

# 광대역 기판 인쇄형 모노폴 안테나 설계

## Design of Wideband Printed Monopole Antenna

이 종 필\* · 박 성 옥\* · 이 상 근\*\*

Jong Pil Lee\* · Seong Ook Park\* · Sang Keun Lee\*\*

### 요 약

본 논문에서는 Bow-tie 다이폴 안테나를 변형시킨 계단형 Bow-tie 형태의 모노폴 안테나의 급전부의 안테나에 슬릿(slit) 장착 및 이면(裏面)의 접지면의 길이를 변화시키는 임피던스 정합 방법을 적용하여 광대역 특성을 갖는 안테나를 제안한다. 제안된 안테나의 길이는 1/4파장보다 작고, 대역폭은 2:1 VSWR의 범위에서 77.1 %, 1.7 GHz에서의 안테나 이득은 1.7 dBi를 얻었으며 방사패턴은 전 방향성을 가지고 있다.

### Abstract

In this paper, we propose a novel wide band printed monopole antenna called the staircase bow-tie monopole antenna (SBMA). We apply an extraordinary method for an impedance matching to conventional bow-tie monopoles. So we get the SBMA with a very wide band. Our antenna is smaller than a quarter wavelength in size but provides a 2:1 VSWR bandwidth of about 77.1 %. An antenna gain and a radiation pattern are about 1.7 dBi and omni-directional at 1.7 GHz, respectively.

### I. 서 론

이동 통신 서비스에 이용되는 개인 휴대 단말기는 소형화, 경량화, 다기능화 등을 궁극적인 목표로 발전해 왔고, 여기에 중요한 요소 중의 하나인 통화 품질을 결정하는 것은 수없이 많은 요소가 존재하며 그 중 각 기지국이나 단말기에 부착된 안테나의 특성은 통화 품질을 결정하는 중요한 요소 중의 하나이다. 최근에 이동 통신 시스템은 가격이 저렴하고 소형의 다중대역 안테나를 요구하고 있다. 그러나 마이크로스트립 패치 안테나는 평면형이기 때문에 안테나 소자로 널리 사용되고 있으나 공진 타입이므로 대역폭이 5 % 정도로 좁고 패치의 크기가 공진 주파수의 파장에 1/2 정도로 크기 때문에, 저

주파 대역 (Cellular, GSM Band) 에서는 안테나의 크기가 문제점이 된다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위해서 패치 안테나에 숏 핀(short pin)을 적용하는 방법<sup>[1]</sup>과 안테나의 유전체를 비유전율이 높은 것을 사용하는 방법 등이 있는데, 이러한 방법도 대역폭이 줄어드는 단점을 가지고 있어서 요즘 이동통신사업자의 관심 사항인 단말기 속에 내장 가능성과 여러 대역을 동시에 만족시킬 수 있는 안테나와는 상이한 특징을 가지게 된다. 그래서 안테나의 크기를 공진 주파수 파장의 1/4로 줄일 수 있는 모노폴 형태의 안테나를 고려해 보기로 했다. 현재까지는 모노폴 안테나와 헬리컬 안테나를 결합한 형태의 외장형 듀얼밴드 안테나가 많이 쓰이고 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 앞으로의 안테나는 단말기에 내장되면서 가

\* 한국정보통신대학원대학교(Information and Communications University)

\*\* 신아정보통신 (ShinA Info. & Telecomm. Co., Ltd)

· 논문 번호 : 20010620-082

· 수정완료일자 : 2001년 8월 13일

격이 저렴하고 다중대역에 사용할 수 있는 안테나에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 본다. 그래서 본 논문에서는 PCB 기판 인쇄 형태의 계단형 Bow-tie 형태의 모노폴의 급전부의 안테나에 슬릿(slit) 장착 및 이면(裏面)의 접지면의 길이를 변화시키는 새로운 임피던스 정합 방법을 적용한 광대역 특성을 가지는 모델을 제안한다.

