

프린트 슬리브 모노폴 안테나의 설계 및 복사 특성

Design and Radiation Characteristics of Printed-Sleeve Monopole Antennas

서 승 업 · 최 학 근

Seung-Up Seo · Hak-Keun Choi

요 약

본 논문에서는 소형 · 광대역 특성을 갖는 프린트 슬리브 모노폴 안테나(printed-sleeve monopole antennas)를 제안하고 복사 특성을 고찰하였다. 제안된 안테나의 광대역 특성을 확인하기 위하여 PCS 대역(1.75 GHz~1.87 GHz)에서 안테나를 설계 제작하고 복사 특성을 측정하였다. 제안된 안테나는 수평면내 무지향성, 수직면내 지향성 특성을 가지며, 정재파비는 사용 주파수 대역에서 1.5이하, 안테나 이득은 2.14 dBi~3.4 dBi로 나타났다. 측정결과로부터 제안된 안테나는 이동 통신 실내용 광대역 안테나로 널리 사용될 수 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the printed-sleeve monopole antenna which has the small size and the broadband characteristics, is presented and its radiation characteristics are investigated. To conform the broadband characteristics of the proposed antenna, the experimental antenna is designed, fabricated, and its radiation characteristics are measured in PCS band (1.75 GHz~1.87 GHz). It is shown that the designed antenna has the non-directional pattern in the horizontal plane, the directional pattern in the vertical plane, VSWR less than 1.5, and gain in 2.14 dBi~3.4 dBi. From these results, the proposed antenna is conformed as a broadband antenna which can be used for the mobile communication indoor antenna extensively.

Key words : Printed Antenna, Monopole Antenna, Sleeve Antenna

I. 서 론

최근 무선 이동 통신 이용자가 급속히 늘어남에 따라 무선 이동 통신 시스템의 수요가 급증하게 되었다. 초기의 이동 통신 서비스는 음성 위주의 서비스였으나 점차 이동 통신 기술의 발달로 데이터, 동영상 등을 주고받을 수 있는 멀티미디어 통신이 가능하게 되었다. 이로 인해 이동 통신용 안테나의 연구 개발도 광대역화, 소형화, 경량화 방향으로 발전하고 있다. 그 중의 하나가 모노폴 안테나(monopole antenna)의 광대역화이다. 기존의 모노폴 안테나는 복

사 소자의 높이를 사용 주파수의 $\lambda/4$ 로 맞춰 안테나를 간단히 제작할 수 있는 장점이 있으나 광대역 통신 방식에 적용하기에는 대역폭이 좁은 것이 매우 큰 단점으로 지적되고 있다^{[1],[2]}. 이러한 모노폴 안테나의 단점을 개선시키기 위한 방법으로는 복사 소자의 두께를 증가시키거나 복사 소자의 끝에 디스크 형태의 부하를 장하하는 방법이 있으나^{[1]~[6]} 최근에는 모노폴 소자를 평면화 시킨 평면 모노폴 안테나(planar monopole antenna)에 대한 연구가 이루어지고 있다. 평면 모노폴 안테나의 복사 소자는 마름모, 사각형, 원형 등의 여러 형태가 있으며 기존의 가는 도

단국대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Eng., Dankook University)

· 논문 번호 : 20050607-063

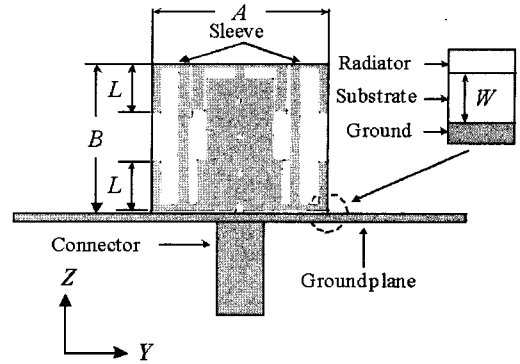
· 수정완료일자 : 2005년 9월 1일

선을 사용하는 모노폴 안테나에 비하여 대역폭이 넓은 것이 확인되었다^{[7]~[12]}.

