

논문 2008-45IE-4-9

위성 DMB용 능동형 패치안테나의 설계 및 제작

(Design and Fabrication of Active Type Patch Antenna for S-DMB)

윤 리 호*, 김 병 문*

(Li-Ho Yun and Byung-Mun Kim)

요 약

본 논문은 S-DMB 수신을 위한 2단 저잡음 증폭기를 결합한 능동형 원편파 패치안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 능동형 안테나의 크기는 $40 \times 40 \times 15$ [mm]로서 유전상수가 2.2인 테플론 기판으로 제작하였다. 측정된 안테나의 입력 반사손실과 3 dB 축비의 대역폭은 각각 22 MHz와 25 MHz로 양호한 특성을 나타내었다. 제작된 2단 LNA의 특성을 측정된 결과 입력 반사손실, 출력 반사손실, 이득과 잡음지수는 각각 $S_{11} = -14$ [dB], $S_{22} = -18$ [dB], $S_{21} = 26.8$ [dB], $NF = 1.14$ [dB]의 우수한 값을 보였다. 중심주파수 $f = 2.642$ [GHz]에서 제작된 능동형 안테나의 총 이득은 30.4 [dB]인 양호한 값을 갖는다.

Abstract

In this paper, circularly polarized patch antenna with 2-stage LNA for the reception of S-DMB is presented. It used teflon dielectric substrate of $\epsilon_r = 2.2$ and the size is $40 \times 40 \times 15$ [mm]. Experimental results of fabricated antenna show that bandwidths of input return loss and axial ratio are about 22 [MHz] and 25 [MHz]. Input return loss, output return loss, gain, and noise figure of the fabricated 2-stage LNA are $S_{11} = -14$ [dB], $S_{22} = -18$ [dB], $S_{21} = 26.8$ [dB], and $NF = 1.14$ [dB] respectively. The fabricated active type antenna has total gain of 30.4 [dB] at 2.642 [GHz].

Keywords: Active type antenna, S-DMB, Circular Polarization, 2-stage LNA

I. 서 론

위성 디지털 멀티미디어 방송(S-DMB)은 위성을 통하여 지상의 고정 수신뿐만 아니라 이동 중에도 차량 단말기나 휴대 단말기 등의 이동통신용 단말기에 다양한 멀티미디어 정보를 전송할 수 있다.

위성은 정지위성으로 남남동 방향의 45° 상공에 위치하고 있어 위성이 직접 보이는 지역은 전국 어디서나 수신이 가능하며 도심 및 지하 등 전파 음영지역은 별도의 갭필러(gap filler)를 이용한 중계방식으로 수신 가능하다. S-DMB 주파수 대역은 2.635~2.655 [GHz]의 20 [MHz] 주파수를 사용하며 이와같은 위성 신호를 직접 수신하려면 우선 원편파 특성을 갖는 평면형 안테나

가 요구된다.

일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 급전 구조의 형태, 패치의 형태, 단층 또는 다층 구조, 편파의 종류에 따라서 다양하게 해석할 수 있으며 대표적인 경우는 모멘트 법^[1], 다단자망 해석^[2], 모드전개 법^[1,3], Rayleigh-Ritz 방법^[4] 등이 있으며 구조가 복잡한 경우에는 HFSS 등의 소프트웨어를 이용하여 근사적으로 해석할 수도 있다^[5].

저잡음 증폭기는 수신기의 첫 단의 잡음 특성이 전체 시스템에 큰 영향을 미치므로 가능하면 잡음이 적은 증폭기 특성을 가져야 한다^[6].

본 논문에서는 S-DMB 대역에서 사용할 수 있는 2단 LNA가 결합된 능동형 원편파 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 무한 접지면의 단일급전 원편파 안테나 구조를 구하고 이로부터 유한한 접지면을 갖는 안테나 구조를 설계 및 제작하였다. 또 2단 LNA는 최

* 정희원, 경북도립대학 IT특약계열
(Div. of IT Cooperative Systems, Gyeongbuk
Provincial College)

접수일자: 2008년8월29일, 수정완료일: 2008년12월1일

적화 과정을 통하여 파라미터 추출에 의한 소자의 모델링 방법으로 마이크로스트립 선로를 이용하여 설계하고 최종적으로 안테나의 접지면 쪽에 2단 LNA를 위치시키고 결합함으로써 능동형 S-DMB 수신 안테나를 구현하였다.

