

2.4 GHz 무선LAN 전자파 환경대책용 전파흡수체 개발

윤상길* · 김대훈** · 박수훈*** · 김동일†

*,**,***,† 한국해양대학교 전파공학과

Development of EM Wave Absorber for Countermeasure against EM Wave Environment of 2.4 GHz Wireless LAN

Sang Gil Yoon* · Dae Hun Kim** · Soo Hoon Park*** · Dong Il Kim†

*,**,***,† Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본 논문에서는 실내 무선LAN 환경에서 발생하는 다중반사에 의한 통신속도 저하 및 데이터 손실과 같은 문제점을 해결하기 위한 전파흡수체를 설계 하였다. 먼저 자성손실 재료인 Sendust와 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하였고, 각 샘플의 재료정수를 이용하여 시뮬레이션 한 결과, 최적의 조성비가 Sendust : CPE = 80 : 20 wt.% 임을 확인하였다. 그리고 시뮬레이션 결과를 토대로 전파흡수체를 실제제작하였다. 제작된 전파흡수체의 측정 결과 시뮬레이션 결과와 잘 일치하였으며, 제작된 전파흡수체는 두께 3.25 mm, 조성비 Sendust : CPE = 80 : 20 wt.%이며, 중심주파수 2.4 GHz에서 19 dB의 전파흡수 특성을 보였다.

핵심용어 : 무선LAN, IEEE 802.11b, 전파흡수체, 재료정수, Sendust

Abstract : In this paper, the EM wave absorber was designed and fabricated for improvement of Wireless LAN environment at 2.4 GHz. We fabricated several samples in different composition ratios of Sendust and CPE(Chlorinated Polyethylene). Absorption abilities were simulated in accordance with different thicknesses of the prepared absorbers and changed complex relative permittivity and permeability due to composition ratio. The mixing ratio of Sendust and CPE was searched as 80 : 20 wt.% by experiments and simulation. Then the EM wave absorber was fabricated and tested using the simulated data. As a result, the EM wave absorber was fabricated based on simulated data. Simulated and measured results agreed well. As a result, the developed EM wave absorber with thickness of 3.25 mm has absorption ability of 19 dB at 2.4 GHz.

Key words : Wireless LAN, EM wave absorber, Sendust, Absorption ability

1. 서 론

실내 무선LAN은 편리함과 용도의 다양성으로 인해 가정이나 사무실 등에서 사용이 증대되고 있으며, IEEE 802.11a와 IEEE 802.11b에 명시되어 있는 바와 같이 5.2 GHz와 2.4 GHz의 주파수 대역을 사용하고 있다(King, 2001). 최근 항해중인 선박에서 언제 어디서나 다양한 기능을 발휘 할 수 있고, 선체 내부의 케이블을 없애고 무선LAN을 사용함으로써 설치가 용이하게 되었으며, 케이블 절감과 공정단축으로 인해 생산성 향상 및 원가절감이 가능하게 되었다. 또한 해상전용의 통신 시스템의 가격이 고가인 점에 비하면 육상용으로 사용하는 무선LAN의 경우 상대적으로 설비비용이 저렴하다.

그러나 실내 공간에서 무선LAN 기기들을 사용할 경우 벽·천정·바다·책상 등에 의해서 반사파가 발생하고, 이들 다중반사파는 통신속도의 저하와 데이터 손실과 같은 문제점을 발생시킨다. 이와 더불어 이러한 불요전자파에 의한 전자파 장해

(EMI)에 대해 지대한 관심이 기울여 지고 있으며, 불요전자파에 대한 영향을 최소화하기 위해 전파흡수체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전파흡수체는 전파를 흡수해서 열에너지로 변환하여 반사파가 생기지 않게 하는 특수소재이다. 이러한 전파흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자하는 주파수 대역에서 유전손실 또는 자성손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실 특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

기존에 제안된 무선 LAN용 전파흡수체의 경우 Mn-Zn ferrite와 Sendust를 이용하여 두께 3.7 mm로 정합주파수 2.4 GHz에서 17 dB의 흡수능(이 등, 2007)특성을 가지지만, 본 논문에서는 특성을 개선하기 위해 Flake Sendust를 이용하여 정합주파수가 실내 무선LAN의 사용 주파수인 2.4 GHz에서 흡수능 20 dB 이상의 특성을 가지면서 보다 박형화된 두께 3.5 mm 이하의 전파흡수체를 설계하고 실제 제작하여 비교·분석하였다.

