

TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)
TTAK.KO-07.0114/R2

개정일: 2016 년 12 월 27 일

디지털 방송 음량 레벨 운용 기준

(Operational Standard for Audio Loudness
Level of Digital Broadcasting)

표준초안 검토 위원회	케이블방송 프로젝트그룹(PG803)				
표준안 심의 위원회	방송 기술위원회(TC8)				
	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	김제우	전자부품연구원	책임연구원	케이블방송 프로젝트그룹 위원	
표준 초안 작성자	김제우	전자부품연구원	책임연구원	케이블방송 프로젝트그룹 위원	TTAK.KO- 07.0114/R2
	조용성	한국전자통신연구원	책임연구원	케이블방송 프로젝트그룹 위원	TTAK.KO- 07.0114/R2
사무국 담당	김대중 김태영 박유한	TTA	-	-	TTAK.KO- 07.0114/R2

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 : 2016.12

서 문

1 표준의 목적

이 표준의 목적은 국내 방송사업자가 제공하는 디지털 방송 프로그램(광고 포함)의 음량을 일정한 수준으로 유지하기 위해 필요한 디지털 방송 프로그램의 제작, 공급, 전송 등에 관한 기술적 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

2 주요 내용 요약

이 표준은 방송 사업자가 제공하는 디지털 방송 프로그램의 음량을 일정한 수준으로 유지하기 위해 요구되는 음량 레벨 운용 기준, 음량 측정 방법, 시스템 요구 사항 등을 규정한다. 본 표준의 주요 내용은 다음과 같다.

- 디지털 방송 프로그램 음량 레벨 운용 기준
- 디지털 방송 시스템 요구 사항
- 디지털 방송 음량 레벨 측정 방법

3 인용 표준과의 비교

3.1 인용 표준과의 관련성

이 표준은 국내 디지털 방송 프로그램의 음량을 일정한 수준으로 유지할 수 있도록 아래의 인용 표준의 내용을 국내 디지털 방송 환경에 맞게 적용하였다.

- ITU-R Recommendation BS.1770-3, 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2012.
- ITU-R Recommendation BS.1864, 'Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes', 2010.
- ATSC Recommended Practice A85, 'Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television', 2011.
- EBU Recommendation R128, 'Loudness normalization and permitted maximum level of audio signals', 2011.
- ITU-R Recommendation BS.1770-4 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2015

3.2 인용 표준과 본 표준의 비교표

TTAK.KO-07.0114/R2	인용 표준	비고
1. 적용 범위	-	-
2. 인용 표준	-	-
3. 용어 정의	-	-
4. 약어	-	-
5. 디지털 방송 음량에 관한 요구 사항	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3	준용
6. 디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 요구 사항	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3	준용
7. ITU-R 권고 BS.1770-3 기 반 오디오 음량 측정 방법	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3, TTAE.IR-BS.1770-3 ITU-R BS.1770-4	동일 (번역 및 요약)
부속서 A. 멀티채널 사운드 시 스템을 위한 음량 측정 방법의 확장	ITU-R BS.1770-4	동일 (번역 및 요약)
부록 II. 디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 유의 사항	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3, EBU Recommendation R128, ATSC A/85	수정 (국내 방송 시스템에 적합한 내용으로 수정)

Preface

1 Purpose

The standard is to present technical information about establishing and maintaining audio loudness for the digital broadcasting service.

2 Summary

The standard specifies technical information required for maintaining audio loudness of the digital broadcasting program. The details are as follows.

- Loudness normalization and permitted maximum True-peak level of audio signals
- Requirements for digital broadcasting service and system
- Loudness measurement of audio signals

3 Relationship to Reference Standards

The standard is prepared with the aim of maintaining audio loudness for the digital broadcasting service by referring to standards as follows.

- ITU-R Recommendation BS.1770-3, 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2012.
- ITU-R Recommendation BS.1864, 'Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes', 2010.
- ATSC Recommended Practice A85, 'Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television', 2011.
- EBU Recommendation R128, 'Loudness normalization and permitted maximum level of audio signals', 2011.
- ITU-R Recommendation BS.1770-4 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2015

TTAK.KO-07.0114/R2	Reference Standards	Remarks
1. Scope	—	—
2. Reference Standards	—	—
3. Terms	—	—
4. Abbreviations	—	—
5. Requirement for Audio Loudness of Digital Broadcasting	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3	Referenced
6. Requirement for Audio Management of Digital Broadcasting Program	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3	Referenced
7. ITU-R Rec. BS. 1770-3 based Audio Loudness Measurement Algorithm	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3, TTAE.IR-BS.1770-3 ITU-R BS.1770-4	Equivalent (translated and abstracted)
부속서 A. Extended loudness measurement algorithm for loudspeaker configurations of advanced sound systems	ITU-R BS.1770-4	Equivalent (translated and abstracted)
부록 II. Notes for Audio Management of Digital Broadcasting Program	ITU-R BS.1864, ITU-R BS.1770-3, EBU Recommendation R128, ATSC A/85	Modified

목 차

1 적용 범위.....	1
2 인용 표준.....	1
3 용어 정의.....	2
4 약어	4
5 디지털 방송 음량에 관한 요구 사항.....	4
5.1 일반 요구 사항.....	4
5.2 음량 및 신호 레벨 측정	4
5.3 음량 및 트루 피크 기준	5
6 디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 요구 사항	5
6.1 일반 요구 사항.....	5
6.2 디지털 방송 프로그램의 제작에 관한 요구 사항.....	6
6.3 디지털 방송 프로그램의 공급에 관한 요구 사항.....	6
6.4 디지털 방송 프로그램의 전송에 관한 요구 사항.....	6
7 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 오디오 음량 측정 방법	7
7.1 ITU-R 권고 BS.1770-3 개요.....	7
7.2 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 오디오 음량 측정	7
7.3 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 트루 피크(True-Peak) 레벨 측정 방법	11
부속서 A 멀티채널 사운드 시스템을 위한 음량 측정 방법의 확장	14
부록 I -1 지식재산권 요약서 정보	16
I -2 시험인증 관련 사항	17

I -3 본 표준의 연계(family) 표준	18
I -4 참고 문헌	19
I -5 영문표준 해설서	20
I -6 표준의 이력	21
부록 II 디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 유의 사항	22

디지털 방송 음량 레벨 운용 기준

Operational Standard for Audio Loudness Level of Digital Broadcasting

1 적용 범위

본 표준은 국내 방송사업자가 제공하는 디지털 방송 프로그램과 방송 광고의 음량을 일정한 수준으로 유지하기 위해 필요한 기술적 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 표준은 방송사업자가 제공하는 디지털 방송 프로그램의 음량을 일정한 수준으로 유지하기 위해 필요한 음량 측정 방식과 디지털 방송 프로그램의 제작부터 전송까지의 음량 기준 및 운용 방법 등을 규정한다. 본 표준의 주요 내용은 다음과 같다.

