

- ✦ Materia: **Arquitectura y Conectividad**
- ✦ Profesor: **Jorge Morales.**
- ✦ Alumno: **Nicolás Barrionuevo.**

Trabajo Práctico N°2 - Ejercicio N°2

Frecuencia Modulada (FM) en sistemas IoT

◆ ¿Qué es la Frecuencia Modulada (FM)?

La modulación FM es una técnica que codifica información en una onda portadora variando su frecuencia (sin cambiar su amplitud). Es ampliamente usada en radio difusión, pero también tiene aplicaciones en IoT para transmisión inalámbrica de datos.

¿Cómo se aplica FM en IoT?

En IoT, la FM se usa principalmente en:

[1] Sensores Inalámbricos de Largo Alcance (LPWAN)

- Algunas redes IoT de baja potencia (LPWAN) usan variantes de FM para mejorar la eficiencia en la transmisión de datos.

Ejemplo:

- LoRa (Long Range) utiliza Chirp Spread Spectrum (CSS), una técnica relacionada con FM, para enviar datos a kilómetros de distancia con bajo consumo (ej.: sensores de humedad en agricultura).

2 Comunicación en Vehículos y Telemetría

- Sistemas IoT automotrices pueden usar FM para enviar datos de telemetría (ubicación GPS , estado del motor).

Ejemplo:

- Rastreo de flotas con dispositivos que transmiten datos mediante bandas de radio FM (ej.: sistemas de logística).

3 Dispositivos de Monitoreo en Tiempo Real

- Sensores médicos o wearables pueden usar FM para evitar interferencias en entornos con mucho ruido eléctrico.

Ejemplo:

- Un marcapasos IoT podría transmitir datos del paciente mediante FM en una banda segura.





4 RFID y Identificación por Radiofrecuencia

- Algunas etiquetas RFID activas usan FM para mejorar la lectura a distancia.

Ejemplo:

- Seguimiento de ganado con tags RFID que transmiten datos vía FM.

¿Dónde se usa FM en IoT?

Aplicación	Ejemplo	Tecnología Relacionada
Agricultura 	Sensores de suelo con LoRa	LoRaWAN (usa CSS similar a FM)
Logística 	Rastreo de camiones con telemetría FM	Radio FM + IoT
Salud 	Wearables médicos con baja interferencia	Comunicación en banda estrecha (FM)
Smart Cities 	Sensores de tráfico o contaminación	Redes LPWAN con modulación FM-like

1. Limitaciones de la FM en IoT

- Ancho de banda limitado:
 - La FM tradicional ocupa más espectro que técnicas digitales (como FSK o LoRa), lo que reduce la eficiencia en redes IoT masivas.
 - Consumo de energía vs. alternativas:
 - Aunque es robusta contra interferencias, en IoT suele preferirse FSK (Frequency-Shift Keying) por ser más eficiente energéticamente.
-

2. Alternativas a FM en IoT

- FSK (Frequency-Shift Keying):
 - Versión digital de la FM, usada en protocolos como Zigbee y RFID.
Ejemplo: Un sensor de temperatura envía **0** y **1** cambiando ligeramente la frecuencia.
 - LoRa (Chirp Spread Spectrum):
 - Técnica derivada de FM, pero optimizada para largo alcance y bajo consumo.
-

3. Bandas de Frecuencia Usadas

- FM comercial (88–108 MHz): Poco usada en IoT por regulaciones.
- Bandas ISM (Industrial, Scientific, Medical):
- 433 MHz, 868 MHz (Europa), 915 MHz (América): Donde se aplican modulaciones similares a FM (ej.: sensores de bajo costo).

4. Desafíos Legales y Regulatorios

- Regulaciones por país:
 - Algunas bandas de radio requieren licencias (ej.: FM comercial), mientras que bandas ISM son libres (pero con límites de potencia). Ejemplo: En Europa, LoRaWAN opera en 868 MHz con restricciones de duty cycle (<1%).
-

5. Caso Práctico: FM vs. LoRa en Agricultura

Característica	FM Clásica	LoRa (FM-like)
Alcance	1–5 km (depende de potencia)	15+ km (en campo abierto)
Consumo	Alto (requiere potencia constante)	Ultra bajo (baterías por años)
Interferencias	Resistente, pero menos eficiente	Muy resistente (CSS)
Costo	Bajo (para aplicaciones simples)	Moderado (por infraestructura)

Conclusión: LoRa domina en IoT por su equilibrio entre alcance y consumo, pero en nichos (como telemetría vehicular), aún se usan variantes de FM.

6. Aplicaciones Innovadoras con FM en IoT

- Radio Data System (RDS):
- Algunos sistemas de transporte público usan RDS (sobre FM) para enviar actualizaciones de rutas a pantallas IoT.
- IoT en Emergencias:

- En zonas sin internet, sensores pueden transmitir datos críticos (ej.: nivel de ríos) mediante radio FM de baja potencia.

