

모바일 기기용 소형 금속 캔의 전자기장 결합 특성

Electromagnetic Field Coupling of Small Metallic Cans in Mobile Devices

박 현 호

Hyun Ho Park

요 약

본 논문에서는 모바일 기기용 소형 금속 캔으로부터 발생하는 전자기장의 누설 경로를 시뮬레이션을 통해 확인하고, IC-stripline 방법을 이용하여 전기장 및 자기장에 대한 근접장 결합(coupling) 현상을 분석하였다. 금속 캔의 윗면 개구부에 의한 전자기장 누설은 주로 자기장이 우세하고, 측면을 통한 누설은 전기장이 우세함을 확인하였다.

Abstract

This paper examines electromagnetic leakage path of small shield cans employed in mobile devices such as smart-phones by using numerical simulation and analyzes near-field coupling due to each of the leakage electric and magnetic fields by using IC-stripline method. From the results, it is confirmed that the leakage from the apertures or slots on the top of shield can is dominated by magnetic field, whereas the leakage from the seam on the side of shield can is mostly caused by electric field.

Key words: Electromagnetic Field Coupling, IC-Stripline, Small Shield Cans

I. 서 론

스마트폰과 같은 모바일 기기들은 작은 인쇄회로기판(Printed Circuit Board: PCB)에 고속으로 동작하는 디지털 부품들과 안테나와 같은 RF 부품들이 집적되어 있기 때문에, 원치 않는 전자기장의 간섭(Electromagnetic Interference: EMI)이 빈번히 발생한다. 이를 해결하기 위해서 소형 금속 캔을 이용하여 대부분의 부품을 차폐하게 된다. 하지만 제조공정상의 이유로 금속 캔 윗면에는 개구부나 슬롯이 존재할 수 있으며, PCB에 금속 캔을 접지하는 패드(pad)와 패드 사이에 틈(seam)이 존재할 수도 있다. 이러한 개구부와 틈으로 금속 캔 내부의 IC에서 발생한 전자기장

이 누설되게 된다. 누설된 전자기장은 인근에 놓인 안테나에 간섭을 일으켜 RF 신호의 수신감도를 떨어뜨리는 문제를 발생시킨다^{[1],[2]}. 따라서 이러한 EMI 문제를 해결하기 위해서는 금속 캔의 개구부나 틈으로부터 누설되는 전자기장의 특성을 분석하고, 그 분석결과를 토대로 금속 캔의 설계를 개선하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 모바일 기기용 소형 금속 캔으로부터 발생하는 전자기장의 누설 경로를 시뮬레이션을 통해 확인하고, IC-stripline 방법을 이용하여 전기장 및 자기장에 대한 근접장 결합(coupling) 현상을 분석하였다. 본 논문에서 제시된 결과들은 향후 금속 캔 설계 및 모바일 기기의 EMI 설계 시 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

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

· Manuscript received August, 14, 2017 ; Revised October, 11, 2017 ; Accepted October, 24, 2017. (ID No. 20170814-082)

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

II. IC-Stripline을 이용한 근접장 결합 분석

그림 1은 실제 스마트폰에서 사용되는 소형 금속 캔 및 그 구성, 그리고 전자기장 누설 현상에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 금속 캔 내부에 존재하는 IC와 같은 전자기 소스에 의해 발생한 전자기장은 크게 두 경로를 통해 금속 캔 밖으로 누설된다. 첫 번째는 윗면에 존재하는 개구부를 통한 누설이고, 두 번째는 금속 캔 측면의 금속 캔과 PCB 접지면 사이에 존재하는 틈(seam)을 통한 누설이다. 이렇게 누설된 근역 전자기장은 인근의 다른 부품이나 안테나에 노이즈 간섭을 일으키게 된다. 본 논문에서는 이 두 경로에서 누설되는 전자기장을 IC-stripline 방법^[3]을 이용하여 각각 그 전자기적 특성을 분석하였다.

그림 2는 IC-stripline을 이용한 3-포트 S-parameter 측정을 통해 DUT(Device Under Test)로부터 발생하는 근역 전자기장 결합 원리를 보여준다. DUT로부터 발생하는 전기장은 DUT와 IC-stripline 간의 capacitive 결합으로 측정되며, 포트 1과 포트 2에서의 전압들은 동위상을 가진다. 자기장의 경우는 DUT와 IC-stripline 간의 inductive 결합으로 측정되며, 포트 1과 포트 2에서의 전압의 위상은 180도 차이가 난다. 이러한 원리를 이용하면 3-포트 측정을 통해서 DUT로부터 나오는 전기장과 자기장 결합을 분리하여 측정할 수 있으며^[4], 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

