

SIMULACIÓN DE LA CAPA FÍSICA PARA REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA
LOCAL WLAN IEEE 802.11g

WINANS OLIVER CARDONA LÓPEZ

Anteproyecto de grado presentado
como requisito parcial para optar
al 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

SIMULACIÓN DE LA CAPA FÍSICA PARA REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA
LOCAL WLAN IEEE 802.11g

WINANS OLIVER CARDONA LÓPEZ
Código: 0128717

Aprobación del director de proyecto

Ing. Fabio Germán Guerrero M.Sc.

Aprobación del Jefe de área

Aprobación del jefe de programa

Ing. Fabio Germán Guerrero M.Sc.

Ing. Carlos Rafael Pinedo 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

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
4.	JUSTIFICACIÓN	4
5.	OBJETIVOS.....	6
5.1.	GENERAL	6
5.2.	ESPECÍFICOS	6
6.	MARCO TEÓRICO	7
6.1.	TOPOLOGÍAS.....	7
6.1.1.	<i>IBSS (Independent Basic Service Set)</i>	7
6.1.2.	<i>BSS(Basic Service Set)</i>	7
6.1.3.	<i>ESS(Extended Service Set)</i>	8
6.2.	COBERTURA	8
6.3.	MODULACIÓN	9
6.4.	ESTADO DEL ARTE	11
7.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	11
8.	RESULTADOS ESPERADOS	12
9.	PRESUPUESTO	13
9.1.	RECURSOS FÍSICOS	13
9.2.	RECURSOS HUMANOS	13
10.	CRONOGRAMA	13
11.	GLOSARIO	14
12.	REFERENCIAS	16
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	17

1. INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas de área local WLAN (Wireless Local Area Network) fueron originalmente diseñadas como una alternativa para las redes de área local cableadas. Esta tecnología esta basada en el estándar IEEE 802.11g y es conocida comúnmente por “Wi-Fi” (“Wireless Fidelity”). La tecnología que hay detrás de este estándar es sofisticada y la multitud de aplicaciones y entornos en los que se desarrolla, hacen que una red “Wi-Fi” sea una red de telecomunicaciones compleja, tanto de diseñar y dimensionar, como de implantar, y posteriormente optimizar y operar, para obtener el máximo rendimiento.

En junio del 2003 La IEEE aprobó el estándar 802.11g, con el cual se unen las bondades de la velocidad de transmisión del 802.11a (54Mbps) y la cobertura que se logra con los canales de 802.11b [1], además de guardar compatibilidad con LANs inalámbricas 802.11b reduciendo en muchos casos costos de actualización y al tener gran cobertura, disminución en costos por menor numero de AP (comparada con 802.11a).

El estándar 802.11g presenta las especificaciones para diferentes esquemas de modulación. La técnica de modulación obligatoria es OFDM para alcanzar las velocidades de 802.11a en la banda de 2.4GHz [2]. Con el presente trabajo de grado el autor pretende alcanzar los conocimientos suficientes del estándar para redes inalámbricas de área local WLAN IEEE 802.11g con el fin de construir un modelo de su capa física para los esquemas de modulación 16 y 64 QAM (OFDM), y evaluar su desempeño ante diferentes condiciones que se pueden presentar en su funcionamiento real.

2. ANTECEDENTES

La primera red de computadores inalámbrica WLAN registrada, data de 1971 en la Universidad de Hawaii cuando se conectaron siete computadores desplegados en cuatro islas hawaianas, AlohaNet, trabajando alrededor de los 400 MHz [3]. Otros piensan que la línea de partida de esta tecnología se remonta a la publicación de los resultados en 1979 por ingenieros de IBM en Suiza, que consistía en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red de área local en una fábrica. Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema de espectro expandido. En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, La FCC, asignó las bandas ISM 2,400-2,4835 GHz, para uso en las redes inalámbricas basadas en Spread Spectrum (SS), con las opciones DS (Direct Sequence) y FH (Frequency Hopping). La técnica de espectro expandido es una técnica de modulación que resulta ideal para las comunicaciones de datos, ya que es muy poco susceptible al jamming y crea muy pocas interferencias. La asignación de esta banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria y ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el entorno del laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. El desarrollo comercial de las WLANs comenzó en 1990 cuando AT&T publicó WaveLAN, implementando DSSS [4].

En 1989 se forma el comité 802.11 con el objetivo de estandarizar las WLANs. En 1992 se crea Winforum, consorcio liderado por Apple y formado por empresas del sector de las telecomunicaciones y de la informática para conseguir bandas de frecuencia para los sistemas PCS (Personal Communications Systems). En 1993 también se constituye la IrDA (Infrared Data Association) para promover el desarrollo de las WLAN basadas en enlaces infrarrojos. Aparece el primer borrador de 802.11 en 1994.

En 1997 el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ratificó el primer estándar Ethernet inalámbrico (wireless) 802.11 [7], el cual especifica tres capas físicas, infrarrojo, FHSS a 1 y 2 Mbps, y DSSS a 1 y 2 Mbps en la banda 2.4 GHz ISM. En ese momento LANs Ethernet cableadas (wired) alcanzaban velocidades de 10 Mbps y los productos recientes eran bastante costosos, esto hizo que este estándar tuviera una aceptación limitada en el mercado [2]. Dos años después evolucionó por dos caminos. La especificación 802.11b incrementó la velocidad más allá de la marca crítica de 10Mbps, manteniendo compatibilidad el estándar original DSSS 802.11 [6] e incorporando un esquema de codificación mas eficiente, conocido por sus siglas en ingles como CCK (complimentary Code Keying), para alcanzar velocidades de transmisión de hasta 11 Mbps. Un segundo esquema de codificación fue incluido como una opción para mejorar el desempeño en el rango de 5.5 y 11 Mbps La segunda rama es 802.11a, si bien, no conservó compatibilidad con los anteriores, esta especificación fue concebida para alcanzar velocidades de transmisión de hasta 54Mbps en la banda 5.2 GHz U-NII utilizando una técnica de modulación conocida como *multiplexación por división de frecuencia ortogonal* (OFDM). Por trabajar en la frecuencia de 5.2 GHz 802.11a no es compatible con 802.11b ni con el inicial 802.11.

