

디지털 오디오 방송 수신기 감도 향상을 위한 외부 저잡음 증폭기 성능개선

김지훈*, 양재수°, 김강주*

Performance Improvement of External LNA For Enhancing DAB Receiver Sensitivity

Ji-Hoon Kim*, JaeSoo Yang°, Kang-Ju Kim*

요약

차량용 DAB(Digital Audio Broadcasting) 수신기의 감도 개선을 위해 외부 저잡음 증폭기(External Low Noise Amplifier)가 필요하다. 이는 wanted signal의 신호 상태에 따라 이득이 제어된다. 하지만, wanted signal level이 작아서 인접 채널의 signal을 송출하는 기지국이 근거리에서 위치함으로써, wanted signal을 송출하는 기지국이 원거리에 위치하여, 원치않는 강전계 신호가 입력 되는 경우가 발생 할 수 있다. 이 순간에 외부 저잡음 증폭기가 high gain 상태를 유지하고 있다면 인접 채널 signal이 wanted band에 unwanted noise로 작용하게 되어 수신 성능 저하로 이어질 수 있다. 이때 인접 채널 signal level을 감지하여 적절하게 외부 저잡음 증폭기 이득 제어를 수행한다면, 외부 저잡음 증폭기의 선형성에 의한 수신 성능 열화를 피할 수 있고, DAB 수신기 본래의 성능을 유지할 수 있다.

Key Words : Digital Audio Broadcasting, Low Noise Amplifier, Adjacent Channel Signal, DAB receivers, Performance Improvement

ABSTRACT

The car DAB (Digital Audio Broadcasting) receivers have the external LNA(low noise amplifier) for improved sensitivity. And usually the external LNA is controlled depending upon the state of the wanted signal level only. There is the possibility that the wanted signal station is far away with the weak signal level and the adjacent channels station is located in near area with the strong signal level. At this moment, if the external LNA is maintaining the high gain status, the signal of the adjacent channel will act as unwanted noise in the wanted band. It can cause the reception performance degradation. At this time, if the gain of the external LNA is controlled adequately by detecting the adjacent channel level, it is useful to avoid the reception performance deterioration due to the linearity of the external LNA. And it is possible to maintain the inherent performance of the DAB receiver.

※ 본 연구는 과학기술정보통신부/IITP 지원 2015년~2017년도 고용계약형 SW석사과정 지원사업(H0116-16-1015)에 의한 결과로 수행하였습니다. 본 논문은 단국대 정보통신대학원 정보통신학과 석사과정의 '졸업논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.

♦ First Author : R&D center, RAONTECH, cucurucucu@naver.com, 정희원

° Corresponding Author : (ORCID:000-0002-0875-1744)Dept. of Electronic & Electrical Engineering, Dankook University, jsyang@dankook.ac.kr, 종신회원

* Dept. of Computer Engineering, Graduate School, Dankook University

논문번호 : 201809-275-D-RN, Received September 7, 2018; Revised October 21, 2018; Accepted October 22, 2018

I. 서론

최근 DAB 수신기 본래의 인접 채널 선택도 성능을 유지하기 위해 외부 저잡음 증폭기의 선형성에 영향을 받지 않는 방법이 필요하게 되었고, 해결 방법으로 상황에 맞는 외부 저잡음 증폭기 이득 제어를 제안하였다.

상용 DAB 수신기의 Tuner 부에는 인접 신호의 레벨을 검출할 수 있는 블록이 있고, 이를 인접 채널 수신 강도 표시기(ADJRSSI, ADJacent channel Received Signal Strength Indicator)라고 한다. 인접 채널 수신 강도 표시기를 통해 검출된 코드화된 값을 지속적으로 모니터링하여 DAB 수신기 자체의 자동 이득 제어기(AGC, Auto Gain Controller)의 동작에 활용한다. 여기서 한발 더 나아가 검출된 코드를 외부 저잡음 증폭기 이득 제어에도 사용하도록 확장하면 외부 저잡음 증폭기의 선형성 부족에 의한 인접 채널 선택도 열화를 피할 수 있고, DAB 수신기 본래의 성능을 유지할 수 있다.

DAB 수신기 본래의 인접 채널 선택도 성능을 유지하기 위해 외부 저잡음 증폭기의 선형성에 영향을 받지 않는 방법이 필요하게 되었고, 해결 방법으로 상황에 맞는 외부 저잡음 증폭기 이득 제어를 제안하였다.

상용 DAB 수신기의 Tuner 부에는 인접 신호의 레벨을 검출할 수 있는 블록이 있고, 이를 인접 채널 수신 강도 표시기(ADJRSSI, ADJacent channel Received Signal Strength Indicator)라고 한다. 인접 채널 수신 강도 표시기를 통해 검출된 코드화된 값을 지속적으로 모니터링하여 DAB 수신기 자체의 자동 이득 제어기(AGC, Auto Gain Controller)의 동작에 활용한다. 여기서 한발 더 나아가 검출된 코드를 외부 저잡음 증폭기 이득 제어에도 사용하도록 확장하면 외부 저잡음 증폭기의 선형성 부족에 의한 인접 채널 선택도 열화를 피할 수 있고, DAB 수신기 본래의 성능을 유지할 수 있다.

