

## La couche MAC avec contraintes d'énergie dans réseaux de capteurs sans fil.

Samra BOULFEKHAR

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 21 51 88 email : [samra.boulfekhar@gmail.com](mailto:samra.boulfekhar@gmail.com)

**Résumé** Dans les réseaux de capteurs sans fil, les protocoles MAC peuvent être classés en trois catégories : protocoles synchronisés basés sur CSMA et CSMA/CA, protocoles basés sur l'échantillonnage de préambule, et protocoles basés sur la technique TDMA. Dans ce travail, nous allons présenter un nouveau protocole MAC : SRI-MAC (Synchronous Receiver Initiated-MAC), qui combine la première catégorie et la troisième catégorie. SRI-MAC se base sur la communication initiée par le récepteur. L'objectif principal de SRI-MAC est d'éviter les différentes causes de dissipation d'énergie au niveau de la couche MAC et de maximiser le pourcentage de mise en veille des nœuds voisins de deux capteurs communicants, en évitant les fréquentes transitions entre les modes "mise en veille" et "activité" qui sont consommatrices en temps et en énergie.

**Mots clés** : Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF), Protocole MAC, conservation d'énergie, durée de vie.

Plusieurs protocoles MAC pour les réseaux de capteurs sans fil ont été proposés, et de nombreux états de l'art et introductions aux protocoles MAC sont disponibles dans la littérature (par exemple [1, 2, 3]). Nous nous concentrons principalement sur les questions de gestion d'énergie plutôt que sur les méthodes d'accès au canal. La plupart d'entre eux mettent en œuvre un régime avec un faible duty-cycle pour gérer la consommation d'énergie. Dans ce résumé, nous allons présenter un nouveau protocole MAC : SRI-MAC (pour Synchronous Receiver Initiated-MAC). Ce protocole est dédié aux applications (dans les réseaux de capteurs) orientées requêtes, d'où la communication est initiée par le récepteur. L'idée de notre protocole SRI-MAC a été inspirée du protocole RI-MAC [4]. Néanmoins, SRI-MAC assure une certaine synchronisation entre les différents nœuds. La notion de la synchronisation peut être réalisée par différentes méthodes. En effet, avec l'idée de coordonner les actions des nœuds apparaît le problème de synchronisation.

Même si des méthodes de synchronisation sur horloge globale comme le GPS sont possibles, elles sont coûteuses, et une synchronisation des horloges internes est parfois préférable. Ces horloges ne sont toutefois pas parfaites et les nœuds subissent forcément une dérive [5]. La re-synchronisation simple par message de synchronisation est peu précise car il ne prend pas en compte les temps de propagation. Une idée est de diffuser un tel message de synchronisation puis de comparer les instants de réception entre récepteurs [5]. D'autre part, d'autres nœuds peuvent écouter les échanges de tels messages entre deux autres nœuds pour se synchroniser sans avoir à émettre de messages de synchronisation propres [6].

Pour SRI-MAC, la synchronisation est assurée par le récepteur, grâce à un message de synchronisation. Ce dernier permet d'informer chaque nœud par le début et la fin de sa période d'activité et de sommeil. Les nœuds ne sont pas synchronisés périodiquement par un paquet de contrôle comme dans S-MAC [9] et T-MAC [10]. Les périodes dans SRI-MAC sont à chaque fois définies par un nouveau nœud, qui est l'initiateur de la période d'information.

L'objectif principal de notre travail est de concevoir un protocole MAC qui permet de conserver de l'énergie et d'augmenter la durée de vie du réseau. Cela sera atteint en garantissant un maximum de pourcentage de mise en veille des nœuds. Le pourcentage de mise en veille mesure la fraction de temps qu'un nœud passe dans le mode en veille sur le total d'une trame de temps. En effet, le nombre de nœuds actifs à un instant donné influence beaucoup la fréquence des interférences. L'augmentation du nombre de nœuds actifs dans un réseau engendre la surcharge du réseau. Celle-ci augmente le nombre de collisions, le nombre de paquets perdus et le nombre de retransmissions résultantes.

SRI-MAC permettra de réduire le nombre de nœuds actifs dans le réseau à un instant donné afin d'augmenter la charge utile du réseau et d'épargner de l'énergie. Cet objectif permettra de :

- Mieux conserver l'énergie des nœuds du réseau puisque même en périodes de veille, un nœud peut provoquer des interférences dans son voisinage à cause des paquets de contrôle qu'il échange. Un nœud est obligé de recevoir, traiter et répondre à des messages qui peuvent être inutiles ou redondants selon le nombre de nœuds voisins (messages en diffusion, routage, maintenance de routes . . .). Rendre inactif un nœud pendant certaines périodes permettra d'allonger sa durée de vie.
- Diminuer les interférences, les collisions et les pertes de paquets résultantes. Le nombre de nœuds actifs dans un réseau est un facteur qui intervient pour la charge utile du réseau. Diminuer le nombre de nœuds du réseau, si la densité des nœuds le permet, permettra de diminuer le taux de perte des paquets.

