

dipl. el. ing. RADONJIĆ ALEKSANDAR

[doctor13@ptt.yu](mailto:doctor13@ptt.yu)

# MOBILNA TELEFONIJA TREĆE GENERACIJE

Raška, jun 2003. godine

## S A D R Ž A J

PREDGOVOR.....	2
1. UVOD .....	4
1.1. Istorijat mobilne telefonije.....	4
1.2.1. Istorijat sistema prve generacije .....	5
1.2.2. Istorijat sistema druge generacije.....	5
1.2.2.1. IS-54B i IS-136.....	6
1.2.2.2. GSM .....	6
1.2.2.3. IS-95 CDMA.....	7
1.2.3. Putanja ka sistemima treće generacije .....	10
2. SISTEM MOBILNE TELEFONIJE TREĆE GENERACIJE.....	12
2.1.1. Mogućnosti 3G sistema.....	12
2.1.2. Tehnološki izazov.....	12
2.1.3. Finansijski aspekt.....	13
2.1.4. Alternative za 3G.....	13
2.2. Osvoje mobilnih komunikacija .....	13
2.2.1. Karakteristike mobilnih stanica .....	18
2.2.2. Karakteristike baznih stanica .....	19
3. WCDMA.....	21
3.1. Arhitektura protokola.....	23
3.2.1. Logički kanali .....	24
3.2.2. Transportni kanali .....	25
3.3. Fizički kanali.....	26
3.3.1. Uplink fizički kanali .....	26
3.3.2. Downlink fizički kanali .....	29
3.4. Prenos podataka sa promenjivom brzinom .....	32
3.4.1. Detekcija transportnog formata .....	36
3.5. Širokopoljasnost i modulacija.....	36
3.5.1. Širokopoljasnost uplink-a.....	36
3.5.1.1 PRACH širokopoljasnost.....	37
3.5.1.2. PCPCH .....	39
3.5.2. Širokopoljasnost downlink-a .....	39
3.5.3. Modulacija .....	41
3.6. Diverzitet predaje.....	41
3.7. Tehnike predajnog interfejsa .....	42
3.7.1. Traženje ćelije.....	42
3.7.2. Isporuca .....	43
3.7.2.1. Međufrekventna isporuka .....	44
3.7.2.2. Isporuca između GSM i WCDMA.....	45
3.7.3. Kontrola snage.....	47
3.7.4. Šema sinhronne predaje u uplink-u .....	47
3.7.5. Paketi podataka.....	48
4. ZAKLJUČAK .....	51
4.1. Mobilna telefonija četvrte generacije .....	51
4.2. Naše mesto u 3G tehnologiji .....	51
5. SPISAK SKRAĆENICA.....	53
6. LITERATURA.....	56

## Predgovor

Čovek je oduvek imao potrebu za komuniciranjem. U praistorijsko doba ljudi su se sporazumevali spojem neartikulisano govora i gestikulacije, da bi nakon nekoliko hiljada godina čovek počeo da komunicira artikulisanim govorom. Nakon toga postavlja se pitanje komuniciranja na daljinu. Indijanci su koristili prazna debla, da udarajući u njih, prenesu poruku na daljinu. Nakon toga koristili su dimne signale što otvara eru vizuelnih komunikacija. Prvo ozbiljnije rešenje predstavlja svetlosna telegrafija koju je usavršio francuski naučnik Klod Šap. U Francuskoj je 1793. godine, a kasnije i u drugim evropskim zemljama, počela izgradnja na uzvišenim mestima, kula sa pokretnim polugama pored izvora svetlosti, pomoću kojih su otpremani ugovoreni znaci (Šapova azbuka). Ubrzo se postavlja problem dometa takvih veza, koje su bile ograničene na domet optičke vidljivosti. Taj problem se rešava postavljanjem više ovakvih primo-predajnih stanica. To je donekle rešilo ovaj problem, ali ljudske potrebe rastu i zadatak je postavljen. Uspostaviti vezu preko Atlantika. Prvi električni telegraf, koji je konstruisao Samjuel Morze, pušten je u saobraćaj 1844. između Vašingtona i Baltimora. Godine 1855. ovaj telegrafski saobraćaj je pušten i u Srbiji između Beograda i Zemuna. Sve se još uvek zasnivalo na žičnoj telegrafiji. Posle više neuspelih pokušaja polaganja kabla u Atlantik, smatralo se da nije moguće uspostaviti komunikaciju između Evrope i Amerike. Zahvaljujući prvenstveno našem naučniku Nikoli Tesli, i to je učinjeno, što je ujedno označilo nastanak bežične telegrafije, koju sa manjim izmenama poznajemo i danas.

Poslednji vek je vek komunikacija. Počeo je sa otkrićem telegrafije, preko teleprintera, prenosa glasa, slike, faxesa, Interneta, mobilne telefonije, satelitske telefonije, i najzad mobilne audiofonije koju koriste mobilni telefoni treće generacije.

Tema ovog rada je upravo mobilna telefonija treće generacije koja je postala stvarnost i koja polako ali sigurno počinje sa radom. Trenutno samo jedna mreža u Japanu ima sve karakteristike treće generacije. Međutim kako se stvari odvijaju, za svega nekoliko godina ovaj sistem će biti rasporostranjen na globalnom nivou. Ovaj rad je podeljen na nekoliko poglavlja koja su koncipirana tako da postupno objašnjavaju način rada mobilne telefonije treće generacije.

Prvo poglavlje posvećeno je istorijatu mobilne telefonije. Kroz hronološki prikaz uvođenja raznih sistema mobilne telefonije objašnjavaju se karakteristike pojedinih sistema koje su doživele zapažen uspeh na ovom polju. U ovom poglavlju takođe su objašnjeni sistemi koji se danas koriste u svetu i njihove karakteristike.

Drugo poglavlje posvećeno je mobilnoj telefoniji treće generacije uopšte, i tu se na uopšten način objašnjavaju osnovne tehnike primopredaje kao i mogućnosti, kapaciteti i tehničke karakteristike pojedinih sistema. Objasnjena je i ćelijska struktura mreže koju su koristile sve generacije mobilne telefonije do sada, a čiju koncepciju, istina u nešto izmenjenom obliku, je prihvatila i treća generacija mobilne telefonije.

Treće, najopširnije poglavlje, posvećeno je WCDMA protokolu za bežični prenos, sa detaljnim objašnjenjima principa rada ovog izuzetno složenog protokola. Naročita

pažnja je posvećena mnogobrojnim kanalima za prenos informacija raznih tipova, kao i tome na koji način se pojedine informacije smeštaju u kanal i kako se prenose.

Četvrto poglavlje je zaključak u kome su dati budući koraci u mobilnim komunikacijama kao i predviđanja šta će se sve dešavati u bliskoj budućnosti po pitanju mobilne telefonije.

U petom poglavlju dat je spisak akronima (skraćena) koje su se koristile u ovom radu. Sve skraćene su preuzete iz engleskog jezika, dato je njihovo značenje na engleskom jeziku, kao i moguć prevod na naš jezik.

Šesto poglavlje daje prikaz literature koja je korišćena za pisanje ovog rada. Pošto nažalost na našem jeziku još nema validne literature koja se bavi ovom problematikom, većina materijala za pisanje ovog rada preuzeta je sa Interneta.

U Raški, juna 2003. godine

## 1. Uvod

Tokom poslednjih godina, sektor telekomunikacija je postala grana industrije sa najbržim rastom. Ovaj rast ogleda se u sve većim prihodima koji se ostvaruju i u neprestanom pojavljivanju novih operatera na svetskom tržištu. Ni jedna grana industrije nije doživela tako vrtoglav napredak kao telekomunikacije. Za relativno kratak period, u poslednjih 15 godina zabeležana je prava eksplozija po pitanju broja korisnika mobilnih komunikacija, a svi pokazatelji ukazuju na činjenicu da će se takav trend nastaviti i u budućnosti.

Povećanje broja korisnika mobilnih telekomunikacionih usluga ima toliki obim da se sa pravom može očekivati da broj korisnika u mobilnom sektoru bude veći od broja korisnika u fiksnom sektoru telekomunikacija i to u vrlo bliskoj budućnosti. Iako se čini da su ova predviđanja suviše optimistička, važno je podsetiti da su predviđanja za razvoj telekomunikacija u prošlom periodu bila daleko ispod onoga šta se stvarno desilo. Činjenica je da je u pojedinim zemljama broj korisnika u mobilnoj telefoniji već premašio broj korisnika u fiksnoj telefoniji, što nam govori da predviđanja nisu daleko od istine, a naročito ako znamo da će se mobilna komunikacija u bliskoj budućnosti zasnivati na najnovijoj mobilnoj telefoniji treće generacije.

Pre nego što krenemo sa detaljnim objašnjavanjem principa i mogućnosti mobilne telefonije treće generacije, zgodno je dati kratak pregled istorijata razvoja mobilnih komunikacija, koji su poznati kao sistemi prve i druge generacije. Kao što je to slučaj sa svim tehnologijama, i mobilna telefonija je imala dugu evoluciju kroz tehnologiju bežičnog prenosa informacija. Da bi stvarno razumeli princip rada mobilne telefonije treće generacije neophodno je da znamo šta je se dešavalo u prošlosti. Zato ćemo se u narednom poglavlju pozabaviti istorijatom mobilnih komunikacija.

### 1.1. Istorijat mobilne telefonije

Začeci mobilne telefonije dosežu do 1920-ih godina kada je nekoliko policijskih odeljenja u Americi počelo da koristi takozvane radiotelefone, ali samo na eksperimentalnoj osnovi. Iako su se takvi uređaji u to vreme uspešno koristili u pomorstvu, oni nisu bili baš prikladni za nošenje u ruci. Ta oprema je imala izuzetno velike gabarite a radio prenos nije bilo najsjanije rešenje u gradskim sredinama gde ima dosta zgrada i prepreka za radio signale. Iz tih a i drugih razloga sve se završilo samo na eksperimentima.

Sledeći bitan korak napravljen je 1930-ih i povezan je sa razvojem frekventne modulacije (FM), koja je imala veliku primenu na bojnim poljima u drugom svetskom ratu. Ovaj razvoj se odvijao pre rata tako da je mobilni telefonski servis, istina sa izvesnim ograničenjima, već bio dostupan u nekim američkim gradovima 1940-ih. Obzirom da su ovi sistemi bili veoma ograničenog kapaciteta trebalo je da prođe još puno godina do prave komercijalizacije mobilne telefonije.

### 1.2.1. Istorijat sistema prve generacije

Mobilna telefonija, onakva kakvu je mi danas poznajemo, počinje da se razvija krajem 1970-ih, i sa prvim eksperimentima počelo se u Čikagu 1978. godine. Sistem je koristio tehnologiju koja se zvala napredan mobilni telefonski servis (AMPS) i radila je na opsegu od 800 MHz. Iz mnogobrojnih razloga, uključujući i propadanje kompanije AT&T, prošlo je nekoliko godina pre nego što je prvi komercijalni sistem počeo sa radom u Americi. Sistem je najpre pušten u Čikagu 1983. godine, a ubrzo zatim i u drugim američkim gradovima.

U međuvremenu i druge zemlje u svetu su razvijale taj sistem, tako da je AMPS lansiran u Japanu 1979. godine. I u Evropi se aktivno radilo na razvoju mobilne telefonije i 1981. godine mobilna telefonija počinje sa radom u Švedskoj, Norveškoj, Danskoj i Finskoj. U Evropi se koristio sistem pod nazivom Nordijska mobilna telefonija (NMT) i radio je na opsegu od 450 MHz. Kasnije je ovaj sistem prešao na opseg od 900 MHz i nazvan je NMT900. Ubrzo su i Britanci predstavili još jednu tehnologiju 1985. godine. Ova tehnologija je nosila ime komunikacioni sistem sa potpunim pristupom (TACS) i takođe je radila na opsegu od 900 MHz. TACS je ustvari modifikovana verzija AMPS sistema.

Mnoge druge zemlje su počele da uvode mobilne sisteme, tako da je servis mobilnih telefonskih usluga ubrzo postao raširen po celom svetu. Iako su se razvijale različite tehnologije mobilne telefonije, a naročito u Evropi, AMPS, NMT (obe varijante) i TACS su zasigurno najuspešnije. Ovo su glavni sistemi mobilne telefonije prve generacije i još uvek su u upotrebi.

Prva generacija mobilne telefonije je postigla takav uspeh koji niko nije očekivao. Iako uspešna za to vreme, ona je ipak bila ograničenog kapaciteta. Naravno sistem je mogao da podrži veliki broj korisnika, ali kada je broj korisnika premašio milion, počelo je i sa prvim zloupotrebama jer je u gradovima pravi trend bio posedovanje mobilnog telefona. Takođe i veliki problem je bio taj što su bile moguće zloupotrebe po pitanju prisluškivanja drugih korisnika. Kompanije koje su razvijale prvu generaciju mobilne telefonije nisu se zadržale na tome u ubrzo se počelo sa razvijanjem druge generacije.

### 1.2.2. Istorijat sistema druge generacije

Dok je sistem prve generacije bio analogni, sistem druge generacije je digitalni. Korišćenje digitalne tehnologije ima nekoliko prednosti, uključujući veći kapacitet, veću sigurnost od zloupotreba, i pružanje novih naprednih servisa.

Kao što je bio slučaj sa prvom generacijom i u drugoj generaciji su razvijane različite tehnologije. Tri najuspešnije tehnologije su: privremeni standard 136 (IS-136), IS-95 CDMA, i globalni sistem mobilne telefonije (GSM). Svaki od ovih sistema izgrađen je na različit način.

### 1.2.2.1. IS-54B i IS-136

IS-136 je imao dvostepenu evoluciju baziranu na AMPS sistemu. AMPS koristi tehniku višestrukog pristupa sa frekventnom raspodelom (FDMA), gde se za svaki kanal rezerviša opseg od 30 KHz. Neki od kanala, kao npr. kontrolni kanali, su rezervisani za prenos kontrolne signalizacije, dok su tzv. govorni kanali, rezervisani za prenos glasa, odnosno za konverzaciju.

Prvi korak u digitalizaciji bio je uvođenje digitalnih kanala za prenos glasa. Ovaj korak se izvodi na osnovu multipleksiranja sa vremeskom raspodelom (TDM) tako da je svaki kanal za glas podeljen u vremenske odsečke (slotove), i na taj način se omogućava uspostavljanje simultane konverzacije po istom RF kanalu. Ovaj stadijum u evoluciji poznat je pod imenom IS-54B (takođe poznat i kao Digitalni AMPS ili D-AMPS), i on daje značajan napredak po pitanju kapaciteta u poređenju sa AMPS tehnologijom. IS-54B je uveden 1990. godine.

Napomenimo da IS-54B digitalizuje jedino kanale za prenos glasa, dok su kontrolni kanali i dalje analogni. Iako se ovim postiže znatno uvećanje kapaciteta, činjenica da su kontrolni kanali i dalje analogni, ograničava broj servisa koji se mogu ponuditi. Zbog toga i mnogih drugih razloga sledeći korak je bio uvođenje digitalizacije u kontrolne kanale. Ovaj korak je učinjen 1994. godine sa razvojem IS-136 sistema koji ima potpuno digitalizovane kontrolne i kanale za prenos glasa.

Danas su AMPS, IS-54B, i IS-136 i dalje u upotrebi. AMPS i IS-54B rade isključivo na 800 MHz, dok IS-136 može raditi na 800 MHz kao i na 1900 MHz (naročito u Severnoj Americi). Područje od 1900 MHz u Severnoj Americi dodeljeno je za servis personalnih komunikacija (PCS), koji je označen kao servis mobilne telefonije druge generacije.

### 1.2.2.2. GSM

Iako je NMT sistem uveden u Evropu 1981. godine, uskoro se javila potreba za jedinstvenim evropskim digitalnim sistemom. Postoji mnogo razloga za ovo ali glavni je taj što je postojalo mnoštvo nekompatibilnih analognih sistema širom Evrope. Zbog ovoga nije bio moguć ni roving između različitih zemalja, pa se jedinstveni mobilni sistem nametnuo kao logičko rešenje. Zbog toga je 1982. godine oformljena organizacija koja se zove Evropska konferencija za poštu i telekomunikacije (CEPT). Ova organizacija je zatim osnovala grupu koju je nazvala *Group Spéciale Mobile* (GSM). Zadatak ove grupe bio je da radi na razvoju novog digitalnog standarda. Ogroman deo posla bio je urađen pre nego što je formiran Evropski institut za standarde u telekomunikacijama (ETSI), 1989 godine. ETSI je najpre završio i izdao skup tehničkih specifikacija, a nova tehnologija je dobila isto ime kao i grupa koja ju je razvila GSM.

Prva GSM mreža lansirana je 1991. godine, a ubrzo zatim 1992. godine lansirano je još nekoliko mreža. Međunarodni roving između različitih država postao je stvarnost. GSM je doživljavao sve veći i veći uspeh kako je jedna po jedna zemlja uvodila ovaj

sistem u upotrebu. Šta više GSM se proširio i van Evrope, pa je stigao čak i do Australije. Jasno je bilo da GSM neće biti samo evropski već i globalni sistem. Zbog toga je skraćenica GSM dobila i novo značenje Global System for Mobile communications (globalni sistem mobilne telefonije).

U početku GSM je bio namenjen da radi samo na području od 900 MHz, i većina GSM mreža u svetu i koristi ovaj band. Međutim postoje i druga frekventna područja na kojima radi GSM. Prvo korišćenje neke druge frekvencije desilo se u Engleskoj 1993. godine. Ovaj sistem je za početak nazvan DSC1800 i radio je na frekvenciji od 1800 MHz. Međutim danas je taj sistem poznat pod imenom GSM1800.

Kasnije GSM je uveden i u Severnoj Americi kao jedna od tehnologija za servis personalnih komunikacija (PCS) i radio je na 1900 MHz. Čak prvi PCS servis koji je počeo sa radom u Severnoj Americi bio je baš GSM.

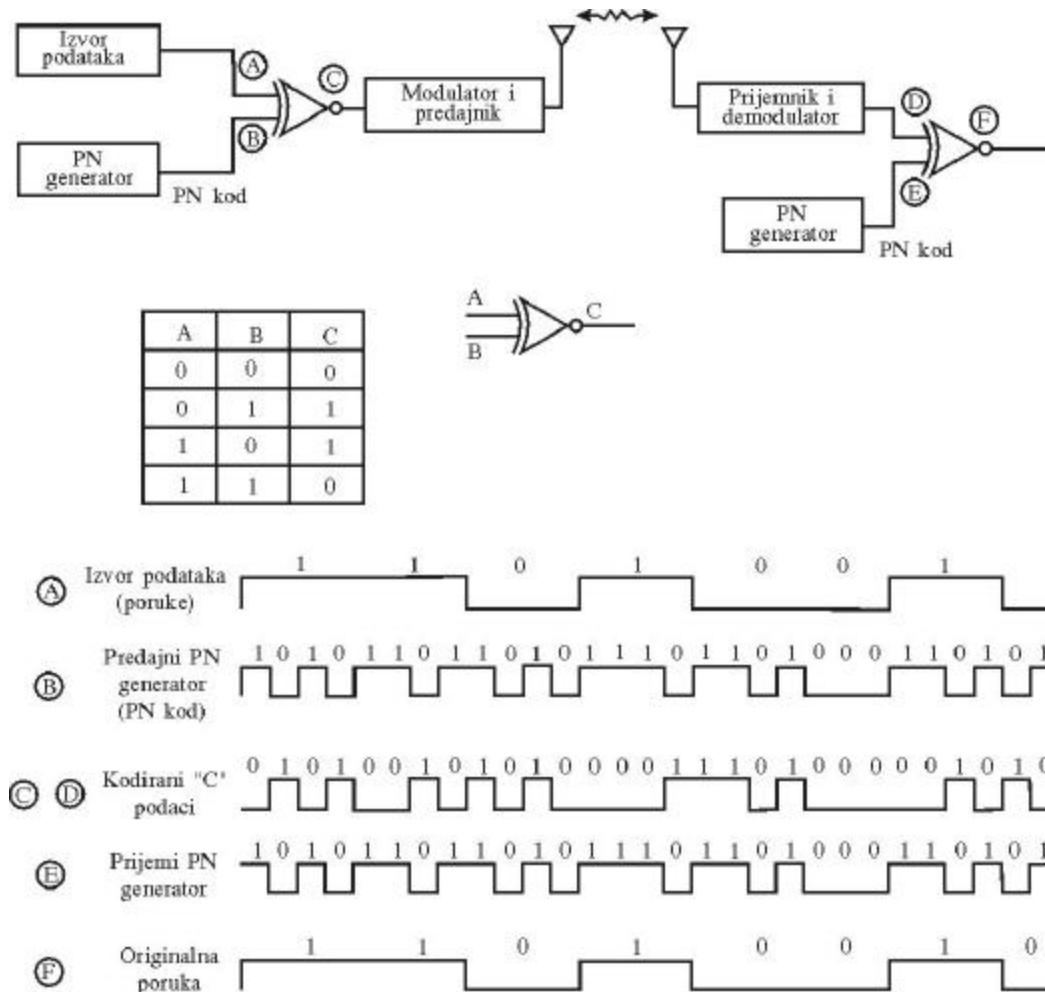
### 1.2.2.3. IS-95 CDMA

Iako postoje bitne razlike između IS-136 i GSM-a, oba ova sistema koriste tehniku višestrukog pristupa sa vremenskom raspodelom (TDMA). Ovo znači da su nezavisni radio kanali podeljeni u vremenske odsečke (slotove), što omogućava većem broju korisnika da dele jedan RF signal po principu raspodele u vremenu. Zbog raznih razloga ova tehnika omogućuje povećanje kapaciteta i bolju iskorišćenost resursa u poređenju sa analognim sistemom kod koga je poseban radio kanal dodeljen za jednu konverzaciju. Međutim TDMA nije jedini sistem koji dozvoljava da više korisnika dele jednu radio frekvenciju. Postoje i drugi sistemi ali najznačajniji je takozvana tehnika višestrukog pristupa sa kodnom raspodelom (CDMA).

