

Implementación de 16-QAM para aumentar el valor de los cablemódems

Contenido

[Introducción](#)

[Beneficios](#)

[Objetivos y configuración preliminar](#)

[Upstream Carriers \(Portadoras ascendentes\)](#)

[Consideraciones sobre la configuración de 16 QAM](#)

[Ráfagas ascendentes](#)

[Perfiles de modulación](#)

[Pasos para maximizar el éxito de una actualización de 16-QAM](#)

[Sugerencias y recomendaciones](#)

[Puntos varios](#)

[Summary](#)

[Nota final](#)

[Suplemento](#)

[Flujo descendente 256-QAM](#)

[Microrreflexiones](#)

[Appendix](#)

[Referencias](#)

[Información Relacionada](#)

[Introducción](#)

La Especificación de Interfaz de Frecuencia de Radio de Data-over-Cable Service Interface Specifications (DOCSIS) 1.x soporta dos formatos de modulación ascendente de la red de cable: Codificación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK) y modulación de amplitud en cuadratura 16 (16-QAM). Ambos son formatos de modulación usados para transmitir datos desde módems de cable (CMs) al sistema de terminación de módem de cable (CMTS). La mayoría de las implementaciones de cablemódem DOCSIS comenzaron con QPSK y continúan usándolo, en parte debido a la solidez de ese formato de modulación en el entorno de frecuencia de radio ascendente (RF), a menudo muy duro. Sin embargo, es posible duplicar al menos el rendimiento de datos ascendente sin procesar si se cambia de QPSK a 16-QAM. [La tabla 1 resume los parámetros y el rendimiento de datos del canal ascendente de DOCSIS 1.x.](#)

Tabla 1 - Transmisión de datos ascendente DOCSIS 1.x

ancho de banda de RF del	Velocidad de símbolo	Velocidad de datos sin procesar de QPSK	Tasa nominal de datos QPSK	Velocidad de datos en bruto de 16-QAM	Velocidad de datos nominal de 16-QAM
--------------------------	----------------------	---	----------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

canal					
MHz	Msym/se c	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
0,2	0.16	0.32	~0,3	0.64	~0,6
0,4	0.32	0.64	~0,6	1.28	~1.1
0.8	0.64	1.28	~1.1	2.56	~2,2
1.6	1.28	2.56	~2,2	5.12	~4,4
3.2	2.56	5.12	~4,4	10.24	~9.0

Este documento se centra en aumentar el valor de las implementaciones de cablemódem existentes con el uso de 16-QAM en la trayectoria ascendente, mientras se examinan mitos comunes y las realidades de ejecutar 16-QAM. También se incluyen directrices probadas sobre el terreno para migrar de QPSK a 16-QAM.

Este documento describe los objetivos y la configuración preliminar antes de discutir los perfiles de modulación. En la sección perfil de modulación, se tratan algunos parámetros y maneras de optimizarlos para 16-QAM. Por último, este documento concluye con algunas recomendaciones y consideraciones.

A menudo se piensa que hoy en día no hay muchas instalaciones de 16 QAM, debido a estas razones:

1. El CMTS no puede manejar 16-QAM.
2. La planta exterior es demasiado ruidosa para soportarla.
3. Requiere demasiado trabajo y preparación.
4. No se necesita el rendimiento.
5. QPSK se utiliza como un "cuello de botella" natural para los servicios entre pares.
6. Permitir más paquetes podría sobrecargar la CPU del CMTS.

En realidad, hay bastantes sistemas de cable que han estado usando 16-QAM durante algunos años. Las redes de cable híbrido de fibra coaxial (HFC) compatibles con DOCSIS funcionan bien con 16-QAM. Sólo requiere un poco más de diligencia para mantener el ingreso a raya y un poco más de atención a las prácticas de mantenimiento y solución de problemas que deberían hacerse de todos modos.

DOCSIS afirma que la relación portadora-ruido (CNR) ascendente, la relación portadora-ingreso y la relación portadora-interferencia deben ser al menos de 25 dB, independientemente del formato de modulación que utilice. QPSK puede funcionar de forma fiable con un CNR mucho más bajo, pero el valor real depende del tipo de deterioro y de la cantidad de corrección de errores de reenvío (FEC) utilizada, por no mencionar el diseño del proveedor de cablemódem. 16-QAM requiere un CNR aproximadamente 7 dB mejor para alcanzar la misma tasa de error de bits (BER) que QPSK. Si el flujo ascendente de una red de cable cumple o supera los 25 dB especificados por DOCSIS para ruido, ingreso e interferencia, entonces hay disponible un espacio adecuado para el funcionamiento confiable de 16-QAM, al menos con respecto a estas deficiencias particulares en el canal.

Los servicios que utilizan los clientes hoy en día deben entenderse, controlarse, fomentarse y facturarse. Si el "canal" se hace más grande y los clientes lo utilizan, se debe habilitar la facturación adecuada. Es verdad que el uso de la CPU del CMTS podría aumentar si hay que procesar más paquetes. Esta es la razón por la que se deben realizar las actualizaciones de la

CPU y de la memoria; la mejora incremental del flujo de caja resultante, en la mayoría de los casos, compensa los costes de actualización.

Beneficios

El uso de 16-QAM en la ruta ascendente de una red de cable tiene muchas ventajas:

- Mayor rendimiento necesario para satisfacer las demandas de los clientes de servicios como estos: Voz over IP (VoIP) Acuerdos de nivel de servicio (SLA) Servicios P2P como Kazaa, Napster, etc.
- Registro de más clientes por ruta ascendente debido al mayor rendimiento de datos posible con 16-QAM, que será al menos dos veces mayor (consulte la [tabla 1](#)). 16-QAM también tendrá una mejor eficiencia espectral. Cada vez que aumenta la "tubería", la probabilidad de colisiones y "bloqueo" es mucho menor, lo que permite una mayor sobresuscripción.
- La mayor ventaja es que esto no requiere costes de hardware adicionales. El CPE y el CMTS (si están certificados por DOCSIS o están cualificados) se pueden cambiar de QPSK a 16-QAM con software o sencillas modificaciones de configuración. Se puede optar por actualizar la CPU o la memoria del CMTS (y hacerlo se recomienda), pero no es absolutamente necesario admitir 16-QAM.

Objetivos y configuración preliminar

En esta sección se tratan los objetivos y algunas configuraciones preliminares. Como siempre, la verificación de la configuración puede evitar problemas más adelante; una implementación correcta de 16 QAM requiere atención en estas áreas clave:

- Configuración CMTS
- Perfiles de modulación optimizados para 16-QAM
- Toda la red de cable (cabeceras, redes de distribución y caídas de suscriptores) debe ser compatible con DOCSIS
- Elección de la frecuencia del centro ascendente
- Prácticas de mantenimiento de red y de instalación de descarte de suscriptores

La forma de lograr un funcionamiento fiable de 16-QAM es garantizar que la planta cumple con DOCSIS.

Además de los problemas de capa física, también necesita entender e implementar la configuración CMTS correcta. Aproximadamente el 60% de los problemas encontrados se pueden atribuir a la planta física y otro 20% a problemas de configuración o hardware.

Es imperativo que ejecute el código de software del IOS® de Cisco actualizado. El tren EC del software Cisco IOS tiene la calificación DOCSIS 1.0, mientras que el tren BC del software Cisco IOS tiene la calificación DOCSIS 1.1. Además, asegúrese de utilizar tarjetas de línea CMTS relativamente recientes, como Cisco MC16C, MC16E, MC16S, MC28C o las tarjetas de última generación, MC16U/X, MC28U/X y MC5x20S/U.

Utilice las herramientas adecuadas para el mantenimiento de la red de cable, como analizadores de espectro, equipos de barrido y analizadores de protocolos. [La figura 1](#) muestra algunos equipos de prueba de cables comúnmente disponibles.

Figura 1: Equipo de prueba de cables



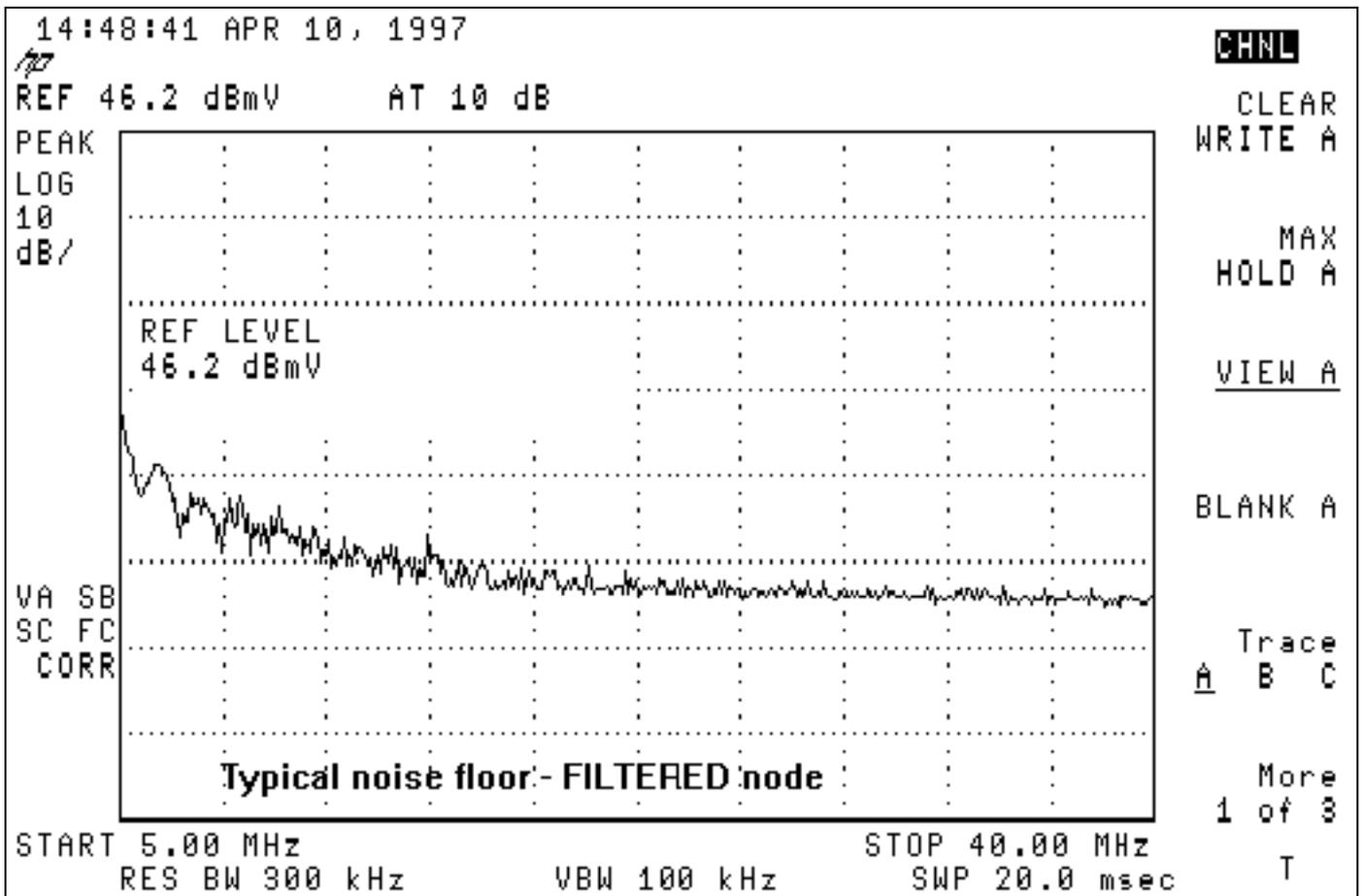
Las herramientas utilizadas para diversas mediciones difieren en sus capacidades y funciones. Los analizadores de espectro HP/Agilent se utilizan comúnmente en la industria del cable. Se utiliza un analizador de espectro para las mediciones del dominio de frecuencia de la amplitud de la señal, la CNR y las deficiencias, como la distorsión de entrada y de la ruta común (CPD). La mayoría de las mediciones de amplitud se realizan utilizando una escala logarítmica para facilitar la visualización de un amplio rango dinámico. Esto es muy útil en el análisis del espectro del dominio de frecuencia.

