

IMT-2000 기지국용 이중 편파를 위한 광대역 단일 소자 안테나 설계 및 특성 개선

Characteristic Improvement & Design of Dual Polarization Wideband Single Element Antenna for IMT-2000 Base Station

장원호*, 박주성**, 태재훈**, 이윤현*

Won-Ho Jang*, Joo-Sung Park**, Jae-Hoon Tae**, and Yun-Hyun Lee*

요 약

본 논문에서는 편파 다이버시티 특성을 갖는 이중 편파(Dual-Polarization) 방식의 IMT-2000(1.885 GHz~2.17 GHz) 기지국용 안테나에 사용할 수 있도록 기존 Folded Dipole 안테나의 특성을 개선하였다. 제작된 안테나는 PCB 기판에 폴디드 다이폴 안테나 구조에 적층 형태를 갖는 마이크로 스트립 안테나로서 각 단자별 반사계수가 -20 dB 이하, 이중 편파 구조에서 중요한 규격인 단자간 분리도는 -20 dB를 가지며, 이득은 전 대역에서 약 7 dBi 이상의 특성을 보였다.

ABSTRACT

Design and characteristic improvement of existing folded dipole antenna is presented to adopt W-CDMA(1.885~2.170 GHz) wideband antenna radiators. The antenna structure has $+/- 45$ degrees dual polarization. In order to overcome the narrow bandwidth and low gain characteristic typical of the microstrip antenna, double layered structure was employed. The antenna achieved below -20 dB reflection coefficients each ports, -20 dB of port isolation, above 7 dBi of gain, providing evidence that the proposed design can be used in the W-CDMA service frequency band antenna.

I. 서 론

제3세대 이동 통신이라는 IMT-2000 서비스가 상용화를 준비중임에 따라 IMT-2000 서비스를 충족시킬 수 있고, 전기적 특성이 매우 양호한 안테나에 대한 관심이 증대되었고, 이에 대한 연구도 기업을 중심으로 매우 활발하다 할 수 있다.

본 논문에서는 향후 IMT-2000 서비스에 사용될 기지국 안테나에 사용할 수 있는 편파다이버시티 방

식[1],[2]을 이용한 이중 편파(Dual-Polarization) 안테나[3]에 사용될 수 있는 단일소자를 설계하고, 또한 광대역 특성 개선[4],[5]을 위해 최초 설계된 안테나 구조에서 변형된 구조를 제한함으로써 IMT-2000 서비스에 사용될 수 있는 특성이 매우 양호한 구조를 제안하고자 한다.

II. 폴디드 다이폴(Folded-Dipole) 안테나

널리 알려진 사실로서 폴디드 다이폴(Folded-Di-

* 한국항공대학교 전자, 정보통신, 컴퓨터공학부(The Schools of Electronics, Telecommunications, and Computer Eng., Hankuk Aviation Univ.)

** 에이스테크놀로지(ACE Technology Co., Ltd.)

· 논문번호 : 2002-11-09

· 접수일자 : 2002년 11월 23일

pole) 구조는 매우 실용적인 안테나로, 두 개의 평행 다이폴 양 끝을 서로 연결해 좁은 도선 루프를 형성한 것이다[6]. 폴디드 다이폴은 기본적으로 전류가 동일하지 않은 불평형 전송선로이다. 이 구조의 동작은 2가지 모드로 이루어져 있다고 분석할 수 있으며, 하나는 전송선로 모드이고, 다른 하나는 안테나 모드이다.

