

BLE, WiFi, 868, 2G, 3G, 4G  
**Tecnologías RADIO**

**WHITEPAPER**

Basado en el seminario impartido  
por Matrix en febrero 2018

[www.matrix.es](http://www.matrix.es)



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	3
TECNOLOGÍAS RADIO.....	4
BANDA DE FRECUENCIAS RADIO .....	5
APLICACIONES.....	6
Bluetooth .....	7
WiFi .....	8
RADIO 868: Lora, LoraWan, SigFox, Wavenis .....	9
2G/3G/4G (LTE)... 5G.....	12
LTE para IoT.....	13
¿CUÁL ES LA MEJOR PARA MÍ? .....	14

# INTRODUCCIÓN

Debido al rápido crecimiento del Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT), cuando hablamos de Tecnologías RADIO para aplicaciones IoT, no existe una única fórmula para todas.

Cada vez hay más variedad de aplicaciones IoT pertenecientes a entornos muy diversos y por lo tanto con requisitos muy diferentes. Desde electrónica personal hasta maquinaria industrial, el resultado es que no hay un estándar que se pueda aplicar a todos, sino que dependiendo de las necesidades de cada aplicación/proyecto se implementaran unos protocolos de comunicación, bandas de frecuencia, estándares, etc.

Este paper pretende ser una guía a la hora de elegir la tecnología de conectividad inalámbrica adecuada para cada aplicación IoT.

# TECNOLOGÍAS RADIO

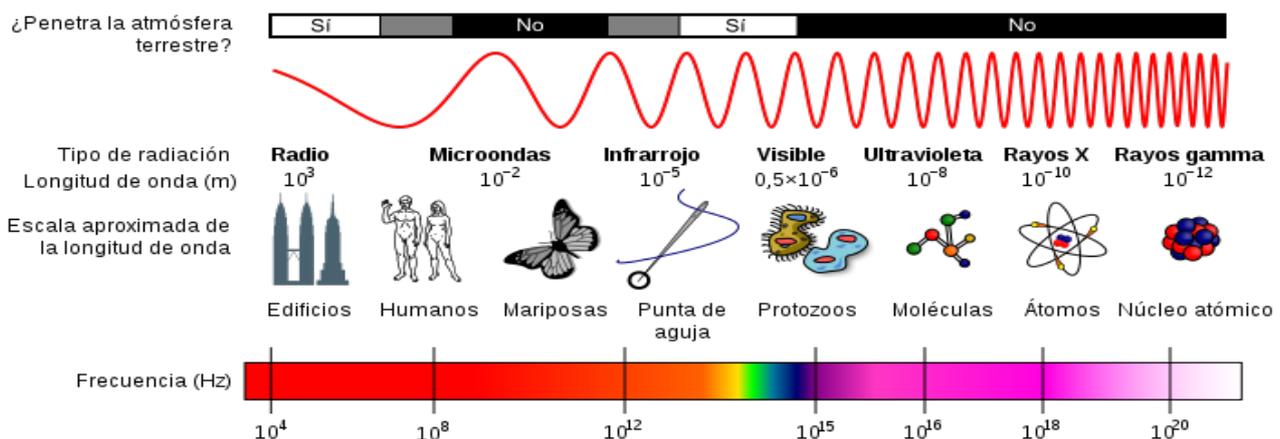
La tecnología RADIO se basa en la emisión de ondas electromagnéticas en la región menos energética del espectro electromagnético. Siendo el espectro electromagnético es la representación gráfica de la distribución energética de las ondas electromagnéticas.

En este diagrama se puede ver una representación gráfica del espectro electromagnético. En él podemos encontrar información sensible en 4 aspectos que, entre otros, definen una onda electromagnética.

