

Low-Power Wide Area Network (LPWAN) Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

EFORT
<http://www.efort.com>

1 Introduction

Les réseaux LPWAN (LPWAN, Low-Power Wide Area Network) ont été pensés pour connecter des applications dans le domaine M2M/IoT (Internet of Things). Les capteurs, les compteurs d'énergie communicants, les solutions de surveillance qui échangent de très petits volumes de données, requièrent des débits très faibles et nécessitent de consommer très peu d'énergie avec un fonctionnement sur pile, sont les applications type qui peuvent s'appuyer sur les LPWANs pour leurs échanges de communication. Aujourd'hui, ce sont les réseaux mobiles (notamment 2G) qui prennent en charge ce type d'application, mais les LPWANs seront la forme dominante de technologie réseau pour un grand nombre d'application M2M/IoT dans le futur proche.

Alors que l'ETSI propose désormais un standard appelé LTN (Low Throughput Network) pour spécifier l'architecture et les interfaces d'un LPWAN, des standards de facto existent déjà notamment Sigfox, LoRa, Weightless, On-Ramp RPMA, etc.

Le but de ce tutoriel est de décrire le standard LTN et de présenter les différentes technologies LPWAN mentionnées ci-dessus.

2 Caractéristiques LTN/LWPAN

Low Throughput Network (LTN) est une technologie de **réseau sans fil grande distance** avec des caractéristiques spécifiques, qui la distingue des réseaux radio existants. Les réseaux LTN permettent un transport des données (jusqu'à 40 km avec champ libre) et possèdent la capacité de communiquer avec des équipements en sous terrain, avec une consommation d'énergie minimum. Par ailleurs, la transmission bas débit combinée avec un traitement du signal avancé permet une réelle protection contre les interférences. Par conséquent, LTN est très particulièrement adapté pour des devices M2M/IoT fonctionnant à bas débit, sur pile, et qui émettent quelques octets par jour, semaine ou mois. Les réseaux LTN peuvent coopérer avec les réseaux cellulaires pour adresser des cas d'usage où la redondance ou une connectivité alternative est souhaitable.

LTN est un réseau à part entière qui fournit des interfaces ouvertes pour un écosystème de points terminaux (devices), de points d'accès (Access Point, AP), de réseaux et de fournisseurs de services.

Les différenciateurs LTN incluent :

- Puissance ultra basse sur les devices
- Optimisation pour des données utiles de petite taille et des débits faibles
- Couverture optimisée (urbaine, rurale, sous terrain)
- Coût d'investissement faible
- Coût d'exploitation faible

Les devices rattachés à un LTN présentent les propriétés suivantes :

- Un volume de trafic par jour de 200 octets (typique) à 5000 octets (maximum)

- Les données utiles des paquets émis ont une taille de 12 octets (c'est le cas avec la technologie radio UNB) et au maximum de 255 octets.
- Débit de 10 à 1 kbit/s en fonction de la technologie radio

Un réseau LTN/LPWAN présente les caractéristiques suivantes :

- Long range : 5-40 km en champ libre
- Ultra low power : Durée de vie de la batterie peut atteindre 10 ans. La consommation d'une puce LPWAN est 300 fois moins importante que celle d'une puce GSM
- Débit : Dépend de l'application, mais jusqu'à une centaines de bits/s dans le sens montant (du device au réseau). En considérant UNB (Ultra Narrow Band) qui est une des technologies radio des LTNs, le débit maximum sur la bande de fréquence en Europe est de 100 bit/s, et sur la bande de fréquence aux USA de 600 bit/s.
- Coût du chipset radio : moins de 2 dollars
- Coût de la souscription : Moins de 1 dollar par an par device
- Latence de transmission : N'est pas un critère essentiel pour l'Internet des Objets. Typiquement, les applications concernées sont tolérantes au délai
- Nombre de stations de base requis pour la couverture : Très faible, une station de base pouvant prendre en charge des milliers de devices.
- Pénétration : Très bonne pénétration même en milieu rural et avec obstacles. Très important, par exemple pour des compteurs communicants installés au niveau des caves.

