

전자회로 및 부품 보호용 방열기능형 스마트 전파 흡수체의 개발과 전망

김동일^{1*} · 박수훈² · 주양익³

Development and prospect of Smart EMW Absorber for Protection of Electronic Circuits and Devices with Heat Radiating Function

Dong Il Kim^{1*} · Soo Hoon Park² · Yang Ick Joo³

^{1*}Dept. of Radio Sciences & Eng., Korea Maritime & Ocean University, Busan, 606-791, Korea

²Gyeongnam Technopark

³Elec. & Electronics Eng. of Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea

요 약

전자 및 전파통신기술의 급속한 발전에 따라 인류는 정보통신의 커다란 혜택을 누릴 수 있게 되었다. 그러나 전자 파환경은 보다 복잡해지고, 그만큼 제어하기 어려워졌다. 이에 따라 ANSI, FCC, CISPR(국제무선장해규제기구) 등과 같은 국제기구에서는 다양한 전자파환경의 제어 및 대책을 수립해 오고 있다. 본 논문에서는 전파흡수체의 현황과 미래의 스마트 흡수체, 나아가서 방열 기능을 가지는 전파흡수체의 설계 방법을 제안한다. 설계한 전파흡수체는 2 GHz-2.45 GHz에서 20 dB 이상의 흡수능을 발휘하며, 개구의 크기, 간격 및 두께는 각각 6 mm, 9 mm, and 6.5 mm로 하였다. 이 스마트 전파흡수체는 다양한 전자, 통신, 제어, 전파 시스템의 회로 및 부품 보호용 소재로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

ABSTRACT

With the rapid progress of electronics and radio communication technology, human enjoys greater freedom in information communication. However, EMW (Electro-Magnetic Wave) environments have become more complicate and difficult to control. Thus, international organizations, such as the American National Standard Institution (ANSI), Federal Communications Commission (FCC), the Comite Internationale Special des Perturbations Radio Electrique (CISPR), etc, have provided standard for controlling the EM wave environments and for the countermeasure of the electromagnetic compatibility (EMC). In this paper, the status of EMW absorbers and the goal of smart EMW absorber in the future were described. Furthermore, design method of the smart EM wave absorber with heat radiating function was suggested. The designed smart EM wave absorber has the absorption ability of more than 20 dB from 2 GHz to 2.45 GHz band, the optimum aperture (hole) size, the adjacent hole space, and the thickness of which were 6 mm, 9 mm, and 6.5 mm, respectively. Thus, it is respected that these results can be applied as various EMC devices in electronic, communication, and controlling systems.

키워드 : 전파흡수체, 전파흡수능, 카본 나노 튜브, 개구, 인접 홀간 간격

Key word : EM wave absorber, EM wave absorption ability, carbon nano-tube, aperture, adjacent hole space

Received 23 February 2015, Revised 10 March 2015, Accepted 23 March 2015

* Corresponding Author Dong Il Kim (E-mail: dikim@kmou.ac.kr, Tel:+82-10-3582-4343)

Department of Radio Sciences & Eng., Korea Maritime & Ocean University, Busan, 606-791, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.5.1040>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

방열 기능을 가지는 스마트 전파흡수체는 전자파환경에 관련된 IEC, CISPR, FCC, ANSI 등 국제위원회에서 권고하는 국제규격을 만족시키는 전자파환경 대응 부품 및 소재를 지칭하지만, 여기에 전자기기에서 발생하는 열을 방출시켜 기기 내부에 축열되는 것을 방지하기 위한 것이다. 이와 관련된 기술개발이 이루어지지 않으면, IT 관련 회로 및 부품의 신뢰성이 확보되지 않아 기술적 우위와 세계시장에서의 제품 경쟁력을 유지할 수 없으며, 심지어는 IT 관련 제품의 수출이 불가능한 소위 무역장벽으로 이용되기도 한다. 상기의 기술은 차량 및 선박의 안전성 확보를 위해서도 반드시 필요한 요소 기술이다.

