

# EBG 구조를 이용한 메탈 프레임 스마트폰 내의 전자파 간섭 저감

## Reduction of Radio-Frequency Interference in Metal-Framed Smartphone Using EBG Structures

박 현 호

Hyun Ho Park

### 요 약

최근 프리미엄급 스마트폰들은 대부분 메탈 프레임을 채용하고 있으며, 이는 중저가 스마트폰으로 확산되고 있는 추세이다. 하지만, 메탈 프레임은 스마트폰 내 디지털 부품에서 발생하는 전자파 노이즈의 좋은 전달 경로가 되어, 스마트폰 상단부 또는 하단부에 위치한 무선 안테나에 전자파 간섭을 일으키는 원인이 될 수 있다. 본 논문에서는 메탈 프레임에 EBG(Electromagnetic Band Gap) 구조를 적용하여 안테나로의 전자파 간섭을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 7×6 배열의 다중 비아(Multi-via) EBG 구조를 갖는 메탈 프레임을 설계하였으며, 이를 적용할 경우, 메탈 프레임을 통한 표면 전자파 노이즈 간섭을 20 dB 정도 저감시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

### Abstract

Recent premium smartphones commonly employ a metal frame and this trend is currently spreading over mid-range smartphones. However, the metal frame becomes a good coupling path of electromagnetic noises emitted from digital components in smartphones and then increases radio-frequency interference(RFI) to RF antennas located at top and bottom sides of smartphones. This paper proposed a metal frame with EBG(Electromagnetic Band Gap) structure to reduce the noise coupling to antenna by suppressing surface wave on the metal frame. By simulation, it is confirmed that the proposed metal frame with 7×6 mushroom-type EBG array pattern with multi-via can reduce the noise coupling to RF antenna by about 20 dB.

Key words: Electromagnetic Band Gap, Metal-Framed Smartphone, Radio-Frequency Interference, Surface Wave Suppression

### I. 서 론

최신 스마트폰의 내부를 들여다보면 고속으로 동작하는 디지털 부품들과 안테나와 같은 RF 부품들이 뽁뽁이 집적되어 있음을 알 수 있다. 이로 인해, 고속 디지털 부품에서 발생하는 디지털 하모닉(harmonics) 노이즈가 안테나에 간섭을 일으켜 RF 신호의 수신감도를 떨어뜨리는

RFI(Radio-Frequency Interference) 문제가 제품 개발 단계에서 빈번히 발생한다<sup>[1]</sup>.

한편, 최근 프리미엄급 스마트폰들은 대부분 메탈 프레임을 채용하고 있으며, 이는 중저가 스마트폰으로 확산되고 있는 추세이다. 그림 1에서 보듯이, 메탈 프레임은 디지털 부품에서 발생한 노이즈가 스마트폰의 상단부 또는 하단부에 위치한 안테나까지 잘 전달되도록 하는 좋은

「이 논문은 2015학년도 수원대학교 학술진흥연구비의 지원으로 연구되었음.」

수원대학교 전기전자공학부(School of Electric & Electronic Engineering, University of Suwon)

· Manuscript received September 8, 2016 ; Revised October 11, 2016 ; Accepted October 14, 2016. (ID No. 20160908-095)

· Corresponding Author: Hyun Ho Park (e-mail: hhpark@suwon.ac.kr)

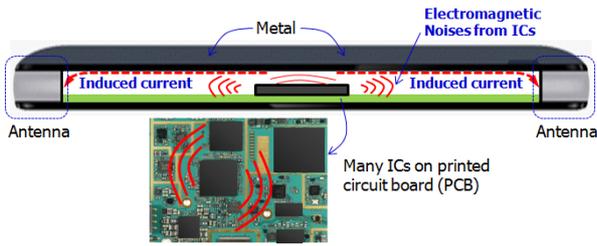


그림 1. 메탈 프레임을 갖는 스마트폰 내에서 발생하는 안테나 노이즈 간섭

Fig. 1. Electromagnetic noise coupling to antennas in metal-framed smartphones.

은 경로 역할을 한다. 디지털 부품에서 흐르는 고속 전류는 인접한 메탈 프레임 표면에 유도 전류를 만들어내고, 이렇게 유도된 전류는 메탈 프레임 표면을 따라 퍼져나가 안테나에 간섭을 일으키게 된다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 스마트폰의 메탈 프레임으로 인해 안테나 노이즈 간섭이 증가하는 것을 간단한 시뮬레이션 구조를 통해 확인하였고, 메탈 프레임을 통해 전달되는 표면 전자파를 차단하기 위해서 EBG(Electromagnetic Band Gap) 구조를 적용한 메탈 프레임을 제안하였다. 다중 비아(multi-via)를 갖는 mushroom EBG 구조를 통해 5~6 GHz Wi-Fi 대역에서 광대역의 노이즈 차단 특성을 보이도록 메탈 프레임을 설계하였고, 시뮬레이션을 통해 그 효과를 검증하였다.

