

지상파 DMB용 능동형 안테나의 설계 및 제작

Design and Fabrication for T-DMB Active Type Antenna

박창현 · 신동률 · 김정표 · 김기호 · 양묘근 · 성원모

Chang-Hyun Park · Dong-Ryul Shin · Jeong-Pyo Kim · Gi-Ho Kim ·
Myo-Guen Yang · Won-Mo Seong

요 약

본 논문에서는 기생 소자를 이용한 소형화된 안테나와 저 잡음 증폭기를 결합하여 휴대 단말기에 적용이 가능한 지상파 DMB 능동형 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 능동형 안테나의 크기는 80×6×0.4 mm로서 FR4 기판으로 제작하였다. 제작된 안테나는 기생 소자 및 단락 스텐브가 없는 단순 안테나에 비해 38.8 %의 안테나 크기 축소 효과를 가진다. 제작된 능동 안테나를 DMB 수신 모듈에 연결하여 S/N 비를 측정한 결과 300 mm의 로드 안테나와 동등 이상의 성능을 나타내었다. 본 논문에서 제작된 능동형 안테나는 지상파 DMB 휴대 단말기에 적용 가능하다.

Abstract

In this paper, An active antenna of T-DMB was developed to equip to handheld gadgets by using LNA and a parasitic element allowing to miniature. The size of the fabricated active antenna is 80×6×0.4 mm and FR4 is used for the substrate. The size of the proposed antenna is reduced by 38.8% at the operating frequency compared to one without a parasitic element, and a short stub. The proposed antenna shows improved performance at the measurement especially in the ratio of S/N compared with conventional monopole of 300 mm. The proposed antenna is well able to adapt into handheld gadgets for receiving T-DMB.

Key words : T-DMB, LNA, Active Antenna, Menader, Parasitic Element

I. 서 론

최근 국내외적으로 활발히 추진되고 있는 지상파 DMB(이하 T-DMB: Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)는 차량, 소형 TV, 노트북, PDA, PNP, 휴대폰 등과 같은 소형 단말을 이용하여 고품질의 음성 및 영상 서비스를 언제 어디서나 제공할 수 있는 이동 멀티미디어 방송이다. 하지만 방송 범위가 아직까지는 수도권 인근에만 국한되어 있으며, 방송을 시청하기 위해서는 사용 주파수가 낮은 안테나의 길이가 커야 한다는 단점도 가지고 있다^[1]. 이러한 단점을 극복하기 위하여 각 단말기 업체 또는 안테나

업체에서는 소형화를 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다^{[2]~[5]}. 따라서 본 논문에서는 기존의 로드 안테나에 비해 성능을 개선하고, 크기를 현저하게 줄인 능동형 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작에 사용된 안테나 형태는 맴들이 방식을 사용하여 소형화를 시켰으며, 약 전계에서 수신율이 떨어지는 단점을 보완하기 위하여, 안테나 출력단에 저 잡음 증폭기(이하: LNA)를 추가하였다. 설계 제작된 안테나를 T-DMB 수신 모듈에 연결하여 로드 안테나와 신호 대 잡음 비를 비교 측정한 결과 동등 이상의 값을 얻을 수 있었다. 제작된 안테나는 T-DMB 단말기, 차량용 단말기, PDA 단말기 등 휴대 단말기에 적용가

이엠파블유 안테나 연구소(EMW Antenna R&D Center)

· 논문 번호 : 20061019-129

· 수정완료일자 : 2007년 1월 3일

능하다.

II. 능동형 안테나

2-1 기생 소자에 의한 안테나의 소형화

이상적인 수직 모노폴 안테나 크기는 204 MHz에서 370 mm(0.25λ)로서 보다 소형화하기 위한 방사체 구조로 맴돌이 형태의 구조를 채택하였으며, 일반적인 와이어 안테나보다 기관 유전체의 비유전율에 의한 소형화에 유리하고 제작이 용이한 장점을 가지고 있다.

또한 T-DMB 안테나는 안테나의 커패시턴스를 증가시키지 않고 안테나의 전기적 길이를 연장하여 방사 효율을 양호하게 유지할 수 있는 전기적 길이가 연장된 안테나를 제공하는 것을 목적으로 설계되어 야 한다.

