

---

**Índice**

1. Introducción.....	1
2. Información General sobre el estándar 802.11.....	2
3. Estándares 802.11 existentes.....	7
4. Motivaciones para el desarrollo del nuevo estándar 802.11n.....	7
5. Propuestas que compiten por ser el nuevo estándar 802.11n.....	8
6. WWiSE – World Wide Spectrum Efficiency.....	8
7. TGn Sync.....	10
8. Comparación entre las dos propuestas: WWiSE y TGn Sync.....	12
9. Bibliografía.....	13
10. Anexos.....	14

## 1. Introducción

Tan pronto como aparecieron las computadoras portátiles, mucha gente comenzó a soñar en la posibilidad de desplazarse dentro de una oficina teniendo conectadas sus computadoras a Internet. Consecuentemente varios grupos comenzaron a trabajar para lograr este objetivo. Ésto condujo, rápidamente, al desarrollo de la LAN inalámbrica llevado a cabo por grupos independientes de investigadores. Sin embargo, la industria se encontró con el problema de que ningún par de redes inalámbricas era compatible entre sí y decidieron que se debería desarrollar un estándar para las LAN inalámbricas.

Los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

802.11 se refiere a una familia de especificaciones desarrolladas por la IEEE para la tecnología de LANs Inalámbricas. 802.11 especifica una interfaz sobre el aire entre el cliente y una estación base o entre dos clientes inalámbricos. La IEEE aceptó la especificación en 1997.

Entre los principales estándares para redes inalámbricas se encuentran: IEEE 802.11, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, y IEEE 802.11g.

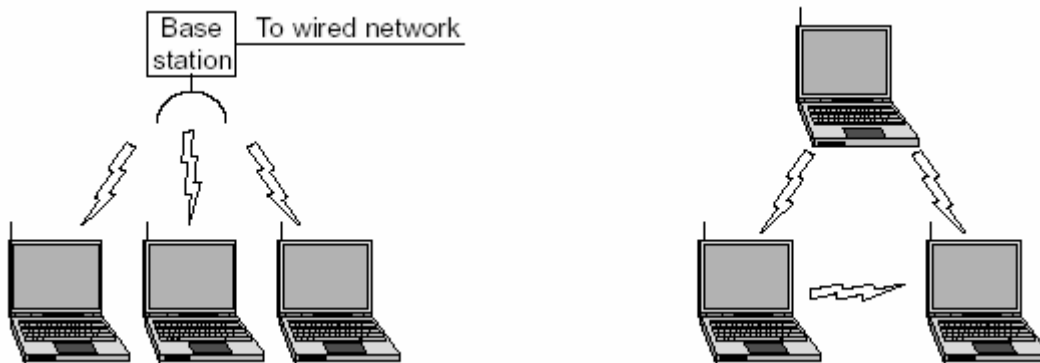
Este trabajo tiene por objetivo dar una revisión general de la familia 802.11, y presentar el nuevo estándar 802.11n.

## 2. Información General sobre el estándar 802.11

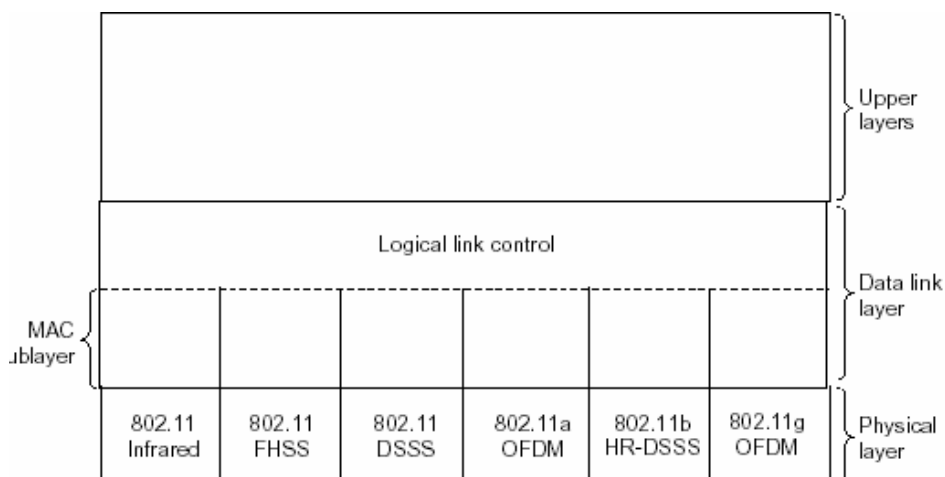
### 2.1. Arquitectura IEEE 802.11

Una LAN 802.11 está basada en una arquitectura celular, es decir, el sistema está dividido en celdas, donde cada celda (denominada **Basic Service Set, BSS**) es controlada por una Estación Base llamada Punto de Acceso (**AP**), aunque también puede funcionar sin la misma en el caso que las máquinas se comuniquen entre ellas. Los Puntos de Acceso de las distintas celdas están conectados a través de algún tipo de red troncal (llamado **Sistema de Distribución**).

La LAN inalámbrica completamente interconectada, incluyendo las distintas celdas, los Puntos de Acceso respectivos y el Sistema de Distribución es denominada en el estándar como un **Conjunto de Servicio Extendido (Extended Service Set, ESS)**.



### 2.2. Pila de protocolos



## Capa física

Cuenta con 5 técnicas de transmisión, cada una de las cuales posibilita el envío de un paquete de una máquina a otra, pero difieren en la tecnología que usan y las velocidades que alcanzan.

Las técnicas de transmisión utilizadas son las siguientes:

- 1- Método Infrarrojo
- 2- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
- 3- Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
- 4- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)
- 5- High Rate Direct Sequence Spread Spectrum (HR-DSSS)

## Capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos está formada por dos subcapas:

- 1- *Subcapa MAC (Medium Access Control)*: determina la asignación del canal para la transmisión, es decir, establece cuál es la estación que transmitirá a continuación.
- 2- *Subcapa LLC (Logical Link Control)*: su trabajo es ocultar las diferencias entre las diferentes variantes de los estándares 802 de modo que sean indistinguibles para las capas superiores.

## Protocolo de la subcapa MAC

El estándar 802.11 no puede utilizar el protocolo CSMA/CD (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**) utilizado por Ethernet debido a que en los sistemas inalámbricos existen los problemas de la estación expuesta y de la estación oculta.