본 기술개발의 핵심은 전자파재료의 전자파 흡수특성과 물성을 파악하고 제어하여, 원하는 방열기능을 발휘하는 스마트 전파흡수체를 개발하는 것이다. 이는 전자파환경 대응 소재의 특성, 즉 전기적 성질, 자기적 성질, 물리적 성질 등을 파악하고 이를 제어하여, 대책하고자 하는 주파대역에서 전자파 에너지를 열에너지로 변환시키거나 전자파 에너지의 흐름을 차단하여 인접한 기기나 인체 등에 영향을 미치지 않게 하는 것이 중요하다. 따라서, 전자파환경 대응 부품의 제작에 적합한 소재를 개발하고, 이를 이용하여 방열 기능을 가지는 스마트 전파흡수체 설계·제작 기술을 개구 형성의 방법을 통하여 한 단계 발전시켰다[1].

본 논문에서는 상기한 전파흡수체의 기술현상을 조사·분석하여 향후 발전방향을 모색하는데에 참고가 되게 하고자한다. 나아가서, 전파공학적인 이론에 근거한 전자파환경 대책부품의 설계 기술과 전자파재료의 물성을 제어하는 소재 가공 기술을 함께 적용하여, 전자파환경 대응 부품을 최적 설계·제작함으로써 목표 주파수에서 전자파 대책 기술을 확립하는 것이 핵심사항이다[1,2]. 그러나 이 분야 기술이 전파공학, 전자공학, 물리학, 재료공학 등 광범위한 기술이 요구되는 복합기술이며, 현 시점에서 이 분야에 사용되고 있는 소재로는 주로 GHz 대역에서, 1 μm ~ 수 μm 입径의 ferrite, Sendust, TiBaO₂, 연자성금속 등이 있으나 이들이 가지는 한계점을 극복하기 위하여 카본 나노튜브(nano-tube) 또는 카본 나노 파이버(nano-fiber) 등의 나노소재 기술과의 융합기술이 발휘되어야 한다. 또한, 초기 투자비가

많이 소요되기 때문에 우리나라 산업체, 특히 중소기업의 경우에 경제적, 기술적 능력과 인력의 부족으로 감당하기가 어려운 문제점이 있다.

따라서 미래 지향적인 유비쿼터스 IT 혁명 속에서 RFID, ETC, 무선 LAN 시스템, 휴대전화, LED 등에서 발생하는 전자파장해 문제를 적극적으로 대처하여 세계적인 IT 강국의 중심에 서기 위해서는 전자파환경 대응 부품 및 소재 개발을 위하여 산·학·연이 함께 참여하는 공동연구를 수행하여 상호 유기적인 관계 속에서 기술개발이 이루어지는 것이 바람직하다.

현재 미국이나 유럽 등 대부분의 선진국에서는 전자파장해에 관련된 자국의 규정을 제정하여 전자파장해 문제가 해결되지 않은 가전제품을 비롯한 자동차, 기기류 및 전기전자정보처리 장치 등을 비롯한 거의 모든 시스템의 수입을 엄격히 규제하고 있어서 비관세 무역장벽으로 이용하고 있는 현황이다. 따라서, 본 논문에서는 전자회로에서 발생하는 불요 전자파를 흡수/차폐함으로써 전자제품의 안정성과 신뢰성을 확보하고 전자제품의 집적회로에 적용된 방열팬이나 방열소자의 대체부품으로 기능하면서 해당제품의 정숙성과 슬림화를 가능하게 하고자 한다.

국내에서는 대학, 연구소, 기업 등을 중심으로 1980년대 이후 일부 특정 용도의 전파흡수체에 관한 연구가 수행되어 오고 있다. 그리고 PCB로부터 방사되는 전자파 노이즈 대책용 전파흡수체 개발은 자화전자(주), AMIC(주) 등의 기업에서 제조하여 시판 중에 있으나 그 특성이 선진국에 비해 미흡한 단점이 있다. 전자기기의 오작동 및 전자파 노이즈에 의한 장애는 증가하고 있는 실정이지만, 전파흡수체의 시장은 일본에 의존하거나, 외국 의 사례를 분석하여 모방형 제품생산을 하고 있는 실정이다.