전송선로 모드에서의 전류는 원거리장에서 서로 상쇄간섭을 일으키는 전자기장을 만들어내며 이때 입력 임피던스 Z_i 는 다음과 같다.

$$Z_i = jZ_0 \tan \beta \frac{L}{2}$$

안테나 모드에서 각 수직부분의 전류로 만들어지는 전자기장들은 서로 유사한 방향을 가지므로 원거리장에서 보강간섭을 일으킨다. 이 모드에서 전하들은 일반적인 다이폴처럼 다이폴의 양 끝에서 반사되어 입력단으로 되돌아오는 게 아니라 양 끝에서 코너를 따라 진행하게 되는데, 이것은 공진 길이에 대한 입력전류의 2배를 만들게 된다. 그 결과 안테나 모드는 공진 길이 다이폴 전류의 반이 되는 입력 전류를 가지면 된다. 따라서 폴디드 다이폴 안테나에 흐르는 전체전류는 $I_t + (1/2)I_b$ 라 할 수 있으며, 이때 입력임피던스는

$$Z_A = \frac{V}{I_t + \frac{1}{2} I_a} = \frac{4 Z_t Z_d}{Z_t + 2 Z_d}$$

이다.

즉, 이는 반파장 폴디드 다이폴은 반파장 다이폴에 비해 4배 증가된 임피던스를 가지는 것을 의미하기도 한다.

임피던스 성질과 제조의 용이성, 그리고 구조적인 견고성 때문에 폴디드 다이폴 안테나는 매우 일반적인 안테나이며, 도선의 반지름을 바꿈으로서 입력 임피던스를 변화시킬 수 있을 뿐만 아니라 넓은 대역폭을 가지는 장점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서 제안하고자 하는 안테나는 이러한 폴디드 다이폴 안테나의 장점과 가볍고, 저렴한 가격에 제작할 수 있으며, 다양한 형태의 patch

형태를 선택하여 공진 주파수, 편파, 패턴과 임피던스에 따라 제작이 가능하다는 장점을 가진 마이크로 스트립 안테나를 접목시킨 안테나를 제안한다.

III. Microstrip Antenna 특성

마이크로스트립 패치 안테나는 몇 가지를 제외하고는 성숙기에 접어들었다고 할 수 있다. 마이크로 스트립 안테나의 방사는 패치 금속과 접지면 사이의 장의 분포에 의해서 결정된다. 즉 방사는 패치 금속 상의 표면 전류 분포로써 설명될 수 있다.[7]~[10]

Microwave source에 연결된 마이크로 스트립 패치 안테나에 대해서 생각해 보자. 패치의 에너지는 접지면 표면상뿐만 아니라, 패치의 윗면과 아랫면에서 전류 분포를 만든다. 이것은 그림 1의 직사각형 패치에서 보여주고 있다. 패치가 기본모드에서 $\lambda/2$ 길이기 때문에 $-ve$ 와 $+ve$ 의 전하 분포가 생기게 된다. 패치 아래부분의 전하 사이의 척력이 가장 자리를 따라 밑 표면에서 윗 표면으로 전하의 일부분을 밀어내는 경향이 있다. 이런 전하의 이동은 그림 1에서 보인 바와 같이 패치의 아래와 윗 부분에서 전류 밀도 \vec{J}_b 와 \vec{J}_t 를 각각 만든다. 대부분의 마이크로 스트립안테나에서 h/W 값은 아주 작다. 따라서 전하들 사이의 인력이 지배적이고 대부분의 전하 집중과 전류 흐름은 패치의 아래 부분에서 이루어지게 된다. 작은 양의 전류가 패치의 가장자리를 따라서 윗 표면으로 흐르게 된다. 그리고 가장자리에 대해서 자계의 접선 성분이 약하게 존재하게 된다. 따라서 자계의 접선 성분을 0으로 하여 모든 패치 주위를 자계 벽으로 가정할 수 있다. 이런 가정은 높은 ϵ_r 값을 가진 얇은 유전체 기판에 대해서 아주 적절하다. 또한 사용된 기판이 유전체의 파장에 비해서 아주 얇기 때문에($h \ll \lambda$), 높이에 따른 장의 변화는 일정하고, 전장은 거의 패치 표면에 대해서 법선 성분을 가진다. 따라서, 패치는 패치의 가장자리를 따라서 4개의 자계벽(자계의 접선성분이 아주 작기 때문)과 위와 아랫부분에서의 전계벽(전장이 패치 표면에 거의 수직이기 때문)으로 구성된 공동으로 모델 될 수 있다. 이 공동에서 단지 TM모드만이 존재하게 된다.

