

# TTA Technical Report

기술보고서  
XXXX.XX-XX.XXXX

제정일: 2019년 xx월 xx일

DOCSIS 3.1 케이블 모뎀 표준  
분석(기술보고서)

DOCSIS 3.1 Cable Modem Specification  
(Technical Report)

기술보고서 초안 검토 위원회 케이블방송 프로젝트그룹(PG803)

기술보고서안 심의 위원회 방송 기술위원회(TC8)

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위 문서번호
기술보고서(과제) 제안	라상중	ETRI	책임	PG803 위원
기술보고서 초안 작성자	라상중	ETRI	책임	PG803 위원
사무국 담당	유현욱	TTA	단장	사무국
	최다인	TTA	선임연구원	사무국

본 문서에 대한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 표준 발간 이전에 접수된 지식재산권 확약서 정보는 본 표준의 '부록(지식재산권 확약서 정보)'에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 확약서는 TTA 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.

본 표준과 관련하여 접수된 확약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장

발행처 : 한국정보통신기술협회

13591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47

Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109

발행일 : 2019.12

# 서 문

## 1 기술보고서의 목적

본 기술보고서는 DOCSIS 3.1 전송방식에 기반한 신규 단말장치의 신호 출력 및 성능 요구사항에 대해 기술한다. 본 기술보고서는 케이블 방송 및 데이터 서비스를 위해 필요한 요구사항 도출에 활용될 수 있다.

## 2 주요 내용 요약

본 기술보고서는 DOCSIS 3.1 단말장치의 동작에 필요한 신호 출력 특성 및 성능 요구사항에 대하여 기술하고 있다. 보다 자세하게는 DOCSIS 3.1 의 하향 및 상향 전송 규격에 대하여 정리하였으며, DOCSIS 3.1 기반 단말장치의 상향 신호 전송을 위한 출력 신호 및 스퓨리어스 특성에 대한 내용을 기술하였다. 또한 상향 신호의 특성을 분석하기 위한 환경 구성에 대해서도 정리하였다.

## 3 인용 기술보고서와의 비교

해당사항 없음

## Preface

### 1 Purpose

This report describes the signal output and performance requirements of the new terminal equipment based on DOCSIS 3.1 transmission method. This report can be used to derive the necessary requirements for cable broadcasting and data services.

### 2 Summary

This report describes the signal output characteristics and performance requirements for the operation of DOCSIS 3.1 terminal equipment. In more detail, the downstream and upstream transmission specifications of DOCSIS 3.1 are summarized and the output signal and spurious characteristics for upstream signal transmission of a DOCSIS 3.1 based terminal are described. It also summarizes the environmental configuration for analyzing the characteristics of the upstream signal.

### 3 Relationship to Reference Standards

None

## 목 차

1	적용 범위 .....	4
2	인용 표준 .....	4
3	용어 정의 .....	4
4	약어 .....	5
5	기술 규격 .....	6
5.1	DOCSIS 3.1 전송 시스템 .....	6
5.2	DOCSIS 3.1 하향 전송방식 .....	7
5.3	DOCSIS 3.1 상향 전송방식 .....	8
6	DOCSIS 3.1 기반 단말장치 서비스를 위한 신호 파라미터 .....	10
7	DOCSIS 3.1 기반 단말장치 서비스를 위한 신호 특성 .....	11
7.1	출력 신호 스퓨리어스 분석을 위한 용어 및 요구사항 정의 .....	11
7.2	단말장치 서비스를 위한 스퓨리어스 발사 크기 .....	14
8	DOCSIS 3.1 기반 단말장치 신호 검증을 위한 환경 구성 .....	17
8.1	개요 .....	17
8.2	시험 환경 구성 .....	17
8.3	신호 검증을 위한 시험 절차 .....	18
부록	I-1 지식재산권 협약서 정보 .....	20
	I-2 시험인증 관련 사항 .....	21
	I-3 본 표준의 연계(family) 표준 .....	22
	I-4 참고 문헌 .....	23
	I-5 영문표준 해설서 .....	24
	I-6 표준의 이력 .....	25

## DOCSIS 3.1 기반 단말장치

### (Requirement of Terminal Device based on DOCSIS 3.1)

#### 1 적용 범위

본 기술보고서에서는 북미 케이블방송 및 통신 관련 표준화 단체인 CableLabs에서 케이블 매체의 경쟁력 강화를 위해 HFC망에서 10Gbps 데이터통신 서비스 제공을 목적으로 제정한 표준 규격인 DOCSIS 3.1에 기반한 상하향 전송방식에 대하여 소개하고, 이를 제공하는 DOCSIS 3.1 기반 단말장치의 서비스를 위한 신호 파라미터 및 신호 특성에 대하여 기술한다.

#### 2 인용 표준

CableLabs, CM-SP-PHYv3.1-I16-190121, Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.1 – Physical Layer Specification

#### 3 용어 정의

##### 3.1 DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications)

미국 CableLabs에서 케이블망을 통한 데이터 서비스를 목적으로 제정한 표준 규격으로 케이블 모뎀 종단 시스템과 케이블모뎀 사이의 표준 인터페이스를 정의하고 있다. 최초의 DOCSIS 규격은 1997년에 1.0이 제정되었으며, 현재는 케이블 방송망에서 하향채널을 통해 최대 10Gbps의 데이터 전송이 가능한 DOCSIS 3.1 표준 규격까지 제정되어 있다.

##### 3.2 광 동축 혼합망 (Hybrid Fiber/Coax, HFC)

전송장비부터 광 노드까지 광케이블로 신호를 전송하고 광 노드에서 가입자까지 동축케이블로 신호를 전송하는 양방향 광대역 전송 네트워크를 말한다.

