

Implementação do 16-QAM para aumentar o valor dos modems a cabo

Contents

[Introduction](#)

[Benefícios](#)

[Objetivos e configuração preliminar](#)

[Portadores upstream em Zero-Span](#)

[16-Considerações sobre a configuração do QAM](#)

[Intermitências de upstream](#)

[Perfis de modulação](#)

[Etapas para maximizar o sucesso de uma atualização de 16-QAM](#)

[Sugestões e recomendações](#)

[Pontos diversos](#)

[Summary](#)

[Nota final](#)

[Suplemento](#)

[Downstream 256-QAM](#)

[Microreflexões](#)

[Appendix](#)

[Referências](#)

[Informações Relacionadas](#)

[Introduction](#)

A especificação da interface de radiofrequência de Data-over-Cable Service Interface Specifications (DOCSIS) 1.x suporta dois formatos de modulação upstream de rede a cabo: Ajuste de Troca de Fase de Quadratura (QPSK) e modulação de amplitude de quadratura 16 (16-QAM). Ambos são formatos de modulação usados para transmitir dados dos modems a cabo (CM) para o cable modem termination system (CMTS). A maioria das implantações de modem a cabo DOCSIS começou com QPSK e continua a usá-lo, em parte por causa da robustez desse formato de modulação no ambiente de radiofrequência (RF) upstream, frequentemente hostil. É possível, contudo, pelo menos duplicar o processamento de dados upstream brutos comutando de QPSK para 16-QAM. [A tabela 1 resume os parâmetros e o processamento de dados do canal de upstream DOCSIS 1.x.](#)

Tabela 1 - Transmissão de dados upstream do DOCSIS 1.x

Largura de banda de RF do canal	Taxa de símbolos	Taxa de dados brutos QPSK	Taxa nominal de dados QPSK	Taxa de dados brutos de 16 QAM	Taxa de dados nominais de 16 QAM
---------------------------------	------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------------	----------------------------------

MHz	Msy m/se g	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 concentra-se em aumentar o valor das implantações de cable modem existentes com o uso de 16-QAM no caminho de upstream, ao mesmo tempo em que analisa os mitos comuns e as realidades de executar 16-QAM. Também estão incluídas as diretrizes comprovadas em campo para migração do QPSK para o 16-QAM.

Este documento descreve os objetivos e a configuração preliminar antes de discutir os perfis de modulação. Na seção de perfil de modulação, alguns parâmetros e maneiras de otimizá-los para 16-QAM são abordados. Por fim, este documento encerra com algumas recomendações e considerações.

Pensa-se frequentemente que não existem muitas instalações 16-QAM atualmente em vigor, devido aos seguintes motivos:

1. O CMTS não pode lidar com 16-QAM.
2. A fábrica externa é muito barulhenta para suportá-la.
3. Exige demasiado trabalho e preparação.
4. O throughput não é necessário.
5. O QPSK é usado como um "gargalo" natural para serviços ponto-a-ponto.
6. Permitir mais pacotes pode sobrecarregar a CPU do CMTS.

Na realidade, há vários sistemas de cabo que usam 16-QAM há alguns anos. As redes de cabo de fibra coaxial híbrida (HFC) compatíveis com DOCSIS operam bem com 16-QAM. Isso exige apenas um pouco mais de diligência para manter a ingressão na distância e um pouco mais de atenção às práticas de manutenção e solução de problemas que devem ser feitas de qualquer forma.

O DOCSIS afirma que a taxa de transporte para ruído (CNR) upstream, a taxa de portadora para entrada e a taxa de portadora para interferência devem ser de pelo menos 25 dB, independentemente do formato de modulação usado. O QPSK pode operar de forma confiável com um CNR muito menor, mas o valor real depende do tipo de defeito e da quantidade de FEC (forward error Correction) usada, sem mencionar o design do fornecedor do modem a cabo. 16-QAM exige um CNR que seja aproximadamente 7 dB melhor para alcançar a mesma taxa de erro de bit (BER) que o QPSK. Se o upstream de uma rede de cabo atender ou exceder o 25 dB especificado pelo DOCSIS para ruído, ingressão e interferência, então há espaço adequado disponível para operação confiável de 16-QAM, pelo menos em relação a essas deficiências específicas no canal.

Os serviços que os clientes usam hoje devem ser entendidos, controlados, incentivados e faturados. Se o "pipe" for maior e os clientes usá-lo, a cobrança apropriada deve ser habilitada. É verdade que o uso da CPU do CMTS pode aumentar se mais pacotes precisarem ser processados. É por isso que as atualizações da CPU e da memória devem ser realizadas — a melhora incremental do fluxo de caixa resultante, na maioria dos casos, compensa os custos de atualização.

Benefícios

Há muitos benefícios em usar 16-QAM no caminho upstream de uma rede de cabo:

- Maior produtividade necessária para atender às demandas dos clientes por serviços como estes: Voz sobre IP (VoIP, Voice over IP) Contratos de nível de serviço (SLAs) Serviços peer-to-peer (P2P) como Kazaa, Napster e assim por diante
- Aumentar o número de clientes por caminho upstream devido à maior taxa de transferência de dados possível com 16-QAM, que será pelo menos duas vezes maior (consulte a [Tabela 1](#)). O 16-QAM também terá melhor eficiência espectral. Sempre que você aumenta o "pipe", a probabilidade de colisões e "bloqueio" é muito menor, o que permite maior excesso de assinaturas.
- A maior vantagem é que isso não exige custos adicionais de hardware. O CPE e o CMTS (se certificado ou qualificado pelo DOCSIS) podem ser alterados de QPSK para 16-QAM com modificações simples de configuração ou software. Pode-se optar por atualizar a CPU ou a memória do CMTS — e fazer isso é recomendado — mas não é absolutamente necessário suportar 16-QAM.

Objetivos e configuração preliminar

Esta seção abrange os objetivos e algumas configurações preliminares. Como sempre, verificar a configuração pode evitar problemas posteriormente; a implantação bem-sucedida do 16-QAM requer atenção para estas áreas principais:

- Configuração de CMTS
- Perfis de modulação otimizados para 16-QAM
- Toda a rede de cabo — headend, rede de distribuição e descartes de assinantes — deve ser compatível com DOCSIS
- Escolha da frequência central upstream
- Manutenção de rede e práticas de instalação de queda de assinante

A maneira de alcançar uma operação 16-QAM confiável é garantir que a fábrica esteja em conformidade com o DOCSIS.

Além dos problemas da camada física, você também precisa entender e implementar a configuração correta do CMTS. Aproximadamente 60% dos problemas encontrados podem ser atribuídos à instalação física e outros 20% podem ser atribuídos a problemas de configuração ou hardware.

É imperativo que você execute o código atualizado do software Cisco IOS®. O Cisco IOS Software EC Train é qualificado para DOCSIS 1.0, enquanto o Cisco IOS Software BC Train é qualificado para DOCSIS 1.1. Além disso, certifique-se de usar placas de linha CMTS relativamente recentes, como Cisco MC16C, MC16E, MC16S, MC28C ou as placas de geração mais recentes, MC16U/X, MC28U/X e MC5x20S/U.

Use as ferramentas certas para a manutenção da rede a cabo, como analisadores de espectro, equipamentos de varredura e analisadores de protocolo. [A Figura 1](#) mostra alguns equipamentos de teste de cabo comumente disponíveis.

Figura 1: Equipamento de teste de cabo



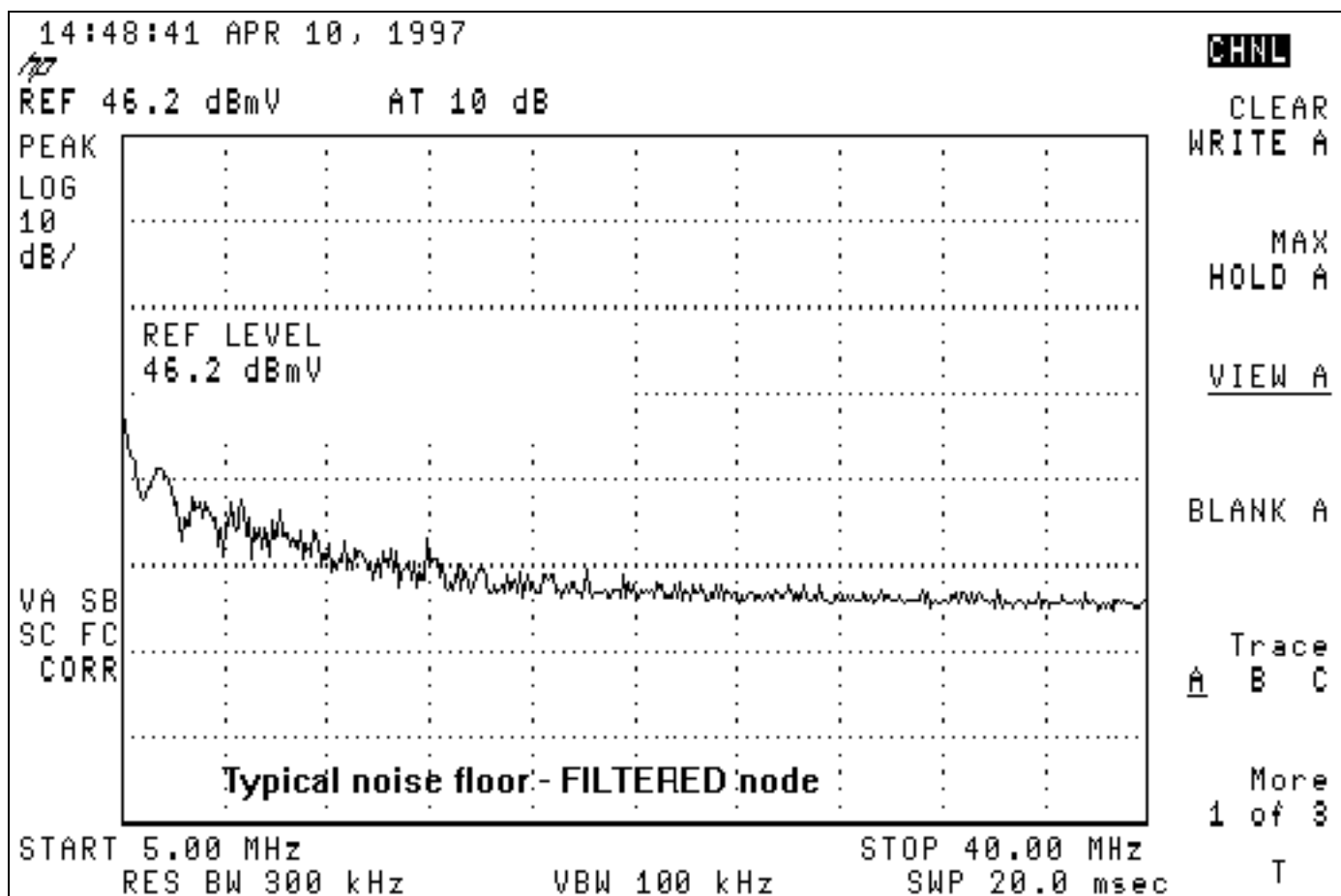
As ferramentas usadas para várias medições diferem em suas capacidades e recursos. Os analisadores de espectro HP/Agilent são comumente usados no setor de cabos. Um analisador de espectro é usado para medições de domínio de frequência de amplitude de sinal, CNR e defeitos como entrada e distorção de caminho comum (CPD). A maioria das medidas de amplitude é realizada usando-se uma escala logarítmica para facilitar a exibição de um amplo intervalo dinâmico. Isso é muito útil na análise de espectro de domínio de frequência.

