

# 케이블 모뎀 가치 향상을 위한 16-QAM 구현

## 목차

- [소개](#)
- [혜택](#)
- [목표 및 예비 설정](#)
- [제로 스패의 업스트림 캐리어](#)
- [16-QAM 구성 고려 사항](#)
- [업스트림 버스트](#)
- [변조 프로파일](#)
- [16-QAM 업그레이드의 성공을 극대화하기 위한 단계](#)
- [제안 및 권장 사항](#)
- [기타 포인트](#)
- [요약](#)
- [최종 메모](#)
- [부록](#)
- [다운스트림 256-QAM](#)
- [마이크로반사](#)
- [부록](#)
- [참조](#)
- [관련 정보](#)

## 소개

DOCSIS(Data-over-Cable Service Interface Specifications) 1.x Radio Frequency Interface Specification은 두 가지 케이블 네트워크 업스트림 모듈화 형식을 지원합니다. QPSK(Quadrature Phase-Shift Keying) 및 Quadrature Amplitude Modulation 16(16-QAM). 둘 다 CM(케이블 모뎀)에서 CMTS(케이블 모뎀 종단 시스템)로 데이터를 전송하는 데 사용되는 변조 형식입니다. 대부분의 DOCSIS 케이블 모뎀 구축은 QPSK로 시작되었으며 계속 사용됩니다. 이는 RF(Hazard Upstream Radio Frequency) 환경에서 변조 형식이 강력하기 때문입니다. 그러나 QPSK에서 16-QAM으로 전환하여 원시 업스트림 데이터 처리량을 최소 2배로 늘릴 수 있습니다. [표 1](#)에는 DOCSIS 1.x 업스트림 채널 매개변수 및 데이터 처리량이 요약되어 있습니다.

표 1 - DOCSIS 1.x 업스트림 데이터 전송

채널 RF 대역폭	기호 속도	QPSK 원시 데이터 전송률	QPSK 공칭 데이터 전송률	16-QAM 원시 데이터 속도	16-QAM 공칭 데이터 전송률
MHz	Msym/초	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

이 문서에서는 16-QAM을 실행하는 일반적인 근거 및 현실을 살펴보는 동시에 업스트림 경로에 16-QAM을 사용하여 기존 케이블 모뎀 구축의 가치를 높이는 데 초점을 맞추고 있습니다. QPSK에서 16-QAM으로 마이그레이션하기 위한 현장 검증 지침도 포함되어 있습니다.

이 문서에서는 변조 프로파일에 대해 논의하기 전에 목표 및 예비 설정에 대해 설명합니다. 변조 프로파일 섹션에서는 16-QAM에 맞게 이러한 매개변수를 최적화하는 몇 가지 매개변수와 방법을 다룹니다. 마지막으로, 이 문서는 몇 가지 권장 사항과 고려 사항으로 종료됩니다.

현재 16개의 QAM 설치 시설이 많지 않은 이유는 다음과 같습니다.

1. CMTS는 16-QAM을 처리할 수 없습니다.
2. 바깥의 공장은 너무 시끄러워서 지탱할 수가 없다.
3. 일과 준비를 너무 많이 해야 한다.
4. 처리량이 필요하지 않습니다.
5. QPSK는 P2P 서비스를 위한 자연스러운 "병목"으로 사용됩니다.
6. 더 많은 패킷을 허용하면 CMTS의 CPU가 오버로드될 수 있습니다.

실제로, 몇 년 동안 16-QAM을 사용해 온 케이블 시스템은 꽤 많다. DOCSIS 호환 HFC(하이브리드 파이버 동축) 케이블 네트워크는 16-QAM과 잘 작동합니다. 단순히 이점을 보관하는 데 좀 더 신경 써야 하며, 어쨌든 행해져야 하는 유지 관리 및 문제 해결 방식에 좀 더 주의를 기울여야 합니다.

DOCSIS는 사용하는 변조 형식에 관계없이 업스트림 CNR(Carrier-to-Noise Ratio), 캐리어 대 인그레스 비율 및 캐리어 대 간섭 비율이 25dB 이상이어야 한다고 설명합니다. QPSK는 훨씬 낮은 CNR로 안정적으로 작동할 수 있지만 실제 값은 케이블 모뎀 공급업체 설계는 물론 사용되는 손상 유형 및 FEC(Forward Error Correction)의 양에 따라 달라집니다. 16-QAM에는 QPSK와 동일한 BER(비트 오류율)을 달성하려면 약 7dB의 CNR이 필요합니다. 케이블 네트워크의 업스트림이 노이즈, 인그레스 및 간섭에 대해 DOCSIS 지정 25dB를 충족하거나 초과하는 경우, 적어도 이러한 특정 채널 장애와 관련하여 16QAM의 안정적인 작동을 위해 적절한 여유 공간을 사용할 수 있습니다.

고객이 현재 사용하는 서비스는 이해, 제어, 권장 및 청구되어야 합니다. "파이프"가 더 크고 고객이 사용하는 경우 적절한 청구를 활성화해야 합니다. 더 많은 패킷을 처리해야 하는 경우 CMTS의 CPU 사용량이 증가할 수 있습니다. 따라서 CPU 및 메모리 업그레이드를 수행해야 합니다. 이로 인해 현금 흐름이 증가하여 대부분의 경우 업그레이드 비용이 절감됩니다.

## 혜택

케이블 네트워크의 업스트림 경로에 16-QAM을 사용할 경우 다음과 같은 여러 이점이 있습니다.

- 다음과 같은 서비스에 대한 고객의 요구를 충족하기 위해 더 높은 처리량이 필요합니다. VoIP(Voice over IP)SLA(서비스 수준 계약)Kaza, Napster 등의 P2P(Peer-to-peer) 서비스
- 16-QAM으로 가능한 데이터 처리량이 2배 이상 높기 때문에 업스트림 경로당 더 많은 고객을 등록합니다(표 1 참조). 16-QAM은 스펙트럼 효율성도 개선합니다. "파이프"를 더 크게 만들 때마다 충돌 및 "차단"이 발생할 확률이 훨씬 적기 때문에 초과 서브스크립션이 가능합니다.
- 가장 큰 장점은 추가 하드웨어 비용이 필요하지 않다는 것입니다. CPE 및 CMTS(DOCSIS 인증 또는 자격이 있는 경우)는 소프트웨어 또는 간단한 구성 수정을 통해 QPSK에서 16-QAM으로

변경할 수 있습니다. CMTS의 CPU 또는 메모리를 업그레이드하도록 선택할 수 있지만, 16-QAM을 반드시 지원할 필요는 없습니다.

## 목표 및 예비 설정

이 섹션에서는 목표 및 일부 예비 설정에 대해 설명합니다. 항상 그렇듯이 설치를 확인하면 나중에 문제가 발생하지 않습니다. 16-QAM을 성공적으로 구축하려면 다음과 같은 주요 영역에 주의를 기울여야 합니다.

- CMTS 구성
- 16-QAM에 최적화된 변조 프로필
- 헤드엔드, 분산 네트워크 및 가입자 삭제 등 전체 케이블 네트워크는 DOCSIS 규정을 준수해야 합니다.
- 업스트림 중심 주파수 선택
- 네트워크 유지 관리 및 가입자 삭제 설치 사례

신뢰할 수 있는 16-QAM 작업을 수행하는 방법은 플랜트가 DOCSIS 규정을 준수하도록 보장하는 것입니다.

물리적 레이어 문제 외에도 올바른 CMTS 컨피그레이션을 이해하고 구현해야 합니다. 발생하는 문제의 약 60%는 물리적 공장에서 발생할 수 있으며, 나머지 20%는 구성 또는 하드웨어 문제로 인한 것일 수 있습니다.

최신 Cisco IOS® 소프트웨어 코드를 실행해야 합니다. Cisco IOS Software EC Train은 DOCSIS 1.0의 자격이 있는 반면, Cisco IOS Software BC Train은 DOCSIS 1.1의 자격이 부여됩니다. 또한 Cisco MC16C, MC16E, MC16S, MC28C 또는 최신 세대 카드(MC16U/X, MC28U/X 및 MC5x20S/U)와 같은 비교적 최신 CMTS 라인 카드를 사용해야 합니다.

스펙트럼 분석기, 비우기 장비, 프로토콜 분석기 등 케이블 네트워크 유지 관리에 적합한 툴을 사용하십시오. [그림 1](#)은 일반적으로 사용 가능한 케이블 테스트 장비를 보여줍니다.

그림 1 - 케이블 테스트 장비



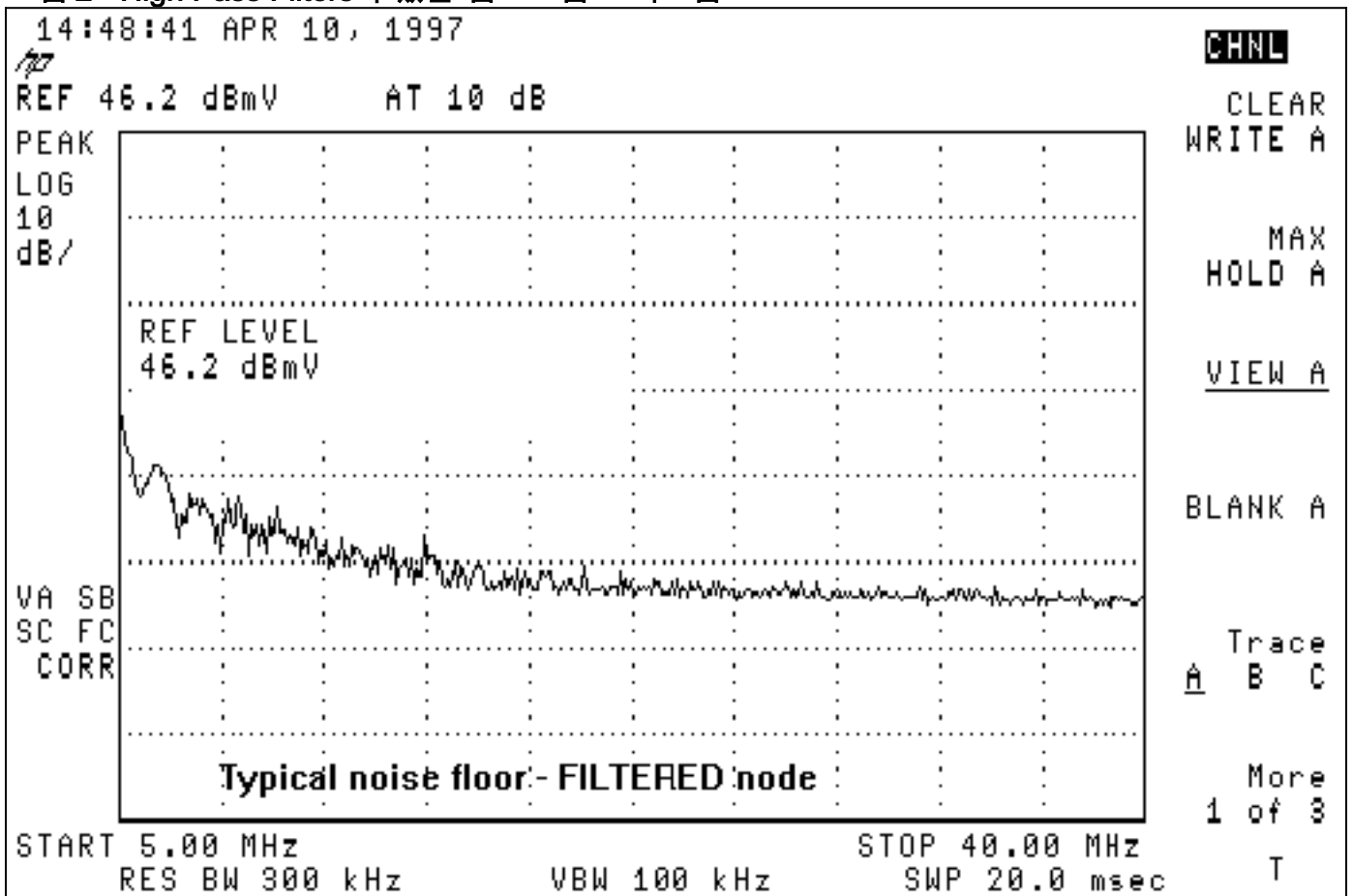
다양한 측정에 사용되는 툴은 기능과 기능이 다릅니다. HP/Agent 스펙트럼 분석기는 케이블 업계에서 일반적으로 사용됩니다. 스펙트럼 분석기는 신호 진폭, CNR 및 인그레스 및 CPD(Common Path 왜곡과 같은 장애의 주파수 도메인 측정에 사용됩니다. 대부분의 진폭 측정은 대동적 범위를 쉽게 표시하기 위해 로그 배율을 사용하여 수행됩니다. 이는 주파수 도메인 스펙트럼 분석에 매우 유용합니다.

