

TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA MODELAREA PROPAGĂRII UNDELOR RADIO

Ing. Adrian MIHĂIUȚI

Conducător științific:	prof.univ.dr.ing. Alimpie Ignea
Referenți științifici:	prof.univ.dr.ing. Teodor Petrescu
	prof.univ.dr.ing. Tudor Palade
	prof.univ.dr.ing. Traian Jurca

1. Problematica tezei

Undele radio au fost descoperite cu mai bine de un secol în urmă, dar studiile privind propagare continuă și astăzi să fie de actualitate, datorită dinamicii cu care se dezvoltă și evoluează piața de comunicații mobile, concomitent cu noile tehnologii și noile aplicații care apar an de an.

Chiar dacă există un număr mare de studii referitoare la modelarea interacțiunii dintre unde și mediul de propagare, datorită complexității fenomenelor, este imposibil de realizat o caracterizare globală a comportamentului propagării. De aici rezultă un interes continuu pentru găsirea unor modele care să corespundă cu specificitatea aplicațiilor pentru care se dorește proiectarea acoperirii cu semnal de radiofrecvență.

Deloc de neglijat în practică sunt costurile de proiectare. Astfel, companiile de profil caută să găsească o soluție de proiectare cât mai ieftină și mai fiabilă, în condițiile în care licențele unor programe software dedicate calculului atenuării de propagare pentru o legătură radio sunt foarte ridicate. Pe de altă parte, modelele deja cunoscute, cele mai multe dintre ele fiind modele empirice, au limitări în ceea ce privește aplicabilitatea din punct de vedere al benzii de frecvență sau înălțimea antenei terminalelor.

Această stare de fapt conduce la oportunități de studiu privind extinderea capabilităților de predicție a unor modele de propagare existente respectiv, să se găsească noi metode cât mai ieftine și mai fiabile de predicție.

2. Structura tezei

Teza este structurată pe 7 capitole. Primul capitol este unul cu caracter introductiv.

În capitolul 2, Mecanisme de propagare ale undelor radio se face o trecere în revistă a celor mai semnificative fenomene care apar în urma interacțiunii dintre unde și mediul de propagare precum și modalitățile de modelare matematică a acestora.

În capitolul 3, Modele de propagare a undelor radio se prezintă cele mai importante și utilizate modele de propagare care se găsesc în literatura de specialitate.

În capitolul 4, Studiul propagării undelor radio în banda VHF se găsește o analiză a propagării în jurul frecvenței de 200 MHz. Datele experimentale despre propagare, obținute prin intermediul câtorva campanii de măsurări, au fost comparate cu predicția furnizată de modelul Longley – Rice. Din analizele realizate, au rezultat câteva concluzii legate de comportamentul propagării în această gamă de frecvență și totodată s-au adus corecții la modelul Longley – Rice, pentru a se îmbunătăți rezultatele predicției.

În capitolul 5, Studiul propagării undelor radio în mediul urban se prezintă un model de simulare a propagării undelor în mediul urban, dezvoltat în Matlab. De asemenea s-a studiat propagarea semnalului radio pe verticală. Acest studiu a fost făcut atât experimental, prin două campanii de măsurări, cât și prin simulări respectiv analiză teoretică. Pe baza datelor obținute s-a

propus o formulă matematică de calcul a câștigului de propagare care apare atunci când antena de recepție își modifică înălțimea de la 2 m până la 10 m. O a treia direcție a studiului a avut ca scop analiza comportării pe verticală a propagării, în interiorul și în preajma clădirilor.

Capitolul 6, Analiza statistică a propagării undelor radio propune o metodă de filtrare a datelor care se folosesc în proiectarea acoperirii cu semnal radio a unei celule de comunicații. Termenul de „filtrare” se referă la eliminarea acelor valori de câmp electromagnetic care nu se încadrează în tendința generală de evoluție a semnalului radio, prezis sau măsurat, și care pot avea o contribuție negativă în sensul deformării statisticii care caracterizează rezultatele proiectării.

În capitolul 7, Concluzii generale și contribuții se găsesc concluziile studiilor prezentate pe parcursul tezei, și contribuțiile originale aduse de către autor în acest domeniu, prin intermediul acestei lucrări.

3. Contribuții originale ale autorului

Teza de față cuprinde contribuții originale care au fost elaborate în urma cercetărilor elaborate în perioada programului de doctorat. În continuare se vor prezenta aceste contribuții.

