

# Un Prototype de Réseaux de Capteurs sans Fil pour l'Agriculture et le Contrôle de l'Environnement

Walid Bechkit, Abdelmadjid Bouabdallah, Yacine Challal

► **To cite this version:**

Walid Bechkit, Abdelmadjid Bouabdallah, Yacine Challal. Un Prototype de Réseaux de Capteurs sans Fil pour l'Agriculture et le Contrôle de l'Environnement. CFIP 2011 - Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, May 2011, Sainte Maxime, France. 2011. <inria-00587161v2>

**HAL Id: inria-00587161**

**<https://hal.inria.fr/inria-00587161v2>**

Submitted on 28 Apr 2011

**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.

---

# Un Prototype de Réseaux de Capteurs Sans Fil pour l'Agriculture et le Contrôle de l'Environnement

**Walid Bechkit, Abdelmadjid Bouabdallah et Yacine Challal**

*Université de Technologie de Compiègne  
Heudiasyc, UMR CNRS 6599  
BP 20529, 60205, COMPIEGNE CEDEX, France  
[Walid.bechkit@utc.fr](mailto:Walid.bechkit@utc.fr)*

---

*RÉSUMÉ : Nous assistons, la dernière décennie, à une prolifération des domaines d'application des réseaux de capteurs sans fil (RCSF). Un des domaines d'application prometteurs est l'agriculture où les RCSF peuvent fournir un support important facilitant les pratiques agricoles. Dans cet article, nous présentons la conception et la mise en place d'un prototype opérationnel de RCSF pour l'agriculture et le contrôle de l'environnement. Afin d'assurer un routage efficace, nous avons conçu et implémenté un protocole de communication basé sur l'énergie résiduelle au sein des nœuds. Le protocole proposé est tolérant aux pannes et prend en considération la mobilité des nœuds et/ou de la station de base. En outre, nous avons mis en place un outil d'aide à la décision permettant de stocker et d'interpréter les données collectées. Nous présentons les résultats préliminaires des tests à l'échelle laboratoire.*

*MOTS-CLÉS : Réseaux de capteurs sans fil, agriculture, prototype*

---

## 1. Introduction

Un réseau de capteurs sans fil est un réseau composé d'un ensemble de nœuds intégrant les fonctionnalités d'acquisition, de traitement, et de communication. Une fois déployés, les nœuds coopèrent entre eux d'une manière autonome afin de collecter et de transmettre des données vers une station de base dans le but de surveiller et/ou de contrôler un phénomène donné [AKY 02]. De nos jours, l'utilisation des RCSF connaît un très grand essor dans des domaines aussi variés que le secteur militaire, la médecine, l'environnement, etc. Un des domaines d'application prometteurs des RCSF est l'agriculture où la technologie des RCSF offre un support important qui permettra la gestion précise des ressources, l'optimisation de l'irrigation et de l'utilisation des engrais, le suivi/prévention des maladies, la prédiction du moment adéquat de la récolte, etc.

L'avantage principal de l'utilisation des RCSF dans l'agriculture est l'absence de câblage ce qui réduit considérablement le coût d'installation. Un autre avantage est la flexibilité de déploiement et la facilité d'entretien. En effet, les capteurs sont autonomes et nécessitent très peu d'intervention humaine sur les champs notamment dans le cas où les protocoles de communication sont tolérants aux panne et supportent la mobilité des nœuds.

Plusieurs projets [BAG 05][MCC 08][LOP 09][PAN 08] ont utilisé la technologie des RCSF dans l'agriculture. En examinant ces projets, nous constatons que très peu voir aucun des projets ne prend en considération les spécificités des RCSF (conservation de l'énergie, changements d'échelle, mobilité et la tolérance aux pannes). Dans le présent document, nous présentons la conception et la mise en place d'un prototype d'une plateforme de RCSF pour l'agriculture. Nous

présentons l'architecture globale ainsi que le protocole de communication proposé. Nous discuterons ensuite l'architecture logicielle, l'implémentation et les résultats préliminaires.

## 2. Conception de l'architecture globale

Nous divisons le RCSF en deux parties (voir Fig. 1 (a)) : le *réseau d'acquisition des données* constitué des différents nœuds capteurs déployés dans le champ et le *réseau de distribution des données* composé d'un nœud collecteur relié à la station de base qui peut, à son tour, être reliée à un réseau plus étendu. Afin de pouvoir collecter les paramètres nécessaires pour l'aide à la décision en agriculture, nous avons opté pour une architecture hybride du réseau d'acquisition englobant deux types de nœuds : *les nœuds atmosphériques* capables de mesurer les différents paramètres de l'air et *les nœuds du sol* mesurant les paramètres du sol. Dans cette architecture hybride (voir Fig.1 (a)), tous les nœuds doivent coopérer entre eux afin d'assurer l'acheminement de données jusqu'à la station de base. Par ailleurs, un outil d'aide à la décision est mis en place afin d'assurer le stockage et l'interprétation des données et l'administration du réseau à distance.

