

SIMULACION DE LA CAPA FÍSICA Y MAC PARA REDES DE AREA PERSONAL  
BLUETOOTH (CORE v2.0 + EDR)

Miguel Antonio Fuertes Bravo

Anteproyecto de grado presentado  
como requisito parcial para optar  
el título de Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2005

SIMULACION DE LA CAPA FÍSICA Y MAC PARA REDES DE AREA PERSONAL  
BLUETOOTH (CORE 2.0 + EDR)

ESTUDIANTE  
Miguel Antonio Fuertes Bravo  
Código 0029553

Aprobación del director de Tesis

---

Ing. Fabio Germán Guerrero. M.Sc.

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2005

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	1
3. FORMULACION DEL PROBLEMA	3
4. JUSTIFICACION	4
5. OBJETIVOS	5
5.1 GENERAL	5
5.2 ESPECIFICOS	5
6. MARCO TEORICO	5
6.1 LA INTERFAZ AEREA DE BLUETOOTH	5
7. ASPECTOS METODOLOGICOS	10
8. RESULTADOS ESPERADOS	11
9. RECURSOS Y PRESUPUESTO	11
10. CRONOGRAMA	12
11. GLOSARIO, ACRONIMOS Y ABREVIACIONES	12
12. REFERENCIAS	14
13. BIBLIOGRAFIA	14

## 1. INTRODUCCION

La idea atractiva de lograr interconectar dispositivos electrónicos o compartir información entre sistemas de forma inalámbrica, ha emprendido la investigación de tecnologías que permitan este fin y así eliminar los cables de comunicación en gran proporción. Es así como vemos en el mercado productos con distintas tecnologías de comunicación inalámbrica como por ejemplo IEEE 802.11, Bluetooth, HiperLAN/PAN, HomeRF, IrDA; ofreciendo al consumidor distintas posibilidades con sugestivas características de interconexión como: velocidad de transmisión, cobertura, capacidad, desempeño, economía.

En 1998 nace una tecnología para redes inalámbricas de área personal se refiere, denominada Bluetooth. Su gran desempeño en cuanto a calidad de comunicación y economía ha sido el principal atractivo; su velocidad de transmisión, cobertura y capacidad satisface las necesidades básicas de una red de área personal.

Bluetooth que utiliza radiofrecuencia para el enlace, fue pensado para personas de negocios que viajan mucho, por lo que la operabilidad global es muy importante. Es así como Bluetooth se diseño para que trabajara sobre una banda de frecuencia de uso libre en todo el mundo, con algunas restricciones en algunos países, aunque esto involucra compartir el espectro con muchos otros dispositivos, por lo que la investigación de interoperabilidad con otros dispositivos y el mejoramiento de esta tecnología continua.

El presente trabajo de grado expone la creación de un modelo de simulación de la capa física y MAC (*“Medium Access Control”*) para redes de área personal Bluetooth, basándose en la especificación Bluetooth core v2.0 + EDR (*“Enhanced Data Rate”*). La simulación permitirá analizar el desempeño del enlace físico frente a distintas condiciones de trabajo, ofreciendo información para futuras correcciones o prevenciones en una implementación o mejoramiento de la tecnología.

## 2. ANTECEDENTES

En 1994 Ericsson inició un estudio para investigar la viabilidad de una interfase vía radio, de bajo coste y bajo consumo, para la interconexión entre teléfonos móviles y otros accesorios con la intención de eliminar cables entre aparatos. El estudio partía de un largo proyecto que investigaba sobre unos multi-comunicadores conectados a una red celular, hasta que se llegó a un enlace de radio de corto alcance, llamado *MC link*. Conforme éste proyecto avanzaba se fue viendo claro que éste tipo de enlace podía ser utilizado ampliamente en un gran número de aplicaciones, ya que tenía como principal virtud el que se basaba en un chip de radio relativamente económico.

En Febrero de 1998, se formó el grupo especial interesado (SIG, *“Special Interest Group”*), conformado por cinco promotores de esta tecnología: Ericsson, Nokia, IBM,

Toshiba e Intel. La idea era lograr un conjunto adecuado de áreas de negocio; dos líderes del mercado de las telecomunicaciones, dos líderes del mercado de computadoras portátiles y un líder de la fabricación de chips. El propósito de esta elección fue el de incidir fuertemente en el mercado de las comunicaciones inalámbricas, estableciendo un estándar de comunicación por radio que llamaron Bluetooth, permitiendo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diversos fabricantes. Además este sistema, dado que se orientó a gente de negocios que viaja frecuentemente, se deseaba que cumpliera con los siguientes objetivos: debería operar en todo el mundo; debe integrarse en equipos alimentados por baterías, por lo que debería consumir poca energía; y su conexión deberá soportar aplicaciones multimedia (voz y datos).

