Simplifier l'IoT Sub-GHz

par Andreas Laute, Melexis

Internet a franchi une étape majeure il y a un peu plus de 10 ans. Vers 2004-2005, selon Cisco, on a atteint le point où l'on comptait un appareil ('objet') connecté à Internet par habitant sur terre. En fait, ce réseau mondial est désormais dénommé IoT (Internet of Things, ou internet des objets). Aujourd'hui, on estime qu'il y a entre trois et quatre appareils connectés à Internet par personne, et cela devrait presque doubler au cours des trois prochaines années, pour atteindre environ 26 milliards d'appareils connectés à l'IoT d'ici 2020 (selon Gartner).

Même si de nombreuses organisations investissent beaucoup de ressources dans ce but, il est difficile de prédire la taille du marché IoT mondial. Les premières hypothèses prévoyaient plus de 50 milliards d'appareils. Une prévision plus réaliste et plus récente d'ABI prévoit 36 milliards de dispositifs IoT connectés d'ici 2020. Les prévisions d'ABI sont de 19 milliards de nœuds IoT, 11 milliards de passerelles et 6 milliards d'appareils mobiles.

Le potentiel de revenus à venir de l'IoT est encore plus difficile à estimer, du fait de la nouveauté et de la croissance rapide du secteur. Le McKinsey Global Institute l'estime entre 4.000 et 11.000 milliards de dollars en 2025.

Quel que soit le nombre réel d'appareils et les revenus correspondants, il est clair que l'IoT va constituer une part importante de l'avenir.

Si l'on compare l'IoT à l'Internet "classique", il est évident qu'une part beaucoup plus importante de l'activité IoT correspond aux communications M2M (Machine-to-Machine, ou machine à machine). L'information qui circule sur ce réseau est principalement générée, interprétée, stockée et utilisée sans intervention humaine directe. Chacun de ces dispositifs informatiques embarqués identifiables de manière unique existe au sein de l'infrastructure Internet existante et, lorsqu'ils sont interconnectés, ils facilitent l'automatisation de presque tous les aspects de la vie quotidienne ainsi que des applications avancées de l'avenir. Très bientôt, en fait, d'ici 2020, on estime que davantage d'appareils domestiques, comme de l'électroménager ou des systèmes HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning,

ou chauffage, ventilation et climatisation) seront connectés à Internet que d'ordinateurs.

La croissance rapide des applications est due pour une part aux nouveaux concepts de produits (comme les appareils de fitness wearables) et pour une autre part aux usines intelligentes qui pourront être commandées et surveillées à distance, ainsi qu'à l'évolution de technologies établies, comme les applications domotiques (notamment l'éclairage ou les commandes de chauffage automatisées). Des inventeurs vont continuer de pousser l'IoT à créer de nouvelles applications ; beaucoup dont nous parlons déjà et, sans aucun doute, d'autres que l'on n'a même pas encore imaginées.

Pourtant, par définition, l'IoT a besoin de communications pour exister, et avec autant de dispositifs, comme des capteurs installés à distance, les technologies de communication sans-fil sont essentielles pour tirer le meilleur de l'IoT.

Écosystème IoT

Étant donné la forte tendance des applications à évoluer du filaire vers le sans-fil, l'ensemble du spectre radioélectrique est un actif précieux qui est largement utilisé. La disponibilité de bande passante est encore plus cruciale pour l'évolution des réseaux de capteurs sans fil localisés (WSN pour Wireless Sensor Network en anglais) au sein de l'IoT. Dans l'espace IoT, chaque dispositif connecté est un nœud intelligent qui détecte de l'information et effectue une certaine forme de traitement et de conditionnement du signal, soit numérique soit analogique. Un bon exemple est le filtrage de signaux noyés dans le bruit, afin de réduire la bande passante nécessaire aux communications de données.

Dans les cas les plus courants, les capteurs IoT communiquent avec une passerelle (ou collecteur de données), à partir de laquelle les données sont acheminées par Internet vers un stockage de données centralisé, qui protège, stocke et traite ces informations de manière sécurisée. **Fig. 1** montre un écosystème IoT où les données des capteurs sont traitées à distance via Internet. Les capteurs et produits sans fil Melexis peuvent servir à plusieurs choses, à la fois dans les capteurs IoT eux-mêmes et dans la passerelle qui s'interface avec Internet au sens large.