II. 능동형 원편파 안테나의 설계

1. 모서리가 잘린 단일급전 패치 안테나

원편파를 발생하는 여러 가지 패치안테나 중에서 유한 접지면 위에 위치한 모서리가 잘린 단일급전 패치 안테나와 접지면 쪽에 2단 LNA가 결합된 능동형 안테나를 그림 1에 도시하였다. 2단 LNA는 패치안테나의 접지면에 위치하도록 하여 전체 안테나의 크기를 전체 크기를 줄였다.

무한 접지면 위에 패치가 위치할 때의 경우와 접지된 유전체 판의 크기가 유한한 경우를 비교하면 안테나의 특성이 상대적으로 변형된다는 사실은 이미 많은 연구가들에 의해서 알려졌다^[1~4]. 따라서 먼저 무한 접지면의 경우를 해석하고 안테나 구조의 기본 치수를 구하여 이로부터 패치 안테나의 크기 W 와 급전 점의 위치 x_0 를 가변함으로써 우선 원 편파를 발생하는 주파수를 구하는 과정을 거친다.

무한한 접지면을 갖는 구조에서 원편파 특성을 갖기 위해서는 두 개의 모드가 필요한데 단일급전이므로 하나의 모드만 급전 점에서 여기하고 다른 모드는 perturbation 모드로 여기되도록 적절히 제어하면 2개의 모드가 급전되는 효과를 주고 이 두 개의 모드가 quadrature phase가 되도록 모서리가 잘린 부분(ΔW)의 양을 적절히 선택하면 양호한 원편파 특성을 가지게 된다^[4].

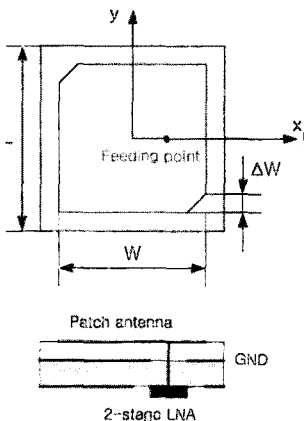


그림 1. 2단 LNA가 결합된 패치 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of patch antenna with 2-stage LNA.

이 안테나 구조를 Rayleigh-Ritz 방법을 이용하여 해석하고 이로부터 주파수에 따른 반사손실을 구하여 그림 2에 나타내었다. 이때 사용한 기판은 테플론 기판으로 두께는 $t=0.787$ [mm]이고, 상대유전율은 $\epsilon_r=2.2$ 와 3.5를 사용하였다. 수치해석 결과로부터 패치의 크기 W , 급전 점의 위치 x_0 , perturbation 크기 ΔW , 예상 원 편파 주파수 f_{cp} 등을 구하였다. 상대유전율이 $\epsilon_r=2.2$ 일 때 $W=37$ [mm], $x_0=6.0$ [mm], $\Delta W=3.2$ [mm], $f_{cp}=2.626$ [GHz]이며 이는 안테나 특성이 매우 우수하다 하겠다.

무한 접지면을 갖는 안테나 구조의 결과로부터 유한한 접지를 갖는 안테나의 특성을 구하고자 한다. 이때 접지

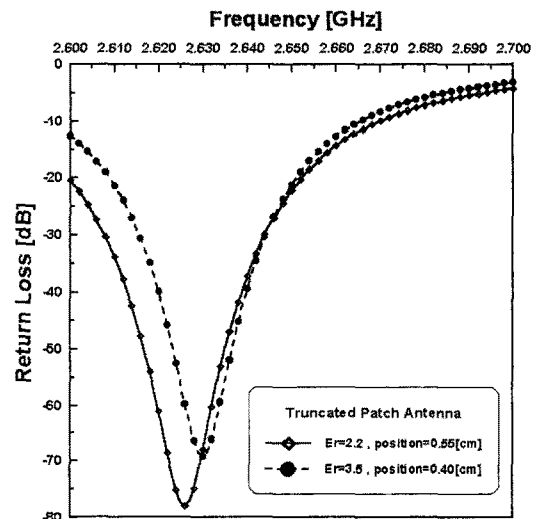


그림 2. 무한 접지면 위에 위치한 안테나의 반사손실
Fig. 2. Return loss of antenna on the infinite ground plane.

