

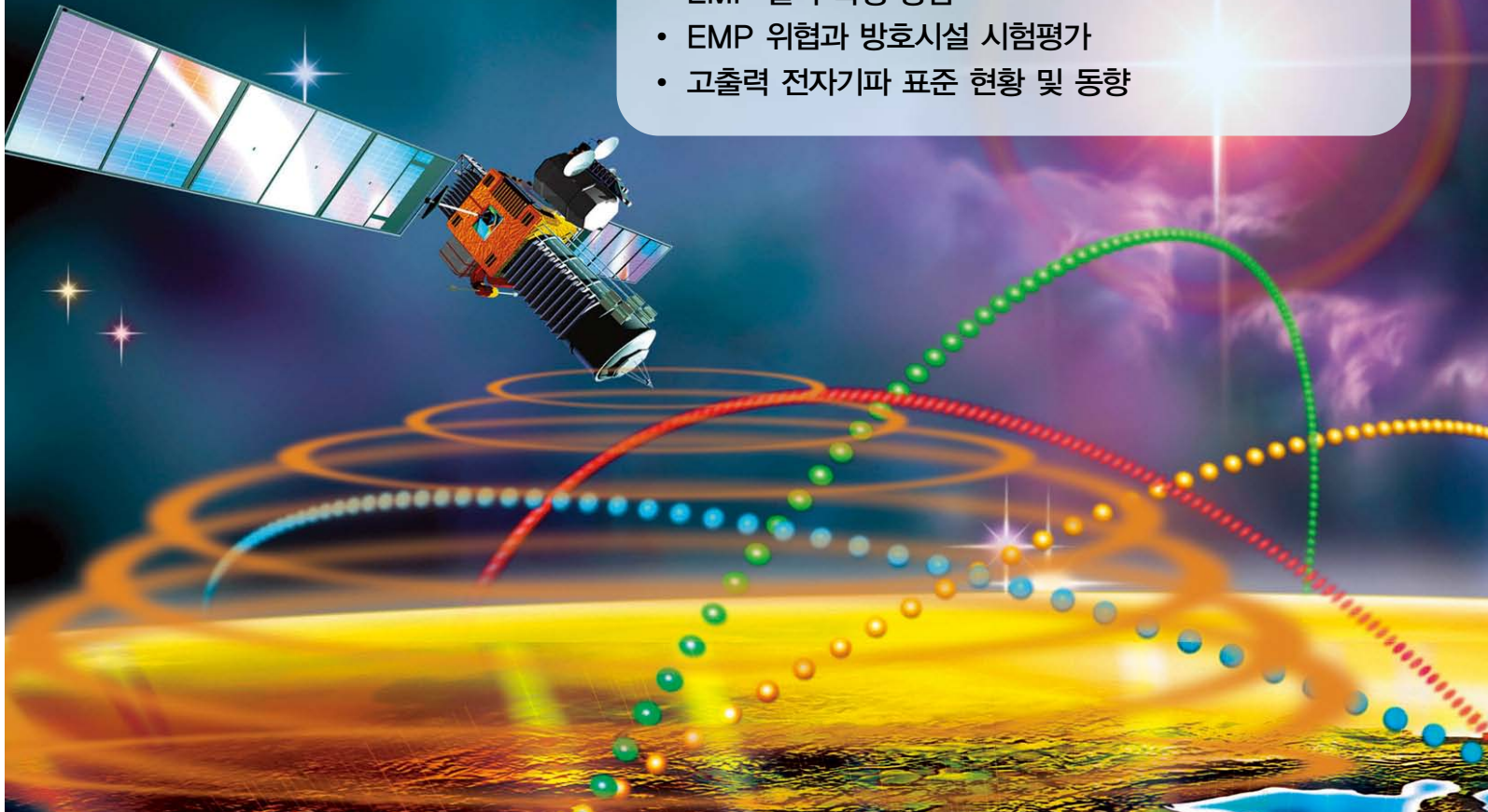
전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.41. no.7

EMP 영향과 필터 개발동향

- 전자부품에 미치는 고에너지 전자기파의 영향
- 전도성 전자파 해석 연구 동향 분석
- HEMP 필터 개발 동향 및 설계방법
- EMP 필터 측정 방법
- EMP 위협과 방호시설 시험평가
- 고출력 전자기파 표준 현황 및 동향



전자공학회지
제41권 제7호
(2014년 7월)
EMP 영향과 필터 개발동향
대한전자공학회

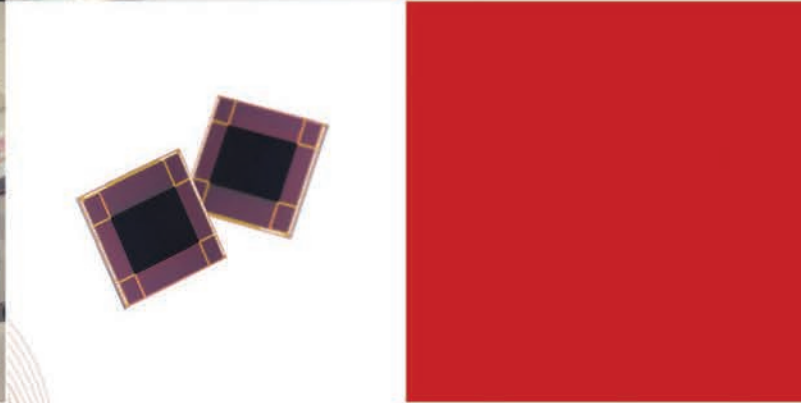
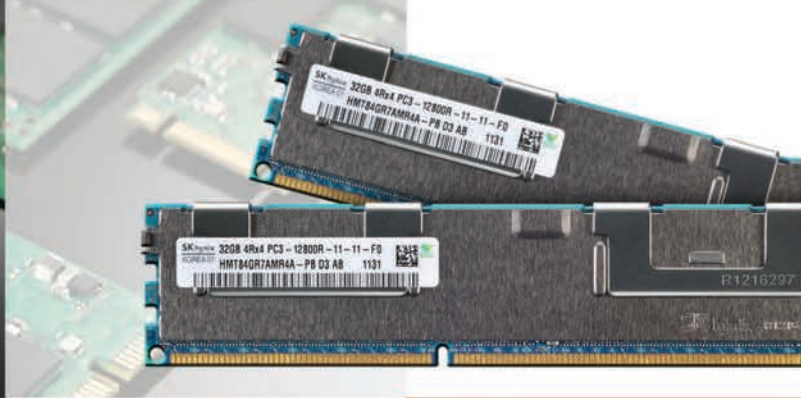
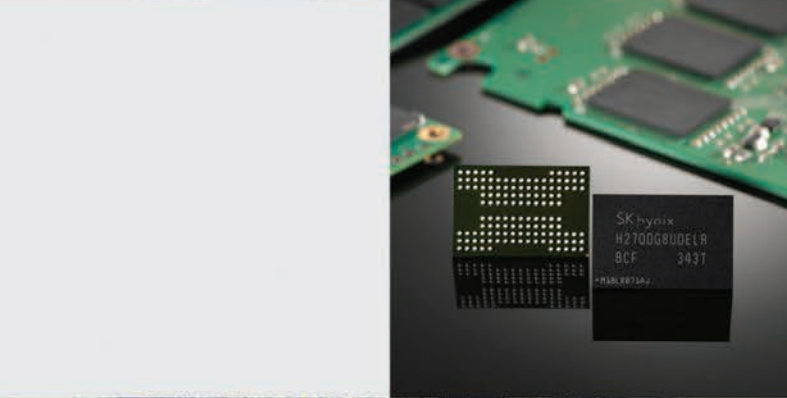
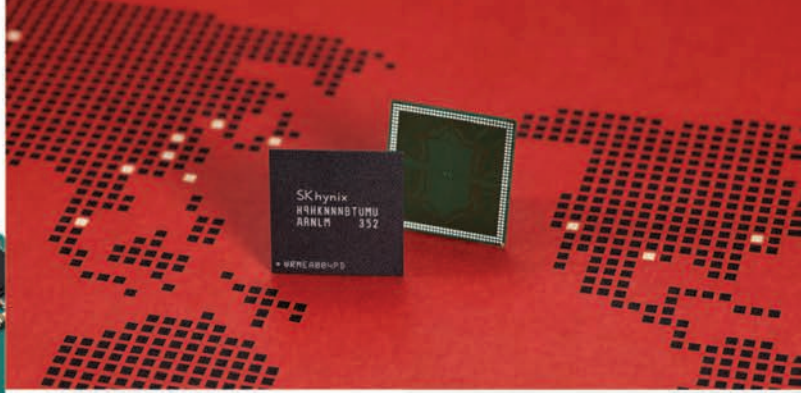


国内有一의 日本 工学・産業 技術情報센터

日本 工学 全分野의 技術 書籍, 産業界 定期刊行物,
日本 企業 技術報告書, 日本政府 白書を 소장하고 있는
일본 공학, 산업기술 전문 도서관

본 도서관은 서울대학교 공과대학 35동에 위치하고 있습니다.

문의처. 02-880-8279,8289 E-mail. smin@snu.ac.kr <http://hjtlic.snu.ac.kr>



**WE ARE CARVING OUT
NEW TECHNOLOGIES.**



2014년도 대한전자공학회 학회상 및 해동상 후보자 추천

사단법인 대한전자공학회에서는 매년 전자·정보·통신 분야에 탁월한 업적을 이루고 전자공학의 발전에 크게 공헌한 분에게 학회상 및 해동상을 아래와 같이 시상하고 있습니다. 해동상은 대덕전자(주) 김정식 회장께서 우리나라 전자공학 분야의 학문 발전과 기술 발전을 위하여 크게 업적을 쌓은 분들의 노고를 치하하고 업적을 기리기 위하여 해동과학문화재단을 설립함으로써 제정되었습니다. 금년에도 회원 여러분께서 훌륭한 후보자를 추천하여 주시면 감사하겠습니다.

1. 시상부문

시상 부문		인원	시상 자격	시상 내용
학회상	대한전자공학대상	1명	전자·정보·통신 및 그 관련 분야에 탁월한 업적이 있는 자	상패 및 부상 (2,000만원)
	기술혁신상	1명	전자공학 기술발전에 현저한 업적을 이룩한 자 또는 기업의 기술혁신에 기여한 자	상패 및 부상
	논문상 (TC,SD,CI,SP,SC,IE)	6명	우수한 논문을 대한전자공학회 논문지 및 해외 저명 학술지에 발표한 자로서 6개 Society (TC, SD, CI, SP, SC, IE)별 각 1인(*)	상패 및 부상

시상 부문		인원	시상 자격	시상 내용
해동상	학술상	1명	전자·정보·통신 및 관련 분야 학술 활동에 탁월한 업적이 있는 자(*)	상패 및 부상 (2,000만원)
	기술상	1명	최근 5년간 특허 및 신기술 개발 실적에 탁월한 업적을 이루어 전자·정보·통신 분야의 산업발전에 크게 기여한 자	상패 및 부상 (2,000만원)
	젊은공학인상	1명	40세이하로서 전자·정보·통신 및 관련분야의 학술 활동 또는 산업발전에 크게 기여한 자	상패 및 부상 (1,000만원)

* 최근 5년간 3편 이상의 전자공학회 논문이 포함되어야함.

* 해동 학술상 수상자는 차년도 하계종합학술대회 기조연설자로 초청됨.

2. 추천권자

가. 소속기관장 (연구소, 대학, 기업체, 행정기관 등) 나. 개인(본인 포함)

* 단, 대한전자공학대상은 소속기관장의 추천에 한함.

3. 제출서류

* 제출서류 작성양식은 학회 홈페이지(<http://www.theieie.org>)를 참조하기 바람.

4. 서류 또는 이메일 접수

가. 접수마감 : 2014년 9월 11일(목)

나. 접수처 : 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 635-4)과학기술회관 신관 907호
대한전자공학회 사무국 이안순 부장 (02-553-0255(내선 2번), ieie@theieie.org)

5. 수상자 발표 및 시상

가. 발표 : 2014년 11월 초순

나. 시상 : - 학회상 : 2014년 11월 29일(토) 정기총회(장소: 한양대학교 ERICA캠퍼스)

- 해동상 : 2014년 12월 12일(금) 송년회(장소: 웨스틴 조선호텔)

2014년도 The Institute of Electronics and Information Engineers 추계학술대회 및 정기총회

2014년 11월 29일(토) | 한양대학교(ERICA 캠퍼스 제1공학관)

대한전자공학회 회원 여러분들의 건승을 기원합니다.

우리 학회에서는 2014년도 추계학술대회 및 정기총회가 아래와 같이 개최하오니, 많이 참석하시어 회원 여러분들의 소중한 연구 성과를 발표하시는 뜻깊은 시간이 되시길 바랍니다. 추계학술대회는 학회 정기총회와 병행하여 개최하며 논문모집 분야는 전자공학 전 분야, 논문발표는 소사이어티별로 진행됩니다.

제출마감

- ① 본논문 : 2014년 10월 26일 (일) - 요약문 접수 생략
- ② 심시통보 : 2014년 10월 31일 (금)
- ③ 사전등록마감 : 2014년 11월 9일 (일)

발표분야

소사이어티	연구회
통신 (Communication)	통신, 스위칭 및 라우팅, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 정보보안 시스템, 군사전자, 방송·통신 융합기술, 무선 PAN/BAN, 미래 네트워크
반도체 (Semiconductor)	반도체 재료 및 부품, SoC 설계, 광파 및 양자전자공학, PCB & Packaging, RF 집적회로기술
컴퓨터 (Computer)	융합컴퓨팅, 멀티미디어, 인공지능·신경망 및 퍼지시스템, 유비쿼터스 시스템, M2M/IoT
신호처리 (Signal Processing)	영상신호처리, 음향 및 신호처리, 영상이해, 바이오영상신호처리
산업전자 (Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
*시스템 및 제어(System and Control)	의용전자 및 생체공학, 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 지능로봇, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템

*시스템 및 제어 소사이어티는 본 학회 추계학술대회와 별도로 전기학회와 공동 개최(정보 및 제어 학술대회 2014년 10월 16일-18일, 제주 휘닉스아일랜드)

행사문의

본 학회 사무국

전화 : 02-553-0255 (내선 3) FAX : 02-552-6093

홈페이지 : <http://www.theieie.org>

자세한 사항은 학회 홈페이지를 참고하시기 바랍니다.

 **대한전자공학회**
The Institute of Electronics and Information Engineers



ISOCC 2014

CALL FOR PAPERS

11th International SoC Design Conference
Nov. 3-6, 2014, Jeju Island, S.Korea

<http://www.isocc.org>

Contact : secretary@isocc.org

International Organizing Committee

► General Chair

Jun Rim Choi (Kyungpook National Univ., Korea)

► General Co-Chairs

Jin-Ku Kang (Inha Univ., Korea)

Makoto Ikeda (Univ. of Tokyo, Japan)

Yeo Kiat Seng (Nanyang Tech. Univ., Singapore)

Shyh-Jye (Jerry) Jou (National Chiao Tung Univ., Taiwan)

Jun Jin Kong (Samsung Electronics, Korea)

► Conference Secretary

Kyung Ki Kim (Daegu Univ., Korea)

Technical Program Committee

► Technical Program Chair

Jinwook Burm (Sogang Univ., Korea)

► Technical Program Co-Chairs

Ken Choi (Illinois Institute of Tech., USA)

Tony Tae Hyung Kim (Nanyang Tech. Univ., Singapore)

An-Yeu (Andy) Wu (National Taiwan Univ., Taiwan)

A Unique Venue

► Seongsan Ilchulbong Tuff Cone



Seongsan Ilchulbong Tuff Cone was created by hydrovolcanic eruptions 100,000 years ago. The peak is a prime spot from which to view the sunrise. It was designated as a natural monument on July 19, 2000; a UNESCO World Natural Heritage site on July 2, 2007; a Global Geopark on October 1, 2010; and one of the New7Wonders of Nature on November 12th, 2011.

► Yacht Tour



General Purpose Of The Conference

International SoC Design Conference (ISOCC) aims at providing the world's premier SoC design forum for leading researchers from academia and industries. Prospective authors are invited to submit papers of their original works emphasizing contributions beyond the present state of the art. ISOCC 2014 is technically co-sponsored by IEEE CAS Society and accepted papers will be published on IEEE Xplore. We also welcome proposals for special sessions.

Conference Theme

The theme for ISOCC 2014 is "**SoC for Smart Connectivity**". Solutions for providing smart and secure connectivity will need to evolve new approaches to securing the shared resources. ISOCC 2014 is looking for novel SoC solutions to create truly smart connectivity.

Paper Submission

A complete **2-page manuscript** must be submitted electronically in PDF format (in Standard IEEE double-column format posted on the conference website).

Only electronic submission will be accepted. For more information, please refer to the conference website : <http://www.isocc.org>

Key Dates

- Deadline for submission of special session proposal : June 30, 2014
- Acceptance notice of special session proposal: July 10, 2014
- Deadline for submission of regular session full paper: **July 15, 2014**
- Deadline for submission of chip design contest: July 31, 2014
- Deadline for submission of special session full paper: July 31, 2014
- Notification of acceptance (all submitted papers): **Sep. 01, 2014**
- Deadline for author and early-bird registration: Sep. 15, 2014
- Deadline for submission of accepted papers : Sep.15,2014
- Deadline for chip design contest registration: Sep. 30, 2014

Conference Venue

RAMADA PLAZA JEJU HOTEL



Topics of Interest

- Analog and Mixed-Signal Circuits

- Analog and Mixed-Signal Techniques
- Data Converters
- High-Speed Signal Interfaces
- Wireline and Wireless ICs (RF ICs)

- Digital VLSI Circuits and Embedded Systems

- Memory Circuits and Embedded Memory
- Digital Circuits and VLSI Architectures
- Multimedia (A/V) Algorithm and SoCs
- Communication SoCs
- Processors / Multi-Core Architectures & Software
- Embedded Systems and Software

- SoC Design Methodology

- HW-SW Co-design
- SoC Testing
- Design Verification
- Signal Integrity / Interconnect Modeling and Simulation

- Low Power & Power Management ICs

- Power Electronics / Energy Harvesting Circuits
- Energy-Aware Systems
- Low Power Design Techniques

- Application Specific SoCs & Emerging Technologies

- Display Drivers
- Image Sensors
- Sensors and MEMS Circuits
- Biomedical SoCs
- Automotive SoCs
- Nanoelectronic Devices and Circuits
- 3-D SoCs & System-in-Package

From Jeju International Airport

by Taxi: 10 minutes' ride

- Website: <https://www.ramadajeju.co.kr>



International Conference on Electronics, Information and Communication(ICEIC) 2015

Jan 28 – 31, 2015



Singapore



<http://www.iceic2015.org>

Call for Papers

The 14th International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2015) will be held in Singapore from Jan. 28th to Jan. 31st, 2015. The program of ICEIC 2015 will include two special symposiums, invited talks and keynote speeches, paper presentations, and tutorial sessions. The conference aims at providing a forum for the participants to broaden professional contacts and for technical discussions and interactions on diverse topics on electronics and information technology.

The conference is open to all, and participation from Asia-Pacific region is particularly encouraged.

Organizing Committee

General Chair

Byung Gook Park(Seoul National Univ., Korea)

Organizing Committee Chair

Seung Woo Seo(Seoul National Univ., Korea)

Technical Program Chair

Kwang-Hyun Baek(Chung-Ang Univ., Korea)

Technical Program Co-chairs

Jae Hyun Kim(Ajou Univ. Korea)

Dong Gyu Sim(Kwangwoon Univ. Korea)

Ki Chang Nam(Dongguk Univ. Korea)

Han-You Jeong(Pusan Univ., Korea)

Symposium Chairs on Intelligent Control and Robotics

Ang Marcelo(National Univ. of Singapore, Singapore)

Hyungbo Shim(Seoul National Univ. Korea)

Symposium Chairs on Semiconductor and Devices

Tae Hyoung Kim(Nanyang Technological Univ.

Singapore)

Joong Ho Choi(The Univ. of Seoul. Korea)

Tutorial Chair

Yong Jin Yoon(Nanyang Technological Univ. Singapore)

Publicity Chair

Ji-Hoon Yun(Seoul National Univ. of Science and Technology. Korea)

Local Chair

Seong-Woo Kim(Singapore-MIT Alliance for Research and Technology, Singapore)

Potential topics of interest include, but are not limited to:

General Session

– Telecommunications

Communication & Information Theories, Communication Networks & Systems, Microwave & Optics, Switching and Routing, Microwave, Antennas and Propagation, Intelligent Transportation System (ITS), Wireless PAN/BAN, Future Networks

– Computer and Information

Computer Systems & Applications, Software for Smart Systems, Human Computer Interaction (HCI), Convergence Computing, and Multimedia, Graphics, Ubiquitous System, Information Security

– Signal processing

Computer Vision, Digital Signal Processing, Digital Image/Video Processing, Audio, Speech & Acoustic Signal Processing

– System and Control

Vehicular Electronics, Instrumentation and Control, Power Electronics & Circuits

– Emerging Technologies

Biomedical Electronics and Bioengineering, Bioelectronics, IT-Convergence, Renewable Energy

Special Symposium on Semiconductor and Devices

Analog/Digital Circuits & Systems, Computer-Aided Design & Modeling, Solar Cell & Semiconductor Devices, SoC Design & Applications, Semiconductors, Materials and Components, Lightwave and Quantum Electronics, PCB & Packaging, RF Integrated Circuit Technology

Special Symposium on Intelligent Control and Robotics

Intelligent Control, Artificial Neural Networks, Fuzzy Systems, Kinematics and Dynamics of Robots, Manipulation and Motion Planning, Mobile Robots and Navigation, Robot Vision and Visual Servoing, Object/Human Visual Recognition, Human-Robot Interaction, Biorobotics and Medical Robots, Service and Field Robots, Humanoid Robots

Best Paper Awards

The authors of the best papers will be presented Gold, Silver, and Bronze awards. And the selected top quality papers will be recommended to be published on the Journal Semiconductor Technology and Science (JSTS) or a special issue of IEIE Transactions on Smart Processing and Computing.

Important Dates and Paper Submission

–Submission date: September 28, 2014

–Notification of acceptance date: November 5, 2014

–Final paper submission date: November 30, 2014

–General information: inter@theieie.org

Prospective authors are invited to submit the full paper of PDF format written in English on the official website (<http://www.iceic2015.org>). The full paper is limited to 2 pages in double column format including all the text, figures and tables.

Organized by The Institute of Electronics and Information Engineers(IEIE)
Technically Co-Sponsored by IEEE Consumer Electronics Society



Call for Papers

ITC-CSCC 2015

The 30th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications

Yonsei University, Seoul, Korea | June 29-July 2, 2015

Welcome to ITC-CSCC

The 30th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2015) will be held on June 29-July 2 at Yonsei University, Seoul, Korea.

Topics

The conference is open to researchers from all regions of the world. Participation from Asia Pacific region is particularly encouraged. Proposals for special sessions are welcome. Papers with original works in all aspects of Circuits/Systems, Computers and Communications are invited. Topics include, but not limited to, the followings:

• Circuits & Systems

- Computer Aided Design
- Intelligent Transportation Systems & Technology
- Analog Circuits
- Linear / Nonlinear Systems
- Medical Electronics & Circuits
- Semiconductor Devices & Technology
- Verification & Testing
- Power Electronics & Circuits
- RF Circuits
- Modern Control
- Neural Networks
- VLSI Design
- Sensors & Related Circuits

• Computers

- Artificial Intelligence
- Biocomputing
- Computer Systems & Applications
- Multimedia Service & Technology
- Object Extraction & Technology
- Security
- Watermarking
- Image Processing
- Internet Technology & Applications
- Motion Analysis
- Computer Vision
- Face Detection & Recognition
- Image Coding & Analysis

• Communications

- Antenna & Wave Propagation
- Audio / Speech Signal Processing
- Circuits & Components for Communications
- IP Networks & QoS
- MIMO & Space-Time Codes
- Multimedia Communications
- Mobile & Wireless Communications
- Network Management & Design
- Optical Communications & Components
- Radar / Remote Sensing
- Communication Signal Processing
- Ubiquitous Networks
- UWB
- Visual Communications

PROCEEDINGS

All registered participants are provided with conference proceedings. Moreover, authors of the accepted papers are encouraged to submit full-length manuscripts to IEICE Transactions or IEIE JSTS (Journal of Semiconductor Technology and Science). Papers passed through the standard editing procedures of the IEICE Transactions or IEIE JSTS will be published in regular issues. The authors (or their institute) are requested to pay the publication charge for the IEICE Transactions when their paper is accepted.

SUBMISSION OF PAPERS

Prospective authors are invited to submit original papers of either MS Word or PDF format written in English. Abstracts are limited to two pages of text and figures. Only on-line abstract can be submitted to <http://www.itc-csc2015.org>. If you have any trouble in preparing papers and on-line submission, please contact the conference secretariat.

AUTHOR'S SCHEDULE

- Deadline for proposal of special session: Feb. 15, 2015
- Deadline for abstract submission: Mar. 31, 2015
- Notification of acceptance: Apr. 30, 2015
- Camera-ready manuscripts: May 15, 2015

Sponsored by

The Institute of Electronics and Information Engineers (IEIE), Korea
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE), Japan
The Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Association, Thailand

Contact Point

- Website : <http://www.itc-csc2015.org>
- E-mail : inter@theieie.org
- Phone : +82-2-553-0255(Ext. 4)

논문모집

제 27 회 신호처리합동학술대회

2014 년 9 월 26 일 (금) 서울대학교

조직위원장

조남익(서울대)

학술위원장

심병호(고려대)

총무

김중원(GIST)

김창수(고려대)

재무

이정우(서울대)

김용관(호서대)

홍보

박인규(인하대)

윤일동(한국외대)

등록

심동규(광운대)

김기백(숭실대)

출판

곽노준(서울대)

구형일(아주대)

제 27 회 신호처리합동학술대회가 오는 9 월 26 일 (금), 서울대학교에서 개최됩니다. 본 학술대회는 신호처리 분야의 다양한 연구결과를 발표하고 토론하는 장으로서, 대한전자공학회, 한국음향학회, 한국통신학회, 한국방송공학회 등 4 개 학회가 합동으로 주최하는 국내 최고 수준의 유서 깊은 학술 행사입니다. 지속적으로 발전하는 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 발전으로 과거에 이론적으로만 가능할 것으로 생각했던 신호처리 이론들이 실용화 되어 가고 있고, 또한 새로운 신호처리 이론과 응용도 개발되고 있습니다. 올해에도 본 학술대회에서는 이와 같이 여러 산업분야, 공학분야, 과학분야에 핵심적으로 응용되고 있는 신호처리 연구 결과와 이론 등에 대한 논문을 모집합니다. 그리고 이번 학회에서는 과거의 학술대회 때와 마찬가지로 각 분야 별로 우수 논문상을 시상할 예정입니다. 이번 학술 행사에서 진행 될 수준 높은 연구 결과 발표, 토론 등을 통해 우리 나라 신호처리 분야 연구가 더욱 성숙해지고 응용분야가 넓어질 것이라 기대합니다. 본 학술행사에 신호처리분야의 좋은 연구 결과물들을 발표해 주셔서 수준 높은 학술 대회가 될 수 있도록 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

논문 모집 분야

Acoustics	Compression	Multimedia Systems
Adaptive Signal Processing	Detection and Estimation	Neural and Fuzzy Systems
Analog Signal Processing	Digital Broadcast	Nonlinear Systems
Audio Signal Processing	Digital Signal Processing	Optical Communications
Biomedical Systems	Filters	Pattern Recognition & Machine Learning
Blind Signal Processing	Machine Vision	Speech Signal Processing
Channel Equalization	Mobile Communication	Visual Signal Processing
Circuit and Systems	Modulation and Signal Design	VLSI Systems
Coding Theory	MPEG and JPEG2000	Watermarking
Computer Aided Design	Multidimensional Systems	Wireless Communications
Computer Networking	Multimedia Communications	기타

논문 제출 절차 및 일정

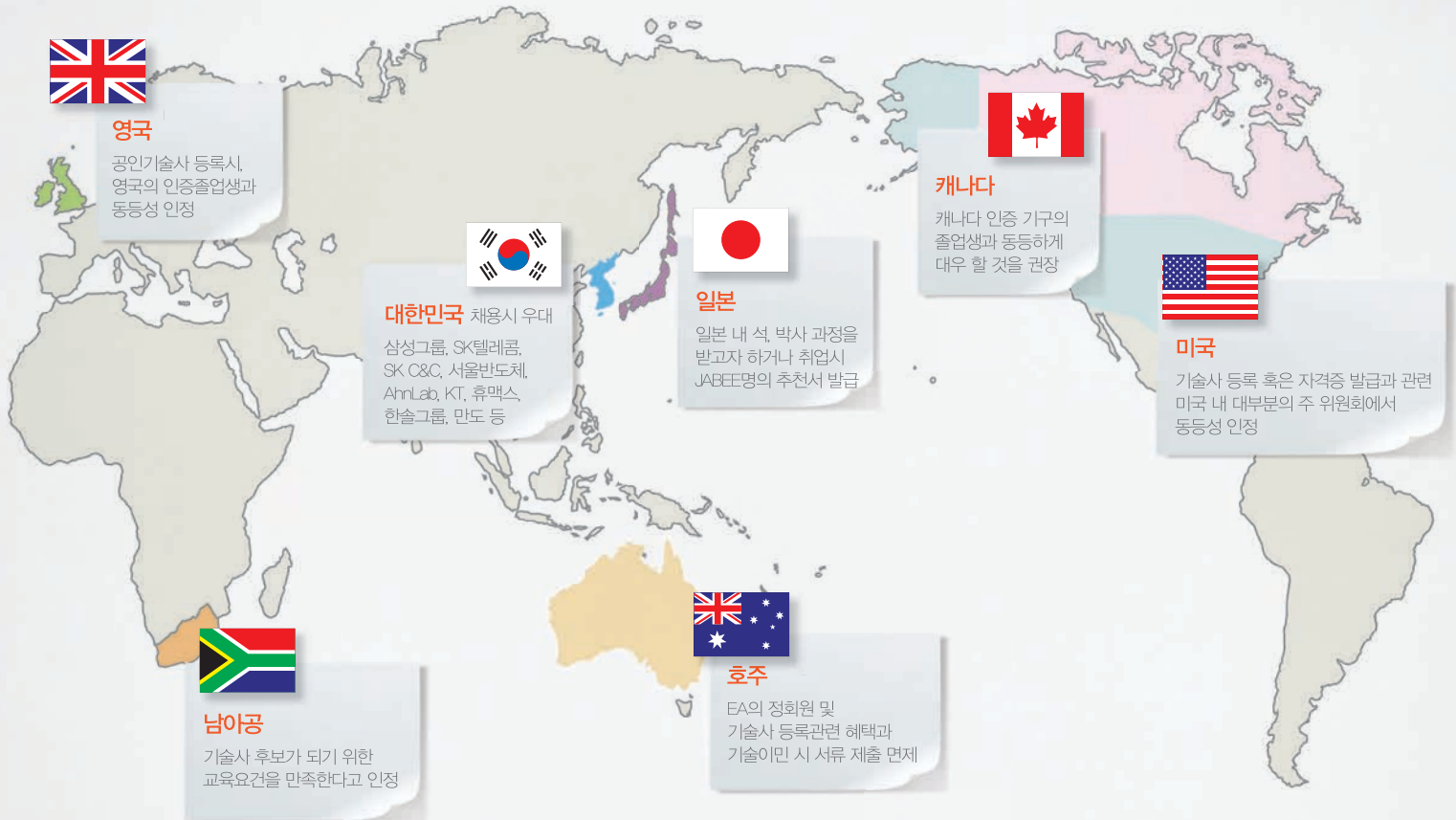
논문 투고 분야와 발표 방법 (구두 또는 포스터 중 택일)을 명시하여 심사용 논문(2~4 쪽)을 온라인으로 투고하시면 학술위원회에서 발표 승인과 추가 수정 여부를 심사하여 통보합니다. 구두 세션 논문의 경우 연구 책임자가 직접 발표하는 것을 원칙으로 합니다. 승인되었지만 추가수정이 필요하거나 희망하는 경우 최종본 논문(2~4 쪽)을 통보된 절차에 따라 다시 제출합니다.

- ◆ 제출처: <http://kspc.re.kr>
- ◆ 문의처: 서울대학교 전기정보공학부 조남익 교수 (02-880-8420, nicho@snu.ac.kr)
- ◆ 담당자: 황인성 (02-880-8480, coee5@ispl.snu.ac.kr)

심사용 논문 제출 (2~4 쪽)	2014 년 8 월 11 일 (월)
발표승인 및 수정필요 여부 통지	2014 년 8 월 22 일 (금)
최종본 논문 제출 (2~4 쪽)	2014 년 9 월 1 일 (월)
사전등록	2014 년 9 월 10 일 - 23 일

- **주최:** 사단법인 **한국음향학회** 신호처리연구회, 음성처리연구회
 사단법인 **한국통신학회** 신호처리연구회, 방송및미디어통신연구회
 사단법인 **대한전자공학회** 음향 및 신호처리연구회, 영상신호처리연구회
 사단법인 **한국방송공학회** 3DTV 연구회
- **주관:** 사단법인 **대한전자공학회**
- **후원:** 서울대학교 글로벌공학교육센터

글로벌 공학인재 양성, 한국공학교육인증원이 함께 합니다!



글로벌 공학인재 양성을 선도하는 한국공학교육인증원

한국공학교육인증원은 2007년 워싱턴어코드 정회원으로 가입하고

2008년에는 우리나라 주도로 서울어코드를 창립했습니다.

공학교육인증 졸업생은 회원국 졸업생과 동등한 자격 인정

2013년, 시드니어코드 및 더블린어코드 정회원이 되었으며

2014년, 국내 85개 대학 562개 프로그램이 인증 받았습니다.

▶ 자세한 사항은 홈페이지 www.abEEK.or.kr 참조

워싱턴어코드 4년제 공학교육 국제표준

- 정회원국(17개국) 미국, 한국, 러시아, 말레이시아, 남아프리카공화국, 영국, 호주, 캐나다, 아일랜드, 대만, 싱가포르, 뉴질랜드, 일본, 터키, 홍콩, 인도, 스리랑카
- 준회원국(6개국) 방글라데시, 중국, 독일, 파키스탄, 필리핀, 페루

글로벌 엔지니어의 길- 공학교육인증제도

- 국제적인 공학교육 품질 인증제도입니다.
- 국제적 공학현장 실무능력을 보증합니다.
- 국내 취업시 주요 기업에서 가산점 혜택이 있습니다.
- 해외 취업시 회원국 졸업생과 동등한 혜택을 받습니다.

“디지털 한국의 내일, Display기술을 선도하는 **TLi**가 함께 합니다.”

대한민국의 앞선 디스플레이 기술을 선도해온 티엘아이는 사랑, 자율, 도전 정신으로 21세기 반도체 집적회로를 이끌어가는 The World Best SoC(System-on-a-Chip) Company가 되겠습니다.

채용분야		응시자격
경력직	Display Analog 설계	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Analog 회로설계 경력자(2년 이상) 0명 ➢ LCD Driver IC 개발 경력자(2년 이상) 0명 ➢ 전문연구요원 0명
	Display Digital 설계	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Display IC(T-con) 개발 경력자(2년 이상) 0명 ➢ Application Engineer(2년 이상) 0명



(주)티엘아이 경기도 성남시 중원구 여수동 195 티엘아이 빌딩 7,8,9,10층 | TEL. 031-784-6800 | www.tli.co.kr

TLi와 함께 반도체 산업의 미래를 이끌어갈 인재를 모십니다!

■ 접수방법

접수방법 : 이메일 접수(recruit@tli.co.kr)
 접수기한 : 상시채용
 제출서류 : 자유양식의 이력서, 경력 중심의 자기
 소개서 1부

■ 기타사항

이력서에 지원분야, 연락처, 희망연봉 기재 필수
 서류전형 합격자에 한해 면접일정 개별통보

■ 지원문의

(주)티엘아이 인사팀 031-784-6817

안전

이 어느 때보다 강조되는 지금,
ASTM이 안전한 사회로의 방향을 제시합니다.

전세계 150여 개국에서 활용하고 있는 ASTM 표준규격.

우리의 생활과 안전을 위해 활용되고 있는, 쉽고도 생생한 ASTM 이야기들을 소개합니다.

KITIS 산학연정보(주) 부설 기술연구소 지음 | 국판 201쪽 | 값 12,000원

화제의
신간
7월 발간



목 차

I. ASTM International 소개

회원제도, 제품/서비스, 주요 특징
ASTM Standards 제정 및 개정 절차
ASTM 기술위원회 소개

ASTM International 역사

표준 규격의 시작
표준화를 위한 합의의 시작
새로운 분야로의 확장
뉴딜 시대
2차 세계대전
새로운 도약
세계화 시대의 ASTM

II. 우리 생활과 안전을 위한 ASTM

Building Construction
End Use Products & Recreation
Metals & Material Analysis
Personal & Occupational Safety
Environmental & Sustainability
Transportation & Infrastructure
Chemicals | Energy | Medical
Quality Assurance

“한국에서 ASTM에 대한 책이 발행되는 것을 축하 드립니다. 이 책은 ASTM International에서 인증하였으며, 이를 통해 보다 쉽게 ASTM 규격들을 소개해드릴 수 있게 되어 기쁘게 생각합니다.”

- ASTM International 부사장 John Pace



모든 규격들의 기본인 **ASTM**, 우리 생활과 항상 함께 하고 있습니다.



Authorized Dealer in Korea



키티스産學研情報(株)
KITIS Info. & Co., Ltd

<http://www.kitis.co.kr> TEL. 02-3474-5290(代)

CONTENTS

제41권 7호 (2014년 7월)



※ 학회지 7월호 표지(vol 41. No 7)

회지편집위원회

- **위원장** 강 의 성 (순천대학교 교수)
- **위 원** 강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
 공 준 진 (삼성전자 마스터)
 권 기 룡 (부경대학교 교수)
 김 은 원 (대림대학교 교수)
 김 정 호 (이화여자대학교 교수)
 김 재 곤 (한국항공대학교 교수)
 김 정 호 (이화여자대학교 교수)
 김 종 옥 (고려대학교 교수)
 남 기 창 (동국대학교 교수)
 성 흥 석 (부천대학교 교수)
 심 완 보 (충청대학교 교수)
 엄 우 용 (인하공업전문대학교 교수)
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
 전 병 태 (한경대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 최 해 철 (한밭대학교 교수)
 허 비 또 (LG유플러스 상무)
 홍 용 택 (서울대학교 교수)
- **사무국 편집담당**
 변 은 정 과장(내선 1)
 TEL : (02)553-0255(대)
 FAX : (02)552-6093
- **학회 홈페이지**
<http://www.theieie.org>

학회소식

- 12 학회소식 / 편집부
- 20 학회일지

- 21 특집 편집기 / 김은원

특집명 : 고출력 전자기파 (Electro-Magnetic Pulse, EMP) 영향과 필터 개발 동향

- 22 전자부품에 미치는 고에너지 전자기파의 영향 / 허창수, 강호재
- 33 전도성 전자파 해석 연구 동향 분석 / 박윤미, 주세훈, 김기백, 추광욱
- 33 EMP 필터 측정 방법 / 장태현
- 68 EMP 위험과 방호시설 시험평가 / 박우철
- 82 고출력 전자기파 표준 현황 및 동향 / 권중화

- 88 논문지 논문목차

정보교차로

- 91 국내외 학술행사 안내 / 편집부
- 101 특별회원사, 단체회원

2014년도 임원 및 각 위원회 위원

회 장	문 영 식 (한양대학교 교수)	김 경 원 (전자부품연구원 원장)
수석부회장	박 병 국 (서울대학교 교수-총괄, JSTS편집)	백 만 기 (김&장법률사무소 변리사)
고 문	구 원 모 (전자신문사 대표이사)	양 웅 철 (현대자동차그룹 부회장)
	김 흥 남 (한국전자통신연구원 원장)	이 재 욱 (노키아티엠씨 명예회장)
	신 중 균 (삼성전자 사장)	천 경 준 (씨젠 회장)
	이 기 섭 (산업기술평가관리원 원장)	황 승 구 (한국전자통신연구원 소장)
	이 희 국 (LG그룹기술협의회 회장)	박 현 옥 (한국과학기술원 교수) - 산학연, 회원, 지부
감 사	이 필 중 (포항공과대학교 교수)	안 승 권 (LG전자 사장) - 산학연
부 회 장	구 용 서 (단국대학교 교수) - 사업, 추계, 회지편집, 재무	
	백 준 기 (중앙대학교 교수) - 영문논문지, 국제협력, 교육/홍보	
	홍 대 식 (연세대학교 교수) - 기획, 하계, 국문논문지, 표준화	
산업체부회장	김 창 용 (삼성전자 부사장)	박 성 욱 (SK하이닉스 사장)
소사이머티회장	남 상 엽 (국제대학교 교수) - 산업전자소사이머티	방 성 일 (단국대학교 교수) - 통신소사이머티
	오 창 현 (고려대학교 교수) - 시스템 및 제어소사이머티	이 규 대 (공주대학교 교수) - 컴퓨터소사이머티
	이 영 렬 (세종대학교 교수) - 신호처리소사이머티	전 영 현 (삼성전자 부사장) - 반도체소사이머티
협동부회장	곽 우 영 (현대자동차그룹 부사장)	김 기 호 (삼성전자 부사장)
	김 달 수 (TI 대표이사)	김 부 균 (송실대학교 교수)
	김 상 태 (한국산업기술평가관리원 단장)	김 수 원 (고려대학교 교수)
	김 용 탁 (SK하이닉스 부사장)	김 일 영 (전)KT 사장
	김 중 대 (한국전자통신연구원 소장)	김 주 신 (만도 사장)
	김 창 현 (삼성전기 부사장)	김 철 동 (세원텔레텍 대표이사)
	박 찬 구 (LS 파워세미텍 대표이사)	박 형 무 (동국대학교 교수)
	박 흥 준 (포항공과대학교 교수)	송 문 섭 (엠세브시스템 사장)
	여 상 덕 (LG디스플레이 부사장)	유 현 규 (한국전자통신연구원 박사)
	윤 기 방 (인천대학교 교수)	이 상 준 (넥스파시스템 대표이사)
	이 상 흥 (정보통신기술진흥센터 센터장)	이 상 회 (동서울대학교 교수)
	이 원 석 (동양미래대학교 교수)	이 윤 태 (삼성디스플레이 부사장)
	이 재 훈 (유정시스템 사장)	임 차 식 (한국정보통신기술협회 회장)
	장 태 규 (중앙대학교 교수)	전 병 우 (성균관대학교 교수)
	정 준 (샐리드 대표이사)	정 진 용 (인하대학교 교수)
	정 향 근 (전북대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)
	조 상 복 (울산대학교 교수)	진 수 춘 (한백전자 대표이사)
	최 길 천 (한능전자 회장)	최 승 원 (한양대학교 교수)
	한 대 근 (실리콘웍스 대표이사)	허 영 (실리콘마이터스 대표이사)
	허 영 (한국전기연구원 본부장)	호 오 성 (광주과학기술원 교수)
	황 승 호 (삼성전자 부사장)	
상 임 이 사	강 의 성 (순천대학교 교수) - 회지편집	김 선 욱 (고려대학교 교수) - SPC논문
	김 수 환 (서울대학교 교수) - 논문편집	김 태 찬 (고려대학교 박사) - 산학연
	박 종 일 (한양대학교 교수) - 재무	백 광 현 (중앙대학교 교수) - 사업
	서 승 우 (서울대학교 교수) - 국제협력	엄 낙 용 (한국전자통신연구원 부장) - 표준화
	유 창 동 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)	이 상 윤 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
	이 충 용 (연세대학교 교수) - 총무	임 혜 숙 (이화여자대학교 교수) - 기획
	최 천 원 (단국대학교 교수) - 회원/정보화	한 동 석 (경북대학교 교수) - 교육/홍보
	허 준 (고려대학교 교수) - 사업	
산업체이사	고 요 환 (SK하이닉스 고문)	공 준 진 (삼성전자 마스터)
	김 보 은 (라운텍 사장)	김 성 욱 (LG전자 상무)
	김 용 석 (삼성전자 상무)	김 진 선 (SK이노베이션 전무)
	김 태 진 (더즈텍 사장)	민 경 오 (LG전자 전무)
	박 동 일 (현대자동차그룹 상무)	송 창 현 (네이버 이사)
	오 의 열 (LG디스플레이 연구위원)	윤 영 권 (삼성전자 마스터)
	정 한 욱 (KT 상무)	조 영 민 (스카이크로스코리아 대표이사)
	조 재 문 (삼성전자 전무)	최 승 중 (LG전자 전무)
	최 진 성 (SKT 전무)	함 철 희 (삼성전자 마스터)
	홍 국 태 (LG전자 상무)	

이 사 강 문 식 (강릉원주대학교 교수) - 회원
 권 중 기 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 사업
 김 근 대 (한국산업기술평가관리원 PM) - 정보화
 김 문 철 (한국과학기술원 교수) - 학술(추계)
 김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 표준화
 김 종 옥 (고려대학교 교수) - 회지편집
 김 창 익 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)
 노 용 만 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)
 노 태 문 (한국전자통신연구원 실장) - 사업
 박 현 창 (동국대학교 교수) - 회원
 성 해 경 (한양여자대학교 교수) - 추계
 송 상 현 (중앙대학교 교수) - 학술/정보화
 심 정 연 (강남대학교 교수) - 기획
 위 재 경 (송실대학교 교수) - 정보화
 유 창 식 (한양대학교 교수) - 하계
 윤 일 구 (연세대학교 교수) - 기획
 이 상 준 (수원과학대학교 교수) - 사업
 이 한 호 (인하대학교 교수) - 하계
 정 대 현 (삼성전기 상무) - 산학연
 정 의 영 (연세대학교 교수) - ITC, 추계
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수) - 논문편집
 최 병 호 (전자부품연구원 센터장) - 교육, 홍보
 최 정 아 (삼성전자 전무) - 기획
 현 경 숙 (세종대학교 교수) - 기획
 홍 성 철 (한국과학기술원 교수) - 사업/산학연/학술(추계)
 협 동 이 사 권 구 락 (조선대학교 교수) - 정보화
 김 경 기 (대구대학교 교수) - 사업
 김 동 순 (전자부품연구원 박사) - SPC
 김 소 영 (성균관대학교 교수) - 기획
 김 재 곤 (한국항공대학교 교수) - 회지편집
 김 종 훈 (한국과학기술원 교수) - 표준화
 김 철 우 (고려대학교 교수) - 사업/산학연
 김 태 원 (상지영서대학교 교수) - 산학연
 노 정 진 (한양대학교 교수) - 논문편집
 박 정 옥 (연세대학교 교수) - 교육/홍보
 신 오 순 (송실대학교 교수) - 회원
 연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장) - 표준화
 유 상 동 (SK하이닉스 팀장) - 산학연
 윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 이 광 업 (서경대학교 교수) - 학술
 이 용 구 (한림성심대학교 교수) - 논문편집
 이 재 훈 (고려대학교 교수) - SPC
 임 기 택 (전자부품연구원 센터장) - 교육/홍보
 장 석 호 (단국대학교 교수) - 정보화
 조 성 환 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)
 차 철 응 (전자부품연구원 책임연구원) - 표준화
 최 세 호 (포스코 팀장) - 교육/홍보
 최 해 철 (한밭대학교 교수) - 회지편집
 허 비 도 (LG유플러스 상무) - 회지편집

권 기 룡 (부경대학교 교수) - 회지편집
 김 훈 (인천대학교 교수) - 회원
 김 동 호 (서울과학기술대학교 교수) - 교육/홍보
 김 시 원 (삼성전자 부장) - 사업/산학연
 김 재 현 (아주대학교 교수) - SPC/논문편집
 김 창 수 (고려대학교 교수) - 사업
 김 회 린 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)
 노 원 우 (연세대학교 교수) - 총무간사
 동 성 수 (용인송담대학교 교수) - 학술
 범 진 옥 (서강대학교 교수) - ITC
 송 민 규 (동국대학교 교수) - 논문
 심 동 규 (광운대학교 교수) - SPC / 사업 / 학술(추계)
 원 영 진 (부천대학교 교수) - 기획
 유 경 동 (SK하이닉스 상무) - 산학연
 윤 석 현 (단국대학교 교수) - 회원
 이 문 구 (김포대학교 교수) - 추계
 이 재 성 (고려대학교 교수) - 논문편집
 인 치 호 (세명대학교 교수) - 회원
 정 영 모 (한성대학교 교수) - 기획
 정 종 문 (연세대학교 교수) - 논문편집
 조 성 현 (한양대학교 교수) - 총무간사
 최 성 현 (서울대학교 교수) - SPC/논문편집
 한 종 기 (세종대학교 교수) - 교육/홍보
 홍 민 철 (송실대학교 교수) - SPC/논문편집
 황 인 철 (강원대학교 교수) - SPC
 권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 사업
 김 경 연 (제주대학교 교수) - 학술
 김 동 식 (인하공업전문대학교 교수) - 사업
 김 용 민 (충청대학교 교수) - 회원
 김 정 호 (이화여자대학교 교수) - 정보화
 김 준 모 (한국과학기술원 교수) - 학술(하계)
 김 태 욱 (연세대학교 교수) - 총무간사
 김 현 진 (단국대학교 교수) - 회원
 박 재 영 (광운대학교 교수) - 표준화
 서 춘 원 (김포대학교 교수) - 학술
 신 원 용 (단국대학교 교수) - SPC / 정보화
 오 은 미 (삼성전자 마스터) - 산학연
 윤 은 준 (경일대학교 교수) - SPC
 이 강 윤 (성균관대학교 교수) - 사업
 이 상 근 (중앙대학교 교수) - 학술(추계)
 이 용 식 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수) - 회원
 임 재 열 (한국기술교육대학교 교수) - 논문
 정 승 원 (동국대학교 교수) - SPC
 지 창 현 (이화여자대학교 교수) - 기획
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC
 최 수 용 (연세대학교 교수) - 사업
 한 영 선 (경일대학교 교수) - SPC
 홍 용 택 (서울대학교 교수) - 회지편집

강 원 지 부 임 해 진 (강원대학교 교수)
 대구·경북지부 박 길 흘 (경북대학교 교수)
 부산·경남·울산지부 김 성 진 (경남대학교 교수)
 제 주 지 부 강 민 제 (제주대학교 교수)
 호 서 지 부 장 은 영 (공주대학교 교수)
 미 국 지 부 최 명 준 (텔레다인 박사)

지부장 명단

광주·전남지부 최 조 천 (목포해양대 교수)
 대전·충남지부 박 덕 규 (목원대학교 교수)
 전 북 지 부 박 민 식 (전주비전대 교수)
 충 북 지 부 최 영 규 (한국교통대학교 교수)
 일 본 지 부 백 인 천 (AIZU대학교 교수)

위원회 명단

자문위원회

위원장	서정욱 (명예회장)
부위원장	이태원 (명예회장)
위원	고성제 (고려대학교 교수)
	김성대 (한국과학기술원 교수)
	김재희 (연세대학교 교수)
	박규태 (명예회장)
	박진옥 (명예회장)
	성광모 (서울대학교 명예교수)
	이상설 (명예회장)
	이충용 (명예회장)
	전홍태 (중앙대학교 교수)

김덕진 (명예회장)
김수중 (명예회장)
김정식 (대덕전자 회장)
박성한 (명예회장)
박항구 (소암시스템 회장)
윤종용 (삼성전자 비상임고문)
이재홍 (서울대학교 교수)
임제탁 (명예회장)
정정화 (한양대학교 교수)

김도현 (명예회장)
김영권 (명예회장)
나정웅 (명예회장)
박송배 (명예회장)
변중남 (한국과학기술원 명예교수)
이문기 (명예회장)
이진구 (동국대학교 석좌교수)
전국진 (서울대학교 교수)
홍승홍 (명예회장)

기획위원회

위원장	임혜숙 (이화여자대학교 교수)
위원	김소영 (성균관대학교 교수)
	박수현 (국민대학교 교수)
	윤기방 (인천대학교 교수)
	정용규 (울지대학교 교수)
	최정아 (삼성전자 전무)

김창수 (고려대학교 교수)
심정연 (강남대학교 교수)
전병우 (성균관대학교 교수)
조도현 (인하공업전문대학교 교수)
현경숙 (세종대학교 교수)

동성수 (용인송담대학교 교수)
원영진 (부천대학교 교수)
정영모 (한성대학교 교수)
지창현 (이화여자대학교 교수)

학술연구위원회

위원장(하계)	유창동 (한국과학기술원 교수)
위원장(추계)	이상윤 (연세대학교 교수)
위원	김창익 (한국과학기술원 교수)
	동성수 (용인송담대학교 교수)
	유창식 (한양대학교 교수)
	김준모 (한국과학기술원 교수)
	조성환 (한성대학교 교수)
	김승천 (한성대학교 교수)
	서진수 (강릉대학교 교수)
	우찬일 (서일대학교 교수)
	이종석 (연세대학교 교수)

김회린 (한국과학기술원 교수)
박현창 (동국대학교 교수)
이한호 (인하대학교 교수)
서춘원 (김포대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김영로 (명지전문대학교 교수)
심정연 (강남대학교 교수)
윤국진 (광주과학기술원 교수)
장길진 (울산과학기술대학교 교수)

노용만 (한국과학기술원 교수)
송상현 (중앙대학교 교수)
김경연 (제주대학교 교수)
이광엽 (서경대학교 교수)
김문철 (한국과학기술원 교수)
박인규 (인하대학교 교수)
오성희 (서울대학교 교수)
윤석호 (성균관대학교 교수)
함철희 (삼성전자 마스터)

SPC편집위원회

위원장	김선욱 (고려대학교 교수)
위원	김동순 (전자부품연구원 박사)
	윤은준 (경일대학교 교수)
	조민호 (고려대학교 교수)
	홍대식 (연세대학교 교수)

백준기 (중앙대학교 교수)
신원용 (단국대학교 교수)
이재훈 (고려대학교 교수)
최강선 (한국기술교육대학교 교수)
황인철 (강원대학교 교수)

심동규 (광운대학교 교수)
정승원 (동국대학교 교수)
한영선 (경일대학교 교수)

논문편집위원회

위원장	김수환 (서울대학교 교수)
위원	김재현 (아주대학교 교수)
	송민규 (동국대학교 교수)
	이재성 (고려대학교 교수)
	정종문 (연세대학교 교수)

남기창 (연세대학교 교수)
심동규 (광운대학교 교수)
인치호 (세명대학교 교수)
조도현 (인하공업전문대학 교수)

노정진 (한양대학교 교수)
이용구 (한림성심대학교 교수)
임재열 (한국기술교육대학교 교수)
최용수 (성결대학교 교수)

회원관리위원회

위원장	최천원 (단국대학교 교수)
위원	강문식 (강릉원주대학교 교수)
	김근대 (한국산업기술평가관리원 PM)
	김용민 (충청대학교 교수)
	김현진 (단국대학교 교수)
	송상현 (중앙대학교 교수)
	윤석현 (단국대학교 교수)
	이태동 (국제대학교 교수)
	장석호 (단국대학교 교수)

권오상 (경기공업대학교 교수)
김병화 (동원대학교 교수)
김정호 (이화여자대학교 교수)
동성수 (용인송담대학교 교수)
신오순 (송실대학교 교수)
윤지훈 (서울과학기술대학교 교수)
이흥노 (광주과학기술원 교수)

김훈 (인천대학교 교수)
김선용 (건국대학교 교수)
김진영 (광운대학교 교수)
박현창 (동국대학교 교수)
신원용 (단국대학교 교수)
이문기 (김포대학교 교수)
인치호 (세명대학교 교수)

사업위원회

위원장	백 광 현 (중앙대학교 교수)	허 준 (고려대학교 교수)	
위원	곽 칠 성 (재능대학교 교수)	구 자 일 (인하공업전문대학 교수)	권 중 기 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	권 혁 인 (중앙대학교 교수)	김 경 기 (대구대학교 교수)	김 동 식 (인하공업전문대학 교수)
	김 종 옥 (고려대학교 교수)	김 창 수 (고려대학교 교수)	노 태 문 (한국전자통신연구원 팀장)
	박 진 흥 (해전대학교 교수)	송 상 현 (중앙대학교 교수)	심 동 규 (광운대학교 교수)
	안 춘 기 (고려대학교 교수)	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 상 준 (수원과학기술대학교 교수)
	이 시 현 (동서울대학교 교수)	임 승 옥 (전자부품연구원 박사)	최 수 용 (연세대학교 교수)
	최 완 (한국전자통신연구원 박사)	홍 국 태 (LG전자 상무)	

산학협동위원회

위원장	김 태 찬 (고려대학교 박사)		
위원	김 태 원 (상지영서대학교 교수)	방 국 준 (인덕대학교 교수)	오 은 미 (삼성전자 마스터)
	유 경 동 (SK하이닉스 상무)	유 상 동 (SK하이닉스 팀장)	윤 영 권 (삼성전자 마스터)
	이 정 석 (인하공업전문대학 교수)	정 대 현 (삼성전기 상무)	정 석 재 (영진전문대학교 교수)
	함 철 희 (삼성전자 마스터)		

회지편집위원회

위원장	강 의 성 (순천대학교 교수)		
위원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	공 준 진 (삼성전자 마스터)	권 기 롱 (부경대학교 교수)
	김 은 원 (대림대학교 교수)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
	김 종 옥 (고려대학교 교수)	남 기 창 (동국대학교 교수)	성 훈 석 (부천대학교 교수)
	심 완 보 (충청대학교 교수)	염 우 용 (인하공업전문대학 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
	전 병 태 (한경대학교 교수)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	최 해 철 (한밭대학교 교수)
	허 비 또 (LG유플러스 상무)	홍 용 택 (서울대학교 교수)	

교육홍보위원회

위원장	한 동 석 (경북대학교 교수)		
위원	김 동 호 (서울과학기술대학교 교수)	김 상 호 (성균관대학교 교수)	김 정 태 (이화여자대학교 교수)
	김 준 태 (건국대학교 교수)	동 성 수 (용인송담대학교 교수)	류 시 복 (자동차부품연구원 책임연구원)
	박 정 옥 (연세대학교 교수)	심 재 훈 (경북대학교 교수)	이 동 훈 (삼성전자 수석연구원)
	이 석 필 (상명대학교 교수)	임 기 택 (전자부품연구원 센터장)	장 준 혁 (한양대학교 교수)
	최 병 호 (전자부품연구원 센터장)	최 세 호 (포스코 부장)	최 진 식 (한양대학교 교수)
	한 종 기 (세종대학교 교수)		

표준화위원회

위원장	엄 낙 응 (한국전자통신연구원 부장)		
위원	구 정 래 (한국심사자격인증원 팀장)	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 동 규 (한양대학교 교수)
	김 병 철 (한양대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)	김 옥 수 (인피니언코리아 이사)
	김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원-간사겸임)	김 중 훈 (한국과학기술원 교수)	두 영 호 (현대모비스 책임연구원)
	문 현 옥 (동원대학교 교수)	박 세 광 (경북대학교 교수)	박 재 영 (광운대학교 교수)
	박 주 현 (픽셀플러스 실장)	신 성 호 (한국산업기술평가관리원 PD)	연 규 봉 (자동차부품연구원 팀장)
	위 재 경 (숭실대학교 교수)	윤 대 원 (특허법인 다래 이사)	이 경 범 (표준과학연구원 책임연구원)
	이 민 영 (한국반도체산업협회 본부장)	이 상 근 (지식경제부 기술표준원 연구관)	이 상 미 (한국전자진흥원 팀장)
	이 상 준 (수원과학기술대학교 교수)	이 서 호 (한국기계전자시험연구원 과장)	이 성 수 (숭실대학교 교수)
	이 용 희 (한라대학교 교수)	이 종 목 (SOL 대표)	장 미 혜 (연세대학교 교수)
	장 현 수 (쥬아이에이 부장)	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	정 환 익 (경북대학교 교수)
	좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)	차 철 응 (전자부품연구원 책임연구원)	한 태 수 (기술표준원/표준협회 표준코디)

정보화위원회

위원장	최 천 원 (단국대학교 교수)		
위원	권 구 락 (조선대학교 교수)	김 근 대 (한국산업기술평가관리원 PM)	김 선 응 (건국대학교 교수)
	김 정 호 (이화여자대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)	김 현 진 (단국대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	동 성 수 (용인송담대학교 교수)	박 현 창 (동국대학교 교수)
	송 상 현 (중앙대학교 교수)	신 오 순 (숭실대학교 교수)	신 원 용 (단국대학교 교수)
	위 재 경 (숭실대학교 교수)	윤 석 현 (단국대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)
	이 문 구 (김포대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	장 석 호 (단국대학교 교수)

지부담당위원회

위원장	박현욱 (한국과학기술원 교수)		
위원	임해진 (강원대학교 교수)	강민제 (제주대학교 교수)	김성진 (경남대학교 교수)
	박길흠 (경북대학교 교수)	박덕규 (목원대학교 교수)	박민식 (전주비전대 교수)
	백인천 (AIJU대학교 교수)	장은영 (공주대학교 교수)	최명준 (텔레다인 박사)
	최영규 (한국교통대학교 교수)	최조천 (목포해양대 교수)	최천원 (단국대학교 교수)-간사겸임

선거관리위원회

위원장	박성한 (한양대학교 명예교수)		
위원	노원우 (연세대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)	유창동 (한국과학기술원 교수)
	이충용 (연세대학교 교수)	임혜숙 (이화여자대학교 교수)	최천원 (단국대학교 교수)

포상위원회

위원장	전홍태 (중앙대학교 교수)		
위원	김수환 (서울대학교 교수)	박병국 (서울대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)
	유창동 (한국과학기술원 교수)	윤기방 (인천대학교 교수)	이충용 (연세대학교 교수)-간사겸임

재정위원회

위원장	문영식 (한양대학교 교수)		
위원	구용서 (단국대학교 교수)	김달수 (TLI 대표이사)	김성대 (한국과학기술원 교수)
	박병국 (서울대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)-간사겸임	백준기 (중앙대학교 교수)
	이필중 (포항공과대학교 교수)	전국진 (서울대학교 교수)	홍대식 (연세대학교 교수)

인사위원회

위원장	문영식 (한양대학교 교수)		
위원	박병국 (서울대학교 교수)	이충용 (연세대학교 교수)	박종일 (한양대학교 교수)
	최천원 (단국대학교 교수)	백광현 (중앙대학교 교수)	

JSTS위원회

위원장	Byung - Gook Park (Seoul National Univ.)		
부위원장	Dim - Lee Kwong (A*STAR)		
위원	Akira Matsuzawa (Tokyo Institute of Technology)	Cary Yang (Santa Clara Univ.)	
	Changsik Yoo (Hanyang Univ.)	Chennupati Jagadish (Australian National Univ.)	
	Deog - Kyoon Jeong (Seoul National Univ.)	Dong S. Ha (Virginia Tech)	
	Eun Sok Kim (USC)	Gianauirelo Cuniberti (Dresden Univ. of Technology)	
	Hi - Deok Lee (Chungnam Univ.)	Hoi - Jun Yoo (KAIST)	
	Hyoungsub Kim (Sungkyunkwan Univ.)	Hyungcheol Shin (Seoul National Univ.)	
	Hyun - Kyu Yu (ETRI)	Jamal Deen (McMaster Univ.)	
	Jin - Koo Rhee (Dongguk Univ.)	Jinwook Burm (Sogang Univ.)	
	Jong - Uk Bu (Sen Plus)	Meyya Meyyappan (NASA Ames Research Center)	
	Min - kyu Song (Dongguk Univ.)	Moon - Ho Jo (POSTECH)	
	Nobby Kobayashi (UC Santa Cruz)	Paul D. Franzon (North Carolina State Univ.)	
	Rino Choi (Inha Univ.)	Sang - Hun Song (Chung - Ang Univ.)	
	Seung - Hoon Lee (Sogang Univ.)	Shen - luan Liu (National Taiwan Univ.)	
	Songcheol Hong (KAIST)	Stephen A. Campbell (Univ. of Minnesota)	
	Sung Woo Hwang (Korea Univ.)	Tadahiro Kuroda (Keio Univ.)	
	Tae - Song Kim (KIST)	Tsu - Jae King Liu (UC Berkeley)	
	Vojin G. Oklobdzija (Univ. of Texas at Dallas)	Weileun Fang (National Tsing Hua Univ.)	
	Woodward Yang (Harvard Univ.)	Woogeun Rhee (Tsinghua Univ.)	
	Yogesh B. Gianchandani (Univ. of Michigan, Ann Arbor)	Yong - Bin Kim (Northeastern Univ.)	
	Younghee Kim (Changwon National Univ.)		

