

Proposition de Thèse en co-tutelle LCIS–LE2P

Protocole de réveil radio semi passif à faible coût énergétique pour des nœuds de capteurs dans un contexte de transmission intermittente fiable à multi saut incluant une récupération d'énergie

Mots clefs : Réseaux de capteurs sans fil autonome, économie d'énergie, communication numérique, intelligence décentralisée, modélisation comportementale, étude de cas réel, prototypage, banc de test, rectenna.

Semi Passive Wake Up Radio protocol with low cost energy for sensor nodes in a context of a reliable intermittent multihop transmission with energy harvesting

Keywords: Autonomous wireless sensor network, energy saving, digital communication, decentralized intelligence, behavioral modeling, real case study, prototyping, test bench, rectenna.

Contexte et sujet

Vous travaillerez au sein de l'équipe du LE²P [1] situé à St Pierre de la Réunion, en collaboration avec celle du LCIS [2] à Valence sur une thématique commune de recherche sur les réseaux de capteurs (OS3-WSN).

Pour le déploiement à grande échelle de collecte de données par des capteurs intelligents que nous appellerons des nœuds de capteurs, la gestion de l'alimentation et de l'adressage des nœuds de capteurs sont des critères importants pour prolonger la durée de vie du système de collectes des données. De nombreux protocoles de gestion de l'alimentation emploient des schémas de réveil/sommeil (WakeUp/Sleep modes), qui sont souvent compliqués et peu efficaces. Les systèmes de gestion de l'alimentation qui éliminent ces périodes de réveil de nœuds seront étudiés. Ce type de capacité de réveil est activé par un nouveau composant matériel déclenché par radio. Il est inspiré par l'observation d'un signal radio réveil contenant assez d'énergie pour déclencher un processus de réveil du nœud. De plus, afin d'adresser le nœud dans le réseau, il est nécessaire de moduler/coder le numéro d'identification du nœud. L'étude abordera aussi les protocoles qui permettront de gérer la confiance dans les messages transmis par les éléments le plus souvent en mode veille afin d'acheminer des données sûres au puit de données (Sink).

Deux familles de circuit de Wake Up Radio (WUR) [3,7] sont déjà étudiées au cours de ces dernières années : WUR passif [4, 5] et WUR actif [6]. L'étude de cas portera sur une application de collecte de données de capteurs sur deux types de démonstrateurs :

- Gestion de ressource en eau dans des terrains agricole pour optimiser la gestion de l'irrigation (LE2P)
- Gestion d'un canal d'irrigation (LCIS) pour la répartition optimale des ressources en eau

L'ensemble du réseau de capteurs pourra atteindre une densité de 256 nœuds, dans un contexte de transmission vers un puit de données qui sera relié au système d'information et de visualisation.

Le sujet de thèse se situant entre le domaine de la communication numérique radiofréquence et des protocoles de contrôles/commande, le travail se décomposera en deux grandes parties qui restent entrelacées. Ainsi, la modélisation, le prototypage et la validation du circuit WUR (passif, puis actif) en lien avec les antennes « rectenna » fournis par le LE2P seront associés aux activités dans le domaine des réseaux de capteurs décentralisés du LCIS.

Résultats préliminaires attendus sur les verrous technologiques et scientifiques

- Prototypage d'un circuit WUR passif
- Efficacité énergétique et sûreté d'adressage d'un circuit WUR passif
- Protocole décentralisé de gestion des circuits WUR au sein d'un réseau
- Bilan énergétique du protocole décentralisé d'un réseau de nœuds composé de circuits WUR
- Déploiement d'un réseau de capteurs / mise en œuvre des démonstrateurs

Applications régionales et internationales immédiates

La contribution attendue concerne des réseaux de capteurs sans fil pour la gestion des ressources en eau pour l'agriculture de demain ainsi que des environnements difficiles d'accès (surveillance sismique, glissement de terrain, paroi instable, tsunami, ...). Les points durs tiennent ici à prouver l'efficacité d'un tel système de nœuds de capteurs totalement autonome en énergie (energy harvesting), fiable lors de la transmission de très petites quantités d'information (quelques octets), d'une durée de vie améliorée et d'une gestion simple dans son fonctionnement global.

Planning de thèse :

Cette contribution de thèse est soutenue par la Région Réunion. Donc la thèse se déroulera en grande partie sur le site du LE2P à St Pierre de la Réunion avec des périodes au LCIS à Valence.

