

10th FORUM

2023
글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

2023.
06.14.(수) 13:10
국회 박물관

* 온라인 생중계 병행

www.kimm.re.kr/forum



LIVE

| 주최 |

KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

더불어민주당
이상민 조승래 의원

국민의힘
김영식 의원

| 후원 |

과학기술정보통신부
Ministry of Science and ICT

nst 국가과학기술연구회
National Research Council of Science & Technology

10th FORUM

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술



들어가며

이번 포럼은
시대의 변화와 함께
국가 생존과 직결되는
기술 우위 선점을 위한
‘국가전략기술과 기계기술’
이라는 주제로
국가전략기술 관련 분야의
미래 발전 방향을
논의할 예정입니다.

안녕하십니까?

‘글로벌 기술패권 시대’ 경제 안보와 기술 주권 확보가 더욱 중요해지고 있는 가운데 한국기계연구원이 주최해 온 「글로벌 기계기술 포럼」이 올해로 벌써 10주년을 맞이했습니다.

「글로벌 기계기술 포럼」은 2014년에 시작하여 매년 세계적인 국내외 기계분야 산·학·연·관 전문가들이 바라보는 기계기술 분야의 미래 이슈를 짚어보고, 국가 미래 산업의 발전을 위한 정책 방향을 제시해왔습니다.

세계는 지금 정치·경제적 대립과 불안정은 물론, 그로 인한 각종 자원 공급 부족과 기후 위기로 인한 자연재해 등 각종 위기 상황에 직면해 있습니다.

이에 대응하기 위해 정부는 지난해 12대 국가전략기술을 선정했으며, 올해 3월 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」이 제정되어 시행을 앞두고 있습니다. 국가전략기술은 국가 경제, 외교·안보, 신산업 창출 등 전반적인 국가 경쟁력을 높일 수 있는 중요한 기술입니다.

올해 글로벌 기계기술 포럼은 이런 시대의 변화와 함께 국가 생존과 직결되는 기술 우위 선점을 위한 ‘국가전략기술과 기계기술’이라는 주제로 국가전략기술 관련 분야의 미래 발전 방향을 논의할 예정입니다.

정부부처 및 산업계·학계의 국내외 전문가를 모시고 글로벌 미래 전략 기술 방향에 대한 발표와 토론을 준비하였습니다.

한국기계연구원은 12대 국가전략기술 및 50대 중점기술 중 8대 분야 20개 세부 중점기술에 대해 선도적으로 임무지향형 연구를 수행하고 있습니다.

이번 포럼은 특별법 제정으로 가속화 되고 있는 전략기술 확보를 위해 체계적으로 기계기술개발을 추진·육성할 전략을 모색하는 자리가 될 것입니다.

감사합니다.



한국기계연구원
원장
박상진



더불어민주당
국회의원
이상민



더불어민주당
국회의원
조승래



국민의힘
국회의원
김영식

PROGRAM

2023.06.14.(수) 13:10-16:00

개회식

13:10 - 13:40 ('30)

기조연설

13:40 - 14:10 ('30)

Global Trends in Manufacturing

—— 천정훈 석좌교수
(미국 MIT)

발표세션

14:10 - 15:30 ('80)

① HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

—— 현동진 상무
(현대자동차 로보틱스랩장)

② US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

—— Prof. Dr. Timothy Lieuwen
(미국 조지아텍, 에너지전략연구소장)

③ 국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

—— 박상진 원장
(한국기계연구원)

패널 토론

15:30 - 16:00 ('30)

—— 천정훈 석좌교수
(미국 MIT)

—— 현동진 상무
(현대자동차 로보틱스랩장)

—— 손정락 고문
(두산에너지빌리티)

—— 박상진 원장
(한국기계연구원)

10th FORUM

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

기조연설

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT) 석좌교수



천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Abstract

Biographical Information

2005 ~ 현재	MIT 제조 및 생산성 연구실 Director
1989 ~ 현재	MIT 기계공학과 교수
1984 ~ 1989	Sutek Corporation 부사장
1980 ~ 1984	미국 MIT 박사(기계로봇공학)
1978 ~ 1980	캐나다 오타와대 석사(기계공학)
1975 ~ 1977	대림엔지니어링 기계설계기사
1972 ~ 1976	서울대 학사(기계공학)

Global Trends in Manufacturing

최근 코로나19 경제위기 극복 과정에서 제조업의 역할과 중요성이 재조명되면서
전세계적으로 제조업 경쟁력 강화를 위한 경쟁이 치열하다.
디지털 전환과 탄소중립이라는 글로벌 메가 트렌드에 맞춰 제조기반 강화 정책이 중점적으로 추진되고 있다.

본 발표에서는 미국, 독일 등 주요 제조업 강국과 우리나라의 제조업 부흥 및 고도화를 위한
현황과 시사점을 살펴보고, 이를 바탕으로 우리나라의 정책적 대응 방향을 모색한다.
특히, 제조업의 기반인 기계기술의 기여 방안에 대해 논의한다.

Global Trends in Manufacturing

2023 Global Forum on Mechanical Engineering

Global Trends in Manufacturing

Jung-Hoon Chun

Professor, Department of Mechanical Engineering
Faculty Director, MISTI MIT-Korea Program
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, MA 02139

June 2023



Laboratory for Manufacturing and Productivity

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Global Trends in Manufacturing

Manufacturing

“Value-added activity”

“Enrich the lives of people”

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Objective

Review status of manufacturing and
chart future courses for Korea.

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

The Industrial Revolutions

- Industry 1.0 (~1750): Mechanization
- Industry 2.0 (~1850): Mass production
- Industry 3.0 (~1970): Automation
- Industry 4.0 (2011): Cyber physical systems
- Industry 5.0 (?): ??????

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Driving Forces for Changes

- Rapid advances in sciences and radical new technology developments, particularly the information, communications and transportation technologies.
- Global competition
- New trade frictions/barriers
- Unforeseen threats

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Manufacturing in the US

(2022 Bureau of Economic Analysis + Bureau of Labor Statistics)

- Output: 2.5 trillion dollars
- 16.8% of the world output
- 10.7% of the US GDP
- 13 million employees
- Slow growth rate and declining economic sector
- Weak in consumer goods such as textiles and apparel
- Strong in “durable/high value goods” such as computer and electronic products, machinery, motor vehicles and aerospace manufacturing
- Higher-technology industries are the only sector still expanding



Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Manufacturing in Germany

(2021 World Bank + German Government Ministries)

- Output: 0.8 trillion dollars
- 5.0% of the world output
- 18.9% of the national GDP
- 7.8 million employees
- Moderate growth rate and high relevance for economic welfare
- Strengths in a diverse range of industries, including the automotive, mechanical, chemical and electrical industries driven by large companies combined with strong SMEs
- High relevance of new technologies, including AI, Industry 4.0 and advanced manufacturing processes for future growth



Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Manufacturing in Korea

- Output: 457 billion dollars (2021)
- 3.0% of the world output (2020)
- 28.0% of Korean GDP (2022)
- 3.7M employees (2022)
- Slow growth rate and leveling-off economic sector
- Weak in high-end equipment and advanced materials such as semiconductor equipment, aerospace, pharmaceutical and biomedical industries
- Strong in consumer goods and heavy industries such as electronic products, automotive, shipbuilding and steel
- Digital transformation is a major issue



Global Trends in Manufacturing

Value-Added in the Semiconductor Industry (Market size: \$620B in 2022)*

■ Design:	53%
■ Foundry:	24%
■ Packaging:	6%
■ Equipment:	11%
■ Other:	6%

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



* George Calhoun, Stevens Inst. of Technology

Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Equipment Market Share

■ Semiconductor:	20%
■ Machine tools:	65%

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Enabling Technological Areas for the Competitive Manufacturing Industry

- High **purity** materials
- High **precision** components
- High **value-added** equipment

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Suggested Public Policies

- Effective STEM education to build up the human resources for the future manufacturing industry
- Strong research, innovation and development infrastructure/cluster

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

MIT Education and Research Enterprise

- Education: Discipline-based hands-on approach
- Research: Broad-based, ground-breaking applications
- Development: Innovation clusters



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Myths

- Royalties are a significant source of revenue for the University
- Expect a quick return of technology transfer investment
- Companies are eager to accept new technology from universities
- You should broadcast availability of technology for licensing
- The technology transfer office finds the licensee



Global Trends in Manufacturing

Reality

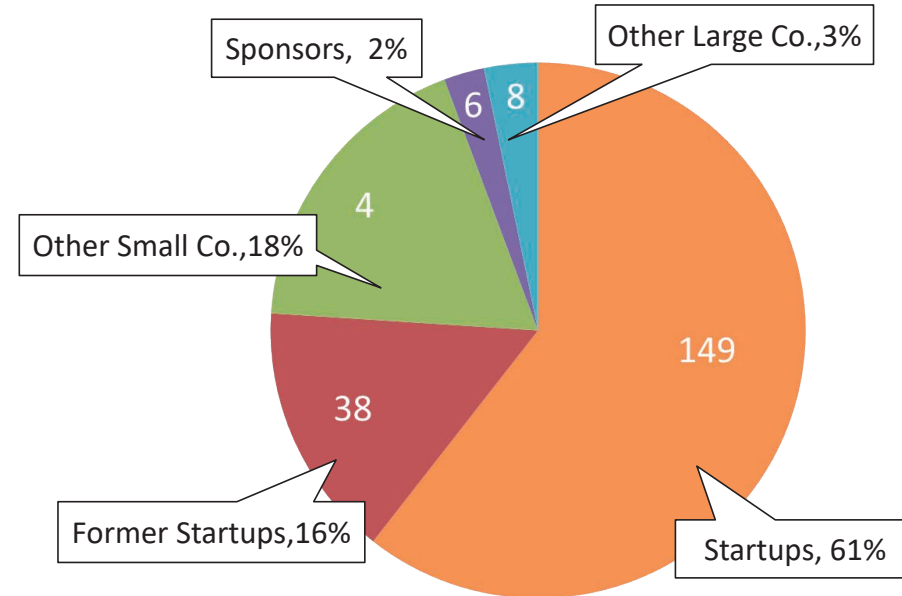
- With the exception of the rare “blockbuster”, licensing revenue is small
- Don’t expect product royalties for 8-10 years
- Most companies want quick time-to-market
- Publishing lists of available technology is not very effective
- The inventor is the best source for leads

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Exclusive Licenses 2010-2017



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Observations on Successful Innovations

- Fundamentally grounded individual ideas
- Development by teams
- Synchronized R&D pipeline for continuous innovation and risk management
- Rapid innovation cycle for long-term success

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



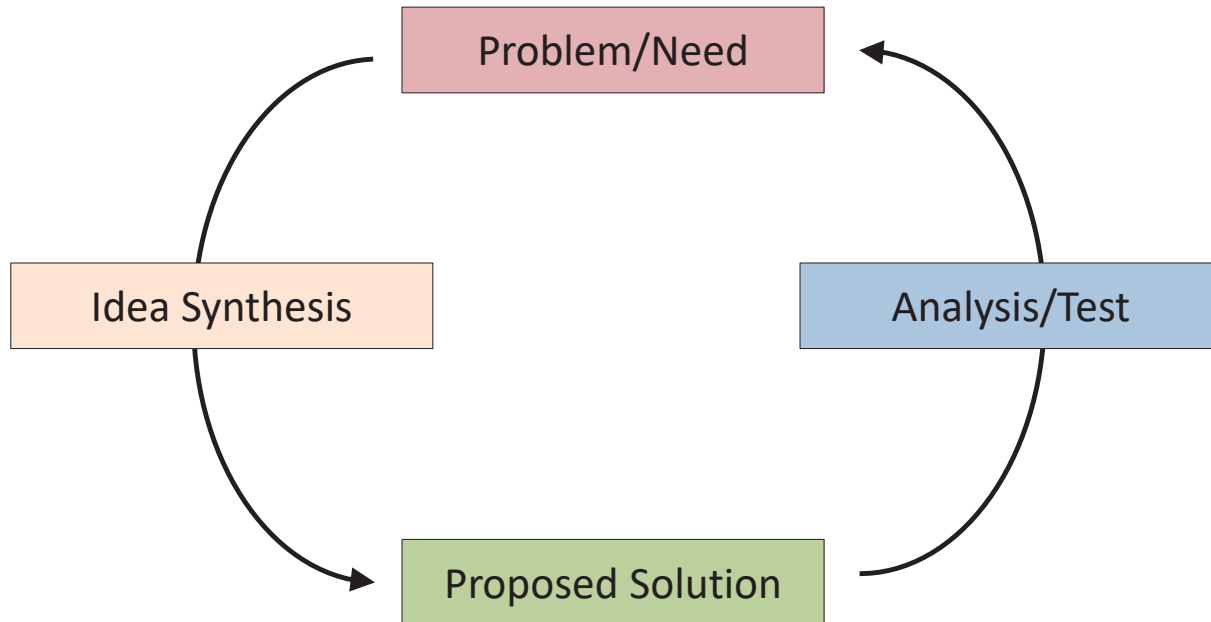
Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Innovation/R&D Process



Laboratory for Manufacturing and Productivity

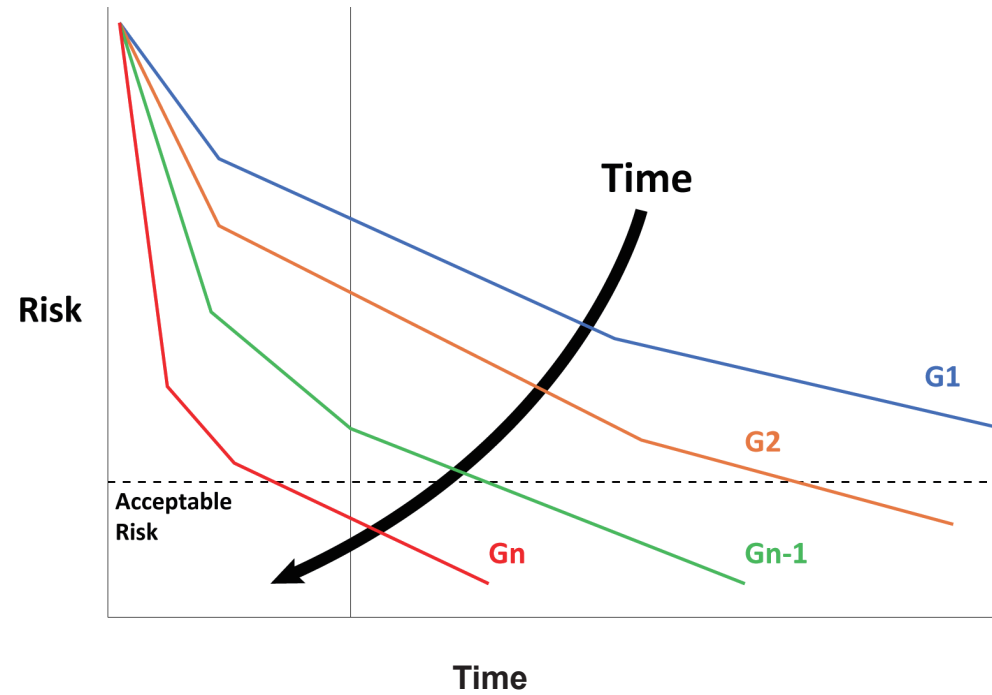
Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Innovation Cycle Time



