

제 출 문

본 보고서를 「디지털방송 음향레벨 기술 표준화 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011. 11. 25.

연구책임자 : 이 상 운 (남서울대학교)

연 구 원 : 박 원 우 (연세대학교)

연 구 원 : 박 상 원 (연세대학교)

연 구 원 : 심 동 규 (연세대학교)

연구보조원 : 김 용 호 (남서울대학교)

연구보조원 : 나 지 현 (남서울대학교)

요 약 문

1. 과제명 디지털방송 음향레벨 기술 표준화 연구
2. 연구 기간 : 2011. 3. 28 ~ 2011. 11. 25
3. 연구책임자 : 이상운
4. 계획 대 진도
 - 가. 월별 추진내용 (월별 추진 내역 표 참조)

세부내용	연구자	월별 추진계획											비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
음향레벨의 국내 방송사업자별 현황 분석	박원우 심동규			■ ■									계 획 ■ 추진 ■ 실적
ITU 등 국제 표준화 동향 조사·분석	박원우 박상원				■ ■								
심리음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법 연구	박원우 김용호					■ ■	■ ■	■ ■	■ ■				
디지털 음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 연구	심동규 나지현									■ ■	■ ■		
연구보고서작성	김용호 나지현											■ ■	
분기별 수행진도(%)		0		35			35			30			

나. 세부 과제별 추진사항

1) 음향레벨의 국내 방송사업자별 현황 분석

○ 음향레벨의 국내 방송사 관리기준 조사

- 디지털 텔레비전 사업자들의 음향레벨 관리
현황조사
- 국내 주요 TV방송채널 별 오디오 음량
실측조사

2) ITU 등 국제 표준화 동향 조사·분석

- 디지털 방송 음향레벨에 대한 ITU-R BS. 1770,
1864 외 관련 기술 문서조사 분석
- 유럽 미국의 표준화 및 기술개발 현황 파악

3) 심리음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법 연구

- 음향심리 모델 연구
- 주관적 음량에 대한 객관적 측정 방법 연구

4) 디지털 음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 연구

- 프로그램과 방송광고 간의 음향수준 균일화
연구
- 디지털 텔레비전에 적용하기 위한 음향레벨
기술기준(안) 연구

5. 연구결과

1) 음향레벨의 국내 방송사업자별 현황 분석

- MBC, KBS 등 주요 방송사의 제작 및 송출

단계에서의 방송프로그램 음향 레벨 관리 현황
조사

- 방송 수신기 (TV) 제조사의 음향레벨 관리
현황 조사
- 국내 주요 TV방송채널 별 오디오 음량
실측조사

2) ITU 등 국제 표준화 동향 조사 · 분석

- RECOMMENDATION ITU-R BS.1770,
Algorithms to measure audio
programme loudness and true-peak audio
level (2011년 발간) 분석
- Recommendation ITU-R BS.1864
Operational practices for loudness in the
international exchange of digital
television programmes (2010년 3월 발간) 분석
- ATSC 발간 ATSC Recommended Practice:
Techniques for Establishing and Maintaining
Audio Loudness for Digital Television
(2011년 5월 제정) 분석

- 3) 심리음향을 객관적으로 계량하여 음향 레벨을 측정하는 방법 연구
 - o 다양한 프로그램 종류별 음향레벨 측정 방법 연구
 - o 국제표준 적용한 음향레벨측정 장비 현황조사
- 4) 디지털 음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 연구
 - o 프로그램과 방송광고 간의 음향수준 균일화 방안 연구
 - o 디지털 텔레비전에 적용하기 위한 음향레벨 기술기준화(안) 관련 방송사 의견 수렴 실시

6. 기대효과

- 1) 디지털 방송 음향레벨 관리를 위한 정책 수립
- 2) 방송사 대상 디지털 방송 음향레벨 관리의 중요성 인식 공유
- 3) 디지털 방송 서비스 품질 제고
- 4) 디지털 방송 음향 레벨 계측 및 제어 장비 산업 활성화
- 5) 국내 디지털 방송 콘텐츠 국제 경쟁력 제고

6. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
Signal Generator	-	1	신호발생용	남서울대학교		
Oscilloscope	-	1	신호분석용	“		
오디오 레벨 측정기	-	1	오디오 레벨 측정	남서울대학교		
데스크탑 PC	서버급	1	자료 조사 및 문서작성	남서울대학교		
노트북 PC	-	2	“	“		
프린터	레이저/잉크젯	3	문서인쇄	“		

8. 기타사항

o 해당 없음

디지털방송음향레벨 기술표준화 연구

국문 초록

TV 방송서비스 시청자들은 채널을 이동하면서 혹은 한 채널 내의 다른 프로그램들을 시청하면서 오디오 크기의 변화가 큰 것을 원하지 않는다. 적절치 못한 오디오의 동적영역 설정은 시청자들의 불편을 초래하고 오디오 볼륨을 빈번하게 조절해야만 하는 불편을 유발시키기도 한다.

본 연구는 디지털 방송 환경에서 오디오 음향 레벨을 적절하게 유지시키기 위한 방법을 고찰하고 국내에 적용 가능한 기술기준 혹은 기술표준 제정 방안을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

영문 초록

We sometimes experience uncomfortable cases, when we change television channels or when program changed in a same channel, because of the excessive change of audio loudness.

The purpose of this study is to show the method to stabilize the audio loudness of program in digital broadcasting environment. And more, to adopt these schemes to domestic broadcasting services, institutionalization ways are studied.

색 인 어	한글	음향레벨, 음량
	영문	Audio Level, Audio Loudness

목 차

표 목 차.....	11
그림목차	12
제 1 장 서 론.....	14
제 2 장 연구의 개요..	16
제 1 절 연구의 목적	16
제 2 절 연구의 목표.....	16
제 3 절 연구의 필요성	16
제 4 절 연구의 내용 및 방법....	19
제 5 절 연구추진 전략 및 방법	20
제 3 장 디지털방송 음향레벨 관련 기술 동향.....	21
제 1 절 ITU 표준화 동향.....	21
제 2 절 유럽 표준화 동향.....	22
제 3 절 미국 표준화 동향.....	24
제 4 장 디지털방송 음향레벨 관련 국내 현황.	25
제 1 절 MBC 현황.....	25
제 2 절 KBS 현황.....	30

제 3 절 국내 디지털방송 음향 레벨 현황	..31
제 4 절 국내 디지털방송 음향레벨 기준확보의 필요성	..36
제 5 장 디지털방송 음향레벨 측정 방법	.....38
제 1 절 ITU-R 방법	.....38
제 2 절 EBU 방법	.....52
제 6 장 디지털방송 음향 레벨 표준화 방안	....71
제 1 절 디지털방송 음향 레벨 관련 현행제도 검토	.....71
제 2 절 방송사업자 의견	....72
제 3 절 디지털방송 음향 레벨 표준화방안	.73
제 7 장 결론	.....75
부 록	...76
참고문헌	.....80

표 목 차

표 4-1	텔레비전 채널 별 음향 레벨 비교	. . . 35
표 5-1	스피어 헤드(spherical head) 모델을 위한 필터 상수.....	. 46
표 5-2	RLB 가중치 커브를 위한 필터 상수	. . . 47
표 5-3	개별 오디오 채널을 위한 가중치.....	49
표 5-4	최소 사양의 테스트 신호들..	..... 57
표 5-5	MPEG-1 Layer II 비트스트림 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation.....	..... 66
표 5-6	DD/DD+ 메타 데이터 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation	..... 67
표 5-7	HE_AAC 메타 데이터 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation	. . . . . 68

그 립 목 차

그림 4-1 음향제작 기준레벨 (Target 레벨)-dBFS	26
그림 4-2 음향제작 기준레벨 (Target 레벨)-PPM	27
그림 4-3 TV 주조정실내 오디오 계통도	28
그림 4-4 TV 주조정실내 그래픽 오디오레벨 측정기	29
그림 4-5 TV 주조정실 내 OPTIMOD	29
그림 4-6 오디오 레벨 측정기 (VU 미터)	30
그림 4-8 KBS 텔레비전 채널 별 음향 레벨 비교	32
그림 4-9 A방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨	33
그림 4-10 B방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨	33
그림 4-11 C방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨	34
그림 4-12 D방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨	34
그림 4-13 주요 TV채널 별 오디오 레벨 비교	35
그림 5-1 Critical loudness levels	40
그림 5-2 다채널 알고리즘 블록다이어그램	44
그림 5-3 헤드의 탄성효과를 설명하는 사전필터의 응답	45
그림 5-4 2차 필터 신호흐름도	45
그림 5-5 RLB 웨이팅 커브	47
그림 5-6 최대치 측정 블록다이어그램	51
그림 5-7 EBU R 128 logo	53
그림 5-8 과거의 오디오 레벨 기준	53
그림 5-9 다양한 방송 시청 환경	59

그림 5-10 송출 단계에서의 정규화 효과	.....	61
그림 5-11 음량 정규화기를 포함한 디지털 방송 송출시스템	.	63
그림 5-12 MPEG-1 Layer II.시스템에 대한 입력음향레벨 측정과 정규화.	.	69
그림 5-13 HE-AAC와 DD/DD+.시스템에 대한 입력 음향레벨 측정과 정규화	..	70
그림 6-1 디지털 방송 음량 측정 및 관리 장비 시연		73

제 1 장 서 론

TV 방송서비스 시청자들은 채널을 이동하면서 혹은 한 채널 내의 다른 프로그램들을 시청하면서 오디오 크기의 변화가 큰 것을 원하지 않는다. 적절치 못한 오디오의 동적영역 설정은 시청자들의 불편을 초래하고 오디오 볼륨을 빈번하게 조절해야만 하는 불편을 유발시키기도 한다.

아날로그 텔레비전 시대에는 방송의 다양한 단계에서 오디오의 동적 영역을 조절할 수 있는 처리과정을 적용할 수 있어, 프로그램 간의 이동 혹은 채널간의 이동 시의 동적 영역의 변화를 적절히 줄여주는 것이 가능하였다. 그러나 아날로그텔레비전이 디지털 텔레비전으로 전환되면서 방송 오디오의 동적 영역이 100dB 이상으로 확장되어 디지털 텔레비전의 오디오 음량이 적절하게 조정되지 않는다면, 과도한 변화를 초래할 수 있게 되었다. 또한 디지털 시대에 맞는 오디오 제어 방법이 필요하게 되었다.[15]

국내의 경우 디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오 레벨에 대한 기준이나 표준이 확립되어 있지 상황이며, 따라서 방송사 채널 별, 프로그램 별로 오디오 레벨이 일정치 않은 경우가 많아, 시청자들의 방송프로그램 시청에 불편을 주는 경우가 종종 발생하고 있다.

본 연구는 디지털 방송 환경에서 오디오 음향 레벨을 적절하게 유지시키기 위한 방법을 고찰하고 국내에 적용 가능한 기술기준 혹은 기술표준 제정 방안을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

연구의 주요 내용 및 범위로는 국내 주요 방송사업자별 음향레벨의 현황 분석, ITU 등 국제 표준화 동향에 대한 조사와 분석을 포함하여 디지털 방송 음향레벨에 대한 ITU-R BS.1864, BS.1770 등 관련 기술 문서의 분석과 표준화 동향이 있다. 이 외에 심리음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법과 디지털 텔레비전

음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 등이 포함된다.

연구의 방법으로는 국내 주요 방송사들의 방송제작 송출현장에서 디지털방송 음향 레벨 관리 실태 조사, 관련 전문가 면담 조사와 ITU-R 기술문헌 조사 및 분석, 연구논문 조사 및 분석, 관련 전문가 대상 의견수렴 실시 등이 포함된다.

본 연구의 결과는 디지털 텔레비전 방송음향 레벨의 균일화를 위한 정책 수립과 양질의 디지털 방송서비스 제공에 기여할 수 있을 것이다. 또한 이를 통해 시청자들의 만족도를 증대시키고 디지털 방송 음향 레벨 측정 및 제어 장비산업을 육성시키고 국내 디지털 방송프로그램의 국제적 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 장 연구의 개요

제 1 절 연구의 목적

본 연구는 디지털 방송 환경에서 오디오 음향 레벨을 적절하게 유지시키기 위한 방법을 고찰하여 국내에 적용 가능한 기술기준 혹은 기술표준 제정 방안을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

제 2 절 연구의 목표

TV 방송서비스 시청자들은 채널을 이동하면서 혹은 한 채널 내의 다른 프로그램들을 시청하면서 오디오 크기의 변화가 큰 것을 원하지 않는다. 적절치 못한 오디오의 동적영역 설정은 시청자들의 불편을 초래하고 오디오 볼륨을 빈번하게 조절해야만 하는 불편을 유발시키기도 한다.

아날로그 텔레비전 시대에는 방송의 다양한 단계에서 오디오의 동적 영역을 조절할 수 있는 처리과정을 적용할 수 있어, 프로그램 간의 이동 혹은 채널간의 이동 시의 동적 영역의 변화를 적절히 줄여주는 것이 가능하였다. 그러나 아날로그텔레비전이 디지털 텔레비전으로 전환되면서 오디오의 동적 영역은 확장되었으나, 이를 적절하게 조절하는 기준의 적용없이 방송서비스가 제공되고 있는 실정이어서 ITU, ATSC, EBU 등 미국, 유럽 등 선진국들을 중심으로 표준이 제정되고 있는 상황이다.

국내의 경우 디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오 레벨에 대한 기준이나 표준이 확립되어 있지 상황이며, 따라서 방송사 채널 별, 프로그램 별로 오디오 레벨이 일정치 않은 경우가 많아, 시청자들의 방송프로그램 시청에 불편을 주는 경우가 종종 발생하고 있다.

본 연구는 이러한 시대적 상황의 변화에 따라 수행하게 되었으며, 연구의 주요목표들은 다음과 같다.

가. 디지털 방송 음향 레벨 표준 확보

- 국내의 경우 디지털 방송의 음향 레벨에 대한 기술기준이나 표준이 확립되어 있지 않은 상황임
- 본 연구는 디지털 방송에 적용하기 위한 음향 레벨 기준 제시를 주된 목표로 함

나. 객관적인 디지털방송 음향 레벨 측정 방안 제시

- 디지털 방송에 적용 가능한 음향 레벨 측정 방법 연구 및 측정방안 제시
- 디지털 방송에 적정한 음향레벨을 제시하고 방송 서비스에 적용하기 위한 기술기준(안)을 제시

제 3 절 연구의 필요성

국내의 경우 디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오 레벨은 별다른 기준이나 표준이 없이 방송사 별, 프로그램 별로 일정치 않은 경우가 많아, 프로그램 시청에 불편을 주는 경우가 종종 발생하고 있다.

특히 이런 프로그램들이 외국으로 수출될 경우 더 큰 문제가 야기될 수도 있다. 최근 국내 방송사와 영화사들이 제작하는 인기 드라마나 영화들의 경우 국내는 물론이고 아시아, 남미를 비롯해서 아랍권까지 인기몰이를 하는 등 수출이 증대되고 있다. 또한 외국 프로그램의 국내 수입 역시 국내 방송 매체의 증대에 따라 꾸준히 증대되고 있는 실정이다.

디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오레벨에 대한 국내 기준 확보

가 필요하며, 연구의 필요성을 다음과 같이 정리할 수 있다.

가. 기존 아날로그 전송방식에서 디지털 방식으로 전환되면서 음향 레벨 및 조정의 기능 재정립 필요

- 국내의 경우 디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오 레벨에 대한 기준이나 표준이 확립되어 있지 상황임
- 또한 방송사 별, 프로그램 별로 레벨이 일정치 않은 경우가 많아, 프로그램 시청에 불편을 주는 경우가 종종 발생함

나. 디지털방송 음향 레벨의 안정화를 통해 양질의 서비스제공 필요

- 디지털 방송 채널 및 프로그램 간의 오디오 레벨 차이의 감소는 청취만족의 향상을 증대시킴
- 음향 레벨의 안정화는 디지털 방송 서비스 품질을 제고하고 양질의 서비스 제공이 가능하게 함

다. 디지털방송 시스템 및 수신기 산업 경쟁력 제고에 필요

- 현재 디지털 방송 음향 레벨의 안정화를 위한 국제 표준 (ITU-R 권고문) 이 채택된 바 있으며, 이의 적용을 위한 노력들이 진행 중임
- 따라서 디지털 방송 음향 레벨의 안정화를 위한 연구는 국내 디지털 방송기술의 경쟁력을 확보하기 위해서도 필요함

제 4 절 연구내용 및 범위

본 연구의 주요 내용은 디지털 방송 환경에서의 음향 레벨을 관리하기 위한 국제기술표준화 현황 및 국내 방송사 관련 운영실태 조사와 표준화방안 등이며, 구체적 내용과 범위는 다음과 같다.

가. 음향레벨의 국내 방송사업자별 현황 분석

- 디지털 텔레비전 사업자현황 및 방송 음향레벨 관리 실태조사

나. ITU 등 국제 표준화 동향 조사·분석

- 디지털 방송 음향레벨에 대한 ITU-R BS.1770, BS.1864 등 관련 기술 문서의 분석
- 표준화 동향 및 기술개발 현황 파악

다. 심리음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법 연구

- 음향심리 모델 연구
- 주관적 음량에 대한 객관적인 측정 방법 연구

라. 디지털 음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 마련

- 디지털방송은 크게 텔레비전과 라디오로 구분이 가능하며, 디지털 텔레비전은 현재 서비스가 실시 중이나 디지털 라디오는 아직 국내 방식이 확정되지 않은 상황임
- 따라서 디지털방송 음향 레벨 표준화 대상은 디지털텔레비전임
- 디지털 텔레비전에 적용하기 위한 음향레벨 기술기준(안) 연구

제 5 절 연구추진전략 및 방법

본 연구는 국제기술표준 및 논문 등의 자료조사 및 분석 등과 방송사 현장 방문조사를 비롯하여 전문가 협의회 운영 등 다양한 방법으로 수행되고 있으며, 각 추진 항목별 추진 전략 및 방법은 다음과 같다.

