar šuma komunikacijskog kanala, a na prijemnoj strani se "sažima" i dekodira pomoću poznatog PN signala.

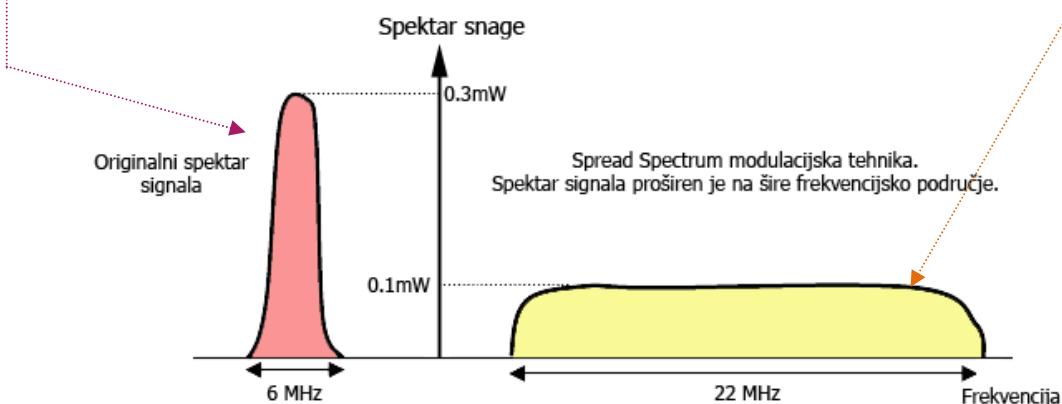
Zbog male gustoće snage *spread spectrum* signala, više korisnika istovremeno može koristiti isti medij za prijenos podataka, a da se međusobno ne ometaju. Sustavi s proširenim spektrom signala mogu se realizirati pomoću tri tehnike:

1. DSSS tehnike,
2. FHSS (FH) tehnike,
3. *Hybrid System* (DS/FFH) je kombinacija prve dvije tehnike.

Prve dvije tehnike koriste se kod bežičnog Ethermeta.

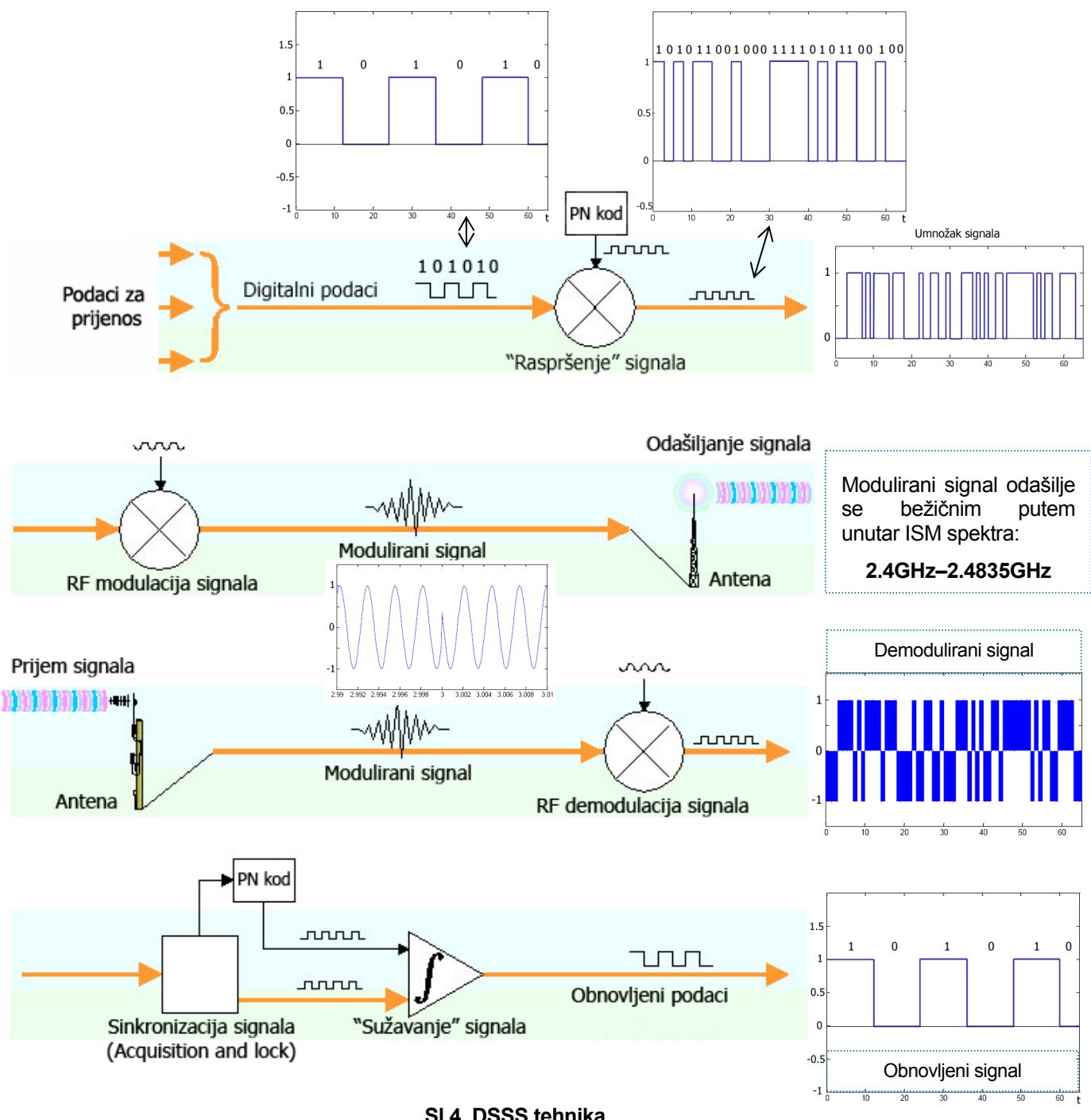
### DSSS tehnika

Signal koji se prenosi prvo se množi s pseudo slučajnim signalom (PN) veće frekvencije (ima veći *bit rate*) i na taj način mu se spektar snage "proširuje" na šire frekvencijsko područje (Sl.3).