Sweep 장비는 전체 작동 주파수 범위 내에서 케이블 네트워크의 주파수 응답(신호 진폭 특성 대 주파수)의 특성을 지정하는 데 사용됩니다. 또한 증폭기와 기타 활성 디바이스를 정렬하는 데에도 사용됩니다.

또 다른 중요한 테스트 장비는 DOCSIS 프로토콜 분석기입니다. Cisco는 Cable Monitor라는 기능을 uBR Series 라우터에 통합합니다. CMTS 명령이 구성되고 트래픽이 Ethereal을 실행하는 PC로 라우팅되면 DOCSIS 헤더를 디코딩하고 패킷에 대한 정보를 제공할 수 있습니다. ethereal은 [www.wireshark.org](http://www.wireshark.org)에서 여러 플랫폼에 사용할 수 있는 무료 오픈 소스 스니퍼 프로그램입니다. Sigtek은 매우 강력하며 Ethereal을 통합하는 독립형 DOCSIS 프로토콜 분석기를 만듭니다. Sigtek의 프로토콜 분석기는 업스트림 별자리 표시 및 변조 오류 비율(MER) 측정 등의 물리적 레이아웃 측정 기능을 포함합니다.

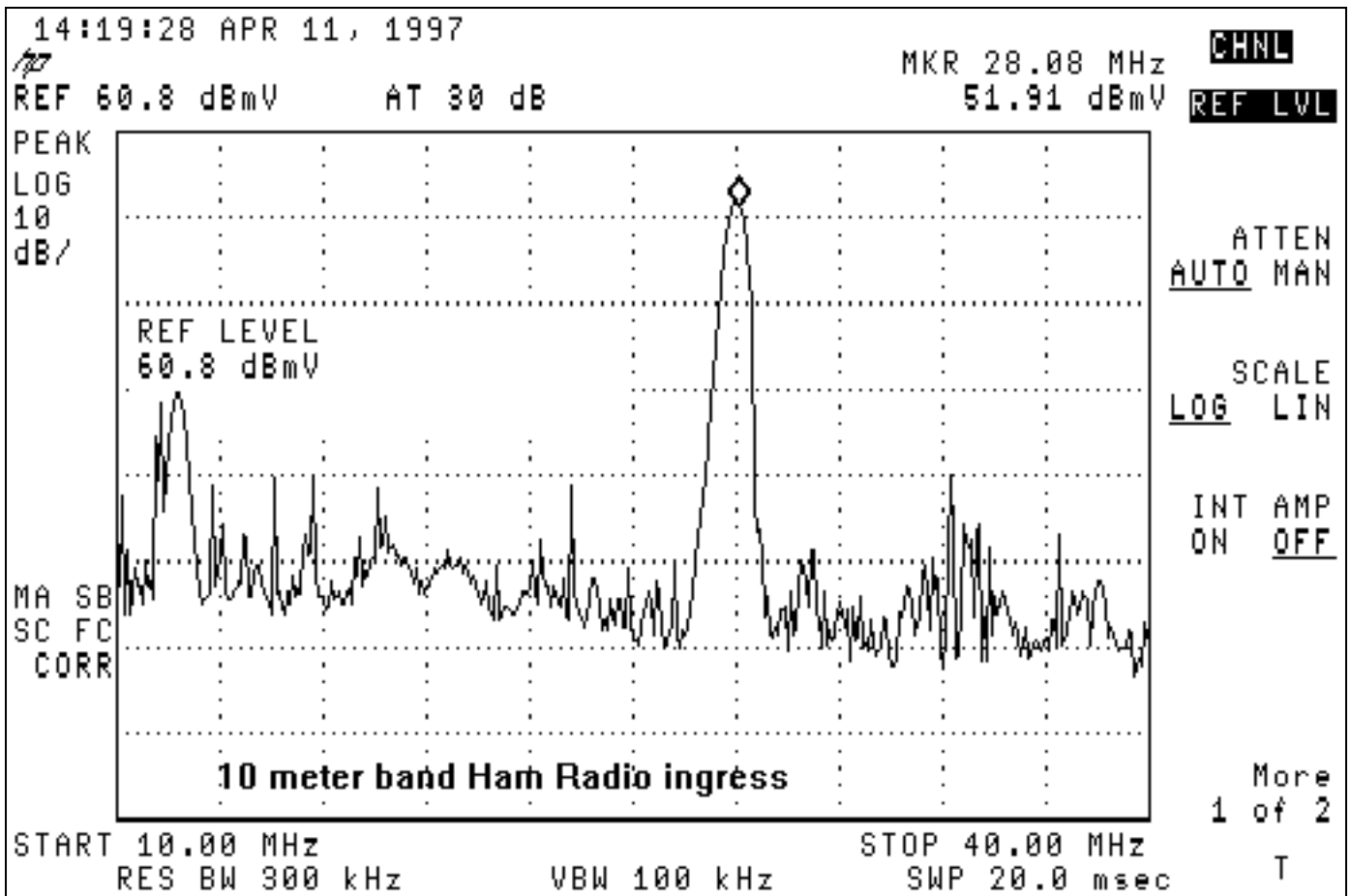
디지털의 장점은 작동하거나 작동하지 않는다는 것입니다. FEC(Forward Error Correction)는 여유 공간을 제공하지만 이론에서 약 2~3dB만 제공합니다. QPSK는 안정적인 작동을 위해 최소 14dB의 CNR을 필요로 하며, 16-QAM에는 최소 CNR이 약 21dB여야 합니다. DOCSIS 라디오 주파수 인터페이스 사양은 모든 변조 형식에 대해 최소 25dB 업스트림 CNR을 권장합니다. Cisco의 최신 세대 라인카드에는 인그레스 추소를 비롯한 PHY(Advanced Physical Sublayer) 기술이 사용됩니다. [그림 2](#)는 모든 가입자 삭제 연결에서 높은 패스 필터가 장착된 노드에서 케이블 네트워크의 5~40MHz 업스트림을 보여주는 스펙트럼 분석기 디스플레이입니다. 소음 층은 인그레스 및 기타 장애가 거의 없으며 업스트림으로 들어오는 대부분의 "정크 메일"은 낮아 때문에 발생하는 업계 관측을 지원합니다.

그림 2 - High Pass Filters가 있는 업스트림 스펙트럼



[그림 3](#)은 인그레스 문제가 있는 케이블 네트워크의 업스트림 스펙트럼의 일반적인 예입니다. 28MHz에 가까운 높은 수준의 간섭 신호를 확인합니다.

그림 3 - 인그레스(ingress)가 있는 시끄러운 업스트림



대부분의 시스템은 20MHz 미만, 특히 5MHz ~ 15MHz 범위에서 낮은 주파수 노이즈를 표시합니다. 다음은 업스트림 디지털 모듈화된 캐리어를 배치하지 않아야 하는 일부 주파수입니다.

- <20MHz - 저주파의 전기 소음 및 인그레스.
- 27MHz - CB(Citizens Band) 라디오.
- 28MHz - 10m 아마추어 무선 밴드
- >38MHz - 증폭기 양방향 필터에서 발생하는 그룹 지연 문제입니다.
- CPD의 가능성 때문에 6MHz(즉, 6MHz, 12MHz, 18MHz, 24MHz, 30MHz, 36MHz, 42MHz)까지 증가합니다.

효과적인 예방 유지 관리 방식은 16-QAM 구축에 영향을 미칠 수 있는 케이블 네트워크 문제를 최소화합니다.

- 앞으로 증폭기와 역방향 증폭기의 비우기 정렬
- 다운스트림 신호 유출을 연방 통신 위원회 20UV/m 요구 사항 이하로 잘 유지참고: 많은 케이블 운영자들이 신뢰할 수 있는 양방향 작업에 더 적합한 5UV/m을 발견했습니다.
- 가입자 삭제 설치 품질 제어
- 적절한 경우 문제 단방향 삭제에 대해 하이 패스 필터를 사용합니다.

또한 업스트림 CNR, CMTS Flap List, CMTS SNR(Signal-to-Noise Ratio) 예측, CMTS 수정 가능 및 수정 불가능한 FEC 오류를 모니터링하는 것은 네트워크 성능이 저하되는 시기를 결정하는 유용한 방법입니다.

