

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제22권 제5호, 2017년 9월 (JBE Vol. 22, No. 5, September 2017)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.5.665>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 최대 -110dBm 감쇄기능을 제공하는 능동형 광대역 RF 감쇄기

백 정 훈<sup>a)\*</sup>

## Broadband Active RF Attenuator with Maximum Attenuation of -110dBm

Junghoon Paik<sup>a)\*</sup>

### 요 약

본 논문에서는 50MHz에서 2.15GHz 대역의 RF(Radio Frequency) 신호를 최대 -110 dBm 까지 신호 레벨을 감쇄시키는 능동형 감쇄기의 구현 기술을 제안한다. 구현되는 능동형 감쇄기는 USB(Universal Serial Bus) 인터페이스를 통해 PC와 연결되어 PC상의 GUI(Graphic User Interface) 화면을 통해 신호의 주파수 및 최소 1 dB의 감쇄 스텝이 설정된다. 감쇄기는 입력신호를 최대 -110 dBm 수준까지 감쇄시켜 출력하므로 외부잡음의 유입과 내부 블록간의 잡음 방사를 제어시키는 회로 기술과 기구 설계 기술을 적용한다. 감쇄기의 성능 시험을 통해 -10 ~ -30 dBm 수준의 입력신호에 대하여 목표성능인 -110 dBm 수준까지 신호 감쇄가 이루어짐을 확인한다.

### Abstract

In this paper, we propose an implementation technology for an active attenuator with the maximum attenuation of -110dBm in the frequency band of 50MHz to 2.15GHz. It provides USB interface to connect to PC providing GUI that sets signal frequency and attenuation step of minimum 1dB. As it attenuates the input signal level down to -110dBm, circuit and equipment design technologies are applied to control both internal and external electro-magnetic noises.. Through the performance test, it is assured that it attenuates input signal level down to -110dBm for the input signal levels of -10 to -30dBm.

Keyword : attenuator, active, broadband, broadcasting signal, -110dBm

a) 동아방송예술대학교 방송기술계열(Department of Broadcasting Technology, Dong-Ah Institute of Media and Arts)

\* Corresponding Author : 백정훈(Junghoon Paik)

E-mail: jhpaik@daum.net

Tel: +82-31-670-6734

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2022-1487>

Manuscript received August 9, 2017; Revised August 22, 2017; Accepted, August 22, 2017.

### I. 서 론

RF 감쇄기는 방송 및 영상장치의 입력신호 레벨을 감쇄시키는 기능을 수행하는 장치로서 위성방송, 케이블방송, 지상파방송의 송/수신 장치뿐만 아니라 통신용 송/수신 장치 등의 개발 및 성능 인증 시험에 광범위하게 적용된다<sup>[1]-[3]</sup>.

현재 상용화된 방송 및 영상 장비의 감쇄기는 대부분이 그림 1과 같이 수동으로 감쇄 레벨을 설정해야 하는 수동형 감쇄기이다. 수동형 감쇄기는 감쇄 레벨을 변경하기 위하여 매 번 수작업이 요구되며 설정할 수 있는 감쇄 레벨도 한정적이어서 측정의 정밀도 및 사용상의 편의성이 제한적인 문제점을 갖고 있다<sup>[4][5]</sup>.



그림 1. 수동형 RF 감쇄기  
Fig. 1. Passive Attenuator

이러한 수동형 감쇄기의 문제점을 개선하기 위하여 컴퓨터와 인터페이스 되어 소프트웨어를 통해 자동으로 감쇄 레벨을 조절할 수 있는 능동형 감쇄기가 출시되고 있지만 감쇄 수준이 -60~70dBm 수준으로 한정되어 있고, -100dBm과 같이 초저수준으로 감쇄가 가능한 제품은 최대 120dB를 감쇄하는 프랑스 DIGIDIA사의 EasyDAB 등 제외국 제품으로 한정되고 있는 상황이다<sup>[6][7]</sup>.

국내 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)나 와이파이(WiFi) 수신기의 최소 수신 감도는 -100dBm 수준이므로 방송 및 통신 장치의 시험을 위해서는 -110dBm 수준까지 신호 레벨을 낮추는 감쇄기가 요구된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 50MHz ~2.15GHz 의 RF 신호를 초저수준의 감쇄레벨인 -110 dBm 까지 감쇄 시키고, USB 인터페이스를 통해 컴퓨터와 인터페이스 되어 GUI 화면을 통해 측정 신호의 주파수 및 감쇄 레벨을 자동으로 설정할 수 있는 능동형 광대역 감쇄기의 구현 기술을 제안한다.

