

# Power System & Smart Energy Network Lab.

▶ 위치: 공대-8호관 303-3호, 404호, 404-1호

▶ 전 화: 053-950-7230

▶ E-mail: skhan@knu.ac.kr

▶ 연구실 홈페이지: <http://powerlab.knu.ac.kr>

▶ 지도교수 홈페이지: <http://arnoldhan.com>

## 01

### 연구실구성원

- 지도교수 : 한세경 교수
- 박사과정 : 박진경, Kofi Afrifa Agyeman, 김우미, 서민교, 배철희, S M Shanewas Siddiquee,
- 석사과정 : 김경가, Syed Adil Sardar, 이정환, 양지안, 손현규, 정재욱, 이재영, 이종욱, 김무수, 양태, 김민재
- 학부연구생 : 황영규, 허상렬
- 졸업생 : 손영익, 조현덕, 최정현, 박승현, 박정준, 유병규, 정종호, Moses Amoasi Acquah, Kodaira Daisuke, 장현, 정준연

## 02

### 연구실 소개

본 연구실은 인공지능, 배터리, 전력계통(특히 EMS) 세 가지의 키워드를 복합적으로 연구하며 접근 할기차 교수님 을 중심으로 배터리 및 에너지 분야에서 가장 활동적이고 지명도 있는 연구실 중 하나로 본 연구실에서 주로 다루는 주제는 다음과 같습니다.

#### □ 데이터과학 및 인공지능 융합 에너지관리시스템 (EMS)

- 최근 화두가 되고있는 분야입니다. 저변의 전통적인 데이터 과학뿐 아니라 신경망(딥러닝 포함)기반의 인공지능을 활용하여 에너지 관리 시스템(EMS), 전기차 제어, 전력계통 해석, 배터리 상태추정 등의 다양한 분야에 응용하는 일을 하고 있으며 현대자동차, 한국전력 등을 통해 제품화 될 정도로 기술력을 인정받고 있습니다.

#### □ 전기자동차 및 ESS용 배터리 시스템(BMS for EV & ESS)

- 저의 연구실이 강점으로 가지는 분야입니다. 배터리의 물리적 해석모델을 바탕으로 사이클에 따른 수명파악, 상태 추정, 이상 진단 등을 실용적인 Data-Driven 방식을 통해 수행하는 연구를 진행하고 있습니다. 이미 LG 전자, 한국전력공사 등 다양한 기업과 연구과제를 통해 성과를 내고 있으며, 졸업생의 관련 분야 취업도 활발하며 최근 본 연구실의 기술이 KBS 보도에도 소개되어 있습니다.



#### □ 전력계통(스마트그리드) 및 신재생에너지 제어

- 전통적인 전력계통 해석 뿐 아니라 최근 이슈가 되고 있는 스마트그리드 기반의 Vehicle-to-Grid (V2G)나 ESS, 신재생에너지 제어와 관련된 연구를 수행하고 있습니다. 기존의 전통적이고 해석적인 방법과 함께 빅데이터 기반의 인공지능모델을 병행하여 다양한 응용 연구를 진행하고 있습니다.

본 연구실은 학생 개개인별로 융합연구를 수행하며 실용과 연구능력 두 마리 토끼를 다 잡을 수 있도록 최선을 다 하고 있습니다. 또한 최근 인력양성사업, Brain Korea, 소재부품장비 혁신 Lab 사업 등 다양한 대형 과제를 수행하여 학생들의 인건비 및 연구 지원환경이 풍부하며 한국전력공사와 공동 구축한 EMS 테스트베드(10여억원 상당)를 연구실 건물에 구축하여 연구에 직접 활용하고 있습니다.