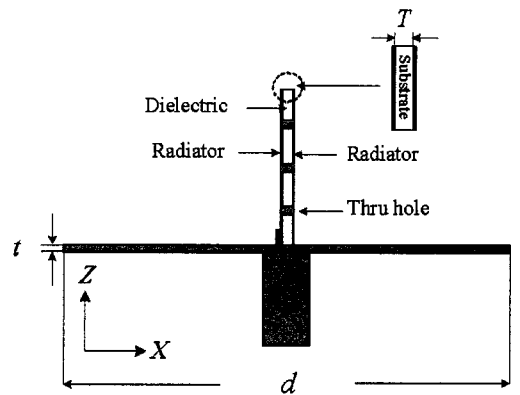
본 논문에서는 기존의 모노폴 안테나의 복사 특성을 개선하기 위하여 새로운 형태의 프린트 모노폴 안테나(printed monopole antenna)를 제안하고 소형, 광대역 특성을 확인한다. 제안된 안테나는 제작이 용이하도록 유전체 기판을 사용하며 탑로딩(top-loading) 소자를 사용하여 모노폴의 높이를 약 $\lambda/6 \sim \lambda/5$ 로 줄인다. 또한 복사 소자의 양옆으로 슬리브를 삽입하여 모노폴 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선한다. 끝으로 PCS 대역에서 제안된 안테나를 설계·제작하고 복사 특성을 측정하여 그 사용 가능성을 보인다.

II. 안테나 구조 및 복사 특성

모노폴 안테나에서 모노폴 소자의 높이를 줄이면서 광대역 특성을 얻기 위해서는 모노폴 소자를 원통으로 한 원통형 모노폴 안테나(cylindrical monopole antenna)^{[11],[12]}, 모노폴 소자의 상단에 디스크를 장착한 탑로딩 모노폴 안테나(top-loading monopole antenna)^{[11]~[6]}가 있으며, 이외에도 모노폴 소자에 슬리브를 사용하는 슬리브 모노폴 안테나(sleeve monopole antenna)^[2]가 있다. 여기서는 이들 모노폴 안테나를 이용하여 광대역 특성을 갖는 안테나를 제안하고 복사 특성을 고찰한다. 그림 1은 광대역 특성을 갖는 모노폴 안테나로서 제안된 프린트 슬리브 모노폴 안테나(PSMA: Printed Sleeve Monopole Antenna)이다. 프린트 슬리브 모노폴 안테나는 기본적으로 프린트 기판에 구성된 탑로딩 소자와 슬리브 소자의 결합된 구조로 되어 있다. 여기서 슬리브 소자는 접지판에 연결되는 기존의 슬리브와 달리 복사체에 연결하였다. 그림 1의 (a)에서 가운데 위치한 부분은 꺾임 형태의 탑로딩 소자로서 급전부의 입력임피던스를 낮춰 협대역 특성을 개선하기 위해 급전부분의 면적을 넓힌 구조로 나타내었다. 그리고 탑로딩 부분에 해당하는 상단 부분을 '∩' 형태로 끝을 꺾음으로써 기존 탑로딩 안테나의 폭을 줄일 수 있게 하였다. 양쪽의 슬리브 부분은 꺾임 형태의 탑로딩 부분과 더불어 임피던스 특성을 향상시켜 대역폭 특성을 개선한다. 그림 1의 (b)는 PSMA의 측면도이다. 그림