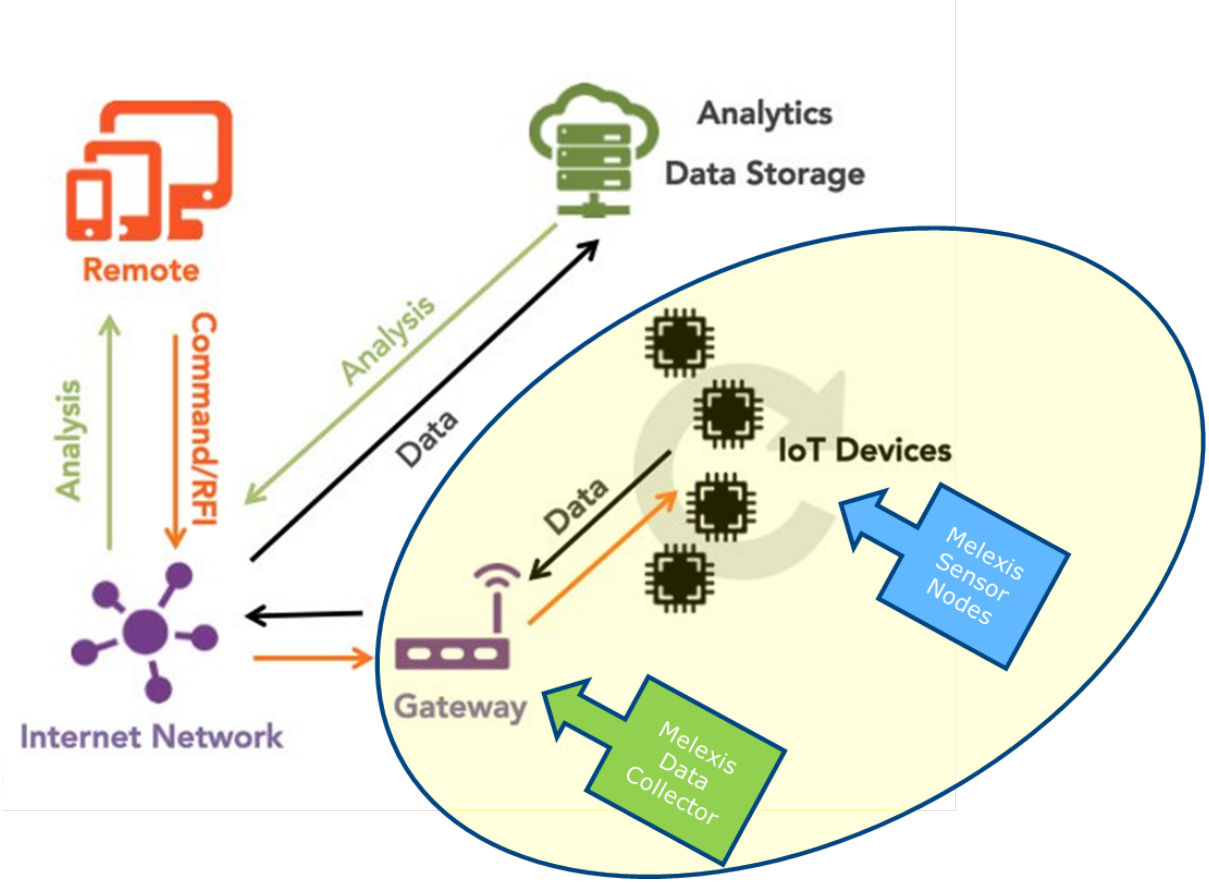


Fig. 1 : Ecosystème IoT avec capteurs et produits sans fil Melexis

Sub-GHz - Permettre des distances supérieures

Il existe un débat à l'échelle de l'industrie concernant l'utilisation d'une fréquence radio "Sub-GHz" (inférieure à 1 GHz) ou du 2,4 GHz comme porteuse de préférence pour tous les types de communication de données sans fil et toutes les applications de détection. Au sein de l'infrastructure IoT, le 2,4 GHz est le plus souvent synonyme de technologies Bluetooth (souvent Bluetooth Low Energy ou BLE) ou Wi-Fi. Sub-GHz fait souvent référence à l'une des bandes ISM, par exemple 433,92 MHz ou 868,3 MHz.