II. 차량용 DAB 수신기 시스템과 문제점 분석

2.1 DAB 주파수

자동차에서 사용되는 DAB 수신기의 경우 상당히 빠른 속도로 이동하면서 서비스를 수신하는데, 인접 채널 간섭과 페이딩에 의한 문제가 발생한다. DAB standard EN50248-2001은 인접 채널 간섭에 의한 spec과 fading에 의한 spec이 따로 분리 되어 있는데, 본 연구에서는 인접 채널 간섭에 의한 성능 향상 방안

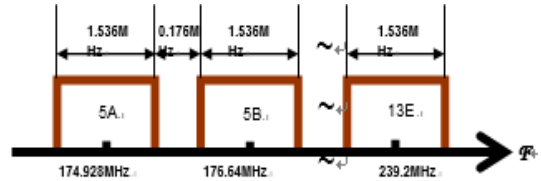


그림 1. DAB 주파수 할당 예시도
Fig. 1. DAB Frequency allocation Sample

에 대해 연구하였다.

DAB는 Fig. 1에 제시된 바와 같이, 중심 주파수 기준으로 Band-III 174.928MHz ~ 239.2MHz, L-band 1452.96MHz ~ 1490.624MHz에 서비스되고 있으며, wanted signal bandwidth는 1.536MHz 이고, 채널당 주파수 간격은 1.712MHz이다. 유럽에서 시작된 DAB 시스템을 기반으로 서비스하는 국가는 대부분 1.712MHz의 채널당 주파수 간격을 유지하지만, 한국의 경우 1.728MHz로 타 국가들보다 16kHz 넓다. 본 연구에서는 유럽에서 사용되고 있는 1.712MHz 채널 주파수 간격으로 성능 측정이 이루어졌다.

앞서 설명한 상용 DAB 수신기는 일반적으로 2.5dB 가량의 잡음지수(NF, Noise figure)를 가지는데, DAB 수신기 앞단에 저잡음 증폭기를 추가하면 전체 잡음도가 낮아져 수신 감도 개선을 기대할 수 있다. 상용 저잡음 증폭기의 경우 1 ~ 1.5dB 의 잡음지수와 14 ~ 20dB 가량의 증폭지수를 가지기 때문에 전체 잡음도는 1.03 ~ 1.60dB 가 되어 수신 감도 0.9 ~ 1.4dB 개선을 기대할 수 있다.

본 연구에 사용된 저잡음 증폭기의 경우 1.3dB의 잡음지수와 15.75dB의 증폭지수를 가지며 이를 바탕으로 DAB 수신기와 함께 전체 잡음 지수를 계산하면, 1.366dB가 되어 본래 2.5dB보다 1.13dB 개선 됨을 알 수 있다.

$$NF_{total} = NF_{externalLNA} + \frac{NF_{DABreceiver}}{Gain_{externalLNA}} \quad (1)$$

$$NF_{total} = 1.3 + \frac{2.5}{15.75} = 1.366$$

NFtotal : 전체 잡음지수, dB

NFexternalLNA : 외부 저잡음 증폭기 잡음지수, dB

NFDABreceiver : DAB 수신기 잡음지수, dB

GainexternalLNA : 외부 저잡음 증폭기 증폭지수, dB

잡음 지수와 입력 신호간의 관계는 식(2)와 같이 풀이될 수 있다. 잡음 지수(NF)가 작아진 만큼 입력 신

호(Sin)도 작아지는 관계를 가지고 있다. 그래서 전체 잡음지수(NF total)가 1.13dB 작아진 것은 입력 신호가 1.13dB 작아도 수신할 수 있다는 것을 의미한다.

$$NF = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = \frac{S_{in} - N_{in}}{SNR_{out}} \quad (2)$$

$$S_{in} = NF + SNR_{out} + N_{in}$$

- NF : 잡음 지수, dB
- SNRin : 입력 신호대 잡음비, dB
- SNRout : 출력 신호대 잡음비, dB
- Sin : 입력 신호, dBm
- Nin : 입력 잡음, dBm

Fig. 2에 보여준 바와 같이 외부 저잡음 증폭기 삽입했을 때 수신 감도 개선의 효과와 더불어 입력 신호 증폭을 통해 차량 자체에서 발생하는 잡음에 상대적으로 둔감해지는 효과를 가질 수 있다.

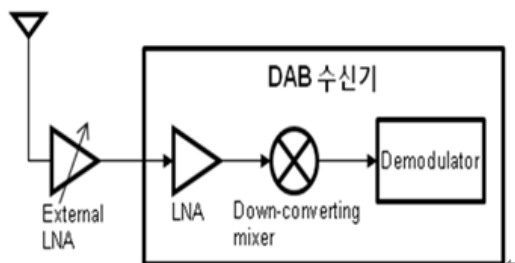


그림 2. 외부 저잡음 증폭기가 추가된 DAB 수신기 간략도
Fig. 2. A brief DAB Receivers added with External Low-noise Amplifier

2.2 인접 채널 선택도 성과와 문제점

DAB 칩이 개발된 초기에는 -70dBm이 측정조건으로 볼 수 있으나, 2010년 이후부터는 -105dBm에서 수신이 가능하기 때문에 측정조건을 좀 더 열악한 환경에서 측정하였으며, 시험실 내의 DAB 유선 감도는 -105dBm을 확인했고 그에 따라 인접 채널 선택도 성능 검토 시 wanted channel power를 -105, -100, -90 ... -40, -30dBm에서 각각 측정했다.

