The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 23, No. 4, pp.35-40, Aug. 31, 2023. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2023.23.4.35
JIIBC 2023-4-6

EMC 시험을 위한 EUT 시험장비 설계

Design of EUT test equipment for EMC Testing

김홍락*, 김윤진, 박성호**, 이만희****

Hong-Rak Kim*, Youn-Jin Kim**, Seong-Ho Park**, Man-Hee Lee****

요 약 EMC 시험을 위해서는 EUT가 정상적인 동작을 유지하고 있는 상황에서 EUT의 방사 특성과 내성 특성을 측정하게 된다. EUT의 정상적인 동작을 위해서는 무반향 챔버 외부에서 별도의 장비를 통하여 EUT를 동작시키고 상태를 모니터링해야 한다. 외부 장비는 1553B 통신, RS-485 통신, Ethernet 통신 등 다양한 통신을 통하여 EUT를 동작시키고 모니터링을 하게 된다. 이때 외부 장비가 통신 LINE을 통하여 잡음을 전달할 수 있다. 이러한 잡음은 연결된 전원케이블을 통하여 LISN에 전달되어 측정되게 된다. 또한 LISN에 연결단자를 통하여 방사되기도 한다. 이러한 경우 통신 LINE이 전원 LINE과 최대한 전자기적 격리를 통하여 잡음이 전달되지 못하도록 설계하여야 한다. 또한 외부 장비의 잡음이 통신 LINE을 통하여 챔버안으로 들어가는 것을 최대한 억압하야여 한다. 본 논문에서는 EMC 시험을 위하여 적용되는 외부의 EUT 시험장비의 설계 및 제작시 고려사항들에 대하여 설명하고 CE, RE를 포함한 시험을 통하여 설계 만족에 대하여 설명한다.

Abstract For the EMC test, the radiation characteristics and immunity characteristics of the EUT are measured under the condition that the EUT maintains its normal operation. For normal operation of the EUT, it is necessary to operate the EUT and monitor its status through separate equipment outside the anechoic chamber. External equipment operates and monitors the EUT through various communications such as 1553B communication, RS-485 communication, and Ethernet communication. At this time, external equipment can transmit noise through the communication line. This noise is transmitted to the LISN through the connected power cable and measured. It is also radiated through the connection terminal to the LISN. In this case, the communication line is the power line It should be designed so that noise is not transmitted through electromagnetic isolation as much as possible. In addition, noise from external equipment must be suppressed as much as possible from entering the chamber through the communication line. In this paper, external EUT test equipment applied for EMC test It explains the considerations in the design and manufacture of the design and explains the satisfaction of the design through tests including CE and RE.

Key Words : EUT, 1553B, RS-485, Ethernet, EMS(Electromagnetic Susceptibility), CE, RE

*정회원, LIG넥스원(주) PGM탐색기연구소 (교신저자)
**정회원, LIG넥스원(주) PGM탐색기연구소
접수일자 2023년 5월 31일, 수정완료 2023년 7월 3일
게재확정일자 2023년 8월 4일

Received: 31 May, 2023 / Revised: 3 July, 2023 /
Accepted: 4 August, 2023
*Corresponding Author: hongrak.kim@lignex1.com
Dept. of RF & IIR Seeker R&D Lab, LIG Nex1 Co., Ltd. Korea

Ⅰ. 서 론

EMC 시험을 위해서는 EUT가 정상적인 동작을 유지하고 있는 상황에서 EUT의 방사 특성과 내성 특성을 측정하게 된다. EUT의 정상적인 동작을 위해서는 무반향 챔버 외부에서 별도의 장비를 통하여 EUT를 동작시키고 상태를 모니터링해야 한다. 외부 장비는 1553B 통신, RS-485 통신, Ethernet 통신 등 다양한 통신을 통하여 EUT를 동작시키고 모니터링을 하게 된다. EUT 내부에는 MIL-STD-461 시험을 위하여 별도의 EMI 필터가 설계되어 있다. [1][2][3][4] 입력되는 전원에 각 시험 항목을 충족할 수 있도록 EMI 필터가 설계되어 있다. EUT 시험을 위한 별도의 외부 장비는 EMC 시험을 확인하기 위하여 필요한 장비로 실제 EUT가 필드에서 동작시에는 필요없는 장비이다. 해당 외부장비는 상온에서 EMC 시험 시 사용되므로 제작의 요구사항은 상온 기준으로며 별도의 EMC 규격은 없다. 하지만 실제 EUT를 시험하기 위하여 외부장비와 통신케이블로 연결이 되기 때문에 연결에 의한 잡음의 전달은 피할 수 없다. 이런 경우 잡음이 전달되지 못하도록 차폐설계가 필요하다. 전송선과 케이블/커넥터의 적절한 차폐는 전기 및 전자 장치의 올바른 작동을 보장하는 중요한 요소이다. 잘못된 차폐에서 발생할 수 있는 문제로 인해 의도하지 않은 전자파 교란이 발생할 수 있다.[6]

