

휴대폰용 접힌 모노폴 내장형 안테나 설계

Design of Folded Monopole Internal Antenna for KPCS Mobile Phone Handset

손태호*

(Tae-Ho Son)

요 약

본 논문에서는 접힌 모노폴 안테나 모델을 응용하여 KPCS대역용 내장형 안테나를 설계하고 이를 제작한다. 모노폴 안테나가 갖는 고이득 특성을 가지면서 휴대폰 내부에 용이하게 탑재할 수 있는 안테나구조를 제안한다. 이 안테나는 KPCS 대역의 중간 주파수인 1.8GHz를 중심으로 설계되었으며, 설계를 위하여 안테나 구조에서 길이변화에 따른 임피던스 특성 변화를 시뮬레이션 한다. 제작된 안테나를 측정한 결과 정재파비 2:1을 기준으로 1.72 - 1.88GHz의 대역특성과 H면 무지향 수동(passive) 방사특성을 보였다. 또한 능동(active) 특성을 측정한 결과, 최대 -105 - -108dBm감도 및 22.5-23.6dBm 출력 특성을 보인다.

Abstract

KPCS internal antenna in this paper, is designed and fabricated using the theory based on the folded monopole antenna. I propose folded monopole internal antenna which has high gain low profile structure with easy installation into the handset of mobile phone. Design frequency is 1.8 GHz that is a center frequency of Korea PCS frequency band, and the impedance variances due to change of antenna structure as length and width are simulated. Measurements show that input VSWR range under 2:1 is 1.72 - 1.88 GHz, and radiated H-plane pattern is omnidirectional under passive state. Active sensitivities and output power of phone applied antenna are -105 ~ -108 dBm and 22.5 ~ 23.6 dBm max., respectively.

Key Words : internal antenna, intenna, folded monopole, KPCS, low profile antenna

I. 서 론

이동통신 단말기용 안테나는 크게 외장형과 내장형으로 대별된다. 외장형 안테나는 종래 널리 적용되어 온 안테나로서, 1/4파장 모노폴 안테나인 리트랙터블(retractable) 안테나와 헤리컬 스타비(stubby) 안테나가 있다. 그러나 외장형의 경우, 안테나가 외

부로 돌출이 되어 있기 때문에 무선장비의 접유면적에 커지기도하며 또한, 단말기의 디자인에 제한적인 영향을 주는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 몇 년 전부터 내장형 안테나에 대한 연구가 진행되어, 현재 많은 모델에 적용되고 있다.[1,2]

이동통신 단말기 내장형 안테나를 내부에 있는 안테나라는 뜻으로 인테나라 부른다. 인테나의 종류는

* 주저자 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수

논문접수일 : 2007년 4월 24일

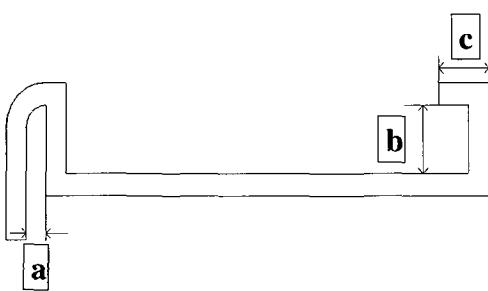
본 연구는 산업자원부 지정 순천향대학교 차세대BIT무선부품지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

IFA(Inverted F Antenna), PIFA(Planar Inverted F Antenna), 모노폴, 다이폴, 칩(chip), 패치형, 슬롯 등의 많은 종류의 인테나가 있다.[1-4] PIFA는 IFA가 갖는 좁은 대역과 낮은 이득을 극복하는 인테나이다. 단말기 내부의 작은 공간에 수납되기 위해 칩 안테나가 있으며, 보다 넓은 대역을 위해 슬롯안테나가 있으나 부피가 커지는 단점은 가지고 있다. 현재 가장 널리 적용되고 있는 인테나는 PIFA, 다이폴 및 모노폴 인테나이다. 모노폴의 경우 접지와 인테나간의 상관관계를 잘 맞추어 설계하면, 이들 인테나 중 가장 이득이 큰 특성을 나타낼 수 있다.[1,5,6]

