

# Plataforma de integración para la evaluación de redes LoRaWAN

Adrián Jaszczyszyn

Instituto de Investigación y  
Transferencia en Tecnología  
Junín, Argentina

adrian.jaszczyszyn@itt.unnoba.edu.ar

Javier Charne

Instituto de Investigación y  
Transferencia en Tecnología  
Junín, Argentina

javier.charne@itt.unnoba.edu.ar

Marcelo Guiguet

Instituto de Investigación y  
Transferencia en Tecnología  
Junín, Argentina

marcelo.guiguet@itt.unnoba.edu.ar

Hugo Ramón

Instituto de Investigación y  
Transferencia en Tecnología  
Junín, Argentina

hugo.ramon@itt.unnoba.edu.ar

**Resumen**—Los dispositivos IoT que están conectados a redes LPWAN se caracterizan por tener bajo consumo y costos, y las aplicaciones que corren no necesitan enviar o recibir gran volumen de datos. No obstante, dado que el área que abarcan suele ser extensa y que la tecnología utilizada habitualmente ocupa bandas no licenciadas, LoRaWAN es una excelente opción a considerar. El siguiente trabajo evidencia la importancia de disponer de un dashboard que grafique diferentes parámetros de la red como son RSSI, SNR o DRx (xSF/BW) en base a una línea de tiempo, a fin de poder evaluar y comparar el desempeño de los nodos, observar si en las ubicaciones de los nodos hay pérdidas significativas de paquetes, que requieran realizar ajustes necesarios para mantener una comunicación.

**Palabras claves**—IoT, LoRA, LoRaWAN, Integración

## I INTRODUCCIÓN

Las tendencias y oportunidades de las tecnologías Low Power Wide Area Networks (LPWAN) son las que van de la mano con la adopción de bajas tasas de transmisión de datos, bajo costo, largo alcance y bajo consumo, que puedan manejar fácilmente una gran cantidad de dispositivos, como muestra el estudio [1]. Entre las tecnologías LPWAN, LoRaWAN ofrece, además de las recién mencionadas, utilizar un estándar abierto, seguridad integrada, posibilidad de implementaciones privadas.

De acuerdo a la documentación oficial de la LoRa Alliance® y de Semtech [2][3], LoRaWAN es un estándar abierto del protocolo MAC mantenido por la LoRa Alliance®. Define el protocolo de comunicación y la arquitectura del sistema para la red, mientras que la capa física LoRa que utiliza la técnica de modulación de espectro ensanchado derivada de la tecnología Chirp Spread Spectrum (CSS), habilita el enlace de comunicación de largo alcance, para redes de dispositivos inalámbricos de bajo consumo [3]. La modulación LoRa permite cambiar tres parámetros fundamentales que definen el desempeño del enlace de comunicación, estos son BandWidth (BW), Spread Factor (SF) y Coding Rate (CR) [4].

LoRa emplea seis factores de propagación (SF7 a SF12). Tomando en cuenta que la combinación de diferentes SF y

BW da como resultado diferentes Data Rate (DR). El SF proporciona una compensación entre la velocidad de datos y el rango. A SF más altos se tienen velocidades de datos menores, con mayor tiempo en el aire, mayor consumo de energía, pero más robustas a interferencias y mayores distancias. Junto con estos factores de propagación, se utilizan técnicas de corrección de errores para aumentar aún más la sensibilidad del receptor. La elección de valores más altos de SF y CR influye en el tiempo en el aire [4] [5]. LoRa proporciona tres valores de BW de 125 kHz, 250 kHz y 500 kHz [6] y cuatro valores posibles de CR entre 1, 2, 3 y 4 para las tasas de codificación 4/5, 4/6, 4/7 y 4/8, respectivamente. La codificación reduce la tasa de errores de paquetes y añade símbolos de control para detectar e incluso poder determinar los valores correctos.

En una red LoRaWAN la inteligencia y la complejidad se centra en el servidor de red o network server, quien es el que administra la red, como muestra la Fig. 1. Los nodos no están asociados con un gateway específico y cada gateway reenvía el paquete recibido por el nodo al servidor de red a través de una red celular, Ethernet o WiFi. El servidor de red filtra los paquetes recibidos redundantes, realiza las verificaciones de seguridad y es el que envía los datos hacia el servidor de aplicación [2].