Para lograr cumplir con los objetivos en especial el de operabilidad global, se tomó como banda de frecuencia de trabajo la banda ISM (*"Industrial-Scientific-Medical"*) de 2.4GHz, banda de uso libre, con algunas restricciones en Francia, España y Japón. Pero debido a que esta banda este abierta a cualquiera, los dispositivos Bluetooth están expuestos a muchas fuentes de interferencia. Éstas pueden ser evitadas utilizando un sistema que busque una parte no utilizada del espectro o un sistema de salto de frecuencia. En los sistemas de radio Bluetooth se suele utilizar el método de salto de frecuencia debido a que ésta tecnología puede ser integrada en equipos de baja potencia y bajo coste. Éste sistema divide la banda de frecuencia en varios canales de salto, donde los transmisores, durante la conexión van cambiando de uno a otro canal de salto de manera pseudo-aleatoria. Con esto se consigue que el ancho de banda instantáneo sea muy pequeño y también una propagación efectiva sobre el total de ancho de banda. En conclusión, con el sistema FH (*"Frequency Hopping"*), se pueden conseguir transmisores de banda estrecha con una gran inmunidad a las interferencias [1].

Actualmente en Colombia, la telefonía celular ha ido introduciendo al consumidor a poseer dispositivos portátiles, así es que en la competencia, no solo es objetivo ofrecer excelentes servicios de comunicación de telefonía celular, sino también ofrecer equipos con numerosas aplicaciones en que el intercambio de información inalámbrica se ha hecho atractivo y de pronto una necesidad para las personas de negocios, y ha sido Bluetooth una de las posibilidades para satisfacer esta necesidad de conectividad. Así también las computadoras portátiles y PDA's (*"Personal Digital Assistant"*) han pasado a ser herramientas importantes para estas personas de negocio, donde mantenerse comunicado agiliza su productividad. Pero no solo los negocios ha acaparado esta tecnología, en el campo del entretenimiento podemos encontrar auriculares, joystick, juguetes que disponen de la tecnología Bluetooth; así también en el campo investigativo buscando entender su funcionamiento, complementando el aprendizaje sobre redes de área personal a ingenieros en el campo de las telecomunicaciones, optimizando su implementación o aportando para mejorar esta tecnología.

En el campo investigativo, el mejoramiento de la tecnología en coexistencia con otros dispositivos o tecnologías, ha encaminado distintos trabajos, por nombrar uno,

desarrollado en la Universidad de Leeds, en el Instituto de sistemas informáticos integrados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en U.K., que trata sobre coexistencia de 802.11g WLANs con Bluetooth [2].

En la Universidad del Valle en el Área de Telecomunicaciones se han desarrollado dos proyectos de grado que involucran la tecnología Bluetooth (“Implementación de una red inalámbrica Bluetooth” [3], “Desarrollo de una aplicación de redes inalámbricas para el monitoreo de eventos y transmisión de datos utilizando tecnología Bluetooth” [4]), pero el propósito de éste trabajo de grado es complementar los trabajos anteriores sobre Bluetooth, utilizando la técnica de simulación como método de investigación, sumándose a otros proyectos desarrollados y otros que están en curso sobre simulaciones de los sistemas de telecomunicaciones que hoy en día hacen parte de nosotros.

### **3. FORMULACION DEL PROBLEMA**

El objetivo primordial de un sistema de comunicación es ofrecer un excelente medio de conectividad, en el que se pueda compartir eficientemente información y recursos. Para cumplir con este objetivo, estos sistemas se componen de complejos subsistemas, desarrollados por distintos equipos de ingenieros de una o varias organizaciones, realizando tareas específicas, que al trabajar en conjunto, brindan un robusto sistema de comunicación.

Las simulaciones han permitido profundizar las investigaciones de muchos campos, como por ejemplo simulaciones de modelos de sistemas mecánicos, sistemas eléctricos entre otros; permitiendo la comparación de los datos prácticos y teóricos, o simplemente con datos teóricos percibir una visión de la operabilidad de sistemas altamente complejos en distintos ambientes de trabajo, o que la implementación física sea demasiado costosa.

