

이동체 탑재용 DBS 수신 마이크로스트립 어레이 안테나 설계

김기호 · 맹영훈 · 이승호

(주)하이게인안테나

요 약

이동체 탑재형 안테나는 설치 장소의 특성상 소형화와 경량화가 필수적인 요소이다. 그러므로 이동체 탑재형 안테나의 경우 반사판형 안테나보다 마이크로스트립 어레이 안테나가 널리 쓰이고 있다. 본 고에서는 마이크로 스트립 슬롯 어레이 안테나를 설계 하였다. 만족스러운 고 이득을 얻을 수 있으며 동시에 패치 소자의 개수를 줄이기 위해 패치 단일 소자가 가급적 고 이득을 낼 수 있는 구조로 설계하였다. 본 고에서 설계한 슬롯 안테나는 기생 슬롯을 가진 H 자형 타입의 소자이다. 설계는 제작상의 오차를 고려하여, 운용 주파수 11.7~12.75 GHz에서 VSWR 1.8:1 이하를 목표로 하였다. 제작된 안테나의 측정결과는 11.7~12.75 GHz 대역에 걸쳐 VSWR < 1.8의 만족한 결과를 보이고, 단일 소자의 시뮬레이션 이득 결과는 10 dBi를 보였으며 4 × 4 어레이를 했을 경우 이득은 22 dBi의 값을 보였다. 제작되어진 안테나는 추후 급전 네트워크의 최적화를 통해 상호 간섭(Mutual Coupling)을 최소화하여 효율을 최대화 한다면 직접 위성 서비스를 수신하기 위한 초소형 안테나로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서 론

무궁화 위성은 통신 및 방송용 중계기를 모두 탑재하고 하나의 안테나로 송수신하는 통신/방송용

복합 위성으로 이루어져 있다. 무궁화 위성의 주요 기능은 DBS(Direct Broadcasting Satellite)를 이용한 직접 위성 방송 서비스 및 초소형 지구국(VSAT: Very Small Aperture Terminal)을 이용한 위성 기업 통신망 서비스, 비디오 중계를 이용한 위성 비디오 통신 서비스 등 많은 위성 서비스를 하고 있다. 무궁화 위성에 탑재된 중계기중 방송용 중계기로 3기가 할당되어 있으며, 이를 이용하여 향후 HDTV, 디지털 유선방송 등 종합 디지털 방송망이 구현될 것이다. 2000년 12월 한국 디지털 방송(KDB)이 위성 방송 사업자로 선정되었고 2002년 3월부터 방송을 개시하였다. 2002 한일 FIFA 월드컵을 계기로 이동중에도 이용할 수 있는 직접 위성 방송 서비스에 대한 관심이 매우 높아졌다. 이러한 위성 방송 서비스를 효율적으로 이용하기 위해서는 고 효율의 위성 방송 송수신 시스템이 필요하게 되었다. 특히 Ku-Band의 위성 신호는 대기중에 강우 감쇄 및 산란에 대비하여 원형 편파(Circular Polarization)를 사용하고 있으며, 방송 신호 또한 원형 편파를 사용한다. DBS 시스템은 각 가정 또는 이동체에서 직접 위성으로부터 방송신호를 수신하므로 크기가 작고 가격이 저렴하며 설치 및 이동이 용이한 고 효율 안테나를 필요로 한다.

이러한 특성을 충족시키며 현재까지 많이 사용되는 안테나로는 반사판형 안테나(Parabolic Antenna)와 마이크로스트립 패치 어레이(Microstrip Patch Array)를 이용한 평판 안테나가 있다. 반사판 안테나는 무게가 무겁고 설치가 어려운 반면에 패치 어

레이를 이용한 평면 안테나는 경량, 초소형, 박막형의 구조로서 Printed Circuit Board 제작 방법을 이용하여 대량 생산으로 생산 비용 절감 및 설치가 용이하다. 마이크로스트립 패치 어레이 안테나는 얇은 두께, 집적화 능력, 회로 소자들과의 결합 등의 장점으로 인하여 많은 분야에서 응용되고 있다. 특히, 이동체 탑재형 안테나의 경우 설치 조건의 특성상 소형, 경량화가 무엇보다도 필요하므로 패치 어레이 안테나가 많이 사용되어지고 있다. 본고에서는 가급적 고 이득을 낼 수 있는 단일 소자를 설계한 후 설계된 소자의 어레이를 통해 목표하고자 하는 안테나의 이득을 얻어낼 수 있었다.

