

5.2 GHz 무선 LAN의 전자파 환경 대책용 전파흡수체에 관한 연구

유건석* · 최동수** · 김동일†

*,**,†한국해양대학교 전파공학과

A Study on EM Wave Absorber for Electromagnetic Wave Environment of Wireless LAN at 5.2 GHz

Gun-Suk Yoo* · Dong-Soo Choi** · Dong-Il Kim†

*,**,†Dept. of Radio Sciences and Engineering, Korea Maritime Univ., Busan 606-791, Korea

요 약 : 최근 빠르고 편리하게 데이터 송수신이 가능한 무선LAN은 가정, 사무실 등 다양한 장소에서 사용이 증가하고 있다. 그러나 실내에서 무선LAN을 사용할 경우 천장, 벽, 바닥, 책상 등에서의 반사파에 의한 다중반사가 발생하여 데이터 전송의 오류 및 성능 저하의 주된 원인이 된다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 Graphite의 특성을 분석하고 최적의 조성비를 찾아내서 무선LAN 환경에 적합한 전파흡수체를 연구하였다. 먼저 Graphite와 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 이용하여 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하고, 각 샘플의 반사계수를 측정하였다. 측정된 데이터로부터 재료정수를 계산하고, 전파흡수체를 설계 및 제작하여 전파흡수능을 비교, 분석 하였다. 그 결과 조성비가 Graphite : CPE = 50 : 50 wt%이고, 두께 1.7 mm 인 전파흡수체가 5.2 GHz에서 27 dB 이상의 전파흡수능을 가지는 우수한 전파흡수체를 개발하였다.

핵심용어 : 전파흡수체, 무선LAN, 재료정수, 그래파이트, 흑연, 전파흡수능, 다중반사

Abstract : Recently, the wireless LAN system is rapidly growing because of its convenience of high speed communication. However, the wireless LAN systems at indoor places occur multi-propagation path by reflected waves from walls, ceilings, floors, and desks. Multipath problems cause transmission errors and degradation of communication speed. These problems can be solved by using EM wave absorbers. In this paper, we analyzed property of Graphite and derived the optimum ratio of Graphite : CPE to develop EM wave absorber for the wireless LAN system. First, we fabricated several samples in different composition ratios of Graphite and CPE, and then measured the reflection coefficient of each samples. Material constants of permittivity and permeability were calculated using the measured data and designed EM wave absorber. Secondly, the EM wave absorber was fabricated and tested on the base of the simulation data. As a result, it showed that the EM wave absorber in 1.7 mm thickness with the ratio of Graphite : CPE = 50 : 50 wt.% has excellent absorption ability more than 27 dB at 5.2 GHz.

Key words : EM wave absorber, Graphite, Wireless LAN, material constant, absorption ability, multipath problem

1. 서 론

최근 근거리통신망을 구축하는 데 있어 무선LAN (wireless LAN)의 보급이 빠르게 이루어지고 있다. 전송 매체로 유선 케이블이 아닌 무선 주파수를 사용하는 무선LAN 기술은 본래 군사적 용도로 활용하기 위해 처음 개발이 시작되었으며, 민간 용도로 사용이 허가된 이후 시장 초기에는 유선LAN을 구축하기 어려운 창고, 백화점, 병원 등의 특수한 환경에서 제한적으로 활용되어 왔다. 그러나 1997년 IEEE에서 802.11 무선LAN 표준을 발표하고, WECA(Wireless Ethernet Compatibility Alliance)에서 여러 업체들로부터 생산되는 다양한 장비들 간의 호환성

을 보장하면서 무선랜은 빠르게 대중화되기 시작하였다 (Stephen 2000).

