

Introducción al caudal de datos en un mundo DOCSIS

Contenido

[Introducción](#)

[Prerequisites](#)

[Requirements](#)

[Componentes Utilizados](#)

[Convenciones](#)

[Antecedentes](#)

[Bits, bytes y baudios](#)

[¿Qué es el canal de datos?](#)

[Cálculo de rendimiento del procesamiento](#)

[Factores restrictivos](#)

[Rendimiento descendente - MAP](#)

[Rendimiento ascendente - Latencia de DOCSIS](#)

[¿TCP o UDP?](#)

[Los protocolos TCP/IP de Windows](#)

[Factores de mejora de rendimiento](#)

[Definición del rendimiento](#)

[Mejora de la velocidad de acceso](#)

[Modulación y ancho de canal](#)

[Efecto de entrelazado](#)

[Avance de MAP dinámico](#)

[El efecto de la concatenación y la fragmentación](#)

[Velocidades de módems individuales](#)

[Beneficios de DOCSIS 2.0](#)

[Otros factores](#)

[Verificación del rendimiento](#)

[Summary](#)

[Conclusión](#)

[Información Relacionada](#)

[Introducción](#)

Antes de intentar medir el rendimiento de una red de cable, hay algunos factores restrictivos que debe tomar en consideración. Para diseñar e implementar una red muy confiable y disponible, debe comprender los principios básicos y los parámetros de medición del rendimiento de la red de cable. Este documento presenta algunos de esos factores restrictivos y después explica cómo optimizar y calificar realmente la producción y la disponibilidad en su sistema implementado.

Prerequisites

Requirements

Quienes lean este documento deben tener conocimiento de los siguientes temas:

- Especificación de interfaz para servicios de datos por cable (DOCSIS, Data-over-Cable Service Interface Specification)
- Tecnologías de radiofrecuencia (RF)
- Interfaz de línea de comandos (CLI) del software Cisco IOS®

Componentes Utilizados

Este documento no se limita a una versión específica de software o de hardware.

The information in this document was created from the devices in a specific lab environment. All of the devices used in this document started with a cleared (default) configuration. If your network is live, make sure that you understand the potential impact of any command.

Convenciones

For more information on document conventions, refer to the [Cisco Technical Tips Conventions](#).

Antecedentes

Bits, bytes y baudios

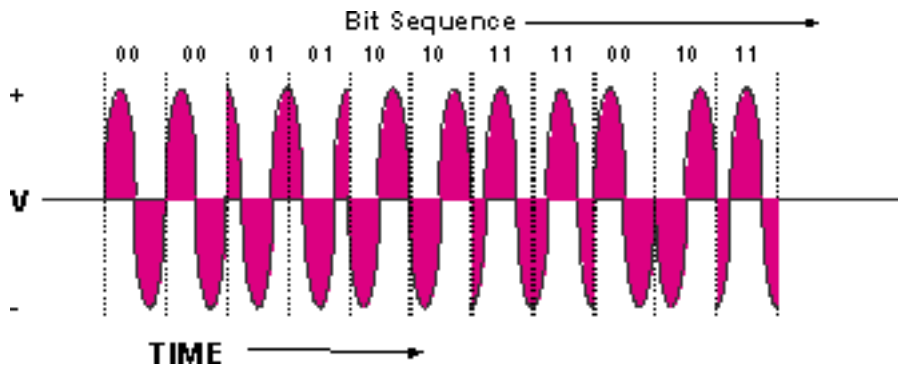
En esta sección, se explican las diferencias entre los bits, los bytes y los baudios. La palabra *bit* es una contracción de *Binary digiT* (dígito binario) y se suele simbolizar con la letra *b* en minúscula. Un dígito binario indica dos estados electrónicos: un estado "activo" o un estado "inactivo", a veces denominados "1" y "0".

Los *bytes* se simbolizan con una *B* en mayúscula y suelen constar de 8 bits. Un byte puede tener más de 8 bits, por lo cual el término más preciso para una palabra de 8 bits es *octeto*. Además, en un byte hay dos *nibbles*. Un nibble es una palabra de 4 bits, que es la mitad de un byte.

La velocidad de bits, o el rendimiento, se mide en bits por segundo (bps) y está asociada con la velocidad de una señal en un medio determinado. Por ejemplo, podría tratarse de una señal digital de banda base o quizás una señal análoga modulada condicionada para representar una señal digital.

Un tipo de señal analógica modulada es Codificación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK). Se trata de una técnica de modulación que manipula la fase de la señal a 90 grados para crear cuatro firmas diferentes, como se muestra en la [Figura 1](#). Estas firmas se denominan *símbolos*, mientras que su velocidad se mide en *baudios*. Baudio equipara los símbolos por segundo.

Figura 1: Diagrama de QPSK



Las señales de QPSK poseen cuatro símbolos diferentes; al cuatro se llega por 2^2 . El exponente indica la cantidad teórica de bits por ciclo (símbolo) que puede representarse: en este caso, 2. Los cuatro símbolos representan a los números binarios 00, 01, 10 y 11. Por ende, si se emplea una velocidad de símbolos de 2,56 Msímbolos/s para transportar una portadora de QPSK, se hablaría de 2,56 Mbaudios y la velocidad de bits teórica sería de $2,56 \text{ Msímbolos/s} \times 2 \text{ bits/símbolo} = 5,12 \text{ Mbps}$. Esto se explica mejor más adelante en este documento.

Quizás también esté familiarizado con el término *paquetes por segundo (PPS)*. Esta es una manera de calificar el rendimiento de un dispositivo a partir de los paquetes, más allá de si el paquete contiene una trama de Ethernet de 64 o 1518 bytes. A veces, el obstáculo para la red es la potencia de la CPU para procesar una cantidad determinada de PPS y no necesariamente los bps totales.

[¿Qué es el canal de datos?](#)

El rendimiento total de datos comienza con un cálculo de un rendimiento teórico máximo y luego concluye con el rendimiento efectivo. El rendimiento efectivo disponible para los suscriptores de un servicio siempre será inferior al máximo teórico y es lo que debe tratar de calcular.

El rendimiento depende de muchos factores:

- La cantidad total de usuarios
- La velocidad en el obstáculo
- El tipo de servicios a los que se accede
- El uso de la caché y el servidor proxy
- La eficiencia de la capa MAC
- El ruido y los errores en el cableado
- Muchos otros factores

La finalidad de este documento es explicar cómo optimizar el rendimiento y la disponibilidad en un entorno de DOCSIS, y explicar las limitaciones inherentes al protocolo que afectan el rendimiento. Si desea probar el rendimiento o resolver problemas de rendimiento, consulte [Soluciones para rendimiento lento en redes de cable módem](#). Para conocer la cantidad máxima recomendada de usuarios en un puerto de carga (US, upstream) o de descarga (DS, downstream), consulte [¿Cuál es la cantidad máxima de usuarios por CMTS?](#).

Las redes cableadas antiguas emplean como protocolo MAC el sondeo o el acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD, carrier sense multiple access collision detect). Los módems DOCSIS modernos emplean un plan de reservas, mediante el cual solicitan un tiempo para transmitir y el CMTS otorga períodos según la disponibilidad. A los cable módems, se les asigna una ID de servicio (SID, Service ID) relacionada con los parámetros de clase de servicio (CoS) o calidad de servicio (QoS).

En una red de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, time division multiple access) inconstante, debe limitar la cantidad total de cable módems (CM) que pueden transmitir en simultáneo, si desea garantizar una velocidad de acceso determinada a todos los usuarios. La cantidad total de usuarios simultáneos se basa en una distribución de Poisson, que es un algoritmo de probabilidad estadística.

La ingeniería de tráfico, como estadística empleada en redes de telefonía, representa alrededor del 10% del uso máximo. Este cálculo va más allá de la finalidad de este documento. El tráfico de datos, en cambio, es diferente al tráfico de voz y cambiará cuando los usuarios conozcan más sobre computación o cuando haya más disponibilidad de servicios de voz por IP (VoIP) y video a la carta (VoD, Video on Demand). Por simplicidad, pensemos en un máximo de 50% de los usuarios y que el 20% de ellos están descargando al mismo tiempo. Esto también equivaldría a un uso máximo del 10%.

Todos los usuarios simultáneos luchan por el acceso a US y DS. Muchos módems pueden activarse para la consulta inicial, pero sólo uno puede activarse en el US en un instante de tiempo determinado. Esto es bueno en cuanto a la contribución de ruido, ya que solo un módem por vez suma su complemento de ruido al efecto general.

