

II predavanje

1. Prikupljanje podataka iz prirode

1.1 Pojam i osnovni principi

1.2 Vrste senzora

2. Bežične komunikacije

2.1 Klasifikacija bežičnih komunikacija

2.2 Bežične računarske mreže

2.3 Osnovni elementi bežičnih računarskih mreža

2.4 Karakteristike bežičnih računarskih mreža

2.5 Tehnike prenosa signala

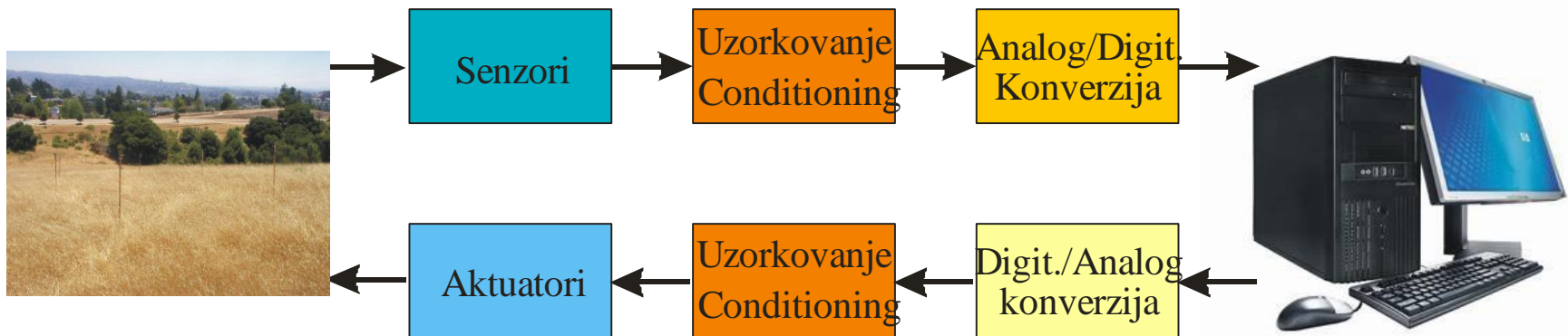
2.6 Problem kolizije

2.1.1 Pojam i osnovni principi

- Prikupljanje podataka (*sensing*) predstavlja tehniku kojom se vrši prikupljanje informacija o **nekom fizičkom objektu** ili procesu tj. **promene u stanju** kao što je pad temperature, pritiska ili brzine vetra.
- Objekat koji ima mogućnost da detektuje tu promenu naziva se **senzor**.
- Na primer, ljudsko telo je opremljeno sensorima koji su sposobni za detektovanje optičkih informacija iz okoline (**oči**), akustične informacije kao što su zvuci (**uši**) i mirisi (**nos**).
- Gledano sa tehničke strane, senzori predstavljaju uređaje koji **mere fizičke veličine ili detektuje događaje iz fizičkog sveta**, pretvaraju ih u signale koji su prepoznatljivi ljudima, instrumentima ili računarima.
- Sve te veličine sada se mogu se **pamtiti, meriti, analizirati ili proslediti** nekim drugim uređajima.
- Zadatak senzora je da skuplja različite informacije vezane za pojedine procese i to **pre, u toku i posle** određenih procesa.
- Senzori detektuju veličine koje se mere i konvertuju ih u neku prihvatljivu formu, generalno u **električne signale**.

2.1.1 Pojam i osnovni principi

- Drugi često eni termin za senzor je **elektropretvarač**, koji se često koristi za opisivanje uređaja koji služi za **pretvaranje signala iz jednog oblika energije u drugi oblik energije**
- On pretvara očitani podatak u odgovarajući signal druge fizičke veličine i omogućava njenu **kvantifikaciju** (određivanje brojne vrednosti fizičke veličine koja se meri).
- Najčešće senzor **prihvata neku vrstu energije** iz fizičkog sveta i **pretvara je u električnu energiju** koja se transformiše u formu koja se može preneti na računarski sistem ili kontroler.
- Primer koraka koji se događaju kod prikupljanja podataka ili slanja nekog podatka iz ili u prirodnu sredinu dati su na donjoj slici.



2.1.2 Vrste senzora

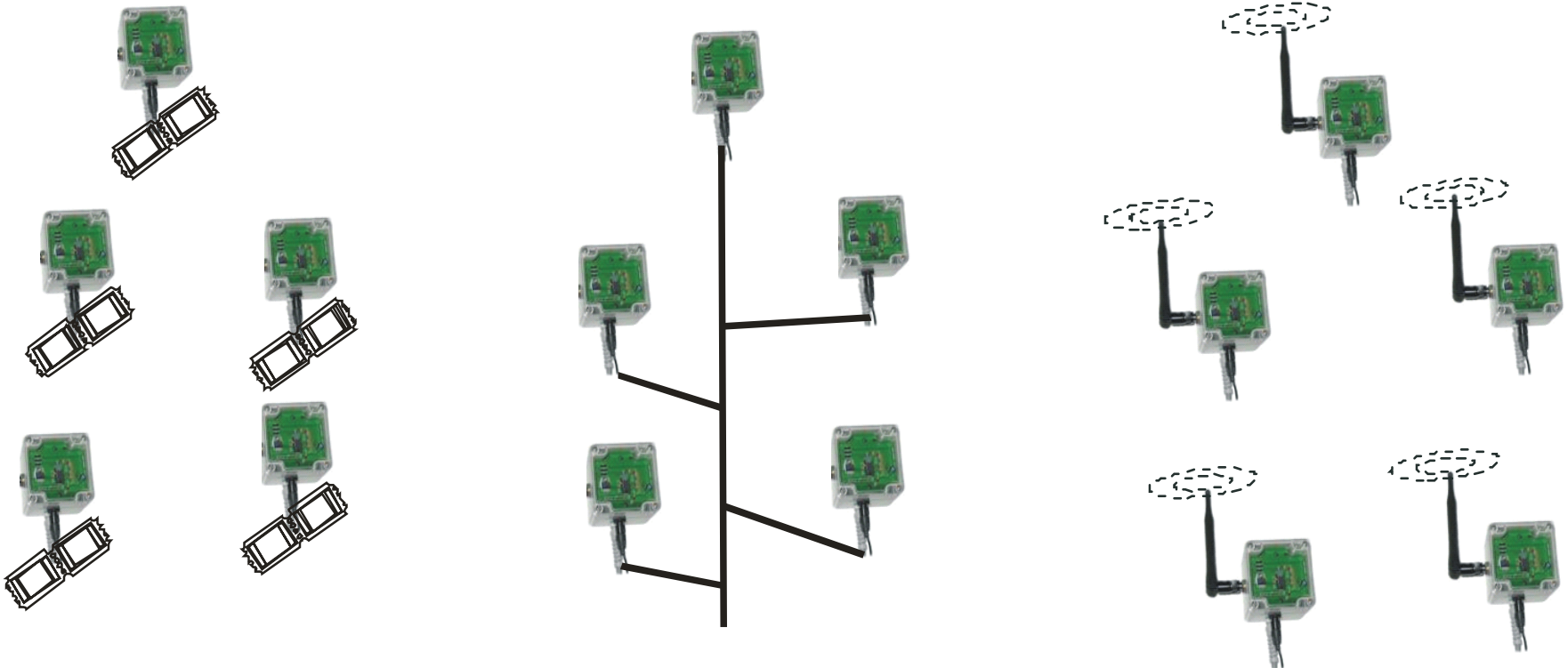
- Sensori mogu da detektuju **različite događaje ili pojave** iz prirode
- Rezultujući električni signali koje nam oni generišu najčešće **nisu pogodni za dalju obradu** ili slanje drugim uređajima.
- Ili su oni **suviše slabi** (nekoliko μV ili pA) ili **sadrže šum** ili **sadrže neželjene komponente** (DC nivo) ili nisu **u odgovarajućoj formi** koju zahteva sistem za prikupljanje podataka (*acquisition system*).
- Zato je neophodno izvršiti **prilagođavanje rezultujućeg signala**.
- Ta operacija poznata je kao procesiranje ili uzorkovanje signala (***signal processing/conditioning***) i ona podrazumeva da se na signal senzora **primene različite operacije** kako bi ga pripremili za dalju upotrebu.
- Nakon izlaska iz kola za uzorkovanje (procesiranje) dobijeni analogni signal se **šalje na analogno/digitalni pretvarač**
- **Aktuatori** predstavljaju elektromehaničke pretvarače koji **električnu energiju pretvaraju u mehanički rad** ili obrnuto.
- Na osnovu primljenih digitalnih podataka oni **izvršavaju neku radnju**
- Kada se organizuju zajedno sa sensorima predstavljaju jedinstvenu mrežu senzora i aktuatora (***Wireless Sensor/Actuator Network***).

2.1.2 Različiti oblici energije

Oblik energije	Opis
Kinetička	Poseduje je telo u kretanju
Potencijalna	Energija koju ima telo u nekom fizičkom polju
Mehanička	Suma makroskopske kinetičke i potencijalne energije
Energija mehaničkog talasa	Energija koja se prenosi prostiranjem mehaničkih talasa u materijalu
Hemijska	Sposobnost hemijskih supstanci da oslobađaju toplotu ili menjaju druge hemijske supstance
Električna	Energija koja potiče od električnog polja
Magnetna	Energija koja potiče od magnetnog polja
Energija zračenja	Energija elektromagnetnog zračenja
Nuklearna	Energija koja vezuje proton i neutrone u jezgru atoma
Energija jonizacije	Energija koja vezuje elektron za jezgro atoma
Elastična	Energija plastične deformacije materijala
Gravitaciona	Koja potiče od gravitacionog polja
Energija tela u mirovanju	Energija koju poseduje masa u mirovanju $E=m_0c^2$
Termalna	Makroskopska mera srednje kinetičke energije molekula u materijalu (mera entropije)
Toplotna	Količina termalne energije koja se prenosi u smeru opadajućeg gradijenta temperature -od toplog ka hladnijem
Mehanički rad	Količina energije koja se prenosi u nekom procesu usled promene položaja u smeru delovanja neke mehaničke sile

2.1.2 Vrste senzora

- Senzori služe da **povežu fizički sa digitalnim svetom.**
- Prema načinu organizovanja jednu senzorsku mrežu možemo podeliti:
 1. na senzore **bez mogućnosti komunikacije**
 2. senzore koji mogu da **komuniciraju putem žičane strukture**
 3. senzore koji su potpuno **nezavisni u pogledu očitavanja, obrade i slanja** detektovanih podataka.



