

## Les approches cross-layer dans les réseaux de capteurs

Samira YESSAD

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 21 51 88

**Résumé** Malgré l'efficacité prouvée de l'architecture en couches des réseaux, faire interagir les différentes couches dans les réseaux de capteurs est prometteur. Pour assurer l'efficacité énergétique dans les réseaux de capteurs, plusieurs approches cross layer ont été proposées. Dans cet exposé, nous avons présenté quelques unes de ces approches et nous remarquons que la plupart de ces approches fait interagir la couche MAC, la couche réseau et la couche physique. Mais, à notre connaissance pas d'approche faisant intervenir la couche application. Puisque les RCSFs sont utilisés dans de différentes applications, en guise de perspectives, nous espérons pouvoir proposer une approche cross layer pour l'économie d'énergie dans laquelle les couches MAC et réseau s'adapte au type de l'application.

**Mots-clés** : RCSF, énergie, durée de vie, cross layer

Cross Layer design est apparu comme un nouveau domaine de recherche dans les RCSFs. Le principe de base de Cross Layer design est de rendre l'information disponible à tous les niveaux de la pile des protocoles. C'est-à-dire, il permet la définition des protocoles ou de mécanismes qui ne respectent pas l'isolation des couches du modèle OSI.

Le principe de base du concept Cross Layer est de permettre l'échange d'informations entre les couches adjacentes et non adjacentes afin d'améliorer les performances de transmission. Cet échange d'informations peut être mis en œuvre suivant différents schémas. Parmi toutes les architectures Cross Layer proposées dans la littérature, deux modèles de communication peuvent être distingués : La communication directe entre les couches et une base de données partagée entre les couches.

La Communication directe entre les couches : C'est le modèle le plus utilisé par les architectures Cross Layer. Il permet à une couche d'accéder directement aux paramètres et aux variables d'une autre couche sans passer par un intermédiaire.

La communication via une base de données partagée : Plusieurs architectures Cross Layer proposent l'utilisation d'une base de données partagée afin de stocker et de récupérer des paramètres. Celle-ci est accessible par toutes les couches qui peuvent, ainsi, s'informer de l'état des autres couches ou récupérer des paramètres de configuration nécessaire à leur fonctionnement interne. La base de données est considérée comme une nouvelle couche en

parallèle à toutes les autres.

Dans la littérature, plusieurs techniques Cross Layer ont été proposées pour améliorer les performances des transmissions sans fil. Au début, ces mécanismes étaient limités à l'interaction entre la couche physique et la couche liaison de données. De plus, les mécanismes proposés étaient indépendants et visaient l'amélioration d'une imperfection précise. Par la suite, nous avons assisté à l'apparition de plusieurs travaux proposant des interactions avec les couches supérieures et aussi à l'apparition d'architectures Cross Layer qui tentent de faire collaborer plusieurs couches, prenant en charge plusieurs paramètres, pour une optimisation globale.

Trois différentes approches Cross Layer existent :

L'approche ascendante (Bottom-up) : Les couches supérieures optimisent leurs mécanismes en fonctions des paramètres (conditions) des couches inférieures.

L'approche descendante (Top-down) : Les couches supérieures décident des paramètres de configuration des couches inférieures. Ou bien, les couches inférieures considèrent certaines spécificités du niveau applicatif pour exécuter leurs traitements.

L'approche mixte (Integrated) : Cette approche exploite les deux approches précédentes dans une même architecture afin de trouver la meilleure configuration inter-couches pour un fonctionnement optimal du système.

La durée de vie des RCSFs dépend fortement de pas mal de paramètres qui peuvent être considérés essentiellement soit dans les protocoles MAC ou les protocoles de routage. Pour cela, plusieurs protocoles de routage et MAC, adressant les problèmes de limitation liés à la consommation des ressources énergétiques, ont été proposés dans la littérature. L'expérience acquise par des études analytiques et des travaux expérimentaux dans les réseaux de capteurs ont révélé d'importantes interactions entre les différentes couches de la pile protocolaire. Ces interactions sont particulièrement importantes pour la conception des protocoles de communication pour les réseaux de capteurs.

Interactions entre la couche Physique et Transport :

Les solutions se basent sur l'optimisation de la puissance de l'émission d'un nœud capteur et le contrôle de la congestion. Trouver une puissance d'émission de tel sorte qu'il ne créera pas des interférences ou la congestion de réseau.

Interactions entre la couche Réseau et Physique :

L'augmentation de la puissance de transmission peut améliorer la capacité d'un lien, mais peut aussi dégrader la capacité de l'ensemble du réseau en raison de l'augmentation des interférences. La plus part des solutions se base sur la qualité du canal (lien de routage) pour assurer le bon cheminement en diminuant le temps de latence et le nombre

de saut et bien sûr la consommation d'énergie.