* 대표저자 : 윤상길(정회원), gil1026@paran.com 010)6676-2100

** 정회원, daehunee@samyangchem.com 010)5144-6944

*** 정회원, namemg2@nate.com 010)3120-9977

† 교신저자 : 김동일(종신회원), dikim@hhu.ac.kr 011)582-4343

2. 전파흡수체 설계이론

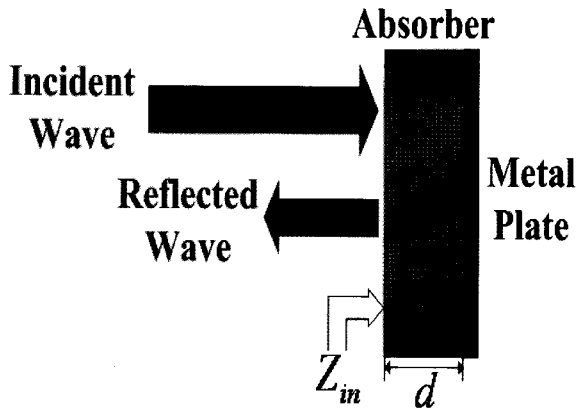


Fig. 1 Single layered EM wave absorber.

Fig. 1과 같이 두께 d 인 전파흡수체가 도체판에 놓여 있는 경우, 입사파와 반사파에 대한 반사손실(Return Loss)은 식 (1)처럼 나타낼 수 있다.

$$RL = -20 \log \left| \frac{z-1}{z+1} \right| [dB] \quad (1)$$

여기서, z 는 정규화 입력 임피던스이다. 평면파의 수직입사에 대한 정규화 입력임피던스 z 는 식 (2)처럼 주어진다.

$$z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left(j \frac{2\pi d}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \right) \quad (2)$$

반사가 없는 완전한 전파흡수체로 되기위한 조건은 $\Gamma = 0$ 이므로 식 (2)의 임피던스가 z 가 1이 되는 것과 같다. 이를 무반사 조건식이라 하며, 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다 (Hashimoto, 1997; Naito, 1984; 김, 2006).

$$\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left(j \frac{2\pi d}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \right) = 1 \quad (3)$$

이러한 무반사 조건식으로부터 전파흡수체의 설계가 가능하다.

3. 제작 및 측정 결과

3.1 전파흡수체 샘플 제작

전파흡수체 재료는 손실에 기인하는 항에 따라서 크게 도전 손실재료, 유전손실재료, 자성손실재료로 분류할 수 있다. 특히 전자기기의 사용주파수가 고주파 화됨에 따라 GHz 대역 이상의 전파를 흡수할 수 있는 전파흡수체 재료가 필요하게 되어

주로 ferrite 같은 자성손실 재료를 이용한 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히 Mn-Zn ferrite나 Ni-Zn ferrite 같은 soft ferrites와 Sr ferrite나 Ba ferrite 같은 hard ferrites가 GHz 대역에서 자기적 손실이 증가되어 전파흡수체 재료로서 널리 이용되고 있다. 하지만 이러한 스피넬형 ferrite 계열의 재료는 주파수 한계(Snoek's Limit)가 문제로 되어 오고 있다(Snoek, 1948). 따라서 본 논문에서는 이를 개선시킬 수 있는 연자성 금속 재료인 Sendust와 지지재료 CPE를 사용하여, 각 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하였다. Sendust 분말의 경우 attrition mill에 의해 Flake화하고 분쇄시간을 달리한 경우 제작된 전파흡수체의 흡수능에 영향을 미치게 된다(박 등, 2008). 본 논문에서는 Table 1과 같은 제원을 갖는 Sendust 분말을 사용하였다. 우선 믹서를 이용하여 Sendust 분말과 CPE를 조성비를 달리하여 배합하고, 본 연구실에서 자체 제작한 Open Roller를 이용하여 두께별 전파흡수체의 샘플을 제작 하였다. 제작 과정을 Fig. 2에 나타내었다.