Society 명단

통신 소사이어티

회 장 자 문 위 원	방 성 일 (단국대학교 교수) 구 경 현 (인천대학교 교수) 이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장) 정 일 영 (한국외국어대학교 교수)	류 승 문 (쥬카서 대표이사) 이 상 훈 (KT 부문장/사장)	연 철 흘 (LGT 상무) 이 호 경 (홍익대학교 교수)
감 사 부 회 장 협 동 부 회 장	이 상 연 (SK Telecom 상무) 서 철 현 (숭실대학교 교수) 권 순 철 (KT 전무) 김 영 한 (숭실대학교 교수) 김 주 완 (동양미래대학교 교수) 방 승 찬 (한국전자통신연구원 부장) 이 승 호 (쥬하이게인 부사장)	이 재 훈 (유정시스템즈 대표이사) 이 재 진 (숭실대학교 교수) 김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장) 김 용 석 (쥬답스 대표이사) 남 상 옥 (서울대학교 교수) 연 인 복 (한국전자통신연구원 팀장) 정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)	최 천 원 (단국대학교 교수) 김 연 은 (쥬브러던 대표이사) 김 인 경 (LG전자 상무) 박 용 석 (쥬LICT 대표이사) 오 정 근 (쥬ATNS 대표이사)
이 사	김 선 호 (건국대학교 교수) 김 정 호 (이화여자대학교 교수) 상 원 진 (서강대학교 교수) 윤 종 호 (한국항공대학교 교수) 이 흥 노 (광주과학기술원 교수) 정 윤 채 (삼성전자 전무) 허 준 (고려대학교 교수)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사) 김 진 영 (광운대학교 교수) 신 요 안 (숭실대학교 교수) 이 재 훈 (동국대학교 교수) 임 중 태 (홍익대학교 교수) 조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)	김 재 현 (아주대학교 교수) 노 윤 섭 (한국전자통신연구원 박사) 유 명 식 (숭실대학교 교수) 이 종 창 (홍익대학교 교수) 장 병 수 (KT 상무) 최 진 식 (한양대학교 교수)
연구회위원장	이 인 규 (고려대학교 교수) - 통신연구회 유 제 훈 (한국전자통신연구원 팀장) - 스위칭 및 라우팅연구회 조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로파 및 전파전파연구회 이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS연구회 정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 정보보안시스템연구회 김 강 옥 (경북대학교 교수) - 군사전자연구회 류 원 (한국전자통신연구원 부장) - 방송·통신융합기술연구회 박 광 로 (한국전자통신연구원 부장) - 무선 PAN/BAN연구회 김 봉 태 (한국전자통신연구원 소장) - 미래네트워크연구회	신 오 순 (숭실대학교 교수) 윤 석 현 (단국대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)

반도체소사이어티

회 장 자 문 위 원	전 영 현 (삼성전자 부사장) 권 오 경 (한양대학교 교수) 신 현 철 (한양대학교 교수) 정 진 균 (전북대학교 교수) 조 중 휘 (인천대학교 교수) 조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수) 우 남 성 (삼성전자 사장) 최 준 립 (경북대학교 교수)	신 윤 승 (삼성전자 고문) 임 형 규 (SK 부회장)
감 사 수 석 부 회 장 연구담당부회장 사업담당부회장 학술담당부회장 총 무 이 사	김 진 상 (경희대학교 교수) 범 진 옥 (서강대학교 교수) 공 준 진 (삼성전자 마스터) 이 한 호 (인하대학교 교수) 노 정 진 (한양대학교 교수) 김 영 환 (포항공과대학교 교수) 박 흥 준 (포항공과대학교 교수) 정 연 모 (경희대학교 교수) 한 태 희 (성균관대학교 교수)	김 동 규 (한양대학교 교수) 최 중 호 (서울시립대학교 교수) 인 치 호 (세명대학교 교수) 김 재 석 (연세대학교 교수) 송 민 규 (동국대학교 교수) 정 진 용 (인하대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)
편 집 이 사 학 술 이 사	강 성 호 (연세대학교 교수) 김 시 호 (연세대학교 교수) 윤 광 섭 (인하대학교 교수) 정 희 범 (한국전자통신연구원 본부장) 조 태 세 (삼성전자 마스터) 강 태 원 (베셀 사장) 김 만 복 (리버트론 사장) 김 태 찬 (삼성전자 마스터) 송 태 훈 (휴인스 사장) 엄 낙 응 (한국전자통신연구원 부장) 이 윤 중 (동부하이텍 상무) 최 세 환 (멘토 부사장) 황 규 철 (삼성전자 상무)	공 배 선 (성균관대학교 교수) 김 철 우 (고려대학교 교수) 이 윤 식 (전자부품연구원 본부장) 조 대 형 (스위스로전연방공대 총장수석보좌관) 조 한 진 (한국전자통신연구원 센터장) 김 달 수 (TIL 대표) 김 보 은 (라운텍 사장) 김 한 기 (코아로직 사장) 신 용 석 (케이던스코리아 사장) 유 경 동 (SK하이닉스 상무) 이 중 열 (FCI 부사장) 최 승 중 (LG전자 전무)	권 기 원 (성균관대학교 교수) 박 장 현 (한국전자통신연구원 박사) 이 희 덕 (충남대학교 교수) 조 상 복 (울산대학교 교수)
사 업 이 사	김 동 현 (ICTK 사장) 김 준 석 (ADT 사장) 손 보 익 (LG전자 전무) 양 중 섭 (SK하이닉스 상무) 이 도 영 (실리콘파일 사장) 정 해 수 (Synopsys 사장) 최 중 찬 (전자부품연구원 본부장)	김 동 현 (성균관대학교 교수) 박 장 현 (한국전자통신연구원 박사) 이 희 덕 (충남대학교 교수) 조 상 복 (울산대학교 교수)	
산 학 이 사	김 동 현 (ICTK 사장) 김 준 석 (ADT 사장) 손 보 익 (LG전자 전무) 양 중 섭 (SK하이닉스 상무) 이 도 영 (실리콘파일 사장) 정 해 수 (Synopsys 사장) 최 중 찬 (전자부품연구원 본부장)		
재 무 이 사 회 원 이 사 연구회위원장	김 희 석 (청주대학교 교수) 이 광 영 (서경대학교 교수) 이 재 성 (고려대학교 교수) - 반도체 재료 및 부품연구회 현 경 속 (세종대학교 교수) - 광파 및 양자전자연구회 강 진 구 (인하대학교 교수) - SoC설계연구회 신 현 철 (광운대학교 교수) - RF 집적회로연구회 정 원 영 (동부하이텍 상무) - PCB & Package연구회	임 신 일 (서경대학교 교수) 최 기 영 (서울대학교 교수)	
간 사	김 형 탁 (홍익대학교 교수) 이 성 수 (숭실대학교 교수) 최 우 영 (연세대학교 교수)	문 용 (숭실대학교 교수) 전 경 구 (인천대학교 교수) 최 윤 경 (삼성전자 마스터)	어 영 선 (한양대학교 교수) 차 호 영 (홍익대학교 교수)

컴퓨터사이어터

회 장	이 규 대 (공주대학교 교수)	박 인 정 (단국대학교 교수)	박 춘 명 (한국교통대학교 교수)
명 예 회 장	김형중 (고려대학교 교수)	안 병 구 (홍익대학교 교수)	임 기 옥 (선문대학교 교수)
	신인철 (단국대학교 교수)	홍 유 식 (상지대학교 교수)	
자 문 위 원	허 영 (한국전기연구원 본부장)	정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	
감 사	이 강 현 (조선대학교 교수)	심 정 연 (강남대학교 교수)	
부 회 장	박 현 숙 (동아방송대학교 교수)	안 현 식 (동명대학교 교수)	우 윤 택 (한국과학기술원 교수)
	김도현 (제주대학교 교수)	이 민 호 (경북대학교 교수)	조 민 호 (고려대학교 교수)
협 동 부 회 장	이 문 구 (김포대학교 교수)	김 영 학 (한국산업기술평가관리원 본부장)	김 천 식 (세종대학교 교수)
	권 호 열 (강원대학교 교수)	정 용 규 (울지대학교 교수)	조 병 순 (㈜시엔시 인스트루먼트 사장)
총 무 이 사	임 병 민 (㈜Agerigna 부회장)		
재 무 이 사	김 승 천 (한성대학교 교수)	박 수 현 (국민대학교 교수)	이 기 영 (울지대학교 교수)
편 집 이 사	남 상 엽 (국제대학교 교수)	이 석 환 (동명대학교 교수)	최 용 수 (성결대학교 교수) - 편집위원장
학 술 이 사	기 장 근 (공주대학교 교수)	김 선 옥 (고려대학교 교수)	김 원 일 (세종대학교 교수)
	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	이 성 로 (목포대학교 교수)	이 찬 수 (영남대학교 교수)
	성 해 경 (한양여자대학교 교수)		
	허 준 (경민대학교 교수)	김 성 길 (㈜K4M 이사)	김 홍 균 (이화여자대학교 교수)
사 업 이 사	강 철 호 (한국연구재단 PD)	박 승 창 (㈜유오씨 사장)	유 준 재 (전자부품연구원 센터장)
	류 수 정 (삼성종합기술원 수석부장)	조 승 한 (용인송담대학교 교수)	
	전 병 태 (한경대학교 교수)	김 중 윤 (경동대학교 교수)	김 진 흥 (한성대학교 교수)
홍 보 이 사	김 영 천 (전북대학교 교수)		
	진 성 아 (성결대학교 교수)	유 성 철 (LG히다찌 팀장)	이 우 범 (상지대학교 교수)
산 학 이 사	김 선 태 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
연구회위원장	진 훈 (연세대학교 교수)		
	윤은준 (경일대학교 교수) - 융합컴퓨팅연구회		
	이 민 호 (경북대학교 교수) - 인공지능/신경망/퍼지연구회		
	심 정 연 (강남대학교 교수) - 멀티미디어연구회		
	김 승 천 (한성대학교 교수) - 유비쿼터스 시스템연구회		
	김 도 현 (제주대학교 교수) - M2M/IoT연구회		

신호처리사이어터

회 장	이 영 렬 (세종대학교 교수)	김 응 규 (한밭대학교 교수)	김 문 철 (한국과학기술원 교수)
감 사	강 상 원 (한양대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	
부 회 장	심 동 규 (광운대학교 교수)		
	박 종 일 (한양대학교 교수)	전 병 우 (성균관대학교 교수)	김 진 응 (한국전자통신연구원 그룹장)
협 동 부 회 장	김 상 롱 (방송통신위원회 PM)	변 해 란 (연세대학교 교수)	신 원 호 (LG전자 상무)
	백 준 기 (중앙대학교 교수)	양 인 환 (TI Korea 이사)	오 은 미 (삼성전자 마스터)
	안 치 득 (연세대학교 교수)	이 병 옥 (이화여자대학교 교수)	지 인 호 (홍익대 교수)
	이 춘 (현대·기아자동차 전무)		
	최 병 호 (전자부품연구원 센터장)	권 기 롱 (부경대학교 교수)	김 남 수 (서울대학교 교수)
이 사	강 현 수 (충북대학교 교수)	김 정 태 (이화여자대학교 교수)	김 해 광 (세종대학교)
	김 원 하 (경희대학교 교수)	박 인 규 (인하대학교 교수)	서 정 일 (한국전자통신연구원 선임연구원)
	박 구 만 (서울과학기술대학교 교수)	유 양 도 (서강대학교 교수)	이 상 근 (중앙대학교 교수)
	염 일 규 (부산대학교 교수)	임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)	장 길 진 (울산과학기술대학교 교수)
	이상윤 (연세대학교 교수)	한 중 기 (세종대학교 교수)	
	장 준 혁 (한양대학교 교수)	권 구 락 (조선대학교 교수)	김 기 백 (송실대학교 교수)
협 동 이 사	김 홍 국 (광주과학기술원 교수)	김 용 환 (전자부품연구원 선임연구원)	김 재 곤 (한국항공대학교 교수)
	김 상 호 (성균관대학교 교수)	박 호 중 (광운대학교 교수)	서 영 호 (광운대학교 교수)
	김 창 수 (고려대학교 교수)	신 재 섭 (㈜픽스트리 대표이사)	신 종 원 (광주과학기술원 교수)
	송 병 철 (인하대학교 교수)	예 중 철 (한국과학기술원 교수)	이 기 승 (건국대학교 교수)
	신 지 태 (성균관대학교 교수)	이 창 우 (카톨릭대학교 교수)	임 재 윤 (제주대학교 교수)
	이 종 설 (전자부품연구원 책임연구원)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)	최 승 호 (서울과학기술대학교 교수)
	장 세 진 (전자부품연구원 센터장)	홍 성 훈 (전남대학교 교수)	
연구회위원장	최 해 철 (한밭대학교 교수)		
	김 무 영 (세종대학교 교수) - 음향 및 신호처리연구회		
	심 동 규 (광운대학교 교수) - 영상신호처리연구회		
	김 창 익 (한국과학기술원 교수) - 영상이해연구회		
	예 중 철 (한국과학기술원 교수) - 바이오영상신호처리연구회		
총 무 간 사	최 해 철 (한밭대학교 교수)		

시스템 및 제어 소사이어터

회 장	오 창 현 (고려대학교 교수)	김 희 식 (서울시립대학교 교수)	박 종 국 (경희대학교 교수)
자 문 위 원	김 덕 원 (연세대학교 교수)	허 경 무 (단국대학교 교수)	
	서 일 흥 (한양대학교 교수)	안 창 범 (광운대학교 교수)	
감 사	김 영 진 (생신기술연구원 교수)	오 상 록 (KIST 책임연구원)	오 승 록 (단국대학교 교수)
부 회 장	김 영 철 (군산대학교 교수)		
	정 길 도 (전북대학교 교수)	이 흥 규 (㈜아이슬테크놀로지 박사)	임 익 현 (한전전력연구원 교수)
협 동 부 회 장	양 응 철 (현대자동차그룹 부회장)	허 용 록 (선영특허법률사무소 소장)	
	조 재 문 (삼성전자 전무)	이 덕 진 (군산대학교 교수)	전 순 용 (동양대학교 교수)
기 획 이 사	김 동 현 (국방기술연구소 박사)	황 운 희 (국방기술품질원 박사)	
	최 현 택 (한국해양연구원 박사)		
총 무 이 사	주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)		

학술이사	김용권 (건양대학교 교수)	서성규 (고려대학교 교수)	
편집이사	김시호 (연세대학교 교수)	남기창 (동국대학교 교수) - 편집위원장	이수열 (경희대학교 교수)
사업이사	고낙용 (조선대학교 교수)	김용태 (한경대학교 교수)	이경중 (연세대학교 교수)
	이석재 (대구보건대학교 교수)	최진영 (서울대학교 교수)	
산학연이사	강대희 (유도주) 부사장)	엄광식 (인텔리안 테크놀로지스 박사)	전영주 (한의학연구원 박사)
	조영조 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
회원이사	변영재 (울산과학기술대학교 교수)	유재하 (한경대학교 교수)	이학성 (세종대학교 교수)
재무이사	김수찬 (한경대학교 교수)		
홍보이사	김호철 (울지대학교 교수)	박재병 (전북대학교 교수)	여희주 (대진대학교 교수)
	유정봉 (공주대학교 교수)	이성준 (한양대학교 교수)	
간사	권종원 (한국산업기술시험원 박사)		
연구회위원장	한수희 (건국대학교 교수) - 제어계측연구회		
	이성준 (한양대학교 교수) - 회로 및 시스템연구회		
	남기창 (연세대학교 교수) - 의용전자 및 생체공학연구회		
	김규식 (서울시립대학교 교수) - 전력전자연구회		
	조영조 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 지능로봇연구회		
	전순용 (동양대학교 교수) - 국방 정보 및 제어연구회		
	김시호 (연세대학교 교수) - 자동차전자연구회		
	이수열 (경희대학교 교수) - 의료영상시스템연구회		

산업전자사이어티

회장	남상엽 (국제대학교 교수)		
명예회장	강창수 (유한대학교 교수)	김장권 (대림대학교 교수)	윤기방 (인천대학교 교수)
	이상회 (동서울대학교 교수)	이원석 (동양미래대학교 교수)	
자문위원	김병화 (동원대학교 교수)	윤길중 (대덕대학교 교수)	윤한오 (구미대학교 교수)
	이상준 (수원과학대학교 교수)		
감사	김현 (부천대학교 교수)	이병선 (김포대학교 교수)	
수석부회장	원영진 (부천대학교 교수)		
부회장	김용민 (충청대학교 교수)	김태원 (상지영서대학교 교수)	동성수 (용인송담대학교 교수)
	서춘림 (김포대학교 교수)	이용구 (한림성심대학교 교수)	조도현 (인하공업전문대학교 교수)
협동부회장	강사성 (한국후지쯔 부장)	강현웅 (이지테크 대표)	곽은식 (경봉 부사장)
	권태일 (박썬시스템즈 대표)	김연길 (DB정보통신 부장)	김용수 (엠시스템즈 대표)
	김용업 (삼성SDS 부장)	김응연 (인터그래픽 대표)	김종부 (인덕대학교 교수)
	김종인 (LG엔시스 본부장)	김진선 (청파이엠티 대표)	김창일 (아이지 대표)
	김태형 (하이버스 대표)	남승우 (상학당 대표)	박용후 (이디 대표)
	박현찬 (나인플러스EDA 대표)	서영석 (한국하니웰 대표)	서한석 (한국아이칩시스템즈 대표)
	성재용 (롯데정보통신 대표)	송광현 (복두전자 대표)	윤광선 (LG전자서비스 부장)
	이선형 (가온아이 본부장)	이영준 (비츠로시스 본부장)	임일권 (KCC 상무)
	장철 (LG히타치 상무)	장대현 (지에스비텍 상무)	조한일 (SKCNC 부장)
	진수춘 (한백전자 대표)	최신혁 (소프트피아 대표)	최영일 (조선이공대학교 교수)
지부장	김윤석 (상지영서대학교 교수) - 강원지부		
	김태용 (구미대학교 교수) - 대경지부		
	홍용인 (부산정보대학교 교수) - 부경지부		
	송도선 (우송정보대학교 교수) - 충청지부		
	이종하 (전주비전대학교 교수) - 호남지부		
이사	강동진 (한국정보통신기능대학교 교수)	강희훈 (여주대학교 교수)	고정환 (인하공업전문대학교 교수)
	곽철성 (재능대학교 교수)	구성모 (두원공과대학교 교수)	구자일 (인하공업전문대학교 교수)
	권오상 (경기과학기술대학교 교수)	김경복 (경북대학교 교수)	김덕수 (동양미래대학교 교수)
	김덕영 (부천대학교 교수)	김동식 (인하공업전문대학교 교수)	김선태 (직업능력개발원 실장)
	김영로 (명지전문대학교 교수)	김영선 (대림대학교 교수)	김영준 (인하공업전문대학교 교수)
	김은원 (대림대학교 교수)	김종찬 (경북전문대학교 교수)	노재성 (서일대학교 교수)
	명기환 (우송정보대학교 교수)	문현욱 (동원대학교 교수)	박종우 (재능대학교 교수)
	박진홍 (혜전대학교 교수)	방경호 (명지전문대학교 교수)	방극준 (인덕대학교 교수)
	배효관 (동원대학교 교수)	백승철 (우송정보대학교 교수)	변상준 (대덕대학교 교수)
	서무교 (대구대학교 교수)	성해경 (한양여자대학교 교수)	성홍식 (부천대학교 교수)
	신진섭 (경민대학교 교수)	심완보 (충청대학교 교수)	안성수 (명지전문대학교 교수)
	안태원 (동양미래대학교 교수)	양승호 (우송정보대학교 교수)	엄우용 (인하공업전문대학교 교수)
	오태명 (명지전문대학교 교수)	용승림 (인하공업전문대학교 교수)	우찬일 (서일대학교 교수)
	이기정 (포항대학교 교수)	이동영 (명지전문대학교 교수)	이동훈 (두원공과대학교 교수)
	이명문 (수원과학대학교 교수)	이문구 (김포대학교 교수)	이상철 (재능대학교 교수)
	이승우 (동원대학교 교수)	이시현 (동서울대학교 교수)	이정석 (인하공업전문대학교 교수)
	이태동 (국제대학교 교수)	이현수 (마산대학교 교수)	장성석 (영진전문대학교 교수)
	장우석 (구미대학교 교수)	전호익 (혜전대학교 교수)	정석재 (영진전문대학교 교수)
	정환익 (경북대학교 교수)	주진화 (오산대학교 교수)	최선정 (국제대학교 교수)
	최승덕 (경기과학기술대학교 교수)	최의선 (한국폴리텍대학 교수)	최중환 (해천대학교 교수)
	최학윤 (김포대학교 교수)	한완옥 (여주대학교 교수)	황수철 (인하공업전문대학 교수)
협동이사	강현석 (이지테크 이사)	김민준 (LG엔시스 차장)	김순식 (청파이엠티 부장)
	김정석 (ODA테크놀로지 대표)	박선순 (틸루스 대표)	송재진 (인터그래픽 부장)
	오재곤 (LG하다찌 이사)	원우연 (케이넷 대표)	유성철 (LG엔시스 차장)
	이관희 (이디 이사)	이재준 (한백전자 부장)	이현성 (프로랩 팀장)
	최병진 (LG엔시스 부장)	최영진 (이디네트워크 대표)	

제20대 평의원 명단

- | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 강 동 욱 (국민대학교 교수) | 강 문 식 (강릉원주대학교 교수) | 강 민 제 (제주대학교 교수) |
| 강 성 호 (연세대학교 교수) | 강 의 성 (순천대학교 교수) | 강 진 구 (인하대학교 교수) |
| 강 창 수 (유한대학교 교수) | 강 훈 (중앙대학교 교수) | 고 성 제 (고려대학교 교수) |
| 고 요 환 (SK하이닉스 고문) | 공 배 선 (성균관대학교 교수) | 공 준 진 (삼성전자 마스터) |
| 공 진 흥 (광운대학교 교수) | 곽 우 영 (현대자동차그룹 부사장) | 구 경 현 (인천대학교 교수) |
| 구 용 서 (단국대학교 교수) | 구 원 모 (전자신문사 대표이사) | 구 자 일 (인하공업전문대학 교수) |
| 권 기 룡 (부경대학교 교수) | 권 순 철 (KT ENS 대표이사) | 권 오 경 (한양대학교 교수) |
| 권 오 현 (삼성전자 부회장) | 권 종 기 (한국전자통신연구원 책임연구원) | 권 종 원 (한국산업기술시험원 선임연구원) |
| 권 혁 인 (중앙대학교 교수) | 권 호 열 (강원대학교 교수) | 김 경 연 (제주대학교 교수) |
| 김 경 원 (전자부품연구원 원장) | 김 규 식 (서울시립대학교 교수) | 김 기 호 (삼성전자 부사장) |
| 김 달 수 (TIL 대표이사) | 김 대 환 (국민대학교 교수) | 김 덕 규 (경북대학교 교수) |
| 김 덕 진 (고려대학교 명예교수) | 김 도 현 (국민대학교 명예교수) | 김 도 현 (제주대학교 교수) |
| 김 동 식 (인하공업전문대학 교수) | 김 문 철 (한국과학기술원 교수) | 김 보 은 (리온텍 사장) |
| 김 봉 태 (한국전자통신연구원 책임연구원) | 김 부 균 (송실대학교 교수) | 김 상 태 (한국산업기술평가관리원 단장) |
| 김 선 용 (건국대학교 교수) | 김 선 옥 (고려대학교 교수) | 김 성 대 (한국과학기술원 교수) |
| 김 성 진 (경남대학교 교수) | 김 소 영 (성균관대학교 교수) | 김 수 원 (고려대학교 교수) |
| 김 수 중 (경북대학교 명예교수) | 김 수 찬 (한경대학교 교수) | 김 수 환 (서울대학교 교수) |
| 김 승 천 (한성대학교 교수) | 김 시 원 (삼성전자 부장) | 김 시 호 (연세대학교 교수) |
| 김 영 권 ((전)몽골 후레정보통신대학교 총장) | 김 영 선 (대림대학교 교수) | 김 영 철 (군산대학교 교수) |
| 김 영 환 (포항공과대학교 교수) | 김 용 민 (충청대학교 교수) | 김 용 탁 (SK하이닉스 부사장) |
| 김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원) | 김 원 하 (경희대학교 교수) | 김 은 원 (대림대학교 교수) |
| 김 장 권 (대림대학교 교수) | 김 재 석 (연세대학교 교수) | 김 재 하 (서울대학교 교수) |
| 김 재 현 (아주대학교 교수) | 김 재 희 (연세대학교 교수) | 김 정 삼 (영남이공대학교 교수) |
| 김 정 식 (대덕전자 회장) | 김 정 태 (이화여자대학교 교수) | 김 정 호 (이화여자대학교 교수) |
| 김 종 대 (한국전자통신연구원 소장) | 김 종 오 (동양미래대학교 교수) | 김 종 옥 (고려대학교 교수) |
| 김 주 신 (만도 사장) | 김 주 완 (동양미래대학교 교수) | 김 진 선 (SK컨티넨탈이모션 대표이사) |
| 김 진 영 (광운대학교 교수) | 김 창 수 (고려대학교 교수) | 김 창 용 (삼성전자 부사장) |
| 김 창 익 (한국과학기술원 교수) | 김 창 현 (삼성전기 부사장) | 김 철 동 (세원텔레텍 대표이사) |
| 김 철 우 (고려대학교 교수) | 김 태 욱 (연세대학교 교수) | 김 태 원 (상지영서대학교 교수) |
| 김 태 진 (더택트 사장) | 김 태 찬 (고려대학교 박사) | 김 현 (부천대학교 교수) |
| 김 현 철 (울산대학교 교수) | 김 흥 국 (광주과학기술원 교수) | 김 훈 (인천대학교 교수) |
| 김 희 석 (청주대학교 교수) | 김 희 식 (서울시립대학교 교수) | 나 정 웅 (한국과학기술원 명예교수) |
| 남 상 엽 (국제대학교 교수) | 남 상 욱 (서울대학교 교수) | 노 용 만 (한국과학기술원 교수) |
| 노 원 우 (연세대학교 교수) | 남 정 진 (한양대학교 교수) | 노 태 문 (한국전자통신연구원 실장) |
| 동 성 수 (웅인송담대학교 교수) | 류 수 정 (삼성중합기술원 마스터) | 문 영 식 (한양대학교 교수) |
| 민 경 식 (국민대학교 교수) | 민 경 오 (LG전자 전무) | 박 규 태 (연세대학교 명예교수) |
| 박 길 흘 (경북대학교 교수) | 박 덕 규 (목원대학교 교수) | 박 래 흥 (서강대학교 교수) |
| 박 민 식 (전주비전대학교 교수) | 박 병 국 (서울대학교 교수) | 박 병 하 (삼성전자 전무) |
| 박 성 욱 (SK하이닉스 대표이사) | 박 성 한 (한양대학교 명예교수) | 박 세 근 (인하대학교 교수) |
| 박 송 배 (한국과학기술원 명예교수) | 박 인 규 (인하대학교 교수) | 박 정 욱 (연세대학교 교수) |
| 박 종 일 (한양대학교 교수) | 박 진 욱 (육군사관학교 명예교수) | 박 찬 구 (LS파워세미텍 대표이사) |
| 박 춘 명 (한국교통대학교 교수) | 박 향 구 (소암시스텔 회장) | 박 현 숙 (동아방송대학교 교수) |
| 박 현 욱 (한국과학기술원 교수) | 박 현 창 (동국대학교 교수) | 박 형 무 (동국대학교 교수) |
| 박 흥 준 (포항공과대학교 교수) | 방 국 준 (인덕대학교 교수) | 방 성 일 (단국대학교 교수) |
| 백 광 현 (중앙대학교 교수) | 백 만 기 (김&장법률사무소 변리사) | 백 준 기 (중앙대학교 교수) |
| 백 흥 기 (전북대학교 교수) | 범 진 욱 (서강대학교 교수) | 변 중 남 (한국과학기술원 명예교수) |
| 서 경 학 (한국연구재단 단장) | 서 승 우 (서울대학교 교수) | 서 일 흥 (한양대학교 교수) |
| 서 정 욱 ((전) 과학기술부 장관) | 서 철 현 (송실대학교 교수) | 서 춘 원 (김포대학교 교수) |
| 선우명훈 (아주대학교 교수) | 성 광 모 (서울대학교 명예교수) | 성 해 경 (한양여자대학교 교수) |
| 송 기 환 (삼성전자 수석연구원) | 송 문 섭 (엠세븐시스템 사장) | 송 민 규 (동국대학교 교수) |
| 송 병 철 (인하대학교 교수) | 송 상 현 (중앙대학교 교수) | 송 창 현 (네이버 이사) |
| 송 흥 연 (연세대학교 교수) | 신 오 순 (송실대학교 교수) | 신 요 안 (송실대학교 교수) |
| 신 종 균 (삼성전자 사장) | 신 동 규 (광운대학교 교수) | 심 정 연 (강남대학교 교수) |
| 안 병 구 (홍익대학교 교수) | 안 성 수 (명지전문대학 교수) | 안 승 권 (LG전자 사장) |
| 안 태 원 (동양미래대학교 교수) | 안 현 식 (동명대학교 교수) | 양 웅 철 (현대자동차그룹 부회장) |
| 엄 낙 응 (한국전자통신연구원 부장) | 엄 일 규 (부산대학교 교수) | 여 상 덕 (LG디스플레이 부사장) |
| 오 상 록 (한국과학기술연구원 책임연구원) | 오 승 록 (단국대학교 교수) | 오 승 준 (광운대학교 교수) |
| 오 은 미 (삼성전자 마스터) | 오 창 현 (고려대학교 교수) | 원 영 진 (부천대학교 교수) |
| 원 치 선 (동국대학교 교수) | 위 재 경 (송실대학교 교수) | 유 경 동 (SK하이닉스 상무) |

유 명 식 (숭실대학교 교수)	유 창 등 (한국과학기술원 교수)	유 창 식 (한양대학교 교수)
유 현 규 (한국전자통신연구원 책임연구원)	윤 광 섭 (인하대학교 교수)	윤 기 방 (인천대학교 교수)
윤 상 화 (에스넷시스템 대표이사)	윤 석 현 (단국대학교 교수)	윤 성 로 (서울대학교 교수)
윤 영 권 (삼성전자 마스터)	윤 일 구 (연세대학교 교수)	윤 중 용 (삼성전자 비상임고문)
이 강 윤 (성균관대학교 교수)	이 강 현 (조선대학교 교수)	이 광 업 (서경대학교 교수)
이 규 대 (공주대학교 교수)	이 기 섭 (한국산업기술평가관리원 원장)	이 기 영 (울지대학교 교수)
이 문 구 (김포대학교 교수)	이 문 기 ((전) 연세대학교 교수)	이 병 선 (김포대학교 교수)
이 상 근 (중앙대학교 교수)	이 상 설 (한양대학교 명예교수)	이 상 윤 (연세대학교 교수)
이 상 준 (수원과학대학교 교수)	이 상 홍 (정보통신기술진흥센터 센터장)	이 상 회 (동서울대학교 교수)
이 승 규 (한국폴리텍6대학 교수)	이 승 준 (이화여자대학교 교수)	이 승 훈 (서강대학교 교수)
이 영 렬 (세종대학교 교수)	이 용 구 (한림성심대학교 교수)	이 용 규 (삼성전자 수석연구원)
이 용 식 (연세대학교 교수)	이 원 석 (동양미래대학교 교수)	이 윤 식 (전자부품연구원 수석연구원)
이 윤 우 (삼성전자 상임고문)	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 재 홍 (서울대학교 교수)
이 재 훈 (동국대학교 교수)	이 재 훈 (유정시스템 사장)	이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
이 충 용 (연세대학교 교수)	이 충 웅 (서울대학교 명예교수)	이 태 원 (고려대학교 명예교수)
이 태 원 (캘커크코리아 부사장)	이 필 중 (포항공과대학교 교수)	이 한 호 (인하대학교 교수)
이 혁 재 (서울대학교 교수)	이 혁 재 (한국과학기술원 명예교수)	이 형 호 (한국전자통신연구원 전문위원)
이 호 경 (홍익대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	이 희 국 (LG기술협의회 사장)
인 치 호 (서명대학교 교수)	임 병 민 (Newmatrix(HongKong)co.,Ltd Board)	임 신 일 (서경대학교 교수)
임 익 현 (전력연구원 차장)	임 재 열 (한국기술교육대학교 교수)	임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
임 차 식 (한국정보통신기술협회 회장)	임 해 진 (강원대학교 교수)	임 형 규 (SK텔레콤 부회장)
임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)	장 만 호 (이노피아테크 대표이사)	장은 영 (공주대학교 교수)
장 태 규 (중앙대학교 교수)	전 경 훈 (포항공과대학교 교수)	전 국 진 (서울대학교 교수)
전 병 우 (성균관대학교 교수)	전 영 현 (삼성전자 부사장)	전 홍 태 (중앙대학교 교수)
정 교 일 (한국전자통신연구원 책임연구원)	정 길 도 (전북대학교 교수)	정 승 원 (동국대학교 교수)
정 용 진 (광운대학교 교수)	정 원 영 (동부하이텍 상무)	정의 영 (연세대학교 교수)
정 재 훈 (단국대학교 교수)	정 정 화 (한양대학교 교수)	정 종 문 (연세대학교 교수)
정 준 (솔리드 대표이사)	정 진 규 (전북대학교 교수)	정 진 용 (인하대학교 교수)
정 한 욱 (ITS 대표이사)	정 향 근 (전북대학교 교수)	조 경 록 (충북대학교 교수)
조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 남 익 (서울대학교 교수)	조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
조 민 호 (고려대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
조 성 환 (한국과학기술원 교수)	조 영 민 (스카이크로스코리아 대표이사)	조 영 조 (한국전자통신연구원 책임연구원)
조 의 식 (가천대학교 교수)	조 재 문 (삼성전자 전무)	조 중 휘 (인천대학교 교수)
주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)	진 성 아 (성결대학교 교수)	진 수 준 (한백전자 대표이사)
진 훈 (성균관대학교 교수)	천 경 준 (씨젠 회장)	최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
최 기 영 (서울대학교 교수)	최 병 호 (전자부품연구원 센터장)	최 성 현 (서울대학교 교수)
최 승 원 (한양대학교 교수)	최 승 종 (LG전자 전무)	최 영 규 (한국교통대학교 교수)
최 용 수 (성결대학교 교수)	최 우 영 (연세대학교 교수)	최 정 아 (삼성전자 전무)
최 조 천 (목포해양대 교수)	최 중 찬 (전자부품연구원 본부장)	최 중 환 (대덕대학교 교수)
최 준 민 (경북대학교 교수)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	최 진 성 (SK텔레콤 전무)
최 진 식 (한양대학교 교수)	최 천 원 (단국대학교 교수)	최 해 철 (한밭대학교 교수)
표 현 명 (KT 렌탈 사장)	하 영 호 (경북대학교 교수)	한 대 근 (실리콘웍스 대표이사)
한 동 석 (경북대학교 교수)	함 철 회 (삼성전자 마스터)	허 경 무 (단국대학교 교수)
허 비 도 (LG유플러스 상무)	허 영 (실리콘마이터스 사장)	허 영 (한국전기연구원 본부장)
허 준 (고려대학교 교수)	호 요 성 (광주과학기술원 교수)	홍 국 태 (LG전자 상무)
홍 기 상 (포항공과대학교 교수)	홍 대 식 (연세대학교 교수)	홍 대 형 (서강대학교 교수)
홍 민 철 (숭실대학교 교수)	홍 성 철 (한국과학기술원 교수)	홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)
홍 용택 (서울대학교 교수)	홍 유 식 (상지대학교 교수)	황 선 영 (서강대학교 교수)
황 승 구 (한국전자통신연구원 소장)	황 승 호 (현대자동차그룹 부사장)	황 인 철 (강원대학교 교수)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 업무총괄, 기획, 자문, 산학연, 선거
 이안순 부장 - 재무(분회/소사이어티/연구회), 회원, 포상, 임원관련
 배지영 차장 - 국내학술대회, 총무, JSTS, 시스템 및 제어/신호처리(소)
 배기동 차장 - 사업, 표준화, 반도체/컴퓨터/산업전자(소), 용역
 변은정 과장 - 국문논문, 학회지
 김천일 과장 - 정보화, 교육/홍보, 홈페이지, 통신소사이어티
 이수진 사원 - 국제학술대회, SPC, 국제협력



제 4차 상임이사회 회의

제 4차 상임이사회가 6월 13일(금) 오후 4시 학회 회의실에서 개최되었다. 이번 회의 결과는 다음과 같다.

1. 성원 보고

- 15명이 참석하여 성원되었음

2. 위원회 보고

- 총무 : 간선평의원 선출에 대해 보고함
- 회원 : 회원수는 증가 추세이나 회비수입은 감소함. 반값회비, 무료회원 가입 등등의 원인으로 판단됨
- SPC : SCI 등재를 추진 중이며 논문 투고를 요청함
- 논문편집 : 논문 접수 현황에 대해 보고함
- 회지편집 : 회지특집 현황을 보고함. 학회지 명을 변경하는 것을 논의 중임
- 재무 : 수입 및 지출에서 70% 정도의 목표를 달성하고 있



제4차 상임이사회 회의모습

음을 보고함. 사업 및 보조금 수입이 103%인 것은 WISSET 사업비가 입금 된 것이며 모두 소진될 예산 임을 보고함

- 기획 : 소사이어티 임원 명칭 변경 및 학회지 임원명단 표기 방식 변경을 논의 중임
- 하계 : 총 700여편의 논문이 접수됨을 보고함
- 추계 : 추계 진행상황을 보고함
- 국제협력 : ISCE를 2년마다 학회에서 유치하는 것을 추진 중
- 사업 : 워크샵 진행상황을 보고하고 워크샵 등록을 요청함
- 교육/홍보 : Webzine 발간 등에 대해 보고함
- 정보화 : 회원 DB 최적화, 주민번호 수집 금지제도에 대한 대응 등에 대해 보고함
- 표준화 : 하계학술대회 연계 표준화 워크샵 개최 추진을 보고함
- 산학연 : 추진사항에 대한 보고를 함

3. 소사이어티 보고

4. 심의사항

- 신규회원가입을 승인함
- 소사이어티 임원명칭 개선 건은 기획위원회와 각 소사이어티별 논의를 한 후 의견을 모아 추후 재논의하기로 함
- 학회지 임원 명단 게재방법 변경 건은 현행 방식대로 진행하기로 함
- IWS 2015 국제학술대회 후원을 결정함
- 해동상 수상자의 하계학술대회의 기조연설을 의무화하는 방안을 포상위원회에서 논의해줄 것을 요청함

ISCE 2014 개최

ISCE(The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics)는 국제전기전자학회(IEEE) Consumer Electronics Society에서 매년 전 세계를 번갈아 가며 개최하는 국제학술대회로서 2014년에는 한국에서 최초로 대한전자공학회에서 유치하여 개최하였다. 이번 학술대회는 소비자 가전 분야의 최신 기술 및 연구동향을 공유하고 토론하는 것을 목적으로 2014년에는 한국 ICT 분야의 학문과 기술을 홍보하고 새로운 사업기회 등을 모색하는 계기가 마련되었다. 6월 22일부터 25일까지 제주 그랜드호텔에서 총 15개국 약 280편의 논문이 발표된 가운데, General Chair로는 문영식 회장(한양대), Organizing Committee Chair로는 백준기 교수(중앙대), TPC Chair로는 심동규 교수(광운대), Secretary로는 조성현 교수(한양대)가 참여하였다.

첫째 날인 6월 22일에 개최된 Welcome Reception에는 약 80명이 참가하였으며, 둘째 날인 6월 23일 개회식에서는 대한전자공학회 문영식 회장의 인사말에 이어 Best Paper Award가 진

행되었다. 시상식이 진행된 후 삼성전자 DMC 연구소의 박정훈 상무의 Plenary 가 진행되었다.

한편, 셋째 날인 6월 24일에는 IEEE CE Distinguished Lecturer, Bob Frankston의 Plenary Talk가 진행되었고 IEEE CE Society의 회장 Stefan Mozar의 Short Course 강연도 열렸다.



Plenary - 박정훈 삼성전자 DMC연구소 상무



Welcome Reception



포스터발표



개회식 - 문영식 회장 인사말



조직위원 및 자문위원 기념 촬영



2014년 ISCE 학술대회 우수논문상 시상

의 초청강연이 있었고, 산업기술평가관리원의 산업핵심기술개발 사업 과제 워크숍과 반도체표준화기술세미나가 개최되었다. 이후 우리 학회와 미국 IEEE와 공동 시상하는 “IT Young Engineer” 시상식, Conference Banquet, 삼성미래기술육성사업 소개, WISET 신진여성과학기술인 역량강화교육등 이외에 연



Welcome Reception



Banquet – Stefan Mozar (General Co-chair)



개회식 – 문영식 학회장 환영사

2014년도 하계종합학술대회 개최

우리 학회 모든 소사이어티가 함께 참여하는 하계종합학술대회 (조직위원장 : 유창동 KAIST 교수)가 6월 25일 부터 6월 27일 까지 제주 그랜드호텔에서 개최되었다.

이번 학술대회에는 일반논문 및 특별세션으로 약 700편의 논문이 발표되었고, 부대행사 참가자를 포함하면 약 1,000명이 참석하였다.

첫날인 6월 25일에는 논문발표와 Welcome Reception, 둘째날인 6월 26일 개회식에는 문영식 학회장의 환영사와 기조강연으로 Deep RNN분야의 세계최고 전문가인 Jürgen Schmidhuber 교수와 시스템 반도체설계분야의 전문가인 경종민(KAIST)교수



개회식 – 주요 참가자 기념촬영

구회에서 구성한 특별세션 발표 등이 진행되었고, 현대자동차를 계열사와 관련 업체들의 취업상담을 실시하였으며, 마지막 날인 6월 27일에도 일반 논문 발표가 진행되었다. 이번 학술대회와 부대행사를 통해 다양한 기관과 분야에서 연구하는 회원들이 그동안의 연구결과를 발표하고 토론하는 과정에



Plenary Talk – Professor Jürgen Schmidhuber



Plenary Talk – 경종민 교수



학술대회 만찬 – 박규태 명예회장 인사말



현대자동차 취업상담 전경

서 학술적, 기술적 정보가 교류되어 한국의 전자·IT 학문 및 산업 발전에 직·간접적으로 기여할 수 있었다.

IT Young Engineer Award 시상식 개최

금년 제 9회를 맞이하는 IEIE-IEEE Joint Award인 "IT Young Engineer Award" 시상식이 6월 27일 제주그랜드호텔에서 개최되었다.

이번 수상자인 채찬병 연세대 교수는 차세대 통신네트워크 및 융합 연구 분야에서 탁월한 연구업적을 인정받아 수상자로 선정되었다.

한편, 이번 시상식에는 IEEE 대표로 직전 IEEE Region 10 Director였던 Yong Jin Park 교수(와세다대)가 축사를 하였고, 심사위원장을 맡았던 정정화 교수(한양대)가 시상 경과를 보고하였다.



Joint Award 시상 후 기념촬영

사물인터넷(IoT) 기술 및 융합 서비스 워크숍 개최

컴퓨터소사이어티(이규대 회장, 공주대)에서는 6월 26일(목)~27일(금) 제주대학교 국제교류회관에서 “2014 사물인터넷(IoT) 기술 및 융합 서비스 워크숍”을 개최하였다. 이번 워크숍에서는 사물인터넷 정책 및 표준, 사물인터넷 연구 및 개발, 사물인터넷 스마트 및 융합 응용 서비스를 중심으로 국내외 사물인터넷 정책 및 정부지원사업, 사물인터넷 산업동향, 사물인터넷 융합 서비스, 사물인터넷 개발 동향, 사물인터넷 식별 기술, 사물인터넷 연구 동향, 사물인터넷 스마트 기술, 사물인터넷 표준 동향, 사물인터넷 스마트 서비스 등을 발표하였으며, 총 150명이 참석하였다.



사물인터넷(IoT) 기술 및 융합 서비스 워크숍

IE하계 학술대회 및 산업전자기술교육세미나 개최

산업전자소사이어티(회장 : 남상엽 교수, 국제대)에서는 7월 4일(금) 국제대학교 대강당에서 IE하계 학술대회 및 산업전자기술교육세미나를 개최하였다. 이번 학술대회 및 세미나에서는 여러 대학의 교수님들의 현재 연구 방향과 성과에 대한 논문 20편을 발표하여 연구성과를 공유하고 발전적인 학술 토론의 장을 만들었다. 또한 산업전자기술교육세미나는 M2M 통신 보안 솔루션, 3D Printer의 활용 실태와 발전 전망, IoT 기술동향 및 사례, NCS의 개발과 활용, NCS 기반 교육과정 개편 및 운영 사례 등 기술교육의 방향을 제시하는 종합적인 기술교육세미나로 IT관련 대학과 산업체 사이의 친목 도모와 교육정보의 좋은 장이 되었다.

2014년도 전국 전문대학교 IT융합전자회로 설계 및 제작 경진대회 개최

산업전자소사이어티 주관으로 국제대학교에서 7월 4일(금) ~ 5일(토) 전국 전문대학교 IT융합전자회로 설계 및 제작 경진대회

(58개팀 - 학생 174명, 지도교수 38명)를 개최하였다.

본 경진대회는 전자 및 반도체 회로설계 분야의 전문대학 교육의 품질을 향상시키고 학생의 실무능력을 배양하고, 설계에서부터 모의실험, 제작 및 측정까지의 일련의 전 과정의 교육을 산업체에서 사용하는 설계 TOOL을 사용함으로써 첨단산업 분야의 현장 적응 능력을 배양하고, 실무중심의 공학 교육의 진흥 및 내실화의 기회를 제공하고자 진행되었다.



전국 전문대학교 IT융합전자회로 설계 및 제작 경진대회 현장모습



전국 전문대학교 IT융합전자회로 설계 및 제작 경진대회 현장모습

제 2회 의료영상시스템의 원리와 응용 워크샵

시스템 및 제어소사이어티(오창현 회장, 고려대) 의료영상 시스템연구회 주최로 7월 9일(화) ~ 10일(수) 고려대 의과대학 본관 2층 유광사홀에서 “제 2회 의료영상시스템의 원리와 응용” 워크샵을 개최하였다. 이번 행사에는 약 200명이 참석하였으며, 앞으로 매년 개최될 예정이다.



제2회 의용영상시스템의 원리와 응용 워크샵

ITC-CSCC 2014 참가

ITC-CSCC 한국과 일본, 태국이 공동 개최하는 국제학술대회로서 금년에 제29회를 맞이하여 태국 주관(General Chair : Prof. Chiranut Sa-ngiamsak, Khonkhan University)으로 Phuket Graceland Resort 에서 7월 1일부터 4일까지 개최되었으며, 우리 학회에서는 구용서 부회장(단국대 교수)이 General Co-Chair, 허준 교수(고려대)가 TPC Co-Chair로 참여하였다. 첫째날 7월 1일(화) Welcome Reception 이 있었고, 둘째날 7월 2일(수) 오전 개회식에는 구용서 부회장이 한국을 대표하여 축사하였다. 개회식 이후에는 일반 구두 논문 발표와 포스터 발표등이 진행되었다. 셋째날에는 10시 30분 ~ 12시까지 황승구 소장(ETRI)의 Keynote Speech 가 있었으며, 오후에는 구두/포스터 발표로 진행되었고 저녁 7시부터 Conference Banquet이

있었다. 이날 Banquet에서 ITC-CSCC 2013 Best Papers 시상식이 있었으며 시상은 최천원 교수(단국대)가 참가하였다.



