

**Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones.**

**Profesor Ing. Jorge Morales.**

**Grupo 6**

**Alumna: Emma Gutiérrez**

## **Actividad Nro. 5**

**7) ¿Qué es un protocolo Bluetooth?, ¿Para qué se usa? Ejemplifique**



### **Protocolos Bluetooth**

Uno de los principales objetivos de la tecnología bluetooth es conseguir que aplicaciones de diferentes fabricantes mantengan una comunicación fluida. Para conseguirlo, receptor y transmisor deben ejecutarse sobre la misma pila de protocolos.

Bluetooth, una tecnología que pronto eliminará los cables para la comunicación entre dispositivos. Más que una tecnología, Bluetooth es un estándar para las comunicaciones inalámbricas que utiliza señales de radio en la banda de frecuencias alrededor de los 2,4 MHz. Cada dispositivo Bluetooth incorpora un chip de bajo consumo de potencia, que le permite transmisiones de radio seguras tanto de voz como de datos. Con todo esto, podemos construir una red de dispositivos (picored) con un alcance radial de hasta 10 m y hasta más si utilizamos los amplificadores adecuados. El número máximo de

dispositivos que forman una picored es de 8 y el máximo de picoredes que pueden coexistir en un mismo lugar es de 10.

## **INTRODUCCION**

Bluetooth define un estándar global, tanto hardware como software, de comunicación inalámbrica. Esta Tecnología posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia en distancias cortas, tanto si se refiere a ambientes de trabajo cerrados (oficinas, despachos, etc.) como si se refiere a espacios públicos. Uno de los objetivos de esta tecnología es la posibilidad de reemplazar o eliminar la gran cantidad de cables y conectores que enlazan unos dispositivos con otros. Además esta tecnología pretende facilitar la interacción y sincronización de los diferentes dispositivos tanto móviles como fijos que se desee, todo ello sin necesidad de visión directa entre ellos. Otro objetivo es la de obtener una tecnología de bajo coste y potencia que posibiliten dispositivos baratos.

## **HISTORIA**

El origen de esta tecnología estuvo en Lund, Suecia en febrero de 1994 por iniciativa de dos empleados de Ericsson Mobile Communications, el sueco Sven Mattisson y su colega holandés, Jaap Haartsen y junto con otros cuatro promotores de telecomunicaciones (Nokia, IBM, Toshiba e Intel) formaron el SIG (Special Interest Group). El propósito del consorcio era el establecimiento de un estándar universal para la interfaz radioeléctrica y el software que la controla, asegurando la operabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes. Actualmente el SIG está compuesto por nueve compañías: 3Com/Palm, Ericsson, IBM, Intel, Lucent Technologies, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba, y es apoyado por más de 2000 empresas de tecnología. Cada compañía aporta al SIG de acuerdo a su campo de negocios; ejemplo de esto es Nokia y Motorola que aportan sus conocimientos en comunicación, o Microsoft con el desarrollo de software para PC's y portátiles.

El nombre proviene del rey cristiano escandinavo Harald II apodado Blåtand o diente azul (bluetooth) que reino sobre Dinamarca y Noruega en el siglo X y que unifico varios pueblos y reinos.

## **DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

El objetivo de Bluetooth no era una tarea fácil, se debía desarrollar una tecnología barata, con bajo consumo de potencia y que permitiera transmitir por radio de manera segura y confiable. Quizá lo más difícil era funcionar en una frecuencia que permitiera su estandarización, esto debido a las diferentes normativas que en materia de comunicaciones tiene cada país. Bluetooth permite la comunicación inalámbrica de voz y datos entre dispositivos móviles, aparatos fijos, ordenadores, equipos de oficina, aparatos eléctricos y demás periféricos por medio de señales de radio, operando en una banda de frecuencias que van desde 2402 MHz a los 2480 MHz, no necesita licencia y está libre de uso en la mayor parte del mundo, con excepción de Francia, España y Japón quienes la usan con fines investigativos y médicos.

