
Formax 매질을 이용한 이동통신 단말기용 삼중대역 플라스틱 칩 안테나에 관한 연구

이영훈* · 송성해*

A Study on Characteristics of Triple-band Plastic Chip Antenna for Mobile Terminal using Foamex Materials

Young-Hun Lee* · Sung-Hae Song*

본 연구는 2002년도 금오공과대학교학술연구비 지원에 의하여 연구된 논문임

요 약

본 논문은 휴대 단말기에 적용할 수 있는 삼중대역(Triple-band) 플라스틱 칩 안테나에 관하여 연구하였다. 플라스틱 칩은 PVC(Polyvinyl chloride)계열의 Foamex 매질을 사용하였으며, 전기적인 특성은 유전율이 1.9이고, 절연밀도는 112KV/cm이다. 플라스틱 칩 안테나는 세라믹 칩 안테나보다 잘 파손되지 않고, 이득과 효율이 좋은 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 4종류의 삼중대역 플라스틱 칩 안테나를 제작하고 실험하였다. 실험결과 삼중대역에서 공진하였고, 안테나 이득은 -2dB 이상이고, 안테나 패턴은 일반적인 칩 안테나와 비슷한 전 방향 특성을 갖는다. 따라서 Foamex 매질을 이용하여 구현된 안테나는 삼중대역용 휴대폰과 다양한 무선통신시스템에 적용될 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, triple-band plastic chip antennas for mobile terminal are investigated. Plastic chip antenna is composed of Foamex material with circle of PVC(Polyvinyl chloride). For its electric characteristics, the dielectric constant is 1.9, the insulation intensity is 112KV/cm. Plastic chip antennas are don't tend to break easily against to external shock, have more gain and efficiency than ceramic chip antennas. Triple-band plastic chip antennas of four type are implemented and experimented. From the experiments results, the antenna resonate at the triple-band, the gain of the antennas has about above -2dB, the pattern is omnidirectional the same as the conventional antennas. So, the antennas realized with Foamex material will be application for mobile phone antenna operated at the triple band which is cellular band and Korea-PCS band and ISM band or the antenna for other wireless communication system.

I. 서 론

최근 이동통신 서비스는 멀티미디어화와 광대역화에 의해 단말기의 한정된 부피에 보다 많은 기능을 집약시키고 있으며 경량화 되어가는 추세이다. 이러한 경향

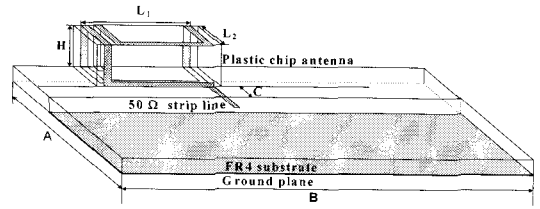
으로 안테나에 관한 기술도 단말기의 기술과 함께 소형, 경량, 다양한 서비스를 제공하기 위한 멀티 밴드 특성을 갖는 안테나를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 가장 많이 이용되고 있는 안테나는 헬리컬형과 리트렉터블형으로 외부 충격으로부터 부러지기 쉽

고 또한 단말기 외부로 돌출되어 단말기 전체의 크기를 줄이는데 많은 제약이 되며 단말기의 미적인 감각을 만족하기가 어려운 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 소형, 경량 저가의 특성을 만족시키기 위한 단말기용 안테나로 내장형 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 내부에 실장 가능한 안테나로는 도체 필름을 사용하여 단말기 표면에 실장하는 슬롯 안테나와 PIFA의 여러 가지 변형 안테나에 관한 연구결과가 발표되고 있으며, 다른 형태로 칩 형태의 안테나에 관한 연구결과도 많이 발표되었다. 일반적으로 칩형 안테나는 세라믹을 이용한 LTCC공정을 이용하여 제조되고 있으며 세라믹의 높은 유전율을 이용하여 소형의 안테나 제작이 가능하지만 높은 유전상수로 인한 협대역 특성, 외부 충격에 의하여 쉽게 깨지기 쉬우며, 제작 공정이 복잡하고 가격이 높은 단점을 가지고 있다[1~16].