El equipo de barrido se utiliza para caracterizar la respuesta de frecuencia de una red de cable (características de amplitud de señal versus frecuencia) en todo el rango de frecuencia de funcionamiento. También se utiliza para alinear amplificadores y otros dispositivos activos.

Otro valioso equipo de prueba es un analizador de protocolos DOCSIS. Cisco incorpora una función en los routers de la serie uBR llamada Cable Monitor. Cuando se configuran los comandos CMTS y el tráfico se enruta a un PC que ejecuta Ethereal, puede decodificar los encabezados DOCSIS y dar información sobre los paquetes. Ethereal es un programa de sabueso gratuito de código abierto disponible para múltiples plataformas en www.wireshark.org. Sigtek hace un analizador de protocolo DOCSIS independiente que es muy potente e incorpora Ethereal. El analizador de protocolos de Sigtek incluye la capacidad de medición de la capa física, como la visualización de constelaciones ascendentes y la medición de la tasa de error de modulación (MER).

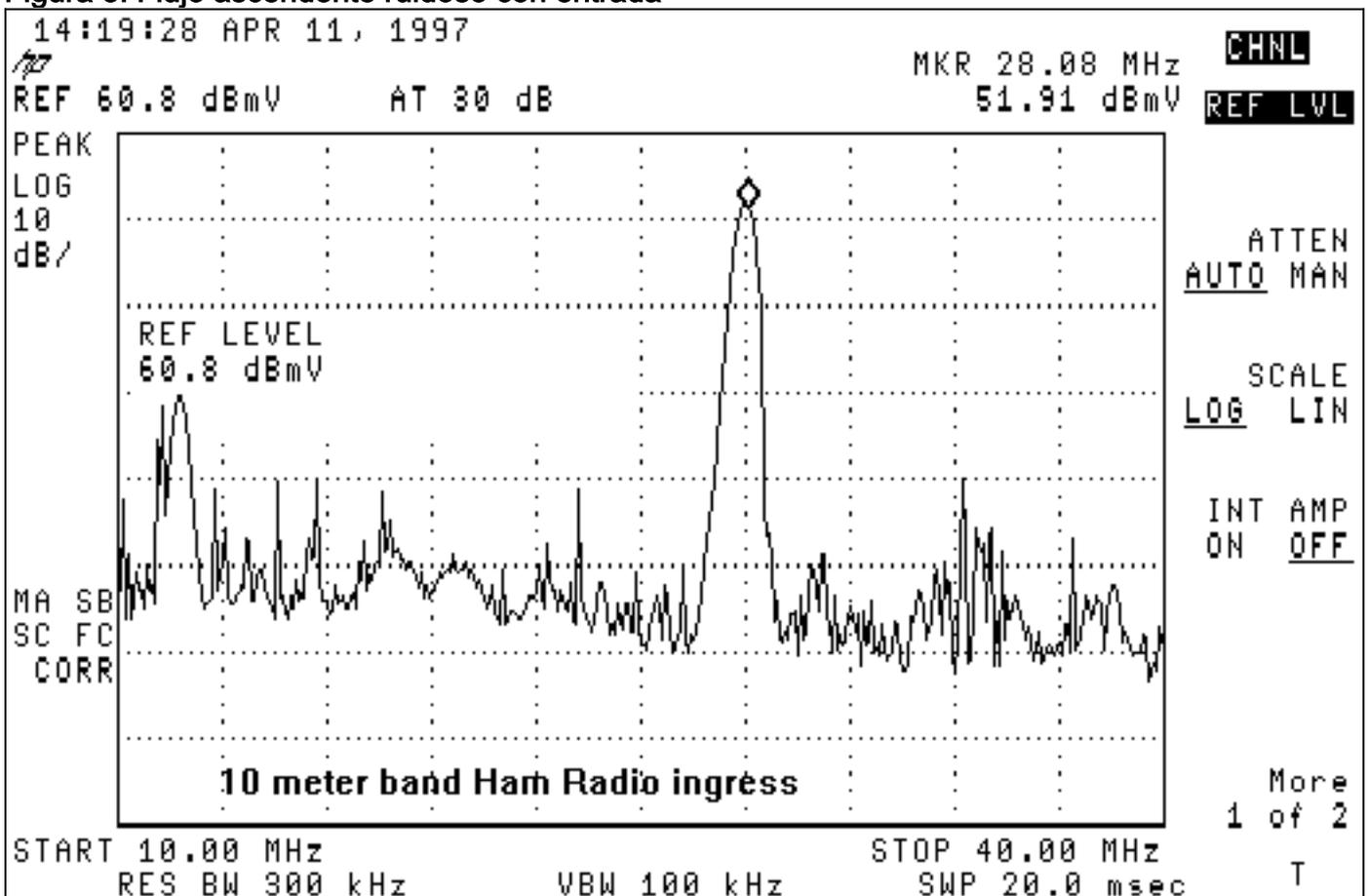
La belleza de lo digital es que funciona o no. La corrección de errores de reenvío (FEC) ofrece margen adicional, pero sólo aproximadamente de 2 a 3 dB de la teoría. QPSK requiere un CNR mínimo de aproximadamente 14 dB para un funcionamiento fiable, y 16-QAM requiere un CNR mínimo de aproximadamente 21 dB. La especificación de la interfaz de frecuencia de radio DOCSIS recomienda un CNR ascendente mínimo de 25 dB para todos los formatos de modulación. Las tarjetas de línea de última generación de Cisco cuentan con tecnología avanzada de subcapa física (PHY), incluida la cancelación de entrada. [La figura 2](#) es una visualización del analizador de espectro que muestra la subida de 5 a 40 MHz de una red de cable en un nodo equipado con filtros de alta velocidad en todas las conexiones de caída del suscriptor. La planta de ruido está casi libre de impedimentos de ingreso y de otro tipo, lo que apoya las observaciones de la industria de que la mayor parte de la "basura" que entra en la corriente ascendente proviene de las caídas.

Figura 2: Espectro ascendente con filtros de alto paso



La figura 3 es más típica del espectro ascendente en una red de cable que tiene problemas de ingreso. Observe la señal de interferencia de alto nivel cerca de 28 MHz.

Figura 3: Flujo ascendente ruidoso con entrada



La mayoría de los sistemas presentan un ruido de baja frecuencia inferior a 20 MHz, especialmente en el intervalo de 5 a 15 MHz. Estas son algunas frecuencias en las que debe evitar colocar la portadora modulada digitalmente ascendente:

- <20 MHz: ruido eléctrico de baja frecuencia y entrada.
- 27 MHz: radio de banda ciudadana (CB).
- 28 MHz: banda de radio aficionada de 10 metros.
- >38 MHz—Problemas de retardo de grupo de los filtros de diplex de amplificadores.
- Incrementos de 6 MHz (es decir, 6 MHz, 12 MHz, 18 MHz, 24 MHz, 30 MHz, 36 MHz, 42 MHz), debido a la posibilidad de CPD.

Estas prácticas efectivas de mantenimiento preventivo minimizan los problemas de red de cable que pueden afectar la implementación de 16-QAM:

- Alineación de barrido de amplificadores hacia adelante y hacia atrás
- Mantenimiento de la fuga de señal descendente muy por debajo del requisito de la Comisión Federal de Comunicaciones de 20 $\mu\text{V}/\text{m}$ **Nota:** Muchos operadores de cable han encontrado que 5 $\mu\text{V}/\text{m}$ son más adecuados para un funcionamiento bidireccional confiable.
- Control de calidad de instalación de descarte de suscriptor
- Cuando proceda, el uso de filtros de paso elevado en caídas unidireccionales con problemas

