전자파 기술 관련 대학 및 산업체 · 연구소 탐방기

한국과학기술원 전자파 적합성 연구실

허 성 렬 · 안 승 영
한국과학기술원

Ⅰ. 전자파적합성 연구실 개요

한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 전자파적합성 연구실(Electromagnetic Compatibility Laboratory, EMC Lab.)은 안승영 교수 포함 총 24명으로 구성되어 있으며, 2011년 설립 이후 무선전력전송, EMC/EMF/EMP 및 국방 관련 기술 등의 연구를 통해 지속적으로 성장해 온 연구실이다.

안승영 교수는 IEEE EMC Society에서 Korea Chapter Chair와 Distinguished Lecturer 등을 역임하였고, ICNIRP, IEC, ITU-R 등 국제기구에서 활동을 수행하고 있으며, 국내에서는 전자파인체보호위원회, EMC기준전문위원회 등 국내 전자파 분야의 위원회 활동을 수행하고 있다. 한국전자파학회의 정보전자연구회, EMC기술연구회, 전자파생체관계연구회, 보안연구회에서 중요한 역할을 수행하며 국내 학술 활동을 하고 있으며, 85편의 SCI급 저널 논문, 130편의 학술대회 논문, 28건의 특허 등록 등 왕성한 연구 활동을 이어가고 있다.

한국전자파학회 하계학술대회는 모든 구성원이 참여하는 주요 연례행사이며, 자체적으로 연구 발표회를 통해 각자의 연구 분야를 공유하고 논의하는 시간을 가짐으로써 새로운 아이디어를 도출하고, 연구 스펙트럼을 넓히고 있다. 연구뿐만 아니라, 연구실 구성원 간의 활발한 교류를 위하여 매년 여러 가지 행사를 진행하고 있다. 송년회, 하계 및 동계 워크샵, 명절맞이 회식 등을 통해서 연구실원 간의 유대감을 형성하고 있다. 다양한 행사를 통해 쌓은 협동심과 연구에 대한 열정을 바탕으로 모두가 함께 성장할 수 있고, 미래 과학기술을 이끌어 나갈 수 있는 연구실을 만들어 나가고 있다.

[그림 1] 전자파적합성 연구실 단체 행사

본 연구실 출신의 졸업생들은 삼성전자, LG전자, 현대자동차, 만도 등 기업뿐 아니라, 전자통신연구원, 전자기술연구원, 영남대학교 등에서 연구원 또는 교수로서 다양한 분야에서 활동하며 관련 분야의 과학기술 발전을 선도하고 있다.

정부/연구소/기업과 함께 다수의 연구과제 수행을 통해 미래기술에 관한 활발한 연구를 진행하고 있다. <표 1>과 같이 무선전력전송(wireless power transfer, WPT), 자기장 인체 영향, 고주파에서의 신호 무결성 및 전력 무결성(signal integrity & power integrity, SI/PI)에 대한 연구를 진행하고 있으며, 인공지능 및 자기장 통신 분야에서 새로운 연구를 개

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020-0-00839, 초연결 E-Vehicle 전력 및 신호 EMC 고도화 기술 개발).

〈표 1〉 주요 연구내용

분류	연구내용
WPT	▪ 의료기기, 가전 및 휴대전자기기, 전기자동차 등에 활용 가능한 무선전력전송 시스템 설계 ▪ 무선전력전송 시스템의 인체 또는 주변기기에 끼치는 영향 분석 및 문제 해결
SI/PI	▪ 차세대 High-speed DRAM Module Signal Integrity 및 Power Integrity 설계 및 검증 ▪ Through Silicon Via (TSV) Modeling 및 설계 최적화
Communi-cation	▪ 전자공격 및 통신 감청 등을 예방하기 위한 저피탐/저감청 적응형 다중모드 항재밍 통신기법 ▪ 고감도 자기 센서의 구조 최적화 및 성능 극대화를 및 자기장 통신 시스템 개발
AI	▪ 무선전력전송 시스템 최적화 설계를 위한 AI 적용 ▪ AI를 이용한 HBM Interposer PDN 최적화 설계

척하고 있다.

특히, 전기자동차에 대한 EMC 문제를 해결하기 위해 '초연결 E-Vehicle EMC 핵심기술 연구센터'를 전국 7개 대학의 컨소시엄을 구성하여 2020년 9월에 개소하였다. 본 연구센터는 E-Mobility의 전력/구동계/통신 시스템의 EMC 기술 분석 및 설계 기술 개발, EMC 대책 기술 개발, EMC 기술 최적화 및 실차적용 검증을 목표로 하며, 최종적으로 초연결 E-Mobility용 AI기반을 통한 EMC 설계 플랫폼 개발을 목표로 하고 있다.