2.1.2 Vrste senzora

- Kada se govori o senzorima bez mogućnosti komunikacije kao primer možemo navesti senzore koji **prate seizmičke aktivnosti**, koji se posle nekog vremena sakupljaju i iz njih se očitavaju podaci koje su oni snimili i memorisali.
- U mnogim drugim aplikacijama (a naročito u *real time* aplikacijama) od senzora se zahteva da **postoji mogućnost međusobne komunikacije** između njih kako bi oni mogli da razmenjuju informacije.
- U ovu grupu senzora spadaju senzori koji komuniciraju **posredstvom žičane mreže** (na primer meteorološke stanice koje periodično šalju svoje izveštaje o temperature, brzini i pravcu duvanja vetra centralnoj stanici), i **bežične komunikacije**.
- Mana žičanog pristupa je **visoka cena žičane infrastructure**, **postavljanje senzora**, **nefleksibilnost** kao i **nemogućnost primene u svim aplikacijama**.
- Prilikom projektovanja neke aplikacije jako je važno izabrati **odgovarajuću senzorsku mrežu**
- Kod izbora senzorske mreže najčešće glavnu ulogu ima **aplikacija**

2.1.2 Izbor senzorskog modula

- Jako je važno izabrati odgovarajuće senzore/pretvarače ili aktuatore jer njih karakteriše i niz parametara, kao što su **osetljivost, selektivnost, opseg, rezolucija, ofset, linearnost, šum i reverzibilnost**.
- Konačan izbor senzora/pretvarača ili aktuatora za određenu aplikaciju **ne zavisi samo od fizičke veličine** koja se meri (temperatura, pritisak, svetlost ili vlažnost) već i **od potrebne preciznosti, osetljivosti, cene, veličine i načina upotrebe**.
- **Na pouzdanost i preciznost** neke aplikacije znatno utiče tačnosti pojedinih senzora kao i interno generisani šum od samog senzora.
- Kod svakog senzora možemo da detektujemo više osnovnih elemenata ili modula:
 1. Modul za detektovanje signala
 2. Modul za konverziju signala (*Transducer*)
 3. Modul za obradu/prilagođavanje signala (*Signal Conditions*)
 4. Modul za A/D ili D/A konverziju (*A/D or D/A conversion*)
 5. Modul za prenos podataka
 6. Modul za prikaz podataka: analogni ili digitalni displej ili PC

2.1.2 Pojam i osnovni principi

- Postoji veoma veliki broj različitih senzora, od vrlo jednostavnih pa do veoma složenih konstrukcija, koji se mogu podeliti prema različitim kriterijumima: načinu detekcije, tipu pretvaranja, materijalu izrade, području primene, na osnovu nivoa izlaznog signala, vrste napajanja, operativnog moda, gabarita ili veličina koje se mere.
- Osim fizičkih osobina, klasifikacija senzora može se zasnivati i na drugim metodama, na primer, kako se napajaju (aktivni i pasivni).
- Ako senzori ne zahtevaju napajanje nazivamo ih pasivnim senzorima za razliku od aktivnih senzora koji za svoj rad zahtevaju napajanje.
- Pasivni senzori preuzimaju energiju iz neposrednog okruženja i koriste je kako bi emitovali izlazni električni signal (napon ili struja).
- To mogu biti otpornički senzori, kapacitivni senzori, induktivni senzori ili pasivni infracrveni (PIR) senzori
- Klasifikacija senzora može takođe biti zasnovana i na metodama koje oni primenjuju i na zakonima elektrotehnike i mehanike koji se koriste za pretvaranje fizičkih osobina u električne signale (otpornost, kapacitet, piezoelektrični efekat).

2.1.2 Razni oblici senzora



2.1.2 Razni oblici senzora

Karakteristika	Vrste	Osobine
Oblik signala koji daje sensor na izlazu	Analogni	Daju kontinualni signal proporcionalan merenoj veličini
	Digitalni	Niz diskretnih vrednosti gde je svaka vrednost nezavisna od prethodne i sledeće vrednosti
Izvor napajanja senzora	Aktivni	Zahtevaju spoljašnje napajanje
	Pasivni	Koristi spoljašnju energiju
Operativni mod senzora	Skretni	Izlazna veličina je proporcionalna merenoj vrednosti
	Nultog tipa	Registruje bilo koju promenu merene veličine
Tip energije koju konvertuju senzori	Termoelektrični (temperatura, toplotni tok, specifična toplota, toplotna provodljivost)	Temperaturni (termometar, termostat,...)
		Toplotni (kalorimetar, sensor protoka)
		Termistori menjaju otpornost u zavisnosti od temper.
		Termoparovi konvertuju gradijent temperature na krajevima metalnih spojeva u električni napon
		Peltijeov (Peltier) element: princip Peltijejevog efekta po kome struja prenosi toplotu sa jednog kraja provodnika na drugi
	Termooptički	Infracrveni senzori: imaju nizove fotodioda osetljivih na infracrveni deo spectra. Na osnovu detektovane talasne dužine svetlosti, mogu se izračunati temperature svakog dobijenog piksela,
	Elektromagnetni i (napon, struja, potencijal, amplituda i fazu električnog I magnetnog polja, provodnost	Električni otpor (ommetar, multimeter)
		Električna struja (galvanometer, ampermetar)
		Električni napon (voltmeter, elektroskop)
		Električna snaga (strujomer)
		Magnetni (kompas, magnetometer)
		Metal detektori
		Radar
	Mehanički (mere linearnu I uglovnu poziciju, ubrzanje, silu, naprezanje, pritisak, masu, gustoću, moment tromosti, brzinu protoka, protok, čvrstoća, oblik, viskoznost	Pritisak (barometer, manometer, brzina vetra)
		Protok fluida (gasni sensor, presostat, sensor protoka)
		Gustina i viskoznost fluida (viskozimetar, hidrometar)
		Mehanički (rastojanje, ubrzanje, naprezanje, prekid)
Senzori vlage (higrostat)		
Nivoa tečnosti (nivostat)		
	Tenzootporni: merne trake koje se deformišu pod dejstvom mehaničkog naprezanja čime menjaju svoju otpornost.	

2.1.2 Razni oblici senzora

Tip energije koju konvertuju senzori	Hemijski (koncentracije komponenata)	Hemijski elementi (kiseonik, ugljen monoksid, jon-selektivne elektrode, pH staklene elektrode) Mirisi (QCM sensor, kalaj-oksidi gas sensor) Gasni senzori Jonski senzori pH sonde za merenje kiselosti sredina	
	Elektrooptički (mere amplitude, fazu i brzinu talasa, indeks refrakcije, emisiju i refleksiju talasa)	Svetlosni ili fotodetektor (foto-čelija, foto-dioda, foto-tranzistor, CCD, senzor slike) Senzori blizine (detektuje samo određena rastojanja) Laserski skeneri (pomoću kombinacija foto-diode i laserskog zraka izračunava rastojanje do objekta) Fokus (Velika industrijska sočiva mogu biti fokusirana na servo system. Rastojanje fokusiranog elementa određuje se podešavanjem sočiva. Binokular (Dve slike dobijene sa iste početne linije preklapaju se sistemom ogledala i prizmi. njihovo podešavanje koristi se za utvrđivanje rastojanja) Interferometar - Interferencija snopova poslatih i reflektovanih talasa svetlosti dobijene iz koherentnog izvora kao što je laser se meri i na osnovu dobijenih parametara izračunava se rastojenje sa izuzetno visokom preciznošću Skintilometar — meri količinu rasipanja svetlosti u atmosferi Fiber optički senzori	
	Radijacijski (tip, energija i intenzitet zračenja)	Senzori zračenja: Gajgerov brojač, dosimetar, detektor neutrona, brojač iskri Senzori subatomskih ostataka: Detektor ostataka, oblačna komora, atomska komora Radiooptički: Rendgenski skeneri koji koriste Xzrake Radio-radiološki: Magnetna rezonanca koristi snažno magnetno polje koje reaguje sa jonima vodonika (protonima) u tkivu.	
	Elektroakustički	Akustički: koriste vremensko kašnjenje prostiranja ultrazvučnih UV talasa. Korišćeni su za merenje amplitude, faze i brzine talasnog talasa Zvučni senzori: mikrofoni, hidrofoni, seizmometri Piezoelementi koriste efekat da se piezoelektrični kristal deformiše usled delovanja mehaničkih talasa. Naprezanje u materijalu stvara piezovolt. Sonari (ultrazvučni senzori): pritisak vazduha ili vode deluje na membranu sa induktorom. Promena magnetskog polja izaziva indukovanu EMS.	
	Biološki	Mere tip i koncentraciju biomase i imitiraju biološke senzore koristeći biološke senzitivne komponente	
	Ostali tipovi	Senzori pokreta: radarski pištolj, brzinometar, takometar, senzor prolaza vozila, koordinator okreta Senzori orijentacije: žiroskop, veštački horizont, žiroskop sa leserskim prstenom Senzori rastojanja (beskontaktni) magnetostrikcija	
	Temperaturni opseg rada	Komercijalni	0°C - 70°C
		Industrijski	-40°C - +85°C

2.1.2 Razni oblici bioloških senzora

- Sva živa bića takođe **poseduju odgovarajuće biološke senzore**.
- Funkcionišu po **principima elektrotehnike**, tj. generišu strujne impulse
- Obično ih čine **specijalizovane ćelije** koje su osetljive na:
 1. jačinu i/ili talasnu dužinu **elektromagnetskog zračenja** (čulo vida)
 2. jačinu i/ili talasnu dužinu **akustičkih talasa**, uključujući i ultrazvuk i infrazvuk (čulo sluha)
 3. **mehanički pritisak i vibracije** (čulo dodira)
 4. **molekule iz sredine** (ukus, miris, feromonsko i hormonsko čulo)
 5. **gravitaciono polje** (čulo ravnoteže, čulo orijentacije)
 6. **temperaturu sredine** (čulo toplote)
 7. **vlažnost sredine** (kombinacija čula toplote i dodira)
 8. **magnetno polje** (čulo orijentacije kod mnogih migratornih vrsta)
 9. **električno polje** (električno čulo nekih predatorskih vrsta)
 10. **interno stanje pojedinih organa** (propriocepcija – čulo položaja sopstvenih ekstremiteta, pokreta tela, istezanja i napregnutosti)
 11. **nivo određenih hormona, hemikalija, toksina (metabolitičko čulo)**
 12. proteinsku strukturu sopstvenog organizma u odnosu na proteinsku strukturu stranih tela (antigeno čulo)
 13. **Ljudski razum je primer** funkcionisanja spec. neuronskih senzora.

2.2 Bežične komunikacije

- Početkom XXI veka, bežične komunikacije su postale tehnologija koja se **najbrže razvija** i u koju se u budućnosti **polaže puno nade**.
- Bežične tehnologije su postale jedno od **najatraktivnijih područja** u računarskoj tehnici i komunikacijama
- Sa jedne strane one su postale predmet velikog interesovanja **proizvođača i korisnika**, a sa druge strane **veliki broj organizacija** koje se bave standardizacijom kao i veliki broj **istraživača** koji su stalno davali i daju doprinos na ovom polju, uslovio je da su se ova tehnologija **jako brzo menjala i razvijala** velikom brzinom.
- **Mobilna telefonija, bežični Internet** kao i nadolazeće **bežične senzorske mreže** predstavljaju samo neke od krajnjih proizvoda
- Razvijeno je jako **mного bežičnih tehnologija** koje su omogućile sve veće brzine i sve sigurniji prenos signala bežičnim putem.
- Bežično povezivanje velikog broja uređaja **postala je svakodnevica i neohodna potreba**.
- Srećemo ga svuda: u **hotelima, školama, fakultetu, u industriji, kancelarijama, javnim objektima** kao i na **drugim javnim mestima**.