CDMA je tehnika kojom svi korisnici dele istu frekvenciju u isto vreme. Jasno je da dok više korisnika istovremeno vrše emitovanje na istoj frekvenciji, svakako dolazi do preplitanja njihovih signala. Izazov je bio kako uhvatiti signal jednog korisnika, u uskom frekventnom opsegu, u kojem se nalazi još puno signala koji potiču od drugih korisnika. Ovo se može izvesti ako je signal svakog korisnika modulisan sa jedinstvenom kodnom sekvencom, gde je brzina protoka za kod daleko iznad brzine protoka informacija. Na prijemnoj strani, moguće je izvaditi signal određenog korisnika iz skupa drugih ako se zna kojom je kodnom senkvencom on kodiran.

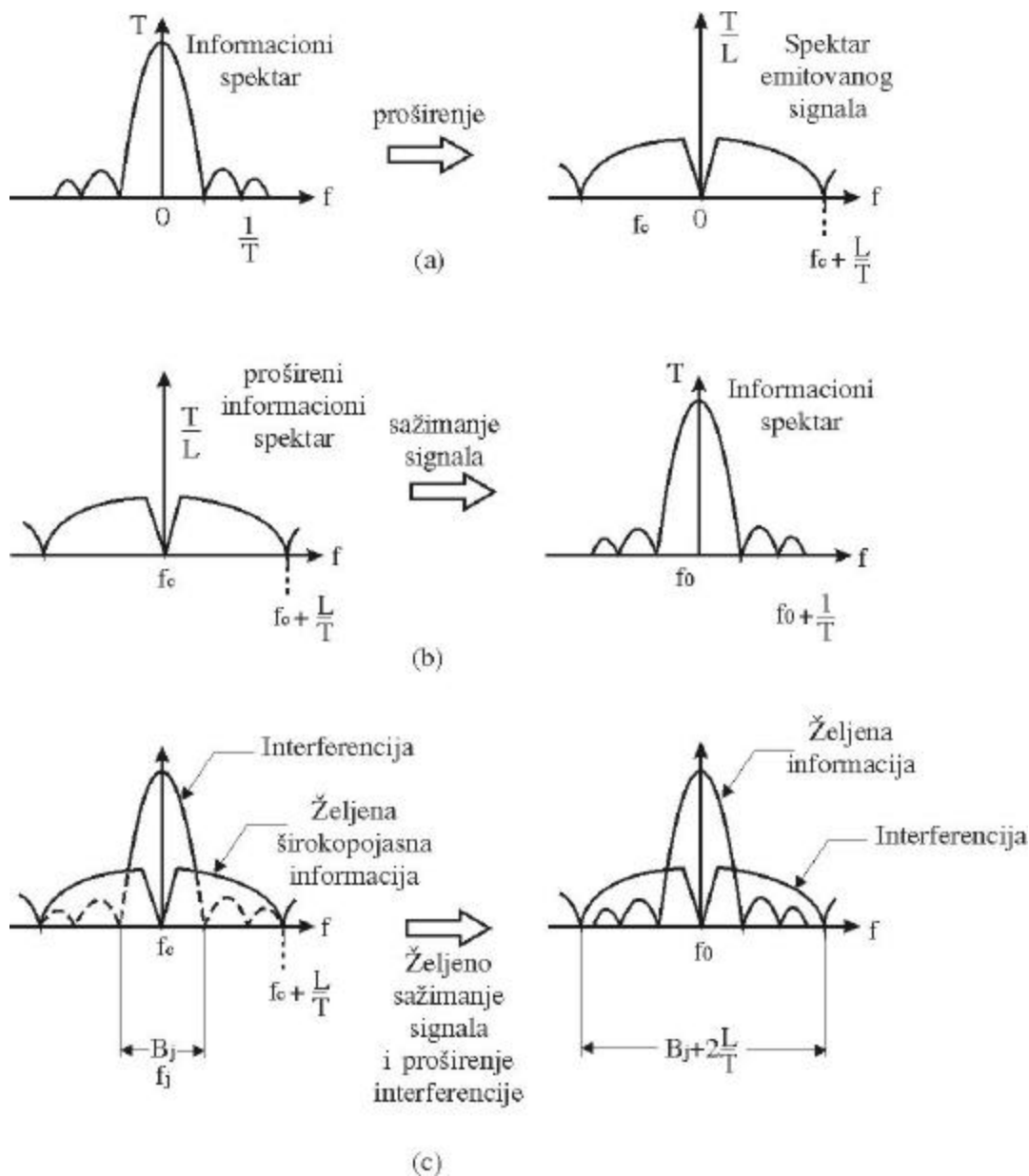
Iako je CDMA bio razmatran kao sistem za komercijalni mobilni prenos od strane nekoliko organizacija, zvanično je demonstriran od strane Qualcomm-a 1989. godine u San Dijegu, Kalifornija. U to vreme to je bio veliki napredak po pitanju kapaciteta i kvaliteta prenosa u poređenju sa AMPS-om. Mnogi su bili impresionirani sa Qualcomm-ovim CDMA sistemom i on je standardizovan kao IS-95 od strane Američkog udruženja telekomunikacione industrije (TIA). Od tada je uvedeno mnogo IS-95 CDMA sistema širom Severne Amerike i Koreje. Iako se malo preteralo po pitanju dobitka kapaciteta CDMA sistema u odnosu na AMPS, ovaj sistem je ipak napravio značajan pomak i doživeo je veliki uspeh. U Severnoj Americi, IS-95 CDMA je razvijan za područje od 800 MHz, a njegova varijanta pod imenom J-STD-008 je razvijena za područje od 1900 MHz.

CDMA je jedinstven u tehnologiji mobilne telefonije zbog toga što je energija RF nosioca u direktnoj zavisnosti od brzine odmeravanja koju sistem koristi. CDMA sistem koji je lansirala kompanija Qualcomm koristi brzinu odmeravanja od 1.228 MHz. Brzina odmeravanja je ona brzina kojom se originalna informacija kodira a zatim moduliše. Brzina odmeravanja ustvari predstavlja protok podataka sa izlaza PN generatora CDMA sistema. Pomoću odmeraka, tokom ekskluzivnog ili (XOR) procesa, vrši se kodovanje podataka koji potiču iz izvora podataka.



Slika 1.1 CDMA PN kodovanje

Prijemni sistem takođe mora imati sposobnost da detektuje isti PN kod koji se prenosi kroz ekskluzivno ili kolo kako bi se propisno dekodirao početni signal. Ako je upotrebljeni PN generator različit ili nije sinhronizovan sa onim na predaji, prijemna informacija neće biti valjana i biće nerazumljiva. Slika 1.1 prikazuje princip kodiranja, predaje i dekodiranja kao i način na koji se podaci transformišu u početni, originalni oblik.

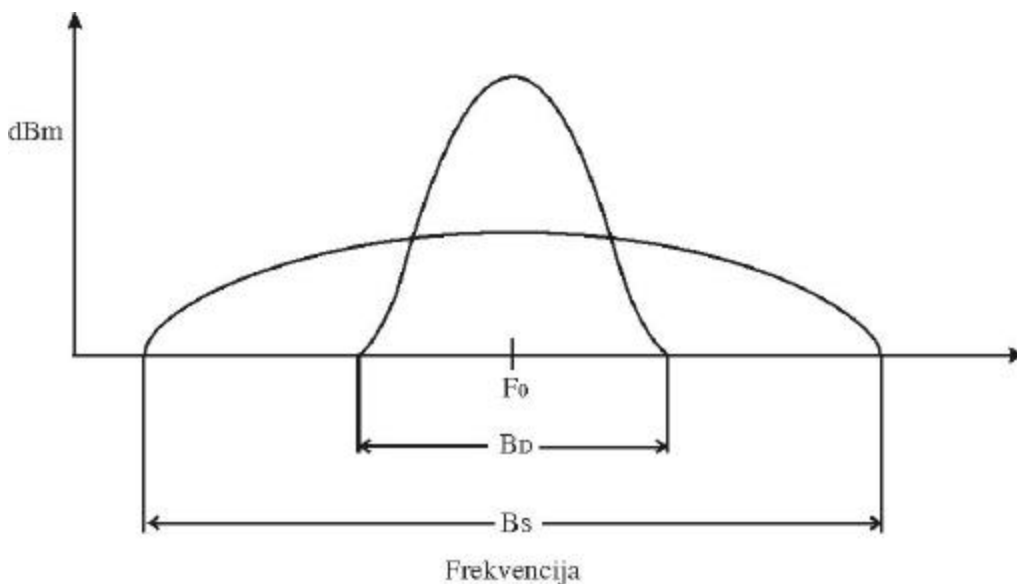


Slika 1.2 Prikaz proširenja spektra, (a)-Korišćenje PN sekvence i predaje sa trajanjem PN odmerka vrednosti  $T/L$ . (b)-Korišćenje korelacione i sinhronizovane kopije PN sekvence na prijemu. (c)-Pojavljivanje interferencije,  $L/T$ -trajanje odmerka,  $f_j$ -frekvencija signala koji ometa,  $B_j$ -širina spektra signala koji ometa

Brzina odmeravanja takođe ima direktan uticaj na širokopojasnost CDMA signala. Slika 1.2 daje kratak pregled efekta širokopojasnosti originalnog signala za izabranu brzinu protoka originalnog signala. Glavna poenta CDMA sistema leži u tome da postupak širokopojasnosti (proširenja spektra) početne informacije, raspodeljuje početnu energiju duž čitave širine frekventnog opsega. Na prijemnoj strani signal se sažima (sužava mu se spektar) na osnovu reverznog procesa početnog proširenja, gde dolazi do rekonstrukcije početnog signala odnosno informacije. Kada dođe do

interferencije CDMA siglana unutar opsega, postupak sažimanja sažima inicijalnu informaciju ali u isto vreme proširuje spektar interferenciji rasipajući joj snagu duž celog opsega, čime se minimizuje negativan uticaj interferencije na signal.

Broj PN odmeraka po jednom bitu podatka naziva se dobit obrade i najbolje je predstavljen relacijom  $G_p = B_D/B_s$ , dge je  $B_D$  širina spektra početne informacije, a  $B_s$  je širina proširenog spektra početne informacije. Drugi način određivanja dobiti obrade je na osnovu snage signala koji ometa odnosno interferencije, a koja će se oslabiti postupkom sažimanja. Dobit obrade poboljšava odnos signal/šum proširenog spektra sistema i to je objašnjeno na slici 1.3.



Slika 1.3 Dobit obrade

### 1.2.3. Putanja ka sistemima treće generacije

Sistem druge generacije stvoren je zbog mogih nedostataka koje je imala predhodna generacija. Sistem prve generacije bio je ograničen po pitanju kapaciteta, imao je veoma slabu zaštitu od zloupotreba i prisluškivanja i mogao je ponuditi veoma mali broj naprednih servisa. Sistem druge generacije napravljen je da bi prevazišao sve ove nedostatke i postigao je veoma značajan uspeh.

Sistemi IS-95, GSM i IS-136 su mnogo bezbedniji, imaju veći kapacitet i daju nove napredne mogućnosti u smislu korespondencije. Međutim oni su optimizovani za prenos glasa i nemaju baš velike mogućnosti po pitanju prenosa podataka.

U eri Interneta, elektronske trgovine i multimedijalnih servisa, nedostatak mogućnosti za prenos podataka je velika mana. Iako ljudi imaju potrebu da međusobno razgovaraju više nego ikad do sada, oni takođe žele i da komuniciraju na neki nov način, putem E-maila, instant poruka, putem World Wide Web servisa, i na mnogo

drugih načina. Da bi se sve ovo omogućilo potrebna je nova naprednija tehnologija – tehnologija mobilne telefonije treće generacije.

Potreba za mobilnom telefonijom treće generacije se javila u raznim dijapazonima ljudskog delovanja, i različite organizacije počele sa radom na ovom projektu još davne 1980. godine. Internacionalna telekomunikaciona unija (ITU) je bila angažovana za ovaj ogroman projekat pod nazivom budući javni zemaljski mobilni telekomunikacioni sistemi (Future Public Land Mobile Telecommunications Systems - FPLMTS). Obzirom da je ovaj akronim bio malo nezgodan za izgovor, projekat je vremenom dobio ime Internacionalne mobilne telekomunikacije-2000 (IMT-2000).

IMT-2000 koji je bio pod pokroviteljstvom ITU-a bio je vođen nizom zahteva koji su se unapred postavili pred njega. Zahtevala se veća širina osega (144 Kbps za mobilni servis i preko 2 Mbps za fiksni servis), mnoštvo različitih servisa (multimedijalni servisi), i fleksibilnost (mreže koje mogu podržati mali i veliki broj korisnika). Zahtevalo se takođe da IMT-2000 radi na opsegu od 2GHz. Generalno gledano ITU je preporučio veliki broj zahteva ali nije dao detaljna tehnička rešenja i uputstva kako bi se ovi zahtevi ostvarili.

Kako bi uputila na izradu tehničkih rešenja, ITU je je izdala tehničke preporuke zainteresovanim organizacijama. 1998. godine su ustanovljene različite tehnologije bežičnog prenosa. ITU je od više različitih tehnika i tehnologija izabrala najbolje i konačno je 1999. godine ustanovila pet mogućih načina realizacije zemaljskog servisa (rešenja koja nisu bazirana na sateltnom prenosu). Tih pet tehnika su:

- Širokopolasni CDMA (WCDMA)
- CDMA-2000 (predstavlja evoluciju odnosno nadogradnju IS-95 CDMA)
- TD-SCDMA (Sinhroni CDMA sa vremenskom raspodelom)
- UWC-136 (predstavlja evoluciju IS-136)
- DECT

Ove tehnike predstavljaju osnovu za nastavak realizacije naprednih servisa multimedijalne mobilne komunikacije i u celom svetu počelo je sa njihovim razvojem. U narednim poglavljima posvetićemo pažnju svim ovim sistemima ali ćemo se prvenstveno bazirati na WCDMA jer će on biti dominantan u Evropi.

## 2. Sistem mobilne telefonije treće generacije

### 2.1.1. Mogućnosti 3G sistema

“3G” je skraćenica za “treću generaciju” mobilne telefonije. U osnovi 3G sistem daje veoma širok spektar novih mogućnosti mobilnom telefonu. Trenutno mobilni telefon je prvenstveno namenjen za prenos glasa, SMS poruka i u poslednje vreme MMS poruka. 3G će dozvoljavati istovremeni prenos govora, podataka, teksta, slika, audio i video podataka. Imajući ovo u vidu, malo neprikladno upotrebiti termin 3G telefoni, već je bolje reći 3G uređaji.

3G uređaji će promeniti tradicionalne granice između različitih tehnologija: računara, telekomunikacionih uređaja i uređaja široke potrošnje. 3G uređaj će istovremeno biti i računar, i telefon i PDA. Nećemo mnogo preterati ako kažemo da će ljudi bukvalno živeti sa 3G uređajima.

Sam 3G sistem omogućuje:

- Mobilni pristup internetu velikom brzinom.
- Veliku ponudu zabave različitih tipova. Ovo uključuje gledanje filmova (na ekranu visoke rezolucije), i slušanje muzike (u uređaje je implementiran MP3 plejer).
- Praćenje video konferencija (u 3G uređaje je ugrađena mala kamera).
- Mobilni šoping (m-komerc). Mogućnost on-line izbora i plaćanje elektronskim novcem.
- Informacije o putovanjima: zakrčenje na putevima, polasci aviona, autobusa, vozova i metroa. U slučaju da se neko izgubi vrlo lako može odrediti svoju tačnu poziciju. Pozivanjem hitnih službi (92,93 i 94) moguće je tačno lociranje mesta odakle se zove i na taj način ove službe mogu lakše i pravovremenije delovati.
- I naravno uređaj će uvek služiti kao telefon...

### 2.1.2. Tehnološki izazov

Pošto je sam sistem zamišljen veoma ambiciozno, bilo je potrebno rešiti niz tehničkih izazova:

- Kao prvo, brzina protoka podataka 3G uređaja je daleko iznad brzine koju koriste postojeći mobilni uređaji. Na primer, da bi se gledao film preko 3G uređaja (streaming video) neophodna je brzina protoka podataka koja je oko 100 puta veća nego kod današnjih aparata. Međunarodna telekomunikaciona unija (ITU) svrstava mobilni uređaj u uređaj treće generacije samo ako on može vršiti predaju na brzini od 144 Kbps.

- Ono što odlikuje 3G uređaje je takozvani globalni roving, tj. mogućnost korišćenja 3G uređaja bilo gde u svetu. To je jedan od glavnih principa na kojima je bazirana 3G telefonija.
- Sigurnost korišćenja 3G uređaja je veoma važan aspekt. Obzirom da će 3G uređaj biti pravi novčanik za elektronski novac, on će biti veoma primamljiv za zloupotrebu. Gubitak uređaja mora biti naznačen mreži u najkraćem roku. Ovo se može rešiti na osnovu PIN koda ili prenosivih smart kartica.
- Mali prenosivi multifunkcionalni uređaj mora u određenom periodu raditi bez prestanka tako da njegovo napajanje mora biti zasnovano na punjivim baterijama visokog kapaciteta.

### 2.1.3. Finansijski aspekt

Ono što je neizvesno kod 3G sistema je njegova isplativost. Problem je u tome što 3G sistem zahteva veoma šitok frekventni spektar, mnogo veći nego postojeći 2G sistem. Da bi se ovo omogućilo potrebno je platiti visoku cenu zakupa radio spektra i predajne infrastrukture: u UK i Nemačkoj državna administracija je već na osnovu izdavanja 3G licenci ubrala prihode od 35 i 46 milijardi dolara respektivno. Telekomunikacioni operatori su spremni da plate ogromne sume novca jer veruju da će se uloženi novac vratiti kroz obilje servisa i usluga koje će ponuditi svojim korisnicima.

### 2.1.4. Alternative za 3G

Bežična lokalna mreža (WLAN) je bežična mreža koja može raditi samo na malim rastojanjajima, daleko manjim od onog koji omogućava 3G. Ova rastojanja kreću se do 100 metara. Zbog ovoga WLAN se može koristiti samo unutar zgrade, na primer u "vrelim tačkama" hotela ili aerodroma. Glavni WLAN standard je Wi-Fi.

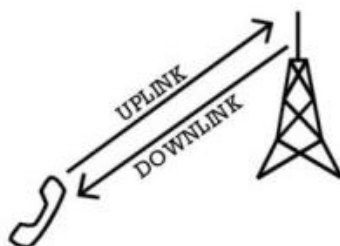
Uz ovako ograničen rang, možemo se zapitati zašto Wi-Fi parira 3G sistemu. WLAN jeste mnogo jeftiniji od 3G-a (1000 eura po baznoj stanici) i mnogo je brži (11 MBit/s u sekundi). Ako postoji mogućnost postavljanja baznih stanica u svakom bloku gradske sredine, žargonski rečeno „na svakom ćošku” – dometa onda nije problem (za Nemačku bi trebalo postaviti oko 60 miliona baznih stanica, što i nije baš praktično).

## 2.2. Osvoje mobilnih komunikacija

U ovom poglavlju ćemo prikazati uvod u neke aspekte 3G bežične transmisije. Stvari koje ćemo ovde objasniti olakšaće nam razumevanje poglavlja koja slede a koja objašnjavaju sam princip rada 3G mobilnih komunikacija. Mnoge od tehnologija koje ćemo opisati se primenjuju u drugoj generaciji, ali takođe predstavljaju osnov na kojima je bazirana i izgrađena treća generacija mobilne telefonije.

✓ Razlika između simpleksa i dupleksa

Kada neko komunicira preko voki-tokija, samo jedan korespondent može u jednom trenutku pričati (na taj način što drži pritisnutim taster za predaju). Ovo je zbog toga što voki-toki koristi samo jednu frekvenciju za komunikaciju, i taj način radio komunikacije naziva se simpleks.

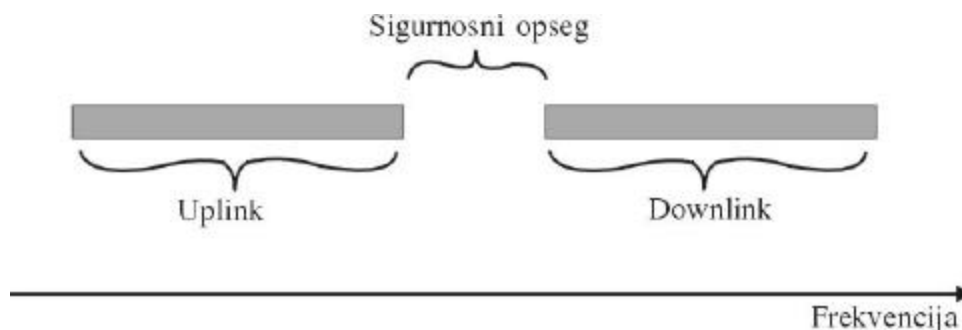


Slika 2.1. Dupleks komunikacija

✓ Razlika između TDD i FDD dupleks moda

Naravno mobilni telefoni ne komuniciraju na ovaj način. Mobilni telefoni istovremeno vrše dvosmernu komunikaciju i ovaj sistem se naziva duplex. Komunikacioni kanal od bazne stanice ka mobilnom uređaju naziva se downlink, dok se komunikacija kojom se mobilna staica obraća baznoj stanici naziva uplink. Postoje dva načina na osnovu kojih možemo ostvariti dupleks a to su TDD i FDD.

