

***Control de la Interferencia:
El sistema Canopy™ de
Motorola***

Agosto, 2002



Informe Técnico

Introducción

La Demanda de Servicios de Banda Ancha en el Mercado Impulsa el Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA)

Ya sea en Nueva York, Ciudad de México, San Francisco o Madrid, los negocios se mueven a la velocidad de Internet; por lo cual, contar con una conexión de banda ancha con el resto del mundo ya no sólo es necesario sino que imprescindible. Los múltiples proveedores de módems por cable y DSL (Línea de Suscriptor Digital) están listos para ofrecer a las empresas conexiones de alta velocidad. Pero la gran mayoría de las empresas y personas en el mundo no se concentra en las grandes metrópolis. Ello no significa que la necesidad y demanda de banda ancha sea inferior; al contrario, por lo general vivir y trabajar en un poblado pequeño implica que estas conexiones revisten aún mayor importancia.

Desafortunadamente para muchas empresas, a nivel nacional y especialmente internacional, no es posible contar con servicios de banda ancha a un precio razonable, ni a veces a ningún precio. El costo de instalar nuevas redes DSL (Línea de Suscriptor Digital), renovar o acondicionar las líneas existentes, o convertir las plantas de cableado existentes para transmitir tráfico de dos vías es demasiado costoso. Ello significa que debe existir una justificación comercial muy sólida antes de comenzar siquiera a contemplar el uso de la banda ancha.

El acceso inalámbrico de banda ancha se ha vislumbrado como una posible solución a este dilema, capaz de cerrar la "brecha digital" para quienes necesitan imperiosamente servicios de ancho de banda. A pesar de que esta demanda se conoce desde hace años, la industria en general no ha podido responder a esta necesidad a gran escala. Ello se debe tanto a la realidad como a la percepción de la misma. Lo cierto es que hasta ahora, el equipo carecía de las funciones y niveles de precios necesarios para posibilitar un modelo comercial viable.

A pesar de que existen más de 30 millones de suscriptores de banda ancha en la actualidad (Fuente: In-Stat/MDR, julio 2002), aún no se ofrecen conexiones de datos/voz a alta velocidad a la mayoría de la población mundial. El medio de acceso más prometedor, el acceso inalámbrico de banda ancha, representa menos del cinco por ciento de las conexiones de acceso de banda ancha totales (Fuente: In-Stat/MDR, julio 2002). Ello no es sorprendente, puesto que las tecnologías de acceso de banda ancha más importantes (principalmente xDSL y cable) llevan mucho más tiempo en el mercado que el Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA). No obstante, el mercado BWA actual está experimentando un resurgimiento de nuevos métodos para resolver los

problemas que anteriormente habían obstaculizado su potencial crecimiento. Por ejemplo, una de las más claras problemáticas para los proveedores de servicios ha sido la imposibilidad de controlar la interferencia de radiofrecuencia (RF), lo cual ha aumentado los costos debido al equipo adicional y la incapacidad de cumplir los niveles de servicio contratados por sus clientes.

Los tiempos cambian y la tecnología avanza, y los productos emergentes de hoy en día han comenzado a enfrentar este serio problema. Una vez más, la tecnología BWA empieza a perfilarse como una de las mejores posibles respuestas al dilema de la banda ancha.

En este informe analizaremos uno de los principales desafíos que enfrenta la industria de BWA para consolidarse como la gran tercera opción de acceso de banda ancha: la interferencia. Los clientes desean estar seguros de que la tecnología que elijan no presente inconvenientes y siempre esté disponible. Con la tecnología BWA, la principal amenaza es la interferencia. Específicamente, cubriremos:

- Qué se entiende por interferencia y dónde es más frecuente
- Métodos para combatir la interferencia a nivel de RF
 - Modulación robusta
 - Relaciones portadora a interferencia (C/I) y qué implican
 - Rendimiento de la antena
 - Sincronización
- Métodos para combatir la interferencia en la capa de acceso a medios
 - Cómo puede influir la elección del tamaño de trama
 - Solicitud de Retransmisión Automática (ARQ)
 - Control central de transmisión

Y finalmente, analizaremos lo que implican todos estos aspectos técnicos a la hora de desplegar el sistema en la vida real.

La Tecnología BWA Existe en Bandas Con Licencia y Exentas de Licencia

Muchas de las preocupaciones en cuanto a la desaparición de la tecnología BWA estaban centradas en las empresas que desplegaban redes de alta frecuencia punto a punto (PTP) de 38 GHz. Los sistemas Punto a Multipunto (PMP) en estas frecuencias estaban disponibles (y lo siguen estando), pero sus niveles de precios y límites del alcance y cobertura normalmente restringían su eficacia.

Todas estas redes se desplegaban en una banda de frecuencia que

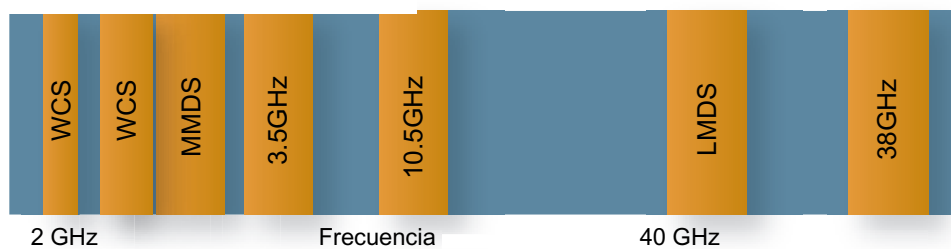
requiere licencia, lo cual significaba que la empresa que usaba el equipo tenía que empezar por comprar el espectro al gobierno. Si bien hubo diversas razones para la desaparición de las empresas de BWA, el costo adicional de pagar altas sumas por las licencias dificultó o imposibilitó la rentabilidad.