Además la mayoría de los radiotransmisores no puede transmitir y escuchar ráfagas de ruido, de manera simultánea, en una misma frecuencia, debido a que son half-duplex.

Para solucionar este problema, el estándar 802.11 soporta dos modos de funcionamiento:

- **DCF (Distributed Coordination Function)**: no usa ningún tipo de control central.
- **PCF (Point Coordination Function)**: usa la estación base para controlar toda la actividad en su celda.

---

## Funcionamiento DCF

Cuando emplea DCF, 802.11 usa un protocolo llamado **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)**, que utiliza tanto la detección del canal físico como del canal virtual.

El protocolo CSMA/CA soporta 2 métodos de funcionamiento:

### Primer método

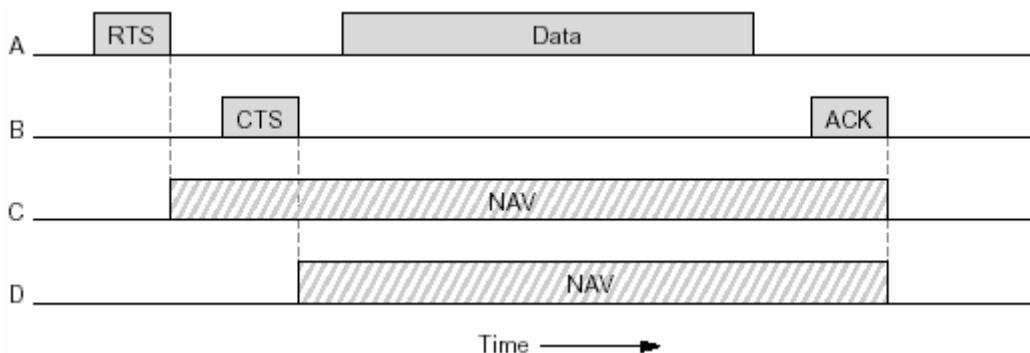
Cuando una estación desea transmitir, escucha el canal y transmite si éste se encuentra inactivo. No escucha el canal mientras transmite, pero emite toda su trama la cual podría ser destruida debido a interferencia en el receptor. En caso de que encuentre que el canal está ocupado, el transmisor espera hasta que esté libre para comenzar a transmitir. Si ocurre una colisión, las estaciones involucradas esperan un tiempo aleatorio y vuelven a intentar.

### Segundo método

Se basa en el protocolo MACAW (**Multiple Access with Collision Avoidance for Wireless**) y usa la detección del canal virtual.

A continuación presentamos un ejemplo del funcionamiento del segundo método:

A quiere transmitir a B, C está en el rango de A, y D está en el rango de B.



- 1- A envía un paquete *Request To Send* (RTS) a B, que contiene el tamaño de la trama de datos que quiere transmitir.
- 2- Si decide concederle permiso a A para transmitir, B responde con un paquete *Clear To Send* (CTS) que contiene una copia del tamaño de la trama de datos que A quiere transmitir.
- 3- A envía su trama e inicia su temporizador de espera del paquete de acuse de recibo, que le indicará que su trama fue recibida satisfactoriamente.

- 
- 4- Al recibir la trama de datos correctamente, B envía a A el acuse de recibo.

4

Consideremos lo que sucede desde el punto de vista de C y D:

- 1- Como C está en el radio de alcance de A, recibe el paquete *Request To Send*, percibiendo que alguna estación quiere iniciar una transmisión, y a partir de la información contenida en el paquete Request To Send, estima cuánto tardará la transmisión de la trama de datos y el acuse de recibo, **imponiéndose** a sí mismo un tipo de **canal virtual ocupado (NAV: Network Allocation Vector)**.
- 2- Como D está en el radio de alcance de B, escucha el paquete *Clear To Send*, por lo que también **se impone un canal virtual** a sí mismo.

### Funcionamiento PCF

La estación base sondea a las demás estaciones, preguntándoles si tienen algo para enviar. El mecanismo básico es que la estación base difunda su **trama de sondeo** de manera periódica (10 a 100 veces/seg). Esta trama tiene parámetros del sistema, como secuencias de salto y tiempos de permanencia, sincronización de reloj, etc. También invita a las nuevas estaciones a suscribirse al sondeo.

PCF y DCF pueden coexistir, si se define cuidadosamente el tiempo entre tramas. Se definen 4 intervalos diferentes los cuales se suceden en el siguiente orden:

**SIFS (Short InterFrame Spacing):** se usa para permitir a las distintas partes de un diálogo simple la posibilidad de transmitir sin la intervención de la estación base.

**PIFS (PCF InterFrame Spacing):** siempre hay una sola estación que puede responder dentro de un SIFS, si no lo hace, transcurre un tiempo PIFS y la estación base puede enviar una trama de sondeo.

**DIFS (DCF InterFrame Spacing):** si la estación base no tiene nada que decir, pasa un tiempo DIFS, aquí cualquier estación podría intentar adquirir el canal para enviar una nueva trama.

**EIFS (Extended InterFrame Spacing):** si nadie tenía datos para enviar, una estación que ha recibido una trama errónea puede usar este intervalo para reportarlo.

### Capas superiores

Las capas superiores se refieren a la capa de red, la capa de transporte y la capa de aplicación.



---

## 2.3. Servicios

El estándar 802.11 establece que una LAN inalámbrica que debe proporcionar los siguientes servicios:

### Servicios de distribución

Tiene que ver con la administración de los miembros dentro de una celda y con la movilidad de las estaciones conforme entran y salen de la misma.

- 1- Asociación: es usado por las estaciones móviles para conectarse ellas mismas a la estación base. Éstas anuncian su identidad y sus capacidades.
- 2- Disociación: usado por las estaciones antes de apagarse o salir, para romper relaciones con la estación base. La estación base puede usarla antes de su mantenimiento.
- 3- Reasociación: para cambiar de estación base preferida.
- 4- Distribución: determina como enrutar las tramas enviadas a una estación base.
- 5- Integración: maneja la traducción del formato 802.11 al requerido por la red de destino.

### Servicios de estación

Se relacionan con la actividad dentro de una sola celda.

- 1- Autenticación: las estaciones no autorizadas no pueden recibir o enviar tramas con facilidad.
- 2- Desautenticación: cuando una estación previamente autenticada quiere abandonar la red.
- 3- Entrega de datos



---

### 3. Estándares 802.11 existentes

Los estándares actuales de la familia 802.11 son los siguientes:

#### 802.11

Es el estándar original de WLANs que soporta 1 o 2 Mbps en la banda de 2.4 GHz usando Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) o Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

#### 802.11a

Es un estándar de alta velocidad que soporta hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz, usando un esquema de codificación Orthogonal Frequency Division Multiplexing más que FHSS o DSSS.

