

방통융합정책연구 KCC-2018-11

터널 및 지하공간내 재난방송 수신기준 연구

(A study on the RSSI level for disaster broadcasting
in tunnels and underground space)

김지수/강현정/권혁준/류건우

2018. 12

연구기관 : 한국전파진흥협회



이 보고서는 2018년도 방송통신위원회 방송통신발전기금 방송통신융합 정책연구사업의 연구결과로서 보고서 내용은 연구자의 견해이며, 방송통신위원회의 공식입장과 다를 수 있습니다.

제 출 문

방송통신위원회 위원장 귀하

본 보고서를 『터널 및 지하공간내 재난방송 수신 기준 연구』의 연구결과보고서로 제출합니다.

2018년 12월

연구기관 : 한국전파진흥협회

총괄책임자 : 김지수

참여연구원 : 강현정

권혁준

류건우

목 차

요약문	k
제 1 장 서 론	1
제 2 장 터널 내 FM 라디오 및 지상파 DMB 중계기 기술 사항 분석	3
제 1 절 DMB 개요	9
제 2 절 재난방송 매체로서의 DMB	10
제 3 절 DMB 재난경보방송	12
제 4 절 터널용 DMB 재난방송	14
제 3 장 방송 서비스 전계강도 관련 국내·외 동향	51
제 1 절 국내동향	15
제 2 절 국외동향	23
제 4 장 재난방송 기술 기준 제정을 위한 환경별 시나리오	93
제 5 장 재난방송 서비스 적용을 위한 터널내 자동차 점화 잡음 및 인공 잡음 측정 및 분석	41
제 1 절 전파잡음의 정의	41
제 2 절 잡음의 통계적 모형화	50
제 3 절 자동차 점화 잡음의 측정 및 분석	68
제 6 장 재난방송 서비스 품질 기준 제안	83
제 1 절 서비스 품질 기준 영향 주요 요소	85
제 2 절 FM 서비스 품질 기준	85
제 3 절 DMB 서비스 품질 기준	87

제 7 장 결 론	89
참고문헌	93
부 록	95

표 목 차

<표 2-1> 노선별 설치현황	8
<표 2-2> 연차별 설치계획	8
<표 2-3> 수도권 광역철도구간 설치계획	8
<표 3-1> DRM+ 최소 수신레벨(100MHz)	18
<표 3-2> DAB/DAB+ 방식의 신호대잡음비	18
<표 3-3> DAB/DAB+ 방식의 신호대잡음비	19
<표 3-4> 변조 및 코딩율에 따른 신호대잡음비	19
<표 3-5> 디지털라디오 안테나 높이	20
<표 3-6> 안테나 높이에 따른 보정계수	20
<표 3-7> 주요국의 수신 안테나 높이 적용 현황	21
<표 3-8> 수신안테나 높이에 따른 보정계수	22
<표 3-9> 장소율에 따른 수신형태 및 보정계수	23
<표 3-10> FCC 아날로그 FM 및 디지털 신호 전계강도	26
<표 3-11> 전력 및 안테나높이에 대한 조건	27
<표 3-12> ITU-R BS 412-9 권고	30
<표 3-13> 영역별 FM 수신 전계강도	31
<표 3-14> FM 라디오 수신 전계강도 [1946]	32
<표 3-15> FM 라디오 수신 전계강도 [1951]	32
<표 3-16> 수신기별 안테나 이득	33
<표 3-17> 안테나 이득에 따른 인공잡음 레벨과의 상관관계	33
<표 3-18> 장소 변동률에 따른 보정 계수	34
<표 4-1> 터널 분류별 재난 상황 시나리오	39
<표 4-2> 재난 상황 시나리오에 따른 서비스 품질 기준 고려사항	39
<표 6-1> FM 서비스 품질 기준	85
<표 6-2> DMB 서비스 품질 기준	87

<표 6-3> 채널 환경별 신호대 잡음비 88

그 립 목 차

[그림 2-1] 재난방송 서비스 개념도	3
[그림 2-2] 터널 내 서비스를 위한 재난방송 중계 시스템 구성도	5
[그림 2-3] 터널 라디오 재방송 중계 시스템 구성도 예	5
[그림 2-4] 도로터널 무선 중계 시스템 구성도 예	6
[그림 2-5] 인빌딩 통합 무선 중계 시스템 구성도 예	6
[그림 2-6] 철도터널 FM/DMB 방송설비 구성도	7
[그림 2-7] 재난경보방송을 위한 프로토콜 스택과 계층별 생성되는 프레임	13
[그림 2-8] 터널용 DMB 재난방송시스템을 활용한 서비스 개념도	14
[그림 3-1] 방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법	16
[그림 3-2] 호주의 디지털라디오 전계강도 기술 기준 체계	24
[그림 3-3] 미국의 디지털라디오 기술기준 체계	25
[그림 3-4] FM 방송신호 마스크	28
[그림 3-5] 인접채널 보호를 위한 전계강도 기준	30
[그림 3-6] 수신 환경 및 단말기의 움직임에 따른 C/N 비	34
[그림 3-7] 수신기의 수신 감도 측정	35
[그림 3-8] 차량 수신 최소 전계강도	36
[그림 3-9] 빌딩내 휴대용 라디오 최소 수신전계강도	37
[그림 5-1] 잡음의 종류 및 분류	42
[그림 5-2] 전파잡음의 성질별 분류	43
[그림 5-3] 협대역 수신기에 의한 잡음의 분류	50
[그림 5-4] 구형펄스에 대한 IF 증폭기의 출력 응답	51
[그림 5-5] A급 잡음에 대해 계산된 확률분포 ($AA=0.1$ 일 경우)	54
[그림 5-6] A급 잡음에 대해 계산된 확률분포 ($\Gamma A=10^{-4}$ 일 경우)	54
[그림 5-7] B급 잡음에 의해 계산된 확률분포 ($\alpha=0.1$ 일 경우)	57
[그림 5-8] B급 잡음에 의해 계산된 확률분포 ($A\alpha=1.0$ 일 경우)	57

[그림 5-9]	시간에 따른 잡음 신호의 변화	65
[그림 5-10]	자동차 점화계통도	68
[그림 5-11]	가솔린 계통 자동차 점화 잡음	71
[그림 5-12]	디젤 계통 자동차 점화 잡음	72
[그림 5-13]	현장 측정 사진	73
[그림 5-14]	K3(가솔린차량) FM 잡음 측정 APD	75
[그림 5-15]	K3(가솔린차량) DMB 잡음 측정 APD	75
[그림 5-16]	카니발(경유차량) FM 잡음 측정 APD	76
[그림 5-17]	카니발(경유차량) DMB 잡음 측정 APD	76
[그림 5-18]	EMI 챔버 현장 측정 사진	77
[그림 5-19]	FM 중계기 출력 조정	78
[그림 5-20]	FM 중계기 출력 54dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	78
[그림 5-21]	FM 중계기 출력 44dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	79
[그림 5-22]	FM 중계기 출력 39dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	79
[그림 5-23]	FM 중계기 출력 34dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	80
[그림 5-24]	FM 중계기 출력 25dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	80
[그림 5-25]	FM 중계기 출력 23dB μ V/m 지점에서 가청 테스트	81
[그림 5-26]	터널내 측정 사진	81
[그림 5-27]	FM 중계기 출력 54dB μ V/m 지점에서 주행속도별 가청 테스트	82
[그림 5-28]	FM 중계기 출력 48dB μ V/m 지점에서 주행속도별 가청 테스트	82
[그림 5-29]	수신레벨 44dB μ V/m 주행속도 60km/h, 80km/h, 100km/h 시 스펙트럼 ..	83
[그림 5-30]	수신레벨 34dB μ V/m 주행속도 60km/h, 80km/h, 100km/h 시 스펙트럼 ..	83
[그림 6-1]	상용 수신기별 수신 레벨	86

요 약 문

고도화 사회로 진입함에 따라 자연재해뿐만 아니라 인재 등으로 인해 재난이 많이 발생하고 있으며, 특히 2014년 4월 16일에 진도 인근에서 일어난 세월호 참사 사건은 우리 사회의 취약한 재난 경보시스템에 대하여 경종을 울리는 계기가 되었다. 이러한 예기치 못한 재난에 대비하여 이동 중에 언제 어디서나 무료로 이용할 수 있는 수신 매체가 FM 라디오 방송과 지상파 DMB 방송이다.

특히 방송통신발전 기본법 제40조의3에 터널 및 지하공간 내에서의 재난 정보 및 민방위 경보 방송을 원활하게 수신 할 수 있도록 방송 중계 설치가 의무화 되어 터널 및 지하공간에서 발생될 수 있는 재난에 신속하게 대비하도록 하고 있다.

FM 라디오 방송 및 지상파 DMB 방송의 서비스 품질 기준은 과학기술정보통신부 고시 제2017-7호 [방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법]에 따르고 있으나, 이는 터널 및 지하공간을 기준으로 작성된 것이 아니라 옥외의 지역을 기준으로 작성된 것이다.

따라서 본 정책 연구에서는 지하공간을 포함한 터널에서도(도보 및 차량 이동 중) 안정적인 방송 수신을 위한 FM 라디오 방송 및 지상파 DMB 방송 수신에 대한 기준을 제안함으로써 터널 및 지하공간내의 안정적인 방송 수신 및 중계설비 설치 확산의 기반을 마련하고자 한다.

본 연구를 수행함에 있어서 먼저 외국의 사례 및 관련 자료를 조사하여 분석하였으며, 직접 터널 내의 잡음 정도를 측정하였다. 아울러, 차량의 경우 휘발유 엔진과 디젤엔진에서 나오는 인공잡음 등도 주파수 대역별로 측정하고 분석하였다. 그리하여 수신기별 안테나 이득, 수신기의 잡음지수, 인공잡음 신호 레벨과 ITU-R P.1546에서 권고하고 있는 시간별 공간별 무선신호의 대한 표준편차 등을 고려하여 최소 수신 전계강도를 산정하였다.

특히, 개별 차량에서 발생하는 대표적인 인공잡음인 차량 점화 잡음을 측정하기 위해 외부 전파의 방해가 없는 전자파 무반사실에서 휘발유 및 경유 차량에 대해 전 방향(전방 후방, 측방)으로 차량 점화 잡음의 신호 강도 및 주파수 분포를 측정하였으며, 현장 측정을 통해 출·퇴근 시간대 등 차량이 밀집했을 때의 차량 점화 잡음 영향도를 분석하여 재난 방송 수신 품질 기준에 반영하였다.

현행 과학기술정보통신부 고시인 방송구역전계강도 기준 표에 표시된 FM 라디오 방송의 경우 저잡음 지역에서의 전계강도 기준인 $48\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (수신 안테나 높이 4m)인 상태에서도 선명하게 방송 수신이 가능한 것으로 측정되었고, 실제 신호 수신시의 안테나 높이가 1.5m임을 감안하여 안테나 높이에 따른 보정계수 3dB를 적용하여 터널 및 지하공간에서의 최소 수신 전계강도 기준은 $45\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 및 FM 수신단의 RF 신호의 CNR을 20dB 이상이 타당하다고 사료된다. 아울러 DMB의 경우 2×10^{-4} 의 품질을 유지하기 위해 CNR이 6.5dB 이상이어야 한다.

본 연구의 결과는 향후 터널 및 지하철을 이용하는 지하공간에서의 재난 방송 수신을 전수 조사하는 측정 기준으로 사용될 것으로 기대된다.

SUMMARY

With the advancement of society, there are an increasing number of disasters, which include both natural and man-made disasters. In particular, the sinking of the Sewol Ferry off Jindo Island on April 16 2014 sounded an alarm for Korean society's poor disaster warning system. FM radio and terrestrial DMB broadcasting are media that are available anytime, anywhere for free in case of unexpected disasters.

In particular, the installation of repeaters to ensure the reception of disaster information and warnings in tunnels and underground spaces is mandated under Article 40-3 of the Framework Act on Broadcasting Communication Development, allowing people to swiftly prepare themselves for possible disasters in tunnels and underground spaces.

The service quality standard for FM radio and terrestrial DMB broadcasting is provided in the Standard, Instructions and Indication Methods for Broadcasting Coverage Electric Field Strength (Ministry of Science and ICT Notification No. 2017-7), but they take outdoor areas as the reference space without considerations for tunnels and underground spaces.

This policy study aimed to suggest a standard on FM radio and terrestrial DMB broadcasting to ensure stable reception in tunnels and underground spaces (on the move by foot or car), thereby laying foundations to deploy repeater equipment to ensure stable reception in tunnels and underground spaces.

In doing so, cases and relevant intelligence in other countries were retrieved and analyzed, followed by actual noise measurements in tunnels. In addition, artificial noises

generated by gasoline and diesel engines were measured and analyzed by frequency band. By doing so, the minimum receiving electric field strength was estimated in consideration of antenna gain by receiver, noise levels of receivers, artificial noise signal levels and standard deviations for wireless signals by time and space as recommended in ITU-R P.1546.

In particular, to measure car ignition noise that is the common artificial noise generated by individual vehicles, the signal strength and frequency distribution of car ignition noise in gasoline and diesel vehicles were measured from all directions (front, back, and side) in an anechoic chamber without interference by external radio waves. On-site measurements were carried out to analyze the impact of car ignition noise in rush hour traffic, such as commuting hours, and the results were incorporated in the disaster broadcasting reception quality standard.

The FM radio broadcast as described in the broadcasting coverage electric field strength table notified by the Ministry of Science and ICT was received clear at 48dB μ V/m (with a receiving antenna height of 4 m) that is the electric field strength standard in low-noise areas. Given the actual receiving antenna height of 1.5 m, an adjustment factor of 3 dB was applied, and the resulting minimum receiving electric field strength standard in tunnels and underground spaces should be 45dB μ V/m with the RF signal CNR at the FM receiving end being at least 20 dB. For DMB, CNR should be at least 6.5 dB to maintain the quality level of 2×10^{-4} .

The results of this study are expected to be used as a measurement standard for full-scale surveys of disaster broadcasting reception in tunnels and underground spaces used by the subways.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
-------------------------------	---

Chapter 2. Analysis of in-tunnel FM radio and terrestrial DMB repeater technology	3
--	----------

Section 1. Overview of DMB	9
Section 2. DMB as a disaster broadcasting media	10
Section 3. DMB disaster warning broadcasts	12
Section 4. DMB disaster warning broadcasts in tunnels	14

Chapter 3. Local and international trends about electric field strength of broadcasting services	15
---	----

Section 1. Local trends	15
Section 2. International trends	23

Chapter 4. Environment-specific scenarios for establishing a technical standard for disaster broadcasting 39

Chapter 5. Measurement and analysis of car ignition noise and artificial noise in tunnels for disaster broadcasting service applications 41

- Section 1. Definition of radio noise 41
- Section 2. Statistical modelling of noise 50
- Section 3. Measurement and analysis of car ignition noise 68

Chapter 6. Suggestion of a disaster broadcasting service quality standard 85

- Section 1. Key factors influencing the service quality standard 85
- Section 2. FM service quality standard 85
- Section 3. DMB service quality standard 87

Chapter 7. Conclusions 89

제1장 서론

고도화 사회로 진입함에 따라 자연재해뿐만 아니라 인재 등으로 인해 재난이 많이 발생하고 있으며, 이러한 재난에 대비하여 이동 중에 언제 어디서나 무료로 이용할 수 있는 수신매체가 FM 라디오 방송과 지상파 DMB 방송이다. 특히 방송통신발전 기본법 제40조의3에 따라 터널 및 지하공간 내에서의 재난 정보 및 민방위 경보 방송을 원활하게 수신할 수 있도록 방송 중계 설치가 의무화 되었다.

2014년 4월 16일에 일어난 세월호 참사 사건은 우리 사회의 취약한 재난 경보시스템에 대하여 경종을 울리는 계기가 되었다.

긴급 재난이 발생하거나 발생 할 우려가 있는 경우에 그 발생을 예방하거나 대피·구조·복구 등에 필요한 정보를 신속하게 제공함으로써 국민들이 신속하게 대처하여 그 피해를 최소화 할 수 있는 재난방송망 구축 및 완비의 필요성에 따라, 정부는 2014년 6월 방송통신발전 기본법을 개정하였다.

개정내용은 '터널 내에서 재난방송 및 민방위경보방송을 원활하게 수신할 수 있는 재난방송 수신시설의 설치를 의무화' 하였으며, 이에 따라 도로 철도시설의 터널 또는 건축물의 지하공간 등 방송수신 장애지역에 재난방송이 원활하게 수신될 수 있는 제도적 기반이 마련되었다.

방송통신발전 기본법 제40조의3(재난방송등 수신시설의 설치), 「도로법」 제2조제1호에 따른 도로 「도시철도법」 제2조제3호에 따른 도시철도시설 및 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 철도시설(마목부터 사목까지의 시설은 제외한다)의 소유자·점유자·관리자는 터널 또는 지하공간 등 방송수신 장애지역에 제40조제1항에 따른 재난방송등 및 「민방위기본법」 제33조에 따른 민방위 경보의 원활한 수신을 위하여 필요한 다음 각 호의 방송통신설비를 설치하여야 한다.

1. 「방송법」 제2조제1호 나목에 따른 라디오방송의 수신에 필요한 중계설비
2. 「방송법」 제2조제1호 라목에 따른 이동멀티미디어방송의 수신에 필요한 중계설비

아울러 정부는 국민들의 재난 대응 능력 향상을 위해 2018년부터 국내에서 출시되는 삼성 전자, LG전자 등 스마트폰을 통해 FM 라디오 방송의 수신을 가능하도록 하였다. 이러한 스마트폰의 FM 라디오 기능 활성화를 통해, 긴급 재난 시 이동통신망이 마비되는 상황이 발생하더라도 스마트폰의 FM 라디오 수신을 통해 재난방송 청취가 가능할 수 있게 하였다.

지금까지 방송 수신에 대한 수신 품질 기준은 과학기술정보통신부 고시 제2017-7호 [방송구역 전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법]에 따르고 있으나, 이는 지하공간을 기준으로 작성된 것이 아니다. 따라서 본 연구에서는 지하공간을 포함한 터널에서도(도보 및 차량 이동 중) 안정적인 재난 방송 수신을 위한 FM 라디오와 지상파 DMB의 수신 기준 마련이 필요하다.

본 연구는 미국, 일본, 유럽 등의 재난망에 대한 해외 주요국 터널 또는 지하공간의 재난 방송에 대한 수신기준을 조사, 분석하여 국내 실정에 맞는 새로운 기준을 제시하였다.

재난 방송 수신 매체인 FM 라디오와 지상파 DMB에 대한 기술적 일반 사항과 재난 방송 기술 기준의 제정을 위한 환경별 시나리오를 분석하였으며, 이에 따라 국내외의 국제표준을 분석하여 FM 라디오와 지상파 DMB에 대한 수신 설비 분석 등을 통해 적정 수준의 기술 기준(안)을 표출하였다.

또한, 터널내의 인공잡음을 터널 현장에서 직접 측정하여 서비스 품질 기준에 반영하였다. 이를 바탕으로 터널내의 재난 방송 수신을 위한 FM 라디오와 지상파 DMB의 서비스 품질 기준을 분석하여 설정하였다.

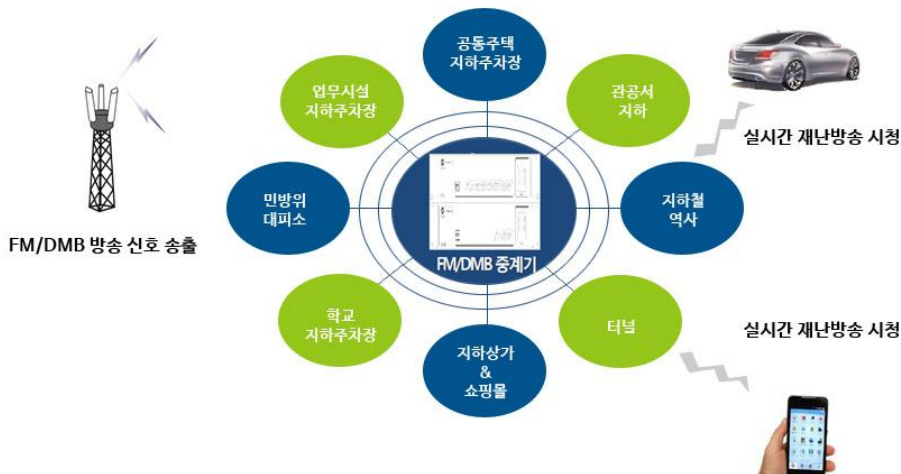
이를 통하여, 재난 방송 수신 기준을 제안함으로써 터널 및 지하공간내의 원활한 서비스 확산의 기반이 마련될 것으로 생각된다.

제 2 장 터널 내 FM 라디오 및 지상파 DMB 중계기 기술 사항 분석

FM 라디오와 지상파 DMB 중계 장비는 전파가 도달되지 않은 음영지역(도로터널, 도시 철도, 지하공간)에 고품질의 FM 라디오 방송 및 멀티미디어를 지원하는 지상파 DMB 서비스를 제공함으로써 정보화 사회에 모든 국민들이 언제 어디서든 실시간으로 변화되는 정보를 청취 및 시청할 수 있고 비상시에는 FM 라디오, 지상파 DMB 비상방송을 통하여 안전하게 지하공간에서 대처할 수 있는 기능을 제공한다.

FM 라디오와 지상파 DMB 중계장비의 주요 기능 및 성능은 방송통신위원회가 추진하는 ‘재난방송 수신용 방송중계설비 지원사업’ 일환으로 마련된 재난방송 중계기 성능기준(17년 BMT 기준 개정에 따라 DMB 긴급라디오 방송 기능이 추가됨)을 통하여 출력과 무선규격을 검증하고 있다.

[그림 2-1] 재난방송 서비스 개념도



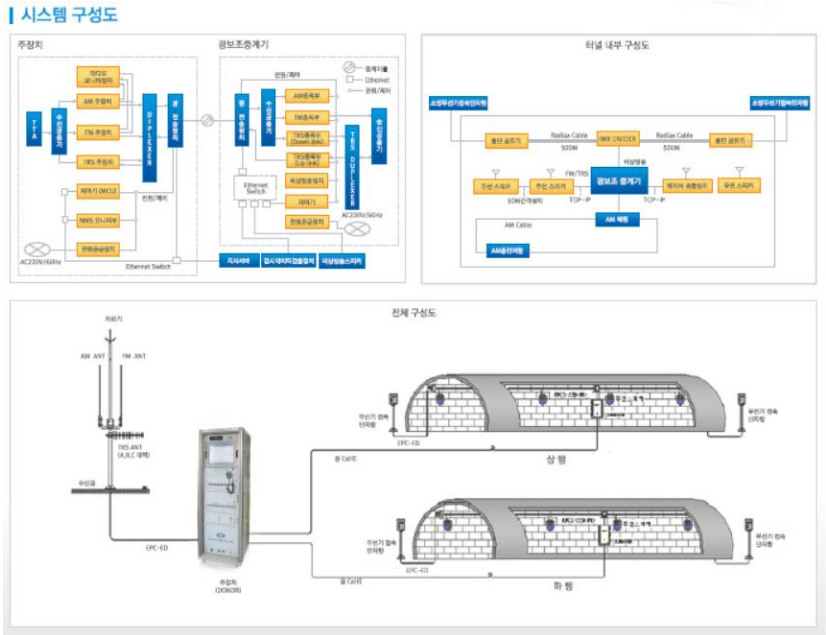
장비의 주요 기능은 재난방송 중계 및 비상방송 송출이며 재난시 전원 이상 상황에서도 운용할 수 있도록 전원장치 이중화 및 무정전 전원장치의 기능을 내장하고 장애를 대비하여 FM/DMB 수신부의 이중화 구성이 필요하다.

최근 개발 장비의 성능 및 특성을 살펴보면, 비용 및 자원 절감을 위한 기술이 적용되어 있다.

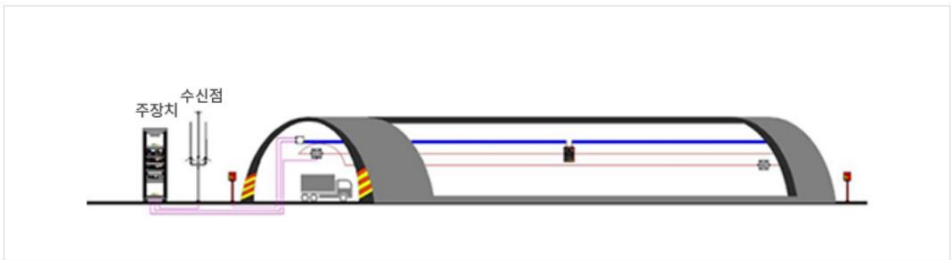
- 광대역 채널선택방식으로 구성되어 있어 방송채널이 증설되는 경우에도 하드웨어 추가 없이, 고품질의 FM, DMB 방송 서비스 및 비상방송 서비스 기능
- 양질의 전파를 수신한 주장치(Main System)는 확장성을 용이하게 할 수 있도록 여러개의 광포트를 지원하며, 자장치(Remote System)와는 하나의 광케이블로 연결되어 모든 서비스 기능
- 주장치는 연결되어 있는 모든 자장치의 상태감시 및 제어할 수 있으며, 주장치는 관제 센터와 네트워크로 연결이 되어 센터에서 관리하므로, 유지보수 및 관리 비용이 절감
- 주장치에서는 마이크를 통하여 선택한 자장치에 FM, DMB 비상방송을 서비스할 수 있으며, DMB의 경우 단말기 리셋 없이 영상으로 비상상태 확인 기능
- 자장치(Remote System)은 인접한 역사 또는 추가 확장을 용이하게 하기 위하여 Cascade가 가능하며, 장비이상 시에는 인접한 역사 서비스에 영향이 없도록 Bypass기능
- 주장치와 자장치 간에는 이더넷으로 연결되어 자장치에는 지하 공간 및 터널에 필요한 장비들을 연결하여 사용할 수 있는 기능
- 주장치와 자장치는 주파수 밴드 추가가 용이한 구조로 설계되어 있어 국민의 안전에 영향을 미치는 소방무선, 경찰무선 등의 서비스 제공할 수 있으며, 기간통신사업자가 사용하는 주파수도 추가 사용할 수 있도록 구성
- 주장치와 자장치에는 전파의 품질 및 장비의 이상 유무를 판단할 수 있는 모니터링 기능

[그림 2-2] ~ [그림 2-6]에서는 도로터널, 철도터널 및 인빌딩 재난 방송 무선 중계시스템의 설치 사례에 대한 구성도를 표시하였다.

