

# 차폐기물의 Design Rule 표준기술 연구

한국전자파연구원  
공동수행: 아주대학교

## 1. 서론

전기전자시스템에 전원을 공급하는 SMPS 및 회로가 집적되어 있는 PCB는 시스템 내부의 주요 노이즈원이다. 그러나 이와 같은 주요 노이즈원에서의 방사성 노이즈를 줄인다고 하여도 케이스 공진이나 케이스 개구에 의한 공진으로 EMI가 발생하거나 또는 케이스에서 외부로 통과하는 방사성 노이즈를 감소시키지 못하면 아무 의미가 없을 것이다.

이에 따라, 본 연구에서는 케이스에서 방사성 노이즈가 발생될 수 있는 구조를 규명하고, 각 구조에서의 방사성 노이즈가 전달되는 경로를 분석하였다.

이와 같은 분석을 하기 위해서 본 연구에서는 생산기업체에서 쉽게 구할 수 있는 상용 해석 툴을 이용하여 모의 해석한 후 이렇게 모의 해석된 결과를 바탕으로 케이스를 통한 여러 형태의 방사성 노이즈에 대한 자료를 구축해서 이를 감소시키기 위한 구조적 해결 방안을 제시하고 설계 지침 제시안을 도출하였다.

이 결과들로부터 케이스의 초기 설계 단계에서 방사성 노이즈를 감소시킬 수 있는 을 뿐만 아니라 다양한 구조에 대한 기준 모의 실험이 가능하게 되므로 시작품 제작에 필요한 비용을 절감할 수 있을 것이다.

## 2. 본론

본 연구에서는 고속 디지털 시스템을 위한 케이스에서 발생하는 방사성 노이즈의 해석을 위해 완전 수치 해석법인 유한 요소법을 이용하였다. 이 연구에서 사용하는 시뮬레이션의 프로그램 대한 타당성을 입증하기 위해 UMR(University of Missouri-Rolla)에서 발표된 논문의 측정결과와 해석 결과를 비교하였다.

해석 구조는 그림 1과 같이 노이즈 원을 가정하여 동축 선로의 신호선을 케이스 내부에 삽입하였으며 접지는 케이스와 연결하였다.

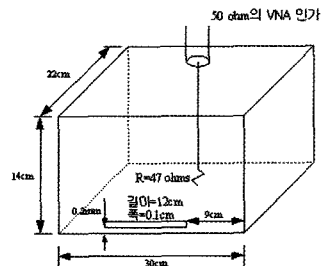


그림 1. 유한요소해석법을 이용한 해석 구조

케이스의 전면에는 폭 0.1cm, 길이12cm의 슬릿형 개구를 만들었으며, 케이스의 전면으로부터 25cm 떨어진 지점에 다이폴 안테나를 이용하여 슬릿 개구를 통한 방사성 노이즈를 측정하였다. 측정 결과와 모의 해석 결과는 그림2와 그림 3에 나타내었다.

두 결과를 비교하면 전체적인 방사성 노이즈 값의 레벨은 차이가 있지만 공진 주파수는 일치하는 것을 확인할 수 있다. 모의 해석 결과와 측정 결과의 노이즈 값의 레벨 차이는 실제 측정에서 발생할 수 있는 케이블 손실, 케이스의 도체 손실등의 조건이 모의 해석에서 고려되지 않았기 때문이다.

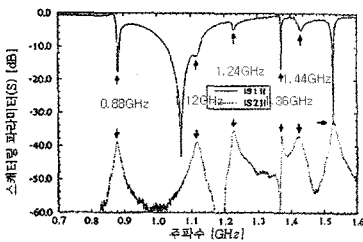


그림 2. UMR 측정 결과

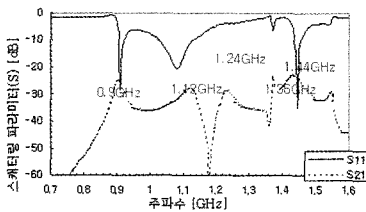


그림 3. HFSS를 이용한 모의 해석 결과

### 가. 케이스의 방사 경로

일반적으로 케이스는 주로 철, 알루미늄, 동 등 금속으로 만들어진다. 이와 같은 금속 재질은 전자

파를 차폐하는 기능을 가지고 있지만 케이스에서는 외부로의 연결 단자 및 시스템에서 발생하는 열을 방출하기 위해 발생하는 개구가 존재하여 완전한 차폐가 이루어지지 않는다.