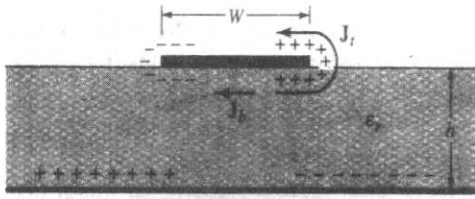


그림 1. 마이크로스트립 안테나에서의 전하 분포와 전류 밀도

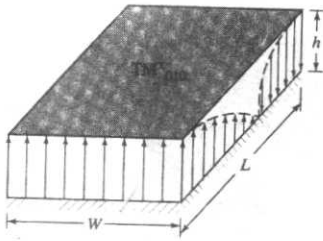


그림 2. 마이크로스트립 공동에서 TM_{010} 모드에 대한 전계 분포

따라서 본 논문에서 제안하고자 하는 안테나는 폴디드 다이폴 안테나의 장점과 가볍고, 저렴한 가격에 제작할 수 있으며, 다양한 형태의 patch 형태를 선택하여 공진 주파수, 편파, 패턴과 임피던스에 따라 제작이 가능하다는 장점을 가진 마이크로 스트립 안테나를 접목시킨 안테나를 제안한다.

IV. 안테나 설계

설계하고자 하는 안테나의 규격은 표 1과 같다.

설계하고자 하는 안테나 구조는 PCB 기판 양면 [7]에 그림 3과 같이 폴디드 다이폴 형태의 안테나를 스트립으로 구현하였다. 이때 사용한 기판은 두께 0.8 t, 상대유전율은 3.2 이다.

설계된 안테나는 CST MicroWave Studio를 이용하여 시뮬레이션 하였고, 그림 4는 시뮬레이션을 위한 3차원 형태의 그림이며, 그림 5은 시뮬레이션의

결과를 보여주고 있다.

표 1. 설계할 안테나 규격

주파수	1.885 GHz~2.17 GHz
S_{11} (단자 1 반사손실)	-20 dB 이하
S_{22} (단자 2 반사손실)	-20 dB 이하
S_{21} (ISOLATION)	-20 dB 이하
이득	6 dBi 이상