구현하고자 하는 초저수준 능동형 광대역 감쇄기는 -110dBm 까지의 감쇄 기능을 제공하므로 감쇄기 내부에서 처리되는 신호 레벨이 매우 미약하게 될 수밖에 없으므로 잡음의 방사 및 유입을 차단을 제어하기 위한 회로 및 기구 설계 기술을 적용하여야 한다.

이를 위하여 본 논문에서는 회로의 기능을 블록화 하고 블록간의 상호 신호 교란(interference)을 최소화하기 위하여 블록간의 차폐 방식을 적용하고 전자기파 차폐 특성이 우수한 알루미늄을 활용하여 차폐 케이스를 제작하는 방식을 적용한다.

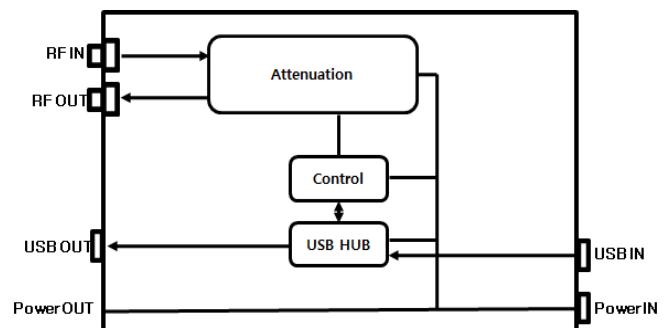
이러한 능동형 광대역 감쇄기를 통해 보다 정밀하고 자동화된 측정 환경을 제공함으로서 방송 및 영상 제품 생산 시 가장 많은 시간이 소요되는 제품의 응답특성에 대한 시험 시간을 단축시킬 수 있으며, 광측정 장비의 안정성과 신뢰성을 제고시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 능동형 감쇄기의 구조 및 구현기술을 제시하고, III장에서는 시험 및 성능을 확인하고 IV장에서 결론을 기술한다.

## II. 능동형 광대역 RF 감쇄기

### 1. 구조

능동형 광대역 RF 감쇄기는 그림 2와 같이 RF 신호를 수신하여 증폭 및 감쇄기능을 수행한 후 RF 신호를 출력하는 감쇄부(Attenuation), 컴퓨터의 USB 포트와 인터페이스 되어 컴퓨터의 GUI를 통해 입력되는 감쇄 레벨을 수신하는 USB 허브(HUB), 그리고 USB 헤브로부터 감쇄 레벨을 수신하여 감쇄부를 통해 해당되는 감쇄기능을 수행하는 제어부(Control)로 구성된다.



능동형 광대역 감쇄기는 그림 3과 같이 감쇄하고자 하는 신호의 주파수와 감쇄 레벨을 설정할 수 있으며 USB 포트

를 통해 PC상에서 GUI 및 제어 소프트웨어를 통해 구현된다. 설정 가능한 최소 감쇄 레벨 스텝은 1dBm 이다.



그림 3. 감쇄 레벨 설정

Fig. 3. Setting of Attenuation Level

## 2. PCB(Printed Circuit Board) 및 기구

개발하는 능동형 감쇄기는 -110dBm 까지 신호를 감쇄하므로 전자기파의 방사 및 유입의 영향을 최소화하기 위한 접음 제어 회로 기술 및 PCB 제작 기술을 적용한다. 이를 위하여 그림 4와 같이 회로를 기능별로 블록화 하고 블록 간에는 접지선을 배치하여 전자기파의 방사와 유입으로 인한 신호 간섭을 최소화 한다.

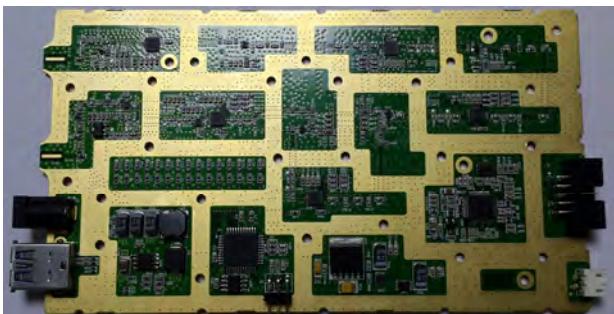


그림 4. PCB 구조

Fig. 4. PCB Structure

PCB 상의 접지선을 통한 블록화만으로는 블록간의 전자

기파 유입 및 방사 차단 효과가 제한적일 수 있으므로 그림 5와 같이 전자기파 차폐 특성이 우수한 알루미늄을 사용하여 블록별로 높이 2cm의 차폐 격자를 구성하고 알루미늄 격자는 접지와 연결되도록 기구물을 구성한다.