(a) 정면도
(a) Front view

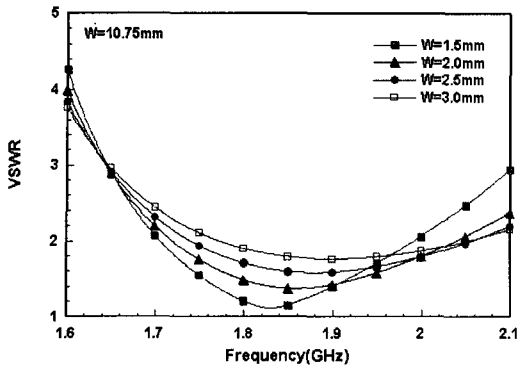


(b) 측면도
(b) Side view

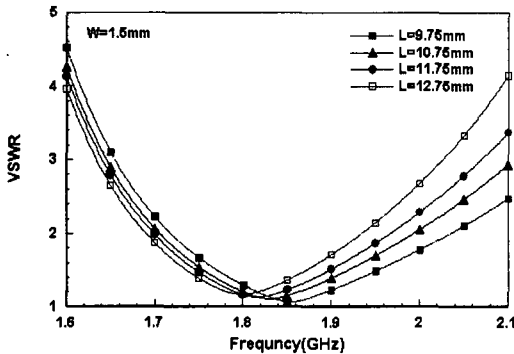
그림 1. 프린트 슬리브 모노폴 안테나
Fig. 1. Printed sleeve monopole antenna.

에서 보듯이 안테나 복사 소자는 유전체 기판의 양쪽에 동일한 구조로 3개의 thru hole을 통해 연결되어 있으며 복사 소자의 한쪽 면은 동축 커넥터의 급전부와 연결하게 되어 있다. 그림 2는 프린트 슬리브 모노폴 안테나의 구조 파라미터 변화에 따른 정재파 특성을 나타내고 있다. 안테나 해석은 Microwave studio사의 CST를 이용하였다.

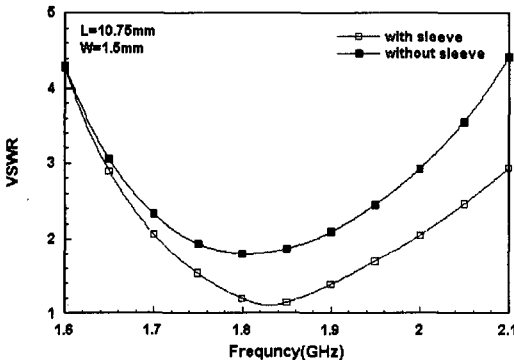
계산에 사용된 안테나는 비유전율이 4.4, 두께가 1.6 mm인 FR-4 양면 기판에 구성된 폭 38 mm, 높이 32.5 mm의 모노폴 소자와 두께 1.5 mm, 직경 97 mm인 알루미늄 원판으로 이루어져 있다. 그림 2(a)는 $L=10.75$ mm일 때 접지판과 소자와의 간격 W 를 변화시키면서 주파수 1.6 GHz~2.1 GHz에서 계산한 정재파비(VSWR: Voltage Standing Wave Ratio)이다. 그



(a) W 에 따른 정재파비
(a) VSWR for various W



(b) L 에 따른 정재파비
(b) VSWR for various L



(c) 슬리브 유무에 따른 정재파비
(c) VSWR for sleeve existence

$$\epsilon_r = 4.4, T = 1.6 \text{ mm}, A = 38 \text{ mm}, B = 32.5 \text{ mm}, \\ t = 1.5 \text{ mm}, d = 97 \text{ mm}$$

그림 2. 프린트 슬리브 모노폴 안테나의 정재파비
Fig. 2. VSWR of printed sleeve monopole antenna.

