

# Uplink kontrola snage kod LTE tehnologije

## Kontrola snage otvorenom petljom (*Open Loop Power Control*)

Nenad Pejčić

Planiranje i optimizacija pristupne radio mreže:  
Vip mobile  
Pančevo, Srbija  
n.pejcic@vpmobile.rs

Milan Lukić

Planiranje i optimizacija pristupne radio mreže  
Vip mobile  
Beograd, Srbija  
milan.lukic@vpmobile.rs

**Sažetak**—LTE mreža je potrebno da ima mehanizme za kontrolu snage mobilnih uređaja kako bi mogla da se kontroliše interferencija u sistemu nastala unutar ćelije ili između ćelija. Da bi se to postiglo koriste se mehanizmi kontrole snage kao što su: kontrola snage otvorenom i zatvorenom petljom. U ovom radu će biti reči o kontroli snage otvorenom petljom. Mehanizam kontrole snage otvorenom petljom se definiše prema specifikaciji 3GPP TS36.213. Pored teoretskog dela odraden je i ostvrt na eksperimentalni deo, odnosno na primenu u LTE mreži, tako što su testirana tri preporučena seta parametara. U radu je prikazana i evaluacija dobijenih rezultata.

**Ključne riječi**-Konveisionalna kontrola snage; Open loop Power Control; Frakcionalna kontrola snage

### I. UVOD

Mehanizam kontrole snage se koristi da bi se postiglo smanjenje interferencije između ćelija, kao i u okviru same ćelije. Još jedna primena kontrole snage bi bila smanjenje potrošnje energije koju zrači mobilni uređaj. Kontrola snage je kompromis izmedju veličine pokrivanja ćelije i interferencije u sistemu. Većom snagom mobilnog uređaja se povećava pokrivanje ćelije, ali isto tako mobilni uređaj povećava interferenciju u ostatku sistema. Po specifikaciji 3GPP TS 36.213 uplink kontrola snage je podeljena na kontrolu snage za PUCCH (*Physical Uplink Control Channel* - Fizički uplink kontrolni kanal), PUSCH (*Physical Uplink Shared Channel* – Fizički uplink deljeni kanal) i SRS (*Sounding Reference Signal* – referentni signal). Postoje tri mehanizma za uplink kontrolu snage na PUSCH kanalu: kontrola snage otvorenom petljom (*Open Loop Power Control*), kontrola snage pomoću zatvorene petlje (*Close Loop Power Control*) i kontrola snage koja uzima u obzir interferenciju (*Interference Aware Power Control*). Kontrola snage zatvorenom petljom predstavlja nadogradnju kontrole snage otvorenom petljom dinamički prilagođavajući snagu mobilnog uređaja na osnovu radio uslova. U poređenju sa WCDMA sistemom problem *blizu-daleko* je znatno manje izražen kod LTE Sistema. U ovom radu će biti reči o kontroli snage otvorenom petljom.

### II. KONTROLA SNAGE OTVORENOM PETLJOM

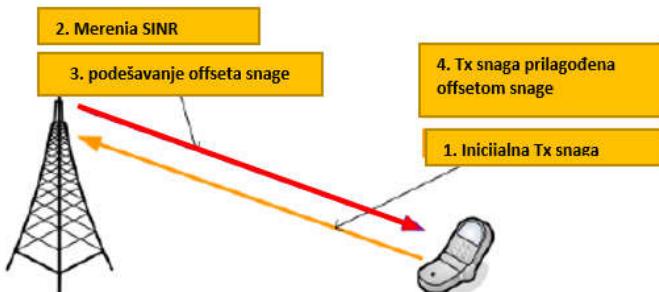
Kontrola snage otvorenom petljom je zasnovana na mehanizmu merenja propagacionog slabljenja na strani mobilnog uređaja. Na osnovu dobijenih rezultata merenja, koja se prosleđuju baznoj stanici (*eNodeB*) pomoću PUCCH kanala, bazna stanica šalje informaciju mobilnom uređaju o prilagođenju snage pomoću PDCCH kanala (*Physical Dowlink Control Channel* – Fizički downlink kontrolni kanal). Proračun kontrole snage na PUSCH kanalu se oslanja na sledeću formulu:

$$P_{\text{PUSCH}}(i) = 10 \cdot \log_{10}(M_{\text{PUSCH}}(i)) + P_{0\_PUSCH}(i) + \alpha \cdot PL + \Delta TF(i) + f(i) [\text{dBm}] \quad (1)$$

gde je:

- $M_{\text{PUSCH}}(i)$  – frekfencijski opseg dodeljenih PUSCH  $i$ -tog subframe-a izražen u broju resursnih blokova.
- $P_{0\_PUSCH}(i)$  – prilagodljivi offset snage koji se koristi za kontrolu usrednjavanja uplink nivoa primljenog signala i odnosa signal šum.  $P_{0\_PUSCH}(i)$  predstavlja zbir  $P_{0\_NOMINAL\_PUSCH}(i)$  – nominalna vrednost (zajednička vrednost nivoa predajne snage svih mobilnih uređaja u ćeliji) i  $P_{0\_UE\_PUSCH}(i)$  – specifične vrednosti za mobilni uređaj (osnosi se na svaki uređaj ponaosob i služi za ispravljanje greške prilikom proračuna nastalih gubitkom prostiranja).
- $\alpha$  – Frakcionalni kompenzacioni faktor koji omogućava prilagodljivu kompenzaciju između kapaciteta i podjednakih uslova za sve.
- $PL$  – downlink propagaciono slabljenje izračunato na strani mobilnog uređaja. Predstavlja razliku između snage referentnog signala koju eNodeB šalje mobilnom uređaju pomoću poruke sadržane u PBCH (*Physical Broadcast Channel*) kanalu i snage signala na prijemu (RSRP - *Reference Signal Received Power*).
- $\Delta TF(i)$  – korekcioni faktor koji uzima u obzir detalje o transportnom format koji se koristi u  $i$ -tom subframe-u.
- $f(i)$  – Prilagođenje snage pomoću mehanizma zatvorene petlje.

Procedura kontrole snage za cilj ima da se održi spektralna gustina snage koju koristi mobilni uređaj bez obzira koliki spektralni opseg mu je dodeljen, odnosno broj PRB (*Physical Resource Block*). Kontrola snage ne kontroliše apsolutnu snagu kojom zrači mobilni terminal, već spektralnu gustinu snage, raspodeljenu po Hz. eNodeB na prijemu treba da ima podjednaku spektralnu efikasnost svih mobilnih uređaja koje opslužuje, tako da prijemnik ne radi u velikom opsegu snaga. Za različite količine podataka koje se prenose, dodeljuju se različiti spektralni opsezi, odnosno broj PRB-eva, pa se i snaga kojom zrači mobilni uređaj menja, ali gustina spektralne efikasnosti ostaje konstantna. Prilikom inicijalne uspostave sa eNodeB-jem, ukoliko mobilni uređaj ne prima povratnu informaciju ulazi u proceduru podešavanja snage otvorenom petljom na osnovu propagacionih gubitaka. Snaga mobilnog uređaja se kreće u opsegu 0,5W – 2W. Ukoliko je komunikacija sa baznom stanicom uspostavljena, mobilni uređaj prima informaciju o korekciji spektralne gustine snage na osnovu kvaliteta uplika i premerenog nivoa signala. Svrha kontrole snage je podešavanje nivoa snage svakog uređaja ponaosob, slika 1.



Sl. 1 - Procedura uplink kontrole snage

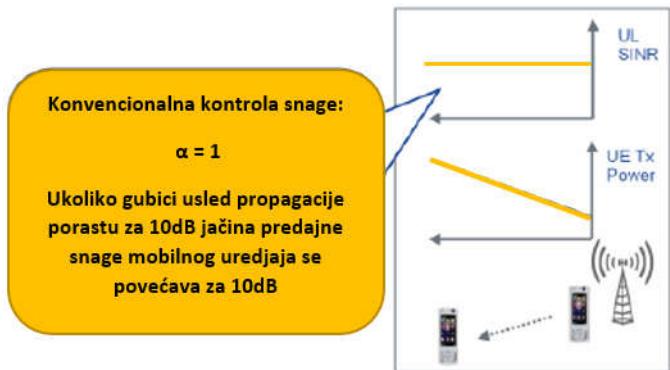
#### A. Konvencionalna i frakcionalna kontrola snage

Konvencionalna kontrola snage nastoji da održi konstantan nivo odnosa signal šuma i interferencije (SINR) na prijemu. Mobilni uređaj povećava snagu tako da u potpunosti nadoknadi gubitke nastale prilikom propagacije, slika 2.

