



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

Optimisation par un algorithme génétique d'un modèle basé sur l'Optique Géométrique et la Théorie Uniforme de la Diffraction

Romain MATSCHEK*, Ministère de l'Intérieur

*7, rue des Campanules 77185 LOGNES
romain.matschek@wanadoo.fr

Résumé

La méconnaissance des caractéristiques des matériaux (nature, épaisseur, structure, rugosité, ...) est fortement préjudiciable à la qualité des prédictions du champ radioélectrique obtenu par des méthodes rigoureuses. De façon à pouvoir optimiser notre modèle basé sur l'Optique Géométrique et la Théorie Uniforme de la Diffraction exploitant les rayons obtenus par un tracé de rayon tridimensionnel (combinant réflexion, transmissions et diffractions), nous lui avons associé un algorithme génétique. Nous en avons évalué les performances après optimisation sur différents environnements indoor, et nous avons ensuite déterminé l'influence des différents paramètres du tracé de rayons sur l'acuité des prédictions et donc la connaissance de l'environnement de simulation. La convergence de l'algorithme génétique a finalement été étudiée.

Mots clés : tracé de rayons, algorithme génétique, Optique Géométrique, Théorie Uniforme de la Diffraction, indoor

Présentation

Disposer d'un outil de prédiction du champ radioélectrique dans des environnements variés (indoor et urbains) pour une large gamme de fréquences est un atout déterminant pour déployer des réseaux radiomobiles, Wifi, etc.

L'outil considéré doit réaliser un compromis temps de calcul/précision compatible avec les contraintes opérationnelles d'ingénierie, en requérant une connaissance suffisante de l'environnement; la modélisation de la géométrie des scènes de calcul est un facteur primordial de la qualité des prédictions, mais les caractéristiques propres aux matériaux constitutifs de ces scènes sont également prégnantes.

Compte tenu des fréquences actuellement usitées pour les communications radio haut débit (d'environ 500 MHz à 100 GHz) et de la précision désirée (écart-type de l'ordre de 6 à 8 dB), nous avons développé un outil associant un tracé de rayons tridimensionnel à un modèle basé sur l'Optique Géométrique et la Théorie Uniforme de la Diffraction. Outre les paramètres radioélectriques (fréquence, polarisation, ...), nos calculs vectoriels s'appuient sur une facettisation de la scène de calcul (relief et sursol, notamment bâti). Il nous est alors possible d'inclure la description de l'intérieur des bâtiments voire des éléments particuliers (mobilier,

équipements divers) pour autant que leurs dimensions soient compatibles avec les limites des méthodes optiques (quelques dizaines de λ).

Il nous est apparu que les caractéristiques intrinsèques des matériaux (permittivité relative, conductivité) données dans la littérature ne permettaient pas d'obtenir des prédictions de qualité. En effet, la variabilité de ces caractéristiques d'une scène à l'autre, la difficulté d'identifier correctement certains matériaux (notamment de construction), la méconnaissance de leur état de surface ou de leur structure multicouche introduisent une erreur importante dans les différents coefficients (réflexion, transmission, diffraction) utilisés par le tracé.

Plutôt que d'envisager des mesures *in situ* sur les matériaux de la scène (délicates et coûteuses), il semble plus réaliste d'optimiser les prédictions avec des mesures de champ radioélectrique de référence. Il est alors possible d'ajuster le modèle de calcul en jouant sur ses paramètres tout en conservant sa rigueur à l'approche optique.

Pour réaliser cette optimisation multivariable (permittivité relative, conductivité, épaisseur voire rugosité pour une dizaine de matériaux, soit une cinquantaine d'inconnues), nous nous sommes appuyés sur un algorithme génétique, technique qui présentait entre autres l'avantage d'être peu sensible aux problèmes des minima locaux.

Externe au modèle de calcul vectoriel du champ, l'algorithme génétique donne de bons résultats dans des environnements variés pour un temps de calcul tout à fait acceptable, n'imposant en outre aucune contrainte sur le paramétrage du tracé de rayons, notamment sur le nombre et la nature des interactions onde/matériau à prendre en compte pour chaque rayon (réflexions, diffractions, transmissions).

Nous avons mis en œuvre notre optimisation par algorithme génétique pour différentes configurations indoor. Après avoir optimisé le modèle à l'aide de mesures de référence, nous en avons évalué les performances sur d'autres configurations, notamment dans le cas du multi-étages (par exemple pour couvrir un bâtiment complet ou déterminer les interférences entre plusieurs réseaux WiFi). Nous avons pu constater que le jeu de matériaux obtenu était valide pour un paramétrage quelconque du tracé, ce qui permet, par exemple, d'optimiser le modèle avec des rayons subissant peu d'interactions puis d'utiliser les mêmes matériaux dans une configuration plus riche.

Enfin, nous avons analysé la convergence de l'algorithme génétique pour en définir les paramètres optimaux (taux de mutation, de croisement, taille de la population génétique, nombre d'époques nécessaires, ...).

Ce travail a été partiellement réalisé à France Télécom R&D, Belfort.