따라서 케이스에서 발생하는 노이즈 방사 경로에 대한 연구를 통해 방사성 노이즈의 근본적인 차단이 요구된다.

### 1) 슬릿형 개구에 의한 방사특성

슬릿형 개구는 케이스를 이탈착하는 부분에서 흔하게 발생하는 방사성 노이즈의 주요 원인이다. 슬릿 개구에서 발생하는 방사를 막기 위해서 일반적으로 개스킷이 사용되어 진다.

이와 같은 개스킷의 효과적인 위치를 찾아 소수의 개스킷을 이용하여서도 방사성 노이즈를 효과적으로 저감시킬 수 있는 방법을 연구하기 위해 그림 4와 같은 실제 케이스 크기의 구조를 모의 해석하였다.

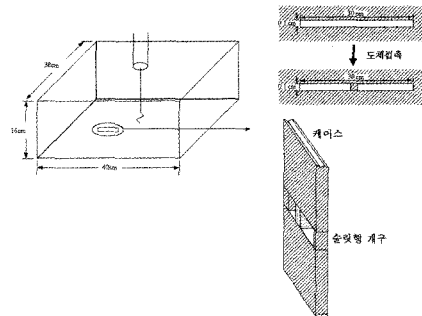


그림 4. 케이스의 방사성 노이즈 해석 구조

슬릿형 개구이 길이는 30cm, 폭은0.1cm이며, 케이스의 크기는 42cm 38cm 16cm이다.

### 2) 정사각형 또는 원형개구에 의한 방사

케이스는 열 방출을 위해 작은 크기의 정사각형 또는 원형 개구가 필요하다.

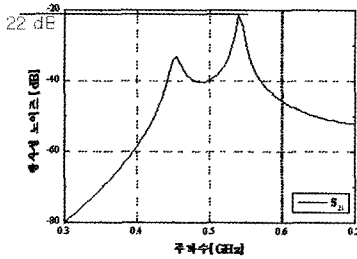


그림 5. 케이스의 방사성 노이즈 해석 결과

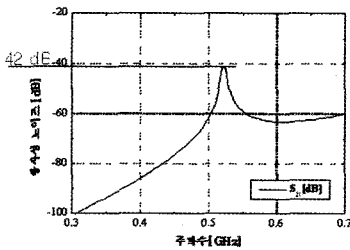


그림 6. 30cm 길이의 슬릿 개구 중앙에 도체 접촉한 경우 해석 결과

그러나 이러한 개구는 케이스에서 EMI를 유발하는 주요 원인이 될 수 있으므로 그 크기와 개수 및 배열 방법에 따라 EMI의 방사성 노이즈 발생 관계를 분석하였다.

가) 개구면의 간격 및 배열에 의한 방사 특성

원형 개구의 간격에 따른 방사성 노이즈에 대해 모의 해석하였다. 원형 개구의 직경은 1cm로 동일하고 개구면 간의 간격이 0.1cm, 1cm인 경우이다.

결과에서 보듯이 개구간의 간격이 작은 경우가 1.5dB정도 큰 방사성 노이즈가 나타난다.

이는 개구면 간의 간격이 작아짐에 따라 상호 커플링이 증가하여 방사성 노이즈가 증가하기 때문이다

다. 따라서 케이스에 열 방출을 위한 개구를 형성할 때 간격을 작게 하는 것은 방사성 노이즈에 불리함을 알 수 있다.