- În prima parte a lucrării este prezentat un studiu bibliografic asupra principalelor metode de modelare a mecanismelor de propagare (capitolul 2) și asupra modelelor de propagare cele mai cunoscute și utilizate în predicția propagării în celulele de comunicații mobile din mediul rural și urban, respectiv pentru cazul serviciilor de radiodifuziune (capitolul 3).
- Autorul a realizat un studiu teoretic detaliat asupra modelului de propagare Longley – Rice, prezentat în paragraful 4.2.
- Pe parcursul cercetării s-au întreprins trei campanii de măsurări în vederea obținerii datelor experimentale care să permită analiza propagării semnalului provenit de la stațiile de radiodifuziune, datele fiind prezentate în paragrafele 4.3.1 și 4.3.2.
- Autorul a făcut observații importante asupra influenței reliefului asupra atenuării semnalului radio în banda VHF, cu identificarea ariei din jurul receptorului ca fiind critică atât în procesul de măsurare cât și în cel de predicție (paragraful 4.3.1).
- Prin măsurarea unui traseu de propagare pornind din apropierea emițătorului și alegând puncte colineare într-o deplasare radială s-a reușit crearea unei curbe experimentale de evoluție a atenuării pe un astfel de traseu propagare (paragraful 4.3.3).
- Prin compararea datelor experimentale cu cele furnizate de modelul Longley – Rice s-a determinat o corecție care să fie aplicată modelului pentru o mai bună performanță, prezentată în relația (4.24) din paragraful 4.3.3.
- În paragraful 4.4 este analizată posibilitatea de a utiliza modelul Longley–Rice în predicția propagării în mediul urban. Autorii modelului Longley-Rice au introdus o formulă de corecție („urban factor”) care să adauge o atenuare suplimentară pentru zone de propagare obstrucționate de clădiri. S-a constatat că pentru zone rezidențiale, cu clădiri de dimensiuni mici, rezultatele sunt satisfăcătoare. Această corecție are recomandarea de utilizare doar pentru mediile rezidențiale și zonele rurale de câmpie. Autorul acestei teze a propus o nouă formulă de corecție a modelului Longley – Rice (relația (4.26)), care s-a dovedit a avea rezultate bune în condițiile de propagare din zonele rezidențiale. Această corecție ține seama de atenuarea de difracție, prin urmare nu se impun limitări asupra regimului de înălțime al orașului în care să fie utilizată.

- În capitolul 5, prin combinarea modelelor fizice de propagare cu o abordare empirică a fost creat un model de simulare în Matlab care are capacitatea de a furniza puterea, valoarea efectivă a componentei câmpului electric sau atenuarea de propagare într-un scenariu de propagare din mediul urban. Modelul folosește, în determinarea câmpului la recepție, contribuția a 3 unde care ajung în antena de recepție pe trasee de propagare diferite. Întreaga geometrie, pe baza căreia se calculează interacțiunea undelor cu mediul de propagare, este calculată de către program pe baza introducerii unor date minimale de către utilizator: coordonatele terminalelor, înălțimile antenelor, frecvența, câștigul antenelor, lățimea străzilor și înălțimea medie a clădirilor de pe stradă, unghiul de orientare a străzii față de Nord. Acest model este descris în capitolul 5, paragraful 5.2 și listat în Anexe.
- Comparația mărimilor de ieșire a programului de simulare cu date experimentale arată că simularea conduce spre rezultate corecte de predicție și la posibilitatea de utilizare în practică (paragraful 5.2).
- S-a realizat un studiu experimental legat de propagarea pe verticală a semnalului radio în mediul urban, prin măsurarea puterii semnalului în două celule de comunicații mobile la înălțimi ale antenei de recepție de 2 m, 4 m, 6 m, 10 m. Acest studiu, prezentat în paragraful 5.3.2 conduce la reliefarea comportamentului undelor radio pe verticală.
- Pe baza măsurărilor și a simulărilor realizate cu ajutorul programului de simulare amintit mai sus s-a stabilit o relație matematică (relațiile (5.7) și (5.8) din paragraful 5.3.3) care permite stabilirea unui „câștig” de propagare pe verticală, atunci când antena de recepție își modifică înălțimea de la 2 m până la 10 m.
- În paragraful 5.4 se prezintă o campanie de măsurare care a vizat studierea comportamentului propagării undelor radio în interiorul unei clădiri și în jurul acesteia. Pe baza rezultatelor obținute autorul a reușit caracterizarea evoluției semnalului radio pe verticală în interiorul clădirilor, determinarea unui câștig de propagare pe înălțime și evoluția atenuării de propagare din exteriorul clădirii spre interior.
- A fost creat un program de simulare în Matlab a variabilității atenuării în interiorul unei încăperi a unei clădiri. Modelul a fost validat prin măsurări.
- În capitolul 6 se prezintă o metodă statistică de filtrare a perechilor de date măsurat – prezis care se obțin într-un proces de calibrare a unui model propagare folosit în proiectarea acoperirii cu semnal a unei celule de comunicații. Metoda propusă este una versatilă din punct de vedere al alegerii de către utilizator a unui interval de încredere cu care să realizeze această filtrare. Rezultatele experimentale care sunt prelucrate în vederea exemplificării aplicabilității metodei (paragraful 6.2) arată o îmbunătățire a statisticii, prin eliminarea datelor nerelevante.
- În paragraful 6.3 s-a prezentat o metoda alternativă de analiză a perechii de date măsurat – prezis, care are la bază algoritmul FSV.