Bežični dupleks se tradicionalno izvodio tako što se dodele dva odvojena frekventna opsega: jedan opseg za uplink i jedan za downlink (ovakav raspored frekventnih opsega naziva se upareni spektar). Ova tehnika naziva se dupleks sa frekventnom raspodelom (Frequency Division Duplex – FDD). Dva frekventna opsega su podeljena sigurnosnim osegom (Guard Band), koji vrši razdvajanje dva opsega.



Slika 2.2 Korišćenje uparenog spektra za dupleks sa frekventnom raspodelom

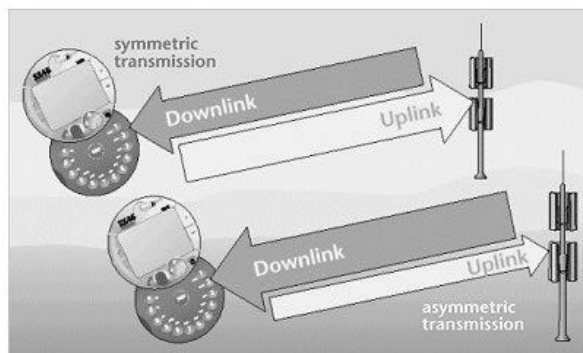
Dupleks se takođe može izvesti i u vremenu i to se monogo češće koristi. U ovom slučaju, uplink i downlink rade na istoj frekvenciji, ali se oni veoma brzo, naizmenično uključuju i isključuju: jednog trenutka se šalje uplink, a jednog downlink i tako naizmenično. Pošto se ovo preklapanje dešava veoma brzo, stiče se utisak da se uplink i downlink komunikacija odvija istovremeno. Ova tehnika se naziva dupleks

sa vremenskom raspodelom (Time Division Duplex – TDD). TDD zahteva sigurnosni interval za razdvajanje prijema i predaje.

#### ✓ Razlika između simetrične i nasimetrične predaje

Prenos podataka je simetričan ako se podaci u downlink-u i podaci u uplink-u emituju istim brzinama protoka. Tipičan primer za ovo je prenos glasa – ista količina podataka se šalje u oba smera. Međutim za internet konekcije i za difuzu predaju (npr. streamig video) očigledno je da se veća količina podataka šalje od servera ka mobilnom uređaju (kroz downlink kanal).

FDD nije baš najbolje rešenje za ostvarivanje asimetrične predaje jer ovaj sistem koristi jednake frekventne opsege za uplink i downlink (bespotrebno se troši spektar). U drugu ruku, TDD nema fiksnu strukturu, on dodeljuje promenjivu širinu opsega koja je naročito pogodna za asimetričnu predaju, npr. za Internet (gde se mala količina podataka šalje za potvrdu prijema i zhtev za prijem). Na primer TDD može biti konfigurisan da radi na brzini od 384 kbps za downlink, i na 64 kbps za uplink.



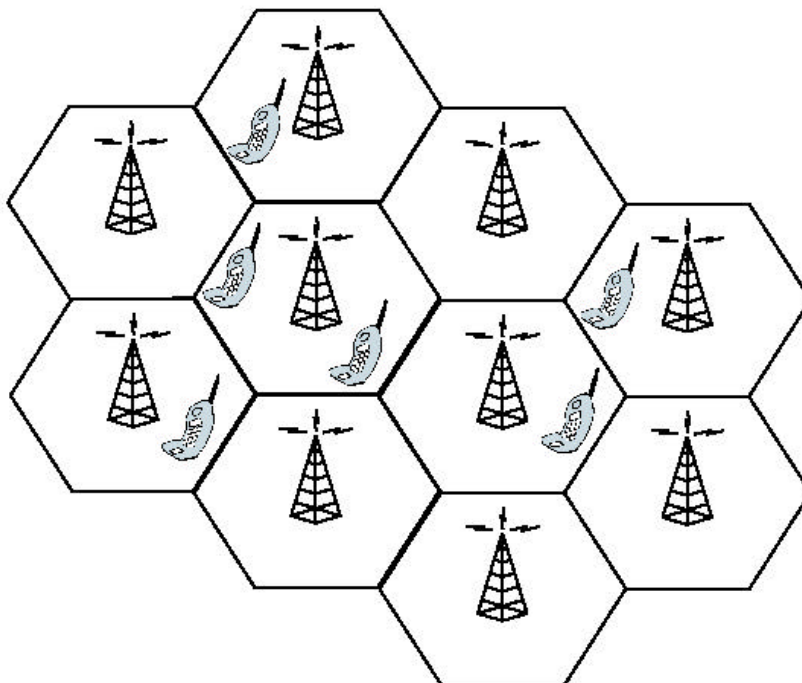
Slika 2.3 Simetrična i asimetrična predaja

#### ✓ Ćelijska organizacija mreže

Iako se termin „ćelijski” odomaćio u Severnoj Americi kako bi označio AMPS sistem, u osnovi svi mobilni sistemi su ćelijske prirode. Ćelijski prosto znači da je mreža podeljena na određeni broj ćelija, odnosno geografskih područja koje pokrivaju, kao što je to prikazano na slici 2.4. U svakoj ćeliji nalazi se bazna stanica, u kojoj se nalazi predajna i prijemna oprema. Bazna stanica unutar ćelije omogućava korišćenje usluga mreže za one korisnike koji se nalaze u toj ćeliji. Oblast pokrivenosti neke ćelije zavisi od mnogo faktora, a osnovni su predajna snaga bazne stanice, predajna snaga mobilne stanice, pojačanje antene bazne stanice, i konfiguracija terena. Pokrivenost ćelije može se kretati od nekoliko stotina metara pa do nekoliko desetina kilometara.

Različite frekvencije su dodeljene svakoj ćeliji u zavisnosti od toga kojoj tehnologiji pripadaju. U većini slučajeva određeni broj frekvencija koji je dodeljen nekoj ćeliji

može se koristiti i u drugim ćelijama koje su međusobno dovoljno udaljene tako da ne dođe do interferencije. Kod CDMA sistema sve ćelije mogu koristiti istu frekvenciju iz razloga koje smo naveli objašnjavajući princip rada ovog sistema. Iako ćelijska struktura koja je prikazana na predhodnoj slici radi bez problema i ponekad se čak i upotrebljava, mnogo češće se upotrebljava organizacija ćelija prikazana na slici 2.5. U ovom slučaju na jednoj od ivica svake ćelije nalazi se bazna stanica koja opslužuje ćelije koje je dodiruju, a pomoću usmerenih antena obezbeđuje se pokrivenost svake ćelije (u protivnom koriste se omnidirekzione antene tamo gde se bazna stanica nalazi u centru ćelije). Ovakva sektorizacija omogućava da jedna bazna stanica opslužuje do 6 ćelija, mada se uglavnom koristi sistem po kome jedna bazna stanica opslužuje tri ćelije u gradskim sredinama ili opslužuje dve ćelije duž magistralnih i regionalnih saobraćajnica, duž pruga i duž auto puteva.



Slika 2.4 Ćelijski sistem

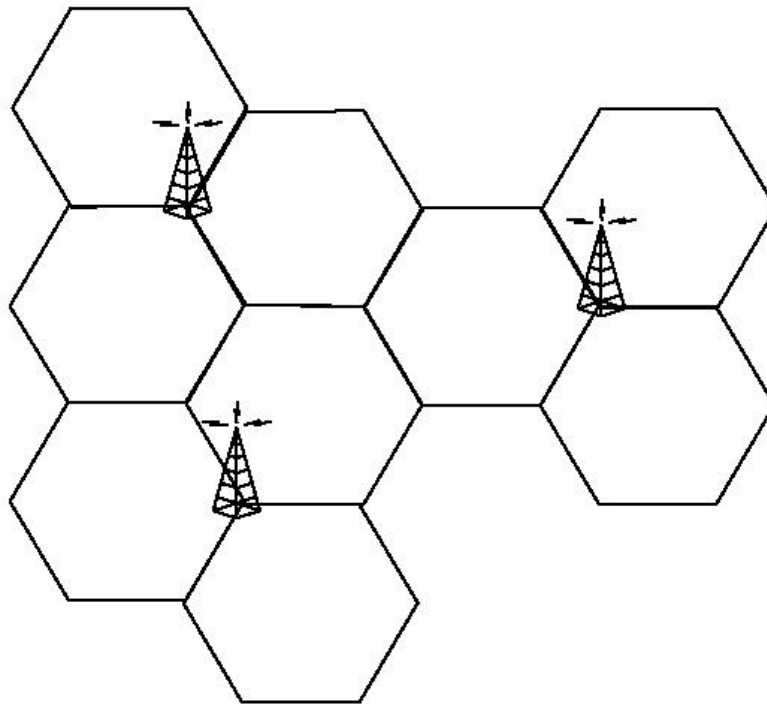
Naravno neophodno je da svaka bazna stanica bude povezana sa komutacionim centrom i takođe da bude povezana sa drugim mrežama, npr. sa javnom telefonskom mrežom kao i sa drugim mobilnim mrežama. Šta više neophodno je da na određenom mestu u mreži budu smeštene informacije o svim korisnicima te mreže. Takođe postoji mogućnost da pojedini korisnici koriste različite usluge mreže tj. da postoji više različitih profila korisnika, pa mreža mora znati kojem korisniku treba da dodeli koji servis i kojem profilu korisnika određeni korisnik pripada. Na primer određenim korisnicima može biti onemogućeno da naprave međunarodni poziv. Ako korisnik želi da napravi međunarodni poziv mreža mora odbiti ili procesirati taj poziv u skladu sa profilom kojem korisnik pripada.

I sistemi treće generacije zadržali su ćelijsku strukturu, istina sa malim izmenama. 3G sistem organizuje ćelije po hijerarhijskom nivou. Ovo je učinjeno iz razloga što se

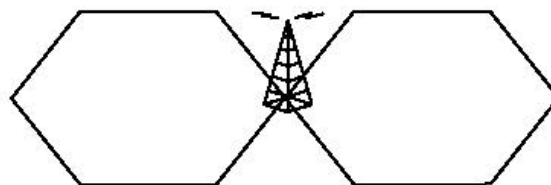
ćelija najnižeg hijerarhijskog nivoa koristi za veliki obim saobraćaja, na mestima gde je protok podataka maksimalan, a viši hijerarhijski nivoi služe za manji obim saobraćaja. Hijerarhijska struktura 3G mreže ima tri nivoa i to:

- Makro ćelije - pokrivaju najveću oblast, npr. ceo grad;
- Mikro ćelije - imaju srednji nivo pokrivenosti, npr. centar grada;
- Piko ćelije – najmanji nivo pokrivenosti, npr. hotel ili aerodrom.

Način organizacije hijerarhijske strukture koju koriste mreže treće generacije mobilne telefonije prikazan je na slici 2.6

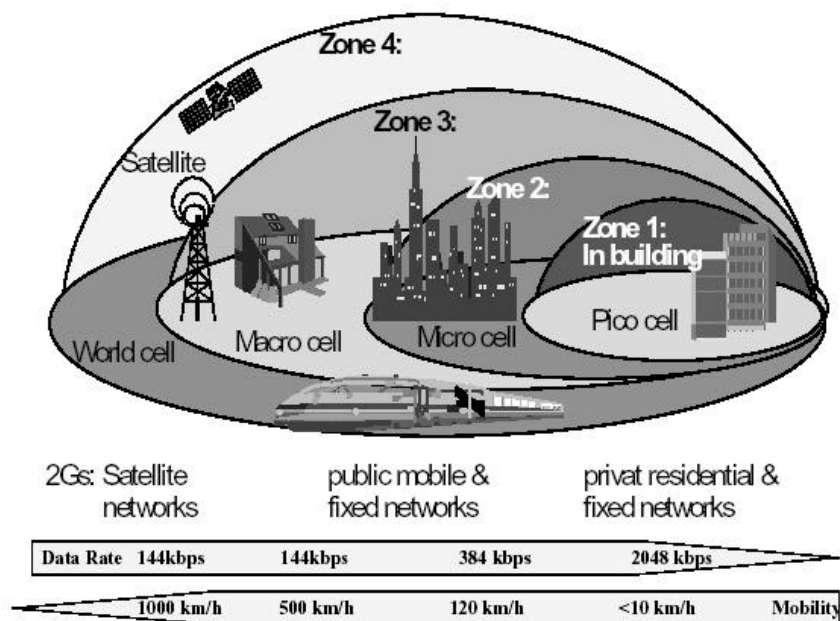


Trostepena konfiguracija



Dvostepena konfiguracija

Slika 2.5 Organizacija ćelija



Slika 2.6. Hijerarhiska struktura 3G mreže

Brzine protoka podataka različite su od zone do zone a zavise od trenutne brzine kojom se korisnik kreće kao i od koncentracije korisnika unutar zone;

- 2084 Kbps unutar zgrade ili kancelarije, u okolini pikoćelija gde je koncentracija korisnika najveća, i gde se korisnik kreće hodajući.
- 384 Kbps – 2084 Kbps u gradskom okruženju i to gde se korisnik ne kreće brzinom većom od 120 km/h.
- 144 Kbps – 348 Kbps gde je srednja gustina korisnika, npr. u suburbanim zonama gde se korisnici kreću brzinom od 120-500 km/h.
- do 144 Kbps u udaljenim zonama (planine, okeani) pri brzinama od 1000 km/h (na primer u avionima).

### 2.2.1. Karakteristike mobilnih stanica

Tabela 2.1 prikazuje karakteristike mobilnih stanica za neke 3G sisteme

	CDMA-2000	CDMA-2000	UWC-136 (TDMA)	UWC-136 (TDMA) GPRS/EDGE	WCDMA
Rastojanje nosioca	1.25 MHz	3.75 MHz	30 kHz	200 kHz	5 MHz
Snaga predajnika	100 mW	100 mW	100 mW	100 mW	100 mW
Pojačanje antene	0 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi
Visina antene	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m
Gubici	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB

Metoda pristupa	CDMA	CDMA	TDMA	TDMA	CDMA
Protok podataka	144 kbit/s	384 kbit/s	30 i 40 kbit/s	384 kbit/s	384 kbit/s
Tip modulacije	QPSK/BPSK	QPSK/BPSK	4-DQPSK 8-PSK	GMSK 8-PSK	QPSK
<b>Emisiona širina kanala</b>					
-3dB	1.1 MHz	3.3 MHz	0.03 MHz	0.18 MHz	3 GPP
-20dB	1.4 MHz	4.2 MHz	0.03 MHz	0.22 MHz	TS25.101
-60dB	1.5 MHz	4.5 MHz	0.04 MHz	0.24 MHz	
Nivo prijemnog šuma	9 dB	9 dB	9 dB	9 dB	9 dB
Nivo termičkog šuma	-113 dDm <sup>a</sup> -105 dBm <sup>b</sup>	-109 dDm <sup>a</sup> -100 dBm <sup>b</sup>	-121 dDm <sup>a</sup>	-113 dDm <sup>a</sup>	-109 dBm na 384 kbit/s
<b>Prijemna širina kanala</b>					
-3dB	1.10 MHz	3.30 MHz	0.03 MHz	0.18 MHz	?
-20dB	1.6 MHz	4.7 MHz	0.04 MHz	0.25 MHz	?
-60dB	3.7 MHz	11 MHz	0.09 MHz	0.58 MHz	?
$E^b / N_{pri} \text{ pri } p^e = 10^{-3}$	6.6 dB	6.6 dB	7.8 dB	8.4 dB	3.1 dB <sup>f</sup>
Prijemna osetljivost <sup>c</sup> interferencije	-107 dBm	-103 dBm	-113 dBm	-104 dBm	-106 dBm
Prag <sup>d</sup> interferencije	-119 dBm	-115 dBm	-127 dBm	-119 dBm	nije neophodno
Prag <sup>e</sup>	-104 dBm	-100 dBm	-111 dBm	-103 dBm	nije neophodno

Tabela 2.1 karakteristike 3G mobilnih stanica

## 2.2.2. Karakteristike baznih stanica

Tabela 2.1 prikazuje karakteristike baznih stanica za neke 3G sisteme

	CDMA-2000	CDMA-2000	UWC-136 (TDMA)	UWC-136 (TDMA) GPRS/EDGE	WCDMA
Rastojanje nosioca	1.25 MHz	3.75 MHz	30 kHz	200 kHz	5 MHz
Snaga predajnika	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W
Pojačanje antene	17 dBi po 120° sektoru	17 dBi po 120° sektoru	17 dBi po 120° sektoru	17 dBi po 120° sektoru	17 dBi po 120° sektoru
Visina antene	40 m	40 m	40 m	40 m	40 m
Nagib antene	2° dole	2° dole	2° dole	2° dole	2° dole
Metoda pristupa	CDMA	CDMA	TDMA	TDMA	CDMA
Protok podataka	144 kbit/s	384 kbit/s	30 i 40 kbit/s	384 kbit/s	384 kbit/s
Tip modulacije	QPSK/BPSK	QPSK/BPSK	4-DQPSK 8-PSK	GMSK 8-PSK	QPSK

<b>Emisiona širina kanala</b>					
-3dB	1.1 MHz	3.3 MHz	0.03 MHz	0.18 MHz	3 GPP
-20dB	1.4 MHz	4.2 MHz	0.03 MHz	0.22 MHz	TS25.101
-60dB	1.5 MHz	4.5 MHz	0.04 MHz	0.24 MHz	
Nivo prijemnog šuma	5 dB	5 dB	5 dB	5 dB	5 dB
Nivo termičkog šuma	-117 dDm <sup>a</sup> -109 dBm <sup>b</sup>	-113 dDm <sup>a</sup> -104 dBm <sup>b</sup>	-125 dDm <sup>a</sup>	-117 dDm <sup>a</sup>	-113 dBm na 384 kbit/s
<b>Prijemna širina kanala</b>					
-3dB	1.10 MHz	3.30 MHz	0.03 MHz	0.18 MHz	?
-20dB	1.67 MHz	4.7 MHz	0.04 MHz	0.25 MHz	?
-60dB	3.7 MHz	11 MHz	0.09 MHz	0.58 MHz	?
$E^b / N_{pri}$ $p^e = 10^{-3}$	6.6 dB	6.6 dB	7.8 dB	8.4 dB	3.4 dB <sup>f</sup>
Prijemna osetljivost <sup>c</sup> interferencije	-111 dBm	-107 dBm	-117 dBm	-108 dBm	-110 dBm
Prag <sup>d</sup> interferencije	-123 dBm	-119 dBm	-131 dBm	-123 dBm	nije neophodno
Prag <sup>e</sup>	-108 dBm	-104 dBm	-115 dBm	-107 dBm	nije neophodno

Tabela 2.2 Karakteristike 3G baznih stanica

a - Kada je širina kanala jednaka protoku podataka

b - Prijemna širina kanala

c - Za 10<sup>-3</sup> oštećenih bita, teoretski Eb/No

d - Željeni signal na osetljivosti, I/N = -6 dB pri 10% gubitaka

e - Željeni signal na preko 10 dB osetljivosti, S/(I+N) za 10<sup>-3</sup> BER

f - Usvojena vrednost Eb/No za Pe=10<sup>-6</sup> bez razlike

Tabele su preuzete iz članka " Key Characteristics for the International Mobile Telecommunications – 2000 (IMT-2000) Radio Interfaces " preporuka ITU-R M.1455 (2000), internacionalne telekomunikacione unije i " Detailed Specification of the Radio Interfaces of International Mobile Telecommunications – 2000 " preporuka ITU-R M.1457 (2000), internacionalne telekomunikacione unije.

### 3. WCDMA

U ovom poglavlju biće predstavljen WCDMA bežični interfejs, koji se takođe naziva i UMTS zemaljski radio pristup (UTRA), razvijen od strane društva za projekat mobilne telefonije treće generacije (3GPP). 3GPP ima za cilj da uskladi i do detalja standardizuje slične predloge od strane ETSI, ARIB, TTC, TTA i T1.

Wideband Code-Division Multiple-Access (W-CDMA) je jedna od glavnih tehnologija za implementaciju mobilnih sistema treće generacije. Baziran je na tehnologiji bežičnog pristupa, propisanoj 1999. godine od strane ETSI Alpha group.

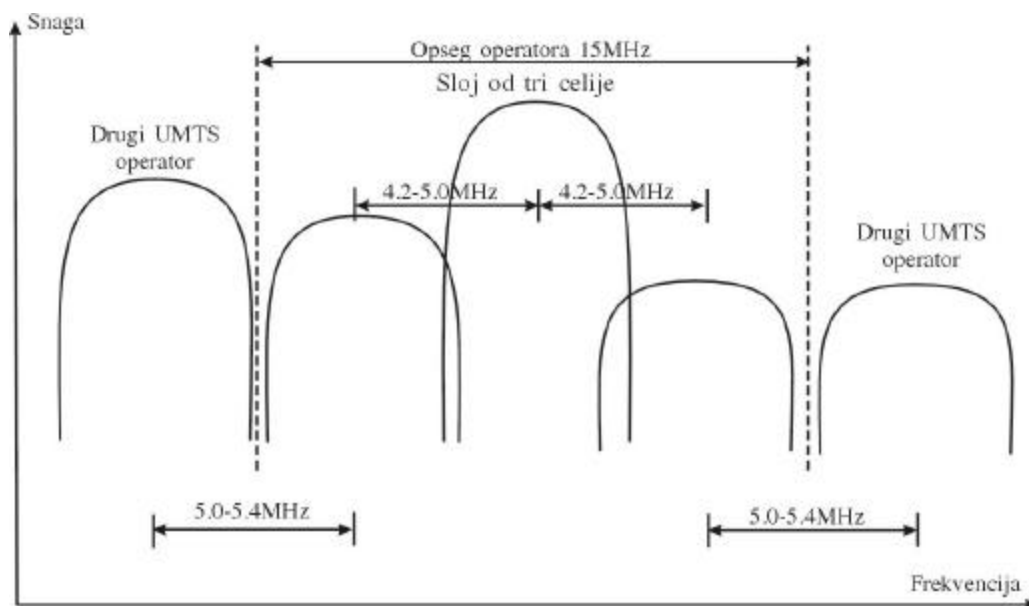
Implementacija W-CDMA će biti tehnološki izazov zbog svoje složenosti i raznovrsnosti. Složenost W-CDMA sistema se može sagledati iz različitih uglova: složenost svakog pojedinačnog algoritma, složenost celokupnog sistema i složenost računarskog prijema.

