Mr Radiša Stefanović,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

ODREĐIVANJE DOMETA RADIO-VEZE NA OSNOVU POZNATE VREDNOSTI JAČINE POLJA

UDC: 621.391.8:621.396

Rezime:

Određivanje dometa radio-veze i zone pokrivanja predajnika zahteva podatke o konfiguraciji zemljišta, njegovom sastavu, kao i poznavanje tehničkih karakteristika uređaja. U radu je prikazana mogućnost proračuna dometa na osnovu izmerenih vrednosti jačine polja jedne trase, i objašnjen postupak za definisanje zone pokrivanja. Merenje je vršeno na dve frekvencije, zbog upoređenja dometa kada predajnik menja radne kanale, radeći u režimu frekvencijskog skakanja ili multipleksa sa frekvencijskom raspodelom kanala.

Ključne reči: domet radio-veze, jačina električnog polja, mobilna veza, profil trase.

RADIO-LINK RANGE DETERMINATION BASED ON KNOWN FIELD INTENSITY

Summary:

Determination of a radio-link range and a transmitter covering zone requires data on terrain configuration and its composition as well as on performances of devices. This article presents a possibility to calculate a range on the basis of measured values of one trace field intensity and explains the procedure of covering zone defining. The measurement was carried out for two frequencies in order to compare the ranges when the transmitter switches channels, functioning in frequency hopping or frequency-multiplexing mode.

Key words: radio-link range, electric field intensity, mobile communication, trace profile.

Uvod

U poslednje vreme sve su brojniji komunikacijski sistemi koji omogućavaju vezu između jednog centra i korisnika koji se nalazi na proizvoljnoj lokaciji u određenoj zoni oko tog centra. Postoje jednosmerne i dvosmerne veze zasnovane po ovom principu. Jednosmerne služe za slanje poruka iz centra bilo kom korisniku. U ovu grupu, pre svega, spada radio-televizijska mreža, a novijeg datuma je mreža pejdžing sistema.

Dvosmerne veze služe za slanje poruka u oba smera. U poslednje vre-

me svakako je trend razvoja ovih veza da periferni primopredajnik bude mobilni i da se istovremeno, pored govora, prenose i podaci.

Trenutno se na svetskom tržištu, pored kvaliteta veze, zahteva i što lakša i minijaturija mobilna stanica.

Do sada su se ove veze uglavnom koristile za interne komunikacije radnih organizacija ili javnih službi kao, na primer, vojske, milicije, vatrogasaca, taksi službe, železnice, itd., kao i priključak na PTT mrežu radio-telefonom.

Kod oba tipa prenosa za kvalitetan prijem nužno je da se određeno

područje pokrije dovoljnom jačinom polja. To se postiže odabiranjem najpovoljnije lokacije baznog (ćelijskog) primopredajnika, izborom snage predajnika i vrste antene, tako da se pokrije što veći procenat određene lokacije. Nikada se ne može zahtevati sto-postotno pokrivanje, jer nije ekonomično, a nekada je i neizvodljivo.

U ovom radu je pokazan jedan od načina određivanja dometa, na osnovu izmerene jačine električnog polja, za radio-vezu ostvarenu u VVF opsegu na ravničarskom terenu. Podaci o jačini polja odnose se na vrednosti jedne realizacije, ali s obzirom na to da veličina polja zavisi od trenutne situacije u atmosferi, ona je statistička veličina većeg broja merenja, na čemu se u radu neće insistirati.

Određivanje dometa radio-veze

Domet radio-veze predstavlja rastojanje neke tačke od predajnika u kojoj je polje jednako ili prvi put manje od minimalno potrebnog polja za korektan rad prijemnika.

Polazeći od jačine električnog polja pri prostiranju elektromagnetskih talasa (EMT) u slobodnom prostoru, gustina snage na mestu prijema u smeru maksimalnog zračenja može se izraziti kao [1, 3]:

$$P = \frac{E^2}{120\pi} \quad (1)$$

gde je:

E — jačina električnog polja na mestu prijema u (mV/m).

Na osnovu poznate veličine gustine snage na mestu prijema, određuje se snaga na izlazu prijemne antene, odnosno na ulazu u prijemnik:

$$P_{pr} = P \cdot A_e \cdot k \quad (2)$$

gde je:

A_e — efektivna površina antene,

k — faktor iskorišćenja zbog gubitaka usled disipacije $k = R_z / (R_z + R_d)$, (u praksi je stepen iskorišćenja između 50% i 70%, ali je za određene frekvencije oko 100%),

R_z — otpor zračenja,

R_d — otpor gubitaka.

