



**HAL**  
open science

## **MOBINET : gestion de la mobilité à travers différents réseaux de capteurs sans fil**

Damien Roth, Julien Montavont, Thomas Noel

► **To cite this version:**

Damien Roth, Julien Montavont, Thomas Noel. MOBINET : gestion de la mobilité à travers différents réseaux de capteurs sans fil. 12èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques de Télécommunications (AlgoTel), 2010, Belle Dune, France. inria-00475581v2

**HAL Id: inria-00475581**

**<https://hal.inria.fr/inria-00475581v2>**

Submitted on 28 Jun 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# *MOBINET : gestion de la mobilité à travers différents réseaux de capteurs sans fil*

Damien Roth, Julien Montavont et Thomas Noël

*Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT UMR CNRS 7005)*

*Université de Strasbourg, France*

*droth@unistra.fr, montavont@unistra.fr, noel@unistra.fr*

---

Bien que la gestion de la mobilité au sein d'un réseau de capteurs sans fil soit un thème assez récent, nous pouvons déjà entrevoir la prochaine étape : un capteur mobile pourra transiter à travers différents réseaux. Cependant, il est très probable que le protocole de routage supporté dans un réseau visité ne soit pas compatible avec celui supporté par le capteur mobile. Sans support spécifique, il suffirait au capteur mobile de diffuser ses messages pour qu'ils soient acheminés jusqu'au puits du réseau visité. Néanmoins, cela peut entraîner des duplications de messages et donc une augmentation du trafic. Nous proposons Mobinet dont l'objectif est de permettre à des capteurs mobiles de sélectionner leurs prochains sauts au sein du réseau visité sans devoir participer au routage.

**Keywords:** Réseau de capteurs, Mobilité

---

## 1 Introduction

Observation de l'environnement, de la vie animale et surveillance médicale à distance sont quelques applications parmi d'autres offertes par les réseaux de capteurs sans fil. Ces réseaux, du fait de leurs fortes contraintes (énergétique, mémoire et puissance de calcul), soulèvent de nouveaux challenges dans le domaine des communications radio. La communauté scientifique a commencé à se pencher sur la gestion de la mobilité au sein d'un même réseau de capteurs. La mobilité peut être envisagée comme la source de nouvelles solutions face à des problèmes déjà identifiés [YTQZ08], mais elle soulève également de nouveaux défis tels que la communication entre capteurs mobiles [KN09].

A l'instar des réseaux IP, il est fort probable que les capteurs mobiles ne se cantonnent plus à évoluer dans un même réseau mais se destinent à traverser différents réseaux. Néanmoins, ce nouveau type de mobilité engendre de nouveaux problèmes : comment détecter l'arrivée dans un réseau visité ? Comment communiquer dans un réseau visité ? Dans cet article nous nous intéressons à la communication de capteurs mobiles évoluant au sein d'un réseau visité. En outre, nous proposons Mobinet (MOBIlity accross wireless sensor NETworks) qui est une nouvelle approche basée sur des écoutes passives afin d'identifier le prochain saut des capteurs mobiles. Mobinet a été évalué par simulation.

## 2 Description du problème

Il existe aujourd'hui une grande variété de protocoles de routage et il est très probable que deux réseaux de capteurs distincts utilisent deux protocoles de routage différents. En faisant l'hypothèse que les différents capteurs sont capables de se comprendre au niveau MAC, un capteur mobile qui implémente le même protocole de routage que celui utilisé dans le réseau visité devrait être en mesure de transmettre ses données avec plus ou moins de succès.

En supposant maintenant que les capteurs utilisent un modèle de communication de *n vers 1* (le puits est l'unique destination des messages), il serait également possible au capteur mobile de simplement diffuser ses données qui seront acheminées jusqu'au puits par les capteurs fixes (cf. Figure 1). Cette solution, référencée dans la suite par *méthode par diffusion*, est peu coûteuse en ressources pour le capteur mobile. En effet, il suffit à ce dernier d'allumer sa radio puis de transmettre son message avant de se rendormir vu qu'il