#### 802.11b

Es el estándar dominante de las WLANs (conocido también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz. Usa solo DSSS. 802.11b fue una ratificación de 1999 al estándar original de 802.11, permitiendo comparar a la funcionalidad inalámbrica con Ethernet.

#### 802.11g

Es otro estándar de las WLANs que soporta velocidades de hasta 20 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

Las redes inalámbricas tendrán pronto una nueva adición a la familia conforme los planteamientos sobre el futuro de 802.11n crecen.

### 4. Motivaciones para el desarrollo del nuevo estándar 802.11n

Entre las motivaciones para el desarrollo del nuevo estándar se encuentran:

1- La velocidad de transmisión experimentada por los usuarios de redes inalámbricas se ve significativamente afectada por las muchas fuentes de sobrecarga dentro del protocolo 802.11. La sobrecarga se debe principalmente a los preámbulos necesarios para cada paquete, como por ejemplo, los acuses de recibo, ventanas de contención, y varios parámetros de espaciado entre tramas. Los problemas de sobrecarga se hicieron más agudos con el incremento de la velocidad de transmisión.

2- La posibilidad de crear paridad en cuanto a capacidad de transmisión de datos entre los sistemas inalámbricos y los no inalámbricos de tal forma que las empresas puedan extender su uso de redes inalámbricas a aquellas áreas en las cuales no se puede utilizar debido a que la tasa de transmisión de datos de los productos inalámbricos existentes es insuficiente.

---

3- En los distintos estándares del 802.11 que fueron desarrollados, la porción de datos acarreados dentro de los paquetes se encogió, mientras que la sobrecarga permaneció fija.

Por ejemplo, el estándar 802.11b, con un pico de velocidad de transmisión de datos de 11 Mbps, normalmente alcanza un pico neto de 5 o 6 Mbps, mientras que los estándares 802.11a y 802.11g, con un pico de transmisión de datos PHY (a nivel de la capa física) de 54 Mbps, alcanza un pico neto de alrededor de 20 a 24 Mbps. Es por esto que se demanda una mejora en la capacidad de procesamiento de datos de cuatro a cinco veces sobre el máximo alcanzado con 802.11a/g.

## 5. Propuestas que compiten por ser el nuevo estándar 802.11n

Actualmente dos son las tecnologías que compiten entre sí para convertirse en el nuevo estándar:

1. WWiSE (WorldWide Spectrum Efficiency) apoyado por Texas Instruments, Broadcom, Conexant, STMicro, Airgo y Bermai, continúa con la compatibilidad hacia atrás con el canal de 20 Mhz.
2. TGn Sync, apoyado por Cisco, Intel, Nokia, Nortel, Phillips y Sony entre otros, planea emplear el canal de 40Mhz.

Solo falta la aprobación del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), para definir cuál será el nuevo estándar. Se estima que la adopción del nuevo estándar está prevista para finales del 2006 o principios del 2007, aunque los primeros productos compatibles podrían ver la luz para el próximo año.

## 6. WWiSE – WorldWide Spectrum Efficiency

Los fabricantes de chips Wi-Fi **Texas Instruments, Broadcom, Conexant, STMicro, Airgo y Bermai** han hecho una propuesta formal al IEEE con un posible estándar 802.11n.

El diseño presentado constituye una base completa para el estándar, en el cual han tenido especial cuidado en garantizar que el espectro empleado se ajuste a las numerosas regulaciones existentes en el mundo. La propuesta ha recibido el nombre de "WWiSE", de WorldWide Spectrum Efficiency Cash'n'Carrion.

Para lograr dicha meta, la propuesta supone el uso de un canal de 20MHz, lo que garantiza la compatibilidad hacia atrás con los equipos Wi-Fi actuales. WWiSE usaría la tecnología Multiple Input, Multiple Output (MIMO), que emplea varias antenas, y una modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), para lograr unas tasas de transmisión de hasta 540Mbps.



La nueva tecnología puede alcanzar un máximo de 135 Mbps en la transmisión de datos en la configuración mínima de dos-por-dos, y velocidades de 540 Mbps por medio de una estructura MIMO cuatro-por-cuatro y 40MHz de ancho de banda en el canal.

La propuesta también incluye sistemas avanzados de corrección de errores para aumentar la cobertura del sistema.

Las empresas detrás de WWiSE ofrecen esta propiedad intelectual "bajo términos razonables y no discriminatorios" (condición necesaria para que el IEEE acepte esta propuesta como estándar) y sin que sea necesario pagar en concepto de derechos.

Sin embargo, todavía existe un problema debido a que una empresa canadiense llamada Wi-LAN, asegura ser la poseedora de varias patentes sobre la tecnología OFDM y, por tanto, sobre el núcleo de los estándares 802.11a, 802.11g y WiMAX. Esta propiedad intelectual puede tener implicaciones similares sobre WWiSE.

La empresa Wi-LAN está persiguiendo agresivamente a los fabricantes de sistemas inalámbricos para el pago de los derechos que considera que posee. Hoy en día se encuentra en plena batalla legal contra Cisco, y el resto de los fabricantes Wi-Fi están esperando la resolución del caso, el cual, probablemente, decida la validez de las reclamaciones de Wi-LAN sobre sus patentes.

### **Componente Crítico**

Según Greg Raleigh (de Airgo Networks) dijo que la tecnología MIMO es el componente crítico de 802.11n, que provee una cobertura más confiable con una velocidad de transmisión de datos mucho mayor, la cual permitirá a los usuarios realizar muchas cosas más con WiFi, especialmente en aplicaciones multimedia. También para usuarios de oficina, el nuevo estándar eventualmente superará la velocidad de las conexiones Ethernet.



## 7. TGn Sync

En respuesta al crecimiento de la demanda de redes de área local inalámbricas (WLAN – Wireless Local Area Networks), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos - Asociación de Estándares - (IEEE-SA – Institute of Electrical and Electronics Engineers- Standards Association) aprobó la creación del IEEE 802.11 Task Group N (802.11 TGn) durante la segunda mitad del año 2003.

