

# Sendust를 이용한 UHF대역 RFID 시스템용 전파흡수체 개발에 관한 연구

박수훈\* · 최창목\* · 윤상길\* · † 김동일\*\*

\*한국해양대학교 전파공학과, \*\*한국해양대학교 교수

## A Study on Development of the EM Wave Absorber for UHF Band RFID System using the Sendust

Soo-Hoon Park\* · Chang-Mook Choi\* · Sang-Gil Yoon\* · † Dong-Il Kim\*\*

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

\*\*Department of Radio Science and Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요약** : 본 논문에서는 UHF대역 RFID 시스템 통신 간에 발생하는 다중 반사 및 리더 간섭 방지와 금속면에 부착된 RFID Tag의 통신 거리 향상을 위한 전파흡수체를 설계 및 제작하였다. 먼저 자성손실 재료인 Sendust와 지지체인 CPE(Chlorinated Polyethylene)를 이용하여 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하였고, 이 전파흡수체 샘플로부터 구한 재료정수를 이용하여 시뮬레이션을 한 결과 최적의 조성비가 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.%임을 확인하였다. 그리고 시뮬레이션 결과를 토대로 전파흡수체를 실제제작하여 전파흡수능을 비교·분석하였다. 그 결과 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.%의 조성비일 때, 두께 1.9 mm의 전파 흡수체가 860 MHz ~ 960 MHz의 주파수 범위에서 전파흡수능 10 dB 이상의 특성을 얻음으로써 UHF대역의 RFID 시스템용 전파흡수체로 적합함을 확인하였다.

**핵심용어** : 리더 간섭, 전파흡수체, Sendust, RFID

**ABSTRACT** : In this paper, the EM wave absorber was designed and fabricated for preventing unexpected multipath waves and Reader Interference in UHF band RFID system communication and improving communication range in RFID Tag attached on a metal plate. 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 85 : 15 wt.% by experiments and simulation. Then the EM wave absorber was fabricated and tested using the simulated data. As a result, the developed EM wave absorber has a thickness of 1.9 mm and absorption ability was over 10 dB in frequency range of 860 MHz~960 MHz. Therefore, it was confirmed that the developed absorber can be used for RFID system in UHF band.

**KEY WORDS** : reader interference, EM wave absorber, Amorphous, RFID

### 1. 서 론

유비쿼터스 도시 비전의 추진 및 정보통신부의 IT839 정책으로 RFID에 대한 관심이 국내외적으로 높아지고 있다. 또한 RFID 시스템은 적용 분야별로 125 kHz의 저주파 대역에서 5.8

GHz의 마이크로파 대역에 이르기까지 다양한 주파수 대역을 사용하고 있으나, 마이크로파방식을 이용하는 UHF(860 MHz ~ 960 MHz)대역 RFID 시스템이 원거리 인식과 데이터의 고속 전송 가능으로 항만·유통·물류 분야와 모바일 RFID 분야에서 널리 사용되고 있다[2]. 그러나 상용주파수 대역이 고주파

\* 대표저자 : namemg2@nate.com 010)3120 9977

\* 공동저자 : nav-sun@hanmail.net 010)5077 1864

\* 공동저자 : gil1604@paran.com 010)6676-2100

† 교신저자 : dikim@hhu.ac.kr 011)582-4343

대역으로 이동함에 따라 RFID 리더와 Tag가 통신을 함에 있어서 주위 환경이 많은 영향을 끼친다. 특히 다중 반사에 의한 영향은 직접파와 반사파의 위상이 일치할 경우 교신 가능한 영역을 증가시켜 불필요한 Tag 인식을 일으키며, 직접파와 반사파의 위상이 상쇄될 경우 교신 가능한 영역을 감소시켜 정상시 인식되고 있는 Tag를 인식할 수 없게 한다. 그리고 단일 Reader 주변에 다른 Reader가 존재할 경우에도 Reader 간섭이 발생하여 인식률이 저하된다[4][7]. 또한 Tag가 금속 물체에 부착될 경우, 금속 표면에서 신호의 반사와 경계 조건에 의하여 수신 전력이 감소되고, 금속 물체와 Tag 안테나 사이의 기생 커패시턴스 성분에 의해 안테나의 특성이 변화되어 통신 거리가 급격하게 줄어든다[9][11]. 이러한 문제점들은 RFID Reader와 Reader간에 또는 Reader와 Tag간의 통신 환경에 적합한 전파흡수체를 사용하거나 Tag 안테나와 금속 물체 사이에 전파흡수체를 부착하여 불필요한 간섭을 막음으로써 해결할 수 있다. 따라서 본 논문은 UHF 대역 RFID 시스템용 전파흡수체를 개발하기 위한 연구로써, 자성 재료인 Sendust와 지지재인 CPE를 사용하여 각 조성비별 전파흡수체 샘플을 제작하고, 각 조성비별 샘플로부터 재료정수를 계산하여 시뮬레이션 한 후 최적의 조성비 샘플로부터 이론적 설계를 하였다. 그리고 전파흡수체 설계를 바탕으로 UHF 대역 RFID 시스템용 전파흡수체를 실제 제작하여 설계치와 전파흡수능을 비교·분석 하였다.