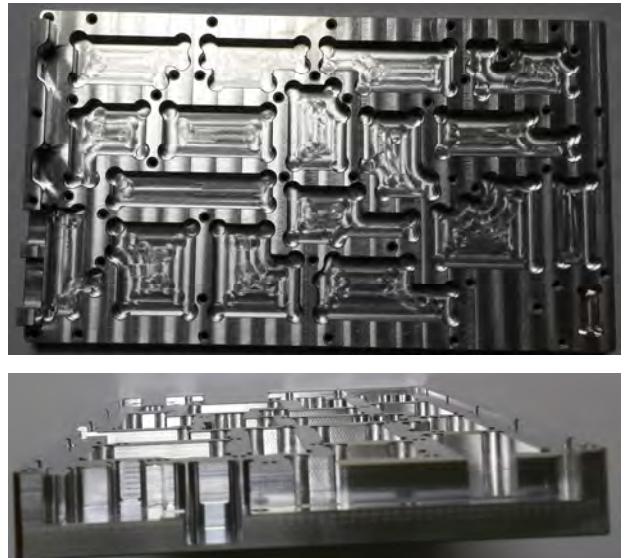


그림 5. 알루미늄 차폐 격자를 적용한 PCB

Fig. 5. PCB with Aluminium Shield Lattice

능동형 감쇄기의 동작 중에 외부 전자기파의 유입으로 인한 노이즈 영향이 발생할 수 있으므로 외부 전자기파의 유입을 차단하기 위하여 그림 6과 같이 알루미늄을 활용한 차폐 케이스를 구성한다.



그림 6. 알루미늄 차폐 케이스

Fig. 6. Aluminium Shield Case

## III. 시험 및 성능

### 1. 시험환경

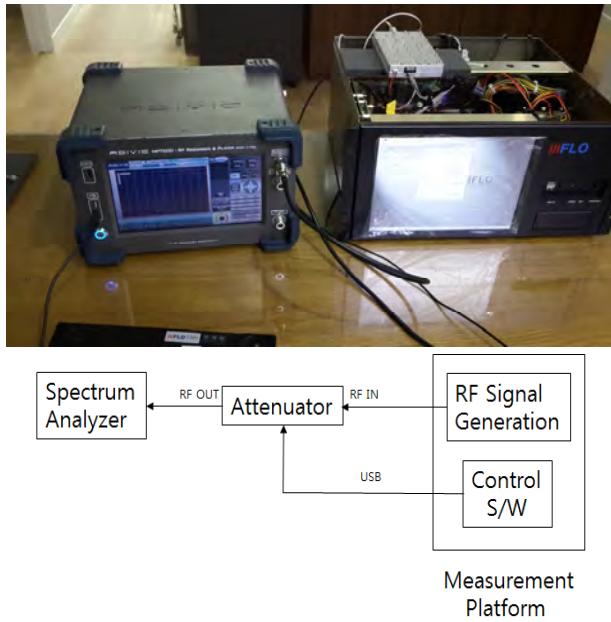


그림 7. 시험 환경  
Fig. 7. Test Environment

그림 7은 능동형 감쇄기의 시험환경 및 구성도를 나타낸다. 감쇄기는 PC 기반의 측정 플랫폼(Measurement Platform)과 USB 인터페이스를 통해 연결되고, 측정 플랫폼의 PCI(Peripheral Component Interconnect) 버스에 장착된 RF 신호 생성기(RF Signal Generation)는 제어 S/W (Control S/W)가 지정하는 RF 신호를 생성하여 감쇄기의 RF IN을 통해 입력한다. 감쇄기는 측정 플랫폼의 제어 S/W가 지정하는 감쇄량을 수신하여 신호를 감쇄하고 RF OUT을 통해 출력한다. 스펙트럼 분석기는 감쇄기의 RF OUT 신호의 감쇄레벨을 측정한다.

## 2. 성능

표 1은 -30dBm 의 RF IN 신호에 대하여 주파수별 감쇄 성능을 나타낸다. 주파수 50MHz에서 2.15GHz에 대하여 GUI를 통해 설정한 감쇄 레벨에 따라 신호가 감쇄되며, 최대 감쇄 목표치인 -110dBm 수준까지 신호가 감쇄됨을 확인한다.