Source:
Sunlin Chow

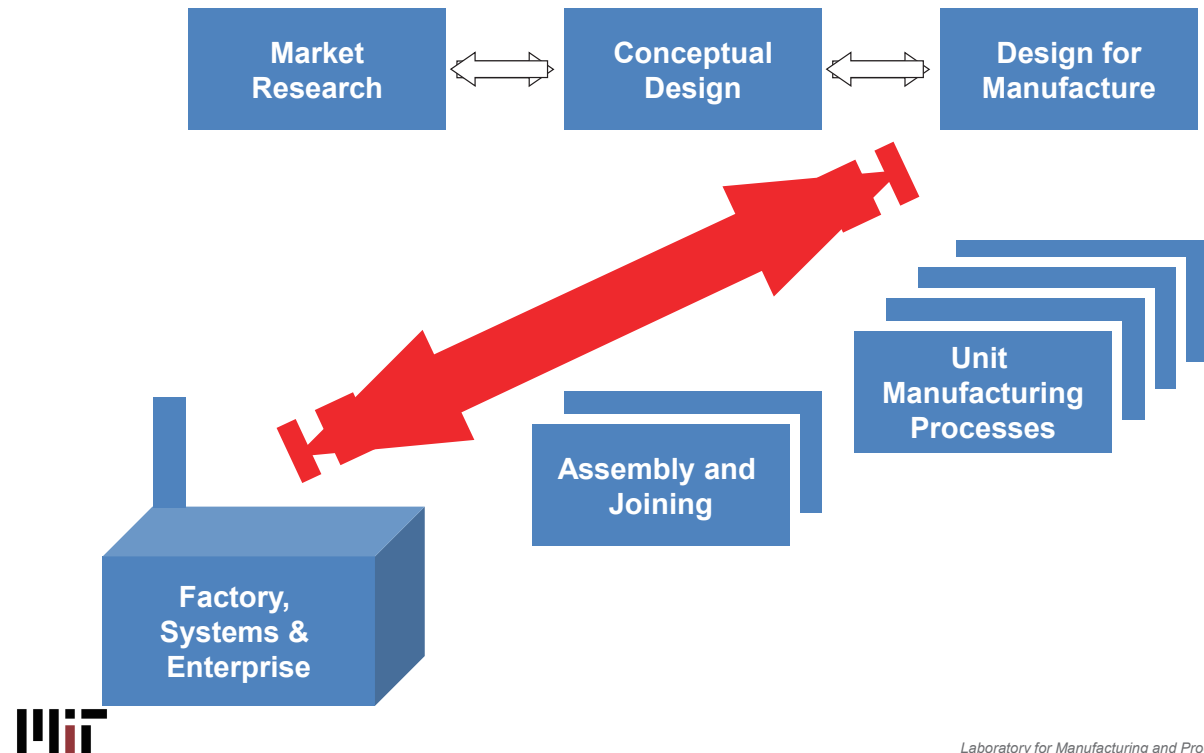
Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수

Role of Manufacturing in Innovation: Technology Multiplier



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

Technology Multiplier

Enable to

- Learn faster
- Innovate faster
- Shorten the time to market
- Produce complex products

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

Global Trends in Manufacturing

$$“F_{\text{success}} = F_{\text{hard}} \times F_{\text{smart}} \times F_{\text{passionate}}”$$

Thank You!

Jung-Hoon Chun

jchun@mit.edu

천정훈

미국 매사추세츠 공과대학교(MIT)
석좌교수



Laboratory for Manufacturing and Productivity

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

발표세션

① HMC Robotics LAB's
Approach to Solving
Engineering Problems

현동진

현대자동차
로보틱스랩장 상무

② US Gas Turbine R&D
Operability, Emissions,
Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아텍,
에너지전략연구소장

③ 국가전략기술
성공적 확보를 위한
한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

발표세션

HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현등진

현대자동차 로보틱스랩장 상무



▶ LIVE

온라인 생중계 병행
www.kimm.re.kr/forum



현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Abstract

Biographical Information

2022 ~ 현재	서울대학교 기계공학부 객원부교수
2014 ~ 현재	현대자동차 로보틱스랩장 상무
2012 ~ 2014	MIT Post-doc(기계공학)
2009 ~ 2012	UC Berkeley 박사(기계공학)
2006 ~ 2007	Univ. of Michigan, Ann Arbor 석사 (기계공학)
2001 ~ 2006	서울대 학사(기계항공공학)

HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현대자동차의 로보틱스 기술은 “Progress for Humanity”라는 그룹의 비전에 기반하고 있다. 사람들과의 접점에서 인간의 삶을 더 값지고 풍요롭게 만들기 위해 로보틱스랩은 바퀴, 다리, 팔과 손으로 이루어진 차별화된 HW들과 인공지능, 지능형관제시스템, 자율주행과 같은 SW기술들을 내재화하고 있다. 이러한 HW와 SW기술들의 융합을 통하여 물류/배달, 개인용 모빌리티, 산업/의료 보조, AI서비스, 전기차 충전 등과 같은 고도화된 서비스를 창출해낸다. 현대자동차 로보틱스랩이 꿈꾸는 사회는 로보틱스와 서비스가 연결된 Robot Intelligent Society이며, 이를 위해 다음과 같은 제품과 기술들을 연구개발하고 있다.

- ① 바퀴의 편심제어를 통해 몸체의 수평을 유지하며 주행이 가능한 MobED, 어떤 사물에든 장착되어 이동성을 부여할 수 있는 PnD(Plug & Drive) 모듈은 인간의 이동성 확장(Expand Human Reach)에 획기적 변화를 가능하게 할 것이다.
- ② 하반신 마비환자의 보행을 가능하게 하고 재활을 돕는 X-ble MEX, 산업현장에서 근로자의 근력을 보조함으로써 근골격계 질환 예방을 가능케 하는 X-ble Shoulder와 X-ble Waist는 인간의 삶을 더 건강하고 안전하게 만들 수 있다.
- ③ 로보틱스랩의 내재화된 AI/SW 기술을 활용하여 개발한 비대면 서비스로봇 DAL-e는 고객 접점에서 다양한 응대 활동 수행이 가능하며, 다가오는 전기차 시대를 대비하여 개발 중인 전기차 자동충전로봇(ACR)은 DAL-e와 함께 고객의 시간을 더 값지게 만들 것이다.

HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

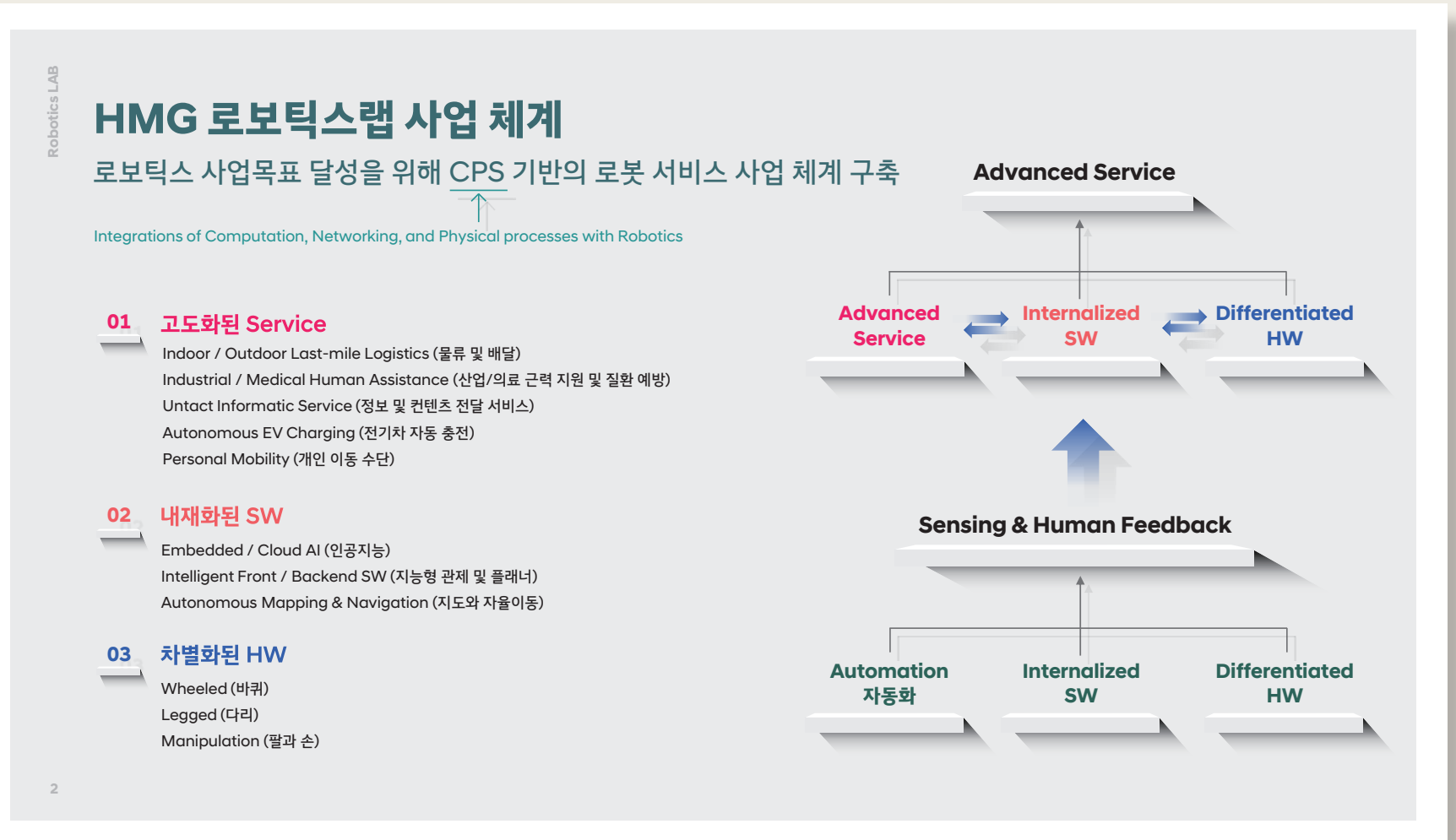
현대자동차 로보틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

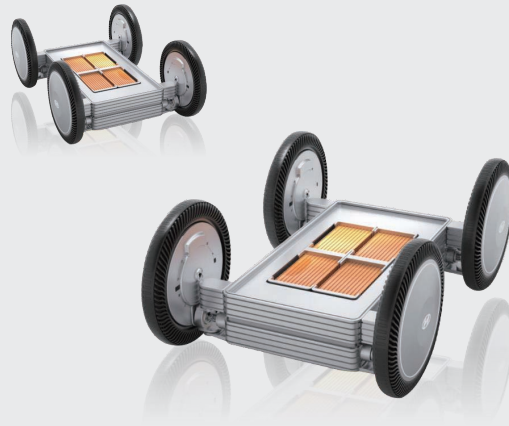
현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

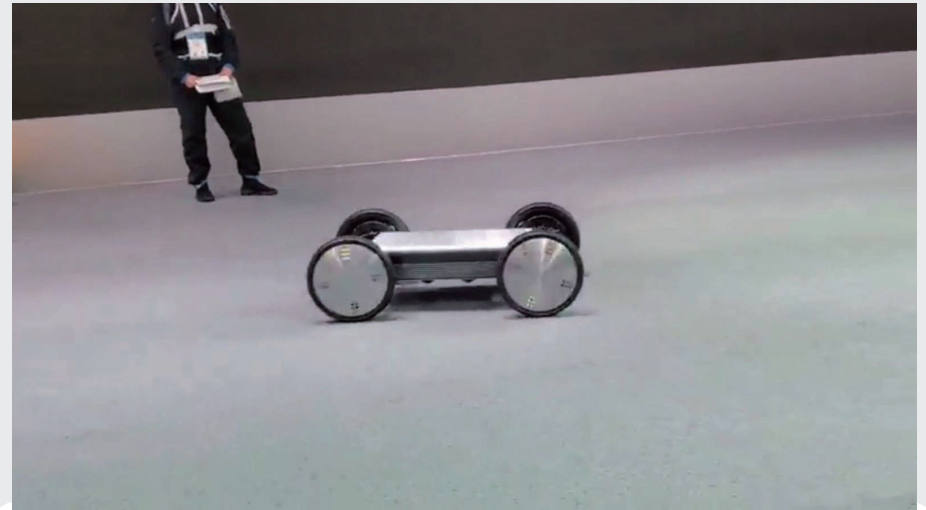
DnL : Drive and Lift MobED : Mobile Eccentric Droid

Advanced Open Mobile Platform

- | DnL (Drive & Lift) 모듈 기반의 12자유도 모바일 로봇 플랫폼
- | 4WS&D / 능동형 자세 제어 / 장애물 극복
- | 다양한 상부 모듈과의 결합을 통한 차별화된 서비스 개발



3



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

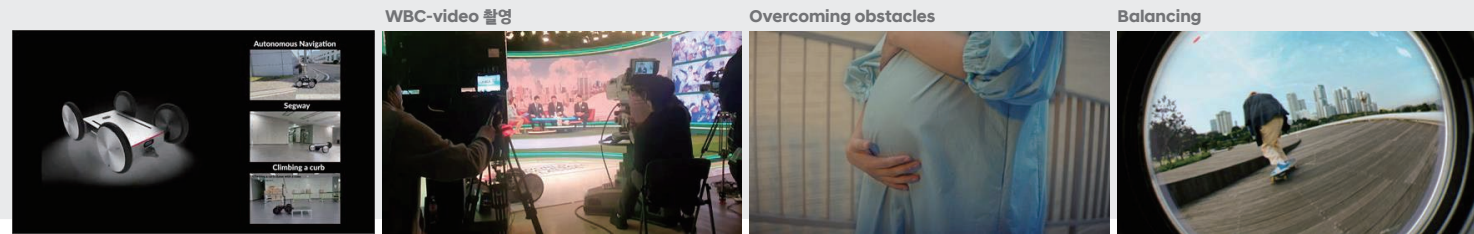
현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

MobED based on DnL for Stabilization

Cart | Broadcast | Entertainment | Logistic | Support | Stroller | Action Cam



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

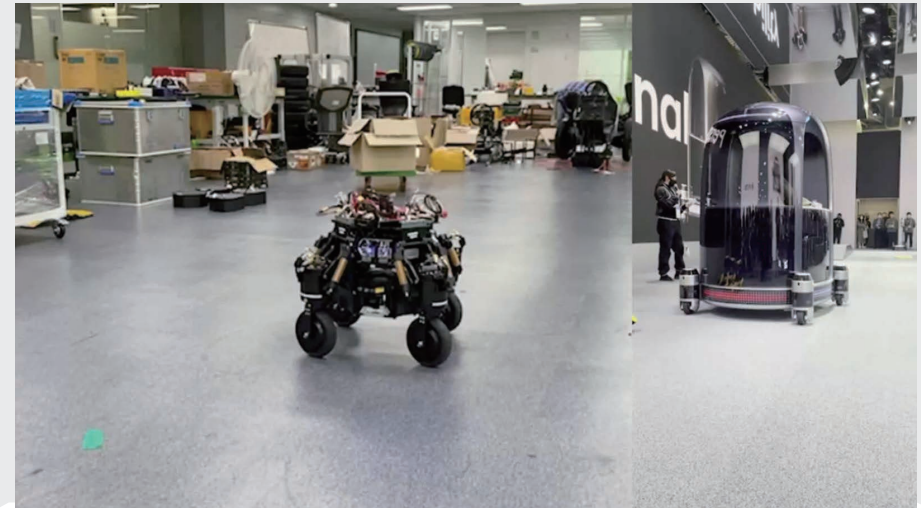
현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

PnD : Plug & Drive

Modular Open Mobile Platform

- | 주행/조향/제동/센서를 통합한 PnD 모듈 적용
- | 플랫폼의 크기와 형태에 대한 자유도를 극대화
- | 최대 속도 30Kph / 중량 30 kg (배터리 포함)
- | 양산을 위한 신규 PnD 플랫폼 PluD (Plug and Drive Droid) 개발중



