

Electroestimulación inalámbrica: Radio Frecuencia vs Bluetooth

©José D. Sablón Brito

Ingeniero Superior en Equipos y Componentes Electrónicos.

Madrid, España. 2017

I. Introducción.

Actualmente, estamos inmersos en la que se denomina revolución tecnológica de las comunicaciones inalámbricas, una revolución similar a la que protagonizaron en su momento la electricidad, la televisión, el ordenador o las mismas comunicaciones con cable, que supusieron nuevos modelos de negocio.

Una de las principales ventajas de esta tecnología es la movilidad: no depender del cable. El hecho de que el punto de entrada en la red de comunicaciones no esté ligado a una ubicación fija y que el medio de transmisión ya esté preparado favorece su expansión, que puede ser más rápida que la de cualquier otro tipo de tecnología.

Como el resto de fabricantes de dispositivos para entrenamientos EMS inalámbricos, nos encontramos con muy limitadas opciones para proporcionar una comunicación correcta entre la unidad de control principal y el módulo de recepción y nos planteamos la gran pregunta: debemos seguir un estándar inalámbrico popular, fácil de usar y barato como Bluetooth o desarrollar un protocolo específico y optimizado basado en módulos de Radio Frecuencia?.

Si bien las normas inalámbricas Bluetooth proporcionan el beneficio de la interoperabilidad, el bajo costo y la simplicidad de instalación o mantenimiento, también introducen complejidad al nivel de la detección correcta del usuario y muchas veces no pueden garantizar la correcta transmisión de las órdenes al sistema operativo final.

En general, las normas Bluetooth han ganado mucho espacio en el mercado debido a la interoperabilidad y los bajos precios de los dispositivos. Hasta 2014, sólo los protocolos Bluetooth han dominado el mercado de la electroestimulación inalámbrica. Una de las ventajas del Bluetooth es que brinda flexibilidad a los desarrolladores para personalizar aplicaciones a expensas de exigir a los desarrolladores que asuman el proceso de desarrollo.

Como cualquier producto, la adaptación es un componente vital para el éxito. Con su bajo costo y bajo consumo de energía, el Bluetooth parece ser un buen competidor en el mercado del EMS inalámbrico.

Pero como ingenieros, sabemos que la opción más fácil y barata rara vez es la mejor.

La única opción que se ofrecía como solución a los problemas de conectividad con dispositivos Bluetooth parecían ser los protocolos personalizados basados en la Radio Frecuencia clásica. Sin embargo, también presentaba desventajas: alto costo, mayor consumo de energía, diseño complicado...

Con el advenimiento de la tecnología de radiofrecuencia dirigida a aplicaciones de baja potencia, se ha creado un nuevo estándar inalámbrico que poco a poco ocupa el mercado.

Este artículo compara la tecnología inalámbrica Bluetooth 4.0 con los protocolos propietarios de RF en el mercado de dispositivos inalámbricos de entrenamiento EMS y su objetivo es brindar una visión general sobre ambos sistemas.