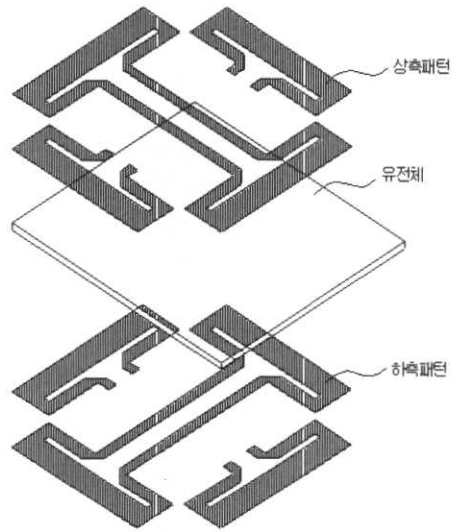


그림 3. 안테나 구조

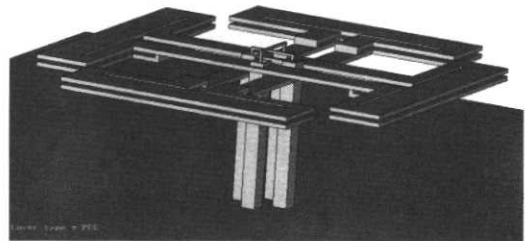
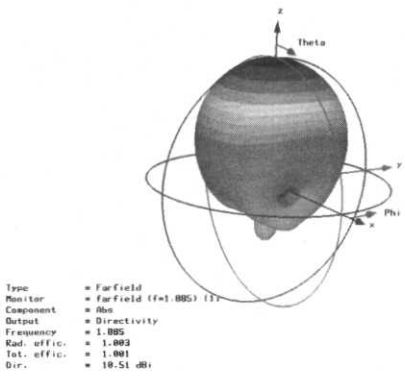
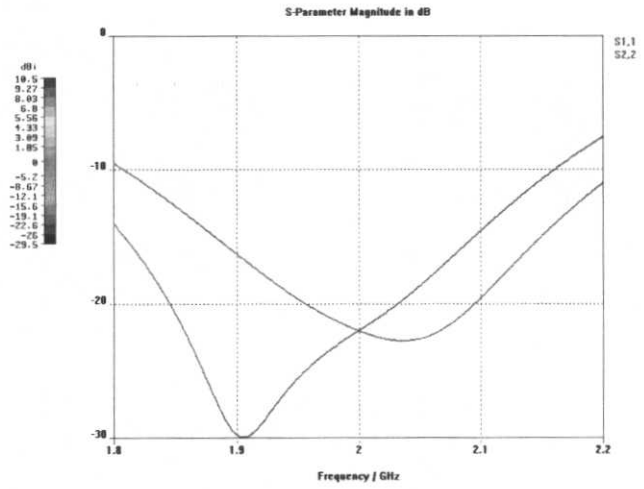


