

Routage de guides d'onde dans un satellite de télécommunications

F. Bessaïh^{1,3}, B.Cabon¹, D. Feillet², Ph.Michelon³

¹ EADS ASTRIUM, 31 rue des Cosmonautes, Z.I. des Palays, 31402 Toulouse Cedex 4.

{fawzi.bessaih,bertrand.cabon}@astrium.eads.net

² École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, CMP Georges Charpak, F-13541 Gardanne, France. feillet@emse.fr

³ Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Laboratoire Informatique d'Avignon (EA 931), F-84911 Avignon, France. {fawzi.bessaih,philippe.michelon}@univ-avignon.fr

Mots-Clés : *validation de design, génération de colonnes, plus court chemin, multi-routage, multi-flot.*

1 Le problème de routage de guides d'onde

Pour répondre à la demande sans cesse croissante en capacité et débit pour la télévision HD, la sécurité civile, les télécommunications haut débit etc., les opérateurs satellites doivent accroître de façon importante la capacité de leurs nouveaux satellites. Des capacités qui posent de nouvelles difficultés liées à la minimisation des pertes radio fréquentielles. Des pertes liées à la dissipation au niveau des composants, pertes fixes et à la longueur des guides d'onde (tubes métalliques de section rectangulaire) qui acheminent le signal, pertes proportionnelles à la longueur. Minimiser ces pertes revient à minimiser la longueur des guides d'onde et donc à effectuer le routage en prenant en compte les éventuels obstacles (composants) se trouvant sur l'espace de routage.

L'espace de routage est discrétisé en une grille en 2D sur plusieurs niveaux, le passage d'un niveau à l'autre ne pouvant se faire qu'entre cases de mêmes coordonnées. Ce choix (plutôt qu'une modélisation en 3D par exemple) s'explique par les méthodes de conception actuelles des satellites, qui se font niveau par niveau. Pour chaque niveau, nous proposons un maillage en grille, choisi du fait de sa simplicité de mise en œuvre. Une case de la grille peut être un espace libre, un obstacle (élément du satellite positionné à cet endroit), un point de départ ou un point d'arrivée de guide d'onde. Chaque case a au plus 10 cases adjacentes (8 cases adjacentes sur le plan – incluant les diagonales – et 2 sur les niveaux inférieurs et supérieurs respectivement). Avec cette modélisation, la manière de positionner un guide d'onde dans l'espace sera alors représentée par un chemin reliant une case d'origine à une case de destination par une suite de cases adjacentes.

Cet exposé s'intéresse à la problématique de routage de guides d'onde, c'est-à-dire à l'évaluation et la minimisation de la longueur des guides d'onde pour une configuration de satellite donnée (positionnement des composants) en effectuant une approximation du routage de ces guides d'onde. Cette approximation fournira une évaluation des pertes radio fréquentielles et fera ultérieurement l'objet de raffinement pour le routage définitif.

C'est une problématique de multi-flot [1] où un ensemble de couples de sommets doivent être reliés

par un ensemble de chemins deux à deux compatibles et dont la somme des longueurs est minimisée. Les problèmes de multi-flot ont été étudiés dans de nombreux domaines, allant de l'électronique (les circuits imprimés), à la microélectronique (les circuits intégrés) et en passant par les réseaux informatiques ou le transport.

2 Modélisation et approches de résolution

Nous proposons d'aborder la résolution de ce problème, tout d'abord par une méthode basée sur la génération de colonnes, permettant de calculer la relaxation linéaire du modèle de couverture, où les variables de décision représentent la sélection de chemins pour les guides d'onde. Ensuite, par deux méthodes heuristiques. Une première méthode basée sur la génération de colonnes. Elle tente de construire de manière assez simpliste une solution entière à partir de la borne inférieure. Une seconde basée sur une méthode gloutonne associée à un mécanisme de réparation locale. Elle autorise les chevauchements des guides d'onde pour appliquer ensuite le mécanisme de réparation locale. La recherche de plus court chemin est effectuée grâce à l'algorithme A^* [4], qui peut être considéré comme une extension de l'algorithme de Dijkstra [3].

3 Résultats et perspectives

Les expérimentations ont été effectuées sur des instances de test représentatives des différents cas de figure qui peuvent être rencontrés lors du routage des guides d'onde, que ce soit des instances créées de toutes pièces ou des instances provenant de véritables satellites. Au vue des premiers résultats, les deux méthodes heuristiques proposées sont équivalentes en terme de valeur mais avec un net avantage pour l'heuristique gloutonne en terme de temps d'exécution. La borne supérieure fournie par les deux heuristiques et la borne inférieure provenant de la résolution de la relaxation linéaire du modèle de couverture, nous permettent de borner l'optimum en moyenne à 5,78%.

Plusieurs perspectives s'offrent à nous. Tout d'abord, améliorer les heuristiques et le modèle de couverture afin qu'ils soient plus réalistes (prendre en compte des contraintes supplémentaires : l'épaisseur,...) pour pouvoir confronter nos résultats à de véritables mesures de longueur. Ensuite, améliorer la borne donnée par la relaxation linéaire du modèle (intégration d'inégalités valides...). Et enfin, mettre en place une politique de branchement (Branch and Price [2]) pour la convergence de la génération de colonne vers une solution entière optimale.

Références

- [1] Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti, and James B. Orlin. *Network Flows : Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, New Jersey, mars 1993.
- [2] Cynthia Barnhart, Christopher A. Hane, and Pamela H. Vance. Using branch-and-price-and-cut to solve origin-destination integer multicommodity flow problems. *Oper. Res.*, 48(2) :318–326, 2000.
- [3] Edsger W. Dijkstra. A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1 :269–271, 1959.
- [4] P.E. Hart, N.J. Nilsson, and B. Raphael. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4 :100–107, 1968.