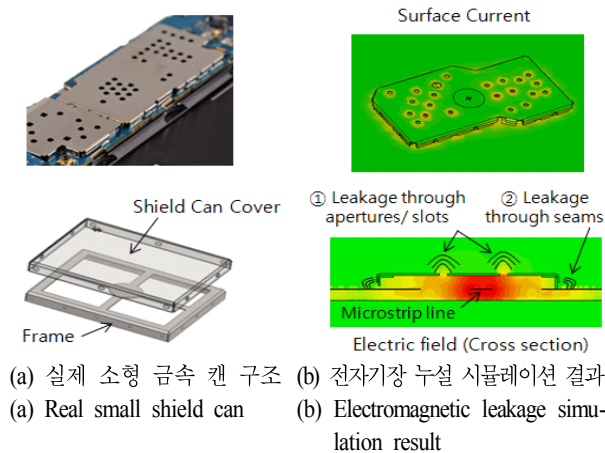


그림 1. 모바일 기기용 소형 금속 캔에서 발생하는 전자기장의 누설

Fig. 1. Electromagnetic leakage from a small shield can in mobile devices.

$$E\text{-coupling [dB]} = (S_{13} + S_{23}) / 2 \quad (1)$$

$$H\text{-coupling [dB]} = -(S_{13} - S_{23}) / 2 \quad (2)$$

그림 3에서는 설계한 IC-stripline의 VSWR 특성을 보여주며, 4.7 GHz까지 VSWR < 1.25를 만족한다. 이는 국제 표준^[3]에서 제시한 3 GHz 기준을 충분히 만족한다.

III. 금속 캔의 전기장 및 자기장 결합 특성

본 절에서는 설계된 IC-stripline을 이용하여 금속 캔의 전자기적 결합 특성을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그림 4는 금속 캔 내부의 전자기 소스원으로 사용된 패치 소스와 루프 소스를 보여준다. 패치 소스는 전기장 발생 소스로, 루프 소스는 자기장 발생 소스로 사용된다. 그림

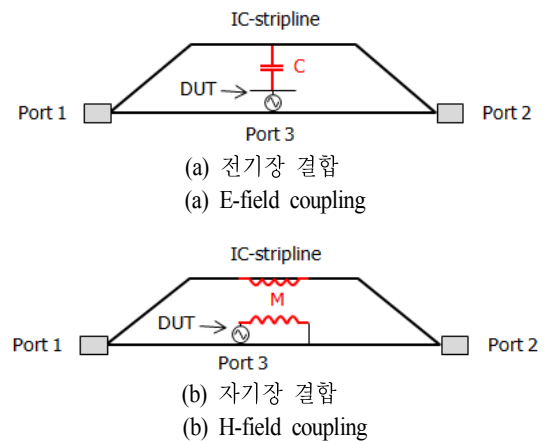


그림 2. IC-stripline을 이용한 전기장 및 자기장 결합 분석^[4]
Fig. 2. E- and H-coupling analysis using IC-stripline^[4].

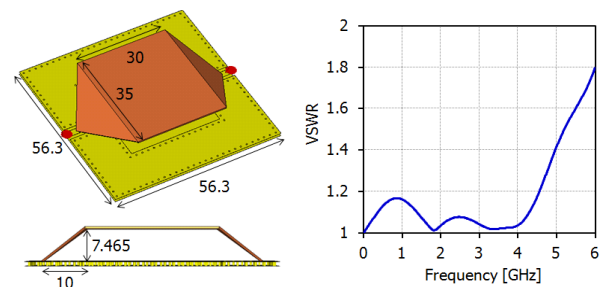


그림 3. 설계된 IC-stripline의 VSWR 특성
Fig. 3. VSWR of designed IC-stripline.

5에서는 IC-stripline을 이용하여 두 소스로부터 발생하는 전기장 결합과 자기장 결합 특성을 분석하였다. 패치 소스의 경우에는 공진주파수를 제외한 전 주파수 대역에서 전기장 결합이 자기장 결합보다 훨씬 우세함을 알 수 있다. 루프 소스의 경우에는 4.5 GHz까지는 자기장 결합이 전기장 결합보다 우세하지만, 그 이상의 주파수 대역에서는 전기장 결합이 우세함을 알 수 있다. 이는 루프가 유한한 폭(1.9 mm)을 가지므로 주파수가 커질수록 전기장에 의한 capacitive 결합이 증가하기 때문이다.

그림 6에서는 본 연구에서 사용된 두 종류의 금속 캔 구조를 보여준다. Can #1은 직경이 4.4 mm인 하나의 큰 원형 개구부를 가지는 금속 캔이고, Can #2는 직경이 1.6 mm인 네 개의 작은 원형 개구부를 가지는 금속 캔이다. 금속 캔들은 측면으로 누설되는 전자기장이 발생하지 않도록 PCB에 틈이 없이 완전히 접지되어 있다.

