

EBG 구조를 사용한 전자파 인체 흡수 차단 휴대폰 케이스

Phone Case using the EBG Structure for Reducing SAR

오도영* · 유형석†
(Doyoung Oh · Hyongsuk Yoo)

Abstract - This paper investigates the performance of phone case with different permittivities like plastic, urethane and silicone. Then, we put an electromagnetic band gap (EBG) structure in phone case to reduce the specific absorption rate (SAR). In order to design the phone case, a loop antenna for PCS 1900 band was used. The phone case consists of a hairpin-like EBG structure that is more compact than other EBG structures. The SEMCAD X ftdtd simulation results showed that, this proposed phone case can reduce SAR by 13 - 30% at similar power that is radiated by the antenna. This phone case can be used in future to reduce the SAR from mobile phones.

Key Words : Electromagnetic band gap (EBG), Phone antenna, Specific absorption rate (SAR), Total radiated power (TRP)

1. 서 론

급속한 문명의 발달을 이루어낸 현대사회에서는 전 세계적으로 많은 사람들이 전자기기를 사용하고 있다. 그만큼 전자기기들은 일상생활에서 인간에게 빼놓을 수 없는 필수적인 요소로 인식되고 있다. 그러나 이러한 기기들에 의해 발생하는 전자파는 인체에 접촉하여 유해한 영향을 미친다. 특히, 현대사회의 특성상 많은 대중들이 사용하는 휴대폰은 온종일 우리 몸에 지니고 있기 때문에 전자파 노출 위험이 다른 전자기기보다 훨씬 높다. 특정 주파수에서 발생하는 전자기파의 영향에 의해 생성된 thermal effect는 휴대폰에서도 발생하여 인체에 유해한 영향을 미치는 요소 중 하나이다. 하지만 휴대폰 단말기에서 인체의 발열량을 측정하는 것은 쉽지가 않다. 그렇기 때문에 인체의 건강 문제는 단위 질량당 인체에서 흡수되는 전력의 비율을 나타내는 전자파 인체 흡수비율(Specific Absorption Rate, SAR)이라는 지표를 이용한다. 지난 몇 년 동안에 무선 기기 제조사들은 전자파 인체 흡수율을 줄이기 위해 보조의 안테나 요소를 첨가하거나 페러라이트 로딩을 부착하는 방식을 많이 사용하였다[1]. 최근 들어서는 GHz 대역에서 높은 표면 임피던스를 가져 도체면에 따라 전파하는 표면전류에 대한 흐름을 억제해주어 전자파 저감 대책 기술로 응용 가능성이 높은 Electromagnetic Band Gap (EBG) 구조가 많은 관심을 받고 있다[2-5]. 본 논문에서는 주파수 대역 Personal Communications Service (PCS)1900 (1850-1910

MHz)에서 동작하는 루프 안테나를 설계한 후 실제 흔히 사용되는 휴대폰 케이스가 휴대폰과 인체에 어떠한 영향을 주는지 알아 보았다. 또한 각각의 휴대폰 케이스에 EBG 구조를 첨가하여 휴대폰의 성능과 인체 전자파 흡수비율에 대한 연구를 진행하였다.

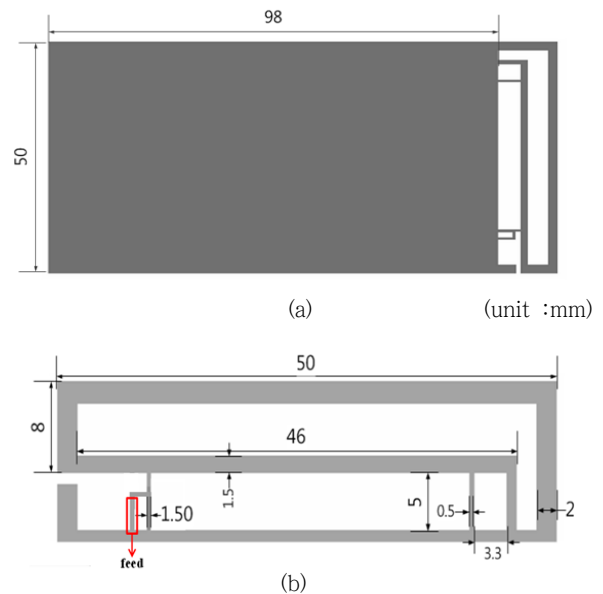


그림 1 안테나의 구조 (a) 전체구조 (b) 방사체
Fig. 1 Structure of antenna, (a) overview, (b) radiator

2. 본 론

2.1 휴대폰 안테나

그림 1은 주파수 대역 PCS 1900 (1850-1910 MHz)에서 동작

† Corresponding Author : School of Electrical Eng., University of Ulsan, Korea.