Table 1 Specification of Sendust powders.

FSSS(μ m)	Shape	Composition	A/D(g/cc)	A/D(g/cc)
140	Flake	Fe-Si-Al	0.9	1.6

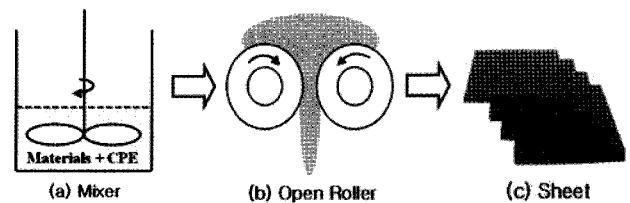


Fig. 2 Manufacturing process of an EM wave absorbers.

3.2 측정 시스템의 구성

측정은 HP사의 Vector Network Analyzer 8753D를 사용하였으며, Fig. 3과 같은 샘플 홀더에 외경 7 mm, 내경 3.05 mm의 전파흡수체 샘플을 삽입한 후 Fig. 4와 같이 Network Analyzer에 연결하여 S-parameter를 측정 하였다.

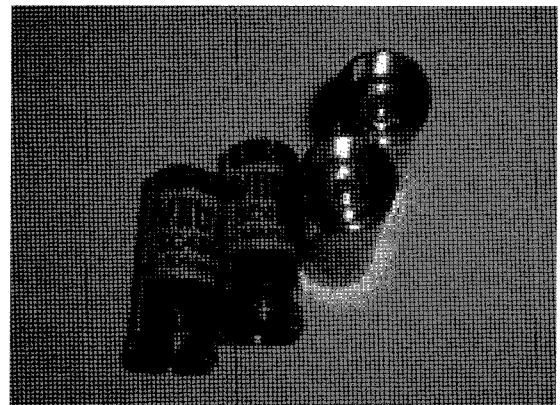


Fig. 3 Sample holder.

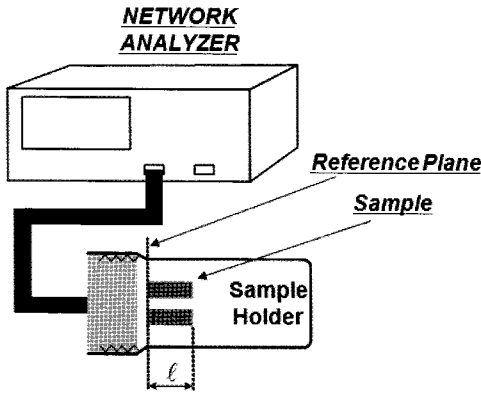


Fig. 4 Measurement system.

3.3 샘플의 조성비별 반사계수 측정 및 분석

Snoek은 f_r 과 μ_i 의 관계를 식 (4)와 같이 제안하였다(Snoek, 1948; Kwon et al., 1995).

$$f_r(\mu_i - 1) = (3/4)\gamma M_s \quad (4)$$

여기서, γ 는 자기 회전비(gyro-magnetic ratio)이고, M_s 는 포화 자화강도(saturation magnetization)이다.