## □ 주요 연구 과제

- 전력중개거래 기반 플러스에너지 주체단지 설계 및 운영기술 개발 과제, 에너지기술평가원(산업통상자원부)
- 계통 연계형 분산 ESS의 통합 운영 로직 및 플랫폼 기술 개발, 한국연구재단(미래창조과학부)
- 리튬 이차전지 수명 열화 핵심변수 도출 및 예측 모델 개발, 한국전력공사
- 집합전력 공급시설의 전력요금 절감을 위한 25KWh급 분산형 ESS 및 EMS 개발, 한국산업기술진흥원(산업통상자원부)
- 주파수 변동 모델에 기반한 전력계통 신뢰도지수 개발 및 응용, 한국전력공사(산업통상자원부)
- 2030 변전 용량 분야 중장기 발전전력 로드맵 수립 연구, 한국전력공사(산업통상자원부)
- 계통운영 특성을 고려한 BMS 알고리즘 개발, 한국전력공사(산업통상자원부)
- 경제성 분석 기반 배전계통 ESS 계획 기법 및 운영 알고리즘 개발, 한국전력공사(산업통상자원부)
- 국내 전력계통 연계형 분산 ESS 및 전기자동차 통합 운영 로직 및 전력시장 참여 모델 개발, 한국연구재단(과학기술정보통신부)
- 기계학습 기반 적응형 통합 건물 에너지 관리 시스템 개발, 한국연구재단(과학기술정보통신부)
- 인공지능 기반 계통연계형 Micro-grid 수요관리시스템 개발, 한국산업기술진흥원(산업통상자원부)
- 2018년 대구가산사업단지 블록형 마이크로그리드 구축사업, 지능형자동차부품진흥원(대구광역시)
- 열화미도합수 기반의 SOX 알고리즘 연구, LG 전자
- 전력중개거래 기반 플러스에너지 주체단지 설계 및 운영기술 개발, 에너지기술평가원(산업통상자원부)

## □ 주요 논문

- "Development of an Optimal Vehicle-to-Grid Aggregator for Frequency Regulation", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, no. 1, pp 65-72, 2010 (1000회 이상 피인용)
- "Estimation of achievable power capacity from plug-in electric vehicles for V2G frequency regulation: Case studies for market participation", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 2, no. 4, pp 632-641, 2011
- "A practical battery wear model for electric vehicle charging applications", *Applied Energy*, Elsevier, vol. 13, pp.1100-1108, 2014
- "Performance-Based Settlement of Frequency Regulation for Electric Vehicle Aggregators", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, no.2, pp 866-878, 2018
- "A New Mileage Payment for EV Aggregators With Varying Delays in Frequency Regulation Service", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, no.4, pp 2616 - 2624, 2018
- "An Automated Impedance Estimation Method in Low-Voltage Distribution Network for Coordinated Voltage Regulation", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 2, pp. 1012-1020, 2016
- "Optimal Energy Storage System Operation for Peak Reduction in a Distribution Network Using a Prediction Interval", *IEEE transaction on smart grid*, vol. 11, no.3, 2020
- 상기 논문 외 다수 논문 발표

## □ 국제특허

- "배전선로의 임피던스 자동추정장치(配電線路のインピーダンスの自動推定装置)", 일본, AIST 특허 등록
- "APPARATUS AND METHOD FOR REAL-TIME BATTERY LIFE ESTIMATION" 국제 PCT 특허 출원
- "APPARATUS AND METHOD FOR REAL-TIME STATE OF HEALTH ESTIMATION BASED ON BIG DATA" 국제 PCT 특허 출원