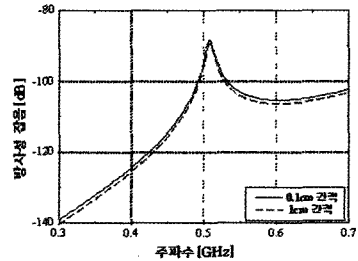


그림 7. 개구 간격에 따른 방사성 노이즈 변화; (a) 0.1cm; (b) 1cm

그림8은 원형 개구의 배열 방법에 따른 방사성 노이즈를 알아보기 위한 모의 해석 구조이다.

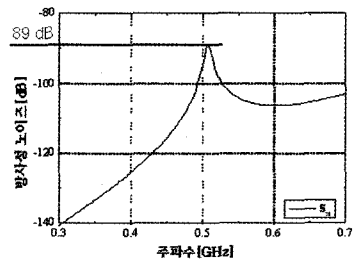


그림 8. 원형 개구의 배열에 따른 방사성 노이즈

그림8에서 보듯이 수직배열과 수평 배열의 방사성 노이즈는 동일함을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 전체 개구에 유기되는 전기장의 세기가 배열에 관계없이 일정하므로 그 방사성 노이즈 역시 일정하게 발생됨을 알 수가 있다.

나) 개구 직경 및 개수에 따른 방사 특성

그림9는 정사각형 개구의 크기와 개수 변화에 따른 방사성 노이즈를 알아보기 위한 구조이며 이때의 조건은 시스템에서 발생하는 열 방출은 개구의

총 면적에 비례하기 때문에 개구의 총면적은 동일하게 설계한 것이다.

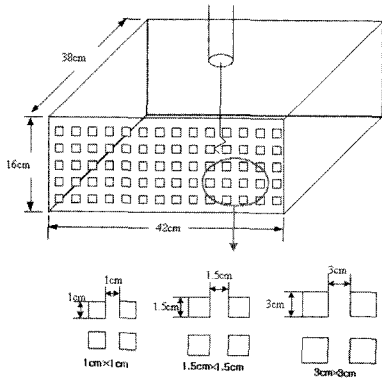


그림9. 개구의 크기와 개수에 따른 모의 해석 구조

정사각형 개구의 크기는 변의 길이 1cm, 1.5cm, 3cm로 설정하였으며 이때 개구면의 개수는 90, 40, 10개로 점차 감소하지만 90cm<sup>2</sup>의 일정한 개구 면적을 유지한다. 각 모의 해석 결과는 그림 10과 같이 나타난다.

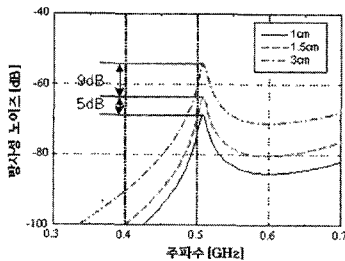


그림10. 개구의 크기 및 개수에 따른 방사성 노이즈

### 3) 링형 개구의 방사

컴퓨터 케이스의 프린터, 모터와 연결되는 I/O 포트 부분에서 발생할 수 있는 링형 개구에서 발생하는 방사에 대해 해석할 것이다. 그림 11은 I/O 포트 커넥터와 케이스의 접촉이 이루어지지 않았을 때 발생하는 구조이다.

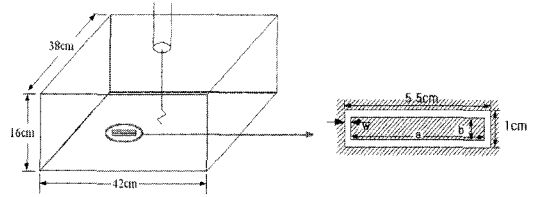


그림11. 링형 개구 해석 구조

그림12은 모의 해석 결과로서 링형 개구의 폭이 0.2mm, 0.5mm, 1mm, 2mm 경우를 기준으로 했을 때 각각 방사 필드의 세기가 6dB, 12dB, 16dB 차이가 있음을 확인할 수 있다.