5.2 GHz의 주파수 대역을 이용하는 무선LAN을 실내 공간에서 이용할 경우에 벽, 천장, 바닥, 주변 사물 등에 의해 반사파가 발생하고 이에 따라 다중반사가 발생하여 데이터 전송의 오류 및 성능 저하의 주된 원인이 된다. 이와 더불어 이러한 불요 전자파에 의한 전자파 장애(EMI : electromagnetic interference)에 대해서도 지대한 관심이 기울여 지고 있으며(Shuichi NITTA, 2000), 이와 같은 불요전자파에 대한 영향을 최소화하기 위해 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 전자흡수체를 이용하여 전파를 열에너지로 변환시키는 전파흡수체가 대두되고

* 대표저자 : 유건석(정회원), microwave1@hanmail.net, 010)8588-0271

** 정회원 : iamjustok@nate.com, 010)4702-1920

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

있다.

따라서 본 논문에서는 유전손실재료인 Graphite와 지지재인 CPE를 사용하여 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하고, 최적 조성비의 샘플로부터 재료정수를 계산하여 시뮬레이션을 통한 이론적 설계를 하였다. 또한 전파흡수체 설계를 바탕으로 5.2 GHz 무선랜 전파흡수체를 실제 제작하여 전파흡수능을 비교 분석하였다.

2. 전파흡수체 설계 이론

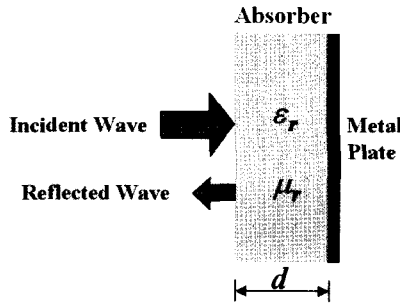


Fig. 1 Single layer EM wave absorber.

Fig. 1과 같이 두께 d인 전파흡수체의 후면에 금속판이 놓인 경우, 전파흡수체의 반사손실(RL, Return Loss)은 전파흡수체 재료의 입사파와 반사파의 진폭의 비로써 식 (1)처럼 나타낼 수 있다.

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

여기서 z_{in} 는 정규화 입력 임피던스이다.

평면파의 수직입사에 대한 정규화 입력임피던스 z_{in} 는 식(2)처럼 주어진다(Hashimoto, 1997; Naito, 1984; 김, 2006).

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

여기서, λ 는 입사한 평면파 파장이며, ϵ_r 는 복소비유전율 ($\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$), μ_r 는 복소비투자율 ($\mu_r = \mu'_r - j\mu''_r$)이고 d는 두께를 나타낸다. 또한 완전한 전파흡수체가 되기 위해서는 z_{in} 이 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다(Choi et al., 2006).

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

식 (3)을 이용하여 이상적인 전파흡수체를 설계할 수 있으며, 전파흡수체의 재료정수인 복소비유전율과 복소비투자율 및 두께가 전파흡수체 설계에 있어서 중요한 파라미터 값임을 알

수 있다.

3. 전파흡수체 제작 과정에 따른 측정 결과 및 특성 분석

3.1 전파흡수체 재료 탐색

전파흡수체 재료는 손실에 기인하는 항에 따라서 크게 도전손실재료, 유전손실재료, 자성손실재료로 분류할 수 있다. 특히 전자기기의 사용주파수가 고주파 화됨에 따라 GHz 대역 이상의 전파를 흡수할 수 있는 전파흡수체 재료가 필요하게 되어 Carbon 같은 유전손실 재료를 이용한 연구가 활발히 수행되고 있다.

본 논문에서는 여러 전파흡수체 재료 중 5 GHz 대역에서 얇은 두께로 우수한 전파흡수능을 가지는 Graphite와 지지재로는 CPE를 무선LAN용 전파흡수체의 재료로 제안하였고, 그 특성을 분석하였다.