O equipamento de varredura é usado para caracterizar a resposta de frequência de uma rede de cabo (características de amplitude de sinal versus frequência) em toda a faixa de frequência operacional. Também é usado para alinhar amplificadores e outros dispositivos ativos.

Outro equipamento de teste valioso é um analisador de protocolo DOCSIS. A Cisco incorpora um recurso nos roteadores da série uBR chamado Cable Monitor. Quando os comandos CMTS são configurados e o tráfego é roteado para um PC que executa o Ethereal, ele pode decodificar os cabeçalhos DOCSIS e fornecer informações sobre os pacotes. Ethereal é um programa de sniffer de código livre e gratuito disponível para várias plataformas em www.wireshark.org. A Sigtek faz um analisador de protocolo DOCSIS autônomo muito potente e que incorpora o Ethereal. O analisador de protocolo da Sigtek inclui o recurso de medição da camada física, como exibição da constelação de upstream e medição da taxa de erro de modulação (MER).

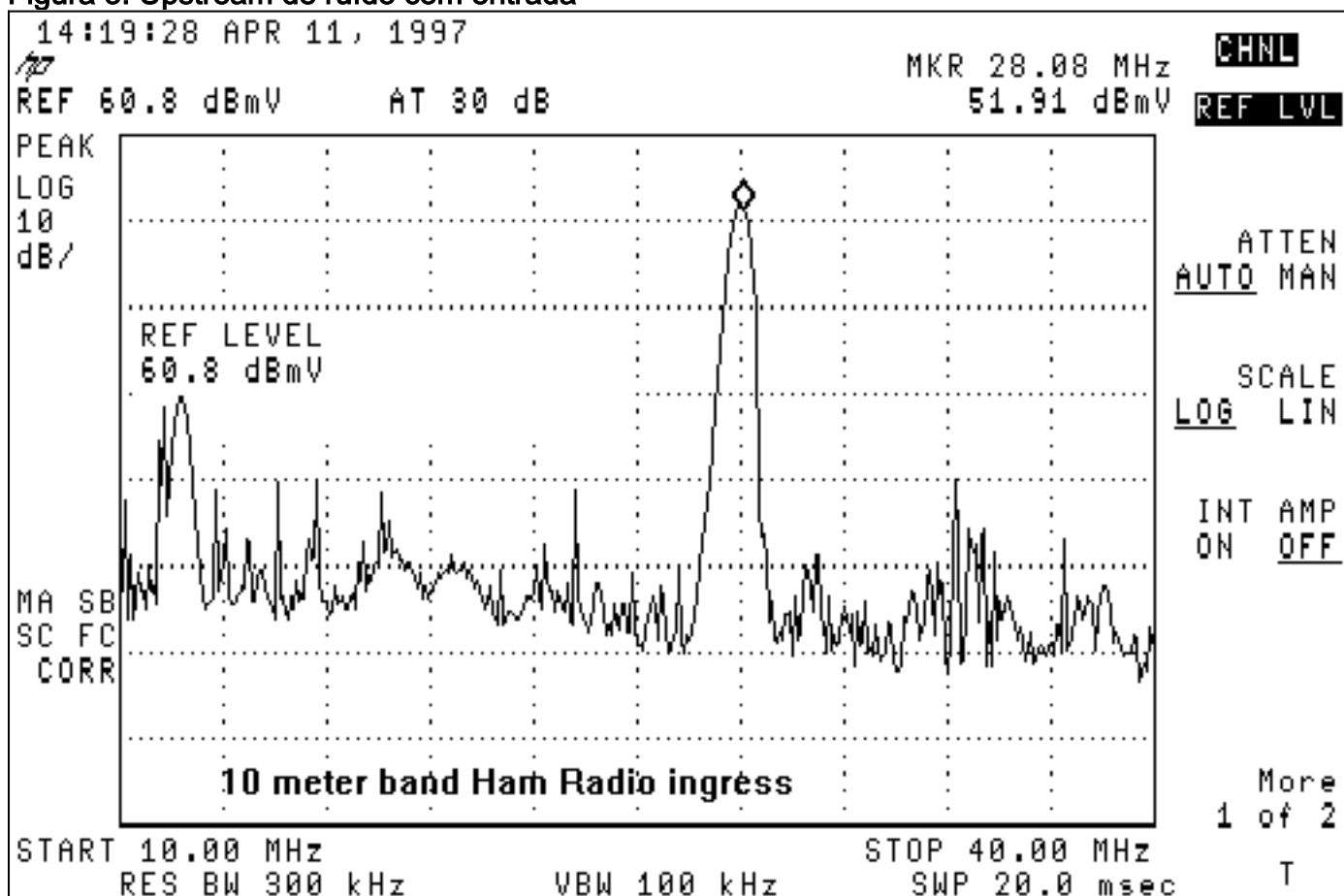
A beleza do digital é que ele funciona ou não. A correção de erros de encaminhamento (FEC) oferece espaço extra, mas apenas aproximadamente 2 a 3 dB da teoria. O QPSK requer um CNR mínimo de aproximadamente 14 dB para uma operação confiável, e o 16-QAM requer um CNR mínimo de aproximadamente 21 dB. A Especificação de Interface de Radiofrequência DOCSIS recomenda um CNR upstream mínimo de 25 dB para todos os formatos de modulação. As placas de linha de última geração da Cisco apresentam tecnologia avançada de subcamada física (PHY), incluindo cancelamento de ingresso. [A Figura 2](#) é uma tela do analisador de espectro que mostra um upstream de rede a cabo de 5 a 40 MHz em um nó equipado com filtros de alta passagem em todas as conexões de queda de assinante. O piso de ruído está quase livre de ingresso e outros defeitos, o que suporta observações do setor de que a maior parte do "lixo" que chega ao upstream vem das quedas.

Figura 2: Espectro upstream com filtros de alta aprovação



A [Figura 3](#) é mais típica do espectro upstream em uma rede de cabo que tem problemas de ingresso. Observe o sinal de interferência de alto nível próximo a 28 MHz.

Figura 3: Upstream de ruído com entrada



A maioria dos sistemas exibe um ruído de baixa frequência abaixo de 20 MHz, especialmente na faixa de 5 a 15 MHz. Estas são algumas frequências nas quais você deve evitar colocar a portadora de upstream modulada digitalmente:

- <20 MHz—Ruído elétrico de baixa frequência e entrada.
- 27 MHz—Rádio CB (Citizens band).
- 28 MHz—banda de rádio amadora de 10 metros.
- >38 MHz—Problemas de retardo de grupo dos filtros diplex de amplificadores.
- Incrementos de 6 MHz (isto é, 6 MHz, 12 MHz, 18 MHz, 24 MHz, 30 MHz, 36 MHz, 42 MHz), devido à possibilidade de CPD.

Essas práticas eficazes de manutenção preventiva minimizam os problemas de rede de cabo que podem afetar a implantação do 16-QAM:

- Alinhamento dos amplificadores para frente e para trás
- Manter o vazamento de sinal de downstream bem abaixo do requisito da Federal Communications Commission 20 $\mu\text{V}/\text{m}$ **Observação:** muitos operadores de cabo descobriram que 5 $\mu\text{V}/\text{m}$ é mais adequado para uma operação bidirecional confiável.
- Controle de qualidade de instalação de queda de assinante
- Quando apropriado, a utilização de filtros de alta passagem em quedas unidirecionais problemáticas