Ⅱ. 전자파적합성 연구실 수행 연구 소개

한국과학기술원 전자파적합성 연구실은 무선전력전송(wireless power transfer, WPT), 신호 무결성 및 전력 무결성(signal integrity & power integrity, SI/PI)에 대해 주로 연구를 진행하고 있으며, 최근에는 통신 기술, 최적화 설계를 위한 인공지능 기술에 대해서도 연구를 진행하고 있다. 또한 정부/연구소/기업과 다수의 협력 연구를 수행하고 있으며, 주요 연구내용은 다음과 같다.

2-1 무선전력전송 시스템 설계

2-1-1 중전력 무선전력전송 시스템 설계

수백 W에서 수십 kW까지 전송이 가능한 무선전력전송 시스템은 흔히 중 전력이라고 하는데, 취미를 위한 드론, 공장 등에서 사용되는 automated guided vehicle (AGV), 그리고 전기자동차를 위한 무선충전 시스템까지 그 활용성이 매우 높다. KAIST EMC 연구실에서는 다양한 중전력 어플리케이션에 WPT 시스템을 적용하는 연구를 진행하고 있다.

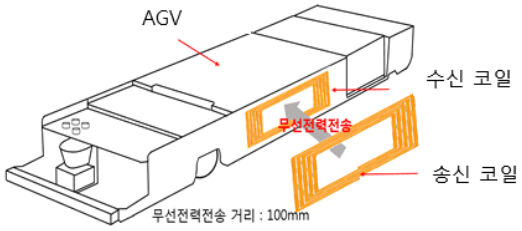
먼저, [그림 2]와 같이 드론에 전력을 공급하기 위한 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 수십 W급의 취미용 드론부터 수백 W급의 상업용 드론에 전력을 공급할 수 있다[1]. 현재 이 시스템은 연구단계를 넘어 상용화되기 위한 검토가 이뤄지고 있다.

또한, 공장에서 사용되는 AGV는 공장의 자동화를 위한 핵심이라고 할 수 있다. [그림 2]와 같이 AGV를 위한 무선전력전송 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 수 kW 급의 전력을 급속으로 공급하여 상대적으로 높은 전력이 필요로 하는 AGV를 원활하게 가동할 수 있도록 해준다.

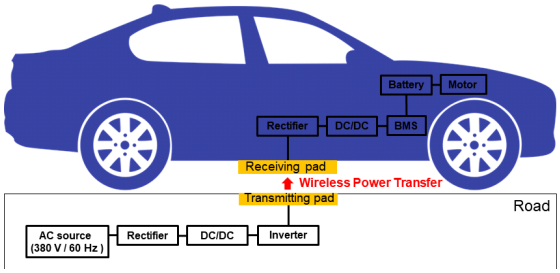
한편, 전기자동차(electric vehicle)는 현재 상용차 시장의 대세로 떠오르고 있으며, 국가마다 강화되는 환경규제와 더불어 그 시장이 매우 커지고 있다. 이에 발맞춰 전기차에 무선으로 전력을 공급하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다[2].

[그림 3], [그림 4]와 같이 AGV 및 전기자동차를 위한 30

[그림 2] 드론 무선 충전을 위한 스테이션



[그림 3] AGV를 위한 무선전력전송 시스템



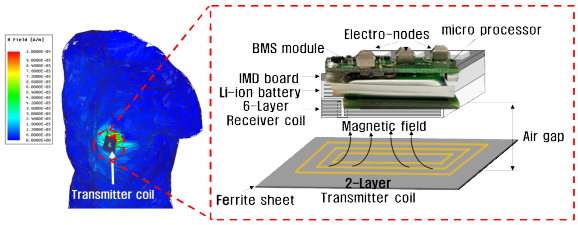
[그림 4] 전기자동차를 위한 무선전력전송 시스템

kW급 무선전력전송 시스템을 개발하였으며, 이와 관련하여 자기장 저감기술, 급속 충전 기술 등에 관해 연구를 진행하고 있다.

