

듀얼밴드를 갖는 브랜치타입 인버티드 F 구조 안테나에 관한 연구

박성일* · 지유강*

A study on branch type Inverted-F structure antenna with dual-band operation

Seong-il Park* · Yu-kang Ji*

요 약

본 논문에서는 듀얼 대역을 갖는 브랜치타입 인버티드 F 구조 안테나를 제안했다. 제안된 안테나의 크기는 이동 단말기의 PCB 크기(70mm×35mm×0.8mm)에 패치 크기(12mm×8mm×0.8mm)를 갖도록 설계하였다. 제안한 안테나의 공진주파수는 2.45GHz와 5.8GHz이고, 각각의 중심주파수에서 대역폭이 255MHz, 410MHz으로 83MHz~100MHz의 동작주파수를 만족하도록 하였다. 또한, 동작주파수 2.45GHz, 5.8GHz에 대하여 측정된 방사패턴 E면과 H면은 모든 대역에서 0.0dBi, 2.0dBi의 이득을 갖는다.

ABSTRACT

In this paper, a branch type inverted-F structure antenna with dual-band is proposed. The proposed antenna has a size of about 70mm×35mm×0.8mm, with a total mobile phone PCB for support and patch of about 12mm×8mm×0.8mm. This antenna is designed to operate of frequency 2.45GHz and 5.8GHz, Bandwidth at each other frequency is satisfied 83MHz~100MHz in frequencies. Also, The designed and fabricated dual-band antenna for 2.45GHz, 5.8GHz have a gain between 2.0dBi and -1.0dBi at all bands.

키워드

Branch type inverted-F structure antenna, Bandwidth, Radiation pattern

I. 서 론

정보화의 눈부신 발달로 전파의 이용은 그 수요가 높아지고, 통신, 방송 분야뿐만 아니라, 의료, 교통 및 주변의 일상생활에서 폭넓게 사용되고 있다. 근거리 무선 통신 시스템인 블루투스는 데이터와 음성을 동시에 주고받을 수 있어야 하며, 적은 비용으로 구현이 가능하여야 한다.^[1]

이런 시스템에 장착되는 안테나는 적은 비용으로 이동 환경의 시스템에 사용되어야 함으로 내장형이나 PCB

그라운드 평면에 인쇄된 형태로 구현되어야 한다. 내장형 안테나는 단말기 외부에 부착되어 있던 안테나를 단말기 내에 내장함으로써 불편함을 줄일 수 있으며 낮은 SAR값과 저가의 안테나 개발이 가능하다는 장점이 있는 반면, 외장형 안테나에 비해 대역이 좁고 효율이 떨어지며 사용자의 Hand Effect가 크다는 단점을 가지고 있다.^{[2][3]} 많이 사용되어지고 있는 내장형 안테나의 형태는 유전상수가 높은 물질을 사용한 Chip type 안테나와 PIFA 타입의 변형 구조들이 있다. Chip type 안테나는 유

전상수가 높은 물질을 사용함으로써 가격이 고가이며 물질위에 금속패턴을 도포해야한다.^[4]

반면, 내장형 안테나의 대표적인 구현 기술인 평면형 역 F형 안테나는 단말기 기관상의 그라운드 평면에 인쇄된 형태로 구현하면 비용 및 차지하는 공간을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 역 F자형 안테나는 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 아래 부분 가운데 지점의 전계가 0이 되는 지점에 전계벽을 형성함으로써 안테나의 크기를 반 이상으로 줄일 수 있으며, 이동통신 단말기에 적용 가능한 소형화된 안테나이다.^{[5][6]}

본 논문에서는 평면형 그라운드 기관위에 인쇄된 역 F형 안테나의 형태로서 블루투스 주파수 대역인 2.4GHz와 5.8GHz를 포함하며 적용주파수 대역인 83~100MHz를 만족하도록 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 방사패치의 길이 및 간격을 이용하여 안테나의 특성을 비교하였으며 HFSS를 활용하여 최적의 안테나 구조를 설계하였다.

