

# 무선 통신 기기에 적합한 다중 대역 칩 슬롯 안테나

## Multi-Band Chip Slot Antenna for Mobile Devices

남 성 수 · 이 흥 민

Sung-Soo Nam · Hong-Min Lee

### 요 약

본 논문에서는 이동 무선 통신 기기에 적합하고 다중 대역에서 동작하도록 설계된 칩 슬롯 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 시스템 회로 기판(30 mm×60 mm×0.8 mm) 위에 칩 안테나(10 mm×20 mm×1.27 mm)를 접속시킨 구조이며, 안테나의 F자 형태의 패턴의 끝단은 비아를 통해 시스템 회로 기판과 연결되어졌다. 따라서 칩 안테나는 시스템 회로 기판의 마이크로스트립 선로부터 접지면 슬롯 사이의 전이(transition)를 통하여 효과적으로 에너지를 방사한다. 제작된 안테나의 측정 결과 3:1 VSWR 임피던스 대역폭( $\leq -6$  dB)은 1.98 GHz(1.61~3.59 GHz)와 0.8 GHz(5.2~6 GHz)로 나타났다. 제안된 안테나는 DCS, PCS, UMTS, WLAN의 주파수 대역을 만족하므로 무선 통신 기기에 적용 가능할 것으로 사료된다.

### Abstract

In this paper, the chip slot antenna which is used for mobile devices and designed for multi-band is proposed. The proposed antenna is comprised of a chip antenna(10 mm×20 mm×1.27 mm) and a system circuit board(30 mm×60 mm×0.8 mm). The chip slot antenna is mounted on the system circuit board and the end of F-type strip line which is patterned on the chip antenna is connected by a via with a ground plane of the system circuit board. So, a chip antenna radiates effectively the energy by transition between a microstrip line of the system circuit board and an open slot structure of the chip antenna. In the results of proposed antenna, impedance bandwidth of 3:1 VSWR( $-6$  dB return loss) is 1.98 GHz(1.61~3.59 GHz) and 0.8 GHz(5.2~6 GHz). So, it can cover multi-band of DCS, PCS, UMTS, WLAN. The proposed antenna can be applied to mobile devices.

Key words : Multi-Band, Slot Antenna, Chip Antenna

### I. 서 론

최근 모바일 폰 및 스마트 폰과 같은 다중 대역 서비스가 가능한 모바일 기기 등에 대한 관심이 급증하고 있다. 이러한 기기 등에 적합한 안테나로써 세라믹 칩을 이용한 미연더 형태의 안테나에 대한 연구가 주를 이루었다<sup>[1][2]</sup>. 그러나 세라믹 칩은 제작 비용이 고가이며, 접지면 환경에 따른 영향이 크다는 단점이 있다.

최근 연구에서는 칩 크기의 소형화와 함께 실장

환경에 따른 영향을 최소화하기 위해 접지면의 영향을 줄이는 것이 주요 관심사이다<sup>[3]~[6]</sup>. 이와 함께 다양한 소비자의 요구를 만족시키기 위해서 모바일 기기 등에 사용되는 안테나 GSM(Global System for Mobile communication)(890~960 MHz), DCS(Digital Cellular System)(1,710~1,880 MHz), PCS(Personal Communication Service)(1,850~1,990 MHz), UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)(1,920~2,170 MHz) 그리고 무선 LAN 대역 WLAN(Wireless Local Area Network)(2,400~2,484 MHz, 5,725~5,800

「본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 지원으로 수행되었음(No. R01-2007-000-10315-0).」

경기대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kyonggi University)

· 논문 번호 : 20090804-077

· 수정완료일자 : 2009년 11월 9일

MHz) 대역 등에서 동작되도록 다중 대역으로 설계하는 것이 일반적이다.

일반적으로 슬롯 방사 구조의 안테나는 광대역 특성을 나타내므로<sup>[7]</sup>, 다중 대역을 만족하기 위한 모바일 안테나로 슬롯 구조가 많이 사용되었다<sup>[8]~[12]</sup>. 안테나의 크기는 슬롯의 길이와 구조에 관계가 있기 때문에 안테나의 크기를 소형화하고 대역폭을 증가시키기 위해 슬롯 안테나의 구조를 접은 3D 구조의 슬롯 안테나가 연구되었다<sup>[10]~[12]</sup>. 그러나 안테나의 높이는 접힌 안테나 구조의 높이에 따라 결정되기 때문에 얇은 모바일 기기에 사용하려면 보다 더 저자세화 구조를 갖는 다중 대역 안테나가 필요하다. 또한 안테나를 제외한 공간이 최대한 접지면으로 이루어져 있을 경우 모바일 기기에 소자를 효율적으로 적용할 수 있다.

