

# Optimizacija mobilnih omrežij z uporabo odprtokodnega orodja GRASS-RaPlaT in genetskih algoritmov

Darko Šekuljica

Institut Jožef Stefan, Odsek za komunikacijske sisteme, Jamova 39, Ljubljana  
E-pošta: darko.sekuljica@gmail.com

## Mobile Networks Optimization Using an Open-Source Tool GRASS-RaPlaT and Genetic Algorithms

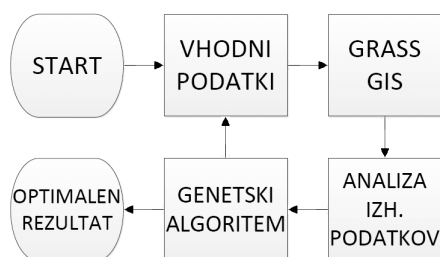
*The process of mobile networks optimization for 900MHz radio signal using an open-source tool GRASS-RaPlaT and genetic algorithms is described. The motivation for such optimization is to reduce operational costs and to maximize signal efficiency. The tool takes into account terrain profile maps and calculates path loss by applying state-of-the-art statistical models. Objective functions are defined and maximized in the process. The optimization has been tested on a selected area in Ljubljana. The obtained results show that the signal coverage efficiency can be increased by tuning base station parameters such as antenna direction.*

### 1 Uvod

Pri načrtovanju mobilnih omrežij je potrebno doseči čim večjo pokritost željenega območja z uporabo čim manjšega števila baznih postaj. Pri tem je potrebno natančno upoštevati zakonitosti, po katerih se radijski signal širi, tudi izgube zaradi profila terena.

V tem članku analiziramo delovanje omrežja GSM na 900 MHz, rezultati pa veljajo tudi za LTE in LTE-A tehnologijo [1] na tem frekvenčnem območju.

Za izračune pokritosti terena s signalom smo uporabili orodje RaPlaT v okolju GRASS GIS. Izračune smo naredili z izboljšanim modelom razširjanja radijskih valov Okumura-Hata. Rezultati so obdelani v Python skripti in optimizirani s pomočjo genetskega algoritma. Blokovno shemo prikazuje slika 1.



Slika 1: Blokovna shema delovanja

### 2 GRASS-RaPlaT

GRASS(ang. Geographic Resources Analysis Support System) [2] je odprtokodni geografski informacijski sistem.

RaPlaT (Radio Planning Tool) je odprtokodno orodje v okolju GRASS, razvito na Institutu Jožef Stefan [3, 4]. Uporabljamo ga za analizo pokritosti terena z radijskim signalom in za načrtovanje omrežij. Na voljo je več različnih modulov za analizo podatkov in predikcijo razširjanja signalov. Nadalje RaPlaT omogoča vključitev podatkov o postavitvi in parametrih anten kot so koordinate, oddajna moč, nagibi, azimut sevanja, višina, radij območja obdelave signala antene, itd.

V okviru tega dela smo za izračun izgub na poti uporabili modul *r.hataDEM*. Glede na sevalne diagrame anten nato modul *r.radcov* poda maksimalni nivo signala na sprejemniku za vsako koordinato na izbranem področju.

### 3 Genetski algoritem

Genetski algoritmi [5] spadajo v širši razred evolucijskih algoritmov. Delajo na principu naravne selekcije. V računalništvu se uporabljajo za iskanje rešitev optimizacije pri danih kriterijskih funkcijah. Z uporabo genetskega algoritma množica možnih rešitev optimizacijskega problema iteracijsko evoluirajo k boljšim rešitvam. Vsak člen množice možnih rešitev vsebuje lastnosti, ki se iterativno spreminjajo, skladno z rezultati kriterijskih funkcij. Novo dobljena množica rešitev z spremenjenimi lastnostmi postane izhodiščna množica naslednje iteracije.

### 4 Optimizacija z obračanjem anten

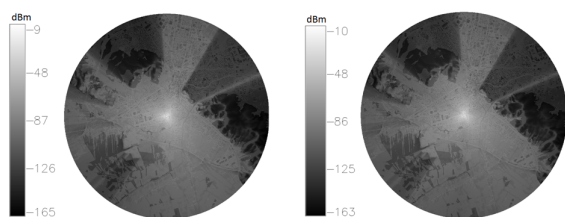
Kot glavni kriterijski funkciji sta izbrani število točk na zemljevidu, pri katerih je sprejeta moč signala višja od zahtevane mejne vrednosti -90 dBm, in število točk, pri katerih je razmerje moči koristnega sprejetega signala in skupne interference večje kot -7 dB [1]. Obe funkciji je potrebno maksimizirati.

Implementirali smo skripto v programskem jeziku Python, ki zažene *r.radcov*[3] modul, prebere CSV datoteko z izhodnimi podatki in naredi analizo pokritosti celotnega izbranega območja z uporabnim signalom ter analizo razmerja moči koristnega sprejetega signala in skupne interference. Za vsako kriterijsko funkcijo dobimo številko v procentualni obliki.

Izvajanje te skripte poganja genetski algoritem, ki je opisan v tretjem poglavju. Lastnosti množice možnih rešitev v našem primeru so lokacija anten, višina, azimut sevanja antene in nagib.

