

Optimizacija meritev omrežij LTE

Andrej Štern

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za telekomunikacije
E-pošta: Andrej.Stern@fe.uni-lj.si

Optimization of LTE measurements

Mobile operators are continuously monitoring, developing and enhancing their networks. The traditional way of assuring coverage, capacity and quality is performing drive tests by using specially adapted equipment in a test car or by hand in selected indoor situations. These approaches consume significant human efforts and high operation costs but still provide only limited coverage and efficiency. This paper outlines the innovative concepts of performing higher quality assurance by automated measurement solutions including involvement of commercial user equipment through functionalities like MDT (Minimization of Drive Tests) and SON (Self Organizing Networks).

1 Uvod

Operaterji mobilnih omrežij se na tehnoloških in komercialnih področjih soočajo z močnimi izzivi konkurenčnosti. Pridobivanje novih in zadržanje obstoječih uporabnikov zahteva dobro premišljene ponudbe, ki brez ustrezne kvalitete nosilnega omrežja ne morejo uspeti. Zagotavljanje višjih zmogljivosti omrežij zato operaterje vodi k posodabljanju dostopovnih in jedrnih tehnologij, pri čemer sočasno delovanje več generacij mobilne telefonije, npr. GSM/GPRS, UMTS in LTE, povečuje kompleksnost sistema in s tem upravljanje omrežja.

V širšem prostoru smo na pragu uvajanja 4. generacije (4G) mobilne telefonije v obliki tehnologije LTE-Advanced. Po prvih prikazih delovanja v 2011 so v preteklih mesecih sledili komercialni zagoni v Rusiji [1], Koreji in drugih državah. Zaradi različne stopnje integracije veliko operaterjev še vedno preizkuša novejša različice tehnologije, kot sta preklon govora na GSM (angl. Circuit Switched FallBack) in združevanje nosilcev (angl. Carrier Aggregation) iz različnih frekvenčnih področij. Avstrijski operater A1 je tako junija letos predstavil prenose datotek v smeri proti uporabniku s hitrostjo 580 Mbit/s [2], kar predstavlja predpostavljeno hitrost pri uporabljeni oznaki 4G.

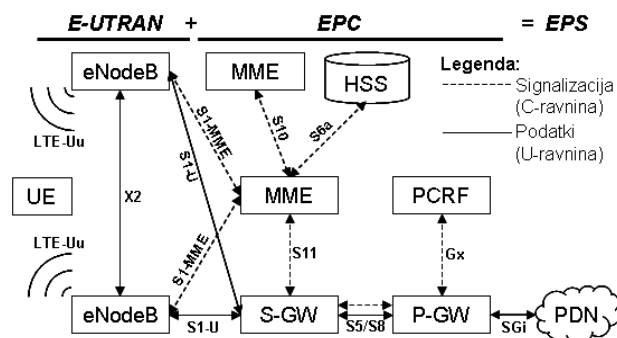
V Sloveniji smo v letu 2012 uvedli korak 3.9G s komercialnim imenom dolgoročna evolucija oz. LTE (angl. Long-Term Evolution). Zaradi zakasnitev pri dodeljevanju novih frekvenčnih področij so podatkovni prenosi danes nižji od najvišjih, saj terminali ne morejo zasesti celotne možne pasovne širine kanala 20 MHz. Prehod na 800 MHz frekvenčni pas poleg sprostitve namenskega 1800 MHz področja omogoča tudi lažje

pokrivanje podeželja, kjer današnja omrežja HSPA+ zaradi višjih frekvenc UMTS ne zmorejo zagotavljati optimalnih storitev. Dražba za dodelitev frekvenc v pasovih 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz (TDD) in 2600 MHz je predvidena v začetku leta 2014, čemur sledi dodelitev pasov do junija 2014 [3]. Omrežja LTE v Sloveniji bodo od trenutne pokritosti 43,77% [4] zato še dlje časa v izgradnji, kar pomeni tudi neprestano izvajanje funkcij načrtovanja in preverjanja ustreznosti postavljenega omrežja z zahtevnimi testiranjmi na terenu. Cilj tega prispevka je predstaviti napredne oblike testiranja radijskega dela mobilnih omrežij z aktivnim vključevanjem uporabniških terminalov.

