

TEHNIKE PRENOSA U MOBILNIM KOMUNIKACIONIM SISTEMIMA (FDMA, TDMA, CDMA)

Sadržaj

Uvod - tehnike višestrukog pristupa

FDMA

TDMA

CDMA

Uvod

- Tehnike višestrukog pristupa se upotrebljavaju kako bi se omogućilo većem broju korisnika da dele raspoloživi spektar na najefikasniji način.
- Spektar je ograničen pa je deljenje spektra neophodno kako bi više korisnika u isto vreme imali pristup ovom resursu.
- Činjenica je da se broj korisnika mobilnih komunikacija neprestano povećava a dodeljeni spektar je ograničenog kapaciteta. Dodatni zahtev za pronalaženje novih načina za raspodelu spektra je nova tehnologija IoT (*Internet of things*) što znači da skoro svi elektronski uređaji (a i neke druge stvari) imaju senzore koji uglavnom bežičnim putem šalju određene podatke.

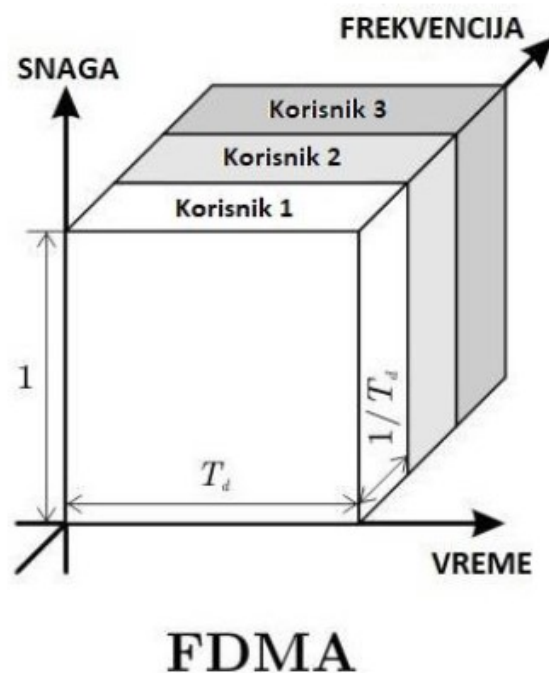
- Najčešće korišćene tehnike višestrukog pristupa su:
 - FDMA (*frequency-division multiple access*) – korisnici se razdvajaju u frekvencijska područja. Podeljenost spektra je ista na pojedinim frekvencijskim kanalima pa se dve sesije odvijaju na dva kanala
 - TDMA (*time-division multiple access*) – tehnika koja dodeljuje vremenske slotove korisnicima, pa omogućava prenos signala u različitim vremenskim intervalima
 - CDMA (*code-division multiple access*) – svakom korisniku se dodeljuje jedinstveni kod, podaci su kodirani i tako izolovani od ostalih sesija
- Pored pomenutih tehnika postoje i:
 - SDMA (*space-division multiple access*) – tehnika koja se zasniva na prostornoj dislokaciji korisnika, bazira se na korišćenju vrlo usmerenih antena tj. antena sa adaptacijom antenskog dijagrama
 - PDMA (*polarization division multiple access*) – zasniva se na korišćenju dve ortogonalne polarizacije
 - WDM (*wavelength division multiplex*) – u optičkim telekomunikacijama multipleksiranje se vrši po talasnim dužinama

- Nerazdvojan proces tehnikama višestrukog pristupa je multipleksiranje.
- Multipleksiranje je proces gde se više signala spaja u jedan i kao takav prenose kroz telekomunikacioni kanal

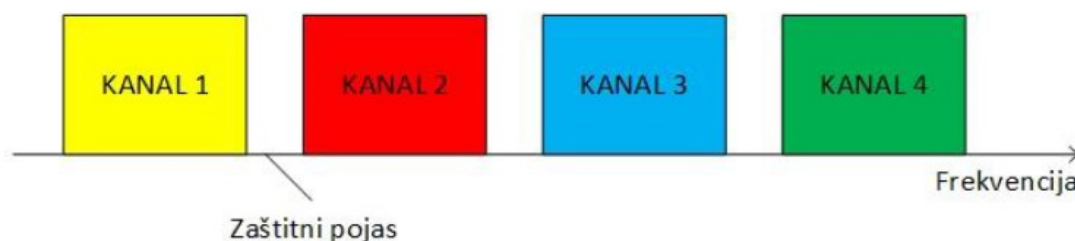


FDMA - *frequency-division multiple access*

- Višestruki pristup sa raspodelom frekvencija je metoda kojom se frekvencije iz šireg opsega frekvencija dele na više užih opsega koji se nazivaju kanali