Además, cuando se designan las bandas con licencia, normalmente sólo se otorgan dos o tres licencias por región. Concretamente, esto implica que la tecnología BWA sólo se desplegará en aquellos lugares donde puedan recuperarse los costos de la licencia, y que ello sólo lo podrán hacer unas cuantas empresas. Dicha situación efectivamente reduce el número de posibles competidores y, por ende, de las opciones disponibles para el cliente final, paralizando las opciones de competencia de tecnología BWA.

Todo esto cambia cuando se usa la tecnología BWA en bandas exentas de licencia. En E.U.A. y el resto del mundo, se ha reservado una parte del espectro en la cual cualquier persona puede desplegar y operar una red siempre y cuando su equipo acate las reglas de las bandas en cuestión. Estas reglas se han diseñado para que puedan coexistir múltiples redes con un mínimo de interferencia, permitiendo a diversos operadores cubrir la misma región geográfica. Normalmente estas bandas son aceptadas en el mundo entero, ofreciendo a los distribuidores la capacidad de desarrollar un solo producto para un amplio mercado. En la Figura 1 (a continuación) se ilustran ambos conjuntos de bandas de frecuencia.

Frecuencias Inalámbricas de Banda Ancha

Bandas de Licencia



Bandas Exentas de Licencia

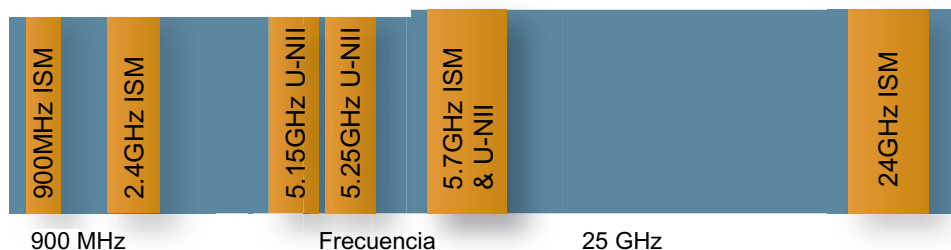


Figura 1. Bandas de Frecuencia Global

Cómo Enfrentar la Interferencia

Obviamente, siempre existen ventajas y desventajas. Si bien operar en una banda con licencia implica un significativo costo inicial, la licencia en sí implica que nadie más puede usar la misma frecuencia. Por lo que al abordar el problema de la interferencia, el diseño de la red sólo debe preocuparse por la interferencia autoinducida. Al desplegar una red PMP (Punto a Multipunto) en bandas exentas de licencia, la interferencia de su propia red es tan sólo uno de los factores que deben considerarse, ya que también hay que contemplar la interferencia de otras redes. Estas fuentes de interferencia pueden presentarse durante el despliegue inicial de la red, o bien un año o más después de su implantación.

A fin de asegurar que un sistema BWA perdure un período significativo y logre una recuperación adecuada de la inversión, las operaciones en estas bandas deben considerar todas las formas de interferencia. Igualmente importante es que los clientes y usuarios finales deben tener un alto grado de confianza en que la tecnología de la red que suministra las conexiones de banda ancha esenciales para sus empresas sea segura y estable.

Al configurar una red PTP (Punto a Punto) en bandas exentas de licencia, la interferencia aún es un factor a considerar. Como lo veremos más adelante, estos problemas no son tan significativos como los presentes en las redes PMP (Punto a Multipunto). Sin embargo, la interrupción de estos enlaces generalmente puede acarrear incluso más consecuencias, ya que manejan el tráfico de numerosos clientes a la vez.

La capacidad de una red desplegada en bandas exentas de licencia para tolerar la interferencia -tanto la autoinducida como la generada por otras fuentes- es en gran medida una función del equipo utilizado. Es esencial que el producto base esté diseñado desde el principio considerando la estabilidad y solidez de RF como un factor clave.

La Solución Canopy de Motorola

Una de las nuevas empresas en el mundo del Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA) es Motorola, que se ha propuesto ofrecer un económico sistema BWA en las bandas exentas de licencia con su línea de productos Canopy. Motorola es ampliamente reconocido en el sector de soluciones inalámbricas, incorporando productos de avanzada en la industria celular. Motorola ha utilizado la pericia obtenida en estos prometedores modelos de despliegue a gran escala, y la ha aplicado en el mercado de la tecnología BWA.

Desde el comienzo, el principal objetivo de diseño del equipo Canopy de Motorola ha consistido en ofrecer el sistema BWA más sólido y sencillo del mercado. El sistema Canopy cumple este objetivo.

En las siguientes secciones nos adentraremos en el sistema Canopy y los métodos disponibles para combatir la interferencia, a fin de ofrecer al lector un amplio entendimiento de la complejidad del problema, así como también de la solución que ofrece la línea de productos Canopy tanto para las redes PTP (Punto a Punto) como PMP (Punto a Multipunto).

¿En Qué Consiste la Interferencia?

En el mundo de las comunicaciones inalámbricas, se entiende por interferencia la situación en la que las señales de radio no deseadas operan en los mismos canales de frecuencia o bandas; es decir, "interfieren", interrumpen o añaden mutuamente un nivel de ruido general en la transmisión establecida.

La interferencia puede dividirse en dos formas dependiendo de si proviene de su propia red (o redes), o de una fuente externa. Si las señales de RF que causan interferencia emanan de una red bajo su control, ya sea si se encuentra en la misma torre de celdas o a varios kilómetros de distancia, se denomina "interferencia autoinducida". Si las señales dañinas provienen de una red, dispositivo u otra fuente que no esté bajo su control, se denomina "interferencia externa". Es decir, la definición del tipo de interferencia que desee combatir no se basa en la tecnología, sino la fuente donde se origina.

En las bandas con licencia, la interferencia autoinducida es la única que debe considerarse; sin embargo, en un determinado entorno operativo más o menos conocido (el espectro de radio sólo tendrá señales transmisoras que estén a cargo de una sola entidad), el diseño adecuado del producto y despliegue correcto de la red pueden disminuir estas interferencias hasta el punto en que ya no alteren el rendimiento de la red.

