

03

전기의 세계

기획 시리즈 의용시스템연구회 소개

자유 기고문 무선전력전송기술의 동향과 미래

대한민국 에너지 전환의 필수 경로 : P2G 시스템 연계
검토 및 비용 분석





에너지 신기원을 여는 젊은 발상 대한전기학회



2023 제54회 대한전기학회 하계 학술대회

KIEE
Summer
Conference
2023

7.12(WED) ~ 7.15(SAT)
용평리조트 (강원도 평창군)

산업통상자원부장관상

- 산업통상자원부 표창
- 산업통상자원부 우수논문상

논문신청

■ 논문제목 접수

- 접수 마감 : 2023년 4월 24일(월)
- 학술대회 홈페이지(<http://conf.kiee.or.kr>)에서 접수

■ 논문(원문) 접수

- 논문(원문) 접수 마감 : 2023년 5월 22일(월)
- 학술대회 홈페이지(<http://conf.kiee.or.kr>)에서 접수

사전등록 신청

- 사전등록 : 2023년 5월 26일(금)까지

문의처

대한전기학회 사무국 학술팀

- 전 화 : (02)553-0156
- 이메일 : electran@kiee.or.kr
- 홈페이지 : <http://conf.kiee.or.kr>



주최 대한전기학회

후원 한국과학기술단체총연합회 강원도관광재단 평창군 한국전력공사 한국전기공사협회 대한전기협회 KOREA ELECTRIC ASSOCIATION 한국전기안전공사

K water

LH

한국수력원자력주주

전력거래소 KOREA POWER EXCHANGE

한국남동발전 KOREA ENERGY

한국남부발전주주

한국동서발전주주

한국중부발전주주

CONTENTS

The Korean Institute of Electrical Engineers

전기계뉴스



한전 전기박물관 재개관, “전기의 역사와 소중함 제대로 알릴 것” | 3

동서발전, 보훈 가족에 감사의 마음 전달 | 3

남동발전, ‘발전소 운전 효율관리 기술’ 국내 최초 개발 | 4

제주에너지공사, ESG 및 친환경 경영 선포식 개최 | 4

기획시리즈 - 의용시스템연구회 소개

수면 모니터링시스템 기술개발 동향 | 10

환경변화에 따른 헬스케어 솔루션의 진화 | 16

자유기고문

무선전력전송기술의 동향과 미래 | 22

대한민국 에너지 전환의 필수 경로 :

P2G 시스템 연계 검토 및 비용 분석 | 30

학회 소식

학회일지 | 39

대차대조표 및 손익계산서 | 40

회원 가입 안내 | 44

전기의 세계

KIEE Magazine

Vol. 72, No. 3, March 2023

발행일 2023년 3월 1일
발행인 이건영
편집인 허 진
발행처 사단법인 대한전기학회
(06130) 서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22
과학기술회관 1관 901호
Tel 02-553-0151 Fax 02-566-9957
http://www.kiee.or.kr

학회 본부 임원

회장 이건영
차기회장 이병준
부회장 노대석 이준호 장용무 김태균 유상석 박종배
이우철 김용상 이정환 최상열 손진근
박경중 신운용 안승원 오호진 원영진
협동부회장 이천구 장창익 최중수

감사 김정태 윤재영
총무이사 이방욱 한기선
재무이사 김규호 김슬기
기획·정책이사 송화창 김정수 정호성 박정욱
편집이사 장길수 남순열 허 진
학술이사 정성용 우정욱 윤성국 주성관
회원·교육이사 이병국 김원희 배성우 이수연 이수형 조현종
사업이사 지명식 김석주 배재윤 손성용 송세현
차한주 최승연

산학협동이사 김경호 강용성 기유경 김재호 김중남
남익석 박훈양 유홍국 윤순일 이기환
임철교 정재룡 최옥만
국제이사 강승택 이교범 허 건
홍보이사 차준민 김홍섭 문종필 신성수 유희덕 이상복

부문의 회장

A부문 회장 박종배 B부문 회장 이우철
C부문 회장 김용상 D부문 회장 이정환
E부문 회장 최상열

전임 편집인

2016년 이병국 2017년~2018년 정인성
2019년~2021년 강승택 2022년~2023년 허 진

온라인

수협은행 1010-2175-5210(대한전기학회)
국민은행 349401-04-009338(대한전기학회)
지로번호 7510483

편집·디자인 드림기획 031-705-3812
인쇄 드림기획 031-705-3812

내지 다한테크

표지 2 2023 대한전기학회 하계학술대회 포스터
표지 3 국제전기전력 전시회 표지 4 LS ELECTRIC

학회 사무국 직원별 담당 연락처(☎ 02-553-0151~7)

사무국장

김정훈 : 업무총괄, 하계학술대회, D부문의, 산업전기응용부회
electron@kiee.or.kr ☎ 0156

경영지원팀

팀장 이상필 : 총무, C부문의
elecproc@kiee.or.kr ☎ 0152

팀원 서영은 : 회원관리, 교육사업, 본부산하 연구회·위원회
account@kiee.or.kr ☎ 0155

팀원 최순례 : 재무회계, 정보화
member@kiee.or.kr ☎ 0154

편집팀

팀장 송호석 : 국문논문, 국문논문P, E부문의
elecjour@kiee.or.kr ☎ 0153

팀원 전필준 : 학회지, A부문의, 연구용역
jun@kiee.or.kr ☎ 0157

팀원 박소희 : 영문논문(JEET), B부문의, 국제, 여성과학기술위원회
jeet@kiee.or.kr ☎ 0151

모터구동 및 배터리 충방전시스템 전력전자 시뮬레이션, 태양광발전 시뮬레이션

전기자동차 인버터 구동용 전원 및 이차전지의 특성을 시험할 수 있는 충방전시스템, 전력전자 시뮬레이션 소프트웨어와 태양광 시뮬레이션 소프트웨어, 태양광 유지보수용 측정장비 등 다양한 솔루션을 제공하고 있습니다.



전기자동차 인버터
구동용 회생전원



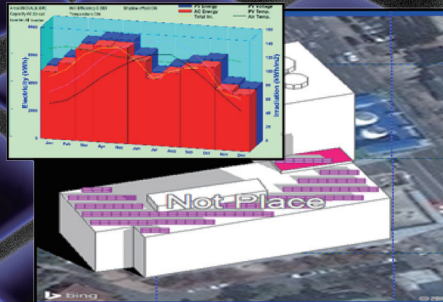
배터리 충방전 시험
시스템



모터 구동용
멀티 인버터



전력전자 및 모터구동
시뮬레이션 소프트웨어



태양광발전 시뮬레이션
소프트웨어

태양광 유지보수 장비
PV아날라이저
바이패스 다이오드 체커

전기계 뉴스



한전 전기박물관 재개관, “전기의 역사와 소중함 제대로 알릴 것” 스토리텔링 방식 전시유물 재배치…희귀자료 기획전시



재개관한 전기박물관 내부 모습 (제공=한국전력)

한국전력(대표이사 사장 정승일)은 코로나 팬데믹 이후 2년여 만에 전기박물관의 재정비를 완료하고 지난 10일부터 새롭게 문을 열었다. 이번 재정비를 통해 전기 역사를 스토리텔링 방식으로 손쉽게 이해할 수 있으며, 관련된 희귀자료도 살펴볼 수 있게 됐다.

전기박물관은 전기만을 주제로 하는 국내 유일이자 국내 최초의 박물관이며, 2001년 서울시 한전아트센터 내 3층에 개관 이후 현재까지 매년 8만여 명이 방문한 곳이다. 주요 전시물은 우리나라 최초의 건청궁 전등모형, 에디슨다이노모 발전기, 최초 전차 모형 등이다.

앞서 코로나 팬데믹으로 지난 2년여 간 운영을 잠시 중단했는데, 휴무기간을 적극 활용해 설비를 현대화하고 전시유물을 재배

치 및 복원했다.

이번 리뉴얼은 유물을 단순 나열하는 백화점식 전시를 지양하고 ‘연결·Connect On’을 콘셉트로 우리나라 전력산업의 역사를 사람·생각·공간·시간’과 관련지어 스토리텔링 방식으로 쉽고 흥미롭게 전달한 것이 특징이다.

그리스 시대 정전기의 발견부터 한국전력의 전신이자 고종황제의 단독 출자로 설립된 한성전기회사(1898)의 태동, 근현대사를 지나온 대한민국의 전력산업, 그리고 탄소중립과 디지털변환에 이르는 지금의 모습까지를 역사적 맥락과 흐름에 맞춰 한눈에 보여 주고 있다.

또한, 여러 전문가의 고증을 통해 우리나라 최초의 전기발상지인 건청궁의 아크등(Arc Lamp)을 새롭게 복원했다.

특히, 한성전기 설립과 한양의 전차 도입 등 초기 전력사에 중요한 인물인 해리 라이스 보스트윅(Bostwick)와 한국전력 박영준 초대사장 후손의 희귀 기증자료를 기획전시실에 별도로 전시해 ‘대한민국 전기역사 뿌리 찾기’의 결실을 거두었다고 자평했다.

정승일 사장은 축사를 통해 “이곳 전기박물관이 국민들에게 전기의 소중함을 보다 쉽고 정확하게 알리는 특별한 역사문화 전시 공간이 될 수 있도록 계속 노력하겠다”면서 “한국전력은 대한민국 전력산업의 자랑스러운 역사를 가슴에 새기고 전 세계를 무대로 새로운 성공스토리를 계속 써내려가겠다”고 강조했다.

동서발전, 보훈 가족에 감사의 마음 전달 제104주년 3·1절 기념해 지역 농축산물 100세트 전달



동서발전이 제104주년 3·1절을 기념해 지역 보훈가족에게 농축산물 100세트를 전달했다. (제공=동서발전)

동서발전이 104주년 3·1절을 기념해 보훈 가족에게 마음을 나눴다.

한국동서발전(사장 김영문)은 제104주년 3·1절을 맞아 국가

유공자 등 보훈 가족에게 지역 농축산물 지원 전달식을 27일 국가보훈처 울산보훈지청(울산 남구 소재)에서 개최했다고 밝혔다.

대한적십자사 울산지사, 울산보훈지청과 함께한 전달식은 울산보훈지청의 추천으로 국가유공자, 독립유공자, 민주유공자 가운데 생계가 어려운 100가구에 한우 불고기(1kg), 지역 쌀(5kg)로 구성된 지역 농축산물 세트를 전달하며 유공자의 희생과 헌신에 감사의 마음을 전했다.

지역 농축산물 세트는 최근 물가상승으로 인한 수요감소와 가격 하락, 농자재 상승으로 어려움을 겪고 있는 지역사회 농축산 업계를 돕기 위해 선정되었으며, 3월 2일부터 각 보훈지청 소속 구군별 보훈회관을 통해 전달될 예정이다.

동서발전 신용민 사회공헌부장은 “3·1절을 맞아 나라를 위해 헌신한 유공자와 보훈 가족에게 감사의 마음을 전하기 위해 이번 행사를 마련했다”며 “한편으로는 지역 농축산업 종사자들의 판로를 지원할 수 있어 더 의미가 있다”고 말했다.

전기계 뉴스

남동발전, '발전소 운전 효율관리 기술' 국내 최초 개발
중소기업 협업으로 개발 후 영흥발전본부에 시범도입
3월 이후 전사 확대 적용 예정...정부 탄소중립 달성 기여



남동발전 영흥발전본부 중앙제어실에서 발전소전원이 발전설비 운전현황을 모니터링하고 있다.(제공=남동발전)

남동발전이 국내 최초로 발전소 운전효율 체계적인 관리를 위한 모니터링 시스템을 현장에 도입했다.

17일 한국남동발전(사장 김희천)은 비엔에프테크놀로지(주)와 공동 개발한 '발전설비 효율관리 모니터링 시스템'을 영흥발전본부에 시범도입했다고 밝혔다.

지난 2021년 10월 비엔에프테크놀로지와 현장기술 연구개발 사업에 착수해 실시간 발전소 효율 주요운전변수 데이터를 수집하고 분석하는 프로그램과 운전평가 지수 알고리즘을 개발했다는 게 남동발전 측의 설명이다.

남동발전에 따르면 이 시스템은 현재 특허출원 중이며, 영흥발전본부에서 시범운영한 뒤 3월 이후부터 전사로 확대 적용에 나선다는 방침이다.

해당 시스템은 실시간 발전 효율을 가시화해 현재의 운전상태가 에너지 효율에 어떤 영향을 미치고 있는지를 구체적으로 보여주고, 발전소전원이 실시간으로 현장 상황에 맞춰 판단하고 최고 효율 운전을 지원한다.

이를 통해 남동발전은 올해 설비효율을 0.1% 개선할 것으로 기대했다. 석탄, LNG와 같은 연료 사용량 감소로 인한 CO2 배출량 7만4700t 감축 및 탄소배출비용 8억원, 연료비 66억원 등 연간 약 74억원의 예산절감 효과를 가져올 것으로 추산된다.

남동발전 관계자는 "오는 2025년까지 발전소 효율향상 목표를 0.2%, 2030년까지 0.5%로 정했다"며 "정부의 탄소중립 목표를 달성하는데 기여함과 동시에 중소기업과 협력을 통해 발전사나 산업 플랜트에 적용 가능하도록 시스템을 상품화할 계획"이라고 말했다.

제주에너지공사, ESG 및 친환경 경영 선포식 개최 3대 추진방향과 12개 추진과제 구축

제주에너지공사(김호민 사장)는 임직원이 참석한 가운데 9일 '제주에너지공사, ESG 및 친환경 경영 선포식'을 개최했다.

공사의 ESG 경영 전략체계는 '친환경에너지로 행복한 미래를 만들어 나갈 제주 에너지 공기업'이라는 ESG비전에 따라 전략방향을 환경우선기업(E), 함께하는 기업(S) 및 신뢰받는 기업(G)으로 3대 추진방향과 12개 추진과제로 구축했다.

이번 선포식은 ESG 및 친환경 경영체계를 추진하는 데 있어 경영실천 의지를 담은 선언문을 대내외에 확산하고자 개최됐다.

선언문은 ▲ESG 가치의 중요성을 인식하고 ▲탄소중립 사회 실현을 위한 노력 ▲안전관리체계 강화 및 이해관계자와의 상생협력을 위한 노력 ▲청렴 및 공정문화를 조성하기 위한 노력에 대한 사회적 책임을 다하겠다는 의지를 담고 있다.

한편, ESG경영 선언과 아울러 친환경 경영 선언문을 동시 선포하며 추진 동력을 강화했다.

친환경 경영 선언문에는 ▲친환경 신재생에너지의 보급과 기술



제주에너지공사관계자들이 ESG 및 친환경 경영선포식을 갖고 기념촬영을 하고 있다.

개발 ▲탄소중립 실현 및 환경보존 ▲이해관계자 의견수렴 및 투명한 의사결정 ▲에너지 절약과 온실가스 배출량 저감에 관한 내용이 담겼다.

김호민 사장은 "우리 공사는 '탄소중립 2050 실현 제주'를 선도하는 지방공기업"이라며 "ESG 및 친환경 경영 실현을 통해 도민의 신뢰를 받을 수 있는 기업으로 우뚝 설 수 있도록 사명감을 가지고 노력해 달라"고 임직원에게 말했다.

기획시리즈

의용시스템연구회 소개

수면 모니터링시스템 기술개발 동향
환경변화에 따른 헬스케어 솔루션의 진화



의용시스템연구회 소개



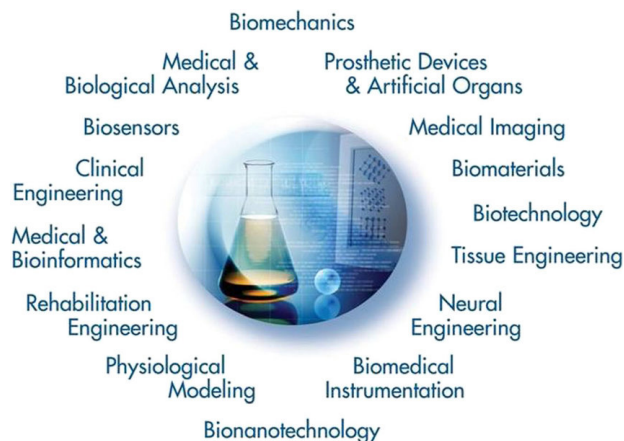
신항식 교수

(울산대학교 의과대학 서울아산병원,
정보 및 제어부문회 학술이사,
의용시스템연구회 위원장)



전기의 세계 독자 여러분, 엔데믹(endemic)을 준비하고 있는 이 시점에서 건강과 의료에 대한 공학적 해법을 연구하는 의용시스템연구회를 소개드리게 된 것을 매우 기쁘게 생각합니다. 의용시스템연구회는 전기전자적 관점에서 의용생체공학(biomedical engineering)분야 연구를 수행하는 연구자들의 모임입니다.

의용생체공학(Biomedical Engineering) 또는 의공학은 생물학, 의학, 공학 원리를 결합하여 의료 및 건강 관련 문제를 해결하기 위한 대표적인 다학제 분야로서 질병 진단 및 치료, 환자 관리 및 삶의 질 개선을 위한 의료 장비, 장치 및 시스템 설계 및 개발을 다루는 학문 분야입니다. 생활수준 향상과 인구 고령화에 따라 건강에 대한 중요성이 계속 증가함에 따라 건강을 다루는 학문인 의공학의 중요성도 계속해서 커지고 있는 상황입니다.



출처 Enderle J, Bronzino J. Introduction to biomedical engineering.
Cambridge: Academic Press; 2012.

그림 1 의공학의 세계(the world of biomedical engineering)

의공학은 그 분야가 매우 넓은데 다음과 같은 다양한 연구 분야를 포함하고 있습니다.

- 생리학적 모델링, 시뮬레이션 및 생물학적 문제에 대한 제어를 위한 시스템 분석 및 응용
- 바이오센서 및 의료기기를 통한 생체 신호 감지, 측정 및 모니터링
- 생체신호처리 및 데이터 해석을 통한 질병 진단
- 치료 및 재활 기기, 인공 장기 등의 인체 기능 대체 및 증강을 위한 보조기기
- 의료 정보를 활용한 컴퓨터 기반 임상진단 지원
- 생리 정보 및 해부 정보를 그래픽으로 표현하기 위한 의료 영상
- 재료공학, 생명공학 및 조직공학에 기반한 새로운 생물학적 제품 개발

세계적으로 의공학 연구는 1950년대 전후로 태동 되었으며 우리나라에서는 1979년 연세대학교 원주캠퍼스 의공학과 설립 등으로 활성화되기 시작하였습니다. 우리나라의 초기 의공학 연구는 의료기기나 인공장기 등과 관련된 전기전자, 기계 분야를 중심으로 도입되기 시작하였는데 점차 그 범위를 넓혀가며 현재는 생체신호, 의료영상, 의료 데이터, 바이오센서, 생체 재료, 조직 공학, 재활 공학 등 폭넓은 분야에 대한 연구가 국내 여러 연구자들에 의해 수행되고 있습니다.

의용시스템연구회는 다양한 의공학 세부 분야 중 전기전자공

학을 기반으로 하여 의료기기, IoT(Internet-of-Things) 기반 생체신호 측정 센서 및 시스템, 생체신호 처리 및 해석, 의료 데이터 분석, 컴퓨터 기반 모델링과 같은 분야를 중점적으로 연구하고 있습니다. 하지만 꼭 연구 분야가 이와 같이 한정되는 것은 아니며 건강관리나 삶의 질 증진과 관련된 광범위한 범주의 연구 분야에 대한 연구를 다양하게 수행하고 있습니다.

의용시스템연구회는 1999년 이명호 초대 위원장님의 주도로 '의용전기시스템연구회'로 설립 된 올해로 24년째를 맞이한 연구회입니다. (표1 의용시스템연구회 역대 회장). '의용전기시스템연구회'는 2011년 '의용시스템연구회'로 명칭을 변경하여 지금까지 이르고 있습니다.

표 1 의용시스템연구회 역대위원장

위원장	소속	재임기간
이명호	연세대	2000~2010
김동준	청주대	2011~2015
김경호	단국대	2015~2018
이정환	건국대	2019~2019
민세동	순천향대	2020~2022
신항식	울산대	2023~

지난 24년 동안 의용시스템연구회는 그 규모 면에서 지속적인 성장을 이루어 2023년 현재는 약 200명의 회원이 등록되어 활동 하고 있습니다. 학술 활동으로 의용시스템연구회는 대한전기학회 D부문회인 정보 및 제어부문회에 소속되어 있어서 대한전기학회 D부문회와 전자공학회가 매년 봄과 가을 공동으로 주관하는 '정보 및 제어 학술대회'의 세션을 담당하고 있으며, 이와는 별도로 2011년 이래로 연구회가 자체 운영하는 학술대회인 '대한전기학회 의용시스템연구회 동계학술대회'를 개최하는 등 활발한 학술활동을 지속적으로 이어가고 있습니다. 의용시스템연구회 동계 학술대회는 지금까지 총 9회가 개최되었으며 평균 30여 편의 논문과 100여명에 가까운 회원들이 참여하여 학술 교류에 참여하고 있습니다.