## II. 메탈 프레임에 의한 안테나 노이즈 간섭

메탈 프레임에 의한 안테나의 노이즈 간섭을 살펴보기 위해서 그림 2와 같은 시뮬레이션 구조를 고안하였다. 테스트(test) PCB 내에 노이즈 소스 역할을 하는 20 mm의 50옴 마이크로스트립 선로가 있으며, 그 주변에는 비아를 통해 윗면과 아랫면의 접지면을 서로 연결함으로써 PCB를 통한 안테나 간섭을 최소화하였다. 테스트 PCB의 한쪽 면에는 5 GHz Wi-Fi 대역 PIFA(Planar Inverted F Antenna)가 연결되어 있다. 메탈 프레임은 테스트 PCB로부터 6 mm 위에 놓여 있으며, 서로간의 전기적인 연결은 없다.

그림 3에서는 우리가 설계한 PIFA의 반사 특성을 보여준다. 공진주파수가 5.26 GHz로 5 GHz 대역의 안테나 성

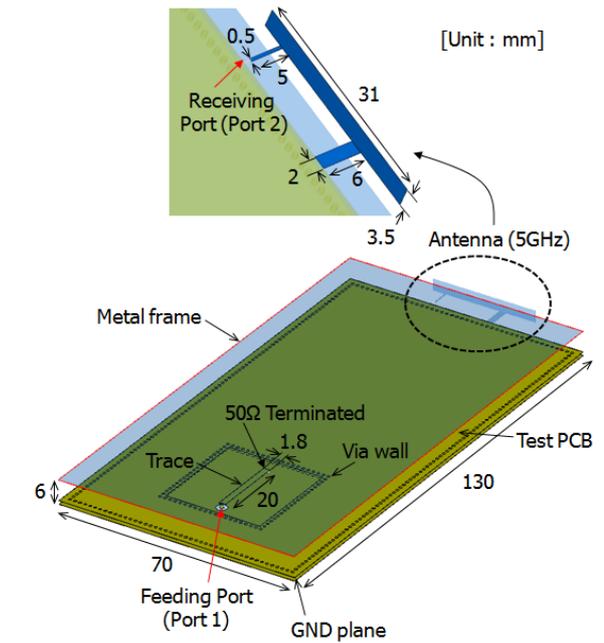


그림 2. 시뮬레이션 구조

Fig. 2. Simulation geometry.

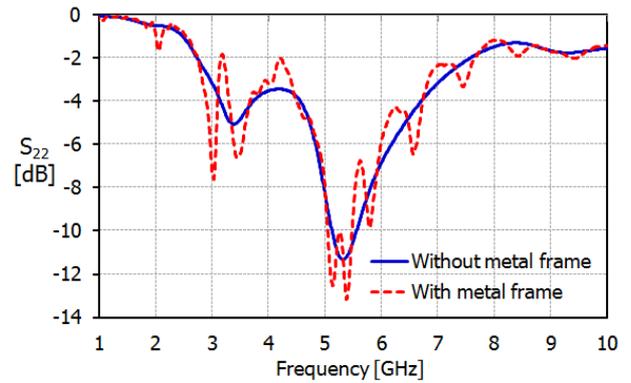


그림 3. 5 GHz Wi-Fi 대역 안테나의 반사 특성

Fig. 3. Reflection characteristic of 5 GHz Wi-Fi antenna.

능을 가짐을 확인하였다. 메탈 프레임이 있는 경우에는 테스트 PCB의 접지면과 메탈 프레임이 평판구조를 형성하기 때문에 공진에 의해 특정 주파수에서 날카로운 딥(dip)이 나타난다.

그림 4는 메탈 프레임에 의해 안테나의 노이즈 간섭이 증가하는 것을 보여준다. 5~6 GHz 대역에서 메탈 프레임이 없을 때는 -55~-65 dB의 노이즈 간섭이 일어나

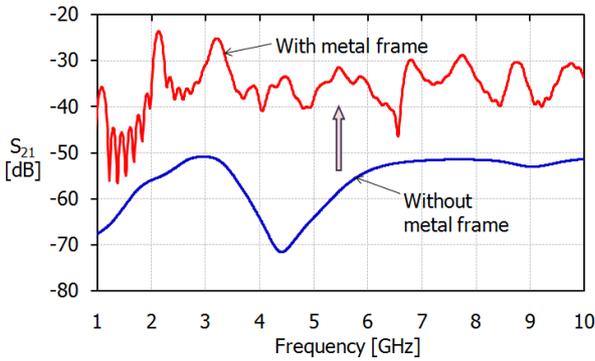


그림 4. 메탈 프레임에 의한 안테나 노이즈 간섭 증가  
Fig. 4. Increment of noise coupling to antennas due to metal frame.

