



Comité National Français de Radioélectricité Scientifique

Section française de l'

Union Radio Scientifique Internationale

Siège social : Académie des Sciences, Quai de Conti – Paris

JOURNÉES SCIENTIFIQUES DU CNFRS

" INTERACTION DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE AVEC L'ENVIRONNEMENT "

(OBJETS ET STRUCTURES MANUFACTURÉS OU ENVIRONNEMENT NATUREL)

PARIS, LES 24 ET 25 FÉVRIER 2005

Influence d'une description fine de l'environnement sur le canal de propagation indoor.

Reynaud Sébastien¹, Cocheril Yann¹, Vauzelle Rodolphe¹, Reineix Alain², Aveneau Lilian¹, Khoudeir Majdi¹

¹ Université de Poitiers, SIC, FRE CNRS 2731, Boulevard Marie et Pierre Curie, 86962 Futuroscope Chasseneuil
{reynaud, cocheril, vauzelle, aveneau}@sic.sp2mi.univ-poitiers.fr

² Université de Limoges, IRCOM, UMR CNRS 6615, 123 avenue Albert Thomas, 87000 Limoges
reineix@unilim.fr

Résumé

L'évolution des systèmes sans fil indoor vers des applications de type multimédia se traduit par une montée en fréquence allant jusqu'à plusieurs dizaines de GHz. Il devient alors nécessaire d'étudier l'influence d'éléments de l'environnement tels que les objets de formes complexes et de petite dimension ou encore la rugosité des surfaces jusqu'alors considérés d'influence négligeable sur une transmission.

Associée aux techniques de tracé de rayons classiques, basées sur l'Optique Géométrique et la TUD, notre étude a pour but d'augmenter le potentiel des tracés de rayons pour la modélisation du canal de propagation dans des environnements indoor complexes par la prise en compte d'éléments particuliers de l'environnement.

Mots clés : tracé de rayons 3D, environnement indoor, hybridation, DFDT, surfaces rugueuses

Introduction

De nos jours, un intérêt croissant est dévoué aux applications large bande telles que les réseaux sans fil (WLANs), de par l'évolution des services multimédia actuels qui nécessitent des débits de plus en plus importants et donc une montée en fréquence. Actuellement, les techniques de tracé de rayons, associés à la TUD (Théorie Uniforme de la Diffraction), s'imposent pour prédire le comportement du canal large bande. En effet, ces méthodes asymptotiques ne sont pas limitées par la montée en fréquence. Cependant, cette démarche de rayons permet uniquement de modéliser des objets de forme canonique de tailles supérieures à la longueur d'onde λ . Elle s'avère donc insuffisante pour évaluer l'influence d'objets de formes complexes et petits devant λ , ainsi que la rugosité des surfaces en environnement indoor : il devient alors nécessaire de représenter et d'étudier le comportement de l'environnement de façon plus fine. La figure 1 illustre une modélisation de la propagation en présence de petits objets et de surfaces rugueuses.

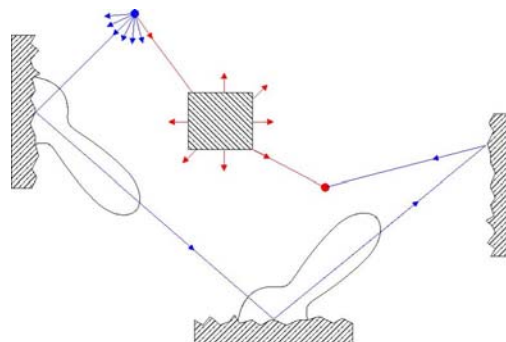


Figure 1 : Exemple d'une propagation dans un environnement modélisé finement

Dans cet article, nous proposons de modéliser la propagation dans un bâtiment par un logiciel basé sur un tracé de rayons 3D [1] en prenant en compte ces deux éléments. La rugosité des surfaces est décrite de manière semi statistique, à l'aide de lois statistiques paramétrées par des informations déterministes : l'étude de son influence, décrite en section 1, est basée sur des méthodes de Monte-Carlo souvent utilisées en synthèse d'images. Enfin, le comportement électromagnétique des objets complexes de petite taille devant λ est déterminé par une hybridation TUD-DFDT (Différences Finies dans le Domaine Temporel) [4] explicitée en section 2. En conclusion, nous décrivons brièvement les résultats qui seront présentés dans l'article final.

