

# GPS/PCS 단말기용 3-Finger형 이중대역 내장형 안테나

Three Finger Type of Dual Band Internal Antenna for GPS/PCS Handset

방상원 (광운대, 석사과정)    이병제 (광운대, 교수)    이종철 (광운대, 교수)    김종현 (광운대, 교수)    김남영 (광운대, 교수)    박면주 (광운대, 교수)

## 목 차

- I. 서 론
- II. 본 론
  - 1. Simulation 및 Prototype Antenna
- 2. 단말기에 내장된 안테나
- III. 결론

## I. 서 론

통신 기술의 급속한 발전과 함께 전 세계적으로 Cellular, DCS, PCS, GSM 등의 다양한 이동통신 서비스가 시행되고 있으며, FCC(Federal Communications Commission)의 발표에 따르면 미국에서 판매되는 모든 수출용 휴대통신 단말기에 GPS(Global Positioning System)서비스를 필수 조건으로 넣고 있어, 여러 주파수 대역을 동시에 만족시킬 수 있는 안테나 개발의 중요성이 점점 커지고 있다. 또한, 인체로 전달되는 전자파에 대한 규제가 전 세계적으로 강화됨에 따라 전자파 흡수율을 줄일 수 있는 안테나의 개발이 필요하게 되었다. 따라서, 최근 이동통신 단말기용 안테나의 최대 이슈는 다중대역 내장형 안테나의 개발일 것이며, 이를 통해 80% 이상 외국에서 특허를 가지고 있는 헬리컬 안테나에 대한 의존도를 줄일 수 있을 것이다.

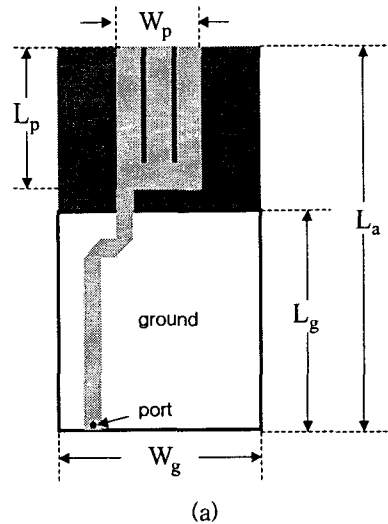
Printed monopole antenna는 제작이 용이하고 비용이 저렴하다는 장점을 가져 무선 시스템의 적용을 위한 연구가 꾸준히 계속 되어져 왔다[1]-[3]. 또한 서로 다른 크기의 모노폴을 하나의 급전을 통해 다중 공진을 얻어내는 형태의 안테나가 여러 사람들에 의해 이미 연구된바 있다[4]-[6]. 이러한 연구 결과들을 바탕으로 제안된 안테나는 3개의 서로 길이가 다른 모노폴 안테나를 함께 급전시킨 형태를 가지며 각기 다른 전기적 길이로 발생하는 공진 주파수 차이를 이용해 다중 혹은 광대역 특성을 가지도록 할 수 있다. 본 논문에서 설계한 3-finger형 안테나는 각기 길이가 다른 3개의 모노폴의 공진을 이용한 광대역 특성을 확보하여 PCS대역과 최근 휴대폰에 필수화되는 GPS대역을 만족하도록 하였다. Ensemble 5.0 simulator를 이용한 모의실험을 통해 프로토타입 안테나를 제작, 측정하여 실제 휴대용 단말기로의 적용 가능성을 판단하였으며 측정되어진 결과를 바탕으로 사용화 된 단말기에 적용하여 보았다.