림에서 보는 것과 같이 W 가 클수록 정재파비가 증가한다. 그림 2(b)는 $W=1.5$ mm일 때 L 을 9.75 mm에

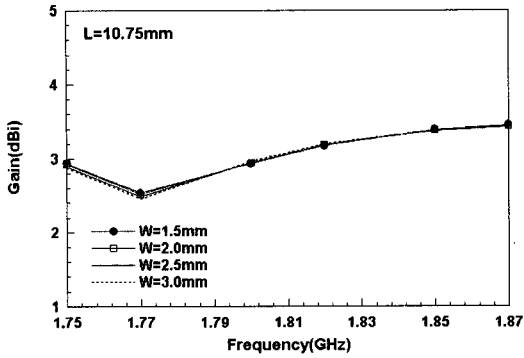
서 12.75 mm까지 변화시키면서 계산한 정재파비이다. L 이 증가할수록 정재파비가 낮아지며, 정재파비의 가장 낮은 부분이 낮은 주파수 쪽으로 이동하고 있다.

그림 2(c)는 $L=10.75$ mm, $W=1.5$ mm일 때 슬리브의 유무에 따른 정재파 특성을 나타내고 있다. 그림으로부터 슬리브가 있을 때 전체 주파수 대역에서 정재파비가 낮아졌음을 확인할 수 있다. 이로부터 슬리브가 주파수 대역폭을 확장시킴을 알 수 있다.

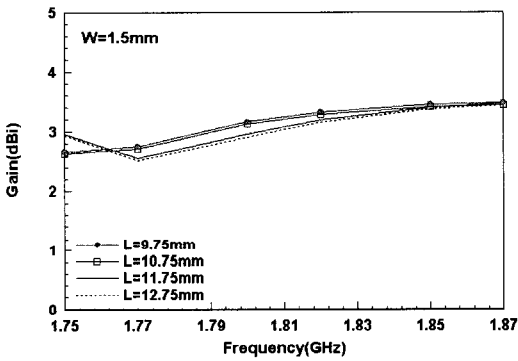
그림 3은 주파수 1.75 GHz~1.87 GHz에서 프린트 슬리브 모노폴 안테나 구조에 따른 전력 이득을 나타내고 있다. 이득 계산에 사용된 안테나의 구조는 그림 2의 경우와 동일하다. 그림 3(a)는 $L=10.75$ mm일 때 접지판과 소자와의 간격 W 를 1.5 mm에서 3 mm까지 변화시키면서 계산한 안테나 이득이다. 그림에서 보듯이 W 변화에 대한 이득의 변화는 거의 없고 주파수에 따른 이득은 2.5 dBi에서 3.5 dBi 사이로 나타나고 있다. 그림 3(b)는 $W=1.5$ mm일 때 L 을 9.75 mm에서 12.75 mm까지 변화시키면서 계산한 이득이다. L 이 변화함에 따라 약 0.3 dB 정도의 이득 변화를 보이고 있다. 주파수에 따른 이득 변화는 그림 3(a)와 마찬가지로 2.5 dBi에서 3.5 dBi 사이로 나타나고 있다. 그림 3(c)는 $L=10.75$ mm, $W=1.5$ mm일 때 슬리브 유무에 따른 이득 특성을 나타내고 있다. 그림에서 슬리브가 없는 경우에 비하여 슬리브가 있을 때 사용 주파수 대역 전체에 걸쳐 약 0.2 dB 정도의 이득 상승이 있음을 확인할 수 있다. 이로부터 제안된 안테나에서 슬리브가 안테나의 정재파 특성뿐 아니라 이득 특성도 개선시킴을 확인할 수 있다.