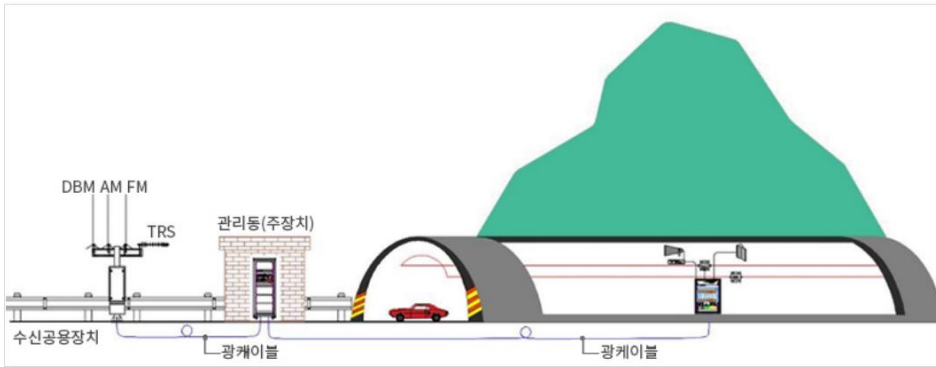
[그림 2-2] 터널 내 서비스를 위한 재난방송 중계 시스템 구성도



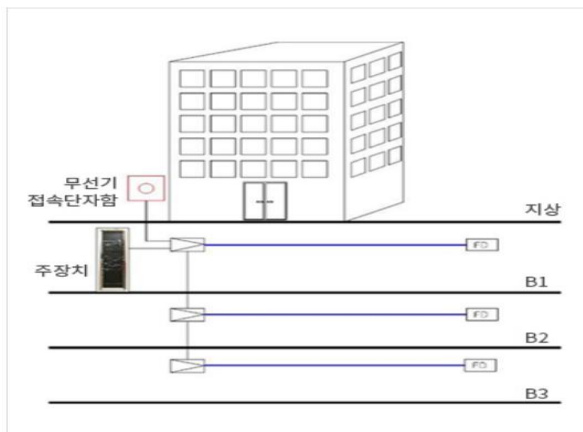
[그림 2-3] 터널 라디오 재방송 중계 시스템 구성도 예



[그림 2-4] 도로터널 무선 중계 시스템 구성도 예



[그림 2-5] 인빌딩 통합 무선 중계 시스템 구성도 예



또한, 국토교통부는 「2017년 6월 15일 보도자료」를 통해 아래와 같이 철도터널과 지하역사에서 재난 등 비상시 FM 라디오와 지상파 DMB 방송을 시청하거나 청취할 수 있도록 중계설비를 2018년부터 연차적으로 설치하기로 하였다.

설치대상은 국가가 관리하는 철도터널 784개소 중 200m 이상 터널 529개소와 지하역사 62개소로 총 사업비는 약 1,250억 원이 투입될 예정이다.

<표 2-1> 노선별 설치현황

구 분	광역철도	일반철도	고속철도
FM 라디오	지하구간에 설치	일부 미설치	미설치
DMB	분당·일산·과천선 설치	미설치	미설치

연차별 설치 계획 및 수도권 광역철도구간 설치계획은 아래 표와 같다.

<표 2-2> 연차별 설치계획

(단위 : 억원)

구축대상	추진계획					
	계	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년 이후
796km (591개소)	1,250	5	16	75	75	1,079
	796km (591개소)	-	10km (10개소)	50km (64개소)	52km (46개소)	684km (471개소)
	-	설계	수인선	중앙선 등 광역철도	분당선 등 광역철도	고속·일반철 도

<표 2-3> 수도권 광역철도구간 설치계획

년 도	예산 (억원)	사업내용	비 고
2017	5	수도권 광역철도 (112km)구간 FM/DMB 설계 사업기간 :2017.07~2018.12	
2018	16	수원~인천간(10km) FM/DMB 구축 사업기간 :2018.01~2018.12	
2019	75	청량리~용문 등 5개 노선(50km) FM/DMB 구축 사업기간 :2019.01~2019.12 사업내용 : 케이블 안테나 (50km), 중계장치(32개소)	
2020	75	왕십리~수원 등 2개 노선(52km) FM/DMB 구축 사업기간 :2020.01~2020.12 사업내용 : 케이블 안테나 (52km), 중계장치(23개소)	
합 계	171	철도터널 112km, 60개소 및 역사 60개소 설치	

제 1 절 DMB 시스템 개요

DMB란 디지털멀티미디어방송(Digital Multimedia Broadcasting)의 약자이다. 디지털 TV 규격을 미국식으로 결정하면서 디지털 TV에서 이동수신이 불가능하게 되었고, 이를 보완하기 위해 이동 수신이 가능한 DMB를 도입하였다. DMB는 유럽에서 서비스하고 있는 DAB(Digital Audio Broadcasting)에 비디오 서비스를 추가한 형태이다. 지상파 DMB의 경우 한국에서 세계 최초로 상용화에 성공하여 서비스를 개시하였고, 위성 DMB는 일본에서 one seg라는 이름으로 서비스를 먼저 시작하였다.

DMB의 역사는 DAB에서 그 뿌리를 찾을 수 있다. DAB는 1981년부터 연구되기 시작하여, 1988년 독일에서 처음으로 전송이 이루어졌다. 1987년 유럽연합의 연구 프로젝트로서 'Eureka-147(EUropean REserch Coordination Agency project-147)' 프로젝트가 출범하였다. 1993년에는 ITU-R에서 Eureka-147의 고유 명칭으로 DAB를 명명했으며, 개발 초기 시스템의 주요 목적은 차량을 이용한 이동수신을 목적으로 한 오디오 및 데이터 방송이었다. 1995년에는 BBC가 지상파 DAB 서비스 개시 하였다.

우리나라에서는 1997년 3월에 정보통신부와 산업자원부에 의한 디지털 라디오 방송의 도입에 관한 논의로 '지상파 디지털 라디오 방송 추진 위원회'를 구성하였고, 2000년 4월 '지상파 디지털 라디오 방송 추진 전담반'을 구성하여, 2001년 '디지털 라디오 방송'의 방식으로 Eureka-147 방식을 국내 표준으로 잠정 결정하였다.

2002년 12월 17일, 정보통신부는 디지털 라디오 방송 공청회를 열어 DAB(Digital Audio Broadcasting)를 영문으로 DMB(Digital Multimedia Broadcasting), 우리말로 '디지털 라디오 방송'으로 명명하였으며, 이는 오디오뿐만 아니라 비디오, 데이터 방송을 합친 넓은 의미의 개념이다. 정보통신부는 오디오 중심의 DAB를 비디오 중심의 DMB로 명칭을 바꾸고 유럽의 Eureka-147 방식을 국내표준으로 채택하였다.

2003년 2월 24일, 방송위원회에서는 우리나라에서 디지털 라디오 방송(DMB)이 협의의 개념인 오디오로 많이 사용되고 있고, 또한 데이터 방송 등 멀티미디어 서비스의 특성을 표현하는데 한계가 있다고 판단해 오디오, 비디오, 데이터방송을 모두 포괄하는, 영문으로 DMB, 우리말로 '디지털 멀티미디어 방송'으로 명명하기로 통일하였다. 방송위원회는 DMB

를 'CD수준의 음질과 데이터 또는 영상 서비스 등이 가능하고 우수한 고정 및 이동 수신 품질을 제공하는 디지털방식의 멀티미디어방송'으로 정의하고, DMB를 전송수단에 따라 지상파 DMB와 위성 DMB로 구분하였다.

2004년 3월 2일, 16대 마지막 임시국회에서 방송법 개정(안)을 통과시키면서 DMB를 이동 멀티미디어 방송으로 새롭게 규정하였다. 방송위원회에서는 2004년 3월 22일에 이동 멀티미디어 방송의 근거규정을 마련하였다.

2005년 3월 28일에는 방송위원회가 지상파 DMB 사업자로 KBS, MBC, SBS, YTN DMB, U1미디어, 한국DMB를 선정하였다. 2005년 5월에는 위성 DMB의 본 방송이 시작되었고, 2005년 12월 1일 서울을 시작으로 지상파 DMB 본 방송이 시작되었다.

지상파 DMB를 이용한 재난경보방송의 경우, 2006년 12월에 지상파 디지털멀티 미디어 방송(DMB) 재난경보방송 표준이 제정되었으며, 2008년 11월부터 제주도 지역에서 시험 서비스가 실시되었다. 2009년 6월부터는 제주도 지역에서 시험방송 실험이 확대되었고, 2009년 8월에는 전국 단위의 시험방송이 실시되었다.

제 2 절 재난방송 매체로서의 DMB

DMB의 특성 중, 재난방송 매체로서 유리한 점을 분석하면 다음과 같다.

첫째로 DMB는 '디지털 방송'이다. 동영상이나 소리뿐만 아니라 문자, 그림은 물론 웹사이트까지 전송할 수 있다. TV, 라디오도 각각 동영상과 소리를 이용하여 정보를 전달하지만 DMB는 하나의 기기에 여러 형태로 정보를 전달할 수 있다. 그리고 전송에 다중화 방식을 이용한다. 다중화 방식이란 한 채널에 여러 가지 정보를 동시에 보내는 것으로 현재 방송중인 프로그램이 중단되지 않고 재난 정보를 전달하는 것이 가능하다. 이는 휴대전화로 DMB를 시청하는 중 재난 문자메시지를 수신하는 것과 유사하다. 따라서 뉴스 등의 보도 프로그램이 아닌 광고가 방송되는 중에도 재난 정보를 수신하여 표시해 줄 수 있다. 또한 DMB는 방송이기 때문에 제한된 전파 자원을 이용해서 일대다의 효율적인 정보전달을 할 수 있다.

둘째로 DMB 수신기는 '휴대용'이다. DMB 수신을 위해서는 동전보다 작은 크기의 칩 하나만이 필요하다. 따라서 작은 크기의 휴대용 수신기를 만들 수 있다. 작은 크기로 휴대가

간편하기 때문에 인적이 드문 곳에서도 재난 정보를 얻을 수 있다.

또한 휴대용이기 때문에 배터리를 가지고 있다. 배터리가 있으면 재난 시 쉽게 발생할 수 있는 정전 상황에서도 재난 방송을 수신할 수 있고, 대기 상태에서 적은 전력 소모로 재난상황만을 감시할 있다.

셋째로 DMB 수신기는 '이동형'이다. 시속 200km로 이동하는 중에도 수신할 수 있는 것을 목표로 개발되어 자동차나 지하철을 타고 이동하는 중에도 재난 정보를 전달할 수 있다. 따라서 자동차 운전자를 대상으로 교통 관련 재난 정보 서비스를 하는데 유리하다. 이동형이라는 특징이 방송과 결합되면 새로운 재난방송 서비스가 가능해진다. 현재 근해를 운항하는 선박을 위한 재난 서비스는 존재하지 않는다. 그러나 DMB를 이용하여 넓은 바다를 이동하는 선박에 대해 효율적으로 재난 정보를 전달할 수 있다.

넷째로 DMB 수신기는 '복합기능'의 수신기이다. 수신 모듈이 매우 작기 때문에 DMB 수신만을 목적으로 하는 경우보다는 휴대전화나 차량용 내비게이터 등과 결합된 형태가 많다. 휴대전화의 통신 기능이나 내비게이터 기능을 활용하면 새로운 응용 서비스가 등장할 수 있다. DMB 수신기와 내비게이터 결합될 경우 위치 맞춤형 서비스가 가능해진다. 자동차 탑재형 내비게이터에 DMB 수신기가 결합되면 현재 사용자가 위치한 지역에 재난이 발생하였는지 확인하는 것은 물론 출발지, 경유지, 도착지에 대해 재난 상황을 파악하고 교통에 방해가 될 만한 재난인 경우 대체 경로를 추천할 수도 있다. 휴대전화 결합형 DMB 수신기는 휴대전화의 통신 기능을 이용하여 보다 자세한 재난정보를 얻을 수 있다.

다섯째로 DMB 수신기는 개인용이다. 휴대가 가능하고 보통 휴대전화와 결합되기 때문에 타인과 공유하지 않고 자신만의 수신기를 가진다. 분당에 집이 있고, 서울로 출퇴근하며, 충주에 자주 낚시하러 다니는 사람은 다른 지역의 재난 정보는 크게 중요하지 않다. 제주도에서 사는 사람은 제주도의 재난 정보 외에는 큰 관심이 없다. 개인용 수신기는 이런 다양한 경우에 맞는 개인 맞춤형 서비스가 가능하다.

여섯째로 일반 DMB 수신기에 재난방송 수신기능을 추가하기 위해서는 별도의 하드웨어 없이 소프트웨어 업데이트만으로 가능하다. 재난방송은 중요한 서비스로 비용에 상관없이 반드시 탑재되어야 할 기능이지만 그 비용은 국민 전체에 큰 부담이 된다. 그러나 기능 추가가 소프트웨어 업데이트만으로 가능하다면 비용은 최소한으로 줄어 들 수 있다. 따라서 수신기 제조업체들도 부담 없이 기능을 추가하고, 국민들도 큰 부담 없이 재난방송 수신기

능이 탑재된 수신기를 선택할 수 있다.

제 3 절 DMB 재난경보방송

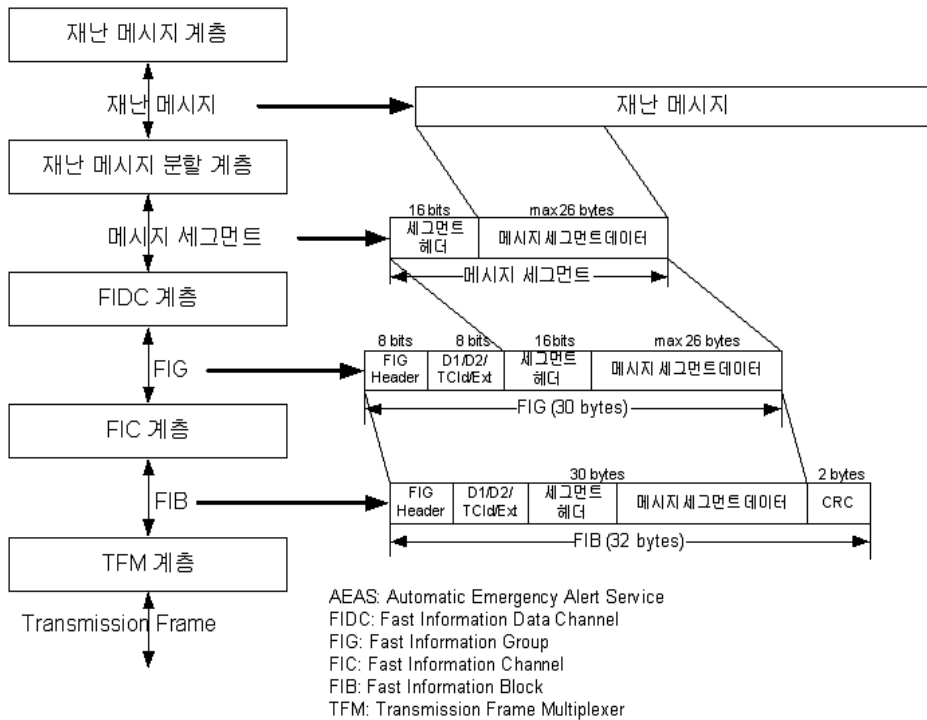
지상파 디지털멀티미디어방송(DMB) 재난경보방송 표준은 지상파 DMB를 이용한 자동 재난경보방송의 정보전달 형식을 표준화하기 위한 것이다. 각종 국지적, 전국적 재난이 발생하였거나 발생할 우려가 있는 경우에 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해서 유용한 정보를 지상파 DMB를 이용한 자동재난경보방송으로 송출하는데 그 적용범위가 있다. 이 표준에서 정의된 재난경보서비스는 지상파 DMB 송출시스템 및 범용 지상파 DMB 수신기에 적용된다. 2005년부터 개발을 시작하여 2006년 12월에 제정되었으며, 2007년 12월, 2009년 6월 두 차례 개정되었다. 소방방재청에서는 2009년도에 'DMB를 활용한 재난경보 전달 시스템' 구축을 완료하였으며, 시범서비스를 시행하였다.

지상파 DMB 재난경보방송은 범용서비스와 특수서비스 두 가지를 제공한다. 범용서비스란 일반 국민을 대상으로 지상파 DMB 수신기(범용 수신기)에 재난경보를 전달하는 것이고, 특수서비스란 특수 목적을 위한 수신기(특수 수신기)에 재난경보를 전달하는 것이다. 인구밀집지역이나 유원지 등에 설치하여 재난경보를 수신한 경우 많은 사람에게 확성기 등을 통해 경보를 전달하기 위한 서비스이다.

지상파 DMB 재난경보방송 시행에서 가장 문제가 된 부분은 단말기 역호환성 문제였다. 수신기 시장에 영세업체들이 많아 표준규격에 따라 정확하게 구현하지 않은 수신기들이 많이 등장하였고, 이 수신기들은 지상파 DMB 재난경보방송을 송신하는 경우 오동작하는 경우가 발생하였다. 그러나 방송통신위원회 전파연구소에 따르면 기존 단말기 오동작을 해결하고 표준에 반영하였다. 이에 따라, KBS는 2010년 1월부터 수도권을 대상으로 시험방송을 실시하고 있으며, 6월부터는 전국을 대상으로 확대하였다.

재난경보방송은 다음과 같은 프로토콜 스택을 통해 전송된다. 최상위 계층인 재난메시지 계층에서는 재난 메시지의 내용(semantic)과 이를 표현하는 방법(syntax)이 정의되어 있다. 재난 메시지 분할 계층은 재난 메시지를 분할하는 방법에 대해 정의한다. 다음 그림은 재난경보방송을 위한 프로토콜 스택과 계층별 생성되는 프레임이다

[그림 2-7] 재난경보방송을 위한 프로토콜 스택과 계층별 생성되는 프레임



재난 메시지는 실질적인 재난 정보를 전달하기 위한 것이다. 어떤 재난이 일어났는지, 얼마나 중요한 재난 정보인지, 재난 발령 시간은 언제인지, 재난 발생 지역은 어느 곳인지를 인코딩하여 전달한다. 규정된 정보 외에는 일반적인 텍스트 형식의 단문으로 추가 정보를 제공할 수도 있다. 이 단문에는 외부 링크를 포함하여 더 자세한 정보나 멀티미디어 형태의 재난 정보를 전달할 수도 있다. 이와 같이 재난경보 방송은 일반적으로 생각하기 쉬운 재난 상황을 뉴스와 같은 형태로 보도하는 것이 아니라 재난 상황에서 중요한 정보만을 빠르게 전달하는 것이다.

제 4 절 터널용 DMB 재난방송

지상파 DMB의 재난경보방송 강화를 위해 전국 커버리지 확대 추진과 동시에 재난방송 사각지대인 지하·터널 공간에 대한 지상파 DMB 재난경보방송 기반시설 구축에 대한 고려가 필요하다. 국내연구기관에서는 기존 단말로도 재난방송정보 수신이 가능한 터널용 지상파 DMB 재난경보방송 시스템 개발을 '09년부터 추진하여 완료하였다.

터널용 지상파 DMB 재난방송시스템은 평상시에는 기존 지상파 DMB 프로그램을 수신하다가 재난 발생 시 비상방송 송출을 통해 재난경보방송 콘텐츠를 전달받을 수 있도록 하는 시스템이다. 참고로 '도로터널 방재시설 설치 및 관리지침'에 따라 국내1종 도로 터널내에는 아날로그 AM/FM 라디오 재난방송시스템이 설치되어 운영 중이다. 그러나 지상파 DMB는 동영상 등 멀티미디어를 활용하여 FM 방송보다 재난상황 및 대처요령을 재난상황에 맞추어 청각 및 시각적으로 알릴 수 있어 효과적이며, 현재 휴대폰 등 휴대 단말기가 FM 수신기 보다 지상파 DMB 수신기가 더 많은 것도 장점으로 부각될 수 있다. 다음 그림은 터널용 지상파 DMB 재난방송시스템을 활용한 서비스 개념도이다.

[그림 2-8] 터널용 DMB 재난방송시스템을 활용한 서비스 개념도



제 3 장 방송 서비스 전계강도 관련 국내·외 동향

제 1 절 국내동향

전계강도 관련 규정은 전파법시행령 제2조, 제57조 및 제58조에서 규정하고 있으며, 주요 내용은 방송구역의 정의, 방송국 허가 시 전계강도 실측자료 제출 등을 규정하고 있다. 다음은 전계강도 규정 관련 조문내용을 표시하였다.

<전파법시행령>

- 제2조(정의) 제13호 : "방송구역"이란 방송을 양호하게 수신할 수 있는 구역으로서 전계강도(電界強度)가 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시하는 기준 이상인 구역을 말한다.
- 제57조(초단파방송국 또는 텔레비전방송국의 개설조건) 제1항제1호 : 송신공중선의 설치장소는 방송하려는 지역의 인구밀도 등을 고려하여 능률적인 전계강도의 분포를 발생시킬 수 있어야 하고, 방송하려는 지역 외의 지역에 대한 전파발사를 최대한 억제할 수 있는 낮은 위치일 것.
- 제58조(방송구역) 제3항 : 방송국의 허가를 받은 자는 방송국 운용개시 후 3개월 이내에 방송구역 전계강도 실측자료를 과학기술정보통신부장관에게 제출하여야 한다.

전계강도 기준은 방송구역 설정을 위해 요구되는 기준 값이며 전파법시행령 제2조에 따라 과학기술정보통신부장관이 전계강도 기준을 정하여 고시하도록 규정하고 있다.

전계강도 기술기준 관련 고시는 방송구역 전계강도, 무선설비규칙, 방송공동수신설비 및 무선국 검사기준 등 4개 고시가 있다.

- 방송구역 전계강도의 기준·작성 요령 및 표시방법 (과학기술정보통신부 고시)
- 무선설비규칙 (과학기술정보통신부 고시)

- 방송 공동수신설비의 설치기준에 관한 고시 (과학기술정보통신부 고시)
- 무선국 및 전파이용설비의 검사업무 처리기준 (중앙전파관리소 고시)

현행 고시에서 다루는 주요내용은 AM, FM, TV, DMB 등 방송 매체별로 방송구역 설정을 위해 요구되는 전계강도 기준 값과 이에 따른 수신안테나 높이 등을 규정하고 있다. 참고로 디지털방송은 아날로그방송보다 낮은 전계강도 기준을 규정하고 있으며 이것은 아날로그신호에 비해 디지털신호는 낮은 신호대잡음비(S/N)를 가지며 수신신호를 복원하는 기능(에러정정기능)을 포함하고 있어 낮은 송신출력으로도 아날로그 방송구역과 동일한 방송 커버리지를 확보할 수 있기 때문이다.

다음 그림은 '방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법' 기술기준에서 정하고 있는 전계강도 기준 값을 표시하였다.

[그림 3-1] 방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법

방송국	방송구역전계강도(dBμV/m)			비 고
	고잡음지역	중잡음지역	저잡음지역	
표준방송을 하는 방송국	77	74	71	초단파 방송을 하는 방송국의 전계강도 측정은 지상 4m 높이를 기준으로 한다.
초단파방송을 하는 방송국	70	60	48	
지상파 디지털 텔레비전방송을 하는 방송국	LOW VHF	28		안테나 높이는 지상 9m 높이를 기준으로 한다.
	HIGH VHF	36		
	UHF	41		
지상파 초고화질 텔레비전방송을 하는 방송국 (H)	LOW VHF	38		안테나 높이는 지상 9m 높이를 기준으로 한다.
	HIGH VHF	40		
	UHF	45		
지상파이동멀티미디어 방송을 하는 방송국		45		안테나 높이가 지상 2m 높이를 기준으로 한다.

가. 최소 수신레벨

최소 수신레벨은 일정 이상의 방송품질을 유지하면서 최소의 수신레벨로 수신기에 입력되는 신호의 세기를 말하며, 단위는 1mW 전력레벨 기준인 dBm 기호를 주로 사용한다. 또한 최소 수신레벨은 수신기 잡음지수(NF), 제품 구현마진 등 수신기 자체성능에 따라 수신레벨 차이가 있을 수 있다.