El alcance del objetivo de TGn es el de definir las modificaciones a ser realizadas a la Capa Física (PHY - Physical Layer) y a la Capa de Control de Acceso al Medio (MAC - Medium Access Control Layer) como para lograr una velocidad de procesamiento de datos de 100 Mbps en la Capa MAC SAP (tope de la capa MAC, ver Tabla 1).

Este requerimiento mínimo representa aproximadamente un performance de procesamiento de datos 4 veces mayor comparado con las redes actuales 802.11a/g.

La propuesta de TGn para este siguiente paso en el performance de WLAN es el de mejorar la experiencia del usuario con las aplicaciones WLAN existentes y permitir a la vez, nuevas aplicaciones y nuevos segmentos de mercado. Al mismo tiempo, TGn espera una transición suave de adopción de la nueva tecnología, por requerir la compatibilidad hacia atrás con las soluciones existentes de las IEEE WLANs antiguas (802.11a/b/g).

<b>Estándar IEEE WLAN</b>	<b>Estimación sobre-el-aire (OTA – over-the-air)</b>	<b>Estimación en la Capa de Control de Acceso al Medio, Punto de Acceso al Servicio (MAC SAP)</b>
802.11b	11 Mbps	5 Mbps
802.11g	54 Mbps	25 Mbps (cuando .11b no está presente)
802.11a	54 Mbps	25 Mbps
<b>802.11n</b>	<b>200+ Mbps</b>	<b>100 Mbps</b>

**Tabla 1. Comparación de las diferentes velocidades de transferencia de 802.11 (Fuente: Intel Labs)**

La Alianza WiFi mostró también interés en el trabajo de TGn de la nueva 802.11n. Representantes de la industria se unieron bajo la denominación de Wi-Fi Alliance - High Throughput Marketing Task Group, para definir y publicar un Documento de Requerimientos de Márketing (MRD - Marketing Requirements Document). El Wi-Fi Alliance MRD especifica las expectativas de performance que van a incrementar la experiencia de los usuarios en respuesta al mejoramiento de procesamiento de datos, rango, robustez a la interferencia, y una experiencia más confiable a través del Conjunto de Servicios Básicos (BSS - Basic Service Set).

---

Intel está contribuyendo al éxito de 802.11n de muchas formas. Primero, Intel presidió el comité TGN responsable de desarrollar los documentos núcleo que van a ser usados como guía de TGN en el desarrollo del estándar 802.11n, y ha aprobado contribuciones a estos documentos fundacionales, incluyendo modelos de canal, de uso, requerimientos funcionales y criterios de comparación.

Intel también ha sido responsable de las aprobaciones técnicas a TGN sobre las tecnologías MAC y PHY, las metodologías de medición de performance, y metodologías de simulación. Intel ayudó como coautor del Wi-Fi Alliance MRD for High Throughput WLANs, y continuó proveyendo el liderazgo de la industria, conduciendo las discusiones actuales de los líderes de la industria de las redes inalámbricas. Por medio de todos estos esfuerzos, Intel y otras industrias líderes desarrollarán y aprobarán juntas una propuesta IEEE TGN completa para el estándar IEEE 802.11n.

### **Logrando la performance de la WLAN de Próxima-Generación**

Intel cree que simplemente demostrando 100 Mbps bajo ciertas condiciones no será suficiente para asegurar una experiencia robusta del usuario con aplicaciones emergentes.

La visión de Intel para el estándar IEEE 802.11n logrará e inclusive superará el objetivo de 100 Mbps del IEEE TGN en la capa MAC SAP (MAC Service Access Point). Intel espera que la tecnología WLAN soporte consumidores electrónicos (CE), computación personal, y plataformas de comunicación handheld a través de las mayores empresas, hogares y entornos públicos.

Existen tres áreas claves que necesitan ser consideradas cuando se habla de mejoramientos en el performance de LANs inalámbricas.

Primero, serán necesarios avances en tecnología de radiotransmisores para poder incrementar la velocidad de transferencia física.

Segundo, deben ser desarrollados nuevos mecanismos que implementen el manejo efectivo de modos PHY perfeccionados.

Tercero, son necesarios mejoramientos en la eficiencia de transferencia de datos para reducir los impactos de performance de cabeceras PHY y retrasos de radiotransmisores que de otra manera reducirán los mejoramientos alcanzados con creces en la velocidad de transferencia física.

Al mismo tiempo, mientras se desarrollan nuevos acercamientos para lograr performance, la coexistencia con dispositivos antiguos 802.11a/b/g existentes, es necesaria. Todas estas áreas deben ser tomadas en cuenta cuando se consideran implementaciones prácticas y efectivas para segmentos de marketing sensibles al costo.





## 8. Comparación entre las dos propuestas: WWiSE y TGn Sync

Los partidarios de WWiSE creen que 802.11n necesita ser capaz de usar el canal con 20MHz de ancho (el mismo que 802.11b y 802.11g) a fin de que no siga los pasos de 802.11a, que se despoja de compatibilidad con estándares anteriores a cambio de velocidades mayores (tanto 802.11a como 802.11g operan a 54Mbps, pero la retrocompatibilidad de 802.11g le dio el triunfo frente a 802.11a).

WWiSE debería de poder alcanzar velocidades de hasta 540 Mbps empleando MIMO (Multiple Input, Multiple Output) algunas técnicas de antenas y el actualmente usado OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

TGn Sync planea emplear el canal de 40MHz y usar la tecnología MIMO para alcanzar una velocidad real de alrededor de 175Mbps, y velocidades teóricas rozando los 500Mbps.

### Tabla comparativa entre las dos propuestas

	<b>N Sync</b>	<b>WWiSE</b>
<b>Ancho del canal</b>	10 MHz, 20 MHz, y 40 MHz (obligatorio)	20 MHz (obligatorio), y 40 MHz (opcional)
<b>N° de canales en la banda de 5 GHz</b>	14	24
<b>MIMO</b>	Dos antenas (obligatorio), cuatro antenas (opcional)	Cuatro antenas (obligatorio)
<b>Velocidad de transmisión</b>	250 Mbps (expandible a 500 Mbps)	216 Mbps (no confirmado)
<b>Frecuencias</b>	5 GHz (obligatorio), 4 GHz (opcional)	5 GHz (obligatorio)
<b>Miembros del Sistema</b>	Nortel, Cisco, Sony, Toshiba, Nokia, Matsushita, Samsung	Mitsubishi, Motorola



