

Foamex 매질을 이용한 이동통신 단말기용 듀얼밴드 플라스틱 칩 안테나 특성에 관한 연구

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

이영훈^{1,a}
(Young-Hun, Lee^{1,a})

Abstract

In this papers, we made study for plastic chip antenna, the plastic is Foamex with the circle of PVC and its electric characteristics are dielectric constant 1.9, insulation intensity 112 KV/cm. The proposed antenna is same as the conventional antennas are usually constructed with ceramic chip, which are not fragile in nature and don't tend to break easily. Therefore the proposed antenna with its advantage is attractive for application in mobile antenna. In order to valid the proposed papers, it is implemented the antennas of four types and experimented. From the results, we conformed that the antennas are operated at the dual band which is cellular band and Korea-PCS band. And the gain of the antennas has about above -2 dB and the pattern is same as conventional antennas. From this papers, the realized antennas using Foamex material will be application for mobile phone antenna.

Key Words : Foamex, Plastic chip antenna, Mobile phone antenna, Dual-band, Dielectric constant

1. 서 론

최근 이동통신 서비스는 멀티미디어화와 광 대역화에 의해서 높은 이득과 좀더 넓은 대역 특성을 갖는 안테나를 요구하고 있다.

또한 향후 LAN, UWB, Home LAN, 무선 이동통신 기술의 급속한 발전이 예상됨으로써 기존의 이동통신과 신규 이동통신 서비스를 커버할 수 있는 멀티밴드 안테나가 필요하다[1-7].

향후 이동통신 서비스의 발전에 따라서 단말기 크기는 점점 더욱더 소형화됨으로 기존의 휩과 헤리칼 안테나는 단말기의 시장 경쟁력이 상실될 수 있고, 이동통신 시스템을 위한 전기적인 특성을

얻을 수 없고, 또한 소비자들에게 단말기의 미적인 감각을 만족하기가 어려운 상황이다.

이러한 특성을 만족시키기 위해서 이동통신 기기의 내부에 장착할 수 있는 안테나는 필름을 사용하여 휴대폰 표면에 장착시키는 방법, 유전체를 사용하는 방법으로는 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 제조기법을 이용한 소형화된 안테나로서는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), 폴디드 형태의 안테나, 루프형태, Meander 형 등 다양한 형태들이 제시되고 있다[1-5].

일반적으로 칩 안테나는 LTCC 제조기법을 이용하여 세라믹을 사용하여 제작되며, 크기면에서 작게 만들 수 있음으로써 통신기기의 내부 혹은 표면에 장착시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 세라믹은 외부충격에 의하여 쉽게 균열과 깨지기 쉬우며, 크기면에서 아주 작으므로 이득, 방사패턴등 전기적인 특성이 나쁜 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 세라믹 칩 안테나의 단점을 보완할 수 있고, 표면설장이 가능하고, 외부 충격에 깨

1. 금오공과대학교 전자공학부

(경북 구미시 양호동 1)