II. 안테나 설계 및 해석

주파수 11.7~12.75 GHz에서 동작하는 슬롯 안테나를 설계 및 해석하였다. 설계 및 해석에 사용한 컴퓨터 툴은 CST Microwave Studio를 이용하였다. 한반도에 분포되는 위성 신호의 세기를 근거로 위성 시청이 가능한 안테나의 이득은 위성 방송을 시청하기 위해서는 위성 신호에 대한 신호 대 잡음비(SNR)가 최소 7 dB임을 감안할 때 위성 수신용 안테나의 최소 이득은 BS 신호를 기준으로 17 dBi 이

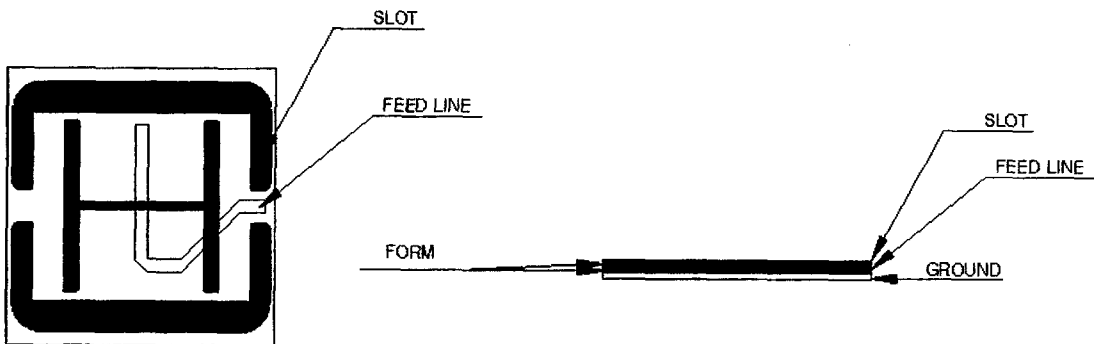
상의 이득을 필요로 한다. 또한 BS 신호는 원형 편파를 사용하므로 본 고에서 제안한 선형 편파로 수신 시 3 dB의 추가 손실이 발생하므로 안테나의 이득은 20 dBi 이상이 되어야 한다. 또한 CS의 경우 선형 편파이고 위성 신호의 세기가 약 5 dB 약하므로 22 dBi 이상이 되어야 한다. 따라서 안테나 한기로 BS/CS 공용으로 사용하기 위해서는 선형 편파를 사용하는 것이 좋으며 수신 이득이 위의 사항에 만족하여야 한다. 설계하고자 하는 안테나의 설계 사양을 <표 1>에 나타내었다.

2-1 단일 소자의 설계

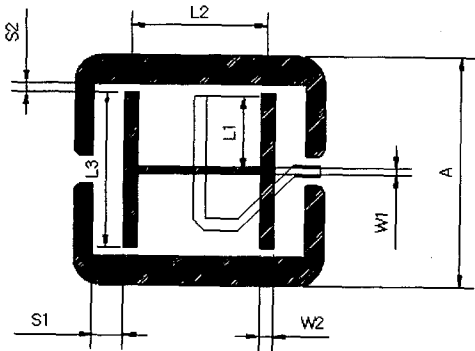
본 고에서는 안테나의 소형화를 위한 방안으로써 단일 소자의 이득을 높이는 방법을 고려하였다. 안테나 단일 소자의 이득을 높임으로 해서 배열 소자