인접 채널 선택도는 wanted 신호의 주파수 영역에 인접해있는 unwanted 신호를 얼마까지 분리해내고 wanted 신호를 정상 수신할 수 있는지 나타내는 항목이다. 연구 배경에서 밝힌 인접 채널 선택도 30dB는 unwanted 신호가 30dB 더 크게 입력되어도 그 신호를 분리해내고 wanted 신호의 정상 서비스가 가능

해야 한다는 의미이다.

인접 채널 선택도 측정 방법은 EN50248-2001에 명시되어 있으며, Fig. 3과 같이 측정 환경을 구성한다.

DAB 수신기에 wanted signal이 -70dBm 되도록 attenuator를 조정된 후 unwanted signal의 입력 신호를 1dB 단위로 증가시키면서 BER meter에서 1×10^{-4} 가 될 때까지 레벨을 올린다.

이 때 BER(Bit Error Rate)은 복조기(demodulator)에서 확인 가능한 수치이며, 1×10^{-4} 는 청취하였을 때 전혀 잡음이 없다고 느끼는 정도이다.

Fig. 4은 DAB 수신기에 N-1 채널에서 인가되는 인접 채널 선택도 30dB의 측정 조건을 나타내며, Fig. 3의 A 지점에서 확인된다.

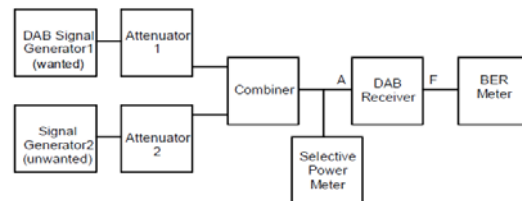
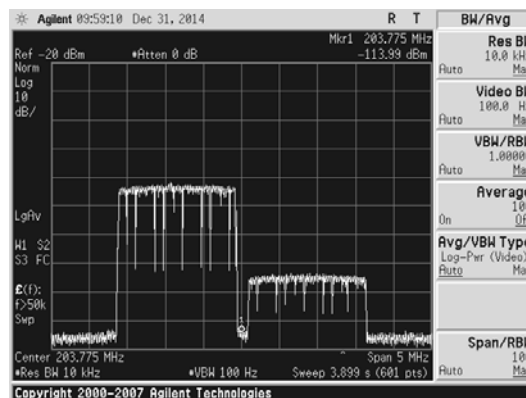


그림 3. 인접 채널의 선택도 측정 구성도
Fig. 3. Selectivity Measurement Configuration of Adjacent Channel



Spectrum analyzer, Center frequency 203.775MHz, span 5MHz, RBW 10kHz,
Wanted 204.64MHz, -70dBm, Unwanted 202.928MHz, -40dBm

그림 4. DAB 9B, 9A에서 30dB 측정 조건의 DAB 채널 선택도 주파수 측정
Fig. 4. DAB Adjacent Channel Selectivity 30dB Measuring Conditions @ DAB 9B, 9A

2.3 저잡음 증폭기의 이론적 인접 채널 선택도 한계

외부 저잡음 증폭기가 high gain 일 때 인접 채널

선택도 성능 저하의 원인은 외부 저잡음 증폭기의 high gain mode 일 때 선형성 저하에 의한 상호 변조(inter-modulation) 발생에서 비롯된다.

Infineon 사의 BGA728의 경우 외부 high gain mode와 low gain mode로 동작하며, 인접 채널 선택도와 관련된 항목의 성능은 High gain mode에서 Gain 15.75dB, IIP3 -7dBm, Low gain mode에서 Gain -5.2dB, IIP3 16dBm이고, 정상적인 DAB 신호 복조를 위한 복조기(Demodulator)의 최소 요구 CNR(carrier to noise ratio)는 8dB 이다.

III. 인접 채널 선택도 개선 방안

3.1 인접 채널 감지 블록

DAB 수신기 내에 인접 신호의 크기를 알 수 있는 인접 채널 수신 강도 표시기 (ADJRSSI, ADJacent channel Received Signal Strength Indicator)를 사용하여 인접 신호의 크기를 감지한다. Fig. 5는 차량용 DAB 수신기 시스템의 인접 채널 감지 블록을 나타낸다.

