INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Jornadas Virtuales Transformación Digital e Industria 4.0

Tecnologías inalámbricas para IoT: conectividad inteligente en un mundo conectado

Pablo De Césare[(1)], Gastón Pérez[(1)] y Enrique D'Onofrio[(1)]
(1) Departamento de Comunicaciones, Subgerencia Operativa de Electrónica y Energía
INTI, Av. Gral. Paz 5445, San Martín, Bs. As., Argentina | ddc@inti.Gob.ar

1. Resumen del Caso

La conectividad inalámbrica es el pilar central del Internet de las Cosas (IoT), permitiendo que millones de dispositivos inteligentes interactúen y compartan información de manera eficiente. Cada tecnología inalámbrica tiene características específicas que se adaptan a diferentes casos de uso, desde dispositivos de bajo consumo que requieren cobertura a larga distancia (LoRaWAN, Sigfox) hasta soluciones de alta velocidad para hogares y ciudades inteligentes (Wi-Fi, NB-IoT). La elección de la tecnología adecuada depende de factores clave como el consumo de energía, la velocidad de transmisión de datos, el rango de cobertura y la frecuencia de operación. En este póster, hemos explorado las tecnologías más relevantes que permiten el crecimiento del IoT y las aplicaciones que están transformando industrias enteras mediante soluciones conectadas.

2. Estado del Arte

Tecnología	Frecuencia	Tasa de bits	Sensibilidad de Receptor	Potencia Máxima Transmitida	Área de Cobertura	Consumo De Energía	Soporta Mesh	Latencia	Confiabilidad	Aplicaciones Comunes	Normativa ENACOM	Servicio INTI
Wi-Fi	2.4 GHz / 5 GHz (6 GHz con Wi-Fi 6)	Hasta 9.6 Gbps	~ -96 dBm	100 mW a 1W	50-100 m	Alto	No	Baja (1-10 ms)	Alta	Hogares inteligentes, cámaras de seguridad	Q2-63.02 V23.1	Sí (500 ensayos/año)
Bluetooth (BLE)	2.4 GHz	Hasta 2 Mbps	~ -90 dBm	10 mW	10-100 m	Muy bajo	Sí	Moderada (6-20 ms)	Moderada	Wearables, dispositivos de salud	Q2-63.02 V23.1	Sí (500 ensayos/año)
LoRaWAN	Bandas ISM 915 MHz	0.3 kbps a 50 kbps	Hasta -137 dBm	25 mW a 1W	Hasta 15 km rurales, 2-5 km urbanos	Muy bajo	No	Alta (> 100 ms)	Moderada	Agricultura, monitoreo ambiental	Q2-63.03 V23.1	Sí (20 ensayos/año)
Zigbee	2.4 GHz	Hasta 250 kbps	~ -102 dBm	20 mW	10-100 m (expandible con mesh)	Bajo	Sí	Moderada (20-50 ms)	Alta, especialmente en redes Mesh	Automatización del hogar, control de iluminación	-Q2-63.02 V23.1	Sí (20 ensayos/año)
Sigfox	Bandas ISM 902 MHz	100 bps a 600 bps	Hasta -142 dBm	25 mW	Hasta 50 km rurales, 3-10 km urbanos	Muy bajo	No	Alta (> 1000 ms)	Baja, limitada al tipo de red	Seguimiento de activos, monitoreo remoto	Q2-63.03 V23.1	Sí (20 ensayos/año)
NB-IoT	Bandas LTE	Hasta 250 kbps	~ -129 dBm	200 mW	Hasta 35 km rurales	Bajo	No	Alta (> 100 ms)	Alta	Ciudades inteligentes, medidores inteligentes	No hay normativa específica	No
LTE-M (Cat-M1)	Bandas LTE	Hasta 1 Mbps	~ -125 dBm	200 mW	Hasta 10-15 km	Bajo	No	Moderada (50-100 ms)	Alta	Seguimiento de vehículos, redes de sensores móviles	No hay normativa específica	No

5G NR

Modo 5G NR	Frecuencia	Tasa de bits	Sensibilidad de Recepción	Potencia Máxima Transmitida	Área de Cobertura	Consumo de Energía	Latencia	Confiabilidad	Seguridad Encriptación	Aplicaciones Comunes
M2M (Machine to machine)	Sub-6 GHz	100 kbps - 1 Mbps	~ -110 dBm	200 mW a varios Watts	Hasta 10-35 km	Muy bajo a bajo	Alta (> 100 ms)	Alta, diseñado para grandes volúmenes de dispositivos	3GPP (AES-128)	Sensores, monitoreo industrial, redes IoT masivas
eMBB (Enhanced Mobile Broadband)	Sub-6 GHz /mmWave	Hasta 20 Gbps (teórico)	~ -110 dBm debajo de 6 GHz, ~ -90 dBm en mmWave	200 mW a varios W, según la banda	Hasta 1 km en mmWave, 5-10 km en Sub-6 GHz	Moderado a alto	Baja (1-10 ms)	Alta, para aplicaciones de alto consumo de datos	3GPP (AES-128/256)	AR/VR, streaming en 4K/8K, redes de banda ancha móvil
URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications)	Sub-6 GHz /mmWave	Variable (depende de la aplicación)	~ -110 dBm debajo de 6 GHz, ~ -90 dBm en mmWave	200 mW a varios Watts	Hasta 1 km en mmWave, 5-10 km en Sub-6 GHz	Moderado	Muy baja (< 1 ms)	Extremadamente alta, comunicaciones críticas	3GPP (AES-128/256)	Vehículos autónomos, cirugías remotas, fábricas inteligentes