- Frekvencijski deljeni višestruki pristup je najjednostavnija tehnika koja omogućava višestruko korišćenje raspoloživog spektra i ovo je jedna od najčešće korišćenih metoda.
- Više istovremenih sesija se obavlja na više kanala. Ova tehnologija je pogodna kako za prenos analognih tako i i za prenos digitalnih signala.
- Da ne bi bilo međusobnog ometanja između susednih kanala, između kanala je zaštitni pojas

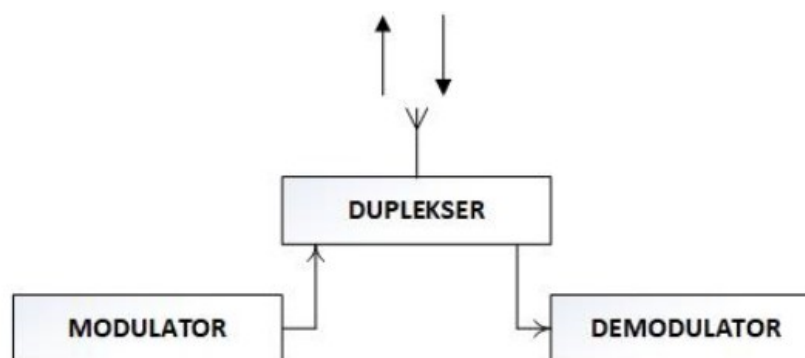


- Dodeljivanje kanala se vrši na zahtev i dok je jedna sesija aktivna taj kanal ne može koristiti drugi korisnik, tek nakon raskidanja sesije kanal postaje slobodan za nove zahteve.
- Broj kanala koji su istovremeno podržani u FDMA tehnici prikazuje se formulom:

$$\text{Broj kanala } (N) = \frac{B_t - 2B_g}{B_c}$$

- B_t - dodeljeni frekvencijski spektar
- B_g - zaštitno polje na rubu frekvencijskog spektra
- B_c - širina kanala

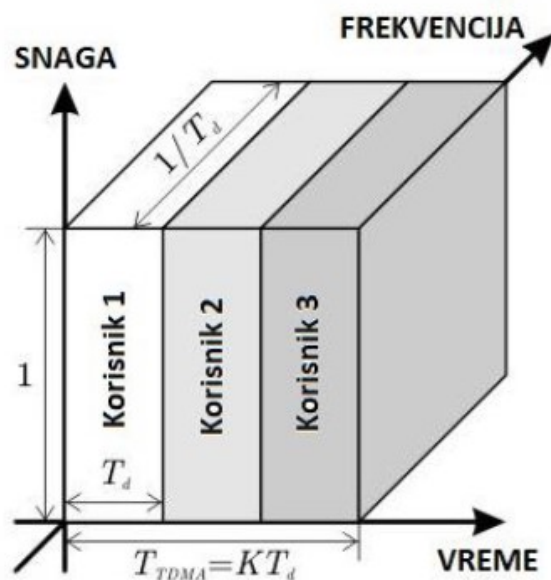
- Da bi komunikacije bila dvosmerna (*duplex*) potrebno je zauzeti dva kanala – jedan kanal za dolaznu komunikaciju i jedan kanal za odlaznu komunikaciju
- Uglavnom uređaji imaju jednu antenu koja služi i za prijem i za slanje signala, pa je neophodno korišćenje dupleksera kako bi se razdvojile komunikacije



- Prednosti FDMA:
 - kada se korisniku dodeli kanal komunikacija je kontinualna pa nema potrebe za sinhronizacijom
 - kod manjeg broja korisnika veoma učinkovita metoda
 - jednostavan hardver
- Nedostaci FDMA:
 - preslušavanje – i pored zaštitinog intervala moguća je interferencija susednih kanala
 - zaštitini kanali uzimaju korisan deo spektra
 - zbog grubog filtriranja deo spektra se gubi

