

## PREDIKCIJA RADIO-POLJA UZ POMOĆ RAČUNARA I UPOREĐIVANJE SA REZULTATIMA DOBIJENIH MERENJEM

Zaborski Damir<sup>1</sup>, Radonjić Aleksandar<sup>1</sup>, Živojinović Mirjana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Železnice Srbije - Sektor za elektro-tehničke poslove

### I UVOD

Prilikom planiranja radio-mreža poklanja se velika pažnja što tačnijoj predikciji nivoa elektromagnetskog polja. Tačno poznavanje zona pokrivenosti korisnim signalom u velikoj meri doprinosi efikasnijem planiranju radio mreže i najoptimalnijem iskorišćenju raspoloživih resursa. Takođe, sistemi radio-veza koji su optimalno projektovani i izgrađeni, omogućavaju znatno lakše održavanje i eksploataciju.

Među inženjerima postoji dosta različitih metoda za proračunavanje zona pokrivenosti predajnih sistema. Većina njih je razvijena za specifične sisteme i uslove korišćenja. Međutim važno je napomenuti da nijedna metoda ne može dati rezultate visokih tačnosti usled velikog broja faktora koji utiču na propagaciju a koji su promenjivi u vremenu i prostoru. Neki od tih faktora su refleksija, do koje dolazi kako na površini zemlje tako i u slojevima iznad zemlje, zatim apsorpcija talasa u zemljištu koja se ogleda u gubicima usled indukcije, dielektričnim gubicima i gubicima usled molekularne apsorpcije. Od ostalih parametara tu su difrakcija, refrakcija, uticaj polarizacije, uticaj frekventnog područja, dielektrične karakteristike zemljišta i drugo.

U praksi se najčešće koristi kombinacija merne i računarske metode radi što boljeg određivanja zona pokrivenosti predajnika. Ova metoda omogućava verifikovanje rezultata dobijenih simulacijom i ona će biti tema ovog rada.

### II METODOLOGIJA PREDIKCIJE

Generalno gledano postoje tri metode predikcije i to:

-Eksperimentalna metoda – koja je zasnovana na merenju nivoa polja koje potiče od predajnika postavljenog na željeno mesto. Nedostatak ove metode je skup i dugotrajan proces merenja, ali ova metoda daje najverodostojnije rezultate.

-Numerička metoda – korišćenje ove metode zahteva poznavanje i određivanje velikog broja parametara koji utiču na propagaciju. Nedostatak ove metode se ogleda u tome što ona ne uzima u obzir realnu konfiguraciju terena, a koja je od velikog uticaja na propagaciju, već se konfiguracija terena predstavlja preko faktora talasastosti terena.

-Računarska metoda- se bazira na simulaciji propagacija na računaru ali uzimajući u obzir realnu konfiguraciju terena. Ova metoda se sve više koristi i postala je izuzetno popularna među inženjerima.

### III RAČUNARSKI METOD PREDIKCIJE

Pojavom računara postalo je moguće vršiti predikciju na jednostavniji i lakši način. Dopušta se definisanje velikog broja parametara i njihovo menjanje u širokim granicama. Osim svih električnih parametara koji utiču na prostiranje radio-talasa, uz pomoć računara moguće je uzeti u obzir i

jedan od najrelevantnijih faktora za predikciju a to je konfiguracija terena.

Razvojem satelitske i radarske tehnike je učinjen veliki pomak na polju digitalizacije terena. Ovo je omogućilo izradu digitalnih mapa gde svaka tačka na terenu, u određenoj rezoluciji, ima svoje tri koordinate i to: geografsku širinu, geografsku dužinu i nadmorsku visinu. Pogodnim računarskim programom za čitanje ovih mapa moguće je dobiti vernu sliku terena u trodimenzionalnom prikazu.

Poznavanjem osnovnih zakonitosti o prostiranju elektromagnetskih talasa, kao i poznavanjem realne konfiguracije terena, pogodni računarski programi na brz i efikasan način, za vrlo kratko vreme, mogu odrediti raspodelu polja u prostoru.