EMC(Electromagnetic Compatibility) 문제는 노이즈 소스, 커플링 및 수용체의 세 부 분으로 나눌 수 있습니다.[7] 케이블 및 커넥터 차폐는 이러한 종류의 교란을 줄이기 위해 가장 많이 사용되는 기술 중 하나이다.[7][8] 또한 커넥터와 케이블 모두에 대한 페어 신호의 스큐가 실제로 고속 차동 커넥터 및 케이블에 대해 고려해야 할 중요한 요소이다.[9][10][11] EUT와 연결되는 케이블의 커넥터는 케이블의 쉴드가 커넥터 내부에서 누설이 발생하지 않도록 차폐를 유지하여야 한다. 이러한 차폐 케이블이 시스템 설계에 사용되어 EMC 문제를 완화할 수 있다.[12][13]

Ⅱ. EMC 설계

1. 시험 셋업

EMC 시험은 그림 1과 같이 무반향 챔버 내에 EUT를 설치하고 전원케이블을 LISN에 연결을 한다. EUT는 시험이 이루어지는 지상면에 설치가 된다. 적용되는 지상평면은 금속 지상 평면을 사용해야 하고 면적은 2.25 m2 이상, 더 작은 쪽은 76 cm 이상이어야 한다. 케이블은 EUT와 배선된 다음 2 m 노출 후 전원 리드선은 가능한 한 짧은 거리에서 LISN에 연결된다. 이때 총 길이는 2.5 m를 초과할 수 없다. 모든 전원선은 나무 등 비전도성 재료로 지상평면에서 5 cm 높이를 유지해야 한다. 실제 적용되는 전원선이 twist wire로 구성된다면 LISN까지 유지해야 한다. EUT는 기능 저하 또는 오작동의 징후에 대한 내성 테스트 중에는 모니터링이 되어야 한다. 통신신호는 Access Panel을 관통하여 외부의 시험장비와 연결된다.

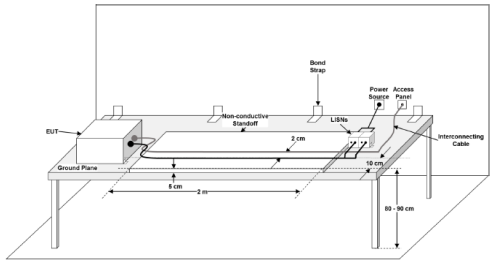

그림 1. 일반적 시험 셋업.
Fig. 1. General test setup.

그림 2는 그림 1의 일반적인 시험 셋업을 기준으로 무반향 챔버 외부의 EUT를 시험하기 위한 시험장비와의 연결을 보여주고 있다. 시험장비는 노트북 기반의 GUI 프로그램으로 되어 있고 통신변환 장치와 Ethernet으로 연결이 된다. 통신변환장치에서 EUT와 통신이 가능한 RS-485 통신으로 변환되어 입력된다. 노트북의 Ethernet 통신 잡음과 통신변환장치는 별도의 MIL-STD-461 규격을 만족하지는 않는다.

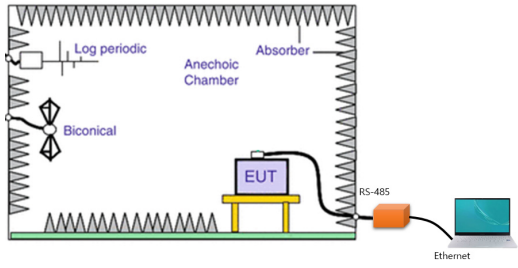

그림 2. 시험장비 포함 시험 셋업.
Fig. 2. Test setup with test equipment

그림 3은 외부의 케이블이 무반향 챔버로 유입될 때 권장되는 내용이다. 통신 필터 패널을 통하여 필터링된

신호만이 입력되어야 한다. 이러한 경우는 전용장비일경우에 해단 패널의 정보를 기반으로 케이블을 설계/제작이 가능하다. 외부 EMC 시험장을 이용할 경우에는 불가능하다. 그림 4는 케이블의 쉴드를 챔버룸의 접지와 연결하는 방법에 대하여 보여주고 있다.