## II. 안테나 설계

### 2-1 모노폴 안테나

모노폴 형태를 가지는 안테나의 특징은 전체적인 길이가 공진 주파수 파장의 1/4이고 임피던스 대역폭이 협대역인 것이다. 최근의 논문을 보면 모노폴 안테나의 단점을 극복하기 위해서 여러 가지의 제안 모델이 있다. 우선 안테나의 크기를 줄이기 위하여 미앤더 라인(meander line)을 이용한 것이 있다<sup>[3]</sup>. 미앤더 라인은 안테나의 전기적인 길이를 늘이는 방법으로 같은 길이의 안테나에 비해서 공진 주파수를 효율적으로 낮출 수 있다. 그러나 이런 방법의 단점은 모노폴 안테나와 같이 임피던스 대역폭이 좁다는 것이다. 두 번째로는 기존의 모노폴 안테나의 단점 중의 하나인 협대역 특성을 극복하려는 것이고, 기존의 제안된 아이디어는 모노폴 안테나의 주위에 기생성분(parasitic element) 위치시켜 듀얼밴드 혹은 다중대역의 특성을 얻을 수 있다<sup>[4],[5]</sup>. 그러나 이런 방법은 안테나의 크기를 증가시키는 결과를 초래한다.

### 2-2 광대역을 얻기 위한 개량된 모노폴

기존 모노폴의 단점인 협대역 특성을 개선하기 위하여 모노폴의 형태가 사각형, 타원형 등을 제안된 것이 있다<sup>[6],[7]</sup>. 이러한 구조는 광대역의 특성을 얻을 수 있으나 단말기 구조에는 적용하기가 어렵다. 광대역 특성을 얻기 위한 구조로 Bow-tie 형태의 모노폴 안테나가 있다<sup>[8]</sup>. Bow-tie 구조를 보면 두 개의 삼각형 모양의 안테나가 다이폴 형태로 되어 있다. 본 논문에서는 바로 이 구조를 단말기에 적용하기 위해 다음과 같이 형태를 변형시켰다. 마주 보

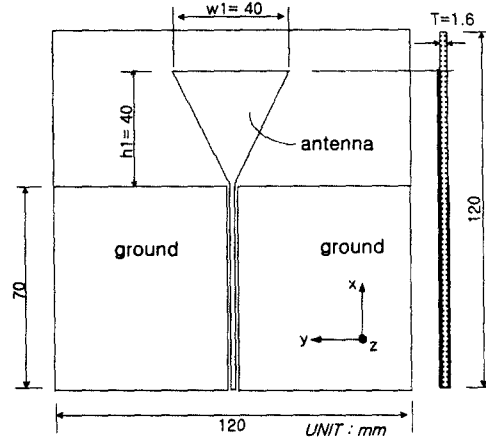


그림 1. 역삼각형 구조의 안테나

Fig. 1. Geometry of bow-tie shaped antenna.

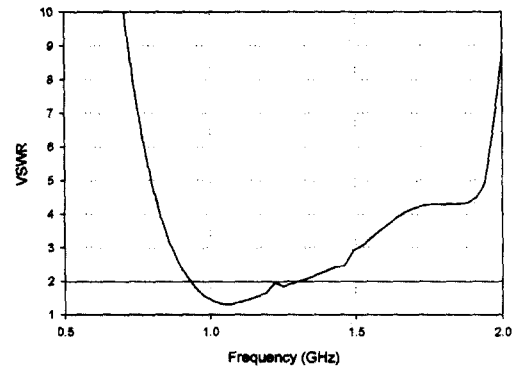


그림 2. 역삼각형 구조 안테나의 정현파 비의 시뮬레이션 결과

Fig. 2. Simulated VSWR of bow-tie shaped antenna.

고 있는 두 개의 삼각형 중에 한 개를 제거하고 남은 삼각형의 모서리에 CPW(Coplanar Waveguide)의 급전 방식을 사용하여 급전을 시켜 모노폴 형태로 변형하였다(그림 1). 이러한 구조에 새로운 임피던스 정합 방법을 적용하기 위하여 삼각형 형태를 계단형 Bow-tie로 변형시키고, 안테나는 PCB 기판에 인쇄하는 방법으로 하였다(그림 3).