Un système basé sur 2,4 GHz offre un débit de données relativement élevé, souvent de l'ordre de plusieurs Mbits/s en Wi-Fi, et beaucoup moins à environ 260 kbits/s en BLE. Bien entendu, le Wi-Fi est compatible avec les infrastructures WLAN notamment les routeurs, et peut donc se connecter directement à l'IoT. Les différentes variantes de Bluetooth peuvent se connecter directement à un appareil mobile, qui peut à son tour fournir une connexion à l'IoT par Internet. L'un des inconvénients d'une liaison sans fil 2,4 GHz est sa portée relativement limitée (<10m) du fait des pertes par propagation élevées, par rapport à celles d’un système Sub-GHz.

Le Sub-GHz est un choix idéal si une portée importante (jusqu'à 1 km en extérieur) est nécessaire à l'application ou pour l'installation. Le Sub-GHz offre de bons niveaux de robustesse ainsi qu'une excellente immunité aux signaux perturbateurs, grâce à l'utilisation de canaux radio à bande étroite (souvent autour de 25 kHz). De plus, comme les appareils Sub-GHz fonctionnent en général selon des protocoles propriétaires, il est relativement facile de les optimiser en termes d'efficacité énergétique et d'autonomie de batterie ; ces deux éléments étant primordiaux pour les télé-détecteurs IoT de collecte d'énergie, alimentés par batterie. **Fig. 2** présente un certain nombre d'applications IoT capables de tirer profit d'une technologie Sub-GHz.

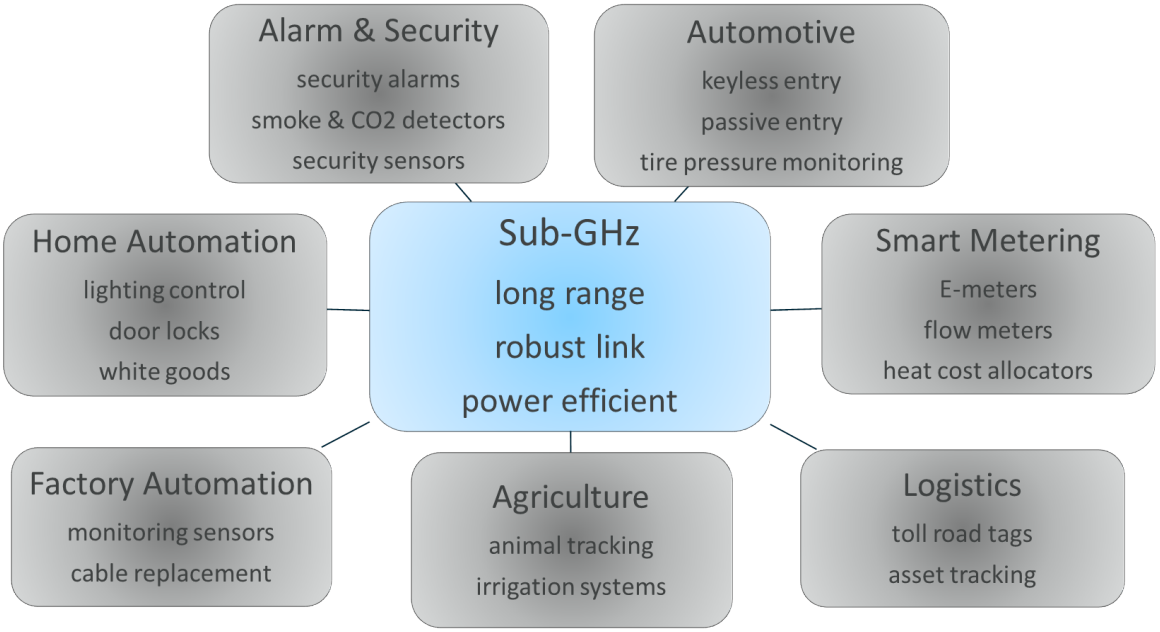


Fig. 2 : Espace des applications Sub-GHz

L'acceptation de la fréquence porteuse est importante

Un facteur important pour l'utilisation de liaisons sans fil pour n'importe quelle application, mais surtout pour les applications IoT, est la capacité des nœuds de réception à suivre les variations de fréquence porteuse des nœuds d'émission. Les récepteurs et émetteurs RF intégrés modernes utilisent des oscillateurs à quartz pour générer une fréquence de référence locale dans chaque appareil. Les quartz les moins chers présentent typiquement une stabilité en fréquence de ±10 ppm à ±50 ppm. Les produits RF moins intégrés, qui s'appuient souvent sur des dispositifs comme des résonateurs SAW, sont en général encore moins stables, avec une tolérance de ±100 ppm.