본 논문에서는 모바일 기기에 적합한 다중 대역 슬롯 칩 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 시스템 회로 기판(30 mm×60 mm×0.8 mm) 위에 칩 안테나(10 mm×20 mm×1.27 mm)를 접속시킨 구조이며, 안테나의 F자 형태의 패턴의 끝단은 비아를 통해 시스템 회로 기판과 연결되어졌다. 칩 안테나가 받는 접지면의 영향을 고려하여 시스템 회로 기판의 일부분을 제거하였으며, 실장 환경을 최대화하기 위해 접지면 비율을 증가시켰다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 나타내는 슬롯 방사 구조를 사용하였고, 마이크로스트립 선로와 접지면 슬롯 사이의 전이를 통해 여기되는 상호 급전점 위치에 따라 다수의 공진 점을 나타내도록 하여 DCS, PCS, UMTS, WLAN 대역을 만족하도록 설계하였다. 제안된 안테나의 설계에서는 3D 해석에 용이한 상용 소프트웨어인 CST사의 MWS tool을 사용하였다<sup>[13]</sup>.

## II. 안테나의 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조이다. 제안된 안테나는 RO3210( $\epsilon_r=10.2$ ) 기판을 사용한 F자 형태의 마이크로스트립을 갖는 칩 안테나(10 mm×20 mm×1.27 mm)와 FR-4( $\epsilon_r=4.4$ ) 기판을 사용한 시스템 회로 기판(30 mm×60 mm×0.8 mm)으로 구성되어 있다.

이 기판의 접지면 일부분(13 mm×19 mm)은 칩 안테나 부설을 위하여 제거되었고 50  $\Omega$ 의 마이크로스

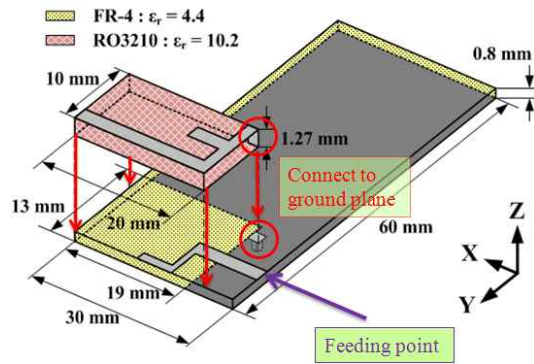


그림 1. 제안된 안테나의 구조  
Fig. 1. The geometry of proposed antenna.

트립 선로를 사용하여 칩 안테나를 급전하였다. 칩 안테나의 선로의 끝은 1 mm×1 mm 크기의 금속 패드를 사용하여 시스템 회로 기판의 접지면과 비아로 연결시켰다.

그림 2는 마이크로스트립 선로와 F자 형태의 전이 구조이다. FR-4 기판은 시스템 회로 기판이라 가정하였고, 이 기판의 상단에 F자 형태의 마이크로스트립 선로를 갖는 RO3210 기판의 칩 안테나를 부설하였다. 칩 안테나의 F형 패턴의 끝단은 1 mm×1 mm 크기의 금속 패드를 사용하여 시스템 회로 기판의 접지면과 비아로 연결시켰다. 이 경우 F자 형태의 선로는 빗금 무늬의 급전 전송 선로에 의해서 전이가 일어나게 되고, 전이되는 지역에 따라서 다중 접지면 개방 슬롯 구조로 동작하게 된다. 빗금 무늬의 급전 전송 선로 구조는 상단의 칩 안테나와 커플링을 하기 위한 급전 구조로 후면 급전 구조의 변화는 상단 칩 안테나와의 매칭에 영향을 주게 된다.

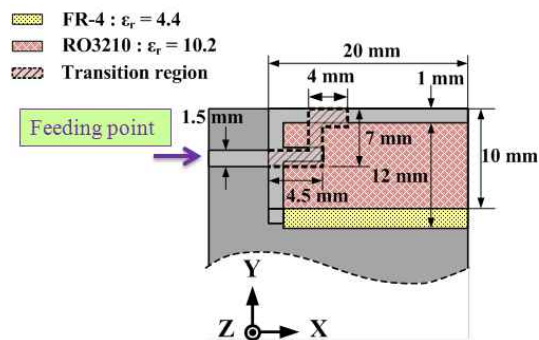


그림 2. 마이크로스트립 개방 슬롯 전이 구조  
Fig. 2. Microstrip to open slot transition structure.