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

DAL-e : Drive you, Assist you, Link with you - experience

Untact Service Robot

- | 비대면 고객 접점 역할 수행 - 인사, 차량 설명, 시설 안내, 엔터테인먼트 등
- | 4WS 적용으로 Holonomic Motion 구현
- | 허리/목 모션 추가로 고객과의 상호 교감 강화



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

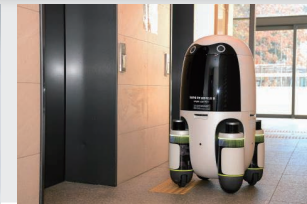
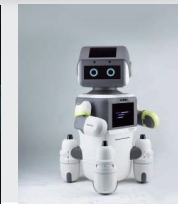
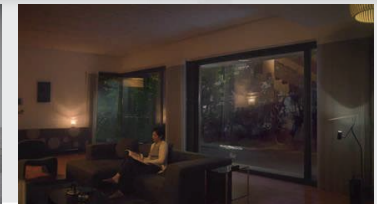
현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

Variants based on PnD for Mobility of Things

DAL-e Hotel Delivery | Outdoor Delivery | Maintenance Help Mobility | Personal Mobility | Micro Mobility | Mobile Manipulator



HMC
Robotics LAB's
Approach to
Solving
Engineering
Problems

현동진
현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

X-ble MEX :
Lower Extremity Medical Exoskeleton

Human Assistance

- | 하반신 마비 환자의 보행 및 재활 기여 (SCI 완전 마비 환자 임상)
- | 경량 단순한 디자인 : 18kg / 4자유도 / 배면 착용 방식
- | 앉기/서기/걸기/계단 오르내리기/좌우 회전 지원
- | 식품의약품안전처 승인 (제조 및 판매 허가 취득, '23.01)

(1) 장기 기능 (메탈량,장 기능)개선		가감폭
메탈량 증가		+0.09 (L)
평균 산소 소모량 증가		+0.75 (ml/min/kg)
소화 능력 개선		-2.20개

(2) 건강 상태 개선		가감폭
골밀도 증가	요추	+0.16 (g/cm2)
	대퇴골	+0.34 (g/cm2)
피검사 염증 수치 감소		-0.24 (mg/dL)
알부민 수치 증가		+0.11 (g/dL)

(3) 근육 경직도 및 통증 호전		가감폭
경직도 호전	술관절 신전근	-0.05
	족저굴곡근	-0.10
주관적 통증 감소 (1~7)		-0.5

(4) 재활 운동 능력 향상		가감폭
보행 속도 향상		+4.74 (m/min)

(5) 재활 운동량 증가		가감폭
1분간 이동 거리 증가		+4.41 (m)
6분간 이동 거리 증가		+28.52 (m)



MEX
Clinical Trial with
Hanyang University

HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

X-ble Industrial : Industrial disease prevention

Human Assistance

- | 스프링과 링크 구조를 이용한 근력 보조력 제공 (No battery)
- | 2kg 이하의 초경량 / 체형에 따른 사이즈 및 보조력 조절 가능
- | 윗보기 작업 - 상완 근력 보조 / 물류 및 허리 숙임 작업 - 허리 근력 보조
- | 근골격계 질환 예방, 작업 효율성 증가



X-ble Shoulder



X-ble Waist



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

ACR : Autonomous EV Charger

Autonomous charging

- | 자율주차 전기차 연계 자동 충전 가능
- | 딥러닝 기반 충전구 인식 기능 개발
 - : RGB-D 카메라 기반의 충전구 검출 및 포즈 추정 기술 개발
 - : 충전구의 SE(3) 인자 추출 → 위치 오차 10mm 이내, 각도 오차 2° 이내
- | 컴플라이언스 제어 (Force to Displacement Control)
- | 가반하중 10 kg
- | 방수/방진 기능(IP65)



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

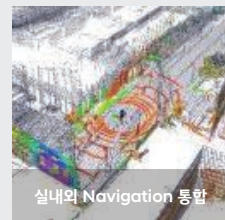
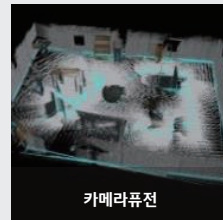
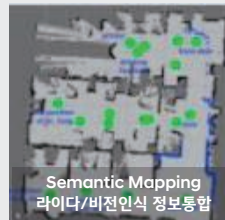
현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

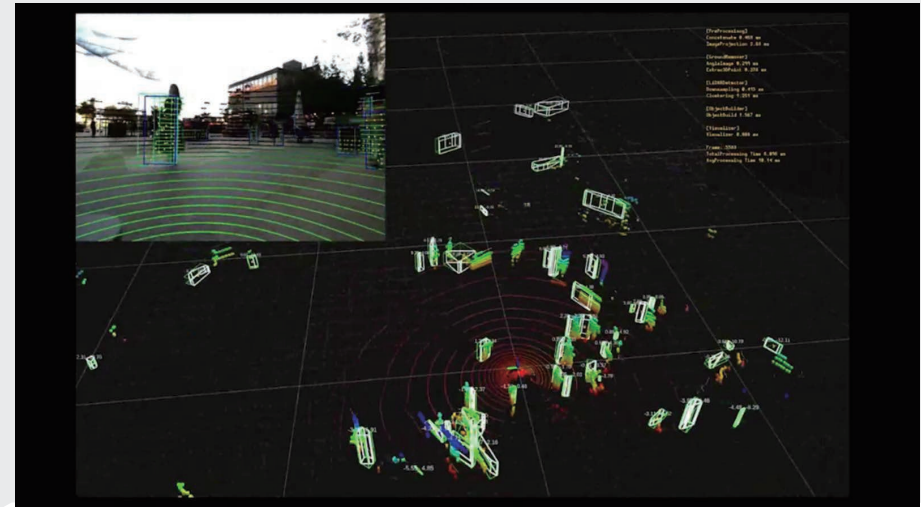
Autonomous Navigation

Mapping & Localization / Path Planning / Perception

- | 센서 융합 기반의 강건한 장애물 인식 기술과 자율이동 기술
: LiDAR + RGB-D camera + ToF (w/ Deep learning)
- | 실내외 배송/패트롤 서비스를 위한 3D LiDAR 기반
- | SLAM / 내비게이션 기술 개발
- | Dense data 활용을 위한 RGB-D 기반 Visual SLAM 기술 개발



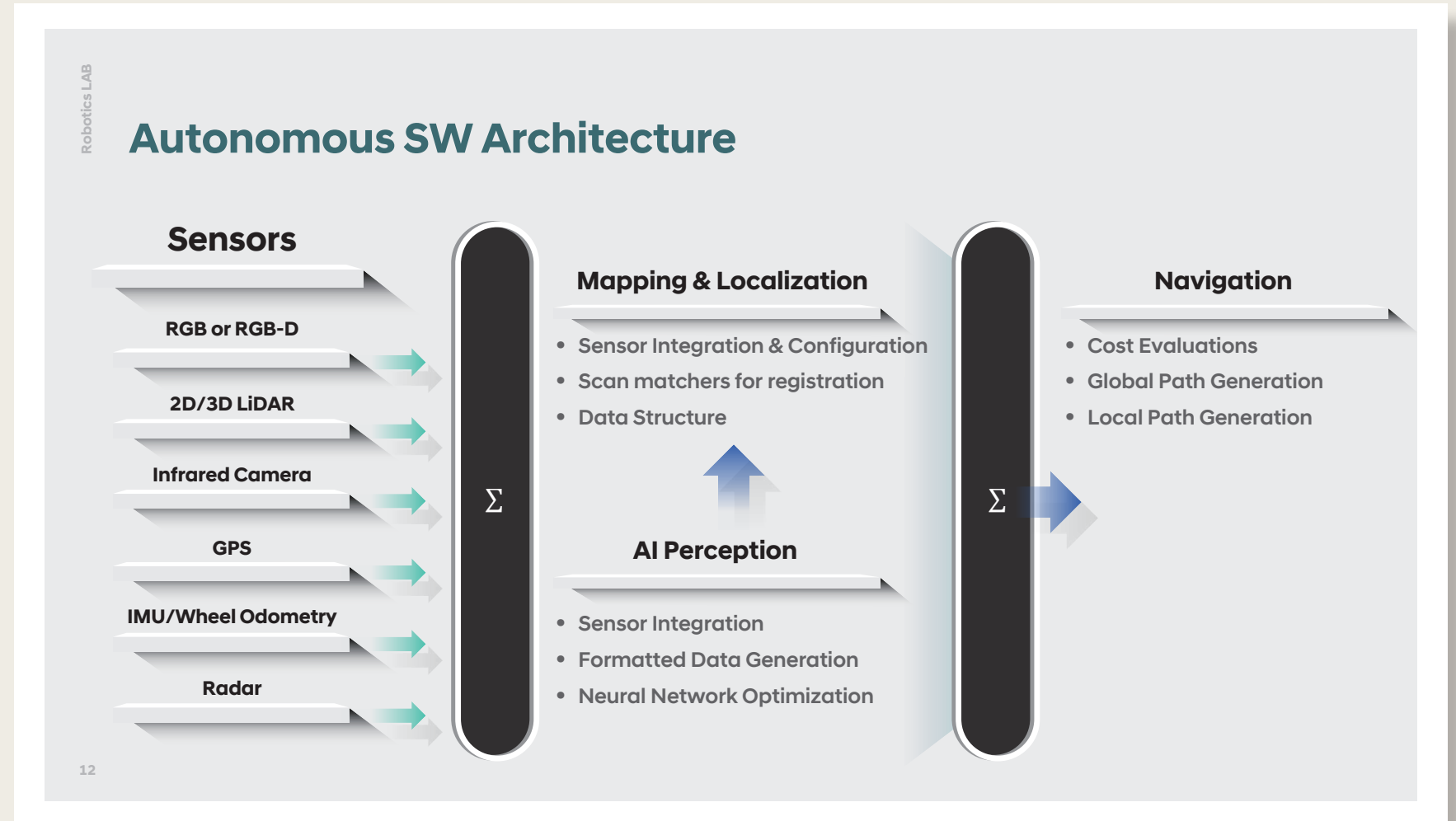
11



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

Robotics Vision AI System

AI Research specialized in Robotics / Optimization : Small but Effective

| HRI(Human-Robot Interaction) 시스템 및 학습 방법론 연구
: Detection/Tracking, OCR, Semantic Segmentation, Action Recognition
: Multi-task Learning, Domain Adaptation, KD, Few-shot Learning

| 다중/다중 센서 기반 환경 인지 알고리즘 개발
: 충전로봇 - 충전구 인식, 착용로봇 - 계단/평지 인식, 매니퓰레이터 - 객체 자세 추정
: Calibration, VIO, Visual Localization, 2.5D Local Map Generation

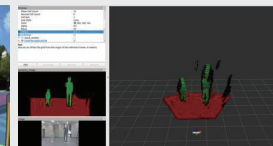
| Embedded Solution - 저전력 고효율 구동을 위한 SW/HW 최적화
: 모델 경량화 및 최적화를 위한 Pruning, Quantization, TRT, DLA, VPI 연구
: 제어기/GPU/VPU/NPU 기반 아키텍처 설계, 효율적인 Inference Pipeline 구축

[Human & Robot Interaction]



PFM Detector

[Scene understanding]



DA Segmentation

2.5D Semantic Map Generation



Input

Drivable Area Prediction

Drivable Area Segmentation

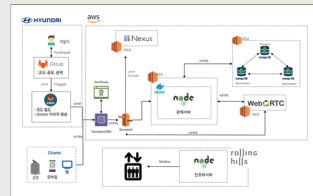
HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

Robotics LAB

Robot Fleet Management System

Robot Fleet Management Solution for Various Types of Robots (Delivery/Patrol/Guide/Charging)

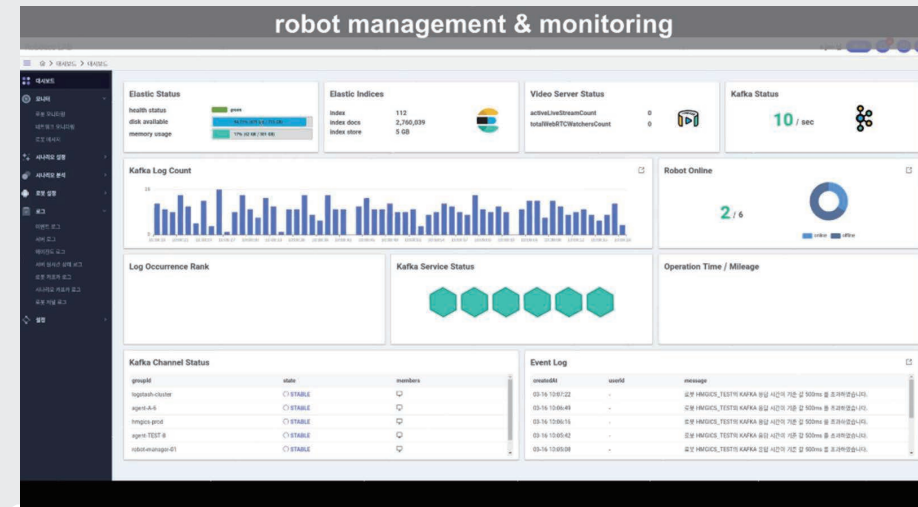
- 로봇 등록/작업 할당/데이터 취득/모니터링 및 원격 관리 기능 제공
- 인내/배출/패드를 전기차충전 로봇 등 다양한 로봇 서비스 연동
- 로봇 서비스별 최적화된 Monolithic/MSA 구조 적용
- 인터넷 기반 다중 사용자 동시 모니터링과 실시간 원격제어 가능
- 대용량 로깅 및 운영 데이터를 취득 및 분석하여 서비스 개선



[관제시스템 아이텍처]



[관제페이지]



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

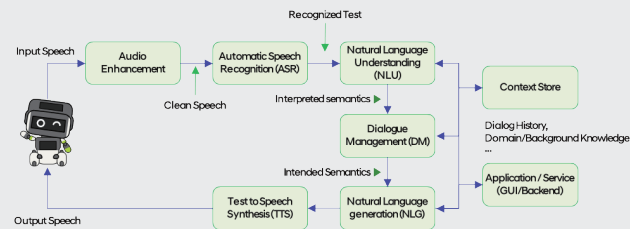
현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

Robot Dialogue System

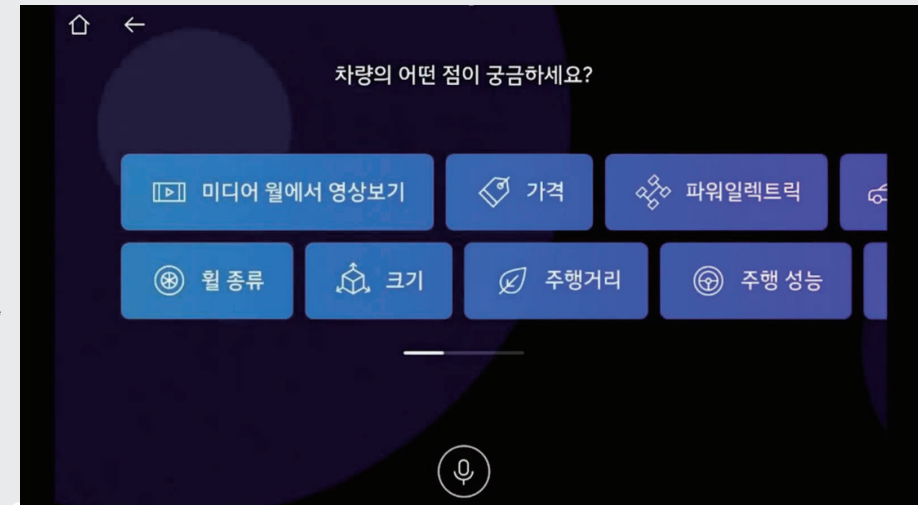
Algorithm and System Development for Human-Robot Conversation