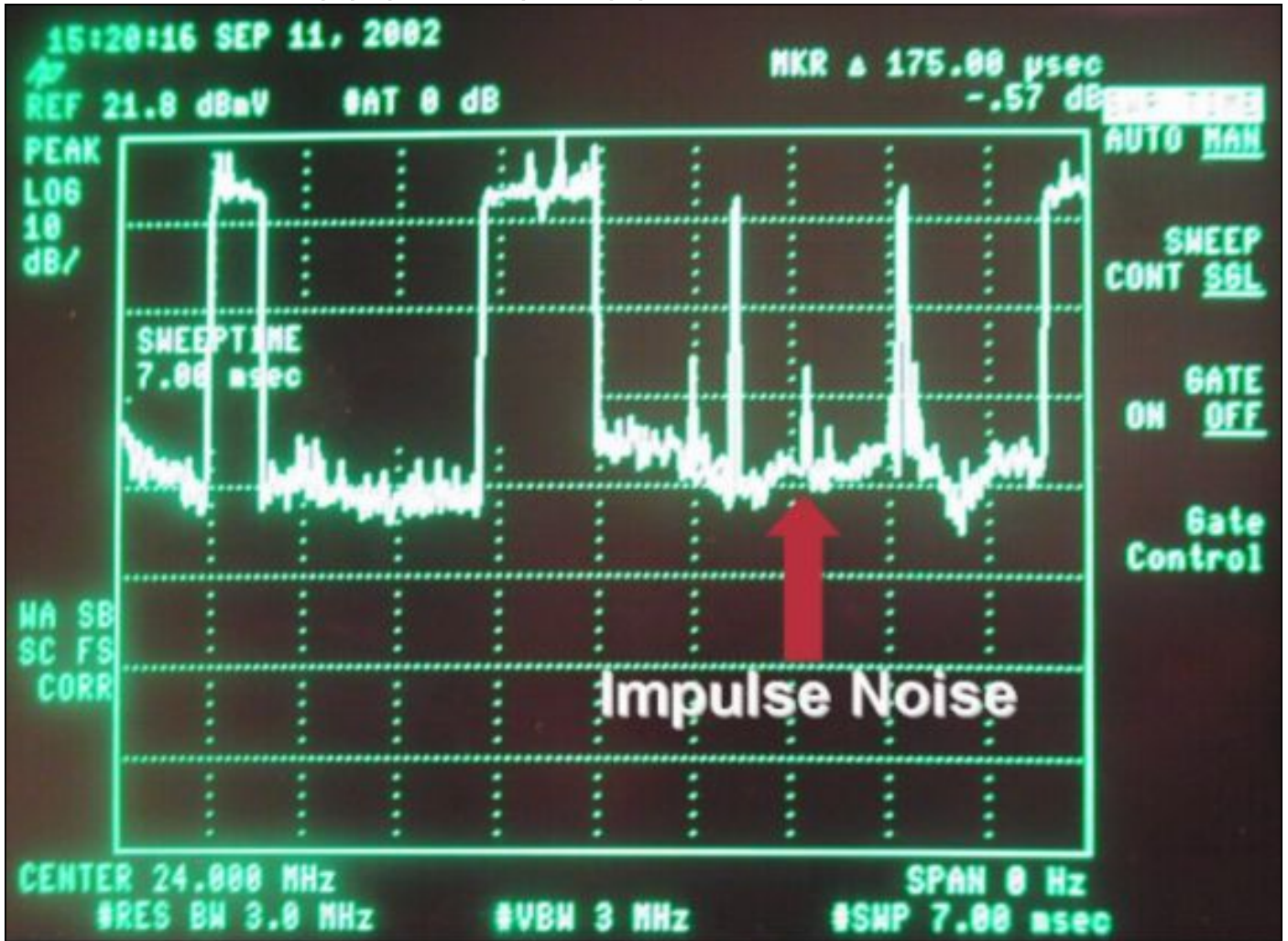
부록에는 케이블 네트워크 DOCSIS 규정 준수 체크리스트가 포함되어 있습니다.

### 제로 스패의 업스트림 캐리어

사용할 수 있는 또 다른 스펙트럼 분석기 모드는 제로 스패 모드입니다. 이 모드는 진폭 대 주파수

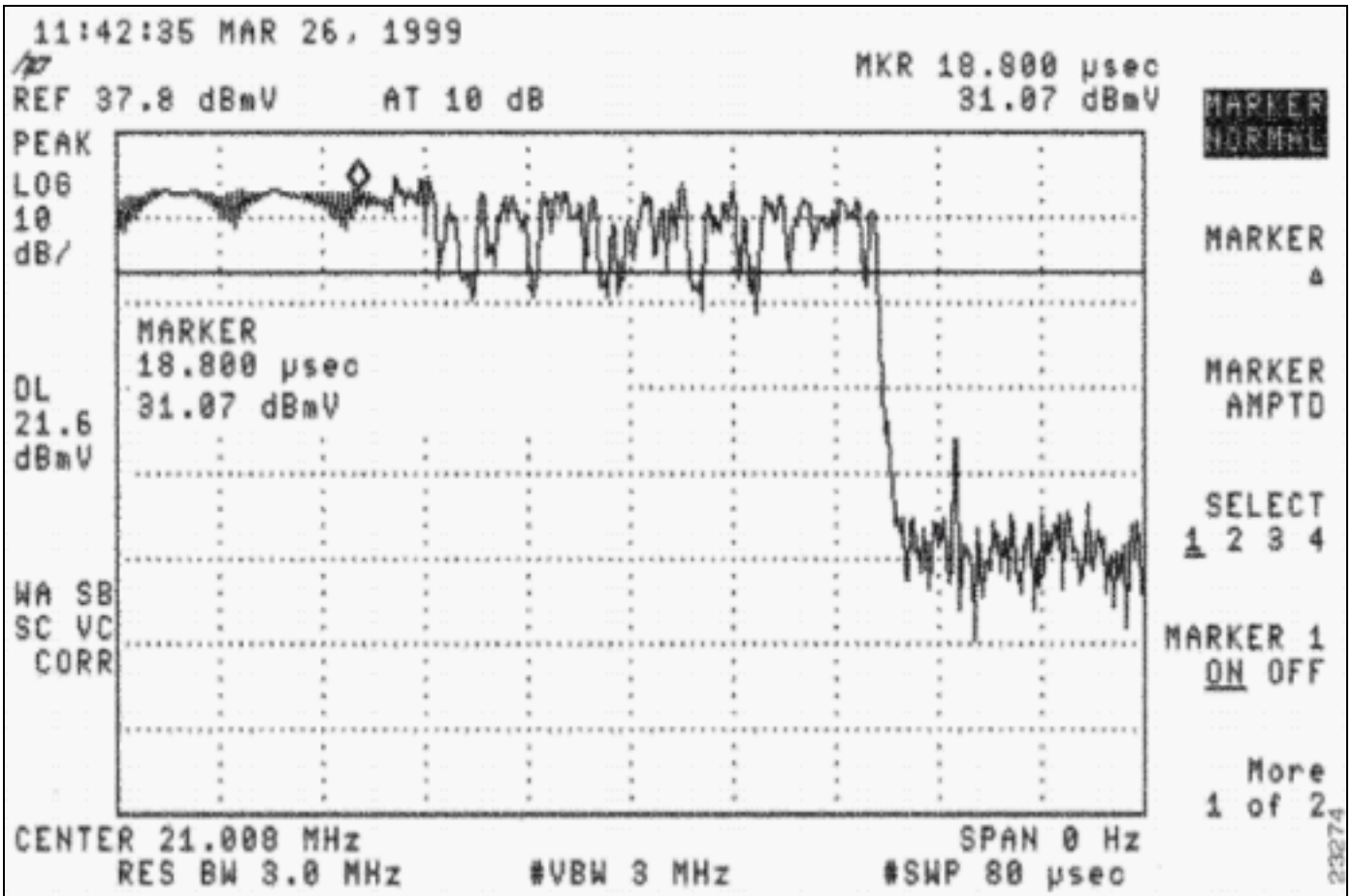
대신 디스플레이가 진폭 대 시간 모드인 시간 도메인 모드입니다. 이 모드는 기본적으로 과부하 상태인 데이터 트래픽을 볼 때 매우 유용합니다. [그림 4](#)는 케이블 모뎀에서 업스트림 트래픽을 살펴보는 동안 0스팬(시간 도메인)으로 스펙트럼 분석기를 보여줍니다.

그림 4 - 스펙트럼 분석기의 제로 스펙 디스플레이



데이터 패킷은 [그림 4](#)에서 모뎀 요청 및 충돌 소음과 함께 확인할 수 있습니다. [그림 5](#)에서 볼 수 있듯이 0스팬은 평균 디지털 전력 수준을 측정하고 노이즈 및 인그레스(ingress)를 관찰하는 데 매우 유용합니다.

그림 5 - 업스트림 디지털 모듈화된 캐리어 진폭 제로 스펙 측정



또한 패킷이 잘못된 타이밍 또는 열악한 헤드엔드 스플리터 또는 결합 격리와 충돌하는지 여부를 확인하는 데 사용할 수 있습니다. 여기서 하나의 CMTS 업스트림 포트에 대한 패킷이 다른 업스트림으로 "유출되고 있습니다. 이 문서의 [참조](#) 섹션에 나열된 문서를 참조하십시오.

## 16-QAM 구성 고려 사항

3.2MHz에서 16-QAM을 실행하기 위한 예비 단계 중 하나는 적절한 미니슬롯 크기를 설정하는 것입니다. Cisco IOS Software Release 12.2(15)BC1 코드는 채널 폭에 따라 미니슬롯 크기를 자동으로 설정합니다. 3.2MHz는 2틱, 1.6은 4틱 등과 같이 각 틱은 6.25마이크로초(U)입니다. 이전 코드는 기본적으로 8틱으로 설정됩니다.

DOCSIS에 따르면 미니슬롯은 32개 이상의 기호여야 합니다. 심볼은 주기당 데이터 비트 그룹 또는 Hz(Hz)로 간주할 수 있습니다. 3.2MHz 폭 채널의 기호 속도는 2.56Msym/sec입니다. 2 틱( $2 \times 6.25U$ )을 사용하면  $2.56 \text{ Msym/sec} \times 12.5U$ 와 같은 32개의 심볼로 끝납니다. 16-QAM을 4비트/심볼과 함께 사용하면 32개의 기호  $\times$  4비트/기호  $\times$  1/8로 끝납니다. 이는 16바이트/미니슬롯과 같습니다.

미니슬롯을 최대한 작게 사용하면 패킷을 미니슬롯에 "분할"하고 미니슬롯 조회 오류를 줄일 때 세분성을 더 세밀하게 설정할 수 있습니다. 업스트림에서 전송된 가장 작은 패킷은 16바이트의 요청입니다. 미니슬롯당 바이트를 16 이하로 유지하는 것이 더 효율적입니다. 16바이트 요청을 보낼 때 16바이트를 초과하는 미니슬롯은 전선의 시간 낭비 시간을 발생시키고 이러한 요청의 충돌을 일으킬 가능성이 높습니다. 작은 미니슬롯의 유일한 단점은 매우 큰 패킷의 연결을 허용하려고 시도하는 경우입니다. DOCSIS에 따르면 255개의 미니슬롯만 최대 버스트로 연결할 수 있습니다. 의도한 경우 대형 연결 패킷을 지원하도록 미니슬롯을 변경해야 할 수 있습니다. 데이터 처리량에 대한 자세한 내용은 DOCSIS [World의 데이터 처리량 이해를 참조하십시오](#).