La interferencia autoinducida no es un fenómeno exclusivo de las operaciones en bandas con licencia, ya que las bandas exentas de licencia están expuestas al mismo problema. Las técnicas y elementos de diseño de un producto determinado que permiten reducir la interferencia autoinducida en operaciones de banda con licencia pueden aplicarse directamente en los sistemas exentos de licencia. Respaldados por la experiencia obtenida en el diseño de productos para redes celulares, el sistema BWA Canopy de Motorola aprovecha muchas de estas mismas funciones y pautas de despliegue para lograr una operación confiable sin interferencia autoinducida.

El Desafío de las Bandas Exentas de Licencia

Debido a la naturaleza de las reglas que rigen las bandas que no requieren licencia, no sólo debe contemplarse la interferencia

autoinducida, sino también la interferencia externa. Ello puede representar un gran desafío, pues no existe una forma de prever dónde pueden encontrarse o desde dónde se originarán estas señales externas, o incluso qué intensidad tendrán las transmisiones que causan interferencia en relación a las transmisiones deseadas. Este aspecto de las bandas exentas de licencia representa la posible desventaja en la operación de redes en estas bandas.

Sin embargo, a pesar de todo lo perjudicial e impredecible que puede ser la interferencia externa en redes exentas de licencia, un producto de BWA diseñado correctamente puede marcar una diferencia significativa en el rendimiento de una red cuyo objetivo sea eliminar las transmisiones de radio externas no deseadas.

En el sistema Canopy, tenemos clara esta problemática, por lo cual hemos tomado todas las precauciones al diseñar este producto para convertirlo en el sistema BWA más sólido existente en el mercado hoy en día. Esto se ha logrado no sólo mediante un sólido diseño en la radiofrecuencia (RF), sino también de las áreas más sensibles tales como la estructura de capa MAC (Control de Acceso a Medios) y las técnicas de corrección de errores.

Bandas Exentas de Licencia

Existen diversas bandas de frecuencia que se han designado como exentas de licencia en los Estados Unidos A nivel internacional, normalmente estas bandas cubren el mismo espectro de frecuencia pero con algunas variaciones en los límites permitidos de potencia, tamaño de canales, etc. En términos específicos, existen dos conjuntos de reglas que rigen las bandas exentas de licencia:

- Industriales, Científicas y Médicas (ISM) – tres designaciones de frecuencia que operan bajo estas reglas: 902 MHz a 928 MHz, 2.40 GHz a 2.4835 GHz y 5.725 GHz a 5.85 GHz
- Infraestructura de Información Nacional Sin Licencia (U-NII) - 5.15 GHz a 5.25 GHz, 5.25 GHz a 5.35 GHz y 5.725 GHz a 5.825 GHz.

La principal diferencia entre las reglas que rigen estas bandas radica en si se debe o no dispersar la señal. En la banda U-NII no es necesaria la dispersión, lo cual generalmente permite mayores velocidades de datos que en las bandas ISM.

El espectro U-NII sólo se ha introducido recientemente (dentro de los últimos cuatro años) en los Estados Unidos (con una adopción a nivel internacional levemente rezagada), mientras que las bandas ISM se han utilizado por años. Debido a ello, en muchos países del mundo, incluido E.U.A, puede ser muy difícil operar en la banda de 2.4 GHz, pues la gran

cantidad de equipo existente ya ha aglomerado las ondas de aire. Asimismo, diversos dispositivos de consumidores, tales como teléfonos inalámbricos, Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN), controles remotos para portones de cocheras e incluso ciertas nuevas bombillas fluorescentes, están diseñados para operar en esta banda, contribuyendo a aumentar aún más la interferencia externa.

Por ésta y otras razones, la mayoría de los sistemas desarrollados recientemente y que se ofrecen en el mercado de BWA están diseñados para operar en la banda U-NII. El producto Canopy es uno de estos sistemas y, en su formato inicial, se ofrece en las bandas medias y superiores U-NII.

¿Dónde Ataca y Qué Implica?

La interferencia en una red BWA Punto a Multipunto
Puede causar la degradación de la calidad de los servicios de voz y datos en las redes TD-SS (Punto a Punto) y TD-SS (Punto a Multipunto). La interferencia puede ser causada por otros dispositivos que operan en la misma banda de frecuencia que la red BWA. La interferencia puede ser causada por otros dispositivos que operan en la misma banda de frecuencia que la red BWA.

Por consiguiente, en un sistema BWA con bandas exentas de licencia, es crucial que se utilice el mejor diseño posible para combatir los factores que pueden causar inestabilidad en la red. En las secciones subsiguientes se analizarán varios factores del diseño que afectan el rendimiento de los sistemas BWA ante la interferencia, y se compararán con la solución Canopy.

Métodos para Combatir la Interferencia - La Capa Física

Modulación y Relación Portadora a Interferencia (C/I)

En su nivel más elemental, una fuente de interferencia de RF altera la transmisión digital haciendo que sea extremadamente difícil para la estación receptora "descifrar" la señal. La cantidad de ruido o interferencia que puede tolerar una transmisión digital de RF depende de la modulación utilizada.

Básicamente, la modulación es el método mediante el cual se transmiten los ceros y los unos modificando uno de los tres aspectos de una señal radial. Las tres fracciones de una señal de RF que pueden cambiarse o modularse corresponden a la fase, frecuencia y amplitud. Cambiar las propiedades de cualquiera de estos tres parámetros es un medio para comunicar "estados" diferentes. A la vez, estos estados son traducidos a ceros y unos en las comunicaciones binarias.

Por ejemplo, con la modulación de frecuencia, si la onda sinusoidal está en la frecuencia uno, se descifrará como un cero. Si la onda sinusoidal se cambia levemente a la frecuencia dos, se descifrará como un uno. Este tipo de modulación se conoce como FSK de dos niveles (2-FSK) o Manipulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK). En este ejemplo, un sistema sólo debe ser capaz de indicar la diferencia entre uno de dos estados o fases. Las modulaciones más complejas, tales como 16QAM (modulación de amplitud en cuadratura), intentan diferenciar entre 16 posibles estados diferentes de una señal entrante.