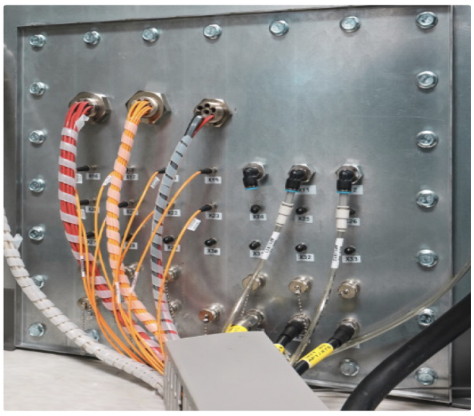

그림 3. 통신 필터 패널
Fig. 3. Communication Filter Pannel

케이블의 피복을 벗겨 케이블의 쉴드를 360도 챔버의 접지와 연결해주는 구조이다. 그림 4와 같이 처리를 하더라도 케이블 쉴드에 갖쳐 있는 에너지는 빠져나가지만 케이블에 여전히 남아 있는 노이즈신호는 EUT로 전달될 수 밖에 없다. 신호선의 노이즈를 억압하기 위해서는 신호선에 필터를 설계해야 한다.

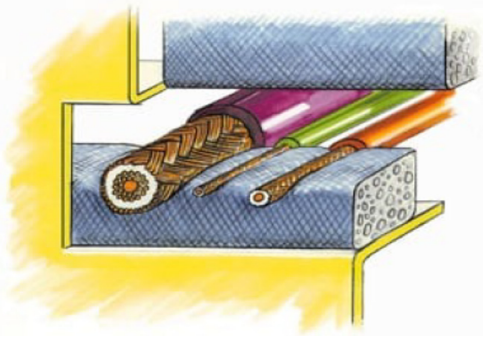

그림 4. 통신 케이블 경로
Fig. 4. Communication cable route

그림 5는 Feedthrough 타입의 필터 커넥터이다. 기존의 커넥터와 달리 내부에 EMI 필터가 각 핀마다 설계가 되어 있다. 파이형태의 필터가 내장되어 있어서 페라이트 인덕터의 크기에 따라서 차단 주파수가 정해진다. 페라이트 인덕터의 크기는 한계가 있으므로 일부 낮은 주파수의 잡음은 차단량이 적을 수 밖에 없다.

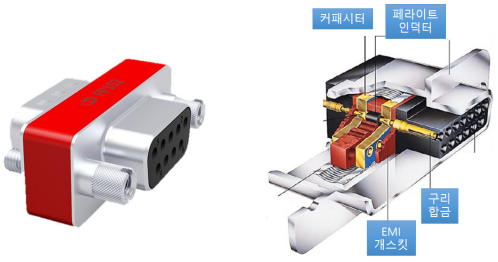

그림 5. 필터 D-sub 커넥터
Fig. 5. Filtered D-sub Connector

1. 사전 점검 시험

EMC 시험은 KOLAS 인증 시험으로 진행된다. 이를 위해서는 규정에 맞는 시험절차서가 필요하다. 시험절차서에는 해당장비가 운용되는 환경과 적용되는 외부 케이블을 고려하여 절차를 수립한다. 케이블의 경우 해당 시스템에서 적용되는 쉴드처리된 케이블을 적용하였다. 우선적으로 고려하는 시험은 CE102 규정이다. EUT가 다른 소스에서 전원과 리턴을 포함한 모든 전원 리드에 대해 10kHz ~ 10MHz에 적용된다. 레이다 내부에서 생성된 잡음이 전원케이블을 통하여 외부로 전도되어 케이블을 통하여 방사되는 신호의 세기를 규격내로 충족 시켜야 한다. 이를 위하여 전원 입력단에 EMI 필터 설계가 매우 중요하다. 또한 EMI 필터를 통과하여 외부와 연결되는 케이블의 차폐성능도 중요하다. 그림 6은 CE102 제한을 보여주고 있다.