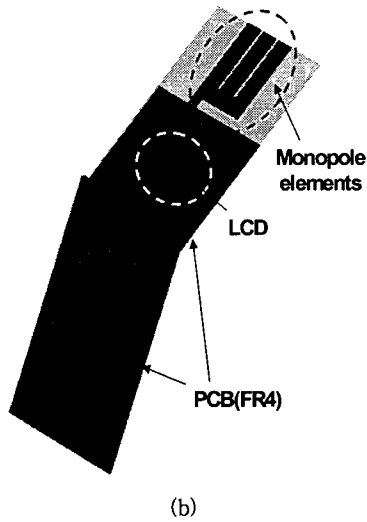
## II. 본 론

### 1. Simulation 및 Prototype Antenna

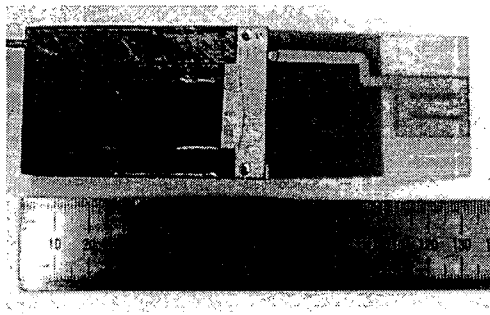
마이크로스트립의 구조에서 전 방향성의 방사패턴을 가지며 후면부에 접지면이 없는 형태의 printed dipole 혹은 모노폴 안테나는 최근 이동통신 시스템에서 많은 주목을 받아 왔다[7]. 본 논문에서 제안한 3-finger형 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. (a)에서는 안테나의 설계 파라미터를 나타내었고, (b)는 제작되어진 프로토타입 안테나의 구조이다. 그림에서 보듯이 제안된 안테나는 기존의 printed monopole antenna에서 방사체가 3개로 구성되어진 형태이다. 급전을 한 쪽으로 치우치게 함으로써 3개의 모노폴이 모두 각기 다른 전기적 길이를 가지도록 하였다.

$L_a=70\text{mm}$ ,  $L_g=40\text{mm}$ ,  $W_g=40\text{mm}$ ,  $L_p=25\text{mm}$ ,  $W_p=17\text{mm}$ , 각 finger의 폭은 5mm, finger들 사이의 간격은 1mm이고, 급전선은 단말기내부의 구조를 고려하여 외부 LCD를 피해 각인 형태로 만들었으며 기판의 두께는 0.8mm, 유전율은 4.7이다. PCB기판을 이용해서 단말기의 모형을 모델링하여 프로토타입 안테나를 설계하였으며 동축선을 아래쪽 기판을 접지면으로 하여 급전부에 연결함으로써 측정이 용이하도록 하였다. 그림 2는 제작되어진 프로토타입 안테나의 실물 사진이다.



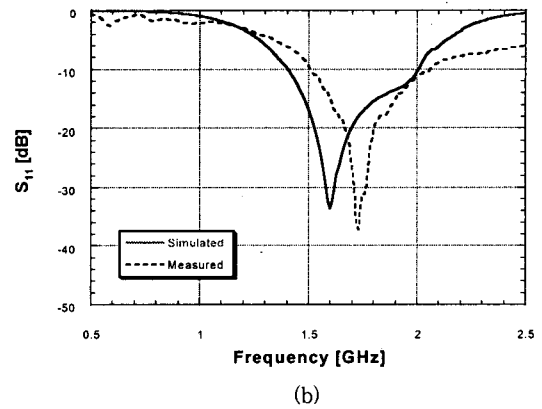
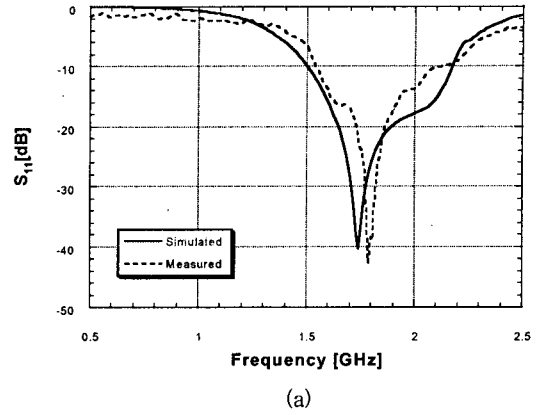


