

MIOTY, le nouveau standard LPWAN pour les communications en dessous de 1 GHz

L'alliance industrielle MIOTY, dont l'objectif est de promouvoir le protocole radio longue portée et basse consommation LPWAN du même nom, a fait son entrée officielle sur le salon Embedded World 2020. Le protocole MIOTY est bâti sur la technologie Telegram Splitting, présentée comme particulièrement robuste aux interférences, adaptée aux déploiements IoT massifs et dotée d'une grande portée et d'une forte pénétration dans les environnements indoor et souterrains. Explications de Texas Instruments, membre fondateur de l'alliance MIOTY.

Si le débit de communication des technologies sans fil est resté une priorité depuis des décennies, l'attention commence à se porter sur d'autres paramètres et notamment à ceux qui intéressent les appareils connectés longue portée et basse consommation. Les réseaux entrant dans cette catégorie sont communément appelés LPWAN (Low Power Wide Area Networks); on les rencontre notamment dans les applications qui mettent en œuvre des débitmètres, des capteurs environnementaux (température et humidité) ou du stationnement intelligent. Les capteurs des réseaux LPWAN ne communiquent qu'occasionnellement et peuvent rester en veille pendant plusieurs minutes, voire plusieurs heures, entre deux transmissions. Pour de telles applications, ce qui compte n'est pas tant un haut débit de données que la capacité à communiquer sur de longues distances. C'est la raison pour laquelle ces technologies sont optimisées pour une communication radio (RF) longue portée.

Le protocole MIOTY (Massive Internet of Things), qui est un protocole développé pour les réseaux LPWAN, permet de diviser les paquets de données en sous-paquets, ce qui limite le temps que ceux-ci passent dans le canal radio et donc le risque de collisions et de pertes. MIOTY s'appuie sur un réseau en étoile constitué de nœuds d'extrémité, soit des dispositifs consommant peu d'énergie, et

AUTEURE



Elin Wollert, ingénieure d'application chez Texas Instruments Norvège et chef de projet MIOTY pour TI.

d'une passerelle pour la connectivité au cloud, le tout formant une solution à longue portée et basse consommation permettant de communiquer dans des bandes de fréquences inférieures à 1 GHz partout dans le monde. La MIOTY Alliance, l'organe responsable du protocole MIOTY, s'est fixé pour objectif de proposer la solution de connectivité la plus accessible, la plus robuste et la plus efficace du marché. Le protocole fonctionne sur les bandes sans licence partout dans le monde et l'usage du spectre radioélectrique n'entraîne aucun frais –contrairement aux solutions IoT à bande étroite (NB-IoT).

Les avantages d'une architecture standardisée

Le panorama des solutions LPWAN existantes révèle une lacune sur le marché: certaines sont proposées par des start-up qui n'ont pas encore fait leurs preuves et ne sont soutenues que par un ou deux fournisseurs de semi-conducteurs seulement; d'autres utilisent des émetteurs-récepteurs radio fournis par une ou deux sociétés seulement. S'ensuit ce que l'on appelle une situation de captivité vis-à-vis d'un fournisseur.

La couche physique (PHY) et la couche de liaison de la technologie MIOTY s'appuient au contraire sur un document en accès libre: la spécification technique publique TS 103 357 de l'Institut européen des normes de télécommunications

(ETSI). Éliminant le risque du syndrome du client captif, le protocole a d'ores et déjà été testé avec trois fabricants de composants indépendants, parmi lesquels Texas Instruments (TI) avec le microcontrôleur CC1310.