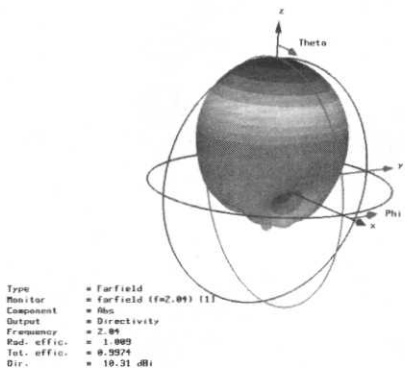
그림 4. 설계된 안테나의 3차원 구조



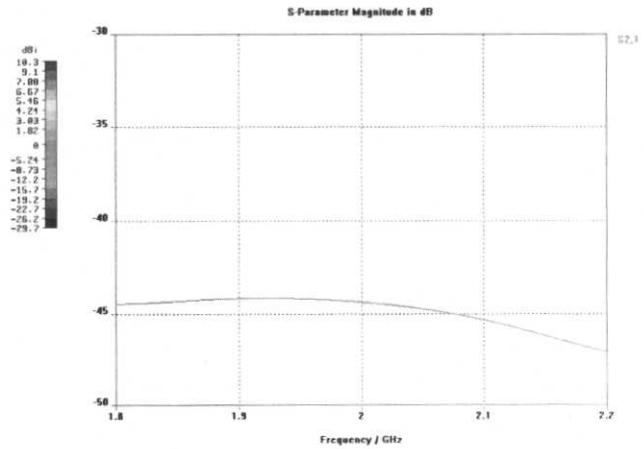
i) 1.885 GHz



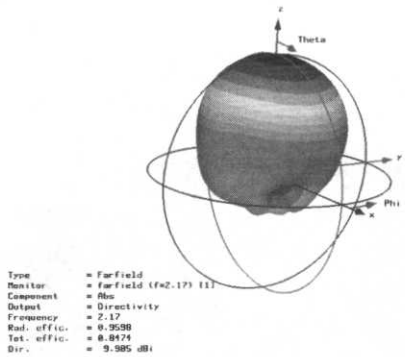
b) 반사손실



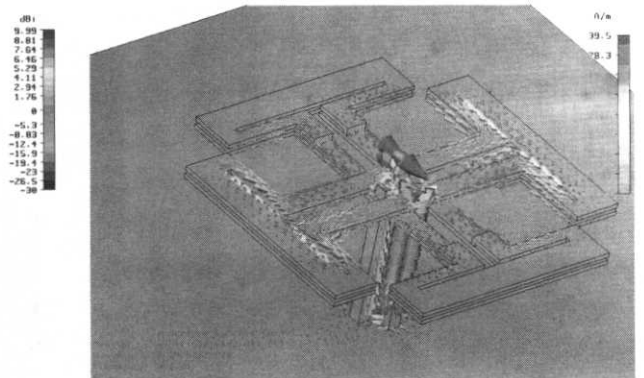
ii) 2.04 GHz



c) 단자간 격리도



iii) 2.17 GHz



d) 전류 분포도

a) 주파수별 안테나 패턴

그림 5. 시뮬레이션 결과

V. 안테나 측정 결과

그림 6은 실제 제작된 안테나로서 크기는 53 mm의 다이폴 길이와 약 6 mm의 다이폴 두께, 54 mm의 급전 라인을 갖는 형태이다. 이는 실제 제작에서 약간의 보정을 거친 결과이다.

그림 7은 제작된 안테나의 단자별 반사손실 및 분리도(Isolation)를 나타낸 것이다. 단자 1에서의 반사손실는 전 대역(1.885 GHz~2.17 GHz)에서 -30 dB 이하의 특성을 보여 매우 양호하게 측정되었으며, 단자 2에서의 반사손실는 전 대역에서 -20 dB 이하의 특성을 보여 단자 간의 약간의 차이를 나타내었다. 이는 유전체 기판의 위와 아래에 안테나 패턴이 위치함으로써 특성의 차이를 나타내는 것으로 판단된다. 이중 편파를 사용하는 안테나의 중요한 사항인 단자 간의 분리도는 -20 dB 이하의 특성을 보여 설계 목표를 만족하였다.

그림 8은 측정된 안테나의 pattern으로서 이득 및 빔 폭을 나타내고 있는 것이고, 표 2는 이를 주파수 별로 정리한 것이다.

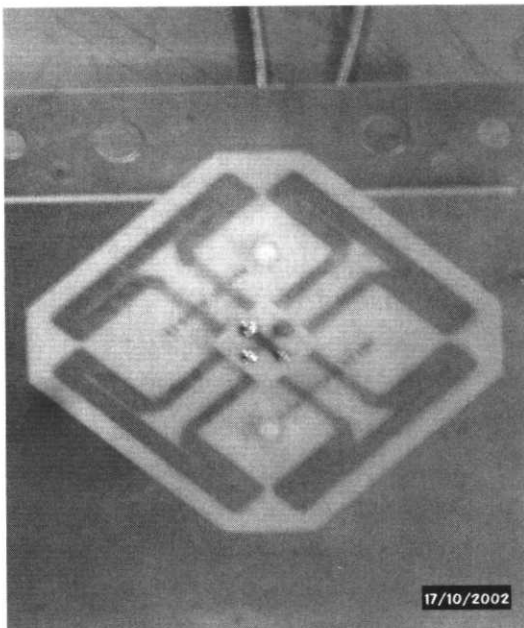
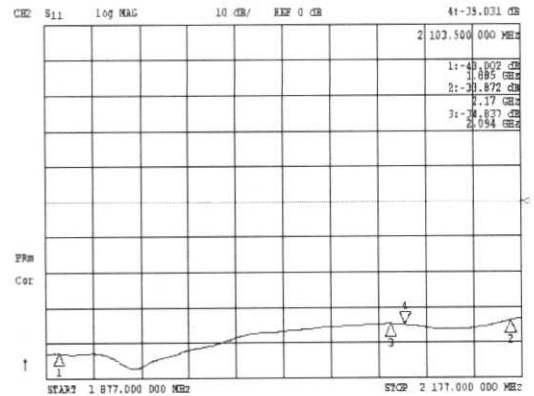
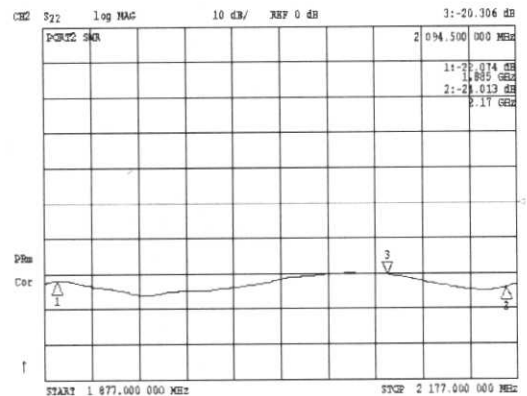


