

# 광대역 평면형 모노폴 안테나의 설계

## Design of Broadband Planar Monopole Antenna

이 윤 경 · 윤 현 보

Yun-Kyung Lee · Hyun-Bo Yoon

### 요 약

본 논문에서는 소형, 경량이면서 PCS/IMT-2000 및 Wibro 대역을 포함할 수 있는 새로운 내장형 안테나를 설계하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락핀을 사용하였으며, 광대역 특성을 얻기 위해 슬릿을 부가하였다. 안테나의 설계는 유한 적분법과 구조 근사법을 기본 이론으로 하는 CST Microwave Studio 상용 프로그램을 사용하여 최적화한 후, 제작하고 측정하였다.

측정 결과, 중심주파수 1.934 GHz에서 안테나의 대역폭(VSWR < 2.5)이 40.8 %로 광대역 특성을 얻었으며, 제작된 안테나의 전체 크기는 30 mm × 10 mm × 0.2 mm이다.

### Abstract

This paper designed a very low profile, light and broadband internal antenna for operating at PCS, IMT-2000 and Wibro bands. The proposed antenna can be reduced the size by using shorting-pin and a broadband characteristic is obtained by using slit. It is optimized by using the CST Microwave Studio commercial software based on the FIA(Finite Integration Algorithm) and PBA(Perfect Boundary Approximation) and then fabricated and measured.

As a result of measurement, the bandwidth(VSWR < 2.5) is 40.8 % at 1.934 GHz and the size of antenna is 30 mm × 10 mm × 0.2 mm.

Key words : Internal Antenna, Broadband Antenna, Small Antenna

### I. 서 론

무선통신 기술의 급격한 발전으로 이동통신 단말기에 적합한 새로운 안테나 개발이 필수적이며 특히, 내장형 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[1]~[5]</sup>.

내장형 안테나는 외장형 안테나와 비교해서 쉽게 깨지거나 손상되지 않으며, 단말기의 소형화가 가능하며, 기존의 외장형 모노폴 안테나가 가지고 있던 무지향성 방사 패턴이 인체 두부에 미치는 영향을 고려할 때, 내장형 안테나는 전자파 흡수율(SAR: Specific Absorption Rate)을 크게 개선할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이동통신 단말기에 내장하기 위

한 안테나의 크기는 제한되어 있기 때문에, 안테나의 성능을 높이고, 이중 대역 또는 다중 대역을 설계 시 두 개의 주파수에 대한 공진을 얻는다 할지라도 각각의 통신 대역에서 요구되는 대역폭을 만족시키는 것은 어려울 뿐만 아니라 광대역 특성을 얻는 것도 어렵다.

이동통신 단말기 내장형 안테나에 적합한 형태로 세라믹 칩 안테나, 평면 역 F형 안테나 및 평면형 모노폴 안테나 등이 있다. 유전율이 높은 세라믹을 이용한 칩 안테나는 소형화의 장점이 있지만, 충격에 약하고, 제작비용이 높고, 제작이 완료된 이후에 칩상의 패턴을 조절하는 것이 쉽지 않다. 또한 높은 유전율에 의한 협대역 특성을 갖는 단점이 있다. 평면

동국대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

· 논문 번호 : 20041130-157

· 수정완료일자 : 2005년 4월 14일

역 F형 안테나는 소형, 경량이면서, 제작이 쉽고, 안테나 특성이 우수하나 안테나의 높이가 낮아질수록 커패시턴스의 성분이 감소해 대역폭이 좁아지는 특성이 있기 때문에, 안테나의 높이를 줄이는 경우, 협소한 대역폭을 갖는 단점이 있다. 광대역 또는 이중대역에서 동작하는 평면형 모노폴 안테나는 전체적으로 안테나의 크기가 큰 단점이 있다. 따라서 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락편을 사용하는 방법, 매우 높은 유전율을 갖는 기판을 사용하는 방법, 적층하는 방법 그리고 구조를 변형시키는 방법 등이 사용되고 있다<sup>[2][5]</sup>.