SRI-MAC divise la trame de temps en trois périodes, la période d'information, la période de réservation et la période de transmission. La structure d'une trame SRI-MAC est montrée dans la figure 1. Au début les nœuds ne sont pas organisés en périodes, et une fois un nœud gagne le canal (le récepteur) pour la transmission d'un Beacon, il initie une période d'information. Dans la période de réservation, ce récepteur insère dans le paquet CTS un scheduling qui contient la durée de sommeil de chaque nœud, et le début et la fin de chacune.

Nous présentons dans ce qui suit le principe de notre protocole SRI-MAC, en détaillant ses trois phases : phase d'information, phase de réservation, phase de communication.

### 3.0.1 Phase d'information

La Figure 2 donne une idée générale sur les opérations de notre protocole SRI-MAC, dans lequel la transmission des données est initialisée par le récepteur. Ce dernier exploite

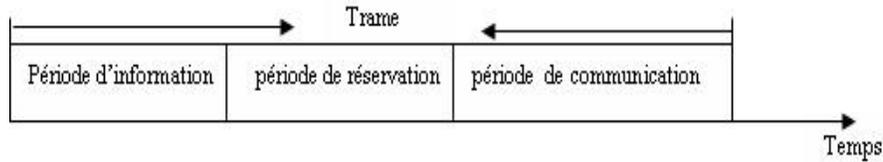


FIGURE 3.1. La trame SRI-MAC.

une synchronisation précise pour se dispenser de surveiller en permanence l'occupation du médium.

Dans cette période, quand un nœud veut recevoir des données (nœud récepteur), il sollicite les nœuds désirants le contacter en envoyant un beacon.

### 3.0.2 Phase de réservation

Dans SRI-MAC, nous voulons qu'un nœud récepteur puisse terminer sa réception avant de relâcher le canal.

Pendant la période de réservation, les nœuds intéressés envoient leurs RTS au nœud récepteur (voir la Figure 2), chaque paquet RTS contenant l'adresse émetteur, la taille de la donnée à envoyer et l'adresse du nœud récepteur.

Puis, le récepteur envoie un paquet CTS aux nœuds émetteurs.

Ce CTS contient un tableau d'enregistrement, chaque enregistrement regroupe, l'adresse du nœud émetteur, le début de sa date d'envoi et la durée d'envoi (l'acquittement de la donnée y compris).

### 3.0.3 Phase de communication

Les nœuds sont en sommeil la plupart du temps, et ils se réveillent à intervalles réguliers comme illustré sur la Figure 2.

## Références

1. I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. I. Cayirci. "A survey on sensor networks". IEEE Communications, pp. 393- 422, 2002.
2. I. Demirkol and C. Ersoy and F. Alagöz. "MAC Protocols For Wireless Sensor Networks : A survey". IEEE Communications Magazine, pp. 115-121, 2006.
3. K. Langendoen. "Medium access control in wireless sensor networks". Nova Science Publishers, pp. 535-560, 2008.
4. Y. Sun and O. Gurewitz and D-B. Johnson. "RI-MAC : A Receiver-Initiated Asynchronous Duty Cycle MAC Protocol for Dynamic Traffic Loads in Wireless Sensor Networks". Proceedings of the International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2008.
5. F. Sivrikaya and B. Yener. "Time synchronization in sensor networks : a survey". IEEE Network, 2004.
6. Q. Ye and Y. Zhang and L. Cheng. "A study on the optimal time synchronization accuracy in wireless sensor networks". Computer Networks, pp. 549-566, 2005.

7. M. Ali and A. Böhm and M. Jonsson. "Wireless sensor networks for surveillance applications - A comparative survey of MAC protocols". In Proceedings of the 4th International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC '08), pp.399-403, 2008.
8. S. Kumar and V. S. Raghavan and J Deng. "Medium Access Control Protocols for Ad-hoc Wireless Networks : A Survey". Elsevier, pp. 326-358, 2006.
9. Wei Ye, J.Heidemann and D. Estrin. "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks". IEEE INFOCOM, New York, Vol. 2, pp. 1567-1576, 2002.
10. Tijs van Dam, Koen Langendoen. "An Adaptive Energy Efficient MAC Protocol for Wireless Networks". in Proceedings of the First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2003.