방열 기능을 가지는 다기능 전파흡수체 개발은 국내에서 전세계의 선두에 서서 시도되고 있으며, 기존의 전파흡수체를 사용한 전자파환경 대책용 기술개발은 미국, 일본, 유럽 등에서도 활발히 연구되고 있다. 이들 국가 중에서도 이 분야 기술개발에 가장 앞서가고 있는 나라가 일본이다.

일본에서는 Tokai University의 Youji Kotsuka 연구그룹과 Aoyama Kakuin University의 Osamu Hashimoto 연구그룹을 중심으로 통신기술의 고주파화 문제와 전자파 환경악화의 문제를 해결하기 위해 환경적합성재

료의 선택을 전파흡수체 구성상 중요한 조건으로 인식하고 정확한 재료정수, 전파흡수량의 측정법 및 적합한 재료개발 기술과 설계기술 등의 개발을 목표로 연구하고 있다. 전자기판 전자파노이즈 대책용 전파흡수체는 일본의 TDK, NEC-Tokin 등에서 꾸준히 연구를 진행하고 있고 10 MHz ~ 5 GHz의 주파수 대역을 커버하는 박형 전파흡수체 개발을 위해 노력하고 있으며 일부 상용화 되어있다[3].

향후 저자 등이 개발하고자 하는 ‘방열 기능을 가지는 기능성 스마트 전파흡수체’는 국외 및 국내에서 최초로 수행하는 것으로서, 뛰어난 방열 기능과 고성능의 전파흡수능을 가지는 세계 제1의 전자파 흡수/방열 기능을 겸비한 소재가 될 것으로 기대된다.

II. 카본 블랙과 CNT의 전파흡수 특성비교

기존의 전파흡수체 재료로는 카본, 퍼멀로이, 페라이트, Sendust, 연자성금속 등 도전 손실 재료를 주로 이용하였으나, 이러한 재료들이 갖는 흡수능의 한계로 본 논문에서는 Carbon nano-tube를 전파흡수체의 주 재료로 사용하였다[4].

본 논문에서는 GHz 대역의 방열효과를 부여한 스마트 전파흡수체의 개발을 위하여, 그림 1과 같이 (a) 종래의 전파흡수체와 Carbon Nano -Tube (CNT) 소재를 적용한 전파흡수체의 특성을 비교해 보았다. 그림 2는 (a) Carbon black과 CNT 재료의 SEM 사진을 나타낸다. 그림 2 (a)의 Carbon black은 미세한 탄소분말인 데 이튼바 그늘음에 상당하는 것으로 탄소입자의 크기는 0.3 μm 정도이며, 그림 2 (b)의 CNT는 탄소로 이루어진 탄소 동소체로서 하나의 탄소가 다른 탄소원자와 육각형 벌집무늬로 결합되어 튜브형태를 이루고 있는 물질이다.

이 튜브의 직경이 0.01 μm 수준으로 극히 작은 영역의 물질이다. 탄소나노튜브는 우수한 기계적인 성질과 그 외에도 전기적 선택성, 뛰어난 전계 방출 특성, 고효율의 수소저장 매체의 특성을 지니며, 현존하는 물질 중 결합이 거의 없는 완벽한 신소재로 알려져 있다[5,6]. 현재 카본 나노튜브는 2차 전지, 반도체 재료 등 여러 분야에서 활용되고 있다.