본 논문에서는 소형, 경량이면서 PCS/IMT-2000 및 Wibro 대역에서 동작하는 광대역 특성을 갖는 새로운 내장형 안테나를 설계하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락편을 사용하였으며, 광대역 특성을 얻기 위해 슬릿을 추가하였다. 복사판 내에서 단락편의 위치, 단락편과 슬릿간의 간격 및 슬릿의 길이에 대한 안테나의 특성을 유한 적분법(finite integration algorithm)과 구조 근사법(perfect boundary approximation)을 기본 이론으로 하는 CST Microwave Studio 상용 프로그램을 이용하여 해석하였다. 또한, 설계된 안테나를 제작하여 안테나의 반사 손실, 입력 임피던스, 복사 패턴 및 이득을 측정하였다.

## II. 소형 광대역 내장형 안테나의 설계

그림 1은 내장형 안테나 설계를 위한 기본 구조로서 안테나의 복사판은 0.2 mm 두께를 갖는 동판으로 가로, 세로 길이는 30 mm×10 mm로 고정하였으며, 유전율이 4.7, 기판의 두께가 0.7874 mm인 FR4 기판 위에 복사판을 올려놓았다. 안테나의 임피던스 대역폭을 증가시키기 위해 복사판 아래의 유전체 기판의 접지면을 제거하였으며<sup>[6]</sup>, 복사판과 접지면 사이의 간격은 2 mm로 하였으며, 50 Ω 마이크로스트립 급전 선로에 의해 직접 급전하였다. 이때 급전 선로의 길이는 68 mm로 하였다.

### 2-1 단락편에 의한 안테나의 특성

안테나의 크기를 줄이는 방법에는 유전율이 높은 기판을 사용하는 방법, 단락편을 이용하는 방법, 안테나의 패턴 모양을 최적화하여 전기적 길이를 증

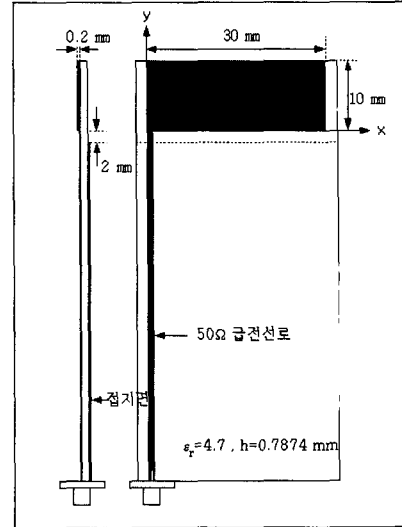


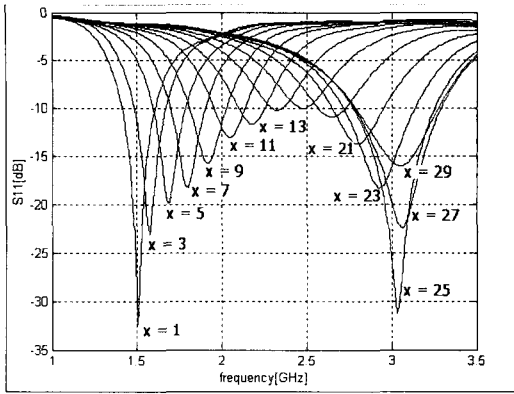
그림 1. 안테나의 기본구조  
Fig. 1. Antenna structure.

가시키는 방법, 그리고 이들 방법을 조합하는 등 여러 가지 방법이 있다<sup>[7~9]</sup>.