TDMA - *time-division multiple access*

- TDMA je višestruki pristup sa vremenskom raspodelom, odnosno to je metod gde se frekvencijski opseg deli na vremenske intervale koji se obično nazivaju slotovi



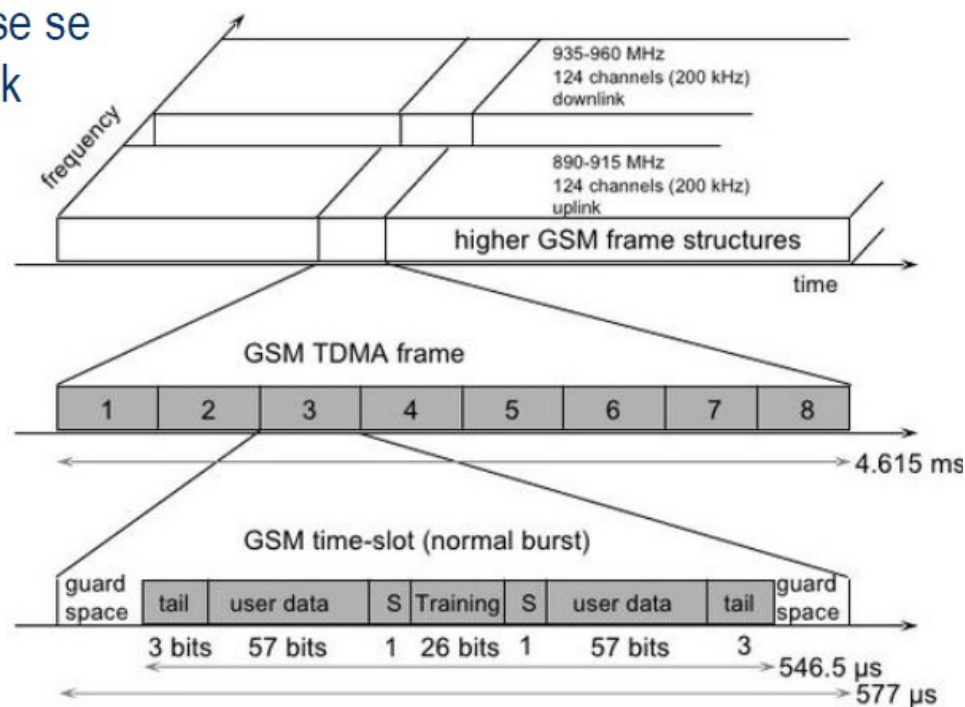
TDMA

- Kod nekih digitalnih komunikacionih sistema nije potrebno kontinualno prenositi informacije pa se dodeljeni opseg ne koristi sve vreme.
- Na ovom principu se bazira TDMA – nekoliko korisnika koristi isti kanal ali u različitim vremenskim intervalima.
- Primer za GSM: frekvencijski opseg podeljen je u 124 frekvencijska kanala, a svaki kanal podeljen je na 8 vremenskih slotova. Korisnik ima pristup jednom vremenskom slotu u redovnim vremenskim intervalima. Trajanje jednog slota je 0,577 ms (slanje i prijem signala se vrši u nešto kraćim slotovima – 0,546 ms) i za to vreme prenese se 156,25 bita
- Uobičajeno se ne koristi samo TDMA već se koristi kombinacija TDMA i FDMA.
- FDMA tehnikom se celokupan spektar podeli na kanale, a onda se svaki od kanala TDMA tehnikom deli na slotove u kojima se obavlja komunikacija
- Već smo rekli da se jednoj sesiji dodeljuju određeni slotovi, ali naprednija varijanta TDMA je dinamička TDMA gde se korisniku dodeljuje više od jednog slota, zavisno od prioriteta i zahteva
- Kod TDMA prenos u dva smera se obavlja na istoj frekvenciji ali za podatke od korisnika se koriste jedni slotovi a za prenos podataka ka korisniku koriste se drugi vremenski slotovi