<그림 1> 3-finger형 안테나의 구조  
(a) 파라미터, (b) 프로토타입 안테나



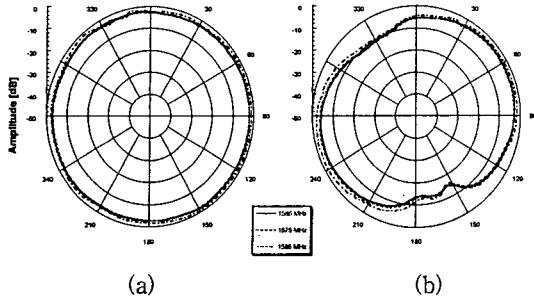
<그림 2> 프로토타입 안테나의 실물도

그림 3에는 제안된 3-finger형 안테나의 모의 실험과 제작된 프로토타입 안테나를 Agilent社의 E5071B를 이용해 측정된 반사손실을 함께 나타내었다. 두 경우 모두 GPS와 PCS대역을 만족하였으며 정재파비(VSWR) < 2:1를 기준으로 단말기를 펼쳤을 경우 모의실험에서 중심주파수 1740 MHz, 38.5%(1500 MHz ~ 2170 MHz)의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었으며 프로토타입 안테나의 경우 중심주파수 1800 MHz에서 31.1%(1540 MHz ~ 2100 MHz)의 임피던스 대역폭을 얻었고, 단말기를 접었을 경우 모의실험에서 중심주파수 1600 MHz, 37.5%(1410 MHz ~ 2010 MHz)의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었으며 프로토타입 안테나의 경우 중심주파수 1730 MHz에서 32.4%(1500 MHz ~ 2060 MHz)의 임피던스 대역폭을 얻어 모의실험과 측정된 결과가 서로 유사함을 확인하였다.

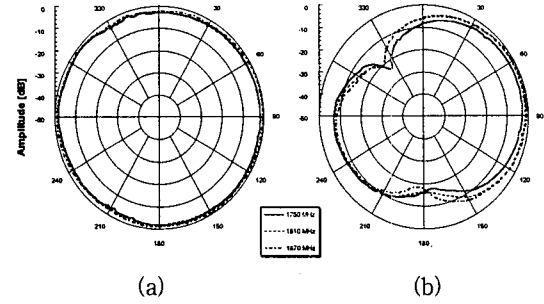


<그림 3> 프로토타입 안테나의 반사손실  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때

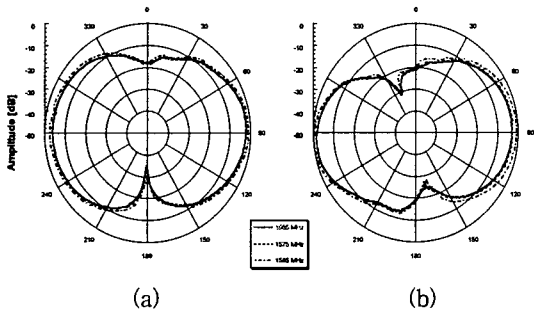
그림 4과 5는 GPS대역을 1565 MHz, 1575 MHz, 1585 MHz로 나누어 측정된 방사패턴이다. E-plane과 H-plane을 단말기를 접었을 때와 펼쳤을 때로 나누어 나타내었다. 제안된 프로토타입 안테나는 H-plane에서 전 방향성의 방사패턴을 가지며 단말기를 접었을 경우의 방사패턴 변화를 확인하였다. 표 1은 GPS대역에서 측정된 안테나의 성능을 분석한 것이다. 단말기를 접었을 경우 -0.53 ~ 2.41 dBi의 최대 이득, -4.17 ~ 2.2 dBi의 평균 이득을 얻었으며, 단말기를 펼쳤을 경우 0.63 ~ 3.95 dBi의 최대 이득과 -1.88 ~ 0.65 dBi의 평균 이득을 얻었다. 단말기를 접었을 경우의 1 dBi 이상의 성능 저하와 방사 패턴의 변화로 평균 이득이 최대 이득에 비해 더 큰 폭으로 떨어짐을 확인하였다. 그림 6과 7에는 PCS대역을 1750 MHz, 1810 MHz, 1870 MHz로 나누어 측정된 방사패턴을 GPS의 경우와 같은 방식으로 나타내었고, 표 2에는 측정된 안테나의 PCS대역 성능분석 결과를 나타내었다. 단말기를 접었을 경우 1.71 ~ 4 dBi의 최대 이득, -3.43 ~ -0.99 dBi의 평균 이득을 얻었으며, 단말기를 펼쳤을 경우 0.99 ~ 2.54 dBi의 최대 이득과 -1.98 ~ 1.06 dBi의 평균 이득을 얻었다. GPS의 경우와 마찬가지로 단말기를 접었을 경우의 성능 저하를 확인하였다.