표 1. 주파수별 신호 감쇄 성능  
Table 1. Signal Attenuation Performance per Frequency

| Freq.<br>MHz | Attenuation Level(dBm) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|--------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|              | -10                    | -20   | -30   | -40   | -50   | -60   | -70   | -80   | -90   | -100  | -110   |
| 50           | -10                    | -20   | -29.2 | -38.4 | -49.3 | -59.6 | -69.2 | -80.8 | -89.4 | -99.5 | -109.3 |
| 150          | -8                     | -18   | -27.5 | -37.9 | -50.2 | -59.9 | -70.3 | -81.3 | -89.1 | -99.2 | -109.8 |
| 250          | -8.2                   | -18.2 | -27   | -38.1 | -50   | -60.4 | -70.9 | -81.9 | -89.6 | -98.7 | -108.8 |
| 350          | -8.6                   | -18.6 | -27.4 | -39.4 | -49.7 | -60.4 | -71.3 | -80.8 | -90   | -99.8 | -108.7 |
| 450          | -8.7                   | -18.9 | -27.6 | -39   | -49.2 | -60   | -71.6 | -80.2 | -90.3 | -100  | -109.1 |
| 550          | -8                     | -18   | -27.2 | -38.7 | -48.9 | -59.7 | -71   | -80   | -90.6 | -99.3 | -109.7 |
| 650          | -11.2                  | -21   | -30.2 | -38.1 | -49.4 | -58.9 | -70.4 | -79.7 | -90   | -99.7 | -109.3 |
| 750          | -11                    | -20   | -30   | -38.2 | -49.8 | -59.4 | -69.7 | -79.2 | -89.5 | -99   | -108.8 |
| 850          | -14                    | -21.9 | -32.4 | -39.4 | -50.3 | -60.6 | -69.4 | -79   | -89.4 | -98.7 | -108.5 |
| 950          | -12.2                  | -21   | -30   | -39.6 | -50.2 | -61.4 | -69   | -79.9 | -89.6 | -99.1 | -108.8 |
| 1050         | -11.8                  | -21.2 | -32.6 | -40.2 | -50.8 | -60.8 | -69.1 | -80.5 | -89.8 | -99.4 | -109.6 |
| 1150         | -11                    | -21.6 | -31.8 | -40.4 | -51.2 | -60.1 | -69.8 | -80.7 | -88.8 | -99.8 | -109.7 |
| 1250         | -10.9                  | -20.9 | -31   | -41.4 | -51.6 | -59.5 | -70.4 | -80.3 | -88.4 | -99.1 | -109.4 |
| 1350         | -10.5                  | -20.6 | -31.2 | -41.8 | -51   | -59.8 | -71.1 | -81.2 | -88.7 | -98.6 | -108.7 |
| 1450         | -10.7                  | -20.7 | -31.3 | -41   | -51.2 | -60.4 | -71.5 | 80.2  | -89.3 | -98.7 | -108.5 |
| 1550         | -10.9                  | -21.1 | -31.5 | -39.5 | -50.7 | -59.5 | -70.4 | -81.2 | -89.9 | -98.9 | -108.9 |
| 1650         | -11.1                  | -21.7 | -31.7 | -40.6 | -50.1 | -59.5 | -69.5 | -81.4 | -90   | -99.3 | -108.9 |
| 1750         | -11.7                  | -22.1 | -31.1 | -40.9 | -49.5 | -60.7 | -70.8 | -81   | -91.2 | -98.7 | -109.1 |
| 1850         | -11.7                  | -22.1 | -32   | -41.3 | -49   | -61.2 | -71.3 | -80.7 | -91.3 | -99.6 | -108.6 |
| 1950         | -11.9                  | -22.2 | -32.3 | -41.6 | -49.8 | -61   | -71.7 | -81.6 | -91.8 | -99.9 | -108.8 |
| 2050         | -11.9                  | -22.2 | -32.3 | -42   | -51.2 | -60.8 | -71.5 | -81.6 | -90.5 | -99.1 | -109   |
| 2150         | -12.2                  | -22.3 | -32.4 | -41.7 | -51.7 | -61.4 | -72.2 | -81.8 | -89.6 | -98.8 | -109.2 |

인할 수 있다.

그림 8은 주파수가 1.05GHz이고 신호 레벨이 -30dBm 인 입력신호에 대하여 능동형 감쇄기의 최대 감쇄 출력을 측정한 결과로서 -109.6134dBm 까지 감쇄됨을 확인할 수 있다.

