

Laboratoire : LIMOS, axe SIC (Systèmes d'Information et de Communication)

Directeur de thèse : Alexandre GUITTON (PR UCA), alexandre.guitton@uca.fr, 33 %

Co-encadrants :

- Nancy EL RACHKIDY (MCF HDR, UCA), nancy.el_rachkidy@uca.fr, 33 %

- Megumi KANEKO (Associate Professor HDR au NII, Japon), megkaneko@nii.ac.jp, 33 %

Titre du sujet de thèse : Augmentation du débit LoRaWAN en se basant sur les caractéristiques physiques des trames LoRa

Résumé court du sujet de thèse :

LoRa est une technologie sans fil à longue portée et à basse consommation énergétique permettant à des équipements fonctionnant sur piles de communiquer sur de très grandes distances (typiquement une dizaine de kilomètres en extérieur). Les réseaux LoRaWAN, qui se basent sur la technologie LoRa, ont de très nombreuses applications en surveillance environnementale ou dans le domaine des villes intelligentes.

Toutefois, l'inconvénient majeur de LoRaWAN est son très faible débit.

L'objectif de cette thèse est d'**augmenter ce débit** en s'appuyant sur la caractéristique physique des trames. Plusieurs approches seront envisagées, comme la **suppression de l'identifiant du nœud source** dans les trames (ce qui améliore aussi la confidentialité des informations transmises, puisqu'un attaquant ne connaît pas directement l'identifiant de l'émetteur), l'utilisation de **propriétés d'orthogonalité** (imparfaite) des transmissions, ou la **récupération de trames en collision**.

Résumé long du sujet de thèse :

Contexte :

Les réseaux à longue portée et à basse consommation énergétique (LPWAN) permettent à des équipements fonctionnant sur piles de communiquer sur de très grandes distances, typiquement autour de la dizaine de kilomètres en extérieur. Ces réseaux ont de nombreuses applications, par exemple de surveillance environnementale (surveillance de forêts, de cours d'eaux, de faune de basse montagne, etc.) [1].

LoRa est une couche physique développée par l'entreprise Semtech se basant sur une modulation efficace appelée CSS. Cette modulation a une très grande robustesse, ce qui lui permet de décoder correctement des signaux, même lorsqu'ils sont reçus sous le niveau de bruit. Le standard ouvert LoRaWAN [2] se base sur la couche physique LoRa pour définir une architecture de réseau et un protocole d'accès au médium. La combinaison LoRa / LoRaWAN est la combinaison de protocoles la plus utilisée pour les LPWAN.

Problématique :

Toutefois, LoRaWAN a un débit très faible, de l'ordre de quelques bits par seconde en pratique. Il est donc crucial de développer des techniques permettant d'améliorer le débit de LoRaWAN.

Objectif de la thèse :

L'objectif de cette thèse est de profiter des caractéristiques physiques des trames LoRa pour augmenter le débit LoRaWAN. Le défi est complexe : en effet, LoRa peut décoder des trames dont la puissance est jusqu'à 100 fois inférieure à celle du bruit. A ce faible niveau de signal, les caractéristiques physiques des trames sont très difficiles à obtenir avec précision. Les questions que nous nous posons sont donc : Peut-on identifier l'émetteur sans qu'il ne communique son adresse dans la trame ? Peut-on savoir si deux trames détectées par deux passerelles correspondent à la même transmission ? Peut-on profiter des propriétés d'orthogonalité pour transmettre plusieurs trames en collision, sans impacter les capacités de décodage des passerelles ? En répondant à ces questions, il devient possible de réussir à identifier les nœuds LoRa grâce aux caractéristiques des émetteurs, ce qui permet de retirer l'identifiant du nœud de l'entête des trames, et ainsi d'économiser quelques octets. Cette piste a aussi l'avantage d'augmenter la sécurité des communications, puisqu'un attaquant a plus de difficultés à associer une trame sans identifiant à un nœud. Une première preuve de concept autour de cette piste a déjà été réalisée [3], mais il est nécessaire d'étendre ces travaux qui restent incomplets. D'autres pistes sont aussi prévues, comme le décodage de trames LoRa en collision [4] en utilisant

des informations multi-passerelles, ou liées au facteur d'étalement des communications. Les concepts proposés seront essentiellement étudiés et prouvés avec du matériel réel, en utilisant à la fois des nœuds LoRa, mais aussi des radios logicielles hautement configurables.

Plus-value par rapport à l'existant :

La partie de ces travaux sur les collisions LoRa est la poursuite d'une thèse soutenue à Clermont-Ferrand en juin 2023 [5], qui a conduit à de nombreuses publications de très bon niveau dans le domaine (dont [4]). Les autres parties de ces travaux sont innovantes : à notre connaissance, aucun papier ne traite de ces idées.

Références :

- [1] M.S. Hidayat, A.P. Nugroho, L. Sutiarto, T. Okayasu. « Development of environmental monitoring systems based on LoRa with cloud integration for rural area », IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, volume 355, the 3rd International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering, 2019.
- [2] LoRa Alliance. « LoRaWAN L2 1.0.4 Specification », Technical standard, TS001-1.0.4, 2020.
- [3] Weixuan Xiao, **Alexandre Guitton**, **Megumi Kaneko**, **Nancy El Rachkidy**. « Local Identification of Devices from LoRa Preambles: a Preliminary Feasibility Study », work in progress, 2023.
- [4] Weixuan Xiao, **Megumi Kaneko**, **Nancy El Rachkidy**, **Alexandre Guitton**. « Integrating LoRa Collision Decoding and MAC Protocols for Enabling IoT Massive Connectivity », IEEE Internet of Things Magazine, 2022.
- [5] Weixuan Xiao. « Techniques de décodage pour annuler les collisions dans LoRaWAN ». Thèse de l'Université Clermont Auvergne, 2023. Encadrement : **Alexandre Guitton** (directeur) et **Nancy El Rachkidy**.