가. 음향레벨의 국내 방송사업자별 현황 분석

- 디지털방송 음향 레벨 관리 실태조사
- 관련 전문가 면담 조사 실시
- 디지털 방송국 대상 설문조사 실시

나. ITU 등 국제 표준화 동향 조사·분석

- ITU-R 기술문헌 조사 및 분석
- 관련 연구논문 조사 및 분석
- ITU-R 회의 참가를 통한 동향 분석

다. 심리음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법 연구

- ITU-R 기술문헌 조사 및 분석
- 관련 연구논문 조사 및 분석
- 디지털 방송에 적용 가능한 음향레벨 측정 실험시스템 구성
- 디지털 방송 음향 레벨 실측 실험

라. 디지털 음향 레벨의 국내 표준 제정 방안 연구

- 기존 기술기준안 분석
- 디지털 음향 레벨 기술기준안 작성
- 관련 전문가 대상으로 의견수렴 실시

제 3 장 디지털 방송 음향 레벨 관련 기술동향

제 1 절 ITU 표준화 동향

디지털 텔레비전 프로그램의 오디오 레벨 표준화에 대한 필요성은 우리나라뿐 아니라 국제적으로 공감대가 일찍부터 형성되어 왔다. 특히 최근 ITU 공보팀에서 “디지털 텔레비전 시청과 관련하여 시청자들이 채널 이동 시 혹은 동일 채널 내에서의 프로그램 및 광고 전환 시 오디오 레벨이 일정하지 않아 불편을 겪고 있으며, 이를 해결하기 위한 기술을 개발하여 표준으로 제정한다”라는 내용의 홍보를 실시하고 있어, 이 문제에 대한 세계의 관심이 얼마나 큰 지를 알 수 있게 해주고 있다.

해당 기술표준은 2006년부터 최근까지 발간된 권고문들로서 오디오 방송 프로그램의 크기와 true-peak 레벨 측정 방법에 대한 것이다.

○ “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770, 2006년

○ “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-1, 2007년

○ “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-2, 2011년 3월

상기 오디오 레벨의 측정방법 표준과 함께 디지털 프로그램의 국제적 교환에 있어서 실질적 적용을 위하여 다음의 기술표준이 발간되었다.

○ “Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes”, ITU-R 권고문 BS.1864, 2010년

제 2 절 유럽 표준화 동향

유럽의 경우 1900년대부터 디지털 방송의 오디오 레벨 기술표준화에 활동을 시작하여 2000년도에는 “Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders” 라는 명칭의 “EBU 기술권고 68” (EBU Technical Recommendation R68-2000)을 제정한 바 있다. 이 권고는 디지털 오디오 장비에서 디지털 오디오 신호 레벨의 코딩과 관련하여, 가용한 총 비트수에 무관하게 코딩되는 디지털 오디오 신호들의 alignment level 이 18 dB 이하로 설정하는 것이 주요 내용이다.

이 기술권고 발간 이후 디지털 오디오 레벨 관련 여러 기술문서들이 발간되었으며, 주요한 기술문서들은 다음과 같다.

○ “Audio levels – in the new world of digital systems”, John Emmett Broadcast Project Research, 2003년 1월, 기술 리뷰

○ “Level and Distortion in broadcast audio – the Dolby solution”, Tony Spath Dolby Laboratories, Inc., 2003년 1월, 기술 리뷰

○ “The use of high level digital audio material in the production chain”, 2006년 2월, EBU Recommendation R117

○ “Level and Distortion in digital broadcasting”, Thomas Lund
TC Electronic A/S, 2007년 3월, EBU 기술 리뷰 R310

○ “Loudness normalisation and permitted maximum level of
audio signals”, 2010년 8월, EBU 권고 R128

○ “Use of the EBU R 128 logo”, Thomas Lund TC Electronic
A/S, 2010년 12월, EBU 권고 R128 부속서

○ “Practical guidelines for Production and Implementation in
accordance with EBU R 128”, 2011년 2월, EBU 기술 3344

상기 기술문서들 중 2010년 8월에 EBU 권고로 발간된 “Loudness
normalisation and permitted maximum level of audio signals” 는 디
지털 방송 환경에서의 오디오 레벨을 관리하기 위한 기술규격서이며, 이
를 실무에서 적용하기 위한 해설서로서 2011년 2월에 “Practical
guidelines for Production and Implementation in accordance with
EBU R 128” 이 발간되어 현장에 적용하기 위한 기술표준화 작업이 완료
되었다고 볼 수 있다.

EBU R 128에서는 디지털 방송의 적정음량 레벨은 -23 LUFS
(Loudness Unit, referenced to Full Scale; LKFS 와 동일한 단위)로
정규화 되어야 하며, 목표 레벨에 대해 허용되는 편차는 ± 1 LU 이내로
규정하였다.

EBU는 이와 함께 디지털 방송 환경에서의 오디오 레벨이 상기 표준에
의거하여 관리되는 경우 부착하기 위한 로고도 작성하여 배포한 바 있다.

제 3 절 미국 표준화 동향

미국의 디지털 텔레비전 표준은 ATSC (Advanced Television Systems Committee) 방식이며, 디지털 텔레비전에서의 오디오 레벨 크기 설정 및 관리의 필요성을 공감하였다. 또한 2006년 제정된 ITU-R 권고문 BS.1770, “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level” 에 기반하여 아래의 관련표준들을 제정하였다.

○ “ATSC Digital Television Standard: Part 5 - AC-3 Audio System Characteristics”, 2010년 7월

○ “ATSC Digital Television Standard: Part 6 - Enhanced AC-3 Audio System Characteristics”, 2010년 7월

아울러 상기 표준을 실무에 적용하기 위한 구체적이고 상세한 내용을 담은 아래의 실무용 기술표준을 최근 2011년 5월에 제정한 바 있다.

○ “ATSC Recommended Practice: Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television”, 2011년 5월

제 4 장 디지털 방송 음향 레벨 관련 국내 현황

국내 방송사들은 방송환경이 디지털로 전환 된 이후 아날로그 방송 때 대비 넓어진 다이내믹 영역 등으로 인해 오디오 크기에 대한 기준 설정과 관리의 필요성을 공감하고는 있다. 그러나 아직 공통적으로 적용할 기준이 없어 이의 제정이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 국내의 대표적 방송사인 KBS와 MBC의 관련 기준 확보 여부 및 운용현황에 대한 조사와 KBS, MBC, SBS 등 주요 텔레비전 채널별 디지털방송음향 레벨에 대하여 채널별 비교, 방송 채널의 시간 대 별 측정 결과에 대한 분석을 실시하였다.

제 1 절 MBC 현황

공중과 방송사들 중에서 MBC는 모범적으로 디지털 방송 환경에서 제작 및 송출되는 오디오 레벨에 대한 내부 관리지침을 작성하고 이를 준수하도록 권고되고 있었다. 그러나 이는 2011년 1월부터의 적용할 것을 권고하는 것으로 이의 강제 준수 규정은 아직 마련되어 있지 않았으나, 타 방송사 대비 모범적인 사례로 판단될 수 있었다.

다음은 MBC에서 설정한 디지털 텔레비전 음향 제작 표준 레벨 규정이다.

MBC 프로그램 제작 시 음향 레벨 관련 주의 사항

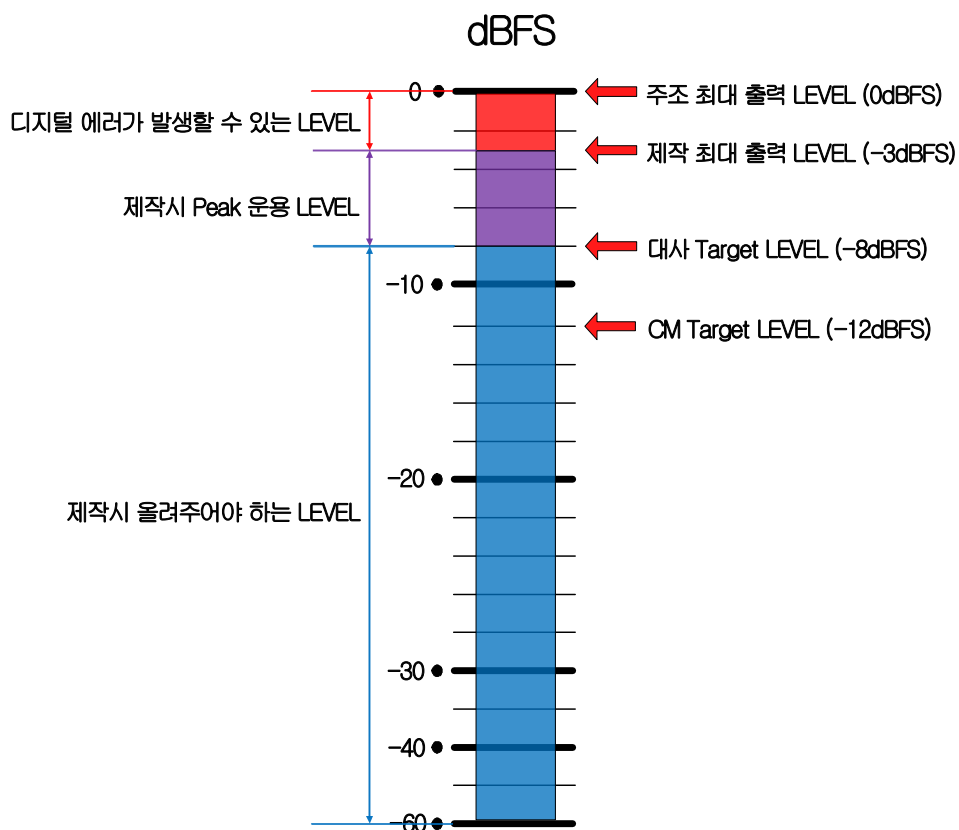
○ 현재 HD 디지털 방송의 음향은 BYPASS 모드로 송출되고 있음.
따라서 제작시 음향 레벨이 그대로 송출 시에도 적용됨.

○ dBFS 디지털 Peak 미터 혹은 VTR 상의 오디오 입력 디지털 미터를 기준으로 함.

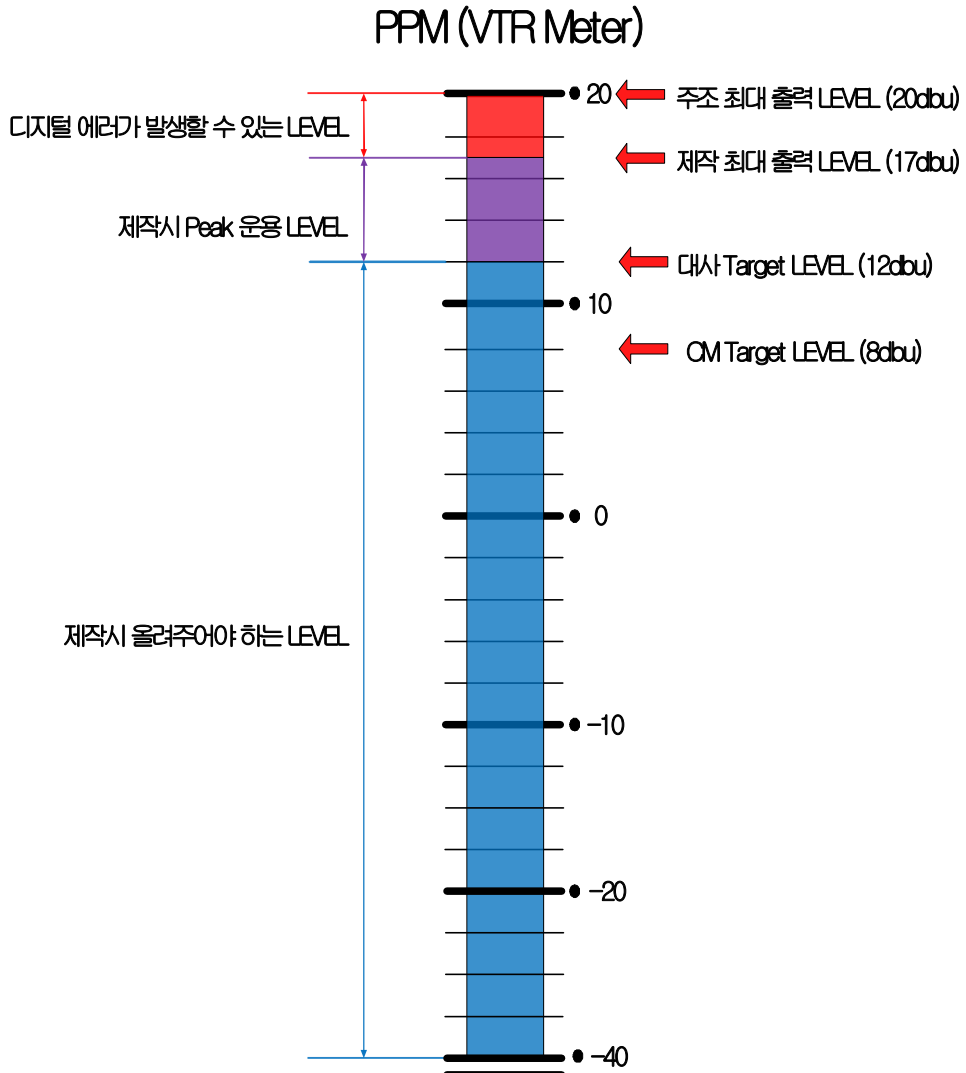
○ VTR 오디오 미터에 빨간불(Peak시)이 들어와도 일시적이거나 청감상 이상이 없을 경우 무시해도 무방함.

○ CM 이나 타이틀 음악 등은 청감상 비슷하게 하기 위해 본 프로그램 레벨보다 약간 낮게 제작함.

MBC 음향 제작 표준 레벨 (Target 레벨)



[그림 4-1] 음향 제작 기준 레벨 (Target 레벨) - dBFS



[그림 4-2] 음향 제작 표준 레벨 (Target 레벨) - PPM

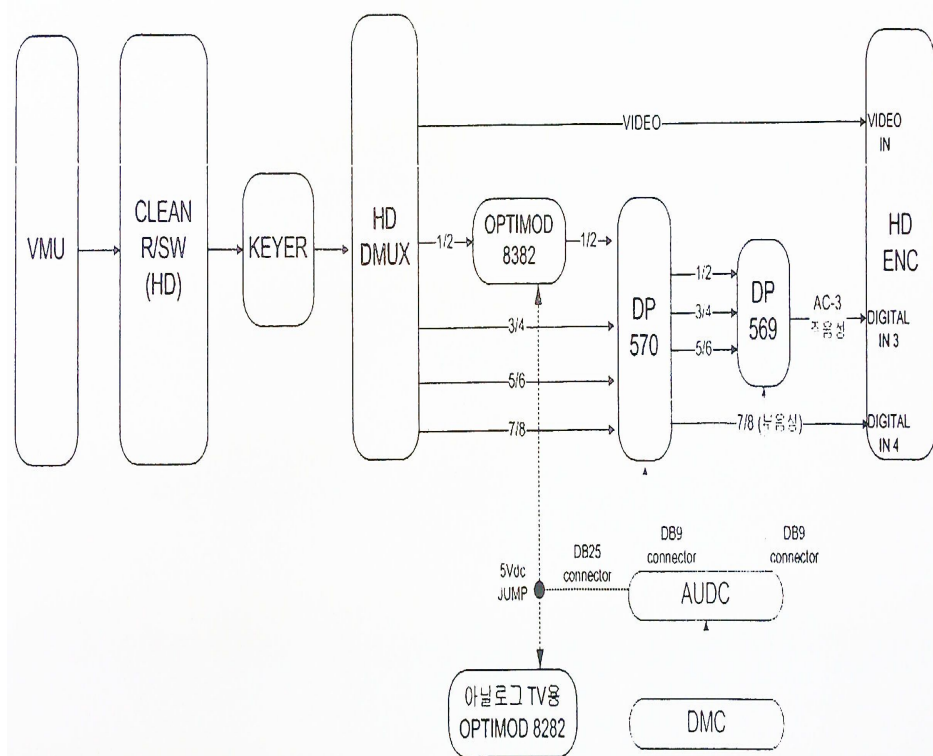
상기의 프로그램 제작 관련 디지털 방송용 음향 레벨 기준과는 별도로 제작된 프로그램들을 최종 송출하기 위한 주조정실에서도 오디오 레벨에 대한 조정이 이루어 질 수 있다.

MBC의 디지털 텔레비전 방송을 위한 음향 계통은 다음과 같은 구성을 가지고 있으며, 오디오 레벨 제어는 구성도 내의 Optimod 8382과 프로그

램 자동 송출 시스템인 APC (Automatic Program Control)의 제어로써 가능하다.

여기서 특기할 것은 HD 디지털 방송의 음향은 BYPASS 모드로 송출되고 있어, 주조정실에서 별도의 제어가 되지 않으므로, 제작 시 설정한 음향 레벨이 그대로 송출되어 시청자들에게 전송된다는 것이다.

따라서 디지털 방송 프로그램의 음향 레벨 기준설정 및 관리에 있어서 프로그램의 제작 시의 적용 뿐 아니라, 송출단계에서의 음향레벨 제어 기능추가가 필요함을 알 수 있다.



[그림 4-3] 텔레비전 주조정실 내 오디오 계통도

텔레비전 주조정실 내에서 오디오 레벨은 주조정실 내에 설치되어 있는 여러 채널의 비디오 모니터에는 각각의 비디오에 대한 오디오 레벨이 그

래픽으로 표시되어 근무자들이 오디오 레벨 파악을 용이하게 할 수 있게 되어 있다.



[그림 4-4] 텔레비전 구조정실 내 프로그램 별 그래픽 오디오레벨 측정기

[그림 4-5]는 구조 내에 설치되어 오디오 레벨 등의 설정을 해주는 장비인 OPTIMOD 이며, [그림 4-6]은 제작장비 등에 부착되어 있는 오디오 레벨 측정기(VU 미터)이다.