La ventaja de la modulación 16QAM es que transmite mayor información por ancho de banda o más bits/Hz. La desventaja reside en el hecho de que, a fin de diferenciar entre los 16 estados diferentes, la señal debe ser muy clara y potente en relación al ruido de fondo o, aún más importante, a la interferencia.

La capacidad de una estación receptora para descifrar una señal entrante en la capa física más básica depende de un factor denominado "relación de portadora a interferencia", o C/I. Este término un tanto peculiar significa exactamente lo que dice: cuál es la intensidad de la señal deseada (portadora) en comparación con las señales no deseadas

(interferencia). Las relaciones C/I se basan principalmente en la modulación utilizada, donde las modulaciones más complejas requieren mayores números de C/I que las modulaciones más robustas, tales como la 2-FSK.

El sistema Canopy emplea la modulación 2-FSK. Con esta modulación, la relación C/I necesaria para operar debidamente con un índice de error de 1×10^{-4} bits por segundo es de sólo 3dB; vale decir, la intensidad de la señal deseada sólo necesita ser 3dB mayor que la de las interferencias no deseadas. Un sistema que opera con la modulación 16QAM en estos niveles requerirá una relación C/I de aproximadamente 12 a 14dB.

En otros términos, con cada 3dB de intensidad adicional de la señal, la potencia de una señal se duplica. Esto significa que el sistema Canopy, con su relación C/I de 3dB, puede tolerar una señal de interferencia muchas veces más poderosa que un sistema de modulación 16QAM, y seguirá funcionando con el índice de error especificado. Independientemente de si la interferencia proviene de otro sitio de celdas en la red u otra red completamente diferente, gracias a su uso de la modulación 2-FSK el sistema Canopy tolerará altos niveles de interferencia antes de que pueda alterarse la fluidez de la comunicación. Todas las demás técnicas de Dispositivos de Capa Física (PHY) están diseñadas para mejorar esta medición fundamental de solidez de la red y efectividad funcional mediante la preservación del nivel C/I necesario.

Antenas

Cuando se sigue el curso de una señal BWA de un extremo a otro, ésta sale del radio y en primer lugar pasa por una antena transmisora, luego se dirige a través del aire a una antena receptora, y finalmente llega al radio. La antena, un importante componente en la cadena de RF, también puede influir en la calidad con la cual la red tolera la interferencia, tanto interna como externa.

El rendimiento de la antena se especifica de diversas maneras, pero para fines de este análisis, la más importante es la relación entre la parte delantera y la posterior. La relación delantera-posterior de la antena en una Estación Transceptora Base (BTS) indica la cantidad de la señal entrante que se absorberá en la parte delantera de la antena, comparada con la cantidad de señal de llegada que absorberá la parte posterior.

Al desplegar redes en una topología celular, el rendimiento de la antena en cuanto al rechazo de señales no deseadas que vienen desde atrás constituye un parámetro importante. El sistema Canopy, con sus antenas integradas en la estación BTS, posee una relación delantera-posterior de 20dB. Combinado con su excelente relación C/I, esto significa que una estación BTS Canopy que recibe una señal de umbral (la señal más débil que aún pueda detectarse) puede recibir por detrás una señal de

interferencia (ya sea interna o externa) de una magnitud de unos -60dBm y seguir estableciendo conexiones con un índice aceptable de error.

Sincronización TDD

Las redes BWA que utilizan Duplexación por División de Tiempo (TDD) para aislar las comunicaciones ascendentes de las descendentes son ideales para el tráfico asimétrico, como lo son los datos. La capacidad de ajustar la cantidad de ancho de banda destinado a las comunicaciones con dirección ascendente y descendente sin modificar el hardware es una poderosa función.

Los sistemas TDD operan mediante una transmisión con dirección descendente (desde la estación BTS al Módulo Suscriptor) durante un período determinado; por ejemplo 1ms. Tras un breve lapso de protección, los Módulos Suscriptores (SM) efectúan la transmisión con dirección ascendente a la misma frecuencia. En un sitio de celdas en el que más de un radio opera en el modo TDD, es importante que todos los sectores de la celda realicen la transmisión y recepción exactamente al mismo tiempo. De lo contrario, si el sector 1 transmite mientras el sector 2 recibe, puede producirse interferencia en la transmisión entrante del sector 2 incluso si se encuentran en diferentes canales de frecuencia, pues la señal del sector 1 está tan próxima que su intensidad puede "inundar" o abrumar los componentes electrónicos en el sector 2.

Al desplegar un sistema TDD en un una topología celular, lo ideal es poder utilizar la misma frecuencia en cada sitio de celdas, incluso si estos sitios se encuentran a varios kilómetros de distancia. Esto significa que el sector 1 de una estación BTS A puede interferir con el sector 1 de la estación BTS B. En la Figura 2 se ilustra el esquema de frecuencia utilizado en el sistema Canopy, donde se muestra cómo pueden interferir estas señales. En este caso, se requiere una sincronización intercelular para garantizar que todos los sectores en todos los sitios de celdas estén temporizados y sincronizados debidamente en función a las comunicaciones con dirección descendente y ascendente.

Ofrecer una estrecha sincronización a través de potencialmente cientos de kilómetros cuadrados puede representar un gran desafío. Con el sistema Canopy, diseñado para instalaciones a gran escala de redes con alta densidad, la sincronización TDD es un requisito crucial. Esto se ha resuelto con el uso de una señal GPS. Estas señales satelitales de gran exactitud se utilizan para fines de temporización y, a la postre, sincronización de la transmisión/recepción, cronometrando así todos los sectores de la red Canopy.

