

# Fonctionnement d'un Système LoRaWAN

Antonio Claudio de Sousa dos Santos Filho

October 2022

## 1 Technologie LoRa

LoRa (Long Range) est une technique de modulation du spectre de propagation dérivée de la technologie de “chirp spread spectrum” (CSS). Le LoRa de Semtech est une plateforme sans fil à longue portée et à faible puissance qui est devenue de facto la plateforme sans fil de “Internet of Things” (IoT). Les dispositifs LoRa et les réseaux comme le LoRaWAN permettent des applications IoT intelligentes qui résolvent certains des plus grands défis auxquels notre planète est confrontée : gestion de l'énergie, réduction des ressources naturelles, contrôle de la pollution, efficacité des infrastructures et prévention des catastrophes.



### 1.1 Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS

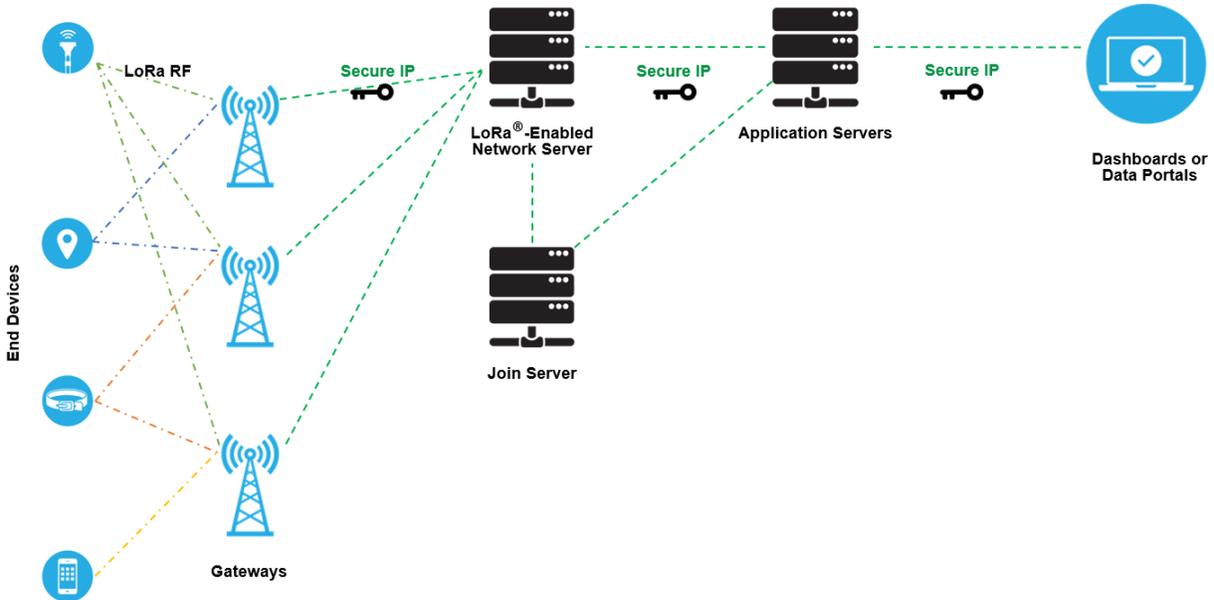
La technique Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) est largement employée dans des applications militaires. Il fournit une densité spectrale de puissance très faible en diffusant la puissance du signal sur une bande de fréquence très large. Ce type de modulation nécessite donc une très grande largeur de bande pour transmettre plusieurs Mbits/s.

<sup>1</sup><http://www.richerlink.com/lora-technology-for-smart-utilities>

## 2 Qu'est-ce que LoRaWAN ?

LoRaWAN est une norme de réseau longue distance de faible puissance basée sur LoRa. Conçu pour connecter sans fil des appareils fonctionnant sur batterie à Internet sur des réseaux régionaux, nationaux ou mondiaux, la norme LoRaWAN exploite le spectre radio non autorisé dans la bande Industrielle, Scientifique et Médicale (ISM). Le signal radio est émis sur une grande largeur spectrale, pour limiter au maximum le risque d'interférence avec des signaux parasites.