III. 제작 및 측정결과

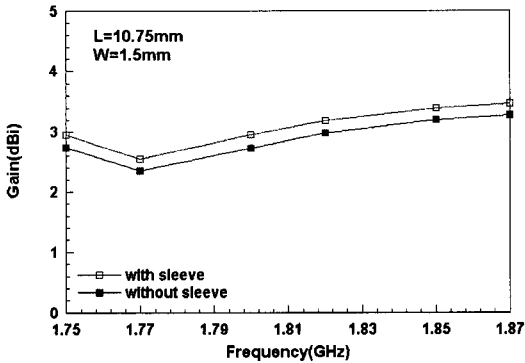
여기서는 앞에서 도출한 프린트 슬리브 모노폴 안테나의 복사 특성으로부터 모노폴 소자의 높이가 공진 주파수의 이하이면서 대역폭 특성이 우수한 PCS용 프린트 슬리브 모노폴 안테나를 설계 제작하고 복사 특성을 측정하여 제안된 안테나의 타당성을 검증한다. PCS 대역 1.75 GHz~1.87 GHz 사이에서 VSWR 1.5 이하의 특성을 갖는 안테나로서 설계된 안테나의 제원은 다음과 같다. 유전체 기판은 그림 2와 3의 계산에 사용한 동일한 기판으로 두께 $T=$



(a) W에 따른 이득
(a) Gain for various W



(b) L에 따른 이득
(b) Gain for various L

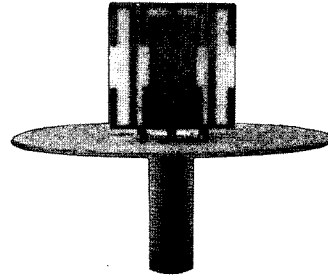


(c) 슬리브 유무에 따른 이득
(c) Gain for sleeve existence

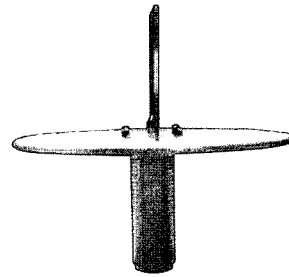
$$\epsilon_r=4.4, T=1.6 \text{ mm}, A=38 \text{ mm}, B=32.5 \text{ mm}, t=1.5 \text{ mm}, d=97 \text{ mm}$$

그림 3. 프린트 슬리브 모노폴 안테나의 이득
Fig. 3. Gain characteristics of printed sleeve monopole antenna.

1.6 mm, 비유전율 $\epsilon_r=4.4$ FR-4의 양면 기판이다. 모노



(a) 정면도
(a) Front view



(b) 측면도
(b) Side view

그림 4. 제작된 안테나
Fig. 4. Fabricated antenna.

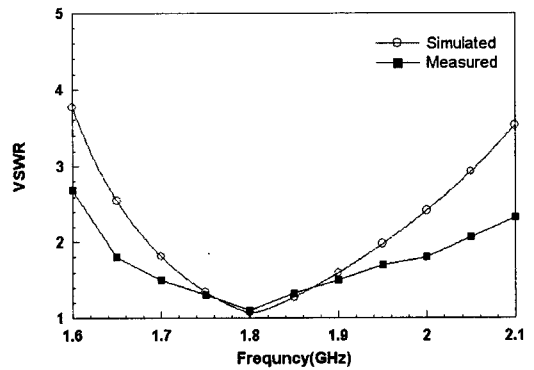


그림 5. 정재파비
Fig. 5. VSWR.

폴 소자와 접지판의 구조는 $A=38 \text{ mm}$, $B=32.5 \text{ mm}$, $t=1.5 \text{ mm}$, $d=97 \text{ mm}$, $W=1.5 \text{ mm}$, $L=10.75 \text{ mm}$ 이다. 그림 4는 제작된 안테나의 외관이다. 그림 5는 제작된 안테나의 radome을 포함한 정재파비 특성으로 시뮬레이션 결과와 측정치를 비교한 것이다. 정재파비 측정은 Agilent사의 8714ET 네트워크 분석기를 이용

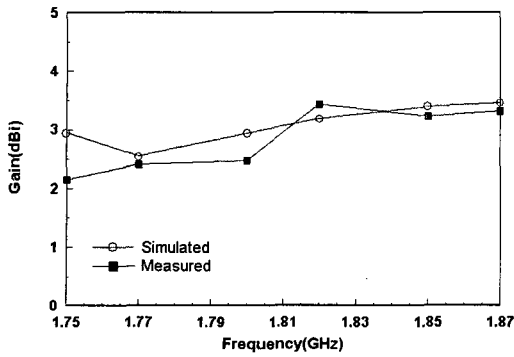


그림 6. 이득
Fig. 6. Gain.