구두 논문 발표



포스터 발표



구용서 부회장의 축사



황승구 소장의 Keynote Speech



Conference Banquet 참가



ITC-CSCC 2013 Best Papers 시상식



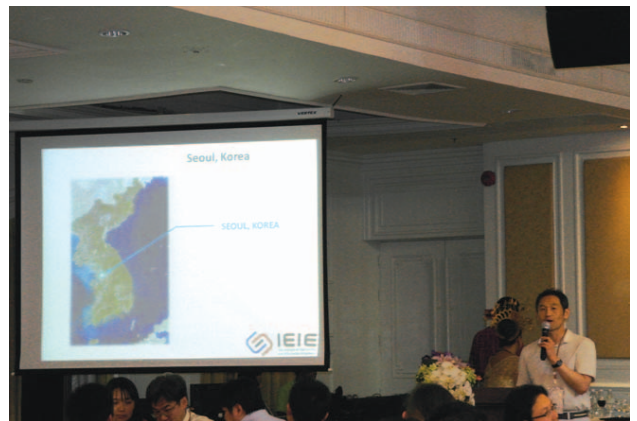
Conference Banquet 공연



참가자들의 인기투표로 뽑은 논문상 시상



ITC-CSCC 2014 조직위원 인사



ITC-CSCC 2015 한국개최 홍보

신규회원 가입현황 (2014년 6월 11일 - 2014년 7월 16일)

◎정회원

최락현(대구경북과학기술원), 박준모(동서대학교), 이동석(삼성탈레스),
최원주(삼성탈레스), 노승민(성결대학교), 이주리(성균관대학교),
안준현(세종대학교), 김한규(신명정보통신), 박용주(전자부품연구원),
이승기(주인정보시스템), 김민성(포항공과대학교)

이상 11명

◎학생회원

류춘하(경북대학교), 우다아(경북대학교), 최영두(경북대학교),
이명진(광운대학교), 권순찬(성균관대학교), 정승모(세종대학교),
배 일(연세대학교), 박진호(중앙대학교), 김민수(충북대학교),
서창원(충북대학교), 강병수(포항공과대학교), 우경제(한국산업
기술대학교), 임원진(한국산업기술대학교), 조윤성(한양대학교),
최정우(한양대학교), 칸파힘(한양대학교), 이동열(홍익대학교),
이승형(홍익대학교)

이상 18명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

2014년 6월 19일 ~ 2014년 7월 15일

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
자동차워크샵 준비회의	7.11 (16:00)	학회 회의실	- 자동차 워크샵 프로그램 논의 외

2. 행사 개최

행사 명칭	기간	장소	주관
ISCE 2014 국제학술대회	6.22-25	제주 그랜드호텔	ISCE 조직위원회
2014년도 하계종합학술대회	6.25-27	제주 그랜드호텔	학술연구위원회
사물인터넷(IoT) 기술 및 융합 서비스 워크숍	6.26-27	제주대학교	컴퓨터사이어티
IE하계 학술대회 및 산업전자기술교육세미나	7.4	국제대학교	산업전자소사이어티
2014년도 전국 전문대학교 IT융합전자회로 설계 및 제작 경진대회	7.4-5	국제대학교	산업전자소사이어티
제 2회 의료영상시스템의 원리와 응용 워크숍	7.9-10	고려대학교	의료영상시스템연구회

고출력 전자기파 (Electro-Magnetic Pulse, EMP) 영향과 필터 개발 동향



김은원 편집위원
(대림대학교)

EMP(Electromagnetic Pulse, 전자기펄스)란 핵폭발에 의하여 생기는 전자기 충격파이다. 핵폭발이 일어나면 전자기파와 중성자가 생성되며, 이때 생성되는 강력한 에너지를 지닌 전자기파인 감마선 광자가 대기 중으로 확산되면서 콤프턴효과(Compton effect)가 일어난다. 즉, 고에너지 상태의 감마선 광자가 에너지 단위가 낮은 원자핵과 충돌하면서 원자핵보다 질량이 작은 전자가 방출되며, 감마선 광자로부터 에너지를 받은 전자의 이동으로 강력한 전기장과

자기장이 형성되고, 핵폭발 이전 단계의 전기장을 강력하게 변동시키는 역할을 하게 된다. 이런 과정을 통하여 방출된 고에너지 전자가 물질 형태의 진동 운동을 시행하면서 강력한 전자기펄스, 즉 EMP가 발생된다. EMP는 전자회로로 들어가 전류가 되며, EMP가 지닌 에너지가 엄청나게 크기 때문에 회로가 버틸 수 없는 정도의 과전류가 흐르게 되고, 이 과전류가 전자회로를 파괴시킴으로써 반도체로 작동하는 모든 전자기기, 즉 통신 장비, 컴퓨터, 이동 수단, 전산망, 군사용 장비 등이 마비된다.

1962년 미 해군이 태평양 상공에서 핵무기 실험을 했을 때, 폭발 장소에서 1,000여 km 떨어진 곳의 관측 장비, 감시 지휘 시스템을 비롯하여 텔레비전, 신호등, 전화 등이 작동을 멈췄으며, 그 원인은 핵폭발로 인하여 발생된 EMP라는 것이 밝혀졌다. 그 이후 사람에게는 피해를 주지 않고, 적의 군사용 통신 시스템 및 무기를 비롯한 모든 전력 시스템을 무력화하는 EMP 무기(EMP 폭탄)가 개발되었다. 현대전은 전자산업에 기반을 둔 통신·무장 시스템으로 진행되는 만큼 폭발 후 0.5~100초 만에 수백~수천km 내의 모든 전자시설을 파괴시키는 EMP 무기가 있으면 적의 지휘·무기 체계를 마비시키는 치명적인 공격을 가할 수 있다. EMP 무기는 정밀유도장치를 갖추고 있는 항공기 투하용 폭탄이나 순항미사일의 탄두부에 내장된다. 한편 EMP 공격에 대비하기 위한 EMP 차폐 기술도 개발되어 있다. 고에너지-고출력 EMP 공격으로부터 군사시설은 물론이고, 산업시설의 안전한 방호를 위해 국제적으로 표준화되고 있으며, EMP 필터에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.

본 특집호는 고출력 전자기파에 대한 독자들의 이해를 돕기 위하여 관련분야의 학계 및 산업체와 연구기관의 전문가들이 작성한 6편의 기고문으로 구성되었다.

먼저, 실제 생활에서 사용되는 전자부품들에 대한 전자기파의 영향에 대하여 독자들의 이해를 돕기 위해 “전자부품에 미치는 고에너지 전자기파의 영향(허장수 외 1, 인하대학교)”라는 주제로 학계에서 주목하고 있는 연구 분야를 살펴본다. 이 기고문에서는 매우 제한적으로 공개되고 있는 자료들에 따라 연구의 어려움이 있으나, 고에너지 전자기파가 전자산업분야를 비롯한 모든 산업시설 분야에서 많은 영향을 미치고 있으므로 고에너지 전자기파의 영향과 이에 따른 산업 분야에서의 연구 개발 필요성을 소개하고 있다.

두 번째 주제인 “전도성 전자파 해석 연구 동향 분석(추광욱 외 3, 한국전자통신연구원 부설 연구소)”에서는 다양한 기법들을 결합하여 전도성 전자파 결합 수치 해석 한계를 극복하고 공간 개념을 도입하여 시간과 메모리를 절약하는 기법 등 전도성 전자파 해석을 위한 상용 전자파해석 S/W를 소개하고 최근의 EMT 기법 원리와 연구동향을 소개한다.

세 번째, “HEMP 필터 개발 동향 및 설계 방법(진정희, 한국전자파연구소)”의 주제에서는 고고도 핵폭발에 따른 고출력 전자파 펄스에 대하여 고정형 시설들의 HEMP 방호 개념을 예시를 들어 소개하고 이에 따른 필터의 개발 동향과 설계 방법에 대하여 소개하며, 네 번째 주제인 “EMP 필터 측정 방법(장태현, 한국산업기술시험원 전자파기술센터)”에서 EMP의 전도성 침투에 대한 방호방법으로 사용되는 EMP 보호용 필터의 특성 측정방법에 대한 국내외 자료들의 정리와 설명을 하였다.

다섯 번째, “EMP 위협과 방호시설 시험 평가, (박우철, KTR)”의 주제에서는 EMP 공격에 대한 방호시설 구축의 필요성을 제기하였으며, 이에 대한 성능시험 평가의 수행에 대하여 소개하였으며, 여섯 번째 주제에서는 “고출력 전자기파 표준 현황과 동향 (권종화, 한국전자통신연구원)”에서 고출력 전자기파에 대한 방호 평가 및 대책기술의 관심에 따라 진행되고 있는 표준화 동향들에 대하여 정리하고 소개하였다.

바쁘신 일정 중에도 본 특집호를 위하여 시간을 쪼개어 귀한 원고를 작성해 주신 학계 및 산업체와 연구기관의 전문가이신 집필진 여러분께 깊은 감사를 드리며, 본 특집호가 고출력 전자기파에 대한 영향으로 인한 산업시설 및 군사시설의 방호 대책과 표준화 동향을 일반 독자들과 사용자들의 이해도를 높이고 전문가들의 교류와 협력을 위한 계기가 되어 기술 개발 방향을 설정하는 데 도움이 되기를 기대한다.



전자부품에 미치는 고에너지 전자기파의 영향

I. 고에너지 전자기파의 개요

전자파 환경이란 전자기기들이 목적에 맞게 정상적으로 동작하는 것을 방해하는 전자기파적인 주위 상황을 지칭한다. 우리가 생활하는 지구상에서 이와 같은 전자파 환경에는 주파수 영역이 수십~수백 MHz의 낮은 영역을 가지는 낙뢰와 같은 자연 현상에서 기인한 전자기장에 의한 자연 전자파 환경이 있으며, 산업 사회가 발달하면서 인간의 필요에 의해 개발된 전기·전자·정보처리 장치나 시설물에서 비의도적으로 방출되는 불필요한 전자파도 있다. 이외에도 특정한 목적에 의해 의도적으로 발생시킨 인위적인 전자파 환경(HPEM)이 있다. 이러한 전자파 환경은 인간의 삶의 질을 향상 시켰지만 전자파 환경의 오염으로 인한 유해한 영향을 동시에 발생시키는 양면성을 가지고 있다. 따라서 전자파 환경으로부터의 영향을 피하기 위해 노력이 필요하다.

특히 의도적으로 고안된 HPEM은 공중과 지상에서 사용되는 각종 전자기파 응용장비의 신호입력 부위 및 출력부분에 강한 전자기적 충격을 주어 제 기능을 발휘할 수 없게 한다. 이러한 HPEM은 매우 낮은 주파수로부터 높은 주파수대의 넓은 대역에 걸쳐 높은 전자계를 발생시키기 때문에 각종 통신 시스템내의 회로가 열화 되고, 반도체 소자내의 접합 상태가 붕괴되며, 안테나 및 케이블 등의 외부 노출에 의해 높은 세력의 간섭 신호가 유기되어 전체적인 계통상에 막대한 지장을 초래한다. 이러한 장애를 유발하는 HPEM의 위협으로부터 전자기기 및 시스템을 보호가 필요하며, 이를 위해 반도체 소자의 오동작 및 파괴 메커니즘을 연구하고 보호 기술을 확보하기 위해 위와 같은 인위적인 전자기 환경에서의 반도체 소자의 거동을 조사하는 것은 의미가 있다.



허 창 수
인하대학교



강 호 재
인하대학교

II. 고에너지 전자기파 연구 분야

고에너지 전자기파는 일반적으로 NLW(Nonlethal Weapon, 비살상무기)로 분류되며 다양한 응용분야를 갖는다. 고에너지 전자기파에 대한 개발은 크게 4가지로 나누어서 이루어지고 있다. 하지만 본 논고에서는 고에너지 전자기파 발생장치 개발에 대해서는 언급하지 않았다.

1. 고에너지 전자기파 모의시험 시설 연구

고에너지 전자기파에 대한 연구는 고에너지 전자기파에 의한 시스템의 피해를 모의할 수 있는 실험시설이 필요하다. 물론 일반적인 EMC 시험에서 사용하는 RF 무반사실과 TEM 혹은 GTEM도 사용이 가능하지만 전계강도가 매우 큰 경우 이용이 어렵다. 또한, 전투기, 헬리콥터, 장갑차 등과 같이 매우 큰 시스템은 RF 무반사실 내부에 설치하기엔 매우 큰 비용이 요구된다. 따라서 실외에서 비교적 단순한 형태로써 고에너지 전자기파 모의시험을 할 수 있는 장비가 요구되는데^[1] 이를 고에너지 전자기파 시뮬레이터 (simulator)라 부른다.

고에너지 전자기파 시뮬레이터는 첫째, 고에너지 전자기파의 특성인 고전압 및 고전력을 이용할 수 있어야 한다. 둘째, 실제로 고에너지 전자기파에 의해 영향 받는 시스템들은 고에너지 전자기파 발생원으로부터 수십~수백 km 떨어져 있으므로 고에너지 전자기파 시뮬레이터는 평면파를 만들어 줄 수 있어야 한

다. 셋째, 전원으로부터 발생한 전자기파가 임피던스의 불완전한 매칭으로 인한 반사파 및 모든 손실이 최소화 되어야 한다. 그 외에도 여러 가지 요소가 있겠으나 위의 세 가지 요소가 가장 중요한 성능지표다. 특히 평면파를 만들어야 하는 두 번째 조건이 고에너지 전자기파 시뮬레이터의 구조를 결정하는 가장 중요한 요소이며 그만큼 가장 설계하기 어려운 요소이다.

이는 크게 3가지 형태로 분류할 수 있는데 guided-wave 식, 다이폴 식, hybrid 식으로 나뉜다. 이렇게 3가지 형태로 나뉘는 것은 평면파를 만들어주는 방법에 기인한 것이다. 이들 시뮬레이터의 역할은 무엇보다도 EUT(Equipment Under Test, 피시험체)에 실제 고에너지 전자기파와 같은 조건의 전자기파를 인가해주는 것인데, 그 성능은 평면파를 얼마나 잘 만들어주느냐에 크게 달렸다^[2].

2. 고에너지 전자기파에 의한 시스템의 피해양상 연구

4가지 고에너지 전자기파 연구 분야 중에 가장 많이 이루어지는 것은 고에너지 전자기파에 대한 시스템이 어떠한 영향을 받는 것인지 예측하는 연구다. 시스템마다 그 용도와 사용 환경, 구조 등에 따라 외부에서 인가되는 고에너지 전자기파에 대한 내성(susceptibility)이 다양하다.

고에너지 전자기파 시뮬레이터가 있으며, 시뮬레이터의 역할은 EUT(Equipment Under Test)에 실제 고에너지 전자기파와 같은 평면파를 잘 만들어 주는가이다.

무기로써 사용하는 공격자의 입장에서, 보호기술을 개발해야 하는 보호자의 입장에서 해당 시스템의 내성정도를 평가하는 일은 매우 중요하다. 고에너지 전자기파에 대한 다양한 연구 중에 시뮬레이터를 이용한 내성 연구가 가장 많이 이루어지고 있으며 연구하는 국가는 매우 다양하지만 대체로 미국이 가장 앞서가고 있다. 이러한 연구는 군사용 목적으로 이루어지기 때문에 그 자료는 대부분 보안사항이고 공개가 되지 않는다.

피해 양상 연구는 크게 2가지인데 고에너지 전자기파 모의시험 설비에서 시험을 통한 방법이 있고 또 하나는 다양한 전자기 수치해석법을 통하여 시스템에 어느 정도의 노이즈가 발생하여 시스템을 손상하는지 예



〈그림 1〉 고에너지 전자기파 연구분류



측하는 방법이다. 이 두 가지는 독립적으로 시행되지 않고 서로 보완적으로 시행되고 있다.

3. 고에너지 전자기파에 대한 시스템 보호기술 연구

고에너지 전자기파는 초기에 군사용 목적으로 개발되면서 고에너지 전자기파에 대한 무기를 중심으로 개발되었지만, 점차 연구가 세계적으로 확산하면서 자국 군사 장비 및 군사시설의 고에너지 전자기파에 대한 보호가 절실히 요구되었다. 고에너지 전자기파에 대한 피해 분석으로 인해 해당 시스템의 어떤 부분이 취약하며 그 부분을 보호하기 위한 다양한 방법들이 고안되고 있다. 고에너지 전자기파가 시스템으로 침입할 수 있는 모든 부분을 PoE (Point of Entry)라 부르는데^[2] 이러한 PoE들을 각각의 침입 형태에 맞는 최적의 형태로 보호방법을 고안하는 것이 핵심이다.

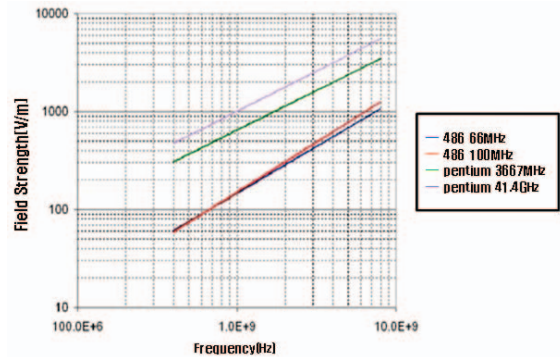
고에너지 전자기파 침입의 분류는 크게 두 가지로 가능하다.

첫째, 어떠한 전기적 형태로 시스템이 침입하는 거다. 전자기파의 형태, 즉 전계 및 자계의 합성으로 침입하는 형태를 방사 침입(radiated penetration)이라 부른다. 둘째, 전력선 및 통신선 등의 전송선, 외부 금속 케이스 등에 전류 및 전압을 유기하여 내부로 침입하는 형태를 전도침입(conducted penetration)이라 부른다. 이에 대한 연구가 선진국을 중심으로 연구되고 있다.

Ⅲ. 고에너지 전자기파 연구동향

1. 국외 연구동향 및 연구내용

고에너지 전자기파가 인체나 전자시스템에 미치는 영향에 관한 연구는 미국, 러시아 등 과거 냉전 시대의 강대국에서 많은 연구가 수행되었고, 현재 국외에서는 고에너지 전자기파 발생장치와 전자기파에 의한 시스템 단위의 전자기기와 소자 단위의 micro controller와 같은 반도체소자들의 영향에 대한 연구가 독일 및 프랑스 등 여러 국가에서 활발히 연구 중에 있으며 고반복 고



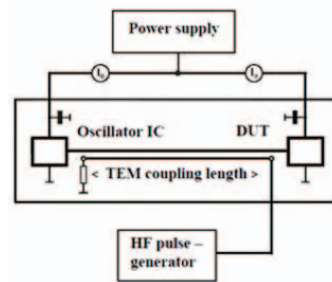
〈그림 2〉 각 PC에 대한 오동작 임계 전계강도

출력 전자기파에 의한 전자기기의 영향에 대한 연구도 활발히 진행중에 있다.

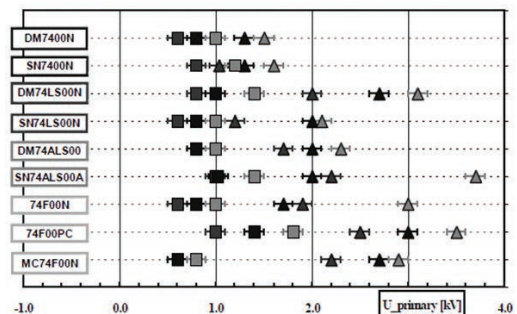
그 중 프랑스의 QinetiQ의 연구 그룹에서 수행한 HPEM과 HEMP에 의한 PC의 민감성을 분석한 연구가 있다.

영국에서 연구한 PC와 네트워크의 민감성 분석연구는 주파수의 범위가 100MHz~8GHz이고 방

사시간이 30μs 조건하에 Reverbration Chamber에서



〈그림 3〉 각 PC에 대한 오동작 임계 전계강도



〈그림 4〉 펄스폭과 펄스 빈도수에 따른 파괴전압



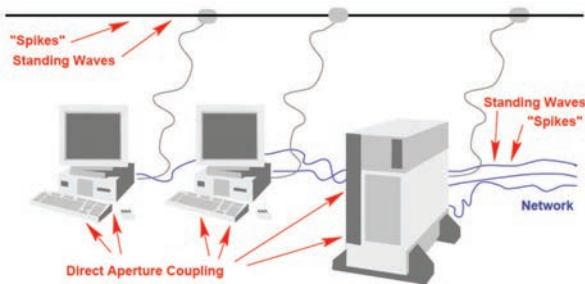
네 종의 PC에 따른 전자기파의 내성을 평가하였다^[3].

위의 전자기파의 피해 양상 조사뿐만 아니라 독일의 ABB AG연구센터에서는 Pulse Injection Test 기법을 통하여 TTL, CMOS 같은 작은 단위의 반도체 소자의 파괴 정도를 연구하였다^[4].

각 실험에 적용된 펄스는 단펄스와 다중펄스로 나누어서 실험을 실시하였고 펄스 대역폭은 각각 3ns, 6ns, 12ns에 따른 소자의 파괴정도를 관찰하였다.

실험결과 펄스 대역폭이 적고 펄스의 반복률이 증가할수록 소자의 파괴 임계전압이 감소하는 것을 알 수 있었다. 국외에서 이러한 기기와 소자의 고에너지 전자기파에 따른 영향뿐만 아니라 호주의 Monash 대학에서는 고주파수 발생장치에 의한 컴퓨터 시스템에 커플링 되는 정도와 데미지의 영향에 대해서 모의 실험을 실시하였다. 작동주파수 수 kHz~수 GHz의 작동 주파수를 변화시켜 시스템에 커플링 되는 정도를 관찰하였다^[5].

위의 연구사례와 같이 현재 수백~수kHz의 반복률을 갖는 고반복 펄스 발생장치에 대한 피해연구가 외국에 활발히 진행중에 있다. 그리고 실생활에서 사용중인 전



〈그림 5〉 컴퓨터 시스템에 전자파의 영향 개요도



〈그림 6〉 고반복 펄스에 대한 GPS 피해효과

자부품에 대해서도 고에너지 전자파에 대한 연구도 이루어지고 있는데 그 중 대표적인 예로서 스웨덴의 Uppsala 대학교에서 GPS의 고반복 펄스 발생장치에 의한 피해효과에 대해서 연구가 진행되었다^[6].

GPS는 최대 전계 강도 150kV, 반복률 1kHz의 펄스 발생장치를 통하여 피해효과를 분석하였고 피해양상을 크게 5단계로 나누어서 분석을 실시하였다.

국외에서는 이러한 고반복 전자기파에 의한 피해효과에 연구결과를 제시하였는데 이러한 결과를 빗대어서 보았을 때 기존에 연구되어온 단펄스 전자기파보다 전자기에 치명적인 영향을 줄 수 있기 때문에 인위적인 고반복 펄스 발생장치에 대한 영향 평가 및 전자기파 내성 확률평가에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

전자기 위상 기하학은 전체 시스템을 결합점(Junction)과 관(Tube) 형태로 표현된다.

2. 국내 연구동향 및 연구내용

전자기파의 효과에 관한 국내연구는 전력계통에서 발생하는 단락이나, 낙뢰, 기타 전력제어장치에서 발생하는 고장 noise 등이 전자부품 및 장비, 사람과 가축에 어떠한 영향을 미치는가가 연구되고 있으며, 또한 휴대전화와 같은 적은 에너지의 전자기파가 인체에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구가 미미하게 진행되고 있다. 하지만 최근 인하대에서는 고에너지 전자기파에 의한 반도체 소자 및 전자기기들의 피해양상을 관찰하였고 이에 대한 피해효과를 정량화한 연구가 진행되었다.

1) 선로상의 전자기파 커플링 이론

실제 존재하는 시스템들은 대부분 크고 구조가 복잡하기 때문에 이를 해석하기 위해서는 각각의 시스템을 하위 시스템으로 분해한 후 각각을 해석하여 이를 종합하면 전체 시스템으로 해석할 수 있다. 이러한 해석 방법을 전자기 위상 기하학(electro-magnetic topology)이라 한다. 전자기 위상 기하학은 전체 시스템을 결합점(junction)과 관(tube) 형태로 표현하게 된다. 결합점은 시스템에 존재하는 공간이나 표면들을 표현하며, 이 결합점들은 시스템의 구조에 따라 관 형태

로 연결된다. 이를 이용하여 전체 해석하고자 하는 시스템을 위상 기하학적 네트워크로 표현하게 된다. 이 네트워크에 존재하는 전자기파의 관계식을 이용하여 네트워크 전체를 하나의 행렬 형태로 표현할 수 있으며, 각각의 결합점에 존재하는 전압 또는 전류의 값을 알아낼 수 있는 방법이 BLT (Baum-Liu-Tesche equation) 방정식이다^[7-11].

외부에서 입사되는 전자기파가 선로에 커플링 될 경우 이 선로에 전압 및 전류가 유도되는 현상을 BLT 방정식을 이용하여 해석할 수 있다. BLT 방정식을 얻기 위해 <그림 7>과 같이 선로의 길이가 L이고, 특성 임피던스 Z_C 를 갖는 2 도체 전송선을 생각할 수 있다. 2 도체 전송선 양단에는 종단 부하 Z_{L1} 과 Z_{L2} 가 연결되어 있고, 임의의 위치 $x = x_s$ 에 집중 전원 (lumped source) V_S 와 I_S 가 외부 전자기파에 의해 발생 한다. <그림 7>에서와 같이 전송선에서 전압은 입사파(incident traveling wave)와 반사파(reflection traveling wave)가 존재하게 된다. 입사파는 양의 방향 V+로 진행하고 반사파는 음의 방향 V-로 진행한다. 전송선 상의 입사파 및 반사파는 $e^{\pm\gamma x}$ 에 의존하며, 전송선 상의 전압은 입사파와 반사파의 $V^+(x)+V^-(x)$ 합으로 표현이 가능하다. 여기서 γ 는 전파 상수로서 진공 중에서는 $k = 2\pi f/c$ 의 관계가 성립하며, 여기서 c 는 광속도를 의미한다. <그림 7>과 같이 각각의 선로에 연결된 노드 (node)에서 입사 및 반사되는 전압파를 $V_{inc}+V_{ref}$ 로 표현하면, 노드 1과 노드 2에서 진행파 및 반사파는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

고에너지 전자기파 선로에 커플링 될 경우 선로 길이 변화에 따른 반도체 소자의 오동작 확률과 파괴 확률을 정의한다.

$$V^+(0) \equiv V_1^+ = V_1^{ref} ; V^-(0) \equiv V_1^- = V_1^{inc} \quad (1)$$

$$V^+(L) \equiv V_2^+ = V_2^{inc} ; V^-(L) \equiv V_2^- = V_2^{ref} \quad (2)$$

여기서 식 (1)은 노드 1에서의 진행파 및 반사파이고, 식 (2)는 노드 2에서의 진행파 및 반사파를 나타낸다. 이 전압파는 $x = x_s$ 에서 발생하는 전자기파에 의한 등가 전압원으로 <그림 27-2>와 같이 전원인 입사파 ($x > x_s$) 및 반사파 ($x < x_s$)를 발생시킨다. 이때의 입사파 및 반사파는 식 (3)과 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_S^+(x) = \frac{1}{2}(V_S + Z_C I_S)e^{-\gamma(x-x_s)} \quad (3)$$

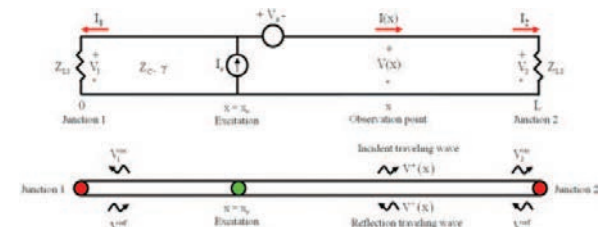
$$V_S^-(x) = 0 \quad (x > x_s)$$

$$V_S^-(x) = -\frac{1}{2}(V_S - Z_C I_S)e^{+\gamma(x-x_s)} \quad (4)$$

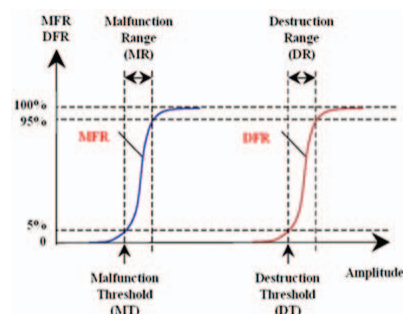
$$V_S^+(x) = 0 \quad (x < x_s)$$

2) 반도체 소자의 오동작 확률 및 파괴 확률 정의

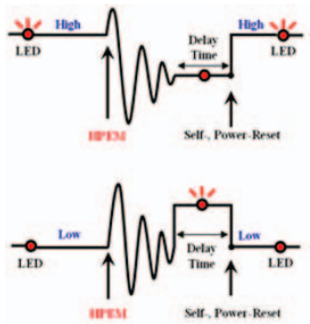
고에너지 전자기파가 선로에 커플링 될 경우 선로 길이 변화에 따른 반도체 소자의 오동작 확률 (MFR : malfunction failure rate) 및 파괴 확률 (DFR : destruction failure rate)을 <그림 8>와 같이 정의하였다. 여기서 오동작이란 반도체 소자가 물리적인 손상 없이 이상 발생 후 자연적 또는 외부로부터 특정 신호를 주입하여 초기 상태로 회복하는 것으로 정의하였고, 반도체 소자의 오동작 발생 횟수를 실험 횟수로 나눈 값으로 나타낼 수 있다. 한편 파괴



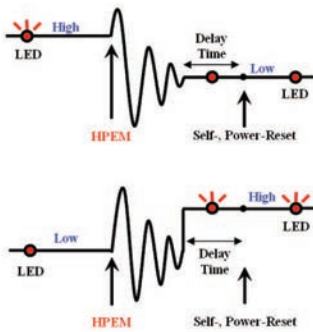
<그림 7> 집중 전압원 및 전류원에 의해 여기 되는 2 도체 전송선 및 Linear Graph



<그림 8> 오동작 및 파괴 확률의 거동



〈그림 9〉 오동작 현상 개요도



〈그림 10〉 파괴 현상 개요도

확률은 반도체 소자의 물리적인 손상을 의미하며, 반도체 소자의 교체로만 시스템의 기능을 회복할 수 있는 경우로서 반도체 소자의 파괴 발생 횟수를 실험 횟수로 나눈 값으로 하였다. 오동작 및 파괴 확률은 위의 정의에 따라 식 (5)와 식 (6)로 나타낼 수 있다.

$$MFR = \frac{\text{Number of Malfunctions}}{\text{Number of Tests}} \times 100 \quad [\%] \quad (5)$$

$$DFR = \frac{\text{Number of Destructions}}{\text{Number of Tests}} \times 100 \quad [\%] \quad (6)$$

〈그림 8〉에서 제시된 malfunction threshold(MT)는 반도체 소자가 고에너지 전자기파의 커플링 효과에 의해 5%의 확률로 오동작이 발생하는 시점의 평균 전계 강도 값이고, malfunction range(MR)는 오동작이 발생하는 평균 전계 강도의 전폭으로 오동작 발생 확률이 5%에서 95%까지 변하는 구간을 나타낸다. 또한 반도체 소자의 영구적인 파괴에 대한 영향을 나타내는

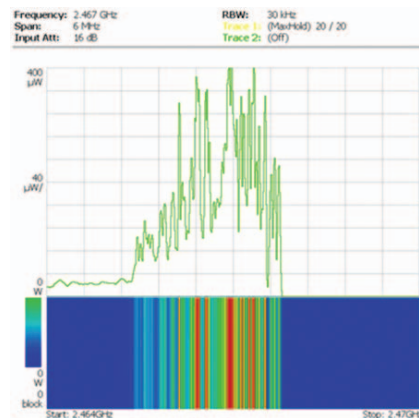
반도체 소자의 파괴되는 정도의 전압 관찰을 위해 TTL 기반의 논리 반도체 소자와 CMOS 기반의 논리 반도체 소자, 마이크로컨트롤러 반도체 소자를 선정하여 실험

destruction threshold(DT)와 destruction range (DR)도 MT와 MR을 정의한 것과 같은 원리로 설명할 수 있다. 여기서 MFR, DFR, MT, MR, DT, DR의 거동은 전자기파에 의한 반도체 소자의 민감성 (susceptibility)을 알 수 있는 파라메타(parameter)가 된다^[12-16].

3) 반도체 소자의 오동작 및 파괴 전압 실험결과 예시

회로나 소자의 커플링되는 전압의 정도를 이론적인 측면을 바탕으로 실험결과 예시하였다. 반도체 소자의 파괴되는 정도의 전압을 관찰하기 위해서 TTL 기반의 논리 반도체 소자와 CMOS 기반의 논리 반도체 소자, 마이크로컨트롤러 반도체 소자를 선정하여 실험하였다. 실험에 사용된 반도체 소자를 의도적으로 오동작 및 파괴시키기 위해 비교적 주파수가 높고, 출력 제어가 용이한 마그네트론(magnetron, 삼성 OM75S)을 사용하였다. 시험에 사용된 마그네트론의 정격 발전 주파수는 $2,450 \pm 50$ MHz의 좁은 주파수 대역폭(협대역,

narrowband)을 가지며, 정격 고주파 출력은 0~910 W (V.S.W.R ≤ 1.1 , 1,000 Wmax) 까지 조절이 가능하다. 〈그림 11〉은 마그네트론으로부터 발생하는 고출력 전자기파의 스펙트럼을 텍트로닉스사(Tektronix)의 스펙트럼 어널라



〈그림 11〉 마그네트론으로부터 방사된 고출력 전자기파 스펙트럼



이저(Real-time spectrum analyzer, RSA3303A)로 측정한 것이다. 고출력 전자기파의 스펙트럼을 측정할 결과 $2,467 \pm 1.5$ MHz로 제조사에서 명시한 주파수 대역보다 상당히 협소하였다.

3-1. TTL 기반의 논리 반도체소자 피해효과 분석

〈그림 12〉는 고출력 전자기파가 5가지 각각 다른 제조 기술로 만들어진 TTL AND 논리 반도체 소자의 리드 프레임(lead frame)에 커플링 될 경우 (선로 길이 $l_x = 0^+ \approx 0$ [cm]) 각각의 제조 기술에 따라 20회 시험 중 오동작 또는 파괴 발생 빈도를 확률로 나타낸 것이다. 실험 결과 SN74F08N, SN74S08N, 및 SN74ALS08N은 고출력 전자기파의 커플링 효과에 의해 오동작 및 파괴 현상이 관찰되었고, SN74AS08N과 SN74LS08N은 오동작 현상 없이 파괴로 진전되었다. 실험에 사용된 5가지 다른 제조 기술로 만들어진 TTL AND 논리 반도체 소자의 5% 오동작 발생 피크 전계 강도 범위는 약 10 kV/m~13 kV/m이었으며, 피크

마이크로컨트롤러 소자는 논리 반도체 소자보다 고출력 전자기파의 커플링 효과에 취약

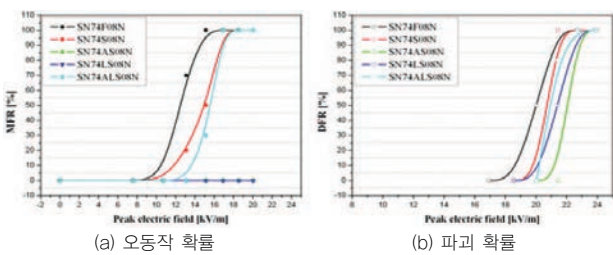
전계 강도가 약 18 kV/m~21 kV/m 범위에서 파괴가 관찰되었다.

3-2. CMOS 기반의 논리 반도체소자 피해효과 분석

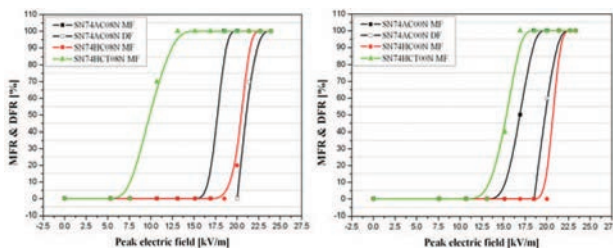
CMOS 논리 반도체 소자는 TTL 논리 반도체 소자와 게이트의 입력 및 출력 핀 배치가 같다. 따라서 TTL 논리 반도체 소자의 피해 효과 실험을 위해 구성된 LED 구동 회로에서 TTL 논리 반도체 소자를 CMOS 논리 반도체 소자로 교체하여 피해 효과를 조사하였다. 〈그림 13〉은 고출력 전자기파가 3가지 각각 다른 제조 기술로 만들어진 CMOS 논리 반도체 소자의 리드 프레임 커플링 될 경우 (선로 길이 $l_x = 0^+ \approx 0$ [cm]) 각각의 제조 기술에 따라 20회 시험 중 오동작 또는 파괴 발생 빈도를 확률로 나타낸 것이다.

CMOS 논리 반도체 소자의 SN74AC08N과 SN74AC00N은 고출력 전자기파의 커플링 효과에 의해 오동작 및 파괴 현상이 발생되었으나 SN74HC08N, SN74HC00N, SN74HCT08N, SN74HCT00N에서는 오동작 현상만 관찰되었다. 실험에 사용된 고출력 전자기파를 발생 시키는 마그네트론의 최대 정격 출력은 1 kWmax로 이 때 도파관 내에서 형성되는 최대 피크 전계 강도는 23.94 kV/m이다. 따라서 최대 피크 전계 강도 이상의 전계에 SN74HC08N, SN74HC00N, SN74HCT08N, SN74HCT00N을 노출시키면 파괴가 발생할 수 있으나 이 실험에서는 마그네트론의 출력의 한계로 인하여 파괴 현상은 나타나지 않았다.

실험에 사용된 3가지 다른 제조 기술로 만들어진 CMOS 논리 반도체 소자의 오동작 발생 피크 전계 강도 범위는 CMOS AND 논리 반도체 소자의 경우 약 7 kV/m ~ 19 kV/m이었으며, CMOS NAND 논리 반도체 소자의 경우 약 13 kV/m ~ 19.5 kV/m이었다. 또한 피크 전계 강도가 약 20 kV/m이상에서 SN74AC08N과 SN74AC00N의 파괴가 관찰되었다.



〈그림 12〉 TTL AND 논리 반도체 소자의 오동작 및 파괴 확률 ($l_x = 0^+ \approx 0$ [cm])



〈그림 13〉 CMOS 논리 반도체 소자의 오동작 및 파괴 확률 ($l_x = 0^+ \approx 0$ [cm])



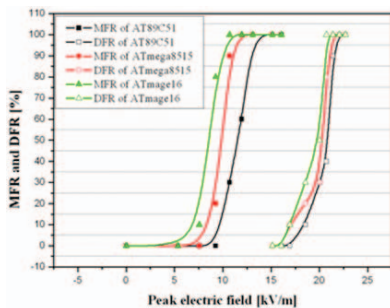
3-3. 마이크로컨트롤러 반도체 소자의 피해 효과 분석

마이크로컨트롤러 각각의 핀은 수행 기능에 따라 클럭(clock), 리셋(reset), 전원(power supply), 데이터(data)로 구분할 수 있다. 이러한 특정 기능을 수행하는 핀과 연결된 선로에 협대역의 고출력 전자기파가 커플링 될 경우 피해 효과를 조사하였고, 선로의 길이를 변화시켜 이러한 변화가 미치는 영향을 분석하였다. <그림 14>은 고출력 전자기파가 내부 구조와 메모리 용량이 다른 3가지의 마이크로컨트롤러의 리드 프레임 커플링 될 경우 (선로 길이 $l_x = 0^+ \approx 0$ [cm]) 각각의 마이크로컨트롤러에 따라 20회 시험 중 오동작 또는 파괴 발생 빈도를 확률로 나타낸 것이다. 고출력 전자기파의 커플링 효과에 의한 실험에 사용된 마이크로컨트롤러의 5% 오동작 발생 확률 피크 전계 강도 분포는 약 6.2 kV/m ~ 9.2 kV/m이었고, 5% 파괴 발생 확률 피크 전계 강도 분포는 약 16.5 kV/m ~ 17.5 kV/m로 논리 반도체 소자 보다 고출력 전자기파의 커플링 효과에 취약하였다.

**고에너지 전자기파가 선로에 커플링되면
선로에 전압 및 전류가 유기되고,
이로 인하여 회로를 단락 및 개방시키며,
회로 고장으로 인한 순간적인
큰 전류에 의해 열적 파괴 발생**

4) 반도체 소자의 파괴 특성 관찰

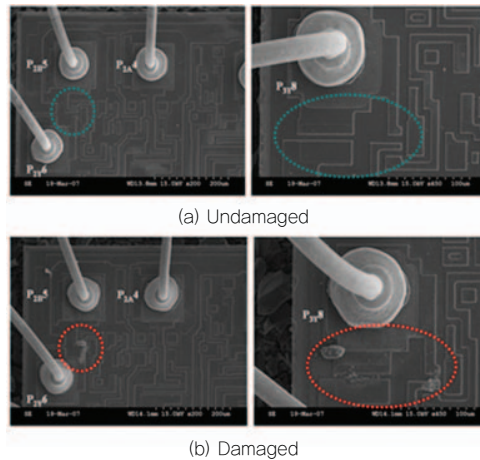
고분자로 몰딩되어 있는 반도체 소자표면을 제거하여 내부 칩 상태 변화를 직접 SEM과 CCD 광학 현미경으로 관찰한 모습을 관찰하였고 그 결과를 그림을 통해서 제시하였다. <그림 15>는 고에너지 전자기파의 커플링 효과에 의한 TTL 논리 반도체 소자의 파괴로서 내부



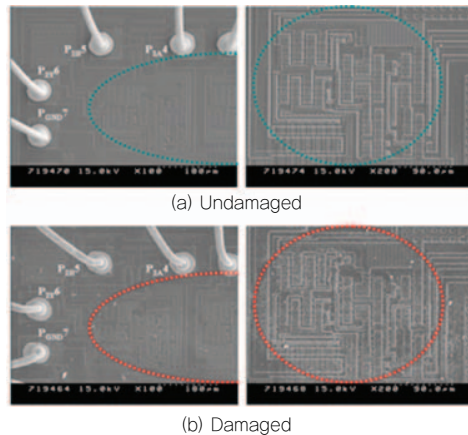
<그림 14> 마이크로컨트롤러의 오동작 및 파괴 확률

칩 상에 구성된 다이오드, 트랜지스터, 저항과 같은 component에서의 손상을 보여주고 있다. 이러한 component의 파괴는 대부분 입력부에서 관찰할 수 있었다. <그림 16>은 CMOS 논리 반도체 소자 내부 칩의 파괴를 나타낸 것으로 칩에 형성된 트랙이 녹아 인접해 있는 온칩와이어(onchipwire)와의 단락이 관찰되었고, 이러한 온칩와이어의 손상은 대부분 출력부에서 관찰되었다.

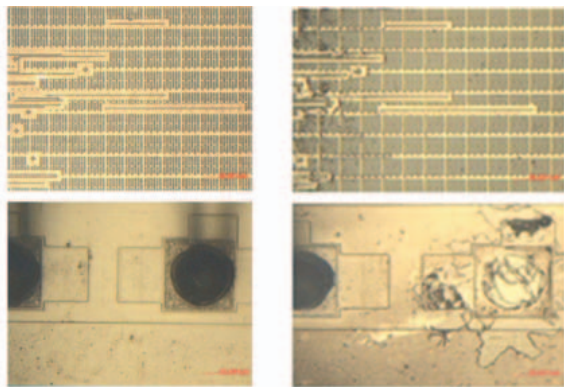
파괴된 반도체 소자를 대상으로 칩 상태를 관찰하는 경우 많은 반도체 소자에서 칩 상태를 관찰하기 어려운 경우가 있었다. 이것은 칩 위의 온칩와이어가 녹거나 본드와이어 또는 이를 지지하는 본드패드가 녹으면서 칩 주위



<그림 15> TTL 논리 반도체 소자의 파괴양상



<그림 16> CMOS 논리 반도체 소자의 파괴양상



(a) Undamaged (b) Damaged
 <그림 17> 마이크로컨트롤러 소자의 파괴양상

에 몰딩되어 있는 절연 재료에 영향을 주어 금속과 고분자 물질의 융합된 형태로 칩 위에 부착되어 반도체 소자 표면의 제거를 어렵게 만들기 때문이다.

고에너지 전자기파가 선로에 커플링 되면 선로에 전압 및 전류가 유기되고 이렇게 유기된 전압 및 전류는 선로와 연결되어 있는 반도체 소자의 리드 프레임으로 유입된다. 리드 프레임 유입된 전류는 본드와이어의 온도를 상승시켜 본드와이어를 용단시키거나 반도체 소자 내부 칩으로 유입되어 회로를 단락 또는 개방 시키고, 또한 회로의 고장으로 인해 발생하는 순간적인 큰 전류에 의해서 금속 배선이 녹는 열적 파괴가 발생하는 것으로 사료된다^[17-20].

반도체 소자 내부 칩의 재질은 고집적도와 고속도를 위해 일반적으로 알루미늄, 구리, 금 등의 금속을 사용하여 회로를 이루고 있다. 반도체 소자 내부 칩의 온칩 와이어와 본드와이어의 파괴는 재료의 녹는 형태로 발생되는데 이러한 현상은 반도체 소자의 내부로 유입되는 전류에 의해 칩 위의 교차점에 매우 높은 곳에 유입된 전류에 의해 형성된 전계가 집중하기 때문이라는 연구결과를 제시할 수 있었다^[21-25].

IV. 결 언

지금까지 고에너지 전자기파 전자부품이나 소자에 미치는 영향이 동향에 대해서 살펴보았다. 해외 미국, 러시아, 유럽 등 강대국들은 전자기파에 대한 기술을 군

수분야에 국한되어 적용하는 것이 아니라 이를 산업분야에도 적용가능하도록 활발히 연구가 진행되고 있는 반면, 국내는 현재 국외의 전자기파 발생장치의 기술을 수입해오고 이를 이용하고 있는 이때 국내의 산업계와 학계는 전자기파의 영향과 발생장치에 대한 연구와 기술개발이 이루어져야 할 필요성이 있다. 그리고 고반복 고에너지 전자기파의 영향에 대한 연구사례가 1970년대부터 시작된 국외와는 달리 국내에서는 현재까지도 미비한 실정이며, 고에너지 전자기파 내성평가가 가능한 시험 설비 역시 없다. 이는 국외에서 이루어지는 고에너지 전자기파 관련 연구개발이 극비 보안사항이기 때문에 공개된 자료가 매우 적기 때문이다. 따라서 자체적인 국내 고에너지 전자기파 연구개발이 시급하다라는 결론을 맺을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] C. E. Baum, "Differential Marx Generator", EUROEM 2008, July 2008
- [2] C. E. Baum, "EMP Simulators for Various Types of Nuclear EMP Environments: An Interim".
- [3] Richard Hord, Andrew Lambourne and Anthony Wraight, "HPEM and HEMP susceptibility assessments of computer equipment", 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp. 168-171, 2006
- [4] Esser, N., Smailus, B., "Measuring the upset of CMOS AND TTL due to HPM-signals", 14th IEEE International Pulsed Power Conference, 2003.
- [5] Carlo Kopp and Ronald Pose, "The Impact of Electromagnetic Radiation Considerations on Computer System Architecture", blockyourid, 1994
- [6] Mansson, D., Thottappillil, R., Nilsson, T., Lunden, O., Backstrom, M., "Susceptibility of Civilian GPS Receivers to Electromagnetic Radiation", IEEE Press, 2008
- [7] C. E. Baum, T. K. Liu, F. M. Tesche, "On the Analysis of General Multiconductor Transmission-



- Line Networks”, AFRL, IN350, 1978.
- [8] F. M. Tesche, M. A. Morgan, B. Fishbine, E. R. Parkinson, “Internal Interaction Analysis: Topological Concepts and Needed Model Improvements”, Interaction Note Series, IN-248, October 1975.
- [9] F. M. Tesche, M. V. Ianoz, and T. Karlsson, EMC Analysis Methods and Computational Models. New York: Wiley, 1997.
- [10] J. P. Parmantier, “First Realistic Simulation of Effects of EM Coupling in Commercial Aircraft Wiring”, IEE Journal of Computing & Control Engineering, Vol. 9, No. 2, pp 52–56, 1998.
- [11] K. S. H. Lee, “EMP Interactions : Principles, Techniques and Reference Data”, Hemisphere, New York, 1989.
- [12] M. Camp, H. Garbe, D. Nitsch, “Influence of the Technology on the Destruction Effects of Semiconductors by Impact of EMP and UWB Pulses”, 2002 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 1, pp. 87–92, 2002.
- [13] M. Camp, H. Garbe, “Influence of Operation- and Program-States on the Breakdown Effects of Electronics by Impact of EMP and UWB”, 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 2, pp. 1032–1035, 2003.
- [14] S. Korte, M. Camp, H. Garbe, “Hardware and Software Simulation of Transient Pulse Impact on Integrated Circuits”, 2005 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 2, pp. 489–494, 2005.
- [15] M. Camp, H. Garbe, D. Nitsch, “UWB and EMP Susceptibility of Modern Electronics”, 2001 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 2, pp. 1015–1020, 2001.
- [16] M. Camp, H. Girth, H. Garbe, “Predicting the Breakdown Behavior of Microcontrollers Under EMP/UWB Impact Using a Statistical Analysis”, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46, No. 3, pp. 368–379, 2004.
- [17] 허창수, 홍주일, 황선문, “고출력 전자기파의 커플링 효과에 의한 마이크로 컨트롤러의 손상”, 대한전기학회 논문집 제57권 12호, 2008
- [18] 허창수, 홍주일, 황선문, “고출력 전자기파의 커플링 효과에 의한 마이크로 컨트롤러 소자의 피해”, 한국군사과학기술학회 회지 제57권 12호, 2008
- [19] J. I. Hong, S. M. Hwang, C. S. Huh, “Susceptibility of Microcontroller Devices due to Coupling Effects under Narrow-Band High Power Electromagnetic Waves by Magnetron”, Journal of Electromagnetic Waves, Vol. 22, pp. 2451–2462, 2008.
- [20] 허창수, 홍주일, 황선문, 한승문, “도선에 커플링 되는 고출력 전자파에 의한 CMOS IC의 피해 효과 및 회복 시간”, 한국전자파학회 논문집 제19권 6호, 2008
- [21] 허창수, 방정주, 한승문, 최진수, “광대역 고출력 전자기파에 의한 컴퓨터의 민감성 분석”, 한국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, pp. 22–25, 2010
- [22] 허창수, 방정주, 두진석, 한승문, “HPM에 의한 LNA(Low Noise Amplifier)의 민감성 분석”, 2010년도 춘계 마이크로파 및 전파전파 학술대회, Vol. 33, No. 1, pp 82, 2010
- [23] 허창수, 황선문, 홍주일, 한승문, 허욱열, 최진수, “고출력 전자기파에 의한 마이크로컨트롤러 소자의 민감성 분석과 보호 방안”, 2009년도 종합학술대회, pp. 1332–1335, 2009
- [24] C. S. Huh, J. I. Hong, S. M. Hwang, K. Y. Kim, U. Y. Huh, J. S. Choi, “Susceptibility of TTL Logic Devices to Narrow-band High Power Electromagnetic Threats”, PIER, Russia, 2009
- [25] C. S. Huh, J. I. Hong, S. M. Hwang, K. Y. Kim, U. Y. Huh, J. S. Choi, “The Susceptibility of Microcontroller Device with Coupling Caused by UWB-HPM”, PIER, Russia, 2009



허 창 수

- 1981년 인하대학교 전기공학과 (공학사)
- 1983년 인하대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1987년 인하대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1983년~1993년 한국전기연구원 기능재료 연구실 (실장)
- 1993년~현재 인하대학교 전기공학부 (교수)
- 2008년~현재 IEC TC 37C 위원
- 2011년~현재 IEC TC 77C 위원

〈관심분야〉

EMP 방호설계 및 소스개발, 고전압 기기 설계, 신재생에너지 등



강 호 재

- 2013년 인하대학교 전기공학과 (공학사)
- 2013년~현재 인하대학교 전기공학과 석사과정

〈관심분야〉

EMP 방호설계, EMC/EMI, RF 시스템



전도성 전자파 해석 연구 동향 분석



박 윤 미
한국전자통신연구원
부설연구소



주 세 훈
한국전자통신연구원
부설연구소



김 기 백
한국전자통신연구원
부설연구소

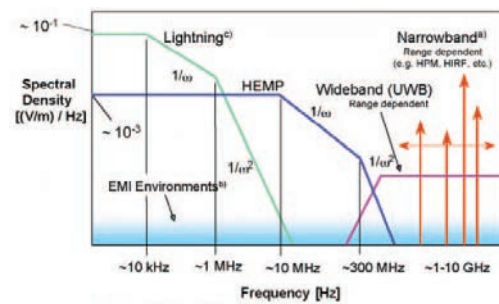


추 광 욱
한국전자통신연구원
부설연구소

I. 개요

고출력 전자기파 (Electro-Magnetic Pulse, EMP)는 전기적 장비의 물리적인 손상 및 오작동을 일으킬 수 있는 강력하고 순간적인 전자기적 충격파를 말한다. 이러한 EMP는 핵 폭발에 의한 핵 EMP와 전기 장치에 의한 비핵 EMP로 분류할 수 있다. 핵 EMP 중에서는 20km~30km 이상 고고도 핵 폭발에 의한 HEMP(High altitude EMP)가 대표적이고, 비핵 EMP는 파형에 따라 UWB(Ultra Wide Band), DS(Damped Sinusoidal), HPM(High Power Microwave)로 구분한다. <그림 1>은 EMP 종류별 주파수 대역을 대략적으로 표시한 것이다.

전자파는 기본적으로 건물을 투과하기 때문에 EMP 위협으로부터 건물 내부 전자장비를 보호하기란 쉽지가 않다. <그림 2>는 외부에서 인가된 전자파의 복사성 및 전도성 전달 경로를 보여준다. 다양한 전기적 장비들이 위치한 지상건물은 건물 외벽을 구성하는 콘크리트 혹은 철근을 포함하고 있는 강화 콘크리트 그리고 유리 창문과 같은 개



<그림 1> 고출력 전자기파 펄스의 종류와 주파수 특성^[1]

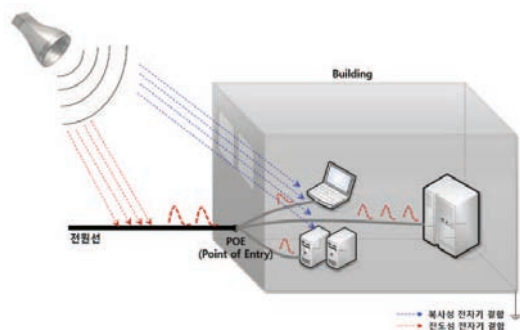
구면으로 구성되며, 통신 신호의 전달 및 전력 공급을 위해서 전송 선로가 지상건물의 외부에서 내부로 연결되어 있다. 이런 상황에서 건물 외부에서 인가된 전자파는 건물의 구성 물질 및 구조에 영향을 받아 지상건물 내·외부로 방사되고(복사성 전자기 결합), 방사된 전자파는 전송 선로에 유도되어(전도성 전자기 결합) 건물 내부 장비에 간섭 혹은 장애를 일으킨다.

대형 구조물 해석 대상에서의 전자기 결합(Electromagnetic coupling) 현상을 단일 수치해석기법으로 해석 시에는 다음과 같은 어려움이 있다.

첫째는 요소 분할에 따른 어려움이다. 수치해석 시 가장 중요한 단계인 요소 분할 단계에서는 해석 대상의 가장 작은 구조물과 가장 높은 해석 주파수를 고려하여 요소를 분할한다. 수십 m의 물리적으로 큰 건물 내부에 있는 지름 수 mm인 케이블에서의 전자기 결합 현상을 수십 GHz 대역까지 한 번에 모의하기 위해서는 수많은 요소가 생성되어야 하고 결국에는 해석 시간이 길어지거나 메모리 용량이 부족하게 된다.

둘째는 복잡한 구조의 유전체 해석 문제이다. 대형 구조물은 콘크리트, 철근, 유리창, 전선으로 구성되어 있고, 대지와 공기에 동시에 접촉된 형태이다. 따라서 이러한 복잡한 유전체들로 이루어진 대상에 대한 해석이 가능해야 하며 주파수에 따른 유전율의 분산 특성도 반영되어야 한다.

상기 문제점은 특히 수치해석 구조물 대비 물리적 크



〈그림 2〉 복사성 및 전도성 전자기 결합 경로

기가 작은 전송 선로에서 더욱 심하다. 그래서 최근 상용 전자파 해석 S/W 업체는 Finite Difference Time Domain(FDTD), Method of Moment(MoM), Finite Element Method(FEM)과 같은 3D full wave analysis 기법과 Multiconductor Transmission Line(MTL) 기법 등 다양한 기법들을 결합하여 전도성 전자기 결합 수치해석 한계를 극복하는 방향으로 개발하고 있다. 또한 새롭게 공간 분할 개념을 도입하여 시간과 메모리를 절약하는 기법으로 대형 표적 해석 시 장점을 갖는 Electromagnetic Topology(EMT) 기법에 대한 연구도 국내·외 학교 및 연구소에서 활발히 진행하고 있다.

본 고에서는 전도성 전자파 해석을 위한 상용 전자파 해석 S/W를 소개하고, 최근 연구의 중요성이 대두되고 있는 EMT 기법의 원리와 연구 동향, 그리고 EMT 기법을 기초로 한 상용 S/W를 소개한다.

II. 상용 S/W의 전도성 전자파 해석 기법

1. CST cable studio를 이용한 전도성 전자파 해석

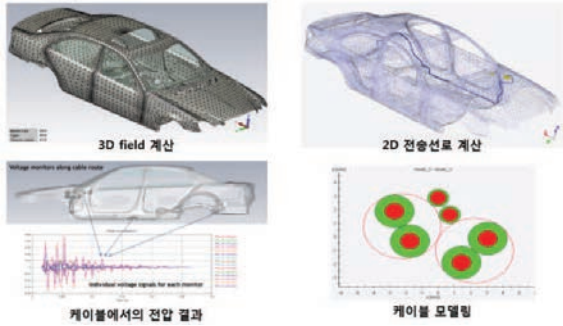
CST Cable Studio(CS)는 Electro-Magnetic Interference(EMI), Electro-Magnetic Susceptibility(EMS) 현상과 대형 시스템 내 케이블 구조의 전도성 경로를 통한 전파를 빠르고 정

CST Cable Studio(CS)는 EMI(Electro-Magnetic Interference), EMS(Electro-Magnetic Susceptibility) 현상과 대형 시스템 내 케이블 구조의 전도성 경로를 통한 전파를 신속하고 정확하게 해석한다

확하며 손쉽게 해석할 수 있는 시뮬레이션 도구다. CST CS에서는 전자기적으로 복잡한 대상의 해석을 위하여 3차원 수치해석 기법(FDTD), 다중 전송선 해석 기법(MTL), 회로 해석 기법을 결합한다^[2].

전도성 전자파 해석을 위해서 CS에서는 CST Microwave Studio(MWS)가 CST Design Studio(DS), CS와 연동된다.

해석 순서는 먼저 3D cad file을 이용하여 모델링 한다. 이후에 케이블의 종류, 부설 형태 등을 모델링 한다. 전송 선로 이론에 근거하여 케이블의 전송 선로 파



〈그림 3〉 CST CS로 자동차 내부에 케이블이 있는 구조를 해석한 사례

라미터들을 추출한 후, CST MWS에서 케이블 주위의 전자기장 값을 transient solver를 이용하여 계산한다.