Continuaron estudios subsecuentes con el ánimo de analizar la posibilidad de extender 802.11b a mas altas velocidades de 20 Mbps y en Julio del 2000 se convirtió en un equipo completo de trabajo conocido como Task Group G (TGg) con la misión de definir velocidades de transmisión mas altas para la banda de 2.4 GHz. Como consecuencia en Junio del 2003 es ratificado el estándar 802.11g. Este estándar permite la transmisión de datos a una velocidad de 54 Mbps en la banda de 2.4 GHz, es decir, de unen las bondades de la velocidad de transmisión de 802.11a con la cobertura de 802.11b guardando compatibilidad con 802.11b [1]. En Colombia ya se ha implementado Wi-Fi en aeropuertos, universidades y en centros comerciales, y se proyecta avanzar en la penetración de estos servicios en espacios públicos [12].

Se han realizado trabajos relacionados en otros países como [11] en el que se evalúa el desempeño de la capa física de 802.11g mostrando solo BER vs. SNR sin relacionar el número de usuarios, la distancia entre usuarios y la estación base, ni tampoco el nivel de interferencia. Se han realizado también estudios donde se modela el rango de interferencia entre redes 802.11 y bluetooth [12], aquí lo hacen en la plataforma JAVA lo cual limita el manejo matemático que provee Matlab, además de no tener en cuenta los esquemas de modulación que implementa 802.11g

En La Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle se han realizado trabajos de grado ya sustentados de simulación en el Área de Telecomunicaciones como [8] y [9], ambos directamente relacionados con la interfaz física, ninguno de los anteriores trabaja con el esquema de modulación OFDM.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es de suprema importancia para la academia no abstraerse del análisis de mercado, pues en la industria de las telecomunicaciones esto involucra diferentes estándares internacionales que garantizan interoperabilidad, entre otros. Por ello, comprender a fondo el presente estándar es una necesidad para la investigación en sistemas de telecomunicaciones.

Para realizar un adecuado diseño de una red Wi-Fi, una debida planificación de recursos y una correcta instalación se deben tener presentes diferentes elementos asociados con:

- Interferencias con otras redes del mismo estándar, con hornos microondas, con teléfonos inalámbricos y con sistemas que trabajen en la misma banda de frecuencias.
- Falta de cobertura o cobertura inadecuada dependiendo del entorno donde va a funcionar, repercutiendo en el coste final de la red si se realiza una inadecuada elección en el número y posición de los puntos de acceso.
- Problemas de calidad del servicio como resultado de un inadecuado dimensionamiento de la capacidad de la red.
- Flexibilidad de la red frente a la variación en el número y perfil de usuarios que se van incorporando al servicio.
- Problemas de movilidad debido a una escasa o nula valoración de los procesos de itinerancia y traspaso.
- Problemas con el tránsito a nuevas aplicaciones y servicios por un inadecuado diseño de la red.

Estudiar, Modelar y desarrollar un software de simulación del estándar 802.11g es entonces una instrumento imprescindible para la los diseñadores de estos sistemas.

Un modelo no representa un comportamiento exacto de la realidad física, solo intenta proveer las características mas relevantes del sistema en cuestión. El modelo de un sistema es una simplificación que descarta las características menos importantes del mismo. Al modelar un sistema su nivel de complejidad se incrementa a medida que se pretende alcanzar un comportamiento cada vez más similar a la realidad. En el presente trabajo se quiere obtener el modelo de sistemas inalámbricos de área local basados en el estándar IEEE WLAN 802.11g, que permita el cambio de parámetros susceptibles a ser modificados en la operación real, como por ejemplo el nivel de ruido, interferencia multitrayectoria y la distancia, y evaluar su desempeño al ejecutarlo en un sistema computarizado de alto rendimiento.

El último estándar aprobado para sistemas WLAN es IEEE 802.11g, este trabaja con diferentes esquemas de modulación como OFDM y CCK, siendo OFDM la técnica para alcanzar las mayores velocidades de transmisión, que ya había incorporado 802.11a y que promete usar 802.11n, que es la generación emergente en redes inalámbricas de área local. Esto hace de OFDM una técnica de modulación muy interesante para su investigación y su aplicación en sistemas inalámbricos LAN. El modelo de simulación a desarrollar se basa en los esquemas 16-QAM y 64-QAM (OFDM).

La simulación por software de sistemas de telecomunicaciones hace parte de los objetivos del Grupo de Investigación en Sistemas de Telecomunicaciones SISTEL, como consecuencia este proyecto quiere contribuir al desarrollo de bases científicas usando la simulación como herramienta principal.

4. JUSTIFICACIÓN

Se denomina Wi-Fi a 802.11g después de que se certificara por La Wi-Fi Alliance, que es un consorcio de más de 200 empresas creado en 1999 para acreditar la interoperabilidad entre sus productos [23].

