

UVOD U MOBILNE KOMUNIKACIJE

- vrste komunikacija: - JEDNOSMJERNA - komunikacija se vrši samo u jednom smjeru bez mogućnosti javljanja
 - DVOSMJERNA - komunikacija se odvija u oba smjera naizmjenično (simpleks) ili istovremeno (dupleks)
- SILAZNA VEZA - BS → MS, ULAZNA VEZA - MS → BS
- osnovni resursi kojeg korisnici dijele su: *frekvencija, vrijeme, kôd i prostor*
- frekvencijsko područje koje se koristi: od reda kHz do nekoliko stotina GHz, spektar s gornje strane nije zatvoren
- snage odašiljača su do nekoliko MW, snage prijemnika su reda pW
- vrste višestrukih pristupa:
 - FDMA - *pristup po frekvencijama*, skroman kapacitet, frekvencijsko područje se dijeli na kanale određene širine, između kanala mora biti zaštitni pojas
 - TDMA - *pristup po vremenu*, svaki korisnik ima određeni vremenski odsječak na istom frekvencijskom kanalu
 - CDMA - *pristup po kodovima*, svaki korisnik ima određeni kod (kodovi su ortogonalni),
 - korisnici dijele isti frekvencijski kanal i vremenski resurs
 - BS šalje sve kodove na istoj frekvenciji, svaki korisnik (MS) izdvaja iz tog signala svoj kod tako da prijemni signal pomnoži vlastitim kodom (svojstvo ortogonalnosti)
 - SDMA – *pristup po položaju korisnika*, pristup vezan uz upravljive uske snopove dijagrama zračenja bazne stanice (latice), koriste se „pametne antene“ koje prilagođavaju dijagram zračenja prema korisniku, dok minimizira prijem iz smjera mogućeg ometajućeg izvora
 - PDMA – pristup razdiobom po polarizaciji, s 2 para ortogonalno polariziranih antena mogu komunicirati 2 korisnika istovremeno u istom frekvencijskom pojasu na istoj lokaciji u prostoru

USLUGE I GENERACIJE MOBILNIH SUSTAVA

- karakteristike sustava 1. generacije: - mala širina kanala: 10-30kHz, pa je i manja brzina prijenosa
 - najčešće smo se susretali s NMT
 - silazna veza na većoj frekvenciji od uzlazne
- 2. generacija mobilnih sustava - prelazak na digitalne signale, koristi se TDMA
 - što više ćelija – veći kapacitet
 - najčešći je GSM, ima brzinu prijenosa govora od 13kb/s, što je prihvatljiva kvaliteta
- 3. i „4.“ generacija mobilnih sustava - UTMS - 3G mreža, temelji se na CDMA pristupu
 - širina kanala: 5MHz, frekvencije rada: 2110-2170 i 1920-1980 MHz
 - HSPA - 3.5G, brzi paketski pristup (u silaznom smjeru HSDPA, u uzlaznom HSUPA)
 - silazna brzina do 20Mbit/s
 - LTE - 3.9G, temelji se na OFDM tehnologiji s višestrukim antenama
 - skalirajuća širina pojasa (1,4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz)
 - može raditi na različitim frekvencijama, koristi IP mrežu, brzine do 150Mbit/s
- RADIO DIFUZIJA - informacija se šalje samo u jednom smjeru bez povratne informacije (TV, radio)
 - informacija identična za sve korisnike, šalje se kontinuirano
- SELEKTIVNI POZIV - korisnik može samo primiti neku informaciju male količine i ona je namijenjena samo njemu (pager)
- JAVNI MOBILNI SUSTAVI - poziv može biti iniciran s strane mreže ili korisnika i namijenjen je samo jednom korisniku
 - protok informacija je dvostran i istovremen, pozivatelj ne mora znati korisnikov položaj
- PRIVATNI MOBILNI SUSTAVI - grupni poziv, konferencijski poziv, može se odrediti prioritet poziva
 - *trunking* - statistikom određen kapacitet mreže, određen broj istovremenih komunikacija
- BEŽIČNA TELEFONIJA - BS ne mora za dolazni poziv određivati položaj MS, niti posredovati u prekapčanju
 - takav sustav nema mrežnu jezgru, najčešće je samo 1 bazna stanica
- BEŽIČNE LOKALNE MREŽE - veza između prijenosnih računala i neke fiksne mrežne strukture (Internet)
 - mobilnost limitirana na povremenu promjenu položaja (nomadske mreže)
 - brzina ovisi o maksimalnoj brzini davaoca usluga
 - najpopularniji IEEE 802.11 - WiFi (do 11Mb/s)
- PAN (Personal Area Network) - strogo lokalne mreže koje pokrivaju neposrednu blizinu korisnika