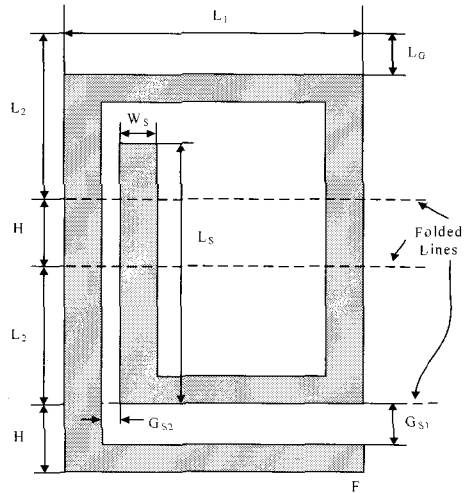
본 논문에서는 유전율이 1.9인 PVC계열의 Foamex를 이용하여 이동통신 단말기 내부에 실장 가능한 소형의 플라스틱 칩 안테나를 상용 시뮬레이터를 이용하여 안테나의 특성을 분석하고 Cellular 대역, PCS대역과 ISM 대역에서 사용이 가능한 삼중대역 플라스틱 칩 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다.

II. 칩 안테나의 구조

플라스틱 칩 안테나 구조는 그림1과 같으며, 그림1(b)는 칩 안테나 방사부의 금속패턴을 나타내고 있으며, 방사부는 구형 스파이럴 안테나의 구조를 갖고 실제 안테나는 소형화와 다중대역 특성을 위해 입체적으로 플라스틱 칩에 부착된다. 플라스틱 칩의 크기는 $20 \times 10 \times 5 \text{ mm}^3$ 이며, 안테나 방사부 패턴을 플라스틱 칩에 부착하여 플라스틱 칩 안테나를 구현하였다. 칩 안테나는 유전율이 4.5 두께가 1mm인 FR-4 기판에 장착하였으며, 급전구조는 50Ω 마이크로스트립선로를 이용하였다. 접지면은 실제 휴대폰의 크기를 고려하여 $80 \times 40 \text{ mm}^2$ 로 설계하였으며 칩 안테나와 접지면 사이의 이격거리에 의해서 발생된 커패시턴스에 의해서 안테나 공진주파수를 변화시킬 수 있다.



(a) 플라스틱 칩 안테나의 구조



(b) 구형 스파이럴 안테나의 방사부 패턴

그림 1. 칩 안테나의 구조
Fig.1. Structure of chip antenna

그림 1(b)에서 안테나 패턴의 전체 길이는 공진 주파수 f_1 에서 1λ 길이의 약 35% 정도이며, 모노폴 안테나의 $1/4\lambda$ 정도의 길이보다 약 25% 정도 크다. 안테나는 구형 사각 루프에 의해서 여러개의 모드가 생성된다. 안테나의 기본 동작은 첫 번째 공진주파수인 f_1 은 구형 스파이럴 안테나 패턴의 스트립 선로 길이에 의해서 조절할 수 있으며, f_2 와 f_3 의 공진주파수는 스트립 선로간의 간격, 즉 G_{s1} , G_{s2} 와 결합 길이 L_s , L_c 를 조절함으로써 안테나의 리액턴스를 유기하여 2차, 3차 공진주파수를 변화시킬 수 있다.

III. 수치해석

본 논문에서 제시한 안테나는 상용 시뮬레이터인 HFSS 시뮬레이터를 사용하여 수치해석 하였다. 칩 안테나의 기본개념은 모노폴 안테나를 유전체 주위에 감아서 패턴을 형성 하였으며, 접지면과 안테나사이의 이격거리(C)는 시뮬레이션결과 사이즈와 결합량을 고려하여 안테나로부터 18mm로 고정하였다. 안테나 전체 길이는 105mm를 기준으로 하였다. 듀얼 대역에서 동작하도록 안테나 각각의 파라미터들을 조절함으로써 리액턴스 성분을 생성시켜 최적화 후 듀얼 대역에서 동작하도록 안테나 파라미터를 변화시켰다. 칩 안테나의 기본 특성변화를 알아보기 위하여 패턴의 전체 길이와 도체의 선폭(W_S), 결합 간격(G_{S1} , G_{S2}), 결합길이(L_S , L_C)를 각각 변화시켜가며 특성을 분석하였다.