- | 사람, 로봇 간 자연스러운 대화를 위한 음성 전처리/NLU/TTS 관련 기술 연구
- | 로봇의 이름을 인식하고 반응하기 위한 로봇 호출어 인식(KWS) 기술 개발
- | Far Field 로봇 운영 환경에 특화된 음성 전처리 기술 개발
: Noise Filter, Acoustic Echo Cancellation, Source Localization 등
- | 서비스 로봇 Identity가 반영된 고유의 목소리로 TTS 응답 제공
- | 대화 서비스를 통해 확보한 고객 사용 데이터 기반 대화 처리 기술 지속 개선



[로봇 대화 시스템 구조]

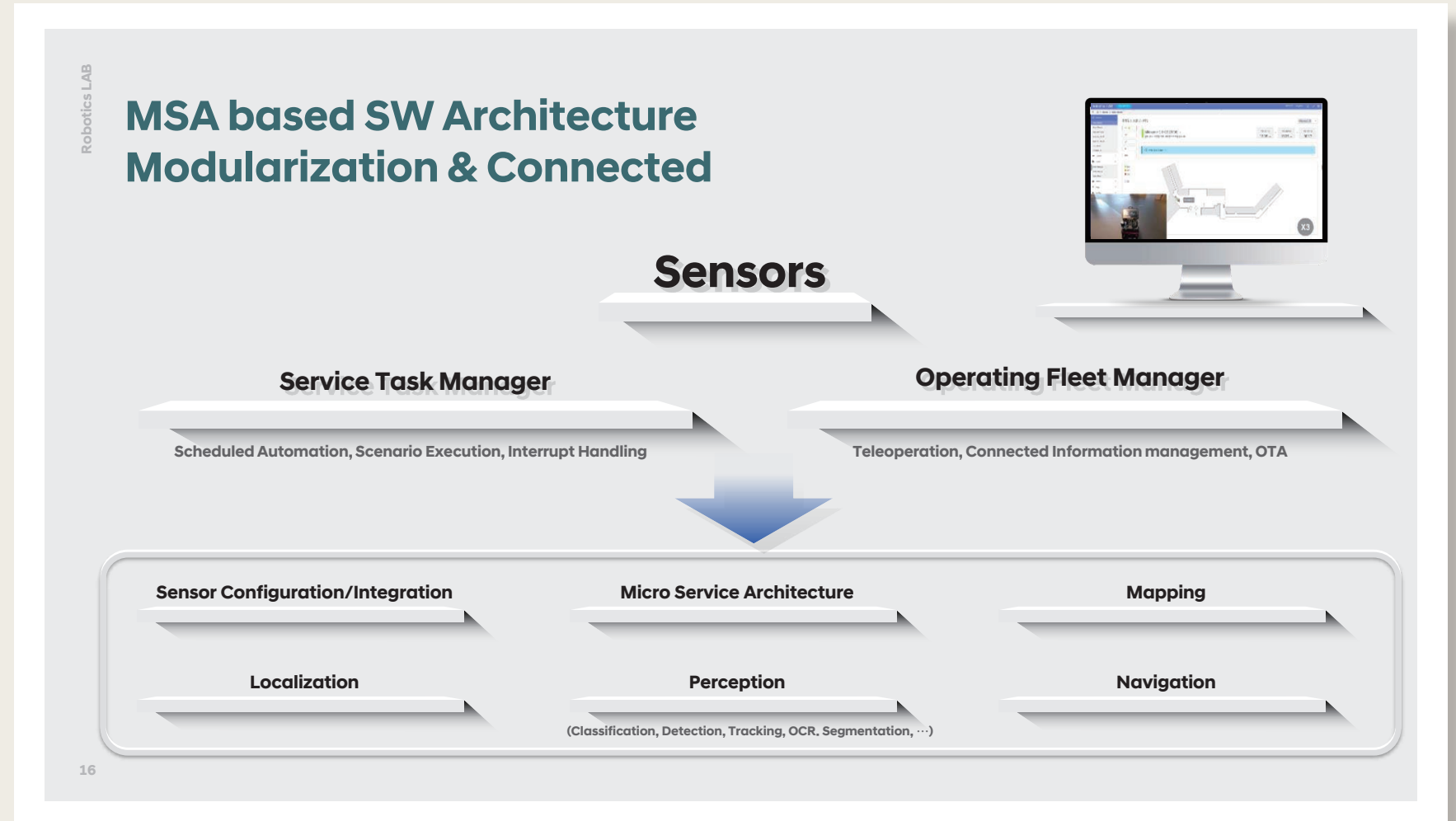
15



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

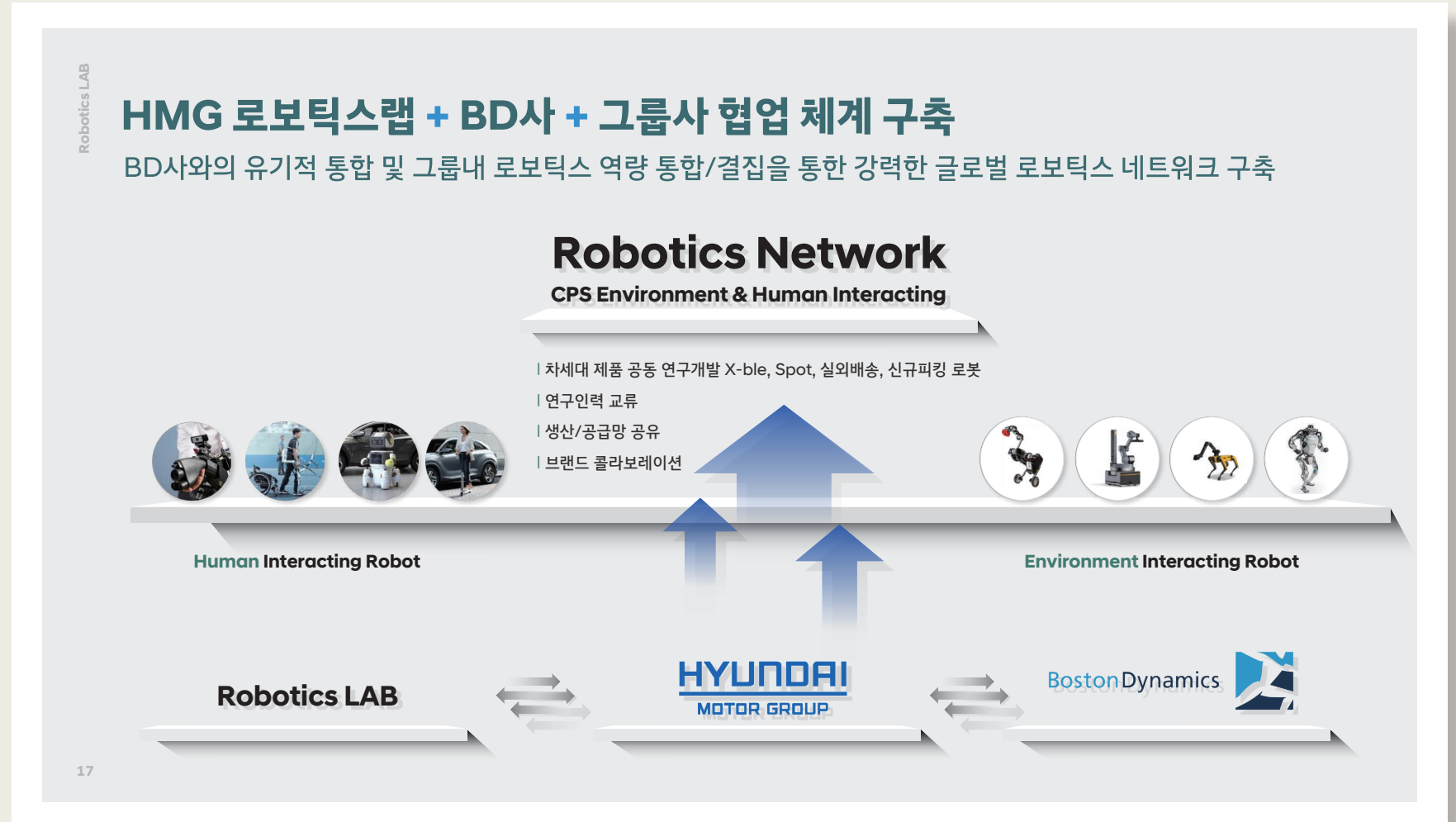
현대자동차 로보틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

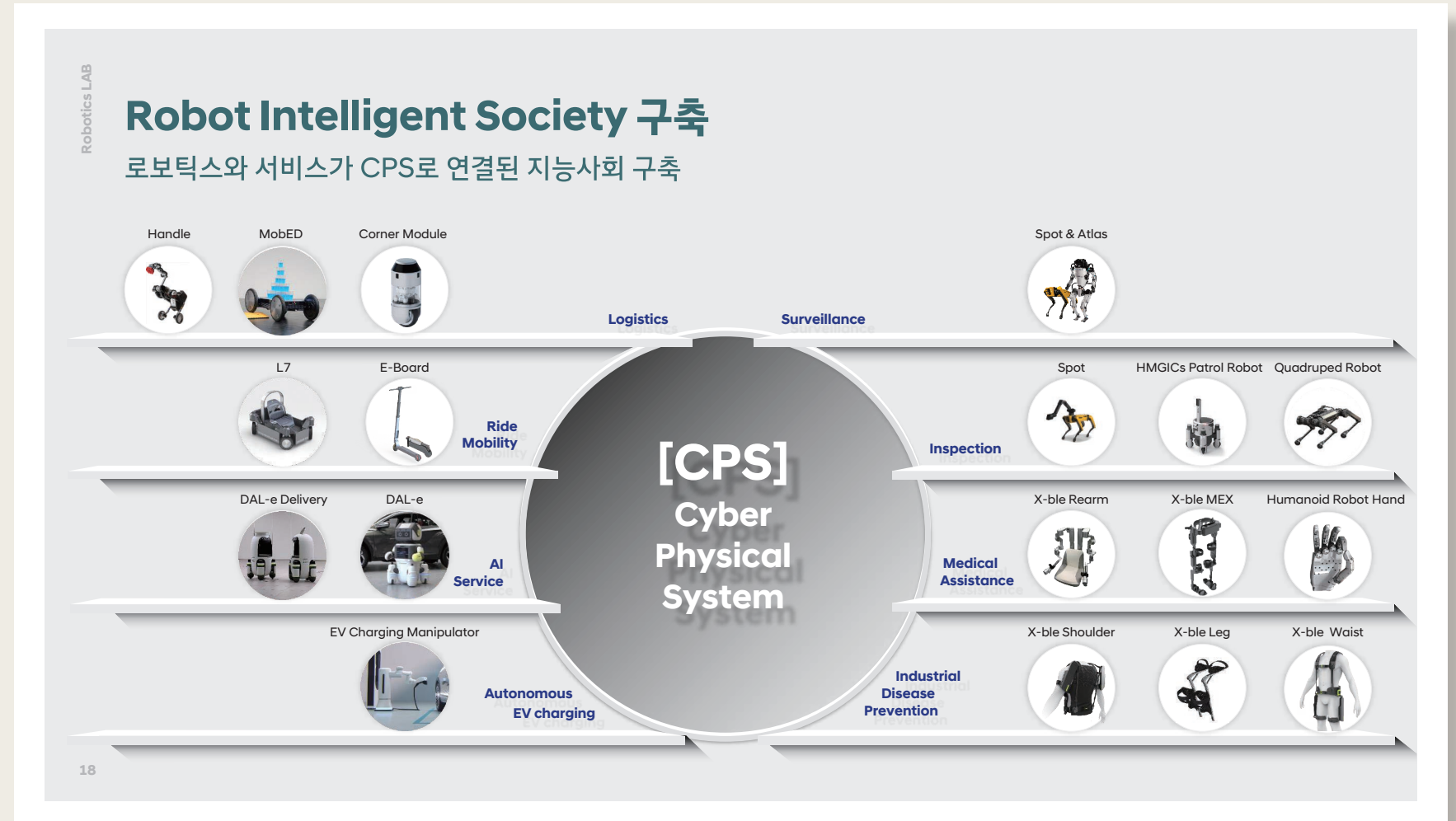
현대자동차 로보틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로봇틱스랩장 상무



HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무

Robotics LAB

Intertwined HW/SW 그리고, 인간을 위한 Mobility 서비스

물리 세계의 Digitalization

Discretized States, Mapping, Localization

가치 판단의 기준

Perception for Semantics

더 나은 판단

Global & Local Planning

매개체와 행동

HW & Optimal Interaction/Stabilization/Navigation

연결을 통한 상호작용

Data-logging, Task/Fleet Manager

19

HMC Robotics LAB's Approach to Solving Engineering Problems

현동진

현대자동차 로보틱스랩장 상무



2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

발표세션

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍), 에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/Executive Director,
Strategic Energy Institute at Georgia
Institute of Technology



▶ LIVE

온라인 생중계 병행
www.kimm.re.kr/forum

2



Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Abstract

Biographical Information

2011 ~ 현재	조지아텍 에너지전략연구소 소장
2018 ~ 현재	조지아텍 항공우주공학부 석좌교수
2011 ~ 2017	조지아텍 항공우주공학부 교수
1999 ~ 2011	조지아텍 항공우주공학과 조교수/부교수
1997 ~ 1999	Georgia Institute of Technology 박사(기계공학)
1995 ~ 1997	Georgia Institute of Technology 석사(기계공학)
~ 1995	Calvin College 학사(공학)

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

가스터빈은 빠르게 탈탄소화하며 발전하는 글로벌 에너지 믹스에서 핵심적인 역할을 수행할 것이다. 그러나 에너지 시스템에서 가스터빈의 가치는 연료 다양성의 확대와 전력망 내 급전 불가능한 재생에너지의 증가로 인해 더욱 성장할 것이다. 이에 따라, 미래 가스터빈 산업을 이끌 핵심 가치는 연료 유연성, 가동 유연성 및 효율에 의해 결정될 것이며, 해당 영역들은 제작사 및 다양한 미국 연방기관의 지원으로 수행되는 R&D를 주도하고 있다.

예를 들어, 연료 유연성은 수소, 암모니아 및 액체 바이오 연료의 사용이 증가함에 따라 발전해왔다. 또한 가동 유연성은 확정적이고 급전 가능한 전력이 감소하고, 탈탄소화되는 전력망의 간헐적 공급이 증대되면서 발전하였다. 일례로, 가스터빈은 연료 형태로 저장된 장기 에너지를 전기 및 축동력으로 변환하는 다양한 수단 중 하나가 될 것이다. 그러나 이는 시간당 전력균형뿐만 아니라, 플로우 배터리 및 양수발전과 같이 월별 · 분기별 균형을 요구하는 장기 에너지 저장 접근 방식과도 경쟁하게 될 것이다.

마지막으로 효율등급은 다른 경쟁방식과 비교하여 연료 기반 에너지 대체의 비용에 직접적인 영향을 미칠 것이다. 이러한 각각의 영역들은 연소, 압축기 공기역학, 터빈 열전달, 시스템 다이내믹스와 제어, 데이터 및 물리 기반 모두에 기반을 둔 디지털 트윈 활용 등의 연구개발을 주도하고 있다.