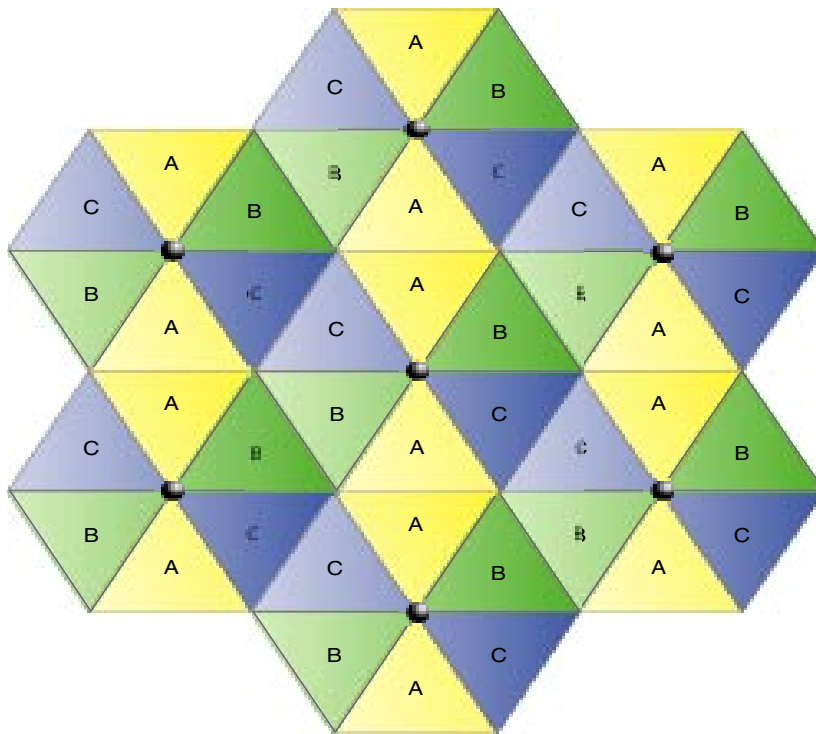


Figura 2. Esquema de frecuencia en una instalación celular.

Métodos para Combatir la Interferencia- La Capa MAC

Hasta el momento, el análisis se ha centrado en diversas técnicas de la capa física para enfrentar la interferencia. Generalmente desestimado, pero de suma importancia para combatir las señales no deseadas, es el enfoque de diseño adoptado en la capa MAC (Control de Acceso a Medios).

Tamaño de Trama/Intervalo

En la Figura 3 aparece una trama MAC típica de un sistema TDD (Duplexación por División de Tiempo), como Canopy. Como puede apreciarse, las porciones con dirección ascendente y descendente de la trama están divididas en intervalos, cada uno de los cuales transmite lo que se conoce como "paquete de datos radial" o RDP. Los datos originales, por ejemplo un datagrama de paquete IP, se segmentan en paquetes que se adaptan al RDP.

A pesar del excelente diseño de despliegue y uso del sistema Canopy extremadamente sólido, habrá instancias en que la interferencia superará estas medidas y dañará total o parcialmente una trama MAC. Cuando ello sucede, los datos dañados deberán volver a enviarse. Si la trama MAC está diseñada para grandes paquetes RDP, de unos cientos de bytes en magnitud, el intervalo completo deberá retransmitirse incluso si sólo se ha dañado una pequeña fracción del paquete.

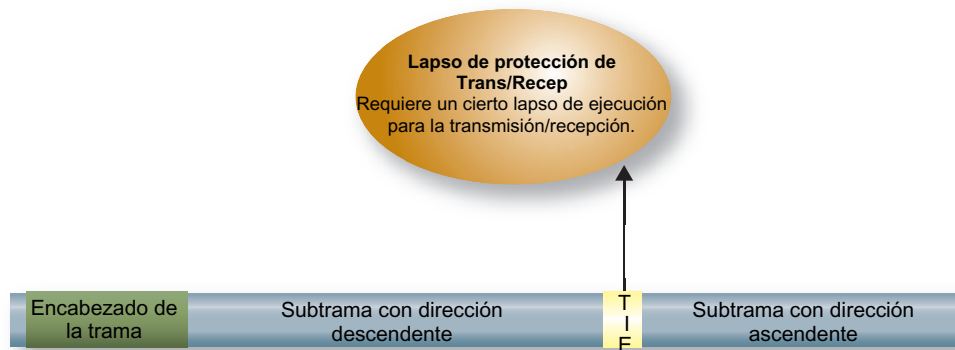


Figura 3. Trama MAC para TDD.

El efecto resultante en el rendimiento de la red puede ser significativo, pues unos cuantos bytes con error pueden causar que deban retransmitirse cientos de bytes. Canopy soluciona este problema utilizando paquetes RDP de 64 bytes. Gracias a este menor tamaño del paquete RDP, la retransmisión puede limitarse sólo a aquellos bytes que fueron dañados, evitando así el reenvío de grandes volúmenes de datos válidos.

El intervalo de 64 bytes podría haber sido reducido incluso más, pero a medida que el tamaño del paquete RDP disminuye, el encabezado del intervalo que es fijo pasa a formar una porción más significativa de los datos del paquete, aumentando por consiguiente el costo general de la capa MAC. Además, el intervalo de 64 bytes posee el tamaño ideal para manipular los reconocimientos TCP enviados para la mayoría de los paquetes IP.

Solicitud de Retransmisión Automática (ARQ)

Como se indicó anteriormente, las pequeñas cantidades de interferencia pueden afectar considerablemente el rendimiento total de la red. Esto se debe a la forma en que se diseñaron las redes TCP/IP para operar en el entorno alámbrico.

Este protocolo se diseñó para funcionar por cable, donde se suponía que la interferencia era significativa. El diseño del protocolo requiere que se envíe un reconocimiento positivo desde la estación receptora a la transmisora en cada paquete IP enviado. Si la estación transmisora no recibe el reconocimiento TCP dentro de cierto tiempo, se da por hecho que la causa se debió a la congestión de la red, y no a un error originado por impedimentos en la transmisión. Al encontrar congestión, la respuesta de TCP es reducir drásticamente la transmisión, y luego aumentar la velocidad de transmisión lentamente.