E-mail : hsyoo@ulsan.ac.kr

* School of Dept. of Biomedical Engineering, University of Ulsan, Korea.

Received : October 22, 2014; Accepted : November 20, 2014

하는 루프 안테나의 구조를 제시하였다[6]. 제안된 안테나는 111 mm × 50 mm × 1 mm의 FR4 기판 ($\epsilon_r = 4.4$, $\tan\delta = 0.02$)을 사용하였으며, 기판의 아랫면에서 접지면과 안테나 소자가 위치한다. 접지면의 크기는 98 mm × 50 mm 이고, 안테나 소자는 13 mm × 50 mm의 크기를 갖는다.

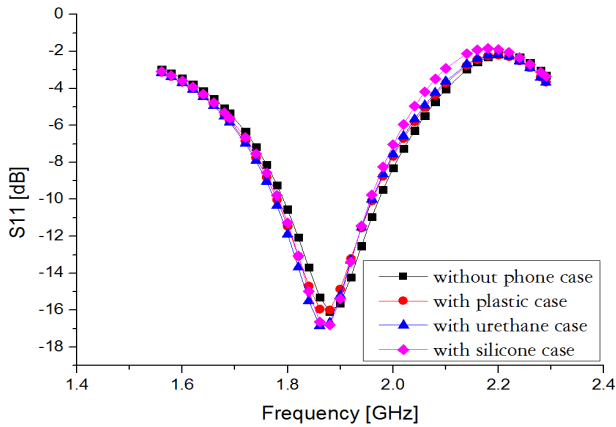


그림 2 안테나의 반사손실
Fig. 2 Simulated return loss characteristics

2.2 휴대폰 케이스 유전율 변화

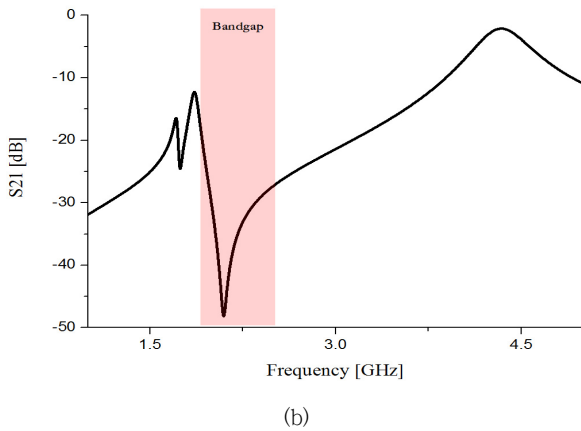
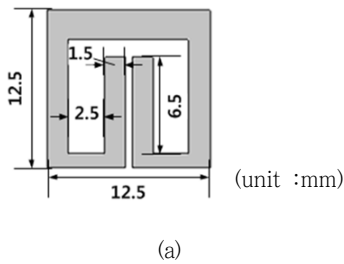