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Tim Lieuwen

Regents' Professor and David S. Lewis, Jr., Chair

Executive Director, Strategic Energy Institute

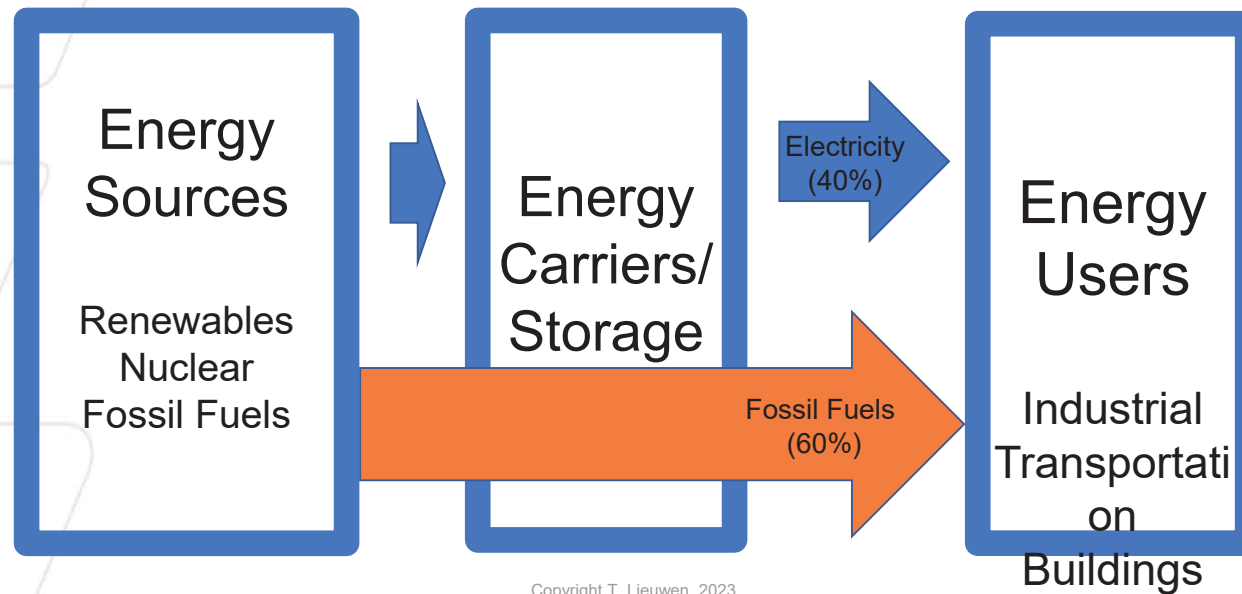


US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

US Energy System



Copyright T. Lieuwen, 2023

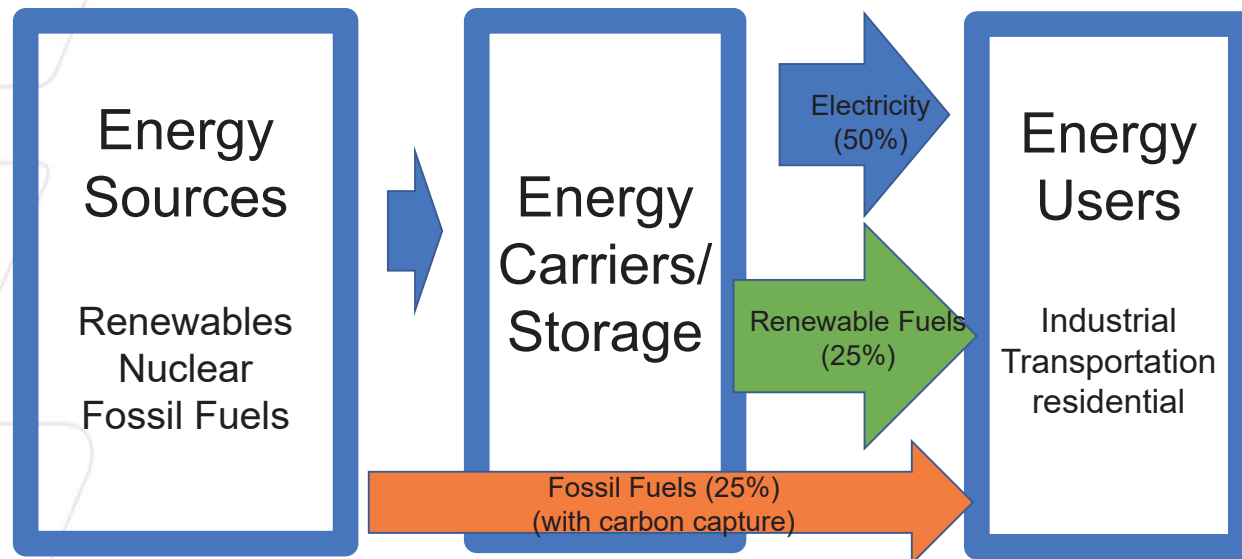


US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

US Energy System - What will the net-zero CO₂ system look like?



Copyright T. Lieuwen, 2023
*Source: Jesse Jenkins,
Princeton University*



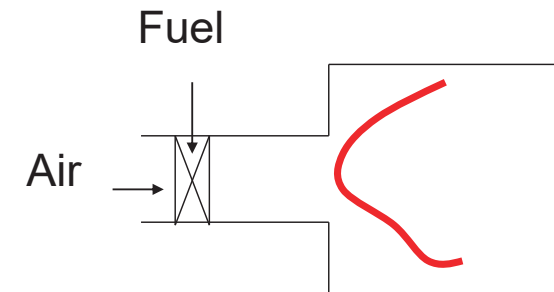
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Overview of R&D Work

- **Cycle innovations**
 - Oxyfuel - Allam, etc.
 - Air breathing - Efficiency
 - Carbon capture
- **Combustor:**
 - Operability
 - Pollutant emissions
 - Fuel flexibility
 - Turndown
- **Turbine**
 - Increasing TIT, life



Copyright T. Lieuwen, 2023



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

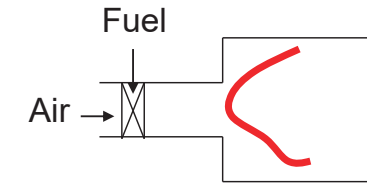
Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Premixed vs Non-Premixed Flames

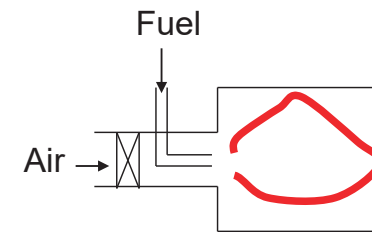
• Premixed flames

- Mixture stoichiometry at flame can be controlled
- Method used in low NO_x gas turbines



• Non-premixed flames

- Fuel and air separately introduced into combustor
- Mixture burns at $\phi = 1$
 - i.e., stoichiometry cannot be controlled
 - Hot flame, produces lots of NO_x and soot (if burning a hydrocarbon)



Copyright T. Lieuwen, 2023



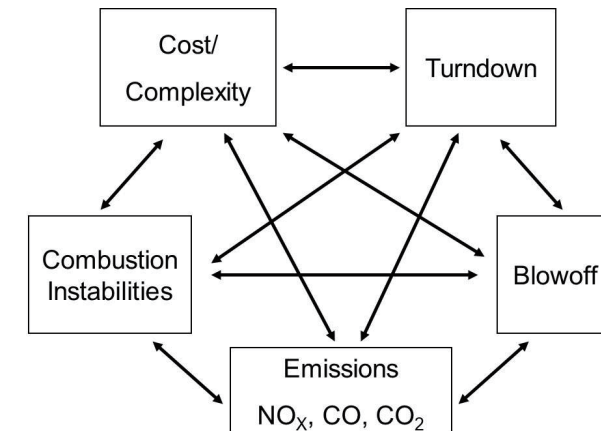
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustor/Fuel Interactions

- **Operability:**
 - Blowout ("static stability")
 - Flashback and autoignition
 - Combustion Instability ("dynamic stability")



• Pollutant Emissions

Copyright T. Lieuwen, 2023



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustor/Fuel Interactions

- Operability:
 - Blowout ("static stability")
 - Flashback and autoignition
 - Combustion Instability ("dynamic stability")
- Pollutant Emissions
- Fuel Flexibility
 - $H_2/CH_4/NH_3$ blending

Copyright T. Lieuwen, 2023



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Blowoff

- Low NO_x /high velocity/low pressure make flame stabilization more problematic



NERC
NORTH AMERICAN ELECTRIC
RELIABILITY CORPORATION



**Industry
Advisory**
June 26,
2008

Background:

On Tuesday February 26th, 2008, the FRCC Bulk Power System experienced a system disturbance initiated by a 138 kV transmission system fault that remained on the system for approximately 1.7 seconds. The fault and subsequent delayed clearing led to the loss of approximately 2,300 MW of load concentrated in South Florida along with the loss of approximately 4,300 MW of generation within the Region. Approximately 2,200 MW of under-frequency load shedding subsequently operated and was scattered across the peninsular part of Florida.

Indications are that six combustion turbine (CT) generators within the Region that were operating in a lean-burn mode (used for reducing emissions) tripped offline as result of a phenomenon known as "turbine combustor lean blowout." As the CT generators accelerated in response to the frequency excursion, the direct-coupled turbine compressors forced more air into their associated combustion chambers at the same time as the governor speed control function reduced fuel input in response to the increase in speed. This resulted in what is known as a CT "blowout," or loss of flame, causing the units to trip offline.

Copyright T. Lieuwen, 2023



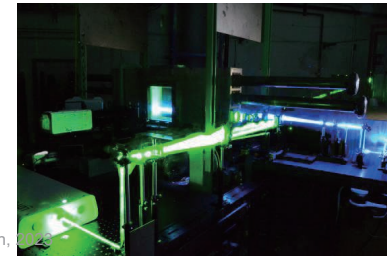
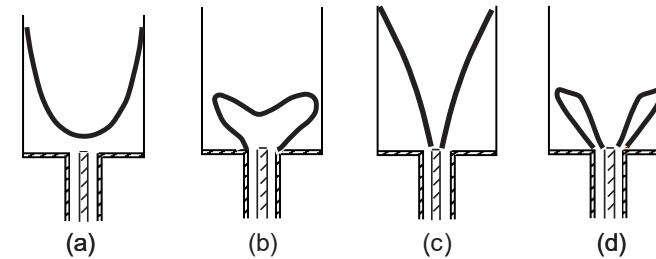
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Flame Stabilization and Blowoff

- Flame shapes controlled by local flame stabilization phenomenon
 - Controls combustion instability, heat loading, etc.



Copyright T. Lieuwen, 2015

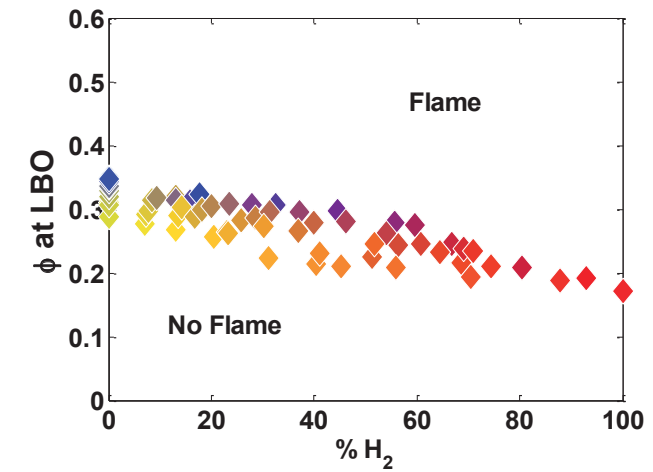
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Blowoff

- H_2 addition significantly extends blowoff limits



Copyright T. Lieuwen, 2023



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustor/Fuel Interactions

- Operability:
 - Blowout ("static stability")
 - Flashback and autoignition
 - Combustion Instability ("dynamic stability")
- Pollutant Emissions

Copyright T. Lieuwen, 2023



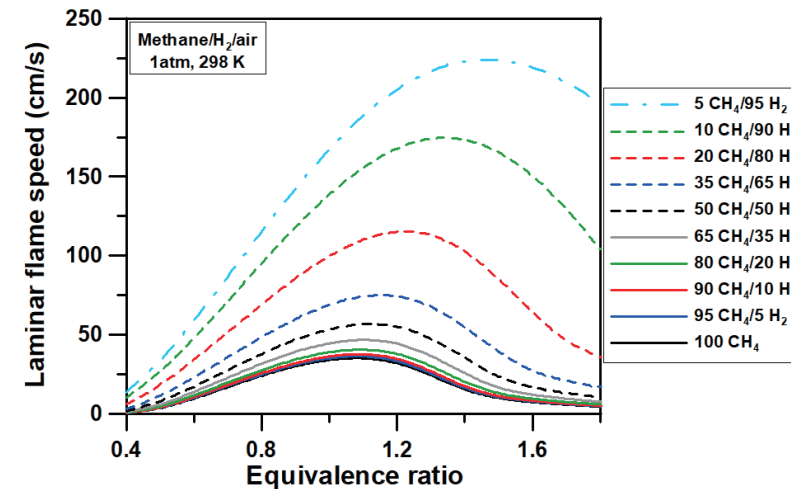
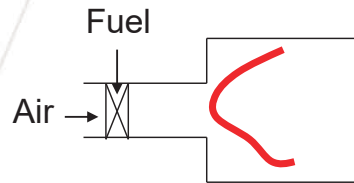
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Flashback

- Upstream propagation of a premixed flame into a region not designed for the flame to exist
- Several mechanisms exist for this to happen



Pressure of 1 atm and initial temperature of 298 K. Data
courtesy of E. Petersen and Mathieu
Copyright T. Lieuwen, 2023

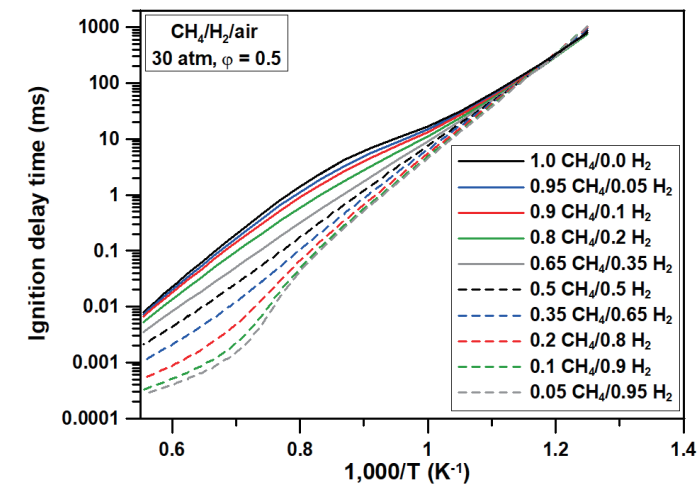
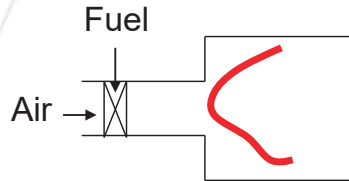
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Autoignition

- Spontaneous ignition of mixture in upstream region not designed for the flame to exist
 - Occurs when autoignition time is shorter than premixer residence time



Equivalence ratio of 0.5 and pressure of 30 atm
Copyright T. Lieuwen, 2025
Courtesy of E. Peterson and Mathieu

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustor/Fuel Interactions

- Operability:
 - Blowout ("static stability")
 - Flashback and autoignition
 - Combustion Instability ("dynamic stability")
- Pollutant Emissions