## 2. 전파흡수체 설계 이론

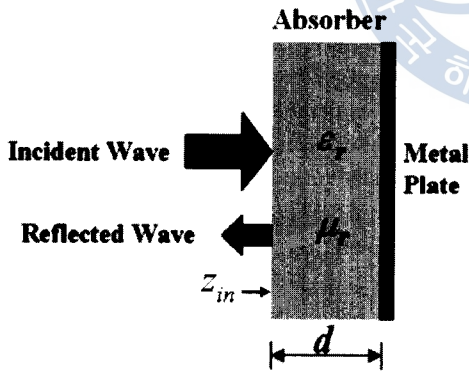


Fig. 1 Single Layered EM wave Absorber

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

$$RL = -20 \log_{10} \left| \frac{A_R}{A_I} \right| = -20 \log_{10} \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right| \quad [dB] \quad (1)$$

여기서,  $z_{in}$ 는 정규화 입력임피던스이다.

평면파의 수직입사에 대한 정규화 입력임피던스  $z_{in}$ 는 식(2)처럼 주어진다[1][5][8].

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

여기서,  $\lambda$ 는 입사한 평면파 파장이며,  $\epsilon_r$ 는 복소비유전율 ( $\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$ ),  $\mu_r$ 는 복소비투자율( $\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$ )이다. 또한 완전한 전파흡수체가 되기 위해서는  $z_{in}$ 이 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다[3].

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

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

## 3. 전파흡수체 제작 과정에 따른 측정 결과 및 특성 분석

### 3.1 전파흡수체 샘플 제작

본 논문에서는 전파흡수체의 주재료로 자성 손실재료인 Sendust를 사용하였으며, 지지재료는 CPE를 사용하였다. 전파흡수체 샘플의 제작 과정은 Fig. 2와 같다. 먼저 Sendust와 CPE의 조성비를 75 : 25 wt.%, 80 : 20 wt.%, 85 : 15 wt.%로 하고, 각각을 믹서를 이용하여 혼합한 후 본 연구실에서 자체 제작한 Open roller를 이용하여 두께 1 mm, 2 mm의 Sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다.

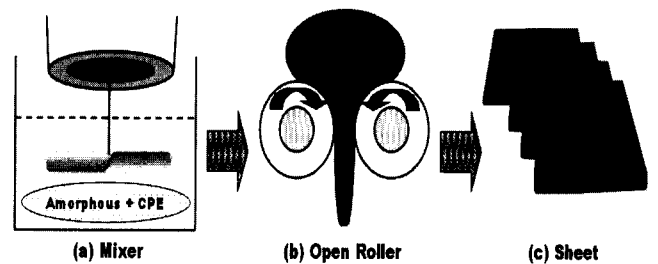


Fig. 2 Manufacturing Process of an EM Wave Absorbers

### 3.2 측정 시스템

Fig. 3과 같은 Sample Holder에 펀칭 작업을 통한 전파흡수체 샘플을 제작하여 삽입한 후, Fig 4와 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 복소 비유전율과 복소비투자율을 계산하였다.