하였다. 그림 5에서 알 수 있듯이 제안된 안테나는 사용 주파수 대역 1.75 GHz~1.87 GHz에서 정재파비 1.5 이하를 만족하고 있다.

그림 6은 제작된 안테나의 radome를 포함한 이득 특성으로 시뮬레이션 결과와 측정치를 비교한 것이다. 안테나의 이득 측정은 Orbit사의 FR-959를 사용하여 무반사실에서 이루어졌다. 측정된 안테나의 이득은 사용 주파수 대역 1.75 GHz~1.87 GHz에서 2.14 dBi~3.4 dBi(계산치 2.48 dBi~3.4 dBi)를 보이고 있다.

그림 7은 제안된 안테나의 복사 패턴을 나타낸다. 그림에서 보듯이 제안된 안테나는 일반적인 모노폴 안테나와 같이 수직 패턴(E-plane)은 지향성, 수평 패턴(H-plane)은 무지향성의 복사 패턴을 가지고 있다. 그림에서 수직 패턴은 그림 1의 안테나 좌표계에서 xz 면의 복사 패턴을 나타낸 것이다. 안테나의 수직 빔폭은 사용 주파수 대역인 1.75 GHz~1.87 GHz에서 측정치 42°~61°(계산치: 48°~53°)로 나타났다. 그림 7에서 보듯이 제안된 프린트 슬리브 모노폴 안테나는 접지판 방향으로 복사가 크게 일어나고 있다. 이는 접지판의 크기를 증가시키면 줄일 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 새로운 구조의 프린트 슬리브 모노폴 안테나를 제안하였다. 안테나 설계시 복사 소자의 높이를 일반적인 모노폴 안테나의 높이인 (중심주파수 1810 MHz에서 41.4 mm)이하로 줄이기 위하

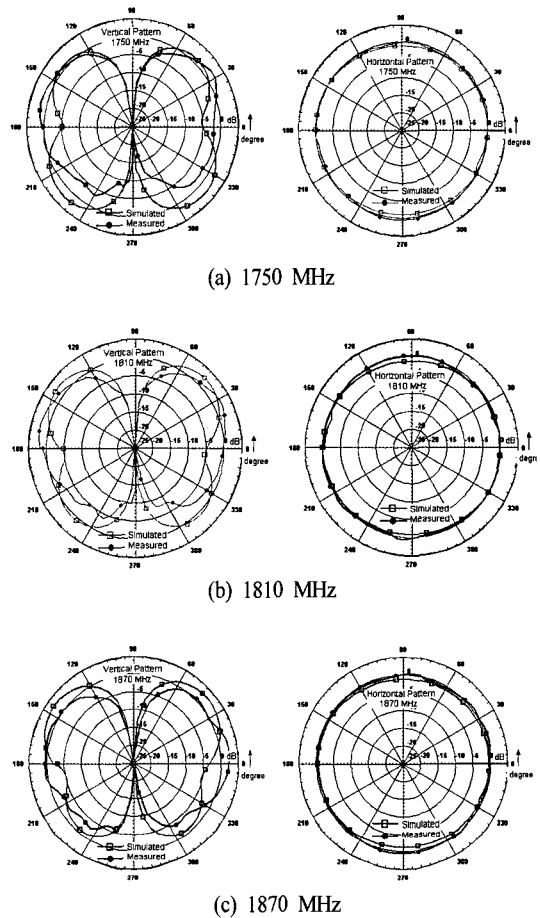


그림 7. 안테나 복사 패턴
Fig. 7. Radiation pattern.