다음 출력 샘플은 현재 업스트림 설정을 변경하고 확인하는 방법을 보여 줍니다. **굵은 텍스트**는 눈

금, 기호 및 바이트 단위로 미니슬롯 크기를 나타냅니다.

```
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
```

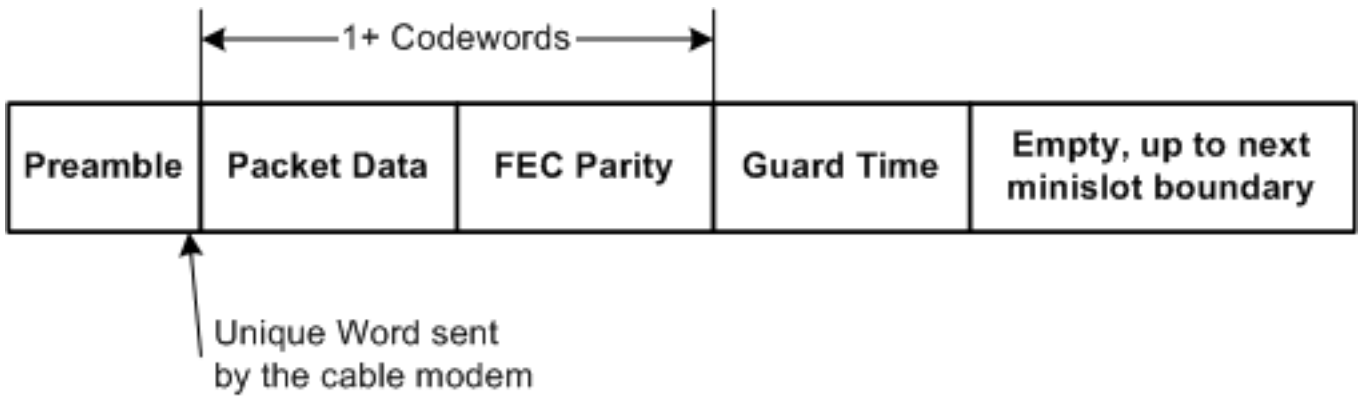
```
Cable3/0 Upstream 0 is up
Frequency 33.008 MHz, Channel Width 3.200 MHz, 16-QAM Symbol Rate 2.560 Msps
Spectrum Group is overridden
BroadCom SNR_estimate for good packets - 25.0 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2399
Ranging Backoff automatic (Start 0, End 3)
Ranging Insertion 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
```

## 업스트림 버스트

변조 프로파일을 이해하려면 업스트림 버스트를 이해해야 합니다. [그림 6](#)은 업스트림 버스트의 모양을 보여줍니다.

### 그림 6 - 업스트림 버스트 매개변수





**참고:** UW(Unique Word)는 CMTS의 모듈화 및 UW 구성에 따라 프리앰블의 마지막 1~4바이트입니다.

업스트림 버스트는 프리앰블로 시작하고 약간의 보안 시간으로 끝납니다. 프리앰블은 CMTS와 CM이 동기화되는 방법입니다. Broadcom의 업스트림 리시버 칩(예: Broadcom 3137)을 사용하는 CMTS는 추가 동기화를 위해 프리앰블 끝에 고유 Word라는 특수 바이트 시퀀스를 포함해야 합니다. 버스트 끝에 있는 가드 시간 밴드를 사용하여 여러 버스트가 서로 겹치지 않도록 합니다. 프리앰블과 가드 시간 밴드 사이에 있는 실제 데이터는 이더넷 프레임 및 DOCSIS 오버헤드로 구성되며, FEC CW(Codewords)에 FEC 바이트가 추가된 DOCSIS 오버헤드로 구성됩니다. 이 전체 패킷은 미니슬롯으로 잘립니다.

CM 업스트림 버스트가 모두 동일하지는 않습니다. 버스트는 CM이 요청을 하고, 초기 유지 관리를 수행하여 온라인 상태를 유지하고, 20초마다 스테이션 유지 관리를 수행하고, 짧은 데이터 패킷을 전송하고, 긴 데이터 패킷을 전송하는 등의 작업을 수행할 수 있습니다. 이러한 버스트 유형은 IUC(Interval Usage Codes)라고 하며 각 버스트에 대해 서로 다른 설정을 갖습니다. 일부 변조 프로파일 정보는 다음 섹션에서 제공됩니다. 전문화 및 변조 프로파일에 대한 자세한 내용은 [업스트림 변조 프로파일 이해를 참조하십시오](#).

## 변조 프로파일

**show cable modulation-profile** 명령을 사용하여 변조 프로파일을 볼 때, 12.2(11)BC2와 같은 이전 Cisco IOS 소프트웨어 릴리스와 함께 이 정보를 표시할 수 있습니다.

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

이 정보는 글로벌 컨피그레이션에 입력된 순서와 다르며 일부 항목은 10진수로 입력되었지만 16진수로 표시됩니다.

다음 단계를 수행하여 CMTS의 변조 프로필을 만듭니다.

1. 전역 컨피그레이션에서 **cable modulation-profile 3 mix** 명령을 실행합니다. mix 키워드는 QPSK가 CM 유지 관리에 사용되고 16-QAM은 짧은 및 긴 부여에 사용되는 혼합 프로필에 대해 Cisco에서 제공합니다.
2. 적절한 케이블 인터페이스에서 **cable upstream 0 modulation-profile 3** 명령을 실행하여 업스트림 포트에 프로파일을 할당합니다.

3. **show run** 명령을 실행하여 프로파일을 입력하는 방식으로 표시합니다.

```
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. 3단계의 출력을 복사하여 전역 컨피그레이션에 붙여넣습니다.

5. 다음을 변경합니다. UW를 8에서 16으로 변경합니다. 이 변경은 16-QAM을 사용하는 Short 및 Long IUC에 필요합니다. Short UC에서 최대 버스트 및 FEC CW를 늘려 처리량을 최적화합니다. 짧은 IUC와 긴 IUC의 마지막 CW가 과 비교되지 않았는지. **참고:** 이러한 변경 사항은 Cisco IOS Software Release 12.2(15)BC1 코드 이상에서 기본 변조 프로파일에 이미 통합되어 있습니다.

동적 변조 변경을 수행하려는 경우 플랜트가 "잡음이 있는 경우 QPSK로 돌아가려면 다음 케이블 변조 프로파일 2를 사용합니다.

```
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
```

이 프로파일은 TCP 승인 등의 작은 업스트림 패킷의 처리량에 최적화되어 있습니다. 미니슬롯은 3.2MHz 채널 폭을 사용할 때 2개의 틱으로 설정되므로 미니슬롯당 8바이트가 됩니다. Short IUC의 최대 버스트는 총 96바이트를 유지하기 위해 12개 미니슬롯에 대해 설정됩니다.

한 고객이 엔트리에 대한 Cisco 플랩 목록을 추적하는 데 사용하는 프로파일입니다.

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

CM당 FEC 또는 SNR 카운터는 없지만 CM당 플랩이 있습니다. 스테이션 유지 관리에 16-QAM을 사용하면 패킷 삭제 문제가 발생할 경우 모뎀에서 플랩을 수행할 수 있습니다. 플랩 목록은 모뎀당 정보를 추적하는 데 사용됩니다. MC16x 및 MC28C는 모뎀 단위 SNR 또는 모뎀 단위 FEC를 보고하지 않으므로 플랩 목록을 사용하는 것이 도움이 될 수 있습니다.

**참고:** 새 라인 카드(MC16X/U, MC28X/U 및 MC5x20S/U)는 각각 **show cable modem** 및 **show interface cable slot/port sid-number ver** 명령을 사용하여 CM SNR 및 FEC 카운터를 제공합니다.

역 유지 관리 중에 CM을 온라인 상태로 유지할 수 있는 레벨이 작성되었으며, 각 CM 공급업체는 QPSK 또는 16-QAM에 대해 전문을 다르게 적용할 수 있습니다. 스테이션 유지 보수 버스트를 16-QAM으로 변경하면 CM이 3dB를 더 높게 전송하고 그 이후에 3dB의 SNR을 더 잘 달성할 수 있습니다. SNR은 모든 CM에 대해 평균화되어 있으므로 이 성과는 주관적입니다.

DOCSIS에 필요한 최대 업스트림 전송 전력은 QPSK를 사용하는 케이블 모뎀의 경우 +58dBmV이지만 16-QAM을 사용하는 케이블 모뎀은 +55dBmV의 최대 전력으로만 전송해야 합니다. 이는 모뎀과 CMTS 간의 총 업스트림 감쇠가 55dB보다 높은 케이블 시스템에 영향을 줄 수 있습니다. A! **show cable modem** 명령에서는 고정이 되어 플랜트 감쇠가 감소할 필요가 있음을 의미합니다. 과도한 업스트림 감쇠는 일반적으로 가입자 삭제 문제 또는 네트워크 불일치 문제와 관련이 있습니다. **케이블 업스트림 0 전원 조정 continue 6** 명령을 실행하여 과도한 감쇠 문제가 해결될 때까지 모뎀

이 온라인 상태를 유지할 수 있습니다.

또한 일부 이전 CM은 초기 유지 보수를 위해 16-QAM을 좋아하지 않습니다. Initial Maintenance(초기 유지 관리)가 16-QAM이면 CM이 다시 온라인 상태가 되지 않을 수 있습니다. 이 경우 DHCP 서버가 물리적으로 연결되는 경우 DHCP 서버의 시간도 소모됩니다.

이 프로파일은 고객이 보다 강력한 혼합 프로필을 위해 사용하는 또 다른 프로파일입니다.