그림2는 급전부의 도체간격 G_{S1} 의 간격에 따른 안테나의 반사손실에 대한 특성을 나타내고 있다. 급전부와 선로를 근접시킴으로써 안테나 리액턴스 성분에 영향을 줄 수 있다. 도체 간격 G_{S1} 의 이격거리가 증가하면, 리액턴스 성분이 감소하며, 따라서 1차, 2차, 3차 공진주파수와 대역폭이 다소 증가하게 된다. 특히 2차 및 3차 공진주파수는 도체간의 거리가 넓어지면 인덕턴스 성분이 감소되어 반사손실이 각각 -5dB, -10dB 개선되었다. 따라서 도체간격 G_{S1} 의 값을 조절함으로써 삼중대역 특성을 갖는 안테나를 구현할 수 있다.

그림3은 안테나의 안테나의 중단부인 L_S 와 중간부의 안테나 선로와의 급전선 간의 도체 간격 G_{S2} 에 의한 안테나 공진특성을 분석하였다. 안테나 특성을 알아보기 위하여 모든 파라미터는 고정하고 안테나 도체 간격인 G_{S2} 를 2mm에서 4mm까지 변화시켰다.

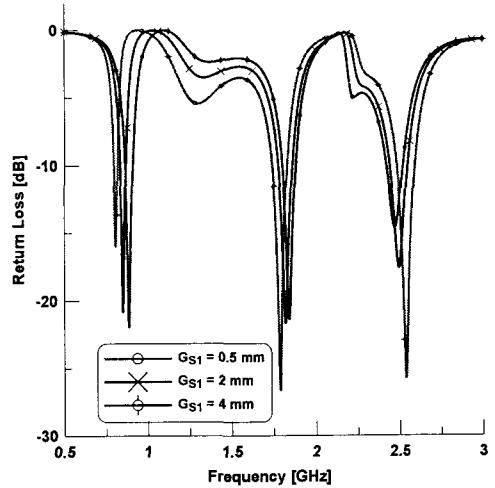


그림 2. 급전부의 도체간격 G_{S1} 변화에 의한 반사 손실
 Fig. 2. Return loss according to length G_{S1} of coupled region at feeding region (G_{S2} :2 mm, L_S :3 mm, W_S :2mm, C :18 mm)

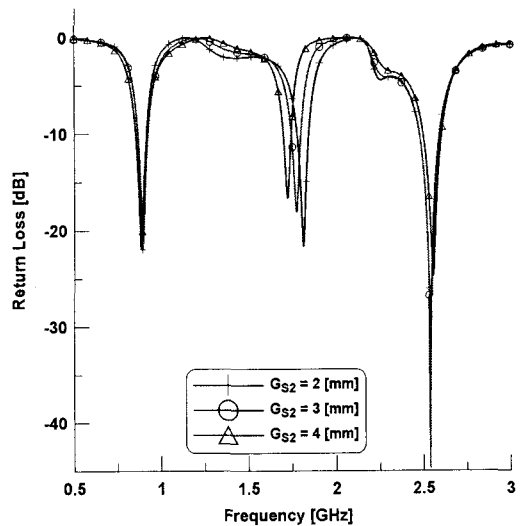


그림 3. 도체 간격 G_{S2} 변화에 의한 반사손실
 Fig. 3. Return loss according to distance G_{S2} of coupled region (G_{S1} :2mm, L_S :3mm, W_S :2mm, C :18mm)

결합간격이 증가하면, 첫 번째 공진과 세 번째 공진 주파수는 두 번째 공진 주파수에 비하여 적게 영향을 받을 수 있다. 모든 공진 주파수의 공진 특성이 개선 되었으며, 특히 두 번째 $G_{S2}=4\text{mm}$ 일때 $G_{S2}=2\text{mm}$ 인 경우에 비하여 공진 주파수에서 반사 손실이 -25dB에서 -45dB로 약 20dB 개선 되었다. 따라서 G_{S2} 는 안테나의 2번째 공진 주파수에서 안테나 특성을 변화시킬 수 있다.

