

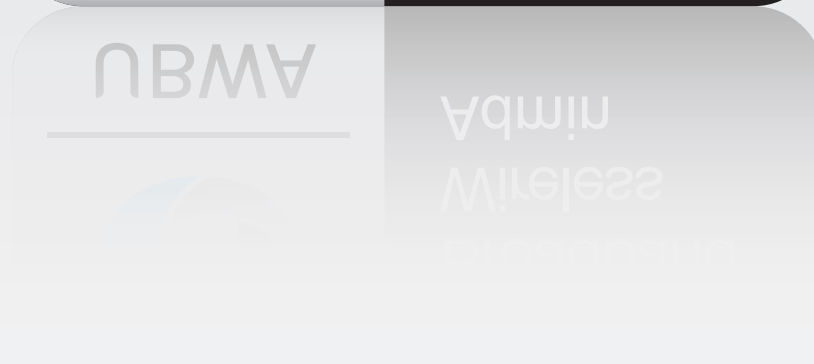
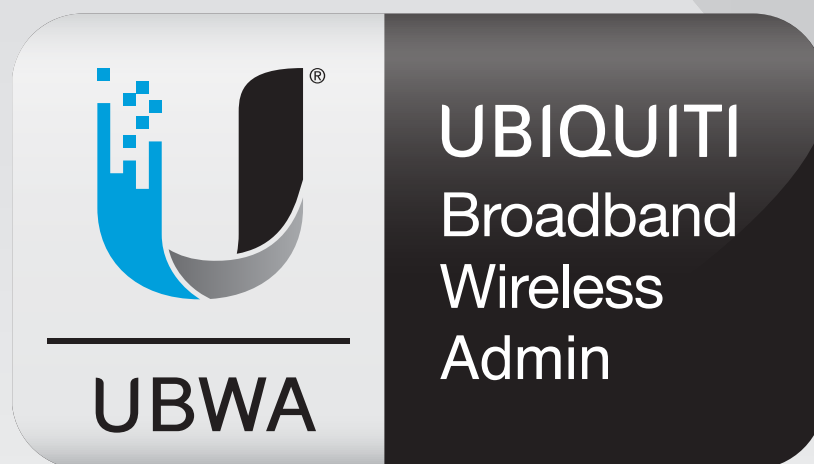


Tabla de Contenido

I. Visión General del Curso UBWA	1
Certificación Ubiquiti Broadband Wireless	1
Información General del Laboratorio	1
II. Teoría de RF	2
Propiedades de las Ondas	2
Espectro Electromagnético	3
Espectro de 5 GHz	6
Espaciado de Canales y Patrones	7
Frecuencias con Licencia y Cumplimiento	9
Decibelios en los Sistemas de RF	10
Los Decibelios y Pérdida en el Trayecto del Espacio Libre	11
Decibelios y Antenas	12
Decibelios y EIRP	12
Línea de Vista y Zonas de Fresnel	13
Presupuesto de Potencia para el Enlace	15
Margen de Desvanecimiento	15
III. Operación de la Radio	16
Diagrama de Radio Carrier	16
Señal de Portadora Única	17
Señal Multiportadora (OFDM)	18
Características de la Interfaz RF	19
Sensibilidad del Radio	19
Selectividad del Radio	20
Las Mediciones Inalámbricas	20
Relación Señal-Ruido SNR y Channel Flexing	21
Ubiquiti airPrism	23
Modulación	25
Magnitud del Vector de Errores	27
Proceso de Modulación	28
Documentación Técnica	29

IV. Diseño de la Antena	30
Características de la Antena	30
Diagramas Polares	33
Polaridad de la Antena	34
Tipos de Antenas	36
V. Proveedores de Servicios de Ubiquiti	41
Sistemas airMAX PTP y PTMP	41
QoS Inteligente	43
La Última Tecnología y Hardware 802,11	43
Sistemas AirFiber PTP	44
Diseño, Implementación y Consejos de Gestión	46
Traffic Shaping	50
A. Glosario	55
B. Apéndices	60
Métodos para Resetear los Dispositivos de airMAX	60
Topologías para WISPs	61
Esquemas de Referencia	63

Prólogo

El libro de capacitación *Ubiquiti Broadband Wireless Admin* (UBWA) está disponible de manera gratuita para usted como un recurso de aprendizaje para prepararse para los exámenes de certificación de Ubiquiti. Durante las capacitaciones en el aula, los estudiantes participan de actividades en laboratorios reales usando el último hardware de Ubiquiti, dirigidos por un instructor certificado por Ubiquiti que domina los temas del curso para guiar las discusiones en clases.

Para potenciar nuestra base global de usuarios, la Academia Ubiquiti proporciona este libro de capacitación como una referencia, para ser utilizado para comenzar y acelerar su aprendizaje, sin embargo, éste no es un sustituto de los cursos de capacitación dirigidos por un instructor calificado. Cuando esté listo, inscribese en un curso oficial de capacitación Ubiquiti y obtenga el reconocimiento como profesional certificado por Ubiquiti.

Ubiquiti reconoce que el éxito profesional en un mundo tecnológico de rápida evolución requiere un fuerte compromiso con el aprendizaje continuo a través de diversos métodos de estudio. Al leer este libro de capacitación, asegúrese de participar en nuestra comunidad de usuarios activa, donde miles de usuarios se reúnen diariamente para discutir las mejores prácticas para configurar, implementar y solucionar problemas de proyectos reales diseñados y contruidos sobre las plataformas de vanguardia de Ubiquiti.

Jamie Higley
Director Global de Capacitación
Ubiquiti Networks, Inc.
Marzo 2017

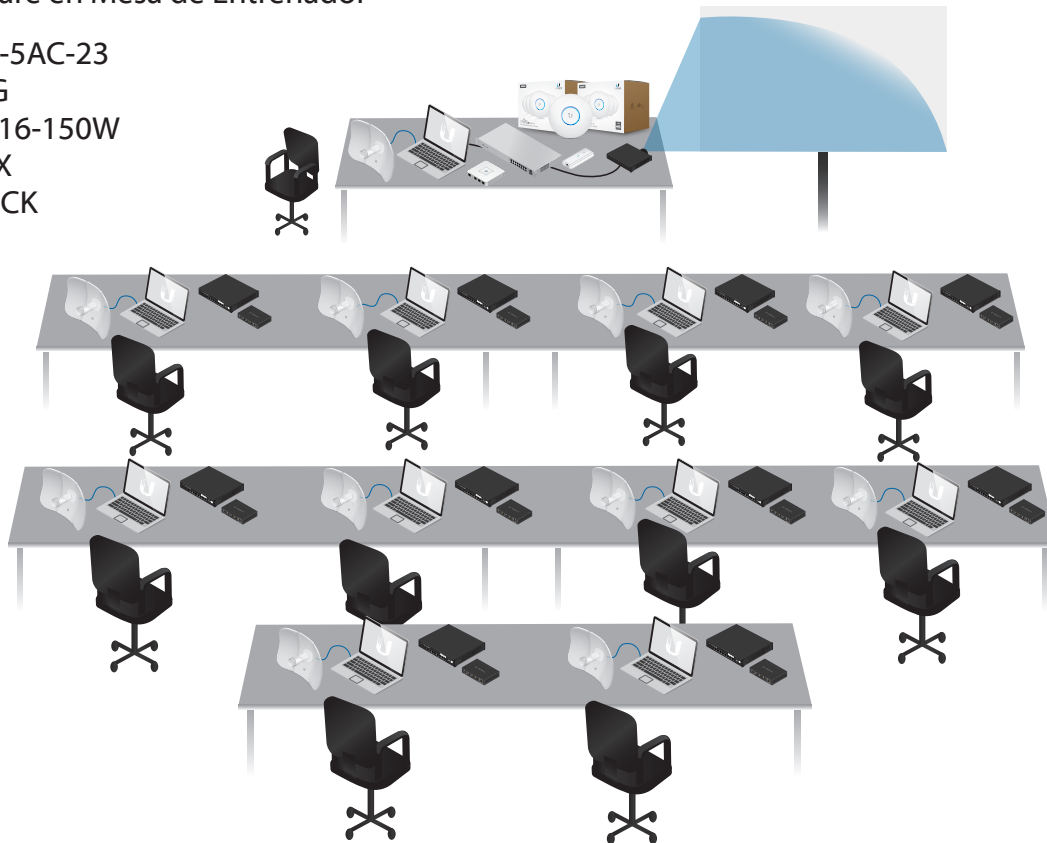
Prefácio

Éste libre de entrenamiento es un guía suplementario que deberá ser leído antes y durante el curso de entrenamiento de Ubiquiti oficial. Dictado por un “Ubiquiti-Certified Trainer,” los cursos de capacitación de Ubiquiti se caracterizan por sus actividades de laboratorio, sistemas de hardware, y slides de instrucción, los cuáles se culminan juntos para producir una experiencia de aprendizaje muy única.

Diseño Típico para Aulas

Hardware en Mesa de Entrenador

- (1) LBE-5AC-23
- (1) USG
- (1) US-16-150W
- (1) ER-X
- (1) UC-CK



Hardware en Mesa de Estudiante

UBWS/UBWA	UBRSS/UBRSA	UEWA
LBE-5AC-23	ER-X ES-8-150W LBE-5AC-23	UAP-AC-LITE LBE-5AC-23

Al concluirse el evento de aula, los Ubiquiti-Certified Trainers administran el examen en línea para los estudiantes que han participado en el curso presencial y ahora desean la certificación del entrenamiento.

Para inscribirse a un curso de capacitación de Ubiquiti, visite a www.ubnt.com/training.

I. Visión General del Curso UBWA

Bienvenidos al curso Ubiquiti Broadband Wireless Admin! Este curso es de nivel intermedio y enseña a los profesionales en la industria de proveedores de servicios de la forma de diseñar, administrar y solucionar problemas de la infraestructura inalámbrica de una red ISP, específicamente utilizando equipos Ubiquiti. Los temas incluyen:

- Teoría RF y planificación de Enlace
- Operación del radio y modulación
- Diseño de la antena y ganancia
- airPrism, airMAX-ac y características de Ubiquiti
- Implementaciones de red de Capa 2 y 3

Certificación Ubiquiti Broadband Wireless

Aunque no es un requisito previo para el curso UBWA, el curso UBWS (Especialista) le enseña, conceptos inalámbricos básicos fundamentales, independientemente de su formación técnica. También le introduce en el vasto potencial de los productos inalámbricos para exteriores de Ubiquiti mientras lo familiariza con la plataforma de red de administración del radio, airOS. El curso UBWA está dirigido a alumnos que tienen alguna experiencia en redes inalámbricas, independiente del fabricante. Ambos cursos son de ritmo rápido y cuentan con un montón de actividades de laboratorio para reforzar la teoría y la práctica de los conceptos técnicos.

Información General del Laboratorio

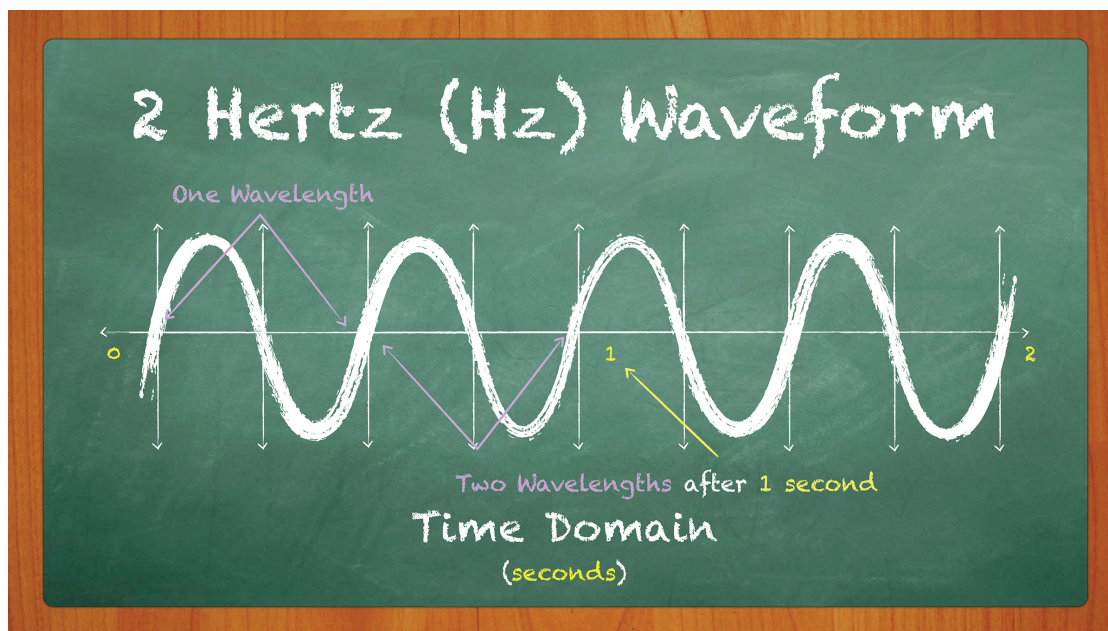
Al igual que con el curso UBWS, las actividades de laboratorio UBWA se escriben con gran detalle para que pueda seguir cada paso de cerca y comprender el objetivo técnico de la actividad. Su entrenador le proporcionará un radio/antena airMAX-ac (el LBE-5AC-23 se usa en las actividades de laboratorio del curso). Para cada actividad de laboratorio, lea la descripción al principio para entender los objetivos. A continuación, proceda a seguir las instrucciones paso a paso, cómo configurar su radio airMAX. Al término de la actividad de laboratorio, compare su topología de laboratorio con el diagrama de topología en la lista, a continuación, responda a las preguntas del examen.

Su entrenador le asignará un número único (X) para diferenciar su configuración IP de la de los demás. Más tarde, tendrá que trabajar en grupos (Alumno A y B) para completar las actividades de laboratorio, donde su número único (Alumno X) todavía se utiliza como referencia. Como un ejemplo, el del alumno A y B trabajan en grupo y utilizan sus números únicos (1 y 2, respectivamente). Si la actividad de laboratorio requiere que el alumno B configure una dirección de interfaz a "10.1. (100 + A) .B", entonces el alumno B fijara la dirección de la interfaz a "10.1.101.2", ya que $(100 + A) = (100 + 1) = 101$ y $B = 2$.

II. Teoría de RF

El objetivo de este capítulo es el de enseñar a la física de radiofrecuencia para que pueda tomar decisiones adecuadas cuando planifica de un enlace inalámbrico, sin importar la distancia o el medio ambiente.

Propiedades de las Ondas



Los equipos inalámbricos de exteriores utilizan ondas electromagnéticas con el fin de pasar los datos entre dos puntos finales remotos. Las ondas electromagnéticas tienen dos características importantes que se hará referencia a lo largo de este curso:

1. **Frecuencia:** El número de ciclos periódicos que una onda electromagnética oscila por segundo, se mide en Hertz (Hz).
2. **Longitud de Onda:** La longitud entre dos puntos idénticos en el mismo ciclo periódico.

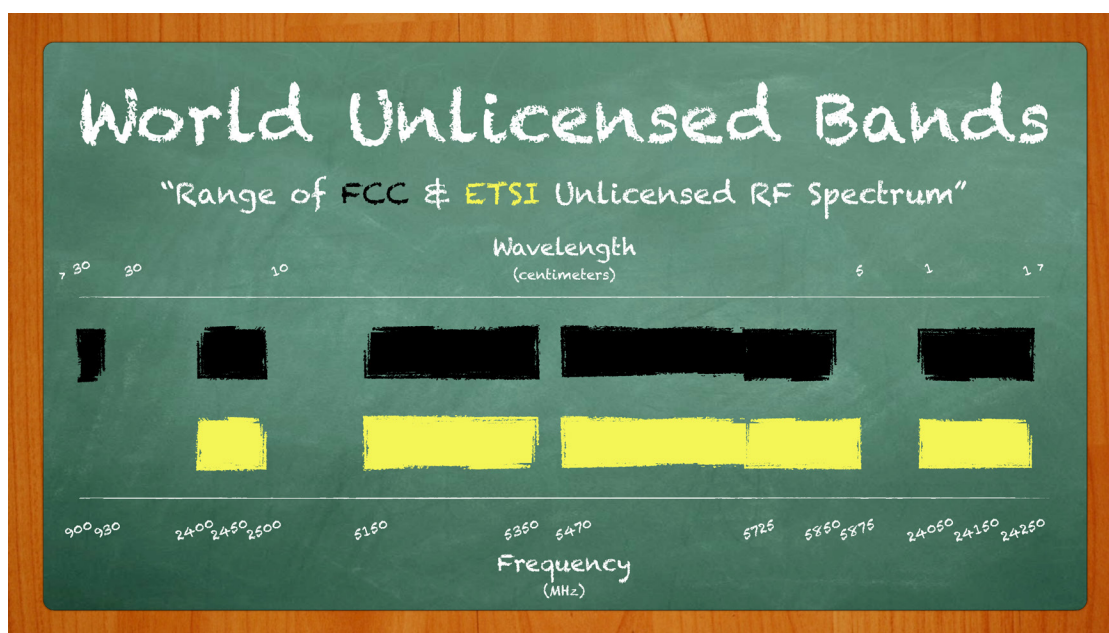
La frecuencia y la longitud de onda son **se relacionan inversamente**; a medida que aumenta la frecuencia de una onda, su longitud de onda disminuye. Esta relación inversa tiene un efecto significativo en la propagación de señales de radio. Teniendo en cuenta sus **longitudes de onda más grandes**, las señales **de frecuencias más bajas se propagan mejor** en comparación con señales de **alta frecuencia**. Suponiendo que todas las demás variables se mantienen constantes (por ejemplo, la ganancia, potencia TX), una señal de 5 GHz se propagará más lejos que una señal de 24GHz. Del mismo modo, una señal de 2,4 GHz se propagará más allá que una señal de 5 GHz. En realidad, estas otras variables tienen un papel importante en la propagación de señales, y se estudiarán más adelante en el capítulo.

Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es toda la gama de frecuencias que abarcan la energía electromagnética, como **la luz visible** (lo que se ve), **la radiación ultravioleta** (rayos del sol), o **los rayos X** (usados en imágenes médicas). En la menor frecuencia de este rango son **las ondas de radio**. Debido a su baja frecuencia, las longitudes de onda más largas, son consecuentemente de bajos niveles de energía, que no suponen daños a los seres humanos en los niveles de potencia utilizados en los sistemas inalámbricos al aire libre.

Espectro RF

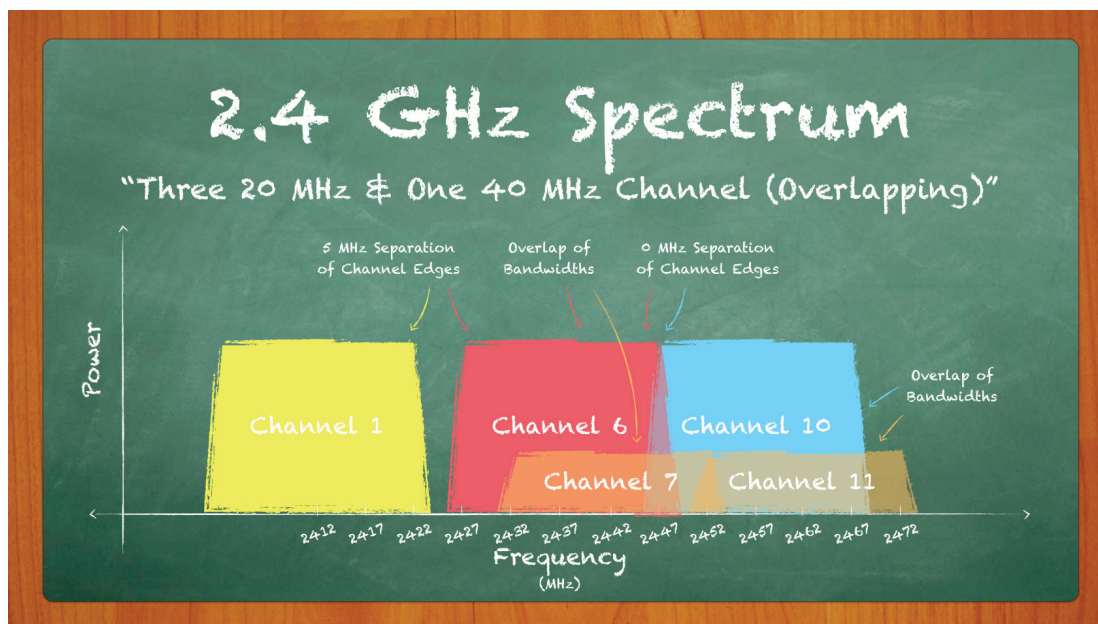
Existen organismos gubernamentales regionales para designar 'bandas', o rangos de frecuencia para un uso determinado, incluyendo las telecomunicaciones. En América del Norte, la FCC, en Europa, la CE. Estas agencias asignan selectas bandas para **su uso sin licencia**, lo que significa que cualquier persona puede desplegar redes inalámbricas dentro del rango de frecuencia, siempre que su equipo cumpla con **las normas regionales** establecidas por ese organismo.



Espectro de 2,4 GHz

El espectro de 2,4 GHz es una **banda sin licencia en todo el mundo**. Debido a su gran popularidad con los consumidores incluyendo cámaras IP, hornos de microondas, y Bluetooth, las redes inalámbricas se enfrentan con una mayor interferencia en zonas densamente pobladas. En las zonas de baja densidad de población, 2.4 GHz por lo general sigue siendo una opción viable cuando se despliega enlaces inalámbricos al aire libre.

Aunque la gama total de espectro 2.4GHz varía según la región, la mayoría de los países designa **83Mhz** para su uso sin licencia. Esto permite tres **canales** inalámbricos de 20 MHz cuyos anchos de canal no se **solapan**: los canales 1, 6 y 11. La superposición es indeseable, ya que contribuye directamente a la interferencia y, por consiguiente, una disminución del throughput en redes inalámbricas.

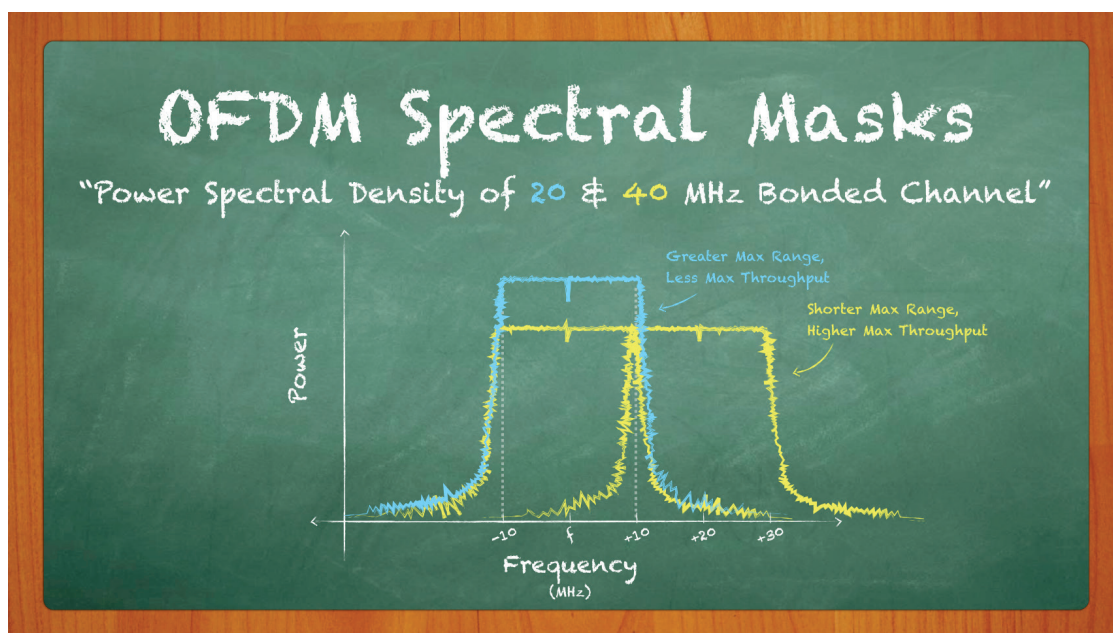


Ancho de canal, también conocido como **ancho de banda**, representa toda una gama de frecuencias utilizadas por la radio portador para transferir datos. Cuanto más grande es la anchura del canal, mayor es el potencial de throughput. Sin embargo, a una mayor anchura de canal, la densidad espectral de potencia disminuye, lo que resulta en menor rango. Además, cuanto más espacio existe entre los bordes de los canales adyacentes, mejor será el throughput inalámbrico.

Las Redes inalámbricas de exteriores dependen de la capacidad de reutilizar los canales al tiempo que ofrece el mejor throughput posible. Por esta razón, siempre se recomienda el uso de 20 MHz o anchos de canal más pequeños en los escenarios PTMP de 2.4 GHz. Para anchos de canal más grandes, considere las bandas sin licencia de 5/24 GHz en todo el mundo.

Máscara Espectral OFDM

Aunque el ancho de banda representa el rango de datos que se transmite, es importante entender toda la **máscara espectral OFDM** tal como aparece en los receptores de radio cercanos. La siguiente figura muestra dos máscaras de transmisión centrados en la frecuencia "f" con la densidad de potencia máxima a través de todo el ancho de banda. Más allá de los bordes de ancho de banda a $\pm 10\text{MHz}$ de la máscara de transmisión azul, el nivel de potencia decae a lo largo de la cola terminal, lo que puede, y a menudo lo hace, afectar en canales vecinos.



La máscara de transmisión en color amarillo representa un canal de 40 MHz, formado por dos canales de 20 MHz **unidos** de acuerdo con el estándar 2009-802.11n. El estándar 2014-802.11ac identifica criterios para la formación de canales a 80 MHz también. De esta forma, los anchos de canal de mayor tamaño son mejores para la banda de 5 GHz, donde se encuentran disponibles 300 MHz como mucho en el espectro sin licencia. A pesar de utilizar canales unidos como 40/80 MHz, los puntos de acceso basados en 802.11 (incluyendo airMAX-ac) anuncian su SSID en un único canal **principal** de 20 MHz. Usar un ancho de canal 20/40/80 MHz, depende de la configuración en el AP y la compatibilidad de la Estación.

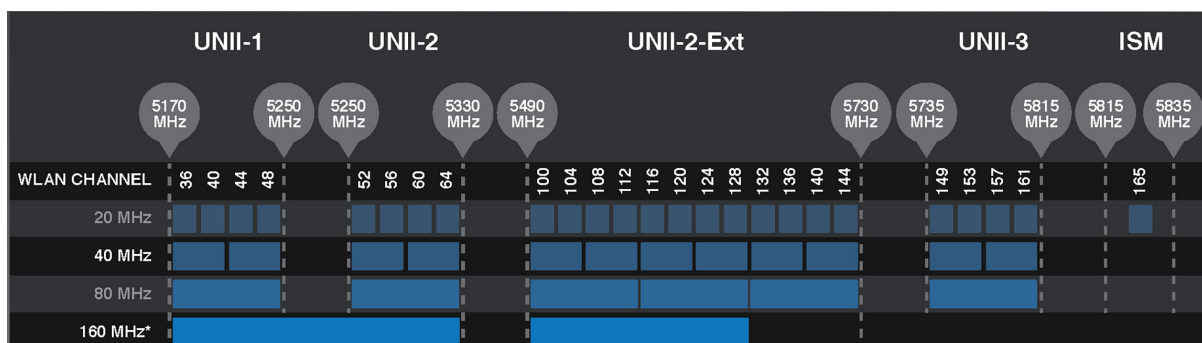
Aparte de los anchos de canal estándar de 20/40/80 MHz, los radios airMAX también cuentan con anchos de canal personalizados (2/3/5/8/10/25/30/50/60 MHz) para cumplir con los requisitos para cualquier escenario inalámbrico de exteriores. Por ejemplo, en aplicaciones de PTP de larga distancia, anchos de canal 5/10 MHz son deseables. Vale la pena señalar que los canales 30 MHz no están unidos pero en su lugar, se transmiten como una sola máscara de transmisión, que puede ser ventajoso sobre canales de 40 MHz. Más adelante en este capítulo exploraremos, la flexión canal, que es el proceso por el cual se aumenta/disminuye el ancho del canal para proporcionar el mejor throughput posible.