Le déroulement de la thèse pourra suivre les périodes suivantes :

- Septembre-Novembre 2019 : Durant la période de recherche bibliographie et de formalisation des dossiers administratifs, le doctorant sera hébergé au LCIS à Valence
- Décembre 2019-Janvier 2021 : Durant cette période la thèse s'effectuera sur le site du LE2P à St Pierre de la Réunion
- Janvier-Février 2021 : Période au LCIS pour bilan à mi-parcours de thèse
- Février 2021-Janvier 2022 : Période de thèse sur le site du LE2P à St Pierre de la Réunion

- Janvier-Février 2022 : Période au LCIS
- Février-Novembre 2022 : Période de fin de thèse sur le site du LE2P à St Pierre de la Réunion.

Profil recherché

- Etudiants diplômés motivé par la recherche entre plusieurs sites (LE2P la Réunion et le LCIS Valence) issu(e)s d'Ecoles d'Ingénieurs, ou titulaire du master.
- Les compétences suivantes seront nécessaires pour mener à bien l'activité de thèse :
 - fondamentaux en mathématiques et programmation structurée,
 - Connaissances des protocoles réseaux et des communications numériques
- Le candidat doit parler couramment le français ou l'anglais

Type de bourse : Allocation Régionale de Recherche ; <https://arr.regionreunion.com/> ; 1200€/mois

Pièces scannés à fournir pour candidater

- Un CV complet
- Une lettre de motivation
- Relevé de notes détaillés et de diplômes des 3 dernières années
- Des lettres de recommandation (si possible 2)
- La sélection des candidats se fera sur dossier complet et entretien
- Avant le 20 juin 2019

Contacts : Svp contacter les deux avec en objet du courriel : *Thesis on [WakeUpRadio Protocol]*

- LE2P, Nour Murad : nour.murad@univ-reunion.fr
- LCIS, Denis Genon-Catalot : denis.genon-catalot@lcis.grenoble-inp.fr

Bibliographies

[1] <http://www.le2p.fr>

[2] <http://lcis.grenoble-inp.fr/le-laboratoire/>

[3] Valera, Alvin C., Wee-Seng Soh, and Hwee-Pink Tan. "Survey on Wakeup Scheduling for Environmentally-Powered Wireless Sensor Networks." *Computer Communications* 52 (October 2014): 21–36. doi:10.1016/j.comcom.2014.05.004.

[4] Gu, Lin, and John A. Stankovic. "Radio-Triggered Wake-Up Capability for Sensor Networks," 27–37, 2004. <http://202.114.89.42/resource/pdf/1712.pdf>.

[5] Paruchuri, Vamsi, Shivakumar Basavaraju, Arjan Durresi, Rajgopal Kannan, and S. Sitharama Iyengar. "Random Asynchronous Wakeup Protocol for Sensor Networks," 710–17. *IEEE*, 2004. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1363859.

[6] Ba, He, Ilker Demirkol, and Wendi Heinzelman. "Passive Wake-up Radios: From Devices to Applications." *Ad Hoc Networks* 11, no. 8 (November 2013): 2605–21. doi:10.1016/j.adhoc.2013.08.004.

[7] Jean Mickael Lebreton, Somasekhar Kandukuri, Nour Murad and Richard Lorion "An Energy-Efficient Duty-Cycled Wake-Up Radio Protocol for Avoiding Overhearing in Wireless Sensor Networks", *Wireless Sensor Network*, 2016, 8, 176-190

Semi Passive Wake Up Radio protocol with low cost energy for sensor nodes in a context of a reliable intermittent multihop transmission with energy harvesting

Keywords: Autonomous wireless sensor network, energy saving, digital communication, decentralized intelligence, behavioral modeling, real case study, prototyping, test bench, rectenna.

Context and subject

You will work with the LE2P [1] teams located in Saint Pierre of Reunion Island in conjunction with the LCIS [2] team at Valence on a common research theme about sensor networks (OS3-WSN).

For large-scale deployment of data collection by intelligent sensors, which we will call sensor nodes, power management and addressing of sensor nodes are some important criteria for extending the life of the sensor system that collect data. Many power management protocols use Wake Up/Sleep modes, which are often complicated and inefficient. Energy management systems that eliminate these node awakening periods, although the node actually needs to wake up, will be investigated. This type of wake-up capability is activated by a new radio hardware component triggered. It is inspired by the observation of a wake up radio signal containing enough energy to trigger a process of wake up node. In addition, in order to address the node in the network, it is necessary to modulate and to encode the identification number of the node. The study will also approach the protocols which will allow to manage the confidence in messages transmitted by nodes most of the time in sleep mode to forward safe data to the data sink.