Les émetteurs-récepteurs et les récepteurs analogiques RF classiques font généralement appel à des démodulateurs à coïncidence de phase. Ils utilisent le plus souvent un circuit discriminateur externe ou un démodulateur FSK intégré. Du fait du principe de démodulation analogique, ces produits offrent une plage d'acceptation de fréquence porteuse pouvant atteindre ±100 kHz.

Si l'on considère la fréquence porteuse d'un nœud d'émetteur IoT à 868,3 MHz basé sur une référence à quartz à bas coût avec une tolérance de ±50 ppm, la fréquence centrale du nœud peut s'étaler sur environ ±43 kHz. Cette valeur peut déjà dépasser la déviation FSK, qui est un paramètre de modulation essentiel. Les valeurs typiques de déviation FSK admissibles pour les applications de nœuds de capteurs IoT varient entre ±10 kHz et ±50 kHz. Néanmoins, les produits RF à démodulateur analogique peuvent supporter des déviations de fréquence porteuse supérieures à la déviation FSK, du fait de leur large plage d'acceptation de fréquence porteuse.

Les produits RF modernes très intégrés effectuent la démodulation, et plusieurs autres opérations de conditionnement de signal nécessaires, dans le domaine numérique. Ceci est possible grâce aux procédés semi-conducteurs modernes basés sur des géométries très fines, qui permettent d'obtenir des CI très compacts. Toutefois, compte tenu de leur nature numérique, la plupart des transpondeurs RF modernes présentent des plages d'acceptation de fréquence porteuse assez étroites par rapport à leurs homologues analogiques traditionnels. Par conséquent, recevoir le signal d'un nœud de capteur IoT peut s'avérer un défi pour un récepteur RF numérique, si le nœud de capteur présente une précision fréquentielle réduite à cause d'un quartz à tolérance large.

Transpondeurs RF très intégrés Melexis

Le transpondeur RF moderne MLX73290-M de Melexis fonctionne bien avec de larges tolérances de fréquence porteuse. **Fig. 3** montre le schéma fonctionnel du MLX73290-M. Comme on peut le voir, une partie importante du dispositif est numérique, comme indiqué dans le cadre grisé.