<표 1> 안테나의 설계 사양

항 목	설계 목표 값
동작 주파수 [GHz]	11.7~12.75
VSWR	1.8:1 이하
이득 (BS/CS) [dBi]	20/22 이상
반치각 [Degree]	15 ± 2



[그림 1] 단일 소자의 구성도



[그림 2] 안테나의 주요 파라미터

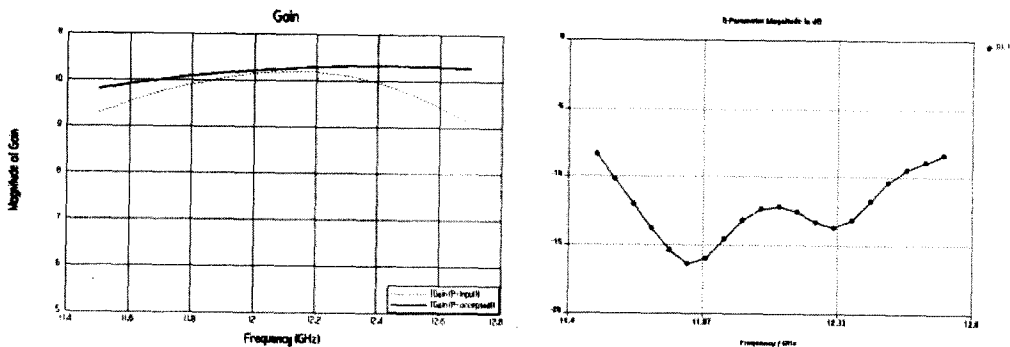
수를 감소시키며 그로 인한 안테나 소형화 효과를 기대할 수 있을 것이다. [그림 1]은 단일 소자의 구성도이다. [그림 1]과 같이 H형 슬롯에 U자형 기생 슬롯을 사용함으로써 안테나의 효율을 증가시킨 것이 본 안테나의 특징이라 할 수 있다. 한 소자의 최대 크기는 가장 효율적인 배열 간격을 유지시키기 위하여 최대 20 mm 이내로 제한하였다.

[그림 2]는 안테나의 주요 파라미터를 도시하였다. 그림에서 보이는 L1, L2, L3 등은 공진 주파수와 밀접한 관련을 가지고 있다. 이 파라미터들의 적절한 조합에 의해 공진 주파수가 결정된다. A 파라미터는 안테나의 이득에 큰 영향을 미치고, 나머지

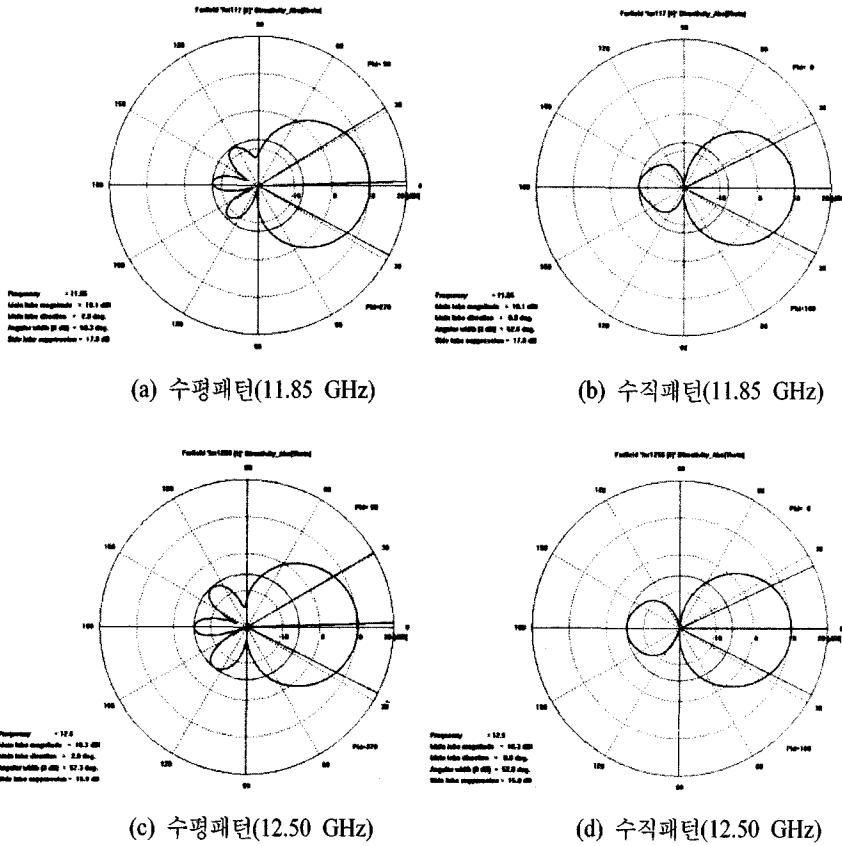
파라미터, 반사판과 급전선, 급전선과 슬롯의 간격에 의해 안테나의 대역폭 및 특성 임피던스 조정이 가능하다.