a. Corresponding Author : radiolee@kumoh.ac.kr

접수일자 : 2004. 11. 12

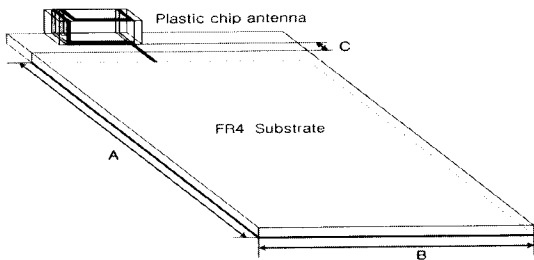
1차 심사 : 2004. 12. 16

심사완료 : 2005. 1. 3

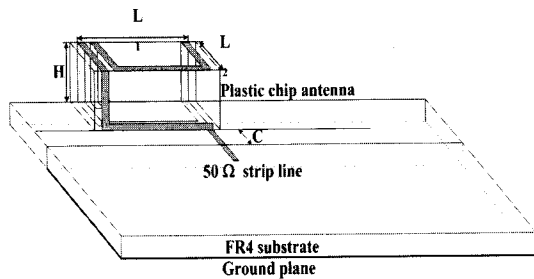
지거나 부서지지 않는 특성을 가지고 있는 PVC 계열의 Foamex를 이용하여 이동통신 단말기용 플라스틱 칩 안테나에 관하여 연구하였다. Foamex 매질은 특수 압출성형 공법으로 제조되는 제품으로써 표면이 미려하여 나무와 같이 절단가공이 용이하고 녹슬거나 부식되지 않음은 물론 내수성 및 내후성이 우수하고 동시에 Silk Screen인쇄 및 열성형에도 적합한 소재로서 앞으로 RF 안테나 및 수동소자에 적용될 수 있다. Foamex의 전기적 성질은 유전율이 1.9이고, 절연강도가 112 kV/cm 인 특성을 가지고 있다[6,7]. 그러므로 본 논문에서는 Foamex 매질은 이용한 안테나의 구현의 가능성에 대한 타당성 및 객관성을 입증하기 위해서 셀룰라 대역과 Korea-PCS 대역에서 동작하는 이중 대역 안테나를 구현하여 실험을 하였다.

2. 플라스틱 칩 안테나 구조

플라스틱 칩 안테나는 그림 1에서와 같이 플라스틱 칩의 직육면체 표면에 금속패턴을 형성하여 금속패턴에 유기된 에너지가 방사가 되도록 하며, 플라스틱 칩 안테나는 기판위에 고정시킨다. 이때



(a) Structure of the proposed antenna



(b) Detail structure

그림 1. Plastic chip 안테나 구조.
Fig. 1. Structures of plastic chip antenna.

사용된 기판의 구조는 기판의 밑면은 접지면이고, 플라스틱 칩이 있는 기판의 밑면은 접지면이 없다. 여기서 칩의 크기는 원하는 주파수와 패턴에 따라서 크기가 결정된다. 그리고 사용된 기판은 실제 단말기의 크기와 비슷한 크기로 가정하였다. 칩 안테나와 접지면 사이의 간격 C에 의해서 형성되는 커패시터는 안테나의 공진점을 조정하게 된다.

직육면체의 플라스틱 표면에 형성된 금속 패턴은 안테나의 공진점, 입력임피던스, 방사패턴, 지향성, 이득 등을 결정한다. 일반적으로 금속 패턴은 PIFA구조, Monopole 구조, Meander 구조, Helix 구조 등 다양한 형태로 구현할 수 있다.

그림 2는 본 논문에서는 제안한 칩 안테나의 금속 패턴을 나타내고 있다. 금속 패턴은 구형 사각 루프 구조로 형성하였다. 이러한 구형사각 루프에 의해서 공진모드가 형성되며, 첫 번째와 두 번째의 공진모드의 공진주파수는 선로의 길이와 선로간의 결합되는 영역의 길이에 의해서 조정된다. 따라서 원하는 공진 주파수를 얻기 위해서는 스트립 전체 길이와 스트립의 결합 영역을 조정함으로써 원하는 점에서의 공진주파수를 얻을 수 있으며, 이 특성을 이용하여 이동통신 단말기용 안테나를 구현할 수 있음을 알 수 있다.

그림 2에서 전체의 선로의 길이에 의해서 f_1 주파수에서 공진하며, 그림 2의 G_s, L_g, M_s 의 결합 영역에서 생성되는 안테나의 리액턴스 성분으로 인하여 주파수 f_1 은 낮은 주파수로 약간 이동한다. 반면에 생성된 리액턴스는 제2차공진주파수를 낮은 주파수로 아주 크게 이동시킨다. 또한 칩 안테나와 접지면 사이에 거리

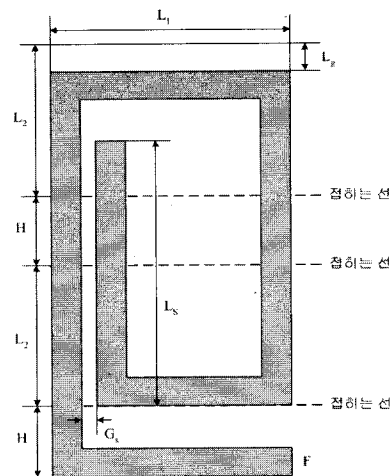


그림 2. 제안한 안테나의 금속 패턴.
Fig. 2. Metal patterns of the proposed antenna.

C에 의해서 커패시터가 생성되며, 이는 스트립 선로에 의한 리액턴스와와의 조합을 이루어서 안테나의 공진점을 변화시킨다. 안테나에 신호의 급전부는 F점을 통하여 50Ω 스트립 선로를 통하여 급전된다. 특히 결합영역에 의한 리액턴스의 크기는 결합되는 영역의 선로의 폭, 간격, 매질의 유전율과 $\tan \delta$ 값에 의해서 결정된다. 따라서 이들에 의한 영향을 정량적으로 분석하여 안테나 성능개선에 적용할 수 있다.