최소 수신레벨 값은 낮을수록 성능이 우수하고 높을수록 성능이 떨어지며, 수신기에 입력되는 수신레벨은 전력 Pn으로 표기한다.

$$P_n(\text{dBW}) = F(\text{dB}) + 10 \log_{10}(k \cdot T_0 \cdot B)$$

여기에서

F : 수신기 잡음지수 (dB)

k : 볼츠만상수, $k = 1.38 \times 10^{-23}(\text{J/K})$

T0 : 절대온도 (K)

B : 수신기 잡음대역폭 (Hz)

수신기에 입력되는 최소 수신레벨 $P_{s,\min}$ 은 다음 식으로 표현한다.

$$P_{s,\min}(\text{dBW}) = C/N_{\min}(\text{dB}) + P_n(\text{dBW})$$

여기에서 (C/N)min는 수신기 입력단에서 최소 C/N(dB)를 말한다.

다음은 DRM+ 방식에 대한 최소 수신레벨을 표시하였고, 이때 변조방식이 4QAM(R=1/3, VHF BandII), 주파수대역폭이 100kHz일 경우 최소 수신레벨이 -138.48 dBm(이동), -138.68dBm(휴대), -142.68dBm(고정)으로 규정하고 있다.

<표 3-1> DRM+ 최소 수신레벨(100MHz)

파라미터	단 위	이동수신	휴대수신	고정수신	비 고
최소수신기 입력레벨	(dBW)	-138.48	-136.68	-142.68	

다음은 DAB계열과 DRM+ 방식에 대해 ITU 이론치와 국내 실측결과를 표시하였다. 이론치가 실측치보다 다소 높게 나타난 것은 실측을 위한 수신기 시제품 제작에 따른 제품 구현 마진 등이 포함된 것으로 판단된다.

<표 3-2> DAB/DAB+ 방식의 신호대잡음비

구 분		DAB/DAB+	DRM+	
송수신 조건		주파수 200MHz 이동수신용	주파수 10MHz 이동수신용	
		DQPSK, R=1/2	4QAM, R=1/3	16QAM, R=1/2
최소 수신 입력 레벨(dBm)	이론치(ITU)	-82.8	-108.48	-101.18
	국내 실측	-100.6/-101.12	-117.2	-112.9

나. 신호대잡음비(C/N)

신호대잡음비는 양호한 수신품질을 확보하기 위해 잡음레벨에 대한 신호레벨의 상대적인 레벨차를 말한다. 즉 수신기 열잡음에 대한 신호레벨의 상대적인 비를 말하며, 단위는 데시벨(dB)로 표시한다. 신호대잡음비가 전송신호의 변조방식, 코딩율, 압축방식 등에 따라 요구되는 신호대잡음비를 달리한다.

동일한 송수신 조건이라면 신호대잡음비가 낮을수록 송수신 시스템의 특성이 우수한 것으로 볼 수 있다.

전계강도 기준은 변조방식, 코드율에 따라 신호대잡음비를 달리하고 있으나 공통기준 적용을 위해 국내 지상파 DMB에서 적용하고 있는 변조방식, 코드율 등과 동일한 기준 적용

이 필요하다. 영국, 호주, 일본 등 주요국도 자국내 적용되는 기술기준에 공통의 전계강도 기준을 기술기준으로 규정하고 있다.

국내 지상파 DMB에 적용하는 있는 기준은 변조방식 QPSK, 코드율 1/2을 기본으로 하는 전계강도 기준값을 도출하고 있다.

다음 표는 국제표준에서 규정하는 DAB/DAB+ 방식에 대한 신호대잡음비를 표시하였다.

<표 3-3> DAB/DAB+ 방식의 신호대잡음비

파라미터	DAB/DAB+	
	7dB (Gaussian)	15dB(Rayleigh)
요구된 C/N (BER=10 ⁻⁴)		
간섭마진	2dB	2dB
수신기 최소 C/N	9dB	17dB

다음 표는 국제표준에서 규정하는 ISDB-TSB 방식에 대한 신호대잡음비를 표시하였다.

<표 3-4> 변조 및 코딩율에 따른 신호대잡음비

변 조	컨벌루션 부호화에 따른 코딩율				
	1/2	2/3	4/5	5/6	7/8
DQPSK	6.2dB	7.7dB	8.7dB	9.6dB	10.4dB
QPSK	4.9dB	6.6dB	7.5dB	8.5dB	9.1dB
16QAM	11.5dB	13.5dB	14.6dB	15.6dB	16.2dB
64QAM	16.5dB	18.7dB	20.1dB	21.3dB	22.0dB

다. 수신안테나 높이

방송신호를 수신하기 위해 수신기와 수신안테나가 필요하고 양호한 수신을 위해 수신안테나는 차량지붕(이동수신), 옥상(고정수신), 실내 등 적절한 위치에 설치하여 방송을 시청(또는 청취)할 수 있다. 이때 동일한 지점에서 수신안테나의 지면에서 높이에 따라 방송신

호를 수신가능 여부가 결정될 수 있다.

수신안테나 높이는 방송국간의 주파수 전파간섭을 계산·분석하고 조정하기 위해 일관된 수신안테나 높이 적용이 요구된다. 이는 국가마다 적용하는 수신안테나 높이를 달리하고 있으며 수신안테나 높이 차이는 ITU에서 정하고 있는 보정계수를 통해 보완하고 있다.

영국, 호주 등 주요국의 디지털라디오 전계강도 기준적용을 위해 이동 수신 안테나 높이는 실제 환경에서 1.5m 지면높이로 수신할지라도 방송국간 전파간섭 계산 및 조정이 용이하도록 기준 수신안테나 높이인 10m를 적용하고 있다.

<표 3-5> 디지털라디오 안테나 높이

구 분	ITU-R 국제표준	주요국		
		영국(DAB)	미국 (HD-Radio)	한국(DMB)
실제 수신안테나 높이		1.5m		2m
기준 수신안테나 높이	10m	10m	9m	2m

ITU 국제표준에서 임의의 수신안테나 높이를 10m로 변환하기 위해 수신안테나높이 보정계수 변환식을 정하고 있다.

다음 표는 ITU 수식에 따른 수신 안테나높이 1.5m ~ 10m 보정계수를 계산하였으며 지역에 따라 다소 달리하고 있다.

<표 3-6> 안테나 높이에 따른 보정계수

구 분	안테나 높이에 따른 보정계수 (dB)										
	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1.5m	1m
시골	-	-0.6	-1.3	-2.1	-3.0	-4.0	-5.3	-7.0	-9.3	-11.0	-13.3
교외	-	-0.8	-1.6	-2.6	-3.7	-5.0	-6.6	-8.7	-11.6	-13.7	-16.7
도시	-	-0.9	-1.9	-3.1	-4.4	-6.0	-8.0	-10.5	-14.0	-16.5	-20.0

※ ITU 보정계수 변환식 : $H_{cor} = \frac{c}{6} 20 \log_{10} \left(\frac{h_2}{10} \right) [dB]$

따라서 디지털라디오 전계강도 관련 수신안테나 높이는 영국, 호주, 미국 등 주요국마다 적용기준을 달리하고 있어 국제표준, 주요국의 기술기준 및 현장 조사 등 다양한 검토를 통해 국내 환경에 적합한 기준(안) 마련이 필요하다.

향후 국내에 디지털라디오 방송방식을 도입할 경우 DMB대역을 사용하는 DAB/DAB+ 방식은 DMB와 동일한 수신안테나 높이 2m를 적용하고, FM 대역을 사용하는 HD-Radio/DRM+ 방식은 아날로그FM과 동일한 4m의 수신 안테나높이 적용기준이 필요하다. 이를 통해 아날로그FM과 디지털라디오를 동일한 대역에서 서비스할 경우 아날로그FM 방송국과 디지털라디오 방송국간의 주파수 간섭분석이 가능하고 현장조사에서도 하나의 수신안테나를 통해 측정이 가능하고 별도의 수신안테나의 높이 조정 없이 현장조사가 가능할 것으로 예상된다.

다음 표는 수신 안테나높이에 대해 영국·호주 10m, 미국 9m, 일본 4m 등과 같이 국가마다 일부 적용을 달리하고 있음을 보여주고 있으며, 국내 경우는 디지털라디오 수신안테나는 DMB대역에서 2m, FM대역에서 4m를 적용하고 있다.

<표 3-7> 주요국의 수신 안테나 높이 적용 현황

구 분	DMB 대역		FM 대역			
	DAB/DAB+ (영국/호주)	DMB (한국)	HD-Raidio (미국)	DRM+	ISDB-T (일본)	FM (한국)
실제수신 안테나 높이	1.5m	1.5m	-	1.5m	1.5m	4m
기술기준 안테나 높이	10m	2m	9m	10m	4m	4m
적용 안	10m -> 2m 보정 필요		10/9m -> 4m간 보정 필요			

참고로 국내 아날로그FM 방송을 위한 최소 전계강도 기준과 수신안테나 높이 관련 규정은 일본의 아날로그 FM 기술기준을 도입한 것으로 조사되었다.

다음 표는 우리나라에 환경에 적합한 수신안테나 높이 적용을 위해 보정이 필요하고 이에 따른 수신안테나 높이 보정계수는 ITU-R 권고 BS.1660, P.1546 및 GE06 협정을 참고하여 정리하였으며, 수신안테나 높이 10m를 기준으로 하여 9m, 4m, 2m, 1.5m 등 수신안테나 보정계수이다.

<표 3-8> 수신안테나 높이에 따른 보정계수

중심주파수	수신안테나 높이에 따른 보정계수(dB)				
	10m	9m	4m	2m	1.5m
100MHz	0	-1.2	-7	-9.4	-10
200MHz	0	-1.6	-10	-11.6	-12

라. 장소율

장소율은 임의(전체)의 방송면적에서 수신이 가능한 방송면적을 말하며 단위는 %로 표시된다. 수신안테나의 고정 수신지점은 0.5m×0.5m 면적을 차지하며 간섭분석을 위한 수신지점은 일반적으로 200m×200m으로 표시되고, 고정 수신지점에서 이동 수신지점의 변화에 따른 장소율의 변화로 이어진다. 고정 수신은 장소율 50%을 기준으로 하며 이동수신을 위한 장소율은 70%, 90% 등으로 단위가 증가하게 된다. 즉 고정수신, 이동수신에 따라 장소율을 달리 하여 적용되고 있다.

국제표준인 ITU-R P.1546에서 장소율의 표준편차 σ 는 디지털방송 신호인 경우 5.5dB를 정하고 있다. 다음 식으로 표현된다.

$$\text{장소율 보정계수} = \mu \times \sigma_c$$

(분산팩터 μ : 70%→0.52, 95%→1.64, 99%→2.33)

(결합 표준편차 $\sigma_c = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_b^2}$ 매크로 지역 $\sigma_m = 5.5$, 빌딩감쇠 $\sigma_b = 10.1$)

장소율을 정리하면 다음과 같다.

이동수신인 경우, 장소율 50% → 99% : 12.9dB (2.33 σ)

이동수신인 경우, 장소율 50% → 95% : 9.2dB (1.64σ)

휴대수신인 경우, 장소율 50% → 70% : 2.9dB (0.53σ)

<표 3-9> 장소율에 따른 수신형태 및 보정계수

구 분	장소율에 따른 수신형태			
	고정수신	휴대수신	이동수신	이동수신
장소율	50%	70%	95%	99%
보정계수	0dB	2.9dB	9.2dB	12.9dB

제 2 절 국외동향

1. 주요국의 기술기준

가. 호주

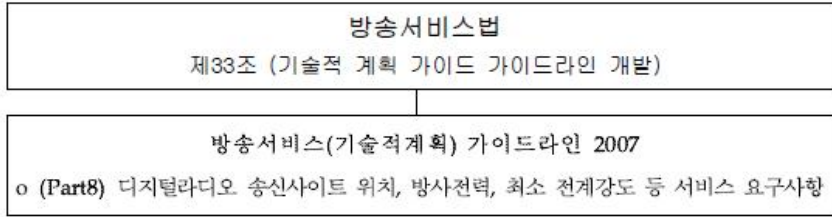
호주의 방송통신 규제기관은 ACMA(Australian Communications and Media Authority, 호주 방송통신위원회)이며, 「방송서비스법」 및 「전파법」 등 2개 법령에 의해 규제하고 있다.

방송통신서비스법(Broadcasting Services Act 1992, “BSA”으로 불림), BSA 법에서 디지털 라디오 관련 면허 및 콘텐츠 이슈를 다루며, 전파법 (Radiocommunications Act 1992, 일명 “Radcoms Act”으로 불림)에서 실제적인 디지털 스펙트럼(비트율) 할당을 다루고 있다.

호주의 디지털라디오 기술기준은 「방송서비스법(1992)」 제33조에 따라 「방송 서비스 (기술적계획) 가이드라인 2007」 part 8 (디지털라디오) 에서 주요 규정을 정하고 있다.

기술기준 본문에는 part 3 (AM 라디오), part 4 (FM 라디오), part 5 (아날로그 TV), part 6 (DTV), part 7 (DTV 간섭관리 절차), part 8 (디지털 라디오) 등 방송매체별 송신사이트 위치, 방사전력, 서비스 요구사항에 대한 최소레벨, 표준 전계강도 등 기술적 조건을 명시하고 있다.

[그림 3-2] 호주의 디지털라디오 전계강도 기술 기준 체계



호주의 DAB+ 전계강도 기술기준은 $63\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 으로 규정하고 있으며, 일반적인 경우 송신출력(ERP)은 허가된 최대 송신출력에서 5dB 낮게 규정하고 있다.

계획된 장소가 아닌 도심지에서 최소 수신 전계강도(Emed) 기준 값은 $70\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 이상으로 할 것을 규정하고 있다. 여기에서 방송구역 설정을 위한 전계강도 기준은 최대 송신출력인 $63\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 으로 분석하고 일반적인 경우 최대 송신출력에서 5dB 낮은 $58\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 으로 분석하는 것으로 판단된다.

호주 기술기준(Broadcasting Services (Technical Planning) Guidelines 2007)의 주요 발췌 내용은 다음과 같다.

제8조 planned minimum field strength (e) for digital radio – $63\text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$.

제180조 (b) (i) if a transmitter is sited at the nominal location and an omnidirectional pattern is specified for the transmitter in the DRCP, the ERP of the transmission is no more than 5 dB below the maximum ERP specified in the DRCP

제182조 For guideline 181, the minimum level of service requirement in an urban centre is achieved if the received median field strength available at the receiver's location is equal to, or more than, $70\text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$.

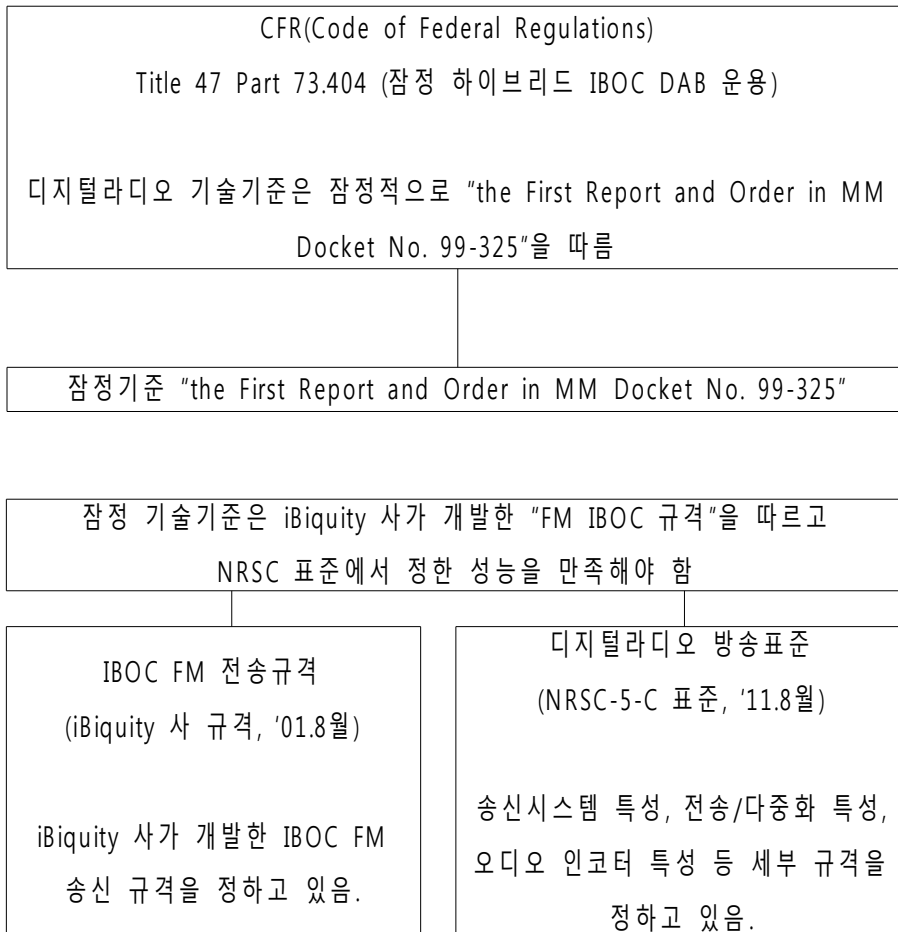
나. 미국

미국의 방송통신 규제기관은 FCC(연방통신위원회, Federal Communications Commission)에서 CFR을 관장하고 있으며, 「CFR(연방기술기준, Code of Federal Regulations)」은

방송뿐만 아니라 항공, 해상 등 유·무선 기술기준을 정하고 있다.

미국의 디지털라디오 기술기준은 CFR Title 47(통신) Part 73 (무선방송업무)의 Subpart B(FM 방송국) 및 Subpart C (디지털오디오방송) 에서 정하고 있으며, 전계강도 세부 기술 기준은 §73.215 (서비스반경) 및 §73.404 (잠정 하이브리드 IBOC DAB 운용)에 정하고 있다.

[그림 3-3] 미국의 디지털라디오 기술기준 체계



※ NRSC(국가 라디오시스템 위원회, National Radio Systems Committee) : NAB(National Association of Broadcasters)와 CES(Consumer Electronics Association) 지원을 받아 결성된 비영리 국가 기관.

FCC 47 CFR §73.215 (서비스반경)에서 FM 방송국 전계강도는 B 등급 54dB μ /m, B1 등급 57dB μ /m, 기타 등급은 60dB μ /m으로 정하고 있다.

FCC 47 CFR §73.404에서 디지털라디오 방송은 아날로그신호와 동시방송 송출하고, 디지털라디오 기술기준은 잠정표준인 'the First Report and Order in MM Docket No. 99 - 325'을 준용한다. 라고 규정하고 있으며, 잠정표준에서 디지털신호는 아날로그신호 전력 대비 10 ~ 20dB 보다 낮음을 규정하고 있다.

<표 3-10> FCC 아날로그 FM 및 디지털 신호 전계강도

신호형태	전계강도 (dB μ V/m)		
	방송국 B급	방송국 B1급	기타 방송국
아날로그 FM	54	57	60
디지털 신호	34 - 44	37 - 47	40 - 50

※ 디지털 신호는 아날로그 출력 대비 10 ~ 20dBc 낮아 전계강도 값도 동일하게 감소할 것으로 예상되고, 아날로그/디지털 두 신호의 전계강도는 상대적으로 큰 값인 아날로그 전계강도로 표현

※ 장소율 50%, 시간율 50%, 안테나 높이 9m

HD-Radio의 HD 약어는 'high-definition' 아니라 하이브리드 디지털 'hybrid digital'라고 아날로그와 디지털신호를 동시에 송출하는 의미를 지니고 있다

1) 라디오방송 관련 주요 기술기준

(CFR 47 PART 73 : 무선방송 업무)

< Subpart B-FM 방송국 >

o §73.211 (전력 및 안테나높이에 대한 조건) : 방송국 등급은 최대출력 및 HAAT(평균지상고)에 따라 A, B, B1, C, C0~C2 등 8개 등급으로 분류하고 있음.

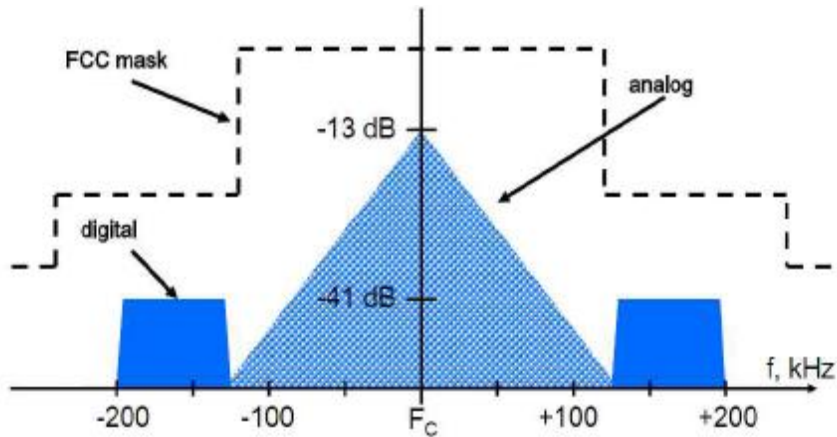
- o §73.215 (서비스반경) : 방송국 전계강도는 B 등급 54 dB μ /m, B1 등급 57dB μ /m, 기타 등급은 60dB μ /m(채널 221~300)이며, 혼신보호비는 1개 인접채널이 6dB, 2·3인접채널이 40dB
- o §73.314 (전계강도 측정) : 수신안테나 높이는 지상고 9m

<표 3-11> 전력 및 안테나높이에 대한 조건

방송국 등급	최대 ERP	기준 HAAT(m)	서비스 반경 (km)	F(50,50) (dB μ V/m)
A	6kW (7.8dBk)	100	28	60
B1	25kW (14dBk)	100	39	57
B	40kW (16dBk)	150	52	54
C3	25kW (14dBk)	100	39	60
C2	50kW (17dBk)	150	52	60
C1	100kW (20dBk)	299	72	60
C0	100kW (20dBk)	450	83	60
C	100kW (20dBk)	600	92	60

- o §73.317 (송신시스템 요구사항) : 방송파의 중심파수에서 120~240kHz는 무변조 반송파를 기준으로 25dBc 이상 감쇠하고, 240~600kHz는 35dB 이상 감쇠하고, 600kHz 이상은 80dB 또는 43+10Log(W) 중 하나를 적용

[그림 3-4] FM 방송신호 마스크



< Subpart C-디지털오디오방송 >

- o §73.402 (용어 정의) : DAB(Digital audio broadcast), IBOC(In-band On-channel), Hybrid DAB 시스템 등 디지털라디오 용어를 정의하고 있음
- o §73.403 (디지털 오디오 방송 서비스 요구조건) : IBOC 방송국은 최소 1개 이상의 오디오 프로그램을 송출, 재난정보는 §73.1250에서 규정하는 조건을 만족하여야 함
- o §73.404 (잠정 하이브리드 IBOC DAB 운용) : IBOC DAB 기술적 규격은 MM Docket No. 99-325을 따르고, 하이브리드 안테나는 아날로그/디지털 신호의 동일한 안테나를 사용하며, 아날로그/디지털 안테나를 분리할 경우 송신소 위치가 3초 이내이고, 디지털 방사패턴의 중심이 아날로그 안테나의 평균 지형고 70~100% 이내 등을 규정하고 있음

2) FCC 전계강도 예측기준(참조 : www.fcc.gov 홈페이지)

- o 방송매체별 전계강도 예측기준은 F(장소율, 시간율)으로 표현하고 있다.
 - F(50, 50) : FM 및 아날로그 TV
 - F(50, 10) : FM, 아날로그TV 및 DTV에 미치는 간섭 신호
 - F(50, 90) : DTV

o 다만, DTV에 적용되는 F(50, 90)을 적용하기 위해 다음과 같이 계산

- 식 $F(50, 90) = F(50, 50) - [F(50, 10) - F(50, 50)]$

- F(50, 90)는 F(50, 50) 보다 더 낮고, F(50, 10)과 F(50, 50)의 차이만큼(약 4dB) 보상
예) 장소를 50%, 시간을 90%의 전계강도 F(50, 90) 단 출력 1kw, 반경 50km, HAAT
100m임

$$F(50, 90) = F(50, 50) - [F(50, 10) - F(50, 50)] = 37 - [41 - 37] = 33 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

3) FCC의 디지털라디오 전계강도 기준(MM Docket No. 99 - 325)

디지털신호의 송신출력은 아날로그FM 송신출력을 기준으로 최대 10% (-10dBc)에서 최대 1%(-20dBc)까지 허용할 수 있으며(FCC, 2008년 6월), 아날로그FM 출력 대비 4%(-14dBc)까지는 자율적으로 정할 수 있으나, 4~10%(-14~-10dBc)까지는 위원회의 승인을 받아야 한다.

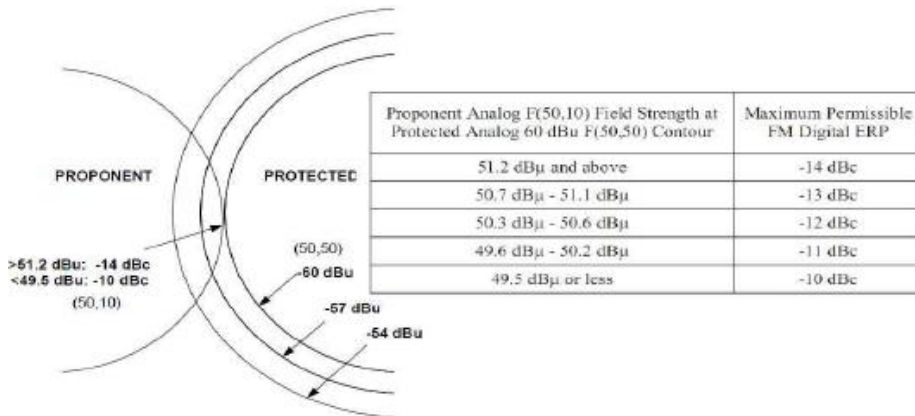
전파간섭으로부터 인접채널을 보호하기 위한 디지털 신호전력을 정하는 절차는 다음과 같다.