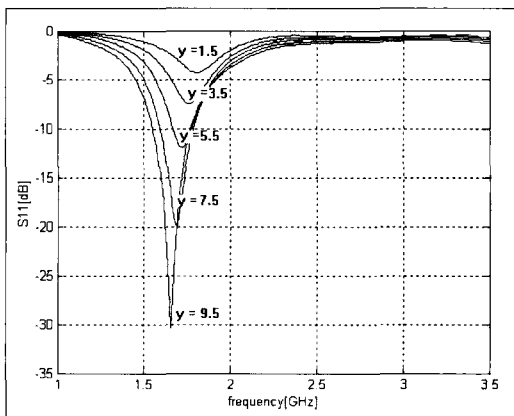
본 논문에서는 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락편을 사용하였으며, 이때 단락편은 안테나 내에서 인덕턴스 성분으로 동작하여 안테나의 공진 주파수를 낮아지게 한다. 단락편의 위치 변화에 따른 안테나의 특성을 CST Microwave Studio 상용 프로그램을 이용하여 계산하였다.

단락편의 위치  $S_p(x, y)$ 를 (1, 0.5)에서 +x 방향으로 2 mm, +y 방향으로 1 mm씩 각각 변화시켰을 때의 동작 주파수를 계산하였으며, 그 결과 단락편의 위치가 +x 방향으로 이동할수록 동작 주파수가 올라가고, +y 방향으로 이동할수록 동작 주파수가 낮아져 단락편의 위치가 (1, 9.5)에서 최저 주파수 1.486 GHz 얻었다. 또한 단락편의 위치 y가 5.5 이상일 때 -10 dB 이하의 반사손실을 얻었으며, x가 5에서 13 사이에 놓여졌을 때 설계하고자 하는 주파수에서 공진이 일어난다. 그러나 대부분의 경우 대역폭이 -10 dB를 기준으로 10 % 이하를 얻었으며, 이는 단일대역이 아닌 다중대역에서 동작하기 위해 요구되는 대역폭을 만족시키기는 어렵다.

그림 2(a)는 단락편의 위치가 +x 방향으로 이동할 때의 동작 주파수의 변화이고, 그림 2(b)는 +y 방향으로 이동할 때의 동작 주파수의 변화를 나타내었다.



(a)  $x$ 에 따른 변화( $y=7.5$ )  
(a) Variation according to  $x$



(b)  $y$ 에 따른 변화( $x=5$ )  
(b) Variation according to  $y$

그림 2. 단락핀의 위치에 따른 동작 주파수 변화  
Fig. 2. The variation of operating frequency versus  $S_p(x, y)$ .

## 2-2 단락핀과 슬릿의 결합에 의한 안테나의 특성

다중대역에서 동작하기 위해 넓은 대역폭이 요구되는데, 본 논문에서는 광대역 특성을 얻기 위해 단락핀 아래에 직사각형 슬릿을 부가하여, 단락핀을 고정시켜 놓고 단락핀과 슬릿간의 간격 및 슬릿의 길이에 대한 안테나의 특성을 계산하였다.

그림 3과 같이 1.759 GHz에서 공진이 일어나는 위치인 (5, 5.5)에 단락핀을 고정시켜 놓고, 단락핀과 슬릿의 간격  $d$ 는 단락핀 아래로 0.5 mm 위치에서 1 mm 간격으로 변화시켰으며, 슬릿의 길이는 1 mm 부터 29 mm까지 변화시켰다. 그림 4는 단락핀과 슬

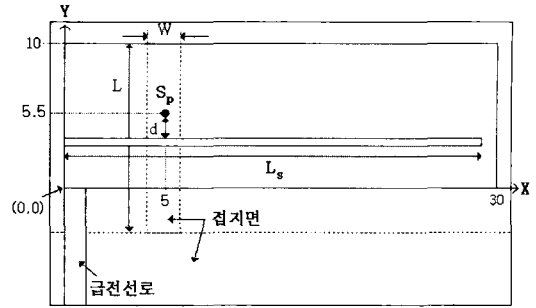


그림 3. 단락핀과 슬릿이 부가된 안테나 구조  
Fig. 3. Structure of the antenna with shorting-pin and slit.