Copyright T. Lieuwen, 2023



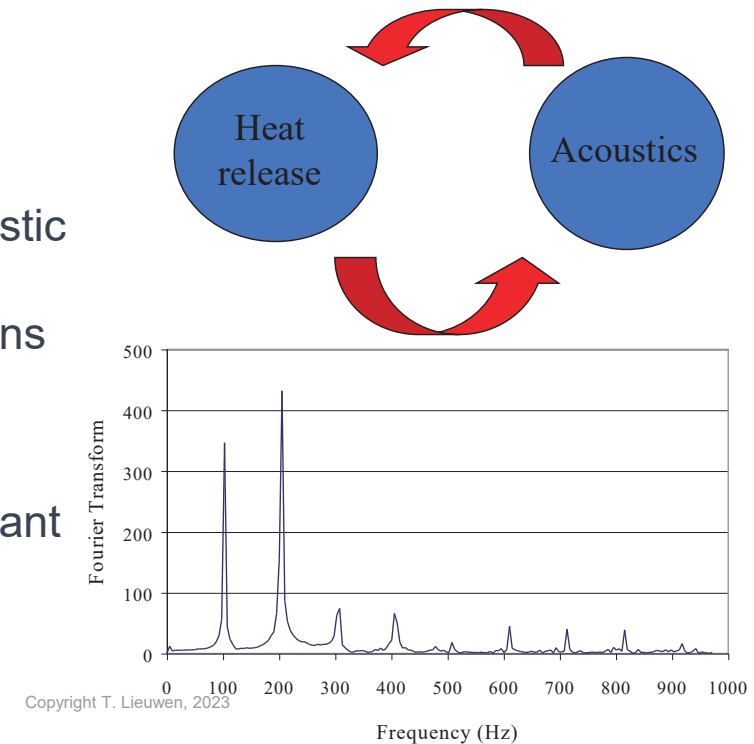
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Basic Feedback Cycle

- Large amplitude acoustic oscillations driven by heat release oscillations
- Oscillations occur at specific frequencies, associated with resonant modes of combustor



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

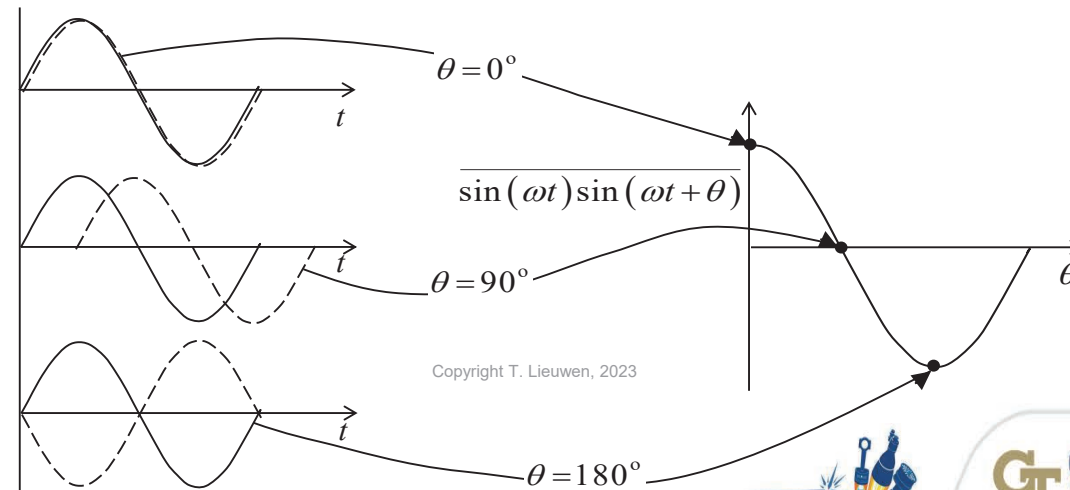
미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Rayleigh Criterion and Combustion Amplification of Sound

• Combustion source term: $\Phi_{\Lambda} = \frac{(\gamma - 1)}{\gamma p_0} p_1 \dot{q}_1$

- Time average of product of two fluctuating quantities depends on phasing

$$\overline{\sin(\omega t) \sin(\omega t + \theta)} = \frac{1}{2} \cos \theta$$



Copyright T. Lieuwen, 2023



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

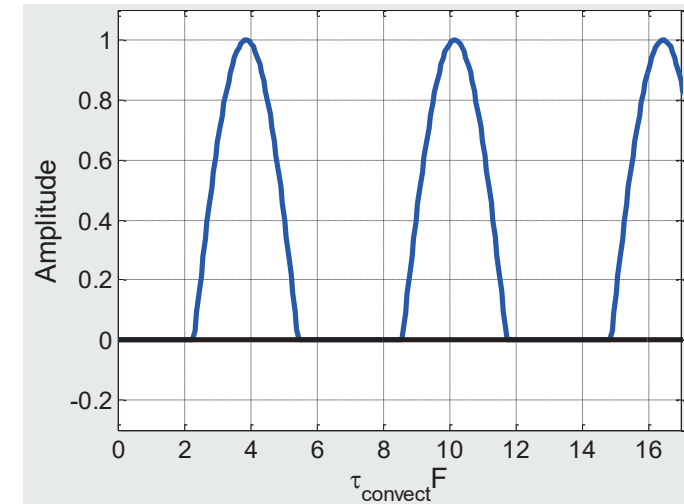
Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustion instabilities do not exhibit monotonic dependence upon fuel or operating conditions

• Instabilities can occur when:

- $\cos(t_{\text{convect}} F) > 0$
 - t_{convect} = time required for mixture to convect from fuel injection point to flame
 - F = natural combustor frequency



Copyright T. Lieuwen, 2023

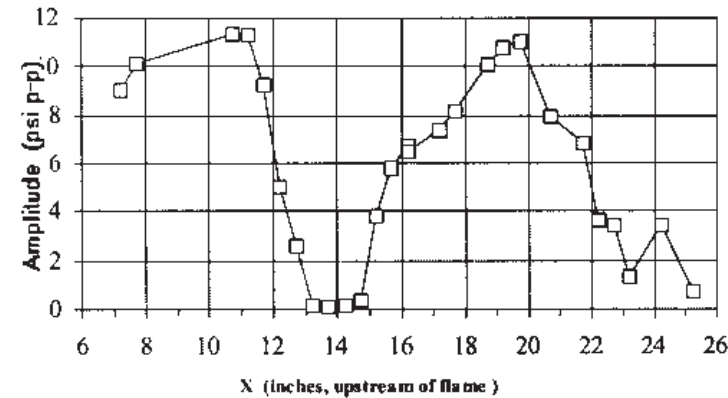


US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Example: Fuel Injector Location



- Similar examples for combustor length, fuel/air ratio, H2 fraction in fuel, etc.

Copyright T. Lieuwen, 2023

From Lovett, J., and Uznanski, K., *Prediction of Combustion Dynamics in a Staged Premixed Combustor*, ASME Paper # 2002-GT-30646



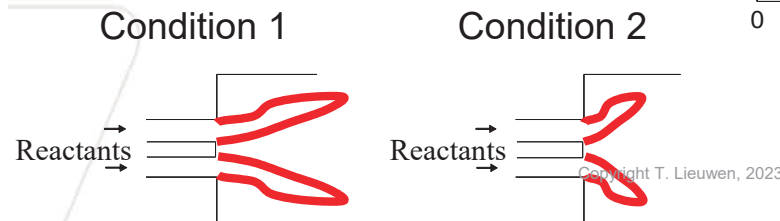
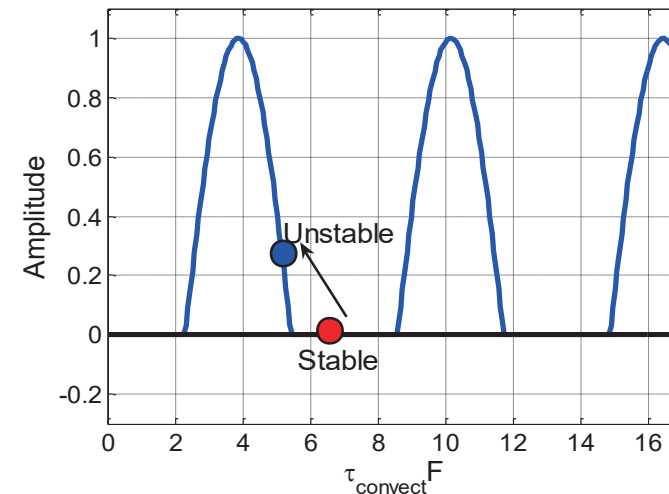
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Example: H₂ addition to Natural Gas

- Key effect of H₂ on dynamics is through alteration of flame shape/location



Example where dynamics
made worse



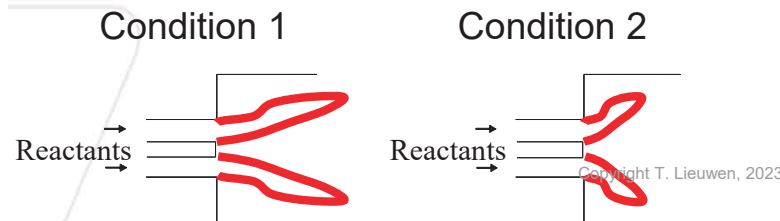
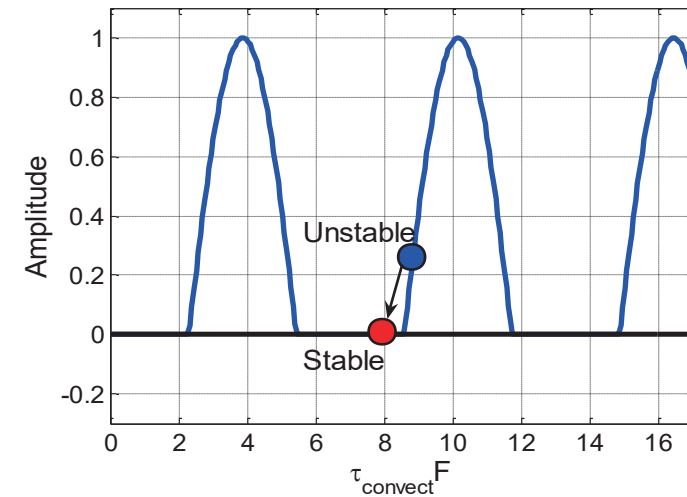
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Example: H_2 addition to Natural Gas

- Key effect of H_2 on dynamics is through alteration of flame shape/location
- Cannot make definitive comments on whether dynamics will be "better" or "worse" with H_2 , except for near LBO dynamics



Example where dynamics
made better

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Combustor/Fuel Interactions

- Operability:
 - Blowout ("static stability")
 - Flashback and autoignition
 - Combustion Instability ("dynamic stability")
- Pollutant Emissions
 - NO_x
 - CO
 - Soot/particulates
 - SO_x

Copyright T. Lieuwen, 2023



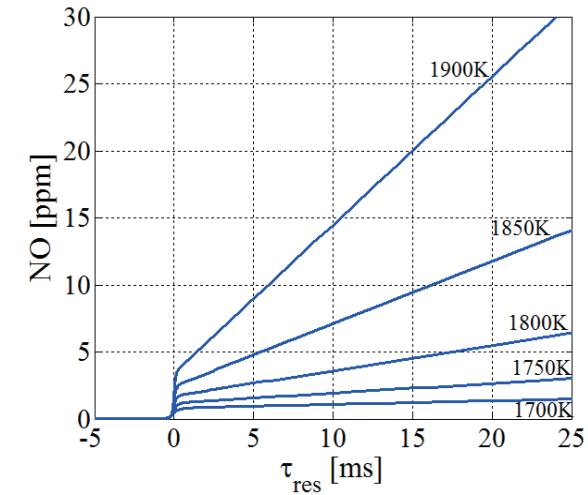
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

NOx Emissions – Basic Considerations

- Heating up air ($N_2 + O_2$) leads to NO production, even from 100% renewable fuels
- Hydrogen addition changes:
 - NOx production pathways
 - Sensitivity to mixedness
 - Sensitivity to turbulence



Copyright T. Lieuwen, 2023



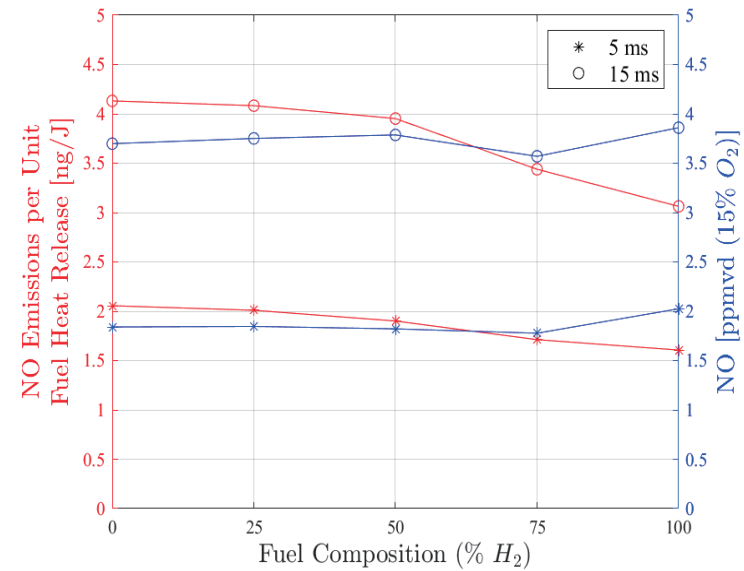
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

H_2/CH_4 Sensitivity in Premixed Limit

- Need for validated mechanisms



$p = 20 \text{ bar}$, $T_{in} = 800K$, $T_{ad} = 1800K$



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

NH  Work



US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Introduction

- Ammonia (NH_3) is being investigated as a possible carbon-free alternative energy source
 - Fuel-bound nitrogen introduces added NO_x penalty
- Staged combustion is a strategy employed to help reduce NO_x emission
 - Natural gas systems use lean primary stage with secondary fuel injection and short second stage that consumes all the fuel
 - RQL (Rich-Quench-Lean) used in systems with high turndown and fuel-bound nitrogen
 - Previous studies¹ have observed emissions as low as 1 ppm NO_x emissions, however, specific operating conditions and minimum achievable NO_x is unknown
 - Previous studies² also showed large amounts of H_2 produced in rich ammonia flames (over 1000 ppm)

Copyright T. Lieuwen, 2023

¹R.C. Rocha, M. Costa, X.-S. Bai, Combustion and Emission Characteristics of Ammonia under Conditions Relevant to Modern Gas Turbines, Combustion Science and Technology 193 (2021) 2514-2533.

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Background Question:

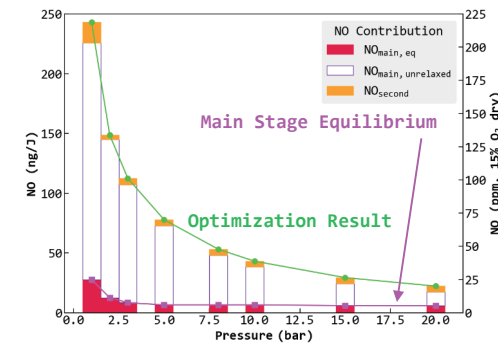
- A useful benchmark:
 - What is the theoretical minimum possible NO and N₂O emissions from ammonia combustion?
- What do combustors optimized for ammonia look like?