```
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
```

프리앰블은 Long IUC에서 더 오래 만들어졌고 CW 크기는 줄어들어 FEC 커버리지의 비율이 더 높아졌습니다. 사용된 계산입니다.

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

HFC 플랜트가 너무 소란스러우면 새로운 Cisco 라인 카드(MC16X/U, MC28X/U 및 MC5x20S/U)를 사용해 보십시오. 이러한 카드에는 인그레스 취소, DSP(Digital Signal Processing) 프런트 엔드, 적응형 이퀄라이제이션이 포함된 고급 PHY 프런트엔드가 있습니다. 새로운 고급 PHY 기능에 대한 자세한 내용은 [Advanced PHY Layer Technologies for High-Speed Data Over Cable](#)을 참조하십시오.

## 16-QAM 업그레이드의 성공을 극대화하기 위한 단계

16-QAM 업그레이드의 성공을 극대화하려면 다음 단계를 수행하십시오.

1. CMTS를 최신 NPE(Network Processing Engine)로 업그레이드합니다.
2. 업스트림에서 16-QAM을 지원하도록 컨피그레이션을 변경합니다.
3. 필요한 경우 MC16S, 28U 또는 5x20U 카드를 설치합니다.
4. DOCSIS 1.1 코드를 실행하려면 Cisco IOS 소프트웨어를 EC에서 BC 코드로 변경합니다. 이 코드 변경에 대한 몇 가지 고려 사항은 다음과 같습니다. DOCSIS 1.1에서 추가된 추가 기능과 정교함, Cisco IOS Software Release 12.2의 모든 새로운 기능 때문에 5~15%의 CPU 적중이 가능합니다. 일부 CM은 마지막 CW를 단축하지 않고 init(rc) 이후에 실패할 수 있습니다. DHCP 요청은 짧은 IUC를 사용합니다. EC 코드에서는 짧은 IUC 및 긴 IUC에 고정 마지막 CW를 사용하는 반면, BC 코드는 단축됩니다.

16-QAM 업그레이드를 준비하기 위해 다음 단계를 수행할 수 있습니다.

1. 문제는 16-QAM이 필요한 각 uBR의 실행 중인 인터페이스 컨피그레이션, **show controllers** 및 **show 케이블 모델**을 보여줍니다.
2. 16-QAM이 필요한 업스트림 포트를 식별합니다.
3. 스펙트럼 분석기를 사용하여 업스트림 캐리어 대 노이즈, 캐리어 대 인그레스 및 캐리어 대 간섭 비율이 25dB 이상인지 확인합니다. **show controllers cable slot/port upstream-port** 명령에서 볼 수 있듯이 CMTS SNR 예상치를 기반으로 준비하는 것에 대해 주의해야 합니다. 이 값은 업스트림 수신 하드웨어에서 제공하는 추정치일 뿐이기 때문입니다. SNR에만 의존해야 하는 경우 25개 이상의 SNR이 적합합니다. 그러나 SNR 추정에 명시되지 않은 총동 노이즈 및 기타 장애가 없다는 의미는 아닙니다. 해상도가 3MHz인 제로 스패ن 모드에서 스펙트럼 분석기를 사용하여 캐리어 아래의 모든 인그레스(ingress)를 캡처하고 10ms의 스냅 속도를 사용하여 총동

노이즈를 캡처합니다.

#### 4. 다음 권장 프로파일 사용:

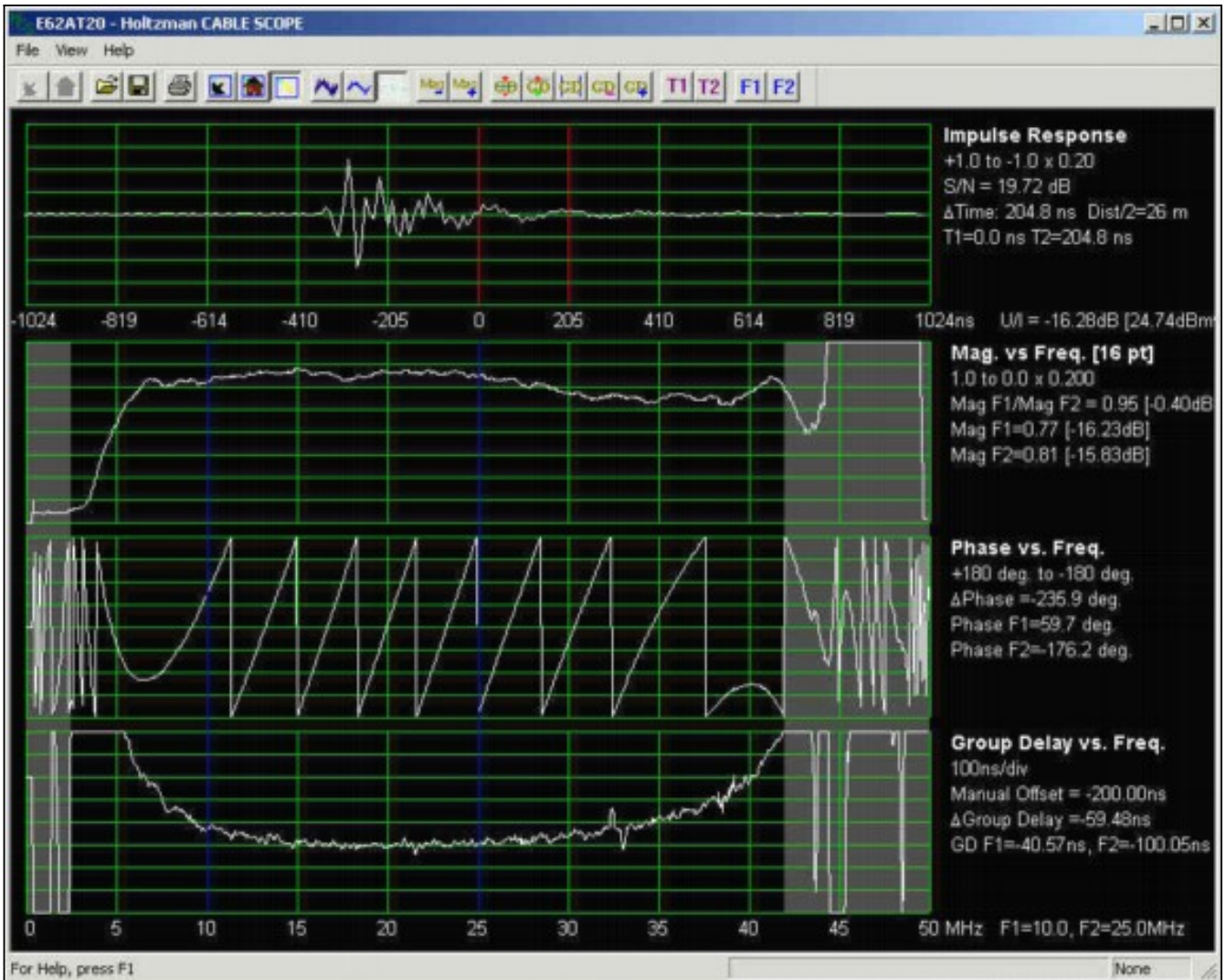
```
cab modulation-prof 4 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 4 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 4 long 9 232 0 8 16qam scram 152 no-diff 160 short uw16
```

5. 3.2MHz 채널 폭을 사용할 때는 미니슬롯 2를 사용합니다.cable upstream 0 minislot 2 명령을 실행합니다.
6. 수정 가능한 FEC 오류 및 수정 불가능한 FEC 오류에 대해 show cable hop 명령을 모니터링 합니다.FEC 및 SNR에 대한 자세한 내용은 [데이터 품질 및 처리량을 보장하는 방법으로 업스트림 FEC 오류 및 SNR](#)을 참조하십시오.
7. 케이블 모뎀 원격 쿼리를 설정하고 업그레이드 전후에 CM 전송 수준을 확인하여 변경하지 않았는지 확인합니다.일부 CM은 감소하거나 레벨을 높입니다. 모뎀 공급업체 문제입니다. CNR 및 SNR 판독도 확인하십시오.

## 제안 및 권장 사항

이러한 제안 및 권장 사항은 다양한 환경에서 16-QAM 업그레이드의 성공을 높여줍니다.

- 27MHz(CB), 28MHz(10m 아마추어 라디오) 등의 인그레스 "핫 스팟" 및 약 20MHz 미만의 모든 것은 전기 소음과 단파 무선 인그레스 때문에 멀리 두십시오.
- 캐리어가 다이플렉스 필터 롤오프 영역(일반적으로 약 35~38MHz 이상)으로부터 멀리 떨어져 있어야 하며, 이 경우 그룹 지연이 큰 문제가 될 수 있습니다.그림 7 - 업스트림 그룹 지연



16-QAM은 특히 그룹 지연이 발생하기 쉬우므로 심볼간 간섭이 발생합니다. 주파수 응답이 균 일한 경우에도 그룹 지연이 문제가 될 수 있습니다. [그림 7](#), Holtzman, Inc. Cable Scope®의 경 우 상대적으로 균일한 주파수 응답(두 번째 추적)이 표시되지만, 약 10MHz 이하 35MHz 이상 (네 번째 추적)의 성능이 저하된 그룹 지연이 나타납니다. 그룹 지연 가능성을 최소화하는 작동 빈도를 선택합니다. 일반적으로 20~35MHz 범위의 주파수는 잘 작동합니다. 그룹 지연은 시간 단위(일반적으로 나노초)로 정의됩니다. 그룹 지연 없이 시스템, 네트워크 또는 구성 요소에서 모든 주파수는 동일한 시간 지연을 가진 시스템, 네트워크 또는 구성 요소를 통해 전송됩니다. 간단히 말해, 시스템, 네트워크 또는 구성 요소에 그룹 지연이 없는 경우 정의된 대역폭 내의 모든 주파수는 시스템, 네트워크 또는 구성 요소를 통과하는 데 동일한 시간이 걸립니다. 그룹 지연이 존재할 경우, 일부 주파수의 신호는 다른 주파수의 신호와 약간 다른 시간에 도착합니다. 또한 더 넓은 채널에서는 지연 차이를 그룹화하는 경우가 더 많습니다. 케이블 네트워크의 그룹 지연이 특정 양을 초과할 경우 기호 간 간섭이 발생하여 비트 오류 속도가 저하됩니다.

DOCSIS Radio Frequency Interface Specification은 업스트림에서 200ns/MHz를 넘지 않도록 지정하지만, 16-QAM에는 총 채널 그룹 지연 시간을 100ns 이하로 유지하는 것이 좋습니다.케 이블 네트워크에서 주파수 응답 문제가 발생하면 그룹 지연 문제가 발생합니다. 케이블 사업자가 균일한 주파수 응답을 유지하는 가장 좋은 방법은 정기적으로 네트워크를 청소하는 것입 니다. 업스트림 그룹 지연 측정에는 일반적으로 앞서 언급한 케이블 범위와 같은 특수 장비가 필 요합니다. 케이블 범위에는 업스트림 총동 응답, "강도 대 주파수"(주파수 응답), 위상 대 주파수 , 그룹 지연 대 주파수 등이 표시됩니다. 자세한 내용은 <http://www.holtzmaninc.com>를 참조하 십시오 .DOCSIS 1.1은 CM의 사전 균등화 시 진폭 잔물결 및 그룹 지연 문제를 완화하는 데 도 움이 될 수 있습니다.새로운 라인 카드 MC16X/U, MC28X/U 및 MC5x20S/U)는 CMTS의 균등 화에 도움이 될 수 있습니다.

- MC16C 또는 28C 카드를 사용하는 경우 16-QAM의 고정 변조 프로파일을 사용합니다. 임계값

- 은 변경할 수 없으므로(흡할 시기 및 흡의 원인) C 카드에 동적 변조 변경을 사용하는 것이 최적적이지 않을 수 있습니다. 16-QAM으로 남겨 두거나 MC16S, MC16X/U, MC28X/U 또는 MC5x20S/U 라인 카드를 사용합니다(해당하는 경우). 스펙트럼 그룹이 정의되어 있습니다.
- 가능하면 스펙트럼 밴드 및 동적 변조 기능이 포함된 MC16S 카드를 사용합니다. 고급 스펙트럼 관리 기능을 활성화하고 업스트림(미국) 포트에 할당합니다. 3.2MHz 폭 채널 2개 제작; 예를 들어, 20~23.2MHz 및 23.22~26.42MHz와 같이 입력합니다. 적절한 스펙트럼 호핑의 경우 대역 간 약 20kHz가 알고리즘에 필요합니다(spectrum-group 1 band 200000 2320000 명령 실행). 동적 변조를 활성화하고 업스트림 포트에 할당합니다(cable upstream 0 modulation-profile 3 2 명령 실행). 채널 폭 변경이 필요하지 않도록 보장합니다(케이블 업스트림 0 채널 폭 3200000 3200000 명령 실행).