우선 첫 번째 제시한 모델인 역삼각형 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 이 구조를 Ansoft사의 HFSS

(ver. 6.0)를 이용하여 계산된 결과는 그림 2와 같다. 0.5 GHz부터 2 GHz까지 계산된 결과는 VSWR ≤ 2에서 주파수 대역이 0.93 GHz~1.31 GHz로 31.4 % 이고 중심 주파수는 1.21 GHz이다. 기본적인 모노폴 안테나보다 넓은 주파수 대역을 보인다.

2-3 새로운 임피던스 정합 방법 적용

앞에서 제시한 계단형 Bow-tie 모노폴 안테나에 좀 더 넓은 주파수 대역을 얻기 위해 새로운 임피던스 정합 방법을 적용하였다. 그림 3에서 보여 주는 것과 같이 새로운 임피던스 정합 방법은 안테나의 반대쪽 기관의 금속부분을 제거한 면에 CPW급전의 접지면을 안테나의 폭과 일정하게 하여 증가를 시키고 안테나에 슬릿을 만든 것이다.

그림 3은 새로운 임피던스 정합 방법을 적용하기 위하여 역삼각형 모양을 계단형으로 변형시킨 것을 보여주고, 또 계단형 모양에 새로운 임피던스 정합 방법을 적용한 것을 보여준다. 그림 3에서 CPW 급전 부분과 안테나의 경계에 점선으로 표현한 것이 안테나 반대 면에 덧대어진 접지면이다. 표 1에 안테나 설계 시에 사용한 각각의 파라미터 수치를 기

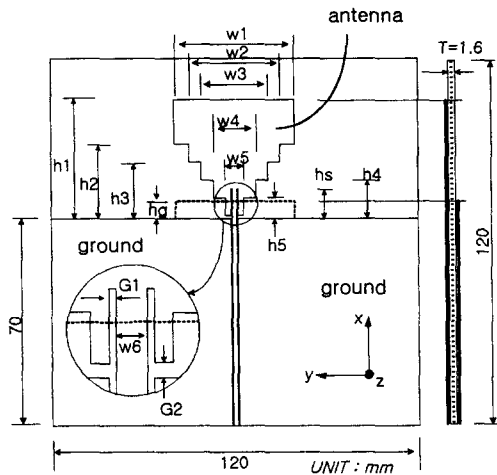


그림 3. 계단형 Bow-tie 안테나 및 새로운 임피던스 정합 방법 적용

Fig. 3. Staircase bow-tie antenna and applied new method of impedance matching.

표 1. 안테나에 대한 각각의 파라미터 수치

Table 1. The value of parameters of antenna.

parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)
w1	40	u6	1.6	h5	7
w2	30	h1	40	G1	0.35
w3	22	h2	25	G2	1
w4	19	h3	19		
w5	6	h4	13		

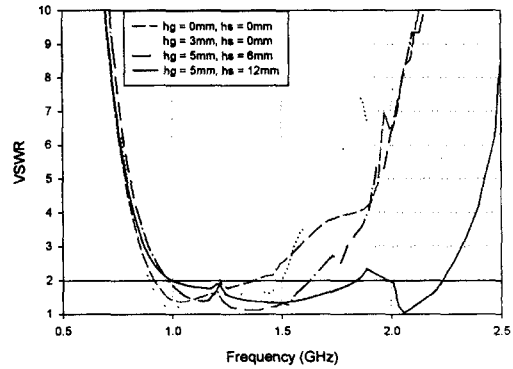


그림 4. 제안된 모델(그림 3)의 시뮬레이션 결과  
Fig. 4. Simulation results of the proposed model (Fig. 3).