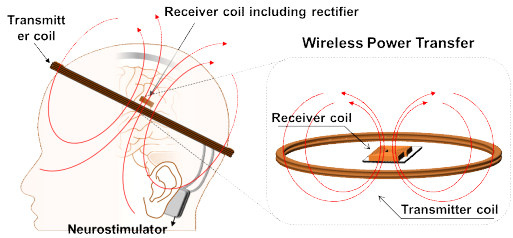
2-1-2 인체삽입형 의료기기

인체삽입형 의료기기는 심장, 뇌, 신장 등 체내에 삽입되어 생체신호 탐지를 통한 지속적인 모니터링 및 자극치료를 수행한다. 하지만, 인체삽입형 의료기기의 경우, 배터리 수명이 보통 3~7년이기 때문에 수술을 통한 주기적인 배터리 교체가 필수적이다. 또한, 복잡하고 큰 부피의 의료기기가 체내에 삽입되어 주변 조직을 훼손할 수 있다.

이러한 기존 인체삽입형 의료기기의 문제점을 해결하기 위해 본 연구실에서는 주기적인 수술이 필요 없고, 주변 조직 손상을 최소화할 수 있는 인체삽입형 의료기기 개발을



[그림 5] 무선전력전송 기반의 삽입형 심전도 센서



[그림 6] 무선전력전송 기반의 뇌 심부 자극 장치

목표로, 초소형 코일을 이용한 무선전력전송 기반의 삽입형 심전도 센서, 뇌 심부 자극 장치 및 송/수신 코일의 구조에 따른 자기장 성형을 통한 배터리가 필요 없는 인슐린 펌프 연구를 진행하고 있다[3].

[그림 5]와 [그림 6]은 각각 무선전력전송 기반의 삽입형 심전도 센서, 뇌 심부 자극 장치 구조를 보여준다. 체내에 삽입되는 시스템의 크기를 소형화하기 위해 기기 작동이 가능한 수준의 출력 전압을 갖는 초소형 수신코일 설계 및 무선전력전송 시스템 설계 기술이 필요하다.

이러한 기술 특성(무선화, 초소형화, 고효율화)을 갖추기 위해 높은 상호 인덕턴스 및 낮은 코일 내부 저항을 갖는 송, 수신 코일 설계 및 높은 효율의 보상 회로부 설계가 중요하다. PCB와 칩을 통해 수신 코일을 설계하여 소형화를 구현하고, 높은 Self Resonant Frequency를 갖는 코일 구조를 설계하여 코일의 내부 저항을 낮추고, 높은 부하 저항을 갖는 인체 조직 특성을 고려하여 보상회로부를 설계함으로써 출력 전압 및 시스템 효율을 향상하였다.

또한, 다수의 송신 코일을 구조 설계를 통해 회전 자계를 형성하여 인체 내부의 수신 코일을 회전시켜 펌프를 작동시킴으로써 배터리 없이 인슐린 펌프를 작동시킬 수 있는 기술이 구현되었다.

2-1-3 모바일 어플리케이션

현재 무선전력전송 기술이 가장 활성화된 분야는 모바일 어플리케이션으로 출시되는 모든 스마트폰은 무선 충전 기능을 포함하고 있다. 뿐만 아니라, 시중에는 많은 무선 충전기가 판매되고 있으며, 최근에는 급속 충전을 지원하는 무선 충전기도 판매가 되고 있다. 하지만, 아직 유선에 비해 해결할 문제점들이 많이 있으며, 더 편리한 사용을 위해 다

양한 주제에 관한 연구가 필요하다.

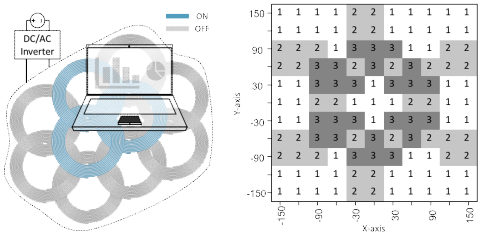
본 연구실에서는 송·수신 코일 간의 좌우 오 정렬 문제 해결 및 다중 기기를 동시에 충전할 수 있는 충전기의 개발을 진행하고 있다. 대부분의 무선 충전기들은 1대1 충전을 지원한다. 여러 개를 충전할 수 있는 충전기가 제품화되어 있지만, 내부를 살펴보면 각각의 충전기를 하나의 덮개 안에 넣은 구조로 수신부가 정해진 위치에 놓여 있지 않으면 충전되지 않는다. 이런 문제를 해결하기 위해 [그림 7], [그림 8]과 같이 여러 개의 송신 코일을 배치하고, 수신 코일의 위치, 크기, 개수에 따라 최대 효율로 동작할 수 있는 송신부 동작 방법에 관해 연구를 진행하고 있다.[4]

궁극적으로는 특정 구역 안에서 수신부가 어떤 위치 및 각도로 있어도 충전을 할 수 있는 송신부 개발을 목표로 하고 있다.