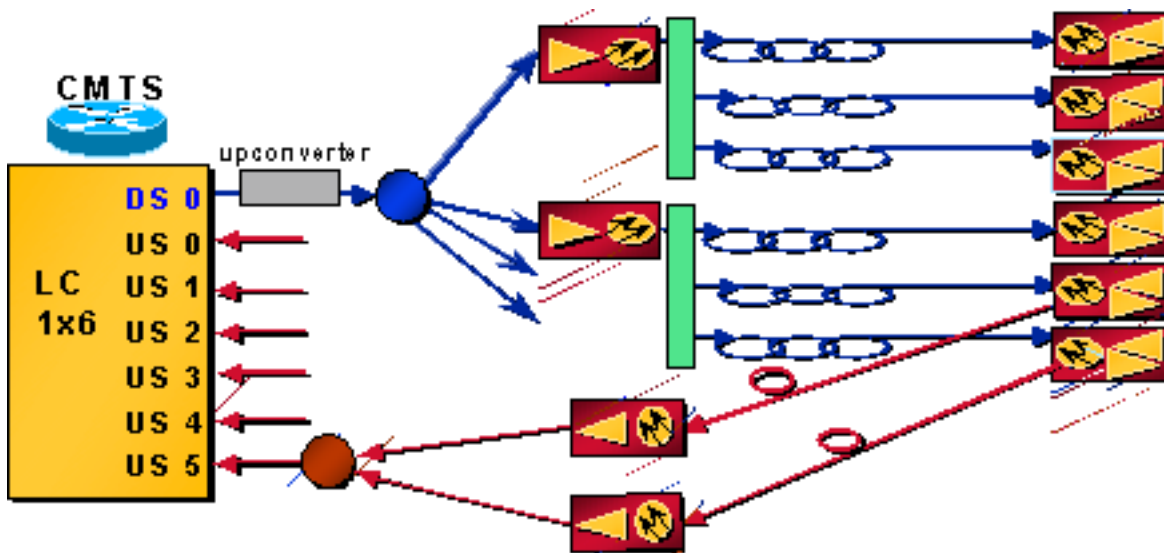
Una limitación inherente al estándar actual es que se necesita cierto rendimiento para mantenimiento y aprovisionamiento, cuando muchos módems están vinculados a un sistema de terminación de cable módems (CMTS, cable modem termination system). Esto se obtiene de la carga útil real para los clientes activos. Esto se denomina *sondeo de keepalive* y suele darse cada 20 segundos para DOCSIS, aunque la frecuencia puede ser mayor. Además, las velocidades de US por módem pueden limitarse mediante los mecanismos de solicitud y otorgamiento, como se explica más adelante en este documento.

Nota: Recuerde que las referencias al tamaño del archivo están en bytes compuestos por 8 bits. Por ende, 128 kbps equivalen a 16 KBps. Del mismo modo, 1 MB en realidad equivale a 1 048 576 bytes, no a 1 millón de bytes, ya que los números binarios siempre producen potencias de 2. Un archivo de 5 MB en realidad es de $5 \times 8 \times 1\,048\,576 = 41,94$ Mb y podría demorar más de lo pensado en descargarse.

[Cálculo de rendimiento del procesamiento](#)

Supongamos que se usa una tarjeta CMTS con un puerto de DS y seis de US. El puerto de DS se divide para alimentar a alrededor de 12 nodos. La mitad de esta red se presenta en la [Figura 2](#).

Figura 2: Diseño de red



- 500 hogares por nodo × 80% de aceptación de cable × 20% de aceptación de módem = 80 módems por nodo
- 12 nodos × 80 módems por nodo = 960 módems por puerto de DS

Nota: Muchos operadores de servicios múltiples (MSO) ahora cuantifican sus sistemas como HHP (HHP) por nodo. Esta es la única constante en las arquitecturas actuales, donde puede tener suscriptores de televisión satelital (DBS, direct broadcast satellite) que compran servicios de datos de alta velocidad (HSD, high speed data) o solo telefonía sin servicios de video.

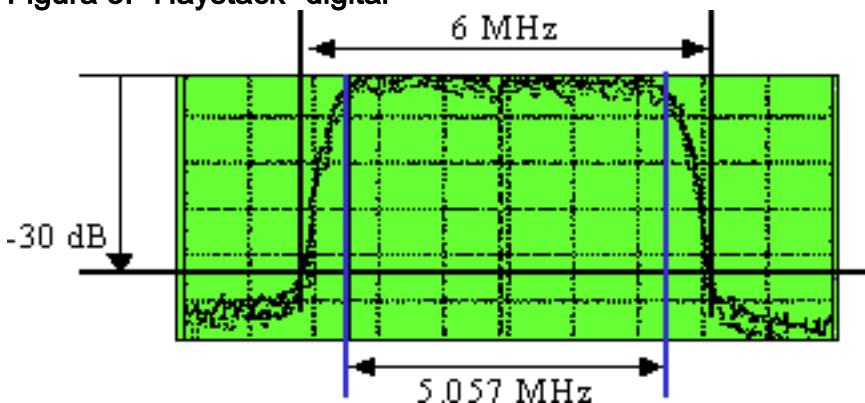
Nota: La señal de US de cada uno de esos nodos probablemente se combinará en una relación 2:1 para que dos nodos alimenten un puerto de US.

- 6 puertos de US × 2 nodos por US = 12 nodos
- 80 módems por nodo × 2 nodos por US = 160 módems por puerto de US.

Velocidad de descarga

Velocidad de símbolos de DS = 5,057 Msímbolos/s o Mbaudios. Una atenuación de filtro (alfa) de alrededor del 18% arroja $5,057 \times (1 + 0,18)$ = "haystack" de ~6 MHz de ancho, como se presenta en la [Figura 3](#).

Figura 3: "Haystack" digital



Si se emplea 64-QAM, entonces $64 = 2$ a la 6ta potencia (2^6). El exponente 6 significa 6 bits por símbolo para 64-QAM; entonces queda $5,057 \times 6 = 30,3$ Mbps. Tras calcular todo el sobrecosto de la corrección de errores hacia adelante (FEC, forward error correction) y de Motion Picture Experts Group (MPEG), quedan alrededor de 28 Mbps para la carga útil. Esta carga útil se reduce

aún más, porque también se comparte con la señalización de DOCSIS.

Nota: ITU-J.83 El Anexo B indica FEC Reed-Solomon con un código 128/122, lo que significa 6 símbolos de sobrecarga por cada 128 símbolos, de ahí $6 / 128 = 4,7$ por ciento. La codificación reticulada es 1 byte cada 15 bytes para 64-QAM y 1 byte cada 20 bytes para 256-QAM. Hablamos de 6,7% y 5% respectivamente. MPEG-2 está compuesto por paquetes de 188 bytes con 4 bytes de sobrecosto (a veces, 5 bytes), lo cual arroja $4,5 / 188 = 2,4\%$. Por eso, verá indicada una velocidad de 27 Mbps para 64-QAM y 38 Mbps para 256-QAM. Recuerde que los paquetes de Ethernet también tienen 18 bytes de sobrecosto, ya se trate de un paquete de 1500 o de 46 bytes. Hay 6 bytes de sobrecosto de DOCSIS y de IP también, lo cual podría dar un total de alrededor de 1,1 a 2,8% de sobrecosto adicional y podría sumar otro 2% de sobrecosto para tráfico de protocolo MAP de DOCSIS. Las velocidades reales detectadas para 64-QAM han estado más cerca de los 26 Mbps.

En el caso muy remoto de que los 960 módems descarguen datos exactamente al mismo tiempo, cada uno recibirá apenas alrededor de 28 kbps. Si tomamos un escenario más realista, con un pico de uso del 10%, se obtiene un rendimiento teórico de 280 kbps como peor escenario posible en el momento de mayor actividad. Si hubiera un solo cliente en línea, recibiría en teoría 26 Mbps; pero las confirmaciones de US que deben transmitirse para el protocolo TCP limitan el rendimiento de DS, y quedan en evidencia otros obstáculos, como la PC o la tarjeta de interfaz de red (NIC, Network Interface Card). En realidad, la compañía de cable limita esta velocidad a 1 o 2 Mbps, para no generar una percepción de rendimiento disponible que nunca se podrá alcanzar cuando se suscriba más gente.

[Hacia el procesador](#)

La modulación de US de DOCSIS de QPSK a 2 bits/símbolo da alrededor de 2,56 Mbps. Esto se calcula al hacer la velocidad de símbolos de $1,28 \text{ Msímbolos/s} \times 2 \text{ bits/símbolo}$. El alfa del filtro es del 25%, lo cual da un ancho de banda (BW, bandwidth) de $1,28 \times (1 + 0,25) = 1,6 \text{ MHz}$. Reste alrededor del 8% para FEC, si se emplea. También hay un sobrecosto de alrededor de 5% a 10% por mantenimiento, períodos reservados para competencia y confirmaciones. Por ende, hay alrededor de 2,2 Mbps, que se comparten entre 160 clientes potenciales por puerto de US.

Nota: tara de capa DOCSIS = 6 bytes por trama Ethernet de 64 bytes a 1518 bytes (podría ser de 1522 bytes, si se utiliza etiquetado VLAN). Esto también depende del tamaño de la ráfaga máxima y de si se emplea concatenación o fragmentación.