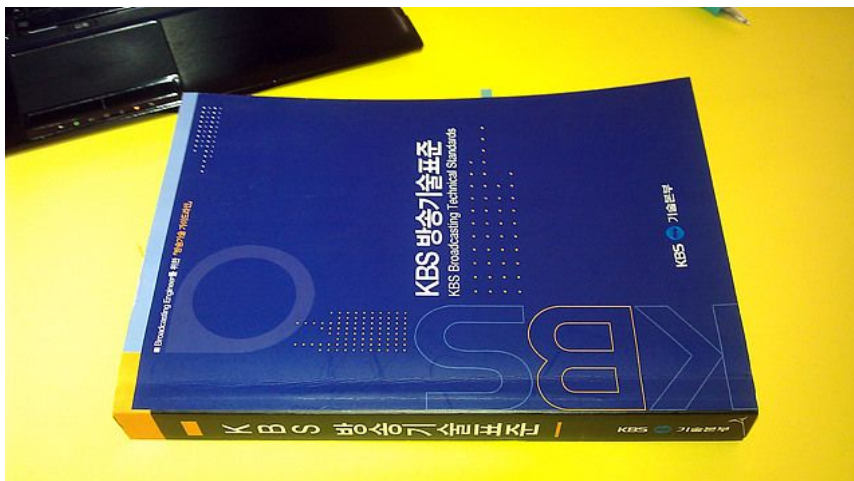
[그림 4-5] 텔레비전 구조정실 내 OPTIMOD



[그림 4-6] 오디오 레벨 측정기 (VU 미터)

제 2 절 KBS 현황

KBS는 공영방송사로서 방송제작 및 송출 관련한 업무의 체계가 잘 정립되어 있다고 평가받고 있다. 아울러 방송 기술업무 관련한 매뉴얼을 제작하여 기술직 직원들의 교육에도 활용하고 있었으나, 아쉽게도 디지털 방송 음향 레벨 기준과 운용 관련한 내용은 찾아볼 수 없었다.



[그림 4-7] KBS 방송기술표준

다만 내부적으로 프로그램 제작 시에는 타겟 오디오 레벨을 -20dBFS (0 dBu) 로 설정하며, 송출 시에는 -16dBFS (4 dBu)로 설정한다는 기준이 있다 것을 현업 전문가와의 면담이 통해서 확인한 바 있다.

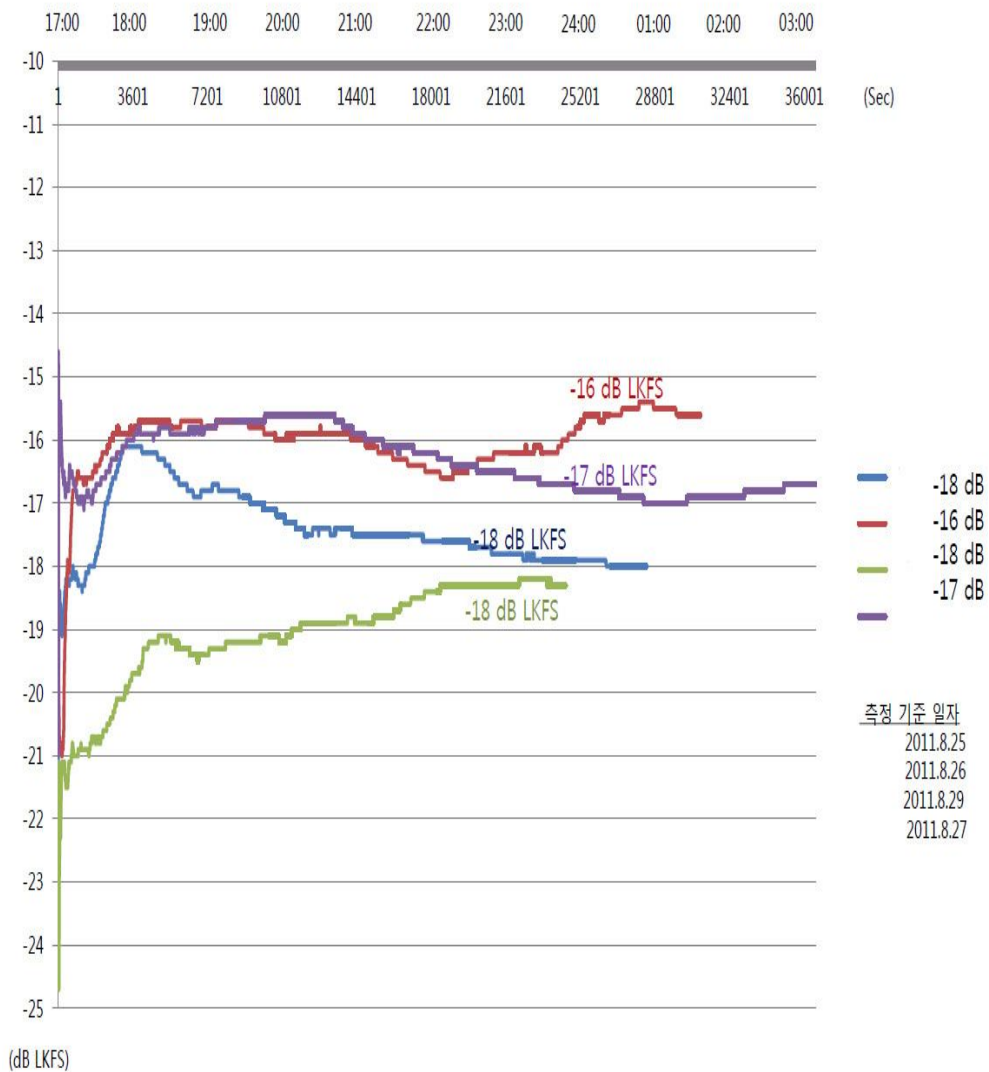
또한 KBS 내부적으로 디지털 방송 환경에서의 오디오 레벨 기준 설정 및 운용에 관한 규정 제정이 필요하고, 타 방송사와도 오디오 레벨을 균등하게 조정할 필요가 제기되어 사내 TF가 구성되어 활동을 한 바 있으나, 구체적인 성과를 도출하지는 않은 것으로 파악되었다.

그러나 향후 디지털 방송 음향 레벨에 대한 기준 확보 등을 위한 타 방송사들과 공동으로 활동할 수 있는 전문가 위원회 등이 구성될 경우 적극적으로 참여할 의사를 확인하였다.

제 3 절 국내 디지털 방송 음향 레벨 현황

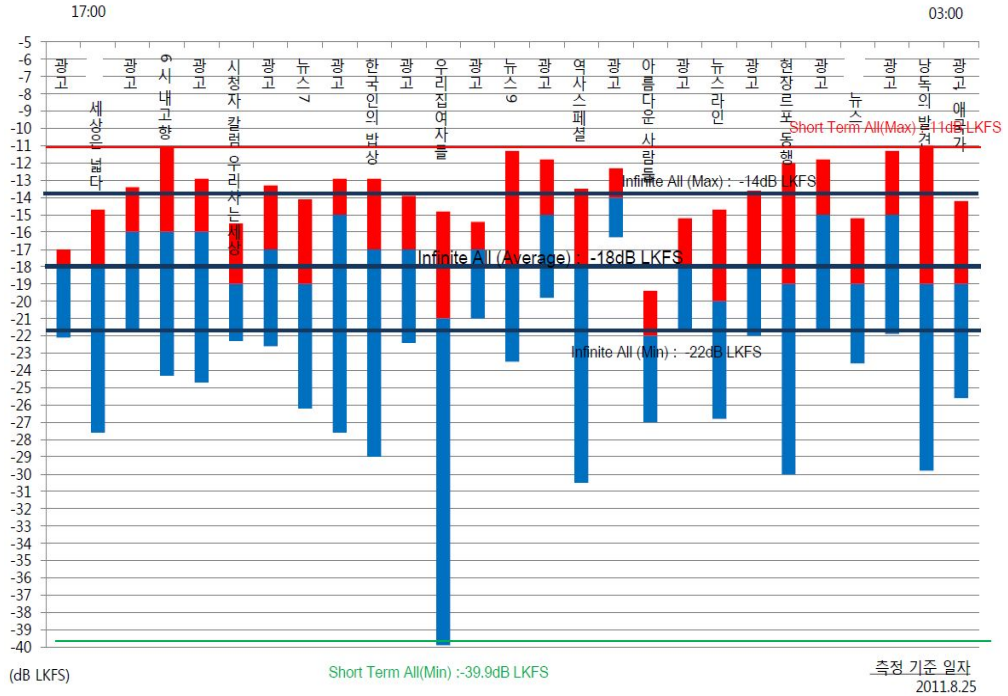
본 절에서는 국내 디지털 방송텔레비전들의 실제 방송 환경에서의 음향 레벨 실측결과를 분석하였다. 대상 텔레비전 채널들로는 KBS1, KBS2, MBC, SBS 등 공주파 주요 4채널들을 대상으로 하였으며, 17:00 ~ 03:00까지의 방송종료 시간까지 ITU-R 1770의 측정방법 중 누적 방식에 의해 측정하였고, 채널들 간의 비교 및 한 채널의 시간대별 분석 등이 이루어졌다. [17]

제일 먼저 네 채널에 대한 동시 비교 결과는 [그림 4-8]에 그래프로 제시가 되어 있으며, 이 결과에 의하면 채널A의 평균 레벨이 -16 dB LKFS로 가장 높았으며, 다음이 채널B, 채널C가 -17 dB LKFS, 그리고 채널D가 -18 dB LKFS 로 가장 낮았다. 이 수치들은 국제표준에서 권장하는 -23~-24 dB LKFS에 비하면 6~8 dB 씩 높아 국내 방송사들이 오디오 레벨을 높게 설정하여 방송하고 있음을 알 수 있다. 참고로 구체적인 방송 채널명은 생략하였으나, 이 결과에서 주목할 것은 방송사들 중 유일하게 방송 오디오 레벨 관리를 위한 내부 규정을 마련하고 적용을 위한 노력을 하고 있는 방송사의 오디오 레벨이 가장 낮아 자체 노력이 어느 정도 효과가 있었음을 반증하고 있다.

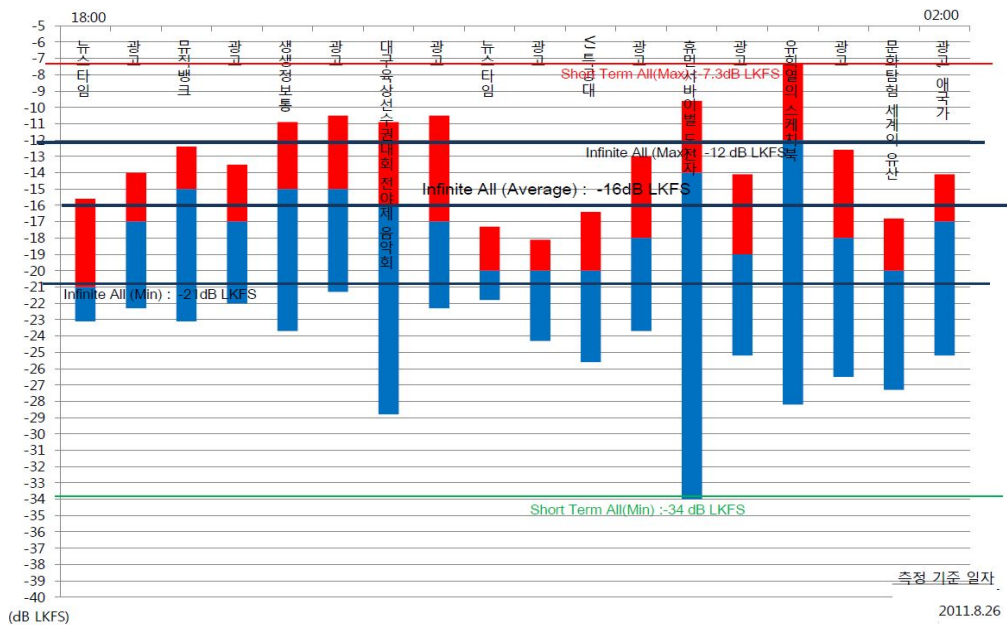


[그림 4-8] 텔레비전 채널 별 음향 레벨 비교

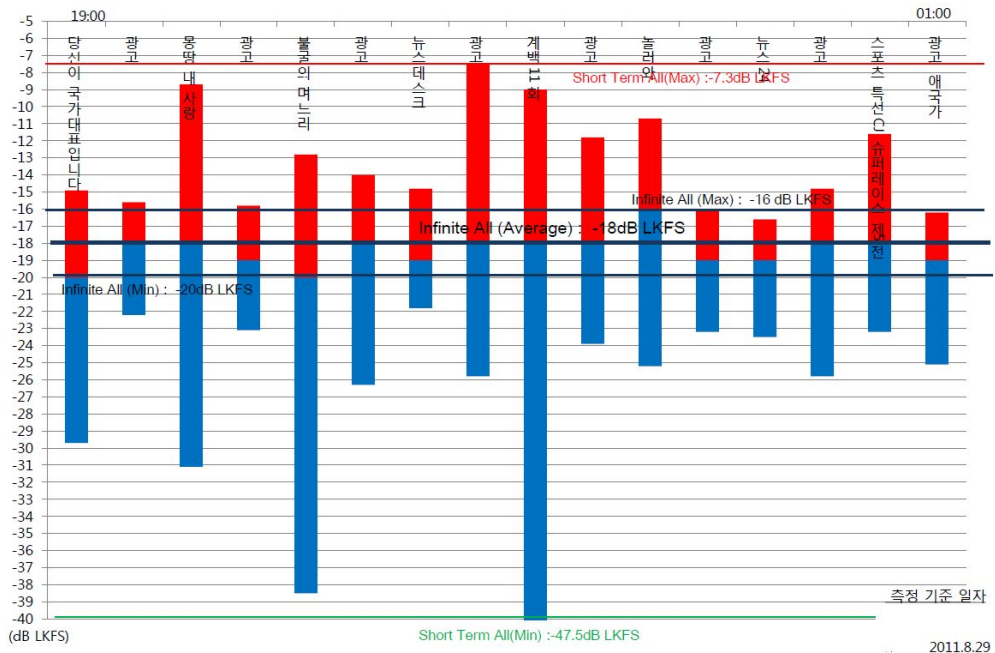
[그림 4-8] [그림 4-9] [그림 4-10] [그림 4-11] 은 국내 주요 공중파 4개 텔레비전 채널 별로 조사한 오디오 레벨이다. 본 그림들은 ITU-R에서 제시하는 측정방법에 의해서 시간을 지속적으로 누적시켜서 측정한 평균 레벨과 단기간 측정평균에 의한 최고레벨과 최저레벨 등을 보여준다.



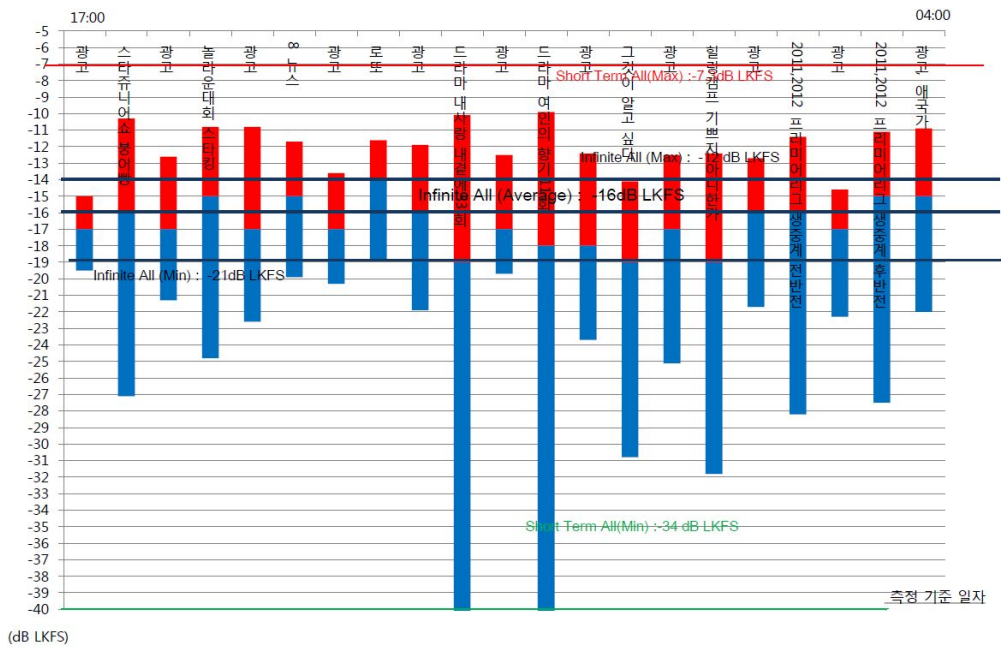
[그림 4-9] A 방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨



[그림 4-10] B 방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨



[그림 4-11] C 방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨



[그림 4-12] D 방송 채널의 시간/프로그램 별 음향 레벨

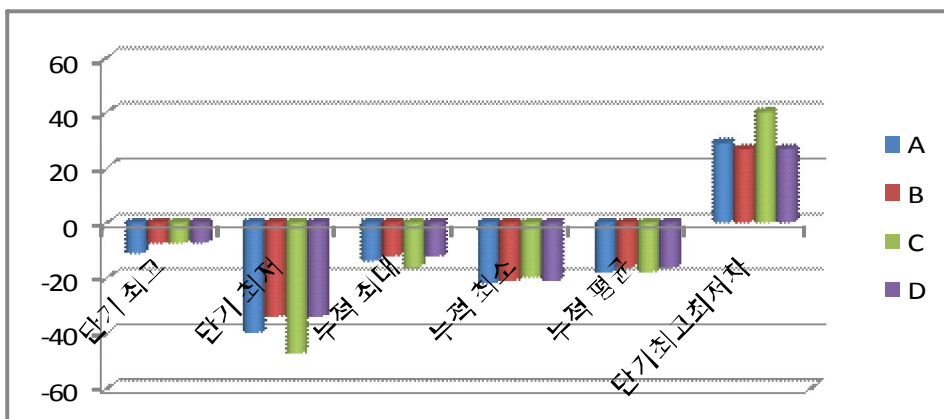
상기의 측정 결과에 의하면 동일 채널 내의 최고치 레벨은 -11dB, -7.3dB, -7dB, -7dB, 최저치 레벨은 -39.9dB, -34dB, -47.5dB, -34dB 였다. 또한 누적평균 레벨은 앞서 살펴본 바와 같이 -18~-16dB LKFS로 국제표준 권고치 보다 5~7dB 높은 것이 확인가능하다. 또한 한 채널 내에서의 단기 최고 최저 레벨의 차이는 26.7 ~ 40.2dB 인 것으로 방송채널 별로 그 격차가 매우 큰 것으로 조사되었다.