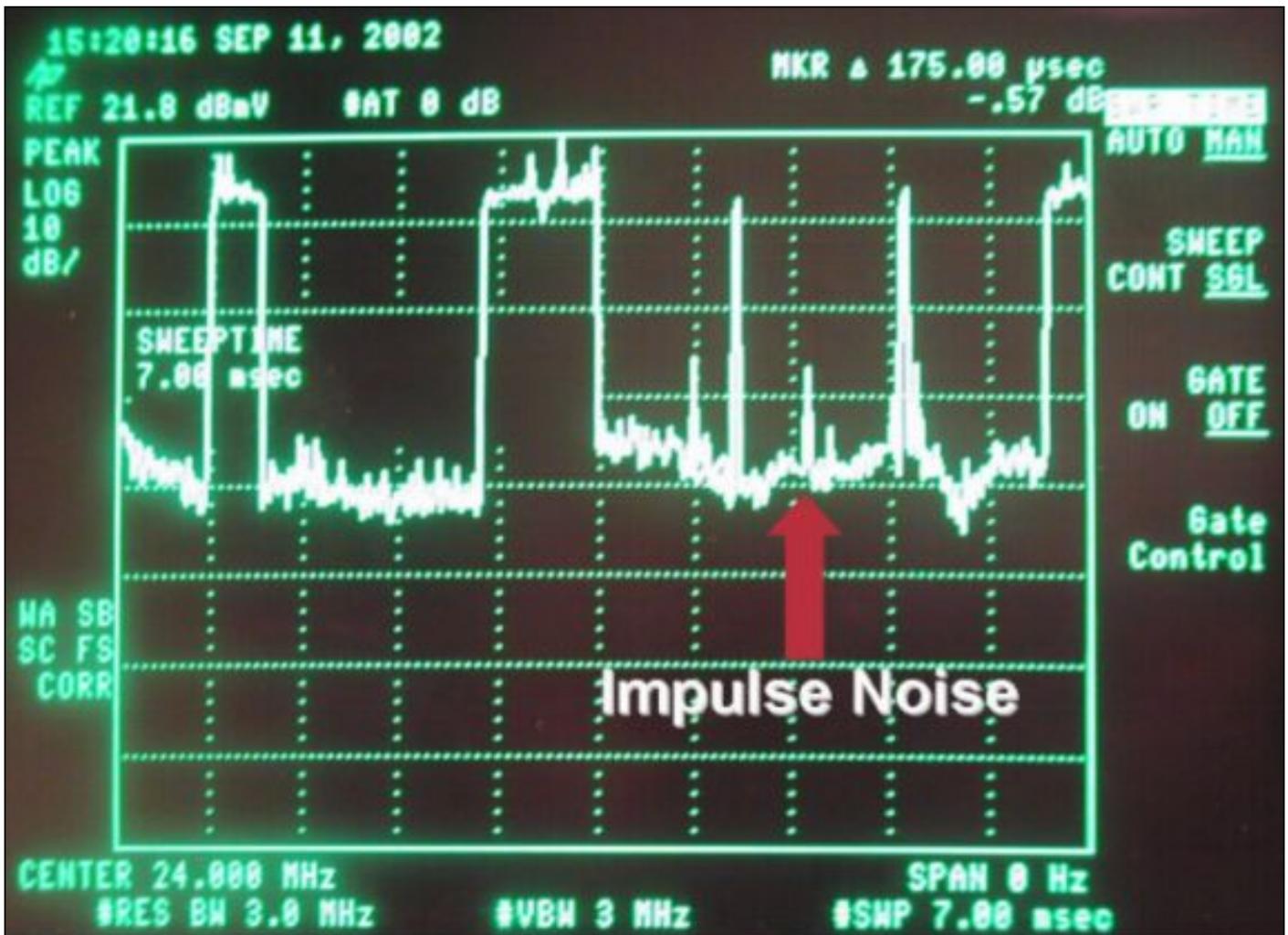
Además, la supervisión de CNR ascendente, la lista de inestabilidad de CMTS, la estimación de la relación señal-ruido (SNR) de CMTS y los errores FEC corregibles e incorregibles de CMTS es una manera útil de determinar cuándo se está degradando el rendimiento de la red.

El [Apéndice](#) incluye una lista de verificación de cumplimiento DOCSIS de la red por cable.

[Upstream Carriers \(Portadoras ascendentes\)](#)

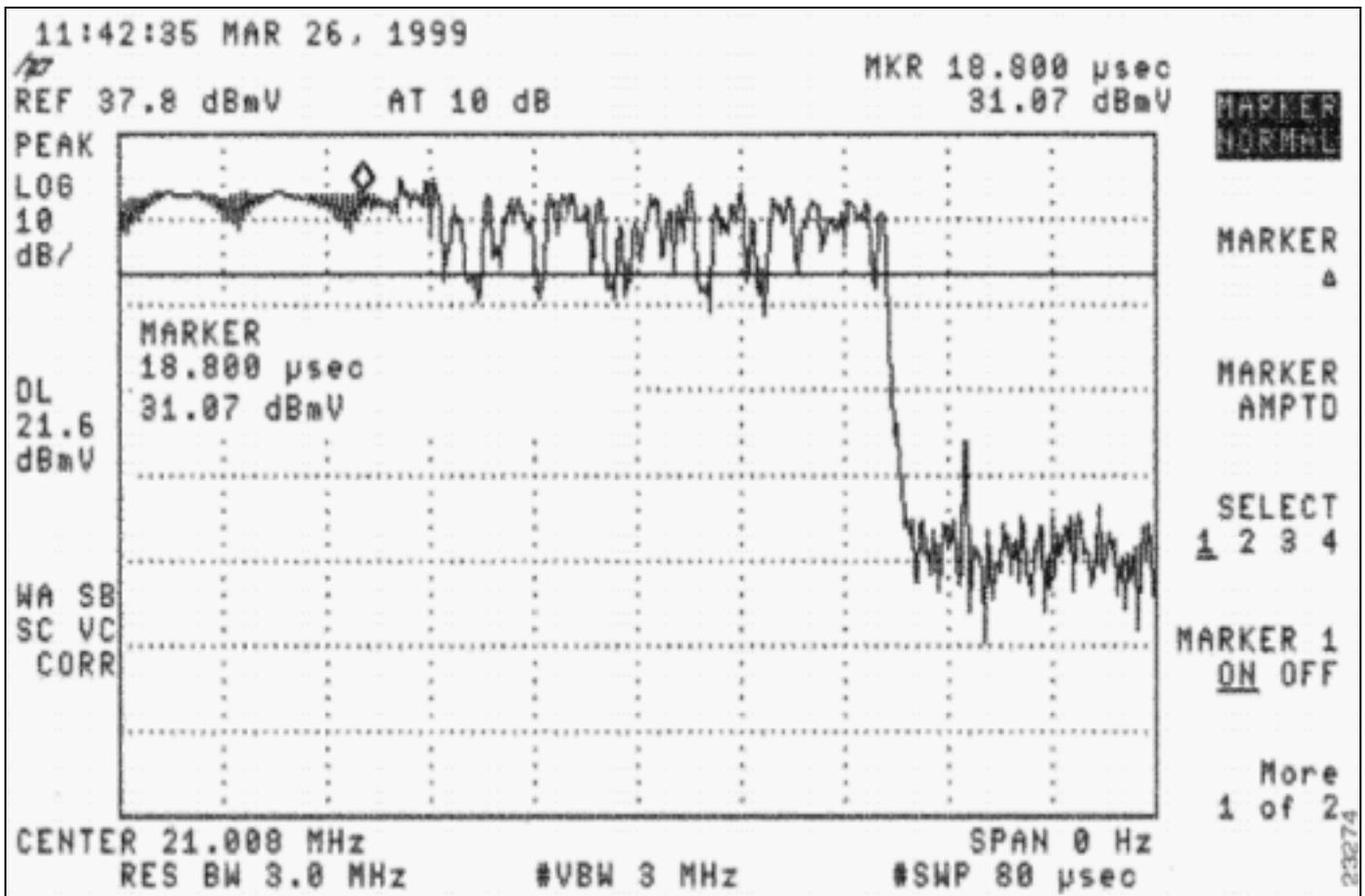
Otro modo de analizador de espectro que vale la pena utilizar es su modo de tramo cero. Este modo es el modo de dominio de tiempo donde la visualización es amplitud versus tiempo, en lugar de amplitud versus frecuencia. Este modo es muy conveniente cuando se visualiza el tráfico de datos que está congestionado por naturaleza. [En la figura 4](#) se muestra un analizador de espectro en cero-span (dominio de tiempo) mientras se observa el tráfico ascendente de un cable módem.

Figura 4: Pantalla de extensión cero en un analizador de espectro



Los paquetes de datos se pueden ver en la [Figura 4](#), junto con las solicitudes de módem y el ruido de impulso. Zero-span es muy útil para medir los niveles de potencia digital promedio y observar el ruido y el ingreso, como se ve en la [Figura 5](#).

Figura 5: Medición de la amplitud ascendente de portadora modulada digitalmente



También se puede utilizar para ver si los paquetes chocan entre sí por un mal momento o por un mal aislamiento del divisor de cabecera o del combinador, donde un paquete destinado a un puerto ascendente CMTS está "filtrando" en otro flujo ascendente. Consulte los documentos enumerados en la sección [Referencias](#) de este documento.

Consideraciones sobre la configuración de 16 QAM

Uno de los pasos preliminares para ejecutar 16-QAM a 3,2 MHz es establecer el tamaño de miniperíodos adecuado. El código de la versión 12.2(15)BC1 del software del IOS de Cisco establece automáticamente el tamaño del minislot según el ancho del canal. 3.2 MHz equivale a 2 ticks, 1.6 es igual a 4 ticks, y así sucesivamente, donde cada tic es de 6.25 microsegundos (μ s). El código anterior predeterminado es 8 marcas.

Según DOCSIS, un minislot debe tener 32 símbolos o más. Un símbolo se puede considerar como un grupo de bits de datos por ciclo o hertz (Hz). Un canal ancho de 3,2 MHz tiene una velocidad de símbolo de 2,56 Msym/seg. Utilizando 2 ticks ($2 \times 6,25 \mu$ s), se termina con un minislot igual a $2,56 \text{ Msym/seg} \times 12,5 \mu$ s, que es igual a 32 símbolos. Si utiliza 16-QAM con sus 4 bits/símbolo, terminará con $32 \text{ símbolos} \times 4 \text{ bits/símbolo} \times 1/8$, que es igual a 16 bytes/minislot.

El uso de un minislot tan pequeño como sea posible permite una granularidad más fina cuando se "dividen" paquetes en miniperíodos y crea menos errores de redondeo de miniperíodos. El paquete más pequeño enviado en sentido ascendente es una solicitud a 16 bytes. Mantener los bytes por miniperíodo a 16 o menos es más eficiente. Los miniperíodos de más de 16 bytes pierden tiempo en el cable al enviar solicitudes de 16 bytes y crean un mayor potencial de colisiones de estas solicitudes. El único inconveniente para un minislot pequeño es que intenta permitir la concatenación de paquetes muy grandes. DOCSIS afirma que sólo se pueden concatenar 255 miniperíodos en una ráfaga máxima. El minislot podría tener que cambiarse para

admitir paquetes concatenados grandes, si ese es el propósito. Para obtener más información sobre el rendimiento de los datos, consulte [Introducción al rendimiento de los datos en un mundo DOCSIS](#).

