



**HAL**  
open science

## Etude du compromis latence-consommation d'énergie des radios longue portée

Fayçal Ait Aoudia, Matthieu Gautier, Antoine Courtay, Olivier Berder

► **To cite this version:**

Fayçal Ait Aoudia, Matthieu Gautier, Antoine Courtay, Olivier Berder. Etude du compromis latence-consommation d'énergie des radios longue portée. Colloque du GDR SoC-SiP, Juin 2017, Bordeaux, France, Jun 2017, Bordeaux, France. hal-01550317

**HAL Id: hal-01550317**

**<https://inria.hal.science/hal-01550317>**

Submitted on 29 Jun 2017

**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.

# Etude du compromis latence-consommation d'énergie des radios longue portée

Faycal Ait Aoudia, Matthieu Gautier, Antoine Courtay et Olivier Berder  
University de Rennes 1, IRISA

IRISA-ENSSAT, 6 rue Kerampont, F-22305 Lannion Cedex

faycal.ait-aoudia@irisa.fr, matthieu.gautier@irisa.fr, antoine.courtay@irisa.fr, olivier.berder@irisa.fr

## Abstract

*Apparues au cours des dernières années, les radios longue portée permettent des transmissions faible débit sur des distances de plusieurs kilomètres. En utilisant ces technologies, un compromis doit être effectué entre la consommation d'énergie et la latence pour la transmission de messages en voie descendante. Dans cette étude, nous évaluons ce compromis et proposons une architecture de réseaux combinant radio longue portée et wake-up radio permettant de réduire à la fois la consommation énergétique et la latence.*

## 1. Introduction

Les Réseaux de Capteurs et d'Actionneurs Sans Fil (RCASF) sont utilisés dans de nombreuses applications émergentes pour les domaines industriel, militaire et civil. Apparues ces dernières années, des technologies sans fil permettent de transmettre à des portées de plusieurs kilomètres, au prix de débits généralement inférieurs à 10 kbps et avec une consommation d'énergie similaire aux transmetteurs habituels des RCASF. Un exemple d'une telle technologie est LoRa<sup>TM</sup> [2]. LoRa<sup>TM</sup> fonctionne dans les bandes ISM 868/915 MHz et permet une portée théorique allant jusqu'à 22 km, et un débit compris entre 0.37 et 46.9 kbps [1]. Une communication LoRa<sup>TM</sup> en voie montante, *i.e.* des nœuds vers la passerelle, se fait avec une faible latence, car la passerelle écoute en permanence le canal. La communication en voie descendante nécessite un compromis entre la latence et la consommation d'énergie. Cependant, certaines applications, telles que la surveillance industrielle de machines, nécessitent à la fois une faible latence et une faible consommation d'énergie.

Nous avons donc proposé une architecture de réseaux [3] qui repose sur des nœuds à plusieurs radios [4]. Ces nœuds utilisent notamment des wake-up radios qui permettent des communications asynchrones, les nœuds ne se réveillant que pour communiquer. Ces radios réduisent donc la consommation d'énergie et la latence des communications au prix d'une portée réduite. Ce désavantage justifie l'architecture de réseaux proposée qui combine à la fois communications LoRa<sup>TM</sup> et wake-up

radio. Cette étude évalue le compromis entre la consommation d'énergie et la latence pour la transmission en voie descendante en comparant les différents schémas LoRa<sup>TM</sup> avec l'architecture proposée.

## 2. Protocoles de communication radio longue portée

### 2.1 Protocoles LoRa<sup>TM</sup>

L'architecture de réseaux LoRa<sup>TM</sup> [2] est une topologie en étoile où tous les nœuds RCASF communiquent directement avec une passerelle, qui sert de pont entre les nœuds et un serveur. La passerelle écoute en permanence le canal, alors que trois types de classes sont définis pour les nœuds. La classe A offre la consommation d'énergie la plus basse, les nœuds ne quittant leur état de veille que pour envoyer leurs données. Chaque transmission en voie montante est suivie de deux courtes fenêtres de réception en voie descendante. Ainsi, les instants de communications sont programmés par le nœuds en fonction de ses propres besoins, alors que la transmission en voie descendante devra attendre la prochaine transmission en voie montante planifiée. Les nœuds en classe B ouvrent périodiquement des fenêtres de réception supplémentaires à une fréquence  $\lambda_{PING}$ . Enfin, les nœuds en classe C écoutent continuellement, sauf lorsqu'ils transmettent. Par conséquent, en utilisant l'architecture du réseau LoRa<sup>TM</sup>, un compromis doit être effectué entre la latence et la consommation d'énergie pour la voie descendante.

### 2.2 Architecture hybride LoRa<sup>TM</sup> et wake-up radio

Dans l'architecture de réseaux proposée, les nœuds RCASF sont organisés dans une topologie en étoile, quelques dizaines de mètres autour d'un nœud central, comme le montre la Figure 1. Une passerelle, située à une grande distance (quelques kilomètres) du réseau, recueille les données détectées et envoie des commandes aux nœuds (e.g. pour activer les actionneurs ou pour régler des paramètres de détection). Comme chaque nœud est équipé d'une wake-up radio en plus d'une radio LoRa<sup>TM</sup>, le nœud central peut réveiller un ou plusieurs nœuds en envoyant des balises de réveil [3]. Les nœuds sont supposés être contraints en énergie et sont donc la plupart du temps en veille. Ils sont réveillés par une interruption lors-

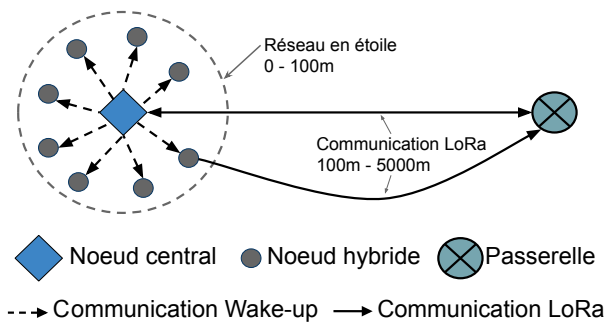


FIGURE 1. Architecture de réseaux hybride.

qu'un timer expire pour effectuer une détection ou une action, lorsqu'un événement de l'environnement est détecté par un capteur ou lorsque la réception d'une balise est détectée par la wake-up radio.