Fig. 3 An EM wave absorber, Sample Holder and Sample

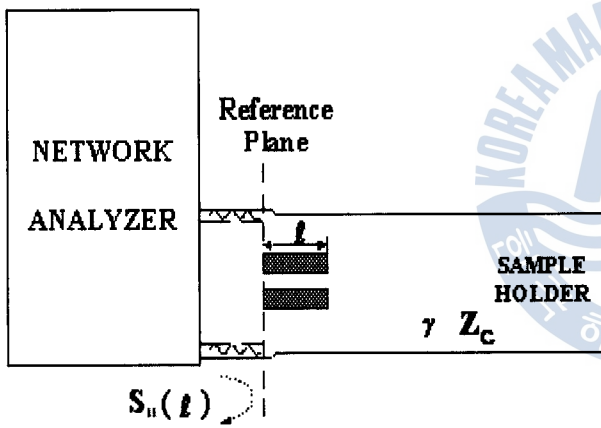


Fig. 4 Measurement System

### 3.3 샘플의 전파흡수능 및 재료정수

Fig. 5는 Sendust와 CPE의 조성비별 두께가 1 mm인 전파흡수체 샘플로부터 측정된 전파흡수능을 나타내고 있으며, Sendust : CPE의 함량비 중 Sendust의 함량비가 증가하는 샘플일수록 저주파대역에서 우수한 전파흡수능을 보였다. 이러한 경향을 볼 때 중심주파수를 목표한 860 MHz ~ 960 MHz 대역으로 옮기기 위해서는 Sendust의 함량비가 더욱 높은 전파흡수체의 제작이 필요하지만, 제작상의 어려움과 유연성이 떨어지는 문제점이 있음으로 본 논문에서는 전파흡수체의 두께를 조절하여 중심주파수를 목표주파수 대역으로 옮기는 연구를 수행하였다.

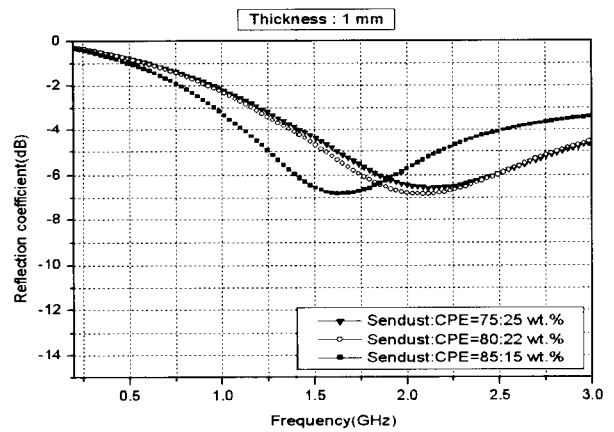


Fig. 5 Reflection coefficients of samples with different composition ratio (Thickness : 1 mm)

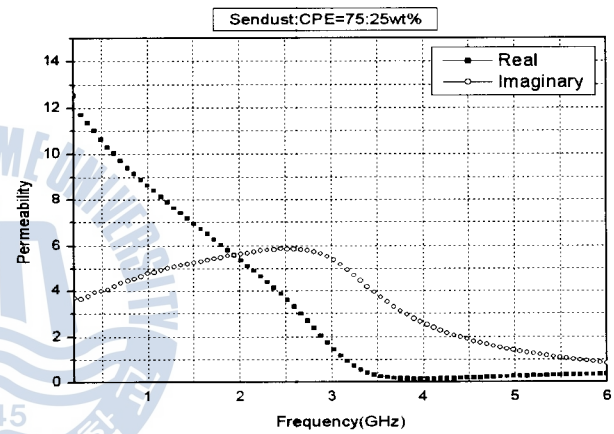


Fig. 6 Complex Relative Permittivity of Sample (Sendust : CPE = 75 : 25 wt.%)

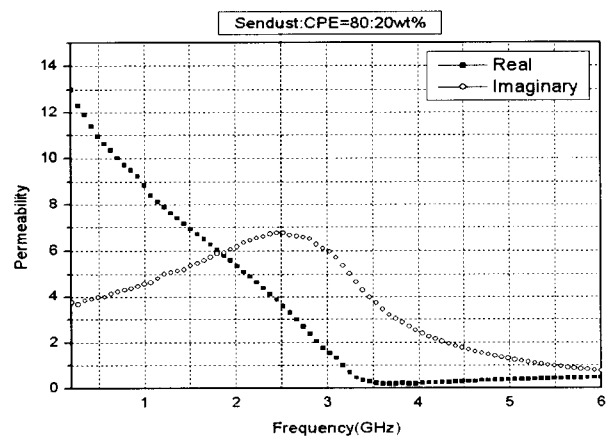


Fig. 7 Complex Relative Permittivity of Sample (Sendust : CPE = 80 : 20 wt.%)