3.2 전파흡수체 샘플 제작

전파 흡수체 샘플의 제작 과정은 Fig. 2와 같다. 먼저 Graphite와 CPE의 조성비를 30 : 70 wt.%, 40 : 60 wt.%, 50 : 50 wt.%, 60 : 40 wt.%, 70 : 30 wt% 로 하고, 각각을 믹서를 이용하여 혼합한 후 본 연구실에서 자체 제작한 Open roller를 이용하여 두께 1mm, 2mm, 4mm의 Sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다. 이때 open roller의 표면 온도는 전파 흡수능에 영향을 미치기 때문에 70 °C의 균일한 온도를 유지하였다(Moon et al., 2003)

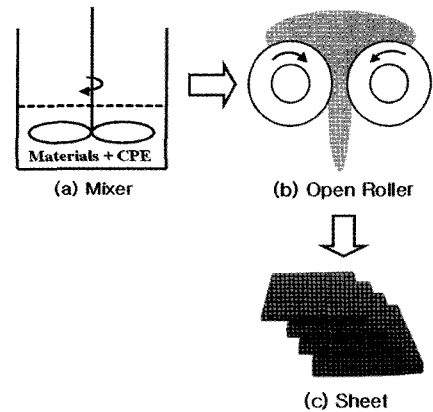


Fig. 2 Manufacturing process of an EM wave absorber.

3.3 측정 시스템

Fig. 3과 같은 Sample Holder에 펀칭 작업을 통한 전파흡수체 샘플을 제작하여 삽입한 후, Fig 3와 같이 HP사의 8753D Vector Network Analyzer에 연결하여 반사계수를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 이용하여 MATLAB 프로그램으로 각 샘플의 입력 임피던스를 계산하고, $\ell - 2\ell$ 법으로 재료정수인 복소비유전율과 복소비투자율을 계산하였다.

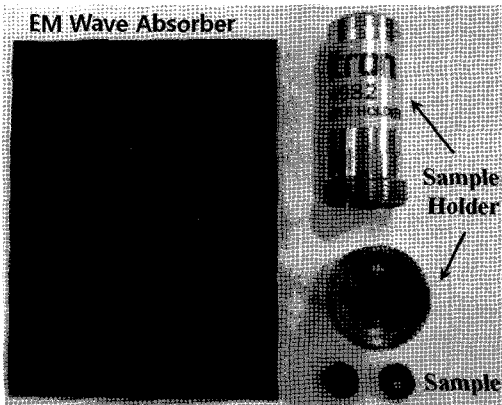


Fig. 3 An EM wave absorber, sample holder and sample.

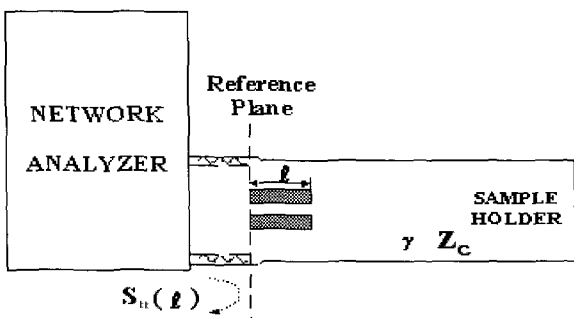


Fig. 4 Measurement system.

3.4 샘플의 전파흡수능 및 재료정수

Fig. 5~9는 Graphite와 CPE를 각 조성비별로 두께 1, 2, 4 mm로 각각 전파흡수체 샘플을 Fig. 3의 과정을 거쳐 제작하여 Fig. 4와 같은 측정시스템에 의해 측정된 샘플들의 반사계수를 나타냈다.

전파 흡수체 샘플들의 반사계수를 분석해 보면 Graphite의 비율이 지지재인 CPE보다 높아질수록 흡수능은 저주파에서 나타났으며, 전파 흡수체가 얇아질수록 고주파에서 우수한 특성을 보였다.