II. 안테나 구조 해석

2.1. 역 F형 안테나의 구조 해석

PIFA는 기존의 역 L형 안테나에서 평면을 사용하여 대역폭을 넓힌 형태의 안테나이다. 방사소자의 한쪽 방사면을 단락판이나 단락핀을 이용하여 그라운드면에 단락시켜서 마이크로스트립 안테나의 길이가 종래의 전형적인 1/2파장이 아닌 대략 모노폴 안테나의 파장길이인 1/4파장 이하에서 공진하게 함으로써 안테나의 크기를 반 이상 줄일 수 있다. 접지면과 패치는 단락판 또는 단락핀에 의해 연결되어 있고 안테나는 접지면을 관통하여 연결되어 있는 급전선을 통해 급전된다.^{[7][8]}

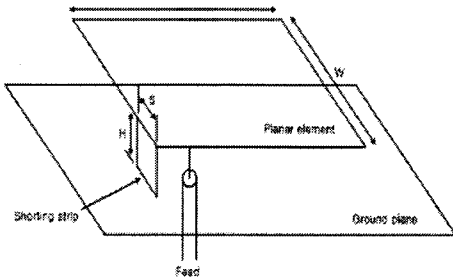


그림 1. PIFA 구조
Fig. 1 PIFA Structure

패치 형태인 마이크로스트립 안테나는 폭(W)의 길이 변화에 의해 L과 C값이 변화한다. 이는 임피던스에 영향을 주며 길이 L은 공진주파수에 영향을 받게 된다. 그라운드 면으로부터 올라온 다리를 H라 하고, 다리의 폭은 S라고하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} S/W &= 1 \text{ (단락회로 MSA 경우)} \\ L + W + H &= \lambda/4 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} S &= 0 \text{ (단락스트립이 없을 경우)} \\ L + W &= \lambda/4 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} L/W &\leq 1 \\ f_r &= \frac{S}{W} \times \frac{c}{4(L+H)} + \left(1 - \frac{S}{W}\right) \\ &\quad \times \frac{c}{4(L+W+H-S)} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} L/W &\geq 1 \\ f_r &= \left(\frac{S}{W}\right)^{W/L} \times \frac{c}{4(L+H)} + 1 - \left(\frac{S}{W}\right)^{W/L} \\ &\quad \times \frac{c}{4(L+W+H-S)} \end{aligned} \quad (4)$$

내장형 안테나 및 패치 안테나는 협대역 특성을 가지고 있는 반면 역 F형 안테나는 길이 L과 S의 경우는 공진 특성을 얻기 위해서 고려해야 될 중요한 요소이다.

2.2 역 F형 안테나의 전송선로 모델

역 F형 안테나는 전송선 형태를 가지므로 등가 전송선로 모델을 적용할 수 있고, 그림 2와 같은 등가 전송선로 모델에서 단락과 개방을 나타내는 부하 Z_s 와 Z_o 가 존재한다고 가정하였을 때, 전송선로 방정식은 식 (5)와 같다.^[9]

$$\begin{aligned} \frac{d^2 V(z)}{dz^2} - \gamma V(z) &= 0 \\ \frac{d^2 I(z)}{dz^2} - \gamma I(z) &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, γ 는 전파상수이다. 전송선로 방정식으로 안테나상의 전류분포는 식 (6), 식(7)과 같다.

$$I_1 = -I_g \frac{\cos(\beta s_2 + \Phi_0) \sin(\beta z + \Phi_s)}{\sin(\beta s + \Phi_0 + \Phi_s)} \quad (6)$$

$$I_2 = I_g \frac{\cos(\beta s_1 + \Phi_s) \sin(\beta w + \Phi_o)}{\sin(\beta s + \Phi_0 + \Phi_s)} \quad (7)$$

여기서, $\Phi_o = \text{Im} \left(\coth^{-1} \frac{Z_o}{Z_c} \right) \cong \pi$,

$$\Phi_s = \text{Im} \left(\coth^{-1} \frac{Z_s}{Z_c} \right) \cong \frac{\pi}{2}$$

Z_c 는 전송선의 특성저항이고, 급전 전류 I_g , 단락에서 개방쪽으로 흐르는 전류를 각각 I_1, I_2 , 안테나 높이 d , 전체 길이 s , 도선의 직경 a , 단락에서부터 거리 s_1 , 급전 점과 개방의 거리 s_2 이다.