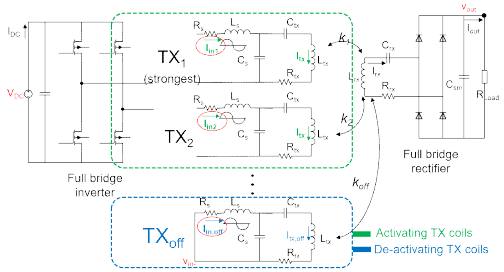
2-2 무선전력전송시스템에서 발생하는 누설 자기장 분석 및 차폐 방법

2-2-1 무선전력전송 EMF 표준화

무선전력전송 기술은 충전 과정에서 누설 자기장이 발생



[그림 7] 다중 송신 코일을 사용한 무선전력전송 시스템과 수신 코일의 위치에 따른 송신부 동작



[그림 8] 다중 송신 코일을 사용한 무선전력전송 시스템 회로

하며, 이는 주변의 전자기기 혹은 인체에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 무선전력전송 시스템의 동작 주파수 대역과 시스템에서 발생한 전자기장의 평가 방법 및 규격을 표준으로 제정하고 있다.

본 연구실에서는 ITU-R/SG1/WP1A 국제회의에서 전기자동차의 무선 충전 주파수 분배에 관한 기고를 통해 승인받은 바 있으며, 그 결과는 아래 [그림 9]와 같다. 또한, 9 kHz~30 MHz 대역 내에서 무선 충전 전기자동차와 타 시스템과의 간섭영향을 전자기장 세기를 기준으로 평가 및 분석하여 ITU-R/SG1/WP1B에 기고하였으며, 현재 통신 시스템의 통신 성능 측면에서의 간섭영향 연구를 진행하고 있다.

또한, 전기자동차 무선 충전 시스템의 현장 측정(*in-situ* test) 방법과 관련된 내용을 CISPR/B/WG7에서 다루고 있으며, 본 연구실의 전양배 팀장이 공동 의장을 맡아 표준화를 진행하고 있다.

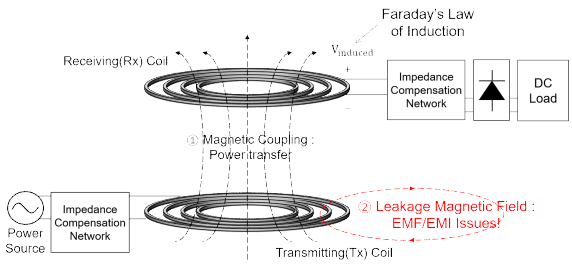
본 연구실에서는 PT63184에 전기자동차와 드론의 전자파 인체 노출량 평가 방법에 관한 내용을 기고하여 표준화에 기여하고 있다. 현재 체내에 시스템이 위치하는 무선 충전 인체삽입형 의료기기 시스템의 전자파 인체 영향의 평가 방법은 표준이 없는 상태이다. 따라서, 현재 무선 충전 인체삽입형 의료기기에 관한 다양한 연구를 진행하고 있으며[5], 연구 결과를 바탕으로 표준화에 이바지할 수 있을 것으로

Frequency range for operation of non-beam WPT systems for electric vehicles

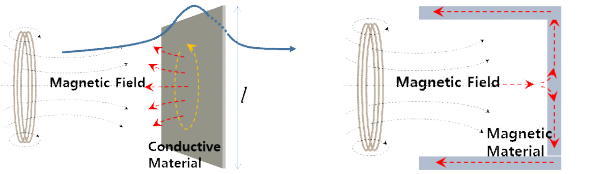
Frequency range	Suitable non-beam WPT-EV
19-21 kHz	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
55-57 kHz(1)	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
63-65 kHz(1)	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
79-90 kHz	Magnetic resonant technology

(1) Not to be used for the fundamental frequency of WPT-EV. Assuming a minimum separation distance of 50 m between WPT-EV and SFTS receivers, the third harmonic must fall within the 64-65 kHz and 55-56 kHz frequency range and the WPT emission be limited to 35 dBμA/m at 10 m. Where a separation distance of greater than 100 m between WPT-EV and SFTS receivers can be guaranteed, the third harmonic may fall within the 63-65 kHz and 55-57 kHz and the WPT emission be limited to 44 dBμA/m at 10 m.