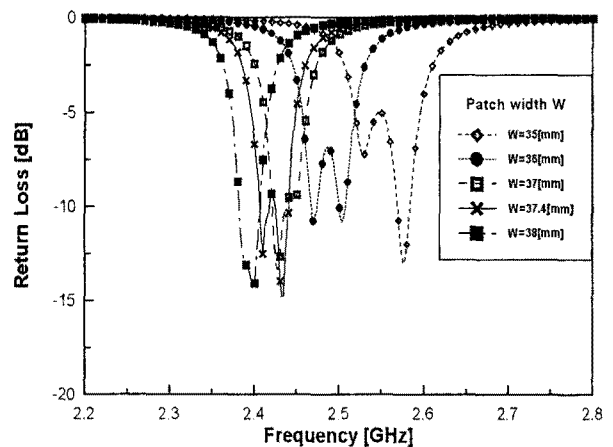


그림 3. 패치 폭의 변화에 따른 반사손실
($\Delta W=3$ [mm], $x_0=5.5$ [mm])
Fig. 3. Return loss for various patch width.
($\Delta W=3$ [mm], $x_0=5.5$ [mm])

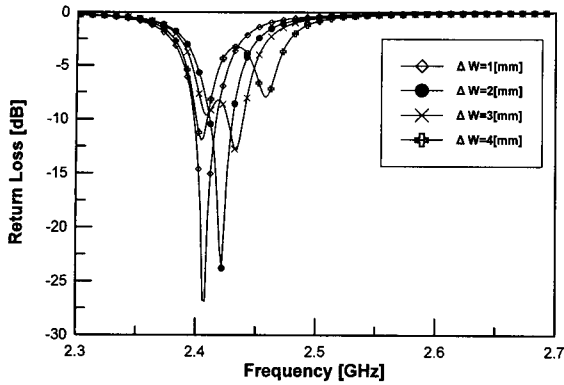


그림 4. 모서리가 잘린 크기의 변화에 따른 반사손실 ($W=37.4[mm]$, $x_o=5.5[mm]$)

Fig. 4. Return loss for various truncation. ($W=37.4[mm]$, $x_o=5.5[mm]$)

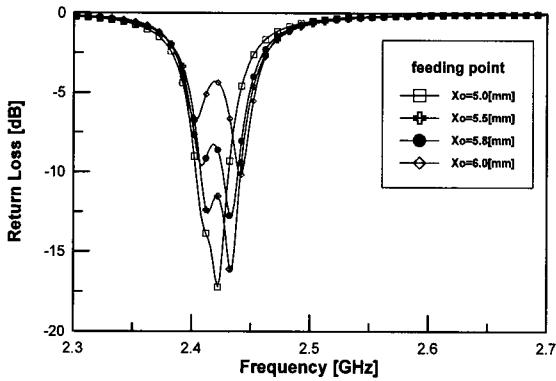


그림 5. 급전 점의 변화에 따른 반사손실 ($W=37.4[mm]$, $\Delta W=3[mm]$)

Fig. 5. Return loss for various feeding point. ($W=37.4[mm]$, $\Delta W=3[mm]$)

된 유전체 판의 크기는 $40 \times 40 [mm]$ 로 고정하였다.

그림 3에 $\Delta W=3[mm]$, $x_o=5.5[mm]$ 일 때 패치 안테나의 크기 W 의 변화에 따른 반사손실을 나타내었다. 이때 두 곳에서 반사손실의 값이 큰 것을 관찰할 수 있는데 원편파를 발생하기 위한 두 개의 모드가 존재하기 때문이다. 따라서 두 곳이 적절히 겹쳐져야 하고 공진 주파수의 조정이 가능하므로 수치해석 결과에 따라 패치 안테나의 크기를 $W=37.4[mm]$ 로 선택하였다.

모서리가 잘린 크기 ΔW 의 변화에 따른 반사손실과 급전 점의 위치에 따른 반사손실을 각각 그림 4와 5에 나타내었다. 그림 4에서 모서리가 잘린 크기와 패치 안테나의 면적의 비는 발생하는 원편파 주파수와 관계가 있으므로 여기에서 수치해석 결과를 참고하여 $\Delta W=3[mm]$ 로 선택했다^[4]. 그림 5에서 보듯이 급전 점의 위치에 따라서 안테나의 입력 반사손실 값이 급격하게 변화하므로 두 개의 모드를 가지고 적절한 입력 반사손실 값을 갖도록 $x_o=5.5 [mm]$ 를 선택했다.