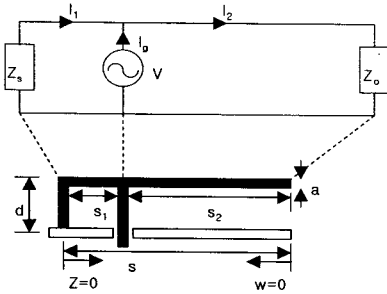


그림 2. 역F 안테나의 전송선로 모델
Fig. 2 Transmission Line model of inverse F Antenna

전류 I_1 과 I_2 가 개방에서 최소가 되고 단락에서는 최대가 되어 $\lambda/4$ 공진이 일어나도록 하며, 급전선에서는 전류가 연속이 되도록 S_1 과 S_2 의 길이를 조절함으로써 정합 점을 찾을 수 있다.

2.3 브랜치타입 인버티드 F형 안테나 구조

브랜치타입 인버티드 F형 안테나 구조는 그림 3과 같다.

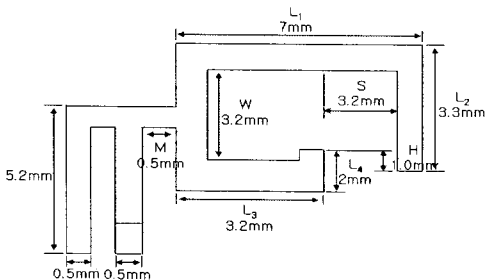


그림 3. 브랜치타입 인버티드 F형 구조 안테나
Fig. 3 Branch type inverted-F structure antenna

안테나의 기본구조는 하측주파수의 길이 L_1 과 상측 주파수의 길이 L_3 의 모노폴 형태이다. 안테나의 공진 주파수에 영향을 주는 패치의 길이 L 은 2.4GHz에 영향을 미치는 L_1 의 길이를 접어 L_2 를 구성하였고 5.8GHz에 영향을 주는 L_3 의 길이를 접어 L_4 를 구성하여 패치의 길이를 소형화시켰다. 또한, L_1 과 L_3 사이의 간격 W 와 소형화시킨 길이 L_2, L_4 간격 S 의 길이를 조절하여 최적의 안테나 구조로 설계하였다.

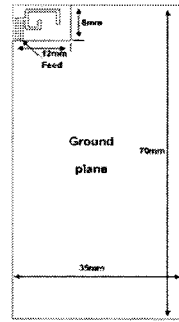


그림 4. PCB 기판에 인쇄된 브랜치타입 인버티드 F형 안테나 구조
Fig. 4 Printed branch type inverted-F structure antenna

III. 실험 및 결과

본 논문에서 목적으로 하는 중심주파수를 2.4 GHz, 5.8GHz로 설정하고 각부의 척도를 다음과 같이 결정했다. PCB 기판은 유전율 $\epsilon_r=2.6$, 유전체 두께가 0.8mm인 FR-4기판을 사용하였으며, 안테나의 그라운드 부분은 일반 휴대 단말기 내장이 가능하도록 구성하였다. 그림 5와 그림 6은 단일공진에서의 구조와 주파수 특성을 고

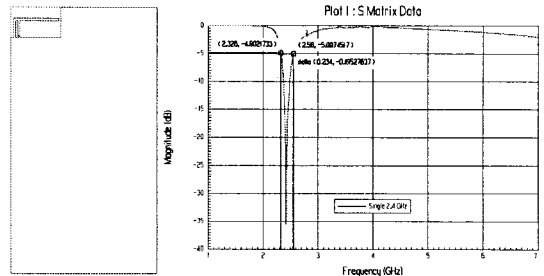


그림 5. 2.45GHz 단일대역 F형 구조 안테나
Fig. 5 2.45GHz Single band inverted-F structure antenna