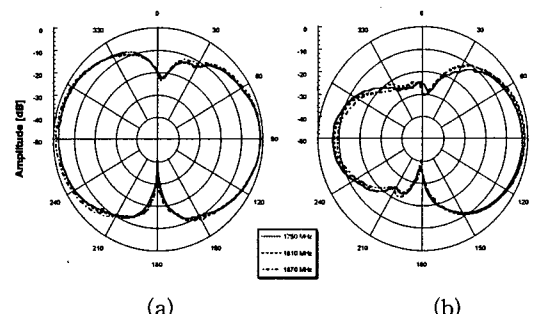
<그림 4> GPS대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때



<그림 6> PCS대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때



<그림 5> GPS대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때



<그림 7> PCS대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때

<표 1> GPS대역에서 측정된 안테나의 성능

			H-plane	E-plane
Closed handset	1565MHz	$G_{max}$	-0.49	1.15
		$G_{ave}$	-3.58	-4.17
		HPBW	106.16	54.98
	1575MHz	$G_{max}$	-0.53	1.25
		$G_{ave}$	-3.48	-3.9
		HPBW	97.98	54.22
	1585MHz	$G_{max}$	0.58	2.41
		$G_{ave}$	-2.2	-2.47
		HPBW	123.71	58.94
Open handset	1565MHz	$G_{max}$	0.76	2.77
		$G_{ave}$	-0.24	-1.88
		HPBW	inf.	33.71
	1575MHz	$G_{max}$	0.63	2.85
		$G_{ave}$	-0.36	-1.86
		HPBW	inf.	33.01
	1585MHz	$G_{max}$	1.76	3.95
		$G_{ave}$	0.65	-0.71
		HPBW	inf.	32.64

$G_{max}$ : 최대 이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균 이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]

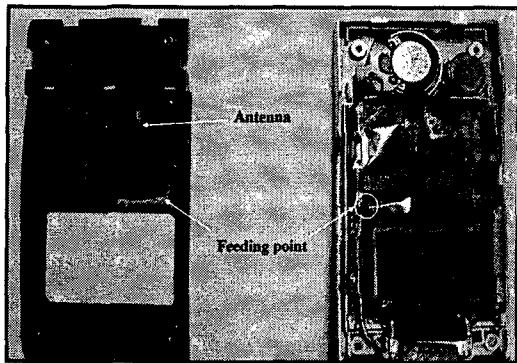
<표 2> PCS대역에서 측정된 안테나의 성능

			H-plane	E-plane
Closed handset	1750MHz	$G_{max}$	1.71	2.73
		$G_{ave}$	-2.72	-3.43
		HPBW	101.15	69.17
	1810MHz	$G_{max}$	3.12	3.62
		$G_{ave}$	-1.31	-2.82
		HPBW	112.13	68.27
	1870MHz	$G_{max}$	3.79	4
		$G_{ave}$	-0.99	-2.73
		HPBW	106.41	66.23
Open handset	1750MHz	$G_{max}$	0.99	2.5
		$G_{ave}$	0.19	-1.96
		HPBW	inf.	60.22
	1810MHz	$G_{max}$	1.33	2.36
		$G_{ave}$	0.32	-1.98
		HPBW	inf.	60.17
	1870MHz	$G_{max}$	2.06	2.54
		$G_{ave}$	1.06	-1.34
		HPBW	inf.	64.69

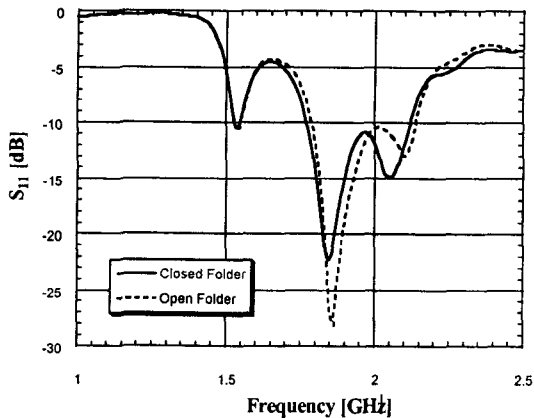
$G_{max}$ : 최대 이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균 이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]

## 2. 단말기에 적용된 안테나

그림 8에는 제작된 안테나를 상용화된 휴대용 단말기에 적용되어진 사진을 나타내었다. 안테나는 단말기의 외부 LCD와 스피커를 피해서 사용자가 통화 시 손이 닿지 않는 폴더의 위 부분에 내장하였으며 단말기를 조립했을 때 50Ω의 semi-rigid cable이 안테나와 접합되어 동작할 수 있도록 제작하여 측정하였다. 안테나에 끼치는 단말기 내부의 다양한 영향들을 고려하여 제작 과정에서 안테나의 구조를 변형시켰다. 그림 9에는 안테나의 반사손실을 폴더를 펼쳤을 경우와 접었을 경우를 나누어 측정된 결과를 나타내었다. GPS의 경우 2.5:1이하의 VSWR, PCS의 경우 2:1이하의 VSWR에서 요구대역을 만족하는 것을 확인하였다.