술해 놓았다. 그림 4에서 시뮬레이션한 결과 안테나 반대면에 접지면을 덧대어주면 공진 주파수가 높아지는 효과를 보였다. 그리고 안테나에 그림 3과 같이 슬릿(slit)을 만들어 좁으로써 공진 주파수를 낮출 수 있었다. 이렇게 덧대어준 접지면은 캐패시턴스(Capacitance) 성분을 증가시켜서 안테나의 인덕턴스(Inductance) 성분을 상쇄시키는 역할을 한다. 그리고 덧대어준 접지면으로 생긴 과도한 캐패시턴스 성분은 안테나에 슬릿을 만들어서 상쇄시킬 수 있다.

그림 4는 위에서 언급한 새로운 모델(계단형 Bow-tie 안테나)과 여기에 광대역을 위한 임피던스 정합 방법을 적용하여 접지면의 길이(h6)와 슬릿의 깊이(h5)를 변화시키며 시뮬레이션한 결과이다. 새로운 임피던스 정합 방법 적용 전(h6=0 mm, h5=0 mm)의 결과를 보면 중심 주파수가 1.15 GHz이고

VSWR 2 이하의 주파수 대역이 0.9 GHz~1.4 GHz로 43.4 %를 얻을 수 있었다. 단순한 역삼각형 모델보다 중심 주파수는 거의 변하지 않았고, 주파수 대역폭은 약 12 %의 증가를 보였다. 다음으로 본 논문에서 제안한 새로운 임피던스 정합 방법을 적용한 후에는 최대의 광대역 특성을 보이는 경우인 덧대어진 접지면의 길이( $h_g$ )는 5 mm이고, 슬릿의 깊이( $h_s$ )는 12 mm인 경우에 중심 주파수가 1.7 GHz이고 주파수 대역은 1.16 GHz~2.23 GHz로 63.1 %를 얻을 수 있었다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 보면 본 논문에서 제안한 광대역을 얻기 위한 새로운 임피던스 정합 방법의 효과는 뛰어나다고 할 수 있다.

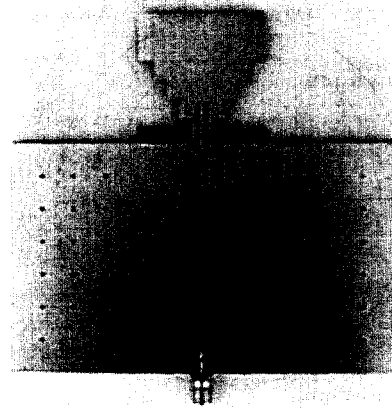
### III. 제작 및 측정

그림 5는 위에서 제안한 안테나의 실제 제작된 모습이다. 안테나를 제작한 기판의 정보는 다음과 같다. 비유전율( $\epsilon_r$ )값은 4.6인 FR4를 사용했고, 두께( $T$ )는 1.6 mm이다.

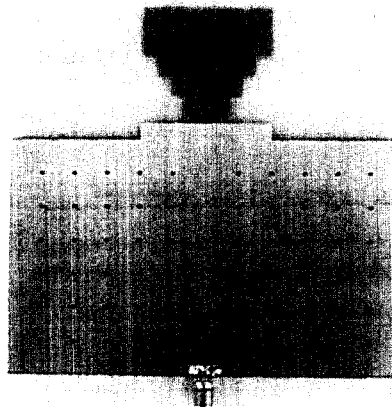
그림 6은 제안한 임피던스 정합 방법을 적용하지 않고 측정된 안테나의 입력 임피던스를 스미스 차트를 이용하여 나타낸 것이다. 그림 7은 제안된 방법이 적용되지 않고 측정된 VSWR이다. VSWR  $\leq$  2를 기준으로 중심 주파수는 1.22 GHz이고 대역폭은 1.02 GHz ~ 1.415 GHz로 32.44 %이다. 계산한 결과와 비교하여 중심 주파수와 대역폭의 변화가 거의 없다.