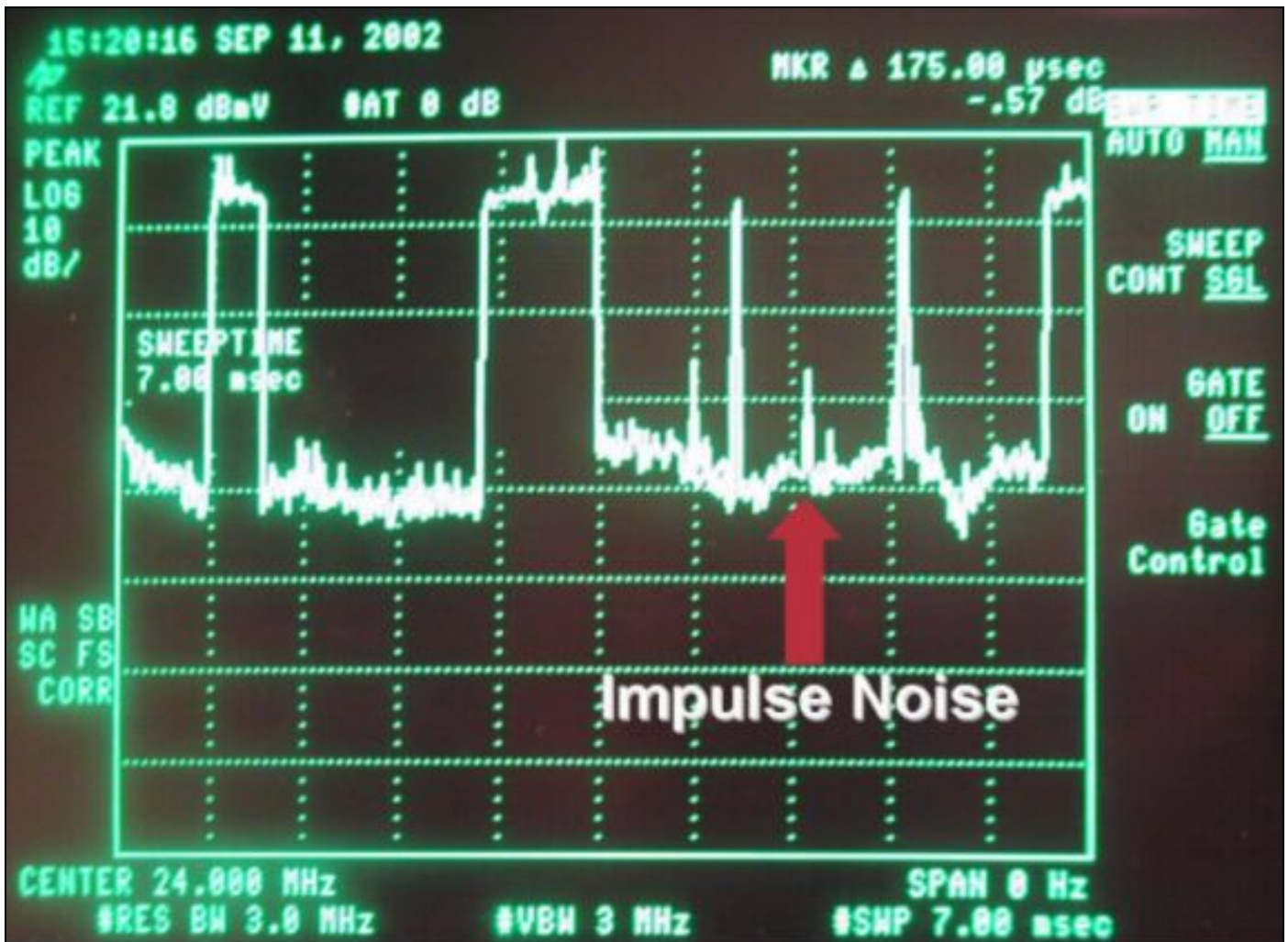
Além disso, monitorar o CNR upstream, a Lista de oscilações CMTS, a estimativa de taxa de sinal para ruído (SNR) CMTS e os erros FEC corrigíveis e incorrigíveis de CMTS é uma forma útil de determinar quando o desempenho da rede está degradando.

O [Apêndice](#) inclui uma lista de verificação de conformidade DOCSIS de rede a cabo.

[Portadores upstream em Zero-Span](#)

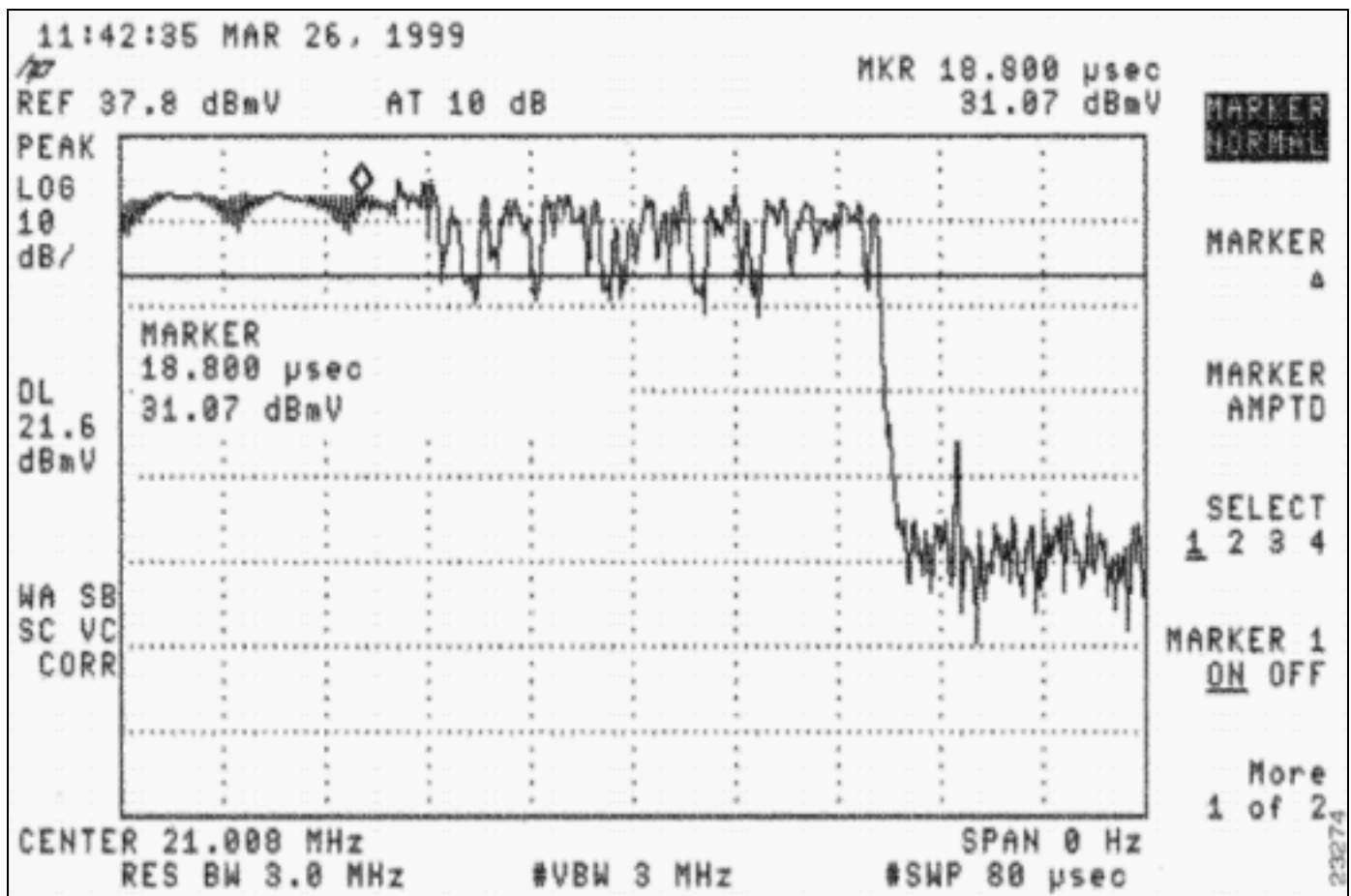
Outro modo analisador de espectro que vale a pena usar é o modo de span zero. Este modo é o modo de domínio de tempo em que a exibição é amplitude versus tempo, em vez de amplitude versus frequência. Esse modo é bastante útil ao exibir o tráfego de dados que é intermitente por natureza. [A Figura 4](#) mostra um analisador de espectro em intervalo zero (domínio de tempo) enquanto observa o tráfego upstream de um modem a cabo.

Figura 4: Tela de zero alcance em um analisador de espectro



Os pacotes de dados podem ser vistos na [Figura 4](#), juntamente com solicitações de modem e ruído de impulso. A faixa zero é muito útil para medir os níveis médios de potência digital e observar o ruído e a entrada, como visto na [Figura 5](#).

Figura 5: Medição de alcance zero da amplitude da portadora digitalmente modulada upstream



Ele também pode ser usado para ver se os pacotes estão colidindo entre si devido a temporização incorreta, divisor de fim de cabeçalho ruim ou isolamento do combinador, em que um pacote destinado a uma porta de upstream CMTS está "vazando" para outro upstream. Consulte os documentos listados na seção [Referências](#) deste documento.

16-Considerações sobre a configuração do QAM

Uma das etapas preliminares para executar o 16-QAM a 3,2 MHz é definir o tamanho de minislots apropriado. O código do Cisco IOS Software Release 12.2(15)BC1 define automaticamente o tamanho do minislots de acordo com a largura do canal. 3,2 MHz é igual a 2 pulsos, 1,6 é igual a 4 pulsos e assim por diante, onde cada pulso é de 6,25 microssegundos (μ s). Código mais antigo padronizado para 8 pulsos.

De acordo com o DOCSIS, um minislots deve ter 32 símbolos ou mais. Um símbolo pode ser considerado um grupo de bits de dados por ciclo ou hertz (Hz). Um canal de largura de 3,2 MHz tem uma taxa de símbolos de 2,56 Msym/sec. Usando 2 pulsos ($2 \times 6,25 \mu$ s), você acaba com um minislots igual a $2,56 \text{ Msym/sec} \times 12,5 \mu$ s, que é igual a 32 símbolos. Se estiver usando 16-QAM com seus 4 bits/símbolo, você terminará com $32 \text{ símbolos} \times 4 \text{ bits/símbolo} \times 1/8$, que é igual a 16 bytes/minislots.

O uso de um minislots o mais pequeno possível permite uma granularidade mais fina ao "fatiar" pacotes em minislots e cria menos erro de arredondamento de minislots. O menor pacote enviado upstream é uma Solicitação a 16 bytes. Manter os bytes por minislots para 16 ou menos é mais eficiente. Os minislots com mais de 16 bytes de comprimento desperdiçam tempo no fio, ao enviar solicitações de 16 bytes, e criam um maior potencial para colisões dessas solicitações. A única desvantagem para um minislots pequeno é se você estiver tentando permitir a concatenação de pacotes muito grandes. O DOCSIS afirma que apenas 255 minislots podem ser concatenados

em um burst máximo. O minislot pode precisar ser alterado para suportar grandes pacotes concatenados, se essa for a intenção. Para obter mais informações sobre o throughput de dados, consulte [Entendendo o Throughput de Dados em um Mundo DOCSIS](#).