### IV KORIŠĆENJE PROGRAMA ZA SIMULACIJU

Postoji veliki broj programa koji se bave problematikom predikcije. Međusobno se razlikuju po tačnosti dobijenih rezultata, svojim mogućnostima i ceni. Međutim postoje i besplatni programi koji u određenoj meri zadovoljavaju potrebe za predikcijom.

Jedan od takvih programa je *Radio Mobile for Windows Deluxe* trenutno u verziji 6.8.5. Program je namenjen za rad na Windows platformama a autor ovog programa je Roger Coudé. Ovaj program za analizu konfiguracije terena, između ostalih, koristi i takozvane SRTM mape koje su takođe besplatne i dostupne su na internetu. SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) je skup digitalnih mapa visoke rezolucije napravljene korišćenjem specijalno dizajniranog radarskog sistema, a koji je snimao kompletno područje Zemlje, tokom svoje jedanaestodnevne misije u februaru 2000. godine, i predstavlja zajednički projekat National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) i National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Za područje Evrope dostupne su mape rezolucije 1pixel=3 uglovne sekunde što nam kazuje da je zemljišna prostorija veličine oko 67m u pravcu istok-zapad i oko 93m u pravcu sever-jug predstavljena jednom tačkom sa poznatim koordinatama i nadmorskom visinom. Ostale tačke se dobijaju interpolacijom i time se stvara 3D prikaz određenog terena. Plan je da se u narednom periodu izrade mape rezolucije 1pixel=1 uglovna sekunda čime će se povećati tačnost za 9 puta. Područje Amerike je već urađeno sa ovom rezolucijom.

Program takođe ima mogućnost da se na postojeće digitalne matrice postave bit-mapirane karte radi lakše orijentacije i preglednosti. Ugrađena je i podrška za GPS gde se komunikacija obavlja protokolom NMEA 0183.

## V PREDMET SIMULACIJE

Za predmet simulacije izabran je repetitor na lokaciji Vladimirovac čije su koordinate (45°02'05,1''N, 20°53'33,6''E). Repetitor se nalazi na teritoriji Vojvodine između Pančeva i Vršca i radi u okviru servisne radio-mreže Železnica Srbije u UHF frekventnom opsegu od 0,7m (predajna frekvencija 445,450 MHz). Antena repetitora je kružnog dijagrama zračenja, pojačanja 5dB, nalazi se na visini od 45m iznad zemlje. Snaga repetitora je 15W. Za model prijemnika je odabrano šinsko vozilo sa prijemnom antenom kružnog dijagrama zračenja, pojačanja 2 dB koja se nalazi na krovu vozila, 4m iznad zemlje.

## VI IZBOR PARAMETARA ZA SIMULACIJU

Izbor najoptimalnih parametara za simulaciju ima veliki uticaj na dobijene rezultate. Prilikom definisanja parametara mreže (Tabela I) najveći uticaj imaju parametri koji se odnose na raspoloživost sistema koji se simulira. Vrednost ovih parametara je najčešće data projektom i varira u zavisnosti od sistema u kojem se radio-mreža koristi. Sam program je koncipiran tako da vrši simulaciju na osnovu zadatih faktora raspoloživosti u vremenu (*% of time*) i raspoloživosti u prostoru (*% of locations*). O ovom primeru program vrši simulaciju mreže koja mora zadovoljiti uslove da bude raspoloživa 95% u vremenu i 95% u prostoru. To su uslovi koje mora da zadovoljava semi-dupleksna mreža za potrebe Železnica Srbije. Parametar *% of situations* je korektivni faktor predviđen za usaglašavanje sa izmerenim vrednostima. Njegova vrednost varira u zavisnosti od konfiguracije terena. Iz iskustva i rezultata merenja na terenu, za ravničarska područja njegova vrednost iznosi 70%.