식 (4)로부터 f_r 와 μ_i 는 반비례 관계임을 알 수 있으며 샘플의 조성비중 Sendust의 함량이 증가함에 따라 소결체에 가까워지게 되고 복소투자율의 허수부 값은 증가하게 된다. 따라서 식 (4)에서 보는바와 같이 공진 주파수 f_r 은 낮은 주파수로 이동하게 된다. 또한 식 (3)에서 보는바와 같이 두께와 파장의 비는 일정한 값을 가지며, 두께가 두꺼워짐에 따라 파장은 작아지고 공진 주파수는 증가하게 된다.

Sendust를 이용하여 조성비 60 : 40 wt.%, 70 : 30 wt.%, 80 : 20 wt.%의 샘플을 각각 제작하여 두께별 반사계수를 측정하고 그 결과를 Fig. 5 ~ 7에 나타내었다.

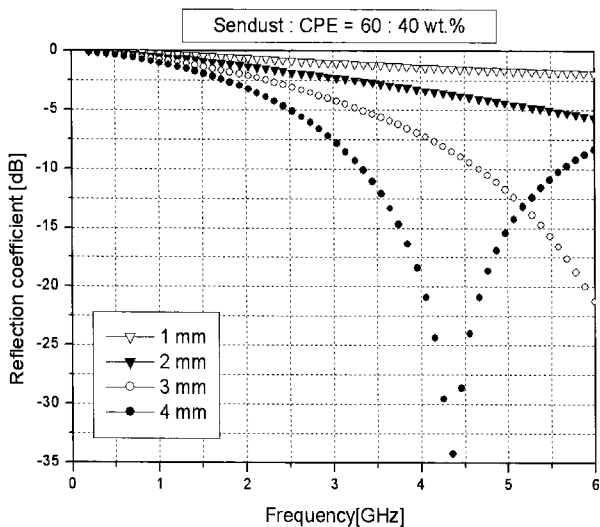


Fig. 5 Reflection coefficients of samples with different thickness (composition ratio = 60 : 40 wt.%).

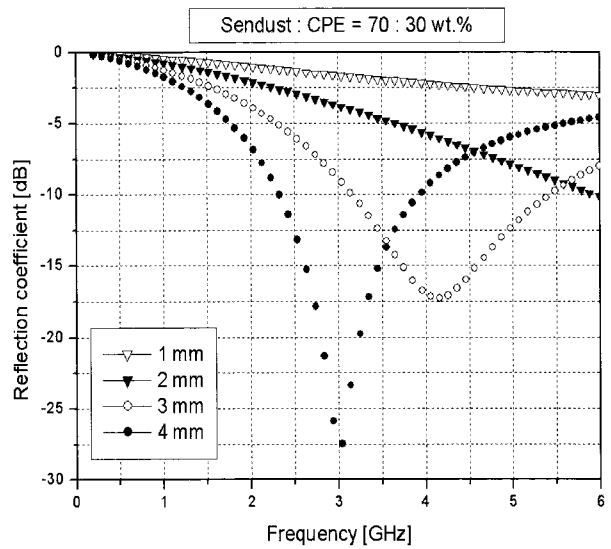


Fig. 6 Reflection coefficients of samples with different thickness (composition ratio = 70 : 30 wt.%).

Sendust의 조성비가 증가함에 따라 같은 두께에서 정합 주파수가 낮은 쪽으로 이동하는 것을 확인 할 수 있으며, 같은 조성비에서 두께가 두꺼워질수록 낮은 주파수로 이동하는 것을 알 수 있다. 그 결과 설계 목표에 부합하는 3.5 mm 이하에서 무선 LAN 사용주파수인 2.4 GHz 대역에서 가장 좋은 특성을 보이는 최적의 조성비는 80 : 20 wt.%임을 예측할 수 있다.