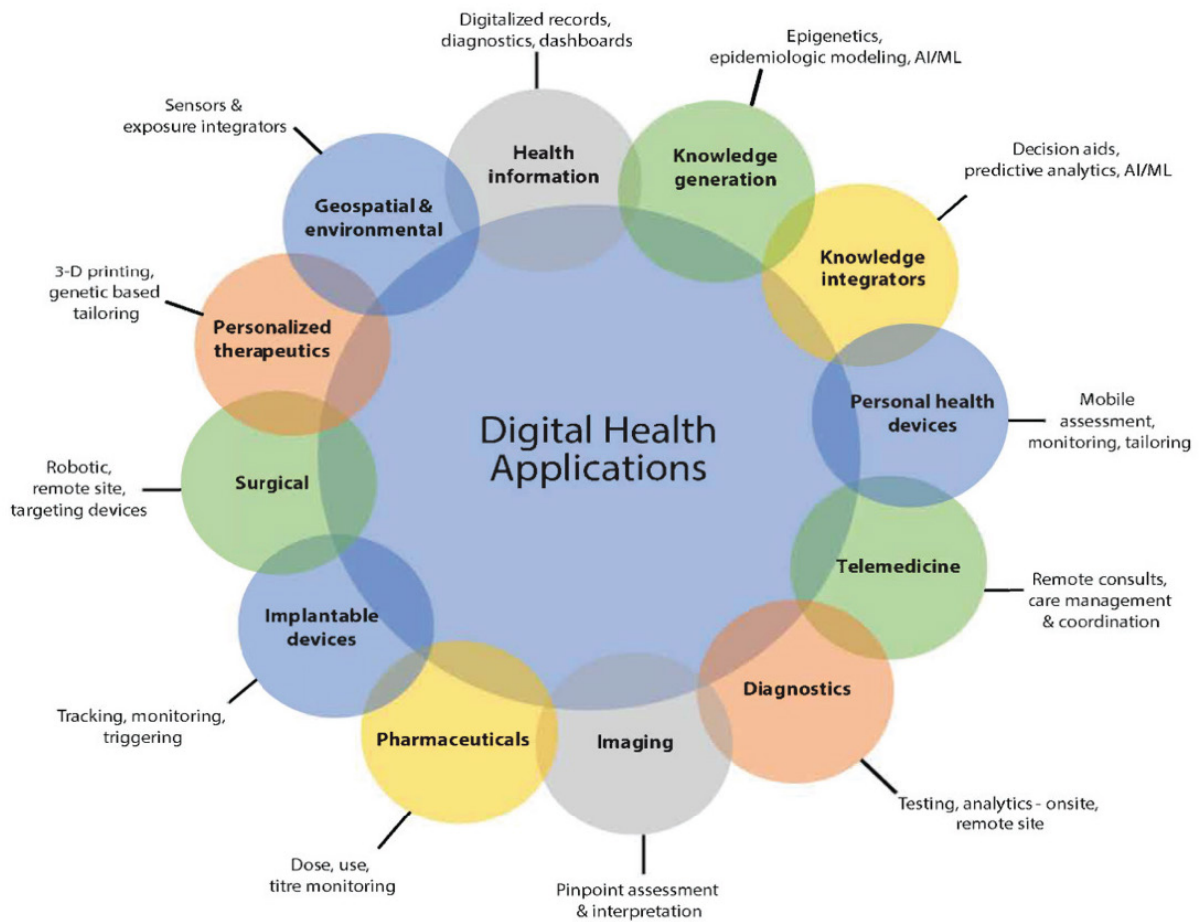
의용시스템연구회는 앞으로의 활동이 더욱 기대되는 연구회로 그 이유는 헬스케어 기술 발전 및 미래 트렌드 예측에서 찾을 수 있습니다. 이미 우리의 삶에서 경험하고 있는 것과 같이 건강 관리의 중심은 '질병 발생 후 치료'에서 '발병 전 조기진단과 예방'

으로, '병원 중심 의료'에서 '환자 중심 의료'로 '보편적 의료'에서 '개인 맞춤형 의료'로 변화하고 있습니다. 우리는 이러한 변화를 '헬스케어 4.0'이라고 부르기도 합니다.

의료 분야의 미래 트렌드는 기술 발전, 인구통계학적 변화, 변화하는 소비자 선호도에 의해 형성될 가능성이 높습니다. 향후 몇 년 동안 의료 산업을 형성할 것으로 예상되는 몇 가지 주요 트렌드는 다음과 같습니다.

- 원격의료(telemedicine): 기술이 지속적으로 개선되고 소비자가 가상 진료에 익숙해짐에 따라 원격 상담 및 원격 모니터링과 같은 원격 의료 서비스가 더욱 널리 보급될 것입니다.
- 인공 지능(artificial intelligence, AI) 및 기계 학습(machine learning, ML): AI 및 ML은 의료 영상, 약물 발견 및 맞춤형 의학과 같은 분야에서 점점 더 중요한 역할을 수행하여 의료 서비스 제공자가 보다 정확한 진단 및 치료 결정을 내리는 데 도움을 줄 것입니다.
- 정밀 의료: 빅데이터와 유전체학을 사용하면 개별 환자의 요구 사항을 더 잘 이해하여 의료 제공자가 맞춤형 정밀 기반 치료를 제공할 수 있습니다.
- 웨어러블 기술: 피트니스 추적기 및 스마트워치와 같은 웨어러블 기술의 인기는 계속해서 증가하여 소비자에게 건강에 대한 더 많은 데이터와 통찰력을 제공하고 의료 제공자가 환자를 원격으로 모니터링 할 수 있게 합니다.
- 사이버 보안: 의료 분야에서 기술사용이 증가함에 따라 환자 데이터를 보호하고 데이터 위반을 방지하기 위한 사이버 보안 조치의 필요성이 높아질 것입니다.
- 소비자 권한 부여: 소비자는 디지털 도구와 기술을 활용하여 정보에 액세스하고 자신의 건강을 관리함으로써 자신의 건강관리에서 보다 적극적인 역할을 하게 될 것입니다.
- 의료 비용: 의료비용 증가는 여전히 주요 과제로 남을 것이며 치료 품질을 유지하면서 효율성을 개선하고 비용을 줄이는 방법을 찾는 데 지속적으로 초점을 맞출 것입니다.

이와 같은 의료 분야의 디지털 혁신은 의료 기록 및 원격 의료

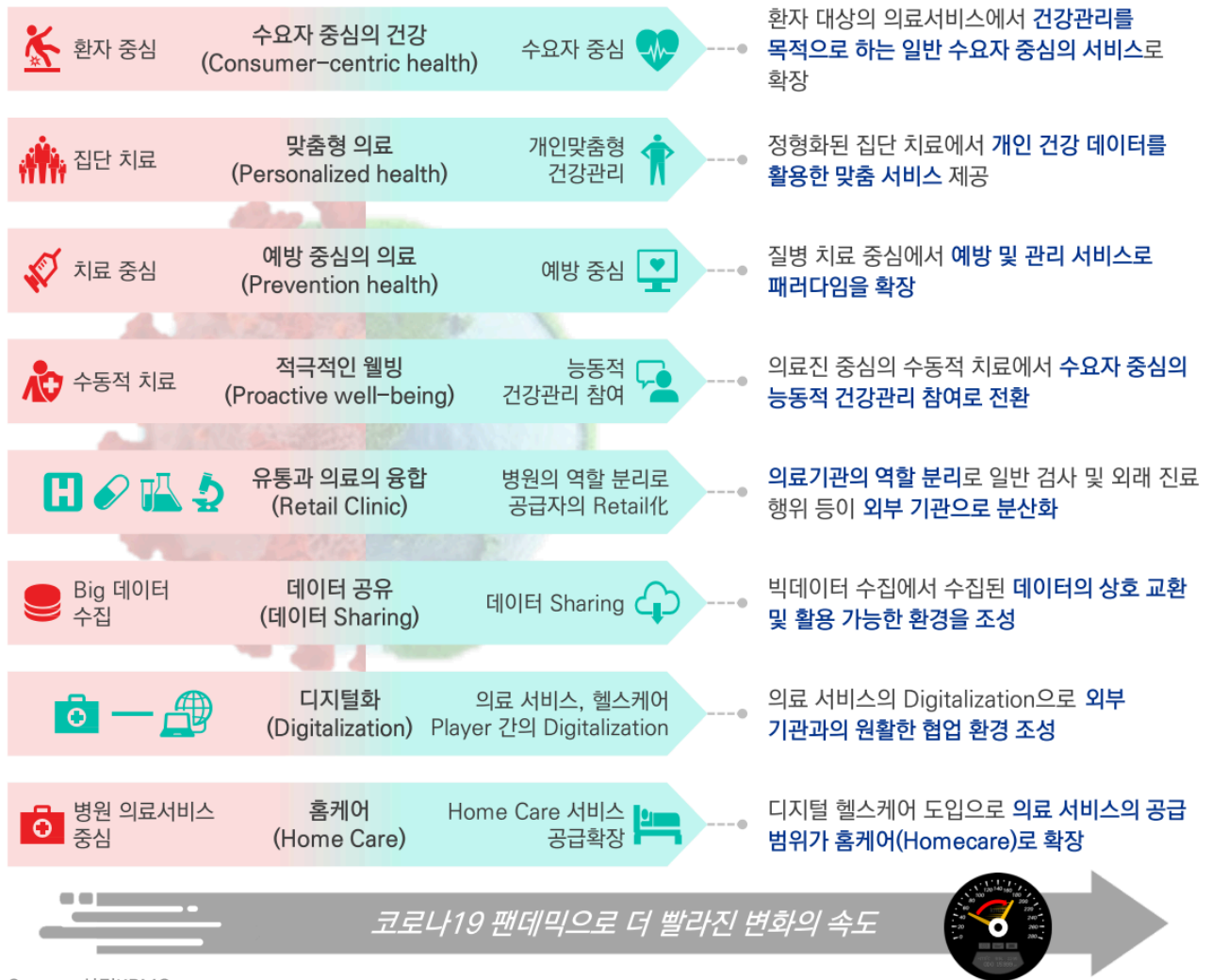


출처 National academy of medicine. 2029. Digital Health Action Collaborative

그림 2 건강관리 분야에서의 디지털 응용 기술의 진화

에서 의료 기기 및 임상 의사 결정에 이르기까지 의료의 모든 영역에 디지털 기술을 통합하는 것을 의미하며, 이것을 디지털과 헬스케어(digital healthcare)라고 부르고 있습니다. 디지털 헬스케어는 디지털 기술과 데이터를 사용하여 의료 서비스 제공 및 관리를 개선하는 것을 말합니다. 여기에는 전자 건강 기록(EHR), 원격 의료, 모바일 건강 응용 프로그램, 웨어러블 의료 기기 및 빅데이터 분석을 포함한 광범위한 도구와 기술이 포함됩니다. 디지털 헬스케어의 목표는 의료 서비스의 품질, 효율성 및 접근성을 높이는 동시에 비용을 절감하고 환자 결과를 개선하는 것입니다. 의료 서비스 제공자는 디지털 기술을 활용하여 방대한 양의 건강 관련 데이터를 수집, 저장 및 분석하여 환자 관리 및 치료에 대해 더 많은 정보에 입각한 결정을 내릴 수 있습니다.

디지털과 헬스케어로의 전환은 코로나19를 통한 헬스케어 서비스의 변화를 통해 이미 가시화 되고 있습니다. 코로나19를 통해 건강관리, 특히 비대면 건강관리에 대한 수요가 증가함에 따라 의료서비스의 대상이 환자에서 일반 수요자로 확장 되었고, 개인 건강정보를 기반으로 하는 맞춤형 의료 서비스가 시작되었습니다. 또한 질병에 걸린 후 사후 치료에서, 질병에 걸리지 않는 것을 목적으로 하는 예방으로 인식이 대중화 되었으며, 의료진에 의존적이었던 수동적 건강관리에서 수요자 중심의 능동적 건강관리로 건강관리 방식이 크게 전환 되었습니다. 데이터 관점에서는 수집된 데이터의 상호 공유, 교환을 위한 법적, 제도적 규제 완화 및 이를 통한 공유 플랫폼 조성이 활성화 되었고 이 과정에서 디지털 기반의 협업 환경이 비약적으로 증가하여 이제는 집에서



Source: 삼성KPMG

출처: 삼성 KPMG

그림 3 코로나 19와 디지털 기술의 발전으로 더욱 빠르게 변화하는 헬스케어 서비스 유형

도 스마트기기를 통해 다양한 의료서비스를 받을 수 있는 홈케어 (homecare) 서비스로 진화하고 있습니다.

이와 같은 헬스케어 트렌드의 변화, 디지털 헬스케어로의 전환에 따라 의용시스템 분야는 보다 더 다양화되고 다학제화 되는 경향을 보이고 있습니다. 또한 의료 융합 분야는 타 학문과의 유기적 결합에 따른 응용학문으로 명실 공히 자리잡아가고 있는데 전기공학, 전자공학, 화학공학, 생물학, 컴퓨터 공학, 재료공학, 기계공학 등의 다양한 전공을 가진 연구자들이 응용 분야로써 의용시스템 분야를 선택하는 것은 이러한 경향을 잘 보여주

고 있습니다.

이러한 변화에 따라 의용시스템연구회는 앞으로 더 할 수 있는 일, 그리고 할 일이 더 많아진, 그리고 여러분들이 더 자주 접하게 되실 연구회라고 말씀드릴 수 있겠습니다. 건강과 관련된 기술은 인류의 본연적 과제이면서 앞으로 점점 더 중요성이 커질 분야입니다. 의용시스템연구회는 앞으로 다가올 헬스케어 기술에 관심을 가지고 계시는 산·학·연·병·관 전문가들과의 적극적인 네트워킹과 유기적인 협력을 통하여 관련 분야를 선도해 나갈 수 있도록 최선의 노력을 기울이겠습니다. 앞으로 많은 관심과 참여, 응원을 부탁드립니다.

수면 모니터링시스템 기술개발 동향

Sleep Monitoring System Technologies Trends

신항식 | 울산대학교 의과대학

Shin, Hangsik | University of Ulsan College of Medicine



요 약

이 연구는 인체 움직임을 제한하지 않으면서 수면 중 인체 움직임을 측정할 수 있는 시스템 개발 과정을 소개하는 것을 목적으로 한다. 이 연구에서는 사용자의 몸 아래 매트리스 위에 위치한 스트립형 힘 센서와 MSP430G2553 초 저전력 프로세서를 이용한 측정 시스템을 구현하였다. 스트립 센서는 Polyvinylidene fluoride 필름을 이용하여 제작되었고, 센서에서 얻은 신호는 개발된 아날로그 프론트엔드를 통해 전처리 및 증폭된 후 MSP430의 ADC를 통해 디지털 신호로 변환된다. MSP430은 저전력 동작을 위해 타이머 인터럽트와 ADC 인터럽트를 이용하여 CPU 동작 시간을 최소화한다. 기존 수면 분석 기기와의 비교를 통해, 개발된 시스템이 수면 중의 뒤척임, 돌아눕기 및 호흡에 의한 움직임을 추적할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

The purpose of this study is to develop a system that can measure the movement of the human body during sleep in a way that does not constrain the body. In this study, a measurement system was implemented using a strip-type force sensor placed on a mattress, under the user's body, and an MSP430G2553 ultra-low-power processor. The strip sensor was fabricated using Polyvinylidene fluoride film. The signal obtained from the sensor was pre-processed and amplified through the developed analog front-end, and then converted to a digital signal through the ADC of MSP430. The MSP430 uses a timer interrupt and an ADC interrupt to minimize CPU operation time for low power operation. Through the comparison with the reference instrument, it was confirmed that the developed system can track the tossing, turning and breathing signals during sleep.

1. 서 론

과학 및 의학 기술의 발전에 따른 삶의 질 향상은 건강관리에 대한 관심을 더욱 증가시키고 있다. 최근 건강관리의 개념은 발생위험이 높은 질병을 예방하려는 차원을 넘어서 일상생활에서의 수면, 스트레스, 활동량 등을 모니터링(monitoring)하여 건강한 생활을 하도록 돕는 것을 의미한다. 이에 따라 장소와 시간에 구애받지 않고 언제 어디서나 건강관리를 할 수 있는 u-헬스케어(ubiquitous healthcare)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다

[1]. 여러 u-헬스케어 응용분야 중 수면 중 사용자의 신호를 측정하고 생체 신호, 수면 효율 등을 기록하는 수면 모니터링 기기에 대한 연구가 각광받고 있다. 수면은 일반적으로 하루 중 3분의 1의 시간을 차지하는 매우 중요한 활동으로 인간의 육체와 정신 건강을 위해 필수적인 활동이다. 또한, 수면은 대부분 일정한 시간에 일정한 장소에서 주기적으로 취하기 때문에 지속적이고 반복적인 관리가 가능하다는 장점이 있다. 또한, 수면 중엔 비수면 시간에 비해 활동량이 적기 때문에 동작잡음을 최소화하여 신호를 획득할 수 있다는 장점이 있어 건강관리의 편의성과 연속성을 제

공할 수 있다고 여겨진다.

최근 개발되는 수면 모니터링 기술로는 수면 중 사용자의 움직임을 측정하여 뒤척임이나 호흡 등을 측정하는 방법이 주로 사용되고 있다 [2-4]. 수면 중 뒤척임 정도는 수면 효율의 계산에 사용되며 호흡은 코골이나 수면 무호흡증의 진단에 활용될 수 있다. 사용자의 움직임을 측정하는 과정에서 가장 중요하게 여겨지는 것은 사용자의 수면을 방해하지 않으면서 움직임을 정확하게 측정하는 것이며, 이를 위해 다양한 방법들이 제안되고 있다. 대표적인 방식으로 스트립(strip)형, 패드(pad)형, 매트리스(mattress)형 등이 있다. Beddit, Juvo 등의 기기는 대표적인 스트립형 측정 방식으로 긴 띠 형태의 센서 및 기기를 매트리스 위에 설치하고, 사용자가 매트리스 위에 누워 있을 때 등에 가하여 지는 압력을 측정하여 심박수, 호흡수, 수면의 품질 등을 평가하여 준다 [5,6]. EarlySense, SE-80(Beurer, Neu-Ulm, Germany) 등의 패드형 측정 기술은 매트리스 아래에 손바닥 크기 정도의 패드형 기기를 설치하고 매트리스 위에 누운 사용자의 심박수, 호흡수 등을 모니터링 할 수 있다 [7,8]. 이 밖의 매트리스형 기기로는 SleepNumber [9] 등이 있으며 매트리스 자체에 내장된 센서를 사용한다. 이상의 기기들의 공통점은 인체를 구속하지 않고 비침습적으로 누워 있는 사용자의 움직임 정보를 획득한다는 데 있다. 이 방식은 기존 움직임의 정량적 측정에 널리 사용되던 웨어러블(wearable) 측정 방식이 가지는 ‘인체 구속’이라는 한계를 극복할 수 있어 보다 자연스러운 상태에서의 신호를 획득할 수 있도록 한다. 본 연구는 일반적인 수면 환경에서 인체의 움직임을 감지할 수 있는 스트립 타입의 무구속 측정 시스템 개발에 관한 것으로, 매트리스 위에 거치할 수 있는 형태의 스트립형 힘센서(force-sensor) 모듈을 제작하고 개발한 스트립형 힘센서 모듈 시스템을 이용하여

수면 중 발생하는 인체의 주요 움직임을 측정하고 그 성능을 평가하고자 한다. 특히 이 연구에서는 u-헬스케어에 효율적인 활용을 위해 초저전력 프로세서인 MSP430(Texas Instruments, TX, USA.)을 기반으로 시스템을 설계 및 제작하고 동작을 검증한다.

2. 측정 시스템 설계

이 연구에서는 2채널의 긴 띠 형태인 스트립형 힘센서, 센서로부터 데이터 획득 및 디스플레이를 위한 측정 시스템, 그리고 측정된 신호의 모니터링 및 저장을 위한 어플리케이션을 개발하였다.

2.1 스트립형 힘센서 개발

2채널 스트립형 힘센서 개발을 위해 가로, 세로, 두께가 각각 700 mm, 12 mm, 0.1 mm인 PVDF(polyvinylidene fluoride) (original PVDF film, Fils, Korea) 필름 2장을 사용하였다. PVDF 필름은 가해지는 힘의 변화에 따라 전하가 발생하는 압전형(piezoelectric) 센서로서, 유연하고 투명한 특성을 갖는다. PVDF 필름으로부터 발생하는 전하를 측정하기 위해 구리 소재의 접착성 필름을 사용하여 PVDF 필름 한 면에 2개의 전극을 나란히 연결하였다. 이후 절연성의 접착성 실리콘 필름을 사용하여 센서의 양면에 부착하였다. 그림 1은 스트립 센서의 설계와 층별 구조를 나타낸다. 완성된 2채널 스트립형 센서의 크기는 가로, 세로, 두께 각각 735 mm, 40 mm, 0.46 mm이며, 두 채널간 간격은 10 mm이다. 완성된 스트립 센서는 유연한 특성과 얇은 두께로 설계되어 수면 환경에서 매트리스에 설치하여도 이질감이 없도록 하였다.

2.2 측정 시스템 개발

개발된 스트립형 힘센서로부터 획득한 신호의 차단 증폭 및 잡음 제거를 위한 아날로그 회로부를 설계하였다. 60 Hz의 전원 노이즈를 제거하기 위해 능동형(active) 노치 필터(active notch filter)를 설계하였으며, 기저선을 제거하기 위해 0.1 Hz의 차단주파수를 갖는 수동형(passive) 고주파 통과 필터(high pass filter)를 설계하였다. 이후 30 Hz의 차단주파수를 갖는 50 dB 이득의 저주파 통과 필터(low pass filter)를 적용하였으며, 추가적으로

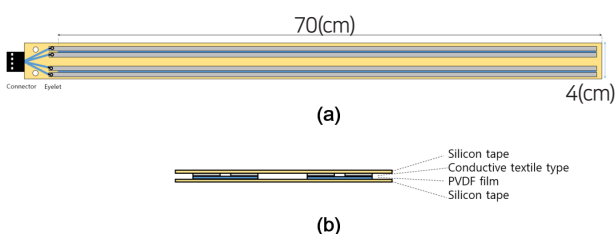


그림 1 스트립 센서의 구조 (a) 스트립 센서의 설계도, (b) 스트립 센서의 층별 구조 설계도

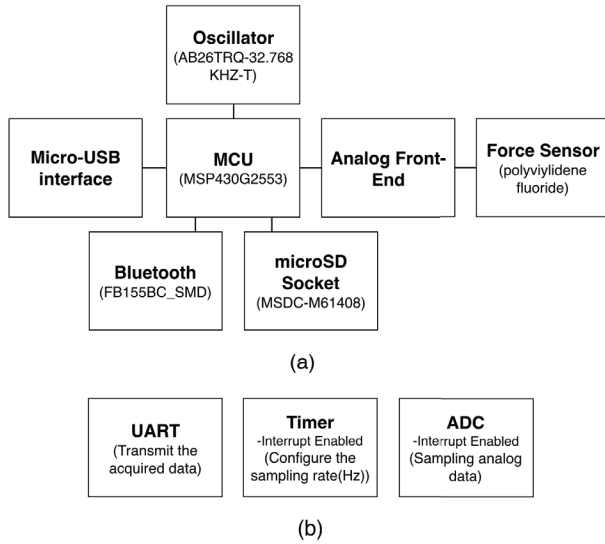


그림 2 개발된 시스템의 구성요소.
(a) 하드웨어 구성요소, (b) 주요 펌웨어의 기능

20 dB의 이득을 갖는 증폭기를 적용하였다. 아날로그 회로부의 출력 전압은 0~3.3 V가 되도록 하였다. 아날로그 데이터를 수집하기 위해 저전력 MCU(micro controller unit)인 MSP430G2553를 사용하였다 [10]. MSP430G2553은 최대 16 MHz의 동작 클럭을 지원하고 활성(active) 상태, 대기(standby) 상태, 저전력(off) 상태에서 각각 230 μ A, 0.7 μ A, 0.1 μ A의 소모전류를 가지는 마이크로 프로세서로 10-bit ADC(analog to digital converter)를 포함하고

있다. 측정된 데이터는 FB155BC(Firmtech, Korea) Bluetooth의 무선 통신 방법으로 PC로 전송하였으며, PC 어플리케이션을 통해 전송된 데이터를 실시간으로 화면에 출력하고 저장하도록 하였다. 그림 2(a)는 개발된 시스템의 하드웨어 구성요소를 보여준다. 개발된 시스템은 MSP430을 중심으로 전원공급 및 시리얼통신을 위한 Micro-USB 단자, 동작 클럭을 공급하기 위한 Crystal Oscillator (AB26TRQ-32,768kHz-t), 무선 통신을 위한 블루투스 모듈(FB155BC), 데이터 저장을 위한 microSD socket(MSDC-M61408)으로 구성되어 있다. 또한 PDVF 센서로부터 입력을 받아들이기 위하여 전처리 및 증폭을 위한 Analog-Front End를 포함하고 있다. 그림 3은 이 연구에서 개발된 회로 구성 요소들을 보여준다. 개발된 시스템의 주요 펌웨어 구성요소는 그림 2(b)와 같이 UART, Timer, ADC가 있다. 이 중 UART는 데이터 전송을 위하여 구현되었으며, Timer, ADC는 PVDF 센서의 아날로그 데이터 샘플링을 위해 구현되었다. 저전력 동작을 위해 Timer, ADC는 모두 인터럽트 방식으로 동작하도록 하였다.