- 디지털 방송 프로그램 음량 측정 방식
- 디지털 방송 프로그램 음량 기준
- 디지털 방송 프로그램 제작, 공급 및 전송 과정의 음량 운용 기준

본 표준은 국내 방송사업자가 제공하는 방송 프로그램의 표준 음량 기준을 규정함으로써 시청자들의 불편함을 해소하고, 방송 프로그램 공급자들 간의 불필요한 경쟁을 줄일 수 있다.

2 인용 표준

- ITU-R Recommendation BS.1770-3, 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2012.
- ITU-R Recommendation BS.1864, 'Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes', 2010.
- ATSC Recommended Practice A85, 'Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television', 2011.

- EBU Recommendation R128, 'Loudness normalization and permitted maximum level of audio signals', 2011.
- TTAE.IR-BS.1770-3 '오디오 프로그램 음량 및 트루피크 음량 레벨 측정 알고리즘', 2014
- ITU-R Recommendation BS.2051-0 'Advanced sound system for programme production', 2014
- ITU-R Recommendation BS.1770-4 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level', 2015

3 용어 정의

3.1 방송사업자

방송법 및 인터넷 멀티미디어 방송사업법의 규정에 따라 방송사업을 하는 지상파 방송사업자, 종합유선 방송사업자, 위성 방송사업자, 방송 채널 사용사업자, 인터넷 멀티미디어 방송사업자를 말한다

3.2 방송 프로그램

방송 편성의 단위가 되는 방송 내용물을 말하는 것으로 본 표준에서 방송 프로그램은 방송 광고를 포함한다.

3.3 방송 광고

광고를 목적으로 하는 방송 내용물을 말한다.

3.4 방송 프로그램 제작

방송사업자의 시설을 통한 방송을 목적으로 방송 프로그램을 만드는 것을 말한다.

3.5 방송 프로그램 공급

방송사업자의 시설을 통한 방송을 목적으로 방송 프로그램을 공급하는 것을 말한다.

3.6 방송 프로그램 전송

방송사업자의 시설을 통해 시청자에게 방송 프로그램을 송신하는 것을 말한다.

3.7 음량(loudness)

사람이 주관적으로 느끼는 소리의 감각적인 크기를 수치화한 것으로, 음량은 'ISO 226' 문서의 등(等) 라우드니스 곡선(equal loudness curve)에 표시되어 있는 것과 같이, 사람의 청각의 감도는 주파수에 따라 달라지는 특성을 가지므로 같은 음압

레벨의 순음에서도 주파수가 다르면 사람이 실제로 느끼는 소리의 크기도 달라지게 된다.

3.8 음량값

‘ITU-R 권고 BS.1770-3’에서 제시한 음량 측정 알고리즘으로 산출한 음량 수치에 대한 일반 명칭으로 사용되며, 단위는 LKFS를 이용한다.

3.9 평균 음량

방송 프로그램의 일정 구간에서 ‘ITU-R 권고 BS.1770-3’의 방법에 따라 측정한 음량값의 평균을 의미한다.

3.10 목표 음량(target loudness)

디지털 방송 프로그램의 음량이 일정한 수준으로 유지될 수 있도록 방송 프로그램의 제작, 공급 및 전송 과정에서 기준이 되는 디지털 방송 프로그램과 방송 광고의 평균 음량을 말한다.

3.11 LKFS(Loudness, K-weighted, relative to Full Scale)

사람의 청각 인지 특성을 고려하여 계산된 음량값의 단위로, LKFS 단위에서 1 dB의 레벨 증감은 1 LKFS의 음량값의 증감과 동일하다.

3.12 트루 피크(true peak)

기존의 샘플 피크 미터로 측정할 수 없는 아날로그 신호의 정확한 피크(peak)를 의미한다. 단위는 dbTP를 사용한다.

3.13 게이팅(gating)

사람의 청각 인지 특성을 고려하여 실제 사람이 느끼는 음량을 측정할 수 있도록 일정 크기 이하의 묵음 구간과 상대적으로 작은 소리 구간의 음량을 프로그램 전체의 음량 측정 결과에서 제외하는 측정 방법이다.

3.14 다운믹스(downmix)

5.1 채널 오디오 등과 같이 여러 개의 채널로 구성된 오디오를 더 낮은 수의 채널의 오디오로 변환하는 것을 말한다.

4 약어

AC-3 Audio Code number 3

ATSC Advanced Television Systems Committee

dBTP deci-Bells True Peak

EBU European Broadcasting Union

ISO International Organization for Standardization
 ITU-R International Telecommunication Union Radiocommunication
 LKFS Loudness, K-weighted, relative to Full Scale (in dB)

5 디지털 방송 음량에 관한 요구 사항

5.1 일반 요구 사항

(요구 사항) 디지털 텔레비전 방송 프로그램의 음성 신호의 음량과 신호 레벨의 측정
 은 국제전기통신연합 전파통신부문(ITU-R) 권고 ‘오디오 프로그램의 음량과 트루
 피크 오디오 레벨 측정 알고리즘’, (Algorithms to measure audio programme
 loudness and true-peak audio level, ITU-R 권고 BS.1770-3)의 방법을 따라야 한다.

5.2 음량 및 신호 레벨 측정

5.2.1 음량 측정 방법

(의 미) 디지털 방송 프로그램의 음량의 측정이란, 사람이 실제 느끼는 소리의
 감각적인 크기를 ITU-R에서 권고한 음량(loudness)이라는 개념으로 수치화하여 측
 정하는 것을 말한다.

(요구 사항) 측정된 음량값의 단위는 ‘ITU-R 권고 BS.1770-3’의 측정 단위인 LKFS
 를 사용해야 한다.

(요구 사항) 디지털 방송 프로그램의 음량은 음성(voice), 배경 음악(back ground
 music), 음향 효과(sound effect) 등 특정 요소에 관계없이 방송 프로그램을 구성하
 는 모든 소리를 대상으로 측정되어야 한다.

(요구 사항) 디지털 방송 프로그램의 음량은 ‘ITU-R 권고 BS.1770-3’의 게이팅
 (gating) 방법에 따라 묵음 구간의 음량을 전체 프로그램 음량의 계산에서 제외해야
 한다.

5.2.2 트루 피크(True Peak) 측정

(의 미) 디지털 방송 프로그램 오디오 신호의 트루 피크(true peak) 측정은 기
 존샘플 피크 방식보다 정확한 오디오 신호의 피크를 측정하는 것을 의미한다.

(요구 사항) 디지털 방송 프로그램 오디오 신호의 트루 피크(true peak)는 ‘ITU-R
 권고 BS.1770-3’ Annex 2 의 방법에 따라 측정되어야 한다.