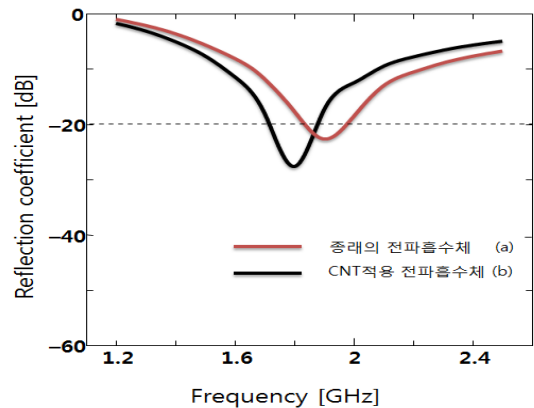


그림 1. 기존 및 CNT 흡수체의 전파흡수능 비교
Fig. 1 Comparison of Absorption of Conventional and CNT absorbers

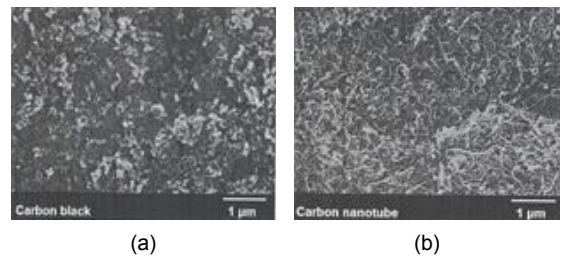


그림 2. (a) 카본블랙과 (b) 카본 나노-튜브의 전자현미경 사진
Fig. 2 SEM Photos of carbon Black and Nano-tube (a) Carbon black (b) Carbon nano-tube

향후, 나노기술(NT; Nano Technology)과 전자파공학기술(EMW Technology)을 조합한 NT- EMW 복합·융합 기술을 개발하여 고성능 스마트 전파흡수체 개발하는 것은 대단히 중요한 과제로 주목받고 있다.

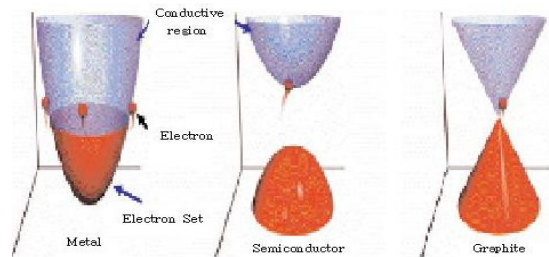


그림 3. 카본 나노-튜브의 거울 대칭
Fig. 3 Mirror symmetry of Carbon Nano-tube

Carbon nano-tube는 그림 3에 나타난 바와 같이 Carbon nano-tube의 직경 및 감긴 형태에 따라 전기적인 성질의 조절이 가능하다. 특히 기하학적인 대칭성이 원자들과 같은 미시체계에서 그 성질에 커다란 영향을 미치게 되므로 어떤 종류의 Carbon nano-tube 소재를 선택하는가 하는 것은 매우 중요하다[7,8]. 또한, Carbon Nano-fiber를 이용하는 스마트 전파흡수체의 연구도 병행되어야 할 것이다.

III. 개구의 개설에 의한 성능 개선 시뮬레이션

그림 4 에는 전파흡수체에 개설할 수 있는 몇 가지 형태의 개구를 보여준다[9]. 본 논문에서는 1차적으로 원형 홀 형태의 개구를 개설했을 때[10]의 성능 변화를 시뮬레이션하였다.

그림 5와 같이 두께가 d 인 전파흡수체에 직경 a , 홀 사이의 간격 b 의 원형 개구를 개설 할 경우, 먼저 두께와 홀 사이의 간격을 고정하고 홀의 크기 변화에 따른 전파흡수능의 변화를 그림 6에 나타내었다. 그림 7은 두께와 홀의 크기를 고정하고 홀 사이의 간격의 변화에 따른 전파흡수능의 변화를 나타낸다. 이 때 흡수능 20 dB를 기준으로 하여 가장 넓은 대역을 보이는 경우의 홀의 크기는 6 mm이었으며, 홀 사이의 간격은 9 mm, 두께는 6.5 mm이다.