En una red BWA, la causa de un paquete perdido o dañado no es la congestión, sino la interferencia. Pero el protocolo TCP no tiene la capacidad de manejar mayores índices de error, y su repuesta consiste en disminuir las velocidades de datos de un extremo a otro. Este es el fenómeno que puede multiplicar una pequeña cantidad de interferencia de RF hasta producirse una considerable degradación de la red.

En las redes Canopy este no es un factor. Al reconocer el dilema de combinar TCP/IP con redes inalámbricas y los índices de error del operador, el sistema Canopy resuelve este problema con una función denominada Solicitud de Retransmisión Automática o ARQ. De hecho, la ARQ inspecciona los paquetes RDP que ingresan al Modulo Suscriptor (SM) receptor y busca errores. Si se detecta un error, el módulo SM (o Estación BTS) enviará una solicitud a la entidad transmisora para que reenvíe el paquete RDP. Todo esto se realiza dos capas por debajo de TCP, en la pila de protocolo. El efecto neto implica que, en lo que concierne al protocolo TCP, nunca recibe un paquete de datos con error como resultado de la porción inalámbrica de la red.

Esto evita que TCP invoque el algoritmo de inicio lento, preservando al máximo las velocidades de datos de un extremo al otro, o sólo levemente por debajo de los índices de funcionamiento más elevados.

Control Centralizado de Transmisión

Ciertos protocolos MAC de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA), tales como los utilizados en la norma IEEE 802.11, funcionan en una modalidad que se conoce como control distribuido. Ello significa que cada módulo SM tiene la capacidad de enviar un paquete cuando lo estime conveniente. Normalmente en esta situación el módulo SM "escuchará", y si no detecta ninguna transmisión, supondrá que el canal está libre y enviará sus datos.

El problema se produce si el Módulo Suscriptor (SM) transmisor no puede escuchar a otros módulos SM. En tal caso, puede que dos o más módulos SM envíen paquetes simultáneamente, causando daños en ambos, por lo cual tendrá que realizarse una retransmisión. La interferencia también es culpable de impedir que los módulos SM puedan escucharse entre sí, causando el mismo efecto.

Canopy resuelve este problema mediante la implementación de un esquema de acceso de contención a pedido, en el cual la Estación Transceptora Base (BTS) controla todas las transmisiones en el sector, tanto en dirección ascendente como descendente. Un módulo SM sólo enviará sus datos cuando se le permita. Si se interfiere con una solicitud para enviar datos de un módulo SM, éste esperará y volverá a intentarlo, pero en ningún momento transmitirá en el canal de frecuencia sin antes

obtener la autorización de la estación.

Efecto Neto

Al decidir ofrecer un servicio BWA en un área o región, el primer factor que debe determinar el operador es cómo desplegar la red. En base al número de clientes potenciales que se espera, se selecciona uno de dos métodos – instalación celular o puntual.

Aplicaciones PMP – Instalación Celular

Se opta por una instalación celular cuando el proveedor de servicios decide que desea ofrecer un servicio sólido BWA a gran escala. La ventaja de un enfoque celular es que se abarcará toda el área uniformemente. La desventaja es que complica el esquema y diseño iniciales.

Como se ilustra en la Figura 2, a fin de evitar la interferencia autoinducida, las frecuencias utilizadas en cada sector y su orientación entre una celda y otra, deben cumplir estrictas pautas de instalación. Mientras menos frecuencias se utilicen, más sencillo será el esquema. Idealmente, un buen sistema portador individual, como Canopy, puede reutilizar los mismos canales de frecuencia entre una celda y otra. Nota: En la Figura 2 que ilustra una instalación celular típica Canopy de seis sectores por estación BTS, de hecho sólo hay tres canales que se utilizan en toda la red.

En sistemas con esquemas de modulación menos robustos, los requisitos de Portadora a Interferencia (C/I) normalmente implican complejas planificaciones de frecuencia. Esto se debe a que antes de que pueda volver a utilizarse un determinado canal de frecuencia en un segundo sitio de celdas, debe estar lo suficientemente distante para satisfacer el requisito de C/I. [Como se aprecia en la barra lateral a continuación, cada vez que se duplica la distancia, la señal se desvanece en 6dB.] Por consiguiente, para asegurar que la "señal de interferencia" de un sitio de celdas A no cause alteraciones la próxima vez que se utilice el canal, se debe disminuir el nivel de intensidad de la señal. Para ello es preciso asegurar que se encuentre a varios radios de distancia de la celda (la distancia real depende también de las antenas y otros factores tales como la trayectoria directa) con respecto a cualquier otro sitio que utilice dicho canal.

El efecto neto en una instalación celular con un sistema que utiliza modulaciones de un orden mayor, generalmente significa que se requieren más canales a fin de satisfacer la relación C/I.

Por consiguiente, la capacidad para realizar una instalación eficiente en un formato celular depende de diversos factores, tales como la relación C/I, rendimiento la Int05n

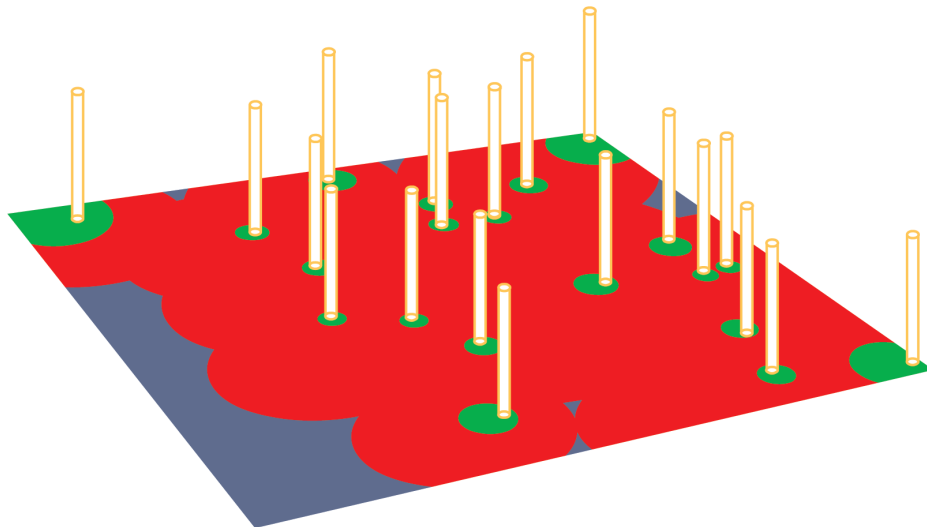


Figura 4a. Cobertura deficiente en una instalación con alta densidad.