기존 MWS의 transient solver만을 이용한 3차원 full wave 해석 시에는, 건물과 케이블이 함께 있을 때 케이블에 맞추어 요소를 생성해야 하므로, 요소의 개수가 상당히 많아 메모리 문제를 발생시킬 수 있다. 그러나 CS의 해석 알고리즘에서는 케이블의 전송 선로 파라미터가 추출된 후에는 케이블을 고려하지 않고 케이블 주위의 전자기장 값만 사용하므로, 요소 생성 시 유리한 장점이 있다.

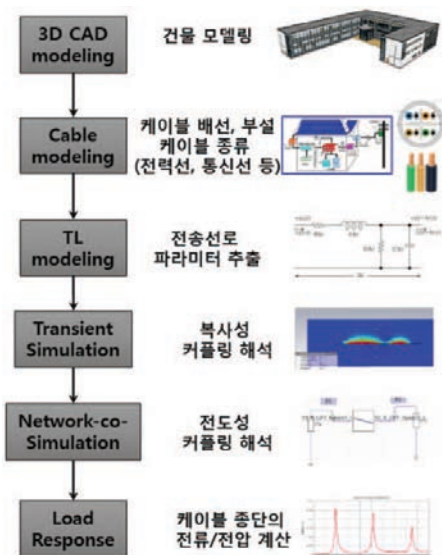
**FEKO는 MoM기법을 기초로 하여
MLFMM, FEM, UTD, GO, PO 등
다양한 수치해석 기법을 사용하여
광대역 전자기 문제를 해석한다.**

그리고 나서 케이블 주위의 전자기장 값을 이용하여 케이블에 유기된 전류와 전압을 다중 전송선 기법에 근거하여 계산한다. CS에서의 계산 결과는 DS와 연동되어 DS 내부의 내장형 네트워크 시뮬레이터를 통해 케이블 배선과 종단 등가회로 해석을 가능하게 한다.

CS는 회로 해석 엔진과 3D EM solver간에 전류와 전자기장을 교환할 수 있게 해서 케이블에서의 복사현상이나 감응현상을 해석할 수 있다.

또한 케이블의 radiation/irradiation 현상 뿐 아니라 특히 bi-coupling 효과 해석이 가능하다. MWS와의 연동을 통해 건물 벽 매질의 분산, 비등방성 특성을 반영한 지상 배선 해석이 가능하고, 자체 보유 library를 이용하여 케이블 모델링이나 회로 소자 모델링을 쉽게 할 수 있다. DS와의 연동을 통해 spice model이나 s-parameter 파일을 불러들여 해석하는 기능도 지원함으로써 케이블에서의 전도성 전자기 결합 현상을 해석하고 이로 인해 인접한 장비들에 미치는 영향을 모의할 수 있다.

CST CS는 시간영역 해석을 기초로 한 S/W이므로 펄스신호와 같은 시간영역 신호원이 전기적으로 큰 대상에 인가되어 발생하는 전도성 전자기 결합 현상을 모의하는 데에 유용하게 사용되고 있다.



〈그림 4〉 CST CS에서 건물 규모에서의 전도성 전자기 결합 해석 알고리즘

2. FEKO를 이용한 전도성 전자파 해석

FEKO는 MoM 기법을 기초로 하여 Multilevel Fast Multipole Method(MLFMM), FEM, Uniform Theory of Diffraction(UTD), Geometrical Optics(GO), Physical Optics(PO) 등 다양한 수치해석 기법을 사용해서 광대역 전자기 문제를 해석하는 시뮬레이션 도구다^[3]. 따라서 전기적으로 소형인 해석 대상부터 비행기나 함정과 같은 대형 구조물에서의 전자파 현상 해석이 가능하다. 특히 FEKO는 내부적으로 보유하고 있는 다양한 해석 기법들을 결합해서 사용할 수 있는 기능을 제공하므로 단일 기법으로 풀기에 한계가 있는 해석 문제들을 효율적으로 풀 수 있는 장점이 있다.

FEKO는 다양한 user-interface로 구성되는데 그 중 모델링 관련 모듈인 CADFEKO에서 케이블 모양과 harness 모델링이 가능하다. <그림 5>와 같이 다양한 케이블 구조를 모델링할 수 있으며, 케이블, 커넥터, 측정 프로브를 포함한 cable harness의 모델링도 CADFEKO에서 가능하다. 또한 복잡한 케이블들은 KBL 파일을 이용하면 모델링과 관리가 용이하다.

케이블 단면은 2D static FEM solver에 의해 R, L, G, C per-unit-length-parameter가 계산된다. 케이블과 연결된 소자들은 저항, 커패시터, 인덕터를 비롯하여 spice 회로로 모델링이 가능하며, s-parameter 계산 혹은 측정 파일도 지원되어 다양한 소자들이 연결된 케이블에서의 전자기 결합 현상을 해석할 수 있으므로, 케이블에서의 전자기 결합 현상이 주변 장비, 소자에 주는 영향을 모의할 수 있다.

FEKO에서는 케이블에서의 전압 신호원에 의한 radiation 문제와 외부의 전자기장에 의한 케이블에서의 irradiation 문제 모두 해석 가능하다.

특히 irradiation 문제는 MTL 기법이나 MoM/MTL

기법이 사용된다. Irradiation 문제의 해석 원리는 다음과 같다.

- 케이블을 제외한 해석 영역에서 케이블 경로를 따라 near field 계산
- 케이블 경로를 따라 R, L, G, C 파라미터 계산
- 계산된 near field를 분산 신호원으로 인가하여 케이블에서의 유도 전류 계산
- Shield를 통한 bi-directional 커플링 계산 가능

EMT 기법은 시스템 내부로 침투하는 에너지의 전달 경로를 공간 특성에 따라 외부구조/결합경로/내부경로로 나누어 해석하며, 각 부분을 모델링한 후 BLT 방정식을 이용하여 해석 결과를 재결합하는 방식의 해석 기법이다.

FEKO에서는 이와 같은 기능을 이용하여 <그림 5>와 같은 자동차나 항공기 내부의 복잡한 케이블에서의 전자기 결합 현상을 모의할 수 있다. 특히 소형에서 대형까지 다양한 크기의 해석 대상이나 금속 또는 주기 구조 해석 대상에서의 전도성 전자기 결합

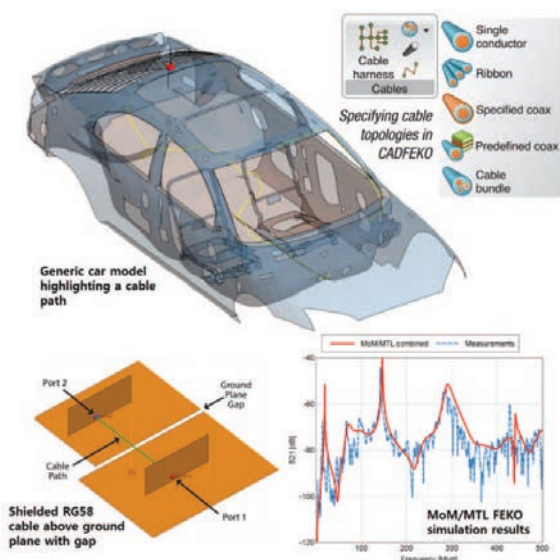
해석에 용이해서 최근 많이 이용되고 있는 추세다.

III. EMT 기법에 기초한 전도성 전자파 해석 기법

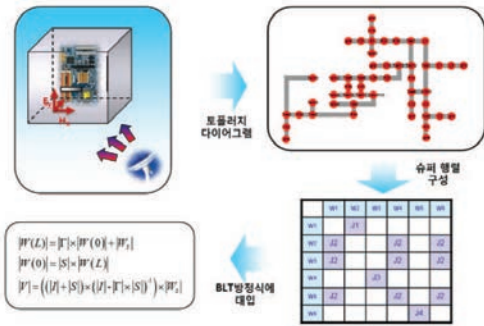
다양한 시스템들의 존재하는 전자기 환경에서는 내부 구조의 복잡도와 전자기장 에너지의 전자기 결합 방법이 각기 다르기 때문에 전자파 적합성 문제를 모의하는 것은 어려운 일이다^[4]. 시스템 내부에서 발생하는 전자기 결합 현상은 다음과 같다^[5].

- 도체에서의 inductive, capacitive 결합
- 직접적인 전자기장의 방사 결합
- 도체에서의 전류, 전하의 전달
- 개구부를 통한 전자기장 필드의 전달
- 전자기장의 확산 현상에 의한 침투
- 공진기 모드에 의한 공진

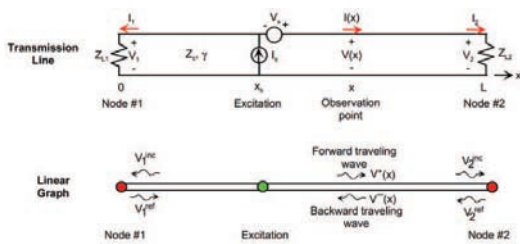
따라서 <그림 6>과 같이 전체 시스템을 한 번에 해석



<그림 5> FEKO로 자동차 내부에 케이블이 있는 구조를 해석한 사례와 RG58 케이블에서의 전자기 결합 현상 해석 사례



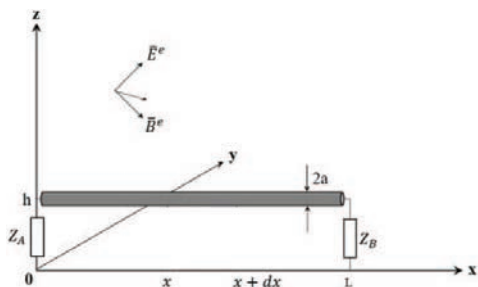
〈그림 6〉 EMT 기법의 원리



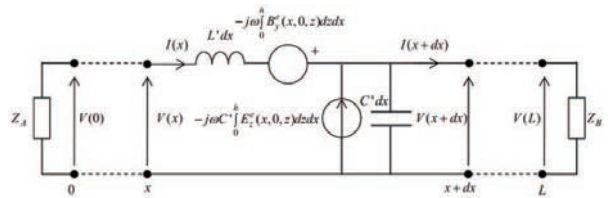
〈그림 7〉 전송선의 토폴로지 다이어그램 표현^[8]

하는 것이 아니라, 시스템 내부로 침투하는 에너지의 전달 경로를 공간의 특성에 따라 외부 구조/결합 경로/내부 구조로 나누어 해석을 실시하고, 각 부분을 모델링 한 후 BLT 방정식을 통해 해석 결과를 재결합하는 방식으로 해석하는 기법이 도입되게 되었다^[6]. 이러한 방법이 전자기 토폴로지(Electro-Magnetic Topology, EMT)기법의 시초이며 C. E. Baum에 의해 정식화 되었다^[7].

전송선은 〈그림 7〉과 같이 토폴로지 다이어그램으로



〈그림 8〉 완전 도체 상에 있는 단일 선로에 전자기장이 입사하는 모습^[9]



〈그림 9〉 전자기장이 인가된 무손실 단일 선로의 등가회로 (Taylor 소스 모델링)^[9]

표현 가능하며 이어질 분산 소스 모델링과 BLT 방정식 원리에 따라 전송선에서의 전도성 전자기 결합 해석이 이루어진다.

1. 전도성 전자기 결합 해석 원리

외부에서 인가된 전자기장이 전송 선로에서 전도성 전자기 결합하는 경로는 다음과 같다. 첫째는 인가된 전자기장이 자유 공간에서 전파되어 전송 선로에 전류나 전압이 유도되는 것이고, 다른 하나는 유도된 전류나 전압이 전송 선로를 따라 전달되는 것이다. 전송 선로에 전류나 전압이 유도되는 현상은 분산 소스 모델링을 통해 해석할 수 있고, 유도된 전류나 전압이 전송 선로를 따라 전달되는 현상은 분산 소스를 BLT방정식에 대입함으로써 모의할 수 있다.

가. 전송 선로에 유기되는 분산 소스 모델링

전송 선로에 전류/전압이 유기되는 현상을 모의하기 위해서 분산 소스 모델링을 전송 선로 방정식에 적용하고 각 전송 선로 구조에서의 경계 조건을 이용한다. 전송 선로에서의 전자기 결합 현상을 모의하기 위한 분산 소스 모델링은 Taylor, Agrawal, Rachidi의 세 가지 모델링 기법이 있고, 본 고에서는 이 중 보편적으로 사용되고 있는 Taylor 소스 모델링 기법을 소개한다.

1965년에 Taylor, Satterwhite와 Harrison은 전자기장이 전송 선로에 전자기 결합하는 현상을 유도 전류향과 유도 전압향으로 모델링 하도록 수식을 제안하였다. 수식은 다음과 같다^[9].

$$\frac{dV(x)}{dx} + j\omega L' I(x) = -j\omega \int_0^h B_y^e(x, 0, z) dz \quad (1)$$

$$\frac{dI(x)}{dx} + j\omega C' V(x) = -j\omega C \int_0^h E_z^e(x, 0, z) dz \quad (2)$$

중단 전류와 전압의 경계 조건은 식 (3)-(4)와 같고, 식 (1)-(4)를 등가회로로 나타내면 <그림 9>와 같다.

$$V(0) = -Z_A I(0) \quad (3)$$

$$V(L) = -Z_B I(L) \quad (4)$$

나. 중단 전류와 전압을 구하기 위한 BLT 방정식

BLT 방정식에서는 집중 전류와 전압 소스를 이용하여 중단 전류와 전압 응답을 계산한다. 위의 세 가지 분산 소스 모델링 기법 중 Taylor 원리를 이용하여 분산 소스를 모델링 한 후 BLT 방정식에 대입하였다^[10].

중단 부하에 의한 반사 계수 ρ_1 과 ρ_2 , 전송 선로의 특성 임피던스 Z_C , 길이가 L 인 직선 전송 선로에서 중단 전류/전압 응답($I(0)$, $I(L)$, $V(0)$, $V(L)$)은 식 (5)-(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} I(0) \\ I(L) \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_C} \begin{bmatrix} 1 - \rho_1 & 0 \\ 0 & 1 - \rho_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\rho_1 e^{\gamma L} \\ e^{\gamma L} - \rho_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} V(0) \\ V(L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \rho_1 & 0 \\ 0 & 1 + \rho_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\rho_1 e^{\gamma L} \\ e^{\gamma L} - \rho_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \int_0^L e^{\gamma x_s} [V_{S1}(x_s) + Z_C I_{S1}(x_s)] dx_s \\ -\frac{1}{2} \int_0^L e^{\gamma(L-x_s)} [V_{S1}(x_s) - Z_C I_{S1}(x_s)] dx_s \end{bmatrix} \quad (7)$$

이때 source vector는 식 (7)과 같으며 x_s 는 분산 소스의 위치, $V_{S1}(x_s)$, $I_{S1}(x_s)$ 는 식 (1)-(2)의 우변인 분산 소스를 나타낸다.

이처럼 인접한 전자기장에 의해 전자기 결합한 전송 선로의 중단 전류/전압 응답 계산은 분산 소스를 이용한 BLT 방정식을 이용하여 계산할 수 있다. 이와 같은

해석 기법은 크고 복잡한 대상의 내부 전송 선로에서 발생하는 전도성 전자파 특성을 간단하게 모의할 수 있어 국내·외에서 다양한 연구가 진행되고 있다.

2. 연구 동향

가. 국외 연구 동향

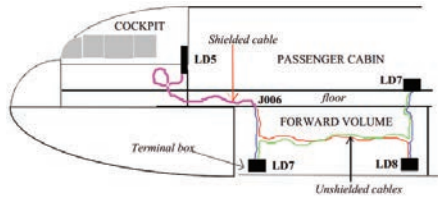
1960년대 후반 이후로 미국에서는 EMP에 관한 연구가 군사 분야에서 민간 분야까지 활발히 진행되어 왔다. 1970년대 이전까지 EMP에 관한 연구는 실험 위주로 진행되었으나 EMP의 전자기 결합 현상 해석에 대한 요구가 발생하면서, 실제 시스템에서의 전자기 결합 현상을 수학적으로 분석하는 노력이 시작되었다.

1974년에 C. E. Baum은 전자기 결합 현상을 해석하기 위하여 공간 분할의 개념이 포함된 EMT 기법을 제안하였다^[6, 11]. 건물 규모의 매크로 시스템을 해석할 시에 기존의 3D full wave 해석 기법은 해석 시간과 메모리가

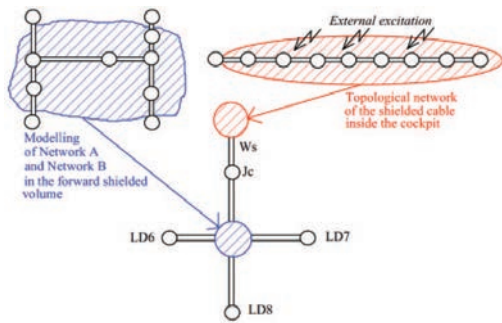
많이 소요되므로 공간 분할의 개념을 도입하였고, 나누어진 공간별로 따로 해석하는 방식으로 해석 시간과 메모리를 많이 줄이는 효과를 거두었다. 이후 EMT는 supermatrix 개념과 결합하여 BLT 방정식으로 발전되었다^[12-13]. BLT 방정식은 토폴로지 네트워크를 구성하고 있는 모든 영역에서의 전류와 전압 응답을 구하는 주파수 영역 행렬 방정식이다.

전자기장이 전송 선로에 커플링 되는 현상에 대한 해석은 전체 해석 영역을 EMT 기법을 적용하여 여러 개의 하위 영역으로 분할하는 것에서 시작한다. 분할된 영역들은 junction으로 표현하고, 각 junction은 커플링이 일어나는 경로를 따라 tube로 연결되는 토폴로지 네트워크를 구성하여 각각의 요소에 대한 해석을 수행한 후, BLT 방정식을 통해 결과를 재조립하여 전체 시스템의 응답을 구한다. 이와 같은 전송 선로와 EMP의 전자기 결합 현상은 주로 F. M. Tesche와 T. K. Liu에 의해서 연구되었다^[14].

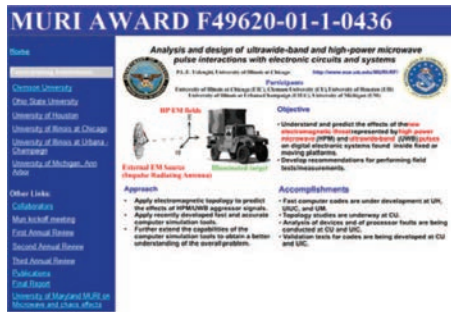
미국, 프랑스 및 독일을 비롯한 유럽 등에서는 대형 시설에서의 해석을 위하여 다양한 학교와 회사가 참여하는 컨소시엄을 구성하였으며, EMT 기법을 기초로 하는 해석 방법을 연구하고 있다.



〈그림 10〉 보잉 707 항공기의 영역 분할^[15]



〈그림 11〉 보잉 707 항공기의 토폴로지 네트워크^[15]



〈그림 12〉 MURI 프로젝트

외부에서 인가된 전자파에 노출된 전송 선로는 토폴로지 접근 방식에 따라 전송 선로를 tube로 모델링 할 수 있다. 따라서 복잡한 구조에서의 전송 선로와 EMP의 전자기 결합 현상은 각각의 junction을 해석하고 junction을 연결하는 각 tube의 영향을 분석함으로써 얻을 수 있다^[8]. 또한, 종단에 비선형 부하를 포함하고 있는 전송 선로의 해석을 위해서, BLT 방정식은 기존의 주파수 영역에서 시간 영역으로 확장되었다^[14].

프랑스의 J. P. Parmantier는 비행기 동체 내에 있는 복잡한 전송 선로 네트워크에서의 전자기 결합 현상을 해석하기 위한 알고리즘과 EMT 소프트웨어의 상용화를 위한 연구를 수행하였다^[15-16].

최근 독일에서는 선박이나 항공기 등 대규모 시설의 취약성 분석을 위한 EMT 기법 연구가 진행되고 있다^[17].



〈그림 13〉 HIRF SE 프로젝트 참여기관

대규모 시설에는 다양한 전자기 결합 경로가 존재하기 때문에, EMT 기법을 이용하여 커플링 경로에 따라 시스템을 분할하고, 각각의 특성에 맞는 수치해석 기법이나 측정 기법을 적용한다.

대형 시설에서의 전자기 결합 현상을 해석하는 연구는 해석 대상의 규모가 크므로 많은 양을 해석하게 되어 고성능, 고비용의 H/W가 구축되어야만 가능하다. 또한, 해석 결과를 검증하기 위한 대규모 측정 시설을 갖추기 위해서도 막대한 비용이 소요된다. 따라서 최근 미국이나 유럽에서는 이러한 대규모의 연구를 진행하기 위해 컨소시엄을 구성하여 다양한 학교와 회사가 참여하고 적극적인 연구가 진행되어 의미 있는 연구 결과들이 도출되고 있다.

미국에서는 2001년부터 2006년 8월까지 미 국방성과 공군 연구소에서 주관하는 MURI 프로젝트에 6개의 대학(Ohio State University, University of Illinois at Chicago, Clemson University, University of Houston, University of Illinois at Urbana-Champaign, University of Michigan)이 참여해서 HPM과 UWB로 인한 전자 시스템에서의 위협을 연구하였다^[18]. 연구 내용은 대규모 시스템에서 전자기장 에너지가 소스로부터 위협 대상으로 전달되는 전자기 결합 메커니즘이며, 이를 해석하기 위해 EMT에 기초한 hybrid EM solver를 연구하였다. 프로젝트 기간 중 240개의 크고 작은 연구 출판물들을 발표했으며, 그

중 F. M. Tesche, C. M. Butler가 재직 중인 Clemson University에서 전도성 전자파 해석 관련 연구가 진행되었다.

또한, 2005년부터 2008년까지 University of Missouri-Columbia에서 EMT 관련 연구가 N. E. Islam에 의해 수행되었다^[19]. 특히 이번 과제는 EMT를 기초로 만들어진 상용 시뮬레이션 프로그램인 CRIPTE를 전자기 결합 해석 시 적용하고 EMT 알고리즘에 대하여 연구했다.

유럽에서는 2008년 12월부터 2012년 11월 말까지 HIRF SE 프로젝트를 통해 EM 환경에서의 항공기의 정상적인 동작을 해석하기 위한 수치해석 프레임 연구를 진행 중이다^[20]. 44개의 연구 기관, 241,217명의 인원이 참여하고 있으며, 이 중에는 EMT에 기초한 상용 시뮬레이션 프로그램인 CRIPTE를 개발한 프랑스의 Onera社를 비롯하여 3D CAD 분야의 Dassault, EM 시뮬레이션분야의 CST, HPM 대표 연구 기관으로는 FOI, 수치해석 분야의 연구대학으로는 La Sapienza 대학이 있다.

나. 국내 연구 동향

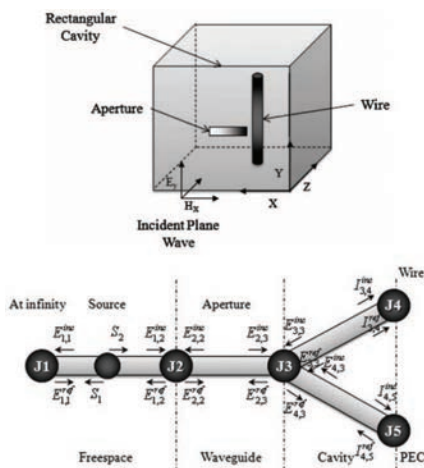
국내에서는 1990년대 초반부터 연구가 시작되었으

며, EMT 기법을 이용하여 크고 복잡한 시스템에서의 전자기 결합 현상을 해석하기 위한 연구가 수행되었다. 건물 외부에서 인가된 전자기파가 내부로 침투되는 전자기 결합 현상뿐 아니라, 내부의 전자 장비를 구성하는 PCB 보드와 케이블 등에 미치는 영향까지도 한 번에 모의하고자 하였다. 이를 위해 필드 해석과 회로 해석을 위한 새로운 EMT 기법과 이러한 기법들을 결합하기 위한 하이브리드 기법에 관한 연구를 수행하는 방향으로 진행되었다.

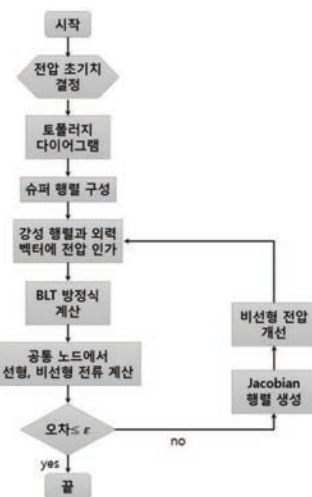
서울대학교 연구팀에서는 2000년대 중반부터 EMT 관련 연구를 시작해서 2007년에 선형 및 비선형 회로 해석을 위한 EMT 기법을 제안했다^[21-22]. 선형 연구를 바탕으로, 2008년에는

외부에서 인가된 전자기장이 개구부를 통해 침투하여 내부의 케이블과 전도성 전자기 결합하는 현상을 해석하기 위한 연구도 수행되었다^[23]. 구조가 다른 3차원 공간에 전자기장이 침투하는 현상을 3층 layer(free space, waveguide, cavity) 차폐 구조로 보고 EMT를 적용하였다. 따라서 각 layer 사이의 경계를 junction으로 정의하고, 전자기장의 침투 경로를 tube로 도시하여 토폴로지 다이어그램을 구성하였다. 또한, 2010년에는 비선형 시스템에서의 전도성 전자기 결합 해석을 위해

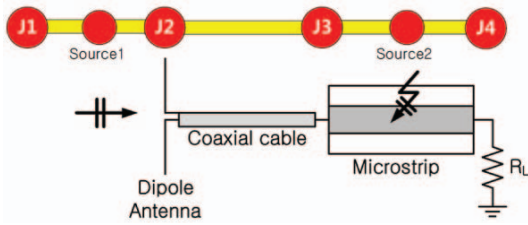
국내에서는 필드 해석과 회로 해석을 위한 EMT 기법과 다양한 기법들을 결합하기 위한 하이브리드 기법에 대한 연구들이 진행되고 있다.



〈그림 14〉 직사각형 개구부, 내부 전선을 포함하는 공진기와 토폴로지 다이어그램^[23]



〈그림 15〉 제안된 EMT-HB 기법의 알고리즘^[24]



〈그림 16〉 균일 전송 선로 전자기 결합 현상 해석 모델과 토폴로지 다이어그램^[25]

Harmonic Balance (HB) 기법과 EMT 기법이 결합한 hybrid EMT 기법의 연구가 수행되었다^[24]. 제안된 기법에서는 HB 계산 결과를 이용하여 EMT 내에서 해석을 수행하고, EMT 해석 결과는 다시 HB에 입력되어 종료 조건을 만족할 때까지 EMT 기법과 HB 기법이 실시간으로 통신할 수 있도록 새로운 비선형 EMT 알고리즘을 제안하였다.

광운대학교 연구팀에서도 2000년대 중반부터 EMT를 연구했으며 EMT를 이용한 외부 전자파에 노출된 전송 선로에서의 전도성 전자파 해석 연구와 다수의 개구부를 포함한 공진기에서의 전자기 결합 현상 연구를 수행하였다^[25-26].

연세대학교 연구팀에서도 2013년에 도파관 내부의 PCB 기판에서의 전자기 결합 현상을 BLT 방정식을 이용하여 모의하는 연구를 수행하였다^[27].

1990년대 초중반에 KIST와 KAIST 연구팀에서 비균일 전송 선로 구조에 대한 모델링 방법이 연구되었다. 전송 선로는 균일 전송 선로와 비 균일 전송 선로로 구분된다. 특히 비 균일 전송 선로는 단위 길이당 임피던스와 전파 상수가 일정한 균일 전송 선로와 달리 위치에 따른 함수로 표현되기 때문에 해석이 어렵다. 따라서 비 균일 전송 선로의 전자기 결합 해석을 위해 근사적으로 적용할 수 있는 모델링 방법에 관한 연구도 수행되었다. 전송 선로의 단면 형태가 전송 방향으로 일정하지 않고 위치마다 변하는 비 균일한 구조에 대해서 전송 선로 방정식을 TEM 모드에 대해 유도하였으며, 이를 이용하여 계산한 전송 선로의 입력 임피던스

를 비 균일 전송 선로 해석 방법으로 구한 입력 임피던스와 비교하였다^[28]. 또한, 비 균일 전송 선로에서 전파 모드를 평면형 TEM이 아닌 원통형 TEM으로 가정하여 전송 선로 방정식을 유도하였다^[29-30].

최근에는 한양대학교 연구팀에서 지표면 위에 놓인 비 균일 전송 선로의 유기 응답을 chain matrix를 이용하여 해석한 연구가 진행되었다^[31]. 이처럼 국내의 비 균일 전송 선로 연구는 기존의 해석적인 방법을 이용하여 유기 응답을 계산하기 매우 어려우므로 이를 해결하기 위한 해석 방법을 제안하고 적용하는 연구 위주로 진행되었다.

3. EMT 기법에 기초한 상용 S/W인 EMEC을 이용한 전도성 전자파 해석

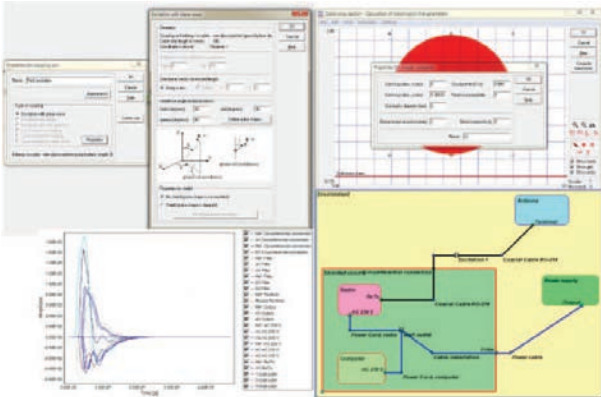
EMEC은 스웨덴의 J. Carlsson과 Torbjorn Karlsson에 의해 2002년에 처음으로 개발되었다. EMEC은 EMT 기법을 기초로 시스템에 연결된 선로에 유기되는 전압과 전류를 계산하는 전도성 전자파 해석 프로그램이다.

EMEC은 EMT 기법을 기초로 시스템에 연결된 선로에 유기되는 전압과 전류를 계산하는 전도성 전자파 해석 프로그램으로 케이블에서의 전자기 결합 현상을 시간, 주파수 영역에서 해석한다.

EMEC을 이용한 전도성 전자파 해석은 다음의 순서로 진행된다. 해석 대상을 선정한 후 CAD file, 배선도 등을 통해 실제 해석 대상의 물리적 구조와 전자기 결합 경로를 파악하여 zone,

functional unit, cable, port 등으로 분할한다. 분할된 공간들은 케이블로 연결되며, 분할된 공간과 케이블들의 물리적 구조를 모델링 하거나 직접 측정하여 주파수 특성을 구함으로써 분할된 공간들의 전자파 특성을 구한다. 그리고 나서, 분할된 공간과 케이블들의 주파수 특성들은 전자기 결합 경로에 따라 재조립되어 전체 해석 대상의 주파수 영역 특성 혹은 시간영역 특성을 모의할 수 있다^[32].

EMEC의 가장 중요한 기능은 EMT 기법을 이용하여 케이블에서의 전자기 결합 현상을 시간, 주파수 영역에서 해석하는 것이다. 또한 전도성 경로에 의한 전자기 결합 현상과 복사성 경로에 의한 커플링 현상 일부를



(그림 17) EMEC에서의 건물 규모 대상 해석 사례

모의할 수 있다. 예를 들어, 케이블에 직접 전류나 전압이 주입된 경우뿐만 아니라, 외부에서 인가된 전자기장에 노출된 케이블의 유기 응답 계산이 가능하며, 차폐 구조를 포함하고 있거나 다른 전자 장비들과 연결된 경우도 회로 해석 도구와의 결합을 통해 계산할 수 있다.

또한, 케이블의 단면 모델링을 통해 그 케이블에서의 전송 선로 파라미터 계산이 가능하고, MoM solver를 이용해서 복잡한 구조의 케이블에 유기되는 전류 계산도 가능하다. 실제 해석 대상은 케이블이 다양한 장비와 연결된 구조이므로, 전자기장이 장비에 미치는 영향을 모의하기 위해서는 케이블이 연결된 장비를 등가 모델링해야 한다. EMEC에서는 회로 해석 solver를 포함하고 있어 각 케이블과 연결된 수동, 능동 소자의 회로 계산이 가능하고, library에 포함되지 않은 소자는 측정을 통해 s-parameter를 추출해서 이용하는 것도 가능하다. 추가로 zone에서 차폐장비로 인한 감쇠 특성(SE) 계산, SNR과 BEP 계산도 가능하다. 또한, matlab data와 호환이 가능하다.

EMEC은 full wave analysis solver를 제공하는 상용 S/W에 비해서 다소 제한적인 모델 해석기능이 제공되지만 원래의 목적이 정확한 값을 계산하기 보다는 대형 구조물을 빠르고 간단하게 해석하는 것이므로 해석 대상에서의 전도성 전자기 결합 경향을 빠르게 파악하는 데에 유용하다.

IV. 결론

대형 구조물 내의 선로에 대한 전도성 전자기 결합 현상을 수치해석기법으로 해석하기 위해 다양한 전도성 전자파 해석 상용 S/W들의 특징과 해석 원리에 관해서 살펴보았다. 그리고 EMT 기법의 원리를 소개하고 국내 및 국외 동향과 EMT 기법에 기초한 상용 S/W에 대하여 서술하였다. 이와 같은 전자파 해석 기법의 발전을 통해서 EMP로부터 건물 내부 전자 장비를 보호하기 위한 방호대책 수립 및 상세 설계에 커다란 진전을 이루어질 수 있을 것이라 기대한다.

참고 문헌

- [1] W. Radasky, Intentional Electromagnetic Interference(IEMI) and Its Impact on the U.S Power Grid, Meta-R-323, Jan. 2010.
- [2] CST Cable Studio 2013 Workflow.
- [3] FEKO User manual 2011.
- [4] 박윤미, 전자기 토폴로지 기법을 이용한 외부 전자파가 전자 시스템의 RF 회로에 미치는 영향 해석, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2010.
- [5] <http://www.ece.uic.edu/MURI-RF/kickoff/Tesche.ppt>.
- [6] J. M. Carter and W. L. Curtis, Common Mode Model Development for Complex Cable Systems, Boeing Company, AFWL-TR-74-60, 1974.
- [7] C. E. Baum, How do Think about EMP Interaction, The 1974 Spring FULMEN Meeting, Kirtland AFB, Apr. 1974.
- [8] F. M. Tesche and C. M. Butler, On the Addition of EM Field Propagation and Coupling Effects in the BLT equation, Interaction Notes 588, pp. 1-43, Jun. 2004.
- [9] F. Rachidi, A Review of Field-to-Transmission Line Coupling Models with Particular Reference to Lightning-Induced Voltages, X International Symposium on Lightning Protection, Nov. 2009.



- [10] F. M. Tesche, M. V. Ianoz, and T. Karlsson, EMC analysis methods and computational models, Wiley-Interscience, 1996.
- [11] C. E. Baum, Reminiscences of High-Power Electromagnetics, IEEE Trans. on EMC., vol. 49, no. 2, pp.211-218, May 2007.
- [12] C. E. Baum, T. K. Liu and F. M. Tesche, On the analysis of general multiconductor transmission-line networks, Kirtland AFB, NM, Interactions Note 350, 1978.
- [13] C. E. Baum, Electromagnetic topology for the analysis and design of complex electromagnetic systems, in Fast Electrical and Optical Measurements, J. E. Thompson and L. H. Luessen, Eds. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff, pp. 467-547, 1986.
- [14] F. M. Tesche, Development and Use of the BLT equation in the Time Domain as Applied to a Coaxial Cable, IEEE Trans. on EMC., vol. 49, no. 1, pp. 3-11, Feb. 2007.
- [15] J. P. Parmantier, Applications of EM topology on complex wiring systems, International Symposium on EMC., Oct. 1999.
- [16] J. P. Parmantier, Numerical Coupling Models for Complex Systems and Results, IEEE Trans. on EMC., vol. 46, no. 3, Aug. 2004.
- [17] R. K. Nana, S. Dickmann and F. Sabath, Electromagnetic Field Vulnerability of Complex Systems an Application of EM Topology , Advanced in Radio Science, vol. 6, pp. 273-277, 2008.
- [18] MURI project, <http://www.ece.uic.edu/MURI-RF/>.
- [19] N. E. Islam, Application of Advanced Concepts and Techniques in Electromagnetic Topology Based Simulation: CRIPTE and Related Codes, AFOSR Grant FA9550-05-1-0323, 2008.
- [20] HIRF-SE project, <http://www.hirf-se.eu/hirf/>.
- [21] Yoon-Mi Park, Jung-Yub Lee, Sehoon Hwang, Hyun-Kyo Jung, Young-Seek Chung, Hyeong-Seok Kim, Analysis of Printed Circuit Boards Based on Electromagnetic Topology, Journal of JSAEM, vol. 15, no. 3, pp. 218-221, 2007.
- [22] Yoon-Mi Park, Young-Seek Chung, Changyul Cheon and Hyun-Kyo Jung, Investigation of a Method for RF Circuits Analysis Based on Electromagnetic Topology, Journal of Electrical Engineering & Technology, vol. 4, no. 3, pp. 396-400, 2009.
- [23] Yoon-Mi Park, Younju Lee, Young-Seek Chung, Changyul Cheon and Hyun-Kyo Jung, Electromagnetic Field Penetration Analysis of a Rectangular Aperture-Backed Cavity Based on Combination of Electromagnetic Topology and Mode Matching, Electromagnetics, vol. 29, issue 6, pp. 447-462, 2009.
- [24] Yoon-Mi Park, Jong-Gun Lee, Changyul Cheon, Hyun-Kyo Jung and Young-Seek Chung, Numerical Technique for Nonlinear Circuit Analysis Using the Method of Electromagnetic Topology Based on Harmonic Balance, Electromagnetics, vol. 30, issue 6, pp. 541-553, 2010.
- [25] 강원준, 문상곤, 김준호, 천창울, 정용식, BLT 방정식을 이용한 고출력 전자파가 고주파 회로에 미치는 영향에 관한 연구, 한국통신학회논문지, 제35권, 제10호, pp.1520-1525, 2010년 10월.
- [26] Won-June Kang, Vea-o Lee, Sang-Kon Mun, Young-Seek Chung and Changyul Cheon, A Study for the EM Waves on the Cavity with Multi-Rectangular Apertures Using BLT equation, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010.
- [27] Jin-Kyung Du, Sun-Mook Hwang, Jae-Woon Ahn, Jong-Gwan Yook, Analysis of Coupling Effects to PCBs Inside Waveguide Using the Modified BLT Equation and Full-Wave Analysis, IEEE Trans. on MTT., vol. 61, no. 10, Oct. 2013.



- [28] 홍성용, 김세윤, 나정웅, 비균일 전송 선로의 임피던스 해석, 1990년도 마이크로파 및 전파전파·광파 및 양자전자공학 연구회 합동학술대회 논문집, 제13권, 1호, pp. 38-41, 1990년 5월.
- [29] 홍성용, 김세윤, 나정웅, 비균일 전송 선로의 전자기적 결합, I:원통형 전송 선로 방정식의 해석, 전자공학회논문집, 제29권, 12호, pp.1132-1139, 1992년 12월.
- [30] 홍성용, 김세윤, 나정웅, 비균일 전송 선로의 전자기적 결합, II:원통형 TEM 모드 해의 수정, 전자공학회논문집, 제30권, 2호, pp.95-100, 1993년 2월.
- [31] 조제훈, 이진호, 김형동, Chain Matrix를 이용한 Twisted 케이블의 EMP(Electromagnetic Pulse) 결합 해석, 한국전자파학회논문집, 제21권, 7호, pp.734-743, 2010년 7월.
- [32] Torbjorn Karlsson, EMEC manual, <http://emec.se>, Nov. 2011.



주 세 훈

- 1997년 2월 한양대학교 전파공학과 (학사)
- 1999년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 (석사)
- 1999년 3월~2000년 2월 서울대학교 수중음향 특화연구센터 연구원
- 2003년 8월 한양대학교 전자통신전파공학과 (박사)
- 2003년 11월~현재 한국전자통신연구원 부설연구소 책임연구원

〈관심분야〉
초고주파 공학, 전자파 수치해석



김 기 백

- 2010년 2월 충남대학교 전파공학과 (학사)
- 2012년 2월 충남대학교 전파공학과 (석사)
- 2012년 4월~현재 한국전자통신연구원 부설연구소 연구원

〈관심분야〉
건물구조 해석, 안테나



박 윤 미

- 2004년 2월 충남대학교 정보통신공학부 (학사)
- 2010년 8월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사)
- 2010년 9월~2012년 4월 삼성전자 무선사업부 책임연구원
- 2012년 4월~현재 한국전자통신연구원 부설연구소 선임연구원

〈관심분야〉
전자파 수치해석, EMI/EMC, 고출력 전자기파



추 광 욱

- 1991년 2월 포항공과대학교 물리학과 (학사)
- 1993년 2월 포항공과대학교 전자공학과 (석사)
- 1993년 3월~1997년 2월 한국전자통신연구원 연구원
- 2001년 8월 한국과학기술원 전기전자공학과 (박사)
- 2002년 12월~현재 한국전자통신연구원 부설연구소 책임연구원 (실장)

〈관심분야〉
고출력 발생기술, RF 필터, EMI/EMC

HEMP 필터 개발 동향 및 설계 방법

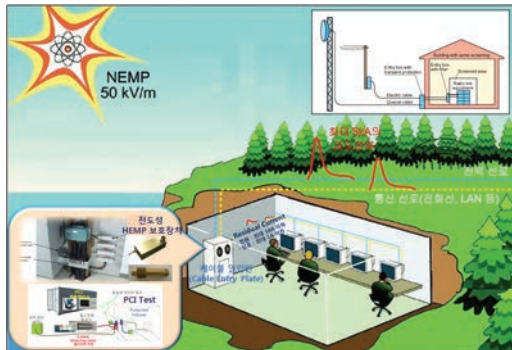
I. 서론

우리의 생활공간은 전기전자 통신의 눈부신 발전으로 생활의 편의성과 질적 향상이 이루어진 반면에 수많은 전기전자 장비로 부터 발생하는 전자파로 인하여 인체 또는 전기전자장비에 상호 영향을 주워 피해를 주는 사례가 날로 증가되고 있으며 이를 극복하기 위해 각 나라별 지역별 전자파 규격을 제정하여 규제하고 있다. 이러한 전기전자 장비로 부터 발생하는 전자파는 주로 전기전자 장비에 일시적인 오작동 또는 Soft kill을 일으키게 된다. 그러나 자연적으로 발생하는 정전기나, 낙뢰 그리고 핵 폭발시 40km이상 고고도에서 발생하는 전자파펄스(HEMP : High Altitude Electro Magnetic Pulse)는 순간적으로 수십 ns에서 수백 ms 동안 고고도전자파펄스가 발생되어 전기전자 장비에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 이런 고고도전자파펄스에 노출된 장비는 일반적으로 전기전자 장비 내부의 반도체 소자에 치명적인 영향을 주어 성능 저하 또는 작동 불능의 상태가 되는 경우가 발생한다. 이런 고고도전자파펄스로 부터 보호하기 위한 기술은 전자파를 물리적으로 차단하는 기술로 전도성 물질로 구성된 철판으로 전자장비 또는 시설물을 둘러싸는 차폐 기술과 HEMP 방호 시설물 또는 전자장비 내외부로 연결되는 POE(Point of Entry)의 전력선 과 신호/제어선 으로 유입되는 고고도전자파펄스(HEMP)를 Clamping 하는 필터링 기술이 있다. 그밖에 접지기술, 전기적 접속기술 등의 기술이 있다. 본 문헌에서는 전력선과 신호/제어 선으로 유입되는 고고도전자파펄스(HEMP)에 대한 필터개발 동향과 필터링 방법에 대해 기술하고자 한다.

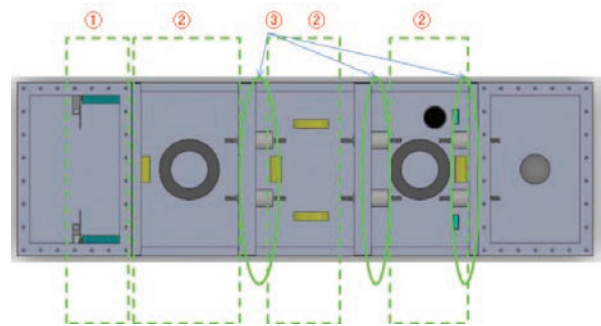
〈그림 1〉은 고고도에서 핵폭발 시 약 50kV/m의 고출력 전자파펄스가 발생 시 고정형 시설에 대한 HEMP 방호 개념에 대한 예시이다.



진 정 희
한국전자파연구소



〈그림 1〉 고정형 시설의 HEMP 방호 개념도 예^[1]



〈그림 2〉 HEMP 교류 단상용 필터 3D 형상도 예

II. HEMP 필터 국내외 동향

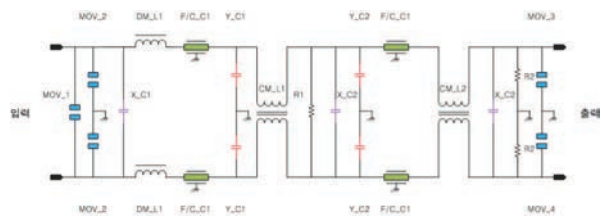
국내의 핵 폭발시 발생하는 HEMP(High Altitude Electro Magnetic Pulse)에 관한 연구는 국방과학연구소에서 2007년부터 연구를 진행하여 왔으며, 최근에 북의 핵실험의 증가로 인하여 국가 차원의 EMP 연구 및 EMP 방호 시설 사업이 추진 중에 있다. 2012년에는 핵심기술사업으로 국방과학연구소에서 전력용, 신호용, 제어용 고정형 시설 HEMP 방호장치 개발 사업이 21개월 동안 연구하여 성공하였다. 해외인 경우 이미 대용량 전력용 1,000A 급 이상을 개발하여 양산하고 있으며 대표적인 HEMP 필터 회사로는 MPE社(영국), Meteorlabor社(스위스), Eurofarad社(프랑스), Fitelnet社(핀란드), ETS-Lindgren社(미국), Filcoil社(미국) 등 대표적인 외국계 회사가 있다. 현재 국내의 HEMP 필터 개발 수준은 대용량 전력필터 300A급 이상의 필터에 대한 많은 경험이 없어 아직까지는 품질과 신뢰성 측면에서 좀 더 연구와 검증이 필요하다. 그 밖의 저용량 전력필터와 신호/제어선용 필터는 국내 기술로 개발 및 양산이 가능하다고 판단된다.

HEMP 필터는 외부로부터 유입되는 고고도 전자파 펄스와 외부의 전자파를 차폐하는 역할

III. HEMP 필터 설계 방안

1. HEMP 필터 개념

HEMP 필터는 일반적인 노이즈 제거용 저항



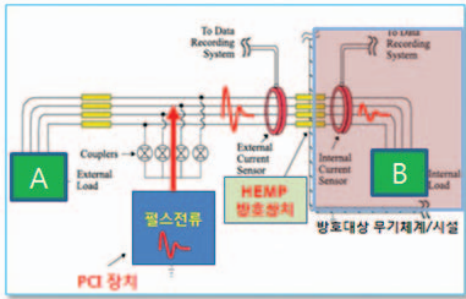
〈그림 3〉 HEMP 교류 단상용 필터 회로도 예

(Resistance), 코일(Inductance), 콘덴서(Capacitor)로 구성된 필터에 HEMP Protection 기능이 있는 부품을 조합하여 〈그림 2〉와 같이 크게 3단계의 기능을 가진 부품으로 구성하여 설계한다. ①단은 외부에서 유입되는 고고도전자파펄스 HEMP Clamping단으로 구성하며 ②단 EMC 노이즈를 제거하기 위한 차동모드와 공통모드 필터 단으로 구성된다. ③단 고주파 광대역 RF 노이즈를 제거하기 위한 단으로 관 통형 콘덴서로 구성하여 설계 한다.

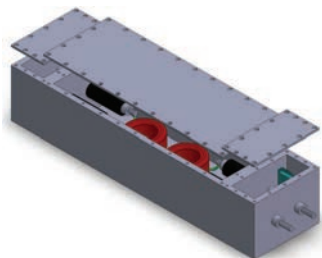
2. HEMP 필터 역할 및 목적

HEMP 필터는 전자 장비 또는 HEMP 방호 시설 내부에 설치된 전자 장비를 고고도전자파펄스(HEMP)부터 보호 받기위하기 위해 장비 또는 HEMP 방호시설의 외부와 연결되는 인입구(POE : Point of Entry)에 설치 운용하며 주요 기능은 〈그림 4〉와 같이 외부에서 유입되는 고고도전자파펄스(HEMP)를 차단하는 역할과 〈그림 5〉와 같이 외부의 전자파를 차폐하는 역할을 한다.

또한 〈그림 4〉와 같이 HEMP 필터의 제일 중요한



〈그림 4〉 HEMP 필터의 펄스 차단 능력 검증 방법 예



〈그림 5〉 HEMP 필터의 외함 3D 형상도 예

전기적 성능 중에 고고도전자파펄스가 도선으로 유입되는 전류주입(PCI : Pulsed Current Injection) 특성이 매우 중요하다.

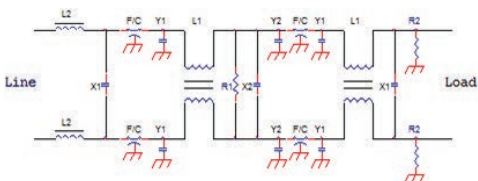
〈그림 5〉와 같이 HEMP 필터의 외함은 외부의 전자파를 차폐하기 위해 전도성 물질로 설계 제작한다. 일반적으로 철판이나, 알루미늄 등의 재질로 주로 설계, 제작 한다.

EMC 노이즈 필터는 주로 코일과 콘덴서, 전향으로 구성되며, EMC용 RFI 필터 전단에 HEMP Clamping 소자를 추가적으로 삽입하여 설계-제작한다.

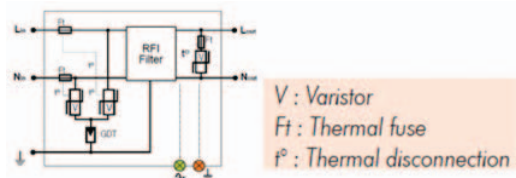
3. HEMP 필터 종류별 특징

HEMP 필터는 〈그림 6〉과 같이 EMC(Elector Magnetic Compactability) 노이즈 제거용 필터는 주로 코일과 콘덴서, 저항으로 구성된다.

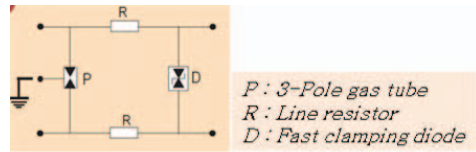
HEMP용 필터는 〈그림 6〉과 같이 EMC용



〈그림 6〉 EMC 노이즈 제거용 필터 회로도 예



〈그림 7〉 HEMP용 필터 회로도 예시



〈그림 8〉 낙뢰용 필터 회로도 예시

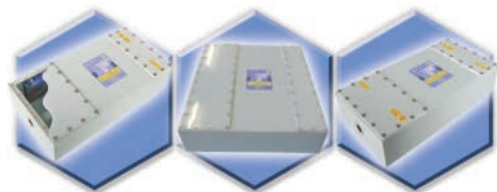
RFI(Radio Frequency Interference)필터 전단에 HEMP Clamping 소자를 추가적으로 삽입하여 〈그림 7〉과 같이 설계, 제작한다.

또한 낙뢰(Lightning)용 차단 필터는 〈그림 8〉과 같이 구성 된다.

또한 전력용 필터와 신호용 필터로 두 가지로 나누워진다.

첫 번째 〈그림 9〉와 같이 직류용 필터와 교류용 필터는 단상, 삼상(Δ 결선 또는 Y 결선) 나누어지며 소모 전력량에 따라 내부 부품 소자가 달라진다. 특히 교류용 필터에서는 누설 전류를 최소화하는 것이 매우 중요하다.

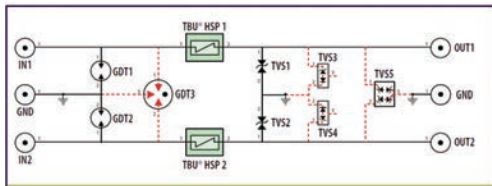
두 번째 신호/제어용 필터는 각 신호 성분에 따라 Ethernet, 전화, RS-422, RS-485, RS-232, MIL -STD-1553B 등 통신 프로토콜에 따라 형상과 내부 소자들이 바뀔 수 있으며, 신호용 필터와 제어용 필터에서 가장 중요한 기술은 HEMP 신호는 차단하고, 통신에 필요한 사용 주파수 신호가 왜곡 없이 전달하는



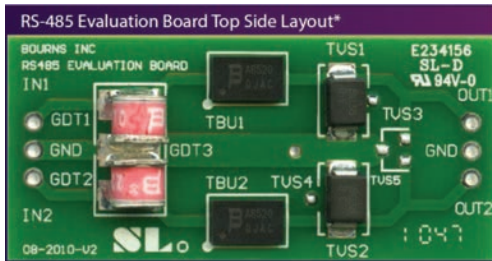
〈그림 9〉 전력용 필터 형상 사진 예



〈그림 10〉 신호/제어용 필터 형상 사진 예



〈그림 11〉 RS-485 통신용 필터 회로도 예



〈그림 12〉 RS-485 통신용 HEMP 필터 PCB 모듈사진 예 (Bourns社)

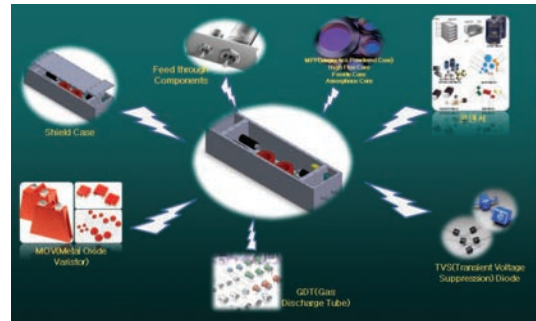
기술이 매우 중요하다.

예를 들어 RS-485 통신용 HEMP 필터인 경우 〈그림 11〉과 같이 GDT(Gas Discharge Tube)와 TVS(Transient Voltage Suppression) Diode를 조합하여 회로를 구성한다.

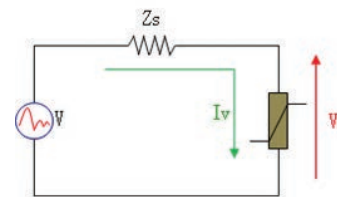
4. HEMP 필터 구성품별 특성

HEMP 필터의 핵심 구성품별 특성은 〈그림 13〉와 같이 필터 구성품 보호 및 전자파 차폐를 위한 Shield Case와 HEMP Clamping 기능을 가진 GDT (Gas Discharge Tube), MOV (Metal Oxide Varistor), TVS 다이오드와 콘덴서, 코일의 코어가 핵심 구성 품으로 이루어진다.

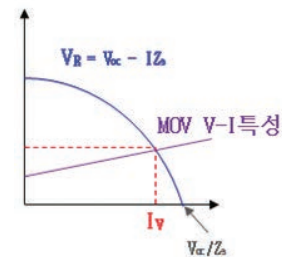
HEMP Clamping 소자의 동작원리는 단자에 걸리는



〈그림 13〉 HEMP 필터의 핵심 구성품



〈그림 14-1〉 등가회로



〈그림 14-2〉 선로와 MOV의 전압전류 특성 곡선

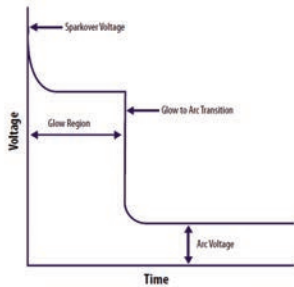
전압이나 부품에 흐르는 전류에 따라 부품의 임피던스가 변하는 비선형 특성을 이용하여 〈그림 14-1〉과 같이 선로의 임피던스가 Z인 회로에 HEMP 전압 V가 발생한 경우 전압은 〈그림 14-2〉과 같이 MOV(Metal

Oxide Varistor)의 비선형 전압-전류 특성으로 인해 제한 전압 V_c 로 HEMP 전압이 억제되는 것이다.

HEMP Clamping 소자로 주로 사용되는 GDT, MOV 및 다이오드의 특성은 다음과 같다.

가. GDT(Gas Discharge Tube) 특성

일반적으로 피뢰관을 GDT라고 한다. GDT는 높은



〈그림 15〉 GDT 항복전압특성(Voltage Breakdown Characteristic)곡선



〈그림 17〉 GDT의 외관 형상

임피던스 특성이 있어 통신회로나 신호회로의 HEMP 보호용으로 널리 사용되고 있는 대표적인 방류형 HEMP 억제부품으로 기체의 방전 특성을 이용하여 HEMP전류를 대지 또는 접지로 방류시켜 HEMP로부터 전기전자장비를 보호하는 부품이다.

