
차량용 통합 안테나 모듈용 증폭단에 관한 연구

고민호* · 표승철** · 박효달*

A Study on the Amplification Block for Integrated Antenna Module Applicable to Vehicles

Min-ho Go* · Seung-chul Pyo** · Hyo-dal Park*

요 약

본 논문에서는 통합 안테나 모듈에 사용되는 능동 증폭단을 설계, 제작하였다. 제작한 통합 능동모듈은 AM/FM 대역, T-DMB 대역 및 GPS 대역에서 적절한 이득과 낮은 잡음지수 특성을 나타내었고, 또한 각 회로간의 간섭이 최소화하도록 설계되었다. AM 및 FM 대역에서 7.0dB, 11.0 dB 이득 특성을 나타내고, T-DMB 및 GPS 대역에서 10.0 dB, 17.0 dB의 이득을 갖는다. 제작한 증폭단 모듈은 35mm*35 mm의 크기로 구현할 수 있었고, 이를 적용한 통합 안테나 모듈의 수신감도 또한 기준 안테나와 비교했을 때 동등한 특성을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, we designed and fabricated the active amplification block for the integrated antenna module. The fabricated amplification module have a proper gain and low noise figure in the band of AM/FM band, T-DMB band and GPS band, and show good isolation performance for each band. Manufactured circuits satisfied the gain performance 7 dB in AM band, 11 dB in FM band, 10 dB in T-DMB, and 17 dB in GPS band. The integrated amplification block was realized by 35 mm*35 mm size, and was shown as the same sensitivity performance as compared with a conventional reference antennas.

키워드

Integrated active antenna, Amplifier, Vehicle, Wireless service

1. 서 론

최근 자동차는 다양한 무선 서비스를 제공하는 통신 시스템으로 발전함에 따라 기존의 전통적인 자동차 기술에 정보통신과 전자 기술이 접목되면서 기존 기술의 성능이 강화되거나 또 다른 새로운 기술로 영역이 확대되는 특징을 보이고 있다. 이에 따라 오늘날 차량에서 제공되는 AM/FM 등의 오디오 방송과 TV 수신 서비스 외에 위치추적시스템인 GPS를 이용한

차량 항법 서비스 등의 무선 서비스를 위한 안테나 및 시스템은 점차 다양화되고 있다. 아울러 이동통신 장비가 운전 중에 사용이 불가능하게 됨에 따라 기존 이동통신 서비스인 셀룰러, PCS 및 3세대 통신 등의 서비스를 차량을 통해 제공되거나 될 예정이며 소비자의 다양한 욕구를 충족시키기 위해 휴대 인터넷, 위성 및 지상파 DMB등 새로운 용도의 차량용 안테나가 요구되고 있다.

기존에 널리 사용되고 있는 헤리켈 안테나는 외장

* 인하대학교
접수일자 : 2009. 03. 26

** 삼성전기
심사완료일자 : 2009. 04. 15

형으로 파손의 우려가 있고, 안테나의 상태에 따른 수신 특성의 편차가 심하다는 단점이 있다. 리어 글래스 안테나는 기존 차량 뒷 유리의 열선부분에 포함이 되어 있어 외관상으로는 안테나의 형태가 나타나지 않아서 디자인 측면에서는 장점을 갖지만, 안테나의 특성상 전방향성 특성을 갖기 어렵고 유리라는 강유전체 내에 있기 때문에 이득이 떨어짐으로서 수신율이 저하되고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 또한 헤리컬 안테나와 리어 글래스 안테나의 경우, AM과 FM만 수신이 가능하기 때문에 다양한 무선 통신 서비스를 수신하기 위해서는 별도로 상용화된 안테나를 차량에 부착해야 한다는 단점이 있다.

지상파 DMB 수신을 위한 다이폴 안테나는 각 축의 길이가 200 MHz의 1/4인 약 37.5 cm이고 중간의 급전 부분까지 합하면 길이가 약 80 cm 에 달한다. 80 cm에 달하는 길이의 안테나를 아무리 내부에 장착을 한다 해도 내장장형이 아니기 때문에 자동차 인테리어의 외관을 해치는 경향이 있다.