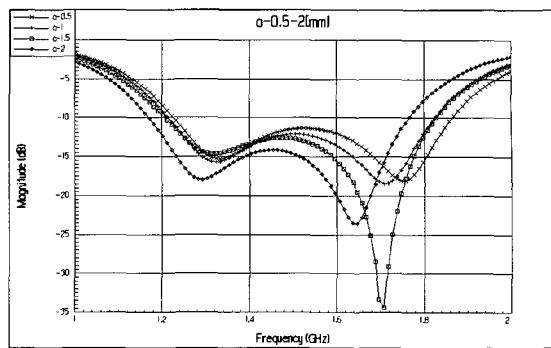
본 연구는 이동통신 단말기 인테나에 적용되는 모노폴 안테나에 관한 연구이다. 접힌 구조를 채택함으로써 물리적 길이의 확장과 동시에 안테나 커파시턴스를 조절해 줌으로써, 안테나 임피던스를 변화하도록 해 준다. Ansoft HFSS 시뮬레이션을 통하여 각 부분의 길이에 따른 반사손실 특성의 변화에 대해 알아보며, 이로부터 최적설계를 하여 단말기에 장착하여 측정함으로써 이 연구의 타당성을 밝힌다.

II. Parameter 비교 분석

본 연구에서 제안한 접힌 모노폴 인테나의 구조는 <그림 1>과 같다. 그림에서 금전 접은 좌 하단부이며, 금전부에서 U자 형태로 접은 모양은 안테나의 길이를 증가시키는 목적과 동시에, U자 형태에 의해 마주보는 선로간의 커파시턴스가 생성되도록 안테나



<그림 1> 제안된 접힌 모노폴 인테나 형태
<Fig. 1> Shape of proposed folded monopole intenna



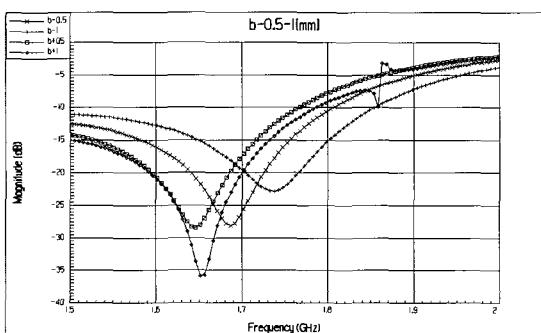
<그림 2> a 변화에 따른 반사손실 특성
<Fig. 2> Return loss due to variable a length

구조를 설계하였다.

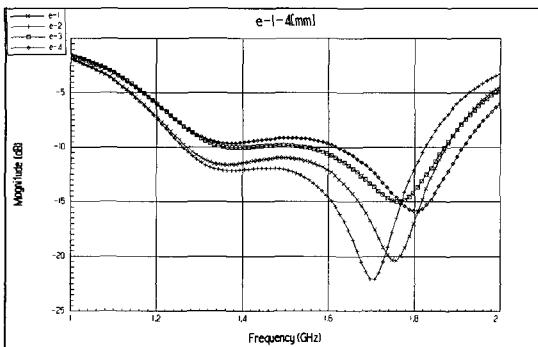
안테나의 길이를 설계하기 위해 <그림 1>의 각 부분별 길이에 대한 반사손실 특성을 분석하였다. 분석에 사용된 S/W는 Ansoft사 HFSS를 이용하였다. 본 논문에서는 비교적 특성에 민감한 3 부분에 대해서만 발췌하여 길이 변화 별 반사손실 특성을 나타내었다.

<그림 2>는 <그림 1> 인테나 부분 중 a를 0.5~2mm로 변화시키면서(이때 b=2.0, c=2.5mm임) 나타나는 반사손실 특성의 변화이다. 그림에서 보듯이 a 부분은 방사체 접힌 부분의 간격으로 이 폭의 변화는 선로간 간격에 의한 안테나 직렬커파시턴스 성분의 변화를 초래하므로 공진주파수에도 약간의 영향을 주지만, 안테나의 임피던스에 더 많은 영향을 주고 있음을 보여주고 있다.

<그림 3>과 같이 b를 변화(1.0~3.0mm, 이때



<그림 3> b 변화에 따른 반사손실 특성
<Fig. 3> Return loss due to variable b length



<그림 4> c 변화에 따른 반사손실 특성
<Fig. 4> Return loss due to variable c length

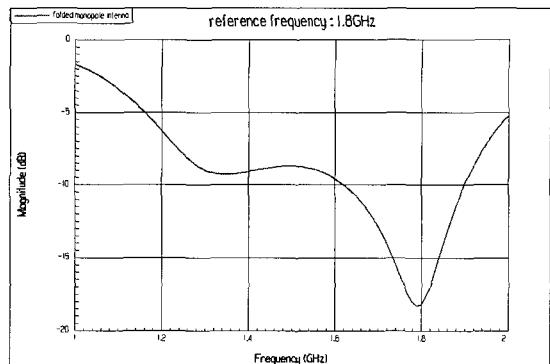
$a=0.8$, $c=2.5\text{mm}$ 임)시키면 안테나 전체 길이에 영향을 주므로, 길이 차이에 의한 공진 주파수가 이동하는 특성을 나타내고 있다.