Figure 1: Typical LoRaWAN network implementation.



Fonte: LoRa Developers Semtech<sup>2</sup>.

### 2.1 LoRa-based End Devices

Un LoRaWAN-based end device est un capteur ou un actionneur connecté sans fil à un réseau LoRaWAN via des passerelles radio utilisant la modulation RF LoRa.

Dans la majorité des applications, un dispositif final est un capteur autonome, souvent à piles, qui numérise les conditions physiques et les événements environnementaux. Les cas d'utilisation typiques d'un actionneur comprennent l'éclairage public, les serrures sans fil, l'arrêt de la vanne d'eau, la prévention des fuites, entre autres.

### 2.2 LoRaWAN Gateways

Les appareils utilisant la technologie LoRa sont connectés à Internet via des Gateways. Concrètement, pour déployer un réseau LoRaWAN, les opérateurs publics ou privés doivent installer des stations de base dotées d'antennes fabriquées par des équipementiers télécoms. Ces appareils doivent être reliés à Internet pour envoyer sur la Toile les données qu'ils reçoivent, afin qu'elles puissent être consultées par les entreprises et les particuliers qui utilisent des objets connectés en LoRa. Les appareils intelligents situés à proximité de ces antennes sont équipés d'une puce LoRa, qui leur permet de se connecter périodiquement au réseau

<sup>2</sup>[https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Typical\\_Network.png](https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Typical_Network.png)

pour envoyer ou recevoir des informations. Actuellement, plus d'un million de gateway sont déployés dans le monde, selon les chiffres de Semtech.

Les Gateways LoRaWAN fonctionnent entièrement sur la couche physique et ne sont essentiellement que des routeurs de messages radio Lora. Ils vérifient l'intégrité des données de chaque message Lora RF reçu. Si l'intégrité n'est pas intacte, c'est-à-dire si le CRC est incorrect, le message sera ignoré. Si c'est correct, le Gateways vous redirige vers le LNS avec certaines métadonnées.

## 2.3 Network Server

Le LoRaWAN network server (LNS) gère l'ensemble du réseau, contrôle dynamiquement les paramètres du réseau pour adapter le système aux conditions en constante évolution, et établit des connexions AES sécurisées 128 bits pour le transport des données de bout en bout ainsi que pour le contrôle du trafic qui circule du terminal LoRaWAN au LNS. Le LNS garantit l'authenticité de chaque capteur sur le réseau et l'intégrité de chaque message. En même temps, le serveur réseau ne peut ni voir ni accéder aux données de l'application.

En général, tous les serveurs du réseau LoRaWAN partagent les fonctionnalités suivantes :

- Vérification de l'adresse de l'appareil.
- Authentification des cadres et gestion du compteur de cadres.
- Accusé de réception des messages reçus.
- Adapter les débits de données en utilisant le protocole ADR.
- Répondre à toutes les demandes de calque MAC provenant de l'appareil.
- Transmettre les charges utiles des applications de liaison montante aux serveurs d'applications appropriés.
- Mise en file d'attente de charges utiles en liaison descendante provenant de n'importe quel serveur d'applications vers n'importe quel appareil connecté au réseau.
- Transmission des messages Join-request et Join-accept entre les appareils et le serveur de jointure.

## 2.4 Join Server

Le Join Server contient les informations nécessaires pour traiter les cadres uplink join-request et générer les cadres downlink join-accept. Il signale au serveur réseau quel serveur d'application doit être connecté au périphérique final, et effectue les dérivations de clés de chiffrement de session réseau et d'application. Il communique la clé de session réseau de l'appareil au serveur réseau et la clé de session d'application au serveur d'application correspondant.

For that purpose, the join server must contain the following information for each end-device under its control: Le Join Server doit contenir les informations suivantes pour chaque périphérique d'extrémité sous son contrôle :

- DevEUI (identificateur unique de série du dispositif d'extrémité).
- AppKey (clé de chiffrement des applications).
- NwkKey (clé de cryptage réseau).
- Identifiant du serveur d'applications.
- Profil de service de l'appareil final.