## 3. Protocole de communication

Afin d'assurer un acheminement efficace de données, nous proposons un protocole de routage basé sur la création d'un arbre des plus courts chemins ayant la station de base comme racine. La fonction de coût que nous avons proposée considère l'énergie résiduelle au sein des nœuds comme métrique principale, notre choix est fondé sur la contrainte forte d'énergie dans les RCSF. Par ailleurs, nous pondérons les coûts des liens proches à la station de base plus que les autres ce qui permet un meilleur équilibrage de charge entre les nœuds voisins de la station de base. En effet, ces nœuds sont les plus critiques vu qu'ils sont plus sollicités par le processus du routage et leurs énergies s'épuisent plus rapidement que les autres nœuds. Afin de maintenir la structure du routage construite, nous proposons une approche adaptative avec un mécanisme d'acquiescement implicite des paquets. Grâce à l'approche proposée, l'arbre de routage se rétablit automatiquement au fur et à mesure du routage, tout en prenant en considération la mobilité des nœuds et/ou de station de base ainsi que la panne des nœuds.

## 4. Mise en place du prototype

Nous avons implémenté le protocole de communication présenté sur une plateforme hybride constituée de : six (6) *nœuds atmosphériques* (des nœuds *Telosb* de MEMSIC) et sept (7) *nœuds du sol* (des nœuds *MicaZ*, reliés à des sondes EC-5 de Decagon à travers des cartes d'acquisition MDA300), les sondes EC-5 permettent de mesurer la teneur en eau du sol.

L'implémentation était faite sous l'environnement TinyOS 2 [TIN 10] en suivant l'architecture logicielle décrite dans la figure 1 (b). Dans cette architecture, le module *Application level* planifie périodiquement ou à la demande un échantillonnage de données en commandant le module *sensing unit*. Lors de la réception d'une valeur, il crée un paquet de données qui sera transmis au prochain saut. Le module *forwarder* garantit le relai des paquets lorsque le nœud n'est pas le destinataire final. Le module *router* maintient et met à jour la table de voisinage ainsi que le coût minimal, ce qui nécessite d'évaluer le niveau de l'énergie résiduelle en mesurant la tension des

batteries. Afin d'assurer la communication sans fil entre les nœuds capteurs et la communication série entre le nœud collecteur et l'application de contrôle, nous utilisons les primitives *Active Message* fournies par TinyOS.

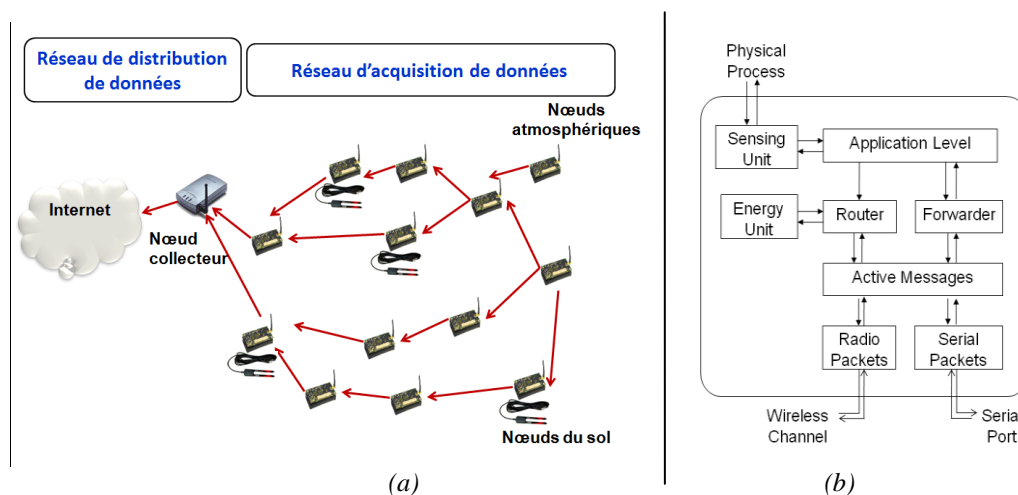


Fig.1 : (a) L'architecture globale du réseau (b) l'architecture logicielle

Durant l'implémentation, une des étapes critiques était le développement des pilotes des cartes MDA300 afin de pouvoir mesurer les paramètres du sol. Vu l'absence des pilotes opérationnels sous TinyOS 2, nous étions amenés à développer nos propres pilotes. Ces derniers sont testés avec succès et permettent d'interroger tout type de sondes analogiques. Nous avons, de même, mis en place un outil générique d'aide à la décision afin de stocker et d'interpréter les valeurs reçues, cet outil permet en outre l'administration du réseau à distance.