샤크 테일 안테나는 디자인 면에서 장점을 갖지만 수신 특성이 저하되고 다른 제품에 비해 고가이고 아직까지는 고급차량에만 적용되는 단점이 있다.

본 논문에서는 차량에서 이용 가능한 여러 무선 서비스를 하나의 통합된 안테나로 수신할 수 있는 차량용 통합형 안테나 모듈을 설계하고 제작하였다. 본 논문의 구성을 II장에서 제안한 통합 안테나의 증폭단 구성 및 설계 이론에 대해서 설명하고, III장에서 각 대역별 설계, IV장에서는 제작한 모듈의 특성에 대해 언급하고 마지막으로 측정된 결과를 바탕으로 V장에 결론을 맺는다.

II. 통합 증폭단의 구조 및 이론

2.1 통합 안테나의 증폭단 구조

그림 1은 통합 안테나 모듈 및 증폭단의 구조를 나타내었다. AM/FM, TDMB 및 셀룰러 대역은 단일 안테나로 수신할 수 있도록 하였고, GPS 수신은 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하여 구성하였다. AM/FM 및 TDMB 대역의 경우, 안테나 크기가 감소함에 따라 이득이 저하되고 안테나의 임피던스는 높

아지게 되므로 능동소자의 증폭단을 사용하여 이득 보상 및 임피던스 정합을 하였다. GPS 대역의 경우, 안테나 이득을 보상하기 위한 목적으로 증폭단을 사용하였다. 증폭단은 GPS 대역을 제외하고 하나의 입력 단자를 통하여 수신하는 구조이기 때문에 인접한 대역간에 잡음과 간섭 신호에 의한 영향으로 수신기 성능 저하를 초래할 수 있기 때문에 대역간 간섭을 최소화 할 수 있도록 해야 한다. 또한 DMB 입력과 AM/FM 입력이 동일하기 때문에 각각의 증폭단의 입력 임피던스 및 전달특성은 상호 영향을 받기 때문에 설계에 많은 제약을 갖는다.

인접한 FM 대역과 TDMB 대역간에 발생하는 간섭으로 TDMB 증폭단 특성의 저하를 방지하기 위해 출력단은 AM/FM 및 GPS가 동일한 출력을 통해서 구현되었고 TDMB는 다른 출력포트를 사용하였다.

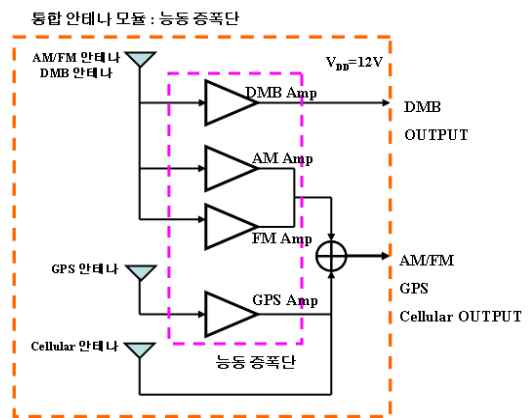


그림 1. 통합 안테나 모듈의 구성도
Fig. 1 The configuration diagram of the integrated antenna module

2.2 증폭기 성능의 영향

저잡음 증폭기는 수신주파수 대역 내에 있는 다른 신호와 송신단 출력의 누설 성분에 의한 간섭이 있는 경우에도 원하는 미약한 신호를 왜곡 없이 증폭해야 하므로 잡음지수가 낮아야하고 선형성이 좋아야 한다 [1]. 전체 시스템에서 첫 단의 잡음 지수는 회로 전체의 잡음특성에 가장 큰 영향을 준다. 2개 이상의 회로로 구성된 시스템에서 발생하는 잡음의 영향은 각각의 부품들이 가지는 잡음지수와 이득을 이용하여 예

측할 수 있다. 증속 연결되어 있는 경우의 시스템 전체 잡음지수 NF_{total} 는 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$NF_{total} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{NF_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}} \quad (1)$$

여기서, NF_n , $n=1, 2, 3, \dots$ 은 각 단에서의 잡음지수를 의미하고, G_n , $n=1, 2, 3, \dots$ 은 각 단에서의 이득을 나타낸다. 식 1은 초단에 위치한 회로의 잡음지수가 시스템 전체의 잡음지수에 가장 많은 영향을 준다는 것을 의미한다.