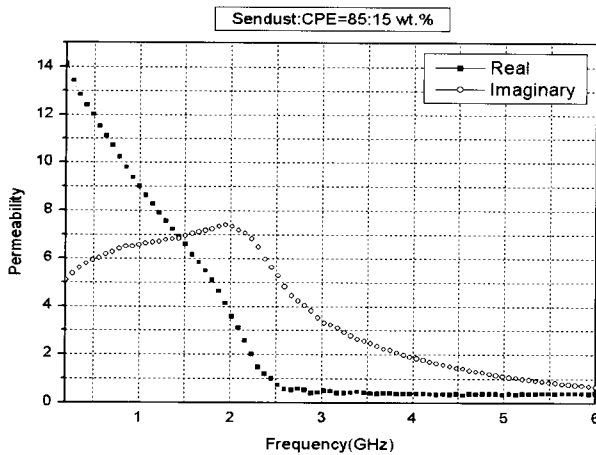


Fig. 8 Complex Relative Permittivity of Sample (Sendust : CPE = 85 : 15 wt.%)

Fig. 6에서 Fig. 8은 조성비별 전파흡수체 샘플의 복소비투자율을 나타낸 것으로 Sendust : CPE의 함량 비 중 Sendust의 함량이 증가 할수록 복소비투자율의 실수부 초기 값이 증가하며, 손실에 기여하는 허수부의 피크 값( $f_r$ )이 증가하고 저주파로 이동하였다. 또한 Snoek은  $f_r$ 과  $\mu_i$ 의 관계를 식 (4)와 같이 제안하였다[10].

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

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

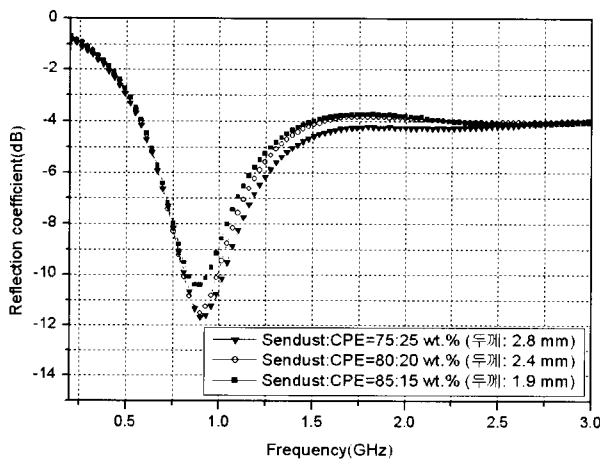


Fig. 9 EM wave absorber ability of samples with different composition ratio at center frequency 900 MHz (Simulation)

식 (4)로부터  $f_r$ 와  $\mu_i$ 는 반비례 관계임을 알 수 있으며, Fig. 6에서 Fig. 8과 같이 Sendust : CPE의 함량 비 중 Sendust의 함량

이 증가 할수록  $\mu_i$ 가 증가하는 반면 공진주파수( $f_r$ )는 점점 낮아지고 있어 식 (4)를 잘 만족하고 있다.

### 3.4 시뮬레이션

Fig. 9는 각 전파흡수체 샘플의 반사계수와 재료정수를 이용하여 MATLAB 프로그램으로 중심주파수를 900 MHz로 고정시키고 시뮬레이션을 한 결과이다. 가장 박형화 되고 주파수 범위 860 MHz~960 MHz 에서 전파흡수능 10 dB 이상을 만족하는 최적화된 전파흡수체의 조성비와 두께는 각각 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.% 와 1.9 mm 였으며, 그 결과는 Fig. 10에 나타내었다.

### 3.5 전파흡수체 제작 및 측정 결과 비교

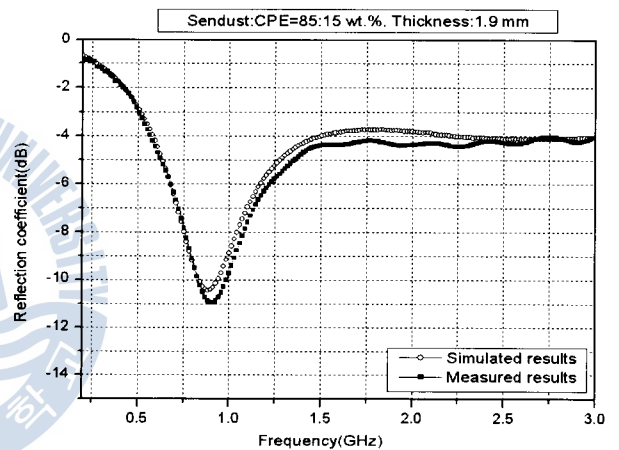


Fig. 10 Comparisons of simulated and measured results (Thickness : 1.9 mm)

설계된 전파흡수체를 토대로 Fig. 2와 같은 방법으로 실제 전파흡수체를 조성비 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.%, 두께 1.9 mm 로 제작하고, Fig. 4와 같은 측정 시스템으로부터 반사계수를 측정한 결과를 Fig. 10에 나타내었다. RFID 시스템의 ISM 주파수 대역인 860 MHz~960 MHz에서 전파흡수능은 10 dB 이상으로 측정되었으며, 시뮬레이션값과 실측값이 잘 일치하였다.