- ① IBOC 신규방송국은 상하 1인접채널의 방송구역 전계강도 60dB μ V/m (F(50, 50))에 미치지 않는 전계강도는 약 48dB μ V/m (F(50, 10))를 계산
- ② IBOC 신규방송국에서 디지털신호의 최대 허용전력은 아날로그에 비해 최대 -10dBc이며 최소 -14dBc 임. 인접채널 보호를 위해 (F(50, 10))를 적용하면 허용 가능한 IBOC 전력 계산이 가능하며, 공식은 다음과 같다.

$$\text{허용 가능한 IBOC 출력} = [2.27 * (60 - (\text{IBOC국의 } F(50,10) \text{ dB}\mu)) - 33.6]$$

다음은 인접지역 방송국 채널을 보호하기 위한 전계강도 기준 값에 대한 개요도를 보여준다.

[그림 3-5] 인접채널 보호를 위한 전계강도 기준



2. FM 라디오 서비스 품질 기준

<ITU-R BS 412-9 권고>

산업 설비 및 가정용 설비로부터의 간섭의 존재 (해당 설비로부터의 방사선의 한계에 대하여 관련 CISPR 권고 사항을 제공하는 권고 ITU-R SM.433 참조)이 존재하는 경우 만족스러운 서비스는 중앙 전계 강도 (지상 10m에서 측정) 레벨 <표 3-13>에 주어진 것 이상이어야한다

산업 설비 및 가정용 설비로부터의 간섭이 없는 경우, 영역별로 <표 3-14>에 주어진 전계 강도 값 (지상 높이 10m에서 측정)은 각각 허용 가능한 Mono 또는 Stereo 음향 서비스를 제공하는 것으로 간주 될 수 있다. 이 전계 강도 값은 실외 안테나가 모노포닉 수신에 사용되거나 스테레오 수신에 대해 상당한 이득을 갖는 지향성 안테나에 적용된다.

<표 3-12> ITU-R BS 412-9 권고

Services	
Monophonic dB(μ V/m)	Stereophonic dB(μ V/m)
34	48

<표 3-13> 영역별 FM 수신 전계강도

Areas	Services	
	Monophonic dB(μ V/m)	Stereophonic dB(μ V/m)
Rural	48	54
Urban	60	66
Large cities	70	74

<BBC>

1954년 FM은 VHF 라디오에 사용될 변조로 공식 채택되었으며 BBC 서비스는 1955년에 시작됨. 최종 공동 채널 보호 비율은 '인식 가능한' 간섭 1에 해당하는 값인 20dB (99% 시간 동안)임. 보호 비율은 각각 100, 200 및 300kHz 오프셋에서 10, 0 및 -10 dB로 떨어지는 것으로 가정함. 이 값은 '전형적인' 수신기에 대한 주관적인 테스트를 기반으로 한 것.

모노 전송에 적용된 10m에서 48dB μ V/m의 원래 적용 한계는 수신기 시스템 잡음으로 인해 충분한 S/N 비를 보장하기보다는 차량 점화 간섭에 대한 보호를 기반으로 함. 48dB μ V/m의 값은 '인식 가능한 수신기 hiss'에 필요한 값보다 약 14dB 높은 여유를 제공.

스테레오의 등장으로 디코더 출력에서 동일한 오디오 S/N 성능을 제공하기 위해 C/N 비율을 20dB 더 높일 필요가 있었음. 기존의 14dB을 취하고 추가로 6dB를 추가하면 '인식 가능한 hiss'에 필요한 전계 강도가 54dB μ V/m가 됨. 그러나 34dB 값은 절대 값이며 48dB는 중간 값으로 위치 변동을 허용한다는 점에 유의해야함(이 값이 사후 인수라 하더라도 원래 점화 간섭을 허용하도록 선택됨).

1973년 BBC의 적용 범위는 여전히 48 및 60dB μ V/m 기준을 나타내었지만, 1980년에는 54dB μ V/m 기준을 제공.

가. 수신기 감도 (즉, 주어진 오디오 S/N에 필요한 신호 레벨).

나. 공중 시스템 효율 (즉, dB μ V/m의 전계 강도가 수신기 입력에서 dB μ V의 전압으로 얼마나 효율적으로 변환되는지)을 수신합니다. 포터블 세트의 경우 감도와 동시에 측

정해야하지만 자동차 수신기 및 Hi-Fi 튜너의 경우 별도의 값이 필요합니다.

다. 위치 가변성 (원하는 영역의 신호가 작은 영역에서 어떻게 변하는 지, 일반적으로 100m 정도).

라. 높이 손실 (기준 높이 10m와 자동차 또는 휴대용 수신기 높이 사이의 신호 손실)

마. 건물 손실 (빌딩에 들어올 때 신호에 의해 추가 손실).

바. 환경 소음 수준.

사. 수신기 선택도 (수신기가 간섭을 거부하는 효과)

<표 3-14> FM 라디오 수신 전계강도 [1946]

Service grade	Description	Field Strength [dB μ V/m]
Grade I	1st class urban area coverage sufficient to over-ride practically all motor car interference	66
Grade II	2nd class urban area coverage sufficient to over-ride practically all motor car interference	54
Grade III	1st class rural area coverage	46
Grade IV	2nd class rural area coverage	40

<표 3-15> FM 라디오 수신 전계강도 [1951]

Service grade	Description	Field Strength [dB μ V/m]
First Class	Impulsive interference from 50% of cars is imperceptible	60
Second Class	The average level of impulsive interference from at least 50% of cars is never graded at worse than perceptible.	48

In both cases, it is assumed that the "receiving aerial is within 30-60 ft from a bus/ road on which the traffic may be continuous"

3. DMB 서비스 품질기준

<Mobile handheld reception (MO-H/Ext)>

이 상황은 이동 차량 내부의 수신 시나리오가 고속으로 지면 위의 1.5m 높이에 있는 휴대용 수신기로 외부 안테나가 있는 경우(예 : WHIP 안테나 또는 헤드셋의 케이블).

이 보고서에서 모바일 휴대용 수신을 위한 네트워크는 시골 환경에서 차량 속도로 사람이 만든 잡음이 있는 레일리(Rayleigh) 채널인 120km/h (채널 모델 RA6에 해당) 기반으로 한다.

<표 3-16> 수신기별 안테나 이득

Reception mode	Antenna type	Antenna gain
Mobile (car) reception	Adapted antenna	-5dBd ~ -10dBd
Portable reception	Built-in	-8dBd ~ -11dBd
Portable and mobile hand-held reception	External	-13dBd

<표 3-17> 안테나 이득에 따른 인공잡음 레벨과의 상관관계

안테나 이득 [dBd]		-2.2	-5	-8	-10	-13	-17
ITU	RURAL	1.6	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1
	거주지역	4	2.5	1.5	1.0	0.5	0.2
	대도시	7	5	3.2	2.2	1.3	0.5
IRT	대도시 인빌딩	10	7.6	5.3	4.0	2.4	1.1

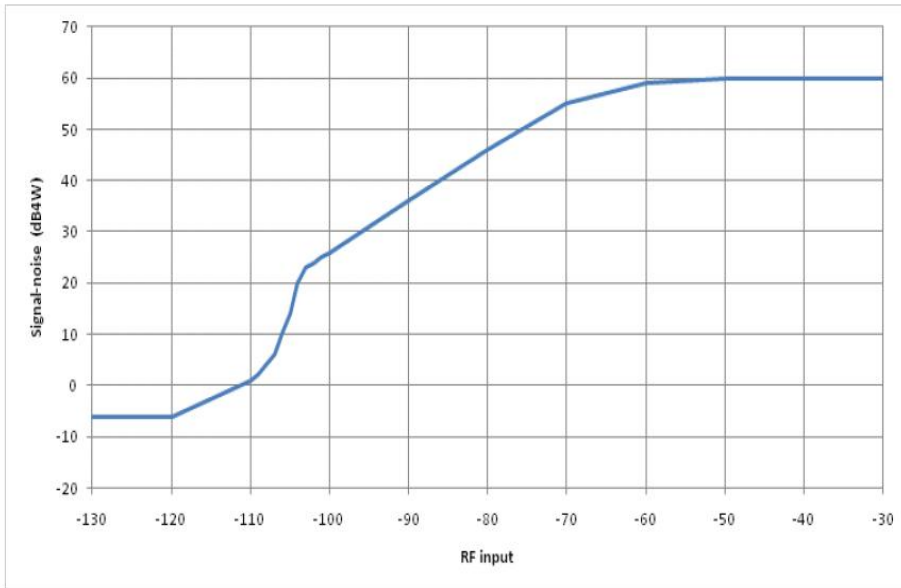
<표 3-18> 장소 변동률에 따른 보정 계수

분 산	장소율 %
0	50
0.52	70
1.28	90
1.64	95
2.33	99

[그림 3-6] 수신 환경 및 단말기의 움직임에 따른 C/N 비

	Reception mode	C/N (dB)	Channel model
1	Mobile reception / rural (MO)	12.6	RA 6
2	Portable outdoor reception / suburban (PO)	11.9	TU 12
3	Portable indoor reception / urban (PI)	11.9	TU 12
4	Handheld portable outdoor reception / suburban / External antenna (PO-H/Ext)	11.9	TU 12
5	Handheld portable indoor reception / urban / External antenna (PI-H/Ext)	11.9	TU 12
6	Handheld mobile reception / rural / External antenna (MO-H/Ext)	12.6	RA 6

[그림 3-7] 수신기의 수신 감도 측정



<휴대형 안테나>

BBC의 연구 [Thoday]는 전형적인 short whip 안테나의 효율을 평가했으며, 대부분의 휴대용 수신기에 적합하다. Whip 안테나에 대한 이득은 길이 260mm 약 -23dBd 인 것으로 밝혀졌다. 이 손실의 상당 부분은 안테나와 수신기 입력 값 사이의 높고 용량성이 큰 리액턴스 값의 중요한 불일치로 인하여 발생한다.

<차량 안테나>

BBC의 초기 연구 [페이지]는 수평 편광 V자형 공중선을 제안하여 -13dBd의 이득을 보였다. 이 안테나는 수직 whip 안테나와 비교하여 약 -18dBd의 이득을 얻었다.

FM 트랜스미션에 수직 성분을 추가함으로써, 1970년대에 자동차 안테나의 효율이 크게 향상되었습니다. 1m 길이의 두 개의 whip 안테나에서 -10dBd의 이득을 보였다 (혼합된 편파 신호의 경우)

<장소 변동률>

서비스 지역에 대한 컴퓨터 예측은 일반적으로 중앙값 전계 강도 값을 예측합니다. 10m - 500m인 요소 영역 (픽셀)의 경우, 공중으로는 픽셀 주변을 이동하면 전계 강도는 회절로 인해 달라지며 반사된다. 이 전계 강도 분포의 표준 편차는 위치 변동이 훨씬 더 큰 영역에 적용한다.

송신기로부터 주어진 반지름에서 Band II 주파수 대역의 전계강도는 중간 값과 중간 값 사이에서 약 10dB의 차이가 있는 것으로 나타났다.

높이 10m와 1.6m에서 전계 강도의 가변성은 ITU-R 권고안 P.370-7에서 권고하는 8dB로 한다.

<차량 수신 전계강도>

차량 내부 수신인 경우, 수신기에서 필요한 수신 전계강도가 FM 모노 수신 한계 값 정도로 급격하게 떨어진다.

[그림 3-8] 차량 수신 최소 전계강도

Class	Car	Notes
Mode	Mono	
Required S/N (dBW)	30	Just above threshold
Noise Figure (dB)	10	to reflect ignition noise, etc
Required C (dBm)	-100	calculated mono value
Height loss (dB)	11	From Northampton experiment. Use median valu
Feeder loss (dB)	0	
Building loss (dB)	0	
Field req'd at dipole @ 10m (dBμV/m)	26	
Aerial gain (dBd)	-10	BBC RD 1970/35
Min. required FS (dBμV/m)	36	
Location variability	8	as assumed in P.370.
Required %-coverage of 'pixel'	70%	Assume aerial can be positioned to maximise sign
Correction for median (dB)	4.2	assuming log-normal variability
Minimum median FS (dBμV/m)	40.2	NB: no allowance for interference

[그림 3-9] 빌딩내 휴대용 라디오 최소 수신전계강도

Class	Portable	Notes
Mode	Mono	
Required S/N (dB4W)	30	Just above threshold
Noise Figure (dB)	10	to reflect thermostats, domestic equipment
Required C (dBm)	-100	calculated mono value
Height loss (dB)	0	included in building loss
Feeder loss (dB)	0	
Building loss (dB)	13.6	Median value from [Thoday]. Assume co-operation finding's
Field req'd at dipole @ 10m (dBμV)	28	
Aerial gain (dBd)	-23	[Thoday] value for 260 mm whip
Min. required FS (dBμV/m)	51	
Location variability	8	8dB assumed in P.370. Reasonable to assume less in our cont
Required %-coverage of 'pixel'	70%	Assume aerial can be positioned to maximise signal
Correction for median (dB)	4.2	assuming log-normal variability
Minimum median FS (dBμV/m)	55.2	NB: no allowance for interference

제 4 장 재난방송 기술 기준 제정을 위한 환경별 시나리오

터널 분류별 재난 상황에 대한 시나리오는 다음 표와 같다.

<표 4-1> 터널 분류별 재난 상황 시나리오

구 분	재난상황 시나리오	수신 장소	수신수단	비 고
도로 터널	자동차 주행 시 터널내의 화재, 자동차 사고 등에 의한 재난 상황 발생으로 자동차 주행 중 또는 자동차 하차 후 긴급 대피 시	주행 시 자동차 내부 또는 터널 내부 도보 이동	자동차 전장 장치 및 스마트 폰	
지하철	지하철 내 재난 상황 발생 시 지하철 하차 후 긴급 대피 시	지하철 터널 내부 및 대합실	스마트 폰	지하철 또는 기차 승차 시 객차 내부 방송을 통해 재난 상황 전파가 가능하며, 하차 시 재난 상황 전파 수단으로 활용
철도 터널	철도 터널 내 재난 상황 발생 시 철도 하차 후 긴급 대피 시	철도 터널 내부	스마트 폰	

재난 상황 시나리오에 따른 서비스 품질 기준에 대한 고려사항은 다음 표와 같다.

<표 4-2> 재난 상황 시나리오에 따른 서비스 품질 기준 고려사항

구 분	서비스 품질 영향 요소	비 고
도로터널	주행 시 터널 내 전파의 FADING 정체 시 자동차 점화 잠음 등 인공잠음 스마트 폰의 저이득 이어폰 안테나	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최신 스마트 폰의 경우 스마트 폰으로 FM 및 DMB 청취 가능. ○ 별도의 전용 외부 안테나 없이 이어폰 케이블을 안테나로 활용하여 FM 및 DMB 방송 청취.
지하철 및 철도 터널	스마트 폰의 저이득 이어폰 안테나	

터널 및 지하공간의 대합실 서비스는 외부의 전용 안테나를 통해 FM/DMB 신호를 수신하여 FM/DMB 전용 중계기에서 FM/DMB 신호를 증폭한 후 케이블 안테나 및 안테나를 통해 터널 및 대합실 내부에 FM/DMB 방송을 서비스하기 때문에 빌딩 투과 손실 등에 대한 영향은 고려대상에서 제외한다.

제5장 재난방송 서비스 적용을 위한 터널내 동차 점화 잡음 및 인공 잡음 측정 및 분석

제1절 전파잡음의 정의

전자파 잡음(Electromagnetic Noise) 또는 전파 잡음은 무선잡음(Radio Noise)의 한 종류로서 무선 잡음은 ANSI(American National Standards Institute)에서 「무선 주파수대역에서의 잡음」으로 정의하고 있다. 무선 잡음은 다음과 같이 분류된다.

- 가. 복사성 무선 잡음 : 발생원으로부터 전자파의 형태로 공간으로 복사되어 전파되는 무선 잡음이다. 예를 들면, 전송선로 상의 코로나원에 의해서 발생하는 불요 전자파가 있다.
- 나. 전도성 무선 잡음 : 전기적 접속을 통하여 발생원으로부터 전도되어 전달되는 무선 잡음이다.
- 다. 전자파 잡음 (전파 잡음) : 희망 신호에 중첩될 수 있으며, 무선 주파수 대역 내에 있는 잡음이다. 이 규격의 목적을 위해서 정현파 특성의 전자파 장애도 무선 잡음으로 간주한다. 또한, 전파 잡음은 IEV(International Electrotechnical Vocabulary)에서 「명백히 정보를 전하지 않고, 희망 신호에 중첩 또는 결합될 가능성이 있는 시간적으로 변하는 전자파 현상」으로 정의하고 있다.

1. 전파 잡음의 종류

가. 발생원에 따른 분류

자연적 또는 인공적으로 발생하는 전파 잡음은 발생원에 따라 [그림 5-1]과 같이 분류된다.

(1) 자연 잡음

발생원이 자연 현상에 있고, 사람이 만든 기기에서 발생하지 않는 전파 잡음이다. 우주에

는 태양 외에도 전파를 방사하는 천체가 많이 있는데, 이와 같이 태양과 천체로부터 나온 전파를 모두 우주 전파 또는 우주 잡음이라 하며, 현재 미터파 영역에서 관측되고 있다.

- i) 태양 잡음 : 태양에서 복사되는 전기적 잡음으로 태양계의 다른 별들로부터 방사되는 전기적 잡음도 있으나 그 중에서 태양 잡음이 가장 강하다.
- ii) 은하 잡음 : 빛으로 보이는 은하와 거의 일치한 부분에서 강력한 잡음 전파가 복사되는데 이것을 은하 전파, 또는 은하 잡음이라 한다. 대기 잡음은 지구 대기 내에서 자연 방전으로 인하여 발생하는 전기적 잡음이다. 대기 및 전리층에 의한 열잡음과 공전 잡음, 그리고 빗방울, 모래 섞인 먼지, 눈보라 등에 의한 침적(沈積) 잡음 등을 들 수 있는데, 공전 잡음이 가장 강하다.

[그림 5-1] 잡음의 종류 및 분류

발생원에 따라	자연잡음 (Natural Noise)	우주잡음 (Cosmic Noise)	태양잡음 (Solar Noise)
			은하잡음 (Galactic Noise)
		대기잡음 (Atmospherics Noise)	
	인공잡음 (Man-Made Noise)		
	열 잡음 (Thermal Noise)		

나. 성질에 따른 분류

자연적 또는 인공적으로 발생하는 전파 잡음은 성질에 따라 아래 그림과 같이 분류된다.

[그림 5-2] 전파잡음의 성질별 분류

성질에 따라	임펄스성 잡음 (Impulsive Noise)
	연속성 잡음 (Continuous Noise)
	주기성 잡음 (Periodic Noise)

- i) 임펄스성 잡음 : 회로의 입력에서 전송하지 않지만, 출력에 나타나는 펄스로, 이러한 펄스는 보통 내부 회로, 회로의 외부 및 회로와 관련된 입출력 장치로부터 야기된다.
- ii) 연속성 잡음 : 각 잡음 펄스의 발생 빈도가 대단히 높기 때문에, 그 잡음이 각각의 펄스로 구분될 만큼 중첩된 연속파로 관측되는 잡음이다.
- iii) 주기성 잡음 : 파형이 정현파에 가까운 주기성을 갖는 잡음으로, 전화 회선에서는 전원 회로에서 발생하는 험(hum) 잡음과 강전류 시설에서 오는 정전적, 전자기적인 결합에 의한 전송 선로의 유도 잡음이 있다. 캐리어 누설은 주기성 잡음의 일종이며, 사진 전송과 팩스에서는 화면에 줄무늬가 생기기도 한다.

이러한 전파 잡음의 분류에서 우리가 관심을 갖는 전파 잡음은 발생원에 따른 분류에서 인공 잡음, 성질에 따른 분류에서는 임펄스성 잡음이다.

2. 전파 잡음의 영향

임펄스성 전파 잡음은 매우 랜덤한 데이터이기 때문에, 그 특성을 정량적으로 분석하기는 매우 어렵다. 다만, 전파 잡음은 아날로그 시스템의 경우 클릭음과 같은 불쾌한 음을 동반하고, 디지털 시스템의 경우 전파의 페이딩 현상과 결합되어 burst bit error의 발생 등 보다 심각한 문제를 야기시킬 수 있다고 알려져 있다.

전파 잡음이 통신에 미치는 영향은 보통 어떤 형태의 잡음 환경하에서 통신의 수신 오류

을 측정하는 실험적 방법을 통해서 분석되어 왔다.

3. 잡음 신호의 표현

잡음 신호를 표현하는 여러 가지 파라미터에 대한 정의 및 설명은 다음과 같다.

<잡음 신호를 표현하는 파라미터>

- 평균 전압 (Average or Mean Envelope Voltage : V_{avg})
- 첨두 전압 (Peak Voltage : V_{peak})
- 유효 전압 (Root Mean Square Voltage : V_{rms})
- 준첨두 전압 (Quasi Peak Voltage : V_{qp})
- 평균 대수 전압 (Average Logarithm of Envelope Voltage : V_{log})
- 전압 편차 (Voltage Deviation, Impulsiveness Ratio Index : V_d)
- 평균 대수 편차 (Average Logarithm Deviation : L_d)
- 준첨두 편차 (Quasi-peak Deviation : Q_d)
- 실효 안테나 잡음 인자 (Effective Antenna Noise Factor : f_a)
- 실효 잡음 지수 (Effective Noise Figure : F_a)
- 유용 잡음 전력 (Available Noise Power : P_N)

가. 평균 전압 (Average or Mean Envelope Voltage)

평균 전압은 아래식과 같이, 측정시간 동안 측정된 잡음 신호의 크기 $n(t)$ 를 적분한 값을 총 측정시간 T 로 나눈 값이다. 이 파라미터는 일반적으로 주기적인 잡음 신호의 크기 성분을 파악하는데 자주 사용되기도 하며, 임펄스성 잡음의 특성을 나타내는데 중요하다.

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) dt \quad (2-1)$$

나. 첨두 전압 (Peak Voltage)

첨두 전압은 아래식과 같이, 측정시간 T동안에 측정된 잡음 신호의 최대 값을 나타내는 것이다. 이 파라미터는 변조된 신호의 첨두 전압을 관찰하는 것으로써, 잡음이 측정되는 특정 지역의 특정 잡음원에 대한 임펄스성 잡음 여부를 판단하는데 유용하지만, 랜덤 잡음과 같이 임펄스성 잡음이 발생하는 수가 중요시 되는 잡음의 특성을 나타내는 데는 적합하지 않다.

$$V_{peak} = \text{Maximum of } n(t) \text{ during } T \quad (2-2)$$

다. 유효 전압 (Root Mean Square Voltage)

유효 전압은 아래식과 같이, 측정시간 T동안에 측정된 잡음 신호의 크기 $n(t)$ 를 제곱하여 적분하고 그것을 총 측정시간으로 나누어 제곱근을 취한 값이다. 이 파라미터는 어떤 한 측정값을 기준으로 신호가 변하는 정도를 평균값으로 나타낸 것이다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T n^2 dt} \quad (2-3)$$

또한, V_{rms} 는 환산되어 실효 잡음 지수 (Effective Noise Figure : F_n)를 산출하는데 사용될 수 있으며, 잡음 신호를 단위 시간당 N개의 표본으로 추출하여 계산하면 아래 식과 같이 정의된다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n^2(t)} \quad (2-4)$$

여기서, N은 단위시간당 표본수이다.

라. 준첨두 전압 (Quasi-peak Voltage)

준첨두 전압은 아래식과 같이, 매우 짧은 충전시간(1ms)과 매우 긴 방전시간(160~600ms)을 가진 특별한 회로를 통과하여 나온 잡음 신호 $n'(t)$ 에

$$V_{qp} = \frac{1}{T} \int_0^T n'(t') dt' \quad (2-5)$$

이 파라미터는 잡음 임펄스의 세기뿐만 아니라 빈도의 함수로서 크기와 시간의 결합 확률 분포(Joint Probability Distribution)를 표현할 수 있기 때문에, 잡음을 표현하는 파라미터로 가장 많이 사용된다.

마. 평균 대수 전압 (Average Logarithm of Envelope Voltage)

평균 대수 전압은 아래식과 같이, 측정 잡음 신호 $n(t)$ 에 대수를 취한 값을 측정시간 T 동안 적분한 것을 총 측정시간으로 나눈 값으로 정의된다.