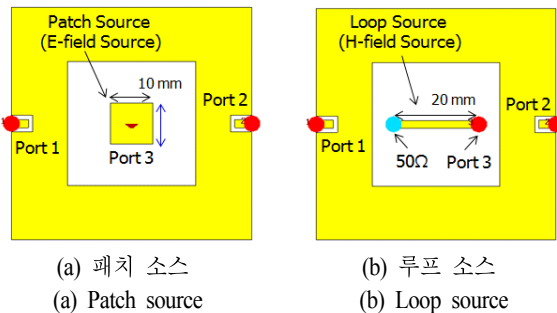


그림 4. 전자기 소스원
Fig. 4. Electromagnetic sources.

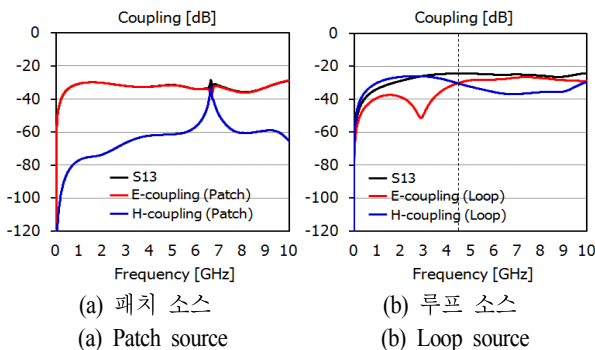


그림 5. 소스원과 IC-stripline 간의 전기장 및 자기장 결합 결과
Fig. 5. Electric and magnetic field coupling of patch and loop sources to IC-stripline.

도록 PCB에 틈이 없이 완전히 접지되어 있다.

그림 7은 IC-stripline을 이용하여 두 금속 캔으로부터 누설되는 전자기장의 특성을 분석한 결과를 보여준다. Can #1이 Can #2보다 개구부가 크기 때문에 높은 전기장과 자기장 결합을 가짐을 알 수 있다. Can #1의 경우만 보면 공진주파수를 제외한 대부분의 주파수 대역에서 자기장 결합이 전기장 결합보다 10 dB 정도 높게 나온다. 개구부의 크기가 작아지면(Can #1 → Can #2), 전기장 결합의 감소량보다 자기장 결합의 감소량이 더 큼을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 금속 캔의 윗면에 존재하는 개구부에 의한 전자기장 누설은 주로 자기장이 지배적임을 알 수 있다. 이는 금속 캔 내에 자기장이 윗면 개구부에 접선방향으로 발생하기 때문이다. 따라서 개구부의 크기를 줄여

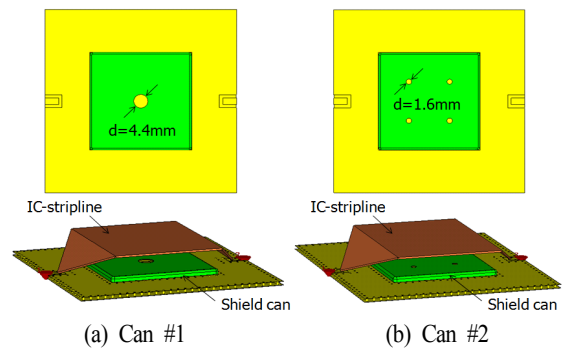


그림 6. 두 종류의 소형 금속 캔
Fig. 6. Two small shield cans.

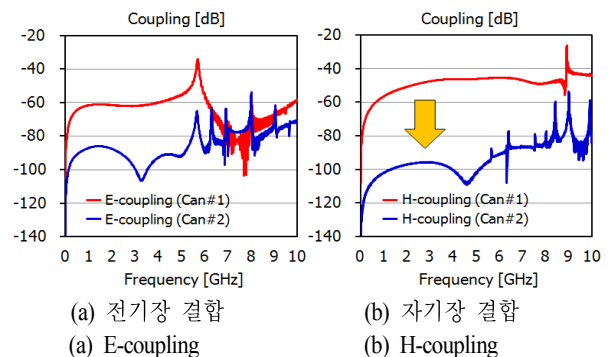


그림 7. 두 종류의 금속 캔으로부터 누설된 전기장과 자기장에 의한 결합 특성 (완전 접지)
Fig. 7. E-coupling & H-coupling from two small shield cans (Full grounding contact).