- Prednosti TDMA:
 - više korisnika u istom frekventnom opsegu nego FDMA
 - prenos podataka nije kontinualan odnosno veća je iskorišćenost spektra u odnosu na FDMA tehniku
 - duplex komunikacija se obavlja na istom kanalu
- Nedostaci TDMA:
 - potrebna je sinhronizacija
 - oprema je kompleksnija i skuplja
 - zahteva detaljnije planiranje mreža i spektra

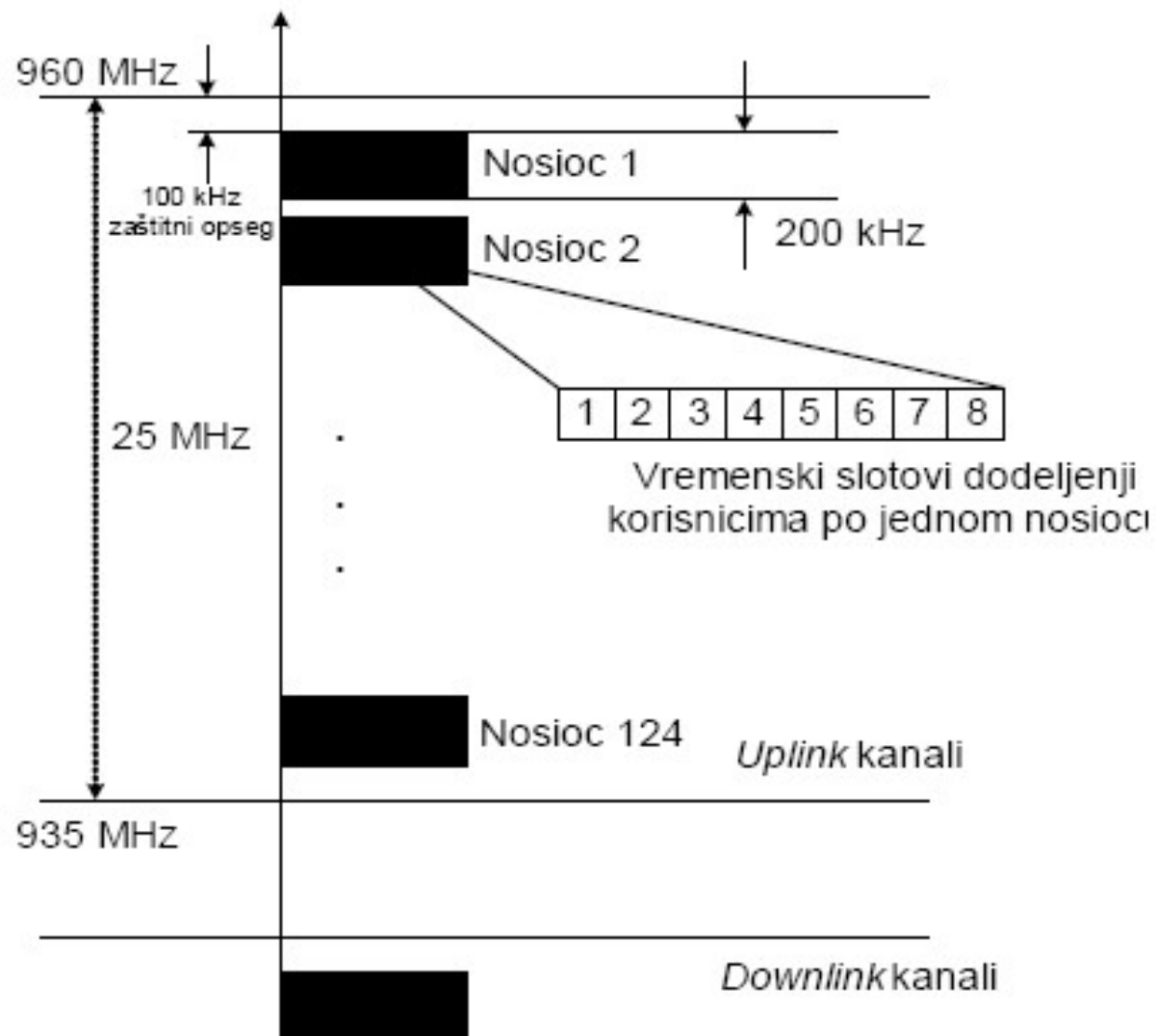
GSM

- FDMA+TDMA tehnika pristupa kanalu
 - svaki nosilac se vremenski deli na GSM ramove brzine 271 kbit/s
 - GSM ram se deli vremenski na 8 *time-slot*-ova
 - saobraćaj pojedinih korisnika se prenosi u pojedinim *time-slot*-ovima
 - uz korisničke podatke prenose se i kontrolni biti i zaštitni razmak