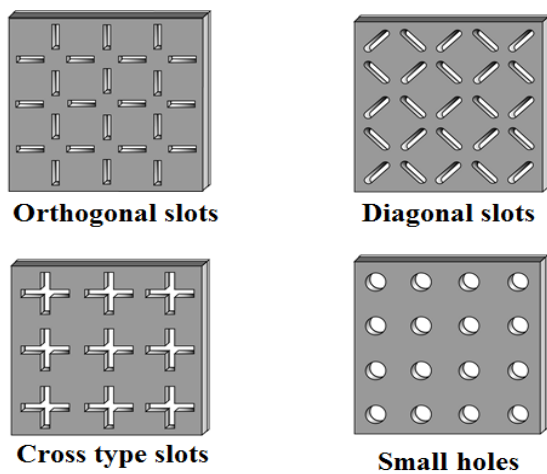


그림 4. 고려한 개구의 다양한 형상
Fig. 4 Various Aperture Shapes under Consideration

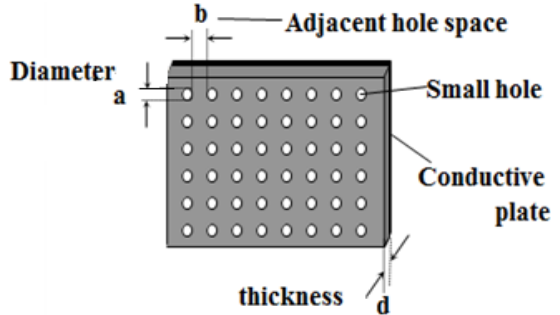


그림 5. 원 형상의 개구를 가지는 스마트 전파흡수체의 모양
Fig. 5 Shape of Smart EMW Absorber with Circular Aperture

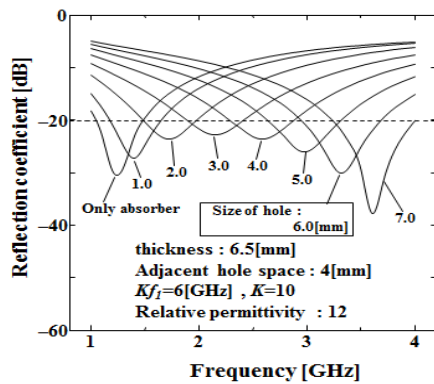
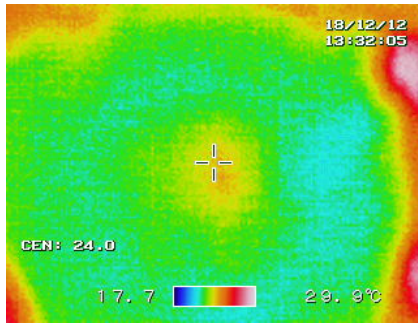
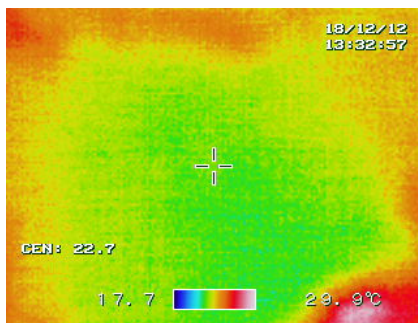


그림 6. 홀 크기에 따른 흡수능의 변화
Fig. 6 Variations of Absorption Ability according to the Hole Sizes

나아가서, 그림 7(a)는 개구를 형성하지 않은 전파흡수체의 방열특성을 그림 7(b)는 개구를 형성한 전파흡수체의 방열효과를 나타낸 그림이다. 그림 7(a) 및 7(b)에서 알 수 있는 바와 같이 위와 같은 개구를 개설함과 동시에 열전도율이 높은 도체판을 적용하여, 고도의 전파흡수능과 고효율의 방열 효과를 얻을 수 있음이 확인되었다. 그림 8은 개구의 크기에 따른 전파흡수능의 변화를 시뮬레이션한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 또한, 수행한 시뮬레이션 결과를 토대로 가장 우수한 특성이 얻어지는 홀의 크기와 홀 사이의 간격을 가지는 전파흡수체를 설계한 경우의 특성 결과치를 그림 9에 나타내었다. 최종 설계 된 전파흡수체는 주파수대역 2 GHz에서 2.45 GHz 대역에서 20 dB 이상의 우수한 흡수능을 가지도록 설계되었다.



