

ANALIZA MODELULUI GHID DE UNDA PENTRU COMUNICATIILE RADIO IN CONDITIILE LOCALITATILOR URBANE

**RUSSU Gabriel, NISTIRIUC Ana, ȚURCANU Dinu, NISTIRIUC Pavel P.,
CHIHAI Andrei, NISTIRIUC Ion, POPOVICI-SHARMA Natalia,**
Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Based on the model waveguide is analyzed the peculiarities of radio wave propagation in urban areas with high density of buildings.*

PRELIMINARII

Majoritatea rețelelor de comunicații radio funcționează, atât în interiorul clădirilor, cât și în localitățile urbane cu densitate sporită a clădirilor. Progresul în dezvoltarea comunicațiilor radio cu implementarea tehnologiilor de generația a patra și generația a cincea [1,2] conduce la extinderea rețelelor de comunicații mobile care funcționează în condițiile localităților urbane.

Propagarea undelor radio în interiorul clădirilor și în localitățile urbane cu densitate sporită a clădirilor este însoțită de o serie de particularități după cum sunt: limitarea traseelor radio de diferite obstacole și formarea căilor multiple de propagare a semnalelor datorită reflexiilor multiple.

Modelele canalelor de comunicații radio propuse anterior pentru localitățile urbane sunt “nstable” la volumul de date inițiale și nu iau în considerare particularitățile nominalizate mai sus și ca urmare nu posedă o precizie satisfăcătoare a calculelor.

În prezenta lucrare este elaborat un nou model matematic de propagare a undelor radio în interiorul clădirilor și în cadrul orașelor, numit modelul ghid de unda (MGU), MGU permite să luăm în considerare particularitățile de propagare a undelor radio în condițiile localităților urbane și să sporim precizia calculelor.

PARTEA DE BAZA

În localitățile urbane cel mai frecvent sunt utilizate rețelele de comunicații radio și prin urmare este foarte important de a elabora un model de propagare a semnalelor radio în condițiile localităților urbane cât mai eficient. Pentru canalele de comunicații radio în condițiile de oraș sunt utilizate mai multe tipuri de modele statice [3,4], empirice [5-7] și de raze [8-10]. Se poate de menționat, că modelele de raze sunt cele mai precise, însă ele sunt limitate în numărul de raze, egal aproximativ cu 10 raze, care evident sunt insuficiente. De exemplu pentru lățimea străzii $W_{str} = 30m$ și distanța de la emițător pînă la receptor $R = 500m$ în intervalul de timp t comparabil cu durata unui simbol în standardul GSM, pe lângă raza de baza și raza reflectată de la stratul de acoperire a străzii, la receptor sosesc aproximativ $n = 2 \left[\sqrt{ct(ct + 2R)} \right] / W_{str} \approx 100$ raze cu diferite valori de întârziere în timp (unde $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ este viteza luminii în spațiul liber). Astfel, eroarea calculelor în modelele cu aproximativ 10% din razele ce se recepționează va fi inadmisibil de mare.

În continuare se propune de a utiliza MGU pentru analiza propagării undelor radio în condițiile localităților urbane. Conform MGU străzile orașului sunt analizate ca niște ghiduri de undă în care puterea semnalului emițătoarelor radio de propagă de-a lungul axei ghidului în ambele direcții, parțial fiind absorbită de pereții clădirilor ce înconjoară strada, de straturile de acoperire a străzilor și parțial se propaga de la suprafața străzii în sus și în străzile laterale și paralele.

Factorii de baza, care determină propagarea semnalelor radio într-o astfel de structură sunt:

- lățimea străzii W_{str} ;
- înălțimea clădirilor h_{cl} ce înconjoară strada;
- locul amplasării și caracteristicile antenei stației de emisie;
- distanțele dintre intersecții și unghiul sub care ele se intersectează.