상기 채널 별 오디오 레벨에 대한 상세한 분석 결과는 <표 4-1>과 같으며, 이를 도식적으로 나타내면 [그림 4-13]과 같다.

<표 4-1> 텔레비전 채널 별 음향 레벨 비교

	단기 최 고	단기 최 저	누적 최 대	누적 최 소	누적 평 균	단기최고최저 차
A 사	-11	-39.9	-14	-22	-18	28.9
B 사	-7.3	-34	-12	-21	-16	26.7
C 사	-7.3	-47.5	-16	-20	-18	40.2
D 사	-7.1	-34	-12	-21	-16	26.9

(단위 dB LKFS)



[그림 4-14] 주요 TV채널 별 오디오 레벨 비교 (단위 dB LKFS)

제 4 절 국내 디지털 방송 음향 레벨 기준 확보 필요성

유럽, 미국 등 선진국들은 최근 디지털 방송 환경을 고려한 디지털 프로그램 음향 설정 표준 및 운용지침을 마련하였으며, 이에 앞서 ITU에서도 해당 표준이 제정되었다.

국내 방송사들도 관련 국제 현황을 상세히는 파악한 상황은 아니나 이미 방송사 내에서의 제작 및 송출과정에서 디지털 음향 레벨의 기준 설정 및 관리 기준 확보의 필요성을 인식하여, 나름대로의 노력을 경주하고 있는 상황이다. 또한 자사 내에서 뿐 아니라 타 방송사 및 제작 프로덕션들과도 연계하여 관련 기술기준을 확보할 필요가 있음에 공감대가 형성되어 있다.

국내의 경우 아직까지 국가적 차원의 디지털 텔레비전 방송프로그램의 오디오 레벨에 대한 기술기준이나 표준이 마련되어 있지 않아 텔레비전 시청 중 채널을 전환하다보면 방송사 별, 프로그램 별로 일정치 않은 경우가 많아, 프로그램 시청에 불편을 야기하는 경우가 종종 발생하고 있다.

앞 절에서 살펴본 바와 같이 국내 주요 텔레비전 방송채널들은 국제표준에서 권고하는 기준치 보다 5~7dB 이상 높게 평균레벨이 설정되어 있어 시청자들의 편안한 시청을 위하여 이에 대한 대책마련이 필요하다고 할 수 있다.

국내 시청자들의 편익증진을 위해서 뿐 아니라 이런 프로그램들이 외국으로 수출될 경우 더 큰 문제가 야기될 수도 있기에 이런 관점에서도 살펴볼 필요가 있다.

최근 국내 방송사와 영화사들이 제작하는 인기 드라마나 영화들의 경우 국내는 물론이고 아시아, 남미를 비롯해서 아랍권까지 인기몰이를 하는 등 수출이 증대되고 있다. 또한 외국 프로그램의 국내 수입 역시 국내 방송 매체의 증대에 따라 꾸준히 증대되고 있는 실정이다.

국제화 시대, 한류 바람에 국내에서 제작한 방송 프로그램의 해외 수출이 증대하고 있으므로, 국제 기준에 적합한 프로그램 품질을 확보하는 것

이 방송 콘텐츠의 수출 경쟁력 확보를 위해서도 유용할 것으로 판단되어
관련 기준의 국내 도입이 시급히 요구된다고 판단된다.

제 5 장 디지털 방송 음향 레벨 측정방법

앞의 제 3 장에서 ITU, EBU, ATSC 등 해당 분야 표준화 동향을 조사/분석함으로써 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 디지털 방송 음향 레벨의 기준설정 및 운용에 관련된 기술들이 표준으로 제정된 것을 확인하였다. 디지털 방송 음향 레벨을 설정하기 위해서는 음향 레벨의 객관적이고 정확한 측정이 요구되므로, 각각의 표준들에서는 이 방법을 제시하고 있으며, ITU 표준이 근간을 이루고 있다.

본 장에서는 관련 주요 기술표준들에 대한 고찰을 통하여, 디지털 방송 음향 레벨의 측정 방법을 제시하고자 한다.

제 1 절 ITU-R 방법

ITU-R에서는 다음의 권고 표준들을 제정하여 디지털 방송 오디오 음향 레벨의 측정과 방송 프로그램들의 국제적 교환을 위한 음량 관리 실무방법을 제시하고 있다.

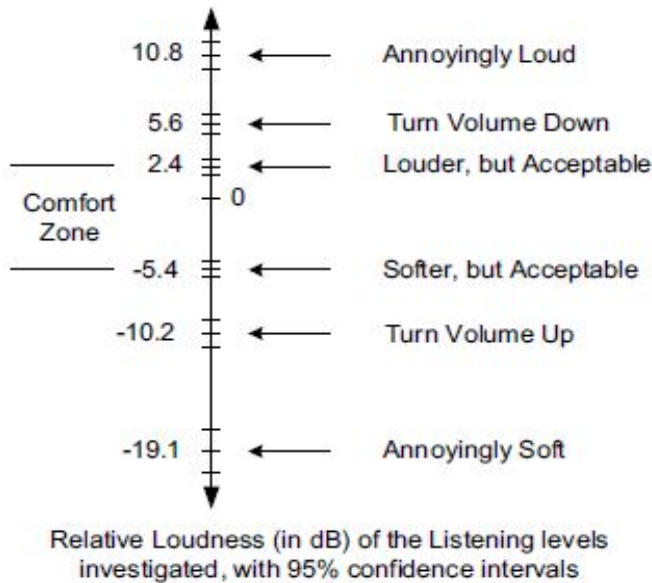
- “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770, 2006년
- “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-1, 2007년
- “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-2, 2011년 3월
- “Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes”, ITU-R 권고문 BS.1864, 2010년 3월

2010년 3월에 제정된 ITU-R BS.1864 (디지털 텔레비전 프로그램의 국제적 교환을 위한 오디오 레벨 운영실무 권고)에서는

ITU-R BS.1726에서 권고한 -18dBFS [Deci-Bell full scale] 혹은 -20dBFS 의 조정레벨(alignment level)이 사운드 레벨의 효과적인 관리에 적합하지 않음을 지적하였다. 또한 ITU-R BS.1770 에서는 오디오 프로그램의 음량 및 실제 최고치(true-peak level)를 측정하기 위한 알고리즘으로서 구체적인 오디오 프로그램의 레벨 측정방법들을 제시하고 있으며, 유럽과 미국 등 선진국들이 이 표준을 근거로 자국의 기준을 정한 바 있다.[10], [13]

오디오 레벨의 측정은 프로그램의 종류에 따른 고려가 요구된다. 우선 대화 위주의 프로그램에서는 대화음성의 레벨이 중요하며, 대화가 주가 아닌 프로그램에서는 전체 프로그램의 혼합된 레벨이 중요하다. 또한 어떤 오디오 콘텐츠들은 메타데이터를 포함하고 있으며, 어떤 콘텐츠들은 포함하지 않는다.

한편 프로그램 간의 오디오 레벨 차이의 감소는 청취만족도를 증대시킬 수 있다. 이러한 프로그램 간의 오디오 레벨 차이를 감소시키기 위하여 오디오 레벨을 측정하기 위한 측정알고리즘들이 개발되었다. 이런 실측방법들과 관련하여, 동일한 콘텐츠를 다른 방법으로 측정할 경우, 측정오차가 발생할 수 있는 데, 이 경우 2dB 의 측정오차는 허용이 가능하다. 또한 “청취자들은 음량의 변화범위가 +3 ~ -5dB 사이인 소위 “안정 대역 (comfort zone)” 내의 음량의 변화에 대해서는 비교적 둔감하게 견딜 수 있는 것으로 알려져 있다.



[그림 5-1] Critical loudness levels.

디지털 텔레비전의 오디오 레벨 측정 관련하여서는 다음의 사항들이 권고된다. (ITU-R BS.1864)

○ 프로그램에 포함된 모든 오디오 채널들에 대한 음량 측정은 ITU-R BS.1770 의 부록 1에서 제시한 방법에 부합해야한다.

○ 디지털 텔레비전 프로그램의 국제적 교류에 있어서, 프로그램의 음량에 대한 메타데이터가 적용되었을 경우, 이 메타데이터 값은 전체 프로그램의 평균 음량에 대응해야 한다. 혹은 일반적 대화의 평균 음량에 대응해야 한다.

○ 디지털 텔레비전 프로그램의 국제적 교류에 있어서, 프로그램의 음량에 대한 메타데이터가 적용되지 않았을 경우, 음량의 크기에 대한 측정

은 전체 프로그램의 평균 음량에 대응해야 한다. 혹은 일반적 대화의 평균 음량에 대응해야 한다.

○ 디지털 텔레비전 프로그램의 국제적 교류에 있어서, 목표 음량은 - 24 LKFS 이다.

○ 아래의 NOTE 1, 2 는 ITU-R BS.1770 권고 사항으로 간주되어야 한다.

NOTE 1. 권고 ITU-R BS.1770에서 음량 측정을 위해 제시한 알고리즘은 통합적 측정을 위한 것이며, 수동 혹은 자동의 게이팅 기능이 적용되어야 한다. 또한 정지기(quiet periods)는 측정에 포함시키지 말아야 한다. 게이팅 기능에 대해 명확한 정의가 없는 경우, 측정된 음량의 미세한 변화도 고려되어야 한다. 권고 ITU-R BS.1770에 게이팅 기능을 도입하여, 정지기를 음량 측정에서 제외하는 것이 현재 연구되고 있다.

NOTE 2. “정상 대화”는 정상적인 음성 대화를 의미하며, 소리치거나 속삭이는 경우 등은 해당되지 않는다.

ITU-R 1770은 디지털 방송프로그램의 오디오 레벨 측정 관련한 연구내용들과 방송 프로그램 음량의 주관적 결정과 최고치 레벨에 대한 오디오 측정알고리즘을 다음과 같이 제시한다.

최근의 디지털 오디오 전송기술들은 극단적으로 넓은 다이내믹 영역을 제공한다. 또한 최근의 디지털 사운드 제작 및 전송기술들은 모노, 스테레오 및 다채널 형식을 지원하며, 사운드 프로그램들은 이런 포맷들로 제작된다. 방송 프로그램의 청취자들은 오디오 프로그램들의 주관적인 음량이 이중의 프로그램 소스와 프로그램

타입에 대해서도 균일할 것을 원하고 있다.

오디오 레벨에 대한 측정을 위해서 많은 방법들의 적용이 가능하나, 프로그램의 제작에 채택되어 있는 기존의 측정 방법들은 주관적 음량에 대한 지표를 제공하지 않는다.

프로그램 교환을 위해서는 주관적 음량에 대한 객관적인 측정이 요구되며, 이를 위해서는 단일의 권고 알고리즘을 확보하는 것이 중요하다.

음향심리 모델에 기반한 향후의 복합 알고리즘들은 다양한 종류의 오디오 프로그램들에 대하여 개선된 객관적 측정방법을 제공할 수 있을 것이다.

갑작스런 디지털 매체의 과부하 및 이로 인한 순간적 과부하 역시 바람직하지 않다.

공통적으로 적용된 필터링 혹은 비트감소 등에 의해 최고치 레벨이 증대될 수 있다.

실제의 최고치 레벨이 샘플들 사이에서 발생할 수 있기 때문에, 기존의 측정방법들은 디지털 신호에 포함된 실제 최고치 레벨을 반영할 수 없다.

디지털 신호 처리는 신호의 실제 최고치(true-peak) 레벨을 근사하게 측정할 수 있는 알고리즘의 구현을 가능하게 한다.

실제 최고치를 지시(indication)하는 알고리즘의 사용은 디지털 오디오 신호의 최고치 레벨과 클리핑레벨차이에 대한 정확한 지시를 가능하게 한다.

디지털 텔레비전의 오디오 레벨 측정 관련하여 다음의 사항들이 권고된다. (ITU-R BS.1770)

- 프로그램의 배급이나 교환에 있어 요구되는, 오디오 채널이나 프로

그램의 객관적 음량 측정을 함에 있어서는, 아래 1절에 규정된 “객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘”을 적용해야 한다.

○ 프로그램 제작 및 후반집에서 음량 측정을 위해 적용된 방법은 아래 **객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘**에 규정된 “객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘”에 근거해야 한다.

○ 디지털 오디오 신호의 실제 최고치의 지정이 요구될 경우, 그 측정 방법은 실제 최고치 (“true-peak” level)의 정확한 측정을 위한 가이드라인에 제시된 가이드라인을 적용하거나 유사 혹은 더 우수한 방법에 근거해야 한다.

측정된 음량의 이용자들은 주관적 음량이 예측치라는 것과 청취자들에 따라서 혹은 오디오 소스 및 청취조건에 따라 어느 정도의 오차를 포함할 수 있음을 알 수 있어야 한다.

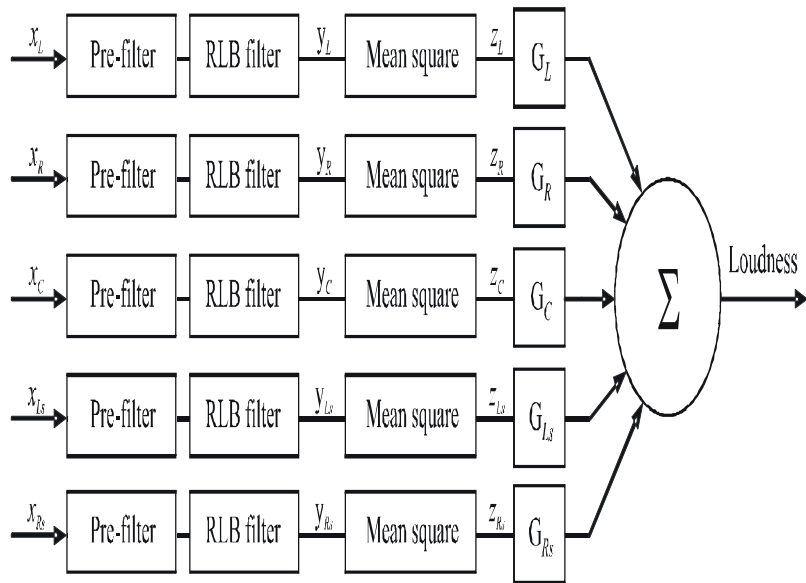
객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘에 규정된 알고리즘은 단기(짧은 순간) 음량을 지정할 수 있기 위한 개선이 요구된다.

객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘에 규정된 알고리즘보다 월등히 개선된 성능을 제공하는 새로운 음량 알고리즘을 포함한 개선의 여지가 있다.

1. 객관적인 다채널 오디오 레벨 측정 알고리즘

본 절은 다채널 음량 측정 알고리즘을 규정하며, [그림 5-2]는 알고리즘의 다양한 구성요소들을 보여주며, 각 레이블들은 신호 흐름 경로를 따라 알고리즘에 대한 설명을 보충해 준다. 블록다이어

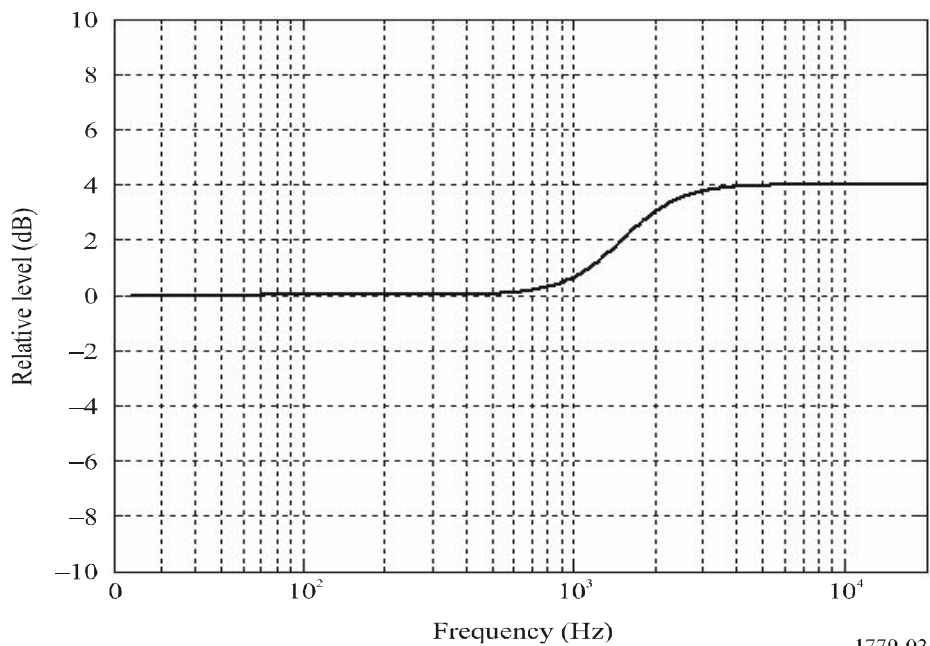
그림은 5개의 주채널들에 대한 입력(좌, 센터, 우, 좌 서라운드, 우 서라운드)을 보여주며, 하나에서 다섯 개의 채널을 포함한 프로그램들의 모니터링을 가능하게 해준다. 5개 보다 적은 채널을 가지고 있는 프로그램에 있어서 어떤 입력들은 사용되지 않을 수 있다. 또한 저주파 효과(LFE) 채널은 이 측정에 포함되어 있지 않다.



1770-01

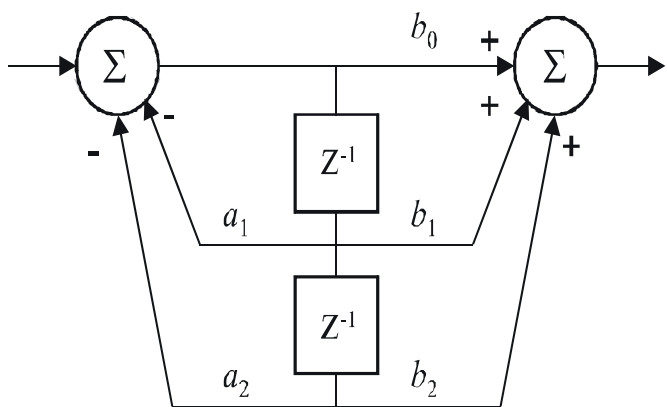
[그림 5-2] 다채널 알고리즘 블록다이어그램

알고리즘의 첫 단계에서는 입력 신호들에 대해 2단의 사전필터링(pre-filter ing)을 수행한다. 사전 필터링은 헤드의 탄성효과를 설명하며, 헤드는 리지드 스피어(rigid sphere)로 모델링되며 그 응답 특성은 [그림 5-3]과 같다.