El siguiente ejemplo de resultado muestra cómo cambiar y verificar la configuración ascendente actual. **El texto en negrita** indica el tamaño del minislot en ticks, símbolos y bytes.

```
cmts(config-if)#cable upstream 0 minislot-size ?
```

```
128  Minislot size in time ticks
16   Minislot size in time ticks
2    Minislot size in time ticks
32   Minislot size in time ticks
4    Minislot size in time ticks
64   Minislot size in time ticks
8    Minislot size in time ticks
```

```
cmts(config-if)#cable upstream 0 minislot-size 2
```

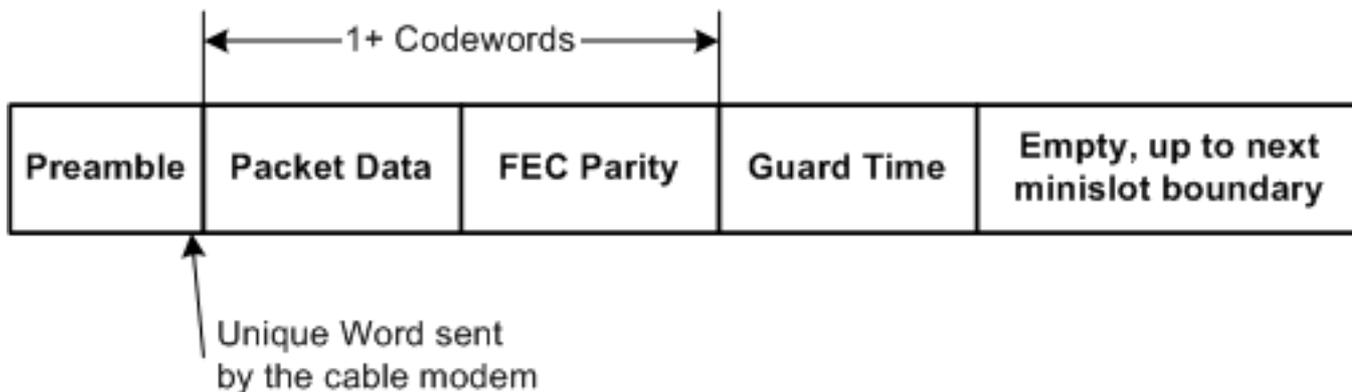
```
cmts#show controllers cable 3/0 upstream 0
```

```
Cable3/0 Upstream 0 is up
Frequency 33.008 MHz, Channel Width 3.200 MHz, 16-QAM Symbol Rate 2.560 Msps
Spectrum Group is overridden
BroadCom SNR_estimate for good packets - 25.0 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2399
Ranging Backoff automatic (Start 0, End 3)
Ranging Insertion Interval automatic (60 ms)
Tx Backoff Start 0, Tx Backoff End 4
Modulation Profile Group 4
Concatenation is enabled
Fragmentation is enabled
part_id=0x3137, rev_id=0x03, rev2_id=0xFF
nb_agc_thr=0x0000, nb_agc_nom=0x0000
Range Load Reg Size=0x58
Request Load Reg Size=0x0E
Minislot Size in number of Timebase Ticks is = 2
Minislot Size in Symbols = 32
Bandwidth Requests = 0x1B0E
Piggyback Requests = 0xF98
Invalid BW Requests= 0x0
Minislots Requested= 0x10FB8
Minislots Granted = 0x10FB8
Minislot Size in Bytes = 16
Map Advance (Dynamic) : 1654 usecs
UCD Count = 3374
DES Ctrl Reg#0 = C000C043, Reg#1 = 0
```

Ráfagas ascendentes

Para comprender los perfiles de modulación, debe entender las ráfagas ascendentes. [La figura 6](#) muestra cómo sería una ráfaga ascendente.

Figura 6: Parámetros de ráfaga ascendente



Nota: La palabra única (UW) es el último de 1 a 4 bytes del preámbulo, dependiendo de la modulación y la configuración de UW en el CMTS.

Una ráfaga ascendente comienza con un preámbulo y termina con cierto tiempo de guardia. El preámbulo es una manera de que CMTS y CM se sincronicen. Los CMTS que utilizan chips de receptor ascendentes de Broadcom (como el Broadcom 3137) requieren que una secuencia de bytes especial llamada "*Palabra única*" se incluya al final del preámbulo para una sincronización adicional. La banda de tiempo de protección al final de una ráfaga se utiliza para que las ráfagas múltiples no se superpongan entre sí. Los datos reales entre el preámbulo y la banda de tiempo de protección están compuestos por tramas Ethernet más tara DOCSIS que se han cortado en palabras de código FEC (CW) con bytes FEC agregados a cada palabra de código. Todo este paquete se divide en miniperíodos.

Las ráfagas ascendentes de CM no son todas iguales. La ráfaga podría ser un CM tratando de hacer una solicitud, de hacer el mantenimiento inicial para conectarse, de hacer el mantenimiento de la estación cada 20 segundos aproximadamente, de enviar paquetes de datos cortos, de enviar paquetes de datos largos, etc. Estos tipos de ráfaga se conocen como códigos de uso de intervalos (IUC) y tienen configuraciones diferentes para cada ráfaga. En la siguiente sección se proporciona información sobre el perfil de modulación; pero para obtener más información sobre los preámbulos y los perfiles de modulación, refiérase a [Comprensión de los Perfiles de Modulación Ascendente](#).

Perfiles de modulación

Cuando se visualiza el perfil de modulación con el comando **show cable modulation-profile**, esta información podría mostrarse con versiones anteriores del software Cisco IOS, como 12.2(11)BC2:

Mod	IUC	Type	Preamb length	Diff enco	FEC T	FEC CW	Scrambl seed	Max B	Guard time	Last CW	Scram	Preamb offset
1	Request	qpsk	64	no	0x0	0x10	0x152	0	8	no	yes	952
1	Initial	qpsk	128	no	0x5	0x22	0x152	0	48	no	yes	896
1	Station	qpsk	128	no	0x5	0x22	0x152	0	48	no	yes	896
1	Short	qpsk	72	no	0x5	0x4B	0x152	6	8	no	yes	944
1	Long	qpsk	80	no	0x8	0xDC	0x152	0	8	no	yes	936

Esta información no está en el mismo orden en que se ingresó en una configuración global y algunas de las entradas se muestran en formato hexadecimal aunque se ingresaron como decimal.

Realice los perfiles de modulación para su CMTS siguiendo estos pasos:

1. En configuración global, ejecute el comando **cable modulation-profile 3 mix**. Cisco proporciona la palabra clave **mix** para un perfil mixto en el que QPSK se utiliza para el mantenimiento de CM, mientras que 16-QAM se utiliza para subvenciones cortas y largas.
2. Bajo la interfaz de cable apropiada, asigne el perfil a un puerto ascendente ejecutando el comando **cable upstream 0 modulation-profile 3**.

3. Ejecute el comando **show run** para mostrar el perfil de la forma en que se ingresa.

```

cab modulation-prof 3 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 3 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 3 long 9 232 0 8 16qam scram 152 no-diff 160 short uw16

```

4. Copie y pegue el resultado del Paso 3 en la configuración global.
5. Realice estos cambios: Cambie el UW de 8 a 16. Este cambio es necesario en los IUC cortos y largos que utilizan 16-QAM. Aumente la ráfaga máxima y el CW FEC en el IUC breve para optimizarlo para obtener rendimiento. Asegúrese de que los últimos CW para los IUC cortos y largos sean *cortos* en lugar de *fijos*. **Nota:** Estos cambios ya se han incorporado en los perfiles de modulación predeterminados en el código BC1 de Cisco IOS Software Release 12.2(15)BC1 y posteriores.

Si tiene la intención de realizar cambios de modulación dinámica y desea volver a QPSK si la planta se vuelve "ruidosa", utilice este perfil de modulación por cable 2:

```

cab modulation-prof 2 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 2 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 2 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 2 short 4 76 12 8 qpsk scram 152 no-diff 72 short uw8
cab modulation-prof 2 long 9 232 0 8 qpsk scram 152 no-diff 80 short uw8

```

Este perfil está optimizado para el rendimiento de paquetes ascendentes pequeños, como reconocimientos TCP. Debido a que el minislot está configurado para 2 ticks cuando se utiliza el ancho de canal de 3,2 MHz, los bytes son 8 por minislot. La ráfaga máxima se configura para 12 miniperíodos para el IUC corto, para mantener el total en 96 bytes.

Este es un perfil que un cliente está utilizando para realizar el seguimiento de la lista de inestabilidad de Cisco para las entradas:

```

cab modulation-prof 5 req 0 16 0 8 16qam scramb 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 5 initial 5 34 0 48 qpsk scramb 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 5 station 5 34 0 48 16qam scramb 152 no-diff 256 fixed uw16
cab modulation-prof 5 short 7 76 7 8 16qam scramb 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 5 long 9 232 0 8 16qam scramb 152 no-diff 160 short uw16

```

No hay contadores FEC o SNR por CM, pero *hay* solapas por CM. El uso de 16-QAM para el mantenimiento de la estación permite que el módem falle, si hay un problema que podría causar paquetes perdidos. La lista de inestabilidad se utiliza para realizar un seguimiento de la información por módem. El MC16x y MC28C no notifican el SNR por módem o el FEC por módem, por lo que el uso de la lista de inestabilidad podría ser beneficioso.

Nota: Las nuevas tarjetas de línea (MC16X/U, MC28X/U y MC5x20S/U) proporcionan SNR y FEC por-CM con los contadores **show cable modem phy** y **show interface cable slot/puerto sid-number** cuentan por *los contadores*, respectivamente.

Los niveles para mantener un CM en línea se realizan durante el mantenimiento de la estación, y cada proveedor de CM podría haber implementado sus preámbulos de manera diferente para QPSK o para 16-QAM. Es muy posible que cambiar la ráfaga de mantenimiento de la estación a 16-QAM pueda hacer que el CM parezca transmitir 3 dB más alto y, posteriormente, lograr 3 dB mejor SNR. El SNR se promedia para todos los CM, por lo que este logro es subjetivo.

Tenga en cuenta que, si bien la potencia de transmisión ascendente máxima requerida por DOCSIS es +58 dBmV para un cablemódem que utiliza QPSK, un cablemódem que utiliza 16-QAM sólo necesita transmitir a una potencia máxima de +55 dBmV. Esto podría tener un impacto en los sistemas de cable donde la atenuación ascendente total entre el módem y el CMTS es superior a 55 dB. R! en el comando **show cable modem** significa que está marcado y puede que necesite reducir la atenuación de la planta. La atenuación ascendente excesiva suele estar relacionada con problemas de caída del suscriptor o desalineación de la red. Puede estar justificado ejecutar el comando **cable upstream 0 power-adjust continue 6** para permitir que el módem permanezca en línea hasta que se haya solucionado el problema de atenuación excesiva.

Además, a algunos CM antiguos no les gusta 16-QAM para el Mantenimiento Inicial. Si el mantenimiento inicial es 16-QAM, es posible que el CM no vuelva a estar en línea. Esto también consume tiempo con el servidor DHCP, si se conectan físicamente.

Este es otro perfil que un cliente utiliza para un perfil más sólido y combinado:

```
cab modulation-prof 3 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 3 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 3 long 10 153 0 8 16qam scram 152 no-diff 200 short uw16
```

El preámbulo se alargó en el IUC largo y el tamaño de la CW se redujo para darle un mayor porcentaje de cobertura FEC; estos son los cálculos utilizados:

$$2*10/(2*10+153) = 11.5\%$$

Si la planta de HFC es demasiado ruidosa, pruebe las nuevas tarjetas de línea de Cisco (MC16X/U, MC28X/U y MC5x20S/U). Estas tarjetas tienen un frente PHY avanzado que incluye cancelación de ingreso, procesamiento de señal digital (DSP) front end y ecualización adaptativa. Para obtener más información sobre las nuevas funciones avanzadas de PHY, consulte [Tecnologías avanzadas de capa PHY para datos de alta velocidad sobre cable](#).