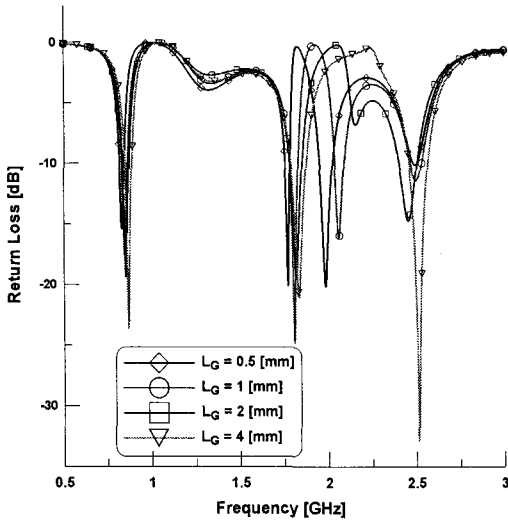


그림 4. L_G 의 변화에 의한 반사 계수
 Fig. 4 Return loss according to distance L_G of coupled region
 ($G_{S1}: 1\text{mm}$, $G_{S2}: 2\text{mm}$, $W_S: 2\text{mm}$, $C: 18\text{mm}$)

그림 4는 L_G 는 선로간의 결합영역에 의한 반사 손실 특성을 나타내고 있다. 이 영역은 급전부분과의 결합으로 리액턴스 성분이 아주 크게 유기되는 부분이다. L_G 의 간격을 변화시킴으로써 안테나의 리액턴스 값을 증가시켜서 3차 공진 주파수 특성에 영향을 준다. 수치해석 결과, 3차 공진 주파수 특성이 1차, 2차 공진 주파수에 비하여 많이 변화함을 알 수 있다. L_G 가 증가할수록 1차, 2차 공진 주파수의 공진점이 증가하며, 3차 공진점에서 반사 손실이 -15dB에서 -35dB로 개선 되었다. L_G 가 약 4mm인 경우에 셀룰라 대역, PCS 대역, ISM 대역에서 공진함으로써 다중대역용 안테나로 사용 가능할 것으로 사료된다.

그림 5는 칩 안테나와 접지면과의 이격 거리에 의한 안테나의 반사 손실 특성을 나타내고 있다. 칩 안테나와 접지면 사이에 생성된 커패시턴스에 의하여 안테나 특성이 아주 크게 영향을 준다. 본 연구에서는 C 의 거리를 10mm에서 17mm까지 변화시켰을 경우에 안테나의 공진점이 크게 변화함을 알 수 있다. 특히 거리가 17mm인 경우에 10mm에 비하여 1차, 2차, 3차 공진 주파수에서 반사 손실은 -15dB, -16dB, -20dB 개선 되었다.

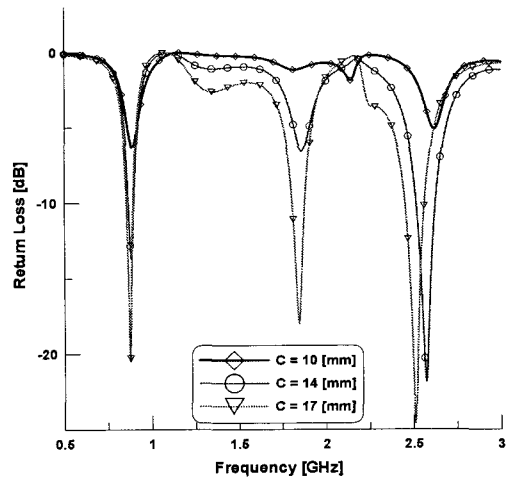


그림 5. C 의 변화에 의한 반사 계수
 Fig. 5 Return loss according to distance C
 ($G_{S1}: 1\text{mm}$, $G_{S2}: 2\text{mm}$, $W_S: 2\text{mm}$, $L_G: 3\text{mm}$)

IV. 플라스틱 칩 안테나 구현 및 실험

4.1 최적의 칩 안테나 구현

본 연구에서 제시한 안테나의 객관성을 확립하기 위하여 셀룰라 대역(0.82-0.89GHz), 한국형 PCS 대역(1.75-1.87GHz), ISM 대역(2.4~2.4835GHz)에 적용이 가능한 삼중대역 휴대폰 내장형 플라스틱 칩 안테나를 4개를 구현하였다. VSWR 2.5:1을 기준으로 1차 2차 공진 주파수는 cellular, PCS 대역에서 동작하도록 설계하였으며, 설계 결과 제작의 용이성을 위하여 수치해석을 통하여 앞에서 제시한 삼중대역에서 동작하도록 표 1과 같이 G_{S1} , G_{S2} , L_G , L_S , W_S 값을 추출하였다.