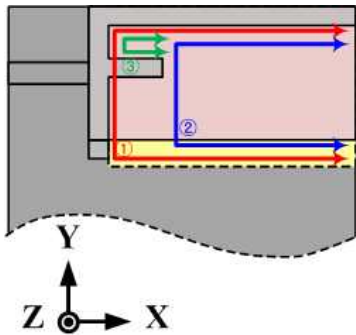
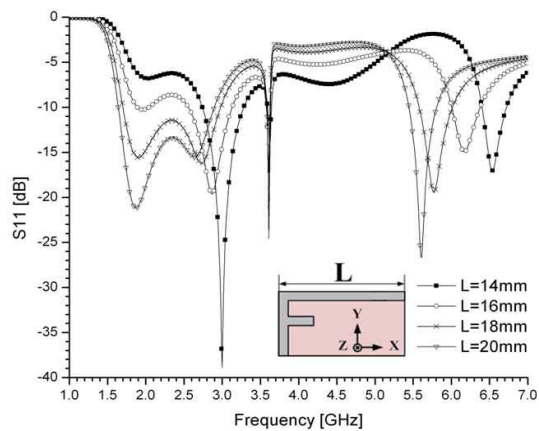


그림 3. 개방 슬롯을 통한 다중 전류 경로  
Fig. 3. Multi-current path through the open slots.

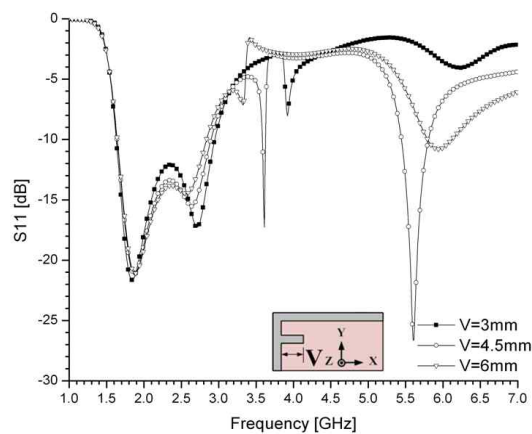
그림 3은 제안된 안테나의 모드에 따른 접지면 개방 슬롯 구조에 대한 다중 전류 경로를 나타낸 것이다. 제안된 안테나는 각 슬롯의 방사 위치에 따라 3가지의 공진점을 갖도록 설계되었다. 안테나의 동작 주파수 대역은 크게 하위 대역과 상위 대역으로 나눌 수 있는데, 전류 경로 ① 및 ②는 안테나가 하위 대역에서 방사하도록 설계하였고, 전류 경로 ③은 상위 대역에서 방사하도록 설계하였다.

### III. 안테나의 모의실험 결과

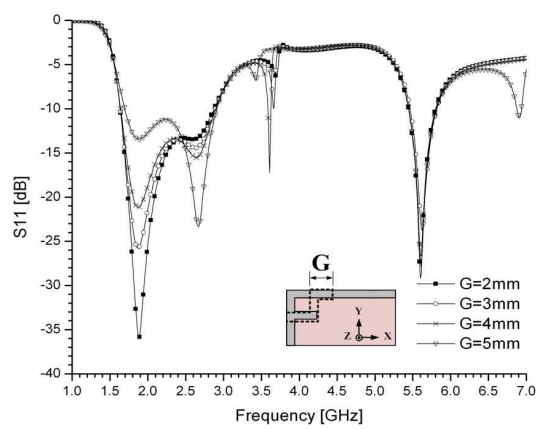
그림 4에 제안된 안테나의 칩 안테나의 개방 슬롯 선로 길이  $L$  및  $V$ ,  $G$  값의 변화에 따른 반사 손실의 변화를 나타내었다. 그림 4(a)에 나타난 바와 같이 선로 길이  $L$ 은 중심 주파수인 1.87 GHz 부근에서 영향이 큰 것을 알 수 있다. 이는 제안된 안테나가 선로 길이  $L$ 의 길이에 의존해서 개방 슬롯 구조로 동작하기 때문에 최대 길이가 20 mm보다 작은 경우에는 중심 주파수 1.87 GHz에서 공진하지 않게 된다. 그림 4(b)에 나타난 바와 같이 개방 슬롯 선로 길이  $V$ 는 중심 주파수 5.61 GHz에서 공진하는 개방 슬롯 구조에 영향을 준다.  $V$ 의 길이가 4.5 mm보다 길거나 짧을 경우에는 중심 주파수 5.61 GHz에서 공진이 일어나지 않는다. 또한 이 선로와 상호 급전하는 시스템 회로 기판의 급전 선로의 상대적인 위치 변화도 큰 영향을 준다. 그림 4(c)에 나타난 점선은 시스템 보드 기판의 상단에 위치하여 칩 안테나와 커플링을 위한 급전 구조이다. 여기서  $G$ 의 길이 변화는 1.87 GHz와 2.63 GHz의 공진 주파수 매칭에 영향을 주지만 5.61 GHz의 공진 주파수에는 영향을 주지 않