[Pasos para maximizar el éxito de una actualización de 16-QAM](#)

Para maximizar el éxito de una actualización 16-QAM, siga estos pasos:

1. Actualice el CMTS con el motor de procesamiento de red (NPE) más reciente.
2. Cambie la configuración para soportar 16-QAM en el flujo ascendente.
3. Instale una tarjeta MC16S, 28U o 5x20U, si fuera necesario.
4. Cambie el software Cisco IOS de código EC a código BC para ejecutar el código DOCSIS
 - 1.1. Algunas consideraciones para este cambio de código son: Es posible un éxito de CPU del 5 al 15 por ciento debido a la funcionalidad y sofisticación adicionales introducidas por DOCSIS 1.1 y a todas las nuevas funciones de la versión 12.2 del software del IOS de Cisco. Es posible que a algunos CM no les guste un último CW acertado y que fallen después de init(rc). Las solicitudes DHCP utilizan un IUC corto. El código EC utiliza un último

CW fijo para IUC cortos y largos, mientras que el código BC se acorta.

Estos pasos se pueden realizar para prepararse para una actualización 16-QAM:

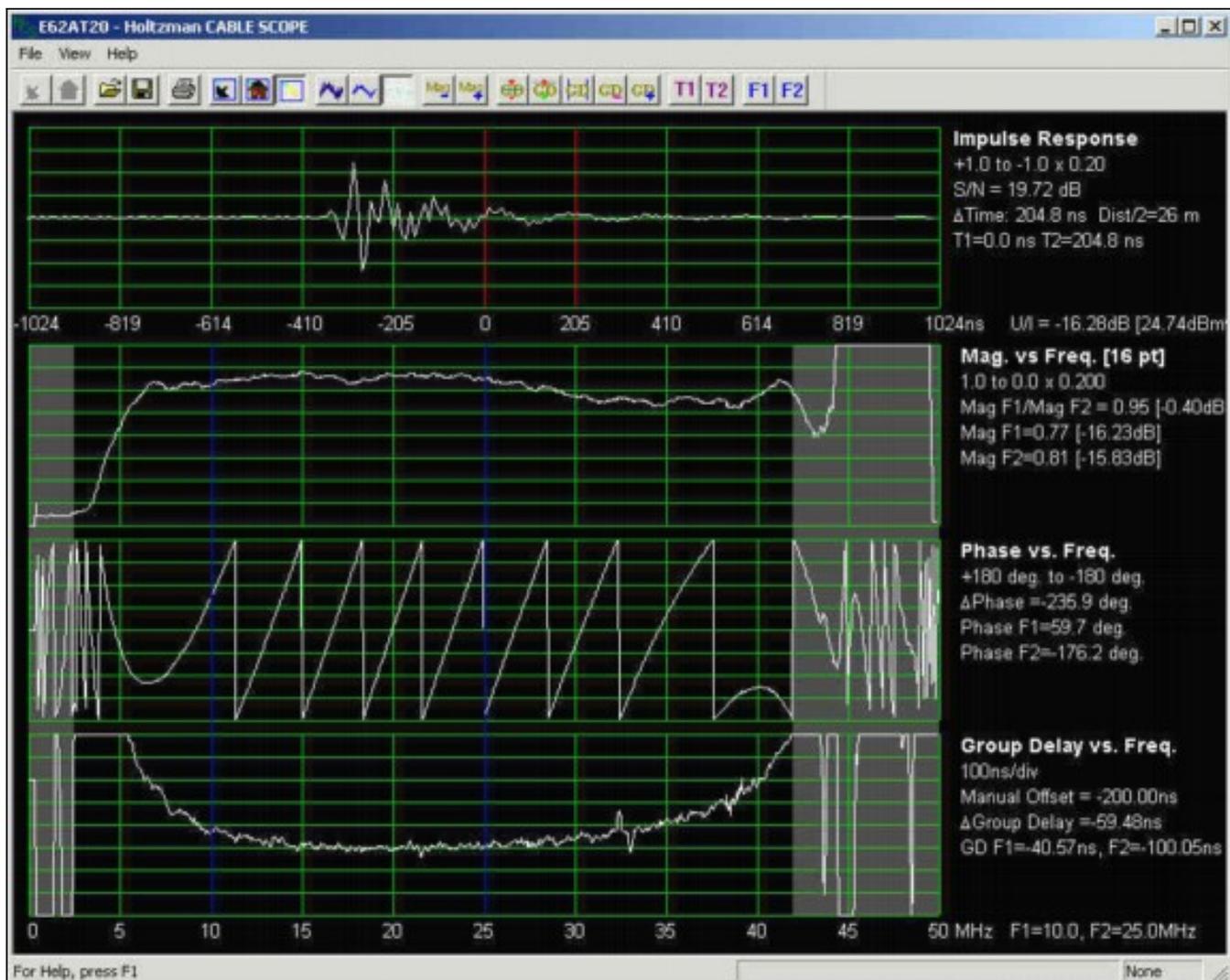
1. Ejecute **show running interface config**, **show controllers** y **show cable modem** para cada uBR donde se desee 16-QAM.
2. Identifique los puertos ascendentes donde se desea 16-QAM.
3. Utilice un analizador de espectro para confirmar que los coeficientes de portadora a ruido, portadora a ingreso y portadora a interferencia son de al menos 25 dB. Tenga cuidado al hacer preparativos basados en la estimación SNR de CMTS, como se ve en el comando **show controllers cable slot/port upstream upstream-port**, porque este valor es sólo una estimación proporcionada por el hardware receptor ascendente. Si tiene que depender solo de SNR, entonces un SNR de 25 o más es bueno; pero eso no significa que no tenga ruido de impulso ni otras deficiencias que no sean aparentes en la estimación de SNR. Utilice un analizador de espectro en modo de tramo cero con una configuración de ancho de banda de resolución de 3 MHz para capturar toda la entrada bajo la portadora y utilice una velocidad de barrido de 10 ms para capturar el ruido de impulso.
4. Utilice este perfil recomendado:

```
cab modulation-prof 4 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 4 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 4 long 9 232 0 8 16qam scram 152 no-diff 160 short uw16
```
5. Utilice un minislot de 2 cuando utilice un ancho de canal de 3,2 MHz. Ejecute el comando **cable upstream 0 minislot 2**.
6. Monitoree el comando **show cable hop** para detectar errores FEC corregibles e incorregibles. Para obtener más información sobre FEC y SNR, consulte [Errores FEC ascendentes y SNR como formas de garantizar la calidad y el rendimiento de los datos](#).
7. Configure **cable modem remote-query**, si es posible, y observe los niveles de transmisión CM antes y después de la actualización, para asegurarse de que no hayan cambiado. Algunos CM bajan o aumentan los niveles. Este es un problema del proveedor del módem. Vea también las lecturas CNR y SNR.

Sugerencias y recomendaciones

Estas sugerencias y recomendaciones aumentan el éxito de una actualización 16-QAM en diversos entornos:

- Aléjese de los "puntos calientes" de entrada conocidos, como 27 MHz (CB), 28 MHz (radio aficionado de 10 metros) y cualquier cosa por debajo de aproximadamente 20 MHz, debido al ruido eléctrico y a la entrada de radio de onda corta.
- Mantenga la portadora muy alejada de las áreas de desplazamiento del filtro diplex (normalmente por encima de aproximadamente 35 a 38 MHz), donde el retraso del grupo puede ser un problema importante. **Figura 7: Retraso de grupo ascendente**



16-QAM es especialmente propenso a la demora de grupo, lo que causa interferencia entre símbolos. El retraso del grupo puede ser un problema incluso cuando la respuesta de frecuencia es plana. [La figura 7](#), de un Holtzman, Inc. Cable Scope®, muestra una respuesta de frecuencia relativamente plana (el segundo rastro), pero observe el retraso del grupo degradado por debajo de aproximadamente 10 MHz y por encima de aproximadamente 35 MHz (el cuarto rastro). Elija una frecuencia de funcionamiento que minimice la probabilidad de retraso de grupo; las frecuencias de la gama de 20 a 35 MHz generalmente funcionan bien. El retraso del grupo se define en unidades de tiempo, normalmente nanosegundos (ns). En un sistema, red o componente sin demora de grupo, todas las frecuencias se transmiten a través del sistema, la red o el componente con la misma demora de tiempo. En términos simplificados, cuando no hay retardo de grupo en un sistema, red o componente, entonces todas las frecuencias dentro de un ancho de banda definido toman la misma cantidad de tiempo para atravesar ese sistema, red o componente. Cuando existe un retraso de grupo, las señales en algunas frecuencias llegan a momentos ligeramente diferentes a los de las señales en otras frecuencias. Esto también significa que los canales más amplios son más propensos a las diferencias de demora de grupo. Si el retraso del grupo de una red de cable excede una cierta cantidad, se produce una interferencia entre símbolos, lo que reduce la tasa de error de bits. Si bien la especificación de la interfaz de frecuencia de radio DOCSIS especifica no más de 200 ns/MHz en el flujo ascendente, se recomienda mantener el retraso total del grupo en el canal en 100 ns o menos para 16-QAM. Los problemas de respuesta de frecuencia en una red de cable también causan problemas de demora de grupo. La mejor manera para que un cableoperador mantenga una respuesta de frecuencia plana es barrer la red de forma regular. Las mediciones de demora del grupo ascendente generalmente

requieren equipos especializados, como el alcance de cable mencionado anteriormente. El alcance del cable muestra la respuesta del impulso ascendente, la "magnitud versus frecuencia" (respuesta de frecuencia), la fase versus la frecuencia y el retraso del grupo versus la frecuencia. Puede obtenerse más información en <http://www.holtzmaninc.com>. DOCSIS 1.1 podría ayudar a mitigar el flujo de amplitud y los problemas de demora de grupo con preigualación en los CM. Las nuevas tarjetas de línea MC16X/U, MC28X/U y MC5x20S/U podrían ayudar con la ecualización en el CMTS.