Cuando el sistema BWA se despliega usando el método puntual, normalmente el esquema y coordinación de frecuencia no representan un inconveniente, y cada sitio de celdas se instala con el único criterio de lograr óptimos resultados para el área de cobertura en cuestión.

En las instalaciones puntuales, surge un problema cuando los operadores comienzan a agregar muchas localidades centrales de estación BTS en el área. Tal como se explicó anteriormente en el modelo de instalación celular, la interferencia inducida por estaciones BTS o módulos SM en el mismo canal de frecuencia rápidamente se convierte en un problema. Debido a la falta de planificación en cuanto a la interferencia al momento de desplegar los sitios, el problema con la interferencia autoinducida puede transformarse rápidamente en un serio contratiempo.

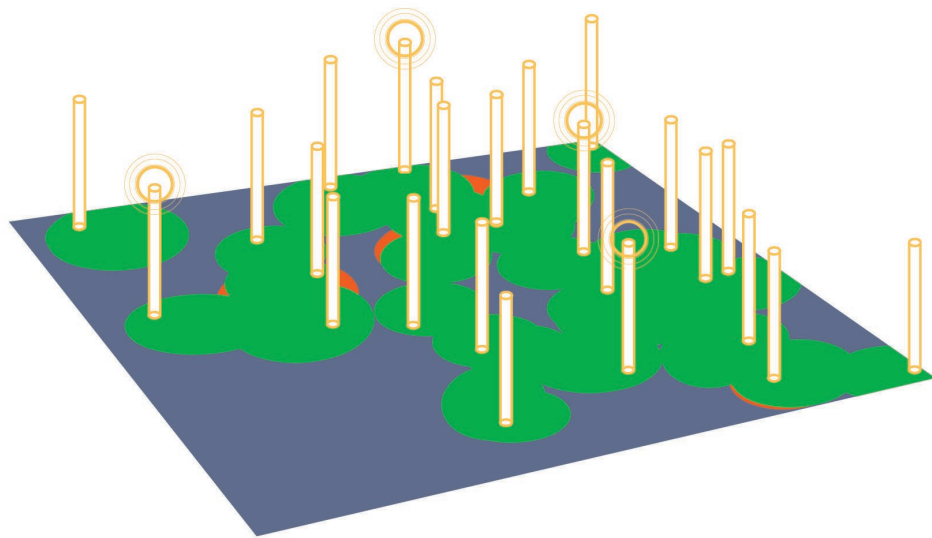


Figura 4b. Cobertura de Canopy en una instalación con alta densidad.

Como resultado, los operadores tendrán grandes limitaciones en cuanto a dónde y qué tan cerca instalar los sitios BTS. Como se ilustra en la Figura 4a, esto ocasionará amplias brechas en la cobertura. Los sitios BTS mostrados pueden prestar servicios a las áreas sombreadas en verde. El rojo representa las áreas en las cuales no puede ofrecerse servicio debido a interferencia entre los sitios BTS. Las grandes brechas en la cobertura no sólo impiden al proveedor de servicios ofrecer servicios en áreas de interés potencialmente lucrativas, sino también dejan al público con una percepción negativa del servicio. Sólo basta que algunos clientes potenciales escuchen, "Lo sentimos, no podemos cubrir su empresa" para que piensen que "no hay tal servicio".

El diseño del sistema Canopy reduce estos inconvenientes, permitiendo al proveedor de servicios expandir la red mucho más allá que los sistemas BWA menos robustos. Con Canopy, un operador que utilice una metodología de instalación puntual podrá aumentar significativamente el número de sitios BTS sin exponerse a las brechas de cobertura que presentan otras redes BWA. Básicamente, más sitios BTS brindan una mayor cobertura, lo cual significa más clientes por estación BTS. El efecto neto es sencillo – más utilidades por kilómetro cuadrado. En la Figura 4b se ilustra una instalación de alta densidad que utiliza el sistema Canopy. Observe el gran aumento en el área de cobertura (aparece en verde).

Aplicaciones PTP/Backhaul

Si bien mucho de lo que se ha dicho sobre BWA concierne a las redes y productos PMP, un gran porcentaje de estos sistemas se dispondrá en áreas donde la infraestructura no está bien desarrollada. La ubicación de

un sitio BTS se elige considerando donde están los clientes potenciales, el área donde pueda utilizarse una torre o edificación altas, etc. El factor que no se considera en esta decisión es la interrogante de dónde existe una conexión adecuada a Internet o una red privada.

La mayoría de las veces la estación BTS se situará con tal de que no exista una conexión significativa de fibra o cobre con la WAN (Red de Área Ancha). Pareciera absurdo que la carencia de infraestructura de cableado en las redes BWA sea un obstáculo para conectar los datos acumulados en la estación BTS con la red WAN.

No obstante es un hecho que a fin de ser eficaces, los sistemas BWA deben contar con una solución PTP en su arsenal para ofrecer la conexión entre la estación BTS y la red WAN cuando no existen opciones alámbricas. En la Figura 5 se ilustra la solución Canopy. El problema con los enlaces PTP de la tecnología BWA reside en el hecho de que transmiten todo el tráfico de un sitio BTS, o datos de posiblemente cientos de clientes. El efecto neto es que este enlace se convierte tanto en un factor de suma importancia como en un punto de error único; una combinación más bien peligrosa.