(a) 길이  $L$ 에 따른 반사 손실의 변화  
(a) Variation of return loss for a length of  $L$



(b) 길이  $V$ 에 따른 반사 손실의 변화  
(b) Variation of return loss for a length of  $V$



(c) 길이  $G$ 에 따른 반사 손실의 변화  
(c) Variation of return loss for a length of  $G$

그림 4. 길이의 변수 값에 따른 반사 손실의 변화  
Fig. 4. Variation of return loss for a parameter length value.

음을 알 수 있다. 이는  $G$ 의 길이의 후면 급전 선로와 상단 칩 안테나의 바깥쪽 선로와 커플링 양 변화로 인해 그림 3의 전류 경로 ①, ②에 큰 영향을 주지만 전류 경로 ③에는 큰 영향을 주지 않기 때문이다.

그림 5는 최적화된 안테나 구조에 대한 반사 손실의 모의실험 결과이다( $L=20$  mm,  $V=4.5$  mm). 모의실험 결과, 낮은 대역의 두 공진 중심 주파수는 각각 1.87 GHz, 2.63 GHz로 나타났으며, 높은 대역 공진 주파수는 5.61 GHz로 나타났다. 따라서 3:1 VSWR 임피던스 대역폭( $\leq -6$  dB)은 중심 주파수 1.87 GHz와 2.63 GHz를 포함하는 1.56 GHz의 대역폭(1.58~3.14 GHz)과 중심 주파수 5.61 GHz를 포함하는 0.78 GHz의 대역폭(5.32~6 GHz)으로 나타났다. 결과적으로 DCS, PCS, UMTS, WLAN의 다중 대역을 만족하였다.

그림 6은 전계의 법선 성분을 나타낸 그림이다. 그림 5(a)  $f=1.87$  GHz에서 전계는 상호 급전 점에 집중됨을 알 수 있고, 이는 그림 3의 ①에서처럼 개방 슬롯 구조로 동작함을 알 수 있다. 그림 5(b), 5(c)는 각각 ②, ③에 나타낸 바와 같은 개방 슬롯 구조로 동작함을 보여준다.

그림 7은 표면 전류 분포를 나타낸 그림이다. 마이크로스트립 선로와 개방 슬롯 사이의 전자계 상호 결합 상태는 여기되는 주파수에 따라서 변화되므로, 각각 다른 공진 주파수에서 주된 전류의 경로가 변화되어진다.  $f=1.87$  GHz에서 칩의 전송 선로 아래로 지나가는 기판의 급전 선로와 처음 만나는 부분에