- Si utiliza la tarjeta MC16C o 28C, utilice un perfil de modulación estática de 16-QAM. Puede que no sea óptimo utilizar cambios de modulación dinámica con una tarjeta C porque los umbrales no se pueden cambiar (cuándo saltar y qué causa el salto). Déjelo en 16-QAM o utilice una tarjeta de línea MC16S, MC16X/U, MC28X/U o MC5x20S/U, cuando proceda, con grupos de espectro definidos.
- Si es posible, utilice una tarjeta MC16S con bandas de espectro y funciones de modulación dinámica. Active las funciones avanzadas de gestión del espectro y asígneles a los puertos ascendentes (US). Hacer dos canales de 3,2 MHz de ancho; por ejemplo, de 20 a 23,2 MHz y de 23,22 a 26,42 MHz. Para un salto de espectro adecuado, el algoritmo necesita aproximadamente 20 kHz entre bandas (ejecute el comando **Spectrum-group 1 band 2000000 23200000**). Active la modulación dinámica y asígnele a los puertos ascendentes (ejecute el comando **cable upstream 0 modulation-profile 3 2**). Asegúrese de que no se desee ningún cambio en el ancho del canal (ejecute el comando **cable upstream 0 channel width 3200000 3200000**).
- Utilice estos parámetros predeterminados: Prioridad de saltos de Frecuencia, Modulación y Ancho de canal que asegura el mayor rendimiento posible saltando primero la frecuencia; a continuación, si es necesario, cambiando la modulación. Debido a que el ancho del canal se establece en 3200000 3200000, el canal permanece en ese ancho. Un período de salto de 30 segundos garantiza que no se produzca un segundo cambio ascendente hasta 30 segundos después del primer cambio. El umbral de salto (el valor predeterminado es el 100%) realiza un seguimiento del mantenimiento de la estación y no es un buen indicador del estado ascendente. El valor predeterminado del 100% significa que todos los CM deben perder el mantenimiento de la estación antes de que se produzca un cambio ascendente. En lugar de utilizar este parámetro, es más relevante que el ascendente monitoree los errores CNR y FEC. Los umbrales CNR son 25 dB, 15 dB, 1% FEC corregible y 1% FEC incorregible. Podría ser beneficioso cambiar los umbrales basándose en un examen más a fondo de la configuración. Puede reducir un poco el primer umbral de CNR, como 22 dB, y hacer que el segundo umbral sea de aproximadamente 12 dB. El segundo umbral CNR no marca ninguna diferencia en este ejemplo, porque no está cambiando el ancho del canal. Se podría establecer muy bajo, como 8 dB. También puede establecer el umbral FEC corregible en un 3 por ciento, si lo desea. Ejecute el comando **cable upstream 0 threshold cnr-profile1 22 cnr-profile2 8 corr-Fec 3 uncorr-Fec 1**.
- Si se utilizan tarjetas MC16S, MC16X/U, MC28X/U o MC5x20S/U, una ventaja adicional será el uso de la herramienta Cisco Broadband Troubleshooter (CBT) para ver el espectro ascendente de forma remota. Hay un comando en el CMTS para ver también el piso de ruido: el comando **show controllers cable slot/port upstream upstream-port 5 42 1**.
- Podría ser beneficioso filtrar externamente cualquier ruido por debajo de 20 MHz, para ver si se observa algún cambio en el SNR notificado por CMTS. Arcom y Eagle Comtronics hacen estos filtros. A veces, el ruido a frecuencias bajas puede crear armónicos que caen sobre la frecuencia de datos ascendente prevista o caen en la frecuencia intermedia interna (IF) de 70 MHz de la corriente ascendente. Esto se observó en las tarjetas de línea antiguas que

estaban saturadas con demasiada señal a 35 MHz. También se ha observado que la radio de difusión de modulación de amplitud (AM) (de 0,5 MHz a 1,6 MHz) provoca un recorte láser ascendente en el nodo, lo que distorsiona todas las frecuencias ascendentes. Por lo tanto, observe todo el espectro en la entrada del láser ascendente del nodo.

Puntos varios

- Se pueden recomendar más puntos de barrido ascendente para equipos de barrido para obtener una mejor indicación de la respuesta de frecuencia ascendente, especialmente cuando se solucionan microreflexiones.
- Asegúrese de que el archivo de configuración de DOCSIS no tenga establecida la Velocidad mínima garantizada ascendente. El último código BC puede tener el control de admisión ascendente activado de forma predeterminada y establecido en el 100%. Es posible que algunos módems no se conecten y envíen reject(c). Realice el control de admisión al 1000 por ciento, apáguelo o elimine la velocidad mínima ascendente en el archivo de configuración DOCSIS.
- Si ofrece una velocidad descendente inferior a 84 kbps, ejecute el **comando downstream rate-limit token bucket shaping max delay 256**. El retraso predeterminado de 128 está optimizado para velocidades de flujo descendente superiores a 84 kbps. Este comando es relevante para el VXR pero no para el uBR10k.

Summary

Hay muchas funciones disponibles para ayudarle con una actualización de 16-QAM y mantener la disponibilidad del servicio lo más alta posible. Estas son algunas de las características y ventajas:

- Tarjetas S y U: "Mira antes de saltar", seguimiento de CNR y visualización de analizador remoto.
- Cambio de modulación dinámica: plan de copia de seguridad para 16-QAM.
- Umbrales ajustables: sin saltos inadvertidos.
- NPE-400 o G1: expansión de PPS en CPU.
- Tarjeta MC28U: procesador G1 incorporado, cancelación de ingreso, DSP, funciones de tarjeta S.
- Código BC: código DOCSIS 1.1 con concatenación, fragmentación y duplicación.

Nota final

Otro problema observado con las instalaciones de 16-QAM se ha asociado con microreflexiones. Las microreflexiones están resultando ser problemas significativos en algunos sistemas de cable que intentan implementar 16-QAM, especialmente en los entornos DOCSIS 1.0 sin una equalización adaptativa. Estas son algunas de las principales causas de microreflexiones:

- Terminadores de fin de línea defectuosos o faltantes (y tornillo de toma suelto en el conductor central del terminal).
- Uso de las llamadas grifos de terminación automática en los extremos de línea (por ejemplo, 4 dB de dos puertos, 8 dB de cuatro puertos, etc.).
- Falta de terminadores en los puertos no utilizados de las grifos de bajo valor: se ha

observado que el rendimiento mejora sustancialmente al finalizar todos los puertos no utilizados en 17 dB y las trampas de menor valor.

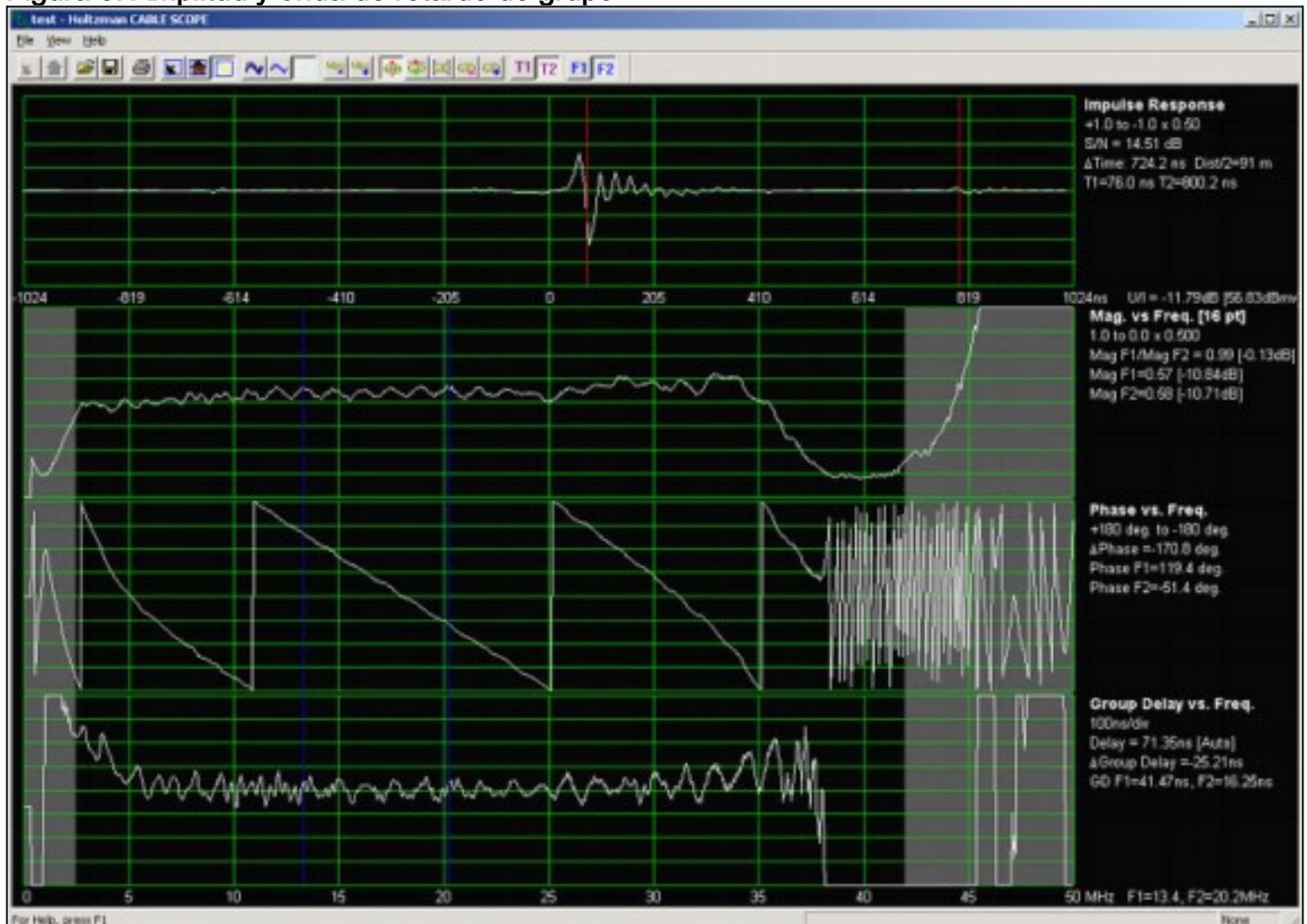
- Conectores sueltos o mal instalados, especialmente tornillos de toma sueltos en conectores de línea dura.
- Paquetes de línea dañados o defectuosos.

Por supuesto, las causas habituales de la caída también son un problema: aislamiento deficiente del divisor, falta de terminadores en puertos DC o divisores no utilizados, cables y conectores dañados, etc.

[La figura 8](#) es de un ámbito de cable de Holtzman, Inc. La figura muestra cómo la onda de amplitud en la respuesta de frecuencia ascendente (en este ejemplo en particular, causada por un eco o microreflexión de aproximadamente 724 ns) también provoca una onda de demora en el grupo. La traza superior es la respuesta del impulso, y el eco se ve aproximadamente 724 ns a la derecha del impulso principal. La segunda traza muestra la onda de amplitud causada por el eco, y la cuarta traza muestra la onda de demora del grupo resultante.

Consulte la sección [Suplemento](#) para obtener más información sobre microreflexiones.

