

## PRIMENA TEHNOLOGIJE DVOSTRUKOG NOSIOCA U RADIO-PRISTUPNIM MREŽAMA TREĆE GENERACIJE

Dragan Šakota, Željko Jungić  
Telekomunikacije Republike Srpske, a.d. Banjaluka

**Sadržaj:** *Korišćenje dva ili više nosilaca u HSPA radio-pristupnoj mreži značajno poboljšava performanse mreže i kvalitet usluge kod krajnjeg korisnika. Implementacija dvostrukog nosioca telekom operatorima omogućava optimalnu iskorišćenost dostupnog frekvencijskog spektra uz unapređenje korisničkog iskustva (QoE) i kvaliteta servisa (QoS). Cilj ovog rada je da analizira performanse mreže u slučaju jednog i dva HSDPA nosioca i da dokaže prednost implementacije DC-HSDPA tehnologije.*

**Ključne reči:** *dvostruki HSDPA nosilac (DC-HSDPA), kvalitet HSDPA signala, kapacitet HSDPA mreže, stepen zadovoljstva korisnika (QoE)*

### 1. Uvod

Bežični pristup Internetu, govornim i video servisima postao je svakodnevna potreba i sastavni deo modernog života i poslovanja. Iako je sa pojavom GSM-a akcenat bio na govornom pozivu i što boljoj pokrivenosti, uvođenje UMTS-a, a kasnije i LTE-a, omogućili su širokopojasni bežični pristup i razvoj novih aplikacija i usluga, kao i usmerenost korisnika ka servisima podataka. Velike brzine prenosa podataka preko pametnih telefona i prenosivih računara, nameću potrebu za novim bežičnim tehnologijama u mobilnim komunikacionim mrežama. Zbog svega navedenog, mobilna industrija ide u smeru razvoja, unapređenja, standardizacije i implementacije HSPA i LTE mreža. Iako je jasno da je LTE tehnologija budućnosti, još uvek su HSPA mreže nosioci najvećeg broja pretplatnika i predstavljaju centralnu bežičnu tehnologiju u narednim godinama.

Za razliku od LTE-a, koji zahteva veliko početno ulaganje, HSPA mreže iskorišćavaju postojeću opremu i sa malim ulaganjem omogućavaju telekom operatorima da efikasno iskoriste početnu investiciju i pruže adekvatnu uslugu krajnjim korisnicima. Unapređenje UMTS mreža i migracija ka HSPA tehnologiji omogućeno je pre svega promenama na radio-pristupnom interfejsu. Koriste se modulacione tehnike višeg reda, a ponovno slanje paketa, adaptacija linka i dodeljivanje resursa postaju funkcionalnosti NodeB-a, a ne RNC-a kao ranije. Na ovaj način ostvarena je efikasnija komunikacija sa krajnjim korisnikom i omogućene su veće brzine prenosa podataka. Potreba za podrškom većem broju korisnika i još većim brzinama prenosa podataka zahteva korišćenje šireg frekvencijskog opsega u HSPA mrežama. Kako 3G mreže koriste kanal širine 5MHz, širi frekvencijski spektar podrazumeva korišćenje dva, tri ili čak više kanala od po 5MHz.

Tehnologija nastala korišćenjem dva susedna bloka od 5MHz u silaznoj vezi naziva se dvostruki nosilac u *HSDPA* mreži (Dual-Cell *HSDPA* ili skraćeno - *DC-HSDPA*). *DC-HSDPA* omogućava dvostruko veće brzine prenosa podataka po korisniku, jer istovremeno koristi dva kanala širine 5MHz. Mogućnost implementacije više nosilaca u postojećoj *HSPA* mreži, bez značajnog ulaganja i menjanja arhitekture mreže, jedan je od osnovnih razloga produženja životnog veka ove bežične tehnologije.

## 2. *DC-HSDPA* tehnologija

Korišćenje dvostrukog nosioca predstavlja evoluciju postojećih *HSPA* mreža i omogućava efikasnu iskorišćenost frekventijskog spektra i resursa mreže. Uvođenje više nosilaca u mreži, zahteva dinamičko raspoređivanje resursa po svakom *TTI* (*Transmission Time Interval*) i naprednije korisničke terminale u cilju postizanja većih brzina prenosa podataka i boljeg korisničkog iskustva. *DC-HSDPA* omogućava duplo veće prosečne brzine prenosa podataka u odnosu na *SC* mreže, pa uz korišćenje *64QAM* modulacije, *DC-HSDPA* omogućava brzinu prenosa podataka do *42Mb/s*.