ANTENE ZA BS I MS

- RADIO KANAL - bežično sučelje radiokomunikacijskog sustava gdje se prijenos signala odvija posredstvom EM vala
- ANTENE - elementi koji napone i struje pretvaraju u EM val i obratno
 - osiguravaju prijelaz između sklopovlja odašiljača i prijemnika prema slobodnom prostoru
 - dimenzije antena bi trebale biti reda veličine valne duljine (najčešće $\lambda/2$)
- IZOTROPNI RADIJATOR - točkasti izvor zračenja koji u prostor odašilje kuglasti val, u praksi ne postoji
- karakteristični parametri antene:
 - polarizacija (orijentacija vektora E)
 - dijagram zračenja (raspored intenziteta zračenja u prostoru)
 - impedancija (impedancija na priključnicama, najčešće 50Ω)
 - usmjerenost (odnos intenziteta zračenja u pojedinom smjeru u odnosu na izotr. rad.)
 - dobitak (vezano uz usmjerenost, uključeni gubici)
 - efektivna površina
 - temperatura šuma
 - razne mehaničke i ostale karakteristike
- na presjeku glavne latice i kuta usmjerenosti, snaga pada na 50%, a el. polje na 70%
- zračenje antene BS trebalo bi pokriti točno onaj dio površine koji pripada dotičnoj ćeliji
- ukoliko postoji opasnost od interferencije u ostalim ćelijama, dijagram antene se može nagnuti u vertikalnoj ravnini (tilt)
- tilt može biti električni i mehanički
- ANTENE ZA MOBILNE UREĐAJE - male dimenzije, frekvencijsko područje treba pokriti sve podržane standarde, što se postiže kombiniranim antenama (svaka za pojedino područje)
 - za efikasno zračenje, duljina bi trebala biti barem $\lambda/4$, što je nepraktično, pa se koriste integrirane antene koje imaju bitno smanjenu efikasnost naspram dipola
 - zbog jednostavne izvedbe i jeftine proizvodnje, koriste se mikrotrakaste „patch“ antene koje su izvedene kao geometrijska struktura na dielektriku
 - patch antene su integrabilne, ali imaju malu širinu pojasa i nisku efikasnost
 - bolje rješenje su PIFA antene izvedene kao planarne strukture nad vodljivom površinom
 - u mobilnim uređajima se koriste hibridne strukture koje kombiniraju nekoliko vrsta antena, osiguravajući potreban pojas

OSNOVNI POJMOVI RADIO KANALA

(formule koje se tiču ovog, i svih drugih poglavlja možete naći u podsjetniku i neću ih ovdje navoditi)

- propagacijom EM vala od odašiljačke antene dolazi do gušenja, čije određivanje je jedna od osnovnih zadaća u planiranju komunikacijskih sustava
- prigušenje u slobodnom prostoru bez ikakvih prepreka nazivamo LOS (Line Of Sight)
- prigušenje je rezultat smanjenja gustoće snage na određenom segmentu površine s porastom radijusa kugle u čijem je središtu izotropni radijator
- poznavajući odašiljačku snagu, udaljenost i frekvenciju, možemo pomoću Friisove formule dobiti iznos prigušenja
- prigušenje se vrlo često izražava kao pozitivan ili negativan iznos dB
- antene imaju neki dobitak, prostor oko takve antene može se podijeliti na područja gdje zračenja EM vala ima specifična svojstva, tj. na blisko-reaktivno područje i na daleku-Fraunhoferovu zonu, koja je u praksi zanimljiva
- EIRP je efektivna izotropna izračena snaga koja uzima u obzir i dobitak antene u odnosu na izotropni radijator, to je ustvari izračena snaga u smjeru maksimalnog zračenja antene
- dBi - dobitak prema izotropnom radijatoru, dBd - dobitak prema poluvalnom dipolu
- Friisova formula vrijedi samo za daleku zonu
- šum je sveprisutan ometajući signal koji se sastoji od termičkog šuma i drugih izvora (prirodni i umjetni), te je jedno od ograničenja kvalitetnog prijema
- termički šum ovisi o temperaturi okoline, normalno se uzima prosječna temperatura od 300K
- osjetljivost prijemnika se odnosi na najmanju razinu signala na ulazu u prijemnik pri kojoj se zadržavaju parametri kvalitete prijema, često je dana u obliku minimalne snage u dB u odnosu na 1mW (dBm)
- tipične osjetljivosti mobilnih prijemnika su oko -100dBm