Analizăm problema despre transmisiunea semnalelor radio între emițătorul și receptorul amplasate arbitrar în cadrul orașului. Pentru soluționarea problemei formulate se propune de a diviza orașul într-un număr finit de blocuri, în așa mod, ca fiecare bloc să reprezinte o structură ordonată de-a lungul unei axe și neomogenă de-a lungul celorlalte două axe ale sistemului de coordonate bidimensionale. Astfel de blocuri pe care le vom numi elementare, în dependență de planificarea

interioara a orașului , pot servi pereții clădirilor, străzilor separate și la fel grupe constituite din câteva străzi, ce formează cartiere.

Pentru calculul câmpului electromagnetic în interiorul structurilor complicate ce se analizează, se propune de a utiliza metoda zonelor parțiale [11-14]. În corespundere cu metoda zonelor parțiale câmpul electromagnetic în blocul elementar m poate fi descris prin intermediul funcțiilor proprii ale acestui bloc $\{\vec{E}_{m_i}, \vec{H}_{m_i}\}$ [15-18] :

$$\begin{cases} \vec{E}_m = \sum_i A_{m_i} \vec{E}_{m_i}, \\ \vec{H}_m = \sum_i A_{m_i} \vec{H}_{m_i}. \end{cases} \quad (1)$$

În presupunerea îndeplinirii condiției egalității componentelor tangențiale a câmpului electromagnetic la frontiera dintre blocurile vecine m și n , obținem:

$$\begin{cases} \vec{E}_m = \sum_i A_{m_i} \vec{E}_{m_i}, \\ \vec{H}_m = \sum_i A_{m_i} \vec{H}_{m_i}. \end{cases} \quad (2)$$

În rezultat obținem un sistem de ecuații care ne permite să determinăm coeficienții A_{m_i} .

Pentru utilizarea cu succes a metodei propuse de calcul a caracteristicilor semnalelor radio ce se propagă în interiorul străzii din cadrul cartierului orașului, este necesar de a studia caracteristicile structurilor dielectrice cu conținut neomogen, care în caz general pot fi reprezentate ca în fig.1.

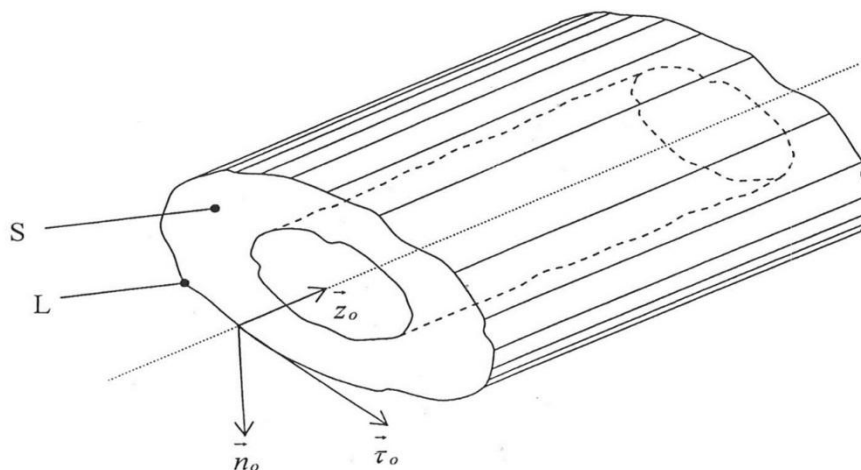


Fig.1.Canalul de comunicații-ghid de unda cu conținut neomogen

În continuare se analizează problema despre excitarea UEM în blocul elementar după cum este paralelipipedul $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$ ce conține un mediu nemagnetic cu valoarea cunoscută a parametrului $\beta = \sigma / \omega \epsilon = tg \delta$ (unde σ este conductibilitatea, ω -frecvența ciclică, ϵ - permitivitatea dielectrică relativă și δ –unghiul pierderilor dielectrice) și înconjurat de pereți cu grosimea infinită, cu adâncimea de pătrundere a câmpului $\Delta m = 1,2,3, \dots 6$ (fig.2)

