

Mesure des capacités du protocole LoRaWAN en environnement urbain dense

On a beaucoup écrit sur les réseaux étendus (WAN) reposant sur la technologie sans fil pour transférer des données sur de longues distances. Cependant, quelle est leur fiabilité dans les environnements urbains denses? Quel taux de réussite des paquets peut-on atteindre et les interférences sont-elles un problème? Et quid de la densité des passerelles? Et que se passe-t-il lorsque des capteurs interagissent avec plusieurs passerelles? Une étude menée par Semtech et Machine Q à Philadelphie aux États-Unis tente de répondre à ces questions.

Une étude récente menée à Philadelphie par Semtech et Machine Q (*) durant l'année 2018 s'était fixé pour objectif de mesurer avec précision l'efficacité d'un réseau étendu à longue portée LoRaWAN (Long-Range Wide Area Network) quant à la gestion d'un trafic composé de grands ensembles de données issues de capteurs dans un environnement particulièrement dense.

L'étude a été menée sur une zone urbaine couvrant environ 65 hectares et contenant environ 100 habitations par bloc d'immeubles, et 1 000 résidences dans la zone de déploiement. Chaque site possédait en moyenne 10 objets connectés compatibles LoRa qui envoyaient des paquets de données en liaison ascendante toutes les heures. C'est-à-dire que sur une période de 24 heures, le réseau devait gérer près de 250 000 paquets (phase de test 1). À des fins de comparaison, des conditions de trafic intense ont été simulées gérant d'une part 500 000 paquets (phase de test 2) et d'autre part 1 million de paquets par jour (phase de test 3), en envoyant les données à un débit comparable à celui d'un trafic de 10 000 capteurs. Les paquets ont été envoyés à intervalles aléatoires via les 10 passerelles indoor de MultiTech à 8 canaux pour simuler une configuration réaliste et s'assurer que des collisions de paquets aient lieu.

L'un des objectifs de l'exercice était d'évaluer s'il était possible d'atteindre un taux de paquets reçus avec succès

AUTEUR



Patrick van Eijk,
directeur des
solutions IoT,
Semtech.

d'au moins 90% en envoyant chaque paquet une seule fois et sans acquittement des données. Il fallait ainsi à la fois comprendre les fonctionnalités haute capacité des appareils LoRa et vérifier la capacité de la technologie à envoyer avec succès plusieurs paquets se chevauchant.

Le but était également de comprendre la pluralité des passerelles, et comment chaque appareil allait communiquer avec les différentes passerelles lors de la transmission des données tout en vérifiant l'adéquation d'une infrastructure en nuage pour les applications commerciales à grand volume de données.

Parmi les autres objectifs, on peut citer la vérification de l'évolutivité du serveur réseau et la surveillance des effets de l'environnement sur la propagation du signal, du taux de paquets reçus avec succès et de la pluralité des passerelles. Il était également utile d'observer l'impact sur la capacité du réseau de certains facteurs, tels que l'évanouissement par trajets multiples, les interférences radio et le débit du réseau de collecte (backhaul).

Une installation sur le terrain

Toutes les passerelles ont été installées par les participants à l'étude qui se sont assuré qu'elles étaient placées à proximité de points d'accès Wi-Fi ou de boîtiers TV par câble. Plusieurs capteurs ont été installés de manière à reconstituer des scénarios de la vie réelle avec plusieurs niveaux de pénétration des radiofré-

quences (RF), c'est-à-dire dans des caves, des fours, entre deux appareils et dans des placards de cuisine. Jusqu'à 15% des capteurs ont été placés dans des voitures garées dans la zone de test pour imiter l'utilisation de l'éclairage intérieur (Photo A). Pour représenter un capteur générique utilisant le protocole LoRaWAN et doté d'une antenne de caoutchouc de 5 cm, MachineQ a utilisé le kit d'évaluation standard Semtech (Nucleo Pack), qui comprend une carte radio (référéncée SX1276MB1LAS) de Semtech associée à une carte Nucleo STM32L073RZT de STMicroelectronics. Les kits étaient alimentés par des batteries USB génériques et tous les capteurs étaient configurés pour une alimentation TX + 18 dBm et une charge de 11 octets. Toutes les passerelles et les équipements terminaux utilisaient les canaux 24-31 tels que définis dans la spécification régionale LoRaWAN applicable en Amérique du Nord.