측정에 사용된 DAB 수신기는 Zero-IF 형태이므로, DAB 1.536MHz 주파수 대역을 가지는 신호가 하향 변환 혼합기(Down-converting mixer)를 거친 후 0 ~ 768kHz 범위에 wanted 신호가 존재한다. 그러므로 768kHz보다 높은 주파수 대역의 unwanted 신호를 검출할 수 있는 고주파 여파기(HPF, high pass filter)를 사용하면 인접 채널의 레벨을 알 수 있다. 실제 구현 시 Fig. 6의 A 지점에서 인접 채널 신호의 강도를 아날로그 방식으로 확인 한 후 ADC를 통해 디지털 코드로 변환 할 수도 있고, 복조기(Demodulator) 앞 단의 ADC로 DAB 수신 신호 전체를 디지털로 변환한 후 디지털 고주파 여파기를 통해 인접 채널의 강도를 디지털 코드로 나타낼 수 있다.

Wanted 신호 레벨을 -70dBm으로 고정하고, unwanted 성분인 인접신호 레벨을 증가시킬 때 아래의 [그림 6]의 결과를 얻는다.

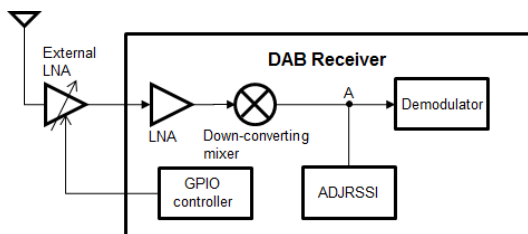


그림 5. 차량용 DAB 수신기 시스템의 인접 채널 감지 블록
Fig. 5. Adjacent Channel Sensing Block in a Vehicle DAB Receiver System

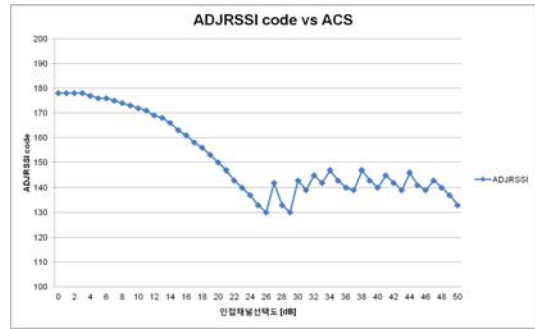


그림 6. 인접채널 감지 block의 성능
Fig. 6. Performance of Adjacent Channel Detection Block

Wanted 신호와 unwanted 인접 신호가 동일한 크기 일 때는 178의 값을 얻으며, unwanted 인접 신호가 커질수록 코드화된 인접 채널 감지 블록의 값은 작아진다. Wanted 신호보다 unwanted 신호가 25dB 이상 클 때 130 ~ 150 사이의 포화된 값을 얻는다.

3.2 인접 채널 감지 블록 값을 통한 저잡음 증폭기 이득 제어

인접 채널 감지 블록의 값이 130 ~ 150일 때 unwanted 인접 채널 신호가 wanted 신호보다 25dB 이상 크다는 것을 알고 있으므로, 인접 채널 감지 블록 값이 150 이하가 되면 DAB 수신기의 범용 인터페이스 조정기(GPIO controller, General Purpose Input Output controller)를 사용하여 BGA728 외부 저잡음 증폭기 VGS 핀에 high 신호를 인가하여 low gain으로 설정한다. 그러면 인접 채널 신호의 크기가 증가하여도 외부 저잡음 증폭기 high gain 설정에 의한 성능 열화를 피할 수 있다.

IV. 개선 측정 및 분석

4.1 측정 흐름도

인접 채널 감지 블록 값을 통한 저잡음 증폭기 이득 제어 동작 검증을 위해 아래의 Fig. 7에서 보여 주는 바와 같이 측정 흐름도 순서에 따라 시스템을 구현하였다.

DAB receiver, External LNA initialize: 시스템 시작 후 DAB 수신기와 외부 저잡음 증폭기의 동작을 위한 초기화 세팅을 한다. 이때 외부 저잡음 증폭기의 초기값은 high gain으로 한다. 실제 DAB 필드 환경은 약전계 지역이 많기 때문에 작은 신호 수신에 용이한 high gain 설정이 적절하다.

Read External LNA status: DAB 수신기와 외부

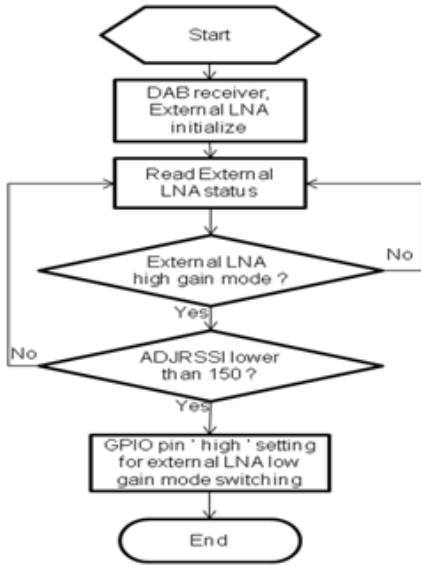


그림 7. 측정 흐름도
Fig. 7. Measurement Flowchart

저잡음 증폭기의 전원 공급과 초기화가 정상적으로 이루어 진후 외부 저잡음 증폭기의 상태를 읽는다. 범용 인터페이스 조정기의 값이 '0'인지 '1' 인지 확인한다.

