

ANALIZA COMPARATIVĂ A MODELELOR DE PREDICȚIE A NIVELULUI SEMNALULUI ÎN REȚELELE DE COMUNICAȚII MOBILE

Autori: Victor ZANOSIEV, Alexandru CERCHEZ, Constantin CONDREA

Conducător: conf. univ., dr. Ion Avram

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare este prezentată descrierea modelelor Okumura (Hata), Lee, COST 231 – Hata, Walfish-Ikegami pentru analiza nivelului semnalului transmis la o anumită distanță de stația de emisie. Se cercetează atenuarea undelor în diferite tipuri de regiuni.

Cuvinte cheie: Model, atenuare, frecvență, distanță.

În prezent, proiectarea rețelelor de comunicație mobilă în funcție de distribuția frecvențelor pe teritoriu se efectuează de obicei cu ajutorul programelor, care permit modelarea propagării semnalelor luând în vedere diferite obstacole, la fel și gradul de construcții. Metodele de cercetare se divizează în două grupe. În prima se ia în considerare difracția, reflecția, refracția ș.a, în a doua grupă se introduc coeficienți empirici de atenuare pentru anumit tip de relief și grad antropic, care se caracterizează prin simplitatea utilizării.

Trebuie de menționat că utilizarea corectă a modelelor permite obținerea rezultatelor destul de precise, fără a recurge la calculul tuturor parametrilor electrodinamici, ceea ce este destul de important pentru orașele mari, unde calculul înălțimii fiecărei clădiri, lățimea străzilor ș.a. este practic imposibil. Astfel, crearea unor programe care permit calcularea, în dependență de condițiile introduse, este actuală.

Pentru distanțe foarte mici, care nu conțin obstacole, este utilizat modelul

- Modelul de propagare Free Space

Poate fi utilizată, când în spațiul de transmisiune nu sunt obiecte, care absorb sau reflectă energia. În acest model puterea receptată scade la distanță cu o rată de 20dB/decadă.

Atenuarea pentru modelul “free space”, când câștigul antenei este inclus, este dată de formula:

$$PL(\text{dB}) = -G_t - G_r + 32.44 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (1)$$

unde, G_t este câștigul antenei de emisie în dB

G_r este câștigul antenei de recepție în dB

d este distanța între antene în km

f este frecvența în MHz

- Modelul Okumura (Hata)

Metoda Okumura a fost creată pe baza datelor măsurărilor nivelului semnalului de la emițător în câteva benzi de frecvență în Tokio și suburbiile sale. Deci, alegerea acestei metode este preferată pentru regiunile urbane, unde distanța de analiză este relativ mică (mai mică de 30 km), înălțimea efectivă a antenei de emisie - mai mică de 200 m, înălțimea efectivă a antenei de recepție - mai mică de 10 m, și terenul este relativ plat. Utilizarea acestei metode pentru alte cazuri și pentru distanțe mai mari poate fi inacceptabilă. Utilizând metoda Okumura (Hata), spoate de ales tipul obstacolelor – “fără”, “regiune suburbană”, “oraș”. Această alegere va determina expresia pentru atenuare.

Formulele Hata:

Pierderile pentru regiunile urbane:

$$L_u = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.82 \lg h_b - a_{h_m} + (44.9 + 6.551 \lg h_b) \lg d \quad (2)$$

unde, h_b - înălțimea antenei stației de bază, care depășește înălțimea medie a reliefului în direcția de analiză în limitele 3-15 km.

ah_m – coeficientul de corecție

Pentru oraș mediu:

$$ah_m = (1.1 \lg f - 0.7)h_m - (1.56 \lg f - 0.8) \quad (3)$$

Pentru oraș mare:

$$ah_m = 8.29(\lg(1.54h_m))^2 - 1.1 \text{ pentru } f \leq 400 \text{ MHz} \quad (4)$$

$$ah_m = 3.2(\lg(11.75h_m))^2 - 4.97 \text{ pentru } f \geq 400 \text{ MHz} \quad (5)$$

unde, h_m – înălțimea antenei stației mobile, m.