##### 3.3 케이블 모뎀 종단 시스템 (Cable Modem Termination System, CMTS)

케이블 망을 통해 맥내에 설치된 케이블모뎀과 연결하여 양방향 데이터 서비스를 제공하

기 위해 케이블 방송국 헤드엔드 또는 분배센터에 설치되는 DOCSIS 표준 규격의 데이터 통신 장비를 말한다.

### 3.4 케이블 모뎀 (Cable Modem)

케이블 망을 통해 양방향 데이터 서비스를 제공하는 DOCSIS 표준 기반의 가입자 단말 장치를 말한다.

## 4 약어

DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specifications
RS	Reed-Solomon
TCM	Trellis Coded Modulation
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
BCH	Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem
LDPC	Low Density Parity Check
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
FFT	Fast Fourier Transform
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access

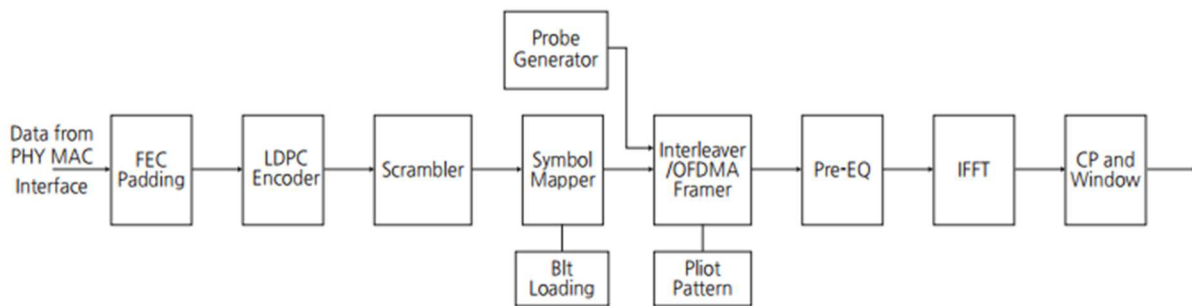
## 5 기술 규격

### 5.1 DOCSIS 3.1 전송 시스템

기존 DOCSIS 표준과 DOCSIS 3.1 표준 간의 가장 큰 차이는 물리계층에서의 전송방식과 관련한 부분이다. 기존 DOCSIS 표준들은 버전이 변경되더라도 물리계층 전송에 대해 역호환성을 유지하는 것을 목표로 제정되었으나, DOCSIS 3.1에서는 스펙트럼 사용 효율 향상을 위해 새로운 전송기술을 도입하여 기존 표준에 기반한 장비와의 역호환성을 더이상 고려하지 않는다.

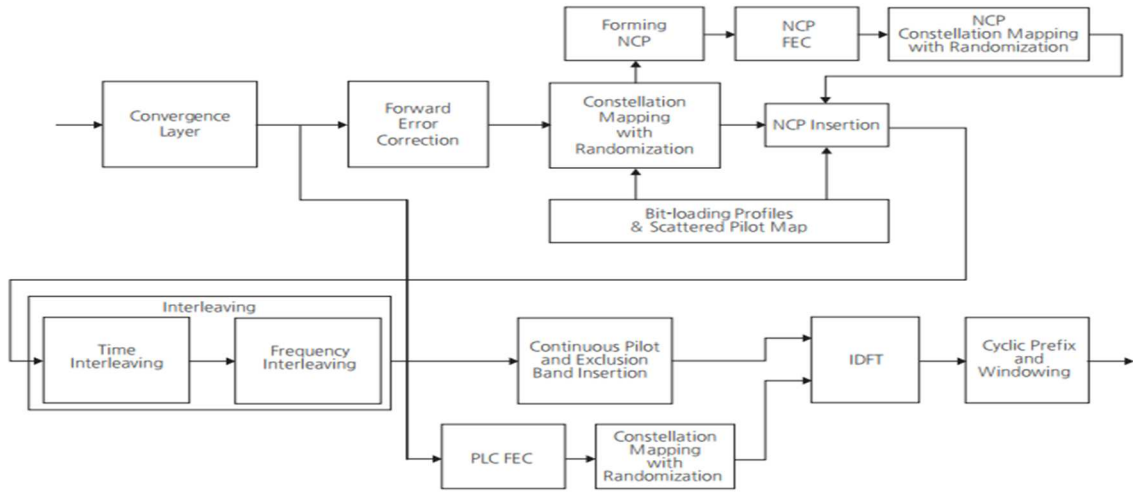
기존 DOCSIS 표준에서 물리계층 전송기술은 6MHz 또는 8MHz 전송 대역폭을 기반으로 하는 단일반송파 전송방식으로 채널의 오류를 정정하기 위해 RS 부호 및 TCM 부호를 사용하며, 변조 방식으로 64QAM 또는 256QAM을 사용하여 신호를 전송하였다.

하지만 DOCSIS 3.1에서는 고효율 전송과 대용량 데이터 전송을 위해 단일 전송 채널의 주파수 대역폭을 하향 최대 192MHz 및 상향 최대 96MHz로 늘리고 다중반송파 방식인 OFDM 전송방식을 채택하였다. 하향 채널에서 채널 오류 정정을 위하여 BCH 및 LDPC 부호를 적용하였고, 상향 채널 또한 LDPC 부호를 적용하여 기존의 RS 및 TCM 연접 부호에 비해 채널 오류에 더욱 강인한 성능을 가진다. 또한, 다중 반송파 전송 방식인 OFDM을 적용하여 각 부반송파 별로 하향 최대 4096QAM 상향 최대 1024QAM을 지원하여 스펙트럼 효율을 최대 50% 이상 향상시켰다. [그림 1]과 [그림 2]는 각각 상향 및 하향 채널의 물리계층 전송 구조를 보여 준다.