O próximo exemplo de saída mostra como alterar e verificar as configurações de upstream atuais. O texto em **negrito** indica o tamanho do minislot em pulsos, símbolos e 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
```

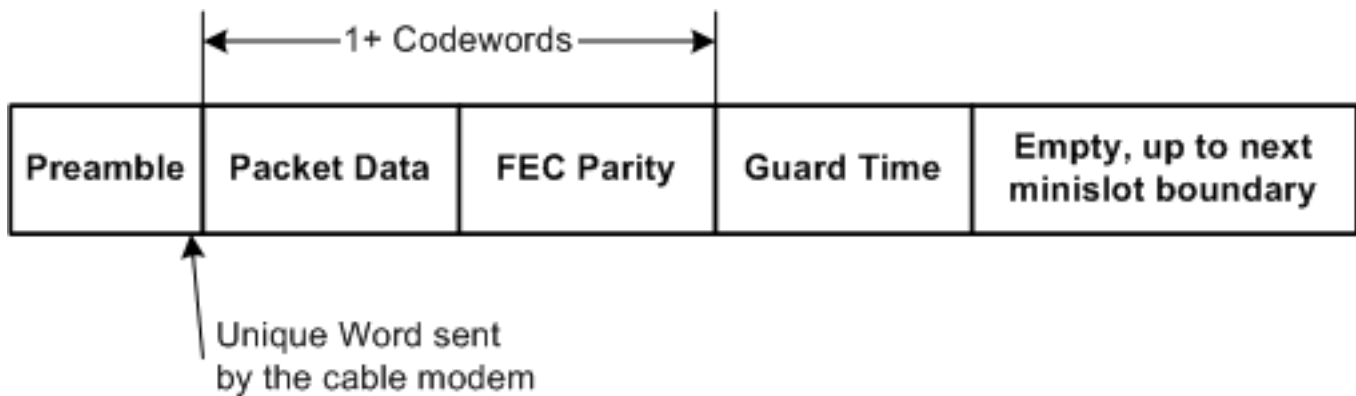
```
cmts#show controllers cable 3/0 upstream 0
```

```
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
```

[Intermitências de upstream](#)

Para entender os perfis de modulação, você precisa entender as rajadas de upstream. [A Figura 6](#) descreve como seria uma intermitência de upstream.

Figura 6: Parâmetros de burst de upstream



Observação: a palavra única (UW) é o último 1 a 4 bytes do Preâmbulo, dependendo da modulação e da configuração da UW no CMTS.

Uma intermitência de upstream começa com um preâmbulo e termina com algum tempo de proteção. O preâmbulo é uma maneira de o CMTS e o CM sincronizarem. Os CMTSs que usam chips de receptor upstream da Broadcom (como o Broadcom 3137) exigem que uma sequência de bytes especial chamada *Word exclusivo* seja incluída no final do preâmbulo, para maior sincronização. A banda de tempo de proteção no fim de uma intermitência é usada para que várias intermitências não se sobreponham. Os dados reais entre o preâmbulo e a banda de tempo de guarda são compostos de quadros Ethernet mais overhead DOCSIS que foram cortados em palavras de código FEC (CWs) com bytes FEC adicionados a cada palavra de código. Todo este pacote é cortado em minislots.

As rajadas de upstream do CM não são todas iguais. A intermitência pode ser um CM tentando fazer uma solicitação, fazer a manutenção inicial para ficar on-line, fazer a manutenção da estação a cada 20 segundos ou mais, enviar pacotes de dados curtos, enviar pacotes de dados longos e assim por diante. Esses tipos de intermitência são conhecidos como códigos de uso de intervalo (IUCs) e têm configurações diferentes para cada intermitência. Algumas informações do perfil de modulação são fornecidas na próxima seção; mas para obter mais informações sobre preâmbulos e perfis de modulação, consulte [Entendendo os perfis de modulação de upstream](#).

Perfis de modulação

Ao visualizar o perfil de modulação com o comando **show cable modulation-profile**, essas informações podem ser exibidas com as versões anteriores do Cisco IOS Software, 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

Essas informações não estão na mesma ordem em que foram inseridas em uma configuração global e algumas das entradas são exibidas em hexadecimal, embora tenham sido inseridas como decimais.

Faça os perfis de modulação para seu CMTS seguindo estes passos:

1. Na configuração global, emita o comando **cable modulation-profile 3 mix**. A palavra-chave

mix é fornecida pela Cisco para um perfil misto no qual a QPSK é usada para manutenção CM, enquanto a 16-QAM é usada para concessões curtas e longas.

2. Na interface de cabo apropriada, atribua o perfil a uma porta upstream emitindo o comando **cable upstream 0 modulation-profile 3**.

3. Emita o comando **show run** para exibir o perfil da forma como ele é inserido.

```
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 e cole a saída da Etapa 3 na configuração global.

5. Faça estas alterações: Altere a UW de 8 para 16. Essa mudança é necessária em IUCs curtas e longas que usam 16-QAM. Aumente a intermitência máxima e o CCW FEC no IUC curto para otimizá-lo para throughput. Certifique-se de que os últimos CWs para as IUCs curtas e longas sejam **curtos** em vez de **fixos**. **Observação:** essas alterações já foram incorporadas em perfis de modulação padrão no código Cisco IOS Software Release 12.2(15)BC1 e posteriores.

Se você pretende fazer mudanças de modulação dinâmica e quiser voltar para QPSK se a planta ficar "ruidosa", use este perfil de modulação de cabo 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
```

Esse perfil é otimizado para throughput de pequenos pacotes upstream, como confirmações TCP. Como o minislot está definido para 2 pulsos ao usar a largura de canal de 3,2 MHz, os bytes são 8 por minislot. A intermitência máxima é definida para 12 minisslots para a IUC curta, para manter o total em 96 bytes.

Este é um perfil que um cliente está usando para rastrear a lista de flap da Cisco para 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
```

Não há contadores por CM FEC ou SNR, mas *há* flaps por CM. O uso do 16-QAM para manutenção da estação permite que o modem oscile, se houver um problema que cause pacotes descartados. A lista flap é usada para rastrear informações por modem. O MC16x e o MC28C não relatam SNR por modem ou FEC por modem, portanto, usar a lista de flap pode ser benéfico.

Observação: as novas placas de linha (MC16X/U, MC28X/U e MC5x20S/U) fornecem contadores SNR e FEC por CM com os comandos **show cable modem phy** e **show interface cable slot/port sid sid-number**, respectivamente.

Os níveis para manter um CM on-line são feitos durante a manutenção da estação, e cada fornecedor de CM pode ter implementado seus preâmbulos de forma diferente para QPSK ou para 16-QAM. É muito possível que alterar a intermitência de manutenção da estação para 16-QAM possa fazer com que o CM pareça transmitir 3 dB mais alto e, posteriormente, alcançar 3 dB

melhor SNR. A média do SNR é para todos os CMs, portanto essa conquista é subjetiva.

Lembre-se de que, embora a potência máxima de transmissão de upstream exigida pelo DOCSIS seja +58 dBmV para um modem a cabo que usa QPSK, um modem a cabo que usa 16-QAM só precisa transmitir a uma potência máxima de +55 dBmV. Isso pode ter um impacto em sistemas de cabo onde a atenuação upstream total entre o modem e o CMTS é superior a 55 dB. R! no comando **show cable modem** significa que ele está maximizado e você pode precisar reduzir a atenuação da planta. A atenuação de upstream excessiva geralmente está relacionada a problemas de queda de assinante ou ao desalinhamento da rede. Talvez seja necessário emitir o comando **cable upstream 0 power-adjust continue 6** para permitir que o modem permaneça on-line até que o problema de atenuação excessiva tenha sido corrigido.

Além disso, alguns CMs mais antigos não gostam do 16-QAM para manutenção inicial. Se a Manutenção Inicial for 16-QAM, o CM poderá não voltar a ficar online. Isso também consome tempo com o servidor DHCP, se ele se conectar fisicamente.

Este é outro perfil que um cliente está usando para um perfil mais robusto e misto:

```
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
```

O preâmbulo foi tornado mais longo na IUC longa e a dimensão da CW foi reduzida, dando-lhe uma percentagem mais elevada de cobertura da FEC; estes são os cálculos usados:

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

Se a fábrica de HFC for muito ruidosa, experimente as novas placas de linha Cisco (MC16X/U, MC28X/U e MC5x20S/U). Essas placas têm um front-end PHY avançado que inclui cancelamento de ingresso, um front-end de processamento de sinal digital (DSP) e equalização adaptável. Para obter mais informações sobre os novos recursos PHY avançados, consulte [Tecnologias avançadas da camada PHY para dados de alta velocidade sobre cabo](#).

[Etapas para maximizar o sucesso de uma atualização de 16-QAM](#)

Para maximizar o sucesso de uma atualização de 16-QAM, siga estas etapas:

1. Atualize o CMTS com o NPE (Network Processing Engine, mecanismo de processamento de rede) mais recente.
2. Altere a configuração para suportar 16-QAM no upstream.
3. Instale uma placa MC16S, 28U ou 5x20U, se necessário.
4. Altere o software Cisco IOS do código EC para BC para executar o código DOCSIS 1.1. Algumas considerações para esta alteração de código incluem: Um acerto de 5 a 15 por cento na CPU é possível devido à funcionalidade e sofisticação extras introduzidas pelo DOCSIS 1.1 e devido a todos os novos recursos do Cisco IOS Software Release 12.2. Alguns CMs podem não gostar de um último CW abreviado e falhar após init(rc). As solicitações DHCP usam um IUC curto. O código CE usa um último CW fixo para IUCs curtas e longas, enquanto o código BC é abreviado.