그림 8은 본 논문에서 제안한 방법을 계단형 Bow-tie 안테나에 적용해서 측정된 입력 임피던스를 나타낸 것이다. 그림 6과 비교해서 더 넓은 주파수 대역의 입력 임피던스가  $50 \Omega$ 에 근접해 있는 것을 볼 수 있다. 그림 9는 그림 8을 VSWR로 변환해서 나타낸 것이다. 중심 주파수는 1.66 GHz이고 대역폭은 1.03 GHz ~ 2.31 GHz로 약 77.1 %이고, 계산 결과와의 차이는 중심 주파수에서 2.3 % 하향됐고, 대역폭은 14 % 증가했다. 최대 대역폭을 얻을 수 있는 경우( $h_g=5$  mm,  $h_s=12$  mm)에 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 놓았다.

그림 10은 1.2 GHz에서 각각 xy면( $\theta=90^\circ$ ), yz면( $\phi=90^\circ$ )에서 측정된 방사 패턴이다. 방사 패턴



(a) 정면도(top view)



(b) 배면도(bottom view)

그림 5. 제안한 안테나 모델의 사진

Fig. 5. Photograph of proposed antenna.

의 모양은 모노폴 안테나와 같은 전 방향성이고, 안테나의 이득은 xy면에서 시뮬레이션 결과는 1.9 dBi이고 측정 결과는 1.2 dBi를 얻었다. 그리고, 그림 11은 1.7 GHz에서 각각 xy면( $\theta=90^\circ$ ), yz면( $\phi=90^\circ$ )에서 측정된 방사 패턴이다. 방사 패턴의 모양은 모노폴 안테나와 같은 전 방향성이고, 안테나의 이득은 xy면에서 시뮬레이션 결과는 2.3 dBi이고 측정 결과는 1.7 dBi를 얻었다. 시뮬레이션 환경에서 도체를 손실이 없는 완전도체로 가정하고 계산을 했기 때문에 계산치와 측정치간에 0.6 dBi 정도의 오

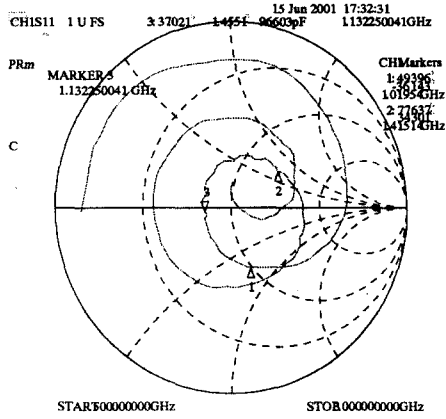


그림 6. 새로운 임피던스 정합 방법 적용 전의 입력 임피던스의 측정치  
 Fig. 6. Measured input impedance before application of new method of impedance matching.

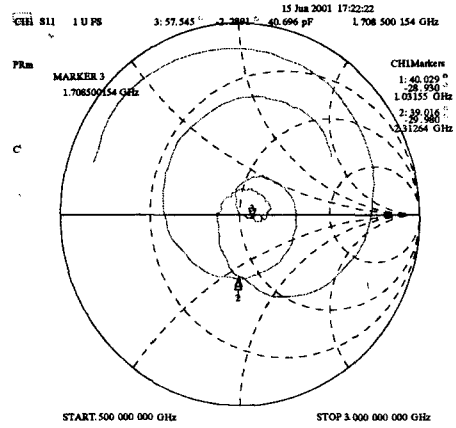


그림 8. 새로운 임피던스 정합 방법 적용 후의 입력 임피던스의 측정치  
 Fig. 8. Measured input impedance after application of new method of impedance matching.

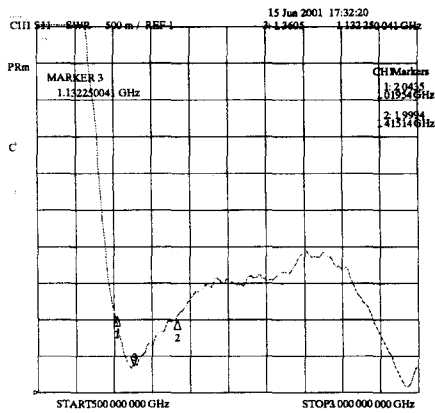


그림 7. 새로운 임피던스 정합 방법 적용 전의 VSWR의 측정치  
 Fig. 7. Measured VSWR before application of new method of impedance matching.