1. Modélisation des surfaces rugueuses

Une surface est considérée rugueuse si la hauteur de son relief local est non négligeable devant la longueur d'onde (critère de Rayleigh). Elle introduit alors un déphasage entre les rayons réfléchis : c'est le phénomène de diffusion. Une surface rugueuse est généralement modélisée à l'aide de μ -facettes [2]. Chaque μ -facette renvoie dans sa direction spéculaire propre une portion de l'onde reçue, atténuée du coefficient de réflexion de Fresnel modifié.

Deux méthodes permettent de décrire une surface rugueuse composée de μ -facettes. La première, déterministe, suppose la connaissance des positions et orientations de chaque μ -facette. La seconde, statistique, utilise un modèle définissant statistiquement ces mêmes données [2] [3]. La technique déterministe semble, a priori, la plus fiable. Néanmoins, se pose le problème d'acquisition des rugosités pour des surfaces de tailles quelconques. C'est pourquoi nous proposons une approche mixte, dite semi statistique. Elle s'appuie sur une description statistique du comportement des μ -facettes paramétrée à l'aide de la description déterministe. Nous confrontons ces trois descriptions de façon à déterminer une modélisation satisfaisante du phénomène électromagnétique de diffusion lié à la rugosité des surfaces. Cette modélisation s'appuie sur une méthode de Monte-Carlo.

2. Hybridation TUD-DFDT

Le comportement électromagnétique de chaque petit objet est retranscrit dans une matrice de diffraction déterminée par DFDT [5]. L'obtention de cette matrice se fait en plusieurs étapes. La structure est d'abord illuminée par une onde plane au moyen d'une surface de Huygens disposée autour de la structure. Suivant le principe de Huygens, le champ à l'extérieur de la surface de Huygens correspond au champ diffracté par la structure. Ainsi, après transformation champ proche/champ lointain et passage dans le domaine fréquentiel, on obtient le champ diffracté en zone de champ lointain dans le domaine fréquentiel. La matrice de diffraction finale est obtenue après normalisation par rapport au champ incident au centre de phase de la structure. Les matrices de diffraction étant prohibitives en terme d'occupation mémoire, elles sont compressées par la méthode des ondelettes sphériques discrètes [6].

Dans le code de tracé de rayons 3D, chaque objet modélisé de cette façon sera représenté par sa matrice de diffraction et assimilable à un coefficient de diffraction généralisé; chaque rayon arrivant sur l'objet générera de nouveaux rayons dont les caractéristiques (direction, amplitude, polarisation ...) seront déduites de l'information contenue dans la matrice de diffraction de l'objet.

3. Résultats

Les principaux résultats seront présentés dans l'article final. On évaluera dans quelles mesures la prise en compte de détails de l'environnement (surfaces rugueuses, petits objets) modifie le comportement du canal de propagation indoor. Ceci sera réalisé à travers l'analyse de réponses impulsionnelles et de zones de couverture dans des configurations particulières.

Références bibliographiques

- [1] F. Escarieu, Y. Pousset, R. Vauzelle and L. Aveneau. *Outdoor and indoor characterization by a 3D simulation software*. IEEE PIRMC'2001, San Diego, Octobre 2001.
- [2] P. Beckmann et A. Spizzichino. *The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surfaces*. Pergamon, 1963.
- [3] Dirk Didascalou, Martin Dottling, Norbert Geng et Werner Wiesbeck. *An approach to include stochastic rough surface scattering into deterministic ray-optical wave propagation modelling*. IEEE Trans. on Antennas and Prop., 51(7) : 1508-1515, Juillet 2003.
- [4] A. Taflove. *The Finite Difference Time Domain method*. Artech House, Inc., 1995.
- [5] S.Reynaud, C.Guiffaut, A.Reineix, R.Vauzelle, *Modelling indoor propagation using an indirect hybrid method combining the UTD and the FDTD methods*, ECWT, Oct. 2004.
- [6] L. Claustres, M. Paulin, Y. Boucher. *BRDF Measurement Modelling Using Wavelets For Efficient Path Tracing*. SIGGRAPH 2003, Computer Graphics, 2003.