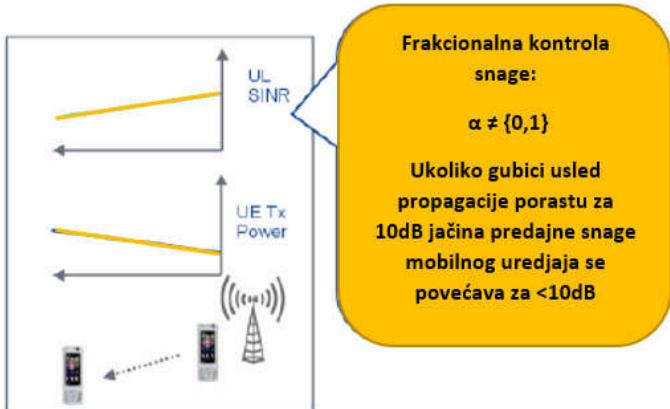
Frakcionalna kontrola snage dozvoljava da prijemni SINR opada dok gubici nastali propagacijom rastu. Na primer, prijemni SINR opada kako se mobilni uređaj kreće ka ivici celije, slika 3.

Frakcionalna kontrola snage funkcioniše tako što mobilni uređaj povećava predajnu snagu a pritom ne nadoknađuje u potpunosti gubitke nastale usled propagacije. Frakcionalna kontrola snage poboljšava spektralnu efikasnost i povećava prosečne protoke smanjujući međučelijsku interferenciju.

3GPP TS 36.213 specificira upotrebu frakcionalne kontrole snage za PUSCH, sa mogućnošću da se isključi i da se aktivira konvencionalna kontrola snage.



Sl. 2 - Konvencionalna kontrola snage



Sl. 3 - Frakcionalna kontrola snage

### III. VERFIKACIJA KONTROLE SNAGE OTVORENOM PETLJOM NA OSNOVU MERNIH REZULTATA

#### A. Merni sistemi

Za monitorisanje rezultata i verifikaciju korišćen je Nokia-in alat za performanse (PM - *Performance Manager*) NetAct, posmatrane su vrednosti KPI (*Key Performance Indicators*). KPI koji su korišćeni za praćenje performansi prilikom testiranja su sledeći: *Average RSSI PUSCH*, *Average SINR PUSCH*, *Average Power Headroom PUSCH*.

Za verifikaciju permormansi na terenu korišćena je merna oprema proizvođača ASCOM – TEMS Automatic sistem [5]. Servis koji je testiran je FTP UL, a posmatrani KPI su: *Upload Throughput*, *UE Tx Power*, *PUSCH PRB usage*, *MCS Index*, *RSRP*.

#### B. Postavka merenja

Za testiranje na mreži odabran je klaster od 43 sajtova, uglavnom u urbanom području, na periferiji Beograda, slika 4.



Sl. 4 - Testni klaster

Na osnovu formule za proračun snage na PUSCH kanal, Nokia je implementirala na svom sistemu sledeće parametre čije vrednosti su podešavane tokom testiranja:

- *actULpcmethod* – parametar koji deaktivira *feature Interference Aware UL Power Control* koji je po pravilu uvek aktivan, tako da je u svim scenarijima testa njegova vrednost podešena na *PuschOLPucchOL* (1)
- *p0NomPusch* – kalkulacija nominalne predajne snage mobilnog uređaja na PUSCH kanalu
- *ulpAlpha* - Frakcionalni kompenzacioni faktor

Prilikom testiranja korišćena su 3 testna seta parametara:

Set 1:

*actULpcmethod* = 1 (PuschOLPucchCL)  
*p0NomPusch* = -80 dBm  
*ulpAlpha* = 0.8

Set 2:

*actULpcmethod* = 1 (PuschOLPucchCL)  
*p0NomPusch* = -100 dBm  
*ulpAlpha* = 1.0

Set 3:

*actULpcmethod* = 1 (PuschOLPucchCL)  
*p0NomPusch* = -60 dBm  
*ulpAlpha* = 0.6

Set 1 i Set 3 predstavljaju frakcionalnu kontrolu snage, dok Set 2 sadrži parametre konvencionalne kontrole snage. Set 1 se preporučuje u mrežama koje imaju umerenu do povišenu količinu saobraćaja. Set 2 se preporučuje u mrežama sa malom količinom saobraćaja (mala interferencija generisana mobilnim

uređajima, te je moguće da emituju većom snagom). Set 3 se proporučuje u veoma opterećenim mrežama, i najveći dobitak se očekuje u dobrom radio uslovima.

