

## 전환특성을 이용한 삼중대역 인쇄형 안테나

### Triple-band printed antenna based upon switching properties

이영순\*, 유진하\*\*

Young-Soon Lee\*, Jin-Ha Yoo\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 휴대단말기에서 GSM900, PCS1900서비스와 Bluetooth나 Wi-Fi서비스를 위한 삼중대역 안테나를 제안하였다. 본 논문의 안테나는 공진길이가  $\lambda/4$ 인 역-F안테나와 공진길이가  $\lambda/2$ 인 루프안테나 사이를 전환하는 구조이다. 이를 통하여 하나의 인쇄패턴으로 삼중대역을 구현하였다. 역-F구조일 때는 GSM900대역을 만족하였고 루프구조일 때는 PCS1900대역을 만족하였으며 역-F구조에서 추가로 발생하는 공진으로 Bluetooth (또는 Wi-Fi)대역을 만족하였다. 제작된 안테나는 각 대역에서 10dB이하의 반사손실을 가지며 각 대역의 중심주파수를 기준으로 80%이상의 높은 효율을 가진다. 또한 휴대단말기의 사용에 적합한 무지향성의 방사 특성을 보인다.

#### Abstract

A triple-band antenna which can be used at GSM900, PCS1900 and Bluetooth(or Wi-Fi) frequency band is proposed. The proposed antenna is designed based upon switching between IFA(Inverted F Antenna) that has a resonant length of  $\lambda/4$  and loop antenna that has a resonant length of  $\lambda/2$ . It can be applied to triple-band only by use of single printed pattern due to the switching characteristic. It is designed by use of the IFA for the application to the GSM900, while it is designed by use of the loop antenna for the application to the PCS1900 and by use of additional pattern of IFA for the application to the Bluetooth(or Wi-Fi) respectively. As a result, it has been observed that the proposed antenna satisfies the required return loss( $\leq 10$ dB) and also has efficiency( $\geq 80\%$ ) over the whole band. Moreover the proposed antenna has omni-directional radiation pattern which is suitable to apply to the mobile phone.

Key words : Inverted-F Antenna, Mobile phone, Multi-band, GSM900, PCS1900

#### I. 서 론

무선통신 기술의 급속한 발전으로 이동통신 단말기의 사용이 보편화되었고 이제는 음성통신만을 위한 도구가 아닌 다양한 콘텐츠를 이용할 수 있는 수

단으로 발전되었다. 이처럼 단말기가 다기능화 됨에 따라 여러 대역에서 사용이 가능한 다중대역 안테나가 필요하게 되었다. 더불어 수많은 사용자들의 취향을 충족시키기 위하여 다양하고 세련된 단말기의 디자인이 요구되었고 이러한 요구들에 따라 단말기에

\* 금오공과대학교 전자공학부 (School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

\*\* 금오공과대학교 전파통신공학과 (Department of Radio Communication Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

· 제1저자 (First Author) : 이영순

· 투고일자 : 2011년 2월 21일

· 심사(수정)일자 : 2011년 2월 21일 (수정일자 : 2011년 4월 12일)

· 게재일자 : 2011년 4월 30일

는 소형안테나가 필요하게 되었다. 이러한 필요성에 의해 다양한 구조와 형태를 가진 IFA(Inverted-F Antenna), PIFA(Planar Inverted-F Antenna), 칩안테나 등이 연구되어 왔다. 이러한 역-F타입의 안테나들은 일반적으로 PCB위에 놓여진 캐리어에 패턴을 새기는 방식으로 설계되었다. 이러한 방식은 별도의 캐리어를 사용한다는 점에서 제작과 조립공정이 생기는 단점이 있다. 이러한 단점은 안테나를 PCB(Printed Circuit Board)에 일체형으로 설계하여 제거할 수 있다. PCB일체형 안테나는 안테나 이외의 IC와 회로가 설계되는 PCB의 일부분에 패턴으로 안테나를 구현하는 방식이다. 이러한 설계 방식은 별도 캐리어의 제거로 인한 단가절감 및 생산 공정의 단순화, 신뢰성의 향상 등의 장점이 있다.