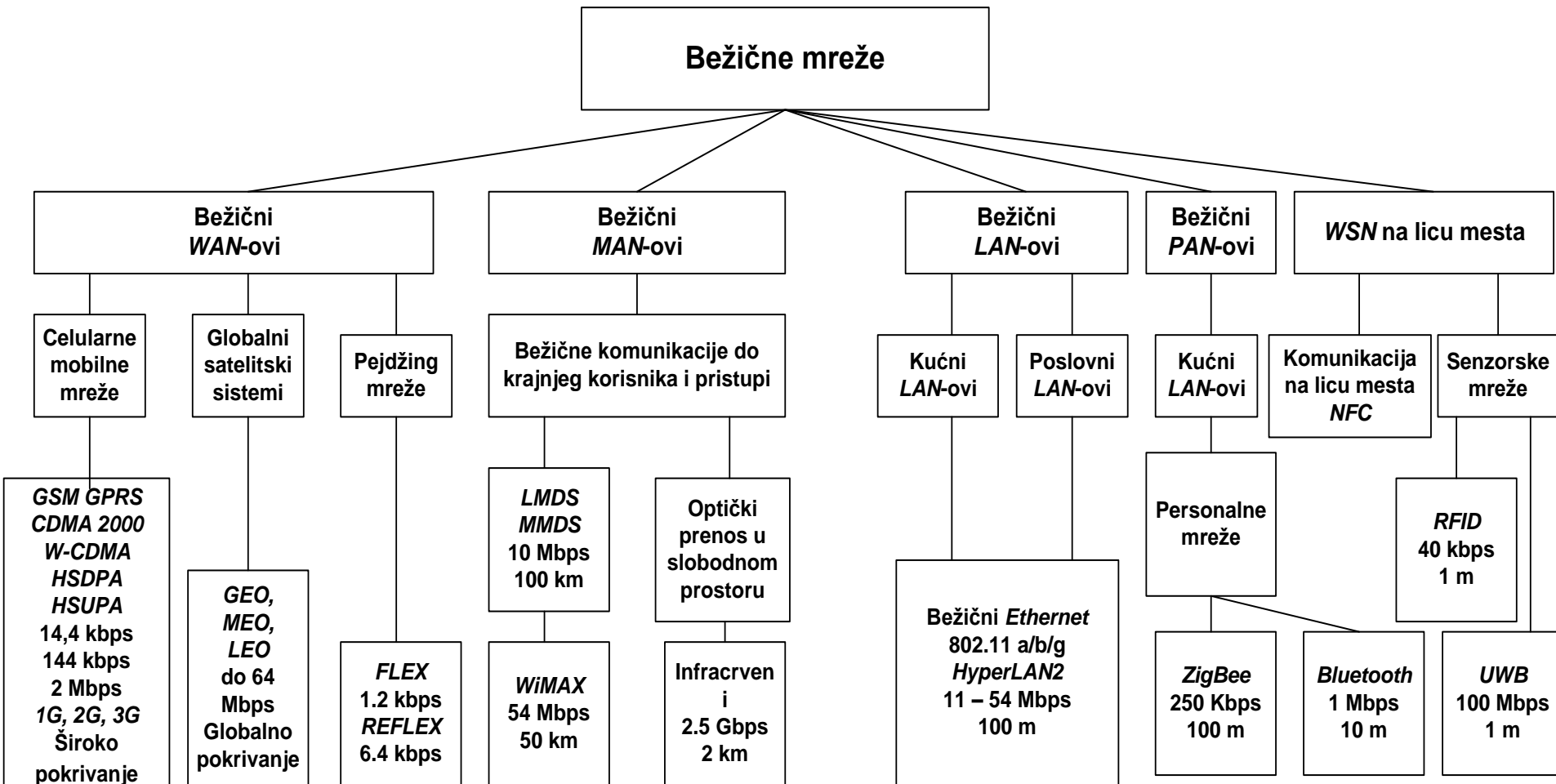
2.2 Bežične komunikacije

- Kao glavni medijum koji služi za prenos informacija koristi se etar po kome se na principu **elektromagnetnih talasa vrši prostiranje signala**
- Osnovna ideja kod bežičnog prenosa je da se izvrši **odgovarajuća modulacija informacija** koje se prenose, koje se sada putem određene frekvencije prenose do drugog bežičnog uređaja.
- Bežične tehnologije koriste samo neke delove elektromag.spektra i to:
 - 1. radio (100Hz-10¹⁰Hz)** - smatra se najboljim izborom za bežično umrežavanje računara.
 - 2. mikrotalasni (10¹⁰Hz - 10¹²Hz)** - koristi se za prenos između dve stanice na Zemlji - konkretnu primenu našla je u satelitskom prenosu
 - 3. infracrveni (10¹²Hz-10¹⁴Hz)** - zahteva optičku vidljivost uređaja koji komuniciraju (*LOS-Live of Sight*) pa nije mnogo popularan.
 - 4. vidljiva svetlost (10¹⁴Hz-10¹⁶Hz)** – koristi se tehnika poznata kao *Free Space Optics (FCO)* kod koje se podaci prenose putem optike Koristi se kada želimo da koristimo bitske brzine koje omogućava optička tehnologija, a da, pri tom, **izbegnemo troškove koji prate instaliranje optičkih fibera**. Uređaji se povezuju u *point to point* vezi.

2.2 Bežične komunikacije

- Svaki od ovih prenosa zasniva se na različitim komunikacionim tehnologijama, mrežnim elementima, i različitim frekventnim spektrima koji su dozvoljeni za potrebe korišćenja kod komuniciranja.
- Bežične mreže se mogu deliti na osnovu većeg broja kriterijuma:
 - a) geografsku pokrivenost;
 - b) nivo mobilnosti;
 - c) dozvoljeni spektar zračenja.
- U principu sve ove podele su ravnopravne i sveobuhvatne tako da je potpuno svejedno na osnovu koje podele bežične mreže će se izučavati.
- Mi ćemo se držati kriterijuma koji se bazira na geografskoj pokrivenosti područja koje one pokrivaju.
- Na sledećoj slici prikazani su različiti komunikacioni sistemi čija je podela izvršena na osnovu geografske pokrivenosti.

2.2 Podela bežičnih mreža



2.2 Bežične komunikacije

- Imamo **dva glavna pravca** u razvoju bežičnih komunikacija
- Prvi se odnosi na bežične mreže koje **zahtevaju određenu infrastrukturu** i u okviru kojih razlikujemo:
 - 1.celularne-mobilne** (*cellular mobile*) mreže i servise, obično namenjene da podrže govorne komunikacije,
 - 2.radio-bazirane** - fiksne bežične računarske mreže.
 - a.bežične mreže na daljinu (*WWAN-Wireless Wide Area Network*),
 - b.lokalne bežične mreže (*WLAN-Wireless Local Area Network*),
 - c.personalne bežične mreže(*WPAN-Wireless Personal Area Network*)
- Drugi pravac koji se intenzivno razvija zadnjih godina, odnosi se na bežične računarske mreže koje **ne zahtevaju infrastrukturu** za rad:
 - 1.mobilne ad hoc mreže** (*Mobile Ad hoc NETWORKS – MANET*) predstavljaju mreže mobilnih računara (laptopovi, tableti, mobilni telefoni, PDA uređaji) kojima upravljaju ljudi,
 - 2.senzorske ad hoc mreže**-mreže autonomnih minijaturnih senzorskih uređaja koji su sposobni da potpuno samostalno detektuju neki događaj, obrade podatke i bežičnim putem proslede nekom uređaju.

2.2 Bežične komunikacije

Tipovi mreža	Primene i oblast pokrivanja
BAN (<i>Body Area Networks</i>)-mreže na nivou tela	Putem bežične komunikacije između različitih uređaja koji se nalaze na jednom (ljudskom) telu prikupljaju parametre o životnim funkcijama i te podatke šalju nadređenom uređaju (najčešće mobilni telefon). Rastojanje između ovih uređaja obično je u prečniku od 1 m.
PAN (<i>Personal Networks</i>)-bežične personalne mreže	Pokrivaju bežično umrežene uređaje u okviru jednog radnog mesta, kuće ili stana za jednog korisnika. Zbog male oblasti pokrivanja broj korisnika nije veliki. Takođe broj nepreklapajućih PAN-ova u okviru ograničenog prostora nije veći od 5. Rastojanja nisu veća od 10 m.
WLAN -bežični LAN-ovi	Kao i bežični telefoni WLAN-ovi pokrivaju oblast do 100 m, a broj korisnika u proseku je oko 10. Kada se broj korisnika poveća (na naučnim konferencijama ili sastancima) brzina prenosa podataka opada. Kod bežičnih telefona (<i>cordless phones</i>) oblast pokrivanja je do 300 m, a broj korisnika koji se povezuje na jednu BS-u je isti kao i kod LAN-ova. Na bežični PABX se može povezati veći broj korisnika, tako da oni mogu formirati privatni celularni sistem.
Celularni sistemi	Imajući u vidu oblast pokrivanja kod WLAN-ova, kod mikroćelije radijus je 500 m, dok je kod makroćelija od 10 do 30 km. U zavisnosti od dostupnog propusnog opsega broj korisnika može biti od 5 do 50.
Fiksni bežični pristupni servisi	Pokrivaju oblast sličnu kao i kod celularnih telefona, tj. od 100 m do nekoliko desetina kilometara. Broj korisnika je sličan kao i kod celularnih sistema.
Satelitski sistemi	Oblast pokrivanja je jako velika, i kreće se od nivoa zemlje do nivoa kontinenta. Kod GEO satelita radijus ćelije je reda 1000 km, a kod LEO može biti od 50- 300 km.

2.2 Bežične računarske mreže

- Još je davne 1901 godine, italijanski fizičar Markoni prikazao bežičnu vezu između dva uređaja, koristeći Morzeov kod.
- Savremeni bežični sistemi znatno su složeniji ali je osnovna ideja ista.
- Značajno veliki napredak je učinjen početkom 90-tih godina.
- Uređaji koji rade shodno standardu IEEE 802.11 obezbedili su da se računari mrežno povezuju na sličan način kao mobilni ćelijski telefoni.
- Posebna prednost je da skoro svi WLAN-ovi rade u nelicenciranim ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) frekventnim opsezima od 900 MHz, 2.4 GHz, i 5.8 GHz.
- Zadnjih godina došlo je do velikog razvoja i široko-pristupnih bežičnih tehnologija koje su obezbedile veliku brzinu u prenosu podataka.
- WiMAX je jedna od tih tehnologija koja pripada 4G, a zasniva se na standardu IEEE 802.16.
- WiMAX koristi radio frekvencije između 10 GHz i 66 GHz, a brzina prenosa podataka je 40 Mbps za fiksne korisnike, a 15 Mbps za mobilne, za opseg pokrivanja od nekoliko kilometara.

2.2 WWAN (*Wireless Wide Area Networks*)

- Obuhvataju **velika geografska područja**, odnosno koriste se za veća rastojanja i koriste radio i satelitske linkove.
- Primer su **ćelijski (mobilni) telefonski sistemi** koji pripadaju grupi uskopojasnih bežičnih sistema, koji pripadaju raznim familijama mobilnih radio-celularnih mreža počev od 1G pa do 5G, koje koriste različite mobilne tehnologije i implementacije: AMPS, GSM i CDMA
- Celularni mobilni sistemi koriste uređaje koji su instalirani na zemlji i ostvaruju direktno horizontalno RF-zasnovano bežično povezivanje.
- **Prva generacija (1G)** pojavila se 1980 god. i obuhvatala je prenos preko analognih sistema koji su služili samo za prenos govora.
- **Druga generacija (2G)**, 1991 god., predstavljala je digitalne sisteme koji su pretežno bili namenjeni za prenos govora.
 - Brzina prenosa podataka se kreće od 9,6kbit/s do 470 kbit/s.
- **Treća generacija (3G)** pojavljuje se krajem 2000 god. i donosi nam brzinu prenosa podataka od 2 Mbit/s pa sve do razvoja 3,5G koji ima poboljšanu brzinu prenosa podataka od 5 do 30 Mbit/s.
 - To su **potpuno digit. sistemi** koji su razvijeni da potpuno ravnopravno prenose i govor i podatke bazirane na Internet Protocol-u (IP).

