

# RF LOKALIZACIJA

## Autori:

Marija Nedeljković, 2001, III razred Gimnazija Kraljevo, nedeljkovicmajaa@gmail.com

Aleksa Stefanović, 2000, IV razred Gimnazija Pirot, aleksa.stefanovic2000@gmail.com

**Mentori:** Danilo Đokić, student Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu

Miloš Novaković, student Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu



## UVOD

Radio frekvencijska komunikacija je proces prenosa radio talasa između predajnika i neke vrste prijemnika (taga, analognog metra jačine primljenog signala ili druge antene). Frekvencija u takvoj komunikaciji se kreće od 20kHz do 300GHz.

Lokalizacija je metod određivanja pozicije objekta u prostoru analizom podataka sa senzora. Radio lokalizacija podrazumeva korišćenje radio talasa i ispitivanje njihovih karakteristika, poput jačine, ugla ili vremena stizanja.

Osnovna komponenta u radio komunikaciji je antena, čija je osnovna funkcija da uzima energiju emitovanog elektromagnetskog talasa i predaje dalje prijemniku. Kada se antena pobudi spoljašnjim električnim poljem, u njoj se indukuje struja i ona postaje svojevrsni naponski generator za ostatak prijemnika. Analizom struja dobija se da je snaga antene proporcionalna kvadratu indukovanog napona, što se može direktno meriti.

## METOD RADA

Okruženje koje se koristi za vršenje merenja jeste provodni metalni sto dimenzija 2x1.25m. Na sto se postavlja 3-5 antena raspoređenih u uglovima stola ili na sredini stranica. Na stolu se nalaze obeležene tačke na svakim 5cm po dužini i širini, ukupno oko njih 900. Merenja se vrše tako što se u svakoj tački postavlja predajnik i sa osciloskopa očitava srednja vrednost napona na svakoj od prijemnih antena. Za svaku antenu posebno su vršena merenja napona na različitim udaljenostima kako bi se odredila karakteristika antene koja služi kao kalibraciona kriva u daljem radu. Takođe je ispitivano i da antena prima istu snagu na različitim tačkama na istoj udaljenosti.

Nakon što se izvrše sva merenja, sledeći korak je odrediti tačnu poziciju predajnika. ovom istraživanju upoređivana su 4 različita metoda i njihove performanse (greška lokalizacije):

### 1. Trilateracija

Za svaku antenu se, na osnovu izmerenog napona i karakteristike aproksimirane logaritamskom funkcijom, određuje udaljenost iste od predajnika, čime se geometrijsko mesto tačaka koje predstavljaju moguće pozicije predajnika kružnica. Kada se analizira više antena, tačna pozicija predstavlja presek svih kružnica.

Sledeća tri metoda pripadaju optimizacionim algoritmima, koji imaju za cilj da minimizuju vrednost funkcije greške, tzv. rezidualne funkcije, koja je u ovom slučaju predstavljena kao razlika vektora izmerenih i napona očitanih sa kalibracionih krivih (bez aproksimacije).

### 2. Metod opadajućeg gradijenta

Ovaj metod predstavlja algoritam optimizacije prvog reda za pronalaženje lokalnog minimuma funkcije izvršavanjem više koraka proporcijalnih negativnoj vrednosti gradijenta u datoj tački. Algoritam počinje sa nekom proizvoljnom tačkom. U svakom koraku se računa vrednost rezudijalne funkcije i upoređuje sa prethodnom, a nakon toga se svaka koordinata smanjuje proporcionalno stepenu učenja (oko 0.05). Proces se ponavlja do konveriranja rezultata.