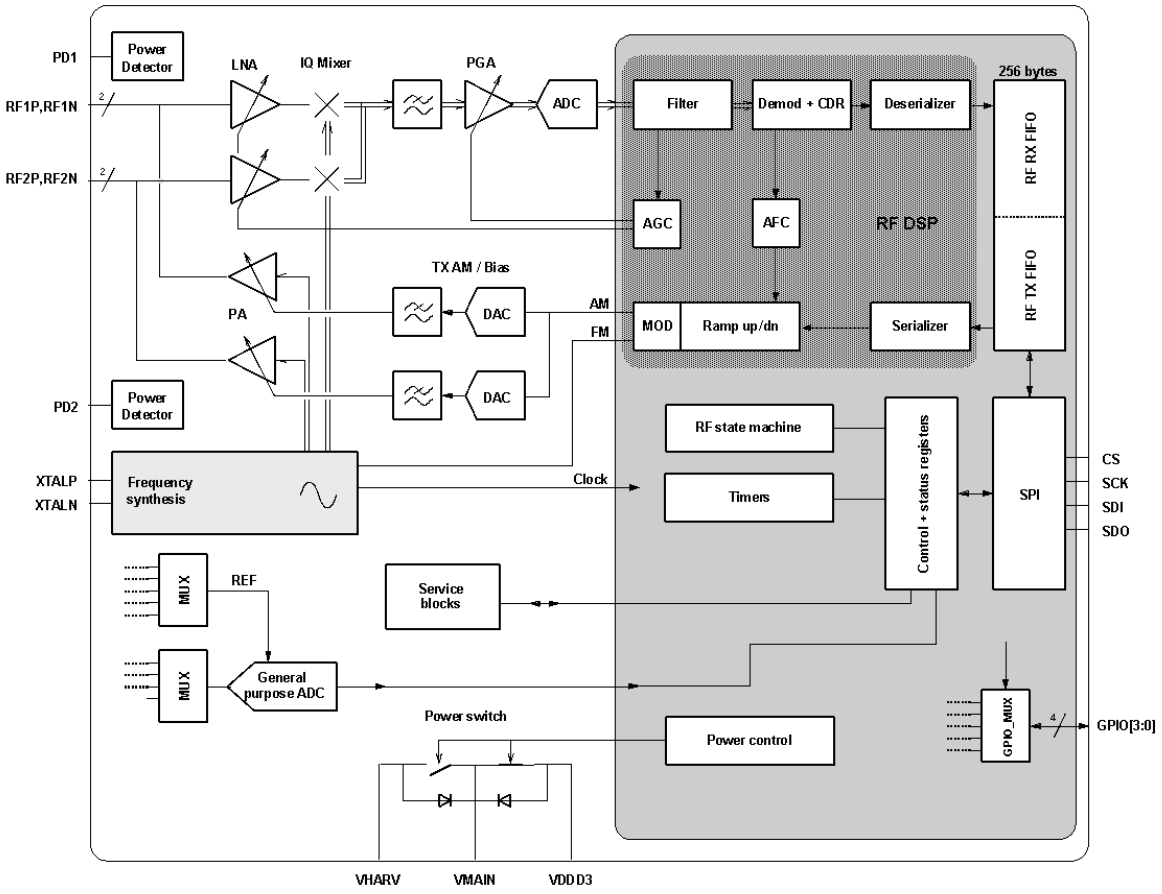


Fig. 3 : schéma fonctionnel du MLX73290-M

Le MLX73290-M est un CI transpondeur RF multicanaux qui s'appuie sur l'expertise technique historique de Melexis en matière d'implémentation sans-fil basse puissance. Destiné aux bandes ISM Sub-GHz, de 300 MHz à 960 MHz, ce circuit offre deux canaux RF, chacun avec un émetteur de puissance RF programmable et un récepteur RF haute-sensibilité. Il est 100% programmable par l'intermédiaire d'une interface SPI (Serial Peripheral Interface, ou interface périphérique série).

Ce CI convient parfaitement aux applications sans-fil sub-GHz, comme l'automatisation domotique, la supervision TMPS (Tire Pressure Monitoring System, ou système de supervision de pression de pneu), la lecture AMR (Automatic Meter Reading, ou lecture de compteur automatique à distance), les systèmes d'alarme, les systèmes PKE (Passive Keyless Entry, accès passif sans clé), le diagnostic médical, ou la télémétrie. Sa puissance de sortie est variable entre -20 dBm et 13 dBm en 64 niveaux, tandis que la sensibilité du récepteur peut atteindre -120 dBm avec une largeur de bande de 15 kHz. Avec son débit de données maximum de 250 kbits/s, ce transpondeur peut aussi gérer des débits de données relativement élevés. Grâce à ses nombreuses possibilités de programmation, les ingénieurs qui utilisent ce CI disposent de toutes les fonctions nécessaires pour

configurer et implémenter un frontal RF. De nombreux paramètres RF différents peuvent être ajustés (nombre de canaux, résolution en fréquence, puissance de sortie, déviation de fréquence, etc.), pour répondre aux critères spécifiques de l'application. De nombreux modes de modulation sont supportés, notamment OOK (On-Off Keying, ou modulation marche-arrêt), FSK (Frequency Shift Keying, ou modulation à glissement de fréquence), ou GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying, modulation à glissement de minimum gaussien).

Deux détecteurs de puissance RF permettent d'améliorer la puissance rayonnée pendant la transmission. Une interface de moissonnage d'énergie permet l'alimentation en l'absence de batterie, grâce à une cellule photovoltaïque associée à un super-condensateur. Ceci est particulièrement intéressant dans les sites éloignés où il n’existe pas de réseau électrique. Des cartes et des outils logiciels d'évaluation sont également disponibles.