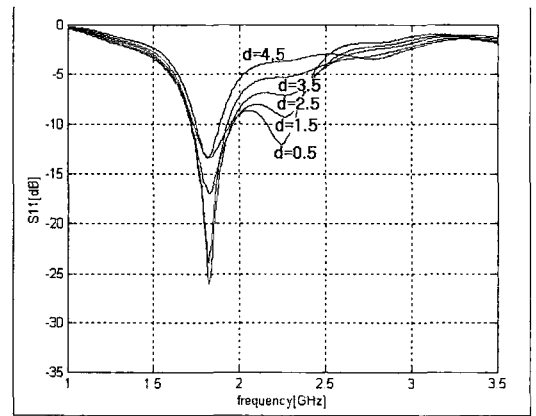


그림 4. 단락핀과 슬릿간의 간격에 따른 동작 주파수 ( $L_s=27$  mm로 고정)  
Fig. 4. The variation of operating frequency versus  $S_p$  (5, 5.5) and  $d$ .

릿 간의 간격에 따른 동작 주파수의 변화를 나타내었으며, 그림 5는 단락핀과 슬릿의 길이에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

그 결과, 단락핀과 슬릿의 길이  $L_s$ 를 고정시켜 놓고, 단락핀과 슬릿의 간격  $d$ 를 0.5 mm, 1.5 mm, 2.5 mm, 3.5 mm, 4.5 mm로 변화시켰을 때, 동작 주파수의 변화는 거의 없었다. 그러나 대역폭의 경우, 단락핀과 슬릿간의 간격이 멀어질수록 대역폭이 줄어들었다. 이는 단락핀과 슬릿간의 간격에 따른 커패시턴스 성분의 변화로 인해 대역폭이 변화됨을 알 수 있다.

또한 단락핀과 슬릿간의 간격  $d$ 는 고정시켜 놓고, 슬릿의 길이  $L_s$ 를 1 mm부터 29 mm까지 변화시켰을 때, 동작 주파수의 변화는 슬릿의 길이가 15 mm

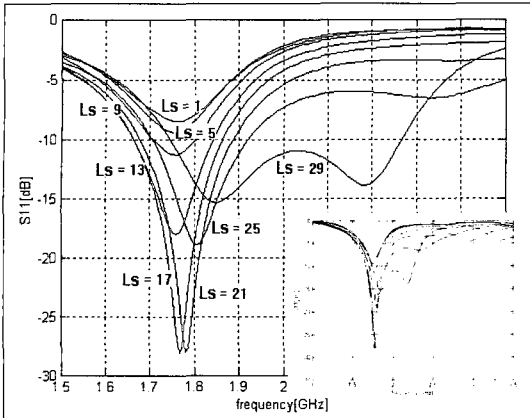


그림 5. 단락핀과 슬릿의 길이에 따른 동작 주파수 변화( $d=1.5$  mm로 고정)

Fig. 5. The variation of resonant frequency versus  $S_p$  (5, 5.5) and  $L_s$ .

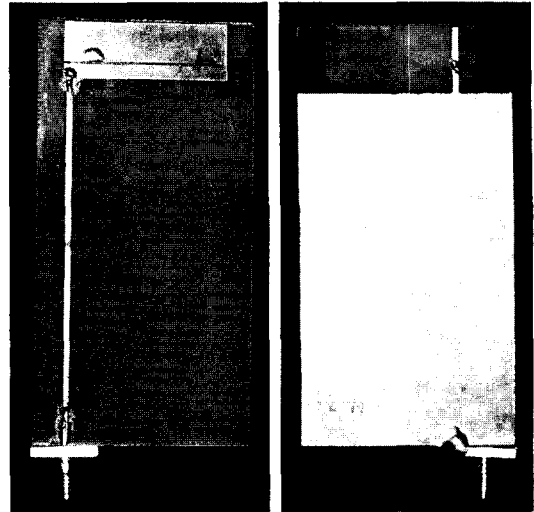
까지는 거의 일정하다가 15 mm 이상일 때 동작 주파수는 점점 높아지는 경향이 있다. 그림 5에서  $d$ 가 1.5 mm인 경우에  $L_s$ 가 3 mm일 때 가장 낮은 주파수 1.731 GHz에서  $L_s$ 가 29 mm일 때 가장 높은 주파수 1.857 GHz로 주파수가 126 MHz 상향됨을 알 수 있었다. 대역폭도 슬릿의 길이가 길어질수록 증가하는데 이는 슬릿의 길이에 의해 형성되는 추가 공진을 결합함으로써 더 넓은 대역폭을 얻을 수 있었다.