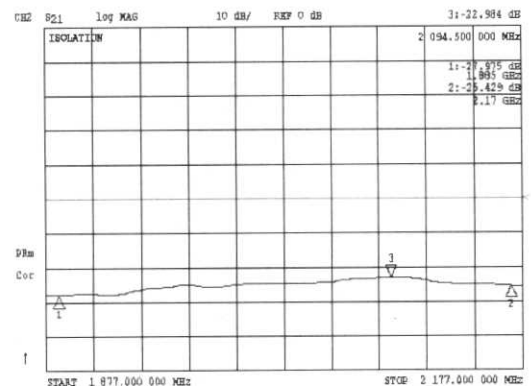
그림 6. 실제 제작한 안테나



a) 단자 1 반사손실 (S_{11})

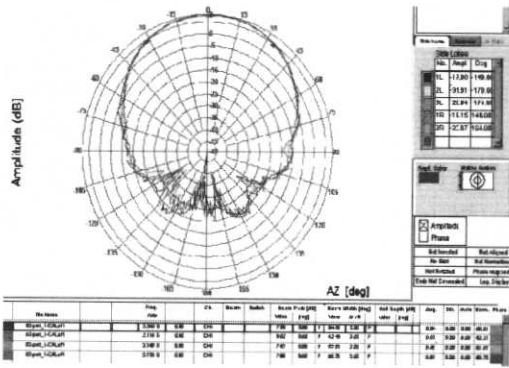


b) 단자 2 반사손실 (S_{22})

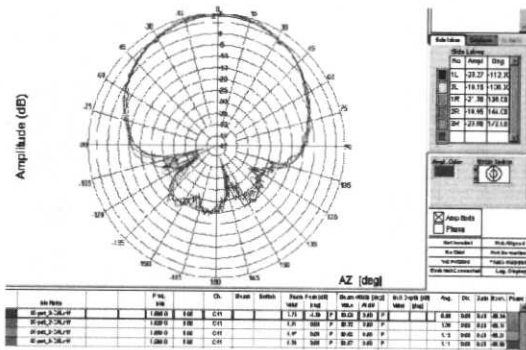


c) 분리도 (Isolation, S_{21})

그림 7. 안테나 반사계수 및 분리도



a) 단자 1 안테나 패턴



b) 단자 2 안테나 패턴

그림 8. 측정된 안테나 패턴

표 2. 주파수별 안테나 특성 결과

주파수 (GHz)	이득 (dBi)		빔폭 (3 dB)	
	단자 1	단자 2	단자 1	단자 2
1.885 GHz	7.77	7.75	69.31	63
1.920 GHz	8.32	8.71	69.61	60.72
1.950 GHz	7.94	8.47	70.43	60.92
1.980 GHz	7.73	8.36	70.65	62.57
2.045 GHz	7.89	8.79	64.7	61.74
2.110 GHz	8.02	8.23	64.44	63.37
2.140 GHz	7.57	8.15	67.01	64.34
2.170 GHz	7.86	7.87	65.75	64.67

VI. 결 론

본 논문에서는 IMT-2000 기지국 안테나에서 사

용할 수 있는 편파다이버시티에 적용할 수 있는 이중 대역 구조의 단일 소자 안테나의 특성을 대폭 개선한 안테나를 설계·제작하였다. 이것은 넓은 대역 특성을 가지는 폴디드 다이폴 구조를 유전체 PCB 기판에 적층 구조의 스트립 형태로 적용한 것으로, CST MicroWave Studio를 이용한 시뮬레이션을 바탕으로 직접 제작하였다.

