

금속섬유의 전자파 차폐특성

허 유, 김인석*, 백영남

경희대학교 기계·산업시스템 공학부, 용인, 경기도, 449-701.

*경희대학교 전자·정보 공학부, 용인, 경기도, 449-701.

On the Shielding Characteristics of Metallic Textiles

You Huh, Ihn S. Kim*, and Y.N. Paik

College of Mechanical and Industrial Systems Engineering, Kyung Hee Univ.

Yongin, Gyunggi-do, 449-701, Korea.

*College of Electronics and Information, Kyung Hee Univ.

Yongin, Gyunggi-do, 449-701, Korea.

1. 서론

다양한 가전기기의 보급과 전파통신의 수요증대에 따라 전자파의 차폐성능은 기기들의 품질 평가의 중요한 요인으로 작용하고 있다. 더구나 휴대용 전자장비의 경량/소형화되는 추세에 따라 인체의 착용에 따른 전자파의 유해성에 대한 논란이 커지고 있다. 지금까지 전자파 문제를 해결하기 위해 차폐성이 있는 재료로써 case를 만들거나, box 구조물에 전자파 발생기를 넣고, 이를 차폐재로 코팅하여 사용하고 있다. 그러나 차폐 box는 사용이 불편하고, box 자체 무게 때문에 대단위 전자파 차폐 구조물에 사용하기 어렵다. 따라서 이러한 불편함을 해소하고 전자파 차폐를 위한 건축 구조물에의 응용을 확대하기 위하여 본 연구에서는 전자파 차폐성을 지닌 섬유를 원료로 하여 이의 구조물이 가진 전자파 차폐성능을 측정하고 차폐유효성을 확인하였다.

2. 측정 장치

본 연구에서는 휴대폰의 주파수 대역인 2 GHz 대에서 전자파 차폐성질을 가지는 금속 섬유로 만들어진 직물을 대상으로 그 직물의 전자파 차폐 특성을 측정하기 위하여 차폐특성 측정기구를 개발하였다. 본 연구에서 사용된 차폐특성 측정은 Coaxial Holder법을 바탕으로 하였다. 기구물은 Fig.1에서 보는 바와 같이 TEM (Transverse Electro Magnetic) 모드의 전송구조, 즉, 동축케이블의 구조를 HFSS (High Frequency Structure Simulator : 유한요소법을 이용하는 수치해석 도구)에 기초하여 설계/제작하였다.

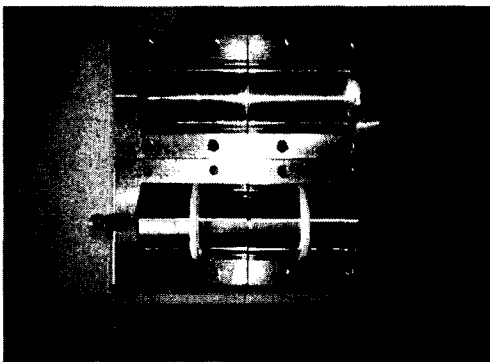


Fig.1 Photograph showing the inside of the TEM transmission structure.

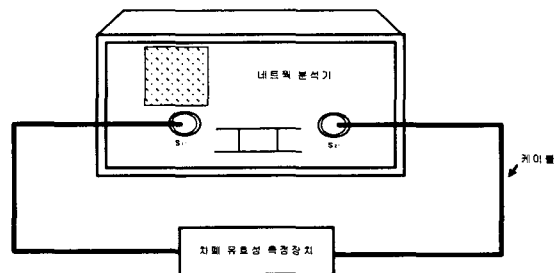


Fig.2 Block diagram of shielding effectiveness measurement setup

측정기구물은 서로 대칭형태의 모양을 가지며, 중앙부위에 1mm의 간격을 두어 직물시료를 삽입할 수 있게 하였다. 측정시스템의 구성은 Fig.2에 보는 바와 같다.

