
Diversité des Chemins de Collecte dans les Réseaux de Capteurs Économés en Énergie

Pascal Mérindol* et Antoine Gallais**

**Université catholique de Louvain - IP Networking Lab*

***Université de Strasbourg - Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télé-détection (CNRS UMR 7005)*

pascal.merindol@uclouvain.be, gallais@unistra.fr

ABSTRACT. Energy efficiency is one of the most important issue to be tackled in wireless sensor networks. Activity scheduling protocols aim at prolonging the network lifetime by reducing the proportion of nodes that participate in the application. Among the vast range of criteria existing to schedule nodes activities, area coverage by connected sets is one of the most studied. Active nodes must ensure area coverage while remaining connected in order to guarantee proper data collection to the sink stations.

As wireless communications stand for the main source of energy consumption, we investigated the communication redundancy of the active nodes set. We define a path diversity based metric that allows to characterize the communication redundancy of a given set of nodes. We show that one of the most used connectivity criterion is far from building minimal connected sets in terms of communicating nodes involved. Our results open new directions to design localized connected sets solutions.

MOTS-CLÉS : Réseau de capteurs, ordonnancement d'activité, couverture de surface, ensembles connectés

KEY WORDS: Wireless sensor networks, activity scheduling, area coverage, connected sets

1. Contribution

Parmi les protocoles d'ordonnancement d'activité visant à prolonger la durée de vie dans les réseaux de capteurs, divers critères sont utilisés. L'un des plus présents dans la littérature est celui de la couverture de surface par des ensembles connectés. Une couverture totale de la zone de déploiement doit être assurée par un ensemble de nœuds actifs connectés entre eux afin d'acheminer les données récoltées vers les puits de données (machines aux ressources supposées infinies et assurant la collecte des informations). Ces capteurs actifs peuvent être désignés de multiples façons comme en attestent les nombreuses contributions existantes [ZHO 04, CAI 05, TIA 05, GAL 08].

Dans la grande majorité des solutions proposées, il existe un point commun qui est que tout capteur actif doit assurer les fonctions de mesure et de communication. Les puits de données sont quant à eux très rarement considérés, l'objectif étant de préserver la connexité de l'ensemble complet et non uniquement les chemins de collecte entre chacun des capteurs et l'un des puits. Dès lors, la quantité de capteurs nécessaire à l'observation complète de la zone de déploiement est largement supérieure à celle suffisant à garantir l'existence de ces chemins de collecte. Le module de transmission sans fil étant très consommateur d'énergie, nous étudions ici les moyens de réduire le nombre de capteurs communicants dans l'ensemble de nœuds actifs. Nous avons commencé par l'évaluation de la diversité des chemins de collecte induite par divers algorithmes d'ordonnancement d'activité, utilisant comme critère la couverture de surface par des ensembles connectés. La construction de tels ensembles génère une diversité des chemins de collecte très largement supérieure à l'ensemble des relais nécessaires à la communication. Modifier le degré de couverture de surface est l'une des pistes possible permettant de diminuer la densité de nœuds actifs et donc de nœuds communicants.

Outre cette solution, nous avons obtenu des résultats montrant qu'un critère largement utilisé pour garantir la connexité engendre des ensembles au sein desquels la diversité des chemins de collecte est importante. Nous avons ainsi observé que dans la grande majorité des cas, tous les voisins d'un nœud donné sont autant de prochains sauts potentiels (premier lien d'un chemin élémentaire) vers toute destination du réseau (voir Fig. 1(a) où \overline{H} représente l'ensemble des nœuds ne pouvant pas utiliser tous leurs voisins pour joindre toute les destinations potentielles). Cette observation laisse entrevoir de nombreuses améliorations visant notamment à réduire le nombre de capteurs devant être impliqués dans les communications multi-sauts. Nous avons également observé que pour une destination donnée, les chemins alternatifs sont d'une qualité relativement proche de l'optimal traduisant ainsi le fort maillage topologique (voir Fig. 1(b) où une grande majorité d'entre eux ont un coût inférieur au double de celui du chemin optimal). La Fig. 2 a pour objectif de décrire sommairement les avantages à tirer d'une telle diversité (la sous figure de gauche est la topologie initiale avec les rayons de couverture des capteurs suffisants à la couverture de surface). L'équilibrage de charge ou encore les politiques de re-routage rapide pourraient bénéficier de cette diversité permettant ainsi au réseau de demeurer robuste en termes d'atteinte du puits et ce depuis tout capteur du réseau (voir Fig. 2 au centre : chaque capteur en activité, excepté celui dans le coin supérieur droit, dispose d'une alternative de re-routage vers le puits). En plus de cela, cette diversité permet d'envisager de nouvelles politiques d'ordonnancement d'activité considérant de nouveaux statuts pour les nœuds (voir Fig. 2 à droite, seuls deux capteurs sont nécessaires à la connexité de communication). Il serait par exemple envisageable d'introduire un état *sensing-only* consistant en l'envoi de données sans la participation aux communications multi-sauts. Ceci fait alors référence au problème NP-complet de l'arbre couvrant avec un maximum de feuilles (Maximum Leaf Spanning Tree), les