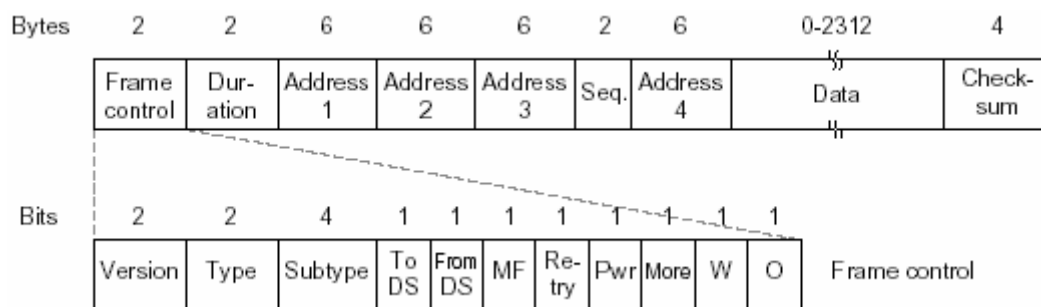
---

## 9. Bibliografía

1. Computer Networks – Tanenbaum, Andrew S – Fourth Edition – Prentice Hall – 2003.
2. <http://www.euskalwireless.net/modules/news/article.php>
3. <http://www.faq-mac.com/mt/archives/009339.php>
4. <http://www.agalisa.es/web/article790.html>
5. [http://standards.ieee.org/announcements/pr\\_p80211n.html](http://standards.ieee.org/announcements/pr_p80211n.html)
6. <http://www.tgnsync.org/techdocs/tgnsync-proposal-presentation.pdf>
7. [http://www.boingboing.net/2004/08/14/80211n\\_standard\\_subm.htm](http://www.boingboing.net/2004/08/14/80211n_standard_subm.htm)
8. [http://www.webopedia.com/TERM/8/802\\_11.html](http://www.webopedia.com/TERM/8/802_11.html)
9. <http://www.deviceforge.com/articles/AT5096801417.html>
10. [http://www.sss-mag.com/pdf/802\\_11tut.pdf](http://www.sss-mag.com/pdf/802_11tut.pdf)

## 1- ESTRUCTURA DE TRAMA DE LA CAPA DE ENLACE DE DATOS

El estándar 802.11 define 3 clases diferentes de tramas: de datos, de control y de administración. Cada una de ellas tiene un encabezado con campos utilizados dentro de la subcapa MAC y algunos usados por la capa física. Formato de la trama de datos:



*Frame Control:* Tiene 11 subcampos:

*Versión del protocolo:* para que 2 versiones del protocolo puedan funcionar al mismo tiempo en la misma celda.

*Tipo:* de Datos, de Control o de Administración.

*Subtipo:* ej. RTS o CTS.

*To DS:* indica que la trama va al Sistema de Distribución.

*From DS:* indica que la trama viene del Sistema de Distribución.

*MF:* indica que siguen más fragmentos.

*Retransmisión:* indica que ésta es la retransmisión de una trama.

*Pwr:* usado por la estación base para poner a una estación base en estado de hibernación o sacarlo de ese estado.

*More:* indica que el emisor tiene tramas adicionales para el receptor.

*W:* especifica que el cuerpo de la trama se ha codificado usando el algoritmo **WEP (Wired Equivalent Privacy)**.

*O:* una secuencia de tramas que tenga este bit encendido debe procesarse en orden.

*Duración:* indica cuánto tiempo ocuparán el canal, la trama y su ACK.

*Direcciones:* 2 son para origen y destino y las otras 2 se usan para las estaciones base origen y destino, en el caso de tráfico entre celdas.

*Secuencia:* permite numerar los fragmentos, 12 bits identifican la trama y 4 al fragmento.

*Datos:* contiene la carga útil, hasta 2312 bytes.

*Checksum:* contiene la suma de verificación.

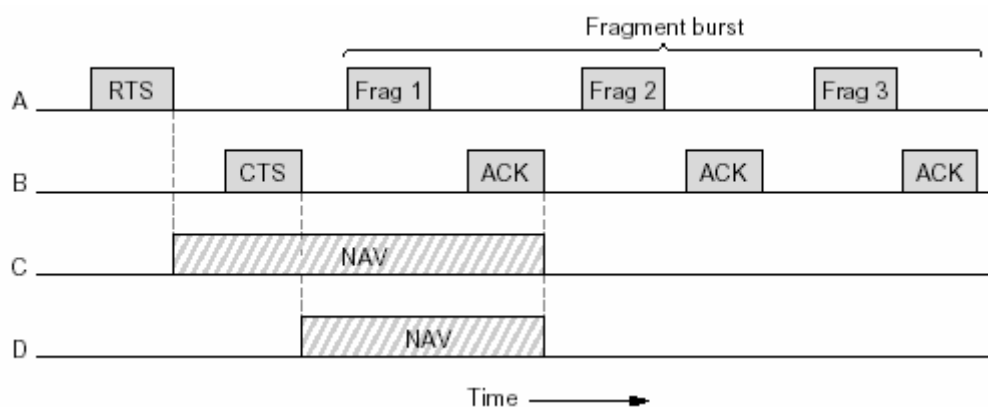
Las **tramas de administración** tienen un formato similar, pero no tienen direcciones de estación base, ya que éstas se restringen a una sola celda.

Las **tramas de control** son más cortas, tienen una o 2 direcciones y no tienen ni campo de datos ni de secuencia. La clave aquí está en el campo subtipo (RTS, CTS o ACK).

## Fragmentación

Las redes inalámbricas son ruidosas, en consecuencia, la probabilidad de que una trama llegue correctamente a destino, disminuye con la longitud de la trama. Si la probabilidad de que un bit llegue erróneo es  $p$ , entonces, la probabilidad de que una trama de  $n$  bits llegue bien es  $(1-p)^n$ .

Para solucionar este problema, 802.11 permite dividir las tramas en fragmentos, cada uno con su correspondiente suma de comprobación. Cada fragmento se numera de manera individual y su recepción se confirma usando un *protocolo de parada y espera*. Una vez que se ha adquirido el canal (RTS y CTS), pueden enviarse muchos fragmentos secuencialmente. A esta secuencia se le denomina como **ráfaga de fragmentos**.



Solo los fragmentos errados se retransmiten. El mecanismo NAV, mantiene a otras estaciones en silencio, solo hasta el sgte. ack. Pero hay otro mecanismo para que una ráfaga de fragmentos se envíen sin interferencia.

