

实现16-QAM以增加电缆调制解调器的值

目录

[简介](#)

[好处](#)

[目标和初步设置](#)

[零跨度的上游运营商](#)

[16-QAM配置注意事项](#)

[上游突发](#)

[调制配置文件](#)

[实现16 QAM升级成功的步骤](#)

[建议和建议](#)

[其他积分](#)

[摘要](#)

[最终备注](#)

[补充](#)

[下行256-QAM](#)

[微反射](#)

[Appendix](#)

[参考](#)

[相关信息](#)

简介

有线数据服务接口规范(DOCSIS)1.x射频接口规范支持两种有线网络上行调制格式：正交相移键控(QPSK)和正交幅度调制16(16-QAM)。这两种调制格式都用于将数据从电缆调制解调器(CM)传输到电缆调制解调器终端系统(CMTS)。大多数DOCSIS电缆调制解调器部署都是从QPSK开始并继续使用，部分原因是该调制格式在通常苛刻的上行射频(RF)环境中具有稳健性。但是，通过从QPSK切换到16-QAM，可以至少将原始上游数据吞吐量翻倍。[表1](#)总结了DOCSIS 1.x上游信道参数和数据吞吐量。

表1 - DOCSIS 1.x上游数据传输

信道RF带宽	符号速率	QPSK原始数据速率	QPSK标称数据速率	16-QAM原始数据速率	16-QAM标称数据速率
MHz	Msym/s	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

本文档重点介绍在上游路径中使用16-QAM来增加现有电缆调制解调器部署的价值，同时了解常见的误解和运行16-QAM的现实。此外还包括从QPSK迁移到16-QAM的经过现场验证的准则。

本文档介绍在讨论调制配置文件之前的目标和初步设置。在调制配置文件部分，介绍了一些参数和优化16-QAM参数的方法。最后，本文档将介绍一些建议和注意事项。

人们通常认为，由于以下原因，现在没有多少16 QAM安装：

1. CMTS无法处理16-QAM。
2. 外面的植物太吵了，无法支撑。
3. 这需要付出太多的工作和准备。
4. 不需要吞吐量。
5. QPSK是点对点服务的自然“瓶颈”。
6. 允许更多数据包可能会使CMTS的CPU过载。

实际上，有相当多的有线电视系统已经使用16 QAM已有几年。符合DOCSIS的混合光纤同轴(HFC)电缆网络在16 QAM下运行良好。它只需要在防止入口进入方面多做一点努力，并对维护和故障排除实践多做一点注意，而这些做法无论如何都应该做。

DOCSIS规定，无论您使用哪种调制格式，上行载波噪声比(CNR)、载波入口比和载波干扰比都应至少为25 dB。QPSK可以在低得多的CNR下可靠运行，但实际值取决于损害类型和使用的前向纠错(FEC)数量，更不用说电缆调制解调器供应商的设计了。16-QAM需要大约7 dB的CNR，才能实现与QPSK相同的比特误码率(BER)。如果有线网络的上游在噪音、入口和干扰方面达到或超过DOCSIS指定的25 dB，那么至少在这些特定的信道内损伤方面，有足够的净空可用于16 QAM的可靠运行。

客户目前使用的服务应该了解、控制、鼓励和计费。如果“管道”变大，客户使用，应启用适当的计费。如果必须处理更多数据包，CMTS的CPU使用率可能会增加。这就是为什么应执行CPU和内存升级的原因 — 在大多数情况下，由此产生的增量现金流改善抵消了升级成本。

好处

在有线网络的上游路径中使用16-QAM有许多优点：

- 满足客户对以下服务的需求所需的更高吞吐量：IP 语音 (VoIP)服务级别协议(SLA)点对点(P2P)服务，如Kazaa、Napster等
- 由于16-QAM的数据吞吐量可能更高，因此每个上游路径注册更多客户，这至少会提高两倍(请参见[表1](#))。16-QAM还具有更好的频谱效率。无论何时您使“管道”变大，冲突和“阻塞”的概率都会小得多，这就允许更高的超订用。
- 最大的优势是无需额外的硬件成本。CPE和CMTS (如果DOCSIS已认证或经认证)可通过软件或简单配置修改从QPSK更改为16-QAM。您可以选择升级CMTS的CPU或内存(建议这样做)，但不绝对需要支持16 QAM。

目标和初步设置

本节介绍目标和一些初步设置。与往常一样，验证设置可以防止以后出现问题；成功部署16 QAM需要注意以下关键领域：

- CMTS 配置
- 针对16-QAM优化的调制配置文件
- 整个有线网络（头端、分布网和用户丢弃）必须符合DOCSIS标准
- 上游中心频率的选择
- 网络维护和用户丢弃安装实践

实现可靠的16 QAM操作的方法是确保设备符合DOCSIS。

除物理层问题外，您还需要了解并实施正确的CMTS配置。遇到的问题中，约60%可归因于物理设备，另外20%可归因于配置或硬件问题。

您必须运行最新的Cisco IOS®软件代码。Cisco IOS软件EC系列符合DOCSIS 1.0的要求，而Cisco IOS软件BC系列符合DOCSIS 1.1的要求。此外，请务必使用相对较新的CMTS线卡，如Cisco MC16C、MC16E、MC16S、MC28C或最新一代的卡，MC16U/X、MC28U/X和MC5x20S/U

使用正确的工具进行电缆网络维护，如频谱分析仪、扫描设备和协议分析器。[图1](#)显示了一些常用的电缆测试设备。

图1 — 电缆测试设备



用于各种测量的工具在功能和特性上有所不同。HP/Agilent频谱分析仪在电缆行业中普遍使用。频谱分析器用于信号幅度、CNR和损伤(例如入口和公共路径失真(CPD))的频域测量。大多数振幅测量是使用对数刻度来执行的，以便于显示宽动态范围。这在频域频谱分析中非常有用。

扫描设备用于表征电缆网络在整个工作频率范围内的频率响应（信号幅度特性与频率）。它还用于对准放大器和其它有源器件。

另一个有价值的测试设备是DOCSIS协议分析器。思科在uBR系列路由器中引入了称为电缆监控器的功能。当配置CMTS命令并将流量路由到运行Ethereal的PC时，它可以解码DOCSIS报头并提供有关数据包的信息。Ethereal是一个免费的开源嗅探器程序，可用于多个平台，网址为www.wireshark.org。Sigtek制作的独立DOCSIS协议分析器功能强大，并且集成了Ethereal。Sigtek的协议分析器包括物理层测量功能，如上游星座显示和调制误差比(MER)测量。

数字的美妙之处在于它是否有效。前向纠错(FEC)虽然给出了额外的前置空间，但理论上只有2~3 dB。QPSK要求最低CNR约为14 dB才能实现可靠操作，而16-QAM要求最低CNR约为21 dB。DOCSIS射频接口规范建议所有调制格式至少使用25 dB上行CNR。思科最新一代线卡采用高级物理子层(PHY)技术，包括入口取消。[图2](#)是频谱分析器显示屏，显示有线网络的5到40 MHz上游在所有用户丢弃连接上都安装了高通滤波器的节点中。噪音层几乎没有入口和其他损害，这支持了行业观察，即进入上游的“垃圾”大多来自丢弃。