2 Arhitektura omrežja LTE

Določitev arhitekture omrežja LTE poteka pod okriljem združenja 3GPP [5] na dveh ločenih segmentih: radijskem dostopovnem omrežju in jedrnem delu omrežja. Arhitektura jedrnega dela je obravnavana znotraj delovne naloge SAE (angl. System Architecture Evolution). Gre za nadgradnjo obstoječega GPRS jedrnega omrežja s pomembnimi razlikami: poenostavljena arhitektura z manj omrežnimi elementi, visoka skalabilnost z uporabo protokola IP na vseh segmentih, podpora visokim transportnim pretokom in radijskim omrežjem z nizkimi zakasnitvami ter povezljivost heterogenih dostopovnih omrežij, kot so GERAN/UTRAN oz. ne-3GPP sistem WiMAX.

Osrednji del poenostavljene (angl. flat IP) jedrne arhitekture SAE predstavlja nadgrajeno paketno jedro EPC (angl. Evolved Packet Core) z ločeno uporabniško (U) in kontrolno (C) ravnino. Ločitev hitrega transporta podatkov od kontrolnih informacij zagotavlja visoke prenosne hitrosti brez prekinitev tudi ob prehajanju med operaterskimi omrežji in domenami, možnost porazdeljenega upravljanja z mobilnostjo, višje stopnje QoS za večmodalne storitve in lažjo razširljivost ter združljivost z zunanji heterogenimi omrežji.



Slika 1: Arhitektura LTE: E-UTRAN in EPC

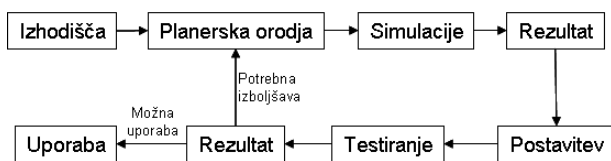
Na sliki 1 so vidni elementi jedra EPC [10]. Osrednji del kontrolne ravnine predstavlja MME (Mobility Management Element) z nalogami upravljanja s terminali v nedejavnem načinu, izvajanja pozivov, (de)aktivacije omrežnih virov, overjanja uporabnikov, povezljivosti s SGSN ter funkcijami nadzora predaje zvez. Vloge elementov HLR in AuC so tu združene v HSS (angl. Home Subscriber Server). Strežniško vozlišče S-GW (angl. Serving Gateway) usmerja in posreduje pakete med jedrnim delom in uporabniki, povezanimi na radijsko vozlišče eNodeB (angl. evolved Node-B). Paketno vozlišče P-GW (angl. Packet Gateway) omogoča povezljivost z zunanjimi paketnimi omrežji in skrbi za dodeljevanje naslovov IP posameznim UE (angl. User Equipment). S pomočjo pravil PCRF (angl. Policy and Charging Rules Function) razporeja vhodne podatke glede na zahtevano QoS storitev ter izvaja funkcije zaračunavanja.

Arhitektura radijskega dostopovnega omrežja je obravnavana znotraj delovne naloge LTE s postavitvijo novega dela radijskega omrežja z nazivom E-UTRAN, ki združuje posamezne razširjene bazne postaje eNodeB. V njih so združene funkcionalnosti prejšnjih parov BTS/BSC v 2G oz. NodeB/RNC v 3G, kot so razporejanje obremenitve radijskega omrežja in odločitve o predaji zveze. Komunikacija med radijskimi vozlišči poteka neposredno preko vmesnika X2, kar omogoča predajo zvez z minimalno stopnjo zakasnitev. eNodeB predstavlja tudi merilno točko radijskega vmesnika in hkrati prevzemno točko meritev UE.

3 Klasično testiranje omrežja

Prostorska razporeditev radijskega dela mobilnega omrežja se določi s pomočjo izhodiščnih postavk in procesno zahtevnih planerskih orodij [6]. Vhodni podatki zajemajo zahteve po zadostnem pokrivanju prebivalstva, kapaciteti in kvaliteti omrežja, modele širjenja signalov, posebnosti uporabljenih tehnologij, podatke o možnih lokacijah za postavitev in lastnosti okolice (npr. naravne in umetne ovire). S simulacijo pridobljeni parametri konfiguracije (npr. izhodna moč, usmeritev anten) se nato preslikajo v realno okolje, kar omogoča izvajanje prvih meritev.