2.3 펌웨어(Firmware) 설계

펌웨어는 Texas Instrument에서 제공하는 통합개발환경인 Code Composer Studio™를 사용하여 개발되었다. 펌웨어 동작

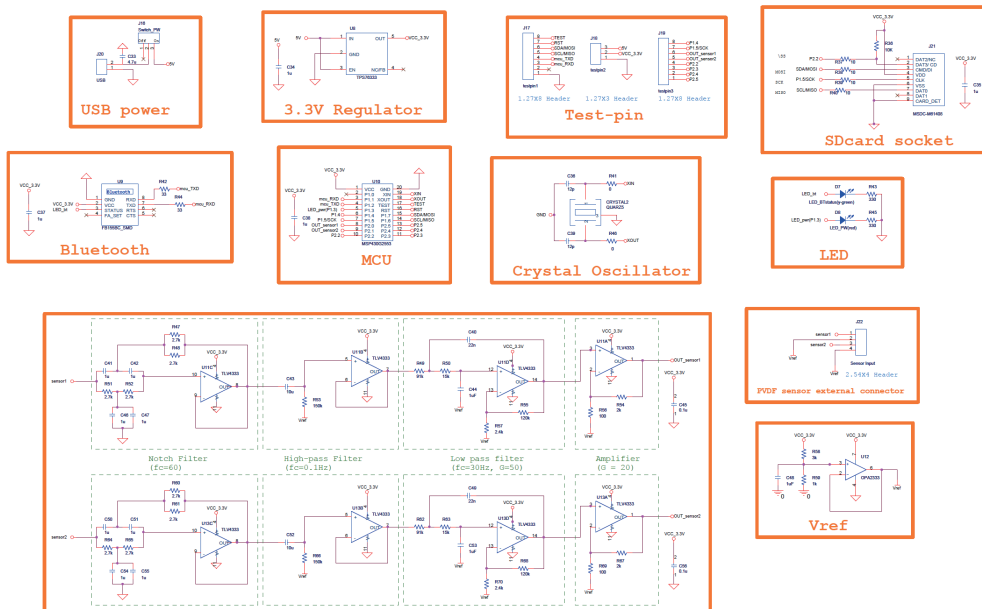


그림 3 개발된 시스템의 회로도

은 MSP430G2553 시동 이후 클럭(clock), Timer, GPIO(General Purpose Input Output), UART(Universal asynchronous receiver/transmitter) 초기화, ADC 초기화, 전역 인터럽트 활성화(Global Interrupt Enable), ADC된 데이터를 UART를 통해 전달하는 단계 순서로 수행된다(그림 4(a)). 이 중에서 ADC를 사용한 샘플링은 매 1/128초 마다 수행되도록 하였다. 그림 4(b)는 Analog 입력으로부터 데이터를 읽어오는 과정을 보여준다. 표본화 주파수 설정에는 MSP430G2553에 내장된 16-bit Timer의 상향(Up) 카운트 모드를 사용하였다. Timer동작을 위해 32,768 Hz의 외부 클럭을 사용하였고, TACCR 레지스터 값을 256으로 설정하여 7.8125 ms 마다 Timer 인터럽트를 발생시켜 초당 128개의 샘플을 획득하도록 하였다. 개발된 시스템에서 측정된 신호는 UART를 사용하여 컴퓨터로 전송되었다. 이 때 Baud rate을 115,200으로 설정하기 위하여 UART 구동 클럭은 MSP430에 내장된 DCO (Digital Clock Oscillator)를 사용하여 8 MHz로, division factor N을 69로 설정하였다. Timer ISR(Interrupt Service Routine)이 매 1/128초마다 실행되며 ADC의 인터럽트를 활성화시키면 이후 ADC 인터럽트가 발생할 때 ADC ISR을 수행하여 아날로그 입력값을 획득한 후 Timer ISR로 되돌아온다. Timer ISR은 ADC ISR 종료 이후 종료되며 1/128초 후 다시 발생된다.

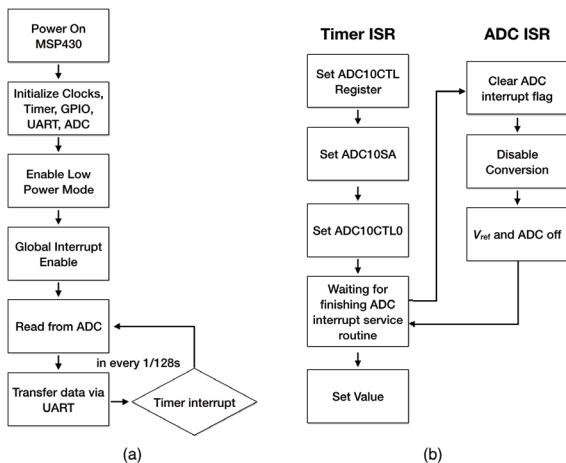


그림 4 시스템 동작 절차

아날로그-디지털 변환과정은 인터럽트를 기반으로 수행되었다. 이 때 전력 소모를 최소화하기 위하여 Timer ISR과 ADC ISR을 중첩하여 사용하였다. 인터럽트를 사용하는 경우 전력소모가

가장 큰 CPU의 동작을 최소화할 수 있어 전력 소비를 줄일 수 있다. 그림 5는 Timer ISR과 ADC ISR을 사용하여 소비 전류를 감소시키는 예를 보여준다. Timer ISR가 시작되기 전까지 MSP430은 CPU를 OFF시켜 전류소비를 최소화 한다. Timer ISR이 시작되면서 CPU를 ON시켜 MSP430 내부의 기준 전압(reference voltage) Vref를 ON시킨 후 ADC 인터럽트를 활성화 하고 CPU를 OFF시킨다. 이후 ADC 인터럽트가 발생되면 ADC ISR이 실행되어 CPU를 ON시키고 Conversion을 수행한 후 Vref와 CPU를 OFF시킨다. 이상의 방식은 ISR 발생전까지 CPU를 OFF 시킴으로 전력 소비를 최소화 할 수 있다는 장점이 있다 [11].

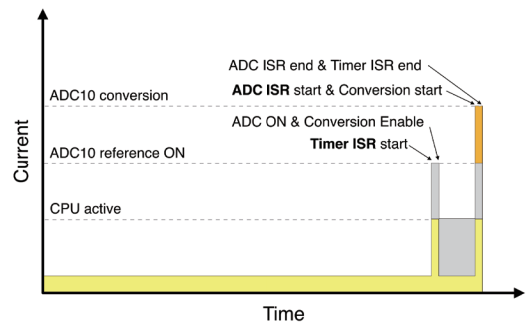


그림 5 인터럽트를 사용한 소비전력 감소

2.4 움직임 신호 추출 알고리즘

이 연구에서는 수면 중 발생하는 주요 움직임을 뒤척임과 같은 큰 움직임, 호흡과 같은 작은 움직임으로 정의하고 디지털 신호처리를 적용하여 움직임을 추출하였다. 움직임과 호흡을 추출하기 위한 절차는 그림 6과 같다. 움직임의 경우 움직임의 종류나 방향 보다는 움직임의 총량을 알아내기 위하여 5-10 Hz 대역의 대역통과 필터링을 적용한 후 신호의 차분을 계산하고 제공하여 구하였다. 호흡은 일반적으로 알려진 호흡 신호의 주파수 대역(0.15-0.5 Hz)에 해당하는 대역통과 필터를 적용하여 구하였다.

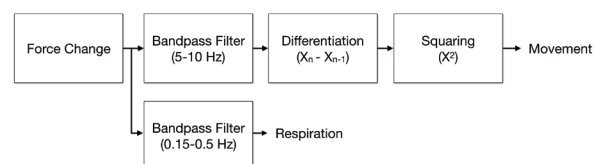


그림 6 움직임추출을 위한 신호처리 알고리즘

컴퓨터 어플리케이션은 Visual Studio 2015 (Microsoft, WA, USA)을 사용하여 C#으로 구현하였다. 개발된 어플리케이션은

시리얼 통신을 통해 개발된 측정 시스템으로부터 획득한 신호를 실시간 그래프로 보여주고 종료와 함께 파일로 데이터를 저장한다. 또한 어플리케이션은 통신포트, 통신 속도를 설정할 수 있도록 하였다. 측정된 데이터는 data 파일로 저장되며, 데이터 저장 형식은 '시간(HH:MM:SS:mmm),DATA1(0~16383),DATA2(0~16383)'이다.

3. 결 과

3.1 측정시스템

그림 7은 개발된 시스템 보드를 보여준다. 보드는 가로 세로 각각 40 mm의 크기의 정사각형 형태를 가지며 PCB의 양쪽면을 활용하여 Analog Front-End, MCU, 블루투스, microSDcard slot, micro USB port가 위치되도록 하였다. 그림 8은 센서와 시스템 보드를 장착하고 플라스틱 커버로 회로부를 감싼 개발된 최종 결과물의 외형을 보여준다. 그림 9는 신호 획득을 위해 구현된

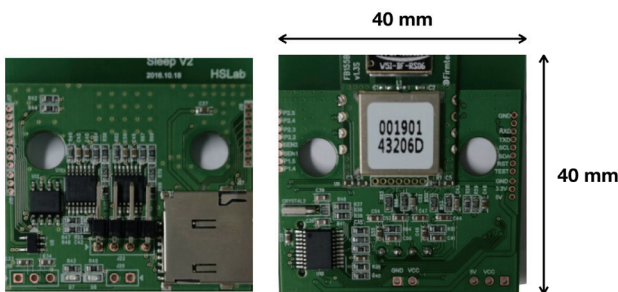


그림 7 개발된 시스템 보드



그림 8 스트립형 무구속 측정 시스템

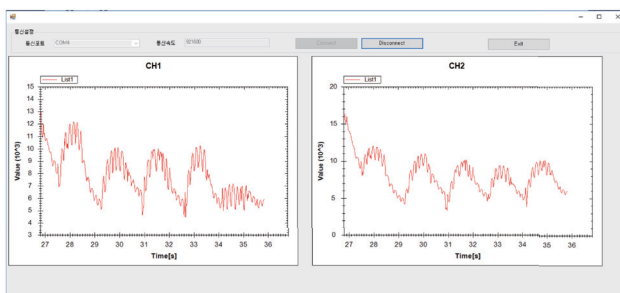


그림 9 실시간 신호 모니터링 및 저장을 위한 PC 어플리케이션

어플리케이션의 예시를 보여준다. 어플리케이션에서는 각 채널별로 신호가 획득되는 것을 확인할 수 있다.

3.2 움직임 테스트 결과

개발한 시스템이 수면 중에 사용자의 뒤택임과 호흡을 측정할 수 있는지 평가하기 위하여 실제 수면 중 신호를 측정하여 분석하였다. 이 때 신호는 센서를 사용자의 흉부와 복부사이에서 몸을 가로지르는 방향으로 매트리스에 부착 한 상태로 측정하였다. 뒤택임 신호와 호흡 신호를 제대로 측정하는지 평가하기 위하여 수면 다원검사 장비인 Embla N7000 full PSG system (Embla, Broomfield, CO, USA)를 사용하여 움직임과 호흡 신호를 동시에 측정하였다. 이 때 움직임은 사용자의 복부 위에 부착된 웨어러블 가속도센서를 사용하여 측정되었고 호흡은 복부를 압박하여 벨트처럼 두르는 스트레인게이지(Strain gauge)를 사용하여 측정 되었다. 스트레인 게이지는 길이가 늘어날 때 저항 값이 변화하는 특성을 사용하여 호흡시 발생하는 흉부나 복부의 수축 팽창을 측정하는 방식으로 호흡을 측정한다.

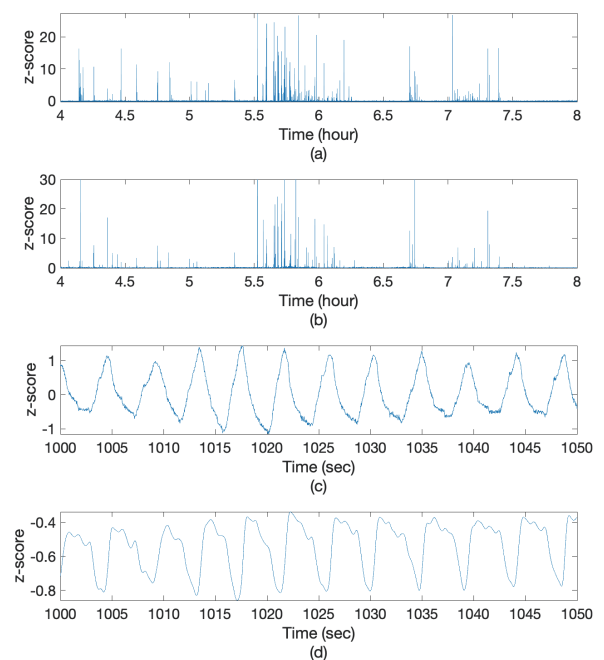


그림 10 기준 기기와 개발된 시스템을 사용한 움직임 및 호흡 측정 결과.

- (a) 기준기기를 사용하여 측정된 움직임 정도,
- (b) 개발된 기기를 사용하여 측정된 움직임 정도,
- (c) 기준기기를 사용하여 측정된 호흡, (d) 개발된 기기를 사용하여 측정된 호흡

그림 10은 실제 수면환경에서 측정된 움직임(뒤척임)과 호흡 신호의 예를 보여준다. 측정된 신호는 장비별로 측정되는 값의 범위(scale)가 다르기 때문에 각 신호의 값을 z-score를 사용하여 정규화 하여 표시하였다. 그림 10(a)는 기준 기기로 측정된 뒤척임 정도, 10(b)는 개발된 기기로 측정된 뒤척임 정도를 보여준다. 또한, 그림 10(c)는 기준 기기로 측정된 호흡 신호, 10(d)는 개발된 기기로 측정된 호흡 신호를 보여준다. 이상의 결과로부터 개발된 기기가 수면 중 발생하는 큰 움직임과 작은 움직임(호흡)을 효과적으로 측정할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 PVDF기반 힘센서와 MSP430을 사용하여 수면 중 인체를 구속하지 않고 움직임을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템으로 측정된 수면중 움직임(뒤척임)과 호흡은 기존 수면다원검사에 사용되는 웨어러블 측정기와 유사한 경향을 가지는 것으로 나타났다. 이는 기존의 인체를 압박하거나 구속하는 불편함 없이 수면중 인간의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있는 가능성을 시사하고 있으며 측정의 불편함으로 인한 사용상의 문제들을 개선할 수 있을 것으로 예상된다.

[참고문헌]

- [1] F. Touati and R. Tabish, "U-healthcare system: State-of-the-art review and challenges," *Journal of medical systems*, vol. 37, no. 3, p. 9949, 2013.
- [2] N. Bu, N. Ueno, and O. Fukuda, "Monitoring of respiration and heartbeat during sleep using a flexible piezoelectric film sensor and empirical mode decomposition," in *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2007: IEEE, pp. 1362-1366.
- [3] S. H. Hwang et al., "Unconstrained sleep apnea monitoring using polyvinylidene fluoride film-based sensor," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 61, no. 7, pp. 2125-2134, 2014.
- [4] F. Wang, M. Tanaka, and S. Chonan, "Development of a PVDF piezopolymer sensor for unconstrained in-sleep cardiorespiratory monitoring," *Journal of intelligent material systems and structures*, vol. 14, no. 3, pp. 185-190, 2003.
- [5] Y. He and J. Luo, "ASSESS NOVELTY OF AN INVENTION USING THE CENTRAL-EXTREME NOVELTY MATRIX: A CASE STUDY OF JUVO LABS'S FIBRE-OPTIC SENSOR MAT," in *DS 89: Proceedings of TheFifth International Conference on Design Creativity (ICDC 2018)*, University of Bath, Bath, UK, 2018, pp. 134-141.
- [6] J. M. Perez-Macias, H. Jimison, I. Korhonen, and M. Pavel, "Comparative assessment of sleep quality estimates using home monitoring technology," in *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2014: IEEE, pp. 4979-4982.
- [7] EarlySense, <https://www.earlysense.com> (accessed Jul. 21, 2019).
- [8] R. Seepold, M. Gaiduk, J. A. Ortega, M. Conti, S. Orcioni, and N. M. Madrid, "Home Hospital e-Health Centers for Barrier-Free and Cross-Border Telemedicine," in *Intelligent Decision Technologies 2019*: Springer, 2019, pp. 307-316.
- [9] SleepNumber, <https://www.sleepnumber.com> (accessed Jul. 21, 2019).
- [10] Texas Instruments, "SLAU144I: MSP430x2xx Family: User's Guide," Texas Instruments Inc.: Dallas, TX, USA, 2012.
- [11] A. Fernandez and D. Dang, *Getting started with the MSP430 launchpad*. Newnes, 2013.

저자소개

신항식 (Shin, Hangsik)

2003년 연세대학교 기계전자공학부 졸업
 2005년 동 대학교 대학원 졸업(공학석사)
 2010년 동 대학교 대학원 졸업(공학박사)
 2010~2013년 삼성전자주식회사 책임연구원
 2013~2022년 전남대학교 의공학과 조교수, 부교수
 2022년~현재 울산대학교 의과대학,
 서울아산병원 부교수
 현재 당 학회 D부문의 학술이사
 주 연구분야: 생체계측 및 신호처리, 디지털헬스케어



환경변화에 따른 헬스케어 솔루션의 진화

Evolution of healthcare solutions according to environmental changes

민세동 | 순천향대학교

Min, Se-Dong | Soonchunhyang University



요약

본 보고서에서는 Covid-19이 가져온 삶의 변화, 초고령사회 진입, 4차산업혁명 그리고 헬스케어 서비스 수요자의 관심변화 등의 사회적/환경적 변화에 따른 헬스케어 솔루션의 진화에 대해 알아보고자 한다. 특히, 새로운 건강관리 솔루션인 디지털치료제에 대해 중점적으로 다루어보고자 한다.

Abstract

In this report, the evolution of healthcare solutions according to social/environmental changes, such as the changes in life brought about by COVID-19, the entry into a super-aged society, the 4th industrial revolution, and the changes in the interest of healthcare service consumers, will be discussed. In particular, digital therapeutics, a new health management solution, will specifically be described.

1. 서론

지난 3년간 COVID-19으로 인해 우리의 삶의 많은 부분에 변화가 있었다. 특히, 건강관리 부분에 있어서 건강관리의 중요성과 건강관리 기법의 변화, 그리고 건강한 삶을 영위하기 위한 대응방식 또한 변화하기 시작하였다. 사실 이러한 변화는 초고령화 사회로의 진입, 4차산업혁명 그리고 건강관리 수요자들의 요구 증대로 인해 2000년대 이후 변화가 나타나기 시작했으며, 팬데믹인 이러한 변화를 더욱 가속하는 자극제 역할을 해왔다고 볼 수 있다.

본 기고에서는 건강관리 솔루션에 대한 기존 접근 방식에 대해 살펴보고, 건강관리 솔루션의 미래를 구축해나가는데 있어서 디지털치료제의 잠재력에 대해 알아볼 것이다. 또한, 디지털치료제

구현에 있어서의 개선이 필요한 부분에 대해서도 알아볼 것이다.

본 기고문은 건강관리 영역에서 디지털치료제의 역할과, 의료 환경을 변화시킬 수 있는 디지털치료제의 잠재력에 대한 전반적인 이해를 제공하는데 있다.

2. 전통적인 헬스케어 솔루션의 진화

지금까지의 건강관리 솔루션에 접근하는 전통적인 방식은 일반적으로 건강 상태를 진단하고 치료하는 것을 목표로 환자와의 의료 제공자 간의 대면 상호작용이 주를 이루었다. 이러한 대면 상호작용에는 약물, 수술, 물리 치료 및 상담과 같은 다양한 건강관리 서비스들이 포함된다.

기존의 가장 일반적인 건강관리 서비스를 받기 위한 방법은 아래의 일부와 같다.

- ① 대면 의사 방문 : 진단, 치료 및 조언을 받기 위해 진료소 또는 병원의 의료 서비스 제공자를 방문.
- ② 입원 : 연장 치료, 수술 또는 면밀한 모니터링이 필요한 기타 치료를 위해 병원에 입원.
- ③ 약물 : 증상의 관리, 질병을 치료하거나 특정 상태를 예방하기 위해 처방약을 복용.
- ④ 수술 : 상태를 치료하고 종양을 제거하거나 부상을 복구하기 위한 수술.
- ⑤ 물리(재활) 치료 : 통증을 관리하고 이동성을 개선하며 기능을 회복하기 위해 전문적인 운동 및 치료.

지난 수십 년 동안 상기와 같은 전통적인 건강관리 솔루션은 우리의 건강을 관리하는 주요 방식이었지만 여러 제한 사항을 가지고 있다. 예를 들어, 많은 비용(Healthcare Cost)과 시간이 들고 걸리며, 때로는 환자의 접근성이 떨어질 수도 있다. 또한, 특정 상태를 치료하거나 질병의 재발을 예방하는 데 항상 효과적이지는 못했다.

전통적인 건강관리 솔루션의 제한 사항의 구체적인 예는 아래와 같다.