Pentru regiunile suburmane:

$$L_{su} = L_u - 2 \left(\lg \left(\frac{f}{28} \right) \right)^2 - 5.4, \text{ dB} \quad (6)$$

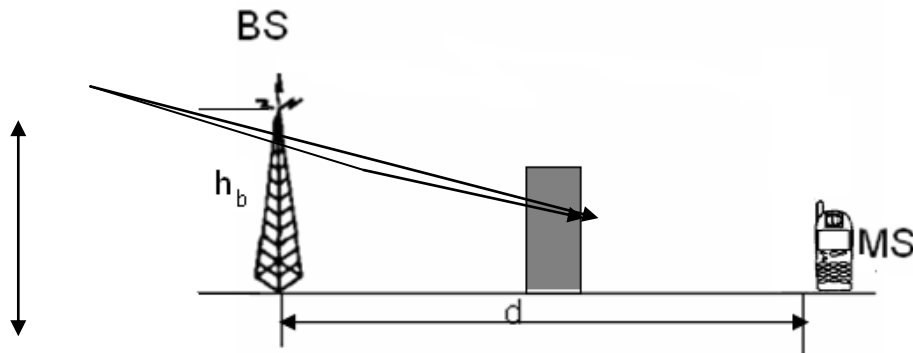


Figura 1. Unda directă și unda difractată

Metodele descrise mai sus ne permite să determinăm pierderile de semnal în dependență de frecvența purtătoare, înălțimea stației de bază și a celei mobile și de asemenea, în dependență de tipul terenului. Aceste metode sunt utilizabile pentru distanțe ce depășesc 1 km și frecvențe ce nu depășesc 1,5 GHz. Astfel, prognozarea nivelului semnalului în sistemele GSM 1800 și GSM 1900 care utilizează frecvențe mai mari de 1,5 GHz (1,8 – 2GHz), nu poate fi făcută cu metodele de mai sus. Deaceia, în cadrul proiectului Uniunii Europene – Cost231, au fost elaborate noi metode de prognozare a nivelului semnalului pentru sistemele GSM 1800/1900, și anume Cost231 – Hata și Cost231 - Waldish-Ikegami.

- Modelul Lee

Lee a propus un model foarte simplu de calcul al propagării semnalului, bazat pe o serie de măsurări efectuate în SUA la frecvența $f_c=900\text{MHz}$. Potrivit acestui model, nivelul mediu al puterii, măsurat la distanța d de la BS se descrie prin relația:

$$P(d) = (P_0) - \gamma \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) - n \lg \left(\frac{f}{f_0} \right) + (F_0) \quad (7)$$

unde, P_0 - puterea medie etlon, măsurată la distanța $d_0 = 1 \text{ km}$; F_0 – coeficient de corecție:

$$F_0 = \prod_{i=1}^5 F_i, \quad (8)$$

$$F_1 = (h_{BS,eff}/30.48)^2, \quad (9)$$

$$F_2 = (h_{MS}/3)^v, \quad (10)$$

unde, $h_{BS,eff}$ – antenna efectivă a stației de bază, m;

h_{MS} – înălțimea antenei ME, m.

Pentru înălțimea antenei ME mai mică de 3 m, $v = 1$, dacă e mai mare de 10 m, $v = 2$.

$$F_3 = P_T/10 \quad (11)$$

$$F_3 = G_T/4 \quad (12)$$

$$F_5 = G_R \quad (13)$$

unde, P_T – puterea semnalului generat de BS, W;

G_T, G_R – câștigul antenei de emisie și respectiv, recepție.

Pierderile medii ale puterii în dependență de frecvență se determină cu ajutorul coeficientului $(f/f_0)^{-n}$. Pentru banda de frecvență de la 30 MHz pînă la 2 GHz și distanța dintre ME și BS de la 2 la 30 km, valoarea lui n este între 2 și 3. Valoarea lui n la fel depinde și de aspectul antropic al terenului. Pentru regiuni suburbane și rurale se recomandă alegerea $n = 2$ la frecvențe mai mici de 450 MHz și $n = 3$ pentru frecvențe mai mare decît 450 MHz.

- Modelul COST 231 – Hata

Modelul dat este o variație a modelului Hata. Aceasta versiune a fost elaborată pentru lucru în banda de frecvențe 1,5 – 2 GHz, înălțimea antenei BS de la 30 m pînă la 200 m, înălțimea antenei MS între 1-10 m și distanța între BS și MS între 1- 20 km.

Formula pentru pierderile în oraș:

$$L_u = 46.3 + 33.9 \lg f - 13.82 \lg h_b - ah_m + (44.9 + 6.55 \lg h_b) \lg d + c_m, \text{ dB} \quad (14)$$

$$ah_m = (1.1 \lg f - 0.7) h_m - (1.56 \lg f - 0.8) \quad (15)$$

$c_m = 0$ dB pentru orașe medii

$c_m = 3$ dB pentru orase mari

Forma modelele Okumura, Hata și Cost231- Hata pot fi folosite pentru cazurile cînd înălțimea antenei BS este mai mare de 30 m, însă aceste metode pot fi folosite și pentru înălțimi mai mici a BS cu condiția că obiectele vecine (clădiri, copaci) sunt mai mici decît antena BS. Metoda Cost231- Hata nu poate fi folosită în cazul distanței mai mici dintre BS și MS.

