

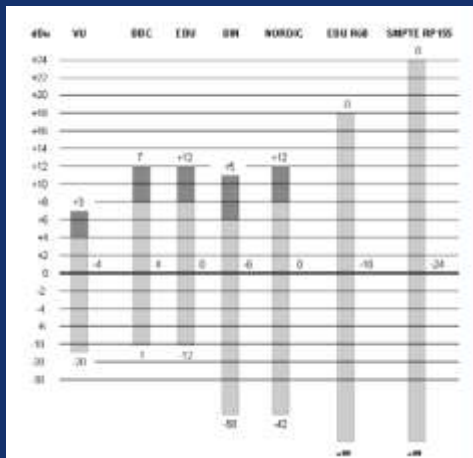
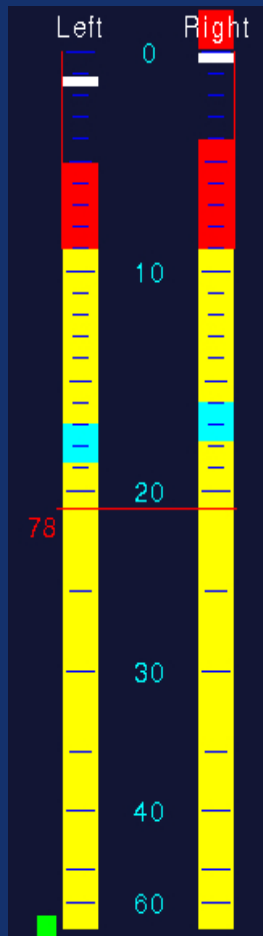
디지털 방송을 위한 오디오 프로세싱과 공중파 TV 라우드니스 분석

2012. 1

(주)미디어큐브
www.mediacube.co.kr

오디오 레벨에 관한 패러다임의 변화

“ PPM(Peak Program) , VU 미터링 ” 에서
“라우드니스(Loudness) 측정” 으로

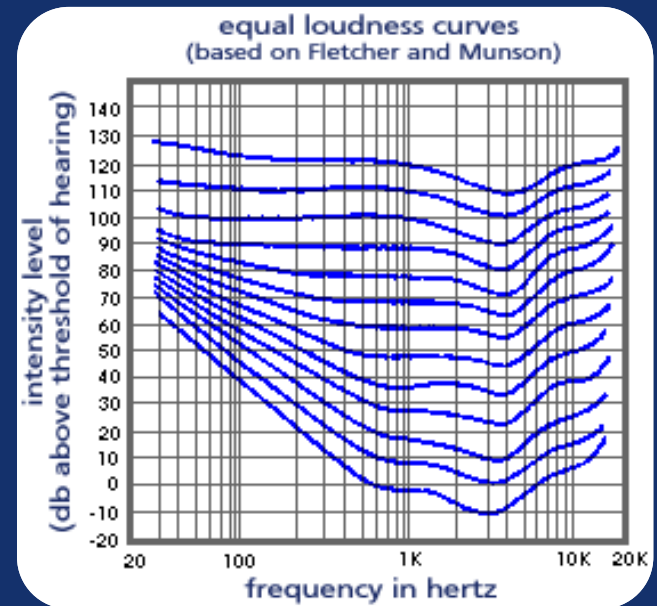


라우드니스 (Loudness) 란?

라우드니스란 레벨과는 다른 개념이다 !

라우드니스란 실제로 **인간이 느끼는 음량의 크기**를 의미하며, 인간의 귀는 낮은 음압에서 중음보다 저음과 고음에 상대적으로 둔감하게 반응하며 음압에 따라 주파수 반응이 틀려집니다. 따라서 라우드니스를 측정하기 위해서는 이러한 인간의 귀의 반응 특성을 보상할 수 있어야 합니다.

ITU(국제전기통신연합)에서 라우드니스를 측정하기 위해 ITU-R BS.1770이라는 ITU 표준규격을 설정하여 dB LKFS 또는 dB LU 단위로 라우드니스를 객관적으로 측정할 수 있게 되었습니다.



라우드니스 (Loudness)의 측정

라우드니스 측정은 단순히 오디오 레벨을 측정하는 것과는 명확히 다릅니다.

이는 라우드니스는 인간의 인지와 관련되어 있어 측정이 전압 또는 전류와 같이 객관적이기보다는 주관적 이기 때문입니다. 인간이 듣는 구조는 각각의 사람마다 동일하지만 인지하는 것은 매우 다를 수 있습니다.

청각 연구는 수십 년에 걸쳐 진화되어 왔으나, 반복적으로 라우드니스를 계량화하는 진정한 보편적인 방법은 불과 최근 몇년동안 공식화 되었습니다.

그때까지는, 유일한 방법은 VU와 PPM 같은 객관적인 미터와 함께 작업자의 "시각 평균"을 결합하여 사용하는 방법 뿐이었습니다.



전세계 라우드니스(Loudness) 관련 표준안

- ITU-R BS.1770 (2006)

오디오 프로그램의 라우드니스(Loudness)와 트루피크(True-Peak)를 측정하기 위한 알고리즘

ITU-R BS.1770-1 (2007)

ITU-R BS.1770-2 (2011)

- EBU R 128 (2010)

ITU-R BS.1770-2 에 기반하고 이를 확장. 라우드니스 레인지와 타겟레벨(-23 LUFS +/- 1) 트루피크(-1dB TP이하)

- ATSC A/85:2009 (2009)

ITU-R BS.1770 에 기반하고 이를 확장. 라우드니스 레인지와 타겟레벨(-24 LKFS +/- 2), 트루피크(-2dB TP이하)

ITU-R BS.1770



ITU(International Telecommunications Union)에서는 객관적으로 라우드니스를 측정하는 방법에 대한 해답을 위해 조사하는 연구 그룹을 만들었습니다. 그 결과로 ITU - R BS.1770 이라는 반복적인 숫자의 결과를 형성할 수 있는 필터, 가중치, 오디오 채널의 파워 합계의 시스템을 정의 했습니다.

라우드니스는 콘텐츠의 길이에 걸쳐 모든 채널에서의 오디오 신호의 가중치가 적용된 파워를 누적하여 측정됩니다. BS.1770 방법은 모노, 스테레오 및 멀티채널 프로그램의 상대적인 주관적 라우드니스를 비교하는 리스닝 테스트를 통하여 확인되었습니다. 측정된 음의 크기는 LKFS로 표시 됩니다.

LKFS의 단위는 데시벨과 같은 단위입니다. -15 LKFS의 프로그램을 8dB만큼 낮추는 것으로(attenuating) 뉴스앵커 부분(일반적으로 대사가 콘텐츠의 전반적인 라우드니스를 대표하기 때문에)의 라우드니스 가 -23 LKFS인 뉴스 프로그램과 라우드니스를 같게 만들 수 있습니다.

뉴스 앵커 부분(대사레벨)의 라우드니스의 정확한 측정은 작업자로 하여금 시청자에게 일정한 라우드니스 레벨로 콘텐츠를 제공할 수 있도록 하는 데 있어서 필수적인 것입니다.

Weighting Filter Curves

Rec. ITU-R BS.1770-2

3

FIGURE 1

Simplified block diagram of multichannel loudness algorithm

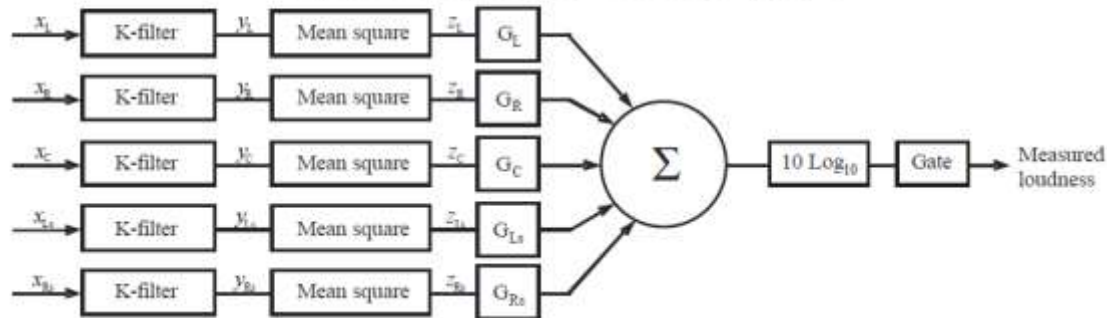
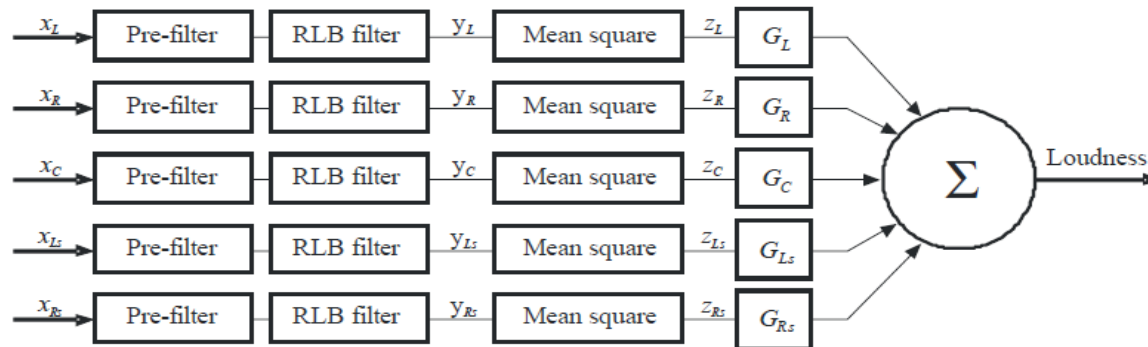


FIGURE 10

Block diagram of proposed multichannel loudness meter



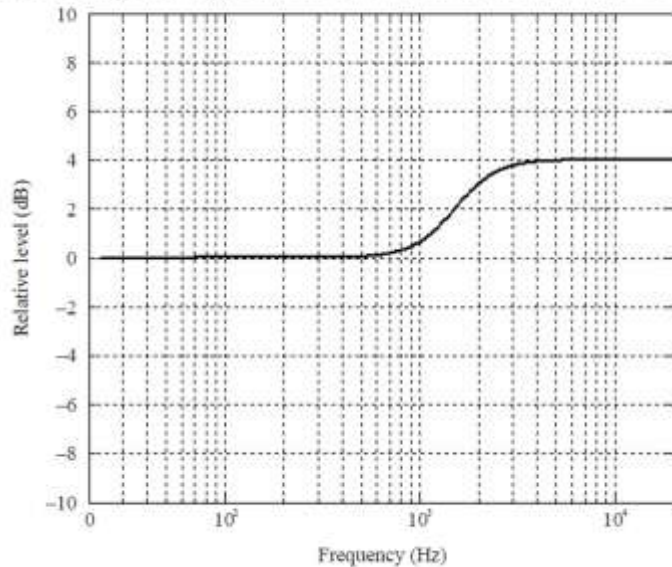
BS.1770-10

Weighting Filter Curves

K-weighting 필터는 두 단계의 필터링으로 구성되어 있습니다 ; 첫 번째 단계는 쉘빙필터(shelving filter) 와 두 번째 단계는 하이패스 필터 (RLB-weighting curve).

FIGURE 2

Response of stage 1 of the pre-filter used to account for the acoustic effects of the head

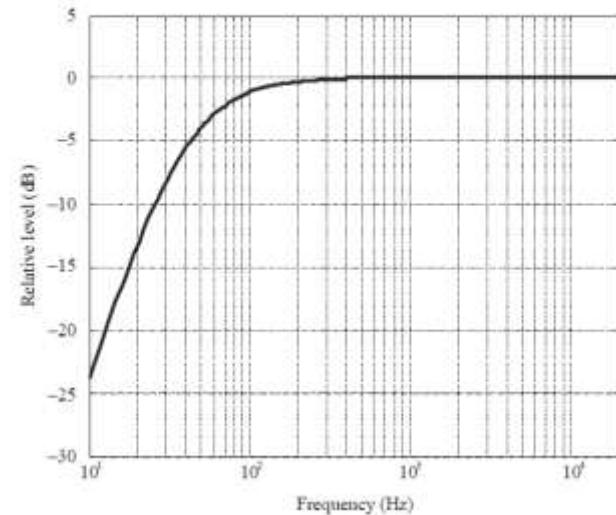


<Pre Filter>

Rec. ITU-R BS.1770-2

FIGURE 4

RLB weighting curve



<RLB Filter>

측정모드: Short-Term vs. Infinite

Short -Term Mode :

“sliding-window”타입의 기능으로
예를 들어 첫번째 측정값은 0 ~3초,
다음은 1~4초, 2~ 5초, 등과 같이 진행됩니다.

Short-term 측정은 마지막 3초(또는 10 초 이내의 인티그레이션 타임) 구간의 프로그램만을 계산하므로 in infinite mode의 측정과 비교하여 훨씬ダイナ믹하게 변합니다. 이러한 short-term mode 측정의 장점은 작업자가 프로그램 내의 라우드니스의 짧은 구간의 변화를 바로 바로 확인할 수 있다는 것입니다. 많은 숙련된 오디오 작업자들은 라우드니스의 짧은 구간의 다이내믹스에 대한 정보가 오디오 믹싱 또는 제작에 도움이 되므로, Short-term 측정을 이용하기를 선호하며, 이를 이용하여 프로그램의 전반적인 라우드니스를 조절할 수 있습니다. Short-term 모드는 프로그램의 다이내믹 라우드니스 히스토리를 측정하여 로그를 작성하는데 매우 유용하며, 품질관리(QC), 후반작업, 방송, 송출에서 매우 유용하게 사용됩니다.



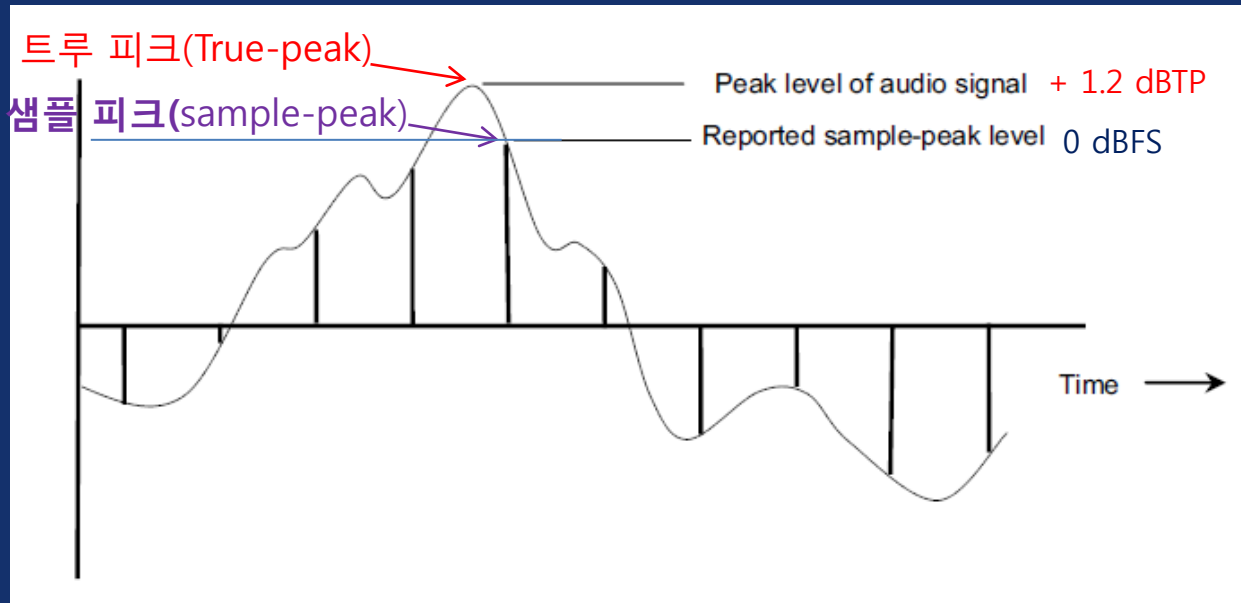
Infinite Mode :

Infinite mode 는 일반적으로 프로그램 전체구간을 측정할 때 사용합니다. (예를 들어 30초 광고 또는 2시간짜리 영화, 등의 전체) 이것은 프로그램 전체에 대한 평균 라우드니스를 계산할 수 있어 가장 정확한 라우드니스 측정을 제공합니다. 이 모드는 오디오 메타데이터가 만들어지고 레벨이 콘트롤 되고 조절되어지는 인제스트(ingest), 품질관리(QC), 후반작업 용도로 사용됩니다.

True Peak : Sample Peak vs True Peak

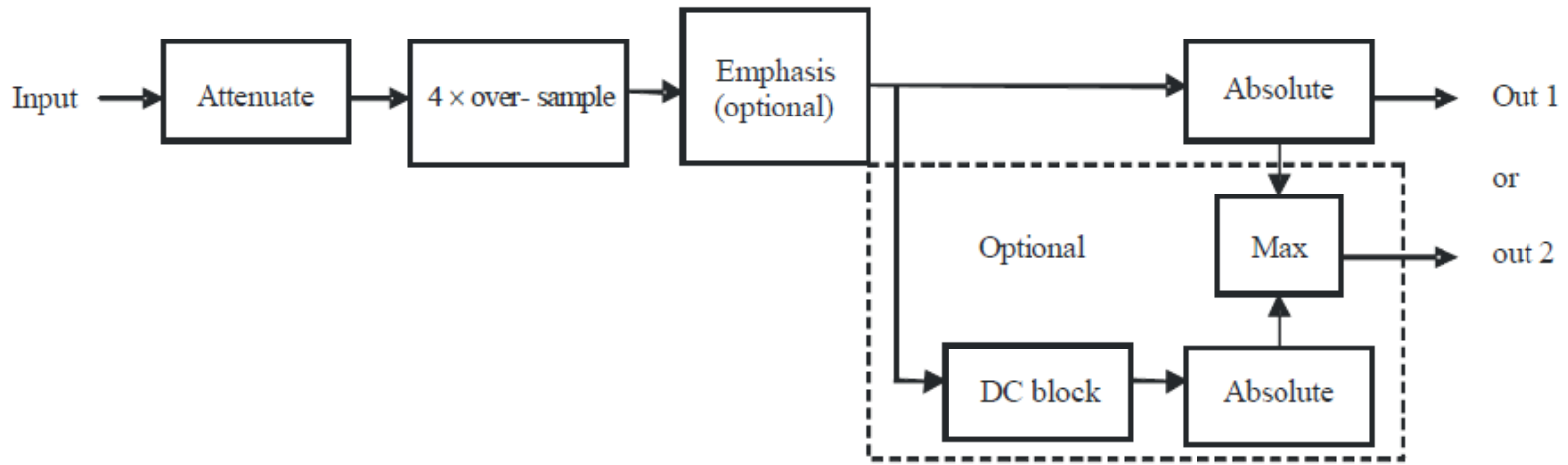
현대적인 디지털 오디오 시스템은 오디오 신호의 처리와 분배를 매우 단순화시켰습니다. 이러한 신호의 피크 미터링은 일반적으로 측정기간 동안의 최대 샘플 값을 표시하는 형태입니다. 이러한 피크 샘플 값에 대한 좁은 관점은 연속적인 파형에 기초해야 한다는 것을 간과하기 쉽습니다.

이는 예기치 못한 오디오의 오버로드, 부정확한 피크 리딩(peak reading) 및 다른 드러나지 않은 문제 를 야기할 수 있습니다. 트루 피크(True-peak) 레벨 측정은 이러한 문제들을 미연에 방지할 수 있는 보다 정확한 오디오 신호의 변화를 확인할 수 있게 합니다.



< 연속적인 신호의 피크 레벨 vs. 샘플 피크(sample-peak) >

True Peak : Sample Peak vs True Peak



< ITU-R BS.1770-2 의 트루 피크(true-peak) 추정 알고리즘의 기본 구조 >

EBU R 128



- EBU loudness recommendation

“라우드니스 노멀라이제이션은 진정한 오디오 레벨링 혁명 이다”



Loudness normalisation is a true audio levelling revolution!

EBU(**European Broadcasting Union**)에서는 방송 프로그램의 제작, 배급, 송출에 있어서 오디오 신호 레벨의 필요를 연구해 왔습니다. 오디오 레벨링 패러다임이 라우드니스의 측정에 기반해야 할 필요가 있다는 의견에 의해서 였습니다.

EBU에서는 프로그램의 평균 라우드니스('프로그램 라우드니스') 와 함께 '라우드니스 레인지' 와 '최대 트루 피크 레벨(True Peak Level)'을 측정하여 오디오 신호의 노말라이즈에 사용할 것을 권장하고, 각 프로그램 /방송국에서 전체 신호 체인에 대한 기술적 제한을 준수하도록 하고 장르와 타겟 시청자에 따라 미학적인 요구에 사용할 수 있도록 권장 합니다.

EBU R 128 – 주요 특징



- EBU R 128은 진정한 오디오 혁신의 핵심에 있습니다:
피크가 아닌 라우드니스에 기반한 오디오 레벨링
- ITU-R BS.1770-2이 기본적인 측정을 정의했다면, EBU R 128은 그것에 기반하고 확장시켰습니다. (**EBU R 128**은 BS.1770-2에 라우드니스 레인지(Loudness Range)와 타겟 레벨: **-23 LUFS(풀스케일에 대한 라우드니스 단위)**을 추가 했습니다. ± 1 LU의 허용범위 가 일반적으로 인정됨)
- 측정시 게이팅이 사용되어 사일런스 구간이 긴 부분을 포함한 프로그램의 라우드니스를 보다 정확하게 매칭되도록 합니다.
- '라우드니스 미터링' (EBU Tech Doc 3341)에 대한 별도의 문서가 '**EBU Mode**' 호환의 라우드니스 미터에 대한 틀을 정의 하고 있습니다.
- '**Loudness Range**' (LRA) 는 다이내믹 컴프레션이 필요한 경우, 프로그램이 송출 체인과 타겟 시청자에 대한 허용범위에 적합한지를 평가하는 도구입니다
- 라우드니스 노말라이즈(Loudness normalization)는 전체 신호체인에 대해 적용 할 수 있습니다
- **EBU R 128은 배급 가이드라인(Distribution Guidelines)의 핵심입니다.**

EBU R 128

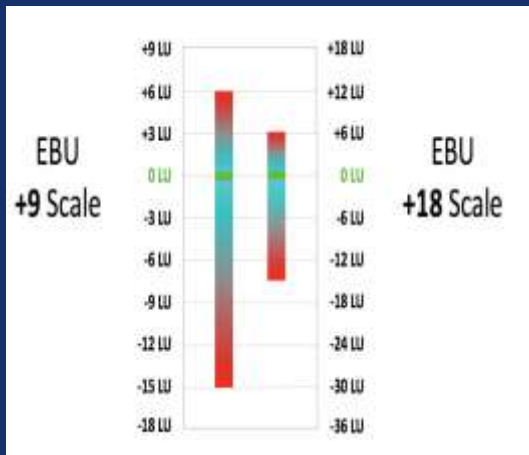


- EBU loudness recommendation

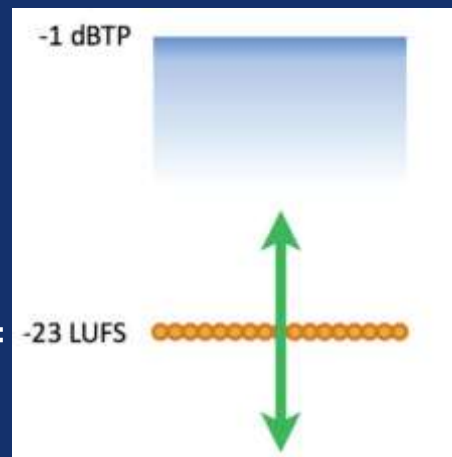
**'EBU Mode' 라우드니스 미터에서는
0LU 는 -23 LUFS 를 의미합니다.**



In an 'EBU Mode' loudness meter, 0 LU equals -23 LUFS.



0LU =



0 LU(EBU mode)



"EBU Mode"



- **Momentary loudness (M)** : 0.4초의 사각 슬라이딩 타임 윈도우를 사용(sliding rectangular time window). 게이트가 적용되지 않음
- **Short-term loudness(S)** : 3초의 사각 슬라이딩 타임 윈도우를 사용(sliding rectangular time window). 게이트가 적용되지 않음
- **Integrated loudness(I)** : ITU-R BS.1770-2에서 기술된 게이팅 적용.


EBU Measurement gate(ITU-R BS.1770-2에 기반): Integrated Loudness(I) 측정에만 적용


- -70 LUFS 를 절대값 사일런스 게이팅 threshold로 사용하여 절대값 게이트된(absolute-gated) 라우드니스 레벨을 계산
- 절대값 게이트된(absolute-gated) 라우드니스 레벨의 10 LU아래를 상대 게이트 threshold로 사용
- 게이팅 threshold가 적용되는 측정입력은 75% 의 연속적인 게이팅 블록 사이의 지속적인 교차가 일어나는 400 ms 라우드니스 블록

EBU R 128



- EBU loudness recommendation

 The alignment level for sound-programme exchange does not need to change. Use a 1 kHz sine wave at **-18 dBFS** as usual.

 A stereo 1 kHz sine wave at **-18 dBFS** reads as **-18 LUFS** absolute (+5 LU relative) on an EBU mode loudness meter.

- 사운드 프로그램의 교환을 위한 얼라인먼트 레벨은 기존과 동일하게 1kHz -18 dBFS 사인파를 사용
- 1kHz -18 dBFS의 사인파는 'EBU mode' 라우드니스 미터에서 절대값 -18 LUFS(상대값 +5LU)로 표시됨

ATSC Document A/85:2009

- 디지털 TV를 위한 오디오 라우드니스를 정의하고 유지하기 위한 기술

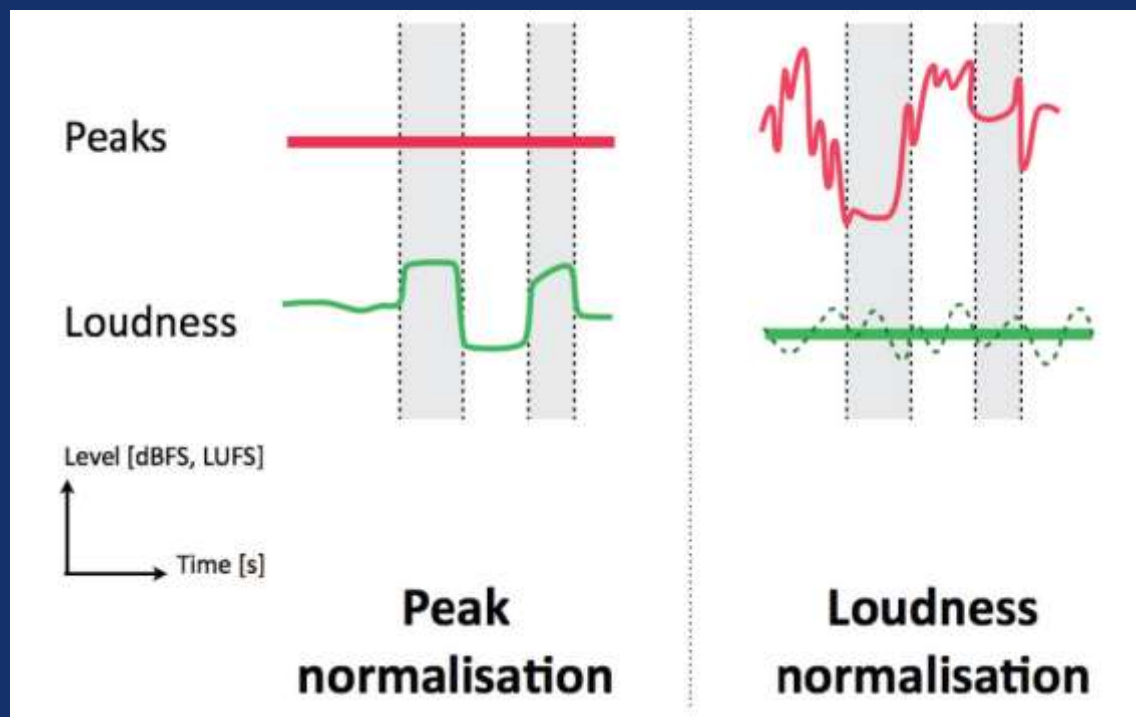


라우드니스 측정, 제작모니터링, 메타데이터 사용, 현대적인 다이내믹 레인지 훈련, 등의 숙달이 콘텐츠 공급업체, 방송국, 시청자, 감독기구의 기대를 충족시키기 위해 필수적이라는 것을 방송업계에서는 인식하였습니다. 따라서 디지털 TV시청자들을 위한 최고품질의 오디오 사운드 트랙을 제공하기 위한 제작 배급, 송출 기술에 대한 교본을 제안합니다.