La expedición por parte del gobierno nacional de la resolución 689 del 21 de abril de 2004, armonizó y reunió sistemas de acceso inalámbrico tales como Wi-Fi y bluetooth. Al adoptar Colombia las normas técnicas de La FCC de los Estados Unidos, se están incluyendo la mayoría de estándares internacionales como Wi-Fi. La Norma Nacional Inalámbrica “armoniza” el espectro utilizado internacionalmente para estas aplicaciones inalámbricas. La Resolución que permite garantizar el “uso libre y público del espectro”, se aplica a las redes inalámbricas de área local como 802.11g, que utilicen tecnologías de espectro expandido y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, estimulando el uso de dichos sistemas en nuestro país.

Dentro de las ventajas de WLANs sobre las redes cableadas podemos destacar la posibilidad de proveer a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de la organización. Esta movilidad incluye oportunidades de productividad y servicio que no es posible con una red cableada. La instalación puede ser más rápida y fácil, además de eliminar la dificultad de cablear a través de paredes y techos. Permiten ir donde las redes cableadas no pueden llegar. La inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en *hardware* de una LAN cableada, pero la inversión de toda la instalación y el costo del ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios y costos a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes. Los sistemas WLANs pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además es muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

La creciente implementación de *hot spots* en diferentes lugares del mundo ha motivado el desarrollo de esta tecnología. A comienzos del presente año, ya había más de 3.000 de esos nodos instalados en las principales zonas metropolitanas del país [8], ya hay proyecciones de que en Europa habrá 174.000 *hot spots* o puntos de acceso público para el año 2009 [14] y en Estados Unidos 200.000 para ese mismo año [16]. Prácticamente todos los estudios de las más prestigiosas consultoras del sector TIC avalan el éxito de Wi-Fi y sus previsiones de crecimiento son muy altas. La revista de publicación internacional *On World*, Por ejemplo, predice que en el 2008 el 85% de teléfonos móviles estarán habilitados con Wi-Fi. Según un informe de la consultora y analista de mercados *Pyramid Research*, en julio de 2003 alrededor de 50 millones de usuarios Wi-Fi a nivel mundial crecerá de forma exponencial hasta llegar a 700 millones para 2008.

Otra aplicación de gran interés es la anunciada por Intel [5] por la cual pretende que las WLAN ayuden a GPS para las aplicaciones de localización. Según Intel en las ciudades hay muchas zonas que quedan fuera del alcance de los sistemas de localización. Las WLAN podrían ayudar en esas instancias donde las redes celulares o el GPS no son efectivos. Existen propuestas de implementar sistemas WLAN, en redes vehiculares, en conjunto con sistemas WWAN [22].

Lo anterior, sumado a los esfuerzos por evolucionar este tipo de tecnologías como 802.11n y el desarrollo de tecnologías complementarias como Bluetooth v2.0 y 802.16 (WiMax), Revelan la necesidad de estudiar este tipo de sistemas.

802.11g es el último estándar WLAN aprobado y se presenta como el más atractivo y eficiente con respecto a sus antecesores (véase Figura 2) [15].

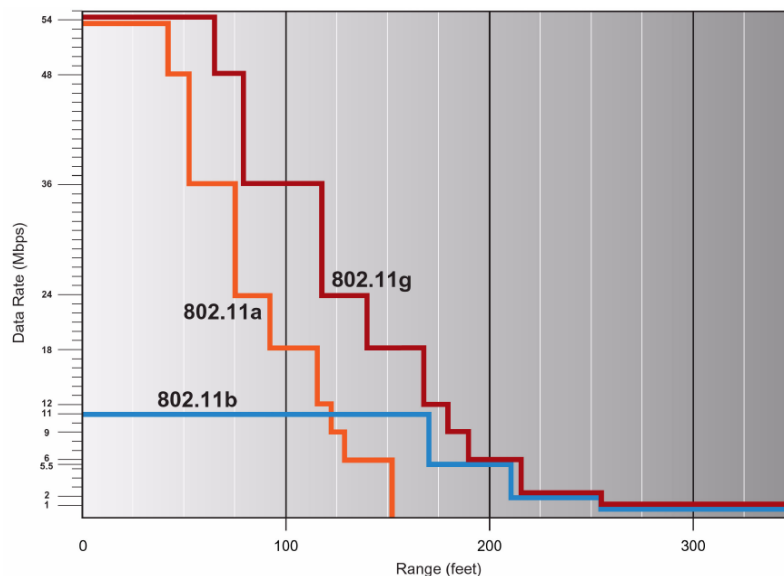


Figura 2. Velocidad de transmisión respecto a la distancia (Fuente: BROADCOM)

Sin embargo, la tecnología que hay detrás de este estándar es sofisticada y la multitud de aplicaciones y entornos en los que se desarrolla, hacen que una red “Wi-Fi” sea una red de telecomunicaciones compleja, tanto de diseñar y dimensionar, como de implantar, y posteriormente optimizar y operar, para obtener el máximo rendimiento.

Aspectos como la seguridad, el transporte de tráfico multicast, la gestión de diferentes políticas y dar soporte a calidad y servicio (QoS), ocupan la complejidad que presentan las redes inalámbricas como 802.11g, se hace necesario entonces implementar técnicas rigurosas para su análisis y diseño. La modelación y simulación de estas redes de computadores se presenta como una solución altamente eficiente, ocupando un lugar importante como herramienta de investigación, entrenamiento y docencia. La simulación además permite probar nuestros diseños, antes de implementarlos, evitando sobredimensionar como “*vía segura*” pero poco económica para resolver el problema. Se presenta como una alternativa importante a tener en cuenta cuando no se pueden realizar pruebas sobre el mismo sistema, ya sea por carecer del mismo como tal, por razones técnicas y/o de servicio, o simplemente por que no se tiene un laboratorio experimental necesario.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar un modelo de simulación de la capa física para redes inalámbricas de área local WLAN IEEE 802.11g para 16 y 64 QAM (OFDM), simularlo en un computador y evaluar su desempeño.