Para desarrollar un modelo de simulación y simular un sistema de comunicación moderno, se requiere entender a fondo cada uno de los subsistemas que lo conforman, comprendiendo en detalle su función específica y como trabajan en conjunto todos estos subsistemas dentro del complejo sistema de comunicación.

Así para este trabajo de grado, la obtención o construcción de un completo modelo de simulación para el sistema de comunicación de redes de área personal Bluetooth, mas específicamente de su capa física de enlace y la capa de acceso al medio (MAC), requiere de un vasto entendimiento de la especificación (estará basada en Bluetooth core v2.0 + EDR) dada por las organizaciones que la desarrollaron. Con estas simulaciones se aspira obtener datos como tasa de error de bit, velocidad versus distancia, eficiencia de detección de errores entre otros, que permitan medir o analizar el desempeño de la capa física y MAC ante distintas condiciones de operación (p.e., presencia de ruido blanco gaussiano aditivo, cambio del número de usuarios, coexistencia con otros dispositivos).

#### 4. JUSTIFICACION

Son cinco los promotores que dieron nacimiento a la tecnología de comunicación inalámbrica Bluetooth, conocidos como el grupo SIG (*“Special Interest Group”*): Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel. Pero en la actualidad son más de 2500 empresas que ahora trabajan con el estándar Bluetooth [5]. Es así como en el mercado encontramos muchos productos que implementan esta tecnología, ya sea por su gran desempeño o economía. Se estima que para finalizar el año 2005 se venderán en todo el mundo cerca de 316 millones de dispositivos equipados con Bluetooth y que para el año 2009 esta cifra de venta llegará a los 866 millones de dispositivos [6] como en celulares, agendas personales, computadoras portátiles, auriculares, distintos periféricos entre otros, incluso abriéndose campo de la oficina y lo personal hacia la implementación en la industria. Aún más, con la salida de la especificación Bluetooth core v2.0 + EDR, la cual promete muchas mejoras, como por ejemplo aumento de la tasa de transmisión, amplía en el comercio las expectativas en esta tecnología.

Pero esta tecnología trabaja en la banda de frecuencia libre de los 2.4GHz, banda conocida como ISM (*“Industrial-Scientific-Medical”*) y en Colombia con la expedición de la resolución 689 del 21 de abril de 2004 considerada como “norma inalámbrica unificada” [7], permite la libre utilización de sistemas inalámbricos de baja potencia en esa banda, por lo que Bluetooth tiene que coexistir con muchos otros dispositivos como hornos microondas, teléfonos inalámbricos y varias tecnologías inalámbricas como IEEE 802.11. Es así, que viabiliza la idea de construir una herramienta de análisis del desempeño y comportamiento de la capa física y MAC en distintas condiciones de trabajo y en coexistencia con otros dispositivos que trabajen en la banda ISM, sirviendo tanto pedagógicamente como también en la investigación para el mejoramiento de la tecnología u optimizar su implementación.

Esta herramienta consiste en el desarrollo de un simulador por computadora de la capa física del enlace y capa de acceso al medio de la tecnología Bluetooth, basado en la especificación Bluetooth Core v2.0 + EDR. Con este simulador se desea realizar distintos análisis causa – efecto, lo que permitirá un reconocimiento de los orígenes de problemas en el enlace físico y facilitando la búsqueda de soluciones, permitiendo tomar acciones ya sea correctivas o preventivas. Además servirá como herramienta didáctica para facilitar y mejorar el aprendizaje sobre el funcionamiento de esta tecnología a estudiantes de ingeniería en el campo de las telecomunicaciones.

Otro motivo para la realización de este trabajo de grado, es contribuir con el Área de Telecomunicaciones y el grupo de investigación SISTEL (Grupo de Investigación de Sistemas de Telecomunicaciones), complementar los trabajos desarrollados sobre la tecnología Bluetooth en el Área de Telecomunicaciones (*“Implementación de una red inalámbrica Bluetooth”* [3], *“Desarrollo de una aplicación de redes inalámbricas para el monitoreo de eventos y transmisión de datos utilizando tecnología Bluetooth”* [4]) y continuar con la simulación como técnica de estudio e investigación, ya que la

complejidad de los sistemas de telecomunicaciones actuales y futuros, impulsan a usar métodos distintos a la implementación para el estudio de los mismos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 GENERAL**

Desarrollar un modelo de simulación de la capa física y capa de acceso al medio (MAC) para sistemas de redes de área personal Bluetooth (core v2.0 + EDR).