Radi jednostavnosti usvaja se da je $k=1$, odnosno da je antena uvek maksimalno prilagođena ulazu prijemnika.

Efektivna površina antene određena je izrazom:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{pr} \quad (3)$$

gde je:

G_{pr} — dobitak prijemne antene u pravcu predajnika u odnosu na izotropni radijator,

λ — talasna dužina u metrima ($\lambda = c/f$).

Uz pretpostavku da postoji potpuno prilagođenje po snazi između antene i ulaza u prijemnik, snaga na ulazu prijemnika je:

$$P_{pr} = \frac{U_{ul}^2}{4R_t} \quad (4)$$

gde je:

R_t — ulazna impedansa prijemnika (Ω),

U_{ul} — napon na ulazu (μV).

Iz izraza (1, 2 i 3) sledi da je:

$$\begin{aligned} P_{pr} &= \frac{E^2}{120\pi} \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_{pr} = \\ &= \frac{c^2}{480\pi^2} \frac{E^2}{f^2} \cdot G_{pr} \end{aligned} \quad (5)$$

gde je:

c — brzina prostiranja elektromagnetskih talasa u vakuumu ($c=3 \cdot 10^8$ m/s),

f — frekvencija (Hz).

Izračunavanjem konstantnih veličina i upotrebom drugih mernih jedinica dobija se izraz:

$$P_{pr}(\text{pW}) = 19 G_{pr} \frac{E^2(\mu\text{V/m})}{f^2(\text{MHz})} \quad (6)$$

$$E^2(\mu\text{V}) = \frac{1}{19} \frac{f^2}{G_{pr}} P_{pr}.$$

Iz (4) i (6) sledi:

$$\begin{aligned} E^2 &= \frac{1}{4} \frac{U_{ul}^2}{R_t} \frac{1}{19} \frac{f^2}{G_{pr}} = \\ &= \frac{1}{76} \frac{U_{ul}^2}{R_t} \frac{f^2}{D_{pr}} \end{aligned} \quad (7)$$

Kod mobilnih veza koje se zasnivaju na pokrivanju određene zone oko centralne stanice nije zanimljivo samo električno polje u smeru maksimalnog zračenja već i u svim uglovima po azimutu od 0° do 360° ili unutar nekog većeg sektora. Kada se odabere lokacija centralne stanice snime se profili terena, na primer svakih 30° po azimutu, što daje 12 radijalnih profila. Za preciznije proračune broj profila može se povećati, a za grubu procenu broj se može i smanjiti. U radu je obrađen jedan profil pravca, a po istoj analogiji proračunava se domet i za ostale pravce unutar posmatrane zone.

Pri određivanju minimalnog polja koje se zahteva za ostvarivanje radio-veze treba dodati i zahtevani odnos signal/šum (S/N) koji se definiše formulom:

$$E_{min}(\text{dB}) = -10 \log 76 + 20 \log U_{ul} + \\ + 10 \log R_t + 20 \log f - \\ - 10 \log G_{pr} + 10 \log S/N \quad (8)$$

gde je:

R_t — ulazna impedansa prijemnika (Ω),

U_{ul} — napon na ulazu prijemnika pri kojem se dostiže prag osetljivosti prijemnika (μV),

f — frekvencija predajnika (MHz),

G_{pr} — dobitak prijemne antene u pravcu predajnika u odnosu na izotropni radijator (dB),

S/N — odnos signal-šum potreban za postizanje odgovarajuće verovatnoće greške (dB).

Rezultati proračuna dometa na osnovu izmerenih vrednosti jačine polja

Proračun dometa zasniva se na izmerenim vrednostima jačine polja jedne realizacije, kada je veza ostvarena radio-uređajem RUP-12 na frekvencijama 30 MHz i 60 MHz.

Metod proračuna dometa i određivanje zone pokrivanja kod mobilne telefonije je isti, samo se jačina polja razlikuje zbog višeg opsega frekvencija od 450 MHz (NMT-450), 900 MHz (GSM) ili 1,8 GHz (DCS 1800).

Teren je bio ravničarski a uglavnom je dominiralo obradivo zemljište, sa ponekom nižom seoskom građevinom. Merenje je obavljano u jesen, kada je većina useva bila uklonjena sa polja.