- ① 비용 : 건강관리에 대한 전통적인 접근 방식은 비용이 많이 든다. 입원, 수술, 의사 방문 등은 의료서비스 수혜자와 제공자 모두에게 큰 비용이 발생.
- ② 접근성 : 건강관리에 대한 전통적인 접근 방식은 특정 인구가 접근하기 어려울 수 있음. 예를 들어, 외딴 지역에 있는 환자나 거동이 불편한 환자는 의료서비스에 접근하기 어려움.
- ③ 의료 전문가의 가용성 제한 : 특히 농어촌 지역과 같은 의료서비스가 부족한 지역에서는 환자에게 치료를 제공할 수 있는 의료 전문가의 수가 제한적인 경우가 많음.
- ④ 시간 : 전통적인 건강관리 방식은 시간이 많이 소요될 수 있음. 환자는 예약에 맞추어 기다리거나, 또는, 장기간 입원하여 복

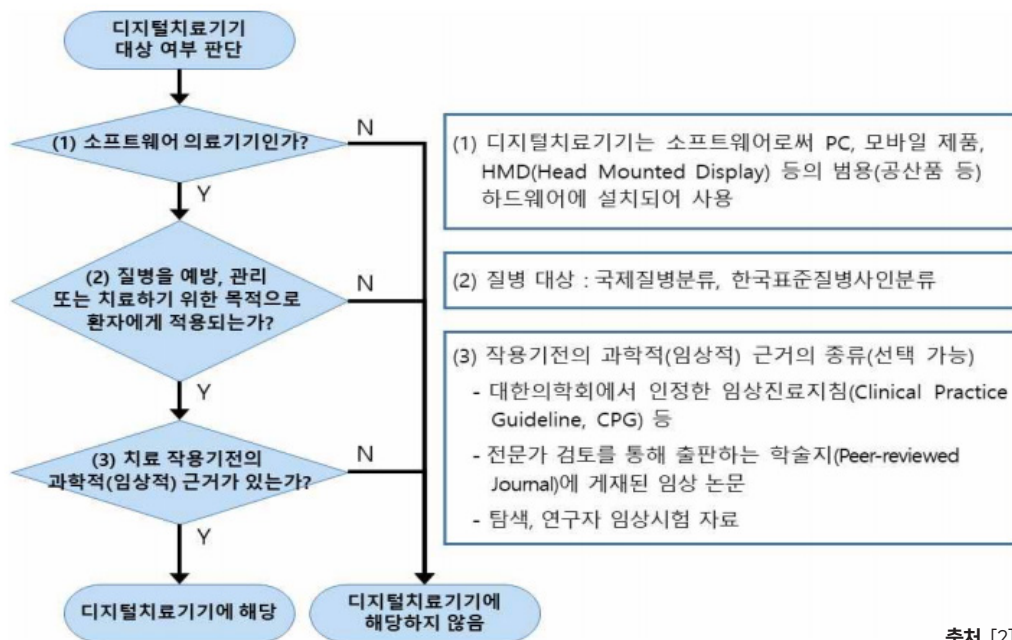
잡한 치료 요법을 따라야 할 수 있음.

- ⑤ 불편함 : 전통적인 건강관리 방식은 환자에게 불편할 수 있습니다. 예를 들어, 진료 또는 치료를 받기 위해 휴가를 내거나 먼 거리를 이동해야 할 수도 있음.
- ⑥ 환자 참여 부족 : 환자 자신이 치료에 대해 항상 우선시하지 않을 수 있음. 환자는 자신의 건강에 능동적으로 참여하기보다는 수동적으로 참여하는 경우들이 많음.

이러한 제한으로 인해 디지털 도구를 사용하여 환자 중심 맞춤형 개입을 제공하는 디지털 치료제(Digital Therapeutic, DTx)와 같은 건강관리 솔루션에 대한 새로운 접근 방식의 개발이 촉진[4, 5, 7]되었다.

디지털 치료제(DTx)는 기존 건강관리 솔루션의 환경을 변화시키는 건강관리에 대해 새롭고 혁신적인 접근 방식[4,5]이다. 아래는 DTx가 건강관리를 영역을 혁신하는 몇 가지 방법이다.

- ① 맞춤형 치료 : DTx는 개별 환자와 특정 요구 사항에 맞게 설계되었다. 데이터 분석을 활용하여 DTx는 각 환자에게 더 효과적인 개인화된 치료 계획을 세울 수 있다.
- ② 편리함과 접근성 : DTx는 인터넷 연결이 있는 곳이라면 어디에서나 접근할 수 있으므로 환자가 더욱 편리하고 쉽게 접근할 수 있다. 환자는 스마트폰, 태블릿 또는 기타 디지털 장치를 사용하여 DTx에 액세스할 수 있으므로 의료서비스 제공자를 직접 방문하지 않고도 더 쉽게 건강을 관리할 수 있다.
- ③ 비용 효율성 : DTx는 기존 건강관리 솔루션보다 비용 효율적일 수 있다. 예를 들어, 원격 모니터링 및 가상 방문은 환자와 의료 제공자에게 비용이 많이 드는 입원 필요성을 줄일 수 있다.
- ④ 향상된 환자 참여 : DTx는 환자 자신의 치료 참여를 우선시한다. 환자는 DTx를 사용하여 진행 상황을 모니터링하고, 피드백을 받고, 치료 계획을 지속해서 따를 수 있는 동기를 유지할 수 있다.
- ⑤ 지속적인 최적화 : DTx 솔루션은 환자 피드백과 실제 데이터를 기반으로 치료 계획을 지속적으로 최적화할 수 있다. 이를



출처 [2]

그림 1 디지털치료기기대상여부판단기준 및 절차

통해 의료 제공자는 최적의 치료 결과를 보장하기 위해 개입을 실시간으로 조정하는 데 도움이 될 수 있다.

- ⑥ 더 나은 결과 : DTx는 다양한 조건에서 환자 결과를 개선하는 것으로 나타났다. 예를 들어 당뇨병 관리를 위한 DTx 혈당 조절을 개선하는 것으로 나타났으며, 정신 건강을 위한 DTx는 우울증과 불안 증상을 줄이는 것으로 나타났다.

이처럼 DTx는 전통적인 건강관리 기법이 가지고 있는 제한점을 극복하여 환자의 다양한 상태를 관리하기 위해 보다 환자 중심적이고, 효과적인 접근 방식을 제공함으로써 건강관리 환경을 변화시키고 있다.

3. 디지털치료제(Digital Therapeutic, DTx)

3.1 디지털치료제 정의 및 특징

국제 비영리 단체인 디지털치료제 얼라이언스(DTA)에 따르면 디지털치료제는 “질병이나 장애를 예방, 관리, 치료하기 위해 환자에게 근거 기반의 치료적 중재(Evidence-based therapeutic intervention)를 제공하는 고도화된 소프트웨어 의료기기”이다[1],

6]. 국내 식품의약품안전처(MFDS)에서는 디지털치료제라는 용어 대신 ‘디지털치료기기’라는 용어를 사용하고 있으며, ‘디지털치료기기’는 “치료 작용기전에 대한 과학적임상적 근거를 바탕으로 질병의 예방관리치료를 목적으로 사용하는 소프트웨어 의료기기”라고 정의하고 있다[2]. 아래의 그림은 식품의약품안전처에서 디지털치료기기의 대상 여부 판단을 위한 판단기준 및 절차이다.

디지털치료제는 법제상 의약품이 아닌 의료기기이지만, 소프트웨어를 이용해 기존 의약품과 유사한 질병 치료 기능을 제공하기 때문에 1세대 치료제(알약 등 저분자 화합물), 2세대 치료제(항체, 단백질, 세포 등 생물제제)에 이은 3세대 치료제로 분류하는 추세이다[3].

또한, 근거 기반 치료적 중재를 위해 기존 의약품처럼 임상시험 실시, 치료효과 검증, 규제당국 허가, 의사 처방, 보험 적용 등의 과정을 거치는 것이 특징이다[3].

아래의 표는 기존치료제와 디지털치료제의 공통점과 차이점을 보여주고 있다.

표 1 기존치료제와 디지털치료제의 비교

구분		기존치료제	디지털치료제
공통점		임상적으로 검증된 특정 질환에 대한 치료 효과 및 의사 처방	
차이점	부작용	독성 및 부작용 있음	독성 및 부작용 없음
	비용	다양함(원가규모, 개발기간 등 고비용 고위험구조)	매우적은(코딩 등 개발 및 복제비용 서비스제공 단가낮음)
	복약	관리불가	실시간, 연속적 관리 가능
	모니터링	진료시간외 환자상태 모니터링 불가	24시간 실시간 환자상태 모니터링가능
	데이터	환자데이터수집, 관리, 저장에 어려움	환자 데이터 맞춤 분석 가능 (환자스스로데이터수집, 관리)

출처 디지털치료제 기술동향과 산업전망, KEIT, [3]

디지털치료제의 제품군은 크게 기존 치료제의 대체제와 보완제 등 2가지 유형으로 분류 할 수 있다.

- ① 대체제 : 기존 치료제 대신 단독으로 사용해도 직접적인 치료 효과가 있고, 기존 치료제와 병행하면 치료 효과를 향상시키는 디지털 치료제
- ② 보완제 : 독립적인 치료효과가 없어 단독으로 사용할 수 없고, 기존 치료제와 병용해 치료효과의 향상을 지원하는 디지털치료제

3.2 디지털치료제 핵심 기술

디지털 치료제(DTx)는 디지털 도구를 활용하여 의학적 상태를 관리, 예방 또는 치료하는 기술과 건강관리서비스의 조합이라고 볼 수 있다. 아래는 DTx 솔루션 개발에 꼭 필요한 핵심 기술이다.

- ① 모바일 앱 : 모바일 앱은 DTx 솔루션에 사용되는 핵심 기술임. 중재를 제공하고, 건강 데이터를 추적하고, 환자에게 개인화된 피드백을 제공하는 데 사용할 수 있다.
- ② 웨어러블 장치 : 스마트 워치, 피트니스 트래커, 바이오센서와 같은 웨어러블 장치는 건강 데이터를 추적하고 바이탈(Vital) 사인을 모니터링하며 환자에게 실시간 피드백을 제공하기 위해 DTx 에도 사용된다.
- ③ 인공지능(AI) : AI는 데이터를 분석하고 개인화된 치료 계획을 제공하기 위해 DTx 솔루션에 사용된다. 예를 들어 AI를 사용하여 건강 데이터의 패턴을 식별하고 해당 패턴을 기반으로 치료 권장 사항을 제시할 수 있다.

- ④ 가상 및 증강 현실 : 가상 및 증강 현실은 환자에게 몰입형 경험을 제공하기 위해 DTx 솔루션에 사용된다. 예를 들어, 가상 현실을 사용하여 환자가 불안이나 통증을 관리하는 데 도움이 되는 시뮬레이션을 만들 수 있다.
- ⑤ 원격 의료 : 원격 의료는 환자가 의료 제공자와 원격으로 통신할 수 있도록 하는 DTx 솔루션에 사용되는 기술이다. 원격 의료는 가상 방문, 원격 모니터링 및 환자 교육에 사용할 수 있다.
- ⑥ 클라우드 컴퓨팅 : 클라우드 컴퓨팅은 DTx 솔루션에서 대량의 건강 데이터를 저장하고 분석하는 데 사용된다. 클라우드 컴퓨팅을 사용하여 환자와 의료 제공자에게 실시간 피드백을 제공할 수도 있다.

이와 같이 DTx 솔루션은 다양한 디지털 기술을 활용하고 적용하여 환자의 결과를 개선하고 의료 산업을 변화시키도록 설계되었으며, 개인화된 증거 기반의 개입을 제공하여 치료의 효율성을 개선할 수 있다.

4. 보다 나은 DTx를 위한 개선방향

디지털 치료제(DTx)는 의료 환경을 변화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있지만 최적의 환자 치료 결과를 보장하기 위해서는 개선이 필요하다. 다음은 현재의 DTx의 상황에서 개선되어야 할 영역이다.

- ① 검증 및 규제 : DTx는 비교적 새로운 형태의 의료 솔루션이므로, DTx 솔루션이 환자에게 효과적이고 안전하다는 것을 보장하기 위한 검증 및 규제가 필요하다. 이를 위해서는 DTx 솔

루션이 시장에 출시되기 전에 엄격하게 테스트되고 검증되도록 표준화된 규제 프레임워크 및 검증 프로세스의 개발이 필요하다.

- ② 데이터 프라이버시 및 보안 : DTx 솔루션은 사이버 공격 및 데이터 침해에 취약할 수 있는 민감한 환자 정보를 수집하고 저장한다. 환자 정보를 안전하게 보호하기 위해 강력한 데이터 프라이버시 및 보안 조치가 필요하다.
- ③ 상호 운용성 : DTx 솔루션은 원활한 환자 치료를 보장하기 위해 기존 의료 시스템 및 프로세스와 통합되어야 한다. DTx 솔루션이 기존 의료 시스템과 쉽게 통합될 수 있도록 데이터 형식 및 상호 운용성 프로토콜의 표준화가 필요하다.
- ④ 환자 참여 : DTx 솔루션은 환자가 장기적으로 계속 사용할 수 있도록 사용자 친화적이어야 한다. 사용하기 쉽고 직관적이며 긍정적인 사용자 경험을 제공하는 DTx 솔루션 개발이 필요하다.
- ⑤ 증거 기반 의학 : DTx 솔루션은 효과와 안전성을 보장하기 위해 증거 기반이어야 하며 강력한 임상 시험으로 뒷받침되어야 한다. DTx 솔루션의 효과를 검증하고 사용을 위한 모범 사례를 식별하기 위한 연구에 대한 지속적인 투자가 필요하다.

전반적으로 상기의 개선영역 중 부족한 부분을 채워가고 해결한다면, DTx 솔루션이 최적의 환자 결과를 제공하고 의료 관리 솔루션의 핵심 구성 요소가 되도록 하는 데 큰 도움이 될 수 있을 거라 생각한다.

5. 결 론

향후 건강관리 솔루션의 미래는 앞서 서술한 바와 같이 디지털 도구 및 기술을 활용하여 환자에게 개인화된 증거 기반 중재를 제공하는 디지털 치료제(DTx)의 출현으로 점점 더 구체화되고 있다. DTx는 건강 상태를 관리하는데 있어서 보다 환자(사용자) 중심적이고 비용 효율적인 접근 방식을 제공함으로써 의료 환경을 변화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

DTx의 주요 장점 중 하나는 고급 데이터 분석 및 인공 지능

(AI)을 활용하여 각 개인의 필요와 상황에 맞는 개인화된 치료 계획을 제공하는 기능이다. 또한, DTx는 원격으로 제공될 수 있어 멀리 떨어져 있거나 서비스가 부족한 지역에 거주하거나 대면 예약을 위해 이동하는 데 어려움이 있는 환자에게 더 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있다. 아울러, DTx는 값비싼 입원, 수술 및 기타 전통적인 의료서비스 개입의 필요성을 줄임으로써 의료비용을 낮출 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 환자 피드백과 실제 데이터를 기반으로 지속적으로 최적화되는 증거 기반 개입을 제공함으로써 환자 결과를 개선할 수 있는 장점이 있다.

앞으로 건강관리 솔루션의 핵심 구성요소로서 DTx 사용이 지속적으로 성장할 것으로 예상된다. 더 많은 환자가 디지털 도구 및 기술을 사용하여 건강을 관리하는 데 익숙해짐에 따라 DTx 플랫폼 및 서비스의 채택률이 높아질 것으로 예상되며, DTx 기술이 지속적으로 개선됨에 따라 다양한 의학적 상태에 맞는 정교한 개입을 통해 더욱 잘 진단, 치료, 예방할 수 있는 시대가 열릴 것으로 기대된다. 결론적으로, DTx는 우리가 건강관리 서비스를 제공하고 받는 방식을 변화시킬 것이며, 건강관리에 대한 효율적이며 새로운 접근 서비스를 제공할 것이다.

마지막으로, 본 보고서에서는 DTx의 국내외 산업 및 기업동향, 시장 현황, 디지털 치료제의 적용 분야에 대해서는 다루지 않았지만, 향후, 다른 기획시리즈를 통해 관련된 내용을 공유할 수 있기를 기대해 본다.

[참고문헌]

- [1] 김주원, 장기정, 황은혜, "디지털치료제", 한국과학기술기획평가원, 2020
- [2] 디지털치료기기 허가심사 가이드라인, 식품의약품안전처 의료기기심사부, 2020.8
- [3] 박지훈, 송승재, 배민철, "디지털치료제 기술동향과 산업전망", KEIT PD Issue Report, 2020. 3
- [4] 박안선, 이승민, "디지털치료제의 현황 분석 및 발전방향", ETRI Insight, 2020. 11
- [5] 김지연, "비대면 시대, 비대면 의료 국내의 현황과 발전방향", 한국과학기술기획평가원, 2020.7
- [6] About DTx., Digital Therapeutics Alliance. 2021

- [7] Global strategy on digital health, World Health Organization.
2020

저자소개**민세동(Min, Se-Dong)**

2001년 고려대학교 졸업

2004년 연세대학교 대학원 졸업(공학석사)

2010년 연세대학교 대학원 졸업(공학박사)

2009년~2012년 삼성전자주식회사 책임연구원

2012년~현재 순천향대학교 의료IT공학과 교수

2020년 University of Colorado, Denver 방문교수

현재 당 학회 평의원 및 D부문의 산학이사

주 연구분야: 디지털헬스케어, 디지털치료제



무선전력전송기술의 동향과 미래

Trends and Future of Wireless Power Transfer

김형철, 서동욱 | 한국해양대학교 전자전기정보공학부

Kim, Hyeong-Chul, Seo, Dong-Wook | Korea Maritime & Ocean University



요 약

IoT(Internet of Things) 사회가 본격적으로 시작됨에 따라 사람들이 사용하는 대부분의 기기들이 소형화되고 휴대 가능한 물품들이 중심을 이루면서 소형 전지의 사용이 급등하고 이를 교체하거나 충전하는 번거로움 역시 증가하게 되었다. 동시에 지구 자원의 고갈로 인해 지속개발 가능한 에너지를 위해 전 세계에서 우주산업에 뛰어 들고 있다. 무선전력전송(Wireless Power Transfer)이 이러한 문제들을 해결할 수 있을 것으로 지속적인 관심을 받고 있다. 본 고에서는 앞으로의 사회에 무궁무진하게 사용될 무선전력전송의 연구동향과 발전방향에 대해 소개한다.

Abstract

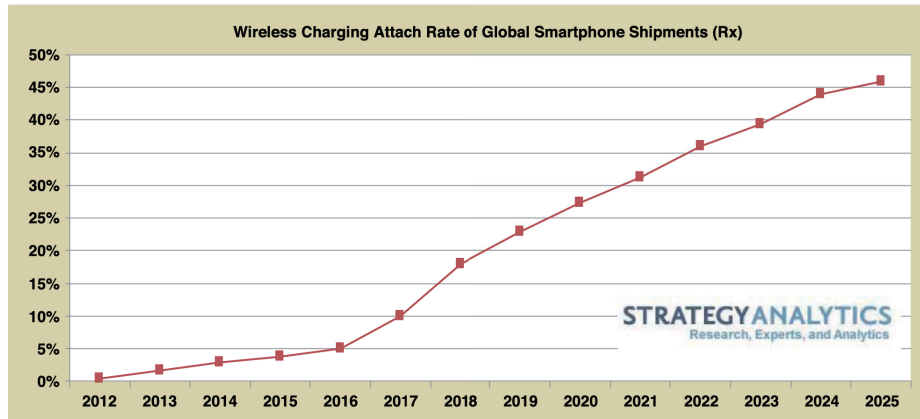
Currently, miniaturized and portable items are becoming the center of the society, and Internet of Things is emerging. At the same time, due to the depletion of earth resources, research on the space industry is being promoted all over the world for sustainable energy. Therefore, wireless power transfer technology is thought to help with these problems and continues to receive a lot of attention. In this article, we introduce research trends and development directions of wireless power transfer that will be used infinitely in the future society.

1. 서 론

무선전력전송(WPT; Wireless Power Transfer)은 전파를 이용하여 전력을 별도의 선 없이 공급할 수 있도록 하는 것으로 정의되며, 에디슨과의 전류전쟁으로 유명한 1890년대 전기의 아버지라고 불리는 Nicola Tesla에 의해 처음 시작되었다. 하지만 21세기 까지 제한적으로 사용되다가 2007년 MIT의 Soljačić[1]가 2m 거리에 있는 전구를 점등하면서 재조명 받게 되었다. Soljačić의 실험 이후 지난 약 15년간 무선전력전송은 많은 기술적인 진보를 가져오고 있다. 근거리 무선충전이 가능한 자기장 기반의 무선전력전

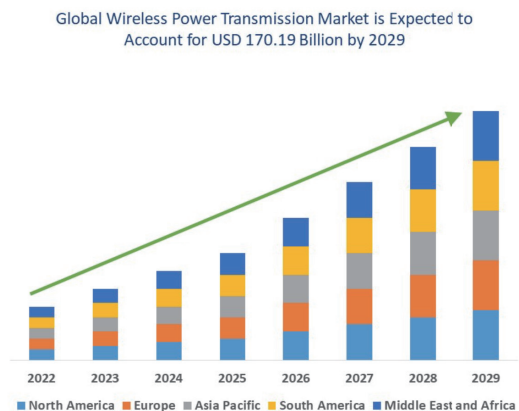
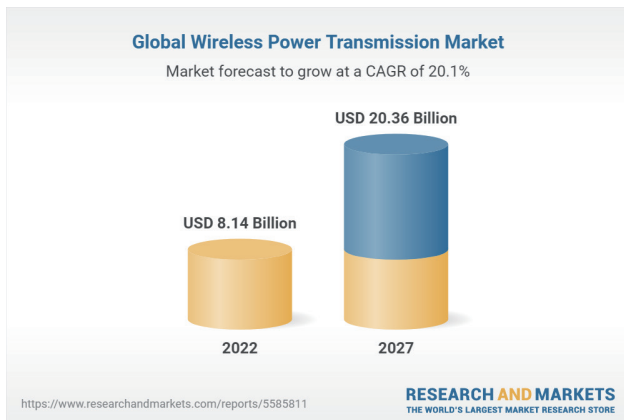
송 (또는 무선충전) 기술은 산업의 다양한 분야에서 상용화되어 시장에 나오고 있으며, 그림 1과 같이 2023년 새로 출시되어 판매되는 휴대폰의 약 40%가 무선충전이 기본적인 기능으로 탑재될 정도로 보편적인 기술로 자리 매김하고 있다.

자기장 기반의 근거리 무선전력전송 기술이 본격적으로 시장에 도입됨에 따라 다양한 시장 예측 기관에서도 여전히 무선전력전송 분야가 성장할 것으로 예측하고 있다. 그림 2와 같이 Research and Markets는 전세계 무선전력전송 시장이 2022년 81억 4천만 달러에서 2027년에는 203억 6천만 달러에 이르러 연평균



출처 : Strategy Analytics, Needham, MA USA: "2021 Wireless Charging Insights" (published Oct. 2021).