Le MLX73290-M se présente en boîtier QFN 32 broches de 5 x 5 mm. Sa plage de température opérationnelle s’étend de -40°C à +105°C et il fonctionne à partir d'une tension d'alimentation de 2,1 à 3,6V continu. Il comprend un synthétiseur PLL avec une résolution de 60 Hz, une mémoire FIFO 256 octets, séparable en 128 + 128, pour une utilisation en réception/émission, et 4 ports GPIO programmables, pour s'interfacer avec d'autres éléments système.

Grâce à sa fonction de récupération de porteuse, le transpondeur MLX73290-M peut tolérer une déviation de fréquence porteuse allant jusqu'à deux fois le débit de données brutes (DR), habituellement exprimé sous la forme ±2 x DR. La plage CFAR (Carrier Frequency Acceptance Range, ou plage d'acceptation de fréquence porteuse) ne dépend pas du réglage AFC (Automatic Frequency Compensation, ou correction automatique de fréquence). L'AFC permet simplement à la récupération de porteuse de converger vers une valeur donnée après chaque paquet. Cela permet de réduire la longueur du préambule, si l'application peut tolérer la perte de quelques paquets au démarrage.

Fig. 4 illustre le taux d'erreur des paquets (PER pour Packet Error Rate en anglais) en fonction de CFAR. L'exemple donné correspond à un DR de 55,6 kbits/s avec une déviation FSK de ±50 kHz. Comme on peut le voir, il y a un compromis à faire entre la longueur du préambule (partie du paquet pendant la transmission duquel la

récupération de porteuse tente de converger) et le taux d'erreur PER.

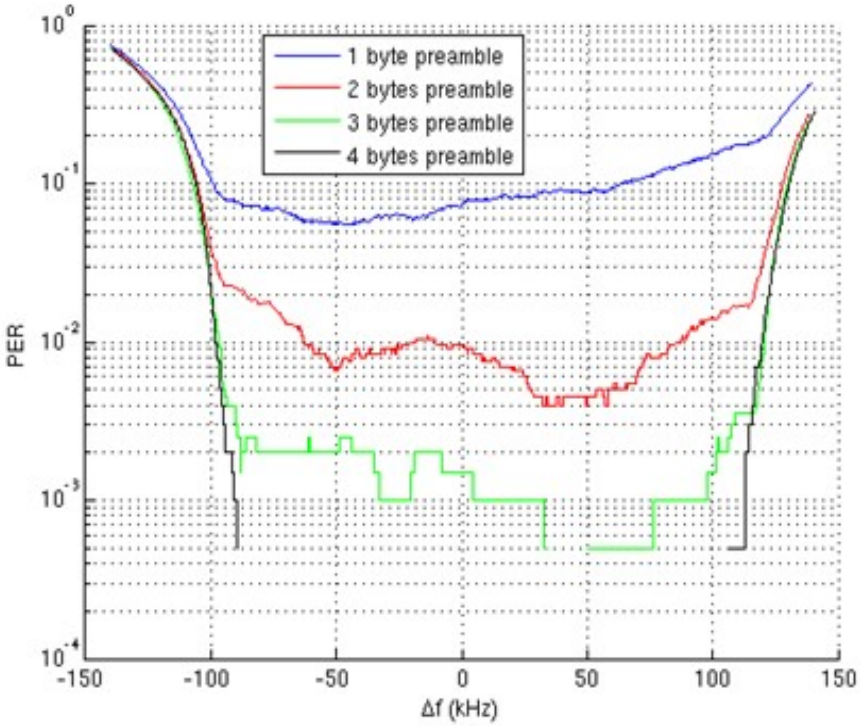


Fig. 4 : CFAR (Δf) du MLX73290-M à différentes longueurs de préambule.

Conclusion

Il ne fait aucun doute qu'à mesure que croît la demande de dispositifs IoT, les consommateurs et les utilisateurs vont mettre les fabricants de ces dispositifs sous pression au niveau des prix, ce qui les obligera à réduire leurs coûts à chaque nouvelle génération de produit. Ceci conduira inévitablement à une plus grande utilisation de quartz à bas coût, avec des tolérances plus larges au niveau des nœuds de capteurs, pour atteindre les objectifs de prix. A l'heure où les concepteurs recherchent des solutions élégantes à ce compromis coût-performance, le transpondeur RF MLX73290-M, avec sa large gamme d'acceptation de fréquence porteuse va gagner en popularité dans les collecteurs de données IoT, et dans les nœuds de réseau bidirectionnels.