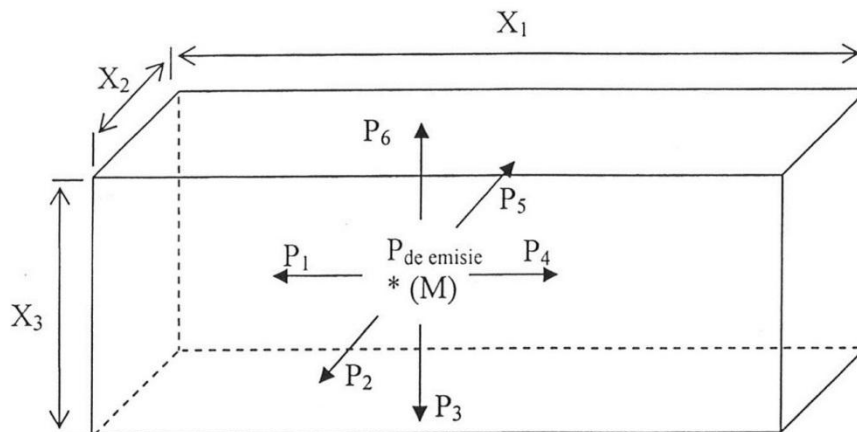


Fig.2. Blocul elementar în cadrul cartierului orașului

Câmpul excitat în structura analizată o vom reprezenta sub formă de superpoziție a câmpurilor create de oscilațiile proprii a undelor (modelor) care le vom considera modele rezonatorului dreptunghiular cu conținut omogen și cu pierderi, frecvențele cărora sunt egale:

$$f_v = f_v^0 [1 + i(2Q_v)^{-1}] \quad (3)$$

unde $f_v^0 = (c/2\pi) \left[(n\pi/X_1)^2 + (l\pi/X_2)^2 + (j\pi/X_3)^2 \right]^{1/2}$ este frecvența proprie a modei v

pentru structura în lipsa pierderilor, c - viteza luminii, Q_v - factorul de calitate a modei, iar indicii (n, l, j) determina tipul și corespunzător indicile ce i se atribuie modei.

În fine sunt calculate componentele pierderilor de energie la propagarea semnalului radio de-a lungul străzii cu lățimea W_{str} înconjurată de clădiri cu înalțimea h_{cl} în limitele unui cartier și la intersecția ei cu strada cu lățimea W_l în direcțiile directă $L_{||}$ sau perpendiculară L_{\perp} :

$$\begin{aligned} L_{car} &= \frac{d_{car}}{\lambda_0} C' + 2 \left(1 + \frac{d_{car}}{W_{str}} + \frac{d_{car}}{h_{cl}} \right), \\ L_{||} &= \frac{W_{\perp}}{\lambda_0} C' + 2 \left(1 + \frac{W_{\perp}}{W_{str}} + \frac{W_{\perp}}{h_{cl}} \right), \\ L_{\perp} &= \frac{W_{str}}{\lambda_0} C' + 2 \left(1 + \frac{W_{str}}{W_{\perp}} + \frac{W_{str}}{h_{cl}} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

unde d_{car} este lățimea cartierului, iar $C' \cong 2,36\beta$.

Rezultatele calculelor pierderilor de propagare semnalului radio descris prin intermediul modelului ghid de unda în condițiile orașului la frecvența 900 MHz obținute cu ajutorul relațiilor (4) pentru un sector a orașului cu structura reprezentată în fig.3 sunt reflectate prin intermediul dependențelor din fig.4.

Mărimea β care caracterizează gradul de absorbție a energiei de obiectele din cadrul străzii (copacii, automobilele, terasele, oamenii, etc.) în calcule a fost luată egală cu 0,04 ($C' \cong 0,1$).