(그림5-1) DOCSIS 3.1 상향 전송 물리계층 구조





(그림 5-2) DOCSIS 3.1 하향 전송 물리계층 구조

DOCSIS 3.1에서 상향 및 하향 스트림 전송을 위한 주파수 대역은 광대역 채널 전송 및 최대 10Gbps 전송을 위해 확장되었다. 기존 5~42MHz 또는 5~80MHz를 사용하던 상향 채널 주파수 대역은 5~204MHz로 확장되었고, 기존 54~864MHz 또는 108~1002MHz를 사용하던 하향 채널 주파수 대역은 258~1218MHz로 확장되며, 선택적으로 258~1794MHz까지 사용할 수 있도록 하고 있다.

## 5.2 DOCSIS 3.1 하향 전송방식

DOCSIS 3.1은 하향 전송을 위하여 OFDM을 사용하며 204.8MHz의 샘플링 레이트에서 4K FFT와 8K FFT의 두 가지 동작 모드를 정의하고 있다. 하향 스트림 OFDM의 상세한 파라미터 값은 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> DOCSIS 3.1 하향 전송 파라미터

파라미터	4K mode	8K mode
Downstream master clock frequency	10.24 MHz	
Downstream Sampling Rate (fs)	204.8 MHz	
Downstream Elementary Period (Tsd)	1/(204.8 MHz)	
Channel bandwidths	24 MHz ... 192 MHz	
Minimum contiguous modulation band	2 MHz	
IDFT size	4096	8192
Subcarrier spacing	50 kHz	25 kHz
FFT duration (Useful symbol duration) (Tu)	20 μs	40 μs
Maximum number of active subcarriers in signal (192 MHz channel)	3800	7600

Values refer to 190MHz of used subcarriers		
Maximum spacing between first and last active subcarrier	190 MHz	
Cyclic Prefix	0.9375 $\mu$ s (192 * $T_{sd}$ ) 1.25 $\mu$ s (256 * $T_{sd}$ ) 2.5 $\mu$ s (512 * $T_{sd}$ ) 3.75 $\mu$ s (768 * $T_{sd}$ ) 5 $\mu$ s (1024 * $T_{sd}$ )	
Windowing	Tukey raised cosine window, embedded into cyclic prefix 0 $\mu$ s (0 * $T_{sd}$ ) 0.3125 $\mu$ s (64 * $T_{sd}$ ) 0.625 $\mu$ s (128 * $T_{sd}$ ) 0.9375 $\mu$ s (192 * $T_{sd}$ ) 1.25 $\mu$ s (256 * $T_{sd}$ )	

5.3 DOCSIS 3.1 상향 전송방식

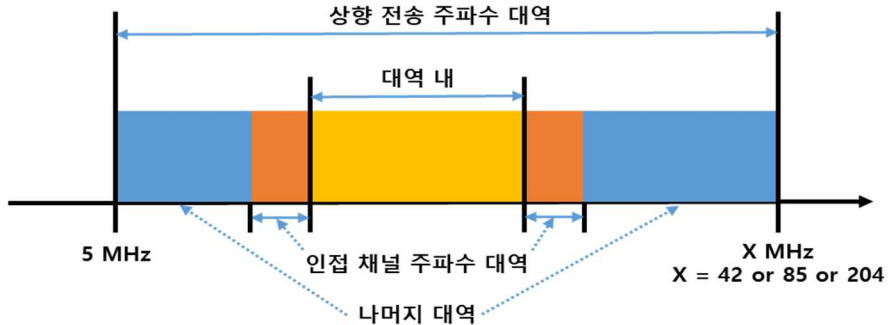
DOCSIS 3.1은 상향 전송을 위하여 OFDM의 멀티 유저 버전인 OFDMA를 사용한다. 상향 스트림 OFDMA의 상세한 파라미터 값은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> DOCSIS 3.1 상향 전송 파라미터

파라미터	2k Mode	4k Mode
Upstream Sampling Rate ( $f_{su}$ )	102.4 MHz	
Upstream Elementary Period Rate ( $T_{su}$ )	1/102.4 MHz	
Channel bandwidths	10 MHz ... 96 MHz	6.4 MHz ... 96 MHz
IDFT size (depending on channel bandwidth)	2048	4096
Subcarrier spacing	50 kHz	25 kHz
FFT duration (Useful symbol duration) ( $T_u$ )	20 $\mu$ s	40 $\mu$ s
Maximum number of active subcarriers in signal (96 MHz channel) Values refer to 95MHz of active subcarriers	1900	3800

<p>Upstream Cyclic Prefix</p>	<p>0.9375 <math>\mu</math>s (96 * <math>T_{su}</math>)                  1.25 <math>\mu</math>s (128 * <math>T_{su}</math>)                  1.5625 <math>\mu</math>s (160 * <math>T_{su}</math>)                  1.875 <math>\mu</math>s (192 * <math>T_{su}</math>)                  2.1875 <math>\mu</math>s (224 * <math>T_{su}</math>)                  2.5 <math>\mu</math>s (256 * <math>T_{su}</math>)                  2.8125 <math>\mu</math>s (288 * <math>T_{su}</math>)                  3.125 <math>\mu</math>s (320 * <math>T_{su}</math>)                  3.75 <math>\mu</math>s (384 * <math>T_{su}</math>)                  5.0 <math>\mu</math>s (512 * <math>T_{su}</math>)                  6.25 <math>\mu</math>s (640 * <math>T_{su}</math>)</p>
<p>Upstream window size</p>	<p>Tukey raised cosine window,                  embedded into cyclic prefix                  0 <math>\mu</math>s (0 * <math>T_{su}</math>)                  0.3125 <math>\mu</math>s (32 * <math>T_{su}</math>)                  0.625 <math>\mu</math>s (64 * <math>T_{su}</math>)                  0.9375 <math>\mu</math>s (96 * <math>T_{su}</math>)                  1.25 <math>\mu</math>s (128 * <math>T_{su}</math>)                  1.5625 <math>\mu</math>s (160 * <math>T_{su}</math>)                  1.875 <math>\mu</math>s (192 * <math>T_{su}</math>)                  2.1875 <math>\mu</math>s (224 * <math>T_{su}</math>)</p>