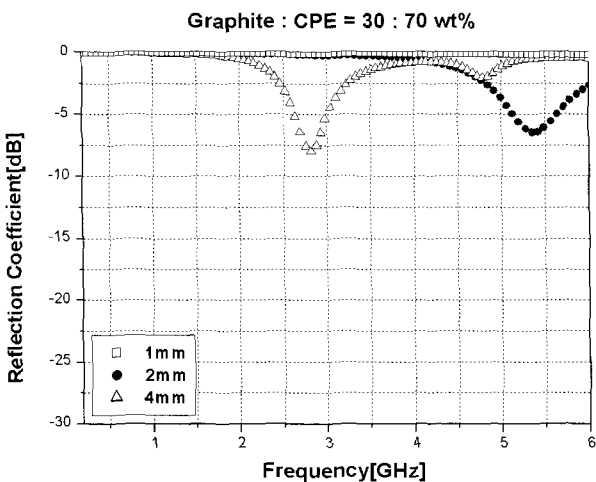


Fig. 5 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Graphite : CPE).

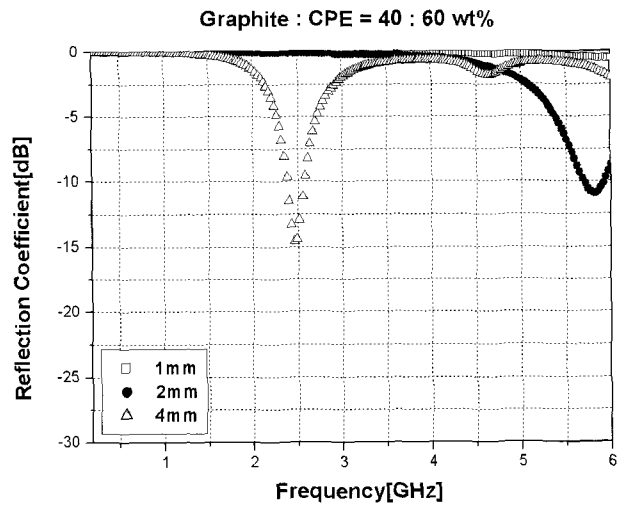


Fig. 6 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Graphite : CPE).

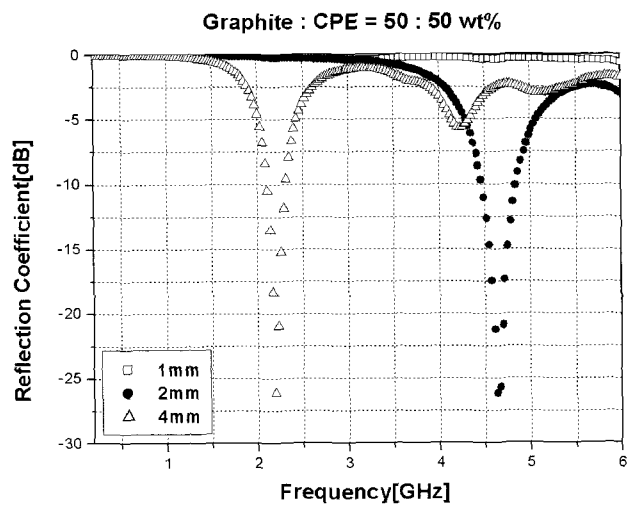


Fig. 7 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Graphite : CPE).

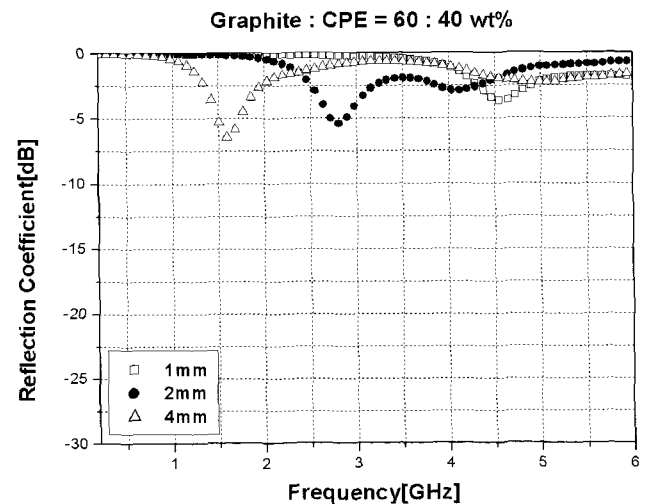


Fig. 8 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Graphite : CPE).