5.2. Específicos

- Evaluar el desempeño de la capa física del enlace en condiciones ideales: movimiento relativo nulo entre el usuario y la estación base (AP), una sola trayectoria de transmisión, interferencia nula, perfecta linealidad.
- Evaluar los efectos de la capa física del enlace debido al cambio en el número de usuarios atendidos por una estación base.
- Analizar el desempeño de 802.11g para 16 y 64 QAM (OFDM), debidos a la longitud del enlace.
- Evaluar los efectos de la capa física del enlace debidos a la interferencia multitraectoria.
- Realizar un estudio detallado de la técnica de modulación OFDM aplicada al sistema en cuestión.
- Analizar las características mas relevantes del funcionamiento de la capa MAC
- Analizar los efectos de la capa física del enlace en coexistencia con sistemas de comunicación inalámbrica Bluetooth (core v2.0 + EDR).

6. MARCO TEÓRICO

En 1999 el TGg (Task Group g) fue comisionado para incrementar las velocidades de transmisión a más de 20Mbps en la banda 2.4 GHz ISM (Industrial Scientific Medical), como consecuencia el estándar 802.11g fue aprobado en junio del 2003. En el estándar se especifica la capa física (PHY) y la capa MAC (Medium Access Control), la capa física selecciona el esquema de modulación más apropiado, dadas las condiciones del canal, y provee el ancho de banda necesario, mientras que la capa MAC decide en forma distribuida como el ancho de banda es compartido entre todas las estaciones. Este estándar permite a la misma capa MAC operar en diferentes especificaciones PHY.

6.1. Topologías

6.1.1. IBSS (Independent Basic Service Set)

Este esquema en modo Ad-Hoc conocido también como Peer to Peer, consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un punto de acceso. Los ordenadores de la red inalámbrica que quieren comunicarse entre ellos necesitan usar el mismo canal radio y configurar un identificador específico de Wi-Fi, denominado SSID (*Service Set Identifier*), en “Modo Ad Hoc”.

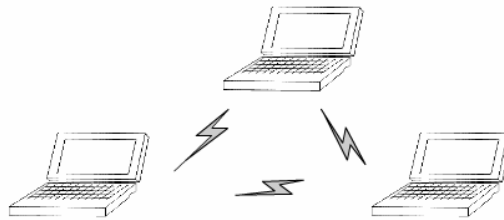


Figura 3. Esquema en modo Ad-Hoc

6.1.2. BSS(Basic Service Set)

Es una arquitectura celular en la que el sistema se divide en células o celdas llamadas BSS, la cual se puede definir como el área geográfica en el cual una serie de dispositivos se interconectan entre sí por un medio aéreo. Cada célula está controlada por una estación base llamada AP (*Access Point*). El punto de acceso es el elemento que tiene la capacidad de gestionar todo el tráfico de las estaciones y que puede comunicarse con otras celdas o redes. Un sistema puede constar de una o varias células; en el caso pluricelular los diferentes AP se conectan entre sí mediante un *backbone* llamado DS (*Distribution System*), típicamente Ethernet, aunque en algunos casos también puede ser inalámbrico.

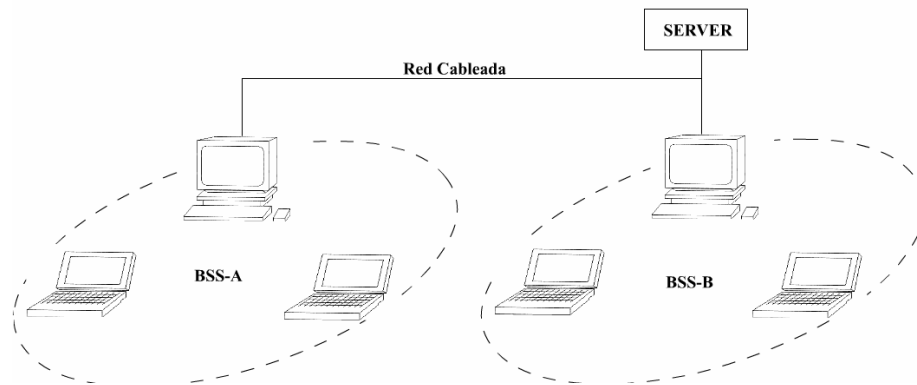


Figura 4. Esquema en modo Estructura

6.1.3. ESS(Extended Service Set)

Todo el conjunto de células interconectadas se ve como una única red desde los protocolos de las capas superiores, y se llama ESS (*Extended Service Set*). Cada ESS tiene un identificador conocido como SSID, que debe ser el mismo en todos los AP del ESS.

El protocolo 802.11 puede utilizarse para soportar la conexión inalámbrica de puntos de acceso, de forma que el sistema de distribución se vuelve inalámbrico. Esta opción recibe el nombre de WDS (*Wireless Distribution System*). Los AP que soportan WDS pueden actuar con dos funciones: bridge inalámbrico o repetidor (ver la Figura 5).