Disponibilidad que es muy importante para cumplir con la estandarización. Un aspecto importante tenido en cuenta al momento de desarrollar Bluetooth, fue lograr una comunicación con un bajo consumo de potencia, esto, debido al tamaño de los dispositivos móviles. Aunque Bluetooth trabaja con potencias relativamente bajas, entre 1 y 2.5 mWs, su sofisticado diseño garantiza la no-interferencia con otros dispositivos aún en zonas saturadas de ondas de radio. El radio de acción de la comunicación entre dispositivos está diseñado para un alcance óptimo de 10 mts pero puede llegar hasta los 100 mts si se utilizan los amplificadores adecuados.

## PILA DE PROTOCOLOS



**Figura 1.** Pila de Protocolos

La pila está constituida por dos clases de protocolos. Una primera clase llamada de protocolos específicos que implementa los protocolos propios de Bluetooth. Y una segunda clase formada por el conjunto de protocolos adoptados de otras especificaciones. Esta división en clases en el diseño de la pila de protocolos de Bluetooth permite aprovechar un conjunto muy amplio de ventajas de ambas. Por un lado, al implementar protocolos específicos de Bluetooth permite utilizar los beneficios que aporta la adopción de la tecnología Bluetooth. Por otro lado la utilización de protocolos no específicos ofrece la ventaja de la interacción de esta tecnología con protocolos comerciales ya existentes. Así como la posibilidad de que Bluetooth esté abierto a implementaciones libres o nuevos protocolos de aplicación de uso común. La pila de protocolos se puede dividir en cuatro capas lógicas:

Núcleo de Bluetooth: Radio, Banda Base, LMP, L2CAP, SDP

Sustitución de cable: RFCOMM

Protocolos adoptados: PPP, UDP, TCP, IP, OBEX, WAP, IRMC, WAE

Control de telefonía: TCS-binary, AT-Commands

Pese a que el núcleo de Bluetooth fue desarrollado en su totalidad por la SIG, algunos protocolos como RFCOMM y TCS-binary han sido desarrollados siguiendo las recomendaciones de otras instituciones de telecomunicaciones.

### Radio Bluetooth (RF)

Bluetooth fue diseñado para operar en un entorno de radio frecuencia ruidosa (LANs, mandos, hornos microondas), y para ello utiliza un esquema de reconocimiento rápido y saltos de frecuencia para garantizar la robustez del enlace. Este sistema opera en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, libre para ISM (Industrial, Científica, Médica) más exactamente comenzando en 2.402 GHz y acabando en 2.4835 GHz. Con canales RF (79 canales) de  $f = 2402 + k \text{ MHz}$  siendo  $k = 0.78$ .

El espacio entre canales es de 1 MHz, no obstante es necesario tener unos márgenes de protección respecto al ancho de banda de trabajo, así pues, el límite superior de protección es de 2 MHz y un límite inferior es de 3,5 MHz

La distancia nominal del enlace está comprendida entre 10 cm. y 10 m, pero se puede aumentar a más de 100 m elevando la potencia de transmisión. Otro aspecto importante es el consumo cuyos valores en los estados más habituales son 300uA (máx.), 30uA (standby), -50uA (hold/park).

### - Características de la modulación

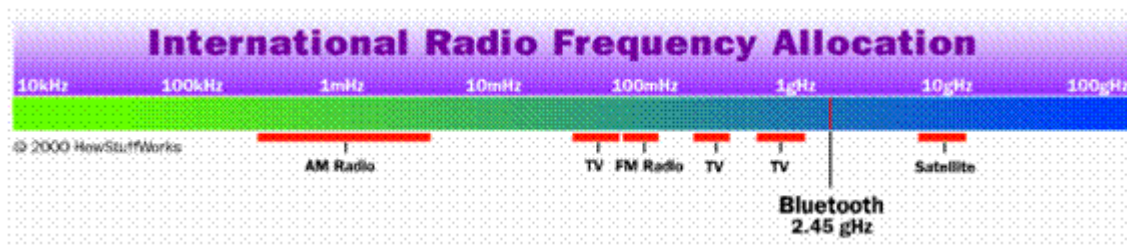
La modulación que emplea Bluetooth es GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) con un producto ancho de banda por tiempo  $BT=0.5$ . Este tipo de modulación permite un bajo coste. El índice de modulación debe estar entre 0.28 y 0.35. Un uno binario se representa por una desviación positiva de frecuencia y un cero binario como una desviación negativa. La desviación mínima no ha de ser menor de 115 KHz.