그러기 위하여 제안된 안테나는 기존의 보편적인 미앤더 방식이 아닌 S형상의 외곽선을 갖는 셀(cell)을 하나 이상 포함하는 스파이럴 방식의 배열을 통한 안테나로서, 접지 스테브와 기생 소자를 이용하여 임피던스 정합 및 길이 연장 효과를 기대하였다. 각 셀간의 연결은 비아 홀을 통한 연결 방식을 취하였으며, 제작 및 실험의 편리함을 위하여 FR4 기관을 사용하였다.

이와 같이 기관 전면의 셀이 기관 후면의 비아 홀을 통해 접속되므로, 기관 전면에는 셀만이 형성될 수 있어, 기관의 표면 공간을 효율적으로 이용할 수 있으며, 안테나를 더욱 소형으로 제조할 수 있다. 또한, 셀은 기관 상에서 기관의 연장 방향으로 형성되므로, 즉, 방사체가 동일 평면상에 일렬로 형성되므로 원형의 코일이 적층되는 형태의 헬리컬 안테나와 달리 코일(또는 셀) 간의 전자기적 결합에 의한 커패시턴스가 발생되지 않고, 안테나의 방사 효율 및 대역폭이 양호하게 유지될 수 있다⁶⁾.

또한, 각각의 셀이 나선형 또는 S자형으로 형성됨으로써, 미앤더 형상의 방사체에 비하여 낮은 노이즈 특성을 나타낸다. 뿐만 아니라, 안테나 방사체는 동일한 크기의 기관에 형성되는 미앤더 방사체에 비하여 약 1.5배의 전기적 길이를 가지므로, 더욱 유리한 효과를 얻을 수 있다.

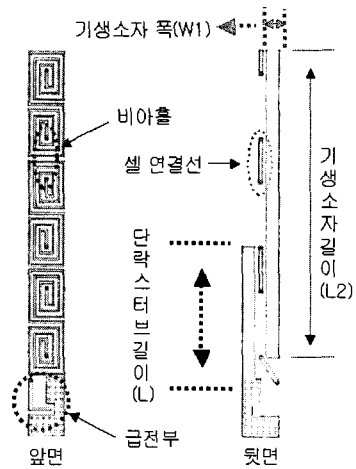


그림 1. 제안된 T-DMB 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of propose T-DMB antenna.

장파장에서는 방사체 전체에 의하여 공진 주파수가 결정되나, 단파장에서는 각각의 셀이 공진 주파수를 결정할 수 있으며, 이 경우, 셀의 전기적 길이를 변경함으로써 고주파 대역의 공진 주파수를 조정하는 것이 가능하다. 따라서 일반적으로 전체 셀의 크기를 변경하여 고주파 대역의 공진 주파수를 조정할 수 있다.

그림 1은 제안된 T-DMB 안테나 구조이다. 안테나는 6개의 맴돌이형 셀로 안테나의 기본 방사 소자를 구성하고 있으며, 이때 각 셀들은 안테나의 소형화 및 복사 효율 특성을 고려하여 인접한 선로에서의 전류 흐름은 항상 같은 방향이 되도록 구성되었다. 또한 안테나의 임피던스 정합을 위한 단락 스테브와 기생 소자가 맴돌이형 셀의 반대 면에 구성되었다. 각각의 맴돌이형 셀들은 선로가 3번 감겨 있으며, 한 셀의 크기는 12 mm이다. 여기서 설계된 안테나는 0.4 mm 두께의 FR-4 기관에 구현되었으며, LNA를 포함한 안테나의 전체 크기는 80×6×0.4 mm이다.

단락 스테브 및 기생 소자에 의한 입력 임피던스의 변화는 그림 2~5와 같다. 그림 2는 단락 스테브의 길이 변화에 따른 입력 임피던스의 변화를 나타내고 있는데, 이를 통해 단락 스테브는 공진 주파수 변화에는 큰 영향을 미치지 않으며, 입력 임피던스 정합에 큰 영향을 미침을 확인할 수 있다. 반면에 공진 주파수는 기생 소자의 길이 변화에 가장 큰 영향을 받

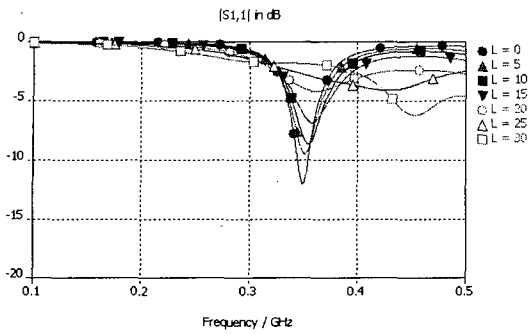


그림 2. 단락 스텐브의 길이 변화(단위 : mm)
Fig. 2. Various length of short stub.