Le délai entre les paquets envoyés par les appareils a varié de 4 à 60 secondes tout en maintenant un débit de paquets moyen global de 1 paquet toutes les 32 secondes. Les débits de la phase de test 2 ont été utilisés pour évaluer le comportement du réseau quand il y a une forte probabilité de collisions de paquets sur les ondes,

(*) Le compte rendu complet de cette étude est consultable en anglais à l'adresse : https://www.smart-city-solutions.de/wp-content/uploads/2018/04/machineQ_LoRaWan_Capacity_Trial.pdf



● A. Les capteurs ont été installés de manière à reconstituer des scénarios de la vie réelle avec plusieurs niveaux de pénétration des radiofréquences (RF) : dans des caves, des fours, entre deux appareils et dans des placards de cuisine.

tandis que la phase de test 3 était censée déterminer la charge maximale supportée par le réseau tout en mettant en lumière toute variation en termes de délais inter-paquets (voir photo B page suivante).

Mesurer le taux de réussite

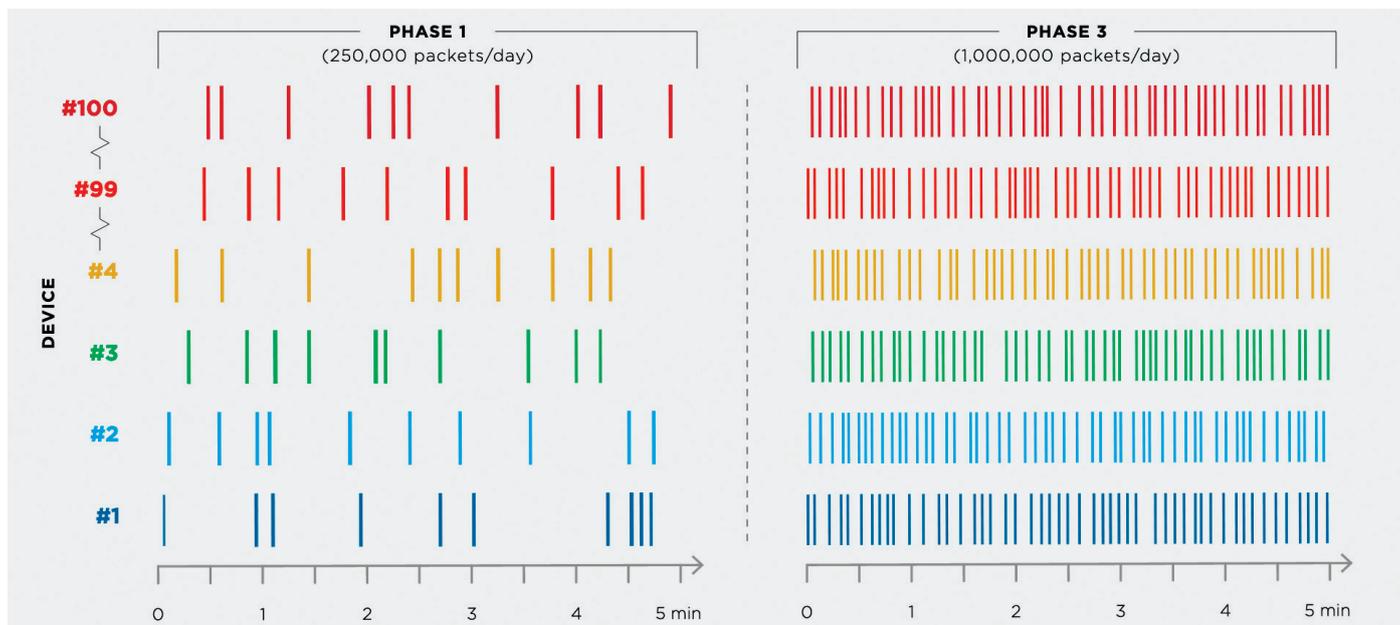
Le taux de réussite de l'étude a été mesuré, entre autres, en surveillant le taux d'erreur de paquets (en répertoriant le numéro des séquences manquantes). Si un paquet n'était pas reçu, il était absent dans la série de séquences incrémentale. Les résultats ont montré que, quel que soit le volume de paquets, le taux de réussite de la livraison était supérieur à 95 %, avec une perte de paquets moyenne de 3,77 %.