La parte superior vemos el grado de penetración de la onda electromagnética en la atmósfera terrestre, es decir, siendo que las ondas electromagnéticas se pueden propagar en ausencia de medio (como puede ser el espacio) la propagación de la misma se ve afectada por el medio en el que se produce, en nuestro caso la atmósfera terrestre. De ahí que según que ondas estas se ven absorbidas o no por la atmósfera lo que favorecerá o mermará su propagación.

Debajo, vemos indicado la clasificación de las ondas electromagnéticas en base a su Longitud de Onda ( $\lambda$ ), distancia (metros) que recorre la onda entre dos máximos consecutivos. Empezamos la clasificación en las ondas RADIO (objeto de nuestro White Paper) hasta los Rayos Gamma en el extremo opuesto del espectro.

Finalmente aparece la clasificación de las ondas electromagnéticas en base a la frecuencia de las mismas, la frecuencia se define como el número de máximos consecutivos que se repiten en la onda en 1 segundo ( $f=\lambda/t$ ) y se mide en Herzios.



# BANDA DE FRECUENCIAS RADIO

La región RADIO se sitúa entre 3Hz y 300GHz e incluye varias sub-divisiones que se pueden ver en el siguiente cuadro.

NOMBRE	ABREVIATURA	BANDA	FREC.	LONGITUD
Frec. extremadamente baja	ELF (Extremely Low Frequency)	1	3-30Hz	100000-10000km
Super baja frecuencia	SLF (Super Low Frequency)	2	30-300Hz	10000-1000km
Ultra baja frecuencia	ULF (Ultra Low Frequency)	3	300-3000Hz	1000-100km
Muy baja frecuencia	VLF (Very Low Frequency)	4	3-30kHz	100-10km
Baja frecuencia	LF (Low Frequency)	5	30-300kHz	10-1km
Media frecuencia	MF (Medium Frequency)	6	300-3000kHz	1km-100m
Alta frecuencia	HF (High Frequency)	9	3-30MHz	100m-10m
Muy alta frecuencia	VHF (Very High Frequency)	11	30-300MHz	10-1m
Ultra alta frecuencia	UHF (Ultra High Frequency)	10	300-3000MHz	1m-100mm
Super alta frecuencia	SHF (Super High Frequency)	11	3-30GHz	100-10mm
Frec. extremadamente alta	EHF (Extremely High Frequency)	11	30-300GHz	10-1mm

# APLICACIONES

Existen muchas aplicaciones para tecnologías RADIO. Este paper va a abordar algunas de las aplicadas a comunicación wireless (inalámbricas) entre equipos. De entre ellas:

- Bluetooth
- WiFi
- 868 (Lora, LoraWan, SigFox, Wavenis)
- 2G/3G/4G (LTE)

# Bluetooth

Bluetooth es un protocolo de comunicación inalámbrica diseñado para establecer una comunicación punto a punto entre dos dispositivos. Dentro del rango de frecuencia RADIO, trabaja en la banda de 2,4GHz. Siendo un protocolo pensado originalmente para este tipo de conexión punto a punto posteriormente nació la versión del mismo que permitía una comunicación master esclavo con un número máximos de dispositivos conectados de ocho unidades.

Se trata de un protocolo de comunicación orientado a:

- Dispositivos de bajo consumo
- Dispositivos que requieren corto alcance de emisión
- Dispositivos receptores de bajo costo

El protocolo de comunicación Bluetooth se puede clasificar en función de su potencia de transmisión o bien en función de su ancho de banda (entre otros).