먼저 측정 기구의 투과 특성과 반사 특성을 찾아내기 위하여 네트워크분석기 (Network Analyzer)를 이용하여 1.6 ~ 2.4 GHz 주파수 대역에서 시료의 삽입없이 S-parameter (Scattering Parameter), 즉, 반사 및 투과특성을 나타내는 반사계수(S11)와 투과계수(S21)를 측정하였다. 일반적으로 차폐효과를 나타내는 Shielding Effectiveness SE_{dB} 는 다음과 같이 정의된다;

$$SE_{dB} = 10 \log \left[\frac{\text{incident power density}}{\text{transmitted power density}} \right]$$

따라서 Shielding Effectiveness SE_{dB} 는 S-parameter의 투과계수 S21의 음의 값과 같으며 반사계수 S11은 $S11 = 1 - S21$ 로 나타낼 수 있다. 시료를 삽입하지 않은 측정기구의 투과 특성과 반사특성을 살펴본 결과, dB를 $10 \log$ (S-parameter)로 나타내면 투과특성 S21은 약 0.6 dB보다 좋으므로 투과성이 대단히 좋은 반면, 반사특성 S11은 1.78 GHz와 2.38 GHz의 두 주파수에서 공진특성을 보였다. 공진주파수 이외의 주파수대, 예를 들어 1.5~1.65 GHz대에서는 반사손실이 약 10 dB보다 크게 나타나서 더 넓은 대역의 차폐효과를 측정하기 위해서는 Coaxial Holder의 반사특성을 약간 더 개선시킬 필요가 있다.

3. 실험

본 연구에서 사용한 시료는 금속섬유 방적사를 이용하여 제작한 직물이고 사용된 금속은 Cr 15%, Ni 10%가 포함된 stainless steel이다. 이러한 원료를 바탕으로 만들어진 시료는 Fig.3에 주어지고 시료의 사양은 Table 1에 주어진 바와 같다.

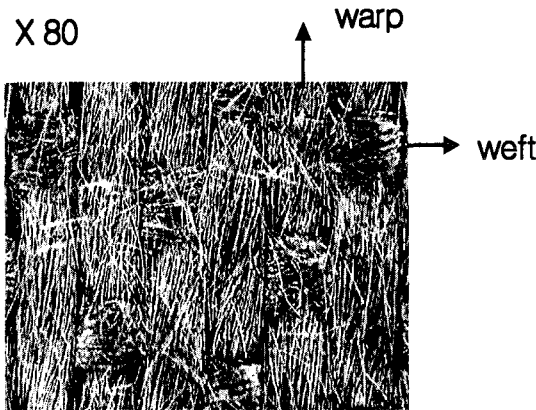


Table 1. Specifications of the specimen used for the experiments

warp yarn : 181tex, 100TPM
weft yarn : 2X93tex, S195/S100 TPM
fabrication : weaving
warp density : 2,244epm
weft density : 1,733ppm
thickness : 0.835mm
pattern : 1/4 twill

Fig.3 Photographs of the specimen used for the experiment

4. 실험결과 및 토의

측정기구에 금속직물시료를 삽입한 후, 차폐 특성을 측정한 결과는 Fig.4에 주어지고 있다. 이에 의하면 시료로 사용된 직물은 1.6~2.5 GHz대의 전자파에 대하여 투과성 S-parameter가 53 dB로 거의 완벽한 차폐특성을 얻을 수가 있었다. 본 실험에서 다루었던 주파수 범위를 확장하여 1.5~3.0 GHz의 주파수 범위에서도 대단히 양호한 투과 차폐성을 확인할 수 있다. 그러나 3.5~4.0 GHz 주파수대에서는 차폐성이 30 dB에 달하는 수준으로 1/1000 정도 투과되는 양호한 수준이었으나 설계된 장치의 다른 주파수영역에 비하여 약간 저하된 상태임을 확인할 수 있다. 반면에 실험에 사용된 시료의 반사 특성은 입사된 전자파 거의 전부가 반사되는 것으로 나타났다. 따라서 본직물의 전자파 차폐성은 직물 내부에서

흡수되는 것보다는 반사에 의해 이루어지고 있다는 것을 확인할 수 있다.