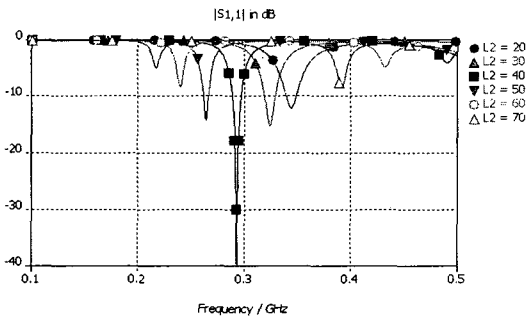


그림 3. 기생 소자의 길이 변화(단위 : mm)
Fig. 3. Various length of parasitic element.

음을 그림 3을 통해 확인할 수 있고, 단락 스텐브 및 기생 소자의 폭 변화를 통해서도 공진 주파수 조정이 가능함을 그림 4로부터 확인할 수 있다. 따라서 설계된 안테나는 맵돌이 형 셀의 기본 구조 수와 함께 기생 소자의 길이를 조정하여 원하는 공진 주파수를 만

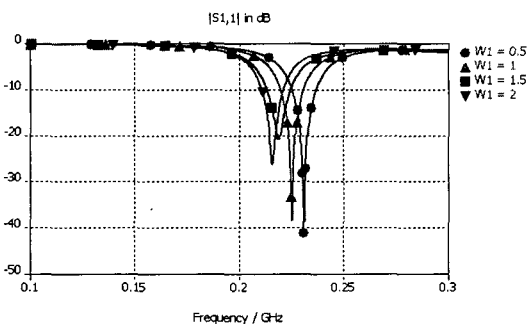


그림 4. 단락 스텐브와 기생 소자의 폭 변화
Fig. 4. Various width of short stub and parasitic element.

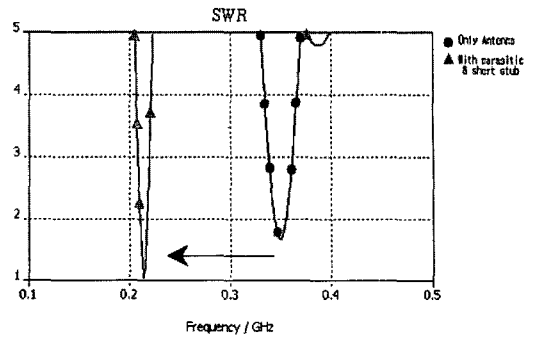


그림 5. 공진 주파수의 변화
Fig. 5. Various of resonance frequency.

족시킨 후, 단락 스텐브의 길이를 조정하여 임피던스를 정합시키고 기생소자 및 단락 스텐브 폭의 변화를 통해 공진 주파수를 미세 조정함으로써 최종 공진 주파수를 결정할 수 있다.

그림 5는 기생 소자 및 단락 스텐브가 없는 단순 안테나와 최종 설계된 안테나의 SWR 특성을 보여준다. 설계된 안테나는 단순 안테나일 때 350 MHz에서 공진이 발생하고, 최종 안테나의 경우 214 MHz에서 공진이 발생한다. 따라서 기생 소자를 통해 안테나의 공진 주파수는 136 MHz 낮아졌으며, 안테나 크기는 상대적으로 38.8 % 정도 축소되는 효과를 얻었다.

2-2 저 잡음 증폭기

본 논문에서는 200 MHz 대역에서 $\lambda/20$ 이하의 매우 작은 안테나를 구현함에 있어서, 안테나의 소형화에 따른 안테나 복사 효율의 감소, 대역의 협소화 등의 성능을 갖게 된다. 따라서 이와 같은 안테나의 성능 열화를 보완하기 위해 LNA가 요구된다.

설계된 LNA의 회로도도 그림 6과 같다. 구현하고자 하는 증폭기는 안테나에 내장되는 형태이기 때문

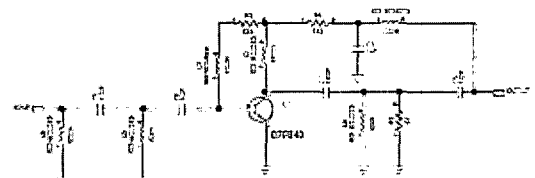


그림 6. 저 잡음 증폭기의 회로도
Fig. 6. Circuit schematic for LNA.