Širina kanala	5 MHz
Dupleks mod	FDD and TDD
Struktura downlink RF kanala	Potpuna širokopolasnost
Brzina smplovanja	3.84 Mbps
Dužina frejma	10 ms
Širokopolasna modulacija	Balansna QPSK (downlink) Dual-channel QPSK (uplink) Kompleksno širokopolasno kruženje
Modulacija podataka	QPSK (downlink) BPSK (uplink)
Kodovanje kanala	Konvolucionalni i turbo kod
Koherentna detekcija	Korisnički definisan vremenski multipleksiran pilot (downlink i uplink), zajednički pilot u downlink-u.
Multipleksiranje kanala u downlink-u	Vremenski multipleksirani kanali kontrole i podataka.
Multipleksiranje kanala u uplink-u	Vremenski multipleksirani pilot i kontrolni kanali I&Q multipleksiranje za pilot i kanale kontrole.
Promenljivost brzine	Promenjiva širokopolasnost i multikod
Faktori širokopolasnosti	4–256 (uplink), 4–512 (uplink)
Širokopolasnost (downlink)	OVSF sekvence za odvajanje kanala, Zlatna sekvenca od $2^{18}-1$ za ćelijsko i korisničko razdvajanje (nepotpuni period od 10 ms)
Širokopolasnost (uplink)	OVSF sekvence, Zlatna sekvenca $2^{41}$ za odvajanje korisnika (različiti vremenski pomaci za I i Q kanale, nepotpuni period od 10 ms)
Isporučka	Meka isporučka Međufrekventna isporučka

Tabela 3.1 prikazuje osnovne WCDMA parametre. WCDMA ima dva specifična dupleks moda: FDD (dupleks sa frekventnom raspodelom) i TDD (dupleks sa vremenskom raspodelom) za rad sa uparenim i neuparenim opsezima respektivno.

Brzina semplovanja ovog sistema je 3.84 Mcps (megasemplova u sekundi). Dužina frejma je 10 ms i svaki frejm je podeljen u 15 slotova (2560 semplova po slotu pri brzini semplovanja od 3.84 Mcps). Faktor širokopojasnosti se kreće u opsegu od 256 do 4 za uplink i od 512 do 4 za downlink. Na osnovu ovoga, brzina protoka simbola uz prisustvo modulacije, varira od 960 kilosimbola u sekundi do 15 kilosimbola u sekundi (7.5 kilosimbola u sekundi) za FDD uplink. Za razdvajanje kanala iz istog izvora koristi se modulacija na osnovu ortogonalno promenljivog faktora širokopojasnosti (OVSF). U downlink-u za razdvajanje različitih ćelija koristi se zlatni kod sa periodom od 10 ms (38400 semplova pri 3.84 Mcps) sa kodnom dužinom od  $2^{18}-1$ . U uplink-u za razdvajanje različitih korisnika koristi se zlatni kod sa periodom od 10 ms ili alternativni kratki kod sa periodom od 256 semplova.

Za kanalno kodovanje moguće su tri opcije: konvoluciono kodovanje, turbo kodovanje ili se uopšte ne kodira. Vrsta upotrebljenog kanalnog koda se naznačuje u višim slojevima. Modulaciona šema je QPSK.



Slika 3.1 Korišćenje spektra kod WCDMA protokola

Razmak između nosioca ima raster od 200 kHz i može varirati od 4.2 do 5.4 MHz. Različito rastojanje između nosioca se može upotrebiti za neutralizovanje uticaja susednih kanala odnosno za zaštitu od njih. Slika 3.1 prikazuje spektar emisije jednog operatora sa tri ćelije, pri raspoloživom opsegu od 15 MHz. Veće rastojanje između nosioca može se upotrebiti između operatora, kao i unutar raspoloživog opesga dodeljenom jednom operatoru, kako bi se izbegla interoperatorska interferencija.

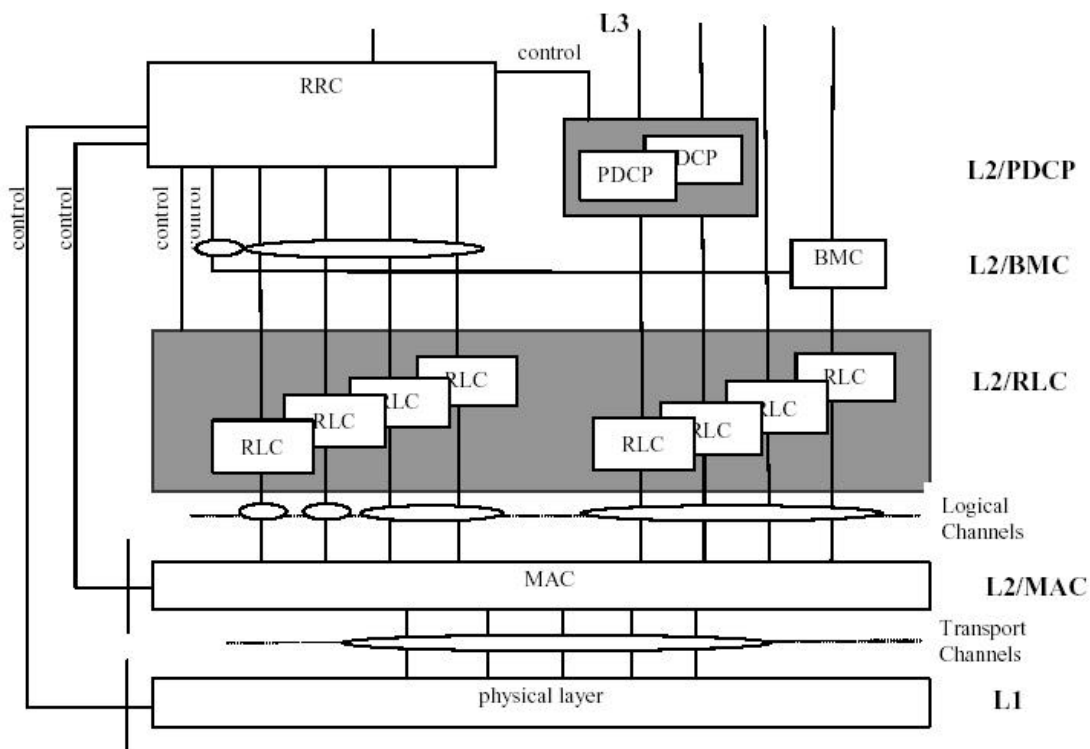
### 3.1. Arhitektura protokola

Sledeća slika pokazuje arhitekturu WCDMA protokola. Ova arhitektura je slična ITU-R arhitekturi koja nosi službenu oznaku ITU-R M.1035. Kompletan komunikacioni sistem je podeljen na tri protokolna sloja (layer) i to:

- Fizički sloj (layer 1, L1)
- Sloj za povezivanje podataka (layer 2, L2)
- Mrežni sloj (layer 3, L3)

Fizički sloj sučeljava se sa kontrolom pristupa mediju (MAC) koji je podsloj sloja 2 (znači podslojem koji kontrolise pristup mediju), i sa slojem za kontrolu radio resursa (RRC) sloja 3. Fizički sloj nudi različite transportne kanale ka kontroli pristupa mediju (MAC – Medium Access Control). Transportni kanal je okarakterisan načinom na koji se informacije prenose kroz radio interfejs. Transportni kanali su kanalno kodovani i onda mapirani u fizičke kanale koji su određeni u fizičkom nivou. MAC daje različite logičke kanale za kontrolu radio linka (RLC – Radio Link Control) podsloja sloja 2. Logički kanal je okarakterisan tipom informacije koju prenosi.

Sloj 2 je podeljen na sledeće podslojeve: MAC, RLC, protokol konvergencije paketa podataka (PDCP – Packet Data Convergence Protocol) i difuznu/višeemisionu kontrolu (BMC – Broadcast/Multicast Control). Sloj 3 i RLC su podeljeni u kontrolne i korisničke opsege. PDCP i BMC egzistiraju samo u korisničkom opsegu. U kontrolnom opsegu, sloj 3 je podeljen na podslojeve gde najniži podsloj, oznacen kao RLC, predstavlja međuspoj sa slojem 2. RLC podsloj obezbeđuje ARQ funkcionalnost koja je usko povezana sa upotrebjenom tehnikom radio prenosa.



Slika 3.2 Arhitektura WCDMA protokola

### 3.2.1. Logički kanali

MAC sloj obezbeđuje servis protoka podataka kod logičkih kanala. Skup potrebnih tipova logičkih kanala definisan je za različite vrste i načine prenosa podataka. Svaki tip logičkog kanala definisan je na osnovu tipa informacije koju prenosi.

Logički kanali su klasifikovani u dve grupe:

- Kontrolni kanali za prenos kontrolnih informacija (Tabela 3.2);
- Saobraćajni kanali za prenos korisničkih informacija (Tabela 3.3).

Kanal kontrole emitovanja Broadcast control channel (BCCH)	Downlink kanal za određivanje informacija kontrole emitovanja.
Kanal za kontrolu pozivanja Paging control channel (PCCH)	Downlink kanal koji prenosi informacije kontrole pozivanja i upotrebljava se kada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mreža ne zna lokaciju ćelije mobilne stanice;</li> <li>• Kada je mobilna stanica u zoni ćelijske pokrivenosti (korišćenje sleep mode procedure).</li> </ul>
Zajednički kontrolni kanal Common control channel (CCCH)	Dvosmerni kanal koji prenosi kontrolne informacije između mreže i mobilnih stanica. Ovaj kanal se upotrebljava: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Od strane mobilne stanice koja nema RRC vezu sa mrežom;</li> <li>• Kada mobilna stanica pristupa novoj ćeliji nakon reizbora ćelije.</li> </ul>
Rezervisani kontrolni kanal Dedicated control channel (DCCH)	Point-to-point dvosmerni kanal koji prenosi rezervisane kontrolne kanale između mobilne stanice i mreže. Ovaj kanal se postavlja tokom procesa RRC podešavanja.
ODMA Opportunity Driven Multiple Access	Mogućnost realizacije višestrukog pristupa
ODMA zajednički kontrolni kanal ODMA common control channel (OCCCH)	Dvosmerni kanal za prenos kontrolnih informacija između mobilnih stanica.
ODMA rezervisani kontrolni kanal ODMA dedicated control channel (ODCCH)	Point-to-point dvosmerni kanal koji prenosi rezervisane kontrolne signale između mobilnih stanica. Ovaj kanal se postavlja tokom procesa RRC podešavanja.

Tabela 3.2 Logički kontrolni kanali

Rezervisani saobraćajni kanal Dedicated traffic channel (DTCH)	Point-to-point kanal, rezervisan za jednu mobilnu stanicu za prenos korisničkih informacija. DTCH može postojati i u downlink-u i u uplink-u.
ODMA rezervisani saobraćajni kanal ODMA dedicated traffic channel (ODTCH)	Point-to-point kanal, rezervisan za jednu mobilnu stanicu, za prenos korisničkih informacija između mobilnih stanica. ODTCH egzistira u linku predajnika. Point-to-multipoint jednosmerni kanal za prenos rezervisanih korisničkih informacija za sve ili za grupu mobilnih stanica.

Tabela 3.3 Saobraćajni kontrolni kanali

### 3.2.2. Transportni kanali

Transportni kanal definiše na koji način i sa kojim karakteristikama podaci prolaze kroz interfejs za bežični prenos. Postoje dva tipa transportnih kanala:

- Rezervisani kanali
- Zajednički kanali (prikzani u tabeli 3.4)

Postoji jedan rezervisan transportni kanal, rezervisani kanal (DCH), koji se koristi kao downlink ili uplink transportnog kanala. DCH vrši prenos preko cele ćelije ili samo preko dela ćelije koristeći usmerene antene. DCH karakteriše mogućnost brze promene (na svakih 10ms), brza kontrola snage i prisutnost u adresiranju ćelija. Tipovi transportnih kanala prikazani su u sledećoj tabeli:

Emisioni kanal Broadcast channel (BCH)	Downlink transportni kanal koji se upotrebljava za emisioni sistem i za određene ćelijske informacije. BCH se uvek emituje kroz celu ćeliju na donjoj fiksnoj brzini.
Kanal prevremenog pristupa Forward access channel (FACH)	Downlink transportni kanal. FACH se emituje kroz celu ćeliju ili kroz deo ćelije koristeći usmerene antene. FACH koristi sporu promenu kontrole snage.
Kanal za pozivanje Paging channel (PCH)	Downlink transportni kanal. PCH se uvek emituje kroz celu ćeliju. Emitovanje PCH-a je povezano sa predajom signala u fizičkom sloju i indikatorom pozivanja, kako bi podržale efikasne sleep mode procedure.

Kanal slučajnog pristupa Random access channel (RACH)	Uplink transportni kanal. RACH se uvek prima sa cele ćelije. RACH karakterišu polja za podatke fiksne širine, rizik od preklapanja i on koristi kontrolu snage sa otvorenom petljom.
Zajednički kanal za pakete Common packet channel (CPCH)	Uplink transportni kanal. CPCH je kanal baziran na sučeljavanju slučajnog pristupa i koristi se za neprekidni saobraćaj podataka. CPCH je povezan sa rezervisanim kanalom downlink-a, koji se upotrebljava za kontrolu snage uplink-a CPCH-a.
Downlink deljeni kanal Downlink shared channel (DSCH)	Downlink transportni kanal podeljen između nekoliko mobilnih stanica. DSCH je povezan sa DCH.

Tabela 3.4 Zajednički transportni kanali

### 3.3. Fizički kanali

Transportni kanal je kodovani kanal i podešen je na protok podataka koji diktira fizički kanal. Zbog toga kažemo da je transportni kanal mapiran fizičkom kanalu. Fizički kanal se sastoji od radio frejmova i vremenskih slotova. Dužina radio frejma je 10ms i sadrži 15 vremeskih slotova. Vremenski slot je odmerak, i on se sastoji od polja sa bitovima. Broj bita po vremenskom slotu zavisi od fizičkog kanala. Protok simbola u fizičkom kanalu zavisi od konfiguracije radio frejmova ili od varijacija u vremenskom slotu. Što se tiče uplink-a različite vrste informacija mogu se slati preko I i Q nosioca. Prema tome fizički kanal karakteriše specifičan nosioc frekvencije, vrsta koda i u uplink-u relativna faza (0 ili  $\pi/2$ ). U sledećem poglavlju prikazaćemo različite fizičke kanale i njihove strukture.

#### 3.3.1. Uplink fizički kanali

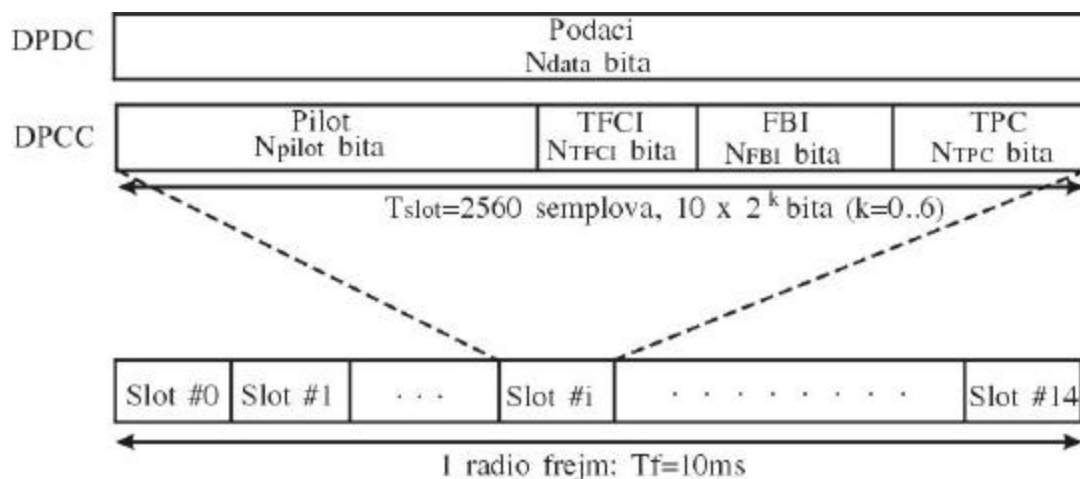
Postoje dva uplink rezervisana kanala i dva javna fizička kanala

- Uplink rezervisani fizički kanal za prenos podataka (uplink DPDCH – Dedicated Physical Data Channel) i uplink rezervisani kontrolni kanal (uplink DPCCCH – Dedicatet Physical Control Channel);
- Fizički kanal za slučajni pristup (PRACH – Physical Random Access Chanel) i zajednički fizički kanal za prenos paketa (PCPCH – Physical Common Packet Chanel)

Uplink DPDCH je upotrebljen za prenos rezervisanih podataka generisanim u sloju 2 i u njegovoj okolini (na primer rezervisani transportni kanal (DCH)). Može ih biti 0, 1 ili nekoliko za DPDCH uplink i to pri svakoj konekciju sa slojem 1. Kontrolne informacije sastoje se od poznatih pilot bitova kako bi omogućili detekciju

koherencije, komande za kontrolu predajne snage (TPC – Transmit Power Control), povratne informacije (FBI – Feedback Information), i opciono za indikator formata transportne kombinacije (TFCI – Transport-Format Combination Indicator). Indikator formata transportne kombinacije obaveštava prijemnik o trenutnim parametrima različitih transportnih kanala koji su multipleksirani u DPDCH uplink-u, i direktno zavisi od podataka koji se prenose u istom frejmu. Za svaku konekciju sa slojem 1 postoji jedan DPDCH uplink kanal.

Na slici 3.3 prikazan je princip strukture frejma u uplink rezervisanom kanalu. Svaki frejm dužine 10 ms podeljen je na 15 slotova, svaki dužine  $T_{slot} = 2560$  odabira koji odgovaraju jednom periodu za kontrolu snage.

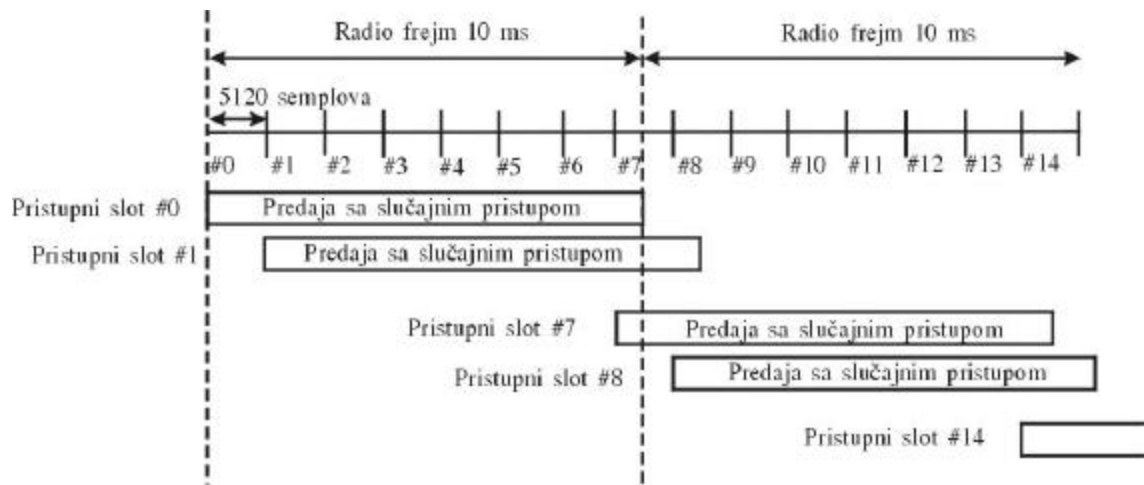


Slika 3.3 Struktura frejma za DPDCH/DPCCH uplink

Parametar  $k$  određuje broj bita po uplink DPDCH/DPCCH slotu. On je povezan sa faktorom širokopojsnosti (SF) fizičkog kanala relacijom  $SF = 256/2^k$ . Faktor širokopojsnosti DPDCH-a može se naći u opsegu od 256 do 4. DPDCH uplink i DPCCH uplink u zajedničkoj konekciji sa slojem 1 obično imaju različite protoke pa stoga i različite faktore širokopojsnosti.

Rezervisani kanali za kontrolu i saobraćaj mogu biti vremenski multipleksirani unutar svakog DPDCH frejma. Ukupan DPDCH protok se razlikuje od frejma do frejma upravo zbog ovog multipleksa. U većini slučajeva samo je jedan DPDCH dodeljen po konekciji a servisi su međusobno isprepletani i podeljeni unutar DPDCH. Međutim nekada mogu biti dodeljeni i različiti DPDCH kanali. Kada se upotrebljava višekodna predaja, nekoliko paralelnih DPDCH-ova mogu biti upotrebljeni za različito kanalno kodovanje. Međutim generalno gledano samo je jedan DPDCH po konekciji.