Net name	Serbian Railway UHF network
Minimum frequency	444.450 MHz
Maximum frequency	455.625 MHz
Surface Refractivity	301 N-units
Ground Conductivity	0,005 S/m - Average ground
Relative Ground Permittivity	15 - Average ground
Polarization	Vertical
Mode of variability	Broadcast
Percent of time	95%
Percent of locations	95%
Percent of situations	70%
Climate	Continental temperature
Additional loss (City or Forest)	0%
Topology	Voice Net

**Tabela I:** Definisanje parametara mreže

Tabele II i III definišu parametre predajnika i prijemnika respektivno. Ukoliko se koristi antena koja nije kružnog dijagrama zračenja postoji mogućnost editovanja fajla koji opisuje antenu, gde se za svaki stepen u H i V ravni određuje pojačanje antene u tom pravcu. Pre postupka simulacije moguće je definisati i azimut predajne i prijemne antene.

System Name	Repetitor
Transmitt Power	15W (41,8dBm)
Receiver threshold	1μV (-107dBm)

Line loss (cable+cavities+connectors)	3dB
Antenna gain	5dBi (2,85dBd)
Antenna height (above ground)	45
Additional cable loss	0dB/m

**Tabela II:** Definisanje parametara predajnika

System Name	Primopredajnik
Transmitt Power	6W (37,8dBm)
Receiver threshold	1μV (-107dBm)
Line loss (cable+cavities+connectors)	3dB
Antenna gain	2dBi (-0,15dBd)
Antenna height (above ground)	4m
Additional cable loss	0dB/m

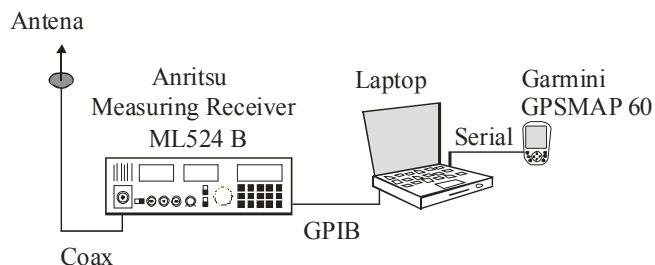
**Tabela III:** Definisanje parametara prijemnika

## VII MERNJA OPREMA I NAČIN MERENJA

Nakon izvršene simulacije pristupilo se merenju na terenu. Merna oprema se sastojala od sledećeg:

Prijemna antena	Kathrein omni 2dB
Antenski kabl	RG-213/U
Merni prijemnik	Anritsu Measuring Receiver ML524 B
GPS prijemnik	Garmin GPSMAP 60
Računar	Laptop Pentium IV
Merni softver	WTb- RF Eagle
Merno vozilo	Šinsko vozilo TMD 901-001
Napajanje merne opreme	220V@50Hz i 12V DC, iz šinskog vozila