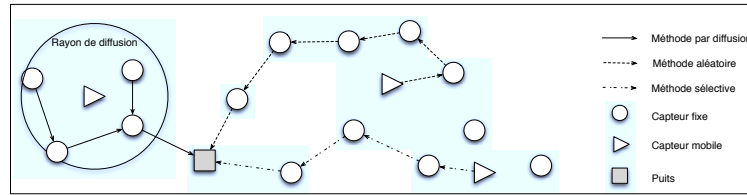


FIGURE 1: Choix du prochain saut

ne participe pas à la vie du réseau visité. En contrepartie, cette solution peut engendrer des duplications de messages et par conséquent une augmentation du trafic ce qui peut entraîner des pertes de messages et une hausse de la consommation énergétique du réseau visité. Afin de nous affranchir de la contrainte d'utiliser systématiquement le même protocole de routage ou d'effectuer une simple diffusion, nous proposons le protocole Mobinet.

### 3 Solution proposée : Mobinet

Mobinet consiste à identifier de manière passive le voisinage d'un capteur mobile de manière à déterminer le meilleur voisin (en fonction du protocole de routage actuellement en cours dans le réseau visité) vers qui transmettre les données. Notre solution s'intègre dans un modèle de communication de  $n$  vers 1 dans lequel les différents équipements sont capables de se comprendre au niveau MAC.

Lorsqu'un capteur mobile entre dans un réseau visité, il va construire une table de voisinage qui répertorie les identifiants des capteurs situés dans son voisinage. Cette table est construite et maintenue à jour en écoutant de manière passive les communications environnantes. Dès que le capteur mobile souhaitera transmettre un message vers le puits du réseau visité, il pourra envoyer un message unicast vers l'un des voisins actuellement répertoriés dans sa table de voisinage. Ce dernier se chargera par la suite de relayer ce message jusqu'au puits en fonction du protocole de routage utilisé dans le réseau visité. La sélection du voisin se fait ici de manière aléatoire. Cette première approche, référencée dans la suite par *méthode aléatoire*, est illustrée sur la figure 1.

A partir d'une écoute passive plus fine, le capteur mobile pourra identifier le sens des communications (i.e. la source et la destination des messages) de manière à pouvoir hiérarchiser ses voisins dans sa table de voisinage. Dès lors, il devrait être en mesure de transmettre ses données directement au *meilleur capteur* situé dans son voisinage. Le terme *meilleur capteur* est ici un terme générique qui peut varier en fonction du protocole de routage utilisé dans le réseau visité (e.g. capteur qui minimise le nombre de sauts jusqu'au puits). Cette deuxième approche, référencée dans la suite par *méthode sélective*, est illustrée sur la figure 1.

Nos deux approches mettent en place des communications point-à-point qui permettent d'éviter le risque de duplication des messages qui est inhérente à la *méthode par diffusion*. D'autre part, dans la *méthode par diffusion*, la consommation énergétique due au routage des messages transmis par les capteurs mobiles est reportée sur le réseau fixe. Tandis que dans Mobinet, une partie de cette consommation énergétique est reportée sur les capteurs mobiles. En effet, la construction de la table de voisinage contraint les capteurs mobiles à allumer leur radio afin d'identifier leur voisinage. Cette consommation énergétique supplémentaire peut cependant être limitée lors de l'utilisation de protocoles MAC à préambule tels que X-MAC [BYAH06]. Avec ce type de protocole, les capteurs mobiles peuvent se contenter d'écouter uniquement les préambules des messages (qui contiennent les informations nécessaires) et non les messages complets. Une étude approfondie de la gestion de la radio pour la création de la table de voisinage fera l'objet de nos futurs travaux.

### 4 Simulations et évaluation

Nous avons implémenté Mobinet dans le simulateur WSNNet<sup>†</sup>. WSNNet est un simulateur à événements discrets dédié à l'étude des réseaux de capteurs sans fil. Nous avons comparé les performances de Mobinet (dans ses deux approches) avec la *méthode par diffusion*. Un premier scénario sera utilisé pour mesurer les

†. <http://wsnet.gforge.inria.fr/>

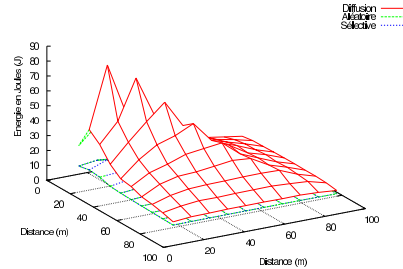
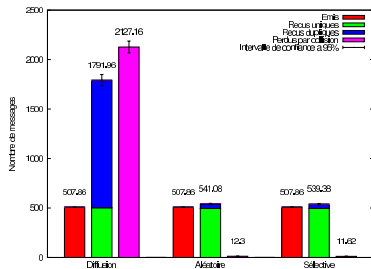


FIGURE 2: Transmission des données (Scénario 1) FIGURE 3: Consommation énergétique (Scénario 2)

performances de notre proposition en terme de messages transmis et un second mesurera la consommation énergétique du réseau visité dans lequel les capteurs mobiles évolueront.