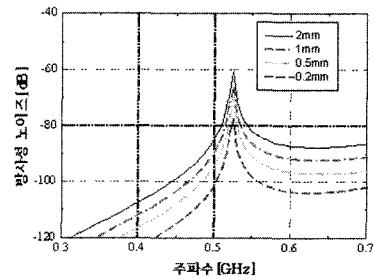


그림12. 링형 개구의 크기 변화에 따른 해석 결과

방사를 감소시키기 위해 도체에 개스킷으로 접촉시키는 방법이 있는데 이에 대한 접촉 구조로는 그림 13과 같다.

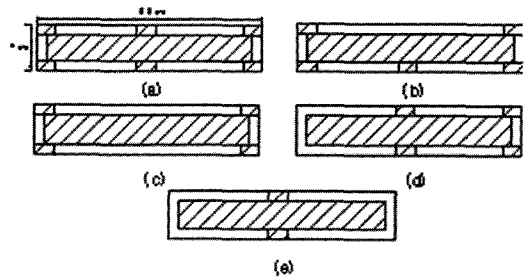


그림13. 링형 개구에 접촉을 형성시킨 구조

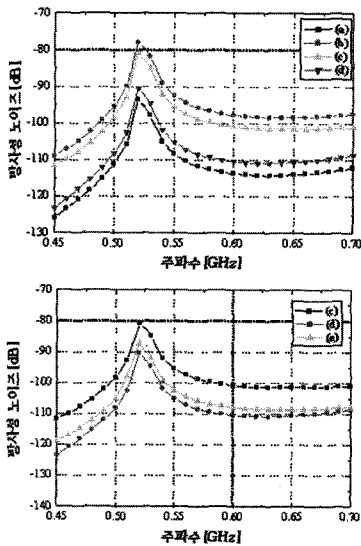


그림 14. 링형 개구의 접촉위치에 따른 해석

그림14에서 (c), (d)의 경우 접촉의 수는 동일한 4개이지만 방사 특성은 약 10dB가량 차이가 있음을 알 수 있다.

그림(b)와 (d)의 경우 접촉의 개수는 (c)의 경우가 5개로 1개 더 많지만 오히려 방사가 많은 것을 알 수 있다. 이는 그림(d)에서 보는 바와 같이 'ㄷ' 모양의 개구의 길이가 그림(c)의 긴 개구와 비슷하지만, 필드의 분포가 개구의 중간지점에서 상쇄되어 실제로는 긴 개구 길이의 반에 해당하는 길이를 갖기 때문이다. 이러한 원리를 이용하여 본 연구에서는 그림 (e) 경우 도체 접촉의 개수는 2개로 가장 적지만 방사성 노이즈는 다섯 경우중에 세번째로 적은 특성을 나타낸다. 이러한 결과를 그림 (b)에 나타내었다.

이는 앞서 설명한 바와 같이 필드의 분포에 기인한다. 이러한 사실로부터 링형 개구를 통한 방사성 노이즈 억제를 위해 도체 접촉을 형성할 때 접촉의 개수가 중요한 것이 아니라 접촉의 위치가 중요함을 알 수 있다.

#### 4. 방사성 노이즈 저감 설계 지침안

케이스에서 발생하는 방사성 노이즈는 케이스의 여러 가지 구조의 개구에 의해서 발생한다. 일반적으로 케이스에 설치되는 개구는 그 용도와 모양에 따라 여러 가지 형태로 구분될 수 있는데 이를 표 1에서 정리하였다.

	슬릿형 개구	직사각형 개구	정사각형 개구	원형 개구	링형 개구
열방출	발생하지 않음	발생	발생	발생	발생하지 않음
I/O 포트	발생	발생	발생하지 않음	발생하지 않음	발생

표1. 케이스에서 발생하는 개구의 종류와 용도

본 연구결과를 분석하여 케이스에서 발생하는 방사성 잡음을 최소화 하기 위한 설계 표준안을 제시한다. 다음은 케이스 설계에 대한 흐름도이다.