### **5.2 ESPECIFICOS**

- Analizar el desempeño de la capa física del enlace en condiciones ideales.
- Analizar el desempeño en la capa física del enlace debido al cambio del número de periféricos o usuarios (esclavos), atendidos por un periférico o usuario (maestro).
- Analizar los efectos en la capa física del enlace debido a la interferencia multitrayectoria.
- Analizar el desempeño en la capa física del enlace debido a la interconexión de varias piconets (scatternet).
- Simular las funciones más sobresalientes de la capa MAC en una red Bluetooth.
- Analizar los efectos en la capa física del enlace en coexistencia con redes WLAN IEEE 802.11g.

## **6. MARCO TEORICO**

Bluetooth es la interfaz de radio universal en la banda de frecuencia de los 2.45Ghz que permite que los dispositivos electrónicos se conecten y comuniquen inalámbricamente en un rango de corto alcance, formando redes ad hoc.

### **6.1 LA INTERFAZ AEREA DE BLUETOOTH [1]**

El enfoque de escenarios de uso fue para productos que típicamente emplean personas de negocios que viajan mucho. Así entonces, para el diseño de la interfaz aérea de Bluetooth se citaron los siguientes requerimientos:

- El sistema debe operar en todo el mundo.
- La conexión debe soportar voz y datos (aplicaciones multimedia).
- El transmisor de radio debe ser pequeño y operar con baja potencia. Debe ser portable, de tal modo que se pueda incorporar en teléfonos móviles, auriculares y asistentes personales.

### Banda de frecuencia libre

Para poder operar en todo el mundo, se requería de una banda de frecuencia disponible globalmente. Solamente la banda de frecuencia que satisfacía ese requerimiento es la banda de 2.45GHz, denominada banda ISM (*“Industrial-Scientific-Medical”*), en la cual el rango de frecuencia va desde 2400 a 2483.5 MHz, con algunas restricciones en Japón, Francia y España.

### Saltos de frecuencia

Debido a que la banda ISM es de uso libre, los sistemas de radio deben coexistir con varios dispositivos que provocan interferencia, como por ejemplo monitores de bebés, controles de puertas de garajes, teléfonos inalámbricos y hornos microondas. Estas interferencias pueden ser evitadas, buscando espacios no usados en el espectro. Bluetooth usa saltos de frecuencia (FH) espectro disperso, tecnología que posibilita implementaciones de radio de bajo costo y baja potencia. Éste sistema divide la banda de frecuencia en varios canales de salto, donde, los transmisores, durante la conexión van cambiando de uno a otro canal de salto de manera pseudo-aleatoria. Con esto se consigue que el ancho de banda instantáneo sea muy pequeño y también una propagación efectiva sobre el total de ancho de banda. En conclusión, con el sistema FH se pueden conseguir transmisores de radio de banda estrecha con una gran inmunidad a las interferencias.

### Definición de canal

Bluetooth utiliza el esquema salto de frecuencia/división de tiempo duplex (FH/TDD) (Figura 1). El canal es dividido en intervalos de  $625\mu\text{s}$ , llamados slots, donde diferentes saltos de frecuencia son usados para cada slot. Esto da una tasa de saltos de 1600 saltos por segundo. Los slots son usados alternadamente para transmisión y recepción resultando un esquema TDD.

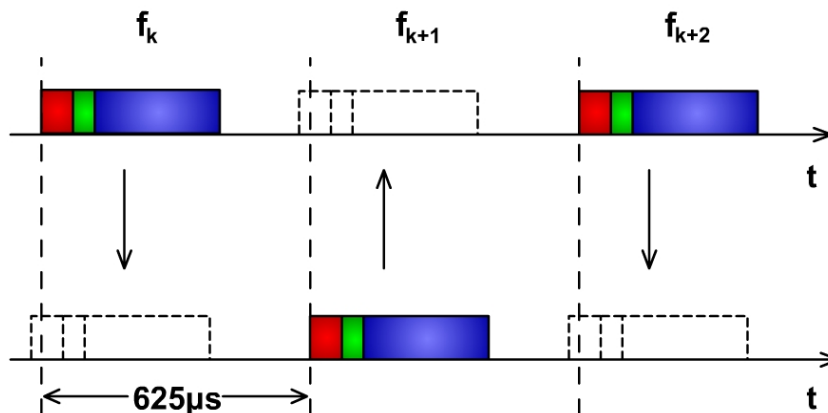
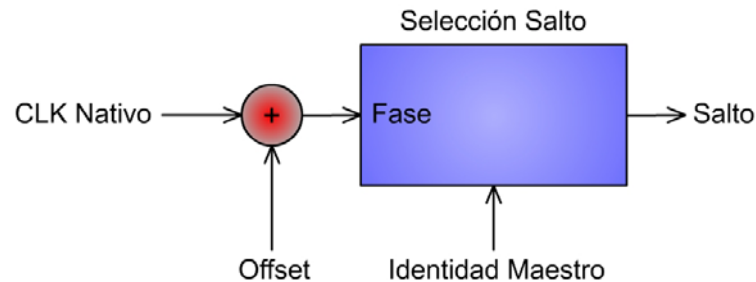