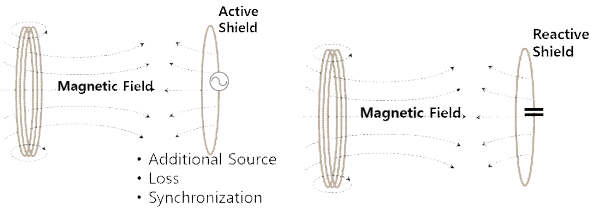
[그림 9] ITU-R SM.2110-1 문서 내 주파수 분배 결과



[그림 10] 무선전력전송시스템의 구성 요소



(a) 수동 차폐(도체 이용) (b) 수동 차폐(자성체 이용)



(c) 능동 차폐 (d) 리액티브 차폐

[그림 11] 차폐 방법 종류 및 개념도

기대한다.

2-2-2 무선전력전송 시스템 EMF/EMI 저감 설계

무선전력전송 과정 중에 송/수신 코일 사이에 결합되지 않는 자속에 의해 주변에 누설되는 자기장이 존재하는데, 이를 누설 자속 (leakage magnetic field)라고 한다. 무선전력전송 시스템에서 이러한 누설 자속은 Electromagnetic field (EMF)/Electromagnetic interference(EMF) 문제의 주원인이 된다. 이러한 EMF/EMI 문제는 원치 않는 주파수 성분의 전자파가 인체에 해로운 영향을 끼치거나, 다른 기기의 오작동을 발생시킬 수 있으므로 필수적으로 해결해야 한다.

본 연구실에서는 능동 차폐(active shielding)와 리액티브 차폐(reactive shielding)를 이용한 고효율 고성능 차폐 방법에 대해 연구를 수행하고 있다.[6] 능동 차폐 방법은 차폐 코일에 추가 전원을 이용함으로써 자기장을 상쇄하는 방법이며, 리액티브 차폐는 송수신 코일과의 결합계수를 이용하여 차폐코일에 역방향의 자기장을 발생시키는 기술이다. 이러한 차폐 기술은 드론을 포함한 여러 가지의 무선충전 응용제품에 적용할 수 있고, 효율 저감을 최소화하고 차폐 성능을 극대화하여, 효율은 증가시키면서 인체 및 다른 전자기기 영향이 저감되는 차폐기술에 관한 연구도 진행 중이다.

2-3 신호 무결성 및 전원 무결성 설계

2-3-1 데이터 센터 서버용 차세대 Memory 신호 구조의 Signal/Power Integrity 및 열 특성에 관한 연구

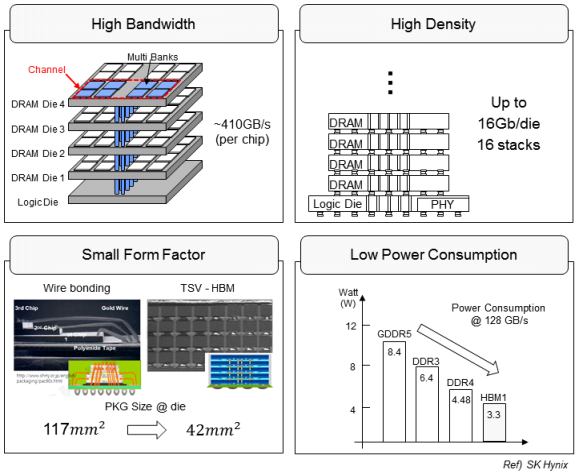
최근, 빅데이터를 활용한 인공지능 중심의 기술이 크게 발전하고 있으며, 대규모 데이터 센서 구축을 위한 서버 시장의 규모가 증가하고 있다. 이로 인해 데이터센터를 구성하는 서버는 데이터 저장용량의 증가와 함께, 메모리의 빠른 연산 및 많은 양의 정보 처리를 위한 고성능 시스템이 요구된다.

따라서 차세대 High-speed DRAM Channel 용 실장기의 Signal integrity 및 Power integrity 이슈 분석과 열 특성을 고려한 설계 및 검증이 필요로 하게 된다. 따라서, memory용 고속 신호 전송 구조에 대한 전반적인 이해를 바탕으로 하여, 초고속 시스템 설계에 있어서 더욱 정확하고 빠른 해석을 수행하기 위해 Signal integrity 관점의 모델링, 해석 및 설계 연구를 진행하고 있다.