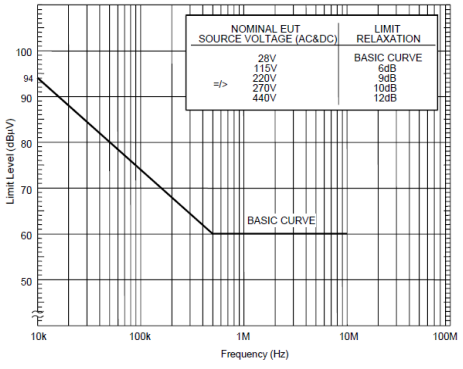

그림 6. CE102 제한
Fig. 6. CE102 limit

그림 7은 CE102 시험 결과이다. 제한 레벨에 4dB 정도의 마진이 있는 상황에서 규격을 만족하고 있다.

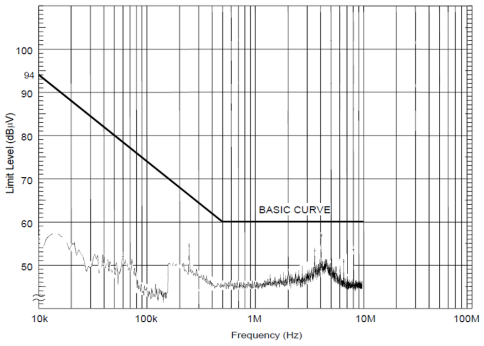

그림 7. CE102 사전 시험 결과
Fig. 7. CE102 Pre-test result

CE102의 영향이 RE102에도 반영된다. RE102 사전 시험을 통하여 확인이 필요하다. 그림 8은 RE102의 규정을 보여주고 있다. RE102는 EUT 및 케이블의 전기장 방출에 적용된다. 주요 목적은 수신기와 관련된 안테나 및 결합된 간섭으로부터 민감한 수신장치를 보호하는 것이다. 본 장비는 Aircraft에 장착되는 장비로 2MHz에서 18GHz 까지 적용하며 송신기 기본 주파수와 대역폭에는 적용되지 않는다. 100MHz 이하의 주파수에서는 EUT 내부의 통신과 디지털 신호에 의한 영향이 많이 나타난다. 해당 EUT는 금속 케이스로 차폐 설계가 되어 있어서 디지털 신호의 방사되는 에너지는 케이스를 통하여 접지로 빠지게 설계되어 있다. 케이블을 통하여 외부로 전달될 수 있는 잡음 에너지는 케이블 차폐를 통하여 접지로 빠지도록 설계가 되어야 한다.

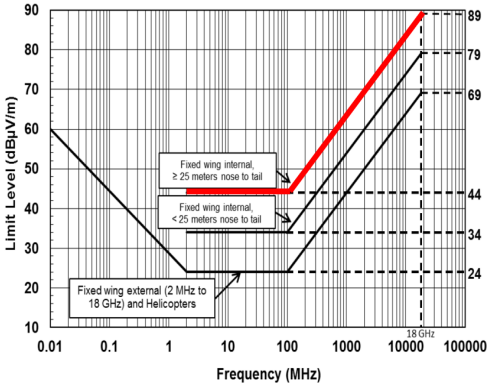

그림 8. RE102 제한
Fig. 8. RE102 limit

그림 9는 RE102 규정에 대한 사전 시험 결과이다. 28MHz와 하모닉성분들이 많이 나오고 있어서 규격을 초과하고 있는 것으로 확인된다.