Figura 1. Salto de frecuencia/división de tiempo duplex.

Dos o más unidades Bluetooth pueden compartir el mismo canal dentro de una piconet, donde una unidad actúa como maestra, controlando el tráfico de datos en la piconet que se genera entre las demás unidades, donde estas actúan como esclavas, enviando

y recibiendo señales hacia el maestro. El salto de frecuencia del canal está determinado por la secuencia de salto, es decir, el orden en que llegan los saltos, y por la fase de ésta secuencia (Figura 2). En Bluetooth, la secuencia esta determinada para identificar el maestro de la piconet y la fase esta determinada para la unidad de reloj del sistema maestro.

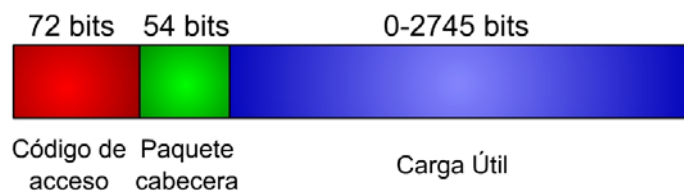


**Figura 2.** Esquema de selección de salto.

Los canales hacen uso de varios, igualmente espaciados, fragmentos de 1MHz. Con modulación GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) se alcanzan tasas de transmisión nominales de 1Mbit/s. Para la especificación core V2.0 + EDR, con modulación  $\pi/4$  DQPSK (“*pi/4 phase Differential Phase Shift Keying*”) la tasa de transmisión nominal es de 2Mbit/s y con 8DQPSK (“*8 phase Differential Phase Shift Keying*”) se tiene 3Mbit/s [8].

### Definición de paquete

Cada paquete comienza con 72-bits de código de acceso que es derivado de la identidad del maestro y es único para el canal (Figura 3). Sobre la piconet se compara las señales de llegada con el código de acceso. Si las dos no coinciden, el paquete no es considerado válido sobre el canal y el resto de l contenido es ignorado. Además de identificar el paquete, el código de acceso también es usado para sincronización y compensación del offset. Seguido del código de acceso esta el paquete cabecera. Contiene información importante de control, la cual contiene tres bits de dirección de control de acceso al medio (MAC), tipo de paquete, control de flujo de bits, bits para esquema de pregunta de retransmisión automática (ARQ, “*Automatic Retransmission Query*”) y campo de detección de error de cabecera (HEC, “*Header Error Check*”). La cabecera tiene una longitud fija de 54-bits. La carga útil o los datos de información pueden o no pueden seguir después de la cabecera. La longitud de la carga útil puede variar de 0 a 2745 bits.



**Figura 3.** Formato de paquete

### Definición de enlace físico

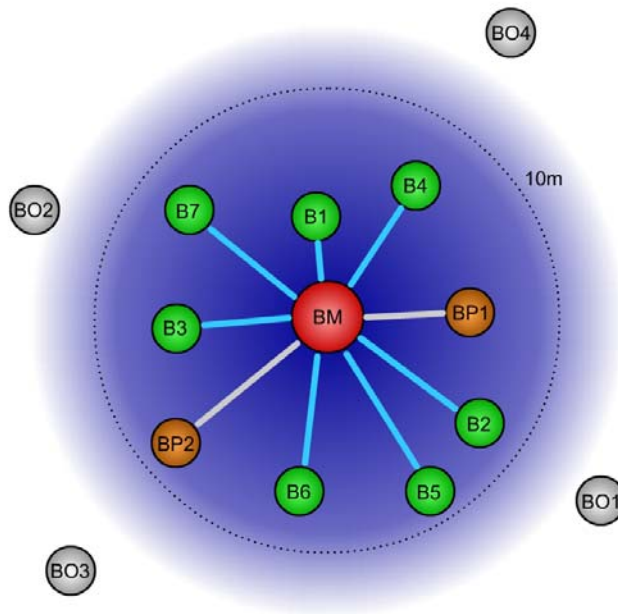
Dos tipos de enlace han sido definidos para soportar aplicaciones multimedia:

- Enlace sincrónico orientado a la conexión (SCO, “*Synchronous Connection Oriented*”)
- Enlace asincrónico no orientado a la conexión (ACL, “*Asynchronous connectionless*”).