에 별도의 DC 바이어스 단자 대신 출력 단자를 통해 시스템으로부터 DC 신호를 공급 받게 된다. 따라서 설계된 LNA는 출력 단자에서 DC 바이어스 신호가 입력되기 때문에 출력 단자에서 RF 신호와 DC 신호를 분리시켜야 하고, 트랜지스터의 베이스 단과 컬렉터 단에 원하는 바이어스 전압과 전류를 얻기 위해 저항을 이용하여 전압 분배 회로를 구성하였다. 이때 증폭기를 설계하기 위해 BJT 모델인 BFP540을 이용하였으며, 바이어스 회로는 귀환 구조로 구성하였다. 본 논문에서 설계된 LNA는 3 V, 5 mA의 바이어스 조건에서 동작하고, 180~210 MHz의 주파수 대역을 갖는다. 그림 7부터 그림 10까지는 본 논문에서

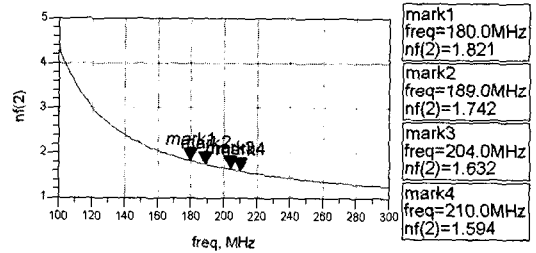


그림 10. 잡음 지수
Fig. 10. Noise figure.

설계된 LNA의 시뮬레이션 결과이다.

III. 제작 및 측정

3-1 안테나 제작 및 측정

그림 11은 제작된 T-DMB 안테나이다. 구현된 안테나는 길이가 70 mm이고, 0.4 mm 두께의 FR-4 기판에 구현되었으며, 단말기 크기를 고려하여 80×35 mm²의 PCB 기판에 연결하여 접지면으로 사용하였다. 안테나 자체의 길이는 $\lambda/20$ 보다 작은 크기를 가지며, 안테나와 접지면 전체의 길이의 합은 80 mm의 크기를 갖는다. 따라서 제작된 안테나가 매우 작은 크기를 갖기 때문에 이 안테나의 복사 패턴은 일반적인 모노폴 안테나와 달리 구형에 가까워지며, 이 현상은 전자파 무지향실에서 측정된 결과로 그림 12에서 확인할 수 있다.

또한 표 1은 단일 안테나의 이득을 나타낸 것으로써 채널별로 도시하였다.

3-2 저 잡음 증폭기 제작 및 측정

안테나의 소형화에 따른 성능 보안을 위해 제작된 LNA는 그림 13과 같다. LNA는 OIP3 24.5 dBm, IIP3 9 dBm, P1dB가 11 dBm의 특성을 가지고 있는 BJT

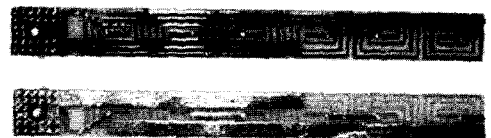


그림 11. 제작된 지상파 DMB 안테나
Fig. 11. Fabricated T-DMB antenna.

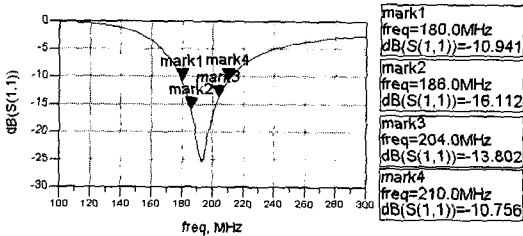


그림 7. 입력 반사 손실
Fig. 7. Input Return loss.

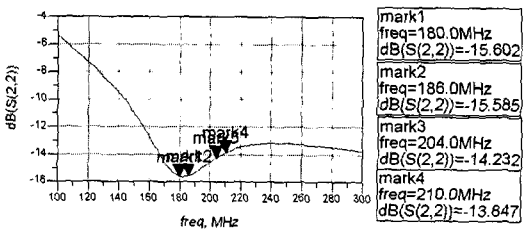


그림 8. 출력 반사 손실
Fig. 8. Output return loss.

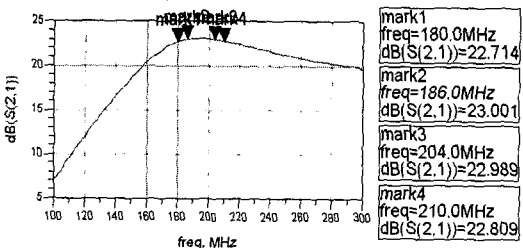


그림 9. 이득
Fig. 9. Gain.

