

Coloration avec conflits pour l'allocation de canaux dans les réseaux de capteurs sans fil

1 Contexte

Depuis une dizaine d'années, les réseaux de capteurs sans fil se sont répandus pour répondre à un grand nombre de besoins différents, comme la surveillance d'informations environnementales (températures, hygrométrie, qualité de l'air ...) ou militaire (détection d'intrusions, localisation d'ennemis ...). Ces réseaux peuvent être déployés dans des environnements hostiles, dans lesquels il est difficile voire impossible d'intervenir pour réparer les capteurs défaillants. De plus, les noeuds de ce type de réseaux sont très contraints en terme de ressources (énergie, calcul, mémoire). Ainsi, le premier point à prendre en compte est la réduction de la consommation énergétique des capteurs, afin d'augmenter la durée de vie du réseau. La communication est la partie la plus gourmande en terme d'énergie sur un noeud capteur. Parmi les différentes couches protocolaires, la couche MAC (Medium Access Control) a un impacte considérable sur la consommation énergétique globale d'un réseau de capteurs. Cette couche a la charge de contrôler l'accès et le partage du médium sans fil pour les communications des capteurs. Le médium sans fil est découpé en plusieurs canaux (ou plage de fréquences) pour établir des transmissions parallèles, sachant que 16 canaux sont considérés d'après la norme IEEE 802.15.4. Cependant, un certain nombre de problèmes apparaissent à ce niveau comme par exemple la présence [5] :

- de collisions dues à la transmission et la réception de messages au niveau de noeuds proches sur le même canal,
- de temps d'*écoutes actives* si aucun message n'est transmis,
- d'*envois sourds* de messages (cas où le noeud destinataire est en sommeil).

Divers protocoles sont mis en oeuvre au niveau de cette couche pour prendre en compte ces problèmes. Ils appartiennent à deux grandes classes d'approches : les approches déterministes (TDMA - Time-Division Multiple Access) ou probabilistes (CSMA - Carrier Sense Multiple Access). La collecte des données captées et transmises par les noeuds capteurs du réseau sont acheminées suivant un arbre de collecte dont la racine est le noeud puits.

Dans le cadre de ce stage, nous nous intéresserons à l'allocation des canaux effectuée suivant une stratégie d'allocation déterministe de sorte à obtenir le plus grand nombre de transmissions réalisables dans l'arbre de collecte sans collision. Pour éliminer les collisions au niveau des messages transmis par les capteurs, plusieurs critères doivent être considérés [3] :

1. allocation de canaux uniquement pour les liens de l'arbre de collecte (et non pour ceux hors de l'arbre),

2. deux noeuds voisins doivent utiliser des canaux différents si l'un est en émission et l'autre en réception,
3. un noeud capteur ne peut recevoir et transmettre des données via le même canal,
4. un noeud capteur ne peut recevoir des messages envoyés par deux voisins distincts via le même canal.

Ce problème d'allocation peut être associé à un problème de coloration d'arêtes d'un graphe modélisant le réseau de capteurs [1, 4]. Plus particulièrement, cela correspond à un problème de coloration à distance 2 des arêtes d'un arbre couvrant $G = (V, E)$ enraciné au puits, dans lequel les autres liens du réseau seraient modélisés comme un graphe de conflits $C = (V, F)$ les arêtes de conflit reliant les sommets de l'arbre. Les arêtes de conflits interdisent l'utilisation de certaines couleurs. De plus, chaque sommet pourra avoir une liste de couleurs utilisables différente. On cherchera à minimiser le nombre de couleurs nécessaires de sorte à respecter les restrictions sur les couleurs décrites précédemment.

2 Travail demandé

Le travail demandé durant ce stage se décompose en plusieurs parties :

- réaliser un état de l'art des travaux existants sur la coloration d'arêtes à distance 2 tenant compte de la restriction sur les couleurs [6, 7, 2],
- étudier la complexité de ce problème pour divers topologies de réseaux et graphes de conflits,
- proposer un ou plusieurs algorithmes pour ce problème.

3 Encadrement du stage

Ce stage sera co-encadré par :

- Christophe Picouleau et Cédric Bentz (Equipe OC, Laboratoire CEDRIC-CNAM)
- Stephane Rovedakis (Equipe MIM-SEMPiA, Laboratoire CEDRIC-CNAM)

References

- [1] Christopher L. Barrett, V. S. Anil Kumar, Madhav V. Marathe, Shripad Thite, and Gabriel Istrate. Strong edge coloring for channel assignment in wireless radio networks. In *4th IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom 2006 Workshops)*, 13-17 March 2006, Pisa, Italy, pages 106–110, 2006.
- [2] Tiziana Calamoneri. The $L(h, k)$ -labelling problem: An updated survey and annotated bibliography. *Comput. J.*, 54(8):1344–1371, 2011.

- [3] Daquan Feng, Chenzi Jiang, Gubong Lim, Leonard J. Cimini Jr., Gang Feng, and Geoffrey Y. Li. A survey of energy-efficient wireless communications. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 15(1):167–178, 2013.
- [4] Ted Herman, Imran Pirwani, and Sriram Pemmaraju. Oriented edge colorings and link scheduling in sensor networks. In *Proceedings of 1st International Workshop on Software for Sensor Networks (SENSORWARE 2006)*, 2006.
- [5] Katarzyna Kosek-Szott. A survey of mac layer solutions to the hidden node problem in ad-hoc networks. *Ad Hoc Networks*, 10(3):635–660, 2012.
- [6] Mohammad Mahdian. On the computational complexity of strong edge coloring. *Discrete Applied Mathematics*, 118(3):239–248, 2002.
- [7] Leonid S. Melnikov and Vadym G. Vizing. The edge chromatic number of a directed/mixed multigraph. *Journal of Graph Theory*, 31(4):267–273, 1999.