- za analogne prijemnike, parametar kvalitete je odnos signala prema šumu poslije detekcije ili kod digitalnih sustava unaprijed određen BER (Bit Error Rate) za pojedinu uslugu (najgori slučaj BER-a je 0.5)
- mehanizmi širenja EM vala:
 - širenje optičkom vidljivošću (LOS)
 - refleksija od tla i od prepreka - javlja se pri upadu vala na glatku refleksivnu površinu
 - površine moraju biti mnogo većih dimenzija od valne duljine
 - ogib ili difrakcija - zasjenjenje pravaca širenja EM vala objektom čije su dimenzije vrlo velike u odnosu na valnu duljinu, te iza objekta nastaje prigušeni sekundarni val, tj. radio sjena
 - raspršenje vala na objektima koji su reda veličine valne duljine
 - EM val se raspršuje u vrlo mnogo smjerova tako da snaga u smjeru prvotne fronte vala pada, u gradskim uvjetima su to obično rasvjetni stupovi, prometni znakovi, drveće i zelenilo
 - apsorpcija vala pri prolazu kroz prepreke
 - slabljenje energije EM vala prolaskom kroz prepreke bilo prirodne ili umjetne, to su najčešće zgrade
- na primljenu snagu dodatno utječu feding, sjenjenje od prepreka, refleksija od velikih površina, lom fronte vala uslijed promjene gustoće medija, raspršenje vala na manjim preprekama i ogib na rubovima prepreka
- kod modela oštrice noža, prepreka se predstavlja kao apsorbirajuća tanka poluravnina gdje se mogu razlikovati 3 različita slučaja: opstrukcija LOS zrake, prepreka dira LOS zraku, prepreka je ispod LOS zrake
- sjenjenje točke prijema je funkcija stupnja opstrukcije, d_1 i d_2 , te valne duljine λ , parametar koji uključuje sve navedene veličine naziva se Fresnelov neovisni parametar v (princip izračuna pogledati na slajdu 22 u 4. prezentaciji)