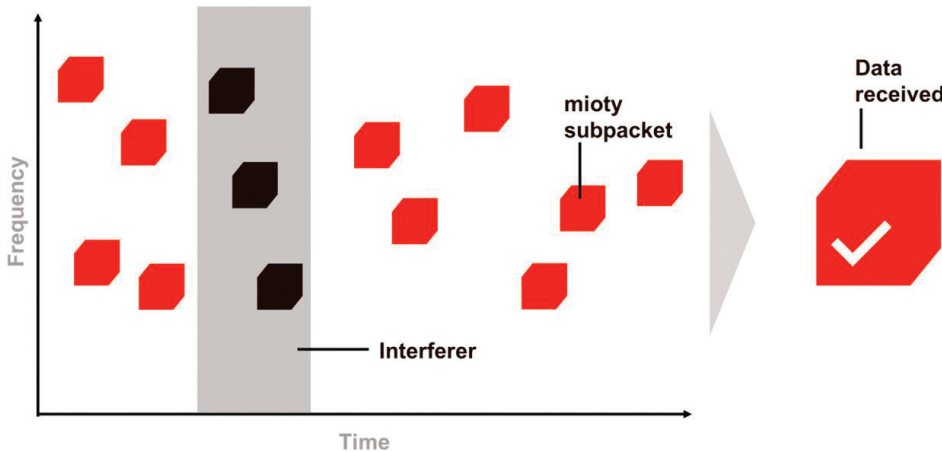
A ce jour, MIOTY est disponible sous forme de réseau privé; mais on s'attend à ce que des tiers proposent bientôt une solution de réseau en-tant-que-service.

L'accès multiple par fractionnement des télégrammes (TSMA)

La spécificité de la solution MIOTY, qui la rend plus robuste et plus échelonnée que les autres protocoles, réside dans la méthode d'accès multiple par fractionnement des télégrammes (Telegram Splitting Multiple Access ou TSMA). Au lieu de transmettre sous la forme de longs paquets de données (télégrammes), vulnérables aux interférences, le protocole MIOTY les fractionne et les transmet sur différentes fréquences, à différents moments. Grâce à cette méthode et à une correction d'erreur directe FEC (Forward Error Correction), il suffit que 50% des sous-paquets seulement arrivent à la station de base pour être correctement décodés. La figure 1 illustre la transmission des sous-paquets MIOTY. Les motifs de la trame TSMA définissent la manière dont sont réparties des salves radio dans les domaines temporel et fréquentiel. Il en existe huit, sélectionnés de manière pseu-

1 PRINCIPE DE TRANSMISSION D'UN TÉLÉGRAMME MIOTY

La spécificité de la solution MIOTY, qui la rend plus robuste et plus échelonnée que les autres protocoles, réside dans la méthode d'accès multiple par fractionnement des télégrammes (Telegram Splitting Multiple Access ou TSMA).



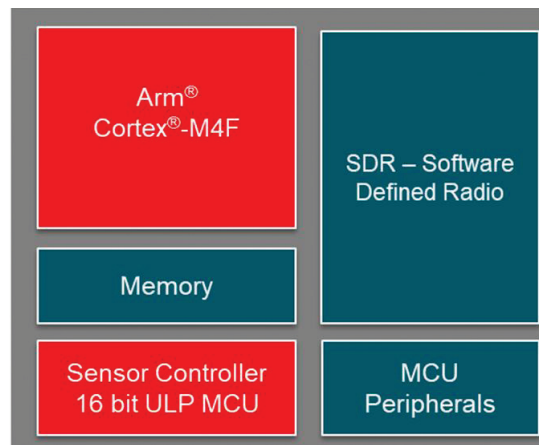
do-aléatoire par le capteur, qui intègrent les informations contenues dans le télégramme de manière à ce que la passerelle sache analyser les sous-paquets entrants. Les passerelles sont en mesure de recevoir simultanément des télégrammes émis par plusieurs dispositifs ou capteurs, car elles surveillent tous les canaux en même temps et connaissent le motif TSMA des nœuds d'extrémité émetteurs. Dans la mesure où c'est le nœud d'extrémité qui initie la communication et où celle-ci est asynchrone, le recours au protocole MIOTY limite la perte de paquets et améliore le débit du réseau ainsi que la qualité de la liaison.

