

Génération de colonnes et réseaux de capteurs sans fil

André Rossi¹, Alok Singh², Marc Sevaux¹

¹ Lab-STICC; Université de Bretagne-Sud; BP. 92116, F-56321 Lorient, France
{andre.rossi,marc.sevaux}@univ-ubs.fr

² University of Hyderabad; 500 046 Andhra Pradesh, Hyderabad, India
alokcs@uohyd.ernet.in

Mots-Clés : *Génération de colonnes, matheuristiques, réseaux de capteurs sans fil.*

1 Introduction

Les réseaux de capteurs sans fil connaissent un succès croissant pour la surveillance des environnements hostiles ou difficilement accessibles, comme les théâtres d'opérations militaires, la prévention des incendies de forêts ou la surveillance des fonds marins pour la prévision des tsunamis. Dans de tels environnements, les capteurs sont souvent positionnés de manière peu précise (ils peuvent être largués par parachute). Afin de compenser ce déploiement un peu aléatoire, le nombre des capteurs utilisés est surdimensionné. Cela permet également d'augmenter la tolérance aux fautes car les cibles sont couvertes par plusieurs capteurs. Chaque capteur est alimenté par une batterie dont la charge est limitée, et que l'on ne peut généralement pas remplacer. Une utilisation intelligente de l'énergie disponible de chaque capteur est donc un levier majeur de l'augmentation de la durée de vie du réseau. La technique la plus communément utilisée pour augmenter la durée de vie du réseau consiste à tirer parti de la redondance de capteurs. Ceux-ci sont regroupés dans des ensembles (non nécessairement disjoints) de sorte que les capteurs d'un même ensemble couvrent toutes les cibles. Ces ensembles sont appelés des *covers*. Les covers sont activés séquentiellement de façon mutuellement exclusive : à chaque instant, seuls les capteurs appartenant au cover actif sont utilisés, les autres capteurs étant en veille. Cette stratégie permet d'augmenter considérablement la durée de vie du réseau pour deux raisons : la première est qu'un capteur en veille consomme beaucoup moins d'énergie qu'un capteur actif [1, 4], la seconde tient au fait que les batteries ont une durée de vie supérieure lorsqu'elles sont utilisées de façon fractionnée plutôt qu'en une seule fois [2, 3].

Plusieurs variantes du problème d'ordonnancement des capteurs dans les réseaux sans fil (WSNSP Wireless Sensor Network Scheduling Problem) peuvent être abordées avec des méthodes à base de génération de colonnes, mais une seule de ces variantes est présentée ici pour des raisons de place. Un algorithme génétique est utilisé pour résoudre le problème auxiliaire (afin de trouver des colonnes profitables rapidement), ainsi qu'un PLNE pour résoudre le problème auxiliaire de manière exacte, ce qui est indispensable pour démontrer qu'aucune colonne profitable ne peut être ajoutée au problème maître. Le problème maître est un programme linéaire permettant d'ordonner les covers, qui sont représentés par ses variables de décision dont les colonnes sont produites par le problème auxiliaire. L'objectif du problème est de maximiser la durée de vie du réseau, c'est à dire la durée pendant laquelle chaque cible est couverte par au moins un capteur actif (dont la batterie n'est pas épuisée).

2 WSNSP sous contrainte de bande passante

Dans cette version du problème, la bande passant dont disposent les capteurs pour envoyer leurs informations, est limitée. Ainsi, tout cover doit compter moins de W capteurs. Le problème maître est noté MAS et défini par :

$$\text{Maximiser} \quad \sum_{j=1}^p t_j \quad (1)$$

$$\text{Sous les contraintes} \quad \sum_{j=1}^p a_{i,j} t_j \leq 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (2)$$

$$t_j \geq 0 \quad \forall j \in \{1, \dots, p\} \quad (3)$$

où p est le nombre courant de covers (c'est le nombre de colonnes dans le problème maître), t_j est la durée pendant laquelle le cover j est utilisé, $a_{i,j}$ est un booléen fixé à 1 si et seulement si le capteur i appartient au cover j . (1) est la fonction objectif du problème visant à maximiser la durée de vie du réseau, le jeu de contraintes (2) assure que tout capteur ne peut pas être utilisé plus d'une unité de temps (la durée de vie de la batterie est supposée identique pour tous les capteurs, elle a été normalisée à 1 sans perte de généralité).

Le problème auxiliaire a pour objet de produire des covers profitables, c'est à dire des colonnes pour le problème maître dont le coût réduit est strictement positif. L'algorithme génétique utilisé n'est pas présenté ici, on utilise la formulation PLNE notée AUX uniquement lorsque l'algorithme génétique ne trouve aucun cover profitable. En pratique, AUX n'est souvent utilisé que pour démontrer qu'aucun cover profitable n'existe, et donc que la solution courante du problème maître est optimale.

$$\text{Maximiser} \quad 1 - \sum_{i=1}^n y_i a_{i,j} \quad (4)$$

$$\text{Sous les contraintes} \quad \sum_{i=1}^n a_{i,j} \leq W \quad (5)$$

$$\sum_{i \in C_k} a_{i,j} \geq 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, m\} \quad (6)$$

$$a_{i,j} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (7)$$

La fonction objectif (4) est le coût réduit du cover (qui est une variable hors base) à introduire dans le problème maître, C_k est l'ensemble des capteurs qui peuvent couvrir la cible k pour tout k dans $\{1, \dots, m\}$. y_i est la variable duale associée à la contrainte i du programme linéaire MAS et $a_{i,j}$ sont les variables de décision de AUX (où j est l'indice du cover en construction).

Références

- [1] I. A. Akyldiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, A survey of sensor networks, IEEE Communication Magazine (2002), 102-114.
- [2] L. Benini, G. Castelli, A. Macii, E. Macii, M. Poncino and R. Scarsi, A discrete-time battery model for high-level power estimation, DATE-00 : IEEE Design Automation and Test in Europe, Paris, (2000), pp. 35-39.
- [3] L. Benini, D. Bruni, A. Macii, E. Macii, M. Poncino, Discharge Current Steering for Battery Lifetime Optimization, IEEE Transaction on computers, volume 52, Number 8 (2003), 985-995.
- [4] V. Raghunathan, C. Schurgers, S. Park and M.B. Srivastava, Energy aware wireless microsensor networks, IEEE Signal Processing Magazine (2002), 40-50.