Sl.3. Proširivanje spektra signala

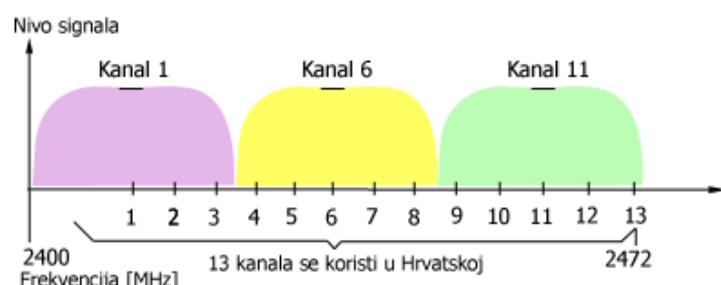
Nakon proširivanja, signal se modulira nekom standardnom modulacijskom tehnikom (BPSK, FSK, GFSK,...) i prenosi kroz bežični prijenosni medij (Sl.4). Kada prijemnik primi modulirani signal, on se demodulira i na izlazu iz demodulatora takav prošireni signal množi se s lokalno generiranim pseudo slučajnim signalom (prijemnik ima lokalni oscilator) koreliranim s PN signalom korištenim kod odašiljača. Time se signal "sužava" i dobiva se originalni signal.



DSSS ili *Direct Sequence Spread Spectrum* modulacijska tehnika poznata je i pod nazivom DS-CDMA (engl. *Direct Sequence code division multiple access*). Tehnika je prihvaćena kod IEEE 802.11b i IEEE802.11g i koristi se kod WLAN, CSMA i GPS sustava.

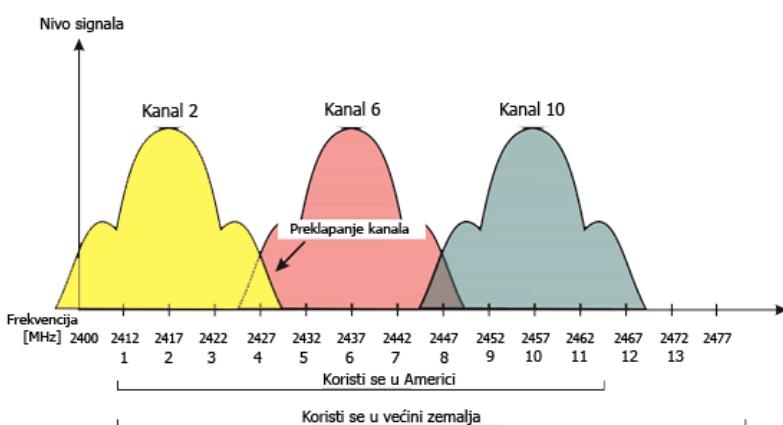
Kod IEEE 802.11 pseudo slučajni kod zove se *chip* ili *chipping code*. Podaci se šalju ISM frekvencijskim pojasom od 2.4G-2.4835GHz. ISM pojas se dijeli na 13 kanala od kojih se kod DSSS-a koristi svaki 5 kanal, jer kanali moraju biti međusobno udaljeni za 25MHz kako se ne bi preklapali. Tako je unutar cijelog pojasa moguće imati 3 korisnika, odnosno koristiti 1, 6 i 11 kanal ili 2,7 i 12 kanal, itd.

Kod DSSS-a moguće su brzine prijenosa podataka do 1,2,5.5 i 11Mbps.



Sl.5. Primjer korištenja ISM pojasa pomoću DSSS tehnike

(3 korisnika unutar 13 kanala)



Sl.6. Primjer preklapanja kanala unutar ISM pojasa

## FHSS (FH)

FHSS ili *Frequency Hopping Spread Spectrum* modulacijska tehnika poznata je i pod nazivom *Frequency-Hopping Code Division Multiple Access (FH-CDMA)*.

Kod FHSS modulacije definiraju se frekvencijski skokovi unutra spektra, gdje se pod skokovima misli na ekstremno brze promjene frekvencija na kojima se prenose podaci. Odašiljač šalje kratke nizove podataka na jednoj frekvenciji neko vrijeme, a

potom se prebacuje na drugu frekvenciju. Odašiljač i prijemnik moraju biti sinkronizirani prema slijedu preskakivanja kako bi održali logički kanal, jer u suprotnom dolazi do gubitka podataka.

Npr. kod IEEE 802.11b inačice standarda, frekvencije se mijenjaju do 1600 puta u sekundi. Cijeli frekvencijski pojas na 2.4 GHz, (2.4 GHZ – 2.4835 GHZ) dijeli se na 79 neprekrivajućih podkanala pri čemu je širina svakog kanala 1MHz. Vremenski intervali za vrijeme kojih se u određenom kanalu nalazi podatak naziva se *time slot* i traje minimalno 625us.

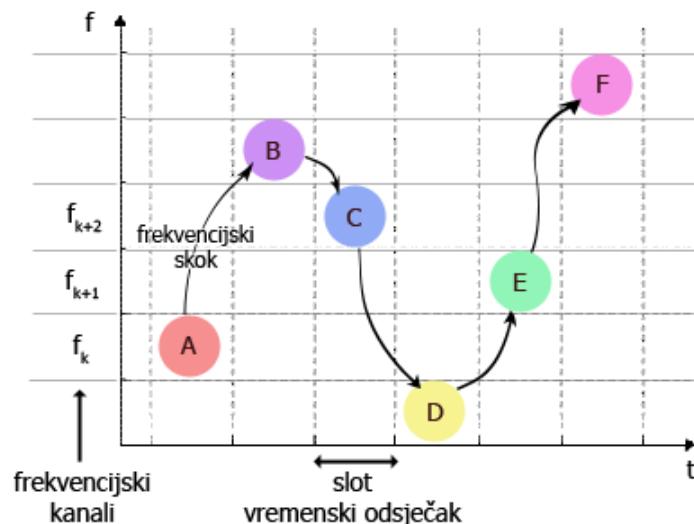
Ako se pojavi interferencija na jednoj frekvenciji, podaci se ponovo šalju prelaženjem na drugu frekvenciju. Stalnim mijenjanjem frekvencije FHSS sustav je otporan na preslušavanje, a postiže se i visoki stupanj sigurnosti prijenosa. Time se omogućava rad više različitih bežičnih mreža unutar istog područja, ali bez nepoželjnih međudjelovanja.