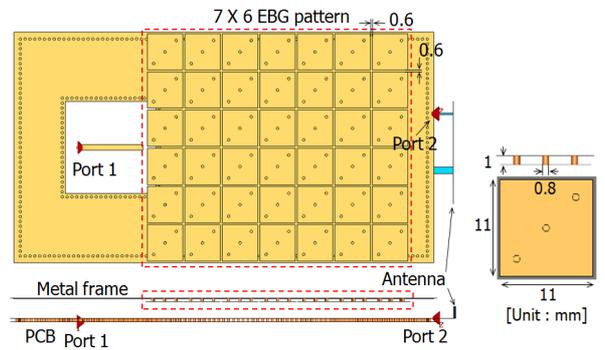
지만, 메탈 프레임이 있으면  $-31 \sim -40$  dB로 안테나 간섭이 20 dB 이상 증가함을 알 수 있다. 이는 마이크로스트립 선로에서 방사된 노이즈가 메탈 프레임의 표면에 전류를 유기시키고, 유기된 전류는 메탈 프레임 전체로 흐르기 때문에 안테나로의 노이즈 간섭이 증가하게 된다.

### III. 메탈 프레임의 표면 전자파 노이즈 저감 방법

본 논문에서는 스마트폰의 메탈 프레임에 흐르는 표면 전자파 노이즈를 차단하기 위해서 mushroom 형태의 EBG 구조를 적용하였다. Mushroom EBG 구조는 도체 표면에 흐르는 표면 전자파를 필터링하거나, 두 안테나 사이의 간섭을 줄이는 용도로 사용되어 왔다<sup>[3]-[5]</sup>. 그림 5에서는 단위 EBG 셀의 크기와 7×6 EBG 배열 패턴을 가지는 메탈 프레임의 구조를 보여준다. 5~6 GHz에서 광대역의 stop-band 특성을 가지도록 설계하기 위해서 다중 비아 (multi-via) EBG 구조를 채용하였다<sup>[6]</sup>. EBG 패턴은 1 mm 두께의 FR4 기판 위에 설계되었으며, 0.8 mm의 직경을 가지는 세 개의 비아를 통해 메탈 프레임과 연결되었다.

그림 6에서는 EBG 구조가 없는 경우와 있는 경우에 대한 안테나 노이즈 간섭 레벨을 비교하였다. 삼중 비아 mushroom EBG 구조가 있는 메탈 프레임을 사용할 경우, 5~6 GHz 대역에서 표면 전자파 노이즈에 의한 안테나 간섭을 20 dB 가까이 줄일 수 있음을 알 수 있다.

그림 7에서는 EBG 구조를 갖는 메탈 프레임이 안테나 방사패턴에 어떠한 영향을 주는지를 시뮬레이션을 통해



(a) 7×6 EBG 패턴을 갖는 메탈 프레임 (b) 단위 EBG 셀  
(a) Metal frame with 7×6 EBG pattern (b) Unit cell

그림 5. EBG 구조를 갖는 메탈 프레임.  
Fig. 5. Metal frame with mushroom-type EBG structure.

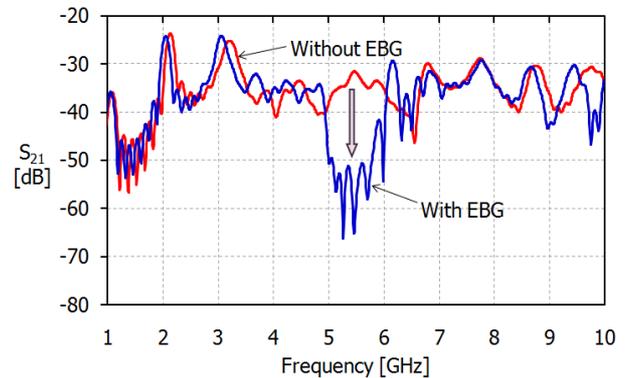


그림 6. EBG 구조를 갖는 메탈 프레임에서의 안테나 간섭 노이즈 감소  
Fig. 6. Reduction of noise coupling to antennas using metal frame with EBG structure.

확인하였다. Phi 방향으로의 방사패턴을 보면 메탈 프레임으로 인해  $210^\circ$ 에서  $330^\circ$  사이에서 방사 세기가 감소하나, EBG 구조가 들어감으로써 메탈 프레임이 없는 상태와 비슷한 방사강도 레벨로 회복됨을 알 수 있다. Theta 방향으로의 방사패턴을 보면 메탈 프레임으로 인해 안테나의 반대쪽으로 후방 로브(lobe)가 강하게 나타나지만, EBG 구조가 들어감으로써 후방 로브는 작아지고 주(main) 로브는 메탈 프레임이 없을 때 보다 더 커짐을 알 수 있다. 결론적으로 메탈 프레임으로 인해 나빠진 안테나의 성능이 EBG 구조로 인해서 상당히 개선됨을 확인할 수 있다.