FEDING I DIVERZITI PRIJEM

- promotrimo li prijemni signal na MS udaljenoj $d(m)$ od bazne stanice, možemo uočiti sljedeće:
 - postoji osnovno prigušenje kanala (LOS) bez obzira na fizikalnu strukturu kanala
 - prisutnost tla i prepreka dovodi do višestaznog širenja, tj. na ulazu u prijemnik dolazi više fazno pomaknutih replika signala čijim vektorskim zbrajanjem dobivamo sveukupni prijemni signal promjenjive amplitude
 - gibanje MS daje vremensku promjenjivost cijelom procesu uz pojavu Dopplerova pomaka
- krajnji rezultat je stohastičko kolebanje razine prijemnog signala, tj. *feding*
- vrste fedinga:
 - *spori feding* - događa prilikom kretanja MS na područjima oslabljenog prijemnog signala uslijed sjenjenja nekom preprekom, te dolazi do promjene srednje vrijednosti razine prijemnog signala
 - krivulja gustoće vjerojatnosti je Gaussova krivulja, pa ga zovemo i Gausovim fedingom
 - *brzo promjenjivi (Rayleighov)* - javlja se u slučaju kada ne postoji izražena izravna zraka, već mnogo zraka otprilike slične amplitude, te potpuno slučajne faze, to je tipičan NLOS scenarij
 - potreban je vrlo mali pomak za uočavanje fedinga i zna biti vrlo izrazit (do -40dB)
- u slučaju da pored velikog broja višestaznih komponenti postoji više ili manje izražena izravna zraka, nastaje složena raspodjela u kojoj se vektori nastali višestaznim širenjem pomiču u kompleksnoj ravnini za neku vrijednost
- ovo je slučaj Rice-ove raspodjele, koja može, u ovisnosti o faktoru L prijeći u Rayleigh-ovu ili Gauss-ovu raspodjelu
- za velike K raspodjela ima svojstva Gaussove raspodjele, za $K=0$ prelazi u Rayleighovu, a Riceova se može koristiti kad je jedna zraka osjetno jača od ostalih
- *diverziti* tehnika pretpostavlja višestruki prijem jedne te iste informacije koristeći 2 ili više nekoreliranih radio kanala
- primljene informacije se kombiniraju na različite načine, a cilj je poboljšanje statistike fedinga
- osnovni cilj diverzitija je smanjenje učestalosti i dubine fedinga, te duboki feding svesti na mali postotak vremena
- vrste diverzitija:
 - prostorni (antenski) - koristi različitost statistike pojedinih staza propagacije u prostoru, valovi koji dolaze na pojedine antene razmaknute za D će vjerojatno biti nekorelirani
 - frekvencijski - koriste se 2 ili više frekvencija unutar pojasa, koristi se 1 antena sa prijemom (slanjem) iste informacije na 2 ili više prijenosnih frekvencija koje moraju biti razmaknute toliko da svaka ima drugačiju statistiku fedinga
 - vremenski - odašilje se ista informacija u više vremenskih razmaka, zahtjeva 1 kanal i posebno pohranjivanje signala, te se primjenjuje na podatkovnim signalima gdje je dozvoljeno kašnjenje u prijenosu
 - polarizacijski - koriste se 2 ortogonalne polarizacije
 - kutni - različit kut dolaska fronte vala
 - višestazni - iskorištavaju se višestazne komponente

PROPAGACIJSKI MODEL

- prigušenje vala se može odrediti preko modela kanala, pritom razlikujemo 3 vrste modela
 - *deterministički model* - koriste se jednadžbe koje opisuju propagaciju EM vala, vrlo je složena metoda jer se okolina i pripadajući fizikalni procesi vrlo teško modeliraju, pa se zato rijetko koristi sama za sebe
 - *empirijski model* - nastao na osnovu mjerenja na nekom određenom prostoru, u sebi nosi karakteristike okoline, primjenjiv s dostatnom točnošću na sličnim prostorima onima na kojem su rađena mjerenja
 - *empirijsko - deterministički model* - kombinacija jedne i druge tehnike u cilju veće točnosti i manje ovisnosti o karakterizaciji okoline, primjenjivi su za sve tipove ćelija, često se koriste za mikro i piko ćelije

Okomura-Hata model

- empirijske krivulje koje se koriste pri projektiranju ćelijskih sustava dobivene su iz niza mjerenja propagacijskih gubitaka u urbanim i suburbanim sredinama (Tokyo i okolica 60-ih godina)
- krivulje su pretočene od Hata u niz izraza koji se koriste u projektiranju ćelijskih sustava
- frekvencijsko područje modela je od 150 do 1500 MHz
- model je kasnije prilagođen novom, proširenom frekvencijskom području
- ograničenja su:
 - frekvencija 150-1500 (3000) MHz
 - visina antene bazne stanice h_t 30-200m
 - visina antene mobilne stanice h_r 1-10m
 - raspon udaljenosti 1-100km
- model se temelji na podjeli okoline i prepreka u nekoliko osnovnih kategorija:
 - *ruralno područje* - otvoreni prostor, bez visokog drveća ili zgrada na liniji staze, prostor oko antena čist barem u području 300-400m (seoska gospodarstva, otvorena polja...)
 - *suburbano područje* - sela ili autoput gdje su u prostoru sporadički raspoređene zgrade, manji broj prepreka u blizini antene MS no ne izrazito grupirane
 - *urbano područje* - grad ili velegrad sa visokim zgradama, gusto raspoređenim s 2 ili više katova, te sa visokim i gusto sraslim drvećem i ostalom gustom vegetacijom

NEMA NA ČEMU 😊

By rabbit16