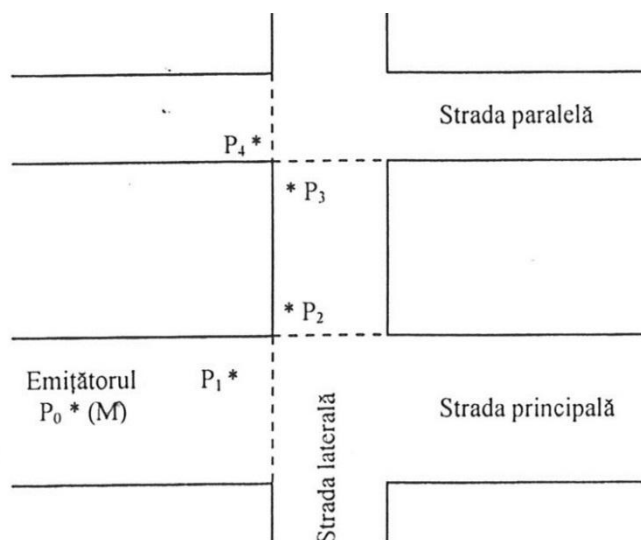


Fig.3. Planul unui sector a orașului

(Punctul M este punctual de amplasare a emițătorului. P_0 – puterea emițătorului; P_1 – puterea recepționată de receptorul amplasat la sfârșitul primului cartier de pe strada principală; P_2 – puterea recepționată de receptorul amplasat la începutul cartierului de pe strada laterală; P_3 – puterea recepționată de receptorul amplasat la sfârșitul cartierului de pe strada laterală; P_4 – puterea recepționată de receptorul amplasat la intersecția străzii laterale cu cea paralelă străzii principale).

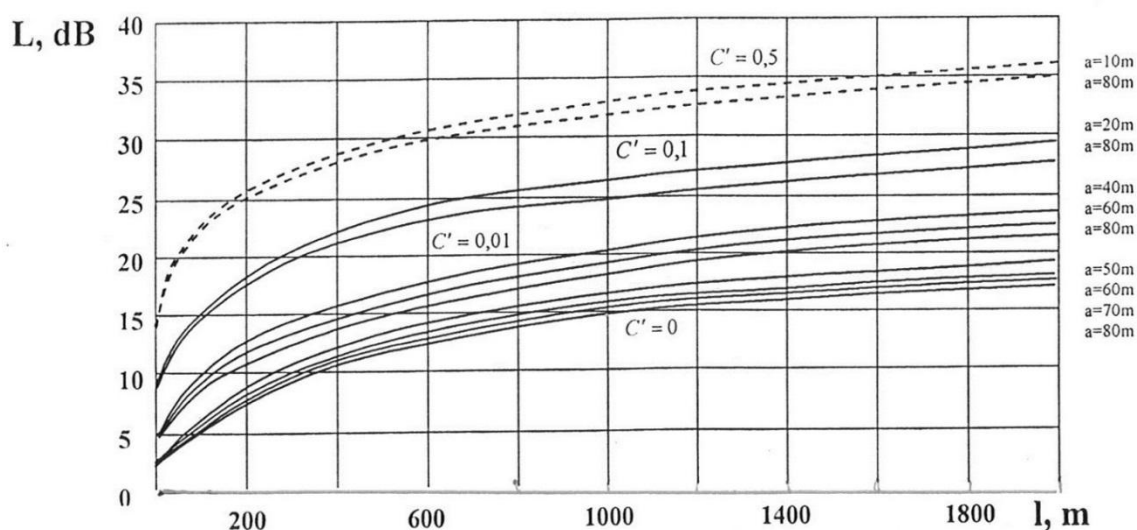


Fig.4. Rezultatele calculului pierderilor la propagarea semnalului radio descrise prin intermediul modelului ghid de unda în condițiile de oraș, la frecvența 900 MHz.