(a) Without Apertures



(b) With Apertures

그림 7. 측정된 방열 특성도
Fig. 7 Measured Results of Heat Radiating Characteristics

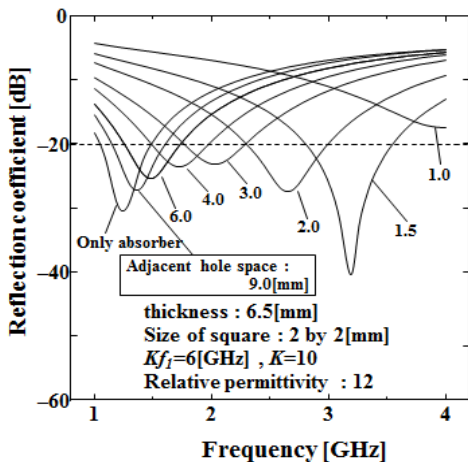


그림 8. 개구 간격에 따른 전파흡수능의 변화
Fig. 8 Changes of EMW Absorption Abilities according to the Intervals of Apertures

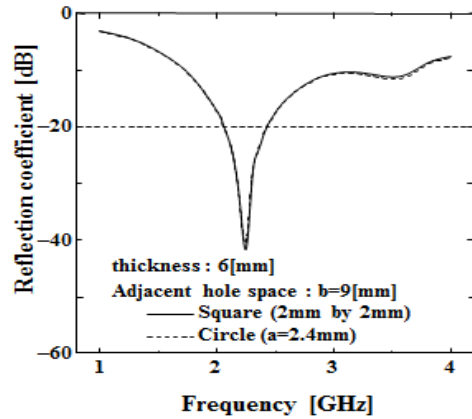


그림 9. 최적의 개구 형성시의 전파흡수 특성
Fig. 9 Characteristics of EMW Absorber with Optimal Apertures

IV. 결론

현재 우리나라와 전자기기 분야의 기술개발에 있어 주요 경쟁 대상국인 일본은 우리보다 한 발 앞서 이 분야에 많은 연구비와 인력을 동원하여 기술개발에 박차를 가하고 있다. 이에 맞서, 본 논문에서 제안한 기술개발을 통하여 이들과의 기술 격차를 줄이고 제품의 국산화가 이루어 질 수 있을 것으로 사료된다. 본 논문에서 제안하는 전파흡수체는 각종 전자제품의 집적회로에 적용되어 방열 팬 또는 방열판의 대체부품의 기능을 하면서 해당 제품의 정숙성, 슬림화를 구현하기 위한 시도를 하였다. 그 방법으로서 효율적인 열의 분산처리를 가능하게 할 뿐만 아니라, 전자회로에서 발생하는 불요 전자파를 흡수/차폐함으로써 전자제품의 안정성과 신뢰성을 보장하는 개선된 기능을 함으로써 전자산업에 크게 기여할 수 있다.

본 논문에서는 방열 기능을 가지는 스마트 전파흡수체 개발 방향을 제시하였다. 그 결과로서 전파흡수체 원형 홀 형태의 개구를 개설하는 방법을 제시하였으며 홀의 크기가 6 mm, 홀 사이의 간격이 9 mm 가지는 두께 6.5 mm의 전파흡수체를 설계하였다. 결론적으로, 설계된 전파흡수체는 주파수대역 2 GHz에서 2.45 GHz 대역에서 20 dB 이상의 우수한 흡수능을 가지도록 설계되었다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 산학협동재단 신진연구비 지원 및 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학협력기술개발사업(No. C0212504)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