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \log n(t) dt \quad (2-6)$$

바. 전압 편차 (Voltage Deviation, Impulsiveness Ratio Index)

전압 편차는 아래식과 같이, 평균 전압(V_{avg})과 유효 전압(V_{rms})의 비에 대수를 취하고 -20을 곱한 값으로 정의된다. 이 파라미터는 보통 두 종류의 잡음원에 의한 잡음 신호의 세기를 비교하는데 사용된다.

$$V_d = -20 \log \frac{V_{avg}}{V_{rms}} \quad (2-7)$$

사. 평균 대수 편차 (Average Logarithm Deviation)

평균 대수 편차는 아래식과 같이, $V \log$ 값의 역대수(antilog) 값과 유효 전압의 비에 대수를

취한 값에 -20을 곱한 값으로 정의된다. 이 평균 대수 편차 값은 Vlog값의 dB차이를 나타낸다.

$$L_d = -20 \log \frac{10^{V_{avg}}}{V_{rms}} \quad (2-8)$$

아. 준첨두 편차 (Quasi-peak Deviation)

준첨두 편차는 아래식과 같이, 준첨두 전압과 유효 전압의 비에 대수를 취한 값에 20을 곱한 값으로 정의된다. 이 준첨두 편차는 Vqp와 Vrms값의 dB차이이다.

$$Q_d = 20 \log \frac{V_{qp}}{V_{rms}} = 20 (\log V_{qp} - \log V_{rms}) \quad (2-9)$$

자. 실효 안테나 잡음 인자 (Effective Antenna Noise Factor)

무손실 안테나의 등가 실효 잡음 인자는 아래식과 같이 정의되며, 이것은 kT_a가 일정할 때의 단위 대역폭당 잡음 전력을 의미한다.

$$f_a = \frac{P_n}{k T_a B} \quad (2-10)$$

여기서, P_n은 등가 무손실 안테나로부터 얻을 수 있는 평균 잡음 전력(W), k는 Boltzmann 상수(1.38x10⁻²³ JK⁻¹), T_a는 외부 잡음에 대응하는 실효 수신기의 잡음 온도(Ko), B는 실효 수신기의 잡음 대역폭(Hz)이다.

무손실 안테나의 등가 실효 잡음 인자로부터 실효 안테나 잡음 인자는 아래식과 같이 정의된다.

$$f_a = \frac{T_a}{T_0} \quad (2-11)$$

여기서, T_0 는 기준 온도(288°K)이다.

차. 실효 잡음 지수 (Effective Noise Figure)

실효 잡음 지수는 아래식과 같이 실효 안테나 잡음 인자 f_a 를 dB로 환산한 것이다.

$$F_a = 10 \log f_a \quad (2-12)$$

이 파라미터는 특정 수신기의 입력에서 최소 S/N 비를 r 이라 하고,

$$r = \frac{P_s}{f_a k T_0 B} = \frac{P_s}{P} \quad (2-13)$$

그러므로, F_a 는 수신기의 설계에 있어서 중요한 파라미터가 된다.

그리고, $h \ll \lambda$ 인 미소 수직 안테나(short vertical antenna)를 수신 안테나로 사용할 경우, 실효 잡음 지수에 대한 잡음 전계강도의 실험식은 아래식과 같다.

$$E_n = F_a + 20 \log f_{MHz} + B + 95.5 [dBu V/m] \quad (2-14)$$

또한, 반파장 다이폴 안테나에서는 식 (2-15)와 같다.

$$E_n = F_a + 20 \log f_{MHz} + B + 90 [dBu V/m] \quad (2-15)$$

그러므로 저잡음 수신기를 사용하여 E_n 을 측정하면, F_a 를 산출할 수 있다.

카. 유용 잡음 전력 (Available Noise Power)

유용 잡음 전력은 식 (2-16)과 같이 정의된다.

$$P_n = F_a + B - 10 \log(kT_0) \quad (2-16)$$

4. 자동차 점화 잡음 신호의 개요

자동차의 점화계통에서 발생하는 전자파 잡음은 대표적인 임펄스성 인공잡음의 하나이며, 아날로그 및 디지털 신호에 대하여 다중 페이딩과 결합하여 버스트 노이즈 및 중대한 비트에러를 유발시켜 사용 주파수 대역에 장애를 줄 수 있는 잠재성을 가지고 있으며, 여기서 발생하는 전자파의 세기가 의도성 통신 신호 레벨보다는 낮을지라도 전 주파수 대역에 걸쳐 주변 잡음 레벨을 증가시키기 때문에 신호대잡음비를 악화시키게 되며 미약 통신 신호에 대한 직접적인 장애를 유발시킬 수 있다.

특히, 주변 신호 등과 결합하여 통화 품질을 저하시킴으로써, 결국에는 의도성 통신 신호 레벨을 증가시켜야 하는 문제가 발생하게 된다.

이러한 자동차 점화잡음의 발생물이나 진폭물의 특성을 파악할 필요가 있으나, 점화잡음이 불규칙한 랜덤잡음 특성을 나타내기 때문에 통계확률에 의한 특성파악이 요구된다.

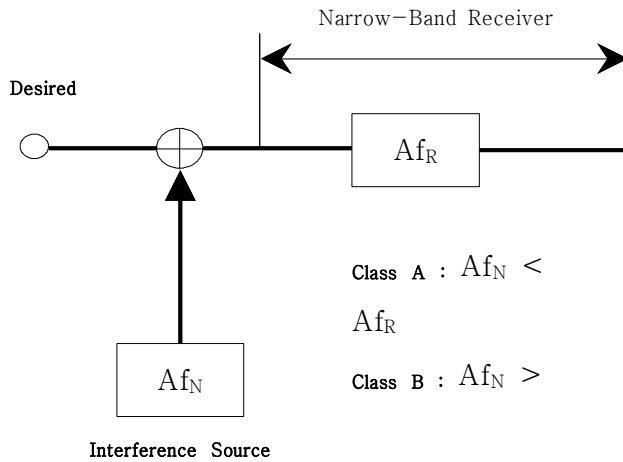
통신 시스템에 대한 점화잡음의 영향은 Spaulding, Nakai 등에 의해 확률적으로 모형화되었다. Spaulding 모형의 경우 현대의 자동차만을 대상으로 하였기 때문에 자동차 통과뎀수에 대한 고려가 부족하였다. 또한 Sheikh는 배경잡음과 임펄스성 점화잡음의 상관관계로써 잡음확률을 구함으로써, 모형이 간소하고 유도가 용이한 방법을 사용 하였으나, 변수가 하나이기 때문에 정확한 APD곡선을 얻기 어려웠다.

보다 정확한 통계확률적 분석방법은 Middleton에 의해 확립되었으며, 반복 측정을 통하여 얻어진 임펄스성 잡음 APD곡선의 주요특성을 나타내는 6개의 파라미터로 구성된 모형을 제안하였다.

제 2 절 잡음의 통계적 모형화

전자파 잡음은 협대역 수신기(narrow-band receiver)에 대하여 다음과 같이 3가지(A급, B급, C급 잡음) 특성으로 분류된다.

[그림 5-3] 협대역 수신기에 의한 잡음의 분류



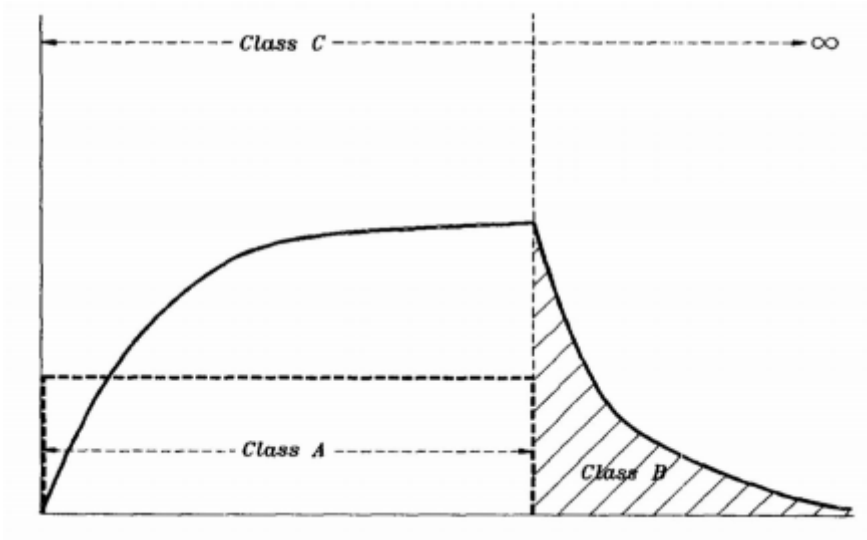
가. A급 잡음 : 복사성 잡음의 주파수 성분들이 수신기의 가장 좁은 대역 보다 좁은 스펙트럼 폭을 갖는다. 즉, 잡음 신호에 의해 수신기에서 생성되는 중요한 과도 임펄스가 없다는 것이다.

나. B급 잡음 : 복사성 잡음의 주파수 성분들이 수신기의 대역폭 보다 넓은 스펙트럼의 범위로 연장되며, 임펄스 여기와 분명한 지수적 신호 생성, 신호감쇠, 감쇠진동 등이 B급에 해당한다.

다. C급 잡음 : 위의 A급 잡음과 B급 잡음을 합한 것이다.

잡음은 선형 수신기를 통해 수신된 잡음 신호의 변화로 의해서 생성된 잡음 포락선의 모양에 따라 특징 지웠으며, [그림5-4]는 수신기에서 잡음신호에 대한 포락선 응답을 나타낸다.

[그림 5-4] 구형펄스에 대한 IF 증폭기의 출력 응답



가우시안 확률분포를 갖는 단일 잡음원이 존재할 때 시험 값 E가 기준 값 E₀보다 클 확률분포함수(probability distribution function) P₁(E>E₀) A,B는

$$P_1(E > E_0)_{A,B} = 1 - E_0 \int_0^\infty J_1(rE_0) \tilde{F}_1(ir) dr \quad (2-17)$$

와 같다. 여기서 J₁ 은 Bessel함수이고, i는 단위 벡터, r은 특성함수의 반경벡터이다. \tilde{F}_1 은 특성함수로써 A급, B급 잡음 각각에 대해서 다음과 같다.

$$\tilde{F}_1(ir)_{A+G} = e^{-A_{\infty,A}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_{\infty,A}^m}{m!} \exp[-m(\hat{B}_{OA}^2)/2 + \sigma_G^2 r^2/2 \cdot 1 + 0(r^4)] \quad (2-18)$$

$$\widetilde{F}_1(ir)_{(B+G)-I} \doteq \exp[-b_1 \alpha A_{\infty, B} r^\alpha - \Delta \sigma_G^2 r^2 / 2] \quad (2-19)$$

$$\widetilde{F}_1(ir)_{(B+G)-II} \doteq e^{-A_{\infty, B}} \exp[A_{\infty, B} e^{-b_2 r^2 / 2} - \sigma_G^2 r^2 / 2] \cdot [1 + O(r^\alpha, r^4)] \quad (2-20)$$

여기서 첨자 G와 A, S는 각각 가우스 잡음 성분과 A급 및 B급 잡음을 나타내며, I, II는 B급 잡음에서의 영역 분류를 나타낸다. 또한 $A_{\infty, A}$, $A_{\infty, B}$ 는 각각 A, B급 잡음에 대한 임펄스 지수를 나타내며, \widehat{B}_{OA} , \widehat{B}_{OB} 는 각각 A, B급 잡음에 대한 잡음 포락선의 형태를 나타낸다. σ_G^2 은 가우스 잡음의 편차를 나타내며, $O(\)$ 는 오차함수, ba 는 하중 모멘트, a 는 공간 밀도전달변수를 나타낸다.

식 (2-17) ~ 식 (2-20)를 정규화하기 위하여

$$\alpha_{A \text{ or } B} \equiv 2\Omega_2(1 + \Gamma')^{-1/2} \quad (2-21a)$$

여기서, Ω_2 를 비가우스성 성분의 평균밀도로 정의하고

$$\epsilon = \alpha E, \quad \epsilon_0 = \alpha E_0 \quad (2-21b)$$

위와 같이 정의하면, 식 (2-18), (2-19), (2-20)에서 $r = a\lambda$ 가 되며, 여기서 λ 는 특성함수에서 잡음영역을 나타내는 독립변수가 된다.

따라서 A급, B급 잡음에 대한 일반화된 확률분포함수는 다음과 같이 된다.

$$P_1(\epsilon > \epsilon_0)_{A,B} = 1 - \epsilon_0 \int_0^\infty J_1(\lambda \epsilon_0) \tilde{F}_1(i\alpha\lambda)_{A,B} d\lambda \quad (2-22)$$

1. A급 잡음 통계

A급 잡음에 대한 특성함수 식 (2-18)를 식 (2-21)에 의해 정규화하면, 다음의 근사화 식을 얻을 수 있다.

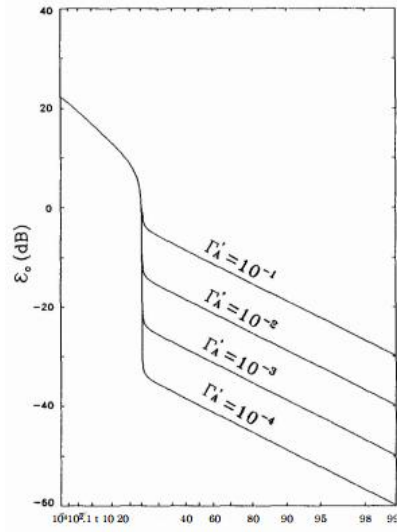
$$\tilde{F}_1(ir)_{A,B} \doteq e^{-A_A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_A^m}{m!} \exp[-\hat{\sigma}_{mA}^2 \alpha^2 \lambda^2 / 2] \quad (2-23)$$

식 (2-22)에 식 (2-23)를 대입하고, confluent hypergeometric 함수를 사용하여 적분하면 확률분포함수 $Pi(\epsilon > \epsilon_0)_A$ 는

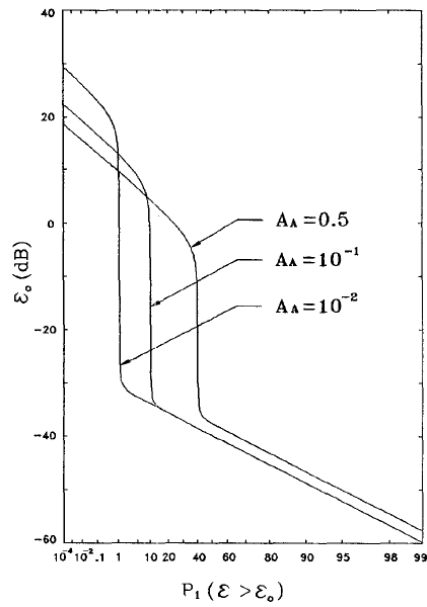
$$P_1(\epsilon > \epsilon_0)_A = 1 - e^{-A_A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_A^m}{m!} \frac{\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2} \cdot F_1\left[1, 2, \frac{-\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2}\right] \quad (2-24)$$

으로 된다. 식 (2-24)에서 시를 고정시킨 상태에서 $\Gamma A'$ 를 변화시키면 [그림 5-5], [그림 5-6]과 같이 $\Gamma A'$ 가 감소함에 따라 Rayleigh 분포곡선이 감소하는 특성을 나타내며, ΓA 를 고정시킨 상태에서 $A A$ 를 변화시키면 임펄스성 잡음의 확률분포가 $A A$ 가 확률에 비례하여 증가하는 특성을 나타낸다.

[그림 5-5] A급 잡음에 대해 계산된 확률분포 (AA=0.1일 경우)



[그림 5-6] A급 잡음에 대해 계산된 확률분포 ($\Gamma A=10^{-4}$ 일 경우)



2. B급 잡음통계

B 잡음은 두개의 영역 I과 II로 분류되며, 각 영역의 특성함수는 식 (2-25)과 (2-26)와 같으며, 이 A^∞, B 식들에서 유한기간 동안의 임펄스지수로 AB로 근사화시킨 후 정규화하면

$$\widehat{F}_1(ir)_{(B+G)-I} \cong \exp[-b_1\alpha A_B \alpha^\alpha - \Delta\sigma_G^2 \alpha^2 \lambda^2/2] \quad (2-25)$$

$$\widehat{F}_1(ir)_{(B+G)-II} \cong e^{-A_B} \exp[A_B e^{-b_2\alpha^2 \lambda^2/2} - \sigma_G^2 \alpha^2 \lambda^2/2] \quad (2-26)$$

이 얻어진다. 이들 특성함수들의 B급 잡음의 영역 I과 영역 II 에 대한 확률분포함수는 아래식과 같이 얻을 수 있다.

$$P_1(\epsilon > \epsilon_0)_B = 1 - \widehat{\epsilon}_0^2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n A_A^n}{n!} \cdot \Gamma(1 + \frac{\alpha n}{2}) {}_1F_1(1 + \frac{\alpha n}{2}, 2, -\epsilon_0^2) \quad (2-27)$$

여기서 $\widehat{\epsilon}_0 \equiv (\epsilon_0 N_i)/2G_B$, $\widehat{A}_\alpha \equiv A_\alpha/2^\alpha G_B^\alpha$ 이며, N_i 는 scale factor, G_B 는 잡음원의 파형을 나타낸다.

앞 식에 나타난 confluent hypergeometric 함수를 B급 잡음에 적용할 때는 수렴급수에 의해 다음과 같이 근사화시킬 수 있다

$$F_1(\alpha, \beta, -x) \cong \frac{\Gamma(\beta)}{\Gamma(\beta-\alpha)} x^{-\alpha} \cdot \left[1 + \frac{\alpha(\alpha-\beta+1)}{x} + \frac{\alpha(\alpha+1)(\alpha-\beta+1)(\alpha-\beta+2)}{2!x^2} \dots \right] \quad (2-28)$$

for $x^2 > 1$

식 (2-28)를 식 (2-27)에 대입함으로써 영역 I에서 $\epsilon_0 > \epsilon_B$ 경우에 대한 확률분포함수가 얻어진다.

$$\hat{P}_1(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-I} \cong \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\hat{A}_\alpha (-1)^n A_A^m}{n!} \frac{\Gamma(1 + \frac{\alpha}{2})}{\Gamma(1 - \frac{\alpha n}{2})} \cdot \hat{\epsilon}_0^{-n\alpha} \left[1 + \frac{(1 + (\alpha n/2)(\alpha n))}{2\hat{\epsilon}_0^2} + \dots \right] \quad (2-29)$$

for $\epsilon^2 \gg 1$

여기서 Aa 는 실효 임펄스성 지수이다.

또한, 영역 H 에 대해서는 식 (2-24)에 식 (2-27)을 대입함으로써 $\epsilon_0 > \epsilon_B$ 경우에 대한 확률 분포함수를 얻을 수 있다.

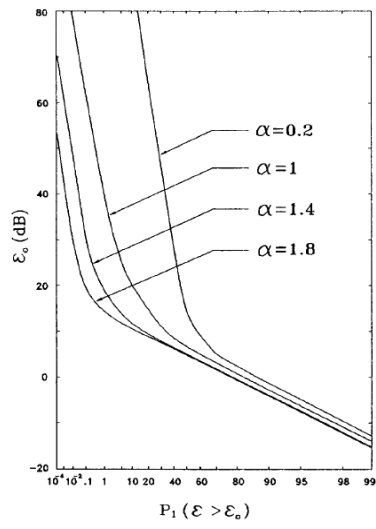
$$\hat{P}_1(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-II} \cong \frac{e^{A_B}}{4G_B^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_B^m}{m!} \exp[-\epsilon_0^2/2\sigma_{mB}^2] \quad (2-30)$$

for $\epsilon_0 > \epsilon_B$

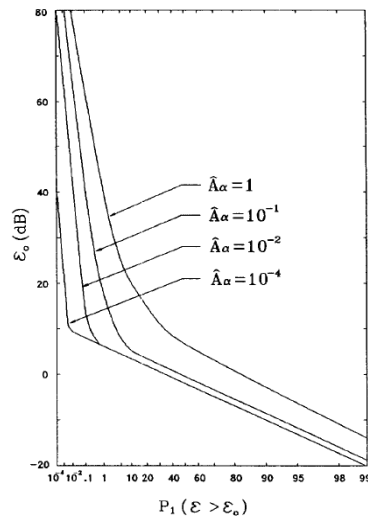
여기서 σ_{mB} 는 B급 잡음에서 가우스 성분의 편차이다.

식 (2-29)와 식 (2-30)을 이용하여 실효 임펄스성 지수 Aa 와 발생원 밀도변수 a 를 변화시키면서 B급 잡음에 대한 APD 곡선이 변화하는 상태를 [그림 5-7]과 [그림 5-8] 에 나타내었다.

[그림 5-7] B급 잡음에 의해 계산된 확률분포 ($\alpha=0.1$ 일 경우)



[그림 5-8] B급 잡음에 의해 계산된 확률분포 ($A\alpha=1.0$ 일 경우)



3. 잡음의 통계적 모형

대부분의 전파 잡음은 그 특징을 결정하는 주파수 스펙트럼의 분포, 진폭, 위상 관계가 매우 불규칙하기 때문에, 잡음의 주파수 특성을 정량적으로 해석하는 것은 어렵다. 따라서 시간 축에 대한 잡음의 특성을 해석하기 위해서는 주기 함수 및 비주기 함수로 나타나는 일반적인 모든 잡음 신호에 적용할 수 있는 통계적 모형을 만들 필요가 있다.

일반적인 잡음 전압 또는 전류의 진폭을 시간의 함수로 나타내면 식 (2-31)과 같다.

$$V_n = f(t) \quad (2-31)$$

식 (2-17)을 전압-시간의 그래프로 표시한 것이 잡음 파형이며, 그 형태에 따라 주기성 잡음, 연속적 불규칙성 잡음, 간헐적 또는 임펄스성 잡음 등으로 구별된다.

만약, $f(t)$ 가 주기적이면 Fourier급수로 전개될 수 있으며 기본주파수와 그 고조파 성분의 정현파 합으로 표현된다. 즉, T 를 주기라 하면 $f(t)$ 는 식 (2-32)과 같이 기본 주파수 $2\pi/T$ 와 그 고조파 성분의 합으로 표현된다.

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} A_n \exp[j \frac{2n\pi}{T} t] \quad (2-32)$$

여기서, A_n 은 식 (2-33)와 같다.

$$A_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp[-j \frac{2n\pi}{T_0} t] dt \quad (2-33)$$

또한 주파수 영역에서 $f(t)$ 를 주기 함수에 한정하지 않고 일반적인 시간 함수라 할 때, 그 Fourier 변환 및 그 역 Fourier변환은 식 (2-34)과 (2-35)로 정의된다.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp(-j\omega t) dt \quad (2-34)$$

$$f(t) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \exp(-j\omega t) d\omega \quad (2-35)$$

여기서, $F(\omega)$ 를 $f(t)$ 의 주파수 스펙트럼이라고 하며 이 스펙트럼이 넓은 주파수 대역에 걸쳐 있고 크기가 일정한 불규칙 잡음을 백색 잡음이라고 한다. 그리고 delta함수로 표시되는 임펄스성 스펙트럼도 넓은 주파수에 걸쳐서 일정하게 나타나게 된다.

이러한 백색 잡음과 임펄스성 잡음은 모든 주파수 성분을 포함하지만 파형의 모양은 아주 다르다. 두 잡음의 차이는 위상에 있으며, 임펄스성 잡음은 특정한 지점에 대해서 전체 주파수 성분의 위상이 일치하는데 반해, 백색 잡음은 0과 2사이의 위상이 분포하기 때문이다.

잡음 신호의 여러 가지 통계적 모형은 아래와 같다.

- 확률 밀도 함수 (Probability Density Function : PDF)
- 자기 상관 함수 (Auto-Correlation Function : ACF)
- 상호 상관 함수 (Cross-Correlation Function : CCF)
- 전력 밀도 스펙트럼 (Power Density Spectrum : PDS)
- 축적 분포 함수 (Cumulative Distribution Function : CDF)
- 진폭 확률 분포 (Amplitude Probability Distribution : APD)
- 평균 포락선 교차율 (Average Cross Rate : ACR)
- 펄스 지속시간 분포 (Pulse Duration Distribution : PDD)
- 펄스 간격 분포 (Pulse Spacing Distribution : PSD)
- 잡음 진폭 분포 (Noise Amplitude Distribution : NAD)
- 순시 확률 분포 (Time Probability Distribution : TPD)

(1) 확률 밀도 함수 (Probability Density Function)

불규칙성 잡음을 다루는 경우에는 진폭의 순시치나 파형보다는 진폭이 특정한 값을 갖는 확률과 그 분포가 중요한 의미를 갖는다. 측정된 값이 v 와 $v + dv$ 사이의 값을 가질 확률을 dp 라고 하면, 식 (2-36)의 $\rho(v)$ 를 확률 밀도 함수로 정의한다.

$$dp = \rho(v) dv \quad (2-36)$$

식 (2-36)의 확률 밀도 함수는 식 (2-37)으로 표시되는 정규화 조건을 만족한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} d\rho = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(v) dv = 1 \quad (2-37)$$

식 (2-37)을 이용하여 v 의 평균치, v 와 제곱 평균치, v^2 는 식 (2-38)와 (2-39)로 정의할 수 있다.

$$\bar{v} = \int_{-\infty}^{\infty} v \rho(v) dv \quad (2-38)$$

$$\bar{v}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(v) dv \quad (2-39)$$

일반적으로 $r(v)$ 는 v 에 대하여 대칭이기 때문에 $v = 0$ 이 되며, 그러므로 확률 밀도 함수는 실수치, v^2 가 중요하게 된다.

평균에는 시간 평균(time mean)과 집합 평균(ensemble mean)이 있으며, v 에 대해서 장시간 관측하여 평균을 취한 것이 시간 평균이고, 순시치가 독립적인 다수의 시스템 집합을 가정하여 (각각의 시스템을 동일한 성질의 교란 현상에 대해 지배됨) 그 집합 전체의 v 의 어느 시점에 대한 평균을 집합 평균이라고 한다. 일반적으로 잡음의 측정에는 시간 평균을 사용하며, 잡음의 계산에는 집합 평균을 사용한다.