능동 소자들은 입력 레벨이 증가함에 따라서 이득이 감소하는 비선형 동작에 의해서 출력 레벨이 제한되어 수신기 신호대 잡음비의 감소를 초래한다[2]. 여러 회로들이 증속 연결되어 있는 경우 전체 IIP3는 식 (2)로 계산한다.

$$\frac{1}{IIP3_{total}} = \frac{1}{IIP3_1} + \frac{G_1}{IIP3_2} + \dots + \frac{G_1 G_2 \dots G_n}{IIP3_n} \quad (2)$$

여기서, G_n 은 각 단에서의 이득, $IIP3_n$ 은 각 단에서의 IIP3을 의미한다. 시스템의 IIP3는 각 회로들의 이득과 IIP3 특성에 의해서 결정된다는 것을 의미한다.

III. 통합 증폭단의 설계

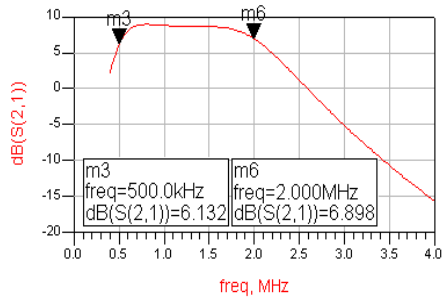
3.1 AM/FM 증폭기 설계

일반적으로 수신기의 전체 잡음특성은 앞단에 위치한 증폭기의 잡음지수 특성에 많은 영향을 받기 때문에 잡음지수가 낮은 소자를 선택한다. 하지만 본 논문에서는 AM/FM 신호의 강전계 특성으로 인한 선형성 및 상호변조 특성을 우선 고려하여 트랜지스터를 선

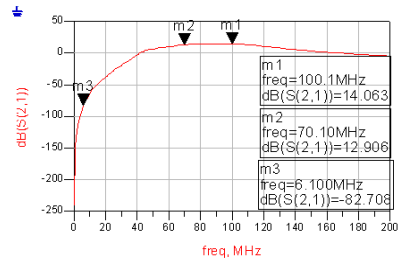
정하였다.

입출력 임피던스는 주파수의 함수이므로 단일 주파수에 대해서 공역정합을 쉽게 할 수 있지만 동작 주파수의 모든 대역에서 공역정합은 제약이 있기 때문에 입력 반사손실을 최소화할 수 있도록 하였다. AM 증폭기 설계는 FM 신호의 유입을 막기 위하여 입출력 정합회로를 대역통과 특성을 갖도록 설계하였으며 추가로 입력단에 대역통과필터를 삽입하여 높은 FM 신호 제거 특성을 갖도록 하였다. 유사한 방법으로 FM 증폭기의 입출력 정합회로는 AM 신호의 유입을 막기 위해 대역통과필터 특성을 갖도록 구성하였다.

그림 2는 AM/FM 증폭단의 설계 결과는 나타난 것으로 그림 2(a)에서 보듯이 AM 증폭단의 이득은 6 dB ~ 8 dB 의 이득 특성을 나타내고 있으며, FM 대역에 대한 충분한 제거 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그림 2(b)는 FM 증폭기 이득 특성을 나타낸 것으로 대역통과 특성을 나타내고 있으며, AM 대역에 대해서 -50 dB 이상의 감쇄특성과 12 dB ~ 14 dB 이득을 나타내고 있다.