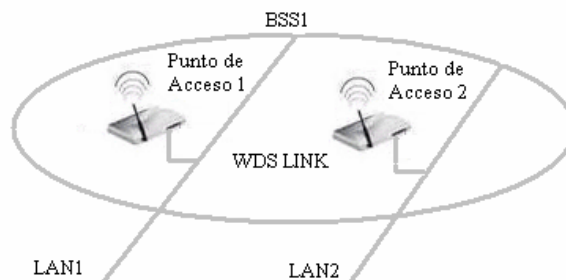


Figura 5. Enlace WDS

La capa MAC, además de la funcionalidad típica de estas capas, realiza funciones que normalmente se implementan en capas superiores: fragmentación, retransmisión de paquetes, y reconocimientos (ACKs). El método de acceso es CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), similar al popular CSMA/CD pero que no detecta colisiones.

6.2. Cobertura

Es bien conocido que 802.11g posee las bondades de sus antecesores al alcanzar la velocidad de 802.11a con la cobertura de 802.11b. A medida que la distancia al punto de

acceso se incrementa los productos 802.11g disminuyen la velocidad de transmisión variando el esquema de modulación para conservar la conectividad. En la figura 6 se observa como OFDM se usa en los lugares más cercanos y a medida que la distancia se incrementa el sistema cambia a CCK [13].

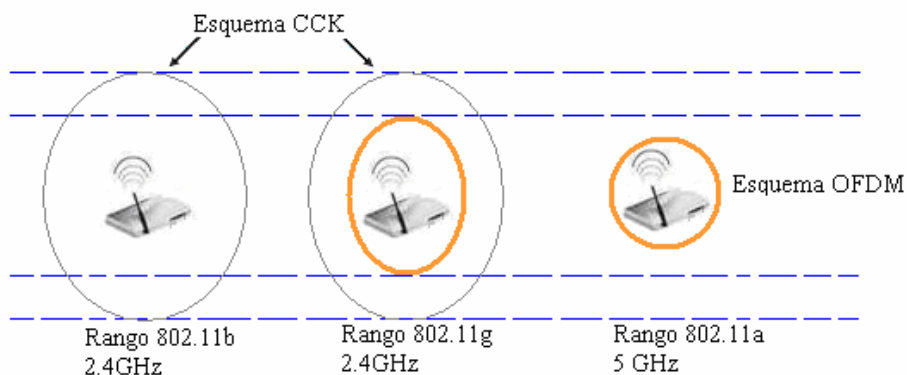


Figura 6. Rango relativo y esquemas de transmisión para dispositivos 802.11a/b/g

6.3. Modulación

El estándar se especifica para diferentes esquemas de modulación opcionales y obligatorios como OFDM y CCK (Complementary Code Keying). La versión OFDM usa una combinación de BPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature), y QAM (quadrature amplitude modulation) dependiendo de la velocidad de datos seleccionada como lo muestra la tabla 1 [18].

Velocidad de Transmisión	Modulación	Índice de codificación	Bits codificados por sub-portadora	Bits codificados por símbolo OFDM	Bits de datos por símbolo
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	BPSK	1/2	2	96	48
18	BPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	16-QAM	1/2	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

Tabla 1. Técnicas de modulación

OFDM es una técnica de modulación de alta eficiencia espectral donde múltiples portadoras “ortogonales” son radiadas simultáneamente a igual potencia y cada una de ellas contiene su propia modulación. Usando tecnologías FFT (Fast Fourier Transformer) e IFFT (Inverse Fast Fourier Transformer) las portadoras son manipuladas para obtener los

bloques de datos o símbolos. OFDM reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal, maneja muy bien el ruido, los cambios de impedancia y las reflexiones producidas por múltiples caminos (mejor conocida como interferencia multitrayectoria) que recorre la señal. Debido a la alta complejidad en su aplicación OFDM es usada solo recientemente en gran parte a los avances en las tecnologías de DSP's.

Dentro de los modos de operación obligatorios para 802.11g esta OFDM que es esencialmente el mismo que implemento 802.11a pero con las siguientes diferencias (especificadas en [19]):

- La frecuencia de operación esta alrededor de 2.4 GHz igual que 802.11b
- La exactitud en la frecuencia es de ± 25 ppm,
- El máximo nivel para la señal de entrada es de -20 dBm
- El slot time es de 20 μ s de acuerdo a 802.11b, opcional 9 μ s
- El tiempo SIFS(Short InterFrame Space) es de 10 μ s de acuerdo a 802.11b

802.11g cuenta con 3 canales libres y hasta 13 sobrelapados. El diagrama de bloques para la transmisión y recepción se muestra en la figura 7 [18], donde se puede distinguir claramente el modulador, codificador convolucional, decodificador, filtros, intercalador y cada uno bloques que constituyen los sistemas de transmisión y recepción.