REFERENCES

- [1] D. I. Kim, *EMW Absorber Engineering*, Dae-Young Pub. Co., 2006.
- [2] O. Hashmoto, *Introduction to Wave Absorber*, Tokyo, Morikita Publishing Co., 1997.
- [3] T. Soh, O. Hashmoto, "A Study on Millimeter-Wave Absorber Coating for V Band and W Band", *Trans. IEICE*, Vol.J84-B, No.8, pp. 1401- 1556, 2001.
- [4] Jae-Man Song, Hyun-Jin Yoon, Dong Il Kim, et al., "Dependence of electromagnetic wave absorption on ferrite particle size in sheet-type absorbers," *J. Korea Phys. Soc.*, vol.42, no.5, pp.671-675, 2003.
- [5] C. B. Mo, et al., "Fabricating Process and Characteristics of CNT/Metal Nano Composite Material," *Korea Institute of Fine Engineering*, Vol. 24, No.8, pp. 7-14, 2007.
- [6] J. H. Seong, et al., "Effects of Mechanical Characteristics on Crystalization by Variation of CNT and Carbon-Black Reinforced Rubber Composite Material," *J. of Korea Institute of Mechanics*, Vol. 35, No. 9, pp.999-1005, 2011.
- [7] Mehdipour, A., Rosca, I.D., Trueman, C.W., Sebak, A., Suong Van Hoa, "Multi-wall Carbon Nanotube - Epoxy Composites with High Shielding Effectiveness for Aeronautic Applications," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol.54, Issue.1, pp.28-36, 2012.
- [8] Decrossas, E., El Sabbagh, M. A. El-Ghazaly, S. M., Hanna, V.F., "Engineered Carbon-Nanotubes-Based Composite Material for RF Applications," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol.54, Issue.1, pp.52-59, Feb. 2003.
- [9] D. I. Kim, "Design of Super Wide-Band Ferrite EMW Absorber in Multi-Layer Type," *J. of KIEES*, Vol. 7, No. 4, pp.346- 352, Oct. 1996.
- [10] Dong Soo Choi, Dong Il Kim, Do Yeol Kim, and Dong Han Choi, "A Study on Smart Heat Radiating Sheet for Protecting Electronic Equipments on the Ship," *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol.35, No.7, pp.569-573, Jul, 2011.



김동일(Dong Il Kim)

한국해양대학교 졸업(공학사), 한국해양대학교 대학원 졸업(공학석사).
 동경공업대학 전기전자공학과 대학원 졸업(공학박사).
 산학협동상 대상, 과학기술진흥유공 대통령표창 수상.
 한국전자파학회/한국항해항만학회 각 학술상 수상, 한국교육대상 수상.
 IEEE EMC Korea Chapter Chairman 역임, 정보통신부 주파수심의위원회 위원/전자파문위원회 위원장 역임.
 현재 한국전자파학회 명예회장(제6대 회장 역임), 현재 한국공학한림원 회원, 현재 한국해양대학교 교수
 ※관심분야: 고성능 전파흡수체의 설계·제작, 다기능 전자파 흡수/방열 시트 개발, 전자파장해대책(EMI/EMC), 마이크로파/밀리미터파 수동회로, CATV 전송회로의 설계 등



박수훈(Soo Hoon Park)

2007년 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2009년 한국해양대학교 전파공학과 (공학석사)
 2009년 ~ 2011년 한진해운출당스
 2011년 ~ 현재 경남테크노파크 ICT진흥센터
 ※관심분야: EMC해석, 마이크로파소자 및 부품개발



주양익(Yang Ick Joo)

1998년 고려대 전자공학과 학사
2000년 고려대 전자공학과 석사
2004년 고려대 전자공학과 통신공학 박사
2004년 ~ 2012년 삼성전자 DMC 연구소 책임연구원
2012년 3월~현재 한국해양대학교 전기전자공학부 조교수
※관심분야 : Wireless MAC, WPAN/WBAN, VANET