[그림 5-3] 헤드의 탄성효과를 설명하는 사전필터의 응답

사전 필터는 <표5-1>에 규정된 상수들을 갖는 [그림 5-4]의 특성과 같이 정의된다.



[그림 5-4] 2차 필터 신호흐름도

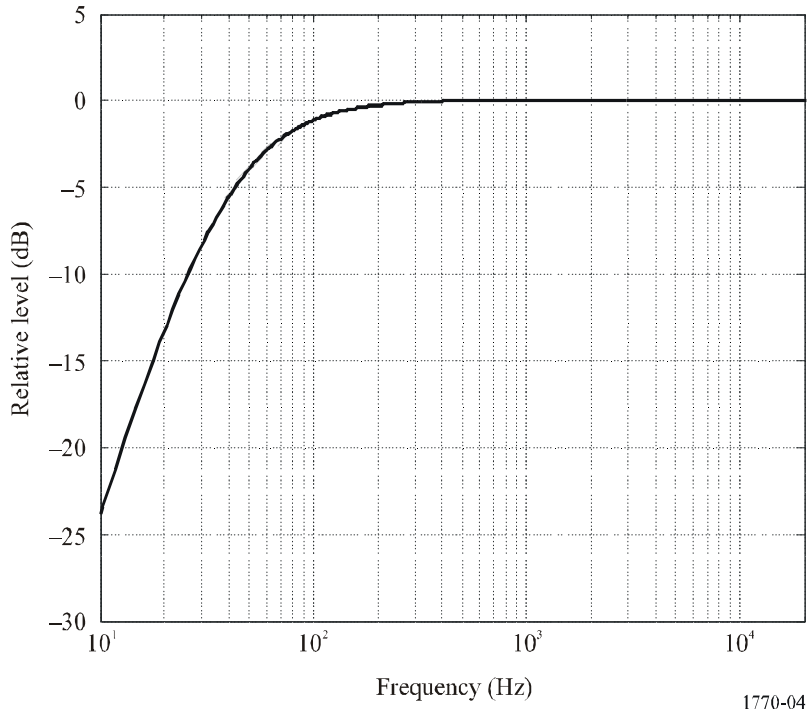
<표 5-1> 스피어 헤드(spherical head) 모델을 위한 필터 상수

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

<표 5-1>의 필터상수들은 샘플링 주파수 48 kHz 에 대한 것이다. 다른 샘플링 주파수에 대한 구현에는 다른 상수값들이 요구되며, 이 값들은 48kHz 와 동일한 주파수 응답을 제공하도록 선정되어야 한다. 이런 상수값들은 가용한 하드웨어의 내부 정밀도에 따라 샘플링되어야 한다.

알고리즘의 성능은 이런 상수들의 작은 변화에 민감하지 않음이 시험을 통해 확인되었다.

알고리즘의 두 번째 단은 RLB 가중치 커브(weighting curve)를 적용하며, 이것은 [그림 5-5]에 나타난 것과 같은 고역통과 필터로 구성된다.



[그림 5-5] RLB 웨이팅 커브

RLB 가중치 커브는 그림3과 같이 2차 필터이며, <표 5-2>에 제시된 상수 값들을 갖는다.

<표 5-2> RLB 가중치 커브를 위한 필터 상수

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

<표 5-2>에 적용된 필터 상수들은 48 KHz 표본화율을 기준으

로 한다. 다른 표본화 주파수들에 대해서는 다른 상수 값들이 요구되며, 이 값들은 48kHz 과 동일한 주파수 응답을 제공하도록 선정되어야 한다.

적용된 사전 필터와 RLB 에 대해 측정 구간 T 에 대한 평균제곱에너지는 다음과 같이 측정된다.

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt \quad (1)$$

y_i 는 헤드 효과를 모델링한 사전필터와 RLB 커브에 의해 필터링된 입력신호이다.

($i = L, R, C, Ls, Rs, Nw$, N 은 채널의 수)

가중화된 평균제곱 값 z_i 는 각 채널에 대해 계산이 되었으며, 마지막 단계는 N 채널을 다음과 같이 합하는 것이다.

$$\text{Loudness, } L_K = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_i \quad \text{LKFS} \quad (2)$$

(G_i 는 각 채널들에 대한 가중치 계수)

만일 0 dBFS 1 kHz 사인파가 좌, 중심, 우 채널에 대한 입력이라면, 지정된 음량은 -3.01 dB 가 될 것이다.

이종의 채널들에 대한 가중치 상수들이 <표 5-3>에 제시되었다.

<표 5-3> 개별 오디오 채널을 위한 가중치

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

이 알고리즘은 전형적인 방송 콘텐츠인 오디오 프로그램에 대해 효과적인 것이 입증되었으며, 이 알고리즘은 일반적으로 순음 (pure tone)에 대한 주관적인 측정에 활용된다.

2. 실제 피크 레벨 (true-peak level)의 정확한 측정을 위한 가이드라인

이 절은 선형 PCM 디지털 오디오 단일 신호 채널에 포함된 실제 최고 피크 레벨을 추정하기 위한 알고리즘을 제시한다.

실제 최고 피크 레벨은 연속적인 시간 영역에서의 신호파형의 최대값 (양 혹은 음)을 말하며, 이 값은 48 KHz로 양자화된 영역의 최대 양자화 값보다 클 수 있다.

이 알고리즘은 신호 그 자체에 대한 추정치를 제공하며, 신호에 포함된 DC 성분을 제거하기 위한 어떤 다운스트림 장비 속에 포함될 수도 있다.

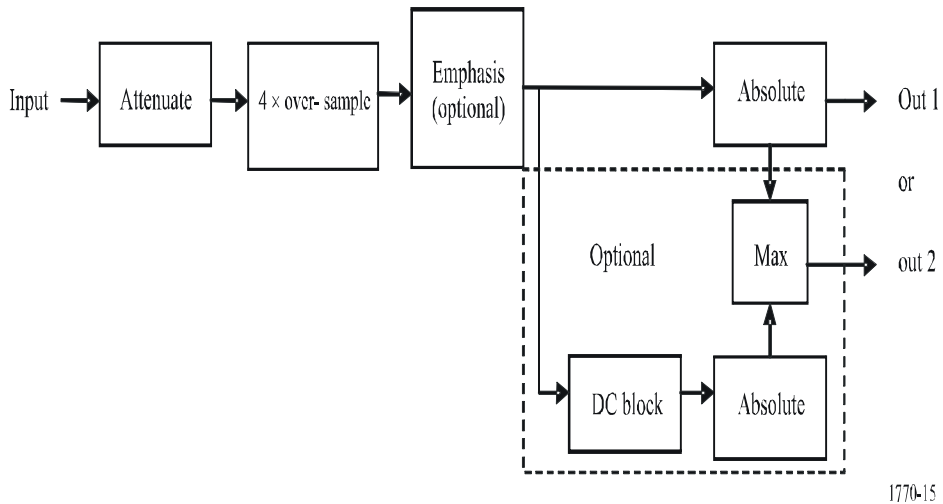
이 알고리즘은 피크 레벨 측정 신호 경로 내에 선택적으로 존재하는 약간의 고주파 프리앰퍼시스에 의해 고주파 신호를 실제 레벨보다 더 높게 측정할 수도 있다.

이것의 목적은 연속되는 신호처리 단계(예 Nyquist 필터)에서의 고주파 신호의 피크 레벨을 증대시키는 것이기 때문이다. 또한 어떤 응용에서는 이러한 특성은 다운스트림 클리핑을 방지하는 데 효과적이다.

각 처리 단계들을 요약하면 다음과 같다.

- 감쇄(Attenuate): 12.04 dB attenuation
- 4 x over-sampling
- 앰퍼시tm(Emphasis): Pre-emphasis shelving filter, zero at 14.1 kHz, pole at 20 kHz (선택적)
- DC block (선택적)
- 절대연산: 절대치 산출
- 최대화: 최고값 감지 (선택적이며, DC 블록이 포함된 경우에 한함)

DC 블록 전후에서의 절대치 탐색은 어떤 다운스트림 장치에서는 신호의 DC 성분이 제거되면 최대치 추정을 가증케 할 뿐 아니라, 현 측정 지점에서의 신호의 최대치 추정을 가능케 해준다.



[그림 5-6] 최대치 측정 블록다이어그램

첫 번째 단계는 12.04 dB (2-bit shift) 의 감쇄를 가하는 것이다. 이 단계의 목적은 정수 연산을 적용하는 후속의 신호처리를 위한 것이다. 이 과정은 연산이 소수점 단위로 수행될 경우는 요구되지 않는다.

4 x over-sampling 필터는 신호의 표본화율을 48 kHz 에서 192 kHz 까지 증대시킨다. 신호의 표본화율이 높을수록 신호 내에서 표현되는 실제 파형을 정확하게 지시하게 된다. 따라서 높은 표본화율과 over-sampling 이 유리하다.

높은 표본화율로 입력되는 신호들은 비례적으로 낮은 over-sampling가 요구된다. (즉 96 kHz 의 표본화율로 입력되는 신호에 대해서는 2 배 over-sampling 이 충분하다)

선택적인 프리엠퍼시스 셸빙 필터(shelving filter)는 알고리즘이 최고의 주파수 신호 성분에 대해 보다 높은 최대치 지시를 가능하게 한다.

가장 높은 주파수 신호성분의 최대치를 측정하고 조절하는 것은 방송신호에서 자주 적용되는 많은 Nyquist 필터들에 존재하는 분산(혹은 위상 변이) 효과에 의해 고려되지 않아도 무방하다.

선택적인 DC 차단 필터는 신호가 극단적으로 비대칭이거나, 혹은 DC 오프셋을 포함하는 경우에 대한 대응방안을 제공한다. 이 선택적 기능은 현재 (비대칭 혹은/동시에 DC 오프셋을 포함하는) 신호의 최고치를 측정하는 외에, 다운스트림 파트가 DC 차단 필터 역할을 하는 경우, 신호의 측정을 가능케 해준다.

샘플들의 절대치는 샘플들의 음의 값을 반전함으로써 구해진다. 이 지점에서 신호는 단일 극성이며, 음의 값들은 동일한 크기를 갖는 양의 값들로 대체된다.

선택적인 DC 블록이 포함될 경우, “MAX” 블록은 두 개의 신호 경로의 각 샘플 값 중에 큰 값을 취하게 되며, 이 경우 출력은 “Output 2”에서 얻게 된다.

연속의 시스템 블록들은 출력 샘플 값들을 명목상 100% 최고치 신호 레벨(입력에 12dB 감쇄가 적용되었다면 1/4 full scale) 과 비교할 수 있으며, 디지털 full scale 에 대응되는 실제 최고 추정치를 구하게 된다.

제 2 절 EBU 방법

앞서 유럽은 일찍부터 디지털 방송의 오디오 레벨 관련한 기술표준화를 수행해 왔음을 언급한 바 있다. 유럽은 유럽연합 내의 방송연합조직인 EBU (European Broadcasting Union)를 중심으로 관련 연구 및 표준 제정 활동이 이루어져왔다.

또한 그림과 같은 유럽의 오디오 음량 기술규격용 로고를 제작하여 배

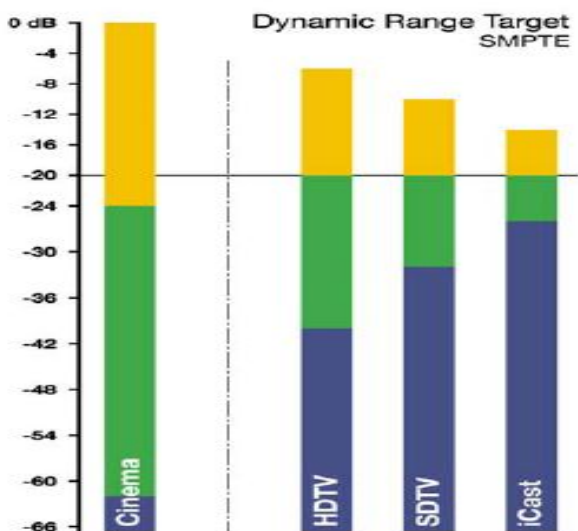
포하고 있다.



[그림 5-7] EBU R 128 logo

EBU는 오래전부터 방송 프로그램들의 오디오 레벨측정과 관련하여 많은 연구를 수행해 왔으며, ITU-R 의 BS-1770 표준이 제정되기 이전에는 현재의 기준보다 높은 기준치가 제시된 바 있었다.

이 기준에 의하면 영화, HDTV, SDTV 등 다른 텔레비전 플랫폼 별로 오디오 레벨의 타겟은 모두 -20dB였으며, 영화의 -24dB보다 4dB나 높았다.[9]



[그림 5-8] 과거의 오디오레벨 기준

그러나 EBU는 음량(loudness)에 대한 연구를 디지털 방송 프로그램의 제작, 배포 및 송출의 전 과정에서의 관리/제어 필요성 등의 목적을 위해 꾸준히 수행해 왔다. 이런 연구 성과에 의거해서 EBU는 디지털 방송의 오디오 레벨 관련하여 “음량 영역 (Loudness Range)”과 “최대 실제 최고 레벨 (Maximum True Peak Level)” 등의 용어 사용을 권고해 왔으며, 이와 관련한 EBU의 주요 고려사항들은 다음과 같다.

- 오디오 신호의 최고치 균일화 (peak normalization)는 프로그램 간 혹은 방송 채널 간의 음량 차이를 야기 시켜 왔다.

- 프로그램 간 혹은 방송 채널 간의 음량 차이는 시청자들의 주요 불만사항이다.

- 최고치를 통상의 방법으로 측정할 때 사용되는 QPPM (Quasi-Peak Programme Meter)는 오디오 신호의 음량을 제대로 반영하지 못하며, QPPM은 장시간 평균을 반영하도록 고안되어 있지 않다.

- 디지털 방송 프로그램의 제작, 배포 및 송출이 확산되는 상황에서 ITU-R BS.645 는 더 이상 유효하지 않다.

- 오디오 프로그램의 음량을 측정하기 위한 국제표준인 ITU-R BS.1770 이 발간되었으며, 이 표준은 LU (Loudness Unit) 와 LUFS (Loudness Unit, referenced to Full Scale) 라는 단위를 도입하였다.

- 프로그램 음량 측정은 프로그램의 넓은 음량 범위에 대해 음량을 부합시킴에 유리하다.

- 음량 범위 (Loudness Range)는 목표 시청자들의 가청취 영역 (tolerance window of the target audience) 적합하게 프로그램의 다이

나믹 영역을 감소시키는 데 활용될 수 있다.

상기의 사항들을 고려하여 다음의 사항들을 권고한다.

○ “프로그램 음량”, “음량 영역”과 “최대 실제 최고 레벨” 와 같은 용어들이 오디오 신호를 특성화하는 데 사용될 것이다.

○ 프로그램 음량 레벨은 타겟 레벨인 -23 LUFS 로 정규화되어야 한다. 타겟 레벨과 허용되는 편차는 일반적으로 ± 1 LU 이다.

○ 오디오 신호는 음성, 음악 혹은 음향 효과 등 특정 요소가 강조됨이 없이 전체에 대해서 측정이 되어야 한다.

○ 이 측정에는 ITU-R BS.1770 과 EBU Tech Doc 3341 에 적합한 음량 미터가 사용되어야 한다.

○ 이 측정에는 EBU Tech Doc 3341에 명시된 비게이트된 (ungated) LUFS 음량 레벨 8LU 아래를 상대 문턱치로 하는 게이팅 방법이 포함되어야 한다.

○ 음량 레벨은 EBU Tech Doc 3342에 적합한 장비로 측정되어야 한다.

○ 제작 단계에서 프로그램의 최대 허용 실제 최고 레벨은 EBU Tech Doc 3341 에 적합한 음량 미터로 측정하여 -1dB TP (dB True Peak) 가 되어야 한다.

EBU 는 다음의 사항들을 추가로 권고한다.

○ 음량이 타겟 레벨 -23 LUFS 로 정규화된 프로그램의 음량 메타 데이터는 -23 LUFS를 지시하게 세팅되어야 한다.

○ 음량 메타 데이터는 프로그램의 음량 레벨이 -23 LUFS 로 정규화 되지 않더라도, 항상 실제 프로그램 음량을 정확하게 지시하여야 한다.

○ 제작과 관련한 오디오 처리기나 시스템 및 조작 등은 EBU Tech Doc 3343에 부합하여야 한다.

○ 배포와 관련한 오디오 처리기나 시스템 및 조작 등은 EBU Tech Doc 3344에 부합하여야 한다.

EBU - TECH 3341, “Loudness Metering: ‘EBU Mode’ metering to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128” 는 EBU R 128의 일종의 부속표준으로서 음량을 측정하는 구체적인 방법을 제시하며, 이를 ‘EBU Mode’로 명명하고 있다. 아울러 본 기술표준에서 제시하는 방법들은 ITU-R BS 1770~1770-2를 준용하고 있다.

이 기술문서에는 소위 ‘EBU Mode’ 로 불리기도 하는 음량 미터의 속성들의 소개 및 설명과 최소한의 요구조건을 만족하는 테스트용 음원신호들이 포함된다.

1. EBU Mode

음량 미터는 ‘EBU Mode’를 구현해야 한다. ‘EBU Mode’가 음량 미터 내에서 활성화되며, 이 미터들은 본 표준에 적합해야 한다. (또한 ITU 표준과 상이할 경우는 EBU 표준이 우선된다). 사용자들은 용어, 척도 및 측정방법 등이 가급적이면 동일한 공급업체들로부터 측정장비를 구입할 수 있어야 한다. 음량 미터들은 ‘EBU Mode’ 기술사양을 전체 혹은 일

부 다른 규격을 지원할 수는 있으나, 이럴 경우는 더 이상 'EBU Mode'가 아니다.

'EBU Mode'의 기술사양은 미터의 그래픽이나 UI 혹은 구현방법을 언급하지는 않는다. 'EBU Mode'는 특정 파라미터들에 의해 규정되며, 다양한 테스트 환경에 적용될 수 있는 테스트 신호(음원)들은 표와 같다.