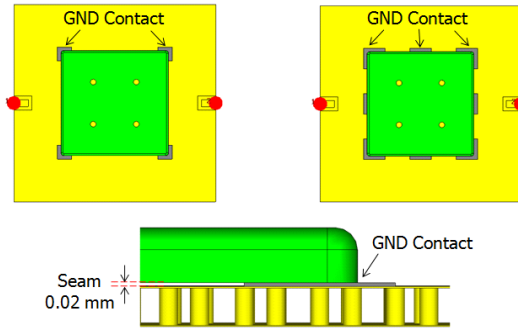


그림 8. 금속 캔(Can #2)과 PCB 간에 틈이 있고, 4개 또는 8개의 접지 포인트를 가지는 구조
Fig. 8. Shield can (Can #2) with 0.002 mm seam and 4 or 8 grounding contacts.

주변 자기장 결합이 주로 감소하게 되는 것이다.

마지막으로 Can #2를 이용하여 측면으로부터 누설되는 전자기장의 특성을 분석하였다. 그림 8에서는 금속 캔과 PCB 사이에 0.02 mm의 틈을 가지고, 네 개 또는 여덟 개의 접지 패드를 가지는 구조를 보여준다. 그림 9에서는 IC-stripline을 통해 전자기장 결합을 분석한 결과를 보여준다. 우선 그림 7의 금속 캔이 완전 접지된 경우와 비교하면, 전기장과 자기장 결합이 모두 크게 증가하였음을 알 수 있다. 또한 주파수가 금속 캔의 첫 번째 공진주파수까지 증가함에 따라 전기장 결합이 크게 증가함을 알 수 있다. 그림 9에서 접지 패드가 많아지면 측면으로부터 누설되는 전자기장이 줄어들어 전기장과 자기장 결합이 모두 줄어들며, 특히 전기장이 더 크게 감소함을 알 수 있다. 따라서 금속 캔과 PCB 사이의 측면 틈에 의해서 누설되는 전자기장의 경우 전기장이 우세함을 알 수 있다($f > 3$ GHz). 이는 금속 캔 내부의 전기장이 주로 PCB면에 법선방향으로 발생하기 때문에, 금속 캔 윗면의 개구부보다는 측면의 작은 틈으로 잘 누설된다. 따라서 금속 캔의 접지를 보완해 주면 전기장 결합이 많이 감소하게 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IC-stripline 방법을 이용하여 모바일 기기용 소형 금속 캔의 전자기적 결합 특성을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 금속 캔의 윗면 개구부에 의한 전자기장 누설은 주로 자기장이 우세하며, 측면의 틈을 통한

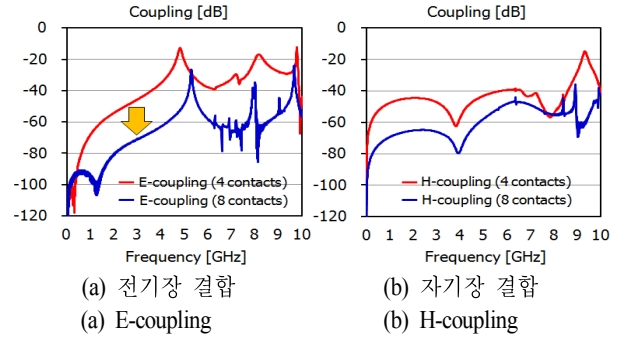


그림 9. 접지 포인트 수에 따른 금속 캔의 전자기장 결합 변화
Fig. 9. Variation of E-coupling and H-coupling of 4 and 8 grounding contacts of shield can.

누설은 전기장이 우세함을 확인하였다. 이러한 소형 금속 캔의 전자기 결합 특성 결과를 이용한다면, 금속 캔과 이를 사용하는 모바일 기기의 효과적인 EMI 설계가 가능할 것이다.

References

- [1] C. Hwang, J.-D. Lim, G. Y. Cho, H.-B. Park, and H. H. Park, "A novel shielding effectiveness matrix of small shield cans based on equivalent dipole moments for radio-frequency interference analysis", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 58, no. 3, pp. 766-775, Jun. 2016.
- [2] E. Song, H.-B. Park, C. Hwang, and H. H. Park, "Placement optimization of integrated circuits for reduced radio-frequency interferences in mobile devices", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 58, no. 1, pp. 31-37, Jan. 2016.
- [3] *Integrated Circuits - Measurement of Electromagnetic Emissions - Part 8: Measurement of Radiated Emissions - IC Stripline Method*, IEC 61967-8, 2011.
- [4] V. Kasturi, S. Deng, T. Hubing and D. Beetner, "Quantifying electric and magnetic field coupling from integrated circuits with TEM cell measurements", *2006 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, pp. 422-425, Portland, OR, USA, Oct. 2006.