6 DOCSIS 3.1 기반 단말장치 서비스를 위한 신호 파라미터  
전송채널 컷오프 대역 (대역 내) / 인접채널 주파수 대역 / 나머지 대역



(그림 6-1) 상향 주파수 대역에서의 전송대역 정의

**Transmitting Burst**

단말장치의 active channel에서 사용된 minislot 동안 적용됨

**Between Burst**

단말장치의 active channel에서 사용된 minislot을 제외하고 적용됨

**Granted burst**

동일한 단말장치에서 동시에 전송된 burst 형태의 minislots을 의미함

**100% Grant**

상향신호 전송을 위해 단말장치가 사용할 수 있는 전체 주파수 대역

**Occupied bandwidth**

상향채널에서의 Occupied bandwidth는 exclude된 부분을 제외한 영역이며, Excluded 된 부반송파를 제외한 부반송파의 수 곱하기 부반송파 대역폭으로 계산할 수 있음

**Under-Grant Hold bandwidth**

grant size가 계속해서 감소해도 spurious emission limit가 더이상 완화되지 않는 조건에서의 minimum grant bandwidth를 의미하며, 측정 대역에 따라 신호 파라미터를 통해 연산된 결과에 따라 값이 결정됨

**Under-Grant Hold Number of Users**

grant 갯수가 계속해서 증가해도 spurious emission limit가 더이상 완화되지 않는 조건에서의 동일한 grant size의 최고값을 의미하며, 측정 대역에 따라 신호 파라미터를 통해 연산된 결과에 따라 값이 결정됨

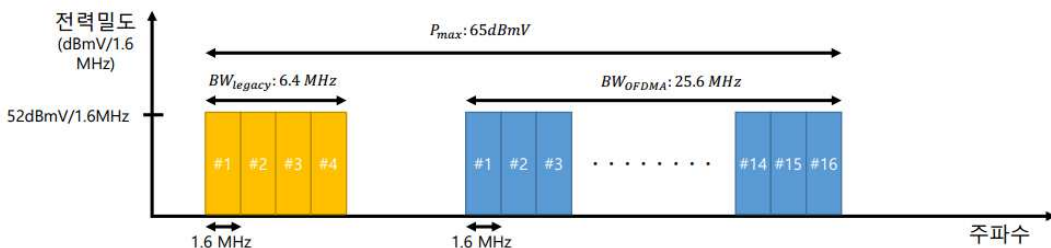
7 DOCSIS 3.1 기반 단말장치 서비스를 위한 신호 특성

7.1 출력 신호 스푸리어스 분석을 위한 용어 및 요구사항 정의

7.1.1 용어 정의

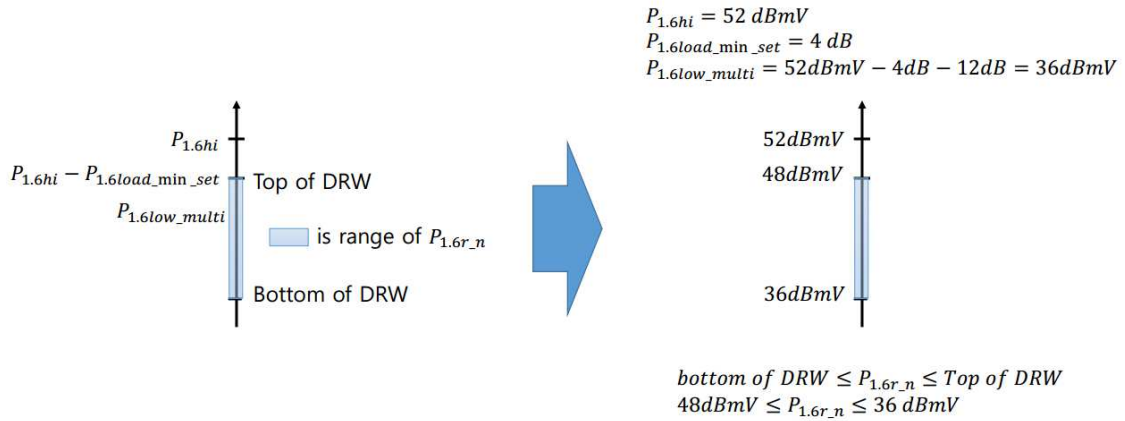
- 레거시(legacy) 채널  
: 기존의 단말장치와 호환을 위해 SC-QAM을 지원하는 채널
- Transmit Channel Set (TCS)  
: 단말장치에 의해서 전송되는 레거시 및 OFDMA 채널의 조합을 의미함  
: SC-QAM 채널로만 구성되는 경우나 OFDMA 채널로만 구성되는 경우도 포함
- $BW_{legacy}$  : TCS에서 레거시 채널들의 점유 대역폭
- $BW_{OFDMA}$  : TCS에서 OFDMA 채널들의 점유 대역폭
- $N_{eq}$  : 신호 분석을 위한 1.6MHz 등가 채널 대역폭의 수를 나타내며,  
 $ceil\left(\frac{BW_{legacy}(MHz)}{1.6MHz}\right) + ceil\left(\frac{BW_{OFDMA}(MHz)}{1.6MHz}\right)$ 로 값이 결정됨
- $P_{max}$  : TCS에 대하여 단말이 지원할 수 있는 최대 송신 전력이며, 헤드엔드에서 단말로 전달해주는 값
- $P_{1.6hi}$  : 최대 등가 채널 전력으로 TCS의 각 채널에 대하여 적용되는 단일 값