## 2- FUNDAMENTOS DE ESPECTRO EXPANDIDO (SPREAD SPECTRUM)

La técnica de espectro expandido fue desarrollada durante la segunda guerra mundial para usos militares.

Posee las siguientes **ventajas**:

- Robustez a las interferencias naturales, o intencionales (jamming);
- Capacidad de enmascarar la señal de información utilizando ruido de fondo para evitar su detección por algún adversario;
- Capacidad de compartir el medio de transmisión por múltiples usuarios;
- Resistencia a los efectos interferentes de la propagación por multitrayectorias;
- Posibilidad de medición de la distancia entre los puntos transmisor y receptor.

Todos estos aspectos hacen de la técnica de espectro expandido que sea muy apreciada para aplicaciones de redes inalámbricas y sistemas de comunicaciones móviles.

La técnica consiste en tomar una señal de banda base de ancho de banda limitado y convertirla en una señal de un ancho de banda mucho mayor con unas estadísticas similares a las del ruido, mediante la utilización de un código apropiado. El proceso es equivalente a dividir la señal original en un gran número de "pedacitos" llamados *chips*, los cuales pueden ser transmitidos a una tasa mayor o menor que la de transmisión de la señal original.

En el extremo receptor el proceso inverso consiste en reconstruir la señal de banda base a partir de la señal de espectro expandido a través de un proceso de modulación coherente, que utiliza el mismo código empleado en el transmisor. Esto permite la utilización del medio por múltiples usuarios, cada uno con un código distinto; tal es el caso de la técnica de acceso múltiple CDMA.

Comúnmente se consideran dos modalidades genéricas de Spread Spectrum:

- Spread Spectrum con salto de frecuencia (FHSS-Frequency Hopping Spread Spectrum)
- Spread Spectrum en secuencia directa (DSSS-Direct Sequence Spread Spectrum)

Las cuales se diferencian esencialmente en la ubicación del aleatorizador tal como se muestra en las figuras 1 y 2. A su vez, FHSS presenta dos variantes: lenta (SFHSS-Slow Frequency Hopping Spread Spectrum) y rápida (FFHSS-Fast Frequency Hopping Spread Spectrum).

Las modalidades de salto de frecuencia lenta y rápida, se diferencian en la tasa de generación de chips comparada con la tasa de transmisión de bits de información. En el caso de SFHSS, varios bits de información son transmitidos con la misma frecuencia de onda portadora, mientras que en el caso de FFHSS, un bit de información es transmitido con varias frecuencias. Esto es comparable a las técnicas de diversidad en frecuencia lo cual confiere a la técnica de Spread Spectrum una robustez intrínseca frente a los fenómenos de multitrayectoria.

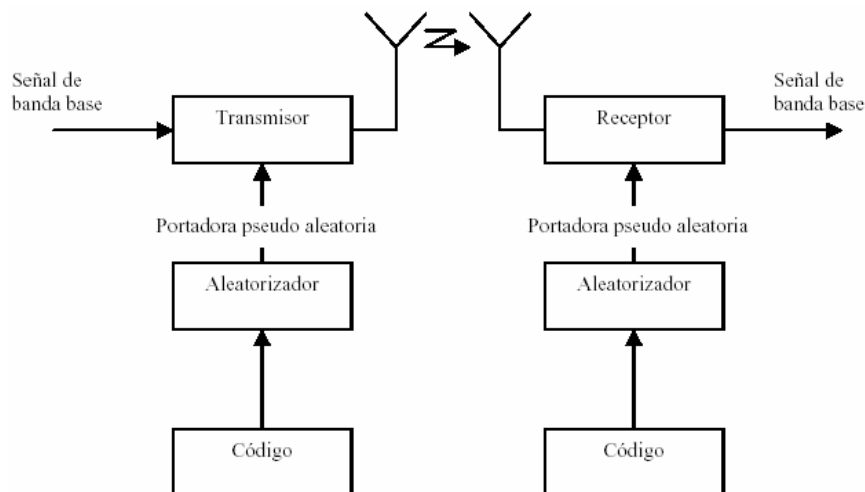


Fig.1: FHSS (a) Transmisor; (b) Receptor

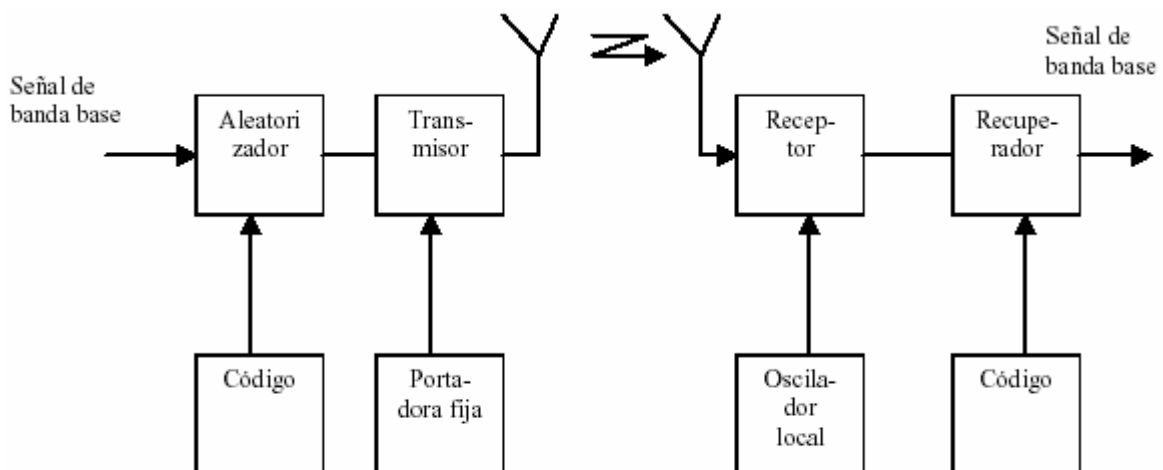


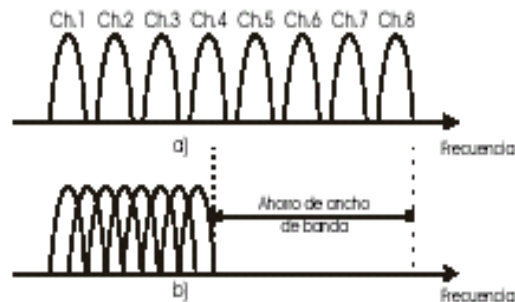
Fig.2 DSSS: (a) Transmisor (b) Receptor

### En resumen

- La señal 802.11 ocupa un ancho de banda de 1MHz y espera aleatoriamente entre 79 canales diferentes (estándar Europeo).
- La secuencia "hopping" del transmisor es conocida por el receptor, que sincroniza con el transmisor .
- La interferencia puede ocurrir solamente si dos transmisores utilizan el mismo canal simultáneamente.