Los radios airFiber tienen singularmente diferentes parámetros inalámbricos, incluidos anchos de canal. AF5 y AF24 utilizan radios separados para la comunicación TX y RX, lo que hace posible el uso de frecuencias separadas y en algunos casos, **anchos de canal TX / RX personalizados**. Por ejemplo, si hay espectro limitado disponible en el lado remoto de un enlace AF5, se puede asignar un ancho de canal más pequeño (por ejemplo, 10 MHz), mientras que el lado del maestro se le asigna un ancho de canal mayor (por ejemplo, 50 MHz). Los radios airFiber también soportan **granularidad de canal de 1 MHz** para hacer ajustes de canal finos. Estas mejoras hacen al airFiber muy flexible con respecto a la **separación de canales**, que se discutirá más adelante en este capítulo.



Espectro de 5 GHz

En la mayoría de países del mundo, una clara ventaja a las bandas sin licencia 5 GHz es una mayor disponibilidad de canales. El espectro de 5 GHz se divide en rangos de frecuencia llamados **bandas U-NII**, cada uno con diferentes **normas reguladoras**. Dependiendo del canal seleccionado, los radios pueden funcionar a diferentes **niveles de potencia** -esto serán explorado más adelante en este manual.

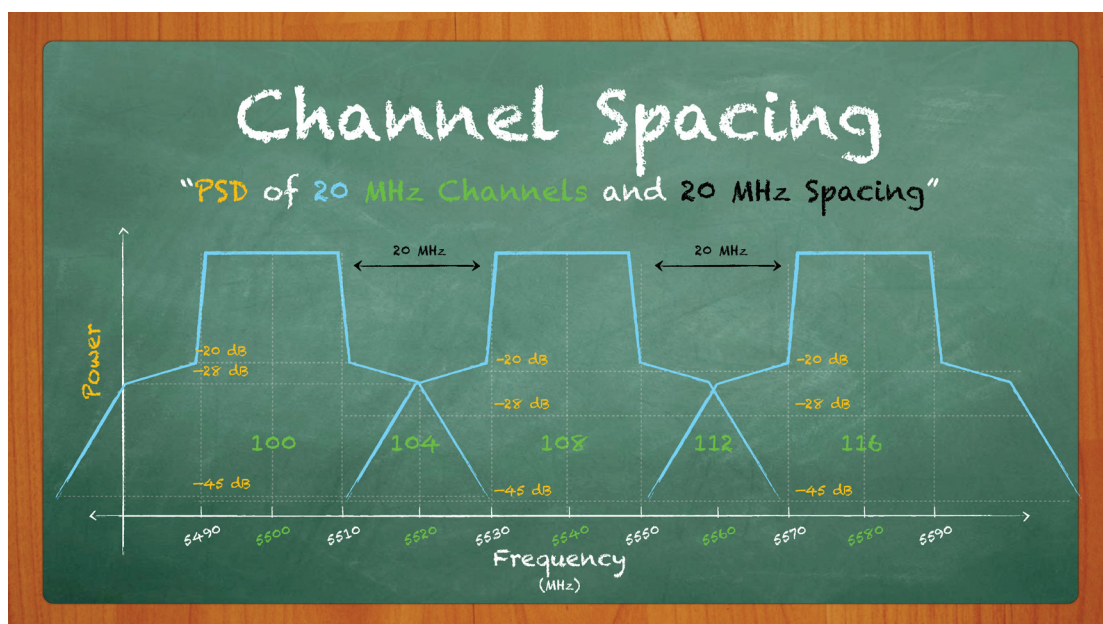


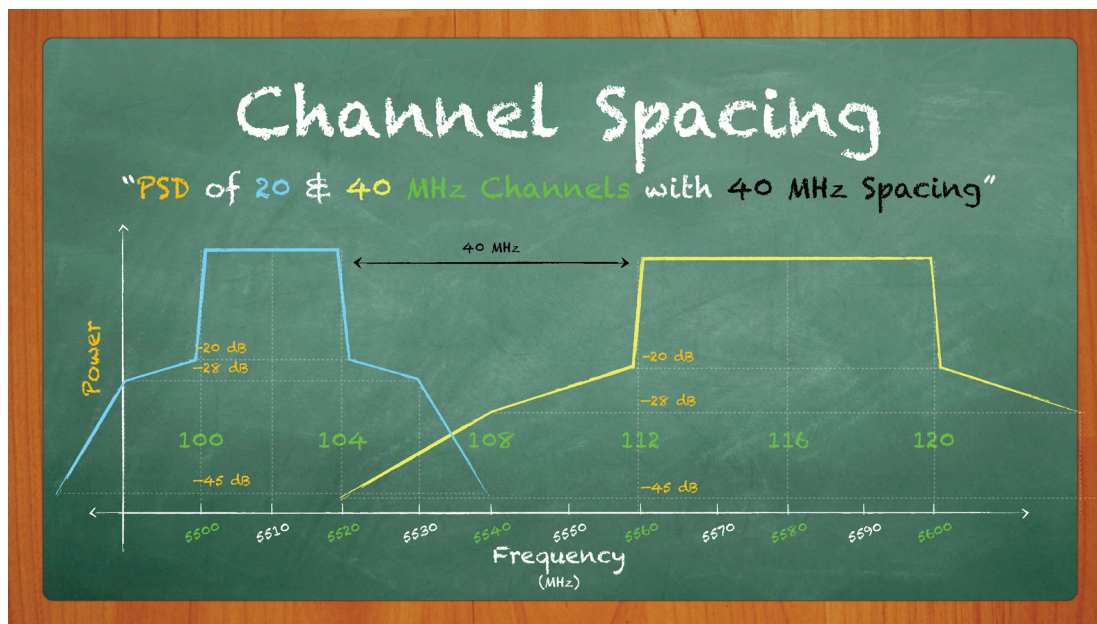
Es importante destacar que se requieren radios de 5 GHz para operar con **selección dinámica de frecuencias** (DFS) controles. Antes de utilizar una frecuencia DFS, los radios DFS escanean ciertas frecuencias para asegurarse de que están desocupadas de **Terminal Doppler Weather Radar** (radares dopler TDWR) y otros sistemas de radar. Cuando se opera en un canal de DFS, los radios airMAX de 5 GHz se comportarán de la siguiente manera:

- Antes de intentar usar un canal de DFS, la radio esperará un corto periodo de tiempo, escuchará sistemas de DFS. Si se detectan señales de radar, el canal ingresa en una lista negra por un corto período de tiempo.
- Cuando se utiliza un canal de DFS, la radio escucha otros sistemas de DFS en el fondo. Si no se detectan firmas de radar, la radio cambia inmediatamente a un canal disponible basado en el **código de país** configurado y **lista de frecuencia**. El canal anterior entra en una lista negra por un corto período de tiempo.

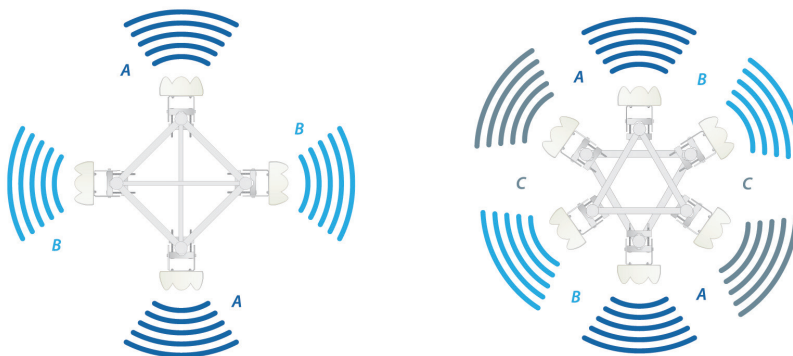
Espaciado de Canales y Patrones

Además de conocer los rangos de frecuencia disponibles en el que desplegar redes inalámbricas de exteriores, los operadores WISP deben también ser conscientes de **la separación entre canales**. Dado que cada red inalámbrica recibe un canal de central de frecuencia, la separación de canales se refiere a la superposición de cada máscara espectral portadora. Más separación de canales significa menos posibilidades de solapamiento. Menos solapamiento significa menos interferencia **dentro de la banda**, lo que significa un mejor throughput inalámbrico. Por ejemplo, dos redes airMAX cercanas utilizando los canales de 5GHz 149 y 157 interferirán menos que si se utilizan los canales 149 y 153. Por el contrario, las señales **fuera de banda** 2.4 y 5 GHz señales no interfieren directamente entre sí.





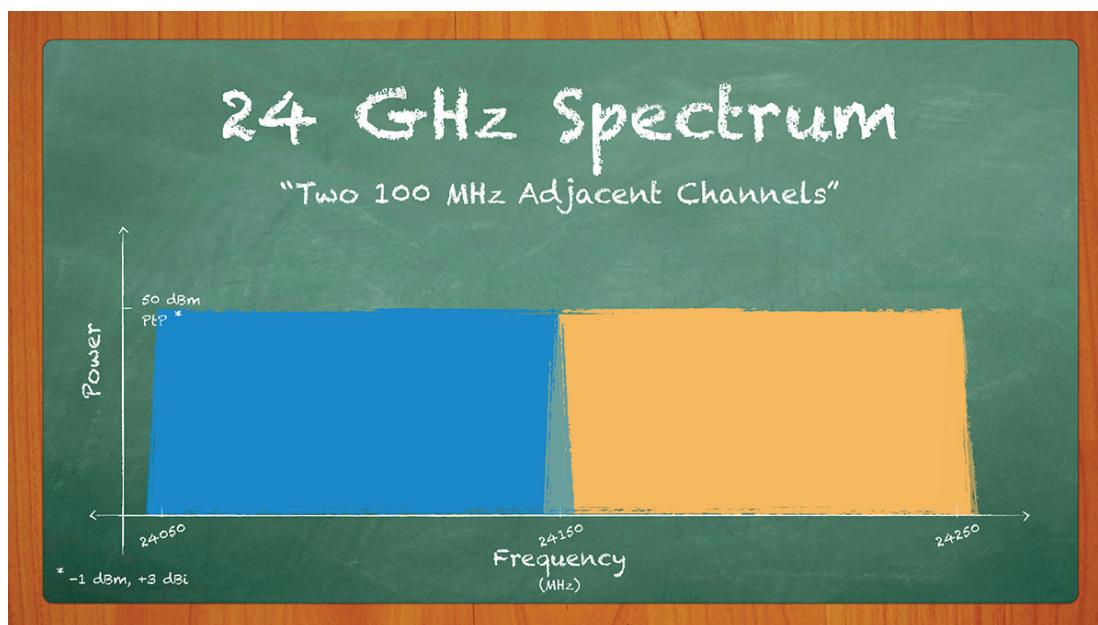
Las redes que compiten en la banda también interfieren menos entre sí debido a **pérdida en el espacio libre**, un concepto que será explorado más adelante en este capítulo. A medida que la **distancia física** entre dos redes en banda de radio aumenta, disminuyen los niveles de interferencia. Esto permite a los canales ser reutilizados en toda la red geográfica WISP. Para las radios de las proximidades, como son los que están en la misma torre, una alta ganancia y antenas direccionales permiten que los canales de frecuencia sean reutilizados en patrones. Por ejemplo, si la anchura de haz de las antenas AP de estaciones base son 90 grados, un **patrón de canales ABAB** podría utilizarse, como se ilustra a continuación:



Para maximizar la eficiencia de reutilización, siempre diseñe estaciones base con patrones de canal. Para conservar el espectro, utilice canales lo más estrechos requeridos por la aplicación. Consejos de co-ubicación se explicarán más adelante en este manual.

Spectro 24 GHz

Más allá de 2.4 y 5 GHz, la banda de 24 GHz es también una banda sin licencia en todo el mundo. Dependiendo de la región, la banda de 24 GHz permite tanto como 200 MHz de ancho de banda. En comparación con las señales de frecuencias más bajas, las señales en el rango de **Super alta frecuencia** (SHF) como 24GHz experimentan una mayor atenuación. La atenuación es la velocidad a la que una señal pierde intensidad, ya sea por **pérdida de trayectoria** u **obstrucciones**. Debido a su alta frecuencia / pequeñas longitudes de ondas de radio de 24 GHz son particularmente susceptibles a los efectos atmosféricos, incluyendo las lluvias. La atenuación juega un papel crucial en la planificación de un enlace inalámbrico y será explorada más adelante en este manual.



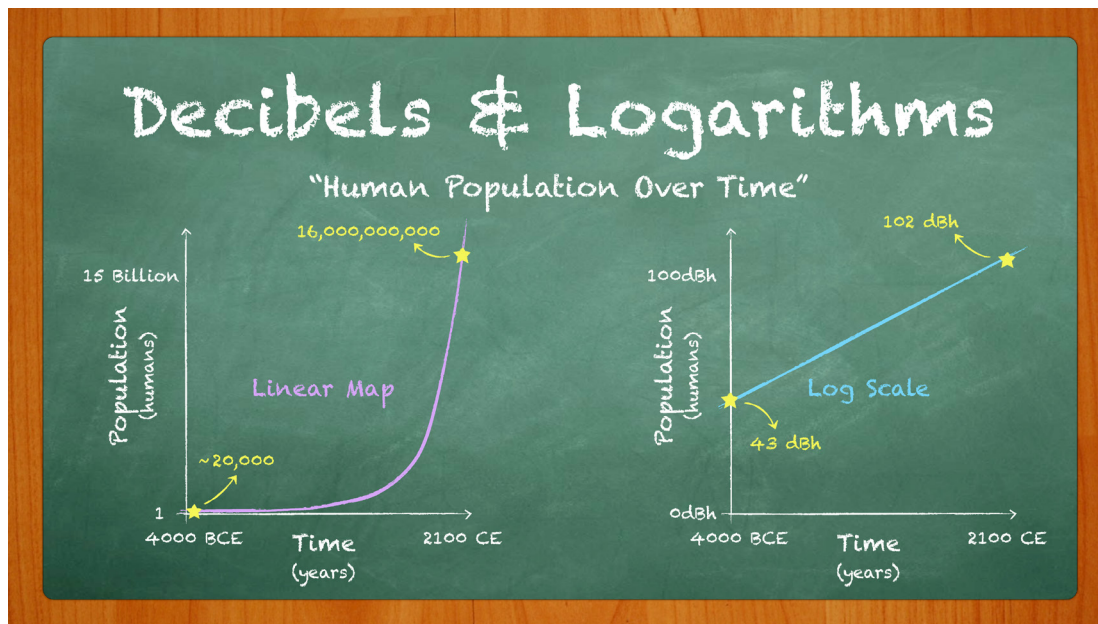
Frecuencias con Licencia y Cumplimiento

En las zonas donde las bandas sin licencia están **saturadas**, los niveles de interferencia en banda pueden resultar demasiado altos para los WISP que desean escalar redes a tamaños grandes utilizando frecuencias comunes. De esta manera, **el espectro de radio con licencia** es útil, aunque es alternativamente caro para backhaul o incluso PTMP. En comparación con 2,4 o 5 GHz, las bandas con licencia están reguladas, lo cual significa que los operadores proporcionan información específica a los órganos reguladores y pagan anualmente por su uso. Las frecuencias con licencia son especialmente populares en enlaces backhaul debido a los bajos niveles de ruido.

Con el fin de proporcionar el software y la documentación que refleje las nuevas normas regionales, el equipo de Ubiquiti publica regularmente nuevas actualizaciones de firmware en la sección de descargas, y la documentación de cumplimiento bajo la sección de Cumplimiento en: <https://www.ubnt.com/compliance/>

Decibelios en los Sistemas de RF

A pesar de su simplicidad, las radios y antenas Ubiquiti desplegadas en las redes inalámbricas de exteriores son equipos muy potentes. También son dispositivos muy sensibles que pueden trabajar con niveles de potencia extremadamente bajos. Para expresar estas cantidades muy grandes o pequeñas, se utilizan **decibelios**. En definitiva, un decibelio (dB) es sólo una proporción que por sí no significa nada. Pero cuando se aplica a un cierto valor en el mundo real como los humanos (dBh), puede asignar una función lineal a una escala logarítmica.



En RF, los **milivatios** (mW) son valores del mundo real. La señal de un transmisor de radio que funcione con **potencia de salida de 100mW** podría sufrir la suficiente pérdida para llegar al receptor a un nivel de potencia promedio de .0000001mW. Cuando expresa estos valores, utilice una relación de potencia: **dBm**, o **decibelios con relación a los milivatios**. 0 dBm (una relación logarítmica) es igual a 1 mW (un valor en el mundo real).

Con 0 dBm como punto de referencia, se puede empezar a estimar y calcular los niveles de potencia en función de la **"Regla de 3 y 10"**. La regla de 3 y de 10 mapea la escala logarítmica a la lineal, valores del mundo real. Cada vez que **añade 3 dB**, debe multiplicar el valor lineal por un **factor de 2**. Y cada vez que **añade 10 dB**, se debe multiplicar el valor lineal en un **factor de 10**.

Por ejemplo, ¿cuál es el valor de 13 milivatios en dBm? Debido a 0 dBm es igual a 1 mW, puede agregar 3 dBm y 10 dBm para llegar a 13 dBm.

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$3 \text{ dBm} = \times 2$$

$$3 \text{ dBm} = 2 \text{ mW}$$

$$10 \text{ dBm} = 10 \times$$

$$13 \text{ dBm} = 20 \text{ mW}$$

Por lo tanto, 13 dBm es igual a 20 mW.

La Regla de 3 de y de 10 también establece que cada vez que se **resta 3 dB**, se debe dividir el valor lineal en un **factor de 2**. Y cada vez se **resta 10 dB**, debe dividir el valor lineal en un **factor de 10**.

Por ejemplo, ¿cuál es el valor milivatios de -9 dBm? Debido a 0 dBm es igual a 1 mW, puede restar 3dBm tres veces para llegar a -9 dBm.

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = 2 \div$$

$$-3 \text{ dBm} = 0,5 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = 2 \div$$

$$-6 \text{ dBm} = 0,25 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = 2 \div$$

$$-9 \text{ dBm} = 0.125 \text{ mW}$$

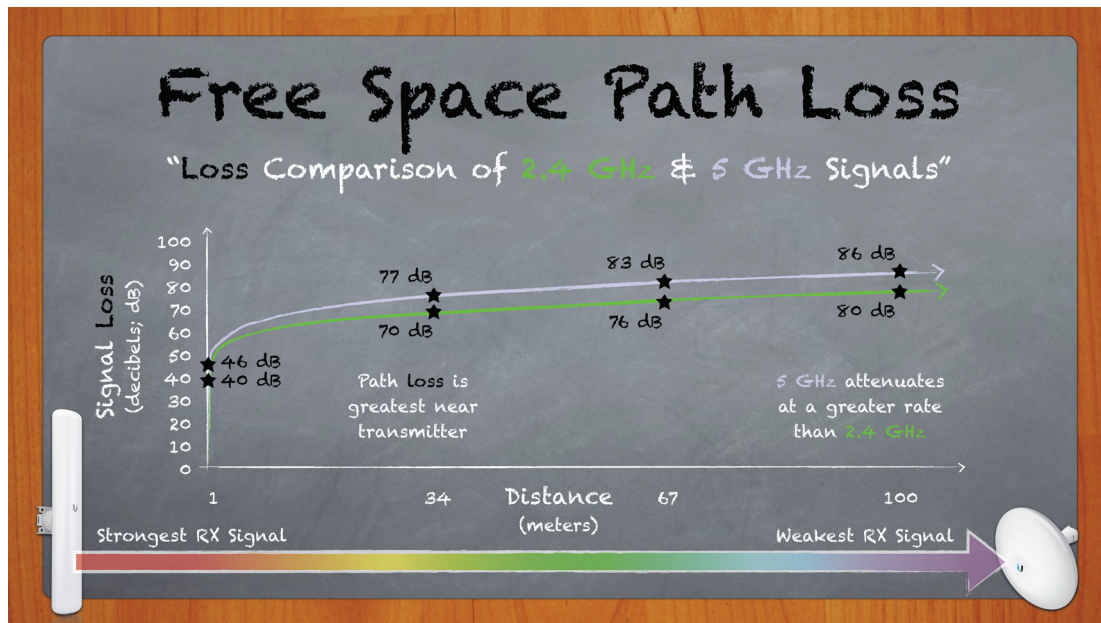
Por lo tanto, -9dBm es igual a 0.125mW.

Cada vez que añada o reste decibelios (en la escala logarítmica), debe aplicar la función apropiada (multiplicar o dividir) por el factor apropiado (2 ó 10) en el lado lineal.

Los Decibelios y Pérdida en el Trayecto del Espacio Libre

Conforme una señal de radio sale de la antena del transmisor, se somete a un fenómeno conocido como **la pérdida en el espacio libre** (FSPL) o **Pérdida en el trayecto**. La pérdida en el espacio libre explica como una señal que se propaga a través del espacio, se expande hacia el exterior, resultando en una reducción en los niveles de potencia. Es cierto que de todas las señales de radio, las señales de frecuencia más alta (por ejemplo, 5 GHz) se someten a una mayor pérdida de trayecto en comparación con las señales de baja frecuencia (por ejemplo, 2.4 GHz).

En la figura siguiente se relaciona la FSPL de una señal de radio de 2.4 GHz. Pérdida de señal (medida en dB) que es mayor en los primeros 100 metros a la de salida de la antena del transmisor. Tenga en cuenta que la figura muestra una escala logarítmica. La velocidad a la que la potencia de una señal cae sobre una distancia dada es muy rápida. La potencia “limpia” de salida de un transmisor eficiente y antenas de alta ganancia ayudan a compensar los efectos dramáticos de pérdida de trayectoria.



Decibelios y Antenas

Los decibelios también se utilizan para expresar **la ganancia de antena**. Los **Decibelios** sobre un radiador **isotrópico** (dBi) mide la capacidad de un radiador para irradiar señal en una dirección particular respecto a un radiador **isotrópico**. Un **radiador isotrópico** es una **antena teórica** que irradia en todas direcciones por igual, similar a una bombilla de luz. Puesto que ningún sistema de antena es perfectamente eficiente (es decir, sufren pérdida de energía), la ganancia se introduce para producir patrones de radiación en una dirección dada. La ganancia de la antena se estudiará más adelante en este manual.

Decibelios y EIRP

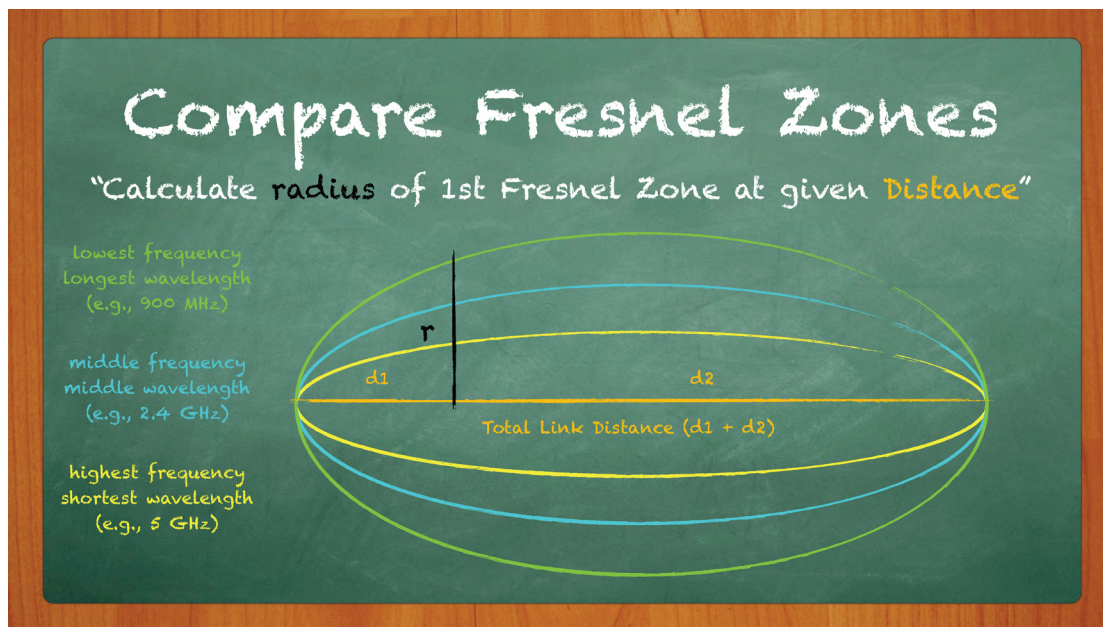
Los organismos reguladores establecen límites sobre la cantidad de energía que puede salir de un sistema de RF (radio y antena). La cantidad total de energía que sale del sistema de RF se llama la potencia efectiva isotrópica radiada (PIRE), que considera:

- Potencia de transmisión
- Ganancia de antena
- Pérdida

Para calcular la PIRE total de un sistema de radio, sumar la potencia de transmisión y la ganancia de la antena, mientras que restando cualquier pérdida (los radios Ubiquiti típicamente incurrir en menos de 1 dB de pérdida). Con el fin de cumplir con las normas reguladoras, los radios Ubiquiti se ajustarán automáticamente la potencia de transmisión basados en el Código de País seleccionado, frecuencia y ganancia de antena.

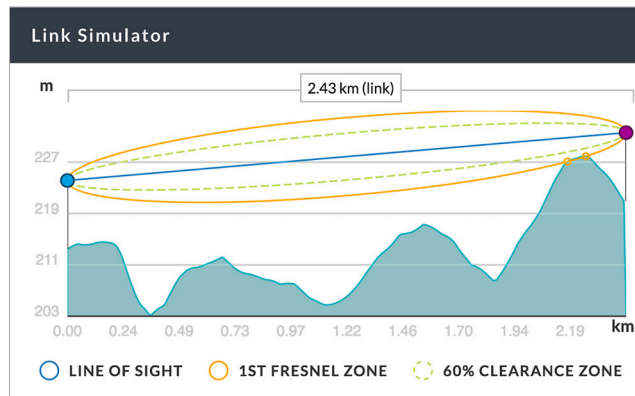
Línea de Vista y Zonas de Fresnel

Un requisito importante para Lograr el mayor throughput posible en cualquier enlace inalámbrico al aire libre es mantener una **línea de vista clara**. Línea de visión se refiere a un área de forma elíptica entre ambos extremos del enlace de radio. Esta área se divide en zonas progresivamente más grandes, llamadas **zonas de Fresnel**. Dentro de estas zonas, obstrucciones comunes como follaje, las superficies de metal, e incluso precipitaciones pueden resultar en **señales dispersadas o reflejadas**. Con la tecnología inalámbrica al aire libre, tales señales pueden causar **múltiples vías de llegada**, lo que puede afectar negativamente a la recepción de la señal.