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= 65dBmV, BW_{legacy} = 6.4MHz, BW_{OFDMA} = 25.6MHz \text{ 일 때} \\
 N_{eq} &= ceil(BW_{legacy}(MHz)/1.6MHz) + ceil(BW_{OFDMA}(MHz)/1.6MHz) \\
 &= ceil(6.4/1.6) + ceil(25.6/1.6) = 4 + 16 = 20 \\
 P_{1.6hi} &= P_{max}[dBmV] - 10 \log_{10} N_{eq} \\
 &= 65 dBmV - 13dB = 52dBmV
 \end{aligned}$$



(그림 7-1) 전력밀도측정을 위한 상향 전송 예시

- Dynamic Range Window (DRW)  
: 각 채널에 대하여 12dB 범위의 허용 가능한 전송 레벨을 의미함
- $P_{1.6load\_min\_set}$  : DRW의 상단을 정의하며, 헤드엔드에서 단말로 전달해주는 값
- $P_{1.6low\_multi}$  : DRW의 하단을 정의하며,  $P_{1.6hi} - P_{1.6load\_min\_set} - 12dB$ 로 값이 결정됨
- $P_{1.6r\_n}$  : RNG-REQ 메시지를 통해 헤드엔드에 보고되는 각 채널 n에 대한 등가 채널 송신 전력



(그림 7-2) 상향 신호 측정을 위한 전송 파라미터 정의

### 7.1.2 채널 송신 전력에 대한 요구사항 정의

- DOCSIS 3.1 기반 단말장치에서 생성될 수 있는 최대 신호 수  
: 8개의 레거시 채널 + 2개의 OFDMA 채널
- Equivalent channel power  
: SC-QAM - 1.6MHz 스펙트럼의 전력  
: OFDMA - 1.6MHz 대역폭으로 정규화된 채널의 OFDMA 부반송파의 평균 전력  
으로,  $P_{1.6r\_n}$ 로 명시됨
- 전체 전력의 최대 값  $P_{max} \geq 65 \text{ dBmV}$
- $P_{max}$ 는 동등한 전력 스펙트럼 밀도 기반으로 레거시 채널과 OFDMA 채널로 구성된 TCS에 분배됨
- 각각의 채널이 최대 전력  $P_{1.6hi}$ 와 최소 전력  $P_{1.6low}$  사이의 전력 범위로 설정되어야 하며, 이것은 동등한 전력 스펙트럼 밀도 기반으로 조정함
- 최대 등가 채널 전력  $P_{1.6hi} = P_{max}[\text{dBmV}] - 10 \log_{10} N_{eq}$
- 예시 1) DOCSIS 3.1 CMTS와 동작하는 CM의 경우  
: 스펙트럼 대역폭  $\leq 24 \text{ MHz}$   
 $P_{1.6hi} \leq 53.2 \text{ dBmV} + (P_{max} - 65)$ 로 제한, 여기서  $53.2 \text{ dBmV} = 65 \text{ dBmV} - 10 \log_{10} \frac{24 \text{ MHz}}{1.6 \text{ MHz}}$   
:  $P_{max}/24 \text{ MHz}$ 의 최대 전력 스펙트럼 밀도가 적용됨
- 예시 2) DOCSIS 3.1에서  $P_{1.6min} = 17 \text{ dBmV}$   
: SC-QAM 채널에서  $P_{1.6low} = P_{1.6min}$   
: 부스트 되지 않은 파일럿 신호가 있는 OFDMA 채널에서  $P_{1.6low} = P_{1.6min}$   
: 부스트 된 파일럿 신호가 있는 OFDMA 채널에서  
50kHz 부반송파에서,  $P_{1.6low} = P_{1.6min} + 1 \text{ dB}$   
25kHz 부반송파에서,  $P_{1.6low} = P_{1.6min} + 0.5 \text{ dB}$

: S-CDMA의 경우,  $P_{1.6low,n} = P_{1.6min} + 10\log_{10}\left(\frac{\# \text{ of active codes}}{\text{codes per minislot}}\right)$