아래와 같은 기술적인 정보와 권장사항

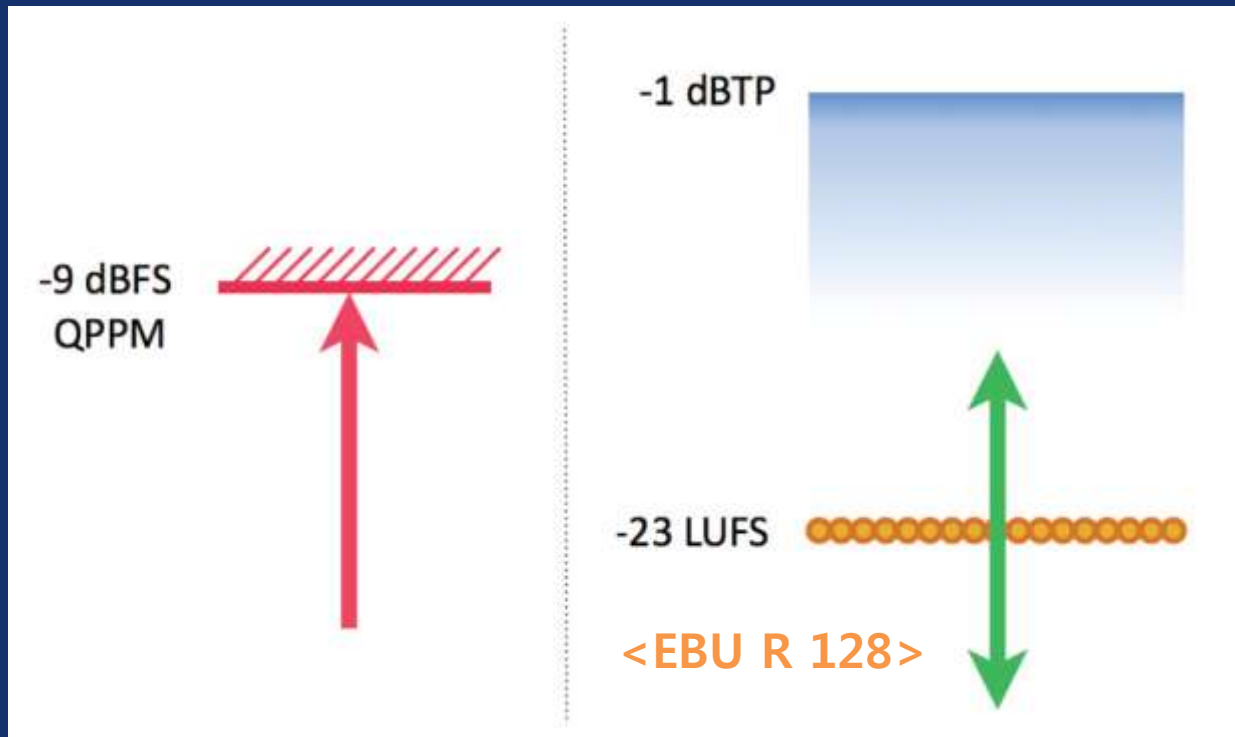
- ITU-R BS.1770 에 따른 라우드니스 측정 recommendation.
- 메타데이터 없이 콘텐츠 호환을 위한 타겟 라우드니스와 트루 피크 레벨
- 가정에서의 다양한 청취환경을 고려한 레퍼런스 모니터링 환경의 셋업
- Provides methods to effectively control program-to-internal loudness .
- 디지털 콘텐츠의 제작, 배급, 송출을 위한 오디오 메타데이터의 효율적 사용
- 프로그램내와 프로그램 사이의 라우드니스와 다이내믹 다이내믹 레인지 관리에 대한 권장사항을 포함한 추가적 또는 선택적인 AC-3 오디오내의 다이내믹 레인지 콘트롤과 동시에 기존의 다이내믹 레인지 콘트롤

피크 레벨 노멀라이제이션 vs. 라우드니스 레벨 노멀라이제이션 (Peak level normalization vs. Loudness level normalization)



<연속된 프로그램의 피크 레벨 노멀라이제이션 vs. 라우드니스 레벨 노멀라이제이션>

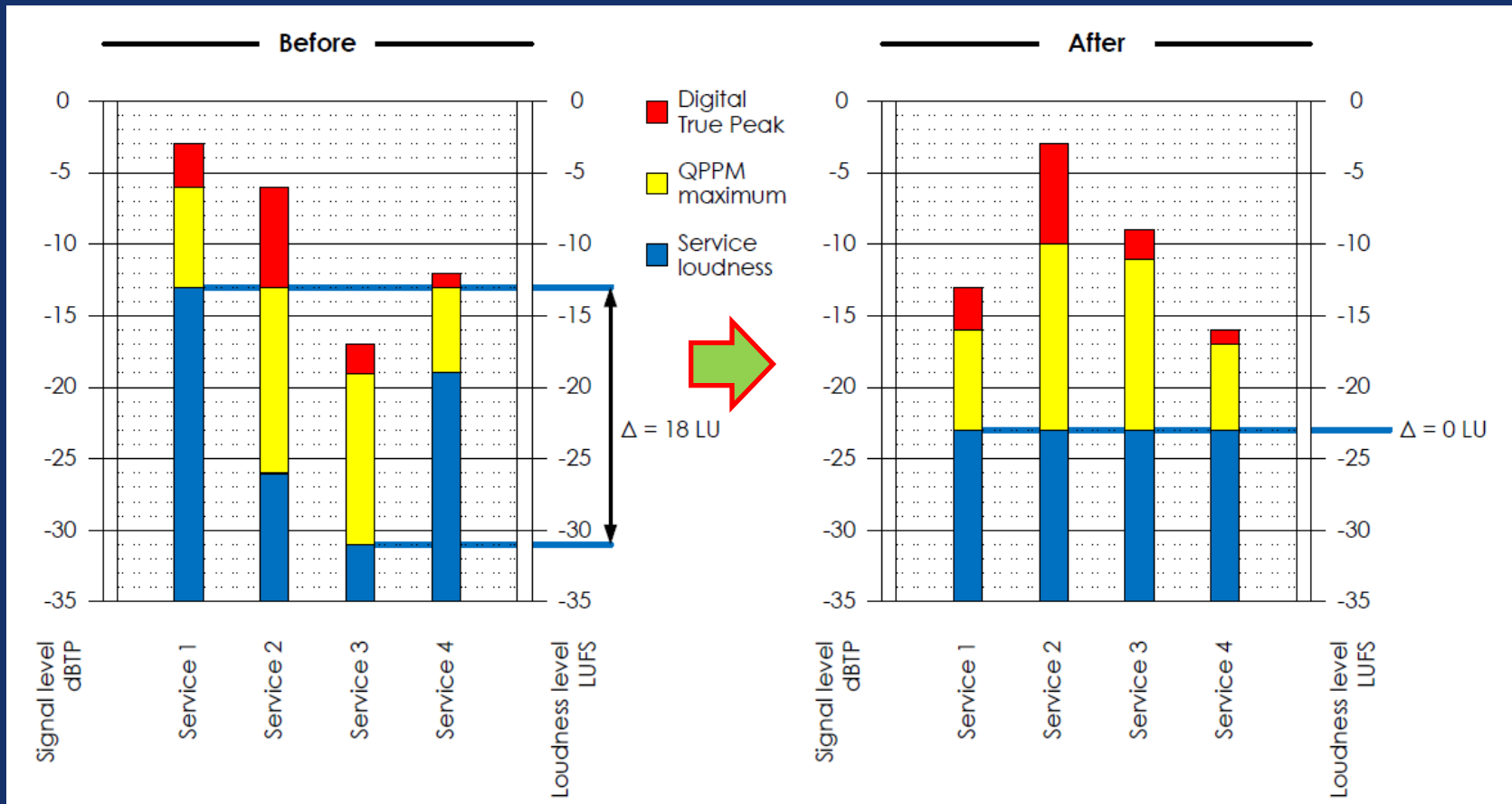
피크 레벨 노멀라이제이션 vs. 라우드니스 레벨 노멀라이제이션 (Peak level normalization vs. Loudness level normalization)



<유사-피크(Quasi-Peak) 레벨 노멀라이제이션 vs. 라우드니스 레벨 노멀라이제이션>

피크 레벨 노멀라이제이션 vs. 라우드니스 레벨 노멀라이제이션

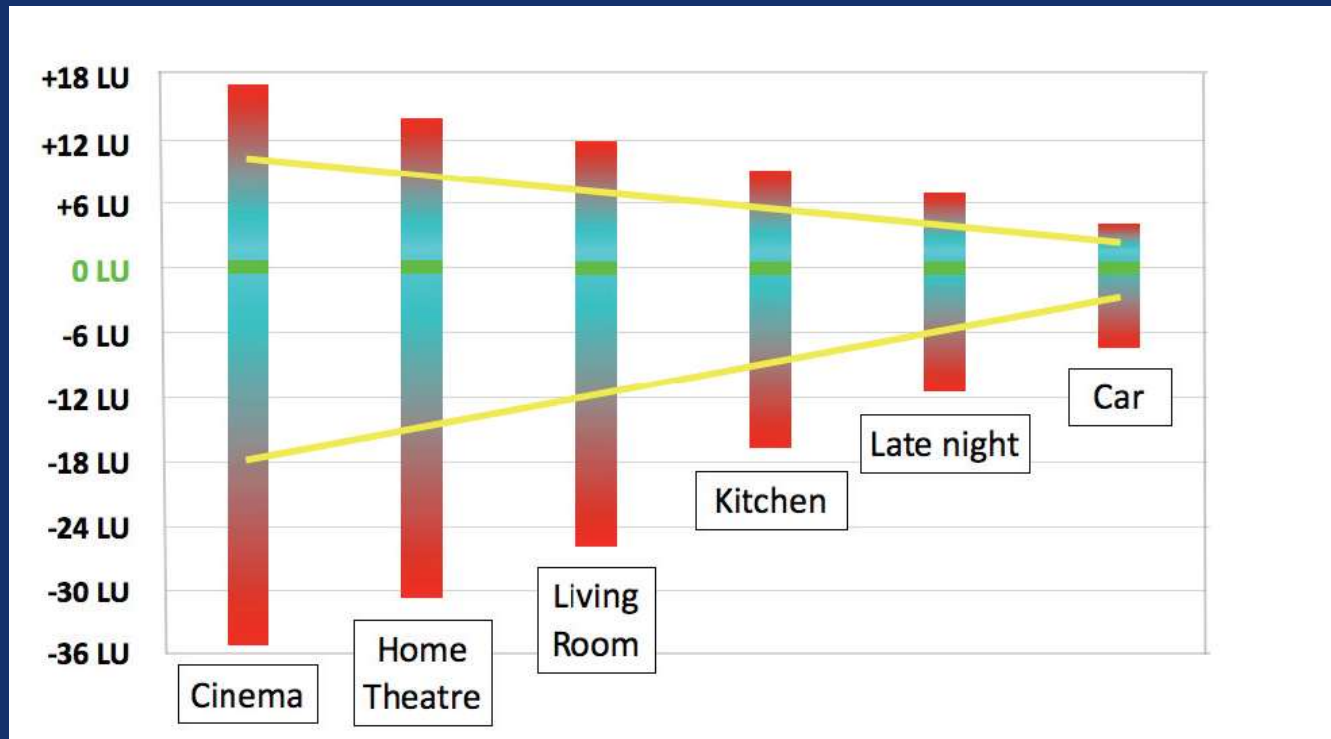
(Peak level normalization vs. Loudness level normalization)



<배급단계에서의 라우드니스 노멀라이제이션의 효과>

Loudness Range(LRA):

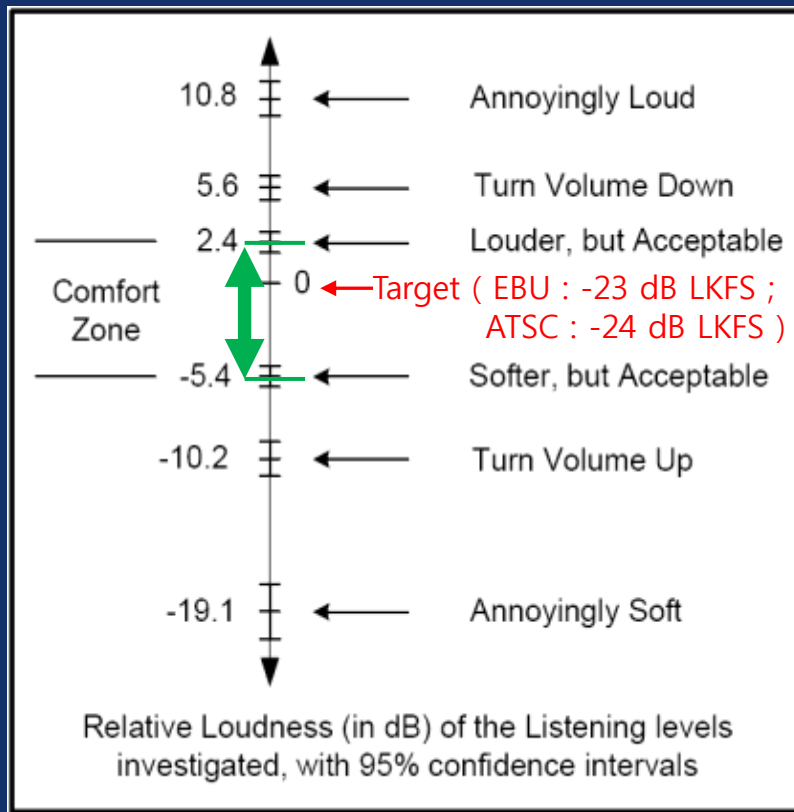
라우드니스 레인지 ('LRA')는 시간에 따라 변화하는 라우드니스 측정에서 변화량을 의미합니다. **라우드니스 레인지 ('LRA')**는 다이내믹 레인지나 크레스트 팩터(crest factor)와는 전혀 다른 개념입니다



< 재생 환경에 따른 라우드니스 레인지의 다른 사례 >

Loudness Ranges: “Comfort Zone”

(ATSC Document A/85:2009 - 디지털 TV를 위한 오디오 라우드니스를 정의하고 유지하기 위한 기술, Annex E : 라우드니스 레인지)



“컴포트 존(Comfort Zone)”은 시청자가 받아들일 수 있는 정도의 프로그램간 또는 프로그램 내의 라우드니스 변화에 대한 라우드니스 범위입니다. 이 범위 및 다른 라우드니스 허용범위를 정의하기 위해 주관적인 청취 테스트 실험이 행해졌으며, 이 결과로 왼쪽과 같은 기준점이 도출되었습니다.

<중요한 라우드니스 레벨>

ITU-R BS.1770
Scale

0 dB LKFS

-10 dB LKFS

-20 dB LKFS

-30 dB LKFS

-40 dB LKFS

-50 dB LKFS

라우드니스 레인지(LRA)
(Short-term Loudness)



Integrated
Loudness
(Infinite)



프로그램 평균 라우드니스
(Integrated Loudness)



Loudness Peaks
over Integrated Loudness

디지털 방송 오디오의 2가지 주요 이슈

- 프로그램 내/ 채널간에 라우드니스를 일정하게 유지

LOUDNESS CONTROL

- 5.1 써라운드 사운드를 항상 유지하여 HD 오디오 이미지를 안정적으로 유지 (2ch <-> 5.1ch 전환시 대사가 센터와 L,R로 상호 이동하는 문제를 해결)

UPMIXING

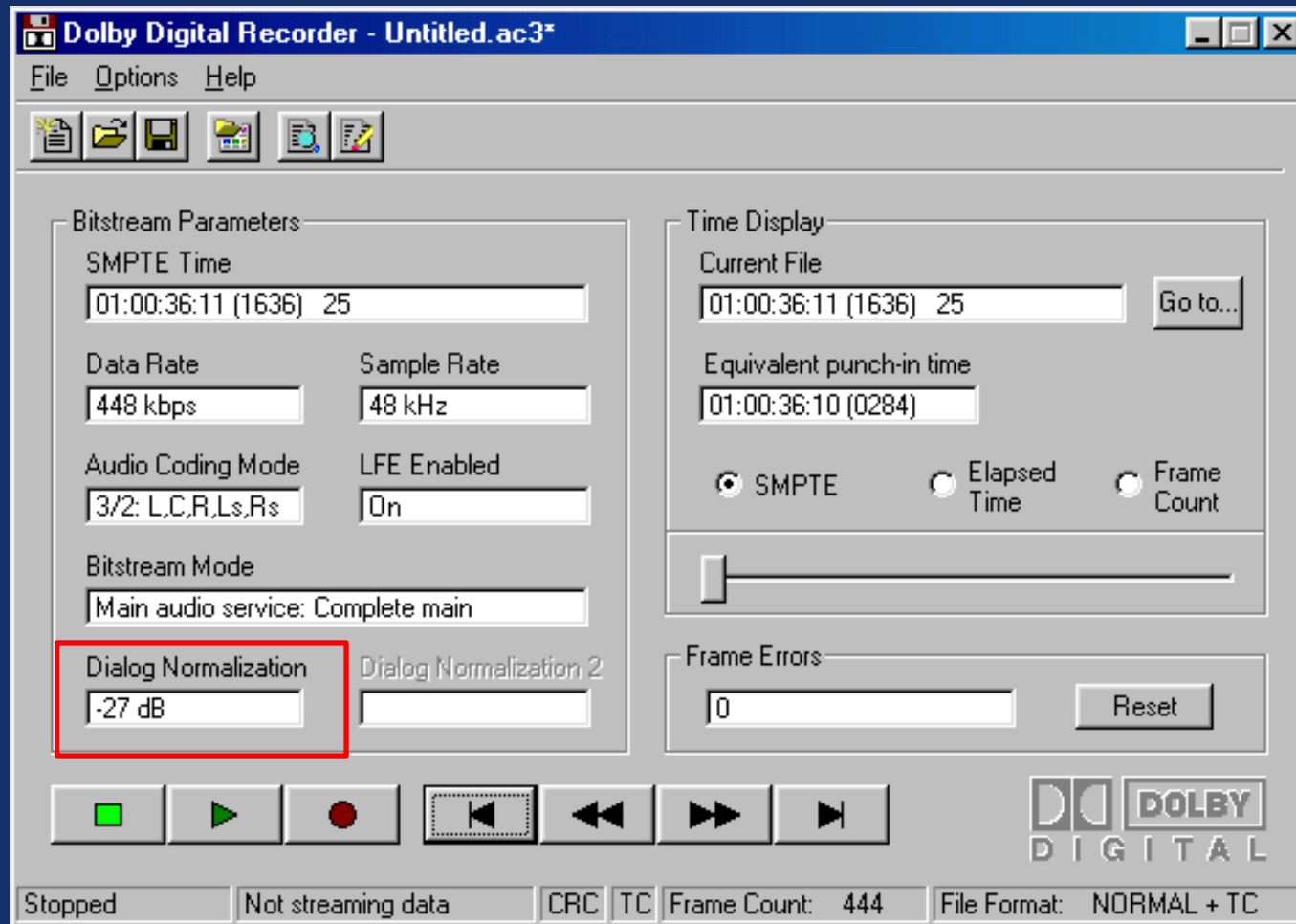
Loudness Control

- 방송에서 라우드니스와 관련된 문제점:
 - 프로그램간의 라우드니스 편차
 - 프로그램과 광고간의 라우드니스 편차
 - 프로그램내의 다이내믹 레인지
- Dolby's Plan: Loudness managed by metadata
 - 모든 콘텐츠를 측정하여 메타데이터를 제대로 설정하여 디코딩시 라우드니스 와 다이내믹을 일정하게 재생되도록 할 수 있다.
 - > 후반작업이 100% 이루어지지 않는 한 국내 방송제작 환경에서 불가능

Dolby Digital(AC-3) 주요 메타데이터

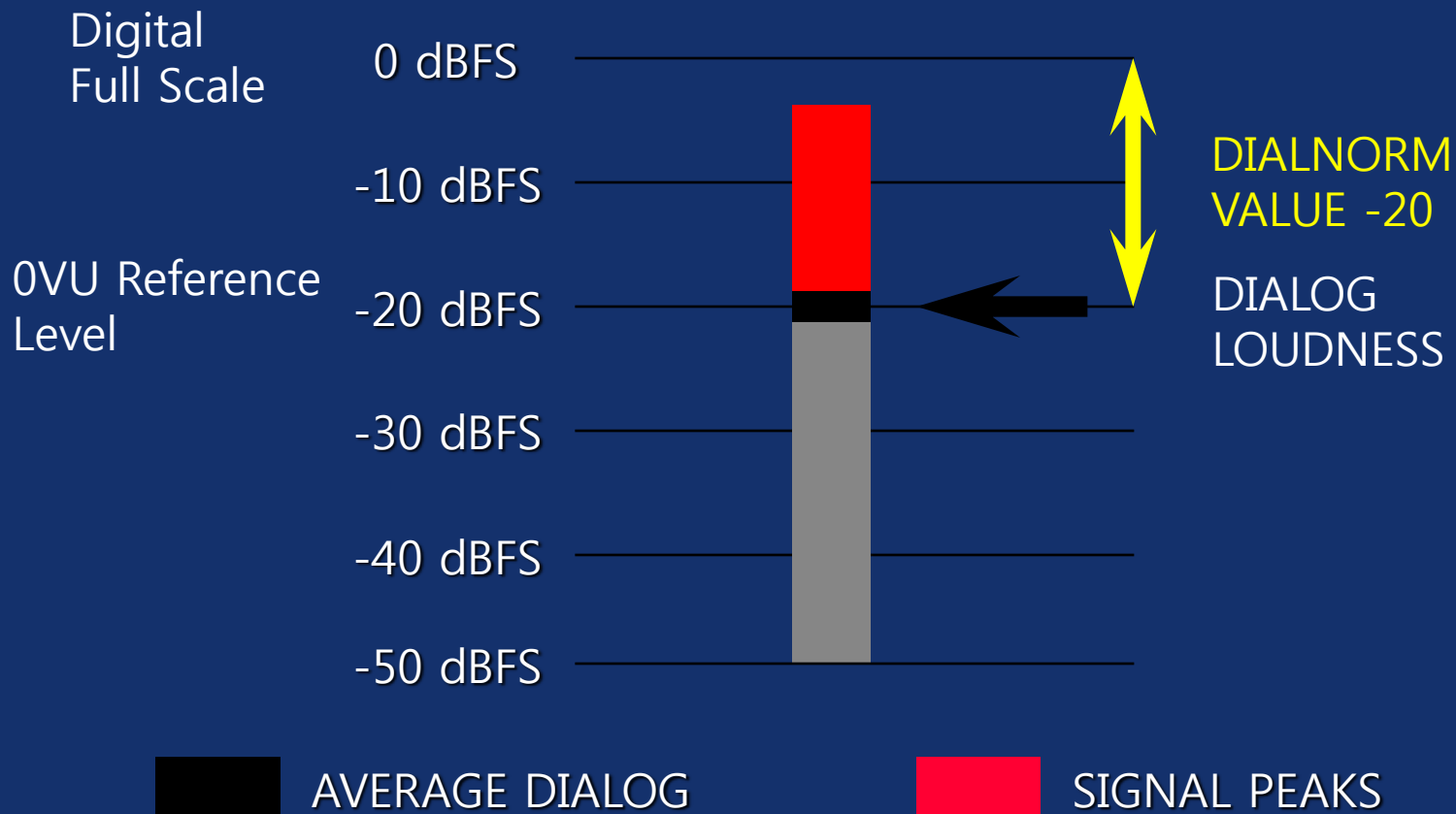
- 3 Dirty “D”s
 - Dialnorm (Dialogue Level)
 - DRC (Dynamic Range Control)
 - Downmixing

Dialnorm (Dialogue Level)

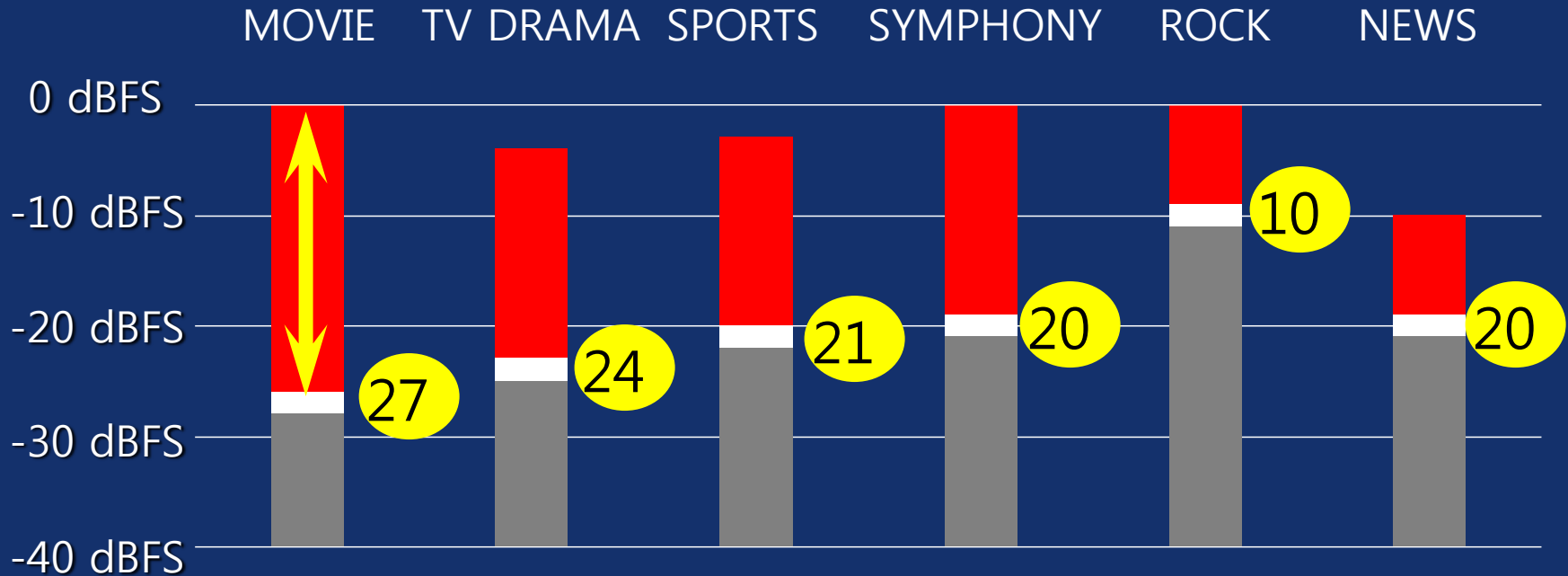


< DP569 Dolby Digital AC-3 Encoder Remote S/W의 Dialnorm 설정
- Factory Default : -27 >

“Dialnorm” 값이란?