위와 같은 파라미터들을 고려하여 최종적으로 설계된 안테나는 크기가 약 20 mm×19 mm이고 안테나의 높이는 두께 0.5 mm의 반사판을 포함 약 1.5 mm로 설계되었다. 안테나의 정합은 라인 폭에 의한 임피던스 정합 방법으로 50 Ω에 정합시켰으며 유전체는 유전 손실을 최대한 줄이기 위하여 유전률 1.1을 가지는 FORM을 사용하였다. 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과를 [그림 3]에 보였다. 시뮬레이션 결과, 안테나의 이득이 단일 소자의 경우 약 10 dBi로 매우 높은 이득을 얻을 수 있었다. 또한 정재파는 양쪽 경계 주파수에서 약 2:1 정도로 목표 1.8:1 이하에 약간 못 미치는 것으로 나타났다.

[그림 4]는 설계된 단일 소자 안테나의 패턴 특성을 나타낸다. 주파수 11.85 GHz에서 패턴 특성을 보면 수평 빔 폭 59.3도, 이득 10.1 dBi, 그리고 지향 방향 2도의 특성을 가지는 것으로 나타났으며 수평 빔의 경우 빔 폭 52.5도, 이득 10.1 dBi, 그리고 지향 방향 0도의 특성을 가지는 것으로 나타났다. 시뮬레이션 결과를 보면 수평 방향에서 약간 틸트된 성향을 띄는데 이것은 비대칭적인 급전으로 인한 영향으로



[그림 3] 단일 소자의 시뮬레이션 결과



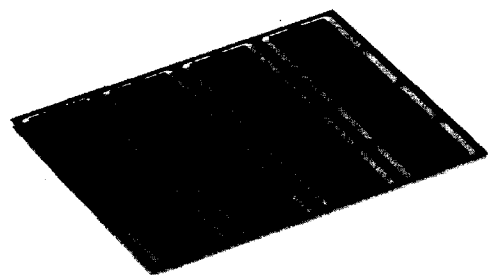
[그림 4] 안테나의 패턴 및 이득

보여진다. 주파수 12.50 GHz에서는 수평 빔 폭 57.3도, 수직 빔 폭 52도, 이득 10.3 dBi를 얻을 수 있었으며 수평 패턴의 경우 비대칭 급전 영향으로 약 2도 틸트된 특성을 가지는 것으로 나타났다.