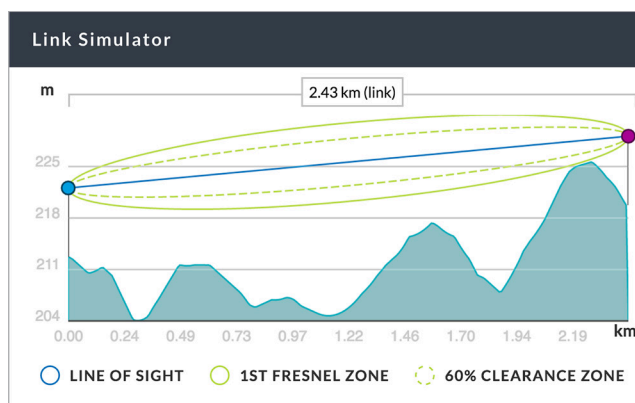


Las zonas de Fresnel se miden según el radio de acuerdo a una distancia dada. Cuando se dibujan, las zonas de Fresnel tienen una forma similar a un elipsoide, en donde el radio es más grande en el punto central. Tenga en cuenta las siguientes reglas relativas a zonas de Fresnel:

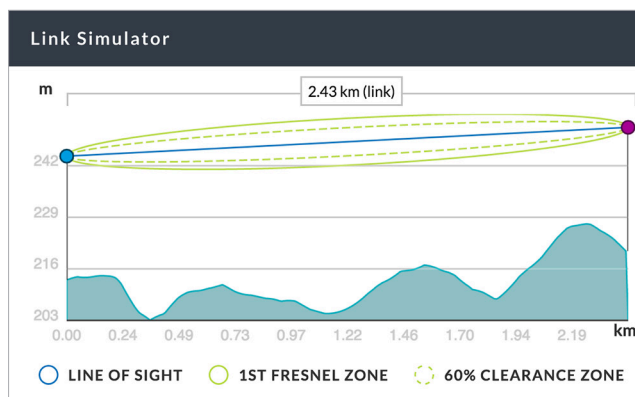
- Al aumentar la distancia de enlace, el radio también se incrementa.
- A medida que la frecuencia del enlace de radio disminuye, el radio también se incrementa.
- Cuanto menos obstrucciones al enlace, mejor será el throughput.
- 60% de la primera zona de Fresnel debe permanecer libre para lograr una relación exitosa.



PtP Link with 1st Fresnel zone obstructed.



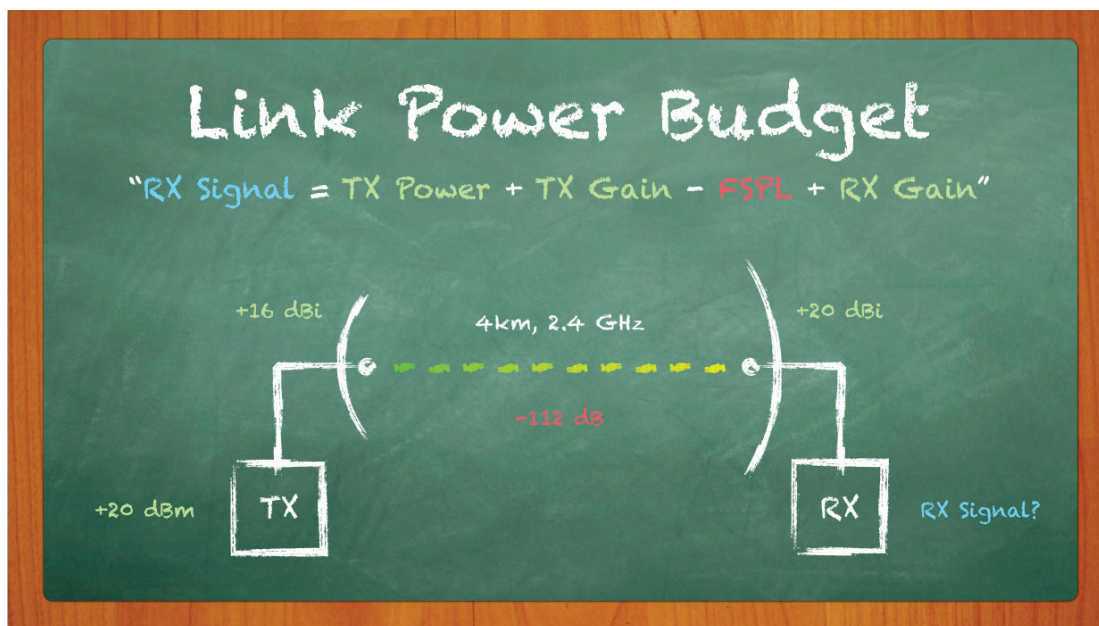
PtP Link with 1st Fresnel zone unobstructed, but likely obstructed by ground objects due to low mount height.



PtP Link with 1st Fresnel zone unobstructed, and mounted sufficiently high to avoid obstruction by objects.

Presupuesto de Potencia para el Enlace

Ahora que ha explorado los fundamentos de la frecuencia de radio, usted puede comenzar a hacer estimaciones precisas sobre la **recepción de la señal** con respecto a **la distancia**, **la potencia de transmisión**, **la ganancia de antena** y otros parámetros de enlace inalámbrico. Estas estimaciones son también llamadas **presupuestos de potencia de enlace**. Aunque Ubiquiti hace el enlace gratuito por software de simulación, presenta los resultados en una interfaz intuitiva y gráfica, la siguiente figura muestra cómo calcular el presupuesto de potencia del enlace.



Margen de Desvanecimiento

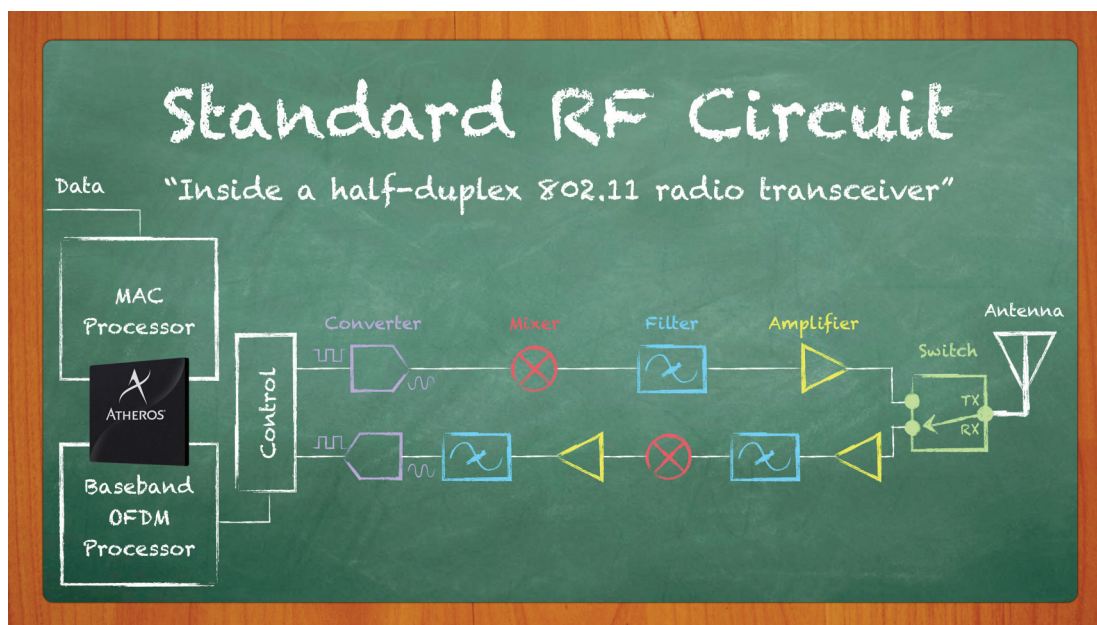
Con el tiempo, un entorno dinámico puede influir en el throughput del enlace inalámbrico. Para dar cuenta de los cambios en las precipitaciones, follaje, y hasta la presión atmosférica, los operadores inalámbricos introducen Normalmente **margen de desvanecimiento** o sea la planificación de amortiguación de la señal para vincular los presupuestos de potencia. Cuanto mayor es el margen de desvanecimiento, más resistente será su enlace inalámbrico a los cambios.

Ubiquiti recomienda el margen de desvanecimiento de 15dB para enlaces inalámbricos al aire libre. Esto significa que si usted apunta recibir intensidad de señal de -65 dBm, usted debe planear utilizar equipos capaces de alcanzar la señal de -50 dBm.

III. Operación de la Radio

Los sistemas de RF se componen de dos elementos principales: radios y antenas (para explorar en el siguiente capítulo de este manual). Con foco en las características principales que definen la operación del radio, los radios Ubiquiti. Específicamente, este capítulo también proporcionará una visión de cómo lograr el mejor throughput posible de sus redes inalámbricas PTP y PTMP.

Diagrama de Radio Carrier



Con el fin de enviar datos a través de un enlace inalámbrico un radio transmisor genera una **señal portadora**. A través de un proceso conocido como **modulación** donde la **frecuencia, amplitud o fase** de esta señal portadora se modifica para representar diferentes **conjuntos de símbolos** (grupos de bits de datos). En el lado remoto de la conexión inalámbrica, un radio receptor **demodula** la señal portadora para recuperar los datos. Una radio típica tiene una serie de componentes que son responsables de diferentes funciones de la capa de preparar la señal portadora:

Componentes de la Codificación Digital

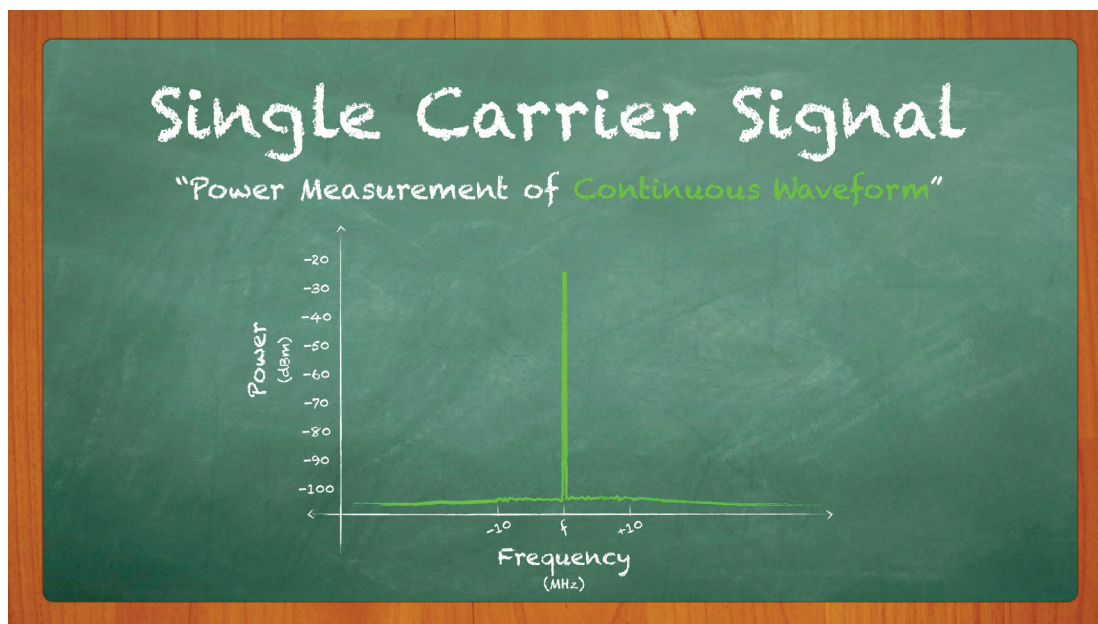
- **Procesador MAC:** Más allá de pasar la corriente de datos desde la capa de red hacia el procesador de banda base, también se ocupa de los procesos 802.11e/i (QoS / Seguridad).
- **Procesador de la Banda Base:** Coloca conjuntos de datos independientes codificados por línea, en sub canales OFDM físicos.
- **Interfaz de Data/Control:** Referencia el tiempo para los datos que pasan entre el procesador de banda base y los dispositivos de RF de la interfaz (por ejemplo, amplificadores, filtros).

Componentes de la Interfaz RF

- **D/A y A/D:** Convierte las señales de digital a analógico y analógico a digital, respectivamente.
- **Filtros:** Diseñados para permitir que las señales que pertenecen a una banda / frecuencia particular atraviesen, rechazando las señales fuera de este rango.
- **Mezclador:** Genera una señal de mayor / menor frecuencia en base a una señal de entrada y el oscilador local para mejorar la selectividad / filtrado.
- **Amplificador:** Aumenta la potencia de la señal.
- **Cadena:** Otro nombre para el transceptor (la radio transmisor / receptor).

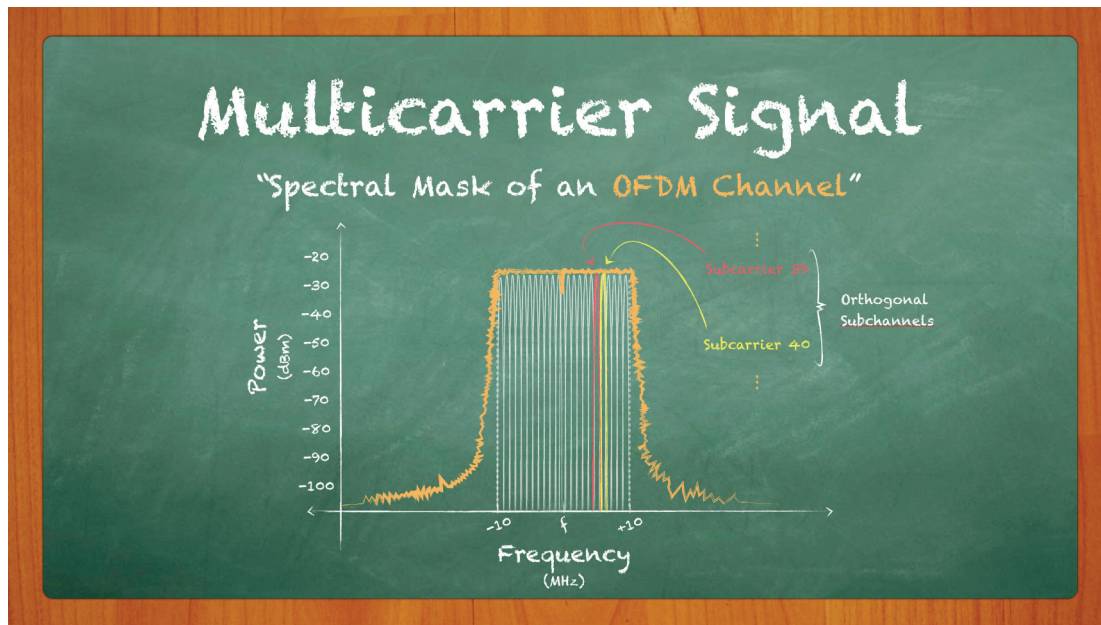
Señal de Portadora Única

La **forma de onda continua** (CW) es un ejemplo de una señal de portadora simple, constante. Ninguna de sus propiedades: frecuencia, fase y de amplitud de onda se modifican. En las redes de radio antiguas, la señal de CW era encendida/ apagada como para comunicarse con código Morse, para representar datos diferentes.

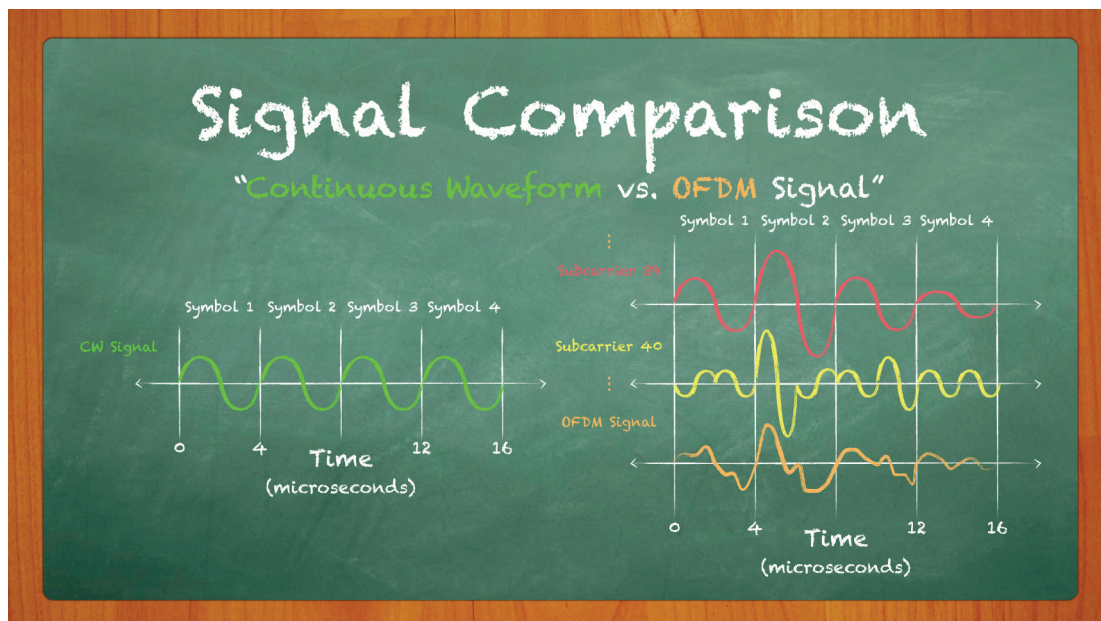


Señal Multiportadora (OFDM)

El uso de métodos avanzados como OFDM en radios modernas divide el ancho del canal en múltiples **subcanales**, más **pequeños**, o **subportadoras**, para un mayor throughput. El uso de sub portadoras OFDM hace robusta la comunicación frente a los efectos de los múltiples trayectos, un fenómeno que conduce a la disminución de la intensidad de la señal inalámbrica en exteriores. Debido a su naturaleza ortogonal, los sub canales individuales no interfieren entre sí.



La superposición de las señales de sub portadoras produce una forma de onda muy compleja diferente de cada una de las formas de onda individuales. Esto es porque cada sub portadora se modula de forma independiente.



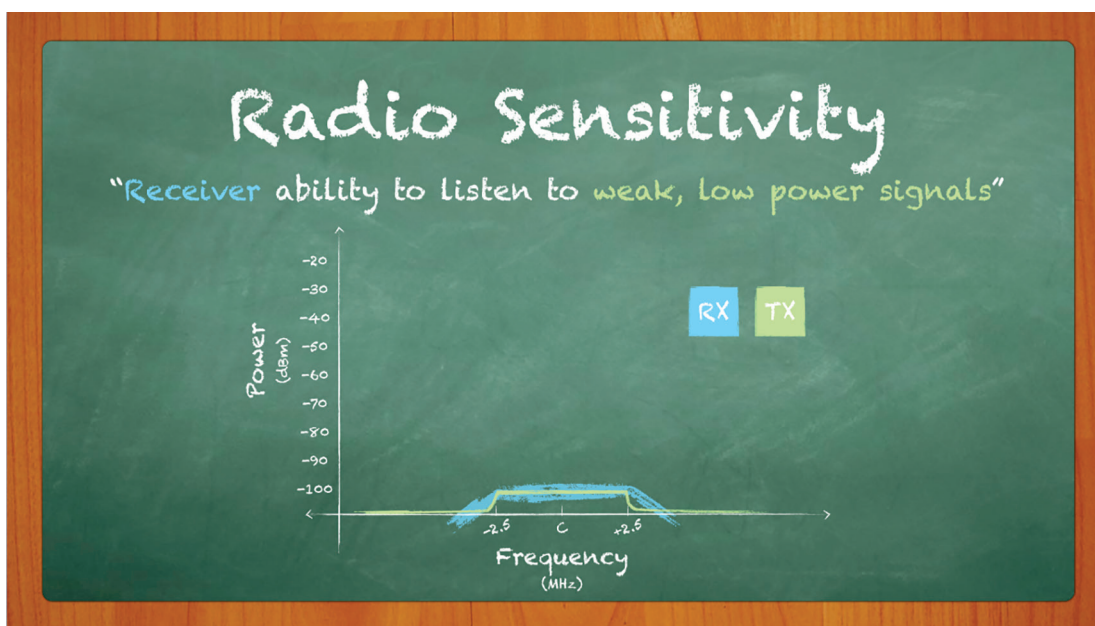
Características de la Interfaz RF

La Interfaz RF describe la circuitería responsable de procesar la señal portadora. Para superar los retos planteados por las fuentes de ruido e interferencia, el transmisor y el receptor deben estar equipados con componentes de alta calidad y la última tecnología de hardware, como **airPrism** y **airMAX-ac**. Los operadores de radio que invierten en desplegar equipos Ubiquiti inalámbricos de exteriores adecuadamente se aseguran que funcionen establemente y puedan escalar bien. Esto en gran parte debido a la actuación de sensibilidad y selectividad excepcional de sus receptores de radio.

Sensibilidad del Radio

El trabajo principal del receptor de radio es “escuchar” las señales del transmisor deseado. Como se explicó en el capítulo anterior, la pérdida en el espacio libre hace que la señal decaiga rápidamente en la intensidad que se propaga a través del espacio. El resultado es a menudo una señal muy, muy débil que llega al receptor, lo que hace de **sensibilidad** de una de las características más importantes de la radio.

Sensibilidad define la capacidad de la radio para “escuchar” las señales débiles. Cuanto mayor es la sensibilidad de la radio, se puede recibir señales más débiles también.

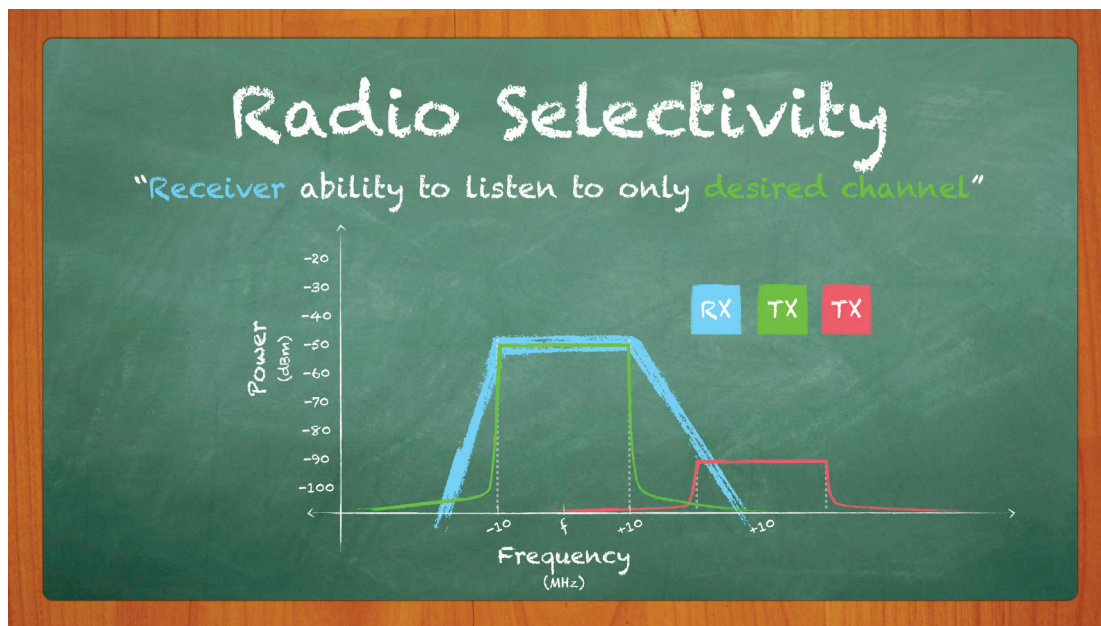


En medio de un ambiente RF ‘limpio’, los componentes de los radios receptores Ubiquiti finamente sintonizados pueden “escuchar” ultra-bajas señales en algunos casos, tan bajas como -103 dBm (0.000000001mW)! Independientemente de si la señal de recepción es débil o fuerte, las demandas de comunicación del radio requieren que la señal sea más fuerte que el total de nivel de ruido e interferencia combinados.

Selectividad del Radio

Con el fin de minimizar el efecto de la interferencia de canales vecinos, el receptor de radio necesita un filtrado adecuado. La capacidad del receptor para “escuchar” la señal deseada mientras que bloquea otras **fuentes en la banda** es conocida como **selectividad del radio**. A modo de ejemplo, la interferencia en la banda de 2,4 GHz del espectro, se refiere a las señales no deseadas a través de los canales del 1 al 11 (1-13 donde esté disponible).

La siguiente figura muestra el receptor de radio (azul) con filtrado “apretado” -10 MHz por debajo del centro f del canal de transmisión (verde). Sin embargo, 10 MHz por encima del centro f del canal de transmisión, pobre filtrado / selectividad incrementa la cantidad de interferencia en la banda que el receptor puede escuchar.



Interferencia, combinado con las fuentes de ruido cercanas para el receptor, contribuyen a la **relación de señal a ruido** (SNR). Un pobre SNR disminuye la velocidad de datos máxima posible al tiempo que aumenta la latencia.

Las Mediciones Inalámbricas

airOS reporta y realiza seguimiento de las estadísticas más importantes para la gestión de redes inalámbricas de exteriores, incluyendo:

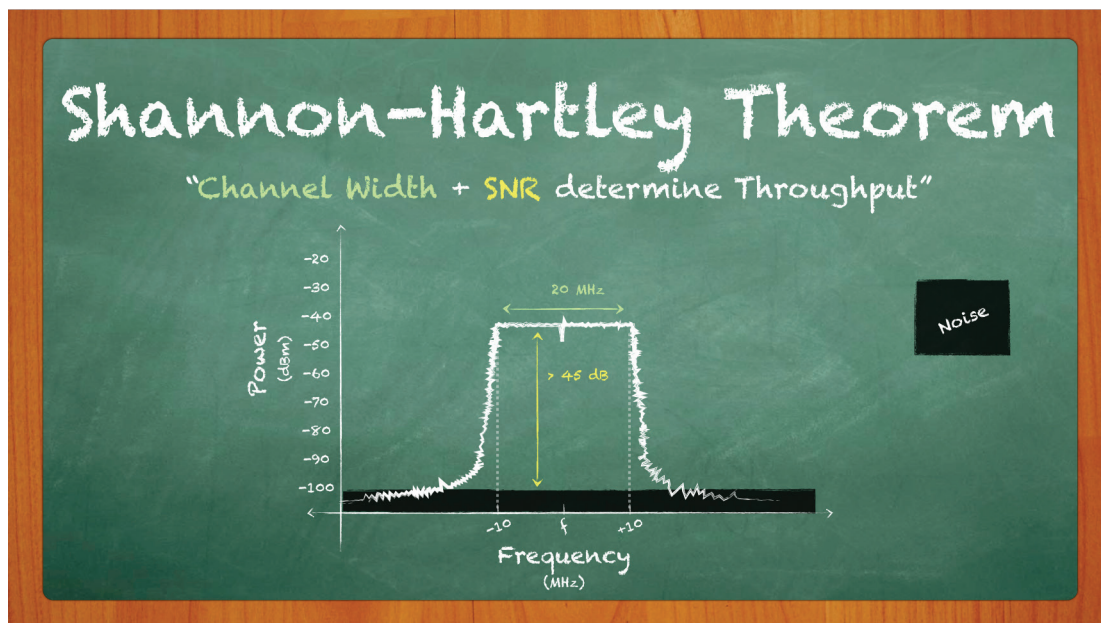
- **Señal RX**, también conocida la **intensidad de la señal o señal recibida**, representa el nivel promedio de energía que llega al receptor sumado a través de las dos **cadena de radio**.
- **Cadena RX 0/1**, representa el nivel de energía promedio de llega a cada cadena receptora.
- **Interferencia**, representa el nivel promedio de energía derivada de fuentes de fuentes de EMI, principalmente las redes de radio de la competencia. A mayor solapamiento de canales entre el receptor y redes cercanas, más altos son los niveles de interferencia.

- **Piso de Ruido**, representa el nivel promedio de energía derivado de las fuentes de ruido locales, incluyendo del funcionamiento del receptor de radio y el ruido térmico.

El ruido térmico es una propiedad inherente relacionada con el tamaño del canal inalámbrico. Cuanto mayor sea la anchura del canal, mayor es el nivel de ruido térmico. Por esta razón, los canales más pequeños como 5 y 10 MHz son idealmente adecuados para largo alcance, los enlaces PTP donde la señal es muy débil reciben la señal requiere un mínimo de ruido aún más débil.

Relación Señal-Ruido SNR y Channel Flexing

Se entiende generalmente que recibir una señal fuerte es necesaria para obtener un enlace de radio robusto de alto throughput. Pero una fuerte señal de recepción poco sirve si los niveles globales de ruido son igualmente los fuertes. De esta manera, SNR se relaciona directamente con las tasas de datos. Calcular la SNR (en dB) encontrando la diferencia entre la señal RX y el nivel general combinado de interferencia / ruido.