## 5. Tests et résultats préliminaires

Nous avons testé le prototype (voir Fig. 2) à l'échelle laboratoire. Une fois déployés, les nœuds s'auto-organisent grâce au protocole adaptatif et acheminent les différentes données mesurées jusqu'à la station de base. Afin de tester le multi-saut et les fonctionnalités de notre protocole dans un espace réduit, nous décrétons le niveau de transmission ce qui est faisable grâce à l'interface des modules radio CC2420 fournis avec TinyOS. Ces tests nous ont permis de vérifier avec succès les fonctionnalités élémentaires de notre protocole à savoir :

- La construction d'un arbre des chemins minimaux basée sur l'énergie résiduelle des nœuds;
- La mise à jour automatique de l'arbre construit en cas de pannes des nœuds ;
- La reconstruction automatique de l'arbre de proche en proche en cas de mobilité de la station de base et/ou des nœuds capteurs;

En utilisant une période d'échantillonnage de 5 secondes à chaque nœud, les résultats des premiers tests montrent une durée de vie du réseau de l'ordre d'une semaine. La perte des données est faible en cas de mobilité des nœuds et/ou de la station de base et pratiquement nulle dès que la topologie se stabilise. Le nombre de retransmission est de même faible. Dans les prochains travaux, nous expliciterons et discuterons avec plus de détails ces résultats.

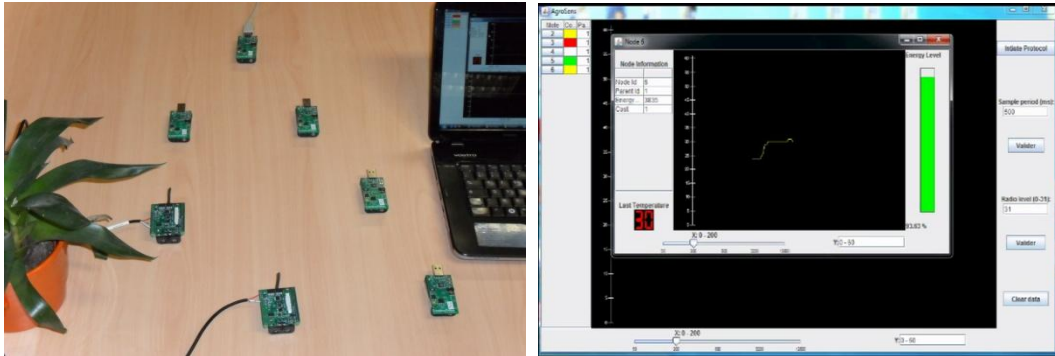


Fig.2 : Le prototype proposé

## 6. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté la conception et la mise en place d'un prototype d'une nouvelle plateforme générique de RCSF pour l'agriculture et le contrôle de l'environnement. Nous avons brièvement expliqué le protocole de routage conçu et implémenté ainsi que l'architecture logicielle. Le protocole proposé est tolérant aux pannes et prend en considération la mobilité des nœuds et/ou de la station de base. En outre, nous avons mis en place un outil d'aide à la décision permettant de stocker et d'interpréter les données collectées. Nous avons présenté dans cet article les résultats préliminaires des tests à l'échelle laboratoire.

## Remerciement

Ce travail rentre dans le cadre du projet régional Agro-Sens. Les auteurs tiennent à remercier le Conseil Régional de Picardie et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) pour avoir financé et soutenu ce projet.

## Bibliographie

- [AKY 02] I.F. AKYILDIZ, Weilian SU, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal CAYIRCI, A survey on sensor networks, *IEEE Communications Magazine*, pp.102-114, August 2002.
- [BAG 05] Aline Baggio, Wireless sensor networks in precision agriculture, in *proceedings of Real-World Wireless Sensor Networks, Stockholm, Sweden, 2005*.
- [MCC 08] McCulloch, J., McCarthy, P., Guru, S. M., Peng, W., Hugo, D., and Terhorst, A. Wireless sensor network deployment for water use efficiency in irrigation. in *proceedings of Real-World Wireless Sensor Networks, Glasgow, Scotland, 2008*
- [LOP 09] López Riquelme, J. A., Soto, F., Suardíaz, J., Sánchez, P., Iborra, A., and Vera, J. A. Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain. *Computers and Electronics in Agriculture* 68, 1 (Aug. 2009), 25-35.
- [PAN 08] Panchard, Jacques and Rao, Seshagiri and Prabhakar, T.V. and Jamadagni, H.S. and Hubaux, Jean-Pierre COMMONSense Net: A Wireless Sensor Network for Resource-Poor Agriculture in the Semiarid Areas of Developing Countries The MIT Press Journal publication 2008, Volume 4, Number 1, pp 51–67
- [TIN 10] TinyOS, «operating Environment for embedded Networked Sensors », <http://www.tinyos.net/>, 2011