### Características del dispositivo receptor

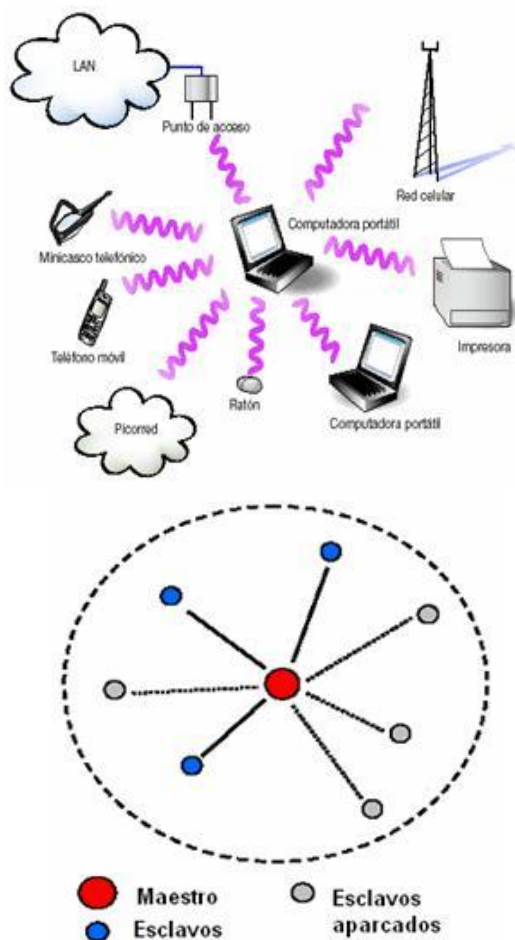
El aspecto más importante en el dispositivo receptor es el nivel de sensibilidad. Para poder medir una tasa de error de bit, el equipo receptor envía de vuelta la información decodificada. Para una tasa de error o BER (Bit Error Rate) del 0.1% se define el nivel de sensibilidad de un receptor Bluetooth mayor o igual a **-70dBm**.

### Banda Base (Base Band)

Baseband, es la capa física del diseño de Bluetooth. Esta define los canales físicos y los enlaces, aparte de otros servicios tales como información de conexión, errores de conexión, selección de canales y seguridad. Un canal Bluetooth, está representado por una secuencia de saltos seudo aleatorios a través de los 79 o 23 RF canales. Dos o más dispositivos Bluetooth que usan el mismo canal forman una piconet, como se muestra en la figura 3.



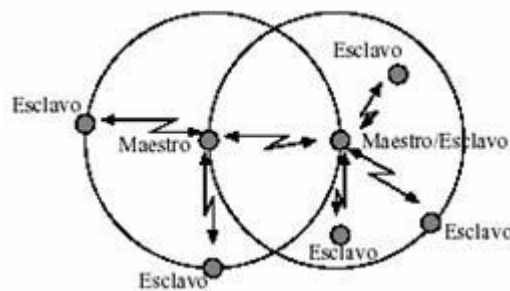
**Figura 2.** Locación de Radiofrecuencia



**Figura 3.** Piconet

El maestro (Master) es el responsable de la sincronización entre los dispositivos de la piconet, su reloj y saltos de frecuencia controlan al resto de dispositivos. Además el maestro es quien, de manera predeterminada, lleva a cabo el procedimiento de búsqueda y establecimiento de la conexión. Los esclavos simplemente se sincronizan y siguen la secuencia de saltos determinada por el maestro.