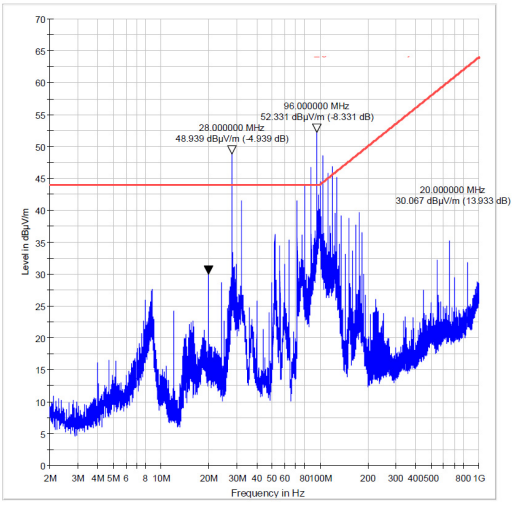

그림 9. RE102 사전 시험 결과
Fig. 9. RE102 Pre-test Result

2. 디버깅

디버깅을 위하여 외부에 연결되어 내부 EUT와 통신을 하는 장비에 대하여 동작중 연결을 하나씩 해제하면서 확인을 하였다. 그림 4와 같이 케이블의 쉴드를 잘 접지를 하였고 그림 5와 같은 필터 커넥터를 적용하였지만 초과되는 성분들을 확인할 수 있었다. EUT와 연결되는 케이블의 통신 LINE과 전원 LINE을 모두 알루미늄 포일로 감싸서 케이블 쉴드의 차폐성능을 다시 확인을 하였다. 커넥터 부분의 백쉘 내부에 차폐가 부족하게 제작되어 있는 것을 확인하였다. 그림 10은 커넥터와 백쉘 내부의 이전 형상과 수정보완후의 형상을 보여주고 있다. 커넥터와 납땜 부위를 포함하여 커넥터와 케이블 접지와 연결을 하여 차폐를 보완하였다. 커넥터에는 전원핀과 통신핀이 함께 있어서 통신신호의 잡음이 전원 LINE으로 유기되기 쉬운 구조이다. 이러한 경우 Crosstalk에 의한 영향으로 전원케이블을 타고 LISN 연결단자쪽을 통하여 방사되는 에너지가 많을 수 있다. 케이블이 EUT에 체결될 때 빈 틈이 발생하지 않도록 규정 토크로 D-SUB 컨넥터의 스크류를 잘 조여야 한다. 해당 조임에 따라서 5dB 이상의 차이가 발생할 수 있다.

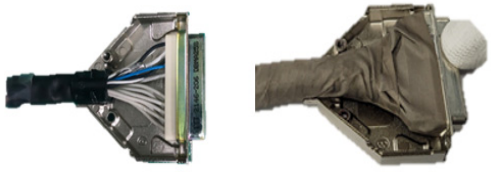

그림 10. 커넥터와 백쉘 내부 차폐
Fig. 10. Shielding inside the connector and backshell

3. 재 시험

커넥터와 백쉘 내부 차폐 이후에 CE102에 대한 시험을 다시 수행하였다. 그림 11은 CE102 재 시험 결과를 보여주고 있다. 기본적인 잡음 레벨이 20dB 이상 낮아졌음을 알 수 있다. 마진도 기존 4dB에서 14dB 개선된 18dB 확보 되었다. CE102에서 마진이 확보되면 케이블을 통한 RE102의 방사 특성도 개선되었을 것으로 파악하고 RE102 시험을 재 수행하였다.

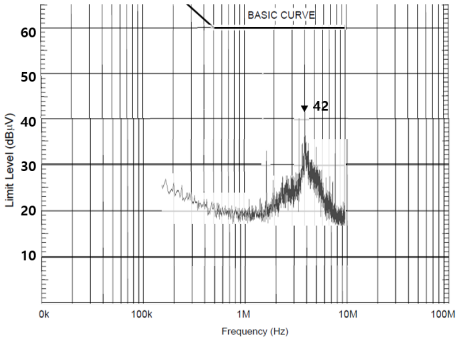

그림 11. CE102 디버깅 후 시험결과
Fig. 11. CE102 Test result after debugging

그림 12는 RE102 디버깅 후 시험결과를 보여주고 있다. 기존 8dB 이상 초과된 결과에서 7dB 정도 마진이 있음을 확인하였다. 튀는 신호들을 잡기 위해서는 EUT 내부의 통신 신호에 필터를 설계하여야 하지만 통신의 원할한 대역폭을 확보하기 위해서는 필터 설계보다는 규격 만족 내에서 적절한 타협이 필요하다.

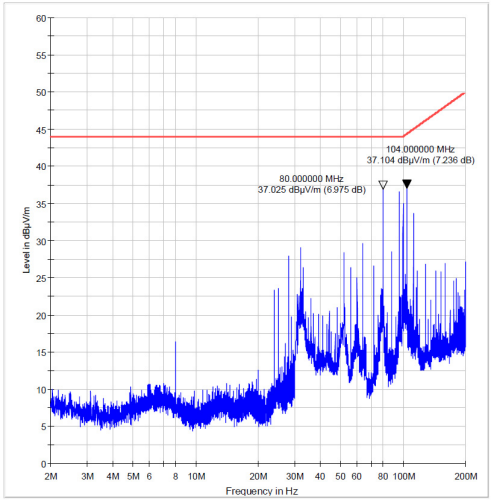

그림 12. RE102 디버깅 후 시험결과
Fig. 12. RE102 Test result after debugging

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 EMC 시험을 위한 EUT 시험 장비 설계시 고려해야 하는 설계내용에 대하여 기술하였다. 특히 전용 케이블 LINE이 없는 외부 시설을 통하여 KOLAS 인증 시험을 받기 위해서 케이블에 고려해야 하는 케이블 차폐설계와 외부장비에서 유입될 수 있는 잡음을 최소화하기 위한 필터커넥터 적용에 대한 사항들에 대하여 기술하였고 관련하여 CE102 시험의 영향성과 RE102 시험의 영향성에 대하여 시험을 통하여 확인하였다.