#### 4.1 Scénarii de simulation

Le réseau visité consiste en une grille de 100 capteurs (dont un puits situé dans le coin du bas à gauche) répartis uniformément dans un plan de 100x100m. Au niveau 2, tous les capteurs implémentent le protocole BMAC [PHC04]. Un protocole de routage par gradient est utilisé dans le réseau visité pour établir les prochains sauts vers le puits. Chaque capteur mobile se déplace suivant le modèle de mobilité random waypoint [CBD02].

Le premier scénario de simulation durera une heure et analysera les performances de notre proposition par rapport à une méthode par diffusion. Pour cela 20 capteurs mobiles vont se déplacer dans le réseau visité. Chaque capteur (fixe et mobile) dispose d'une portée radio de 15m et transmet 2 octets de données toutes les 4 minutes. Afin de maintenir une table de voisinage optimale, les capteurs mobiles auront leur radio toujours allumée et tous les capteurs disposeront d'une énergie illimitée. Durant le second scénario, 50 capteurs mobiles vont transmettre 2 octets de données toutes les 10 secondes. Au total, 180 événements surviendront dans le réseau, répartis par une loi de poisson. Le capteur fixe le plus proche de l'événement transmettra 2 octets de données toutes les secondes pendant 10 secondes. Ce scénario va permettre d'analyser l'impact du choix du prochain saut sur la consommation énergétique du réseau visité. Le modèle énergétique est configuré à partir de la consommation d'une puce Chipcon CC1100 [CC1]. Les capteurs du réseau visité sont alimentés par une batterie de 3V tels que les capteurs TelosB [TEL]. Les capteurs mobiles disposent d'une quantité d'énergie illimitée car nous nous focalisons ici sur la consommation énergétique au sein du réseau visité. Nous étudierons plus en détails la consommation du capteur mobile dans un travail ultérieur.

Chaque scénario a été joué 100 fois en tenant compte de la période de chauffe et de refroidissement du réseau (la collecte des résultats ne débute qu'après 1100s de simulation et s'arrête 60s avant la fin de la simulation). Pour chaque instance de simulation, les déplacements et le modèle de mobilité a été conservé pour la simulation des trois différentes méthodes.

#### 4.2 Résultats de simulation

Les résultats présentés dans cette section sont une moyenne de toutes les données recueillies sur l'ensemble des simulations. L'intervalle de confiance à 95% est donné entre parenthèses.

La figure 2 représente la somme des messages envoyés par les capteurs mobiles, reçus par le puits, perdus et dupliqués dans le réseau pour le scénario 1. Ces résultats sont regroupés suivant le mode de sélection du prochain saut. De manière générale, il apparaît que quel que soit la méthode utilisée le nombre de messages uniques reçus par le puits est légèrement inférieur au nombre de messages émis. Le puits a réceptionné pour la *méthode par diffusion* 502.14 messages ( $\pm 1.4$ ), pour la *méthode aléatoire* 495.56 messages ( $\pm 1.71$ ) et pour la *méthode sélective* 496,24 messages ( $\pm 1.57$ ). Ce qui va différencier les 3 méthodes est le nombre de messages dupliqués et le nombre de messages perdus. La *méthode par diffusion* a produit de très nombreuses pertes : 2127.16 messages ( $\pm 60.2$ ) et de nombreux messages dupliqués : 1289.82 messages ( $\pm 56.69$ ). Cette grande quantité de messages (3416.98 messages au total) provient de la duplication engendrée par la diffusion des messages par les capteurs mobiles. Les pertes sont causées par des collisions entre les différents messages transitant dans le réseau fixe. Une fois un message émis