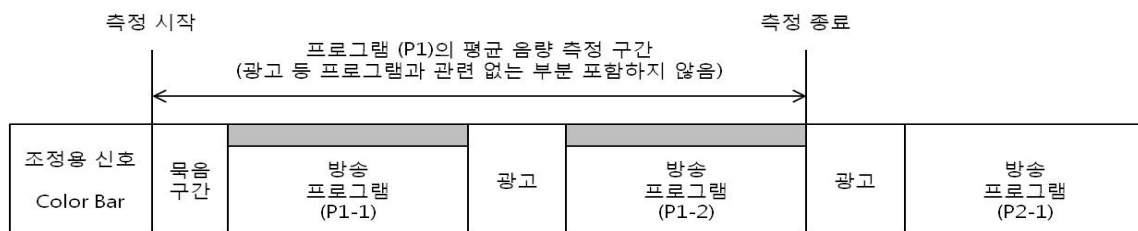
5.3 음량 및 트루 피크 기준

5.3.1 목표 음량

(의 미) 디지털 방송 프로그램의 음량을 적절한 수준으로 유지하기 위해 방송 프로그램의 제작, 공급 및 전송 과정에서 준수해야 하는 디지털 방송 프로그램의 평균 음량을 의미한다.

(요구 사항) 방송사업자의 시설을 통해 시청자에게 제공되는 모든 디지털 방송 프로그램의 평균 음량은 -24 LKFS의 값으로 제작, 공급 및 전송되어야 하며, 운용상의 허용 오차는 ± 2 dB로 한다.

(요구 사항) 디지털 방송 프로그램의 음량은 (그림 5-1)의 예와 같이 하나의 방송 프로그램 본편의 시작부터 종료까지 프로그램 전체 구간에서 측정되어야 하며, 프로그램 선두의 조정용 신호 또는 프로그램 중간에 삽입되는 광고 등과 같이 프로그램 본편과 관련 없는 부분은 제외되어야 한다.



(그림 5-1) 단일 프로그램의 평균 음량 측정 구간 예시

5.3.2 최대 허용 트루 피크

(의 미) 디지털 방송 프로그램 오디오 신호의 트루 피크 레벨(true peak)의 최대 허용치를 의미한다.

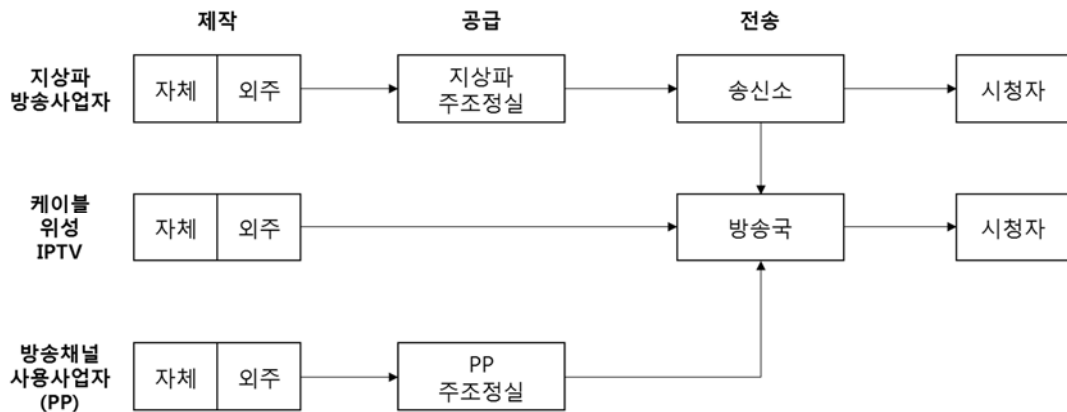
(요구 사항) 방송사업자의 시설을 통해 시청자에게 제공되는 모든 디지털 방송 프로그램 오디오 신호의 트루 피크 레벨의 최대값은 -1 dBTP로 해야 한다.

6 디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 요구 사항

6.1 일반 요구 사항

(요구 사항) 방송사업자의 시설을 통해 시청자에게 전달되는 모든 디지털 방송 프로그램의 음량은 5 절에서 규정한 음량 레벨 기준에 따라 제작, 공급 및 전송되어야

한다.



(그림 6-1) 방송사업자별 방송 제작, 공급 및 전송 과정 예시

6.2 디지털 방송 프로그램의 제작에 관한 요구 사항

(의 미) 디지털 방송 프로그램을 제작하는 방송 프로그램 공급사업자 및 방송사업자가 준수해야 하는 요구 사항을 의미한다.

(요구 사항) 방송을 목적으로 제작되는 광고를 포함한 모든 디지털 방송 프로그램의 음량은 5 절에서 규정한 목표 음량인 -24 LKFS의 값으로 제작되어야 한다. 운용상의 허용 오차는 ± 2 dB로 한다.

(요구 사항) 음성 다중 방송의 경우는 주 음성과 부음성 각각의 음량을 목표 음량에 맞게 별도로 분리하여 제작해야 한다.

6.3 디지털 방송 프로그램의 공급에 관한 요구 사항

(의 미) 방송을 목적으로 제작된 디지털 방송 프로그램 또는 방송 채널의 일부 또는 전체를 방송사업자의 송신 설비로 송출하는 과정에서 준수해야 하는 요구 사항을 의미한다.

(요구 사항) 방송사업자는 5 절의 규정에 따라 디지털 방송 프로그램 음량 기준에 맞게 방송 프로그램을 송출해야 한다.

(요구 사항) 방송사업자는 5 절의 규정에 맞게 제작된 디지털 방송 프로그램의 음량이 변경되지 않도록 시스템을 운용해야 한다.

6.4 디지털 방송 프로그램의 전송에 관한 요구 사항

(의 미) 방송사업자의 시설을 통해 시청자에게 전송되는 디지털 방송 프로그램

의음량이 일정한 수준으로 유지될 수 있도록 하기 위해 준수해야 하는 요구 사항을 의미한다.

(요구 사항) 방송사업자는 5 절의 규정에 맞게 제작 또는 공급된 디지털 방송 프로그램의 음량이 변경되지 않도록 시스템을 운용해야 한다.