Copyright T. Lieuwen, 2023

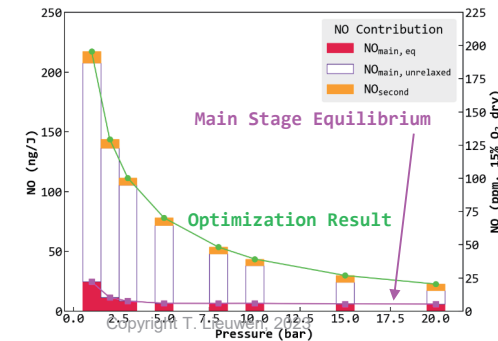
US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Combustor Pressure Sensitivities

- High pressure allows main stage to approach equilibrium faster, decreasing $\text{NO}_{\text{main,unrelaxed}}$ and overall NO emission
 - As low as 10 ng/J (10 ppm) NO emission achievable
- Bigger discrepancy in NO emissions at lower pressures between temperature conditions



(a) $T_{\text{exit}} = 1750 \text{ K}$



(b) $T_{\text{exit}} = 1900 \text{ K}$

Minimum NO for varying combustor pressure at (a)

$$\Phi_{\text{global}} = \frac{\text{NO}_{\text{main,eq}}}{\text{NO}_{\text{main,unrelaxed}}} \quad (b)$$

$$\Phi_{\text{global}} = \frac{\text{NO}_{\text{main,eq}}}{\text{NO}_{\text{main,unrelaxed}}} \quad (T_{\text{global}} = 1750 \text{ K})$$

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

US Gas Turbine R&D Operability, Emissions, Efficiency

Prof. Dr. Timothy Lieuwen

미국 조지아공과대학교(조지아텍),
에너지전략연구소 소장
Regents' Professor/
Executive Director,
Strategic Energy Institute at
Georgia Institute of Technology

Overview of US R&D Work

- **Cycle innovations**
 - Oxyfuel - Allam, etc.
 - Air breathing - Efficiency
 - Carbon capture
- **Combustor:**
 - Operability
 - Pollutant emissions, including optimized designs for ammonia
 - Fuel flexibility
 - Turndown
- **Turbine**
 - Increasing TIT, life

Copyright T. Lieuwen, 2023

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

발표세션

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



▶ LIVE

온라인 생중계 병행
www.kimm.re.kr/forum

3



박상진

한국기계연구원 원장

Abstract

Biographical Information

2020 ~ 현재	한국기계연구원 원장
2014 ~ 현재	대한기계학회 플랜트부문 부회장, 고문
2011 ~ 2013	지식경제부 플랜트엔지니어링PD
2008 ~ 현재	한국담수화플랜트협회 부회장
1992 ~ 1996	서울대학교 박사(기계공학)
1990 ~ 1992	서울대학교 석사(기계공학)
1986 ~ 1990	서울대학교 학사(기계공학)

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

글로벌 기술패권 시대에 경제 안보와 기술 주권 확보가 더욱 중요해지고 있다.

우리나라 정부도 12대 분야 50대 세부 중점기술을 국가전략기술로 선정하고, 이를 육성하기 위한 다양한 정책과 제도적 기반 구축을 공고히 하고 있다. 국가전략기술 확보를 위한 전방위적인 노력이 필요한 시점에서 산업 경쟁력의 요체인 기계기술의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

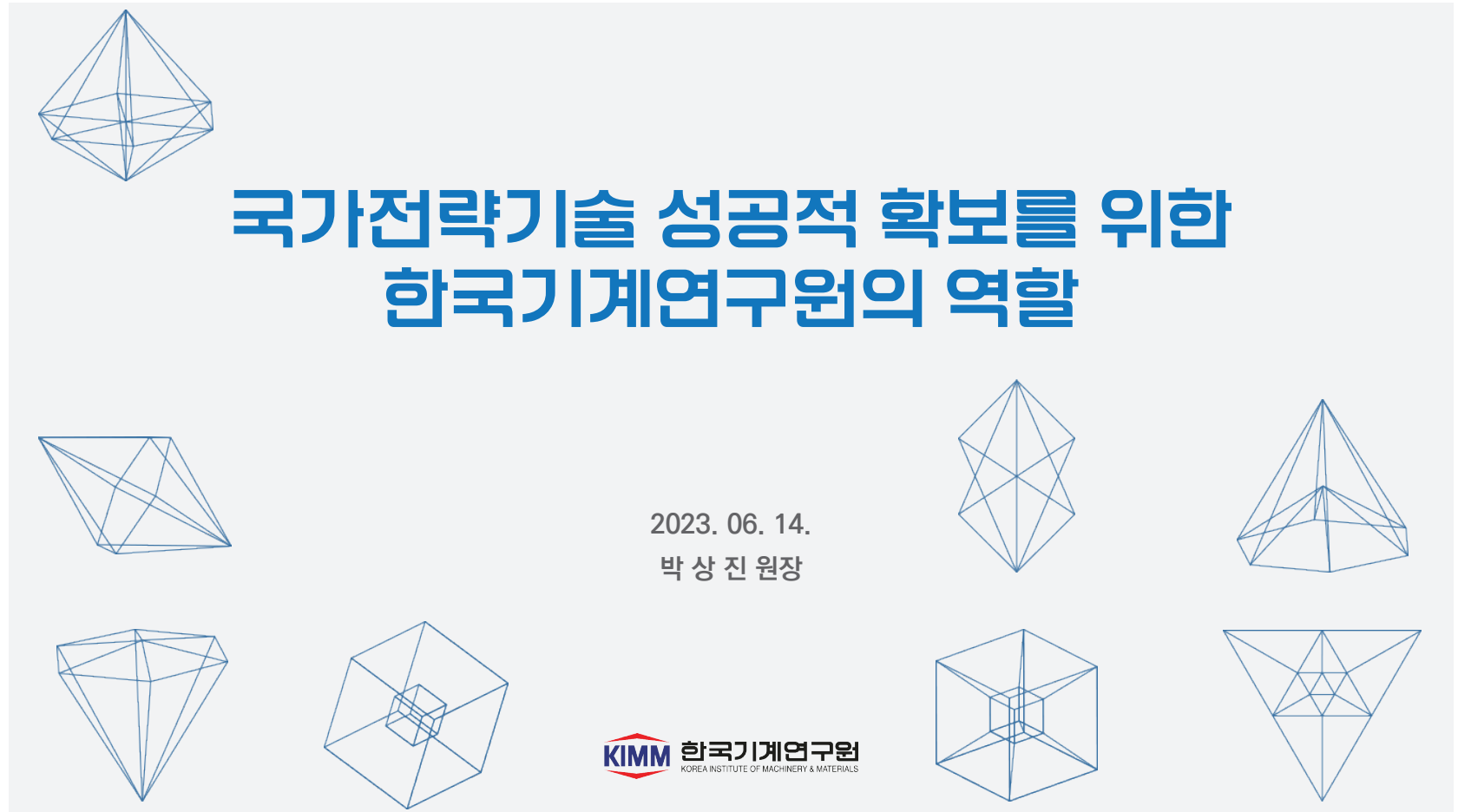
한국기계연구원도 디지털 전환, 탄소중립 등 글로벌 패러다임 변화 초입부터 국가의 핵심 성장 동인으로 작용할 육성 분야와 로드맵을 2019년부터 수립하여 점검해오고 있으며, 최근 발표한 정부의 12대 국가전략기술과 그 맥락을 같이 하고 있다.

본 발표에서는 한국기계연구원이 준비한 ‘2050년 기계가 그리는 미래(KIMM2050)’ 소개를 통해 미래 청사진을 제시 하고, 국가전략기술의 성공을 위해 기계기술이 어떻게 기여할 것인지 말하고자 한다. 나아가, 국가연구소로서 한국 기계연구원의 역할과 임무 달성을 위한 장기적인 연구 추진 방향을 공유하고자 한다.

국가전략기술
성공적 확보를 위한
한국기계연구원의
역할

박상진

한국기계연구원 원장



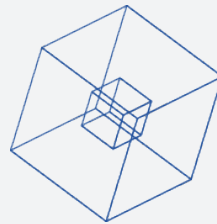
국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

2023. 06. 14.
박 상 진 원장

KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

목 차



01. 기술주권시대와 기계산업의 중요성

- 기술주권 시대로 전환, 기계산업은 기술주권의 경쟁지표

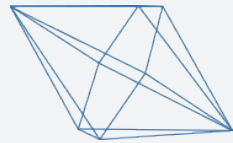
02. 국가전략기술 대응 기계기술의 역할 변화

- 국가전략기술 소개 및 기계기술의 역할

03. 한국기계연구원의 대응 전략

- 미래 유망 아이템(KIMM2050) 소개 및 연구원의 육성 방향

국가전략기술
성공적 확보를 위한
한국기계연구원의
역할



01. 기술주권시대와 기계산업의 중요성

• 기술주권 시대로 전환, 기계산업은 기술주권의 경쟁지표

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할






기술주권 시대로 전환

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ ‘과학기술’이 외교, 안보, 국제질서를 좌우하는 시대

- QUAD, IPEF(인도태평양경제프레임워크) 등 글로벌 경제안보체제도 첨단기술을 핵심 의제화
- 인플레이션감축법(IRA, 미), 반도체지원법(CSA, 미), 미국 기업(반도체, 방산, 전기차) 제제(중), 수출제한기술목록 개정(중) 등 신산업·신기술 분야 강대국 중심 자국주의, 무역분쟁 심화

 미국	 중국	 일본
<ul style="list-style-type: none"> ☑ ‘반도체 과학법’ 제정(‘22.8.), 10개 핵심기술 선정 ☑ ‘5년간 반도체 70조 투자 및 AI, 양자 등 핵심기술 260조 투자 ☑ 중요부상기술(CETs) 20개 지정(‘22.2.) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 과학기술 자립자강 국가목표 수립, 7대 기술, 8대 산업 집중 육성 ☑ ‘디지털 실크로드’ 추진 ☑ 수출관리법(‘20.12.) 제정 및 수출제한 기술목록 강화 개정(‘22.) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 경제안보상 신설(‘21.10.) ☑ ‘경제안보법’ 제정(‘22.5.) 및 경제안보기금 조성 ☑ 특정중요기술 27개 및 특정중요물자 11품목 선정(‘22.11.)

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



기계산업은 강대국형 산업, 기술주권의 결정지표

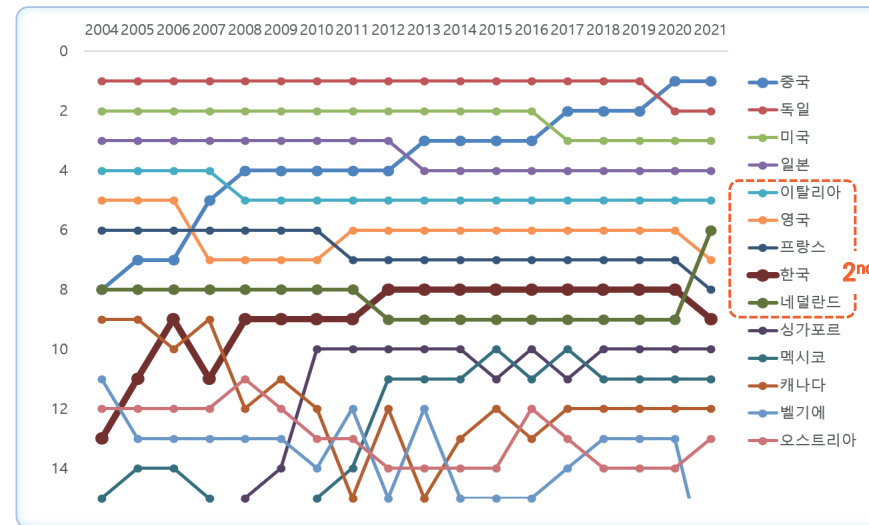
인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 일반기계산업은 선도국이 수십 년 동안 순위 변화가 크게 없는 강대국, 선진국 주도의 산업

– 수십 년 동안 중국, 미국, 일본, EU의 수출 시장점유율이 70% 이상 유지('21년 73%)

* 특이사례 1 중국 : 내수 공업화에 기반한 규모의 경제를 위시하여 세계 1위로 부상('20년 이후 1위 등극)

* 특이사례 2 네덜란드 : '21년에 반도체 장비 수출 30% 증가하며, 동 시장 M/S 33% 기록(ASML의 EUV 효과)



TOP 10('21.)	2019	2021
중국	12.9	15.5
독일	14.5	13.5
미국	10.0	9.3
일본	7.9	8.1
이탈리아	6.1	5.8
네덜란드	3.0	3.9
영국	3.9	3.5
프랑스	3.8	3.3
한국	3.5	3.2
싱가포르	2.3	3.1
M/S (계,%)	67.9	69.2

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



기계산업과 국가 위상

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관

KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

일반기계수출비중(2021)	순위	국가브랜드가치(2021)*
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

* 출처: "Nation Brands 2021", Brand Finance

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



기계산업의 중요성

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 기계산업은 주요 산업의 자본재를 공급하는 Mother Industry

핵심 기반산업 장기/대규모 투자·국가산업의 위상 결정

– 독·미·일 3국은 완제품 주도권 이동에도 불구하고 수십 년간 최상위 경쟁력 고수

* 주요국 장비·설비산업 수출 비중: 日 19.9%, 獨 17.1%, 美 12.4%, 韓 10.8%, 中 8.0%

* 완제품 주도권 이동 사례(가전): 미국(GE) → 독일(밀레, 지멘스) → 일본(소니, 파나소닉) → 한국(LG, 삼성) → 중국(메이디, 하이얼 등)

01.

전략 공급망 고부가 신산업 선점/공급망 규제로 전략 무기화

– 미·중 무역분쟁, 일본 수출규제 등 선도국 첨단 제조업 견제를 위해 반도체 장비, 정밀가공장비 등의 수출을 제한

– 기계산업 경쟁력을 보유한 국가가 새로운 패러다임의 제품을 선점하고, 후발주자에 진입장벽 형성

* 예시: 반도체·디스플레이장비 산업, 로봇 산업 등

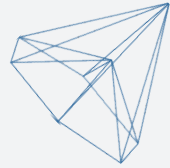
02.

일자리 산업 고용 창출 효과가 높은 일자리 산업

– 국내 일반기계 주요 기업은 시총 상위 10대 기업과 비교 시, 고용 수준 4배, 고용유발계수는 6.2(제조업 평균: 4.7)

03.

국가전략기술
성공적 확보를 위한
한국기계연구원의
역할



02. 국가전략기술 대응 기계기술의 역할 변화

• 국가전략기술 소개 및 기계기술의 역할

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

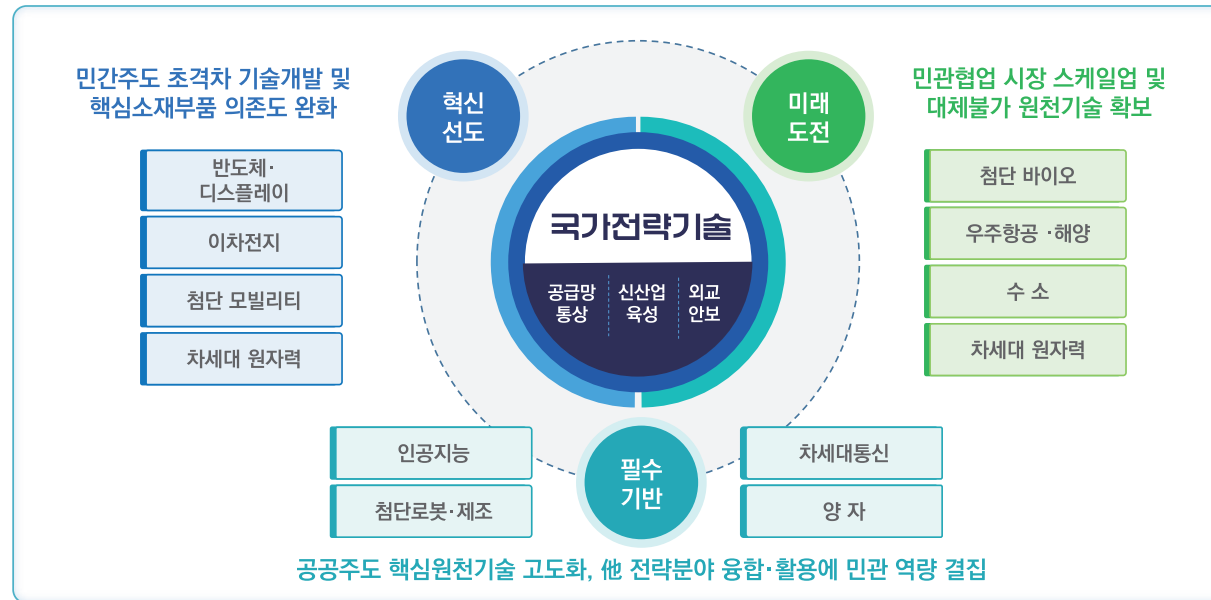
한국기계연구원 원장



국가전략기술 선정 및 육성

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

- ▶ 우리 정부는 12대 국가전략기술 50대 세부 중점기술을 선정하고 육성 정책을 발표('22.10.)
 - 12대 국가전략기술 중심 5년간 25조원 R&D 투자
 - 5년 내 최고 기술선도국 대비 기술 수준을 90% 이상 달성 목표