(a)



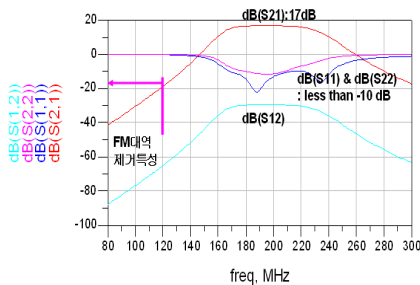
(b)

그림 2. AM/FM 증폭단의 특성
(a) AM 증폭기의 이득, (b) FM 증폭기의 이득
Fig. 2 The characteristic of AM/FM amplifier
(a) the gain of AM band, (b) the gain of FM band

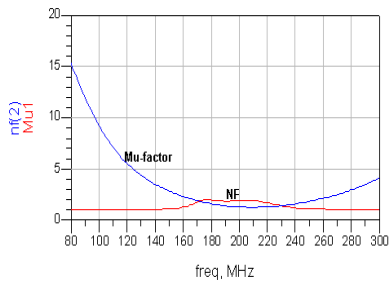
3.2 TDMB 증폭기 설계

DMB 증폭기는 부궤환 회로망과 안정화 저항을 적용하여 모든 주파수 대역에서 안정도 조건을 만족하도록 하였다. 지상파 DMB 주파수 대역은 174 MHz - 216 MHz로 비교적 FM 대역에 인접하여 있기 때문에 송출전력이 상대적으로 높은 FM 신호는 DMB 증폭단에 잡음 및 간섭 신호로 작용할 수 있다. 입출력 정합회로는 FM 신호의 유입을 차단함과 동시에 낮은 잡음지수 특성을 갖도록 설계되어야 한다. 입력 반사손실을 최소화할 수 있도록 하였으며, FM 대역 신호의 유입을 방지하기 위하여 고역통과필터의 주파수 응답 특성을 갖도록 정합회로를 구성하였다.

그림 3은 설계된 DMB 증폭기의 특성을 나타낸 것으로 DMB 대역에서 이득은 17dB, 입출력 임피던스는 -10dB ~ -15dB 이하의 특성을 나타내고 있으며, FM 대역 신호에 대해서는 -23dB 이하의 감쇠 특성을 나타내고 있다. 잡음지수는 1.5dB 이하의 특성을 갖는다.



(a)



(b)

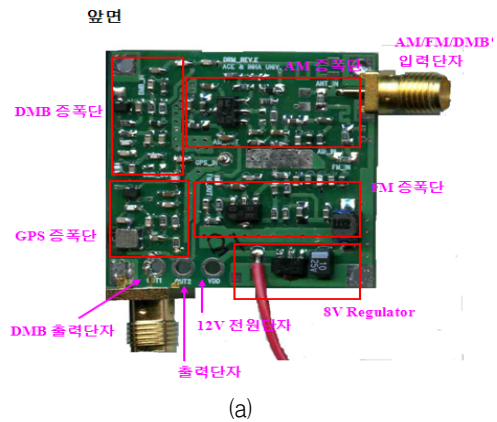
그림 3. TDMB 증폭기의 특성 (a) 이득 및 입출력 반사계수 성능, (b) 잡음 지수 및 안정도 성능
 Fig. 3 The characteristic of TDMB Amp. (a) gain and input/output return loss performance, (b) noise figure and stability performance

3.3 GPS 증폭기 설계

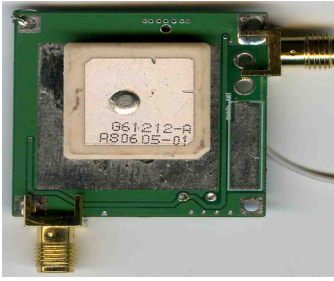
GPS 증폭단은 전송선로와 안테나 접속부에서 반사를 최소화하기 위해 임피던스 정합과 저잡음 증폭기의 이득을 고려해야 한다. -115dBm ~ -150dBm 약전계 GPS 신호를 수신기에서 인식할 수 있는 수준까지 증폭하기 위해서 저잡음증폭기를 사용하며, 최적의 성능을 낼 수 있도록 증폭 이득을 선택했다. 증폭 이득이 너무 낮게 설정하는 경우, 약전계에서 GPS 신호를 적정 수준까지 증폭하지 못함에 따라 GPS 수신감도가 저하되고, 증폭이득을 너무 높게 설정하는 경우, 강전계에서 포화가 발생하여 수신감도가 저하된다[3]. 설계된 회로는 중심주파수대역에서 19 dB 정도의 충분한 이득을 가지며 입력 정합 특성은 -11 dB, 출력 정합 특성은 -9 dB 정도의 값을 나타내었다. GPS의 출력단은 AM/FM 출력단과 동일한 단자를 갖도록 하였다. 두 대역간의 주파수 차이가 크기 때문에 상호간 간섭의 영향은 무시할 정도의 특성을 나타내었다.