II. Teoría General de la Comunicación inalámbrica

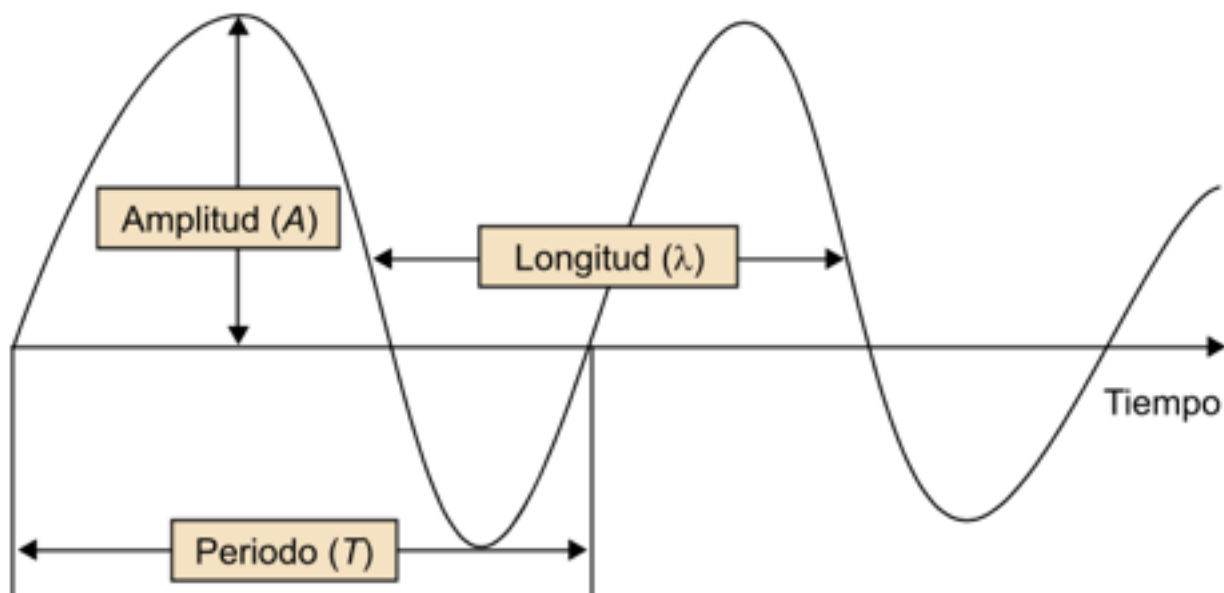
a) Componentes de una onda

Para poder entender las comunicaciones inalámbricas es necesario conocer los conceptos fundamentales que definen una onda electromagnética:

- Frecuencia (f). Número de oscilaciones por segundo de una onda o señal, se mide en Herz. Una onda que realiza cinco ciclos por segundo tiene una frecuencia de 5 Hz.

- Período (T). Cantidad de tiempo que tarda una onda en completar un ciclo:
 $T = 1/f$.
- Fase (ϕ). Posición relativa en el tiempo dentro del período simple de una onda.
- Longitud de onda (λ). Espacio que ocupa un ciclo completo de una onda, medido en metros: $\lambda = c/f$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente $3 \cdot 10^8$ metros/segundo).
- Amplitud (a). Máximo valor o potencia de una onda en el tiempo, típicamente medido en voltios o decibelios.

Componentes de una onda



b) Rangos de frecuencias

Los rangos de frecuencias más utilizados en las comunicaciones inalámbricas son los siguientes:

- Infrarrojos (IR). Se utilizan en comunicaciones punto a punto de corto alcance, son muy direccionables y no pueden atravesar obstáculos. Este medio se utiliza habitualmente en el mando a distancia de la televisión y hasta hace unos años era también un sistema de comunicación que se

utilizaba a menudo para conectar dispositivos situados el uno al lado del otro (un PDA con el ordenador o con un móvil y el teclado con el ordenador). Es el rango de frecuencia más alto para comunicaciones inalámbricas.

- Microondas (MW). Este rango de frecuencias es adecuado para transmisiones de largo recorrido (comunicaciones por satélite, comunicaciones terrestres punto a punto como alternativa al cable coaxial o la fibra óptica, y también la mayoría de las tecnologías inalámbricas más habituales que existen actualmente y que explicaremos brevemente en esta asignatura, como UMTS, Bluetooth o WLAN). Las microondas suelen ser direccionales y utilizan una parte del espectro con frecuencias más pequeñas que los infrarrojos.
- Radiofrecuencia (RF). Es el rango que utilizan las transmisiones de radio (FM, AM) y televisión digital terrestre (TDT). Las radiofrecuencias son omnidireccionales y pueden atravesar obstáculos sin ningún problema.

Otras frecuencias

Existen otros rangos de frecuencias del espectro electromagnético, como la luz ultravioleta, los rayos X o los rayos gamma, que podrían tener mejores prestaciones que los infrarrojos, los microondas y las radiofrecuencias, dada su frecuencia tan alta, pero no se utilizan porque pueden llegar a ser peligrosos para los seres vivos y, además, son difíciles de producir y modular.

III. Bluetooth

Bluetooth es una especificación regulada por el grupo de trabajo IEEE 802.15.1, que permite la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de 2,4 GHz.

Bluetooth permite conectar inalámbricamente diferentes dispositivos electrónicos, como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos móviles, ordenadores portátiles, etc., lo que facilita, abarata y garantiza la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes.

Bluetooth define un alcance corto (alrededor de 10 m) y, opcionalmente, un alcance medio (alrededor de 100 m).