EL enlace SCO soporta conexiones simétricas, conmutación de circuitos, conexiones punto a punto típicamente usadas para voz. ACL soporta conexiones simétricas o asimétricas, conmutación de paquetes, conexiones punto a multipunto, típicamente usadas para transmisión de datos.

### Piconets

Dos o más unidades Bluetooth pueden compartir un canal dentro de una piconet. Para regular el tráfico del canal, uno de los participantes debe convertirse en maestro de la piconet. Cualquier unidad puede llegar a ser un maestro, así también los participantes pueden cambiar el rol, si un esclavo quiere ser maestro; mas sin embargo, solo un maestro puede existir en una piconet al tiempo. Se admite un solo maestro y hasta 7 esclavos simultáneamente, aunque pueden permanecer hasta 256 esclavos vinculados al maestro en un estado especial de relativa inactividad denominado Parked (Figura 4).



**Figura 4.** Formación de una piconet

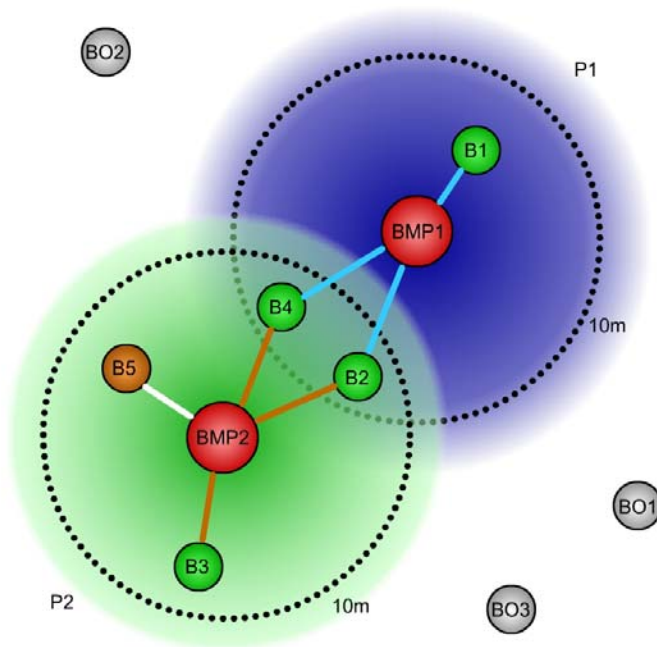
### Scatternet

Los equipos que comparten un mismo canal sólo pueden utilizar una parte de la capacidad de este. Aunque los canales tienen un ancho de banda de un 1MHz, cuantos

más usuarios se incorporan a la piconet, disminuye la capacidad hasta unos 10 kbit/s más o menos. Teniendo en cuenta que el ancho de banda medio disponible es de unos 80 MHz en Europa y Estados Unidos (más angostas en Japón, Francia y España), éste no puede ser utilizado eficazmente, cuando cada unidad ocupa una parte del mismo canal de salto de 1MHz. Para poder solucionar éste problema se adoptó una solución de la que nace el concepto de scatternet (Figura 5).

Las unidades que se encuentran en el mismo radio de cobertura pueden establecer potencialmente comunicaciones entre ellas. Sin embargo, sólo aquellas unidades que realmente quieran intercambiar información comparten un mismo canal creando la piconet. Éste hecho permite que se creen varias piconets en áreas de cobertura superpuestas. A un grupo de piconets se le llama scatternet. El rendimiento, en conjunto e individualmente de los usuarios de una scatternet es mayor que el que tiene cada usuario cuando participa en un mismo canal de 1 MHz. Además, estadísticamente se obtienen ganancias por multiplexión y rechazo de canales de salto. Debido a que individualmente cada piconet tiene un salto de frecuencia diferente, diferentes piconets pueden usar simultáneamente diferentes canales de salto.