본 논문에서는 위와 같은 이점을 고려하여 스위치로 역-F안테나와 루프안테나를 전환하며 사용하는 PCB일체형 안테나를 제안하고 있다. 공진길이가  $\lambda/4$ 인 역-F안테나의 종단에 부착된 스위치의 ON/OFF만으로 안테나의 형태가 역-F나 루프로 전환이 되므로 각각 다른 주파수에서 공진이 발생하게 된다. 이론적으로는 역-F안테나에서 공진이 발생하는 주파수의 두 배가 되는 주파수에서 루프안테나의 공진이 발생하게 된다. 이를 바탕으로 설계된 안테나가 아래 본문에 제시되어 있으며 역-F구조일 때 GSM900대역과 Bluetooth(혹은 Wi-Fi)대역에서 사용가능하고 루프구조일 때 PCS대역에서 사용이 가능하도록 설계하였다. 설계된 안테나를 제작하고 반사손실 및 방사패턴, 효율을 측정하여 제안된 안테나의 타당성을 검증하고자 하였다.

## II. 제안된 안테나의 설계

설계에 적용될 역-F안테나는 공진길이가  $\lambda/4$ 로 소형화에 유리한 편이다. 아래의 그림 1에 역-F안테나의 기본형을 제시하고 있다. 본 논문에서 제시하고 있는 안테나 간의 전환은 이 역-F안테나의 종단에 스위치를 부착하여 접지면과 개방/단락되며 이루어지는 것이다. 스위치가 OFF상태이면 그림 1에서 변화 없이 역-F구조를 유지하며 스위치가 ON상태가 되면

안테나 선로가 접지면과 단락이 되어 그림 2와 같이 루프안테나가 된다.

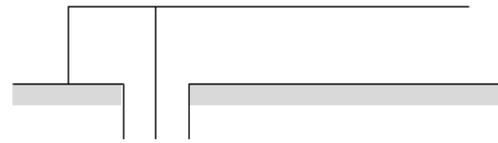


그림 1. 역-F안테나의 기본구조

Fig. 1. Basic structure of Inverted-F antenna

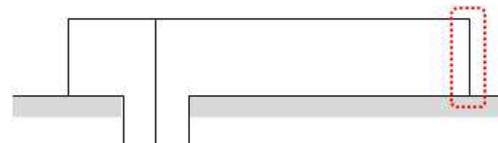


그림 2. 루프안테나의 기본구조

Fig. 2. Basic structure of Loop antenna

그림 1, 2와 같은 기본구조를 토대로 안테나를 설계하기 위하여 설계하려는 주파수대역의 파장을 기준으로 선로의 길이를 결정한다. 먼저 역-F구조일 때 GSM900대역에서 공진을 발생시켜야 하므로 900MHz의 약  $\lambda/4$ 파장인 80mm의 선로를 1mm의 폭으로 그림 3과 같이 구현하였다. 또한 이러한 역-F안테나 선로의 종단을 접지면과 단락시켜 루프구조를 만들어 주면 PCS1900대역에서 공진이 발생하게 된다. 또한 그림 3을 보면 역-F구조에서 접지면과 단락되는 선로가 그림 1처럼 급전점을 기준으로 안테나와 반대편에 있지 않고 안테나와 같은 편에 위치해 있는데 이 선로를 이용하여 Bluetooth(혹은 Wi-Fi)대역의 공진을 발생시키기 위함이다. 루프구조이므로 Bluetooth(혹은 Wi-Fi)대역에서 반파장의 길이가 되도록 선로의 길이를 조절하여 주면 공진을 발생시킬 수 있다.

그림 3의 우/상단을 보면 선로의 폭을 테이퍼 형태로 증가시킨 것을 볼 수 있는데, 이는 방사가 일어나는 안테나 선로의 폭을 증가시켜 대역폭의 증가를 예상한 것이며, 실제로 다소의 효과를 얻을 수 있었다.