图2 — 带高通滤波器的上游频谱

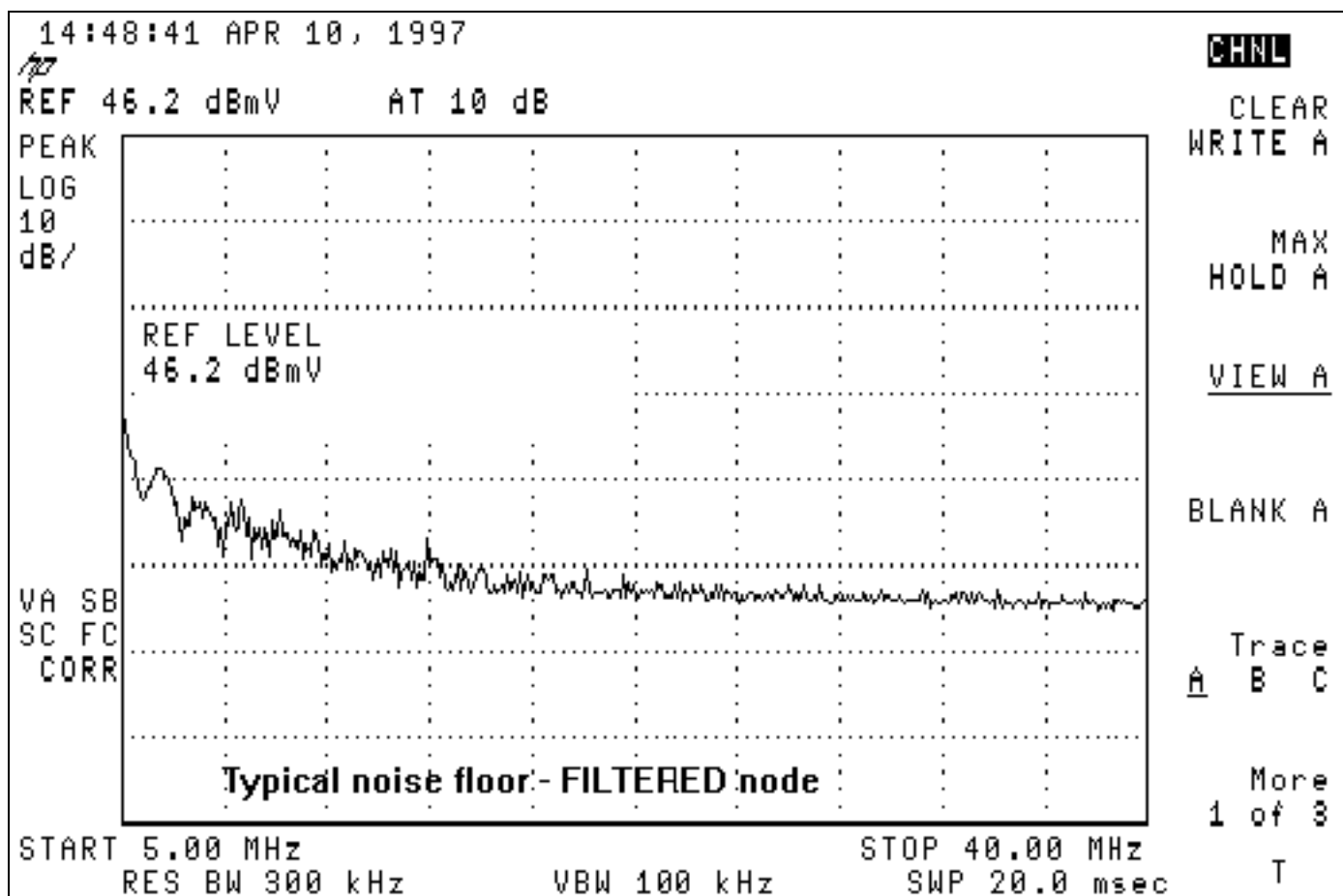
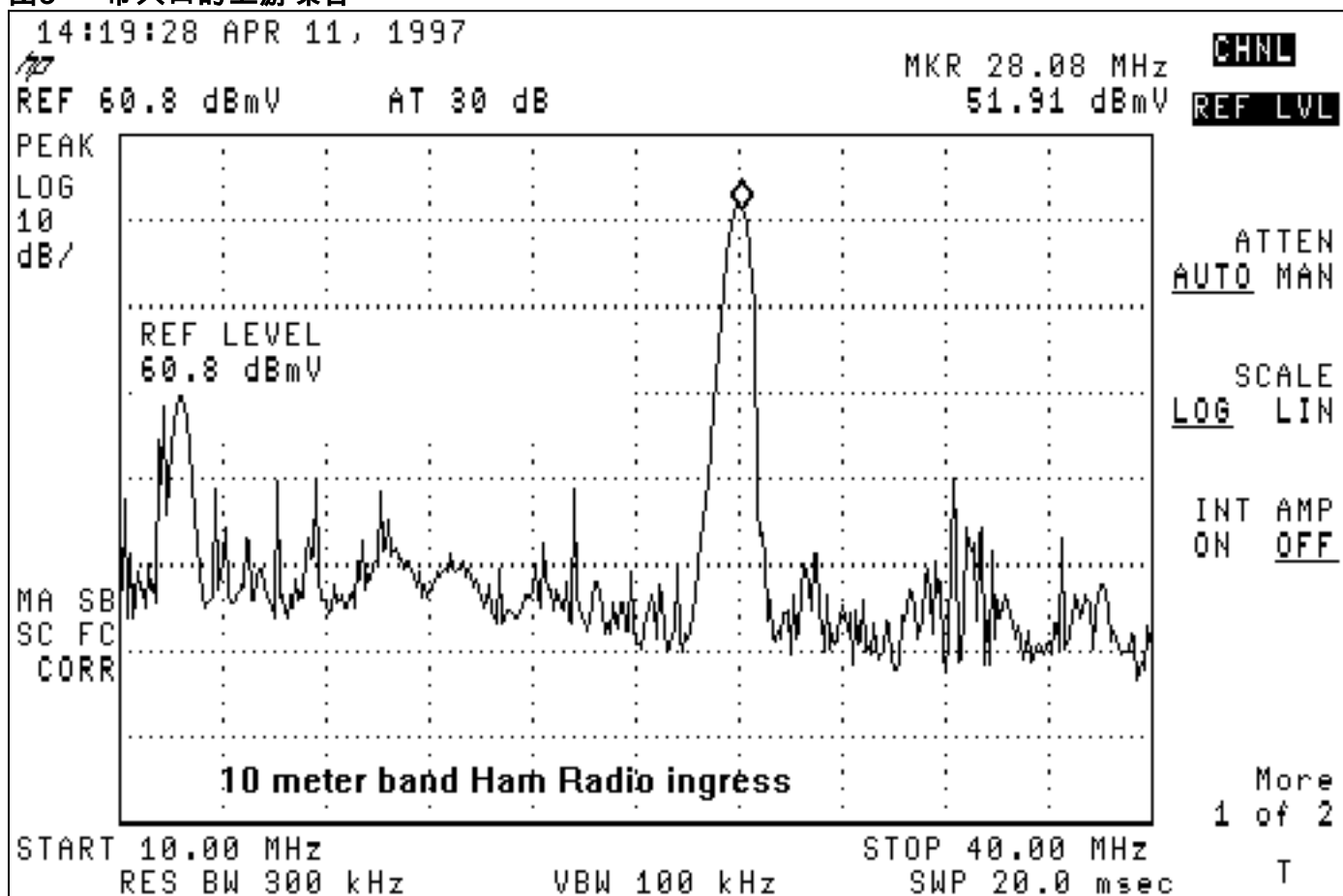


图3是有入口问题的有线网络中上游频谱的更典型。注意28 MHz附近的高电平干扰信号。

图3 — 带入口的上游噪音



大多数系统在20 MHz以下显示低频噪声，特别是在5 MHz到15 MHz范围内。以下是一些频率，您应避免在这些频率中放置上游数字调制载波：

- <20 MHz — 低频电噪声和入口。
- 27 MHz — 公民频段(CB)无线电。
- 28 MHz—10米业余无线电频段。
- >38 MHz — 放大器双工滤波器的组延迟问题。
- 由于CPD的可能性，增量为6 MHz (即6 MHz、12 MHz、18 MHz、24 MHz、30 MHz、36 MHz、42 MHz)。

这些有效的预防性维护做法将可能影响16-QAM部署的有线网络问题降至最低：

- 前向和反向放大器的扫描对准
- 将下行信号泄漏量保持在远低于联邦通信委员会20 $\mu\text{V}/\text{m}$ 的要求**注意**：许多电缆操作人员发现，5 $\mu\text{V}/\text{m}$ 更适合可靠的双向操作。
- 用户丢弃安装质量控制
- 在适当情况下，对问题单向丢弃使用高通滤波器

此外，监控上游CNR、CMTS抖动列表、CMTS信噪比(SNR)估计和CMTS可校正和不可校正FEC错误是确定网络性能何时降低的有用方法。

附录**包**含有线网络DOCSIS合规性核对表。

零跨度的上游运营商

另一个值得使用的频谱分析仪模式是其零跨度模式。此模式是显示为幅度与时间而非幅度与频率的时域模式。此模式在查看本质上是突发的数据流量时非常有用。[图4](#)显示了在查看来自电缆调制解调器的上游流量时采用零跨度（时域）的频谱分析器。