IV. Radiofrecuencia inalámbrica

Un módulo RF (módulo de radiofrecuencia) es un pequeño dispositivo electrónico utilizado para transmitir y / o recibir señales de radio entre dos o más dispositivos. En un sistema embebido a menudo es deseable comunicarse con otro dispositivo de forma inalámbrica. Esta comunicación inalámbrica puede lograrse mediante comunicación óptica o mediante comunicación de radiofrecuencia (RF). Para muchas aplicaciones el medio de elección es RF, ya que no requiere línea de visión. Las comunicaciones RF incorporan un transmisor o receptor.

Los módulos de RF son ampliamente utilizados en diseño electrónico debido a la dificultad de diseñar circuitos de radio. Un buen diseño de radio electrónico es notoriamente complejo debido a la sensibilidad de los circuitos de radio ya la precisión de los componentes y disposiciones requeridos para lograr el funcionamiento en una frecuencia específica. Además, un circuito de comunicación de RF fiable requiere un cuidadoso monitoreo del proceso de fabricación para asegurar que el rendimiento de RF no se vea afectado negativamente.

Por último, los circuitos de radio suelen estar sujetos a límites en las emisiones radiadas y requieren pruebas de conformidad y certificación por parte de una organización de normalización como ETSI o la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (FCC). Por estas razones, los ingenieros suelen diseñar un circuito para una aplicación que requiere comunicación por radio y luego "caer" en un módulo de radio prehecho en lugar de intentar un diseño discreto, ahorrando tiempo y dinero en el desarrollo.

Varias frecuencias portadoras se usan comúnmente en módulos de RF disponibles comercialmente, incluyendo aquellos en las bandas de radio industriales, científicas y médicas (ISM) tales como 433,92 MHz, 915 MHz y 2400 MHz. Estas frecuencias se utilizan debido a las regulaciones nacionales e internacionales que rigen el uso de la radio para la comunicación. Los dispositivos de corto alcance también pueden utilizar frecuencias disponibles para las sin licencia, tales como 315 MHz y 868 MHz.

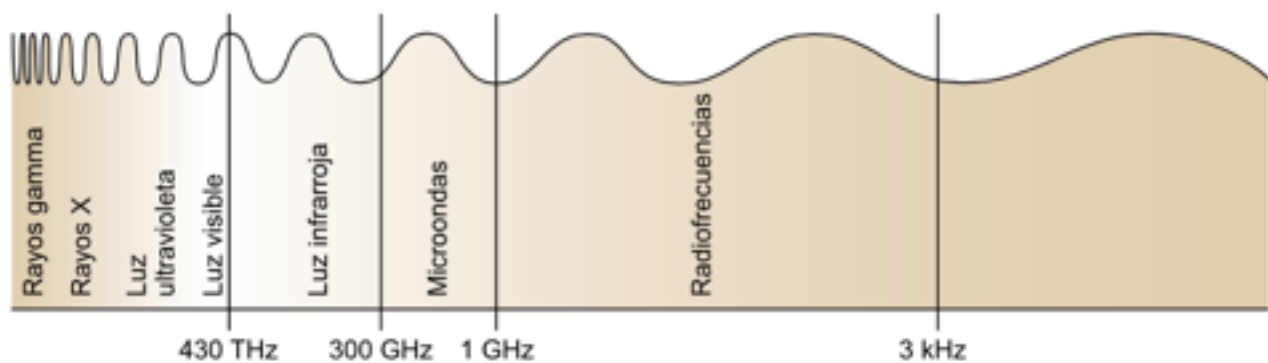
Los módulos de RF pueden cumplir con un protocolo definido para comunicaciones de RF, como Zigbee, Bluetooth de baja energía o Wi-Fi, o pueden implementar un protocolo propietario.

V. La solución RF

Para obtener un enlace de comunicación fiable, las redes RF personalizadas hacen uso de sus propios protocolos. Una red funciona en un canal para asegurar que el puente recibe paquetes de nodos. Si el canal se vuelve ruidoso, la red buscará un canal limpio y se instalará allí para reanudar con transmisiones exitosas. Si el hardware admite la transmisión DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), el protocolo cambia a este modo cuando se detecta interferencia antes de comenzar a buscar un canal más silencioso.