Proračun broja kanala u GSM 900 i 1800

GSM 900



Proračun broja kanala u GSM 900 i 1800

GSM 900

ŠIRINA OPSEGA:

Uplink: $960 \text{ MHz} - 935 \text{ MHz} = 25 \text{ MHz}$

Downlink: $915 \text{ MHz} - 890 \text{ MHz} = 25 \text{ MHz}$

Širina kanala 200 kHz;

Broj nosioca:

$$25\text{MHz}/200\text{kHz} - 1 = 25000 \text{ kHz} / 200 \text{ kHz} - 1 = 125 - 1 = 124$$

(Umanjuje se za 1 zbog zaštitnog opsega)

Svaki nosioc ima 8 vremenskih slotova za 8 korisnika, pa je ukupan broj kanala:

$$124 \times 8 = 992 \text{ kanala (korisnika)}$$

Proračun broja kanala u GSM 900 i 1800

GSM 1800

ŠIRINA OPSEGA:

Uplink: $1785 \text{ MHz} - 1710 \text{ MHz} = 75 \text{ MHz}$

Downlink: $1880 \text{ MHz} - 1805 \text{ MHz} = 75 \text{ MHz}$

Širina kanala 200 kHz;

Broj nosioca:

$$75 \text{ MHz} / 200 \text{ kHz} - 1 = 75000 \text{ kHz} / 200 \text{ kHz} - 1 = 375 - 1 = 374$$

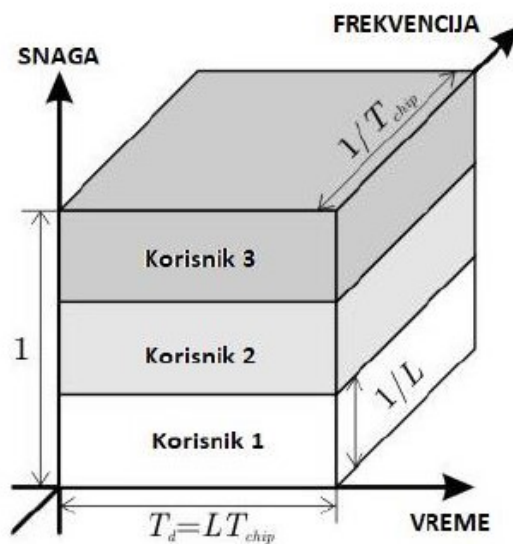
(Umanjuje se za 1 zbog zaštitnog opsega)

Svaki nosioc ima 8 vremenskih slotova za 8 korisnika, pa je ukupan broj kanala:

$$374 \times 8 = 2992 \text{ kanala (korisnika)}$$

CDMA - *code-division multiple access*

- CDMA je tehnologija gde svaka pristupna tačka (svaki korisnik) ima pristup čitavom spektru, sve vreme. Višestruki pristup se obezbeđuje kodiranjem svake sesije



CDMA

- Svi korisnici imaju aktivne sesije i to bez interferencije i ometanja drugih korisnika.
- CDMA tehnikom se mnogo bolje iskorišćava dodeljeni spektar, u odnosu na FDMA i TDMA
- CDMA je razvio i komercijalizovao Qualcomm, u početku nije bio prihvaćen standard ali je vremenom postao nezamenjiva tehnologija u mobilnoj telefoniji, u svim varijantama bežičnog interneta (Wi-Fi)...
- CDMA funkcioniše tako što se svakom korisniku dodeli jedinstveni kod koji se koristi za kodovanje podataka pre slanja. Ukoliko korisnik zna redosled koda (karakteristični polinom) on je u stanju da dekoduje podatke. Ti kodovi se nazivaju pseudoslučajne sekvence (*Pseudo-random code sequence*)