El siguiente cuadro muestra la clasificación de dispositivos Bluetooth por su potencia de transmisión:

CLASE	POTENCIA MÁX.	ALCANCE (aprox.)
Clase 1	100mW	~100 metros
Clase 2	2.5mW	~5-10 metros
Clase 3	1mW	1 metro

El siguiente cuadro muestra los dispositivos Bluetooth clasificados por su ancho de banda:

VERSIÓN	ANCHO DE BANDA (BW)
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0+EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0+HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	32 Mbit/s

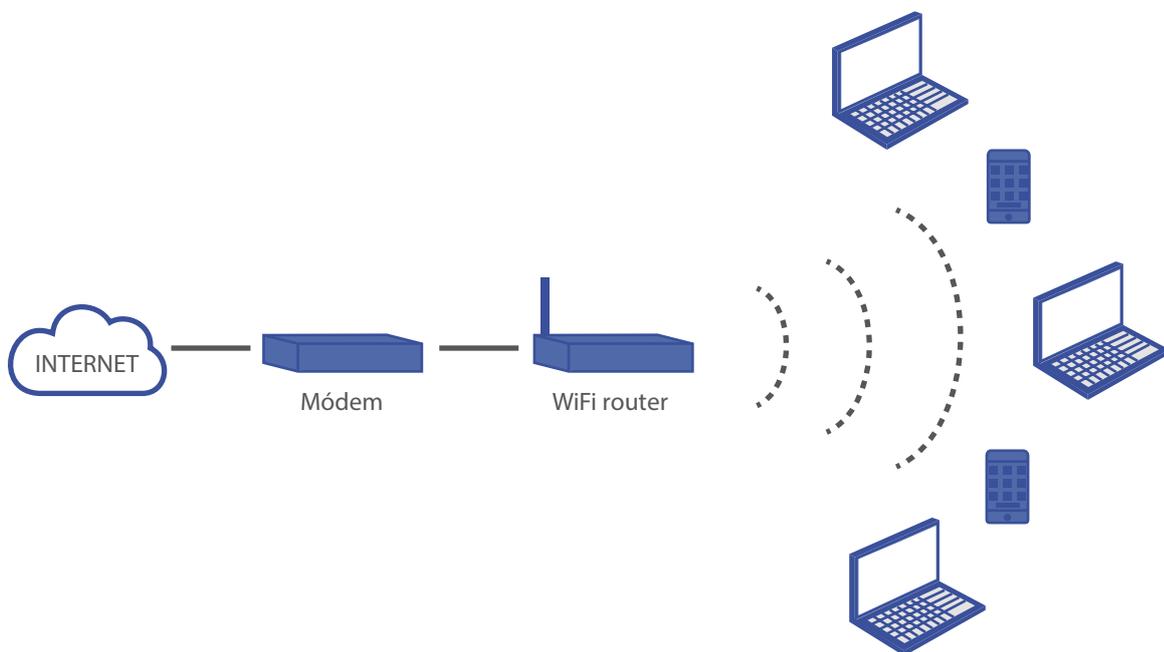
# WiFi

WiFi es un protocolo de comunicaciones basado en el standard wireless 802.11g. Algunas de las características que lo definen son:

- Permite conectividad entre múltiples dispositivos simultáneamente para lo cual se requiere de un equipo PUNTO DE ACCESO
- Permite conectividad punto a punto, WiFi DIRECT
- Frecuencia de trabajo es la banda de los 2,4GHz y 5GHz en el nuevo standard 802.11ac (WiFi 5)
- Su ancho de banda es de entre 54MBits y 300MBits, se trata de un protocolo de comunicación orientado a la transmisión de una gran cantidad de datos
- Alcance típico es de 100 metros campo abierto, algo menos en WiFi 5

## Principales inconvenientes

- Saturación de datos en su frecuencia de trabajo, tanto por número de dispositivos como por ser una banda compartida por otras tecnologías. Afecta sobre todo pérdida de datos a largas distancias
- Seguridad en las comunicaciones. Cambiar periódicamente contraseñas, cambiar SSID original de la red, usar protocolo de cifrado WPA2, configurar MAC permitidas en la red



## RADIO 868: Lora, LoraWan, SigFox, Wavenis

Se conoce como tecnologías RADIO 868 al conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica que trabajan en la banda de frecuencia de 868MHz. Algunas de las características de trabajar esta banda de frecuencia son:

- Al ser una banda de menor frecuencia con respecto a las anteriores permite un mayor alcance
- En Europa es una banda reservada a usos industriales, científicos y médicos
- Su ancho de banda dependerá del protocolo en concreto
- Alcance típico dependerá del ancho de banda, es decir que a más ancho de banda (más cantidad de datos que queramos transmitir) menos alcance tendremos

Los principales protocolos 868 a día de hoy son:

- Lora y su variante LoraWan
- SigFox
- Wavenis

Mención especial:

- ZigBee 868. Hoy la mayoría de las aplicaciones que lo siguen usando trabajan con ZigBee 2,4GHz. Fue uno de los primeros protocolos de comunicación entre múltiples equipos que surgió aunque ha sido desbancado por los actuales

### RADIO 868: Lora/LoraWan

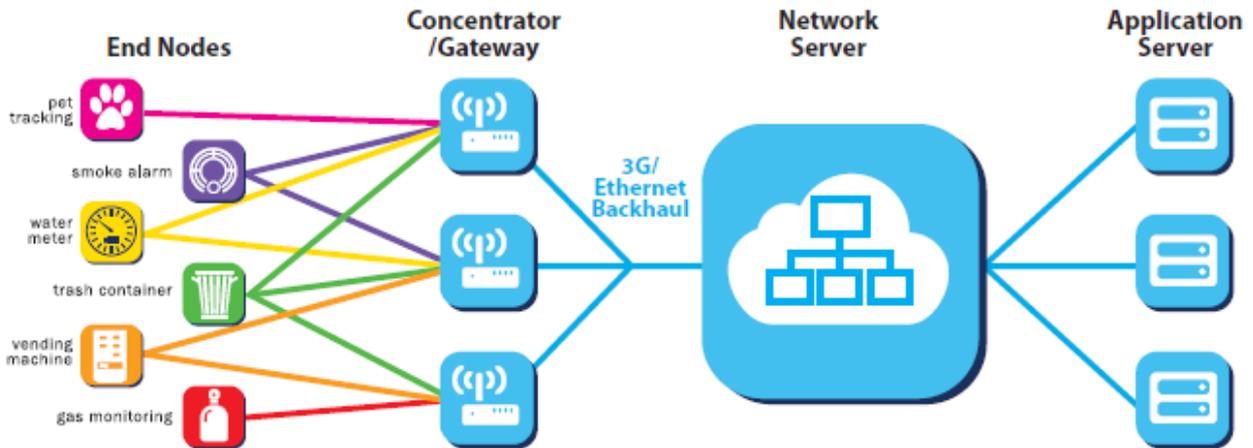
Lora, y su variante LoraWan son protocolos de comunicación inalámbrica diseñados específicamente para Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things).

- Permite un largo alcance, hasta 15km campo abierto
- Bajo ancho de banda, 250Bits-50kbits
- Bajo consumo de energía
- Permite crear tu propia red local LoraWan

Es un protocolo que permite una baja tasa de transferencia de datos, como suele ser el caso de las aplicaciones IoT y que por el contrario permite un largo alcance comparativamente hablando con los protocolos de comunicación anteriores.

Lora ha creado su propio ecosistema de antenas/concentradores LORA de modo que sus usuarios pueden registrar los sensores Lora en él, y así acceder a los datos transmitidos por los sensores en los servidores Lora de la nube. Todo ello previo pago de cuota de inscripción por equipo.

Por otra parte, el protocolo LORA también permite crearte tu propia red, convirtiéndose así en LoraWan. En la imagen abajo se puede ver un diagrama típico de conectividad en una aplicación LoraWan. En este caso, los sensores LORA se registran y transmiten información a Concentradores/Gateway propios y son estos últimos los que vía conexión Ethernet, Wifi, 3G, etc. envían los datos recibidos a servidor propio en la nube.