Estas etapas podem ser seguidas para se preparar para uma atualização de 16-QAM:

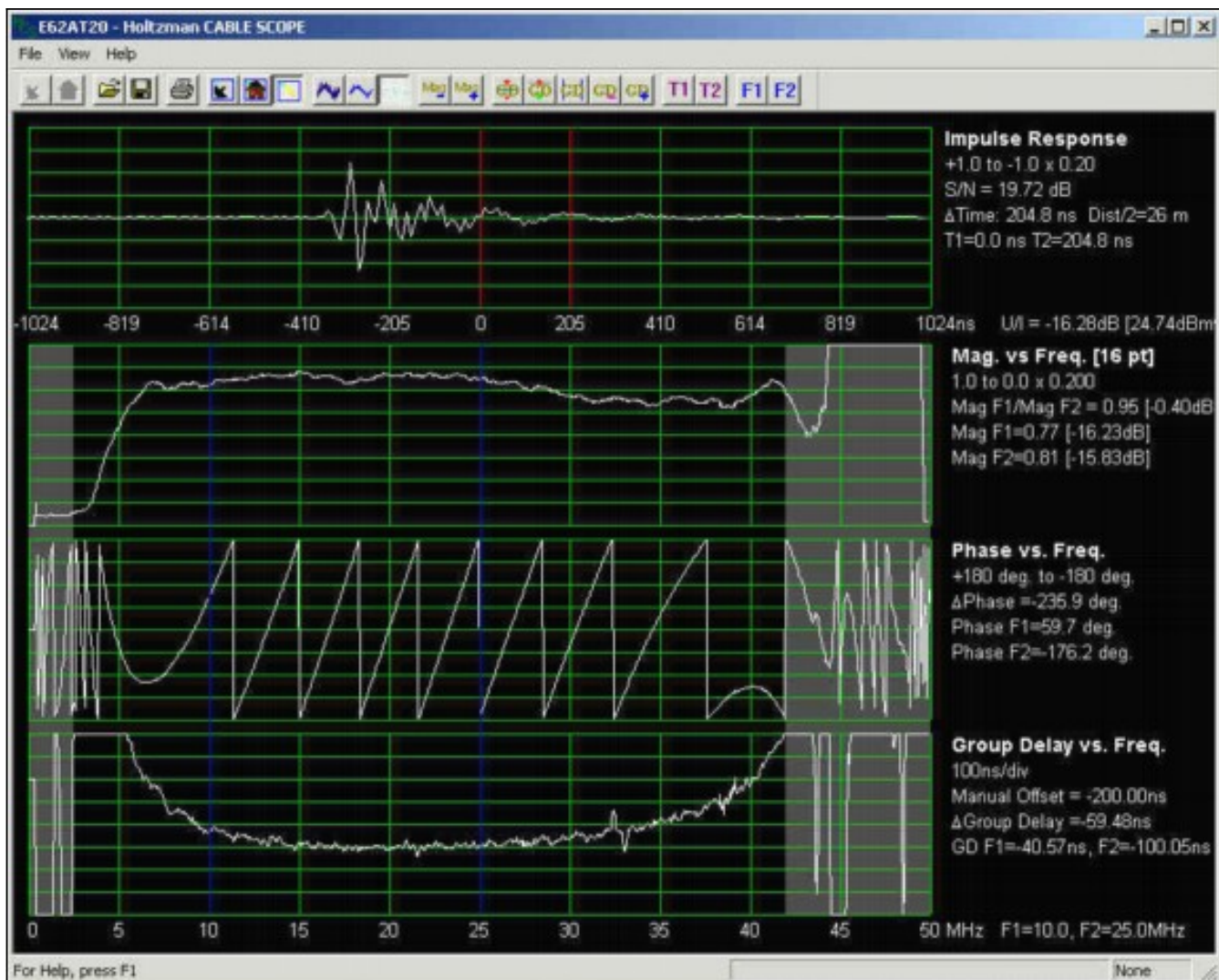
1. Emita **show running interface config**, **show controllers** e **show cable modem** para cada um dos uBRs onde 16-QAM é desejado.
2. Identifique as portas upstream onde 16-QAM é desejado.
3. Use um analisador de espectro para confirmar se as proporções de portadora para ruído, portadora para entrada e portadora para interferência são de pelo menos 25 dB. Tenha cuidado ao preparar-se com base na estimativa SNR do CMTS, conforme visto no **comando show controllers cable slot/port upstream upstream-port**, pois esse valor é apenas uma estimativa fornecida pelo hardware de recebimento upstream. Se você tiver que confiar apenas no SNR, um SNR de 25 ou mais é bom; mas isso não significa que você não tem ruído impulsivo e outras deficiências que não são aparentes na estimativa de SNR. Use um analisador de espectro em modo de span zero com uma configuração de largura de banda de resolução de 3 MHz para capturar toda a entrada sob a portadora e use uma taxa de varredura de 10 ms para capturar o ruído de impulso.
4. Usar 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. Use um minislot de 2 ao usar uma largura de canal de 3,2 MHz. Emita o comando **cable upstream 0 minislot 2**.
6. Monitore o comando **show cable hop** para verificar se há erros FEC corrigíveis e incorrigíveis. Para obter mais informações sobre FEC e SNR, consulte [Erros de FEC Upstream e SNR como formas de garantir a qualidade e o throughput dos dados](#).
7. Configure **cable modem remote-query**, se possível, e examine os níveis de transmissão de CM antes e depois da atualização, para ter certeza de que eles não foram alterados. Alguns CMs baixam ou elevam os níveis. Esse é um problema do fornecedor do modem. Observe também as leituras de CNR e SNR.

Sugestões e recomendações

Essas sugestões e recomendações aumentam o sucesso de uma atualização de 16 QAM em vários ambientes:

- Fique longe dos "hot spots" de entrada conhecidos, como 27 MHz (CB), 28 MHz (rádio amador de 10 metros) e qualquer coisa abaixo de aproximadamente 20 MHz, devido ao ruído elétrico e à entrada de rádio de ondas curtas.
- Mantenha a portadora bem longe das áreas de rolagem de filtro duplex (geralmente acima de aproximadamente 35 a 38 MHz), onde o atraso do grupo pode ser um problema importante. **Figura 7: Atraso do grupo de upstream**



O 16-QAM é especialmente propenso a retardo de grupo, o que causa interferência entre símbolos. O atraso do grupo pode ser um problema mesmo quando a resposta de frequência é linear. [A Figura 7](#), de um Escopo de Cabo da Holtzman, Inc., mostra uma resposta de frequência relativamente plana (o segundo rastreamento), mas observe o atraso do grupo degradado abaixo de aproximadamente 10 MHz e acima de aproximadamente 35 MHz (o quarto rastreamento). Escolha uma frequência operacional que minimize a probabilidade de atraso do grupo; as frequências na faixa de 20 a 35 MHz geralmente funcionam bem. O atraso do grupo é definido em unidades de tempo, tipicamente nanossegundos (ns). Em um sistema, rede ou componente sem retardo de grupo, todas as frequências são transmitidas pelo sistema, pela rede ou pelo componente com retardo de tempo igual. Em termos simplificados, quando não há atraso de grupo em um sistema, rede ou componente, todas as frequências dentro de uma largura de banda definida levam o mesmo tempo para atravessar esse sistema, rede ou componente. Quando o retardo do grupo existe, os sinais em algumas frequências chegam a tempos ligeiramente diferentes dos sinais em outras frequências. Isso também significa que os canais mais amplos são mais propensos a diferenças de retardo de grupo. Se o retardo de grupo de uma rede de cabo exceder uma determinada quantidade, ocorrerá interferência entre símbolos, prejudicando a taxa de erro de bit. Embora a Especificação de Interface de Radiofrequência DOCSIS especifique no máximo 200 ns/MHz no upstream, recomenda-se manter o atraso total do grupo de canal em 100 ns ou menos para 16-QAM. Problemas de resposta de frequência em uma rede de cabo também causam problemas de retardo de grupo. A melhor maneira de um operador de cabo manter a resposta de frequência plana é varrer a rede regularmente. As medições de atraso do grupo upstream geralmente exigem equipamentos especializados, como o Escopo do Cabo mencionado

anteriormente. O Escopo do Cabo exibe a resposta de impulsos upstream, "magnitude versus frequência" (resposta de frequência), fase versus frequência e atraso de grupo versus frequência. Mais informações estão disponíveis em <http://www.holtzmaninc.com>. O DOCSIS 1.1 pode ajudar a reduzir a amplitude de ondulação e os problemas de retardo de grupo com pré-equalização nos CMs. As novas placas de linha MC16X/U, MC28X/U e MC5x20S/U podem ajudar com a equalização no CMTS.

- Se estiver usando a placa MC16C ou 28C, use um perfil de modulação estática de 16-QAM. Pode não ser ideal usar alterações de modulação dinâmica com uma placa C porque os limites não podem ser alterados (quando saltar e o que causa o salto). Deixe-o em 16-QAM ou use uma placa de linha MC16S, MC16X/U, MC28X/U ou MC5x20S/U, quando aplicável, com grupos de espectro definidos.
- Se possível, use uma placa MC16S com faixas de espectro e recursos de modulação dinâmica. Ative os recursos avançados de gerenciamento de espectro e atribua às portas upstream (US). Criar dois canais de 3,2 MHz; por exemplo, 20 a 23,2 MHz e 23,22 a 26,42 MHz. Para saltos de espectro adequados, o algoritmo precisa de aproximadamente 20 kHz entre bandas (emitir o comando **Spectrum-group 1 band 200000 23200000**). Ative a modulação dinâmica e atribua às portas upstream (emita o comando **cable upstream 0 modulation-profile 3 2**). Garantia de que não há necessidade de alteração na largura do canal (execute o comando **cable upstream 0 channel width 3200000 3200000**).
- Use estas configurações padrão: A prioridade de salto de Frequência, Modulação e Largura de Canal garante o mais alto throughput possível, primeiro pela frequência de salto; depois, se necessário, alterando a modulação. Como a largura do canal está definida como 3200000 3200000, o canal permanece nessa largura. Um período de salto de 30 segundos garante que uma segunda alteração de upstream não ocorra até 30 segundos após a primeira alteração. O limiar de salto (padrão de 100%) rastreia a manutenção da estação e não é um bom indicador de integridade de upstream. O valor padrão de 100% significa que todos os CMs devem perder a manutenção da estação antes que ocorra uma alteração de upstream. Em vez de usar esse parâmetro, é mais relevante para o upstream monitorar erros de CNR e FEC. Os limiares de CNR são 25 dB, 15 dB, 1% de FEC corrigível e 1% de FEC incorrigível. Pode ser vantajoso alterar os limiares com base em uma análise mais detalhada da configuração. Você pode fazer o primeiro limite de CNR um pouco menor, como 22 dB, e fazer o segundo limite de aproximadamente 12 dB. O segundo limite de CNR não faz diferença neste exemplo, porque você não está alterando a largura do canal. Pode ser muito baixo, como 8 dB. Você também pode definir o limite de FEC corrigível como 3%, se desejado. Emita o comando **cable upstream 0 threshold cnr-profile1 22 cnr-profile2 8 corr-Fec 3 uncorr-Fec 1**.
- Se as placas MC16S, MC16X/U, MC28X/U ou MC5x20S/U forem usadas, um benefício adicional será o uso da ferramenta Cisco Broadband Troubleshooter (CBT) para visualizar o espectro upstream remotamente. Há um comando no CMTS para exibir também o piso de ruído: o comando **show controllers cable slot/port upstream upstream-port 5 42 1**.
- Pode ser útil filtrar externamente qualquer ruído abaixo de 20 MHz para ver se alguma alteração no SNR relatado pelo CMTS é observada. A Arcom e a Eagle Comtronics fazem esses filtros. Às vezes, o ruído em baixas frequências pode criar harmônicos que se encaixam na frequência de dados upstream pretendida ou na frequência intermediária interna (IF) de 70 MHz do upstream. Isso foi observado em placas de linha legadas que foram sobrecarregadas com sinal demais a 35 MHz. O rádio de broadcast de modulação de amplitude (AM) (0,5 MHz a 1,6 MHz) também tem sido visto como causando o corte de laser upstream no nó, o que distorce todas as frequências upstream. Portanto, observe todo o espectro na entrada do laser upstream do nó.