- La FEC de US es variable: $\sim 128 / 1518$ o $\sim 12 / 64 = \sim 8\% \sim 18\%$. Alrededor del 10% se emplea para mantenimiento, períodos reservados para competencia y confirmaciones.
- Seguridad de BPI o encabezados extendidos = 0 a 240 bytes (en general de 3 a 7).
- Preámbulo = 9 a 20 bytes.
- Intervalo de guarda ≥ 5 símbolos = ~ 2 bytes.

Si suponemos un pico de uso del 10%, tenemos $2,2 \text{ Mbps} / (160 \times 0,1) = 137,5 \text{ kbps}$ como la peor carga útil posible por suscriptor. Para el uso de datos residencial típico (por ejemplo, navegación en Internet), probablemente no necesite tanto rendimiento de US como de DS. Esta velocidad puede llegar a ser suficiente para uso residencial, pero no es suficiente para implementaciones de servicios comerciales.

[Factores restrictivos](#)

Existen muchísimos factores limitantes para el rendimiento "real" de los datos. Estos van desde el

ciclo de solicitud y otorgamiento hasta la intercalación de DS. Conocer las limitaciones lo ayudará a definir las expectativas y ofrecer optimización.

Rendimiento descendente - MAP

La transmisión de mensajes MAP enviados a módems reduce el rendimiento de DS. Se envía un MAP de tiempo en la DS, para que los módems puedan solicitar tiempo para la transmisión de US. Si se envía un MAP cada 2 ms, tenemos $1 / 0,002 \text{ s} = 500 \text{ MAPs/s}$. Si el MAP toma hasta 64 bytes, eso equivale a $64 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits por byte} \times 500 \text{ MAPs/s} = 256 \text{ kbps}$. Si tiene seis puertos de US y uno de DS en un mismo blade en el chasis del CMTS, hay un rendimiento de DS de $6 \times 256 \text{ 000 bps} = \sim 1,5 \text{ Mbps}$ empleado para admitir todos los mensajes MAP de los módems. Esto es suponiendo que el MAP tenga 64 bytes y se envíe realmente cada 2 ms. En realidad, el tamaño de los MAP puede ser levemente superior, según el esquema de modulación y la cantidad de ancho de banda de US empleado. Esto fácilmente podría representar un sobrecosto del 3% al 10%. Además, en el canal de DS se transmiten otros mensajes de mantenimiento del sistema. Estos también constituyen un sobrecosto; sin embargo, el efecto suele ser ínfimo. Los mensajes MAP pueden representar una carga para la unidad de procesamiento central (CPU, Central Processing Unit) y también para el rendimiento de DS, ya que la CPU necesita llevar un seguimiento de todos los MAP.

Al colocar cualquier canal de TDMA y de acceso múltiple por división de código estándar (S-CDMA, standard code division multiple access) en el mismo US, el CMTS debe enviar "doble map" para cada puerto físico. Por ende, se duplica el consumo de ancho de banda de MAP de DS. Esto es parte de la especificación de DOCSIS 2.0 y es necesario para la interoperabilidad. Además, también se duplican las descripciones de los canales de US y otros mensajes de control de US.

Rendimiento ascendente - Latencia de DOCSIS

En la ruta de US, el ciclo de solicitud y otorgamiento entre el CMTS y el CM solo puede emplear la mitad de los MAP como máximo, según el tiempo de ida y vuelta (RTT, Round Trip Time), la longitud del MAP y el tiempo de avance del MAP. Esto se debe al RTT afectado por la intercalación de DS, al hecho de que DOCSIS permite a los módems una sola solicitud pendiente a la vez y a la "latencia de solicitud a otorgamiento" asociada. Esta latencia se atribuye a las comunicaciones entre los CM y el CMTS, que depende del protocolo. En resumen, los CM deben primero solicitar permiso desde el CMTS para enviar los datos. El CMTS debe atender estas solicitudes, verificar la disponibilidad del planificador de MAP y asignar un lugar en la cola para la siguiente oportunidad de transmisión unidifusión. Esta comunicación de ida y vuelta, exigida por el protocolo DOCSIS, produce la latencia. El módem puede perder la mitad de los MAP, porque está esperando en la DS el otorgamiento para la última solicitud.

Un intervalo de MAP de 2 ms genera $500 \text{ MAP por segundo} / 2 = \sim 250$ oportunidades de MAP por segundo, es decir, 250 PPS. Los 500 MAP se dividen por 2 porque, en cableado "real", el RTT entre la solicitud y el otorgamiento es muy superior a 2 ms. Puede superar los 4 ms, lo cual sería la mitad de las oportunidades de MAP. Si los paquetes típicos compuestos por tramas de Ethernet de 1518 bytes se envían a 250 PPS, esto equivaldría a alrededor de 3 Mbps, porque en un byte hay 8 bits. Entonces, éste es un límite práctico para el rendimiento ascendente de un solo módem. Si hay un límite de alrededor de 250 PPS, ¿qué sucede si los paquetes son pequeños (64 bytes)? Son sólo 128 kbps. Aquí es donde ayuda la concatenación; consulte en este documento la sección [El efecto de la concatenación y la fragmentación](#).

Según la velocidad de símbolos y el esquema de modulación empleados para el canal de US,

podría demorarse alrededor de 5 ms en enviar un paquete de 1518 bytes. Si se tarda más de 5 ms en enviar una US de paquete al CMTS, el CM perdió alrededor de tres oportunidades de MAP en la DS. Ahora los PPS son apenas 165, aproximadamente. Si reduce el tiempo de MAP, podría haber más mensajes de MAP pero más sobre costo de DS. Al haber más mensajes de MAP habrá más oportunidades de transmisión de US, pero en cableado híbrido fibra-coaxial (HFC, hybrid fiber-coaxial) real de todas formas se pierden más de esas oportunidades.

Por fortuna, DOCSIS 1.1 suma el Servicio de otorgamiento sin solicitud (UGS, Unsolicited Grant Service), que permite al tráfico de voz sortear este ciclo de solicitud y otorgamiento. En cambio, los paquetes de voz se programan cada 10 o 20 ms hasta que finaliza la llamada.

Nota: Cuando un CM está transmitiendo un bloque grande de datos US (por ejemplo, un archivo de 20 MB), obtendrá solicitudes de ancho de banda en paquetes de datos en lugar de utilizar solicitudes discretas, pero el módem todavía tiene que hacer el ciclo Request-and-Grant. Esta combinación permite que las solicitudes se envíen junto con los datos en períodos especiales, en lugar de períodos de competencia, a fin de eliminar las colisiones y el daño de solicitudes.

¿TCP o UDP?

Un aspecto que se suele pasar por alto al probar el rendimiento es el protocolo empleado. ¿Se trata de un protocolo orientado a la conexión, como TCP, o uno sin conexión, como el UDP? UDP envía información sin importar la calidad recibida. Esto se suele definir como una entrega de "mejor esfuerzo". Si se reciben algunos bits por error, uno se los arregla y pasa a los siguientes bits. TFTP es otro ejemplo de este protocolo de mejor esfuerzo. Se trata de un protocolo típico para audio en tiempo real o transmisiones de video. TCP, en cambio, exige una confirmación de que el paquete enviado se recibió correctamente. FTP es un ejemplo de esto. Si la red tiene buen mantenimiento, el protocolo puede tener la suficiente dinámica para enviar más paquetes de forma consecutiva antes de que se solicite una confirmación. Esto se denomina "ampliar el período" y es parte estándar del protocolo de control de transmisiones.

Nota: Una cosa que hay que tener en cuenta sobre TFTP es que, aunque utiliza menos sobrecarga porque utiliza UDP, suele utilizar un enfoque de retorno de pasos, lo que es terrible para el rendimiento. Esto significa que nunca habrá más de un paquete de datos pendiente. Por ende, nunca será bueno para evaluar el rendimiento verdadero.

La cuestión aquí es que el tráfico de DS generará tráfico de US por las confirmaciones. Además, si una interrupción breve en la US genera la pérdida de una confirmación de TCP, también será más lento el flujo de TCP. Esto no sucede con UDP. Si se corta la ruta de US, el CM no podrá efectuar el sondeo de keepalive a alrededor de los 30 segundos y comenzará a buscar DS nuevamente. Tanto TCP como UDP resisten a las interrupciones breves, porque los paquetes de TCP van a una cola o se pierden y el tráfico de UDP de DS se mantiene.

El rendimiento total ascendente puede limitar también el rendimiento del DS. Por ejemplo, si el tráfico de DS va por cableado coaxial o por satélite y el tráfico de US va por líneas telefónicas, el rendimiento de US de 28,8 kbps puede mantener el rendimiento de DS por debajo de 1,5 Mbps, aunque quizás se haya publicitado un máximo de 10 Mbps. Esto se debe a que el link de baja velocidad agrega latencia al flujo de US de acuses de recibo y esto hace que TCP reduzca la velocidad del flujo de DS. Para aliviar este problema, Telco Return aprovecha el protocolo punto a punto (PPP) y hace mucho más pequeñas las confirmaciones.