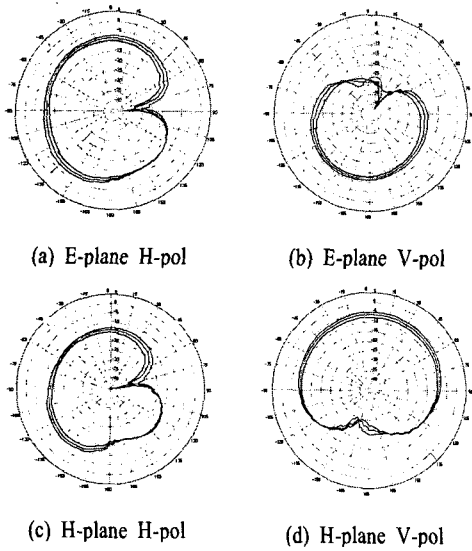


그림 12. 복사 패턴
Fig. 12. Radiation pattern.

표 1. 채널별 이득
Table 1. Gain for channels.

		CH. 8		
		180 MHz	183 MHz	186 MHz
E-plane	H-pol	-9.481	-8.295	-6.904
	V-pol	-12.691	-11.726	-10.845
H-plane	V-pol	-7.685	-6.313	-5.089
	H-pol	-11.308	-9.791	-8.451
		CH. 12		
		204 MHz	207 MHz	210 MHz
E-plane	H-pol	-6.228	-6.232	-6.266
	V-pol	-10.800	-9.948	-9.464
H-plane	V-pol	-4.417	-4.694	-5.066
	H-pol	-7.072	-7.169	-7.430

모델인 BFP540을 이용하였으며, 제작된 LNA의 측정 결과는 그림 14에서 그림 17과 같이 측정되었다. LNA의 입력 및 출력 임피던스는 설계하고자 하는 서비스 대역인 180~210 MHz 전 대역에서 각각 -10 dB와 -13 dB 이하로 SWR 2:1 이하의 성능을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 이때 LNA는 약 15 dB 이상의 이득을 갖는다. 또한 잡음 지수는 전 대역에서 약 1.5 dB 이하의 성능으로 측정되었다.

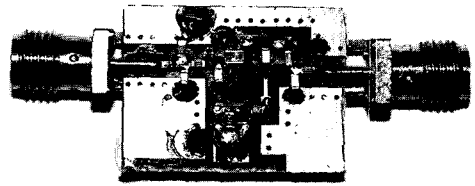


그림 13. 제작된 저 잡음 증폭기
Fig. 13. Fabricated LNA.

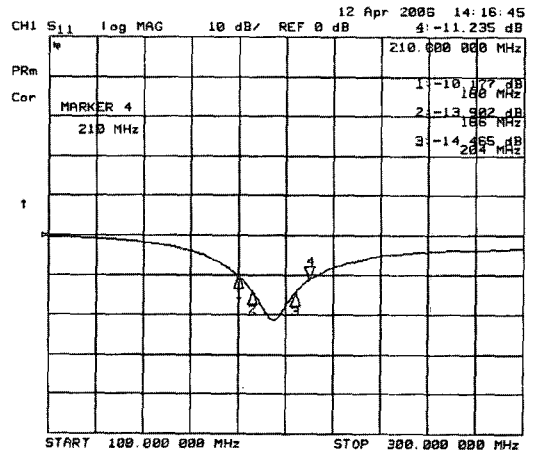


그림 14. 입력 반사 손실
Fig. 14. Input return loss.

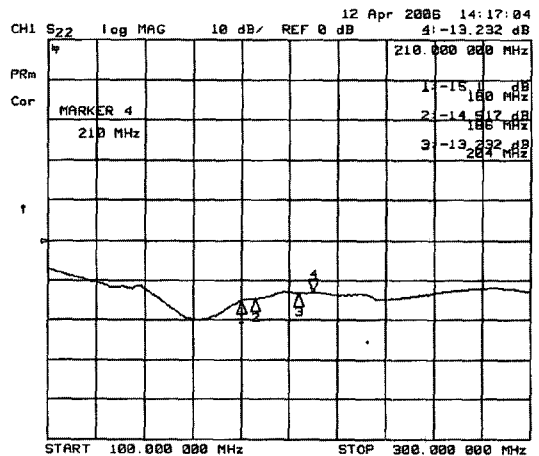


그림 15. 출력 반사 손실
Fig. 15. Output return loss.