La topología Bluetooth permite la interconexión de varias piconets formando una scatternet (ver figura 4), Aunque no existe sincronización entre piconets, un dispositivo puede pertenecer a varias de ellas haciendo uso de la multiplexación por división del tiempo (TDD), aunque el dispositivo solo esta activo en una piconet a la vez.

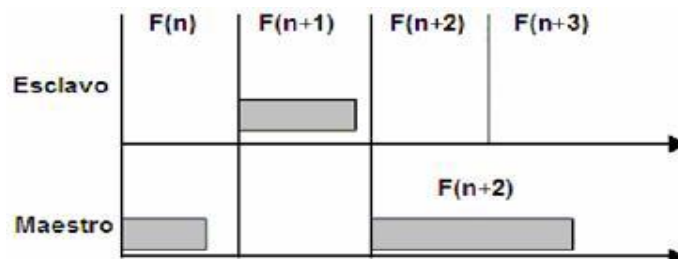


**Figura 4.** Scatternet

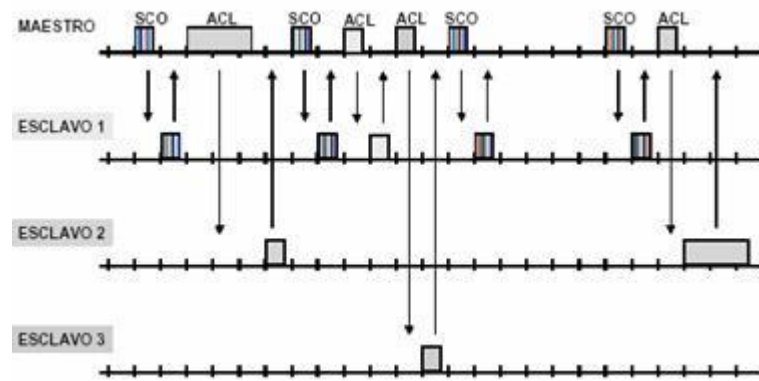
Un esquema TDD es usado cuando maestro y esclavo transmiten alternadamente. El canal físico contiene 79 frecuencias de radio diferentes, las cuales son accedidas de acuerdo a una secuencia de saltos aleatoria. El valor de saltos estándar es de 1600 saltos/s. El canal está dividido en **timeslots** o **slots** (ranuras de tiempo), cada slot corresponde a una frecuencia de salto y tiene una longitud de 625 us. Cada secuencia de salto en una piconet está determinada por la dirección del maestro (48 bits) de la piconet. Todos los dispositivos conectados a la piconet están sincronizados con el canal en salto y tiempo. En una transmisión, cada paquete debe estar alineado con el inicio de un **slot** y puede tener una duración de hasta cinco **timeslots**. Durante la transmisión de un paquete la frecuencia es fija. Para evitar fallos en la transmisión (crosstalk), el maestro inicia enviando en los **timeslots** pares y los esclavos en los **timeslots** impares (Ver figura 5).

La banda base maneja dos tipos de enlaces: SCO (Synchronous Connection-Oriented) y ACL (Asynchronous Connection-less), donde el enlace SCO es un enlace simétrico, punto a punto entre maestro y un solo esclavo de la piconet. El maestro mantiene el enlace SCO usando canales reservados en intervalos regulares. Los enlaces SCO principalmente se utilizan para la transmisión de voz. El maestro puede soportar tres enlaces SCO simultáneos. Los paquetes SCO nunca son retransmitidos y alcanzan velocidades de 64 KBps.

Los enlaces ACL son enlaces punto a multipunto entre el maestro y los esclavos que participan en la piconet. Solo un enlace ACL puede existir utilizando las franjas no reservadas para los enlaces SCO. Para los paquetes ACL si se aplica la retransmisión.



**Figura 5.** Esquema TDD



**Figura 6.** Trafico SCO y ACL en una piconet.

### Formato de paquetes Bluetooth

En Bluetooth todos los datos que se envían a través del canal son fragmentados y enviados en paquetes. Además la información se encuentra protegida mediante códigos detectores y/o correctores de errores. En cada ranura solo se puede enviar un paquete. El receptor los recibirá y los procesará empezando por el bit menos significativo.