图4 — 频谱分析仪上的零跨度显示

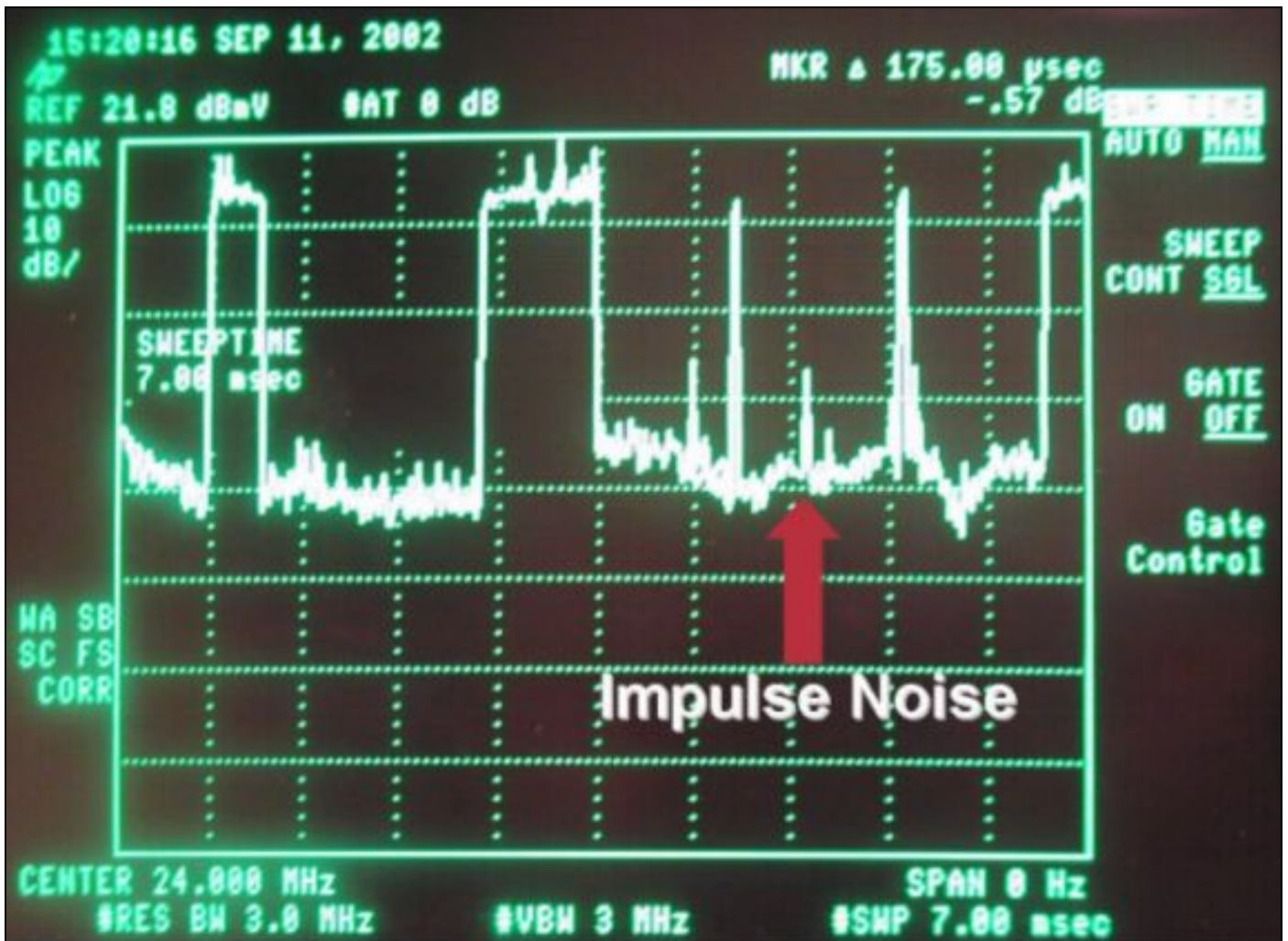
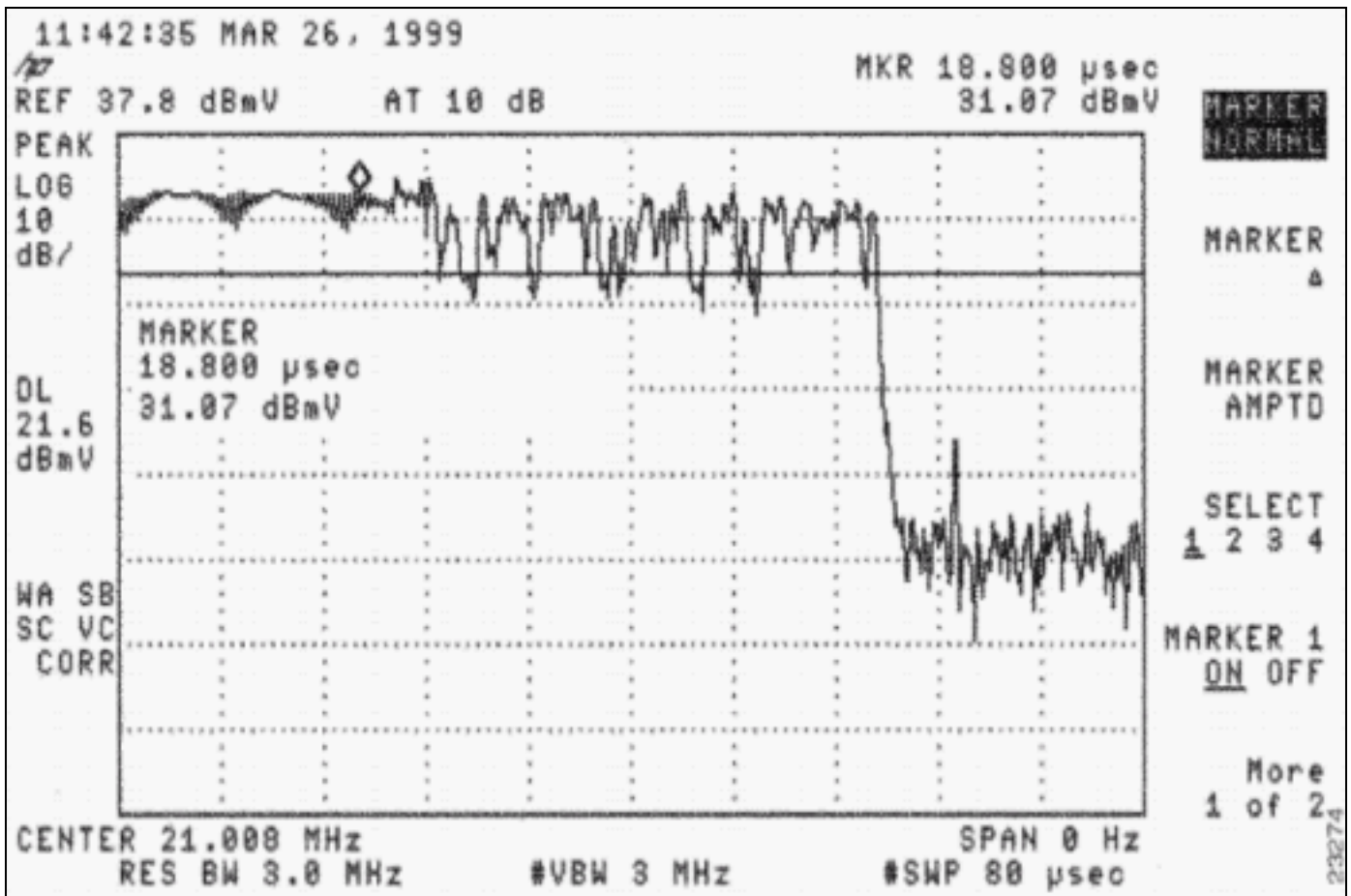


图4中可以看到数据包、调制解调器请求和脉冲噪声。如图5所示，零跨度对于测量平均数字功率水平和观察噪声和入口非常有用。

图5 — 上行数字调制载波幅度的零跨度测量



它还可用于查看数据包是否因时序错误或头端分离器或组合器隔离较差而相互冲突，其中用于一个CMTS上游端口的数据包“泄漏”到另一个上游。请参阅本文档的“[参考](#)”部分中列出的文档。

16-QAM配置注意事项

在3.2 MHz下运行16-QAM的一个初步步骤是设置适当的微时隙大小。思科IOS软件版本12.2(15)BC1代码根据信道宽度自动设置微时隙大小。3.2 MHz等于2滴答，1.6等于4滴答，依此类推，其中每个滴答为6.25微秒(μs)。旧代码默认为8滴答。

根据DOCSIS，微时隙必须是32个或更大符号。符号可视为一组每循环的数据位或赫兹(Hz)。3.2 MHz宽信道的符号速率为2.56 Msym/s。使用2微秒(2 × 6.25微秒)时，最终的微小等于2.56毫秒/秒 × 12.5微秒，等于32个符号。如果使用16-QAM及其4位/符号，则最终会有32个符号 × 4位/符号 × 1/8，等于16字节/微时隙。