(2) 자기 상관 함수 (Auto-Correlation Function)

식 (2-40)과 같이, 불규칙 파형 $f(t)$ 에 있어서 시간 t 만큼 뒤진 값, $f(t + \tau)$ 사이의 상관함수라 한다.

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(t)f(t+\tau)dt \quad (2-40)$$

여기서 R(t)는 불규칙 신호나 잡음의 특성을 기술하는데 중요한 함수이며, R(0)는 제곱 평균 전력을 나타낸다. f(t)가 완전히 불규칙적으로 랜덤하면 R(t)는 R(0) = 0 이 되고, 주기 적이면 주기 T의 정수배 t에 있어서 최댓값을 갖는다.

그러므로 잡음 파형 f(t)를 처리하여 스펙트럼, 확률 분포, 자기 상관, 전력 스펙트럼 (Power Spectrum)을 구하면, 잡음의 고유 특징을 분석하거나 잡음과 신호를 분리하는 것이 가능하다. 그러나 자기 상관 함수에서는 파형의 모양에 대한 정보가 손실되고, 전력 밀 도 스펙트럼에서는 위상에 대한 정보가 손실된다.

(3) 상호 상관 함수 (Cross-Correlation Function)

식 (2-41)과 같이, 두 개의 신호 f(t)와 g(t) 사이에 정의되는 함수) $\phi_{fg}(\tau)$ 를 상호 상관 함수로 정의한다.

$$\phi_{fg}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(t)g(t+\tau)dt \quad (2-41)$$

식 (2-42) f(t)와 g(t) 사이의 상관을 시간차 t의 함수로써 나타낸 것으로, 만약 g(t) = f(t) 인 경우에는 다음의 식 (2-42)과 같이) $\phi_{ff}(\tau)$ 가 자기 상관 함수(Auto-Correlation Function) R(τ) 와 같아지게 된다.

$$\phi_{ff}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(t)f(t+\tau)dt \quad (2-42)$$

f(t+ τ)는 f(t)의 시간 τ 만큼 경과한 후의 값이기 때문에, $\phi_{ff}(\tau)$ 는 신호 f(t) 가 τ 만큼 경과한 후의 값과 어느 정도 상관이 있는가를 나타내는 것이다.

만약 $f(t)$ 가 주기 T 를 갖는 주기 함수라면, 식 (2-43)와 같이 Fourier 급수로 표시할 수 있다.

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos\left[\frac{2n\pi}{T}t - \Phi_n\right] \quad (2-43)$$

식 (2-43)의 주기 신호에 대하여 자기 상관 함수 $\phi_{ff}(\tau)$ 를 구하면 삼각함수의 직교성 으로부터 식 (2-44)과 (2-45)을 구할 수 있다.

$$\phi_{ff}(\tau) = A_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n^2 \cos\left[\frac{2n\pi}{T}\tau\right] \quad (2-44)$$

$$g(t) = \sum_{n=0}^{\infty} B_n \cos\left[\frac{2n\pi}{T}t - \Phi_n\right] \quad (2-45)$$

식 (2-44)과 (2-45)의 두 주기 신호의 상호 상관 함수를 구하면, 식 (2-46)와 같다.

$$\phi_{fg}(\tau) = A_0 B_0 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n B_n \cos\left[\frac{2n\pi}{T}\tau + \phi_n - \Phi_n\right] \quad (2-46)$$

주기 신호의 상관 함수는 그 신호와 같은 주기를 갖는 주기 함수가 되며, $f(t)$ 의 위상 Φ_n 에 관계되는 정보는 잃어버리게 된다. $\phi_{ff}(\tau)$ 는 모든 신호의 각 주파수 성분의 위상을 같게 하여, t 축에 축척시킨 것으로 보는 것도 가능하다. 식 (2-46)를 보면, 주기 신호의 각 상관 함수도 그 신호와 같은 주기를 갖는 주기 함수가 되지만, $f(t)$ 와 $g(t)$ 의 위상차에 관계되는 정보가 남아 있다는 것을 알 수 있다.

그러므로 상관 함수는 불규칙한 잡음 중에 포함되어 있는 신호로부터 기본 주기를 추출해 내거나, 주기를 알고 있는 신호를 잡음 중에서 추출해 내는 경우에 유용하다.

(4) 전력 밀도 스펙트럼 (Power Density Spectrum)

전력 스펙트럼(Power Spectrum)은 자기 상관 함수와 Fourier 변환 관계를 이루고 있으며, 상호 스펙트럼(Cross Spectrum)과 상호 상관 함수도 역시 Fourier 관계를 이루고 있다. 이 관계는 Wiener-Khintchine 정리로 설명되며, 식 (2-47)과 (2-48)와 같이 기술된다.

$$\Phi_{ff}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(\tau)\exp(-j\omega\tau) d\tau \quad \text{전력 스펙트럼 (2-47)}$$

$$\Phi_{fg}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(\tau)\exp(-j\omega\tau) d\tau \quad \text{상호 스펙트럼 (2-48)}$$

반대로, 전력 스펙트럼 $\Phi_{ff}(\omega)$ 와 상호 스펙트럼 $\Phi_{fg}(\omega)$ 의 역 Fourier변환이 각각 자기 상관 함수 $\phi_{ff}(\tau)$ 와 상호 상관 함수 $\phi_{fg}(\tau)$ 가 되는 것은 명백한 일이다.

Wiener-Khintchine 정리를 이용하여, 전력 밀도 스펙트럼은 식 (2-49)와 같이 정의된다.

$$S(\nu) = \lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \left[\int_0^T f(t)\exp - \frac{2\pi}{\nu t} dt^2 \right] \quad (2-49)$$

(5) 축적 분포 함수 (Cumulative Distribution Function)

측정된 값으로부터 축적 분포 함수를 구하기 위해서는 먼저 측정 데이터의 확률 분포 함수 $p(x)$ 를 구해야 한다. 확률 분포 함수 $p(x)$ 는 식 (2-50)과 같이 구할 수 있다.

$$p(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{x \text{ 값을 중심으로 } \Delta x \text{ 범위 내의 샘플 수} / \Delta x}{\text{측정된 샘플의 총수 } (N)} \quad (2-50)$$

여기서 $N = \infty$ 이며, 축적 함수 분포는 식 (2-51)과 같다.

$$CDF = \int_0^v p(x) \tau dx \quad (2-51)$$

(6) 진폭 확률 분포 (Amplitude Probability Distribution) 진폭 확률 분포(APD)를 이용한 잡음의 표현은 통신 시스템에서의 장애 현상을 평가하는 경우, 자연 잡음과 인공 잡음을 설명하기 위한 가장 유용한 통계적 표현이다. 또한, 측정 수신기를 설계할 때는 잡음의 실효 강도뿐만 아니라 분포 특성도 고려해야 하며, 특히 펄스 통신이나 미약한 신호를 검출하는 수신기 등에서는 일정한 진폭 이상의 임펄스형 잡음 분포가 통신 시스템의 오류(error rate)를 결정하므로 APD 특성이 중요한 측정 요소가 된다.

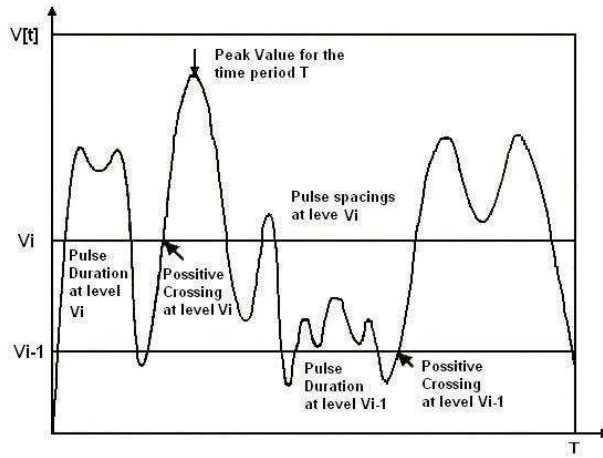
일반적인 APD는 원형 추적법(circular arc)에 의해 구해지는데, 이 방법은 주어진 시간내에서 잡음 진폭에 대한 확률 분포로 평균치(V_{avg}), 실효치(V_{rms}), 대수 평균치(V_{log})를 구한 후, 식 (2-52)과 (2-53)에 의해 표시하는 방법이다.

$$V_d = 20 \log\left(\frac{V_{avg}}{V_{rms}}\right) \quad (2-52)$$

$$L_d = 20 \log\left(\frac{V_{rms}}{V_{avg}}\right) \quad (2-53)$$

또한, APD는 어떤 측정시간 T 동안에 측정된 파형의 형태가 [그림5-9]과 같을 때, 측정된 신호의 크기가 특정한 크기, v_i 이상 되는 신호의 시간을 확률로 나타내는 것이다.

[그림 5-9] 시간에 따른 잡음 신호의 변화



그런데 APD는 임펄스성 잡음의 1차 통계(first-order statistics)로서, 이 APD 값이 펄스 하나에 의한 것인지 혹은 여러 개의 펄스에 의한 것인지에 대한 정보는 가지고 있지 않다. 이것을 통계적 모형으로 표현하면 식 (2-54)과 같으며,

$$APD(v_i) = 1 - CDF(v_i) \quad (2-54)$$

또한, 잡음의 순시치를 시간에 대해 분포하고 단위 시간당 N개의 표본을 측정하여, 입력 순시 전압에 초과하는 순시치의 확률 APD(%)를 계산함으로써 구할 수도 있다. 이것을 수식으로 표시하면 식 (2-55)과 같다.

$$APD = \frac{n(v_i - v \geq 0)}{N} \times 100 (\%) \quad (2-55)$$

여기서, N 은 단위시간당 표본수, n은 되는 표본수, v_i 는 입력 순시 전압, v는 기준 전압이다.

(7) 평균 포락선 교차율 (Average Crossing Rate)

평균 포락선 교차율이란 어떤 측정시간 T 동안에 수신기의 출력으로 나오는 파형의 형태가 [그림5-9]와 같을 때, 측정된 신호가 특정한 크기의 양의 기울기를 가지며 교차하는 (positive crossing) 수를 시간으로 나누어 평균값을 나타낸 것이다. 이것을 수식으로 표현하면 식 (2-56)와 같다.

$$ACR = \frac{E(n(t_2 - t_1))}{(t_2 - t_1)} \quad (2-56)$$

(8) 펄스 지속시간 분포 (Pulse Duration Distribution)

펄스 지속시간 분포는 어떤 측정시간 T 동안에 수신기의 출력으로 나오는 파형의 형태가 [그림5-9]와 같을 때, 측정된 신호가 특정한 크기를 넘는 시간들의 총 합을 의미한다. 이것을 수식으로 표현하면 식 (2-57)과 같다.

$$PDD \left[\frac{t_b}{\nu_j} \right] = \int_{t_b}^{\infty} P_d \left[\frac{t}{\nu_j} \right] dt \quad (2-57)$$

(9) 펄스 간격 분포 (Pulse Spacing Distribution)

펄스 간격 분포는 어떤 측정시간 T 동안에 수신기의 출력으로 나오는 파형의 형태가 [그림5-9]과 같을 때, 측정된 신호가 일정한 크기를 넘지 않는 시간들의 총합을 의미한다. 이것을 수식으로 표현하면 식 (2-58)와 같다.

$$PSD \left[\frac{t_s}{\nu_j} \right] = \int_0^{\infty} P_s \left[\frac{t}{\nu_j} \right] dt \quad (2-58)$$

(10) 잡음 진폭 분포 (Noise Amplitude Distribution)

잡음 진폭 분포는 임펄스성 잡음의 평균 포락선 교차율(ACR)의 문턱치에 따라서 나타나

는 확률로서, 이것을 양의 문턱치 교차점(Positive Level Crossing)이라 한다. 즉, 1초 동안 몇 개의 펄스가 주어진 크기를 넘느냐에 관한 정보로 NAD는 확률적인 면에서 랜덤 변수가 아니라 잡음 자체의 정확한 정보이다.

(11) 순시 확률 분포 (Time Probability Distribution)

순시 확률 분포는 펄스 사이의 시간에 대한 확률 분포로써, 임의의 진폭을 갖는 펄스 잡음의 정도 특성을 가장 잘 나타내는 통계적 모형으로 식 (2-59)와 같이 정의된다.

$$TPD = \frac{n(t_i - t \geq 0)}{N} \times 100 (\%) \quad (2-59)$$

여기서, N은 단위시간당 표본수, n은 $t_i - t \geq 0$ 이 되는 표본수, t_i 는 펄스 간격 시간, t는 기준 시간이다.

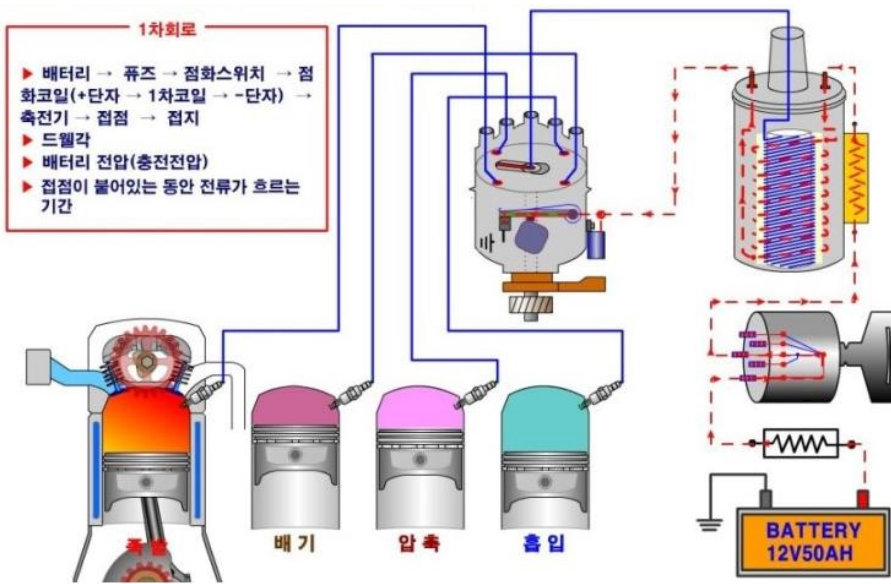
지금까지 설명한 통계적 모형 중 어느 하나만으로 임펄스성 잡음의 완전한 특성을 표현하기 불가능하기 때문에, 여러 모형을 종합적으로 분석함으로써 잡음의 특성에 대한 분석이 가능해진다.

예를 들어, 잡음의 성질을 시간 측면에서 볼 때, 평균 포락선 교차율 (ACR)이 사용되며, 더 자세한 정보는 펄스 지속시간 분포(PDD)나 펄스 간격 분포(PSD)를 사용하여 얻을 수 있다. 그리고 잡음의 크기에 대한 것은 진폭 확률 분포(APD)로 얻을 수 있으나, 완전하지는 않으므로 평균 포락선 교차율(ACR)이나 잡음 진폭 분포(NAD)를 사용하여 APD와 함께 나타내는 것이 필요하다.

제3절 자동차 점화 잡음의 측정 및 분석

자동차에서 발생하는 주 잡음 발생원은 점화회로계에 의한 고전압(8kv~12kv)의 불꽃방전을 발생시키고 있는 점화 플러그 및 배전기와 소형 motor, 전압조정기, 전기접점류 등이다. 이들 잡음 방지법으로 소형 motor나 전압조정기, 전기접점류 등에는 관통형 콘덴서(0.002~ 2 μ F)를 사용하고 있다. 그 중에서도 [그림5-10]과 같이 점화회로계(점화플러그의 불꽃방전)에 의해서 발생하는 잡음이 자동차 잡음에서 가장 문제시 되고 있다.

[그림 5-10] 자동차 점화계통도



자동차에서 발생하는 잡음의 방해도는 자동차가 실제로 도로를 주행하고 있을 때 발생하는 잡음량을 말한다. 각종 자동차에서 복사되는 방해전파 잡음은 TV나 FM 방송에 주어지는 방해도를 측정, 평가하고 이 실태를 명확히 하는 것도 가능하지만 방해도를 정량적으로 파악하고 방지책을 강구하려면 차량을 정지 상태로 두고 측정을 실시하는 것이 가장 이

상적이다. 이 잡음 측정방법에서는 전계강도 측정기를 이용하여 자동차에서 발생하는 점화 잡음 주파수 및 신호 레벨을 측정하고 있으며, CISPR에서는 불꽃점화 기관인 가솔린 자동차 뿐만 아니라 압축착화 기관인 디젤 자동차도 전자파 방사시험을 수행하도록 유럽법규가 개정되었다. 개정된 ECE R.10에서의 EMI 시험방법은 CISPR12를 준용하도록 명시되어 있으며 CISPR12는 기본적으로 불꽃점화기관을 가진 자동차에 대한 시험방법 및 기준을 규정하고 있다.

본 연구에서는 자동차의 점화잡음으로 인해 FM 및 DMB 주파수 대역에 발생하는 잡음의 영향을 평가하기 위하여 외부 전파의 방해가 없는 방송문화회관 지하주차장에서 1차 측정을 실시하였고, 보다 정확한 측정을 위하여 EMC 전파과 무반사실을 이용하여 2차 측정을 실시하였다. 자동차는 점화플러그 방식인 가솔린 계통의 차량과 압착 방식인 디젤 계통 차량 각각에 대해 측정을 실시하였다. 또한 실제 환경에서 FM 및 DMB 방송에 미치는 영향 분석을 위해 터널 내 현장에서 차량 통행이 빈번한 출퇴근 시간을 이용하여 가청 시험을 실시하여 자동차 점화잡음에 대한 영향도를 분석하였다.

측정 환경은 자동차의 실제 운행 상황을 가정하여 정차 상황 시, 가속 운행 시, 에어컨 ON/OFF 시에서 자동차의 각 방향별로 수신안테나를 수직 편파 및 수평 편파로 변경하며 측정하였다.

1. 방송문화회관 지하주차장

기존 FM 및 DMB 방송 주파수의 영향을 배제하기 위하여 한국방송회관 지하주차장 내 측정 장비를 활용하여 가솔린 및 디젤 계통 차량별 지상파 DMB / FM 라디오의 인공잡음 발생 주파수 및 확인하였다.

가. 측정방법

- 측정장소 : DMB / FM 수신이 되지 않는 지하주차장 내
- 측정장비 : 계측기(EPSI), 안테나(biconical), 삼각대, 전원 릴케이블
- 측정절차
 - ① DMB / FM 대역 전파환경 측정
 - ② 차량별(승용, 승합차) 시동 on 후 아이들링 상태 전파환경 측정