Son computacionalmente ligeros y optimizados para aplicaciones específicas con respecto al consumo de energía y sobrecarga de paquetes.

Espectro electromagnético



A) Consumo de energía

Los fabricantes patentados de chips de RF, de manera general, no revelan completamente el consumo de energía en sus especificaciones. Especifican que el consumo de energía depende de los ciclos de trabajo. Por lo tanto, los desarrolladores debemos obtener nuestros propios datos de consumo de energía mediante la instalación de tableros experimentales y sus respectivos entornos de prueba de firmware.

Como la energía es la principal preocupación en el mercado del EMS inalámbrico, con dispositivos alimentados por baterías, el estándar de baja energía de Bluetooth especifica que una aplicación no debe consumir más de 20 mA de corriente de pico y 15 mA en aplicaciones de celda para un máximo de 3 ms de transferencia de datos.

B) Fiabilidad y seguridad

La seguridad es el elemento que permite garantizar la confidencialidad, la autenticación y la integridad de los datos.

La capacidad de resistir la interferencia de otras tecnologías que comparten la misma banda de frecuencia es extremadamente importante ya que esto también afecta el rendimiento del usuario final. La robustez a la interferencia en el mundo de 2,4 GHz significa la capacidad de coexistir fiablemente con 802.11b/g, Bluetooth, WirelessUSB y una gran cantidad de teléfonos inalámbricos y hornos de microondas. Sólo un esquema de codificación inteligente con una buena metodología de salto de canal puede garantizar la fiabilidad de los datos.

Mientras que la comunicación de RF puede emplear DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum) junto con esquemas de transmisión FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum), el Bluetooth LE utiliza sólo tecnología de salto de frecuencia adaptable a todas las versiones de la tecnología Bluetooth.

C) Alcance

Las aplicaciones EMS inalámbricas suelen comunicarse en un rango corto, por lo tanto, la necesidad de un rango de más de 10 metros es muy raro. Si el intervalo de comunicación deseado es mayor, el nivel de consumo de energía del dispositivo también aumentará. Mientras que los protocolos de RF permiten soportar una gama más larga de 100 a 10 000 metros con la ayuda de amplificadores de potencia externos, la especificación Bluetooth sugiere un posible rango de únicamente 10 a 100 metros.

d) Rapidez de transmisión de datos

Los dispositivos Bluetooth soportan una tasa de datos over-the-air de sólo 256kbps debido a la sobrecarga.

Los protocolos RF personalizados tienen la ventaja de limitar la sobrecarga de paquetes según los requisitos de la aplicación y, por lo tanto, pueden ser capaces de soportar un rendimiento superior a 1 Mbps, lo cual es suficiente para aplicaciones de EMS inalámbricas.

e) Topología

La topología define cómo los nodos de comunicación están interconectados entre sí. Las topologías de red más comunes son en bus, estrella, anillo o punto a punto.

La mayoría de las aplicaciones EMS inalámbricas requieren una red punto a punto o una red en estrella (es decir, redes de sensores). Los protocolos de RF optimizan el protocolo para una topología particular. Dependiendo del micro controlador seleccionado y de la metodología de direccionamiento de un dispositivo esclavo en el sistema, el número de dispositivos esclavos que pueden conectarse en una red es siempre limitado.

VI. Conclusiones.

Todas las metodologías de conexión inalámbrica son útiles y eficaces en un entorno adecuado.

En un mercado en plena expansión y ultra exigente como el de los entrenamientos EMS, cada día se plantean nuevos desafíos que requieren una intervención por parte de los ingenieros que diseñamos y construimos los protocolos de interconectividad, que necesariamente deben garantizar una comunicación infalible entre el centro de mando (unidad principal del equipo) y los módulos esclavos del mismo (usuarios).

Nuestra experiencia en el desarrollo de pruebas y sistemas de medición comparada entre los distintos medios de comunicación inalámbrica nos demuestran que a pesar del alto coste de programación y fabricación de los módulos RF, estos son los únicos capaces de garantizar una comunicación exacta del dato, un rango de actuación amplio y expansible mediante la simple sustitución de antenas y una mejor comunicación entre los dispositivos.

©José D. Sablón Brito

Ingeniero Superior en Equipos y Componentes Electrónicos.

Lexter Microelectronic Engineering Systems

Departamento Técnico.

Madrid, España. 2017