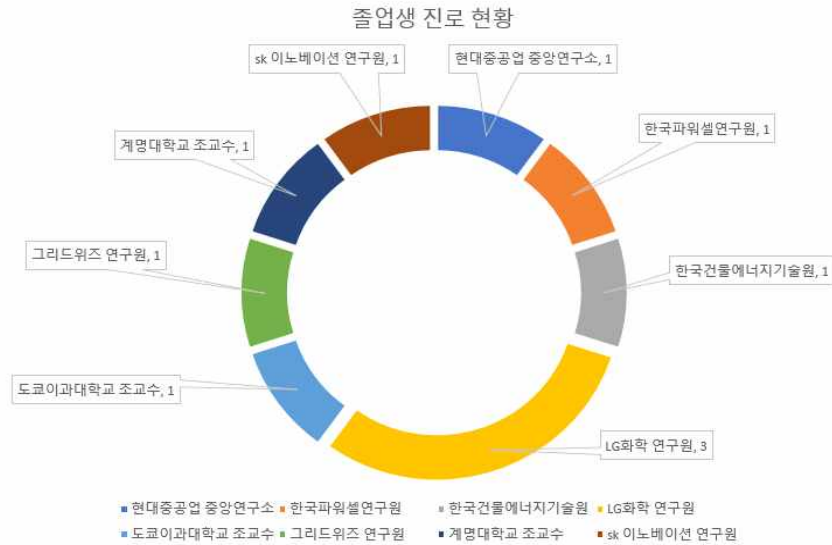
## □ 국내특허

- "배터리 잔존수명 실시간 추정 장치 및 방법", 2016 등록
- "전력량계 데이터 추정 방법, 및 전력 데이터 관리 시스템", 2018 등록
- "빅데이터 기반의 배터리 열화도 추정장치 및 방법", 2019 등록
- "배터리 수명 예측장치 및 방법", 2019 등록
- "자동차 제어 방식 온도 보조 장치 및 제어 방법, 상기 방법을 수행하기 위한 기록 매체", 2020 등록
- "건물 단위의 파워 모빌리티 서비스 제공방법, 이를 수행하기 위한 건물 에너지 관리장치 및 이를 포함하는 건물 단위의 파워 모빌리티 시스템", 2020 등록
- "배터리의 열화 모델에 따라 배터리의 상태를 추정하는 배터리 상태 추정 장치 및 방법", 2020 등록
- "기계 학습 기반 조류 예측 시스템 및 방법", 2020 등록

- “대규모 plug-in 전 기차 집합제어를 위한 방법 및 장치”, 2020 등록
- “지역 단위 파워 모빌리티 서비스 제공방법, 이를 수행하기 위한 파워 모빌리티 관리서버 및 이를 포함하는 지역 단위 파워 모빌리티 시스템”, 2020 등록
- 상기 특허 외 다수 특허 출원 및 등록

04

졸업생 진로 현황



05

졸업생 기고문(2019 연구실 연감 발췌) - 박승현 (현대중공업 중앙연구소)

사랑하는 교수님 이하 선형배 여러분.

우선 졸업생으로서 우려 연구실이 연구실 만들고 거기에 실릴 기고문을 쓰게 된다는 점이 감동적입니다. 아직도 학부 연구생으로 들어가 인사를 나눴던 모습이 생생한데 그때를 떠올리며 떠나보니 단 생각들을 적어볼까 합니다. 다들 많은 생각을 가지고 연구실 생활을 하고 있을 텐데 참고하셨으면 좋겠습니다.

첫 번째로, 저는 대학원 생활에서 개인적으로 연구의 흐름을 살리지 못했던 점이 아쉽습니다. 3개월 단위로 연구 내용을 블록처럼 만들어 마무리 짓고 나머지 보완해야 할 점들은 그 후 조금씩 보완해 나가면 어떨까 합니다. 지금 돌아켜 보니 전체를 한 번에 만들고 보완해 나가려고 하다 다양한 연구 내용을 다루지 못했던 게 아닌가 싶습니다. 그러니 조금씩이나마 마무리 짓고 다음 흐름으로 열린 넘어갈 수 있었으면 합니다.

두 번째로, 대학원 생활을 잘했다 싶은 점은 우리 연구실에서의 연구 내용이 현업에서의 사업과 현실성에 있어서 결코 동떨어지지 않는다는 것입니다. 그러니 특히 취업을 생각한다면 별도로 연구 포트폴리오를 준비하지 않더라도 현재 하고 있는 연구 내용들을 잘 정리해두면 좋습니다. 별도의 취업 준비로 바쁜 연구실 생활에서 스트레스를 적게 받았으면 좋겠습니다.

마지막으로, 남은 대학원 생활에서 생각해봐야할 점은 책임감과 인간관계가 아닐까 합니다. 책임감은 현재 연구에 서로 중요하지만 앞으로 무슨 일을 하든지 꼭 필요할 것 같습니다. 네 담당이 아니니 나는 여기까지만 해야지라는 생각이 든다면 옆 사람도 똑같은 생각을 할 겁니다. 그러다 보면 속해 있는 조직 전체의 손해를 끼치게 되고 본인의 손해가 된다고 생각합니다. 또한 옆자리에 앉아있는 선배나 후배가 앞으로 많이 생각 날 겁니다. 사회에서도 다양한 자리에서 일을 하며 정보 교류할 수 있는 좋은 동료 남도록 많이 도와주시고요.

다들 아쉬워지만 시간이 정말 빠르게 지나갑니다. 그 속에서도 건강 잘 챙기고 보람을 느낄 수 있었으면 좋겠습니다. 그리고 우리 연구실 전체도 앞으로 더 발전하기를 바랍니다.

2019. 02. 20. 박승현