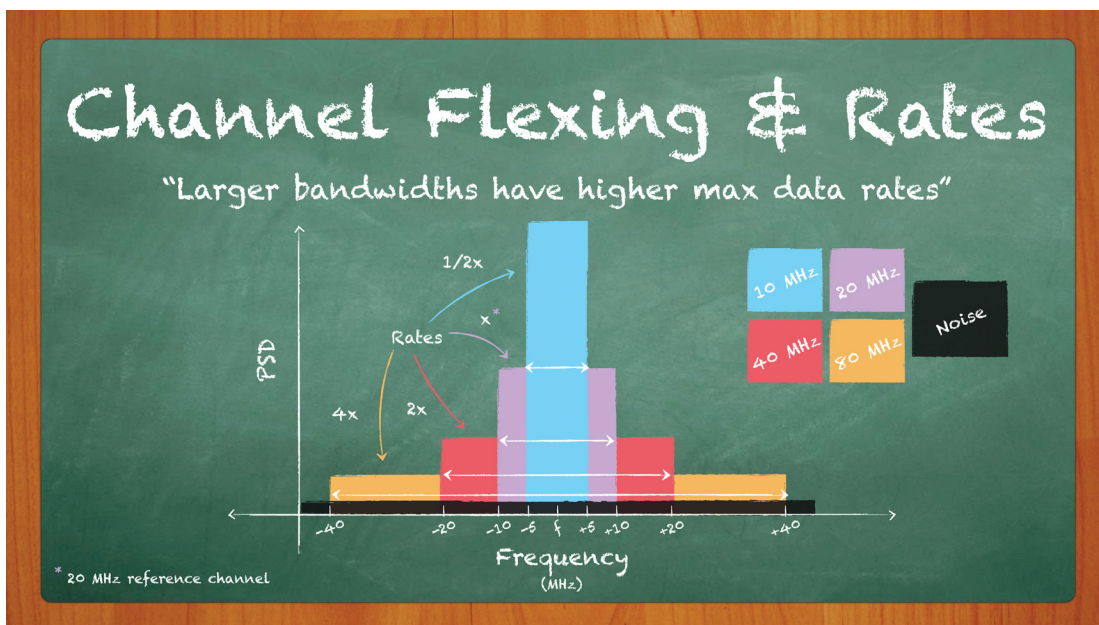
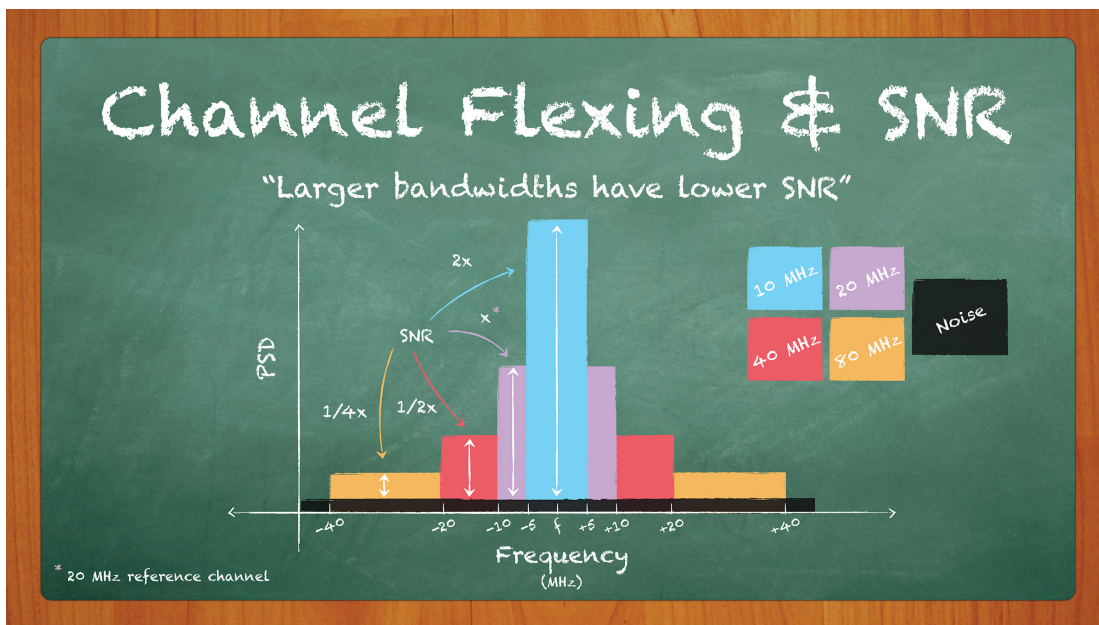
El **Teorema de Shannon-Hartley** dice que la capacidad máxima de datos de un canal de información depende de dos propiedades: **SNR** y el **ancho de canal**. Ambas propiedades están correlacionadas positivamente con la capacidad de datos. En teoría, conforme la SNR o ancho de canal aumenta, la capacidad de datos también aumenta.

En la práctica sin embargo, el uso de la anchura del canal más grande tiene algunas implicaciones, a saber:

- El aumento de ruido de fondo o piso debido al ruido térmico,
- Potencial para encontrar más interferencia a través del canal, y,
- Baja **densidad espectral de potencia** (PSD).

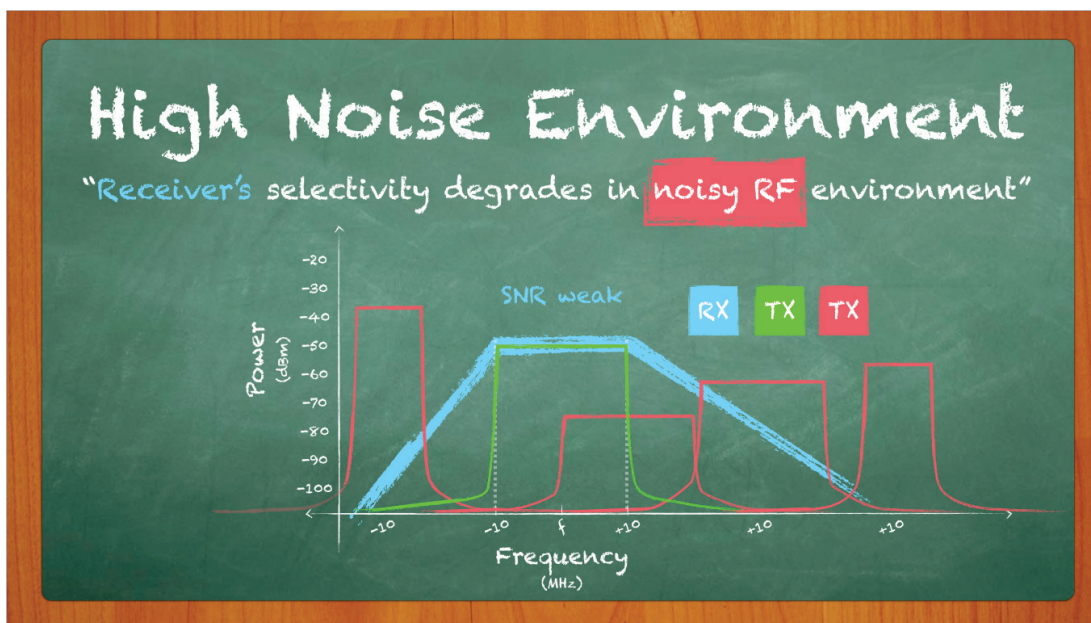
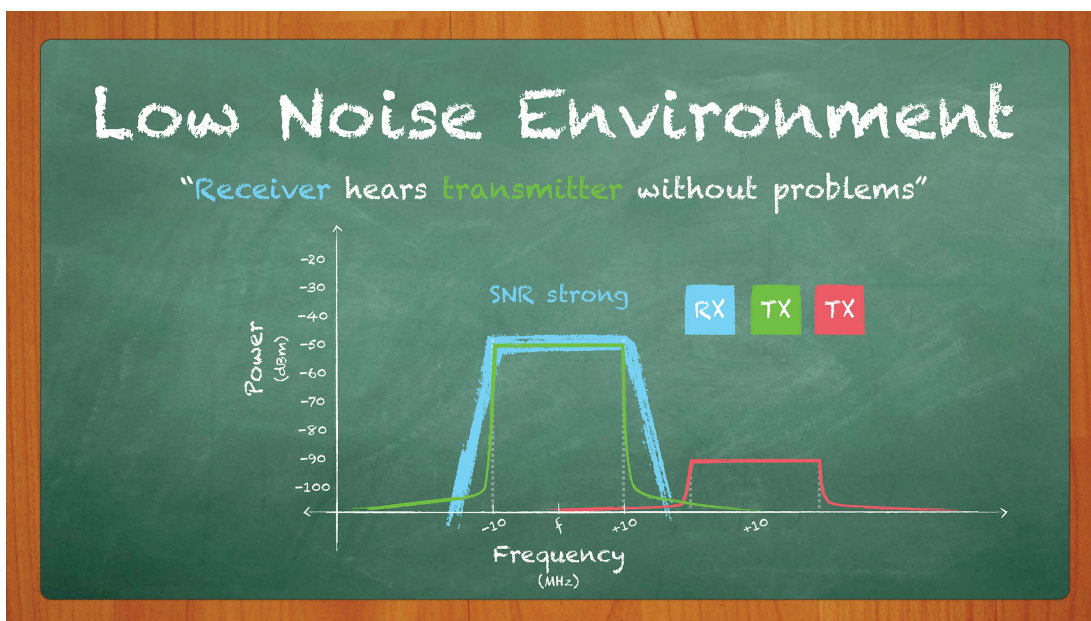
PSD Representa la cantidad de energía con respecto a la señal transmitida a través del canal. Ya sea utilizando un ancho de canal grande o pequeño, el transmisor seguirá funcionando a un nivel de potencia TX dado, es decir, anchos de canal más pequeños tendrán una PSD pico superior. Esto hace a los anchos de canal más pequeños apropiados para los enlaces PTP de larga distancia, ya que la señal se propagará más lejos antes de que la pérdida de trayectoria haga que la señal se debilite a niveles comparables con el ruido de fondo.

En las redes inalámbricas al aire libre, **channel flexing** es el proceso por el que la anchura del canal se ajusta para satisfacer las necesidades de la conexión inalámbrica. Cualquiera que sea la necesidad de su red inalámbrica, usted no debe entender cómo flexión canal relaciona con el espacio disponible de canales, capacidad de datos, así como SNR.



Ubiquiti airPrism

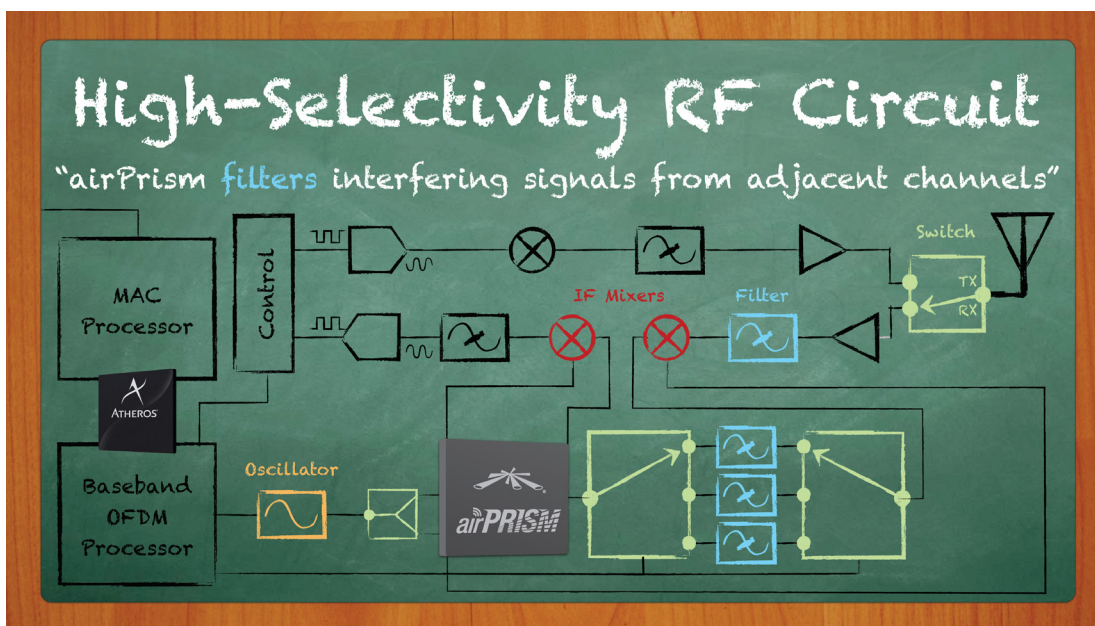
Entornos de RF atestados, ruidosos, son un problema creciente para los WISP. A pesar de su diseño simple de bajo costo y bajo consumo de energía, los receptores estándar 802.11 que prevalecen en el mercado inalámbrico de exteriores de hoy, se enfrentan a importantes problemas de selectividad cuando se opera en ambientes muy ruidosos. Incluso si existen señales de interferencia en los canales que no se superponen, cuando es lo suficientemente fuerte, tal interferencia puede degradar las funciones de filtrado y de selectividad del receptor. En esencia, el receptor no es capaz de distinguir claramente la señal deseada del ruido en otros canales en la banda.



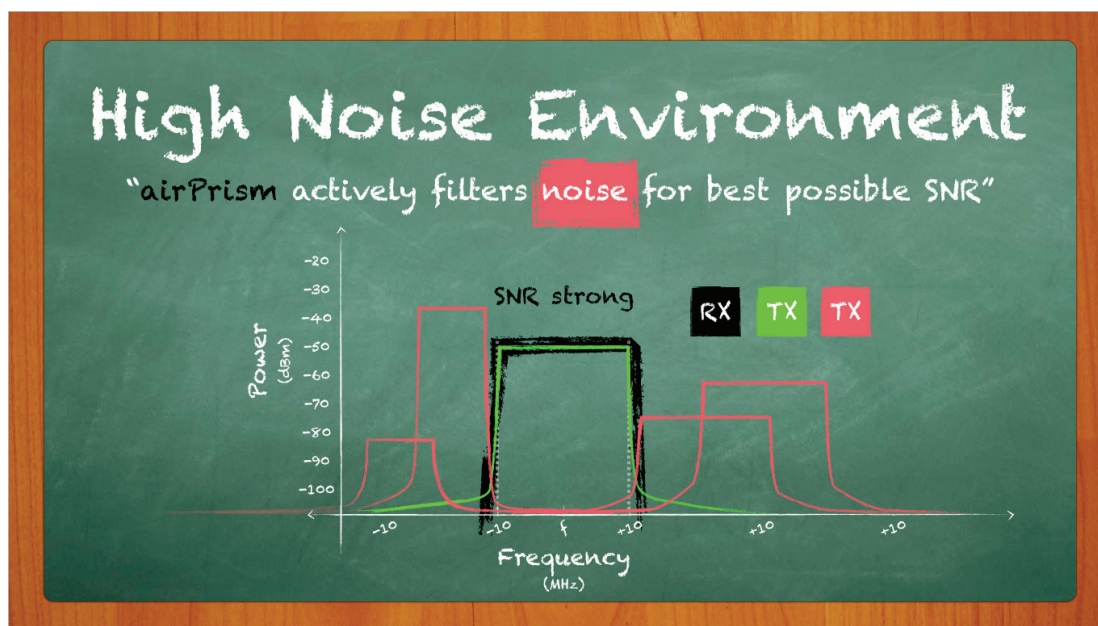
Los operadores de radio pueden tratar de mitigar este problema a través de una serie de técnicas, incluyendo:

- **Filtrado Espacial**, al optar por las antenas de mayor ganancia (más sobre esto en el capítulo de antenas).
- **Blindaje para RF**, mediante la introducción de cajas metálicas para bloquear las señales no deseadas y minimizar la 'fuga' de RF de radios / antenas.
- **Sincronización por GPS**, coordinando simultáneamente las ranuras de transmisión/recepción de radios vecinos para evitar la **interferencia de co-ubicación**.

Aunque estas acciones pueden mejorar indirectamente el throughput de la radio, no abordan directamente las insuficiencias de filtrado de los receptores típicos 802.11. **La filtración activa de radio airPrism** de Ubiquiti reduce en gran medida la cantidad de interferencia dentro de banda 'escuchada' por las radios en entornos de RF ruidosos.

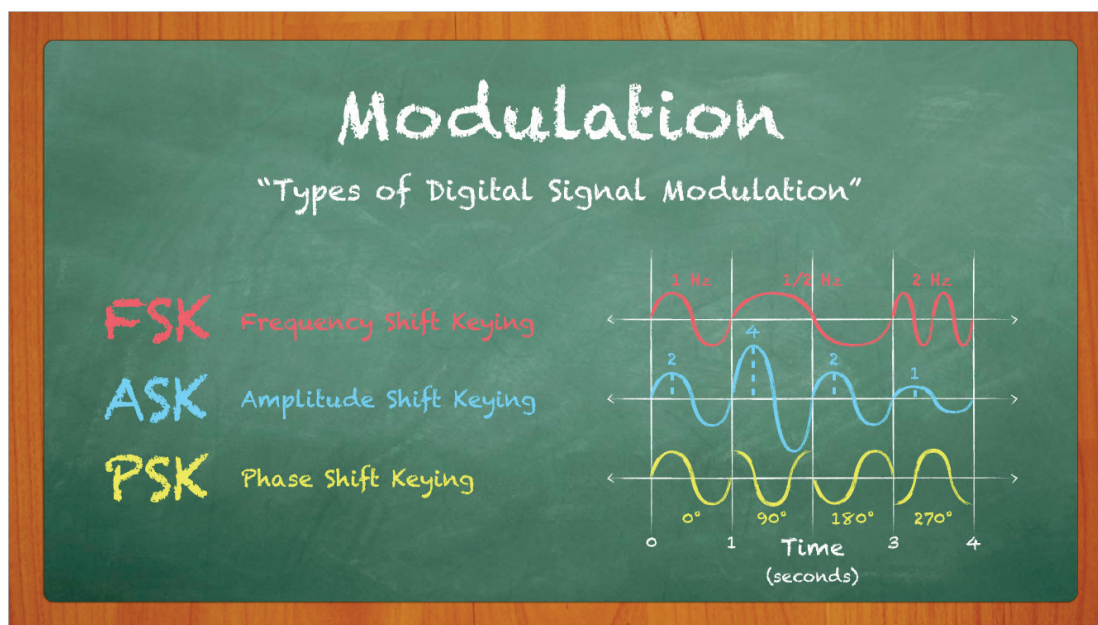


Los radios Ubiquiti equipados con airPrism cuentan con un **circuito de RF de alta selectividad** en la interfaz del radio. En este circuito HSR, la señal portadora se reduce a una **frecuencia intermedia** (IF), que controla mejor cómo se filtra la señal. Mediante la aplicación de un filtro de selección de canal para eliminar las señales de interferencia, luego convirtiendo ascendentemente la señal portadora IF, el procesador de banda base recupera la señal portadora 'limpiada'.



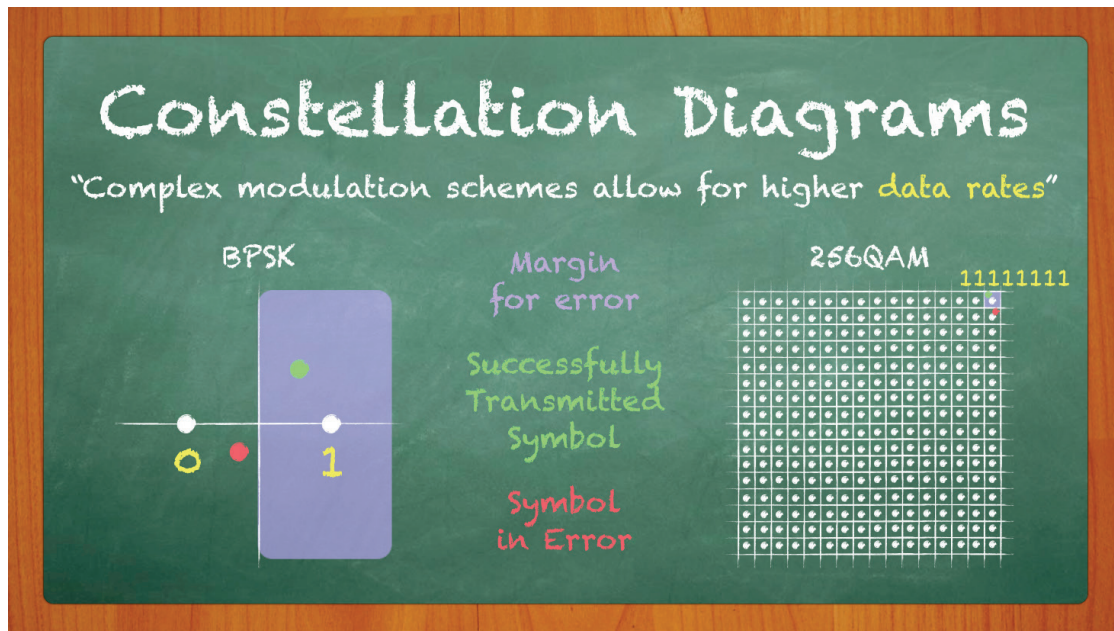
airPrism es muy eficaz en el filtrado de interferencia de canal adyacente. Implementar radios airPrism equipados en entornos de RF concurridos para tanto como 30 + dB de cancelación de ruido.

Modulación



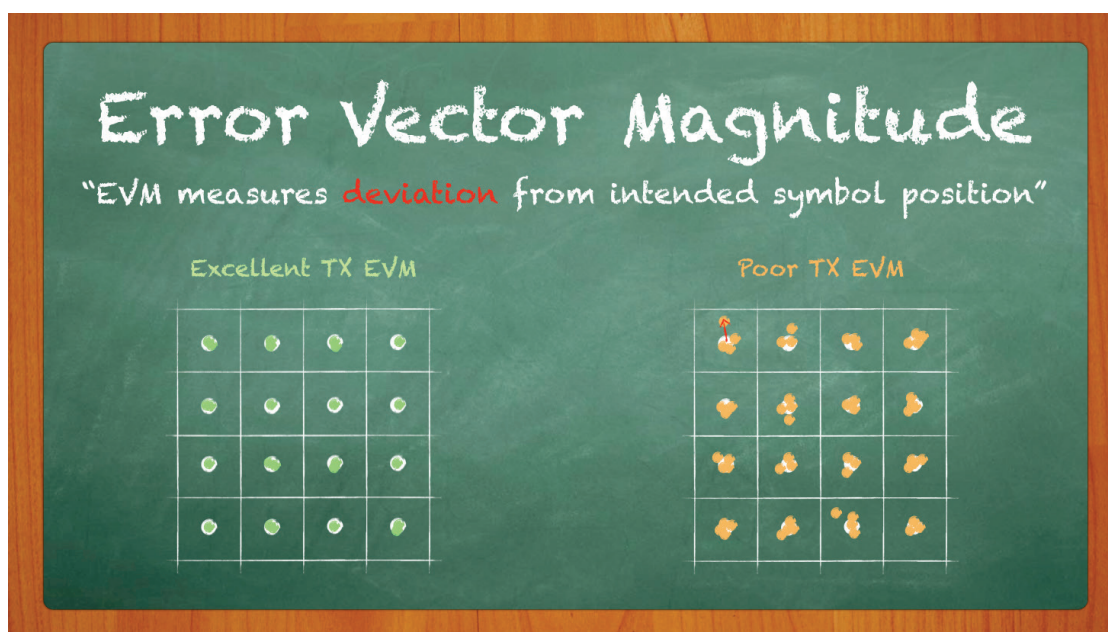
Modulación de la señal portadora es el proceso por el cual un conjunto digital de datos (1 y 0) se cambian a/de ondas portadoras para propósito de transferencia de inalámbrica de datos. Los Radios Ubiquiti utilizan cambios discretos en **fase y amplitud** de la forma de onda portadora para representar diferentes grupos de bits. Cuando están modulados, estos bits son conocidos como **juegos de símbolos**. Esquemas de modulación más complejos producen un mayor número de bits por símbolo. En otras palabras, los esquemas de modulación más complejos significan tasas de datos máximas más altas.

Los radios airMAX-ac de Ubiquiti disponen de conjuntos de circuitos de radio dedicados para el seguimiento y control del entorno de RF, incluyendo un diagrama de constelación en tiempo real de los receptores locales/remotos. Los Diagramas de Constelación proporcionan una representación visual del desempeño del radio receptor en el mapeo preciso de los juegos de símbolos. Esto proporciona información valiosa sobre la robustez del enlace en su ambiente de RF actual.



Magnitud del Vector de Errores

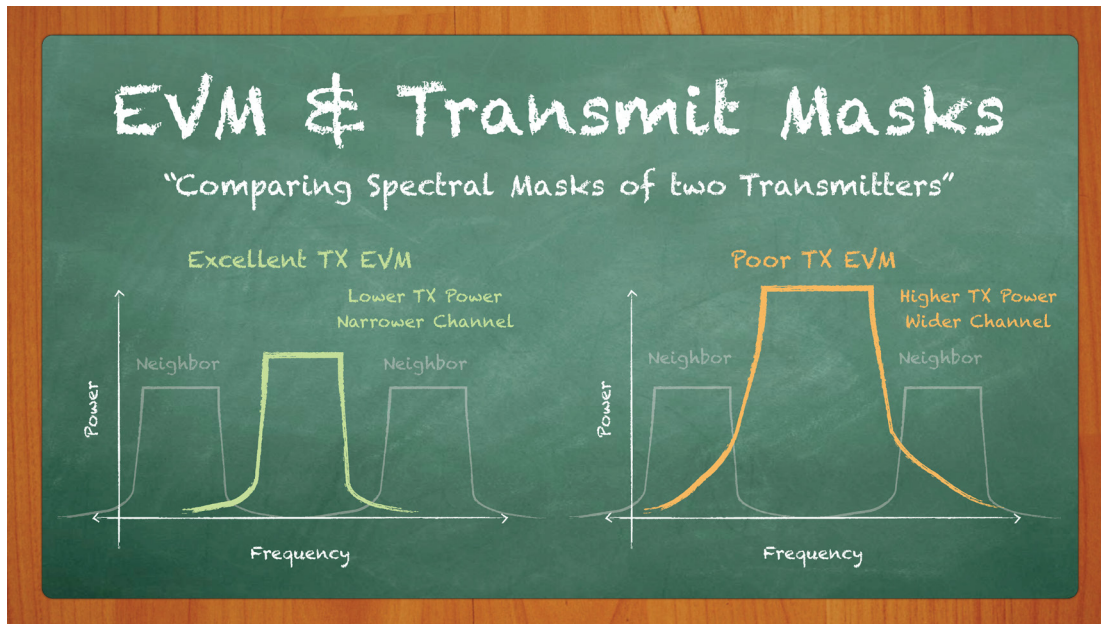
La precisión con la que la radio codifica/decodifica estas señales moduladas se define por la **magnitud del vector de errores** (EVM). EVM mide la desviación de la transmisión/recepción de símbolos desde su posición planeada. Si el símbolo es mapeado correctamente por el receptor, entonces la transmisión tiene éxito. Si el símbolo es asignado incorrectamente por el receptor, entonces el transmisor debe retransmitir el símbolo, a menudo utilizando una velocidad de modulación menos compleja para compensar niveles de ruido intolerantes. Cuanto más compleja sea la tasa de modulación, mayor será el requisito de SNR.