## 2.5 Application Servers

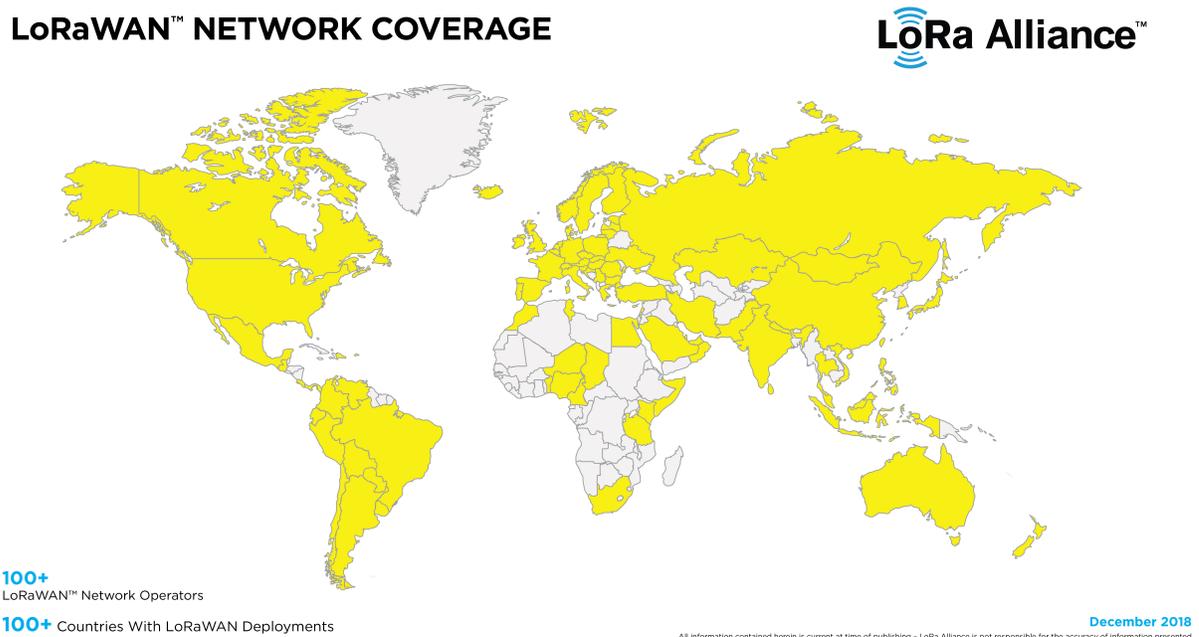
The Application Server processes application-specific data messages received from end devices. It also generates all the application-layer downlink payloads and sends them to the connected end devices through the Network Server. A LoRaWAN network can have more than one Application Server. The collected data can be interpreted by applying techniques like machine learning and artificial intelligence to solve business problems.

Le Application Servers traite les messages de données spécifiques aux applications reçus des périphériques finaux. Il génère également toutes les charges utiles de liaison descendante de la couche applicative et les envoie aux périphériques connectés via le Network Server. Un réseau LoRaWAN peut avoir plus d'un Application Server. Les données recueillies peuvent être interprétées en appliquant des techniques comme Machine Learning et l'intelligence artificielle pour résoudre des problèmes commerciaux.

## 2.6 Couverture des Réseaux LoRaWAN

Chaque opérateur LoRaWAN dispose de son propre réseau et donc de sa propre carte de couverture. 170 opérateurs dans le monde proposent un réseau LoRaWAN dans plus de 162 pays, aux Etats-Unis (avec Senet et SemTech), en Belgique (Proximus et Wireless Belgie), en Suisse (Swisscom), ou encore en Afrique du Sud (Fastnet). Un réseau LoRaWAN open source baptisé The Things Network est déployé dans 89 pays. Pour qu'un réseau soit défini comme ayant une couverture nationale, il faut qu'il couvre 80% de la population du pays avec une qualité de service outdoor.

Figure 2: LoRaWAN Network Coverage.