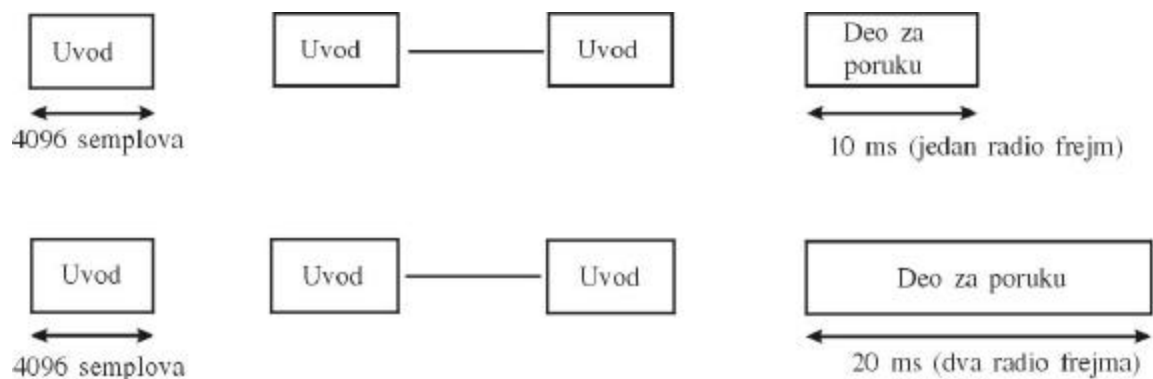
PRACH je upotrebljen za prenos RACH-a. Prenos sa slučajnim pristupom je baziran na ALOHA pristupu sa brзом indikacijom. Mobilna stanica može početi sa predajom tačno definisanih vremenski izjednačenih pristupnih slotova. Postoji 15 pristupnih slotova na svaka dva frejma i oni su međusobno pomereni za 5120 sempla. Slika 3.4 prikazuje brojeve pristupnih slotova i njihovu međusobnu udaljenost.



Slika 3.4 Redni brojevi RACH pristupnih slotova i njihova međusobna udaljenost

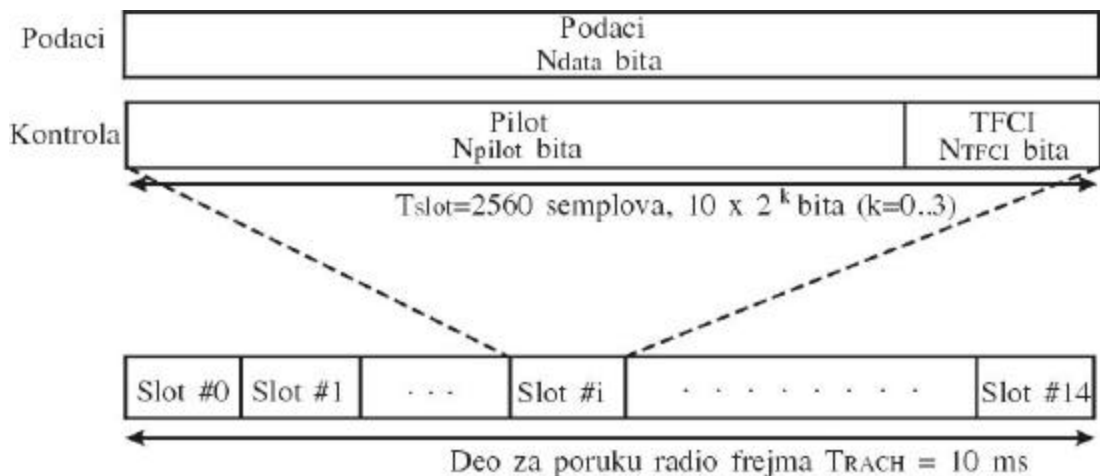
Informaciju o tome koji je pristupni slot dostupan u aktuelnoj ćeliji daje viši sloj. Struktura predaje sa slučajnim pristupom prikazana je na slici 3.5. Predaja sa slučajnim pristupom sastoji se od jedne ili nekoliko uvodnih sekvenci dužine 4096 semplova i poruke dužine 10 ili 20 ms. Mobilna stanica naznačuje mreži dužinu dela za poruku koristeći specifičnu naznaku.

Uvodni deo kod slučajnog pristupa emituje neprekidnu sekvencu od 256 naznaka. Postoji ukupno 16 različitih vrsta ovih naznaka baziranih na skupu Hadamardovog koda dužine 16.



Slika 3.5 Struktura predaje sa slučajnim pristupom

Slika 3.6 prikazuje strukturu dela za poruku unutar radio frejma kod sistema sa slučajnim pristupom.



Slika 3.6 Struktura dela za poruku unutar radio frejma koja se koristi kod sistema sa slučajnim pristupom

Deo za poruku unutar radio frejma dužine 10 ms, podeljen je na 15 slotova, od kojih je svaki dužine  $T_{\text{SLOT}} = 2560$  semplova. Svaki slot se sastoji od dva dela: dela za podatke koji nosi informacije iz sloja 2 i kontrolnog dela koji nosi kontrolne podatke iz sloja 1. Delovi za kontrolu i podatke emituju se paralelno. Deo za poruku dužine 20 ms sastoji se od dva uzastopna radio frejma za poruku.

Deo za poruku sadrži  $10 \times 2^k$  bita, gde je  $k=0,1,2,3$ . Ove vrednosti odgovaraju faktorima širokopojasnosti u delu za poruku koji imaju vrednosti 256, 128, 64 i 32 respektivno.

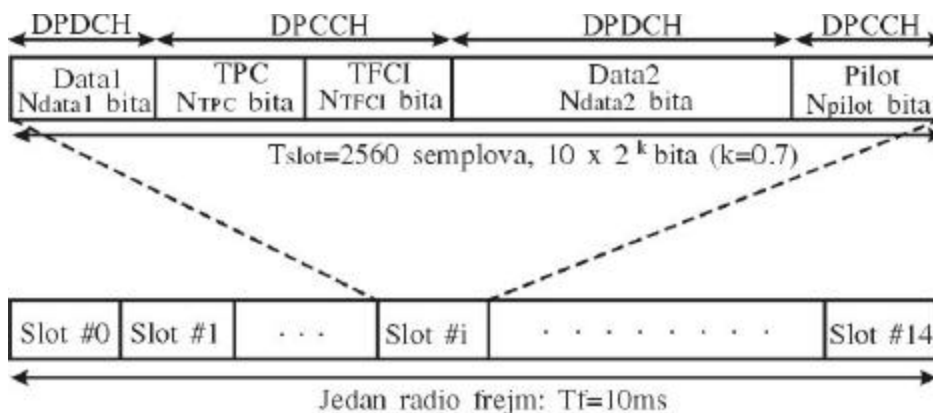
Kontrolni deo sastoji se od dva TFCI bita i od osam poznatih pilot bitova koji služe za koherentnu detekciju. Ovo odgovara faktoru širokopojasnosti od 256 u kontrolnom delu.

### 3.3.2. Downlink fizički kanali

Postoji jedan rezervisani fizički kanal, jedan deljeni i pet zajeničkih kontrolnih kanala:

- Downlink rezervisani fizički kanal (DPCH)
- Fizički downlink deljeni kanal (DSCH)
- Primarni i sekundarni zajednički pilot kanali (CPICH)
- Primarni i sekundarni zajednički fizički kanali (CCPCH)
- Sinhronizacioni kanali (SCH)

Slika 3.7 prikazuje strukturu frejma unutar DPCH.



Slika 3.7 Struktura frejma unutar DPCH

Rezervisani transportni kanal, u okviru DPCH, je vremenski multipleksiran sa kontrolnim informacijama generisanim u sloju 1 (pilot bitovi, komande za kontrolu snage i opciono indikator formata transportne kombinacije). DPCH može sadržati nekoliko istovremenih servisa (kada se TFCI emituje) ili fiksni broj servisa (kada se TFCI ne emituje).

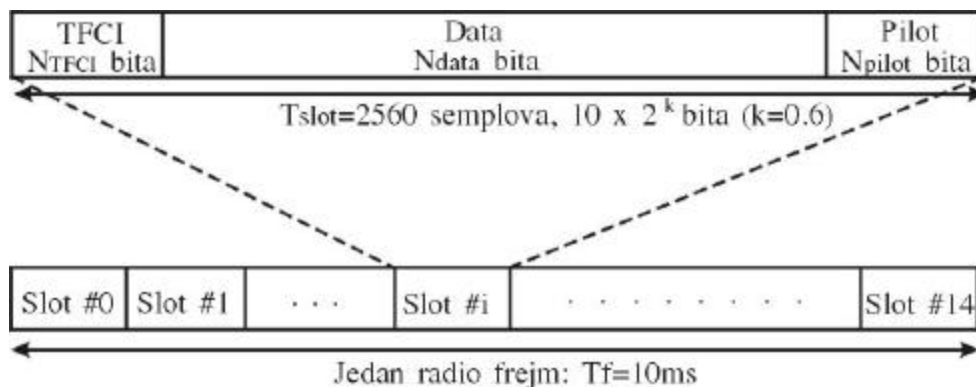
Kada brzina ukupnog protoka premašuje maksimalnu brzinu protoka propisanu za downlink fizički kanal, koristi se višekodna predaja (na primer šalju se nekoliko paralelnih DPCH-ova koristeći isti faktor širokopojasnosti). U ovom slučaju kontrolne informacije iz sloja 1 se emituju samo u prvom DPCH downlink-u.

Zajednički pilot kanal (CPICH) ima fiksni protok (30 kbps, SF=256) i predstavlja downlink fizički kanal koji prenosi unapred definisanu bit/symbol sekvencu. Postoje dva tipa zajedničkih pilot kanala, primarni i sekundarni CPICH, kao što je prikazano u tabeli 3.5.

Primarni CPICH Primary CPICH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uvek koristi isti kanalni kod;</li> <li>• Skremblovan je primarnim kodom za skremblovanje;</li> <li>• Emituje se jedan po ćeliji;</li> <li>• Emituje se kroz celu ćeliju;</li> <li>• Primarni CPICH služi kao referenca faze za SCH, primarni CCPCH, AICH i PICH. Takođe služi i kao referenca faze za sve ostale downlink fizičke kanale;</li> </ul>
Sekundarni CPICH Secondary CPICH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nijedan, jedan ili više po ćeliji;</li> <li>• Može se emitovati samo preko dela ćelije;</li> <li>• Sekundarni CPICH može biti referentan za sekundarni CCPCH i za DPCH downlink. U ovom slučaju mobilna stanica se obaveštava o signalizaciju u višem sloju.</li> </ul>

Tabela 3.5 Primarni i sekundarni CPICH

Striktura frejma sekundarnog CCPCH prikazana je na slici 3.8.

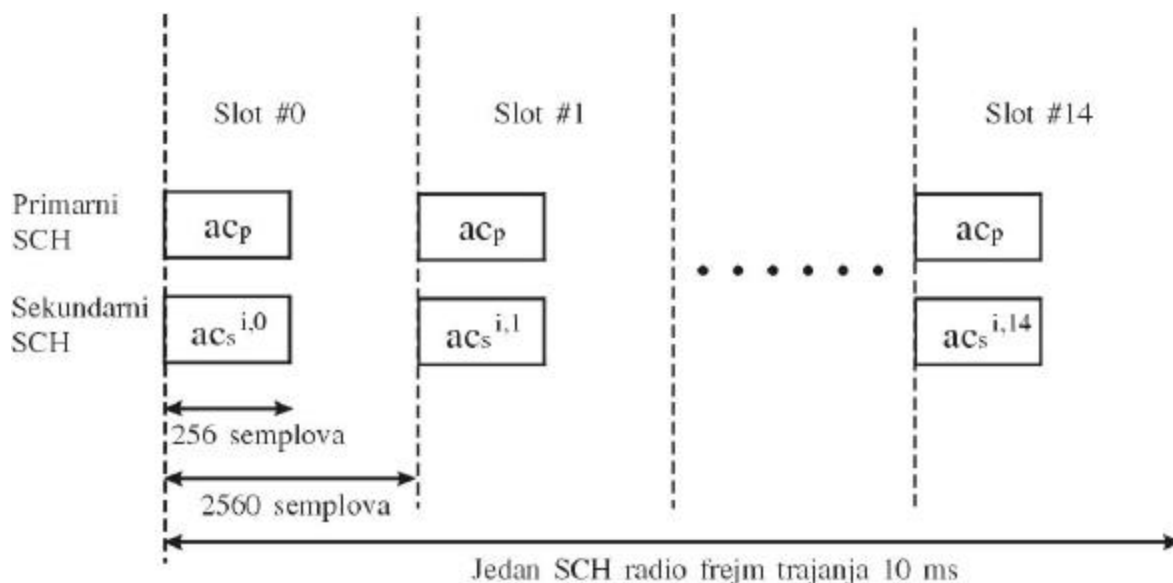


Slika 3.8 Striktura frejma sekundarnog CCPCH

Sekundarni CCPCH se upotrebljava za prenos FACH i PCH. Osnovna razlika između primarnog i sekundarnog CCPCH je ta što primarni CCPCH ima fiksni, unapred definsani, protok dok sekundarni CCPCH podržava i promenjivi protok. Osim toga primarni CCPCH se neprekidno emituje preko cele ćelije, dok se sekundarni CCPCH emituje samo kada ima podataka i može se emitovati u uskom opsegu na isti način kao rezervisani fizički kanal.

Slika 3.9 oslikava strukturu sinhronizacionog kanala (SCH) koji se koristi za traženje ćelije. SCH sadrži dva podkanala - primarni i sekundari SCH.

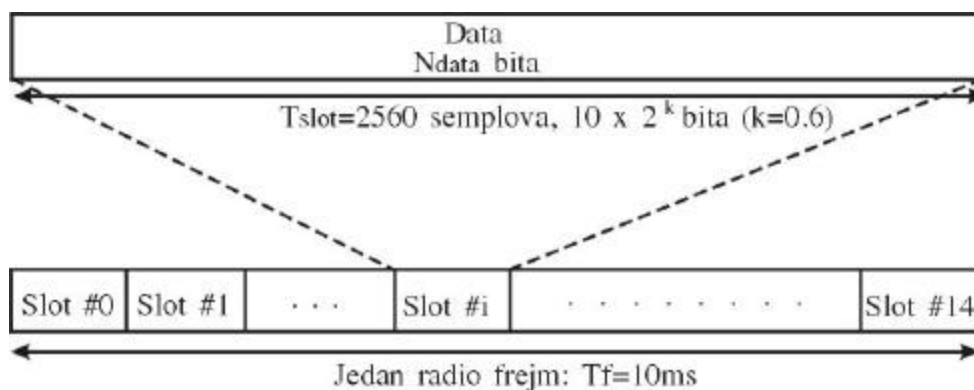
Primarni SCH sastoji se od modulisanog koda trajanja 256 semplova a primarni sinhronizacioni kod (PSC), obeležen je sa  $c_p$ , emituje se jednom u svakom slotu. PSC je identičan za svaku ćeliju u sistemu.



Slika 3.9 Struktura sinhronizacionog kanala

Sekundarni SCH sastoji se od periodične predaje 15 sekvenci modulacionog koda, dužine 256 semplova, i sekundarnog sinhronizacionog koda (SSC), emitovanog paralelno sa primarnim SCH. SSC je označen sa  $\zeta^{ik}$  gde je  $i = 1, 2, \dots, 64$  broj grupe koda za skremblovanje, dok  $k$  označava broj slota pri čemu je  $k = 0, 1, \dots, 14$ . Svaki SSC je izabran iz skupa od 16 različitih kodova dužine 256. Ova sekvenca u sekundarnom SCH ukazuje na podatak o tome kojoj kodnoj grupi pripada ćelijski downlink kod za skremblovanje.

Fizički downlink deljeni kanal se upotrebljava za prenos downlink deljenog kanala. On je podeljen između korisnika baziranih na kodnom multipleksiranju. Struktura PDSCH prikazana je na slici 3.10.



Slika 3.10 Struktura frejma kod PDSCH

Indikator akvizicije kanala (AICH) je fizički kanal koji je upotrebljen za indikaciju akvizicije, koji je predstavljen simbolom  $s$  kod PRACH ili PCPCH.

Kanal za indikaciju pozivanja (PICH) je fizički kanal sa fiksnim protokom ( $SF = 256$ ), i upotrebljen je za indikaciju pozivanja. PICH je uvek pridružen sekundarnom CCPCH sa kojim je inače PCH transportni kanal mapiran.

### 3.4. Prenos podataka sa promenljivom brzinom

WCDMA ima fleksibilan način za prenos sa promenljivom brzinom koji omogućuje prenos različitih vrsta servisa koristeći različite brzine prenosa podataka i parametre servisa različitog kvaliteta. Na primer, način kodovanja kanala i brzina prenosa mogu se menjati tako da se postigne željeni kvalitet servisa (usluga).

Slike 3.11 i 3.12 prikazuju prenos sa promenljivom brzinom i multipleks šemu za uplink i downlink respektivno. Podaci iz transportnih kanala su kodovani i prema tome oni su mapirani u fizičke kanale, i emituju se kroz radio predajni link. Šema kanalnog kodovanja je kombinacija detekcije greške, korekcije greške, usaglašavanja brzine, preklapanja, i mapiranja transportnih kanala u fizičke kanale.

Podaci pristižu do kodno/multipleksne jedinice u obliku transportnog bloka i oni se postavljaju jedanput u svakom vremenskom intervalu predaje, što određuje transportni kanal, i njihova dužina može iznositi 10, 20, 40 ili 80 ms. Predaja sa promenljivom brzinom sastoji se od:

- Zbira kružne provere redudanse (CRC) za svaki blok ponaosob;
- Povezivanja transportnog bloka i segmentacije kodnog bloka;
- Kanalnog kodovanja;
- Usaglašavanja brzine;
- Ubacivanja isprekidane predaje (DTX) indikacionih bita;
- Preklapanja;
- Segmentacije radio frejmova;
- Multipleksiranja transportnih kanala;
- Segmentacije fizičkih kanala;
- Mapiranja u fizičke kanale.

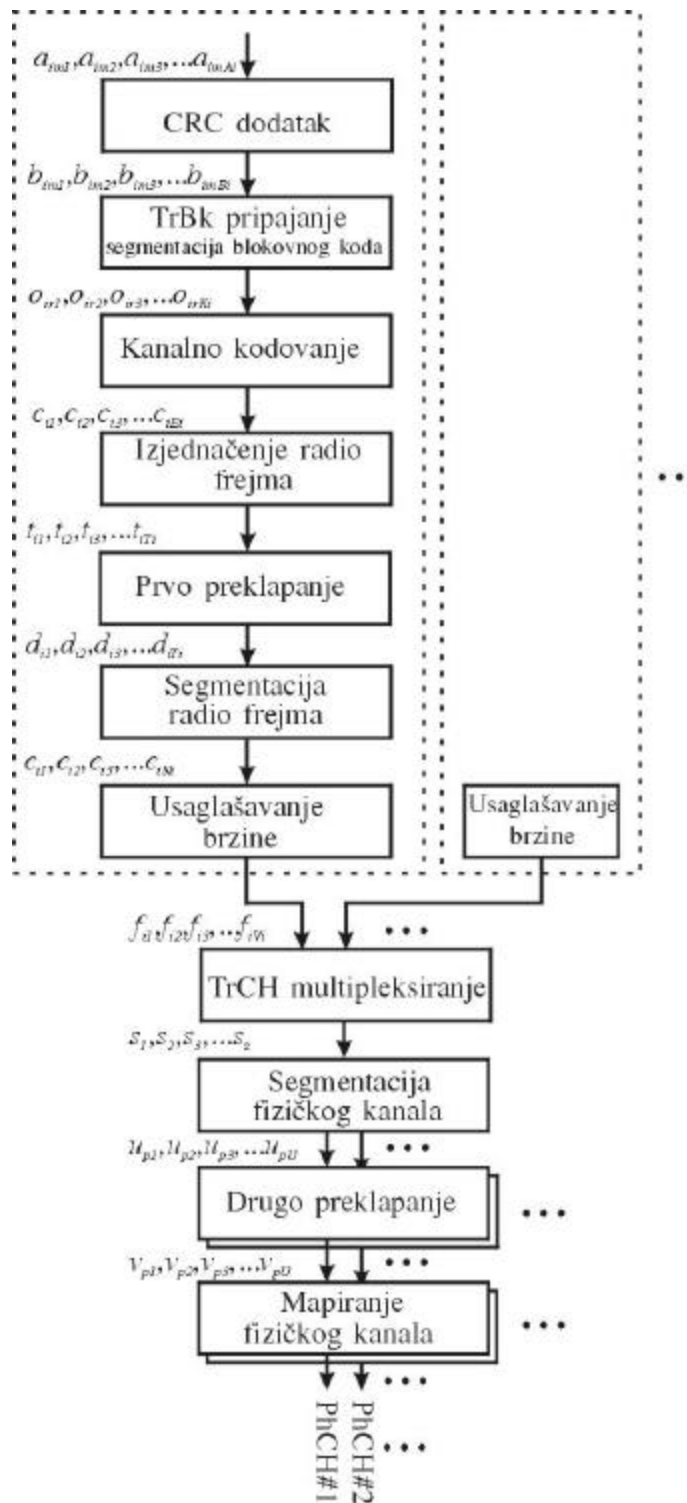
Detekcija greške se vrši na osnovu transportnog bloka kroz kružnu proveru redudanse (CRC). CRC se sastoji od 24, 16, 12, 8 ili 0 bita, i signala iz viših slojeva i ova dužina CRC-a može upotrebiti za svaki transportni kanal.