- Modelul Walfish-Ikegami

Nu ia în considerație relieful terenului, dar se indică tipul construcțiilor. Modelul asigură o precizie mare a rezultatelor cînd înălțimea antenei stației de bază e mai mare decît nivelurile acoperișurilor. La apropierea înălțimii antenei de nivelul acoperișurilor erorile cresc. La analiza nivelului semnalului în diferite puncte ale rețelei se ia în considerație înălțimea antenei BS și MS, lățimea străzilor, distanța dintre clădiri și înălțimea acestora. Astfel formula de calcul este compusă dintre trei componente:

$$L_u = L_s + L_{rts} + L_{ms} \quad (16)$$

L_s – pierderile de semnal la propagarea semnalului în spațiu liber

L_{rts} – pierderile de semnal la difracția și dispersia undelor pe acoperișul clădirilor (roof-top-to-street diffraction and scatter loss)

L_{ms} – pierderile de semnal la difracția multiplă de la o serie de clădiri (multiscreen diffraction loss)

Exemple de calcul

1 Vom determina atenuarea după modelul Okumura (Hata) la condițiile:

- Înălțimea antenei receptului $h_{MS} = 3$ m.
- Înălțimea antenei BS $h_{BS} = 30$ m.
- Frecvența purtătoare $f = 1000$ MHz.

$$L = 69.55 + 26.16 \lg 1000 - 13.82 \lg 30 - ah_m + (44.9 - 6.55 \lg 30) \lg 10$$

$$ah_m = 3.2(\lg(11.75 \cdot 3))^2 - 4.97 = 2.69 \text{ dB}$$

$$L = 69.55 + 78.48 - 20.41 - 2.69 + 35.22 = 160.15 \text{ dB}$$

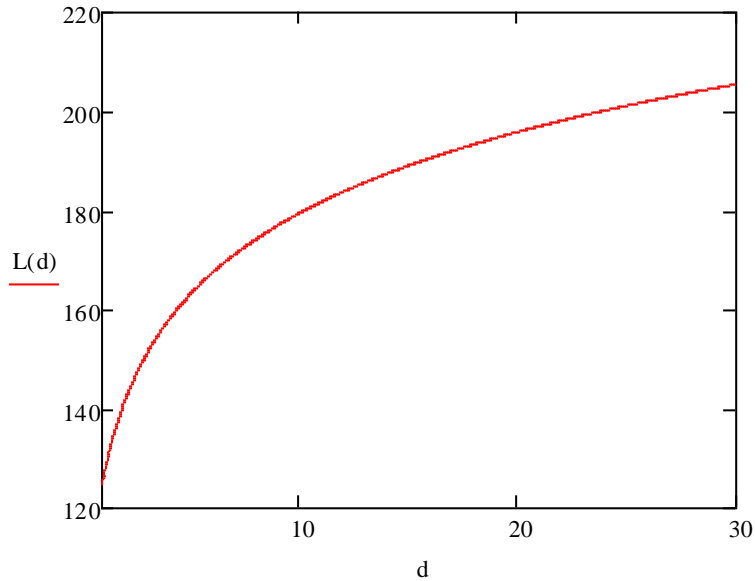


Figura 2. Dependența atenuării de distanța între BS și ME

2 Vom determina nivelul semnalului recepționat de stația mobilă la condițiile:

Pentru oraș mediu: $P_0 = -54$, $\gamma = 38,4$

$n=3$, $P_T=1W$, $h_{BS}=30$ m, $h_{MS}=3$ m, $f=1800$ MHz, $G_T=1$, $G_R=1,5$.

$$F_0 = \left(\frac{30}{30.48}\right)^2 \cdot \left(\frac{3}{3}\right)^1 \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{4} \cdot 1.5 = 0.968 \cdot 0.1 \cdot 0.25 \cdot 1.5 = 0.0363$$

$$P = -54 - 38.4 \lg 10 - 3 \lg 1800 + 0.0363 = -102 \text{ dB}$$

CONCLUZIE: În această lucrare am analizat diferite modele de propagare a undelor radio. Am comparat atenuarea calculată după modelele Okumura-Hata, COST 231 cu valoarea determinată experimental și am primit rezultate apropiate. Deci, aceste metode au o precizie mare și sunt foarte folositoare în telecomunicații.

BIBLIOGRAFIE

Весоловский Кириллоф, "Системы подвижной радиосвязи", 2006, 530р.