<표 5-4> 최소 사양의 테스트 신호들

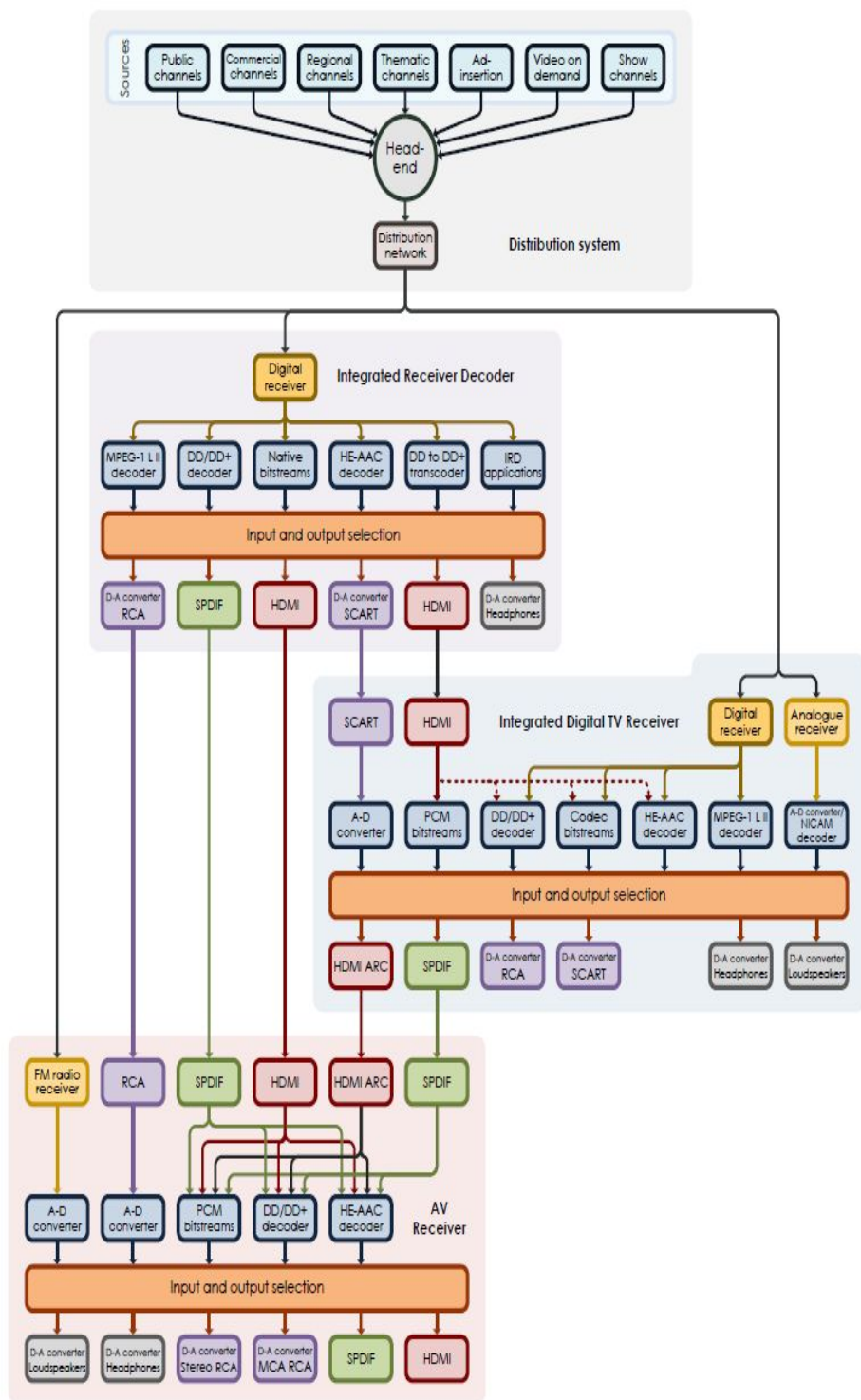
Test case	Test signal	Expected response and accepted tolerances
1	Stereo sine wave, 1000 Hz, -23.0 dBFS (per-channel peak level); signal applied in phase to both channels simultaneous; 20 s duration	M, S, I = -23.0 \pm 0.1 LUFS M, S, I = 0.0 \pm 0.1 LU
2	As #1 at -33.0 dBFS	M, S, I = -33.0 \pm 0.1 LUFS M, S, I = -10.0 \pm 0.1 LU
3	As #1, preceded by 20 s of -40 dBFS stereo sine wave, and followed by 20 s of -40 dBFS stereo sine wave	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU
4	As #3, preceded by 20 s of -75 dBFS stereo sine wave, and followed by 20 s of -75 dBFS stereo sine wave	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU
5	As #3, but with the levels of the 3 tones at -26 dBFS, -20 dBFS and -26 dBFS, respectively	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU
6	5.0 channel sine wave, 1000 Hz, 20 s duration, with per-channel peak levels as follows: -28.0 dBFS in L and R -24.0 dBFS in C -30.0 dBFS in Ls and Rs	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU
7	Authentic programme 1, stereo, narrow loudness range (NLR) programme segment; similar in genre to a commercial/promo	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU
8	Authentic programme 2, stereo, wide loudness range (WLR) programme segment; similar in genre to a movie/drama	I = -23.0 \pm 0.1 LUFS I = 0.0 \pm 0.1 LU

2. EBU의 실무 가이드 라인

EBU - TECH 3341 이 음량 측정에 대한 기준을 제시하고 있으며, 2011년 4월에 제정된 EBU - TECH 3344, “Practical guidelines for distribution systems in accordance with EBU R 128” 는 이를 다양한 실무에 적용하기 위한 구체적인 방법을 규정하고 있다.

특히 청취자 입장에서의 다양한 수신 환경과 다양한 방송 플랫폼 별로 적용이 용이하게 구체적인 내용들로 구성되어 있다.

[그림5-9]는 다양한 프로그램 배포 채널들과 시청 환경을 보여준다. 스튜디오에서 정확한 음량 레벨이 설정되어 배포가 되었다 하더라도 이러한 수신환경에서 이 레벨을 유지하는 것은 용이하지 않다. 실제 수신환경에서 제대로 설정된 음량 레벨은 감소되거나 증대될 수 있으며, 이러한 문제해결을 위해 방송시청장비에 대한 가이드라인도 제시하고 있다.



[그림 5-9] 다양한 방송 시청 환경

가. 디지털 송출 시스템에서의 음향 정규화

(1) 송출과정에서의 음향 레벨 차이

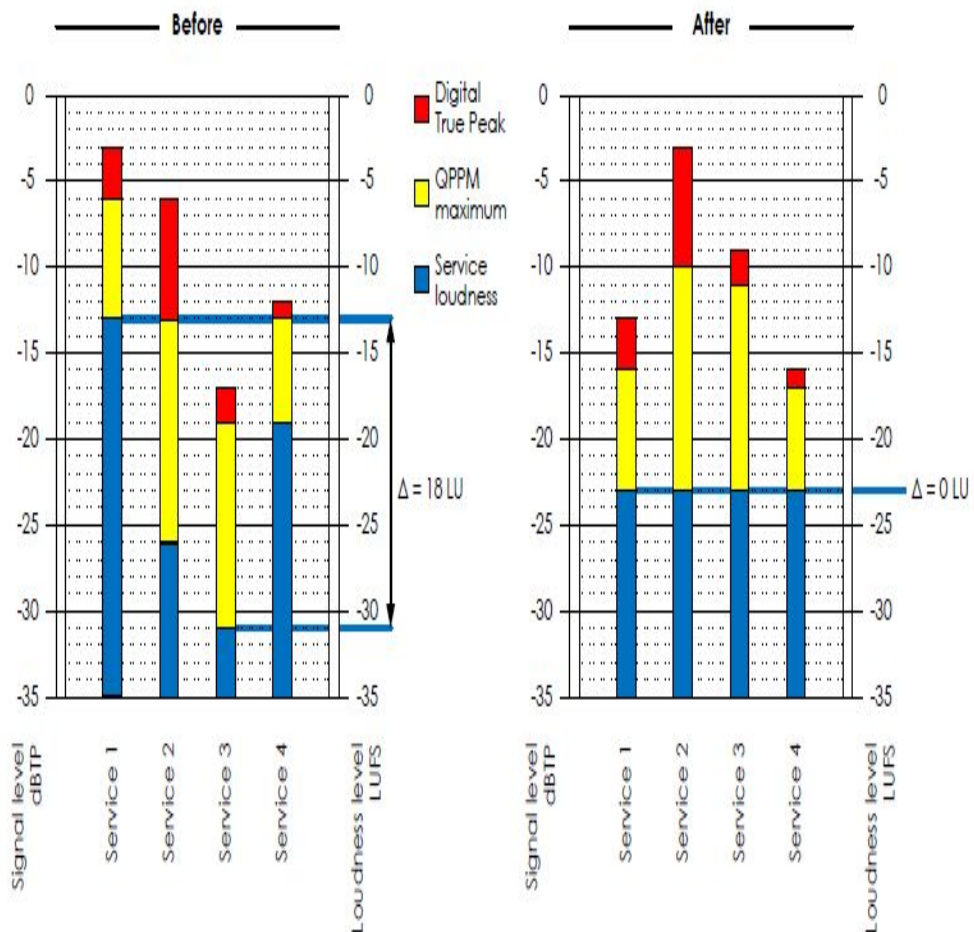
국제 텔레비전 방송에서는 그동안 국가마다 매우 차이가 큰 음향 레벨이 적용되어왔으며, 심지어 어떤 나라에서는 자국 내에서의 음향 차이에 대한 문제도 있어왔다. 일반적으로 상대방송사와의 경쟁 혹은 광고 프로그램의 홍보효과 극대화를 위해 음향 레벨을 증대시키는 경향이 있으며, 이는 방송 프로그램의 품질을 저하시키고 시청자들의 불만을 야기 시킬 수 있다.

음향 레벨 정규화는 송출과정에서 “장시간 차이 (long-term difference)”를 배제하여 시청자들이 채널을 이동하는 경우나 혹은 하나의 프로그램을 장시간 시청하는 경우라도 일관된 음량으로 편안한 시청을 보장할 수 있게 해준다. 동시에 이것은 음향 레벨에 의한 경쟁을 배제시켜 주게 된다.

[그림5-10]은 송출과정에서의 음향 정규화 효과를 보여주며, 서로 다른 특성을 갖는 네 개의 프로그램들이 포함되어 있다. 좌측은 디지털 영역에서의 스튜디오 신호 레벨이며, 우측은 음향 레벨을 보여준다.

상측의 적색바들은 저장된 실제 최대 피크 레벨을 나타내며, 실제 피크 레벨은 오버샘플링 실제 피크 레벨 미터로 측정된 홀드 최대값이다. 황색바들의 상단은 IEC 60268-10에 의거하여 Quasi Peak Programme Meter(QPPM)로 측정된 최대 홀드 피크 레벨이다. 청색 바들의 상단은 EBU R 128 에 의거하여 적분 측정된 음량이다. 모든 레벨들은 하루 동안 (24시간) 측정되었으며, 평균 음향 레벨 범위는 ‘Δ’ 로 표기하였다. 정규화 과정 후 장시간 음향 레벨은 동일하

다. 여러 프로그램들의 최대 실제 피크 레벨과 QPPM 레벨들은 상당한 차이를 보여주며, 평균 타겟이 정상적인 상황에서는 발생하지 않는 디지털 크리핑이 아닌 경우에는, 음량 정규화의 무해한 영향으로 알려져 있다. EBU R 128에서 제시하는 타겟 레벨은 이러한 요구사항을 만족시킨다.



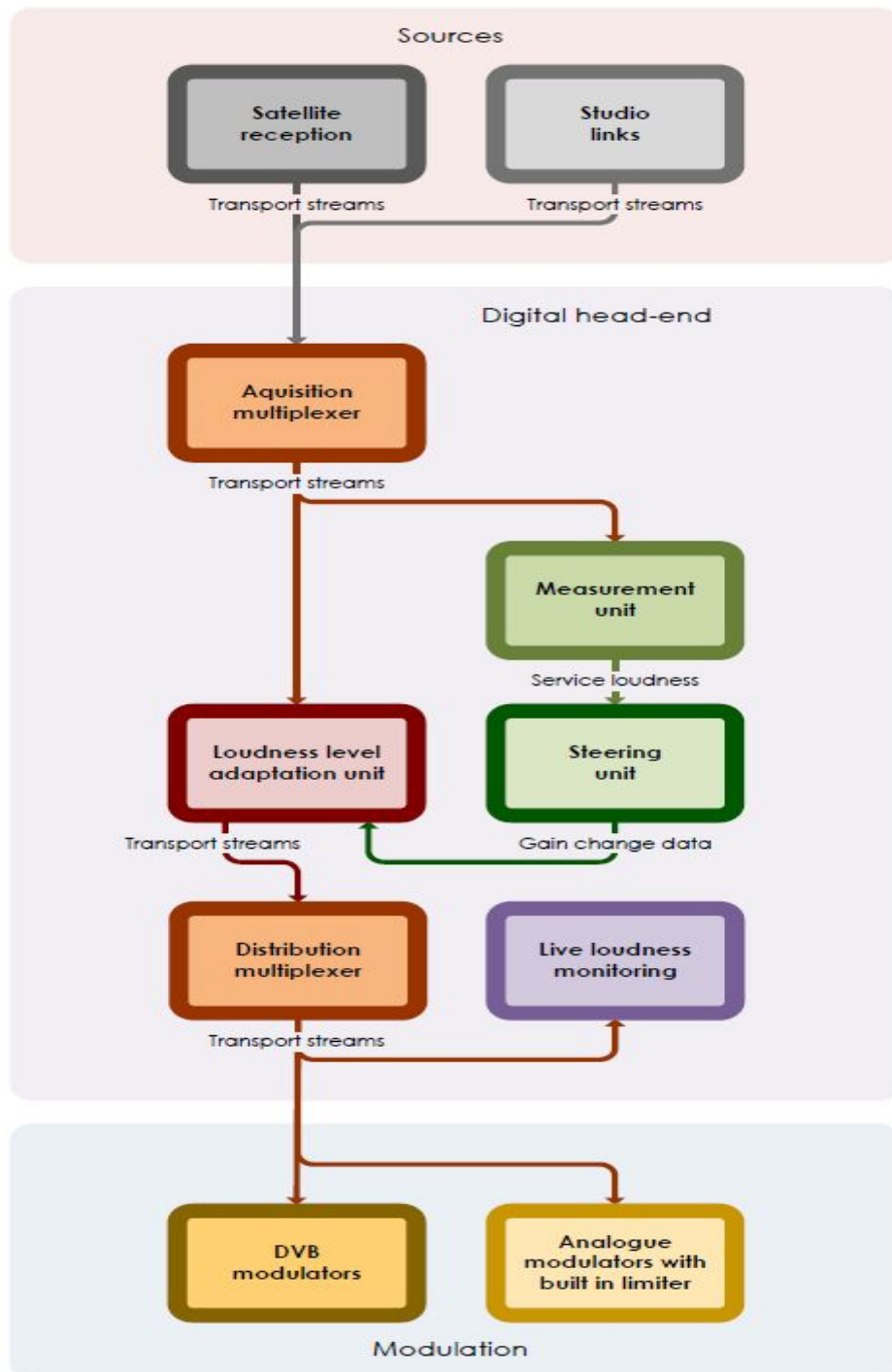
[그림 5-10] 송출 단계에서의 정규화 효과

(2) 디지털 방송의 능동적 음량 정규화

음량 정규화 장치를 포함한 디지털 방송 송출시스템의 구성은 그림과 같으며, 다양한 방송 플랫폼들에의 적용이 가능하다.

디지털 방송 송출시스템에서의 음량 정규화 적용 방법은 다음 세 가지의 다른 요소들을 필요로 한다.

- Measurement unit.
- Steering unit.
- Adaptation unit.



[그림 5-11] 음량 정규화기를 포함한 디지털 방송 송출시스템

Adaptation unit 은 DVB 다중화기나 유사한 디지털 신호처리기와 결합될 수 있으며, Measurement 와 Steering unit 은 단품 형식으로 통합될 수 있다. 음향 레벨의 Adaptation 인코더의 입력 계인을 조정함으로써 영향을 받을 수 있으며, 동일한 압축 포맷으로 다시 압축하는 경우 품질 열화나 비용의 비효율 등의 이유로 좋은 방법으로 간주되지는 않는다.

음량 정규화 시스템은 하나 혹은 다수의 코덱을 지원하며, 음향 레벨의 Adaptation 과정은 아래의 어떤 타입의 코덱이 적용되느냐에 따라 달라진다.

- 오디오 비트 스트림 MPEG-1 Layer II.
- DD/DD+ 와 HE-AAC의 메타데이터

디코딩되는 신호들의 음량은 24시간 (하루) 동안 계속해서 측정되고, 1시간 단위로 24개의 블록으로 분리된다. 블록 번호 1의 시작 시간은 03:00 이며, 블록 번호 24의 시작 시간은 02:00 이 된다. 이렇게 밤 시간을 적용하는 이유는 일상의 방송업무에 지장을 적게 주기 위해서이다. 통합된 측정은 각 블록들에 적용되며, EBU TECH 3341에 부합한다.

이는 장시간 비게이트된 음향 레벨과 추가의 -70LUFS 인 고정 레벨에 대한 정적 게이트를 포함하여 EBU R 128에 규정되어 있는 동일한 측정 파라미터들이 적용된다는 것이다.

DD/DD+ 와/혹은 HE-AAC 들이 이용될 때, 음향 레벨을 지시하는 메타데이터는 측정 내내 포함되며, 이는 재생 시의 음향 레벨을 확보하기 위해 요구된다. 측정 시스템은 DD/DD+ 코덱의 음량 기준 레벨로 -31 LUFS를 적용하며, MPEG-1 Layer II.와 HE-AAC 코덱에 대해서는 -23 LUFS를 적용한다.

DD/DD+ 시스템에 대해 이것은 DD/DD+ 비트스트림의 “Dialnorm” 기술자(descriptor)와 일반적인 사운드 재생 레벨인 -31 LUFS를 적용함으로써 달성된다.