- CMTS는 CM이 TCS의 모든 채널에서  $P_{1.6r,n}$ 을 DRW(Dynamic Range Window)의 상단보다 높거나 DRW의 하단보다 낮은 값으로 설정되지 않도록 해야 함
- 만약 CM이 TCS의 모든 채널에서  $P_{1.6r,n}$ 가 DRW 상단보다 높거나 DRW 하단보다 낮은 값으로 송신하도록 명령될 경우
  - : CM은 오류 조건이 제거될 때까지 해당 채널에 대한 RNG-REQ 메시지의 SID 필드에 적절한 비트를 설정하여 전송
- CMTS는 12dB의 DRW를 관리
- Fidelity requirements DRW 상단에서 flat 주파수 조건을 만족하는 범위에서 진행
  - : CM 전송 전력 레벨을 가능한 DRW 상단에 가깝게 유지해야 함
- CM의 송신 전력 양에 관한 요구사항
  - : 채널당 보고된 송신 전력의 범위
  - : 전력 조절 크기
  - : 전력 조절 크기의 정확도
  - : 채널당 CM의 출력 전력의 절대 정확도
- CM은 RNG-RSP를 수신한 후 각각의 CM의 active 채널에 대해 채널당 전력 제한 관련 조건들이 만족하는지 확인해야 함
- Active 채널 정의
  - : Registration 전에 사용하던 채널을 의미함
  - : REG-RSP, DBC-REQ(Dynamic Bonding Request)에서 CM의 TCS에 할당된 모든 채널
- Registration 이후의 active 채널들은 TCS로 불림
- DBC-REQ with Transmit Channel Configuration
  - : CMTS가 CM의 TCS에 관한 설정을 변경하기 위해 사용됨
- 채널당 전송 전력 (Transmit power per channel)
  - : 점유된 대역폭의 평균 RF 전력으로 정의하며 CM의 F-connector에서 측정함
- 전력 보고 방식은  $P_{1.6r,n}$ 로 표현됨
  - : SC-QAM의 경우
    - 채널 대역폭이 6.4MHz인 경우, 실제 전력은 보고된 전력보다 6dB 높을 것
    - 채널 대역폭이 1.6MHz인 경우, 실제 전력은 보고된 전력과 같음
  - : OFDMA의 경우
    - 평균 RF 전력은 25kHz 부반송파 64개 또는 50kHz 부반송파 32개일 때의 전력
    - 50kHz 부반송파 간격에서 부스트된 파일럿 신호에 대해서 보고된 전력은 평균 RF 전력보다 1dB 높음
    - 25kHz 부반송파 간격에서 부스트된 파일럿 신호에 대해서 보고된 전력은 평균 RF 전력보다 0.5dB 높음

7.1.3 미니슬롯 할당에 대한 요구사항 정의

- DOCSIS 3.1의 광대역 상향 신호 전송의 경우 전송 과정에서 전력 감쇠가 일어날 수 있음
- CMTS에서 CM의 송신 신호 전력 감쇠를 다루는 방법
  - : 정해진 전력으로 CMTS에 도달될 수 있는 채널 세트로 TCS 조정
  - : 변조 차수를 낮게 하여 더 낮은 수신전력에서도 수신 가능하도록 조정
  - : 최대 스케줄된 미니슬롯(Maximum Scheduled Minislots, MSM) 상황에서 CM을 동작하도록 함
- MSM
  - : CMTS는 CM이 100% grant에서 사용하는 전력 스펙트럼 밀도보다 더 높은 밀도로 전송하도록 지시함
  - : CMTS는 CM에 동시에 예정된 미니슬롯 수를 제한함
  - : CMTS는 Probe Information Elements의 power control 변수를 이용하여 CM이 사용하는 전력을 최적화함

7.2 단말장치 서비스를 위한 스퓨리어스 발사 크기

7.2.1 전송 채널 컷오프 대역에서 출력 신호 스퓨리어스 발사 크기 (버스트 송신 중)  
 -45dBc 이하(OFDMA 100% 사용 대역)<sup>1)</sup>, -51dBc 이하(OFDMA 5% 사용 대역)<sup>2)</sup>, -50dBc 이하(TDMA)

주1) OFDMA 100% 사용 대역은 상향 신호 전송을 위해 할당된 대역 전체에서 OFDMA 방식을 이용하여 신호가 전송됨을 의미함

주2) OFDMA 5% 사용 대역은 상향 신호 전송을 위해 할당된 대역 중 5% 범위에서 OFDMA 방식을 이용하여 신호가 전송됨을 의미함

7.2.2 전송 채널 컷오프 대역에서 출력 신호 스퓨리어스 발사 크기 (송신 버스트가 없을 때)

-72dBc 이하

7.2.3 인접채널 주파수 대역에서 출력 신호 스퓨리어스 발사 크기 (버스트 송신 중)

<표 7-1> 인접채널 주파수 대역에서 출력 신호 스퓨리어스 발사 크기 측정

측정 대역폭( $B_M$ ) <sup>1)</sup>	기준값 <sup>2)</sup> (dBc)
400kHz	$10\log_{10}\left(\left(10^{\frac{F_{SF}}{10}} + 10^{-\frac{57}{10}}\right) \times (B_M/B_{UGHB})\right)$

주1)  $B_M$ (측정대역폭): 전송대역(In-band)에 인접한 좌우 양측 각 400kHz 대역

주2) 기준값은 반올림하여 소수점 첫째자리까지 표현함

주3)  $B_{100}$ (100% 할당 대역): 상향신호 전송을 위해 단말이 사용할 수 있는 전체 주파수 대역



주4)  $F_{SF}$ (SpurFloor, 스푸리어스 기저값):  $[-57 + 10\log_{10}(B_{100}/192MHz)]$ 와  $-60$  dBc 중 큰 값

주5)  $N_{UGHU}$  (Under-Grant Hold number of Users):  $[0.2 + 10^{(-44-F_{SF})/10}]$ 을 넘지 않는 최대 정수 값

주6)  $B_{UGHB}$  (Under-Grant Hold Bandwidth):  $B_{100}/N_{UGHB}$

### 7.2.4 인접채널 주파수 대역에서 출력 신호 스푸리어스 발사 크기 (송신 버스트가 없을 때)

-72dBc 이하

### 7.2.5 나머지 대역에서 출력 신호 스푸리어스 발사 크기 (버스트 송신 중)

<표 7-2> 나머지 대역에서 출력 신호 스푸리어스 발사 크기 측정

100% 할당 대역 ( $B_{100}$ ) <sup>1)</sup>	측정 대역폭 ( $B_M$ ) <sup>2)</sup>	기준값 <sup>3)</sup> (dBc)
64MHz 까지	1.6MHz	$F_{SF} + 10\log_{10}(B_M/B_{UGHB})$
64MHz에서 96MHz	3.2MHz	
96MHz에서 192MHz	9.6MHz	
192MHz 이상	12.8MHz	