③ 악셀링-아이들링 지속 변환 상태 전과환경 측정

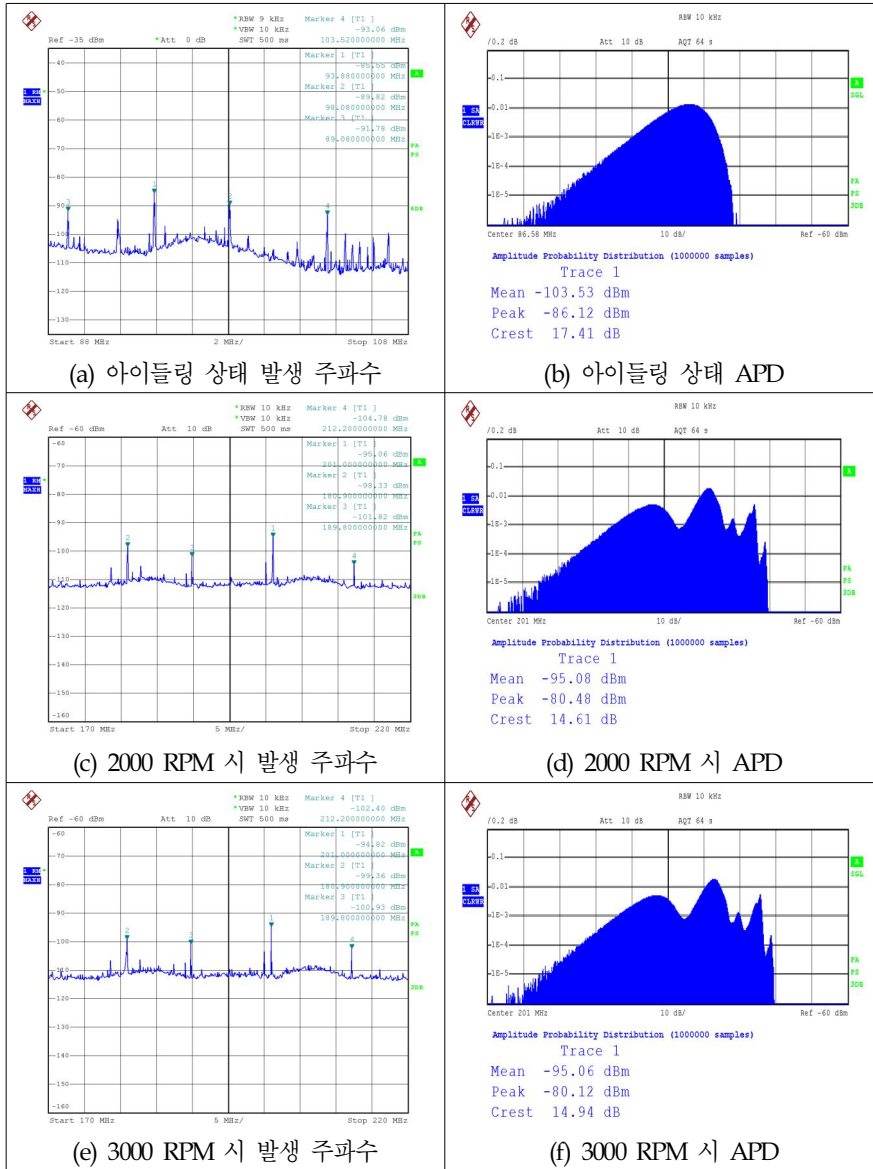
※ 각 절차별 10분간 측정실시

- 측정내용 : DMB / FM 대역 내 인공잡음 생성여부, 잡음세기, 잡음분포도 등 확인

나. 측정 결과

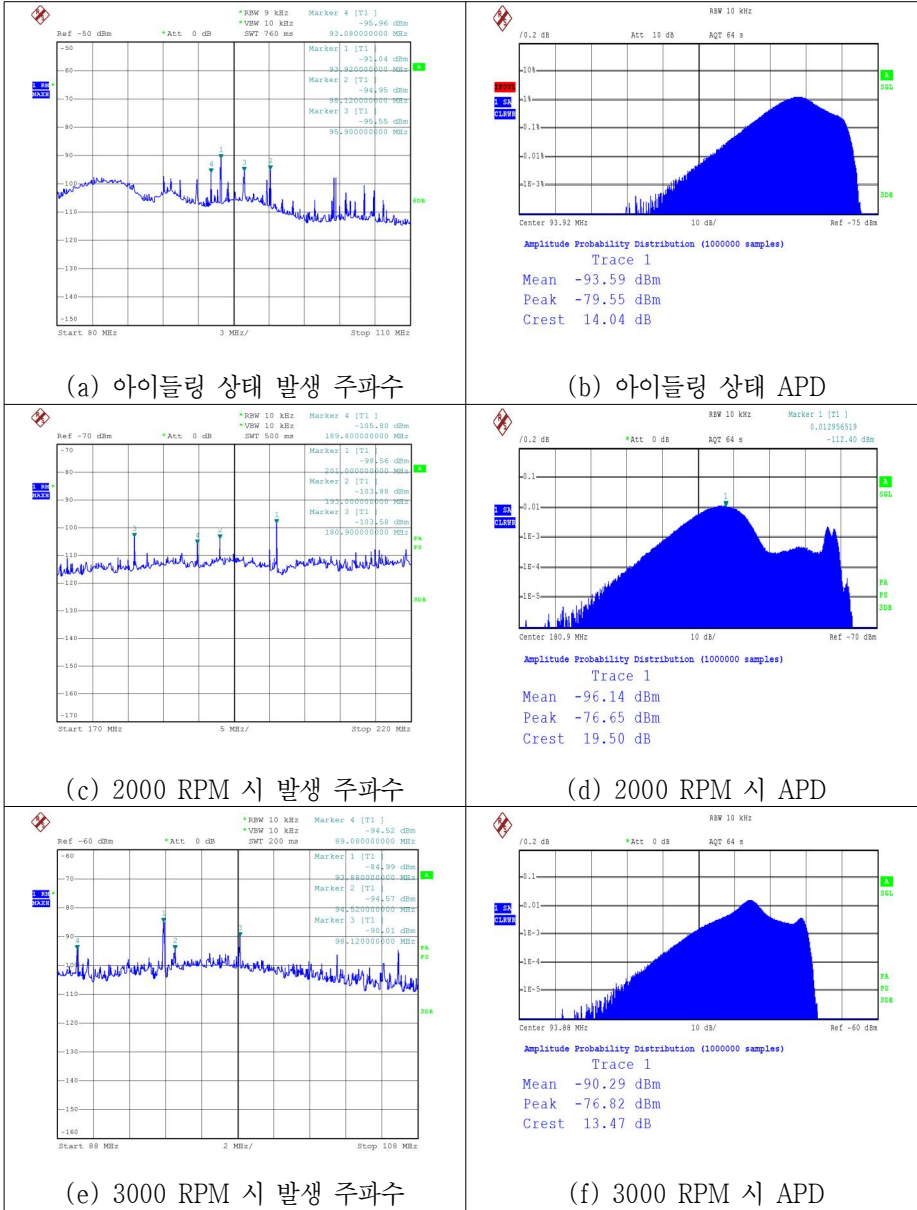
- 가솔린 계통 승용차

[그림 5-11] 가솔린 계통 자동차 점화 캡음



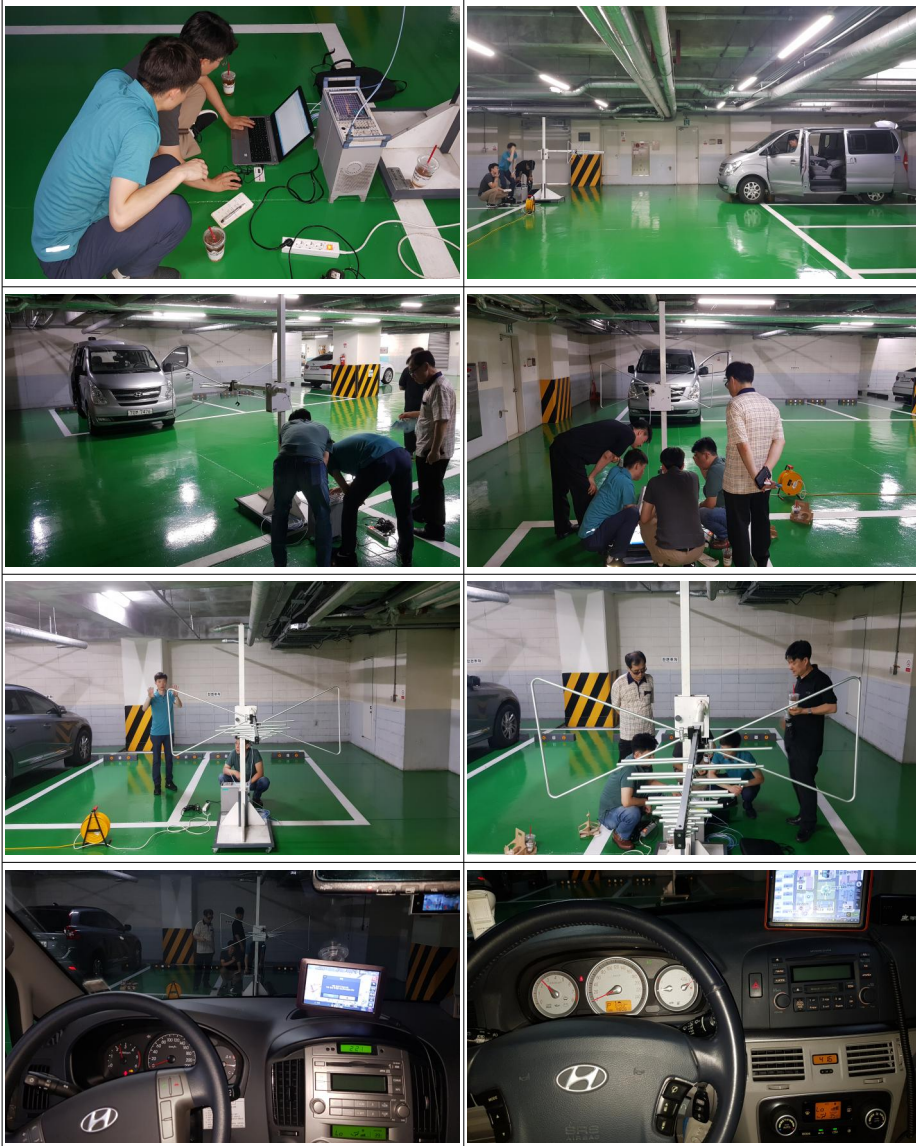
- 디젤 계통 승합차

[그림 5-12] 디젤 계통 자동차 점화 잡음



- 현장 측정 사진

[그림 5-13] 현장 측정 사진



2. 자동차 융합 기술원 EMI Chamber 실 측정

개별 자동차의 정확한 점화 잡음 측정을 위하여 자동차 주행 상태에서 측정이 가능한 10m EMI 챔버에서 아래의 측정 조건 및 절차에 따라 가솔린 계통 및 디젤 계통의 자동차에 대해 자동차의 전·후·좌·우 4 방향에 대해 주행 속도를 정지시, 60km/h, 100km/h 상태에서 측정을 실시하고 APD 분석을 실시하였다.

[표 5-1] 자동차 EMI Chamber 특성

- Size : 25m(L) x 16m(W) x 8m(H)
- EMI/EMS Test : 10KHz ~ 18GHz
- Shield Effect : 60 ~ 100dB
- NSA (Normalized Site Attenuation) : ±4dB (d=10m, v=6m, h=2m) : ±3dB (d=3m, v=3m, h=2m)
- Site VSWR : ≤ 6dB (d=10m, v=6m, h=2m) : ≤ 5dB (d=3m, v=3m, h=2m)
- Field Uniformity : 0dB, 6dB for 12 points (75%) (80MHz~18GHz,d=3m)
- Ambient Noise : 6dB below CISPR 22 Peak Limit (150KHz~18GHz)

가. 측정방법

o 측정조건

- 자동차 잡음 측정 Point : 운전석, 운전보조석, 정면, 후면
- 측정 조건 : RBW 10KHz, [FM: 88 ~108MHz/DMB 174~216MHz]
- 자동차 속도 : 정지시, 60km/h, 100km/h (에어컨 : ON/OFF)

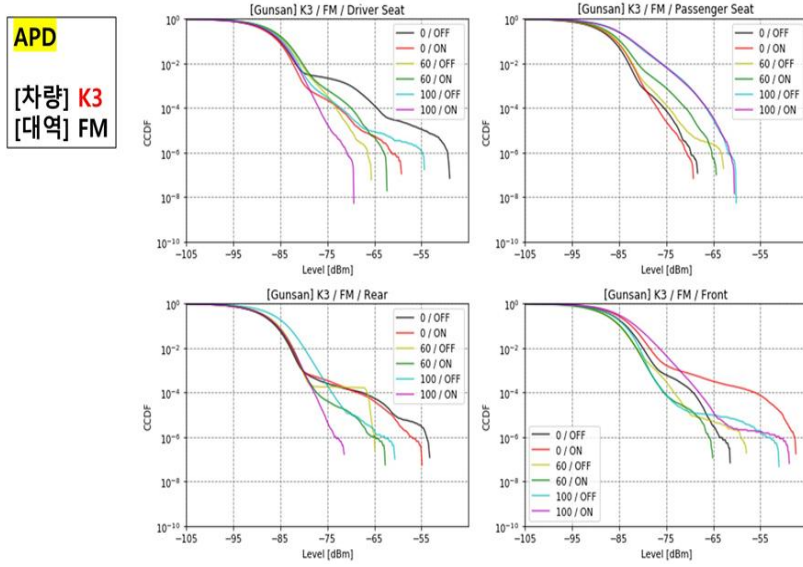
o 측정절차 (각 속도 및 방향별로 아래 절차 반복 수행)

- 에어컨 OFF → 잡음 스펙트럼 측정 → APD 측정
- 에어컨 ON → 잡음 스펙트럼 측정 → APD 측정

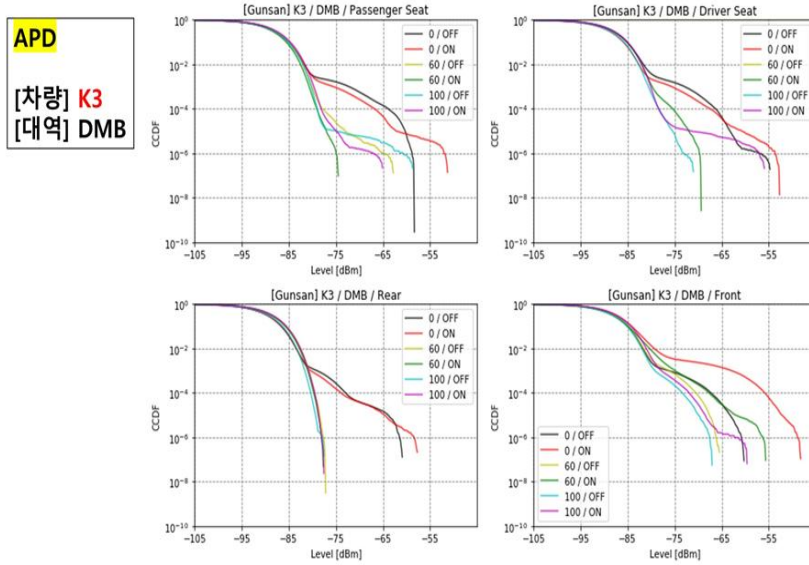
나. 측정 결과

- K3(가솔린차량) FM 잡음 측정 결과

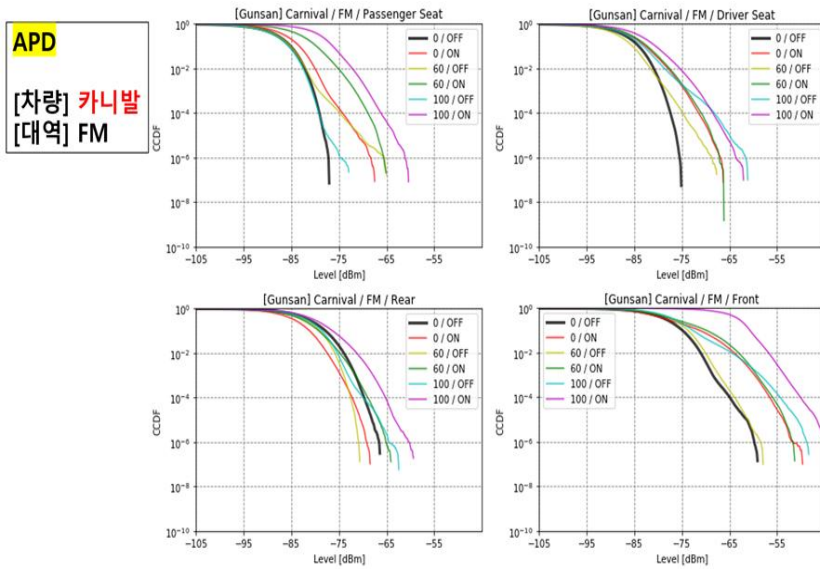
[그림 5-14] K3(가솔린차량) FM 잡음 측정 APD



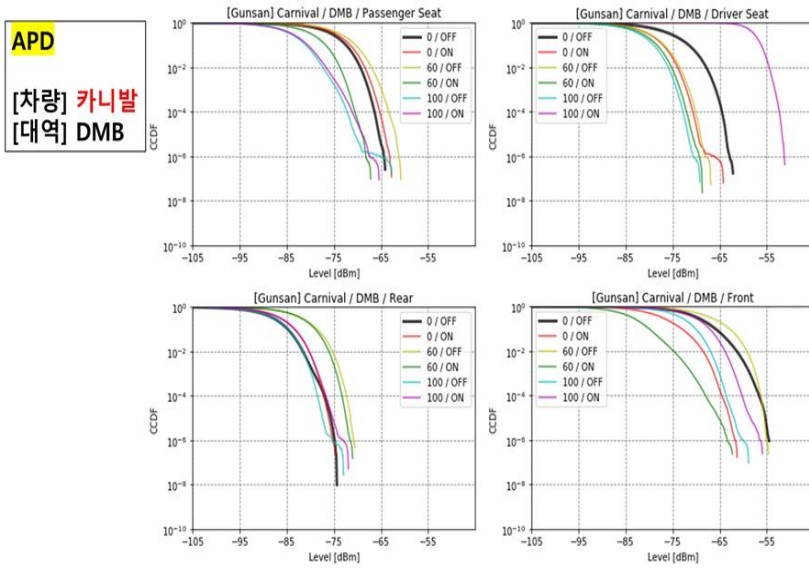
[그림 5-15] K3(가솔린차량) DMB 잡음 측정 APD



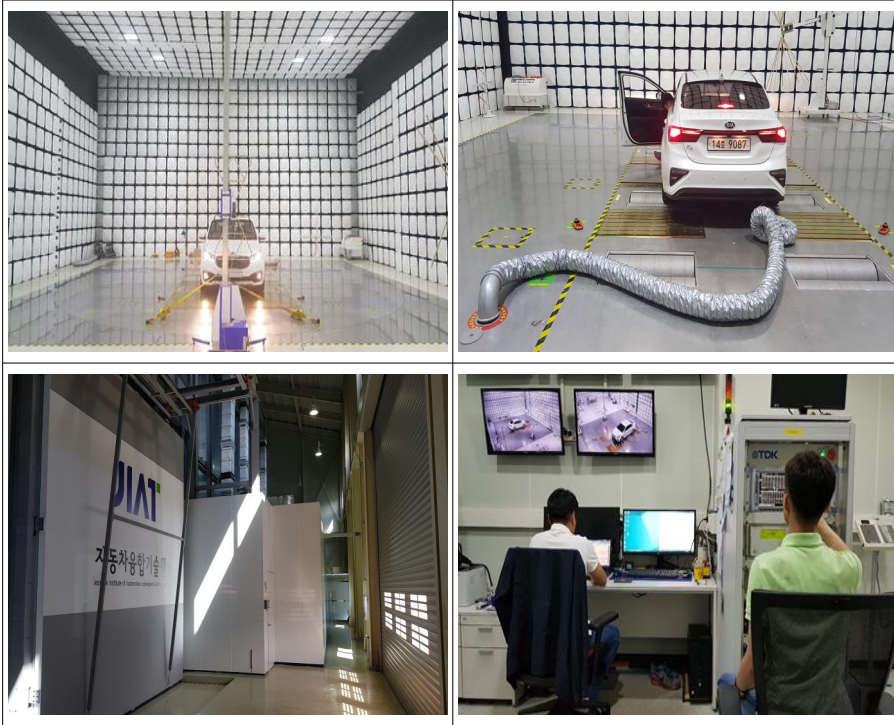
[그림 5-16] 카니발(경유차량) FM 잡음 측정 APD



[그림 5-17] 카니발(경유차량) DMB 잡음 측정 APD



[그림 5-18] EMI 챔버 현장 측정 사진



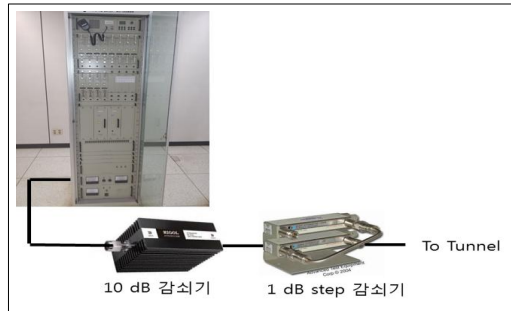
3. 현장 터널 내 가청 시험

개별 자동차의 점화잡음 측정 결과를 바탕으로 실제 터널 내에서 차량의 이동량이 많은 상태에서 자동차의 점화잡음이 누적되어 FM 방송에 미치는 영향을 분석하기 위하여 FM 중계기가 설치되어 있고 터널 내에 누설동축케이블을 통해 FM 재방송을 실시하고, FM 방송 품질이 우수한 터널을 선정하여 차량의 이동이 가장 많은 퇴근 시간대에 점화 잡음의 영향도를 가청 시험을 통하여 분석하였다.

FM 방송 수신기는 차량용 라디오 수신기, 휴대용 라디오 및 스마트 폰을 이용하여 개별 수신기의 가청 시험을 실시하였다.

또한 터널 내의 전계강도를 조정하기 위하여 아래 그림과 같이 기존에 설치되어 있는 FM 중계기에 감쇠기를 삽입하여 인위적으로 출력을 조정하여 시험을 실시하였다.

[그림 5-19] FM 중계기 출력 조정



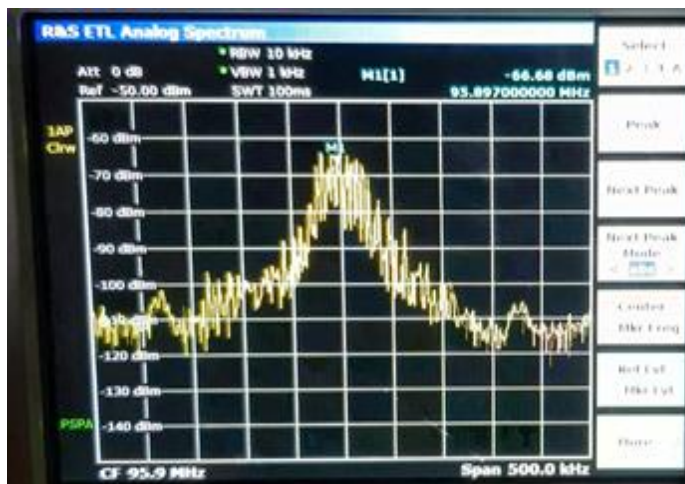
가. 고정 시험

o 터널내 비상주차대에 차량 정차 후 실 환경에서 측정

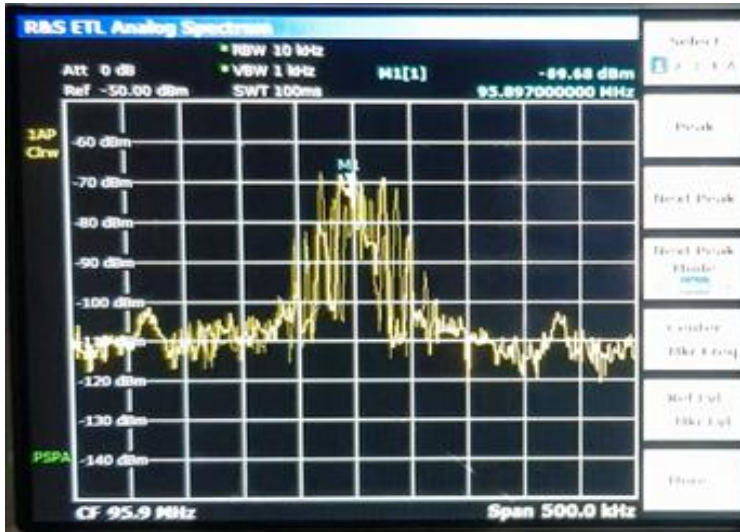
o 가청 테스트

- 수신 신호 레벨을 54dB μ V/m 지점에서 가청 테스트
- 10dB 감쇠기를 통해 출력 신호를 감쇠시키고 가청 테스트
- 1dB 간격으로 출력신호를 감쇠시키면서 가청 테스트
- 잡음이 들릴때 까지 출력신호 감쇠 및 가청 테스트

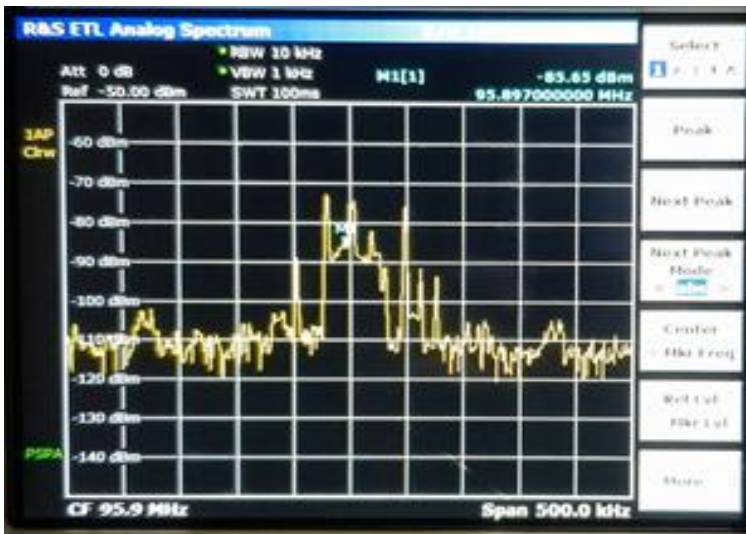
[그림 5-20] FM 중계기 출력 54dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



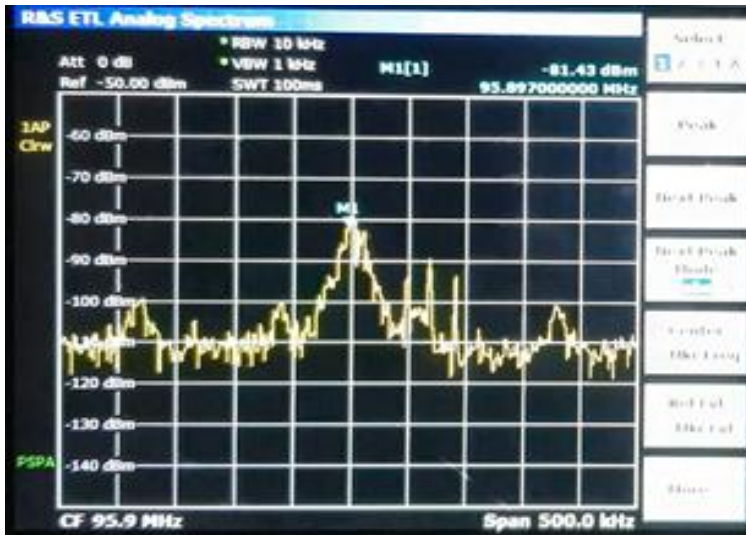
[그림 5-21] FM 중계기 출력 44dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



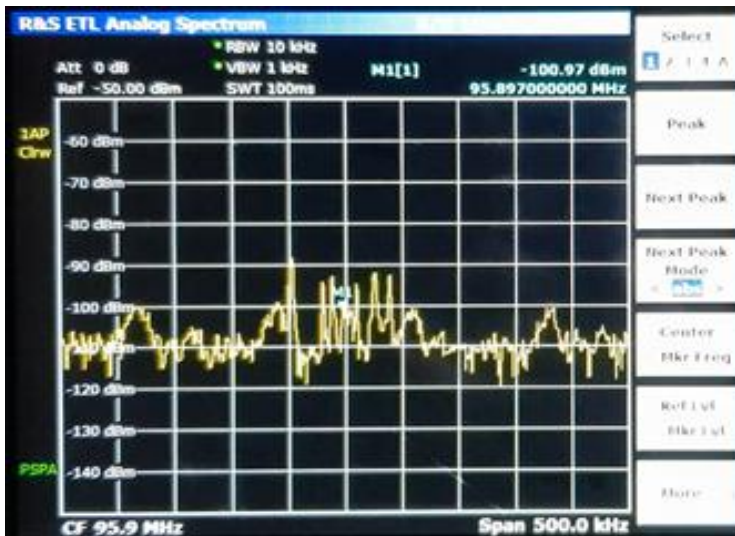
[그림 5-22] FM 중계기 출력 39dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



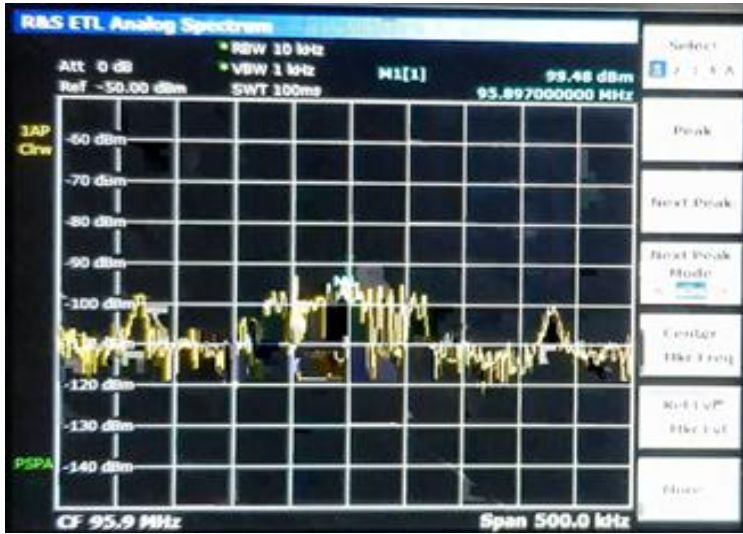
[그림 5-23] FM 중계기 출력 34dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



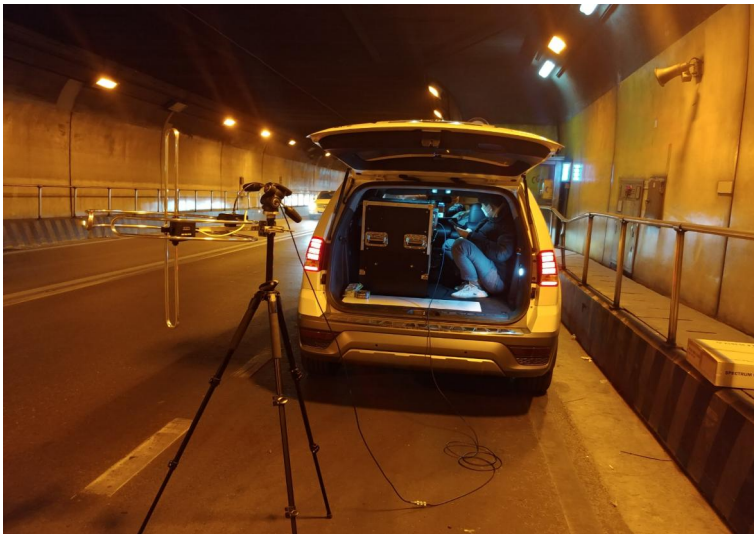
[그림 5-24] FM 중계기 출력 25dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