Pontos diversos

- Mais pontos de varredura upstream podem ser recomendados para que o equipamento de varredura obtenha uma melhor indicação da resposta de frequência upstream, especialmente ao Troubleshoot microflecções.
- Verifique se o arquivo de configuração DOCSIS não tem a taxa mínima garantida de upstream definida. O código BC mais recente pode ter o Controle de Admissão de upstream ativado por padrão e definido em 100%. Alguns modems podem não ficar on-line e enviar reject(c). Faça o Admission Control 1000 por cento, desligue-o ou elimine a taxa mínima de upstream no arquivo de configuração DOCSIS.
- Se oferecer uma taxa de downstream inferior a 84 kbps, emita o comando **downstream rate-limit token bucket shaping max delay 256**. O retardo padrão de 128 é otimizado para velocidades de downstream superiores a 84 kbps. Esse comando é relevante para o VXR, mas não para o uBR10k.

Summary

Muitos recursos estão disponíveis para ajudar com uma atualização 16-QAM e para manter a disponibilidade do serviço o mais alta possível. Estes são alguns dos recursos e benefícios:

- Placas S e U—"Olhe antes de saltar", rastreamento CNR e visualização remota do analisador.
- Alteração de modulação dinâmica—Plano de backup para 16-QAM.
- Limites ajustáveis—Sem saltos inadvertidos.
- NPE-400 ou G1—Expansão PPS na CPU.
- Placa MC28U—processador G1 integrado, cancelamento de entrada, DSP, recursos de placa S.
- Código BC—código DOCSIS 1.1 com concatenação, fragmentação e piggybacking.

Nota final

Outro problema observado nas instalações do 16-QAM foi associado a microflecções. As microflecções estão se mostrando como problemas significativos em alguns sistemas de cabo que tentam implantar 16-QAM, especialmente ambientes DOCSIS 1.0 sem equalização adaptável. Estas são algumas das principais causas das microflecções:

- Terminadores de extremidade de linha defeituosos ou ausentes (e parafuso de captura solto no condutor central do terminador).
- Uso das chamadas torneiras de autoterminação nas extremidades da linha (por exemplo, 4 dB duas portas, 8 dB quatro portas e assim por diante).
- Falta de terminadores nas portas não utilizadas das torneiras de baixo valor — verificou-se que o desempenho melhorou substancialmente ao terminar todas as portas não utilizadas em 17 dB e reduzir os desvios de valor.
- Conectores soltos ou instalados incorretamente, especialmente parafusos de captura soltos em conectores de linha dura.
- Passivos de linha danificados ou defeituosos.

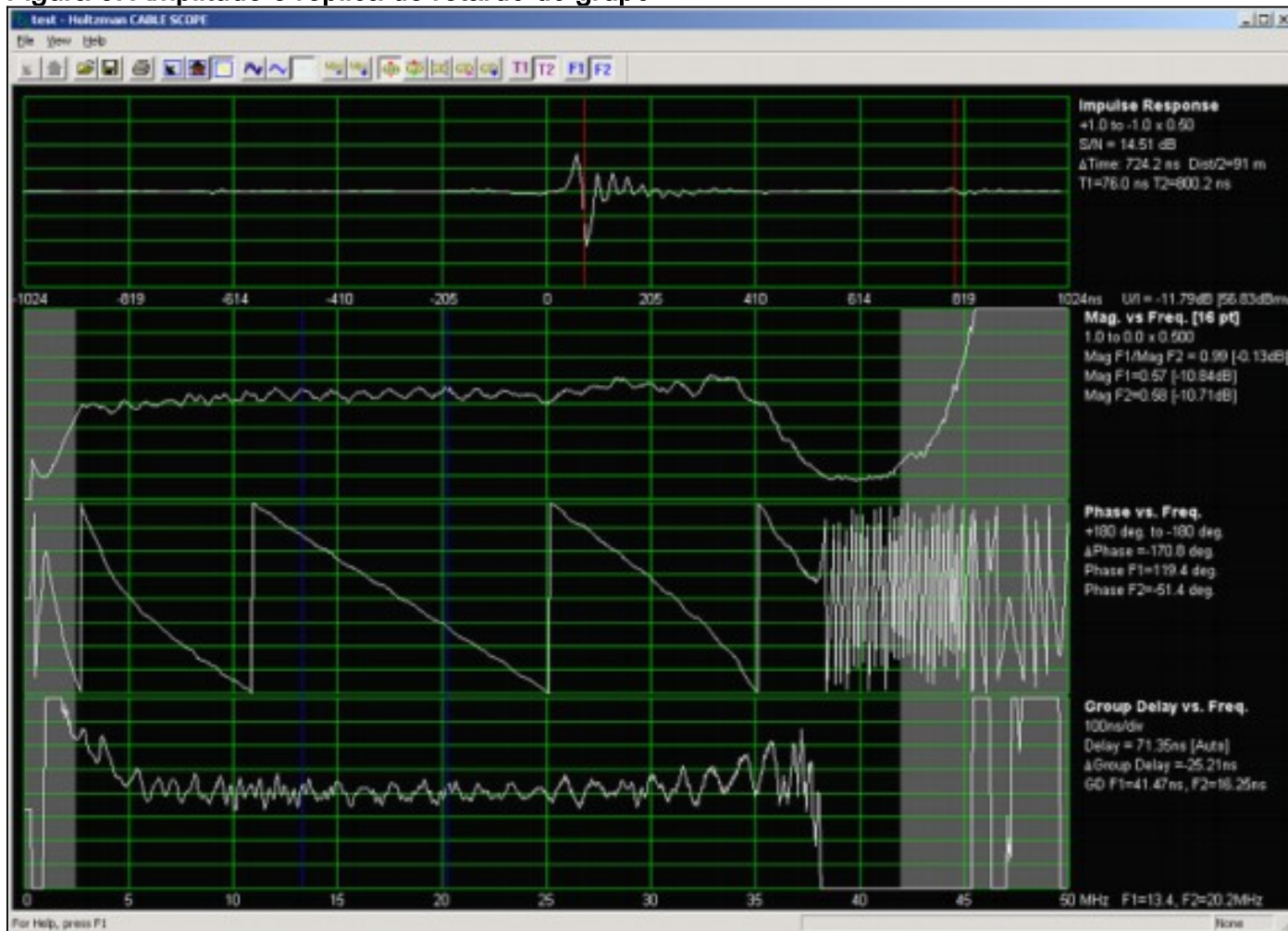
É claro que as causas habituais da queda também são um problema: isolamento ruim do divisor, falta terminadores em portas de separador ou CC não utilizadas, cabos e conectores danificados

e assim por diante.

A [Figura 8](#) é de um escopo de cabo da Holtzman, Inc. A figura mostra como a amplitude ondulada na resposta de frequência de upstream (neste exemplo específico, causada por um eco de aproximadamente 724 ns ou microrreflexão) também causa ondulação de retardo de grupo. O traço superior é a resposta de impulso, e o eco é visto aproximadamente 724 ns à direita do impulso principal. O segundo rastreamento mostra a amplitude da ondulação causada pelo eco, e o quarto rastreamento mostra a ondulação de retardo do grupo resultante.

Consulte a seção [Suplemento](#) para obter mais informações sobre microreflecções.

Figura 8: Amplitude e réplica de retardo do grupo



[Suplemento](#)