그림 1 무선충전 기능을 가진 휴대폰 비율



출처 : Research and Markets, Data Bridge Market Research

그림 2 무선전력전송 시장 예측 결과

20.12% 성장할 것으로 예상하고 있으며, Allied Market Research은 전세계 무선전력전송 시장 규모를 2020년 57억 510만 달러였으며, 2030년에는 352억 2640만 달러에 이를 것으로 예상되며 2021년부터 2030년까지 연평균 21.3%의 성장률을 기록할 것으로 예상하고 있다. 한편, Data Bridge Market Research는 전세계 무선전력전송 시장이 2021년에 351억 3천만 달러였으며 2029년에는 1,701억 9천만 달러에 이를 것으로 예상되며 2022-2029년 기간 동안 연평균 21.80% 성장할 것으로 예상하고 있다. 시장 조사 기관의 대상 제품 범위에 따라 금액은 상이하지만 2030년까지 여전히 연평균 약 20% 이상 성장할 것으로 예상하고 있다.

현재 무선전력전송 기술은 대부분 자기장 기반의 근거리 무선 전력전송이 차지하고 있다. 하지만 IoT 기술을 본격적으로 도입됨

에 따라 여러 기기들이 소형화 되고 이동 및 휴대 가능해지면서 서로 연결될 것이다. 즉, 이는 충전선 없이 여러 소형 기기들을 충전을 해야만 하는 사회가 될 것이며 저전력 전송이 가능한 RF 또는 레이저 기반의 중장거리 무선전력전송 기술로 해결할 수 있을 것이라는 기대감이 증가되고 있다. 이에 따라 최근 RF기반의 중장거리 무선전력전송 기술에 대한 연구가 증가되고 있으며, 중장거리 무선전력전송 기술이야말로 미래의 IoT사회에 필수불가결한 기술이라고 인식되고 있다.

또한, 현재 지구는 인구의 증가와 경제발전으로 에너지 고갈 문제에 직면해있고 이를 해결할 방법으로 우주에서 오는 무한한 에너지, 즉 태양에너지와 같은 것들을 효과적으로 이용하려고 전세계적으로 우주개발에 뛰어들고 있다. 우주로부터 지구까지 에너지를 전송하는데 있어 유선으로 전송할 수 없기 때문에 우주

에서 비롯된 에너지를 지구에 보내기 위해 무선으로 전력을 전송하는 기술이 필요하다. 그래서 이에 관련된 RF 또는 레이저 기반의 무선전력전송 기술 연구 역시 활발히 진행 중에 있다. 우주라는 영역이 아직 과학적으로 많이 밝혀지지 않은 미지의 영역이기 때문에 연구가 활발히 진행됨에 따라 무선전력전송 기술의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

무선전력전송 기술은 전력을 대체할 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 여전히 해결해야 할 많은 장애물들이 있다. 본 고에서는 무선전력전송 기술의 연구동향과 앞으로의 발전방향에 대해 소개하겠다.

2. 무선전력전송 기술 방식

기존에는 전자기파를 이용하는 무선전력전송 기술을 주로 자기유도방식, 자기공명방식, RF방식으로 3가지로 나누어서 설명해왔다. 하지만, 자기유도방식은 수 kHz ~ 수백 kHz를 사용하는 반면, 자기공명방식은 수 MHz ~ 수십 MHz를 사용하는 것 외에 개념적으로 크게 다른 점이 없어 최근에는 자기장 기반의 근거리장 무선전력전송과 RF 기반의 원거리장 무선전력전송으로 크게 2가지로 나누어 설명하고 있다. 본 고에서도 이와 같은 2가지 기술에 대해 기술하고자 한다.

2.1 자기장 기반의 근거리장 무선전력전송

자기장 기반의 근거리장 무선전력전송 시스템은 현재 실생활에서 가장 많이 사용되고 있는 무선전력전송 방식으로 전동칫솔을 비롯한 휴대전화, 이어폰 등에 적용되는 무선충전 기술이 이에 해당한다. 그림 3과 같이 송신코일에 의한 발생된 자기장이 자기유도에 의해 수신코일에 전류를 생성하여 송신측에서부터 수

신측으로 전력을 전송하는 방식이다. 이는 개념적으로 교류전류가 송신코일에 흐르면 송신코일로부터 전자기장이 생성되는데, 송신코일 주변의 근거리장에서는 자기에너지가 공간적으로 저장된다고 해석된다. 송신코일에 의해 저장된 자기에너지가 있는 근거리장에 수신코일이 배치되면 저장된 자기에너지의 일부가 수신코일로 전달된다. 자기장기반의 근거리장 무선전력전송 시스템은 이와 같이 송신코일의 근거리장 안에서 전력이 전달되는 방식이기 때문에 송신코일 직경 정도의 근거리장을 벗어나면 급격하게 전력전송 효율이 감소될 수 밖에 없다. 이러한 이유로 송신기와 수신기가 서로 붙어있는 경우 이론상 수 mm에서 90%의 높은 효율로 전력을 전송할 수 있지만, 송신부와 수신부가 조금만 떨어져도 효율이 급격히 낮아진다. 또한, 근거리장에서는 송신부에 의해 공간상 전기/자기에너지를 저장하고 있는 상황에서 전기/자기 에너지에 영향을 끼칠 수 있는 금속/자성체 물체가 위치하게 되면 송신부에 영향을 끼치는 특성을 가지고 있다. 이러한 근거리장 특성 때문에 송수신 코일의 위치나 거리가 변화되면 송신부에서 수신부로 바라보는 등가 임피던스가 변화되고 효율이 변경되는 특성을 가진다. 일반적인 송신코일의 근거리장은 송신코일의 직경 정도에 해당하는 공간으로 전송거리 측면에서 미래의 IoT사회에 적용하기엔 무리가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 현재는 근거리장에서의 공간무선전력전송 기술로 연구로 확장되고 있다. 공간무선전력전송을 사용하기 위한 문제점으로 대두되는 것은 크게 두 가지로 송신부와 수신부 사이의 비정렬로 인한 효율저하 문제와 전송가능거리 문제이다. 비정렬 문제를 해결하기 위해 그림 4와 같이 새로운 형태의 송신 코일, 예를 들어 구형, 원기둥형, 정육면체 등의 입체적인 구조의 코일을 제작하여 수신부가 받는 자기장의 영역의 사각을 없애는 방법, 반대로 송신코일이 아닌 새로운 형태의 수신코일을 사용해 송신코일의 자기장을 효과적으로 이용할 수 있도록 하는 방법도 많이 연구되고 있다[2-6].

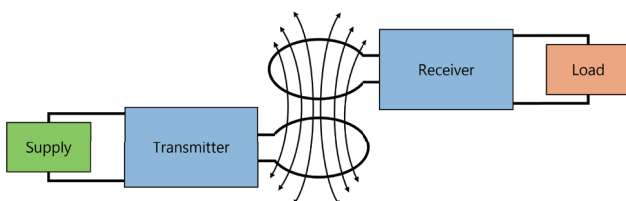
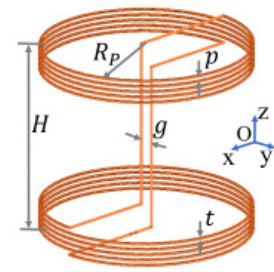
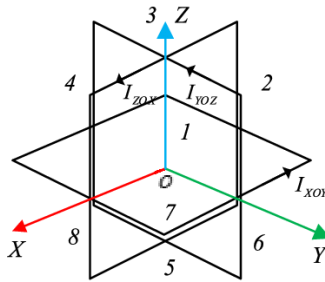
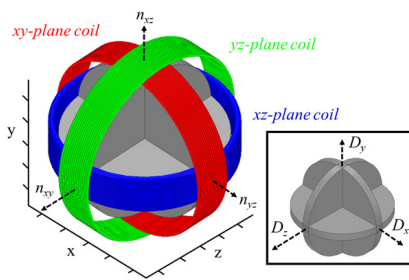


그림 3 일반적인 근거리장 무선전력전송 시스템

근거리장의 거리를 넓히기 위해서는 송수신코일의 품질계수(Q factor : Quality Factor)를 높게 하는 방법이 주로 연구되고 있다. Q factor를 높이는 방법에는 여러 가지가 있는데 다른 물질들



출처 : 한양대학교 전력전자연구실, [7], [8].

그림 4 공간무선전력전송을 위한 송신 코일 구조의 예.

을 코일에 직접 삽입하거나 부성저항 또는 초전도체를 이용하는 방법들이 지금까지 제안되어 왔다[9-11]. 하지만 Q factor를 높이는 방법은 전송거리를 극적으로 높이는데 한계가 존재한다. 다양한 방법으로 많은 연구가 진행되고 있지만 위의 두 가지의 문제를 동시에 해결하는 방안으로 여러 개의 코일을 동시에 사용하는 다중코일을 입체적으로 배치하는 방법도 제안되었다. 다중코일의 배치 뿐만 아니라 각각의 코일에 어떻게 전류를 공급해야 최적의 효율을 이끌어내는지, 다중코일을 사용하는 경우 최적의 효율을 위해 코일 간의 커플링을 어떻게 핸들링 하는지에 관한 연구 등도 보고되고 있다[12-14]. 하지만 다중코일을 사용하는 방안도 코일 각각을 제어하거나 최대효율을 내기위한 장치들이 추가되면서 시스템이 커질 수 있는 단점이 존재한다.

2.2 RF(Radio Frequency) 기반의 원거리 무선전력전송

RF 기반의 원거리 무선전력전송은 마이크로파 대역의 송신 안테나 간의 방사 특성을 이용해 에너지를 직접 보내 전달하는 방식이다. 해당 방식은 낮은 수신전력을 가지지만 수 m에서 수 mW의 전력을 전달할 수 있기 때문에 중장거리에 위치한 낮은 소모전력을 가지는 장치들에 전력을 무선으로 전송 가능하게 하는 방식으로 미래기술로써 긍정적 평가를 받고 있는 방식이다.

그림 5와 같이 RF기반의 원거리장 무선전력전송 시스템은 대개 송신단에서 위상을 조정하여 배열안테나의 빔을 조정하고 수신측에서 매칭회로와 정류기를 통해서 직류전류를 저장하거나 사용하는 구조를 가지고 있다.

자기장 기반의 근거리장 무선전력전송 기술은 짧은 거리에서

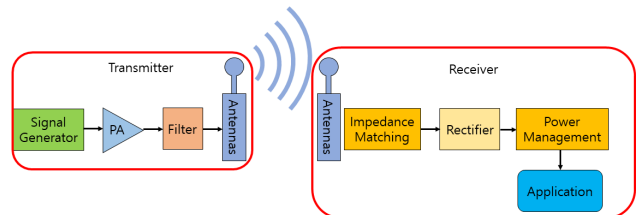


그림 5 일반적인 RF기반 원거리장 무선전력전송 시스템의 블록도

90%이상의 전력전송 효율을 가지지만 RF기반 원거리장 무선전력전송 시스템의 전체 시스템 효율은 일반적으로 1% 대로 매우 낮은 효율을 가진다는 단점이 있는 반면, 기존의 무선통신기술과의 융합이 용이하여 동시무선정보 및 전력 전송 (SWIPT; Simultaneous Wireless Information and Power Transfer) 기술 구현이 가능하다는 장점이 있다. 수신장치의 위치를 인식하게 된다면 빔포밍을 이용하여 전력전송 효율을 더욱 높일 수 있다. 이러한 수신장치의 위치인식이 중요한 이유는 빔포밍을 통한 효율 향상 뿐만 아니라 송수신기 간 전력전송 중 사람이 주요한 전파경로를 막게 되면 이를 인식하여 인체 유해성에 대한 문제 해결의 단초가 될 수 있기 때문이다.

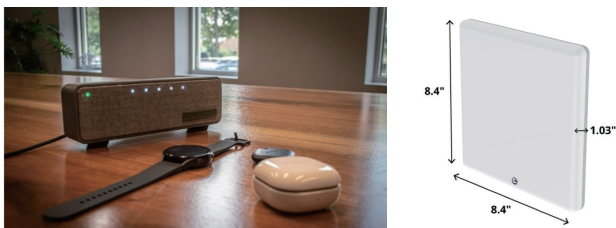
최근 가전전자 레벨에서 원거리장 무선전력전송 기술을 사업화하고 있는 회사로는 Powercast, Ossia, Energous, GuRu, Wi-Charge 등의 기업이 있다. Ossia는 COTA라는 브랜드로 2018년 CES에서 Forever Battery라는 제품을 선보인 바 있다. 당시 5.8 GHz 주파수에서 10 m 거리범위에서 최대 5 W의 전력을 전송하는 제품이라 설명하였으며, 현재는 그림 6과 같이 다양한 제품군으로 확장하여 판매하고 있다. 최근 열린 CES 2023에서도 원거리장 무선전력전송 기술과 관련해서 Energous와 Atmosic가 배터리가 없는 전자선반 라벨(Electric Shelf Label : ESL)을, Pow-

ercast가 동시 충전기술을 선보인바가 있다. 특히, Powercast에서 선보인 Ubiquity 송신기는 Wi-Fi 라우터처럼 여러 송신기를 구성하여 커버리지 내의 장치에 저전력으로 무선으로 충전할 수 있을 뿐만 아니라 동시에 여러 수신기에 전력을 보낼 수 있는 기술을 선보였다. 한편, Energous Corp.은 최근 미국과 한국을 비롯한 여러 국가에서 15W WattUp PowerBridge 송신기에 대한 허가를 받은 것으로 알려져 있다. 기존의 1W에 비해 15배나 높은 전력에 대해 허가를 받은 것으로 기존의 센서, 전자 선반 라벨, IoT 태그 등 뿐만 아니라 더 높은 전력이 요구되는 소매점, 산업 창고, 제조 공장, 물류 허브 등과 같은 대규모 배치를 위한 곳에서도 사용이 가능할 것으로 기대 받고 있다.



출처: Ossia

그림 6 Ossia사의 Cota 제품군



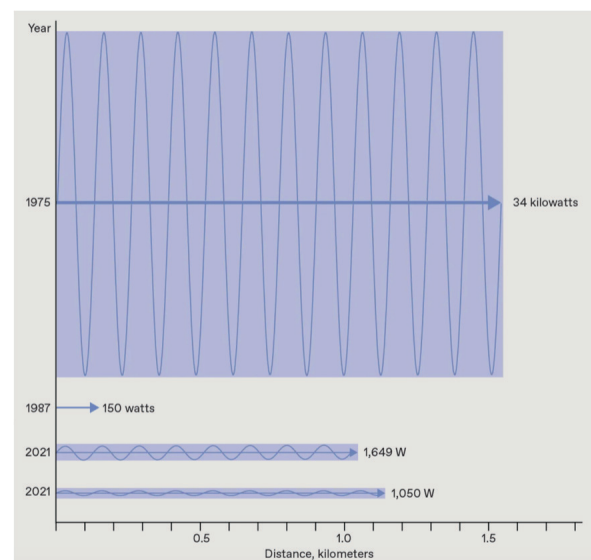
출처: Powercast, Energous

그림 7 Powercast사의 Ubiquity 송신기 시연 사진과 Energous사의 15W 송신기

2.3 우주 무선전력전송 (Space Wireless Power Transmission)

인공위성을 우주로 올리는데 드는 비용이 점차 감소되면서 수많은 위성이 우주로 올라가고, 탄소제로와 같은 지속가능한 에너지 개발에 큰 관심이 쏠리면서 다시금 우주에서 태양광을 지구로 전송하는 우주 무선전력전송 기술이 대두되고 있다.

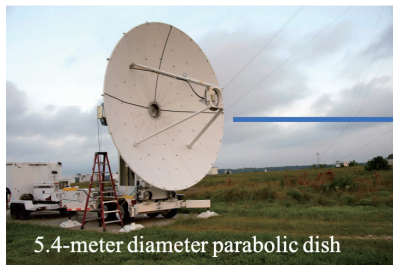
태양광을 전력으로 변환하는 실리콘 기반의 태양광 전지셀이 개발되고 난 후 이러한 태양광에서 전기로의 변환이 가장 이상적인 공간이 우주임을 1968년 미 항공우주 공학자 Peter Glaser에 의해 제안되고 난 후, 다양한 형태의 태양광 위성 (SPS; Solar Power Satellite)들이 제안되고 우주에서 태양광 등을 이용하여 모은 전력을 전자기파를 이용하여 무선으로 전력을 지구로 보내고자 하는 노력은 지난 세기동안 시도되어 왔다. 1975년 Raytheon에서 일한 Willim Brown과 NASA의 제트추진연구소의 Richard Dickinson이 마이크로파를 이용하여 50%의 end-to-end 효율로 30 kW 이상의 전력을 1 마일 (1.6 km) 거리를 전송하는 시연을 보였다. 이를 통하여 미국의 NASA와 미국 에너지부 (U.S. Department of Energy)에서 SPS를 제안하고 실현가능성을 본격적으로 탐색하는 계기가 되었다. 그림 8과 같이 1975년의 이 실험 이후 최근들어 다시 우주무선전력전송을 위한 시연과 데모가 다시 선보이고 있지만, 1975년의 실험에 비해 낮은 전력을 지상에서 테스트하기 위한 용도로 실험이 이루어지고 있다.



출처: IEEE Spectrum

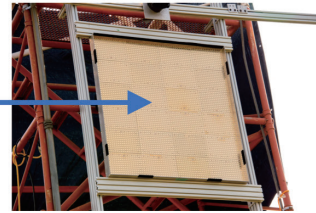
그림 8 연도별 마이크로파를 이용한 전력 빔 전송거리 및 전력 데모

전력을 빔으로 형성하여 보내기 위한 초기의 대부분의 노력은 마이크로파 주파수 대역에 한정되어 있다. 이는 오늘날 Wi-Fi, 블루투스를 비롯한 다양한 무선신호들이 마이크로파 대역에서 사용되기 때문에, 효과적으로 마이크로파 송신 및 수신장치를 구성



5.4-meter diameter parabolic dish

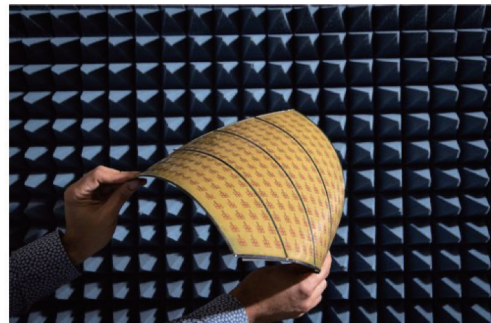
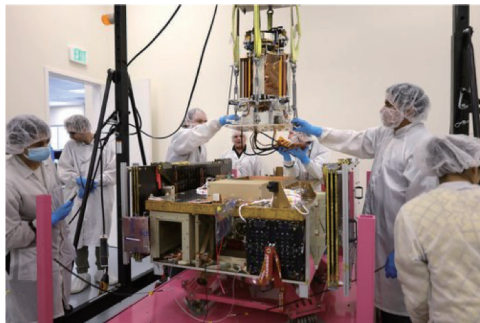
9.7 GHz microwave
peak power: 1,649 W
distance: 1,046 m



2-by-2 meter rectenna

출처 : IEEE Spectrum

그림 9 미 해군연구소의 2021년 마이크로파를 이용한 전력전송 시연



출처 : Caltech

그림 10 주요 성능 시험을 위한 위성체와 송신 안테나

할 수 있다는 장점 때문이다. 하지만 최근 더 높은 주파수 대역에서 동작하는 장치들의 가용성과 효율이 상승됨에 따라 마이크로파대역 뿐만 아니라 밀리미터파 대역과 광학 주파수 활용도 시도되고 있다. 마이크로파 대역의 경우 높은 효율을 가지기 위해 큰 안테나가 필요하기 때문에 우주 공간에 큰 구조물의 안테나를 올리거나 펼치는 것에 부담이 있기 때문에 밀리미터파와 광학 링크에 더 집중되고 있는 상황이다.

마이크로파와 밀리미터파를 사용하는 시스템의 경우 송신기들은 일반적으로 반도체기반의 증폭기와 위상배열, 파라볼릭 또는 메타물질 안테나들이 사용되고, 수신기들은 정류기(rectifier)와 안테나(antenna)의 합성어인 렉테나(rectenna)라 불리는 전자기파를 직류전기로 변환하는 요소들의 배열들이 사용된다.

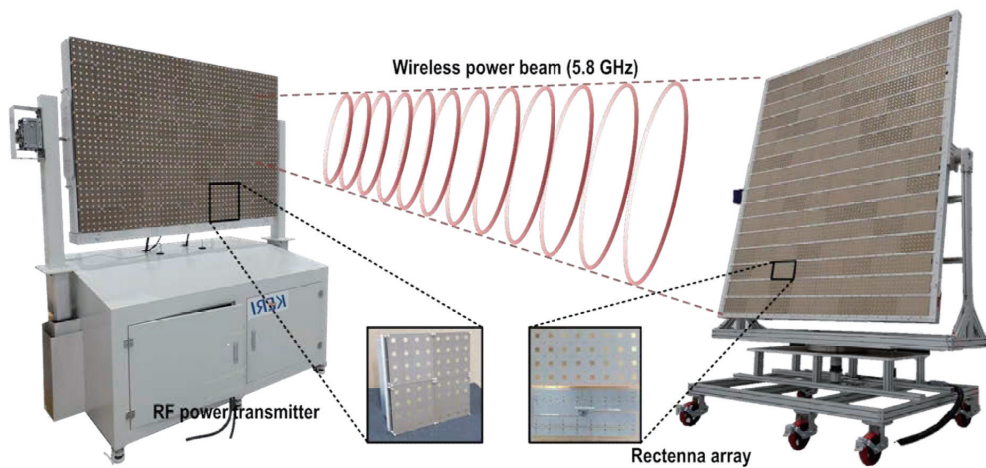
그림 9와 같이 2021년 미 해군연구소에서는 송신안테나로 5.4 m 직경의 파라볼릭 안테나를 이용하여 9.7 GHz 주파수로 최대 1,649 W의 전력을 약 1 km 거리의 타워에 부착된 렉테나로 전력을 전송하는 시연을 보인바 있다.

미 캘리포니아 공과대학(Caltech; California Institute of Technology)에서도 2014년부터 태양광 인공위성 프로젝트를 시

작하여, 그림 10과 같이 2023년 1월 주요 핵심기술에 성능을 테스트할 Space Solar Power Demonstrator(SSPD)라고 불리는 프로토타입을 제작하고 궤도에 발사한 것으로 알려져 있다.

우주기반의 태양 에너지 시스템에서 대한 연구에서 세계를 선도하는 연구기관으로 일본 항공 우주 탐사국(JAXA; Japan Aerospace Exploration Agency)는 2030년대까지 전형적인 원자력 발전소와 동일한 출력인 1 GW의 출력을 가지는 상업 시스템의 개발로 이어지는 일련의 지상 및 궤도 시연하는 기술 로드맵을 가지고 있다. 여러 가지 기사형태로는 JAXA의 연구 청사진에 대한 발표는 보도되고 있지만 구체적인 성능사양에 대해서는 명확하게 알려져 있지는 않다.