2. 2단 저잡음 증폭기의 설계

S-DMB 대역에서 안테나의 소형화에 따른 안테나 복사효율의 감소, 주파수 대역의 협소화 등을 극복하기 위해서 안테나와 우수한 임피던스 정합특성을 결합하고 이득, 양호한 잡음지수를 갖는 2단 LNA가 요구된다. 또한 구현되는 LNA는 안테나와 직접 결합하는 형태이므로 시스템에 연결된 동축케이블을 통하여 시스템으로부터 DC 바이어스 신호를 공급받게 된다. 따라서 LNA 설계시 S-DMB 대역 신호와 DC 신호를 분리하여야 한다.

2단 저잡음 증폭기를 구현하기 위하여 사용한 고주파용 Tr은 Infineon 사의 BFP620이다. 제조회사에서 제공하는 파라미터들과 ADS 2004A 프로그램을 이용하여 적절한 대역폭과 고 이득 그리고 저잡음 특성을 갖도록 설계한 회로도를 작성하여 그림 6에 도시하였다.

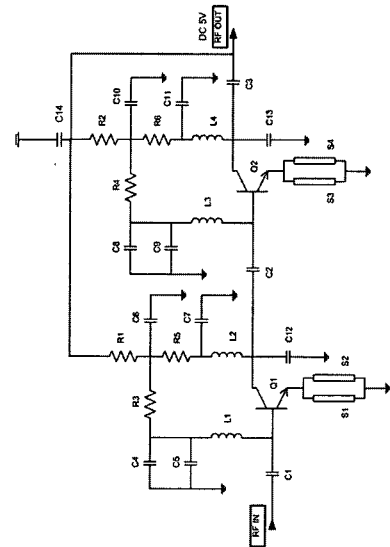


그림 6. 2단 LNA의 회로도

Fig. 6. Schematic diagram of 2-stage LNA.

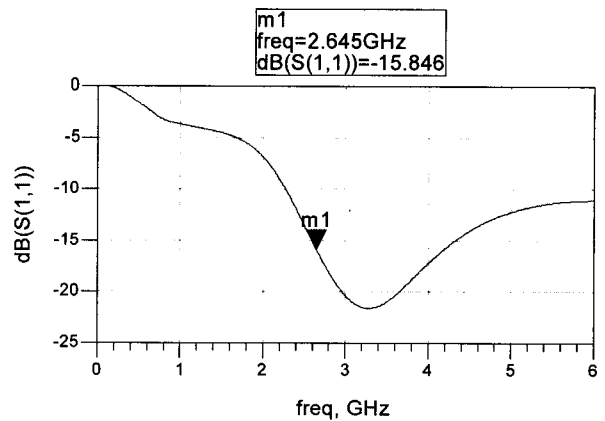


그림 7. 입력반사손실 S_{11}

Fig. 7. Input return loss S_{11} .

그림 7~10은 그림 6의 회로도에 의해 설계된 2단 LNA의 입력 반사손실 S_{11} , 출력 반사손실 S_{22} , 이득 S_{21} 그리고 잡음지수(NF)의 시뮬레이션 결과들이다. 그림에서 중심 주파수가 $f=2.645$ [GHz]일 때 입력 반사손실은 $S_{11}=-15.8$ [dB], 출력 반사손실 $S_{22}=-16.8$ [dB]이고, 이

득은 $S_{21}=28.8$ [dB], 잡음지수는 $NF=0.838$ [dB]의 우수한 결과들을 보여주고 있다. 따라서 S-DMB 대역에서 매우 양호한 주파수 특성을 나타내고 있으며 우선 원편파 마이크로스트립 패치 안테나와의 임피던스 정합도 우수하다고 판단된다.

III. 능동형 원편파 안테나의 제작 및 실험

그림 11은 제작된 S-DMB 수신용 단일급전 패치 안테나이다. 구현된 안테나는 길이 W 가 37.4[mm], 잘린 모서리의 폭 ΔW 는 3[mm], 급전점의 위치 x_0 가 5.5[mm]이다. 안테나는 치수가 40×40[mm]이고 두께 t 가 0.787[mm]인 테플론 기판 위에 제작하였다.