그림 3 단일 EBG 구조 (a) 형태 (b) S21
Fig. 3 Unit EBG structure, (a) shape, (b) S21

휴대폰 케이스는 실제 휴대폰 케이스로 가장 많이 사용되고 있는 뒷면이 얇은 모양으로 재질은 플라스틱 ($\epsilon_r = 3.3$), 우레탄 ($\epsilon_r = 6$), 실리콘 ($\epsilon_r = 11.2$) 을 사용하였고 재질에 따른 휴대폰 케이스의 디자인을 설계하였다. Finite-Difference time-Domain (FDTD) 수치해석 방식을 사용한 프로그램 (SEMCAD X version 14.8, SPEAG, Zurich[7])를 이용하여 안테나의 주파수 대역, 이득, total radiated power (TRP)을 계산하였다. 인체와 휴대폰의 영향을 알아 보기위해서 두상모형은 $\epsilon_r = 40$, $\tan\delta = 1.4$ 인 Specific Anthropomorphic Mannequin (SAM) 팬텀을 사용하였다. 인체 전자파 흡수 비율을 보기 위해 입력전력이 1W인 경우에 대한 1 g의 평균 SAR 값으로 설정 한 후 계산을 하였다. 그림 2에서는 휴대폰 케이스 재질에 따른 주파수 변화를 보기 위하여 안테나의 반사손실을 비교해 보았다. 안테나의 반사손실을 비교 해 결과, 케이스가 있는 경우와 없는 경우 모두 PCS 1900 대역에 만족하는 것을 볼 수 있었다.

표 1 휴대폰 케이스에 따른 안테나 성능

Table 1 Antenna characteristic of phone cases

	GAIN [dBi]	TRP [dBm]	peak 1 g SAR [mW/g]	SAR reduction [%]
휴대폰	3.49	26.06	7.65	0
플라스틱 케이스	3.44	26.01	7.45	2.6
우레탄 케이스	3.43	25.98	7.36	3.9
실리콘 케이스	3.36	25.93	7.22	5.9

표 1에서는 케이스 재질에 따른 안테나의 이득, TRP 그리고 peak 1 g SAR을 볼 수 있는데 휴대폰 뒷면에 유전체가 다른 물체가 와서 이득과 함께 total radiated power (TRP)도 떨어지면서 전자파 인체 흡수 비율도 2.6 - 5.9 %의 미세한 감소를 보이고 있다. 이로써 휴대폰 재질을 바꾸어서 전자파 인체 흡수 비율을 줄이기에 한계가 있음을 알 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 세 가지 다양한 케이스 재질에 EBG 구조를 설계하여 부착한 후 시뮬레이션을 하였다.

2.3 EBG 구조의 특성

EBG 구조는 그림 3과 같이 휴대폰 케이스에 부착하기 위하여 공진주파수를 함께 고려하여 재설계하였다. 이 구조의 EBG는 주파수대역을 이동시키거나 웨어러블 기기에 사용하여 안테나 이득을 높이는데 주로 사용되었지만 우리는 이 구조를 이용하여 전자파 인체 흡수 비율을 감소하였다[8, 9]. EBG 구조는 안테나에서 사용된 기판과 동일한 FR4 재질을 사용하였다. 그림 3(a)에서는 EBG 구조의 형태와 크기를 나타낸다. EBG 구조의 크기는 12.5 mm × 12.5 mm × 1 mm이다. 인덕터의 역할을 하는 via의 반지름은 0.5 mm이고 커패시터의 역할을 하는 EBG의 간격은 0.5 mm로 설계하였다. 그림 3(b)에서는 단일 EBG 구조에서의 특성을 보여준다. S21에서 1.80 GHz - 2.2 GHz에서의 떨어지는 주파

수대역을 차단주파수라고 하며 우리가 차단하고자 하는 PCS대역과 일치하는 것을 볼 수 있다. 단일 구조를 설계 한 후 2 × 4의 배열구조로 EBG 구조를 나열하였다. 배열 구조로 나열 한 후 그림 4처럼 휴대폰 케이스의 뒷면에 부착하여 휴대폰케이스에 속하도록 설계하였다. 이 때 휴대폰 케이스의 뒷면은 1.5 mm의 두께를 가지고 앞면과 측면은 1 mm의 두께를 가지도록 설계하였다.