국내의 경우 한국전기연구원에서 BIG사업으로 '장거리 무선 전력전송 기술개발' 과제를 2017년부터 2025년까지 9년 계획으로 수행 중에 있다. 그림 11에 나타난 것과 같이 2019년 발표한 데모 시연장비는 12×8 배열형 송신시스템에서 5.8 GHz 주파수 4.8 kW 전력을 방사하여 110m 떨어진 4,096 렉테나 배열의 수신기 73%의 효율로 전송했다고 알려져 있다.



출처 : 한국전기연구원 2019년 연차보고서

그림 11 한국전기연구원 시연 송수신 장비

지금까지의 우주무선전력전송 연구는 여전히 연구개발 시작 단계로 지상에서 100여 미터 이내 거리를 우주에서 보낼 전력보다는 상대적으로 작은 전력을 시연하는 단계이다. 향후 고출력 송신전력을 수신 레테나 배열에 골고루 분포할 수 있도록 빔을 형성하거나 다중 수신기로 송신할 수 있는 다중 빔 기술 등 넘어야 할 과제가 많이 남아 있다.

3. 결 론

IoT 사회가 도래하고 자원고갈 문제가 시급한 가운데 이러한 변화에 맞춰 이를 해결할 무선전력전송 기술에 관한 연구는 필요하며 본고에서는 무선전력전송 기술의 방식과 현재 연구동향에 대해 소개하였다. 본고에서 소개한 무선전력전송 기술의 궁극적인 목표는 보다 긴 전송거리와 높은 효율이라고 볼 수 있으며 IoT 사회에 해당 기술이 유용하게 사용되기 위해선 3차원으로 Room을 형성해 Room안의 모든 다양한 기기들을 동시다발적으로 충전하기 위한 공간무선전력전송 뿐만 아니라 다중기기 동시 충전에 대한 연구개발도 필요하다. 그리고 RF방식의 연구가 활발하게 진행된다면 IoT분야, 스마트 그리드, 에너지 하베스팅 등등 많은 방면과 접목하여 도움이 될 뿐만 아니라 지속가능한 에너지 개발까지 많은 문제들을 해결할 것으로 보여진다. 특히, 우주산업의 발전과 함께 우주에서 에너지 생성과 이를 지구로 전송할 때

개체로서 무선전력전송이 큰 관심을 받을 수 있으리라 기대된다.

[참고문헌]

- [1] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljacic, "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances," *Science*, vol. 371, no. 5834, pp. 83-86, Jul. 2007.
- [2] N. Ha-Van, Y. Liu, P. Jayathurathnage, C. R. Simovski and S. A. Tretyakov, "Cylindrical Transmitting Coil for Two-Dimensional Omnidirectional Wireless Power Transfer," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 69, no. 10, pp. 10045-10054, Oct. 2022.
- [3] T. Feng, Y. Sun, Z. Zuo, Z. Wang and X. Dai, "Magnetic Field Analysis and Excitation Currents Optimization for an Omnidirectional WPT System Based on Three-Phase Tubular Coils," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 58, no. 1, pp. 1268-1278, Jan.-Feb. 2022.
- [4] N. Ha-Van and C. Seo, "A novel cubic transmitter for multi-directional wireless power transfer," *2015 IEEE Wireless Power Transf. Conf. (WPTC)*, 2015.
- [5] W. Han, K. T. Chau, C. Jiang, W. Liu and W. H. Lam, "Design and Analysis of Quasi-Omnidirectional Dynamic Wireless Power Transfer for Fly-and-Charge," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 55, no. 7, pp. 1-9, July 2019.

- [6] J. H. Kim et al., "Plane-Type Receiving Coil With Minimum Number of Coils for Omnidirectional Wireless Power Transfer," IEEE Trans. Power Electron., vol. 35, no. 6, pp. 6165-6174, June 2020.
- [7] Z. Dai, Z. Fang, H. Huang, Y. He and J. Wang, "Selective Omnidirectional Magnetic Resonant Coupling Wireless Power Transfer With Multiple-Receiver System," IEEE Access, vol. 6, pp. 19287-19294, 2018.
- [8] N. Ha-Van, Y. Liu, P. Jayathurathnage, C. R. Simovski and S. A. Tretyakov, "Cylindrical Transmitting Coil for Two-Dimensional Omnidirectional Wireless Power Transfer," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 69, no. 10, pp. 10045-10054, Oct. 2022.
- [9] N. Sekiya and Y. Monjugawa, "A Novel REBCO Wire Structure That Improves Coil Quality Factor in MHz Range and its Effect on Wireless Power Transfer Systems," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 27, no. 4, pp. 1-5, June 2017.
- [10] T. -H. Kim, G. -H. Yun, W. Lee, and J. -G. Yook, "Highly Efficient WPT System With Negative Impedance Converter for Q-factor Improvement," IEEE Access, vol. 7, pp. 108750-108760, 2019.
- [11] M. Okeda, K. Sakuma, and N. Sekiya, "High Efficiency Wireless Power Transmission System That Uses HTS Transmitting and Copper Receiving Coils With a Large Difference in Quality Factor," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 32, no. 4, pp. 1-5, June 2022.
- [12] S. Huh and D. Ahn, "Two-transmitter wireless power transfer with optimal activation and current selection of transmitters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 33, no. 6, pp. 4957-4967, Jun. 2018.
- [13] K. Kim, H.-J. Kim, D.-W. Seo and J.-W. Choi, "Analysis on influences of intra-coupling in a MISO magnetic beamforming wireless power transfer system," Energies, vol. 14, no. 16, pp. 1-23, Aug. 2021.
- [14] S.-J. Jeon and D.-W. Seo, "Capacitance tuning method for maximum output power in multiple-transmitter wireless power transfer system," IEEE Access, vol. 8, pp. 181674-181682, 2020.

저자소개**김형철 (Kim, Hung-Chul)**

2022년 한국해양대학교 전파공학과 졸업
 2022년~현재 동 대학교 대학원 석사과정
 주 연구분야 : 무선전력전송

**서동욱 (Seo, Dong-Wook)**

2003년 경북대학교 전자전기공학부 졸업
 2011년 KAIST 대학원 졸업(공학박사)
 2017년~현재 한국해양대학교
 전자전기정보공학부 교수
 주 연구분야 : 무선전력전송



대한민국 에너지 전환의 필수 경로 : P2G 시스템 연계 검토 및 비용 분석

A Review on the P2G System Integration as an Essential Strategy of the Energy Transition toward Carbon-neutral Korea

정민성, 서상수, 조벽근, 김슬기 | 한국전기연구원

Jeong, Minseong, Seo, Sangsoo, Jo, Byuk-Keun, Kim, Seul-Ki | Korea Electrotechnology Research Institute



요 약

2050 탄소중립까지 27년, 2030 NDC 목표 달성까지는 이제 7년이 남았다. 대규모의 전력망 인프라 보강이 필요하지만, 막대한 재정 소요 부담과 사회적 수용성 악화로 이를 적기에 달성하기가 쉽지 않다. P2G 시스템을 통해 전력망을 유연하게 운영하는 한편, 전기에너지를 수소에너지로 변환하여 저장과 유통이 용이한 장점을 십분 살리는 것이 훌륭한 대안이 될 수 있다.

Abstract

We have 27 years left until 2050, the target year of carbon-neutral Korea, and only 7 years are left to achieve NDC(Nationally Determined Contribution, 40% of carbon emission reduction by 2030). National scale of power system infrastructure renovation is strongly required, but it is not easy to fulfill the requirement in time due to enormous financial costs and deteriorated social acceptance. In addition to producing green hydrogen that is much easier to store and distribute than electricity, the flexibility of P2G(Power-to-Gas) system can contribute to reliable system operation. Therefore, P2G system is an excellent alternative to complicated and costly grid expansion.

1. 서론

비단 2015년 파리협약 및 2018년 1.5도 특별보고서 채택을 기점으로 하는 기후 위기 대응뿐만 아니라, 최근 국제 정세에 비추어 볼 때 더 이상 화석연료에 의존한 경제 시스템은 지속 가능하지 않은 것으로 보인다. 러시아의 對 유럽 가스 공급 중단, 전 세계적 인플레이션에도 아랑곳하지 않고 원유 감산 정책을 펼치는 OPEC 등 화석연료와 이에 기반한 사회 경제 시스템은 매해 그 불안정성이 가중되고 있다.

그러나 ‘에너지 전환’을 실제로 이루어가려면, 단어를 좀 더 고

찰할 필요가 있다. 다행히 재생에너지를 보급하는 속도 자체는 2017년 발표된 에너지 전환 로드맵(재생에너지 3020) 이후로 지속적으로 증가하고 있으나, 실질 전환의 과정은 그리 녹록지 않다. 에너지를 대체해나갈 때 발생하는 문제점들을 보완할 시스템의 전환이 함께 이루어져야 하기 때문이다. 이때 P2G 시스템¹⁾을 기존의 전력 시스템에 연계할 경우, 다음과 같은 면에서 전환에 기여할 수 있다.

1. P2G(Power-to-Gas)란 잉여 전기 에너지를 가스 형태로 변환하는 기술을 의미한다. 재생에너지가 주로 ‘전력’의 형태로 생산되는 한계를 극복하고, 열, 가스 등 필요로 하는 다양한 형태의 에너지도 탈탄소 생산하는 유연한 부문 간 결합을(섹터커플링) 목표로 한다. 본래 다양한 가스로 변환하는 것을 통칭하나, 본 기고문에서의 P2G는 전기에너지를 수소로 변환하는 수전해 기술을 의미한다.

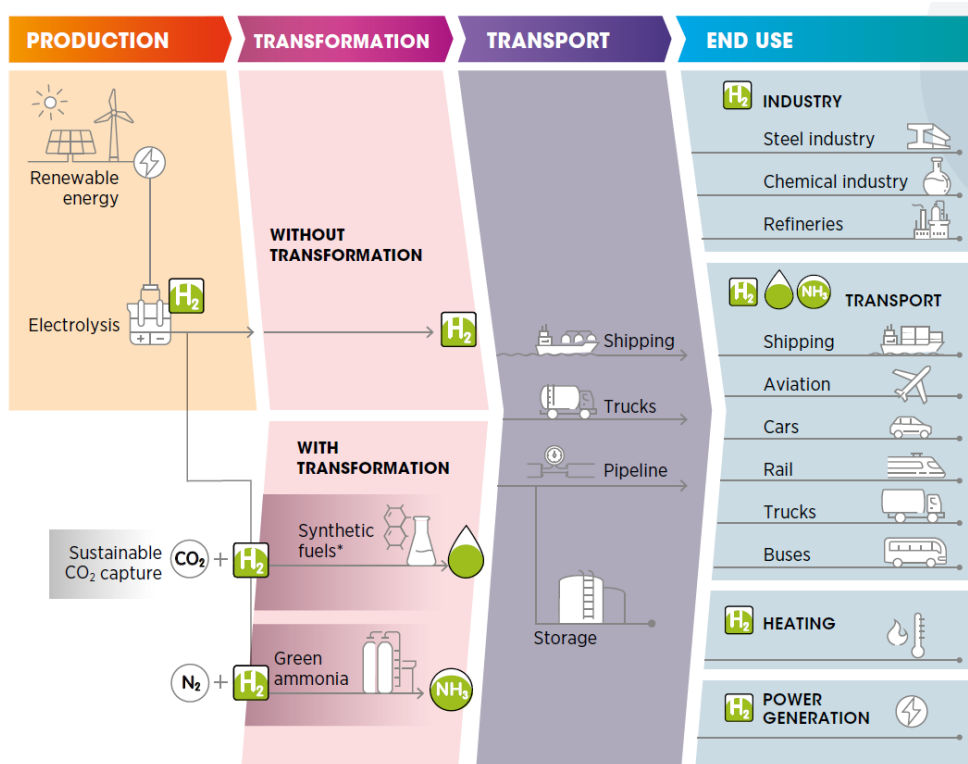


그림 1 에너지 시스템 내 그린 수소의 생산, 변환, 운송, 활용[1]

우선 재생에너지 활용도를 높이고, 전력망을 효율적으로 운영할 수 있다. 발전설비의 출력을 제한함으로써 버려지는 전기를 P2G를 통해 수소를 생산하는 데 사용할 수 있다. 또한 P2G라는 제어 가능한 부하가 생김으로써 유연성 자원으로 활용할 수 있으며, 수요지까지의 송배전망 건설 수요가 완화되고, 전력망의 이용률이 높아지면서 효율성이 증대된다.

둘째로, 수소 '연료'의 생산이다. P2G 시스템을 통해 생산된 그린 수소는 탄소를 배출하지 않으면서 연료로 사용할 수 있어 전력 부문뿐 아니라 난방, 운송, 산업 등 전방위적 활용이 가능하며, 타 부문의 과도한 전기화로 인한 위험도 회피할 수 있다. 수소는 단주기 및 장주기 저장에도 유용한데, 이는 에너지의 탈탄소화에 있어 수소의 핵심적인 쓰임이 될 수 있다. 재생에너지는 전기 형태로 에너지를 생산해 연료처럼 비축하기 어렵고, 자연 자원을 이용하므로 그 간헐성으로 인해 저장 가능한 에너지원으로서의 변환이 중요하기 때문이다.

기존 가스 인프라를 활용하는 면에서도 보다 신속한 전환에 기여할 수 있다. 탈탄소 정책에 따라 기존 천연가스 공급망은 좌

초 자산화될 우려가 있으나, 수소망으로 전환한다면 연착륙할 수 있다. 이미 2026년 수소-천연가스 혼입 실증이 계획되어 있다.[2] 기존 천연가스 유통을 위해 마련되어 있는 가스망 인프라를 보강할 경우 혼소 가스 및 수소 인프라로 활용이 가능하며, 이를 통해 수소를 운송, 보관, 저장, 유통하는 데 필요한 인프라 비용을 절감할 수 있다.

이에 더하여, 수소는 철강산업에 석탄 대신 환원제로 사용되는 등 비 에너지원으로서도 탄소 집약적 산업의 화석연료 대체에 기여할 수 있으며, 배출량 저감이 어려운 영역의 탈탄소화에 기여한다는 측면에서 의미가 크다.

2. P2G 시스템 관련 국내외 동향

2019년까지 유럽에서만 153개의 P2G 기술 관련 실증프로젝트가 진행되었다.[3] 대체로 1MW 미만의 중소규모 프로젝트이나 총 8개의 프로젝트에서 1MW급 이상이 다루어졌다. 대부분의 프로젝트가 그리드의 전기를 활용한 반면, RWE Ibbenbueren 프

로젝트(독일)의 경우 잉여 재생에너지 발전량만을 활용하여 수소로 전환하는 프로젝트(150kW)였다.[4] 그 외에도 수전해 설비와 연계하여 수소를 저장하거나, 혼합하여 운송, 수소를 혼합하여 가정에 공급하는 등 다양한 연구가 수행되어 왔다.[4,5]

독일 Hybridge 프로젝트²⁾는 북해의 풍력발전 설비를 연계한 100MW 규모의 현재 추진중인 P2G 프로젝트로, 기존 가스망과 전력망이 교차하는 지점에(Emsland, NRW) 수전해 설비를 건설하고 전력망을 연결하여 수소를 생산한다.[6]

전력 수요-공급이 균형을 이룰 경우 섹터커플링 없이 전력의 형태로 에너지를 공급하고, 송전망이 포화상태거나 전력수요가 공급량보다 적을 경우 수전해장치로 수소를 생산하는 데 전기를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 전체 프로젝트 예산은 약 1.5억 유로이다(한화 약 2천억 원).

이에 반해, 국내에서 수소 산업 육성에 기울여온 노력에 비해 P2G 관련 정책은 전체 수소 정책 중 일부에 지나지 않는다. 전력 수급기본계획 등에서도 P2G 시스템의 비중은 거의 없다. 2022년 7월 발표된 '새정부 에너지 정책 방향'에는 수전해 기술의 대용량화, 효율 향상, 원전 수소 생태계를 구축하는 내용 등이 포함되어 있으나,³⁾ P2G 시스템을 구축하는 내용이 직접적으로 담겨 있지는 않다.[7]

가스관 인프라의 수소관 전용 관련해서도 동향을 살펴본다면, 가스관이 운송하는 유체를 바꾸는 '용도 변경'은 오래전부터 이루어져 온 기술이다. 기존 천연가스에 수소를 15~20% 정도 혼합하는 것은 추가적인 가스망 보강이 필요하지 않으며,⁴⁾ 저압 배관은 약간의 수정을 통해 수소 운송에 활용 가능하다.[8] 반면, 고압 배관의 경우 취성 위험이 있어 이를 최소화하는 운영 및 유지보수, 코팅, 취성 억제제 투입, 콤프레서 및 압축시스템 디자인 개선, 내부 파이프 삽입 등의 보강이 필요하다.[9] 전용 시에는 특히

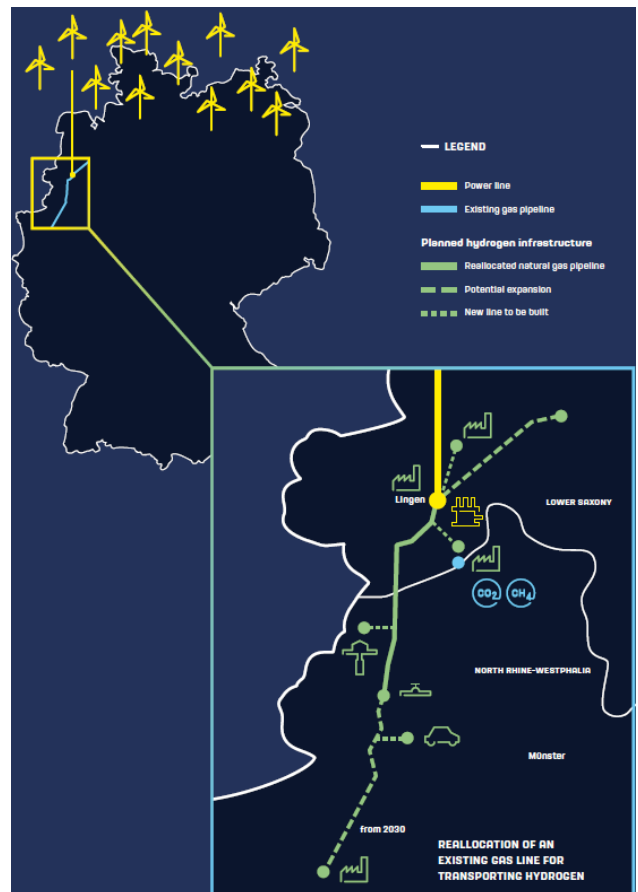


그림 2 독일 Hybridge 프로젝트

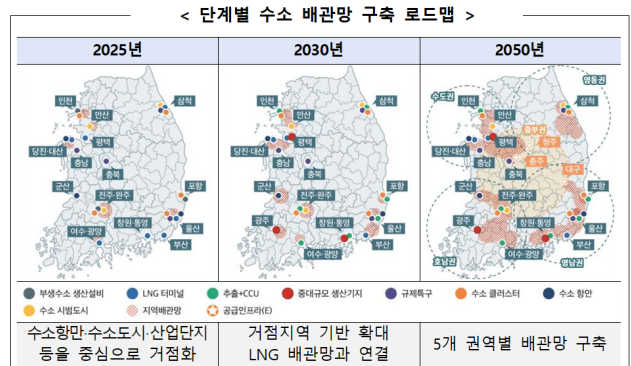


그림 3 단계별 수소 배관망 구축 로드맵

2. 독일은 2030년까지 전체 에너지 수요의 65%를 재생에너지원으로 조달하는 목표를 가지고 있으며, 주요 재생에너지원으로 북쪽의 풍력발전과 남쪽의 태양광발전이 있다. 이미 2018년 기준 50GW 이상의 재생에너지 발전설비가 송전망에 연결되었고, 이로 인해 발전지역-소비지역 간 평균 거리는 전통적인 전력시스템의 4배 수준인 약 240km로 증가했다. 이에 전력망 개발계획과 더불어 섹터커플링을 병행하여 남북단에 편중된 전력공급원을 효율적으로 활용하는 것을 사업의 목표로 한다.

3. 원전수소 또한 원자력발전으로 생산된 전기를 수소가스로 변환, 생산하므로 P2G 기술을 활용한 것에 해당한다. 다만 재생에너지를 기반으로 생산되지 않기 때문에 그린수소로 분류되지 않으며, 재생에너지의 위상을 갖지도 않는다.

4. 반면 수소를 20% 혼합하더라도 실제 탄소배출량 감축 수준은 7% 정도에 지나지 않아 비효율적이라는 분석 또한 존재한다.[1]

배관의 설계, 이전까지의 운영 및 현재 상태, 위험 지표 등을 주요하게 고려하여야 한다.[10]

독일 Gasunie 가스망사업자의 경우 소유하고 있는 가스 배관의 90% 이상을 수소망에 활용할 계획이다.[11] 네덜란드는 탈탄소화 및 전기화에 따라 가스 수요가 줄어드는 현실을 고려, 수소

망으로 가용한 가스망을 우선적으로 전환하는 계획을 가지고 있다.[12]

국내에서는 2021년 11월에 발표된 제1차 수소경제 이행 기본 계획에 2030년까지 LNG 배관망과 수소 배관망을 연결하는 단계별 수소 배관망 구축 로드맵이 포함되어 있다.[12] 기존 가스망 사용과 관련하여, 산업부는 2022년 2월 '도시가스 수소혼입 실증 계획'을 발표, '26년까지 도시가스에 수소 20Vol% 혼입을 목표로 '22년부터 실증을 추진한다고 밝혔다.[2] 한국가스공사 또한 수소 생산과 운송을 망라하는 수소 산업 계획, 수입 수소를 생산기지 에서 배관 혼입하는 계획을 수립했다.⁵⁾ 제주도 가스망에는 예외적으로 수소 전용관으로 전용이 가능한 PE관이 깔려있어, 이에 한하여 그린아일랜드사업을 통해 P2G 실증이 이루어질 예정이다.[13] 이 밖에도 2030년까지 17GW급의 재생에너지 설비를 구축하고 그린수소를 생산할 계획이 있으나, 2040년까지 해외 생산 그린수소 121만 톤 수입 계획 등 전반적으로 직접 생산보다는 해외 수소 수입 및 국내 유통에 방점을 두고 있다.

3. P2G 시스템 구축 규모 검토

국내외의 P2G 시스템 활용에 대한 온도 차가 있기는 하지만, 에너지 전환의 이행과정에 있어 P2G 시스템을 갖춰나가는 것은 필수적인 것으로 보인다. 따라서 2050년 탄소중립 실현의 첫걸음 중 하나로, 가까운 미래에(향후 4~5년 안에) 갖춰야 할 P2G 시스템의 수준과 규모를 파악해 볼 필요가 있다. 이미 계획되어 있는 수소 수요를 충당하는 관점, 변동성 전원 증가에 따른 유연성 자원 확보의 관점, 전력망 보강(송배전망 증설)이 어려운 경우 계통 접속 대체안의 관점에서 P2G 필요량을 전망해볼 수 있다.

