

LABO – LIMOS – AXE SIC

Directeur de thèse : Nancy EL RACHKIDY, MCF HDR, nancy.el_rachkidy@uca.fr

Co-encadrant : Gewu Bu, MCF, gewu.bu@uca.fr

Titre du sujet de thèse

Approches adaptatives basées sur apprentissage pour l'amélioration des performances de LoRaWAN en environnement mobile

Résumé du sujet de thèse :

Les réseaux LPWAN (Low Power Wide Area Networks), et en particulier LoRaWAN, occupent une place importante dans le déploiement de l'Internet des Objets (IoT) grâce à leur portée étendue, leur faible coût et leur efficacité énergétique. Cependant, leur conception initiale, orientée vers des nœuds statiques, limite leurs performances dans les scénarios de mobilité. Les environnements dynamiques, tels que les véhicules connectés, les drones, introduisent des pertes de données et des difficultés d'adaptation du protocole. Cette thèse vise à concevoir et valider des approches adaptatives, s'appuyant sur des techniques d'apprentissage automatique pour améliorer la fiabilité et l'efficacité énergétique de LoRaWAN en mobilité.

Parallèlement, lors de l'intégration de l'apprentissage dans l'environnement LoRa, des mécanismes d'adaptation appropriés doivent également être mis en œuvre. Compte tenu de la nature à grande échelle des déploiements LoRa et de la fiabilité limitée du réseau, il est essentiel d'envisager, en plus des approches classiques d'apprentissage, des paradigmes tels que l'apprentissage distribué, l'apprentissage en ligne et l'apprentissage en périphérie, afin d'optimiser le compromis entre l'efficacité de l'apprentissage et son coût.

L'objectif de cette thèse est de proposer des mécanismes d'adaptation intelligents pour LoRaWAN en environnement mobile. Ces approches, basées sur l'apprentissage automatique, devront permettre :

- La détection et la modélisation de la mobilité des nœuds : Développer des modèles d'apprentissage supervisé pour détecter la mobilité à partir d'indicateurs radio (RSSI, SNR, Doppler estimé). L'utilisation de radios logicielles (USRP) permettra la collecte de données brutes et l'entraînement de modèles précis capables de distinguer différents régimes de mouvement
- L'adaptation dynamique des paramètres du lien radio (spreading factor, puissance, canal) : Proposer une version améliorée du mécanisme ADR (Adaptive Data Rate) intégrant des techniques d'apprentissage par renforcement pour adapter dynamiquement les paramètres de communication selon la mobilité et la qualité du lien.
- La prévision des changements de couverture entre les passerelles. Concevoir un mécanisme prédictif permettant d'anticiper le changement de gateway via des modèles séquentiels. L'objectif est d'assurer la continuité du service tout en minimisant la perte de paquets et la latence.
- Architecture d'apprentissage adaptée aux déploiements LoRa mobiles : Des efforts supplémentaires seront également consacrés à l'identification et à la mise en place d'architectures d'apprentissage adaptées aux déploiements LoRa mobiles à grande échelle, dans le but de maximiser l'efficacité de l'apprentissage tout en minimisant son coût.
- Validation expérimentale par radios logicielles (USRP) : Mettre en œuvre une plateforme expérimentale pour évaluer les performances du LoRaWAN standard et des solutions adaptatives proposées. Cette approche permettra de valider les modèles dans des scénarios de mobilité réelle.

Résultats attendus

Modèles précis de détection de mobilité et d'adaptation de paramètres radio
Mécanismes ADR et handover intelligents validés expérimentalement
Architecture d'apprentissage adaptée aux LoRaWAN mobiles
Plateforme pour recherche expérimentale sur la mobilité
Réduction du taux de perte de trames, meilleure efficacité énergétique

Références

- [1] Gewu Bu, Nancy El Rachkidy, Gateway-Side Distributed Frame Deduplication for LoRaWAN, MobiWAC, in Proceedings MSWiM 2025.
[2] Anaïs Durand, Nancy El Rachkidy, Alexandre Guitton, MADERE: Mobile Adaptive Datarate for LoRaWAN, in Proceedings IEEE WCNC 2023.
[3] Fall, Ndeye Penda and Marot, Michel and Diallo, Cherif and Bernard, Antoine and Roujanski, Gatien, Optimizing mobility in LoRaWAN: a resource reservation approach, in Proceedings IEEE GLOBECOM 2023.

Profil recherché :

- Bonne maîtrise de programmation (C/C++/python)
- Connaissance en réseau et apprentissage
- Bon niveau d'anglais