Los paquetes se pueden clasificar en diferentes tipos atendiendo al número de slots (ranuras) que ocupan y dependiendo de si los enlaces son síncronos o asíncronos:

- Enlaces asíncronos: La tasa de transmisión máxima que se consigue se sitúa alrededor de 723 kbps. El campo de datos es de longitud variable. Hay tres tipos de paquetes según quepan en 1, 3 o 5 slots.
- Enlaces síncronos: El campo de datos de usuario es fijo. Este tipo de enlaces soporta full-duplex con unas tasas de transmisión mucho menores que en el caso de los enlaces asíncronos, alrededor de 64 kbps en los dos sentidos. Sólo hay paquetes que caben en 1 slot.

Los paquetes que ocupan 3 o 5 slots, son denominados multislots. Estos no utilizan saltos de frecuencia. Se envían por la misma frecuencia durante todos los slots que ocupe el paquete. Una vez finalizada la transmisión del paquete se cambia la frecuencia.

Composición del paquete: Código de acceso (72 bits): . Es usado para sincronización, identificación y compensación. Todos los paquetes comunes que son enviados sobre el canal de lapiconet están precedidos del mismo código de acceso al canal. Existen tres tipos diferentes de código de acceso o access code:

Channel Access Code o código de acceso al canal (CAC): identifica una piconet. Se incluye en los paquetes intercambiados en el canal de una piconet

Device Access Code o Código de acceso de dispositivo(DAC ): utilizado para procesos de señalización especiales.

Inquiry Access Code o Código de Acceso de Búsqueda (IAC ): utilizado para procesos de búsqueda de dispositivos. Se llamará IAC general cuando se quiere descubrir a otras unidades Bluetooth dentro del rango, o IAC dedicado cuando se desea descubrir unidades de un tipo específico

Cabecera (54 bits): Contiene información del control de enlace con 6 campos:

Dirección o AM\_ADDR: dirección temporal de 3 bits que se utiliza para distinguir los dispositivos activos en una piconet, siendo la dirección 000 la dirección broadcast.

Tipo: Define qué tipo de paquete es enviado y cuántos slots va a ocupar.

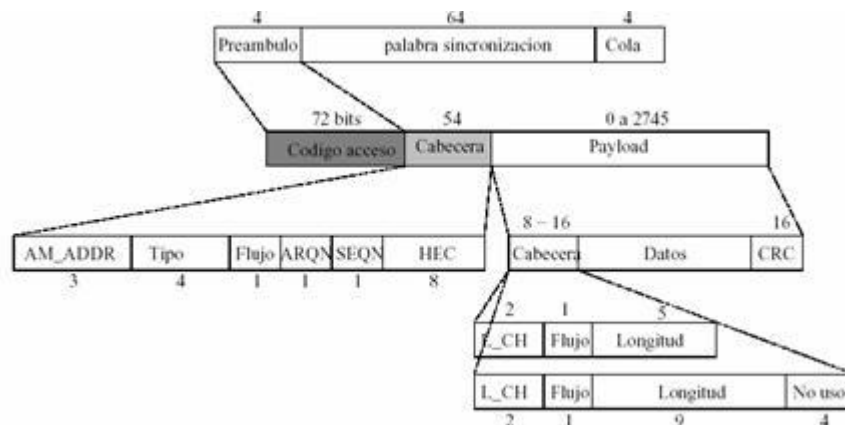
Flujo o Flow: El bit de control de flujo es usado para notificar al emisor cuándo el buffer del receptor está lleno y que debe de dejar de transmitir, en ese caso el bit tendrá el valor “0”.

ARQN: bit de reconocimiento de paquetes recibidos paquetes correcto o incorrecto (último paquete recibido). Si es un “1” es un ACK, y con un “0” un NAK.

SEQN: bit que se va invirtiendo para evitar retransmisiones en el receptor.

HEC Código de redundancia para comprobar errores en la transmisión.