Gains en portée et en mobilité

Comptable de toutes les pertes dans un système de transmission, le budget de liaison est directement lié à la portée du système. A ce titre, la solution MIOTY affiche la même portée que les autres réseaux LPWAN. Cependant, grâce à la méthode TSMA qui rend le système plus robuste, elle offre une liaison bien plus fiable. Elle garantit une portée

2 BLOC-DIAGRAMME D'UN MICROCONTRÔLEUR RADIO CC13X2/CC26X2 DE TI

Ce microcontrôleur comprend un cœur de processeur 16 bits à ultrabasse consommation appelé « contrôleur de capteur ». Optimisé pour gérer efficacement les périphériques, celui-ci peut assurer des tâches d'arrière-plan simples, en toute autonomie et indépendamment des modes d'alimentation du processeur système et du microcontrôleur.



maximale de 5 km en zone urbaine et de 15 km en zone rurale. Contrairement aux autres solutions LPWAN, les passerelles MIOTY sont en mesure de collecter des données de capteurs se déplaçant jusqu'à 120 km/h.

TAILLE ET FRÉQUENCE DES MESSAGES POUR UNE AUTONOMIE DES BATTERIES DE DIX ANS AVEC UN MCU CC13xx/CC26xx DE TI

10 octets	1 message toutes les 6 minutes
50 octets	1 message toutes les 16 minutes
200 octets	1 message toutes les 55 minutes

Ce tableau compile différentes tailles de messages et différentes fréquences d'envoi permettant à un appareil fonctionnant sur piles AA de maintenir une autonomie de 10 ans.

Assurer un fonctionnement en basse consommation

L'autonomie de la batterie d'un capteur sans fil dépend de la taille des messages et de la fréquence à laquelle ils sont émis. Le tableau (en bas de page) compile différentes tailles de messages et différentes fréquences d'envoi permettant à un appareil fonctionnant sur piles AA de maintenir une autonomie de 10 ans. Les calculs sont effectués à partir du signal radio du microcontrôleur SimpleLink CC13x2 de TI, avec un courant de 24,9 mA pour des transmissions actives à +14 dBm et un courant de repos de 1 µA. Ils présupposent également l'utilisation de deux piles AA affichant un taux d'autodécharge inférieur à 1 % par an.

Il est possible de réduire encore la consommation de courant en utilisant la gamme CC13xx/CC26xx, qui comprend un cœur de processeur 16 bits à ultrabasse consommation appelé « contrôleur de capteur ». Optimisé pour gérer efficacement les périphériques, celui-ci peut assurer des tâches d'arrière-plan simples, en toute autonomie et indépendamment des modes d'alimentation du processeur système et du microcontrôleur. Si l'on utilise le contrôleur de capteur pour l'échantillonnage d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) à 1 Hz, la consommation de courant s'élève à 1 µA ; pour un débitmètre à 16 Hz, elle est de 1,7 µA. La figure 2 représente le schéma fonctionnel des dispositifs de la gamme CC13x2/CC26x2.

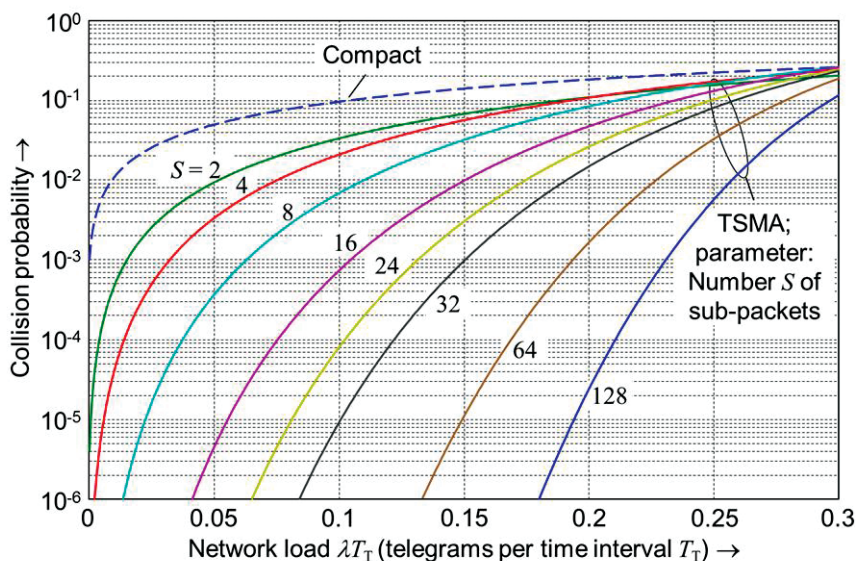
Renforcer les capacités et la résistance aux interférences

L'autre défi auquel sont confrontés les LPWAN, c'est l'échelonnabilité, ce qui signifie dans ce contexte qu'une solution existante ne peut pas garantir la régularité du délai d'arrivée des données au fur et à mesure de l'évolution du réseau.