2.2 WWAN(*Wireless Wide Area Networks*)

- **Četvrta generacija(4G)**-pojavi se 2010god. i donela nam znatno veće brzine koje su sada oko **1 Gbit/s** download i **500 Mbit/s** upload
- 4G i LTE danas mnogi smatraju **istom tehnologijom** jer se često za 4G mrežu ponekad koristi i naziv LTE.
- 4G je omogućila **najbrži mobilni Internet** na nekom od 4G uređaja.
- **5G mobilna mreža** je trenutno još veoma nepoznata tema.
- Kao nova pokretna mreža smatra se da će biti **bolja i stabilnija**, imati **potpuno novu, rekonstruisanu arhitekturu** kao i **nove standarde**.
- Nagadanja su da bi se trebala da se pojavi negde oko **2020.** godine.
- Smatra se da će tada biti povezano više od **50 milijardi predmeta** i uređaja i više od **200 milijardi različitih inteligentnih - smart senzora**
- Svi oni će proizvoditi **orgomnu količinu podataka** pa je neophodno potrebno da se razviju i potpuno **nove, odgovarajuće tehnologije**
- Mogućnost koja bi mogla da se pojavi sa 5G tehnologijom bio bi daleko **bolji nivo povezanosti i pokrivanja**.
- Za to je izmišljen izraz *World Wide Wireless Web*, ili **WWWW**.

2.2 WWAN(*Wireless Wide Area Networks*)

- Glavne prednosti uvođenja 5G su **niži troškovi, veći kvalitet usluga, visoka raspoloživost mreže, visoka pouzdanost i bezbednost kao i ultranisko kašnjenje** u prenosu podataka..
- Nema potrebe za posebne mreže za sve sisteme, nego se koristi tzv. **network slicing** tehnika - **više mreža radi na istoj infrastrukturi**.
- Osigurano je **dinamičko upravljanje i kontrola saobraćaja**.
- To će omogućiti podršku **autonomnim vozilima, daljinskom obavljanju složenih radnji i operacija i daljinskom kontrolom opremom-telehealth**
- Nova 5G tehnologija doneće i mnoge **promene kod hardvera i softvera uređaja, spektralnu efikasnost, energetske efikasnost, pojednostavljenu integraciju, brže kreiranje servisa** a samim tim i niže troškove.
- Energetska efikasnost je veoma važna za **očuvanje životne sredine i održanja klimatskih uslova** kao i **duže trajanje baterije**, što je veoma bitno za primenu koncepta **Internet of Things (IoT)**.
- Da bi IoT uspešno komunicirao, 5G će morati da obezbedi **neophodnu brzinu i kvalitet protoka podataka** što će znatno poboljšati sposobnosti povezivanja **automobila, dronova i prenosivih uređaja**.

2.2 WWAN(*Wireless Wide Area Networks*)

➤ Kako su sve novosti još velika nepoznanica jer su mnoga istraživanja u toku navešćemo samo neke mogućnosti koje se očekuju od nje:

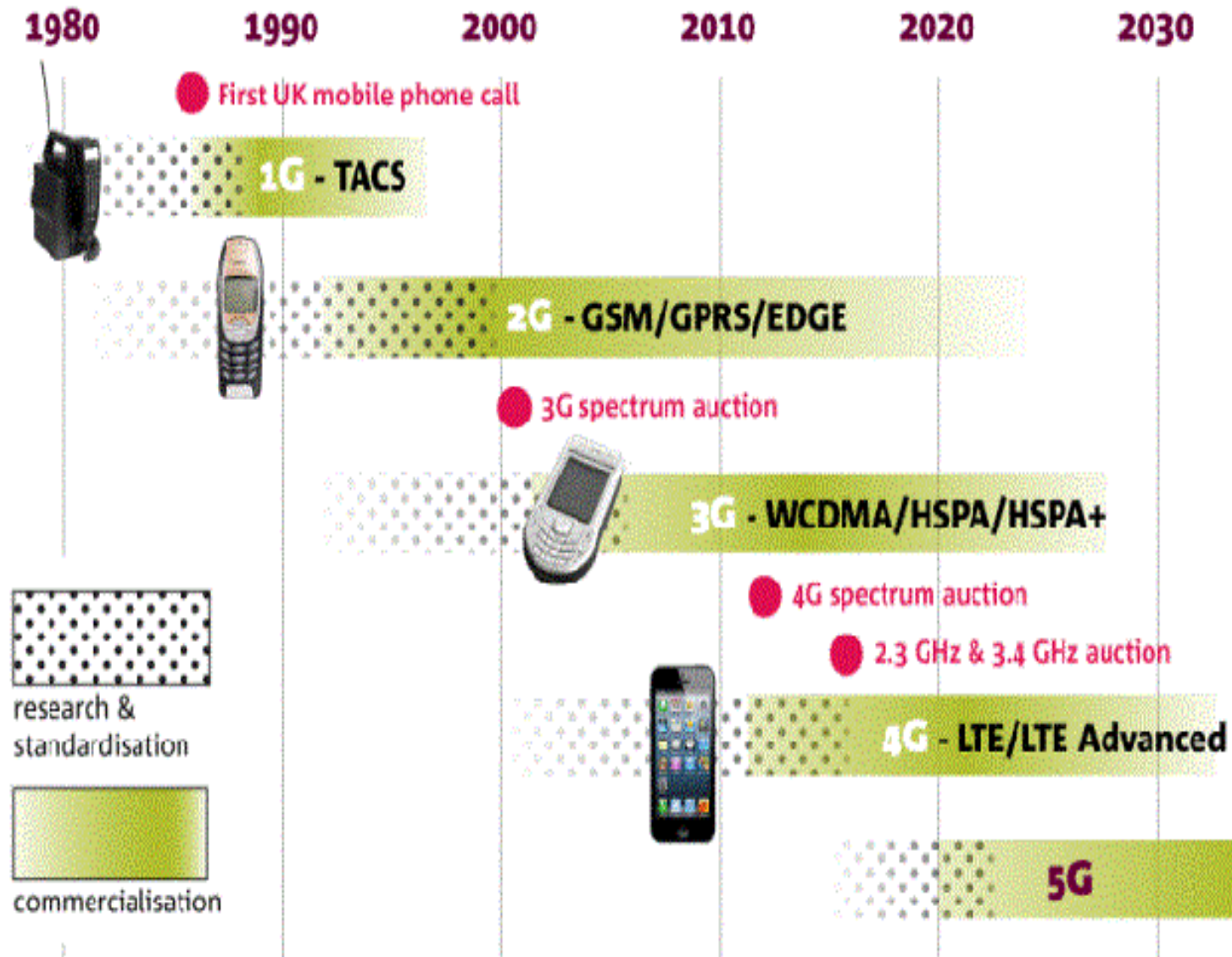
1. bitske brzine za korisnike od **1-10 Gbps**,
2. ultranisko kašnjenje signala (*end-2-end*) - reda **1-5 ms**,
- 3. 1000 puta** veći propusni opseg po jedinici pokrivenne površine
4. mogućnost konektovanja **10-100 puta više uređaja**,
5. mogućnost konekcije u pokretu i pri brzinama kretanja do **500 km/h**,
- 6. pokrivenost 100%**,
- 7. raspoloživost 99,999%**,
8. smanjenje potrošnje energije u mreži za **90%**
9. produženi vek trajanja baterije do **10 godina**

➤ **Satelitske mreže** ostvaruju globalnu pokrivenost područja kod kojih razlikujemo dva tipa prenosa: a) od zemlje ka satelitu (*uplink*); i b) od satelita (GEO, MEO i LEO) ka zemaljskim stanicama (*downlink*).

➤ **Pejdžing sistemi**, koji koriste kombinaciju satelitsko-baziranih komunikacija i radio-zemaljski *terrestrial paging* emisionih sistema

- Prenos se ostvaruje u jednom smeru ka pejdžeru brzinom od 6,4 kbps

2.2 WWAN (Wireless Wide Area Networks)



2.2 WMAN(Wireless Metropolitan Area Network)

- **WMAN** mreže obuhvataju **veći prostor od WLAN** mreža i obično se koriste za pokrivanje velikih univerzitetskih centara i gradova.
- U principu su **fleksibilnije, jednostavnije za instaliranje i održavanje, i jeftinije** po ceni priključka nego tradicionalnih žičnih mreža.
- Prve WMAN tehnologije su bile **LMDS** (*Local Multipoint Distributed Service*) i **MMDS** (*Multi-channel Multipoint Distributed Service*).
- **LMDS** je **fiksna širokopolasna (broadband)** bežična tehnologija koja koristi usmerene antene u mikrotalasnom frekven.opsegu (**28-40GHz**)
- Potrebno obezbediti **direktnu vidljivost predajnika i prijemnika.**
- Ovaj prenos je jako **osetljiv na veliku vlažnost** u vazduhu ili jakoj kiši.
- **MMDS** je fiksna bežična tehnologija pristupa koja je **alternativa za širokopolasne local-loop servise** koja zahteva međusobnu vidljivost.
- Veza se ostvaruje u frekventnom opsegu od **2.1- 2.7 GHz.**
- Najvažnija WMAN tehnologija je **WiMAX** (*Wireless Metropolitan Area Exchange*) koja za prenos koristi spektre od 2.5,3.5,5.3, i 5.8GHz
- Spada u bežične tehnologije **tipa direktne vidljivosti (direct line-of-sight wireless access technology)**

2.2 WLAN (Wireless Local Area Network)

- To su sistemi kod kojih svaki računar ima **radio-modem i antenu** preko koje može da komunicira sa drugim računarima i **deli informacije**.
- Omogućeni su **isti servisi** kao i u žičanim mrežama ali imaju prednosti u odnosu na žičani LAN – **mobilnost, fleksibilnost, skalabilnost, brzina protoka, jednostavnost i smanjenje troškova** instalacije.
- WLAN su **neophodne** u situacijama kada, **zbog nekih razloga**, nije moguće ostvariti druge načine formiranja mreže.
- Ove mreže omogućavaju **lokalni prenos podataka i govora** ka deljivim resursima kakvi su serveri, štampači, ruteri i PBX-ovi.
- WLAN-ovi se **široko koriste** u industriji, edukaciji, zdravstvu, na aerodromima, kod malih privatnih kancelarija, Internet kafeima, i td.
- WLAN-ovi se baziraju na **short-range RF komunikacijama** standardizovanih od strane IEEE radnih grupa (u Evropi **HyperLAN**).
- Implementirane tri IEEE specifikacije: **802.11a, 802.11b i 802.11g**.
- Najpopularniji je **802.11b-Wireless Fidelity (Wi-Fi)** ili **Wireless Ethernet**
- WLAN radi na **nelicenciranim frekventnim opsezima** od **2.4 GHz, 5.6 GHz, 1.9 GHz**, ili **900 MHz (902- 928 MHz)** sa **dometom do 100 m**.

2.2 WPAN (Wireless Personal Area Network)

- Omogućavaju komunikaciju prvenstveno elektronskih uređaja **unutar prostora od nekoliko metara** (u okviru stana)
- To su mreže koje obično koriste **infracrvene talase** (*infrared*) za vezu.
- WPAN-ovi koriste i **radio-talase**: najpoznatija tehnologija *Bluetooth*.
- Pored tastature, **miša, monitora, štampača** moguće je povezati i ostale uređaje koji se povezuju sa računarom: **kamere, slušalice, skenere** i td.
- Namenjene su da **integrišu i standardizuju** korišćenje kao i interakciju različitih kućnih uređaja (za zabavu) kao i električnih uređaja (šporet).
- Nekoliko standarda postoje za WPAN-ove, uključujući IEEE 802.15 **WPAN Bluetooth/ZigBee** i drugi.
- **Bluetooth** predstavlja skup specifikacija i protokola namenjenih za ostvarivanje **jeftinih veza** kod radio sistema male potrošnje.
- Radi u frek.području od **2.4 GHz** sa max. brzinom prenosa od **3 Mbps**.
- **ZigBee** je definisan standardom IEEE 802.15.4 a odnosi se na bežično umrežavanje, upravljanje, i monitoring uređaja koristeći **malu brzinu u prenosu podataka** (*low data rate radio communications*) i **ultra malu potrošnju energije kod prenosa** (*ultra low power firmware resources*).
- ZigBee radi u opsegu od **1 do 100 m** pri brzini prenosa od **128 kbps-a**.