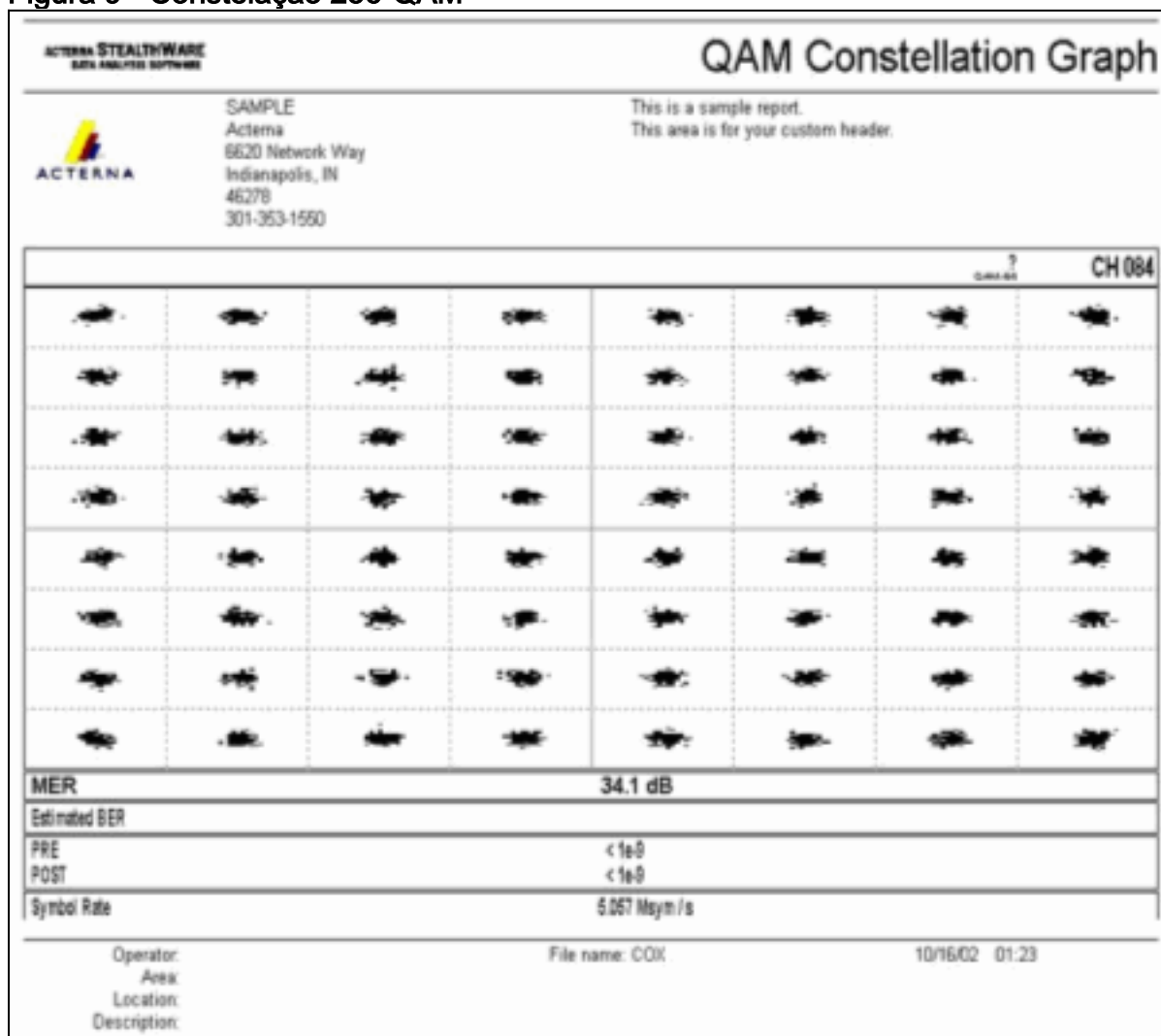
[Downstream 256-QAM](#)

Se estiver tentando executar 256-QAM no downstream, certifique-se de que o nível médio de potência da portadora modulada digitalmente seja de 6 a 10 dB abaixo do nível de um canal de TV analógica na mesma frequência. Muitos operadores de cabo definem sinais de 64 QAM em -10 dBc e 256-QAM em -5 a -6 dBc. Observe a constelação, MER e BER pré e pós-FEC para verificar se há sinais de compressão, interferência de transmissor de varredura, recorte de laser e outros defeitos. Ordens mais altas de modulação têm uma maior taxa de pico para média e podem causar cortes de laser intermitentes e ocasionais. Os níveis do canal de TV analógica podem precisar ser ligeiramente reduzidos nos transmissores de laser, se houver vários sinais

256-QAM presentes.

A [Figura 9](#) mostra uma constelação de 256-QAM com um MER de 34 dB. Um MER menor que aproximadamente 31 dB é motivo de preocupação ao executar o 256-QAM.

Figura 9 - Constelação 256-QAM



De acordo com a Especificação de Interface de Radiofrequência DOCSIS, o nível de entrada da portadora digitalmente modulada para o modem a cabo deve estar na faixa de -15 a +15 dBmV (a experiência mostrou que de -5 a +5 dBmV é quase ideal) e a potência de entrada total (todos os sinais de downstream) deve ser inferior a 30 dBmV. Por exemplo, se você tiver 100 canais analógicos cada a +10 dBmV, isso equivalerá a esta potência total:

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

Se o ruído de impulso for um problema na downstream, então a intercalação de downstream pode ser aumentada para 64, da configuração padrão de 32. Isso adiciona mais latência para o ciclo de solicitação upstream e concessão, de modo que pode afetar ligeiramente as velocidades upstream por modem.

Microreflexões

Esta seção é da coluna de Ron Hranac, de março de 2004, na revista *Communications Technology* (cortesia de PBI Media, LLC).

Você limpou o inverso, obtendo a proporção de portadora para junk para um gerenciável de 25 a 30 dB ou melhor. O ruído de entrada e impulso está sob controle. Os campos para a frente e para trás foram equilibrados. Você moveu o cabo modem upstream digitalmente modulado portador para uma frequência central no intervalo de 20-35 MHz, portanto, o retardo de grupo relacionado ao filtro diplex não é um problema. Seus funcionários de dados ajustaram os perfis de modulação do CMTS (Cable Modem Termination System). Em seguida, você puxou o switch e fez o salto da chave de deslocamento de fase de quadratura (QPSK) para 16-QAM (modulação de amplitude de quadratura). Na maior parte das vezes as coisas estão funcionando razoavelmente bem, mas os modems em algumas partes do sistema estão tendo problemas. Um possível culpado? Microreflexões, reflexões ou ecos — chamem-lhes o que quiserem, devem ser levados a sério. Encontre e corrija a causa, e seus modems e clientes ficarão muito mais felizes. Vamos voltar à teoria básica da linha de transmissão por um momento. Idealmente, a fonte do sinal, o meio de transmissão e a carga devem ter a mesma impedância característica. Quando essa condição existe, toda a energia incidente da fonte é absorvida pela carga—excluindo a energia perdida pela atenuação no meio de transmissão, é claro. No mundo real das redes a cabo, a impedância pode, na melhor das hipóteses, ser considerada nominal. Incompatibilidades de impedância estão em todo lugar: conectores, entradas e saídas de amplificadores, entradas e saídas de dispositivos passivos e até o próprio cabo. Em qualquer lugar onde exista uma incompatibilidade de impedância, parte da energia incidente é refletida de volta para a fonte. A energia refletida interage com a energia incidente para produzir ondas em pé, que se manifestam como a conhecida ondulação de onda em pé que às vezes se vê em telas de receptor de varredura. Os longos ecos no domínio do tempo, ou seja, aqueles que são desviados do sinal de incidente por uma quantidade maior que o período de símbolo dos dados afetados, significam uma ondulação de amplitude mais próxima no domínio da frequência. Colocar de outra maneira: Se os picos de amplitude das ondulações estiverem amplamente separados, a diferença de impedância está próxima. Se os picos das ondulações estiverem próximos, a distância até a falha estará mais distante. Os ecos não só causam uma ondulação de amplitude, como também provocam uma ondulação de fase. Atraso de grupo — um defeito que pode causar problemas com 16-QAM — é definido como a taxa de alteração de fase em relação à frequência. A ondulação de amplitude fina (espaçada de perto) produz ondulação de fase fina granulada, o que por sua vez

pode resultar em ondulação de retardo de grupo grande. Este fenômeno é geralmente pior para os longos ecos. A experiência de campo mostrou que não há ciência de foguetes quando se trata do que realmente causa ecos. Uma breve observação: A atenuação muito mais baixa do cabo coaxial nas frequências upstream significa que as reflexões geralmente serão piores do que na downstream. Aqui está uma lista de alguns dos problemas mais comuns que foram identificados em instalações externas.

- Terminadores de extremidade de linha danificados ou ausentes
- Terminadores de chassi danificados ou ausentes em portas não utilizadas de acoplador direcional, divisor ou amplificador de várias saídas
- Parafusos de captura do condutor central soltos
- Portas de toque não utilizadas não terminadas. Isso foi considerado especialmente crítico em relação a derivações de menor valor.
- Portas passivas não utilizadas não terminadas
- Utilização das chamadas torneiras autoterminadoras (4 dB, duas portas; 8 dB quatro portas e 10/11 dB oito portas) nas extremidades da linha do alimentador. Esses toques específicos são na verdade divisores e não terminam a linha a menos que todas as portas F sejam terminadas corretamente.
- Cabo amassado ou danificado de outra forma (isso inclui o cabo rachado, que causará reflexo e ingresso)
- Agentes ou passivos defeituosos ou danificados (danificados pela água; enchido com água; junta de solda a frio; corrosão; parafusos ou hardware da placa de circuito livre; etc.)
- TVs prontas para cabo e VCRs conectados diretamente à queda (perda de retorno na maioria dos dispositivos prontos para cabo é ruim)
- Algumas armadilhas e filtros têm uma perda de retorno ruim no upstream, especialmente aqueles usados para serviço somente de dados.

Como é que se descobre estas coisas? Lembra-se do equipamento de varredura que está coletando poeira na prateleira? "Nossa fábrica de HFC recém-atualizada tem apenas <insert number here> amps em cascata após o nó, portanto não precisamos mais varrer." Sim, certo. Talvez você queira reconsiderar essa decisão, remover a poeira da engrenagem de varredura antiga e atualizar seu firmware para a versão mais recente. Uma maneira de procurar problemas é usar a resolução de varredura mais alta possível (número máximo de pontos de

varredura) ao varrer o upstream. O 3010H/R da Calan (<http://sunrisetelecom.com/broadband/>) suporta até 401 pontos de dados e o SDA-5000 da Acterna (http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index_gbl.html) oferece resolução máxima de varredura de 250 kHz. Uma maior resolução de varredura permitirá que os técnicos vejam uma maior amplitude espaçada. Concebido, a atualização da varredura pode demorar um pouco mais quando estiver operando em uma resolução mais fina, mas certamente ajudará na solução de problemas de microreflexões. Se você realmente quer chegar ao detalhe, o Escopo do Cabo da Holtzman, Inc. (<http://www.holtzmaninc.com/cscopeco.htm>) é capaz de exibir a resposta de impulso (excelente para ver o deslocamento de tempo do eco), amplitude versus resposta de frequência, fase versus frequência, e retardo de grupo versus frequência. John Downey, da Cisco, oferece essas dicas ao solucionar problemas de resposta de varredura relacionados à reflexão:

- Os pontos de teste resistivos facilitam uma solução de problemas mais eficiente, pois exibem mais prontamente as ondas em pé na resposta de varredura.
- Use a fórmula $D = 492 \times V_p / F$ para calcular a distância aproximada para uma incompatibilidade de impedância. D é a distância, em pés, até à avaria do ponto de ensaio; V_p é a velocidade de propagação do cabo (normalmente ~0,87 para cabo de linha dura); e F é o delta de frequência em MHz entre sucessivos picos de onda em pé no traço de varredura.
- As sondas de teste especializadas da Corning-Gilbert (<http://www.corning.com/corninggilbert/>) e Signal Vision (<http://www.signalvision.com/>) são melhores do que usar adaptadores de caixa para F.