par un capteur, il va être retransmis à court intervalle jusqu'à atteindre le puits. Contrairement aux résultats précédents, l'utilisation de Mobinet a généré peu de duplication (dus à la perte d'acquittement de BMAC) : 45.52 messages ( $\pm 6.57$ ) et 43.14 messages ( $\pm 6.4$ ) pour respectivement pour la *méthode aléatoire* et la *méthode sélective*. Elle a également généré moins de pertes, respectivement, 12.3 messages ( $\pm 1.55$ ) et 11.62 messages ( $\pm 1.53$ ). Ces premiers résultats semblent indiquer que les deux méthodes de Mobinet ont des performances similaires. Cela est dû à la topologie et au protocole de routage du réseau visité qui fait que la distance entre le voisin choisi par la *méthode sélective* est au maximum à deux sauts des voisins possibles de la *méthode aléatoire*. Pour conclure, Mobinet a permis de réduire significativement le trafic généré au sein du réseau visité. Cette réduction du trafic devrait a priori avoir une influence positive sur la consommation des capteurs du réseau visité. Les résultats suivants vont analyser plus finement cette consommation.

La figure 3 représente l'énergie consommée par les capteurs du réseau visité pour le scénario 2. L'abscisse et l'ordonnée représentent la position physique des capteurs fixes dans la grille et l'axe Z représente la consommation du capteur en Joules. Nous nous sommes focalisé sur l'impact de l'envoi de messages par des capteurs mobiles sur la consommation du réseau visité. Il apparaît que la consommation du réseau a fortement augmenté lorsque les capteurs mobiles ont utilisé la *méthode par diffusion*. Cette forte consommation est due à la duplication initiale des paquets transmis par le capteur mobile. En moyenne l'ensemble du réseau visité a consommé 2381.47 joules ( $\pm 7.12$ ) pour transmettre les messages des capteurs mobiles. En revanche, l'ensemble du réseau visité a consommé 989.75 joules ( $\pm 1.53$ ) et 989.81 joules ( $\pm 1.57$ ) avec respectivement la *méthode aléatoire* et la *méthode sélective*. Mobinet a donc permis une réduction de la consommation de l'ensemble du réseau fixe d'un facteur 2.4 par rapport à la *méthode par diffusion*. Enfin, on peut remarquer que les deux méthodes proposées dans Mobinet ont également des performances similaires concernant la consommation énergétique du réseau visité.

## 5 Conclusion

Dans cet article nous sommes intéressés au cas de capteurs mobiles évoluant dans un réseau visité. Nous avons présenté une nouvelle approche nommée Mobinet qui permet à un capteur mobile de transmettre des messages au sein d'un réseau visité. L'un des avantages de Mobinet est qu'il permet s'affranchir du protocole de routage utilisé dans le réseau visité. En outre, Mobinet supporte deux méthodes de sélection du prochain saut. Une première évaluation du protocole par simulation nous a permis de montrer ses bénéfices sur le trafic généré et la consommation au sein du réseau visité par rapport à une simple diffusion. Sur ces deux aspects, nous avons constaté que les deux méthodes proposées dans Mobinet offrent des performances similaires. Cependant il reste encore à étudier l'impact de Mobinet sur la consommation énergétique des capteurs mobiles. Cette évaluation, qui fera l'objet de nos prochains travaux, nous permettra très certainement d'identifier la méthode la plus efficace de Mobinet.

## Références

- [BYAH06] M. Buettner, G. V. Yee, E. Anderson, and R. Han. X-mac : a short preamble mac protocol for duty-cycled wireless sensor networks. In *SenSys'06*, 2006.
- [CBD02] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies. A survey of mobility models for ad hoc network research. *WCMC'02*, 2002.
- [CC1] Puce chipcon cc1100. <http://ti.com/lit/gpn/cc1100>.
- [KN09] R. Kuntz and T. Noël. Machiavel : Accessing the medium in mobile and dense wsn. In *PIMRC'09*, 2009.
- [PHC04] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler. Versatile low power media access for wireless sensor networks. In *SenSys'04*, 2004.
- [TEL] Crossbow technology. <http://www.xbow.com>.
- [YTQZ08] G. Yang, B. Tong, D. Qiao, and W. Zhang. Sensor-aided overlay deployment and relocation for vast-scale sensor networks. *INFOCOM'08*, 2008.