본 논문에서는 위의 시뮬레이션 결과로부터 단락핀의 위치  $S_p(x, y)$ 는 (5, 5.5)이고, 슬릿의 길이  $L_s$ 는 29 mm, 단락핀과 슬릿간의 간격  $d$ 는 1.5 mm로 하여 안테나를 설계하였으며, 시뮬레이션 결과, 1.859 GHz에서 반사 손실이 -15.19 dB이며, 대역폭(VSWR < 2.5)은 767 MHz(38.5%)를 얻었다.

### III. 실험 및 결과 고찰

#### 3-1 제작 및 측정

단락핀에 슬릿을 부가하여 설계한 안테나의 복사판은 밀링머신을 사용하여 0.2 mm 두께를 갖는 동판 위에 슬릿을 깎고, 유전체 기판은 광에칭 방법으로 급전선로와 접지면을 제작하였으며, 유전체 기판 위에 동판을 정확한 위치에 배열하여 단락핀과 접지면을 연결하고, 급전선로의 중단부분과 복사판을 연결함으로써 제작하였다. 단락핀의 지름은 0.5 mm이고, 단락핀에 연결된 접지면의 크기는 1.5 mm × 12



(a) 복사체(앞면)

(a) Radiator

(b) 접지면(뒷면)

(b) Ground plane

그림 6. 제작된 안테나

Fig. 6. Photograph of the fabricated antenna.

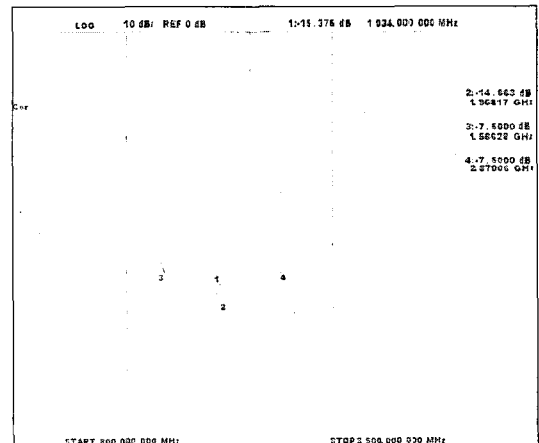


그림 7. 제작된 안테나의 반사 손실

Fig. 7. The return loss of the fabricated antenna.

mm( $W \times L$ )이며, 슬릿의 폭은 0.5 mm이다. 그림 6은 제작된 안테나의 실제모습이다.

제작된 안테나의 반사손실, 입력 임피던스를 HP-8753ES vector network analyzer로 측정하여 그 결과를 그림 7과 그림 8에 나타내었다.

측정 결과, 1.934 GHz에서 반사 손실이 -15.376 dB 이고, 안테나의 입력 임피던스는  $40.816 - j12.637 \Omega$  이며, VSWR이 2.5 이하에서 대역폭이 803 MHz(40.8%)로 PCS/IMT-2000 및 Wibro 대역을 만족하였다.

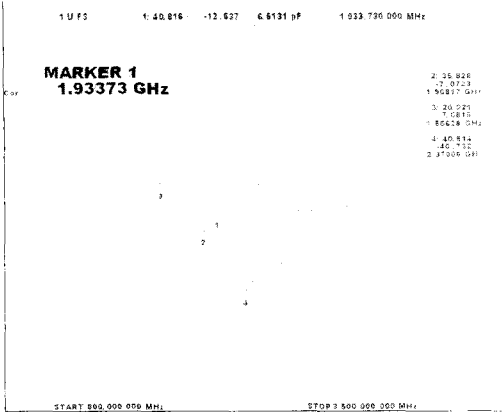
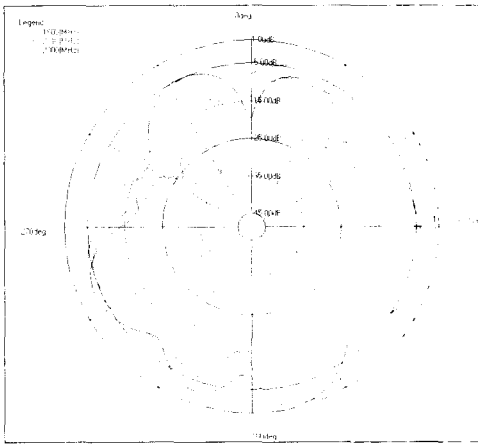