Kod *DC-HSDPA* tehnologije komunikacija između korisnika i mreže ostvaruje se preko dve susedne frekvencije, tačnije rečeno dva susedna bloka od *5 MHz*. Na ovaj način korisniku je dostupan ukupan opseg od *10MHz* koji sada omogućava duplo veće brzine prenosa podataka. Osnovne prednosti koje nudi *DC-HSDPA* pristup su:

- dinamičko raspoređivanje resursa na *TTI* nivou i dvostruko veći broj kodova sa dvostruko više raspoložive snage za svakog korisnika,
- mogućnost dinamičkog dodeljivanja resursa korisniku sa jedne, druge ili obe ćelije istovremeno,
- smanjenje kašnjenja, pogotovo za *IP* saobraćaj koji je po svojoj prirodi veoma promenljiv i zahteva prenos velikih paketa u naletima. *DC-HSDPA* omogućava da se ovakvi podaci brže prenesu koristeći oba nosioca istovremeno.

Brži prenos podataka na fizičkom nivou postao je moguć zahvaljujući korišćenju modulacija višeg reda, ali i uvođenju novog *MAC* sloja koji se označava kao *MAC-ehs*. Ovaj sloj je uveden na *NodeB* strani za poboljšanje performansi *downlinka*. Za razliku od *MAC-hs* sloja koji se koristi kod *HSDPA*, *MAC-ehs* omogućava segmentaciju *RLC PDU*-ova u cilju prilagođenja radio kanalima. *MAC-ehs* omogućava multipleksiranje podataka sa više logičkih kanala u okviru jednog *TTI* i u zaglavlju paketa sadrži informaciju o kojim logičkim entitetima se zapravo radi. Na ovaj način se smanjuje *L2* zaglavlje u *IP* paketima i efikasnije i brže vrši prenos podataka. U suštini, ovaj *MAC* sloj u *downlinku* omogućava prenos 2 *MAC-ehs PDU*-a u okviru jednog *TTI*, što i jeste ključno kod *DC-HSDPA* tehnologije.

Kod *DC-HSDPA* prenos podataka se ostvaruje korišćenjem 2 *HS-DSCH* transportna kanala, gde svaki od ovih kanala ima odgovarajuće signalizacione kanale, kako za *downlink* tako i za *uplink*, kao i svoj *HARQ* mehanizam. Funkcionalnosti na višim slojevima kao što su: raspoređivanje, segmentacija i sl. su zajedničke za oba kanala. U suštini, kod *DC-HSDPA*, *UE* koristi dve ćelije sa dva nosioca u *downlinku* i jednu ćeliju u *uplinku*. Uopšteno gledano, korisniku se omogućavaju duplo veće brzine prenosa podataka bez značajnih promena u mreži. Dva nosioca, koja rade kao *DC*, trebaju biti iz istog frekventijskog opsega i susedni jedan drugom. Tek kasnija *3GPP* izdanja nude mogućnost kombinovanja nosilaca iz različitih opsega. Ćelije koje rade kao *DC* se

nazivaju primarna ili glavna ćelija i sekundarna ili dodatna ćelija. Sva komunikacija od *UE* prema mreži ostvaruje se samo preko glavne ćelije, koja se naziva i servisna ćelija. Druga, tzv. sekundarna ili dodatna servisna ćelija, ima samo fizičke *downlink* kanale i uopšte nema *uplink* kanal. Kod mreža u kojima se koristi *DC* pristup, svaka od ćelija zasebno funkcioniše kao i svaka druga, samo što se ostavlja mogućnost da korisnički terminali koji podržavaju *DC* tehnologiju mogu koristiti dve ćelije istovremeno. Takođe, ako se uzme u obzir da se kod *DC* pristupa raspoređivanje resursa između ćelija koje čine *DC* par izvršava svake 2ms, onda je jasno da se ovakvim pristupom bolje balansira opterećenje svake od ćelija u mreži.

### 3. Preduslovi aktivacije *DC-HSDPA* funkcionalnosti

Proširenje radio-pristupne mreže novim ćelijama, koje će raditi kao *DC-HSDPA*, zahteva, pre svega, dodatni frekvencijski spektar. Nove ćelije treba da rade u frekvencijskom opsegu koji je susedni opsegu na kome radi postojeća *HSPA* mreža. Ovo, kao što je već rečeno, obično nije ograničenje jer su telekom operatori uglavnom kupovali frekvencijske opsege širine od 10MHz do 15MHz. Kada se odredi frekvencija koju će koristiti nove ćelije, potrebno je obezbediti da mrežni elementi ispunjavaju uslove potrebne za uvođenje dodatnog nosioca. S obzirom da se *DC* funkcionalnost odnosi samo na radio-pristupnu mrežu, ovi uslovi se odnose samo na mrežene elemente iz *UTRAN* dela. Sa aspekta mreže, *RNC* mora da podržava unapređeni *L2* sloj i mogućnost uspostavljanja radio nosioca koji će podržati *DC-HSDPA*, a *NodeB* mora da podrži novi *MAC-ehs* sloj. Ovde se radi o softverskim funkcionalnostima čija aktivacija uglavnom podrazumeva određenu softversku nadogradnju mrežnih elemenata i kupovinu novih licenci od proizvođača opreme. Sa strane korisnika, korišćenje *DC-HSDPA* je moguće samo sa korisničkim terminalima kategorije veće od 21. Pored svega navedenog, treba svakako uzeti u obzir ograničeni kapacitet mrežnih elemenata i uraditi proširenje *RNC*-ova i *NodeB*-ova zbog povećanja ukupnog broja ćelija u mreži.