Merenja na terenu su rađena po istoj ruti i u istom vremenskom intervalu dana za svaki set parametara, da bi imali što približnije radio uslove (opterećenje mreže) radi ravnopravnog poređenja setova, prema upustvima iz Noka-ine dokumentacije [2].

### C. Rezultati merenja

#### a) Rezultati sa OSS NetAct sistema

KPI posmatrani na OSS NetAct sistemu su dali sledeće vrednosti:

Average RSSI PUSCH



Sl. 5 – Average RSSI PUSCH

Prosečna vrednost RSSI, slika 5, format datuma MMDDYYYY, u setu 3 je najmanja, te se i preporučuje za upotrebu u veoma opterećenim mrežama. Set 2 koji u potpunosti kompenzuje gubitke nastale usled propagacije beleži i najveće vrednosti RSSI, pa se on stoga preporučuje u mrežama sa malim opterećenjem. Set 1 predstavlja kompromis između predhodna dva seta i kao što je i preporučeno koristi se u umereno opterećenim mrežama.

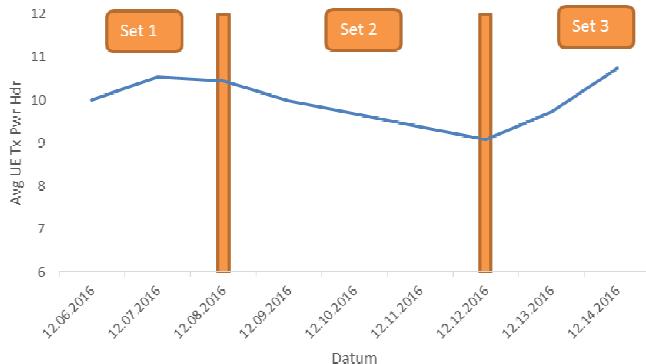
Average SINR PUSCH



Sl. 6 – Average SINR PUSCH

Najbolji odnos signal šum na PUSCH kanalu ostvaren je za Set 1, slika 6, dok je za Set 3 ostvaren najlošiji odnos signal šum jer se kompenzacija snage aktivira već u dobrim radio uslovima, pa stoga mobilni uređaju na ivici celije imaju lošiji SINR.

Average Power Headroom PUSCH

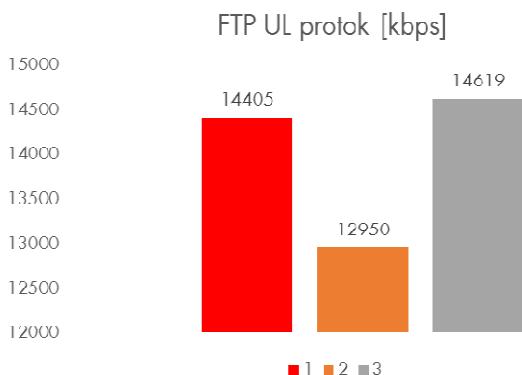


Sl. 7 – Average Power Headroom PUSCH

Iako Set 2 vrši u potpunosti kompenzaciju snage, Setovi 1 i 3 ranije aktiviraju frakcionalnu kontrolu snage pri boljim radio uslovima te je Average Power Headroom veći kod njih, slika 7.

#### b) Rezultati merenja na terenu

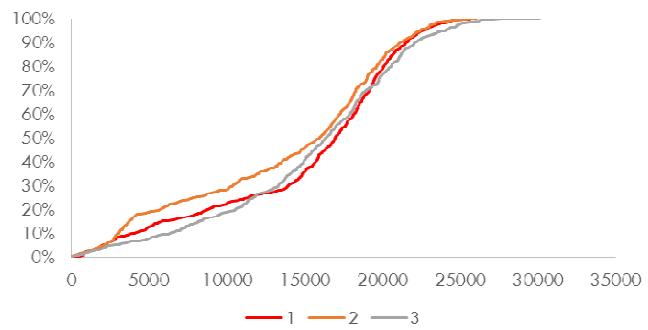
Na ASCOM mernom sistemu je testiran servis FTP upload uvek pri punom *buffer-u* mobilnog uređaja, tako da se podaci prenose na uplink-u i mobilni uređaj je u konektovanom stanju. Sledеće vrednosti su dobijene za servisni KPI FTP UL protok, slika 8.