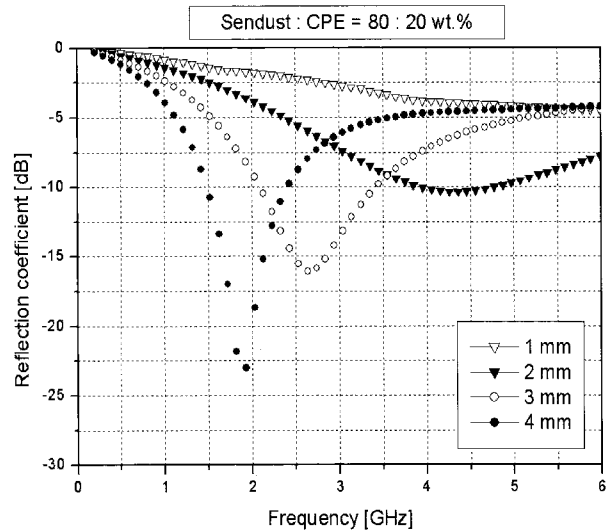


Fig. 7 Reflection coefficients of samples with different thickness (composition ratio = 80 : 20 wt.%).

3.4 시뮬레이션 및 측정 결과

측정된 복소비유전율과 복소비투자율을 MATLAB 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 통해 정합주파수를 2.4 GHz가 되도록 고정하고 각 샘플의 두께를 결정하였다. 시뮬레이션 결과를 Fig. 8에 나타내었으며, Table 2에 요약하여 나타내었다.

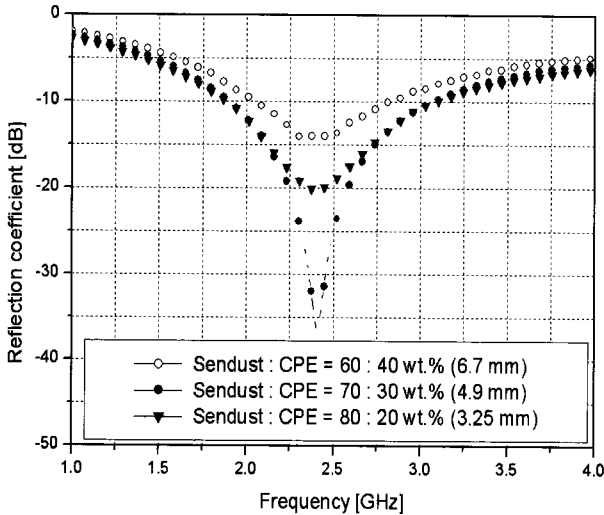


Fig. 8 Absorption ability of samples with different composition ratio at center frequency 2.4 GHz by simulation.

Table 2 EM Simulated results of thickness and absorption ability at center frequency 2.4 GHz.

샘플의 조성비 Sendust : CPE [wt.%]	두께 [mm]	흡수능 [dB]
60 : 40	6.7	14.69
70 : 30	4.9	36.84
80 : 20	3.25	20.32

Fig. 8과 Table 2에서 보는바와 같이 정합주파수 2.4 GHz에서 Sendust의 함량이 각각 70 wt.%, 80 wt.% 일때 20 dB 이상의 흡수능을 보였으며, 이때 두께는 각각 4.9 mm, 3.25 mm이었다. 전파흡수체의 가격과 무게등을 고려하였을 때 목표 두께 및 흡수능을 만족하는 전파흡수체의 선택이 필요하다.

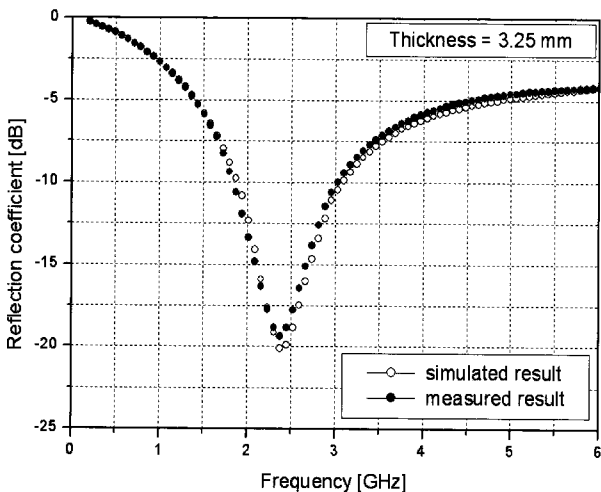


Fig. 9 Comparisons of simulated and measured results (Thickness : 3.25 mm).