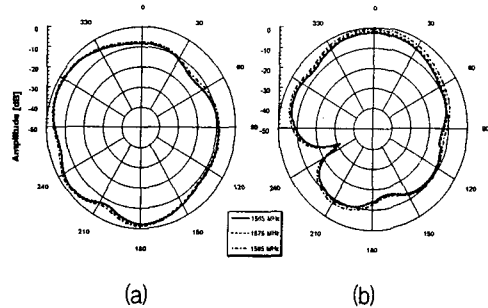
<그림 8> 3-finger형 안테나의 실물도



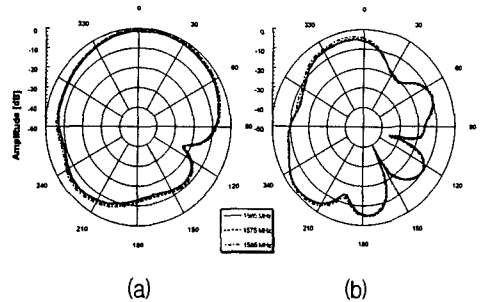
<그림 9> 3-finger 안테나의 반사손실

그림 10과 11, 12와 13에서는 상용 단말기에 적용된 3-finger형 안테나의 방사패턴을 프로토타입의 경우와 마찬가지로 GPS대역과 PCS대역을 E-plane과 H-plane으로 나누어 나타내었다. 표 3과 4는 측정된 안테나의 성능을 분석한 것이다. 표 3의 GPS대역에서는 단말기를 접었을 경우 -2.16 ~ 0.54 dBi의 최대 이득, -4.59 ~ -3.64 dBi의 평균 이득을 얻었으며, 단말기를 펼쳤을 경우 -1.84 ~ 1.42 dBi의 최대 이득과 -3.87 ~ -2.80 dBi의 평균 이득을 얻었다. 표 4의 PCS대역에서는 단말기를 접었을 경우 -0.92 ~ 0.33 dBi의 최대 이득, -4.3 ~ -3.69 dBi의 평균 이득을 얻었으며, 단말기를 펼쳤을 경우 -0.47 ~ 1.02 dBi의 최대 이득과 -4.27 ~ -1.28 dBi의 평균 이득을 얻었다. 프로토타입의 측정결과와 마찬가

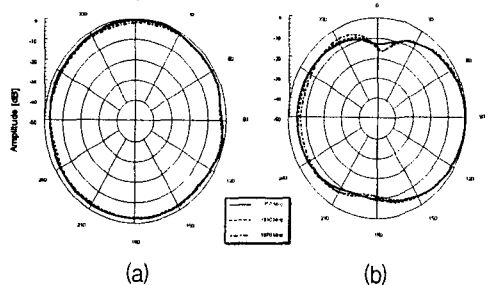
지로 단말기를 접었을 경우의 1 dBi 이상의 성능 저하와 방사패턴의 변화로 인해 평균 이득이 최대 이득에 비해 더 큰 폭으로 떨어짐을 확인할 수 있었다.



<그림 10> GPS대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때



<그림 11> GPS대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때



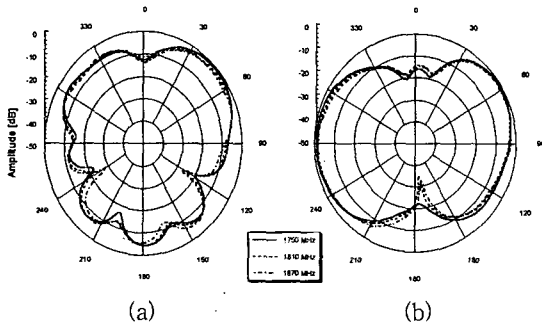
<그림 12> PCS대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때

<표 3> GPS대역에서 측정된 안테나의 성능

			H-plane	E-plane
Closed handset	1565MHz	$G_{max}$	-2.16	-0.22
		$G_{ave}$	-4.02	-4.31
		HPBW	94.98	21.85
	1575MHz	$G_{max}$	-1.97	0.23
		$G_{ave}$	-4.59	-3.98
		HPBW	96.16	21.68
	1585MHz	$G_{max}$	-1.32	0.54
		$G_{ave}$	-3.76	-3.64
		HPBW	96.16	21.53