Nakon što se obezbedi da svi mrežni elementi podržavaju novu funkcionalnost, potrebno je dodati nove ćelije u mrežu, poštujući odgovarajuća pravila:

- ćelije koje rade kao *DC-HSDPA* moraju koristiti susedne frekvencijske opsege,
- ćelije koje rade kao *DC-HSDPA* moraju pripadati istom *NodeB*-u i istom sektoru na *NodeB* te koristiti isti *timing offset* i skrembling kod,
- ćelije koje rade kao *DC-HSDPA* moraju biti podešene na isti način i moraju emitovati signal istom snagom,
- da bi se ostvarile maksimalne brzine prenosa podataka po korisniku, ćelije koje rade kao *DC* par treba podesiti da mogu koristiti do 15 kodova, *64QAM* modulaciju i *TTI* trajanja 2ms.

Nove ćelije se dodaju kao novi sloj na postojeću *SC-HSPA* mrežu. Svaka nova ćelija predstavlja par jednoj, postojećoj ćeliji i oblast pokrivanja ćelija koje su u paru je približno ista. Na taj način oblast pokrivanja nadograđene *3G* mreže se ne menja ali se menjaju performanse mreže i omogućavaju se veće brzine prenosa podataka po korisniku te podrška većem broju korisnika.

Dodavanje novih ćelija u mrežu i aktivacija *DC* funkcionalnosti predstavlja lakši deo implementacije. Najveći izazov u implementaciji dvostrukog nosioca predstavlja upravljanje mobilnošću korisnika i izbor prave strategije za *handover*-e, kao i

balansiranje opterećenja po ćelijama. Izbor strategije za upravljanje *handoverima* i mobilnošću korisnika različit je za svaku mrežu i zavisi od broja stanica, broja korisnika, ponašanja korisnika, dominantnog tipa saobraćaja i sl.

#### 4. Strategija implementacije *DC-HSDPA* tehnologije

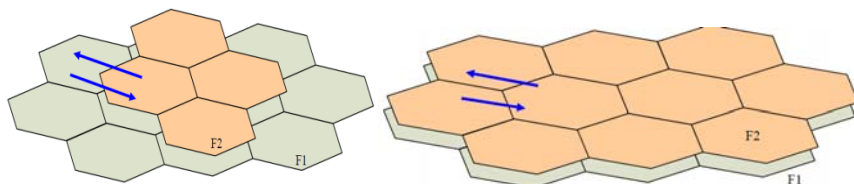
Dodavanje novog nosioca u postojeću *HSPA* mrežu podrazumeva dodavanje novih ćelija u mrežu koje koriste različitu frekvenciju od postojećih ćelija. Ove nove ćelije u mreži nazivaju se slojevi i njihovim uvođenjem stvara se slojevita *UMTS* radio-pristupna mreža. Ovakva ćelijska organizacija naziva se hijerarhijska ćelijska konfiguracija *HCS (Hierarchical Cell Configuration)*. Svaki sloj se sastoji od skupa ćelija koje rade na istoj frekvenciji, pri čemu svi slojevi koriste različite frekvencije. Prvi sloj predstavlja dominantnu i osnovnu frekvenciju u mreži. To je najčešće frekvencija na kojoj je prvobitno puštena u rad *3G* mreža i koja je najšire rasprostranjena. Ova frekvencija se označava sa *F1*. Drugi sloj nastaje obično zbog proširenja kapaciteta. Zato se na nekim *NodeB*-ovima dodaju dodatne ćelije koje rade na drugoj frekvenciji, koja se označava sa *F2*. Mada se uvođenje *F2* prvobitno odnosilo samo na neke *NodeB*-ove, one koji imaju potrebe za proširenjem kapaciteta, vremenom se javila potreba da se *F2* uvede na svim ćelijama u mreži. Tako se dolazi do situacije da su *F1* i *F2* ćelije kreirane na svakom *NodeB* i one formiraju dva osnovna sloja. Sličnom logikom kako je uveden *F2*, uvode se i ostali slojevi. Na početku dodatni sloj služi kao *hotspot*, a kasnije se taj sloj širi i pokriva sve veće područje. Uvođenje dodatnih slojeva u *UMTS* mreži uveliko poboljšava performanse mreže. Međutim, optimizacija *handover*-a, rasporeda resursa po pojedinim ćelijama, radio planiranje i sl. otežavaju *HCS* implementaciju u realnim mrežama. Zbog toga se u današnjim mrežama najčešće susreću *F1* i *F2* slojevi, sa dodatnim *F3* slojem koji služi kao *hotspot*, tj. povećava kapacitet mreže na određenoj oblasti. Uvođenje *F3* obično se radi u centrima gradova, na autobuskim stajalištima, stadionima i sl.