Campo de datos o carga útil (hasta 2746 bits): Contiene el conjunto de datos que supone la información a transmitir.



**Figura 7. Composición del Paquete**

## Establecimiento de conexiones en Bluetooth

Para establecer nuevas conexiones se utilizan los procedimientos de acceso que son los de búsqueda opagingy los de pregunta oinquiry. Si no se conoce nada sobre el dispositivo remoto debe seguirse tanto el procedimiento inquiry como el de paging. Si se conocen algunos detalles del dispositivo remoto sólo será necesario el procedimiento de paging

### Pregunta (Inquiry)

El procedimiento de “inquiry” permite a un dispositivo descubrir qué dispositivos están en su zona de cobertura, determinando sus direcciones y el reloj de todos aquellos que respondan al mensaje de búsqueda. Entonces, si el dispositivo emisor lo desea, establecerá una conexión con alguno de los dispositivos descubiertos.

El mensaje de búsqueda no contiene ningún tipo de información sobre la fuente emisora del mensaje, no obstante, puede indicar qué clase de dispositivos deberían responder. Para poder conseguir esto existe un código de acceso de pregunta (GIAC) para preguntar por algún tipo de dispositivo en especial, y una serie de códigos de acceso de pregunta dedicados (DIAC) para tipos de dispositivos.

Así pues un dispositivo que quiera conectar con otro dispositivo en concreto continuamente transmite el mensaje GIAC en diferentes frecuencias de salto. La secuencia de saltos está determinada en el parte menos significativa de la dirección del GIAC, incluso cuando se utilizan los DIAC.



Un dispositivo que quiera ser descubierto, cada cierto tiempo entrará en un estado de escaneo de preguntas llamado “inquiry scan” para atender a estos mensajes.

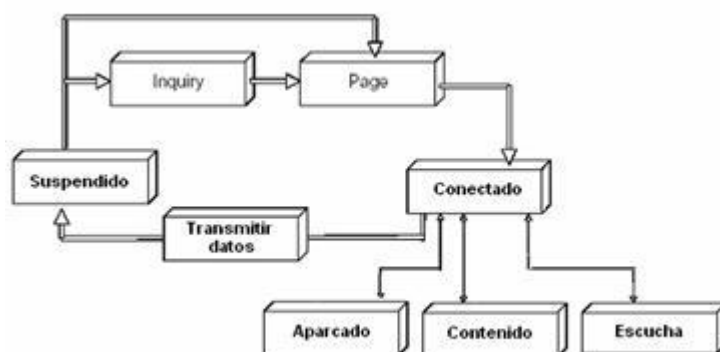
Una vez atendida la pregunta, el dispositivo destino, entrará en el modo “inquiry response” y transmite un mensaje de respuesta que consiste en una paquete FHS (Frequency Hop Synchronization), que tiene los parámetros del dispositivo. El maestro escucha las diferentes respuestas, pero nada más leer una respuesta continua escaneando por diferentes respuestas. En el caso de que exista contienda entre diferentes dispositivos, éstos, al no recibir respuesta del maestro, esperan un número aleatorio de slots y se mantienen a la escucha de un nuevo mensaje de pregunta del maestro.

## Búsqueda (Paging)

El procedimiento de “paging” sigue al de “inquiry”. El procedimiento de paging pregunta por la dirección de un dispositivo Bluetooth con el que queremos establecer la conexión. Este identificador del dispositivo se obtenido de las siguientes tres formas:

- Obtenida en la respuesta de un “inquiry”.
- Introducida por el usuario.
- Preprogramada por el fabricante del dispositivo.

Entonces el dispositivo maestro, que se encuentra en el estado page, inicia la transmisión transmite el código de acceso o DAC (Device Access Code) al dispositivo que deseamos que sea esclavo de forma repetida en diferentes canales de salto.



**Figura 8.** Establecimiento de conexiones bluetooth

Debido a que los relojes del maestro y del esclavo no están sincronizados, el maestro no sabe exactamente cuando y en qué frecuencia de salto se activará el esclavo por lo tanto maestro se quedará a la escucha entre los diversos intervalos de transmisión hasta recibir respuesta del esclavo.