3.3 능동형 안테나 제작 및 측정

제작된 능동형 T-DMB 안테나는 그림 18과 같으

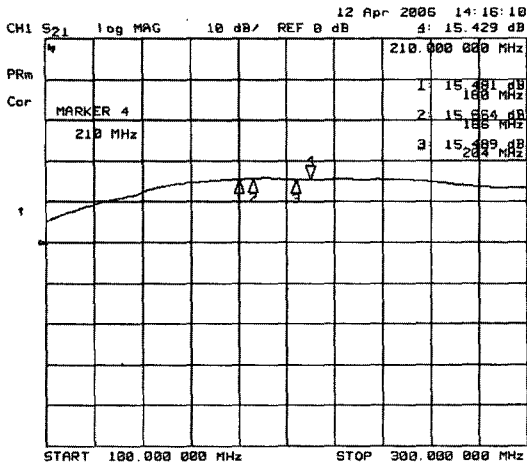


그림 16. 이득
Fig. 16. Gain.

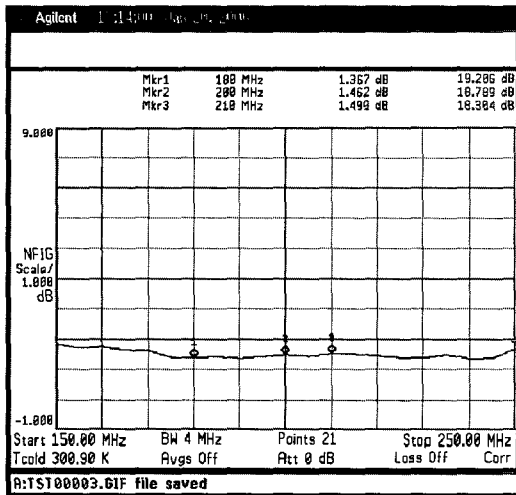


그림 17. 잡음 지수
Fig. 17. Noise figure.

며, 그림 11의 기본적인 T-DMB 안테나의 입력단에 그림 13의 LNA를 추가하여 구현하였다. LNA와 안테나가 동일 평면상에 존재하므로 발생하는 임피던스 부정합은 안테나의 후단에 정합 회로를 삽입함으로써 임피던스의 변화를 최대한 줄였다. 일반적으로 T-DMB 서비스는 단 방향 서비스이기 때문에 단방향성 특성이 강한 증폭기가 추가되어도 서비스 활용에 큰 영향을 주지 않으며, 오히려 안테나의 수신 전력 레벨을 상승시켜 주고, 넓은 대역에 대한 임피던스 정합이 가능하다.

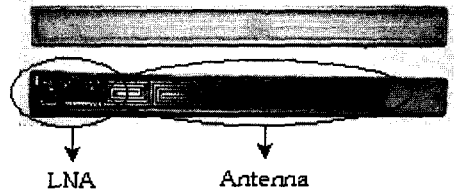


그림 18. 능동형 T-DMB 안테나
Fig. 18. Active T-DMB antenna.

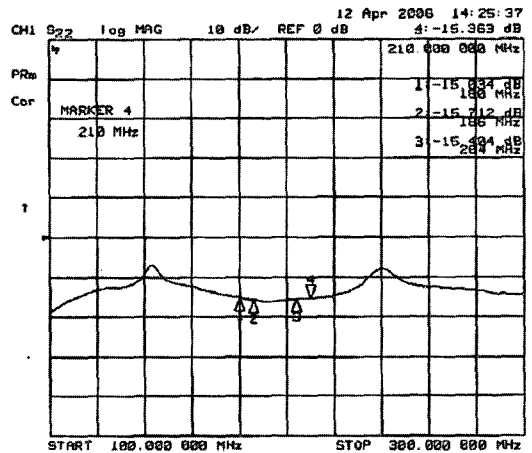


그림 19. 능동형 안테나의 반사 손실
Fig. 19. Return loss of active antenna.

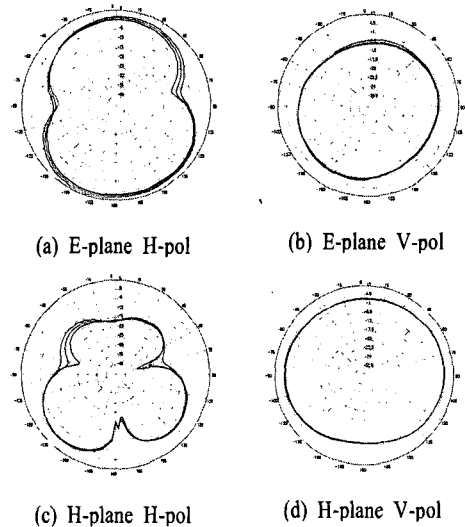


그림 20. CH.8(180~186 MHz에서의 복사 패턴
Fig. 20. Radiation pattern for CH. 8.