Figura 8: Amplitud y onda de retardo de grupo



[Suplemento](#)

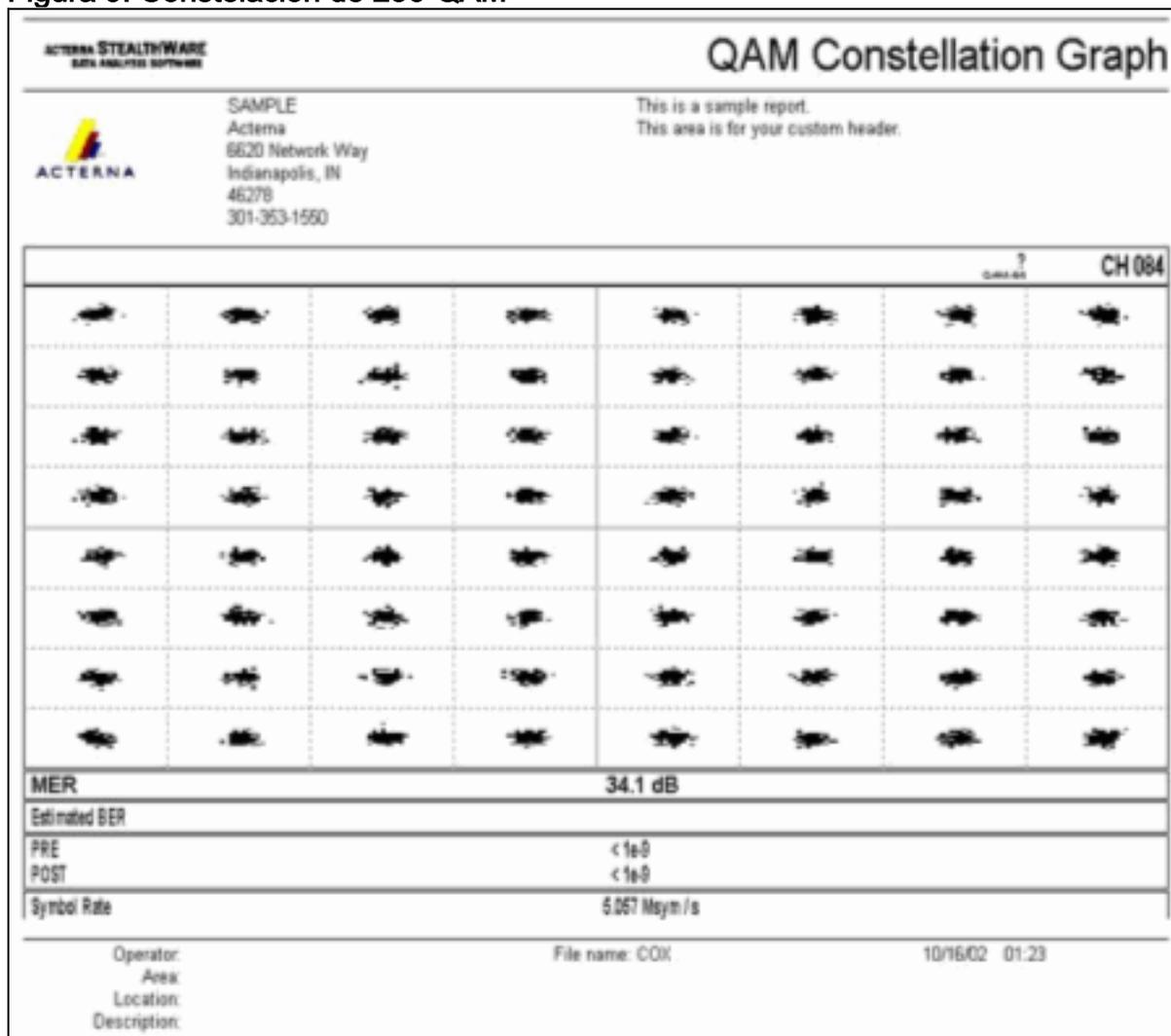
[Flujo descendente 256-QAM](#)

Si intenta ejecutar 256-QAM en el flujo descendente, asegúrese de que el nivel de potencia media

del operador con modulación digital es de 6 a 10 dB por debajo del nivel de un canal de TV analógico en la misma frecuencia. Muchos operadores de cable configuran señales 64-QAM a -10 dBc y 256-QAM a -5 a -6 dBc. Observe la constelación, el MER y la BER previa y posterior a la FEC para ver signos de compresión, interferencia del transmisor de barrido, recorte láser y otras deficiencias. Los órdenes más altos de modulación tienen una relación de potencia pico-media más alta y podrían causar un recorte láser ocasional e intermitente en sentido descendente. Los niveles de canales analógicos de TV podrían tener que reducirse ligeramente en los transmisores láser, si hay varias señales 256-QAM presentes.

La figura 9 muestra una constelación de 256-QAM con un MER de 34 dB. Un MER de menos de aproximadamente 31 dB es motivo de preocupación cuando se ejecuta 256-QAM.

Figura 9: Constelación de 256-QAM



Según la especificación de la interfaz de frecuencia de radio DOCSIS, el nivel de entrada de la portadora modulada digitalmente al cablemodem debe estar en el rango de -15 a +15 dBmV (la experiencia ha demostrado que de -5 a +5 dBmV es casi óptimo), y la potencia de entrada total (todas las señales de flujo descendente) debe ser inferior a 30 dBmV. Por ejemplo, si tiene 100 canales analógicos cada uno a +10 dBmV, esto equivaldría a esta potencia total:

$$10 + 10 \cdot \log(100) = 30 \text{ dBmV}$$

Si el ruido de impulso es un problema en el flujo descendente, el entrelazado descendente puede aumentarse a 64, desde el valor predeterminado de 32. Esto añade más latencia al ciclo ascendente Request y Grant, por lo que podría afectar ligeramente a las velocidades ascendente

por módem.

Microrreflexiones

Esta sección es de la columna de marzo de 2004 de Ron Hranac en la revista *Communications Technology* (cortesía de PBI Media, LLC).

Se ha limpiado la marcha atrás, logrando que la relación portadora-chatarra sea de 25 a 30 dB o superior. El ruido de entrada e impulso está bajo control. Los amperios hacia adelante y hacia atrás se han equilibrado. Ha movido la portadora modulada digitalmente ascendente del cable módem a una frecuencia central en el intervalo de 20-35 MHz, por lo que el retraso del grupo relacionado con el filtro diplex no supone un problema. Los responsables de datos modificaron los perfiles de modulación del sistema de terminación del cable módem (CMTS). A continuación, extrajo del switch y realizó el salto de la modulación por desplazamiento de fase cuadrada (QPSK) a 16-QAM (modulación de amplitud en cuadratura). En su mayor parte, las cosas funcionan razonablemente bien, pero los módems en algunas partes del sistema están teniendo problemas. ¿Un posible culpable? Microrreflexiones, reflexiones o ecos: llámelos como quieran, deben tomarse en serio. Encuentre y solucione la causa, y sus módems y clientes estarán mucho más felices. Volvamos a la teoría básica de la línea de transmisión por un momento. Idealmente, la fuente de señal, el medio de transmisión y la carga deberían tener la misma impedancia característica. Cuando esta condición existe, toda la energía de incidente de la fuente es absorbida por la carga —excluyendo la energía perdida por la atenuación en el medio de transmisión, por supuesto. En el mundo real de las redes de cable, la impedancia puede, en el mejor de los casos, considerarse nominal. Los desajustes de impedancia están por todas partes: conectores, entradas y salidas del amplificador, entradas y salidas pasivas del dispositivo e incluso el propio cable. En cualquier lugar donde exista una discordancia de impedancia, parte de la energía del incidente se refleja de vuelta hacia la fuente. La energía reflejada interactúa con la energía del incidente para producir ondas en pie, que se manifiestan como el conocido choque de ondas en pie que a veces se ve en las visualizaciones del receptor de barrido. Los ecos largos en el dominio de tiempo (es decir, aquellos que se compensan con la señal de incidente por una cantidad mayor que el período de símbolo de los datos afectados) implican un aumento de la amplitud con mayor separación en el dominio de frecuencia. En otras palabras: Si los picos de amplitud están ampliamente separados, la discordancia de impedancia está cerca. Si

los picos de la onda están cerca, la distancia a la falla es más lejana. No sólo los ecos causan ondas de amplitud, sino que también causan ondas de fase. El retraso del grupo (un impedimento que puede causar estragos con 16-QAM) se define como la tasa de cambio de fase con respecto a la frecuencia. La onda de amplitud fina (muy espaciada) produce una onda de fase fina, lo que a su vez puede dar lugar a una onda de retardo de grupo grande. Este fenómeno suele ser peor para los ecos largos. La experiencia de campo ha demostrado que no hay ciencia espacial cuando se trata de lo que realmente causa ecos. Una nota al margen: La atenuación del cable coaxial mucho más baja en las frecuencias ascendentes significa que los reflejos generalmente serán peores que en el flujo descendente. A continuación se presenta una lista de algunos de los problemas más comunes que se han identificado en plantas externas.

- Terminadores de fin de línea dañados o faltantes
- Terminadores de chasis dañados o faltantes en puertos no utilizados de acoplador direccional, divisor o amplificador de salida múltiple
- Tornillos de sujeción del conductor central flojo
- Los puertos de toque no utilizados no han finalizado. Se ha observado que esto es especialmente importante en las capturas de menor valor.
- Puertos pasivos de descarte no utilizados no terminados
- Uso de los llamados grifos de terminación automática (4 dB de dos puertos; 8 dB de cuatro puertos y 10/11 dB de ocho puertos) en los extremos de línea del alimentador. Estas tomas concretas son en realidad divisores y no terminan la línea a menos que todos los puertos F se terminen correctamente.
- Cable amarrado o dañado de otro modo (esto incluye el cable rajado, que causará una reflexión y entrada)
- Actores o pasivos defectuosos o dañados (dañados por el agua; llenado de agua; junta de soldadura en frío; corrosión; tornillos o hardware de la placa de circuito suelta; etc.)
- Televisores y reproductores de vídeo preparados para cable conectados directamente a la caída (la pérdida de devolución en la mayoría de los dispositivos preparados para cable es deficiente)
- Se ha encontrado que algunas trampas y filtros tienen una pérdida de retorno deficiente en el flujo ascendente, especialmente los que se utilizan para el servicio de sólo datos.

¿Cómo se pueden rastrear estas cosas? ¿Recuerda el

equipo de barrido que está recogiendo polvo en el estante? "Nuestra planta de HFC recién actualizada solo tiene <insertar número aquí> amperios en cascada después del nodo, por lo que ya no necesitamos barrer más". Sí, claro. Es posible que desee reconsiderar esa decisión, desempolvar el viejo equipo de barrido y actualizar su firmware a la última versión. Una forma de buscar problemas es utilizar la resolución de barrido más alta (número máximo de puntos de barrido) posible cuando se barre el flujo ascendente. El modelo 3010H/R de Calan (<http://sunrisetelecom.com/broadband/>) admite hasta 401 puntos de datos y el SDA-5000 (http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index_gbl.html) de Acterna ofrece una resolución de barrido máxima de 250 kHz. Una mayor resolución de barrido permitirá a los técnicos ver un flujo de amplitud más estrecho. Es cierto que la actualización de barrido puede tardar un poco más en funcionar con una resolución más fina, pero definitivamente ayudará cuando se trata de solucionar microreflexiones. Si realmente desea llegar a lo más mínimo, Cable Scope (<http://www.holtzmaninc.com/csscope.htm>) de Holtzman, Inc. puede mostrar la respuesta al impulso (ideal para ver el desplazamiento del tiempo del eco), la amplitud frente a la respuesta a la frecuencia, la fase frente a la frecuencia y el retraso del grupo frente a la frecuencia. John Downey, de Cisco, ofrece estos consejos a la hora de solucionar los problemas de respuesta de barrido relacionados con la reflexión:

- Los puntos de prueba resistentes facilitan una resolución de problemas más eficaz, ya que muestran con mayor facilidad ondas de pie en la respuesta de barrido.
- Utilice la fórmula $D = 492 \times V_p / F$ para calcular la distancia aproximada a una discordancia de impedancia. D es la distancia en pies a la falla desde el punto de ensayo; V_p es la velocidad de propagación del cable (normalmente ~ 0.87 para el cable de línea dura); y F es el delta de frecuencia en MHz entre los picos sucesivos de ondas permanentes en el rastro de barrido.
- Las sondas de prueba especializadas de Corning-Gilbert (<http://www.corning.com/corninggilbert/>) y Signal Vision (<http://www.signalvision.com/>) son mejores que el uso de adaptadores de alojamiento a F.