## 4. 결론

최근, 많은 관심을 갖고 있는 UHF 대역 RFID 시스템은 전자기파 방식을 이용하여 원거리 인식과 데이터의 고속 전송 가능으로 항만·유통·물류 분야와 모바일 RFID 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 상용주파수 대역이 고주파 대역으로 이동함에 따라 RFID 리더와 Tag간의 통신에 있어 주위 환경이 많은 영향을 끼친다. 특히 다중 반사에 의한 영향으로 인식

거리가 변화하고 밀집 리더(dense mode) 환경에 의한 리더 간섭으로 인식률이 저하될 뿐만 아니라 Tag가 금속 물체에 영향을 받을 경우 통신거리가 급격하게 줄어들게 된다. 따라서 본 논문에서는 UHF대역 RFID 시스템 통신 간에 발생하는 다중 반사 및 리더 간섭 방지와 금속면에 부착된 RFID Tag의 통신 거리 향상을 위한 전파흡수체를 설계 및 제작하였다. 자성 손실 재료인 Sendust를 이용하여 최적의 조성비가 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.%임을 확인하고, 측정된 재료정수를 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 토대로 UHF대역 RFID 리더 간섭 방지용 전파흡수체를 제작한 결과 조성비 Sendust : CPE = 85 : 15 wt.% 일 때, 두께 1.9 mm의 전파 흡수체가 860 MHz ~ 960 MHz의 주파수 범위에서 전파흡수능 10 dB 이상의 특성을 얻음으로써 UHF대역의 RFID 시스템용 전파흡수체로 적합함을 확인하였다.

## 후 기

본 연구는 정보통신부 및 정보 통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IIITA-2006-(C1090-0603-0034)).

## 참 고 문 헌

- [1] 김동일(2006), 전파흡수체 공학, 대영사, pp. 176-203.
- [2] 이윤덕, 김도윤, 윤현구, 육종관, 장병준(2007), "리더 간섭에 의한 RFID 시스템의 인식 거리 감소에 관한 연구", 한국전자과학회전자파기술지, Vol. 18, No. 7, pp. 63-69.
- [3] Choi, C. M., Kim, D. I., Choi, D. H., Li, Rui.(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.
- [4] Engels, D. W., Sarma S. E.(2002), "The reader collision problem", IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 3, pp. 92-97.
- [5] Hashimoto, O.(1997), Introduction to Wave Absorber, Tokyo:Morikita Shuppan, pp. 79-81.
- [6] Kwon, H. J., Shon, H. J., Hur, W. D.(1995), "The Microwave Absorbing Characteristics of Ferrite Grid Absorber", Journal of Korea Magnetics Society, Vol. 5
- [7] Leong, K. S., Ng, M. L., R. Grasso, A. and Cole, P. H.(2006), "Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments", International Symposium on Applications and Internet Workshop(SAINT'06), pp. 48-51.
- [8] Naito, Y.(1987), Electromagnetic Wave Absorbers, Tokyo:New Ohm, pp. 69-76.
- [9] Raunonen, P., Sydanheimo, L., Ukkonen, L., Keskilammj, M., and Kivikoski, M.(2003), "Folded Dipole Antenna Near Metal Plate," 2003 IEEE International Antenna and Propagation Symposium, pp. 848-851.
- [10] Snoek, J. L.(1948), "Dispersion and Absorption in Magnetic Ferrite at Frequency above one Mc/s", Physica, Vol. 14, pp. 207-217.
- [11] Ukkonen, L., Sydanheimo, L., and Kivikoski, M.(2004), "A Novel Tag Design Using inverted-F Antenna for Radio Frequency Identification of Metallic Objects," IEEE/Sarnoff Symposium, pp. 91-94.

원고접수일 : 2007년 12월 17일

원고채택일 : 2008년 01월 14일