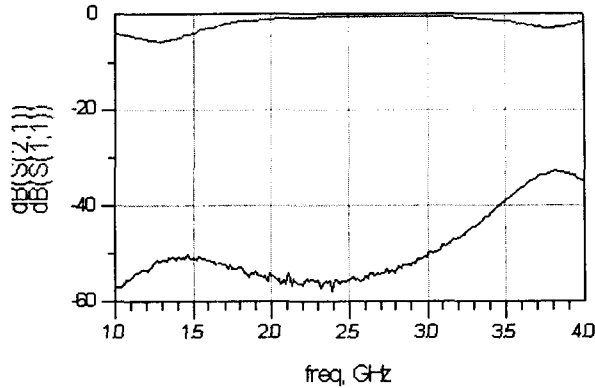


Fig.4 Absorption and reflection loss measured of the specimen

일반적으로 air gap이 있는 재료들을 Small-Aperture-Metals (SAMs) family라고 부른다. SAMs family는 전자파 입사면에서 basic material이 차지하는 면적이 air gap 면적에 대하여 0.01~0.5배 범위에 이르는데 차폐모델에 의하면 차폐효과 S_{dB} 는

$$S_{dB} = 20 \log \left[\frac{\lambda/2}{g} \right] \quad \text{for } g < \lambda/2$$

$$= 0 \quad \text{for } g \geq \lambda/2 \quad (\lambda : \text{wavelength, } g : \text{airgap dimension}),$$

로 표시된다. 이 식에 의하면 Table 1에 주어진 바와 같이 경/위사 밀도에 따라 airgap이 가질 수 있는 dimension의 크기가 0.5~0.6mm이고, 2GHz의 파장이 150mm 이므로 차폐효과 S_{dB} 는 42~44dB에 이른다. 이러한 계산 결과는 대체로 실험결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

실제 실험 결과에 의하면 금속섬유 구조물의 차폐효과는 거의 반사에 의하여 나타나고 있으며, 구조에 의한 차폐특성이 지배적이라고 볼 수 있다. 사용된 시료는 단순한 airgap의 배열 구조가 아니라, 섬유로 구성된 원료형태를 집속하고 이를 다시 평면상에서 직교 배열된 형태를 가지고 있다. 따라서 airgap이 hole 형태로 정형화되어 있지 않으며, 집속 섬유간의 airgap이 길이 방향으로 긴 모양을 가지고, 동시에 단면모양이 임의성을 가지게 된다. 이에 따라 입사파가 섬유표면에서 반사되는 경우, 다양한 반사경로를 통하여 전자파의 손실이 누적되어 결과적으로 시료를 통과하는 전자파의 투과손실을 가져오는 multiple reflection 효과가 나타나기 쉽다. 따라서 직물형태의 차폐재는 SAMs family에 대한 차폐모델을 바탕으로 직물과 실의 구조에 따른 airgap의 모양과 반사경로를 감안한 차폐현상으로 해석되어야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

전자파의 장애를 최소화하는데에는 불요전자파의 간섭(EMI: 전자파 간섭)을 억제하거나, 일정 환경 하에서 전자기기가 정상적으로 동작할 수 있는 내성(EMS: 전자파 감응성)을 강화시키는 방법이 있다. 본 연구에서는 금속섬유를 이용하여 EMI를 억제하기 위하여 stainless steel fiber로 만들어진 직물 시료를 대상으로 TEM 전송매체법을 이용한 차폐측정을 하였다. 그 결과 2 GHz 전후의 주파수대에서 차폐특성은 대단히 우수하였으며, airgap을 갖는 금속체와 같이 흡수손실보다는 반사손실(반사계수)에 의하여 차폐효과가 나타남을 확인하였다.

References

1. Donald R.J. White and Michael Mardiguian, Electromagnetic Shielding, A Handbook Series on Electromagnetic Interference and Compatibility, Vol. 3, Interference Control Technologies, Inc., Gainesville, Virginia, 1988.