주1)  $B_{100}$ (100% 할당 대역): 상향신호 전송을 위해 단말이 사용할 수 있는 전체 주파수 대역

주2)  $B_M$ (측정대역폭): 전송대역 및 인접대역(전송대역 인접 400 kHz)을 제외한 상향 주파수 대역

주3) 기준값은 반올림하여 소수점 첫째자리까지 표현함

주4)  $F_{SF}$ (SpurFloor, 스푸리어스 기저값):  $[-57 + 10\log_{10}(B_{100}/192MHz)]$ 와  $-60$  dBc 중 큰 값

주5)  $N_{UGHU}$  (Under-Grant Hold number of Users):  $[0.2 + 10^{(-44-F_{SF})/10}]$ 을 넘지 않는 최대 정수 값

주6)  $B_{UGHB}$  (Under-Grant Hold Bandwidth):  $B_{100}/N_{UGHB}$

### 7.2.6 나머지 대역에서 출력 신호 스푸리어스 발사 크기 (송신 버스트가 없을 때)

-72dBc 이하

### 7.2.7 종합 스푸리어스 발사 크기

<표 7-3> 종합 스푸리어스 발사 크기 측정

주파수 대역		기준값	
		버스트 송신 중	송신 버스트 간 (송신 버스트가 없을 때)
5MHz에서 42MHz 까지 상향 전송	42MHz에서 54MHz까지	-40dBc	-26dBmV
	54MHz에서 60MHz까지	-35dBmV	-40dBmV

	60MHz에서 88MHz까지	-40dBmV	-40dBmV
	88MHz에서 1218MHz까지	-45dBmV	-45dBmV와 (하향신호세기 - 40dB)중 큰 값
5MHz에서 85MHz 까지 상향 전송	85MHz에서 108MHz까지	-45dBc	-31dBmV
	108MHz에서 136MHz까지	-40dBmV	-40dBmV
	136MHz에서 1218MHz까지	-45dBmV	-45dBmV와 (하향신호세기 - 40dB)중 큰 값
5MHz에서 204MHz까지 상향 전송	204MHz에서 258MHz까지	-50dBc	-72dBc
	258MHz에서 1218MHz까지	-45dBmV	-45dBmV와 (하향신호세기 - 40dB)중 큰 값

7.2.8 이산 스퓨리어스 발사 크기

<표 7-4> 이산 스퓨리어스 발사 크기 측정

주파수 대역		기준값	
		버스트 송신 중	송신 버스트 간 (송신 버스트가 없을 때)
5MHz에서 42MHz 까지 상향 전송	42MHz에서 54MHz까지	-50dBc	-36dBmV
	54MHz에서 88MHz까지	-50dBmV	-50dBmV
	88MHz에서 1218MHz까지	-50dBmV	-50dBmV
5MHz에서 85MHz 까지 상향 전송	85MHz에서 108MHz까지	-50dBc	-36dBmV
	108MHz에서 1218MHz까지	-50dBmV	-50dBmV
5MHz에서 204MHz까지 상향 전송	204MHz에서 258MHz까지	-50dBc	-36dBmV
	258MHz에서 1218MHz까지	-50dBmV	-50dBmV

## 8 DOCSIS 3.1 기반 단말장치 신호 검증을 위한 환경 구성

### 8.1 개요

DOCSIS 3.1 기반 단말장치의 신호 검증을 위해 시험중인 장치의 TCS에서 송신 버스트에 대해 DOCSIS 3.1 규격의 스퓨리어스 및 잡음 요구 사항을 준수하는지 여부에 대한 시험을 수행한다. 테스트 측정은 상향 주파수 대역 내, 중간 주파수 및 다른 주파수 범위의 서로 다른 주파수 범위에서 수행된다.

DOCSIS 3.1 기반 단말장치 신호 검증을 위한 파라미터는 다음 내용을 포함하여야 한다.

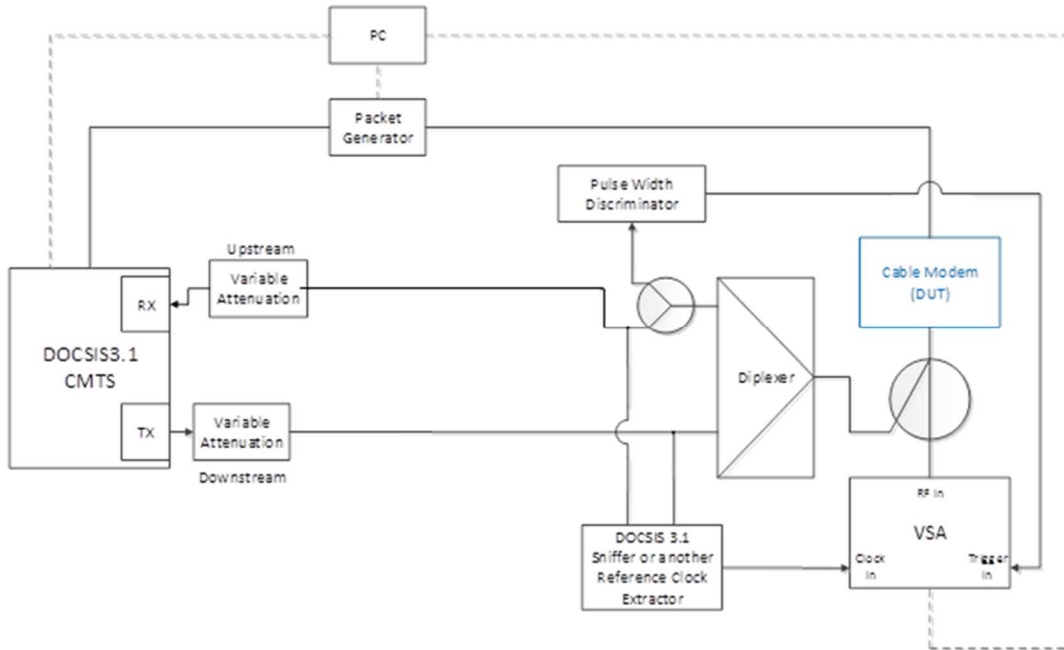
- 단일 또는 복수의 OFDMA 상향 채널 및 SC-QAM 상향 채널
- 상향 주파수 대역 지원
- 최저 전력부터 최고 전력까지의 전력 레벨 조정
- 최소 6.4MHz나 10MHz부터 최대 95MHz의 OFDMA 채널 점유 대역폭
- 4K FFT를 위한 25kHz 또는 2K FFT를 위한 50kHz의 부반송파 간격
- QPSK부터 4096-QAM까지의 변조 차수