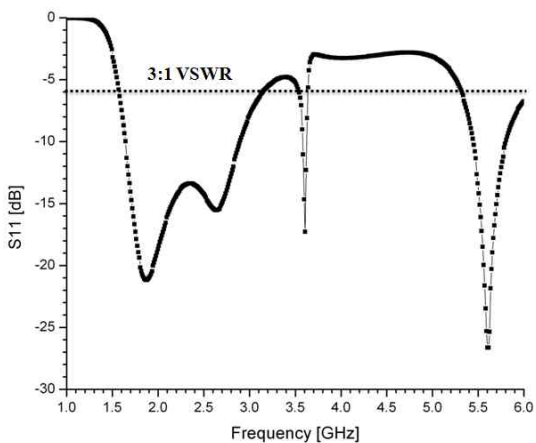
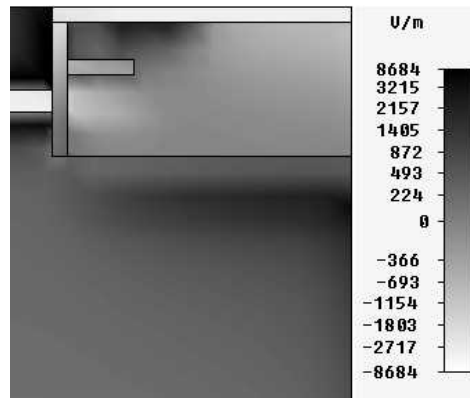
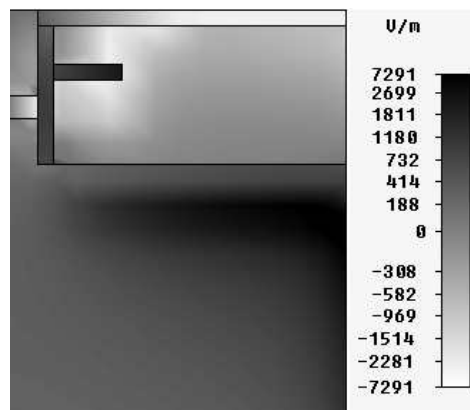


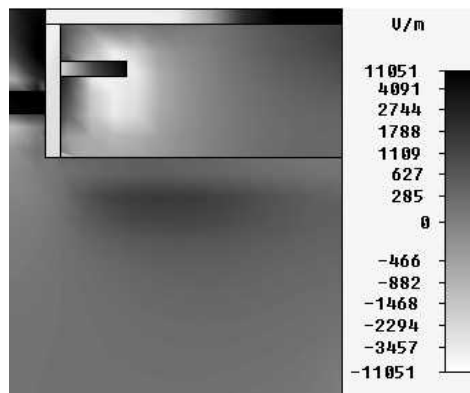
그림 5. 반사 손실 모의실험 결과  
Fig. 5. Simulation result of the return loss.



(a)  $f=1.87$  GHz



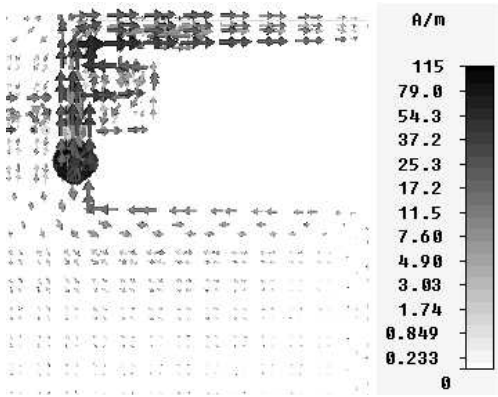
(b)  $f=2.64$  GHz



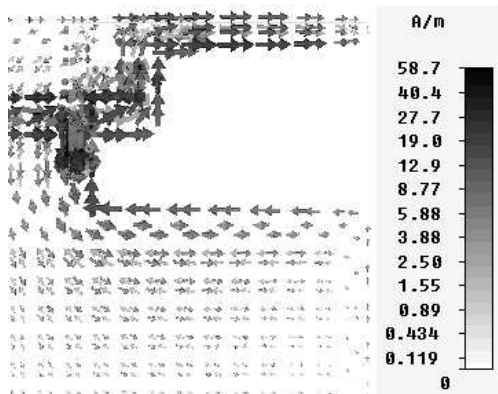
(c)  $f=5.61$  GHz

그림 6. 전계 법선 성분 분포  
Fig. 6. Normal E-field distribution.

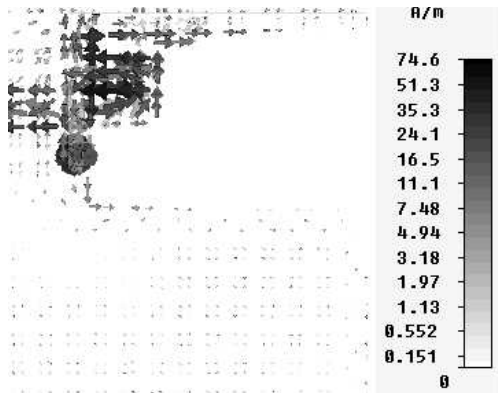
서 상호 급전이 여기된다.  $f=2.64$  GHz에서는 칩의 전송 선로와 급전 선로가 만나는 외부 모서리 부분에서 두 번째 상호 급전이 여기된다. 또한  $f=5.61$  GHz에서는 칩의 가운데 전송 선로와 급전 선로가 교차