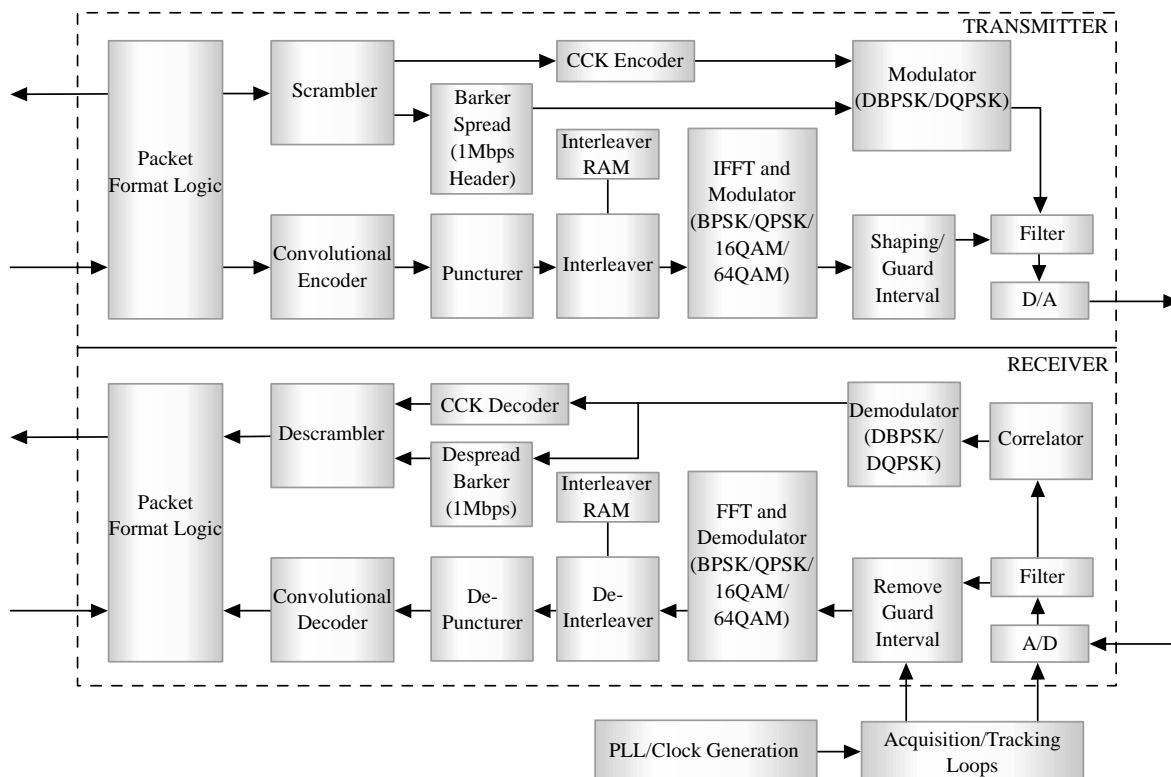


Figura 7. Implementación práctica Banda-Base 802.11g

6.4. Estado del arte

En la universidad del Valle se han realizado trabajos de modelamiento y simulación de sistemas de telecomunicaciones como [9] y [10] lo cual genera una atmósfera de confianza y viabilidad de estos proyectos. Se han realizado trabajos que evalúan el desempeño de sistemas de redes inalámbricas 802.11g como [11], pero no se menciona la elaboración del simulador como tal y la variación de parámetros en su funcionamiento normal. El diseño e implementación de un simulador como proyecto de maestría en La Universidad de Virginia (EE.UU.) de 802.11b en un lenguaje orientado a objetos [20], aunque no se implementa el esquema de modulación OFDM, proporciona información a cerca de las características que comparte con 802.11g. Existen también tesis de doctorado como [22] en la que plantean que la mejor alternativa para implementar sistemas de redes inalámbricas vehiculares es la combinación de WWAN+WLAN. No se encontró ningún registro del estudio a cerca del desempeño de esta tecnología o algún tipo de simulación como tal en Colombia. Este proyecto hace parte de la agenda de trabajo del *grupo de Investigación en sistemas de telecomunicaciones SISTEL*.

7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Teniendo como antecedente los proyectos de simulación en el área de Telecomunicaciones y recomendado por sus autores, la primera etapa será la comprensión a fondo del estándar, por lo cual el primer paso se enfocará en la investigación, documentación, y la lectura de los aspectos mas relevantes del estándar [6], procurando enfocar la atención en los elementos que se conservan en 802.11g, además de buscar y analizar los trabajos relacionados con el análisis matemático, modelamiento, plataforma funcional y simulación de sistemas inalámbricos haciendo especial énfasis en 802.11a/b/g.

El segundo paso consistirá en leer y comprender los detalles de cada uno de los bloques constitutivos, y la aplicación de los diferentes elementos que se determinan en [19], caracterizar su comportamiento físico, entender y organizar su plataforma matemática orientada al sistema computacional, así como la técnica de modulación OFDM, trabajos relacionados, y su aplicación en 802.11a para lo cual se debe hacer un estudio detallado de [21].

El tercer paso se enfoca en estudiar las implicaciones que dicta [19] con base a los cambios que ordena para [21] como por ejemplo la frecuencia, el nivel de la señal de entrada, el slot time, entre otros. Identificar y definir cada uno de los bloques adicionales para construir el modelo del sistema orientado al software a desarrollar, y se analizan los aspectos más relevantes de la capa MAC.

En el cuarto paso se introduce el modelo obtenido al programa, realizando los cambios pertinentes para optimizar y dimensionar el software construido, procurando alcanzar mejor rendimiento computacional, desarrollando los algoritmos de funcionamiento e interfaz gráfica, con el objetivo de conseguir el simulador. Así como caracterizar ambientes de

operación, acceso de múltiples usuarios, interferencias en el enlace y analizar la coexistencia de 802.11g con tecnologías como Bluetooth.

El quinto paso consiste en comprobar el simulador haciendo pruebas estratégicamente estudiadas e identificadas para validar el modelo desarrollado, hacer los cambios que sean necesarios ante posibles fallas, Y analizar el desempeño del modelo ante diferentes condiciones de acuerdo a los objetivos planteados.

El sexto paso consiste en la elaboración del informe, a partir de la depuración y organización de todos los datos obtenidos durante la realización del proyecto.