Nakon zbira svih CRC-ova, transportni blokovi se povezuju čime je izvršena segmentacija kodnog bloka. Svi transportni blokovi su povezani jedan za drugim. Ako je broj bita u vremenskom intervalu predaje veći od maksimalne veličine upotrebljenih kodnih blokova, onda se segmentacija kodnog bloka izvršava nakon povezivanja transportnih blokova. Maksimalna veličina kodnih blokova zavisi bilo od konvolucionog kodiranja, turbo kodiranja ili od činjenice da nema kodiranja. Maksimalne veličine kodnih blokova su:

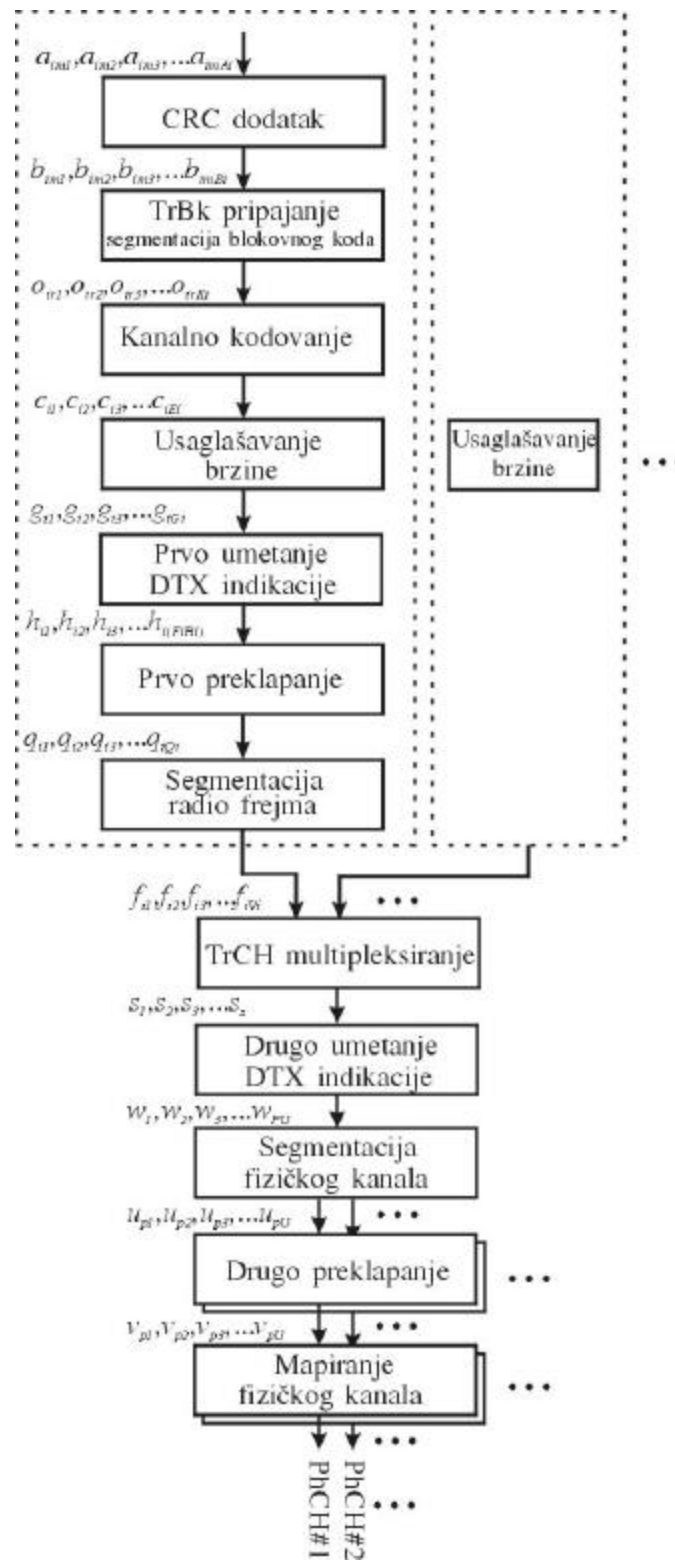
- Konvoluciono kodovanje: 504;
- Turbo kodovanje: 5114;
- Bez kanalnog kodiranja: neograničeno.

Izjednačavanje veličine radio frejma vrši se postavljanjem ulazne sekvence bita kako bi se dobilo da izlaz bude podeljen u niz radio frejmova iste veličine. Izjednačavanje veličine radio frejmova se upotrebljava isključivo za uplink.

Kada je predajni interval veći od 10 ms, ulazna sekvenca bita je podeljena i mapirana ka nizu radio frejmova. Ovo daje mogućnost preklapanja više radio frejmova čime se poboljšava iskorišćenost spektra.



Slika 3.11 Šema prenosa sa promenjivom brzinom u uplinku



Slika 3.12 Šema prenosa sa promenljivom brzinom u downlinku

Predaja u downlinku vrši se u prekidima ako je broj bita manji od maksimalnog (npr. DTX se upotrebljava da popuni radio frejm). Tačka umetanja DTX indikacionih bita zavisi bilo od stalne ili promenjive pozicije transportnog kanala u upotrebljenom radio frejmu. Na mreži je da se odluči između stalne i promenjive pozicije za svaki transportni kanal tokom konekcije. DTX indikacioni bitovi označavaju samo gde predaja treba da se prekine tako što se prekida njihovo emitovanje.

Može se upotrebiti jedan ili više fizičkih kanala za prenos željenog sadržaja. Kada je upotrebljeno više od jednog fizičkog kanala, segmentacija fizičkog kanala vrši deljenje bita na više različitih kanala. Nakon drugog preklapanja vrši se mapiranje fizičkog kanala.

### 3.4.1. Detekcija transportnog formata

Detekcija transportnog formata može se izvršiti pomoću oba i bez indikatora transportne kombinacije (TFCI). Ako se TFCI emituje, prijemnik detektuje format transportne kombinacije iz TFCI-a. Kada se TFCI ne emituje može se upotrebiti takozvana skrivena detekcija transportnog formata (npr. prijemna strana detektuje format transportne kombinacije koristeći neke informacije, na primer, odnos snaga na prijemu između DPDCH i DPCCH ili rezultat provere CRC-a).

## 3.5. Širokopoljasnost i modulacija

WCDMA primenjuje dvoslojnu kodnu strukturu koja se sastoji od ortogonalnog širokopoljasnog koda i pseudoslučajnog. Širokopoljasnost se ostvaruje korišćenjem kanalnih kodova, koji transformišu svaki simbol podataka u određeni broj semplova, i tako uvećavaju širinu opsega signala. Ortogonalnost između različitih faktora širokopoljasnosti može se postići pomoću ortogonalnog koda sa razgranatom strukturom. Skremblovanje se upotrebljava za odvajanje ćelija u downlinku i za odvajanje korisnika u uplinku.

### 3.5.1. Širokopoljasnost uplink-a

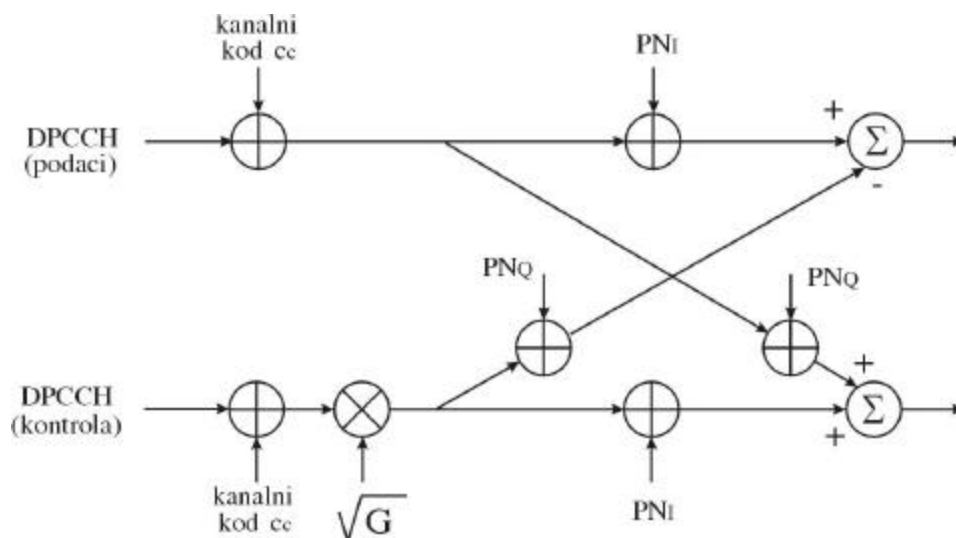
U uplink-u, upotrebljavaju se ili kratki ili dugi širokopoljasni (skremblovani) kodovi. Kratki kodovi upotrebljavaju se da olakšaju implementaciju napredne tehnike višekorisničkog prijema. Kratki kodovi su  $S(2)$  kodovi dužine 256 a dugi kodovi su zlatne sekvence dužine  $2^{41}$  koje su odsečene tako da se uklape u frejm dužine 10 ms.

I/Q kodno multipleksiranje se upotrebljava u uplinku za paralelni prenos dva kanala, i zbog toga se mora posvetiti posebna pažnja skupu modulisanih signala koji su povezani sa vršnom prosečnom vrednosti faktora snage. Koristeći kompleksno širokopoljasno kolo, prikazano na slici 3.13, efikasnost pojačavača pedajne snage ostaje ista za QPSK predaju.

Štaviše efikasnost ostaje ista bez obzira na razliku u snagama  $G$  između DPDCH i DPCCH. Prema tome odsupanje obvojnice signala su veoma slične QPSK predaji za sve vrednosti faktora  $G$ .

IQ kodno multipleksiranje sa kompleksnim kodom za skremblovanje zahteva da se na izlazu pojačavača snage pojavljuju takve vrednosti signala koje su linearna funkcija razlike u snagama. Štaviše postizanje ovakve predaje je isto i za samo jedan QPSK signal.

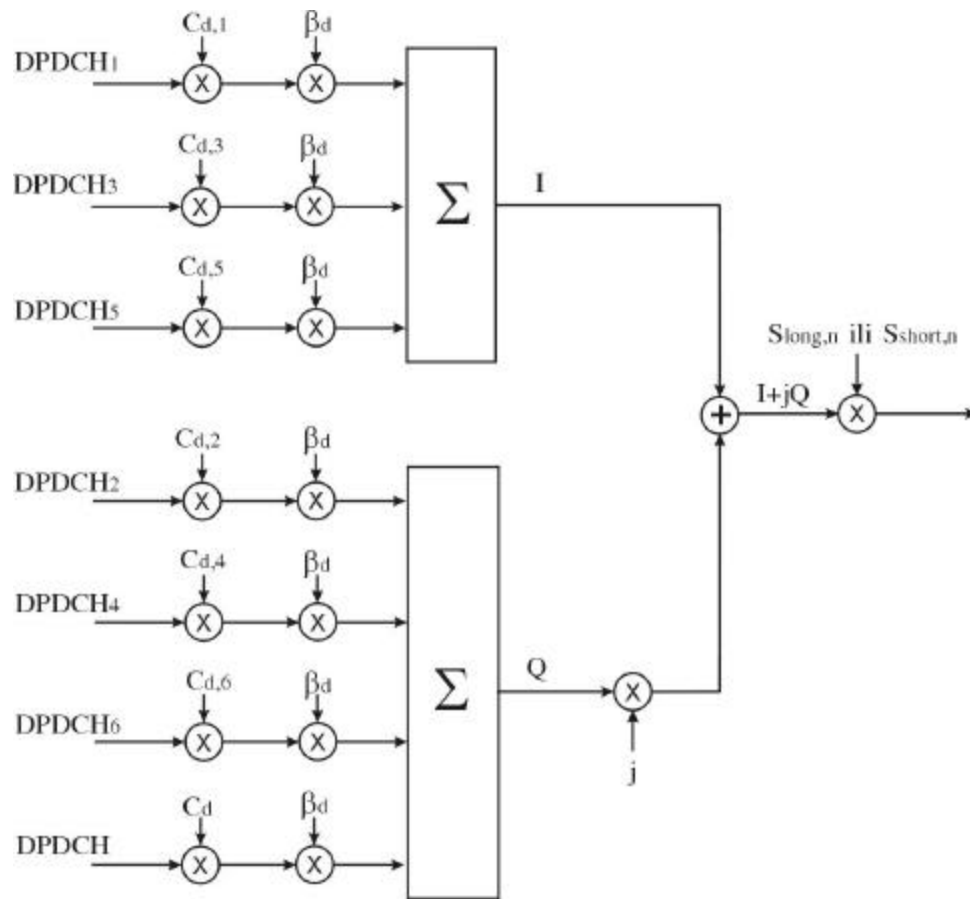
Slika 3.14 prikazuje širokopojasnost uplink-a za DPCCH i DPDCH, čiji je spektar proširen na osnovu različitog kanalnog koda. Istovremeno se može prenesti od jednog pa do šest DPDCH. Nakon kanalizacije, prošireni signali sa realnim vrednostima su uvećani za faktor pojačanja koji je različit za DPCCH i DPDCH ali je isti za sve DPDCH kanale. Nakon transformacije signala iz realnih u kompleksne vrednosti, vrši se skremblovanje sa kompleksnim kodom za skremblovanje, koji može biti dug ili kratak.



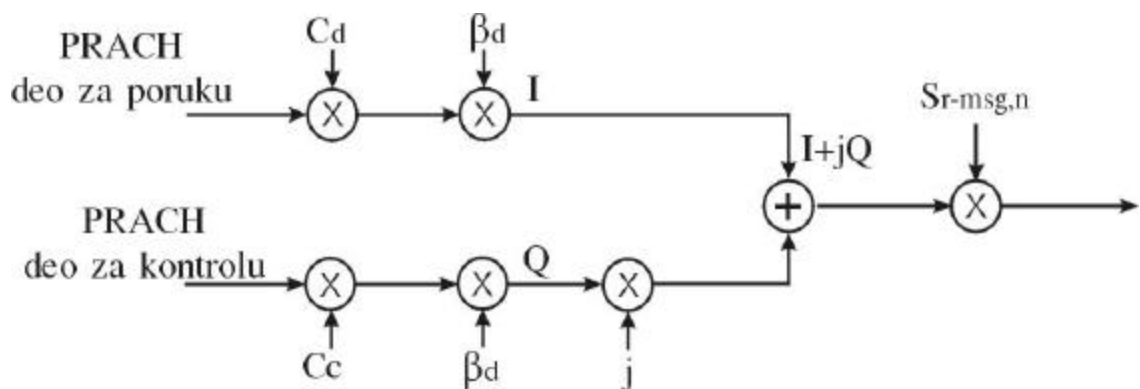
Slika 3.13 IQ kodno multipleksiranje pomoću kompleksnog širokopojasnog kola

### 3.5.1.1. PRACH širokopojasnost

PRACH se sastoji od uvodnih delova i delova za poruku. Uvod je kod sa kompleksnim vrednostima a deo za poruku sastoji se od podataka i kontrolnih delova. Slika 3.15 prikazuje širokopojasnost i skremblovanje PRACH dela za poruku. Nakon kanalizacije, signali čiji je spektar proširen su uvećani za faktor pojačanja. Skremblovanje se izvodi pomoću skrebling koda sa kompleksnim vrednostima dužine 10 ms.



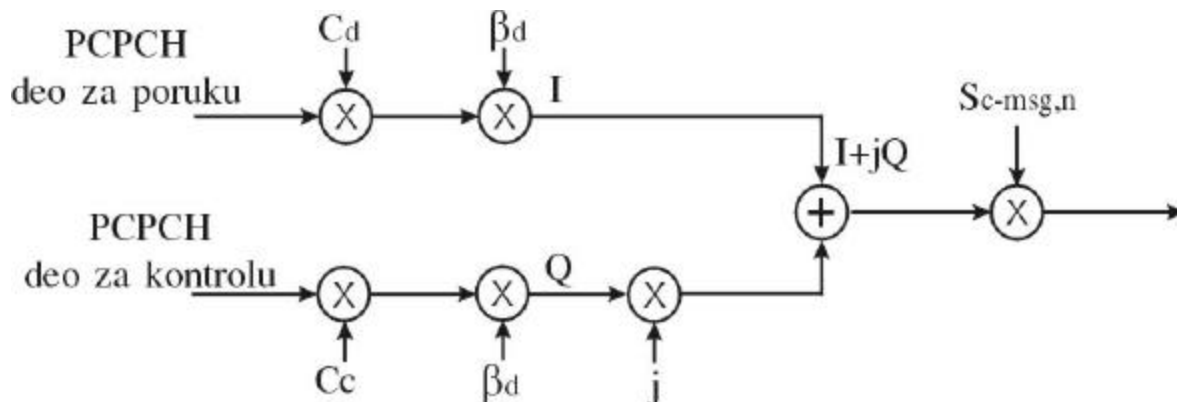
Slika 3.14 Širokopojasnost DPCCH and DPDCH uplinka.



Slika 3.15 Širokopojasnost PRACH dela za poruku

### 3.5.1.2. PCPCH

PCPCH se sastoji od uvodnih delova i delova za poruku. Uvod je kod sa kompleksnim vrednostima a deo za poruku sastoji se od podataka i kontrolnih delova. Slika 3.16 prikazuje širokopojasnost PRACH dela za poruku. Kontrolnim i delovima za podatke je proširen spektar na osnovu različitog kanalnog koda. Nakon kanalizacije, signali čiji je spektar proširen su uvećani za faktor pojačanja. Skremblovanje se izvodi pomoću skrembling koda sa kompleksnim vrednostima dužine 10 ms.



Slika 3.16 Širokopojasnost PCPCH dela za poruku

### 3.5.2. Širokopojasnost downlink-a

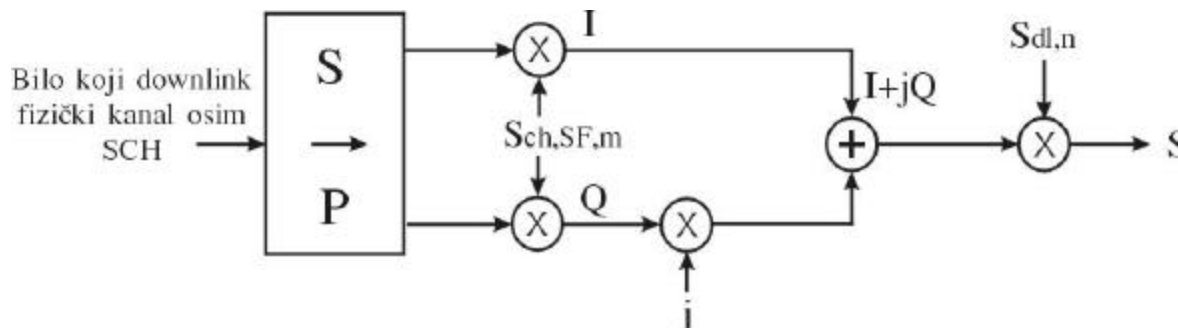
U downlinku koristi se isti ortogonalni kanalni kod kao i kod uplink-a. Za skremblovanje koristi se zlatni kod dužine  $2^{18}$  ali on je zasečen ciklusom frejmova dužine 10 ms. Za formiranje koda sa kompleksnim vrednostima koristi se ista kodna zasečenost sa različitim vremeskim pomacima za I i Q kanale.

Moguće je generisati  $2^{18}-1$  kodova za skremblovanje, ali se upotrebljava samo 8191. Svakoj ćeliji je dodeljen jedan primarni kod za skremblovanje. Zbog smanjivanja vremena traženja ćelije primarni kod za skremblovanje je podeljen na 512 delova. Zbog toga mobilna stanica treba da pretraži 512 različitih tipova kodova od kojih je svaki dužine 10 ms.

Kao dodatak primarnom kodu za skremblovanje postoji i 15 delova sekundarnog koda za skremblovanje. Sekundarni kod za skremblovanje se upotrebljava kada jedan deo ortogonalnog kanalnog koda nije dovoljan. Ovo se može desiti u slučaju kada se u downlink-u koriste prilagodljive antene. Treba takođe napomenuti i to da korišćenje sekundarnog koda za skremblovanje može narušiti ortogonalnost između kanala.

Primarni CCPCH i primarni CPICH uvek se prenose koristeći primarni kod za skremblovanje. Ostali downlink fizički kanali mogu se emitovati koristeći neki drugi kod za skremblovanje ili sekundarni kod za skremblovanje iz skupa mogućih kodova za skremblovanje koje koristi određena ćelija.