다음의 상향 파라미터는 고정값으로 유지하여 시험에 영향을 미치지 않아야 한다.

- Dynamic range window 구성
- 파일럿 톤 패턴
- Cyclic Prefix
- Windowing size
- Boosted pilot

### 8.2 시험 환경 구성

DOCSIS 3.1 기반 단말장치에 대하여 상향 노이즈와 스퓨리어스 측정을 위한 환경 구성은 [그림 6]과 같다.



(그림8-1) 상향 노이즈와 스퓨리어스 측정을 위한 환경 구성

이와 관련한 시험장비 리스트는 다음과 같다.

- 스펙트럼 분석기 또는 벡터 신호 분석기
- 패킷 생성기
- DOCSIS 3.1을 지원하는 CMTS
- 상향 및 하향 가변 감쇠기
- DOCSIS 3.1 신호 분석을 위한 Sniffer
- Pulse Width Discriminator
- Diplexer
- 제어용 PC

### 8.3 신호 검증을 위한 시험 절차

DOCSIS 3.1 기반 단말장치의 신호 검증을 위해서는 VSA (벡터 신호 분석기) (또는 스펙트럼 분석기)를 전력 및 스퓨리어스 측정의 주요 장비로 사용한다. 감쇠기는 상향 주파수 범위(5-42 MHz, 5-85 MHz 또는 5-204 MHz) 내의 주파수에서 VSA 측정을 위한 RF 신호에 대하여 적용된다. 반면에, 각각 54, 108 및 258 MHz 이상의 주파수의 경우 diplex 필터를 이용하여 상향 전송이 측정에 필요한 감도로 설정되어있을 때 VSA의 입력에 과부하가 걸리지 않도록 하며, 커플러와 스플리터는 상향 신호를 버스트 탐지기와 VSA에 동시에 전달하기 위하여 사용한다.

신호 검증과 관련한 모든 잡음 및 스퓨리어스에 대한 요구 사항은 장치가 전송하는 실제 측정 전력을 기준으로 한다. DOCSIS 3.1 기반 단말장치인 DUT가 켜지고 CMTS와 연결되어 온라인 상태가 되면 그림 6에 따라 가변 감쇠기를 이용해 초기 상향 신호에 대한 총 감쇠량으로 40dB를 설정한다. 단말장치에서 초기 레인징을 성공적으로 완료한 후 상

향 버스트가 VSA로 측정되고 현재 전송 레벨과 정의된 전력 레벨 사이의 dB 차이가 상향 가변 감쇠기를 이용하여 추가/감산된다. 가변 감쇠기의 영향이 반영된 상향 버스트 전력이 다시 측정되고 이에 대한 결과를 기반으로 시험이 수행된다.

VSA는 160kHz 또는 4MHz 대역폭을 사용하여 서로 다른 주파수 범위에서 서로 다른 측정을 수행한다. VSA 측정은 상향 주파수 범위 (VSA 중심 주파수 5MHz + 160 / 2kHz)의 상위 가장자리에서부터 상향 주파수 범위 (VSA 중심 주파수 42, 85 또는 204MHz - 160 / 2kHz)로 설정한 다음 다른 주파수 대역 (VSA 중심 주파수 1218MHz - 2MHz)의 위쪽 가장자리까지 상향 주파수 대역 (42, 85 또는 204MHz + 2MHz의 VSA 중심 주파수)에서 수행한다.

하나 또는 두개의 OFDMA 채널 혹은 OFDMA 및 SC-QAM 혼합 전송 모드에 대한 다양한 시험을 수행하여 결과를 측정한다. DOCSIS 3.1 기반 단말장치에 의해 전송되는 단 하나의 채널의 경우, 100% 보장된 미니슬롯만 정의하는 시험을 수행할 수 있으며 할당된 미니 슬롯의 비율을 조정하는 또 다른 시험을 수행할 수도 있다.

채널 전력, 통합 스퓨리어스 및 피크 전력 스퓨리어스를 포함한 모든 VSA 전력 측정은 DOCSIS 3.1 기반 단말장치에 의해 전송된 10개의 완전한 버스트의 측정을 평균하여 결정한다.

## 부 록 1-1

### 지식재산권 확약서 정보

해당 사항 없음

※본 문서와 관련하여 접수된 확약서 이외에도 지식재산권이 존재할 수 있다.

## 부 록 1-2

### 시험인증 관련 사항

#### 1-2.1 시험인증 대상 여부

해당 사항 없음

#### 1-2.2 시험표준 제정 현황

해당 사항 없음

## 부 록 1-3

### 본 표준의 연계(family) 표준

해당 사항 없음



## 부 록 1-4

### 참고 문헌

해당 사항 없음

부 록 1-5

영문기술보고서 해설서

해당 사항 없음