Glavni namen terenskih testiranj je določitev ocene delovanja omrežij za namene nadzora in optimizacije. Merilna oprema v testnem vozilu sestoji iz sonde radijskega dostopovnega omrežja na več ravneh, npr. jakost radijskih signalov, usklajenost časovnih okvirjev, mehanizmi sodostopa in predajanje zveze. Vsaki meritvi tipično pripada tudi lokacija, pridobljena iz sprejemnika GPS, ki zagotavlja pogrešek reda do nekaj metrov. Izmerjeni rezultati se kot vhodni podatki vračajo v izhodiščno planersko orodje, v iterativnem postopku s ponovnimi izračuni, nastavitvami in meritvami pa se začetna konfiguracija približuje uporabni oz. ciljni.



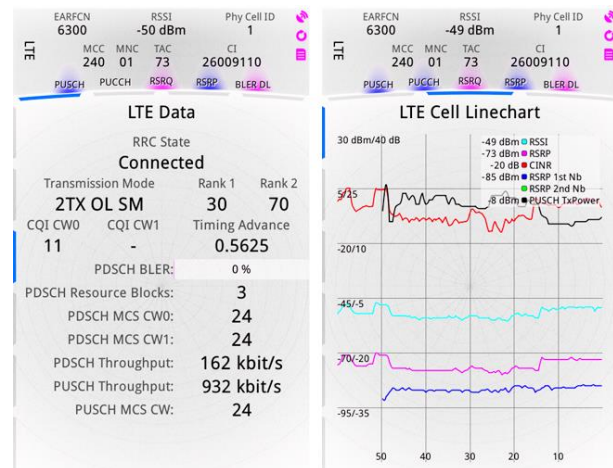
Slika 2: Iterativni postopek planiranja in testiranje

Po priključitvi prvih komercialnih uporabnikov se pravi razvoj omrežja šele začne, saj do dosežene končne pokritosti in kapacitete potekajo še številne nadgradnje, z njimi pa rastejo tudi potrebe po učinkovitem upravljanju omrežij.

Opisani tradicionalni način načrtnega terenskega testiranja z vozili in prenosno merilno opremo vsebuje kar nekaj slabosti. S stroškovnega stališča je uporabljena namenska merilna oprema draga, prav tako licenčna merilna programska oprema in samo izvajanje postopkov merilne ekipe (npr. čas, gorivo, vzdrževanje vozila, onesnaževanje okolja). Pridobljeni rezultati so zaradi množice podatkov tipično zbrani le lokalno v vozilu in šele čez čas izročeni v center za obdelavo. Prav tako imajo vozila omejen dostop, zato meritve znotraj stavb, kjer uporabniki preživimo veliko časa, in na manj dostopnih področjih, npr. na zasebni lastnini na dvoriščih, niso izvajane.

4 Nadgradnja postopkov testiranja

S pojavom večjih potreb po nadzoru in optimizaciji omrežij se je razvijalo tudi področje avtomatizacije merilnih postopkov. Pod okriljem združenj 3GPP in NGMN (angl. Next Generation Mobile Networks) [7] so se pojavile težnje po razširitvi merilnih postopkov na vozliščih eNodeB in na vključitvi komercialnih uporabniških terminalov (UE). Ideja sicer ni nova, saj že obstaja namenska merilna programska oprema, ki deluje na nekoliko spremenjenih komercialnih terminalih, kot je npr. Samsung Galaxy S4 (GT-I9505) s programom Ascom TEMS Pocket [8].



Slika 3: Primera zaslonov aplikacije TEMS Pocket [8]

Razširjenost take sodobne merilne opreme ni velika, saj cene krepko presegajo komercialno razpoložljive terminale. Upravljanje z aplikacijo zahteva več poznavanja delovanja mobilnega omrežja in nekaj ročnih nastavitvev. Zato so posebej prirejeni mobilni terminali v večini uporabni le znotraj operaterskih služb za zagotavljanje kakovosti omrežja.

Širitev izvajanja meritev na vse uporabniške terminale je zahtevala premike v standardizaciji. Tako so se v letu 2009 pojavile aktivnosti s skupnim imenom »minimizacija testnih voženj« s kratico MDT (angl. Minimization of Drive Tests) [9]. Vodilno vlogo pri

oblikovanju smernic je prevzela skupina za radijska omrežja pri 3GPP (TSG RAN) z izhodiščnimi aktivnostmi [10]:

- (1) identifikacija primerov rabe in zahtev za učinkovito delovanje,
- (2) določitev načinov novih tipov meritev in njihovega sporočanja ter
- (3) ocena možnih vplivov na delovanje UE in določitev potrebnih razširitev UE.