MIOTY est un protocole échelonné, où chaque passerelle est en mesure de gérer des milliers de nœuds. Elle peut recevoir simultanément des sous-paquets émis par de multiples capteurs, via tous les canaux. La capacité d'un réseau MIOTY dépend en fait de la taille du télégramme. Celle-ci varie entre 10 et 245 octets. Une charge utile de

3 PROBABILITÉ DE COLLISION ET CHARGE DU RÉSEAU EN FONCTION DU NOMBRE DE SOUS-PAQUETS

Ce graphique représente la capacité du réseau en fonction de la probabilité de collision et du nombre de sous-paquets TSMA en circulation.



10 octets peut représenter près de 2 millions de messages par jour pour une seule et unique passerelle. La trame de base d'un télégramme représente toujours 10 octets de données d'application. Tout octet supplémentaire est placé dans la trame d'extension.

Autre élément affectant la capacité du réseau : la probabilité de collision. Ces deux paramètres sont directement corrélés, ce qui signifie qu'une faible probabilité de collision implique une faible capacité du réseau. Le graphique de la figure 3 représente la capacité du réseau en fonction de la probabilité de collision et du nombre de sous-paquets TSMA en circulation.

La trame d'un télégramme représente 10 octets, divisé en 24 sous-paquets qui sont transférés en 24 salves radio. Si un réseau MIOTY transmet seulement 10 octets de données d'application avec une probabilité de collision de 1 %, la charge du réseau sera de 17 %. En d'autres termes, 17 % de tout intervalle de temps donné sera occupé par des transmissions sans fil. Sur une heure, cela représente environ 10 minutes. Sur un réseau MIOTY donné, dans lequel tous les dispositifs et capteurs envoient des télégrammes de 10 octets de données d'application, 1 942 millions de messages sont donc envoyés chaque jour.

L'un des principaux défis des solutions LPWAN existantes consiste à

gérer les interférences et les phénomènes de coexistence. Généralement, les paquets de données transitent longtemps dans le canal radio, ce qui les rend plus vulnérables aux signaux parasites; la moindre collision peut provoquer des pertes de données. Alors que le nombre d'équipements utilisant les bandes de fréquence sans licence augmente, il est crucial de créer des réseaux plus résistants aux interférences. Afin de limiter les risques d'interférence, la méthode TSMA renforce le protocole MIOTY en répartissant les sous-paquets dans le temps et sur

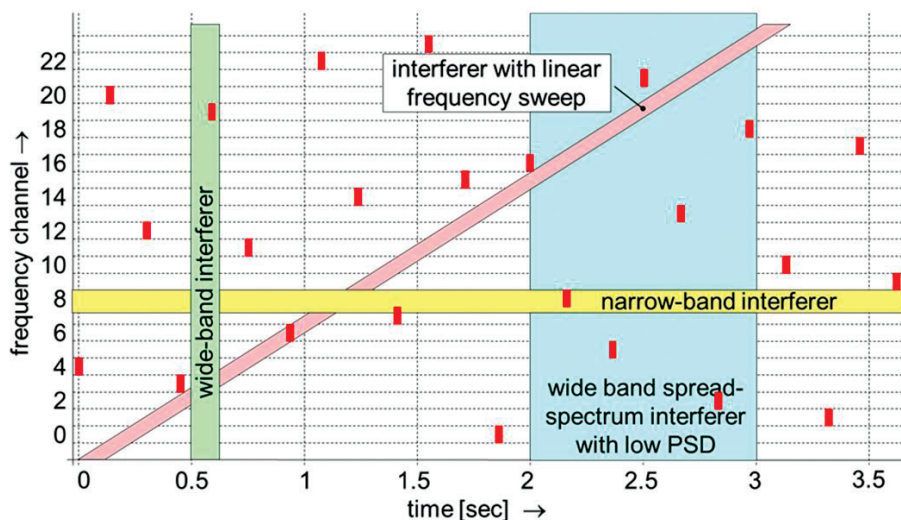
différentes fréquences. La figure 4 illustre différents types d'interférences, ainsi que le motif TSMA, afin de démontrer la robustesse et les avantages de la technologie MIOTY. Les cases rouges de la figure 4 représentent le motif TSMA du protocole MIOTY, qui répartit les salves radio dans le temps et sur plusieurs fréquences. La séquence de sauts rend ces salves moins vulnérables aux interférences, tout en limitant le risque de collision.