Los Radios Ubiquiti airMAX y airFiber son poderosos dispositivos, bien afinados con un excelente desempeño EVM. El rendimiento EVM está relacionado con una serie de características importantes del radio, incluyendo:

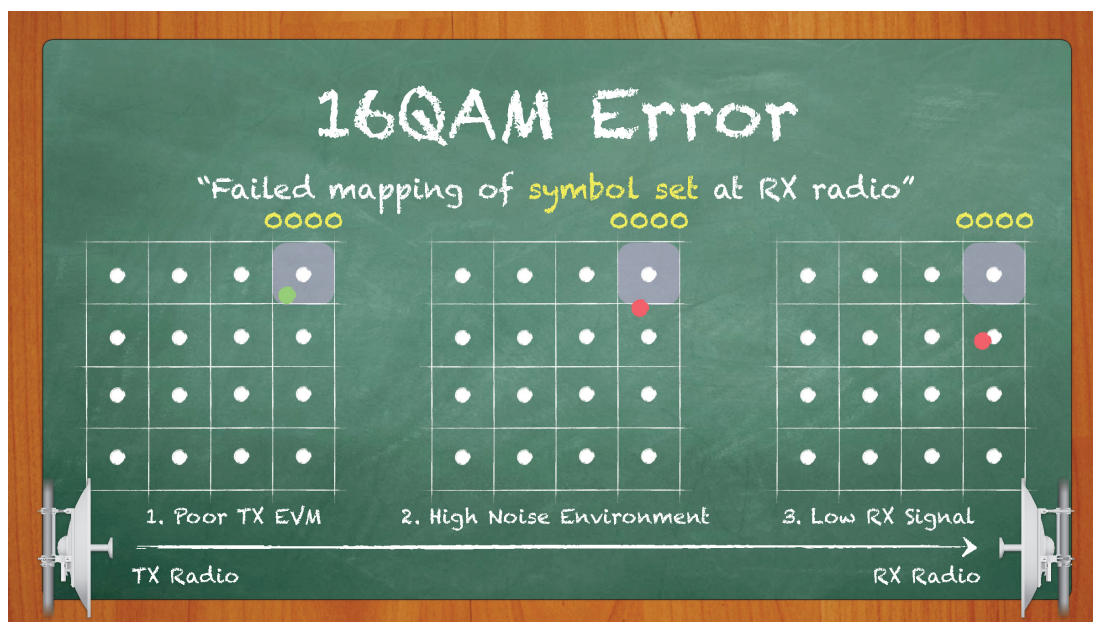
- **Espurias de TX:** Común a las radios con pobre desempeño EVM, las transmisiones espurias son, picos indeseables inesperados en toda la banda de frecuencias del radio portador. Las radios con un excelente rendimiento EVM previenen drásticamente dichas emisiones.
- **Armónicos:** Al ser las radios '**dispositivos no lineales**', todas emiten señales múltiplos de la frecuencia de reloj de radio. Por ejemplo, un aparato de radio M900 que opera en 907 MHz emitirá espurias en 1814, 2721, 3638, 4545 y 5452 MHz. Al igual que con espurias de TX, los transmisores con EVM pobre exageran los armónicos.

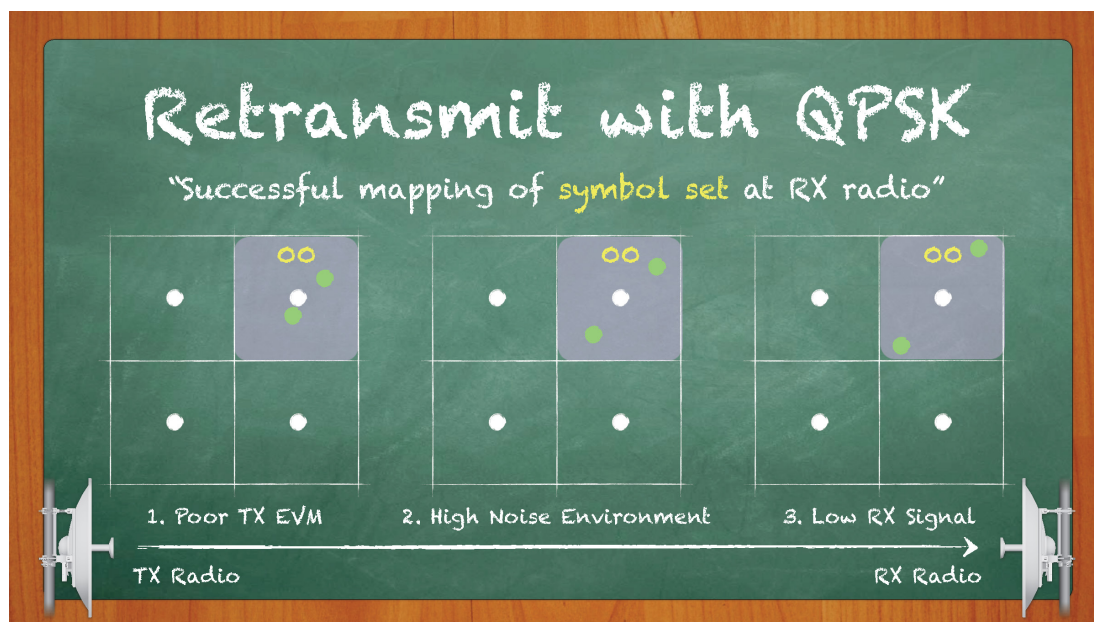
- **Mascara de transmisión 'limpia':** Los radios con EVM pobre contaminan la banda de frecuencia en la que se transmiten, ya que tienden a tener fines de cola elevados. Un transmisor de EVM excelente tiene un PSD pico a través del canal con los fines de cola severamente cortados.



Proceso de Modulación

Es el proceso por el cual se modula una serie de símbolos (en el transmisor), propagado como una forma de onda portadora (a través del espacio libre), entonces demodulada (en el receptor) se muestra en la siguiente figura:





Para automatizar y maximizar el desempeño del circuito de radio modulado tanto como sea posible, los radios Ubiquiti utilizan técnicas de **sondeo** y **auto-adaptativas**. Por tanto, se recomienda dejar seleccionados la tasa en AUTO y los niveles modulación al máximo. Entre las radios airFiber y airMAX, los siguientes porcentajes de modulación son compatibles (enumerados por la capacidad máxima de datos, de forma ascendente):

- Binary Phase-Shift Keying (BPSK)
- Quadrature Phase-Shift Keying ($\frac{1}{4}$ QPSK, $\frac{1}{2}$ QPSK, QPSK)
- Quadrature-Amplitude Modulation (16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM)

Documentación Técnica

Documentación técnica completa para todos los productos inalámbricos de exteriores de Ubiquiti se publican en <https://www.ubnt.com/download>, que contienen información sobre las tasas de modulación soportadas. Las especificaciones de potencia TX y RX proporcionan información muy importante relacionada a los niveles de potencia y velocidades de datos.

La **Sensibilidad mínima de recepción** requerida para una velocidad de modulación dada asume un entorno RF "limpio". Aunque una **gran potencia TX** es útil en la propagación de una señal a través de largas distancias, los niveles de potencia pico saturan o distorsionan la señal portadora, lo que lleva a problemas con el EVM. Por lo tanto, la potencia de salida es un factor limitante a la que las tasas de datos son posibles. Sin embargo en última instancia, la SNR determina que velocidades de modulación son posibles. Consulte los apéndices al final de este manual para revisar los requisitos.

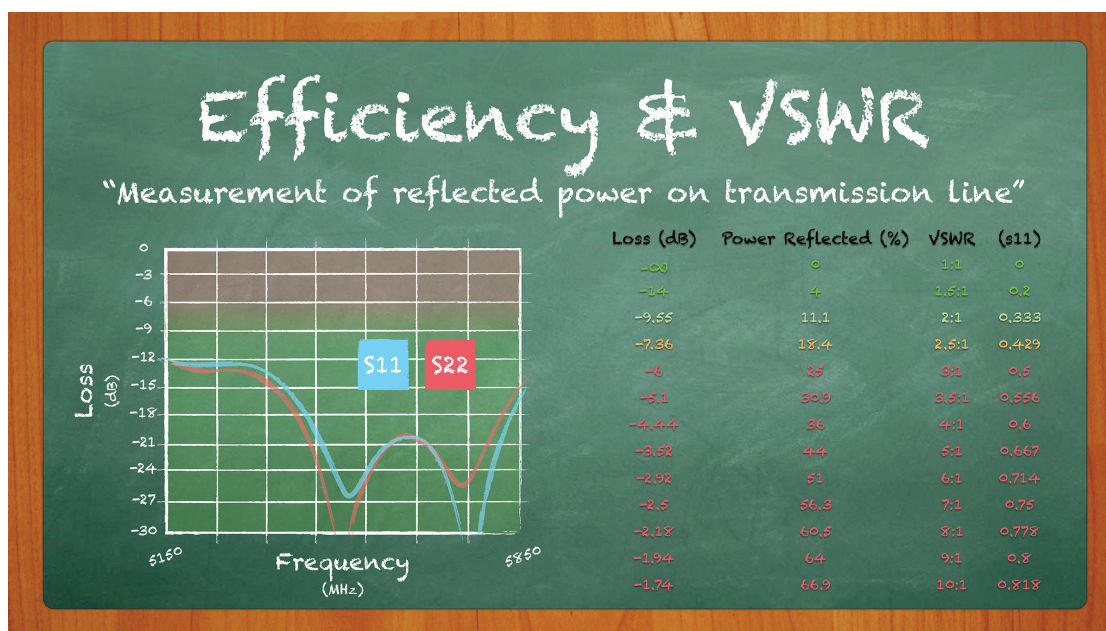
IV. Diseño de la Antena

La segunda parte importante de cualquier sistema de RF es la antena. Cuando se combina con un transmisor de radio, la función de la antena es **convertir la energía** de la señal portadora generada en **ondas de radio**. Cuando se combina con un receptor de radio, el trabajo de la antena es la de convertir las ondas de radio de nuevo en señales eléctricas por lo que la radio puede decodificar la información del portador. En este capítulo se explican las principales características de las antenas, la presentación de los diferentes modelos de antena para fines de comparación.

Características de la Antena

Eficiencia

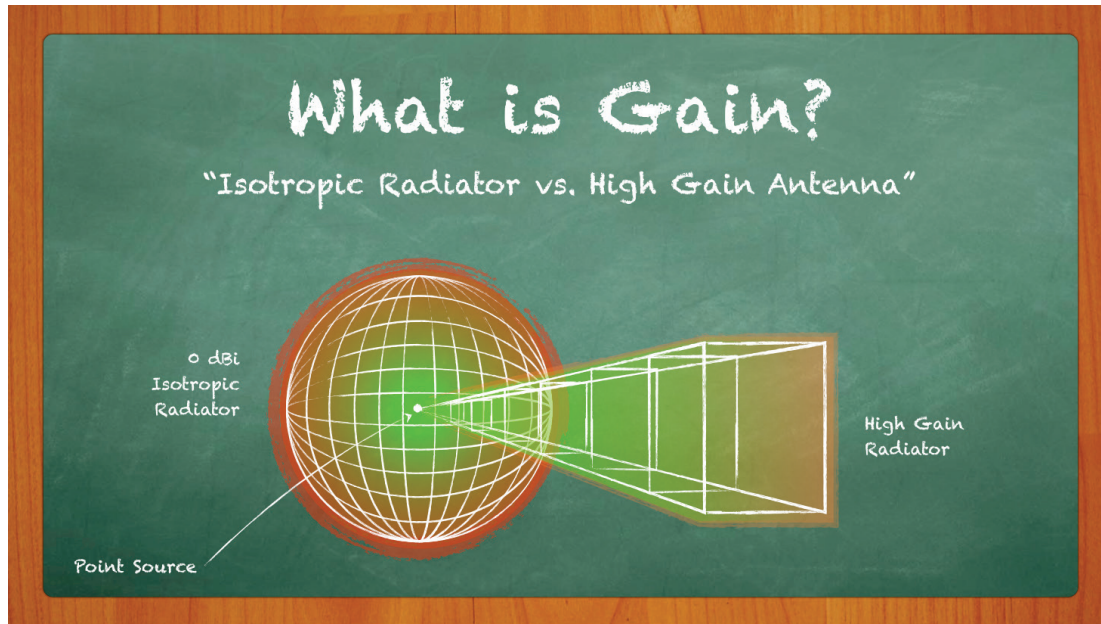
Una de las características más importantes de la antena es la eficiencia con la que se convierte la energía que pasa de ida y vuelta a la radio. **Relación de Onda Estacionaria** (ROE), también conocida como **la pérdida de retorno**, mide la cantidad de energía que se refleja hacia atrás y se desperdicia en una línea de transmisión (por ejemplo, en la alimentación de la antena, los conectores RP-SMA) que conecta la cadena de radio y la antena. Además de reducir el nivel general de la señal, las reflexiones pueden dar lugar a retrasos de radio y pobres desempeño EVM.



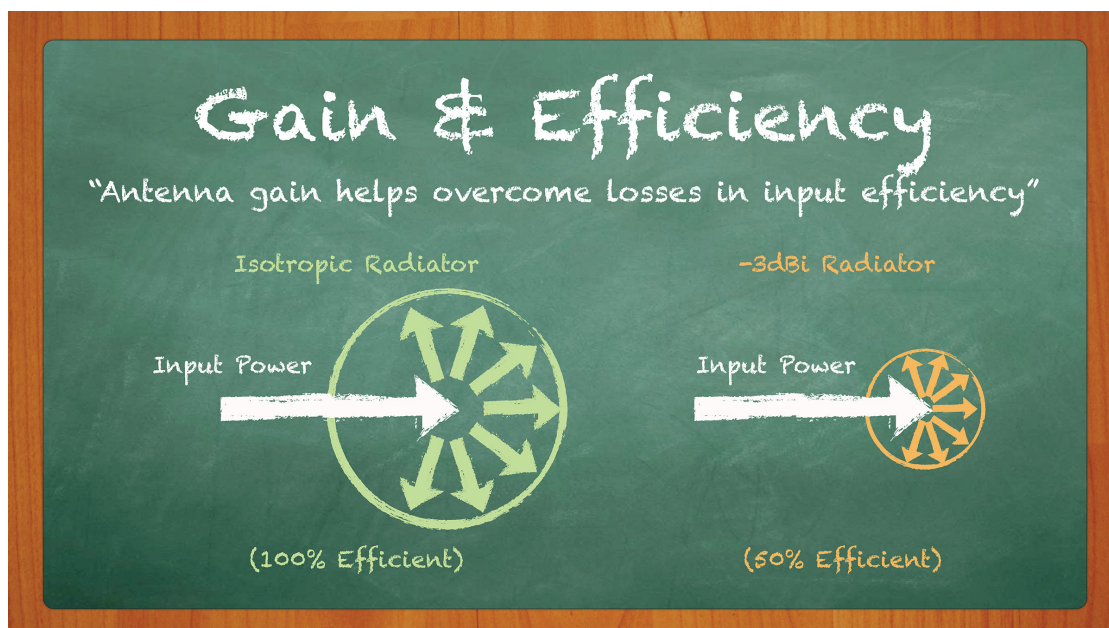
Pérdida de retorno se puede representar gráficamente mediante la introducción de **parámetros S**, donde S11 representa el paso de potencia entre la cadena de radio 1 a la antena 1. Del mismo modo, S22 relaciona la potencia que pasa de la cadena 2 a la antena 2. Conforme la pérdida de retorno disminuye desde 0 dB (por ejemplo, -3 dB, -6 dB), menos energía se refleja. Un ROE de 1.5:1 o mejor representa un rendimiento excelente de la línea de transmisión (menos del 4% de pérdida).

Las antenas de Ubiquiti son dispositivos altamente eficientes –en algunos casos, el 70% o más. Con el fin de compensar **las pérdidas de eficiencia y FSPL**, las antenas dependen de ganancia.

Ganancia, Directividad y Tamaño

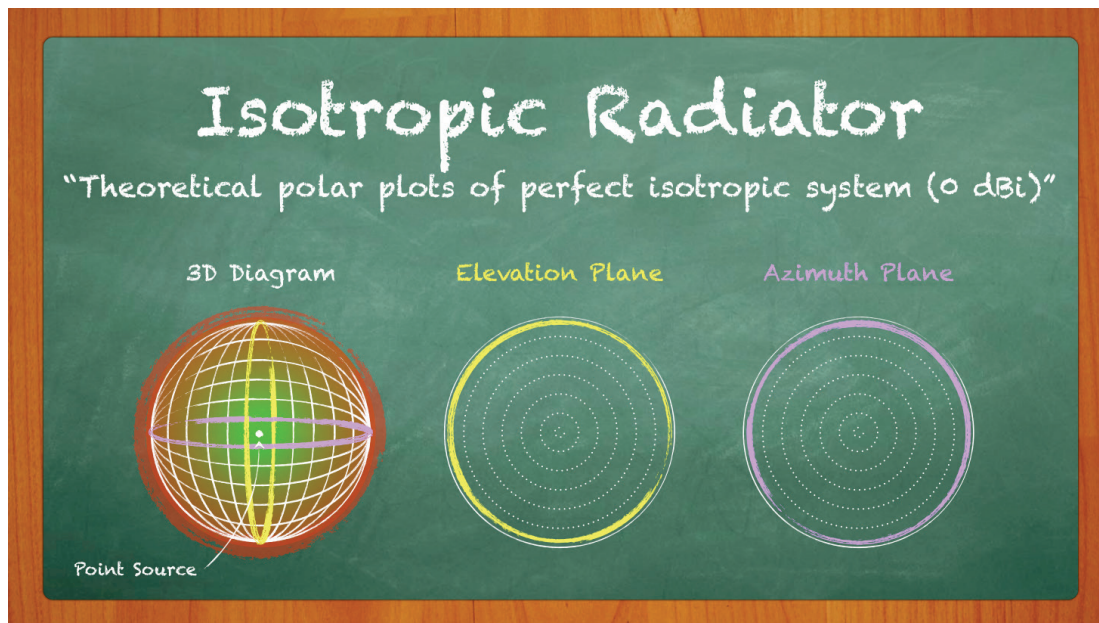


La **Ganancia de la antena** mide la **eficiencia** y **directividad** de la misma. Directividad describe la dirección y la densidad de potencia de la energía radiada por una antena. Ganancia y directividad se usan indistintamente.



Al igual que los niveles de potencia de radio (dBm), la ganancia de antena se mide utilizando unidades logarítmicas: **Decibelios relativos a un radiador isotrópico (dBi)**.

La Ganancia de la antena hace referencia a un **radiador isotrópico** hipotético (0 dBi) que se irradia desde una fuente puntual en todas las direcciones por igual con una eficiencia del 100%. Aunque no existe un radiador tal, sería irradiar en la forma de una esfera.



Para aumentar la ganancia (directividad) de una antena, se añaden **elementos** al sistema de antena. Para aumentar la ganancia de la antena, se añaden más elementos, lo que aumenta tanto el **tamaño** como la **directividad** de la antena. Una **antena de alta ganancia** se adapta mejor para una larga distancia de enlace PTP que una **antena de baja ganancia**, ya que la antena de alta ganancia irradia la misma señal en una dirección más específica.

Se recomienda que utilice la **antena más directiva** para cada escenario, siempre que sea posible. Mayor ganancia no sólo mejora la recepción de señales, sino que también aumenta **el filtrado espacial**. El filtrado espacial representa la capacidad de una antena para "enfocar" en una dirección particular, lo que mejora la SNR no sólo para el receptor local, pero para otra cercana, receptores en banda.

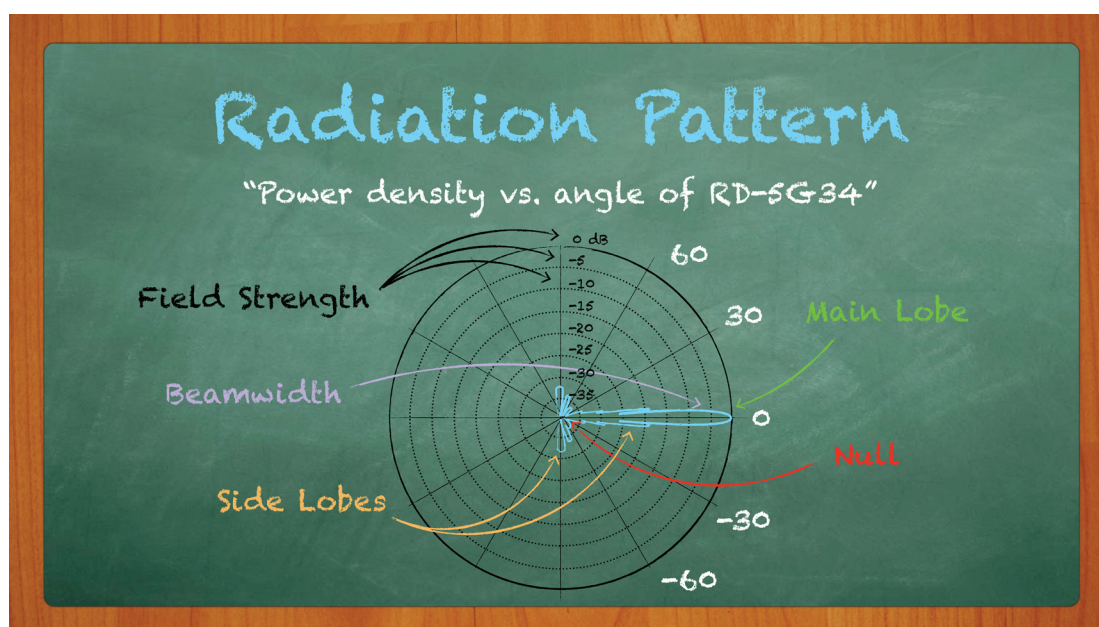
Reciprocidad de las Antenas

Reciprocidad de la Antena deriva su nombre del efecto bidireccional que la ganancia tiene sobre las señales de recepción (en ambos extremos) de un enlace inalámbrico. La **Ganancia de la antena** contrasta con la **potencia TX** y **sensibilidad de RX**, dos características de la radio que sólo mejoran la señal de recepción en una dirección. La ganancia no sólo mejora la señal de RX en ambos lados del enlace inalámbrico, sino que también lo hace por un factor igual. Esto asegura un equilibrio en el rendimiento inalámbrico bidireccional.

Supongamos un enlace PTP ya equilibrado tiene una señal de recepción de -50 dBm en ambos extremos. El aumento de la ganancia de la antena en cada extremo por 3 dBi resultará en una señal de recepción de -47 dBm en ambos lados del enlace PTP. Esto es debido a la reciprocidad de la antena. La Ganancia mejora la capacidad de una estación para irradiar y recibir señales.

Diagramas Polares

Las Antenas irradian y reciben señales a través del espacio tridimensional, como se representa con **los diagramas de radiación**. También conocidos como **diagramas polares**, estos patrones describen la densidad de potencia y el ángulo en el que las señales se propagan desde o se reciben por la antena. Existen diagramas polares en dos planos: **Azimut y Elevación**. Juntos, estos planos describen el patrón de radiación tridimensional de cualquier antena.



Al instalar un sistema de RF, las antenas requieren una alineación precisa a lo largo del ángulo en el que se irradia densidad de potencia máxima, también conocido como el **lóbulo principal**. Cuando está alineado correctamente, la antena mejora la señal de recepción por un factor igual al nivel de ganancia. Si está incorrectamente alineado sin embargo, la señal de recepción se reducirá por un factor igual a la densidad y el ángulo del lóbulo (conocido como **lóbulos secundarios**) sobre el cual se alinea la antena. El lóbulo principal corresponde a la potencia pico (0 dB) de medición, que para las antenas de soporte, se encuentra en la marca de 0 grados. Para medir la ganancia de una antena a un ángulo dado, incluyendo un lóbulo lateral, rastrear el patrón de nuevo a la línea de **intensidad de campo** (por ejemplo, -3 / -5 / -10 dB) a la que corresponde el diagrama polar. Los **nulos** representan áreas donde no se irradia señal.

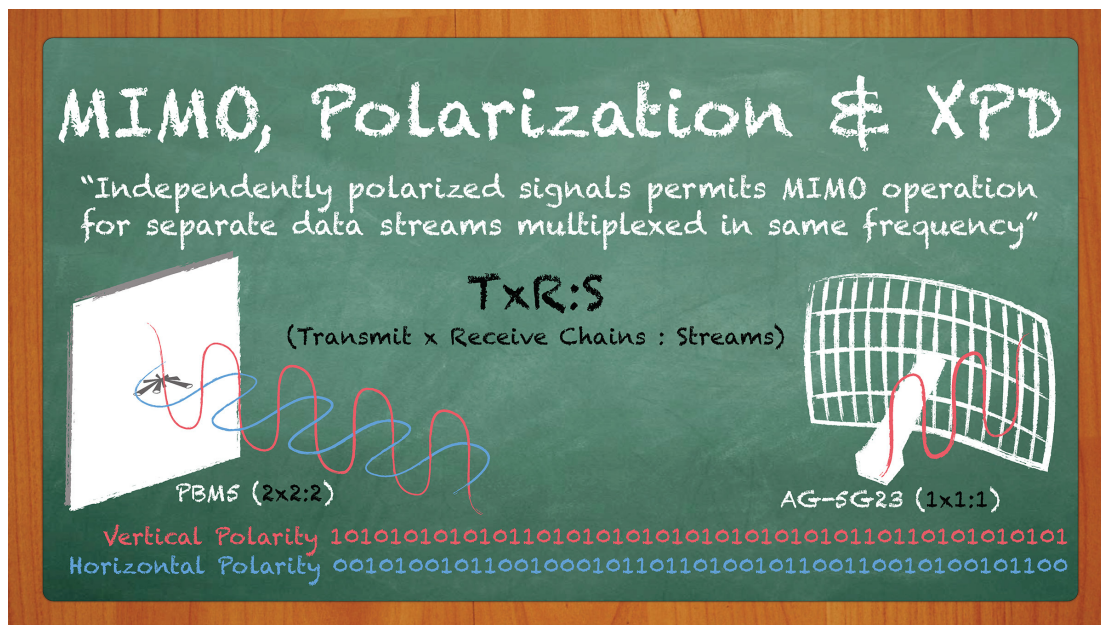
A pesar de lograr un enlace inalámbrico con antenas alineadas a los lóbulos secundarios, no puede haber mayores consecuencias más allá de simplemente una recepción de señal más débil de lo esperado. Debido a que el lóbulo principal está desalineado, el nivel de potencia máxima está radiada en una dirección no deseada. Si otro sistema de RF en la banda (por ejemplo, enlaces de radio vecinos) están en este lóbulo principal, una antena mal alineada podría afectar negativamente a su SNR.

Entre las herramientas de planificación de enlace de Ubiquiti, la siguiente debe usarse siempre en la planificación y la instalación de un nuevo enlace inalámbrico:

- **Simulador de Enlace Ubiquiti**, para estimar con precisión la señal de recibida.
- **Site Survey**, para supervisar el nivel en el que compiten, las redes son “escuchadas” dentro de la banda por el sistema de RF.
- **airView**, para monitorear los niveles de energía de todas las fuentes de EMI en todo el espectro.
- **Alineación de la Antena**, para lograr una señal estimada sobre la base de estimaciones en el presupuesto del enlace.