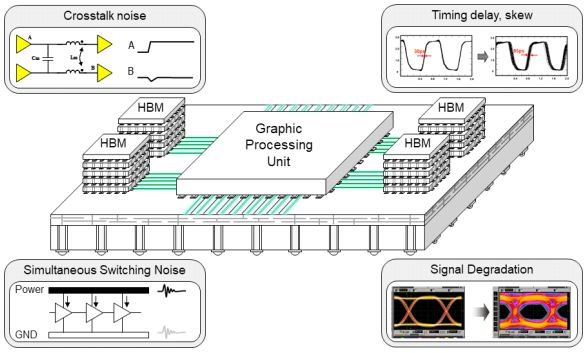
2-3-2 차세대 지능형 반도체 패키징 기술

4차 산업 혁명의 시대에 들어서면서 딥러닝, 자율 주행, Internet of things (IoT) 등 인공지능 기술을 위한 고성능 반도체에 대한 수요가 증가하고 있다. 본 연구에서 목표로 하는 High-Bandwidth Memory (HBM)는 [그림 12]와 같이 메모리를 수직으로 적층하여 TSV channel의 I/O개수를 대폭 늘려 동일 density 대비 넓은 bandwidth를 확보할 수 있고, 다른 memory 구조보다 interface를 획기적으로 줄여 power consumption이 줄어드는 이점을 갖는다. 하지만 I/O개수가 대폭 늘어남에 따라 crosstalk, switching noise와 같은 Signal/Power integrity issue를 고려한 HBM 구조 최적화 연구가 필요하다.

[그림 13]은 Off-chip 설계 시 발생할 수 있는 대표적인 signal integrity(SI)/ power integrity(PI) 이슈를 보여준다. HBM은 I/O개 수가 많고 Interface의 길이가 짧다 보니, SI 측면에서는 TSV와 channel에서 발생할 수 있는 crosstalk을 줄이는 것이 bandwidth 확보에 큰 이점을 갖는다. PI 관점에서는 PCB와 다르게 Mesh/Grid 구조의 Power/Ground layer를 사



[그림 12] HBM 구조의 장점



[그림 13] Off-chip 설계 시 발생할 수 있는 signal/power integrity 문제 예시

용하기 때문에 PDN Impedance 최적화를 통해 switching noise를 저감할 수 있다.[7]

2-4 AI를 이용한 최적화 설계 및 통신기법 연구

2-4-1 AI를 이용한 전자파 설계

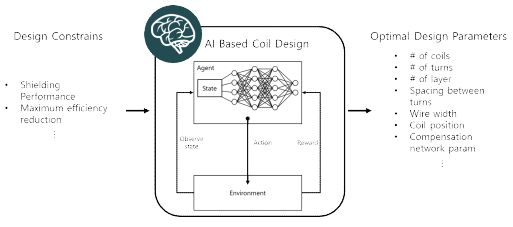
최근 고도화된 시스템에 대한 심층적인 분석 및 최적화를 위해 새로운 설계 방법이 필요하다. 본 연구실에서는 연구인력만을 활용한 설계 방법에서 벗어나 더욱 고도화된 시스템의 분석을 위하여 인공지능(AI)을 이용한 전자파 설계 연구를 진행 중이다.[8]

첫 번째, 전자파 차폐 코일 최적화 연구 진행 중이다. 무선전력전송 시 발생하는 누설 자기장을 차폐하기 위해 현재 다양한 종류의 차폐 코일이 사용되고 있다. 하지만 다중 주파수 차폐로 인해 기존 전력 시스템의 복잡도가 매우 증가할 뿐만 아니라, 전력 전송 효율 저감을 발생시킨다. 이처럼 복잡한 시스템에서 각 적용분야에 최적화된 효율 저감과 차폐 성능을 만족하는 차폐 코일을 설계하기 위해 Reinforcement Learning (RL)을 이용한 최적화 설계를 진행 중이다. 기존 수행하던 연구를 더욱 발전시켜 Deep Q Networks (DQN)를 이용하여 [그림 14]와 같이 차폐 코일 최적화를 진행하고 있다. 기존 복잡성으로 인해 최적화가 어려웠던 차폐 코일 최적화 연구를 통해 향후 차폐 코일뿐만 아닌 다양한 시스템의 최적화에 사용될 것으로 예상한다.