3. 수치해석

본 논문에서 제시한 안테나의 전기적인 특성과 제시한 이론의 타당성을 확인하기 위해서 수치해석을 수행하였다. 수치해석에 적용한 상용 시뮬레이터는 논문의 타당성과 객관성을 위하여 Ansoft사의 HFSS Version 9.2를 사용하였다. 우선 제시한 칩 안테나의 크기는 $20\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 이며, 칩의 표면에 형성된 패턴의 모양은 그림 2와 같다. 칩은 Foamex 매질을 사용하였으며, 유전율은 1.9이다. 칩 안테나를 지지하고 있는 기판은 일반 휴대폰 크기와 비슷한 $90\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 이며, 유전율은 4.4인 FR4이고, 칩 안테나와 접지면 사이의 간격은 10 mm로 하여 수치해석 하였다.

본 연구에서는 이중대역 안테나 구현을 위하여 그림 2의 패턴에서 길이 선로사이의 간격을 조정하여 이에 대한 특성을 고찰한다. 그림 3은 그림 2에서 M 의 길이에 따른 반사손실 특성을 나타내고 있다. 즉 결합길이가 증가함으로써 선로간의 결합

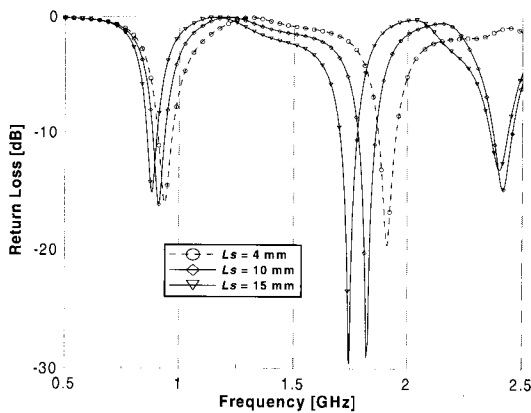


그림 3. 결합영역 L_s 길이에 따른 반사손실.
Fig. 3. Return loss according to distances L_s of coupled region.

리액턴스 성분이 증가하여 첫 번째 공진주파수와 두 번째 공진주파수를 낮은 주파수로 이동하고 있음을 보여주고 있다. 결합영역의 길이를 10 mm 증가시키면 1차공진주파수는 50 MHz, 2차공진주파수는 100 MHz 이동한다.

그림 4는 선로간의 간격이 증가함으로써 결합되는 리액턴스가 감소함으로 공진주파수가 증가함을 나타내고 있다. 간격이 0.4 mm에 비하여 1.6 mm 증가시키면, 즉 간격이 2.0 mm가 되면 1,2 차 공진주파수는 35 MHz, 73 MHz 증가함을 나타내고 있다.

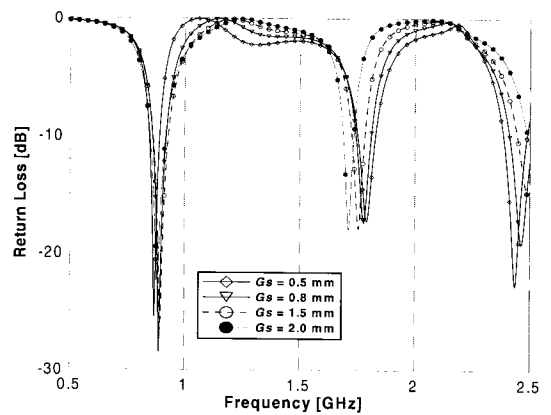


그림 4. 결합영역 G_s 간격에 따른 반사손실.
Fig. 4. Return loss according to the distances G_s of coupled region.

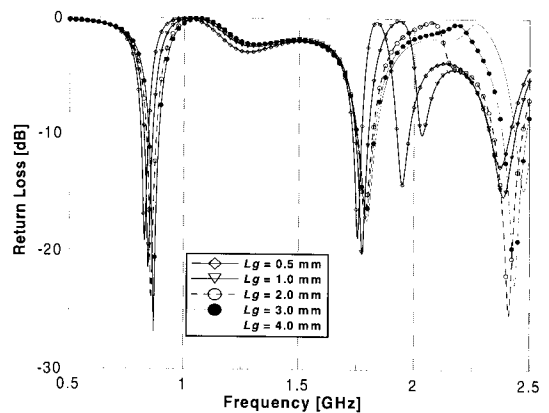


그림 5. 결합영역 L_g 간격에 따른 반사손실.
Fig. 5. Return loss according to the distances L_g of coupled region.