Polaridad de la Antena

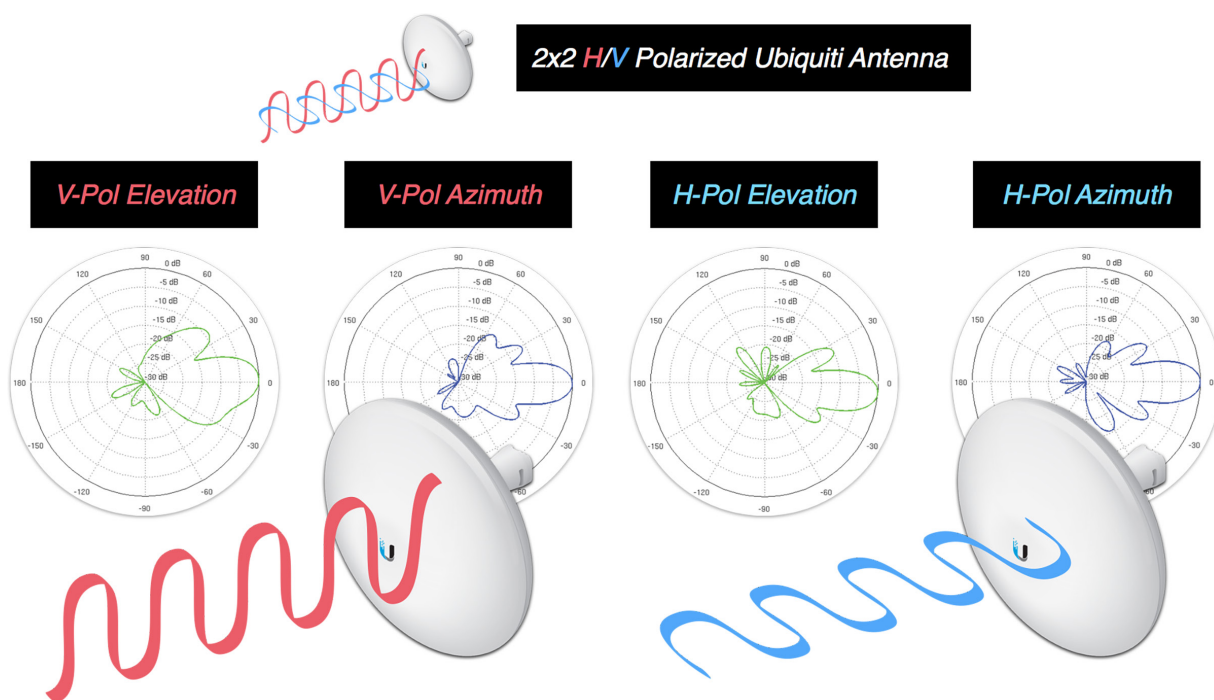
Todas las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio consistente con un plano dado, o, **polaridad**. Antenas Ubiquiti están **linealmente polarizadas**, lo que significa que irradian ondas a lo largo de planos distintos: vertical (**V-pol**) y horizontal (**H-pol**). La Polarización de la señal es otra razón por la cual las antenas deben ser alineados correctamente, ya que una **falta de coincidencia de polaridad** en cada extremo daría como resultado una **pérdida de intensidad de la señal**.



Por ejemplo, una señal de 5 GHz viaja hacia un receptor con polaridad vertical. Para que esta señal sea perfectamente 'oída', la antena del receptor debe estar alineada con el plano vertical. Si la antena del receptor se desplazaron hasta 1 grado, fuera de esta polaridad, entonces la señal sería 'escucha' con menor intensidad por el receptor.

Si se cambiara las mismas antenas receptoras a 90 grados de polaridad, entonces la señal de recepción, en teoría, ya no podría ser 'oída'. Esto es porque la antena del receptor está ahora completamente polarizada a lo largo del plano horizontal. El receptor, por tanto, "escuchara" señales 5 GHz que llegan a lo largo del plano horizontal.

Las implicaciones de este fenómeno son muy útiles en las redes inalámbricas. Por separado las señales polarizadas hacen posible la operación MIMO, donde **múltiples flujos espaciales** en la **misma banda de frecuencia** llegan a un receptor para una mayor capacidad de datos. Cada polaridad (por ejemplo, V-pol / H-pol) corresponde a una **cadena de radio** dada (por ejemplo, la cadena de 0 / cadena 1). Cuando se alinean correctamente, las señales de recepción a través de ambas cadenas deben estar muy cerca de la misma (por ejemplo, -50 / -49 dBm). La falta de empañeramiento de señal superior a 3 dB puede indicar un problema de dispersión o reflexión en la línea de vista del enlace inalámbrico.

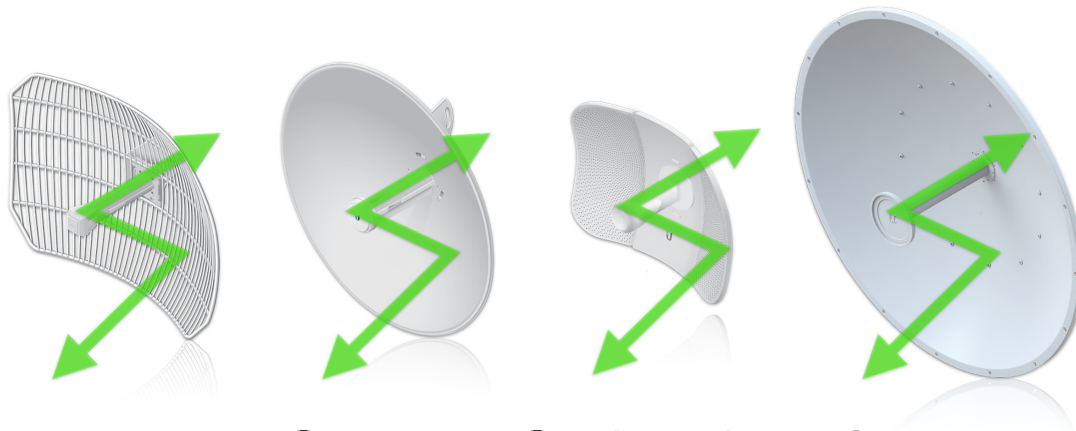


Debido a que los elementos de una antena nunca están totalmente polarizados en un plano dado, la **discriminación de polarización cruzada** (XPD) es una característica especialmente importante. Las antenas Ubiquiti cuentan con muy alta XPD, por lo general van desde 28 hasta 35 dB. La XPD y otras propiedades se enumeran en las hojas de datos de las antenas Ubiquiti, disponible en <https://www.ubnt.com/download/>

Tipos de Antenas

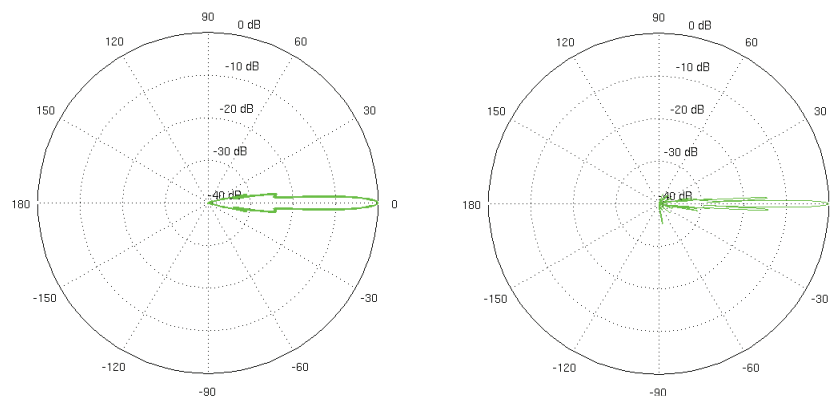
En esta sección, usted podrá explorar los diferentes tipos de antenas hechas por Ubiquiti, incluyendo el escenario en el que se deben utilizar y asesoramiento para la instalación.

Antena Dish (plato)



TX/RX Signal & Grid/Dish Reflector

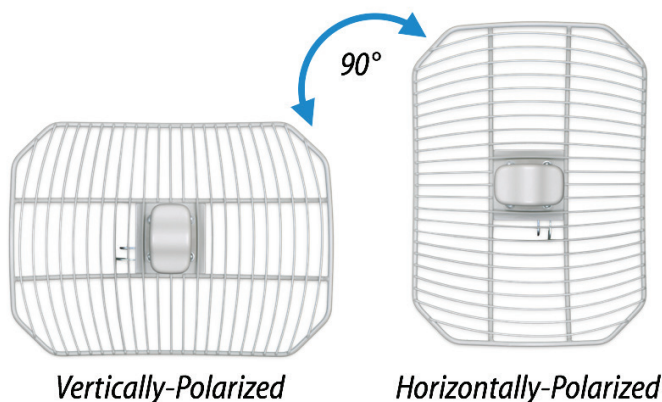
Es un **Reflector parabólico**, o más comúnmente, las antenas tipo '**plato**' antenas son de alta ganancia, dispositivos de alta directividad. Una antena tipo plato se compone de dos piezas: **feedhorn** y el **reflector**. Ambos están posicionados de tal manera que las ondas reflejadas están en fase y se suman para producir ganancia. Pasa Energía entre el feedhorn de alimentación y la radio, que se refleja en el plato para producir un patrón de radiación altamente directiva, no muy diferente de los siguientes diagramas polares TX y RX para AF24.



Ubiquiti fabrica varios, antenas de alta ganancia y alta eficiencia que se implementan comúnmente en enlaces PTP de alto rendimiento (por ejemplo, RD-5AC-31) y como CPEs de larga distancia (por ejemplo, PBE-5AC-500).

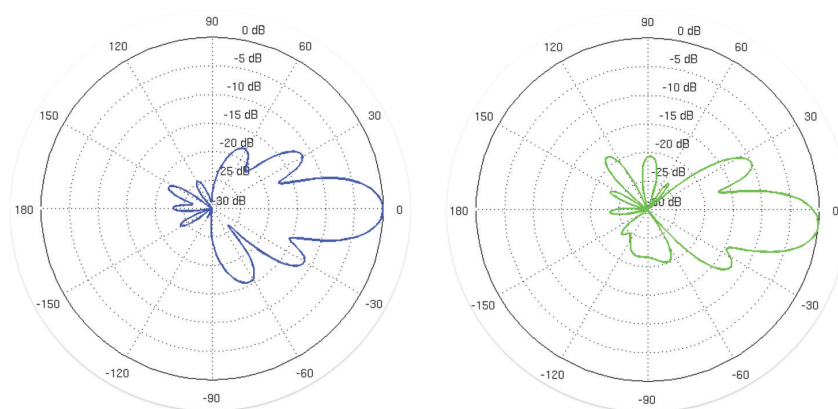
Antena tipo Rejilla

Las antenas de rejilla funcionan de forma similar a las antenas tipo plato, basándose en un aparato reflector feedhorn y la **rejilla** para propagar y recibir señales. A pesar de sus capacidades de forma y ventajas contra la **carga de viento**, las antenas de rejilla Ubiquiti son Single-In, Single-Out o sea dispositivos (SISO). Esto confina la radio a la operación de 1x1, que se traduce en la mitad de las tasas máximas de datos de sus homólogos 2x2. La polaridad lineal de antenas 1x1 como airGrid y LiteBeam se puede cambiar mediante la rotación de la antena 90°.



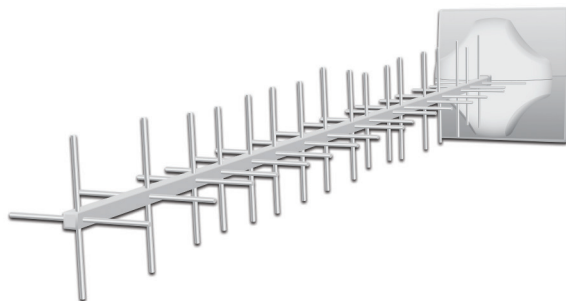
Antena tipo Panel

Las antenas **de panel** (también llamadas antenas de **parche**) dividen la potencia a través de elementos de metal múltiples, a menudo a lo largo de un panel metálico o PCB. La señal radiada desde cada elemento se combina en fase para aumentar la directividad de la antena. Los Paneles como **NanoStation**, **NanoBeam** y **PowerBridge** tienen un diseño simple de y una antena integrada. Aunque el patrón general dependerá de cada antena individual, los diagramas polares de **NBE-5AC-19** que siguen muestran el patrón de radiación de una antena de panel típica utilizada a distancias cortas por un CPE.



Antena Yagi

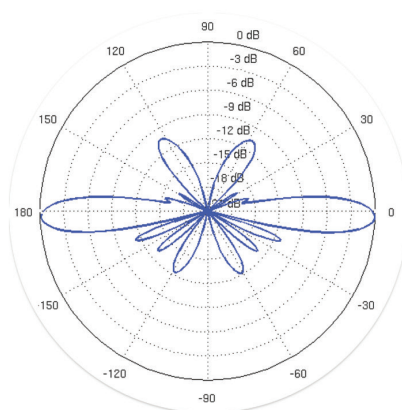
Las antenas Yagi ofrecen buena directividad y son comunes en enlaces PTP. La antena AMY-9M16 es ideal en zonas rurales ya que las señales de 900 MHz se propagan bien en los escenarios (NLOS) **sin línea de vista**. La señal radiada se refleja en **elementos directores**, que en conjunto, producen un patrón no muy diferente a la que se ilustra en los siguientes diagramas polares.



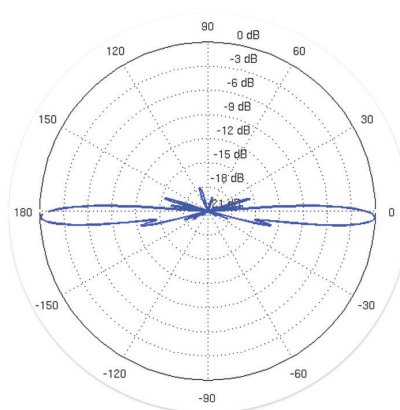
Antenas Omni

Las antenas **Omnidireccionales** o antenas **omni**, proporcionan 360° de cobertura en el plano de azimut. Se suelen utilizar en las redes inalámbricas al aire libre donde se necesita la cobertura general, de igual manera que los puntos de acceso a los sitios de una estación base. A pesar de que ofrecen facilidad de implementación, su alcance es relativamente corto. Debido a que las antenas omnidireccionales irradian en 360 grados, carecen de **filtrado espacial** adecuado necesaria en entornos con niveles elevados de ruido. Tenga cuidado al desplegar antenas omnidireccionales ya que contaminan rápidamente las inmediaciones en la banda de radio en redes separadas. Como se mencionó anteriormente, se recomienda siempre la antena más directiva para cada escenario individual.

AMO-5G-10

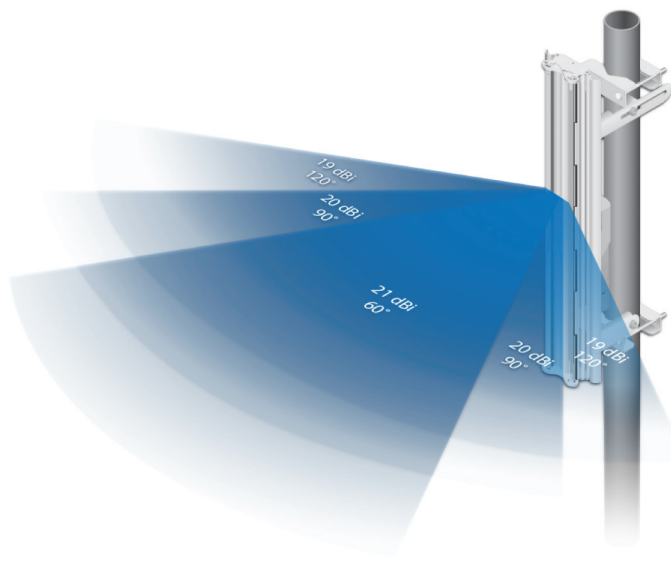


AMO-5G-13

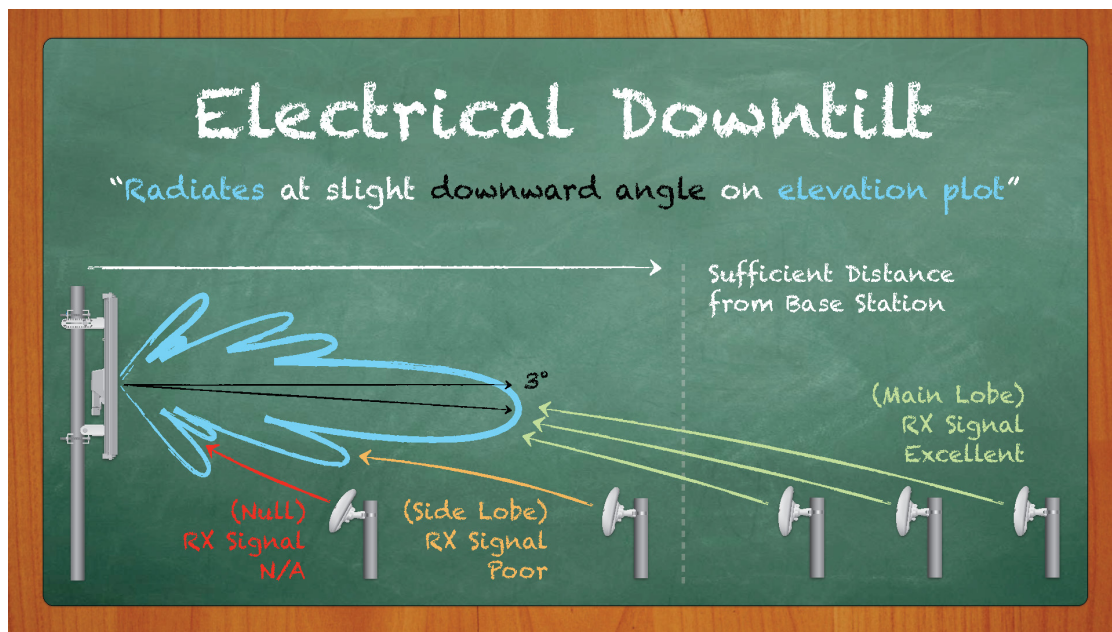


Antena Sectorial

A diferencia de las antenas omnidireccionales, las antenas **sectoriales** son dispositivos directivos. Las antenas sectoriales proporcionan una cantidad fija de cobertura en el plano de azimut tal como se define por la **anchura de haz** del lóbulo principal. Las antenas sectoriales airMAX tienen anchuras de haz comúnmente divisibles por 15 grados (por ejemplo, 45°, 60°) a fin de proporcionar con su sumatoria, la cobertura de 360 grados en la estación base. En comparación con antenas omnidireccionales, un grupo de tres o más sectoriales airMAX puede proporcionar una cobertura completa a través de **grandes distancias** y con mucho **mejor filtrado espacial**. Las redes de radio en cluster también son beneficiosos ya que soportan un mayor número de clientes por AP.



Las sectoriales airMAX y antenas omni cuentan con **downtilt eléctrico**. Esta propiedad presenta un (generalmente 2-4 grados) ángulo pequeño en el cual la energía se irradia desde los sectores, visible en el gráfico polar de **elevación** para una antena sectorial/omni. El downtilt eléctrico es útil ya que, en la mayoría de los casos, el AP se coloca más alto que los clientes. La señal del lóbulo principal alcanza los clientes a lo largo de una trayectoria cuya distancia puede ser calculada. Los clientes demasiado cerca de la torre pueden estar fuera de la trayectoria del lóbulo principal. En su lugar, los clientes en **lugares nulos** o **lóbulos laterales** 'oyen' una señal más débil de lo esperado.



A pesar de que irradia más energía en dirección de los receptores previstos, algo de energía puede **'fugar'** por la parte trasera y los lados de una antena, como se ha señalado por los diagramas de radiación. Las antenas Ubiquiti cuentan con altas proporciones **front to back**, sobre todo, las antenas **airMAX-ac** y antenas **airFiber**. Estas propiedades son importantes cuando se desea una ampliación de la red de radio, ya que las antenas co-localizadas en las proximidades pueden introducir nuevos desafíos de interferencia (esto será explorado en el capítulo siguiente).

V. Proveedores de Servicios de Ubiquiti

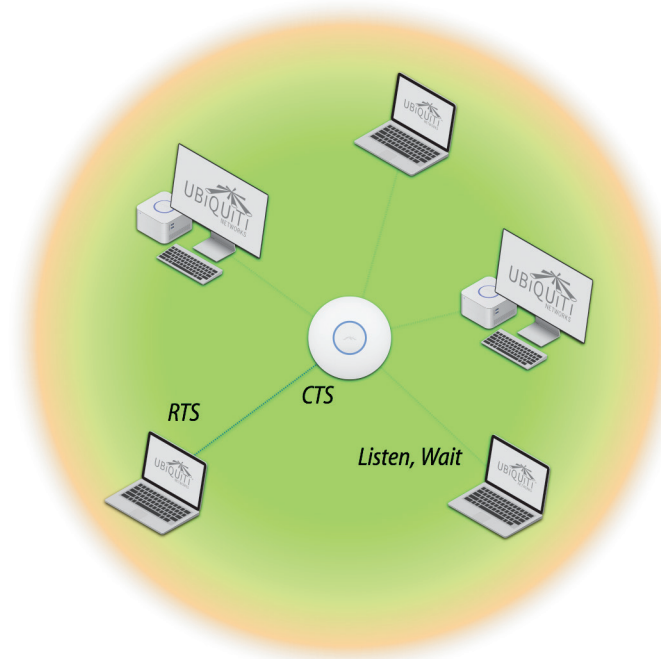
Las Plataformas inalámbricas de exteriores de Ubiquiti airMAX, y airFiber, continúan revolucionando la industria del WISP. Fáciles de usar y configurar, potentes y de alto rendimiento, pero rentables en el mercado, tanto airMAX como airFiber elevan continuamente el estándar para redes de proveedores de servicios de radio en exteriores. A lo largo de este capítulo, las descripciones y las técnicas para el diseño de las mejores redes WISP se explorarán.

Sistemas airMAX PTP y PTMP

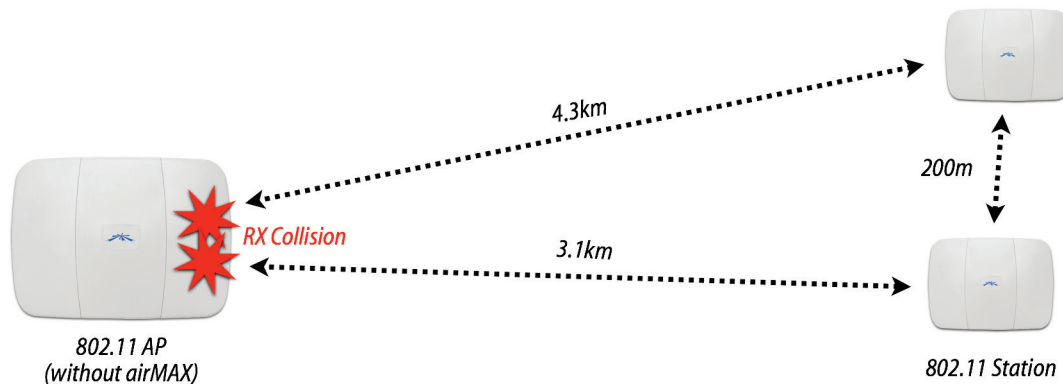
airMAX es un protocolo inalámbrico fiable y de alto rendimiento desarrollado por ingenieros expertos de software de Ubiquiti, que trabajan en estrecha colaboración con los equipos de desarrollo de hardware. Construidos con los últimos estándares de tecnología 802.11 para las mejores velocidades posibles, airMAX implementa un método de acceso patentado, entonces las redes WISP pueden escalar sin limitar su rendimiento.

Solución TDMA a los ‘nodos ocultos’ y Escalabilidad

airMAX funciona de forma diferente de los métodos de acceso inalámbricos convencionales como UniFi. UniFi y otros sistemas inalámbricos basados en 802.11 funcionan según el protocolo de **Múltiple Acceso por Detección de Portadora, con Prevención de Colisiones** (CSMA / CA). Cada vez que una estación inalámbrica (radio) necesita usar el canal, escucha antes de transmitir. Si el canal está ocupado, ya sea por una **red** de la **competencia** o por una estación en la red inalámbrica, se iniciará una cuenta regresiva al azar antes de escuchar de nuevo. Si el canal está desocupado, entonces la estación transmitirá.

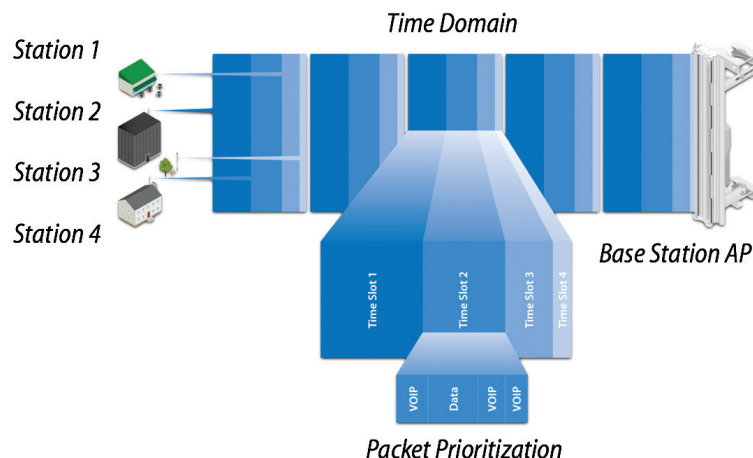


Destinado a los ambientes interiores, CSMA/CA normalmente funciona bien ya que las estaciones inalámbricas están muy cerca unas de las otras. Sin embargo en la comunicación inalámbrica al aire libre, CSMA / CA escala mal, debido a la naturaleza de las antenas de alta ganancia y las largas distancias entre los clientes. No se pueden “oír” unos con otros, estos clientes, o **nodos ocultos**, pueden escuchar y transmitir simultáneamente, lo que resulta en una **colisión de recepción** en el AP. Conforme más nodos ocultos se unen a la red del AP, se producen más colisiones, lo que hace que la velocidad disminuya y la latencia aumente.



En cambio, Ubiquiti implementa un método propio de **Acceso múltiple por División de Tiempo** (TDMA). El AP divide el canal inalámbrico en intervalos de tiempo, la designación de los intervalos de tiempo predeterminados para cada estación conectada. Esto evita que dos o más estaciones conectadas de transmitir al mismo tiempo, eliminando así las “colisiones” en el AP.

El Protocolo airMAX de Ubiquiti también realiza un seguimiento de qué estaciones están activas, dividiendo el tiempo en el aire entre estas estaciones. Por ejemplo, las estaciones inactivas pueden tener el tiempo dedicado en el AP y no utilizarlo; el protocolo TDMA redistribuye el tiempo dedicado a las estaciones activas de manera que no se pierde tiempo en el aire.



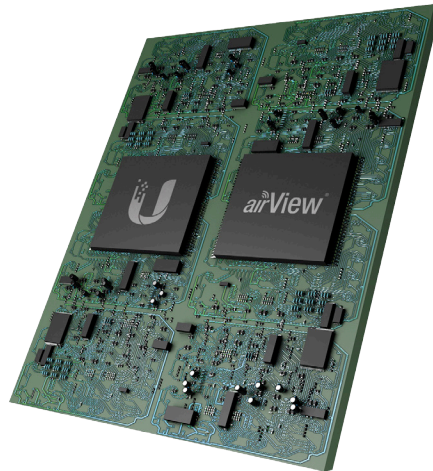
QoS Inteligente

El protocolo AirMAX soporta **Calidad** inteligente **de servicio** (QoS), donde los paquetes sensibles a la latencia que contienen datos de VoIP y vídeo reciben prioridad. El AP inspecciona los paquetes y los prioriza basado en marcadores definidos por el estándar de **Extensiones Inalámbricas Multimedia** (WME) (que figura en los apéndices de este manual). La priorización QoS automática difiere de la priorización manual airMAX, lo cual se discutirán más adelante en este capítulo.

La Última Tecnología y Hardware 802,11

Los productos airMAX soportan los estándares 802.11 para redes inalámbricas. La última generación de radios airMAX se basa en 802.11ac, la generación anterior en 802.11n. Comparado con su predecesor, 802.11ac ofrece una serie de mejoras para aumentar la velocidad, incluyendo:

- Gran Canal Ancho (de 40 a 80 MHz)
- Modulación de Orden Superior (256QAM)
- Eficiencia PHY / MAC mejorada



Mientras que todas las radios airMAX utilizan chipsets similares, los productos airMAX-ac cuentan con **procesadores más rápidos**, así como un **coprocesador airMAX** dedicado. Además de ayudar con el protocolo TDMA, el motor airMAX ASIC también alimenta un segundo radio dedicado, que analiza constantemente el espectro de radio (airView) y cada símbolo recibido (tablas constelación).