HE-AAC 시스템에 대해서는 HE-AAC 비트스트림의 프로그램 기준 레벨과 -23 LUFS에서의 디코더 타겟 레벨 기술자에 의해서 가능하다. 만일 HE-AAC 비트 스트림이 음량 메타 데이터를 포함하지 않거나, $-23\text{LUFS} \pm 1\text{ LU}$ 에 적합하지 않는다면, 새로운 데이터의 삽입이나, 해당 프로그램의 레코딩이 요구된다.

하루에 대한 24개의 블록들은 검사가 되며, 최고치의 2LU 이내의 블록 값들은 파워 영역에서 적분되며, EBU R 128에 부합하는 $+1\text{ LU}$ 범위 내에 있게 된다. 출력값은 해당 방송국의 최고 음량에 대한 평균값을 나타내며, 프로그램 음량으로 간주될 수 있다.

또한 이 값들은 정확하게 타겟 레벨에서 측정된 각 프로그램들과는 약간의 차이를 갖을 수 있다. 따라서 EBU R 128에 규정된 바와 같이 각 프로그램에 대해 허용하는 편차와 음향 레벨은 정규화 시스템 전단계에서 측정되어야 한다. EBU R 128 이면의 원칙인 서비스 내의 프로그램들 간의 음량 등화는 이 문서에 의한 정규화에 의해 영향을 받지 않으며, 보정은 여러 번에 걸친 일간 누적 측정을 기반으로 모든 프로그램들에 대해 가능하다.

Steering unit은 서비스 음량을 MPEG-1 Layer II.와 HE-AAC에 대해서는 EBU R 128 타겟 레벨과 DD/DD+에 대해서는 사운드 재생 레벨과 비교한다.

모든 서비스들에 대해 새로운 데이터들이 03:00에 취득된 후, Steering unit는 이 데이터들을 타겟 레벨과 비교하고 측정된 값들이 타겟과 $+1\text{ LU}$ 이상의 편이가 발생했을 경우 offset을 적용한다. 이런 방법으로 모든 서비스들의 장시간 최대 출력 음량은 EBU R 128의 기준에 부합하게 되며, 정규화에 의한 부작용들은 배제가 된다.

다음 페이지들의 표들은 보정이 적용된 예를 보여준다. 이 표들 내의 보

정 항목의 지정 게인 영역들은 실제 예이며, 한계치를 의미하지는 않는다.
음량 offset 값은 24 시간에 대해 고정값으로 유지된다.

<표 5-5> MPEG-1 Layer II 비트스트림 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation

Input loudness ⁽¹⁾ LUFS	Loudness error LU	Level change to apply ⁽²⁾ , LU	Corrected loudness LUFS	
-5.0	+18.0	-18	-23.0	
-6.0	+17.0	-18	-24.0	
-7.0	+16.0	-16	-23.0	
-8.0	+15.0	-16	-24.0	
-9.0	+14.0	-14	-23.0	
-10.0	+13.0	-14	-24.0	
-11.0	+12.0	-12	-23.0	
-12.0	+11.0	-12	-24.0	
-13.0	+10.0	-10	-23.0	
-14.0	+9.0	-10	-24.0	
-15.0	+8.0	-8	-23.0	
-16.0	+7.0	-8	-24.0	
-17.0	+6.0	-6	-23.0	
-18.0	+5.0	-6	-24.0	
-19.0	+4.0	-4	-23.0	
-20.0	+3.0	-4	-24.0	
-21.0	+2.0	-2	-23.0	
-21.9	+1.1	-2	-23.9	
-22.0	+1.0	0	-22.0	↑
-23.0	0.0	0	-23.0	Unity gain range
-24.0	-1.0	0	-24.0	↓
-24.1	-1.1	+2	-22.1	
-25.0	-2.0	+2	-23.0	
-26.0	-3.0	+4	-22.0	
-27.0	-4.0	+4	-23.0	
-28.0	-5.0	+6	-22.0	
-29.0	-6.0	+6	-23.0	
-30.0	-7.0	+8	-22.0	
-31.0	-8.0	+8	-23.0	
-32.0	-9.0	+10	-22.0	

Note 1: The correction shall be applied in integers. For the unity gain range of ± 1 LU, no offset is required.

Note 2: The indicated range of the level correction (-18 to +10 LU) is a practical example and does not signify a limitation.

<표 5-6> DD/DD+ 메타 데이터 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation

Input loudness ^(1, 2) LUFS	Loudness error LU	Dialnorm change to apply ⁽³⁾	Corrected loudness LUFS	
-13.0	+18.0	+18	-31.0	
-14.0	+17.0	+17	-31.0	
-15.0	+16.0	+16	-31.0	
-16.0	+15.0	+15	-31.0	
-17.0	+14.0	+14	-31.0	
-18.0	+13.0	+13	-31.0	
-19.0	+12.0	+12	-31.0	
-20.0	+11.0	+11	-31.0	
-21.0	+10.0	+10	-31.0	
-22.0	+9.0	+9	-31.0	
-23.0	+8.0	+8	-31.0	
-24.0	+7.0	+7	-31.0	
-25.0	+6.0	+6	-31.0	
-26.0	+5.0	+5	-31.0	
-27.0	+4.0	+4	-31.0	
-28.0	+3.0	+3	-31.0	
-29.0	+2.0	+2	-31.0	
-29.9	+1.1	+1	-30.9	
-30.0	+1.0	0	-30.0	↑
-31.0	0.0	0	-31.0	Unity gain range
-32.0	-1.0	0	-32.0	↓
-32.1	-1.1	-1	-31.1	
-33.0	-2.0	-2	-31.0	
-34.0	-3.0	-3	-31.0	
-35.0	-4.0	-4	-31.0	
-36.0	-5.0	-5	-31.0	
-37.0	-6.0	-6	-31.0	
-38.0	-7.0	-7	-31.0	
-39.0	-8.0	-8	-31.0	
-40.0	-9.0	-9	-31.0	

Note 1: The measured loudness is the value including metadata correction factor.

Note 2: The correction shall be applied in integers. For the unity gain range of ± 1 LU, no offset is required.

Note 3: The indicated range of the Dialnorm correction (+18 to -9) is a practical example and does not signify a limitation.

<표 5-7> HE-AAC 메타 데이터 적용 시스템에 대한 Gain Adaptation

Table 3: Gain adaptation for HE-AAC metadata adaptation system

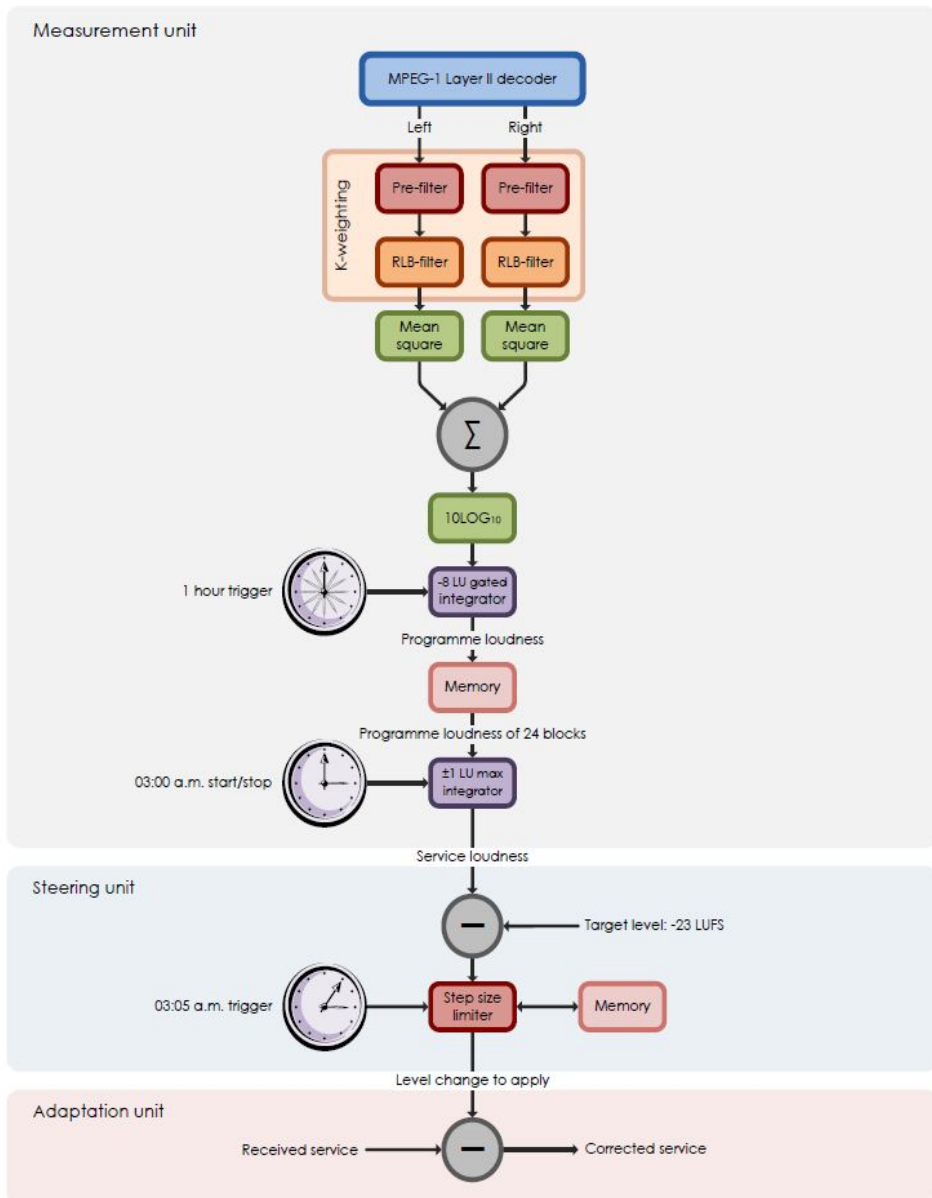
Input loudness ^(1, 2) LUFS	Loudness error LU	PRL change to apply ⁽³⁾	Corrected loudness LUFS	
-5.0	+18.0	+18	-23.0	
-6.0	+17.0	+17	-23.0	
-7.0	+16.0	+16	-23.0	
-8.0	+15.0	+15	-23.0	
-9.0	+14.0	+14	-23.0	
-10.0	+13.0	+13	-23.0	
-11.0	+12.0	+12	-23.0	
-12.0	+11.0	+11	-23.0	
-13.0	+10.0	+10	-23.0	
-14.0	+9.0	+9	-23.0	
-15.0	+8.0	+8	-23.0	
-16.0	+7.0	+7	-23.0	
-17.0	+6.0	+6	-23.0	
-18.0	+5.0	+5	-23.0	
-19.0	+4.0	+4	-23.0	
-20.0	+3.0	+3	-23.0	
-21.0	+2.0	+2	-23.0	
-21.9	+1.1	+1	-22.9	
-22.0	+1.0	0	-22.0	↑
-23.0	0.0	0	-23.0	Unity gain range
-24.0	-1.0	0	-24.0	↓
-24.1	-1.1	-1	-23.1	
-25.0	-2.0	-2	-23.0	
-26.0	-3.0	-3	-23.0	
-27.0	-4.0	-4	-23.0	
-28.0	-5.0	-5	-23.0	
-29.0	-6.0	-6	-23.0	
-30.0	-7.0	-7	-23.0	
-31.0	-8.0	-8	-23.0	
-32.0	-9.0	-9	-23.0	

Note 1: The measured loudness is the value including metadata correction factor.

Note 2: The correction shall be applied in integers. For the unity gain range of ± 1 LU, no offset is required.

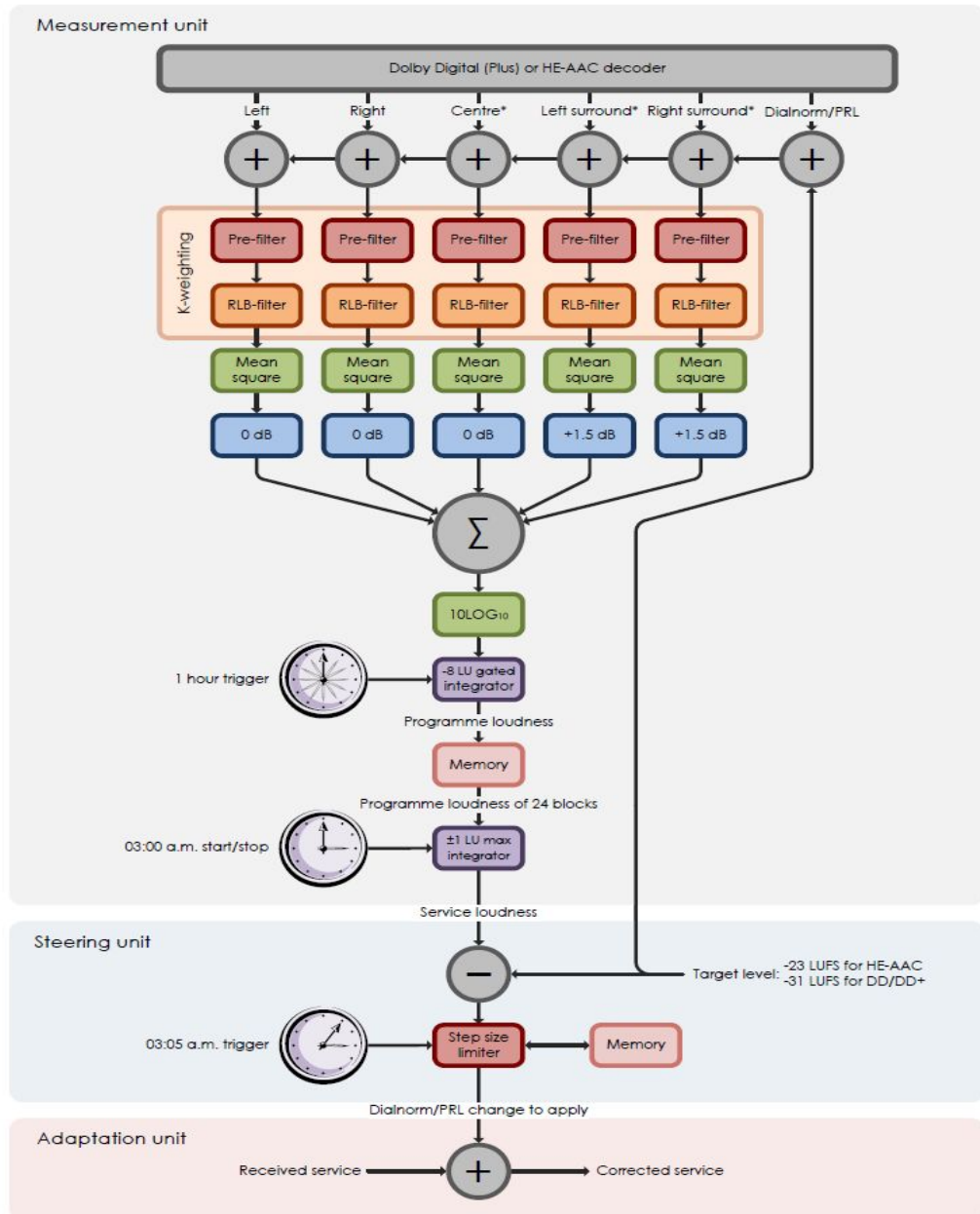
Note 3: The indicated range of the Programme Reference Level correction (+18 to -9) is a practical example and does not signify a limitation.

[그림 5-12]은 MPEG-1 Layer II. 시스템에 대한 입력 음향 레벨의 측정과 정규화 과정을 보여준다.



[그림 5-12] MPEG-1 Layer II. 시스템에 대한 입력 음향 레벨 측정과 정규화

[그림 5-13]는 HE-AAC 와 DD/DD+ 시스템에 대한 입력 음향 레벨의 측정과 정규화 과정을 보여준다.



[그림 5-13] HE-AAC와 DD/DD+ 시스템에 대한 입력 음향 레벨 측정과 정규화

제 6 장 디지털 음향 레벨의 국내 표준화 방안

본 연구의 앞장들에 의하면, 디지털 방송의 오디오 레벨에 대한 문제는 국내뿐 아니라 다른 나라들도 일찍부터 해결하고자 하는 노력들을 경주해 왔음을 알 수 있었다. 또한 ITU-R 이나 미국, 유럽 등의 관련 표준화 및 실무에 적용하기 위한 노력들을 경주하여, 유럽의 경우 기술기준뿐 아니라 구체적인 상세한 실무지침서와 적용 로고까지 제작하여 빠른 정착을 추구하고 있다.

국내의 경우 공중파, 케이블, 위성 및 인터넷 등을 전송매체로 하는 다양한 종류의 디지털 텔레비전 채널들이 운영되고 있으나, 아직 오디오 레벨 관리에 대한 어떠한 규정도 없는 상황이다.

제 1 절 디지털 방송 음향 레벨 관련 현행 제도 검토

방송 음향레벨 관련하여 주요 규정은 방송통신위원회에서 고시한 무선설비규칙이다. 무선설비규칙에는 아날로그 텔레비전 방송에 대해서는 구체적인 관리 규정이 명시되어 있으나, 디지털 텔레비전 방송에 대해서는 별도의 규정이 없는 상황이다.

이를 보다 구체적으로 보면, 아날로그 텔레비전 음량에 대해서는 제30조(지상파 아날로그 텔레비전방송용 무선설비)의 9항에 상세하게 기술이 되어있으며, 최대주파수편이, 종합주파수특성, 왜율 및 신호대 잡음비 등까지 구체적으로 명시가 되어있다. 이뿐 아니라 10항은 음성다중방송에 대한 규정이 명시되어 있고, 11항은 음성송신설비의 실효복사전력 등을 규정하고 있다.

한편 디지털 텔레비전 음량 관련하여서는 동 규칙 제31조(지상파 디지털 텔레비전방송용 무선설비)의 2항 방송신호의 표현형식의 나항에 음성에 대한 규정이 있으나, 신호대역, 서비스 유형, 채널 수, 표본화 주파수

및 표본당 비트수 만이 규정되어 있다. 또한 4항에 음성신호의 압축조건이 명시된 것으로 음량에 대해서는 특별한 규정이 제시된 바가 없는 상황이다.

참고로 무선설비규칙의 관련 조항을 부록에 포함하였다.