Principaux avantages du protocole MIOTY

La solution MIOTY présente de nombreux avantages intrinsèques, au premier rang desquels la robustesse et l'échelonnabilité garanties par la méthode TSMA – absolument essentielles dans les applications IoT industrielles. Elle permet également une communication radio longue portée en combinant codage et fonctionnement en bande étroite. La réduction du temps de transmission des paquets et l'efficacité du codage limitent la consommation de courant, permettant au système de fonctionner plus longtemps qu'avec d'autres protocoles. La solution MIOTY peut ainsi aider les développeurs de systèmes IoT à résoudre certains défis, notamment l'allongement de l'autonomie des batteries et les exigences de communication longue portée. Elle participe également à éviter les dégradations des performances sur les réseaux comp-

4 LE MOTIF DE TRANSMISSION TSMA FACE À DIFFÉRENTS TYPES D'INTERFÉRENCES

Cette figure démontre la robustesse et les avantages de la technologie MIOTY. Les cases rouges représentent le motif TSMA du protocole MIOTY, qui répartit les salves radio dans le temps et sur plusieurs fréquences. La séquence de sauts rend ces salves moins vulnérables aux interférences, tout en limitant le risque de collision.



tant un grand nombre de nœuds. Si d'autres technologies LPWAN possèdent certains de ces avantages, aucune n'est aussi complète. La figure 5 compare les technologies LPWAN et leurs performances en termes d'éco-efficacité, de robustesse, d'échelonnabilité, de mobilité, de standardisation et de compatibilité avec d'autres systèmes radio. Le standard MIOTY assure des performances réseau solides et évolutives –essentielles aux applications IoT industrielles. De surcroît, il garantit une faible consommation d'énergie grâce à une architecture système efficace. Cette architecture, associée à la puce-système radio à faible consommation SimpleLink, allonge l'autonomie des batteries. A l'heure où les technologies IoT se multiplient et évoluent, le standard MIOTY et la plateforme SimpleLink proposent une solution de connectivité viable pour les communications sur les bandes de fréquence inférieures à 1 GHz dans le monde entier.