Kod FHSS najčešće se koristi GFSK modulacija signala.

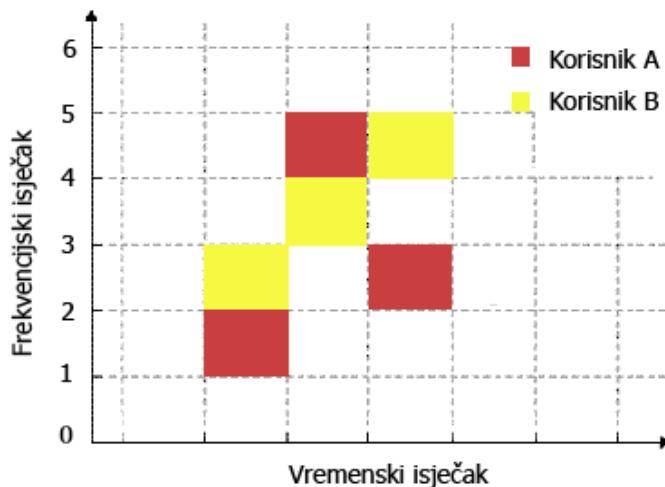
Neke od prednosti FHSS tehnike su:

- Smanjene uskopojasne smetnje (engl. *narrowband interference*).
- Povećan kapacitet signala.

FHSS omogućava brzine prijenosa do 1-2Mbps.



SI.7. FHSS modulacija – frekvenčijski skokovi

**Sl.8. FHSS modulacija (2 korisnika)**

*Spread spectrum* modulacijske tehnike:

- omogućuju da više korisnika istovremeno dijeli isti frekvenčijski opseg bez međusobne interferencije,
- koriste širi frekvenčijski pojas za prijenos signala, ali i manje snage nego što to rade tradicionalne modulacijske tehnike,
- trebaju manju potrebnu snagu za prijenos signala,
- pružaju otpornost na smetnje od drugih izvora,
- pružaju otpornost na višestazno prostiranje i iščezavanje signala.

## Standardi

Kod bežičnog prijenosa podataka može se koristiti nekoliko različitih standarda.

Standardi →	<b>802.11b</b>	<b>802.11a</b>	<b>802.11g</b>
<b>Maksimalna brzina [Mbps]</b>	11	54	54
Stvarna brzina [Mbps]; 3m	6	25	25
Stvarna brzina [Mbps]; 30m	6	12	20

### 802.11a standard

Fizički sloj IEEE 802.11a definira rad na frekvenciji 5 GHz (ISM) s OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) multipleksiranjem kanala.

Standard omogućava brzine od 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, i 54 Mbit/s. Iako mreže rađene po ovome standardu omogućavaju najveće brzine, imaju jednu ogromnu manu – domet je ograničen na približno 15 m što je neprikladno za većinu korisnika, te zbog toga nisu toliko popularne.

### **802.11b standard**

IEEE 802.11b standard je danas dominirajući na tržištu zbog relativno niske cijene implementacije i zadovoljavajućih performansi.

Fizički sloj radi na frekvenciji od 2.4 GHz (također ISM), koristi DSSS modulacijsku tehniku i omogućava maksimalnu propusnost od 11 Mbit/s.

Standard je napravljen kako bi se dobio brži prijenos DSSS tehnikom na 2.4 GHz.

### **802.11g standard**

IEEE 802.11g standard omogućava maksimalnu propusnost od 54 Mbit/s (kao 802.11a) na frekvenciji od 2.4 GHz (kao 802.11b). Ovaj standard kompatibilan je s 802.11a i 802.11b standardima.

Fizički sloj se naziva *Extended Rate PHY* (ERP) i podržava četiri različite modulacije: DSSS, OFDM, PBCC (*Packet Binary Convolutional Code*), DSSS-OFDM (hibridna modulacija u kojoj se preambula i zaglavljje moduliraju pomoću DSSS tehnike, a teret pomoću OFDM tehnike). ERP može prepoznati koju modulaciju koristi korisnik. Podatkovni sloj je isti kao kod 802.11a i 802.11b standarda.

IEEE 802.11g standard zadužen je za usklađivanje međunarodnih pravilnika o slobodnim radio-frekvencijama.

### **802.11n**

IEEE 802.11n je novi standard u razvojnoj fazi čije se standardiziranje očekuje sredinom 2009 godine. Prijenos podataka bio bi do 600 MBit/s s planiranim radom na frekvenciji od 5 GHz.

	<b>802.11a</b>	<b>802.11b</b>	<b>802.11g</b>	<b>802.11n</b>
Standardiziranje	Siječanj 2000	Prosinac 1999	Lipanj 2003	Očekuje se u lipnju 2009
Maksimalna propusnost	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Modulacijske tehnike	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM+
RF pojas	5 GHZ	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 ili 5 GHz
Širina kanala	20 MHZ	20 MHz	20 MHz	20 ili 40 MHz

## **Vrste bežičnih LAN-ova**

Prema prijenosnoj tehnologiji koja se koristi na fizičkom sloju bežičnih mreža, postoje dvije vrste bežičnih LAN-ova: infracrveni (engl. IR – *Infrared*) LAN-ovi i LAN-ovi s radioprijenosom. LAN-ovi s radioprijenosom se dalje dijele na LAN-ove koji koriste tehniku proširenog spektra (engl. *Spread Spectrum*) i na uskopojasne mikrovalne LAN-ove.