2.2 BAN (Body Area Network)

- Zadnjih godina javljaju se sve više male mreže senzorskih uređaja prikačenih na jedno (ljudsko) telo i služe da **prate njegove vitalne f-je**
- Ostvaruju bežičnu komunikaciju između senzorskih uređaja i nekog centralnog uređaja (npr. mobilni telefon) i **prenose mu očitane podatke.**
- Rastojanje između ovih uređaja je reda 1 m. pa ih svrstavaju u WPAN
- **Mreže na licu mesta, Senzorsko-zasnovane mreže** (*Near field, Sensor-based networks*) - ostvaruje se komunikacija između uređaja instaliranih na licu mesta procesa koristeći pri tome RF identifikaciju i ultra-široko-pojasni prenos sa sledećim tehnologijama:

1. Radio Frequency Identification (RFID) - je markerno bazirana (*tag based*), tehnologija niske cene kod koje ne postoji direktna potrošnja energije. Radi u *Ultra-High Frequency (UHF)* opsegu, **868-928 MHz**, pri čemu je brzina prenosa podataka reda **40 kbps**.

2. Ultra Wide Band (UWB) – radi u opsegu od 3.1-10.6GHz, brzina prenosa podataka je **480 Mbps**-a, potrošnja oko 1 μ W energije.

3. Near Field Communications (NFC) je namenjena za ostvarivanje *very short range* bežične komunikacije sa dometom od **nekoliko cm**.

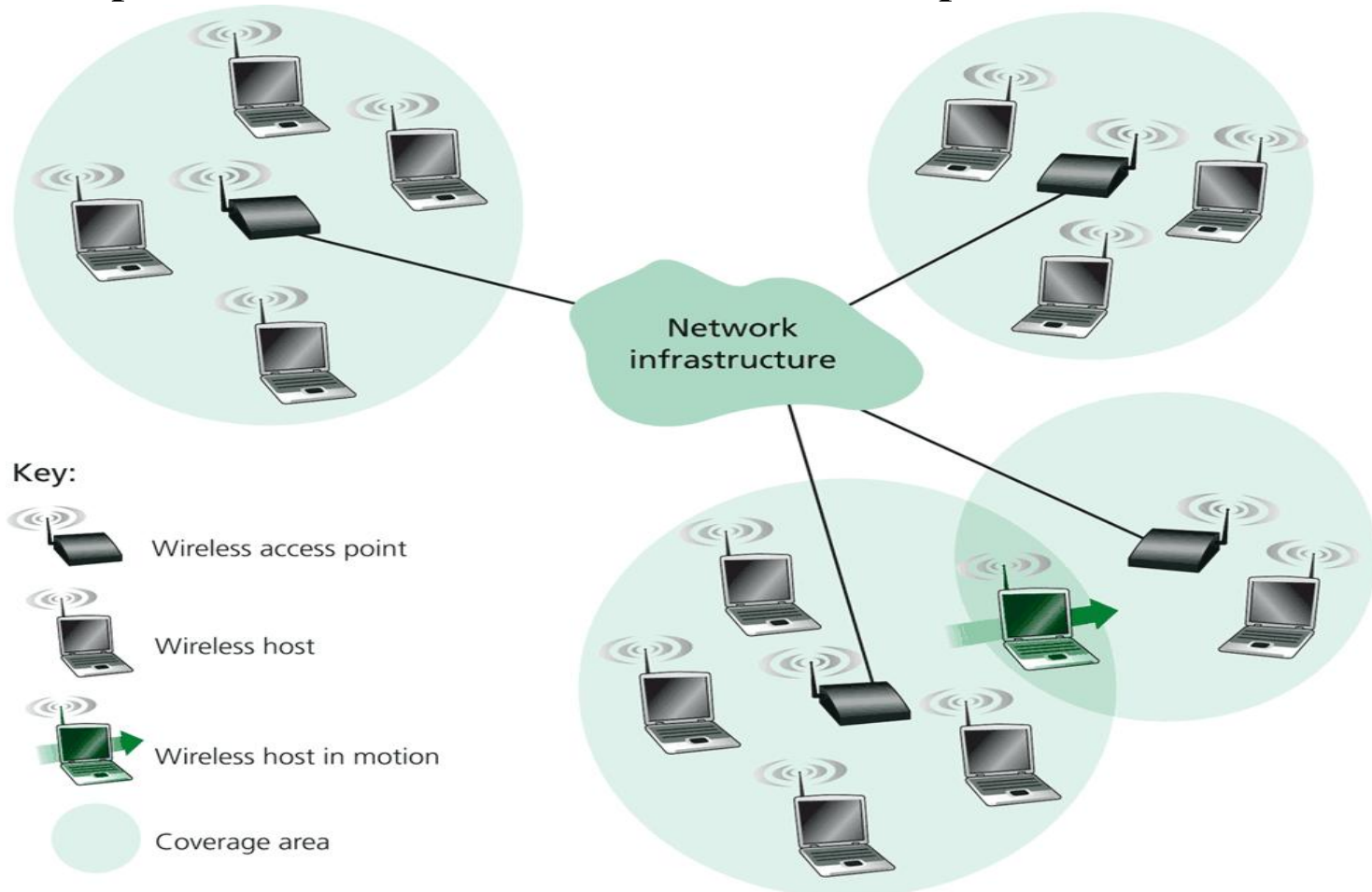
2.2 Osnovni elementi BRM

- WLAN je fleksibilan komunikacioni sistem implementiran u početku kao dodatak ili kao alternativa žičnom LAN-u.
- U tipičnoj WLAN konfiguraciji, odašiljač/prijemnik, koji se zove **pristupna tačka** (*AP-Access Point*), povezuje se na žičnu mrežu sa fiksne lokacije koristeći standardan *Ethernet* kabl.
- Pristupna tačka **prima, obrađuje i šalje podatke** između WLAN-a i žične mrežne infrastrukture i može podržati malu grupu korisnika.
- Radio komunikacija kod WLAN-ova se obavlja u tzv. **ISM** (*Industrial, Scientific & Medical*) opsegu frekvencija za koji nije potrebna licenca
- ISM čine tri opsega frekvencija: **902 - 928 MHz**, **2400 - 2483,5 MHz** i **5728 – 5750 MHz**.
- Od njih se, u ovom trenutku, najčešće koristi opseg oko **2.4-2.48 GHz**.
- WLAN-ovi koriste **Spread Spectrum** tehniku prenosa (prenos u proširenom opsegu).
- Ograničavajući faktor primene je relativno **kraći domet veze (30–300m)** i **frekvencijski opseg**.
- Ako je potrebno premostiti veća rastojanja **koriste se dodatne antene**

2.2 Osnovni elementi BRM

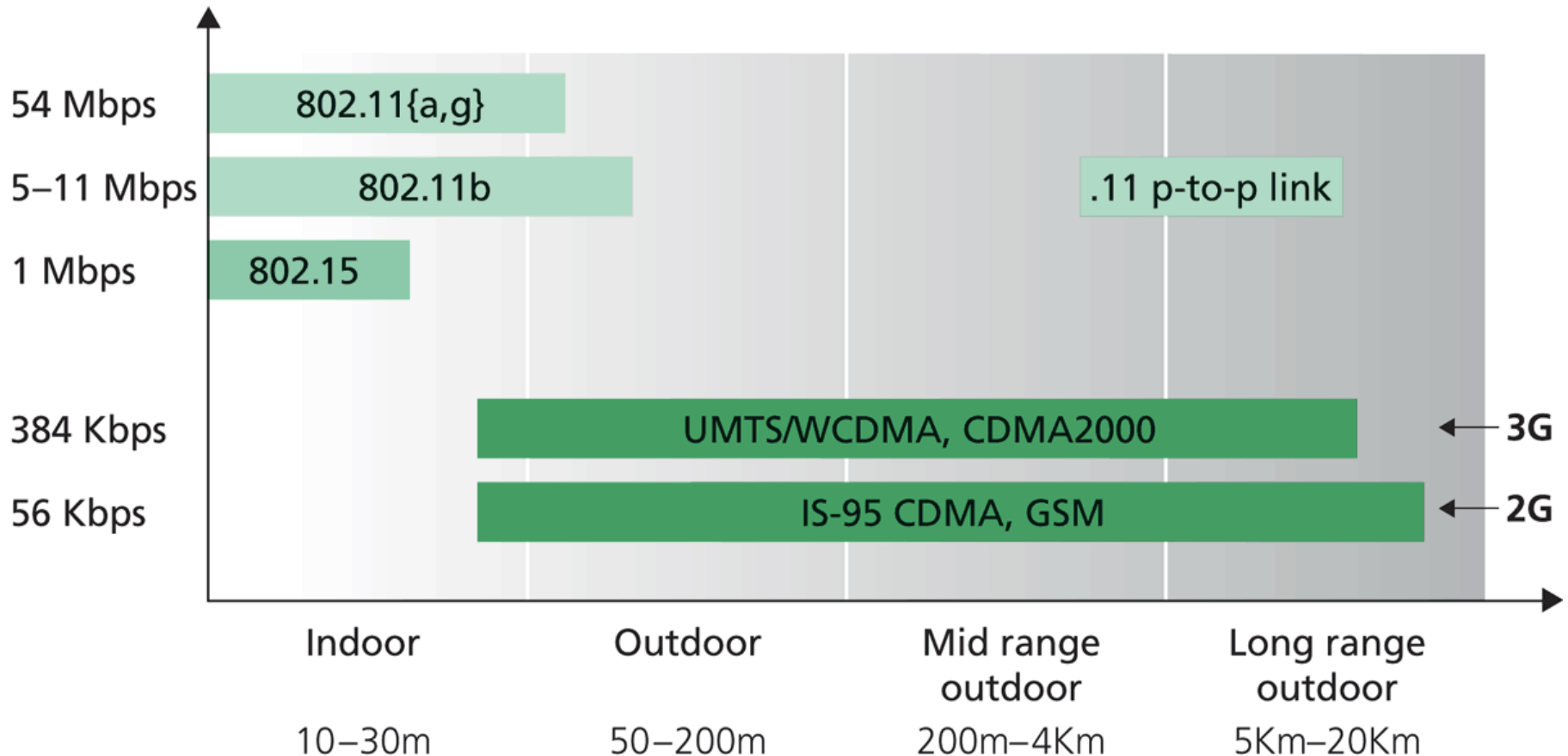
➤ Osnovni elementi jedne bežične mreže su:

1.bežični *host-ovi* – kao i kod ožičenih mreža, *host-ovi* su krajnji uređaji koji izvršavaju aplikaciju. Bežični *host-ovi* mogu biti *laptop-ovi*, *palmtop-ovi*, *PDA-ovi*, telefoni, ili *desktop* računari.