使用尽可能小的微时隙可以在将数据包“切片”为微时隙时实现更精细的粒度，并减少微时隙汇总错误。上游发送的最小数据包是16字节的请求。将每个微时隙的字节数保持在16或更小更有效。当发送16字节请求时，长度大于16字节的微时隙会浪费在线路上的时间，并且这些请求的冲突可能性更高。小微型唯一的缺点是您尝试允许连接非常大的数据包。DOCSIS指出，只有255个微时隙可以连接为最大突发。如果这样做，可能需要更改微时隙以支持大型连接数据包。有关数据吞吐量的详细信息，请参阅[了解DOCSIS世界中的数据吞吐量](#)。

下一个输出示例显示如何更改和验证当前上游设置。**粗体文本**以刻度、符号和字节表示微时隙大小。

```
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
```

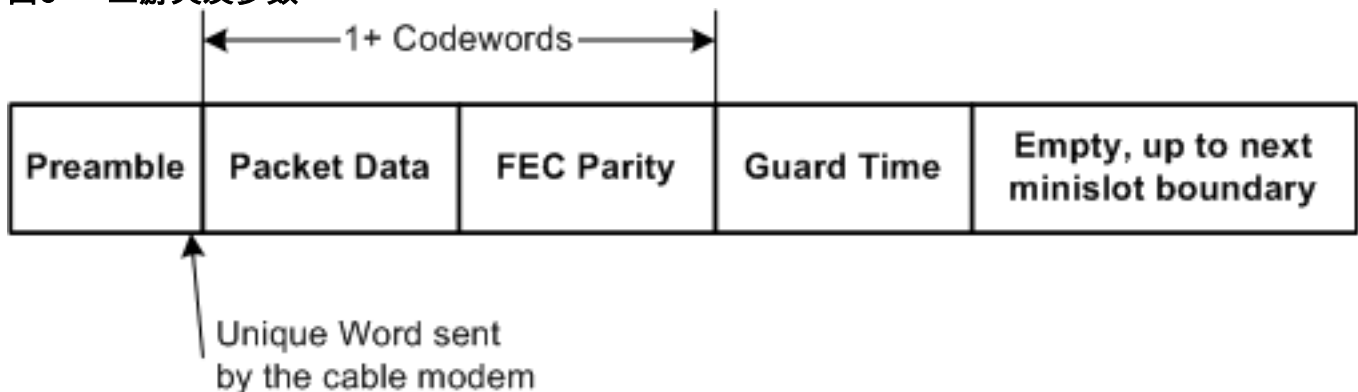
```
cmts#show controllers cable 3/0 upstream 0
```

```
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
```

上游突发

要了解调制配置文件，您需要了解上游突发。[图6](#)描述了上游突发的外观。

图6 — 上游突发参数



注意：唯一字(UW)是前导码的最后1到4个字节，具体取决于CMTS上的调制和UW配置。

上游突发从前导码开始，以一定的保护时间结束。前导码是CMTS和CM同步的一种方式。使用Broadcom上游接收器芯片（如Broadcom 3137）的CMTS要求在前导码的末尾包含称为“唯一字”的特殊字节序列，以便添加同步。使用突发结束处的保护时带，使得多个突发不会彼此重叠。前导码

和保护时带之间的实际数据由以太网帧加上DOCSIS开销组成，这些帧被切成FEC码字(CW)，并且FEC字节被添加到每个码字。整个数据包被切成微时隙。

CM上游突发并不完全相同。突发可以是一个CM尝试发出请求，进行初始维护以上线，每20秒左右进行站维护，发送短数据包，发送长数据包等。这些突发类型称为间隔使用代码(IUC)，并且对每个突发设置不同。下一节提供了一些调制配置文件信息；但是，有关报头和调制配置文件的详细信息，请参阅[了解上游调制配置文件](#)。

调制配置文件

使用show cable modulation-profile命令查看调制配置文件时，此信息可以与早期的Cisco IOS软件版本(如12.2(11)BC2)一起显示：

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

此信息的输入顺序与输入到全局配置的顺序不同，有些条目以十六进制显示，但是以十进制形式输入。

按照以下步骤为CMTS创建调制配置文件：

1. 在全局配置下，发出cable modulation-profile 3 mix命令。mix关键字由思科为混合配置文件提供，其中QPSK用于CM维护，而16-QAM用于短和长授权。
2. 在适当的电缆接口下，通过发出cable upstream 0 modulation-profile 3命令将配置文件分配到上游端口。
3. 发出show run命令以按输入方式显示配置文件。

```
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. 将步骤3的输出复制并粘贴到全局配置中。
5. 进行以下更改：将UW从8更改为16。对于使用16-QAM的短IUC和长IUC，必须进行此更改。在短IUC上增加最大突发和FEC CW，以优化其吞吐量。确保短IUC和长IUC的最后一个CW是短的不是固定。注意：这些更改已包含在Cisco IOS软件版本12.2(15)BC1代码及更高版本中的默认调制配置文件中。

如果您打算进行动态调制更改，并且如果设备出现“噪音”，则要返回QPSK，请使用以下电缆调制配置文件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
```

此配置文件针对小型上游数据包（如TCP确认）的吞吐量进行优化。由于使用3.2 MHz信道宽度时

，微时隙设置为2次，因此每个微时隙的字节数为8。为短IUC设置12个微时隙的最大突发量，使总突发量保持在96字节。

这是一个客户用于跟踪思科抖动列表条目的配置文件：

```
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
```

没有每CM FEC或SNR计数器，但有每CM摆动。如果存在导致丢包的问题，使用16-QAM进行站维护允许调制解调器抖动。抖动列表用于跟踪每个调制解调器的信息。MC16x和MC28C不报告每调制解调器SNR或每调制解调器FEC，因此使用抖动列表可能有益。

注：新线卡 (MC16X/U、MC28X/U和MC5x20S/U) 提供每CM SNR和FEC计数器，其中包含show cable modem phy和show interface cable slot/port sid sid-number分别计数ver命令。

保持CM在线的级别在站维护期间完成，每个CM供应商可能已对QPSK或16-QAM以不同方式实施了前导码。将站维护突发量改为16-QAM很可能使CM看起来传输的SNR高3 dB，随后达到3 dB。所有CM的信噪比均值，因此该结果是主观的。

请记住，虽然DOCSIS要求的最大上行传输功率是+58 dBmV (对于使用QPSK的电缆调制解调器)，但使用16-QAM的电缆调制解调器只需要以+55 dBmV的最大功率传输。这可能对调制解调器和CMTS之间的上行总衰减大于55 dB的电缆系统产生影响。A!在show cable modem 命令中，表示它已达到最大值，您可能需要减少植物衰减。上行衰减过多通常与用户丢包问题或网络不对中有关。可能需要发出cable upstream 0 power-adjust continue 6命令，以允许调制解调器保持在线状态，直到过度衰减问题得到解决。

此外，某些较旧的CM不喜欢初始维护的16-QAM。如果初始维护为16-QAM，CM可能无法重新联机。如果DHCP服务器实际连接，这也会消耗DHCP服务器的时间。

这是客户为获得更强大、更混合的配置文件而使用的另一个配置文件：

```
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
```

长IUC的前导码更长，CW大小减小，使其在FEC覆盖中占更高比例；这是使用的计算：

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

如果HFC设备噪音太大，请尝试使用新的思科线卡 (MC16X/U、MC28X/U和MC5x20S/U)。这些卡具有高级PHY前端，包括入口取消、数字信号处理(DSP)前端和自适应均衡。有关新的高级PHY功能的详细信息，请参阅[用于电缆高速数据的高级PHY层技术](#)。

实现16 QAM升级成功的步骤

要最大限度地提高16 QAM升级的成功率，请执行以下步骤：

1. 使用最新的网络处理引擎(NPE)升级CMTS。

2. 更改配置以在上游上支持16-QAM。
3. 如有必要，安装MC16S、28U或5x20U卡。
4. 将Cisco IOS软件从EC更改为BC代码以运行DOCSIS 1.1代码。此代码更改的一些注意事项包括：由于DOCSIS 1.1引入的额外功能和复杂性，以及Cisco IOS软件版本12.2中的所有新功能，CPU命中率可能达到5%到15%。某些CM可能不喜欢缩短的最后一个CW，在init(rc)后失败。DHCP请求使用短IUC。EC代码对短IUC和长IUC使用固定的最后CW，而BC代码被缩短。