표1. 최적화된 플라스틱 칩 안테나 규격

Table 1 Physical parameter of the optimized chip antennas [unit : mm]

Antenna	G_{S1}	G_{S2}	L_G	L_S	W_S
Type1	2.0	2.5	1.0	14.0	2.0
Type2	3.0	2.5	2.0	18.0	2.0
Type3	1.0	2.0	3.0	15.0	2.0
Type4	1.5	1.5	3.5	10.0	2.0

표2. 최적화된 칩 안테나의 수치해석 결과

Table 2. Optimized simulation results of the chip antenna

Type	셀룰라 (GHz)	Korea-PCS (GHz)	ISM (GHz)	Gain (dB)
Type1	0.82-0.90	1.73-1.90	2.36-2.61	-2.0 이상
Type2	0.83-0.93	1.64-1.81	2.28-2.49	
Type3	0.83-0.94	1.70-1.85	2.33-2.55	
Type4	0.82-0.94	1.70-1.82	2.35-2.57	

표2는 표1에서 제시한 파라미터를 이용하여 수치 해석한 결과이다. 표1에서 제시한 파라미터를 통하여 수치 해석 한 결과, VSWR이 1:2.5에서 셀룰라 대역 ((0.82-0.89GHz), 한국형-PCS대역(1.75-1.87GHz), ISM대역(2.4~2.4835GHz)에서 공진하였으며, 이득은 대체적으로 -2dB이하이다. 그리고 안테나 방사패턴 특성은 다이폴 안테나와 같이 전방향성의 특성임을 확인하였다.

4.2 안테나 실험

앞에서 설계한 안테나는 유전율이 1.9인 Foamex 매질을 이용하여 제작하였으며, 안테나의 크기는 $5 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$ 이다. 표1의 파라미터를 이용하여 제작한 안테나는 그림 6과 같다. 제작한 안테나의 실험은 Anritsu사의 MS4623B Network 분석기를 사용하여 반사손실을 측정하였으며, MTG사의 측정시스템을 사용하여 안테나 패턴을 측정하였다. 표3은 안테나의 반사손실을 측정하여 VSWR 1:2.5인 대역폭의 측정 결과이며, 그림7은 Type2의 안테나의 반사손실과 방사패턴이며, 방사패턴은 셀룰라 대역, 한국형-PCS대역, ISM대역의 방사패턴이다.

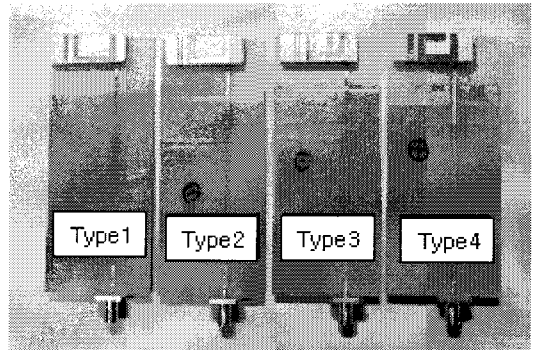
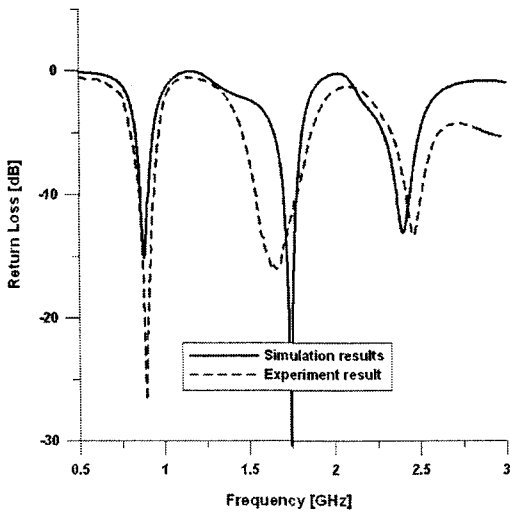