IV. 통합 증폭단의 실험결과

그림 4는 제작된 통합 증폭단 모듈을 나타내었다. 모듈의 크기는 35 mm×35 mm이고 외부 전원은 12V를 인가하도록 하였으며, 레귤레이터를 사용하여 8V의 전압이 각 증폭기에 인가되도록 하였다.



(a)

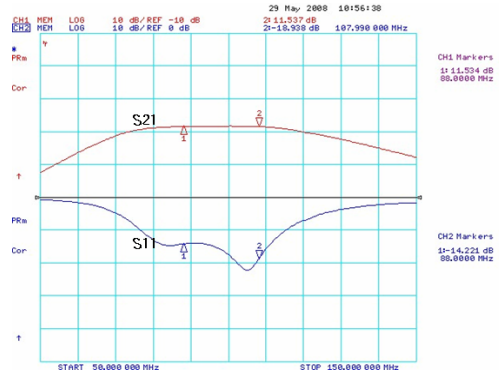


(b)

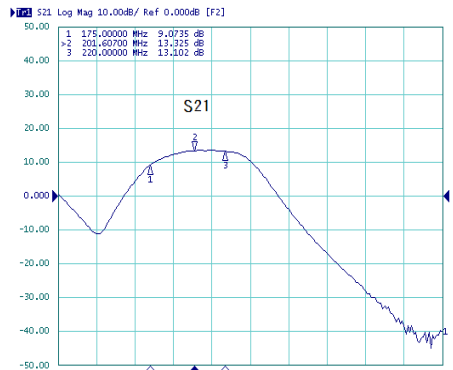
그림 4. 제작한 통합 안테나 능동모듈 (a) 앞면, (b) 뒷면

Fig. 4 The photographs of the fabricated amplification module. (a)top view, (b)bottom view

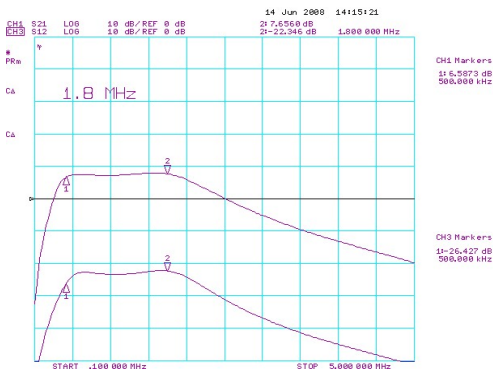
그림 5(a)은 AM 대역 특성을 나타낸 것으로 500 KHz ~ 1.0 MHz 대역에서 6 dB ~ 7 dB 이득 특성을 갖으며, FM 신호의 제거 특성은 -50 dB 이상의 특성을 나타내고 있다. 그림 5(b)는 FM 이득 특성을 나타낸 것으로 70 MHz ~ 120 MHz 대역에서 11 dB 이득 특성을 갖으며, AM 신호의 제거 특성은 -50 dB 이상의 특성을 갖는다. 그림 5(c)와 5(d)는 TDMB 및 GPS 이득 특성을 나타낸 것으로 TDMB 증폭기의 이득 특성은 175 MHz ~ 220 MHz 대역에서 9 dB ~ 13 dB, GPS 증폭기는 1575 MHz에서 17.6 dB 이득 특성을 나타내었다.