可以采取以下步骤为16 QAM升级做好准备：

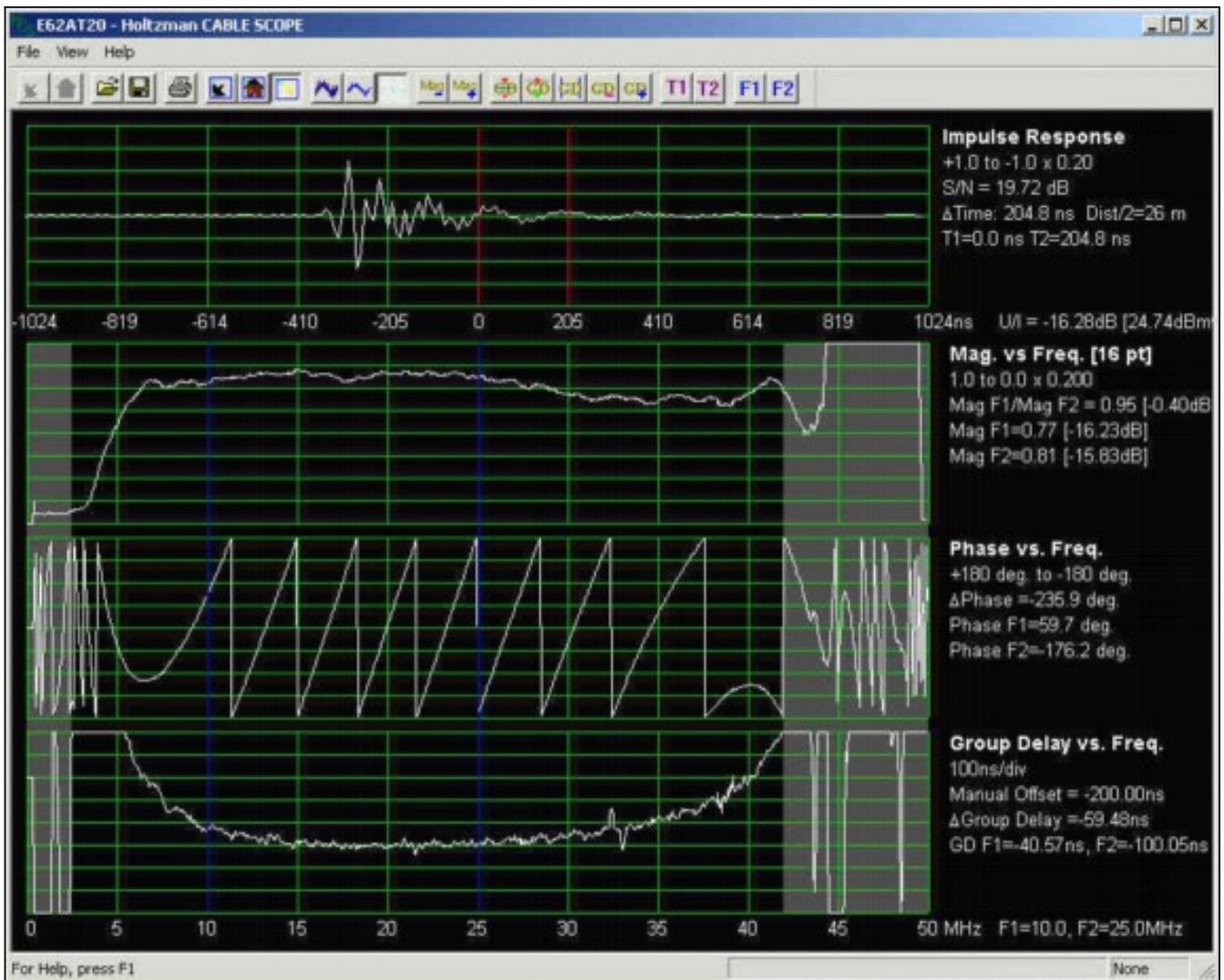
1. 为每个需要16-QAM的uBR发出**show running interface config**、**show controllers**和**show cable modem**。
2. 确定需要16 QAM的上游端口。
3. 使用频谱分析仪确认上游载波到噪声、载波到入口和载波到干扰比至少为25 dB。请谨慎根据CMTS SNR估计值(如**show controllers cable slot /port upstream upstream-port** 命令所示)进行准备，因为此值仅是上游接收硬件提供的估计值。如果您必须仅依靠SNR，则SNR为25或更高是好的；但这并不意味着您没有脉冲噪声和SNR估计中不明显的其他损伤。在零跨度模式下使用分辨率带宽设置为3 MHz的频谱分析器捕获载波下的所有入口，并使用10 ms扫描速率捕获脉冲噪声。
4. 使用此建议的配置文件：


```
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. 使用3.2 MHz信道宽度时，使用2的微小。发出**cable upstream 0 minislot 2**命令。
6. 监控**show cable hop**命令，以查找可纠正和不可纠正的FEC错误。有关FEC和SNR的详细信息，请参阅[上游FEC错误和SNR作为确保数据质量和吞吐量的方法](#)。
7. 如果可能，请设置**电缆调制解调器远程查询**，并查看升级前后的CM传输级别，以确保它们没有更改。某些CM丢弃或提高级别。这是调制解调器供应商的问题。另请观察CNR和SNR读数。

建议和建

以下建议和建可提高16-QAM升级在各种环境中的成功率：

- 由于电噪声和短波无线电入口，请远离已知入口“热点”，如27 MHz(CB)、28 MHz (10米业余无线电) 和大约20 MHz以下的任何位置。
- 使载波远离双工滤波器滚出区域 (通常大约在35至38 MHz以上) ，其中组延迟可能是一个主要问题。图7 — 上游组延迟



16-QAM尤其容易出现组延迟，这会导致符号间干扰。即使频率响应平稳，组延迟也可能是问题。图7来自Holtzman, Inc. Cable Scope®，显示相对平坦的频率响应（第二次跟踪），但注意降级的组延迟低于约10 MHz，高于约35 MHz（第四次跟踪）。选择最小化组延迟可能性的工作频率；20-35 MHz频率通常工作良好。组延迟以时间单位定义，通常为纳秒(ns)。在没有组延迟的系统、网络或组件中，所有频率都通过系统、网络或组件以等时延传输。简化地说，当系统、网络或组件中没有组延迟时，定义带宽内的所有频率都需要相同的时间来穿越该系统、网络或组件。当存在组延迟时，某些频率的信号到达的时间与其他频率的信号稍有不同。这也意味着更宽的信道更容易出现组延迟差异。如果有线网络的组延迟超过一定值，则会发生符号间干扰，降低误码率。虽然DOCSIS射频接口规范在上游指定的频率不超过200 ns/MHz，但建议对于16-QAM，将信道内组总延迟保持在100 ns或以下。电缆网络中的频率响应问题也会导致组延迟问题。有线电视运营商维持平稳频率响应的最佳方式是定期扫描网络。上游组延迟测量通常需要专用设备，如前面提到的电缆范围。电缆范围显示上游脉冲响应、“幅度—频率”（频率响应）、相位—频率以及组延迟—频率。更多信息请访问 <http://www.holtzmaninc.com>。DOCSIS 1.1可帮助减轻CM中预均衡的幅度纹波和组延迟问题。新的线卡MC16X/U、MC28X/U和MC5x20S/U可能有助于在CMTS中实现均衡。

- 如果使用MC16C或28C卡，请使用静态调制配置文件16-QAM。对C卡使用动态调制更改可能不是最佳选择，因为阈值无法更改（何时跳转以及导致跳转的原因）。请将其保留为16-QAM，或使用MC16S、MC16X/U、MC28X/U或MC5x20S/U线卡（如果适用），并定义频谱组。
- 如果可能，请使用带有频谱带和动态调制功能的MC16S卡。激活高级频谱管理功能并分配给上游(US)端口。制作两个3.2 MHz宽的信道；例如，20至23.2 MHz和23.22至26.42 MHz。为了实现适当的频谱跳变，算法需要在频段之间约20 kHz(发出spectrum-group 1 band 2000000 23200000命令)。激活动态调制并分配到上游端口(发出cable upstream 0 modulation-profile 3

2命令)。确保不需要更改信道宽度(发出**cable upstream 0 channel width 320000 320000命令**)。

- 使用以下默认设置：频率、调制和信道宽度的跳数优先通过跳频优先保证最高的吞吐量；然后，如果需要，通过更改调制。由于信道宽度设置为320000 320000，因此信道保持在该宽度。30秒的跳段可确保在第一次更改后30秒之前不会发生第二次上游更改。跳数阈值(默认为100%)跟踪站维护，不是上游运行状况的良好指标。100%默认值意味着所有CM必须在发生上游更改之前丢失站维护。与使用此参数不同，它更适合上游监控CNR和FEC错误。CNR阈值为25 dB、15 dB、1%可纠正FEC和1%不可纠正FEC。根据对设置的进一步检查来更改阈值可能会有所帮助。您可以将第一个CNR阈值降低一点，例如22 dB，并将第二个阈值约设置为12 dB。第二个CNR阈值在本示例中没有区别，因为您不更改信道宽度。它可以设置得非常低，例如8 dB。如果需要，您还可以将可纠正的FEC阈值设置为3%。发出**cable upstream 0 threshold cnr-profile1 22 cnr-profile2 8 corr-Fec 3 uncorr-Fec 1命令**。