Outra ferramenta que pode ser útil para atenuar os efeitos das microreflexões é a equalização adaptativa. O DOCSIS 1.1 suporta equalização adaptável de 8 toques e o DOCSIS 2.0 suporta equalização adaptável de 24 toques. Infelizmente, a grande base instalada dos modems DOCSIS 1.0 também não se beneficiará, pois a equalização adaptativa especificada pelo DOCSIS 1.1 e 2.0 é feita usando-se a pré-equalização no próprio modem. Os modems DOCSIS 1.0 geralmente não suportam equalização adaptável.

[Appendix](#)

[As tabelas 2, 3, 4 e 5](#) podem ser usadas como uma lista de verificação para conformidade com DOCSIS de rede a cabo.

Tabela 2 - Saída de CMTS ou conversor ascendente do headend (downstream)

Teste realizado (S-N)	Parâmetro	Valor do parâmetro	Valor ou comentários medidos
	saída de IF downstream CMTS	+42 dBmV ¹	
	Amplitude de portadora com modulação digital na entrada do conversor superior	+25 a +35 dBmV ²	
	Amplitude de portadora com modulação digital na saída do conversor superior	de +50 a +61 dBmV	
	Frequência central de portadora modulada digitalmente	91 a 857 MHz	
	Relação portadora-ruído	>= 35 dB	
	MER ³	64-QAM: 27 dB mínimo de 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ⁴ pré-FEC	—	
	BER pós-FEC ⁵	<= 10 ⁻⁸	
	ondulação de amplitude (flattura no canal)	3 dB ⁶	
	Avaliação de constelação	Procure sinais de compressão de ganho, ruído de fase, desequilíbrio de fase e quadratura (I-Q), interferência coerente, ruído excessivo e corte	

1. A maioria das placas de linha Cisco CMTS compatíveis com DOCSIS é especificada para fornecer um nível médio de potência de +42 dBmV (± 2 dB) na saída IF downstream.
2. Intervalo de entrada de nível de potência médio nominal para a maioria dos conversores ascendentes externos. Verifique as especificações do fabricante do conversor ascendente

para confirmar o nível de entrada recomendado. **Nota:** pode ser necessário um atenuador em linha (pad) entre a saída de CMTS IF e a entrada do conversor ascendente.

3. O MER de downstream não é um parâmetro DOCSIS. Os valores mostrados são valores mínimos que representam boas práticas de engenharia. O MER medido no headend geralmente está no intervalo de 34 a 36 dB ou superior.
4. O DOCSIS não especifica uma BER pré-FEC mínima. Idealmente, não deve haver erros de bit pré-FEC na saída do CMTS ou do conversor ascendente.
5. Idealmente, não deve haver erros de bit pós-FEC na saída do CMTS ou do conversor ascendente.
6. DOCSIS 1.0 especifica 0,5 dB para este parâmetro; foi relaxado, no entanto, para 3 dB no DOCSIS 1.1.

Tabela 3: Transmissor laser Headend (downstream) ou entrada do primeiro amplificador

Teste realizado (S-N)	Parâmetro	Valor do parâmetro	Valor ou comentários medidos
	Nível médio de potência da portadora com modulação digital relativo à amplitude visual da portadora do canal de TV analógico	-10 a -6 dBc	
	Frequência central de portadora modulada digitalmente	91 a 857 MHz	
	Relação portadora-ruído	>= 35 dB	
	MER ¹	64-QAM: 27 dB mínimo de 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ² pré-FEC	—	
	BER pós-FEC ³	<= 10 ⁻⁸	
	ondulação de amplitude (flattura no canal)	3 dB ⁴	
	Avaliação de constelação	Procure sinais de compressão de ganho, ruído de fase, desequilíbrio I-Q,	

		interferência coerente, ruído excessivo e corte	
--	--	--	--

1. O MER de downstream não é um parâmetro DOCSIS. Os valores mostrados são valores mínimos que representam boas práticas de engenharia. O MER medido no headend geralmente está no intervalo de 34 a 36 dB ou superior.
2. O DOCSIS não especifica uma BER pré-FEC mínima. Idealmente, não deve haver erros de bit pré-FEC na entrada do laser downstream ou do primeiro amplificador.
3. Idealmente, não deve haver erros de bit pós-FEC na entrada do primeiro amplificador ou laser de downstream.
4. DOCSIS 1.0 especifica 0,5 dB para este parâmetro; foi relaxado, no entanto, para 3 dB no DOCSIS 1.1.

Tabela 4: Entrada downstream para modem a cabo

Teste realizado (S-N)	Parâmetro	Valor do parâmetro	Valor ou comentário medidos
	Frequência central de portadora modulada digitalmente	91 a 857 MHz	
	Nível médio de potência da portadora com modulação digital relativo à amplitude visual da portadora do canal de TV analógico	-10 a -6 dBc	
	Nível médio de potência da portadora com modulação digital	de -15 a +15 dBmV	
	Relação portadora-ruído	>= 35 dB	
	Potência total de entrada de RF downstream ¹	< +30 dBmV	
	MER ²	64-QAM: 27 dB mínimo de 256-QAM: 31 dB mínimo	
	BER ³ pré-FEC	—	
	BER pós-FEC	<= 10 ⁻⁸	

	Avaliação de constelação	Procure sinais de compressão de ganho, ruído de fase, desequilíbrio I-Q, interferência coerente, ruído excessivo e corte	
	ondulação de amplitude (flattura no canal)	3 dB ⁴	
	Modulação de zumbido	5% (-26 dBc)	
	Nível máximo de portadora visual de canal de TV analógico	+17 dBmV	
	Nível mínimo de portador visual de canal de TV analógico	-5 dBmV	
	Retardo de trânsito do CMTS para o modem a cabo mais distante ⁵	<= 0,800 ms	
	Alcance do nível do sinal, 50 a 750 MHz	16 dB	
	ondulação de retardo de grupo ⁶	75 ns	

1. Potência total de todos os sinais de downstream na faixa de frequência de 40 a 900 MHz.
2. O MER de downstream não é um parâmetro DOCSIS. Os valores mostrados são valores mínimos que representam boas práticas de engenharia.
3. O DOCSIS não especifica um valor para a taxa de erro de bit pré-FEC.
4. DOCSIS 1.0 especifica 0,5 dB para este parâmetro; foi relaxado, no entanto, para 3 dB no DOCSIS 1.1.
5. O atraso de trânsito pode ser estimado.
6. O retardo do grupo no canal pode ser medido usando o AT2000RQ ou AT2500RQ da Avatron; você deve ter o firmware e o software mais recentes. Consulte [Produtos Sunrise Telecom - Cable TV \(CATV\)](#).

Tabela 5 - Entrada upstream de CMTS

Teste realizado (S-N)	Parâmetro	Valor do parâmetro	Valor ou comentários medidos
	Largura de banda de portadora modulada	200, 400, 800, 1600 ou 3200	

	digitalmente	kHz	
	Taxa de símbolo de portadora com modulação digital	0,16, 0,32, 0,64, 1,28 ou 2,56 Msym/seg	
	Frequência central de portadora modulada digitalmente	Deve estar dentro do espectro de 5 a 42 MHz	
	Amplitude de portadora modulada digitalmente ¹	-16 a +26 dBmV, dependendo da taxa de símbolo	
	Potência total de espectro de RF de 5 a 42 MHz	$\leq +35$ dBmV	
	Relação portadora-ruído	≥ 25 dB ²	
	Relação portadora-interferência	≥ 25 dB ²	
	Proporção de potência da operadora para a entrada	≥ 25 dB ²	
	Modulação de zumbido	7% (-23 dBc)	
	Ripple de amplitude	0,5 dB/MHz	
	Ripple de retardo do grupo ³	200 ns/MHz	
	Retardo de trânsito do modem a cabo mais distante para CMTS ⁴	$\leq 0,800$ ms	

1. O valor padrão para Cisco uBRs é 0 dBmV.
2. Medido na porta de entrada de upstream CMTS. O valor mostrado é um valor no canal.
3. O atraso do grupo upstream pode ser medido com um instrumento como [o Escopo do Cabo da Holtzman, Inc](#).
4. O atraso de trânsito pode ser estimado.

Referências

Estas são algumas referências que complementam outras referências feitas ao longo deste documento:

- [Como aumentar a disponibilidade e o throughput do caminho de retorno](#)

Ron Hranac, da Cisco, escreveu duas colunas na 16-QAM para a revista *Communications Technology*:

- [História de sucesso do 16-QAM](#)

- [Mais sobre o 16-QAM](#)

O Tom Williams, da Holtzman, Inc., escreveu alguns excelentes artigos sobre danos upstream. Ele entra nos detalhes do atraso do grupo, entre outras coisas, e mostra que alguns dos parâmetros de DOCSIS upstream assumidos não são bons o suficiente:

- [Como lidar com as desvantagens dos dados upstream: Otimize o desempenho da rede hoje, parte 1](#)
- [Como lidar com as deficiências de dados upstream - Parte 2 Medindo a distorção linear](#)

Informações Relacionadas

- [Perfis de modulação upstream para placas de linhas de cabo](#)
- [Determinando problemas de RF ou configuração no CMTS](#)
- [Como aumentar a disponibilidade e o throughput do caminho de retorno](#)
- [Erros de FEC de upstream e SNR como meios para garantir a aualidade de dados e o ritmo de transferência.](#)
- [Obter medições de energia de um sinal de downstream DOCSIS usando um analisador de espectro](#)
- [Suporte para tecnologia de cabo de banda larga](#)
- [Suporte Técnico e Documentação - Cisco Systems](#)