<그림 4>는 길이 c 를 변화(0.5~2.5mm, 이때 $a=0.8$, $b=2.0\text{mm}$ 임)시키며 본 반사손실 특성이다. 길이 c 는 안테나의 길이뿐만 아니라 안테나 방사체 간 커패시턴스에 영향을 주므로, 공진주파수와 임피던스가 동시에 변화되는 특성을 보이고 있다.

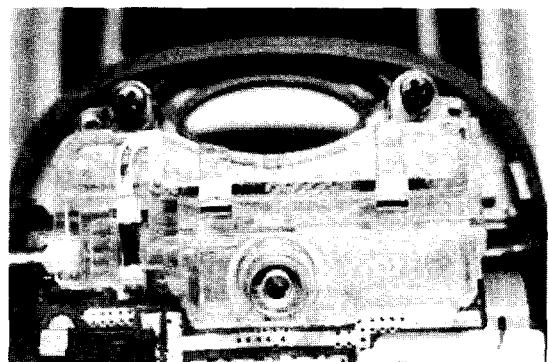
III. 인테나 설계 및 측정

각 파라미터를 조절하여 중심주파수 1.8GHz를 갖는 접힌 모노폴 인테나를 설계하였다. 안테나는 FR4 재질의 캐리어(carrier) 위에 장착된다. 따라서 캐리어를 포함한 시뮬레이션이 필요하다. 모노폴 안테나의 경우는 특히 세트와 밀접한 연관을 가진다. 이는 안테나와 휴대폰접지 자체로 시뮬레이션했을 때는 실측치와 큰 오차가 발생하는 것으로 알 수 있다. 그러나 시뮬레이션을 위해 세트의 모든 부품과 형태를 고려해 주기는 현실적으로 불가능하다. 따라서 모노폴 안테나를 시뮬레이션할 때는 접지판을 적당히 조절해 주어야 한다. 즉, 접지판의 모양을 변화시켜 실측치와 유사한 모양을 얻은 뒤, 그 상태에서 안테나 설계를 위한 시뮬레이션을 수행하여야 한다.

<그림 2-4>와 같은 시뮬레이션을 통하여 KPCS 주파수에 최적의 공진이 발생하도록 설계된 수치는 <그림 1>에서 $a=0.8\text{mm}$, $b=2.0\text{mm}$, $c=2.5\text{mm}$ 이며,



<그림 5> 설계된 안테나의 이론적 반사특성
<Fig. 5> Theoretical return loss for designed antenna

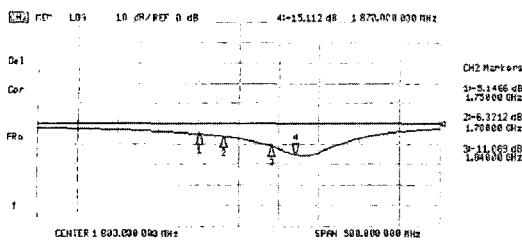


<그림 6> 제작되어 휴대폰에 탑재된 안테나
<Fig. 6> Figure of intenna located in the phone

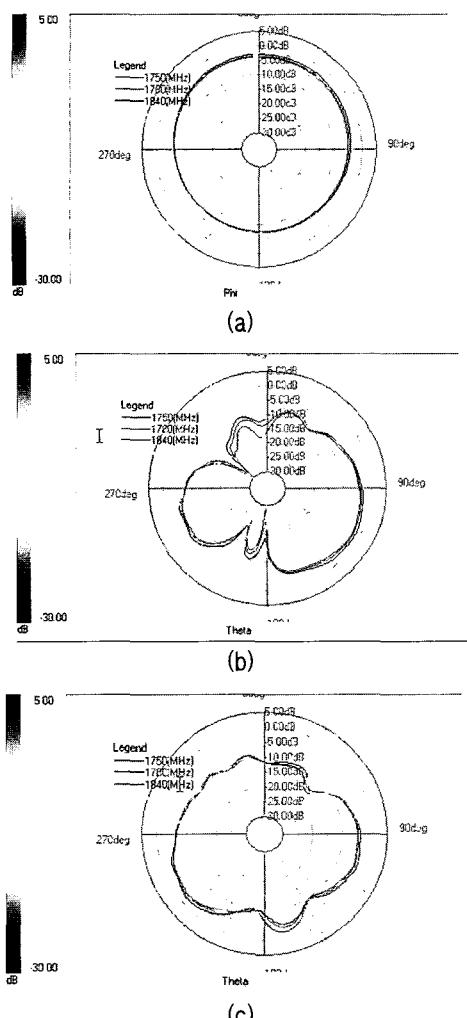
선로의 폭은 1.0mm 안테나 캐리어 크기는 $w \times l \times h = 36.2 \times 16.6 \times 5.0\text{mm}$ 이다. 설계수치를 넣어 시뮬레이션한 결과 <그림 5>와 같이 반사손실 -10dB를 기준일 때 대역폭 1.62GHz~1.9GHz로써, 약16%의 대역폭을 얻었다.