- 如果使用MC16S、MC16X/U、MC28X/U或MC5x20S/U卡，另一个优势是使用思科宽带故障排除器(CBT)工具远程查看上游频谱。CMTS上还有一条命令，用于查看噪音楼层：**show controllers cable slot/port upstream upstream-port spectrum 5 42 1命令**。
- 外部过滤20 MHz以下的任何噪声可能有益，以查看是否观察到CMTS报告的SNR发生任何变化。Arcom和Eagle Comtronics制作这些过滤器。有时，低频噪声会产生高于预期上游数据频率或低于70 MHz上游内部中频(IF)的谐波。在35 MHz信号过多且过度驱动的传统线卡中观察到这种情况。还发现幅度调制(AM)广播无线电(0.5 MHz到1.6 MHz)导致节点上游激光限幅，这会扭曲所有上游频率。因此，请查看节点上游激光输入处的整个频谱。

其他积分

- 建议为扫描设备提供更多上游扫描点，以便更好地指示上游频率响应，特别是在排除微反射故障时。
- 确保DOCSIS配置文件没有设置Minimum Upstream Quareted Rate。默认情况下，最新的BC代码可能已启用上游准入控制，并设置为100%。某些调制解调器可能无法联机并发送reject(c)。将准入控制设置为1000%，将其关闭，或去除DOCSIS配置文件中的上游最小速率。
- 如果提供的下行速率小于84 kbps，请发出**downstream rate-limit token bucket shaping max delay 256命令**。默认延迟128针对大于84 kbps的下行速度进行优化。此命令与VXR相关，但与uBR10k无关。

摘要

许多功能都可帮助进行16 QAM升级，并尽可能保持服务的可用性。以下是一些功能和优势：

- S和U卡 — “跳前看”、CNR跟踪和远程分析器查看。
- 动态调制更改 — 16 QAM的备份计划。
- 可调阈值 — 无意外跳跃。
- NPE-400或G1 - PPS在CPU中的扩展。
- MC28U卡 — 板载G1处理器、入口取消、DSP、S卡功能。
- BC代码 — 带串联、分段和寄存的DOCSIS 1.1代码。

最终备注

16 QAM安装观察到的另一个问题与微反射有关。在尝试部署16-QAM的一些有线电视系统中，微反

射已成为严重问题，特别是DOCSIS 1.0环境，而没有自适应均衡。以下是微反射的一些主要原因：

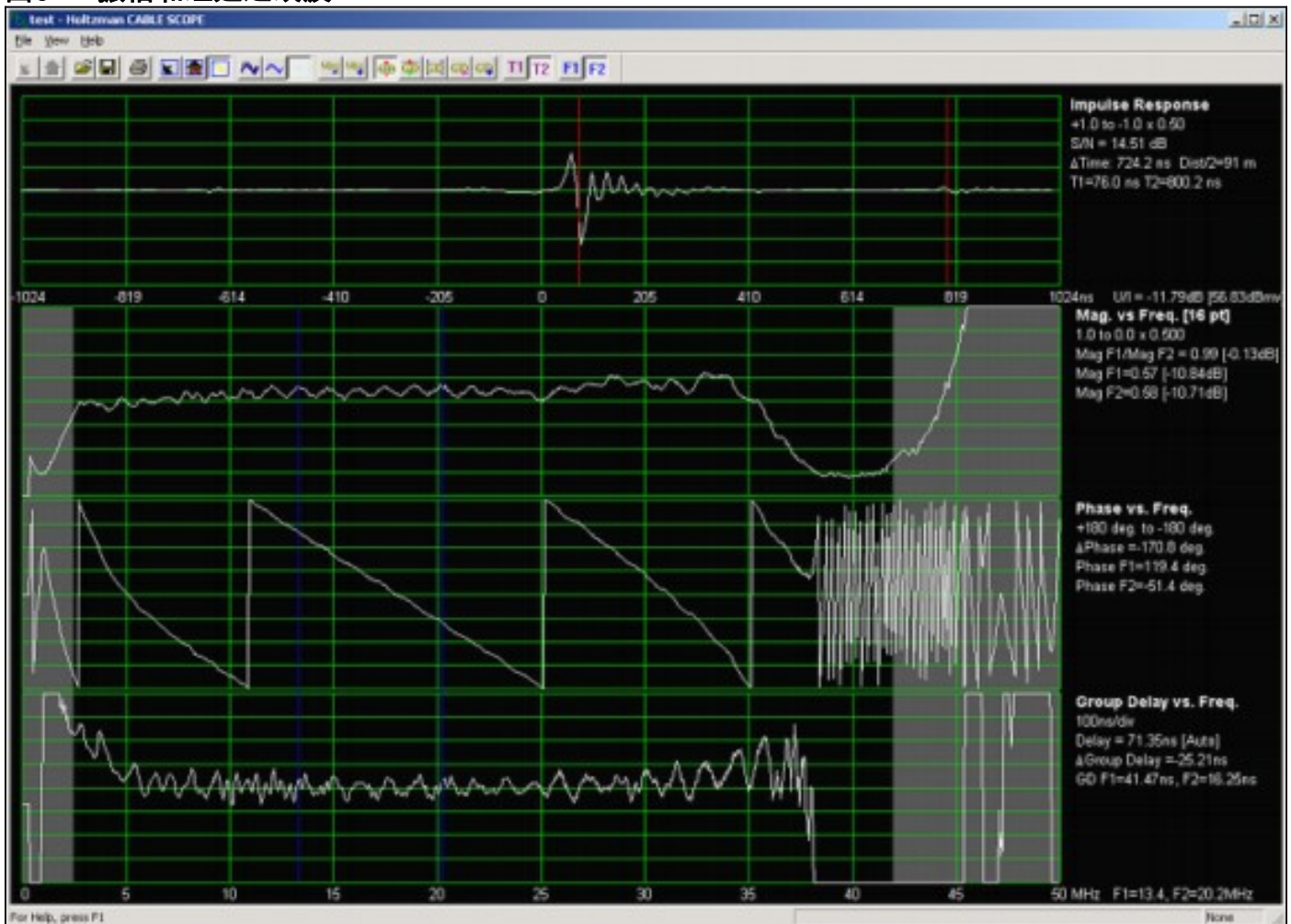
- 有缺陷或缺少线路末端终止器（以及终止器中心导体上的卡扣螺钉松动）。
- 在线路末端使用所谓的自终接抽头（例如，4 dB双端口、8 dB四端口等）。
- 低值分路器未使用的端口上缺少终结器 — 通过在17 dB上终止所有未使用的端口并降低值分路器，性能已得到显著改善。
- 连接器松动或安装不当，尤其是强硬派连接器中的扣紧螺钉松动。
- 线路无源元件损坏或有缺陷。

当然，导致股市下跌的常见原因也是一个问题：分离器隔离不佳、未使用的分离器或直流端口上缺少终结器、电缆和连接器损坏等。

图8来自Holtzman, Inc.电缆范围。图中显示了上游频率响应中的振幅波纹（在本例中，由大约724 ns的回波或微反射引起）如何还导致组延迟波纹。最高迹线为脉冲响应，在主脉冲右侧约724 ns。第二迹线显示由回波引起的幅度纹波，第四迹线显示产生的组延迟纹波。

有关微反射的[详细信息](#)，请参阅补充部分。

图8 — 振幅和组延迟纹波



补充

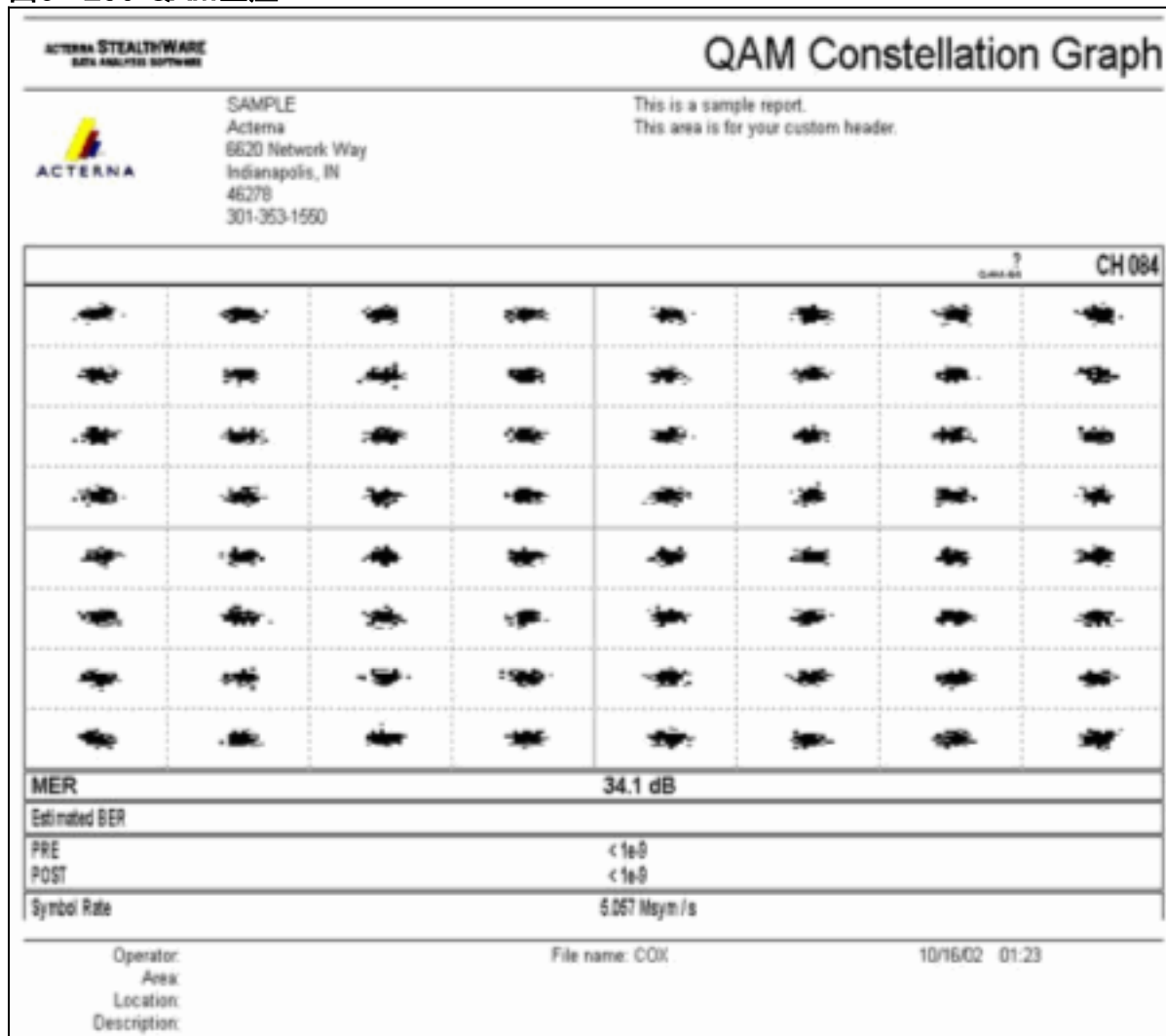
下行256-QAM

如果尝试在下游运行256-QAM，请确保数字调制载波的平均功率电平比相同频率的模拟电视频道的电平低6至10 dB。许多有线电视运营商将64-QAM信号设置为-10 dBc，将256-QAM设置为-5至-6

dBc。查看星座图、MER和前后FEC BER，了解压缩、扫描发射器干扰、激光限幅和其他损坏的迹象。调制阶数越高，峰均功率比越高，可能导致偶尔的间歇性下游激光限幅。如果存在多个256-QAM信号，可能需要在激光发射器中稍微降低模拟电视信道电平。

图9显示MER为34 dB的256-QAM星座。运行256-QAM时，MER小于约31 dB是值得关注的问题。

图9 - 256-QAM星座



根据DOCSIS射频接口规范，电缆调制解调器的数字调制载波输入电平在-15至+15 dBmV范围（经验表明-5至+5 dBmV接近最佳），总输入功率（所有下行信号）应小于30 dBmV。例如，如果您在+10 dBmV处有100个模拟信道，则这等于总功率：

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

如果下游存在冲激噪声问题，则下游交织的默认设置可以从32增加到64。这增加了上游请求和授权周期的延迟，因此可能会略微影响上游每调制解调器速度。

微反射

本节摘自Ron Hranac在2004年3月在《通信技术》杂志上的专栏（由PBI Media，LLC提供）。

您将相反的情况清理干净，使运营商与垃圾邮件的比率达到可管理的25~30 dB或更高。入口和脉冲噪声受到控制。正逆放大器均衡。您将电缆调制解调器上游数字调制载波