Dialnorm (Dialogue Level)

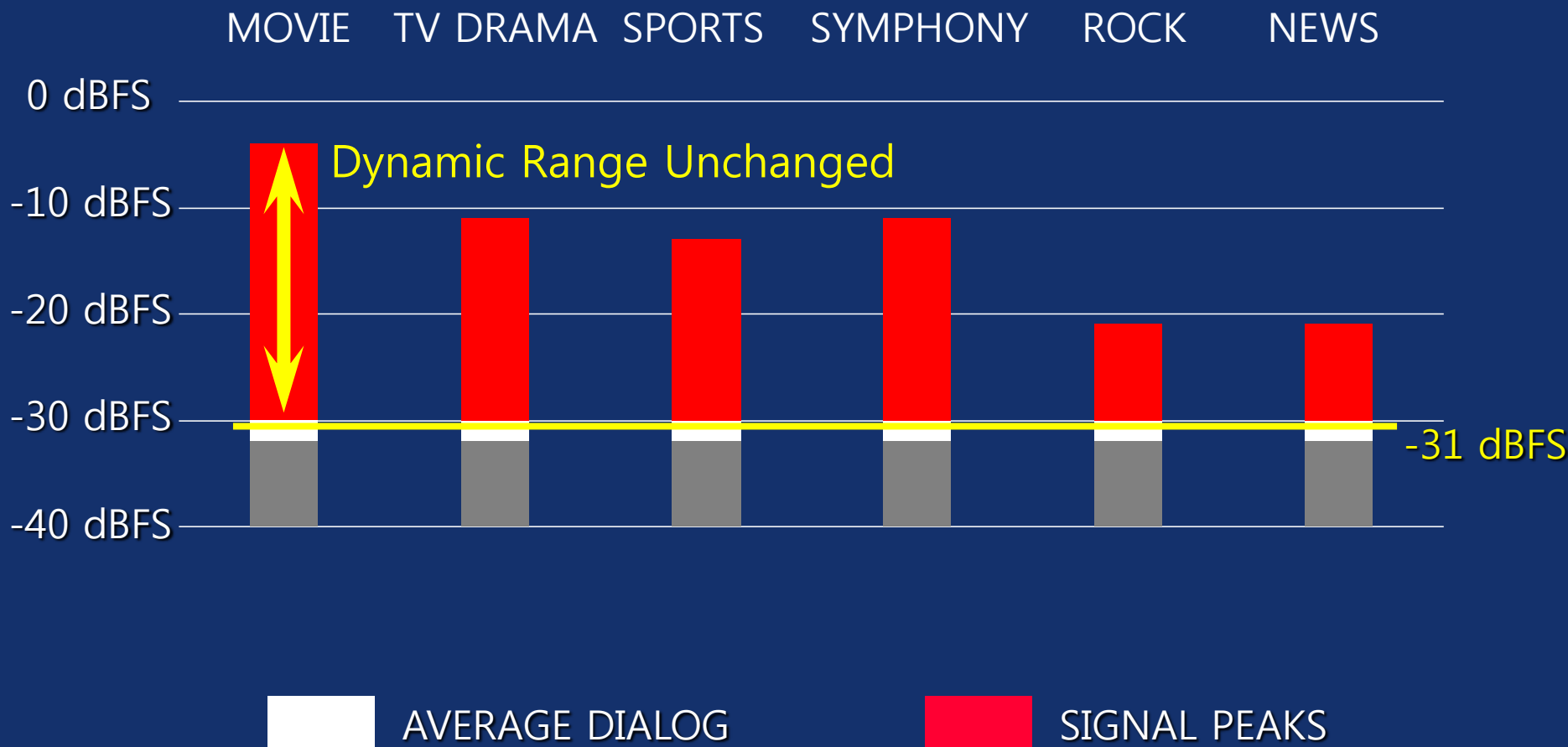


AVERAGE DIALOG
(Dialnorm 값)

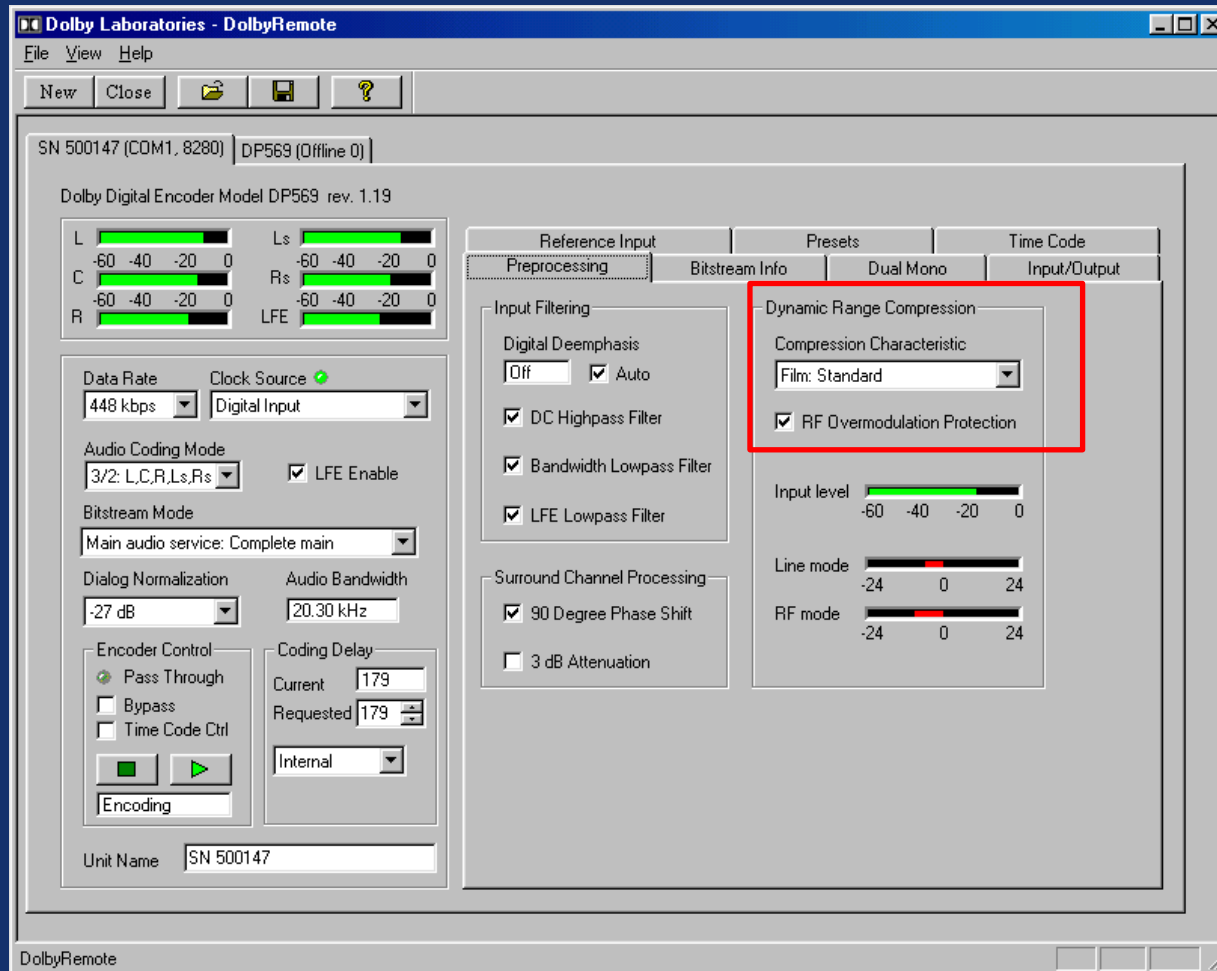


SIGNAL PEAKS

After Dialnorm Normalized

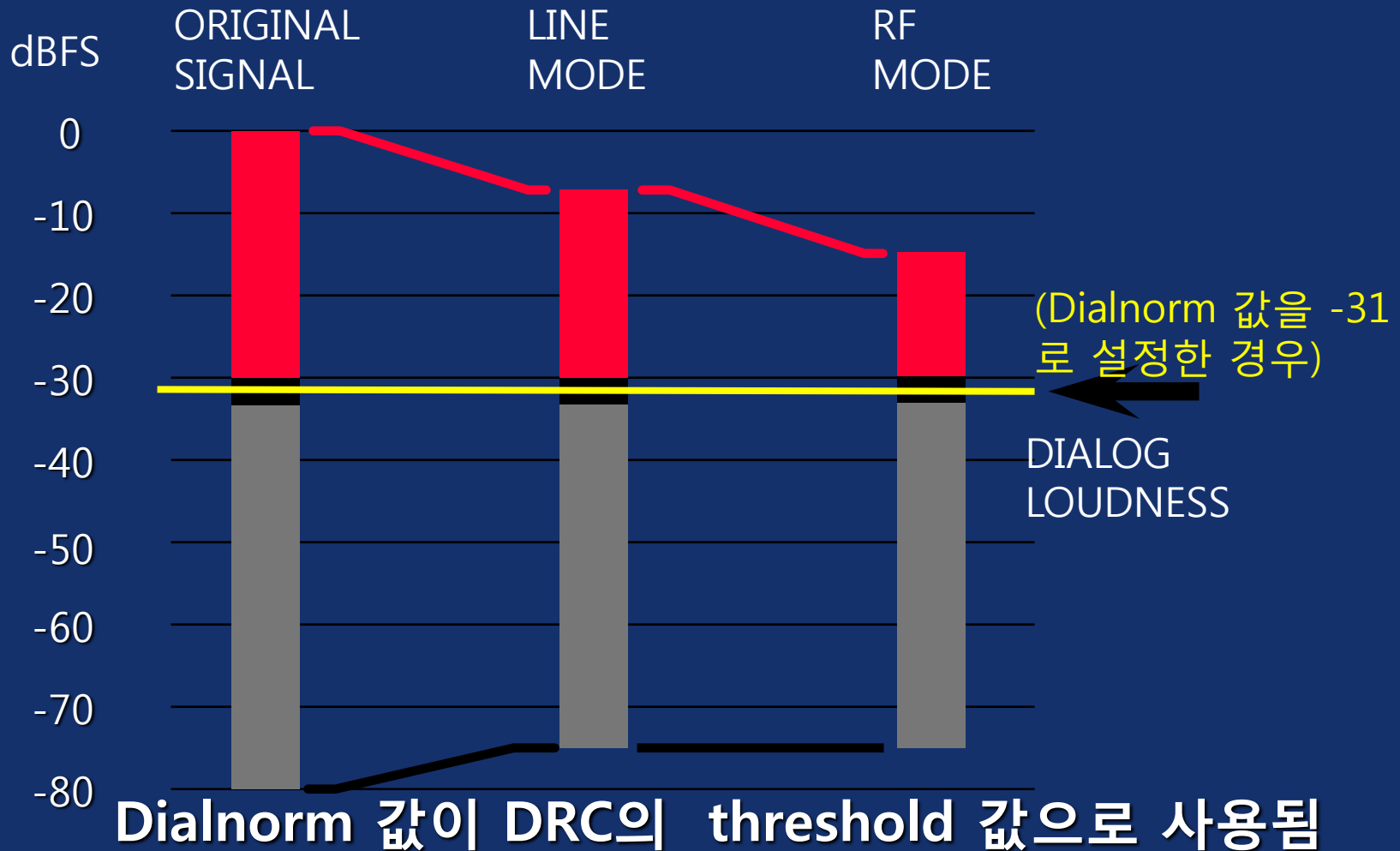


Dynamic Range Control (DRC)



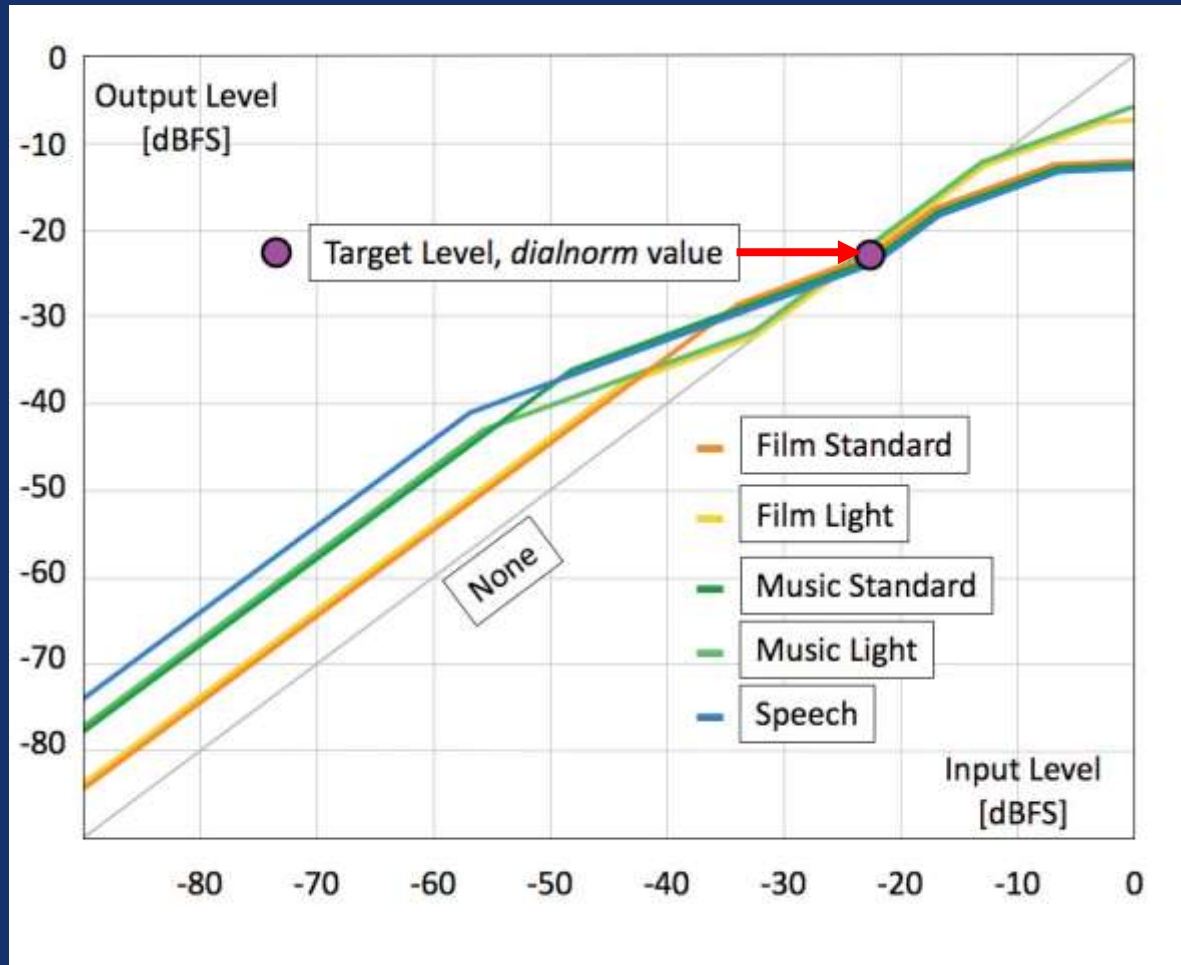
< DP569 Dolby Digital AC-3 Encoder Remote S/W의
Dynamic Range Control(DRC) 설정
- Factory Default : Film Standard >

Dynamic Range Control (DRC)



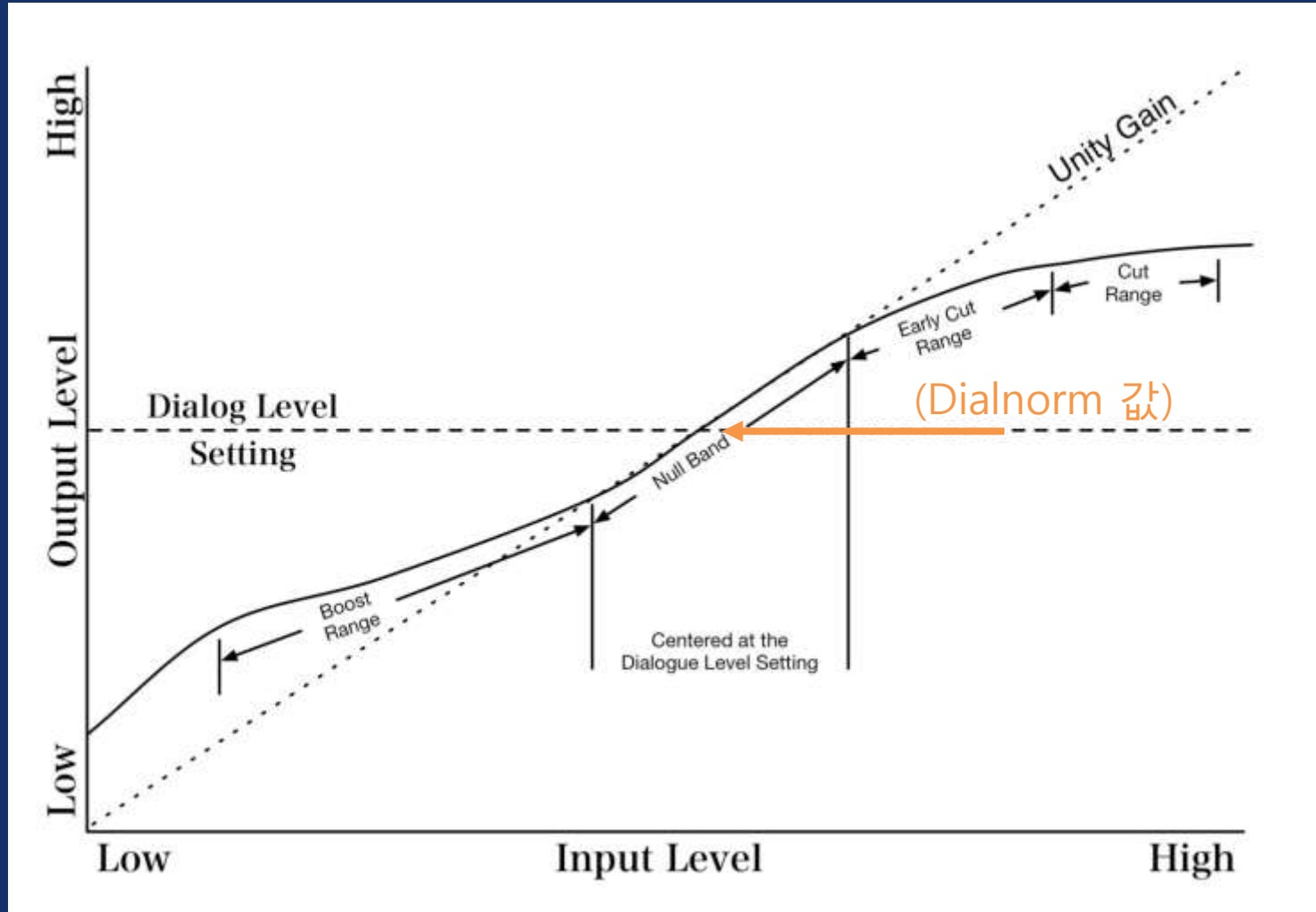
"Dialnorm 값이 DRC의 threshold 값으로 사용되므로 입력한 Dialnorm 값이 오디오의 실제 대사 라우드니스 평균값과 다른 경우 디코딩시 오디오가 왜곡됨"

Dynamic Range Control(DRC) :



< AC-3 시스템의 기본 다이내믹 레인지 컴프레션 커브 >

Dynamic Range Control(DRC) :



국내 방송사의 Dolby Digital(AC-3) 주요 메타데이터 설정현황

- Dialnorm (Dialogue Level)
-> **-31** (Factory Default: -27)

사유: 디코딩시 레벨저하를 막기위해

“ 디코딩에서 Dialogue Normalization 동작시 설정된 Dialnorm 값과 -31의 차이만큼 오디오 gain down 발생 : 입력된 Dialnorm 값이 -27인 경우 $-4\text{dB}(-31 - (-27))$ 만큼 오디오 게인이 낮아짐”

- DRC (Dynamic Range Control)
-> **None** (Factory Default: Film Standard)

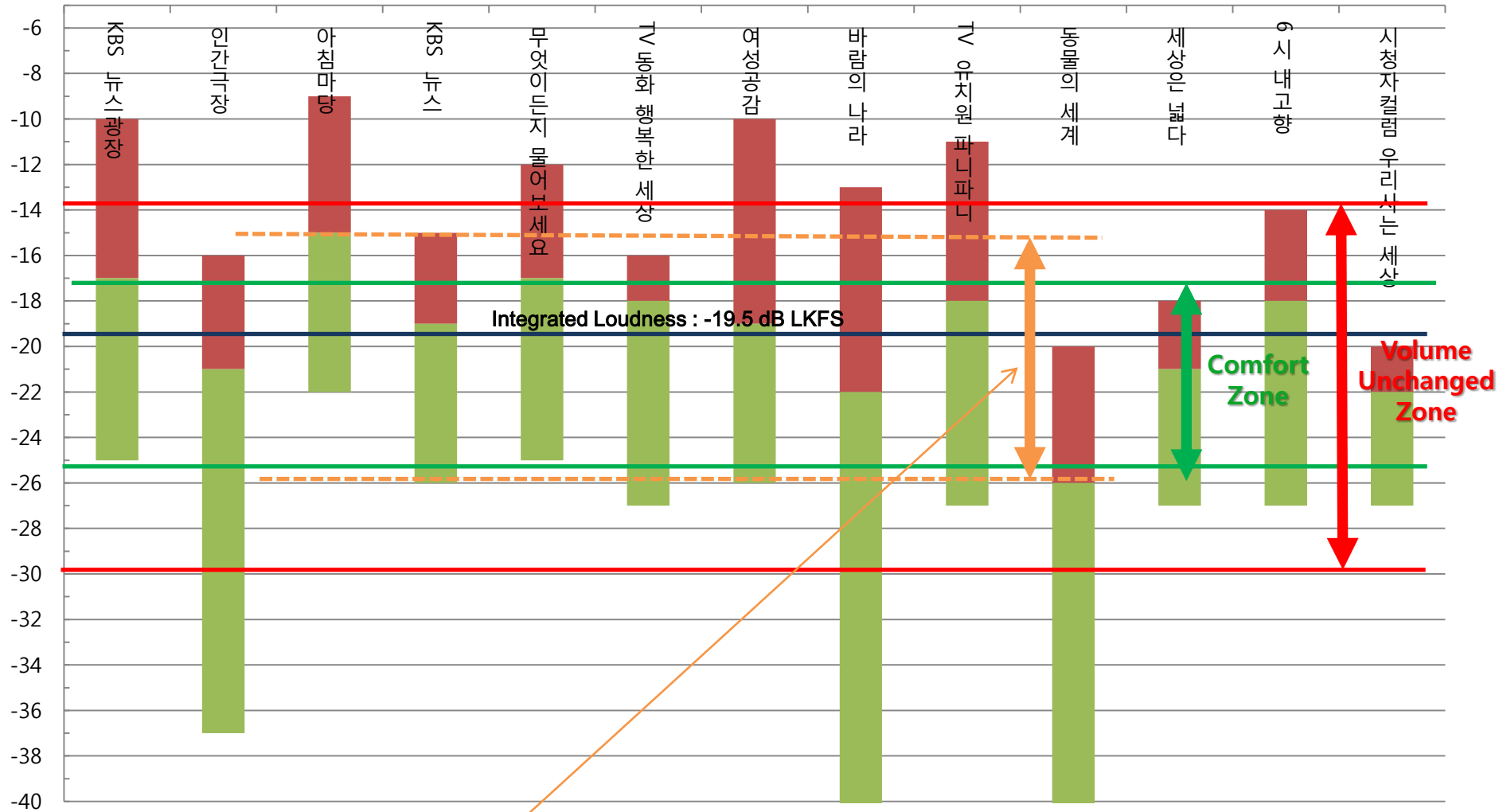
사유: 디코딩시 비정상적인 오디오 다이내믹 프로세싱 (Compress/Expand)을 막기위해

“디코딩에서 Dynamic Range Control(DRC) 동작시 설정된 Dialnorm 값이 DRC의 threshold 값으로 사용되므로 입력한 Dialnorm 값이 오디오의 실제 대사 라우드니스 평균값과 다른 경우 디코딩시 오디오가 비정상적으로 다이내믹 프로세싱되어 의도하지않게 왜곡됨”

2009년 11월 방송분

공중파 TV 4ch 라우드니스 비교분석

KBS 1 ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석



(dB LKFS)

프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 11dB (+4.5 ~ -6.5dB)

| Infinite All [LKFS] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|-----------------------------|
| -19.5 | -63.5 |
| | -9.1 |

측정 기준 일자

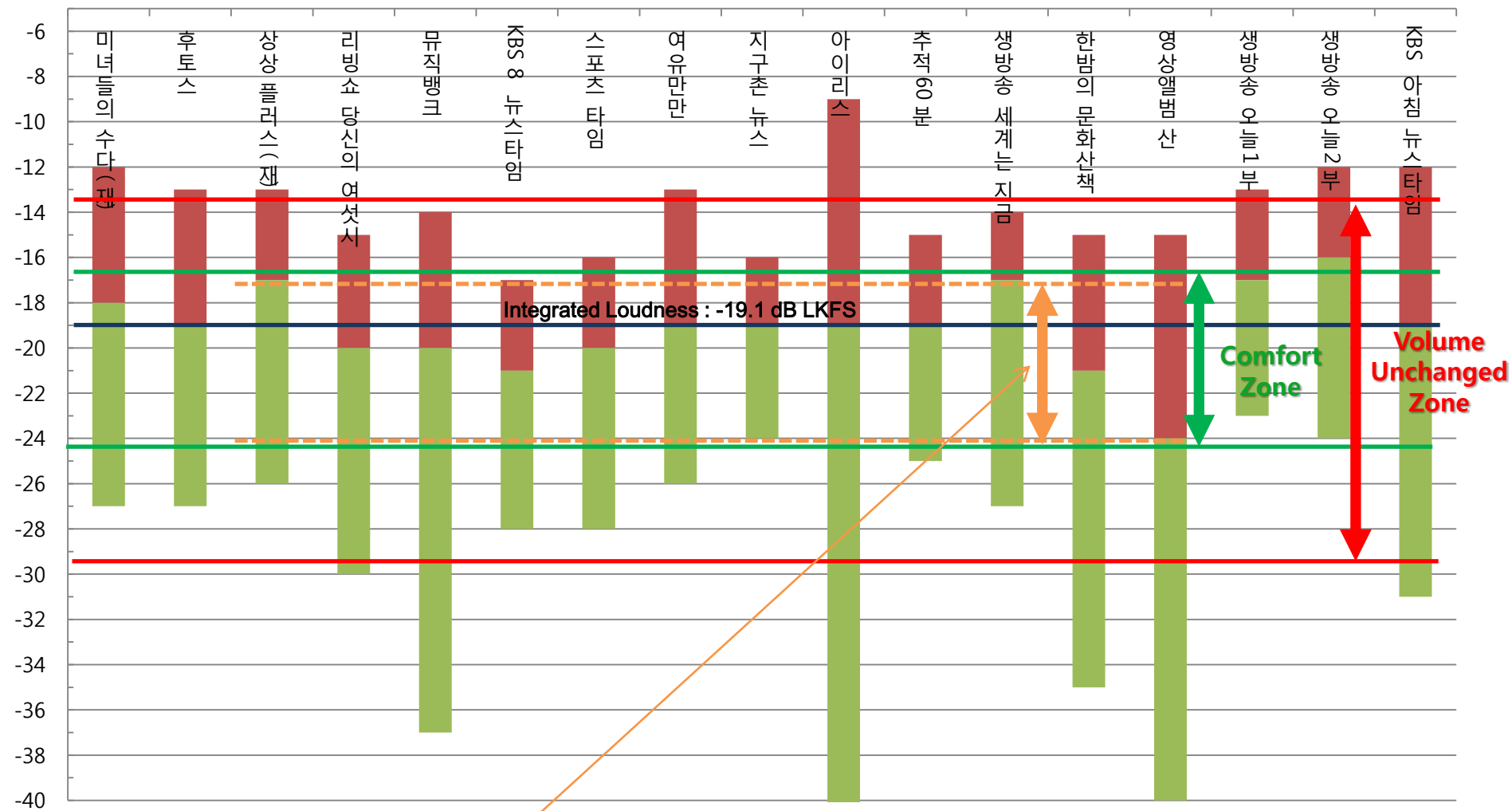
KBS1 : 2009.11.24/27

KBS2 : 2009.11.20/25/26

MBC : 2009.11.24/25

SBS : 2009.11.25/26

KBS 2 ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석



(dB LKFS)