설계된 안테나를 제작한 그림은 <그림 6>과 같다. <그림 6>은 제작된 본 연구의 안테나를 휴대폰에 탑재한 모습이다.

안테나의 측정은 수동상태에서의 반사특성과 방사패턴 및 능동 상태에서의 수신감도와 송신출력패턴이다. 여기서 수동이라 함은 RF 신호를 장비인 network analyzer에서 공급한 상태를 말하며, 능동은 휴대폰 자체에 의해 발생되는 상태를 말한다. 수동때 특성과 능동때 특성은 세트에 따라 많이 다르게 된다. 이는 안테나단과 접지만 동작하는 수동에



<그림 7> 측정된 반사손실 특성
<Fig. 7> Measured return loss



<그림 8> 측정된 수동 방사패턴,
(a) H-면 (b) E1-면 (c) E2-면
<Fig. 8> Measured passive radiation patterns,
(a) H-plane (b) E1-plane (c) E2-plane

비해, 휴대폰 전 회로가 동작하는 능동 상황이 같지 않기 때문으로, 안테나 설계자는 이를 꿀히 고려하여 2 특성이 모두 양호하도록 하여야 한다.

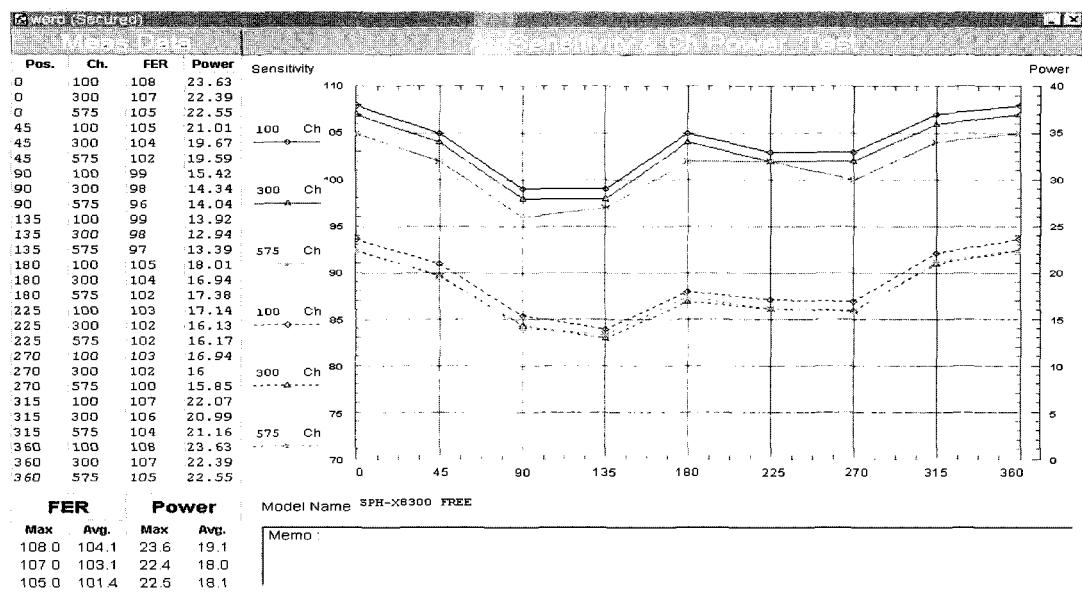
<그림 7>은 안테나의 반사특성 측정치이며, <그림 8>은 수동 상태에서 휴대폰 폴더 close 상태 때의 H-면 및 E1, E2-면 방사패턴이다. E1-면 패턴은 휴대폰 측면방향의 방사패턴이고, E2-면은 정면 즉, 앞뒤면 방향의 방사패턴이다. 방사패턴 측정주파수는 1.75, 1.78, 1.84 및 1.87GHz이다.