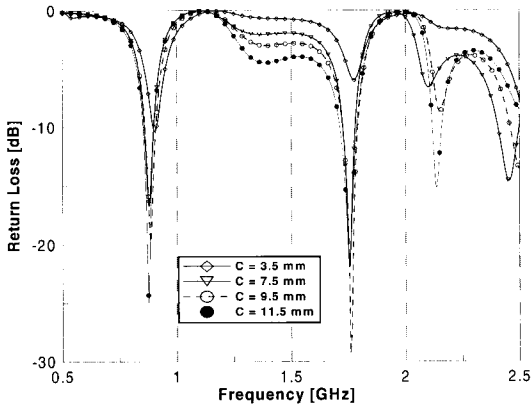


그림 6. 칩 안테나와 접지면간의 간격에 따른 반사손실 특성.

Fig. 6. Return loss according to distances between chip antenna and ground planes.

그림 5는 선로패턴의 윗면에 있는 선로와 급진점에 있는 선로간의 간격에 따른 안테나의 공진점을 보여주고 있다. 이들에 대한 특성은 간격을 공진점이 증가함을 나타내고 있다. 여기서는 1, 2차 공진주파수가 양간 증가하며, 새로이 3차공진점이 2.5 GHz대역에서 생성되고 있다. 따라서 이들의 장점을 이용하면 3중대역용 안테나를 구현할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

그림 6은 칩 안테나와 안테나 기판의 접지면사이의 간격에 의한 안테나의 반사손실을 보여주고 있다. 이것은 안테나가 가지고 있는 입력임피던스에 안테나와 기판의 접지면에 의해서 생성된 부유커패시턴스(stray capacitance)로 인하여 안테나 전체의 입력임피던스에 영향을 주어서 안테나의 밴드 폭, 반사손실의 크기 즉 정합도를 변화시키다. 따라서 이들의 간격을 조정함으로써 안테나의 성능을 개선시킬 수 있음을 알 수 있다.

4. 칩(Chip) 안테나 제작 및 실험

4.1 칩 안테나 제작

본 논문에서는 앞에서 제안한 이론의 타당성 및 객관성을 입증하기 위해서 셀룰라 대역(820 MHz-890 MHz)과 Korea-PCS(1750 MHz-1870 MHz)에 적용할 수 있는 칩 안테나를 설계 제작하였다. 칩 안테나는 그림 1과 그림 2에서 제시한 형태를 이용하여 제작하였으며, 칩 안테나는 유전율이 1.9

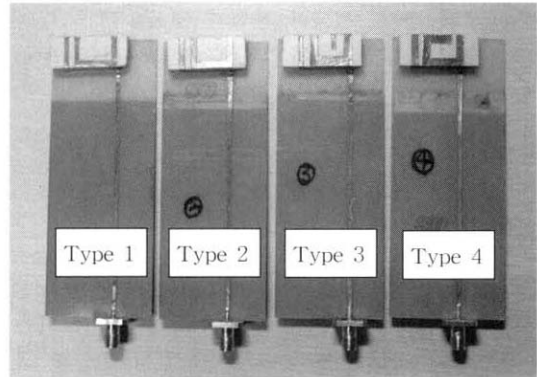


그림 7. 제작한 칩 안테나.

Fig. 7. Implemented chip antennas.

표 1. 제안한 안테나의 최적화 된 설계 파라미터 및 전기적인 특성.

Table 1. Optimization design parameter and electric characteristic of the proposed antenna.

Type	L_G (mm)	G_S (mm)	L_S (mm)	셀룰라 대역폭 (GHz)	Korea-PCS 대역폭 (GHz)	이득 (db)
1	3	3	13	0.82-0.90	1.41-1.85	-2.0 이상
2	4	1.5	17	0.79-0.90	1.42-1.89	
3	3.5	3	15	0.82-0.90	1.45-1.90	
4	3	2.5	5	0.80-0.92	1.48-1.95	

인 Foamex 매질을 사용하였으며[7], 크기는 10 mm×20 mm×5 mm이며, 안테나를 지지하는 PCB는 유전율은 4.4인 FR4이며, 크기는 40 mm×100 mm×1 mm이다. 여기서 Foamax 매질을 이용하여 구현한 칩 안테나와 PCB 기판의 접착은 접착제를 이용하였다.