제 2 절 방송사업자 의견

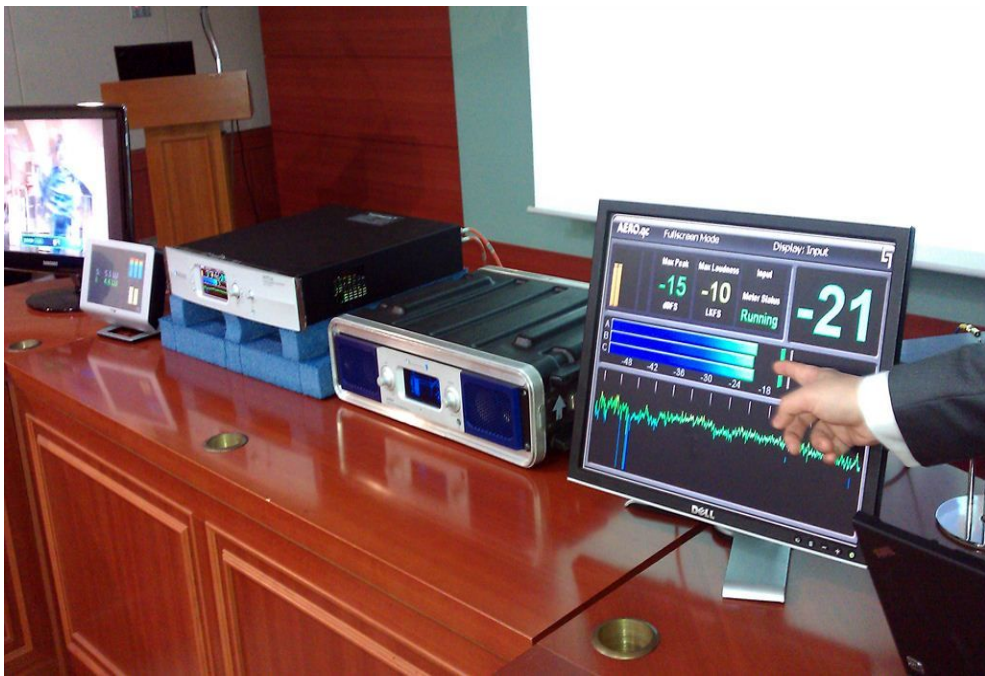
제도 도입 검토에 앞서 주요 방송사업자들의 의견을 청취하기 위해 관련 실무전문가협의회를 두 차례에 걸쳐서 개최하였다. 이 실무협의회에는 KBS, MBC, SBS 공중파 3사와 전국 케이블방송사협회(KLABS)의 전문가들이 참여하였으며, 디지털 방송 음향 레벨 관리와 관련하여 논의한 주요 내용을 다음과 같다.

텔레비전이 디지털로 전환된 이후 음향레벨에 대한 규정이 없는 상황에서, 상대사들의 방송 음량보다 자사 채널의 방송 음량을 높게 설정하는 경향이 있다. 이는 경영층 혹은 고위층의 지시에 의한 경우도 있으며, 제작자들의 성향에 따라서 음향 레벨의 설정을 높게 하는 것을 선호하는 경향 등이 있기 때문이다.

또한 유일하게 하나의 방송사만이 자체 관리 규정을 마련하였으나, 대부분의 방송사들의 경우 관련 사내 규정이 없는 실정이다.

그러나 실무자들의 경우 공통의 규정이 있어 이에 맞추어 관리할 근거가 확보된다면, 상대사보다 방송 음량을 높게 조절하는 등의 소모적이고 불필요한 경쟁을 중단할 수 있고 방송 서비스 품질을 제고할 수 있어 바람직하다는 의견들을 개진하였다. 다만 이런 기술기준이 지나치게 엄격할 경우에 대한 우려의 목소리도 있었다.

한편 실무협의회에 디지털 방송 음량 모니터링 및 관리 장비 전문가가 초빙되어 방송사별 방송 음량 실측결과 발표 및 방송사에 적용 가능한 장비들에 대한 데모를 실시하였다. 이는 방송사들이 음량을 관리하기 위한 기준과 의지만 있으면, 실무적인 어려움 없이 시스템을 구성하여 운용할 수 있음을 확인할 수 있는 좋은 기회였다고 판단된다.



[그림 6-1] 디지털 방송 음량 측정 및 관리 장비 시연

제 3 절 디지털 방송 음향 레벨 표준화 방안

디지털방송 음향 레벨을 표준화하는 방법은 크게 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 하나는 기술기준(무선설비규칙)에 포함하여 법적으로 의무화하는 방법이고, 또 다른 방법은 기술표준으로 제정하여 자율적으로 적용하는 방법이다.

또한 방송 송출에 대한 규정 및 프로그램 제작단계에서의 규정을 적용하는 방안으로 구분해 볼 수도 있다. 요즘 하나의 프로그램(콘텐츠)를 제작하여 극장, 텔레비전, DVD 등 다양한 배포가 가능하며, 본 연구는 텔레비전 방송을 적용으로 하므로 이에 국한해서 방안을 제시하도록 한다.

상기의 두 가지 측면에 대해

첫째, 제도화 방법과 관련하여서는 기술기준화가 효과적으로 조기에 정착이 가능한 방법으로 표준화보다 바람직한 것으로 판단된다. 그러나 강제화하는 경우, 각 방송사업자들이 관련 장비의 도입, 설치, 운영 및 실무자 교육 등 예산 및 시간이 소요되므로 충분한 유예기간을 두고 예고한 후 적용하도록 해야 할 것이다. 또한 기술기준을 도출하는 과정에서도 국내 방송 현업 상황을 고려할 필요가 있어 해당 전문가들의 참여가 요구된다.

둘째 프로그램 제작과 관련하여서는 방송 송출을 위해 제작 혹은 마스터링된 프로그램은 상기의 기술기준을 만족시켜야 할 것이며, 이를 제작 단계에서 강제화할 근거는 없다. 따라서 방송 송출에 대한 기준이 있으면, 이를 지키기 위해 송출시스템에서 음향 레벨을 모니터링하고 제어할 것이며, 이런 제어의 용이를 이해 송출 측에서 제작자 혹은 프로그램 공급자 측에 해당 기준의 준수를 요구할 것으로 예측된다.

이와 관련하여 미국의 일부 방송사업자들은 국내에 프로그램 공급을 요청하는 단계에서 프로그램의 음향 레벨 관련하여 기준을 제시하며 이에 적합한 프로그램 공급을 요청하는 사례가 증대되고 있다.

결론적으로 유럽, 미국 등과 마찬가지로 국내에도 ITU-R 권고문 BS.1770 에 의한 오디오 프로그램의 측정 및 기준의 기술기준화가 바람직하다. 아울러 해당 기준을 적용한 디지털 방송 음량 측정 및 제어 장비들이 출시되어 있으므로 현업에 적용함에 무리는 없으나, 국내 방송사들의 의견 반영 및 도입에 필요한 충분한 유예기간을 두어야 할 것이다.

제 7 장 결 론

본 연구에서는 디지털 방송 음향 레벨이 채널 별, 프로그램 별로 불 균 일하여 시청자들에게 불편을 초래하고 있으며, 이를 해소하기 위한 방안을 제시하기 위하여 수행되었다.

이를 위해 우선 방송 음향레벨의 국내 방송사업자별 현황을 조사하였으며, 여기에는 “방송음향레벨에 대한 국내 방송사들의 자체 관리기준에 대한 조사“, “국내 주요 TV방송채널 별 오디오 음량 실측 결과 분석” 등이 포함되었다.

아울러 국제 표준화 동향을 조사·분석하였으며, ITU-R BS.1770, ITU-R BS.1864, ATSC Recommended Practice : Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television 및 “Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals” 등 ITU, 유럽 및 미국의 관련 기술규정들이 포함되었다. 이들 문서들에 대한 분석을 토대로 방송음향을 객관적으로 계량하는 음향 레벨 측정방법 및 관련 계측 및 제어장비 개발 현황 등도 파악하여 국내에 적용이 가능함을 확인하였다.

또한 KBS, MBC, SBS 및 케이블TV협회 등의 전문가들을 대상으로 실무협의회를 구성하여 현황조사 및 국제 동향을 공유하고 국내 제도화의 필요성을 공감하였다.

주요 연구결과로는 ITU-R에서 제시하는 디지털 방송 음량 기준은 -24dB 이며, 국내 주요 방송채널에 대한 음향 레벨 측정결과를 분석한 결과 국내 주요 방송사별로 -18 ~ -16dB로 방송하고 있음을 확인하였다. 본 연구 결과는 디지털 방송 음향레벨 관리를 위한 정책 수립에 활용될 수 있을 것이다. 또한 방송사 대상 디지털 방송 음향레벨 관리의 중요성 공유와 국내 디지털 방송 서비스의 품질 제고 및 디지털 방송 음향 계측 및 관리 장비 산업의 확대에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

부록

(방통위고시_제2011-46호) 무선설비규칙 중 음량 관련 조항

제30조(지상파 아날로그 텔레비전방송용 무선설비) ① 지상파 아날로그 텔레비전방송용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

9. 음성신호

가. (최대주파수 편이) 음성신호에 의한 주파수 변조의 최대주파수 편이는 $(\pm)25\text{kHz}$ 로 할 것

나. (종합주파수특성) 50Hz에서 15,000Hz까지 최대주파수 편이의 50%로 변조한 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수특성의 회로에 따라 프리엡파시스를 하여야 하며 별표 10에 정한 특성곡선과 같을 것. 다만, 동등한 특성을 가지는 경우에는 그러하지 아니한다.

다. (종합왜율) 50Hz에서 15,000Hz까지 최대 주파수편이로 변조한 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수특성의 회로에 따라 디엡파시스를 행한 경우에 5% 이하일 것

라. (신호대 잡음비) 변조주파수 1,000Hz에 따라 최대 주파수편이로 변조한 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수특성의 회로에 따라 디엡파시스를 행한 경우에 50dB 이상일 것

10. 음성다중방송

가. (반송주파수) 제2음성신호 반송파(텔레비전 음성다중방송을 하기 위하여 부가되는 음성신호 반송파를 말한다. 이하 같다)의 주파수는 제2호가목에서 정한 영상신호 반송파의 주파수보다 제5호다목의 수평동기 펄스 주파수(이하 “수평동기 펄스 주파수”라 한다)의 300.25배 높은 주파수로 할 것

나. 제어신호

(1) 제어신호(텔레비전음성다중방송의 수신에 보조적 역할을 하기 위한 신호를 말한다. 이하 같다)의 주파수는 스테레오폰닉 음성다중방송일 경우에 수평동기 펄스 주파수의 1/105배로 하고, 2음성 다중방송일 경우에는 수평동기 펄스주파수의 1/57배로 할 것

(2) 제어신호 부반송파의 주파수는 수평동기 펄스 주파수의 3.5배이고 주파수의 허용편차는 $(\pm)5\text{Hz}$ 로 할 것

(3) 제어신호 부반송파는 제어신호에 의하여 진폭변조로 하고, 그 변조도는 50%로 할 것

다. 변조신호

(1) 제1음성신호 반송파(제2호 나목의 음성신호 반송파를 말한다. 이하 같다)의 변조신호는 스테레오폰닉 음성다중방송을 행하는 경우에는 좌측신호와 우측신호의 합신호일 것

(2) 제2음성신호 반송파의 변조신호는 스테레오폰닉 음성다중방송을 행하는 경우에는 좌측신호와 우측신호의 차 신호이고 2음성다중방송(스테레오폰닉 음성다중방송 이외의 텔레비전 음성다중방송을 말한다. 이하 같다)을 행하는 경우에는 부가되는 음성신호와 제어신호 부반송파일 것

라. 최대주파수편이

(1) 2음성다중방송을 하는 경우에 제1음성신호에 의한 반송파의 최대주파수편이는 $(\pm)25\text{kHz}$ 이고, 제2음성신호의 반송파는 주파수 변조이며 제2음성신호에 의한 최대주파수편이는 $(\pm)25\text{kHz}$ 이며 제어신호 부반송파에 의한 최대주파수편이는 $(\pm)2.5\text{kHz}$ (허용편차 $\pm 0.5\text{kHz}$)일 것

(2) 스테레오폰닉 음성다중방송을 하는 경우에 제1음성신호에 따른 반송파의 최대주파수편이는 $(\pm)12.5\text{kHz}$ 이고, 제2음성신호에 따른 최대주파수편이는 $(\pm)12.5\text{kHz}$ 이며 제어신호 부반송파에 따른 최대주파수편이는 $(\pm)2.5\text{kHz}$ 일 것

마. (종합주파수특성곡선) 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수특성의 회로에 의하여 프리앰파시스를 한 경우에 별표 10에 정한 특성곡선과 같을 것

바. (종합왜율) 50Hz에서 15,000Hz까지 최대 주파수편이로 변조한 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수 특성의 회로에 의하여 디엠파시스를 행한 경우에 5% 이하일 것

사. (신호대 잡음비) 변조주파수 1,000Hz에 의하여 최대 주파수편이로 변조한 송신장치 등은 $75\mu\text{s}$ 의 시정수를 가진 임피던스 주파수특성의 회로에 의하여 디엠파시스를 행한 경우에 50dB 이상일 것

아. (혼변조) 제1음성신호반송파의 주파수와 제2음성신호반송파의 주파수와의 차의 주파수에 따른 혼변조파 발사의 평균전력은 제1음성신호반송파와 제2음성신호 반송파의 무변조시 제1음성신호반송파 주파수보다 224.2kHz 낮은 주파수와 제2음성신호 반송파의 주파수보다 224.2kHz 높은 주파수에서 각각 영상신호 반송파의 전력보다 50dB 이상 낮은 값이어야 할 것

자. (신호분리도) 송신장치의 제1음성신호 및 제2음성신호에 따라 제1음성신호반송파와 제2음성신호반송파에 규정된 최대주파수 편이를 가한 경우에 각각 50Hz 부터 15,000Hz 범위 안의 어떤 주파수에 있어서도 다음의 값 이상이어야 할 것

(1) 스테레오포닉 음성다중방송일 때 30dB

(2) 2음성다중방송일 때 55dB

11. 음성송신설비의 실효복사전력

가. 모노포닉방송의 경우 음성반송파의 실효복사전력은 영상반송파의 영상송신설비의 실효복사전력의 10% 이상 30% 이하일 것

나. 제1음성신호반송파 및 제2음성신호반송파의 실효복사전력은 각각 텔레비전 영상신호 반송파 실효복사 전력의 5%와 1%로 할 것

12. (편파면) 송신공중선은 그 발사전파의 편파면이 수평일 것. 다만, 방송통신위원회가 특히 필요하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니한다.

13. (실효복사전력 또는 전계강도) 송신공중선으로부터 100m이상 떨어진 전방에 장애물이 없는 공간의 지점에서 무지향성 공중선의 경우 45도 마다 8지점, 지향성 공중선의 경우 30도 마다 12지점에서 전계강도를

측정하여 산출한 실효복사전력이 허용치 이내일 것

제31조(지상파 디지털 텔레비전방송용 무선설비) ① 지상파 디지털 텔레비전방송용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

2. 방송신호의 표현 형식

가. 영상은 다음과 같은 신호를 사용하여 부호화 할 것

(1) 영상신호의 표현 형식은 "지상파 디지털 텔레비전방송 송수신 정합표준"에서 규정하는 조건에 적합할 것

(2) 휘도 신호와 색차 신호의 표본당 비트 수는 8로 할 것

(3) 영상 신호의 형식은 휘도 신호(Y) 블록 4개와 색차 신호(Cb, Cr) 블록 각 한 개씩으로 구성된 4:2:0 형식으로 할 것. 이 경우 블록은 수평x수직으로 8x8 화소로 구성된 매트릭스를 말하는 것일 것

나. 음성은 다음과 같은 신호를 사용하여 부호화 할 것

(1) 음성 신호의 대역은 3Hz 이상 20,000Hz 이하로 할 것. 이 경우 저대역효과(LFE: Low Frequency Enhancement)채널 음성 신호의 대역은 3Hz 이상 120Hz 이하로 할 것

(2) 음성의 서비스 유형은 "지상파 디지털 텔레비전방송 송수신 정합 표준"에서 규정하는 조건에 적합할 것

(3) 음성 채널의 수는 5.1채널이며 이 가운데 한 채널 이상을 선택하여 오디오 채널을 구성할 것

(4) 음성 신호의 표본화 주파수는 48,000Hz로 할 것

(5) 음성 신호의 표본당 비트 수는 16 이상, 24 이하로 할 것

4. 음성 신호의 압축 조건

가. 음성 부호화 목표 비트율은 최대 512kbps로 할 것

나. 음성 부호화 기본 알고리즘으로는 AC-3(돌비 디지털) 방식을 사용할 것

참 고 문 헌

- [1] “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770, 2006년
- [2] “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-1, 2007년
- [3] “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level”, ITU-R 권고문 BS.1770-2, 2011년 3월
- [4] “Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes”, ITU-R 권고문 BS.1864, 2010년
- [5] “Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders”, EBU Technical Recommendation R68-2000
- [6] “Audio levels – in the new world of digital systems”, John Emmett Broadcast Project Research, 2003년 1월, 기술 리뷰
- [7] “Level and Distortion in broadcast audio – the Dolby solution”, Tony Spath Dolby Laboratories, Inc., 2003년 1월, 기술 리뷰
- [8] “The use of high level digital audio material in the production chain”, 2006년 2월, EBU Recommendation R117
- [9] “Level and Distortion in digital broadcasting”, Thomas Lund TC Electronic A/S, 2007년 3월, EBU 기술 리뷰 R310
- [10] “Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals”, 2010년 8월, EBU 권고 R128
- [11] “Use of the EBU R 128 logo”, Thomas Lund TC Electronic A/S, 2010년 12월, EBU 권고 R128 부속서
- [12] “Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128”, 2011년 2월, EBU 기술 3344

- [13] “ATSC Digital Television Standard: Part 5 - AC-3 Audio System Characteristics”, 2010년 7월
- [14] “ATSC Digital Television Standard: Part 6 - Enhanced AC-3 Audio System Characteristics”, 2010년 7월
- [15] “ATSC Recommended Practice: Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television”, 2011년 5월
- [16] 디지털방송오디오 레벨 관리방안 연구, 이상운, 2011. 11.12 한국방송공학회 학술대회
- [17] MediaCube, 공중파 4CH 라우드니스분석, 2011. 8
- [18] 방통위고시_제2011-46호) 무선설비규칙