Plus précisément, sur 247779 paquets envoyés par jour au total, le taux de réussite était de 97,73 %. A 500000

paquets par jour, ce taux était de 97,25 %, et pour le double de paquets, soit 1 million, le taux de réussite était de 96,23 %. Un tel niveau de réussite dans des conditions aussi extrêmes prouve le potentiel d'un réseau LoRaWAN dense installé et géré de façon professionnelle. Par ailleurs, sur les quelque 915000 paquets générés par l'étude, plusieurs milliers ont été reçus à environ 2,5 km par de nombreuses passerelles dans les locaux du laboratoire de MachineQ, pourtant situé dans une zone urbaine particulièrement dense (voir photo C page suivante). De plus, les collisions de paquets ont été surveillées à chaque fois que deux paquets ou plus ont subi une collision et ont été livrés sans erreur sur les serveurs dans le cloud. Tout au long de l'étude, il s'est avéré que le serveur réseau et l'infrastructure en nuage ont supporté la totalité

du trafic de données avec succès, malgré un environnement urbain réel encombré. Il a été établi clairement que la propagation du signal dans un environnement urbain résidentiel ne constituait pas un problème pour un réseau LoRaWAN de qualité professionnelle. Les résultats de l'étude indiquaient également que l'évanouissement par trajets multiples, les interférences radio et le débit de backhaul n'auraient pas d'impact significatif en cas de déploiement dans le monde réel.

L'étude a enfin montré qu'un pourcentage significatif de paquets chevauchait le trafic issu d'autres capteurs, quand deux paquets ou plus sont reçus au même moment dans des conditions de trafic particulièrement dense. A ce niveau, la technologie LoRa permet cependant aux paquets qui se chevauchent de subir



● B. Le délai entre les paquets envoyés par les appareils a varié de 4 à 60 secondes avec un débit de paquets moyen global de 1 paquet toutes les 32 secondes. Les débits de la phase de test 2 ont été utilisés pour évaluer le comportement du réseau quand il y a une forte probabilité de collisions de paquets sur les ondes, tandis que la phase 3 était censée déterminer la charge maximale supportée par le réseau.

d'éventuelles collisions et d'arriver sans erreur jusqu'au serveur réseau. Dans toute autre technologie de l'Internet des objets, deux paquets ou plus qui apparaissent en même temps sur le même canal entraînent une perte de paquets. La caractéristique d'orthogonalité de la technologie LoRa augmente de fait la capacité du réseau et, quand elle est combinée à une forte densité de passerelles (qui représente le nombre de passerelles qui reçoivent chaque paquet et qui constitue un paramètre important pour les réseaux à grande échelle), elle entraîne une meilleure capacité de qualité professionnelle.

Il est clair, d'après cette étude de terrain expérimentale, qu'un système de communication radio fondé sur la technologie LoRa peut fonctionner de façon fiable à différents niveaux de capacité, et qu'un déploiement à

grande échelle serait à même de gérer un plus grand nombre de paquets par jour que ce que l'on pense dans un environnement réseau dense.

Les résultats ont notamment mis en évidence qu'avec un taux de réussite de quasiment 98 %, on peut faire confiance à la technologie LoRa pour transmettre des données à grande échelle, avec une charge réseau maximale proche de 2 millions de paquets par jour. En déploiement à grande échelle, le réseau a utilisé la pluralité de passerelles avec succès, chaque appareil communiquant avec plusieurs passerelles lors de la transmission des données. En moyenne, chaque capteur communiquait avec 2,5 passerelles, confirmant les performances de l'orthogonalité en déploiement à grande échelle, ce qui constitue un avantage majeur pour un réseau déployé dans un bâtiment partagé.

L'infrastructure en nuage et le serveur réseau ont également été une réussite pour le scénario de déploiement à grande échelle. Il faudra cependant à l'avenir analyser dans le détail dans quelle mesure les facteurs environnementaux peuvent affecter la propagation du signal, le taux de paquets reçus avec succès et la pluralité des passerelles. Les développeurs réseau peuvent désormais se projeter sereinement dans le futur en sachant que la capacité n'est pas un problème pour la couverture d'un réseau LoRaWAN, car la technologie permet aux appareils de transmettre des données à tout moment, la complexité étant transférée vers le réseau (au lieu d'être intégrée aux appareils). Avec à la clé une réduction significative de la quantité d'énergie nécessaire du côté de l'appareil pour gérer et maintenir la coordination du réseau. ■

● C.- On voit ici la distance entre les capteurs et une passerelle installée dans un bureau ayant reçu les paquets de données.