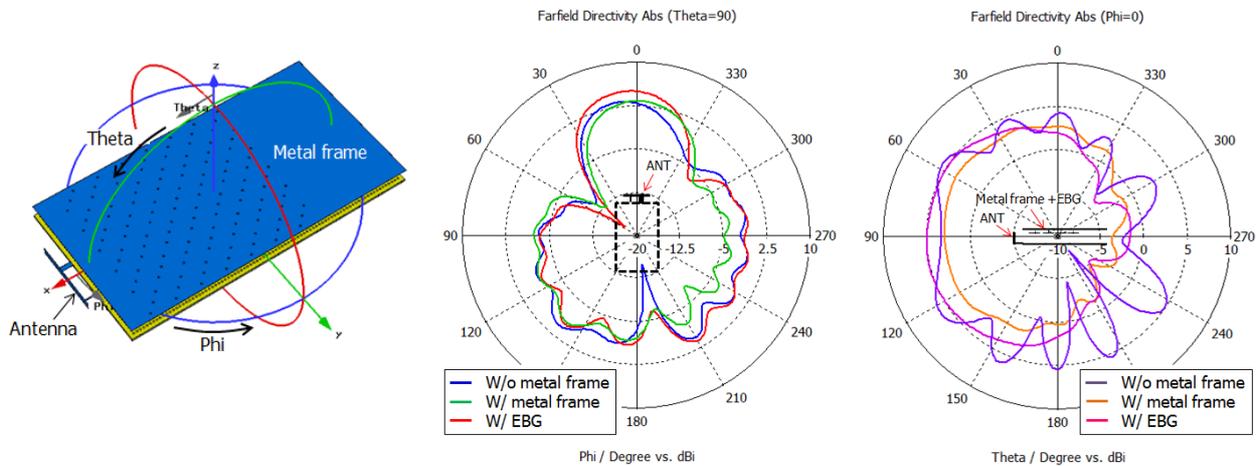


그림 7. EBG 구조를 갖는 메탈 프레임에 의한 안테나의 방사패턴 변화( $f=5.26$  GHz).  
 Fig. 7. Radiation pattern of antenna with metal frame and EBG structure( $f=5.26$  GHz).

#### IV. 결 론

본 논문에서는 메탈 프레임을 가지는 스마트폰에서 메탈 프레임에 의한 표면 전자파 노이즈의 안테나 간섭을 줄이기 위해서 EBG 구조를 갖는 메탈 프레임을 제안하였다. 다중 비아 mushroom EBG 구조를 이용하여 5~6 GHz Wi-Fi 대역에서 광대역의 stop-band를 가지도록 7×6 EBG 배열 패턴을 갖는 메탈 프레임을 설계하였으며, 이를 적용할 경우 표면 전자파 노이즈 간섭을 20 dB 정도 감소시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 또한, 메탈 프레임으로 인해 나빠진 안테나의 방사능능이 EBG 구조가 들어감으로써 상당히 개선됨을 확인하였다.

#### References

[1] E. Song, H. H. Park, "A component-level radio-frequency interference evaluation method for mobile devices", *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. EMC-55, no. 6, pp. 1358-1361, Dec. 2013.  
 [2] H. H. Park, J. -D. Lim, H. -B. Park, and J. Kim, "Near-field shielding measurement of small shield cans in me-

talic mobile devices for RF interference analysis", *Electronics Letters*, vol. 52, no. 11, pp. 980-982, 26 May 2016.

[3] B. Mohajer-Iravani, S. Shahparnia, and O. M. Ramahi, "Coupling reduction in enclosures and cavities using electromagnetic band gap structures", *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. EMC-48, no. 2, pp. 292-303, May 2006.  
 [4] 김병기, 하정래, 이준상, 배현주, 권종화, 나완수, "신호 전달 평면의 브릿지 라인을 이용한 EBG 구조", 한국전자과학회논문지, 21(7), pp. 786-795, 2010년.  
 [5] 최원상, 이홍민, "독립된 접지면을 갖는 EBG 구조를 이용한 이중 대역 마이크로스트립 패치 안테나 사이의 격리도 향상", 한국전자과학회논문지, 23(3), pp. 306-313, 2012년.  
 [6] M. -S. Zhang, Y. -S. Li, and L. -P. Li, "A power plane with wideband SSN suppression using a multi-via electromagnetic bandgap structure", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 17, no. 4, pp. 307-309, Apr. 2007.