



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

PRÉSENTATION DES RÉSUMÉS ET INSTRUCTIONS POUR LES AUTEURS

Calcul d'interaction antenne/structure par les méthodes multipôles rapides

*Thierry KOLECK**, *Nathalie BARTOLI***, *Florence MILLOT***

*CNES, Service Antennes, 18 av. E.Belin, 31401 Toulouse

thierry.koleck@cnes.fr

** CERFACS, 42 av. G.Coriolis, 31077 Toulouse

florence.millot@cnes.fr

Résumé

Cette présentation porte sur une nouvelle approche du calcul d'interaction antenne/structure utilisant des techniques basées sur la méthode multipôle rapide (FMM). L'approche adoptée se décompose en deux étapes.

L'antenne étant décrite par son diagramme de rayonnement en champ lointain, on fait appel à une technique FMM pour recomposer son champ proche. Ceci permet de calculer de façon très précise le champ incident sur la structure.

Le champ diffracté par la structure est ensuite calculé par la résolution des équations intégrales (EFIE ou CFIE) par une méthode multipôle.

Mots clés : FMM, Equations intégrales, Antennes satellites.

Introduction

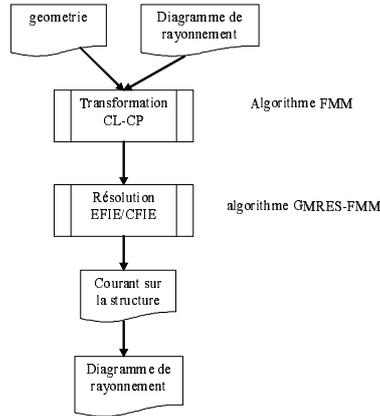
La résolution des équations intégrales (EFIE ou CFIE) d'un problème électromagnétique est une solution fiable et robuste. Cependant, pour le calcul des interactions antenne/structure, deux problèmes majeurs peuvent limiter l'utilisation de telles formulations.

Le premier problème concerne la taille du problème. De manière générale, la structure portant l'antenne (avion, satellite) est grande vis-à-vis de la longueur d'onde. La résolution classique des équations intégrales par la méthode des moments se trouve rapidement limitée par la taille de la matrice engendrée.

Le second point concerne la description de l'antenne. La résolution classique des équations intégrales nécessite généralement de modéliser l'antenne. Or, pour des cas d'application réels, il est nécessaire de prendre en compte le diagramme de rayonnement mesuré de l'antenne.

Nous avons donc adopté une nouvelle approche en deux étapes, permettant ainsi de s'affranchir de ces limitations :

- une transformation champ lointain – champ proche destinée à utiliser un diagramme mesuré pour calculer les champs incident sur la structure,
- le calcul des courants créés par l'antenne sur la structure.



1. Transformation champ lointain - champ proche

Considérons une antenne décrite par son diagramme de rayonnement en champ lointain $E^\infty(\vec{r})$. L'objectif est de calculer avec une grande précision le champ en un point x_s quelconque de l'espace (et en particulier dans une zone proche de l'antenne).

Le champ électrique $E(x_s)$, généré par un courant J_a sur l'antenne est donné par l'EFIE

$$E(x_s) = iZ_0k \int_{\Gamma_a} G(x_s, y) J_a(y) d\Gamma_a(y) + \frac{iZ_0}{k} \int_{\Gamma_a} \text{grad}_x G(x_s, y) \text{div} J_a(y) d\Gamma_a(y)$$

En utilisant le théorème de Gegenbauer pour le noyau de Green et les techniques multipôles, nous pouvons écrire le champ en un point quelconque x_s sous la forme

$$E(x_s) \approx \frac{k}{4\pi} \int_S E^\infty(s) T^L(s, D) e^{ik(x_s - C_{B_{x_s}}) \cdot s} dS \text{ avec } T^L(s, D) = -i \sum_{l=0}^L i^l (2l+1) h_l^{(1)}(k|D|) P_l(D \cdot s)$$

- où S est la sphère unité,
- P_l est le polynôme de Legendre,
- $h_l^{(1)}$ est le fonction de Hankel sphérique,
- L le nombre de terme de la série de Gegenbauer,
- D la distance entre 2 boîtes de même niveau,
- $C_{B_{x_s}}$ le centre de la boîte B_{x_s}

Cette équation montre que le champ proche peut être calculé en chaque point x_s en connaissant le champ lointain $E^\infty(\vec{r})$ dans toutes les directions.

2. Calcul des courant sur la structure

Le calcul des courant sur la structure s'effectue par la résolution de l'EFIE par la méthode des moments. Le second membre est calculé à partir des champs électriques incidents estimés par la technique décrite au paragraphe 1. La résolution du problème fait appel à une technique FMM multiniveau.

3. Application

La méthode développée a été appliquée au calcul des perturbations d'une antenne sur un microsatellite. L'antenne peut être placée à une distance minimale de $\lambda/4$ de la structure. Cette technique a permis de traiter des cas d'application inaccessibles avec les méthodes classiques (MoM ou GTD).

Références bibliographiques

[1] N. Bartoli and F. Collino and F. Dodu and T. Koleck, "A far-near field Transformation using the Fast Multipole Techniques", CERFACS Technical Report 2003, <http://www.cerfacs.fr/cgi-bin/emc/publis.pl>

[2] N. Bartoli and F. Collino and F. Dodu and T. Koleck, "A far-near field Transformation using the Fast Multipole Techniques", accepted to the IEEE-AP, Trans. On. December 2004.

[3] W. Chew, J. Jin, E. Michielssen, J. Song, "Fast and Efficient Algorithms in Computational Electromagnetics", Artech House Antennas and Propagation Library, Boston, London, 2001

[4] E. Darve, "The Fast Multipole Method: Numerical Implementation" Journal of Comput. Physics, vol.160, no 1, pp. 196-240, May 2000

[5] F. Collino, F. Millot, "La méthode Multipôle pour les problèmes de diffraction", CERFACS Technical Report 2000, <http://www.cerfacs.fr/cgi-bin/emc/publis.pl>