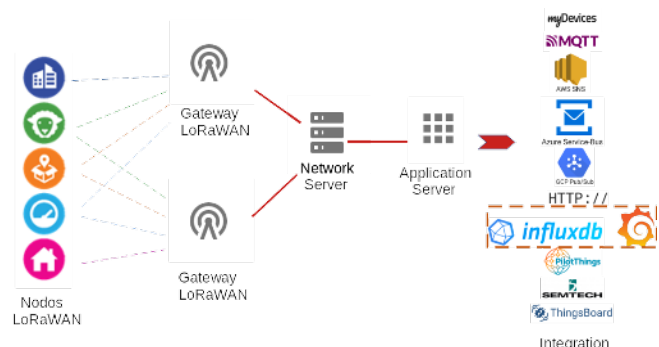


Fig. 1: Arquitectura de la red LoRAWAN

LoRaWAN define el protocolo de comunicación que permite la administración de la comunicación entre los distintos gateways y los nodos. El protocolo y la arquitectura de la red tienen la mayor influencia en la determinación de la vida útil de la batería de un nodo, la capacidad de la red, la calidad del servicio, la seguridad y las distintas posibilidades de conexión a aplicaciones [2]. LoRaWAN permite dos tipos de activaciones de un nuevo nodo que se une a la red, Activation By Personalization (ABP) es el modo más sencillo y Over-The-Air-Activation (OTAA) es la manera más segura de conectarse a la red y la recomendada. A su vez, la comunicación es bidireccional y existen tres tipos de clases de nodos: *Clase A*: Es ideal para dispositivos que utilizan batería, debido a que solo escuchan con un par de ventanas de recepción luego de enviar datos. *Clase B*: Este tipo de dispositivos tienen las ventanas de recepción en base a tiempos predeterminados con el gateway, permite reducir la latencia y optimizar el uso de batería. *Clase C*: Esta clase de nodo ofrece el menor ahorro de energía debido a que se encuentra la mayor parte en modo escucha, de esta manera está preparado para minimizar la latencia de los mensajes. LoRaWAN fue pensado y diseñado para operar en toda la banda de frecuencias no licenciadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ISM) y en Argentina opera en la banda AU915.

A la hora de evaluar la red LoRaWAN, investigaciones como Ayele [7], en uno de los edificios del campus de la Universidad de Twente, ciudad de Enschede, Países Bajos, comparan el impacto de Received Signal Strength Indicator (RSSI), Packet Error Rate (PER) con distintos SF y muestran que la modulación LoRa ofrece una buena resistencia a la interferencia. Otros, como en Farhad [8] sitúan interés en la ubicación y elevación de la antena del gateway, a su vez, ponen énfasis en la relevancia del SF en la cobertura de la red. Asimismo, el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones del Politécnico di Torino, Turín, Italia [9] observa la calidad de la señal recibida RSSI, signal-to-noise ratio (SNR) y porcentaje de paquetes recibidos correctamente, en un conjunto de 1000 bloques de datos enviados. Los investigadores de la Universidad de Brno, República Checa [10], recopilan datos de más de 300 ubicaciones que transmiten a varios gateways en la institución y en el centro de la ciudad con diferentes configuraciones de SF y varios tamaños de mensaje y afirman que proporciona una tasa de entrega de paquetes acumulada del 83%, además los resultados sugieren que el nodo que está ubicado más cercano al gateway no siempre proporciona el mejor RSSI ni SNR. En realidad, el 40% de los gateway con mejor RSSI y el 34% con mejor SNR no son los más cercanos.

De lo anterior, motiva la utilidad e importancia de evaluar las distintas configuraciones de data rate  $DRx(xSF/BW)$  de la red LoRAWAN en un entorno a estudiar y observar los valores de RSSI, SNR, posición del nodo, las no recepción de los paquetes y tener representado en gráficas y tablas los valores más relevantes de los mismos en un intervalo de tiempo definido a elección. A razón de sacar conclusiones del entorno estudiado.