External LNA high gain mode : 범용 인터페이스 조정기의 값이 '0' 이면 외부 저잡음 증폭기의 상태가 high gain 상태이므로 인접 채널 감지 블록의 값을 읽는 단계로 이동한다. '1' 인 경우 외부 저잡음 증폭기의 상태는 low gain이므로 외부 저잡음 증폭기의 상태를 확인한다.

ADJRSSI lower than 150 ? : 외부 저잡음 증폭기 상태가 high gain인 것이 확인 된 후 인접 채널 감지 블록(ADJRSSI)에서 확인되는 code 화된 값이 150보다 작으면 unwanted 인접 신호가 25dB 이상 된다는 의미이므로 범용 인터페이스 조정기(GPIO)를 세팅하는 단계로 이동한다. 150보다 큰 값이 읽힐 때는 unwanted 인접 신호의 레벨이 높지 않으므로 외부 저잡음 증폭기 상태를 확인하는 단계로 복귀한다.

GPIO pin 'high' setting for external LNA low gain mode switching: 인접 채널 감지 블록(ADJRSSI)에서 확인된 150이하의 값은 unwanted 인접 신호의 레벨이 wanted 신호에 수신 성능에 영향을 줄 가능성이 있다는 의미이므로, 외부 저잡음 증폭기를 low gain으로 이득 변환 한다. 이를 위해 범용 인터페이스 조정기의 상태를 '0'에서 '1' 로 바꾼다.

4.2 테스트용 인쇄 회로 기판

Fig 8은 실제 구현된 인쇄 회로 기판과 저잡음 증폭기와 DAB 수신기이다. 좌측의 RF connector 를 통해 DAB 신호가 입력 되어 BGA728 외부 저잡음 증폭기를 거쳐 DAB 수신기로 전달된다. BGA728 외부 저잡음 증폭기와 DAB 수신기 입력 단에는 각각에 맞는 RF matching 부품이 실장 되어 있다. 외부 저잡음 증폭기의 동작 전원은 3.3V 이며, DAB 수신기는 3.3V 전원을 공급 받아서 내부 LDO 를 거쳐 1.2V 를 코어 전원으로 사용한다.



그림 8. 외부 저잡음 증폭기와 DBA 수신기 모듈
Fig. 8. External Low Noise Amplifier and DBA Receiver Module

4.3 주요 지점 고찰

측정 고찰을 위해 Fig. 9의 차량용 DAB 수신기 시스템에 주요 점검 포인트를 A, B, C 로 나타낸다.

A는 안테나 혹은 DAB 신호 발생기(DAB Signal generator)에서 외부 저잡음 증폭기로 DAB 신호가 입력되는 지점을 나타낸다. B 는 외부 저잡음 증폭기의 DAB 신호 출력을 나타낸다. C 는 DAB 수신기 내부의 저잡음 증폭기와 하향 변환 혼합기를 거친 출력을 나타낸다. A 와 B 지점은 174.928MHz ~ 239.2MHz 의 주파수 대역에서 측정되고, C 지점은 하향 변환 혼합기를 거쳤으므로 0 ~ 768kHz 주파수 대역에서 측

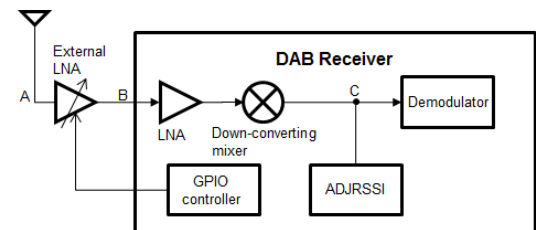


그림 9. 차량용 DAB 수신기 시스템의 인접 채널 감지 블록
Fig. 9. Adjacent Channel Sensing Block in a Vehicle DAB Receiver System

정 결과를 확인한다.

Fig. 10은 A 지점에서의 DAB 입력 신호를 나타낸다. Wanted 신호는 -70dBm이며, unwanted 인접 신호의 크기는 -27dBm이 인가되고 있으며 43dB의 level 차이를 가진다. 이때 Wanted 신호는 정상적인 DAB 서비스가 가능한 CNR 8dB 보다 충분히 양호한 신호가 외부 저잡음 증폭기 입력으로 전달된다.

그러므로 외부 저잡음 증폭기와 DAB 수신기에서 신호의 왜곡이 발생하지 않는다면 잡음이 포함되지 않은 깨끗한 audio를 들을 수 있다.

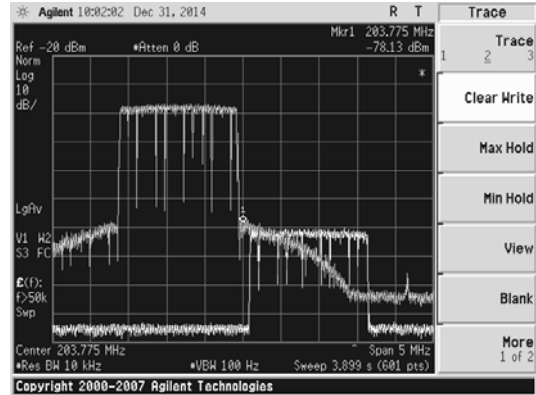
Fig. 11은 외부 저잡음 증폭기가 high gain 일 때 외부 저잡음 증폭기의 출력을 보여주며, B 지점에서 확인된다.