Después de haber recibido su propio código de acceso de dispositivo, el esclavo transmite un mensaje de respuesta, simplemente indicará su código de acceso, y se queda activado en espera de la llegada del paquete FHS (Frequency Hop Synchronization), Cuando el maestro ha recibido este paquete ACK, envía un paquete de control con información acerca de su reloj, dirección, clase de dispositivo, etc. El maestro se queda a la espera de una respuesta.

El esclavo se activa y responde con un nuevo mensaje ACK donde envía de nuevo su dirección y a la vez cambia el código de acceso del canal y su reloj, tomando los del maestro incluido en el paquete FHS. El esclavo establece la conexión usando para ello el reloj y la BD\_ADDR del maestro para determinar la secuencia de salto del canal y el código de acceso.



Si el maestro no obtiene esta respuesta en un determinado tiempo, él reenvía el paquete de control. Si el esclavo excede el tiempo de espera, entonces vuelve al estado de page scan. Si es el maestro quien lo excede, entonces vuelve al estado de **pagee** informa a las capas superiores. Con el ACK, el maestro entra en modo de conexión establecida y usa su BD\_ADDR para cambiar a una nueva secuencia

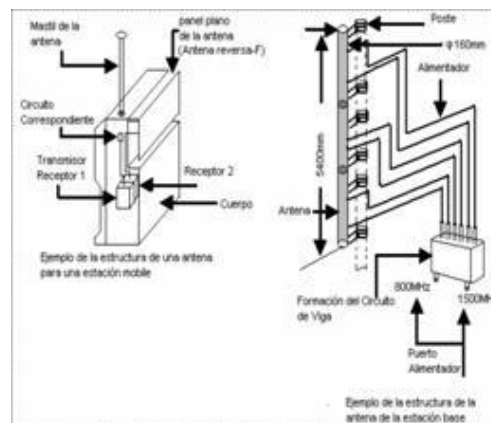
## AMPLIFICADORES DE POTENCIA APLICADOS A COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

En cualquier sistema de comunicaciones el principal parámetro de calidad es la relación (Carry / Noise o Portadora / Ruido) C/N en el receptor. Este parámetro define que tanta potencia de la señal se compara con la potencia de ruido presente en el canal. (Recordemos que Bluetooth por estar usando las frecuencias de 2.4 GHz es susceptible a interferencias por parte de hornos o instalaciones eléctricas). Cuya ecuación es la siguiente:

$$\frac{C}{N} = \frac{(ERP)L_p G_r}{N}$$

Donde ERP es la potencia radiada efectiva, L P son las pérdidas de propagación en el canal, G r es la ganancia en la antena receptora y N es la potencia efectiva de ruido. Normalmente el tipo de ruido que se considera es el ruido termino, el cual viene dado por:  $N=kTW$

Donde k es la constante de Boltzman, T es la temperatura de ruido del receptor y W es el ancho de banda del sistema. De acuerdo a las expresiones anteriores se puede determinar que la calidad del enlace es dependiente de los parámetros bajo control de diseño. El único parámetro fuera de control es el parámetro de propagación o perdidas por trayectoria. Esta pérdida se refiere a la atenuación que sufre la señal en su ruta entre el Tx y Rx.



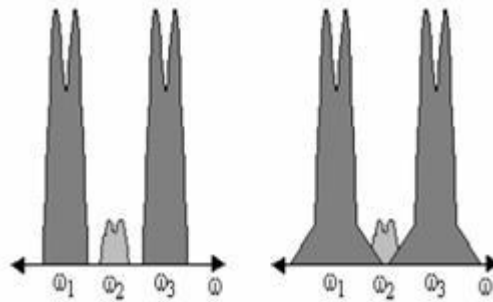
**Figura 9.** Diagrama de la sección de RF

Tomando en cuenta lo anterior en este trabajo analizaremos el diseño de la sección de RF de los transreceptores o optimizado el funcionamiento global de los sistemas de comunicaciones móviles.