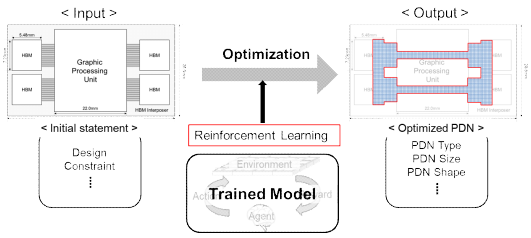
두 번째, HBM Interposer 전원 무결성을 위한 PDN 최적화 연구를 수행하고 있다. 기존 HBM Interposer의 PDN 설계의 경우, 다층의 Ground, Power 층의 설계로 인해 매우 어려운 설계 난이도를 가지고 있으며, 각 층의 종류, 크기, 형상 등의 다양한 변수가 설계 기준 없이 목표 임피던스를 만족하는 모든 결과물이 사용되었다. 하지만 각 변수의 작은 변화에도 PDN의 특성은 급변하여 목표 임피던스 조건에 만족하지 않을 수 있다. 따라서 [그림 15]와 같이 RL을 이용하여 HBM Interposer의 PDN 설계의 최적화를 진행 중이다. 위 연구를 통해 기존 고도화된 시스템으로 인해 설계가 어려웠던 HBM Interposer PDN의 최적 설계의 기반으로 자리할 것으로 예상한다.

2-4-2 고정밀 자기 센서 기반 미소 자기장 통신 기술

자기장 통신 기술은 자기장 영역을 이용한 무선 통신 기술로 기존의 RFID 기술과 USN 기술의 약점을 해결하고, 무선 통신 기술의 활용 범위를 넓히기 위한 차세대 무선 통신 시스템 기술이다.



[그림 14] AI를 이용한 차폐 코일 설계 진행 과정



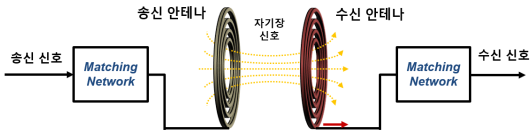
[그림 15] AI를 이용한 HBM Interposer PDN 설계

자기장 통신은 전자계가 안테나로부터 분리되어 공간으로 방사되기 이전의 근거리장 영역을 이용하여 신호를 전송한다. 더 넓은 근거리 장을 활용하기 위하여 저주파 대역을 사용하는데, 저주파 특성을 바탕으로 전도성 매질에서 발생할 수 있는 표피효과로 인한 감쇄를 감소시킬 수 있다.

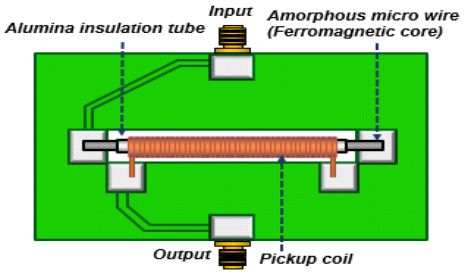
자기장 통신의 가장 기본적인 형태는 [그림 16]과 같다. 데이터를 송신 안테나로 전송하면 패러데이 법칙에 따라 송신 코일에서 시변 전류가 자기장 형태의 신호를 형성하게 된다. 하지만 자기장 통신은 타 통신법 대비 통신 거리가 짧고 잡음에 취약하다는 단점이 있다.

이러한 부분을 해결하기 위하여 본 연구실에서는 2019년도부터 한국전자통신연구원(ETRI)과 함께 거대자기 임피던스 효과를 이용한 고감도 자기 센서를 이용한 미소 자기장 통신 기술을 공동연구 중이다. [9]

거대자기 임피던스 효과란 와이어의 축방향의 외부 자기장에 따라 고주파수 전류에 의해 연자성체 전도체의 임피던



[그림 16] 자기장 통신 시스템 구성도



[그림 17] 거대자기 임피던스 자기 센서

스가 크게 변하는 현상으로, [그림 15]와 같은 자기센서를 이용하여 미세 자기장 신호를 수신할 수 있게 한다. 또한, 잡음에 강인한 구조를 갖추고 있어, 더욱 적은 잡음의 영향과 더욱 긴 통신 거리를 구현할 수 있어, 기존의 자기장 통신이 갖고 있던 한계점을 극복하는 데 활용할 수 있다.

본 연구실에서는 고감도 자기 센서의 구조 최적화 및 성능 극대화를 위한 연구와 자기장 통신 시스템에 관한 연구와 개발을 진행 중이다. pT 수준의 미세 자기장을 외란의 영향 없이 더욱 먼 거리로 전송과 수신을 할 수 있는 기술은 지중 및 해양 구조물 관리, 잠수함 통신, 정밀 위치 추적 등 다양한 산업 분야에서 활용될 수 있을 것이고, 거시적인 관점에서 기술 경쟁력의 제고를 통해 고감도 자기 센서 및 통신 시스템 시장을 선도할 수 있을 것으로 전망된다.