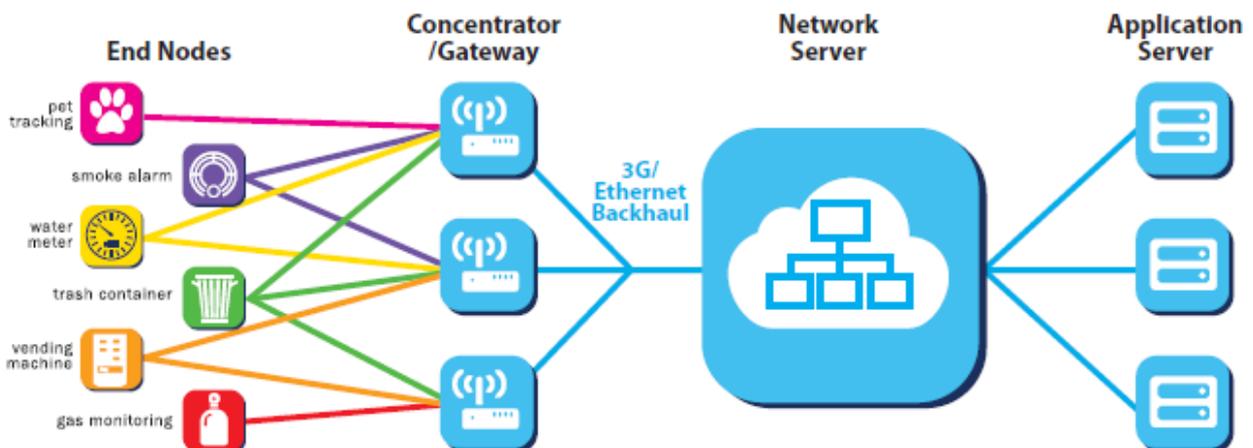


### RADIO 868: Wavenis

Al igual que Lora, Wavenis es un protocolo de comunicación inalámbrica diseñado para Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things). De hecho comparten muchas de las funcionalidades de comunicación.

- Permite un largo alcance, hasta 5km campo abierto, menor que Lora
- Permite el uso de repetidores para mejorar el alcance
- Bajo ancho de banda, 250KBits sensiblemente mayor que Lora
- Bajo consumo de energía
- Permite crear tu propia red local

En la imagen abajo se puede ver un diagrama típico de conectividad en una aplicación Wavenis. Muy similar como se puede apreciar a una aplicación LoraWan.





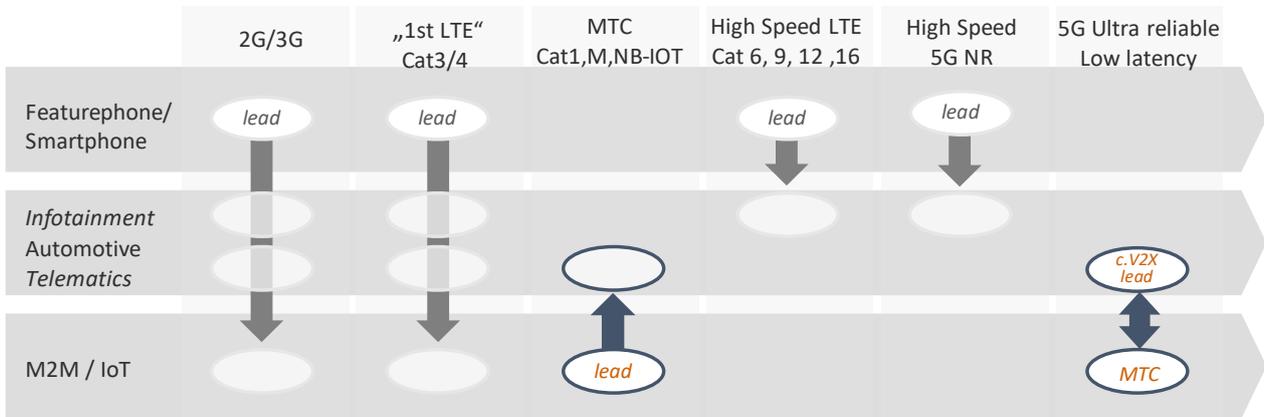
## 2G/3G/4G (LTE)... 5G

El 2G/3G/4G (LTE) son protocolos de comunicación inalámbrica que trabajan en bandas NO libres.