그림 8. 제작된 안테나의 입력 임피던스  
Fig. 8. The input impedance of the fabricated antenna.

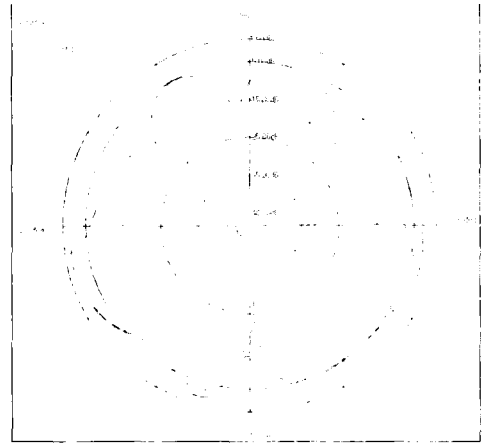
안테나의 복사 패턴은 satimo stargate 32 장비로 E 및 H 패턴을 측정하였다. 그림 9는 1,800 MHz, 2,300 MHz에서의 안테나의 복사 패턴이고, 이들은 PCS 대역에서 1.52 dBi, IMT-2000 대역에서는 2.62 dBi 그리고 Wibro 대역에서는 1.55 dBi의 최대 값을 얻었다.

### 3-2 결과고찰

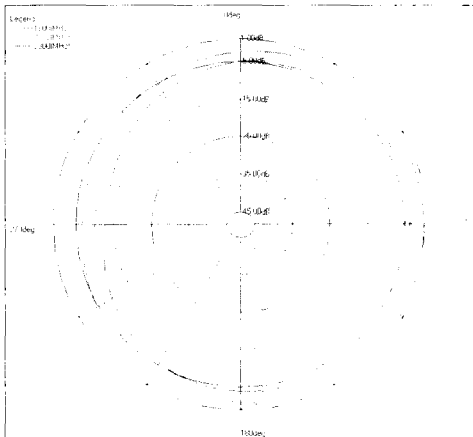
제작된 안테나의 주파수 특성은 시뮬레이션 결과와 비교적 일치했으나, 시뮬레이션보다 36 MHz 더 넓은 대역폭을 가졌다. 이것은 안테나 제작시 급전선로와 복사판 간의 연결 및 접지면과 단락판에 연결에 의한 제작 및 측정상의 오차뿐만 아니라 시뮬



(a) x-y 평면  
(a) x-y plane



(b) y-z 평면  
(b) y-z plane



(c) x-z 평면  
(c) x-z plane

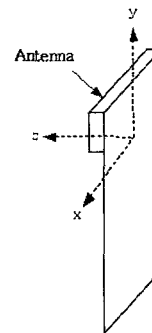


그림 9. 제작된 안테나의 복사패턴  
Fig. 9. The radiation pattern of the fabricated antenna.

표 1. 결과 비교

Table 1. Comparison of results.

특성	안테나	계산값	측정값
공진주파수		1.859 GHz	1.934 GHz
대역폭(VSWR<2.5)		767 MHz(38.5 %)	803 MHz(40.8 %)
반사손실		-15.19 dB	-15.375 dB
크기(W×L×H)		30 mm×10 mm×0.2 mm	

레이션 오차로도 생각된다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 표 1에 비교하였다.