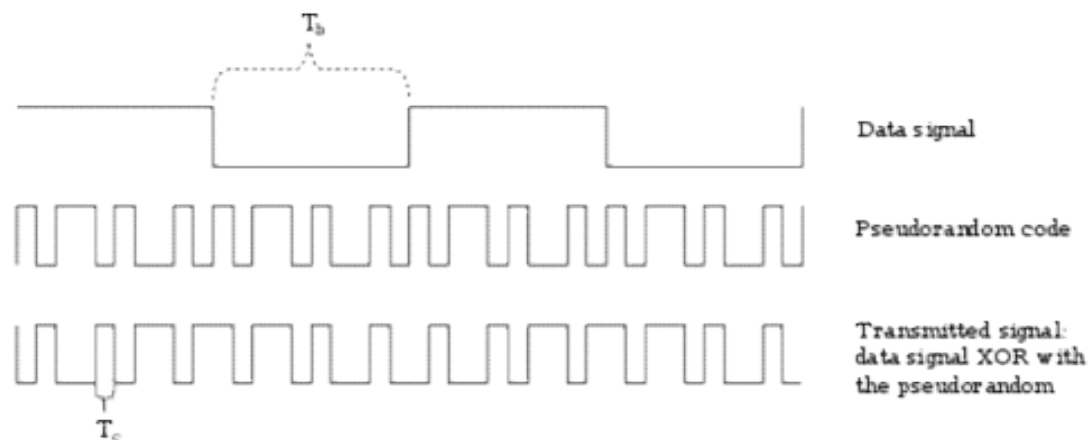
CDMA je primer višestrukog pristupa, gde nekoliko predajnika može istovremeno da šalje informacije preko jednog komunikacionog kanala. Ovo omogućava nekoliko korisnika da dele isti opseg frekvencija. Da bi se to omogućilo bez nepotrebnih smetnji između korisnika, CDMA koristi tehnologiju proširenog spektra i posebnu šemu kodiranja (gde je svakom predajniku dodeljen kod).

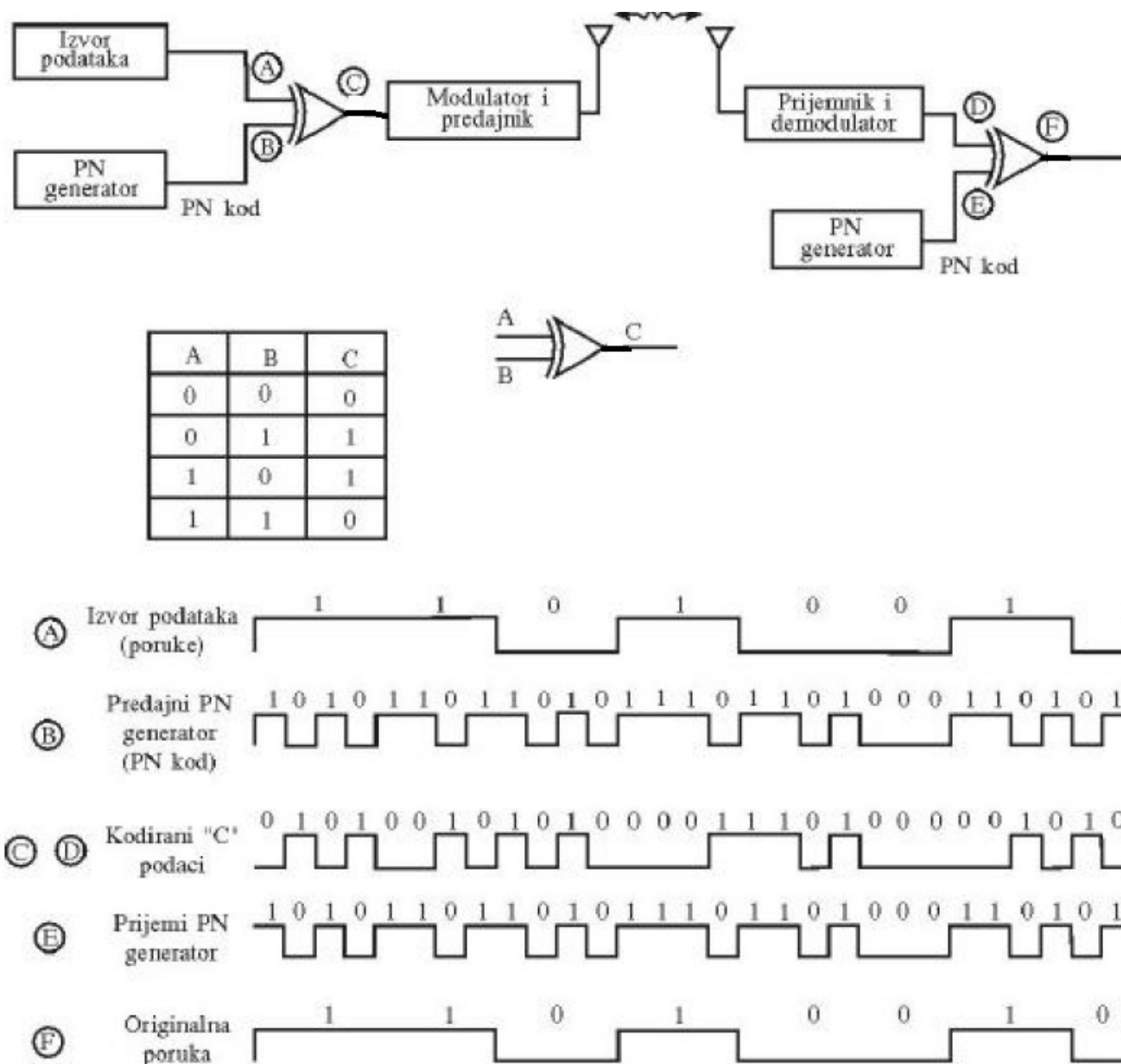
CDMA optimizuje korišćenje dostupnog propusnog opsega jer emituje preko celog frekventnog opsega i ne ograničava opseg frekvencija korisnika.