## II DESARROLLO

El desarrollo se basa en implementar una red IoT con LoRaWAN con una integración de gateway, nodos y un dashboard con la elección de dos gráficas con información

de los datos recolectados para obtener una comparación entre los nodos y otro de información relevante de un solo nodo. Ambos para realizar una evaluación de la red LoRaWAN en un entorno elegido. El proyecto se divide en seis tareas importantes que son: la selección de los nodos, del gateway, la implementación del servidor de red, de la integración para recolectar los datos más relevantes de los nodos sensores y por último la elaboración de gráficas de interés para comparar RSSI y SNR entre los nodos o otro de información relevante del nodo como por ejemplo RSSI, SNR,  $DRx(xSF/BW)$ , ubicación, en una línea de tiempo requerida.

### II.A Selección de nodos

Los nodos utilizados son WisTrio LoRa Tracker con microcontrolador ARM Cortex-M3 STM32L1, con Chip LX1276 LoRa, Ublox Max 7Q GPS, sensor BME680, Sensor LIS3DH. Se configuran mediante el uso de comandos AT con una herramienta RAK Serial Port Tool a través del puerto serie. Características y configuraciones: LoRaWAN V1.0.2b protocol, activación por OTAA, Clase:A, sin confirmación, PTx:20dBm, GTx: 2dbi, frecuencia: AU915, CR:4/5, BW:125kHz y con DR5(SF7/125kHz) con Sensibility:-123dBm a DR2(SF10/125kHz) con Sensibility:-132dBm. Envío de 43 bytes en intervalos de 30 y 60 seg. de acuerdo a configuración en los nodos.

### II.B Selección del gateway

El gateway utilizado es el RAK7243C LPWAN que integra una Raspberry Pi 3B+ y un módulo concentrador RAK2245 que desempeña el papel de un transceptor LoRa, con una sensibilidad mínima de -139 dBm. Provisto con una antena exterior de 3dBi. Es de 8 canales, configurado en el segundo octeto de 8 a 15 de 125kHz, de los 64 canales disponibles de la especificación AU915.

### II.C Implementación del servidor de red LoRaWAN

El servidor de red LoRaWAN implementado es ChirpStack, que proporciona componentes de código abierto para redes LoRaWAN. Éstos componentes juntos, forman una solución que incluye una interfaz web fácil de usar para la administración de dispositivos y API para la integración. Permite desplegar una red LoRaWAN privada como pública, para aplicaciones finales en las que necesitan un control total de la red [11]. La conexión entre el gateway y el servidor de red se conectan por una intranet cableada ethernet.

### II.D Implementación de la integración

La Application Server de ChirpStack da la posibilidad de realizar distintos tipos de integraciones para enviar los datos recolectados de los nodos sensores. La integración elegida es InfluxDB. Los pasos que realizan las transmisiones de los nodos son las siguientes: son recepcionados por el gateway, que a su vez lo transmiten al Network Server, a la Application Server y a una integración con base de datos InfluxDB y Grafana que es un software libre que permite crear gráficas y tablas los datos enviados por los nodos, además de su ubicación en un mapa, a través de TrackMap Panel que es un plugging de Grafana.

Tanto para la implementación del Network Server, Application Server de ChirpStack como para la Integración de base de datos y gráficas de los sensores se utiliza una máquina virtual con Ubuntu 18.04.4 LTS.

## II.E Armado de dashboard de comparación entre nodos

En este dashboard se realiza la comparación entre distintos nodos de los valores de RSSI y de SNR en base a una línea de tiempo elegida. Se toman los valores de RSSI, SNR como parámetros de calidad de la red.

## II.F Armado de dashboard de información del nodo

En este dashboard se da información del nodo elegido dando valores de RSSI y SNR recibida en el gateway, que tipo de DR está utilizando el nodo, la ubicación en un mapa y su trayectoria en el tiempo seleccionado y por último una tabla de valores de tiempo, RSSI, SNR, Latitud, Longitud.

## II.G Armado de escenario

El escenario elegido es en una zona rural donde se coloca el gateway a unos 7 metros de altura y los nodos a una altura de 1,5 metros variando sus DRx.

## III RESULTADOS

En el gráfico de comparación entre los nodos se observan que se encuentran en un ámbito rural con la ubicación del nodo de acuerdo al punto de tiempo seleccionado y se comparan en este caso entre tres nodos sus valores de RSSI y SNR recibidos al gateway, donde también en una tabla están los valores RSSI máx. RSSI mín. RSSI prom. de cada uno de los nodos en el tiempo requerido.