La generación de MAP de la DS afecta el ciclo de solicitud y otorgamiento en la US. Con el tráfico de TCP, las confirmaciones también deben pasar por el ciclo de solicitud y otorgamiento. La DS

puede verse muy afectada si las confirmaciones no se concatenan en la US. Por ejemplo, al usar juegos se puede enviar tráfico de DS en paquetes de 512 bytes. Si la US está limitada a 234 PPS y la DS es de 2 paquetes por confirmación, esto sería $512 \times 8 \times 2 \times 234 = 1,9$ Mbps.

Los protocolos TCP/IP de Windows

Las velocidades típicas de Windows son 2.1 a 3 Mbps de descarga. Los dispositivos con UNIX o Linux suelen rendir mejor, porque tienen mejores protocolos TCP/IP y no necesitan enviar una confirmación cada dos paquetes de DS recibidos. Puede verificar si la limitación de rendimiento se encuentra dentro del controlador TCP/IP de Windows. En general, este controlador no ofrece un buen funcionamiento cuando hay rendimiento limitado de confirmaciones. Puede utilizar un analizador de protocolos de Internet. Esto es un programa diseñado para presentar los parámetros de su conexión a Internet, que se obtienen directamente de los paquetes de TCP que usted envía al servidor. Un analizador de protocolos funciona como un servidor web especializado. Sin embargo, no ofrece diferentes páginas web, sino que responde a todas las solicitudes con la misma página. Los valores varían según la configuración de TCP de su cliente solicitante. Luego transfiere el control a un script que efectúa el verdadero análisis y presenta los resultados. Un analizador de protocolos puede ayudarlo a verificar que los paquetes descargados tengan 1518 bytes (unidad máxima de transmisión [MTU, Maximum Transmission Unit] de DOCSIS) y que las confirmaciones de US estén entre 160 y 175 PPS. Si los paquetes están por debajo de estas velocidades, actualice los controladores de Windows y ajuste el host de UNIX o Windows NT.

Para ajustar el host de Windows, puede cambiar la configuración en el Registro. En primer lugar, puede incrementar la MTU. El tamaño del paquete, denominado MTU, es la cantidad máxima de datos que puede transferirse en una trama física de la red. Para Ethernet la MTU es de 1518 bytes, para PPPoE es de 1492, mientras que para las conexiones de Internet por acceso telefónico suele ser de 576. La diferencia se debe a que, al emplear paquetes más grandes, el sobre costo es inferior, hay menos decisiones de routing y los clientes tienen menos procesamiento de protocolos e interrupciones de dispositivos.

Cada unidad de transmisión consiste en datos actuales y del encabezado. Para los datos reales se emplea el término tamaño máximo de segmento (MSS, Maximum Segment Size), que define al segmento más grande de datos de TCP que puede transmitirse. Básicamente, $MTU = \text{encabezados de TCP/IP} + MSS$. Por ende, le conviene ajustar su MSS en 1380, para reflejar el máximo de datos útiles en cada paquete. Además, puede optimizar el período de recepción (RWIN, Receive Window) predeterminado tras ajustar la configuración actual de MTU y MSS: un analizador de protocolos le sugerirá el valor ideal. Un analizador de protocolos también puede ayudarlo a garantizar estas configuraciones:

- Detección de MTU ([RFC1191](#)) = ENCENDIDO
- Reconocimiento selectivo ([RFC2018](#)) = ACTIVADO
- Marcas de tiempo ([RFC1323](#)) = OFF
- Tiempo de duración (TTL, Time to Live) = Activado

Los diferentes protocolos de red se benefician con diferentes configuraciones de red en el Registro de Windows. La configuración óptima de TCP para cable módems parece ser diferente a la configuración predeterminada de Windows. Por lo tanto, cada sistema operativo posee información específica sobre cómo optimizar el registro. Por ejemplo, Windows 98 y las versiones posteriores tienen algunas mejoras en la pila TCP/IP. Estos incluyen:

- Compatibilidad con períodos grandes, como se describe en [RFC1323](#)
- Compatibilidad con confirmaciones selectivas (SACK, Selective Acknowledgments)

- Compatibilidad con retransmisión y recuperación rápidas

La actualización de WinSock 2 para Windows 95 admite grandes ventanas TCP y marcas de tiempo, lo que significa que podría utilizar las recomendaciones de Windows 98 si actualiza el socket original de Windows a la versión 2. Windows NT difiere ligeramente de Windows 9x en la forma en que administra TCP/IP. Recuerde que, si aplica los retoques en Windows NT, verá una mejora de rendimiento inferior que en Windows 9x, simplemente porque NT está más optimizado para redes.

Sin embargo, para cambiar el Registro de Windows hacen falta ciertos conocimientos sobre la personalización de Windows. Si no se siente cómodo editando el Registro, deberá descargar de Internet un parche "listo para usar" que defina automáticamente los valores óptimos en el Registro. Para editar el Registro, debe emplear un editor, como Regedit (elija **INICIO > Ejecutar y escriba Regedit en el campo Abrir**).

[Factores de mejora de rendimiento](#)

[Definición del rendimiento](#)

Existen muchos factores que pueden afectar el rendimiento de los datos:

- La cantidad total de usuarios
- La velocidad en el obstáculo
- El tipo de servicios a los que se accede
- El uso del servidor de caché
- La eficiencia de la capa MAC
- El ruido y los errores en el cableado
- Muchos otros factores, como las limitaciones dentro del controlador de TCP/IP de Windows

Cuanto más usuarios compartan el "canal", más lento será el servicio. Además, el obstáculo puede ser el sitio web al que busca acceder y no su red. Al tomar en cuenta el servicio empleado, la navegación por Internet y el correo electrónico son muy ineficientes en cuanto a tiempo. Si se emplea transmisión de video, se necesitan muchos más períodos para este tipo de servicio.

Puede utilizar un servidor proxy para guardar algunos sitios descargados con frecuencia en la caché de una computadora de su red de área local, a fin de aliviar el tráfico en toda la Internet.

Si bien "reserva y otorgamiento" es el esquema preferido para los módems DOCSIS, existen limitaciones para las velocidades por módem. Este esquema es mucho más eficiente para uso residencial que para sondeo o CSMA/CD puro.

[Mejora de la velocidad de acceso](#)

Muchos sistemas están reduciendo la relación de hogares por nodo de 1000 a 500 a 250 a red óptica pasiva (PON, passive optical network) o fibra al hogar (FTTH, fiber-to-the-home). PON, si se diseña correctamente, puede pasar hasta 60 personas por nodo sin conexión de redes activas. FTTH se está probando en algunas regiones, pero aún es muy costosa para la mayoría de los usuarios. En realidad podría ser peor, si se reducen los hogares por nodo pero aún se combinan los receptores en la cabecera. Dos receptores de fibra son peores que uno, pero, cuantos menos hogares por fibra, menos probabilidades de sufrir recorte de láser en el acceso.

La técnica de segmentación más obvia es agregar más equipos de fibra óptica. Algunos diseños

más nuevos reducen la cantidad de hogares por nodo a 50 a 150 HHP. No tiene sentido reducir los hogares por nodo si de todas formas los vuelve a combinar en la cabecera (HE, headend). Si dos enlaces ópticos de 500 hogares por nodo se combinan en la HE y comparten el mismo puerto de US de CMTS, esto sería muy posiblemente peor que utilizar un enlace óptico de 1000 hogares por nodo.

Muchas veces, el enlace óptico es el que aporta el ruido limitante, incluso con la gran cantidad de redes activas que se encauzan. Usted debe segmentar el servicio, no solo la cantidad de hogares por nodo. Disminuir la cantidad de hogares por servicio o puerto de CMTS cuesta más dinero, pero reduce ese obstáculo en particular. Lo bueno de tener menos hogares por nodo es que hay menos ruido y accesos, los cuales podrían generar recorte de láser, y además es más sencillo segmentar a menos puertos de US más adelante.

DOCSIS ha especificado dos esquemas de modulación para DS y US, y cinco anchos de banda diferentes para utilizar en la ruta de US. Las diferentes velocidades de símbolos son de 0,16; 0,32; 0,64; 1,28 y 2,56 Msímbolos/s con diferentes esquemas de modulación, como QPSK o 16-QAM. Esto brinda flexibilidad para seleccionar el rendimiento necesario de acuerdo con la solidez necesaria para el sistema de retorno empleado. DOCSIS 2.0 ha sumado aún más flexibilidad, lo cual se tratará más adelante en este documento.

También existe la posibilidad de emplear saltos de frecuencia, lo cual permite a un "no comunicador" pasar (saltar) a otra frecuencia. La contra de esto es que debe asignarse más redundancia de ancho de banda y hay que tener la fortuna de que la "otra frecuencia" esté limpia antes de efectuar el salto. Algunos fabricantes configuran sus módems para "mirar antes de saltar".