## Requerimientos de Linealidad y Disipación de Potencia en Amplificadores de Potencia

Las transmisiones de las señales de RF a través del sistema móvil están fundamentalmente limitadas por la distorsión generada por el amplificador de potencia y por la potencia de DC consumida por el amplificador. En la mayoría de los casos la distorsión puede ser reducida pero solo a expensas de la disipación de la potencia incrementada.

La distorsión en el amplificador de potencia resulta en una modificación espectral de la señal de salida y un incremento en el ancho de banda de la señal (Figura 10)



**Figura 10.** Modificación de la señal en los amplificadores. Caso Ideal y con distorsión

Este recrecimiento espectral resulta del hecho de que cualquier operación no lineal en una forma de onda conteniendo frecuencias múltiples crea nuevas frecuencias de las frecuencias originales. Algunas de estas nuevas señales están a frecuencias adyacentes a la señal original y pueden crear una descomposición significativa de la señal (Productos de Intermodulación).

Aunque los amplificadores de potencia crean problemas de distorsión para todos los sistemas de comunicación esta resulta especialmente crítica en los sistemas móviles debido a la potencia recibida por la presencia de multitrayectorias y otras variaciones.

Al mismo tiempo que el amplificador de potencia debe de mantener un alto grado de linealidad, también debe de haber una reducción en la magnitud del consumo de la energía. Un factor importante en esto es la reducción en el voltaje de la batería. En especial si se desea aplicar estos tipos de amplificadores de potencia a PDA, PC portátiles y otros dispositivos electrónicos alimentados a baterías.

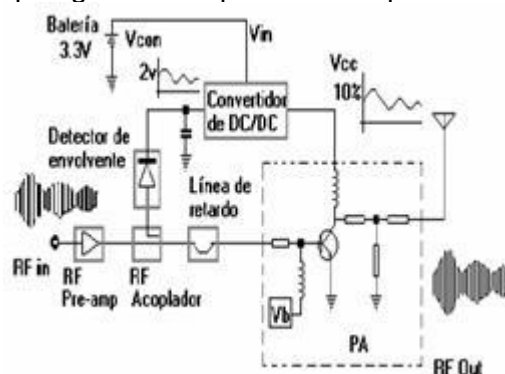
### Diseño del Amplificador de Potencia

El objetivo de mejorar las prestaciones en el amplificador de potencia se refleja directamente en una mejora de la relación C/I.

El diseño del amplificador de potencia para el sistema CDMA considera las siguientes especificaciones:

- Amplificador de Potencia (Clase AB)
- Nivel de Portadora máxima: 9dB
- Tipo de Transistor: BJT
- Ganancia de Potencia: > 20 dB
- Potencia de Eficiencia: 30% a la máxima potencia de salida.
- Máxima Potencia de Salida: 28 dB.

La figura 11 muestra el arreglo topológico del amplificador de potencia para una terminal móvil.



**Figura 11.** Arquitectura del Amplificador.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bluetooth: conceptos básicos y nuevas soluciones. . Juan José González. Ingeniero de Telecomunicaciones. Arrow Iberia Electrónica, Septiembre 2003  
[<https://www.redeweb.com/microbit/articulos/760903.pdf>]
- Bluetooth Specification Versión 1.0A. SIG [ <https://www.bluetooth.org> ]
- Curso Avanzado de Redes LAN y Redes MAN Tecnología Inalámbrica Bluetooth. Ing. Patricia Helena Fierro, Ing. Bibiana Suárez Otero. Bucaramanga 2001.
- Tecnología inalámbrica: Bluetooth – WiFi – WiMAX . Colegio Schonthal Católico Mixto. Departamento de Informática. Argentina

[ <https://www.schonthal.esc.edu.ar/nivmedio/informatica/wifi1.htm> ].

- Diseño de un sistema de Test para Bluetooth . Brian Fetz, Agilent Technologies.

[<https://www.redeweb.com/microbit/articulos/660903.pdf> ]