따라서 주파수 2.4 GHz에서 전파흡수능 20 dB 이상을 만족하며 설계목표인 두께 3.5 mm이하를 만족하는 최적의 조성비와 두께는 각각 Sendust : CPE = 80 : 20 wt.%와 3.25 mm도출되었다.

설계된 전파흡수체를 토대로 Fig. 3와 같은방법으로 실제 전파흡수체를 조성비 Sendust : CPE = 80 : 20 wt.%, 두께 3.25 mm로 제작하여 Fig. 4와 같은 측정시스템을 이용하여 반사계수를 측정한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 무선LAN사용주파수인 2.4 GHz에서 19 dB의 흡수능을 보였으며 Fig. 9에서보는바와 같이 설계치와 거의 일치하는 것을 확인 할 수 있었다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과의 차이는 실제 제작시 두께의 오차로 인한 것으로 사료된다.

4. 결 론

최근, 항해중인 선박의 선내의 케이블을 없애고 무선LAN을 사용함으로써 설치가 용이하고, 케이블 절감과 공정단축으로 생산성 향상 및 원가절감이 가능하게 되어, 그 사용이 증대되고 있다. 이러한 실내 무선LAN 환경에서의 반사파에 의한 데이터 손실 및 통신 속도 저하의 문제가 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위해 전파흡수체의 적용이 고려되고 있다.

따라서 본 논문에서는 실내 무선 LAN환경에서의 반사파에 의한 데이터 손실 및 통신 속도 저하의 문제를 해결하기 위해 정합주파수 2.4 GHz를 갖는 전파흡수체를 개발하였다. 연자성 금속 재료인 Sendust와 지지재로 CPE를 사용하여 Sheet형태로 제작하였다. 개발된 전파흡수체는 두께 3.25 mm로 정합주파수 2.4 GHz에서 19 dB의 흡수능을 보였으며, 기존에 제안된 Mn-Zn Ferrite와 Sendust를 이용한 전파흡수체인 두께 3.7 mm에 17 dB의 흡수능을 갖는 전파흡수체에 비해 본 논문에서 개발된 전파흡수체는 두께는 0.45 mm 얇으면서도, 흡수능은 2 dB 개선된 결과를 얻었다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2008-(C1090-0801-0034)).

참 고 문 헌

- [1] 김동일(2008), 전파흡수체 공학, 대영사.
- [2] 강만수, 박연식(2006), “무선랜을 이용한 소형선박 식별시스템”, 한국해양정보통신학회, 한국해양정보통신학회지, 제6권 제2호, pp. 23-26.
- [3] 박수훈, 김동일, 최동한, 김성연(2008), “ 입도에 따른 Flake Sendust 전파흡수체의 특성 분석”, 한국전자파학회, 한국전자파학회지, 제19권 제9호, pp.1051-1057.
- [4] 이대회, 최창묵, 최동한, 김동일(2007), “MnZn-Ferrite와

- Sendsut를 이용한 2.4 GHz 무선LAN용 전파흡수체 개발”,
한국항해항만학회, 한국항해항만학회지, 제31권 제10호.
- [5] Hashimoto, O. (1997), "Introduction to Wave Absorber",
Morikita Shuppan.
- [6] King, J. S.(2001), "An IEEE 802.11 Wireless LAN
Security White Paper",
- [7] Snoek, J. L.(1948), "Dispersion and Absorption in
Magnetic Ferrite at Frequency above one Mc/s", Physica,
vol. 14, pp. 207-217.
- [8] Natio, Y. (1987), "Electromagnetic Wave Absorbers",
New Ohm.

원고접수일 : 2008년 11월 24일
심사완료일 : 2009년 4월 14일
원고채택일 : 2009년 4월 30일