7 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 오디오 음량 측정 방법

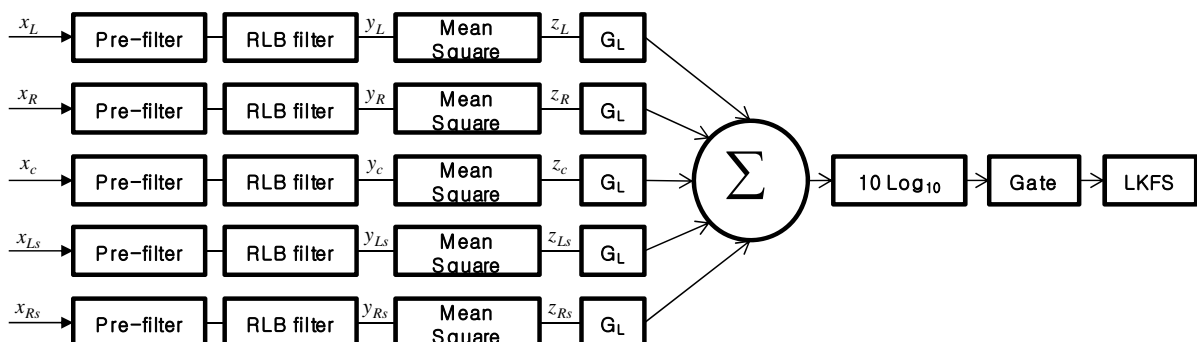
7.1 ITU-R 권고 BS.1770-3 개요

오디오의 음량 레벨과 관련하여 오디오 음량 레벨 측정 방법은 국제 표준 ‘ITU-R BS. 1770-3’에서 권고하고 있다. 오디오 음량 측정 방법에 대한 연구는 2000년대 중반부터 시작되어 ITU-R에서 오디오 음량 측정에 대한 방법 ‘ITU-R BS. 1770-0’를 2006년에 제정하였다. 이후, 2007년에 ‘ITU-R BS.1770-1’로 한 차례 개정 후, 2011년도에 묵음 구간에 대한 처리가 추가된 ‘ITU-R BS.1770-2’를 발표하였다. 또한 트루 피크(true peak) 방법을 단순화하여 2012 년 8 월 ‘ITU-R BS.1770-3’으로 개정되었다. ‘ITU-R BS. 1770-3’에서는 음량 측정뿐만 아니라 트루 피크(true peak) 측정 방법을 포함하고 있다.

7.2 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 오디오 음량 측정

‘ITU-R 권고 BS. 1770-3’에서 표준화된 오디오 음량 측정 방법은 (그림 7-1)과 같은 구조를 갖는다.

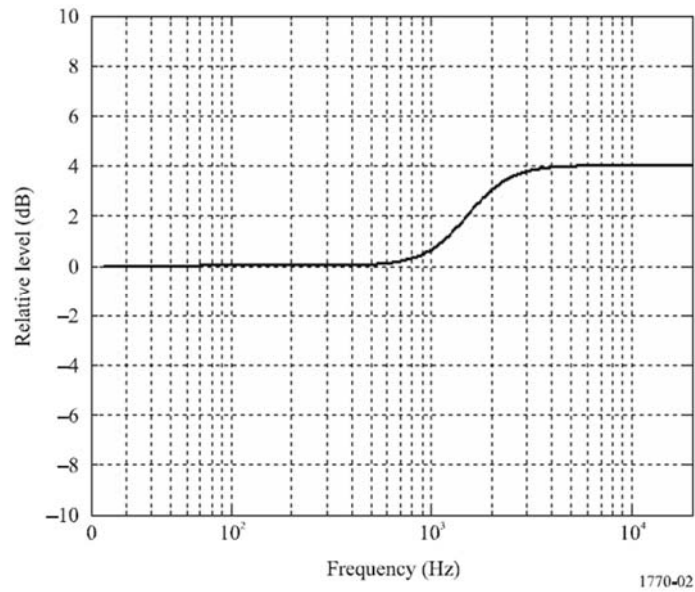
다채널 오디오의 음량 측정은 2종류의 필터, 채널별 mean square연산, 채널별 가중치 적용, 그리고 묵음에 대한 고려를 위한 400 ms 블록 단위의 게이팅(gating)으로 구성된다. 다채널 오디오 연산에서 LEF 채널은 측정에서 제외된다.



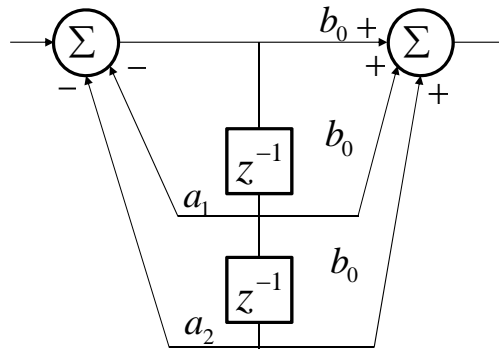
(그림 7-1) ‘ITU-R 권고 BS. 1770-3’ 멀티 채널 오디오 음량 측정 구조도

첫 번째 모듈은 사람 머리에 의한 음향적 영향을 고려하기 위한 필터인 2차 IIR 필터로 구성된다. 사람 머리에 의한 음향적 특성은 (그림 7-2)에서 보이는 바와 같이

주파수 특성으로 표현되며, (그림 7-3)과 같은 2차 IIR 필터로 처리된다.



(그림 7-2) pre-filter 의 주파수 응답 특성



(그림 7-3) 2 차 IIR 필터 구조

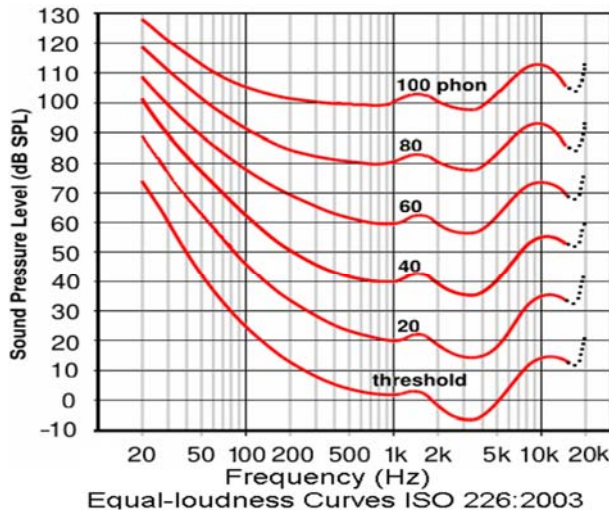
일반적으로 방송 프로그램에서 많이 사용되는 48 kHz 데이터에 대한 필터 계수는 <표 7-1>과 같이 제공되며, 다른 샘플링 주파수에 대한 측정을 위해서는 같은 주파수 응답을 갖도록 필터 계수가 조절되어야 한다.