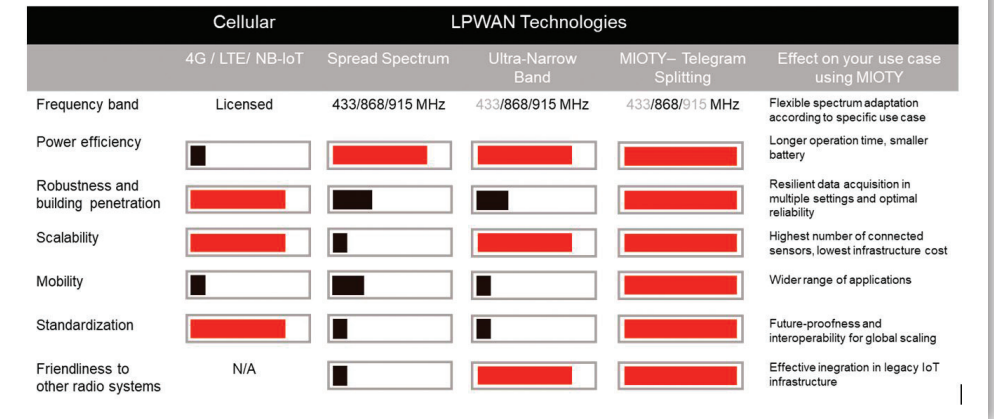
Applications concrètes

La technologie MIOTY s'adresse à des marchés très divers, allant des applications IoT pour l'industrie et la gestion technique des bâtiments jusqu'aux villes intelligentes et à la mobilité. Ses avantages intrinsèques en font une solution LPWAN améliorée, plus robuste et plus échelonnable. Dans la mesure où le protocole MIOTY est adossé à une norme, c'est également une option pérenne. Le protocole MIOTY est également avantageux pour une large gamme d'applications, puisqu'il assure une autonomie des batteries supérieure à celle garantie par les autres technologies LPWAN grâce au fractionnement des données en plus petits volumes et à leur transmission par salves. Il est également bien adapté aux applications reposant largement sur les transmissions en liaison montante, c'est-à-dire aux envois de données des capteurs vers une passerelle.

D'autre part, les réseaux MIOTY sont échelonnables, une seule passerelle pouvant gérer des milliers de nœuds. Parmi les applications susceptibles de profiter de tous les avantages de la solution MIOTY, on peut citer les débitmètres. Ceux-ci ont besoin de vastes réseaux, et transmettent principalement des données de capteurs

5 COMPARAISON DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES LPWAN

Cette figure compare les technologies LPWAN et leurs performances en termes d'éco-efficacité, de robustesse, d'échelonnabilité, de mobilité, de standardisation et de compatibilité avec d'autres systèmes radio.



vers la passerelle sans nécessiter de réponse de la part de cette dernière. Le choix est d'autant plus évident que l'autonomie des batteries des nœuds d'un réseau MIOTY est plus longue que sur tout autre réseau LPWAN.

La technologie MIOTY répond également aux besoins des applications IoT industrielles en raison de l'échelonnabilité et de la robustesse conférées par la méthode TSMA. D'autre part, éviter les interruptions imprévues dans la production grâce à la maintenance prédictive reposant sur le protocole MIOTY peut économiser des frais et améliorer la productivité. La solution MIOTY donne aussi de bons résultats sur les applications IoT en domotique/immotique (gestion technique des bâtiments). Ainsi, automatiser l'éclairage ou le contrôle des accès dans des bureaux permet de réduire la consommation énergétique tout en créant un environnement de travail plus agréable. Autre exemple: utiliser le protocole MIOTY dans un système de chauffage, de ventilation et de climatisation renforce la robustesse de l'ensemble et garantit une autonomie plus longue pour les batteries.

Dans la mesure où les capteurs, fixes ou mobiles, peuvent transmettre des données à la passerelle tout en se déplaçant jusqu'à 120km/h, le protocole MIOTY convient bien aux applications de traçage des équipements et des personnes. Il peut également être utilisé pour les véhicules connectés et les applications de transports publics.

Dans les applications de gestion des déchets, le protocole MIOTY amé-

liorera la productivité et réduira le temps que les agents consacrent à la maintenance. Enfin, les villes ont cruellement besoin de solutions intelligentes pour gérer la circulation et le stationnement. Ce sont là deux champs d'application parfaits pour la technologie MIOTY, qui permettra de créer des outils plus intelligents et plus efficaces.

Conclusion

Pourquoi avons-nous besoin d'une nouvelle solution LPWAN ? Le principal point fort de la technologie MIOTY réside dans la méthode TSMA, qui fractionne les données en sous-paquets de taille égale, et répartit leur transmission dans le temps et sur plusieurs fréquences. On obtient ainsi une solution moins vulnérable aux interférences, et plus facile à associer à d'autres systèmes radio. Les paquets étant transmis par salves moins volumineuses, ils passent moins de temps dans les canaux radio, ce qui réduit la consommation énergétique et allonge l'autonomie de la batterie.

La technologie MIOTY peut participer à éviter les dégradations des performances sur les réseaux comptant un grand nombre de nœuds et à atteindre les capteurs distants. Elle convient à un large éventail d'applications sur batteries qui nécessitent une grande densité de capteurs et de petits volumes de données. A l'heure où le paysage de l'IoT évolue, la technologie MIOTY est la seule solution LPWAN d'avenir. Elle assure des performances réseau solides et échelonnables –essentielles aux applications IoT industrielles.