(a)  $f=1.87$  GHz



(b)  $f=2.64$  GHz



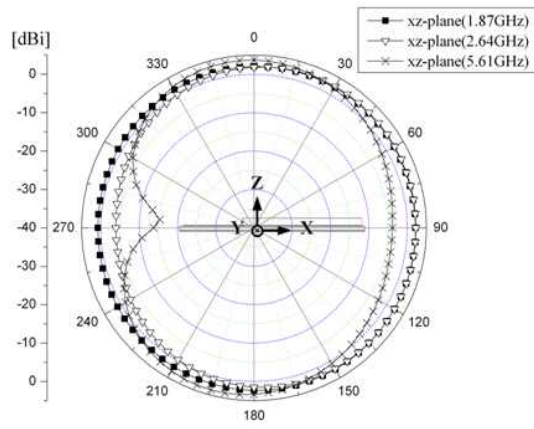
(c)  $f=5.61$  GHz

그림 7. 표면 전류 분포

Fig. 7. Surface current distribution.

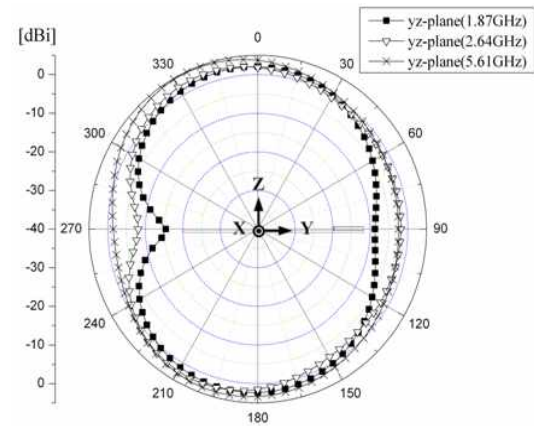
하는 지점에서 세 번째 상호 급전이 여기된다.

그림 8은 제안된 안테나의 각 주파수 변화에 따른 방사 패턴을 모의실험한 결과이다. 근접한 대역의 공진 주파수들의 방사 패턴은 거의 비슷한 형태를



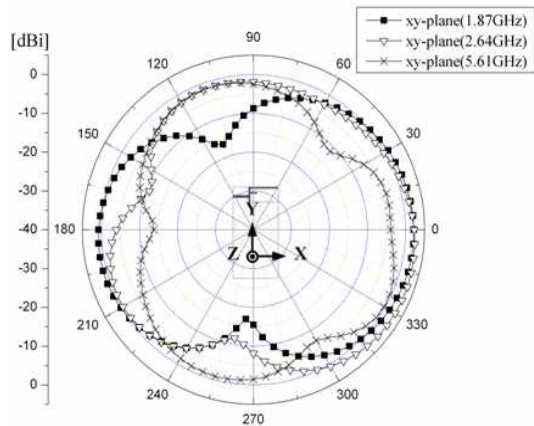
(a) x-z 평면

(a) x-z plane



(b) y-z 평면

(b) y-z plane



(c) x-y 평면

(c) x-y plane

그림 8. 방사 패턴 모의실험 결과

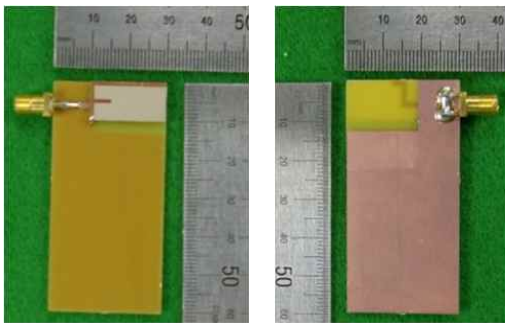
Fig. 8. Simulation result of the radiation patterns.



나타내었다. 1.87 GHz, 2.64 GHz, 5.61 GHz에서 각 주파수의 최대 이득은 각각 2.47 dBi, 3.09 dBi, 4.78 dBi로 나타났다.