Fig. 2. Gráfica de comparación entre los nodos y ubicación en mapa

En el gráfico de información del nodo, también se muestran los valores de RSSI y SNR y la tabla de máx., mín. y promedio. Además de la ubicación del nodo y el trayecto realizado por el nodo en un mapa y los valores de los DR recibidos al gateway. En este caso (DR2-SF10/125 y DR5-SF7/125) del nodo RAK5205\_03 y por último una tabla de valores de tiempo, RSSI, SNR, Latitud, Longitud.



Fig. 3. Gráfica de información del nodo

## IV CONCLUSIÓN

Como conclusión el trabajo muestra la integración de una red IoT LoRaWAN con información de valores importantes a la hora de evaluar una red LoRaWAN en un entorno seleccionado. Los dashboards dan información relevante de SNR, RSSI, DRx(xSF/BW) y ubicación, dando como resultado dentro de los parámetros de sensibilidad cubriendo la totalidad del campo seleccionado y sin vista de pérdidas de paquetes que afecten la comunicación entre el gateway y nodos. En ubicaciones donde el SNR es menor que 0, la señal recibida opera por debajo del piso de ruido, sabiendo que LoRa puede demodular señales que están entre -7,5 dB y -20 dB por debajo del piso de ruido de acuerdo a los SF, es de pensar que cercano a esos valores y/o a los de sensibilidad puede afectar en pérdidas de paquetes. Si ocurriera esto, da muestras a que se deben realizar correcciones de configuración en los nodos para una correcta recepción, cambiar ubicaciones, más altura o más gateways para cubrir el entorno en cuestión.

Como posible trabajo a futuro se pretende automatizar la elección de nodos en el dashboard para su comparación e incorporar gráficas de los valores de los sensores, como por ejemplo temperatura, humedad y presión atmosférica, para aportar valor a la hora de contrastar los datos de una red a testear y cómo los factores climáticos pueden afectar éstos en la recepción de los datos al gateway. Contabilizar y dar una medida de pérdidas de paquetes.

## REFERENCIAS

- [1] M. A. M. Almuha, W. A. Jabbar, N. Sulaiman y S. Abdulmalek, "A Survey on LoRaWAN Technology: Recent Trends, Opportunities, Simulation Tools and Future Directions", *Electronics*, vol. 11, n.º 1, p. 164, enero de 2022.
- [2] Lora-Alliance. (s.f.). what-is-lorawan. Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/what-is-lorawan.pdf>
- [3] Semtech (s.f.). What is Lora. Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>.
- [4] Semtech (2021). Portal para el desarrollador, documentos técnicos. Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://lora-developers.semtech.com/library/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>.
- [5] Pickering, P. (2017). Desarrollar con LoRa para aplicaciones IoT de baja tasa y largo alcance. Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://www.digiquey.com/es/articles/develop-lora-for-low-rate-long-range-iiot-applications>
- [6] Semtech. (May 2015). LoRa™ Modulation Basics, AN1200.22 Application. Revisión 2 Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://www.frugalprototype.com/wp-content/uploads/2016/08/an1200.22.pdf>
- [7] E. D. Ayele, C. Hakkenberg, J. P. Meijers, K. Zhang, N. Meratnia and P. J. M. Havinga, (2017). Performance analysis of LoRa radio for an indoor IoT applications, International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC), Funchal, 2017, pp. 1-8.
- [8] A. Farhad, D. Kim and J. Pyun, "Scalability of LoRaWAN in an Urban Environment: A Simulation Study," 2019 Eleventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2019, pp. 677-681.
- [9] S. Bertoldo, M. Paredes, L. Carosso, M. Allegretti and P. Savi, (2019). Empirical indoor propagation models for LoRa radio link in an office environment, 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Krakow, Poland, 2019, pp. 1-5.
- [10] P. Masek et al., Measurements of LoRaWAN Technology in Urban Scenarios: A Data Descriptor, *Data*, vol. 6, n.º 6, p. 62, junio de 2021.
- [11] ChirpStack. (s.f.). ChirpStack architecture. Consultado el 21 de mayo de 2022, desde <https://www.chirpstack.io/project/architecture/>