Fig. 10과 비교하여 외부 저잡음 증폭기 high gain 15.75dB 통해 공통적으로 wanted 와 unwanted 인접 신호의 크기가 상승하였다. 이때 wanted 신호는 상호 변조(inter-modulation)가 발생하지 않지만 unwanted 인접 신호는 상호 변조에 의해 IM3 성분을 발생시킨다. 상호 변조에 의해 발생한 IM3 성분은 wanted 신호의 주파수 대역으로 확장되어 wanted 신호에 잡음 성분으로 성능 열화의 원인이 된다. Wanted 신호의 높은 주파수 쪽은 (unwanted 인접 신호와 인접한 주파수) unwanted 인접 신호에 의해 본래 신호가 거의 남아 있지 않는 정도로 영향을 받고 있으며, wanted 신호 주파수 대역의 절반 가량이 CNR 8dB를 만족시키지 못하고 있다.



Spectrum analyzer, Center frequency 203.775MHz, span 5MHz, RBW 10kHz
Wanted 204.64MHz, -70dBm,
Unwanted 202.928MHz, -27dBm

그림 10. DAB 9B, 9A에서 외부 저잡음 증폭기 입력 신호
Fig. 10. External Low-noise Amplifier Input Signal @ DAB 9B, 9A



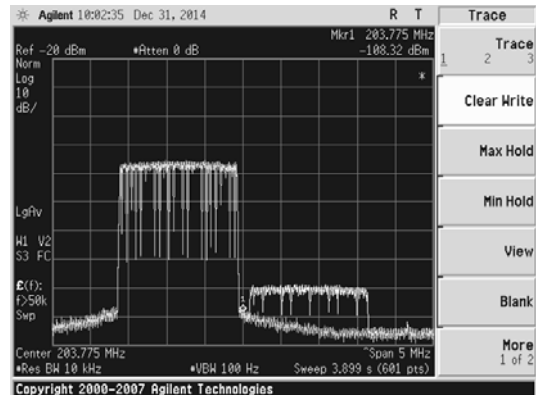
Spectrum analyzer, Center frequency 203.775MHz, span 5MHz, RBW 10kHz
Wanted 204.64MHz, -54.25dBm,
Unwanted 202.928MHz, -11.25dBm

그림 11. 외부 저잡음 증폭기 출력 신호 @ high gain, DAB 9B, 9A
Fig. 11. External Low-noise Amplifier Output Signal @ high gain, DAB 9B, 9A

그러므로 이런 형태의 신호가 DAB 수신기에 전달 되면 전달되면 wanted 신호를 복원할 수 없으므로 정상적인 DAB 서비스를 할 수 없다.

그럼 Fig 12는 저잡음 증폭기의 출력을 보여주며 B 지점에서 확인된다.

Fig. 10과 비교하여 외부 저잡음 증폭기 low gain -5.2dB 만큼 wanted와 unwanted 인접 신호의 크기가 공통적으로 작아졌다. DAB wanted 신호의 높은 주파



Spectrum analyzer, Center frequency 203.775MHz, span 5MHz, RBW 10kHz
Wanted 204.64MHz, -75.2dBm,
Unwanted 202.928MHz, -32.2dBm

그림 12. 외부 저잡음 증폭기 출력 신호 @ low gain, DAB 9B, 9A
Fig. 12. External low-noise amplifier output signal @ low gain, DAB 9B, 9A

수 쪽이 unwanted 인접 신호에 의해 일부 점유 되었으나, CNR이 12dB 내외이기 때문에 이런 형태의 신호가 DAB 수신기에 전달되면 정상 서비스에 지장이 없다.

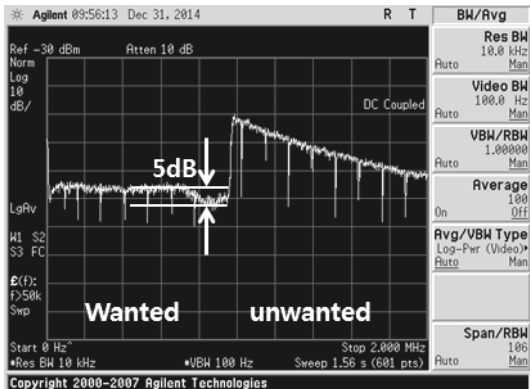
Fig. 13은 DAB 수신기의 하향 변환 혼합기 출력 신호이며 C 지점에서 확인할 수 있다. 외부 저잡음 증폭기가 high gain일 때를 나타낸 것으로 Fig. 11의 신호가 DAB 수신기 입력 단에 인가되면 하향 변환 혼합기에서도 유사한 CNR 5dB 미만을 가지는 신호가 출력된다. 이 신호는 아날로그디지털 변환기(ADC)를 통해 디지털 신호로 변환되어 복조기(Demodulator)로 전달되어도 정상적인 DAB 동작을 위한 CNR 8dB를 만족 시키지 못하기 때문에 잡음이 섞인 소리 혹은 전적으로 잡음만 들리게 된다.