프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 7dB (+2 ~ -5 dB)

| Infinite All [LKFS] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|-----------------------------|
| -19.1 | -42.5 |
| | -8.4 |

측정 기준 일자

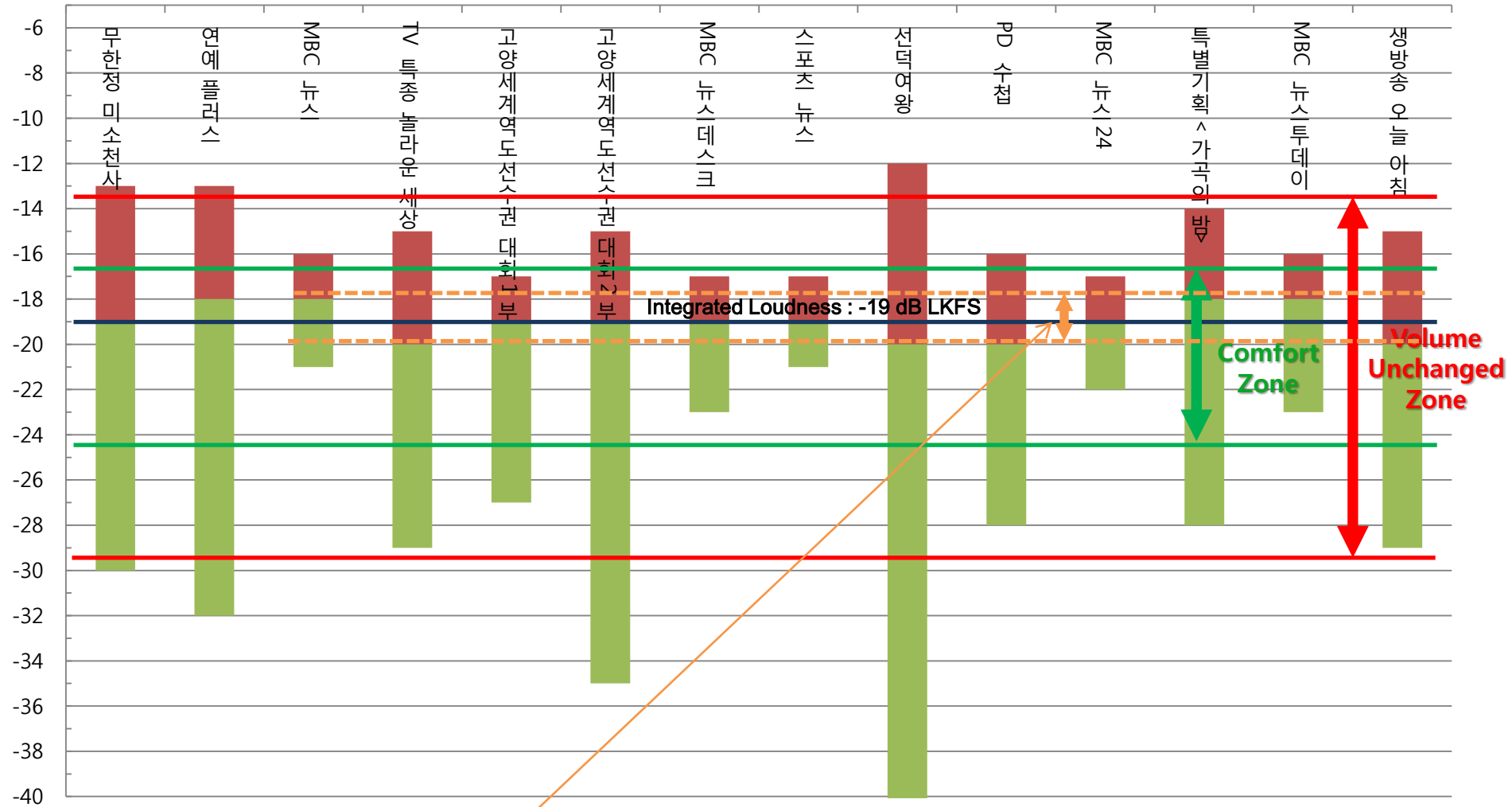
KBS1 : 2009.11.24/27

KBS2 : 2009.11.20/25/26

MBC : 2009.11.24/25

SBS : 2009.11.25/26

MBC ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석



(dB LKFS)

프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 2dB (+1 ~ -1 dB)

| Infinite All [LKFS] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|-----------------------------|
| -19 | -53.6 -11.9 |

측정 기준 일자

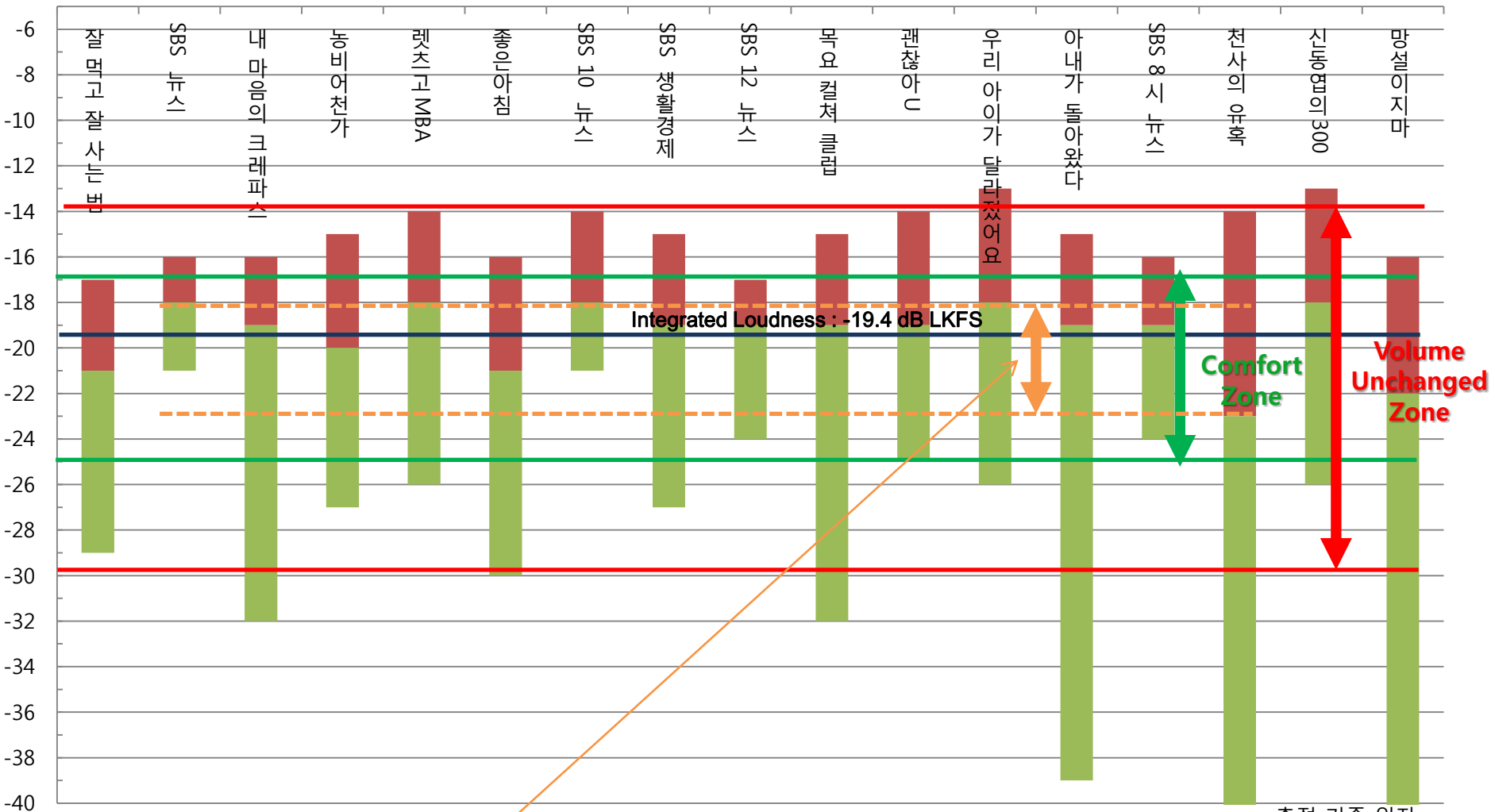
KBS1 : 2009.11.24/27

KBS2 : 2009.11.20/25/26

MBC : 2009.11.24/25

SBS : 2009.11.25/26

SBS ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석



(dB LKFS)

프로그램간 평균 라우드니스 (Integrated Loudness) 편차 : 5dB (+1.5 ~ -3.5 dB)

| Infinite All [LKFS] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|-----------------------------|
| -19.4 | -54.4 -12.8 |

측정 기준 일자

KBS1 : 2009.11.24/27

KBS2 : 2009.11.20/25/26

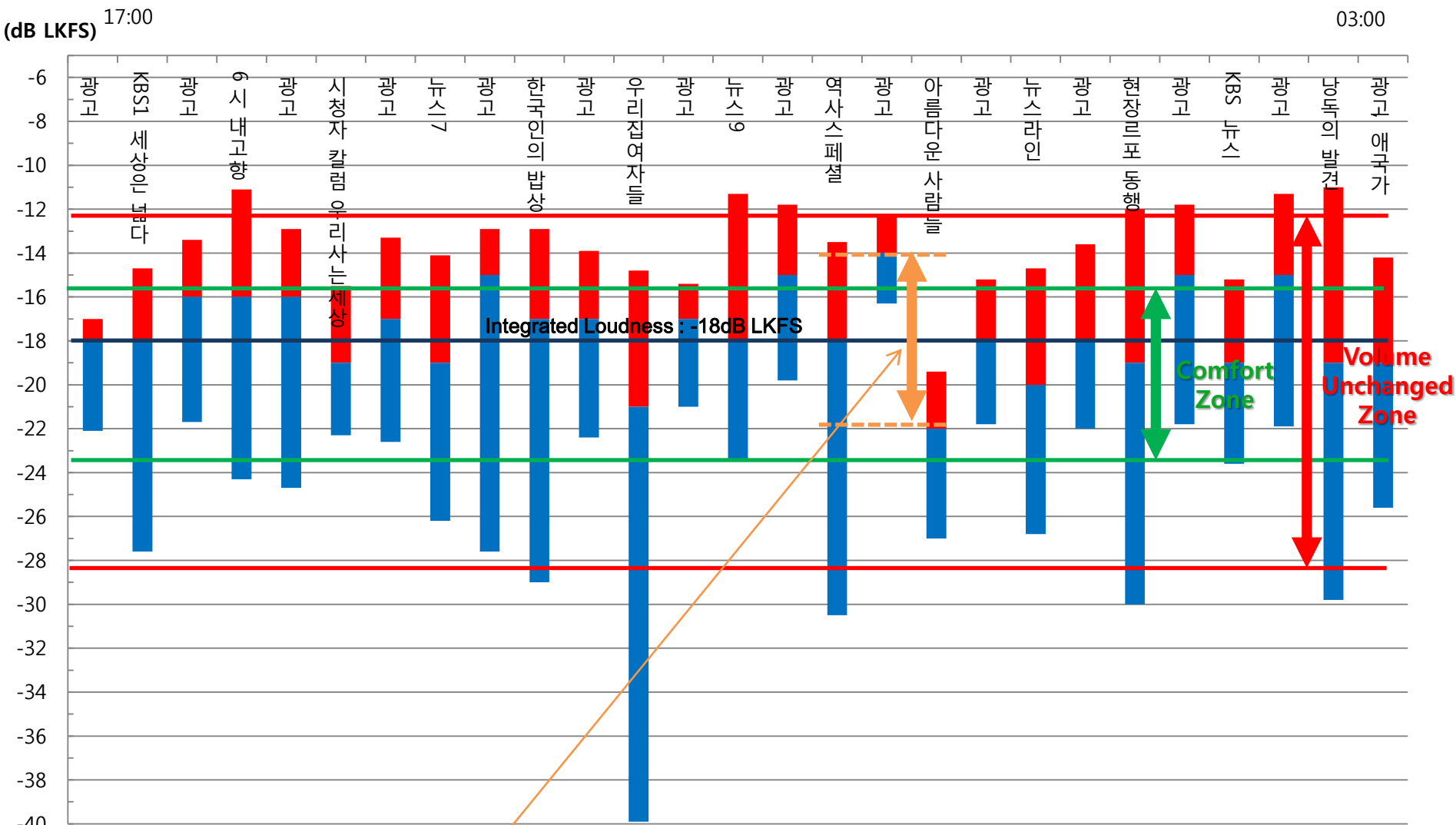
MBC : 2009.11.24/25

SBS : 2009.11..25/26

2011년 8월 방송분

공중파 TV 4ch 라우드니스 비교분석

KBS 1 ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석



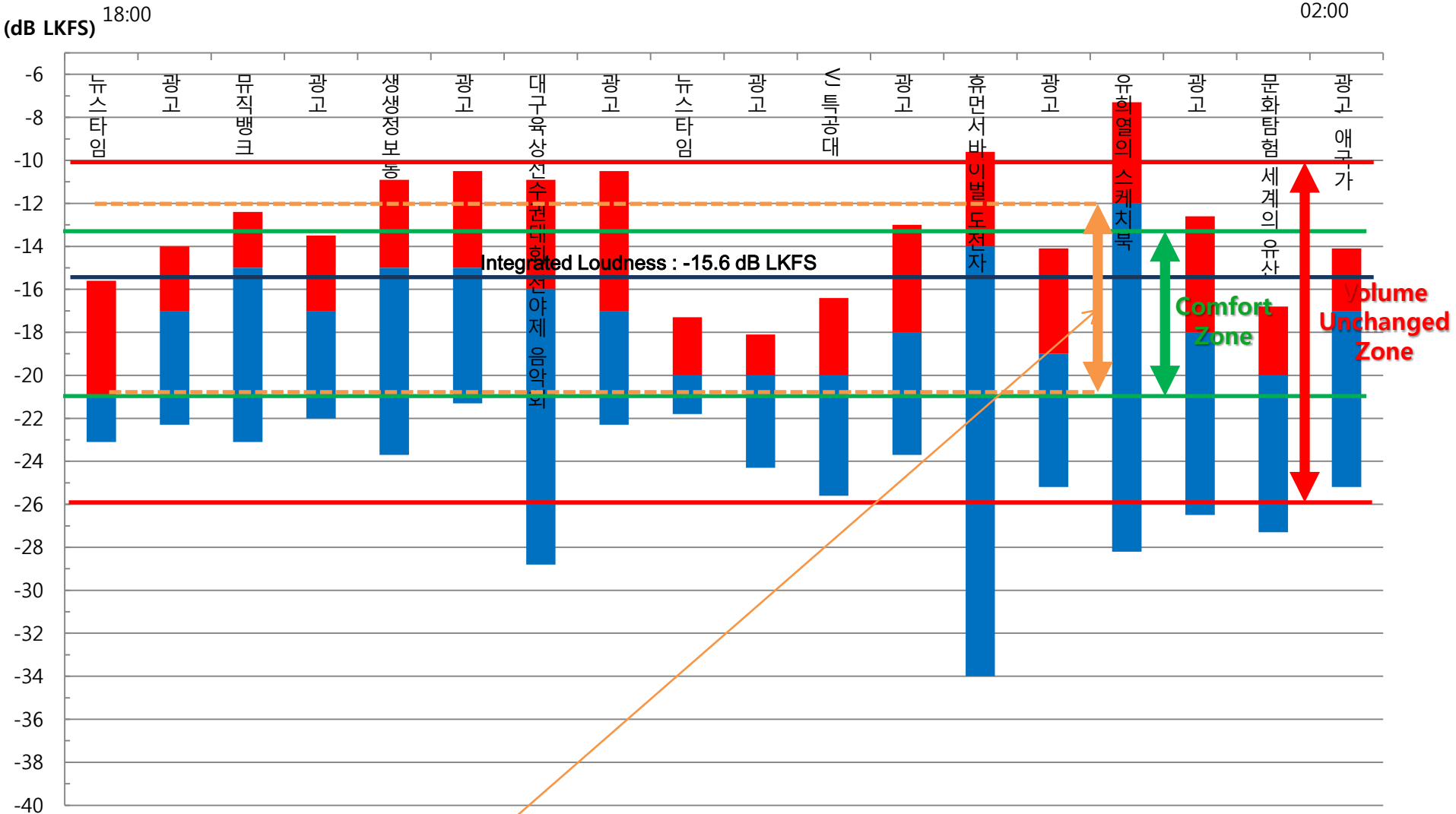
(dB LKFS)

프로그램간 평균 라우드니스 (Integrated Loudness) 편차 : 8dB (+4 ~ -4dB)

| | | | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
| -18 | +2.2 | -40.3 | -11.1 |

측정 기준 일자
 KBS1 : 2011.8.25
 KBS2 : 2011.8.26
 MBC : 2011.8.29
 SBS : 2011.8.27

KBS 2 ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석

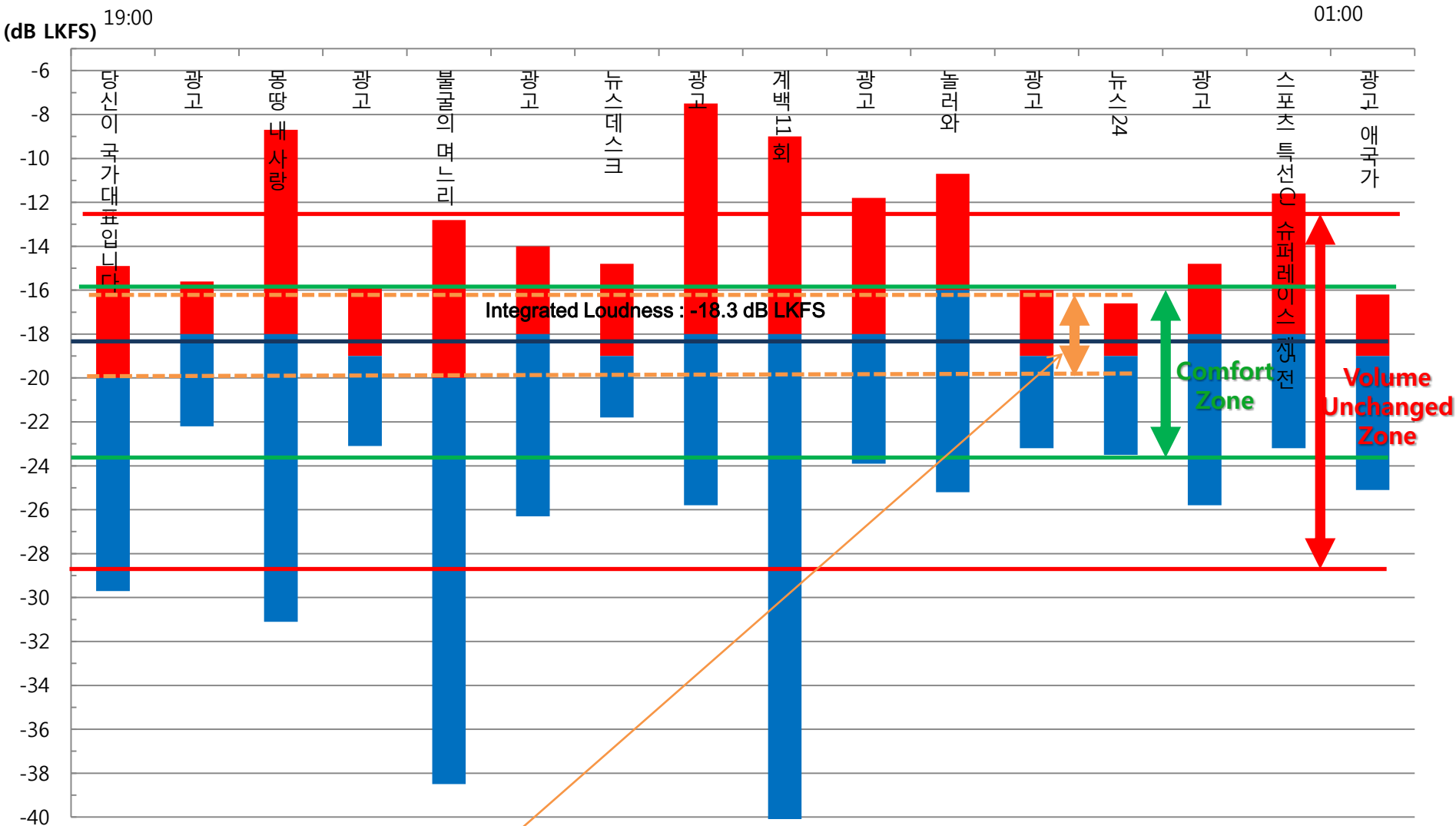


프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 9dB (+4 ~ -5dB)

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -15.6 | +0.6 | -34.1 |
| | | -7.4 |

측정 기준 일자
KBS1 : 2011.8.25
KBS2 : 2011.8.26
MBC : 2011.8.29
SBS : 2011.8.27

MBC ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석

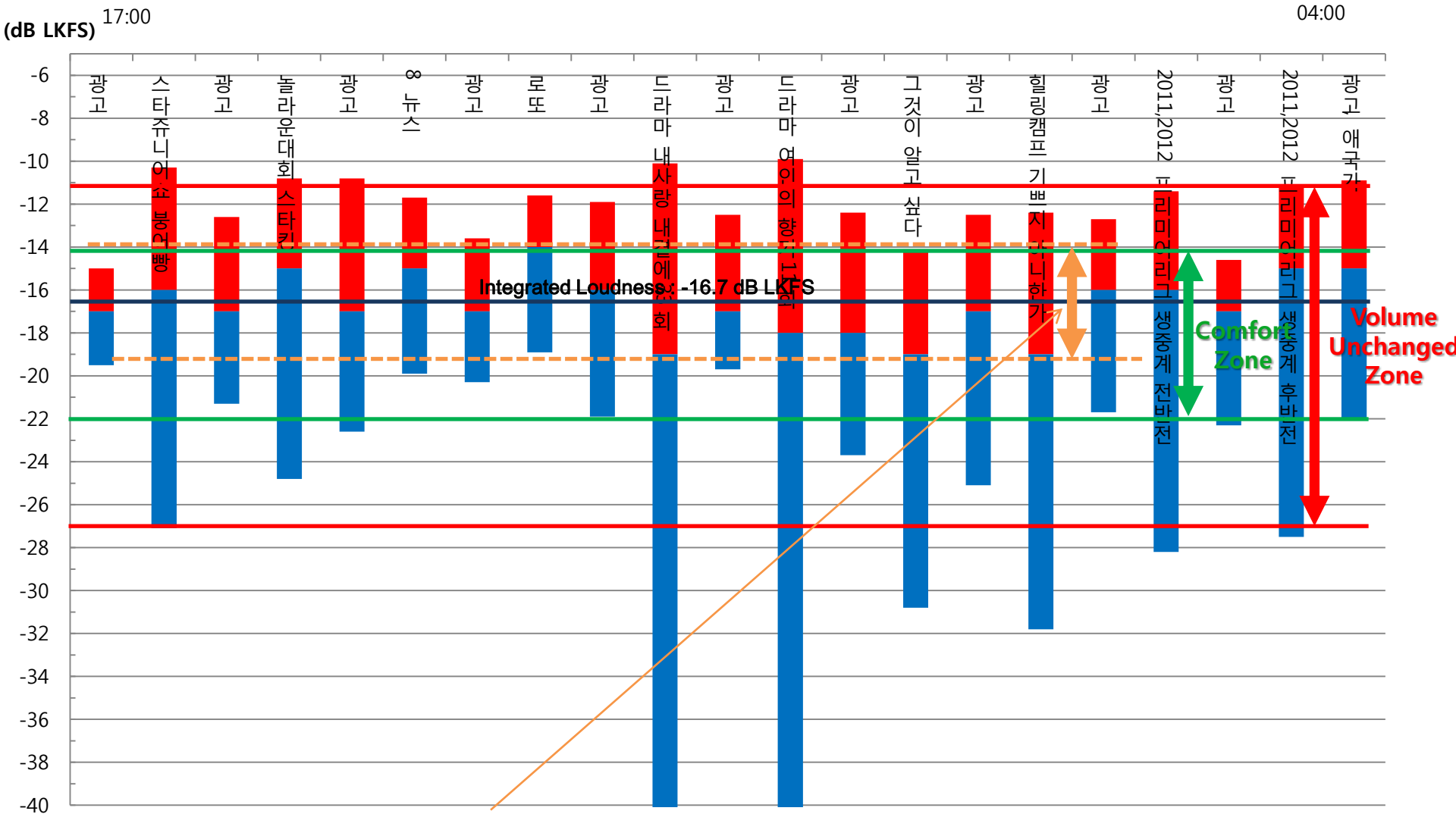


프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 4dB (+2 ~ -2dB)

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|------|
| -18.3 | +0.1 | -47.7 | -7.6 |

측정 기준 일자
KBS1 : 2011.8.25
KBS2 : 2011.8.26
MBC : 2011.8.29
SBS : 2011.8.27

SBS ITU-R BS.1770 Short-term/Infinite Mode 라우드니스 분석

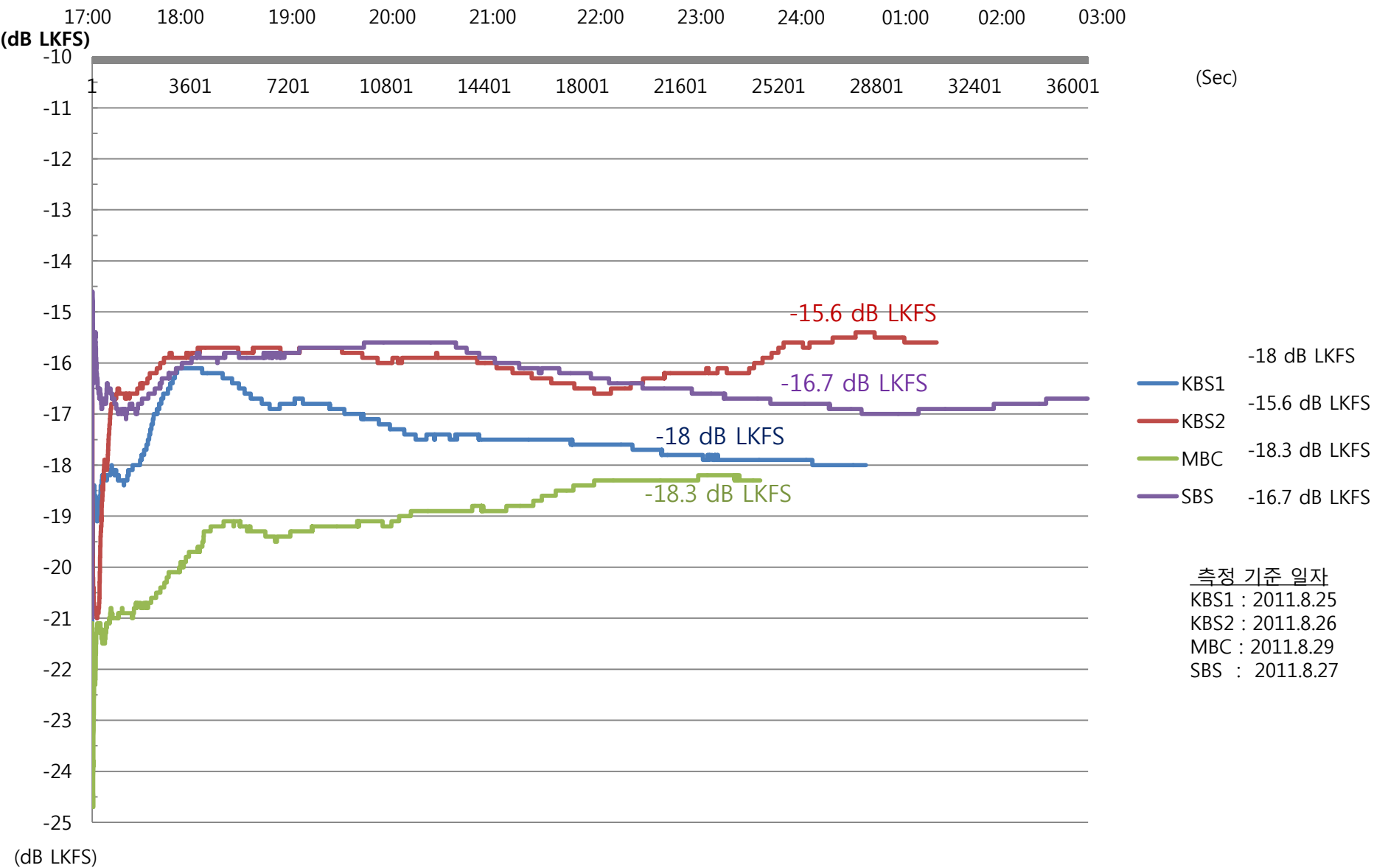


프로그램간 평균 라우드니스
(Integrated Loudness) 편차
: 5dB (+3 ~ -2dB)