2.2 Osnovni elementi BRM

2.bežični putevi – *host* se povezuje sa baznom stanicom ili drugim bežičnim *host*-om preko bežične komunikacione veze koju karakterišu različite brzine prenosa kao i različiti dometi prenosa.



2.2 Osnovni elementi BRM

3.bazna stanica (BS) - ključni je gradivni blok bežične mrežne infrastrukture.

- Nasuprot bežičnim *host*-ovima i bežičnim putevima (vezama), BS **nema svoj jasno izdiferenciran ekvivalent** kod ožičenih veza.
- BS je zadužena za **predaju i prijem podataka** (tj. paketa) ka ili od bežičnog *host*-a, kao i za **koordinisanu predaju podataka većem broju** bežičnih *host*-ova koji su pridruženi BS-u.
- Kada se kaže da je bežični *host* pridružen baznoj stanici tada to znači: **da se *host* nalazi u komunikacionom dometu BS-a** i da *host* koristi BS da bi prosledio ili primio podatke ka ili od neke mreže.
- Tačke pristupa (***Access Points***) kod 802.11 bežičnog LAN-a su tipični primeri BS-ova. AP-ovi ne kontrolišu samo pristup medijumu nego **deluju i kao mostovi ka drugim bežičnim i žičanim mrežama**.
- BS (alternativno nazvana AP) se najčešće povezuje **sa nekom većom mrežom** (kakve su Internet, javne telefonske mreže, i td.).
- Za *host*-ove koji su pridruženi baznoj stanici često kažemo da rade **u infrastrukturnom režimu rada** (*infrastructure mode*)

2.2 Ad Hoc mreže

- Ovde bežični *host*-ovi **ne koriste infrastrukturu** da bi se povezali.
- Svaki čvor može direktno da komunicira sa drugim čvorovima, tako da **nije potrebno da postoje AP-ovi** koji će kontrolisati pristup medijumu.
- Čvorovi u okviru *ad-hoc* komuniciraju samo **ako su u istom RFdometu**
- U odsustvu infrastrukture, *host*-ovi kod *ad-hoc* mreže moraju sami po sebi da obezbede usluge **tipa rutiranja, dodela adresa, DNS-a**, i td.
- Zbog prethodno pomenutih funkcija složenost čvora kod *ad-hoc* mreže **znatno je veća** od čvora kod infrastrukturno bazirane bežične mreže.
- Kada jedan mobilni *host* pređe iz oblasti pokrivanja jedne BS u oblast koju pokriva druga, on menja svoju tačku pridruživanja - ***handoff***.
- Ovakva mobilnost donosi **veći broj problema**:
 1. ako je *host* pokretan, **kako se određuje njegova tekuća pozicija u mreži** kako bi mogli da podatke prosledimo željenom mobilnom *host*-u?
 2. **na koji način se vrši adresiranje**, ako *host* može da bude u više lokacija?
 3. ako se *host* premešta u toku TCP konekcije (ili telefonskog poziva kod GSM-a) tada se ponovo pitamo **na koji način se obavlja rutiranje podataka**, a da pri tome **ne dođe do prekida veze**?

2.2 Karakteristike BRM

- **slabljenje** - jačina elektromagnetnog polja slabi nakon prolaska talasa kroz neku sredinu, kao na primer zid. U slobodnom prostoru dolazi i do disperzije radio talasa, a to dovodi do slabljenja signala - *path-loss*. Rastojanje između predajnika i prijemnika takođe utiče na slabljenje.
- **Interferencija od drugih izvora** - ako dva izvora RF signala emituju u istom frekventnom opsegu tada dolazi do međusobne interferencije. Pored toga usled smetnji od drugih izvora, kakve su recimo smetnje od motora ili mikrotalasnih peći, indukuje se elektromagnetni šum, a to će takođe rezultirati do pojave interferencije.
- **propagacija** duž više različitih puteva (*multipath propagation*)- javlja se kada se deo elektromagnetnih talasa **reflektuje od objekata** ili **zemlje**, pri čemu dužine puteva talasa od predajnika do prijemnika su **različiti**. Pokretni objekti između predajnika i prijemnika mogu uzrokovati *multipath propagation* koja je **promenljiva sa vremenom**. *Multipath propagation* zbog uticaja refleksije talasa od jonosfere ili drugih objekata može da dovede do pojave **fading**-a, tj **privremenog gubitka signala** na prijemnoj strani.

2.2 Tehnike prenosa signala u BRM

- Bežične komunikacije **daleko su nepouzdanije** od žičanih.
- Postoje **problemi** kada se koristi jedna noseća frekvencija:
 1. **Interferenca** od drugih uređaja,
 2. **Lako ometanje** signala
 3. Neautorizovani "uljezi" **lakše mogu da presretnu** signale.
- Da bi se rešili ovi problemi, 802.11 standard koristi **široki spektar** (*spread spectrum*), tehnologiju koja se koristi ne samo za bežične LAN mreže, već i za bežične i mobilne telefone.
- Predajnici u širokom spektru emituju energiju signala **preko šireg opsega frekvencija** (tj. većeg propusnog opsega).
- To ih čini **manje sklonim interferencama**, koje obično utiču samo na manji broj frekvencija a obezbeđena je i **bolja zaštita signala**
- "Uljez" koji prisluškuje na određenoj frekvenciji **dobija samo manji deo signala**, koji mu izgleda kao šum.
- Ovo je interesantan koncept, ali se nameće pitanje: **Kako je moguće proširiti prenos preko širokog opsega frekvencija?**
- 802.11 standard definiše dve tehnologije za fizički sloj **DSSS** i **FHSS**

2.2 DSSS(Directe Sequence Spread Spectrum)

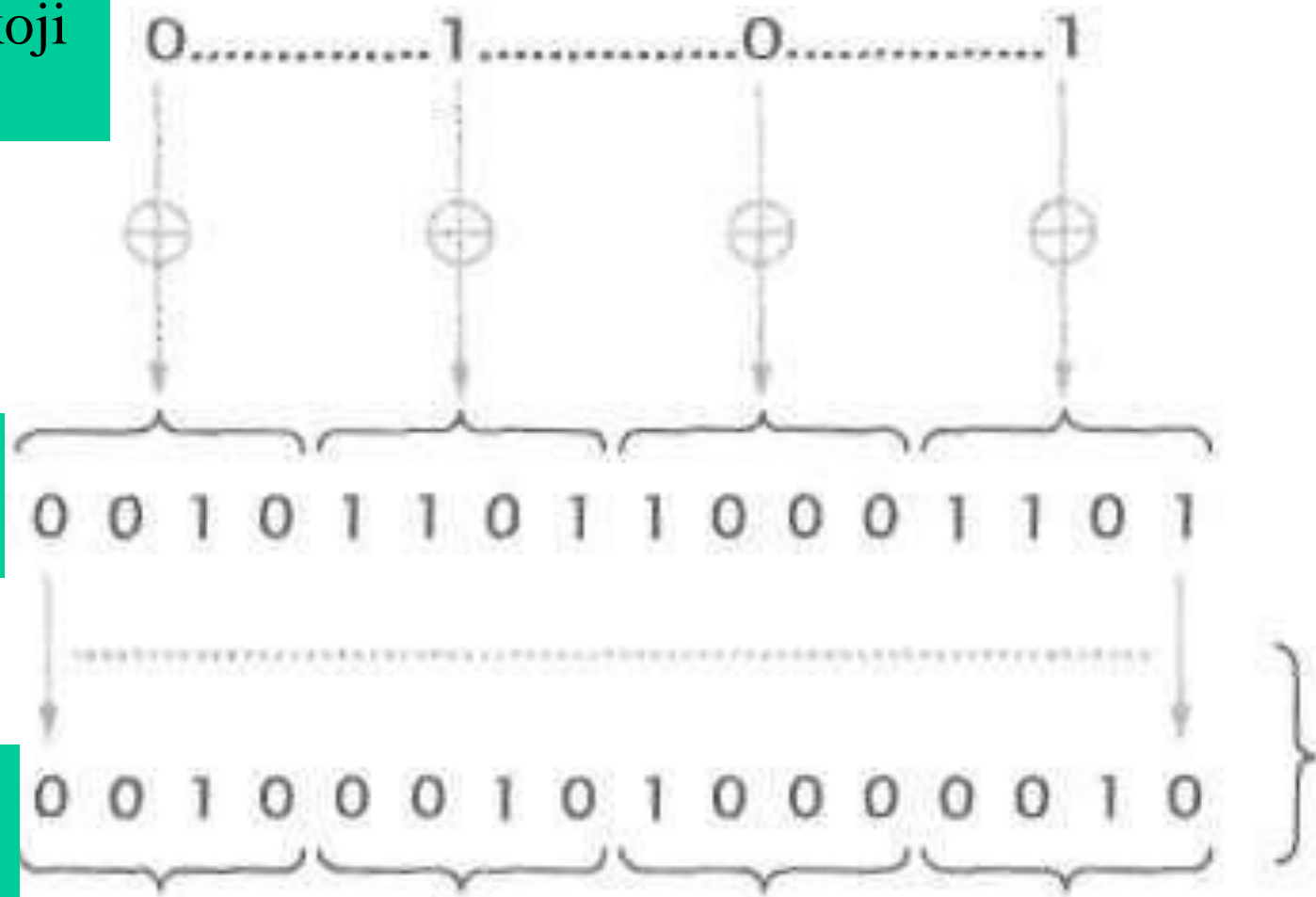
- Predstavlja šemu koja prenosi podatke snopom bitova (**jedan bit se šalje preko različitih frekvencija**) koje generiše predajna stanica.
- DSSS **proširuje** jedan bit podataka na više njih.
- Predajnik funkcioniše **na većim bitskim brzinama**, tako da se signal prostire **preko šireg propusnog opsega**.
- Sledeći koraci ilustruju kako ovo funkcioniše.
 1. Predajni uređaj startuje sa **stringom podataka**.
 2. Za svaki bit podataka generiše se **pseudonasumično izabrani niz** bitova, nazvan **chipping sequence** sa n bitova.
 3. Svaki bit podataka kombinuje se sa *chipping sequence* za kreiranje **chip koda dužine n bitova**.
 4. *Chip* kod se dobija tako što se **primeni operacija isključivo ILI** između svakog bita podataka i bita u odgovarajućoj *chipping sequence*.
 5. Rezultat je sekvenca **n -bitnih *chip* kodova**, po jedan za svaki bit. To znači da svaki bit podatka koji je 0 imamo **chip kod koji je isti** kao i *chipping sequence* a za bit podatka koji je 1 imamo **njen komplement**.
- 802.11 standard koristi 11-bitnu *chipping sequence* - **Barkerov kod**