측정된 반사손실은 PCS 대역에서 조금 높은 대역 특성을 보이고 있다. 그러나 이는 실제 통화 때 손 및 두부가 단말기에 밀착될 경우, 낮은 대역으로 이동하므로 이를 감안하면 양호한 대역특성을 보이고 있다고 할 수 있다. 이러한 방식은 단말기 안테나업체에서 통상적으로 수행하고 있는 방식이다. 정재파비 2 : 1을 기준으로 하였을 때 대역폭은 1.72 - 1.88GHz로 PCS대역(1.75-1.87GHz)을 모두 만족하는 것을 알 수가 있다.

<그림 8> 방사패턴에서 H패턴 (a)는 PCS 전 대역에서 무 지향특성을 보임으로써 이동통신단말기에 적용이 용이하도록 나타나고 있다. 단말기 측면 θ패턴인 E1, 앞뒤면 θ패턴인 E2패턴은 <그림 8>의 (b), (c)에 나타나 있다.

단말기의 특성 중 중요한 것은 능동패턴이다. 능동패턴이라함은 단말기에서 자체 동작으로 직접 송수신할 때 채널(주파수)에 따른 각도별 수신감도와 송신출력 패턴을 말한다. <그림 9>는 본 안테나를 단말기에 장착하고 폴더를 열었을 때 측정된 능동패턴이다.

능동패턴에서 보듯이 수신감도는 PCS밴드 최저, 중간 및 최고주파수 대역에서 평균 -101.4 - -104.1dBm 및 최대 -105 - -108dBm 특성을 보이고 있다. 또한 출력 방사전력 특성은 평균 18.1 - 19.1dBm 및 최대 22.5-23.6dBm 출력 특성이 나타났다. 이 능동특성은 단말기 제조회사의 합격판단 기준치를 만족하는 양호한 특성이다.



<그림 9> 측정된 능동패턴 (폴더 opened)
(Fig. 9) Measured active pattern (folder opened)

IV. 결 론

본 논문에서는 한국 PCS 단말기용 접힌 모노폴 안테나를 설계 제작하였다. 접힌 구조를 채택함으로써 물리적인 길이를 확장시키고 동시에 커패시턴스 성분을 가짐으로써 임피던스 특성변화를 유도하였다. 안테나의 주요 부분의 길이 변화에 대한 주파수 별 반사손실 특성을 HFSS 시뮬레이션을 통하여 나타내었다.

설계된 안테나를 제작하여 단말기에 장착하여 제반특성을 측정하였다. VSWR 2 : 1을 기준으로 한 입력 정제파비 특성은 1.72~1.88GHz의 대역특성이 나타났다. 수동 방사패턴 측정결과 전 대역에서 H면 무지향 방사특성을 보였다. 또한 PCS 채널별 능동 방사특성은 수신감도에 있어서 최대 -105~-108dBm 특성과 안테나를 통한 방사출력은 최대 22.5~23.6dBm이 측정됨으로써 단말기 내장형 안테나로 적용하기에 양호한 특성을 보였다. 이 안테나는 PCS 단말기에 실제 적용되고 있다.

참고문헌

- [1] K. L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [2] L. C. Godara, *Handbook of Antennas in Wireless Communications*, CRC press, 2002.
- [3] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons Ltd, 1997.
- [4] M. M. Weiner, *Monopole Antennas*, Marcel Dekker Inc., 2003
- [5] T. Son and E. Chang, "Monopole Intenna for Korea PCS Mobile Phone Handset," *Proc. Dig. Antem2004/ URSI, IEEE*, pp. 607-610, July 2004.
- [6] Z. N. Chen and M. Y. W. Chia, *Broadband Planar Antenna*, John Wiley & Sons Ltd, 2006.

저자소개



손 태 호 (Son, Tae-Ho)

1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사)

1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)

1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)

1980년 ~ 1981년: 영국 Ferranti사 연구원

1978년 ~ 1987년: LG이노텍(주) 연구소 근무

1992년 ~ 1994년: 천문우주연구원 객원연구원

1999년 ~ 2000년: University of Illinois 연구교수

2000년 ~ 2003년: (주)닛시텔레콤 위촉 연구소장

2002년 ~ 2006년: (주)에스비텔콤 기술고문

2005년 ~ 현재: (주)하이트랙스 기술고문

2007년 ~ 현재: 스카이크로스코리아 기술고문

1990년 ~ 현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수

[주 관심분야] 위성통신, 휴대폰 및 RFID용 안테나설계, 자동차용 전장품 개발, 전자파 생체영향