Ⅲ. 결 론

한국과학기술원 전자파적합성 연구실은 무선전력전송, 신호 및 전원 무결성에 관한 연구를 진행하고 있으며, 최근 연구 동향을 반영하여 AI 기술, 자기장 통신 기술 등에 관한 연구를 수행하고 있다. 연구 분야가 다양한 듯 보이지만, 실제로 전자기장에 관한 핵심 요소에 대한 이해를 바탕으로 긴밀한 연관관계를 가지는 주제들로 구성되어 있다. 모든 구성원은 미래의 기술을 이끄는 리더로서의 책임감을 느끼고, 창의적이면서도 실용적인 미래기술 개발에 전념하고 있으며, 연구실 내부 연구뿐만 아니라, 산/학/연 교류를 통해 다양한 과제를 수행하여 뛰어난 성과를 얻어내고 있다.

무선전력전송 및 EMC 등 전자파 분야에서 많은 공학적 발전을 이뤄냈지만, 현재 수준에 만족하지 않고 더 나은 수준의 기술개발을 위해 끊임없이 고민하고 노력하여 국내뿐만 아니라, 세계를 선도할 수 있는 연구실이 될 수 있도록 노력하고 있다.

참 고 문 헌

[1] Y. Shin, K. Hwang, J. Park, D. Kim and S. Ahn, "Precise vehicle location detection method using a wireless power transfer (WPT) system", *IEEE Transactions on Vehicular*

Technology, vol. 68, no. 2, pp. 1167-1177, Feb. 2019.

[2] C. Park J. Park, Y. Shin, J. Kim, S. Huh and D. Kim, et al., "Separated circular capacitive coupler for reducing cross-coupling capacitance in drone wireless power transfer system", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 68, no. 9, pp. 3978-3985, Sep. 2020.

[3] D. Kim, D. Jeong, J. Kim, H. Kim, J. Kim, S. M. Park and S. Ahn, "Design and implementation of a wireless charging based cardiac monitoring system focused on temperature reduction and robust power transfer efficiency", *Energies*, 24, Feb. 2020.

[4] S. Huh, B. Park, D. Kim, J. Kim, J. Park and H. Kim, et. al., "Optimal transmitter selection method for maximum power efficiency for wireless power transfer system using multi-transmitter," 2020 *IEEE Wireless Power Transfer Conference* (WPTC), Seoul, Korea (South), 2020.

[5] J. Ahn, S. E Hong, H. Kim, Y. Chun, H. D. Choi, K. Kim, B. Andrés, J. Choi and S. Ahn Compliance testing for human body model exposure to electromagnetic fields from a high-power wireless charging system for drones. *Radiat Prot Dosimetry*. Jul. 2020.

[6] J. Park, C. Park, Y. Shin, D. Kim, B. Park and et al., "Planar multiresonance reactive shield for reducing electromagnetic interference in portable wireless power charging application" *API*, vol. 114, no. 20, May 2019.

[7] K. Kim, J. Choi, S. Woo, J. Cho and S. Ahn, "E-field induced keep-out zone determination method of through-silicon vias for 3-D ICs", *Microelectronics Reliability*, vol. 98, 2019.

[8] C. Choe, J. Ahn, J. Choi, D. Park, M. Kim and S. Ahn, "A robust channel access using cooperative reinforcement learning for congested vehicular networks", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 135540-135557, 2020.

[9] J. Y. Kim et al., "A novel experimental approach to the applicability of high-sensitivity giant magneto-impedance sensors in magnetic field communication", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 193091-193101, 2020.

≡ 필자소개 ≡

허 성 렬

2018년 8월: 인천대학교 전기공학과 (공학사)
2020년 8월: 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 (공학석사)
2020년 9월～현재: 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 박사과정
[주 관심분야] 무선전력전송, 자기장 인체 영향

안 승 영

1998년 2월: 한국과학기술원 전자전기공학과 (공학사)
2000년 2월: 한국과학기술원 전자전기공학과 (공학석사)
2005년 2월: 한국과학기술원 전자전기공학과 (공학박사)
2005년～2009년: 삼성전자 책임연구원
2009년～2011년: 한국과학기술원 연구교수
2011년～현재: 한국과학기술원 부교수
2020년～현재: 초연결 E-Vehicle EMC 핵심기술 연구센터장
[주 관심분야] 무선전력전송, 국방 기술, EMC/EMF/EMP, Package Design