저잡음 증폭기 출력에서 이미 CNR 저하가 발생하였으므로 DAB 수신기에서의 추가 tuning으로 개선될 여지가 없다.

Fig 14는 외부 저잡음 증폭기 low gain일 때 DAB 수신기의 하향 변환 혼합기의 출력 신호이며 C 지점에서 확인할 수 있다.

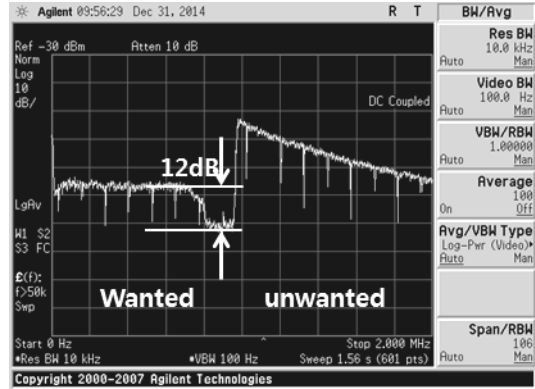
외부 저잡음 증폭기가 low gain 일 때를 나타낸 것으로 Fig. 10의 신호가 DAB 수신기에 인가되면 하향 변환 혼합기에서도 CNR 12dB 정도를 가지는 신호가 출력된다.

이 신호는 아날로그디지털 변환기(ADC)를 통해 디지털 신호로 변환되어 복조기(Demodulator)로 전달 되면 정상적인 DAB 서비스를 위한 CNR 8dB보다 양호한 신호이므로 잡음이 전혀 섞이지 않은 소리를 들



Spectrum analyzer, Center frequency 1MHz, span 2MHz, RBW 10kHz

그림 13. @ 외부 저잡음 증폭기 high gain 일 때 하향 변환 혼합기 출력 신호
Fig. 13. Down-conversion Mixer Output Signal @ external low-noise amplifier high gain



Spectrum analyzer, Center frequency 1MHz, span 2MHz, RBW 10kHz

그림 14. 외부 저잡음 증폭기 low gain 일 때 하향 변환 혼합기 출력 신호

Fig. 14. Down-conversion Mixer Output Signal @ external low-noise amplifier low gain

을 수 있다. 즉, 우측 측정치는 ‘unwanted’ 신호라 할 수 있다. 그러므로 저잡음 증폭기의 low gain으로의 이득제어가 적절하다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

DAB 수신기의 인접 채널 선택도는 기술의 발전과 수신 시스템 최적화를 통해 개선되고 있음에도 불구하고 차량용 DAB 수신기에서는 외부 저잡음 증폭기의 선형성 한계로 그 성능을 내지 못했다. 그래서 인접 채널 감지 불록을 통해 외부 저잡음 증폭기를 high gain에서 low gain으로 이득 제어하는 아이디어를 제안하였고, 측정 흐름도에 맞춰 이득 제어 소프트웨어와 인쇄 회로 기판 구현을 통해 측정을 진행하였다. 그 결과 인접 채널 감지를 통한 외부 저잡음 증폭기 이득 제어를 통해 차량용 DAB 수신기에서 인접 채널 선택도 성능 열화가 발생하지 않는 것을 확인 하였다. 이로 인해 wanted 신호의 기지국이 인접 채널을 송출하는 기지국보다 원거리에 위치해 있거나, wanted 신호 송출 level이 작더라도 wanted 신호를 안정적으로 수신할 수 있게 되었다. 특히 차량으로 고속 이동하면서 페이딩과 인접 채널의 영향을 동시에 받을 때 인접 채널에 의한 영향을 제거하여 순수하게 페이딩에 의한 부분만을 극복하면 되도록 하였다.

본 논문에서는 DAB 수신기가 1path 일 때를 가정하고 고찰하였으나 서비스 지역의 이동에도 소리의 끊김이 없는 seamless 서비스나 수신 성능을 개선한 diversity 형태에서는 2 path, 3path의 DAB 수신기가

구성된다. 성능 면에서는 각 path 마다 외부 저잡음 증폭기를 사용하여 이득 제어를 하는 것이 이상적이거나 비용 측면에서 바람직하지 않다. 그래서 이 경우 1개의 외부 저잡음 증폭기를 사용하고 이후 단계 2path, 3path DAB 수신기를 배치하는 것을 고려할 수 있다. 이때는 1path DAB 수신기 상태에 국한되지 말고 2path, 3path의 상태를 함께 반영하여 최적의 이득 제어 시나리오를 구축하는 것이 좋다. 특히 실험실에서의 측정 결과만이 아닌 다양한 RF 전파 환경이 발생하는 실제 field test를 충실히 수행해야 한다.