- Frequency Hopping es el tipo de comunicación original Spread Spectrum.
- En las WLANs 802.11, la velocidad de "hopping" es alrededor de 2.5 hops/segundo.

### 3- (OFDM) ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

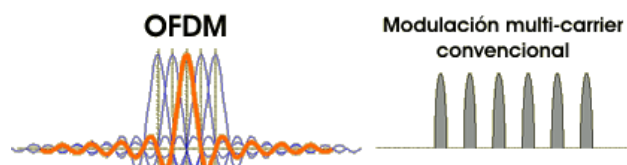


- Técnica Multiportadora convencional
- Modulación con portadoras ortogonales

El origen del OFDM es en la década del 50/60 en aplicaciones de uso militar que trabaja dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras. La transmisión sin línea de vista ocurre cuando entre el receptor y el transmisor existen reflexiones o absorciones de la señal lo que resulta en una degradación de la señal recibida lo que se manifiesta por medio de los siguientes efectos: atenuación plana, atenuación selectiva en frecuencia o interferencia Inter.-símbolo. Estos efectos se mantienen bajo control con el W-OFDM que es una tecnología propietaria de WI LAN quien recibió la patente para comunicaciones inalámbricas de dos vías y banda ancha OFDM (WOFDM).

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación multi-carrier considerada la piedra angular de la próxima generación de productos y servicios de radio frecuencia de alta velocidad para uso tanto personal como corporativo. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de carriers que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas. Ese espaciado evita que los de-moduladores vean frecuencias distintas a las suyas propias.

El espectro de OFDM se traslapa



### W-OFDM - WIDEBAND ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING



---

Esquema de transmisión que codifica la información en múltiples radio frecuencias simultáneamente. Dando como resultado, mayor seguridad y mayor velocidad. Esto lo convierte en el esquema más eficiente en el uso del ancho de banda en la industria.

W-OFDM es la base del estándar IEEE 802.11a.

### Características

- Ancho de Banda: 30Mbps
- Altamente inmune a interferencias
- Punto-a-Punto, 8 a 10Km
- Multi-Punto, 3 a 5Km
- Proximamente: 45Mbps, 90Mbps, 155Mbps

W-OFDM (Wide-band Orthogonal Frequency Division Multiplexing), codifica los datos dentro de una señal de radio frecuencia (RF). Transmisiones convencionales como AM/FM envían solamente una señal a la vez sobre una frecuencia de radio, mientras que OFDM envía una señal de alta velocidad concurrentemente sobre frecuencias diferentes. Esto nos permite hacer un uso muy eficiente del ancho de banda y tener una comunicación robusta al enfrentar ruido y reflejos de señales.

La tecnología OFDM parte una señal de alta velocidad en decenas o centenas de señales de menor velocidad, que son transmitidas en paralelo. Esto crea un sistema altamente tolerante al ruido, al mismo tiempo es muy eficiente en el uso del ancho de banda y por lo tanto permite una amplia cobertura de área punto a punto y multipunto.

## 4- TECNOLOGÍA DE INFRARROJOS

Los sistemas de infrarrojos se sitúan en altas frecuencias, justo por debajo del rango de frecuencias de la luz visible. Las propiedades de los infrarrojos son, por tanto, las mismas que tiene la luz visible. De esta forma los infrarrojos no pueden pasar a través de objetos opacos pero se pueden reflejar en determinadas superficies.

Las longitudes de onda de operación se sitúan alrededor de los 850-950 nm, es decir, a unas frecuencias de emisión que se sitúan entre los  $3,15 \cdot 10^{14}$  Hz y los  $3,52 \cdot 10^{14}$  Hz. Los sistemas que funcionan mediante infrarrojos se clasifican según el ángulo de apertura con el que se emite la información en el emisor en:

**Sistemas de corta apertura:** (de haz dirigido o de visibilidad directa) funcionan de manera similar a los mandos a distancia de los aparatos de televisión. Esto supone que el emisor y el receptor tienen que estar orientados adecuadamente antes de empezar a transmitirse información.

---

**Sistemas de gran apertura:** (reflejados o de difusión) radian tal y como lo haría una bombilla, permitiendo el intercambio de información en un rango más amplio. La norma IEEE 802.11 especifica dos modulaciones para esta tecnología proporcionando unas velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps respectivamente. Esta tecnología se aplica típicamente en entornos de interior para implementar enlaces punto a punto de corto alcance o redes locales en entornos muy localizados como puede ser una aula concreta o un laboratorio.

## 5- ( DSSS)ESPECTRO EXTENDIDO EN SECUENCIA DIRECTA

Es una tecnología de banda amplia desarrollada por los militares estadounidenses que provee comunicaciones seguras, confiables y de misión crítica. La tecnología de Espectro Extendido está diseñada para intercambiar eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad. Es decir, más ancho de banda es consumida con respecto al caso de la transmisión en banda angosta, pero el trueque (ancho de banda/potencia) produce una señal que es en efecto más fuerte y así más fácil de detectar por el receptor que conoce los parámetros de la señal de espectro extendido que está siendo difundida. Si el receptor no está sintonizando la frecuencia correcta, una señal de espectro extendido se miraría como un ruido en el fondo.

DSSS genera un patrón de bits redundante para cada bit que sea transmitido. Este patrón de bit es llamado código chip. Entre más grande sea este chip, es más grande la probabilidad de que los datos originales puedan ser recuperados (pero, se requeriría más ancho de banda). Sin embargo, si uno o más bits son dañados durante la transmisión, técnicas estadísticas embebidas dentro del radio transmisor podrán recuperar la señal original sin necesidad de retransmisión. DSSS se utilizará comúnmente en aplicaciones punto a punto.

## 6- ESTÁNDARES WLAN QUE COMPITEN CON EL 802.11N

Existen dos estándares WLAN competidores:

- HomeRF
- Bluetooth

### Estándar HomeRF

El estándar HomeRF tiene sus raíces en el Teléfono inalámbrico digital mejorado (*Digital Enhanced Cordless Telephone, DECT*). Esto explica la razón por la que el estándar HomeRF es el único que hoy día puede transportar el tráfico de voz con la calidad de las llamadas telefónicas normales, y de hecho está tomando un camino opuesto al de los estándares 802.11 y Bluetooth, lo que significa ir de voz a datos.