Al ir avanzando la tecnología, se hallarán maneras de comprimir con más eficiencia o de enviar información con un protocolo más avanzado que sea más sólido o necesite menos ancho de banda. Esto podría suponer el uso del aprovisionamiento de QoS de DOCSIS 1.1, la supresión de encabezados de cargas útiles (PHS, payload header suppression) o las funciones de DOCSIS 2.0.

Siempre hay una relación de toma y daca entre la solidez y el rendimiento. La velocidad que se obtiene de una red suele estar relacionada con el ancho de banda empleado, con los recursos asignados, con la solidez frente a las interferencias y con el costo.

[Modulación y ancho de canal](#)

Parece que el rendimiento de US se limita a alrededor de 3 Mbps, debido a la latencia de DOCSIS ya explicada. También parece que no importa si se eleva el ancho de banda de US a 3,2 MHz o la modulación a 16-QAM, lo cual daría un rendimiento teórico de 10,24 Mbps. Un incremento del BW y la modulación no eleva significativamente las velocidades de transferencia por módem, pero sí permite que más módems transmitan en el canal. Recuerde que la US es un medio de competencia por períodos de TDMA donde los períodos los otorga el CMTS. Cuanto más BW de canal, más bps de US, lo cual significa que pueden admitirse más módems. Por lo tanto, es importante incrementar el ancho de banda del canal de US. Además, recuerde que un paquete de 1518 bytes solo emplea 1,2 ms de tiempo de cable en la US y ayuda con la latencia de RTT.

También puede cambiar la modulación de DS a 256-QAM, lo cual eleva el rendimiento total de DS un 40% y reduce la demora de intercalación para el rendimiento de US. Sin embargo, no olvide que desconectará temporalmente todos los módems del sistema al hacer esta modificación.

Precaución: Antes de cambiar la modulación de DS, debe tenerse una precaución extrema. Debe hacer un análisis pormenorizado del espectro de DS, para verificar si el sistema admite una señal de 256-QAM. De lo contrario, podría reducir en gran medida el rendimiento de su red cableada.

Precaución: Ejecute el [cable downstream modulation {64qam | 256qam}](#) para cambiar la modulación DS a 256-QAM:

```
VXR(config)# interface cable 3/0
```

```
VXR(config-if)# cable downstream modulation 256qam
```

Para obtener más información sobre los perfiles de modulación de US y la optimización de la ruta de regreso, consulte [Cómo mejorar el rendimiento y la disponibilidad de la ruta de regreso](#). También consulte [Configuración de perfiles de modulación de cable en el CMTS de Cisco](#). Cambie de uw8 a uw16 en los códigos de uso de intervalos (IUC, Interval Usage Codes) corto y largo, en el perfil mixto predeterminado.

Precaución: Se debe tener mucha precaución antes de aumentar el ancho del canal o cambiar la modulación US. Debe hacer un análisis pormenorizado del espectro de US con un analizador de espectros, para hallar una banda con el ancho suficiente y una buena relación portadora-ruido (CNR, carrier-to-noise ratio) para admitir 16-QAM. De lo contrario, podría reducir en gran medida el rendimiento de su red cableada o generar una interrupción total de US.

Precaución: Ejecute el comando [cable upstream channel-width para aumentar el ancho del canal de US](#):

```
VXR(config-if)# cable upstream 0 channel-width 3200000
```

Consulte [Administración avanzada de espectros](#).

[Efecto de entrelazado](#)

Los ruidos de ráfagas eléctricas provenientes de fuentes de alimentación de amplificadores y de la red de electricidad en la ruta de DS pueden generar errores en los bloques. Esto puede causar problemas más graves de la calidad del rendimiento de procesamiento que los errores propagados a partir de ruidos térmicos. Con la intención de minimizar el efecto de los errores de ráfaga, se utiliza una técnica conocida como entrelazado, que propaga los datos con el transcurso del tiempo. Dado que los símbolos en el extremo de transmisión se mezclan y luego se vuelven a armar en el extremo de recepción, los errores aparecerán diseminados. La FEC es muy eficaz para los errores diseminados. Los errores causados por una ráfaga de intermitencia relativamente larga pueden corregirse con FEC cuando se emplea intercalación. Dado que la mayoría de los errores se producen en ráfagas, este es un método eficiente para mejorar la tasa de errores.

Nota: Si aumenta el valor de intercalación FEC, agrega latencia a la red.

DOCSIS especifica cinco niveles diferentes de intercalación (EuroDOCSIS solo tiene uno). 128:1 es el valor mayor de entrelazado y 8:16 el menor. 128:1 indica que 128 contraseñas compuestas por 128 símbolos cada una se entremezclarán en una relación de 1 a 1. 8:16 indica que 16 símbolos se conservan en una fila por contraseña y se entremezclan con 16 símbolos de otras 7 contraseñas.

Los valores posibles para la demora de intercalador de descarga son los siguientes, en microsegundos (μ s o useg):

| I (cant. de taps) | J (incremento) | 64-QAM | 256-QAM |
|-------------------|----------------|--------|---------|
| 8 | 16 | 220 | 150 |
| 16 | 8 | 480 | 330 |
| 32 | 4 | 980 | 680 |
| 64 | 2 | 2000 | 1400 |
| 128 | 1 | 4000 | 2800 |

La intercalación no suma bits de sobrecosto como la FEC, aunque sí suma latencia, lo cual podría afectar el video en tiempo real y la voz. También incrementa el RTT de solicitud y otorgamiento, lo cual puede llevarlo de una de cada dos oportunidades de MAP a una cada tres o cuatro. Este es un efecto secundario y es el que genera la reducción del rendimiento máximo de datos de US. Por ende, puede incrementar levemente el rendimiento de US (en cuanto a PPS por módem) cuando el valor se define en un número inferior al predeterminado típico de 32.

Como alternativa ante el problema del ruido de impulsos, el valor de intercalación se puede llevar de 64 a 128. No obstante, al incrementar este valor, el rendimiento puede disminuir, aunque se ganará estabilidad de ruido en la DS. En otras palabras, hay que mantener bien el cableado o se verán más errores incorregibles (paquetes perdidos) en la DS, hasta el punto en que los módems comiencen a perder conectividad y haya más retransmisión.

Al incrementar la profundidad de intercalación para contrarrestar una ruta de DS ruidosa, debe tener en cuenta la reducción del rendimiento máximo de US de CM. En la mayoría de los casos residenciales, esto no es un problema, pero viene bien conocer la relación. Si va a la profundidad de intercalador máxima de 128:1 a 4 ms, habrá un impacto negativo significativo sobre el rendimiento de US.

Nota: El retraso es diferente para 64-QAM frente a 256-QAM.

Puede emitir el comando [cable downstream interleave-depth {8 | 16 | 32 | 64 | 128}](#). Este es un ejemplo que reduce la profundidad de intercalación a 8:

```
VXR(config-if)# cable downstream interleave-depth 8
```

Precaución: Este comando desconectará todos los módems del sistema cuando se implemente.

Para la robustez de los EE.UU. ante el ruido, los módems DOCSIS permiten una variable o ningún FEC. Al desactivar la FEC de US, eliminará parte del sobrecosto y permitirá el paso de más paquetes, pero perderá solidez ante el ruido. También es ventajoso tener diferentes cantidades de FEC asociadas con el tipo de ráfaga. ¿La ráfaga es para los datos actuales o para el mantenimiento de la estación? ¿El paquete de datos está compuesto por 64 bytes o 1518 bytes? Quizás le convenga tener más protección para paquetes más grandes. También hay un punto de rendimiento decreciente; por ejemplo, cambiar la FEC del 7% al 15% puede brindar apenas 0,5 dB más de solidez.

No hay intercalación en US actualmente, porque la transmisión es en ráfagas y no hay suficiente latencia dentro de una ráfaga para la intercalación. Algunos fabricantes de chips están sumando

esta función para admitir DOCSIS 2.0, lo cual podría tener un enorme impacto, si considera todo el ruido de impulsos de los electrodomésticos. La intercalación de US brindará más eficacia a la FEC.

[Avance de MAP dinámico](#)

El avance de map dinámico emplea un tiempo de previsión dinámico en los MAP, el cual puede mejorar significativamente el rendimiento de US por módem. El avance de map dinámico es un algoritmo que define automáticamente el tiempo de previsión en los MAP de acuerdo con el CM más alejado asociado con un puerto de US determinado.