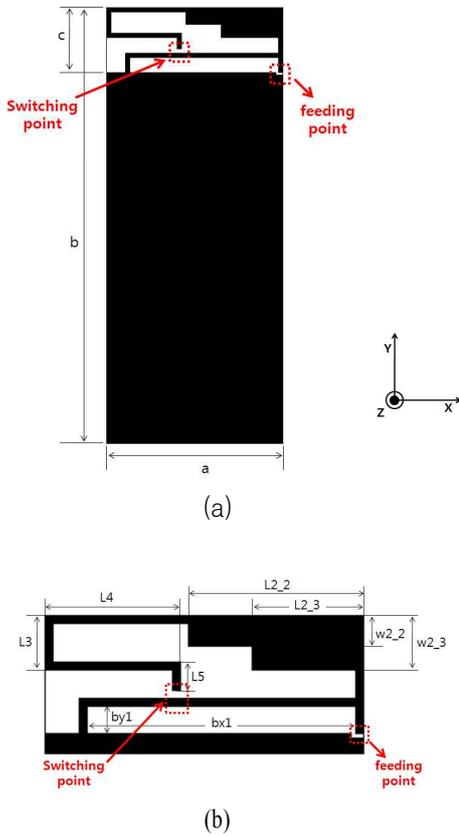


그림 3. 설계된 안테나 구조  
 (a) 안테나 구조 (b) 세부 구조  
 Fig. 3. Designed antenna structure  
 (a) Antenna structure (b) Detailed structure

제안하고 있는 안테나는 그림 3과 같은 구조이며 검증을 위한 제작으로 스위치의 ON/OFF를 그림에서 보는 바와 같이 Switching point의 단락/개방으로 구현하였다. 최초로 설계된 구조를 기준으로 각 파라미터의 변화에 따른 성능 변화 경향을 시뮬레이션을 통하여 알아보며 파라미터를 최적화 하였다. 최적화된 파라미터 수치는 표 1과 같으며 이를 토대로 제작된 안테나를 3장에 제시하였다.

표 1. 최적화된 파라미터 값 [mm]  
 Table 1. The optimized value of parameter [mm]

a	40	L4	17	w2_3	9
b	100	L2_2	15	bx1	36.5
c	15	L2_3	14.5	by1	3.5
L3	7	w2_2	4		

### III. 안테나 제작

아래의 그림 4는 최적화된 파라미터 수치로 제작된 안테나이다.

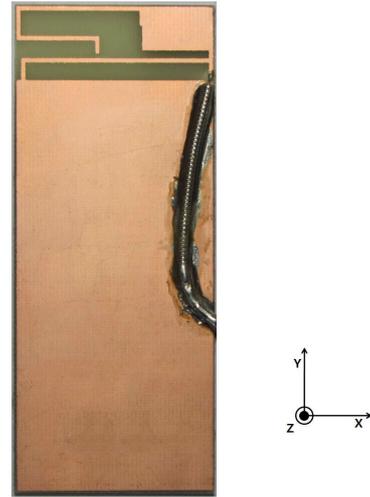


그림 4. 제작된 안테나  
 Fig. 4. Fabricated antenna

제작에 사용된 PCB의 크기는 40mm×100mm이며 여기서 안테나가 차지하는 공간은 40mm×15mm이다. 비유전율 4.3에 두께가 1.6mm인 FR-4기판의 단면만을 사용하여 제작되었다.

### IV. 측정 및 분석

#### 4-1 반사손실

최적화된 파라미터 수치로 설계 및 제작된 안테나의 성능을 분석하기 위하여 제작된 안테나의 반사손실을 측정하였다. 아래의 그림 5와 6은 측정결과를 시뮬레이션 결과와 비교한 그래프이다.