Osnovna pozicija predajne antene bila je na 145 m nadmorske visine (1,5 m iznad zemljišta). Predajnik je zračio nemodulisan nosilac, a za merenje je korišćen merač ML 518A ANRITSU, japanske proizvodnje. Prijemna antena bila je kalibrisani $\lambda/2$ dipol, montiran na drvenom stalku sa visinom centra 3,56 m od površine zemlje, shodno [7].

Profil odabranog radio-pravca prikazan je na slici 1.

Sl. 1 — Profil trase za merenje

Izmerene vrednosti jačine polja za 30 MHz i 60 MHz prikazane su na slici 2.

Sl. 2 — Određivanje dometa radio-veze za ravničarski teren prema izmerenim podacima jačine polja

Za proračun prema izrazu (8) uze-
ti su podaci koji se odnose na radio-
uređaj RUP-12, i to [2, 6]:

$$U_{ul} = 1,2 \mu V,$$

$$R_t = 50 \Omega,$$

$$f = 30 \text{ MHz}, 60 \text{ MHz},$$

$$G_{pr} = 5,15 \text{ dB}, \text{ duga štap-antena},$$

$$S/N = 20 \text{ dB}.$$

Kada se ove vrednosti uvrste u iz-
raz (8) dobija se vrednost $E_{min}=10,23$
dB, ali se, radi jednostavnosti postup-
ka, usvaja vrednost od 10 dB, na os-
novu koje se i određuje domet prema
slici 2 [5].

Iz prikazanog dijagrama se vidi da
domet na frekvenciji 30 MHz iznosi
14,45 km, a na 60 MHz domet je 12,65
km, što je u skladu sa osnovnim teh-
ničkim podacima.

Za brdske krajeve, usled postojan-
ja senki, pogodnije je korišćenje pro-
računa za verovatni domet, gde se sa
zadatom verovatnoćom može garanto-
vati zahtevani kvalitet prijema.

Da su ovi rezultati merenja ostva-
reni na trasi duž brdovitog terena, ve-
rovatni domet bi iznosio 16 km, jer
bi zahtevani kvalitet prijema od 90%
bio ostvaren duž trase dužine 14,4 km,
kao u navedenom primeru, a na 1,6
km trase ne bi se mogao garantovati
zahtevani kvalitet.

Proračunom verovatnog dometa za
najmanje 12 radijalnih profila od cen-

tralne stanice dolazi se do grafičkog
prikaza zone pokrivanja, što ujedno
treba da predstavlja granicu jedne će-
lije. Van ovih granica bira se lokacija
druge centralne stanice.

Očigledno da ove granice ne sme-
ju biti stroge, zbog varijacije polja u
zavisnosti od frekvencije, pa se po ivi-
cama ćelije najčešće preklapaju. U zo-
nama preklapanja mobilna stanica
komunicira preko ćelijske bazne sta-
nice koja nudi najjači signal na nje-
noj trenutnoj lokaciji.

Zaključak

U radu je na konkretnom prime-
ru pokazan postupak za određivanje
dometa radio-veze za dve frekvencije
u VVF opsegu. Primenom izraza (8)
i dijagrama o jačini polja duž odabra-
nih trasa, za konkretan uređaj, teren i
frekvenciju, određena je zona pokri-
vanja. Podatak o jačini elektromagne-
tskog polja može se dobiti merenjem,
kao u konkretnom primeru, (slika 2),
ili proračunom po nekoj od poznatih
metoda. Proračun nivoa elektromag-
netskog polja najčešće se dobija pri-
menom osnovne CCIR metode, ili nje-
nom modifikacijom sa korekcijom ug-
la prokrčenosti.

Očito je da se pri upotrebi mobil-
ne telefonije može očekivati različit
kvalitet signala, ne samo zbog pro-
mene same lokacije već i zbog prome-
ne radnog kanala (noseće frekvencije).

Literatura:

- [1] Zentner, E.: Radio-komunikacije, Školska knji-
ga, Zagreb, 1980.
- [2] SSNO., Priručnik za antene, VIZ, Beograd, 1981.
- [3] Šunjevarić, M.: Radio-goniometrija, VINC, Beo-
grad, 1991.
- [4] Paroški, M.: Proračun dometa i verovatnog do-
meta radio-veza, ETRAN, Beograd, 1997.

- [5] Stefanović, R.: Otpornost na smetnje i mogu-
ćnost ometanja radio-komunikacijskih sistema
s FS, magistarski rad, VTA, Beograd, 1994.
- [6] SSNO., Radio-uređaj RUP-12, TU, Beograd, 1971.
- [7] Anritsu Electronic, User's manual ML 518A,
Tokyo, Japan.