  - 다음 기본 설정을 사용합니다. 주파수, 변조 및 채널 너비의 흡을 우선 순위에 따라 호핑 주파수가 가장 높은 처리량을 보장합니다. 필요한 경우 변조를 변경합니다. 채널 너비는 3200000 3200000으로 설정되므로 채널은 해당 너비로 유지됩니다. 흡기간은 30초이며 첫 번째 변경 후 30초가 경과할 때까지 두 번째 업스트림 변경이 발생하지 않습니다. Hop Threshold(기본값은 100%)는 스테이션 유지 관리를 추적하며 업스트림 상태를 나타내는 좋은 지표가 아닙니다. 기본값 100%는 업스트림 변경이 발생하기 전에 모든 CM이 스테이션 유지 관리를 상실해야 함을 의미합니다. 이 매개변수를 사용하는 대신 업스트림에서 CNR 및 FEC 오류를 모니터링하는 것이 더 중요합니다. CNR 임계값은 25dB, 15dB, 1% 수정 가능한 FEC 및 1% 수정 불가능한 FEC입니다. 설정에 대한 추가 검토를 기반으로 임계값을 변경하는 것이 유용할 수 있습니다. 첫 번째 CNR 임계값을 22dB와 같이 약간 낮게 설정하고 두 번째 임계값을 약 12dB로 설정할 수 있습니다. 두 번째 CNR 임계값은 채널 폭을 변경하지 않으므로 이 예에서 아무런 차이가 없습니다. 8dB와 같이 매우 낮게 설정할 수 있습니다. 원하는 경우 수정 가능한 FEC 임계값을 3%로 설정할 수도 있습니다. **케이블 업스트림 0 threshold cnr-profile1 22 cnr-profile2 8 corr-Fec 3 uncorr-Fec 1** 명령을 실행합니다.
  - MC16S, MC16X/U, MC28X/U 또는 MC5x20S/U 카드를 사용하는 경우 Cisco CBT(Broadband Troubleshooter) 툴을 사용하여 업스트림 스펙트럼을 원격으로 보는 것이 좋습니다. CMTS에는 노이즈 플로어도 볼 수 있는 명령이 있습니다. **show controllers cable slot/port upstream port spectrum 5 42 1** 명령
  - 20MHz 미만의 노이즈를 외부에서 필터링하면 CMTS 보고 SNR의 변경 사항이 관찰되는지 확인할 수 있습니다. Arcom과 Eagle Comtronics는 이러한 필터를 만듭니다. 때때로 낮은 주파수의 노이즈는 의도한 업스트림 데이터 주파수 위에 있거나 70MHz의 업스트림 내부 중간 주파수(IF)에 떨어지는 하모닉스를 생성할 수 있습니다. 이는 35MHz에서 너무 많은 신호와 함께 오버구동된 레거시 라인 카드에서 관찰되었습니다. 또한 AM(Amplitude Modulation) 브로드캐스트 라디오(0.5MHz~1.6MHz)는 노드에서 업스트림 레이저 클리핑을 일으키는 것으로 확인되었으며, 이는 모든 업스트림 주파수를 왜곡합니다. 따라서 노드의 업스트림 레이저에 대한 입력에서 전체 스펙트럼을 확인합니다.

## 기타 포인트

- 특히 마이크로반사 문제 해결 시 업스트림 주파수 응답에 대한 더 나은 표시를 얻기 위해 비우기 장비를 더 많이 사용하는 것이 좋습니다.
- DOCSIS 구성 파일에 Minimum Upstream Guaranteed Rate(최소 업스트림 보장 속도) 설정이 없는지 확인합니다. 최신 BC 코드에는 기본적으로 업스트림 허용 제어가 설정되어 있으며 100%로 설정될 수 있습니다. 일부 모뎀은 온라인 상태가 되지 않고 reject(c)를 보낼 수 있습니다. DOCSIS 구성 파일에서 Admission Control(허용 제어)을 1000% 설정하거나, 해제하거나, 업스트림 최소 속도를 제거합니다.
- 다운스트림 속도가 84kbps 미만인 경우 **다운스트림 속도 제한 토큰 버킷 셰이핑 최대 지연 시**

간 256 명령을 실행합니다. 128의 기본 지연은 84kbps 이상의 다운스트림 속도에 최적화됩니다. 이 명령은 VXR에 관련되지만 uBR10k에는 관련되지 않습니다.

## 요약

16-QAM 업그레이드에 도움을 주고 가능한 한 높은 서비스 가용성을 유지하기 위해 다양한 기능을 사용할 수 있습니다. 다음은 몇 가지 기능과 혜택입니다.

- S 및 U 카드—"Look before you leap", CNR 추적, 원격 분석기 보기.
- 동적 변조 변경 - 16-QAM에 대한 백업 계획입니다.
- 조절 가능한 임계값—실수로 점프하지 않습니다.
- NPE-400 또는 G1—CPU에서 PPS 확장
- MC28U 카드—G1 프로세서 온보드, 인그레스 취소, DSP, S-card 기능.
- BC 코드 - 연결, 프래그먼트화 및 피기백이 포함된 DOCSIS 1.1 코드입니다.

## 최종 메모

16-QAM 설치에서 관찰된 또 다른 문제는 마이크로반사와 관련이 있습니다. 16-QAM, 특히 적응형 이퀄라이제이션 없이 DOCSIS 1.0 환경을 구축하려는 일부 케이블 시스템에서 마이크로반사가 심각한 문제로 나타나고 있습니다. 다음은 마이크로반사의 주요 원인 중 일부입니다.

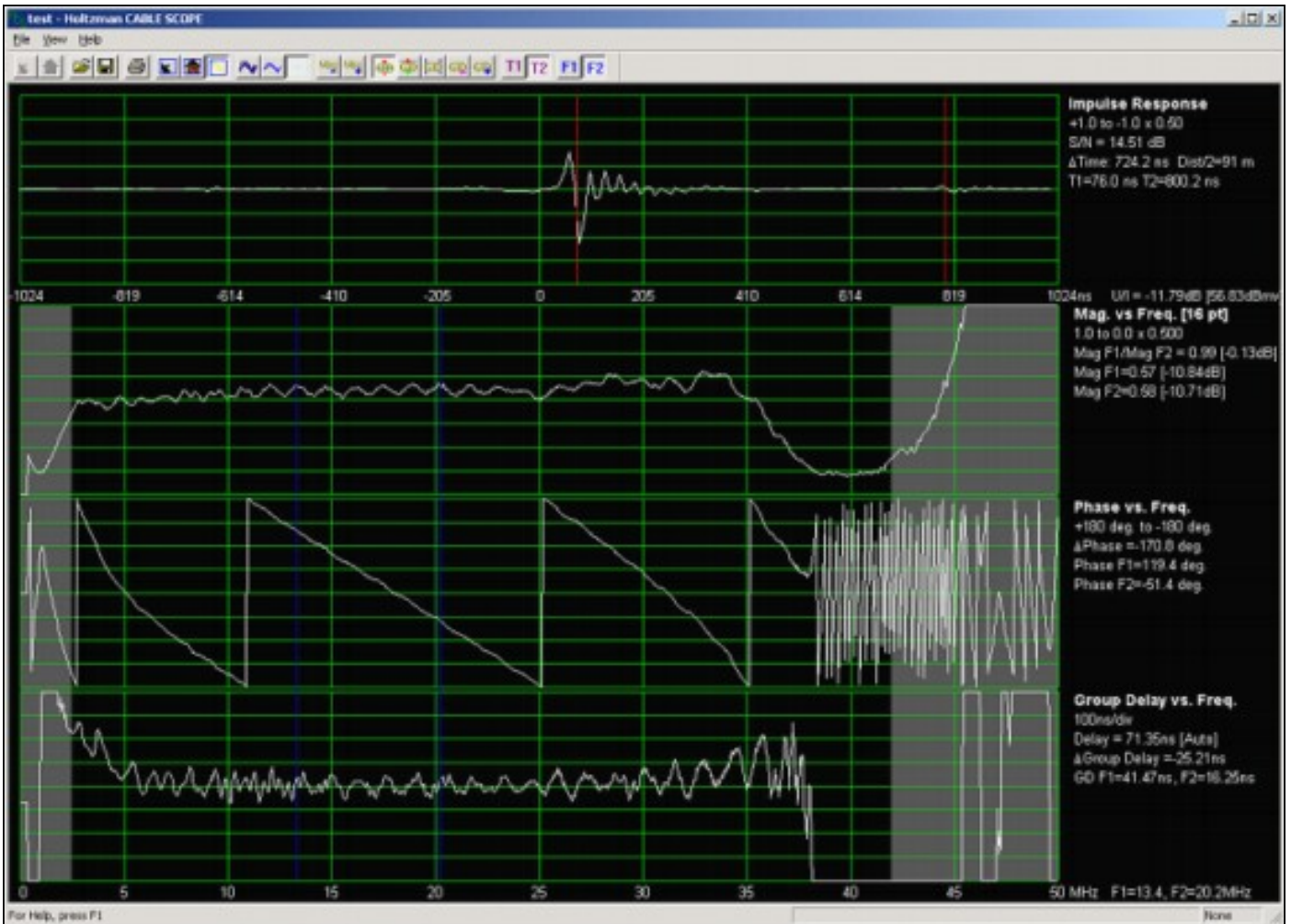
- 단말 종료기 결함 또는 누락(터미네이터의 중앙 컨덕터에 있는 느슨한 발작 나사)
- 라인 끝의 자동 종료 탭(예: 4dB 2포트, 8dB 4포트 등)을 사용합니다.
- 낮은 값 탭의 사용되지 않는 포트에 대한 종료자 부족—17dB에서 사용되지 않는 모든 포트를 종료하고 더 낮은 값 탭에서도 성능을 대폭 개선했습니다.
- 커넥터 느슨하거나 잘못 설치된 커넥터, 특히 고정 커넥터의 느슨한 발작 나사입니다.
- 손상되었거나 결함이 있는 라인 패시브

물론, 하락의 일반적인 원인은 역시 문제입니다. 부족한 Splitter 격리, 사용되지 않는 Splitter 또는 DC 포트, 손상된 케이블 및 커넥터 등에 터미네이터가 없습니다.

[그림 8](#)은 Holtzman, Inc. 케이블 범위입니다. 이 그림은 업스트림 주파수 응답에서 진폭 잔물결(이 특정 예에서는 약 724ns 에코 또는 마이크로리플렉션으로 인해 발생함)이 그룹 지연 잔물결을 일으키는 방법을 보여줍니다. 상단 추적은 총동 응답이며, 반향은 주 총동의 오른쪽에 약 724ns가 보입니다. 두 번째 추적은 에코로 인해 발생한 진폭 잔물결을 보여주며, 네 번째 추적은 결과로 발생한 그룹 지연 물결을 보여줍니다.

마이크로반사[에](#) 대한 자세한 내용은 부록 섹션을 참조하십시오.

### 그림 8 - 진폭 및 그룹 지연 잔물결



## 부록

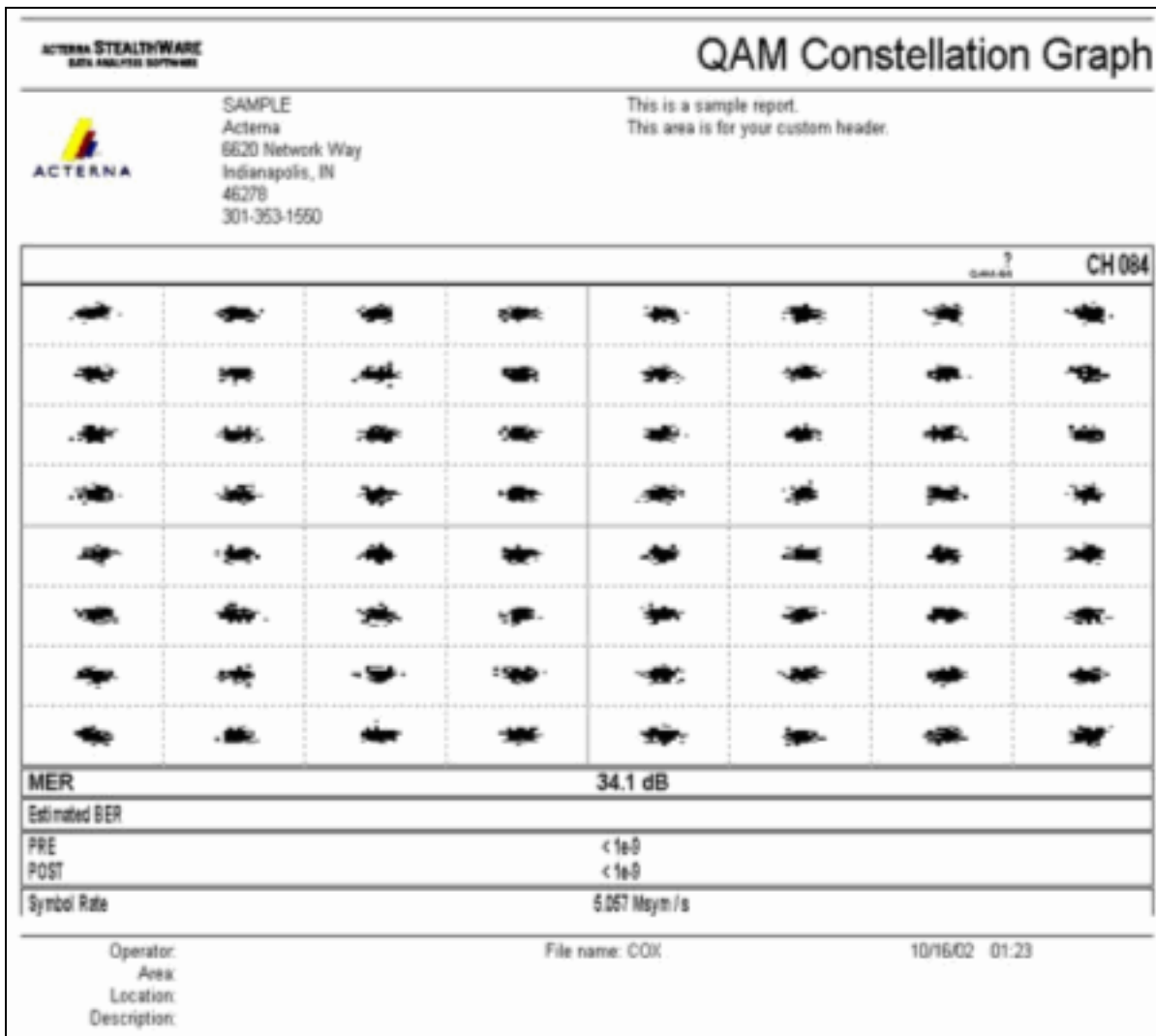
### 다운스트림 256-QAM

다운스트림에서 256-QAM을 실행하려는 경우 디지털 모듈화된 통신사의 평균 전력 레벨이 동일한 주파수의 아날로그 TV 채널 레벨보다 6~10dB인지 확인합니다. 많은 케이블 사업자가 -10dBc에서 64-QAM 신호를, 256-QAM을 -5 ~ -6dBc로 설정합니다. 압축, 스윙하는 송신기 간섭, 레이저 클리핑 및 기타 장애의 징후를 보려면 별자리, MER 및 FEC 전/후 BER를 살펴보세요. 변조 순서가 높을수록 피크-평균 전력 비율이 높고 간헐적인 다운스트림 레이저 클리핑을 일으킬 수 있습니다. 256-QAM 신호가 여러 개 있는 경우 아날로그 TV 채널 레벨을 레이저 송신기로 약간 줄여야 할 수도 있습니다.

[그림 9](#)는 MER가 34dB인 256-QAM 별자리입니다. 256-QAM을 실행할 때 약 31dB 미만의 MER가 문제가 됩니다.

그림 9 - 256-QAM 별자리





DOCSIS 무선 주파수 인터페이스 사양에 따르면 케이블 모뎀에 대한 디지털 모듈화된 캐리어 입력 레벨은 -15~+15dBmV 범위(-5~+5dBmV가 최적화에 가까운 경험이 있음)이고 총 입력 전원(모든 다운스트림 신호)은 30dBmV 미만이어야 합니다. 예를 들어 +10dBmV에 각각 100개의 아날로그 채널이 있는 경우 이 총 전력은 다음과 같습니다.

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