〈그림 15〉와 같이 GDT의 항복전압특성(Voltage Breakdown Characteristic)과 같이 최초의 Sparkover Voltage로부터 떨어지는 구간은 미분항 dV/dI 가 부특성을 나타내는 부저항 영역으로 이 영역에서 GDT가 동작되면 플리커 양상을 띤 방전이 발생한다.

Glow Region에서는 GDT에 걸리는 전압은 보통 50~100V 사이가 되며, 전류변화에 일정하게 전압이 유지된다.

Glow 영역에서 Arc 영역 사이에는 dV/dI 가 정특성을 나타낸다. GDT가 정상 혹은 비정상 Glow 영역에서 동작할 때 전극내의 전자 이온쌍은 전계에 의해 가속되며 하전입자가 충돌한 에너지를 얻게 되면 중성원자 혹은 이온과 충돌에 의해 또는 다른 이온쌍을 형성하게

GDT는 대표적인 방류형 HEMP 억제부품으로 기체의 방전 특성을 이용하여 HEMP 전류를 대지 또는 접지로 방류시켜 HEMP로부터 전기 전자장비를 보호하는 부품이다.

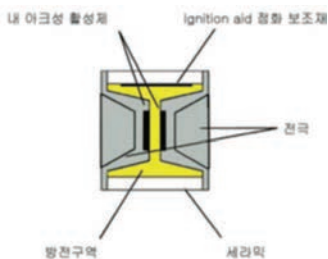


〈그림 18〉 GDT 2&3극관 심벌도

되는 소위 전자눈사태(Avalanche)가 발생한다. 전자눈사태는 공간전하층의 형성이나 전자 이온쌍의 재결합에 의해 제한된다. 이와 같이 정상 혹은 비정상 Glow 영역에서의 방전형상으로 인해 발생하는 빛은 가스나 이온의 원자특성에 따라 특정한 스펙트럼을 나타내며, 이때 전압이 90~300V인 전형적인 GDT에서 Glow 영역의 최대 전류는 0.2~1.5A범위가 된다.

Arc 영역에서는 GDT의 전위는 전극의 재질과 충전된 가스의 종류에 따라 9~30V로 전류에 따라 일정한 특성을 나타낸다. 과도전압을 억제하기 위한 GDT는 이와 같이 낮은 제한전압의 Arc 영역에서 동작하도록 한 것이다. Arc 전류의 크기가 감소되어 최소 전류는 0.1~0.5A의 전류가 된다.

GDT의 구조는 〈그림 16〉와 같이 외관에 전극형상에 세라믹형, Hermet형, 글라스칩형, 탄소갭형과 공기갭형이 있다. 이중 가장 흔히 사용되는 세라믹형 구조의 GDT를 많이 사용한다. 〈그림 17〉과 같이 2극관, 3극관 경우 양 전극사이에 또 하나의 전극을 가진 구조로 평행회로에서 주로 사용된다. 이때 가운데 전극은



〈그림 16〉 2극관 GDT의 구조



〈그림 19〉 GDT 선정 방법

대지에 접지하여 사용한다. 보통 크기는 10mm이며 갭의 간격은 80~150um 된다.

GDT의 선정 방법은 〈그림 19〉과 같이 먼저 발생 가능한 HEMP 크기와 유입경로를 파악한다. 두 번째로 GDT의 삽입 위치를 선정한다. 일반적으로 HEMP 필터의 최초로 유입되는 위치에 설치한다. 세 번째로 직류 방전개시 전압을 신호 전압에 동작하지 않도록 하기 위해 선정하는 것이 중요하다. 네 번째로 속류 특성에 주의한다. 다섯 번째로 임펄스 방전개시 전압은 일반적으로 기기의 내전압은 직류 내전압의 2배 이하, 교류 내전압의 3배 이하를 GDT의 임펄스 방전전압으로 선정하는 것이 좋다. 여섯 번째로 임펄스 전류 내량을 선정한다. 일반적으로 임펄스 전류 크기와 파형은 낙뢰인 경우 8/20us파형의 표준 동작

〈표 1〉 3극관과2극관 GDT 제원(Bourns社)

2026-xx-XX	Heavy Duty, 3-Electrode Balanced TRIGARD® GDT							
Size (mm)	Max. Surge (kA/20 μs 1 operation)	AC Discharge Life (10 operations)	Surge Life (10/1000 μs)	DC Breakdown Range (V)	Capacitance (pF)	Packaging	Form Factor	Advantages
8x11	40kA	20A	1000A, >400 Operations	75-600	<2	Bulk	Core, Radial leaded	<ul style="list-style-type: none"> Long and stable service life Balanced "Vigort" design Heavy duty AC & surge current ratings Switch-Grade "Fail-Safe" available Low capacitance UL Listed and RoHS compliant*
2027-xx-XX	Heavy Duty, 2-Electrode GDT							
Size (mm)	Max. Surge (kA/20 μs 1 operation)	AC Discharge Life (10 operations)	Surge Life (10/1000 μs)	DC Breakdown Range (V)	Capacitance (pF)	Packaging	Form Factor	Advantages
8x6	25kA	10A	500A, >400 Operations	75-600	<1	Bulk, Tape & Reel	Core, Axial leaded	<ul style="list-style-type: none"> Long and stable service life Heavy duty AC & surge current ratings Precision ±1% tolerance on 150-600V devices Low capacitance and inductance loss Custom leadforms available UL Listed and RoHS compliant*

전류를 10kA에 대한 내량이 있는 GDT를 선정하는 것이 좋다^[2].

GDT의 제원은 각 제작사 마다 약간씩 다르다. 〈표 1〉은 Bourns社의 3극관과 2극관 GDT 제원표이다.

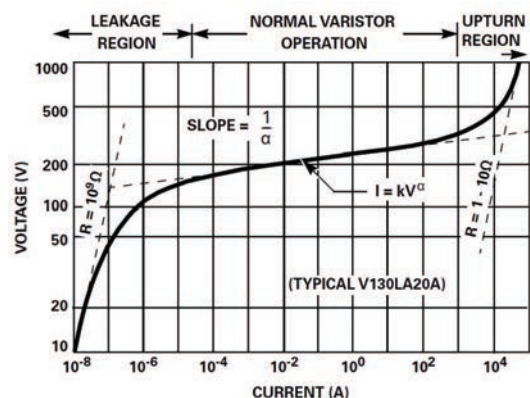
나. MOV(Metal Oxide Varistor) 특성

바리스터는 일반적인 Clamping 소자로 GDT와 마찬가지로 무극성 HEMP 억제 부품으로 전압전류의 비선형 특성을 이용하여 HEMP를 억제하는 부품이다. 바리스터는 기존에 사용하던 SiC형 바리스터의 특성을 보완하여 ZnO재료를 이용한 MOV(Metal Oxide Varistor)가 주로 많이 사용한다.

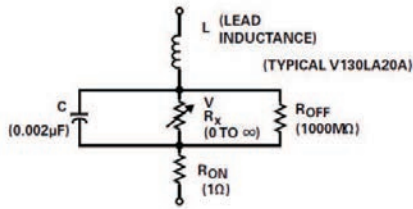
MOV의 주요 특성 중에 전압-전류 특성은 〈그림 20〉와 같이 누설영역, 정상 동작 영역 및 대전류 영역으로 구분된다.

전형적인 MOV의 동작 특성은 누설영역에서는 V-I 특성은 선형관계를 나타내지만 온도에 의해 약간의 병화를 나타낸다. 이 영역에서는 바리스터는 약 1000MΩ의 저항 값을 가진다. 누설 전류에서의 바리스터의 콘덴서는 약 100KHz까지 일정하게 수십~수천 pF의 용량 값을 갖는다. 또한 온도에 따라 정전용량 값의

변화는 -40~125℃에서 25℃값의 ±10%이내의 값을 갖는다.



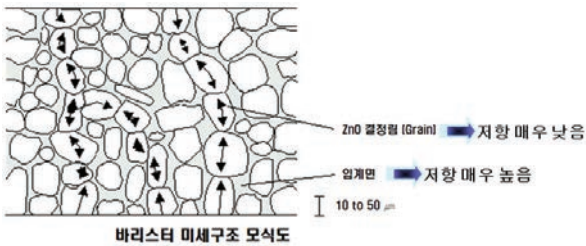
〈그림 20〉 전형적인 MOV의 전압-전류 특성 곡선



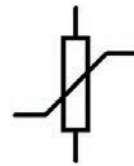
〈그림 21〉 MOV 등가회로



〈그림 23〉 MOV 외부 형상



〈그림 22〉 MOV 내부 구조



〈그림 24〉 MOV 심벌도

정상 동작영역에서는 V-I의 특성이 비선형 특성을 갖는다. 온도에 따른 저항 변화는 거의 없으나 동작횟수가 많아지면 열 폭주가 발생하여 바리스터가 소손될 수 있다. 대 전류 영역에서는 약 50A~50kA의 대 전류가 흐르면 바리스터는 단락회로처럼 작동한다. 이때 바리스터의 V-I 특성 곡선은 비선형 특성을 벗어나 선형 특성을 나타내며 L과 RON 만 등가적으로 존재한다. 이때 RON의 저항 값은 1~10Ω 정도가 된다.

Avalanche 다이오드는 50A 이하의 저 전류 HEMP에 대해 아주 작은 dV/dt 값을 가진 소자로 제한 전압이 가장 낮으며, 주로 IC 회로 등 저 전압 부품 보호용이다.

바리스터를 전기적 등가회로로 나타내면 비선형특성 $I=kV^\alpha$ 을 나타내는 VRx와 이와 병렬로 연결된 누설 콘덴서 C 및 콘덴서의 누설 저항 R_{OFF}와 이들 3개의 성분과 직렬로 연결된 L과 RON으로 〈그림 21〉과 같다.

MOV의 내부 구조는 〈그림 22〉와 같이 구성되어 있으며, ZnO 결정립(Grain)은 매우 높은 전기 전도율을 가지고 있는 반면 입계면을 형성하고 있는 다른 산화물은 매우 큰 저항을 갖는다. 이와 같은 특성 때문에 전류는 입계면이 적은 방향으로 흐르게 되며 바리스터의 전기적 특성은 수많은 미세 결정립들이 직렬 또는

병렬로 연결되어 나타나게 된다. 또한 이것은 바리스터의 물리적인 치수를 조절하여 전기적 특성을 컨트롤 할 수 있다는 점을 내포하고 있다.

MOV의 외관 형상은 〈그림 23〉와 같이 부착 방식과 용량에 따라 선택하여 사용할 수 있다.

MOV의 선정 방법은 첫 번째 전압 변동률을 고려한 최대 정상 상태 전압 혹은 직류 전압을 결정한다. 두 번째 예상되는 과도전압의

크기와 파형 및 에너지 용량을 결정한다.

〈표 2〉과 같이 MOV에 대한 제한 예

〈표 2〉 MOV별 특성 표 예(Littelfuse社)

Peak Current (A)	Energy (J)	Maximum Steady-State Applied Voltage									Disc Sizes / Packages		
		100V AC (10/25)	115V AC (10/25)	150V AC (10/25)	200V AC (10/25)	275V AC (10/25)	350V AC (10/25)	450V AC (10/25)	600V AC (10/25)	750V AC (10/25)		1,000V AC (10/25)	1,500V AC (10/25)
6,500-10,000	50-273											14, 20 (mm)	
20,000-40,000	170-1050											25, 34 (mm)	
30-1,000	0.5-25											960, 960S, 10K, 1716, 1012, 2226, 540 (mm)	
50-6,500	0.3-52											5, 7, 10, 14, 20 (mm)	
100-6,500	0.4-100											7, 10, 14, 20, 25 (mm)	
1,200-22,000	11-890											32, 34, 40 (mm)	
25,000-40,000	160-1,050											60 (mm)	
50,000-70,000	450-10,000											60 (mm)	
50,000-70,000	850-10,000											3 (mm)	
40-100	0.06-1.7												
100-4500	0.4-100												

다. Avalanche와 제너다이오드 특성

Avalanche 다이오드는 50A이하의 저 전류 HEMP에 대해 아주 작은 dV/dI 값을 가진 소자이므로 제한 전압이 가장 낮다. Avalanche 다이오드는 주로 IC회로와 같은 저 전압 부품을 보호하기 위해 주로 많이 사용한다.

역 항복(Reverse Breakdown)영역에서 동작하는 제너다이오드는 역 항복 전압에 따라 제너메커니즘과 Avalanche 메커니즘이 있다.

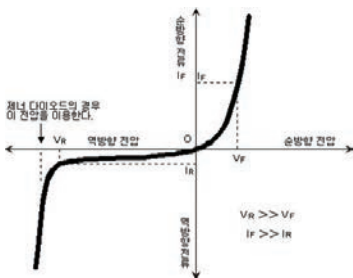
제너메커니즘은 5V이하의 항복전압을 가지고 있으며 전도전압의 크기가 온도에 반비례하는 특성을 나타낸다. 반면 Avalanche 메커니즘은 8V이상의 항복전압을 가지고 있으며 전도전압의 크기가 온도에 비례하는 특성을 나타낸다.

Avalanche 다이오드의 V-I특성은 <그림 25>와 같이 순방향 동작영역과 역방향 동작영역에서 동작한다.

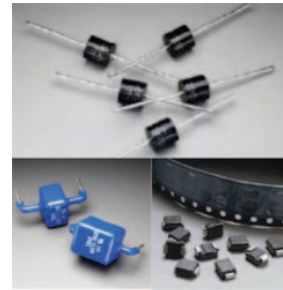
역항복 영역에서 제너 다이오드와 Avalanche 다이오드의 V-I 관계식은 바리스터 특성과 마찬가지로 $I = kV^a$ (k, a 상수) 관계가 성립한다.

공칭항복전압이 3.3~3.9V 범위에 사용되는 제너다이오드의 a는 7~9 범위가 보통이며, 5.6~200V 범위에 사용되는 Avalanche 다이오드는 50~700으로 매우 크다.

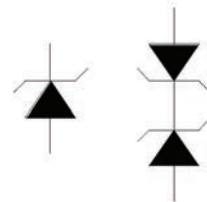
따라서 제너다이오드는 동작 전압이 낮은 고속의 COMS를 보호하는데 적합하고 Avalanche 다이오드는 저압 IC회로에 적합하다. 보통 양극성의 과전압을 억제하기 위해서 두 개를 반대방향으로 직렬로 연결하여 양극성(Bipolar)화하여 사용한다. Avalanche 다이오드의 특징은 약 30ps의 빠른 응답속도를 나타내는 특징이



<그림 25> Avalanche 다이오드 V-I 특성



<그림 26> 다이오드 외부 형상



<그림 27> 제너 & Avalanche 다이오드 심벌도

<표 3> 다이오드 특성 표(Littelfuse社)

Type	Axial Leaded - Standard Applications (400-5000W)										Axial Leaded - High Power		Auto	
	PKZE	SA	SAC	PKZE	LSKE	LCE	2KP	3KP	15KPA	20KPA	30KPA	AK6	AK70	SLD
Series	63	69	75	79	85	91	97	103	109	115	121	127	131	135
Part #														
Photo														
Operating Temperature	-85° to +302° F -65° to +150° C										-67° to +347° F -65° to +175° C		-85° to +302° F -65° to +150° C	
Package Type	DO-41	DO-15	DO-15	DO-201	DO-201	P600	P600	P600	P600	P600	Radial Lead	Radial Lead	P600	
Reverse Standoff Voltage (V _R)	5.9-495	5.0-190	5.0-60	5.9-612	5.9-495	6.5-90	5.0-220	5.0-250	17-280	20.0-300	28.0-288	58-430	58-430	10-24
Peak Pulse Power Range* (P _{PP})	400W	500W	600W	600W	1500W	1500W	3000W	5000W	15000W	20000W	30000W	NA	NA	2200 based on 1/4/150ms pulse
Peak Pulse Current (I _{PP} 80/20s)	Not Applicable										6000A		10000A	NA
Maximum Clamping Voltage (V _C)	Refer to electrical characteristics table within each series data sheet													
RoHS Compliant	Yes													
Lead-Free	Yes													

있으나 리드선의 인덕턴스에 의해 응답특성이 저하된다. 또한 바리스터와 마찬가지로 접합부의 용량이 500pF~10nF 범위로 크므로 고주파회로에 사용할 때는 주의해야 한다.

<표 3>과 같이 다이오드에 대한 제원은 아래와 같다.

라. HEMP Clamping 소자별 특성 비교

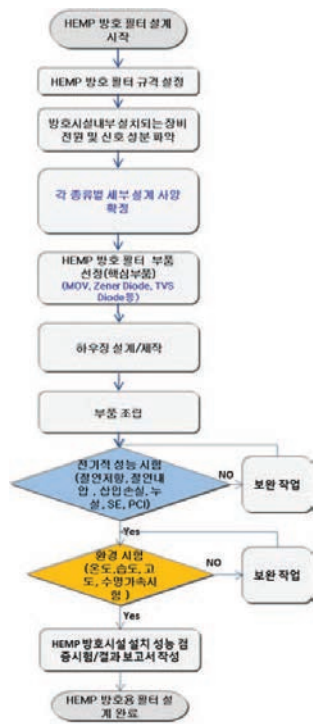
<표 4>와 같이 HEMP Clamping 소자별 비교하여 보면 HEMP가 아주 짧은 펄스인 경우 주로 다이오드 계열을 많이 사용한다. 중간 펄스(낙뢰)에 대한 전기전자 장비 보호를 위해서는 GDT를 주로 많이 사용한다.

HEMP용 필터인 경우 단 펄스(20/500ns)와 중 펄스(1.5us/5ms)인 경우 주로 MOV를 많이 사용한다.

〈표 4〉 HEMP Clamping 소자별 특성 비교

Type	Speed	Voltage Accuracy	Current Capability	Size on Board	Lowest Crowbar Trigger Voltage
GDT (Gas Charge Tube)	Slow	Fair	High	Large	75V
TSPD (Thyristor Surge Protection Devices)	Fair	Good	Medium	Small	80V
TVS (Transient Voltage Suppressor)	Fast	Good	Low	Small	NA
MOV (Metal Oxide Varistor)	Fair	Poor	Medium	Small	NA

※ High POWER EMP : 8/20us, 10/1000us



〈그림 28〉 HEMP 필터 설계 및 검증 순서도

5. HEMP 필터 설계 방법

HEMP 필터를 설계하기 위해서는 먼저 예상되는 HEMP 펄스에 대한 사양을 확정하여야 한다. 펄스의 상승시간, 펄스대역폭, 펄스의 에너지 크기 등을 사전에 결정하여야 한다. HEMP 필터를 설계하기 위해서는 〈그림 28〉과 같이 HEMP 필터 설계 Flow Chart와 같이 각각의 단계별로 설계 및 검증을 해야 한다.

HEMP 필터 설계 시 기본적으로 아래 〈표 5〉과 같

〈표 5〉 HEMP 전력용 필터 전기적 성능 요구조건 예

항목	SPEC	적용규격			
삽입손실	CM-Mode at 10kHz~10GHz ≥ 80dB DM-Mode at 10kHz ≥ 30dB	MIL-STD-220B CISPR17			
차폐성능	자기장 : 10kHz ≥ 20dB, 전기장 : 10MHz~10GHz ≥ 80dB	MIL-STD-188-125-1&2 IEEE STD-299			
HEMP Protection 성능	Injected Pulse 인가 규격 (MIL-STD-188-125-1&2)				
	Commercial Power Lines (Inter-site)	Type of Injection	Peak Short-Ckt Current	Rise time	FWHM
	Short Pulse	Common Mode Wire-to-ground	50A 2.50A	≤20ns	500ns~550ns 500ns~550ns
	Intermediate Pulse	Common Mode Wire-to-ground	250A 250A	≤1.5us	3ms~5ms
	전류전류 규격지				
	Commercial Power Lines (Inter-site)	Type of Measurement	Peak Response Current	Peak Rate of Rise(A/s)	Rise Action (A-Y)
Short Pulse	Bulk Current Wire Current	≤10A ≤10A	≤1x10 ⁷ ≤1x10 ⁷	≤1.6x10 ⁻⁴ ≤1.6x10 ⁻⁴	
Intermediate Pulse	Bulk Current Wire Current	No damage or performance degradation No damage or performance degradation			

〈표 6〉 HEMP용 AC전력 필터 전기적 성능 요구조건

구분	PCI 성능		삽입손실 성능	비고
	단 펄스 (2.5kA, 20/550ns)	중 펄스 (250A, 1.5/5000us)		
AC220V, 100A, 1Φ, 60Hz	<ul style="list-style-type: none"> • 전류 최대전류: 0.1 A 이하 • 펄스 상승률: 1 x 10⁷ A/s 이하 • 전류 에너지량: 1.6 x 10⁻⁴ A/√s 이하 	<ul style="list-style-type: none"> • 부품의 손상이 없은 것 	<ul style="list-style-type: none"> • 20dB 이상 @ 10㎐ • 40dB 이상 @ 100㎐ • 60dB 이상 @ 1㎐ • 80dB 이상 @ 10㎐ ~ 1㎐ 	

이 중요 전기적 성능 요구사항에 맞게 설정하여 설계하여야 한다.

본 문헌에서는 HEMP 필터의 여러 가지 성능이 있지만 가장 중요한 PCI 성능과 삽입손실 성능에 대한 설계 방법을 예로 설명하겠다. 대상은 고정형 시설에 HEMP 방호용 DC 전력 필터에 대해 설계 및 제작 하였다.

첫 번째로 필터에 대한 성능 요구 조건은 〈표 6〉와 같이 PCI 잔류전류는 단 펄스와 중 펄스에 대해 검증하며, 삽입손실은 10kHz~1GHz에 대한 요구 성능을 설정하였다.

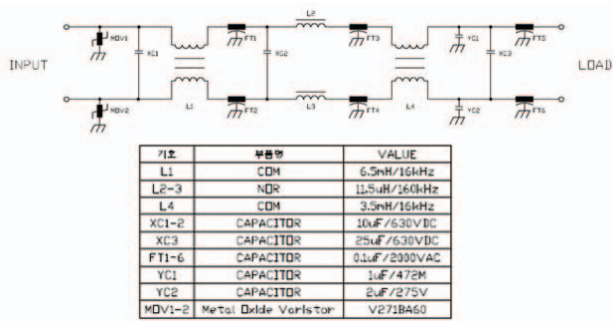
두 번째로 삽입손실과 PCI 성능에 대한 PC Simulation을 진행하여 전자 회로에 대해 최적화 한다. 〈그림 29-1〉는 최적화된 전력용 AC220V-

100A-1Φ-60Hz HEMP 필터의 회로도 이다.

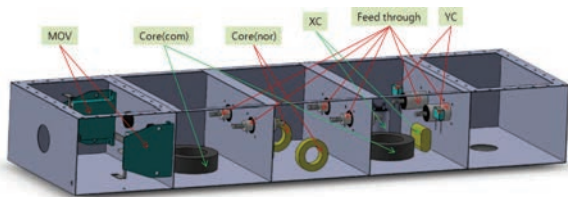
세 번째로 HEMP 필터에 대한 내부 전자 부품 배치는 〈그림 29-2〉와 같이 입력 단에 EMP Clamping 소자를 MOV를 설치하고 EMC 필터를 추가하여 설치

하여야 한다. 이때 주의사항으로 전자 부품간과 접지간에 고전압에 의한 절연파괴가 발생하지 않도록 배치하

HEMP 필터를 설계하기 위해 먼저 예상되는 HEMP 펄스에 대한 사양을 확정하여야 하며, 펄스의 상승시간, 펄스 대역폭, 펄스의 에너지 크기 등을 사전에 결정해야 한다.



〈그림 29-1〉 HEMP 전력용 필터 회로도



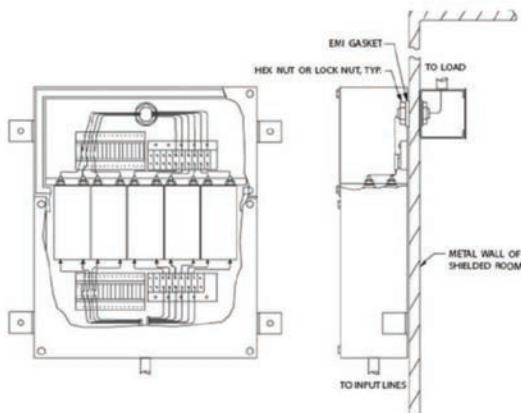
〈그림 29-2〉 HEMP 전력용 필터 3D 형상도

여야 한다. 또한 각 단계별로 HEMP 신호가 유입되지 않게 중간에 차단벽을 설치하고 외함은 전자파가 잘 차폐되도록 전도성 철판으로 밀폐 구조로 설계 제작한다.

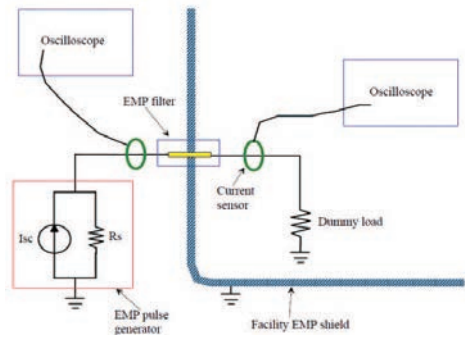
또한 HEMP 필터의 외함은 향후 HEMP방호용 전자파 차폐 구조물과 전자파 차폐가 잘 되도록 〈그림 30〉과 같은 방법으로 설계하여 부착 한다.

네 번째로 HEMP 필터에 대해 PCI항목에 대해 〈그림 31-1〉과 〈그림 31-2〉와 같은 방법으로 장비를 설치하여 시험한다.

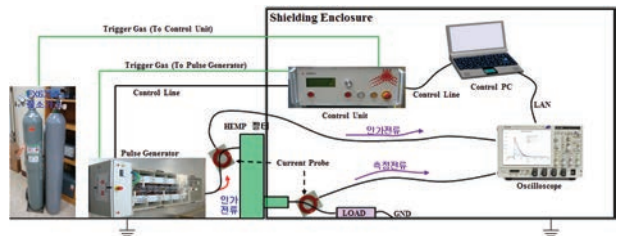
이때 인가하는 펄스의 HEMP 펄스 발생장치를 출력단을 단락 시킨 파형이 단 펄스인 경우 〈그림 32-1〉,



〈그림 30〉 HEMP 전력용 필터 부착도에

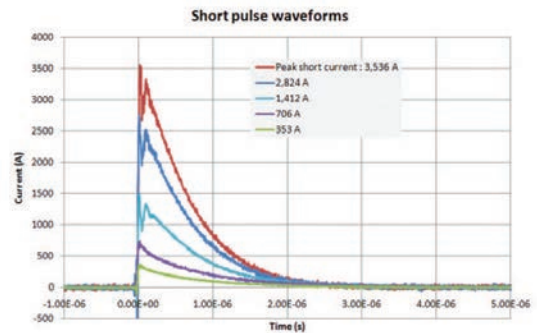


〈그림 31-1〉 HEMP 전력용 필터 PCI 시험 개념도

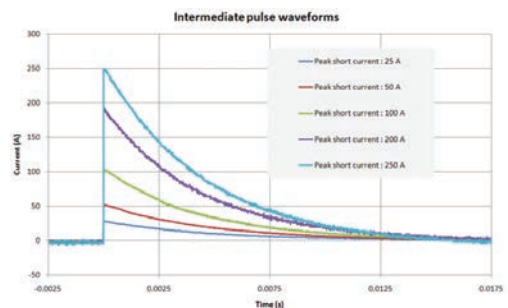


〈그림 31-2〉 HEMP 전력용 필터 PCI 시험 설치도

중 펄스인 경우 〈그림 32-2〉와 같은 파형을 인가한다. 단 펄스에 대한 PCI 시험 결과 〈표 7〉과 같이 최대



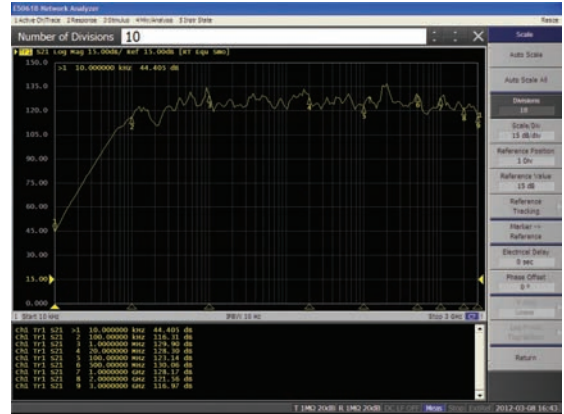
〈그림 32-1〉 단락상태 HEMP 단 펄스 파형



〈그림 32-2〉 단락상태 HEMP 중 펄스 파형

〈표 7〉 AC 단상용 전력 HEMP 필터의 단 펄스 PCI성능 시험 결과 표

필터 번호	인가 방식	인가 전류	최대 전류 [A]	Peak 상승률 (A/s)	Root Action (A√s)	기준값		
						최대 전류 (A)	Peak 상승률 (A/s)	Root Action (A√s)
220 VAC 100 A (단상) HEMP P_120 306_3	선-점 지간 투입 (R)	250 A	1.623	69×10^3	10.429×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		500 A	2.396	94×10^3	16.29×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		1,000 A	4.18	662×10^3	28.84×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		2,000 A	5.84	212×10^3	41.94×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		2,500 A	7.24	237×10^3	52.76×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
	선-점 지간 투입 (F)	250 A	1.654	94×10^3	9.1×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		500 A	1.77	112×10^3	11.89×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		1,000 A	4.07	737×10^3	22.8×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		2,000 A	4.96	209×10^3	34.64×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하
		2,500 A	6.32	212×10^3	45.47×10^{-3}	10 이하	1×10^7 이하	1.6×10^{-1} 이하



〈그림 34〉 HEMP 필터 삽입 손실 측정 DATA

〈표 8〉 AC 단상용 전력 HEMP 필터의 중 펄스 PCI성능 시험 결과 표

필터 번호	인가 방식	인가 전류	인가 횟수	시험결과
220 VAC 100 A (단상) HEMP P_120 306_3	선-점 지간 투입 (R)	25 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		50A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		100 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		200 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		250 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
	선-점 지간 투입 (F)	25 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		50A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		100 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		200 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.
		250 A	5회	손상이나 기능저하가 없이 정상 동작함.

삽입손실 측정 결과 10kHz~1GHz까지 10kHz에서는 44.4dB, 100kHz에서는 116.3dB, 1MHz에서는 129.9dB, 1GHz에서는 128.1dB의 삽입 손실 특성을 〈그림 34〉와 같이 확인 할 수 있었다.

IV. HEMP 필터 성능 검증 방법 소개

현재 국내의 HEMP 필터에 대한 규격은 미 표준 규격 MIL-STD-188-125-1을 기준으로 하여 국내 관련 전문가와 한국산업시험기술원 주관으로 만들어진 “HEMP 방호용 필터”에 대한 신뢰성 규격에 대해 소개하고자 한다^[3].

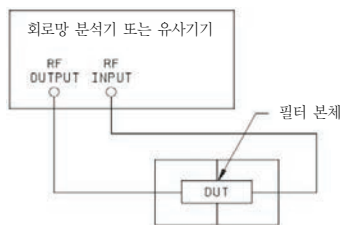
잔류전류 및 Peak 상승률, Root Action 세 가지 항목에서 성능 만족함을 확인 할 수 있었다.

중 펄스에 대한 PCI 시험 결과 〈표 8〉과 같이 HEMP 필터에 대한 손상이나 성능저하가 발생하지 않았음을 확인 할 수 있었다.

다섯 번째로 HEMP 필터에 대한 삽입손실 특성은 MIL-STD-220C의 방법으로 〈그림 33〉과 같이 구성하여 시험 한다.

HEMP 필터의 성능 시험 항목으로 삽입손실, HEMP PCI 시험, 전압 강하, 누설 전류시험에 대하여 검증한다.

HEMP 방호용 필터 규격의 적용 범위는 HEMP 방호용 필터의 신뢰성 시험에 대하여 규정하며, 또한 HEMP 방호용 필터의 200A 이하의 전력선 및 오디오/데이터, 제어/신호용 HEMP 필적에 적용 한다. 주요 성능 시험과 환경시험 그리고 수명시험으로 나누워 진다.



〈그림 33〉 HEMP 필터 삽입 손실 측정 개념도

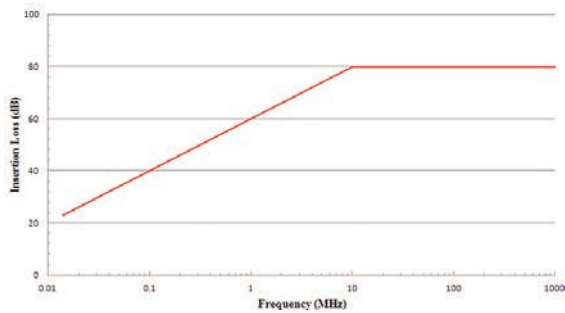
가. 성능시험

성능 시험 항목은 삽입손실, HEMP PCI 시험, 전압 강하, 누설전류 시험 총 4가지에 대해 검증한다.

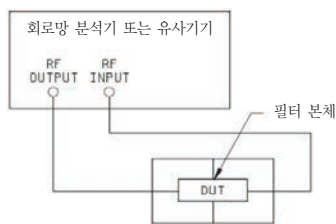
첫 번째 삽입손실 시험 측정 주파수 범위가 10kHz~1GHz 범위 내에서 〈그림 36〉과 같이 성능을 만족하여야 하며 시험 방법은 〈그림 37〉와 같이 설치



〈그림 35〉 HEMP 방호용 필터 신뢰성 규격 표지



〈그림 36〉 HEMP 필터 삽입 손실 요구 조건



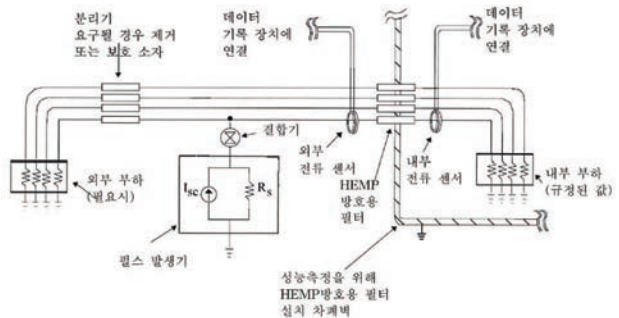
〈그림 37〉 HEMP 필터 삽입 손실 측정 장비 구성도

〈표 9-1〉 PCI 인가펄스 요구조건

HEMP 필터의 구분		인가모드	침투 전류 (A)	상승시간	반치폭	부하 임피던스(Ω)
전원선용	단펄스	선-접지	2,500	≤ 20 ns	500 ns - 550 ns	2
	중펄스	선-접지	250	≤ 1.5 us	3 ms - 5 ms	50
음성/데이터선용	단펄스	선-접지	5000/√N or 500	≤ 20 ns	500 ns - 550 ns	50
	중펄스	선-접지	250	≤ 1.5 us	3 ms - 5 ms	50
제어/신호선용	단펄스	선-접지	5000/√N or 500	≤ 20 ns	500 ns - 550 ns	2

〈표 9-2〉 PCI 잔류전류 요구조건

HEMP 필터의 구분		인가모드	측정량	침투잔류 전류(A)	잔류펄스 상승률 (A/s)	잔류 에너지량 (A√s)
전원선용	단펄스	선-접지	선전류	≤ 10	≤ 1×10 ⁷	≤ 1.6×10 ⁻¹
	중펄스	선-접지	선전류	손상이 없거나 성능저하가 없을 것.		
음성/데이터선용	단펄스	선-접지	선전류	≤ 0.1	≤ 1×10 ⁷	≤ 1.6×10 ⁻³
	중펄스	선-접지	선전류	손상이 없거나 성능저하가 없을 것.		
제어/신호선용	저전압선 (동작전압 ≤ 90 V)					
	단펄스	선-접지	선전류	≤ 0.1	≤ 1×10 ⁷	≤ 1.6×10 ⁻³
	고전압선 (동작전압 ≥ 90 V)					
	단펄스	선-접지	선전류	≤ 1.0	≤ 1×10 ⁷	≤ 1.6×10 ⁻²



〈그림 38〉 HEMP 필터 PCI 측정 장비 구성도^[4]

하여 측정 검증 한다.

두 번째 HEMP PCI 시험 MIL-STD-188-125-1의 방법에 의거하여 실시한다. 세부 요구 조건은 <표 9-1>과 <표 9-2>와 같다.

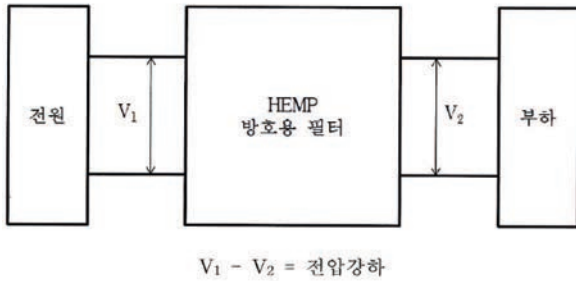
<표 9-1>와 같이 PCI 펄스를 각 필터의 종류에 맞게 펄스를 인가하여 <표 9-2>과 같이 잔류전류가 성능 만족하여야 한다.

PCI 시험방법은 <그림 38>과 같이 설치하여 검증 한다.

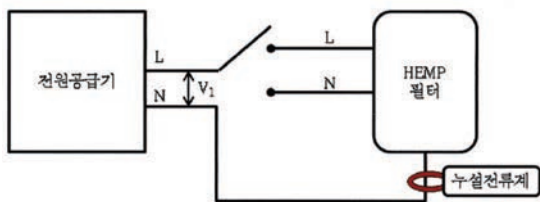
HEMP 필터의 환경시험과 저온 시험은 KS C 0220의 방법, 고온 시험은 KS C 0221 방법, 열 충격 시험은 KS C 0225 방법, 과부하 시험은 표준 대기온도조건 15분 동안 정격 전류 140%, 수명시험은 1000시간

세 번째 전압강하 시험은 <그림 39>과 같이 설치하여 인가전압은 정격 전압 인가하고 부하는 저항성 부하로서 최대 부하의 50% 또는 100A(둘 중 작은 값 선택)하여 정격 전압의 2% 이내

(정격전류 ≤ 50A), 정격 전압의 3% 이내(정격 전류



〈그림 39〉 HEMP 필터 전압강하 측정 장비 구성도



〈그림 40〉 HEMP 필터 누설전류 측정 장비 구성도

〉 50A)를 만족하여야 한다.

단, 적용 대상은 전력선, 제어선 필터만 적용 한다.

네 번째 누설전류 시험은 〈그림 40〉과 같이 설치하여 필터 입력부분에 최대 정격 전압(V_1 , 전압계로 측정)을 인가하여 누설 전류계를 사용하여 필터케이스와 전극(L, N) 사이의 누설전류(I_{leak})를 측정한다. 시험시 필터는 접지에 연결하지 않고 절연되어야 한다. 단, 적용 대상은 전력선 필터만 적용 한다. 규격치는 제조사 사양에 따라 판단한다.

나. 환경시험과 수명시험

환경시험과 저온시험은 KS C 0220의 방법에 의거하여 최저 저장 온도(-40℃) 16시간, 최저 운용 온도(-40℃) 2시간을 유지하여야 한다.

고온시험은 KS C 0221의 방법에 의거하여 최고 저장 온도(+85℃) 16시간, 최고 운용 온도(+50℃) 2시간을 유지하여야 한다.

열 충격시험은 KS C 0225의 방법에 의거하여 최저 저장 온도(-40℃), 최고 저장 온도(+85℃)를 온도 변화 시간 5분, 반복 사이클 5주기로 반복하여 시험한다.

과부하 시험은 표준 대기 온도 조건에서 15분 동안 정격 전류 140%의 전류가 흐르도록 부하를 조절하여 진행한다.

〈표 10〉 PCI 수명시험 요구조건

HEMP 필터의 구분		첨두 인가전류 (A)	인가횟수	반치폭	부하 임피던스(Ω)
상용전원선	단펄스	2,500	40	500 ns ~ 550 ns	2
	중펄스	250	203	3 ms ~ 5 ms	50
음성/데이터선	단펄스	2,500	40	500 ns ~ 550 ns	50
	중펄스	250	203	3 ms ~ 5 ms	50
제어/신호선	단펄스	2,500	196	500 ns ~ 550 ns	2

수명시험 고온 수명시험은 85℃±2℃에서 1,000시간 동안 시험을 진행한다. 또한 PCI 수명시험은 〈표 10〉과 같이 각 필터의 종류별 펄스를 인가하여 이상이 없어야 한다.

V. 결론

이미 선진국에서는 국가 안보에 관련된 핵심시설에 대해 핵 폭발시 발생하는 고고도 전자파펄스(HEMP)로부터 방호하는 시스템을 구축하여 운영 중에 있다. 최근 수년전부터 국내에서도 국가 안보에 관련된 핵심 시설에 대한 방호 체계를 구축하여 운영 중에 있으며, 향후 국가 핵심 시설 및 주요 기반 시설에 대한 HEMP 방호 체계를 구축하기 위한 중장기 계획과 연구 활동이 진행 중에 있으며, 주요 기간산업 시설인 발전시설, 금융, 교통, 통신 분야에 대한 핵심 시설에 대해서 HEMP방호 연구 활동이 이루어져야 한다. 이러한 HEMP 방호시스템을 구축하려면 많은 예산과 인력, 기간이 소요 된다. 이를 최소화하기 위한 방호 체계 연구와 부품 국산화 연구도 진행되어야 한다. 특히 대용량 전력용 HEMP 필터에 대한 설계 및 신뢰성 기술을 확보하여야 하며, 나아가 무기체계나 테러용 HPM(High Power Microwave)에 대응하기 위한 연구 또한 우리가 연구해야 될 분야이다.



참고 문헌

- [1] 국방과학연구소, 고정형 시설 HEMP 방호장치 개발, 시제제작 제안요청서(RFP)2012.
- [2] 한국전력공사 전력연구원, 전자환경 장애대책 연구 보고서, 1996.3
- [3] 한국산업기술시험원, RS-KTL-2012-0018, HEMP 방호용 필터, 2012.12
- [4] MIL-STD-188-125-1, High-Altitude Electromagnetic Pulse(HEMP) Protection for Ground-Based C4I Facilities Performing Critical, Time-Urgent Missions Part 1 Fixed Facilities, 1998.July.17



진정희

- 1998년 2월 금오공과대학 학부 (학사).
- 2002년 8월 금오공과대학 (석사).
- 2007년 2월 금오공과대학 (박사/수료).
- 1986년 12월~1991년 5월 금성전기
- 1991년 6월~2006년12월
LG정밀/LG이노텍/넥스원퓨처 연구소
- 2007년 1월~2009년 10월 LIG넥스원 신뢰성 센터(전자파/환경분야 Part장)
- 2009년 12월~현재 한국전자파연구소 (연구소장)

〈관심분야〉

EMP방호 분야, 시스템 EMC 설계, 전자파 무 반사 실 최적설계, 광대역 고출력 전자파 흡수체 설계



EMP 필터 측정 방법

I. 서론

현대의 사회기반 시설은 정보화 및 자동화에 따라 편의성을 추구하기 위하여 많은 전자·통신장비와 상호 연계되어 운영되고 있다. 이러한 네트워크가 구축된 상태에서 한쪽 시설이 고장 날 경우 많은 산업·경제적 피해가 발생할 수 있다. 특히, 통신장비의 경우, 막대한 영향을 초래하게 될 것이다. 이러한 사회기반 시설에 영향을 줄 수 있는 위협 중의 하나가 고출력 전자파 펄스라고 할 수 있다. 일반적으로 고출력 전자파 펄스(EMP)는 강력하고 순간적인 전자기적 충격파를 일컫는다. 전자기기 특히 최신 정보통신기기와 같이 저 전력, 초고속 IC 소자를 많이 사용하는 기기에 순간 또는 영구 손상을 일으켜 오동작 내지 기능정지를 유발할 수 있다^[1].

고출력 전자파 펄스(EMP)는 HEMP와 HPEM으로 구분할 수 있다. HEMP (High Altitude Electromagnetic Pulse)는 고고도에서 핵이 폭발 할 때 발생하는 전자기 펄스이며, 고고도 핵 전자기 펄스라고 한다. 반면 HPEM은 고출력 비핵 전자기파라고 하며, 고출력 광대역 전자파(Ultra Wide Band, UWB)와 감쇄진동파(Damped Sinusoidal, DS), 고출력 마이크로웨이브(High Power Microwave, HPM) 등이 HPEM 범주에 속한다. 이러한 고출력 전자파 펄스가 의도적으로 전자 장비를 오동작 또는 무력화하기 위해 사용될 때, 의도성 전자기 간섭(Intentional Electromagnetic Interference,



장 태 현
한국산업기술시험원
전자파기술센터



IEMI)이라고도 한다.

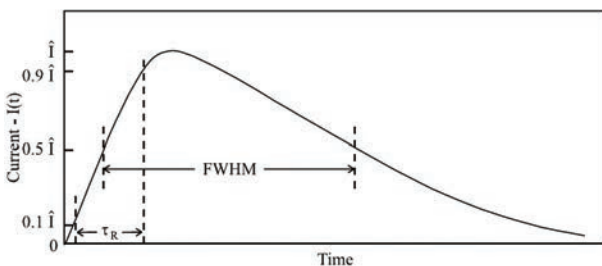
EMP가 설비나 시스템 또는 장비로 침투하는 경로는 일반 전자파의 침투경로와 같이 전도성 침투와 복사성 침투로 분류한다. 복사성 침투에 대한 대책으로는 전자파가 침투하지 못하도록 금속물질로 차폐시설 또는 차폐막 등을 만들고 적절한 개구부를 처리하면 된다. 반면에 전도성 침투는 전원선, 신호선, 제어선, 통신선 등의 모든 전선을 통하여 EMP 신호가 전달되므로 차폐시설의 인입점(point of entry)에 EMP 보호용 필터를 설치하여 EMP 신호를 약화시키는 방식으로 EMP 방호를 하게 된다.

본고에서는 EMP의 전도성 침투에 대한 방호 방법으로 사용되는 EMP 보호용 필터의 특성을 측정하는 방법에 대하여 국내외 자료들을 정리하여 설명하고자 한다.

Mid-Std-188-125-1은 복사성 방호 성능 측정 방법으로 차폐성능 측정 방법과 기준을 제시하고 있으며, 전도성 방호 성능 측정방법으로 펄스 전류 주입 시험 방법과 기준을 제시

II. Mil-Std-188-125-1에서 전기적 POE 측정방법

EMP에 대한 방호시설 설계 방법과 성능 측정방법에 대하여 현재 국내에 널리 소개된 미국 국방 규격서는 Mil-Std-188-125-1이다. 이 규격서에는 HEMP



(그림 1) 이중 지수 함수 파형

(표 1) Mil-Std-188-125-1의 전도성 HEMP 파형 정의

	단펄스	중펄스	장펄스
상승 시간	≤ 20 ns	≤ 1 us	≤ 0.2 s
펄스폭	500-550 ns	3-5 ms	20-25 s
진폭	2,500 A	250 A	1,000 A

방호시설의 방호성능을 측정하기 위하여 복사성 방호 성능 측정방법으로 차폐성능(Shield Effectiveness, SE) 측정방법과 기준을 제시하고 있으며, 전도성 방호 성능 측정방법으로 펄스전류주입(Pulse Current Injection, PCI) 시험방법과 기준을 제시하고 있다.

Mil-Std-188-125-1에서의 HEMP 전도성 방호 신호는 단펄스(short pulse)와 중펄스(Intermediate-time), 장펄스(Long pulse)로 분류하고 있다. 이러한 신호들은 (그림 1)과 같이 이중 지수 함수의 임펄스 파형을 가지고 있다. 전도성 HEMP 신호의 파형에 대한 파라미터는 (표 1)과 같다^[2-3].

이와 같은 펄스를 HEMP 방호 시설에 설치되어 있는 EMP 보호용 필터의 입력에 인가했을 때 EMP 보호용 필터를 통과하여 HEMP 방호시설 내부에 전달되는 잔류 전류의 크기와, 최대 상승률, 루트액션(root action) 등이 (표 2)에서 제시한 허용치 이내에 있어야 한다.

(표 2) Mil-Std-188-125-1의 전도성 HEMP 잔류 전류 성능 판정기준^[2]

전기적 POE 종류별	내부 잔류 전류 한계값			
	주입방법	최대전류 (A)	최대상승률 (A/s)	루트액션 (A/√s)
상업용 전력선				
단펄스	선-접지	≤10	≤1×10 ⁷	≤1.6×10 ⁻¹
중펄스	선-접지	손상 또는 성능저하 없음		
장펄스*	선-접지	손상 또는 성능저하 없음		
음성/데이터선				
단펄스	선-접지	≤0.1	≤1×10 ⁷	≤1.6×10 ⁻³
중펄스	선-접지	손상 또는 성능저하 없음		
장펄스*	선-접지	손상 또는 성능저하 없음		
제어/신호선 저압선 (90 V 미만)				
단펄스	선-접지	≤0.1	≤1×10 ⁷	≤1.6×10 ⁻³
제어/신호선 고압선 (90 V 이상)				
단펄스	선-접지	≤1.0	≤1×10 ⁷	≤1.6×10 ⁻²

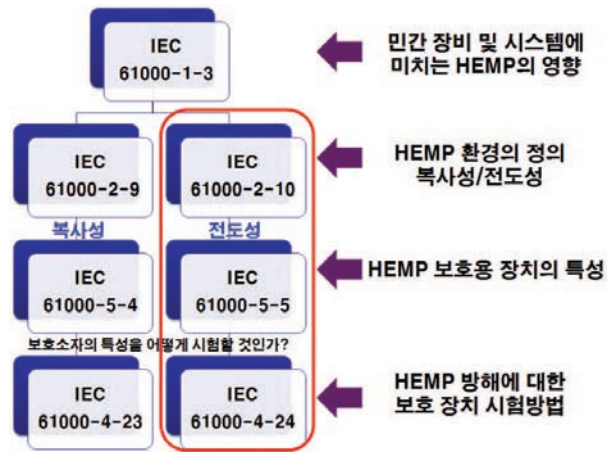
* 장펄스는 주파수 스펙트럼이 매우 낮아(약 50 Hz 이하) 전력선 또는 통신선의 길이가 약 천 km 이상의 길이를 갖는 경우에만 유도될 수 있으므로, 우리나라 상황에서 적용성이 희박하다.

Ⅲ. IEC 표준 구성 및 EMP 필터 측정방법

국제 표준화 기구에서 고출력 전자기파의 국제 표준을 다루는 곳은 IEC(국제전기기술위원회)의 TC 77 부위원회(SC) C이다. IEC TC 77 C에서는 HEMP 및 HPEM 발생으로 인해 장비 및 시스템에 미치는 영향, 그로 인한 복사성 및 전도성 환경의 정의, HEMP 및 HPEM 환경으로부터의 보호 대책, 보호대책에 대한 성능평가 방법, 고출력전자기 펄스의 파라미터에 관한 정의 및 분석방법 등을 표준 문서 및 기술문서로 발행하였으며, 기기 및 시스템의 HEMP에 대한 내성 시험방법 표준과 실내용 기기의 HEMP 내성기준을 제정하였다. IEC TC 77C에서 제정한 국제표준 및 기술문서는 <표 3>과 같다^[1].

고고도 핵폭발로 생성되는 고출력 전자기 펄스 (HEMP)에 의해 복사성 방해 환경과 케이블 커플링에 의한 전도성 방해 환경이

EMP 필터와 관련된 부분은 IEC 61000-2-10, IEC 61000-5-5, IEC 61000-4-24이다.



<그림 2> HEMP 보호를 위한 국제 표준화 현황

조성된다. HEMP 방해에 대한 보호 소자와 관련된 국제 표준화 현황은 <그림 2>와 같으며, 그 중에서 EMP 필터와 관련된 부분은 IEC 61000-2-10, IEC 61000-5-5, IEC 61000-4-24 이다^[1,3].

<표 3> HEMP/HPEM 관련 IEC 표준 및 기술보고서

IEC 61000-1 일반사항	3 고고도역 EMP(HEMP)가 민간 장비 및 시스템에 미치는 영향 (2002)	5 고출력 전자기파(HPEM)이 민간 시스템에 미치는 영향 (2004)		
IEC 61000-2 EM 환경	9 HEMP 환경, 복사성 방해 (1996)	10 HEMP 환경, 전도성 방해 (1998)	11 HEMP 환경의 분류(1999)	13 HPEM 환경 복사성/전도성 (2005)
IEC 61000-4 시험 및 측정 기술	23 HEMP/기타 복사성 방해 보호장치 시험방법(2000)	24 HEMP 전도성 방해 보호 장치 시험방법(1997)	33 고출력 과도 현상 파라미터 측정방법(2005)	35 HPEM 시뮬레이터 일괄표(2009)
IEC 61000-5 설치 및 완화 지침	3 HEMP 보호 개념 (1997)	4 HEMP 복사성 방해 보호 장치 사양 (1996)	5 HEMP 전도성 방해 보호 장치 사양 (1996)	6 외부 EM 영향의 저감 (2002)
IEC 61000-6 일반기준	7 합체의 전자기방해 보호 정도(2001)	8 분포된 기간시설 HEMP 보호방법(2009)	9 HEMP와 HPEM 시스템레벨 감용성 평가(2009)	
	6 실내용 기기 HEMP 내성기준 (2003)			

IEC 61000-2-10은 HEMP의 전도성 방해 환경에 대하여 정의한다. IEC 61000-5-5에는 HEMP 전도성 방해에 대한 보호 장치의 특성이 규정되어 있다. IEC 61000-4-24는 보호 장치에 대한 특성 측정 방법을 다루고 있다^[1,3].

IEC 61000-4-24:1997 Ed.1.0은 GDT와 MOV 같은 소형 보호 소자에 대한 측정 방법을 기술하고 있으며, 최근 많이 사용되고 있는 보호 소자와 필터가 결합된 형태의 조합형 필터에 대한 측정 방법에 대하여는 우리나라가 주도하여 국제표준에 추가하고 있는 중이다^[1,3].

IEC 61000-4-24에 포함될 EMP 필터의 측정방법은 Mil-Std-188-125-1에서 제시된 PCI 시험방법을 인용하였다. Mil-Std-188-125-1에서의 PCI 시험이 EMP 방호시설 현장에서 설치된 EMP 보호용 필터에 대한 시험이라면 IEC 61000-4-24에서는 EMP 보호용 필터 자체를 시험실에서 측정하는 방법이라고 보면 될 것이다.

IEC 61000-4-24에서 개정되는 EMP 필터 측정

방법에는 크게 두 가지 단계가 있다. 첫 번째는 인가레벨을 검증하는 단계이며, 두 번째는 검증된 레벨의 전도성 EMP 신호를 EMP 보호용 필터에 주입하여 잔류 전류를 측정하는 단계이다.

(1) 인가레벨 검증^[4-5]

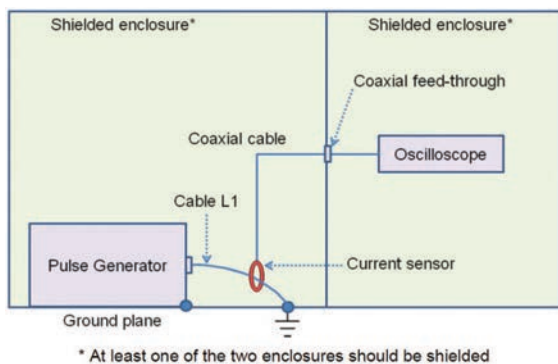
펄스 발생기의 출력은 피시험 필터에 인가하기 전에 검증되어야 한다. 펄스 시험레벨의 검증을 위한 전형적인 Setup은 <그림 3>과 같다.

펄스 발생기는 접지평면에 연결되어야 한다. 또한 출력케이블 L1은 단락 회로 펄스 전류가 측정될 수 있도록 접지평면에 연결되어야 한다. 케이블 L1의 길이와 배치는 인덕턴스를 최소화할 수 있도록 해야 하며 피시험 필터가 연결될 때에도 동일해야 한다. 케이블과 접지사이의 절연은 임펄스 전압에 대하여 절연파괴가 일어나지 않도록 해야 한다.

만일 피시험 필터의 크기와 셋업 상의 문제로 긴 케이블이 사용될 경우, 케이블은 피시험 필터 입력단에서 요구되는 펄스 상승시간이 달성될 수 있도록 해야 한다.

전류 센서의 위치는 접지에 연결된 부분으로부터 15 cm 이내가 되도록 한다. 주의할 점은 전류 센서를 금속 표면으로부터 전기적으로 격리시켜서 접지 루프가 생기지 않도록 한다.

최대 시험레벨의 10%, 20%, 40%, 80%, 100%의 시험레벨을 검증하여 그 레벨을 기록한다.