DAB와 T-DMB 뿐 아니라 ATSC, DVB-T/H, ISDB-T 등 방송 수신 시스템에는 인접 채널 선택도와 유사한 수신기 측정 항목이 있다. 표준에 따라 2개 이상의 인접 신호를 인가하기도 하고, 인가되는 주파수 간격이 수 MHz ~ 수십 MHz까지 다양하다. 그러나 unwanted 신호에 의한 외부 저잡음 증폭기 선형성 부족에서 비롯된 성능 저하는 공통적으로 발생할 수 있다. 그러므로 일반 방송 수신을 목적으로 하는 외부 저잡음 증폭기가 채용된 차량용 방송 수신기에는 인접 채널 감지를 통한 이득 제어 아이디어를 적용하여 인접 채널 선택도 계열의 성능 저하를 피할 수 있다.

References

[1] EN50248-2001, *Characteristics of DAB receivers*, CENELEC.
 [2] BS EN 62104:2007, *Characteristics of DAB receivers*, Int. Electrotechnical Commission.
 [3] *Planning parameters for hand held reception TECH 3317*, EBU.
 [4] *DAB: an introduction to the Eureka DAB System and a guide to how it works*, BBC R&D WHP 061.
 [5] Digital Audio Broadcasting (DAB); *Signal strengths and receiver parameters; Targets for typical operation*, ETSI TR 101 758 V2.1.1.
 [6] *Technical bases for T-DAB services network planning and compatibility with existing broadcasting services*, EBU BPN 003.
 [7] W. Hoeg and T. Lauterbach, *Digital Audio Broad casting: Principles and Applications of DAB, DAB + and DMB, 3rd Edition*, WILEY 2009.
 [8] J.-S. Han, S.-S. Bae, C.-M. Kim, and K.-T. Choi, *DMB Technology and System*, Book Publishing Seiwha, 2005.

[9] *MTV818 datasheet*, RAONTECH
 [10] *T3600 datasheet*, I&C technology
 [11] *FC8001 datasheet*, FCI (Silicon Motion).
 [12] *BGA728 datasheet*, Infineon.
 [13] M.-C. Kim, "(A)Study on dual band DAB RF module for Eureka-147," M. S. Thesis, Electronic Engineering Graduate, Kwangwoon University, 2004.
 [14] C. Choi, D. Im, and I. Nam, "An RF front-end for terrestrial and cable digital TV tuners," *J. IEEK*, vol. 49, no. 12, 2012.
 [15] S.-D. Kim and S.-H. Oh, "Design of a fully integrated low power CMOS RF tuner chip for Band-III T-DMB/DAB mobile TV applications," *J. KIEES*, vol. 21, no. 4, pp. 443-451, Apr. 2010.
 [16] O. S. Kwon, "Application design and embodiment of Terrestrial DMB receiver," Dept. of Computer Software Graduate School of Information Chung-Ang University 2006.
 [17] Ms. V. B. Malode and Ms. Anuja D. Saravade, "Performance prediction of DAB modulation channel and transmission using Rayleigh Fading," *IJETTCS*, vol. 3, no. 4, Jul.-Aug. 2014.
 [18] A. Agarwal and S. K. Patra, "Modeling and performance prediction of Eureka-147 OFDM based DAB system," *IJEEE*, ISSN (PRINT): 2231-5284, vol. I, no. II, 2011.
 [19] H. Zhang, G. Wang, and M. Lu, "An improved digital automatic gain control method for DAB receivers," *Int. J. Digital Content Technol. and its Appl.*, vol. 5, no. 5, May 2011.
 [20] M.-S. Baek, Y.-H. Lee, N. Hur, K.-S. Kim, and Y.-T. Lee, "Improving the reception performance of legacy T-DMB/DAB receivers in a single frequency network with delay diversity," *ETRI J.*, vol. 36, no. 2, Apr. 2014.
 [21] J.-H. Kim, "A study of car DAB adjacent channel selectivity improvement by gain control of external LNA," M. S. Thesis, Information Media Graduate, Dankook University, Dec. 2014.

김 지 훈 (Ji-Hoon Kim)



12002년 : 한국해양대학교 전파
공학과 학사
2015년 : 단국대학교 정보통신
학과 석사
2002년~2009년 : Integrant
technologies/Analog Devices
DAB/TDMB system 선임 연
구원

2009년~현재:RAONTECH DAB/TDMB system,
Micro display LCoS 수석 연구원
<관심분야> LCoS, Micro display, AR/ VR, DAB
system

김 강 주 (Kang-Ju Kim)



2017년 단국대학교 멀티 미디
어공학과 졸업
2017년~현재 단국대학교 컴퓨
터학과 석사과정
<관심분야> Sensor, Network,
Software Engineering,
Optimization, Internet of
Thing, Blockchain

양 재 수 (JaeSoo Yang)



1981년 : 한국항공대학교 통신
공학과
1985년 : 건국대학교 전자공학과
석사
1993년 : 미 NJIT 전기 및 컴퓨
터 공학박사
1981년 : MIC 통신사무관

1982년~2006년 : KT인터넷사업국장, 상품개발팀장
2006년~2011년 : 광운대 교수
2007년~2011년 : 경기도 정보화특별보좌관
2011년~현재 : 단국대 교수
<관심분야> IoT, ICT융합기술, 정보보호보안