여 복사 소자의 높이를 32.5 mm(0.196 λ)로 하고 상단에 폭을 줄이기 위하여 양끝이 꺾인 형태의 도선으로 탑로딩하였으며, 이 구조에 대역폭을 개선하기 위하여 복사 소자의 양옆으로 슬리브를 삽입하였다.

제안된 안테나는 크기에 있어서 기존 높이의 모노폴 안테나에 비하여 높이가 약 21% 줄어 소형화되었다. 또한 대역폭 특성에 있어서 정재파비 1.5 이하를 만족하는 주파수 범위가 1.7 GHz에서 1.9 GHz로 나타나고 있으며 이는 약 11.1% 대역폭에 해당되는 것으로 PCS 대역인 1.75 GHz~1.87 GHz를 충분히 커버하는 대역폭이다. 안테나의 복사 패턴은 수평면에서 모노폴 안테나와 같은 전방향성, 수직면에서는 8자 형태의 지향 특성을 가지며, 수직 빔 폭은 사용 주파수 대역에서 42°~61°(설계치: 48°~53°)사이로 측정되었다. 안테나 이득은 사용 주파수 대역에

서 측정값 2.14 dBi~3.4 dBi(계산치: 2.48 dBi~3.4 dBi)로 나타났다. 이로부터 본 논문에서 제안한 안테나는 모노폴 안테나의 높이를 줄이고 대역폭 특성을 개선시키고자 하는 요구에 잘 부합하고 있으며 향후 이동 통신용 실내 중계기 안테나로서 널리 사용될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] John D. Kraus, *Antennas*, ch. 21, McGraw-Hill, 1988.
- [2] Richard C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, ch. 4, McGraw-Hill, 1993.
- [3] IECE Japan, *Antenna Engineering Handbook*, Tokyo Japan, Ohm-sha co., pp. 319-328, 1980.
- [4] T. L. Simpson, "The theory of top-loaded antenna: integral equations for the current", *IEEE Trans. AP-19*, pp. 186-190, 1971.
- [5] S. Honda, M. Ito, H. Seki, and Y. Jingo, "A disc monopole antenna with 1:8 impedance bandwidth and omnidirectional radiation pattern", *Proc. ISAP*, Sapporo, Japan, pp. 1145-1148, 1992.
- [6] Poey P. Hammoud, F. Colomel, "Matching the input impedance of a broadband disc monopole", *Electronics Letters*, vol. 29, pp. 406-407, Feb. 1993.
- [7] M. J. Ammann, "Square planar monopole antenna", *Antenna & Propagation, IEE National Conference*, pp. 37-40, 1999.
- [8] N. P. Agrawal, G. Kumar, and K. P. Ray, "New wide-band monopole antennas", *Antennas & Propagation Society, IEEE International Symposium, 1997 Digest*, vol. 1, pp. 248-251, 1997.
- [9] N. Hescovici, C. Christodouloc, "Wide-band monopole antenna for multi-band wireless systems", *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 2, Apr. 2003.
- [10] N. P. Agarwall, G. Kumar, and K. P. Ray, "Wide band planar monopole antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 46, no. 2, pp. 294-295, 1998.
- [11] K. P. Ray, P. V. Anob, R. Kapur, and G. Kumar, "Broadband planar rectangular monopole antennas", *Microwave Optical Tech. Letters*, vol. 28, no. 1, pp. 55-59, 2001.
- [12] Z. N. Chen, M. Y. W. China, "Impedance characteristic of trapezoidal planar monopole antenna", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 36, no. 13, pp. 120-122, 2000.

서 승 업



마이크로파회로

2003년 2월: 한국산업기술대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 3월~현재: 단국대학교 전자공학과 석사과정
 1998년 2월~현재: (주)하이게인안테나 주임연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파,

최 학 근



자공학과 교수

1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 3월~현재: 단국대학교 전자공학과 교수
 1989년 3월~현재: (주)하이게인안테나 기술고문
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로