#### IV. 안테나의 제작 및 특성 측정

그림 9는 제작된 안테나의 사진이다. 칩 안테나의 시스템 회로 기판 위에 놓여 있으며, F자 형태의 선로의 끝단은 접지면과 비아로 연결되어 있다. 그림 10에 제작된 안테나의 측정된 반사 손실과 모의실험 결과를 나타내었다. 측정 결과 3:1 VSWR 임피던스 대역폭( $\leq -6$  dB)은 1.61~3.59 GHz로 1.98 GHz의 대역폭과 5.2~6 GHz로 0.8 GHz의 대역폭을 나타내었다. 따라서 제안된 안테나는 DCS, PCS, UMTS,



(a) 앞면 (a) Top view  
(b) 뒷면 (b) Bottom view

그림 9. 제작된 안테나

Fig. 9. Photos of the fabricated antenna.

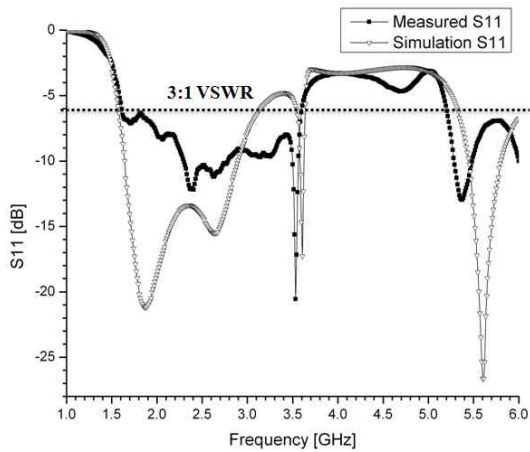
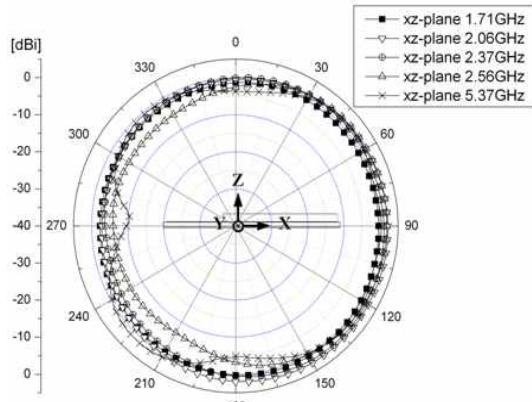
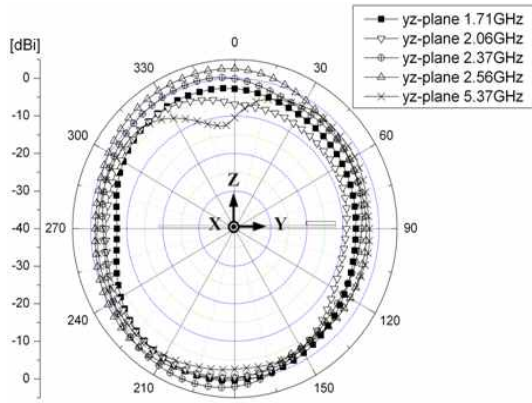


그림 10. 제작된 안테나의 반사 손실

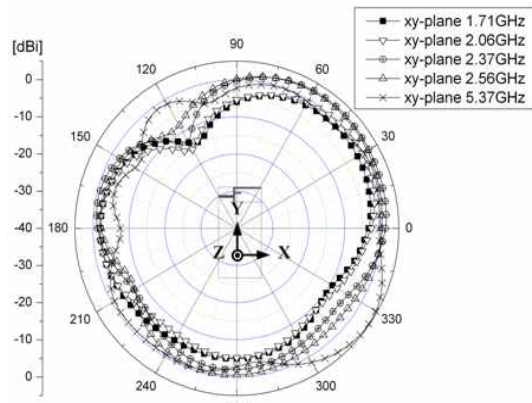
Fig. 10. Measured return loss of the fabricated antenna.



(a) x-y 평면  
(a) x-y plane



(b) x-z 평면  
(b) x-z plane



(c) y-z 평면  
(c) y-z plane

그림 11. 제작된 안테나의 방사 패턴

Fig. 11. Radiation patterns of the fabricated antenna.

WLAN의 주파수 대역을 만족한다. 측정 결과와 모의실험 결과는 정확하게 일치하지는 않았다. 이는 하단 스트립 선로에서 상단 칩 슬롯 안테나로 커플링이 모의실험 결과보다 적기 때문에 매칭이 정확히 이루어지지 않은 것으로 예상된다.