그림 12는 제작된 원편파 패치 안테나의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과와 실험결과를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과의 원편파 발생 주파수가 제작한 안테나의 공진주파수보다 낮는데 이는 가장자리 필드(fringing field) 효과가 원인이므로 각 결과들의 오차의 폭을 고려하여 제작하였다. 중심주파수 f_{cp} 의 시뮬레이션 결과와 측정결과는 각각 2.49와 2.642 [GHz]였다. 그림에서 S-DMB 대역의 전반에 걸쳐 양호한 입력 반사손실 값

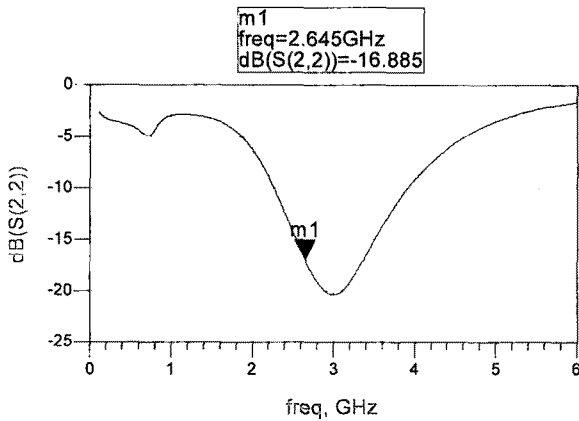


그림 8. 출력반사손실 S_{22}
Fig. 8. Output return loss S_{22} .

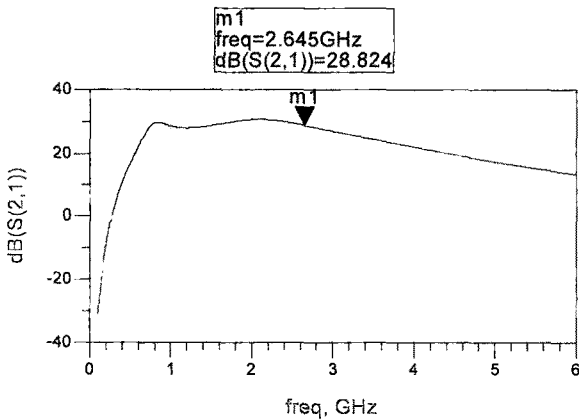


그림 9. 이득 S_{21}
Fig. 9. Gain S_{21} .

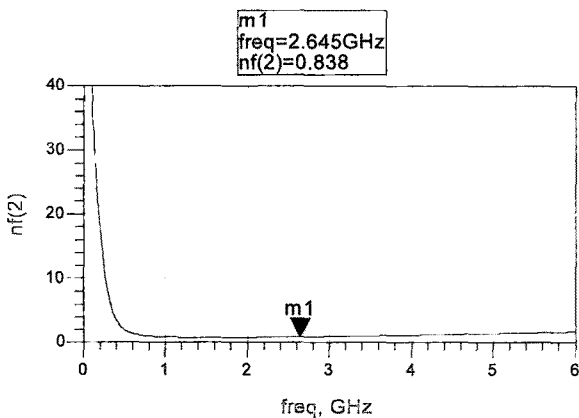


그림 10. 잡음지수
Fig. 10. Noise Figure.

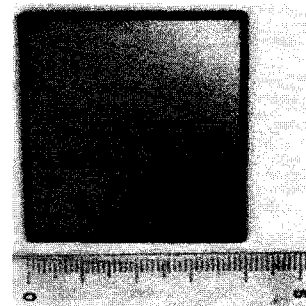


그림 11. 제작된 안테나
Fig. 11. Fabricated Antenna.

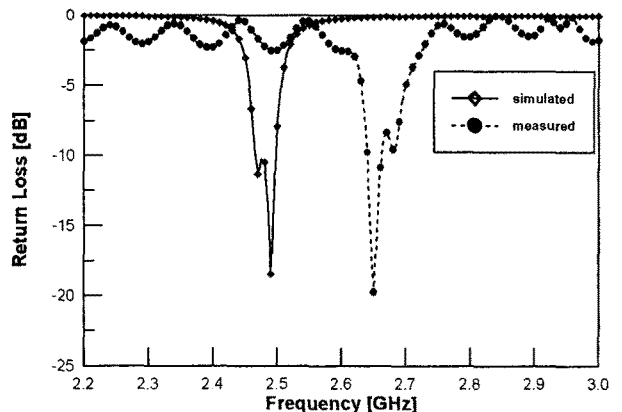


그림 12. 제작된 안테나의 반사손실
Fig. 12. Return loss of fabricated patch antenna.