III CONCLUZII

Analizând rezultatele reprezentate fig.4 observăm, că ele se acordă bine cu datele experimentale și de calcul obținute cu ajutorul altor modele. De exemplu, conform [4], pe străzile orașului ce se află de la emițător la o distanță destul de mare (ce alcătuiește 300m, pentru ca aportul de baza la propagarea semnalului să aparțină MGU), pierderile la propagarea semnalului alcătuiesc aproximativ 0,067 dB/m (67 dB/km), indiferent de tipul străzii principale, paralela cu laterală și de dimensiunile ei geometrice, corespunde cu datele din fig.4 când $C'=0,1$. La fel conform [4] observăm, ca deosebirea în nivelul semnalului recepționat pe strada principală și pe străzile paralele în apropierea primei intersecții de la emițător, alcătuiește aproximativ 25 dB. Rezultatul obținut poate fi explicat cu ajutorul dependenței din fig.4 ce corespunde valorii $C'=0,1$ și anume: pierderile

alcătuiesc 10 dB la intersecțiile străzilor cu lățimea aproximativ de 40m și alcătuiesc 15 dB pentru strada laterală cu lungimea de 80....100m. Exemplu analizat ne demonstrează, că MGU bine se acordă cu rezultatele măsurărilor experimentale și totodată ne mărturisește despre eficiența de utilizare a MGU pentru calculul caracteristicilor de propagare a semnalelor radio în localitățile urbane cu densitate sporită a clădirilor.

Bibliografie:

1. Романюк В. Основы радиосвязи.-Москва: Юрайт, 2015.
2. Жуков И.Ю., Михайлов Д.М., Стариковский А.В. Технология модельной связи: услуги и сервисы- Москва: Инфа-м, 2014.
3. Damos E. Digital Mobile Radio: COST 231 View on the Evolution towards 3rd Generation System. Bruxelles: Final Report COST 231 Project, published by the European Commission, 1998.
4. Gahleitner R. Radio Wave Propagation in and into Urban Buildings. Phd thesis, technical University of Vienna 1997.
5. Motley A.J. and Kennan J.M. Radio coverage in buildings. Bele System Technical Journal (BTSJ), vol.8, 1990.
6. Wolfle G., Landstorfer F. Extensions to the Field Strength Prediction Technique based on Dominant Paths between Transmitter and Receiver in Indoor Wireless Communications. In 2nd European Personal and Communications, Conference, Paris, 1997.
7. Wolfle G., Landstorfer M. Dominant Path for the Field Strength Prediction. In 48th IEEE International Conference on Vehicular Technology(VTC), Ottawa, 1998.
8. Huschka T. Ray Tracing Models for Indoor Environments and their Computational Complexity. In IEEE 5th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications(PIMRC), Madrid,1994.
9. Carciofi C., Cortina A. Fast Field Prediction Techniques for Indoor Communications Systems. In 2nd European Personal and Mobile Communications Conference(EPMCC), Bonn,1997.
10. Degli-Esposti V., Carciofi C. Sensivity of Ray-Tracing Indoor Field of Scientific and Technical Research,COST 259 TD (97) 049, Lisabon, 1997.
11. Веселов Г.И. Раевский С.Б. Слоистые металло-диэлектрические волноводы.-Москва: Радио и Связи, 1988.
12. Ильинский А.С., Слупян Г. Я. Колебания и волны в электродинамических системах с патерями.- Москва: МГУ, 1983.
13. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники. Электродинамика и распространение радиоволн. Москва: МГУ, 2001.
14. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны.- Радио и Связь, 1988.
15. Веселов Г.И., Егоров Е.Н. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – Москва: МИЭТ, 1977.
16. Самарский А.А., Тихонов А.Н. О представлении поля в волноводе в виде суммы полей и волн.// ЖТФ, Т.18, №7, 1948.
17. Краснушкин П.Е. Метод нормальных волн в применении к плоскостойким средам.// Докл. АН СССР, Т.56, №7, 1947.
18. Краснушкин П. Е., Моисеев Е.И. О возбуждении вынужденных колебаний в слоистом радиоволноводе.// Докл. АН СССР, Т. 264, №5, 1982.