<그림 3> 펄스 시험레벨의 검증을 위한 전형적인 Setup

(2) EMP 필터 잔류전류 측정^[4-5]

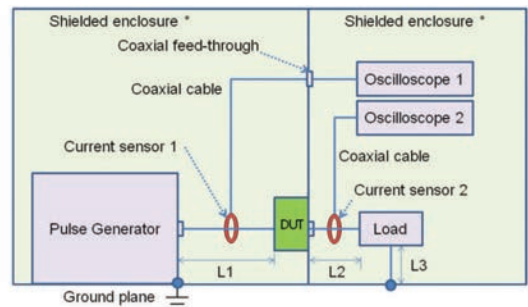
전형적인 측정 셋업은 <그림 4a>와 <그림 4b>와 같다. 검증시 사용했던 동일한 케이블을 통하여 펄스 발생기의 출력은 직접 피시험 필터의 입력단자에 연결한다. 그림에서 전류 센서 1(current sensor 1)과 오실로스코프 1은 피시험 필터로 주입되는 전류는 관측하기 위하여 선택적으로 사용될 수 있다.

더미 부하로 흐르는 잔류 전류를 측정하기 위한 전류 센서 2(current sensor 2)는 피시험 필터의 출력 단자로부터 15 cm 이내에 위치시키도록 한다. 대체법으로 피시험 필터의 출력단자에 선트 저항을 부하 임피던스

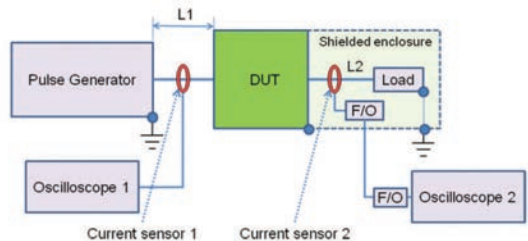
와 직렬로 연결하여 접지하고 전압을 측정할 수도 있다. 더미 부하 저항은 IEC 61000-4-24의 5.3.4에 별도로 정의되어 있다. 케이블 L2와 L3는 가능한 한 짧아야 한다. 측정기기는 차폐시키고 그 전원도 접지 루프로 인한 간섭을 피하기 위해 분리시키는 것이 필요

할 수도 있다.

**EMP 필터 잔류 전류 측정에서
측정기기는 차폐시키고, 그 전원도
접지 루프로 인한 간섭을 피하기 위해
분리시키는 것이 필요**



(a) 두 개의 차폐실을 사용하는 시험 Setup의 예



(b) 하나의 차폐 박스를 사용하는 시험 Setup의 예

<그림 4> 펄스전류주입 및 잔류 전류 측정을 위한 Setup의 예

측정절차는 먼저 <그림 4>와 같이 피시험 EMP 필터와 측정기기를 셋업한 후, 검증된 레벨의 EMP 신호를 피시험기에 인가한다. 잔류 전류 파형과 파라미터들(침투값 전류, 최대 펄스 상승률, 루트액션)을 측정하여 기록한다. 기록된 측정값은 성능 판정기준과 비교하여 합부를 판정하게 된다. 성능 판정 기준은 <표 2>에 나타난 대로 Mil-Std-188-125-1의 판정기준이 적용될 수도 있고, IEC 61000-4-24에서는 몇 가지 등급을 분류하여 산업용, 주거용, 특수용도 등으로 기준을 개정하고 있다. 이 기준에 대해서는 IEC 61000-4-24 Ed.2.0이 발간되면 적용할 수 있을 것이다.

EMP 보호용 필터는 EMP 방호시설의 전도성 침투를 방어하는 매우 중요한 부품으로, 성능과 내구성 및 수명에 대한 규격으로 국내에서 2012년 제정한 "HEMP 방호용 필터 신뢰성 규격, RS-KTL-2012-0018"이 있다.

함은 물론, 다양한 주변 환경의 변화에 대한 내구성과 요구되는 기본 방호 특성을 유지하기 위해 적절한 시기에 보수될 수 있도록 수명을 예측하는 것이 필요하다. 이와 같이 성능과 내구성과 수명에 관한 내용을 담고 있는 규격으로 국내에서 2012년 제정한 "HEMP 방호용 필터 신뢰성 인증 규격, RS-KTL-2012-0018"이 있으며, 그 내용을 알아보려고 한다.

이 신뢰성 인증 규격은 200A 이하의 용량을 가지는 HEMP 전원선 및 오디오/데이터, 제어/신호용 방호장치에 적용이 된다. 이

IV. EMP 보호용 필터의 신뢰성 시험⁶⁻⁷⁾

EMP 보호용 필터는 EMP 방호 시설의 전도성 침투를 방어하는 대한 매우 중요한 부품이다. 이 EMP 보호용 필터는 위에서 설명한 기본 방호 특성을 갖추어야

<표 4> HEMP 방호장치 종류별 성능시험 적용항목

HEMP 방호장치 종류	성능시험 항목			
	삽입손실	HEMP PCI	전압 강하	누설 전류
전원선	적용	적용	적용	적용
오디오/데이터 (전화선)	적용	적용	미적용	미적용
오디오/데이터 (LAN선)	미적용	적용	미적용	미적용
제어/신호용 (제어선)	적용	적용	적용	미적용

<표 5> HEMP 방호장치 종류별 성능시험 시험조건 및 판정기준

성능시험 항목	시험조건	판정기준
삽입손실	10kHz - 10MHz	20log(f)-60 (dB)
	10MHz - 1GHz	80 (dB)
HEMP PCI	MIL-STD-188-125-1&2	MIL-STD-188-125-1&2
전압강하	정격 전압 조건에서 최대 부하의 50% 또는 100A (둘 중 작은 값 선택)	50A 이하 : 정격 전압의 2% 이내
		50A 이상 : 정격 전압의 3% 이내
누설전류	정격 전압 조건	제조사 사양

<표 6> HEMP 방호장치 종류별 환경시험 적용항목

HEMP 방호장치 종류	환경시험 항목			
	저온	고온	열충격	과부하
전원선	적용	적용	적용	적용
오디오/데이터 (전화선)	적용	적용	적용	미적용
오디오/데이터 (LAN선)	적용	적용	적용	미적용
제어/신호용 (제어선)	적용	적용	적용	적용

<표 7> HEMP 방호장치 종류별 환경시험 시험조건 및 판정기준

환경 시험 항목	시험조건	판정기준
저온	최저저장온도 : -40°C, 16시간	시험 중 : 전압강하 및 정격전류 확인 (전원선) 통신 상태 확인 (오디오/데이터)
	최저운용온도 : -40°C, 2시간	
고온	최고저장온도 : 85°C, 16시간	시험 후 : 성능시험 수행 (표 5 참조) 누설전류 항목 제외
	최고운용온도 : 50°C, 2시간	
열충격	최저저장온도 : 85°C	시험 후 : 성능시험 수행 (표 5 참조) 누설전류 항목 제외
	최고저장온도 : -40°C 온도변화시간 : 5분 반복 사이클 : 5주기	
과부하	정격 전류의 140%, 15분	

<표 8> HEMP 방호장치 종류별 수명시험 적용항목

HEMP 방호장치 종류	수명시험 항목	
	고온수명	PCI 수명
전원선	적용	적용
오디오/데이터 (전화선)	적용	적용
오디오/데이터 (LAN선)	적용	적용
제어/신호용 (제어선)	적용	적용

〈표 9〉 HEMP 보호장치 종류별 수명시험 시험조건 및 판정기준

수명시험 항목	시험조건		판정기준
고온수명	수명시험온도 : (85 ± 2)°C 시험시간 : 1,000시간		시험 후 : 성능시험 수행 (표 5 참조), 누설전류 항목 제외
PCI 수명	전원선	단펄스 : 2,500A, 40회 중펄스 : 250A, 203회	
	오디오/ 데이터	단펄스 : 2,500A, 40회 중펄스 : 250A, 203회	
	제어/신호	단펄스 : 2,500A, 196회	

규격에서 HEMP 보호장치의 전기적 특성을 확인하기 위하여 요구되는 성능시험은 삽입손실, 펄스전류주입(PCI), 전압강하, 누설전류 시험으로 구성된다. HEMP 보호장치의 내구성을 확인하기 위한 환경시험은 저온, 고온, 열충격, 과부하 시험으로 구성된다. HEMP 보호장치의 수명주기에 대한 특성을 확인하기 위한 시험은 고온수명시험과 PCI 수명시험으로 구성된다.

HEMP 보호장치 성능시험은 삽입손실, HEMP PCI, 전압강하, 누설전류로 구성이 되며 HEMP 보호장치 종류별 적용항목은 〈표 4〉와 같다. 각 성능시험 항목별 시험 조건과 판정 기준은 〈표 5〉와 같다.

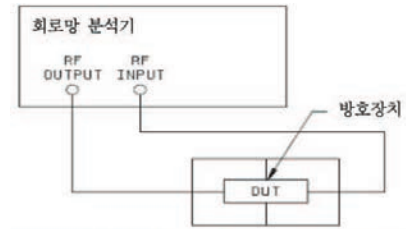
HEMP 보호장치 환경시험은 저온, 고온, 열충격, 과부하로 구성이 되며 HEMP 보호장치 종류별 적용항목은 〈표 6〉과 같다. 각 환경시험 항목별 시험 조건과 판정 기준은 〈표 7〉과 같다.

HEMP 보호장치 수명시험은 고온수명, PCI 수명으로 구성이 되며 HEMP 보호장치 종류별 적용항목은 〈표 8〉와 같다. 각 수명시험 항목별 시험 조건과 판정 기준은 〈표 9〉와 같다.

V. HEMP 보호용 필터의 신뢰성 인증 규격 시험항목^[6-7]

(1) 삽입손실 측정

성능시험 시험항목 중 삽입손실 시험은 10kHz~1GHz의 주파수 대역에 대해서 피시험 HEMP 보호용



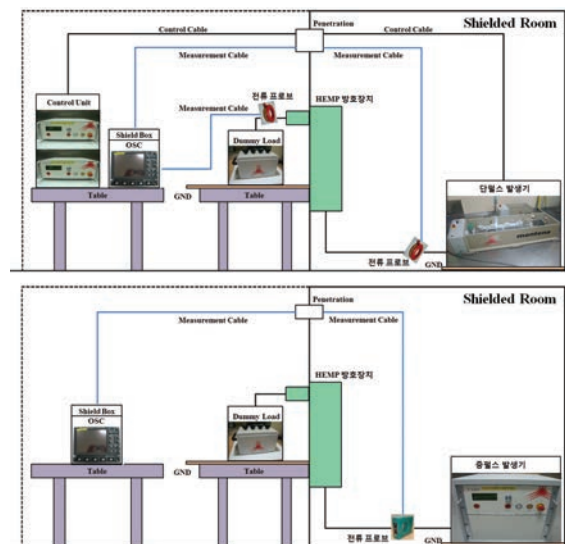
〈그림 5〉 삽입손실 측정구성도(上) 및 시험장면(下)

필터에 삽입손실 측정용 치구를 설계 및 제작하여 회로망 분석기로 S-Parameter, S21을 측정한다. 삽입손실 측정용 회로망 분석기는 판정기준 대비 10dB 이상의 동적영역을 확보하여야 한다.

HEMP 보호용 필터의 신뢰성 인증 규격 시험항목으로 삽입손실 측정, PCI 시험, 전압강하 시험, 누설전류 시험, 저온 시험과 고온 시험, 열충격 시험, 과부하시험, 수명시험 등이 있다.

(2) PCI 시험

HEMP PCI 시험은 HEMP 전도성 위협을 모사하는 시험으로 피시험 HEMP 보호장치에 EMP 전류를 직접 인가하여 그 성능을 확인하는 목적을 가지고 있다. 전



〈그림 6〉 HEMP PCI 단펄스(上) 및 중펄스(下) 측정구성도



〈그림 7〉 HEMP PCI 단펄스(上) 및 중펄스(下) 시험장면

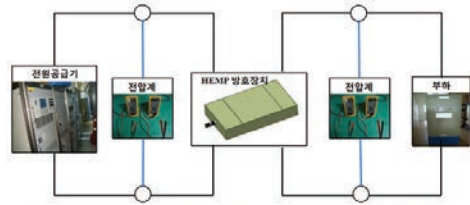
원선용 HEMP 보호장치는 최대 2,500A, 오디오/데이터 및 제어/신호용 HEMP 보호장치는 최대 5,000A의 PCI 단펄스 전류를 인가하고 중펄스의 경우 최대 250A의 전류를 인가하여 피시험 HEMP 보호장치의 출력에서 잔류전류를 확인하여 성능을 판정한다.

(3) 전압강하 시험

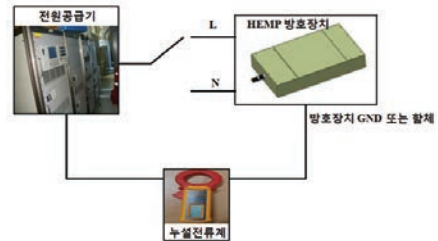
전압강하 시험은 전원선 및 제어/신호 HEMP 보호장치에 적용하는 시험으로 정격전압, 규정된 전류값을 인가하고 출력을 부하에 연결한 상태에서 입력측과 출력측에서 측정된 전압값의 차이를 확인하는 시험이다. 시험대상 HEMP 보호장치의 정격용량에 따라 50A 이하의 정격전류 용량을 가지는 HEMP 보호장치는 정격 전압의 2%, 50A 이상의 정격전류 용량을 가지는 HEMP 보호장치는 정격 전압의 3%이내의 전압강하 성능을 보유하여야 한다.

(4) 누설전류 시험

누설전류 시험은 전원선 보호장치에 적용하는 시험으로 정격전압을 인가하고 시험대상 HEMP 보호장치의 케이스 또는 전극 사이의 누설전류를 누설전류계를 이용하여 측정하는 시험이다.



〈그림 8〉 전압강하 측정구성도(上) 및 시험장면(下)



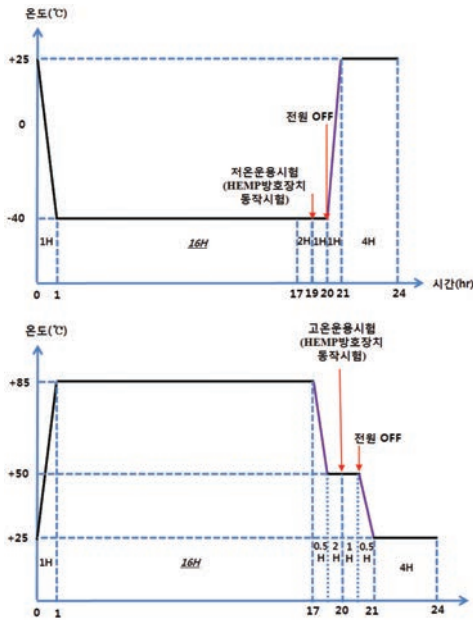
〈그림 9〉 누설전류 측정구성도(上) 및 시험장면(下)

(5) 저온시험 및 고온 시험

환경시험 중 저온 및 고온 시험의 경우 〈그림 10〉의 온도 프로파일에 따라 저온, 고온 시험실의 온도를 설정하고 최저, 최고 저장온도에서 16시간 저장한 후 온도를 최저, 최고 운용온도로 설정하여 전원선 및 제어/신호 보호장치의 경우 전압강하 및 정격전류 운용시험, 오디오/데이터 보호장치의 경우 통신상태 확인 운용시험을 수행한다. 각 운용시험이 종료된 후 온도를 상온으로 설정한 후 4시간 방치 후 저온 및 고온시험의 영향을 확인하기 위해 성능시험을 수행한다.

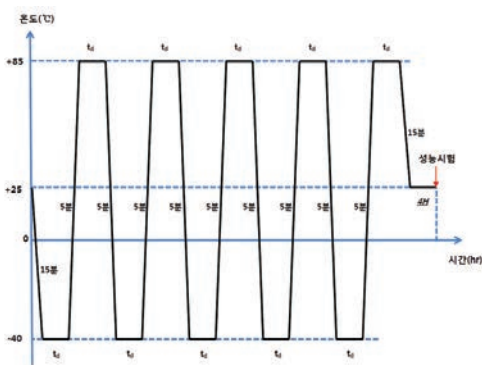
(6) 열충격 시험

환경시험 중 열충격 시험의 경우 시험대상 HEMP 방

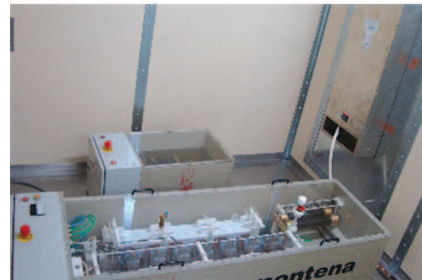


〈그림 10〉 저온(上) 및 고온(下) 온도 프로파일

호장치를 저장상태로 하여 열충격 시험실에 설치한 후 시험대상 HEMP 방호장치의 무게에 따라 최저 및 최고 저장온도 유지시간을 적용하며 열충격 시험 온도 프로파일은 〈그림 11〉을 적용한다. 시험 종료 후 성능시험을 수행하여 열충격 시험의 영향성을 확인한다.



〈그림 11〉 열충격 시험 온도 프로파일(上) 및 시험장면(下)



〈그림 12〉 고온수명(上) 및 PCI 수명(下) 시험장면

(7) 과부하 시험

과부하 시험은 전원선 및 제어/신호 HEMP 방호장치에 적용하며 정격전류의 140%의 전류를 15분 동안 인가한다. 시험 종료 후 성능시험을 수행하여 과부하 시험의 영향성을 확인한다.

(8) 수명시험

HEMP 방호장치 수명시험은 고온수명과 PCI 수명으로 구분이 되며 고온수명시험은 전원선 HEMP 방호장치의 경우 정격전류의 10%의 부하를 설정하여 고온수명시험을 수행하며 그 외 오디오/데이터, 제어/신호 HEMP 방호장치는 저장상태로 설치하여 수행한다. 〈표 9〉의 고온수명 시험조건을 수행한 후 성능시험을 수행하여 고온수명 시험의 영향성을 확인한다.

PCI 수명시험은 시험대상 HEMP 방호장치에 〈표 9〉의 PCI 수명 시험조건에 명시된 횟수만큼 PCI 펄스를 인가하여 그 성능을 검증하는 시험이다. PCI 수명시험 종료 후 성능시험을 수행하여 PCI 수명시험의 영향성을 확인한다.

VI . 결 론

지금까지 EMP 보호용 필터의 특성을 측정하는 방법에 대하여 Mil-Std-188-125-1, IEC 61000-4-24, RS-KTL-2012-0018의 내용들을 살펴보았다. IEC 61000-4-24는 현재 개정 중에 있으며, 개정 내용에는 잔류 전류 성능 판정기준이 포함된다. 오랜 기간 동안 EMP 필터를 생산해 온 유럽의 필터회사들은 품질을 관리하는 기준을 가지고 있다. 그들은 Mil-Std-188-125-1을 만족함을 증명하기 위하여 미국이나 스위스에서 시험을 수행하고 성적서를 발급받고 있다. 또한 내구성이나 신뢰성을 위해서 과전압 시험 및 과전류 시험을 자체적으로 수행하여 내구성을 관리하며, 오랜 역사를 기반으로 수명에 문제가 없다고 주장하고 있다. 우리나라도 EMP 필터를 생산하는 제조사들이 많이 생겨나고 있으며, PCI 성능이나 내구성 및 신뢰성을 수행할 수 있는 신뢰성 규격과 이를 수행하는 시험기관이 국내에 이미 있다. 2013년 11월부터 EMP 필터에 대한 국제비교시험이 스위스, 한국, 미국이 참가하고 있는 가운데 수행되고 있다. 그 결과는 2014년 말까지는 나오겠지만, 진행 과정에서 알 수 있었던 것은 우리나라의 측정기술이 타국에 뒤지지 않고, 동등수준 또는 그 이상이라 할 수 있다는 것이다. 이에 자부심을 갖고 국내의 EMP 측정기술이 국내 EMP 필터 제조회사의 성능 및 신뢰성 향상에 기여하기를 바란다.

참 고 문 헌

- [1] 장태현, "고출력 전자기파 내성 평가 관련 표준화 동향", TTA Journal, Vol. 150, p43-51, 2013. 11․12
- [2] Mil-Std-188-125-1, "High-Altitude Electromagnetic Pulse(HEMP) protection for ground-based c4i facilities performing critical, time-urgent missions, Part I - fixed facilities", 2005.
- [3] 장태현, "HEMP 전도성 방해 펄스 전류 주입(PCI) 케이블의 영향 분석", THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE.

vol. 24, no. 8, Aug. 2013.

- [4] 장태현, 송태승, 최효식, "HEMP 방호용 필터의 측정 방법 표준화에 대한 연구", 2012년 표준학회추계학술대회, 서울, 2012년 10월.
- [5] 77C/233/CD, IEC 61000-4-24 Ed. 2.0, Electromagnetic compatibility(EMC)- Part 4: Testing and measurement techniques-Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance, 2014
- [6] 이진호, 송기환, 최효식, 장태현, "신뢰성 인증 규격 제정을 통한 HEMP 방호장치 성능 검증" 2013 한국신뢰성학회 추계 학술대회, p279-p286, 2013
- [7] RS-KTL-2012-0018, HEMP 방호용 필터, 한국산업기술시험원, 2012



장 태 현

- 1996년 2월 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 2002년 2월 아주대학교 정보전자공학과 (공학석사)
- 2008년 2월~현재 한양대학교 전자제어계측공학과 박사과정
- 1996년 5월~현재 한국산업기술시험원 전자파기술센터 센터장
- 2012년~현재 CISPR H 국제간사
- 2012년~현재 IEC TC77 SC C 프로젝트팀(PT) 리더
- 2012년~현재 IEC CISPR SC A ad-hoc group 리더
- 2007년~현재 TTA 주관 ICT 국제표준화전문가

<관심분야>

EMI/EMC/EMP 측정 표준화

EMP 위협과 방호시설 시험평가

I. 서론

전자폭탄 EMP(Electromagnetic Pulse)는 오래 전부터 각종 영화나 게임에서도 사용하고 있었으며, 오늘날에는 현실이 되어 각 나라에 위협을 주고 있다. 앞으로 미래의 전쟁은 EMP를 이용한 전쟁이 될거라고 전문가들은 예측하고 있다. 다시 말해 수많은 포탄을 쏟아부어 건물 및 인명을 살생하는 그런 전쟁이 아니라 단 한번의 강력한 전자기펄스탄을 사용하여 한 나라 전체의 문명을 무력화 시키는 위협적인 전쟁이라는 것이다.

최근 북한의 핵개발 및 EMP(Electromagnetic Pulse)탄 공격에 대한 위협이 증대됨에 따라 EMP 방호에 대한 관심이 커지고 있다. EMP란 통상적으로 고출력 전자기파(High Power Electromagnetic; HPEM)를 통칭하는 용어로서, 핵폭발로 인해 발생하는 핵EMP(Nuclear EMP)부분과, 전자폭탄이나 고출력 전자파 발생기에 의해 직접적으로 전자파를 발생시키는 비핵EMP(Non-Nuclear EMP) 또는 IEMI(Intentional Electromagnetic Interference), 그리고 낙뢰와 같은 자연현상에 의해 발생하는 LEMP(Lightning EMP)로 분류할 수 있다.

이 중 NEMP의 한 종류인 HEMP(High-altitude EMP)는 고도 40 km 이상의 상공에서 핵폭발로 인해 발생하는 높은 전자파 에너지로써, 반경 수십에서 수백 km에 걸쳐 인체에는 무해하지만 금속성 물질에는 유기되어 빠른 속도로 전자기기를 파괴하거나 무력화한다. 전력, 통신, 금융 네트워크 등 사회 기간망이 복잡해지고 모든 기기들이 전자 부품을 내장하고 집적화, 소형화 되어가는 현대사회에서 EMP 공격이 발생했을 경우 전자장비 뿐만 아니라 전력망, 통신망 등 국가 기간시설들을 한순간에 마비시켜 엄청난 피해와 혼란



박우철
KTR/전자파연구소/
EMP평가팀



을 야기할 수 있다.

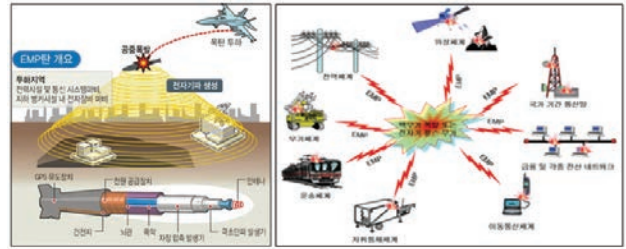
EMP 공격에 의한 피해를 방지하기 위해 특수 목적 및 중요 시설의 경우에는 EMP를 차단할 수 있는 방호 시설을 구축하고 전자파차폐 방호시설에 대한 성능평가를 측정하기 위한 세가지 시험을 통해 EMP 방호시설 성능평가를 수행한다. 따라서 시험 종류는 차폐효과(Shielding Effectiveness; SE)시험, 펄스전류 주입시험(Pulse Current Injection; PCI), 연속파 투입시험(Continuous Wave Immersion; CWI)의 세 가지 시험을 통해 EMP 방호시설의 시공 중 평가, 완공 후 검증 및 수리와 유지보수 등을 수행한다. EMP 방호시설은 방사되는 전자파(EMP)의 차폐효과를 만족하기 위해 기본적으로 도전성 금속판으로 제작하며, 차폐효과 측정을 위해 시설 외부에 전자파를 발생시키는 송신안테나를 설치하고 시설 내부에 침투되는 전자파 양을 측정하기 위한 수신안테나를 배치하여 시험하도록 차폐효과 시험 관련규격들은 규정하고 있으며, 펄스전류 주입 시험은 관통도체에 적용된 개구부POE 방호장치의 성능을 측정하는 시험으로 EMP 방호벽 밖의 관통 도체에, EMP로 발생가능한 과도 전류를 인가하고, 방호벽 안의 잔류 전류를 측정한다.

따라서 본 연구에서는 EMP 위협과 피해 사례를 간단히 살펴보고, EMP 방호시설을 구축하면 방호시설에 대한 시험평가를 통해 합부를 판정하는데 이에 대한 측정방법으로 세 가지 시험방법을 소개하고 합부판정에 대해 알아본다.

II. EMP 위협과 피해사례

2.1 EMP 위협

EMP(Electromagnetic Pulse)탄이 폭발되면 인명 피해 없이도 지하 수십미터 깊이의 핵시설 기폭 장치나 미사일 유도장치 등 전자기기를 무용지물로 만들 수 있다. EMP탄은 고공에서 순식간에 강력한 전자기파를



〈그림 1〉 EMP탄의 개요와 위협에 대한 피해범위

방출, 단시간에 모든 전자기기를 마비시켜서 적의 통신 및 지휘통제를 무력화시키는 최첨단 기술의 폭탄으로 미래전의 주요무기로 평가받고 있다. 〈그림 1〉은 EMP탄의 개요와 위협에 대한 피해범위를 보여주고 있다. 그 효과로는 전기 차단뿐만 아니라 비행기, 자동차, 배, 무전기, 핸드폰, 노트북, 컴퓨터, 형광등, 시계 등 모든 전자기기의 핵심 칩을 마비 및 훼손시킨다.

또한 우리나라 전역의 전력망과 기반시설이 파괴 및 마비되며, 통신은 물론 교통, 금융과 물과 음식을 공급하는 시스템 모두가 일시에 작동을 멈추게 된다. 이것은

재래식 핵무기의 지상 폭발 파괴력을 증가하는 것으로 그러한 치명적인 대재앙으로 복구가 불가능하다. 과거 미국이 일본과의 태평양 전쟁 당시 히로시마에 떨어뜨린 핵 폭탄과도 같은 아주 어마어마한 무기이며, 다른 점은 그 대상이 사람이 아닌 모든 전자기기로 폭발과 함께 강력한 전자기파를 방출해 적의 모든 전자장비를 무력화하거나 파괴하는 무기다. 적의 지휘통제 체계는 물론 방공망, 전산실센터 국가전산망 등이 순식간에 마비된다.

앞으로 현대사회는 전자 장비 부품들이 대부분 소형화, 집적화되어 가고 있는 추세이기 때문에 EMP에 매우 취약하고, 통신망, 전력망 등 군사 및 사회 기반 시설의 전자 장비에 대한 의존도가 높아지고 있어 EMP 공격이 발생했을 시 국가 안전 위협은 물론이고 국가 시스템 전반에 걸쳐 엄청난 피해와 혼란이 야기된다.

EMP폭탄은 고도 30킬로미터 이상 대기권 외부에서

현대사회는 전자 장비 부품들이 소형화 집적화되고 있으며, EMP에 매우 취약하여 EMP 공격에 따른 국가 안전 위협은 물론 국가 시스템 전반에 엄청난 피해와 혼란 야기



〈그림 2〉 EMP탄 폭발로 추락하는 헬리콥터 장면



〈그림 3〉 “3 days”에서 EMP탄을 설명하는 장면

폭발하기 때문에 지구 표면에 핵 폭발과 방사능으로 인한 피해는 없다. 하지만 강력한 전자기파가 삼시간에 퍼져 공격 목표지역의 GPS 수신마비와 전자기 장비를

모조리 불태워 버린다. 전력공급이 중단되면 단 몇분만에 암흑천지로 변모한다. 만약 미국 대륙 중심 상공 4백 킬로미터에서 EMP 탄이 폭발된다면 미국 전역의 전력망이 파괴될 만큼 위력적이다. 남한을 겨냥한 공격이 이뤄질 경우엔 더 막대한 피해가 예상된다.

일반 EMP폭탄과 달리 슈퍼 EMP 폭탄은 특별 군사 장비처럼 방어장치 시스템도 파괴할 수 있을만큼 강력하다. 슈퍼 EMP 폭탄은 냉전 말기 러시아가 핵전쟁에서 승리하기 위해 개발했다. 이러한 EMP의 위험성을 반영하듯, 미국영화 상에도 EMP탄이 나오는데, 〈그림 2〉는 영화 Broken Arrow에서 EMP탄과 EMP 공격으로 추락하는 헬리콥터의 한 장면이다.

우리나라에서도 현재 SBS에서 방영 중인 드라마 “3 days”에서도 EMP탄에 대한 위협의 내용을 주제로 다수 언급되었다. 전용 별장으로 휴가를 떠난 대통령이 실종되어 사라진 대통령을 찾아 사건을 추적하는 경호원과 대통령의 긴박한 내용을 그린 드라마로 드라마 상

EMP 공격에 대한 피해 최소화 및 군사시설 및 민간 주요 기간산업 시설의 EMP 방호가 시급

에서 대통령 암살을 모의한 범인들은 EMP탄을 사용하여 전용 별장내의 전기뿐만 아니라 모든 전자기기를 마비시킨 후 경호원들이 혼란한 틈을 타 대통령 저격을 시도한다. 〈그림 3〉은 “3 days”에서 EMP탄을 설명하는 장면이다.

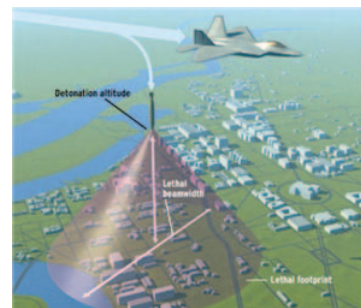
이렇듯, EMP탄은 더 이상 SF영화나 소설에서 존재하는 가상의 무기가 아니라 드라마 상에서도 언급될 만큼 관련 기술이 개발되어 북한이나 테러범들이 선제공격이나 테러 목적으로 사용하기에 이르렀다. 따라서 EMP 공격에 대한 피해를 최소화하기 위해 군사시설 뿐만 아니라 민간의 주요 기간산업 시설의 EMP 방호가 시급한 실정이다.

2.2 EMP 위험 피해사례

EMP 피해사례는 〈그림 4~7〉에서 보여주듯이 미국은 1962년 7월 9일 태평양 Johnston섬 상공에서 TNT 140만톤의 위력을 가진 핵실험을 통해 TNT 140만톤의 위력이면 세계 제 2차 대전 당시 히로시마에



〈그림 4〉 미국의 스타피쉬 핵실험의 EMP 피해



〈그림 5〉 이라크전에 사용된 EMP탄



〈그림 6〉 항공기 추락



〈그림 7〉 연평도 대포병 레이더 장애

투하한 원자폭탄의 약 2800배 정도의 위력이다. 하지만, 미 해군이 예상한 결과를 벗어난 원인 불명의 현상이 일어났다. 폭발 장소에서 약 800 km 떨어진 장소에 있던 관측 장비는 모두 터져 버리고, 1300 km나 떨어진 곳에 위치한 미군전자통신 감시지휘시스템이 망가졌다.

섬에서 1500 km 떨어진 하와이의 신호등, 라디오, 텔레비전, 전기안전 휴즈 등 전자기계와 관련된 모든 제품이 일제히 고장 나 많은 피해를 입었다고 한다.

2003년 3월 26일, 이라크전에서 미연합군이 EMP탄의 한 종류인 고출력 극초단파(High-Power Microwave)탄을 이라크 TV 방송국 공격에 사용한 것으로 알려졌다. 이 EMP탄은 폭발과 함께 1초 내에 20억 와트(W)의 전력을 발산해 반경 1 km 내의 모든 전자 장비를 파괴하였다.

1967년 7월 29일, 미 항공모함 Forrestal호에 탑재된 전투기에서 항공모함 레이더 신호에 의해 유도탄 작동회로가 오동작하여 미사일이 발사됨으로서 130여 명이 사망, 항공기 추락 전투기 비행 중 전파송신소 밀

집지역 통과 시 전파송신소의 강한전파로 인해 조정시스템 오동작으로 막대한 재산 손실을 입혔다.

2010년 11월 23일, 연평도 포격전 당시 우리 군의 레이더를 무력화시키는 전법을 구사하였으며, 북한군의 강력한 방해 전파 교란으로 인해 대포병 레이더가 정상적으로 작동하지 못한 것으로 알려졌다.

Ⅲ. EMP 방호시설 평가방법

3.1 차폐효과 시험

차폐효과 SE(shielding effectiveness)는 EMP 방호벽의 차폐효과도를 측정하는 시험으로 EMP방호벽 외부에서 전자파를 방사하고 방호벽 내부에서 감쇠 정도를 측정하는 시험이다. 방호시설에 대한 차폐효과와 개구부에 대한 EMP 방어를 목적으로 하는 고정용과 이동용 시설로 구분하여 측정한다. 전기자기 방호벽 및 개구부 POE(Point Of Entry)에 대해 차폐효과를 측정하기 위

차폐효과 SE(Shield Effectiveness)는 EMP 방호벽의 차폐효과도를 측정하는 시험으로 EMP 방호벽 외부에서 전자파를 방사하고, 방호벽 내부에서 감쇠 정도를 측정하는 시험

해 밀 규격 MIL-STD-188-125-1&2 표준에 따른 평가 방법으로 EMP 방호시설 및 서비스 시스템의 승인 시험을 위해 사용한다. 따라서 시설 건축 후 수리 및 새로운 POE 방호장치의 설치에 대한 승인시험에도 사용한다.

3.1.1 차폐효과도

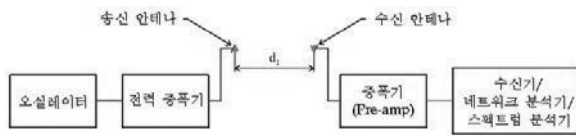
시험주파수의 전자파를 송신안테나로부터 EMP방호벽에 방사하고 방호벽 반대편에서 수신된 신호와 EMP방호벽이 없는 상태에서 측정한 교정신호의 비를 차폐효과도라 하며 차폐효과는 주파수에 따라 값이 달라지며 상대적인 값으로 데시벨(dB)로 표현한다.

$$SE = 20\log(Vc/Vm) \text{ [dB]}$$

Vc : 전자파 차폐 방호벽이 없는 상태에서의 측정량

Vm : 전자파 차폐 방호벽이 있는 상태에서의 측정량

3.1.3.1 전자파 차폐 방호벽이 없는 상태에서의 측정 모든 시험 주파수와 수직 및 수평 편파에 대해 아래



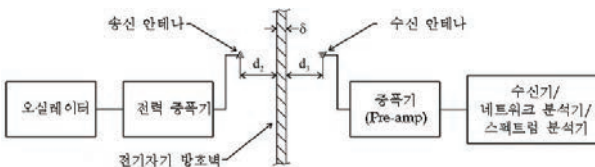
〈그림 8〉 측정 구성도

〈그림 8〉과 같이 수행되어야 한다. 송신 및 수신 자기 루프 안테나는 서로 같은 평면이어야 하며, 그 평면의 중심간 거리는 고정시설의 경우 3.05 m, 이동시설의 경우 2.5 m이어야 한다. 송신 및 수신 바이코니컬 및 로그 피어리드 안테나의 다이폴은 서로 평행하여야 하며, 안테나 사이의 거리는 고정시설의 경우 3.05 (± 0.05) m, 이동시설의 경우 2.5 (± 0.05) m이어야 한다.

측정 동안 어떠한 기기 또는 전기자기 반사체(그라운드 제외)도 안테나 간 거리의 3배 이내의 영역에 있지 말아야 하며, 안테나는 그라운드로부터 1.5~2 m 높이어야 한다.

계측 시스템의 동특성 범위(DR: dynamic range)는 측정 시스템의 정상 동작 상태에서 모든 시험 주파수와 안테나 편파의 수신량(V_c)을 측정하고, 전력 증폭기가 꺼진 상태에서 계측기 노이즈 수신량(V_n)을 측정한다. 이 두 개의 량으로 아래와 같이 시스템의 동특성 범위를 구할 수 있으며, 그 값은 각각의 시험 주파수에서 차폐효과 한계값보다 20 dB 이상이어야 하며, DR 계산식은 $DR = 20 \log(V_c/V_n)$ 이다.

3.1.3.2 전기자기 차폐 방호벽이 있는 상태에서의 측정 기기 구성은 〈그림 9〉와 같이 두 안테나 사이에 전기



〈그림 9〉 측정 시험 구성도

자기 차폐 방호벽이 존재한다. 일반적으로, 송신 안테나와 시험영역 표면까지의 거리는 고정시설의 경우 2.05 m, 이동시설의 경우 1.5 m에서 전기자기 방호벽 두께(δ)를 뺀 값이며, 고정시설과 이동시설 모두 수신 안테나와 시험영역 표면까지의 거리는 1.0 m로 한다.

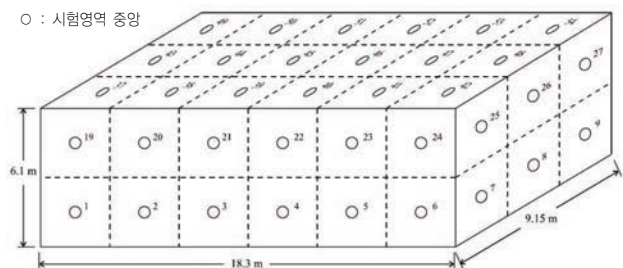
물리적인 방해요소로 인해 각각의 거리를 유지하기 어려울 경우 고정시설은 3.05 m, 이동시설은 2.5 m의 송수신 안테나 간 거리를 유지하는 범위 내에서 각각 ± 0.5 m씩 이동할 수 있으며(단, 시험영역 표면과 가장 가까운 안테나 거리는 시험영역 표면으로부터 0.3 m 이상 유지), 시험영역의 중앙 또는 시험지점도 이동될 수 있다.

3.1.2 시험영역 및 시험지점

각 시험영역(또는 시험지점)의 중앙을 관통하는 측정 축을 따라 전기자기 방호벽의 한 쪽에 송신안테나를 두고, 방호벽의 반대쪽에 수신안테나를 두어 주파수에 따른 전기자기파를 송신하여 수신안테나에 수신된 데이터를 기록한다. 이 때, 10 kHz~20 MHz까지는 자기장 차폐효과를 측정하고, 20 MHz~1 GHz까지는 공진/평면파 차폐효과를 측정한다.

시험영역은 〈그림 10〉과 같이 전기자기 방호벽의 전체 표면(방호벽의 양쪽면이 모두 접근 가능할 경우 바닥 포함)을 고정시설의 경우 3.05 m × 3.05 m 이하, 이동시설의 경우 2.5 m × 2.5 m 이하로 시험영역을 나누어야 한다. 각 시험영역에 대해 차폐효과 측정은 송신안

차폐효과도는 시험 주파수의 전자파를 송신안테나로부터 EMP 방호벽에 방사하고 방호벽 반대편에서 수신된 신호와 EMP 방호벽이 없는 상태에서 측정된 교정 신호의 비로 dB표현한다.



〈그림 10〉 시험 영역의 설정도

테나와 수신안테나 사이의 가상선을 실드 표면에 수직 이고, 시험영역의 중앙을 관통해야 한다.

시험지점은 모든 건축적, 기계적, 전기적 POE들이 시험 지점으로 선정되어야 하고 시험지점의 측정축은 실드 문, 기기용 전원 및 통신 단자함, 환기구, 관통 파이프 및 전선관의 중앙에서 실드 표면에 수직이어야 한다.

3.1.2 시험 주파수

밀 규격에서 시험 주파수는 각 데케이드(decade) 범위에서 주파수대역별로 아래와 같이 380개의 주파수를 측정 샘플링하여 수행한다.

- 10 kHz ~ 100 kHz : 20 개 시험 주파수
- 100 kHz ~ 1 MHz : 20 개 시험 주파수
- 1 MHz ~ 10 MHz : 40 개 시험 주파수
- 10 MHz ~ 100 MHz : 150 개 시험 주파수
- 100 MHz ~ 1 GHz : 150 개 시험 주파수

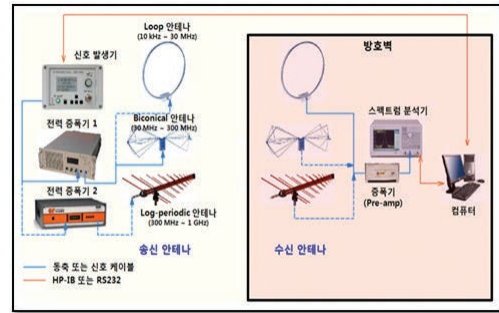
3.1.3 안테나 위치 및 방향

차폐효과 측정을 위해 안테나의 위치 및 방향은 시설 외부에 전자파를 발생시키는 송신안테나를 설치하고 시설 내부에 침투되는 전자파 양을 측정하기 위한 수신안테나를 배치하여 시험하도록 차폐효과 시험 관련규격들은 규정하고 있다.

송신안테나는 시험영역(시험지점)의 중앙을 통과하는 측정축 상에 위치시킨다. 수신안테나는 전자파방호벽 반대편의 측정축 상에 위치시킨다. 시험주파수를 단계별로 증가시키며 자기 루프 안테나 평면은 시험영역에 수직이어야 하며, 방호벽의 틈과 평행하여야 한다. 바이코니컬 및 로그 피어리어드 안테나의 다이폴 방향은 시험 영역에 평행하여야 하며, 또한 방호벽의 틈과도 평행하여야 한다.

3.1.4 시험 배치 및 절차

각 시험영역이나 시험점, 시험주파수, 안테나 편파에



〈그림 11〉 시험 배치 구성도

서의 차폐효과 시험배치는 〈그림 11〉과 같이 장비를 설치하여 측정한다. 측정절차와 교정절차의 장비, 안테나, 선로, 장비설정은 동일해야 한다.

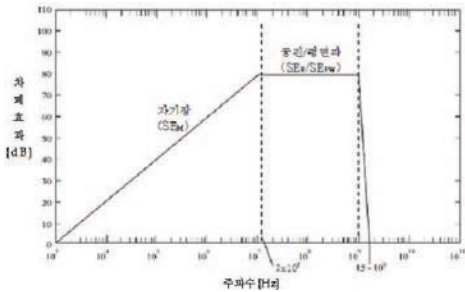
송신 안테나는 시험영역의 중심을 통과하는 측정축 상에 위치해야 하며 일반적으로 EMP 방호벽 외부에 위치한다. 수신안테나는 일반적으로 EMP 방호벽 안쪽에 놓이며, 시험영역의 중심을 통과하는 측정축 상에 위치해야 한다. 자기장을 측정 할 때에는 송신 및 수신 바이코니컬 안테나와 대수주기 안테나의 다이폴은 서로 평행해야 한다. 장비를 배치할 때, 루프안테나의 경우 루프의 중심을 거리측정의 기준점으로 정하며, 바이코니컬안테나와 대수주기 안테나는 급전점을 거리 측정의 기준점으로 정한다.

장비를 배치할 때, 루프안테나의 경우 루프의 중심을 거리 측정의 기준점으로 정하며, 바이코니컬 안테나와 대수주기 안테나는 급전점을 거리측정의 기준점으로 정한다.

3.1.5 시험 결과 평가

차폐효과의 합부 판정은 주파수에 대한 한계값 그래프를 기준으로 하며, 다음의 두 가지 요구조건을 모두 만족해야 한다.

- 1) 3개 또는 그이상의 연속된 시험주파수에 대해 차폐효과가 기준치(한계 값)보다 그래프 아래에 측정되지 않아야 한다.
- 2) 각 주파수 구간의 데케이드(decade)에서 그 시험 주파수 개수의 10 %이하의 시험주파수에 대해서만 차폐효과도가 기준치보다 낮아야 한다. 주파수가 10배씩 증가하는 각 시험주파수 범위에서



〈그림 12〉 차폐효과 한계값 기준치

시험주파수 개수의 10%에 해당하는 주파수개수만큼은 차폐효과도 하지 못해도 허용된다.

- 가장 차폐효과 요구기준
 $SE_M = 20 \log f - 60$
 (10 kHz ~ 10

MHz)

= 80 (10 MHz ~ 20 MHz)

- 공진/평면파 차폐효과 요구기준

$SE_R = SE_{PW} = 80$ (20 MHz ~ 1 GHz)

〈그림 12〉는 차폐효과 성능요구기준을 그래프로 나타낸 것이다.

3.2 펄스전류 주입시험(PCI: pulsed current injection)

펄스전류 주입시험은 관통도체에 적용된 개구부POE 방호장치의 성능을 측정하는 시험으로 EMP 방호벽 밖의 관통 도체에, EMP로 발생가능한 과도 스트레스를 인가하고, 방호벽 안의 잔류 스트레스를 측정한다. 주요 임무를 수행하는 고정 시설의 HEMP 방어를 목적으로 설치된 전기적 POE 방어장치에 대해 펄스전류 주입을 위한 MIL-STD-188-125-1 표준에 따라 EMP 방호 서브시스템의 승인 시험 및 시설의 완성 후 내부기기의 동작 상태에서 전기적 POE 방어 장치의 검증 시험을 위해 사용된다.

PCI 승인시험에서는 POE 보호장치가 방호시설에 설치된 후에 수행되지만, 방호시설 내부기기가 연결될 필요는 없으며, 전기자기 방호벽도 완성되어 있을 필요는 없다. 단, 미완성된 방호벽 상태에서 시험 수행 시,

전도성 시험에 대한 전류주입 레벨은 <표 1>과 <표 2>의 조건으로 시험 지점인 각 전기적 POE의 외부 인입부에 전류 파형을 주입한다.

3.2.1 전류 주입 레벨

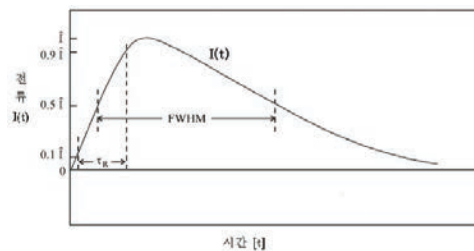
전도성 시험에 대한 전류주입 레벨은 <표 1>, <표 2>와 같은 조건으로 시험 지점인 각 전기적 POE의 외부 인입부에 전류 파형을 주입한다.

여기서, \hat{I} = 최대 전류

KDE, $\alpha, \beta = \tau R$ 과 FWHM의 함수

- ※ τ_R : 최대 전류의 10 %에서 90 %까지 상승하는데 걸리는 시간(상승 시간)
- ※ FWHM(Full-Width at Half-Maximum amplitude) : 최대 전류의 50%에 해당하는 지점 간의 시간 (펄스폭)

〈표 1〉 전기적 POE에서의 최대 주입 전류



$I(t) = K_{DE} \hat{I}(e^{-\beta t} - e^{-\alpha t})$

〈표 2〉 전기적 POE 종류별 최대 주입 전류

시험 대상	주입 전류 형태	주입 전류		
		최대 전류 (1선당)	상승 시간	펄스폭 (FWHM)
전원선 필터	Short pulse	2500 A	~ 20 ns	500 ~ 550 ns
	Intermediate pulse	250 A	~ 1.5 μs	3 ~ 5 ms
통신선 필터	Short pulse	5000/선수	~ 20 ns	500 ~ 550 ns
	Intermediate pulse	250 A	~ 1.5 μs	3 ~ 5 ms
RF선 필터	Short pulse	5000 A	~ 20 ns	500 ~ 550 ns
	Charge line pulse	I_{threat}^*	5 ns	다양함

3.2.2 전류 주입 방법

3.2.2.1 전기적 POE에서의 전류 주입

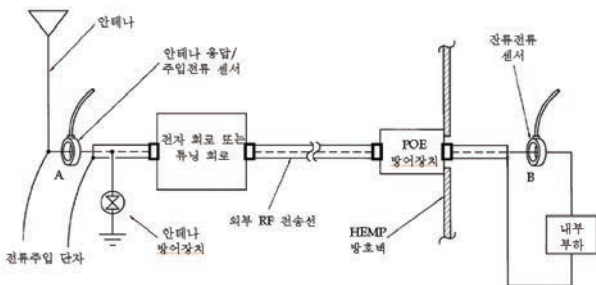
POE 방어장치 및 내부기기의 손상을 최소화하기 위해 다음과 같이 전류 크기를 <표 1>의 최대 전류까지 증가시키면서 적용하여야 한다.

- 1) 최대 전류의 10 % 미만인 전류와 POE 방어장치 내부 비선형 소자 동작전압에서의 전류 중 더 큰 전류를 최소 시험전류로 한다.
- 2) 전류의 크기를 대략 두 배수로 증가시켜가며 최대 전류까지 주입 시험한다. 최대 주입 전류의 110 %를 넘지 말아야 한다.

3.2.2.2 RF 안테나선 POE에서의 전류 주입

안테나 단자지점(A)에서 전류를 주입하며, 방호벽 외부에 튜닝회로가 있는 안테나의 경우 최소 동작주파수, 중대역 동작주파수, 최대 동작주파수에서 시험된다. RF 안테나선 쉴드 시험은 단펄스 발생기를 사용하고, RF 안테나선 내부도체 시험에서는 주입 주파수가 30 MHz 이하인 경우 단펄스 발생기를 사용하고, 30 MHz를 초과하는 경우는 충전선 펄스 발생기(Charge line pulser)를 사용한다.

이 때, 충전선의 길이는 주입 주파수의 1/4 파장의 길이를 가져야 하며, 충전선 펄스 발생기의 전류 용량이 부족할 경우 단펄스 발생기를 사용하여야 한다. 최대 주입 전류는 충전선 펄스 발생기의 단락전류가 커플링 측정 시 측정된 최대 전류값의 2 배가 되는 전류이



<그림 13> PCI 시험의 구성도

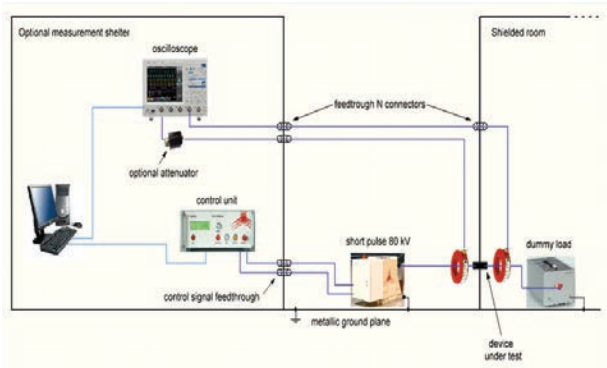
며, 이 최대 주입 전류의 대략 10 %, 25 %, 50 %, 100 %의 순서로 주입하여 시험한다. 최대 잔류 전류가 최대 주입 전류에서 나타나지 않을 수도 있으므로 추가적인 전류 주입이 요구될 수 있다. <그림 13>은 PCI 시험 구성도의 예시를 보여주고 있다.

3.2.3 시험 절차

펄스전류 주입 시험은 다음과 같은 순서로 수행한다.

- 1) 펄스 발생기와 데이터 기록 시스템을 설치하고 교정(calibration)을 수행한다.
- 2) 시험선의 전원을 끄고 센서를 설치한다.(검증시험 시는 센서 설치 후 시험선의 전원을 인가한다.)
- 3) 신호-노이즈 비를 만족하는지 확인하기 위해 데이터 기록 시스템의 노이즈를 점검한다.
- 4) 시험 구성 및 내부기기 상태 등을 확인한다.
- 5) 펄스 전류를 시험선에 주입한다.
- 6) 측정지점의 그래프 또는 값을 기록한다.(검증시험 시는 내부기기의 동작 상태 결과도 기록한다.)
- 7) 측정값과 잔류전류 한계값을 비교하여 만족하지 못하면, POE 방어장치를 수리 또는 교체하여 재시험한다.
- 8) 최소 전류주입 레벨부터 최대 전류주입 레벨까지 높여가면서 5)~7)의 단계를 반복한다.(검증시험 시는 내부기기의 동작상태 또는 모드별로 추가 반복한다.)
- 9) 시험선의 전원을 끄고 펄스발생기의 출력 연결 및 센서를 제거한다.
- 10) 서지 어레스터가 설치되어 있으면, 이를 분리하여 dc 1 mA에서의 전압(금속 산화물 바리스터의 경우), 또는 dc 절연파괴 전압(스파크 갭의 경우)을 측정한다. 측정값이 서지 어레스터 사양을 만족하지 못하면 수리 또는 교체하여 재시험한다.
- 11) 다른 시험선에서 2)~10)의 단계를 반복한다.

PCI 시험에서 펄스 발생기의 출력은 시험선에 직접 결합 또는 용량성이나 유도성 결합될 수 있으며, 외부 및 내부 전류 센서는 POE 방어 장치 단자로부터 15cm 이내에 위치



〈그림 14〉 PCI시험 배치도

3.2.4 시험 배치

PCI 시험을 위한 시험 배치 및 전형적인 데이터 기록 시스템은 〈그림 14〉는 PCI시험 배치도 같다. 펄스 발생기의 출력은 시험선에 직접 결합 또는 용량성이나 유도성 결합이 될 수 있으며, 외부 및 내부 전류 센서는 POE 방어장치 단자로부터 15 cm 이내에 위치되어야 한다. 승인 시험 시에는 외부 부하가 없고 개방되어지며, 내부 부하는 저항으로 구성되어야 한다. 검증 시험 시에는 외부 부하가 실제 기기 또는 등가 부하 임피던스로 되어 시험선에 전원을 인가하거나, 실제적인 동작 또는 모의 동작을 수행하여야 한다.

단, 전압이 600 Vac, 600 Vdc를 초과하는 경우에는 안전을 위해 전원을 차단한 상태로 시험한다. 또한, 외부의 실제 기기가 시험 전류를 견딜 수 없을 경우 임시 보호 장치나 절연 장치를 사용할 수 있고, 그렇지 않으면 실제 기기 대신 등가 부하를 사용할 수도 있다. 검증 시험 시, 내부 부하는 실제 기기가 되어야 한다.

3.2.5 시험 결과 평가

시험 평가에 대한 내부응답 합격 불합격 기준은 모든 단 펄스 인가 수준에서 〈표 3〉에서 최대 허용기준을 초과하지 않아야 한다.

잔류전류에 대한 시험평가 POE 방어장치는 다음 두 가지 조건을 모두 만족하여야 한다.

첫째는 모든 단펄스 주입전류에 있어서 측정된 내부

〈표 3〉 전기적 POE 최대 잔류전류 한계 값

시험 대상	주입 전류 형태	잔류 전류		
		최대 전류	최대 상승률	Root Action
전원선 필터	Short pulse	~ 10 A	~ 10 MA/s	~ 160 mA/√s
	Intermediate pulse	손상 또는 성능저하가 없을 것		
통신선 필터	Short pulse	~ 0.1 A	~ 10 MA/s	~ 1.6 mA/√s
	Intermediate pulse	손상 또는 성능저하가 없을 것		
RF선 필터	Short pulse	~ 0.1 A	~ 10 MA/s	~ 1.6 mA/√s
	Charge line pulse	~ 0.1 A	~ 10 MA/s	~ 1.6 mA/√s

잔류전류가 〈표 3, 4〉의 최대 잔류전류 한계값을 초과하지 않아야 한다. 검증시험 시 측정값이 동작신호 및 노이즈 신호와 구별되지 않는다면, 승인시험처럼 시험선의 전원을 끈 상태로 시험하여 판정한다.

두 번째는 POE 방어 장치 시험 후 물리적 검사, 서지 어레스터가 설치된 경우 DC 1 mA 전류에서의 전압(금속 산화물 바리스터의 경우) 또는 DC 절연과파 전압(스파크 갭의 경우)의 측정, 그리고 잔류전류 데이터 분석을 통하여 방어 장치에 손상 또는 성능저하가 없어야 한다.

3.3 연속파투입 시험(CWI: continuous wave immersion)

연속파투입 시험은 대상 시설에 연속 전자기 평면파를 조사하여 EMP 방호벽과 케이블, 전선관 등 관심대상에 유기되는 전자파응답을 측정하는 시험으로, EMP 방어를 목적으로 하는 시설의 전자기기 방호벽 및 POE에 대해 연속파 투입을 위한 MIL-STD-188-125-1 표준에 따라 HEMP 방호 시설의 건축 후 검증 시험을 위해 사용된다.