그림 6. 제작한 플라스틱 칩 안테나
Fig. 6. Implemented chip antennas

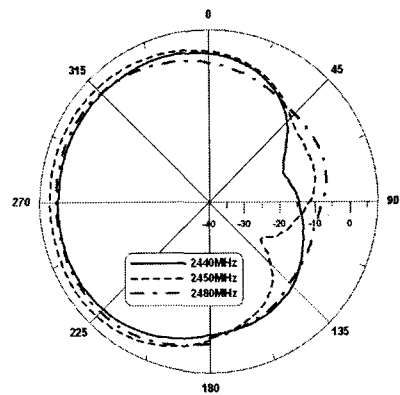
측정결과 본 논문에서 제시한 안테나의 이론값과 실험값이 대체적으로 일치하고 있음을 확인할 수 있다. 반사손실은 앞에서 제시한 3대역에서 공진하고 있으며, 특히 방사패턴의 경우 이동통신 단말기에 적합한 전방향의 특성을 가지고 있음을 확인하였고, 안테나 이득은 역 -2dB이며, 안테나 효율은 0.965이다. 따라서 본 연구결과를 이용하면, 멀티미디어 이동통신 시스템을 위한 다중대역 휴대이동통신 시스템의 안테나에 적용할 수 있음을 확인하였다.

표3. 제작한 안테나의 이론값과 실험값의 비교
Table 3 Experimental results according to theory values of the realized antenna

Type	셀룰라 (GHz)	Korea-PCS (GHz)	ISM (GHz)	Gain (dB)	
1	수치해석	0.82-0.90	1.73-1.90	2.36-2.61	-2.0
	실험	0.79-0.91	1.41-1.90	2.17-2.49	
2	수치해석	0.83-0.93	1.64-1.81	2.28-2.49	
	실험	0.81-0.96	1.46-1.87	2.31-2.46	
3	수치해석	0.83-0.94	1.70-1.85	2.33-2.55	
	실험	0.79-0.95	1.50-1.95	2.23-2.70	
4	수치해석	0.82-0.94	1.70-1.82	2.35-2.57	
	실험	0.82-0.96	1.42-1.99	2.35-2.59	

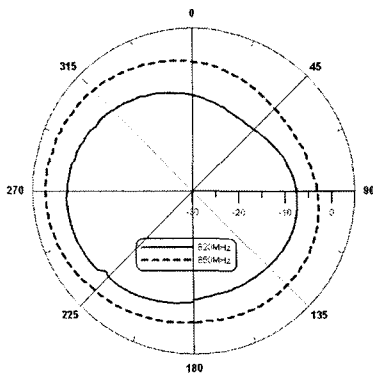


(a) 반사손실

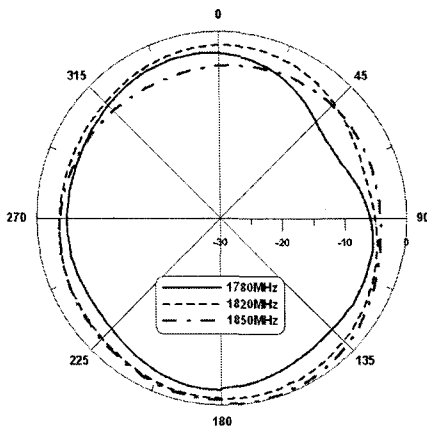


(d) xy 평면에서의 ISM 대역의 방사패턴

그림 7. Type2 에 대한 안테나의 전기적인 특성
Fig. 7. Electric characteristics of antenna for type 2



(b) xy 평면에서 셀룰라 대역의 방사패턴



(c) xy 평면에서의 Korea-PCS 대역의 방사패턴

V. 결론

본 논문에서는 이동통신 단말기를 위한 삼중대역 (Triple-band : 셀룰라 대역, 한국-PCS대역, ISM 대역) 플라스틱 칩 안테나를 수치해석하고, 실험을 통하여 본 논문의 객관성을 입증하였다. 본 논문에서 제시한 플라스틱 칩 안테나는 PVC 계열의 Foamex 매질이며, 유전율은 1.9이고, 절연내압은 112KV/cm이다. 안테나의 구조는 세라믹 칩으로 제작한 칩 안테나와 비슷하다. 그러나 본 논문에서 제안한 플라스틱 칩 안테나의 장점은 세라믹 칩 안테나와 다르게 쉽게 파손되지 않고, 큰 이득과 효율을 가지고 있다.