Sl. 8 – FTP UL protok [kbps]

Na CDF grafiku može se videti distribucija odbiraka, slika 9.

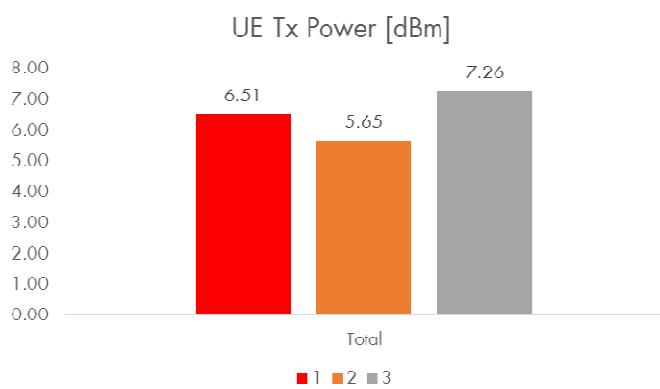
FTP UL Protok CDF



Sl. 9 – FTP UL protok CDF

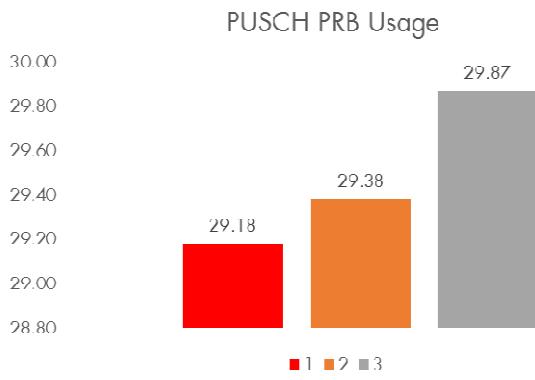
Set 3 je ostvario najbolje prosečne protoke u poređenju sa druga dva seta, slika 8. Sa CDF dijagrama se može primetiti da je Set 3 ostvario maksimalne protoke, jer u dobrim radio uslovima ide sa velikom snagom, ali u zonama na ivici celije protoci su lošiji od Seta 1. Set 2 na celoj CDF krivi zaostaje za druga dva seta, jer se konvencionalna kompenzacija kontrole snage aktivira tek kada se mobilni uređaj nalazi u lošijim radio uslovima (na ivici celije).

Od mrežnih KPI dobijeni su sledeći rezultati:

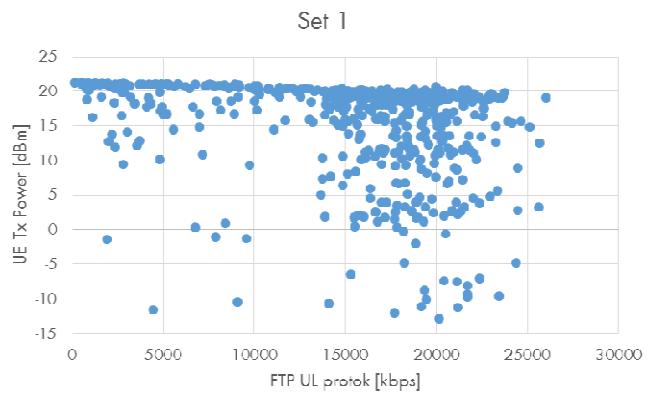


Sl. 10 – UE Tx Power [kbps]

Set 3 u proseku koristi najveću snagu jer prema parametru p0NomPusch = -60 dBm se vidi da se frakcionalna kontrola snage aktivira već u dobrim radio uslovima, pa je uključena u većini slučajeva. To prouzrokuje da upload protok bude najveći, ali isto tako se videlo da SINR beleži najlošije vrednosti. Set 1 aktivira frakcionalnu kontrolu snage veoma kasno te stoga mobilni uređaj zrači sa najmanjom snagom ali se ostvaruju značajno manji protoci od Setova 1 i 3, slika 10.