연속파투입 시험은 HEMP 방호 시설이 완성된 후 수행되는 검증 시험의 한 요소이며, 100 kHz ~ 1 GHz 주파수 범위의 연속파를 전자기기 장비의 외부 표면에 방사하여 실드와 POE의 결합 여부 확인 및 HEMP 방어 정도를 평가하기 위해 그 방호 구역 내부

연속파 투입 시험(CWI)은 대상 시설에 연속 전자기 평면파를 조사하여 EMP 방호벽과 케이블, 전선관 등 관심대상에 유기되는 전자파 응답을 측정

를 측정 조사하는 시험이다. 이 때, 방호 시설 및 내부 기기가 모두 설치되어 있고 정상적인 동작을 수행하고 있어야 한다.

3.3.1 시험 기기의 위치

송신 안테나, 기준 센서, 측정 지점의 위치를 선정하기 위해 시험 전 분석이 수행되어야 한다.

- 1) 송신 안테나는 전기자기 방호벽의 모든 영역에 요구되는 방사장의 세기 및 효과적인 커플링을 발생시킬 수 있도록 위치시킨다. 통상적으로, 방호 시설 주변에 3~4 개소 정도가 될 것이며, 물리적 및 측정 감도의 제한 범위 내에서 가능한 방호 시설로부터 멀리 위치시킨다.
- 2) 기준 센서는 송신 안테나의 출력을 모니터하고 방사장의 세기를 파악할 수 있는 장소에 위치시킨다.
- 3) 측정 센서는 방호 구역 내의 전기자기장과 시설 내부 케이블에 유기되는 전류를 전반적으로 파악할 수 있는 위치들로 선정한다.

3.3.2 측정 위치

바닥 면적이 900 m²보다 적은 방호 시설에 대해서는 각각의 송신 안테나 위치에서 전기장 또는 자기장은 최소 5 개소(각 3 방향 성분)를 측정하고, 표면 전류 또는 전하 밀도는 최소 3 개소(각 2 방향 성분)를 측정하며, 전류는 최소 20 개소를 측정한다. 더 큰 시설에 대해서는 총 바닥 면적에 비례하여 측정 위치의 수를 늘려야 한다. 측정 지점은 송신 안테나와 가까운 전기자기 방호벽 표면 쪽으로 방호 구역의 40~50 % 내에 모두 위치되어야 한다.

- 1) 전기자기장의 측정은 방호 구역 내의 전반적인 전기자기장 상태를 나타낼 수 있어야 하며, 통상적으로 자기장 측정이 중요시된다.
- 2) 표면 전류 또는 전하 밀도의 측정은 주로 전기자

기 방호벽의 관통 영역에서 수행되며, 통상적으로 표면 전류 측정이 중요시된다.

- 3) 전류의 측정은 방호 구역 내 케이블들의 전반적인 유기 전류 상태를 나타낼 수 있어야 하며, POE 방어 장치의 관통 케이블, 유기될 가능성이 높은 길이가 긴 내부 케이블, 주요 기기의 입력 케이블에 수행된다.

3.3.3 시험 절차

연속파 투입 시험은 다음과 같은 순서로 수행한다.

- 1) 데이터를 얻기 위한 측정 기기들을 설치하고 교정(calibration)을 수행한다. 측정 시스템의 최소 감도는 -147 dBm 이하이어야 한다.
- 2) 송신 안테나를 설치하고, 기준 센서의 위치를 선정한다.
- 3) 방사장의 세기가 송신 안테나에 가장 가까운 전기자기 장벽 위치의 한 지점에서 다음과 같이 되도록 설정한다.
 - 100 kHz ~ 1 MHz : 최소 0.1 V/m
 - 1 MHz ~ 50 MHz : 최소 1 V/m
 - 50 MHz ~ 100 MHz : 최소 0.1 V/m
 - 100 MHz ~ 1 GHz : 최소 0.01 V/m
- 4) 각각의 측정 채널을 점검하여 연결 노이즈를 확인하고, 센서를 분리하여 그 특성 임피던스에 맞게 센서 케이블을 종단시킨다. 연속파를 방사하여 측정 영역의 주파수에 따른 수신 세기를 조사한 후 측정 위치를 선정한다.
- 5) 선정된 위치에 센서 및 증폭기(preamplifier)를 설치한다.
- 6) 송신 안테나의 전력 증폭기를 끈 상태에서 측정 지점의 주파수에 따른 노이즈 및 동작 신호를 조사하여 이를 제거하기 위한 협대역 필터 및 네트워크 분석기의 스위칭 시간을 선정한다.
- 7) 송신 안테나의 전력 증폭기를 켜 후, 선정된 협대

인접한 다른 시설로 인해 물리적으로 송신 안테나를 이용한 연속 방사가 불가능한 경우, 전기자기 방호벽의 외부 표면에 연속파 전류 주입을 이용하여 시험할 수 있다.

역 필터와 스위프 시간을 사용하여 기준 지점 및 측정 지점을 측정한다.

- 8) 데이터를 살펴보고 필요할 경우 주석을 붙인다.
- 9) 시험 중 동작에 영향을 받는 방호 시설 내부기가 있을 경우, 그 장애 현상 및 시험 조건을 기록한다.
- 10) 그 다음 측정 위치에서 5)~9)의 절차를 반복해서 수행한다.
- 11) 한 송신 안테나 위치에서의 모든 측정이 끝나면, 그 다음 송신 안테나 위치에서 2)~10)의 절차를 반복해서 수행한다.

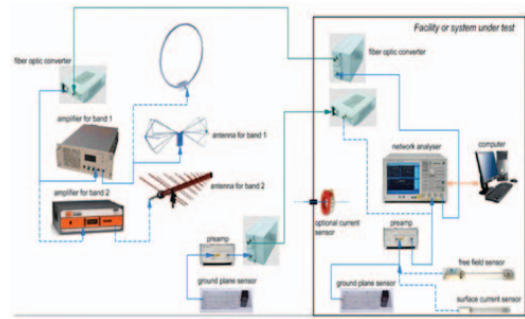
3.3.4 대체 시험 방법

HEMP 방호 시설을 검증할 수 있는 시험 계획 및 상세한 방법, 그리고 신뢰할 수 있는 충분한 측정 시스템을 갖추고 있다면 아래의 대체 시험 방법을 수행할 수 있다.

- 1) 연속파 방사 대신에 광대역 노이즈 또는 반복 펄스 방사와 같은 다른 형태의 방사를 이용하여 시험할 수 있다. 단, 동등한 주파수 및 측정 범위가어야 한다.
- 2) 인접한 다른 시설로 인해 물리적으로 송신 안테나를 이용한 연속파 방사가 어려운 경우, 전기자기 방호벽의 외부 표면에 연속파 전류 주입을 이용하여 시험할 수 있다.
- 3) 시험의뢰자의 동의를 있다면, 차폐효과(SE) 시험과 MIL-HDBK-423 규격에 따른 차폐 누설 감지 시스템(SELDS)을 이용한 시험이 연속파투입 시험을 대체할 수 있다.

3.3.5 시험 배치

네트워크 분석기로부터 연속파 신호가 광케이블을 통해 송신 안테나(수직 모노폴, 수평 다이폴, 로그 피어리어드, 롬빅 및 기타 안테나)로 보내져 증폭되어 방호



〈그림 15〉 CWI 시험 배치도

시설에 방사된다. 기준센서는 송신 안테나와 방호 시설의 위치를 고려하여 비교적 반사가 없는 지역에 위치하여 송신안테나의 출력을 모니터한다. 전기자기 방호벽 내부(필요할 경우 외부 포함)의 측정 지점에서 전기자기장 센서, 표면 전류 또는 전하 밀도 센서, 전류 센서를 통해 그 값을 측정한다. 측정채널에는 증폭기, 광케이블이 사용되며, 기준 및 측정 지점 데이터가 네트워크 분석기에 모니터링하고 기록한다. 〈그림 15〉는 시험배치도를 보여주고 있다.

3.3.6 시험 결과 평가

시험평가에 대한 합격 불합격 기준은 방호 공간 내의 모든 측정에 적용하며, 〈표 3.4〉에 따라 CWI시험평가 요구기준을 만족해야 하며, 특별 방호 공간 내의 측정값은 특별 방호 공간에 대한 설계값을 넘지 말아야 한다.

시험 평가에서 CWI 시험 평가 요구기준을 모두 만족해야 하며, 특별 방호 공간 내의 측정값은 특별 방호 공간에 대한 설계 값을 넘지 말아야 한다.

〈표 4〉 CWI 시험평가 요구기준

구분	요구 조건	내용	내부 측정 센서
내부 자기 유도장	$B_{internal}(\omega) \leq A(\omega) \times B_{limiting}(\omega)$	$B_{internal}$: 내부 측정 자기장 $B_{limiting}$: 외부 방사 자기장	
내부 전기장	$E_{internal}(\omega) \leq A(\omega) \times E_{limiting}(\omega)$	$E_{internal}$: 내부 측정 전기장 $E_{limiting}$: 외부 방사 전기장	
내부 표면전류 밀도	$J_{s, internal}(\omega) \leq \frac{A(\omega)}{H_0} \times J_{s, limiting}(\omega)$	$J_{s, internal}$: 내부 측정 표면전류 밀도	
내부 표면전하 밀도	$Q_{s, internal}(\omega) \leq A(\omega) \times \epsilon_0 \times E_{limiting}(\omega)$	$Q_{s, internal}$: 내부 측정 표면전하 밀도	
내부 전류	최대 전류값 $\frac{1}{2\pi} \int_{f_{min}}^{f_{max}} I_{rms}(\omega) ^2 d\omega \leq 0.1$ 최대 전류 상승률 $\frac{1}{2\pi} \int_{f_{min}}^{f_{max}} I_{rms}(\omega) ^2 \omega d\omega \leq 10^3$	f_1 : 100 kHz, f_2 : 1 GHz $I_{rms} = I_{internal} \times E_{limiting}$ I_{rms} : rms의 최대 복소수	

※ 검색 요구량 $A(\omega) = 1000/f$: 약 5 MHz ~ 10 MHz ※ 100 kHz ~ 약 5 MHz에서는 노이즈 레벨 이상 측정되는 값이 없으면 만족하는 것으로 인정함
 = 1/10000 : 10 MHz ~ 1 GHz

3.3.6.1 내부 전기자기장

계측기의 측정범위(Dynamic range)가 요구되는 감쇄량보다 적은 주파수 대역에서는 노이즈와 동작 신호 레벨 이상으로 측정되는 값이 없으면 만족하는 것으로 하고, 측정범위가 요구되는 감쇄량보다 큰 주파수 대역 (대략 5 MHz ~ 1 GHz 정도)에서는 각 측정 종류별로 다음과 같은 수식을 만족하여야 한다.

주파수에 따라 요구되는 최소 감쇄량 $A(\omega)$ 는

$$A(\omega) = 10^3/f \quad (100 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz})$$

$$= 10^{-4} \quad (10 \text{ MHz} \leq f \leq 1 \text{ GHz})$$

여기서, f = 주파수 [Hz], ω = 각주파수 [s^{-1}] = $2\pi f$

1) 내부 유도 자기장 측정의 경우

$$B_{\text{내부}}(\omega) \leq A(\omega) \times B_{\text{방사}}(\omega)$$

$B_{\text{내부}}(\omega)$ = 전기자기 방호벽 내부의 한 측정지점에서 측정된 자기 유도장 성분[Wb/m²/Hz]

$B_{\text{방사}}(\omega)$ = 송신 안테나와 가장 가까운 전기자기 방호벽 위치에서의 방사된 자기 유도장 성분 [Wb/m²/Hz]

2) 내부 전기장

$$E_{\text{내부}}(\omega) \leq A(\omega) \times E_{\text{방사}}(\omega)$$

$E_{\text{내부}}(\omega)$ = 전기자기 방호벽 내부의 한 측정지점에서 측정된 전기장 성분[V/m/Hz]

$E_{\text{방사}}(\omega)$ = 송신 안테나와 가장 가까운 전기자기 방호벽 위치에서의 방사된 전기장 성분 [V/m/Hz]

3) 내부 표면 전류 밀도

$$J_{S, \text{내부}}(\omega) \leq A(\omega)/\mu_0 \times B_{\text{방사}}(\omega)$$

$J_{S, \text{내부}}(\omega)$ = 전기자기 방호벽 내부의 한 측정지점에서 측정된 표면 전류 밀도[A/m/Hz]

μ_0 = 자유 공간 투자율 = $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]

4) 내부 표면 전하 밀도

$$Q_{S, \text{내부}}(\omega) \leq A(\omega) \times \epsilon_0 \times E_{\text{방사}}(\omega)$$

$Q_{S, \text{내부}}(\omega)$ = 전기자기 방호벽 내부의 한 측정지점에서 측정된 표면 전하 밀도[C/m²/Hz]

$$\epsilon_0 = \text{자유 공간 유전율} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$$

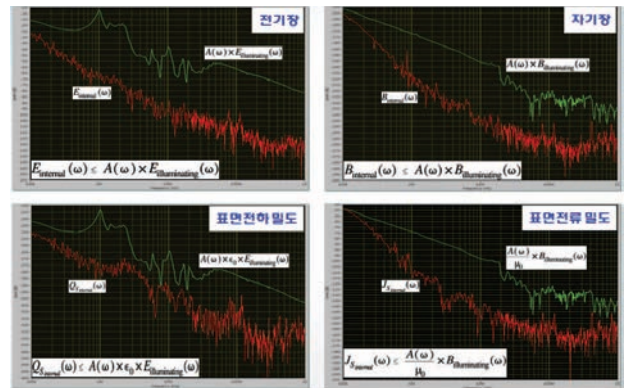
<그림 16>은 내부 자기 유도장, 내부 전기장, 내부 표면 전류 밀도, 내부 표면 전하 밀도에 대한 측정결과로 <표 4>의 요구 성능 기준을 만족하는 전기/자기장 측정 결과 예시를 보여주고 있다.

3.3.6.2 내부 전류

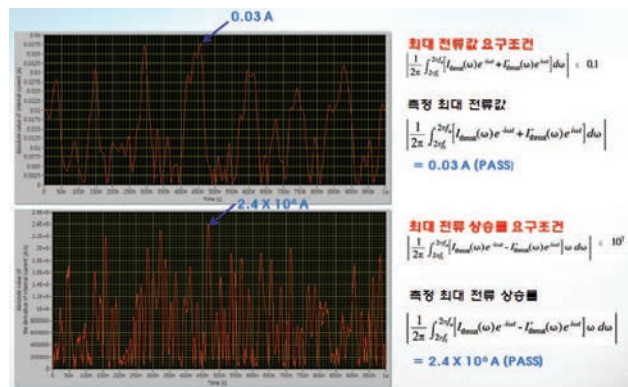
시간에 따른 내부 위협 추정 전류의 최대값이 0.1 A 를 넘지 않고, 최대 상승률이 107 A/s를 넘지 않아야 만족하는 것으로 한다. <그림 17>은 내부전류 요구 성능 기준을 만족하는 측정 결과 예시를 보여주고 있다.

$$\left| \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi f_1}^{2\pi f_2} [I_{\text{위협}}(\omega)e^{-i\omega t} + I_{\text{위협}}^*(\omega)e^{i\omega t}] d\omega \right| \leq 0.1$$

$$\left| \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi f_1}^{2\pi f_2} [I_{\text{위협}}(\omega)e^{-i\omega t} - I_{\text{위협}}^*(\omega)e^{i\omega t}] \omega d\omega \right| \leq 10^7$$



<그림 16> 전기/자기장 측정 결과 예시



<그림 17> 내부전류 측정 결과 예시

f_l = 가장 낮은 연속파 투입 주파수 [Hz]
 f_u = 가장 높은 연속파 투입 주파수 [Hz]
 $I_{\text{위협}}(\omega)$ = 주파수에 따른 내부 위협 추정 전류 [A/Hz]
 $= I_{\text{내부}}(\omega)/E_{\text{방사}}(\omega) \times E_{\text{위협}}(\omega)$ 또는,
 $I_{\text{내부}}(\omega)/B_{\text{방사}}(\omega) \times B_{\text{위협}}(\omega)$
 $I_{\text{내부}}(\omega)$ = 전기자기 방호벽 내부의 한 측정
 지점에서 측정된 전류 [A/Hz]
 $E_{\text{위협}}(\omega)$ = 주파수에 따른 이온 시간 HEMP
 위협 전기장 [V/m/Hz]
 $B_{\text{위협}}(\omega)$ = 주파수에 따른 이온 시간 HEMP
 위협 자기 유도장 [Wb/m²/Hz]
 $I^*_{\text{위협}}(\omega) = I_{\text{위협}}(\omega)$ 의 컬레 복소수 [A/Hz]

IV. 시험측정 결과분석

EMP(high-altitude electromagnetic pulse) 방호에 대한 고정형 지상 및 지하의 방호시설의 임무를 장애 없이 지속 수행할 수 있도록 필요한 최소 방호성능 요구에 따라 세 가지 시험방법과 평가분석을 살펴 보았다.

긴급한 임무를 수행하는 국가 중요 시설에 EMP 방호설비를 할 경우 반드시 적용되어야 하며, 시설은 MIL규격에서 지정한다. 그 밖의 지상 및 지하의 전자통신시설의 EMP 방호를 위해서도 사용을 권장하고 이 기준서는 시설신축과 기존시설 개량에 모두 적용한다.

EMP방호 시설은 EMP 방호 이외의 낙뢰, TEMPEST, 기타 전자과위협에 대해 시설의 요구사항이 있는 경우, 각각의 요구사항을 모두 만족하도록 통합 시공하고 측정하는 것을 권장한다. 시설의 종류와 수용인원 및 장비크기의 운용 목적, 시설형태별 차폐방법 및 구조도, 재료, 장비별 전원 및 신호용 필터 요구 성능, 각종 환기구 및 급배수 등 시설 형태별 EMP방호에 필요한 발주처의 성능요구기준에 따라 측정을 하고 합부를 판정한다.

현재 국내에서도 이에 대한 국방의 특수상황에 의한

EMP 방호 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 국가 주요시설 및 민간시설의 보호에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, EMP 관련 법규 제정 및 국가/민간시설의 기반체계를 보호하기 위해서는 국가 및 민간시설에서의 EMP 방호기준을 정립하기 위한 고출력 전자기파 방호시설에 대한 다음과 같은 연구의 필요성이 요구되고 있다.

첫째, 국내 EMP 방호시설의 경우, 국가규격의 부재로 현재 미국 군사규격만을 적용하고 있으므로, 국가 주요 정보통신시설에 대한 고출력 전자기파 방호시설 설계 및 구축 표준 가이드라인 필요하다.

둘째, EMP 방호시설의 최초 계획단계부터 설계, 시공, 검사 및 유지보수까지 구체적인 기준과 방법이 명확하게 규정되어 있지 않아 고출력 전자기파 방호시설 구축 시 개별적으로 다르게 진행되고 있는 실정이다.

셋째, 국내 EMP 방호시설 구축의 중요성이 증대되고 있는 환경에서 향후 민간시설 구축 차원에서라도 MIL 규격 외 민간규격이 필요하며, 시설의 방호능력을 정확히 평가하기 위한 국내 상황에 맞는 시설의 EMP 방호성능 평가방법 및 절차수립이 필요하다.

EMP관련 법규제정과 국가/민간시설의 기반체계를 보호하기 위한 EMP 방호 기준 정립과 방호시설에 대한 연구의 필요성이 요구된다.

V. 결론

본 연구에서 제시한 측정방법과 관련하여 EMP방호 관련 MIL/IEC 및 국내외 연구/논문자료 등을 참고하여 국내 현 실정에 적합한 EMP 방호기준을 정립하여 제시하고, 국내 기술의 발전과 국산자재 활용 등 불분명한 분야 및 밀 규격으로 제한된 측정방법과 국방 및 민간시설의 기준이 될 수 있는 방호시설 구축 가이드라인과 시험측정 기준이 필요하다. 앞서 이상에서 살펴본 바와 같이 EMP 위협이 증가함에 따라 국가중요 방호 시설에 대한 설계 및 구축의 시급성이 요구되고 있으며, 시험평가에 대한 중요성이 더욱더 인식되고 있다.

특히, 방호시설 구축이 완료된 후 MIL 규격에 따라 국방시설에 적용하여 시험평가를 수행하고 있으나, 실

제 시험평가에 있어서는 일부 제한사항이 있는 실정이다. 국제규격을 바탕으로 국내 현실에 맞는 시험평가 규격이 절실히 요구되고 있으며, 향후 민간시설 EMP 방호에 대한 전력, 통신, 금융 등 중요부분에도 확대될 것으로 예상된다. 민간시설에 적용하기 위한 관련 규정이 본 논문에서 소개한 MIL규격에 따른 차폐효과 및 시험측정 방법이 향후 방호시설 관련 국방/국가기관 및 민간/시공업체에 필요한 자료로 참고가 되길 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] MIL-STD-188-125-1, "High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) protection for ground-based C4I facilities performing critical, time-urgent missions part 1 fixed facilities", Apr. 2005.
- [2] IEC-61000-1-3, "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-3: General - The effects of high-altitude EMP(HEMP) on civil equipment and systems", Jun. 2002.
- [3] MIL-STD-188-124B : Grounding, bonding and shielding for common long haul/tactical communication systems including ground based communications-electronics facilities and equipments
- [4] IEEE-STD-299, "IEEE standard method for measuring the effectiveness of electromagnetic shielding enclosures ", Feb. 2007.
- [5] IEC-61000-4-23, "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-23: Testing and measurement techniques test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances", Oct. 2000.
- [6] EP 1110-3-2 : Electromagnetic pulse(EMP) and TEMPEST protection for facilities.
- [7] Electromagnetic Wave Shielding Effectiveness Measurement Method of EMP Protection Facility



박 우 철

- 1987년 2월 건국대학교 전자공학과 (공학사)
- 1992년 2월 고려대학교 전자통신학과 (공학석사)
- 2011년 2월 아주대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1986년 12월~1994년 2월 Litton 연구소
- 1994년 3월~1996년 8월 AirTouch 연구소
- 1996년 8월~2005년 12월 AirMedia 연구소장
- 2006년 4월~2011년 4월 방위사업청 위성통신 팀장 (서기관)
- 2011년 7월~현재 KTR EMP평가팀 팀장

〈관심분야〉

위성통신시스템, 유/무선이동통신, EMC/EMP



고출력 전자기파 표준 현황 및 동향

I. 개요

전기·전자기술의 비약적 발전과 더불어 이를 기반으로 한 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용하여 현대 사회를 구성하는 많은 시설, 특히 국가 주요 인프라(critical infrastructure)들이 원격으로 제어되거나 자동으로 운용되고 있는 실정이다. 또한 국가행정망을 포함한 전력망, 통신망, 교통망 등 대부분의 국가 주요 인프라는 <그림 1>에서와 같이 상호 긴밀하게 연계되어 운용되고 있는 실정이고, 이러한 상호 연계성은 향후에도 확대·강화될 전망이다. 이와 같이 ICT 기반으로 긴밀한 상호 연계 네트워크가 구축된 상황에서 어느 한 분야에서의 시스템 오동작이나 고장이 발생할 경우 그 피해는 해당 분야뿐만 아니라 다른 분야에도 영향을 주게 되어 상당한 경제적 피해가 발생할 수 있으며, 나아가서 국민들에게도 상당한 불편함이나 심각하게는 인명 피해를 초래할 수도 있다.

국가의 주요 인프라에 심각한 영향을 줄 가능성이 높은 있는 위협 요인 중 하나로 고출력 전자기파(high power electromagnetics)가 있으며, 전력망, 통신망 등 국가 주요 기간 망과 더불어 원자력 발전 시설과 같은 주요 국가 시설에 대해 고출력 전자파에 대한 방호 평가 및 대책기술에 대한 관심과 요구가 높아지고 있는 실정이다.

현재 민수용 주요 시설은 물론 전기·전자 및 통신 장비에 대해 고출력 전자파 내성시험에 대한 요구가 국내외적으로 전혀 이루어지지 않고 있으며, 단지 개별 기기 상호간의 전자파장해 방지를 위해 전자파적합성(EMC) 시험만을 적용하고 있다. 또한 군용 장비에 대해서도 MIL 규격(MIL-STD-461F, MIL-STD-464A 등)에서 민수용 기기보다 엄격한 내성 규격을 적용하고 있으나 여전히 의도성 전자파장해(Intentional Electromagnetic Interference: IEMI)를 포함



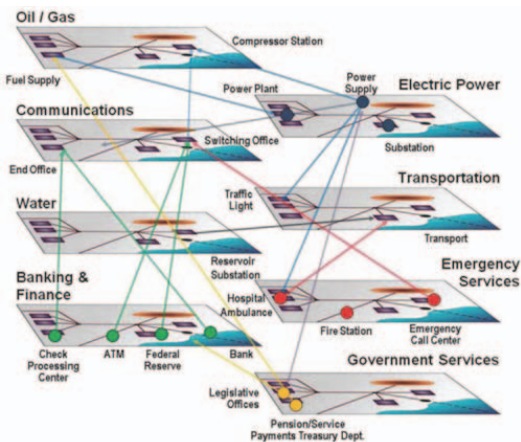
권 종 화
한국전자통신연구원
(ETRI) 전파기술연구부
전자파환경연구실

한 고출력 전자파에 대한 내성은 고려되고 있지 않은 실정이다. 미국, 러시아, 일본, 독일, 영국, 스웨덴, 노르웨이 등 각 국가에서는 HEMP는 물론 HPEM/IEMI에 대한 방호 대책 관련 지침 및 실무 매뉴얼을 가지고 있는 것으로 알려져 있으나 대부분이 각국의 군사 보안과 관련된 부분이 많고, 관련 기술기준 등이 비밀 문서(Classified document)로 분류되어 확인이 불가능한 경우가 많다. 국내에서도 군용 시설과 더불어 민간간의 주요 시설 및 기기에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성을 확보하고 안정적인 인프라 유지를 위한 표준 및 기술기준 제정 등 다양한 노력을 추진하고 있는 것으로 알려져 있다.

본 고에서는 고출력 전자기파 관련 표준 현황 및 동향에 대해 소개하고자 한다.

II. 고출력 전자기파 정의

고출력 전자기파라 함은 고고도 핵 전자기파와 고출력 비핵 전자기파를 총칭하며, 고출력 전자기파 펄스는 강력한 에너지를 가진 순간적인 전자기 충격파로, 전자기기의 오동작 또는 물리적 파괴를 유발하는 것으로 EMP의 종류는 핵 폭발에 의해 발생하는 핵(nuclear)

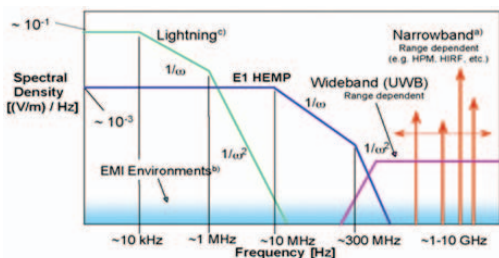


〈그림 1〉 주요 인프라의 상호 연계 운용성 개념도

전자파 펄스(EMP)와 핵 이외의 원인에 의해 발생하는 비핵 (non-nuclear) 전자파 펄스(EMP)로 구분한다. 고고도 핵 전자기파(High Altitude Electromagnetic Pulse: HEMP)는 지상 30 km 이상에서 핵폭발에 의해 생성되는 펄스형 전자기파를, 고출력 비핵 전자기파(High Power Electromagnetics: HPEM)은 정보기기 등을 손상시키거나 오동작을 유발할 수 있는 의도적으로 복사·전도된 전자기파를 각각 의미한다. 일반적으로 HEMP인 경우 고고도 핵폭발 때문에 발생하는 전기장의 세기는 넓은 범위에서 거의 일정(약 50 kV/m)한 반면, IEMI/HPEM의 경우에는 전기장의 세기가 발생원의 출력뿐만 아니라 피해 대상 기기까지의 거리에 의해서도 결정된다. HEMP는 약 500 MHz 이하의 비교적 낮은 주파수대역에서 광대역 특성을 가지는 반면, IEMI/HPEM과 같은 비핵 전자파 펄스의 경우에는 발생원의 형태에 따라 500 MHz 이상에서 협대역 혹은 광대역 특성을 가진다. 〈그림 2〉에서는 고출력 전자기파와 기존 전자파장해(EMI)의 특성을 비교하였다.

III. 표준 현황 및 동향

HEMP를 포함한 핵 전자파펄스(EMP) 관련 표준은 미국 국방부에서 발행하는 표준에 자세히 기술되어 있으며, 미군 표준을 근거로 하여 우리나라를 비롯한 많은 국가에서 자국의 표준 혹은 관련 기술기준을 제정하여 활용하고 있는 것으로 알려져 있다. 민간 부분에서



〈그림 2〉 고출력 전자기파(HEMP/HPEM) 주파수별 특성 비교

고출력 전자기파 표준을 다루는 국제 표준화는 국제전 기기술위원회(IEC)가 대표적이며, IEC에서는 군용 표준과 기존의 전자파적합성(EMC) 표준을 근거로 하여 1980년대부터 고출력 전자기파에 대한 표준을 제정하고 있다. 본 절에서는 고출력 전자기파 표준 현황 및 동향에 대해 기술한다.

3.1 군용 표준

고출력 전자기파 펄스에 대한 기기 및 시스템을 포함한 방호시설의 규격이나 성능 평가와 관련해서는 미국의 MIL 규격이나 유럽의 NATO 규격의 경우 군용 장비 및 시설에 대해 HEMP에 대한 환경 분석이나 방호대책 기술들에 대한 규격이 발행되어 있으나, 최근 문제가 되고 있는 HPEM를 포함한 IEMI에 대한 규격은 미비한 실정이다.

전자파적합성(EMC)를 포함한 고출력 전자기파 펄스 관련 주요 미군 규격은 아래와 같다.

- MIL-STD-188-125-1/2 (1998), HEMP Protection for Ground-based C⁴I Facilities Performing Critical, Time-urgent Missions
- MIL-HDBK-423, High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Fixed and Transportable Ground-based C⁴I Facilities(classified)
- MIL-STD-461F (2007), Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment
- MIL-STD-464C (2010), Electromagnetic Environmental Effects requirements for Systems
- MIL STD 1310H (2009), Shipboard Bonding, Grounding, and Other Techniques for Electromagnetic Compatibility,

Electromagnetic Pulse (EMP) Mitigation, and Safety

- MIL STD 2169B (2012), High Altitude Electromagnetic Pulse Environment

특히, HEMP에 대한 시설에 대한 방호 규격으로 미군에서 사용되고 있는 MIL STD 188 125-1/2 규격은 미국은 물론 우리나라를 비롯한 많은 국가에서 적용하고 있는 규격으로, 방호 시설에 적용되는 설계 기술과 더불어 Shielding Effectiveness, Pulsed Current Injection, 그리고 Continuous Wave Immersion 등 방호 성능에 대한 평가방법과 허용기준 등을 기술하고 있다.

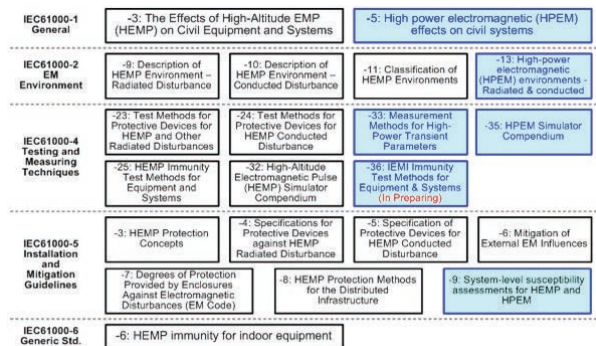
IEC/TC77 산하 SC77C에서 고고도 핵폭발을 비롯하여 인위적인 고출력 과도 현상에 대한 위협으로부터 민수용 기기, 시스템 및 시설을 보호하기 위한 방호 성능평가 및 보호 대책 관련 표준화를 담당

3.2 민간 표준

고출력 전자기파에 의한 민수용 기기 영향 평가 및 방호 대책기술과 관련해서 IEC 산하의 TC77에서 1980년대부터 활발히 진행되어 왔으며 최근 ITU-T 및 IEEE와 같은 국제 표준화 기구에서도 상용 장비 및 시설에 대한 평가 방법 등에 대한 표준을 현재 제정 중이다.

1) IEC 표준

IEC에서 고출력 전자기파에 대한 표준을 담당하는 위원회인 TC77 산하 SC77C에서는 고고도 핵폭발에 의한 전자기장을 포함한 인위적인 고출력 과도 현상에



〈그림 3〉 IEC/TC77에서 발행된 HEMP 및 HPEM 관련 표준

의한 위협으로부터 민수용 기기, 시스템 및 시설을 보호하기 위한 전자파적합성 분야에서의 표준화를 담당한다. IEC에서는 EMC 표준과의 차별화와 더불어 다양한 실험 결과를 기반으로 100 V/m를 초과하는 침투치 전기장을 고출력 전자기파로 정의하고 있다.

1989년부터 HEMP에 대한 민수용 시설 및 전기·전자기기 내성평가 및 보호대책 관련 표준을 제정하여 현재 거의 완료된 상태이며, 1999년 6월부터는 IEMI를 포함한 HPEM에 대한 내성평가 및 보호 관련 국제 표준을 제정하고 있다. IEC에서는 고출력 전자기파 관련 20개의 표준을 발행하였으며 현재 기기 및 시스템에 대해 IEMI 내성평가 방법에 대한 신규 표준(IEC61000-4-36)을 제정 중에 있다. IEC TC77에서 제정한 고출력 전자기파 관련 표준 및 기술보고서는 <그림 3>과 같다.

현재 IEC SC77C에서는 HEMP의 복사성/전도성 방해에 대한 보호장치의 시험방법을 다루는 표준인 IEC61000-4-23과 24를 개정하기 위한 프로젝트가 진행 중이다. IEC61000-4-23 관련 프로젝트에서 기존의 차폐효과 측정방법의 비효율적인 문제점을 해결하기 위해 송신안테나를 차폐실 내부에 위치시키고, 수신안테나를 차폐실 외부에 위치시키는 방법에 대해 논의되고 있으며, IEC61000-4-24 프로젝트에서는 보호소자와 필터가 결합된 형태의 조합형 필터에 대한 측정방법을 표준에 반영하기 위한 논의가 진행 중에 있다. 또한 민수용 기기 및 시스템에 대해 의도성 전자파장해(IEMI) 내성 시험방법에 대한 표준을 신규로 제정하기 위한 프로젝트가 진행 중에 있다.

2) ITU-T 표준

ITU-T SG5에서도 통신시설 및 시스템에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성 확보를 위한 권고서를 IEC 관련 규격을 근거로 마련하여 제공하고 있다. ITU-T에서 제정한 고출력 전자기파 관련 권고서는 <표 1>에 서와 같다.

ITU-T SG5에서도 통신시설 및 시스템에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성을 확보하기 위한 권고서를 IEC의 관련 표준을 근거로 마련하여 제공

ITU-T SG5에서는 2005년부터 HEMP 및 HPEM 등 고출력 전자파펄스 공격에 의한 전기통신시설 및 데이터 센터의 보호 지침을 다루는 권고안을 제정하고 있으며, 전자파 위협 정의, 측정평가 기술 및 방호기술 등에 대해서는 IEC TC77C 표준을 준용하고 있다.

ITU-T K.78 권고서는 고고도 핵 전자기파(HEMP)로 인한 손상 및 파괴로부터 교환, 유·무선 통신 및 신호 전송, 그리고 전력 분배를 위해 통신센터 내에서 사용되는 기기의 보호에 대한 지침을 제공한다. HEMP에 대한 통신센터 내 기기의 내성은 빌딩과 기기 합체의 고유 내성, 서지보호기를 이용한 서지 완화, 빌딩이나 기기에 적용된 전자파 차폐의 조

합에 의해서 결정된다. 본 표준에서는 각 항목에 대한 내성 기여도를 설명하고 내성 시험방법 및 시험 레벨을 정의한다. ITU-T K.81 권고서는 의도성 전자파장해(IEMI)를 포함한 HPEM에 의해 초래되는 위험 레벨에 대해 정의하고, 고출력 전자기파에 대한 통신센터 내 기기 및 시스템의 취약성에 대해 기술한다. 또한, 고출력 전자기파에 의한 위협이 통신시스템에 미치는 영향을 최소화하는 데 사용될 수 있는 물리적인 보안 조치의 마련에 대한 지침을 제시한다. ITU-T K.81에서 고려되는 HPEM 발생원은 IEC 61000-2-13에서 제시하는 정보를 근거로 하였다. 한국정보통신기술협회(TTA)에서는 ITU-T K.78과 K.81 권고서를 근거로 하여 통신시설에 대한 HEMP 및 HPEM 내성 지침 관련 표준을 제정하였다.

<표 1> ITU-T SG5 담당 고출력 전자기파 펄스 관련 권고서

번호	표준명	발행일
ITU-T K.78	High altitude electromagnetic pulse (HEMP) immunity guide or telecommunication centers	2009. 6. 1
ITU-T K.81	High-power electromagnetic (HPEM) immunity guide for telecommunication systems	2009. 11. 1
ITU-T K.84	Test methods and guide against information leaks through unintentional EM emissions	2011. 1. 1



3) 기타 표준

IEEE EMC Society 산하 기술위원회인 TC5(High Power Electromagnetics)에서 모든 전자기기 및 시스템에 대한 모든 형태의 고출력 전자기파에 의한 위협을 다루고 있으며, 현재 IEMI (EM Weapon)으로부터 일반인이 사용하는 컴퓨터 시스템에 대한 방호를 위한 표준(IEEE P1642 - Recommended Practice for Protecting Public Accessible Computer Systems from Intentional EMI)을 제정 중에 있다. IEEE P1642 프로젝트는 미국 내 공공접속 (public access) 이 가능한 컴퓨터 시스템을 운용하는 사업자 및 정부기관에 EM Weapon을 포함한 IEMI에 대한 방호 지침을 제공할 목적으로, 여러 형태 및 종류의 컴퓨터 기기와 관련된 EM 위협 레벨 (EM threat levels), 방호 방법(Protection methods), 모니터링 기술(Monitoring techniques) 및 측정 기술(test techniques) 등에 대한 내용을 다루고 있다.

전력 시설 및 전력망을 다루는 국제 대전력망 기술 협의회 (International Council on Large Electric Systems: CIGRE)에서는 고전압 변전소(high voltage substation) 제어용 전자 장치의 IEMI에 대한 방호대책 관련 프로젝트(WG C4.206 - Protection of the high voltage power network control electronics against IEMI)를 수행하고 있다.

마지막으로 원자력 관련 시설에 대한 전자파 장애를 담당하는 IEC TC45에서도 고출력 전자기파 펄스에 대한 평가 및 방호대책에 대한 표준 제정을 진행 중이다. IEC TC45에서는 IEC 62003의 개요에 IEMI와 HEMP에 대한 내용을 추가하기로 하였으며, 향후 고출력 전자파펄스에 대한 평가 및 방호 대책 기술에 대한 내용을 다룰 예정이다.

IV. 결론

우리가 살고 있는 사회는 현재는 물론, 향후에도 전

기·전자 및 유·무선 방송·통신기기 등이 중요한 역할을 하는 크고 복잡한 시스템에 의존하게 되어있다. 새롭게 개발되고 있는 첨단 전자 회로 기반 기기 및 시스템은 더 낮은 동작 전압과 전류를 사용하고 있으며, 이러한 시스템은 노이즈 마진이 작고 전자파에 민감하게 반응할 가능성이 높아져 적절히 설계되지 않을 경우 EMI는 물론 고출력 전자기파에 취약성이 높을 것이다.

전자파의 이용과 의존도가 높아지고 테러와 같은 전자파를 이용한 위협이 커지는 환경에서도 ICT 기반 사회 시스템 및 주요 인프라의 안정적인 운용을 위해서는 기존의 전자파장애는 물론 다양한 형태의 고출력 전자기파를 고려한 적절한 대응 방안이 마련되어야 한다. 이를 위해서는 고출력 전자파에 대한 정확한 분석과 분석된 결과를 기반으로 주요 시설,

기기 및 시스템의 내성 규격을 마련해야 하고, 이를 정확히 평가할 수 있는 표준화된 측정 및 평가방법 등이 필요하다.

본 고에서 기술한 바와 같이 현대 민수용 기기 및 시스템에 대한 고출력 전자기파 내성 평가 방법에 대한 표준은 IEC를 중심으로 진행 중에 있으며, 전력이나 통신 등에서는 IEC 표준을 근거로 각 분야에 맞도록 제품(군) 표준을 마련 중에 있다.

IT 분야 선진국인 우리나라도 첨단 ICT 기술을 기반으로 제어 및 관리되는 주요 시설 및 인프라들이 많이 있으므로 안전한 사회를 구현하고 주요 인프라를 안정적으로 운영하기 위해 고출력 전자기파를 전자적 침해행위로 포함하고 이에 대한 국가적 대책을 세우고 지속적으로 적용해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 장태헌, "고출력 전자기파 내성 평가 관련 표준화 동향", TTA Journal, Vol. 150, pp. 43-51, 2013.11.
- [2] 정연춘, "전자파 보안 기술 연구 동향", 한국전자파학회 전자파기술, 제20권, 제4호, pp. 43-47, 2009.7.
- [3] 정연춘, "전자파 보안 기술 동향", 한국전자파학회 전자파기



- 술, 제21권, 제1호, pp. 100-113, 2010.1
- [4] Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, April 2008
- [5] 장동원, 최형도, '전자기 펄스 표준화 동향 연구', 정보통신산업진흥원 주간기술동향 통권 1464호, 2010. 9.
- [6] IEC/TR 61000-1-5, Ed.1.0, "Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems," 2004.11.
- [7] IEC Website, www.iec.ch
- [8] Recommendation ITU-T K.78, "High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centers", 2009. 6.
- [9] Recommendation ITU-T K.81, "High-power electromagnetic (HPEM) immunity guide for telecommunication systems", 2009. 11.
- [10] Recommendation ITU-T K.84, "Test methods and guide against information leaks through unintentional EM emissions", 2011. 1.
- [11] TTA, IT-K.81, '고출력 전자기파에 대한 통신시스템 내성 요구 규격', TTA, 2012.
- [12] TTA, IT-K.78, '고고도 핵 전자기파 펄스에 대한 통신센터 내성 요구 규격', TTA, 2012.



권 중 화

- 1994년 2월 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 2월 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 연세대학교 전기전자공학(공학 박사)
- 1999년 1월~현재 한국전자통신연구원
방송통신미디어연구소 전파기술연구부 전자파환경연구실, 실장/책임연구원

〈관심분야〉

SI/PI 및 EMC 대책 기술 및 표준화, 고출력 전자기파 펄스 대책 및 측정기술

통신 분야

[통신]

- 다중 안테나 밀리미터파 시스템에서 피드백 에너지를 절감시키는 하이브리드 빔포밍 기술
노지환, 이충용
- Binary Particle Swarm Optimization 알고리즘 기반 분산 센서 노드 측위
이파 파티하, 신수용
- 다중 무선랜 인터페이스 전송을 위한 결합 방식의 성능 연구
유리스, 황환웅, 윤지훈
- IMT-Advanced 능동위상배열 시스템용 고효율 송수신 모듈 설계 및 구현
이석희, 장홍주

[스위칭 및 라우팅]

- IEEE 802.11s 무선 메쉬 네트워크에서 종단간 대역폭 예약을 위한 멀티 인터페이스 멀티 채널 R-HWMP 라우팅 프로토콜
정희진, 김봉규, 이재용, 김병철

[마이크로파 및 전파전파]

- 급전 기판의 유전상수 및 두께가 개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나의 특성에 미치는 영향
박혜린, 구환모, 김부균

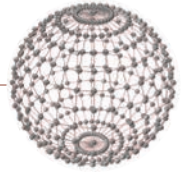
[군사전자]

- VHF 대역 통신 신호에서 TDOA/FDOA 정보 추출을 위한 순차 추정 알고리즘
김동규, 김용희, 박진오, 이문석, 박영미, 김형남

반도체 분야

[반도체재료 및 부품]

- Tri-gate FinFET의 fin 및 소스/드레인 구조 변화에 따른 소자 성능 분석
최성식, 권기원, 김소영
- 두 개의 이득 값을 가지는 전압제어발진기를 이용하여 유효 커패시턴스를 크게 하는 위상고정루프
장희승, 최영식



- 전력소자를 사용한 LED 조명 디밍에 관한 연구
김동식, 채상훈

[SoC 설계]

- 저전력 비동기식 시스템 설계를 위한 혼합형 dual-rail data encoding 방식 제안 및 검증
지화준, 김상만, 박주성
- 3D NoC 구조에서 성능을 고려한 어댑티브 수직 스토리링 기반 동적 열관리 기법
황준선, 한태희
- 양방향으로 동작하는 DC-DC Converter를 이용하는 무선 전력 송수신기 개발
문영진, 유창식
- 공정 코너별 LVCC 마진 특성을 이용한 전력 소모 개선 Voltage Binning 기법
이원준, 한태희

컴퓨터 분야

[유비쿼터스 시스템]

- 스마트워크를 위한 개방형 협업 솔루션 서버 설계
강상욱, 최용수

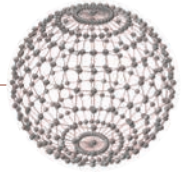
[융합 컴퓨팅]

- Krylov-Schur 순환법을 이용한 3-차원 원통구조 도파관의 고유특성 연구
김영민, 임중수
- 특허분석을 통한 빅 데이터의 시각화 기술 분석
노승민, 최용수

신호처리 분야

[화상처리 및 텔레비전]

- 돌출영역 분할을 위한 대립과정이론 기반의 인공시각집중모델
정기선, 홍창표, 박동선
- 이중 입체영상 카메라의 피사계심도 일치화
최성인, 박순용
- Analytic Network Process 기반의 디스플레이 인지화질 평가
성정민, 최봉석, 최봉열, 하영호
- SVM을 이용한 DCT 기반의 디지털 드롭아웃 검출
송기훈, 류병용, 김재면, 안기욱, 채옥삼
- 표적 적응형 윈도우 기법을 적용한 지뢰 탐지 시스템
김민주, 김성대, 팽경현, 함중현, 한승훈, 이승의



[음향 및 신호처리]

- 천해 배경잡음 환경에 적합한 과도신호의 특징 및 변별력 분석
이재일, 강윤정, 이종현, 이승우, 배진호

시스템 및 제어 분야

[제어계측]

- 산업용 무선센서네트워크 설계와 음향 세척 장치의 음파 검출을 위한 응용
김아연, 한재준, 김동식

[회로 및 시스템]

- 상호 유도 정전하 방식 ITO 센서의 노드별 측정 데이터를 이용한 ITO패턴과 노드 검사 방법
한주동, 문병준, 최경진, 김동한

[의용전자 및 생체공학]

- 님텐도 위를 활용한 흉부 흔들림의 자세 안정성 측정
양주영, 유재하, 김동연, 박준모, 김수찬

산업전자 분야

[신호처리 및 시스템]

- 고속 데이터 전송을 위한 변형 해밍망 설계
권용광

정 보 교 차 로

국·내외에서 개최되는 각종 학술대회/전시회를 소개합니다.
 게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회 정보를 이메일로 보내주시면 게재하겠습니다.
 연락처: edit@theieie.org

>> 2014년 8월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08. 03.-08. 06.	2014 IEEE 57th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)	801 UHilton Hotel and Convention Center, USA	mwcas-2014.org/home.html
08. 03.-08. 06.	2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	Hotel Nikko Tianjin, China	2014.ieee-icma.org/
08. 03.-08. 06.	2014 International Conference on Intelligent Computing (ICIC)	China	http://ic-ic.tongji.edu.cn/2014/index.htm
08. 03.-08. 07.	2014 World Automation Congress (WAC)	Waikoloa Hilton Village Waikoloa, HI, USA	http://www.wacong.org
08. 04.-08. 07.	2014 23rd International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)	Tongji University Jiading, Shanghai, China	www.icccn.org/icccn14/
08. 04.-08. 08.	2014 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)	Hilton Cyprus Hotel Nicosia, Cyprus	iwcmc.org/2014
08. 04.-08. 08.	2014 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC 2014	Raleigh Convention Center, NC, USA	sconnor@ieee.org
08. 05.-08. 08.	2014 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)	TBD, China	icspcc.office@gmail.com
08. 06.-08. 08.	2014 International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS)	Guangzhou Baiyun International Convention Center, China	www.icrms.org.cn
08. 03.-08. 09.	2014 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)	Westin Resort & Casino, Aruba	http://www.iceaa.net/
08. 06.-08. 09.	2014 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)	ITC Grand Chola Hotel, India	ranga@ieee.org
08. 08.-08. 10.	2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference (CGNCC)	Marina Hotel - Yantai, China	gnccsaa.buaa.edu.cn/
08. 08.-08. 10.	2014 International Conference on Control and Information Technology (ICCIT)	HuaQi Holiday Hotel, China	www.ic-cit.org/home.aspx
08. 11.-08. 13.	2014 IEEE Magnetic Recording Conference - TMRC 2014	University of California at Berkeley, CA, USA	cml.me.berkeley.edu/TMRC2014/
08. 11.-08. 13.	2014 IEEE 15th International Symposium on Electrets ISE 15	Johns Hopkins University, USA	www.ise15.org
08. 12.-08. 15.	2014 5th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob)	Palacio das Convenções Anhembi, São Paulo, Brazil	www.biorob2014.org
08. 12.-08. 15.	2014 15th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT)	TBD Chengdu, China	www.icept.org/a/Home/index.html
08. 16.-08. 23.	2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS)	China National Convention Center Beijing, China	r.stone@ieee.org
08. 17.-08. 20.	2014 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)	Convention Center, China	www.asonam2014.org/
08. 17.-08. 20.	2014 International Telecommunications Symposium (ITS)	Rebouças Convention Center, São Paulo, Brazil	www.sbrt.org.br/its2014/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
08. 18.-08. 22.	2014 IEEE 14th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO)	Delta Chelsea, Toronto, ON, Canada	p.famouri@ieee.org
08. 18.-08. 20.	2014 Fifth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)	Swish Hotel, Dalian, China	icicip.dlut.edu.cn/
08. 18.-08. 22.	2014 Power Systems Computation Conference (PSCC)	Wroclaw University of Technology, Poland	www.psc2014.net
08. 19.-08. 20.	2014 International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC)	Vignan University, India	www.icnsc.in
08. 19.-08. 21.	2014 10th International Conference on Natural Computation (ICNC)	Xiamen University, China	icnc-fskd.xmu.edu.cn/
08. 20.-08. 23.	2014 International Conference on Digital Signal Processing (DSP)	Hotel ICON, Hong Kong	www.dsp2014.org
08. 24.-08. 28.	2014 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)	Stockholm Waterfront Congress Centre, Stockholm, Sweden	www.icpr2014.org
08. 24.-08. 29.	2014 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014)	Windsor Barra Hotel, Rio de Janeiro, Brazil	www.inmetro.gov.br/cpem2014
08. 25.-08. 29.	2014 RO-MAN: The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication	Edinburgh Conference Centre at Heriot-Watt University, Edinburgh, United Kingdom	http://rehabilitationrobotics.net/ro-man14/
08. 25.-08. 29.	2014 IEEE 22nd International Requirements Engineering Conference (RE)	Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden	www.re14.org
08. 25.-08. 27.	2014 IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference - Brazil (PCIC Brasil)	Everest Rio Hotel, Rio de Janeiro, Brazil	www.ieee.org.br/pcicbr
08. 25.-08. 30.	2014 8th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (METAMATERIALS)	Technical University of Denmark	congress2014.meiamorphose-vi.org
08. 26.-08. 28.	2014 16th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'14-ECCE Europe)	Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland	www.epe2014.com
08. 26.-08. 29.	2014 11th International Symposium on Wireless Communications Systems (ISWCS)	Hotel Eurohotel Diagonal Port, Barcelona, Spain	www.iswcs2014.org/
08. 26.-08. 30.	2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)	Sheraton Chicago Hotel and Towers, Chicago, IL, USA	http://embc.embs.org/2014/
08. 27.-08. 29.	2014 Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications (ICACC)	Rajagiri School of Engineering and Technology, Cochin, India	www.acc-rajagiri.org/
08. 31.-09. 03.	2014 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)	Beijing International Conference Center, Beijing, China	www.itec2014.com

>> 2014년 9월

09. 01.-09. 05.	2014 22nd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	Lisbon Congress Centre, Lisbon, Portugal	www.eusipco2014.org
09. 01.-09. 04.	2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE	The Swedish Exhibition & Congress Centre, Gothenburg, Sweden	www.emceurope2014.org/
09. 02.-09. 05.	2014 24th International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL)	Technical University of Munich, Germany	www.fpl2014.org
09. 02.-09. 05.	2014 IEEE 25th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)	Capital Hilton, Washington DC, USA	www.ieee-pimrc.org/
09. 02.-09. 05.	2014 XXI International Conference on Electrical Machines (ICEM)	Andel's Berlin Hotel, Berlin, Germany	www.icem2014.de
09. 03.-09. 06.	2014 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)	Hilton Chicago, Chicago, USA	http://ewh.ieee.org/conf/ius_2014/
09. 07.-09. 12.	2014 36th Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD)	Westin La Paloma, Tucson, AZ, USA	www.esda.org
09. 07.-09. 10.	2014 Computing in Cardiology Conference (CinC)	Royal Sonesta Hotel, Cambridge, USA	cinc.org/conferences.shtml

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 07.-09. 10.	2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)	Department of Mathematics and Information Sciences Warsaw University of Technology, Poland	www.fedcsis.org
09. 08.-09. 10.	2014 IEEE Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC)	San Francisco Marriott Hotel, San Francisco, USA	
09. 08.-09. 11.	2014 IEEE 39th Conference on Local Computer Networks (LCN)	Chateau Lacombe Hotel, Edmonton, Canada	www.ieeelcn.org/
09. 08.-09. 12.	2014 IEEE/ACM Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)	TBD, London, United Kingdom	andym@soi.city.ac.uk
09. 08.-09. 11.	2014 IEEE 39th Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops)	Chateau Lacombe Hotel, Edmonton, Canada	www.ieeelcn.org/
09. 08.-09. 11.	2014 IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC)	Westin Hotel, Waltham, USA	www.ieee-hpec.org
09. 14.-09. 19.	OCEANS 2014	St. John's Convention Centre, Canada	doneill@gov.nl.ca
09. 14.-09. 17.	2014 IEEE Custom Integrated Circuits Conference - CICC 2014	DoubleTree Hotel, San Jose, USA	www.ieee-cicc.org
09. 14.-09. 18.	2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)	Pittsburgh Convention Center, Pittsburgh, USA	http://2014.ecceconferences.org/
09. 14.-09. 18.	2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2014)	Palmer House Hilton, Chicago, USA	kmlynch@northwestern.edu
09. 14.-09. 17.	2014 IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC Fall)	The Westin Bayshore, Vancouver, Canada	www.ieeevtc.org/vtc2014fall/
09. 14.-09. 19.	2014 39th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz)	University of Arizona, Tucson, USA	www.irmmw-thz.org
09. 15.-09. 18.	2014 IEEE AUTOTEST	St. Louis Convention Center, USA	dennis.e.hecht@boeing.com
09. 16.-09. 18.	2014 Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC)	Finlandia Hall, Helsinki, Finland	141.30.122.181/home/estc-2014/about-estc/
09. 16.-09. 19.	2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)	Technical University of Catalonia, Barcelona, Spain	www.elfa2014.org
09. 16.-09. 17.	2014 DGON Inertial Sensors and Systems Symposium (ISS)	Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany	iss.ite.kit.edu
09. 18.-09. 20.	2014 Fourth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)	JinGu Hotel, Harbin, China	www.icimc3.com/
09. 21.-09. 24.	2014 16th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)	Ramada Hotel, Antalya, Turkey	www.pemc2014.org/
09. 21.-09. 25.	2014 European Conference on Optical Communication (ECOC)	PALAIS DES FESTIVALS, CANNES, France	www.ecoc2014.org
09. 22.-09. 26.	2014 IEEE International Conference On Cluster Computing (CLUSTER)	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, Spain	mperez@fi.upm.es
09. 22.-09. 26.	ESSDERC 2014 - 44th European Solid State Device Research Conference	Palazzo del Casinó, Venice Lido, Italy	www.essderc2014.org/
09. 23.-09. 25.	2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)	TBD, Singapore	www.icmit2014.org
09. 24.-09. 26.	2014 14th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)	Songdo Convensia, Incheon, Korea (South)	www.iscit2014.org
09. 24.-09. 27.	2014 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)	Galgotias College of Engineering & Technology, Delhi, India	http://icacci-conference.org/
09. 25.-09. 26.	2014 5th International Conference- Confluence The Next Generation Information Technology Summit	Amity University, Noida, India	www.confluence2014.co.in
09. 25.-09. 25.	2014 Rock Stars of Cybersecurity	TBD, Austin, USA	monique.rice@computer.org
09. 28.-10. 02.	INTELEC 2014 - 2014 IEEE International Telecommunications Energy Conference	TBD, Vancouver, Canada	www.intelec.org
09. 28.-09. 30.	2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)	Nigerian Turkish Nile University, Abuja, Nigeria	www.icecco.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
09. 28.-10. 03.	2014 ACM/IEEE 17th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS)	U. Politencica de Valenciad, Valencia, Spain	www.modelsconference.org/
09. 29.-10. 03.	2014 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)	The Fairmont Empress, Victoria, Canada	http://icsme2014.org/
09. 29.-10. 02.	2014 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)	Sheraton Sand Key Resort, Tampa, USA	www.ijcb2014.org
09. 30.-10. 01.	2014 4th International Electric Drives Production Conference (EDPC)	Convention Center Nuremberg, Germany	www.edpc.eu