2.2 DSSS(Directe Sequence Spread Spectrum)

Niz podataka koji se šalje

chipping sequence

Rezultujući niz koji se šalje



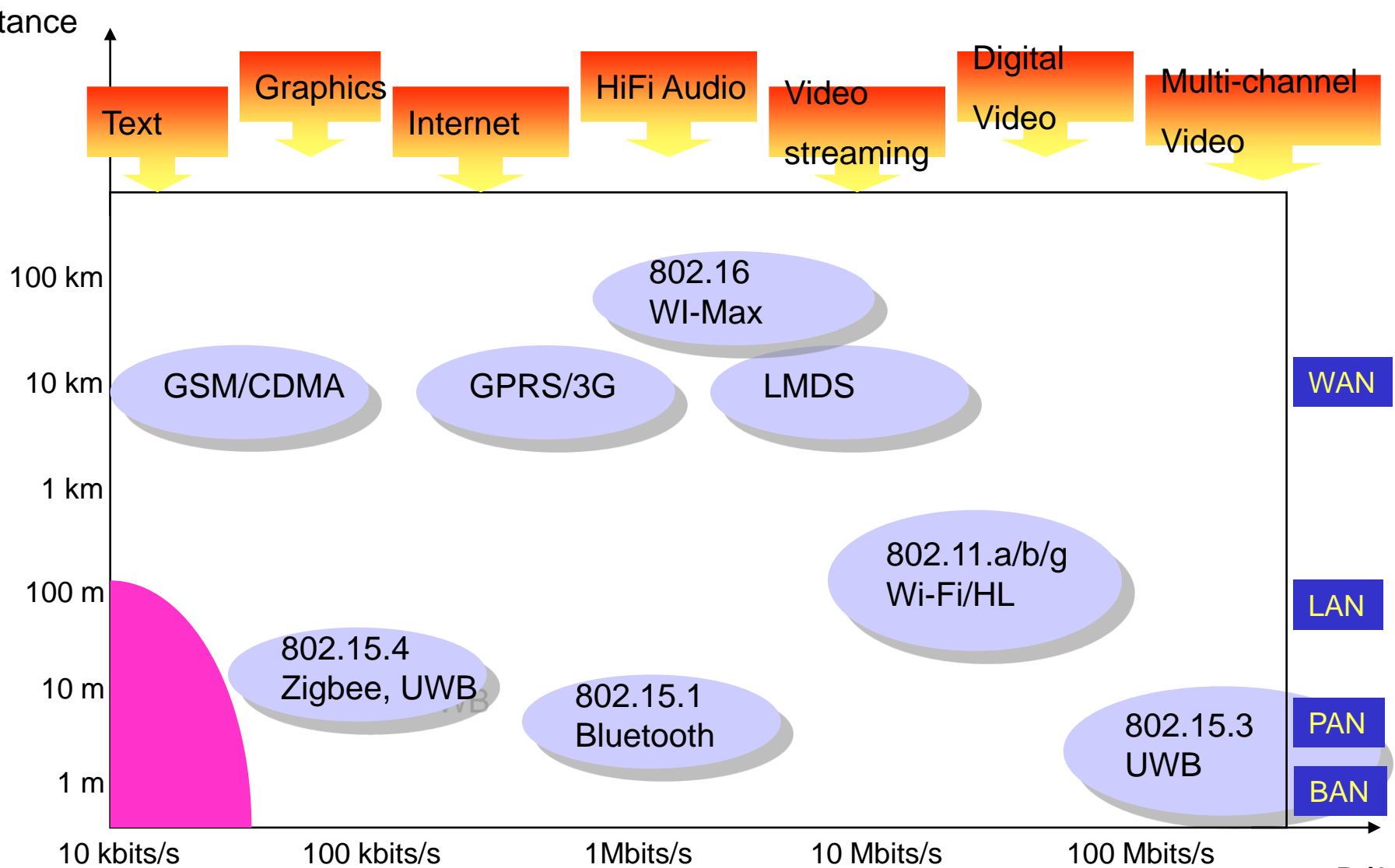
chip kod za chip kod za chip kod za chip kod za
0 1 0 1

2.2 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)

- Ovde prenosni signal **menja frekvencu po unapred poznatom modelu** koji znaju i prijemnik i predajnik i radi na sledeći način:
- Definišu se **nizovi frekvencija f_1-f_n** koji pripadaju emisionom spektru
- U kraćim periodima FHSS **koristi uskopojasne prenose**, ali u dužim periodima **koristi široki propusni opseg**.
- Uređaj za prenos emituje **određeni period frekvencijom f_1** , pa zatim prelazi na f_2 , nakon unapred određenog perioda na f_3 , pa $f_4, f_5, \dots F_n$
- Kada završi prenos preko frekvencije f_n , **ponovo počinje od f_1** .
- Svako ko pokuša da prisluškuje na konkretnoj frekvenciji čuće **periodične nailaske signala** koji se razlikuju od šuma.
- Ukoliko ne zna sekvencu frekvencija i trenutke za prebacivanje frekvencija, "uljez" **neće moći da presretne, ili omete signal**.
- Frekvencije se dobijaju pomoću **pseudonasumičnog generatora brojeva**
- Za razliku od konvencionalnih radio emisija, FHSS prenos ne zahteva licenciranje kod FCC, sve dok je jačina signala **manja od 1W**, koji je dovoljan za komunikaciju na manjim rastojanjima.
- FHSS komunikacije za bežične LAN mreže obično funkcionišu između **2,4 i 2,483 GHz** i koriste do **79** zasebnih kanala, čime su obezbeđena **22** različita šablona (redosled frekvencija).

2.2 Bežične komunikacije

Wireless communications standards



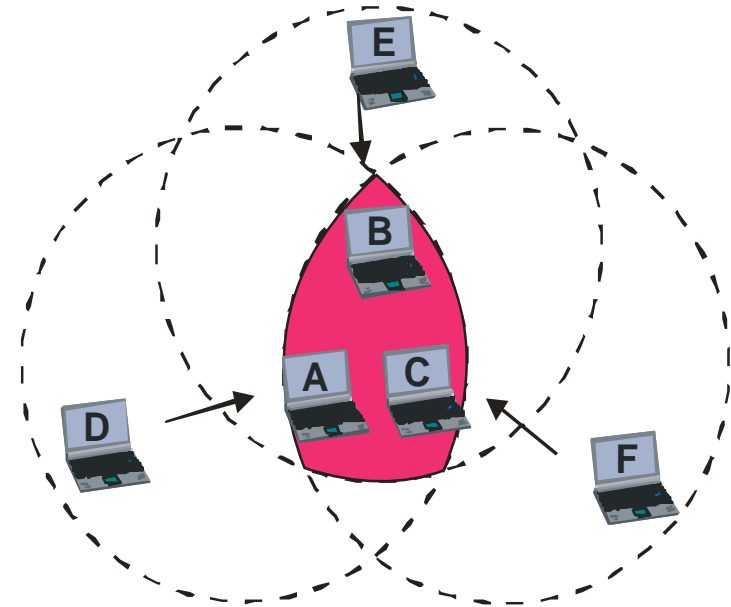
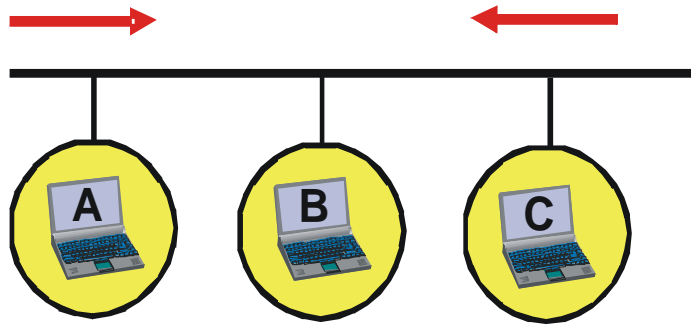
2.2 Tehnike rešavanja kolizije

- Računari koji su povezani u okviru ožičenog Etherneta **u stanju su osetite koliziju** na medijumu.
- To rade tako što kada dve ili više stanica istovremeno pošalju pakete dolazi **do povećanja nivoa signala na kabl**u, tako da je jednostavno detektovati tu razliku i na osnovu toga **zaključiti da se radi o koliziji**.
- Međutim u bežičnim mrežama to baš **nije jednostavno uraditi** zbog same prirode bežičnog prenosa
- Tu se izdvajaju neki karakteristični problemi sa kojima se one suočavaju, kao što su **skriveni računar** i **izloženi računar**.
- Upravo zbog toga standardni protokol **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detect*) kojim se problem kolizije u žičanim Ethernet mrežama rešava **ovde nije primenljiv**.
- Standard 802.11 je našao rešenje u uključivanju jednog novog protokola na MAC nivou pod nazivom **DCF** (*Distributed Coordination Function*), koji implementira **CSMA/CA** (*Carrier Sence Multiple Access With Collision Avoidance*).
- Ipak, ni ovaj protokol **ne može da izbegne sve kolizije**, ali ih bar značajno redukuje.

2.2 Problem kolizije

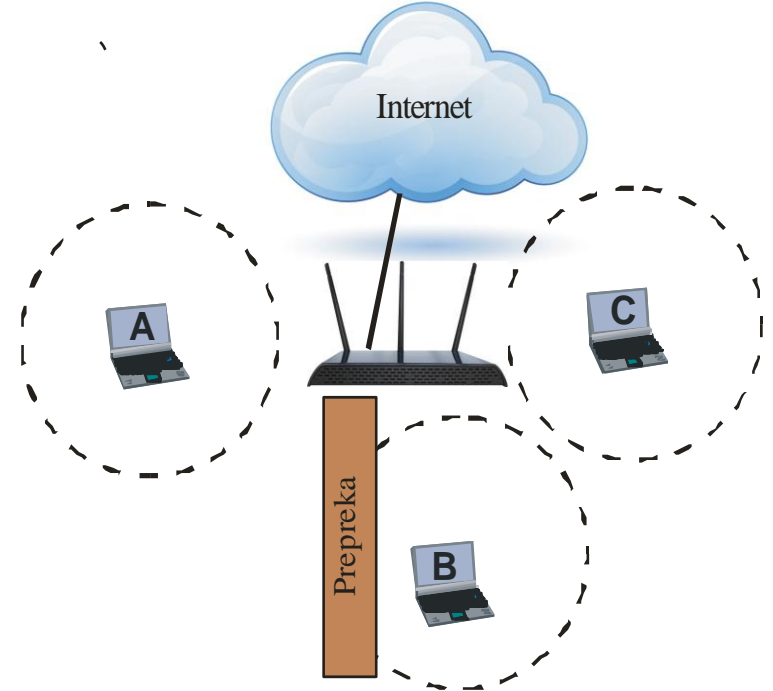
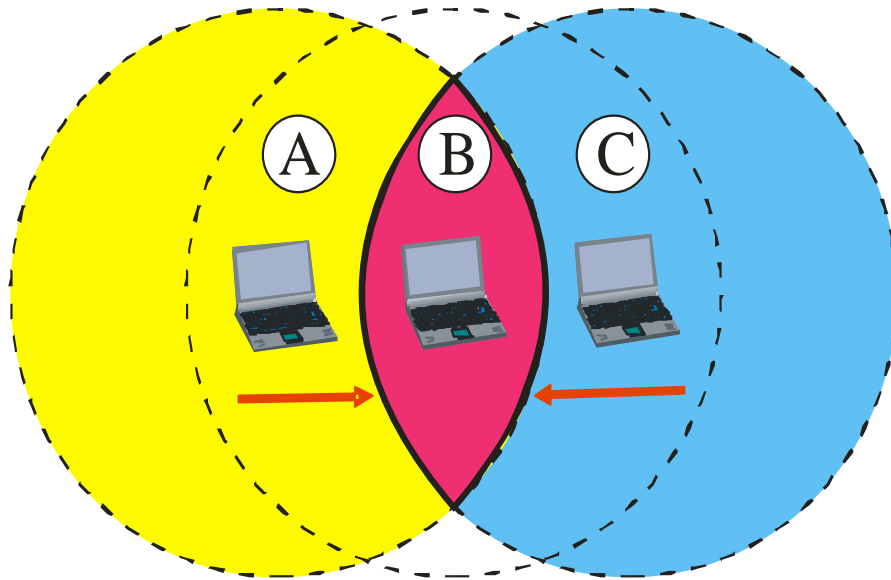
Bežični Ethernet LAN