Les deux premiers événements peuvent entraîner l'envoi d'un message de données à la passerelle. Dans ce cas, les nœuds envoient les données directement à la passerelle en utilisant une communication LoRa™, comme le montre la Figure 1. Le dernier cas correspond à la transmission en voie descendante d'une commande de la passerelle vers un ou plusieurs nœuds. La passerelle transmet d'abord la commande au nœud central en utilisant une communication LoRa™. Ce dernier transmet ensuite la commande aux nœuds destinataires avec la wake-up radio.

### 3. Résultats expérimentaux

Le débit de la couche physique LoRa™ est paramétrable en fonction d'un facteur d'étalement, de la bande passante et d'un taux de codage. Ces paramètres permettent un compromis entre la consommation d'énergie, l'immunité aux interférences et la portée [3]. Trois configurations sont utilisées dans ces travaux correspondant au débit binaire le plus élevé (*SH* - 46.9 kbps), au débit binaire le plus bas (*SL* - 0.37 kbps) et la configuration par défaut LoRa™ (*SD* - 6.84 kbps). Des mesures de consommation ont été effectuées pour ces 3 débits ainsi que pour la communication avec la wake-up radio [3]. Ces mesures permettent d'estimer les coûts énergétiques d'envoi des trames LoRa™ (ping, balise, commande, ...). La consommation d'énergie et la latence en voie descendante sont ensuite calculées analytiquement.

La Figure 2 montre la consommation d'énergie et la latence d'un nœud fonctionnant selon les différents schémas évalués pour une fréquence d'envoi des commandes de  $\frac{1}{90}$  Hz. La classe LoRa™ B est évaluée pour des valeurs de  $\lambda_{PING}$  allant de 0.1 à 33 Hz et la classe A pour une fréquence d'envoi de paquets de  $\frac{1}{10}$  Hz. On peut voir le compromis entre la consommation d'énergie et la latence nécessaire avec LoRa™. En effet, la classe A permet une très faible consommation d'énergie, mais une latence élevée (la passerelle ne pouvant envoyer des commandes uniquement après une transmission en voie montante). A l'opposé, si le nœud fonctionne en classe C, les

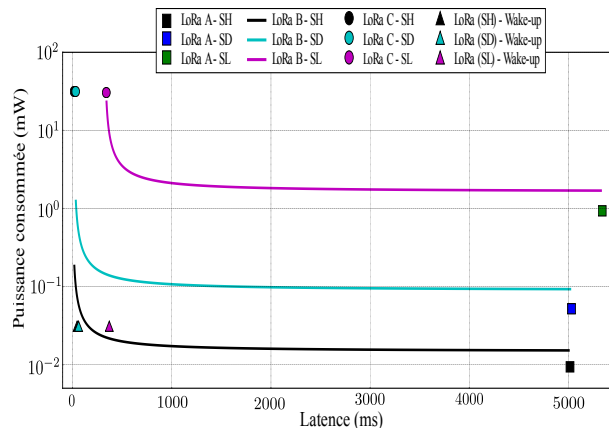


FIGURE 2. Consommation d'énergie en fonction de la latence.

transmissions en voie descendante ont une latence faible, car le nœud écoute en permanence le canal, mais au prix d'une forte consommation d'énergie. La classe B permet un compromis entre ces deux extrêmes, le nœud se réveille périodiquement pour écouter le canal et ce compromis dépend du paramètre  $\lambda_{PING}$ . L'approche basée sur les wake-up radios permet une latence proche de celle de la classe C, tout en consommant peu de puissance. En effet, même si l'architecture proposée nécessite l'utilisation d'une radio supplémentaire, sa consommation d'énergie est négligeable ( $1.83 \mu W$ ) en mode d'écoute continue. Par conséquent, il n'y a plus de compromis pour les transmissions en voie descendante, comme c'est le cas avec les approches LoRa™.

### 4. Conclusion

Les résultats présentés dans ce travail montrent les avantages de l'architecture hybride proposée en termes de consommation d'énergie et de latence. Un prototype multi-radio a été conçu [4] et son déploiement dans un réseau LoRa™ est l'objectif final de cette étude.

### Références

- [1] C. Goursaud and J.-M. Gorce, "Dedicated networks for IoT : PHY/MAC state of the art and challenges", *EAI endorsed transactions on Internet of Things*, October 2015.
- [2] "LoRaWAN™, Specification v1.0, LoRa Alliance, Inc. 2400 Camino Ramon, Suite 375 San Ramon, CA 94583 (2015)," LoRa Alliance, Tech. Rep., 2015.
- [3] F. Ait Aoudia, M. Magno, M. Gautier, O. Berder, L. Benini, "A Low Latency and Energy Efficient Communication Architecture for Heterogeneous Long-Short Range Communication", in *Euromicro Conference on Digital System Design (DSD)*, August 2016.
- [4] M. Magno, F. Ait Aoudia, M. Gautier, O. Berder, L. Benini, "WULoRa : An Energy Efficient IoT End-Node for Energy Harvesting and Heterogeneous Communication", in *IEEE/ACM Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)*, March 2017.