8. RESULTADOS ESPERADOS

Con finalización de este proyecto así como la realización de cada uno de sus objetivos se habrá desarrollado un modelo de la capa física del estándar IEEE 802.11g orientado a un ambiente de operación computacional alcanzando como resultado final:

- Comprender el estándar para redes inalámbricas de área local WLAN IEEE 802.11g.
- La evaluación de esta tecnología ante la variación de algunos de sus parámetros como la distancia.
- Comprender el funcionamiento de PHY y MAC para sistemas 802.11g
- Un software de simulación que servirá como herramienta para comprender mejor el funcionamiento de esta tecnología.
- Entender mejor la técnica de modulación OFDM aplicada a sistemas WLAN, e identificar las diferentes implicaciones asociadas a la implementación de esta técnica en esta tecnología.
- Conocer el comportamiento de PHY en coexistencia con tecnologías que trabajan en la misma banda de frecuencias como Bluetooth (core v2.0+EDR).

Este proyecto proveerá un instrumento de entrenamiento, pedagogía, investigación, y de fundamentación a estudiantes e ingenieros proporcionando criterios de juicio a la hora de planificar y gestionar una red. Se espera además que la documentación obtenida suministre un escenario de referencia para el desarrollo de futuros trabajos en esta área de las telecomunicaciones.

9. PRESUPUESTO

Para la realización del presente proyecto se presenta la siguiente lista de elementos necesarios, costos y disponibilidad.

9.1. Recursos Físicos

Recurso	Fuente	Costos
Matlab	Univalle	\$ 27.000.000
Computador	Univalle/Estudiante	\$ 2.000.000
Fotocopias, impresiones y papelería	Estudiante	\$ 800.000
Visitas, seminarios, congresos, simposios	Estudiante	\$ 500.000
Espacio de trabajo con punto de red	Univalle	\$ 500.000
Libros	Estudiante	\$ 400.000
Internet	Univalle/Estudiante	\$ 300.000
Llamadas LD, Fax	Estudiante	\$ 50.000
	Total	\$ 31.550.000

9.2. Recursos Humanos

Recurso	Fuente	Función	Disponibilidad
Ing. Fabio Guerrero	Univalle	Director	2h. Semana
Integrantes SISTEL	Univalle	Asesoría	2h. Semana
Miguel Antonio Fuertes	Univalle	Tesista colaborador	1h Semana
Winans Oliver Cardona	Estudiante	Tesista encargado	40h. Semana

10. CRONOGRAMA

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

TAREA	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
PASO 1										
PASO 2										
PASO 3										
PASO 4										
PASO 5										
PASO 6										

11. GLOSARIO

802.11 Es un familia de estándares de comunicaciones de la IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.11x definen la tecnología de redes de área local.

802.11a Especificación sobre una frecuencia de 5 Ghz que alcanza los 54 Mbps.

802.11b Especificación con velocidades de hasta 11 Mbps, trabaja en la frecuencia de 2,4 GHz.

802.11g Especificación con velocidades de 54 Mbps en la frecuencia de 2.4 GHz. Ultima aprobada.

802.11n Especificación en estado de desarrollo que se espera alcance velocidades de hasta 200 Mbps.

AD-HOC Un tipo de topología de WLAN en la que sólo existen dispositivos clientes, sin la participación de ningún Access Point, de forma que los clientes se comunican de forma independiente punto a punto, peer-to-peer.

ALOHANET Primera red de comunicación de paquetes vía radio.

AP *Access Point*. Estación base o "base station" que conecta una red cableada con uno o más dispositivos wireless.

Backbone Mecanismo de conectividad primario en un sistema distribuido.

BER *Bit Error Ratio*, Tasa de error de bit.

Bluetooth Es la norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia con una velocidad máxima de 11Mbps a la frecuencia ISM de 2'4 GHz.

BPSK *Biphase Shift Keying*

Bridge Dispositivo que conecta dos segmentos de red que emplean el mismo protocolo de red (por ejemplo, IP) pero con distintos medios físicos (por ejemplo, 802.11 y 10baseT).

BSS *Basic Service set*.

CCK *Complimentary Code Keying*

CSMA/CA *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*.

CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*

DS *Distribution system*.

DSP *Digital Signal Processor*.

DSSS *Direct Sequence Spread Spectrum*. Técnica de transmisión

ESS *Extended Service Set*.

ESSID *Extended Service Set Identification*. Uno de los dos tipos de SSID, el que se emplea en redes wireless en modo infraestructura.

Ethernet Es el nombre común del estándar IEEE 802.3, que define las redes locales con cable coaxial o par trenzado de cobre.

FCC *Federal Communications Comisión*. Agencia gubernamental de los EE.UU. para la regularización de las comunicaciones por radio, televisión, cable y satélite.

FFT *Fast Fourier Transform*. Transformada rápida de Fourier

FHSS *Frequency Hopping Spread Spectrum*. Espectro expandido mediante saltos de frecuencial.

GPS *Global Position System*. Sistema de posicionamiento global.

Hot-Spot Es un lugar donde se puede acceder a una red wireless pública,

IBSS *Independent Basic Service Set*.

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.

IFFT *Inverse Fast Fourier Transform* transformada rápida de Fourier inversa.

IrDA *Infrared Data Association*.

ISM *Industrial, Scientific and Medical band*. Bandas de frecuencias reservadas originalmente para uso no comercial con fines industriales, científicos y médicos

LAN *Local Area Network*. Red de Área Local

MAC *Media Access Control*. corresponde al nivel de enlace (nivel 2) en el modelo OSI.

OFDM *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*. División de frecuencia por multiplexación ortogonal,

On World Revista de publicación internacional de sistemas informáticos.