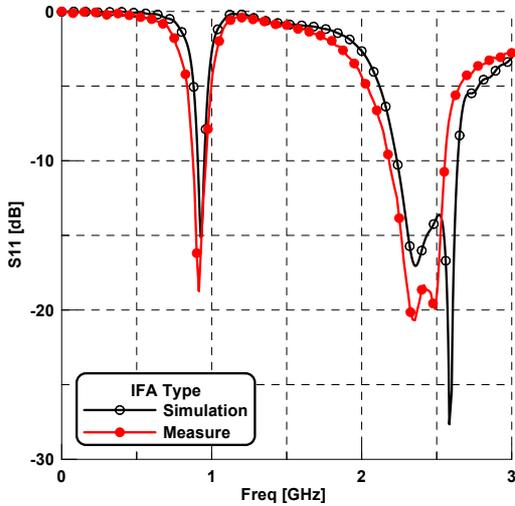


그림 5. IFA 형태일 경우의 반사손실  
Fig. 5. Return Loss of IFA type

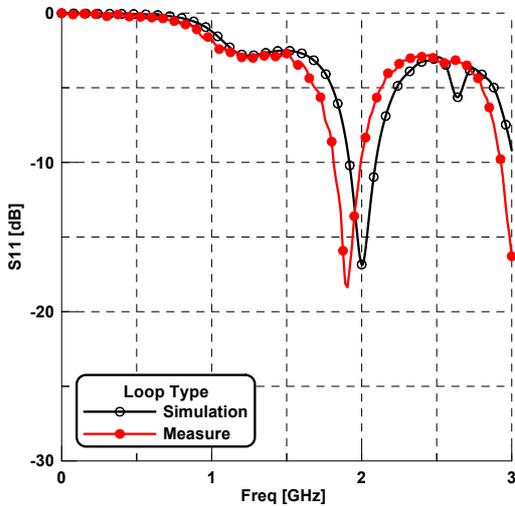


그림 6. 루프안테나 형태일 경우의 반사손실  
Fig. 6. Return Loss of Loop type

그림 5는 제안된 안테나의 Switching point가 개방된 역-F구조일 경우의 반사손실 그래프이며 그림 6은 Switching point가 단락된 루프구조일 경우의 반사손실 그래프이다. 두 그림 모두 점선은 시뮬레이션 결과를 의미하며 실선은 제작물의 측정결과를 의미한다. 제작물의 측정결과 시뮬레이션에서의 결과와 유사함을 확인할 수 있다.

표 2. 제작된 안테나의 반사손실  
Table 2. Return Loss of Fabricated antenna

	10dB 대역폭	
	시뮬레이션	측정결과
GSM900	908~950MHz (약 4.5%)	880~960MHz (약 8.7%)
PCS1900	1918~2092MHz (약 9%)	1850~1990MHz (약 7.3%)
Bluetooth	2236~2640MHz (약 16.6%)	2180~2550MHz (약 15.2%)

표 2는 제작된 안테나의 시뮬레이션과 제작물의 반사손실 측정결과를 표로 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 역-F구조일 경우 GSM900대역과 Bluetooth 대역에서 10dB이하의 반사손실을 가지며 루프구조일 경우 PCS1900대역에서 10dB이하의 반사손실을 가진다.

4-2 방사패턴

제작된 안테나의 방사패턴을 3D 무반사 챔버에서 측정하였다. 그림 4에 제시된 좌표축을 기준으로 Y-Z 평면은 E평면이며 X-Z 평면은 H평면이 되겠다. 아래의 그림 7~12는 각 대역의 중심주파수에서 측정된 2D방사패턴이다.