임펄스 노이즈가 다운스트림에서 문제가 될 경우 다운스트림 인터리빙은 기본 설정인 32에서 64로 늘릴 수 있습니다. 이렇게 하면 업스트림 요청 및 권한 부여 사이클에 더 많은 레이턴시가 추가되므로 업스트림 모뎀 당 속도에 약간 영향을 줄 수 있습니다.

## 마이크로반사

이 섹션은 2004년 3월 Ron Hranac의 *Communications Technology* 매거진(PBI Media, LLC 제공)에 게시되어 있습니다.

리버스(reverse)를 정리하여 25~30dB 이상의 관리 가능한 캐리어 대 정크 메일 비율을 확보했습니다. 잉그레스(ingress) 및 충동(impulse) 노이즈가 제어되고 있습니다. 정방향 및 역방향 앰프는 균형을 이루었습니다. 케이블 모뎀 업스트림 디지털 모듈화된 캐리어를 20-35MHz 범위에서 중앙 주파수로 이동했으므로 양방향 필터 관련 그룹 지연은 문제가 되지 않습니다. 데이터 사용자가 케이블 모뎀 종단 시스템(CMTS) 변조 프로파일을 수정했습니다. 그런

다음 스위치를 잡아당겨 QPSK(Quadrature phase shift keying)에서 16-QAM(Quadrature Amplitude Modulation)으로 점프했습니다. 대부분의 경우 잘 작동하지만 시스템의 일부 부분에 있는 모뎀에 문제가 있습니다. 범인 하나? 현미경, 반사 또는 반향입니다. 원하는 대로 부르세요. 진지하게 받아들여야 합니다. 원인을 찾아 해결하면 모뎀과 고객이 훨씬 더 행복해질 것입니다. 잠시 기본 전송선 이론으로 돌아가겠습니다. 신호 소스, 전송 매체 및 부하의 특성이 동일해야 합니다. 이 조건이 존재하는 경우 소스의 모든 사고 에너지가 로드에서 흡수됩니다. 물론 전송 매체는 감소로 인해 손실된 에너지를 제외합니다. 케이블 네트워크의 실제 환경에서 임피던스는 명목상으로만 간주될 수 있습니다. 임피던스 불일치는 어디에나 있습니다. 커넥터, 증폭기 입력 및 출력, 패시브 디바이스 입력 및 출력, 심지어 케이블 자체도 포함됩니다. 임피던스 불일치가 존재하는 경우 사고 에너지의 일부는 소스 쪽으로 다시 반영됩니다. 반사된 에너지는 인시던트 에너지와 상호작용을 하여 입파 발생을 생성하는데, 이는 그 자신을 비울 수신기 디스플레이에서 가끔 보는 익숙한 입파 파동으로 나타납니다. 시간 도메인에 긴 반향(즉, 영향을 받는 데이터의 기호 기간보다 큰 금액으로 사고 신호에서 오프셋된 것은 빈도 도메인에서 더 간격이 있는 진폭 잔물결을 의미합니다. 다른 방법: 진폭 잔물결 봉이 널리 분리되면 임피던스 불일치가 근처에 나타납니다. 잔물결 봉우리들이 서로 가까이 있으면, 결합의 거리는 더 멀리 떨어져 있습니다. 에코로 인해 진폭 잔물결이 발생할 뿐만 아니라 위상 잔물결이 발생합니다. 16-QAM을 혼용할 수 있는 장애인 그룹 지연은 빈도에 대한 단계 변경 속도로 정의됩니다. 세밀히(간격이 거의 같은) 진폭 잔물결이 미세 밀폐 단계의 잔물결을 생성하며, 이로 인해 대규모 그룹 지연 현상이 발생할 수 있습니다. 이 현상은 일반적으로 긴 메아리에 더 나쁘다. 현장 경험으로 볼 때, 실제로 반향을 일으키는 것에 대해서는 로켓 과학이 없다는 것을 알 수 있다. 간단한 참고 사항: 업스트림 주파수의 동축 케이블 감소는 일반적으로 다운스트림보다 반사가 더 심각함을 의미합니다. 다음은 외부 공장에서 식별된 더 일반적인 문제들의 목록입니다.

- 라인 종료자가 손상되었거나 없습니다.
- 방향 쿠퍼러, 스플리터 또는 다중 출력 증폭기 미사용 포트에서 새시 터미네이터가 손상되거나 누락됨
- 느슨한 중앙 컨덕터 발작 나사
- 사용되지 않은 탭 포트가 종료되지 않았습니다. 이는 낮은 값 탭에서도 특히 중요한 것으로 나타났습니다.
- 사용되지 않은 삭제 패시브 포트가 종료되지 않음
- 이른바 셀프 종단 탭 사용(4dB 2포트; 8 dB 4포트 및 10/11dB 8포트) 급지대 EOB(end-of-line) 이러한 특정 탭은 실제로 Splitter이며 모든 F 포트가 올바르게 종료되지 않는 한 회선을 종료하지 않습니다.
- 키킹되거나 손상된 케이블(깨진 케이블 포함, 반사 및 인그레스를 발생함)
- 불량 또는 손상된 액티브나 수동(물 손상) 물이 가득 찼습니다. 콜드 솔더 조인트 부식 느슨한 회로 기판 나

사 또는 하드웨어 등)

- 케이블 지원 TV 및 VCR이 드롭에 직접 연결됨(대부분의 케이블 지원 장치에서 반환 손실)
- 일부 트랩 및 필터는 업스트림에서 반환 손실이 매우 적은 것으로 확인되었으며, 특히 데이터 전용 서비스에 사용됩니다.

어떻게 이런 것들을 추적할 수 있을까요? 선반에 있는 먼지를 모으는 청소기 기억나니? "새로 업그레이드된 HFC 플랜트는 노드 뒤에 <insert number here> amps만 있으므로 더 이상 쓸지 않아도 됩니다." 그래, 맞아 이러한 결정을 재고하고, 오래된 비우기 장비를 없애고, 펌웨어를 최신 버전으로 업데이트하도록 할 수 있습니다. 문제를 찾는 한 가지 방법은 업스트림을 휩쓸었을 때 가능한 가장 높은 sweep 해상도(최대 sweep point 수)를 사용하는 것입니다. Calan의

3010H/R(<http://sunrisetelecom.com/broadband/>)은 최대 401개의 데이터 포인트를 지원하며, Acterna의 SDA-5000([http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index\\_gbl.html](http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index_gbl.html))은 250kHz 최대 sweep 해상도를 제공합니다. 밀기 해상도가 높을수록 기술 팀에서 더 간격이 있는 진폭 잔물결을 볼 수 있습니다. Sweep 업데이트는 보다 정교한 해상도로 작동할 때 약간 더 오래 걸릴 수 있지만, Microsoft의 반사 문제를 해결하는 데 확실히 도움이 됩니다. 질적으로 접근하려는 경우 Holtzman, Inc.의 Cable Scope(<http://www.holtzmaninc.com/cscope.htm>)은 에코의 시간 오프셋을 볼 수 있는 총동 응답, 진폭 대 주파수 응답, 위상 대 주파수, 그룹 지연 대 주파수 등을 표시할 수 있습니다. Cisco의 John Downey는 반사 관련 Sweep 대응 문제를 해결할 때 다음과 같은 팁을 제공합니다.

- 비저항식 테스트 포인트는 비복 응답에 입체 물결을 더 쉽게 표시하기 때문에 보다 효율적인 트러블슈팅을 지원합니다.
- $D = 492 \times Vp/F$  공식을 사용하여 임피던스 불일치에 대한 대략적인 거리를 계산합니다. D는 테스트 포인트에서 결함으로 연결되는 거리입니다. VP는 케이블의 전파 속도(일반적으로 강경파 케이블의 경우 0.87까지), 그리고 F는 연속적인 입파 봉우리 사이의 주파수 델타(MHz)입니다.
- Corning-Gilbert(<http://www.corning.com/corninggilbert/>) 및 Signal Vision(<http://www.signalvision.com/>)의 특수 테스트 프로브는 Housing-to-F 어댑터를 사용하는 것보다 좋습니다.

마이크로반사 효과를 완화하는데 도움이 될 수 있는 또 다른 도구는 적응형 균등화입니다. DOCSIS 1.1은 8-tap 적응형 이퀄라이제이션을 지원하며 DOCSIS 2.0은 24tap 적응형 이퀄라이제이션을 지원합니다. 안타깝게도 DOCSIS 1.0 모뎀의 설치 기반은 DOCSIS 1.1 및 2.0 지정 적응형 이퀄라이제이션이 모뎀 자체에서 사전 균등화를 사용하여 수행되므로 둘 중 어느 것도 혜택을 받지 못합니다.

DOCSIS 1.0 모뎀은 일반적으로 적응형 이퀄라이제이션을 지원하지 않습니다.

## 부록

표 2, 3, 4 및 5를 케이블 네트워크 DOCSIS 규정 준수를 위한 체크리스트로 사용할 수 있습니다.

표 2 - 헤드엔드(다운스트림) CMTS 또는 업컨버터 출력

테스트 수행 (Y-N)	매개 변수	매개 변수 값	측정된 값 또는 주석
	CMTS 다운스트림 IF 출력	+42dBmV <sup>1</sup>	
	업컨버터 입력에서 디지털 모듈화된 캐리어 진폭	+25 ~ +35dBmV <sup>2</sup>	
	업컨버터 출력에서 디지털 모듈화된 캐리어 진폭	+50 ~ +61dBmV	