본 연구에서는 앞에서 수치해석 결과를 이용하여 최적화하여 셀룰라 대역과 Korea-PCS에서 공진하는 서로 다른 4종류의 안테나를 제작하였으며, 제작한 안테나는 그림 8이다.

안테나 특성에 영향을 주는 결합영역의 길이 및 간격인 L_S , G_S , L_G 을 고려하여 설계하였으며, 칩 안테나와 접지면의 이격거리는 10 mm로 제한하였으며, 제작한 안테나에 대한 전기적인 특성은 표 1과 같다.

제작한 안테나의 수치해석 결과 5 dB 공진대역

폭은 대체적으로 셀룰라 대역과 Korea-PCS 대역을 대체적으로 만족하고 있음을 알 수 있다. 또한 제작한 안테나의 최대 이득은 -2 dB 이상이였으며, 방사패턴은 다이폴 안테나와 같이 수평방향은 전방향 특성을 나타내고 있다.

4.2 안테나 실험

본 연구에서는 셀룰라 대역의 중심주파수는 855 MHz이며 대역은 820~890 MHz이며, 한국형 PCS 대역에서 중심주파수는 1.810 MHz이며 대역은 1.750~1.870 GHz에서 동작하는 안테나를 설계 및 제작하여 실험하였다.

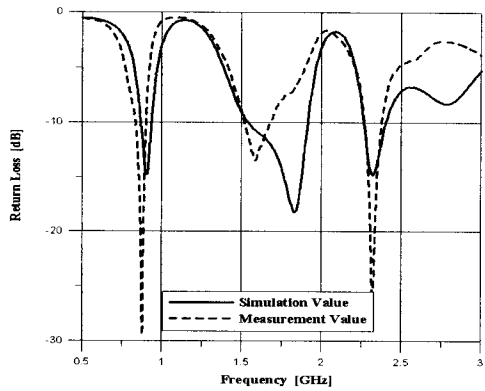
안테나의 실험은 반사손실은 Anritsu MS4623B를 사용하였으며, 방사패턴은 (주)MTG의 장비를 이용하여 측정하였다. 이에 관한 실험결과는 표 2에 제시하였으며, 셀룰러 대역과 Korea-PCS 대역에 대한 5 dB 대역폭은 이론값과 실험값간의 오차는 약간의 차이는 발생하였으나 대체적으로 셀룰러 대역과 Korea-PCS 대역을 만족함을 알 수 있다.

그림 8(a)은 표 2에서 제시한 Type 1의 안테나에 대한 반사손실과 셀룰라 대역과 Korea-PCS 대역에 대한 방사패턴에 대한 실험값을 나타내고 있다. 반사손실은 대체적으로 이론값과 실험값은 대역폭에서는 약간의 차이는 발생하였다. 이는 안테나의 제작으로 인한 오차로 인하여 발생한 것으로 사료된다.

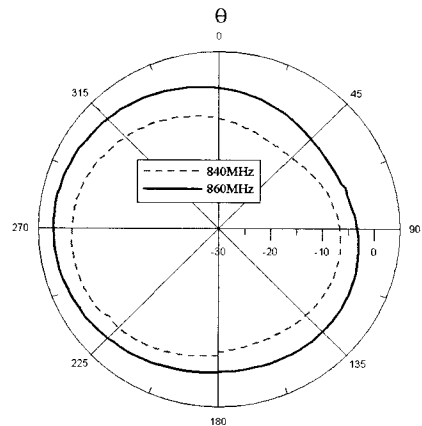
그림 8(b)-(c)는 x-편파에 대하여 $\phi=0$ 일때 셀룰라 대역과 Korea-PCS 대역에 대한 방사패턴을 나타내고 있으며, 측정된 안테나 이득은 셀룰라 대역과 Korea-PCS 대역에서 -1 dB~-2 dB이다. 따라서 본 논문에서 제시한 플라스틱 칩을 이용하여 이동통신용 단말기용 안테나에 적용할 수 있음을 확인 하였다.

표 2. 제작한 안테나의 이론값에 대한 실험값.
Table 2. Experimental results according to the theory values of the realized antenna.