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| -16.7 | +1.9 | -46.4 | -10.0 |

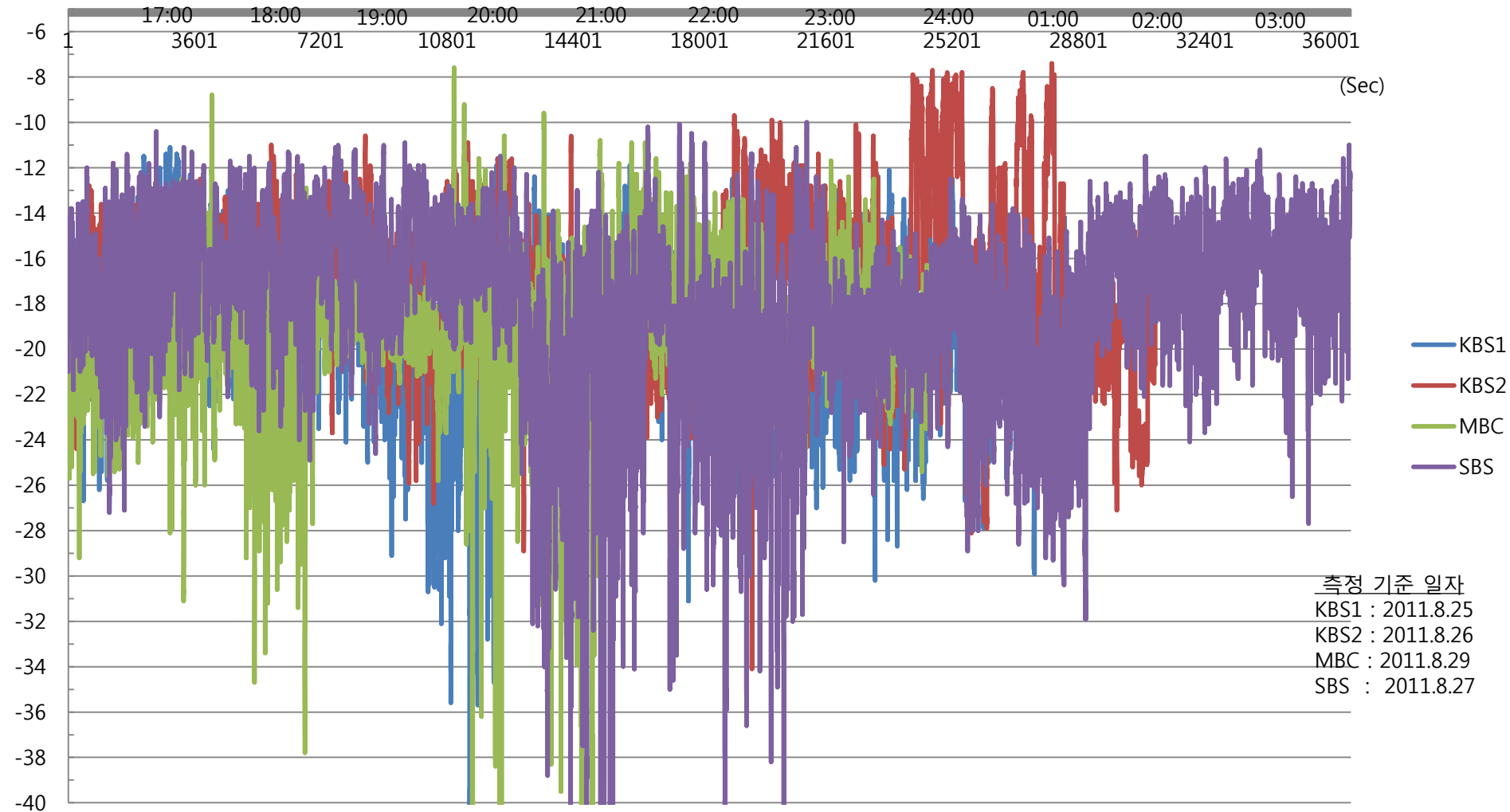
측정 기준 일자
KBS1 : 2011.8.25
KBS2 : 2011.8.26
MBC : 2011.8.29
SBS : 2011.8.27

공중파 TV 4ch 시간에 따른 ITU-R BS.1770 infinite Mode 라우드니스 비교



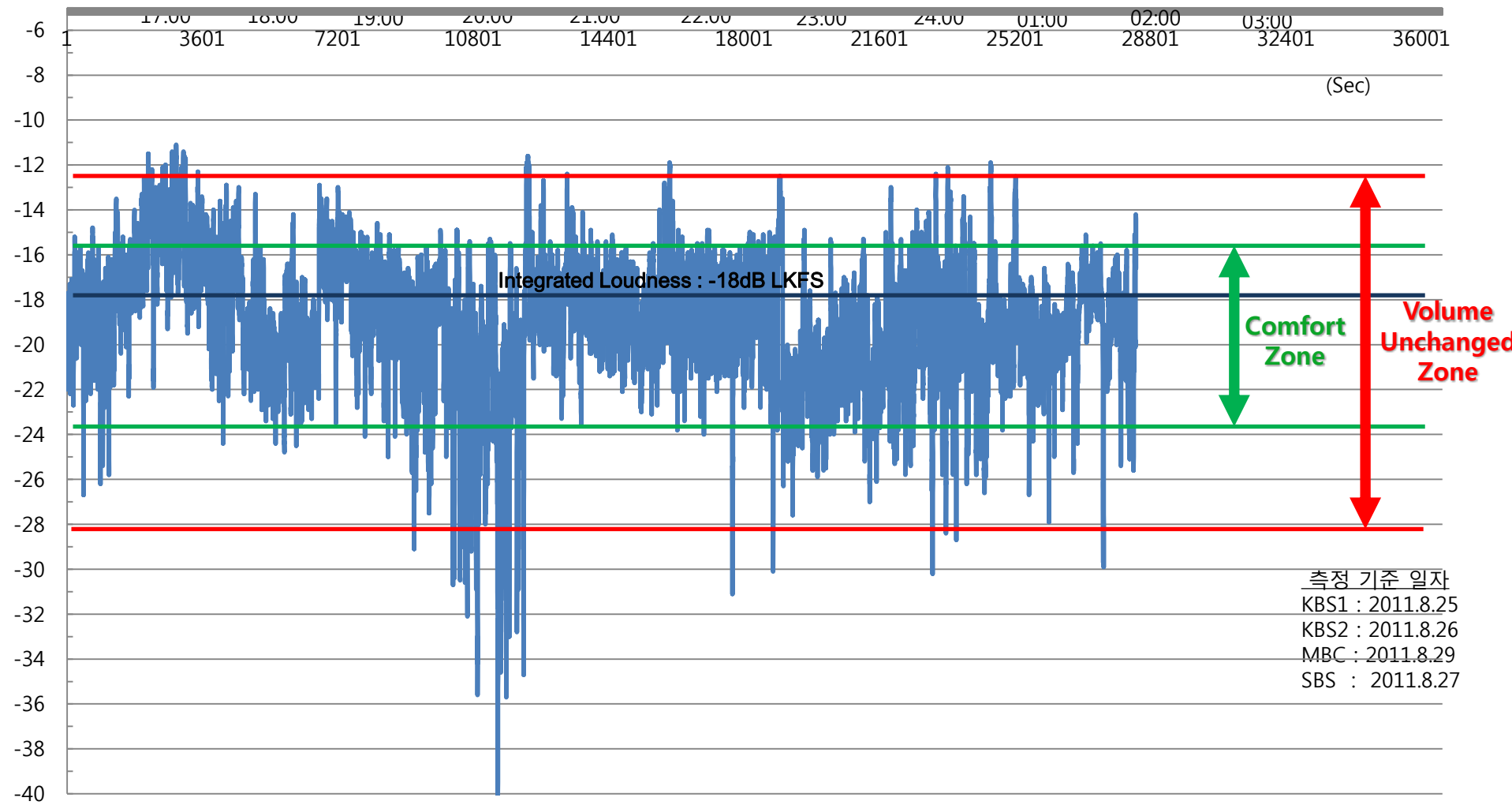
공중파 TV 4ch 시간에 따른 ITU-R BS.1770 Short-term mode 라우드니스 분석

(dB LKFS)



KBS 1 ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석

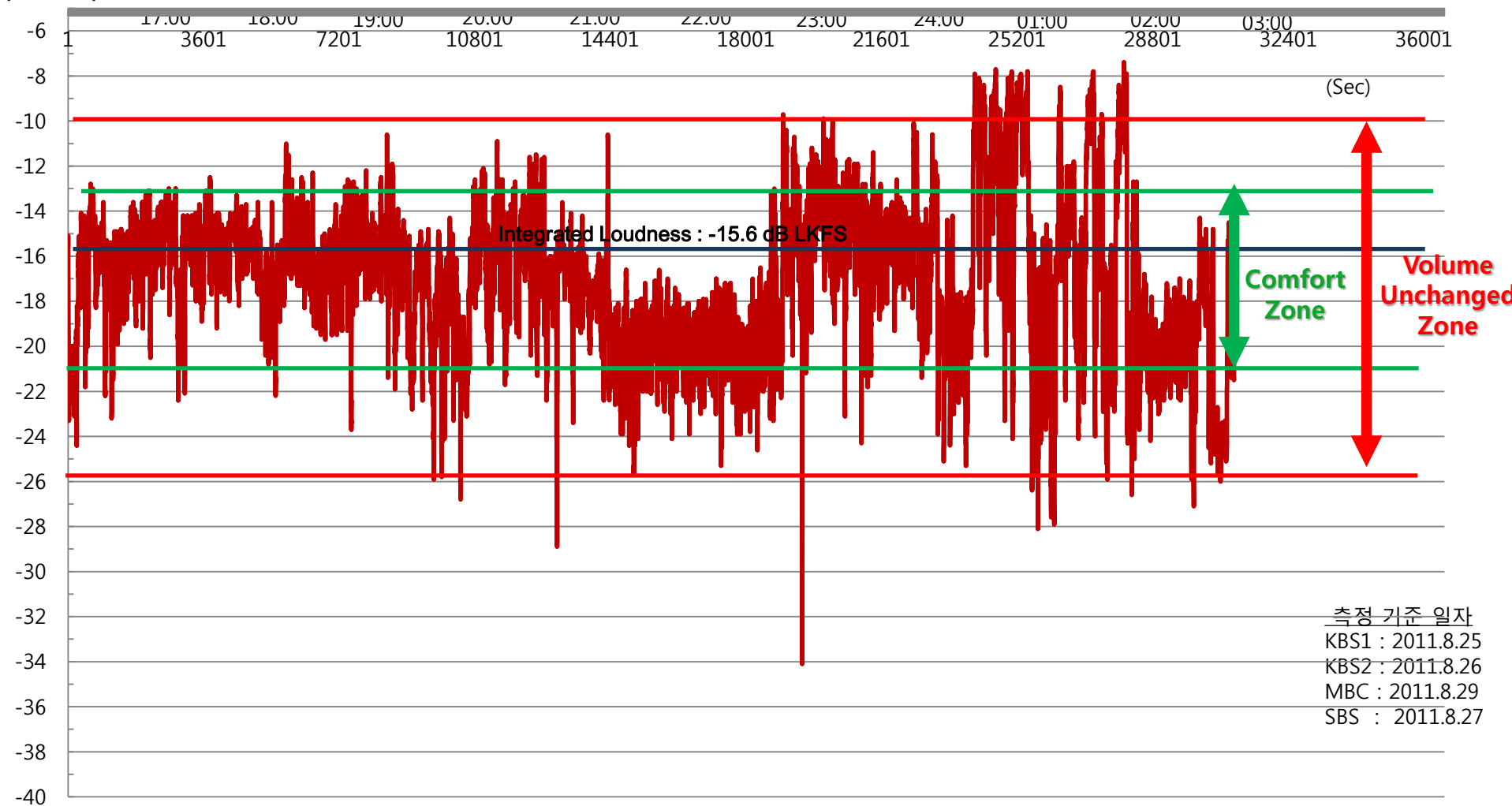
(dB LKFS)



| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| -18 | +2.2 | -40.3 | -11.1 |

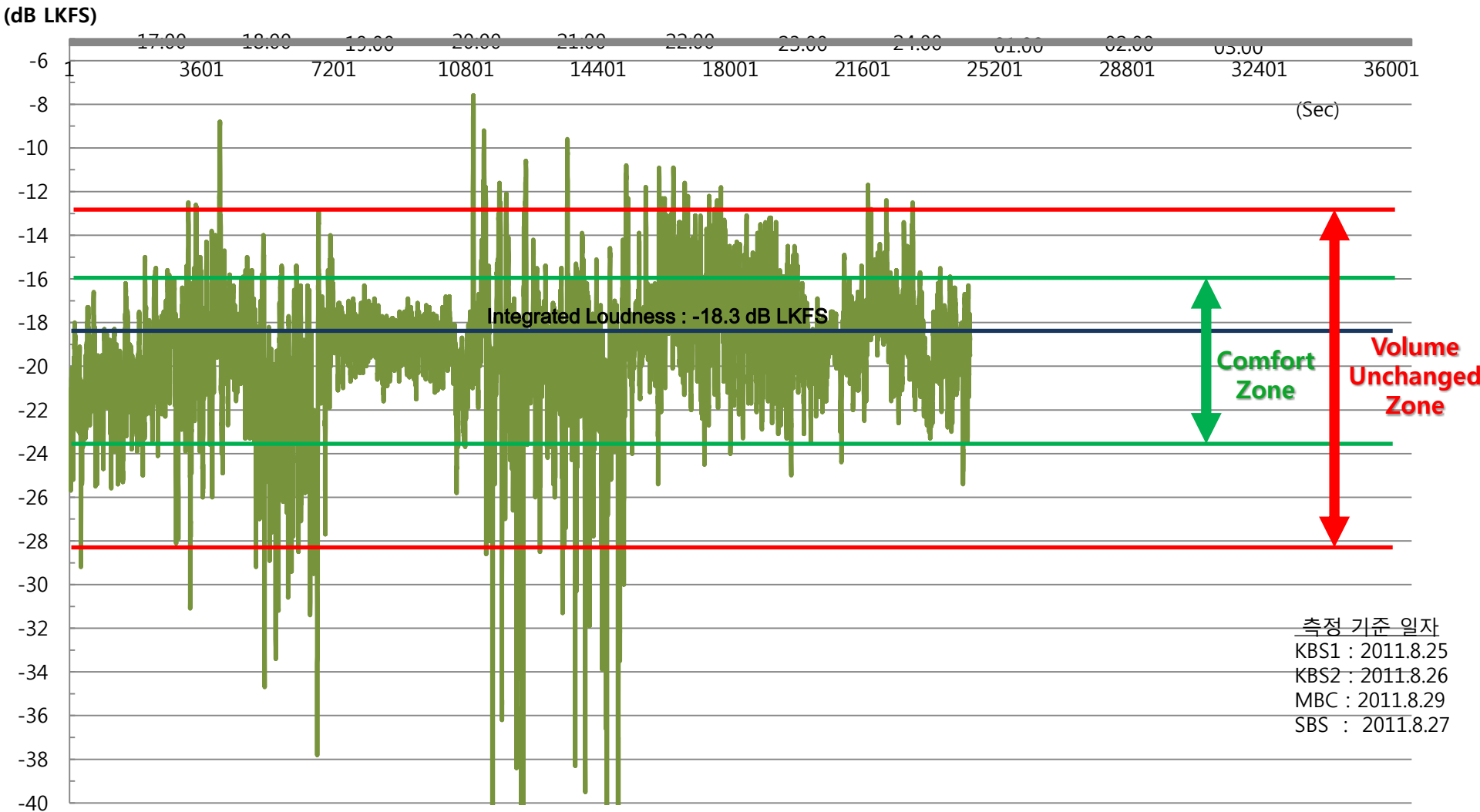
KBS 2 ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석

(dB LKFS)



| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -15.6 | +0.6 | -34.1 |
| | | -7.4 |

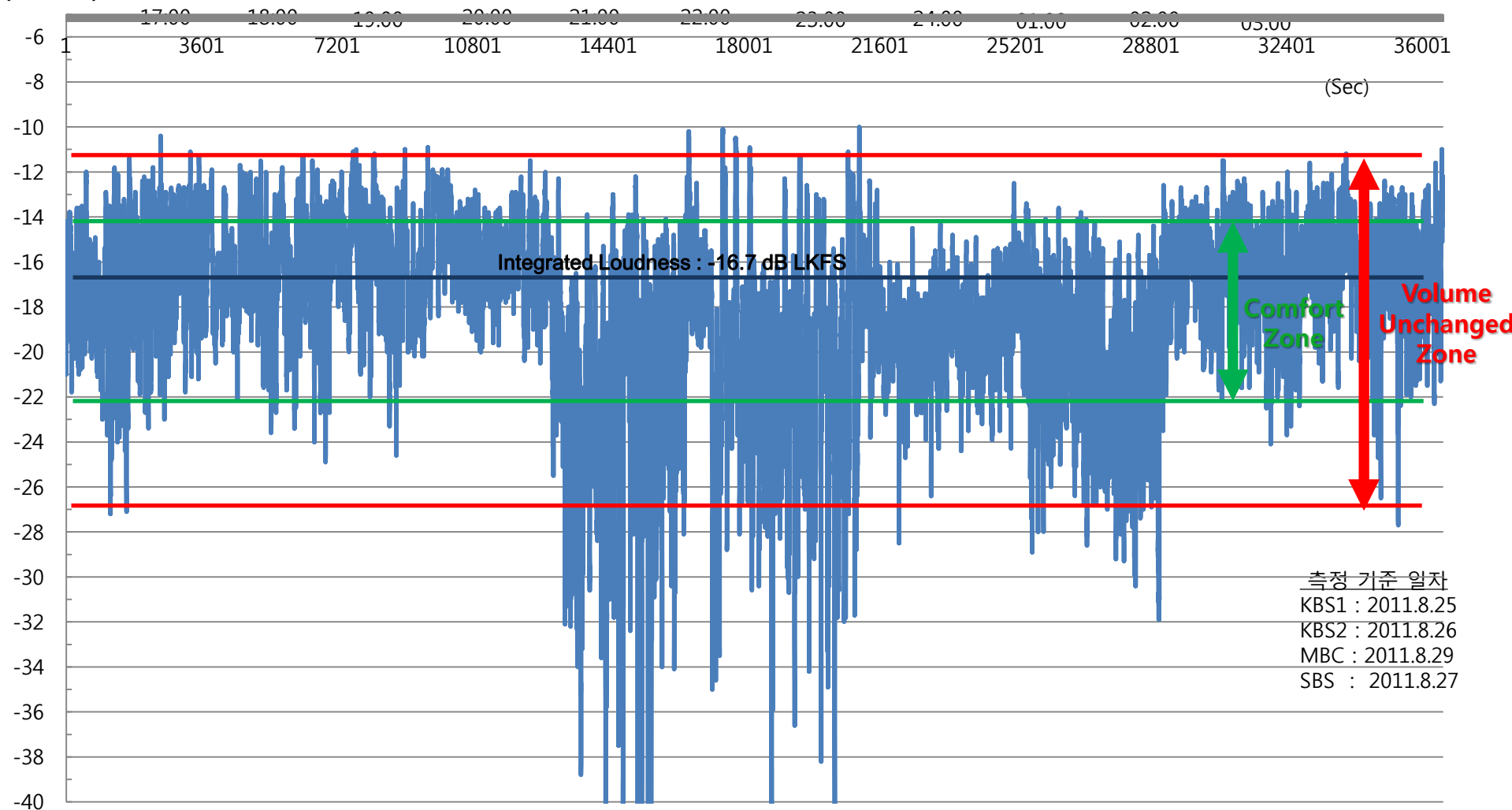
MBC ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|------|
| -18.3 | +0.1 | -47.7 | -7.6 |

SBS ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석

(dB LKFS)



| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| -16.7 | +1.9 | -46.4 | -10.0 |

2009년 11월 vs 2011년 8월 라우드니스 비교

2009년 11월

- 같은 방송채널에서의 프로그램간의 Integrated 라우드니스의 편차가 큰 경우가 존재(시청자가 같은 방송채널을 시청할 때 프로그램간의 볼륨차이가 발생)

(EBU128 권장 2dB(+/- 1dB)이내 , ATSC A/85 권장 4dB(+/- 2dB)이내)

- * KBS1 : 8dB (+4 ~ -4dB)
- * KBS2 : 7dB (+2 ~ -5 dB)
- * MBC : 2dB (+1 ~ -1 dB)
- * SBS : 5dB (+1.5 ~ -3.5 dB)

- 방송채널간의 평균 Integrated 라우드니스의 편차는 0.5dB(-19.5~-19 dB LKFS) 이내로 매우 작음

- 방송채널의 평균 Integrated 라우드니스는 -19.5 ~ -19dB LKFS 로 유럽이나 북미와 비교할 때 3.5~ 5 dB 정도 높음

(EBU128 권장 -23LUFS, ATSC A/85 권장 -24LKFS)

2009년 11월 vs 2011년 8월 라우드니스 비교

2011년 8월

- 같은 방송채널에서의 프로그램간의 Integrated 라우드니스의 편차가 큰 경우가 존재(시청자가 같은 방송채널을 시청할 때 프로그램간의 볼륨차이가 발생)

(EBU128 권장 2dB(+/- 1dB)이내 , ATSC A/85 권장 4dB(+/- 2dB)이내)

- * KBS1 : 11dB (+4.5 ~ -6.5dB)
- * KBS2 : 9dB (+4 ~ -5dB)
- * MBC : 4dB (+2 ~ -2dB)
- * SBS : 5dB (+3 ~ -2dB)

- 방송채널간의 평균 Integrated 라우드니스의 편차는 2.7dB(-18.3 ~ -15.6dB LKFS) 이내로 매우 큼

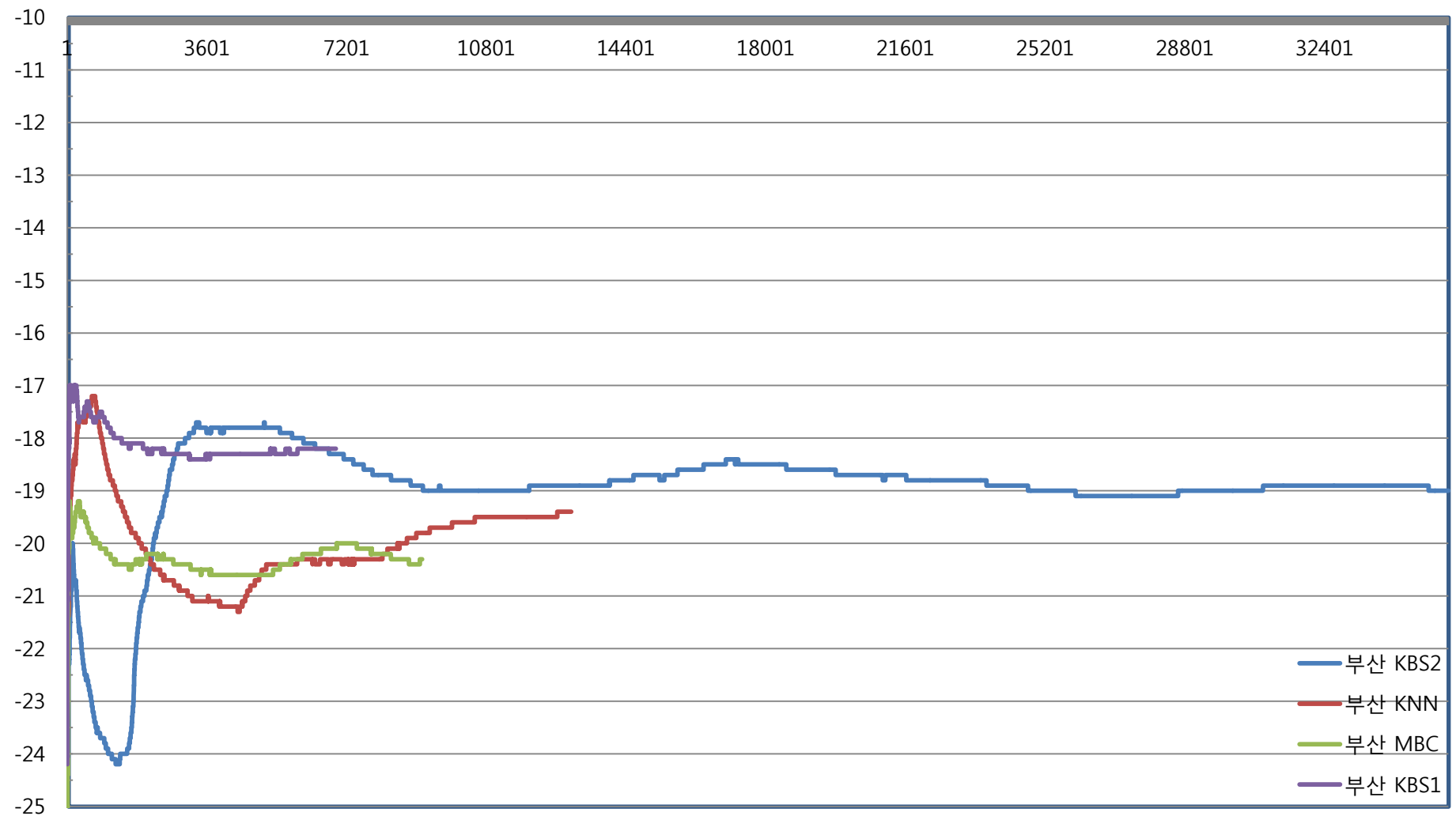
- 방송채널의 평균 Integrated 라우드니스는 -18.3 ~ -15.6dB LKFS 로 유럽이나 북미와 비교할 때 4.7~ 8.4 dB 정도 높음

(EBU128 권장 -23LUFS, ATSC A/85 권장 -24LKFS)