**Tabela IV:** Merni sistem

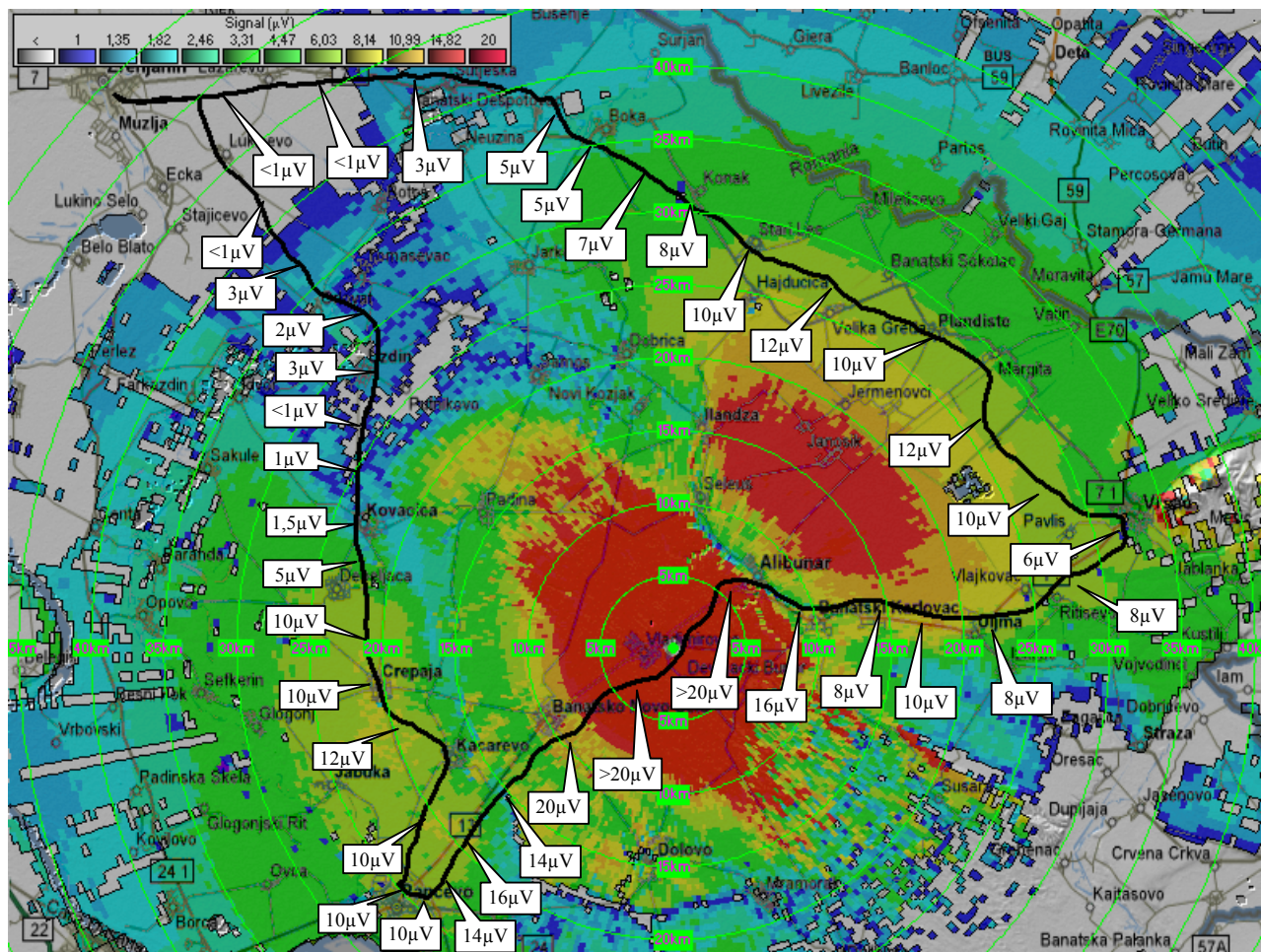


**Slika I:** Šema povezivanja merne opreme

Obzirom na lokalitet repetitora, za merne maršrute odabrani su pružni pravci Pančevo-Zrenjanin, Zrenjanin-Vršac i Vršac-Pančevo kao najpogodniji za merenje. Ovi pružni pravci omogućavaju da se napravi pun krug oko repetitora, naravno sa promenljivim rastojanjem u odnosu na repetitor. Merna oprema bila je smeštena u namenskom šinskom vozilu koje se koristi za potrebe merenja i održavanja radio-sistema na srpskim železnicama. Kako pomenuti repetitor ima veliku važnost za funkcionisanje železničkog saobraćaja, nije bilo moguće ostvariti neprekidno pobuđivanje, a samim tim i zauzimanje repetitora, već se on pobuđivao periodično i tom prilikom je merena jačina radio-polja. Pobuđivanje repetitora je vršeno iz deonice za radio-sisteme na Novom Beogradu.

Na ovaj način su uzeti uzorci jačine radio-polja u dovoljnom broju reprezentativnih tačaka. Ovo nam je omogućilo da uporedimo merne i simulirane rezultate.