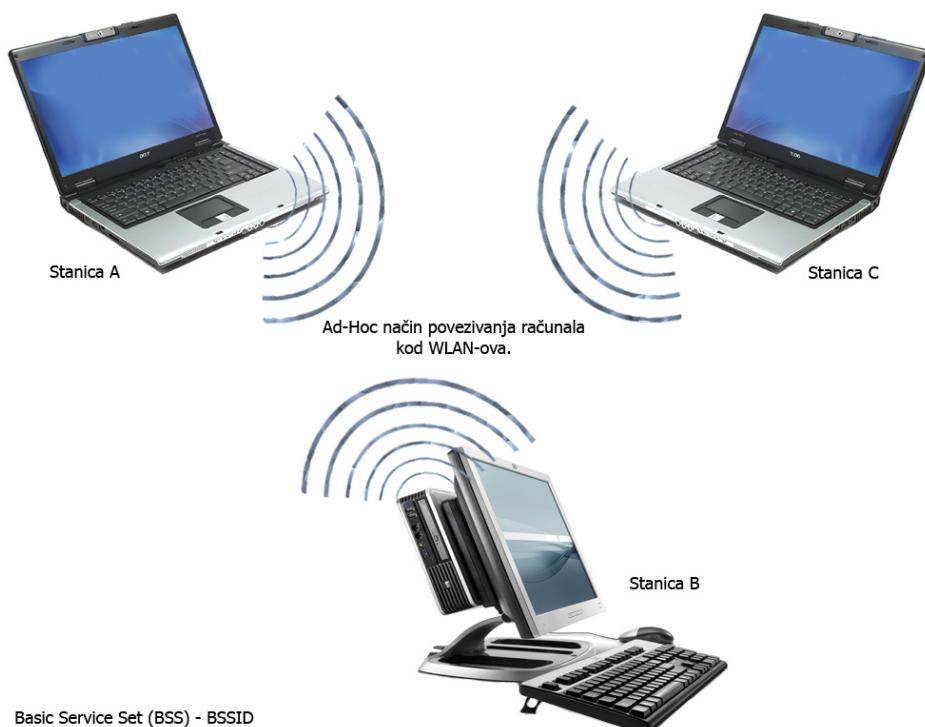
Prema načinu spajanja WLAN mreža postoje dvije različite topologije: infrastrukturni WLAN i neovisni (*ad hoc*) WLAN.

### **Ad-hoc mreže**

Neovisna ili *ad-hoc* topologija omogućuje međusobno povezivanje stanica gdje pokretni čvorovi izravno komuniciraju jedni s drugima koristeći bežične adaptere (Sl.9). Takva je topologija pogodna za brzu i jednostavnu implementaciju prema potrebi.

WLAN korisnik će koristiti *ad-hoc* topologiju kada želi napraviti mrežu bez bilo kakve infrastrukture.

Nedostatak *ad-hoc* topologije je to što svi sudionici moraju biti međusobno u dometu radio signala. Ako se želi povećati domet radio signala tada se koristi infrastrukturna topologija sa središnjom pristupnom točkom (engl. AP – *Access Point*) koja može udvostručiti domet prijenosa između bilo koja dva pokretna čvora.



**Sl.9. Ad-hoc topologija**

## **Infrastrukturne mreže**

WLAN-ovi se izgrađuju pomoću dvaju elemenata: bežične mrežne kartice i središnje pristupne točke (AP – *Wireless Access Point*). AP je uređaj koji ostale uređaje za bežično komuniciranje povezuje u lokalnu mrežu i karakteristična je za infrastrukturne WLAN-ove (Sl.10). AP je najčešće kabelom povezana s klasičnom LAN mrežom i služi za prijenos podataka između "žičnih" i "bežičnih" uređaja, pa se na taj način ostvaruje povezivanje bežičnih uređaja na Internet. Dakle, infrastrukturna topologija pomoću AP-ova omogućuje integraciju pokretnih čvorova u ožičeni LAN.



**Sl.10. Infrastrukturna topologija WLAN-a**

AP može raditi kao bežični *hub*. Na njega se spajaju bežični klijenti, radi kao *repeater* za povećanje dometa ili kao *bridge* za spajanje dva segmenta mreže.

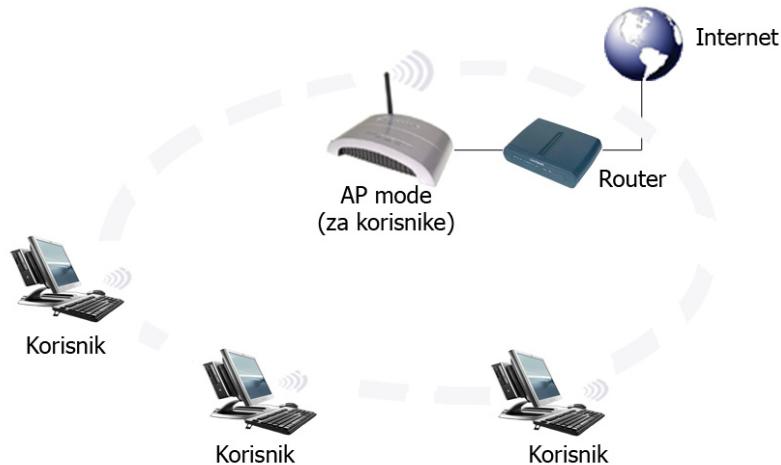
AP može istovremeno komunicirati s 30-tak klijenata smještenih u poljumuju od oko 100 m. Kvaliteta signala koji se prenosi ovisi o:

- smještaju uređaja,
- snazi emitiranja,
- mogućim smetnjama izazvanim blizinom drugih uređaja koji interferiraju sa signalom emitirajući na istoj frekvenciji.

### Načini rada AP-a:

#### 1. AP *root mode*

AP uređaj radi kao središnja pristupna točka i prima bežične klijente (Sl.11). Brzina prijenosa između LAN i WAN korisnika je do 800 kB/s, a između WAN i WAN korisnika do 400 kB/s.



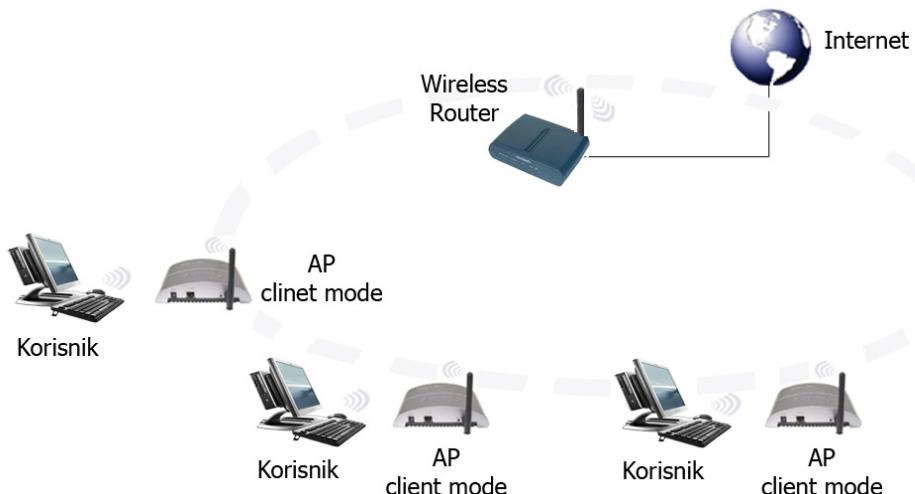
**Sl.11. AP mode**

#### 2. AP *client mode*

AP uređaj radi kao klijent (Sl.12) i spaja se na drugi AP uređaj, odnosno radi kao bežični adapter ("glumi bežičnu mrežnu karticu").