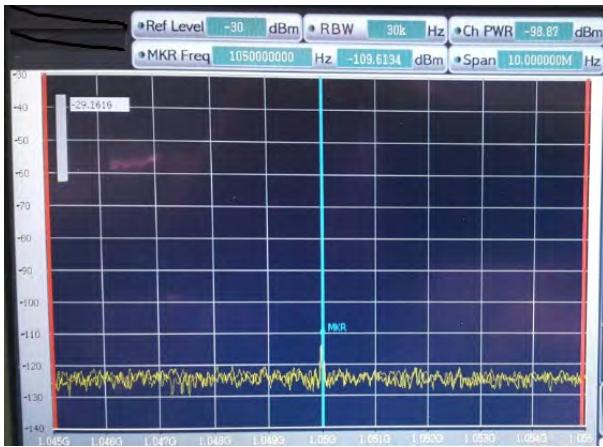


그림 8. 최대 감쇄 성능

Fig. 8. Maximum Attenuation Performance

그림 9는 능동형 감쇄기의 최소 감쇄 스텝이 1dB 임을 보여준다. 초기 상태에서 50MHz 신호의 레벨이 -59.95 dBm에서 GUI 화면을 통해 -61dBm으로 설정한 경우 신호 레벨이 -61.14dBm으로 측정됨을 보여준다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 50MHz에서 2.15GHz 대역의 RF 신호를 최대 -110dBm 까지 감쇄시키는 능동형 감쇄기의 구현 기술을 제안하고 성능시험을 통해 -110dBm의 최대 감쇄 목표가 달성됨을 확인했다. -110dBm의 신호 감쇄 성능을 제공하기 위하여 내부에서 방사되고 외부에서 인입되는 전자기파의 영향을 제어하기 위한 회로 및 기구 제작 기술이 적용되었다. 개발된 감쇄기는 컴퓨터를 통해 신호 주파수를 설정하고 최저 1dB의 감쇄 스텝을 설정할 수 있어서 방송 및 통신 분야의 RF 장치 시험의 편의성을 제고한다.

#### 참 고 문 헌 (References)

- [1] Denton Bramwell, "An RF Step Attenuator," *QST*, Vol.79, No. 6, June 1995.
- [2] Agilent RF & Microwave Attenuators, <http://www.agilent.com/find/mta>(accessed Aug.25, 2017).
- [3] Attenuators Programmable and Manual Step, <http://www.agilent.com/find/mta>(accessed Aug.25, 2017).
- [4] Keysight Technologies RF and Microwave Attenuators, <http://www.keysight.com/go/quality>(accessed Aug.25, 2017).
- [5] Sandia Report, *Digital Attenuator Design*, SAND2012-10095, Nov. 2012.
- [6] HP Report, *RF Programmable Step attenuator*, HP Agilent 33321-60037.
- [7] DAB/DAB+/DMB, <http://www.digidia.fr/digidia>(accessed Aug.25, 2017).

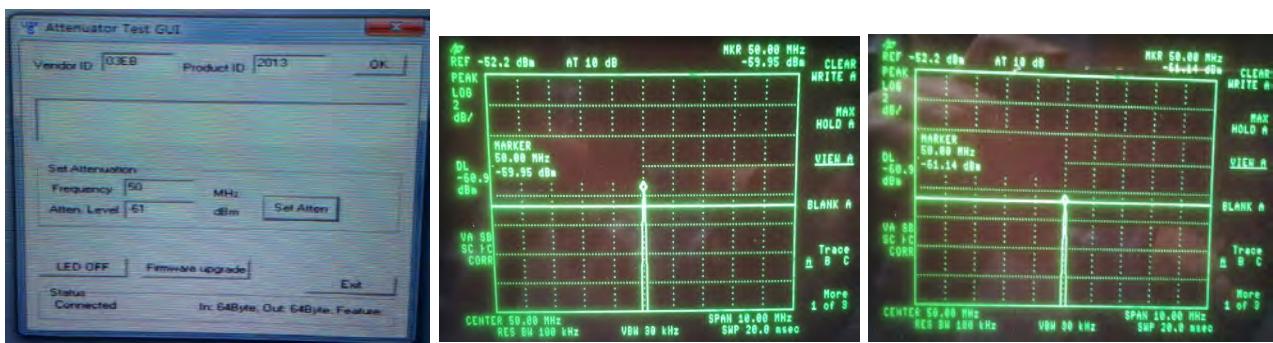


그림 9. 감쇄 레벨 조정

Fig. 9. Adjustment of Attenuation Level

---

저자소개

---



백정훈

- 2002년 9월 ~ 현재 : 동아방송예술대학교 방송기술계열 교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0003-2022-1487>
- 주관심분야 : 방송네트워크 기능 고도화 및 성능분석