## VIII UPOREĐIVANJE REZULTATA



Slika II: Rezultati merenja i simulacije

Na slici II predstavljeni su zajedno rezultai koji su dobijeni simulacijom i rezultai koji su dobijeni merenjem na terenu. U gornjem levom uglu nalazi se legenda koja služi za očitavanje nivoa signala dobijenog simulacijom. Crnim podebljanim linijama označena je pruga odnosno maršruta kojom se kretalo merno vozilo. Cikličnim krugovima dati su podaci o udaljenosti od predajnika. U poljima duž merne maršrute se nalaze vrednosti koje su dobijene merenjem. Počev od Pančeva pa do azimuta  $270^\circ$  u odnosu na repetitor, polje je uglavnom bilo konstantno. Krećući se dalje ka severu jačina polja je naglo slabila kao što se i očekivalo na osnovu rezultata simulacije. U okolini Zrenjanina, azimut  $315^\circ$ , polje je sve vreme bilo ispod  $1\mu\text{V}$ . Krećući se od Zrenjanina ka Vršcu jačina polja je takođe odgovarala vrednostima koje smo dobili simulacijom. Merenjem jačine polja od Vršca ka Pančevu takođe se došlo do očekivanih rezultata. U poluprečniku 5km oko repetitora Vladimirovac jačina polja je bila daleko iznad  $20\mu\text{V}$  iako simulacija pokazuje vrednost od  $20\mu\text{V}$ . Razlog za ovo je taj što je program vršio simulaciju za maksimalnu vrednost od  $20\mu\text{V}$ . Ova vrednost izabrana je kako bi se postigao što bolji raster na niskim nivoima signala. Daljim kretanjem ka Pančevu takođe su dobijene vrednosti koje su se očekivale na osnovu rezultata simulacije.

Napomenimo da se može desiti da izmerene vrednosti budu veće od vrednosti koje se dobijaju simulacijom. Razlog za ovo je taj što program vrši simulaciju na osnovu zadatih parametara raspoloživosti. Kada program odradi simulaciju ne znači da je takva i realna situacija, već znači da će se vrednosti date simulacijom pojaviti ili biti premašene tokom najmanje 95 % posmatranog vremena i na najmanje 95 % posmatranih lokacija. Ovo su izuzetno visoki kretijumi i možemo biti sigurni da će se ostvariti čak i u najnepovoljnijim uslovima.

## IX ZAKLJUČAK

Obzirom da je utvrđeno podudaranje izmerenih vrednosti sa vrednostima koje su dobijene simulacijom, program se može koristiti za planiranje radio-mreža, kako mobilnih tako i fiksnih. Takođe je koristan i za grafičko predstavljanje zona pokrivenosti predajnih radio-sistema. Testiranje programa obavljeno je za potrebe Železnica Srbije, na ravničarskom zemljištu, na jednokolosečnim prugama koje nisu elektrificirane. U narednoj fazi ispitivanja i merenja program će biti testiran na frekventnim opsezima 150MHz, 460MHz i 900MHz, na različitim geo-topografskim lokalitetima, na prugama sa više koloseka kao i na elektrificiranim prugama.

## LITERATURA

- [1] *Uputstvo za rad sa programom Wtb RF Eagle*, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2004.
- [2] *Anritsu measuring receiver ML524 B, Operation Manual*, Anritsu Corporation, Japan 2002.
- [3] Nešić, A. i Spasojević, S. *Idejni projekat UKT radio mreže na većim i rasporednim železničkim stanicama*, Elektronska Industrija, Beograd, 1972.
- [4] <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

**Zahvalnica:** Autoru programa *Radio Mobile Deluxe for Windows*, gospodinu Roger Coudé, kao i radnicima Deonice za Radio Systeme-Novi Beograd uz čiju pomoć je ovo merenje odrađeno.

**Abstract:** Simulation of radio waves propagation is very important item during a planning of radio network. *Radio Mobile for Windows Deluxe* is freeware, useful tool, which is enable us to simulate a propagation, seeing real reilef configuration. After simulation with relevant parametars, we verified simulated results in according with measurement values. Program was tested in Serbian Railway Radio Network at 0,7 m frequency band.

**RADIO-FIELD PREDICTION ON COMPUTER AND COMPARE ATTAINED RESULTS WITH MEASUREMENT VALUES, Zaborski Damir, Radonjić Aleksandar, Živojinović Mirjana.**