	디지털 모듈화된 캐리어 중심 주파수	91~857MHz	
	캐리어 대 잡음 비율	>= 35dB	
	MER <sup>3</sup>	64-QAM: 27dB 최소 256-QAM: 최소 31dB	
	FEC BER <sup>4</sup> 이전	—	
	FEC BER <sup>5</sup> 이후	<= 10 <sup>-8</sup>	
	진폭 잔물결 (채널내 평탄도)	3dB <sup>6</sup>	
	별자리 평가	게인 압축, 위상 노이즈, I-Q(in-phase and quadrature) 불균형, 코히런트 간섭, 과도한 노이즈 및 클리핑의 증거를 찾습니다.	

1. 대부분의 DOCSIS 호환 Cisco CMTS 라인 카드는 다운스트림 IF 출력에서 +42dBmV( 2dB) 평균 전력 레벨을 제공하도록 지정됩니다.
2. 대부분의 외부 업변환기에 대한 공칭 평균 전력 레벨 입력 범위입니다. 업컨버터 제조업체의 사양을 확인하여 권장 입력 수준을 확인하십시오. **참고:** CMTS IF 출력과 업변환기 입력 사이의 인라인 연결기(패드)가 필요할 수 있습니다.
3. 다운스트림 MER는 DOCSIS 매개 변수가 아닙니다. 표시된 값은 우수한 엔지니어링 사례를

나타내는 최소값입니다. 헤드엔드에서 측정되는 MER는 일반적으로 34~36dB 이상의 범위에 있습니다.

4. DOCSIS는 최소 FEC 이전 BER를 지정하지 않습니다. CMTS 또는 업컨버터 출력에는 FEC 이전 비트 오류가 없어야 합니다.
5. CMTS 또는 업컨버터 출력에는 FEC 이후 비트 오류가 없어야 합니다.
6. DOCSIS 1.0은 이 매개 변수에 0.5dB를 지정합니다. 그러나 DOCSIS 1.1에서는 3dB로 완화되었습니다.

**표 3 - 헤드엔드(다운스트림) 레이저 송신기 또는 First Amplifier 입력**

테스트 수행 (Y-N)	매개 변수	매개 변수 값	측정된 값 또는 주석
	아날로그 TV 채널 시각적 캐리어 진폭에 상대적으로 디지털 모듈화된 캐리어 평균 전력 레벨	-10 ~ -6dBc	
	디지털 모듈화된 캐리어 중심 주파수	91~857MHz	
	캐리어 대 잡음 비율	>= 35dB	
	MER <sup>1</sup>	64-QAM: 27dB 최소 256-QAM: 최소 31dB	
	FEC BER <sup>2</sup> 이전	—	
	FEC BER <sup>3</sup> 이후	<= 10 <sup>-8</sup>	
	진폭 잔물결(채널내 평탄도)	3dB <sup>4</sup>	
	별자리 평가	게인 압축, 위상 노이즈, I-Q 불균형, 코히어런트 간섭, 과도한 노이즈, 클리핑의 증거 확인	

1. 다운스트림 MER는 DOCSIS 매개 변수가 아닙니다. 표시된 값은 우수한 엔지니어링 사례를 나타내는 최소값입니다. 헤드엔드에서 측정되는 MER는 일반적으로 34~36dB 이상의 범위에 있습니다.
2. DOCSIS는 최소 FEC 이전 BER를 지정하지 않습니다. 다운스트림 레이저 또는 첫 번째 증폭기 입력에는 FEC 이전 비트 오류가 없어야 합니다.
3. 다운스트림 레이저 또는 첫 번째 증폭기 입력에는 FEC 이후 비트 오류가 없어야 합니다.
4. DOCSIS 1.0은 이 매개 변수에 0.5dB를 지정합니다. 그러나 DOCSIS 1.1에서는 3dB로 완화되었습니다.

**표 4 - 케이블 모뎀에 대한 다운스트림 입력**

테스트 수행	매개 변수	매개 변수 값	측정된

(Y-N)			값 또는 주석
	디지털 모듈화된 캐리어 중심 주파수	91~857MHz	
	아날로그 TV 채널 시각적 캐리어 진폭에 상대적으로 디지털 모듈화된 캐리어 평균 전력 레벨	-10 ~ -6dBc	
	디지털 모듈화된 캐리어 평균 전력 레벨	-15 ~ +15dBmV	
	캐리어 대 잡음 비율	>= 35dB	
	총 다운스트림 RF 입력 전원 <sup>1</sup>	< +30dBmV	
	MER <sup>2</sup>	64-QAM: 27dB 최소 256-QAM: 최소 31dB	
	FEC BER <sup>3</sup> 이전	—	
	FEC BER 이후	<= 10 <sup>-8</sup>	
	별자리 평가	게인 압축, 위상 노이즈, I-Q 불균형, 코히어런트 간섭, 과도한 노이즈, 클리핑의 증거 확인	
	진폭 잔물결(채널내 평탄도)	3dB <sup>4</sup>	
	잡음 변조	5%(-26dBc)	
	최대 아날로그 TV 채널 비주얼 캐리어 레벨	+17dBmV	
	최소 아날로그 TV 채널 비주얼 캐리어 레벨	-5dBmV	
	CMTS에서 가장 멀리 떨어진 케이블 모뎀 <sup>5</sup> 로의 전송 지연	<= 0.800ms	
	신호 레벨 기울기, 50~750MHz	16dB	
	그룹 지연 잔물결 <sup>6</sup>	75ns	

1. 40~900MHz 주파수 범위에서 모든 다운스트림 신호의 총 전력
2. 다운스트림 MER는 DOCSIS 매개 변수가 아닙니다. 표시된 값은 우수한 엔지니어링 사례를 나타내는 최소값입니다.
3. DOCSIS는 FEC 이전 비트 오류 속도에 대한 값을 지정하지 않습니다.
4. DOCSIS 1.0은 이 매개 변수에 0.5dB를 지정합니다. 그러나 DOCSIS 1.1에서는 3dB로 완화되었습니다.
5. 전송 지연이 추정될 수 있습니다.

6. 채널 내 그룹 지연은 Avantron의 AT2000RQ 또는 AT2500RQ를 사용하여 측정할 수 있습니다 . 최신 펌웨어 및 소프트웨어가 있어야 합니다. Sunrise [Telecom - Cable TV\(CATV\) 제품을 참조하십시오](#) .

표 5 - CMTS 업스트림 입력

테스트 수행 (Y-N)	매개 변수	매개 변수 값	측정된 값 또는 주석
	디지털 모듈화된 통신 사업자 대역폭	200, 400, 800, 1600 또는 3200kHz	
	디지털 변조된 캐리어 기호 비율	0.16, 0.32, 0.64, 1.28 또는 2.56 Msym/초	
	디지털 모듈화된 캐리어 중심 주파수	5~42MHz 스펙트럼 내에 있어야 합니다.	
	디지털 모듈형 캐리어 진폭 <sup>1</sup>	-16 ~ +26dBmV, 기호 속도에 따라	
	총 5~42MHz RF 스펙트럼 전력	<= +35dBmV	
	캐리어 대 잡음 비율	>= 25dB <sup>2</sup>	
	Carrier-to-interference 비율	>= 25dB <sup>2</sup>	
	캐리어 대 인그레스 전력 비율	>= 25dB <sup>2</sup>	
	잡음 변조	7%(-23dBc)	
	진폭 잔물결	0.5dB/MHz	
	그룹 지연 잔물결 <sup>3</sup>	200ns/MHz	
	대부분의 원거리 케이블 모뎀에서 CMTS <sup>4</sup> 로의 전송 지연	<= 0.800ms	

1. Cisco uBR의 기본값은 0dBmV입니다.
2. CMTS 업스트림 입력 포트에서 측정됩니다. 표시된 값은 채널 내 값입니다.
3. 업스트림 그룹 지연은 Holtzman, Inc.의 [Cable Scope](#)와 같은 악기로 측정할 수 있습니다.
4. 전송 지연을 추정할 수 있습니다.

## 참조

다음은 이 문서 전체에서 작성된 다른 참조를 보완하는 몇 가지 참조입니다.

- [반환 경로 가용성 및 처리량 향상 방법](#)

Cisco의 Ron Hranac는 16-QAM for *Communications Technology* 매거진에 2개의 칼럼을 썼습니다

- [16-QAM 성공 사례](#)

- [16-QAM에 대한 추가 정보](#)

홀츠먼 주식회사의 톰 윌리엄스는 상류 장애에 관한 몇 가지 뛰어난 기사를 썼다. 그는 그룹 지연에 대한 세부사항을 자세히 살펴보면서 가정된 업스트림 DOCSIS 매개변수 중 일부는 충분하지 않음을 보여줍니다.

- [업스트림 데이터 장애 해결: 지금 네트워크 성능 최적화, 1부](#)
- [업스트림 데이터 장애 해결 - 2부 선형 왜곡 측정](#)

## 관련 정보

- [케이블 라인 카드에 대한 업스트림 변조 프로파일](#)
- [CMTS에서 RF 또는 컨피그레이션 문제 확인](#)
- [반환 경로 가용성 및 처리량 향상 방법](#)
- [데이터 품질 및 처리량을 보장하는 방법으로 업스트림 FEC 오류 및 SNR](#)
- [스펙트럼 분석기를 사용하여 DOCSIS 다운스트림 신호의 전력 측정 획득](#)
- [광대역 케이블 기술 지원](#)
- [기술 지원 및 문서 - Cisco Systems](#)