Različite su strategije implementacije slojevite strukture u mreži i one zavise od potreba i mogućnosti pojedinih operatora. Kako su dodatni nosioci dodavani pre svega zbog povećanja kapaciteta mreže, postoje dva načina implementacije dodatnog nosioca u mreži i to *hotspot* scenario i scenario „jedan na jedan“.

*Hotspot* scenario je nastao iz potrebe da se uradi proširenje mreže samo na nekim lokacijama (slika 1, levo). Obično je razlog ovakve implementacije ograničen budžet operatora. Tu se radilo o manjim oblastima u mreži kao što su trgovi u većim gradovima, stadioni i slično. Dodavanje drugog nosioca može biti po principu dve *SC (Single Carrier)* ćelije ili jedan *DC par (Dual Carrier)*. Međutim, zbog prednosti koje nosi *DC* implementacija, drugi sloj se najčešće dodaje kao *DC*. Kako u jednom, tako i u drugom slučaju mora se napraviti strategija upravljanja mobilnošću korisnika i raspoređivanja resursa u mreži. Zbog toga se pažljivo određuje koji *handoveri* su dozvoljeni u mreži. Obično je *interfrequency handover (handover između dva sloja)* dozvoljen samo lokalno (*co-sited*), između ćelija na istom sektoru i između ćelija na ivici pokrivanja oblasti *F2*, dok se unutar *F2* oblasti korisnik kreće po jednom ili po drugom sloju.

Kada operatorima budžet nije ograničenje, drugi sloj se uvodi u čitavoj mreži. Takođe, vremenom, većina operatora prelazi sa *hotspot scenarija* na ovakav tip implementacije, jer se ovaj način može efikasnije odgovoriti novonastalim korisničkim

zahtevima. Ovaj princip uvođenja drugog nosioca naziva se „jedan na jedan“, tj. svakoj *F1* ćeliji odgovara jedna *F2* ćelija (slika 1, desno).



Slika 1. Dodavanje drugog nosioca po principu hotspotova (levo) i principu „jedan na jedan“ (desno)

Nakon što se proširi mreža po *hotspot* ili „jedan na jedan“ principu, operatori koriste dodatne tehnike kojima razdvajaju *HSPA* od *R99* i *CS* saobraćaja. Različite su strategije koje se koriste za razdvajanje tipova saobraćaja po slojevima, a najčešće korišćene su: *HSPA* preko *R99*, *HSPA+R99* preko *R99*, *HSPA* preko *HSPA+R99*.

Kod strategije *HSPA preko R99* govorni pozivi i *R99* paketski saobraćaj dozvoljeni su na sloju *F1*, a *HSPA* saobraćaj (*HSDPA+HSUPA*) dozvoljen je samo na sloju *F2*. Prednost ovakve implementacije jeste u tome što se mreža može optimizovati, jer se brzi paketski prenos obavlja po jednom sloju, a govorni pozivi po drugom. Može se uraditi fino podešavanje rasporeda resursa unutar jednog sloja pa tako na primer na sloju *F2* čitavo *OVSF* kodno stablo i sva dostupna snaga su na raspolaganju *HSPA* saobraćaju. Još jedna prednost ovakvog pristupa jeste ta što promene na jednom sloju ne utiču na drugi sloj, pa se na taj način mogu uvesti novi *HSPA* servisi bez uticaja na *R99* i *CS* saobraćaj. Međutim, nedostaci ovakve implementacije su što postoji mogućnost da jedan sloj bude preopterećen, a drugi sloj neiskorišćen. Tako se može desiti da *F1* sloj ima zagušenja i nemogućnost ostvarivanja govornog poziva, a da *F2* sloj, pri tome, nosi vrlo malo saobraćaja.

Druga strategija jeste *HSPA+R99 CS preko R99*. Ovakvom implementacijom otklanja se problem zagušenja sloja *F1* i omogućavaju dodatni resursi i na *F2* sloju, za *CS* saobraćaj. Na sloju *F2* omogućava se samo *R99 CS* saobraćaj, a ne i *PS* saobraćaj. Omogućavanje *PS* saobraćaja na drugom sloju smanjilo bi kapacitet dostupan *HSPA* servisima i zato se omogućava samo *R99 CS*. Ovim pristupom drugi sloj može da podrži „*multi RAB*“ aplikacije, tj. može da podrži aplikacije koje zahtevaju govorni i *HSPA* servis istovremeno.

Treći način raspodele saobraćaja u mreži sa dva sloja jeste *HSPA preko HSPA+R99*. Ova strategija se primenjuje u mrežama koje imaju povećan *HSPA* saobraćaj. S obzirom na porast paketskog saobraćaja u mrežama, ovakve konfiguracije se sve više sreću u komercijalnim mrežama.