Fonte: LoRa Alliance<sup>3</sup>.

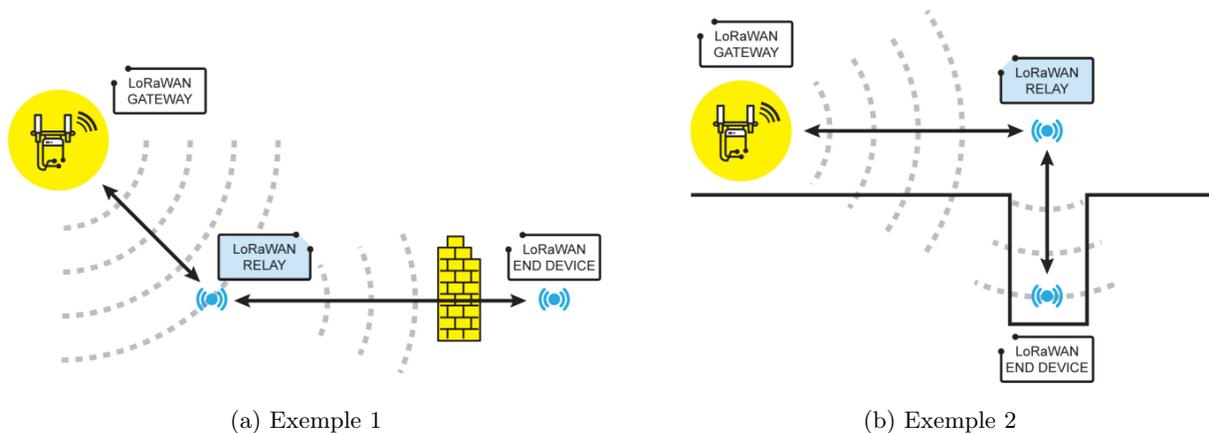
<sup>3</sup><https://www.globenewswire.com/news-release/2019/01/22/1703167/0/en/LoRa-Alliance-Passes-100-LoRaWAN-Network-Operator-Milestone-with-Coverage-in-100-Countries.html>

## 2.7 Spécifications de Relais à LoRaWAN

Le relais est un dispositif matériel dont le but est de transmettre des messages d'un dispositif d'extrémité au réseau (sur l'interface aérienne LoRaWAN). Pour activer cette nouvelle fonctionnalité, un nouveau protocole a été développé. Ce protocole inclut une trame Wake On Radio (WOR) envoyée par le dispositif d'extrémité au relais. Le but de ce cadre WOR est de "réveiller" le relais et de communiquer l'information sur le cadre LoRaWAN qui devra être transmis.

La principale caractéristique du cadre WOR est sa taille de préambule, qui peut aller jusqu'à 1 seconde. Ce long préambule permet au relais de dormir et de se réveiller seulement périodiquement pour balayer l'activité radio. Cette action est le balayage de canal. Si aucune activité radio n'est détectée lors d'une acquisition de canal, le relais se remet en veille et tente de détecter une trame WOR lors de sa prochaine acquisition de canal. Cependant, si une activité radio est détectée, le relais tentera de démoduler le message et de vérifier s'il s'agit d'une trame WOR valide. S'il s'agit d'une trame WOR valide, le relais peut répondre par un accusé de réception Wake On Radio (WOR ACK) cadre. Le but est d'envoyer des informations sur l'état interne du relais et de faire savoir à l'appareil final que son cadre WOR a été reçu. Le terminal est prêt à envoyer sa liaison LoRaWAN. Cette liaison montante sera reçue par le relais puis transmise au serveur réseau en utilisant la propre liaison LoRaWAN du relais. Le protocole de relais est destiné à être développé en plus de la spécification de la couche de liaison LoRaWAN.

Figure 3: Exemples d'utilisation d'un relais.



Fonte: LoRa Alliance<sup>4</sup>.