본 논문에서 제시한 이론의 타당성을 입증하기 위해서 패턴이 서로 다른 4종류 형태를 수치해석을 통해서 제작하고, 실험하였다. 실험결과, 이론으로 수치해석한 결과와 같이 셀룰라대역, 한국-PCS대역, ISM대역에서 공간특성을 가지고 있으며, 이득은 -2dB이상, 방사패턴은 전 방향 특성을 나타내었으며, 모든 면에서 이론값과 실험값이 일치하였다. 반면에 일반적인 세라믹 안테나의 이득은 -6dB이며 [8], 본 논문에서 제시한 플라스틱 칩 안테나의 이득은 -2dB 임으로 상대적으로 매우 큰 이득을 나타내고 있다. 따라서 Foamex 매질을 이용한 칩 안테나는 멀티미디어 이동통신 시스템과 무선 이동통신 시스템을 위한 이동통신 기기에 적용할 수 있다 [11-14].

참고문헌

- [1] Jung-Ick Moon, Seong-Ook, Park, "Small chip antenna for 2.4/5.8-GHz dual ISM-band applications", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Volume: 2, Pages:313 - 315, Nov.11, 2003
- [2] Choi, W.; Kwon, S.; Lee, B., "Ceramic chip antenna using meander conductor lines", Electronics Letters, Volume: 37, Issue: 15, Pages:933 - 934, 19 Jul 2001
- [3] G. Y. LEE, "A broadband folded planar monopole antenna for mobile phone", Microwave opt. Tech. Lett., Vol34, pp.84-86, July, 2002
- [4] Sim, S.H., Kang, C.Y.; Yoon, S.J. Yoon, Y.J. Kim, H.J., "Broadband multilayer ceramic chip antenna for handsets", Electronics Letters, Volume: 38, Issue: 5, Pages:205 - 207, 28 Feb. 2002
- [5] C.M, Ching, "Built-in dual frequency antenna", U.S. Patent No.6337663, June, 2001
- [6] Kin-Lu Wong, *Panalar Antenna for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003
- [7] 이범선, "2.4/5.7GHz 대역용 멀티밴드 안테나", 한국전자과학기술 전자과기술, Vol 14, No 02, pp.24-31, 2003, 4
- [8] 심성훈외 "IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계", 한국전자과학기술 논문지, Vol 13, No 3, pp.301-307, 2002, 2
- [9] 선승호외, 휴대 전화용 안테나의 지향성에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 논문지, 제5권6호, pp.1151-1156, 2001
- [10] Y.H. Lee, W.H. Kwon, "Dual-band PIFA design for mobile phones using folded slits", APMC'2003, Vol. 2, pp1082-1085, Nov. 2003
- [11] Y.H. Lee, W.H. Kwon, "Dual-band PIFA design for mobile phones using H-type slits", IEEE AP Society International Symposium, No.3, pp3111-3114, June. 2004
- [12] 이영훈외, "평면형 다이폴 안테나를 이용한 UHF RFID 태그 안테나 특성", 한국전자과학기술 논문지, Vol. 16, No. 2, pp. 204-210, 2005.2. 28
- [13] 이영훈 외, "GSM 및 DCN용 플라스틱 칩 안테나에 관한 연구", 2004년 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집, Vol.27, no.1, pp155-158, 2004.5
- [14] Yong-Xin Guo, Irene Ang, M.Y.W, " Compact Inter Multiband Antennas for Mobile Handsets ", IEEE Antenna and wireless Propag. Letters 2003

저자소개

이영훈(Younghun, Lee)



광운대학교 졸업(공학사)
 연세대학교 대학원 졸업(공학석사)
 1995.2 연세대학교 대학원 졸업
 (공학박사)

1995.3~02.2 호남대학교 부교수
 2002.3~현재 : 금오공과대학교 부교수
 2006.1~07.2 University of Florida 연구교수
 ※ 관심분야: 마이크로파 및 안테나 공학, RFIC

송성해(Sunghae, Song)



1975.2 광운대학교 졸업
 1978.3 일본 Keio대학교 대학원 졸업
 (공학석사)
 1981.3 일본 Keio대학교 대학원 졸업
 (공학박사)

1981.5~84.12 ETRI 실장
 1984.12~88.12 삼성전자 반도체연구소 이사
 1989.1~1990.2 일본 Keio 대학교 방문연구원
 1991.3~현재 : 금오공과대학교 부교수
 ※ 주관심분야: 반도체 물성, 반도체 제조공정