References

[1] Kim Jong-Hae, Won Jae-seon, “Power EMI Filter Technology Trend”, Journal of the Korean Society of Power Electronics, Volume 24, No.4 , pp 56-62, 2019.08.

[2] Jeong Yong-chae, “EMI Analysis and Solution for Low Power Switching Power Supply”, Journal of the Korean Society of Power Electronics, Volume 6, No.2, pp.141-148, 2001.04.

[3] Kim Hyung-geun, Bae Dae-hwan, Min Kyung-chan, Kim Dong-il, “Development of power cable for EMC countermeasures”, Korea Communications Society, Proceedings of the Spring Conference of the Institute of Electronics Engineers, pp 107-113, 1995.6.

[4] Sung Kyung-hoon, Kim Jae-kyung, “EMI power filter and system ground design for reduction of EMI noises”, Proceedings of the Korea Communications Society General Academic Conference(Fall), pp727-728, 2011.11.

[5] Kenedy Marconi Geraldo dos Santos, “A simple and effective method for cable shielding measurement using electric field probe”, DOI:https://doi.org/10.1109/GEMCCON.2017.8400672

[6] PAUL, C.R, “Introduction to Electromagnetic Compatibility”, John Wiley & Sons, Inc., New York, New York, 1992.

[7] OTT, Henry W., “Electromagnetic Compatibility Engineering”, John Wiley & Sons, 2011.

[8] Chaitanya Sreerama, “Effects of skew on EMI for HDMI connectors and cables”, DOI:https://doi.org/10.1109/ISEMC.2007.230

[9] Hockanson D.M., Drewniak J.L., Hubing T.H., van Doren T.P., Sha F., and Wilhelm M.J., “Investigation of Fundamental EMI Source Mechanism Driving Common-Mode Radiation from Printed Circuit Boards with Attached Cables,” IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, vol. 38, pp. 557-566, Nov. 1996

[10] J.L., Smith, N.W., DiBene, J.T., II., and Hoeft, L.O.,

"EMI commonmode current dependence on delay skew imbalance in high speed differential transmission lines operating at 1 gigabit/second data rates, Knighten", IEEE First International Symposium on Quality Electronic Design, pp. 309-313, Mar. 2000.

[11] Jason B. Coder,"Cable Shielding Measurements Based On a Reference Unshielded Cable", DOI:https://doi.org/10.1109/ISEMC.2006.1706309

[12] L.O. Hoeft, "A simplified Relationship Between Surface Transfer Impedance and Mode Stirred Chamber Shielding Effectivness of Cables and Connectors," Reocord of the EMC 2002 International Symposium on EMC, 2002.

[13] Sanaz Mortazavi,"EMC Analysis of Shielded Twisted Pair and Shielded Parallel Pair Transmission Lines for Automotive Multi-Gig Ethernet", DOI:https://doi.org/10.1109/ISEMC.2019.8825261

저 자 소 개

김 홍 락(정회원)

- 1995년 2월 : 대구대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
- 1997년 8월 : 대구대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 7월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석연구원
- 주 관심분야 : 마이크로파 센서 시스템, 레이더 신호처리 등

김 윤 진(정회원)

- 1997년 2월 : 서울대학교 전기공학부 (공학사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 전기공학부 (공학석사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석연구원
- 주 관심분야 : 초고주파 레이다 시스템 등

박 성 호(정회원)

- 2006년 2월 : 경상대학교 제어계측공학과(공학사)
- 2008년 8월 : 광주과학기술원 정보기전공학과(공학석사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석연구원
- 주 관심분야 : 마이크로파 센서 시스템, 레이더 신호처리 등

이 만 희(정회원)

- 2007년 2월 : 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 충남대학교 전파공학과(공학석사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석 연구원
- 주 관심분야 : 마이크로파 센서, 초고주파 회로 및 시스템 등