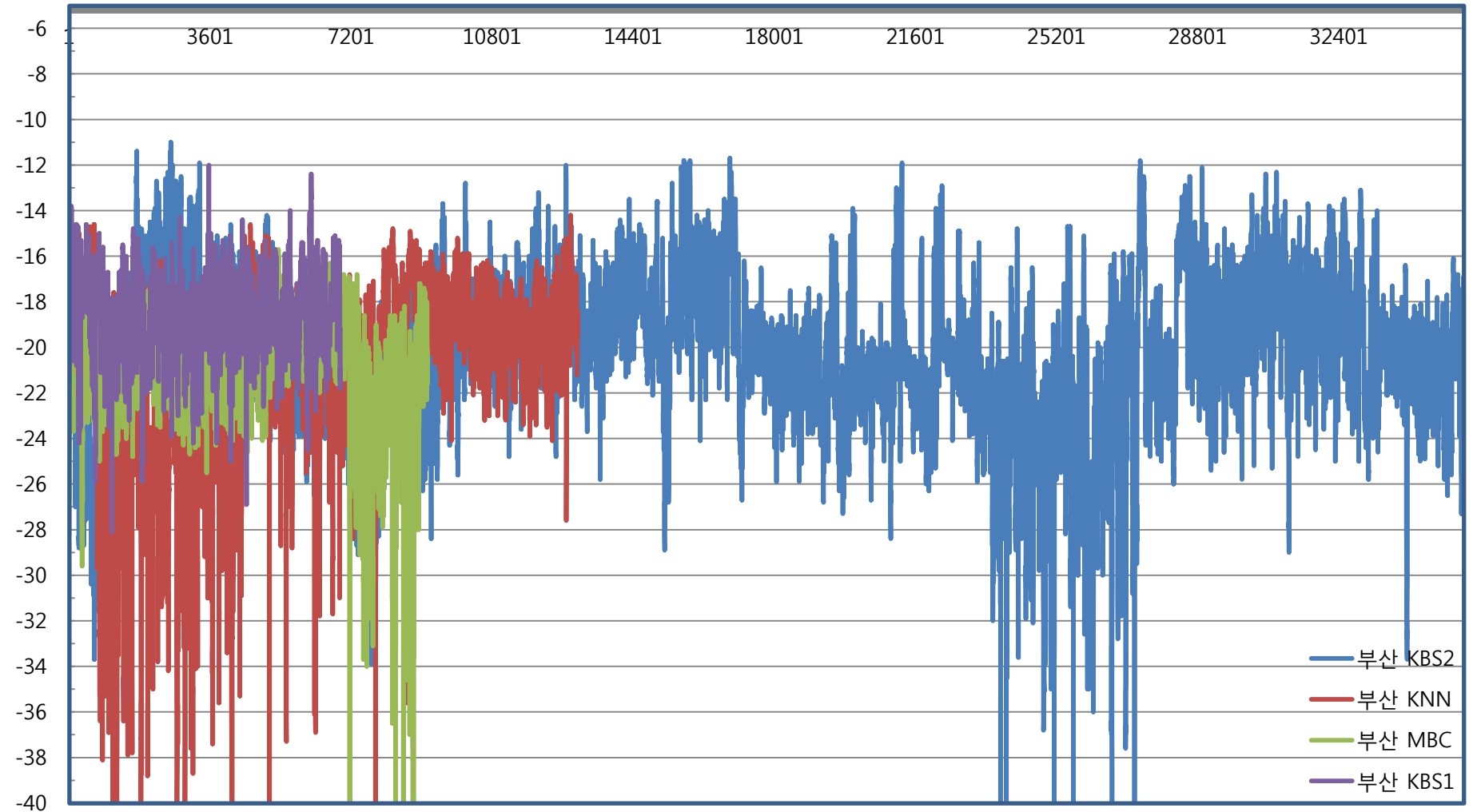
2011년 11월 방송분

부산/ 대구 공중파 TV
라우드니스 비교분석

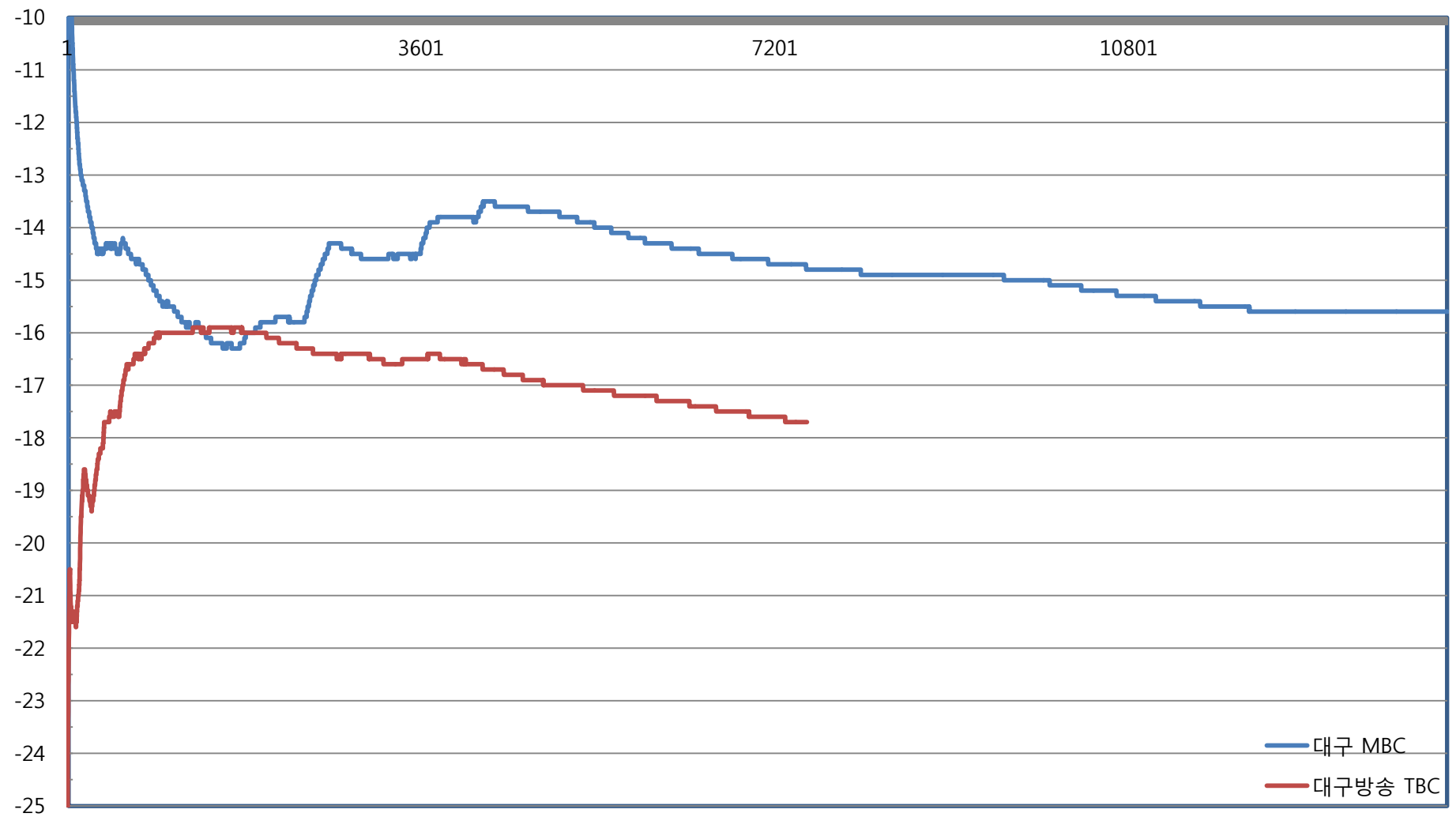
부산 지역 시간에 따른 ITU-R BS.1770 infinite Mode 라우드니스 비교



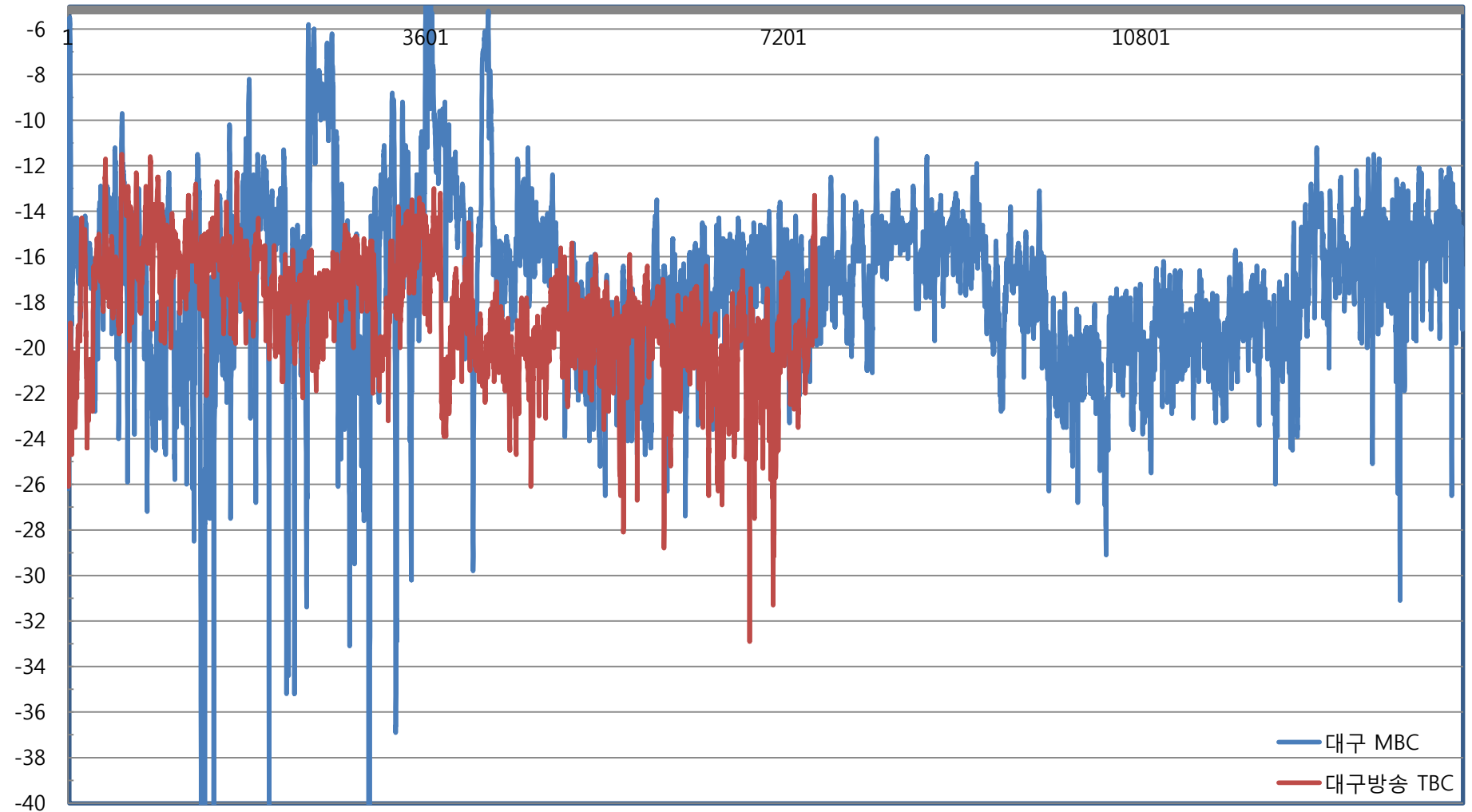
부산 지역 시간에 따른 ITU-R BS.1770 Short-term mode 라우드니스 분석



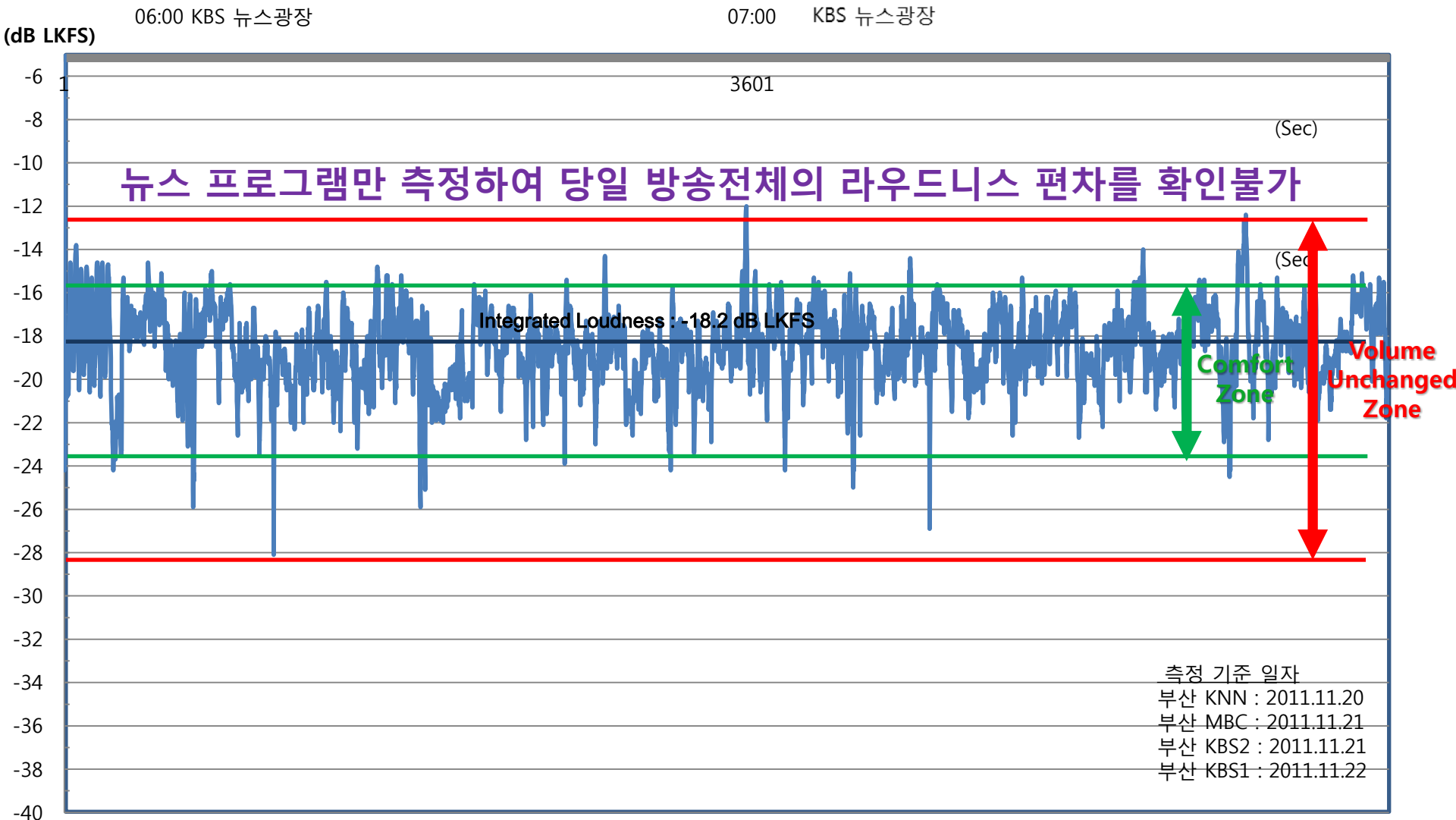
대구 지역 시간에 따른 ITU-R BS.1770 infinite Mode 라우드니스 비교



대구 지역 시간에 따른 ITU-R BS.1770 Short-term mode 라우드니스 분석



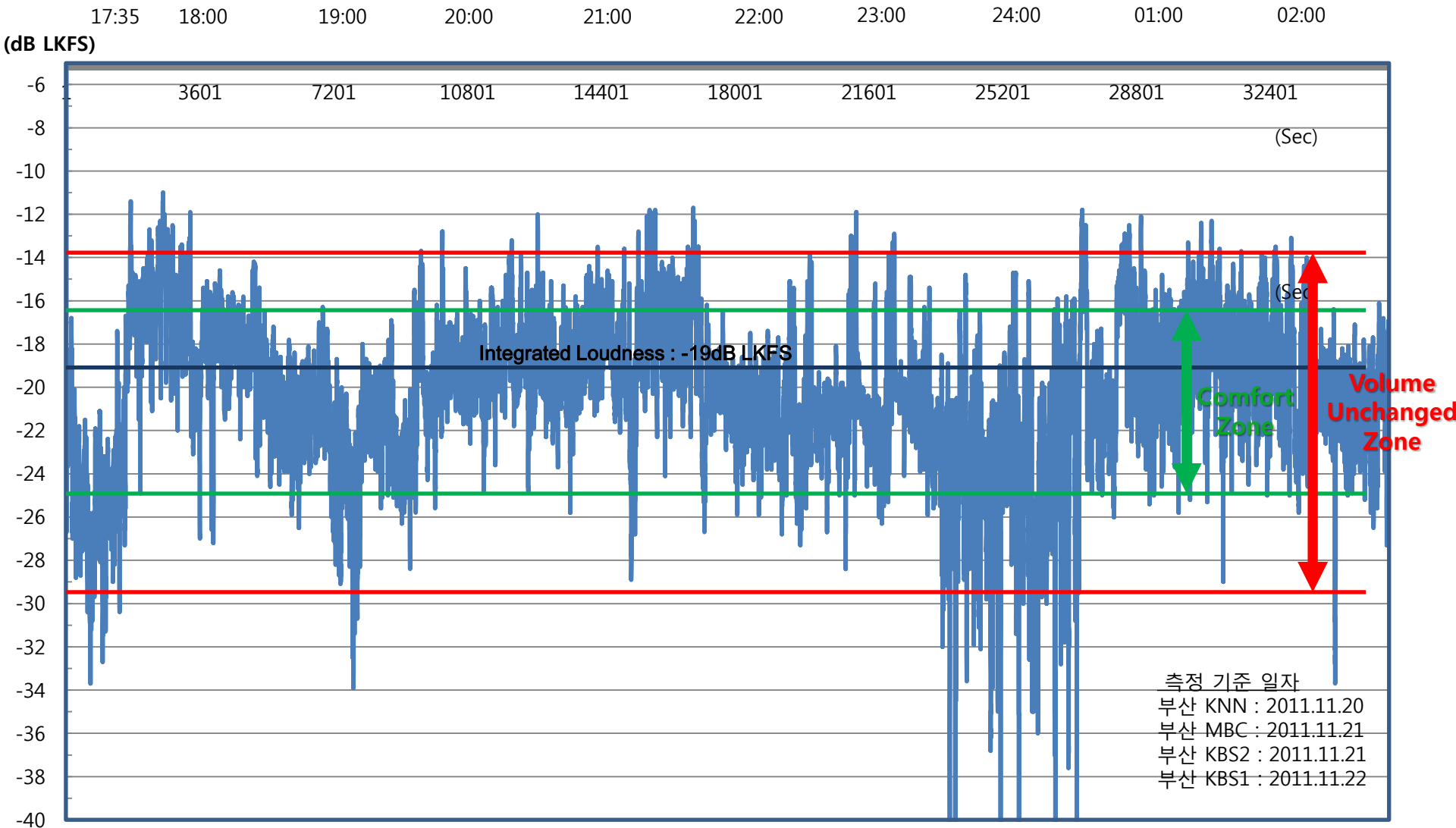
부산 KBS1 ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



- 뉴스는 대사위주이므로 라우드니스가 안정적

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-----|
| -18.2 | -0.1 | -28.1 | -12 |

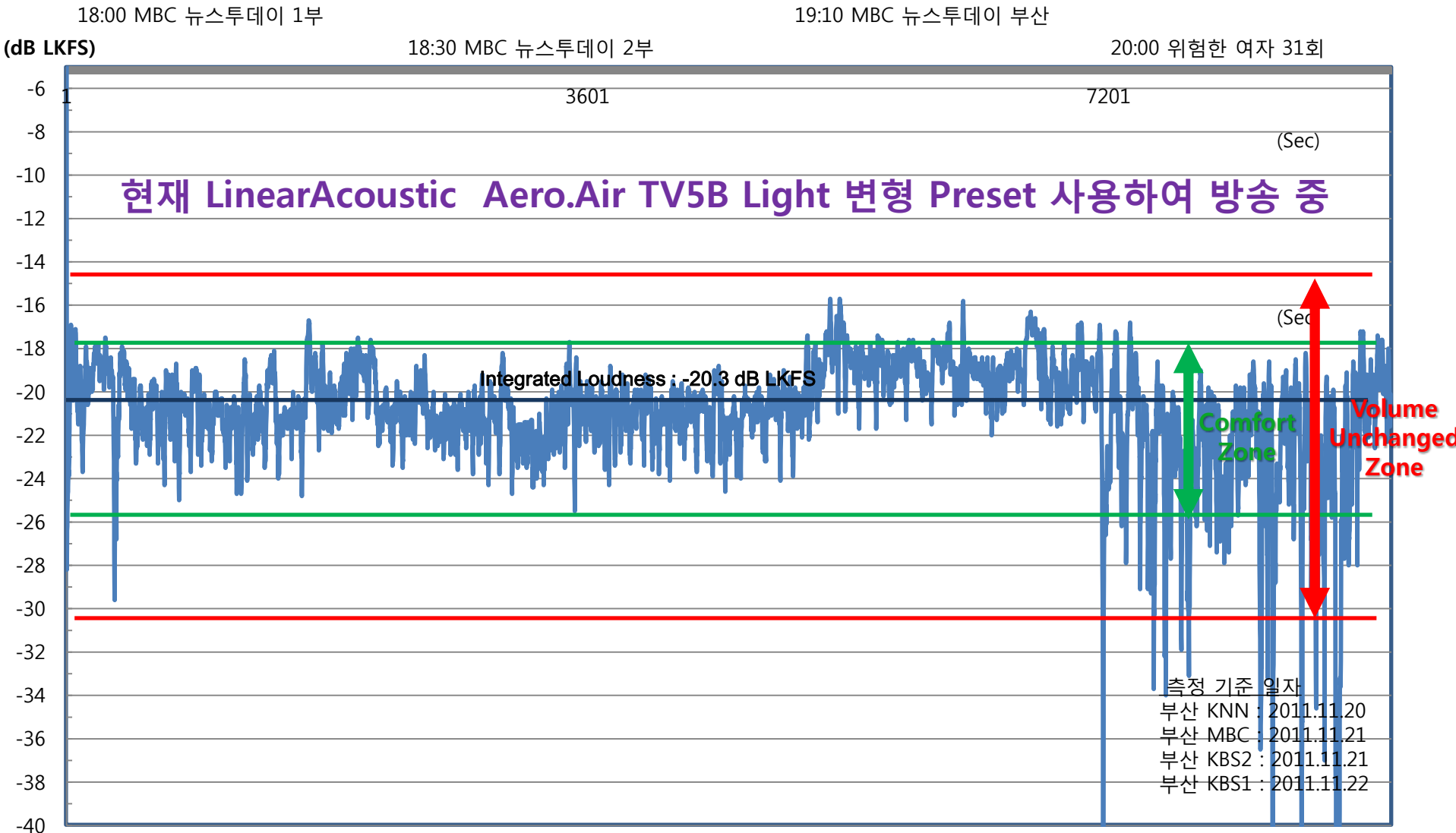
부산 KBS2 ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



- 시간에 따른 프로그램별 프로그램별/프로그램내 라우드니스 편차가 심함

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] | |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-----|
| -19 | 0.5 | -47 | -11 |

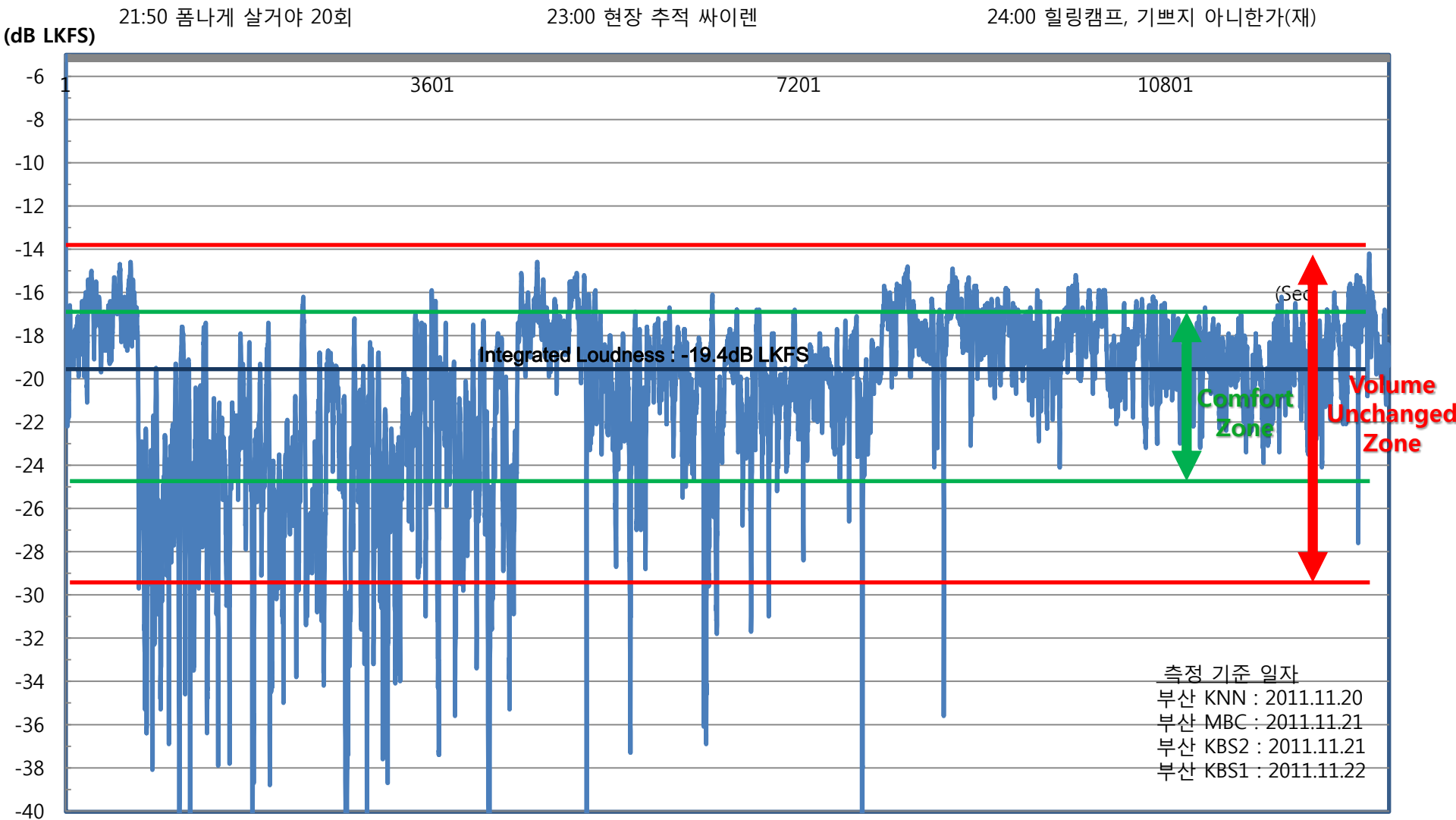
부산 MBC ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