표 1. 주파수에 따른 축비
Table 1. Axial ratio vs frequency.

주파수 f [GHz]	AR [dB]
2.630	1.28
2.635	0.81
2.640	0.26
2.645	0.93
2.650	2.34
2.655	2.62

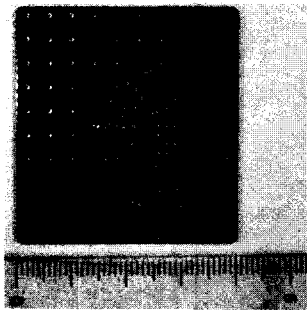


그림 13. 제작된 2단 LNA
Fig. 13. Fabricated 2-stage LNA.

을 보여주고 있다. 또한 2.635~2.655 [GHz] 대역에서 3 [dB] 이하의 축비를 관찰할 수 있었고(약 25 MHz) 따라서 S-DMB 수신용 안테나로서 유용하게 사용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 주파수에 따른 축비의 결과를 표 1에 나타내었다.

안테나의 성능보완을 위하여 제작된 2단 LNA는 그림 12에 나타내었다. 제작된 LNA는 공급되는 DC 바이어스 전압이 5 [V]일 때 S_{11} , S_{22} , 이득 S_{21} , 잡음지수 등을 측정하여 그림 14, 15, 16에 도시하였다.

그림 14는 S-DMB 대역에서 입력 반사손실이 -15 [dB] 이상으로 제작된 LNA가 마이크로스트립 패치 안테나와 양호하게 임피던스 정합이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

그림 15의 결과로부터 출력 반사손실이 -18 [dB] 이상으로 시스템과 LNA의 결합이 매우 양호하다는 것을 확인할 수 있었다.

그림 16에서 2.627~2.657 [GHz]에서 잡음지수 NF는 약 1.14 [dB]이고, 이득은 약 23.7 [dB]가 측정되어(실제로는 케이블 손실과 bias-tee 손실을 포함하면 26.881 [dB]) 단일급전 원편파 패치 안테나와 결합하는 LNA로서 매우 유용함을 확인할 수 있었다.

그림 14에 도시된 측정결과들과 기타 유용한 특성들을 정리하여 표 2에 나타내었다. 표 2의 관찰 결과들로

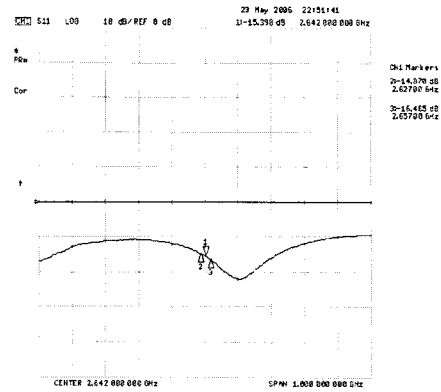


그림 14. 입력 반사손실 S_{11} (측정값)
Fig. 14. Input return loss S_{11} (measured).

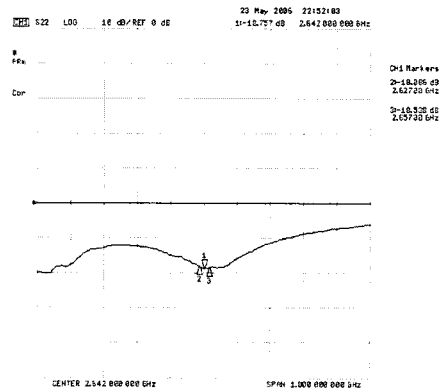


그림 15. 출력 반사손실 S_{22} (측정값)
Fig. 15. Output return loss S_{22} (measured).

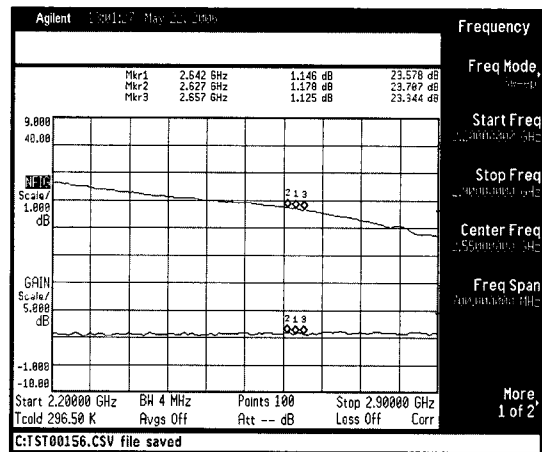


그림 16. 이득 및 잡음지수(측정값)
Fig. 16. Gain and Noise Figure(measured).