Dok AP uređaj radi u *client mode* ponaša se isključivo kao klijent i ne može primati ostale klijente.

Brzine su: 400 kB/s kod WAN klijenata i 800 kB/s kod LAN klijenata.

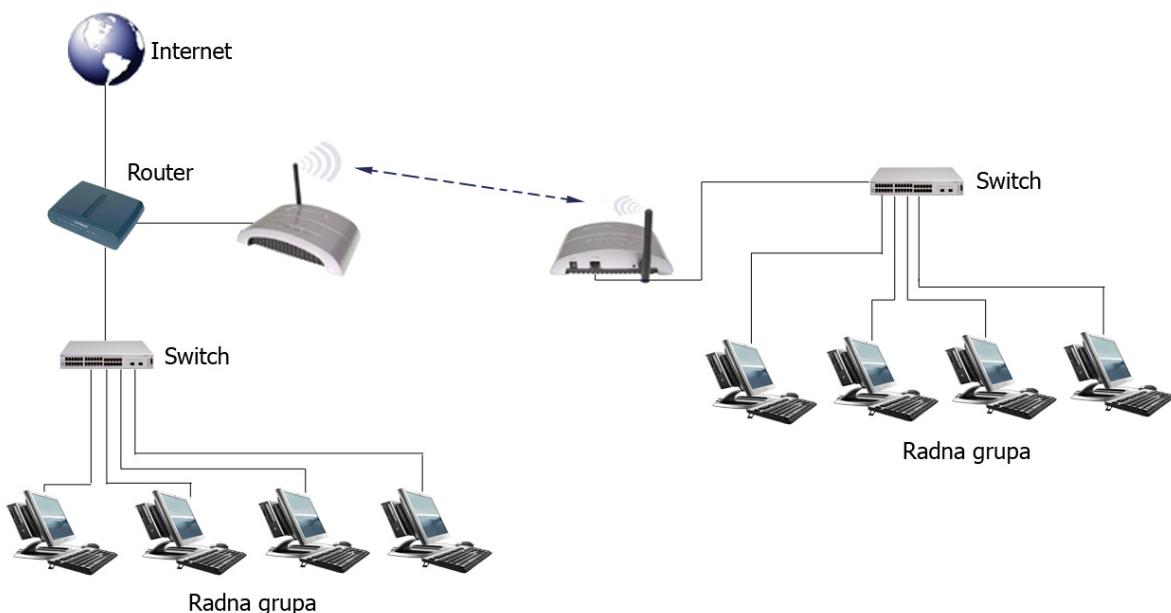


**Sl.12. AP client mode**

### 3. AP bridge mode

AP uređaj radi kao most (engl. *bridge*) i koristi se za spajanje dviju (*point-to-point*) ili više (*point-to-multipoint*) mreža (Sl.13). Dok radi u ovom *modu* AP uređaj ne može primati klijente već isključivo služi za povezivanje mreža.

Po jednom AP uređaju može biti do 64 računala (IP adresa). Brzine se kreću od 600 - 800 kb/s.



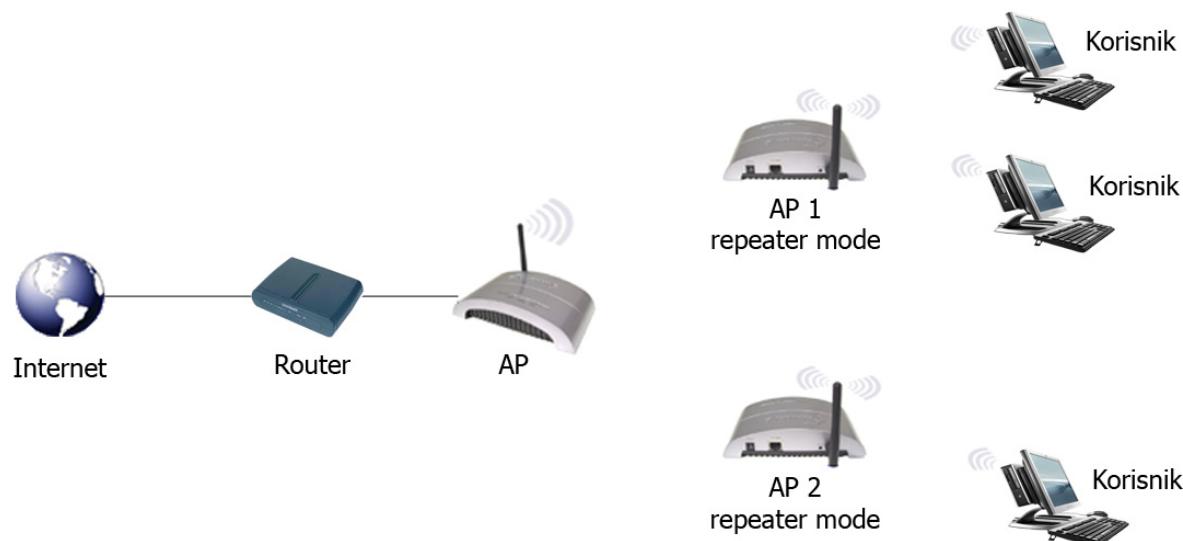
**Sl.13. AP bridge mode**

### 4. AP repeater mode

AP uređaj radi ako *repeater* (Sl.14) i ponavlja signal neke druge pristupne točke u svom području. Također povezuje klijente sa svog područja u mrežu i njihov promet proslijeđuje pravom AP uređaju.

Kod postavljanja AP uređaja u *repeater mode* važno je imati što bolju vezu prema AP-u čiji se promet "ponavlja".

Brzina prijenosa između dvije pristupne točke u *repeater modu* je između 100-250 kb/s.