Two Wake Up Radio circuit families (WUR) [3,7] have been studied in recent years: passive WUR [4, 5] and active WUR [6]. The case study will cover a sensor data collection application on two types of demonstrators:

- Management of water resources in agricultural land to optimize the management of irrigation (LE2P)
- Management of an irrigation canal (LCIS) for the optimal distribution of water resources

The whole network of sensors can reach a density of 256 nodes, in a context of transmission to a sink data that will be connected to the information system and visualization.

The subject of the thesis lies between the field of radiofrequency digital communication and control/command protocols. The work will be divided into two main parts which remain intertwined. Thus, the modeling, the prototyping and

the validation of the WUR circuit (passive and then active) in connection with the rectenna antennas provided by the LE2P will be associated with the activities in the field of LCIS decentralized sensor networks.

Preliminary results expected on technology and scientific bottleneck

- Prototyping of a passive WUR circuit
- Energy efficiency and reliable addressing of a passive WUR circuit
- Decentralized protocol for managing WUR circuits within a network
- Energy balance of the decentralized protocol of a node network consisting of a WUR circuit
- Deployment of a network of sensors / implementation of demonstrators

Regional and international applications

The expected contribution relates to networks of wireless sensors for the management of water resources for the agriculture of tomorrow as well as environments or difficult access (seismic monitoring, landslide, unstable wall, tsunami, ...). The hard points are here to prove the efficiency of such a system of sensor nodes totally autonomous in energy (energy harvesting), reliable when transmitting very small amount of information (a few bytes), a duration of improved life and simple management in its overall functioning.

Schedule of thesis

This thesis contribution is supported by the Reunion Regional Council. Thus, the thesis will take place largely on the site of the LE2P in St Pierre of Reunion Island with periods in the LCIS at Valence.

The progress of the thesis can follow the next periods:

- In September-November, 2018: During the period of search bibliography and for formalization of the administrative forms, the PhD student will be accommodated at the LCIS in Valence
- In December 2018-January 2020: During this period the thesis will be made on the site of the LE2P at St Pierre of Reunion Island
- January-February, 2020: Period in the LCIS for mid-term balance sheet of thesis
- February 2020-Janvier 2021: Period of thesis on the site of the LE2P at St Pierre of Reunion
- January-February, 2021: Period at the LCIS
- In February-November, 2021: Period of the end of thesis on the site of the LE2P at St Pierre of Reunion Island.

Research student profile

- Graduates motivated by research between several sites (LE2P Reunion and LCIS Valence) stemming of High Engineering Schools, or holder a second year research Master's degree
- The following skills will be necessary to bring to a successful conclusion the thesis activity:
 - Fundamental in mathematics and structured programming skills
 - Knowledge over network protocols and digital communications
- Candidate must be fluent in English or French

Grant type : Allocation Régionale de Recherche ; <https://arr.regionreunion.com/> ; 1200€/month

Application should include

- A full CV
- A cover letter
- Detailed marks and diplomas from the last 3 years
- Recommendation letters (if possible 2)
- Selection of candidates will be on viable complete document and interview
- Deadline before June 20th 2019

Contacts: Please contact both with the following email subject: *Thesis on [WakeUpRadio Protocol]*

- LE2P, Nour Murad : nour.murad@univ-reunion.fr
- LCIS, Denis Genon-Catalot : denis.genon-catalot@lcis.grenoble-inp.fr

Bibliographies

[1] <http://www.le2p.fr>

[2] <http://lcis.grenoble-inp.fr/le-laboratoire/>

[3] Valera, Alvin C., Wee-Seng Soh, and Hwee-Pink Tan. "Survey on Wakeup Scheduling for Environmentally-Powered Wireless Sensor Networks." *Computer Communications* 52 (October 2014): 21–36. doi:10.1016/j.comcom.2014.05.004.

[4] Gu, Lin, and John A. Stankovic. "Radio-Triggered Wake-Up Capability for Sensor Networks," 27–37, 2004. <http://202.114.89.42/resource/pdf/1712.pdf>.

[5] Paruchuri, Vamsi, Shivakumar Basavaraju, Arjan Duresi, Rajgopal Kannan, and S. Sitharama Iyengar. "Random Asynchronous Wakeup Protocol for Sensor Networks," 710–17. *IEEE*, 2004. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1363859.

[6] Ba, He, Ilker Demirkol, and Wendi Heinzelman. "Passive Wake-up Radios: From Devices to Applications." *Ad Hoc Networks* 11, no. 8 (November 2013): 2605–21. doi:10.1016/j.adhoc.2013.08.004.

[7] Jean Mickael Lebreton, Somasekhar Kandukuri, Nour Murad and Richard Lorion "An Energy-Efficient Duty-Cycled Wake-Up Radio Protocol for Avoiding Overhearing in Wireless Sensor Networks", *Wireless Sensor Network*, 2016, 8, 176-190