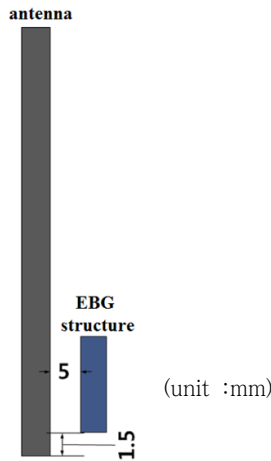


그림 4 EBG 구조와 안테나와의 위치
 Fig. 4 Position of the EBG structure and antenna

2.4 EBG 구조를 사용한 휴대폰 케이스 유전을 변화

EBG 구조를 휴대폰 케이스 뒷면에 부착하여 안테나의 성능을 비교 해 본 결과 표 2와 같았다. 휴대폰 뒷면에 부착하여 뒷면으로 나가는 TRP는 미세하게 감소하는 차이를 보였으나 EBG 구조에 의해 표면전류의 감소로 케이스를 씌우지 않은 휴대폰 보다 안테나의 이득은 증가한 것을 볼 수 있었다. 이에 따른 안테나의 방사패턴을 (그림 5) E plane과 H plane으로 나누어 비교 해 본 결과 머리 쪽으로 향하는 270°-90° 부분에서 EBG 구조를 포함한 케이스인 경우 방사패턴이 더 줄어든 것을 볼 수 있다. 인체 전자과 흡수 비율을 비교 해 본 결과 케이스의 재질만 바꾸었을 경우에 안테나의 방사패턴과 유사하게 머리 쪽으로 가는 방사파가 감소하여 EBG 구조를 사용했을 경우 13 - 30 %의 감소를 볼 수 있다.

표 2 휴대폰 케이스 + EBG 구조에 따른 안테나 성능
 Table 2 antenna characteristic of phone cases with EBG structures

	GAIN [dBi]	TRP [dBm]	peak 1 g SAR [mW/g]	SAR reduction [%]
플라스틱 +EBG 케이스	3.63	25.88	6.72	13.8
우레탄 +EBG 케이스	3.55	25.78	6.36	20.2
실리콘 +EBG 케이스	3.48	25.52	5.71	33.9

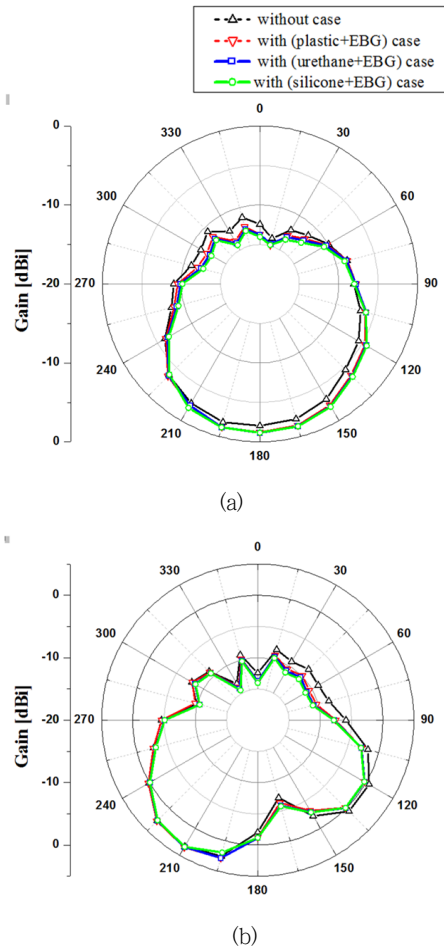


그림 5 케이스에 따른 인체 모형 포함 방사패턴 (a) 전장 (b) 자장
 Fig. 5 The radiation patterns in (a) E-field, (b) H-field with SAM phantom

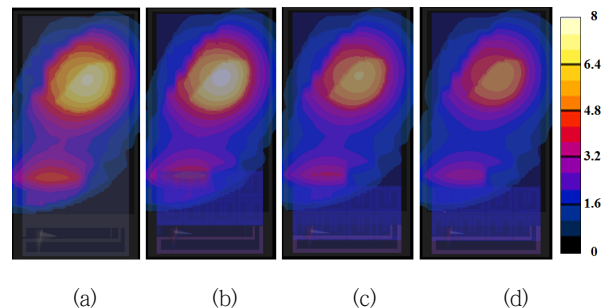


그림 6 케이스에 따른 인체 전자과 흡수 비율 분포 (a) 케이스가 없는 경우 (b) 플라스틱 + EBG 케이스 (c) 우레탄 + EBG 케이스 (d) 실리콘 + EBG 케이스
 Fig. 6 SAR distributions of phone, (a) without phone case, (b) with plastic + EBG case, (c) with urethane + EBG case, (d) with silicone + EBG case