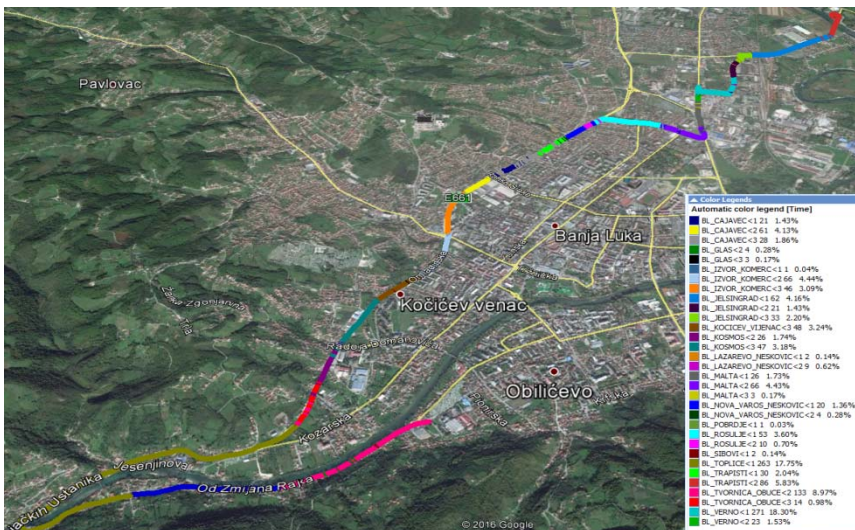
## 5. Upporedna analiza performansi *SC-HSDPA* i *DC-HSDPA* mreže

Analiza performansi mreže bazirana je na merenjima i testiranjima obavljenim u mreži telekom operatora Mtel na području grada Banja Luka. Posmatran je deo mreže koji se sastoji od 86 *NodeB*-ova sa ukupno 243 ćelije. Telekom operator Mtel je u decembru 2015. godine izvršio proširenje *HSPA* mreže na području grada Banja Luka dodavanjem dodatnog nosioca. Prvobitno je proširenje urađeno po principu *hotspotova* na

27 lokacija, a kasnije je drugi nosilac dodat i na preostalim lokacijama u pomenutom gradu, čime je realizovan scenario “jedan na jedan”. Na ukupno 86 stanica na kojima se nalazilo 243 ćelije, urađeno je proširenje sa još 243 ćelije te su formirana dva sloja: prvi sa frekvencijom  $F1$  čiji je  $UARFCN=10713$  i drugi sloj  $F2$  sa frekvencijom  $UARFCN=10763$ . Ćelije sa oba sloja podržavaju i  $R99$  i  $HSPA$  saobraćaj i istog su prioriteta, a korisnici se raspoređuju slučajno.

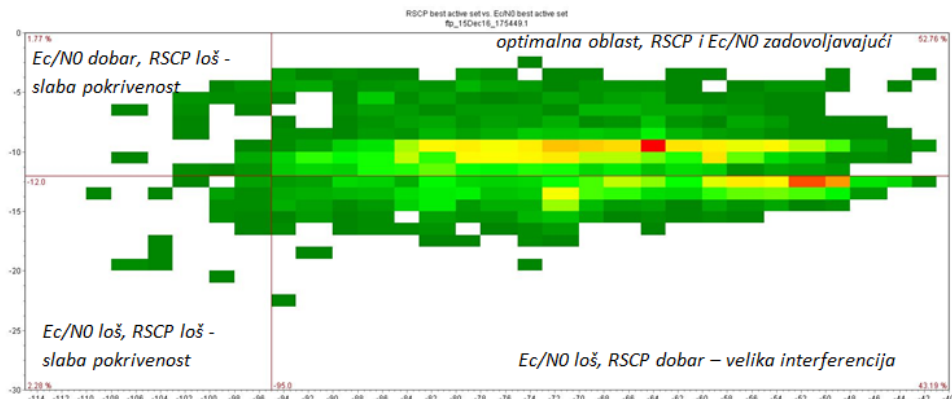
Uparedna analiza  $HSDPA$  mreže pre i posle implementacije dvostrukog nosioca urađena je na osnovu rezultata *drive testova* sprovedenih u komercijalnoj mreži i na osnovu sistemskih merenja. Merenja su obavljena 16. i 21. decembra 2015. godine, dok je dvostruki nosilac u posmatranoj mreži implementiran 18. decembra iste godine. Kratak vremenski razmak između merenja omogućava da se jasno vide prednosti i eventualni nedostaci implementacije  $DC-HSDPA$  u mreži.

*Drive testovi* su izvršeni pomoću *Nemo Handy* softverskog alata instalisanog na korisničkom terminalu, koji je izvršavao unapred definisane skript komande. Skript komandama je definisano ponašanje korisničkog terminala koji je na taj način izvršavao aktivnosti poput pristupanja *web* stranicama, razmena *SMS* poruka ili *download* fajlova. Akcenat je bio na *download*-u fajlova, tj. *FTP* prenosu podataka sa javno dostupnog *FTP* servera, zbog analize realnih brzina prenosa podataka u *SC* i  $DC-HSDPA$  okruženju. Kako su *drive testovi* rađeni 16. i 21. decembra 2015. godine, u periodu između 18h i 18:30h, u skladu sa tim prikupljena su sistemska merenja i izvršena je analiza samo za ćelije obuhvaćene pomenutim *drive testovima*. Na ovaj način, moći će se paralelno posmatrati stanje mreže iz perspektive korisnika i iz perspektive telekom operatora. Na slici 2. prikazana je ruta obavljenih *drive test* merenja sa nazivima  $3G$  ćelija sa kojima je testni terminal u toku testiranja komunicirao. Upravo za ove ćelije analizirana su i sistemska merenja.



