

Lilia lassouaoui  
lilia.lassouaoui@cnam.fr

## Routage dynamique adapté à l'environnement interactif sans fil

Grâce à l'évolution de la micro-électronique et de l'informatique, il est possible d'utiliser des dispositifs captant des données sur leur environnement et capables de s'adapter à un grand nombre d'applications tels que la supervision de sites énergétiques, la santé publique ou encore la surveillance d'environnement. Depuis une dizaine d'années, les réseaux de capteurs sans fil se sont répandus pour répondre à de nouveaux besoins introduisant de nouvelles contraintes à prendre en compte, par exemple le délai d'acheminement, des quantités croissantes de données ou encore la mobilité. Ces contraintes supplémentaires nécessitent d'assurer une connectivité plus efficace et plus fiable dans les réseaux de capteurs. Dans ce contexte, la principale motivation de cette thèse est d'étudier et proposer de nouvelles approches permettant de réduire la consommation énergétique des capteurs tout en ayant des garanties de performances sur un ou plusieurs critères secondaires, important d'un point de vue applicatif. De plus, il faudra prendre en compte la dynamique du réseau du fait de pannes ou de nœuds mobiles.

L'un des principaux critères dans les réseaux de capteurs est celui de la consommation énergétique. De tels réseaux peuvent être déployés dans des environnements hostiles, dans lesquels il est difficile (voire impossible) d'intervenir pour réparer les nœuds défaillants. C'est pourquoi on cherche à réduire au minimum la consommation en énergie des nœuds, afin d'augmenter la durée de vie du réseau. Cependant, l'une des caractéristiques des réseaux de capteurs est la forte probabilité de défaillances des nœuds, cela est dû soit à des pannes physiques (problème électronique ou destruction de nœuds) ou des pannes de batterie. Il est primordial que cela soit pris en compte pour maintenir une connectivité fiable. D'autres critères liés à l'efficacité de la connectivité doivent également être considérés. Le délai et le débit de transfert des messages sont deux autres critères importants pour le traitement des données. En effet, pour des applications critiques (détection de feux de forêts ou de tsunamis) il est important de pouvoir donner des garanties sur l'acheminement des informations.

La partie la plus consommatrice en énergie sur un nœud capteur concerne la communication. Ainsi, beaucoup de travaux se sont attachés à améliorer les performances des couches MAC et Réseau. L'une des tâches prise en charge par la couche Réseau est le routage des messages, alors que la couche MAC est chargée d'organiser l'accès au médium des nœuds désirant communiquer. Ces deux couches sont interdépendantes et certains paramètres gérés par une couche peuvent avoir des répercussions sur l'autre du point de vue de la consommation énergétique. C'est pourquoi adopter une approche de type «cross layer» entre les couches MAC et Réseau peut permettre de réduire l'énergie consommée et améliorer l'efficacité et la fiabilité au niveau de la connectivité [1]. Il est donc essentiel de tenir compte du fonctionnement des deux couches et échanger certaines informations entre celles-ci.

Un grand nombre de protocoles de routages pour les réseaux de capteurs ont été proposés pour prendre en compte les contraintes dans ces réseaux. Suivant la manière dont sont créées et maintenues les routes lors de l'acheminement des données, les protocoles de routage peuvent être séparés en deux catégories, les protocoles proactifs et les protocoles réactifs. Les protocoles proactifs établissent les routes à l'avance en se basant sur l'échange périodique des tables de routage tel que DSDV "Destination-Sequenced Distance-Vector" ou OLSR "Optimized Link State Routing" [2], alors que les protocoles réactifs cherchent les routes à la demande tel que DSR "Dynamic

Source Routing" [2]. Avant d'entrer dans l'étude détaillée de ces protocoles de routage, nous avons commencé par étudier les protocoles MAC qui ont été développés essentiellement pour essayer d'éviter les collisions dues à un transfert de données simultané entre deux nœuds sur le même support. Il existe diverses techniques d'accès au médium dans les réseaux de capteurs tel-que CSMA "Carrier Sense Multiple Access", TDMA "Time-Division Multiples Access" et Hybride [3]. Dans nos recherches actuelles nous nous sommes intéressés aux protocoles MAC basées sur la technique d'accès au médium TDMA [4-5]. Dans les protocoles TDMA, le temps est divisé en intervalles (slots), et chaque intervalle est attribué à un nœud donné du réseau. Cette technique est plus utilisée car elle permet d'économiser l'énergie. En effet TDMA permet un accès exclusif au canal durant chaque slot, ce qu'évite les collisions et donc la retransmission des messages. De plus l'affectation des slots permet au nœud de passer à l'état «endormi» durant les slots inactifs. Ainsi, la perte d'énergie qui est dû à l'écoute active du canal va être évitée. Cependant la difficulté de cette approche réside dans la méthode d'attribution des slots et de fréquences. Pour ce faire on peut adopter deux approches, soit un calcul centralisé (assignation des slots et fréquences réalisés sur un nœud puis déployé sur les autres nœuds du réseau), soit un calcul distribué (assignation des slots et fréquences déterminé localement par chaque nœud). La seconde approche est plus adaptée pour un déploiement réel [9].

Les contraintes de transmission et les conditions de collision causées par les phénomènes de "station cachée" et "station exposée" peuvent être modélisées comme un problème de coloration où chaque couleur correspond à un slot ou une fréquence. On cherche à minimiser le nombre de couleurs à utiliser. Plusieurs travaux montrent que l'affectation de couleurs aux liens de communication entre les nœuds émetteur et récepteur est plus efficace que l'assignation des slots aux nœuds en terme de conservation d'énergie et du nombre de couleurs utilisées [6-7]. Pour répondre à cette problématique, nous nous intéressons à la résolution du problème particulier de coloration d'arêtes à distance deux (Strong edge coloring problem) [8].

#### Références:

- [1]: D.Feng, C.Jiang "A Survey of Energy-Efficient Wireless Communications". IEEE Communications Surveys and Tutorials 15(1): 167-178 (2013)
- [2]: S.Taneja, A.Kush "A Survey of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks" International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 3, August 2010 ISSN: 2010-0248
- [3]: I.Demirkol, F.Alagöz "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a Survey ". IEEE Communications Letters 10(1): 22-24 (2006)
- [4]: V.Rajendran, K.Obraczka, "Energy-Efficient, Collision-Free Medium Access Control for Wireless Sensor Networks". Wireless Networks 12(1): 63-78 (2006)
- [5]: Eric B.Decker, V.Rajendran "The Multi-Channel Flow-Aware Medium Access Control protocol for wireless sensor networks". PIMRC 2008: 1-5
- [6]: S.Gandham, M.Dawande "Link scheduling in wireless sensor networks: Distributed edge-coloring revisited". J. Parallel Distrib. Comput. 68(8): 1122-1134 (2008)
- [7]: A. Kanj, A.Wiese "Local algorithms for edge colorings in UDGs". Theor. Comput. Sci. 412(35): 4704-4714 (2011)
- [8]: L. Barrett, V. S. Anil Kumar, "Strong Edge Coloring for Channel Assignment in Wireless Radio Networks". PerCom Workshops 2006: 106-110
- [9]: A.Ghosh, Ö.Durmaz "Multichannel Scheduling and Spanning Trees: Throughput-Delay Tradeoff for Fast Data Collection in Sensor Networks". IEEE/ACM Trans. Netw. 19(6): 1731-1744 (2011)