Open handset	1565MHz	$G_{max}$	-1.84	0.54
		$G_{ave}$	-3.85	-3.87
		HPBW	25.04	58.94
	1575MHz	$G_{max}$	-1.68	0.66
		$G_{ave}$	-3.39	-3.55
		HPBW	25.01	51.96
	1585MHz	$G_{max}$	-1.41	1.42
		$G_{ave}$	-2.80	-3.13
		HPBW	24.97	51.22

$G_{max}$ : 최대 이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균 이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]



<그림 13> PCS대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴  
(a) 단말기를 펼쳤을 때, (b) 단말기를 접었을 때

<표 4> PCS대역에서 측정된 안테나의 성능

			H-plane	E-plane
Closed handset	1750MHz	$G_{max}$	-0.92	0.33
		$G_{ave}$	-3.91	-4.3
		HPBW	72.57	61.88
	1810MHz	$G_{max}$	-0.89	-0.91
		$G_{ave}$	-3.86	-3.69
		HPBW	74.17	58.67
	1870MHz	$G_{max}$	-0.68	-0.59
		$G_{ave}$	-3.85	-4.05
		HPBW	70.86	59.14
Open handset	1750MHz	$G_{max}$	1.02	0.23
		$G_{ave}$	-1.28	-3.74
		HPBW	inf.	32.24
	1810MHz	$G_{max}$	0.57	-0.01
		$G_{ave}$	-1.68	-4.27
		HPBW	inf.	35.67
	1870MHz	$G_{max}$	-0.47	-0.13
		$G_{ave}$	-2.51	-4.05
		HPBW	inf.	37.11

$G_{max}$ : 최대 이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균 이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]

### III. 결론

본 논문에서는 GPS/PCS 단말기용 내장형 안테나를 3-finger의 형태로 설계, 제작, 측정해 보았다. 제안된 3-finger 형태의 모노폴 안테나는 기존의 외장형 안테나를 사용한 단말기 내부의 제한된 공간안에 적용이 가능함을 확인하였다. 또한 간단한 모노폴의 길이 조절만으로 여러가지 형태의 다중 공진 및 광대역을 구현할 수 있다는 이점을 가지므로 단말기뿐만 아니라 다양한 적용이 가능할 것으로 예상되어진다. 그러나 제안된 안테나의 상용화를 위해서는 급전부의 구조적 어려움과 단말기를 펼치고 접으면서 발생하는 케이블의 문제점 해결이 동반되어야 할 것이다. 또한 본 안테나는 프로토타입 안테나와 비교해서 접지면과의 짧은 이격거리로 인해 발생하는 이득 감소와 단말기를 접었을 때 발생하는 성능저하 또한 해결되어야 할 문제점이다.

### 참고문헌

1. Kin-Lu Wong, Yi-Fang Lin, "Stripline-fed printed triangular monopole", Electronics Letters, vol. 33, Issue. 17, pp. 1428-1429, 14 Aug. 1997.
2. Johnson, J.M., Rahmat Samii, Y., "Wideband tabmonopole antenna array for wireless adaptive and mobile information systems application", Antennas and Propagation Society International Symposium, 1996. AP-S. Digest, vol. 1, pp. 718-721, 1996.
3. Chen, Z.N., "Broadband planar monopole antenna", Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings, vol. 147, Issue. 6, pp. 526-528, Dec. 2000.
4. Ali, M. Okoniewski, M. Stuchly, M.A. Stuchly, S.S., "A dual-frequency strip-sleeve monopole antenna for a laptop computer", Antennas and Propagation Society International Symposium, 1998. IEEE, vol. 2, pp. 1962-1965, 1998.
5. Duixian Liu, "Branch number and height effects on the multi-branch tri-band monopole antenna resonance", Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Sym, vol. 2, pp. 108-111, 2001.
6. Hua-Ming Chen, Yi-Fang Lin, Chin-Chun Kuo, Kuang-Chih Huang, "A compact dual-band microstrip-fed monopole antenna", Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Sym, vol. 2, pp. 124-127, 2001.
7. LIN, Y. D., and TSAI, S. N., "Coplanar waveguide-fed uniplanar bow-tie antenna", IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 45 Issue. 2, pp. 305-306, 1997.