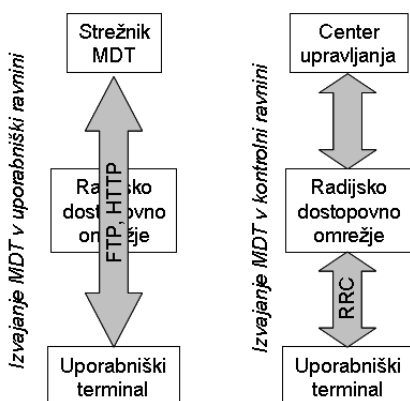
Primeri uporabe so obravnavani v tehničnih poročilih 3GPP TR36.805 [11] z naslovom »Study on Minimization of drive-tests in Next Generation Networks«:

- (1) optimizacija pokritosti,
- (2) optimizacija mobilnosti,
- (3) optimizacija kapacitete,
- (4) parametrizacija skupnih kanalov in
- (5) preverjanje QoS.

Rešitve v poročilih TR32.827 (2010, R10) in TS36.331 (2013, R11) se opirajo predvsem na optimizacijo pokritosti z več izpostavljenimi možnostmi [9, 10]: vpogled v razporeditev moči signalov na posameznih lokacijah in s tem lažji pregled nad celotnim sistemom, poznavanje pomanjkljivosti in načrtovanje ustreznih dopolnitev, reševanje problemov prekrivanja večjega števila celic s pilotnimi signali, odkrivanje napačnih konfiguracij radijskega dela (npr. konfiguracija anten) in določanje področij s slabšimi povezavami v smeri proti eNodeB. Ob tem so za operaterje pomembni predvsem vsakodnevni dogodki v povezavi s pokrivanjem omrežja, kot npr. postavitve novega radijskega vozlišča, kar zahteva spremembe v neposredni in širši okolici, spremembe v okolju (npr. gradnja novih stavb in cest), kar vpliva na senčenje področij in število ter obnašanje uporabnikov, ter nenazadnje reševanje pritožb uporabnikov o zaznanih nepravilnostih in pomanjkljivostih v delovanju mobilnega omrežja. Slednjemu je v omrežjih LTE namenjena posebna funkcionalnost sledenja uporabnikom (angl. subscriber tracing) po 3GPP TS 32.422 [12], ki omogoča spremljanje poteka komunikacije na različnih nivojih in elementih omrežja.

5 Arhitektura MDT

Koncept MDT se lahko izvaja v uporabniški ali kontrolni ravnini [11].



Slika 4: Izvajanje MDT v uporabniški in kontrolni ravnini

V kontrolni ravnini se kot nosilec konfiguracije MDT v smeri proti UE in izmerjenih podatkov nazaj proti eNodeB in centru upravljanja (O&M, angl. Operation and Maintenance) uporablja dopolnjena signalizacija protokolnega sloja RRC (angl. Radio Resource Control). Poslani podatki so tako vidni radijskemu delu omrežja RAN (angl. Radio Access Network), s čimer se lahko izvaja neposredna optimizacija omrežnih parametrov. V uporabniški ravnini se meritve pošiljajo neposredno iz UE na ciljni datotečni strežnik z vzpostavitev podatkovne povezave (npr. FTP, HTTP), na katero radijsko dostopno omrežje nima vpliva. Po začetnih ovrednotenjih obeh pristopov je standardizacija prevzela izvajanje v kontrolni ravnini [10].

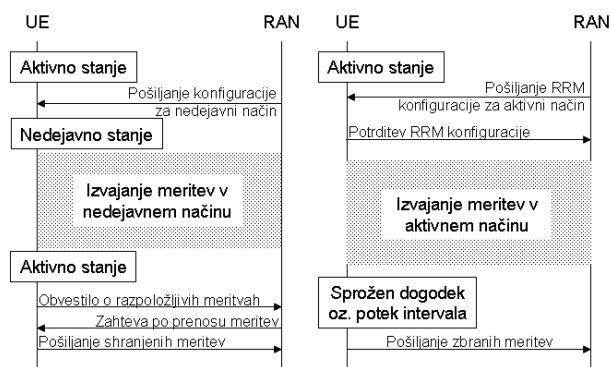
Funkcionalnost MDT se vedno proži s strani omrežja. Center O&M se na podlagi potreb odloča o konfiguraciji MDT-parametrov, ki so na UE poslani kot navodilo za izvajanje meritev. Iz centra O&M se navodila pošljejo na RAN, šele RAN pa funkcije na UE dejansko aktivira. Izmerjeni podatki se pošiljajo preko RAN na MDT-strežnik, imenovan tudi TCE (angl. Trace Collection Entity).