Consulte [Avance de map de cable \(¿dinámico o estático?\) para ver una explicación detallada del avance de map.](#)

Para ver si el avance de map es dinámico, emita el comando [show controllers cable slot/port upstream port:](#)

```
Ninetail# show controllers cable 3/0 upstream 1

Cable3/0 Upstream 1 is up
Frequency 25.008 MHz, Channel Width 1.600 MHz, QPSK Symbol Rate 1.280 Msps
Spectrum Group is overridden
BroadCom SNR_estimate for good packets - 28.6280 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2809
Ranging Backoff automatic (Start 0, End 3)
Ranging Insertion Interval automatic (60 ms)
Tx Backoff Start 0, Tx Backoff End 4
Modulation Profile Group 1
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 = 8
Minislot Size in Symbols = 64
Bandwidth Requests = 0xE224
Piggyback Requests = 0x2A65
Invalid BW Requests= 0x6D
Minislots Requested= 0x15735B
Minislots Granted = 0x15735F
Minislot Size in Bytes = 16
Map Advance (Dynamic) : 2454 usecs
UCD Count = 568189
DES Ctrl Reg#0 = C000C043, Reg#1 = 17
```

Si pasa a una profundidad de intercalación de 8, como ya se mencionó, puede reducir aún más el avance de map, ya que tiene menos latencia de DS.

[El efecto de la concatenación y la fragmentación](#)

DOCSIS 1.1 y algunos equipos actuales 1.0 admiten una nueva función denominada concatenación. En DOCSIS 1.1 también se admite la fragmentación. La concatenación permite combinar varias tramas de DOCSIS más pequeñas en una más grande y enviar todo con una solicitud.

Dado que la cantidad de bytes solicitada tiene un máximo de 255 miniperíodos y suele haber 8 o

16 bytes por miniperíodo, la cantidad máxima de bytes que puede transferirse en un intervalo de transmisión de US está por los 2040 o 4080 bytes. Esta cantidad incluye todo el sobrecosto de capa física y FEC. Por ende, la ráfaga máxima real para tramas de Ethernet se acerca más al 90% de eso y no tiene relevancia para los otorgamientos fragmentados. Si emplea 16-QAM a 3,2 MHz en miniperíodos de 2 ticks, el miniperíodo tendrá 16 bytes. Esto hace que el límite sea $16 \times 255 = 4080$ bytes - 10% de sobrecosto de capa física = ~3672 bytes. Para concatenar aún más, puede cambiar el miniperíodo a 4 u 8 ticks y configurar la ráfaga de concat. máxima en 8160 o 16 320.

Hay que hacer la salvedad de que la ráfaga mínima enviada será de 32 o 64 bytes, y este nivel inferior de granularidad al recortar los paquetes en miniperíodos tendrá mayor error de redondeo.

A menos que se emplee fragmentación, la ráfaga de US máxima debería configurarse por debajo de 4000 bytes para las tarjetas MC28C o MC16x en chasis VXR. Además, configure la ráfaga máxima por debajo de 2000 bytes para módems DOCSIS 1.0, si emplea VoIP. Esto es porque los módems 1.0 no admiten fragmentación y 2000 bytes es demasiado para la transmisión correcta de un flujo de UGS, por lo cual podría haber fluctuación en la voz.

Por ende, si bien la concatenación puede no ser muy útil para los paquetes grandes, es una herramienta excelente para todas las confirmaciones de TCP breves. Si permite varios paquetes por oportunidad de transmisión, la concatenación eleva el valor de PPS básico por dicho múltiplo.

Al concatenar paquetes, el tiempo de serialización de un paquete más grande demora más y afecta el RTT y los PPS. De modo que, si normalmente obtiene 250 PPS para paquetes de 1518 bytes, tendrá una disminución inevitable al concatenar; pero ahora puede tener más bytes totales por paquete concatenado. Si pudiera concatenar cuatro paquetes de 1518 bytes, le llevaría al menos 3,9 ms enviarlos con 16-QAM a 3,2 MHz. A esto se sumaría la demora del procesamiento y la intercalación de DS, y los MAP de DS podrían ser solo cada 8 ms aproximadamente. Los PPS bajarían a 114, pero ahora tendría 4 concatenados con los cuales los PPS parecen ser 456; esto arroja un rendimiento de $456 \times 8 \times 1518 = 5,5$ Mbps. Tomemos como ejemplo un juego donde la concatenación podría permitir enviar muchas confirmaciones de US con una sola solicitud, lo cual aceleraría el flujo de TCP de DS. Supongamos que el archivo de configuración de DOCSIS de este CM tiene una configuración de ráfaga de US máxima de 2000 bytes y que el módem admite concatenación: el CM, en teoría, podría concatenar 31 confirmaciones de 64 bytes. Dado que este paquete total grande tardará un tiempo en transmitirse desde el CM al CMTS, los PPS disminuirán. En lugar de los 234 PPS de los paquetes pequeños, se estará más cerca de los 92 PPS con los paquetes grandes. $92 \text{ PPS} \times 31 \text{ confirmaciones} = 2852 \text{ PPS}$, potencialmente. Esto equivale a paquetes de DS de alrededor de $512 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits por byte} \times 2 \text{ paquetes por confirmación} \times 2852 \text{ confirmaciones por segundo} = 23,3 \text{ Mbps}$. No obstante, la mayoría de los CM tienen un límite de velocidad muy inferior.

En US, el CM teóricamente tendría $512 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits por byte} \times 110 \text{ PPS} \times 3 \text{ paquetes concatenados} = 1,35 \text{ Mbps}$. Estas cifras son mucho mejores que las originales obtenidas sin concatenación. El redondeo de miniperíodos es aún peor al fragmentar, sin embargo, porque cada fragmento tiene redondeo.

Nota: Había un problema más antiguo de Broadcom donde no concatenaba dos paquetes, pero podía hacer tres.

Para sacar ventaja de la concatenación, necesita ejecutar la versión 12.1(1)T ó 12.1(1)EC o posterior del software del IOS de Cisco. Si es posible, intente utilizar módems con diseño basado en Broadcom 3300. Para garantizar que un CM admite concatenación, emita el comando **show cable modem detail**, [show cable modem mac](#) o [show cable modem verbose en el CMTS](#).

VXR# **show cable modem detail**

| Interface | SID | MAC address | Max CPE | Concatenation | Rx SNR |
|-------------|-----|----------------|---------|---------------|--------|
| Cable6/1/U0 | 2 | 0002.fdfa.0a63 | 1 | yes | 33.26 |

Para activar o desactivar la concatenación, emita el comando [\[no\] cable upstream n concatenation, donde n](#) es el número del puerto de US. Los valores válidos son a partir del 0, para el primer puerto de US en la tarjeta de línea de la interfaz de cable.

Nota: Consulte [Historial del parámetro de ráfaga ascendente máximo](#) para obtener más información sobre DOCSIS 1.0 versus 1.1 y el problema de concatenación con la configuración del tamaño máximo de ráfaga. Además, recuerde que los módems deben reiniciarse para que se apliquen los cambios.

Velocidades de módems individuales

Si la meta es concatenar tramas grandes y obtener las mejores velocidades posibles por módem, puede cambiar el miniperíodo a 32 bytes, para permitir una ráfaga máxima de 8160. La contra es que el paquete enviado más pequeño será de 32 bytes. Esto no es muy eficiente para paquetes de US pequeños, como las solicitudes, que solo tienen 16 bytes. Como las solicitudes están en la región de competencia, si se agrandan hay más posibilidades de colisiones. También se eleva el error de redondeo de miniperíodos al recortar los paquetes para los miniperíodos.

El archivo de configuración de DOCSIS para este módem deberá tener una configuración de ráfaga de tráfico máxima y ráfaga de concatenación máxima de alrededor de 6100. Esto permitiría concatenar cuatro tramas de 1518 bytes. El módem también necesitaría admitir fragmentación, para dividirlos en partes más manejables. Dado que la siguiente solicitud suele combinarse y estará en el primer fragmento, el módem quizás tenga PPS aún mejores de lo esperado. Cada fragmento demorará menos en serializarse que si el CM intentara enviar un paquete largo concatenado.

Es necesario explicar un par de opciones que pueden afectar las velocidades por módem. La ráfaga de tráfico máxima se emplea para los CM 1.0 y debería configurarse en 1522. Algunos CM necesitan que se configure por encima de 1600, porque incluyeron más sobrecosto de lo que correspondía. La ráfaga de concatenación máxima afecta a los módems 1.1 que también pueden fragmentar, por lo cual pueden concatenar muchas tramas con una solicitud pero de todas formas las fragmentan en paquetes de 2000 bytes para VoIP. Quizás deba configurar en un mismo nivel la ráfaga de tráfico máxima y la ráfaga de concatenación máxima, porque de lo contrario algunos CM no se conectan en línea.

Un comando del CMTS que podría tener efecto es [cable upstream n rate-limit token-bucket shaping](#). Este comando ayuda a regular los CM que no se regulan solos de acuerdo con lo indicado en las opciones de su archivo de configuración. La regulación puede demorar los paquetes, así que desactívela si sospecha que está afectando el rendimiento. Esto puede tener algo que ver con la configuración en el mismo nivel de la ráfaga de tráfico máxima y la ráfaga de concatenación máxima, por lo cual deberían hacerse más pruebas.