Interactions entre la couche Physique et MAC :

En plus des caractéristiques du canal sans fil et la radio, les circuits, le contenu de l'information qui sera envoyé par le nœud capteur est également important dans la conception de MAC. Le contenu de ces informations est étroitement lié à des propriétés physiques. La qualité de liaison fournie par la couche Mac, dépend de la puissance de transmission.

Interactions entre la couche Réseau et MAC :

Le prochain saut est choisi par rapport au voisinage.

Les retards de paquets et/ou la faiblesse de la bande passante peuvent être évités en forçant la couche réseau à modifier ses décisions.

La modification des décisions de routage prévues influence les performances de la couche MAC.

Interactions entre la couche Réseau et Application :

La couche application définit le délai de tolérance, c'est-à-dire le RCSF ne tolère aucun retard de transmission ou un retard qui ne dépasse pas le temps prédéfini. L'interaction entre la couche Application et Réseau peut gérer ce problème en définissant la tolérance de retard à la couche Réseau qui peut agir en conséquence, gardant en vue par exemple la capacité de batterie (pile) restante ou un autre paramètre potentiel.

En conclusion, nous présentons dans ce qui suit quelque approches cross-layer proposées pour les réseaux de capteur sans fil :

Primoz Skraba, Hamid Aghajan, and Ahmad Bahai :

La démarche combine entre le protocole Mac et le routage, tel que le résultat assure l'efficacité énergétique en réduisant l'overhead. La décision de routage est prise par le récepteur et non par l'expéditeur. A chaque fois que l'émetteur diffuse un RTS à ses voisins contenant son emplacement et celui de la destination, chaque voisin calcule son optimalité et la transforme en délai, le voisin le plus optimal répond par CTS en premier à son émetteur.

Xiaodong Wang, Jun Yin, Qi Zhang, and Dharma P. Agrawal (2005) :

Une approche permettant l'interaction entre les couches réseau, MAC et physique. Cette méthode consiste à obtenir un moyen d'inondation efficace pour les réseaux de capteurs sans fil tout en assurant une bonne performance dans l'accessibilité, une efficacité énergétique, une réduction de la retransmission et des redondances.

Le récepteur le plus éloigné qui a le droit de retransmettre. Et pour cela ils ont classifié les nœuds en  $N$  classes selon la puissance du signal reçu. Ils ont démontré que ce modèle assure une meilleure couverture de réseau et diminue le nombre de collisions.

Ce régime ne peut pas empêcher les collisions des paquets des nœuds de la même classe surtout si le réseau est dense où le nombre de nœuds de la même classe est important et par conséquent, la probabilité de collision augmente.

Changsu Suh, Young-Bae Ko, and Dong-Min Son (2006) :

Le protocole nommé MAC-CROSS minimise le nombre de nœuds qui sont censés être réveillés à la fin d'une communication entre deux nœuds pour éviter les pertes d'énergie causées par le passage des nœuds du mode actif en mode inactif et vice versa.

L'idée est qu'un sous groupe de nœuds qui ont leur NAV (Network Allocation Vector) expiré et qui se situent dans le chemin de routage entre source/destination se réveillent. Entre temps, tous le reste des nœuds qui n'appartiennent pas au chemin de routage peuvent rester en mode sommeil avant le début du prochain cycle. Le routage utilisé est par saut tel que le prochain saut est le nœud le plus proche de sink.

Bouabdellah KECHAR, Ahmed LOUAZANI, Larbi SEKHRI, Mohamed Faycal KHELFI (2008) :

Le protocole CL-MAC (Cross Layer Medium Access Control) inspiré du protocole MAC-CROSS.

La fonction principale de CL-MAC est la même que celle de MAC-CROSS, c'est à dire réveiller seulement les nœuds appartenant au chemin de routage de la source jusqu'à la station de base (Sink), tandis que les autres nœuds seront maintenus aussi longtemps que possible dans le mode veille.

En comparaison à MAC-CROSS, l'apport des auteurs réside dans le fait que le nombre de nœuds qui restent en veille est plus important, tout en utilisant le même type de routage.

Shujuan Liu, Yuebin Bai, Mo Sha, Qingyuan Deng, Depei Qian(2008) :

Le protocole CLEEP (Cross Layer Energy-Efficient Protocol) qui opère sur les couches physiques, Mac et réseau. En exploitant la couche physique, chaque nœud calcule la puissance de transmission minimale nécessaire pour établir un lien avec ses voisins, qui sera sauvegardée dans une table. Ensuite, ils ont construit le chemin optimal en utilisant la puissance de transmission comme métrique.

Enfin, la couche MAC détermine les nœuds qui vont rester en mode veille et ceux qui vont être réveillés car ils seront sollicités, en utilisant les informations de routage.