Kod CDMA lokalno generisani pseudoslučajni kod se generise mnogo većom brzinom od podataka koji se prenose. Podaci signala za prenos se kombinuju pomoću XOR (isključivo ILI) sa bržim kodom. Signal podataka sa trajanjem impulsa od T_b (period simbola) je XOR sa signalom koda sa trajanjem impulsa od T_c (period čipa).

Napomena: propusni opseg je proporcionalan bitskoj brzini (tj. $1/T$, gde T = vreme bita.) Stoga je propusni opseg signala podataka $1/T_b$ i propusni opseg signala proširenog spektra je $1/T_c$. Posto je T_c mnogo manji od T_b , propusni opseg signala proširenog spektra je mnogo veći od širine opsega originalnog signala.

Koeficijent T_b / T_c se naziva faktor širenja (spreading factor) ili dobitak obrade (processing gain) i u određenoj meri određuje gornju granicu ukupnog broja korisnika koje bazna stanica podržava istovremeno.





Slika 1.1 CDMA PN kodovanje

Svaki korisnik u CDMA sistemu koristi drugačiji kod za modulaciju svog signala.

Odabir kodova koji se koriste za modulaciju signala je veoma važan u performansama CDMA sistema. Najbolji učinak se postiže kada postoji dobro razdvajanje između signala željenog korisnika i signala drugih korisnika.

Ekstrahovanje signala se vrši korelacijom primljenog signala sa lokalno generisanim kodom željenog korisnika.

Ako se signal poklapa sa kodom željenog korisnika, tada će funkcija korelacije biti visoka i sistem može izdvojiti taj signal.

Ako kod željenog korisnika nema ništa zajedničko sa signalom, korelacija treba da bude što bliža nuli (čime se eliminiše signal); ovo se naziva unakrsna korelacija.

Analogija problemu višestrukog pristupa je prostorija (kanal) u kojoj ljudi žele da razgovaraju jedni sa drugima istovremeno.