Žičani Ethernet LAN



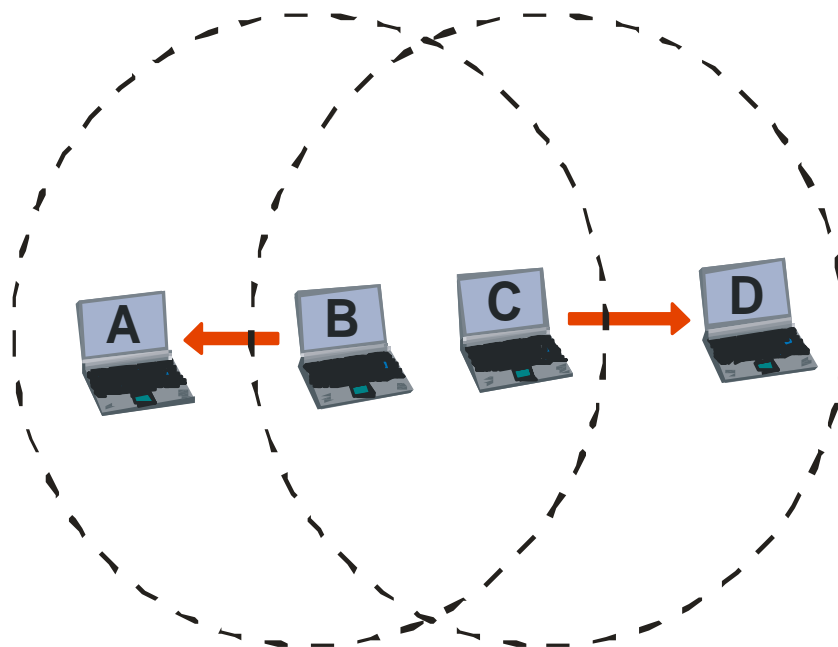
- Ako računari A i C vide da je kanal slobodan **oni će u isto vreme** poslati poruku (CSMA/CD).
- U žičanom Ethernet-u računari koji šalju pakete **će detektovati koliziju** (CSMA/CD)
- U bežičnom Ethernet-u zbog **half-duplex veze** ili zbog **različitih dometa signala** (*transmission range*) ili drugih problema, računari koji šalju pakete nekada neće moći da otkriju koliziju.

2.2 Problem skrivenog terminala



- Računari A i C **ne vide jedan drugi** zbog ograničenog dometa signala.
- Kada računar A šalje podatke ka računaru B, računar **C ne može da detektuje koliziju** jer nije u dometu računara A.
- Ako računar C šalje podatke ka računaru B dešava se slično jer je **računar A ne može da detektuje koliziju**.
- Zato se kaže da su računari A i C **„skriveni“**, jedan od drugog.

2.2 Problem izloženog terminala



- Na slici je prikazan je scenario koji se često događa u bežičnim komunikacijama i taj problem je poznat pod imenom **izloženi računar**.
- U principu ako računar B šalje podatke računaru A i **računar C bi mogao da šalje podatke računaru D**.
- Međutim, računar C je u dometu računara B pa nije u mogućnosti da šalje podatke **jer bi izazvao koliziju**, pa mora da čeka.
- Zato se kaže da je računar C **izložen** (*exposed*) komunikaciji koju ostvaruje računar B.

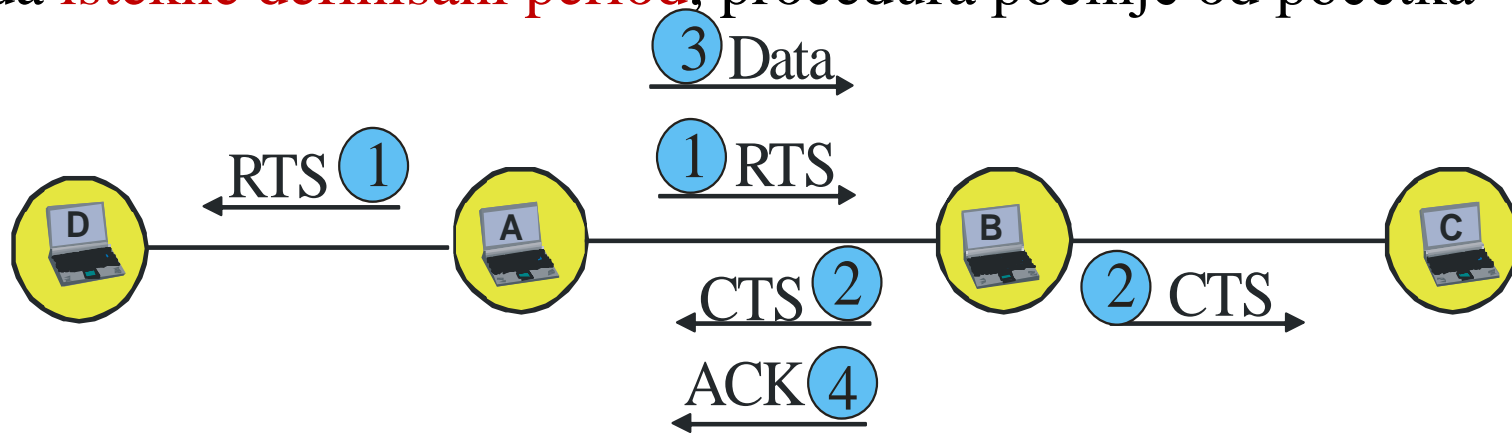
2.2 Bežične komunikacije

➤ Upravo zbog prethodno opisanih slučaja razvijen je protokol CSMA/CA koji funkcioniše na sledeći način:

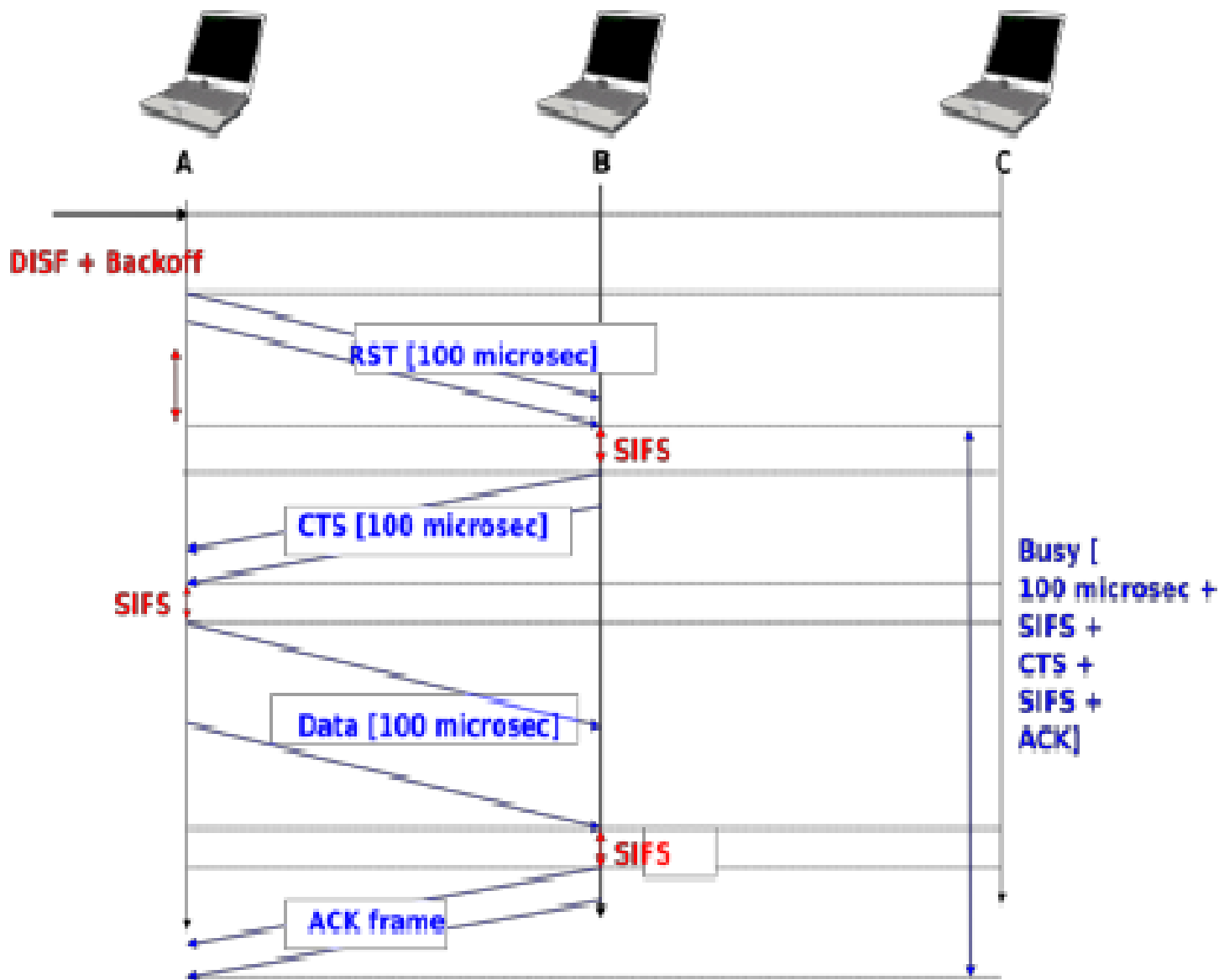
1. Izvorni uređaj koji želi da pošalje pakete **prvo osluškuje medijum**. Ako je medijum zauzet, čeka da se oslobodi i **koristi strategiju upornosti** isto kao kod CSMA/CD. Kada uređaj registruje slobodan medijum, čeka dodatni period definisano sa **DIFS** (*DFC Interframe Space*).
2. Kada period **DIFS** prođe, ako je medijum i dalje slobodan, on šalje **RTS** (*Request to Send*) okvir do određene tačke sa podacima o **dužini perioda koji je uređaju neophodan za slanje**.
3. Određeni računar prima **RTS** okvir i reaguje slanjem **CTS** (*Clear to Send*) okvira. Pre slanja mora i da se "nadmeće" za medijum, jer u borbu za medijum **mogu da uđu i drugi računari**. Kada detektuje slobodan medijum ubacuje period **SIFS** (*Short Interframe Space*) koji je znatno kraći od **DIFS**-a. Ideja je da ako drugi uređaj pokušava da pošalje svoj **RTS** okvir, on će biti primoran da **čeka na DIFS**. Pošto je **SIFS** kraći, **određite dobija viši prioritet** u odnosu na ostale uređaje koji pokušavaju da šalju. **CTS** okvir uključuje i **dužinu perioda definisanog u RTS okviru**.

2.2 Bežične komunikacije

4. Kada izvorni uređaj dobije CTS okvir, **primio je dozvolu za slanje podataka**. Razmotrimo ovde slučaj da **više računara istovremeno pošalju RTS okvir (skriveni računar)**. U tom slučaju određište je detektovalo koliziji i zato **neće poslati CTS okvir**. Pošto ni jedan uređaj u naznačenom periodu ne dobija CTS okvir, **oba pretpostavljaju da je došlo do kolizije**, čekaju nasumično izabrani period i ponovo pokušavaju. Svaki uređaj u dometu određišta **regstruje CTS okvir** i zna da je neki drugi uređaj dobio dozvolu za slanje i ne pokušava da šalje **onoliki period koji je naznačen u CTS okviru**.
5. Kada uređaj primi CTS okvir, **on šalje svoj okvir sa podacima**.
6. Kada određište primi okvir sa podacima, **vraća ACK okvir**.
7. Kada **istekne definisani period**, procedura počinje od početka



2.2 Bežične komunikacije



Hvala na pažnji !!!



Pitanja

? ? ?