Cuantas más piconets se añaden a la scatternet el rendimiento del sistema FH disminuye poco a poco, habiendo una reducción por termino medio del 10%, sin embargo el rendimiento que finalmente se obtiene de múltiples piconets supera al de una simple piconet.



**Figura 5.** Formación de una scatternet

## 7. ASPECTOS METODOLOGICOS

Siguiendo la estructura metodológica de proyectos realizados de simulaciones en el Área de Telecomunicaciones de la Universidad del Valle, el desarrollo del proyecto se seguirá de la siguiente forma.

El primer paso consiste en realizar lectura de material referente a la tecnología siendo la principal fuente o documento la especificación de esta. Además de continuar en la recopilación de más información sobre la tecnología tanto de funcionamiento como de otros trabajos a cerca de simulaciones de Bluetooth.

El segundo paso se basa en el estudio a fondo del la especificación de la tecnología, complementando con distinto material bibliográfico referente a sistemas de comunicaciones que se relacionen con la tecnología de estudio en este trabajo de grado, haciendo énfasis en lo referente a la capa física y capa de acceso al medio. De esta forma se estudiará cada bloque funcional del sistema de comunicación buscando o comparando modelos matemáticos o estructurales que mejor represente cada bloque.

En el tercer paso es concretar y construir el modelo del sistema de comunicación. En conjunto se introducirá en la búsqueda de la mejor adaptación por software del modelo para la construcción del simulador.

En le cuarto paso, una vez identificado en su mayoría el modelo del sistema de comunicación, y la mejor adaptación por software del modelo, es la construcción del software de simulación con la herramienta optima de programación previamente estudiada su selección. A la par, también se trabajaría en el mejoramiento del modelo realizando pruebas para cada bloque construido, continuando la búsqueda de la mejor adaptación por software. Así como también caracterizar los ambientes de operación como acceso de múltiples usuarios, redes piconet y scatternet, interferencias en el enlace, análisis de la coexistencia de Bluetooth con tecnologías como IEEE 802.11g.

Para el quinto paso, será la validación del modelo propuesto para el sistema de comunicación, realizando las distintas pruebas de acuerdo con los objetivos. Así es pues que este paso lleva a la identificación de posibles fallas y su corrección o posibles cambios respectivos.

El sexto paso consiste en la organización del informe, a partir de toda la información concreta obtenida durante la realización del proyecto.

## 8. RESULTADOS ESPERADOS

Con el cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado se espera obtener los siguientes resultados.

- Comprender el funcionamiento de la capa física y MAC de Bluetooth.
- Identificar los límites de operación del sistema de la capa física de Bluetooth.
- Identificar las fuentes de problemas en el enlace y como se manifiestan dichos problemas.
- Conocer el comportamiento de la capa física en coexistencia con otras tecnologías que trabajan en el mismo espectro de frecuencias, como IEEE802.11g
- Disponer de una herramienta para el análisis de redes de área personal Bluetooth tanto para el campo investigativo como por ejemplo para planear una mejor implementación de una PAN (*“Personal Area Network”*) Bluetooth o mejoramiento de esta tecnología y como para lo educativo, comprendiendo de una forma mas fácil y rápida, el funcionamiento de este tipo de redes.

Otro resultado esperado es la de contribuir con la técnica de simulación, en el Área de Telecomunicaciones de la Universidad del Valle y al grupo de investigación SISTEL, con herramientas necesarias y convenientes en la investigación y desarrollo de sistemas de telecomunicaciones.

## 9. RECURSOS Y PRESUPUESTO

A continuación se listan los recursos necesarios para la elaboración del trabajo de grado.

**Tabla 1.** Recursos físicos.

RECURSO	FUENTE	VALOR
MATLAB	UNIVALLE	\$ 27'000.000
Computador de escritorio	UNIVALLE / ESTUDIANTE	\$ 2'000.000
Espacio de trabajo con punto de red	UNIVALLE	\$ 300.000
Libros	ESTUDIANTE	\$ 400.000
Fotocopias, impresiones, papelería	ESTUDIANTE	\$ 600.000
Internet	UNIVALLE / ESTUDIANTE	\$ 300.000
Llamadas LD, Fax	ESTUDIANTE	\$ 50.000
Seminarios, Congresos, Simposios, Visitas	ESTUDIANTE	\$ 500.000
	<b>TOTAL</b>	<b>\$31'150.000</b>

**Tabla 2.** Recursos Humanos.

RECURSO	FUNCION	TIEMPO (Horas por semana)
Ing. Fabio Guerrero. M.Sc.	Director Tesis	2h
Oliver Cardona López	Tesista Colaborador	1h
Integrantes SISTEL	Asesoría	2h
Miguel Fuertes Bravo	Tesista encargado	40h

## 10. CRONOGRAMA

La siguiente tabla ubica cada una de las tareas a desarrollar y el tiempo disponible para su ejecución.