Durant le fonctionnement d'un réseau LWPAN, les paramètres suivants sont pris en compte :

- Check-alive : Le réseau s'assure de manière périodique que le device est connecté au réseau : état de joignabilité et état opérationnel.
- Keep-alive : périodiquement, le device s'assure qu'il est bien connecté au réseau : état de joignabilité.
- RTC update : Assure que le device puisse périodiquement réaliser une mise à jour de son horloge temps réel.
- Device monitoring (Alarm transmission) : Sur le lien montant, le device (point terminal) peut spontanément transmettre des données au HES (head end system), afin d'informer ce dernier qu'un événement non prévu est survenu au niveau du point terminal. Ce message est issu du point terminal et non pas du HES.
- Device monitoring (Battery status update) : supervision de la durée de vie de la batterie.
- Provisioning : Des données spécifiques doivent être émises afin d'initialiser le device ou de garantir qu'il soit opérationnel.
- Location/movement : Localisation d'un device en déplacement (e.g., chien, vache, voiture), déterminée par le réseau LTN.
- Payload volume : Typiquement des octets par jour, et au maximum, quelques koctets par jour. Ceci est directement lié au nombre de rapports de données à émettre par jour.
- Payload data rate : bits par seconde. Au maximum quelques centaines de bits/s.
- Maximum Latency : le délai entre l'envoi des données par le device et le back end server et vice versa n'est pas un paramètre essentiel.
- Data Privacy (DP) : Les données transmises sont chiffrées.
- Device Authentication (DA) : Les devices s'authentifient afin d'accéder au réseau.
- Data Integrity (DI) : Les devices protègent l'intégrité des données à transmettre afin d'éviter des modifications ou des falsifications sur les informations transmises.
- Delivery assurance/reliability: Pour des applications de surveillance ou de gestion d'alarme, une haute fiabilité est requise et tous les paquets doivent être délivrés.
- Downlink : Peut fonctionner en Unicast, Multicast ou Broadcast. Occasionnellement, il peut être nécessaire de mettre à jour un ensemble de devices (configuration, commandes, etc).

3 Architecture de réseau LTN/LPWAN

Un réseau LTN est composé :

- D 'objets équipés du modem LTN qui exécute le protocole radio LTN
- De stations de base radio (LAP, LTN Access Point) pour la transmission et la réception de paquets radio LTN
- De serveurs LTN pour :
 - Stocker et relayer des données d 'application (gestion des messages d 'application)
 - Gérer le réseau
- De serveurs CRA pour la gestion des codes d 'identification des devices et des stations de base
- D 'un OSS/BSS afin de gérer le réseau

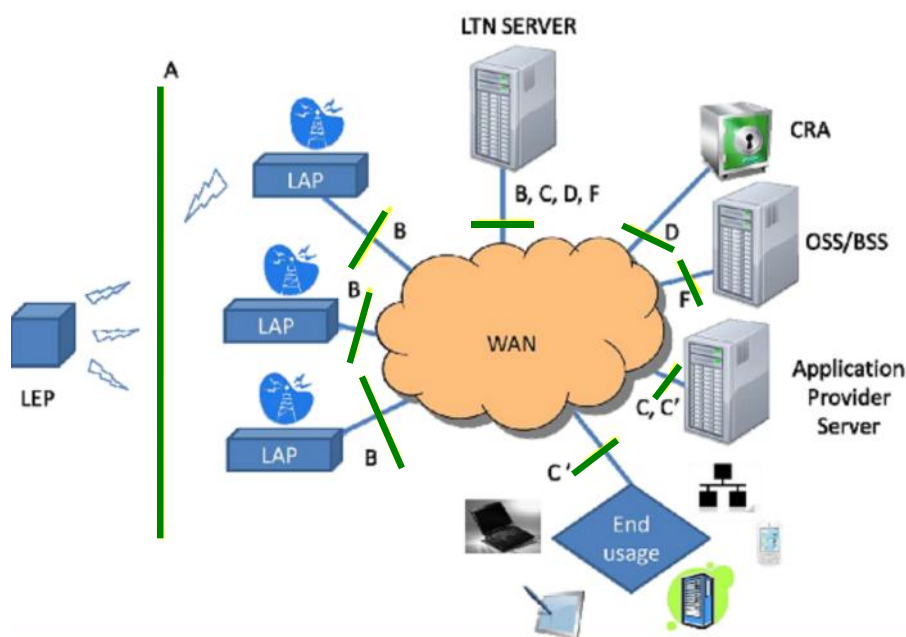


Figure 1 : Architecture et interfaces d'un réseau LTN/LPWAN

Mis à part l 'interface A, toutes les interfaces de l 'architecture de réseau LTN sont basées sur IP.