A Toshiba le fue bien sin concatenación ni fragmentación porque no usó un chipset Broadcom en el CM. Empleó Libit y ahora usa TI en los CM posteriores al PCX2200. Toshiba también envía la siguiente solicitud por delante de un otorgamiento, para tener más PPS. Esto funciona bien, excepto que la solicitud no se combina, queda en un período de competencia y podría perderse cuando hay muchos CM en la misma US.

El comando [cable default-phy-burst permite actualizar un CMTS del software de IOS DOCSIS 1.0 al código 1.1, sin fallas de registro de CM.](#) En general, en el archivo de configuración de DOCSIS la configuración predeterminada para la ráfaga de tráfico máxima es 0 o nada, por lo cual los módems pueden fallar con un rechazo(c) al registrarse. Este es un rechazo de CoS porque 0 indica una ráfaga máxima ilimitada, lo cual no se permite con el código 1.1 (por los servicios de VoIP y los máximos de demora, latencia y fluctuación). El comando **cable default-phy-burst anula la configuración de 0 en el archivo de configuración de DOCSIS y aplica el menor de los dos números.** La configuración predeterminada es 2000, mientras que el máximo ahora es 8000, lo cual permite concatenar cinco tramas de 1518 bytes. Se puede configurar en 0 o desactivar:

```
cable default-phy-burst 0
```

[Algunas recomendaciones para las pruebas de velocidad de módems individuales](#)

1. Use acceso múltiple por división de tiempo avanzado (A-TDMA, Advanced Time-Division Multiple Access) en la US para 64-QAM en el canal de 6,4 MHz.
2. Emplee el tamaño de miniperíodo 2. El límite de DOCSIS es 255 miniperíodos por ráfaga, de modo que 255×48 bytes por miniperíodo = 12240 de ráfaga máxima $\times 90\% = \sim 11\ 000$ bytes.
3. Use un CM capaz de fragmentar y concatenar, y que tenga una conexión FastEthernet de dúplex completo.
4. Defina en el archivo de configuración de DOCSIS que para la carga y la descarga no haya mínimo pero sí un máximo de 20 MB.
5. Desactive el conformado de token bucket de límite de velocidad de US.
6. Emita el comando [cable upstream n data-backoff 3 5.](#)
7. Configure en 11000 bytes la ráfaga de tráfico máxima y la ráfaga de concatenación máxima.
8. Use 256-QAM e intercalación de 16 en la DS (pruebe con 8 también). Esto reduce la demora para MAP.
9. Emita el comando [cable map-advance dynamic 300 1000.](#)
10. Use una imagen de la versión del software de IOS 15(BC2) que fragmente correctamente, y emita el comando [cable upstream n fragment-force 2000 5.](#)
11. Envíe tráfico de UDP al CM e increméntelo hasta hallar un máximo.
12. Si envía tráfico de TCP, emplee varias PC mediante un CM.

[Resultados](#)

- El Terayon TJ735 arrojó 15,7 Mbps. Esta quizás sea una buena velocidad porque hay menos bytes por trama concatenada y hay una CPU superior. Parece tener un encabezado de concatenación de 13 bytes para la primera trama y luego encabezados de 6 bytes, con encabezados de fragmentos de 16 bytes y una ráfaga máxima interna de 8200 bytes.
- El Motorola SB5100 arrojó 18 Mbps. También arrojó 19,7 Mbps con paquetes de 1418 bytes e intercalación de 8 en la DS.
- El Toshiba PCX2500 arrojó 8 Mbps, porque parece tener un límite de ráfaga máxima interna de 4000 bytes.
- Ambit obtuvo los mismos resultados que Motorola: 18 Mbps.
- Algunas de estas velocidades pueden caer cuando hay competencia con tráfico de otros CM.

- Asegúrese de que los CM 1.0 (que no pueden fragmentar) tengan una ráfaga máxima por debajo de 2000.
- Con los CM Motorola y Ambit se alcanzaron 27,2 Mbps con uso de US del 98%.

Nuevo comando de fragmentación

cable upstream *n fragment-force fragment-threshold number-of-fragments*

| Parámetro | Descripción |
|----------------------------|--|
| <i>n</i> | Especifica el número del puerto de carga. Los valores válidos son a partir del 0, para el primer puerto de carga en la tarjeta de línea de la interfaz de cable. |
| <i>fragment-threshold</i> | La cantidad de bytes que activará la fragmentación. El rango válido va de 0 a 4000, con una configuración predeterminada de 2000 bytes. |
| <i>number-of-fragments</i> | La cantidad de fragmentos de igual tamaño en los que se divide cada trama fragmentada. El rango válido va de 1 a 10, con una configuración predeterminada de 3 fragmentos. |

Beneficios de DOCSIS 2.0

DOCSIS 2.0 no aportó cambios para la DS, pero sí aportó muchos para la US. La especificación de capa física avanzada de DOCSIS 2.0 suma lo siguiente:

- Esquemas de modulación de 8-QAM, 32-QAM y 64-QAM
- Ancho de canal de 6,4 MHz
- Hasta 16 T bytes de FEC

También permite 24 taps de preecualización en los módems e intercalación de US. Esto suma solidez para las reflexiones, el desvío dentro del canal, la demora grupal y el ruido de ráfaga de US. Además, la ecualización de 24 taps en el CTMS ayuda a los módems antiguos DOCSIS 1.0. DOCSIS 2.0 también suma el uso de S-CDMA además de A-TDMA.

La eficiencia espectral superior con 64-QAM genera un mejor uso de los canales actuales y más capacidad. Esto ofrece mejor rendimiento en la dirección de US y velocidades por módem levemente superiores con más PPS. El uso de 64-QAM a 6,4 MHz ayudará a enviar paquetes grandes al CMTS con mucha más velocidad de lo normal, por lo cual la serialización será rápida y generará más PPS. El ancho superior de los canales genera mejor multiplexación estadística.

El pico teórico de velocidad de US que puede obtener con A-TDMA ronda los 27 Mbps (totales). Esto depende del sobrecosto, el tamaño del paquete, etc. Tenga en cuenta que un rendimiento total superior permite que más gente comparta, pero no necesariamente mejora la velocidad por módem.

Si emplea A-TDMA en la US, esos paquetes serán mucho más rápidos. 64-QAM a 6,4 MHz en la US permitirá que los paquetes concatenados se serialicen más rápido en la US y que se alcancen

más PPS. Si emplea un miniperíodo de 2 ticks con A-TDMA, obtiene 48 bytes por miniperíodo, lo cual da $48 \times 255 = 12240$ como ráfaga máxima por solicitud. Con 64-QAM, 6,4 MHz, miniperíodos de 2 ticks, ráfaga de concatenación máxima de 10 000 y seguridad de avance de map dinámico de 300, se obtienen ~15 Mbps.

Todas las implementaciones de silicio de DOCSIS 2.0 emplean cancelación de acceso, aunque esto no forma parte de DOCSIS 2.0. Esto da solidez al servicio ante el peor deterioro posible del cableado, abre porciones no utilizadas del espectro y suma cierta protección para servicios de emergencias.

Otros factores

Existen otros factores que pueden afectar directamente el rendimiento de su red cableada: el perfil de QoS, el ruido, la limitación de velocidad, la combinación de nodos, la sobreutilización, etc. La mayoría de ellos se explican en detalle en Resolución de problemas de rendimiento lento en las redes de cablemódem.

Además, los cable módems tienen limitaciones que quizás no resulten evidentes. El cable módem puede tener una limitación de CPU o una conexión Ethernet semidúplex a la PC. Según el tamaño del paquete y el flujo de tráfico bidireccional, esto puede ser un obstáculo sorpresivo.