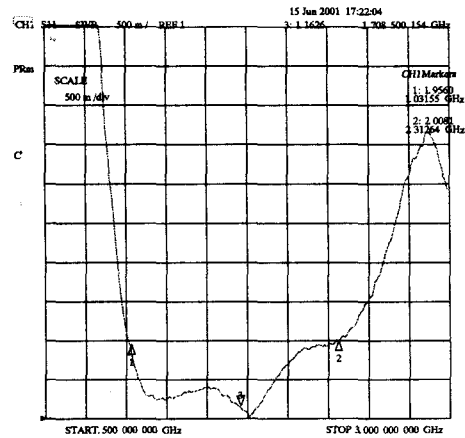


그림 9. 새로운 임피던스 정합 방법 적용 후의 VSWR의 측정치  
 Fig. 9. Measured VSWR after application of new method of impedance matching.

표 2. 최대 대역폭을 얻는 경우의 시뮬레이션과 측정값의 비교

Table 2. Comparison between simulation and measurement at the case for maximum bandwidth.

구 분	중심주파수	주파수 대역(VSWR≤2)	대역폭
시뮬레이션	1.7 GHz	1.16 GHz ~ 2.23 GHz	63.1 %
측정값	1.66 GHz	1.03 GHz ~ 2.31 GHz	77.1 %

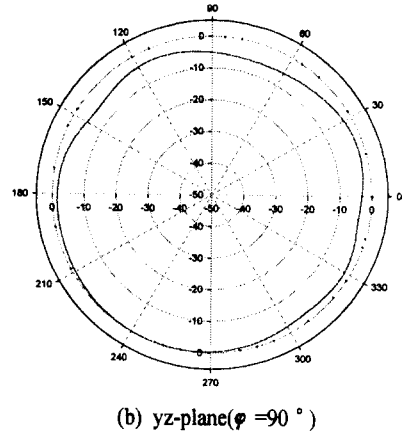
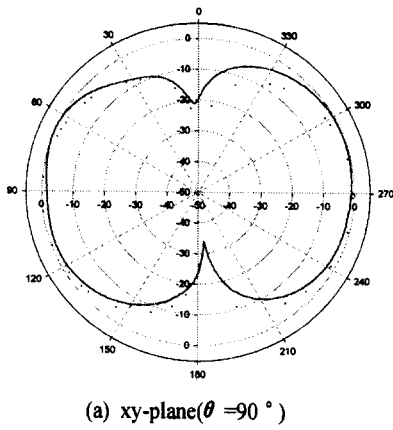


그림 10. 1.2 GHz에서의 방사패턴(···· 시뮬레이션, — 측정치)  
 Fig. 10. Radiation pattern at 1.2 GHz( ··· simulated, — measured).

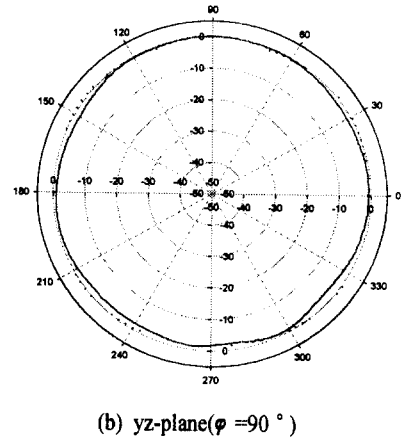
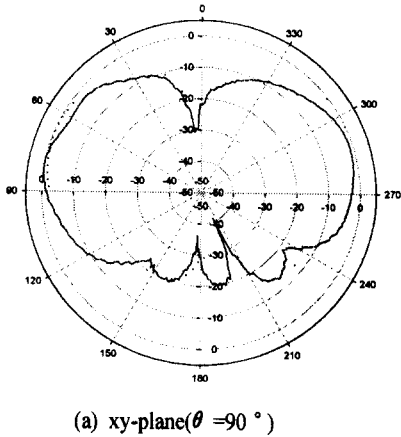


그림 11. 1.7 GHz에서의 방사패턴(···· 시뮬레이션, — 측정치)  
 Fig. 11. Radiation pattern at 1.7 GHz( ··· simulated, — measured).