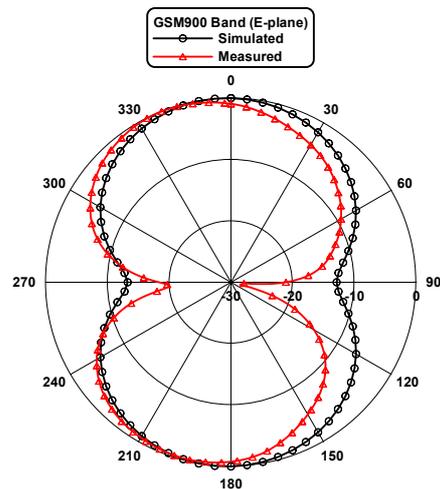


그림 7. GSM900대역에서의 E평면  
Fig. 7. E-plane at GSM900 band

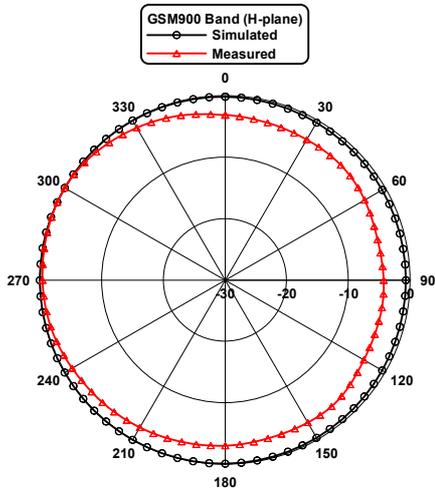


그림 8. GSM900대역에서의 H평면  
Fig. 8. H-plane at GSM900 band

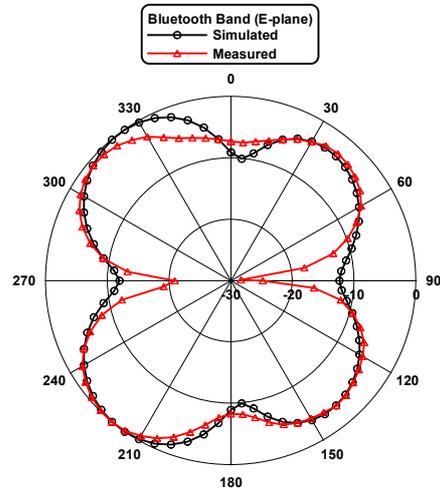


그림 11. Bluetooth대역에서의 E평면  
Fig. 11. E-plane at Bluetooth band

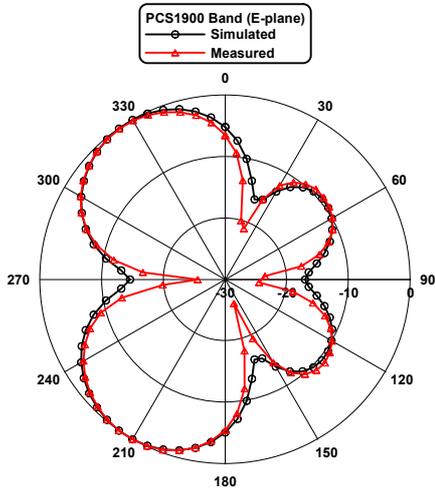


그림 9. PCS1900대역에서의 E평면  
Fig. 9. E-plane at PCS1900 band

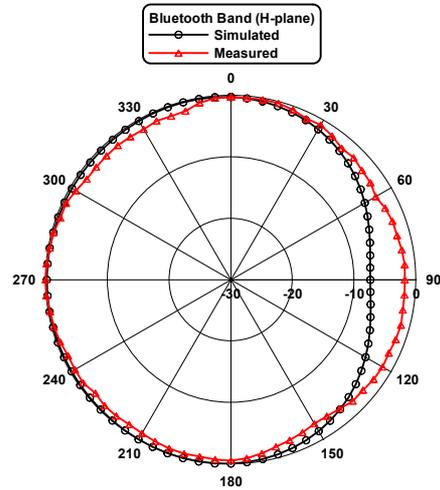


그림 12. Bluetooth대역에서의 H평면  
Fig. 12. H-plane at Bluetooth band

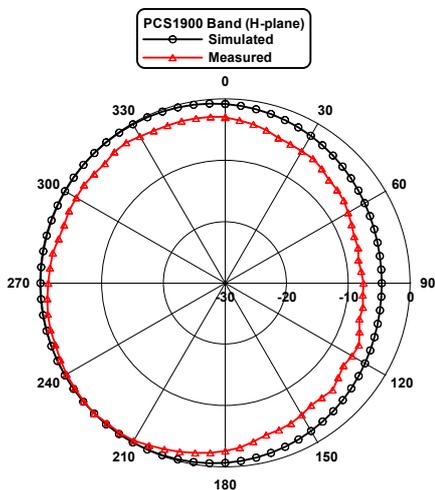


그림 10. PCS1900대역에서의 H평면  
Fig. 10. H-plane at PCS1900 band

그림 7~12에서 모든 E평면을 보면 공통적으로 90°와 270°에서 Null이 발생하며 모든 H평면을 보면 방사세기가 어느 정도 일정하여 무지향성과 유사한 특성을 보인다. 이러한 특성은 휴대단말기에 적합한 방사특성이라 할 수 있겠다. 또한 GSM900대역의 중심주파수에서 91%, PCS1900대역의 중심주파수에서 96%, Bluetooth대역의 중심주파수에서 80%의 높은 효율이 측정되었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 역-F안테나와 루프안테나 간의 전환을 이용한 PCB일체형 안테나를 제안하였다. 각각 다른 공진길이를 가진 두 안테나를 선로의 개방/단락으로 하나의 패턴에 구현하였다. 제안된 구조의 검증을 위하여 크기가 40mm×100mm인 PCB의 상단 40mm×15mm에 안테나를 제작하였고 최종적으로 GSM900, PCS1900, Bluetooth대역에서 10dB이하의 반사손실을 갖는 결과를 얻었다. 방사패턴 측정결과 세대역에서 80%이상의 높은 효율을 보였으며 모노폴 안테나의 특징인 무지향성의 방사패턴을 가져 휴대 단말기로의 적용에 적합할 것으로 예상된다. 또한 제안된 안테나는 PCB일체형으로 별도 구조물이 없어 단가절감, 공정의 단순화, 신뢰성향상, 부피감소 등의 효과가 있을 것이라 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

## 참 고 문 헌

- [1] C.Soras, M. Karaboikis, G. Tsachtsiris, and V. Makios, "Analysis and Design of an Inverted-F Antenna Printed on a PCMCIA Card for the 2.4GHz ISM Band", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 44, No. 1, Feb 2002.
- [2] Mikko Komulainen, Markus Berg, Heli Jantunen, Erkki T. Salonen, Charles Free, "A Frequency Tuning Method for a Planar Inverted-F Antenna", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 56, No. 4, APRIL 2008.