- ①시스템 케이스 설계 시작.
- ②시스템 크기에 맞게 케이스의 크기 설정.
- ③케이스 재질을 결정. →케이스의 재질 및 크기에 따라 케이스 공진에 의한 방사성 노이즈의 값이 결정.
- ④각 케이스 안에 들어가는 시스템 PCB의 크기를 검토. →PCB의 크기에 따라 케이스 공진 공진 주파수가 변하기 때문이다.
- ⑤케이스 크기 및 케이스 내부의 PCB의 크기를 고려하여 케이스의 공진 주파수( $f_0$ )를 계산. → $f_0$ 의 계산은 다음의 식을 이용.

$$f_0 = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{c}\right)^2}$$

$m, n, p$ 은 케이스의 각 변에서 발생하는 공진 모드의 차수 또한  $a, b, c$ 는 각각 케이스의  $x$ , 방향 길이,  $y$ 방향 길이,  $z$ 방향 길이.

- ⑥시스템에서 발생하는 열량을 계산.
- ⑦시스템에서 발생하는 열을 배출하기 위한 개구의 총 면적을 계산.
- ⑧개구의 형태를 결정.
- ⑨개구의 크기를 결정. →개구의 크기 및 개수에 따라 방사성 노이즈 크기가 변화.
- ⑩시스템에 케이스를 통해 들어가는 I/O포트의 크기를 검토.
- ⑪링형 개구의 방사성 노이즈 계산 →  $E_{ring\ slot} \propto ab \cdot W_s \rightarrow W_s$ 와 링형 개구의 면적에 비례.
- ⑫링형 개구의 방사를 감소시키기 위한 도체 접촉의 위치 및 개수 결정 →최소의 도체 접촉으로 최대의 효과를 볼 수 있는 위치를 선정.
- ⑬케이스 덮개간에 발생하는 슬릿형 개구 및 방열을 위해 설치하는 슬릿형 개구의 위치 및 크기를 검토.
- ⑭슬릿형 개구의 공진 주파수 계산. →공진 주파수의 계산 수식은 케이스에서의 공진 주파수와 같음.

$$f_0 = \frac{C_0}{2l} \quad \text{여기서 } l : \text{슬릿 길이}$$

- ⑮최적의 도체 위치 및 개수를 결정.
- ⑯전체 케이스에서 각 요소들의 배치 관계 결정.
- ⑰설계 완료.

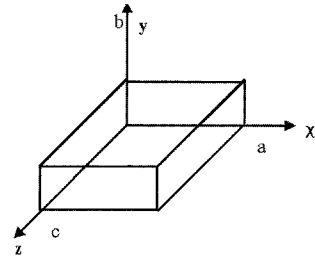
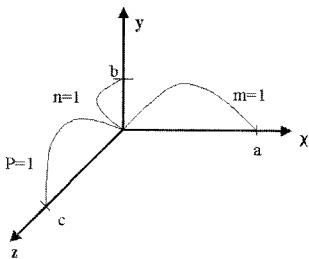


그림15. 케이스에서 발생하는 좌표계 및 공진 모드 차수

### 3. 결론

본 연구는 최근 비약적인 발전을 거듭하고 있는 IT기기 및 전기전자제품의 차폐케이스에 뚫여 있는 각종 개구(방열용 개구, 포트 개구등에서 노이즈가 방사되는 전달 메커니즘을 규명해서 EMI 저감 방법을 모델링하고, 또한 방사성 노이즈의 기본 대응 기술인 차폐 기구물의 구조를 Design Rule 로 정립하기 위한 설계 지침안을 제시하였다.

이에 따라 생산기업체는 물론 관련기관에서 본 연구의 설계 지침 표준을 활용하므로써, 개발자는 설계 시점부터 개발제품에 적용될 수 있도록 하여 시행착오 없이 R&D에 소용되는 경비 절약과 기간 단축이 가능할 것이다.

본 연구는 방사성 EMI차단과 일반 PC본체에서 발생하는 EMI차폐에 주안점을 두고 이론과 실험 및 측정을 통한 확인 검증은 해가면서 도출된 결과를 지침으로 제시된 것이나 이용자 입장에서는 이 결과는 현실적에 곧바로 적용할 수 없다하여도 본 연구 내용을 통하여 접근 방법론을 습득함으로써 또 다른 EMI 대책을 개발할 수 있을 것이다.