- 시간에 따른 프로그램별 라우드니스 편차가 안정적

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -20.3 | -1.8 | -53 -15.7 |

부산 KNN ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



- 시간에 따른 프로그램별/프로그램내 라우드니스 편차가 발생

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -19.4 | 0 | -45.9 -14.2 |

대구 MBC ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석

21:50 계백 <최종> 36회

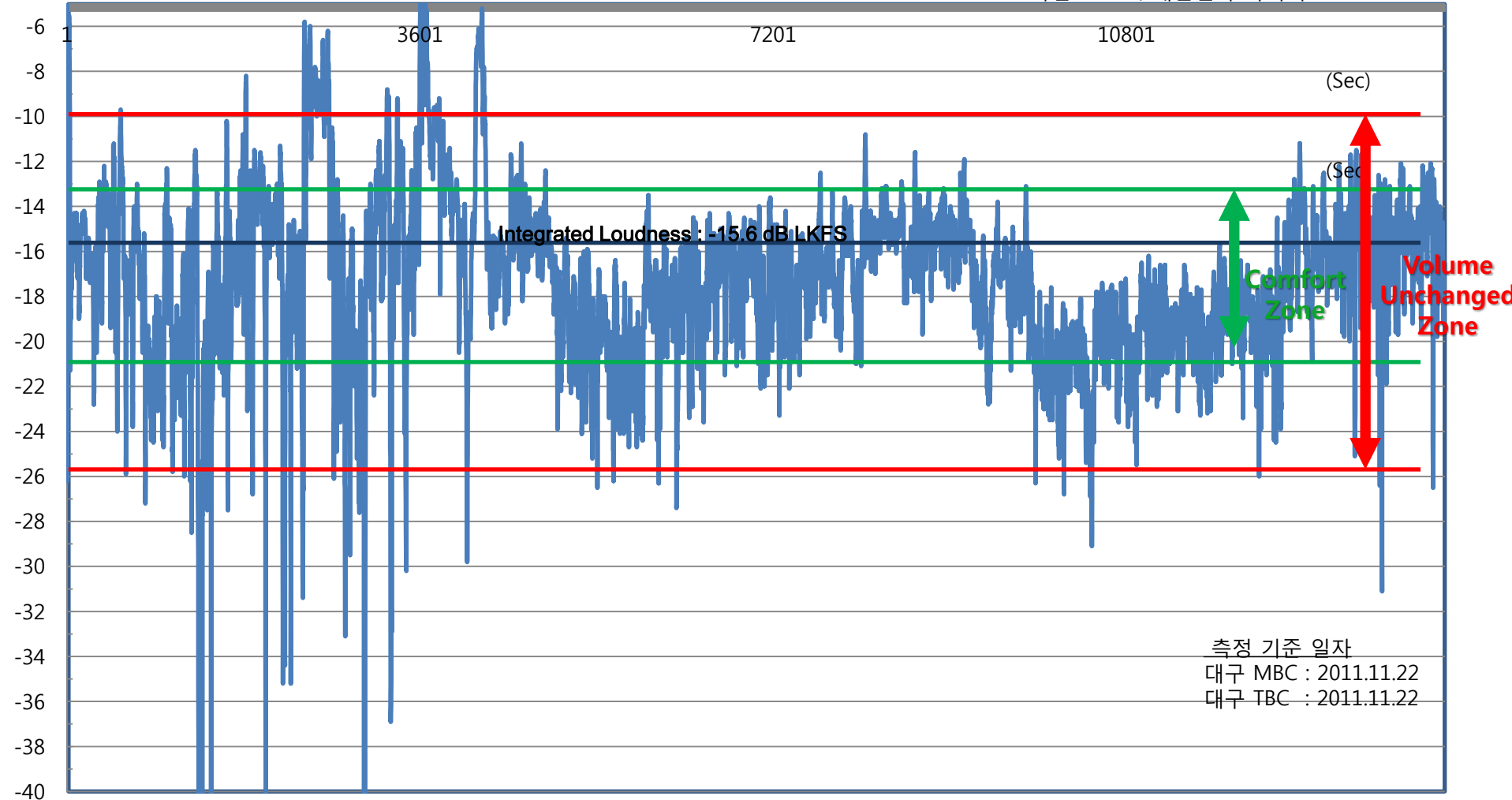
23:15 PD수첩

24:10 MBC 뉴스 24

21:00 세계 평화기원 카타르 국제탁구

(dB LKFS)

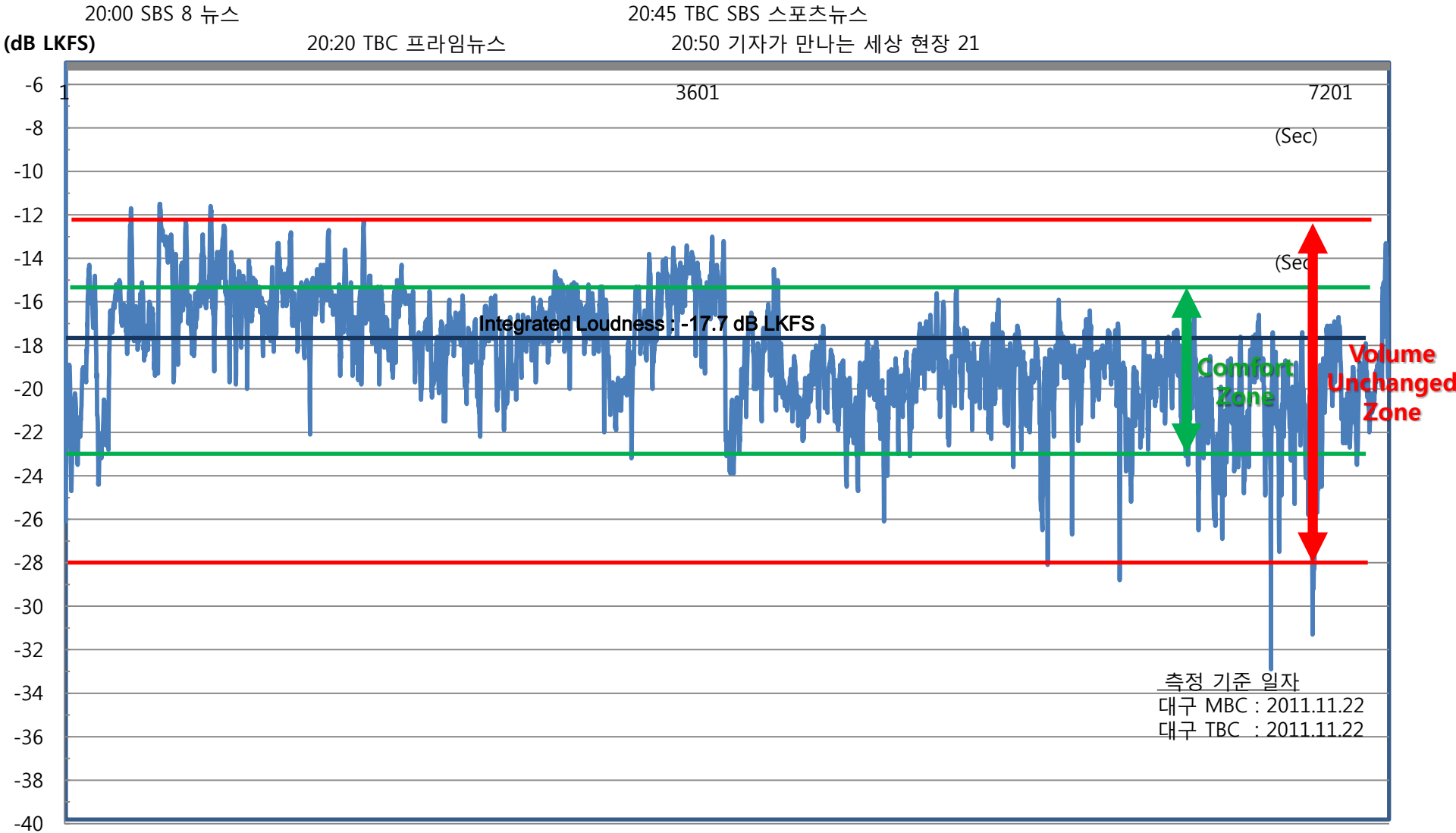
24:30 MBC 프라임 <2011, 대한민국 아저씨>



- 시간에 따른 프로그램별 라우드니스 편차가 크고 평균 Integrated 라우드니스가 매우 큼(-15.6 dB LKFS)

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -15.6 | 1.7 | -47.6 |
| | | -3.4 |

대구 TBC ITU-R BS.1770 Short-term Mode 라우드니스 분석



- 평균 Integrated 라우드니스가 큼(-17.7 dB LKFS)

| Infinite All [LKFS] | True Peak [dBTP] | Short-Term All Range [LKFS] |
|---------------------|------------------|-----------------------------|
| -17.7 | 0 | -45.9 |
| | | -14.2 |

결론 및 해결방안

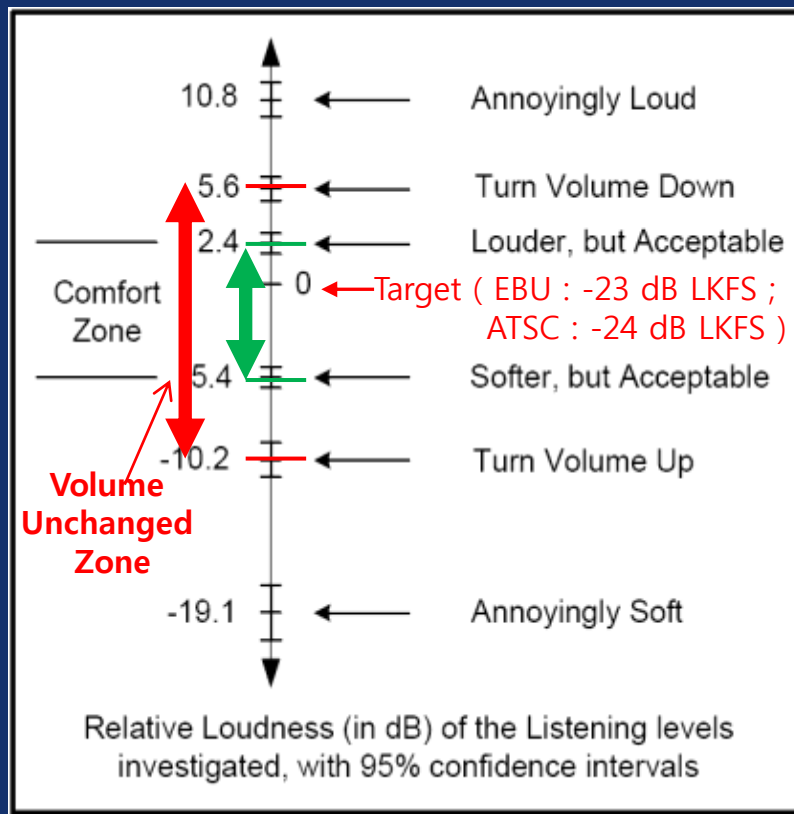
LOUDNESS CONTROL

ITU-R BS.1770 에 기반한 타겟 라우드니스 레벨과 허용 최대 트루피크 값을 설정하고, 라우드니스 레인지(LRA) 컨트롤을 통하여 시청자가 프로그램 내/ 채널간에 오디오 볼륨조절 없이 시청할 수 있는 방송 프로그램의 제작, 배급, 송출기준 설정하고 준수

- * 유럽 - EBU 128 : 타겟레벨(-23 LUFS +/- 1)
트루피크(-1dB TP이하)
- * 북미 - ATSC A/85 : 타겟레벨(-24 LKFS +/- 2)
트루피크(-2dB TP이하)

타겟 라우드니스(Target Loudness)와 LRA 라우드니스 콘트롤

“컴포트 존(Comfort Zone)”은 시청자가 받아들일 수 있는 정도의 프로그램간 또는 프로그램 내의 라우드니스 변화에 대한 라우드니스 범위입니다.



“볼륨 미조정 존 (Volume Unchanged Zone)”은 시청자가 프로그램간 또는 프로그램 내의 라우드니스 변화에 대해 볼륨조절 없이 들을 수 있는 라우드니스 범위입니다.

<중요한 라우드니스 레벨> ATSC Document A/85:2009

이 범위 및 다른 라우드니스 허용범위를 정의하기 위해 주관적인 청취 테스트 실험이 행해졌으며, 이 결과로 위와 같은 기준점이 도출되었습니다.

모던 라우드니스 프로세싱

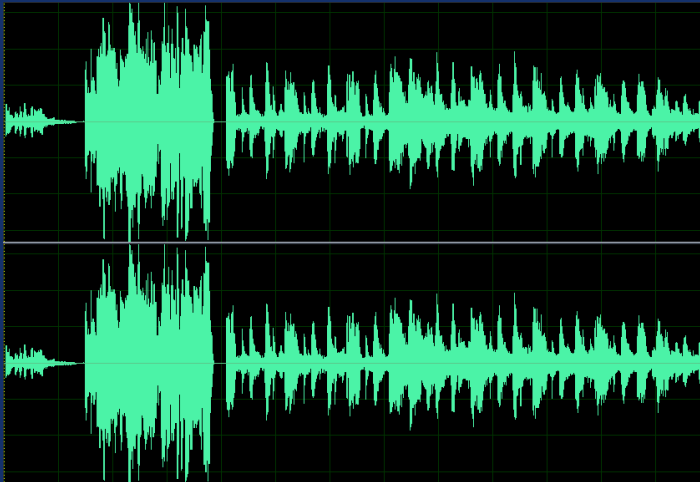
- 모던 오디오 프로세싱은 매우 다름:
 - 멀티채널, 멀티밴드 라우드니스 컨트롤
 - 메타데이터에 의해 자동으로 조정
- 어떠한 광대역 오디오 프로세싱보다 월등함

멀티밴드/멀티스테이지 라우드니스 컨트롤

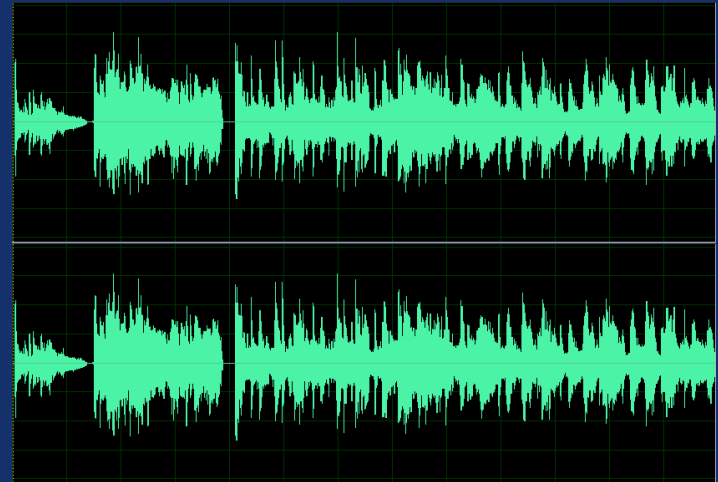
- 여러 단계에서 멀티밴드와 광대역(Wideband) 프로세싱을 혼용:
 - 광대역은 느리게 동작
 - 멀티밴드 AGC는 빠르게 동작
 - 멀티밴드 리미터는 매우 빠르게 동작
 - 피크 리미터는 실시간보다 더 빠르게(look-ahead) 동작
 - 동시에 빠르고 느리게 동작가능
- 음색의 좋은 밸런스를 유지
 - 음의 특징을 유지하면서 귀에 좋게 들림

라우드니스 기반의 Audio Processing Results

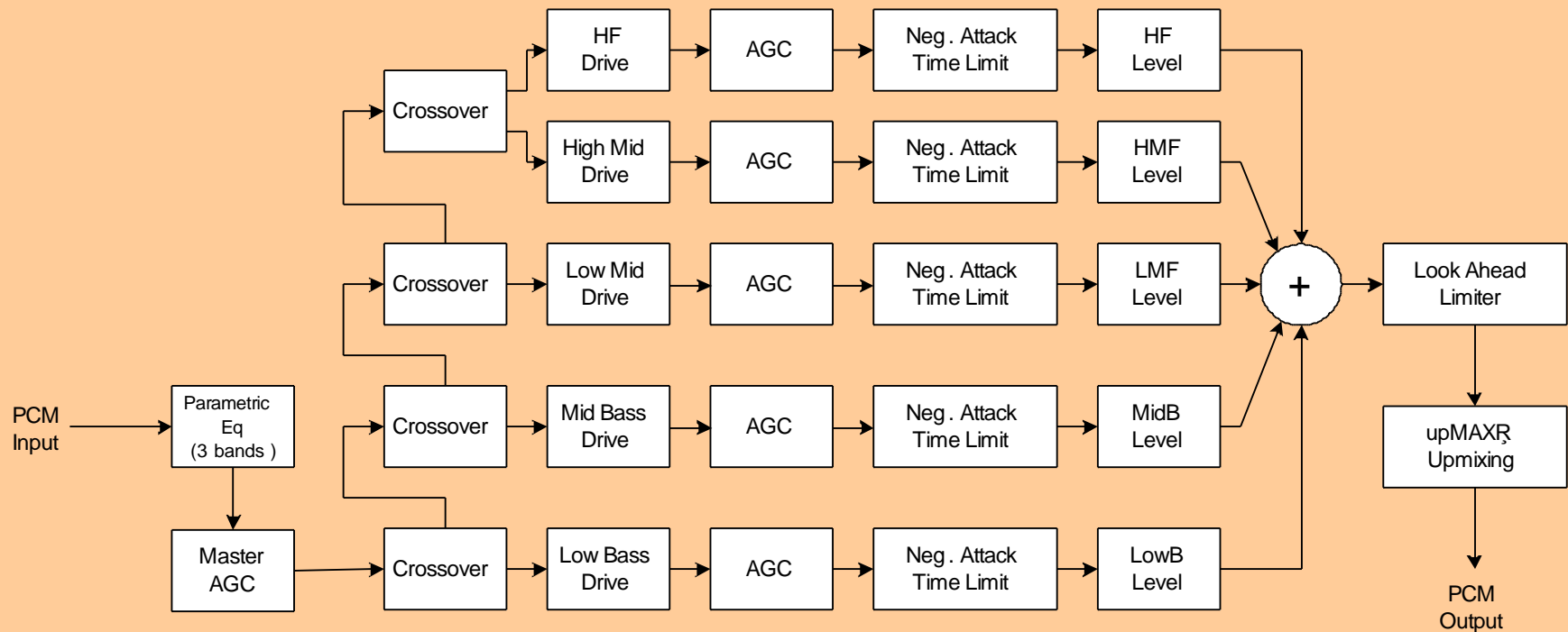
Original Audio



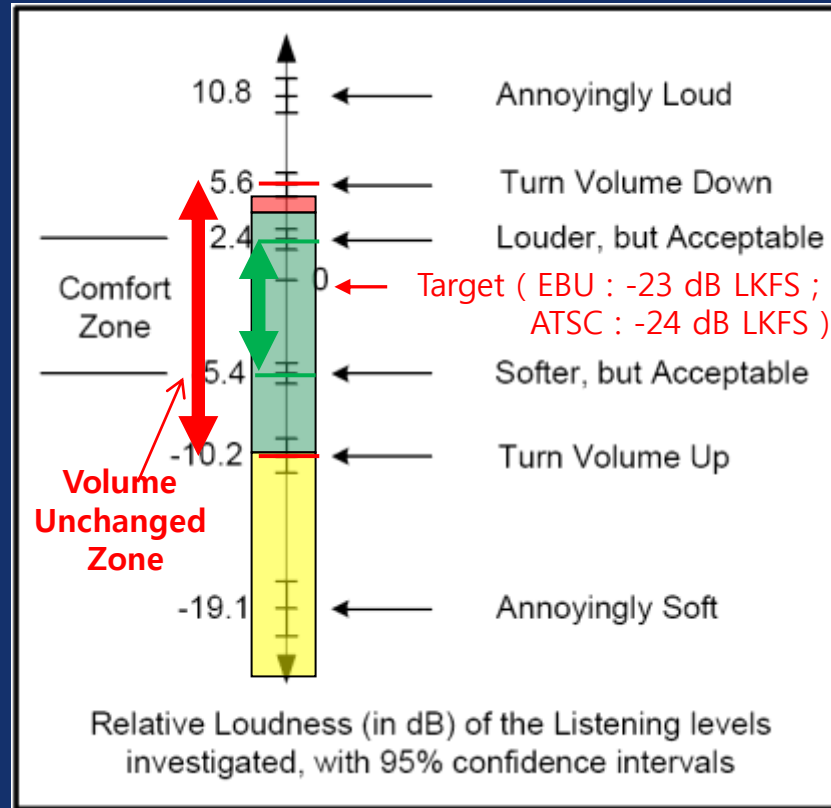
AERO Processor



Linear Acoustic Audio Processing Structure

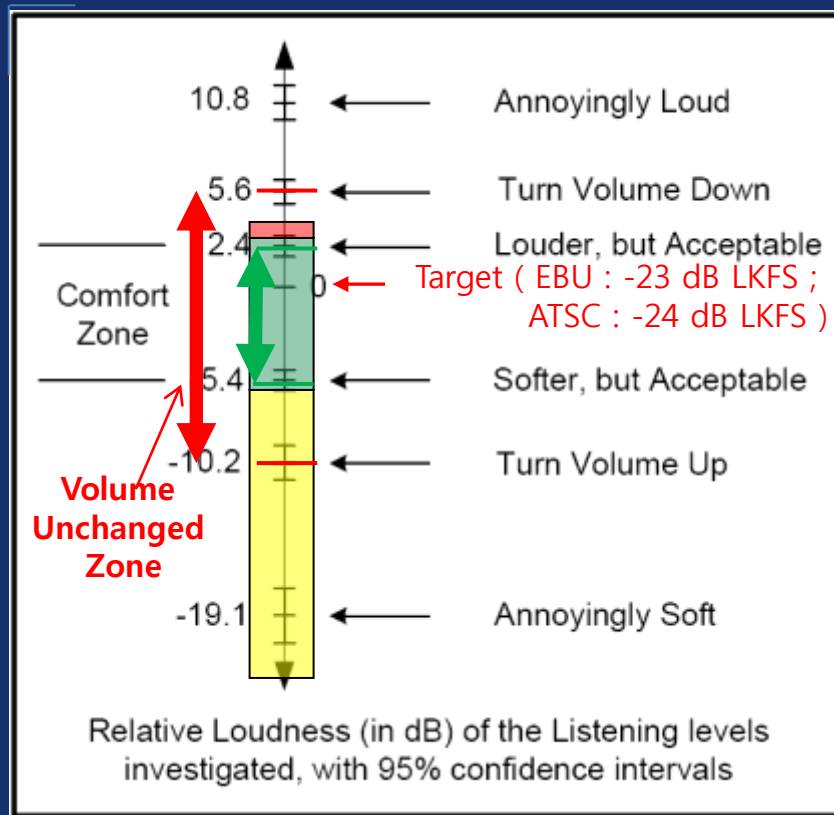


AERO.Air Factory Preset : TV5B LIGHT



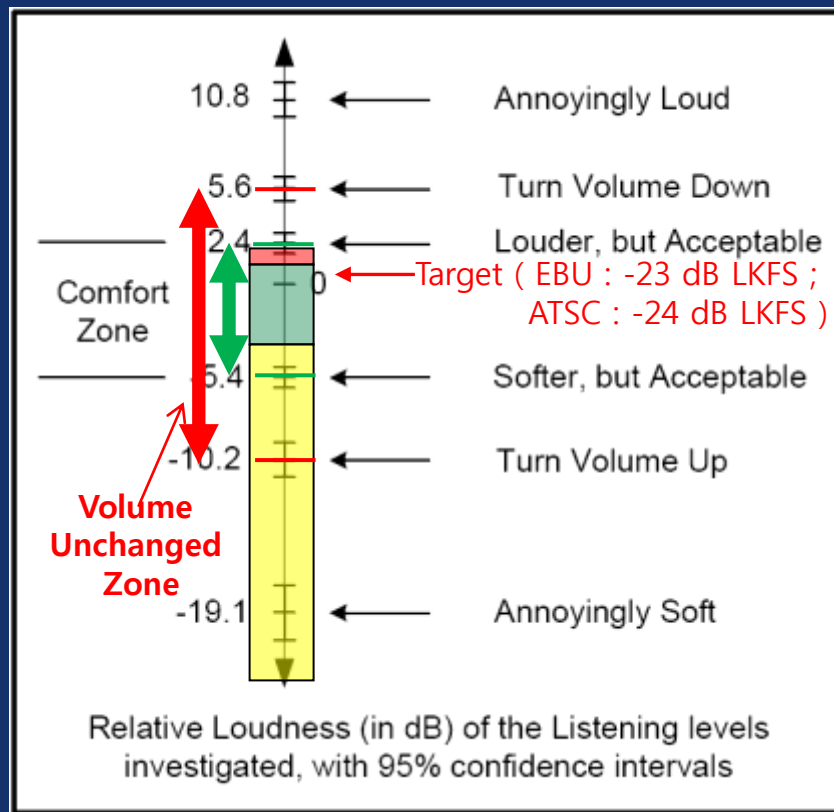
‘TV5B LIGHT’ 모드 프리셋을 사용시에는 라우드니스 레인지 (LRA)가 “볼륨 미조정 존(Volume Unchanged Zone)”내에서 유지 될 정도로 라우드니스 프로세싱되어 프로그램간 또는 프로그램 내의 라우드니스 변화에 대해 볼륨조절없이 들을 수 있도록 프로 세싱 됩니다.

AERO.Air Factory Preset : TV5B GEN



‘TV5B Gen’ 모드 프리셋을 사용시에는 라우드니스 레인지(LRA)가 “”컴포트 존(Comfort Zone)”내에서 유지될 정도로 라우드니스 프로세싱되어 프로그램간 또는 프로그램 내의 라우드니스 변화에 대해 시청자가 매우 편안히 들을 수 있도록 프로세싱 됩니다.

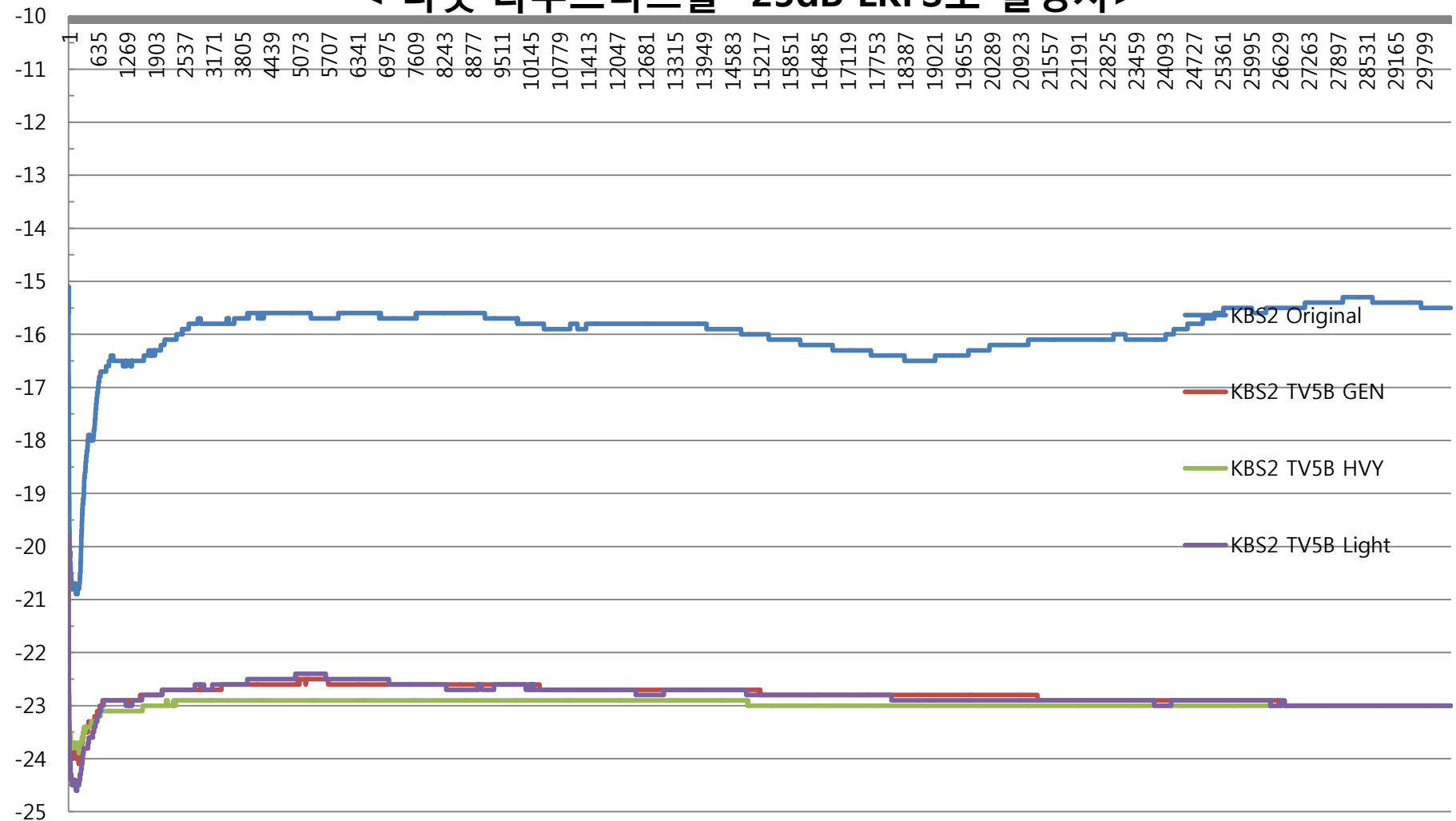
AERO.Air Factory Preset : TV5B HVY



‘TV5B HVY’ 모드 프리셋을 사용시에는 라우드니스 레인지(LRA)가 “”컴포트 존(Comfort Zone)”보다 좁게 유지될 정도로 라우드니스 프로세싱되어 모바일, 항공기, 등의 다이내믹 재생이 제한되는 주변소음 환경에서도 청취가 가능할 정도로 프로세싱 됩니다.