Sistemas AirFiber PTP

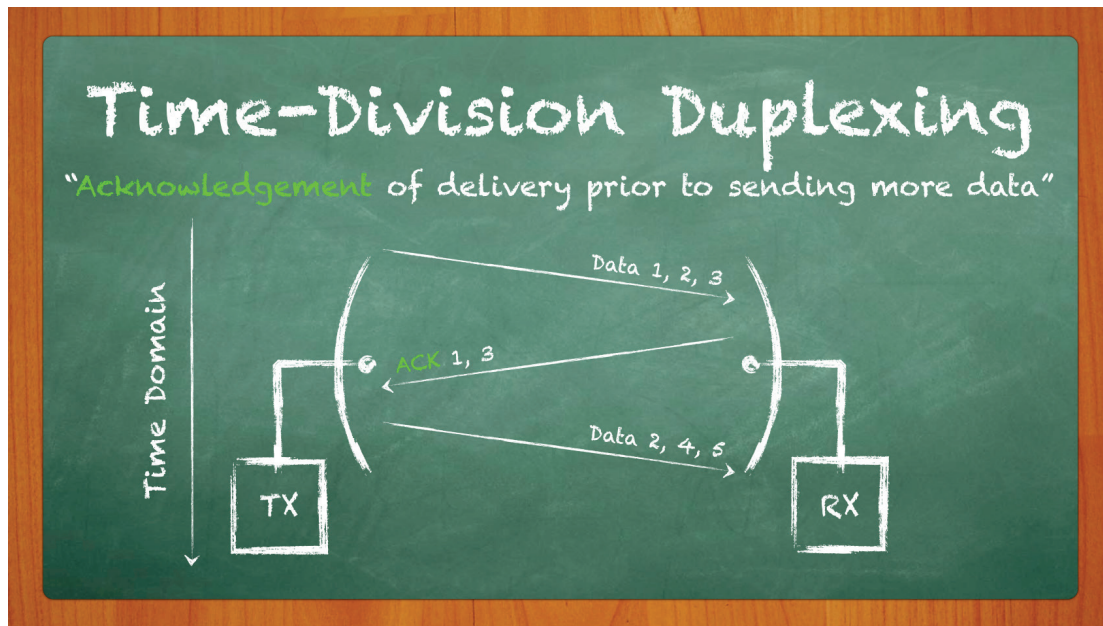
airFiber es una solución de backhaul de alto rendimiento para los proveedores de servicios en todo el mundo. En comparación con los radios 802.11 'Wi-Fi' desplegados en la mayoría de las redes inalámbricas actuales, airFiber cuenta con una arquitectura de hardware de propiedad exclusiva, ambos diseñados y contruidos por los propios ingenieros de Ubiquiti. Alimentado por el motor INVICTUS de Ubiquiti, los componentes clave de RF se detallan a continuación:

- **Silicio personalizado** para modificar y para eliminar la pérdida de RF en los conectores y componentes internos, lo que aumenta la sensibilidad de RF y el presupuesto del enlace potencial.
- **Radio de Cero FI**, lo cual evita las frecuencias intermedias y mejora aún más la eficiencia espectral y la capacidad de co-ubicación.
- **MAC y FPGA únicos**, que optimizan el procesamiento de paquetes a nivel de hardware, reduciendo la latencia a los niveles más bajos posibles vistos en enlaces backhaul.
- **Diseño MIMO**, mejorando aún más el procesamiento de señales y de multiplexación, mientras que maximiza la sensibilidad, SNR, y el throughput.

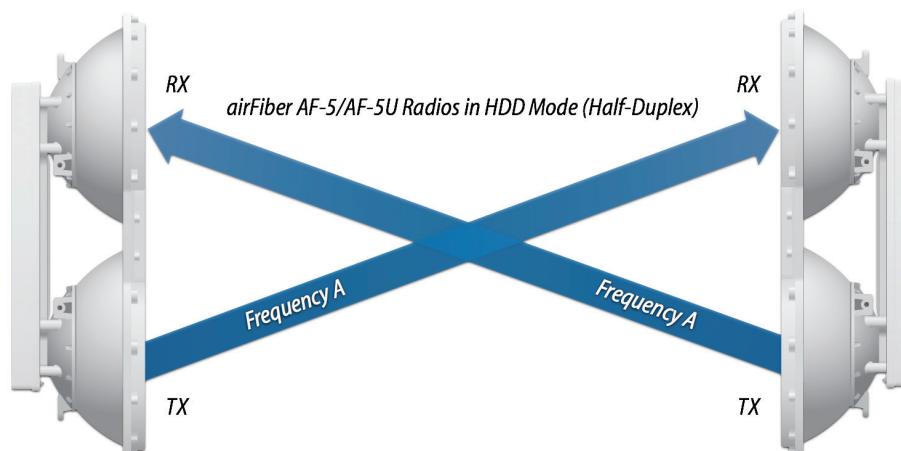
airFiber es el resultado del trabajo acumulado y continuo del equipo de expertos de Ubiquiti en el desarrollo de una plataforma con propósito. En comparación con los chipset basados en "Wi-Fi" 802.11 prevalentes en el mercado WISP de hoy, airFiber ofrece un rendimiento líder en la industria sin comprometer la eficiencia espectral. Dependiendo de las condiciones y requisitos para la implementación, se puede elegir entre dos **modos de radio** para sus enlaces inalámbricos.

Duplexación por División Híbrida

Duplexación por División Híbrida (HDD) es una tecnología patentada por Ubiquiti que mejora la eficiencia del protocolo de **duplexación por división de tiempo** (TDD). A pesar de su fiabilidad y su uso generalizado en redes inalámbricas de interior y exterior, los sistemas TDD enfrentan retrasos inherentes por tráfico agregado y un mayor uso de tiempo en el aire. Los sistemas TDM/TDD como los 'Wi-Fi' 802.11 requieren **acuse de entrega** (tramas **ACK**) antes de enviar más datos, como se ilustra en la siguiente figura:

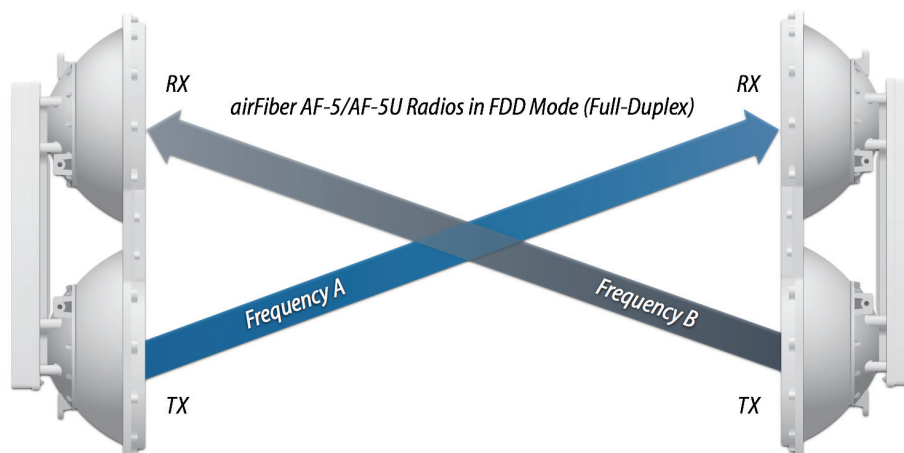


airFiber evita los retrasos de TDD convencionales mediante la utilización de su tecnología patentada de **protocolo síncrono adaptativo** o HDD. A través de HDD, el **nodo airFiber maestro** sincroniza con el **nodo remoto** usando relojes comunes y las cargas de tráfico programados. Con la sincronización exacta, el nodo remoto puede iniciar la transmisión antes de que el maestro haya terminado de transmitir, y viceversa. De esta manera, HDD es un protocolo de **half-duplex**, capaz de usar uno o dos canales inalámbricos. Se recomienda el modo HDD para sus entornos de robustez que experimentan altos niveles de **reflectividad** o **dispersión** (por ejemplo, las fuertes lluvias, follaje). HDD es también particularmente bien adaptado para enlaces de larga distancia.



Duplexación por División de Frecuencia

En comparación con HDD, **Duplexación por división de frecuencia (FDD)** es un protocolo **full-duplex**. Usando dos canales inalámbricos separados y una arquitectura de antena dividida, tanto maestro como los nodos airFiber remotos transmiten y reciben simultáneamente, en tiempo real. Como un protocolo eficiente, FDD logra el mayor rendimiento posible con la menor latencia posible. A pesar de su potencial, el modo FDD es particularmente susceptible a reflexiones y de dispersión. FDD también realiza mejor en enlaces distancia más corta.



Diseño, Implementación y Consejos de Gestión

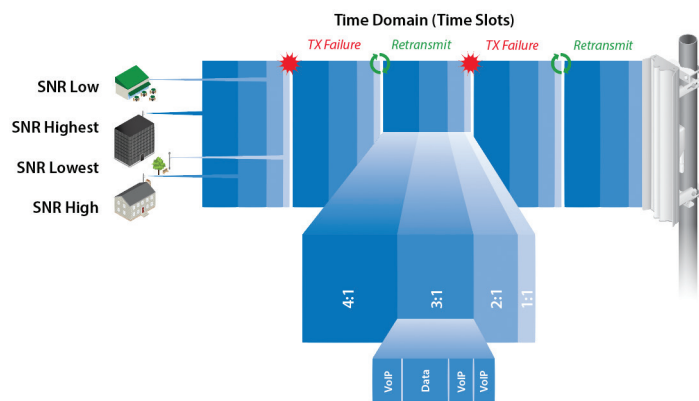
Tiempo en el aire, «eslabón más débil» y Prioridad airMAX

Airtime es una métrica importante que relaciona la eficiencia de datos de una estación inalámbrica. Expresado como un porcentaje, tiempo en el aire relaciona el uso de ancho de banda inalámbrico promedio como un porcentaje de la máxima utilización del ancho de banda teórico. Airtime es compartida entre todas las estaciones que participan en la **célula AP**, o la red inalámbrica. Cuanto mayor sea la célula, menos tiempo en el aire disponible para cada estación individual. Aunque los APs de airMAX PTMP soportan un máximo de más de 100 estaciones activas, se prefieren múltiples, **tamaños de celdas más pequeños** ya que aseguran las que las mejores señales de posibles lleguen a los receptores.

El protocolo airMAX asigna eficientemente los intervalos de tiempo a las estaciones activas, por lo que las estaciones inactivas no pierden el tiempo en el aire. Cuando la red airMAX está a punto de su máxima capacidad, trate de identificar las estaciones que utilizan el más tiempo en el aire y mejore su SNR a través del uso de equipos de mayor rendimiento (por ejemplo, con antenas de mayor ganancia). Con mayor SNR, la estación puede alcanzar velocidades de datos máximas más altas, lo que significa que utiliza menos tiempo en el aire para enviar la misma cantidad de datos.

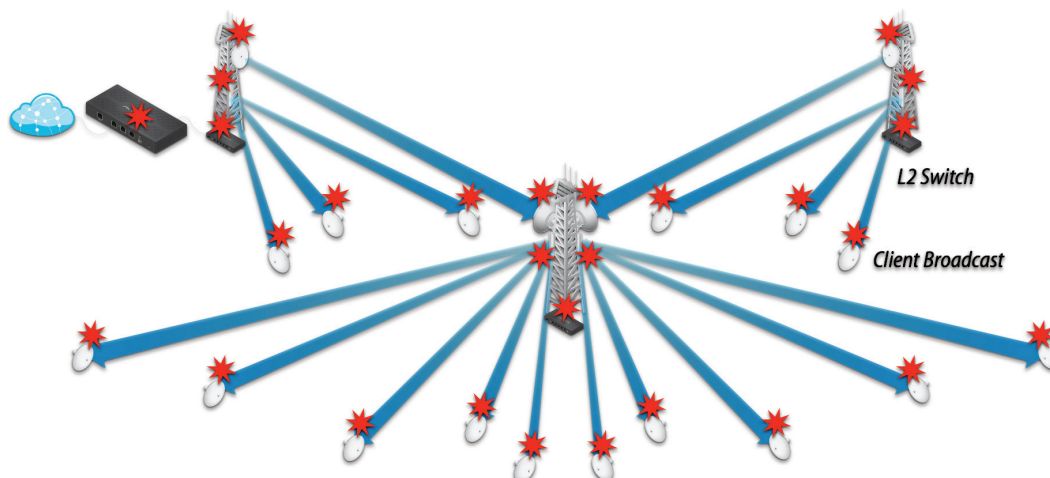
En escenarios PTMP, las estaciones con **niveles de señal pobres** decaen las tasas de la red en **general** (global). Esto se debe a que los emisores con mala SNR consumen más tiempo en el aire para enviar la misma cantidad de datos. También conocido como el “**eslabón más débil**”, una sola estación con pobre SNR puede poner en peligro el rendimiento global de la red PTMP. Después de que se ha hecho todo para mejorar la SNR del “eslabón más débil”, airMAX le permite anular su ranura de tiempo a una relación más baja, mientras que también asigna a las estaciones con una mejor SNR una relación más alta, así:

- Alta (4: 1, reservado para los clientes con la mejor SNR)
- Media (3:1)
- Base (2: 1, la relación por defecto)
- Baja (1: 1, reservado para los clientes con SNR más pobre)

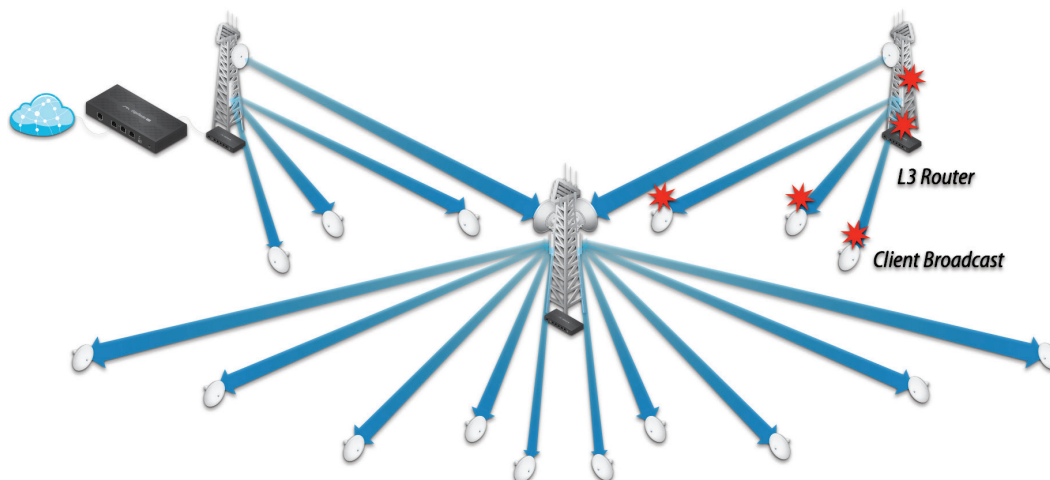


WISP Enrutado vs. Bridged o Punteados

A medida que más suscriptores se unen a la red, los WISP se enfrentan a posibles problemas con la escalabilidad en ‘**capa-2**’, o bien, el nivel de la red local. En las redes IPv4, los **nodos** (dispositivos de red) utilizan frecuentemente **mensajes de difusión** para comunicarse con todos los otros nodos en la red local. Mientras que el tráfico necesario para una variedad de protocolos comunes, incluyendo ARP y DHCP, transmitidos tiene consecuencias imprevistas. Más nodos significa más emisiones, lo que hace bajar la disponibilidad de recursos de la red. Con el tiempo, tales ‘**tormentas de difusión**’ causan que aumente la latencia y reduce las velocidades a niveles que alteran la actividad de la red.



Para evitar las 'tormentas de difusión', se diseñan **WISP enrutados** se diseñan para limitar el tamaño de **los dominios de broadcast**, es decir, limitar el tamaño de cada segmento de 'capa 2' de la red local. Ya que las emisiones de broadcast no pasan más allá del límite de capa 2, los WISP enrutados despliegan dispositivos de capa-3, como los routers en las torres o sitios de clientes. Esta práctica útil requiere un conocimiento muy básico de enrutamiento, pero inmuniza eficazmente la red de 'tormentas de difusión'.



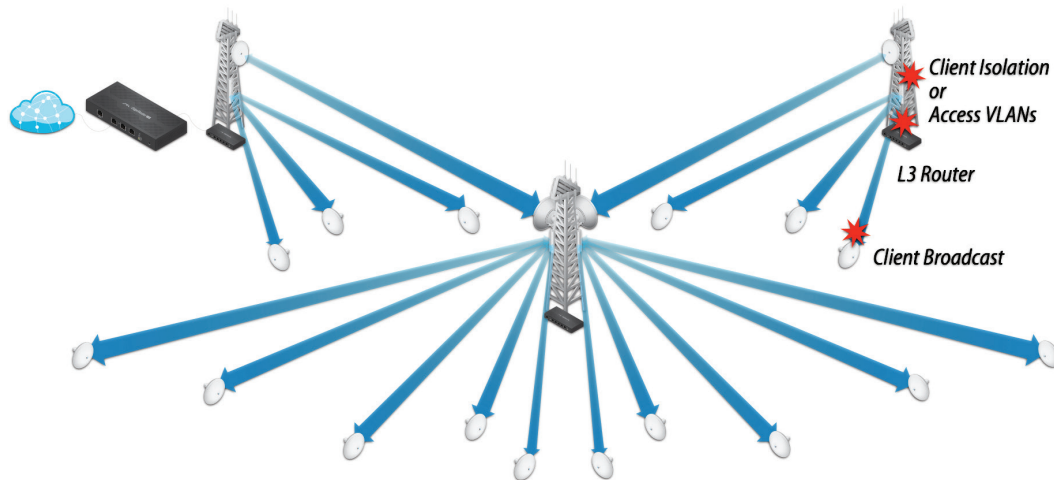
Los **WISPs enrutados** todavía utilizan switches y radios de capa 2 en toda la red, consciente del tamaño de cada segmento local. Cuando están en **Modo Bridge**, los radios Ubiquiti re direccionan adelante todo el tráfico incluyendo los broadcast. Común a las radios en enlaces PTP, el modo bridge también se recomienda en los puntos de acceso en escenarios PTMP para maximizar el rendimiento inalámbrico.

Modo Router también es soportado por las radios airMAX, por lo que es útil en las **premisas del cliente** (CPE) ya que:

- Separa Redes Cliente / WISP
- Limita el dominio de broadcast
- Soporta NAT y Port forwarding

Modo Bridge en las radios airMAX en escenarios de CPE también es práctico cuando se integra airGateway (en modo Router) en el diseño del CPE.

LAN virtuales son un concepto de capa 2 que, cuando se combina con radios Ubiquiti, puede mejorar el diseño y la seguridad de la red WISP. Para aprender más acerca de temas de capa 2 y capa 3 para redes, tales como enrutamiento y VLAN, considere participar en un curso de Ubiquiti Broadband Routing and Switching (UBRS).



Seguridad

Asegurar la red WISP de usuarios no autorizados y maliciosos es de suma importancia. Considere las siguientes formas de asegurar su red de radios Ubiquiti:

1. Ejecute siempre la **última versión del firmware** que aparece en el sitio web de Ubiquiti, en la sección de descargas.
2. Cambie el **nombre de usuario y contraseña por defecto** de **ubnt / ubnt**. Los dispositivos que funcionan en redes privadas al igual que en la pública (Internet) suelen ser perjudicados si se utilizan las credenciales predeterminadas. Cambie las contraseñas con regularidad.
3. Utilice **WPA2-AES** para seguridad inalámbrica. Los dispositivos con **seguridad abierta** puede ser hackeados, a pesar de utilizar las credenciales no predeterminadas. WPA2-AES ofrece encriptación robusta a nivel de hardware, lo que no tiene impacto en el rendimiento.
4. Guarde **los archivos de configuración** seguros, ya que contienen información sensible como SSID y claves de seguridad.
5. Cambie los **puertos por defecto** para **HTTPS** y el acceso de administración por **SSH**.
6. Active la **VLAN de gestión** (MGMT). Deshabilite la VLAN de gestión en las interfaces de cara al cliente para bloquear a usuarios no autorizados.
7. Habilitar **Aislamiento de Cliente** en el AP para evitar el tráfico que pasa entre las estaciones a nivel local. O considere la aplicación de las **VLAN de acceso** a las radios, si los clientes necesitan enviar tráfico a nivel local entre las estaciones.

Traffic Shaping

Traffic Shaping, o **limitante de la velocidad** es un aspecto esencial de la gestión de la red para los proveedores de servicios. Además de su relevancia comercial con **planes de ancho de banda de Internet**, la limitación de tráfico es extremadamente importante en el mantenimiento de un alto rendimiento de la red. A menudo, los clientes pueden conectar a su red sin sospecharlo dispositivos con **virus** y **otro malware**, lo que podría dar lugar a un gran volumen de tráfico de la red pública (y privada). Otros clientes pueden consumir injustamente los recursos de red a través de aplicaciones **P2P** y **streaming** de **medios de comunicación**. Aunque la fijación del tráfico no impide por completo estas cuestiones (como lo haría un firewall router), la limitación de velocidad ayuda a reducir el impacto de los usuarios que tienen de alta actividad en la red WISP.

La limitación de tráfico también es muy importante desde el punto de vista de la empresa proveedora de servicios. Los ISPs comúnmente **'sobre suscriben'** o exageran los planes de datos de Internet individuales más allá de lo que es físicamente posible para las tasas globales de la red del proveedor. El ajuste de **ráfaga de tráfico** permite a los clientes pasar una cierta cantidad de tráfico sin límites durante un período. Esto es particularmente útil ya que los clientes ejecutan pruebas de velocidad de Internet para medir su conexión a Internet. La duración del tiempo durante el cual un cliente puede realizar una ráfaga es relativa a la ventana de ráfaga (medido en KB) y el límite de velocidad (medida en Kbps), tal como se define por la siguiente ecuación:

$$\text{Ráfaga} \div \text{Límite} = \text{Tiempo de Duración}$$

Por ejemplo, la tasa de tráfico es 4000 kilobits por segundo (kbps) y la ráfaga es de 2000 kilobytes (KB).

1. Convertir ráfaga (kB) de kb: $2000 \text{ KB} * 8 = 16\,000 \text{ kb}$
2. Divida la ráfaga de tráfico (en kb) por límite de tráfico (en kbps)

$[16000 \text{ kb} / (4000 \text{ kpb/segundo}) = 4 \text{ segundos}]$

Sobre la base de estos valores, la duración de tiempo antes de que el suscriptor pueda tener una ráfaga sin límites nuevamente es de 4 segundos.

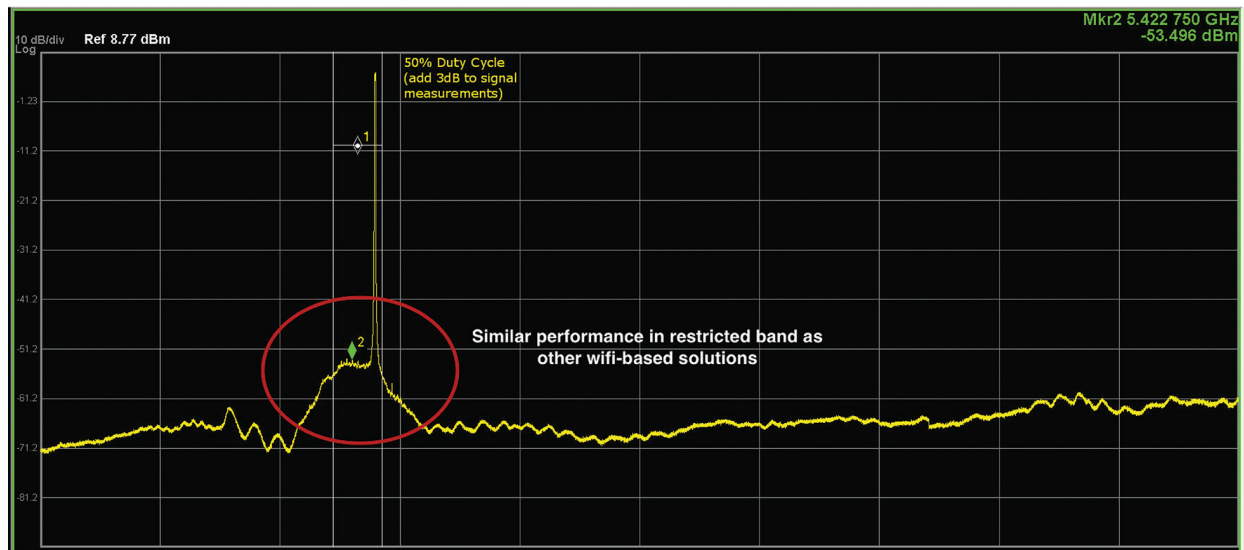
Co-Localización

A pesar de que existe una cantidad limitada de espectro sin licencia en las redes inalámbricas de exteriores para utilizar por los WISP, la necesidad de desplegar múltiples radios en un lugar común (por ejemplo, la estación base de la torre) sufren de este problema. **Co-localización** describe esos escenarios en los que múltiples radios en banda y fuera de banda de las radios se despliegan en estrecha proximidad física. Si este problema se deja sin atender, **las radios que comparten el sitio** pueden obstaculizar gravemente el funcionamiento de las radios desplegadas en discusión.

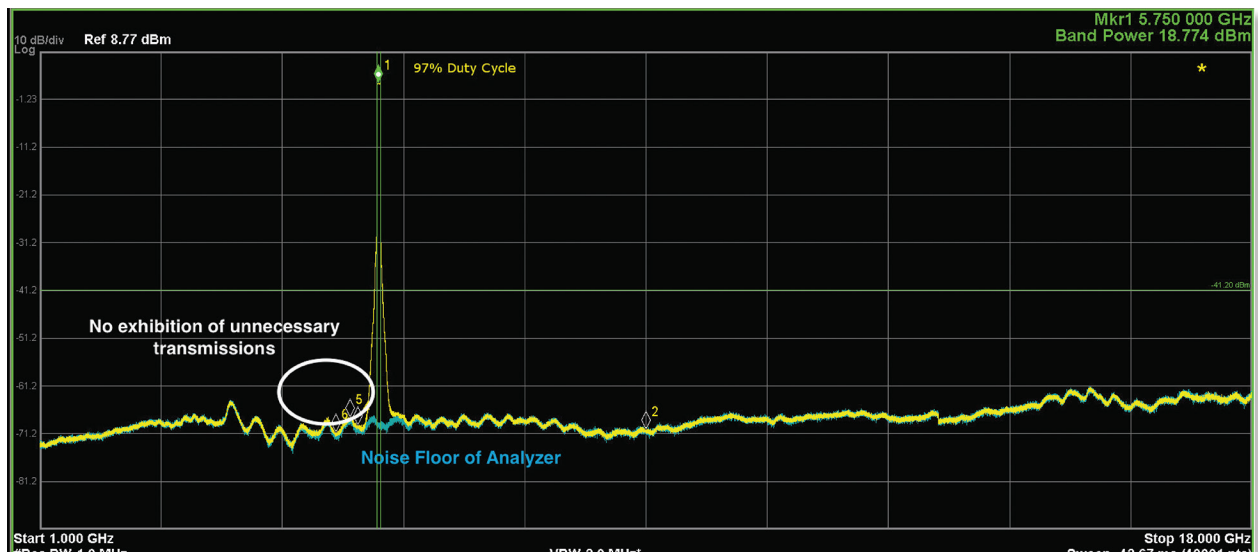
Afortunadamente, las plataformas Ubiquiti están diseñados para superar el problema de la co-ubicación. Considere las siguientes formas prácticas e innovadoras para minimizar el problema de la co-localización:



Eficiencia AirFiber espectral: En comparación con los chipsets 802.11 'Wi-Fi' baratos responsables de 'contaminar' las bandas sin licencia en muchas áreas hoy. airFiber usa un diseño patentado combinado basado en componentes de RF de gama alta para un rendimiento sin precedentes, sin comprometer la integridad espectral. Esto es evidente en la figura siguiente, que compara las máscaras de transmisión de un airFiber AF5X (salida limpia, extremos afilados) y de radio competidor (mala producción, fuga de ruido de fondo, espurias TX).