### 3. Gaus-Njutnov algoritam

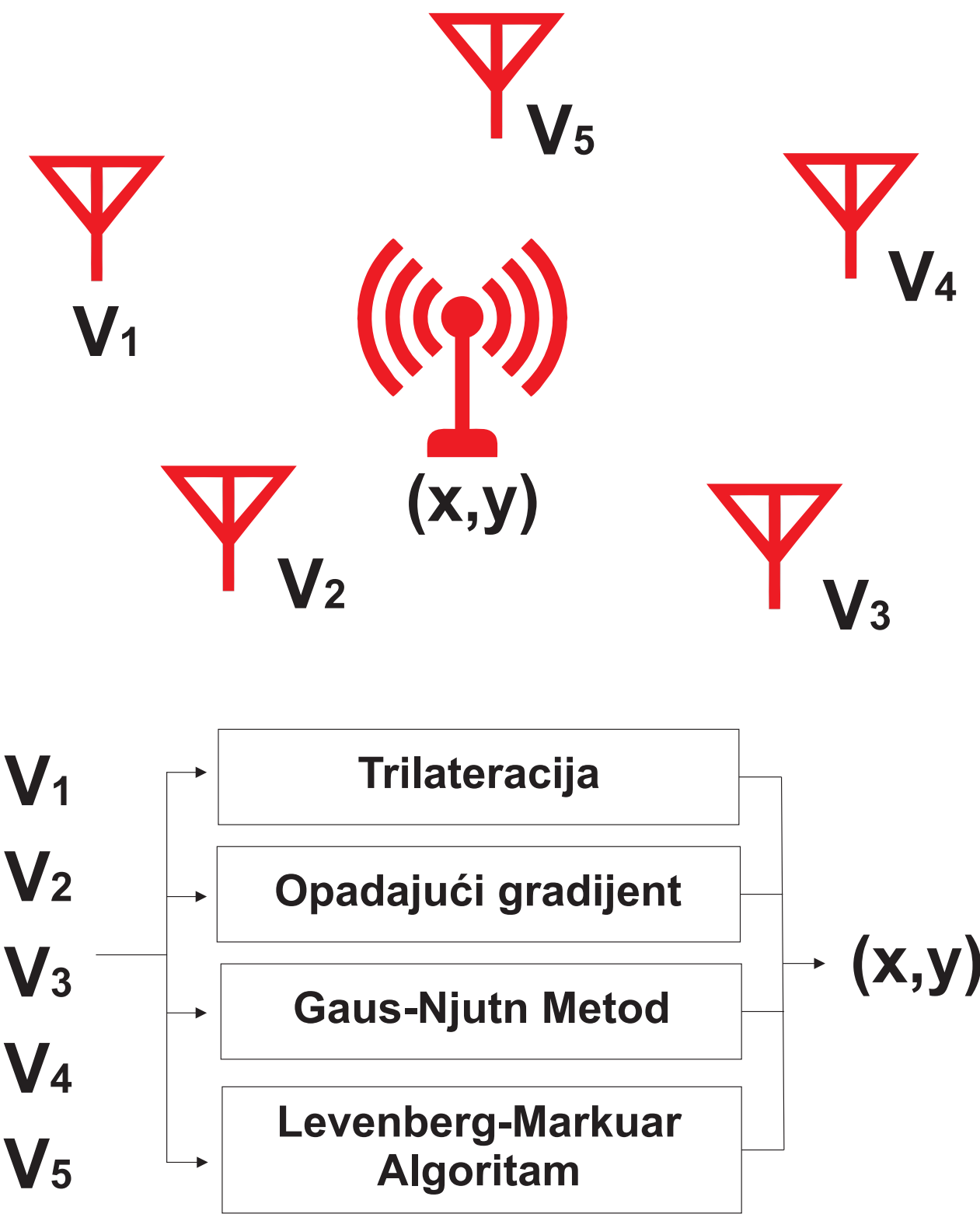
Algoritam koji predstavlja modifikaciju Njutnovog algoritma za određivanje minimuma funkcije preko minimizacije sume kvadrata funkcije. Za ovaj algoritam koristi se Jakobijanska matrica čiji su elementi parcijalni izvodi greške rastojanja po svakoj promenljivoj. Analizom drugih izvoda funkcije dobija se Hesijanska matrica. Na osnovu ove dve matrice, koordinate se proporcionalno smanjuju. U slučaju ovog algoritma početna pretpostavka mora biti prilično dobra jer greška u velikoj meri zavisi od nje. S obzirom da u ovom slučaju polazna tačka uvek ista, veoma male su šanse da će ovaj metod pronaći globalni minimum

### 4. Levenberg-Markuar algoritam

Ovaj algoritam interpolira između prethodna dva, što znači da u mnogim slučajevima pronalazi rešenje čak i ako se krene veoma daleko od krajnjeg minimuma. U svakom koraku svaka koordinata se menja posebno za određenu vrednost dobijenu analiziranjem Jakobijanske matrice. Ta vrednost zavisi od parametra  $l$ , takozvanog LM parametra. On određuje da li algoritam nastavlja da traži minimum u određenom sektoru ili se premešta u neki drugi. Ovaj algoritam je optimalan na nasumičnim početnim vrednostima.

## ZAKLJUČAK

U ovom projektu korišćene su ručno rađene antene u vidu polutalasnih dipola i, sudeći po najboljem rezultatu (greška lokalizacije 6cm), pokazale su se kao prilično pouzdan senzor. Diskusijom dobijenih rezultata zaključeno je da Levenberg-Markuar algoritam daje najbolje rezultate, da sa povećanjem broja antena lokalizacija postaje preciznija i da se aproksimacijom krive kod trilateracije dobijaju znatno bolji rezultati.