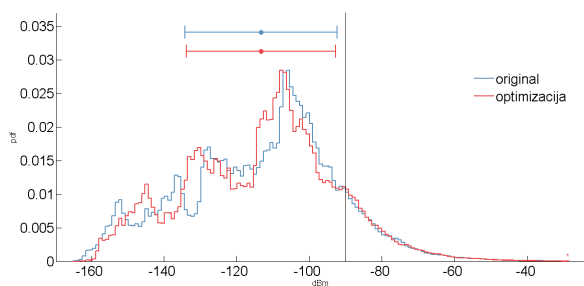
## 5 Delni rezultati

Delovanje optimizacije omrežij smo najprej preizkusili na eni bazni postaji s tremi sektorji. Gre za GSM bazno postajo slovenskega mobilnega operaterja na frekvenčnem območju 900 MHz, ki je postavljena v Ljubljani [6]. Prvi cilj je bil preizkusiti, če je mogoče zgolj z obračanjem anten v horizontalni smeri doseči boljšo pokritost danega območja.



Slika 2: Prikaz pokritosti terena pred in po optimizaciji

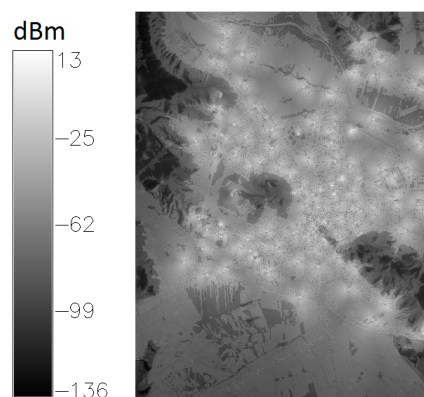
Rezultate prikazuje slika 2. Na levi strani je originalna pokritost, kakršno smo dobili z vnaprej podanimi parametri. Na desni strani je prikazana pokritost, kakršno smo dobili po optimizaciji. Optimizator je antene zasukal iz originalne pozicije ( $35^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $270^\circ$ ) na ( $131^\circ$ ,  $241^\circ$ ,  $360^\circ$ ). Kljub zasuku sta na prvi pogled sliki enaki, saj glavno vlogo pri razširjanju valovanja igra teren in ne usmerjenost anten. Natančnejša primerjava pa pokaže logičen rezultat, da so točke, ki se nahajajo v smeri glavnega snopa anten, nekoliko bolje pokrite.



Slika 3: Verjetnostna porazdelitev (pdf) sprejete moči za originalen in optimiziran zasuk antene

Antene so bile že na začetku med seboj razmaknjene za okoli  $120^\circ$ , kar je optimalen razmik. Tudi pri končnem rezultatu so pravilno razmaknjene, kar pomeni da je rezultat smiseln in da optimizator deluje pravilno. Na sliki 3 je očitno, da samo vrtenje antene ni imelo velikega upliva na celotno pokritost.

Sklepamo, da do večjih razlik pri optimizaciji smeri anten pride, ko računamo na večjem območju, z večjim številom anten in če pri tem poleg sprejete moči upoštevamo tudi skupno interferenco. Takrat namreč pomembno vlogo igra tudi to, da s snopom ene bazne postaje ne motimo sprejema druge bazne postaje. Na sliki 4 je prikazan rezultat pokritosti originalne postavitve GSM postaj v Ljubljani [6]. Analiza pokritosti na izbranem območju pokaže, da je pri 97% točk nivo sprejetega signala višji od zahtevane mejne vrednosti, medtem ko je pri 93% točk razmerje med koristnim signalom in interferenco višje od zahtevane vrednosti. V razširjenem članku bomo pokazali, koliko je možno te rezultate z optimizacijo izboljšati.



Slika 4: Prikaz pokritosti GSM postaj v Ljubljani

## 6 Zaključek

V članku smo opisali proces iskanja optimalnih nastavitv baznih postaj na željenem območju. Osredotočili smo se na smer sevanja anten. S uporabo genetskega algoritma in natančno izbiro kriterijskih funkcij optimizacije lahko dosežemo izboljšanje pokritosti terena in zmanjšanje interferenc.

## Literatura

- [1] H. Holma, A. Toskala: LTE for UMTS Evolution to LTE-A, second edition, 2011 John Wiley & Sons, Ltd
- [2] GRASS GIS spletna stran, <http://grass.osgeo.org>
- [3] A. Hrovat, I. Ozimek, A. Vilhar, T. Celcer, I. Saje and T. Javornik, Radio Coverage Calculations of Terrestrial Wireless Networks using an Open-Source GRASS System, WSEAS Transactions on Communications, Issue 10, Vol. 9, October 2010, pp. 646-657.
- [4] T. Javornik, A. Hrovat, A. Vilhar, M. Vučnik, I. Ozimek, M. Pesko, Radio environment map (REM), 1st IEEE International Workshop on Cognitive Cellular Systems (IEEE CCS 2014), Duisburg, Germany.
- [5] G. Jones: Genetic and Evolutionary Algorithms, Encyclopedia of Computational Chemistry, John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Spletna stran "Mobilna telefonija": <http://www.mobilna-telefonija.com/mobilni-informator/bazne-postaje.html>