- Interface A : L 'interface A est l 'interface air du LTN. Deux technologies sont possibles pour l 'interface radio :
 - UNB (Ultra Narrow Band)
 - OSSS (Orthogonal Sequence Spread Spectrum)
- Interface B : L 'interface B est l 'interface entre les LAPs et les serveurs LTN. Les LAPs reçoivent sur l 'interface Air des messages émis par les LEPs, vérifient l'intégrité de ces messages, les décapsulent des trames radio et les relaient au serveur LTN via le WAN. L 'interface utilise des interfaces communes IP sur WAN telles que ADSL, fibre optique, Fréquences hertziennes, ou le satellite. Ces liens sont de nature permanente. Cette interface transporte les trafics des plans usager (trafic des LEPs) et gestion. Les messages du plan de gestion sont basés sur le protocole SNMP ; il s'agit de message pur la configuration radio du LAP, pour la mise à jour à distance des logiciels du LAP, pour la supervision du LAP lui-même, etc.
- Interface C : L 'interface C est une interface entre le serveur LTN et le fournisseur d 'application. Il s 'agit par exemple de l 'API LWM2M sur la base des principes REST. Les serveurs LTN exposent des méthodes suivantes sur l 'interface C :

- API d'application/service telles CoAP
- APIs de configuration et de taxation (OSS)

Rappelons que lorsque le serveur LTN reçoit les messages du LAP, il doit assurer la gestion de ces messages, c'est à dire les authentifier, les autoriser, les taxes, puis les relayer via des APIs aux applications qui en sont les destinations.

- Interface D : L'interface D est entre le LTN Central Registration Authority (CRA) et les serveurs LTN, basée sur IP. Les données disponibles sur cette interface sont relayées à différents blocs fonctionnels dans un serveur LTN tels que AAA, network management. Cette interface est principalement utilisée au moment de la personnalisation d'un LEP ou lors de l'attachement d'un LEP au réseau LTN. Les paramètres sur cette interface sont identificateur du LEP, clé secrète du LEP, code d'autorisation.
- Interface E : L'interface E est entre plusieurs serveurs LTN de différents opérateurs, basée sur IP et permet l'échange de données entre plusieurs serveurs LTN en situation de roaming.
- Interface F : L'interface F est entre les serveurs LTN et les serveurs OSS/BSS basée sur IP. Elle permet l'échange de données relatives à l'enregistrement des LEPs au réseau, à l'état réseau, à la collecte des données de taxation, etc.

4 Technologies LPWAN existantes

4.1 Sigfox

Sigfox est une technologie LPWAN qui utilise la bande 868 MHz en Europe et 902 MHz aux Etats Unis mais aussi un opérateur qui utilise sa propre technologie.

Avec Sigfox, un device peut envoyer entre 0 et 140 messages par jour et le payload de chaque message ne peut pas dépasser 12 octets, ce qui est amplement suffisant pour les devices qui transmettent une alarme, une localisation, un état d'environnement (température), une mesure de consommation d'énergie, etc. Des objets comme des caméras sont des types d'objets qui restent destinés aux réseaux larges bandes.

Il est aussi possible avec Sigfox de transmettre 4 messages de 8 octets de payload à chaque device par jour. Mais, pour que le device reçoive le message, le device doit demander les données au serveur; il doit donc être programmé pour recevoir des données à des instants définis dans sa logique. Cette demande de communication bidirectionnelle cible les clients qui souhaitent de temps en temps pousser un paramètre de configuration vers leurs objets. Cette fonctionnalité est implémentée comme un "polling", où l'objet reste maître et peut demander au système d'information s'il y a des données à télécharger. Exemple : Un thermostat envoie la température tous les 30 minutes. Suite à l'envoi, il reste à l'écoute pendant quelques secondes, afin d'être capable de recevoir une instruction pour augmenter ou baisser la température. Ce fonctionnement permet d'éviter de rester connecté en permanence et permet donc une communication bidirectionnelle en restant basse conso.

Sigfox est déjà présent en tant qu'opérateur en France, Espagne, Pays Bas et Royaume Uni. Couvre déjà 80% du territoire français et 90% de la population (1400 antennes). En signant un accord avec TDF, la société accède à ses 11 000 sites, des points hauts où Sigfox peut y placer ses propres antennes en densifiant ainsi la couverture de son propre réseau radio.

Couvre déjà 61% du territoire espagnol et 97% de la population.

Prochaine étape à très court terme : Couvrir San Francisco & Silicon Valley, l'Allemagne, l'Italie et la Pologne.