Paso	Enero	Feb	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.
1										
2										
3										
4										
5										
6										

## 11. GLOSARIO, ACRONIMOS Y ABREVIACIONES

**$\pi/4$  DQPSK:** *pi/4 phase Differential Phase Shift Keying*

**8 DQPSK:** *8 phase Differential Phase Shift Keying*

**802.11x:** familia de estándares IEEE para especificaciones redes de área local inalámbricas.

**ACL:** *Asynchronous connectionless.*

**AD HOC:** Redes de comunicación que se crean espontáneamente de forma temporal.

**ARQ:** *Automatic Retransmission Query.*

**BER:** *Bit Error Rate.* Tasa de Error de Bit

**EDR:** *Enhanced Data Rate.* Tasa de datos aumentada.

**FH:** *Frequency Hopping.*

**GFSK:** *Gaussian Frequency Shift Keying.*

**HEC:** *Header Error Check.*

**IEEE:** *Institute of Electronic and Electrical Engineering.*

**ISM:** *Industrial-Scientific-Medical.*

**MAC:** *Medium Access Control.*

**PAN:** *Personal Area Network.*

**Parked:** estado de inactividad de un dispositivo Bluetooth dentro de una piconet.

**PDA:** *Personal Digital Assistant.*

**Piconet:** picocelda; rango de cobertura en la cual se pueden establecer la conexión dos o mas unidades Bluetooth.

**Scatternet:** interconexión entre piconets por superposición de rangos de cobertura de las mismas.

**SCO:** *Synchronous Connection Oriented.*

**SIG:** *Special Interest Group.* Los promotores del grupo SIG son: Ericsson, Nokia, Toshiba, IBM, Intel.

**SISTEL:** Grupo de Investigación de Sistemas de Telecomunicaciones. Universidad del Valle.

**SS:** *Spread Spectrum.* Espectro disperso. Técnica de transmisión que consiste en dispersar la información en una banda frecuencia mucho más amplia de la mínima requerida para el transporte de dicha información utilizando un código de dispersión.

**TDD:** *Time Division Duplex.*

**WLAN:** *Wireless Local Area Network.*

## 12. REFERENCIAS

- [1] Haartsen, Jaap. "BLUETOOTH – The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity" Ericsson 1998. Disponible en Internet: [www.zonablueetooth.com/que\\_es\\_bluetooth.htm](http://www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth.htm)
- [2] Wong; Farrell. "Co-existence of 802.11g WLANs with Bluetooth". Disponible en Internet: [www.itpapers.com](http://www.itpapers.com)
- [3] Rodríguez, Oscar; Maya, Ricardo. "Implementación de una red inalámbrica Bluetooth". Tesis de grado. Universidad del Valle. Colombia. 2003.
- [4] Montaña, Andrés; Puentes, Johan. "Desarrollo de una aplicación de redes inalámbricas para el monitoreo de eventos y transmisión de datos utilizando tecnología Bluetooth". Universidad del Valle. 2004
- [5] Bluetooth SIG members. [www.bluetooth.com/about/members.asp](http://www.bluetooth.com/about/members.asp)
- [6] In-Stat Group. Consultores de tecnología. "Bluetooth Product Shipments More Than Double Again" 2005. [www.instat.com/press.asp?ID=1455&sku=IN0501837MI](http://www.instat.com/press.asp?ID=1455&sku=IN0501837MI)
- [7] Agenda de Conectividad. 2004. "Norma inalámbrica unificada. Resolución 689 del 21 de abril de 2004" [www.agenda.gov.co](http://www.agenda.gov.co)
- [8] Especificación Bluetooth. "Specification of the Bluetooth System. Covered Core package version: 2.0 + EDR" 2004. Disponible en Internet: [www.bluetooth.org/spec](http://www.bluetooth.org/spec)

## 13. BIBLIOGRAFIA

- Rodríguez, Oscar; Maya, Ricardo. "Implementación de una red inalámbrica Bluetooth". Tesis de grado. Universidad del Valle. Colombia. 2003