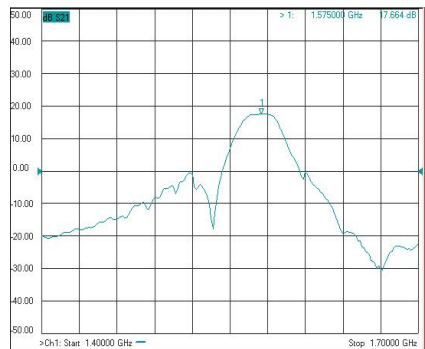
(b)



(c)



(a)



(d)

그림 5. 제작한 통합 안테나 능동모듈의 이득특성 (a) AM, (b) FM, (c) TDMB, (d) GPS

Fig. 5 The gain performance of the fabricated amplification module. (a) AM, (b) FM, (c) TDMB, (d) GPS

AM/FM 대역의 수신감도 측정은 Air상에서 수행했고, 기준 안테나로는 사용한 차량용 헬리컬 안테나와 특성 비교하였다. AM대역의 테스트 결과 개발된 안테나는 약 -58 dBm의 수신신호 특성을 나타내었다. 기준으로 선정된 헬리컬 안테나에 비해 약 -9 dB의 손실을 나타냄을 알 수 있다. FM대역의 테스트 결과 개발된 안테나는 약-41 dBm의 수신신호 특성을 나타내었다. 기준으로 선정된 헬리컬 안테나와 동등한 특성을 나타내었다.

TDMB 대역은 무반사실 챔버에서 측정하였고, 신호 발생기에서 발생하는 송신 신호의 크기는 0 dBm으로 설정했을 때, 174 MHz에서 -42.84 dBm, 190 MHz에서 -43.79 dBm, 210 MHz에서 -38.75 dBm을 나타내었다. TDMB 대역 측정과 동일한 조건에서 GPS 대역은 중심주파수 1.575 GHz에서 -46.04 dBm으로 양호한 특성을 나타내었다.

V. 결론

본 논문은 차량용 통합 안테나의 증폭단에 관한 것으로 통합 안테나의 크기 감소로 인해 발생하는 이득 저하와 임피던스 부정합으로 발생하는 문제를 개선하기 위해 AM/FM 대역, T-DMB 대역 및 GPS 대역에서 이득 보상과 임피던스 정합을 위한 증폭단 모듈을 설계 제작하였다. 제작된 증폭단은 통합 안테나의 크기를 감소시킴으로 소형의 통합 안테나 모듈을 구현할 수 있도록 하였고, 기존의 헬리컬 구조의 AM/FM 및 TDMB 안테나와 비교했을 동등한 수신감도 특성을 얻었다. 하지만 단일의 출력 단자를 갖도록 하는 증폭단 구조에 대한 연구가 추가적으로 요구된다.

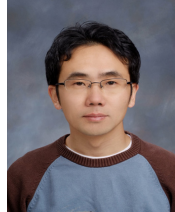
참고 문헌

- [1] Tr. T. Ha, "Solid-State Microwave Amplifier Design", John Wiley & Sons Inc., 1981.
- [2] Jack R. Smith, "Modern Communication Circuits", McGraw-Hill, Boston, Mass, pp.68-72, 1986.
- [3] F. Iturbide-Sanchez et al., "Comparison of different high-linear LNA structure for PCS applications using SiGe HBT and Low bias

voltage", Electronics letters, Vol. 38, No. 12, June 2002.

저자 소개

고민호(Min-ho Go)



2009년 02월 : 인하대학교 전자공학과 (공학박사)
현재 : 인하대학교 전자공학과 (박사후과정)

※ 관심분야 : 통신 시스템, RFIC/MMIC, 레이더 설계

표승철(Seung-chul Pyo)



2009년 02월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)
현재 : 삼성전자 중앙연구소 연구원

※ 관심분야 : RFIC/MMIC, LNA

박호달(Hyo-dal Park)



1987년 : (불)국립항공우주대학 전자공학과 (공학박사)
현재 : 인하대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 항공통신 시스템, 초고조파 회로