Slika 2. Drive test ruta sa grafičkim prikazom aktivnih UMTS ćelija u toku testiranja obavljenih 16. i 21.12.2015. godine

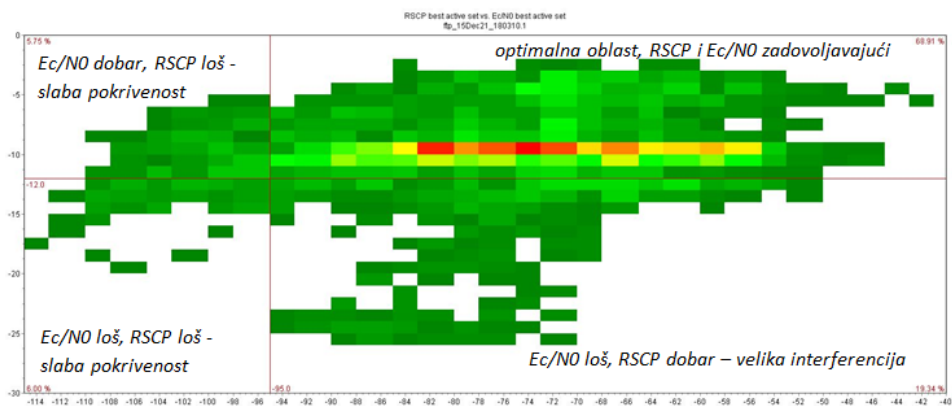
Najbolji pokazatelj kvaliteta signala u 3G mreži (slike 3 i 4) je odnos *RSCP* (*Received Signal Code Power*) i *EcNo* parametar ( $E_c$  predstavlja primljenu energiju pilot signala po jednom čipu), a  $N_0$  je spektralna gustina snage šuma.



Slika 3. Prikaz odnosa *RSCP* i *EcNo* u toku drive test merenja u SC-HSDPA mreži

Kada se posmatraju *RSCP* i *EcNo* vrednosti, treba imati u vidu tipične vrednosti ovih parametara. Ukoliko je *RSCP* veći od  $-95\text{dB}$  i *EcNo* veći od  $-12\text{dB}$ , nivo signala se smatra zadovoljavajućim. U skladu sa tim, posmatrajući odnos *RSCP*-a i *EcNo*, razlikuju se četiri kvadranta (slika 3 i slika 4) koja su formirana na osnovu ovih graničnih vrednosti:

- optimalna oblast:  $RSCP > -95\text{dB}$  i  $EcNo > -12\text{dB}$
- oblast slabe pokrivenosti:  $RSCP < -95\text{dB}$  i  $EcNo > -12\text{dB}$
- oblast slabe pokrivenosti:  $RSCP < -95\text{dB}$  i  $EcNo < -12\text{dB}$
- oblast jake interferencije:  $RSCP > -95\text{dB}$  i  $EcNo < -12\text{dB}$

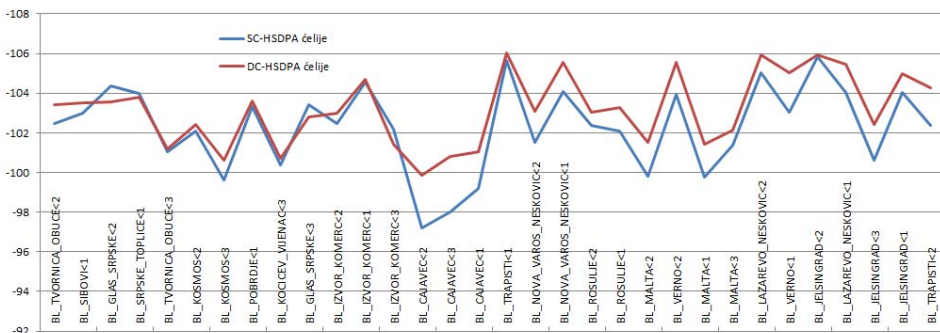


Slika 4. Prikaz odnosa *RSCP* i *EcNo* u toku drive test merenja u DC-HSDPA mreži

U mreži sa jednim nosiocem, rezultati *drive testova* pokazuju da je u 52,76% teritorije 3G signal dobar, sa zadovoljavajućim vrednostima *EcNo* i *RSCP*. Međutim, čak u 43%