2-2 4×4 배열 안테나의 설계

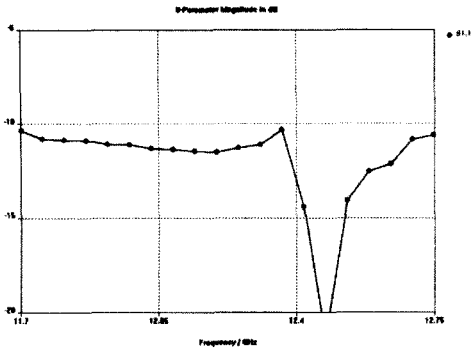
최종 설계된 슬롯 어레이 안테나의 크기는 폭이 85 mm, 너비가 85 mm 인 4×4 배열 형태를 가지며 최대 이득을 얻기 위하여 균일 전력 분포 어레이 방식을 사용하였다. [그림 5]는 설계된 안테나의 구성도이다.

단일 소자에서 목표로 한 값에 미흡했던 반사 손



[그림 5] 배열 안테나의 구성도

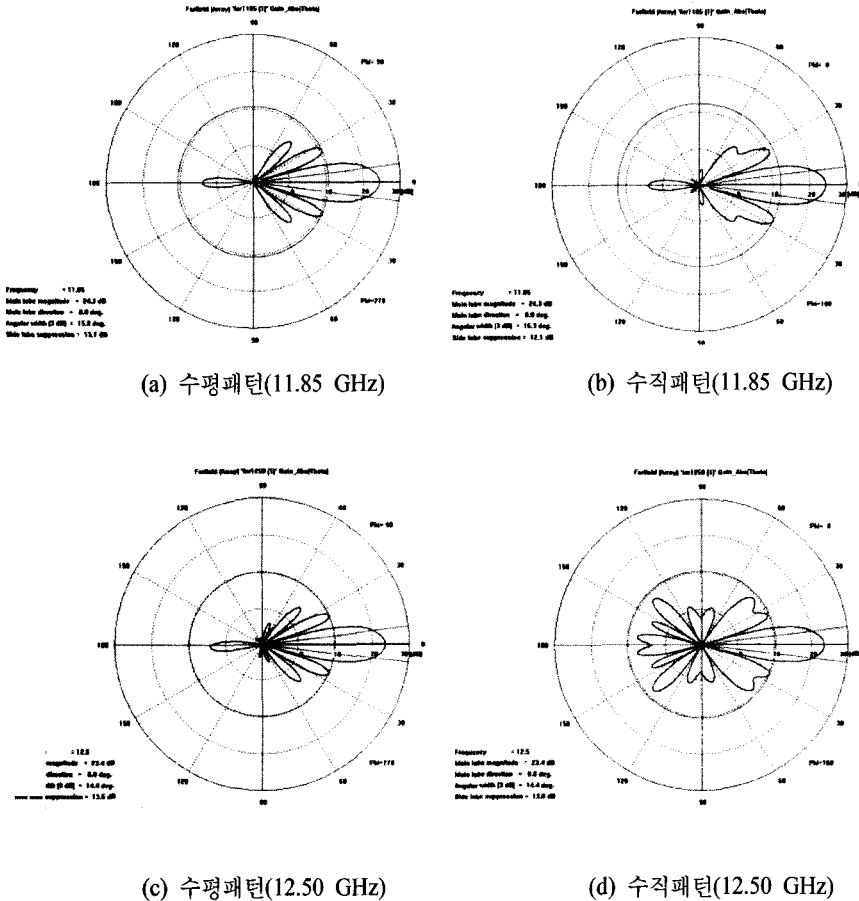
실을 보강하기 위하여 분배기 부분에 정합 부분을 설계하였으며 라인이 슬롯 부분에 미치는 영향을 최소화 하기 위한 최적 설계를 하였다. [그림 6]에 배열



[그림 6] 배열 안테나의 반사 손실

안테나의 반사 손실을 시뮬레이션한 결과를 도시하였다. 시뮬레이션 결과 주파수 전대역 (11.7~12.75 GHz)에 걸쳐 안테나의 VSWR이 1.8:1 이하(반사손실 -11.7 dB 이하)를 만족함을 보여주고 있다.