우선 그린수소 공급 관련해서는 이미 계획된 생산목표가 있다. 제1차 수소경제이행기본계획에 따르면, 2030년까지 연간 25만 톤급의 대규모 그린수소 생산 기반 구축을 목표로 하고 있다.[12] 이를 달성하기 위해서는 최소 1.6GW(설비 이용률 90%, 65% 효율 적용) 이상의 수전해 설비가 필요한 것으로 보인다.

P2G의 잉여전력을 활용하고자 하는 목적을 주지할 경우, 수전해 설비 활용이 주로 잉여전력 발생 시간으로 제한되므로 목표 생산량 달성을 위해서는 1.6GW보다 많은 양의 수전해 설비 설비가 필요하다.

표 1 혼입 실증 계획의 수소수요 충당을 위한 수전해 설비 용량 산출

2026년 전국 가스 생산기지 전체 검토	
① 시간당 최대 천연가스 송출 용량 (ton/h)	19,920
② 송출 용량 부피 환산(1bar기준, Nm ³ /h)	25,509,028
③ 수소 Vol20% (②의 1/5, Nm ³ /h)	5,101,806
④ 시간당 최대 수소 송출 용량, kg/h	454,061
⑤ ④의 수소 생산을 위한 수전해 설비용량(kW)	25,831,009

*인수기지별 송출 용량을 파악하여, 최대 송출용량의 20vol%에 해당하는 양을 생산할 수 있는 수전해 설비 용량을 산출하였다.[14]

더 나아가, 산업부가 발표한 혼입 실증 계획에서 필요로 하는 수소 수요를 국내에서 생산하는 그린수소로 충당하고자 한다면 2026년까지 25.8GW 수준의 수전해 설비가 필요하다. 수소차 충전소, 연료전지 발전, 가스터빈 혼소 및 전소 발전 등의 계획된 수요를 국내 생산 그린수소로 충당하고자 한다면 이보다 더욱 많은 수전해 설비가 추가로 필요하다. 빠른 시일 내에 P2G 시스템을 구축해나가지 않으면 대부분의 수소 수요를 수입하여 충당하거나, 수입 천연가스를 개질하여 사용하게 되거나, 혹은 계획을 지키지 못하게 될 것이다. 중장기적으로 반드시 필요한 인프라 구축을 미루고, 대부분을 수입에 의존하게 된다는 면에서 국부 유출은 물론 에너지 안보까지 위협받을 수 있다.

유연성 자원에 대한 수요 또한 P2G 시스템의 선제적인 보급으로 충족할 수 있다. 제10차 전력수급 기본계획에 따르면, 2026년의 변동성 재생에너지 설비는(태양광발전, 풍력발전) 약 38.7GW에 이를 것으로 전망되며 이는 2022년(23.9GW) 대비 14.8GW가 추가 보급되는 것을 의미한다.[15] IEA에서 발표한 '변동성 재생에너지 활용' 보고서에 따르면, 변동성 자원의 보완을 위하여 급전가능발전기(Dispatchable plants), 에너지 저장장치, 수요 반응 등의 유연성 자원을 확보하는 것이 필수적임을 명시하고 있다.[16]

이미 국내 육지에서 2021년부터 출력제한 조치가 이루어진 점

5. 안정성의 문제로 정압기지 등에서는 직접 혼입 불가하며, 생산기지에서의 혼입만 고려되었다.

표 2 국가별 변동성 자원 대비 필요 유연성 역량

VRE portfolio flexibility requirement (%installed variable capacity)	15min	1hr	6hrs	36hrs
영국	3.2	10.0	46.0	85.0
스페인 & 포르투갈	3.5	13.0	51.0	70.0
멕시코	3.4	11.0	49.0	85.0
발트3국	3.4	11.0	49.0	85.0
덴마크	6.5	23.0	75.0	90.0
일본	2.8	8.9	40.0	85.0
미국 서부	2.6	9.4	38.0	80.0
캐나다 NBSO지역 (New Brunswick System Operator)	3.3	11.0	48.0	90.0
평균	3.6	12.2	49.5	83.8
14.8GW 보급 시 필요 유연성 자원 (GW)	0.5	1.8	7.3	12.4

을 미루어볼 때(제주도 제외, 제주도는 2015년부터 시행), 적어도 2022년 대비 2026년까지 추가 보급되는 변동성 자원 14.8GW에 대해서는 유연성 자원 역량 확보가 절실하다. 15분, 1시간, 6시간, 36시간 등 시간 기준에 따라 필요로 하는 유연성 자원 역량이 다른데, 6시간 이상에서는 대부분의 가스화력발전소가 유연성 자원으로서 역할을 수행할 수 있으므로, 15분 및 1시간 이내 유연성 자원 확보가 중요하다.⁶⁾ [16] 1시간 이내에 약 1.8GW의 유연성 자원을 갖춰야 하는데, 이에 대응하여 10차 전력수급 기본계획에서 약 1GW의 대규모 공공 ESS를 구축할 계획을 밝힌 바 있으나 여전히 0.8GW 정도의 유연성 자원이 부족하다. 가스화력발전은 유용한 유연성 자원이기는 하나 화석연료를 기반으로 하므로 탄소중립 실현에 기여하는 데 한계가 있다. 탄소가 배출되지 않으면서 유연성을 공급할 수 있는 P2G가 부족분을 충당할 경우, 그린 수소 확보와 유연성 자원 확보라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있을 것으로 보인다.

한편, 유연성 자원의 용량만 충분히 확보한다고 변동성 자원의 단점을 전부 보완할 수는 없다. 해당 관점은 계통 혼잡을 고려하지 않았기 때문이다. 유연성 자원들이 어디에 위치해 있는 제대로 기능하려면 이를 연계할 수 있는 계통이 확보되어야 하나, 당장 신안 해상풍력발전단지⁷⁾ 1단계 사업(4.1GW 규모)만 검토해도

⁸⁾ 혼잡이 발생한다. 신규 유입으로 신안 인근의 전력수요 대비 발전량이 과다해져, 전력을 필요로 하는 수요처까지 전력을 운송하려면 기존 송전 설비의 보강이 필요하다. 보강 없이 소화될 수 없는 발전량은 판매되지 못하고 버려지게 되며, 반대로 송전망을 풍력단지 전체 용량을 수용할 만큼 확충할 경우 송전망의 이용률이 낮아 해상풍력 이용률 수준에 그쳐 경제성이 부족하다. 송배전설비 보강에 따르는 사회적 비용도 무시할 수 없다.

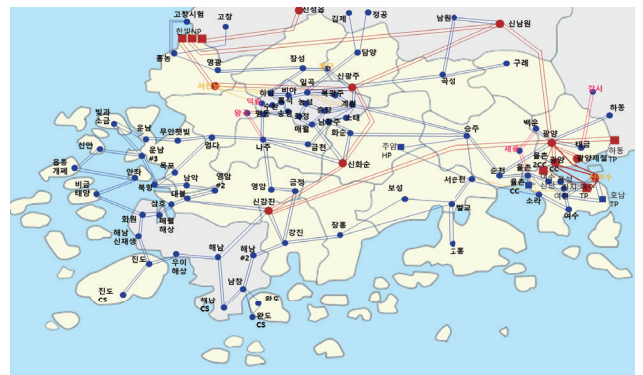


그림 4 2026년도 광주전남지역 계통도

이 때에도 P2G가 대안이 될 수 있다. 전력망에 접속하는 대신 P2G를 활용하여 전기에너지를 수소로 변환하여 저장하면, 신안이 갖춘 풍부한 자연 자원을 고스란히 에너지원으로 변환할 수 있다.

신안 해상 풍력단지 연계로만 한정한다면, 2026년 기준으로 접속이 가능한 1GW를 계통에 연계하고, 잔여 3.1GW는 P2G를 통하여 연계할 수 있다. 경제성을 고려한다면 굳이 전체 잔여량에 상응하는 수준까지 수전해 시스템을 갖추지 않고 최적 용량(수소 가격 6천 원 적용 시 2.8GW를 설치하는 것이 가장 경제성이 높다.⁹⁾)을 설치하게 되겠지만, 탄소중립 달성을 위하여 재생 전원 단

8. 제9차 전력수급기본계획 2026년 데이터 기준(제10차 전력수급기본계획은 계통 데이터 미확정), 전력계통 데이터 활용 조류 해석 기반 접속 가능 용량을 검토한 결과(한국전기연구원 자체 분석 수행), 선로 혼잡이 발생한다.(아래 표 참고)

접속용량 [MW]	저전압 (1)	고장선로	과부하(6)	비 수렴
4100	(7200, 신장수) -0.0031pu	광양3S-신남원3 1회선	광양3-신남원3	0
		신강진3-신화순3 2회선	광양3-신남원3, 광양3S-신남원3	
		한빛NP#3- 신정읍3 2회선	담양-정공, 담양-정읍	
		광양1-하동 2회선	태금-금남	

9. 해상풍력단지 접속 불가 시 전기 판매가 불가하므로, P2G 연계시스템 경제성 분석 시 전 기요금을 '0'으로 하면 양의 순현재가치를 얻을 것으로 기대되나, 경제성 분석에 전기요금 혹은 발전단지 건설비용을 포함할 경우 순현재가치는 음수로 떨어진다.

6. 다만 2030 NDC, 2050 탄소중립 실현의 목표를 고려하면, 탄소를 배출하는 석탄 화력, 가스화력발전소들은 점진적으로 폐쇄되며, 이를 대체할 수 있는 유연성 자원이 시기에 맞게 보급되어야 한다.

7. 신안 해상풍력단지는 2026년까지 1단계로 4.1GW의 풍력단지를 건설하고, 2030년까지 총 8.2GW를 건설하는 세계 최대 규모의 해상풍력 프로젝트이다.

지의 지속적인 추가 연계가 예상되는 점을 감안할 경우, 3.1GW 전량에 상응하는 P2G 설비를 갖추는 것이 적절하다.

4. P2G 시스템 구축 비용 분석

지금까지 P2G 시스템의 중요성과 필요한 규모를 파악하였다면, 이번에는 이를 구축할 때 소요되는 비용을 3가지 항목으로 구분하여 분석한다. (발전설비 건설비용은 제외) 유통 거리 등의 기준이 필요한 경우, 신안 해상풍력단지를 참고한다.

표 4 P2G 시스템 구축 비용

수전해 설비[17]	알칼라인	PEM	SOEC	단위
	7,500	12,500	25,000	억원/GW
수소기지*	5,900			억원/GWh
수소전용관**[18]	기존 관 보강***	신규 구축****		억원/GW
	575	599		
P2G 시스템 구축비용	14,000 ~ 19,000			억원/GW

*75,000Nm³급 저장 설비(2천억원), 연간 5만 톤 생산 감당, 수전해 설비 효율 65% 적용(51kWh/kgH₂), 압축시스템 비용 포함

**전용관 길이 150km 적용 (신안 해상풍력단지-주요 수요처 기준)

***36inch, 7GW급 P2G 시스템 연계용, 총 비용 4,000억원

****48inch, 13GW급 P2G 시스템 연계용, 총 비용 7,800억원

P2G 시스템 구축 중 가장 큰 비용을 차지하는 부분은 수전해 설비이다. SOEC는 전기뿐만 아니라 열원이 함께 필요한 방식이므로 제외하고, 전기만으로 그린수소를 생산하는 방식으로 알칼라인과 PEM이 있다. PEM이 알칼라인 대비 변동성 대응 능력이 높으나 가격이 높고 유지비가 많이 발생한다. P2G 시스템은 변동성 대응이 핵심 역량 중 하나이므로, 본 기고문에서는 PEM 기술을 활용하는 수전해 설비 구축 비용을 전제, GW당 1.25조 원이 소요되는 것으로 적용한다.

저장설비 및 압축기를 포함한 수소 기지 설치비용은 GW당 5,900억 원이다. 이때 저장 용량은 약 20ton으로, 수전해 설비 용량과 같은 수준, 즉 1GWh의 발전량으로 1시간 동안 생산한 수소를 보관할 수 있다.

P2G 시스템의 특성상 전기가 아닌 수소의 형태로 에너지가 변환되므로, 수소 유통망이 확보되어야 에너지의 활용이 가능하다. 튜브 트레일러, 수소충전소 구축 등 수소 유통에도 다양한 방안

이 있으나, 점진적으로 대규모 수소 활용이 가능한 유통망을 구축해야 하는 점을 고려하여 수소 전용관을 구축하는 비용을 적용하였다. 또한, 신안 해상풍력단지에서 호남권 내 대형 수용처까지의 거리를 기준으로 활용하였다. 군산, 순천 등의 수소 발전 수요지까지 약 150km에 이르는 수소 전용관을 전량 신규 구축할 수도 있고, 기존의 가스망을 보강하여 활용할 수도 있다. 유수의 유럽 가스망 운영기업들이 계획하고 있는 European Hydrogen Backbone에 따르면, 기존 가스관의 75% 정도를 보강하여 사용할 수 있다고 전망하며, 이를 차용할 경우 GW당 575억 원 규모의 유통망 구축 비용이 발생한다.[18] 신규 구축 시 더 넓은 직경의 배관을 설치할 경우(48inch, 기존 주배관 평균 직경은 30inch 정도이다.) 초기 투자비용이 2배 정도 차이 나기는 하지만, 단위 용량의 수소를 운반하는 데 드는 비용은 GW당 약 599억 원으로 기존망 보강과 신규 구축 간 거의 차이가 없다.

한편, P2G 시스템 구축 시 전력망 접속을 하지 않고 P2G에만 설비를 연계할 경우, 그만큼의 접속 비용이 절감된다. 신안 해상풍력단지 기준으로 GW당 100억 원 정도이다.

종합해보면, 재생에너지 발전단지에 P2G 시스템을 연계 구축하는데 소요되는 비용은 GW당 약 1.9조 원 수준이다.

5. 전력망 운영 관점 대안 비교

5.1 계통 보강

호남권에 신안 해상풍력단지 1단계 4.1GW 수준의 계통 접속이 가능하도록 송전망을 보강할 경우, 약 0.5조 원을 투입하여, 우

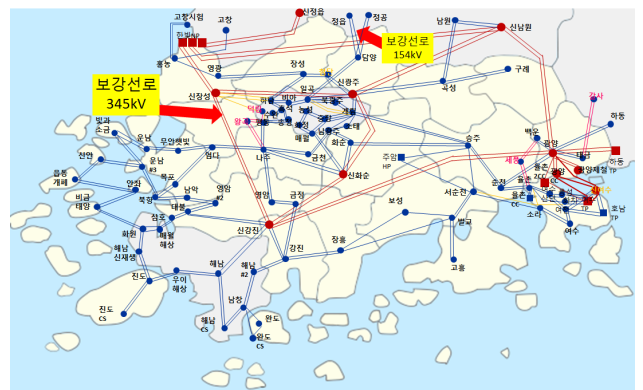


그림 5 신안 1단계로 인한 계통 과부하 해소방안

려되는 병목 현상을 해소할 수 있다. 접속 제한 문제가 큰 비용 부담 없이 해소되었다고 여겨질 수 있으나, 전술한 대로 사회적 수용성을 고려하지 않은 점, 전남지역의 여타 재생에너지 확대를 고려하지 않고 신안 1단계만을 고려한 점, 무엇보다 신안 해상풍력 발전단지가 1단계에 그치지 않고 2, 3단계(총 8.2GW)가 연달아 계획되어 있다는 점을 고려할 때, 신규 풍력단지의 모든 용량을 연계하는데 송전망 보강으로만 감당하는 데는 어려움이 따를 것으로 예상된다.

5.2 기타 유연성 자원 확보

2022년 2월 예비타당성조사를 통과한 영동, 홍천, 포천에 설립 예정인 양수발전의 (각각 500, 600, 700MW, 총 1.8GW) 총공사비는 약 4조 원으로, GW당 약 2.2조 원이 소요된다.[19] P2G 시스템 구축 비용과 비교했을 때, 유연성을 확보하는데 더 많은 비용이 들을 수 있다. 양수발전은 설비 특성상 건설할 수 있는 공간적 제약 또한 상당하여, 신규 재생에너지 발전설비 접속으로 인한 계통 혼잡 해소 측면에서는 P2G 시스템과 같은 기여를 기대할 수 없다. 다만 양수 발전설비의 저장 용량은(저수지 규모) 평균적으로 약 3시간 발전량 수준으로, 본 기고문에서 전제된 P2G 시스템(약 1시간 발전량 저장 가능)보다 더 긴 시간 유연성 자원을 제공할 수 있다.

양수 발전설비보다 장소의 제약이 없으면서 가장 대표적인 탈탄소 유연성 자원으로 ESS도 있다. 한국전력은 연내에 전북 신남원, 충남 예산, 경남 부북과 함양, 경북 영천과 영주 등 전국 6개 345kV 변전소에 PCS 970MW, 배터리 880MWh 규모의 계통 안정화용 ESS를 설치할 계획이다.[20] 소요 비용은 예비타당성 평가 결과 7천억 원 ~ 8천억 원 수준이므로, GW당 단위 비용으로 환산하면 약 0.8조 원이 든다. 계획된 ESS는 원자력발전과 석탄화력발전으로 생산한 전력을 수도권으로 보낼 송전선로 부족을 해소하기 위함이며, 호남권의 신규 재생에너지 발전설비로 인한 변동성 대응을 위해서는 ESS의 추가 설치가 필요하다. ESS는 P2G 시스템과 마찬가지로 양수 발전설비에 비해 장소 선택이 자유로우나, 계절 간 변동 등에 따른 장기 저장설비로는 부적합하며(장기 저장 시 안정성 저하 및 손실 증가). 대용량 설치 시 송전망 혼

잡을 회피하는 데에는 도움이 되지 않고, 그린수소 생산 및 그린수소가 갖는 편익과도 연계되지 않는다.

표 5 유연성과 저장 역량 제공이 가능한 자원 간 비용 비교

단위: 조 원	1GW 발전용량 및 1GWh 저장용량 규모 구축 비용
양수발전	2.2
P2G 시스템	1.9
ESS	0.8

결국 1시간 내 변동성 대응을 위한 유연성 역량을 갖춘 P2G 시스템, 양수 발전설비, ESS 간의 비용을 비교해보면, P2G 시스템 구축 비용이 양수 발전설비보다 저렴하지만, ESS보다는 고비용이 소요됨을 알 수 있다. 제10차 전력수급 계획에서 유연성 역량 확보를 위하여 ESS를 고려한 데서 더 나아가, P2G 시스템을 추가적인 유연성 자원으로 고려할 유인이 충분하다.

6. 결론 및 제언

비록 해상풍력발전단지 연계 P2G 시스템은 전력망 운영의 측면에서는 아직 절대적 비용 우위를 확보하고 있지 않으나, 그린수소 생산과 전력망의 효율적 운영을 가능하게 하는, 탄소중립 실현에 필수적인 역량을 갖춘 기술이다. 이미 국내외에서 P2G 시스템은 에너지 전환의 필수경로로서, 기존의 에너지 시스템과 다양한 연계를 도모하고 있다. P2G 시스템에 대한 수요는 충분한 수준 이상이며, 비용도 기존 양수 발전설비 대비 감당할만하다. 따라서 당장의 설비 경제성이 확보되지 않았다 하더라도, 유연성 역량 0.8GW부터 재생에너지 보급 속도에 맞추어 P2G 시스템을 구축해야 한다. 이는 신안 해상풍력단지 등 대규모 재생에너지 단지의 계통접속 대안으로 고려할만하며, 이후 수요자와 함께 수소가 가격 문제를 풀어가면서 그린수소 시장을 형성함과 동시에 대용량 설비를 구축, 확보해 나갈 때 계통 보강의 대안으로서 P2G 시스템이 역할을 다할 수 있다. 해당 기술이 제대로 활용되기 위해서는 아래와 같은 정책들이 필요하다.

우선 법적, 제도적 정비를 통해 P2G가 갖는 편익들이 경제적 가치로 환산될 수 있어야 한다. 현재 전기사업법 상 발전사업자는 겸업이 금지되어 있어, P2G 사업 병행을 위해서는 법령 제/개정이 필요한 상황이다.[21] 유연성 자원 확보가 효율적인 전력망 사용

에 필수적인 만큼, 유연성 자원 제공에 대한 가치를 보상하고, 시스템 구축을 지원하는 제도 또한 마련되어야 한다.¹⁰⁾

P2G 시스템의 가치는 유연성 자원 제공에 그치지 않는다. 탄소중립 실현과 에너지 안보의 확보가 동시에 요구되는 상황에서, 그린수소의 장주기 저장능력은 본 기고문에서 비용 비교 대상으로 삼은 양수발전이나 ESS가 갖추기 어려운 독보적 역량이다. NDC 목표를 달성하고자 한다면 지금부터라도 그린수소 장주기 저장능력의 탄소중립 및 에너지 안보에 대한 기여를 고려하여 사회적, 경제적 편익을 면밀히 평가하고, 이에 대한 보상 및 비축 계획을 마련할 필요가 있다.