## 2.8 LoRaWAN Vs. Sigfox Vs. NB-IoT

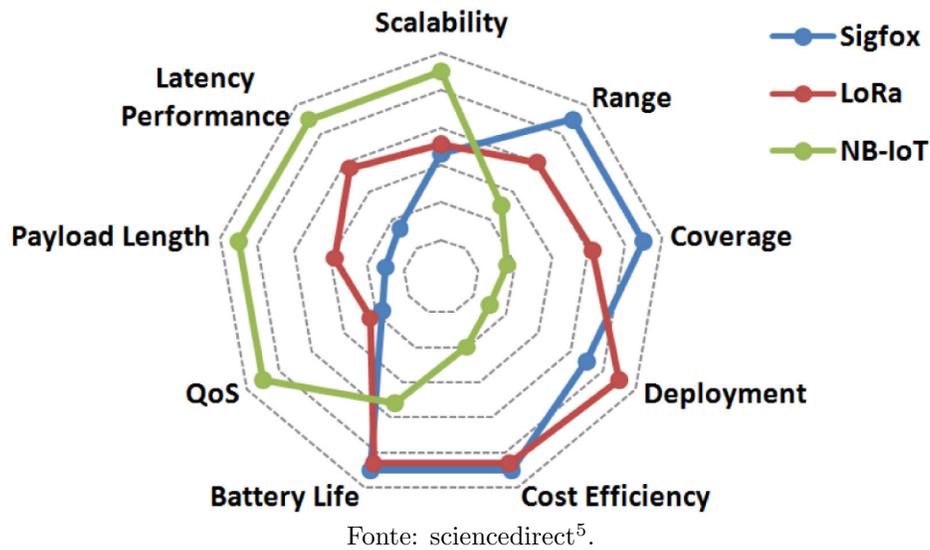
Sigfox et NB-IoT sont les deux protocoles de communication en concurrence avec LoRaWAN. Cependant, bien qu'ils aient le même domaine d'action, ce sont des protocoles bien distincts, comme vous pouvez le voir dans le tableau ci-dessous.

LoRaWAN Vs. Sigfox Vs. NB-IoT			
	Spectrum cost	Deployment cost	End-device cost
Sigfox	Free	> 4000base/station	<2€
LoRa	Free	>100€/gateway >1000€/base station	3-5€
NB-IoT	>500 M€/MHz	>15000€/base station	>20€

<sup>4</sup><https://resources.lora-alliance.org/technical-specifications/lorawan-coverage-with-relay-infographic>

<sup>5</sup><https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>

Figure 4: Respective advantages of Sigfox, LoRa, and NB-IoT in terms of IoT factors.



## 2.9 Applications dans les smart city

La smart city est l'un des quatre secteurs principaux pour lesquels est déployée LoRa. La technologie permet de faire transiter de petits paquets de données, comme des mesures prises par un capteur de température, d'humidité, ou encore de pression. Un compteur d'eau ou d'électricité peut par exemple envoyer une fois par jour un bilan de consommation, notamment pour permettre de réaliser des économies d'énergie. En plaçant de petits détecteurs de vibrations sous la chaussée à différents points stratégiques, les villes peuvent par exemple savoir combien de véhicules passent à différentes heures de la journée et réorganiser leur plan de circulation plus intelligemment.

Figure 5: Applications dans les smart city.



Fonte: teksMobile<sup>6</sup>.

<sup>6</sup><https://teks.co.in/site/blog/building-smart-cities-with-lora-technology-15-applications/>

## 2.10 LoRaWAN en domotique

Dans la sphère de la maison intelligente, les objets connectés utilisent principalement les réseaux Wifi ou Bluetooth. Toutefois, les acteurs de l'alliance LoRa s'intéressent à ce secteur en raison des opportunités offertes avec l'essor des véhicules électriques. De plus en plus d'applications sont développées pour faire communiquer le véhicule et la maison. Le réseau LoRaWAN se révèle par ailleurs opportun pour assurer un réseau de secours dans la maison.

Figure 6: LoRaWAN en domotique.



Fonte: industrielectronique<sup>7</sup>.

<sup>7</sup><https://industrielectronique.blogspot.com/2018/11/lora-iot.html>