<표 7-1> 첫 번째 단계, 구형 머리 모델링을 위한 pre-filter 필터 계수

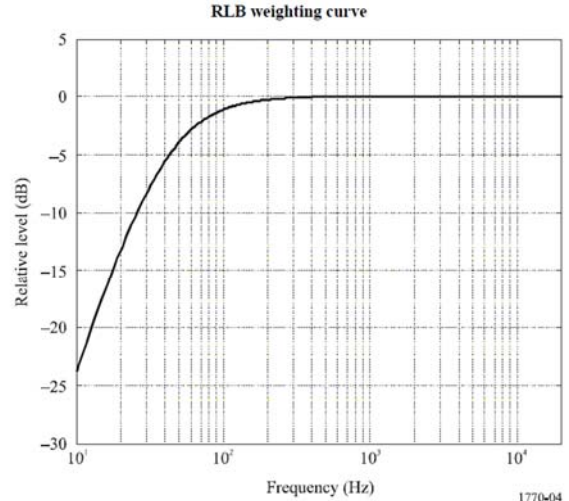
		b_0	1.53512485958697
a_1	-1.69065929318241	b_1	-2.69169618940638
a_2	0.73248077421585	b_2	1.19839281085285

두 번째 모듈은 사람의 청각적인 특성에 기반한 RLB 가중치 필터를 적용한다. 이 필터는 <그림 7-4> (가)와 같이 사람의 청각이 입력된 소리 크기에 따라 각 주파수 영역에서 서로 다른 민감도를 갖는 특성이 있다. 예로 최소 레벨을 기준으로 250

Hz에서의 약 20 dB와 1 kHz에서의 약 1 dB가 동일한 오디오 사운드 크기로 사람에게 인지되는 것을 보여주고 있다. 그래서 사람의 청각을 고려하기 위한 필터 응답은 <그림 7-4> (나)와 같이 'ISO 226'에 정의된 동일 오디오 사운드 크기 윤곽선을 역으로 적용한 것과 유사한 고대역 통과 필터 응답을 갖도록 대역별 가중치 필터가 설계되었다.



(가)



(나)

(그림 7-4)

(가) : 'ISO 226'에 정의된 동일 오디오 사운드 크기 윤곽선,

(나) : 멀티 채널 오디오 사운드 크기 측정을 위한 RLB 필터 주파수 응답 특성

RLB 가중치 필터는 2차 IIR 필터 구조를 가지며, ITU-R 문서에서는 48 kHz 데이터에 대한 필터 계수를 제공하고 있으며, 다른 샘플링 주파수에 대한 측정을 위해서는 같은 주파수 응답을 갖도록 필터 계수가 조절되어야 한다.

<표 7-2> 두 번째 단계, RLB 가중치 필터 계수

		b_0	1.0
a_1	-1.99004745483398	b_1	-2.0
a_2	0.99007225036621	b_2	1.0

두 개의 필터를 통과한 신호는 T 주기 동안에 다음 수식과 같이 평균 제곱(mean square) 값이 측정된다.

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 \quad (\text{수식 7-1})$$

정의된 주기 T 동안의 오디오 신호 음량은 다음 수식과 같이 연산된다.

$$Loudness = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i^N G_i \times z_i \quad LKFS \quad (\text{수식 7-2})$$

수식에서 N 은 채널 수이고, G_i 는 채널에 대한 가중치이다.

오디오 음량 측정 방법 'ITU-R BS. 1770-2'에서는 오디오 게이팅(gating) 방법이 추가되었다. Gated 음량을 측정하기 위하여 T 주기의 신호가 중첩이 있는 게이팅(gating) 블록으로 구분되어 신호의 음량이 측정된다. 오디오 음량 측정 게이팅(gating)을 위한 블록은 한 주기 $T_g = 400ms$ 로 하며, 이웃하는 블록과는 75 %의 중첩이 이루어진다. 또한 파일의 마지막에 블록 사이즈를 만족하지 못하는 샘플에 대해서는 측정하지 않는다.

Gate 블록 단위로 구성된 오디오 신호의 평균 제곱(mean square) 값은 아래 수식과 같이 연산되며, j 번째 블록의 평균 제곱(mean square)은 다음과 같이 연산된다.

$$z_{ij} = \frac{1}{T_g} \int_{T_g \cdot (j \cdot \text{step})}^{T_g \cdot (j \cdot \text{step} + 1)} y_i^2 dt \quad \text{where } \text{step} = 1 - \text{overlap}$$

$$\text{and } j \in \left(0, 1, 2, \dots, \frac{T - T_g}{T_g \cdot \text{step}} \right) \quad (\text{수식 7-3})$$

j 번째 블록의 블록 음량(block loudness)은 다음과 같이 연산된다.

$$l_j = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_{ij} \quad (\text{수식 7-4})$$

T 시간 동안의 Gated Loudness는 gating 임계값 Γ 을 넘는 블록에 대한 음량 측정값으로 절대 임계값 Γ_a 와 상대 임계값 Γ_r 을 각각 초과하는 블록에 대한 음량 값이다.

절대 임계값이 고려된 수식은 다음과 같다.

$$Gated \text{ loudness } L_{KG} = -691 + 10 \log_{10} \sum_i G_j \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{J_g} z_{ij} \right)$$

$$\text{where } J_g = \{i : l_j > T_a\}, T_a = -70 \quad (\text{수식 7-5})$$

상대 임계값은 다음 수식과 같이 연산되고,

$$L_r = -691 + 10 \log_{10} \sum_i G_j \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{J_g} z_{ij} \right) - 10 \quad (\text{수식 7-6})$$

상대 임계값이 고려된 Gated Loudness는 다음과 같이 연산된다.

$$\text{Gated loudness } L_{KG} = -691 + 10 \log_{10} \sum_i G_j \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{J_g} z_{ij} \right)$$

$$\text{where } J_g = \{i : l_j > T_r\}$$

(수식 7-7)

다채널 오디오 음량 측정에서 각 채널별 가중치는 <표 7-3>과 같다.

<표 7-3> 다채널 오디오 채널별 가중치

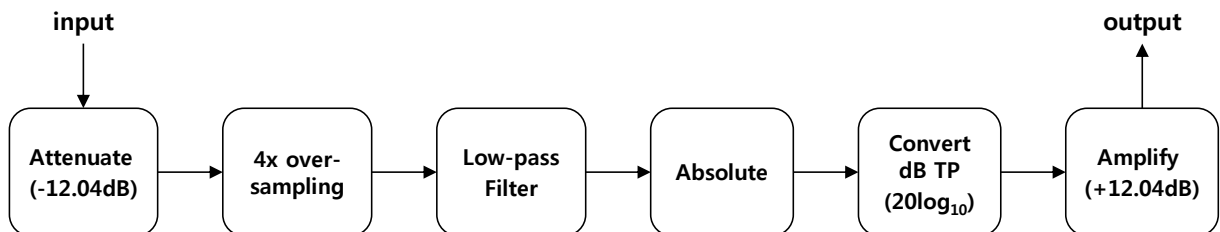
Channel	Weighting, G_i
Left(G_L)	1.0(0 dB)
Right(G_R)	1.0(0 dB)
Center(G_C)	1.0(0 dB)
Left Surround(G_{Ls})	1.41(~ +1.5 dB)
Right Surround(G_{Rs})	1.41(~ +1.5 dB)

LKFS 단위는 decibel 단위와 동일하며, 신호의 1 dB 상승은 1 LKFS 증가를 나타낸다.