[그림 5-25] FM 중계기 출력 23dB μ V/m 지점에서 가청 테스트



[그림 5-26] 터널내 측정 사진

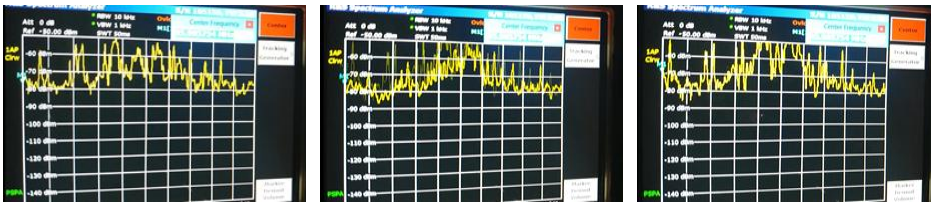


측정 결과 34dB μ V/m 수신 전계강도 레벨까지는 가청 양호하며, 25dB μ V/m 수신 전계 강도부터 배경 잡음의 영향을 받기 시작하여 23dB μ V/m에서부터 수신 음성의 배경 잡음 영향을 느낄 수 있었다. 그러나 가청 시험의 최저 수신 레벨인 23dB μ V/m에서도 수신 음성을 청취에는 큰 어려움이 없어 차량 정지 시 차량의 점화 잡음이 FM 방송에 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

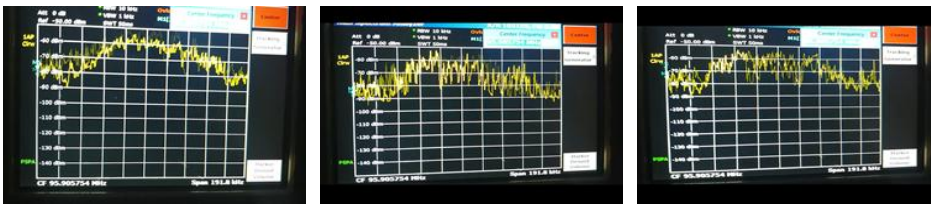
나. 이동 시험

- o 터널 시점~중점 거리를 60km, 80km, 100km 주행속도 맞추어 측정
- o 가청 테스트
 - 수신 신호 레벨을 54dB μ V/m 지점에서 가청 테스트
 - 10dB 감쇠기를 통해 출력 신호를 감쇠시키고 가청 테스트
 - 1dB 간격으로 출력신호를 감쇠시키면서 가청 테스트
 - 잡음이 들릴 때 까지 출력신호 감쇠 및 가청 테스트

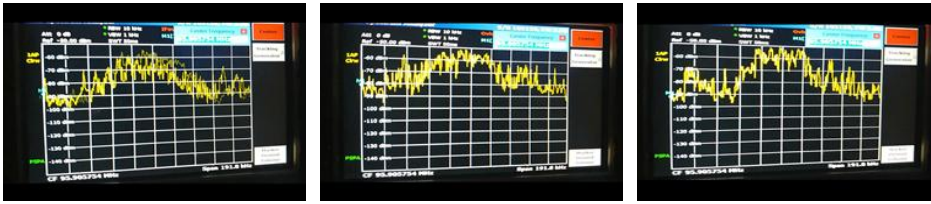
[그림 5-27] FM 중계기 출력 54dB μ V/m 지점에서 주행속도별 가청 테스트



[그림 5-28] FM 중계기 출력 48dB μ V/m 지점에서 주행속도별 가청 테스트



[그림 5-29] 수신레벨 44dB μ V/m 주행속도 60km/h, 80km/h, 100km/h 시 스펙트럼



[그림 5-30] 수신레벨 34dB μ V/m 주행속도 60km/h, 80km/h, 100km/h 시 스펙트럼



차량 주행속도를 60km, 80km, 100km로 바꿔가며 측정한 결과, 평균 전계강도 54dB μ V/m 및 48dB μ V/m의 경우는 속도와 상관없이 양호하게 측정되었고, 평균 전계강도 44dB μ V/m의 경우는 80km 속도까지 양호하며 그 이상의 속도 구간에서는 약간의 배경잡음이 측정되었다. 기타 나머지 구간의 경우 모든 조건에서 불량으로 배경잡음이 많이 섞여서 청취되었으나 측정결과가 불량으로 판별하였을지라도 실제 청취 및 의미전달에 문제가 없는 구간이 존재하는 것으로 판단되었다.

제 6 장 재난방송 서비스 품질 기준 제안

제 1 절 서비스 품질 기준 영향 주요 요소

재난방송 수신 단말기의 서비스 품질의 기준에 영향을 주는 요소는 ①단말기의 수신감도 (Receiver sensitivity), ②단말기의 자체 잡음지수 (Noise Figure), ③단말기 안테나 효율 및 이득 (Receive aerial system efficiency), ④장소 변동율 (Location variability), ⑤안테나 높이 보정 (Height loss), ⑥환경 및 인공잡음 (Environmental and Man made noise levels)으로 볼 수 있다.

제 2 절 FM 서비스 품질 기준 제안

FM서비스 품질 기준은 앞서 측정된 여러 가지 실제 환경 조사를 통하여 확인된 수치들과 각 종 관련문서를 통하여 도출하였으며, 최종적으로 최소 수신 전계강도는 41.72dB μ V/m로 산출되었다.

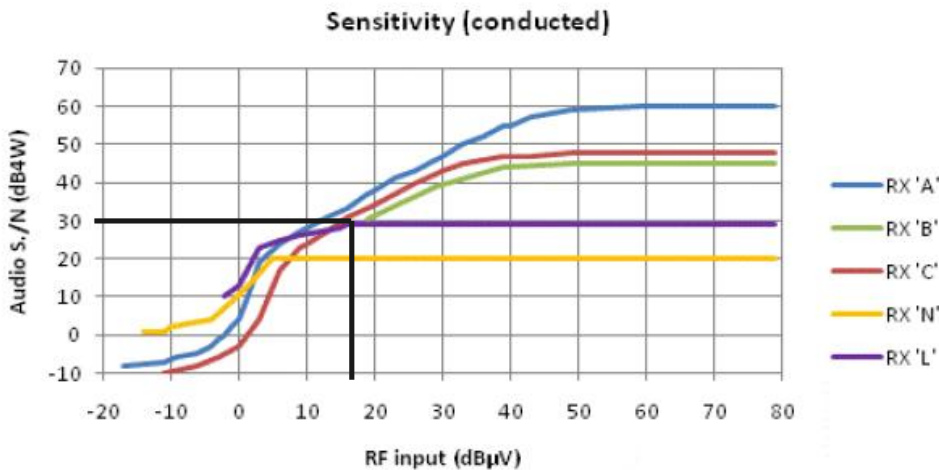
세부 산출근거는 다음 <표 6-1>과 같다.

<표 6-1> FM 서비스 품질 기준

구 분	기준값	비 고
Required Audio S/N [dB4W]	30	그래프 1 참조
수신 잡음 지수 [dB]	7	
추가 인공잡음 지수 [dB]	3	터널내 인공잡음 영향
최소 수신 입력 신호 레벨 [dBm]	-100	
수신 안테나 높이 보정 [dB]	11	10m -> 1.5m

안테나 이득 [dBi]	-10	전자과학회지 발표 논문 참조 [삼성 이어폰 안테나 기준]
수신 안테나 지점의 최소 전계강도 [dB μ V/m]	36	
장소율 (%)	90	ITU-R P.1546 근거
Distribution Factor	1.28	
표준편차	4.47	
Location Correction Factor	5.72	
최소 수신 전계강도 [dB μ V/m]	41.72	수신 안테나 높이 지상 1.5m 기준

[그림 6-1] 상용 수신기별 수신 레벨



※ 그래프 분석

- RX 'L' : 차량 장착용 CD/DAB/FM/MW/LW 전용 수신기 2000년 제작
- 상용 수신기를 사용하여 외부 전파 간섭이 없는 Shielded Chamber에서 실제의 수신 레벨을 측정
- dBm = dB μ V - 107 이므로 17 dB μ V는 -90dBm에 해당
- -90dBm 입력시 수신기의 잡음지수 10dB 의 영향으로 최소 입력 레벨은 -100dBm 임

제 3 절 DMB 서비스 품질 기준

DMB서비스 품질 기준은 앞서 측정된 여러 가지 실제 환경 조사를 통하여 확인된 수치들과 각종 관련문서를 통하여 도출하였으며, 최종적으로 최소 수신 전계강도는 43.64dB μ V/m로 산출되었다.

세부 산출근거는 다음 <표 6-2>과 같다.

<표 6-2> DMB 서비스 품질 기준

구 분	기준값	비 고
주파수 [MHz]	200	
최소 Carrier to Noise 레벨 [dB]	11.9	Table 1 참조
Noise Figure [dB]	6	
대역폭 [MHz]	1.536	
수신기의 입력 잡음 레벨 [dBm]	-136.10	
최소 수신 신호 레벨 [dBm]	-124.20	= -136.10+11.9
안테나 이득 [dBi]	-10	
Effective Antenna Aperture [dBm ²]	-15.32	
최소 수신 전력 [dBW/m ²]	-108.18	
수신 안테나 지점의 최소 전계강도 [dB μ V/m]	37.62	dB μ V/m = dBW/m ² +145.8
인공잡음 영향 [dB]	0.30	ITU-R P.372.13
장소율 (%)	90	ITU-R P.1546 근거
Distribution Factor	1.28	
표준편차	4.47	
Location Correction Factor [dB]	5.72	
최소 수신 전계강도 [dB μ V/m]	43.64	수신 안테나 높이 지상 1.5m 기준

※ [TECH 3391 : Guidelines for DAB Network Planning 2018 참조]

1. 신호대 잡음비 분석

<표 6-3> 채널 환경별 신호대 잡음비

Protection Level	Code Rate	Gaussian Channel dB	TU12 dB	RA6 dB	Approximate bit-rate (Mbps)
EEP-1A	0.25	3.7	7.8	7.8	0.58
EEP-2A	0.375	4.4	9.7	9.9	0.86
EEP-3A	0.5	5.6	11.9	12.6	1.15
EEP-4A	0.75	8.6	18.1	20.7	1.73

※ Gaussian Channel : 수신기가 고정 상태의 채널 모델

※ TU 12 : 속도 25km/h로 움직일 때의 전파 채널 모델

※ RA 6 : 120km/h로 움직일 때의 전파 채널 모델

※ 본 초안에서는 재난 상황 시나리오와 무선 설비규칙에서 인용하고 있는 **Code rate 0.5**에 적합한 **TU 12** 채널 모델을 적용

제 7 장 결 론

본 연구는 터널 및 지하공간에서의 재난 방송 수신 품질 기준에 대한 연구로서 현재까지는 지상의 옥외 지역에 대한 FM/DMB의 최소 수신 전계강도에 대한 기준만 있었으며, 터널 및 지하공간에 대한 재난방송 수신기준의 구체적인 연구 및 분석이 없었다.

이에 따라 터널 내 재난상황에 대한 시나리오를 상정하고, 터널 내 재난방송의 최소 수신 전계강도 기준 마련을 위해 수신 전계강도에 영향을 미치는 여러 가지 파라미터 분석과 터널내의 인공잡음 분석을 실시하였다. 터널에서의 인공잡음원은 차량에서 발생하는 차량 점화 잡음이 주요한 잡음 발생원이므로 이에 대한 상세한 분석을 위해 점화방식의 차이가 있는 휘발유 엔진 차량과 디젤 엔진 차량에서 발생하는 점화잡음을 FM/DMB 주파수 대역 별로 측정하고 분석하였다.

또한 터널의 전계강도 및 잡음 등은 터널의 구조에 따라 (터널의 직진 정도, 경사각도 및 크기와 높이 등) 다양하게 변할 수 있고, 개별차량에서 발생하는 점화잡음 뿐만 아니라 여러 대의 차량이 존재할 때 개별 차량에서 발생하는 점화잡음은 서로 중첩되어 잡음의 세기가 증가할 수 있기 때문에 출퇴근 무렵의 현장 측정을 통해 차량의 점화 잡음이 실제 서비스에 미치는 영향을 측정하고 분석하여 재난방송 수신 최소 전계강도 기준에 반영하였다.

인공잡음의 영향도 분석은 점화 잡음이 항상 고정적으로 발생하는 고정 잡음원이 아니라 점화 상태에 발생 주파수 및 크기가 변하는 잡음원이기 때문에 잡음 발생원에 대한 진폭확률분포(APD) 해석을 통해 점화 잡음의 영향도를 분석하였다.

분석결과 본 연구에서 제안하는 재난방송의 전계강도 기준을 초과하는 잡음레벨의 확률 분포가 1% 미만으로, 시간율 및 공간율 90%이상 이라는 현행 기준에 못 미치므로 점화 잡

음의 영향은 미미한 것으로 분석되었다.

그리고, 재난상황 발생 시 수신할 수 있는 수신기의 종류를 차량용 수신기, 휴대용 수신기 및 스마트폰 3종류로 상정하여, 각각의 수신기에 대한 안테나의 이득, 잡음지수, 신호레벨과 ITU-R P.1546에 대한 표준편차 등을 고려하여 최소 수신 전계강도를 산정하였다.

상기의 기준을 적용한 결과 DMB의 서비스 품질 기준은 43.64 dB μ V/m이상으로 재난이라는 특수성을 고려하여 현행 무선설비규칙 및 재난방송 최소 수신 전계강도에서 규정하고 있는 45dB μ V/m의 기준을 적용하는 것이 타당하다고 사료된다.

아울러 DMB의 경우 2×10^4 의 품질을 유지하기 위해 CNR이 6.5dB 이상이어야 한다. FM의 경우는 기존의 기준은 FM 수신단의 신호 복조 후의 음성 신호의 SNR에 대한 기준이 있으나, 실시간 측정이 불가능하여 실시간 측정이 가능하도록 복조 후 음성신호의 품질과 동일한 성능을 유지하는 FM 수신단 RF 신호의 CNR을 20dB로 규정하는 것이 효율적이라고 사료된다.

FM의 경우, 무선 설비규칙 및 방송구역 최소 전계강도 기준에는 터널에서의 최소 수신 전계강도 기준은 없고 현행 재난방송 서비스 품질 기준을 54dB μ V/m로 규정하고 있으나 본 연구 결과로는 FM에 대한 재난방송 최소 수신 전계강도에 대한 기준은 41.72dB μ V/m 이상으로 수신기준이 분석되었다.

다만, 본 연구에서는 차량 정체 시 차량으로 인한 전파의 다중 경로 페이딩 및 터널 형태에 따른 전계강도의 변화 등을 면밀히 분석하기 못하였기 때문에 추가적인 전파의 손실 발생을 고려하고, 또한 재난이라는 특수한 상황을 고려할 필요가 있다.

또한 실제 터널 내에서 라디오 전계강도 별 수신환경 샘플조사를 진행한 결과, 정지상태일 경우 약 39dB μ V/m의 수신 신호레벨일지라도 잡음이 거의 없는 상태에서 가청이 가능

한 상태임을 확인할 수 있었다. 다만, 이는 터널 이외의 공간에서 재난상황이 발생하여 재난대피시설인 터널 내부로 대피한 상황을 가정한 경우로서, 이외에도 터널 내에서 차량사고 등을 통한 재난이 발생할 경우를 대비하여 빠르게 주행하는 차량에도 재난방송이 전달되어야 하므로, 추가로 주행상태(60km/h, 80km/h, 100km/h)에서 라디오 수신상태를 측정하였다. 그 결과로 평균 44dB μ V/m 전계강도 기준에서는 약 80km/h 주행까지는 수신환경 측정결과 양호 기준을 만족하였으며, 평균 48dB μ V/m 전계강도 기준에서는 약 100km/h 주행까지 수신환경 측정결과 양호 기준을 만족한 것을 확인할 수 있었다.

이러한 종합적인 연구결과 및 각종 측정·분석을 통해 확인한 결과, FM라디오의 서비스 품질 기준은 재난이라는 특수한 상황을 고려하여 터널 및 지하공간을 방송구역 전계강도 기준에서 정의하고 있는 저잡음 지역으로 규정하고, 그 기준인 48dB μ V/m 기준을 적용하는 것이 타당하다고 사료된다.

마지막으로 본 연구의 결과를 통해 마련된 지상파 DMB 및 FM 라디오 재난방송을 위한 수신기준을 통하여 터널 및 지하공간에서도 안정적인 재난방송 수신이 가능하게 되고, 해당 구간 내 중계설비 설치가 확산되는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

다만, 향후 국내 지역별, 터널 폭별, 터널 높이별, 터널 길이별, 곡선 터널별, 시간 및 계절별, 속도별 등 다양한 터널의 잡음측정을 통해 지역별 고잡음, 중잡음 및 저잡음 여부에 대한 검증, 지하철/철도 터널에 대한 수신기준 분리여부 검토, 측정기준을 적용한 측정방식 및 방법 등에 대한 다양한 분야의 연구가 추가적으로 필요하며, 또한 연구결과에 따른 관련 법·제도 제정 및 개정사항을 검토하는 작업 등의 후속 조치가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

국내 문헌

- 신지형, 「스마트 시대의 실시간 라디오 청취」 □ 《KISDI STAT REPORT》, 정보통신정책연구원, 2014
- 한승목, 임경식, “휴대 단말기용 내장형 FM 라디오 안테나의 설계”, 한국전자과학회논문 제19권 제5호, 한국해양대학교, 2008
- 신관철, “UHF 대역 자동차 점화계통잡음의 측정과 통계적 모형”, 동국대학교 석사학위 논문, 1993
- 김 남, “EMC(전자파적합성) 표준화 대응 연구”, 전파연구소, 2008
- 박형욱, “디지털방송 주파수 및 기술 기준 분석 연구”, 국립전파연구원, 2014

해외 문헌

- H. W. Ott, “Noise reduction techniques in electronic systems,” John wiley & Sons, 2nd, pp.1-4, 1988.
- DAB-Plattform(1997). Jahresbericht 1996. München
- DAB-Plattform(1998). Zwischenbericht der. München. DAB-Plattform e.V.
- Commercial Radio Australia(2014). Digital Radio Report.
- CSA(2014a). La concentration du média radiophonique, Rapport au Parlement.
- CSA(2014b). Les chiffres clés de l’audiovisuel français,
- CSA(2014c). Digital Radio update, Direction des technologies, Paris.
- Grothe, Thorsten(1998). “Aktueller Stand des Digital Audio Broadcasting(DAB) in den einzelnen Bundesländern.” Funkkorrespondenz(30), p.37f.
- Kamal Sarabandi, “Design of an efficient miniaturized UHF planar antenna”, IEEE Antennas and Propagation, Vol. 51, no. 6 pp. 1270-1276, Jun. 2003
- H.S.Oranc, “Ignition Noise Measurements in the VHF/UHF Bands”, IEEE Trans.

Electromag. Compat., Vol. EMC-17, 1975

A.D.Spaulding, "The Determination of Received Noise Levels from Vehicular Traffic Statistics", IEEE NTC Report, 72 CHO 601-5-NTC, 1972

T.Nakai, "Automotive Noise from a Motorway : Part II, Analysis", IEEE Trans. Electromag. Compat., Vol. EMC-26, pp. 175-182, 1984

E.N.Skomal, "Man Made Radio Noise", Van Nostrand Reinhold, New York, 1978

Wilber B. and Daventport. "Probability and random processing", McGraw-Hill, 1970

R.A.Shepherd and J.C.Gaddie, "Ignition Noise of Foreign and Domestic Vehicle in USE in the United States", IEEE Trans. Electromag Compat., Vol. EMC-21, pp. 393-398, 1979

D. Middleton, "Statistical-Physical Models of Electromagnetic Interference", IEEE Trans. Electromag. Compat., Vol. EMC-19, pp. 106-127, 1977

D.E.Baran, "Prediction of Relative Available Noise Power for Vehicular Ignition Noise", IEEE Trans. Electromag. Compat. Symp., pp. 358-365, 1978

ofcom, "Prediction of the 'useable coverage of FM radio services", 2010

EBU, "Guidelines for DAB Network Planning", 2018

ITU-R, "Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF", Recommendation ITU-R BS.412-9

부 록. 안테나 종류별 특성

1. Ideal antenna

This type of antenna is a quarter wave monopole mounted near the roof centre, or with at least $\frac{1}{4}$ wavelength of ground plane (metallic roof) in all directions. The pattern is approximately omnidirectional in azimuth and the gain is typically -2 dBi [C1].

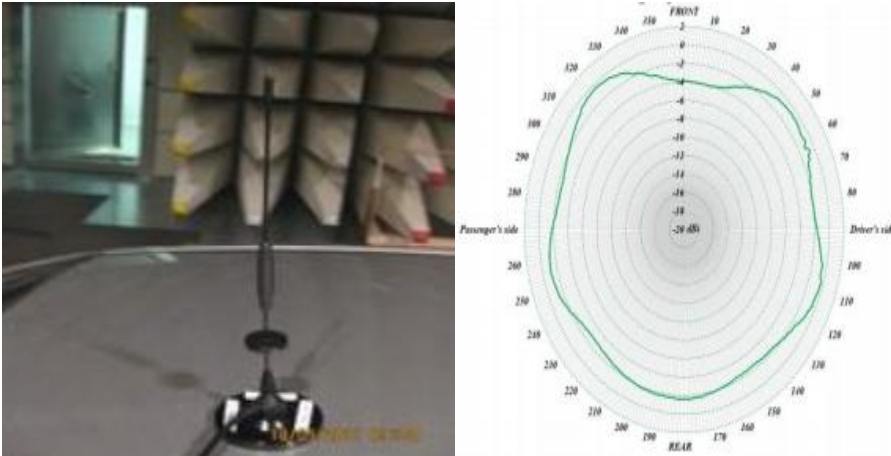


Figure C1: 'Ideal' Quarter wave monopole on car roof

2. $\frac{1}{4}$ wave slant whip

This type of antenna is slanted, typically at around 30 degree from vertical and can be a good solution with performance near that of the ideal antenna above. It does however suffer from deep notches in the horizontal antenna pattern if placed close to the roof edge [C1].

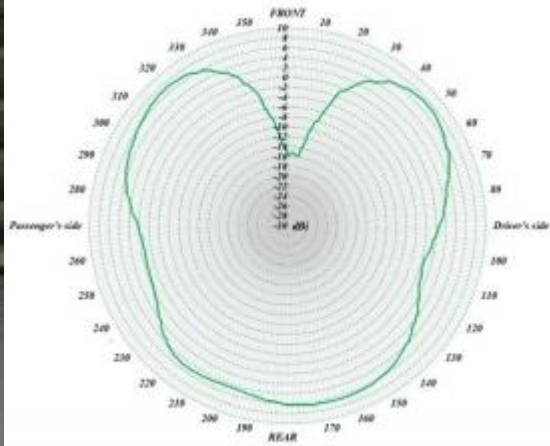


Figure C2: Quarter wave slant whip on car roof

3. Shark's fin antenna

This type of antenna is aesthetically pleasing and a reasonable omnidirectional pattern but it has a low gain of approximately -8 dBi (-10.2 dBd) [C1].

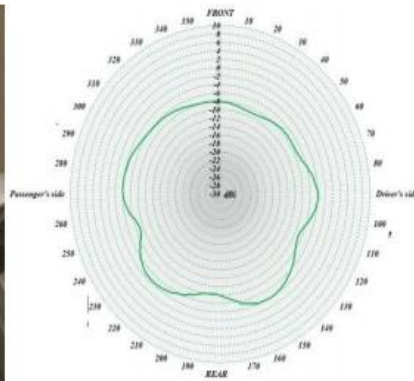


Figure C3: Shark's fin antenna on car roof

4. In-glass antenna

In-glass antennas are usually placed on side and rear windows and consequently

usually have notches in the horizontal antenna pattern. They also usually have low gain.

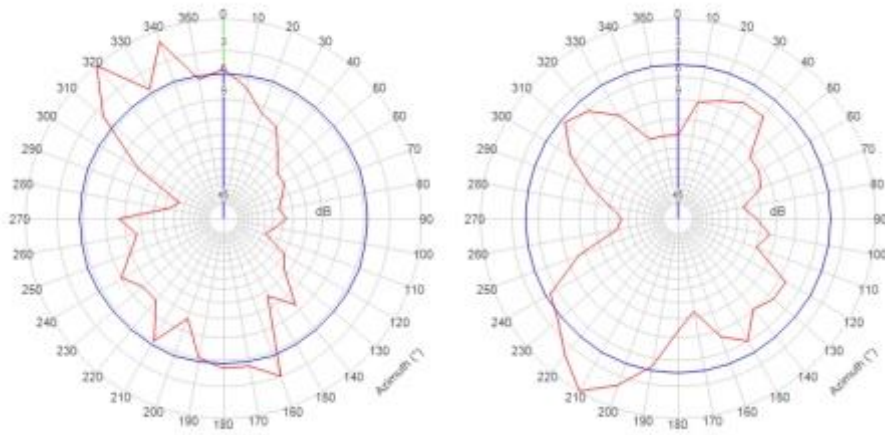


Figure C3: Typical in-glass antenna patterns

저 자 소 개

김 지 수

- 연세대학교 전산정보학과 석사
- 현 한국전파진흥협회 팀장

강 현 정

- 건국대학교 IT융합학과 석사
- 현 한국전파진흥협회 과장

권 혁 준

- 세명대학교 미디어창작학과 학사
- 현 한국전파진흥협회 사원

류 건 우

- 고려대학교 미디어학과 학사
- 현 한국전파진흥협회 사원

방통융합정책연구 KCC-2018-11

터널 및 지하공간내 재난방송 수신기준 연구

2019년 1월 31일 인쇄

2019년 1월 31일 발행

발행인 방송통신위원회 위원장

발행처 방송통신위원회

경기도 과천시 관문로 47

정부과천청사

TEL: 02-2110-1323

Homepage: www.kcc.go.kr