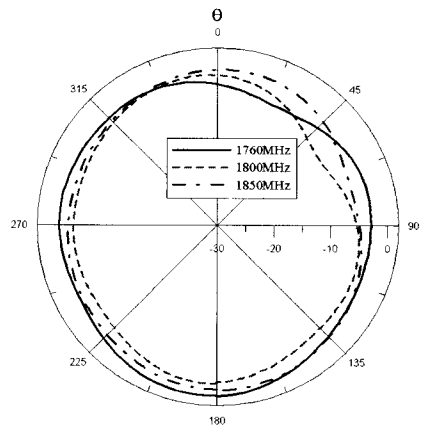
Type		셀룰라 5 dB 대역폭 [GHz]	Korea-PCS 5 dB 대역폭 [GHz]	최대 이득 [dB]
1	이론값	0.82-0.90	1.41-1.85	-2 dB 이상
	실험 값	0.77-0.92	1.41-1.89	
2	이론값	0.79-0.90	1.42-1.89	
	실험 값	0.80-0.96	1.46-1.87	
3	이론값	0.82-0.90	1.45-1.90	
	실험 값	0.79-0.94	1.49-1.94	
4	이론값	0.80-0.92	1.48-1.95	
	실험 값	0.84-0.95	1.45-2.01	



(a) Return Loss of type 1



(b) Radiation pattern of cellular band



(c) Radiation pattern of Korea-PCS band

그림 8. Type 1의 안테나의 전기적인 특성.
Fig. 8. Electric characteristics of antenna for type 1.

5. 결 론

본 논문에서는 유전율이 1.9이고 절연강도가 112 kV/cm, PVC 계열의 Foamex를 이용한 플라스틱 칩 안테나에 관하여 연구하였다. 플라스틱 칩 안테나는 유전체 칩 안테나와 같이 표면실장이 가능하고, 가볍고, 외부충격에 의해서 깨지거나 부서지지 않는 장점을 가지고 있으므로 이동통신 단말기용 안테나에 적용이 가능하다. 본 연구에서는 플라스틱 칩 안테나는 셀룰라대역(0.82~0.89 GHz), Korea-PCS대역(1.75~1.88 GHz)에서 동작하도록 설계하여 실험하였다. 실험결과 안테나는 셀룰라대역과 Korea-PCS 대역에서 동작하였으며, 안테나 이득은 약 -2 dB 이상이였으며, 방사패턴은 대체적으로 안테나의 전 방향으로 방사되고 있다. 그러므로 본 연구에서 제시한 플라스틱을 이용하여 이동통신 단말기용 안테나에 적용할 수 있음을 확인하였다.

플라스틱 칩 안테나에 관한 연구”, 한국전자과학기술 종합학술발표회논문집, 13권, 1호, p. 532, 2003.

- [9] 이영훈, 김영달, “GSM 및 DCN용 플라스틱 칩 안테나에 관한 연구”, 춘계 마이크로파 및 전파전과학술발표회논문집, 27권, 1호, p. 155, 2004.

참고 문헌

- [1] Jung-Ick Moon and Seong-Ook, Park, “Small chip antenna for 2.4/5.8-GHz dual ISM-band applications”, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 2, No. 2, p. 313, 2003.
- [2] Choi, W., Kwon, S., and Lee, B., “Ceramic chip antenna using meander conductor lines”, Electronics Letters, Vol. 37, Iss. 15, p. 933, 2001.
- [3] G. Y. LEE, “A broadband folded planar monopole antenna for mobile phone”, Microwave opt. Tech. Lett., Vol. 34, No. 1, p. 84, 2002.
- [4] Sim, S. H., Kang, C. Y., Yoon, S. J., Yoon, Y. J., and Kim, H. J., “Broadband multilayer ceramic chip antenna for handsets”, Electronics Letters, Vol. 38, Iss. 5, p. 205, 2002.
- [5] C. M, Ching, “Builtin dual frequency antenna”, U. S. Patent, No. 6337663, 2001.
- [6] Kin-Lu Wong, Pananar Antenna for Wireless Communications, John Wiley & Sons, 2003.
- [7] [http://www.lgchem.co.kr/upload/product/lg_foamex\[1\].pdf](http://www.lgchem.co.kr/upload/product/lg_foamex[1].pdf)
- [8] 이영훈, 권원현, “이동통신 단말기용 이중대역