그림 6에서는 인체 전자파 흡수 비율의 분포와 세기를 쉽게 알아보기 위해 Normalized 된 최댓값일 때의 표면적을 잘라 서로 비교 해보았다. 그림 6에서처럼 (d)의 실리콘재질과 EBG 구조를 함께 결합하여 나온 구조의 형태가 가장 작은 SAR 값을 보이고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 휴대폰에서 발생하는 인체 전자파 흡수 비율을 줄이기 위해서 EBG 구조를 이용한 휴대폰 케이스를 설계하였다. 휴대폰 케이스의 재질만 변화 시켰을 경우 안테나의 성능과 인체 전자파 흡수 비율의 변화가 미미하였으나 EBG 구조를 넣었을 경우 안테나의 이득이 증가하였음을 확인 할 수 있었다. 또한 인체 쪽으로 향하는 방사 패턴이 감소함에 따라 인체 전자파 흡수 비율도 감소하였음을 확인 하였다. 이러한 연구결과는 휴대폰 케이스를 사용하여 인체 전자파 흡수 비율을 줄일 수 있으며 전자파를 차폐하는 연구에 많이 이용되리라 판단된다.

감사의 글

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2013R1A1A2060266).

References

[1] R. Gómez-Villanueva, H. Jardón-Aguilar, and R. Linaresy Miranda, "State of the art methods for low SAR antenna implementation", *2010 Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation*, pp. 1 - 4, 2010

[2] Sivenpiper, D., Zhang, L., Broas, R., Alexopoulos, N., and Yablonovitch, E. "High-impedance electromagnetic surface with a forbidden frequency ban", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, 1999, MTT-47, pp. 2059 - 074

[3] S.I. Kwak, D.U. Sim, J.H. Kwon and H.D. Choi, "Experimental tests of SAR reduction on mobile phone using EBG structures", *electronics letters*, vol. 44, no. 9, April 2008

[4] S. I. Kwak, D. Sim, and J. H. Kwon, "esign of optimized multilayer PIFA with the EBG structure for SAR reduction in mobile applications," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 53, no. 2, pp. 325 - 33, May 2011.

[5] R. Ikeuchi and A. Hirata, "Dipole Antenna Above EBG Substrate for Local SAR Reduction", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, 2011

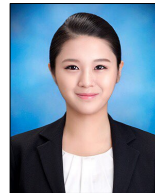
[6] Mattia Pascolini, Robert J. Hill, Juan Zavala, Nanbo Jin, Qingxiang Li, Robert W. Schlub and Ruben Caballero, "Bezel gap antennas", US Patent App. US8270914B2, Sep 18, 2012

[7] SEMCAD X by SPEAG, www.speag.com

[8] Oscar Quevedo-Teruel, Luis Inclán-Sánchez, Jose-Luis Vazquez-Roy and Eva Rajo-Iglesias, "Compact Reconfigurable Planar EBGs Based on Short-Circuited Hairpin Resonators", *IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS*, vol. 23, vo. 9, September 2013

[9] K. Sangkil, R. Yu-jiun, L. Hoseon, R. Amin, N. Symeon and T Manos M, "Monopole Antenna With Inkjet-Printed EBG Array on Paper Substrate for Wearable Applications", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, 2012

저 자 소 개



오 도 영(Doyoung Oh)

2013년 울산대학교 의공학과 졸업
 2013년 ~현재 울산대학교 의용생체공학전공 석사과정 재학 중
 E-mail : dyoh91@gmail.com



유 형 석(Hyongsuk Yoo)

2003년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 졸업
 2004~2009년 University of Minnesota 전기공학과 졸업(공학석사, 박사)
 2009~2010년 Center for Magnetic Resonance Research (CMRR), University of Minnesota, Post-Doctor 연구원
 2010년~2011년 Cardiac Rhythm Disease Management, Medtronic, USA, MRI 연구원
 2011년~현재 울산대학교 전기공학부 조교수
 E-mail : hsyoo@ulsan.ac.kr