---

Esto se consigue mediante un enfoque parecido al de 802.11, el cual consiste en hacer que las capas MAC y física de la pila OSI cumplan este estándar. El estándar HomeRF utiliza una combinación de CSMA/CD para los datos en paquetes y TDMA para el tráfico de voz y video con el fin de optimizar el flujo de tráfico sobre una base de prioridad.

La capa física utiliza la manipulación por frecuencia (*Frequency Shift Keying, FSK*) para proporcionar velocidades en bits variables de entre 800kbps y 1.6Mbps en una banda de 2.4Ghz.

Es muy interesante observar que el estándar HomeRF incluye un conjunto impresionante de capacidades de voz, por ejemplo, el identificador de llamadas, llamadas en espera, regreso de llamadas e intercomunicación dentro del hogar.

### Estándar Bluetooth

Bluetooth tiene como propósito ser un estándar con un rango de aproximadamente 1 a 3 metros. Su intención es conectar computadoras portátiles con teléfonos celulares, PDA con computadoras portátiles y teléfonos celulares, además de otros dispositivos similares. Está relativamente limitado en la velocidad con aproximadamente 1.5Mbps.

El estándar Bluetooth tiene dos puntos fuertes:

**Tamaño:** El factor de la forma (tamaño) que ofrece Bluetooth le permite conectarse en relojes de mano, PDA y otros dispositivos electrónicos pequeños en los que el tamaño es un criterio de diseño importante.

**Ahorro de energía:** Bluetooth usa 30μAmperes, lo que es una cantidad muy pequeña de energía.

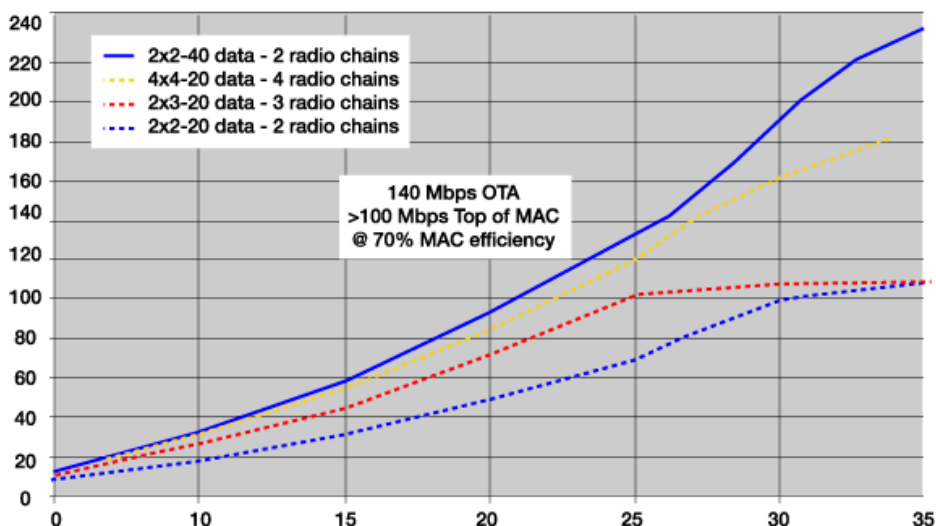
## 7- MIMO(Multiple Input /Multiple Output) - ANTENAS

Tecnología que, mediante el empleo de varias antenas, ofrece la posibilidad de resolver información coherentemente desde varias rutas de señales mediante antenas receptoras separadas espacialmente.

Las señales multi-ruta son las señales reflejadas que llegan al receptor en cualquier momento después de la señal original o de la línea de vista que ha sido recibida. Generalmente la multi-ruta es considerada como una interferencia que reduce la habilidad del receptor para recuperar la información inteligente.

MIMO proporciona la oportunidad de resolver espacialmente las señales multi-rutas, al proporcionar ganancias de diversidad que contribuyen a la habilidad de un receptor para recuperar la información inteligente.

Otra oportunidad valiosa que puede proporcionar la tecnología MIMO es el Multiplexado por División Espacial (*Spatial Division Multiplexing, SDM*). El cual crea una división espacial multiplexada en varios flujos de datos independiente, transferidos simultáneamente dentro de un canal espectral del ancho de banda. El MIMO SDM puede incrementar notablemente el rendimiento de datos así como la cantidad de flujos espaciales resueltos.



La figura ilustra los resultados de un simulacro realizado por el grupo TGn y refleja el resultado over-the-air (OTA) en diferentes valores Señal-Ruido (SNR). Se asume una eficiencia MAC del 70% para ilustrar el requisito Top-of-MAC de 100Mbps en TGn(140Mbps).

Estos resultados comparan el rendimiento de las implementaciones de 20MHz y a 40MHz.

Ilustraremos cada configuración de sistema al utilizar la convención siguiente:

Un transmisor de dos antenas que se comunica con un receptor de dos antenas por un canal a 40MHz es representado por un 2x2-40MHz, donde 2 flujos de datos son transferidos. También se encuentran representados en estos resultados:

- 4x4-20MHz transfiriendo 4 flujo de datos
- 2x3-20MHz transfiriendo 3 flujos de datos
- 2x2-20MHz transfiriendo 2 flujos de datos

La ventaja principal que ofrece una implementación de 2x3MHz sobre la implementación de 2x2MHz es la relación señal-ruido (SNR) mejorada. Esto se nota con el rango mejorado para una capacidad de rendimiento dado. Esto muestra que una implementación de dos flujos MIMO no logra satisfacer los requisitos de Top-of-MAC de 100Mbps.

Para lograr la meta de 100Mbps usando solamente canales de 20MHz requerirá que las implementaciones MIMO admitan al menos tres flujos de datos. Es fácil apreciar la ventaja de una implementación 2x2-40MHz en

---

estos resultados. Fíjese que aún duplicando la cantidad de cadenas RF usando una implementación de 20Mhz para transmitir cuatro flujos de datos no se logra el rendimiento posible con solamente dos cadenas RF usando un canal de 40Mhz transmitiendo dos flujos de datos.

El uso de dos canales de 40Mhz permite una complejidad reducida lo cual mantiene los costos bajos a tiempo de ofrecer resultados para una experiencia robusta del usuario.