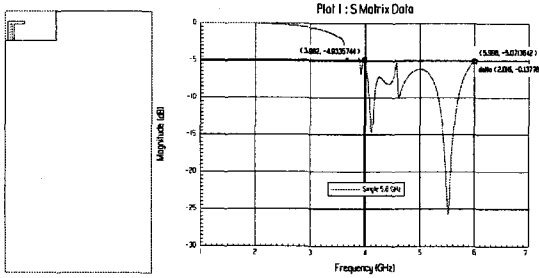


그림 6. 5.8GHz 단일대역 F형 구조 안테나
Fig. 6 5.8GHz Single band inverted-F structure antenna

찰하였다. 그림 5는 2.45GHz에서 동작하는 단일 공진 구조이며 2.45GHz에서 리턴로스가 -35dB이고, 대역폭이 100MHz이다. 그림 6은 5.8GHz에서 동작하는 단일공진 구조이며, 리턴로스가 -10dB이고, 대역폭이 400MHz이다.

제한한 안테나의 동작 주파수에 영향을 미치는 L1과 L3의 길이변화를 비교한 값은 그림 7, 그림 8과 같다. L1의 길이변화에 따른 공진주파수의 변화는 그림 7에서와 같이 L1의 길이를 6.6mm에서 7.4mm까지 변화시켜 공진 주파수를 살펴보았으며, L1의 길이가 7mm일 경우 각각 리턴로스가 -35dB이하에서 대역폭이 약 600MHz의 값을 나타내었다. L1의 길이가 짧을 수록 주파수가 하측 주파수 대역으로 이동하였으며 동시에 상측 주파수 대역도 주파수가 낮아지는 것을 알 수 있었다.

또한, L3의 길이변화에 따른 공진주파수의 변화는 그림 8에서와 같이 L3의 길이를 2.8mm에서 3.6mm까지 가 변화했을 경우, 하측 주파수 대역에서는 크게 주파수 이동은 발생하지 않았으나, 상측 주파수 대역의 주파수 변화가 나타났으며, 대역폭도 좁아짐을 알 수 있었다. 따라서, L=7mm, L3=3.3mm일 경우, 제안하고자 하는 안테나의 리턴로스 값과 대역폭이 최적의 조건을 가졌다.

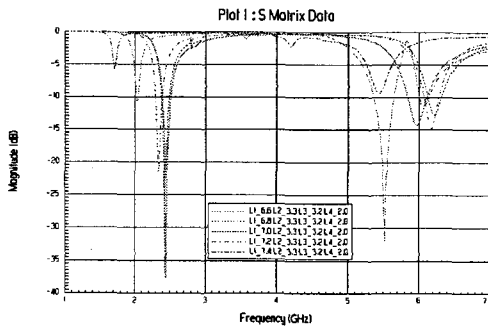


그림 7. L1의 길이에 따른 리턴로스의 변화
Fig. 7 Variation of return loss for L1-length

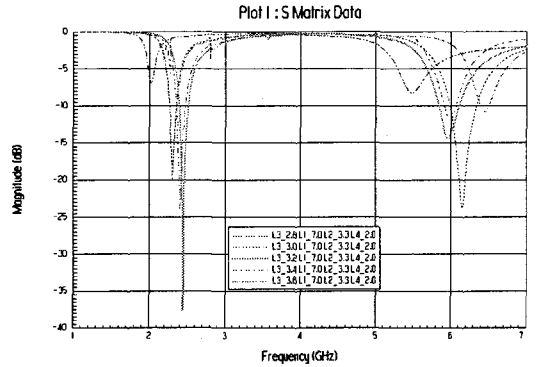


그림 8. L3의 길이에 따른 리턴로스의 변화
Fig. 8 Variation of return loss for L3-length

설계된 안테나의 방사패치의 종단 형태에 대한 특성 변화는 그림 9와 같다. 일반적으로 도파로 급전과 방사 안테나의 접합부에서 발생하는 기생 요소가 정합에 영향을 많이 미치게 되는데, 본 논문에서는 안테나 종단에서 길이 L에 대한 인덕턴스 값을 접은 구조인 L2, L4를 이용하여 캐패시터 값을 조절하여 리턴로스 값이 향상됨을 알 수 있다.