무엇보다 P2G 연계를 현실화하기 위한 지속적인 연구와 지원이 절실하다. 규모의 경제에 따라 전 세계적으로 재생에너지 발전단지는 대형화되는 추세다. 국내에서도 마찬가지로, 자연 자원이 풍부한 곳에 편중되는 대규모 발전단지를 전력망에서 안정적으로 소화하려면 적절한 송배전망 확충계획과 함께 P2G를 포함한 섹터커플링이 병행되어야 한다. 이를 실현하기 위하여 시스템의 효율 향상, 규모의 대형화, 경제성과 안전성 확보 등 연구가 필요한 부분은 무궁무진하며, 시범적인 프로젝트들이 함께 수행될 때 에너지 전환의 첨병으로서 P2G가 제 역할을 다할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] IRENA (2021) Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs, International Renewable Energy Agency
- [2] 산업통상자원부 (2022) “도시가스 수소혼입 실증 본격 추진”, 산업통상자원부 보도자료(2월 9일자)
- [3] Thema, M., Bauer, F., Sterner, M. (2019) Power-to-Gas: Electrolysis and methanation status review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 112, Pages 775-787
- [4] Ozturk, M., Dincer, I. (2021) A comprehensive review on power-to-gas with hydrogen options for cleaner applications, International Journal of Hydrogen Energy, 46[62], Pages 31511-31522
- [5] Wulf, C., Linssen, J., Zapp, P. (2018) Review of Power-to-Gas Projects in Europe, Energy Procedia, 155, Pages 367-378
- [6] Amprion and Open Grid Europe (2019) Sector Coupling-The Path to A Successful Energy Transition, Amprion GmbH
- [7] 대한민국 정부 관계부처 합동 (2022) “새정부 에너지정책 방향”
- [8] Quarten, C. J. and Samsatli, S. (2018) Power-to-gas for injection into the gas grid: What can we learn from real-life projects, economic assessments and systems modelling?, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 98, Pages 302-316
- [9] Cerniauskas, S., Chavez Junco, A. J., Grube, T., Robinus, M., Stolten, D. (2020) Options of natural gas pipeline reassignment for hydrogen: Cost assessment for a Germany case study, International Journal of Hydrogen Energy, 45(21), Pages 12095-12107
- [10] Bannister, A., Chaplin, Z., Gant, S., Spriggs C., Thomson, N. (2021) Approaches and Methods to Demonstrate Repurposing of The UK's Local Transmission System (LTS) Pipelines For Transportation Of Hydrogen, International Conference on Hydrogen Safety
- [11] Grunwald, M. (2020) Germany's Future Hydrogen Grid, Deutsches Russisches Rohstoff-Forum, Gasunie Deutschland
- [12] 산업통상자원부 (2021) “제1차 수소경제이행 기본계획”
- [13] 한국가스공사 (2021) “수소사업 추진 전략”, KOGAS 2021: A New Era - 비전 2030 선포식
- [14] 산업통상자원부 (2021) “제14차 장기 천연가스 공급계획(2021~2034)”
- [15] 산업통상자원부 (2023) “제10차 전력수급기본계획(2022~2036)”
- [16] IEA (2011) Harnessing Variable Resources, International Energy Agency
- [17] IRENA (2020) Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal, International Renewable Energy Agency
- [18] Wang, A., Leun, K.V. der, Peters, D., Buseman, M. and Gas For

10. 이전 정권에서 발표했던 에너지 탄소중립 혁신전략은 탄소중립위원회 제언으로 P2G 핵심기술 실증 및 시범사업 추진을 담고 있으며, 섹터커플링에 대한 가치보상(전력망 건설 비용 절감, 재생에너지 출력제어 완화, 계통안정성 기여 등) 체계 마련 및 에너지원간 유기적 결합을 촉진할 수 있는 비즈니스 모델(발전사업자에게 전력의 열, 가스 판매 허용 등) 중장기 도입을 검토하는 내용 또한 포함하고 있다.[22]

Climate (2020) European Hydrogen Backbone How A Dedicated Hydrogen Infrastructure Can Be Created, Guidehouse

- [19] 한국수력원자력 (2022) "신규양수 3개소 건설, 공공기관 예비타당성조사 '동시 통과'", 한국수력원자력 보도자료(2월 22일자)

- [20] 이상복 (2022) "아이오닉 1만1400대분 ESS 전력망에 신규 투입", 이투뉴스, 2022.09.26

- [21] 전기사업법 제7조 3항

- [22] 대한민국 정부 관계부처 합동 (2021) "에너지 탄소중립 혁신전략"

저자소개

정민성(Jeong, Minseong)

2012년 서울대학교 산업공학과 졸업
2018년 독일 베를린대학교 통합자연자원관리 대학원 졸업 (석사)
2011년~2019년 두산중공업
2019년~2020년 국제재생에너지기구
2020년~현재 한국전기연구원
주 연구분야: 에너지 전환 정책, 기후 위기 대응, 수요 기반 기후 에너지 대응 전략 등



조벽근(Jo, Byuk-Keun)

2010년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업 (공학사)
2020년 동 대학교 대학원 졸업(공학)
2014년~2022년 한국에너지공단
2015년 11월~2016년 11월 에너지신산업 추진 지원단
2022년~현재 한국전기연구원
주 연구분야: 전력계통, 전력시장, 에너지신산업 등



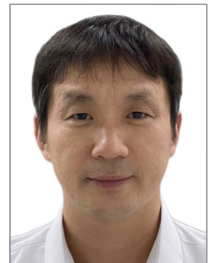
서상수(Seo, Sangsoo)

2010년 고려대학교 대학원 졸업(공학박사)
2010년~현재 한국전기연구원
주 연구분야: 전력계통 운영, 제어 및 계획, 모델링 및 안정도 해석, 신 전력기기 계통 적용 및 해석, 에너지 부문 간 연계를 포함한 에너지 신산업 등



김슬기(Kim, Seul-Ki)

1998년 고려대학교 전기공학과 졸업
2010년 동 대학교 대학원 졸업(공학박사)
2010년~2011년 국제에너지기구
스마트그리드 Consultant
2000년~현재 한국전기연구원
스마트그리드연구본부장
주 연구분야: 마이크로그리드, 재생에너지 전력계통연계 등



학회 소식

☰ 2023년도 제1차 평의회

일 시 2023년 2월 10일(금) 18:00~19:00

장 소 한국과학기술회관 1관 12층 “아나이스홀”

참석자 이건영 회장 외 101명

주요 회의 내용

1. 성원보고 (이방욱 총무이사)
 - 재적 평의원 : 294명 · 출석 평의원 : 102명 (참석 67명, 위임 35명)
2. 개회 및 학회장 인사 (이건영 회장)
3. 의결사항
 - (1) 제1호 의안 : 2022년 사업실적
이방욱 총무이사의 제안 설명을 듣고 원안대로 승인 함.
 - (2) 제2호 의안 : 2022년 수지결산
김규호 재무이사의 제안 설명을 듣고 원안대로 승인 함.
4. 기타사항
 - (1) 2023년 본부 상벌심의위원회 위원 2명 추천
이방욱 총무이사의 제안 설명을 듣고 김규호(한경대 교수), 지평식(한국교통대 교수) 평의원을 추천 함.
 - (2) 산업체 차기회장 추대 위원회 위원 추천
이방욱 총무이사의 제안 설명을 듣고 손진근(가천대 교수), 문경섭(전력거래소 전문연구원) 평의원을 추천 함.
5. 폐 회



☰ 2023년도 제2차 이사회

일 시 2023년 2월 10일(금) 16:30~17:50

장 소 한국과학기술회관 1관 12층 “아나이스홀”

참석자 이건영, 이병준, 노대석, 장용무, 박종배, 이우철, 이정환, 최상열, 손진근, 신윤용, 안승원, 오호진, 이천구, 최종수, 이방욱, 김규호, 송화창, 정호성, 장길수, 정상용, 우정욱, 윤성욱, 주성관, 이병국, 배성우, 조현중, 지평식, 김석주, 배재윤, 손성용, 차한주, 최승연, 김경호, 기유경, 김종남, 남익석, 박훈양, 유홍국, 윤순일, 이기환, 임철교, 최옥만, 강승택, 허 건, 차준민, 문종필, 신성수 (Observer : 손영욱, 이정호)

(이상 49명)

주요 회의 내용

1. 신입회원 승인 : 원안대로 승인 함
 - 총 46명 [정회원 23명, 준회원(석사) 1명, 준회원(학부) 3명, 다수년 19명]
 - 이방욱 총무이사의 제안 설명을 듣고 원안대로 승인 함.
 2. 2022년 사업실적 및 수지결산 승인
 - 이방욱 총무이사과 김규호 재무이사의 제안 설명을 듣고 원안대로 승인 함.
 3. A부문회 산하 정책자문위원회와 신진연구자위원회 설립 승인
 - 박종배 A부문회장으로부터 제안 설명을 듣고 원안대로 설립 승인함.
 4. 윤리위원회 위원 인준
 - 이방욱 총무이사로부터 제안 설명을 듣고 원안대로 인준함.
 5. KYACC 추진위원회 위원 인준
 - 차한주 KYACC 추진위원장으로부터 제안 설명을 듣고 원안대로 인준함.
 6. ICEE 한국위원회 대표단 구성 및 예비 지급 관련 규정 개정(안)
 - 강승택 국제위원장으로부터 제안 설명을 듣고 원안대로 개정 승인함.
- [개정 내용] 제7조(ICEE 대표단) ICEE 대표단 구성은 회장, ICEE 한국위원장, Keynoet speaker, 부문회 회장 등 총 5인으로 함.
- * ICEE의 경우대표단 중 회장을 제외한 4명의 대표단은 ICEE 기금에서 지급하는 것으로 함.



대차대조표

2022년 대차대조표

2022년 12월 31일 기준 (단위: 원)

자 산		자 본 및 부 채	
과목	금액(원)	과목	금액(원)
I. 유동자산	5,837,146,992	I. 유동부채	1,100,258,760
1. 현금	2,063,530	1. 예수금	1,100,258,760
2. 보통예금	1,250,274,468		
3. 정기예금	4,584,808,994	II. 고정부채	14,398,099
가. 기금, 적립금	4,279,808,994	1. 퇴직연금 적립금	14,398,099
① 종신회비기금	423,019,576	III. 기금, 적립금	4,507,455,757
② 출판사업적립금	23,454,726	1. 종신회비 적립금	423,019,576
③ 학술상운영기금	73,659,060	2. 출판사업 적립금	23,454,726
④ 공로상 기금	49,920,409	3. 학술상운영 기금	73,659,060
⑤ 특별상 기금	869,344,425	4. 공로상 기금	49,920,409
⑥ 회관건립 기금	2,469,741,075	5. 특별상 기금	869,344,425
⑦ 젊은연구자학술대상 기금	55,654,301	6. 회관건립 기금	2,469,741,075
⑧ 사무국자녀학비보조 기금	65,963,652	7. 젊은연구자학술대상 기금	55,654,301
⑨ 퇴직연금 적립금	14,398,099	8. 사무국자녀학비보조 기금	65,963,652
⑩ ICEE 기금	186,606,851	9. ICEE 기금	186,606,851
⑪ 비정기국제학술 기금	48,009,496	10. 비정기국제학술기금	48,009,496
⑫ 한국전기안전공사 장학 기금	1,301	11. 한국전기안전공사 장학 기금	1,301
⑬ 미래이앤시 장학 기금	18,742	12. 미래이앤시 장학 기금	18,742
⑭ 우진기전 장학 기금	7,733	13. 우진기전 장학 기금	7,733
⑮ 나라기술단 장학 기금	1,876	14. 나라기술단 장학 기금	1,876
⑯ 신원기술단 장학 기금	3,151	15. 신원기술단 장학 기금	3,151
⑰ 제이에스엔지니어링 장학 기금	2,919	16. 제이에스엔지니어링 장학 기금	2,919
⑱ 지화기술단 장학 기금	1,602	17. 지화기술단 장학 기금	1,602
나. 잉여금 처리	305,000,000	18. 사무실 전세 입주금	240,000,000
① 회관건립 기금	100,000,000	19. 사무실 입주 적립금	2,044,862
② 출판사업적립 기금	20,000,000		
③ 학술상운영 기금	30,000,000		
④ 탄소중립 기금	40,000,000		
⑤ 정보화 기금	50,000,000		
⑥ 임직원복지 기금	30,000,000		
⑦ 학술행사지원 기금	30,000,000		
⑧ 기부금(우크라이나)	5,000,000		
II. 투자와 기타자산	242,044,862	IV. 잉 여 금	457,079,238
1. 투자부동산	2,044,862	1. 당기잉여금	457,079,238
2. 임차보증금	240,000,000		
합 계	6,079,191,854	합 계	6,079,191,854



손익계산서

2022년 손익계산서

(2022년 1월 1일부터 2022년 12월 31일 까지)

총 예산액 : 1,365,000,000원

총 수 입 : 1,895,488,844원

총 지 출 : 1,438,409,606원

당기잉여금 : 457,079,238원

(단위 : 원)

지출		수입	
과목	금액(원)	과목	금액(원)
학술지 발간	230,216,735	회 비	372,250,000
전기의 세계	49,814,600	일반회비	169,950,000
회지 원고료	17,900,000	평의원회비	17,600,000
영문 논문지	42,126,700	특별회비	184,700,000
고도화 추진비	37,089,945		
논문지 2종	54,772,300		
국문 심사료	11,860,000		
발송 통신비	10,260,190		
편집 위원회	5,128,000		
발간 잡비	1,265,000		
학술대회 및 세미나	408,199,055	학술지 발간	395,151,955
하계학술대회	362,644,485	회지발간 협찬금	47,600,000
국제학술대회	18,510,000	논문심사비	15,520,000
교육세미나	26,144,570	국문게재료	110,075,000
본부 연구회 지원금	900,000	영문게재료	220,886,955
		논문구독료	1,070,000
부문회 보조	24,555,000		
일반회비 보조	9,425,000		
논문 구독 보조	130,000		
특별 지원금	15,000,000		
행사, 회의비	121,762,200	학술대회 및 세미나	872,467,708
총 회	15,814,700	하계학술대회	814,300,000
표 창	12,110,000	국제학술대회	19,437,708
간 담 회	1,439,000	교육세미나	38,730,000
이 사 회	38,008,060		
평의원회	15,850,570		
각 위원회	18,832,170		
기타 회의	19,707,700		



손익계산서

(단위 : 원)

지출		수입	
과목	금액(원)	과목	금액(원)
연구 조사	6,539,045	지원금	55,040,000
회의비	0	과총 지원금	55,040,000
연구조사활동	0		
산학협동	5,494,500		
용역사업 인센티브	1,044,545		
국제교류	245,700	찬조금	16,611,818
외국 대표단 초청	0	학술찬조	13,130,000
외국 학회 참가	0	연구용역	3,481,818
국제 회의비	0		
국제 협력	95,700		
교육훈련비	150,000		
단체회비	7,570,000		
회원관리	29,541,000		
지회보조	29,231,000		
회원관리	310,000		
인 건 비	359,553,495		
급 여	281,188,730		
복리후생비	48,364,765		
퇴직연금 적립금	30,000,000		
운 영	226,206,076	기타 수입	63,967,363
통신비	2,861,630	은행이자	8,150,897
사무인쇄비	4,787,300	잡수입	55,816,466
소모품비	7,378,410		
여 비	3,744,280		
교통비	2,908,800		
임차관리비	75,245,280		
특별활동비	29,194,980		
경조비	4,850,000		
공과수수료	30,257,453		
법정부담금	32,875,534		
도서구입비	0		
홍보비	330,000		
업무추진비	4,429,300		
잡 비	8,834,353		
정보화관리비	18,508,756		
비품, 집기	11,690,300		
예 비 비	5,331,000	전년도 이월금	120,000,000
가 불 금	7,000,000		
계	1,438,409,606		
당기 잉여금	457,079,238		
합 계	1,895,488,844	합 계	1,895,488,844



학회 소식**회원님의 원고를 기다립니다.**

우리 학회 잡지인 「전기의 세계」는 회원 모두가 만들어가는 잡지입니다.

원칙적으로 회원 누구나 자유롭게 기고할 수 있는 열린 저자 체제로 운영하고 있습니다.

다만 원고 모집의 어려움으로 담당 편집위원을 연간 계획과 같이 지정하여 원고를 모으고 있을 뿐입니다.

특히, 다음 칼럼에 대한 원고를 널리 모집하며 채택된 원고는 소정의 원고료도 드리고 있습니다.

회원소리 : 전기계, 전기학회에 대한 제언이나 느낀 점을 포함한 임의 내용으로 분량은 A4기준 4면 내외입니다.

회원/회원사 동정 : 회원이나 회원사의 동정을 공지하는 난이므로 동정이나 새소식을 보내주세요.

건강/취미 이야기 : 건강이나 취미에 관련된 내용으로 분량은 A4기준 3면 내외입니다.

- **문의처** 대한전기학회 사무국 전필준
- **전화** 02-553-0157
- **E-mail** jun@kiee.or.kr

학 회 일 지

2023.1.20.~2023.02.19

1.25(수)

본부 기획정책위원회 분야별 대표자 회의 (학회 회의실)

1.26(목)

제1차 연구조사위원회 (학회 회의실)

C부문회 제1차 이사회 (학회 회의실+화상회의)

1.27(금)

제1차 전기에너지위원회 (학회 회의실)

D부문회 제1차 이사회 (학회 회의실)

1.31(화)

제1차 본부 국문논문지 편집위원회 (화상회의)

제1차 전기공학교육위원회 (이메일 회의, 1.31~2.9)

2.1(수)

회지 「전기의 세계」 72권 2호(2월호) 발간

전기학회 국문논문지 72권 2호(2월호) 발간

2.3(금)

부회 제1차 이사회 (학회 회의실)

2.6(월)

제1차 영문편집위원회 (화상회의)

2.7(화)

제1차 학회지(전기의 세계) 편집위원회 (학회 회의실)

2.10(금)

본부 제2차 이사회 (과총 아나이스홀)

본부 제1차 평의위원회 (과총 아나이스홀)

제2차 전기에너지위원회 (학회 회의실)

제2차 본부 학술위원회 (학회 회의실)

**편집위원**

허 진(편집위원장, 인천대학교)

강동원(중앙대학교)

노종석(중앙대학교)

문원식(숭실대학교)

박능수(건국대학교)

박형준(한국전자통신연구원)

배인수(강원대학교)

서훈철(연암공과대학교)

민세동(순천향대학교)

이귀준(한국교통대학교)

이기택(한국전자기술연구원)

이성구(동아대학교)

이승재(한국폴리텍대학)

조수연(한국자동차연구원)

조춘남(한국폴리텍대학)



구독 안내

회원 가입 안내

회원의 구분 및 자격

구분	자 격
정회원	① 4년제 대학교를 이수한 분 (박사과정 포함) ② 2~3년제 대학 졸업한 후 실무 경력 2년 이상인 분 ③ 고교 졸업 후 실무경력 4년 이상인 분 또는 전기공학 분야의 학술 및 그 응용에 관하여 상당한 경력이 있는 분
준회원(석사)	전기공학(학과 또는 관련 분야)을 전공하는 대학원 전일제 석사과정 재학 중인 분
준회원(학부)	전기공학(학과 또는 관련 분야)을 전공하는 대학교 학부생으로 재학 중인 분

입회비 및 연회비

입회비 및 연회비

구분	입 회 비	연 회 비	합 계
정회원	15,000원	70,000원	85,000원
준회원(석사)	10,000원	40,000원	50,000원
준회원(학부)	면제	10,000원	10,000원

다수년 회원 및 종신 회원 : 정회원으로써 다수년 회비 또는 종신회비 납부를 희망하는 분

구분	입회비	3년	5년	7년	합 계
다수년 회원	15,000원	140,000원	210,000원	350,000원	3년 : 155,000원 5년 : 225,000원 7년 : 365,000원
종신 회원		1,050,000원 [15년분 연회비]			1,065,000원

회원의 혜택

1. 학회지 "전기의 세계" PDF 파일 매달 이용 제공
2. 전자도서관 : 전기학회 국문논문지(통합권), 전기학회 논문지 P권, 영문논문지 2종 (JEET, IJCAS), 학술대회 논문 등 열람 권한 부여
3. 학회 및 유관기관의 각종 행사 및 주요 소식 등 정보 제공
4. 하계학술대회 및 부문회 춘·추계 학술발표대회와 각종 학술행사에 참가 및 발표 기회 부여
5. 학문 분야별 연구회(36개 연구회) 각종 행사 활동 기회 부여와 각종 학술행사에 참가 및 발표 기회 부여
6. 대한전기학회 교육원 교육강좌 수강시 회원 자격 부여
7. 전기공학 및 기술발전에 업적이 있는 회원에게 학회상 수여 : 공로상, 학술상, 논문상, 기술상, 표창 등
8. 회원의 학술활동(논문 및 원고)을 학회 발간물에 게재(심사완료 이후) 및 다른 회원에게 홍보할 기회 부여
9. 국내외 학술활동에 관한 정보 제공
10. 일정한 자격을 갖춘 회원의 경우 대한전기학회 시니어 회원, 대한전기학회 펠로우(석학)회원 신청자격 부여

회원 가입 절차 및 회비 납부

1. 회원 가입 절차
 - ① 대한전기학회 홈페이지에서 온라인 가입 (<https://www.kiee.or.kr>) → ② 입회비와 연회비 납부 → ③ 이사회에서 신규 회원 승인 → ④ 회원 활동
2. 회비 납부 방법 및 문의처

홈페이지 로그인 후 마이페이지에서 입회비 및 연회비 확인 후 결제방법 (카드 또는 무통장) 선택하여 결제 가능

 - ① 카드선택 : 전자결제 등록된 모든 신용카드는 사용가능
 - ② 무통장(온라인 입금) 선택
계좌번호 : 수협은행 1010-2175-5210 / 국민은행 349401-04-009338
예금주 : 대한전기학회
 - ③ 담당 및 문의처 : 경영지원팀 서영은 팀원, 02-553-0155, account@kiee.or.kr





Powering a Sustainable Future

Since 2003

Electric Power Tech Korea 2023 국제 전기전력 전시회

4. 26(수) - 28(금), COEX

참가기업 / 참관객 모집 중

온라인 신청 바로가기

www.electrickorea.org



최근 들어 온실가스로 인해 세계 곳곳에서 이상기후현상이 일어나면서 탄소중립은 이제 지구촌의 실천과제가 되고 있습니다.

2023 국제 전기전력 전시회를 통해 차세대 전기전력 분야의 다양한 미래기술과 에너지 신산업 트렌드를 확인해 보시기 바랍니다.



지난 전시회 결과

(2022년)

18개국

246개사 참가

27,429명 참관

전시품목

- 전기전력설비관
- 발전플랜트산업관
- 스마트그리드산업관
- LED조명산업관
- ESS산업관

EPTK 2023 특별관

전기차인프라관

- 전기차 충전소
- 전기차 충전 커넥터
- E-모빌리티 기술

국가철도공단 공동협력관 지자체산업홍보관

동시개최행사

- 해외바이어 초청 수출상담회
- 전기전력산업 컨퍼런스 및 세미나
- 신제품(NEP) 공공구매 상담회
- 전기전력산업 채용박람회(예정)

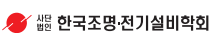
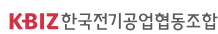
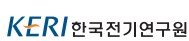
주최



주관



후원



특별후원



참가 문의처

K.FAIRS(주) Tel. 070-4286-6792 (주)서울메세 Tel. 02-2284-0022

데이터센터 구축, 최고의 선택!

전력솔루션 압도적인 No.1
컨설팅부터 운영까지
LS ELECTRIC만의 차별화된 솔루션을 제공합니다.

삼성전자 데이터센터
SK 하이닉스 데이터센터
KT 데이터센터
LG CNS 데이터센터
Equinix 데이터센터
포스코포탈 데이터센터
신세계 그룹 데이터센터
DBS 혁신센터(대구은행)
KB 국민은행 통합 IT 센터
MG 새마을금고 IT 센터
NAVER 춘천 Data Center 1차, 2차, 3차
하나금융그룹 Data Center
BNK 금융그룹 통합 전산센터
카카오인산 데이터센터
네이버서울 데이터센터
마이크로소프트 클라우드 데이터센터
Equinix 고양 데이터센터

LSELECTRIC