移到20-35 MHz范围的中心频率，因此双工滤波器相关组延迟不是问题。您的数据人员修改了您的电缆调制解调器终端系统(CMTS)调制配置文件。然后，您拉出交换机，从正交相移键控(QPSK)跳转到16-QAM（正交幅度调制）。大多数情况下运行正常，但系统某些部分的调制解调器有问题。一个可能的罪魁祸首？微观反射、反射或回声——无论您如何称呼它们，都必须认真对待。查找并修复原因，您的调制解调器和客户将会更加满意。让我们回到基本的传输线理论。理想情况下，信号源、传输介质和负载应具有相同的特性阻抗。当存在这种情况时，来自源的所有入射能量都被负载吸收，当然，不包括在传输介质中衰减所损失的能量。在有线网络的真实世界中，阻抗充其量可以视为额定阻抗。阻抗不匹配无处不在：连接器、放大器输入和输出、无源设备输入和输出，甚至电缆本身。在存在阻抗不匹配的任何地方，入射能量的一部分被反射回源。反射的能量与入射能量相互作用产生驻波，它表现为常见的驻波纹波，有时在扫描接收器显示器中可以看到。时域中的长回波（即，从入射信号偏移的量大于受影响数据的符号周期）意味着频域中间隔更近的幅度纹波。换句话说：当振幅波峰分布较广时，阻抗失配较近。如果波纹峰值接近，则到故障的距离会更远。回波不仅会引起振幅波动，还会引起相位波动。组延迟（16-QAM可能造成严重破坏的减损）定义为相对于频率的相位变化率。细晶（密排）振幅纹波产生细晶相纹波，进而导致大群延迟纹波。这种现象对长期回响通常更为糟糕。现场经验表明，对于真正引起回声的东西，没有火箭科学。快速附注：上行频率的同轴电缆衰减要低得多，这意味着反射通常比下行频率的反射更差。下面列出了一些在外部工厂中发现的较为常见的问题。

- 线路末端终结器损坏或丢失
- 定向耦合器、分离器或多输出放大器未使用的端口上的机箱终结器损坏或丢失
- 松动的中心导体固定螺钉
- 未使用的分路端口未终止。对于低值分路器，这一点尤其重要。
- 未使用的丢弃被动端口未终止
- 使用所谓的自终接分接头(4 dB双端口；8 dB 4端口和10/11 dB 8端口)。这些特定的分接头实际上是分离器，除非所有F端口都正确端接，否则不要端接线路。
- 扭曲或损坏的电缆(这包括裂解的电缆，这将导致反射和入口)
- 有缺陷或损坏的有源或无源(水损坏；充水；冷焊点；腐蚀；电路板螺钉或硬件松动；等)
- 直接连接到电缆插座的电缆就绪电视和VCR（大多数电缆就绪设备的返回损耗较差）
- 一些陷阱和过滤器发现上游的返回损失很低，特别是那些用于纯数据服务的陷阱和过滤器。

你如何追踪这些事？还记得架子上收集灰尘的清扫设备吗？“我们新升级的HFC工厂在节点后只有级联的放大器，因此我们不需要再扫描。”是的。您可能希望重新考虑该决定，清除旧的扫描装置，并将其固件更新为最新版本。寻

找问题的一种方法是在扫描上游时使用尽可能高的扫描分辨率（最大扫描点数）。Calan的3010H/R(<http://sunrisetelecom.com/broadband/>)支持多达401个数据点，Acterna的SDA-5000(http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index_gbl.html)提供250 kHz最大扫描分辨率。更高的扫描分辨率将使技术人员能够看到更紧密间隔的振幅波纹。当然，扫描更新在以更精细的分辨率运行时可能需要更长的时间，但在排除微反射故障时肯定会有所帮助。如果您真的想了解细节，Holtzman, Inc.的Cable Scope(<http://www.holtzmaninc.com/csscope.htm>)能够显示脉冲响应（非常适合于查看回波的时间偏移）、幅度—频率响应、相位—频率以及组延迟—频率。思科的John Downey在排除与反射相关的扫描响应故障时提供以下提示：

- 电阻测试点有助于更高效地进行故障排除，因为它们更容易在扫描响应中显示驻波。
- 使用公式 $D = 492 \times V_p / F$ 计算到阻抗不匹配的近似距离。D是从测试点到故障的距离（以英尺为单位）； V_p 是电缆的传播速度（对于强硬电缆，通常约为0.87）；F是扫描迹上连续驻波峰之间的频率 δ 。
- 来自Corning-Gilbert(<http://www.corning.com/corninggilbert/>)和Signal Vision(<http://www.signalvision.com/>)的专用测试探针比使用外壳到F适配器要好。

在减轻微反射的影响时，另一个可能有用的工具是自适应均衡。DOCSIS 1.1支持8分路自适应均衡，而DOCSIS 2.0支持24分路自适应均衡。遗憾的是，DOCSIS 1.0调制解调器的大型客户群也不会从中受益，因为DOCSIS 1.1和2.0指定的自适应均衡是在调制解调器本身使用预均衡完成的。DOCSIS 1.0调制解调器通常不支持自适应均衡。

Appendix

表2、3、4和5可用作有线网络DOCSIS合规性的核对表。

表2 — 头端（下游）CMTS或上变频器输出

执行的测试(Y-N)	参数	参数值	衡量值或评论
	CMTS下行IF输出	+42 dBmV ¹	
	上变频器输入的数字调制载波幅度	+25至+35 dBmV ²	
	上变频器输出的数字调	+50至+61 dBmV	

	制载波幅度		
	数字调制载波中心频率	91至857 MHz	
	载噪比	>= 35 dB	
	MER ³	64-QAM:最少256-QAM为27 dB:最少31 dB	
	前FEC BER ⁴	—	
	FEC后 BER ⁵	<= 10 ⁻⁸	
	振幅纹波 (通道内平坦度)	3 dB ⁶	
	星座评估	寻找增益压缩、相位噪声、同相和正交(I-Q)不平衡、相干干扰、过噪声和限幅的证据	

1. 大多数符合DOCSIS的Cisco CMTS线卡都指定在下游IF输出处提供+42 dBmV(±2 dB)平均功率水平。