이렇게 설계된 ITU 기반의 오디오 사운드 크기 측정 방법이 정확하게 설계되었는지 검증하기 위해서는 0 dB, 1 kHz 사인 파형을 입력하였을 경우 소리 크기 측정 값이 -3.01 LKFS가 출력되어야 한다.

7.3 ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 트루 피크(True Peak) 레벨 측정 방법

‘ITU-R 권고BS.1770-3’에는 단일 채널 48 kHz PCM 데이터를 기반으로 신호의 최대값(Positive 또는 Negative)를 측정하는 방법을 설명하고 있다. 트루 피크(true peak)를 측정하는 방법은 <그림 7-5>와 같은 구조이다.



(그림 7-5) 트루 피크(true peak) 레벨 측정 방법 구조도

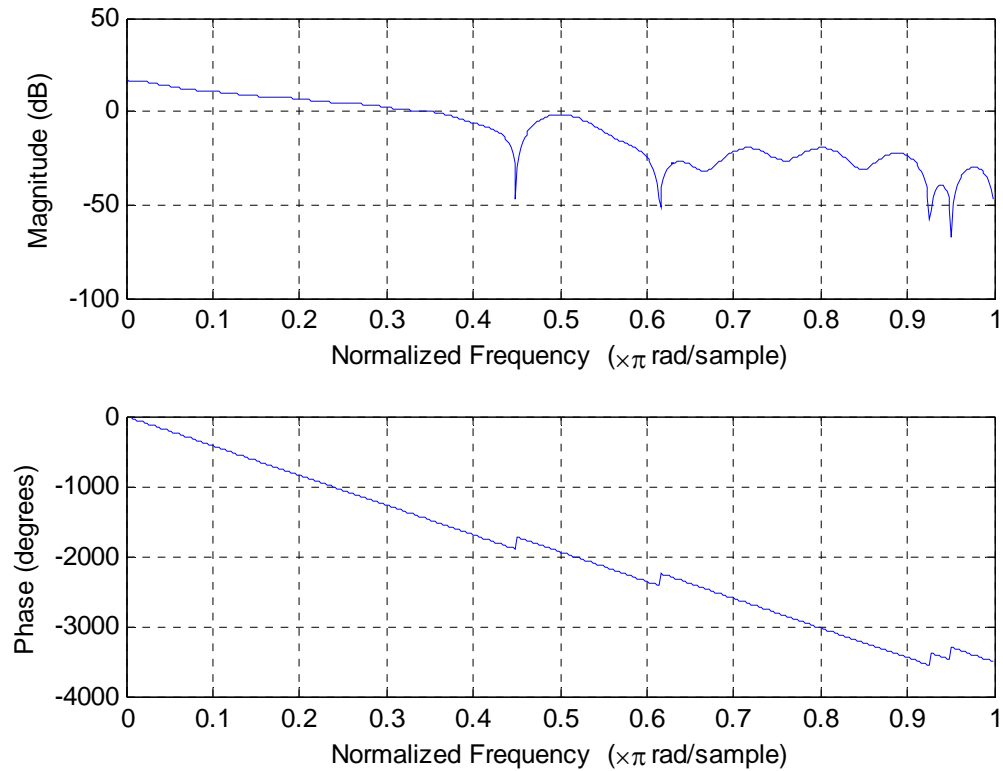
트루 피크(true peak) 레벨 연산의 첫 번째 과정은 희석(attenuate) 모듈로서 정수 연산에서 요구되는 여분의 데이터 비트를 확보하기 위하여 입력 오디오 신호를 2 비트를 시프트하여 12.04 dB 낮추는 작업을 수행한다(입력 신호가 고정 소수점 데이터인 경우 희석 모듈은 필요하지 않다). 두 번째 과정인 오버샘플링 모듈에서는 데이터를 높은 샘플링을 갖는 데이터로 변환하여 최대값 측정에 사용되는 데이터의

정밀도를 높이는 작업을 수행한다. 실례로 48 kHz 오디오 데이터를 192 kHz로 샘플링 주파수를 높이는 작업을 수행하고, 92 kHz는 2 배를 오버샘플링하여 192 kHz에 맞춘다.

세번째 과정으로 오버샘플링된 신호는 48 차 4 phase FIR필터 통과하게 된다. 이는 Up-sampling으로 발생하는 aliasing 문제에 대한 해결 방법으로써 오버샘플링 후에 interpolation filter(low-pass filter)가 사용된다. 사용되는 필터 계수는 <표 7-4>와 같고, 필터에 대한 주파수 응답은 (그림 7-6)과 같다.

<표 7-4> Up-sampling(oversampling)의 Aliasing 을 제거를 위한 interpolation 필터 계수

Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
0.0017089843750	0.0291748046875	0.0189208984375	0.0083007812500
0.0109863281250	0.0292968750000	0.0330810546875	0.0148925781250
0.0196533203125	0.0517578125000	0.0582275390625	0.0266113281250
0.0332031250000	0.0891113281250	0.1015625000000	0.0476074218750
0.0594482421875	0.1665039062500	0.2003173828125	0.1022949218750
0.1373291015625	0.4650878906250	0.7797851562500	0.9721679687500
0.9721679687500	0.7797851562500	0.4650878906250	0.1373291015625
0.1022949218750	0.2003173828125	0.1665039062500	0.0594482421875
0.0476074218750	0.1015625000000	0.0891113281250	0.0332031250000
0.0266113281250	0.0582275390625	0.0517578125000	0.0196533203125
0.0148925781250	0.0330810546875	0.0292968750000	0.0109863281250
0.0083007812500	0.0189208984375	0.0291748046875	0.0017089843750



(그림 7-6) Interpolation 필터의 주파수 응답 특성

네번째 과정으로 필터 출력 후 신호에 대해 절대값 연산을 적용하고, dB TP 로 변환하기 위해서 “ $20\log_{10}$ ” 계산식을 적용하여 오디오 신호의 최대 레벨(True Peak)을 획득한다. 만약 첫번째 과정에서 희석 과정을 수행하였다면, 이를 보상하기 위해서 네번째 과정 후에 12.04dB 보상 과정을 수행하고, 최종 결과를 출력한다.