SI.14. AP *repeater mode*

### **Kabeli: Klijent (bežična kartica) – Antena**

Klijenti koji se nalaze daleko od pristupne točke na koju se trebaju bežično spojiti, pomoću kabela se spajaju na vanjsku antenu. Postoje tri vrste često korištenih kabela:

- mrežni koaksijalni RG58 kabel, koristi se do 5m,
- RG213/214, koristi se do 15m,
- LMR-400, koristi se do 30m.

### **Antene**

Pristupne točke i bežične kartice imaju ugrađene antene, ili priključak za njih. No, s obzirom na veličinu tih uređaja, postoji ograničenje dometa djelovanja koje ugrađene antene mogu dati. Za bolji domet signala potrebna je vanjska antena koja pojačava snagu primopredajnika. Za bolje fokusiranje EM energije koja izlazi, ili ulazi u radio, antena istovremeno pojačava osjetljivost prijemnika i signala koji se šalje. Snaga antene se izražava u decibelima (dB) koji se povećavaju prema logaritamskoj skali, tako da njihovo malo povećanje rezultira u značajnom povećanju osjetljivosti.

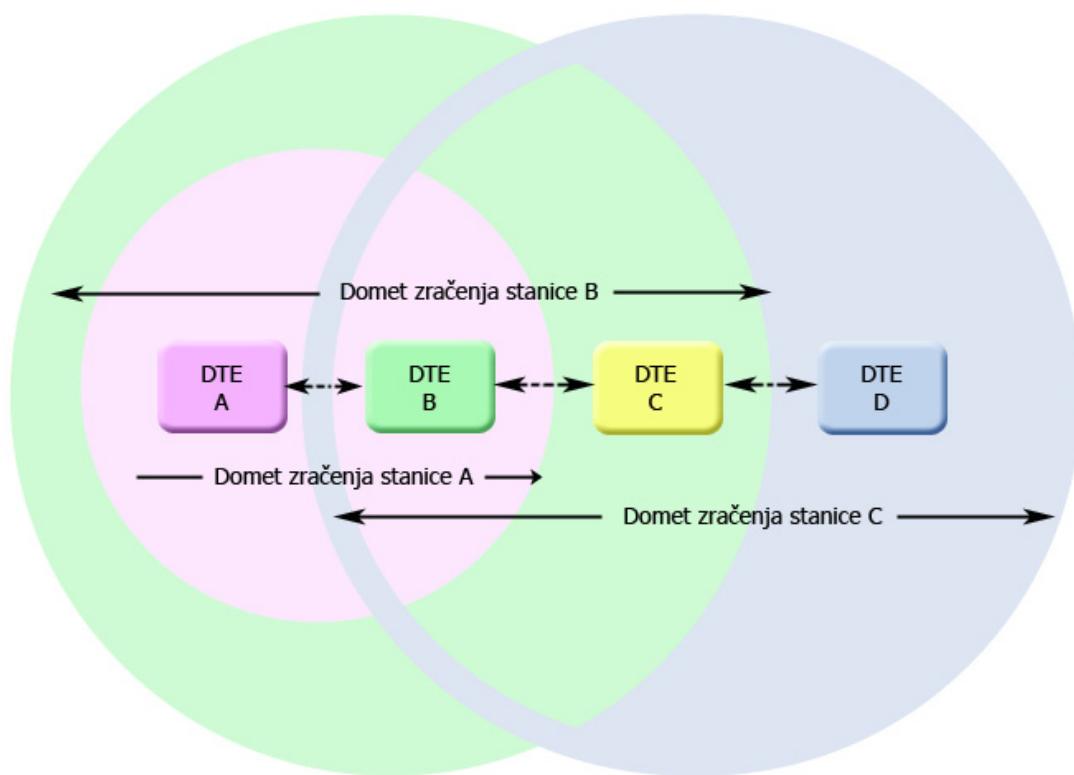


## Pristup mediju u bežičnim LAN-ovima

U infrastrukturnom WLAN-u primjenjuje se centralizirani ili decentralizirani višestruki pristup mediju.

Kod decentraliziranog pristupa primjenjuje se CSMA (engl. *Carrier Sense Multiple Access*) protokol koji omogućuje izravno međusobno komuniciranje stanica. No, primjena osnovnog CSMA/CD protokola nije moguća zbog problema skrivene stanice (engl. *hidden station*).

Problem skrivene stanice objasnit će se na primjeru komunikacije između stanica A i B na slici 15. Neka stanica A šalje okvir stanici B. U tom vremenskom intervalu, dok stanica B prima okvir, stanica C koja se ne nalazi u području pokrivenom EM zračenjem stanice A, zaključuje na temelju mjerjenja snage signala u svom prijemniku da je medij slobodan i počinje slati okvir stanici B. Međutim, taj će se okvir u stanici B sudariti s okvirom koji je poslala stanica A. Dakle, stanica A je za stanicu C **skrivena** stanica.