- El uso de la tecnología implica el pago de la misma, contrato con la compañía operadora.
- En tanto en cuanto tengas cobertura, tienes alcance.
- Diferentes anchos de banda en los que trabajan los protocolos de comunicación ha ido evolucionando según las aplicaciones a las que se han ido orientando.

Típicamente han sido tecnologías de comunicación inalámbrica orientadas a las Telecomunicaciones. Los primeros protocolos 2G permitían tan solo la comunicación hablada y el envío de datos (pocos comparado con lo que podemos hacer hoy en día) vía SMS. Fue con la llegada del protocolo 3G cuando se abrió en ancho de banda y se facilitó el envío de grandes cantidades de datos (fotos, videos, navegación internet, etc) hasta la llegada del 4G (LTE) que mejoró sensiblemente la velocidad de transmisión de datos.

Actualmente el protocolo 4G (LTE) sigue en constante evolución en función de las necesidades de las nuevas aplicaciones, así pues han surgido nuevas Categorías Cat.3/4 para aplicaciones de telefonía, las próximas high speed LTE Cat 6,9,12,16, el coming soon 5G. Y por supuesto las variantes orientadas al IoT, como las LTE Cat.1, M y el LTE narrow-band tan comentado últimamente y aún a la espera que pretenda liderar el campo de las comunicaciones inalámbricas en el sector del Internet de las Cosas.



## LTE para IoT

En la siguiente tabla se muestra una comparativa entre las principales propuestas 4G (LTE) para las aplicaciones IoT.

La comparativa se basa en parámetros ya comentamos en este paper como, ancho de banda permitido, frecuencia de trabajo, alcance y aplicación entre otros.

NIVEL	LTE CAT.1		LTE CAT.M		LTE CAT.NB1 NB.IoT	
Ancho de banda		20MHz		1.4MHz		200KHz
Data rate (UL/DL)		10/5Mbps		~375kbps*		~50kbps
Cobertura		0dB vs GSM (parecido a GSM)		15db vs GSM (2-3 aprox.)		23dB vs GSM (4 aprox.)
Latencia		milisegundos, tiempo real		milisegundos- segundo		segundo
Movilidad		continuo, traspaso completo		traspaso teléfono, traspaso inter RAT		limitado, cambio teléfono sin traspaso
Voz		voz, dos sentidos		implementación de voz en el futuro		solo datos
Batería		<5 años		>10 años		>10 años
Antena		2 antenas, 1 antena como excepción		1 antena		1 antena
Aplicación		Datos continuos		Datos limitados, capacidad FOTA, comunicación TCP/UDP		Mensajes simples, solo incr. FOTA, comunicación UDP

# ¿CUÁL ES LA MEJOR PARA MÍ?

Como hemos dicho inicialmente y a modo de resumen una vez hecho un repaso rápido sobre las características técnicas diferenciadoras entre protocolos, comentar que el mejor protocolo para cada aplicación/proyecto va a depender siempre de las características y necesidades del mismo, no siendo ningún protocolo excluyente de inicio y sucediendo en muchos casos que serán varios de ellos los que deberán coexistir en el proyecto para que el mismo llegue a buen término.

Todo ello teniendo en cuenta factores puramente tecnológicos y dejando al margen factores también determinantes en la ejecución o viabilidad de una aplicación/proyecto como presupuesto estimado, precio objetivo, referencias/posicionamiento en el mercado, etc. Factores también decisivos y a tratar en un próximo paper.