4.2 LoRa

Conçue en France par Cycleo, une société grenobloise créée en 2009 et acquise en 2012 par Semtech, la technologie radio à longue portée LoRa (Long Range) est entrée dans une

phase concrète de déploiement. De fait, alors que le premier circuit SX1272 a été lancé en production l'année dernière, les annonces d'équipements et de modules M2M compatibles se sont multipliées ces derniers mois.

Les promoteurs de la technologie de communication radio LoRa (long range) s'associent au sein du consortium LoRa Alliance. Parmi les fondateurs figurent les américains Cisco, IBM, Semtech et Microchip, mais aussi les français Actility, Eolane, Kerlink et Sagemcom.

Objectif : standardiser et assurer l'interopérabilité des équipements et réseaux LoRa.

Développée par Cycleo, une société française rachetée en 2012 par Semtech.

LoRa ne définit que la couche physique.

Bouygues Telecom a le projet d'installer des bornes LoRa sur toute le territoire Français.

Swisscom, Proximus, KPN et Orange devraient suivre ainsi que d'autres opérateurs mobiles souhaitant mettre en place une infrastructure de l'Internet des Objets.

5 Exemple d'application de télémétrie pour la ville intelligente

Afin de montrer un exemple d'application qui peut utiliser les réseaux LTN, considérons une ville de 100000 habitants avec 55% de la population vivant en maison individuelle et 45% en appartement. Cela représente 23000 maisons individuelles (2,4 habitants par maison) et 18000 appartements. Les différents types de devics de télémétrie pour la ville intelligente et leur nombre sont :

Compteurs d'eau communicants :	30000
Compteurs de gaz communicants :	16000
Compteurs d'électricité communicants :	57000
Capteurs de gestion des déchets:	25000
Capteurs de mesure de la qualité de l'air :	200
Capteurs de mesure du niveau de bruit :	200
Gestion des lumières de la ville :	1000
Gestion des places de parking :	4000
Location de bicyclettes en libre service :	200
Voiture connectée :	60000

Nombre total de devics : 170000, soit 1,7 devic par habitant.

Pour une grande majorité de ces devics, la connectivité à un réseau LTN se justifie compte tenu des volumes d'information à échanger par jour et du prix de la connectivité via LTN comparé à celui via un réseau mobile.

Le nombre de rapports de données et le volume montant généré par ces devics sont :

- Compteurs d'eau communicants : 1 rapport/jour de 200 octets, soit 6 Moctets/jour pour l'ensemble des 30000 compteurs.
- Compteurs de gaz communicants : 4 rapports/heure de 100 octets, soit 153 Moctets/j. Le nombre importants de rapports est du au besoin de détecter des fuites de gaz.
- Compteurs d'électricité communicants : 1 rapport/heure de 200 octets, soit 273 Moctets/j
- Capteurs de gestion des déchets : 1 rapport/heure de 100 octets, soit 60 Moctet/j
- Capteurs de mesure de la qualité de l'air : 1 rapport/heure de 1000 octets, soit 5 Moctet/j
- Capteurs de mesure du niveau de bruit : 1 rapport/heure de 1000 octets, soit 5 Moctet/j
- Gestion des lumières de la ville : 1 rapport/jour de 20000 octets, soit 4 Moctet/j
- Gestion des places de parking : 1 rapport/heure de 100 octets, soit 10 Moctets/j. Cela permet de connaître en temps réel les places de parkings disponibles dans la ville.
- Location de bicyclettes en libre service : 4 rapports/heure de 50 octets, soit 10 Moctet/j
- Voiture connectée : Notons que la voiture connectée disposera d'une carte SIM et d'un module de communication 4G notamment pour l'appel d'urgence en cas d'accident (eCall), pour les service d'entertainment tels que la vidéo à la demande et le Hotspot

WiFi via le réseau 4G, pour le dépannage à distance, etc. Il est possible que cette même voiture dispose d'un module de communication LTN pour une redondance de connectivité mais uniquement pour pour des services de données qui demandent très peu de débit tels que la géolocalisation, la gestion des vols, la gestion de la consommation. Cette connectivité supplémentaire est intéressante notamment pour gestion des flottes de véhicules municipaux, la gestion des véhicules en libre service, etc.

La formation EFORT « M2M et Internet des Objets : Vision Réseau et Service » fournit toutes les clés de compréhension de l'écosystème M2M/IoT en terme de domaines d'application, architectures de réseau et de services associées, de protocoles utilisés et d'évolutions à venir.

http://www.efort.com/index.php?PageID=21&l=fr&f_id=169&imageField.x=5&imageField.y=7