S signalizacijskega stališča se meritve izvajajo na dva načina: z naslavljanjem posameznih terminalov v okviru signalizacijskega sledenja uporabnikom (angl. signalling-based MDT) in z naslavljanjem naključnih UE, ki so vstopili v določeno geografsko področje (angl. management/area based MDT).

S stališča radijske konfiguracije sta določena dva tipa izvajanja meritev MDT: v nedejavnem stanju terminala (angl. idle state) in aktivnem stanju (angl. active state) uporabniške zveze. UE se večino časa nahajajo v nedejavnem načinu, kjer je na voljo le omejen nabor meritev (npr. sprejemna moč RSRP, angl. Reference Signal Received Power). Te se shranjujejo neposredno v UE vse do vzpostavitve aktivne zveze oz. do poziva s strani omrežja za oddajo meritev, zato se tip izvajanja imenuje tudi »način beleženja« (angl. logged mode). Ker meritve potrebujejo lokacijsko oznako, lahko terminal v nedejavnem načinu podaja le lastno oceno lokacije brez aktivnega sodelovanja omrežja. Tipični parametri konfiguracije nedejnega načina so: interval zapisa meritev (tipično 10 sekund za LTE in 12 za UMTS [10]), veljavnost konfiguracije MDT oz. trajanje meritev, referenca sledljivosti z identifikacijo sej MDT in naslov TCE-strežnika za dostavo merilnih rezultatov. Določeni so tudi najdaljši čas shranjevanja rezultatov po končanih meritvah (48 ur) [10] in primeri, kjer se zaradi prehajanja med različnimi omrežji trenutna konfiguracija z rezultati zavrže in nadomesti z novo. Visoka dodana vrednost načina beleženja je ravno v možni množičnosti istočasnega izvajanja na milijonih UE, ki se v nedejavnem načinu gibljejo po celotnem radijskem omrežju operaterja.

Od 3GPP različice 10 naprej je uporaba načina beleženja opcijska oz. stvar nadaljnega razvoja, saj prednjači način meritev v aktivnem stanju s takojšnjim pošiljanjem (angl. immediate MDT). V njem se uporabljajo obstoječe procedure RRM (angl. Radio Resource Management) v največji možni meri. MDT-konfiguracija, poslana iz centra O&M, je na RAN

spremenjena v konfiguracijo RRM, ki zajema naslednje parametre: seznam zelenih meritev, način proženja (periodično ali dogodkovno), interval periodičnega proženja, število meritev, poslanih ob enem pošiljanju, pragove za proženje dogodkov in seznam celic, v katerem se meritve izvajajo. Za razliko od načina beleženja se naslovi TCE in sej ne pošiljajo, saj so poznani s strani RAN, ki meritve posreduje naprej.



Slika 5: Izvajanje MDT v nedejavnem in aktivnem načinu [9]

Zaradi možnih kvarnih vplivov uvedenih funkcionalnosti MDT na UE in uporabnike so v [11] obravnavani tudi posebni vidiki, ki lahko vplivajo na uporabniško izkušnjo. Prva pomembna omejitev je poraba energije UE pri izvajanju dodatnih aktivnosti, zato se predlagane rešitve opirajo predvsem na obstoječe meritve, ki so mobilnemu terminalu UE na voljo že zaradi zagotavljanja funkcij RRM. Drugi velik izziv je lociranje mesta meritve, kjer se zahteva nivo lokacije skladno z razpoložljivimi lokacijskimi metodami. Ker je uporaba satelitskega lociranja GPS/GLONASS energijsko potratna, v študijah ni predvidena kot primarni način določitve mesta meritve. Za uporabnike pa je zelo pomembna tudi varnost in zasebnost, zato so določeni mehanizmi, ki podatke ščitijo. Zaupnost uporabniških podatkov se dosega z uporabo zaščitnih protokolov v radijskem in omrežnem delu, anonimnost podatkov in zasebnost pa se ohranja z brisanjem povezave med identiteto uporabnika (npr. IMSI) in merilnimi rezultati, poslani na TCE. V vsakem primeru se moramo uporabniki za sodelovanje pri izvajanju MDT strinjati, kar je označeno z zastavico v bazi uporabnikov (HSS).