부터 S-DMB 대역에서 성능이 우수한 2단 LNA를 제작하였음을 확인하였다.

최종적으로 그림 11과 같은 모서리가 잘린 단일급전 패치 안테나와 그림 13과 같은 2단 LNA가 결합하여 S-DMB 수신용 능동형 패치 안테나 구조가 구현되는데 여기에서 패치 안테나의 이득 3.6 [dB]와 2단 LNA의 총 이득이 더해지면 능동형 안테나 구조의 총 이득

표 2. 2단 LNA 시뮬레이션 결과
Table 2. Simulation results of 2-stage LNA.

Parameter	Symbol	Value
DC Bias Condition	V	5 V
Operating Frequency	f_o [GHz]	2.627~2.657
Gain	dB[S ₂₁]	26.881
Noise Figure	NF	1.146
Input 3rd order intercept point	IIP3[dBm]	-1.42
Output 3rd order intercept point	OIP3[dBm]	+26.18
Input 1dB Compression	IP1[dB]	-13.7
Input Return Loss	dB[S ₁₁]	-15.398
Output Return Loss	dB[S ₂₂]	-18.757
Reverse Isolation	dB[S ₁₂]	-37.569

은 약 30.5 [dB]로 S-DMB 대역에서 위성신호를 원활하게 수신할 수 있으므로(기존의 구조들은 약 25-27 [dB]) 원하는 이득 특성을 충분히 만족함을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 S-DMB 방송을 수신하기 위해서 모서리가 잘린 단일급전 원편파 안테나와 결합된 2단 LNA를 설계 및 제작하였다. 능동형 안테나를 제작하기 위해서는 안테나 부분과 LNA 부분을 나누어 시뮬레이션 한 후 각각 제작하여 측정하고 상호 결합하였다. 단일급전 원편파 패치 안테나는 S-DMB 대역에서 양호한 반사손실 값과 축비를 관찰하였다. 또한 2단 LNA의 입출력 반사손실과 이득, 잡음지수 특성이 우수하여 단일급전 패치 안테나와 결합하는 LNA로서 매우 유용함을 확인하였다.

향후 다중대역용 단말기에 직접 결합될 경우에 대한 연구가 지속적으로 필요하다.

참 고 문 헌

[1] G. Ramesh, B. Prakash, B. Inde, and I. Apisack, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Inc. 2001.
 [2] Y. Suzuki, T. Chiba, "Computer Analysis method for arbitrarily shaped microstrip antenna with multiterminals," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-32, no. 6, pp. 585-590, June 1984.
 [3] 조영기, 이창원, 이종익, 윤리호, 채규수, 홍표, "구형 마이크로스트립 안테나구조의 상호결합에 대한 개선된 해석방법과 제안된 해석방법의 광대역 기술에의 응용," *전자공학회논문지*, 32-A(1) :

61-69(1995).

[4] 이운만, 서호수, 윤리호, 홍재표, 조영기, "Rayleigh-itz 방법을 이용한 원형편파용 패치 안테나의 기저함수의 수렴에 대한 고찰," *춘계 마이크로파 및 전파전파연구회 학술발표회 논문집*, 16(1) : 126-128(1993).
 [5] H. Tamaoka, H. Hamada, and T. Ueno, A Multiband Antenna for Mobile Phones, *Furukawa Review*, No. 26, 2004.
 [6] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers", Prentice-Hall, 1997.

저 자 소 개



윤 리 호(정회원)

1989년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1992년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1998년 경북대학교 전자공학과 박사 졸업.

1998년~현재 경북도립대학 IT특약계열 부교수
 <주관심분야 : 안테나 해석 및 설계, 전자파 수치 해석, 전파전파>



김 병 문(정회원)

1986년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1988년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1996년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정 수료.

1990년~1997년 금성정밀 선임연구원
 1997년~현재 경북도립대학 IT특약계열 부교수
 <주관심분야 : 이동통신 및 전파전파, 소형안테나 해석>