- [3] Zi Dong Liu, Peter S. Hall, David Wake, "Dual-Frequency Planar Inverted-F Antenna", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 45, No. 10, OCTOBER 1997.

- [4] Nobuyasu Takemura, "Inverted-FL Antenna With Self-Complementary Structure", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 57, No. 10, OCTOBER 2009.
- [5] A. K. Skrivervik, J. F. Zurcher, O. Staub, J. R. Mosig, "PCS Antenna Design: The Challenge of Miniaturization", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 43, No. 4, August 2001.
- [6] Yun-Wen Chi, Kin-Lu Wong, "Compact Multiband Folded Loop Chip Antenna for Small-Size Mobile Phone", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 56, No. 12, DECEMBER 2008.
- [7] Saou-Wen Su, "High-Gain Dual-Loop Antennas for MIMO Access Points in the 2.4/5.2/5.8 GHz Bands", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 58, No. 7, JULY 2010.
- [8] Kin-Lu Wong, Wei-Yu Chen, Ting-Wei Kang, "On-Board Printed Coupled-Fed Loop Antenna in Close Proximity to the Surrounding Ground Plane for Penta-Band WWAN Mobile Phone", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 2010.
- [9] Yun-Wen Chi, Kin-Lu Wong, "Quarter-Wavelength Printed Loop Antenna With an Internal Printed Matching Circuit for GSM/DCS/PCS/UMTS Operation in the Mobile Phone", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol. 57, No. 9, SEPTEMBER 2009.

## 이 영 순 (李永淳)



1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과 (공학석사)

1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)

1981년~현재 : 금오공과대학교

전자공학부 교수

관심분야 : 전자기 이론, 안테나의 산란문제, 도파관 불연속, 개구결합

유진하 (劉振河)



2009년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부  
(공학사)

2009년 3월~현재 : 금오공과대학교  
전파통신공학과 석사과정

관심분야 : 안테나 설계 및 해석,  
RF 회로설계