6 Sklep

Področje MDT se navezuje na širše področje SON [10] (angl. Self Organizing Network), katerih skupni cilj je enak: zmanjšanje obsežnosti upravljanja, večanje zmogljivosti in kvalitete omrežij ter nižanje stroškov vzdrževanja. Oba pristopa sta nujna za doseganje optimizacije omrežij, lahko pa delujeta tudi povsem neodvisno.

Glavni razliki med SON in MDT sta v obsegu in načinu delovanja. SON teži k čim hitrejši reakciji na pojav izrednih dogodkov, MDT pa merilne podatke v večini le zbira in posreduje v nadaljnjo obravnavo v centre upravljanja, kjer so na voljo tudi za uporabo ob času prispetja. SON tako zajema tri scenarije, ki se izvajajo skoraj v realnem času. Samo-konfiguracija

poteka od trenutka vklopa radijskega vozlišča do začetka streženja mobilnim uporabnikom. Usmerjena je v zagotavljanje uspešnosti zagona novih radijskih vozlišč s postopki avtomatskega vključevanja v celoten komunikacijski sistem. Samo-optimizacija omogoča hiter odziv na dinamično dogajanje v omrežju, npr. zaradi sprememb širjenja signala v okolici novo postavljenih stavb, porazdelitve koncentracije prometa ali zagona nove bazne postaje v neposredni okolici. Tretji scenarij SON samo-zdravljenje je pomemben v primeru ne-optimalnega delovanja ali odpovedi enega ali več vozlišč, saj poskuša premostiti nastalo vrzel s ponovno konfiguracijo okoliške infrastrukture in s tem zmanjšati ali odpraviti vpliv napake na kvaliteto mobilnega omrežja.

Scenariji MDT od opisanih SON pokrivajo le ožja področja optimizacije brez poudarka na kompleksnih algoritmih, ki zagotovijo avtomatske odzive na zaznane težave. Vsekakor že samo ime govori v prid optimizaciji testnih postopkov, ki danes zahtevajo veliko človeških virov in povzročajo odvečne stroške. Zato je področje MDT od 3GPP različice 10 naprej sestavni del procedur učinkovitega upravljanja mobilnih omrežij, kjer se z aktivno naravnostjo koncepta SON ustrezno dopolnjuje.

Literatura

- [1] Gozalvez, J., "First LTE-Advanced Commercial Network Deployed [Mobile Radio]," Vehicular Technology Magazine, IEEE, vol.8, no.1, pp.10,17, marec 2013
- [2] Spletna objava »A1 Telekom Austria, Nokia Siemens Networks Demonstrate Carrier Aggregation in Vienna«, jun. 2013. Dosegljivo na: <http://lteworld.org/lte-advanced>
- [3] Spletna objava »Apek predstavil izhodišča za razpise frekvenc za mobilno tehnologijo«, marec 2013. Dosegljivo na: <http://www.apek.si/sporocila-za-javnost>
- [4] Spletna stran Mobitel, julij 2013. Dosegljivo na: <http://www.mobitel.si/storitve/info/pokritost.aspx>
- [5] Spletna stran »3GPP - 3rd Generation Partnership Project«. Dosegljivo na: <http://www.3gpp.org/>
- [6] L. Song and J. Shen. Evolved cellular network planning and optimization for UMTS and LTE. CRC Press, 2011.
- [7] Spletna stran združenja »Next generation mobile networks«. Dosegljivo na: <http://www.ngmn.org/>.
- [8] Spletna stran proizvajalca Ascom: Pocket TEMS. Dosegljivo na: <http://www.ascom.com/nt/en/index-nt/>
- [9] W. A. Hapsari et al. "Minimization of Drive Tests Solution in 3GPP," Communications Magazine IEEE, pp. 28–36, junij 2012.
- [10] S. Hamalainen et al. »LTE Self-Organising Networks (SON)«, p. 398. Wiley, 2012
- [11] Spletna objava 3GPP-poročil TR 36.805: »Study on Minimization of drive-tests in NGN«. Dosegljivo na: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36805.htm>
- [12] Spletna objava 3GPP-poročil TR 32.422: »Trace control and configuration management«. Dosegljivo na: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/32422.htm>
- [13] J. Turkka et al. »An Approach for Network Outage Detection from Drive-Testing Databases«. Journal of Computer Networks and Communications, 2012.