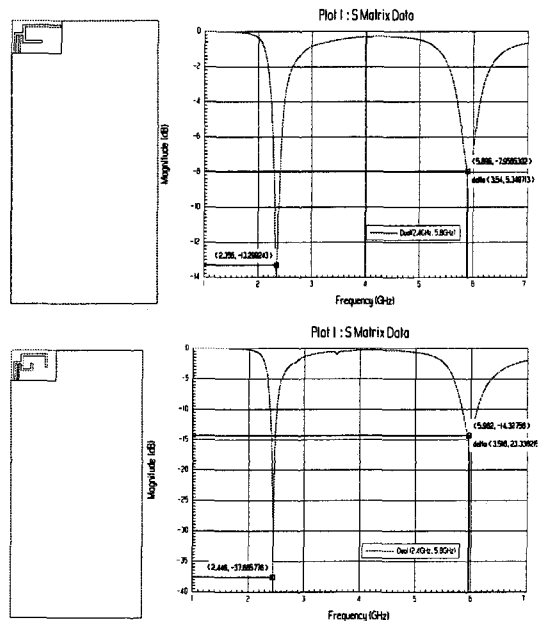


그림 9. 복사체 종단 형태에 대한 특성 변화
Fig. 9 Variation of characteristics with vertical length

안테나의 길이 L1과 L3사이의 간격 W와 L1과 L3 중

단에서 접은 길이 L2와 L4의 간격 S의 길이변화를 나타낸 값은 그림 10, 그림 11과 같다. W, S 모두 간격이 넓어지면 중심주파수가 낮게 이동하였으며 리턴로스 값도 현저하게 떨어졌다. 따라서, 두 길이 모두 W=S=3.2mm로 최적의 값을 나타내었다.

