La actividad de desarrollo de firmware para el experimento #1 se centra en crear y programar dos módulos LoRa conectados como emisor (sender) y receptor (receiver). El objetivo principal es evaluar el alcance punto a punto de la comunicación entre estos módulos. Un script en Python será responsable de enviar paquetes de bytes con diferentes tamaños de carga útil (bajo, medio y alto) entre los módulos. Estos paquetes serán enviados y recibidos de vuelta por LoRa, permitiendo así medir variables críticas como el tiempo de ida y vuelta (RTT), la intensidad de la señal recibida (RSSI), y la tasa de pérdida de paquetes (Packet Loss Rate). Los módulos serán colocados a diferentes distancias en kilómetros para determinar su rendimiento bajo diversas condiciones. Este experimento ayudará a identificar el módulo LoRa más adecuado para la implementación requerida por la empresa, basándose en la eficiencia de la comunicación, la fiabilidad de los datos transmitidos y las características de alcance en distintos entornos.

El tiempo que tarda en enviar datos mediante LoRa depende de varios factores, incluyendo:

1. \*\*Tamaño del Paquete\*\*: Cuantos más bytes tenga el paquete, más tiempo tomará enviarlo.

2. \*\*Velocidad de Datos\*\*: La velocidad de transmisión de datos (data rate) afecta directamente el tiempo de envío. LoRa tiene varias configuraciones de velocidad de datos (Spreading Factor, Bandwidth, Coding Rate).

3. \*\*Configuración del Spreading Factor (SF)\*\*: Valores más altos de SF aumentan el alcance pero reducen la velocidad de transmisión.

4. \*\*Ancho de Banda (BW)\*\*: Un ancho de banda más alto permite una mayor velocidad de transmisión.

5. \*\*Coding Rate (CR)\*\*: Un CR más alto mejora la robustez de la transmisión pero también reduce la velocidad efectiva de datos.

Para ilustrar, aquí hay una fórmula simplificada que puedes usar para calcular el tiempo de aire (tiempo que tarda en transmitirse el paquete) en LoRa:

\[ T\_{\text{aire}} = \frac{\text{Número de símbolos}}{\text{Tasa de símbolos}} \]

Donde:

\[ \text{Número de símbolos} = 8 + \max \left( \frac{\text{Tamaño del paquete} + \text{Cabezera} + \text{Overhead} - 4SF + 28}{4(SF - 2DE)}, 0 \right) \]

\[ \text{Tasa de símbolos} = \frac{BW}{2^{SF}} \]

Los parámetros como `BW`, `SF`, `DE` (low data rate optimization), `Cabezera`, y `Overhead` dependen de la configuración específica del módulo LoRa.

### Ejemplo de Configuración y Tiempo Estimado

Supongamos que tienes las siguientes configuraciones para tu módulo LoRa:

- \*\*Spreading Factor (SF)\*\*: 7

- \*\*Bandwidth (BW)\*\*: 125 kHz

- \*\*Coding Rate (CR)\*\*: 4/5

- \*\*Tamaño del Paquete\*\*: 50 bytes

Para calcular el tiempo de aire, puedes usar calculadoras en línea o herramientas específicas. Sin embargo, te proporcionaré un cálculo simplificado y aproximado:

1. \*\*Número de Símbolos\*\*:

\[ \text{Número de símbolos} = 8 + \max \left( \frac{50 + 13 - 4 \times 7 + 28}{4 \times (7 - 2)}, 0 \right) \]

\[ \text{Número de símbolos} \approx 8 + \frac{87}{20} \approx 8 + 4.35 \approx 12.35 \]

2. \*\*Tasa de Símbolos\*\*:

\[ \text{Tasa de símbolos} = \frac{125000}{2^7} = \frac{125000}{128} \approx 976.56 \text{ Hz} \]

3. \*\*Tiempo de Aire\*\*:

\[ T\_{\text{aire}} = \frac{12.35}{976.56} \approx 0.0126 \text{ segundos} \]

Este es un cálculo aproximado y simplificado. Para obtener cálculos precisos, considera utilizar herramientas específicas o consultar la documentación del módulo LoRa.

### Factores Adicionales

1. \*\*Ambiente y Condiciones de Transmisión\*\*: Obstáculos, interferencias y la distancia entre los módulos pueden afectar el tiempo y la calidad de la transmisión.

2. \*\*Retransmisiones y Confirmaciones\*\*: Si tu aplicación requiere confirmaciones o retransmisiones de paquetes perdidos, esto también puede aumentar el tiempo total de transmisión.

### Resumen

El tiempo de envío de datos mediante LoRa depende de varios factores configurables y del entorno. Basado en la configuración común de SF7 y BW125kHz, el envío de un paquete de 50 bytes puede tardar aproximadamente 0.0126 segundos en el aire. Sin embargo, para una aplicación real, es importante considerar todos los factores mencionados y hacer pruebas específicas para obtener tiempos precisos.