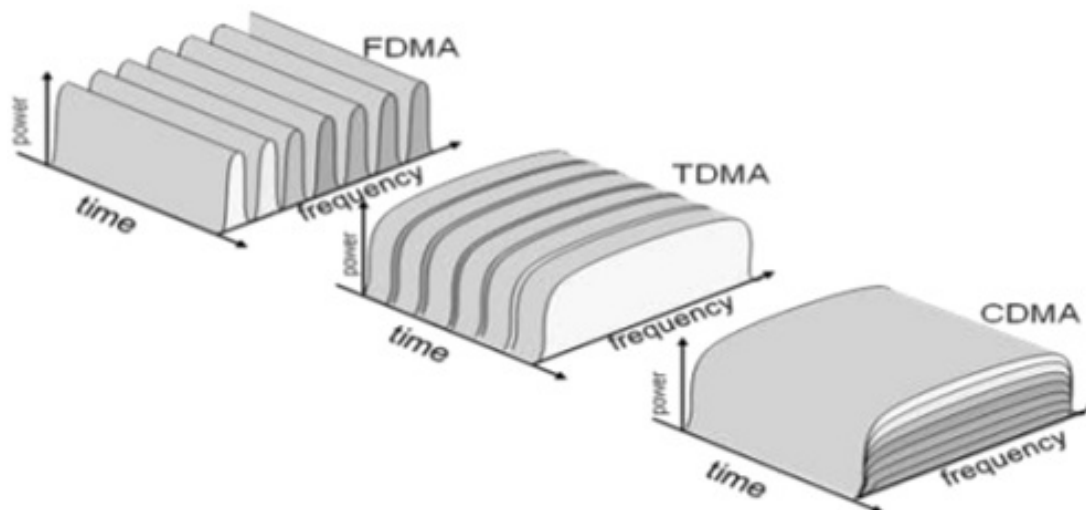
Ukoliko bi svi u prostoriji govorili istovremeno na istom jeziku buka bi bila prevelika i niko nikoga ne bi čuo.

Da bi se izbegla zabuna, ljudi bi mogli da naizmenično govore (vremenska podela).

Mogli bi da govore na različitim visinama glasa (frekvencijska podela)

Ili bi mogli da govore na različitim jezicima (podela koda).

CDMA je analogan poslednjem primeru gde ljudi koji govore isti jezik mogu da razumeju jedni druge, ali se drugi jezici doživljavaju kao buka i odbijaju. Slično, u CDMA, svaki korisnik dobija svoj kod tako da iako mnogi kodovi zauzimaju isti kanal, ali samo korisnici povezani sa određenim kodom mogu da komuniciraju.



Prednosti CDMA

- Povećani kapacitet korisnika je prednost CDMA jer podržava mnogo više korisnika u poređenju sa TDMA ili FDMA. CDMA ima najveću spektralnu efikasnost.
- Obzirom da je CDMA prilično otporna na interferenciju (teorijski potpuno) to nema preslusavanja pa CDMA obezbeđuje visok kvalitet glasa bez skoro nikakve buke tokom poziva.
- Višestruka putanja (prostiranje po višestrukome putu ili višestruka propagacija - multipaht) se uspešno rešava u CDMA.
- Postoji moguća komunikacija sa nekoliko baznih stanica istovremeno kod CDMA je moguć meki handover ("soft" handover)
- Postoji svaka bazna stanica koristi ceo spektar nema potrebe za "frequency reuse" tako da je RF planiranje jednostavnije.
- CDMA je bezbedniji jer su informacije koje se prenose ispod nivoa buke što otežava prodor u spektar.
- CDMA sistemi imaju relativno manje prekida rada nego GSM. Dakle, može se koristiti i u ruralnim područjima.
- CDMA ima veoma male potrebe za energijom. Bolje iskoriscenje baterije kod mobilnih stanica.

Nedostaci CDMA

- Skupa i kompleksna oprema
- Visoki troškovi za omogućavanje kompatibilnosti sa drugim tehnologijama.
- Potrebna je vremenska sinhronizacija.
- CDMA nema mogućnost međunarodnog rominga koju obezbeđuje GSM.
- Pošto nema ograničenja za broj korisnika, performanse sistema opadaju sa povećanjem broja korisnika.
- Problem samometanja javlja se u CDMA sistemima zbog gubitka ortogonalnosti (kodnih polinoma).
- Problem zagađenja kanala javlja se u CDMA sistemima koji na taj način degradiraju kvalitet zvuka.