[그림 7]에서는 시뮬레이션된 안테나의 패턴 및 이득을 나타내었다. 시뮬레이션 결과 11.85 GHz와 12.50 GHz에서 모두 22 dBi 이상의 이득을 가지는 것으로 나타났다. 또한 빔 폭이 11.85 GHz에서 15.2°와 15.3°으로 나타나 설계 목표에 만족하는 것으로 나타났다.



(a) 수평패턴(11.85 GHz)

(b) 수직패턴(11.85 GHz)

(c) 수평패턴(12.50 GHz)

(d) 수직패턴(12.50 GHz)

[그림 7] 배열 안테나의 패턴 및 이득

Ⅲ. 실제 제작된 안테나

3-1 안테나 제작

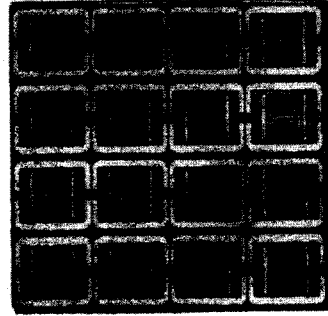
[그림 8]은 실제 제작된 안테나의 외형이다. 안테나의 급전부와 복사부는 유전률이 낮은 폴리이미드 계열의 매우 얇은 필름에 알루미늄박으로 제작하였으며 간격을 유지하기 위하여 유전률 1.1에 가까운 폼을 사용하였다.

급전은 안테나 중심부 하단에서 LNB(Low Noise Block Down Converter)에 의해 급전하였다.

3-2 안테나 측정 결과

[그림 9]는 실제 제작된 안테나의 반사 손실 측정치를 나타낸다. 측정 결과, 주파수 전대역(11.7~12.75 GHz)에 걸쳐 안테나의 VSWR이 1.8:1 이하(반사손실 -11.7dB 이하)를 만족함을 보여주고 있다.

[그림 10]에서는 제작된 안테나에 LNB를 연결한 후 무궁화 위성 수신 시험 결과를 나타내었다. 시험

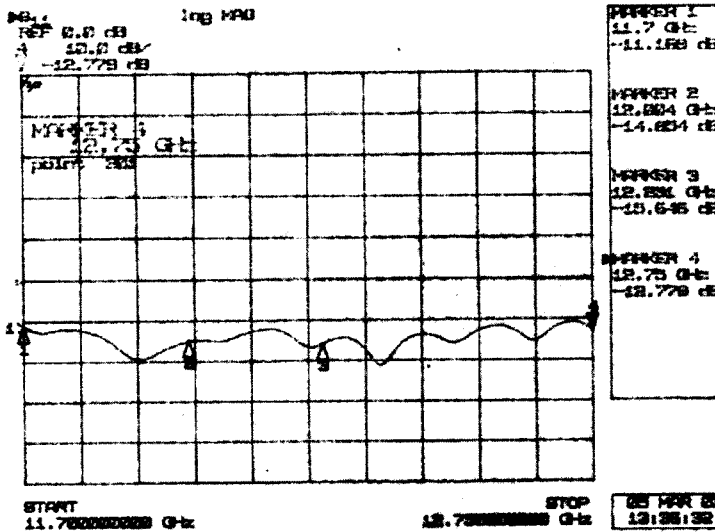


[그림 8] 제작된 안테나의 외관

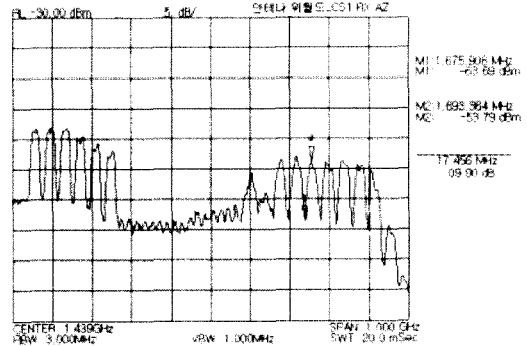
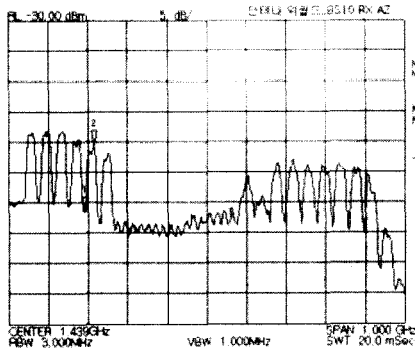
결과, BS 대역에서는 C/N이 10.5 dB 이상 CS 대역에서는 9.5 dB 이상으로 양호한 수신 상태를 가지는 것으로 나타났다.