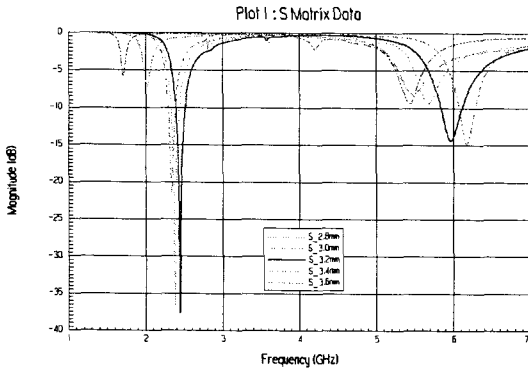


그림 10. S 간격에 대한 리턴로스의 변화
Fig. 10 Variation of return loss for S distance

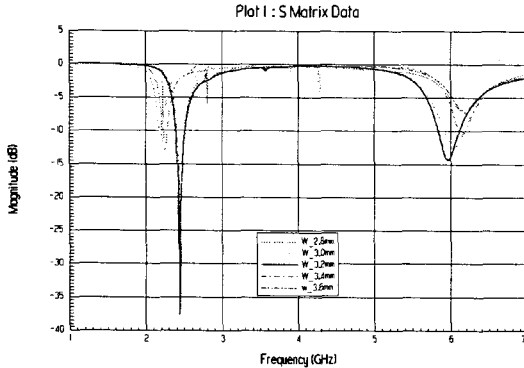


그림 11. W 간격에 대한 리턴로스의 변화
Fig. 11 Variation of return loss for W distance

설계된 안테나의 제원은 표 1과 같다. 길이 L은 입력 임피던스와 이득에 관계되고 안테나의 이득이 최대가 되도록 L1=7mm, L3=3.2mm를 선택하였다. S는 복사체 종단에서 최적의 조건을 갖는 3.2mm로 하였다. 역 F형 안테나 설계시 원하는 주파수 대역에서 정합이 완전히 이루어지도록 설계값을 찾는데, 이들 변수들의 특성을 이용하여 최적화된 안테나의 제원을 얻을 수 있었다. 그림 12는 제작된 안테나의 실물사진을 보여주고 있다. 측정 결과 중 반사계수의 결과는 그림 13에서 보여주고 있

다. 측정된 안테나의 리턴로스 특성은 2.45GHz에서 -18.516dB이며 대역폭은 4.08%로 나타났으며 5.8GHz에서는 -10.32dB이며 대역폭은 6.7%로 나타났다.

표 1. 브랜치타입 인버티드 F형 안테나 제원
Fig 1. Specification of Branch type inverted-F antenna

브랜치타입 인버티드 F형 안테나[mm]			
L1	7	H	1
L2	3.3	S	3.2
L3	3.2	W	3.2
L4	2	M	0.5

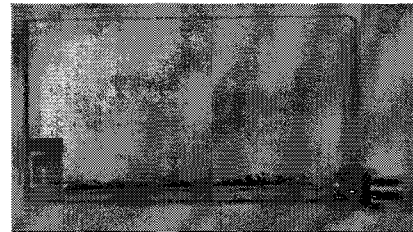


그림 12. 안테나의 실물 사진
Fig. 12 Fabricated picture of antenna

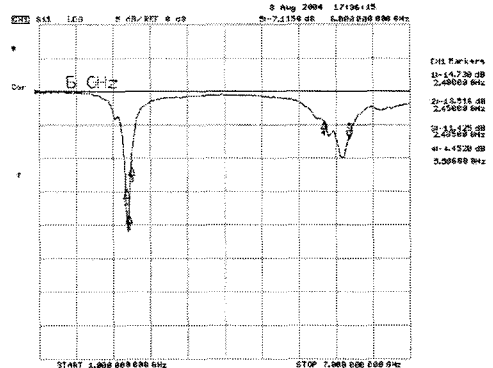


그림 13. 반사계수
Fig. 13 Return loss

설계된 브랜치타입 인버티드 F형 안테나의 방사패턴 특성은 그림 14,15와 같다. 각각의 중심주파수인 2.45GHz와 5.8GHz에서 E면과 H면을 동시에 표시하였다. 동작주파수 2.45GHz, 5.8GHz에 대하여 측정된 방사패턴 E면과 H면은 모든 대역에서 0.0dBi, 2.0dBi의 이득을 갖는다. 2.45Hz에서는 무지향성의 패턴을 가지며 이득은 0dBi정도 얻을 수 있었다.