구현된 능동 안테나는 안테나 부 70 mm와 LNA

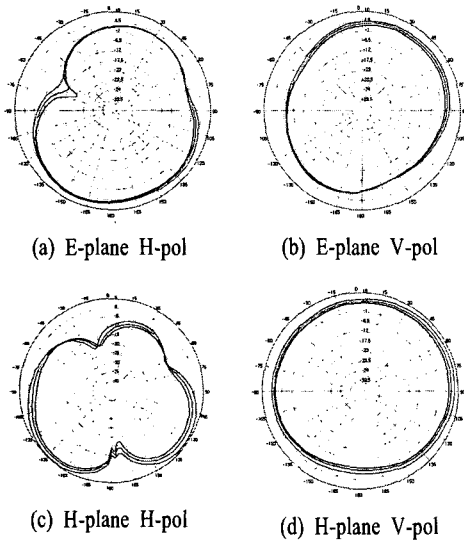


그림 21. CH.12(204~210 MHz)에서의 복사 패턴
Fig. 21. Radiation pattern for CH. 12.

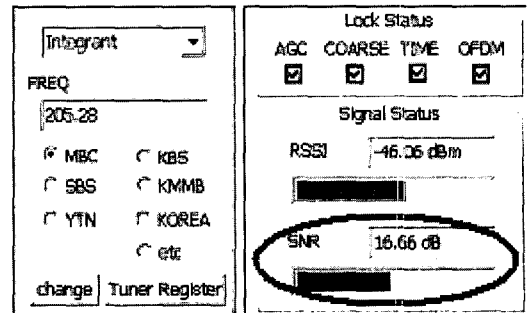
부 10 mm의 길이를 갖고 있으며 전체 길이는 80 mm 이다. 이 때 그림 19에 나타난 바와 같이 주파수 대역 180~210 MHz 전체에 걸쳐 입력 임피던스는 -15 dB 이하이고 SWR 1.5:1 이하의 특성을 갖는다.

그림 20과 그림 21에서는 제작된 능동 안테나의 복사 패턴 특성을 나타내었다. 그림 20(a)와 그림 21(a)에서의 8형 복사 패턴과 그림 20(d)와 그림 21(d)의 무지향성 복사 패턴으로부터 구현된 능동 안테나는 비록 $\lambda/20$ 이하의 소형 안테나일지라도 비교적 다이폴 안테나와 유사한 복사 패턴 특성을 가짐을 확인할 수 있다. 또한 각 그림의 (b)와 (c)에서 보여주는 직교 편파 하에서의 이득이 동일 편파 특성과 큰 차가 발생하지 않기 때문에 수많은 다중 경로가 발생하는 이동 통신 환경에 매우 유리함을 알 수 있다.

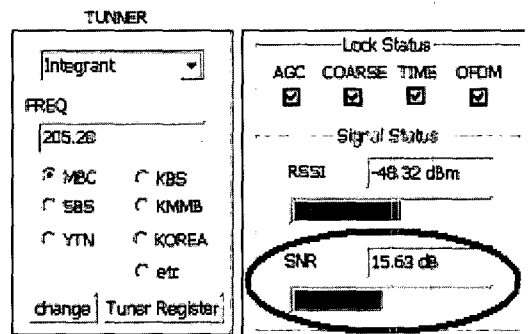
제작된 능동형 안테나를 300 mm 로드 안테나와 T-DMB 측정 프로그램에서 비교 테스트한 결과 205.28 MHz 대역에서 방송되는 MBC 채널에서 신호대 잡음비의 값이 약 1 dB 개선된 것을 알 수 있었으며, 이러한 결과는 그림 22에서 보여주고 있다.

전체 T-DMB 채널에 대한 비교 결과를 표 2에 나타내었다.

IV. 결 론



(a) 능동 안테나 S/N 비
(a) Active antenna S/N ratio



(b) 300 mm load 안테나 S/N 비
(b) 300 mm load antenna S/N ratio

그림 22. 신호대 잡음비 비교 결과
Fig. 22. Comparison result of S/N rate.

표 2. DMB 채널 비교 결과
Table 2. Comparison result of DMB channel.