그림 11은 측정된 반사 손실에서 공진점이라 예측되는 주파수 1.71 GHz, 2.06 GHz, 2.37 GHz, 2.56 GHz, 5.37 GHz에서 측정된 제작된 안테나의 방사 패턴 결과이다. 측정 결과 모의실험 결과와 거의 유사한 형태의 방사 패턴을 나타내었다. 주파수 1.71 GHz, 2.06 GHz, 2.37 GHz, 2.56 GHz, 5.37 GHz에서 제작된 안테나의 최대 이득은 각각 0.56 dBi, 2.59 dBi, 2.69 dBi, 2.63 dBi, 4.76 dBi로 나타났고, H면(xy-plane)의 평균 이득은 각각 -4.24 dBi, -3.89 dBi, -1.13 dBi, -0.97 dBi, -0.44 dBi로 나타났다.

## V. 결 론

본 논문에서는 무선 통신 기기에 적용 가능한 다중 대역 칩 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 칩 안테나( $\epsilon_r=10.2$ )와 시스템 회로 기판( $\epsilon_r=4.4$ )으로 구성되어 있다. 칩 안테나의 전체 크기는 10 mm×20 mm×1.27 mm이고, 시스템 회로 기판의 전체 크기는 30 mm×60 mm×0.8 mm이다. 제안된 구조에서는 급전 선로의 상호 급전 위치에 따라 각기 다른 개방 슬롯 구조의 안테나로 동작함으로써 다중 대역을 만족하였다. 측정된 3:1 VSWR 임피던스 대역폭( $\leq -6$  dB)은 1.98 GHz(1.61~3.59 GHz)와 0.8 GHz(5.2~6 GHz)로 나타났다. 따라서 제안된 안테나는 DCS, PCS, UMTS, WLAN의 주파수 대역을 만족함으로 무선 통신 기기에 적용 가능할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

[1] W. Choi, S. Kwon, and B. Lee, "Ceramic chip antenna using meander conductor lines", *Electron. Lett.*, vol. 37, no. 15, pp. 933-934, Jul. 2001.  
 [2] Y. Kim, H. Kim, and H. Lee, "Dual-band LTCC chip antenna design using stacked meander patch for mobile handsets", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 45, no. 4, pp. 271-273, May 2005.  
 [3] G. Lee, H. Chen, and K. Wong, "A low-cost sur-

face-mount monopole antenna for GSM/DCS operation", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 37, no. 1, pp. 2-4, Apr. 2003.

[4] C. Lin, K. Wong, and S. Yeh, "Wideband EMC chip antenna for WLAN/WiMAX operation in the sliding mobile phone", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 48, no. 7, pp. 1362-1366, Jul. 2006.  
 [5] K. Wong, C. Chang, "Surface-mountable EMC monopole chip antenna for WLAN operation", *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. 54, no. 4, pp. 1100-1104, Apr. 2006.  
 [6] P. Lai, K. Wong, "Capacitively FED hybrid monopole/slot chip antenna for 2.5/3.5/5.5 GHz WIMAX operation in the mobile phone", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 50, no. 10, pp. 2689-2694, Oct. 2008.  
 [7] Saeed I. Latif, Lotfollah Shafai, "Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip slot antenna", *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. 53, no. 3, pp. 994-1003, Mar. 2005.  
 [8] C. Lin, K. Wong, "Printed monopole slot antenna for internal multiband mobile phone antenna", *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. 55, no. 12, pp. 3690-3697, Dec. 2007.  
 [9] C. Wu, K. Wong, "Hexa-band internal printed slot antenna for mobile phone application", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 50, no. 1, pp. 35-38, Jan. 2008.  
 [10] C. Lin, K. Wong, "Internal multiband loop antenna for GSM/DCS/PCS/UMTS operation in the small-size mobile device", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 50, no. 5, pp. 1279-1285, May 2008.  
 [11] C. Wu, K. Wong, "Internal hybrid loop/monopole slot antenna for quad-band operation in the mobile phone", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 50, no. 3, pp. 795-801, Mar. 2008.  
 [12] C. Chang, K. Wong, "Internal multiband surface-mount monopole slot chip antenna for mobile phone application", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 50, no. 5, pp. 1273-1279, May 2008.  
 [13] CST Studio Suitetm 2008 MWS(Micro Wave Studio) manual, *CST Corporation*.

남 성 수



2008년 2월: 경기대학교 전자공학부 (공학사)  
2008년 3월~현재: 경기대학교 전자공학부 석사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자

이 홍 민



1972년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1974년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1990년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)  
1991년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 교수  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 전파 전파, RF 수동소자