nœuds en *sensing-only* étant les feuilles. Ainsi, pour un puits donné d , un arbre inversé des meilleurs chemins (Reverse Shortest-Path Tree) enraciné en d et maximisant le nombre de feuilles peut être approché par une méthode centralisée. Nous concentrons sur des solutions localisées, notre objectif est de parvenir à construire de telles structures à l'aide de décisions uniquement locales.

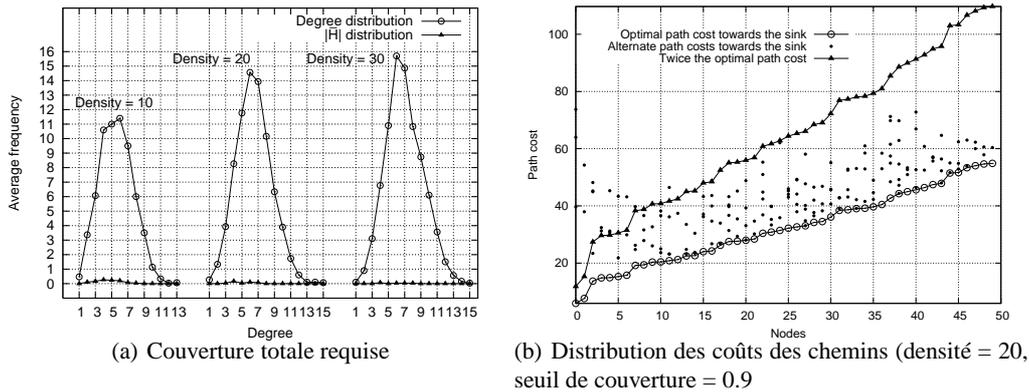


Figure 1. Diversité et coûts des chemins alternatifs.

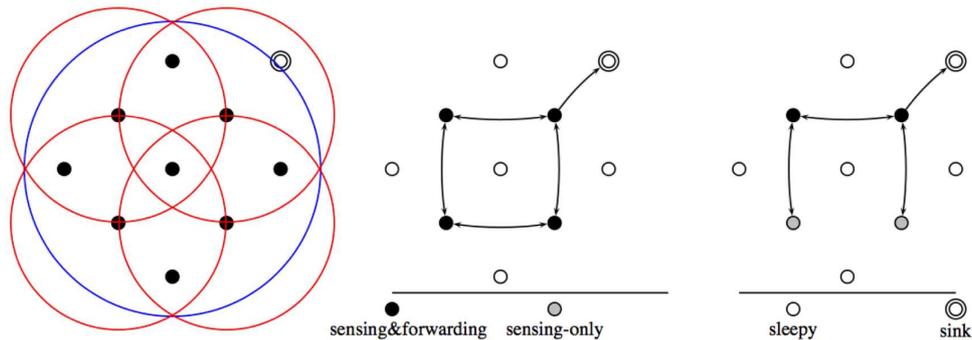


Figure 2. Vers de nouveaux états lors de l'ordonnancement d'activité.

2. Bibliographie

- [CAI 05] CAI Y., LI M., SHU W., WU M.-Y., ACOS : A Precise Energy-Aware Coverage Control Protocol for Wireless Sensor Networks, *International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, (MSN)*, Wuhan, China, 2005, p. 701–710.
- [GAL 08] GALLAIS A., CARLE J., SIMPLOT-RYL D., STOJMENOVIĆ I., Localized sensor area coverage with low communication overhead, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 7, n° 5, 2008, p. 661–672.
- [TIA 05] TIAN D., GEORGANAS N. D., Connectivity maintenance and coverage preservation in wireless sensor networks, *Ad Hoc Networks Journal (Elsevier Science)*, vol. 3, 2005, p. 744–761.
- [ZHO 04] ZHOU Z., DAS S., GUPTA H., Connected K-Coverage Problem in Sensor Networks, *13th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, Chicago, USA, 2004, p. 373–378.