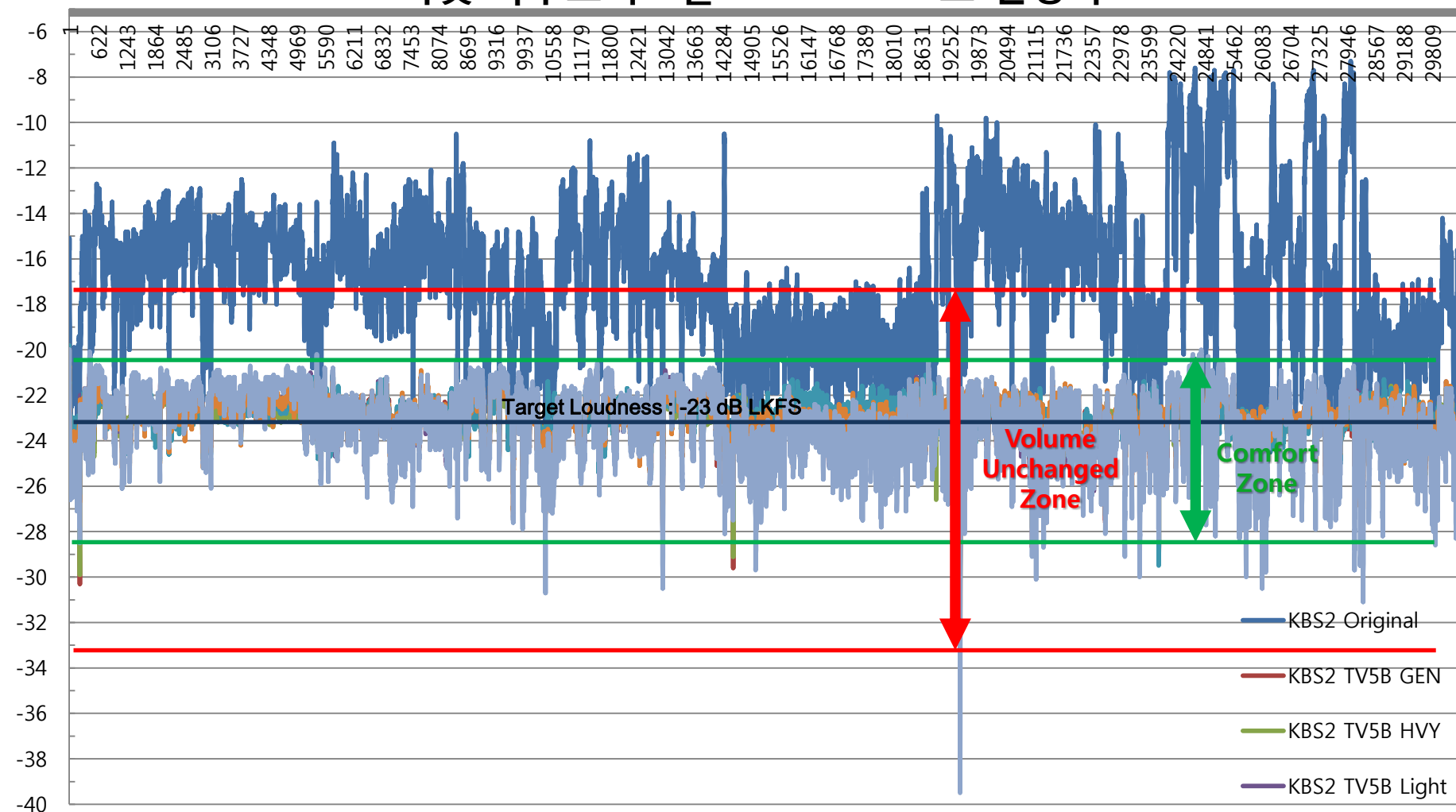
KBS2 11.8.26일자 방송을 Aero.Air로 라우드니스 프로세싱후 Preset별 Integrated 라우드니스 (Infinite Mode) 비교

< 타겟 라우드니스를 -23dB LKFS로 설정시 >



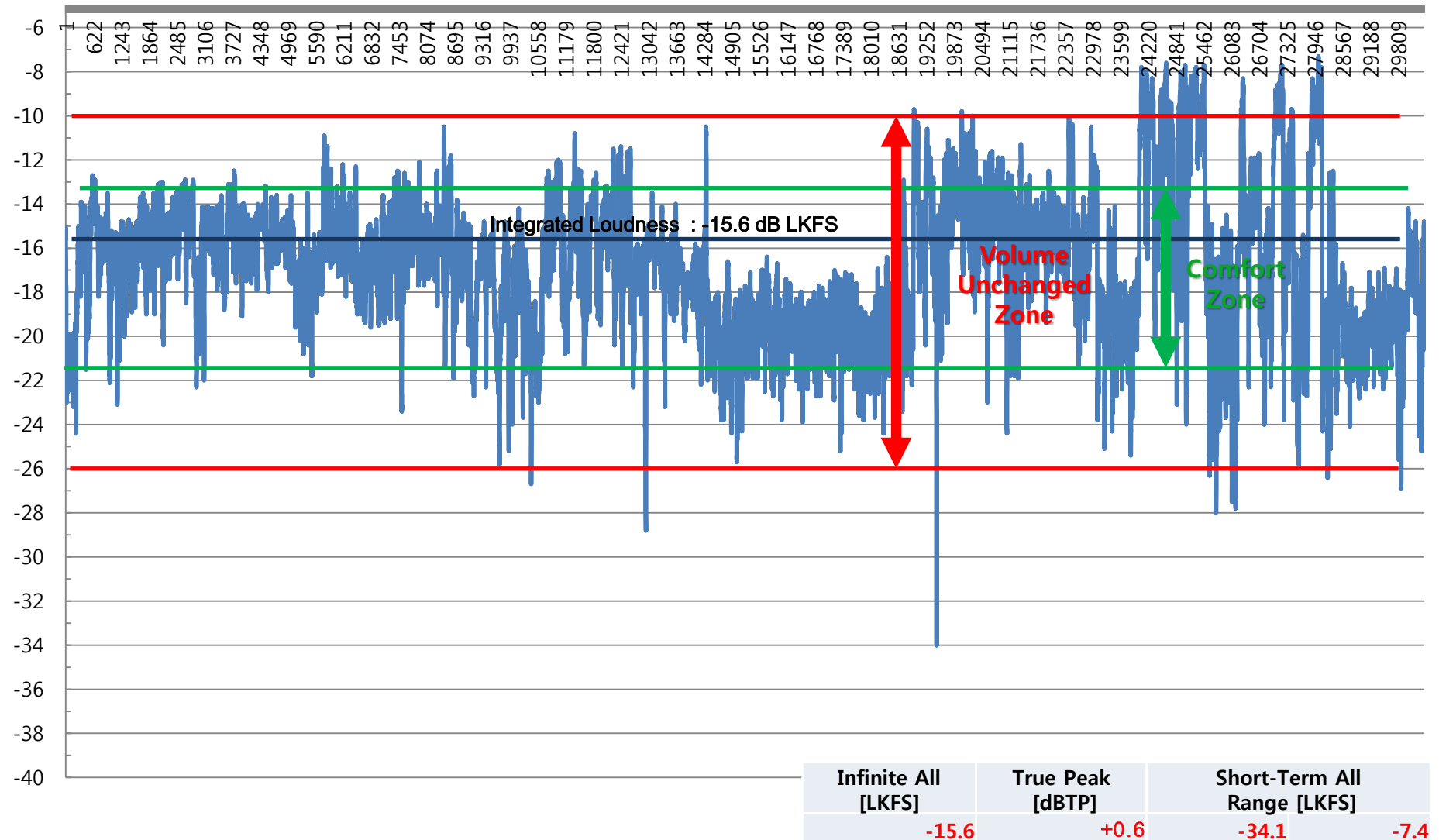
KBS2 11.8.26일자 방송을 Aero.Air로 라우드니스 프로세싱후 Preset별 Short-Term 라우드니스 (Short-Term Mode) 비교

< 타겟 라우드니스를 -23dB LKFS로 설정시 >



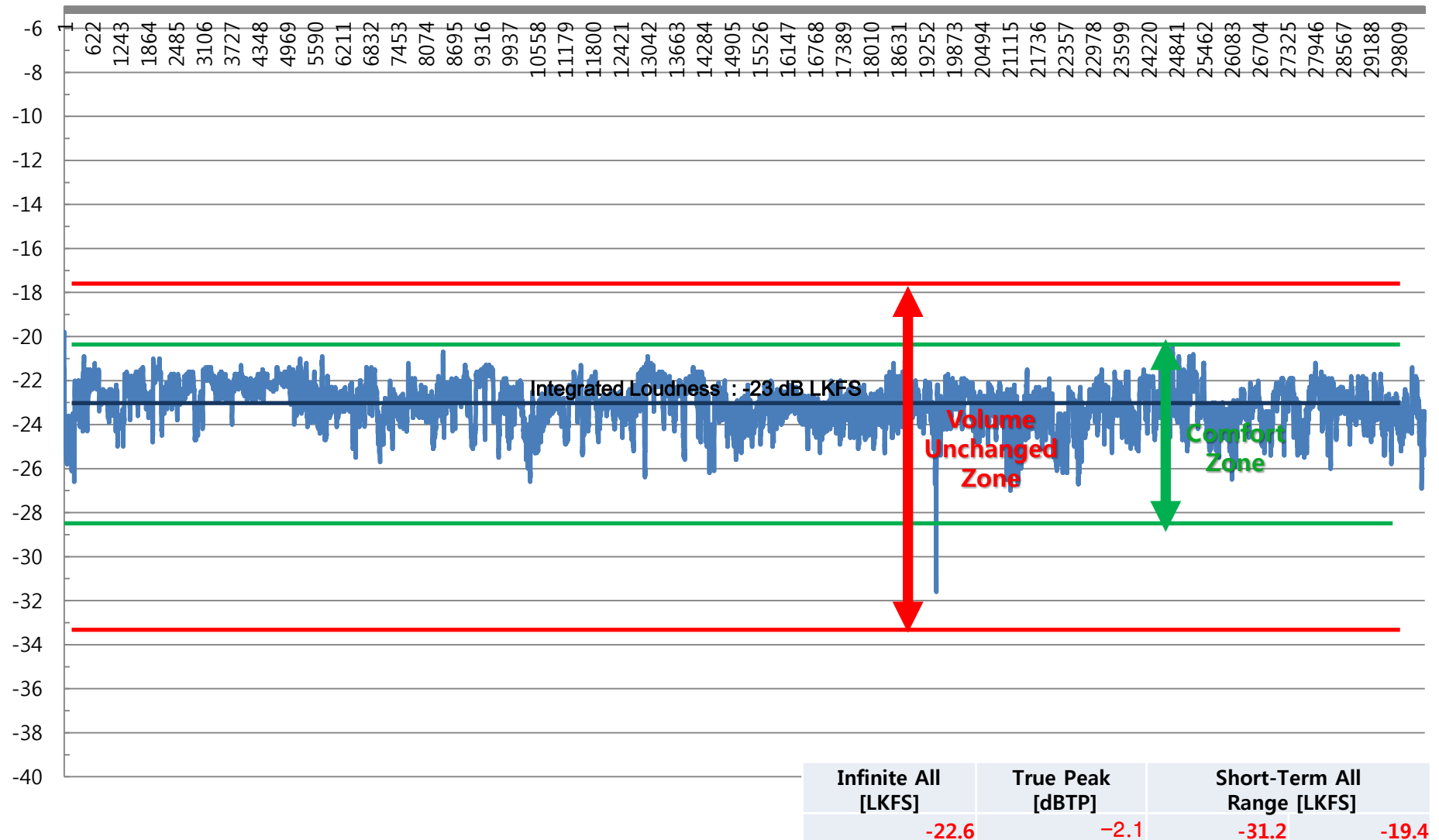
Aero.Air로 라우드니스 프로세싱전

KBS2 11.8.26일자 방송 Short-Term 라우드니스



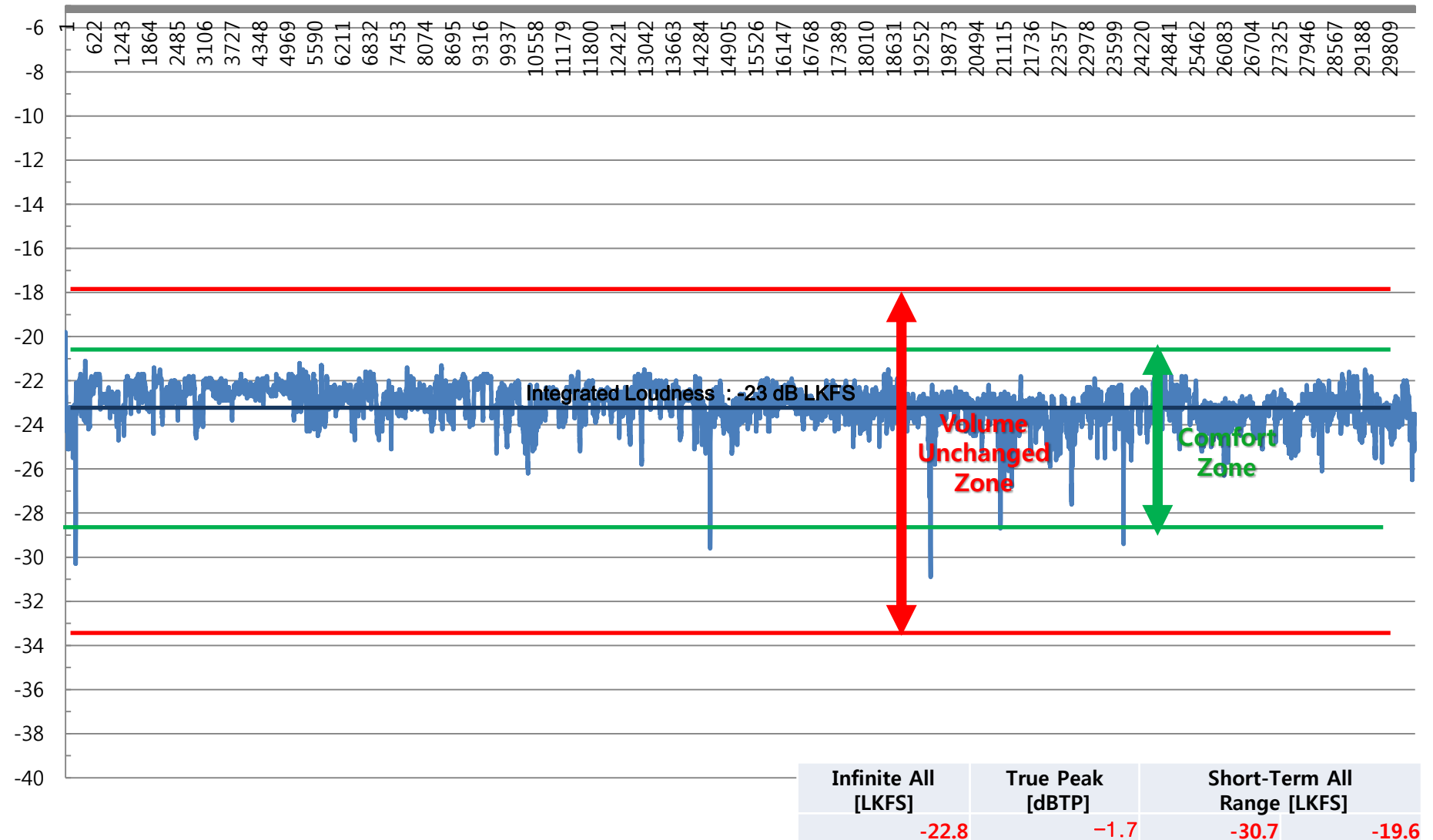
KBS2 11.8.26일자 방송을 Aero.Air에서 TV5B Light Preset으로 라우드니스 프로세싱시 Short-Term 라우드니스 (Short-Term Mode)

< 타겟 라우드니스를 -23dB LKFS로 설정시 >



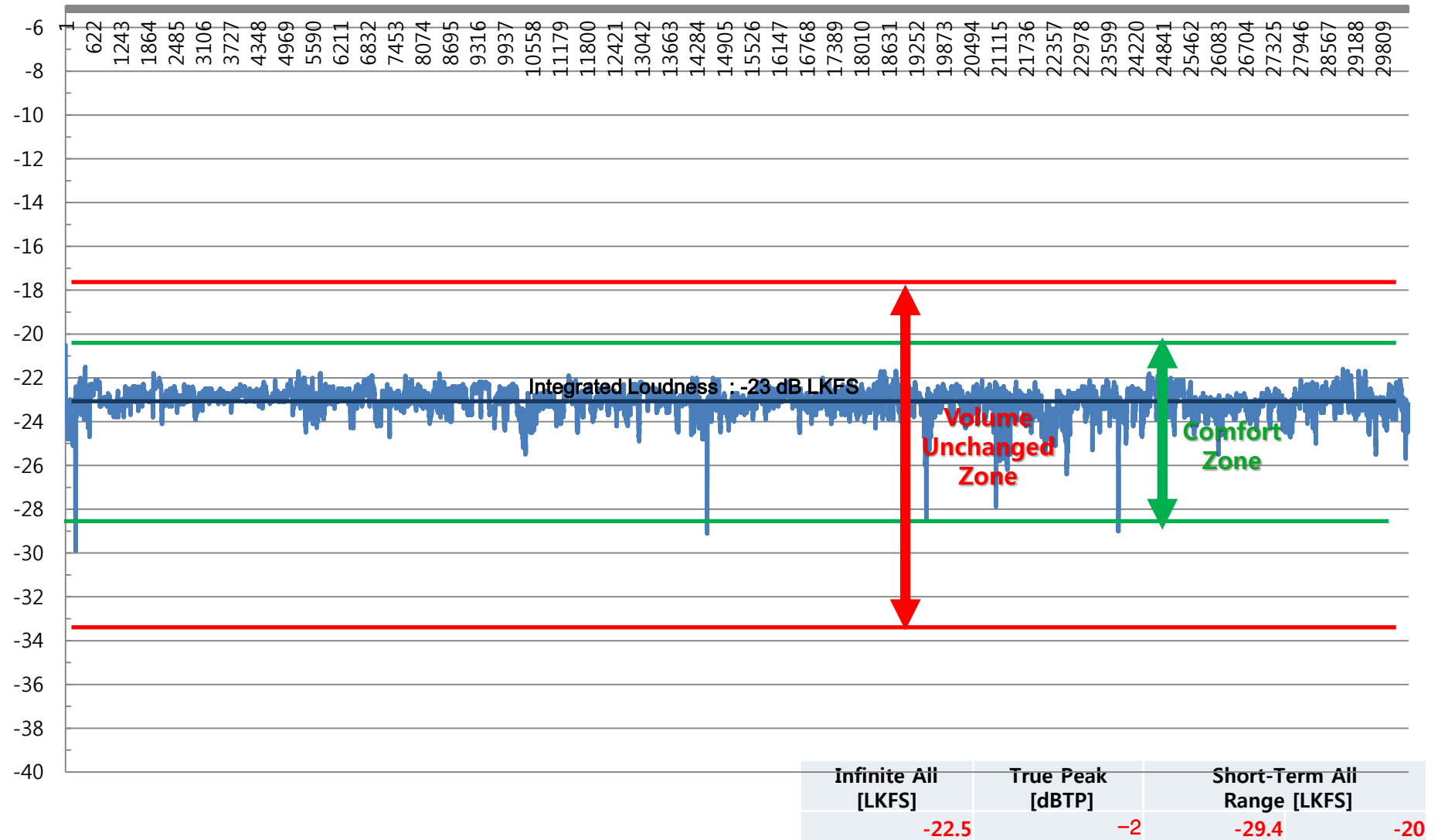
KBS2 11.8.26일자 방송을 Aero.Air에서 TV5B GEN Preset으로 라우드니스 프로세싱시 Short-Term 라우드니스 (Short-Term Mode)

< 타겟 라우드니스를 -23dB LKFS로 설정시 >



KBS2 11.8.26일자 방송을 Aero.Air에서 TV5B HVY Preset으로 라우드니스 프로세싱시 Short-Term 라우드니스 (Short-Term Mode)

< 타겟 라우드니스를 -23dB LKFS로 설정시 >



디지털 방송용 콘텐츠 제작 및 송출을 위한 라우드니스 모니터링 장비

Linear Acoustic LQ-1000 Loudness Quality Monitor



- ITU-R BS 1770 / EBU R128 라우드니스 측정지원
- ITU bargraph 와 트루피크 표시(true peak indication)
- 5.1 / 2ch 오실로스코프, RTA(Real Time Analyzer)
- AES, HD SDI I/O, 외장 모니터를 위한 VGA 출력
- Start/ Stop /Reset 콘트롤 및 GPI 콘트롤
- 자동 감지 Dolby Digital (AC-3), Dolby E decoding 옵션
- 주간 라우드니스 Log 데이터를 Excel같은 스프레드 시트에서 편집 가능한 CSV로 저장기능



< 풀 스크린 ITU mode 디스플레이 >



< 풀 스크린 EBU mode 디스플레이 >

디지털 방송용 콘텐츠 제작 및 송출을 위한 라우드니스 모니터링 장비

Linear Acoustic LAMBDA-II Digital Audio and Metadata Monitor



- ITU-R BS 1770 기반의 라우드니스 모니터
- 16 ch 까지 오디오/메타데이터 디스플레이 와 재생
- **Loudness Measurement standard**
- AES, HD SDI I/O
- 자동 감지 Dolby Digital (AC-3), Dolby E decoding 옵션
- **Solo, Downmix, Preset** 을 위한 쿼 버튼
- 송출 전에 메터데이터 효과를 모니터 가능
- 고품질의 2-way 디지털 스피커 시스템 과 서브우퍼를 위한 출력

디지털 방송용 콘텐츠 제작 및 송출을 위한 라우드니스 모니터링 장비

RTW Touch Monitor TM9/ TM7 Audio Monitor



- ITU-R BS 1770 / EBU R128 라우드니스 측정지원
- 모듈형 소프트웨어, 터치 스크린, 매우 유연한 스크린 레이아웃
- 2-ch. PPM/True Peak, 멀티채널, 라우드니스와 SPL, RTA, SSA, Radar 라우드니스, 프리미엄 피크미터 옵션
- AES I/O, Analogue In, 3G HD SDI I/O(TM9)옵션, 외장 모니터를 위한 VGA 출력



디지털 방송용 콘텐츠 제작을 위한 라우드니스 콘트롤 장비

Linear Acoustic Aero.qc Audio Quality Controller



- ITU-R BS 1770 / EBU R128 라우드니스 측정지원
- ITU bargraph 와 트루피크 표시(true peak indication)
- 5.1 / 2ch 오실로스코프, RTA(Real Time Analyzer)
- AES, HD SDI I/O, 외장 모니터를 위한 VGA 출력, GPI/O
- 자동 감지 Dolby Digital (AC-3), Dolby E decoding 및 보상 비디오 딜레이 옵션
- UPMAX® 5.1 자동 업믹싱 기능
- AERO-style multiband 라우드니스 콘트롤 프로세싱 옵션
- 5.1ch/2ch 스피커 모니터링 콘트롤 옵션



<밴쿠버 동계올림픽에서 미주지역
공식 중계 방송국 NBC 중계차에
24대 이상 사용>

디지털 방송용 콘텐츠 제작을 위한 업믹싱(Upmixing) 장비

Linear Acoustic UPMAX 5.1ch Upmixer



- UPMAX® 5.1 자동 업믹싱 기능
- 오리지널 **2ch** 스테레오 입력과와 업믹싱 출력을
다운믹싱한 오디오가 완벽히 호환
- AES, HD SDI I/O, GPI/O
- Lt/Rt, Lo/Ro 다운믹싱 출력



<베이징올림픽에서 미주지역 공식 중계
방송국 NBC 중계차에 35대 이상 사용>

디지털 방송 송출을 위한 라우드니스 콘트롤 장비

Linear Acoustic Aero.air (DTV, 5.1) Transmission Audio Loudness Manager



- **ITU-R BS 1770 / EBU R128** 기반의 5.1ch/2ch 라우드니스 콘트롤 프로세싱
- AES, HD SDI I/O, GPI/O, 외장 모니터를 위한 VGA 출력
- Dolby Digital (AC-3) and Dolby Digital Plus (HE-AAC) encoding 옵션
- 자동 감지 Dolby Digital (AC-3), Dolby E decoding 및 보상 비디오 딜레이 옵션
- 2ch -> 5.1ch UPMAX® 5.1 자동 업믹싱 기능
- Lt/Rt, Lo/Ro 다운믹싱 출력
- CrowdControl™ 대사 보호 알고리즘 기능

디지털 방송 송출을 위한 라우드니스 콘트롤 장비

Linear Acoustic Aero.one (TV, DTV, 5.1) Transmission Audio Loudness Manager



- 다수의 채널의 **S.O** 나 **IPTV**를 위한 경제적이고 공간 효율적인 라우드니스 콘트롤
- **ITU-R BS 1770 / EBU R128** 기반의 5.1ch/2ch 라우드니스 콘트롤 프로세싱
- AES, HD SDI I/O, GPI/O,
- Dolby Digital (AC-3) and Dolby Digital Plus (HE-AAC) encoding 옵션
- 2ch -> 5.1ch UPMAX® 5.1 자동 업믹싱 기능
- Lt/Rt, Lo/Ro 다운믹싱 출력

모바일 디지털 방송 송출을 위한 라우드니스 컨트롤 장비

Linear Acoustic Aero.mobile Audio Loudness Manager for Mobile DTV



- Mobilizer™ 테크놀로지
- 주변소음 환경에서도 모바일기기의 작은 스피커나 이어폰에서도 편안한 청취가 가능하도록 오디오의 다이내믹을 조절하고 대사를 보호 청각심리학적 라우드니스 프로세싱 기능
- AES, HD SDI I/O, GPI/O



디지털 방송 송출을 위한 라우드니스 컨트롤 장비

Linear Acoustic Aero.asi
DVB-ASI Transport Stream Loudness Manager



- 트랜스포트 스트림 단에서 라우드니스와 음장문제를 해결
- 단일 스트림 버전과 멀티 프로그램 스트림 고밀도 버전

디지털 방송 및 송출용 VOD 콘텐츠 제작을 위한 파일 기반의 라우드니스 프로세싱 장비

Linear Acoustic Aero.file File-Based Loudness Manager



- 파일 기반의 인제스트(ingest) : Radiant Grid 비디오 트랜스코딩 과 미디어 플로우 소프트웨어 솔루션
- 파일베이스의 AERO-style multiband 라우드니스 콘트롤 프로세싱, UPMAX™ upmixing, downmixing 지원
- WAV, PCM, Dolby Digital (AC-3), WMA, AAC, MP3, AIFF, MPEG 1 Layer II, ACELP, AMR 오디오 프로세싱과 트랜스코딩(transcoding), 트랜스 랩핑(transwrapping) 지원



2010 Vancouver Olympic 미주지역 공식 방송사 -NBC

* 모든 중계차 및 IBC 에 모두 AERO.qc 24ea 사용



POST-PRODUCTION,
TECHNICAL OPERATIONS
KEVIN CALLAHAN

SURROUND SOUND CONSULTANT
TIM CARROLL

ANALYSTS, FINANCE
CHRISTINA WILLIAMS
ECE ERASLAN

〈현 LinearAcoustic CEO 및 전
Dolby DP Series 개발 책임자〉



전세계 사용사례