Sl. 11 – PUSCH PRB Usage



Sl. 13 – Set 1, UE Tx Power vs FTP UL protok

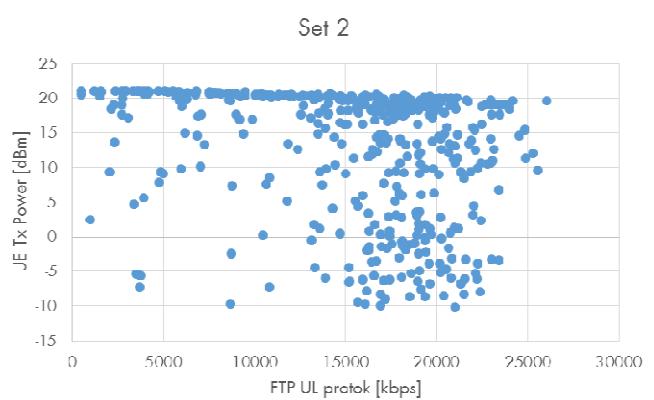
Sva tri seta u proseku imaju približno sličan broj PRB blokova na PUSCH kanalu, ali se set 3 izdvaja sa nešto većim brojem dodeljenih PRB-eva u proseku jer mobilni uređaji u dobrim radio uslovima dobijaju najveći broj resursa, slika 11.



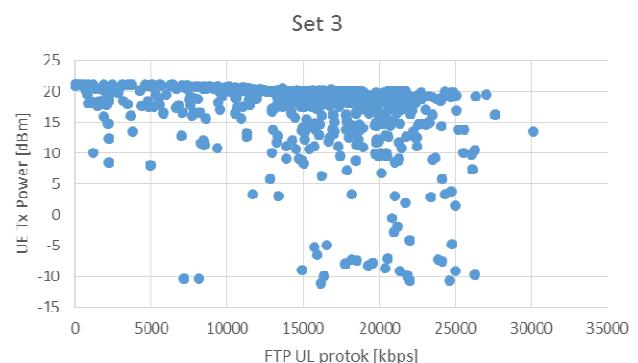
Sl. 12 – RSRP [dBm]

Na ovom grafiku se vidi da je tokom merenja svih setova mobilni uređaj bio u sličnim radio uslovima, što je uslovljeno i samom postavkom merenja (pri svakom setu je vožena ista ruta), sliak 12.

Pri kroskorelacija servisnog KPI FTP UL protok i UE Tx Power dobijeni su sledeći rezultati, slike 13,14 i 15:



Sl. 14 – Set 2, UE Tx Power vs FTP UL protok



Sl. 15 – Set 3, UE Tx Power vs FTP UL protok

Set 3 koristi najveću snagu na najvećem broju uzoraka, pri tome ostvaruje najveće protote, slika 15. Set 2 za razliku od prethodnog seta kod većine uzoraka ne ide maksimalnom snagom, već samo u lošijim radio uslovima, slika 14. Set 1 je kombinacija prethodna dva seta, slika 13.

#### IV. ZAKLJUČAK

[4] 3GPP TS36.213

[5] <http://www.temps.com/products-for-radio-and-core-networks/radio-network-engineering/mobile-network-testing-verification>

U zavisnosti od iskorišćenih mrežnih resursa različiti setovi se pokazuju kao efikasni. Sa trenutnim saobraćajem u VIP mobile LTE mreži, kao najpogodniji pokazuje se Set 1. Set 1 daje najbolji odnos iskorišćenosti resursa mreže i performansi, kao i izračene snage mobilnog terminala, te za posledicu ima i duže trajanje baterije.

#### ABSTRACT

LTE network requires mechanisms for uplink power control of mobile devices, and also to be able to control interference in system. LTE network achieves that with two algorithms: open loop power control and close loop power control. Open loop power control mechanism is specified by 3GPP standard TS36.213. Except theoretical part in this thesis will be also presented practical results in live LTE network. Three sets of recommended parameters are tested and evaluated.

#### LITERATURA

- [1] Chris Johnson J. Clerk Maxwell, "LTE\_in\_Bullets\_2Ed", A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [2] 07\_RA41217EN60GLA0\_Power\_Control Nokia internal course.
- [3] Documentation Set: NetAct™ Operating Documentation, Release: OSS 5.5, Version: 6.3.0.252

#### **Uplink Power Control in LTE technology Open Loop Power control**

Nenad Pejčić , Milan Lukić