Competitor Radio Poor, Illegal Spectral Performance



airFiber5-X 'Clean', Excellent Spectral Performance



Filtrado Activo airPrism: Los radios equipados con airPrism como Rocket-ac PTMP y PTP, emplean filtros activos robustos para contrarrestar la interferencia de canal adyacente, lo que reduce los niveles de ruido en hasta 30dB+. En comparación con la eficiencia de máscara del airFiber, airPrism es una **tecnología de receptor** para productos selectos AirMAX.



Antenas Altamente Directivas: Las Antenas de Ubiquiti están diseñadas por expertos para obtener la máxima ganancia y la mínima **'fuga'**. El resultado es una señal fuerte en la radio remota sin la preocupación por los niveles de ruido exagerados en la vecindad inmediata del transmisor. Preste especial atención **a la relación front-to-back y lóbulos laterales** como se ilustra en los diagramas de radiación Ubiquiti.



Distancia de Despliegue: A medida que la **distancia física** entre dos o más sistemas de RF en la banda aumenta, el nivel efectivo de potencia radiada con el que cada radio 'escucha' a la otra (s) disminuye, debido a la **pérdida de trayectoria**.



Blindaje de RF: Los radios de la serie Ubiquiti **titanio** y ciertas antenas cuentan con cajas metálicas para reducir la cantidad de «fuga», mientras que también disminuyen el potencial de la energía de RF cercana para elevar los niveles de ruido experimentado por el receptor. Los Kits de blindaje de metal separadas se instalan habitualmente a lo largo de la parte posterior y los lados de antenas sectoriales para reducir al mínimo la cantidad de energía no deseada que se irradia desde y llega al sistema de RF.



Patrones de Reutilización de Canal: Asigne los canales en patrones que responden adecuadamente los diagramas de radiación de las antenas, que comparten el edificio elegido. Por ejemplo, si cuatro antenas sectoriales de 90 grados son co-ubicados para proporcionar 360 grados de cobertura no se superponen, utilice un patrón ABAB para maximizar la eficiencia del canal con niveles mínimos de ruido. Considere también el uso de bandas de frecuencia separadas para backhaul (por ejemplo, 24 GHz) y PTMP (por ejemplo, 5 GHz).



Ancho de Canal y Espaciado: Asignar anchos de canal basado en necesidades reales, en lugar de elegir el ancho más grande disponible. Esto no sólo aumenta las señales, sino que también disminuye los pisos de ruido (3 dB por canal reducido a la mitad). También incluya el mayor espacio posible entre canales de radio vecinos para evitar / reducir la interferencia de canal adyacente.



Sincronización GPS: Los modelos especiales de radio Ubiquiti soportan la sincronización GPS, lo que permite a los transceptores utilizar intervalos de tiempo predeterminados para transmitir y recibir. Por su diseño, los radios cercanos en la banda participan de la misma sincronización GPS. De esta manera, los radios co-localizados transmiten y reciben simultáneamente, **sin interferir unos con otros**. Debido a que ninguno radios sincronizados, en la banda están transmitiendo durante la recepción, el ruido de fondo sigue siendo muy bajo. Esto asegura una alta SNR en todas las radios sincronizadas actuales y futuras.

Fiabilidad y Redundancia

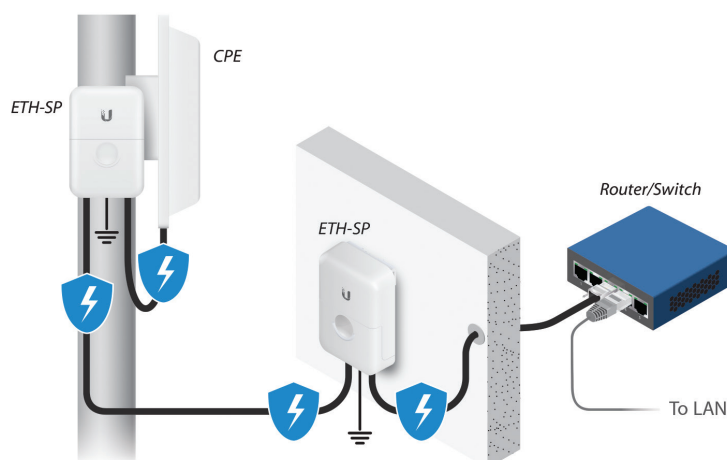
Con el fin de ofrecer la mejor experiencia posible al suscriptor, los WISP se ocupan principalmente del rendimiento de la red. Ubiquiti fabrica equipos alámbricos e inalámbrico diseñados para un máximo tiempo de actividad, baja latencia y alto rendimiento. Sin embargo, los acontecimientos imprevistos (por ejemplo, condiciones meteorológicas adversas) pueden causar que los equipos funcionen de forma inesperada.

La implementación de **enlaces de radio redundantes** para backhaul es particularmente importante, ya que un solo la falla con este punto de backhaul podría dar lugar a un corte total de suscriptores a través de múltiples ubicaciones hacia abajo. Por ejemplo, dos enlaces AF5 en el mismo segmento de red local podrían ser configurados con **Spanning Tree Protocol** por lo que cuando un enlace detiene el tráfico que pasa, se utiliza el otro enlace. La plataforma EdgeMAX de Ubiquiti también proporciona soluciones para la redundancia y **balanceo de carga**, tanto en 'capa-2 "y" capa-3'.

Toma de Tierra

Mientras que los equipos Ubiquiti están diseñados y fabricados para su durabilidad/longevidad en todo tipo de clima, también es responsable de proteger su equipo contra **descargas electrostáticas** (ESD) y otros eventos eléctricos que puedan alcanzar y dañar los componentes electrónicos sensibles. La ESD se produce como cargas eléctricas que se acumulan y viajan a través de materiales conductores, tales como cables y alambres. Tenga en cuenta los siguientes consejos al diseñar un sitio de instalación de tierra adecuada:

1. **Use cables blindados:** El cable **blindado (STP)** de Ubiquiti, **TOUGH Cable de par trenzado** tiene un **cable drenador** para proveer aterramiento al cable. También cuentan con una **chaqueta impermeable y blindaje** en contra las fuentes de EMI.
2. **Ponga a tierra todo equipo:** Asegúrese de que todos los equipos en el lugar de la instalación están correctamente conectados a tierra, incluyendo switches, routers y radios. Incluso un único punto de entrada para una carga eléctrica podría conducir a múltiples incidentes de daños.
3. **Instale la protección contra sobretensiones: Surge Protectors** Ubiquiti (ETH-SP) debe ser instalados en todo el circuito de puesta a tierra para agregar barreras eléctricas entre los equipos.
4. **Verifique las hojas de datos:** La mayoría de equipos Ubiquiti presenta mejoras de diseño / hardware para aumentar la protección de ESD, como puertos Ethernet blindados o anillos de puesta a tierra.



5. **Examine el Sitio:** No todas las regiones cuentan con salidas de CA con conexión a tierra, lo que aumenta aún más su responsabilidad para colocar aterramiento adecuadamente en el equipo. Sea consciente de las superficies metálicas cercanas y monte los equipos de RF muy por debajo del punto más alto de la estructura de instalación para reducir el riesgo de caída de un rayo.

A. Glosario

- **ACK Frame** En sistemas TDD/TDM, estas tramas son enviadas para confirmar el recibo de frames de Datos. Inherentemente esto adiciona encabezado y latencia.
- **Airtime** El promedio de uso de ancho de banda inalámbrico como un porcentaje de utilización del máximo ancho de banda teórico, expresado como un porcentaje, donde el tiempo en el aire agregado es compartido entre todas las estaciones.
- **Reciprocidad de las Antenas** La ganancia tiene un efecto positivo, bidireccional en las señales de recepción en los puntos extremos de un enlace inalámbrico.
- **Atenuación** La tasa en la cual la intensidad de señal decrece, ya sea por obstrucciones o pérdida en la trayectoria.
- **Bandwidth** Ver ancho de canal.
- **Beamwidth** El ángulo de cobertura del lóbulo principal medido de -6 dB hacia atrás en las antenas de Ubiquiti.
- **Carrier-Sense Multiple Access, Collision Avoidance (CSMA/CA)** Cuando una estación necesita usar un canal, esta escucha antes de transmitir.
- **Carrier Signal** La señal modulada que contiene la información.
- **Chain** Un transceptor de radio (transmisor y receptor).
- **Channel Flexing** El proceso por el cual el ancho de canal es ajustado para cumplir los requerimientos del enlace inalámbrico. Incrementar el ancho de canal significa incrementar el throughput potencial, mientras que un ancho de canal decrecido significa una densidad de potencia incrementada (mayor fuerza de la señal).
- **Channel Width** El tamaño del canal de información usado para representar datos.
- **Cross-Polarization Discrimination (XPD)** La habilidad de la antena para separar dos polaridades, ya que los elementos de la antena nunca están totalmente polarizados en un plano dado.
- **Customer Premise Equipment (CPE)** El equipo del proveedor de servicio instalado en las premisas del cliente.
- **Decibelio (dB)** Una cantidad logarítmica, útil para expresar valores muy largos o muy pequeños. Los decibeles referidos a un radiador Isotrópico (dBi) miden la antena, los decibelios referidos al milivatio (dBm) miden los niveles de potencia.

- **Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (EIRP)** Es la cantidad total de potencia radiada al receptor, tomando en consideración la potencia de transmisión, ganancia de la antena y cualquier pérdida (Ej. cables y conectores).
- **Downtilt Eléctrico** Una propiedad común a las antenas sectorial es y omnidireccionales visible en los planos polares de elevación que introduce un ángulo pequeño de inclinación al cual la energía se irradia.
- **Descarga Electrostática (ESD)** Corrientes Eléctricas que pueden alcanzar y dañar los sensibles componentes electrónicos en el equipo del proveedor de servicio.
- **Interferencia Electromagnética (EMI)** Fuentes de energía electromagnética que contribuyen al total piso de ruido (Ej. hornos microondas, teléfonos inalámbricos).
- **Error Vector Magnitude (EVM)** La medida de desviación de un símbolo de su representación perfecta, a medida que la modulación se vuelva compleja hay menos lugar para errores - un desempeño de radio limpio es sinónimo de un buen EVM lo que resulta en mayores velocidades.
- **Margen de Desvanecimiento** Un buffer de señal usado en la planificación de los presupuestos de potencia que ayuda en un ambiente dinámico de RF (por ejemplo desvanecimiento por lluvia). Las recomendaciones de Ubiquiti son 15+ dB de margen de desvanecimiento para las redes WISP.
- **Filtros** Diseñados para permitir pasar a las señales que pertenecen a una banda/frecuencia particular, rechazan las señales fuera de este rango.
- **Free Space Path Loss (FSPL)** La tendencia de una señal para expandirse fuera cuando se propaga a través del espacio, causando que la señal se atenúe.
- **Frequency Division Duplex (FDD)** Un protocolo full-duplex que usar frecuencias separadas para streams de datos separados.
- **Zonas de Fresnel** Áreas en forma de Elipsoide que representan la verdadera línea de vista entre dos radios.
- **Ganancia** Medida en dBi, la alta ganancia incrementa la densidad de potencia de la señal transmitida. La ganancia y directividad son sinónimos.
- **Harmónicas** Espurias TX inherentes ocurriendo a frecuencias múltiplos del ciclo de reloj (Ej. un radio de 907 MHz tiene armonicas a 1814 / 2721 / 3628 / 4535 / 5442 MHz).
- **Nodo Oculto** Estaciones inalámbricas de exteriores CSMA/CA que intentan transmitir en el mismo canal al mismo tiempo por no detectar que el canal está ocupado, causando una colisión en su AP (o en cualquier otra estación que escucha a las dos estaciones transmitiendo simultáneamente).

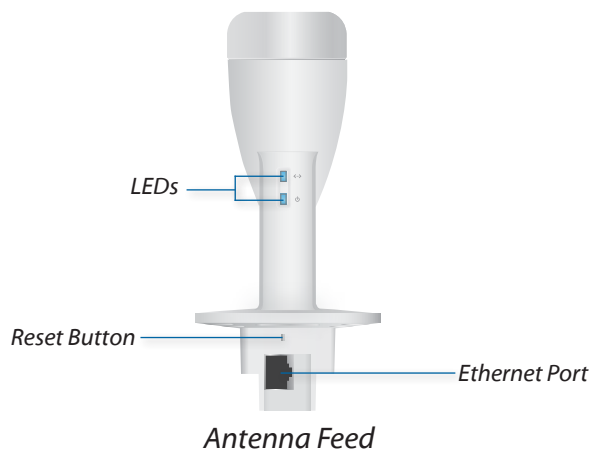
- **Hybrid-Division Duplexing (HDD)** Una tecnología patentada que mejora la eficiencia del protocolo tradicional TDD.
- **In-Band** La señal/ruido de los radios en la misma banda de frecuencia (Ej., Radios de 2.4 GHz radios en los canales 1-13 desde la perspectiva de un radio de 2.4 GHz radio).
- **Interferencia** Representa el promedio de energía entregado por las fuentes de EMI, principalmente radios de redes de la competencia.
- **Radiador Isotrópico** Una sistema de antena teórica que irradia en todas las direcciones por igual y sin pérdida.
- **Presupuesto de Enlace** Una herramienta de estimación usada para calcular las señales recibidas relativas a variables que incluyen distancia, potencia de transmisión y ganancia de la antena.
- **Multiple-In, Multiple-Out (MIMO)** El uso de múltiples chain de radio y antenas para la diversidad de señal e incremento de streams espaciales.
- **Modulación** Cambios discretos en frecuencia, amplitud, y fase para representar símbolos diferentes (que por su parte, contienen grupos de bits).
- **Piso de Ruido** El nivel de energía promedio derivado de fuentes locales de ruido, incluyendo de la operación del receptor de radio y ruido térmico (dependiente del ancho de canal).
- **Non-Overlapping Channels** Canales cuyos anchos de banda no se solapan.
- **Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM)** Sub portadoras moduladas individualmente que representan datos a través de un ancho de canal.
- **Out-of-Band** Señal/Ruido de los radios en diferentes bandas de frecuencia (Ej. Canales de 5GHz desde la perspectiva de un radio de 24 GHz).
- **Pérdida de la Trayectoria** Ver Pérdida en la trayectoria libre (FPSL).
- **Patrón Polar** Ver Patrón de Radiación.
- **Polaridad** El plano a lo largo del cual una onda electromagnética viaja a través del espacio.
- **Densidad de Potencia Espectral (PSD)** La cantidad de energía relativa a la señal transmitida a través de un ancho de canal completo.
- **Patrón de Irradiación** Una descripción gráfica de la ganancia de la antena en diferentes ángulos en un plano dado.

- **Radome** Un domo es un compartimiento diseñado para proteger la antena del clima y daños mientras todavía permite la radiación electromagnética pasar a través de ella.
- **Rain Fade** Señal de atenuación debido a la precipitación; cuando la frecuencia aumenta, el desvanecimiento también incrementa.
- **Receive Signal** También conocida como RX Signal / Signal Strength esto representa el promedio de energía combinada this represents the average combined energy level arriving at the receiver radio.
- **Return Loss** Ver Voltage Standing Wave Ratio.
- **Rule of 3's and 10's** Cada vez que usted añade/resta 3 dB, usted debe multiplicar/dividir el valor lineal por un factor de 2. Y cada vez que añade 10 dB, usted debe multiplicar/dividir el valor lineal por un factor de 10.
- **Selectividad** La habilidad del receptor a "escuchar" la señal deseada mientras bloquea otras fuentes de señal en la banda.
- **Sensibilidad** La habilidad del receptor para "escuchar" señales debilitadas. A mayor sensibilidad el radio puede recibir señales más débiles.
- **Teorema Shannon-Hartley's** La máxima capacidad de datos de un canal de información, es dependiente de la SNR y ancho de canal.
- **Signal-to-Noise Ratio (SNR)** La diferencia en el promedio de la señal recibida (ej. -50 dBm) y un promedio de nivel de sonido (ej.-59 dBm); el SNR es medido es medido en dB (ej. 9 dB).
- **Signal Strength** Ver señal recibida.
- **Spanning Tree Protocol (STP)** Un protocolo de capa 2 usado redundancia para prevenir los bridge loops.
- **Spatial Filtering** La habilidad de una antena a "enfocarse" en una dirección en particular, mejorando la SNR no solo para el receptor local sino para cualquier otro receptor cercano que esté dentro de la banda.
- **Estación** Puede referirse al radio conectado a un Access Point o generalmente se refiere a cualquier radio inalámbrico.
- **Symbol Sets** Grupos de bits modulados que aparecen en un diagrama de constelación de un radio.
- **Thermal Noise** Una propiedad inherente relacionada con el tamaño del canal inalámbrico. A mayor ancho de canal, mayor el nivel de ruido térmico.

- **Time Division Multiple Access (TDMA)** Un método de acceso al canal por el cual un AP común divide el canal inalámbrico en ranuras de tiempo para cada estación conectada, lo que evita las colisiones de recepción.
- **Time Division Duplex (TDD)** Un protocolo half-duplex diseñado para dividir el dominio del tiempo entre las estaciones inalámbricas.
- **Traffic Shaping** Límite de Rate y ventanas de ancho de banda aplicados a los CPEs.
- **TX Spurs** Transmisiones Randómicas indeseables, en una banda de frecuencia del radio carrier fuera del ancho de canal.
- **Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)** Mide la cantidad de energía que se refleja hacia atrás en una línea de transmisión (ejemplo: feed de antena, conectores RP-SMA) conectando la antena y radio.
- **Weakest link** Un radio simple con pobre SNR que puede perjudicar el performance de la red PTMP.

B. Apéndices

Métodos para Resetear los Dispositivos de airMAX



Método #1 (Recomendado)

Todos los dispositivos de airMAX tienen un botón para “Resetear a la Configuración de Fábrica” en su chasis. Después de encenderse por 60+ segundos, aprete el botón de reset por 10+ segundos. Una vez que destellen las luces de Potencia/Enlace, el dispositivo de airMAX se irá reiniciar, y después de 60+ segundos, volverse a contestar en su dirección de IP de 192.168.1.20.



Método #2

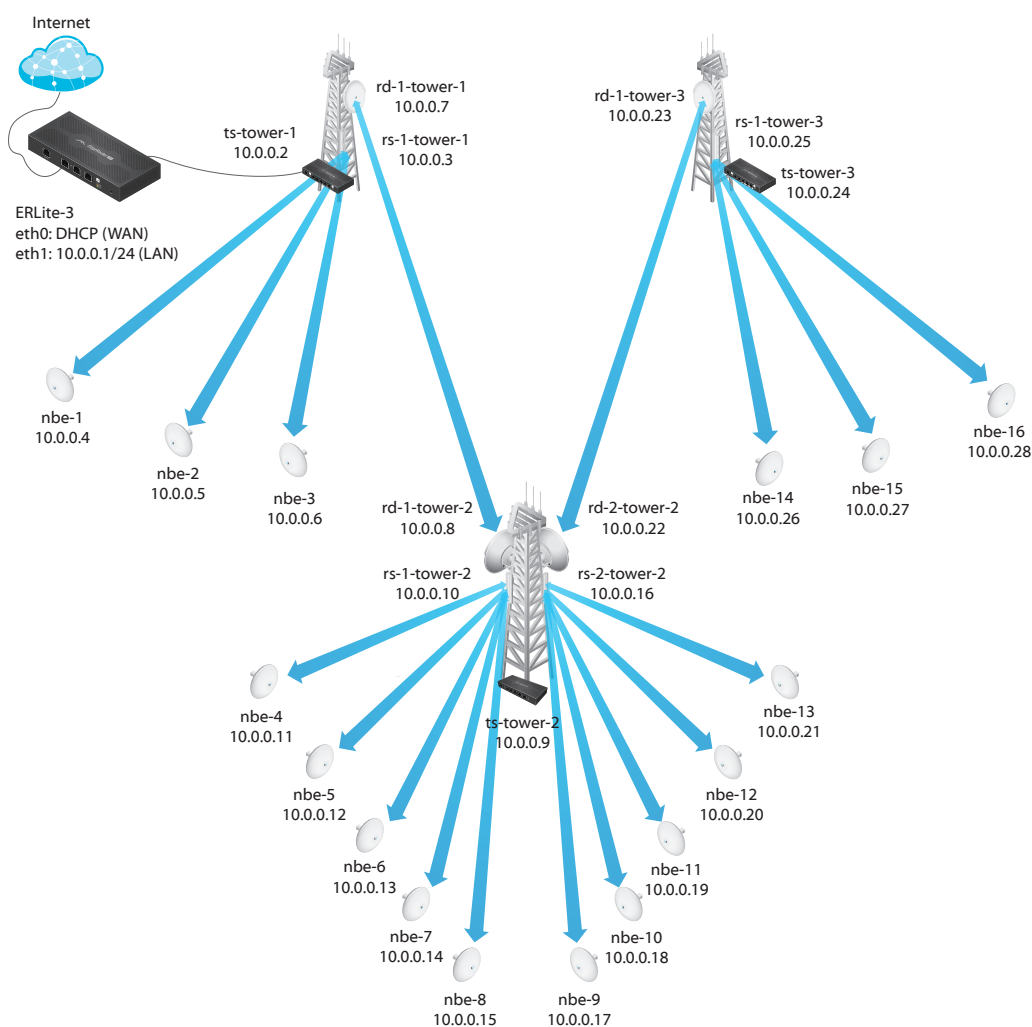
Ciertos modelos de adaptador de POE tienen un botón incorporado para resetear el dispositivo de airMAX. Tenga la certeza de que el dispositivo de airMAX soporta el rango de voltaje de electricidad producida por el adaptador de POE.

Método #3 (Menos Recomendado)

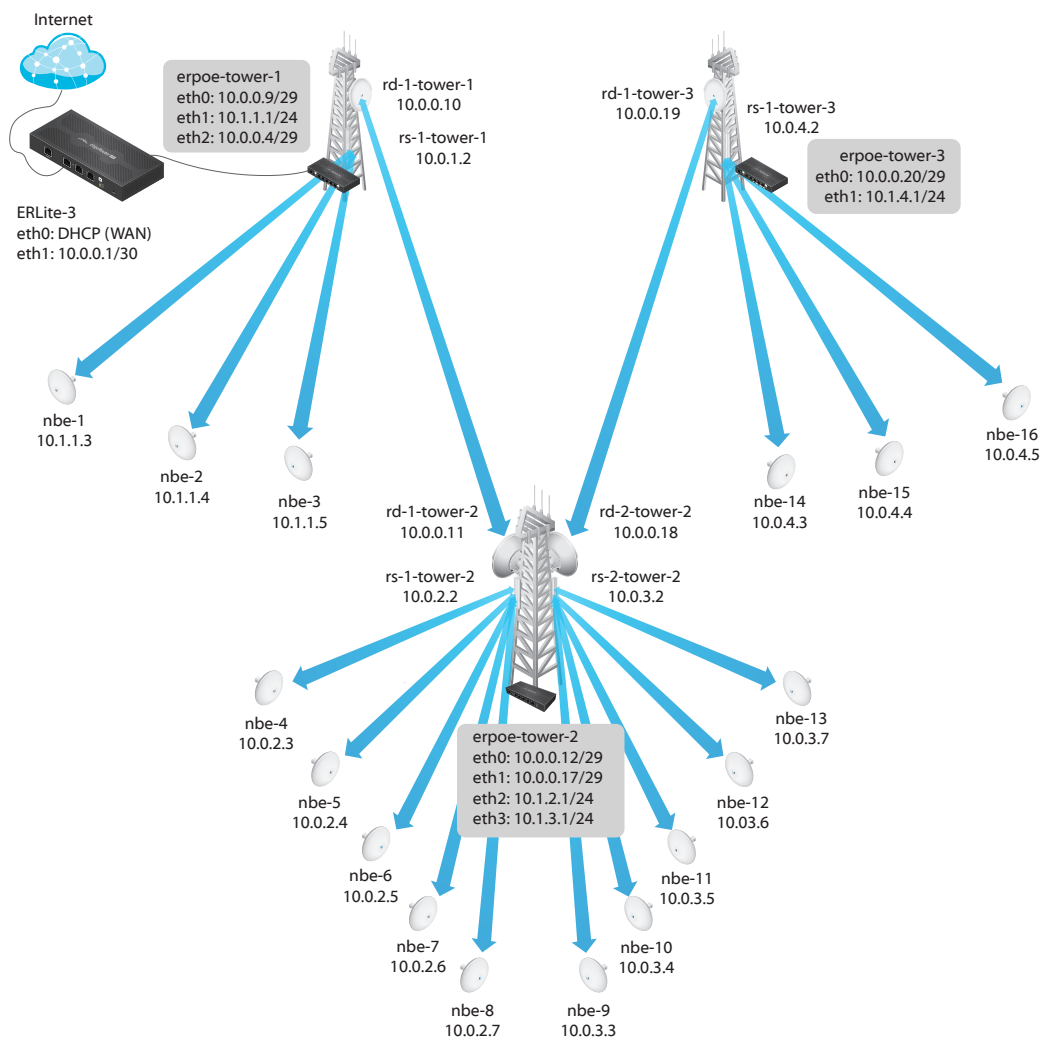
El método de reset via TFTP es un método de último recurso para recuperar un dispositivo 'bricked' (o sea, que no contesta a los pings en su dirección de IP patrón). Solamente utilice este método si el dispositivo no puede ser recuperado por los métodos anteriormente descritos. Se menciona este método por los usuarios avanzados y no se debe intentarlo durante el curso de capacitación de Ubiquiti. Para que el dispositivo de airMAX inicie en el modo de recuperación TFTP, aprete el botón de reset (mientras el cable de POE está desconectado). Mantenga el botón de reset apretado mientras que reconecte el cable de POE al dispositivo de airMAX. Después de 10+ segundos, las LEDs de dispositivo se irán a destellar a un patrón alterno, que indica que el dispositivo de airMAX ya está en modo de recuperación TFTP, y que contestará a los pings en su dirección de fábrica address, 192.168.1.20. Por medio de un cliente TFTP, suba el firmware al dispositivo de airMAX para restaurar la configuración de fábrica.

Topologías para WISPs

WISP de Red Capa 2 (Bridged)



WISP de Red Capa 3 (Ruteado)



Esquemas de Referencia

Pérdida en el Trayecto (dB) Tabla

Distancia (km)	2.4 GHz	5.8 GHz
0.5	94	102
1	100	108
1.5	104	111
2	106	114
2.5	108	116
5	114	121
7.5	118	125
10	120	128
15	124	131
20	126	134
25	128	136
30	130	137
40	132	140
60	136	143
80	138	146

Relación de Voltaje de Onda Estacionaria y la Pérdida de Retorno

VSWR	(S11)	% de Potencia Reflejada	Potencia Reflejada (dB)
1.0	0,000	0.0	-∞
1.5	0,200	4.00	-14.0
2.0	0,333	11.1	-9.55
2.5	0,429	18.4	-7.36
3.0	0,500	25.0	-6.00
3.5	0,556	30.9	-5.10
4.0	0,600	36.0	-4.44
5.0	0,667	44.0	-3.52
6.0	0,714	51.0	-2.92
7.0	0,750	56.3	-2.50
8.0	0,778	60.5	-2.18
9.0	0,800	64.0	-1.94
10.0	0,818	66.9	-1.74



www.ubnt.com

Para información acerca de futuras fechas de entrenamientos, lugares,
y cursos visita el portal oficial de entrenamientos de Ubiquiti Networks:
www.ubnt.com/training

Nos gustaría recibir su feedback!
Contáctenos a través de **training@ubnt.com**