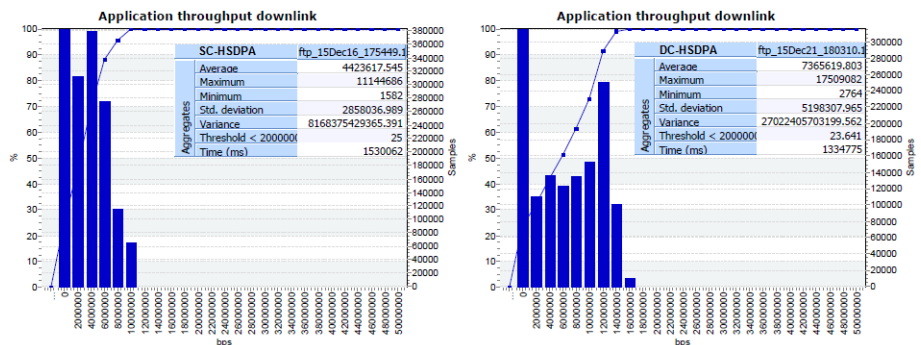


teritorije registrovan je loš *EcN0* i dobar *RSCP*, tj. prisutan je velik šum i pored dovoljno jakog signala. Ovo upućuje na problem visoke interferencije stvorene od okolnih ćelija, a izazvane porastom broja korisnika i opterećenja mreže. Na 4,05% teritorije obuhvaćene testiranjem uočena je slaba pokrivenost. Ovde je nivo signala slab, a ovaj problem se obično rešava pojačavanjem snage na ćelijama ili podešavanjem *tiltova* antena (elevacije antena/ćelija). Problem slabe pokrivenosti tiče se radio planiranja i optimizacije same mreže. Nakon implementacije dvostrukog nosioca, situacija se drastično popravila. Optimalne *EcN0* i *RSCP* vrednosti prisutne su u 68,91% slučajeva, dok je problem sa interferencijom ostao na samo 19,34% teritorije. Problem sa lošom pokrivenošću je međutim porastao na 11,75% teritorije, što je posledica smanjenja snaga na pojedinim ćelijama. Snaga je smanjena zbog hardverskih ograničenja *NodeB*-ova koji ne mogu da podrže dodavanje još jedne ćelije iste snage kao što je postojeća (ćelije koje formiraju *DC* par moraju imati istu snagu). Dodavanjem još jednog *UMTS* sloja rasteretila se postojeća mreža i smanjio šum u komunikacionom kanalu, što je doprinelo boljim *3G* radio uslovima.



Slika 5. RTWP vrednosti u slučaju jednog i dva nosioca

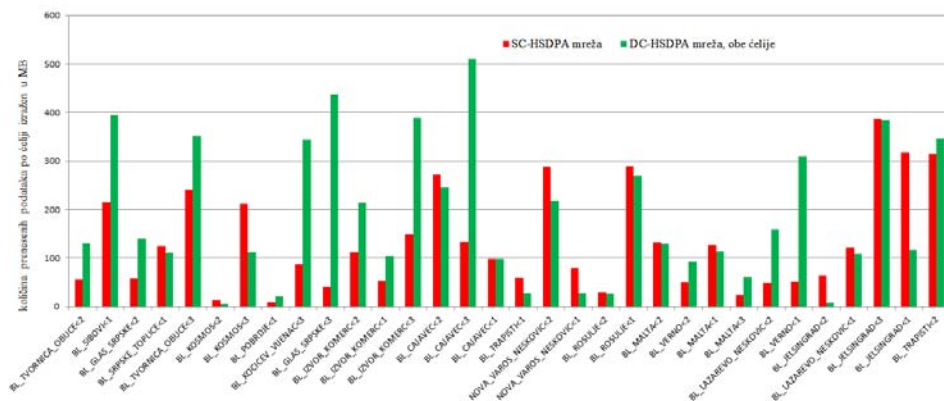
Ako se pogledaju sistemska merenja i nivo šuma na *uplinku*, na ćelijama obuhvaćenim *drive testovima*, dolazi se do istog zaključka. Implementacijom dodatnog nosioca RTWP je znatno smanjen, što je od posebnog značaja za kvalitetniji *HSUPA* saobraćaj (slika 5).



Slika 6. Brzine prenosa podataka na aplikativnom sloju SC-HSDPA (levo) i DC-HSDPA (desno) mreže u toku izvršenih *drive testova*