시뮬레이션과 실제 제작에서의 오차로 인하여 측정시 튜닝 과정을 거쳤으며 최종 보정 후 측정된 결과 단자 1, 단자 2 가 각각 -30 dB, -20 dB 이하의 반사손실을 나타냈으며, 단자간 분리도도 -20 dB 이하를 나타내었다. 또한 전 주파수 대역에서 7 dBi 이상의 이득을 얻었다.

향후 단자 1과 단자 2간의 반사손실차이를 개선하는 작업과 단자 간 분리도를 개선하는 작업이 이루어진다면 기지국 안테나 제작에 사용될 수 있는 매우 뛰어난 단일 소자 안테나를 얻을 수 있을 것으로 생각되어진다.

참 고 문 헌

- [1] B. S. Collins, "Polarization diversity antennas for compact base stations", *Microwave Journal*, vol. 43 (1), pp. 78-87, 2000.
- [2] A. Adrian, and D. H. Schaubert, "Dual aperture-coupled microstrip antenna for dual or circular polarization", *Electronics Letters*, vol. 23 (23), pp. 1226-1228, Nov. 1987.
- [3] S. Kwon, and B. Lee, "Compact size dual-polarized WLL base-station antenna using aperture coupled microstrip patches", *IEEE AP-S International Symposium*, U.S.A. vol. 4, pp. 2200-2203, July 2000.
- [4] D. M. Pozar "Microstrip Antenna", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 80, no. 1, pp. 79-91, Jan, 1992.
- [5] J. F. Zurcher and F. E. Gardio, *Broadband Patch Antenna*, Artech House, Boston London, 1995.
- [6] Warren L. Stutzman, "Antenna Theory And

Design," 2000.

[7] Zhu Bocheng, Liu Zhangfa, Li Shizhi, "A

novel broadband microstrip antenna", *IEEE AP-S*, vol. 2, pp. 1014-1017, 1995.

장 원 호(張原豪)



1982년~1986년 : 한국항공대학교
항공전자공학과 (공학사)
1986년~1988년 : 한국항공대학교
대학원, 항공전자공학과 (공학석사)
1995년~1998년 : 한국항공대학교
대학원 통신정보공학과 박사과정

1991년~1992년 : (주)에이스안테나 연구원
1992년~2001년 : 한국통신 연구원
2001년~현재 : (주)에이스테크놀로지 연구원
관심분야 : 이동통신시스템, 안테나, RF부품, 위성통신

태 재 훈(太在勳)



1991년 3월~1995년 2월 : 전북대
학교 전기공학과 (공학사)
1995년 3월~1997년 2월 : 전북대
학교 대학원 전기공학과 초고
주 파공학 (공학석사)
1997년 2월~현재 : (주)에이스테크
놀로지 제2연구소 연구원

관심분야 : 이동통신 안테나, RF 부품

박 주 성(朴胄星)



1999년 : 동의대학교 전자통신공
학과 (공학사)
2002년 : 동의대학교 대학원 정보
통신공학과 (공학석사)
2002년 1월~현재 : 에이스테크놀
로지 연구소 연구원
관심분야 : 이동통신 안테나, RF

부품, 광증계기

이 윤 현(李潤鉉)



1965년 2월 : 한국항공대학교 전자
공학과 (공학사)
1985년 2월 : 경희대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)
1979년 9월 : 정보 통신 기술사
1988년 7월 : New York State Uni-
versity at Buffalo 교환교수

1980년~현재 : 한국항공대학교 전자, 정보통신, 컴퓨터
공학부 교수
관심분야 : 초고주파 회로 설계, 마이크로파 및 광통신,
안테나 및 전파 전파, EMI/EMC