Ⅳ. 결 론

본 고에서는 위성 수신용 배열 안테나를 소형화하기 위한 방법으로 안테나 단일 소자의 이득을 높



[그림 9] 배열 안테나의 반사손실 측정결과



[그림 10] 무공화 위성 수신 시험 결과

이는 방법을 사용하였다. 단일 소자의 이득을 높이는 방법으로 H형 슬롯에 U 자형 기생 슬롯을 사용하였다. 설계 결과 단일 소자의 경우 11.7~12.75 GHz 전 대역에서 약 10 dBi의 높은 이득을 가지고 10 dB 이하의 반사 손실을 가지는 것으로 나타났다. 이것은 일반적인 개구면 결합형 안테나의 경우 8 dBi의 이득을 가지는 것과 비교하면 매우 높은 이득을 가지는 것이다. 또한 슬롯과 기생 슬롯을 한 층에 구성함으로써 매우 낮은 높이로도 구현이 가능하였다. 단일 소자들을 4×4 어레이를 시킨 안테나를 실제 제작하여 측정된 결과 반사손실 -11.7 dB 이하를 가지고, 양호한 C/N을 얻을 수 있었다. 반면, 단점으로는 반사판과 급전선, 복사부 사이의 간격이 매우 예민하여 얇은 간격을 균일하게 유지해야 하므로 많은 배열을 시키고자 하는 경우에는 기구적인 문제점이 발생한다. 또한 급전 라인을 구성함에 있어서 매우 어려운 점이 있다.

참 고 문 헌

[1] I. J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, Inc., Washington, 1982.
 [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 2nd Ed., John

Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.

[3] C. A. Balanis, *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1989.
 [4] A. G. Derneryd, *Microstrip Array Antenna*, Proc. 6th European Microwave Conference, 1976.
 [5] E. H. Newman, P. Tulyathan, "Microstrip Analysis Technique", *Proc. Workshop on Printed Circuit Antennas*, Mew Mexico State Univ., pp. 9.1-9.8, Oct. 1979.
 [6] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 2nd, John Wiley & Sons., 1982.
 [7] Richard C. Hohanson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill., 1993.
 [8] Richard C. Johnson and Henry Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 1984.
 [9] Peter A. Rizzi, *Microwave Engineering passive circuits*, Prentice-Hall, 1988.
 [10] George L. Ragan, *Microwave Transmission Circuits*, McGraw-Hill, 1948.
 [11] Vincent F. Fusco, *MICROWAVE CIRCUITS Analysis and Computer-aided Design*, Prentice-Hall, 1987.

≡필자소개≡

김 기 호



2000년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
2002년 2월: 단국대학교 통신공학과 (공학석사)
2000년 1월~현재: (주)하이게인 안테나
[주 관심분야] 이동체 탑재형 안테나, 능동 안테나, 위상변위기

맹 영 훈



1992년 8월: 한양대학교 기계공학과 (공학사)
2003년 2월: 한양대학교 산업대학원 전자통신공학과 (공학석사)
1993년 3월~현재: (주)하이게인 안테나
[주 관심분야] VSAT 안테나, 이동체 탑재형 안테나, 능동 안테나

이 승 호



1993년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 5월: University of Southern California (공학석사)
2002년 5월: Georgia Institute of Technology (공학박사)
2002년 6월~현재: (주)하이게인 안테나
[주 관심분야] 마이크로 웨이브, 위성 통신용 안테나, 레이더 안테나