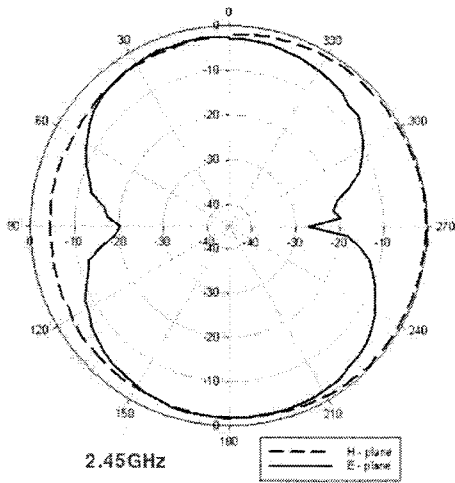


그림 14. 2.45GHz 방사패턴
Fig. 14 Radiation Pattern of 2.45GHz

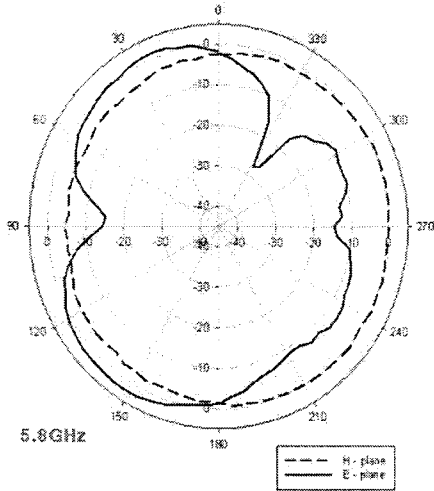


그림 15. 5.8GHz 방사패턴
Fig. 15 Radiation Pattern of 5.8GHz

V. 결론

본 논문에서는 2.4GHz, 5.8GHz 대역의 근거리 무선 통신시스템에서 사용할 수 있는 브랜치타입 인버티드 F 형 안테나에 대하여 연구하였다. 안테나의 설계값들에 대한 안테나 특성을 분석하였으며 분석된 변수들의 특성을 이용하여 최적의 안테나를 설계하였다. 안테나의 크기는 이동단말기의 PCB크기(70mm×35mm× 0.8mm)

에 패치 크기(12mm×8mm×0.8mm)를 갖도록 설계하였으며 최적화된 안테나의 리턴로스는 2.45 GHz에서 -18.516dB이며 대역폭은 4.08%로 나타났으며 5.962GHz에서는 리턴로스가 -10.32dB이며 대역폭은 6.7%로 나타났다. 동작주파수 2.45GHz, 5.8GHz에 대하여 측정된 방사패턴 E면과 H면은 모든 대역에서 0.0dBi, 2.0dBi의 이득을 갖는다. 충분한 이득을 갖는 안테나로서 단말기 그라운드 기판에 실장하는 형태로 안테나를 구현하게 되면 전체 시스템의 비용을 감소시키고 시스템의 크기를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M. Ali and Gerard J. H., "Analysis of Integrated Inverted-F Antenna for Bluetooth Applications:", Ericsson Inc.
- [2] K. Fujimoto, J.R. James, "Mobile Antenna Systems Handbook", Artech House, pp. 552-565, 1984.
- [3] I. J Bahl, P. Bhartia, "Microstrip antenna", Artech House, pp48-56, 1982.
- [4] Kin-Lu Wong "Planar Antennas for wireless Communications", pp 53-60, 2003.
- [5] J. R. James, P.S. Hall, "Handbook of microstrip antennas", IEE Electromagnetic Wave Series28, pp.1093-1105, 1989.
- [6] LAL Chand Godard, "Handbook of Antenna in Wireless Communication:", CRC Press, PP.6-1 ~ 6-34, 2001.
- [7] D. Viratelle, R. J. Langlet, "Dual-band printed antenna for mobile phone telephone applications," IEE proc-Microw. Antenna Propag., vol. 147, no. 5, Oct. 2000
- [8] P. Salonen, M. Keskilammi and M. Kiviloski, "New slot configurations for dual-band planar inverted-F antenna", Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 28, pp.293~298, 2001.
- [9] Ramesh Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. :microstrip antenna design handbook", pp. 570-573, 2001.

저자소개



박 성 일(Seong-il Park)

2002년 2월 동신대학교 정보통신
공학과 졸업(학사)

2004년 2월 동신대학교 대학원
정보통신공학과 졸업(석사)

2004년 3월~2006년 2월 전남대학교 전자컴퓨터
공학부(박사수료)

2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 정보통신공학과 전임
강사

※ 관심분야 : 이동체 안테나 설계, 초고주파회로 설계,
EMI/EMC



지 유 강(yu-kang Ji)

2000년 2월 동신대학교 정보통신
공학과 졸업(학사)

2002년 2월 동신대학교 대학원
정보통신공학과 졸업(석사)

2006년 2월 동신대학교 정보통신공학과(박사)

2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 정보통신공학과 전임
강사

※ 관심분야 : 소형안테나설계, EMI/EMC, Embedded System