

Sujet : Problème d’ordonnancement pour la technologie LoRa
Encadrants : Lucas Picasarri-Arrieta, Christelle Caillouet et Frédéric Havet
Équipe : COATI (Combinatorics, Optimization, and Algorithms for Telecommunications)
Lieu : Inria Sophia-Antipolis

Contexte

LoRa est une technologie de modulation des ondes radio qui permet des échanges à longue distance et peu coûteuse en énergie, mais au prix d’une bande passante faible (de l’ordre de 20kbps). De par ses avantages, cette technologie est particulièrement adaptée pour les appareils de l’Internet des Objets (*Internet of Things*). Elle présente donc de nombreuses applications, allant de l’agriculture au contrôle du trafic (voir [1]).

LoRa utilise principalement des bandes de fréquences pour lesquelles l’utilisation du réseau est limitée afin de répondre aux exigences en termes de déploiement massif de plusieurs milliers d’objets connectés. Par exemple, au sein de l’union européenne, un appareil ne peut pas utiliser les canaux de fréquence plus de 1% du temps dans son cycle d’activité. La qualité des communications entre les appareils connectés et les passerelles dans les réseaux LoRa dépend d’un ensemble de paramètres dont l’un des principaux ayant un impact direct sur le débit global est le facteur d’étalement (*Spreading factor* ou SF). Le protocole TS-LoRa (voir [3] et [2]) propose une allocation des facteurs d’étalement pour les communications des différents appareils utilisant le réseau, sur différentes périodes, pour respecter ces contraintes. Le but du stage est d’étudier un problème d’ordonnancement dans le cadre de ce protocole.

Sujet

Formalisons le problème d’ordonnancement à résoudre.

Données du problème :

- p appareils connectés, ou opérateurs, O_1, \dots, O_p ,
- m facteurs d’étalement C_1, \dots, C_m ,
- pour tout $i \in \{1, \dots, p\}$, le nombre de messages $n_i \in \mathbb{N}$ que l’opérateur i doit transmettre,
- pour tout $j \in \{1, \dots, m\}$, le *délai de transmission* $f_j \in \mathbb{N}$ du facteur d’étalement C_j représente le temps nécessaire à la transmission d’un message utilisant le SF C_j ,
- pour tout $j \in \{1, \dots, m\}$, le *délai d’attente* $w_j \in \mathbb{N}$ associé au SF C_j représente la durée pendant laquelle un opérateur est bloqué après avoir transmis avec le SF C_j .

Contraintes :

- deux opérateurs ne peuvent pas utiliser le même SF au même moment,
- un opérateur ne peut utiliser qu’un seul SF à la fois,
- un opérateur bloqué ne peut pas utiliser le réseau.

Question : En combien de temps les opérateurs peuvent-ils transmettre l’ensemble de leurs messages ?

On s’intéressera dans un premier temps à la complexité du problème dans le cadre général, puis on étudiera ensuite comment celle-ci évolue en imposant certaines restrictions. On pourra par exemple se restreindre à l’utilisation de deux SF ou imposer que le délai d’attente soit le même pour tous les SF. Dans les cas où le problème s’avère être NP-difficile, nous chercherons des méthodes de résolution efficaces en pratique, comme les algorithmes d’approximation ou algorithmes FPT.

Références

- [1] Jetmir Haxhibeqiri, Eli De Poorter, Ingrid Moerman, and Jeroen Hoebeke. A survey of LoRaWAN for IoT : from technology to application. *Sensors*, 18(11), 2018.
- [2] Dimitrios Zorbas. Design considerations for time-slotted LoRa (WAN). 2020.
- [3] Dimitrios Zorbas, Khaled Abdelfadeel, Panayiotis Kotzanikolaou, and Dirk Pesch. TS-LoRa : Time-slotted LoRaWAN for the industrial internet of things. *Computer Communications*, 153 :1–10, 2020.