부 속 서 A

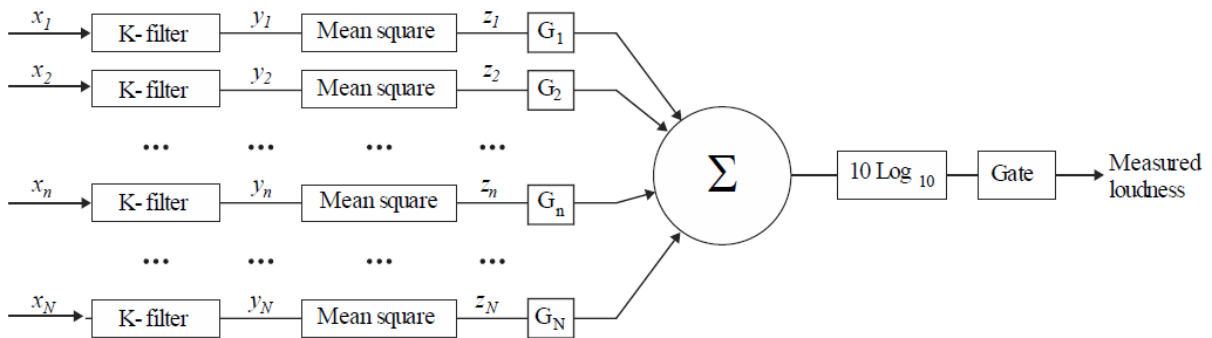
(본 부속서는 표준 내용의 일부임)

멀티채널 사운드 시스템을 위한 음량 측정 방법의 확장

A.1 멀티채널 사운드 시스템을 위한 확장

본 부속서는 ITU-R 권고 BS.2051에 규정된 임의의 스피커 배치 구성을 갖는 멀티채널 사운드 시스템에 대한 객관적인 음량 측정 방법을 명기한다.

본 알고리즘은 7장, ITU-R 권고 BS.1770-3 기반 오디오 음량 측정 방법의 다채널 음량 측정 방법을 확장한 알고리즘으로, 입력 채널의 개수가 증가되었고, 채널별 가중치 적용이 확장되었다. 즉, <표 7-3>의 채널별 가중치 G_i 값이 채널의 위치(방위 각도와 고도각도에 따른 스피커 위치)에 따라 새로이 적용되었다.



(그림 A-1) ITU-R 권고 BS.2051에 규정된 멀티채널 오디오 음량 측정 방법의 블록도

(그림 A-1)은 ITU-R 권고 BS.2051에 규정된 임의의 스피커 배치 구성을 갖는 멀티채널 사운드 시스템을 위한 객관적인 음량 측정 알고리즘의 블록도를 보인 것이다. N은 LFE 채널을 제외한 입력 채널의 수를 의미하고, 채널별 가중치 계수 G_i 는 <표 A-1>에 보이는 것과 같이 방위 각도(azimuth angle, θ)와 고도 각도(elevation angle, ϕ)로 규정된 채널의 위치에 따라서 정해진다.

<표 A-1>에 따라서 ITU-R 권고 BS.2051에 규정된 스피커 배치 구성에 대해 위치 기반 채널별 가중치 값은 <표 A-2>와 같이 정의된다.

<표 A-1> 위치 기반 채널별 가중치

Elevation (ϕ)	Azimuth (θ)		
	$ \theta < 60^\circ$	$60^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$	$120^\circ < \theta \leq 180^\circ$
$ \phi < 30^\circ$	1.00(± 0 dB)	1.41(+1.5dB)	1.00(± 0 dB)

else	1.00(± 0 dB)
------	-------------------

<표 A-2> ITU-R 권고 BS.2051 에 규정된 스피커 배치 구성에 대한 위치 기반 채널별 가중치

Loudspeaker label	weighting		Loudspeaker configuration							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			0+2+0	0+5+0	2+5+0	4+5+0	4+5+1	3+7+0	4+9+0	9+10+3
M+000	1.00	(± 0.0 dB)		X	X	X	X	X	X	X
M+SC	1.00	(± 0.0 dB)							X	
M-SC	1.00	(± 0.0 dB)							X	
M+030	1.00	(± 0.0 dB)	X	X	X	X	X	X	X	X
M-030	1.00	(± 0.0 dB)	X	X	X	X	X	X	X	X
M+060	1.41	(+1.5dB)								X
M-060	1.41	(+1.5dB)								X
M+090	1.41	(+1.5dB)						X	X	X
M-090	1.41	(+1.5dB)						X	X	X
M+110	1.41	(+1.5dB)		X	X	X	X			
M-110	1.41	(+1.5dB)		X	X	X	X			
M+135	1.00	(± 0.0 dB)						X	X	X
M-135	1.00	(± 0.0 dB)						X	X	X
M+180	1.00	(± 0.0 dB)								X
U+000	1.00	(± 0.0 dB)								X
U+030	1.00	(± 0.0 dB)			X	X	X			
U-030	1.00	(± 0.0 dB)			X	X	X			
U+045	1.00	(± 0.0 dB)						X	X	X
U-045	1.00	(± 0.0 dB)						X	X	X
U+090	1.00	(± 0.0 dB)								X
U-090	1.00	(± 0.0 dB)								X
U+110	1.00	(± 0.0 dB)				X	X		X	
U-110	1.00	(± 0.0 dB)				X	X		X	
U+135	1.00	(± 0.0 dB)								X
U-135	1.00	(± 0.0 dB)								X
U+180	1.00	(± 0.0 dB)						X		X
T+000	1.00	(± 0.0 dB)								X
B+000	1.00	(± 0.0 dB)					X			X
B+045	1.00	(± 0.0 dB)								X
B-045	1.00	(± 0.0 dB)								X

부 록 1-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

지식재산권 협약서 정보

1-1.1 지식재산권 협약서

- 해당 사항 없음

부 록 1-2

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

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 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

본 표준의 연계(family) 표준

- 해당 사항 없음

부 록 Ⅰ-4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

참고 문헌

- 해당 사항 없음

부 록 1-5

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

영문표준 해설서

- 해당 사항 없음

부 록 1-6

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

표준의 이력

판수	채택일	표준번호	내용	담당 위원회
제1판	2013.10.10	제정 TTAK.KO-07.0114	-	케이블방송 프로젝트그룹 (PG803)
제2판	2015.06.23	개정 TTAK.KO-07.0114/R1	중복 내용 삭제, 일부 용어 수정(의미 명확화), 라우드니스 측정 방법 본문으로 이관.	케이블방송 프로젝트그룹 (PG803)
제3판	2016.12.27	개정 TTAK.KO-07.0114/R2	트루 피크 측정 방법 설명 보완 (과정 명확화), ITU-R BS.2051의 멀티 채널 음량 측정 방법 추가.	케이블방송 프로젝트그룹 (PG803)