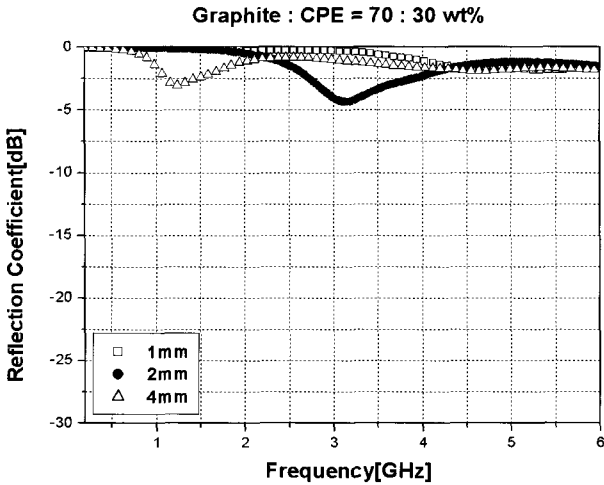


Fig. 9 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Graphite : CPE).

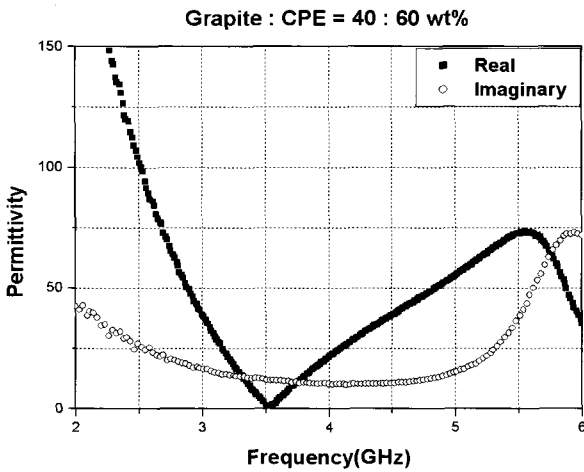


Fig. 10 Complex relative permittivity of sample (Graphite : CPE = 40 : 60 wt.%).

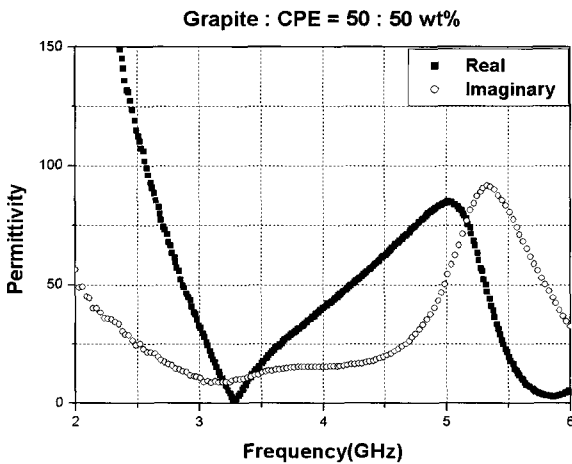


Fig. 11 Complex relative permittivity of sample (Graphite : CPE = 50 : 50 wt.%).

Fig. 5~9를 보면 Graphite : CPE = 40 : 60 wt%일 때 2 mm 인 전파흡수체 샘플이 5.8 GHz에서 약 11 dB, Graphite : CPE = 50 : 50 wt%일 때 2 mm인 전파흡수체 샘플이 4.7 GHz에서

27 dB 이상의 반사계수를 보였다.