채널	SNR	
	300 mm Load(dB)	Active (dB)
KOREA(184.736 MHz)	15.44	15.44
YTN(183.008 MHz)	14.12	14.22
KMMB(181.28 MHz)	12.35	16.23
SBS(208.736 MHz)	16.03	16.23
KBS(207.008 MHz)	17.58	18.07
MBC(205.28 MHz)	15.63	16.66

본 논문에서는 기생 소자를 이용한 소형화된 안테나와 LNA를 결합하여 휴대 단말기에 적용이 가능한 T-DMB 능동형 안테나를 설계 및 제작하였다. 능동형 안테나를 제작하기 위하여 안테나부와 LNA부를 분리하여 시뮬레이션한 후 각각 제작하여 측정하였다.

이렇게 제작된 능동형 안테나의 크기는 80×6×0.4

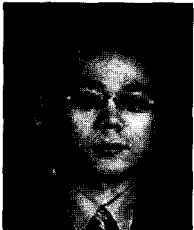
mm로서 기생 소자 및 단락 스테르브가 없는 단순 안테나에 비해 38.8 %의 안테나 크기 축소 효과를 가졌으며, 이때의 안테나 반사 손실은 180~210 MHz 대역에서 약 -15 dB로 측정되었으며, 전자파 무반사실에서의 이득 측정 결과 전 대역에서 약 4.5 dBi의 결과를 얻을 수 있었다. 제작된 능동 안테나를 DMB 수신 모듈에 연결하여 S/N 비를 측정한 결과 300 mm의 로드 안테나와 동등 이상의 성능을 나타내었으며, 본 논문에서 제작된 능동형 안테나는 T-DMB 휴대 단말기 및 노트북에 적용 가능하며, 이러한 소형화 기법을 이용하여 향후 더욱 소형화에 힘써야 하며, 단말기가 요구하는 광대역, 다중 대역에서도 사용이 가능한 안테나에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Kamal Sarabandi, "Design of an efficient miniaturized UHF planar antenna", *IEEE Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 6, pp. 1270-1276, Jun. 2003.

[2] Steven R. Best, "A comparison of the resonant properties of small space-filling fractal antennas", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 2, pp. 197-200, 2002.
 [3] Steven R. Best, "On the resonant properties of the koch fractal and other wire monopole antennas", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 1, pp. 74-76, 2002.
 [4] R. Breden, R. J. Langley, "Printed fractal antennas", *IEEE National Conference on Antennas and Propagation*, pp. 1-4, Aug. 1999.
 [5] S. D. Eason, R. Libonati, "UHF fractal antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 3, Jul. 2001.
 [6] Jeongpyo Kim, Seunghwan Kim, and Jaehoon Choi, "Design of a compact and wideband printed monopole antenna", *IEICE Transaction on Communication*, vol. E87-B, no. 12, pp. 3820-3823, Dec. 2004.

박 창 현



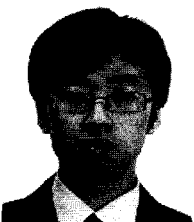
2002년 2월: 국립목포해양대학교 전자통신공학부 (공학사)
 2004년 2월: 국립목포해양대학교 전자통신공학부 (공학석사)
 2005년 12월~현재: (주) EMW Antenna 선임연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및 시스템, RFID 시스템, MMIC

김 정 표



2000년 2월: 제주대학교 통신공학과 (공학사)
 2002년 2월: 한양대학교 전자통신전파공학과 (공학석사)
 2002년 3월~현재: 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
 2004년 2월~현재: (주) EMW Antenna 선임연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및 시스템, 전자파 수치해석, 안테나 설계

신 동 료



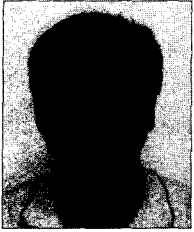
2004년 2월: 경북대학교 전자전기공학부 (공학사)
 2006년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2006년 1월~현재: (주) EMW Antenna 연구원
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및 시스템, RFID 시스템

김 기 호



2000년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 2월: 단국대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2000년 1월~2004년 10월: 주식회사 하이게인 안테나
 2004년 11월~현재: (주)EMW Antenna 책임연구원
 [주 관심분야] 소형안테나

양 묘 근



1995년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 2월~현재: (주)EMW Antenna 수석연구원
[주 관심분야] 소형안테나

성 원 모



1995년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
1998년 6월~현재: (주)EMW Antenna 연구소장

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석