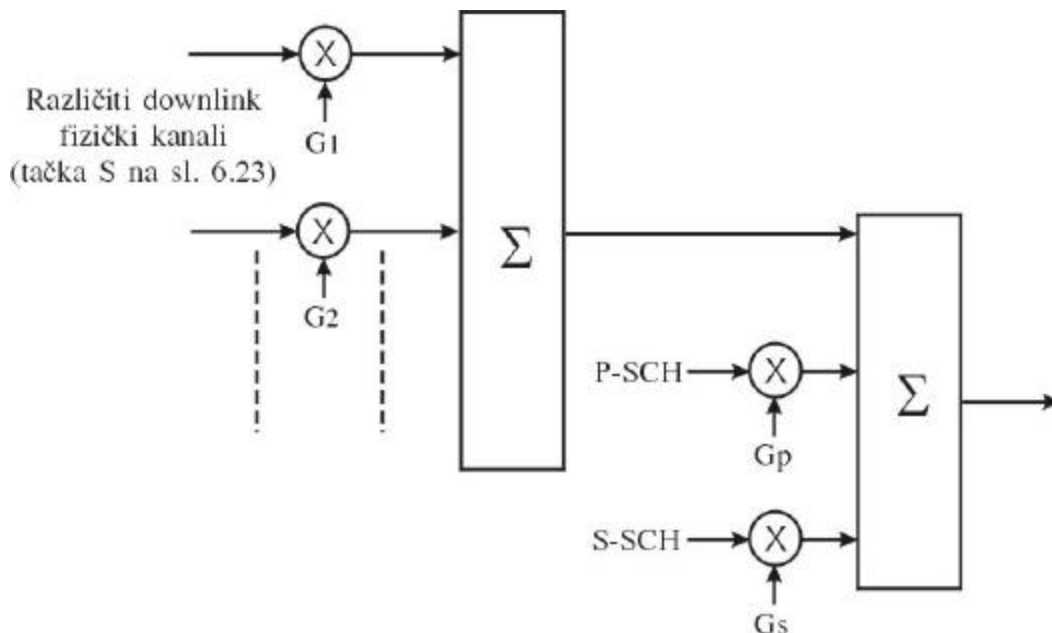
Slika 3.17 prikazuje postupak širokopojasnosti za sve downlink fizičke kanale osim SCH (npr. za P-CCPCH, S-CCPCH, CPICH, AICH, PICH, i downlink DPCH). Fizički kanali čiji spektar nije proširen sastoje se od sekvence simbola realnih vrednosti, a u svim kanalima osim u AICH, simboli mogu imati vrednosti +1, -1 i 0, gde 0 označava DTX. Za AICH vrednost simbola zavisi od kombinacije indikatora akvizicije koji se prenosi.



Slika 3.17 Širokopojasnost svih downlink fizičkih kanala osim SCH.

Svaki par od dva uzastopna simbola se najpre konvertuje u paralelnu vezu i mapira u I i Q granu. Mapiranje je takvo da se parno i neparno numerisani simboli mapiraju u I i Q granu respektivno. Za sve kanale osim za AICH, simbol umerisam nulom je definisan kao prvi simbol u svakom pristupnom slotu. I i Q kanalima se nakon toga proširuje spektar pomoću istog kanalnog koda sa realnim vrednostima  $C_{ch,SF,m}$ . Sekvence odmeraka sa realnim vrednostima u I i Q granama se nakon toga šalju kao zasebna sekvenca odmeraka sa kompleksnim vrednostima. Ova sekvenca odmeraka je skremblovana pomoću koda za skremblovanje sa kompleksnim vrednostima  $S_{dl,n}$ . Kada je u pitanju P-CCPCH, kod za skremblovanje je poravnat sa granicama frejmovala za P-CCPCH (npr. prvi kompleksni odmerak širokopojasnog PCCPCH frejma se množi sa nulnim odmerkom koda za skremblovanje). U slučaju ostalih downlink kanala, kod za skremblovanje je poravnat sa onim kodom za skremblovanje koji je dodeljen za P-CCPCH. U ovom slučaju nije neophodno da kod za skremblovanje bude poravnat sa granicama frejmovala fizičkog kanala koji treba da se skrembluje.

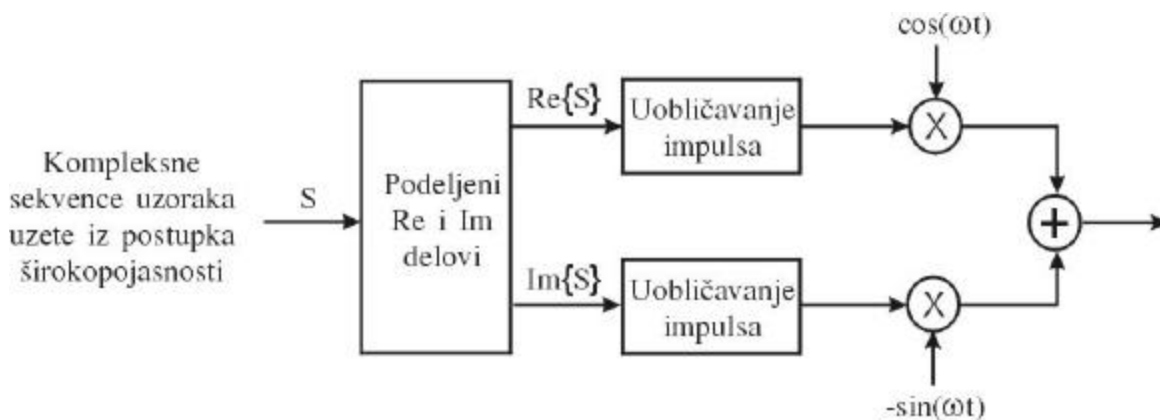
Slika 3.18 prikazuje kako se vrši kombinovanje različitih downlink kanala. Svaki širokopojasni kanal sa kompleksnim vrednostima, kome odgovara tačka S na slici 3.17, je uvećan za faktor uvećanja  $G_i$ . P-SCH i S-SCH sa kompleksnim vrednostima su takođe uvećani svaki za sebe. Svi downlink kanali se nakon toga kombinuju koristeći kompleksno sabiranje.



Slika 3.18 Širokopolosnost i modulacija za SCH i P-CCPCH.

### 3.5.3. Modulacija

Sekvence odmeraka sa kompleksnim vrednostima koje su generisane u procesu proširenja spektra su QPSK modulirane. Slika 3.19 prikazuje princip modulacije koji se koristi za uplink i downlink. Uobličavanje impulsa vrši se na osnovu kosinusnog oblika sa roll-off faktorom od 0.22 i isti je za mobilne i bazne stanice.



Slika 3.19 Princip modulacije

### 3.6. Diverziteti predaje

Dva su tipa diverziteti mehanizma koji se mogu upotrebiti u WCDMA downlinku i to: otvorena petlja i zatvorena petlja. Downlink diverziteti predaje sa otvorenom petljom koristi kodno baziran prostorno - vremenski blok diverzitetija predaje (STTD). Dekodovanje STTD-a nije obavezno u baznoj stanici ali mobilna stanica mora imati

mogućnost dekodiranja STTD-a. Drugi tip diverzitija predaje sa otvorenom petljom je vremenski isprekidan diverziti predaje (TSTD) i on može biti upotrijebljen u SCH kanalu. Diverziti je također proizvoljan u baznoj stanici ali je obavezan u mobilnoj stanici.

Ne mogu se svi diverziti metodi upotrebiti u svim fizičkim kanalima. Tabela 3.6 prikazuje moguće primene diverzitija sa otvorenom i zatvorenom petljom za različite downlink fizičke kanale. Nije dopuštena istovremena upotreba STTD-a i metoda sa zatvorenom petljom za DPCH i PDSCH.

Kanal	Metod otvorene petlje		Metod zatvorene petlje
	TSTD	STTD	
P-CCPCH	-	X	-
SCH	X	-	-
S-CCPCH	-	X	-
DPCH	-	X	X
PICH	-	X	-
PDSCH (povezan sa DPCH)	-	X	X
AICH	-	X	-

“X” – može se primeniti, “-” – ne može se primeniti

Tabela 3.6 Primene predajnog diverzitija za downlink fizičke kanale

### 3.7. Tehnike predajnog interfejsa

Postoje različite tehnike predajnog interfejsa kako bi se omogućilo funkcionisanje radio sistema (npr. kakao bi se uspostavila i održavala komunikacija uz minimalno korišćenje i iskorišćavanje resursa). Objasnićemo sledeće tehnike predajnog interfejsa:

- Postupak traženja ćelije;
- Isporučivanje;
- Kontrola snage;
- Šema sinhronne predaje za uplink (USTS).

#### 3.7.1. Traženje ćelije

Za vreme traženja ćelije, mobilna stanica traži ćeliju i određuje downlink kod za skremblovanje i sinhronizaciju frejma zajedničkog kanala za tu ćeliju. Pošto je pravovremenost radio frejma za sve zajedničke fizičke kanale povezana sa pravovremenošću P-CCPCH, dovoljno je pronaći samo pravovremenost za P-CCPCH.

Traženje ćelije se uglavnom vrši na osnovu sledeća tri koraka: sinhronizacije slot; sinhronizacije frejma i identifikacije kodne grupe kao i identifikacije koda za

skremblovanje. U specifikaciji službene oznake TS25.214 propisanoj od strane 3GPP-a kaže se sledeće:

- Korak prvi: Sinhronizacija slota. Za vreme prvog koraka u tehnici traženja ćelije, mobilna stanica koristi SCH primarni sinhronizacioni kod kako bi se postigla sinhronizacija slota u ćeliji. Ovo se može uraditi pomoću jednostruko prilagođenog prilagodnog filtra za sinhronizaciju primarnog koda koji je zajednički za sve ćelije. Pravovremenost slota ćelije može se postići na osnovu detekcije maksimuma na izlazu prilagodnog filtra.
- Korak drugi: Sinhronizacija frejma i identifikacija kodne grupe. Za vreme drugog koraka u tehnici traženja ćelije, mobilna stanica koristi SCH sekundarni sinhronizacioni kod kako bi pronašla sinhronizaciju frejma i odredila kodnu grupu pronađene ćelije u prvom koraku. Ovo se radi na osnovu korelacije prijemnog signala sa svim mogućim sekvencama sekundarnog sinhronizacionog koda pri čemu se određuje maksimalna vrednost korelacije. Pošto su periodični pomeraji sekvenci jedinstveni, lako je odrediti kodnu grupu i sinhronizaciju frejma.
- Korak treći: Identifikacija skremblovanog koda. Za vreme trećeg i poslednjeg koraka u tehnici traženja ćelije, mobilna stanica određuje tačan primarni kod za skremblovanje koji se koristi u pronađenoj ćeliji. Primarni kod za skremblovanje je identifikovan kroz CPICH simbol-po-simbol korelaciju sa svim kodovima koji pripadaju identifikovanoj kodnoj grupi u drugom koraku. Nakon što je identifikovan primarni kod za skremblovanje, detektuje se i primarni CCPCH. Sada je moguće pročitati sistemske i ćelijske BCH informacije.

U slučaju kada mobilna stanica primi informaciju o tome koje kodove za skremblovanje da traži koraci dva i tri mogu biti pojednostavljeni.

### 3.7.2 Isporuka

WCDMA sadrži nekoliko različitih tipova za isporuke:

- Meka, mekša i teška isporuka;
- Međufrekventna isporuka;
- Isporuka između FDD i TDD režima;
- Isporuka između WCDMA i GSM sistema.

Isporuka ima takav algoritam koji zahteva odlučivanje između različitih tipova mernih informacija. Tabela 3.7 prikazuje odmerke koji mogu se mogu upotrebiti u isporuci. Ovi algoritmi su namenjeni privenstveno proizvođačima opreme.

Prijemna snaga kodnih signala (RSCP)	Prijemna snaga na jednom kodnom odmerku pilot bitova primarnog CPICH. Referentna tačka za RSCP je antenski konektor na mobilnoj stanici.
--------------------------------------	--

Prijemna snaga TDD kodnih signala	Prijemna snaga na jednom kodnom odmerku PCCPCH iz TDD ćelije. Referentna tačka za RSCP je antenski konektor na mobilnoj stanici.
Prijemna snaga kodnih signala nakon kombinacije u radio linku.	Prijemna snaga na jednom kodnom odmerku pilot bitova DPCCCH nakon kombinacije u radio linku. Referentna tačka za RSCP je antenski konektor na mobilnoj stanici.
SIR	Odnos signala i interferencije, definisan kao: $(RSCP/ISCP) \times (SF/2)$ , gde je ISCP = snaga interferencije kodnog signala, odnosno interferencija na odmerku primljenog signala pilot bitova. Samo neortogonalni deo interferencije se uzima za odmerak. SF = upotrebljeni faktor širokopojsnosti. SIR može biti odmeren u DPCCCH nakon RL kombinacije. Referentna tačka za SIR je antenski konektor na mobilnoj stanici.
RSSI	Indikator otpornosti prijemnog signala, prijemna snaga širokog opsega u granicama širine kanala. Odmerak može biti uzet iz downlink nosioca. Referentna tačka za RSSI je antenski konektor na mobilnoj stanici.
RSSI GSM nosioca	Indikator otpornosti prijemnog signala, prijemna snaga širokog opsega u granicama širine kanala. Odmerak može biti uzet iz GSM BCCH nosioca. Referentna tačka za RSSI je antenski konektor na mobilnoj stanici.
CPICH $E_c/N_0$	Prijemna energija po odmerku podeljena sa gustom energije opsega. $E_c/N_0$ je identično sa RSCP/RSSI. Odmerak može biti uzet iz primarnog CPICH. Referentna tačka za $E_c/N_0$ je antenski konektor na mobilnoj stanici.
BLER transportnog kanala	Procena odnosa greške u bloku transportnog kanala (BLER). Procena BLER-a može biti zasnovana na proceni CRC-a u transportnom bloku nakon kombinacije u radio linku.
BER fizičkog kanala	Odnos greške bita (BER) fizičkog kanala je procena srednje vrednosti greške bita pre kanalnog dekodiranja DPDCH podataka nakon kombinacije u radio linku.
Predajna energija mobilne stanice	Ukupna predajna energija mobilne stanice na jednom nosiocu. Referentna tačka za UE predajnu snagu može biti antenski konektor mobilne stanice.

Tabela 3.7 Odmeravanje pri isporuci

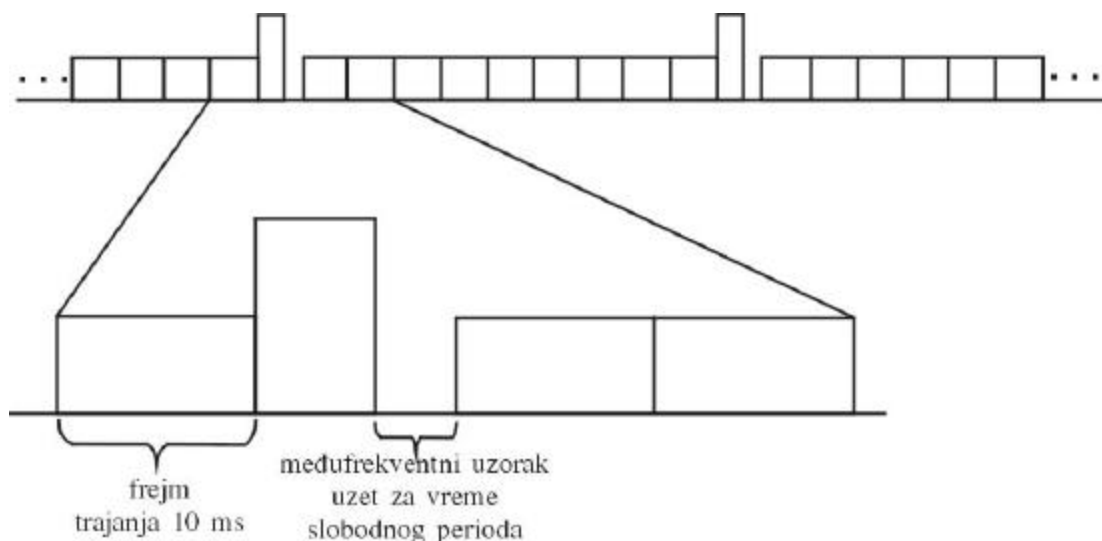
### 3.7.2.1. Međufrekventna isporuka

Međufrekventna isporuka je neophodna za korišćenje hijerarhijskih ćelijskih struktura; makro, mikro i unutrašnjih ćelija. Međufrekventna isporuka je neophodna za isporuku sa sistemima mobilne telefonije druge generacije kao što je na primer GSM ili IS-95. Da bi se izvršila međufrekventna isporuka, potreban je efikasan metod za uzimanje odmeraka u drugim frekvencijama, za sve vreme trajanje konekcije sa tekućom frekvencijom. Razmotrićemo dva metoda za međufrekventno odmeravanje u WCDMA sistemu:

- Dvostruki prijemnik;
- Kompresovani metod.

Pristup sa dvostrukim prijemnikom je pogodan za razmatranje, naročito ako mobilna stanica koristi antenski diverziti. Za vreme uzimanja međufrekventnih odmeraka, jedna prijemna grana se preklapa drugoj frekvenciji za uzimanje odmeraka, dok druga prima signale aktuelne frekvencije. Gubitke pojačanja useled diverzitija za vreme odmeravanja neophodno je kompenzovati sa većom emosionom snagom u downlink-u. Dobitak metode sa dvostrukim prijemnikom ogleda se u tome što nema prekida povezanosti sa tekućom frekvencijom. Brza kontrola snage sistema sa zatvorenom petljom aktivna je sve vreme.

Pristup pomoću kompresovanog metoda (takođe često nazvan i slotovni metod) opisan na slici 3.20 primenjuje se kod mobilnih stanica koje nemaju dvostruki prijemnik. Informacija koja se normalno prenosi za vreme frejma čije je trajanje 10 ms, je kompresovana bilo isprekidajućim kodom bilo promenom EFC brzine.



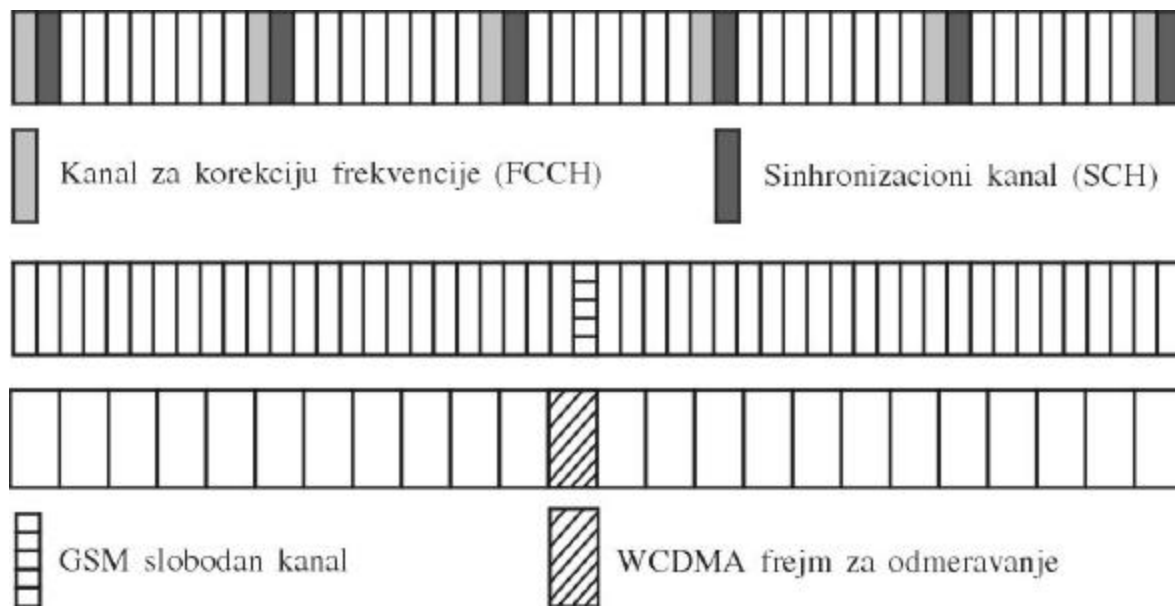
Slika 3.20 Struktura kompresovanog metoda (slotovni metod)

### 3.7.2.2 Isporuka između GSM i WCDMA

Isporuka između GSM sistema i WCDMA sistema, koja se danas nudi širom sveta, bila je jedan od glavnih kriterijuma za definiciju vremena trajanja frejma u WCDMA sistemu. GSM kompatibilna multifrejmska struktura, sa postojećim superfrejmom trajanja 120 ms, dozvoljava sličnu pravovremenost za međusistemsko odmeravanje kao što se to radi u samom GSM sistemu. Naizgled, potrebni intervali za odmeravanje ne moraju biti tako česti kao pri radu sa GSM terminalima u GSM sistemu, budući da je međusistemski isporuka manje kritična sa tačke gledišta interferencije unutar sistema. Tačnije, kompatibilnost po pitanju pravovremenosti je veoma bitna, takao da kada se radi u WCDMA režimu, višenamenski terminal je u mogućnosti da prihvati željenu

informaciju iz sinhronizacione sekvence u sinhronizacionom frejmu GSM nosioca uz pomoć sekvence za korekciju frekvencije. Ovaj način relativne pravovremenosti između GSM i WCDMA nosioca se održava na isti način kao i pravovremenost između dva asinhrona GSM nosioca. Veza pravovremenosti između WCDMA kanala i GSM kanala je prikazna na slici 3.21, gde GSM saobraćajni kanal i WCDMA kanali koriste istu strukturu frejma od 120 ms. GSM kanal za korekciju frekvencije (FCCH) i GSM sinhronizacioni kanal (SCH) koriste jedan slot izvan osam GSM slotova u naznačenim frejmovima i to sa FCCH frejmom sa jednim vremenskim slotom za FCCH koji uvek prethodi SCH frejmu sa jednim vremenskim slotom za SCH, kao što je prikazano na slici 3.21.

WCDMA terminali mogu vršiti odmeravanje bilo na osnovu zahtevanih intervala za odmeravanje u kompresovanom režimu od mesta gde se oni prekidaju tokom downlink emitovanja, bilo na osnovu nezavisnog odmeravanja sa pogodnim uzorkom za odmeravanje. Kada se radi sa nezavisnim odmercima, umesto kompresivne metode koristi se metoda sa dvostrukim prijemnikom jer grana namenjena za GSM prijem može nezavisno raditi od grane namenjene za WCDMA prijem.