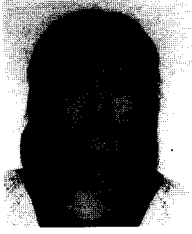
#### IV. 결 론

본 논문에서는 크기가 작고, 제작이 용이하며, 구조가 간단하며, PCS/IMT-2000 및 Wibro 대역을 포함하는 광대역 내장형 안테나를 설계하고 제작하였다. 설계된 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락편을 사용했으며, 광대역 특성을 얻기 위해 슬릿을 추가하였다. 단락편의 위치에 따라 안테나의 동작 주파수를 결정할 수 있으며, 단락편과 슬릿 간의 간격 및 슬릿의 길이에 따라 안테나의 대역폭을 결정할 수 있었다. 측정결과 1.934 GHz에서 대역폭은 -7.5 dB 기준으로 803 MHz의 광대역 특성을 얻었으며, 이득은 PCS 대역에서 1.52 dBi, IMT-2000 대역에서는 2.62 dBi 그리고 Wibro 대역에서는 1.55 dBi의 최대값을 얻었다. 제안된 안테나의 크기는 30 mm×10 mm×0.2 mm로 이동통신 단말기 내장형 안테나로 적합함을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] F. S. Chang, S. H. Yeh, and K. L. Wong, "Planar monopole in wrapped structure for low-profile GSM/DCS mobile phone antenna", *Electronics Letters*, vol. 38, no. 11, pp. 499-500, May 2002.
- [2] Kin-Lu Wong, Gwo Yun Lee, and Tzung-Wern Chiou, "A low-profile planar monopole antenna for multiband operation of mobile handsets", *IEEE Trans. Antenna and Propagat.*, vol. AP-51, no. 1, pp. 121-124, Jan. 2003.
- [3] Shih Huang Yeh, Kin Lu Wong, Tzung Wern Chiou, and Shyh Tirng Fang, "Dual-band planar inverted F antenna for GSM/DCS mobile phones", *IEEE Trans. Antenna and Propagat.*, vol. AP-51, no. 5, pp. 1124-1126, May 2003.
- [4] Mohammad Ali, Gerard James Hayes, Huan-Sheng Hwang, and Robert A.Sadler, "Design of a multi-band internal antenna for third generation mobile phone handsets", *IEEE Trans. Antenna and Propagat.*, vol. AP-51, no. 7, pp. 1452-1460, Jul. 2003.
- [5] Young-Bae Kwon, Jung-Ick Moon, and Seong-Ook Park, "An internal triple-band planar inverted-F antenna", *IEEE Trans. Antenna and Wireless Propagation Letters*, vol. 2, pp. 341-344, 2003.
- [6] Takahiro Sugiyama, Hitoshi Horita, Youhei Shirakawa, Morihiko Ikegaya, Shinchi Takaba, and Hisashi Tate, "Triple-band internal antenna for clamshell type mobile-phone", *Hitachi Cable Review*, no. 22, pp. 26-31, Aug. 2003.
- [7] T. K. Lo, C. O. Ho, Y. Hwang, E. K. W. Lam, and B. Lee, "Miniature aperture-coupled microstrip antenna of very high permittivity", *Electronic Letters*, vol. 33, no. 1, pp. 9-10, 1997.
- [8] K. L. Wong, S. C. Pan, "Compact triangular microstrip antenna", *Electronic Letters*, vol. 33, no. 6, pp. 433-434, 1997.
- [9] H. Y. Wang, J. Simkin, C. Emson, and M. J. Lancaster, "Compact meander slot antennas", *Micro-wave and Optical Technology Letters*, vol. 24, no. 6, pp. 377-380, Mar. 2000.

이 윤 경



석, 이동통신

1993년 2월: 서울산업대학교 매체  
공학과 (공학사)

1995년 8월: 동국대학교 전자공학  
과 (공학석사)

2001년 2월: 동국대학교 전자공학  
과 박사과정 수료

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해

윤 현 보

1979년~현재: 동국대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] EMI/EMC, 안테나 설계 및 해석, 이동통신