Fig. 10~12는 Graphite와 CPE의 성분비가 40 : 60 wt.%, 50 : 50 wt.%, 60 : 40 wt.%인 전파흡수체 샘플의 조성비별 복소 비유전율을 나타낸 것이다. Graphite는 유전손실재료 이기에 복소 비유전율이 흡수능에 지대한 영향을 끼친다. Fig. 11을 보면 목표 주파수인 5.2 GHz에서 허수부와 실수부가 만나는 것을 확인하고 Graphite : CPE = 50 : 50 wt.% 인 전파흡수체가 5.2 GHz에서 흡수능이 우수할 것을 예측할 수 있다.

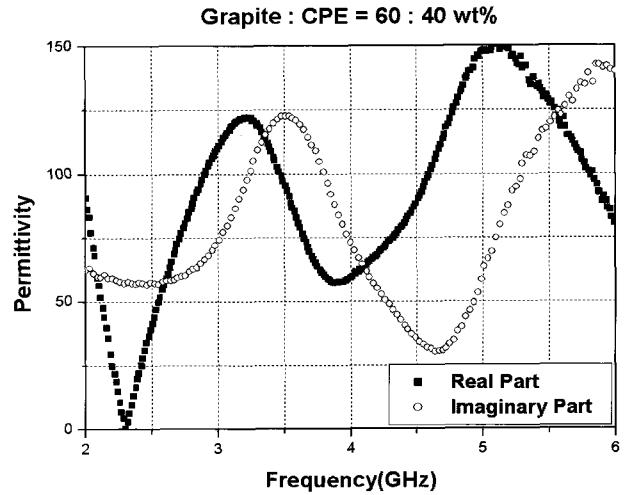


Fig. 12 Complex relative permittivity of sample (Graphite : CPE = 60 : 40 wt.%).

3.5 시뮬레이션

Fig. 13 은 전파흡수체 샘플의 반사계수와 재료정수를 이용하여 Graphite : CPE = 40 : 60, 50 : 50, 60 : 40 wt%를 두께를 변환해 가면서 MATLAB을 이용해 시뮬레이션 한 것이다.

시뮬레이션 결과 전파흡수체의 조성비가 Graphite : CPE = 50 : 50 wt%이고 두께가 1.7 mm일 때, 5.2 GHz에서 반사계수가 우수할 것으로 예측되었다.

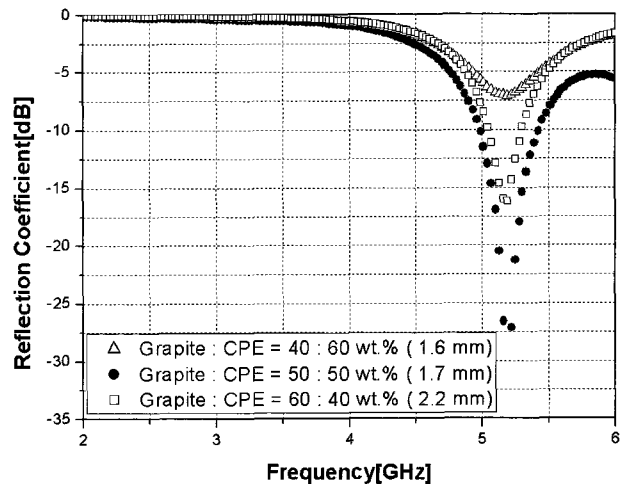


Fig. 13 Absorption ability of simulated EM wave absorber according to the mixing ratio of Graphite : CPE.

3.6 전파흡수체 제작 및 측정 결과 비교

시뮬레이션을 토대로 Fig. 2와 같은 전파흡수체 제작과정을 통해 Graphite : CPE = 50 : 50 wt.%, 두께 1.7 mm인 전파흡수체를 제작하고, Fig. 4와 같은 측정 시스템을 통하여 반사계수를 측정한 결과를 Fig. 14에 나타내었다. 5.2 GHz에서 전파흡수능은 27 dB 이상으로 측정되었으며, 시뮬레이션 값과 실측값이 잘 일치하였다.