차가 발생했다. 서로 다른 두 주파수(1.2 GHz, 1.7 GHz)에서 측정된 방사 패턴이 모두 전 방향성을 나타내고 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 모노폴 안테나를 계단형 Bow-tie 형태로 변형시키고 새로운 임피던스 정합 방법을 적용시켜서 광대역 특성을 갖는 안테나를 설계하고 측정하였다. 측정값을 비교할 경우 본 논문에서 제

안한 방법을 적용했을 때 대역폭은 32.44 %에서 77.1 %로 증가하였다. 따라서 제안한 방법은 광대역을 위한 기술로 이용할 수 있는 가능성을 보였다. 따라서 제안한 안테나는 Cellular는 물론 PCS, IMT-2000 그리고 2.45 GHz 대역의 무선통신용으로 다중대역에 사용될 수 있을 것으로 본다.

#### 참 고 문 헌

[1] M. Chair, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Minia-

- ture Multilayer Shorted Patch Antenna", *Electron. Lett.* vol. 36, pp. 3-4, 2000.
- [2] Guangping Zhou and B. Yildirim, "A multi-band fixed cellular phone antenna", Antennas and Propagation Society, *IEEE International Symposium 1999*, vol. 1, pp. 112-115, 1999.
- [3] M. Ali, S. S. Stuchly, and K. Caputa, "A Wideband Dual Meander Sleeve Antenna", Antennas and Propagation Society, *IEEE International Symposium 1996*, vol. 3, pp. 1598-1601, 1996.
- [4] M. Ali, M. Okoniewski, M. A. Stuchly and S. S. Stuchly, "Dual-Frequency Strip-Sleeve Monopole for Laptop Computers", *Antennas and Propagation, IEEE Trans.*, vol. 47 Issue 2, pp. 317-323, Feb. 1999.
- [5] Shawn D. Rogers and Chalmers M. Butler, "The Sleeve-Cage Monopole and Helix for Wideband Operation", Antennas and Propagation Society, *IEEE International Symposium 1999*, vol. 2, pp. 1308-1311, 1999.
- [6] M. J. Ammann, "Square Planar Monopole Antenna", Antennas and Propagation, *IEE National Conference*. pp. 37-40, 1999.
- [7] Narayan Prasad Agrawal, Girish Kumar, and K.P.Ray, "New Wideband Monopole Antennas", Antennas and Propagation Society, *IEEE International Symposium, 1997 Digest*, vol. 1 pp. 248-251, 1997.
- [8] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, John Willy and Sons, Inc. pp. 441-449, 1997.

이 중 필



2000년 2월: 홍익대학교 전자공학과 (공학사)  
 2000년 3월~현재: 한국정보통신대학원대학교 공학부 석사과정  
 [주 관심분야] 원격 탐사, 전자장 수치해석, MMIC, mm-wave 회로 설계, 안테나 설계 등

박 성 옥



1987년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
 1993년 8월: 한국통신인력개발본부  
 1997년 3월: Arizona State University, Electrical Engineering(공학박사)

1997년 9월~현재: 한국정보통신대학원대학교 조교수  
 [주 관심분야] 광대역 적층형 안테나의 설계 및 분석, 전자파의 복사 및 산란, M/W, mm-wave 대역용 고속 반도체 소자의 전자패키징, 전자장 수치 해석기법 등

이 상 근

1972년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
 1983년~1996년: 현대전자 체직  
 1996년: (주)에이스테크놀로지 부사장  
 1999년 7월~현재: (주) 신아정보통신 대표이사  
 [주 관심분야] RF CONNECTOR 개발 및 관련 기술 개발