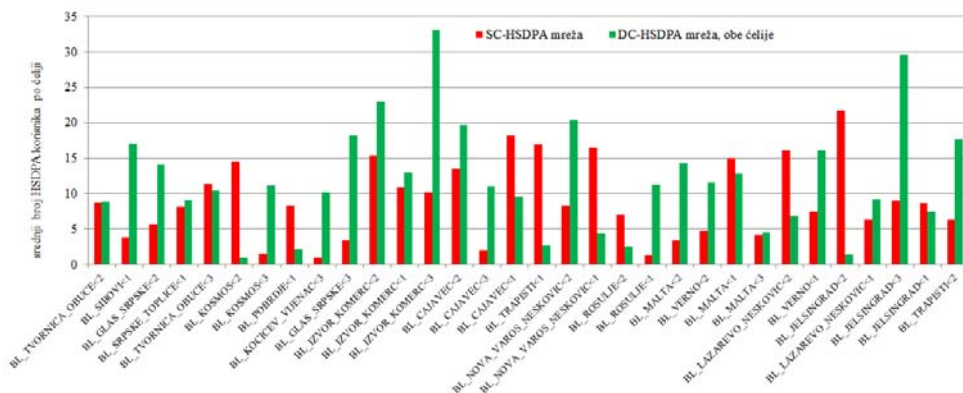


Implementacija dvostrukog nosioca u 3G mrežama pre svega omogućava veće brzine prenosa podataka, što rezultati *drive testova* i pokazuju (slika 6). Maksimalna brzina prenosa podataka na aplikativnom sloju u *DC-HSDPA* mreži iznosi 17,50 Mb/s, što je značajno više od 11,14 Mb/s, ostvarenih u *SC-HSDPA* okruženju. Maksimalna brzina osvarena u toku *drive testova* nije pravi pokazatelj performansi mreže, pa ćemo zbog toga pažnju obratiti na srednje vrednosti. Prosečna brzina prenosa podataka na aplikativnom sloju u *SC-HSDPA* mreži iznosi 4,42 Mb/s, dok je prosečna brzina na aplikativnom sloju ostvarena u *DC-HSDPA* mreži 7,36 Mb/s. Ovde se vidi da je brzina prenosa podataka skoro udvostručena, što je glavna prednost implementacije dvostrukog nosioca. Sa većim brzinama prenosa podataka, raste i ukupna količina prenesenih podataka u mreži (slika 7).



Slika 7. Ukupna količina prenesenih podataka po ćeliji u mreži sa jednim i dva nosioca

Dotadni *HSDPA* sloj značajno je povećao kapacitet mreže, tj. ukupnu količinu prenesenih podataka kao i broja *HSDPA* korisnika (slika 8.). Sve ovo direktno utiče na veći stepen korisničkog iskustva, ali i povećanje prihoda telekom operatora.



Slika 8. Srednji broj HSDPA korisnika po ćeliji u HSDPA mreži sa jednim i dva nosioca

## 6. Zaključak

Analiza performansi mreže nakon implementacije dvostrukog nosioca pokazuje opravdanost postupka uvođenja ove tehnologije u mrežu telekom operatora. *DC-HSDPA* tehnologija optimalno iskorišćava frekvencijski spektar, povećava kvalitet i kapacitet mreže, te direktno utiče na veći stepen zadovoljstva krajnjeg korisnika. Bez gubitka kvaliteta servisa, brzine prenosa podataka po korisniku su udvostručene, a broj korisnika i ukupna količina prenesenih podataka su značajno povećani. Kako je frekvencijski spektar uglavnom već dostupan telekom operatorima, troškovi implementacije dvostrukog nosioca svode se na zamenu zastarelog hardvera i operativne troškove same implementacije. Iz svega navedenog, možemo zaključiti da *DC-HSDPA* tehnologija telekom operatorima povećava dobit i zadovoljstvo korisnika pruženim uslugama, uz značajno produženje životnog veka 3G mreža, što omogućava znatno relaksiraniju tranziciju ka mrežama četvrte generacije.

## Literatura

- [1] Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold, Per Beming, „3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband“, Elsevier Ltd, first edition 2007.
- [2] Martin Sauter, „*Communication Systems for the Mobile Information Society*“, John Wiley & Sons, 2006.
- [3] Sebastian Caban, Christian Mehlhfuhrer, Markus Rupp, Martin Wrulich, „Evaluation of HSDPA and LTE from Testbed Measurements to System Level Performance“, John Wiley & Sons, 2012.
- [4] Engineering Service Group, „WCDMA Multi-Carrier Support: Deployment & Parameter Settings Guidelines“, Qualcomm Technologies, Inc, San Diego 2007.
- [5] Joao Manuel, Cardoso Lopes, „Performance Analysis of UMTS/HSDPA/HSUPA at the Cellular Level“, Instituto Superior Tecnico, Universidade Tecnica de Lisboa, March 2008
- [6] Huawei Technologies, „DC-HSDPA Feature Parameter Description“, 2013.
- [7] Huawei Technologies, „UMTS Multi-Carrier Deployment Strategy“, 2013.

**Abstract:** *Multicarrier implementation in HSPA networks significantly improves network performances and end users service quality. Dual Cell technology provides optimum spectrum utilization for telecom operators and improve user experience (QoE) and quality of service (QoS). Aim of this paper is to analyze HSDPA network performance in case of one and two carriers and to show that DC-HSDPA implementation improve single carrier HSPA network performance.*

**Keywords:** *Dual Cell HSDPA, HSDPA signal quality, network capacity, quality of user experience (QoE)*

## DC-HSDPA TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN 3G RADIO-ACCESS NETWORKS

Dragan Sakota, Zeljko Jungic