2. 额定平均功率电平输入范围到大多数外部上变频器。检查上变频器制造商的规格，以确认建议的输入级别。**注意：**可能需要在CMTS IF输出和上转换器输入之间的串联衰减器(PAD)。
3. 下游MER不是DOCSIS参数。显示的值是代表良好工程实践的最小值。头端测量的MER一般在34-36 dB或更大范围。
4. DOCSIS不指定最低的FEC前BER。理想情况下，CMTS或上变频器输出中不应出现FEC前位错误。
5. 理想情况下，CMTS或上变频器输出中不应出现FEC后位错误。
6. DOCSIS 1.0为此参数指定0.5 dB;但是，在DOCSIS 1.1中，它被放宽到3 dB。

表3 — 头端 (下游) 激光发射器或第一放大器输入

执行的测试 (Y-N)	参数	参数值	衡量值或评论
	相对于模拟电视频道可视载波振幅的数字调制载波平均功率电平	-10至-6 dBc	
	数字调制载波中心频率	91至857 MHz	
	载噪比	>= 35 dB	
	MER ¹	64-QAM:最少256-QAM为27 dB:最少31 dB	
	前FEC BER ²	—	
	后FEC BER ³	<= 10 ⁻⁸	
	振幅纹波 (通道内平	3 dB ⁴	

	坦度)		
	星座评估	寻找增益压缩、相位噪声、I-Q不平衡、相干干扰、过噪声和限幅的证据	

1. 下游MER不是DOCSIS参数。显示的值是代表良好工程实践的最小值。头端测量的MER一般在34-36 dB或更大范围。
2. DOCSIS不指定最低的FEC前BER。理想情况下，下游激光器或第一放大器输入端不应存在预FEC位误差。
3. 理想情况下，下游激光器或第一放大器输入端不应出现后FEC位错误。
4. DOCSIS 1.0为此参数指定0.5 dB;但是，在DOCSIS 1.1中，它被放宽到3 dB。

表4 — 电缆调制解调器的下行输入

执行的测试 (Y-N)	参数	参数值	衡量值或评论
	数字调制载波中心频率	91至857 MHz	
	相对于模拟电视频道可视载波振幅的数字调制载波平均功率电平	-10至-6 dBc	
	数字调制的载波平均功率电平	-15至+15 dBmV	
	载噪比	>= 35 dB	
	下行RF输入功率合计 ¹	< +30 dBmV	
	MER ²	64-QAM:最少256-QAM为27 dB:最少31 dB	
	前FEC BER ³	—	
	FEC后BER	<= 10 ⁻⁸	
	星座评估	寻找增益压缩、相位噪声、I-Q不平衡、相干干扰、过噪声和限幅的证据	
	振幅纹波 (通道内平坦度)	3 dB ⁴	
	HUM调制	5%(-26 dBc)	
	最大模拟TV频道可视载波电平	+17 dBmV	
	最小模拟电视频道可视载波电平	-5 dBmV	
	从CMTS到最远距离电缆调制解调器的传	<= 0.800毫秒	

	输延迟 ⁵		
	信号电平斜率，50至750 MHz	16 dB	
	组延迟纹波 ⁶	75 ns	

1. 在40至900 MHz频率范围内所有下行信号的总功率。
2. 下游MER不是DOCSIS参数。显示的值是代表良好工程实践的最小值。
3. DOCSIS不指定FEC前的比特误码率值。
4. DOCSIS 1.0为此参数指定0.5 dB;但是，在DOCSIS 1.1中，它被放宽到3 dB。
5. 可能会估计传输延迟。
6. 信道内组延迟可以使用Avantron的AT2000RQ或AT2500RQ来测量；您必须拥有最新的固件和软件。请参[阅Sunrise Telecom — 有线电视\(CATV\)产品](#)。

表5 - CMTS上游输入

执行的测试(Y-N)	参数	参数值	衡量值或评论
	数字调制的载波带宽	200、400、800、1600或3200 kHz	
	数字调制载波符号速率	0.16、0.32、0.64、1.28或2.56 Msym/sec	
	数字调制载波中心频率	必须在5至42 MHz频谱内	
	数字调制载波幅度 ¹	-16至+26 dBmV，取决于符号速率	
	总5至42 MHz RF频谱功率	<= +35 dBmV	
	载噪比	>= 25 dB ²	
	载波干扰比	>= 25 dB ²	
	运营商到入口功率比	>= 25 dB ²	
	HUM调制	7%(-23 dBc)	
	振幅纹波	0.5 dB/MHz	
	组延迟纹波 ³	200 ns/MHz	
	从最远距离电缆调制解调器到CMTS4的传输延迟	<= 0.800毫秒	

1. 思科uBR的默认值为0 dBmV。
2. 在CMTS上游输入端口测量。显示的值是通道内值。
3. 上游组延迟可以使用Holtzman， Inc.的[电缆范围等仪器来测量](#)。
4. 可以估计中转延迟。

参考

以下是一些参考，补充了本文档中其他参考的内容：

- [如何提高返回路径可用性和吞吐量](#)

思科的Ron Hranac在《16-QAM for Communications Technology》杂志上写了两篇专栏：

- [16-QAM成功案例](#)
- [有关16-QAM的更多信息](#)

霍尔茨曼公司的汤姆·威廉斯撰写了几篇关于上游损伤的优秀文章。他深入了解了组延迟的详细信息，并指出一些假设的上游DOCSIS参数不够好：

- [应对上游数据损害：优化网络性能（第1部分）](#)
- [应对上游数据损害 — 第2部分测量线性失真](#)

[相关信息](#)

- [电缆线卡的上行调制配置文件](#)
- [确定CMTS上的RF或配置问题](#)
- [如何提高返回路径可用性和吞吐量](#)
- [以上行FEC错误和SNR作为保证数据质量和吞吐量方式](#)
- [使用光谱分析程序，得到DOCSIS下行信号的功率测量](#)
- [宽带有线支持](#)
- [技术支持和文档 - Cisco Systems](#)