Otra herramienta que puede ser útil cuando se trata de mitigar los efectos de las microreflexiones es la ecualización adaptativa. DOCSIS 1.1 es compatible con la ecualización adaptativa de 8 pulsaciones y DOCSIS 2.0 es compatible con la ecualización adaptativa de 24

pulsaciones. Desafortunadamente, la gran base instalada de módems DOCSIS 1.0 tampoco se beneficiará de ninguno de los dos, ya que la ecualización adaptativa especificada en DOCSIS 1.1 y 2.0 se realiza mediante la preecualización en el propio módem. Los módems DOCSIS 1.0 generalmente no admiten la ecualización adaptativa.

Appendix

Las tablas 2, 3, 4 y 5 se pueden utilizar como una lista de verificación para el cumplimiento de DOCSIS de la red de cable.

Tabla 2: Salida CMTS o del convertidor ascendente (descendente)

Prueba realizada (Y-N)	Parámetro	Valor del parámetro	Valor medido o comentarios
	salida de CMTS de IF descendente	+42 dBmV ¹	
	Amplitud de portadora con modulación digital en la entrada del convertidor ascendente	+25 a +35 dBmV ²	
	Amplitud de portadora con modulación digital a la salida del convertidor ascendente	+50 a +61 dBmV	
	Frecuencia del centro de la portadora con modulación digital	De 91 a 857 MHz	
	Relación de portadora-ruido	>= 35 dB	
	MER ³	64-QAM: 27 dB mínimo 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ⁴ anterior a la FEC	—	
	BER ⁵ posterior a la FEC	<= 10 ⁻⁸	

	Amplitud de onda (plano en el canal)	3 dB ⁶	
	Evaluación de constelación	Busque evidencias de compresión de ganancia, ruido de fase, desequilibrio en fase y cuadratura (I-Q), interferencia coherente, ruido excesivo y recorte	

1. La mayoría de las tarjetas de línea Cisco CMTS compatibles con DOCSIS se especifican para proporcionar un nivel de potencia promedio de +42 dBmV (± 2 dB) en la salida de IF descendente.
2. Rango de entrada de nivel de potencia media nominal para la mayoría de los convertidores ascendentes externos. Compruebe las especificaciones del fabricante del convertidor ascendente para confirmar el nivel de entrada recomendado. **Nota:** Es posible que se requiera un atenuador en línea (pad) entre la salida CMTS IF y la entrada del convertidor ascendente.
3. MER descendente no es un parámetro DOCSIS. Los valores mostrados son valores mínimos que representan buenas prácticas de ingeniería. El TCM medido en la cabecera generalmente se encuentra en el rango de 34 a 36 dB o superior.
4. DOCSIS no especifica una BER previa a FEC mínima. Idealmente, no debería haber errores de bits previos a FEC en la salida CMTS o del convertidor ascendente.
5. Idealmente, no debería haber errores de bits post-FEC en la salida CMTS o del convertidor ascendente.
6. DOCSIS 1.0 especifica 0.5 dB para este parámetro; sin embargo, se relajó a 3 dB en DOCSIS 1.1.

Tabla 3: Transmisor láser de cabecera (descendente) o primera entrada de amplificador

Prueba realizada (Y-N)	Parámetro	Valor del parámetro	Valor medido o comentarios
	Nivel de potencia media de la portadora con modulación digital en relación con la amplitud visual de la portadora del canal de TV analógico	-10 a -6 dBc	
	Frecuencia del centro de la portadora con modulación	De 91 a 857 MHz	

	digital		
	Relación de portadora-ruido	≥ 35 dB	
	MER ¹	64-QAM: 27 dB mínimo 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ² anterior a FEC	—	
	BER ³ posterior a FEC	$\leq 10^{-8}$	
	Amplitud de onda (plano en el canal)	3 dB ⁴	
	Evaluación de constelación	Busque evidencia de compresión de ganancia, ruido de fase, desequilibrio de I-Q, interferencia coherente, ruido excesivo y recorte	

1. MER descendente no es un parámetro DOCSIS. Los valores mostrados son valores mínimos que representan buenas prácticas de ingeniería. El TCM medido en la cabecera generalmente se encuentra en el rango de 34 a 36 dB o superior.
2. DOCSIS no especifica una BER previa a FEC mínima. Idealmente, no debería haber errores de bits previos a la FEC en la entrada del láser de flujo descendente o del primer amplificador.
3. Idealmente, no debería haber errores de bits post-FEC en el láser de flujo descendente o en la primera entrada del amplificador.
4. DOCSIS 1.0 especifica 0.5 dB para este parámetro; sin embargo, se relajó a 3 dB en DOCSIS 1.1.

Tabla 4: Entrada descendente al cable módem

Prueba realizada (Y-N)	Parámetro	Valor del parámetro	Valor medido o comentarios
	Frecuencia del centro de la portadora con modulación digital	De 91 a 857 MHz	
	Nivel de potencia media de la portadora con modulación digital en relación con la amplitud visual	-10 a -6 dBc	

	de la portadora del canal de TV analógico		
	Nivel de potencia media de la portadora con modulación digital	-15 a +15 dBmV	
	Relación de portadora-ruido	>= 35 dB	
	Potencia de entrada de RF descendente total ¹	< +30 dBmV	
	MER ²	64-QAM: 27 dB mínimo 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ³ anterior a la FEC	—	
	BER posterior a FEC	<= 10 ⁻⁸	
	Evaluación de constelación	Busque evidencia de compresión de ganancia, ruido de fase, desequilibrio de I-Q, interferencia coherente, ruido excesivo y recorte	
	Amplitud de onda (plano en el canal)	3 dB ⁴	
	Modulación de hum	5% (-26 dBc)	
	Nivel máximo de operador visual de canal de TV analógico	+17 dBmV	
	Nivel mínimo de operador visual de canal de TV analógico	-5 dBmV	
	Retraso de tránsito de CMTS a la mayoría del cablemódem distante ⁵	<= 0,800 ms	
	Nivel de señal en pendiente, de 50 a 750 MHz	16 dB	
	Fluctuación de	75 ns	

	demora de grupo ⁶		
--	------------------------------	--	--

1. Potencia total de todas las señales de flujo descendente en el intervalo de frecuencia de 40 a 900 MHz.
2. MER descendente no es un parámetro DOCSIS. Los valores mostrados son valores mínimos que representan buenas prácticas de ingeniería.
3. DOCSIS no especifica un valor para la tasa de error de bits previa a FEC.
4. DOCSIS 1.0 especifica 0.5 dB para este parámetro; sin embargo, se relajó a 3 dB en DOCSIS 1.1.
5. Se podría estimar el retraso del tránsito.
6. El retraso del grupo en el canal puede medirse mediante AT2000RQ o AT2500RQ de Avantron; debe tener el firmware y el software más recientes. Consulte [Productos de Sunrise Telecom - Cable TV \(CATV\)](#).

Tabla 5: Entrada de flujo ascendente CMTS

Prueba realizada (Y-N)	Parámetro	Valor del parámetro	Valor medido o comentarios
	Ancho de banda de operador con modulación digital	200, 400, 800, 1600 o 3200 kHz	
	Velocidad de símbolo de operador con modulación digital	0.16, 0.32, 0.64, 1.28 o 2.56 Msym/s	
	Frecuencia del centro de la portadora con modulación digital	Debe estar dentro del espectro de 5 a 42 MHz	
	Amplitud de portadora con modulación digital ¹	De -16 a +26 dBmV, dependiendo de la velocidad del símbolo	
	Potencia total del espectro de radiofrecuencia de 5 a 42 MHz	$\leq +35$ dBmV	
	Relación de portadora-ruido	≥ 25 dB ²	
	Relación de portadora a interferencia	≥ 25 dB ²	
	Relación de potencia de la portadora al ingreso	≥ 25 dB ²	
	Modulación de hum	7% (-23 dBc)	

	Onda de amplitud	0.5 dB/MHz	
	Fluctuación de demora de grupo ³	200 ns/MHz	
	Retraso de tránsito desde el cable módem más distante al CMTS ⁴	<= 0,800 ms	

1. El valor predeterminado para los uBR de Cisco es 0 dBmV.
2. Medido en el puerto de entrada ascendente CMTS. El valor mostrado es un valor en el canal.
3. El retraso del grupo ascendente se puede medir con un instrumento como [Cable Scope de Holtzman, Inc.](#)
4. Puede estimarse el retraso del tránsito.

Referencias

Estas son algunas referencias que complementan las otras que se hacen a lo largo de este documento:

- [Cómo aumentar la disponibilidad y el rendimiento de la ruta de retorno](#)

Ron Hranac de Cisco escribió dos columnas en 16-QAM para la revista *Tecnología de las Comunicaciones*:

- [Historia de éxito de 16 QAM](#)
- [Más sobre 16-QAM](#)

Tom Williams de Holtzman, Inc. escribió un par de excelentes artículos sobre los impedimentos ascendentes. Conoce los detalles del retraso del grupo, entre otras cosas, y muestra que algunos de los parámetros de DOCSIS ascendentes asumidos no son suficientemente buenos:

- [Cómo Hacer Frente A Las Deficiencias De Los Datos Ascendentes: Optimice el rendimiento de la red hoy mismo, parte 1](#)
- [Solución de las deficiencias de los datos ascendentes - Parte 2 Medición de la distorsión lineal](#)

Información Relacionada

- [Perfiles de modulación ascendentes para las tarjetas de línea para cable](#)
- [Determinación de RF o problemas de configuración en el CMTS](#)
- [Cómo aumentar la disponibilidad y el rendimiento de la ruta de retorno](#)
- [Errores FEC ascendentes y SNR como modos para garantizar la calidad de los datos y el rendimiento](#)
- [Obtener mediciones de energía de una señal descendente DOCSIS mediante un analizador de espectro](#)
- [Compatibilidad con tecnología de cable de banda ancha](#)
- [Soporte Técnico y Documentación - Cisco Systems](#)