부 록 II

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

디지털 방송 프로그램 음량 운용에 관한 유의 사항

II.1 디지털 방송 프로그램 제작 과정의 유의 사항

- 1) 디지털 방송 프로그램의 음량을 목표 음량으로 정규화한다는 것은 모든 음원들의 음량을 강제적으로 일정하게 맞추는 의미는 아니며, 큰소리는 크게, 작은 소리는 다소 작게 표현하여 전체적인 음량의 평균이 목표 음량 기준에 맞게 하는 것을 목표로 해야 한다.
- 2) 처음에는 크다 나중에는 작아진다가거나, 큰 소리와 작은 소리의 편차가 너무 심하면 목표 음량 기준에는 만족하나 실제 시청자가 듣기에는 크고 작은 음량의 편차가 있어 불편하게 되므로, 전체적으로 일정한 청감 레벨을 유지할 수 방송 프로그램을 제작해야 한다.
- 3) 방송 프로그램의 음량을 맞추기 위해 기본적으로 음량 레벨 미터를 사용해야 하지만, 시청자에게 보다 좋은 음질을 제공하기 위해서 dBFS 피크 미터와 VU 미터 등도 병행하여 사용하는 것이 필요하다(dBFS는 피크 인지용, VU는 청감 레벨용).
- 4) 가정에서 소음이 있는 시청 환경을 고려해서 작은 소리들을 다소 높여주어 소음에 묻혀 소리가 들리지 않는 부분을 개선하는 것이 필요하지만, 소곤대는 소리와 소리지르는 소리 등을 비슷하게 만들 경우 제작 의도에 벗어나게 되므로 주의해야 한다.
- 5) 방송 프로그램의 음량 레벨이 유사한 경우에도 일반적인 사람 목소리와 잘 정제된 음악의 경우, 음악이 청감상 다소 크게 들릴 수 있으므로 앞뒤 청감이 유사할 수 있도록 음악만이 있는 경우는 음량 레벨을 다소 낮출 필요도 있다.
- 6) 방송 프로그램의 음량을 목표한 값으로 제작하기 위해서 프로그램 전체의 평균 음량 레벨을 염두에 두고, 단구간(Shot-Term) 음량과 피크 레벨 미터를 중점적으로 보면서 작업해야 할 필요가 있다.
- 7) 디지털 방송 프로그램의 제작 과정에서 음량의 측정은 음성(Voice), 배경 음악(Back Ground Music), 음향 효과(Sound Effect) 등 방송 프로그램 내 모든 소리를 대상으로 측정해야 한다.
- 8) 음향 믹싱 시 수없이 녹음과 재생을 반복하므로 한 프로그램 전체의 평균 음량

의 측정이 어려우므로 모든 음향 믹싱 작업 종료 후 다시 전체적인 음량을 측정해야 한다.

II.2 방송 프로그램 장르별 유의 사항

II.2.1 토크쇼, 뉴스 생방송 등

1) 방송 프로그램의 주된 소리의 요소가 대화와 사람의 목소리이므로 전체적인 음량의 변동이 크지 않은 특성을 가진다. 따라서, 순간 음량 또는 쇼트 타임 음량과 평균 음량 값을 적절히 활용하여 음향 믹싱 과정에서 목표 음량을 맞출 수 있도록 해야 한다.

2) 뉴스 생방송 등은 모든 방송이 종료되어야 평균 음량의 수정이 가능하므로, 생방송에서는 위와 같은 방법으로 목표 음량을 맞추는 것이 효과적이다.

II.2.2 드라마, 음악 프로그램 등

1) 드라마의 경우, 제작 의도와 장면에 따라 음량(특히 음향 효과음)의 편차가 발생하는 경우가 많다. 따라서, 목표 음량만을 고려하여 강제적으로 다이내믹 레인지를 줄여서는 안 되며, 반대로 너무 편차가 커서 시청자가 불편을 느끼게 되면 안되므로 양쪽을 적절히 조절할 필요가 있다.

2) 큰 음량의 소리들을 목표 음량에 맞추기 위해 과도하게 프로세싱하면 음색의 변화가 심해지므로 지양해야 한다.

3) 음성과 음악이 동일한 피크 레벨일 경우라도 일반적으로 음악의 음압이 높아서 음량 레벨이 높게 나타나므로 귀로 느꼈을 때 느껴지는 음량감을 중시하여 제작해야 한다.

II.2.3 스포츠 프로그램 등

1) 스포츠 프로그램은 주로 해설자의 음성 위주이므로 해설자의 음성을 중심으로 목표 음량에 맞추어 작업해야 한다.

II.2.4 예능, 교양 등

1) 예능, 교양 등은 음성 위주의 프로그램들로 특별한 제작진의 의도가 없는 경우라면 음성을 중심으로 목표 음량에 맞게 제작되어야 한다.

II.2.5 5.1 채널 서라운드 방송 프로그램 등

1) 5.1 채널 서라운드 방송 프로그램의 경우, 주로 TV 수신기를 통해 스테레오로 시청하는 국내 환경을 고려했을 때, 다운믹스 된 음량이 0 ~ 3 dB 감쇄하는 것을 감안한 프로그램 제작이 필요하다.

II.3 디지털 방송 프로그램의 송출 및 전송 과정의 유의사항

1) 오디오는 외장 장비를 사용해 프로세싱을 가하게 되면 음질 및 음색이 변화하게 되므로 기본적으로 송출 또는 전송 단계에서 별도의 자동 음량 프로세싱 장비를 사용하는 것은 바람직하지 않다. 그러나, 프로그램 제작 과정에서 음량 레벨 규정에 맞도록 제작하는 것이 어려운 경우(예를 들면, 자체 시스템으로 음향 믹싱을 하지 않고 외부에서 공급되는 프로그램이나, 생방송 프로그램, 예고 등 주조정실에서 직접 재생하는 프로그램의 경우 또는 방송 시간에 급박하게 제작되어 주조에 입고되거나, 음량 규정 이전에 제작되어 레벨 차이가 현저히 나지만 사전에 음량의 조정이 어려운 경우)는 방송 신호가 최종 출력되기 직전 단계에 방송 프로그램의 음량을 지정된 값으로 자동으로 조정해 주는 자동 음량 프로세싱 장비를 설치하여 운용할 수도 있다.

2) 제작 과정에서 최대한 목표 음량 기준에 맞는 음량 레벨로 디지털 방송 프로그램을 제작하는 것이 매우 중요하며, 가급적 자동 음량 프로세싱 장비의 사용은 피하는 것이 좋다.

3) 자동 음량 조정 장비를 사용하게 되는 경우는 주조의 송출 최종단에 설치한다. 즉, AC3 인코딩 혹은 이에 준하는 인코딩 장비 바로 전단에 위치해야 한다.

4) 자동 음량 조정 장비를 사용하는 경우, 실시간으로 음량을 계산하여 프로세싱을 진행하므로 오디오의 지연이 발생할 수 있다. 따라서, 비디오와의 립싱크를 자동 조정해주지 않으면 방송 시청 시 오디오가 비디오보다 늦게 재생되어 어색할 수 있으므로 자동 음량 조정 장비 또는 기타 장비를 통해서 비디오와 오디오의 립싱크를 맞춰 주어야 한다.