Verificación del rendimiento

Emita el comando [show cable modem para la interfaz donde reside el módem.](#)

```
ubr7246-2# show cable modem cable 6/0
```

| MAC Address | IP Address | I/F | MAC State | Prim Sid | RxPwr (db) | Timing Offset | Num CPE | BPI Enb |
|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------|-----------|-------------|---------------|----------|----------|
| 00e0.6f1e.3246 | 10.200.100.132 | C6/0/U0 | online | 8 | -0.50 | 267 | 0 | N |
| 0002.8a8c.6462 | 10.200.100.96 | C6/0/U0 | online | 9 | 0.00 | 2064 | 0 | N |
| 000b.06a0.7116 | 10.200.100.158 | C6/0/U0 | online | 10 | 0.00 | 2065 | 0 | N |

Emita el comando [show cable modem mac para ver las funcionalidades del módem.](#) Se presentará lo que el módem *puede hacer, pero no necesariamente lo que está haciendo.*

```
ubr7246-2# show cable modem mac | inc 7116
```

| MAC Address | MAC State | Prim Sid | Ver | QoS Prov | Frag | Concat | PHS | Priv | DS | US |
|----------------|-----------|----------|---------------|----------|------------|------------|-----|------|----|----|
| 000b.06a0.7116 | online | 10 | DOC2.0 | DOC1.1 | yes | yes | yes | BPI+ | 0 | 4 |

Emita el comando [show cable modem phy para ver los atributos de capa física del módem.](#) Algunos de estos datos solo se presentan si se configura la **consulta remota en el CMTS.**

```
ubr7246-2# show cable modem phy
```

| MAC Address | I/F | Sid | USPwr (dBmV) | USSNR (dBmV) | Timing Offset | MicroReflec (dBc) | DSPwr (dBmV) | DSSNR (dBmV) | Mode |
|----------------|---------|-----|--------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| 000b.06a0.7116 | C6/0/U0 | 10 | 49.07 | 36.12 | 2065 | 46 | 0.08 | 41.01 | atdma |

Emita el comando [show controllers cable slot/port upstream port para ver la configuración de US](#)

actual del módem.

```
ubr7246-2# show controllers cable 6/0 upstream 0
```

Cable6/0 Upstream 0 is up

Frequency 33.000 MHz, Channel Width 6.400 MHz, 64-QAM Sym Rate 5.120 Msps

This upstream is mapped to physical port 0

Spectrum Group is overridden

US phy SNR_estimate for good packets - 36.1280 dB

Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2066

Ranging Backoff Start 2, Ranging Backoff End 6

Ranging Insertion Interval automatic (312 ms)

Tx Backoff Start 3, Tx Backoff End 5

Modulation Profile Group 243

Concatenation is enabled

Fragmentation is enabled

part_id=0x3138, rev_id=0x02, rev2_id=0x00

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 = 64

Bandwidth Requests = 0x7D52A

Piggyback Requests = 0x11B568AF

Invalid BW Requests= 0xB5D

Minislots Requested= 0xAD46CE03

Minislots Granted = 0x30DE2BAA

Minislot Size in Bytes = 48

Map Advance (Dynamic) : 1031 usecs

UCD Count = 729621

ATDMA mode enabled

Emita el comando [show interface cable slot/port service-flow](#) para ver los flujos de servicio del módem.

```
ubr7246-2# show interface cable 6/0 service-flow
```

| Sfid | Sid | Mac Address | QoS | Param | Index | Type | Dir | Curr | Active |
|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-------------|-----------|------------|---------------|
| | | | Prov | Adm | Act | | | State | Time |
| 18 | N/A | 00e0.6f1e.3246 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 17 | 8 | 00e0.6f1e.3246 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |
| 20 | N/A | 0002.8a8c.6462 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 19 | 9 | 0002.8a8c.6462 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |
| 22 | N/A | 000b.06a0.7116 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 21 | 10 | 000b.06a0.7116 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |

Emita el comando **show interface cable slot/port service-flow sfid verbose** para ver el flujo de servicio específico de ese módem en particular. Así se presentan el rendimiento actual del flujo de US o DS y las opciones del archivo de configuración del módem.

```
ubr7246-2# show interface cable 6/0 service-flow 21 verbose
```

```
Sfid : 21
Mac Address : 000b.06a0.7116
Type : Primary
Direction : Upstream
Current State : Active
```



```

Current QoS Indexes [Prov, Adm, Act] : [3, 3, 3]
Active Time : 12d20h
Sid : 10
Traffic Priority : 0
Maximum Sustained rate : 21000000 bits/sec
Maximum Burst : 11000 bytes
Minimum Reserved Rate : 0 bits/sec
Admitted QoS Timeout : 200 seconds
Active QoS Timeout : 0 seconds
Packets : 1212466072
Bytes : 1262539004
Rate Limit Delayed Grants : 0
Rate Limit Dropped Grants : 0
Current Throughput : 12296000 bits/sec, 1084 packets/sec
Classifiers : NONE

```

Asegúrese de que no haya paquetes demorados ni perdidos.

Emita el comando [show cable hop para verificar que no haya errores de FEC incorregibles.](#)

```
ubr7246-2# show cable hop cable 6/0
```

| Upstream Port | Port Status | Poll Rate (ms) | Missed Poll Count | Min Poll Sample | Missed Poll Pcnt | Hop Thres | Hop Period (sec) | Corr FEC Errors | Uncorr FEC Errors |
|---------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------|
| Cable6/0/U0 | 33.000 Mhz | 1000 | * * * | *set to fixed frequency | * * * | * * * | * * * | 0 | 0 |
| Cable6/0/U1 | admin down | 1000 | * * * | frequency not set | * * * | * * * | * * * | 0 | 0 |
| Cable6/0/U2 | 10.000 Mhz | 1000 | * * * | *set to fixed frequency | * * * | * * * | * * * | 0 | 0 |
| Cable6/0/U3 | admin down | 1000 | * * * | frequency not set | * * * | * * * | * * * | 0 | 0 |

Si el módem está perdiendo paquetes, el cableado físico está afectando el rendimiento y debe repararse.

Summary

En las secciones anteriores de este documento, se destacan las desventajas de sacar de contexto las cifras de rendimiento sin conocimiento del impacto sobre otras funciones. Si bien puede ajustar un sistema para alcanzar una medición de rendimiento específica o resolver un problema de la red, lo hará a costa de otra variable. Cambiar los valores de MAP/s e intercalación quizás le brinde mejores velocidades de US, pero a costa de velocidad de DS o solidez. Reducir el intervalo de MAP no hace mucha diferencia en una red real y solo eleva el sobrecosto de CPU y ancho de banda en el CMTS y el CM. Incorporar más FEC de US eleva el sobrecosto de US. Siempre hay un toma y daca entre el rendimiento, la complejidad, la solidez y el costo.

Si se emplea el control de admisión en la US, algunos módems no se registrarán tras consumir toda la asignación. Por ejemplo, si el total de US es de 2,56 Mbps para utilizar y la garantía mínima está configurada en 128k, solo 20 módems podrán registrarse en dicha US si el control de administración está configurado en el 100%.

Conclusión

Debe saber qué rendimiento esperar para determinar cómo serán la velocidad de datos y el funcionamiento que reciban los suscriptores. Una vez determinado lo teóricamente posible, se puede diseñar y administrar una red para que satisfaga los requisitos dinámicos de los sistemas de cable. Luego debe monitorear la carga de tráfico real, para determinar qué se está transportando y cuándo hay que sumar capacidad para eliminar obstáculos.

El servicio y la percepción de disponibilidad pueden representar oportunidades de diferenciación clave para la industria del cable, si las redes se implementan y administran como corresponde. Al efectuar las compañías de cable la transición para ofrecer varios servicios, las expectativas de integridad del servicio de los suscriptores se acercan más al modelo establecido por los servicios de voz tradicionales. Con este cambio, las compañías de cable necesitan adoptar nuevos métodos y estrategias que garanticen el alineamiento de las redes con este nuevo paradigma. Ahora que somos una industria de telecomunicaciones y no solo proveedores de servicios, las expectativas y los requisitos son mayores.

Si bien DOCSIS 1.1 tiene las especificaciones que garantizan niveles de calidad para servicios avanzados como VoIP, será difícil implementar servicios que respeten esta especificación. Debido a esto, es esencial que los operadores de cable posean un entendimiento detallado de estos problemas. Hay que idear un método integral para elegir los componentes del sistema y las estrategias de red, a fin de garantizar la implementación exitosa de servicios verdaderamente integrales.

La meta es ganar nuevos suscriptores, pero sin comprometer el servicio que reciben los suscriptores actuales. Si se ofrecen contratos del nivel de servicio (SLA) para garantizar una cantidad mínima de rendimiento de procesamiento por suscriptor, debe existir una infraestructura que sustente esta garantía. La industria también apunta a prestar servicios para clientes comerciales y sumar servicios de voz. Para ingresar a estos nuevos mercados y construir redes, harán falta nuevos métodos: CMTS más densos con más puertos, un CMTS distribuido más en el interior del campo, o algo intermedio (como sumar una 10baseF en su hogar).

Más allá de lo que depare el futuro, lo seguro es que las redes serán más complejas y los desafíos técnicos serán mayores. La industria del cable solo podrá afrontar estos desafíos si adopta arquitecturas y programas de soporte capaces de ofrecer el máximo nivel de integridad de servicios con rapidez.

[Información Relacionada](#)

- [Resolución de problemas en redes de cablemódem de rendimiento lento](#)
- [Troubleshooting de uBR Cable Modems que no funcionan](#)
- [Configuración de perfiles de modulación de cable en CMTS de Cisco](#)
- [Resolución de problemas en redes de cablemódem de rendimiento lento](#)
- [¿Cuál es el número máximo de usuarios por CMST?](#)
- [Centro de software de cable/ancho de banda Cisco \(solo clientes registrados\)](#)
- [Cable por banda ancha](#)
- [Soporte Técnico - Cisco Systems](#)