PCS *Personal Communications Systems*.

Peer to Peer modo de comunicación Punto a Punto.

PHY *Physical Layer*. Nombre abreviado del nivel más bajo del modelo OSI, el nivel físico, que describe el medio físico en el que se transmite la información de la red.

QAM *Quadrature Amplitude Modulation*.

QoS La calidad de servicio consiste en ofrecerle al usuario, de acuerdo a la aplicación, los recursos de red necesarios y suficientes para cumplir con los requerimientos por él establecidos.

QPSK *Quaternary Phase Shift Keying*.

SISTEL Grupo de Investigación en Sistemas de Telecomunicaciones.

SNR *Signal to Noise Ratio*. Relación Señal a Ruido. Medida de la potencia de la señal respecto de la del ruido. Se utiliza como parámetro de calidad.

SS *Spread Spectrum*, espectro disperso. Técnica de transmisión consistente en dispersar la información en una banda de frecuencia mayor de la estrictamente necesaria.

SSID *Service Set Identification*. Conjunto alfanumérico de hasta 32 caracteres que identifica a una red inalámbrica. Para que dos dispositivos wireless se puedan comunicar, deber tener configurado el mismo SSID, pero dado que se puede obtener de los paquetes de la red wireless en los que viaja en texto claro, no puede ser tomado como una medida de seguridad.

TGg *Task Group g*

U-NII *Unlicensed National Information Infrastructure*. Banda de frecuencia en los 5 GHz reservada por la FCC para las comunicaciones wireless según el estándar 802.11a. No existe una regularización internacional común sobre los aspectos de esta banda y los dispositivos que operan en ella.

Wi-Fi *Wireless Fidelity*, la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen el conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11x.

WLAN *Wireless Local Area Network*, es un sistema de redes de area local inalámbricas muy flexible y utilizado como alternativa a la LAN cableada o como una extensión de ésta

WiMax *Worldwide Interoperability for Microwave Acces*, es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (**802.16d**) diseñado para ser utilizado en el área metropolitana o MAN proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología portátil LMDS.

WWAN *Wireless Wide Area Network*.

WDS *Wireless Distribution System*.

12. REFERENCIAS

- [1] Díaz U. J. “Wi-Fi La Tendencia en las Redes de Área Local”, CINTEL-RCT On line URL: <http://www.cintel.org.co>
- [2] W. Carney, "IEEE 802.11g: New Draft Standard Clarifies Future of Wireless LAN," White paper by Texas Instrument, 2002.
- [3] “The history of wireless Technology”, The American University of Paris, Academic Computing Laboratory URL: <http://www.ac.aup.fr>
- [4] “Technical article: Demystifying IEEE 802.11 for industrial wireless LANs” URL: <http://ethernet.industrial-networking.com>
- [5] “El Nuevo estándar Wi-Fi y sus aplicaciones” Tele-semana vol. 8 Num. 95 14 de julio 2005
- [6] "IEEE 802.11 Standard," Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 1999
- [7] 802.11 DEFINED, 54g Alliance, URL: <http://www.54g.org>
- [8] “El auge de WI-FI: Conectividad inalámbrica a todas partes” Multitel Newsletter Año 4 N° 156 24 de enero 2005
- [9] J. Parra, “Simulación de la Capa Física para Sistemas de Comunicaciones Móviles GSM/GPRS”, Tesis Ingeniero Electrónico, Universidad del Valle, 2005.
- [10] G. Vejarano, “Simulación de la Capa Física para Sistemas de Comunicaciones Móviles cdma200 1x”, Tesis Ingeniero Electrónico, Universidad del Valle, 2005.

- [11] M. Boulmalf, A. Sobh y S. Katar “Physical Layer Performance of 802.11g WLAN” Applied Telecommunication Symposium, 2004.
- [12] Telecomunicaciones: Hechos y tendencias “Cambio de rumbo del sector en Colombia” Informe sectorial de telecomunicaciones, CRT, julio 2005.
- [13] “Una realidad: Colombia ya cuenta con una norma nacional inalámbrica” CINTEL-RCT On line URL: <http://www.cintel.org.co>
- [14] “News Europe hotspots” PC WORLD <http://www.onworld.com/html/newseuropehotspots.htm>, 2005.
- [15] BROADCOM “The New Mainstream Wireless LAN Standard” White Paper IEEE 802.11g 2003.
- [16] ON World “North American Hotspot Deployments Accelerating” <http://www.onworld.com/html/news.htm> 2005.
- [17] Featured article: MIT Technology Review, “One Person, One Phone” Marzo 2004.
- [18] Vocal Technologies, Ltd. Custom product design Division “802.11g” 2002.
- [19] "IEEE 802.11g Standard," Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Junio 2003.
- [20] S. Vasudevan “A Simulator for analyzing the throughput of IEEE 802.11b Wireless LAN Systems”. Virginia Polytechnic Institute and State University. Thesis of Master for the degree Master of Science in Electrical Engineering. Enero 2005.
- [21] "IEEE 802.11a Standard," Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, reaffirmed 2003.
- [22] H. Wu, “Analisis and Design of Vehicular Networks”, proposal tesis Ph.D. Georgia Institute of Technology. Octubre 30 2004.
- [23] Wi-Fi Alliance, URL: <http://www.wi-fi.org>

13. BIBLIOGRAFÍA

- B. Sklar “Digital Communications Fundamentals and Applications” Prentice-Hall Inc. Second Edition, 2001.
- A. Goldsmith “Wireless Communications” Cambridge University, 2005.