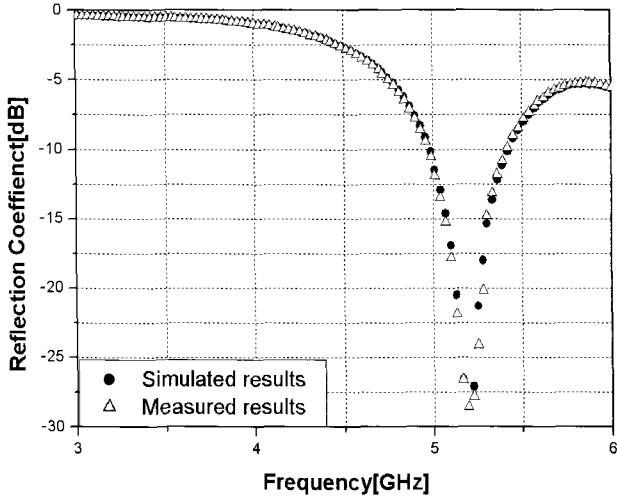


Fig. 14 Comparisons of simulated and measured results (The thickness was fixed as 1.7 mm).

4. 결 론

최근, 많은 관심을 모으고 있는 무선LAN은 그 편리성을 인정받아 빠르게 대중화 되어 가고 있다. 그러나 실내에서 사용하게 되면 여러가지 주위 환경에 의해 반사파가 발생하고 이러한 다중반사로 인하여 데이터 전송의 오류 및 성능 저하의 주된 원인이 된다. 이러한 악영향을 감소시키기 위한 방법의 하나로 전파흡수체를 적용하는 방법이 유력하다.

본 논문은 유전손실재료인 Graphite의 특성을 연구, 분석하여 Graphite : CPE = 50 : 50 wt.% 가 최적의 조성비임을 확인하고, 시뮬레이션 결과를 통하여 전파흡수체를 제작하고 측정된 결과 두께가 1.7 mm일 때 5.2 GHz에서 27 dB 이상의 뛰어난 전파흡수능이 얻어짐을 확인할 수 있었다.

이는 기존에 개발된 전파흡수체(Yoon et al, 2003)보다 박형화되어 무게나 가격적인 측면에서 우수하고 천정이나 벽, 바닥에 활용이 기대된다.

후 기

“본 연구는 중소기업청과 부산광역시가 지원하는 2008년도 산학협력실지원사업의 지원으로 이루어졌습니다.”

참 고 문 헌

[1] 김동일(2006), 전파흡수체 공학, 대영사, pp. 176-203.
 [2] Choi, C. M., Kim, D. I., Choi, D. H., and Li R.(2006), "Development of Broad-Band Electromagnetic Wave Absorber for X-band Sensors in Double-layered Type Using Carbon," 12th IAIN World Congress, vol. 1, pp. 297-300.
 [3] Hashimoto, O. (1997), Introduction to Wave Absorber, Tokyo:Morikita Shuppan, pp. 79-81.
 [4] Moon, S. H., Shin, S. J., Song, J. M., Kim, D. I., and Kim, K. M. (2003), "Development of composite a ferrite EM wave absorbers for GHz frequency," Journal of Korea Electromagnetic Engineering Soc., vol. 14, no. 12, pp. 1329-1334,
 [5] Naito, Y.(1987), Electromagnetic Wave Absorbers, Tokyo:New Ohm, pp. 69-76.
 [6] NITTA, S. (2000), "The Future of EMC Technology," IEICE Trans. Commun., vol. E83-B, no. 3.
 [7] Sailiga, S. V. and Ph. D.(2000), "An Introduction to IEEE 802.11 Wireless LANs," Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium.
 [8] Yoon, S. G., Kim, D. I., Lee, D. H., and Choi, C. M. (2003), "A Study on the EM Wave Absorber for the Electromagnetic Environment of Indoor Wireless LAN," Journal of The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 18, no. 11, pp. 1224-1230.

원고접수일 : 2010년 2월 1일
 심사완료일 : 2010년 2월 23일
 원고채택일 : 2010년 2월 24일