Slika 3.21 Pravovremenost uzimanja odmeraka između WCDMA i GSM-a

Za nesmetan zajednički rad ova dva sistema, nepohodno je razmeniti informacije između njih, kako bi se WCDMA baznoj stanici naznačilo da locira GSM terminale u svojoj zoni frekventne pokrivenosti. Osim ovoga potrebno je uraditi i mnogo drugih komplikovanih operacija kako bi se postigla kompatibilnost relativno spore GSM mreže u poređenju sa UMTS mrežom koja radi na brzinama od 2 Mbps.

Takođe od GSM sistema se očekuje da bude u mogućnosti da prepozna WCDMA širokopojasni kod, kako bi se olakšao postupak identifikacije ćelije. Nakon toga uzimanje odmeraka u GSM-u može se upotrebiti za odmeravanje WCDMA kada radi u GSM sistemu.

### 3.7.3. Kontrola snage

WCDMA koristi procedure brze otvorene i zatvorene petlje za kontrolu snage. Brza kontrola snage radi sa semplovanjem brzine 1.5 KHz (npr. jedna komanda po slotu). Nominalna veličina koraka za kontrolu snage je 1 dB, ali se takođe mogu koristiti i umnošci veličine nominalnog koraka. Komande za kontrolu snage mogu se slati samo u svakom drugom slotu.

U stanju meke isporuke, komande za kontrolu snage iz različitih baznih stanica se kombinuju, povećavajući pouzdanost u krajnjem ishodu. U kompresovanom režimu, sistem brze kontrole snage koristi veću veličinu koraka u kratkom periodu, nakon kompresije frejma, kako bi se postiglo na brzini.

Kontrola sa otvorenom petljom se koristi pre nego što se počne sa predajom RACH-a ili CPCH. Zahtevani opseg za kontrolu snage je  $\pm 9$  dB.

### 3.7.4. Šema sinhronne predaje u uplink-u

Šema sinhronne predaje u uplink-u je alternativna tehnologija koja se primenjuje za terminale slabe pokretljivosti. USTS može smanjiti interferenciju unutar ćelije tako što će izvršiti ortogonalizaciju signala iz mobilnih stanica. Da bi se izvršila ortogonalizacija signala od mobilnih stanica potrebno je:

- Da se isti kod za skremblovanje dodeli svim rezervisanim fizičkim kanalima u ćeliji;
- Da se različiti kanalni kodovi dodele svim rezervisanim kanalima u svim mobilnim stanicama u ćeliji i da mreža isporučuje faktor širokopolasnosti i specifičan broj kanalnog koda svakoj mobilnoj stanici;
- Da kanalni kodovi za DPDCH i DPCCCH u mobilnoj stanici budu izabrani iz, bilo više ili niže polovine OVFSF kodne grane u mobilnoj stanici, kako bi se smanjio odnos maksimalne i srednje snage;
- Da bude dodeljen dodatni kod za skremblovanje ako se iskoriste svi raspoloživi kodovi;
- Da je podešeno vreme emitovanja signala za svaku mobilnu staciju.

Kontrola vremena emitovanja se izvršava kroz dva koraka. Prvi korak je inicijalna sinhronizacija a drugi je praćenje:

1. Inicijalna (početna) sinhronizacija: Podešava se vreme emitovanja kroz kontrolnu poruku inicijalne pravovremenosti preko FACH. Kada ćelija primi signale od mobilne stanice preko RACH-a, ćelija odmerava razliku u vremenima između primljenog vremena i referentnog vremena u trajanju od 1/8 odmerka. Ova poruka za inicijalnu sinhronizaciju, koja sadrži razliku u vremenu, šalje se mobilnoj stanici preko FACH-a.
2. Metod praćenja (kontrola pravovremenosti pomoću zatvorene petlje): Podešava se vreme emitovanja duž celog vremena za poravnanje bita (TAB) preko

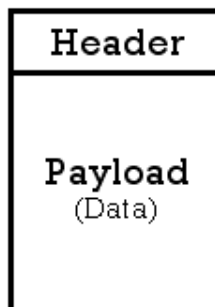
DPCCH. UE podešava svoje vreme emitovanja u skladu sa porukom. Čelija periodično poredi referentno vreme sa prijemnim signalima iz mobilne stanice. Kada se registruje prijem pre referentnog vremena  $TAB=0$ , a ako se prijem registruje posle referentnog vremena  $TAB=1$ . TAB zamenjuje TPC bit u svakom kontrolnom periodu pravovremenosti od 20 ms, tako što poslednji TPC bit u svaka dva frejma biva zamenjen sa TAB-om. Mobilna stanica zatim registruje TAB bitove i ako je 0 vreme predaje se zakasni za 1/8 odmerka, a ako se registruje 1 vreme predaje se ubrzava za 1/8 odmerka.

### 3.7.5 Paketi podataka

Uobičajeni način telefonske komunikacije zahteva fizički spoj između dva korespodenta u sistemu veze, i taj spoj mora da egzistira za sve vreme trajanja veze. Ovaj način povezivanja prijemnika sa jedne i predajnika sa druge strane naziva se komutacija kola. Mnoge moderne mrežne tehnologije se bitno razlikuju od ovog tradicionalnog metoda povezivanja jer koriste takozvane pakete podataka. Paket podataka je ustvari informacija koju odlikuje:

- razbijanje glavne informacije na pakete
- formiranje odredišne adrese
- kombinovanje sa drugim podacima iz drugih izvora
- prenos kroz kanal zajedno sa paketima koji potiču iz drugih izvora
- rekonstrukcija izvorne informacije na odredištu

Paketski orjentisane mreže "seckaju" telefonsku konverzaciju pakujući je u takozvane pakete, podataka slično kockicama nekog mozaika, da bi na kraju te pakete spojile u jednu celinu koja čini polaznu informaciju odnosno predstavlja originalnu konverzaciju dva korespodenta u mreži. Tehnologija komutacije paketa je ustvari razvijana za potrebe interneta. Glavni deo paketa nosi korisnu poruku koja se treba preneti. Taj deo nazivamo koristan deo (payload). Generalno gledano podaci koji se šalju se najpre iseckaju (podele) na delove iste veličine i oni predstavljaju koristan deo. Međutim na početku svakog paketa nalazi se jedan mali deo koji se naziva zaglavlje (header). Zaglavlje je od vitalnog značaja jer se u njega upisuje adresa onoga kome je paket namenjen. Ovo nam dozvoljava da se paketi koji potiču od više različitih telefonskih kanala šalju preko jednog komunikacionog kanala bez bojazni da će se pomešati jer svaki od njih ima tačno definisanu odredišnu adresu. Ovakav metod ne zahteva neprekidnu direktnu vezu između prijema i predaje već nam dozvoljava korišćenje bilo kojeg kanala veze.



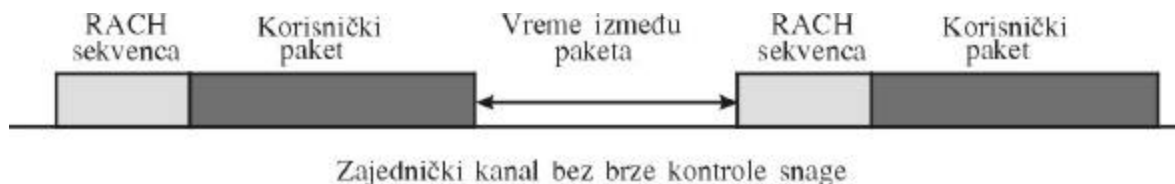
Slika 3.22 Paket podataka

Paket se šalje na kanal veze samo onda kada je potrebno nešto poslati, a korisnik prima samo ono što je baš njemu namenjeno. Jedan komunikacioni kanal se može koristiti za slanje paketa koji potiču sa više različitih strana, dok će korespondenti imati utisak da im je kanal dostupan non-stop. Sa druge strane paket može biti pridodat kanalu samo kada postoji slobodno mesto u kanalu a ne kada mi to poželimo. Kao rezultat javlja se kašnjenje što onemogućava prenos govora u isključivo paketski orjentisanim mrežama. To je jedan od osnovnih razloga prilikom kašnjenja u učitavanju internet stranica.

WCDMA poseduje tri moguća načina za prenos paketa podataka:

- Zajedničkim kanalima;
- Rezervisanim kanalima;
- Deljenim kanalima.

Prednost korišćenja zajedničkih kanala za prenos paketa podataka je ta što je potrebno veoma malo vreme za podešavanje linka. Zajednički kanali RACH (uplink) i FACH (downlink) se koriste za kratke retke pakete. Meka isporuka se ne može upotrebiti kod ovih kanala, tako da se upotrebljava samo otvorena petlja za kontrolu snage. Zbog toga RACH i FACH paketski prenos je limitiran na kratke pakete koji se koriste u ograničenom kapacitetu. Slika 3.23 prikazuje paketski prenos za RACH.



Slika 3.23 Prenos paketa kroz RACH

Zajednički kanal za pakete (CPCH) se može upotrebiti za prenos paketa male i srednje dužine. Postupak podešavanja je sličan kao i za RACH, ali kanal može biti deljen u vrenenu između različitih korisnika i može se upotrebiti brza kontrola snage. Za CPCH se ne može upotrebiti meka isporuka.

Veći i učestaliji protok paketa se prenosi preko rezervisanih kanala. U ovom slučaju se upotrebljava meka isporuka i brza kontrola snage pa su stoga performanse ovakvog sistema bolje nego kod prenosa kroz zajedničke kanale. Brzina protoka paketa može varirati za vreme predaje. Prema tome broj ortogonalnih kodova u downlink kanalu može biti dodeljivan u skladu sa većom brzinom protoka. Ako postoji više konekcija sa velikim brzinama protoka paketa, može se desiti da nema dovoljno raspoloživih ortogonalnih kanala.

Kako bi se prevazišla ograničenja po pitanju raspoloživosti ortogonalnih kodova, upotrebljava se downlink deljeni kanal (DSCH). Pri ovom načinu predaje paketa, jedan fizički kanal se deli u vremeu između više korisnika. Sa DSCH prenosom moguća je upotreba brze kontrole snage, ali ne i meke isporuke. Signalizacija brze kontrole snage se prenosi malom brzinom kroz rezervisani kanal.

## 4. ZAKLJUČAK

### 4.1. Mobilna telefonija četvrte generacije

Iako mobilna telefonija treće generacije još nije zaživela svuda u svetu, sve pretpostavke su da će se to dogoditi veoma brzo. Iskustva nam pokazuju da dok se jedna tehnologija uvodi u komercijalnu upotrebu, paralelno se razvija druga naprednija tehnologija. Takav slučaj je bio sa svim prethodnim generacijama mobilne telefonije, pa je takav trend i sada nastavljen. Na osnovu ovih činjenica ni malo nas ne može zapanjiti saznanje da se već uveliko radi na mobilnoj telefoniji četvrte generacije. Svesna toga, ITU će u junu 2003. godine izdati najnovije tehničke preporuke u Izdanju 6. Očekuje se da će u njemu biti date detaljne smernice u kom pravcu će se razvijati mobilne komunikacije, i koje tehničko-tehnološke uslove sledeća generacija mora ispoštovati. Ipak i sada se odprilike zna šta će to novo doneti četvrta generacija mobilne telefonije:

- Veću brzinu protoka nego 3G ( očekuje se između 20 i 200 Mbps);
- Bolju spektralnu iskorišćenost i manje troškove nego 3G;
- Intefejs za bežični prenos i medijum za kontrolu pristupa će biti optimizovani za IP saobraćaj (IPv6, QoS);
- Manja veličina frejmova;
- Brzo određivanje ćelije korisnika;
- Prilagodljivu modulaciju i kodovanje sa kontrolom snage, hibridni ARQ (automatic-repeat-request);
- Uvođenje 4G sistema predviđa se za 2010. godinu;
- Koristiće se frekventno područje nešto ispod 5 GHz;
- Širina kanala biće između 20 i 100 MHz (upareni i neupareni spektar);
- 4G spektar biće isti svuda u svetu.

### 4.2. Naše mesto u 3G tehnologiji

Na osnovu svega rečenog lako je izvesti zaključak šta nam sve pružaju sistemi mobilnih komunikacija koji dolaze. Mi ne smemo ostati po strani i pasivno posmatrati šta se dešava na svetskoj telemekunikacionoj sceni, već se moramo aktivno uključiti u trku koja je davno počela.

Ovaj rad je prvenstveno namenjen inženjerima i programerima, kao i svima koje interesuje ova tehnologija. Zašto baš inženjerima i programerima? Kako sada stvari stoje malo je verovatno da će neka od naših kompanija početi sa razvojem i proizvodnjom opreme na kojoj se bazira ova zahtevna tehnologija. Međutim to nikako ne znači da i mi nemamo svoju šansu.

Kako smo više puta u ovom radu napomenuli, mnogo je pravilnije koristiti termin 3G uređaji nego 3G telefoni. Naša šansa je upravo u razvoju nekih aspekata 3G uređaja.

Ti uređaju ne moraju implementirati sve ono što nudi 3G tehnologija već samo neki od aspekata široke palete koju 3G pruža. Mogućnosti su velike: sistemi za nadzor, sistemi za lokaciju, sistemi daljinskog upravljanja i kontrole, sistemi za praćenje udaljenjih procesa, prikupljanje, salanje i obrada podataka sa terena, aktivno učešće u elektronskoj trgovini i marketingu... Ukoliko naši inženjeri u potpunosti shvate način funkcionisanja sistema mobilne komunikacije koji će nastupiti, neće više biti prepreka za njihovu realizaciju, najpre na nekom nižem a jednog dana na višem i zahtevnijem nivou.

Programerima se pružaju nesagledive mogućnosti u 3G tehnologiji. 3G uređaji su pravi pravcati računari, koji će u sebi imati operativni sistem i aplikacije za obradu informacija raznih tipova. Upravo tu i leži naša šansa. Pisanje programa i aplikacija za 3G uređaje biće jedno od najtraženijih zanimanja u budućnosti jer je egzistencija računara u današnjem obliku pod znakom pitanja. Mobilni uređaji narednih generacija imaće sve što imaju današnji PC računari uz dodatak novih naprednijih mogućnosti koje sa današnje tačke gledišta teško možemo i predvideti.

Obzirom da je sa naših prostora ponikao jedan Nikola Tesla i Mihajlo Pupin, bez čijih pronalazaka tehnološki razvoj sigurno ne bi izgledao okako kako danas izgleda, možemo se nadati da ćemo jednog dana opet zauzeti mesto u svetskoj nauci i tehnologiji koje nam je nekada pripadalo. Neka ovaj rad posluži svima koji su zainteresovani za ovu tematiku kao uvod u ogromne mogućnosti koje ovaj sistem pruža, a u eri Interneta, za one koje to interesuje, postoji obilje informacija i konkretnih tehničkih rešenja iz ove oblasti na raznim Web lokacijama.

## 5. SPISAK SKRAĆENICA

Obzirom da u našem jeziku još ne postoji usaglašen tehnički rečnik za akronime koji se koriste u ovoj sofisticiranoj tehnologiji, ovde su dati mogući prevodi skraćena sa njihovim izvornim značenjima na engleskom jeziku.

3GPP	Third-generation partnership project	Društvo za projekat mobilne telefonije treće generacije
AICH	Acquisition Indication Channel	Kanal indikacije akvizicije
AMPS	Advanced Mobile Phone Service	Napredan mobilni telefonski servis
ARQ	Automatic repeat request	Automatsko ponavljanje zahteva
BCCH	Broadcast control channel	Kanal kontrole emitovanja
BCH	Broadcast channel	Emisioni kanal
BER	Block error rate	Odnos greške bita
BLER	Block error rate	Odnos greške bloka
BMC	Broadcast/Multicast Control	Difuzna/višeemisiona kontrola
CCCH	Common control channel	Zajednički kontrolni kanal
CCPCH	Common control physical channel	Zajednički kontrolni fizički kanal
CDMA	Code Division Multiple Access	Višestruki pristup sa kodnom raspodelom
CEPT	Conference on European Posts and Telecommunications	Evropska konferencija za poštu i telekomunikacije
CPCH	Common packet channel	Zajednički kanal za pakete
CPICH	Common pilot channel	Zajednički polot kanal
CRC	Cyclic redundancy check	Kružna provera redundanse
D-AMPS	Digital AMPS	Digitalni AMPS
DCCH	Dedicated control channel	Rezervisani kontrolni kanal
DCH	Dedicated channel	Rezervisani kanal
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel	Rezervisani fizički kontrolni kanal
DPCH	Downlink dedicated physical channel	Downlink rezervisani fizički kanal
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel	Rezervisani fizički kanal za prenos podataka
DSCH	Downlink shared channel	Downlink deljeni kanal
DTX	Discontinuous transmission	Isprekidana predaja
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Evropski institut za standarde u telekomunikacijama
FACH	Forward access channel	Kanal prevremenog pristupa
FBI	Feedback Information	Povratne informacije
FCCH	Frequency correction channel	Kanal za korekciju frekvencije
FDD	Frequency Division Duplex	Dupleks sa frekventnom raspodelom
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Višestruki pristup sa frekventnom raspodelom

FEC	Forward Error Control	Preвременa kontrola greške
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications Systems	Budući javni zemaljski mobilni telekomunikacioni sistemi
GSM	Global System for Mobile communications	Globalni sistem mobilne telefonije
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000	Internacionalne mobilne telekomunikacije-2000
IS-136	Interim Standard 136	Privremeni standard 136
IS-95	Interim Standard 95	Privremeni standard 95
ITU	International Telecommunications Union	Internacionalna telekomunikaciona unija
Kbps	Kilo bits per second	Kilo bita u sekundi (brzina prokoka)
MAC	Medium Access control	Kontrola pristupa mediju
NMT	Nordic Mobile Telephony	Nordijska mobilna telefonija
NMT900	Nordic Mobile Telephony 900	Nordijska mobilna telefonija na 900 MHz
OCCCH	ODMA common control channel	ODMA zajednički kontrolni kanal
ODCCH	ODMA dedicated control channel	ODMA rezervisani kontrolni kanal
ODMA	Opportunity Driven Multiple Access	Mogućnost realizacije višestrukog pristupa
OVSF	Orthogonal variable spreading factor	Ortogonalno promenjivi faktor širokopojsnosti
PCCH	Paging control channel	Kanal za kontrolu pozivanja
PCH	Paging channel	Kanal za pozivanje
PCPCH	Physical Common Packet Chanel	Zajednički fizički kanal za prenos paketa
PCS	Personal Communications Service	Servis personalnih komunikacija
PDCP	Packet Data Convergence Protocol	Protokol konvergencije paketa podataka
PDSCH	Physical downlink shared channel	Fizički downlink deljeni kanal
PICH	Page indicator channel	Kanal za indikaciju pozivanja
PIN	Personal identification number	Lični broj za identifikaciju
PRACH	Physical Random Access Chanel	Fizički kanal za slučajni pristup
PSC	Primary synchronization code	Primarni sinhronizacioni kod
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Kvadratna digitalna modulacija s pomakom faze
RACH	Random access channel	Kanal slučajnog pristupa
RLC	Radio Link Control	Kontrola radio linka
RRC	Radio Resource control	Kontrola radio resursa
RSCP	Received signal code power	Prijemna snaga kodnih signala
RSSI	Received signal strength indicator	Indikator otpornosti prijemnog signala

SCH	Synchronization channel	Sinhronizacioni kanal
SF	spreading factor	Faktor širokpojasnosti
SIR	Signal-to-interference ratio	Odnos signala i interferencije
SSC	Secondary synchronization code	Sekundarni sunhronizacioni kod
STTD	Space/time transmit diversity	Prostorno vremenski diverziti predaje
TAB	Time alignment bit	Vreme za poravnanje bita
TACS	Total Access Communications System	Komunikacioni sistem sa potpunim pristupom
TDD	Time Division Duplex	Dupleks sa vremenskom raspodelom
TDM	Time division multiplexing	Multipleksiranje sa vremenskom raspodelom
TDMA	Time Division Multiple Access	Višestruki prstup sa vremenskom raspodelom
TD-SCDMA	Time division-synchronous CDMA	Sinhroni CDMA sa vremenskom raspodelom
TFCI	Transport-Format Combination Indicator	Indikator formata transportne kombinacije
TIA	Telecommunications Industry Association	Udruženje telekomunikacione industrije
TPC	Transmit Power Control	Kontrola predajne snage
TSTD	Time switched transmit diversity	Vremenski isprekidan diverziti predaje
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Univerzalni mobilni telekomunikacioni sistem
USTS	Uplink synchronous transmission scheme	Šema sinhronne predaje za uplink
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access	UMTS za zemaljski radio pristup
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	UMTS zemaljska mreža sa radio pristupom
WCDMA	Wideband CDMA	Širokpojasni CDMA
WLAN	Wireless Local Area Network	Bežična lokalna mreža

Tabela 5.1 Spisak skraćenica

## 6. LITERATURA

- [1] Chaudry, P., M. Mohr, and S. Onoe, "The 3GPP Proposal for IMT-2000," IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 12, December 1999, pp. 72-81.
- [2] Holma, H., and A. Toskala (eds.), WCDMA for UMTS, Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd., 2000.
- [3] TS 25.211, "Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD)," 3GPP Technical Specification, Version 3.2.0, March 2000.
- [4] TS 25.212, "Multiplexing and Channel Coding (FDD)," 3GPP Technical Specification, Version 3.2.0, March 2000.
- [5] TS 25.213, "Spreading and Modulation (FDD)," 3GPP Technical Specification, Version 3.2.0, March 2000.
- [6] <http://www.umtsworld.com>
- [7] <http://www.3g-generation.com>
- [8] <http://www.3gpp.org>