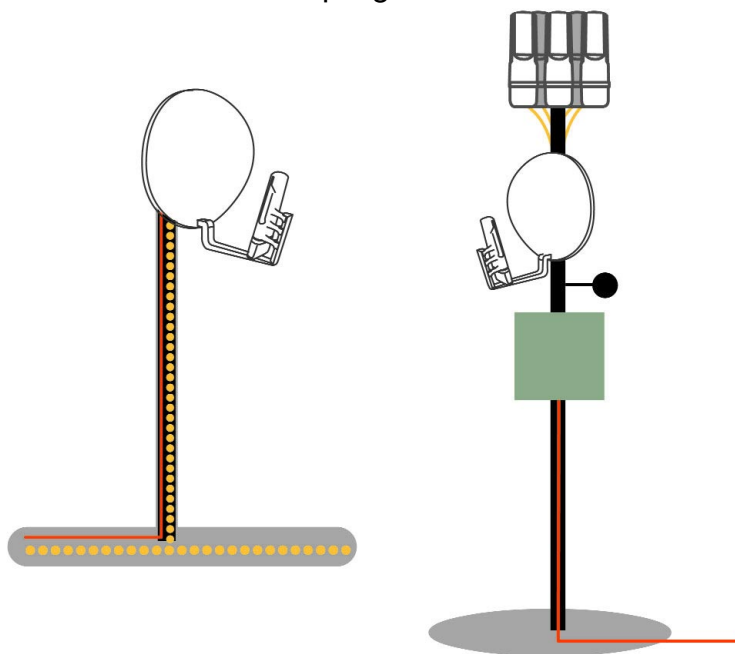


Figura 5. Sitio BTS de Canopy con Backhaul.

Por las mismas razones que un proveedor de servicios puede haber elegido equipo exento de licencia para el despliegue de la tecnología BWA (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha), probablemente necesitará una solución exenta de licencia para el enlace Backhaul o PTP. Ello implica que la conexión PTP debe ofrecer una gran confiabilidad y solidez.

Todas las funciones descritas anteriormente que se han implementado en el sistema Canopy para enfrentar eficazmente la interferencia en aplicaciones PMP (Punto a Multipunto) son pertinentes a la aplicación PTP (Punto a Punto). Si bien la probabilidad de interferencia en enlaces PTP es considerablemente menor (debido al uso de dos antenas con menor amplitud de enfoque, como se describió anteriormente), el efecto puede ser significativamente mayor. Cuando la solución Canopy se utiliza en una aplicación PTP, el sistema emplea un Control de Acceso a Medios (MAC) levemente diferente, disminuyendo el costo general, y logrando un tráfico más utilizable y comercializable en el enlace.

La solución PTP de Canopy no se limita tan sólo a procesar tráfico desde los sitios de celdas Canopy, aunque estos se han diseñado para funcionar en conjunto sin interferencia. Con un enfoque tan sólido en las comunicaciones inalámbricas, el sistema PTP Canopy también posee la confiabilidad necesaria para conectar un sistema de telefonía celular. De hecho, cada vez que se necesite una conexión dedicada de alta capacidad y mayor confiabilidad, la solución PTP Canopy puede cubrir la necesidad. Las dependencias escolares, gubernamentales y empresariales separadas por una carretera son candidatas para este enfoque. Ya no se necesitarán líneas alquiladas entre dos puntos para usar las aplicaciones de mayor importancia. Los enlaces inalámbricos PTP no sólo son más económicos, sino que también son más extensibles, lo cual permite a los usuarios desplegar la cantidad de ancho de banda necesario.

Resumen

El mundo de la banda ancha para todos es hoy en día más un sueño que una realidad. Si bien se están desplegando rápidamente iniciativas de líneas alámbricas, por muchas razones ellas por sí mismas no pueden ofrecer banda ancha para todos. El costo, la tecnología y fundamentalmente las consideraciones comerciales, significan que si las líneas alámbricas fueran la única solución de banda ancha, un gran número de usuarios quedaría excluido durante muchos años.

La tecnología BWA, con toda su promesa inherente de proporcionar servicios de banda ancha de rápido despliegue a bajos costos, ya es una realidad. Sin embargo, los sistemas BWA tienen que superar sus propias dificultades, donde la confiabilidad, o la percepción de la misma, debe situarse en el primer plano. La interferencia es la clave de este desafío de confiabilidad, y la interferencia en las bandas exentas de licencia pueden ser un factor incluso mayor que el que enfrentan los sistemas en bandas con licencia.

Es un hecho que las soluciones exentas de licencia tienen una oportunidad - y un desafío - en llegar a ser aceptadas como una opción

de banda ancha. A fin de abordar tanto la percepción como la realidad, estas redes deben cumplir la promesa de funcionar sólidamente a largo plazo, brindando al operador la seguridad de obtener utilidades, y prestando un servicio confiable al usuario final.

Para tal propósito, es crucial que las soluciones BWA diseñadas para las bandas exentas de licencia aborden este tema desde el principio. También es obvio que para ello se deben tomar en cuenta detalladamente todos estos aspectos desde los comienzos del diseño del producto. La solidez y confiabilidad en las redes BWA no se obtiene por casualidad; son el resultado de concentrarse en los problemas y suministrar las soluciones correctas. El producto Canopy es un líder de la industria en esta área. Independientemente de si necesita cubrir tráfico de alto volumen con datos de suma importancia (PTP Canopy), o si debe prestar servicios a un gran número de clientes en una región determinada (PMP Canopy), los operadores pueden estar seguros de que sus redes durarán años.



MOTOROLA y el logotipo de la M estilizada están registrados en la oficina estadounidense de patentes y marcas comerciales. Todas las demás marcas de productos o servicios son propiedad de sus respectivos titulares.

© Motorola, Inc. 2002.

WHITE PAPER

Agosto, 2002