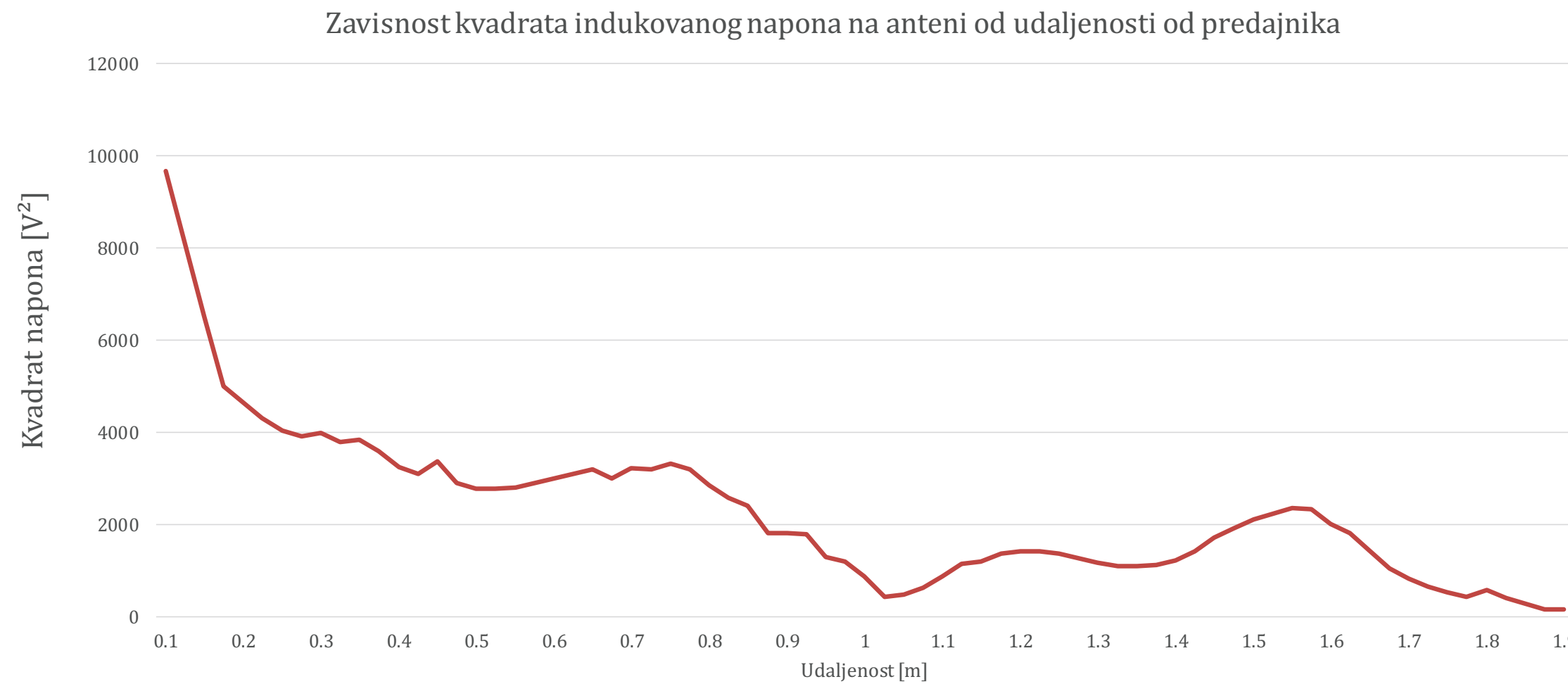


Slika 1. Grafički apstrakt projekta. Prvi korak je emitovanje EM signala sa predajnika nepoznate lokacije i očitavanja napona na prijemnicima.

Drugi korak je određivanje pozicije korišćenjem nekog od 4 algoritma

## REZULTATI

Kao rezultat simulacije, dobijena je kriva zavisnosti S parametra od udaljenosti između antena i primećeni lokalni minimumi na, redom, vrednostima 0.32m, 0.64m, 0.96m i 1.28m, koji predstavljaju 1,2,3 odnosno 4 polovine talasnih dužina emitovanog signala. Postojanje ovih minimuma je rezultat superpozicije elektromagnetskih polja usled provodnog stola. Na slici 2 prikazan je grafik zavisnosti kvadrata indukovanog napona na anteni od udaljenosti od predajnika. Primećuje se da postoji trend opadanja kao u simulaciji, i da su lokalni minimumi na relativno bliskim udaljenostima.



Slika 2. Grafik zavisnosti kvadrata indukovanog napona na anteni od udaljenosti od predajnika

Analizirana je prosečna greška lokalizacije za sve algoritme u slučajevima sa 3, 4 i 5 antena. Na slici 3 prikazan je grafik zavisnosti vrednosti greške lokalizacije od korišćenog algoritma i broja antena. Primećuje se da se greška smanjuje kako se povećava broj antena. Takođe, pokazuje se da je LM algoritam najbolji, kao i da aproksimacija krive karakteristika antene ispravan korak jer se trilateracijom dobijaju bolji rezultati nego GNA ili opadajućim gradijentom.



Slika 3. Grafik zavisnosti greške lokalizacije od broja antena i korišćenog algoritma