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



기계기술은 국가전략기술의 요체

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관

KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 50대 세부 중점기술(12대 국가전략기술) 중 약 2/3 (34개)이 기계기술 혁신 필요

기계기술 혁신과 강한 수준 연관

기계기술 혁신과 중간 수준 연관

8대분야 21개 세부기술

혁신 선도	반도체·디스플레이	이차전지	첨단 모빌리티	차세대 원자력
	고집적·저항기반 메모리 고성능·저전력 인공지능 반도체 전력반도체 반도체 첨단패키징 차세대 고성능 센서 프리폴 디스플레이 무기발광 디스플레이 반도체·디스플레이 소재·부품·장비	리튬이온전지 및 핵심소재 차세대 이차전지 소재셀 이차전지 모듈시스템 이차전지 재사용·재활용	자율주행시스템 수소전기차 도심항공교통(UAM)	소형모듈원자로(SMR) 선진원자력시스템·폐기물관리
미래 도전	첨단 바이오	우주항공·해양	수소	사이버 보안
	합성 생물학 감염병 백신·치료 유전자·세포치료 디지털 헬스데이터 분석·활용	대형 다단연소사이클 엔진 우주관측 센싱 달착륙·표면탐사 첨단 항공가스터빈 엔진·부품 해양자원탐사	수전해 수소생산 수소 저장·운송 수소연료전지 및 발전	데이터·AI 보안 디지털 취약점 분석·대응 네트워크·클라우드 보안 산업·가상융합 보안
필수 기반	인공지능	차세대 통신	첨단로봇·제조	양자
	효율적 학습 및 AI인프라 고도화 첨단 AI모델링·의사결정 안전·신뢰 AI 산업 활용·혁신AI	5G 고도화(5G-Adv) 6G 오픈랜(Open-RAN) 5G-6G 고효율 통신 부품 5G-6G 위성통신	로봇 정밀제어·구동 부품SW 로봇 자율이동 고난도 자율조작 인간·로봇 상호작용 가상제조	양자컴퓨팅 양자통신 양자센싱

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



조선업 기반 기술로서 기계기술의 역할 변화

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

과거

선진기술의 내재화 주력산업 경쟁력 강화

- 선도 기계기술 국산화 중심 기술 로드맵 제시
- 고정밀, 고내구성 등 기계기술 기본 성능 강화
- 주력 산업의 국산화 중심 공정·장비 개발 및 기술지원
- 산업기술 보안, 자체 내재화

현재

민간·산업의 기술 해결 기계 기술 혁신

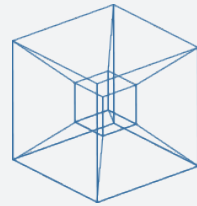
- 기본 성능 고도화 중심 유망 기술 제시
- 초정밀, 고신뢰 등 기계기술 기본 성능 경쟁력 지속 강화
- 성숙 산업의 생산성 중심 공정·장비 원천기술 확보
- 기계 업체 간의 협력 및 혁신

미래

미래 유망기술 선도 국가전략기술 혁신

- 패러다임 변화 선도를 위한 미래 유망 기술 제시
- 기본 성능 고도화 + 융합 플랫폼 기술 접목 + 새로운 기능·응용분야 확장
- 신개념 공정·장비 개발 및 신산업 전주기 인프라 구축
- 이종산업 업체와 긴밀한 혁신 요구

국가전략기술
성공적 확보를 위한
한국기계연구원의
역할



03. 한국기계연구원의 대응 전략

- 미래 유망 아이템(KIMM2050) 및 미래사회 모습 소개, 연구원 대응 방향

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

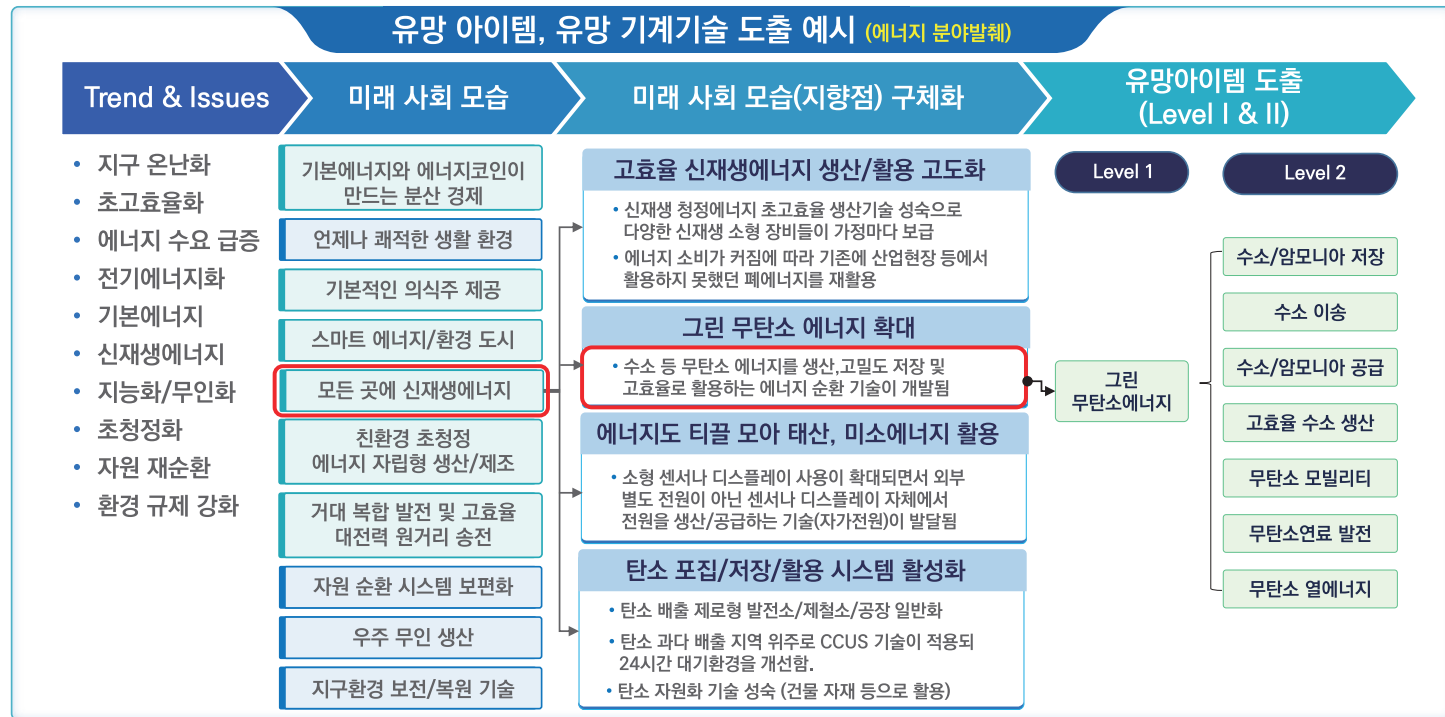
한국기계연구원 원장



KIMM 2050 : 유망 아이템 도출

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ '20년부터 미래 기술기획팀(KIMM2050팀)을 구성 → 미래사회 모습 탐색을 기반으로 유망 아이템 도출



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



KIMM 2050 : 국가전략기술과의 연계성

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 연구원이 집중 육성하는 유망 아이템 기계기술은 '12대 국가전략기술'의 핵심 동인/기반 역할



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



[참고] KIMM 2050 : 연구원의 세부 육성 방향(1/4)

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 국가전략기술 중 8대 분야 21개 중점기술에 대해 핵심 기술 목표를 설정하여 육성 중

반도체·디스플레이

반도체 첨단패키징

중점 육성 기술

- 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 장비 핵심 기술
- 반도체 전공정 Scale-down 비용 증가 한계 극복 기술
- 고성능 3D SOC 시스템 반도체 패키징 스택 검사 장비 기술

Free-form 디스플레이

중점 육성 기술

- Micro-LED 기반 프리 폼 디스플레이 공정 장비 기술 (제로 결함 공정장비 원천 기술 개발)

무기발광 디스플레이

중점 육성 기술

- 다품종 소량생산 무기발광 디스플레이용 다기능성 구현 원천 공정 장비 기술 (컬러 200PPI급, 투명도 70% 구현)

반도체·디스플레이 소재·부품장비

중점 육성 기술

- Adaptive Align Lithography 공정 및 장비 기술
- 20nm급 나노부품 일괄 생산 인라인 공정·장비·응용 기술

이차전지

리튬이온전지 및 핵심소재

중점 육성 기술

- 리튬이차전지 기능화 및 고도화를 위한 제조 공정 및 장비 기술
- 음극 소재 제조 기술 및 R2R 연속 코팅 및 건조 공정 기술

리튬이온전지 및 핵심소재

중점 육성 기술

- 리튬이차전지 양극 건식전극 대면적 제조 기술
- 레이저 가공 공정 예측/진단을 위한 레이저 유도 초음파 측정 기술

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



[참고] KIMM 2050 : 연구원의 세부 육성 방향(2/4)

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 국가전략기술 중 8대 분야 21개 중점기술에 대해 핵심 기술 목표를 설정하여 육성 중

첨단모빌리티

수소·전기차

중점 육성 기술

- 소형 모빌리티 구동 전원용 kW급 저귀금속 음이온 교환막 연료전지 스택 및 시스템 기술
- 30,000 RPM 이상의 초고속 구동모터 및 요소부품 소재 및 시스템 기술

도심항공교통(UAM)

중점 육성 기술

- 비출력 3.0 kW/kg 이상의 UAM용 기어-모터 통합모듈 개발
- 고신뢰성 확보를 위한 다중화 구조의 동력전달장치 개발

차세대원자력

소형모듈원자로(SMR)

중점 육성 기술

- SMR 소부장 혁신 설계·제작·검증 기술
- 4세대 SMR(MSR, VHTR) 유체기기 기본설계 및 제작 기술

선진원자력시스템·폐기물관리

중점 육성 기술

- 중수로 칼란드리아절단 및 열수송 계통 제어 기술
- 레이저 절단/해체 기술의 고도화 및 실증

첨단바이오

유전자·세포 치료

중점 육성 기술

- 면역기능 강화 세포의 고효율 대량제조 공정 및 시스템 개발
- 3D 바이오프린팅 기반 대량생산 및 재현성 확보 생체모사 칩 개발

디지털 헬스데이터 분석·활용

중점 육성 기술

- 디지털 헬스데이터 수집시스템 기반 메디컬 트윈 기술
- 메디컬 트윈 구축을 위한 체내외 정적/동적 생체 데이터 가공 기술

국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



[참고] KIMM 2050 : 연구원의 세부 육성 방향(3/4)

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 연구원은 국가전략기술 중 8대 분야 21개 중점기술에 대해 핵심 기술 목표를 설정하여 육성 중

첨단로봇제조

로봇 정밀제어·구동 부품·SW

중점 육성 기술

- 옷감형 직조 유연구동기를 적용한 소프트 웨어러블 로봇 기술
- 실시간 인간의도인식센서 및 인공지능 기반 이동 조작제어 기술

고난도 자율조작

중점 육성 기술

- 스마트 로봇 작업자(Robot Worker) 기술
- 다중 커넥트 조립체의 로봇활용 파지 핸들링 및 고속 고정밀 조립기술

가상제조

중점 육성 기술

- 유연기판기반 연속제조공정/장비 가상제조 플랫폼 기술
- 스마트 센싱과 융합한 자율운전 가능 디지털 제조장비 기술

로봇 자율이동

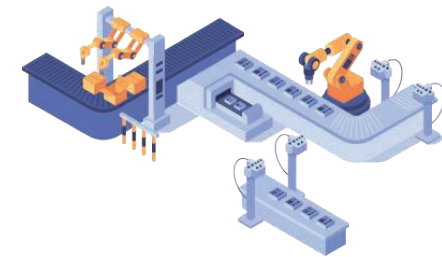
중점 육성 기술

- 실내 레벨3 자율주행 이동지원을 위한 간이탑승형 로봇시스템 기술
- 자율성 공유제어 및 자율작업 전환을 위한 AI원천기술 개발

인간-로봇 상호작용

중점 육성 기술

- 인간-로봇 상호작용 향상을 위한 AR 디스플레이 기술
- 생체모방 감각구현 및 융합기술 기반 인간-로봇 상호작용 기술



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



[참고] KIMM 2050 : 연구원의 세부 육성 방향(4/4)

인류의 미래를 위해 도전하는 국민연구기관
KIMM 한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

▶ 연구원은 국가전략기술 중 8대 분야 21개 중점기술에 대해 핵심 기술 목표를 설정하여 육성 중

수소

수전해 수소생산

중점 육성 기술

- 원자력/재생에너지 고효율 저비용 수전해 시스템 기술
- 고효율 고온 수전해 시스템 개발을 위한 ESC 스택 기술

수소 저장·운송

중점 육성 기술

- 5톤/일급 수소액화플랜트 국산화 기술 개발 및 실증
- 1,000m3급 대용량 액체수소 저장탱크 기술

수소연료전지 및 발전

중점 육성 기술

- 암모니아 크래킹 가스터빈 복합발전 시스템 기술
- 고효율 순수소/암모니아 고온연료전지 발전 시스템 기술

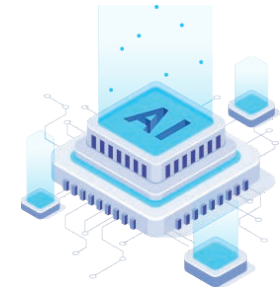


인공지능

안전·신뢰 AI, 산업활용 혁신 AI

중점 육성 기술

- 건전성 평가 및 예지보전 솔루션 기술
- 산업혁신을 위한 고품질 표준 학습데이터 플랫폼 구축



국가전략기술 성공적 확보를 위한 한국기계연구원의 역할

박상진

한국기계연구원 원장



2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

패널 토론

천정훈

미국 매사추세츠
공과대학교(MIT)
석좌교수

현동진

현대자동차
로보틱스랩장
상무

손정락

두산에너지빌리티
고문

박상진

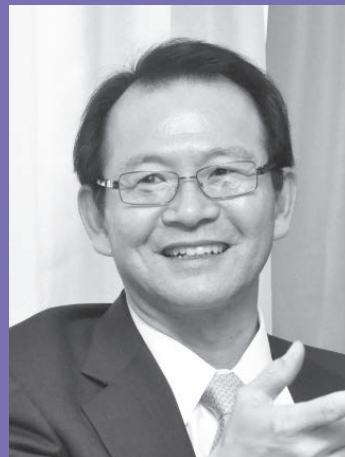
한국기계연구원
원장

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

패널 토론

Panel



천정훈

미국 매사추세츠
공과대학교(MIT)
석좌교수



현동진

현대자동차
로보틱스랩장
상무



손정락

두산에너지리티
고문



박상진

한국기계연구원
원장

10th FORUM

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과
기계기술

2023 글로벌 기계기술 포럼

국가전략기술과 기계기술

한국기계연구원 대외협력실

T. 042-868-7329 / E. san@kimm.re.kr / www.kimm.re.kr/forum

| 주최 |



이상민 조승래 의원



김영식 의원

| 후원 |



과학기술정보통신부
Ministry of Science and ICT



국가과학기술연구회
National Research Council of Science & Technology