>> 2014년 10월

10. 01.-10. 03.	2014 52nd Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing (Allerton)	Allerton Park & Retreat Center, Monticello, IL, USA	www.csl.illinois.edu/allerton/
10. 02.-10. 02.	2014 IEEE MetroCon	Arlington Convention Center, Arlington, TX, USA	metrocon.org/
10. 02.-10. 04.	2014 12th International Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE)	11osibirsk State Technical University, 11osibirsk, Russia	apeie.conf.nstu.ru/apeie2014_2
10. 03.-10. 10.	2014 IEEE PES Fall Insulated Conductors Committee Meeting (PES-ICC Fall)	Cheyenne Mountain Resort, Colorado Springs, CO, USA	http://www.pesicc.org
10. 05.-10. 09.	2014 IEEE/AIAA 33rd Digital Avionics Systems Conference (DASC)	Antlers Hilton, Colorado Springs, CO, USA	www.dasconline.org
10. 05.-10. 08.	2014 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics - SMC	TBD, San Diego, CA, USA	www.smc2014.org
10. 05.-10. 09.	2014 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting	Sheraton Vancouver Wall Centre Hotel, Vancouver, BC, Canada	www.ewh.ieee.org/soc/ias/2014/
10. 06.-10. 08.	2014 International Conference on the Internet of Things (IOT)	MIT Media Lab, Cambridge, MA, USA	iot.mit.edu
10. 07.-10. 10.	2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)	Makuhari Messe, Inc, Tokyo, Japan	www.ieee-gcce.org/
10. 08.-10. 10.	2014 IEEE Multi-Conference on Systems and Control (MSC)	Antibes Congress Center, Antibes-Juan Les Pins, France	www.msc2014.org/
10. 09.-10. 10.	2014 IEEE International Conference on Life Sciences Informatics (ICLSI)	San Francisco, CA, USA	b.hoang@ieee.org
10. 10.-10. 11.	2014 International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications (ICAIECC)	Reva Institute of Technology and Management, Bangalore, India	revainstitution.org/ICAIECC/date-to-rem.html
10. 10.-10. 13.	2014 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)	Holiday Inn San Jose Airport, San Jose, CA, USA	www.ieeeghtc.org
10. 12.-10. 15.	2014 IEEE PES In11ative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe)	Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey	http://sites.ieee.org/isgt-europe-2014/
10. 12.-10. 16.	2014 IEEE Photonics Conference (IPC)	Hyatt Regency La Jolla, San Diego, CA, USA	www.photonicsconferences.org
10. 13.-10. 15.	2014 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)	DoubleTree by Hilton Shanghai - Pudong Shanghai, China	cyberc.org
10. 13.-10. 17.	2014 International Conference on Lightning Protection (ICLP)	Crowne Plaza Shanghai, Shanghai, China	www.iclp2014.net
10. 13.-10. 15.	2014 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)	TBD, China	www.ieee-iccc.org
10. 13.-10. 17.	2014 International Radar Conference (Radar)	Lille Grand Palais, Lille, France	www.radar2014.org
10. 13.-10. 15.	2014 IEEE Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WIPDA)	Holiday Inn, Knoxville, TN, USA	burak@ornl.gov
10. 14.-10. 16.	2014 7th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)	TBD Dalian, China	cisp-bmei.lntu.edu.cn
10. 14.-10. 17.	2014 4th International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)	University of Evry Val d'Essonne, Paris, France	ipta14.ibisc.univ-evry.fr/doku.php

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10. 15.-10. 17.	2014 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM)	Sheraton Bangalore Hotel at Brigade Gateway, Bangalore, India	ewh.ieee.org/ieee/ccem/
10. 15.-10. 18.	2014 IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom 2014)	Praiamar Natal Hotel & Convention, Natal-RN, Brazil	www.ieee-healthcom.org/2014/
10. 15.-10. 17.	2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)	Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan	www.aict.info
10. 15.-10. 17.	2014 International Conference on Computer Aided Design for Thin-Film Transistor Technologies (CAD-TFT)	Nanjing, China	x.guo@sjtu.edu.cn
10. 16.-10. 18.	2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)	Faculty of Electrical Engineering Iasi, Iasi, Romania	www.epe.tuiasi.ro/2014
10. 18.-10. 21.	2014 IEEE 55th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)	Radisson Blu Warwick Hotel, Philadelphia, USA	http://www.boazbarak.org
10. 19.-10. 22.	2014 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena - (CEIDP 2014)	Des Moines Marriott Downtown, Des Moines, IA, USA	sites.ieee.org/ceidp-2014/
10. 19.-10. 22.	2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA)	Hilton Milwaukee, WI, USA	www.icrera.org
10. 19.-10. 22.	2014 32nd IEEE International Conference on Computer Design (ICCD)	11hotel Ambassador Gangnam Hotel, Seoul, Korea (South)	www.iccd-conf.com
10. 19.-10. 22.	2014 IEEE Compound Semiconductor Integrated Circuit Symposium (CSICS)	Hyatt Regency La Jolla, CA, USA	www.csics.org
10. 20.-10. 23.	2014 IEEE International Test Conference (ITC)	Washington State Convention Center, Seattle, WA, USA	www.itctestweek.org/
10. 20.-10. 23.	2014 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP) jointly held with the 2014 9th Asia-Pacific Microwave Photonics Conference (APMP)	Sapporo Convention Center, Hokkaido, Japan	www.mwp2014.com/
10. 20.-10. 22.	2014 International Conference on Power System Technology (POWERCON)	Chengdu, China	http://www.cicst.org.cn/powercon/
10. 20.-10. 22.	2014 Third IEEE International Colloquium in Information Science and Technology (CIST)	University of Tetuan, Morocco	www.ieee.ma/cist14/
10. 21.-10. 21.	2014 Rock Stars of Big Data Analytics	TBD, San Jose, CA, USA	monique.rice@computer.org
10. 21.-10. 22.	2014 IEEE Technology Time Machine (TTM)	Dolce Hayes Mansion, San Jose, CA, USA	b.hoang@ieee.org
10. 21.-10. 22.	2014 SAE Convergence Conference & Exhibition	Cobo Conference/Exhibition Center, Detroit, MI, USA	http://www.sae.org/events/convergence/
10. 22.-10. 25.	2014 17th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)	Zhejiang University, Hangzhou, China	www.icems2014.com
10. 22.-10. 24.	2014 IEEE 10th International Conference on e-Science (e-Science)	TBD, Brazil	http://escience.ime.usp.br/events/ieee-escience-2014
10. 22.-10. 25.	2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)	Melia Castilla Hotel and Convention Center, Madrid, Spain	fie2014.org/
10. 22.-10. 24.	2014 9th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT)	Taipei Nangang Exhibition Center, Taipei, Taiwan	www.impact.org.tw
10. 22.-10. 25.	2014 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)	KINTEX, Gyeonggi-do, Korea (South)	2014.iccas.org
10. 22.-10. 24.	2014 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)	The Swiss Tech Convention Center, Lausanne, Switzerland	biocas2014.org
10. 22.-10. 25.	TENCON 2014 - 2014 IEEE Region 10 Conference	TBD, Bangkok, Thailand	www.tencon2014.org
10. 23.-10. 25.	2014 Sixth International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)	TBD, Hefei, China	ic-wcsp.org/
10. 23.-10. 24.	2014 IEEE-SA Ethernet & IP @ Automotive Technology Day	TBD, NJ, USA	http://standards.ieee.org/events/automotive/
10. 24.-10. 26.	2014 IEEE International Conference on Communication Problem-Solving (ICCP)	Beijing judge education institute, Beijing, China	www.ic-cp.org/2014
10. 25.-10. 26.	2014 7th International Conference on Information Management, Inflation Management and Industrial Engineering (ICIM)	International Communication Center of Chang'an University, Xi'an, China	www.icim-conf.org

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
10. 25.-10. 31.	2014 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)	Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, France	www.visweek.com
10. 26.-10. 30.	2014 12th International Conference on Signal Processing (ICSP 2014)	Grand Metropark Hotel, Hangzhou, China	icsp.bjtu.edu.cn/
10. 26.-10. 29.	2014 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA)	Melbourne Convention and Exhibition Center, Victoria, Australia	www.isita2014.org
10. 27.-10. 30.	2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	CNIT La Defense, Paris, France	www.icip2014.com
10. 27.-10. 29.	2014 IEEE NewNEB DC Utility Power Conference and Exhibition (NewNEB)	Clarion Hotel and Conference Center, Ronkonkoma, NY, USA	www.newneb.org
10. 27.-10. 30.	2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)	Hyatt Regency, Bethesda, MD, USA	xh29@drexel.edu
10. 29.-10. 31.	2014 IEEE 6th International Conference On Adaptive Science & Technology (ICAST)	Covenant University, Ota (Near Lagos), Nigeria	http://www.icast2014.icast-conference.org/
10. 29.-10. 31.	2014 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)	Grand Hyatt San Francisco, CA, USA	www.ieee-cns.org
10. 29.-10. 31.	eChallenges e-2014 Conference	Hilton Templepatrick, Belfast, United Kingdom	www.eChallenges.org
10. 29.-11. 01.	IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	Sheraton Dallas Hotel, Dallas, TX, USA	fahimi@utdallas.edu
10. 29.-10. 31.	2014 IEEE 12th International Conference on Solid -State and Integrated Circuit Technology (ICSICT)	Grand Link Hotel, Guilin, China	www.icsict.com
10. 30.-11. 02.	2014 International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)	Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China	www.cs.sjtu.edu.cn/dsaa2014

>> 2014년 11월

11. 02.-11. 05.	2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)	Tara Lodge Belfast, United Kingdom	http://scm.ulster.ac.uk/
11. 02.-11. 05.	2014 IEEE Sensors	Valencia Conference Centre VALENCIA, Spain	ieee-sensors2014.org
11. 02.-11. 05.	2014 48th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers	Asilomar Conference Grounds, Pacific Grove, CA, USA	www.asilomarssc.org/
11. 03.-11. 07.	2014 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM)	Hilton Hawaiian Village, Honolulu, HI, USA	www.magnetism.org/
11. 03.-11. 06.	2014 International SoC Design Conference (ISOCC)	Ramada Plaza Hotel, Jeju, Korea (South)	www.isocc.org
11. 03.-11. 07.	2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)	Messe Wien, Vienna, Austria	www.iccve.org
11. 03.-11. 06.	2014 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)	Hilton Molino Stucky, Venice, Italy	sgc2014.ieee-smartgridcomm.org/
11. 04.- 11. 06.	2014 World Cyberspace Cooperation Summit IV (WCC4)	CA, USA	http://cybersummit.info/
11. 05.-11. 07.	2014 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)	Hotel Krystal, Ixtapa, Mexico	www.ropec.org
11. 06.-11. 06.	2014 IEEE Chicago Section Symposium & Exhibition	Motorola Solutions Innovation Center, Schaumburg, IL, USA	ROSSA.SAYRE@saic.com
11. 08.-11. 15.	2014 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (2014 NSS/MIC)	Washington State Convention Center, Seattle, WA, USA	www.nss-mic.org/2014/
11. 09.-11. 14.	2014 IEEE Visualization Conference (VIS)	Cité des Sciences, Paris, France	www.visweek.org/
11. 09.-11. 14.	2014 IEEE Conference on Information Visualization (INFOVIS)	Paris Marriott Rive Gauche Hotel & Conference Center, Paris, France	www.visweek.org/
11. 10.-11. 12.	2014 International Conference on Information Society (i-Society)	London Heathrow Marriott Hotel, London, United Kingdom	www.i-society.eu
11. 10.-11. 12.	2014 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC)	85 Sky Tower Hotel, KaoHsiung, Taiwan	www.a-sscc2014.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11. 10.-11. 11.	2014 Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC)	Loughborough, Leicestershire, United Kingdom	www.lapconf.co.uk
11. 11.-11. 13.	2014 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics)	Omsk State Technical University, Omsk, Russia	http://ipo.omgtu.ru
11. 11.-11. 13.	2014 IEEE 36th International Electronics Manufacturing Technology Conference (IEMT)	Renaissance Johor Bahru Hotel, Johor, Malaysia	ewh.ieee.org/r10/malaysia/cpmt/
11. 11.-11. 13.	2014 Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS)	National Convention Centre, Canberra, Australia	www.milcis.com.au
11. 12.-11. 14.	2014 IEEE Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV)	Riu Panama Hotel, Panama	www.ieee.org/concapan2014
11. 12.-11. 15.	2014 11th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)	Double Tree Kuala Lumpur by Hilton, Kuala Lumpur, Malaysia	www.kros.org/urai2014/index.php
11. 12.-11. 14.	2014 International Symposium on Computers in Education (SIE)	International University of La Rioja, Spain	research.unir.net/sie2014
11. 12.-11. 16.	2014 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)	Palawan, Philippines	argel_bandala@ieee.org
11. 12.-11. 14.	2014 IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC)	Westin Calgary, AB, Canada	tim.driscoll@ieee.org
11. 13.-11. 14.	2014 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)	Sheraton Mustika Yogyakarta Resort And Spa, Yogyakarta, Indonesia	indoaeessgrss.org/icares/
11. 15.-11. 17.	2014 2nd International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)	TBD, Shanghai, China	ICSAI2014.sdju.edu.cn
11. 16.-11. 21.	2014 SC – International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	Ernest N. Morial Convention Center, New Orleans, LA, USA	sc14.supercomputing.org/
11. 16.-11. 19.	2014 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA)	Antibes Juan-les-Pins Convention Centre, Antibes Juan-les-Pins, France	www.2014ieeecama.org
11. 17.-11. 21.	2014 10th International Conference on Network and Service Management (CNSM)	Windsor Atlantica Hotel, Rio de Janeiro, Brazil	cns2014.inf.ufrgs.br
11. 17.-11. 20.	2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS)	ANA Intercontinental Ishigaki Resort Hotel, Ishigaki, Japan	www.apccas2014.org
11. 17.-11. 18.	2014 International Conference on Electronics, Communication and Computational Engineering (ICECCE)	Adiyamaan College of Engineering, Hosur, India	http://www.icecce.com
11. 18.-11. 20.	2014 IEEE-RAS 14th International Conference on Humanoids Robots (Humanoids 2014)	Hotel Melia Castilla, Madrid, Spain	www.humanoids2014.com
11. 19.-11. 21.	2014 IEEE Workshop on Electrical Safety in India (WESI)	Hotel Le Meridian, Pune, India	www.eswieceepune.org
11. 19.-11. 21.	2014 International Conference on Planarization/CMP Technology (ICPT)	Kobe International Conference Center, Kobe, Japan	www.icpt2014.org/
11. 20.-11. 21.	2014 Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS)	Texas A&M University Corpus Christi, TX, USA	http://upinlbs.tamucc.edu/
11. 23.-11. 27.	2014 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)	Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan	wcpec6.com/
11. 24.-11. 24.	2014 IEEE Green Energy and Systems Conference (IGESC)	Pyramid, California State University, Long Beach, CA, USA	Clarice.Ross@csulb.edu
11. 24.-11. 26.	2014 International Automatic Control Conference (CACS)	National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan	cacs2014.nsysu.edu.tw
11. 25.-11. 27.	2014 International Conference on Web & Open Access to Learning (ICWOAL)	Atlantis Hotel – The Palm Dubai, United Arab Emirates	www.icwoal.org
11. 26.-11. 30.	2014 Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI)	Makassar, Indonesia	elektro.unhas.ac.id/miceei/2014/
11. 27.-11. 29.	2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)	Mysore, India	www.ic3i.org
11. 27.-11. 29.	2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)	Chennai, India	http://icsemr.in/
11. 28.-11. 29.	2014 Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with their impact on Humanity (CIPECH)	Ghaziabad (U.P.), India	www.cipech14.org

» 2014년 12월

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12. 01.-12. 04.	2014 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)	Hilton Kuching Hotel, Kuching, Sarawak, Malaysia	www.ispacs2014.org
12. 01.-12. 04.	2014 Global Symposium on EMC, Safety and Product Compliance Engineering (GLOBESPACE)	David Intercontinental Hotel, Tel-Aviv, Israel	www.globespace.org
12. 01.-12. 02.	2014 International Conference on Emerging Technologies (ICET)	National University of Computer and Emerging Sciences, Islamabad, Pakistan	www.icet.nu.edu.pk/
12. 02.-12. 04.	2014 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon)	Kuching, Sarawak, Malaysia	www.ewh.ieee.org/soc/pes/malaysia/
12. 02.-12. 05.	2014 International Symposium on Antennas & Propagation (ISAP)	Grand Hi-Lai Hotel, Kaohsiung, Taiwan	isap2014.org
12. 02.-12. 02.	2014 Rock Stars of 3D Printing (RS3DP)	San Jose Civic Auditorium, San Jose, CA, USA	trozolis@computer.org
12. 03.-12. 05.	2014 7th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC)	ESA-ESTEC, Noordwijk, Netherlands	www.congrexprojects.com
12. 03.-12. 05.	2014 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)	Georgia Tech Hotel & Conference Center, Atlanta, GA, USA	www.ieeeglobalsip.org
12. 03.-12. 05.	2014 6th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)	TBD, Melbourne, Australia	icmic2014.org/
12. 03.-12. 05.	2014 IEEE 28th Convention of Electrical & Electronics Engineers in Israel (IEEE)	Hilton Hotel, Eilat, Israel	www.eng.tau.ac.il/~ieee/convention2014/index%202014.html
12. 03.-12. 06.	2014 Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)	Kitakyushu International Conference Center, Kita-Kyushu, Japan	www.scis2014.org
12. 03.-12. 06.	2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)	American University of Dubai, United Arab Emirates	icl-conference.org/icl2014/
12.03.-12. 05.	2014 IEEE 16th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)	Marina Bay Sands, Singapore	alfred.yeo@infineon.com
12. 04.-12. 06.	2014 IEEE 2nd International Conference on Emerging Electronics (ICEE)	J N Tata Auditorium, Indian Institute of Science, Bangalore, India	www.cense.iisc.ernet.in/icee/
12. 04.-12. 05.	2014 International Conference on Optics and Photonics Taiwan (OPTIC)	National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan	optic2014.conf.tw
12. 07.-12. 10.	2014 21st IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)	Le Palais du Pharo, Marseille, France	www.ieee-icecs2014.org/
12. 07.-12. 10.	2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications - INDUSCON 2014	Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil	www.ufjf.br/induscon2014/
12. 08.-12. 10.	2014 IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)	University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia	www.myembs.org/iecbes2014
12. 08.-12. 12.	GLOBECOM 2014 - 2014 IEEE Global Communications Conference	Hilton Austin Hotel, Austin, TX, USA	j.leachbarnaby@comsoc.org
12. 08.-12. 10.	2014 IEEE 17th International Multi-Topic Conference (INMIC)	Bahria University Karachi, Karachi, Pakistan	ieee.inmic.org/
12. 08.-12. 10.	2014 9th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)	London Heathrow Marriott Hotel, London, United Kingdom	www.icitst.org
12. 08.-12. 10.	2014 IEEE 6th India International Conference on Power Electronics (IICPE)	National Institute of Technology, Kurukshetra, India	ewh.ieee.org/r10/delhi/iicpe.htm
12. 09.-12. 12.	2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)	Caribe Royale All-Suite Hotel & Convention Center, Orlando, FL, USA	www.ieee-ssci.org
12. 09.-12. 12.	2014 IEEE 11th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC)	Ayodya Resort, Bali, Indonesia	cse.stfx.ca/~uic2014/
12. 09.-12. 12.	2014 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)	Hotel Le Meridien Chiang Mai, Thailand	www.apsipa2014.org/home/
12. 09.-12. 12.	2014 37th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA)	Unazuki New Otani Hotel	www.ieice.org/ess/sita/SITA2014/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12. 09.-12. 11.	2014 International Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)	Grand Inna Kuta Hotel, Bali, Indonesia	icpere2014.org
12. 09.-12. 12.	2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)	Sunway Resort Hotel & Spa, Selangor Darul Ehsan, Malaysia	www.ieem.org/public.asp?page=home.htm
12. 10.-12. 12.	2014 International Symposium on Integrated Circuits (ISIC)	Hotel, Singapore	www.isic2014.org
12. 10.-12. 12.	2014 13th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV)	Marina Bay Sands, Singapore	www.icarcv.org
12. 10.-12. 13.	2014 TRON Symposium (TRONSHOW)	Tokyo Midtown Hall, Tokyo, Japan	www.tronshow.org/index-e.html
12. 10.-12. 12.	2014 International Conference on Field-Programmable Technology (FPT)	Parkyard Hotel, Shanghai, China	www.icfpt2014.org
12. 11.-12. 13.	2014 International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)	Department of Computer Science and Engineering, Solan, India	http://www.juit.ac.in/
12. 11.- 12. 13.	2014 Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC)	Mena House Hotel, Giza, Egypt	www.cibec2014.org/
12. 11.-12. 13.	2014 Annual IEEE India Conference (INDICON)	Yashada, MDC, Pune, India	www.indicon2014.in/
12. 11.-12. 13.	2014 International Conference on Computer and Communications Technologies (ICCT)	Department of Computer Science and Engineering, Hyderabad, India	iccct.uceou.edu/index.html
12. 12.-12. 14.	2014 14th Mediterranean Microwave Symposium (MMS)	Kenzi Farah Hotel, Marrakech, Morocco	med-space.org/mms/
12. 13.-12. 14.	2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SI)	Chuo University, Tokyo, Japan	www.si-sice.org/SI2014/
12. 13.-12. 17.	2014 47th Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)	Robinson College, Cambridge, United Kingdom	krisztian.flautner@arm.com
12. 14.-12. 17.	2014 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)	InterContinental Shenzhen, Shenzhen, China	icdm2014.sfu.ca
12. 14.-12. 17.	2014 Saudi Arabia Smart Grid (SASG)	Jeddah Hilton Hotel, Jeddah, Saudi Arabia	bander@ieee.org
12. 14.-12. 14.	2014 IEEE International Conference on Data Mining Workshop (ICDMW)	InterContinental Shenzhen, China	http://icdm2014.sfu.ca/call_for_workshops.html
12. 15.-12. 17.	2014 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)	Hilton San Francisco, USA	www.his.com/~iedm/
12. 15.-12. 17.	2014 IEEE International Microwave and RF Conference (IMaRC)	TDB, Bangalore, India	imarc-ieee.org/
12. 15.-12. 17.	2014 IEEE 53rd Annual Conference on Decision and Control (CDC)	J.W. Marriott Hotel, Los Angeles, CA, USA	control.disp.uniroma2.it/cdc2014/
12. 15.-12. 17.	2014 Fifth International Symposium on Electronic System Design (ISED)	National Institute of Technology Karnataka, Mangalore, India	seedsnet.org/SEEDSWP/ised2014/
12. 16.-12. 19.	2014 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)	Victor Menezes Convention Center, Mumbai, India	suryad@iitb.ac.in
12. 17.-12. 20.	2014 21st International Conference on High Performance Computing (HiPC)	Hotel Cidade De Goa, India	www.hipc.org
12. 17.-12. 18.	2014 First International Conference on Computational Systems and Communications (ICCS)	KTDC Mascot Hotel, Trivandrum, India	www.iccs.lbsitw.ac.in
12. 17.-12. 19.	2014 12th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)	Serena Hotel, Islamabad, Pakistan	www.fit.edu.pk
12. 17.-12. 19.	2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC)	Palazzo Vecchio - Palazzo dei Congressi, Florence, Italy	www.ievc2014.org
12. 18.-12. 20.	2014 International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST)	Al-Khwarizmi Institute of Computer Science, Lahore, Pakistan	icosst.kics.edu.pk
12. 18.-12. 20.	2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC)	PARK COLLEGE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, COIMBATORE, India	itfrindia.org/2014ICIC/
12. 18.-12. 19.	2014 International Conference on Communication and Network Technologies (ICNT)	Department of ECE, Sivakasi, India	www.mepcoeng.ac.in/ICNT14/ICNT14.html

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12. 18.-12. 20.	2014 8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA)	United International University, Dhaka, Bangladesh	www.uiubd.com/skima2014/
12. 18.-12. 20.	2014 Eighteenth National Power Systems Conference (NPSC)	Conference Centre, IIT Guwahati, Guwahati, India	www.iitg.ernet.in/npsc2014/
12. 19.-12. 21.	2014 Fourth International Conference of Emerging Applications of Information Technology (EAIT)	Indian Statistical Institute, Kolkata, India	sites.google.com/site/csieait
12. 20.-12. 21.	2014 IEEE 7th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC)	Chongqing Wanyou Conifer Hotel, Chongqing, China	www.itaic.org
12. 20.-12. 22.	2014 8th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)	Pan Pacific Sonargaon Dhaka, Bangladesh	www.buet.ac.bd/icece/
12. 22.-12. 24.	2014 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAIS)	Galadari Hotel, Colombo, Sri Lanka	www.iciafs.org
12. 22.-12. 24.	2014 International Conference on High Performance Computing and Applications (ICHPCA)	C.V.Raman College of Engineering, Bhubaneswar, India	www.ichpca-2014.in
12. 22.-12. 23.	2014 17th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)	Daffodil International University, Dhaka, Bangladesh	www.iccit.org.bd/2014
12. 26.-12. 28.	2014 International Conference on Power, Control and Embedded Systems (ICPCES)	Department of Electrical Engineering, Allahabad, India	www.mnnit.ac.in/icpces2014/
12. 29.-12. 30.	2014 10th International Computer Engineering Conference (ICENCO)	Four Seasons Hotel First Residence, Cairo, Egypt	icenco2014.eng.cu.edu.eg
12. 29.-12. 31.	2014 IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering (CCSSE)	Conference Hall, Yantai, China	csse.sdibt.edu.cn/

특별회원사 및 후원사 명단

회원명	대표자	주소	전화	홈페이지
국제종합측기	박재욱	서울시 강남구 역삼동 831	02-553-0901	http://www.msinter.co.kr
나노종합기술원	이재영	대전시 유성구 어은동 53-3	042-366-1500	http://www.nnfc.re.kr
네이버(주)	김상헌	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	http://www.nhncorp.com
넥스칩스	김덕명	서울시 송파구 가락본동 IT벤처타워 서관 12층	02-2142-1310	http://www.nexuschips.com
넥스트칩	김경수	서울시 강남구 도곡동 949-3	02-3460-4700	http://www.nextchip.com
(주)넥스파시스템	이상준	서울시 성동구 자동차시장 1길 18 105호	02-2243-4011	http://www.nexpa.co.kr
누리미디어	최순일	서울시 마포구 대흥동 446	02-702-1771	http://www.nurimedia.co.kr
다우인큐브	이예구	경기도 용인시 수지구 죽전동 23-7 다우디지털스퀘어	070-8707-2500	http://www.daouincube.com
대구테크노파크	송인섭	대구시 달서구 대천동 891-5	053-602-1803	http://www.mtcc.or.kr
대덕G.D.S	유영훈	경기도 안산시 목래동 475	031-481-8006	http://www.daeduckgds.co.kr
대덕전자	김영재	경기도 안산시 목래동 390-1	031-481-8005	http://www.dacduck.com
대성전기	이철우	경기도 안산시 단원구 원시동 743-5	031-494-1141	http://www.dsec.co.kr
대전테크노파크	염홍철	대전시 유성구 탑립동 694	042-930-4300	http://www.djtp.or.kr
(주)더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
덴소풍성전자	김경섭	경남 창원시 성산구 외동 853-11	055-600-9227	http://www.dnpe.co.kr
동부하이텍	박용인	서울시 강남구 대치동 891-10	02-3484-2888	http://www.dongbuhitek.co.kr
동아일렉콤	손성호	서울시 중구 남대문로5가 526	02-757-2050	http://www.dongahelcomm.co.kr
동운아나텍	김동철	서울시 서초구 서초동 1467-80 아리랑타워 9층	02-3465-8765	http://www.dwanatech.com
라온텍	김보은	경기도 성남시 분당구 정자동 9	070-7545-1779	http://www.raon-tech.com
만도	정몽원	경기도 용인시 기흥구 고매동 413-5	031-300-5126	http://www.mando.com
문화방송	안광한	서울시 영등포구 여의도동 31	02-784-2000	http://www.imbc.com
삼성전자	권오현	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	1588-3366	http://samsungelectronics.com/kr
삼성탈레스	변승완	경기도 성남시 분당구 구미동 188	031-601-5100	http://www.samsungthales.com
삼화콘덴서공업	황호진	경기도 용인시 처인구 남사면 북리 124	031-332-6441	http://www.samwha.co.kr
세미솔루션	이정원	경기도 용인시 기흥구 영덕동 1029 흥덕U타워 지식산업센터	031-627-5300	http://www.semisolution.com
세원텔레텍	김철동	경기도 안양시 동안구 관양동 1023	031-422-0031	http://www.sewon-teletech.co.kr
(주)스카이크로스코리아	조영민	경기 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엔지니어빌딩 C동 801호	031-267-1662	http://www.skycross.cco.kr
(주)대동	조명수	경기도 안산시 단원구 원시동 743-2	031-493-3000	http://www.dae-dong.biz
실리콘마이터스	허 염	서울시 성동구 행당1동 한양대학교 HIT 418호	02-2297-7077	http://www.siliconmitus.com
실리콘웍스	한대근	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	http://www.siliconworks.co.kr/
(주)솔리드	정 준	경기도 성남시 분당구 삼평동 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
아나패스	이경호	서울시 구로구 구로동 197-12 신세계아이앤씨 디지털센터 6층	02-6922-7400	http://www.anapass.com
아바고테크놀로지스	전성민	서울시 서초구 양재동 215	02-2155-4710	http://www.avagotech.kr
아이닉스	황정현	경기도 수원시 영통구 영통동 980-3	031-204-7333	http://www.eyenix.com/
(주)아이에이	김동진	서울 송파구 송파대로 22길 5-23	02-3015-1300	http://www.ia-inc.kr
안리스크퍼레이션	오사무나가타	서울시 강남구 역삼1동 832-41 현죽빌딩 8층	02-553-6603	http://www.anritsu.com
에디텍	정영교	서울시 구로구 구로동 811	02-2025-0088	http://www.aditec.co.kr
에스넷시스템(주)	윤상화	서울 강남구 삼성동 141(성원빌딩 10층)	02-3469-2994	http://www.snetystems.co.kr
에스엘	이충곤	경북 경산시 진량읍 신상리 1208-6	053-850-8775	http://www.sl.co.kr

회원명	대표자	주소	전화	홈페이지
유라코퍼레이션	엄병윤	경기도 성남시 분당구 삼평동 686-1	070-7878-1000	http://www.yuracorp.co.kr
유텔	김호동	경기도 군포시 당정동 381-4	031-427-1020	http://www.u-tel.co.kr
이노피아테크	장만호	경기도 성남시 중원구 상대원동 333-7 금강펜테리움 IT타워	031-730-0575	http://www.innopiotech.com
이디	박용후	경기도 성남시 중원구 상대원동 보통길 10	031-730-7320	http://www.ed.co.kr
이지테크	강현웅	서울시 양천구 신정4동 1008-12	02-2608-2633	http://www.ezlab.com
전자부품연구원	김경원	경기도 성남시 분당구 아탑동 68	031-789-7000	http://www.keti.re.kr
지에스인스트루먼트	육희수	인천시 남구 주안동 1385-14	032-870-5641	http://www.gsinstrument.com
지엠테스트	고상현	충남 천안시 서북구 직산읍 군서리 134	041-410-2600	http://www.gmtest.com
충북테크노파크	남창현	충북 청원군 오창읍 연구단지로 40	043-270-2000	http://www.cbtp.or.kr
현대오토론	박상규	경기도 성남시 분당구 판교로 344 엠텍IT타워	031-627-0990	http://www.hyundai-autron.com
케이던스코리아	신용석	경기도 성남시 분당구 금곡동 196	031-728-3114	http://www.cadence.com
현대케피코	박상규	경기도 군포시 당정동 410	031-450-9015	http://www.hyundae-kefeco.com
코아리버	배중홍	서울시 송파구 가락본동 78번지 IT벤처타워 서관 11층	02-2142-3400	http://www.coreriver.com
콘티넨탈 오토모티브 시스템	선우 현	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스빌딩	031-697-3800	http://www.conti-automotive.co.kr
텔레칩스	이장규	서울시 송파구 신천동 7-20 루터회관	02-3443-6792	http://www.telechips.com
티에이치엔	채 석	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
티엘아이	김달수	경기도 성남시 분당구 아탑동 345-1 파인벤처빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
페어차일드코리아반도체	김귀남	경기도 부천시 원미구 도당동 82-3	032-671-3842	http://www.fairchildsemi.com
SK 하이닉스	박성욱	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhyunix.com
한국멘토그래픽스(유)	양영인	서울시 강남구 삼성동 무역센터빌딩 21층	02-551-3434	http://www.mentokr.com
한국애질런트테크놀로지스	김승렬	서울시 영등포구 여의도동 25-12	080-769-0800	http://www.agilent.co.kr
한국인터넷진흥원	이기주	서울시 송파구 중대로 109	02-405-4118	http://www.kisa.or.kr/
한국전기연구원	김호용	경남 창원시 성주동 28-1	055-280-1114	http://www.keri.re.kr
한국전자통신연구원	김흥남	대전시 유성구 가정동 161	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한국정보통신기술협회	임차식	경기도 성남시 분당구 서현동 267-2	031-724-0114	http://www.tta.or.kr
한라비스테온공조	박용환	대전시 대덕구 신일동 1689-1	042-930-6114	http://www.hvccglobal.com
한백전자	진수춘	대전시 유성구 궁동 487-1	042-610-6111	http://www.hanback.co.kr
현대로템	한규환	경기도 의왕시 삼동 462-18	031-596-9045	http://www.hyundai-rottem.co.kr
현대모비스	정명철	서울시 강남구 역삼1동 679-4 서울인터내셔널타워	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대엠엔소프트	유영수	서울시 용산구 원효로4가 114-38	02-3483-8500	http://www.hyundai-mnsoft.com
현대자동차그룹	양웅철	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
휴먼칩스	손민희	서울시 송파구 가락본동 10 신도빌딩	070-8671-4700	http://www.humanchips.co.kr
휴인스	송태훈	경기도 성남시 분당구 수내동 16-3 코포모빌딩	031-719-8200	http://www.huins.com
히로세 코리아(주)	이상엽	경기 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
FCI	한상우	경기도 성남시 중원구 상대원동 190-1	031-776-0520	http://www.fci.co.kr
I&C테크놀로지	박창일	서울시 송파구 가락동 78 IT벤처타워 동관 18층	02-2142-3300	http://www.inctech.co.kr
KT	황창규	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.co.kr
LDT	김철호	충남 천안시 서북구 두정동 538 M프라자 3층	041-520-7300	http://www.ldt.co.kr
LG전자	구본준	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG 넥스원	이호구	서울시 강남구 역삼동 838 프루덴셜타워 10층	1644-2005	http://www.lignex1.com
RadioPulse	왕성호	서울시 강동구 성내동 111-6	02-478-2963	http://www.radiopulse.co.kr
SK Telecom	하성민	서울시 중구 을지로2가 11 SK-T-Tower	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com

단체회원 명단

회원명	주 소	전 화	홈페이지
가톨릭대중앙도서관	경기부천시원미구역곡2동산43-1	032-340-3607	
가톨릭상지대학도서관	경북안동시울세동393	032-340-3607	http://www.csangji.ac.kr/~library/
강릉대도서관	강원강릉시지변동산1		http://211.114.218.253/
강원관광대도서관	강원태백시항지동439	033-552-9005	http://www.kt.ac.kr
강원대도서관	강원춘천시효자2동192-1	033-250-9000	http://library.kangwon.ac.kr
경동대도서관	강원고성군토성면봉포리산91-1	033-639-0371	http://www.kyungdong.ac.kr
경주대도서관	경북경주시효현동산42-1	054-770-5051	http://www.kyongju.ac.kr
건국대도서관	서울성동구모진동93-1	02-450-3852	http://www.konkuk.ac.kr
건양대중앙도서관	충남논산시내동산30	041-730-5154	http://lib.konyang.ac.kr
경기대중앙도서관	경기수원시팔달구이의동산94-6	031-240-7135	http://203.249.26.247/
경기공업대도서관	경기시흥시정왕동시화공단3가102	031-496-4571	http://210.181.136.6/
경남대중앙도서관	경남마산시월영동449	055-249-2906	http://library.kyungnam.ac.kr
경도대도서관	경북예천군예천읍청북리947-1	054-650-0143	http://libweb.kyongdo.ac.kr
경북대도서관	대구북구산격동1370	053-955-500 1	http://kudos.knu.ac.kr
경북대전자공학과	대구북구산격동1370	053-950-5506	http://palgong.knu.ac.kr
경운대벽강중앙도서관	경북구미시산동면인덕리55	054-479-1083	http://www.kyungwoon.ac.kr
경일대도서관	경북경산군하양읍부호리33	053-950-7790	http://cham.kyungil.ac.kr
경산대도서관	경북경산시점촌동산75		http://library.ksucc.ac.kr
경상대도서관	경남진주시가좌동900	055-751-5098	http://library.gsnu.ac.kr
경성대도서관	부산남구대연동110-1	051-620-4394	http://kulis1.kyungsung.ac.kr
경희대학교	중앙도서관 경기용인시기흥구서천동1번지	031-201-3219	http://library.khu.ac.kr
고려대학교도서관	서울성북구안암동5가1번지	02-920-1709	http://kulib.korea.ac.kr
고려대서캠퍼스도서관	충남연기군조치원읍서창동208		http://kuslib.korea.ac.kr
고속도로정보통신공단	경기용인기흥읍공세리260-1	031-280-4230	
공군사관학교도서관	충북청원군남일면쌍수리사서함335-1	043-229-6085	http://www.afa.ac.kr
공군전투발전단무기체계실	충남논산군두마면부남리사서함501-317호	041-506-5260, 5281	
공주대도서관	충남공주시신관동182	041-850-8691	http://knulib.kongju.ac.kr
광명하안도서관	경기광명시하안2동683	031-680-6376	http://www.kmlib.or.kr
광운대도서관	서울노원구월계동447-1	02-918-1021~2	http://kupis.kwangwoon.ac.kr
국민대성곡도서관	서울성북구정릉동861-1	02-910-4200	http://kmulmf.kookmin.ac.kr
김포대도서관	경기김포시월곶면포내리산14-1	031-999-4126	http://lbr.kimpo.ac.kr
국방대학교도서관	서울은평구수색동205	02-300-2415	
국방제9125부대	서울중앙우체국사서함932호		
국방품질관리연구소정보관리실	서울청량리우체국사서함 276호		http://dqaa.go.kr
국방과학연구소서울자료실	서울송파구송파우체국사서함132호	02-3400-2541	http://www.add.re.kr
방위사업청	서울용산구용산2가동7번지	02-2079-5213	
극동대학교도서관	충북음성군감곡면왕장리산5-14	043-879-3568	http://lib.kdu.ac.kr
금강대학교도서관	충남논산시 상월면 대명리 14-9	041-731-3322	http://lib.ggu.ac.kr
LG정밀(주)제2공장자료실	경기오산시가수동379	031-772-1171(318)	http://www.lginnotek.com
LG정보통신(주)자료실	경북구미시공단동299	054-460-5311	http://www.lge.co.kr
금오공대도서관	경북구미시신평동188-1	054-461-0131~4	http://ran.kumoh.ac.kr
남서울대도서관	충남천안시성환읍매주리21	041-580-2076	http://ness.nsu.ac.kr
단국대도서관	울릉산구한남동산8	02-709-2135	http://www.dankook.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
단국대울곡기념도서관	충남천안시안서동산29-1	041-741-6040(1613)	http://dulis.anseo.dankook.ac.kr
대구대도서관	대구남구대명동2288	053-850-2081~6	http://love.taegu.ac.kr
대원공과대학교도서관	충북제천시신월동산22-8	043-649-3202	http://lib.daewon.ac.kr
동서울대학교도서관	경기성남시수정구북정동423	031-720-2191	http://dlibrary.dsc.ac.kr
대전대도서관	대전동구용운동96-3	042-280-2673	http://libweb.taejon.ac.kr
대전한밭대도서관	대전동구삼성2동305-3	042-630-0616	http://tjdigital.tnut.ac.kr
대전한밭도서관	대전중구문화동145-3	042-580-4255	http://hanbat.metro.taejon.kr
대진대중앙도서관	경기포천군포천읍선리산11-1	031-535-8201~5	http://library.daejin.ac.kr
대천대도서관	충남보령시주포면관산리산6-7	041-939-3026	http://www.dcc.ac.kr
동강대도서관	광주시 북구 두암동771	062-520-2114	http://dongkang.ac.kr
동국대도서관	서울중구필동3가26	02-260-3452	http://lib.dgu.ac.kr
동서대도서관	부산사상구주례동산69-1	051-320-1640	http://libcenter.dongseo.ac.kr
동아대도서관	부산서구동대신동3가1	051-204-0171	http://av3600.donga.ac.kr
동양대도서관	경북영주시풍기읍교촌동1번지	054-630-1053	http://dyucl.dyu.ac.kr
동양공업전문대학교도서관	서울구로구고척동62-160	02-610-1731	http://www.dongyang.ac.kr
동원대학술정보센터	경기광주군신흠면신촌리산1-1	031-763-8541(140)	http://www.tongwon.ac.kr
두원공과대학교도서관	경기안성군죽산면장원리678		http://www.doowon.ac.kr
만도기계중앙연구소	경기남양주군와부읍덕소리95	031-768-6211	http://www.mando.com
목원대도서관	대전중구목동24	042-252-9941~50	http://lib.mokwon.ac.kr
목포대도서관	전남무안군청계면도림리61		http://203.234.22.46/
목포해양대도서관	전남목포시죽교동572	061-240-7114	http://lib.miryang.ac.kr
배재대도서관	대전서구도마2동439-6	042-520-5252	http://lib.mmu.ac.kr
부경대도서관	부산남구대연3동599-1	051-622-3960	http://libweb.pknu.ac.kr
부산대도서관	부산금정구장전동산30	051-510-1814	http://pulip.pusan.ac.kr
부산외국어대도서관	부산남구우암동산55-1		http://www.pufs.ac.kr
부천대도서관	경기부천시원미구심곡동454-3	032-610-3272	http://www.bucheon.ac.kr
한국과학기술정보연구원정보자료실	서울동대문구청량리동206-9		http://www.kiniti.re.kr
삼지전자(주)	서울금천구가산동459-21	02-850-8167	
삼척산업대도서관	강원삼척시교동산253	033-570-6278	http://lib.samchok.ac.kr
상명대학교컴퓨터시스템공학전공	충남천안시안서동산98-20	041-550-5356	
상주대도서관	경북상주시가장동386	054-530-5641	http://san.sangju.ac.kr
상지대중앙도서관	강원원주시우산동산41	033-730-0366	http://lib.sangji.ac.kr
생산기술연구원정보자료실	서울금천구가산동371-36	02-850-9142~3	http://www.kitech.re.kr
산업기술시험평가연구소자료실	서울구로구구로동222-13	02-860-1292	http://www.ktl.re.kr
삼성SDI	경기용인시기흥구공세동	031-288-4121	http://www.samsungSDI.co.kr
서강대도서관	서울마포구신수동1-1	02-751-0141	http://loyola1.sogang.ac.kr
서경대도서관	서울성북구정릉동16	02-940-7036	http://lib.seokyeong.ac.kr
서울대도서관	서울관악구신림동산56-1	02-880-5114	http://solarsnet.snu.ac.kr
서울대전기공학부해동학술정보실	서울관악구신림동산56-1	02-880-7278	
서울산업대도서관	서울도봉구공릉동172	02-972-1432	http://cdserver.snut.ac.kr
서울시립대도서관	서울동대문구전농동8-3	02-2245-8111	http://plus.uos.ac.kr
서울여자대도서관	서울노원구공릉2동126	02-970-5305	http://lib.swu.ac.kr
서울통신기술(주)통신연구소	서울강동구성내3동448-11	02-2225-6613	http://www.scommtech.co.kr
선문대도서관	충남아산시탕정면갈산리100	041-530-2525	http://delta.sunmoon.ac.kr
성결대도서관	경기안양시안양8동147-2		http://211.221.247.5
성균관대학교도서관	경기수원시장안구천천동287-1	031-290-5114	http://skksl.skku.ac.kr
성남산업진흥재단(재)	경기성남시수정구수진1동587	031-758-9901	http://www.ked.or.kr
성신여대도서관	서울성북구동선동3가249-1	02-920-7275	http://lib.sungshin.ac.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
세종대도서관	서울광진구군자동98	02-3408-3098	http://sjulib.sejong.ac.kr
수원대중앙도서관	경기화성군봉담면와우리산2-2	031-232-2101(378)	http://lib.suwon.ac.kr
수원과학대도서관	경기화성군정남면보통리산9-10	031-252-8980	http://www.suwon-sc.ac.kr
순천대도서관	전남순천시매곡동315	061-752-8131	http://203.246.106.33/
송실대도서관	서울동작구상도1동1-1	02-820-0114	http://oasis.soongsil.ac.kr
안동대도서관	경북안동시송천동388	054-850-5238	http://library.ajou.ac.kr
안산1대학	경기도 안산시 상록구 일동 752	031-400-6900	http://www.ansan.ac.kr
안양대도서관	경기안양시만안구안양5동708-113	031-670-7557	http://www.anyang.ac.kr
안양과학대학도서관	경기안양시만안구안양3동산39-1	031-441-1058-9	http://www.anyang-c.ac.kr
에스씨지코리아(주)	서울강남구대치3동942해성B/D17층	02-528-2700	http://www.onsemi.com
에이치텔레콤(주)	경기도성남시중원구상대원동513-15	031-777-1331	http://www.htel.co.kr
여수대도서관	전남여수시둔덕동산96-1	061-659-2602	http://www.yosu.ac.kr
연세대도서관	서울서대문구신촌동134	02-361-2114	http://library.yonsei.ac.kr
영남대중앙도서관	경북경산시대동214-1	053-882-4134	http://libs.yeungnam.ac.kr
영동공과대학도서관	충북영동군영동읍설계리산12-1	043-740-1071~2	http://210.125.191.101/
오산전문대학도서관	경기오산시청학동17	031-372-1181	http://osanlib.osan-c.ac.kr
(주)오피콤	서울강남구수서동724(로스데일B/D5층)	02-3413-2500	http://www.opicom.co.kr
충북과학대학도서관	충북옥천군옥천읍금구리40	043-730-6251	http://www.ctech.ac.kr
용인대도서관	경기용인시삼가동470	031-30-5444	http://www.yongin.ac.kr
우리기술투자(주)	서울강남구대치동946-14(동원B/D14층)	02-508-7744	http://www.wooricapital.co.kr
우송대중앙도서관	대전동구자양동산7-6	042-630-9668-9	http://pinetree.woosongtech.ac.kr
울산대중앙도서관	울산광역시남구무거동산29	052-278-2472	http://library.ulsan.ac.kr
원광대중앙도서관	전북이리시신룡동344-2	063-850-5444	http://library.wonkwang.ac.kr
(주)원이앤씨	성남구 중원구 상대원동 190-1	031-776-0377	
위덕대학교도서관	경북경주시강동면유금리산50	054-760-1051	http://lib.uiduk.ac.kr
유한대학도서관	경기부천시소사구괴안동185-34		http://ic.yuhan.ac.kr
육군제1266부대연구개발처자료실	부산남구대연동우체국사서함1-19		
육군사관학교도서관	서울노원구공릉동사서함77호	02-975-0064	http://www.kma.ac.kr
육군종합군수학교도서관	대전유성구추목동사서함78-401	042-870-5230	
익산대학도서관	전북익산시마동194-5	063-840-6518	http://library.iksan.ac.kr
이화여대중앙도서관	서울서대문구대현동11-1	02-3277-3137	http://ewhbk.ewha.ac.kr
인제대도서관	경남김해시어방동607번지	055-320-3413	http://lis1.inje.ac.kr
인천대도서관	인천남구도화동177	032-774-5021-5	http://wlib.incheon.ac.kr
인천전문대도서관	인천남구도화동235		http://www.icc.ac.kr
(주)인텍웨이브	서울구로구구로3동197-17(에이스테크노타워501)	02-3282-1185	http://www.intechwave.com
인하대도서관	인천남구용현동253	032-862-0077	http://library.inha.ac.kr
인하공전도서관	인천남구용현동253	032-870-2091-3	http://library.inhatc.ac.kr
전남과학대학도서관	전남곡성군옥과면옥과리산85	061-360-5050	http://www.chunnam-c.ac.kr
전남대도서관	광주북구용봉동300	062-550-8315	http://168.131.53.95/
호원대도서관	전북군산시임피면월하리727	063-450-7106	http://indang.howon.ac.kr
전주대중앙도서관	전북전주시완산구효자동3가1200	063-220-2160	http://lib.jeonju.ac.kr
우석대학도서관	전북완주군삼례읍후정리490	063-273-8001(206)	http://library.woosuk.ac.kr
제주대도서관	제주제주시아라1동1	064-755-6141	http://chulic.cheju.ac.kr
중부대도서관	충남금산군추부면마전리산2-25	041-750-6571	http://www.joongbu.ac.kr
중앙대도서관	서울동작구흑석동221	02-815-9231	http://www.lib.cau.ac.kr
중앙대안성도서관	경기안성군대석면내리		http://www.alib.cau.ac.kr
창원대학도서관	경남창원시퇴촌동234	055-283-2151	http://lib.changwon.ac.kr
창원시립도서관	창원시반송동산51-5	055-281-6921~2	http://city.changwon.kyongnam.kr

회원명	주 소	전 화	홈페이지
청양대도서관	충남청양군청양읍벽천리90		http://www.cheongyang.ac.kr
청주대도서관	충북청주시상당구내덕동36	043-229-8648	http://wuam.chongju.ac.kr
천안대도서관	충남천안시안서동산85-1		http://moon.chonan.ac.kr
천안공업대자료실	충남천안시부래동275		http://www.cntc.ac.kr
한국철도대학교서관	경기의왕시월암동산1-4	031-454-4019	http://library.krc.ac.kr
초당대도서관	전남무안군무안읍성남리419	061-450-1901~3	http://library.chodang.ac.kr
충북대서관	충북청주시개신동산48	043-261-3114~9	http://cbnul.chungbuk.ac.kr
충주대서관	충북중원군이류면검단리123	043-842-7331~5	http://chains.chungju.ac.kr
탐라대서관	제주서귀포시하원동산70	064-735-2000	http://www.tamna.ac.kr
특허청심사4국전자심사담당관실	대전서구둔산동920	042-481-5673	
포항공과대학교서관	경북포항시포항우체국사서함125호	054-275-0900	http://www.postech.ac.kr
한경대서관	경기안성시석정동67	031-670-5041	http://www.hankyong.ac.kr
하남시립도서관	경기하남시신장동520-2	031-790-6597	http://hanamlib.go.kr
한국정보통신기능대학원	경기광주시 역동 181-3	031-764-3301	http://www.icpc.ac.kr
한국과학기술원과학도서관	대전유성구구성동373-1	042-861-1234	http://darwin.kaist.ac.kr
한국과학기술연구원도서관	서울성북구하월곡동39-1	02-962-8801(2418)	http://161.122.13.12/
한국기술교육대학교서관	충남천안군병천면가전리산37	041-560-1253~4	http://dasan.kut.ac.kr
한국방송통신대학교서관	서울종로구동숭동169	02-7404-381	http://knoilib.knou.ac.kr
한국산업기술대도서관	경기시흥시정왕동사화공단3가101	031-496-8002	http://www.kpu.ac.kr
한국산업기술평가원	서울강남역삼동701-7(한국기술센터11층)	02-6009-8034	http://www.itep.re.kr
한국외국어대용인캠퍼스도서관	경기용인군왕산리산89	031-309-4130	http://weplib.hufs.ac.kr
한국전력기술(주)	경기도용인시구성읍마북리 360-9	031-289-4015	http://www.kopec.co.kr
한전전력연구원기술정보센터	대전유성구문지동103-16	042-865-5875	http://www.kepri.re.kr
한국전자통신연구원도서관	대전유성구가정동161	042-860-5807	http://www.etri.re.kr
한국조폐공사기술연구소기술정보실	대전유성구가정동90	042-823-5201(592)	http://www.komsep.com
한국철도기술연구원자료실	경기의왕시월암동374-1	031-461-8531	http://www.krri.re.kr
한국항공대도서관	경기고양시화전동200-1	031-309-1862	http://210.119.25.2/
한국항공우주연구원기술정보실	대전유성구어은동52	042-868-7811	http://www.kari.re.kr
한국해양대도서관	부산영도구동삼동1	051-414-0031	http://kmlib.kmaritime.ac.kr
한동대서관	경북포항시북구홍해읍남송리3		http://salt.handong.edu
한세대서관	경기군포시당정동604-5	031-450-5165	http://lib.hansei.ac.kr
한양대서관	서울성동구행당동17	02-209-2114	http://library.hanyang.ac.kr
한양대안산도서관	경기안산시대학동396	031-869-2111	http://information.hanyang.ac.kr
해군제9135부대군수발전부표준규격과	경남진해시현동사서함2호		
해군사관학교도서관	경남진해시앵곡동사서함1-1		http://www.navy.ac.kr
해군정보기술연구소	경남진해시현동사서함602-3호	055-549-3602	
현대자동차기술관리부	정보자료실 경남울산시중구양정동700		http://www.hyundai-motor.com
SK 하이닉스 메모리연구소정보자료실	경기이천군부발읍아미리산136-1	031-630-4514	
협성대학술정보관	경기화성군봉담읍상리8-1	031-299-0658	http://hulins.hyupsung.ac.kr
혜전대서관	충남홍성군홍성읍남장리산16	041-630-5167	http://www.hyejeon.ac.kr
한라대학	강원원주시흥업면흥업리산66	031-760-1184	http://lib.halla.ac.kr
한서대서관	충남서산군해미면대곡리360	041-660-1114	http://library.hansei.ac.kr
호남대서관	광주광산구서봉동59-1	062-940-5183	http://library.honam.ac.kr
호서대서관	충남아산군배방면세출리산29-1	041-540-5080~7	http://library.hoseo.ac.kr
홍익대서관	서울마포구상수동72-1	02-334-0151(409)	http://honors.hongik.ac.kr
홍익대문정도서관	충남연기군조치원읍신안동	041-860-2241	http://shinan.hongik.ac.kr
대구효성가톨릭대도서관	경북경산시하양읍금락1리330	053-850-3264	http://lib.cataegu.ac.kr

MEMO

박사학위 논문초록 게재 안내

본 학회에서는 전자공학회지에 국내외에서 박사학위를 취득한 회원의 학위 논문초록을 게재하고 있으니 해당 회원 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.(단, 박사학위 취득후 1년 이내에 제출해 주시는 것에 한함.)

성 명	(국문)	(한문)	(영문)
학위취득	학 교 명	대학교	학과
	취득년월	년 월	지도교수
현 근무처 (또는 연락처)	주 소 (우편번호 : -)		
	전화번호	FAX번호	
학위논문 제목	국 문		
	영 문		
KEY WORD			

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 135-703

서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)

사무국 회지담당자앞

E-mail : edit@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 1)

FAX : (02)552-6093



이 학술지는 정부재원으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 출판되었음.

전자공학회지 <월간>

제41권 제7호(통권 제362호)

The Magazine of the IEIE

2014년 7월 20일 인쇄

2014년 7월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회 회장 문 영 식

(주) 한림원 대표 김 흥 중

사단법인 대한 전자 공 학 회

(우)135-703 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 신관 907호)

TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)552-6093

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org

씨티은행 102-53125-258

지로번호 7510904

대한전자공학회 해동자료실 이용 안내

우리 학회는 최신 일본 산업기술 및 공학 정보를 편리하게 습득하도록 하고 소규모 회의를 위한 공간으로 활용하고자 “해동자료실”을 설치하였습니다. 특히 학회 회원에게는 회의실을 무료로 사용하도록 할 예정이오니 많은 이용 바랍니다.

- 이용시간 : (월~금) 오전 9시 30분~오후 6시
- 위 치 : 한국과학기술회관 본관 610호 (강남역 12번 출구 / 도보 10분)
- 문 의 : 학회 사무국 (Tel. 02-553-0255~7 / Email : ieie@theieie.org)

회의실

- 대한전자공학회 회원 : 무료(한시적) * 최대 20명 사용 가능
- 비회원 : 5만원 (2시간 기준)
- 사용 3일 전에 학회 사무국으로 신청
- 오전 09:30-12:00 / 오후 13:30-18:00
- * 특별한 사유가 있는 경우 연장 가능

자료실

- 모든 과학기술인 / 대한전자공학회 회원
- 별도의 신청절차 없이 출입 가능
- 오전 09:30-12:00 / 오후 13:30-18:00

- 자세한 이용안내 : 해동자료실 브로셔(학회 홈페이지에서 다운로드) * <http://www.theieie.org>



심플.
그 새로운 스마트

G3