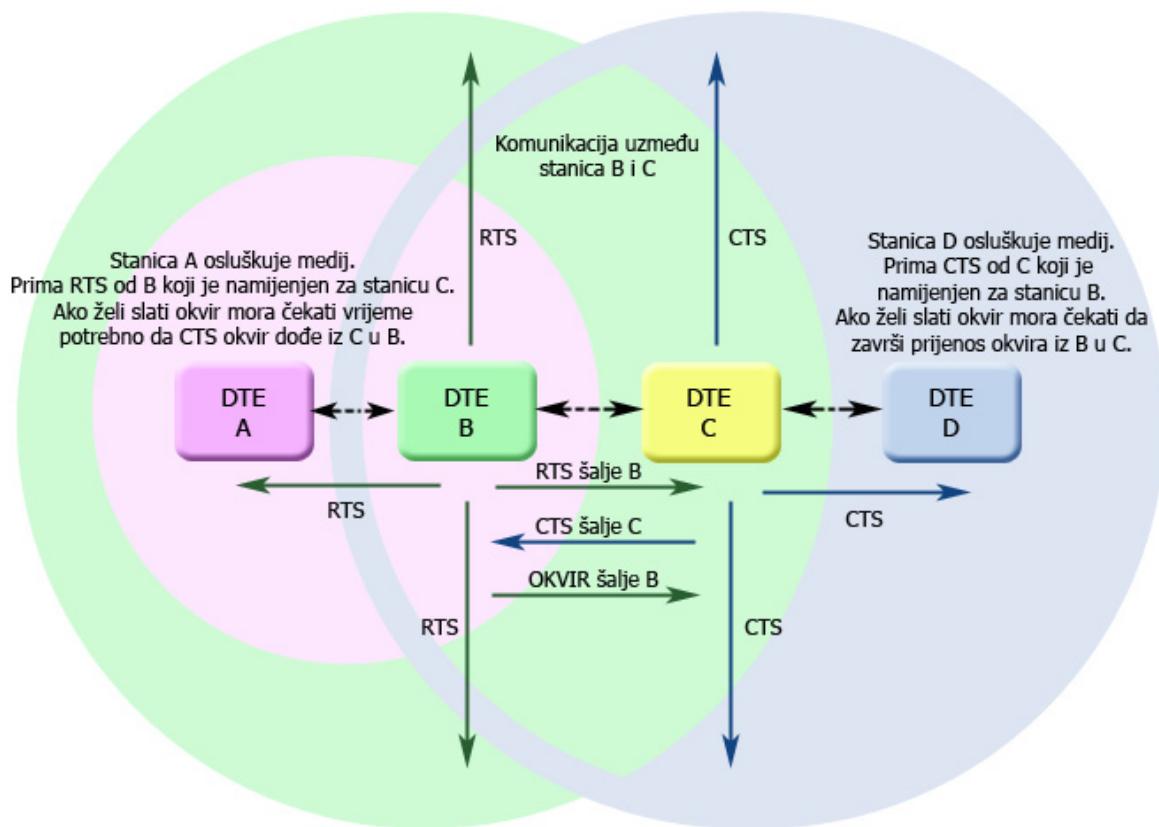
Sl.15. Problem skrivenog čvora i izložene stanice

Drugi problem koji može nastati je problem **izložene** stanice (engl. *exposed station*). Na primjer stanica B šalje okvir prema A, a stanica C želi slati okvir prema D. Prijemnik stanice C mjeranjem snage signala uviđa da je medij zauzet i odustaje od slanja okvira što je nepotrebno jer ne bi došlo do sudara tog okvira s okvirom kojeg šalje stanica B. Razlog je jednostavan: stanica D se nalazi izvan područja pokrivanja stanice B. Ali ipak, okvir kojeg stanica C šalje prema D izazvao bi detekciju sudara okvira u stanici B i ona bi prestala slati (opet nepotrebno) svoj okvir prema A.

Oba problema pokazuju da nema smisla koristiti CSMA/CD protokol u bežičnoj okolini. Zato je za potrebe bežičnih LAN-ova razvijen MACA protokol višestrukog pristupa mediju s izbjegavanjem sudara okvira (engl. *Multiple Access with Collision Avoidance*) ili CSMA/CA protokol (engl. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*).

Osnovna ideja protokola MACA prikazana je na slici 16.

- Pretpostavimo da stanica B želi slati okvir prema stanici C.
- B šalje kratki RTS (engl. *Request to Send*) prema C u kojem je sadržana duljina okvira s korisničkim podacima koje će tek biti poslati.
- Kada C primi RTS, ona uzima podatak o duljini okvira i ubacuje ga u kratki okvir CTS (engl. *Clear to Send*) koji šalje prema B.
- Kada B primi CTS ona može početi sa slanjem okvira prema C.



- Stanice A i D u međuvremenu prate tu komunikaciju između B i C:
  - Ako neka stanica slučajno primi RTS (znači RTS koji joj nije namijenjen) to znači da se nalazi u blizini (u području pokrivanja EM

zračenjem) stanice B i mora odgoditi slanje okvira tako dugo dok okvir CTS ne dođe iz stanice C u B.

- Dakle, stanica A može započeti slanje svog okvira za vrijeme dok B šalje svoj okvir prema C. Bitno je samo da slanje iz A ne kolidira s okvirom CTS kojeg šalje C prema B.
- Ako neka stanica slučajno primi okvir CTS, to znači da se nalazi blizu stanice C i mora odgoditi slanje okvira tako dugo dok ne završi prijenos okvira s korisničkim podacima iz stanice B u C (na temelju duljine okvira pročitane iz CTS-a, stanica zna koliko će trajati prijenos iz B u C).
- Dakle, stanica D, koja primi okvir CTS, zna da se nalazi u blizini stanice C koja treba primiti okvir i stoga ne smije slati svoje vlastite okvire sve dok prijenos od B prema C ne završi.

No, sudari se i dalje mogu dogoditi. U slučaju sudara okvira, stanica koja je neuspješno slala okvir (nije primila CTS okvir unutar određenog vremenskog intervala) odgađa ponovno slanje tog istog okvira za neko slučajno vrijeme određeno BEB (engl. *Binary Exponential Backoff*) algoritmom (kao kod IEEE 802.3).

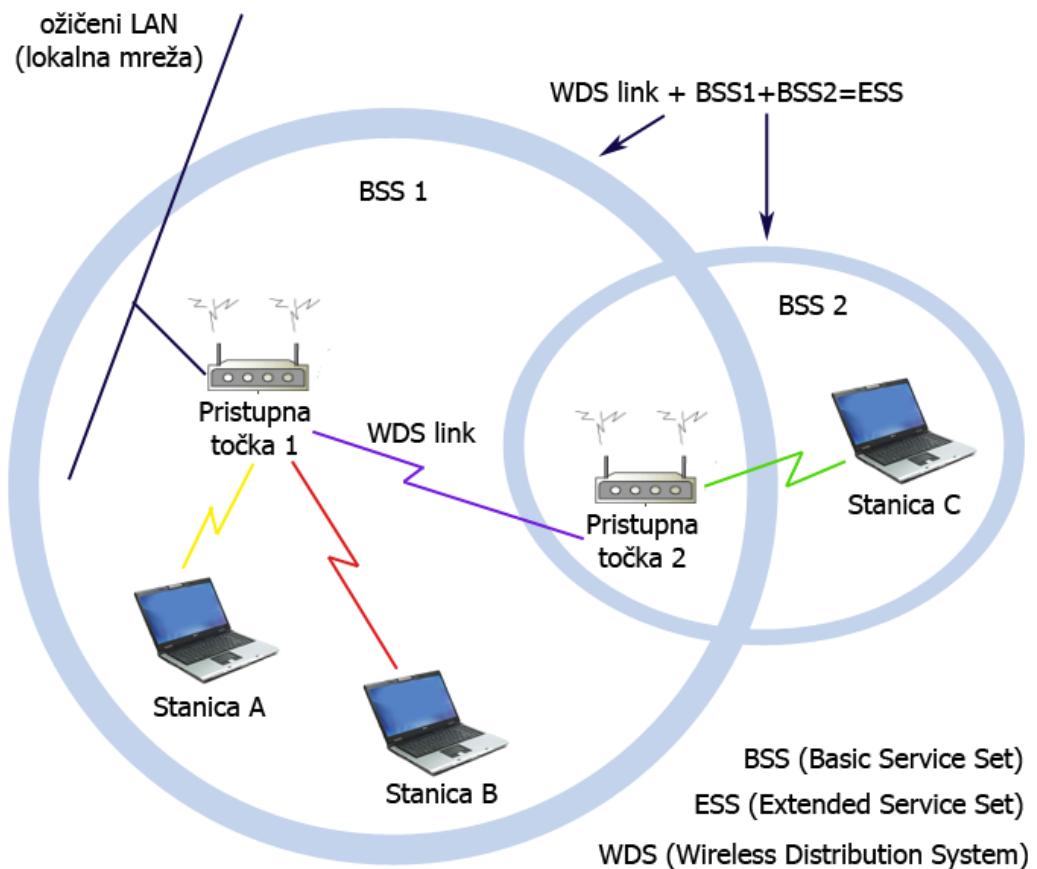
Protokol MACA je doživio neke preinake na temelju kojih je nastao protokol MACAW koji uvodi potvrde prijema okvira na sloju linka. Dakle, stanica koja primi ispravan okvir, šalje pošiljatelju potvrdu ACK (engl. *Acknowledgement*) da je uspješno primila okvir. Također ima i ugrađen mehanizam koji stanicama omogućuje razmjenu poruka o zagrušenju mreže.

Kod centraliziranog pristupa čvorovi unutar mreže koju pokriva središnja pristupna točka (AP) ne mogu međusobno komunicirati. Izvor šalje okvir AP-u, koja onda taj okvir proslijeđuje odredištu. Na taj se način tijekom duljeg trajanja prostiranja signala, povećava kašnjenje prijenosa.

## **BSS i ESS**

Standard IEEE 802.11 definira osnovni skup usluga (engl. *Basic Service Set – BSS*) koji se sastoji od dva ili više pokretnih čvorova-stanica STA (*station*). Svaki BSS ima svoju jedinstvenu oznaku BSSID (engl. *BSS Identifier*). Područje pokrivanja bežičnog LAN-a unutar kojeg članovi BSS-a mogu međusobno komunicirati zove se osnovno područje pružanja usluge (engl. BAS – *Basic Service Area*).

Distribuirani sustav (engl. DS- *Distribution System* – DS) definira način povezivanja dva ili više BSS-a, koji je najčešće žična ili optička veza (Sl.17). Bežični LAN zajedno s DS-om i BSS-ovima čini prošireni skupa usluga (*Extended Service Set – ESS*). ESS također ima jedinstvenu oznaku ESSID (ESS *Identifier*).

**SI.17. Distribuirani sustav**

## **Pitanja**

1. Što je to WLAN?
2. Koji se dio EM spektra koristi za bežični prijenos informacija?
3. Zašto se za bežični prijenos ne koriste UV, X ili Gama zrake?
4. Koje su prednosti WLAN-a u odnosu na žični LAN?
5. Što je to ISM?
6. Koliko se kanala ISM pojasa koristi u Hrvatskoj?
7. Koje vrste smetnji su prisutne kod WLAN-a?
8. Na kojim se slojevima OSI referentnog modela nalazi IEEE 802.11?
9. Što je to *spread spectrum* modulacijska tehnika?
10. Koje se dvije *spread spectrum* modulacijske tehnike koriste kod IEEE 802.11?
11. Na kojem principu radi FHSS?
12. Na kojem principu radi DSSS?
13. Koja su svojstva IEE 802.11b inačice standarda (maksimalna propusnost, realna brzina prijenosa, modulacijska tehnika, RF pojas, širina kanala) i gdje se koristi?
14. Koja su svojstva IEE 802.11g inačice standarda (maksimalna propusnost, realna brzina prijenosa, modulacijska tehnika, RF pojas, širina kanala) i gdje se koristi?
15. Koje dvije topologije WLAN-a postoje?
16. Kako se odvija komunikacija u *ad-hoc* načinu povezivanja WLAN mreže?
17. Kada se koristi *ad-hoc* načina povezivanja i koji mu je nedostatak?
18. Što je to centralna pristupna točka (AP – *access point*)?
19. Kako se odvija komunikacija u infrastrukturnom načinu povezivanja WLAN mreže?
20. Koja su četiri načina rada AP-a?
21. S koliko korisnika AP može istovremeno komunicirati i na koju udaljenost?
22. Koja dva pristupa mediju postoje u infrastrukturnim WLAN-ovima?
23. Što je to *hidden station* problem?
24. Što je to *exposed station* problem?
25. Zašto se kod WLAN-a ne može koristiti CSMA/CD protokol?
26. Koja su svojstva MACA (CSMA/CA) protokola?
27. Koja poboljšanja u protokolu je donio MACAW protokol?
28. Što definira osnovni skup usluga (BSS) kod WLAN-a?
29. Što definira prošireni skup usluga (ESS) kod WLAN-a?
30. Koji su osnovni elementi sigurnosti kod WLAN-a?
31. Koji dodatni elementi zaštite postoje?

## **Pitanja za detaljnije proučavanja**

1. Koje inačice standarda IEEE 802 uz 802.11a/b/g još postoje?
2. Na koji način radi DSSS modulacija i
3. Na kojem principu rade CCK i OFDM modulacijske tehnike?

## **Zanimljivi linkovi**

[1] FHSS i DSSS modulacije: <http://digitalmodulation.net/index.html>

[2] WLAN antene: [http://www.elcard.fi/elar\\_antennas.htm](http://www.elcard.fi/elar_antennas.htm)

[3] WLAN-antena konektori: <http://wireless.gumph.org/content/3/7/011-cable-connectors.html>