

“

## 인공지능 & 로봇틱스

Artificial Intelligence & Robotics

”

KIC Europe은

과기정통부와 한국연구재단의 지원을 받아 기술기반  
우수강소기업의 유럽진출과 글로벌 기술사업화 등  
현지 전주기 밀착지원을 통해 한-EU 글로벌  
혁신허브로 발전하고자 활동하고 있습니다.

# KIC Europe Issue

인공지능 & 로보틱스 (Artificial Intelligence & Robotics)

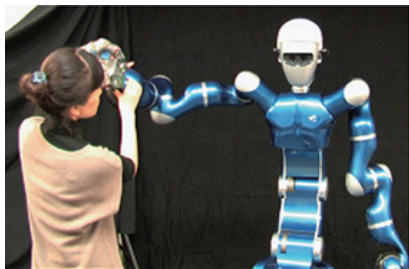
2021/12 Vol.06

Copyright(c)2020 KIC Europe All Rights Reserved  
 Charlottenstr. 18 10117 Berlin Germany  
 +49 (0)30 3551 2840, info@kiceurope.eu



### Interview

이창훈 법인장 인터뷰 사진



### Report

NAO의 모방을 통한 이족 보행 학습



### News

농업에 적용되고 있는 로보틱스와 데이터 기반 분석 기술 예시

## TABLE OF CONTENTS

### Interview

- 03 • 1. Prof. Dr. Antonio Krüger : 인공지능, 현재와 미래
- 06 • 2. Dr. Reinhard Lafrenz : 유럽 로봇 산업의 동향과 향후전망
- 09 • 3. Prof. Dr. Peter Sariin : 인공지능과 비즈니스
- 12 • 4. 이창훈 법인장 : 현대로보틱스와 유럽 로봇 시장 특성과 시사점
- 15 • 5. Mr. Matthias Notz : GE와 한국 스타트업의 미래 협력 전망

### Report

- 18 • 1. 시범을 통한 로봇 학습  
- 이동희 교수, 독일 뮌헨공대
- 23 • 2. AI 인공지능이 VR산업에 미치는 현황  
- 정형수 교수, 영국 맨체스터 메트로폴리탄 대학
- 33 • 3. 기후기술 이전 (Climate Technology Transfer) 혁신을 촉진하는 디지털화 (Digitalization) 전략  
- 이우진 박사, 덴마크 기후기술센터&네트워크(CTCN)
- 43 • 4. 로봇매니퓰레이터를 위한 인공지능 연구의 트렌드 및 과제  
- 김승수 박사, 프랑스 네이버랩스유럽
- 48 • 5. 촉각의 인공지능: 햅틱 기술의 현재와 미래  
- 남세광 연구원, 독일 막스플랑크 연구소 인텔리전트 시스템즈

### News

- 54 • 1. EU 농업과 첨단 기술의 융합
- 55 • 2. 제 1회 RAMI(점검 및 관리용) 로봇 대회 개최
- 55 • 3. 데이터 기반 화물 ETA 모델 적용을 통한 프랑스 항구 운영 효율화 제고
- 56 • 4. EU 지침 개정을 통한 로봇, 인공지능과 인간의 협업 가능성 확대
- 57 • 5. 글로벌 시장 내 EU의 AI 경쟁력 강화 중요성 대두
- 58 • 6. 지멘스와 DB의 협력을 통한 함부르크 시 100% 무인 자동화 열차 도입
- 59 • 7. AUV의 도입을 통한 프랑스 해양 데이터 분석 역량 강화
- 59 • 8. 머큐리 프로젝트를 통한 영국군 미래 전투 기술 육성 전략
- 60 • 9. 독일 생명공학 분야의 로봇 기술 도입 프로젝트
- 61 • 10. 독일의 인공지능을 활용한 천연 활성 물질 분석 시스템 COSMIC 프로젝트

### 현장취재

- 62 • AI Campus Berlin

### 64 • KIC Europe 활동소개

- 69 • 첨부자료 (인터뷰 영어 원문자료)

# [INTERVIEW]

## 1. 인공지능, 현재와 미래



Prof. Dr. Antonio Krüger  
독일인공지능연구소(DFKI) 원장

Antonio Krüger 는 독일 인공지능 연구소의 원장이다. 2009년부터 Globus Saarland University의 컴퓨터 과학 전공 Globus 석좌교수를 역임하고 있으며, 인간-기계 상호작용 (Human-Machine Interaction)과 인공지능 분야에서 세계적으로 존경받는 전문가이다.

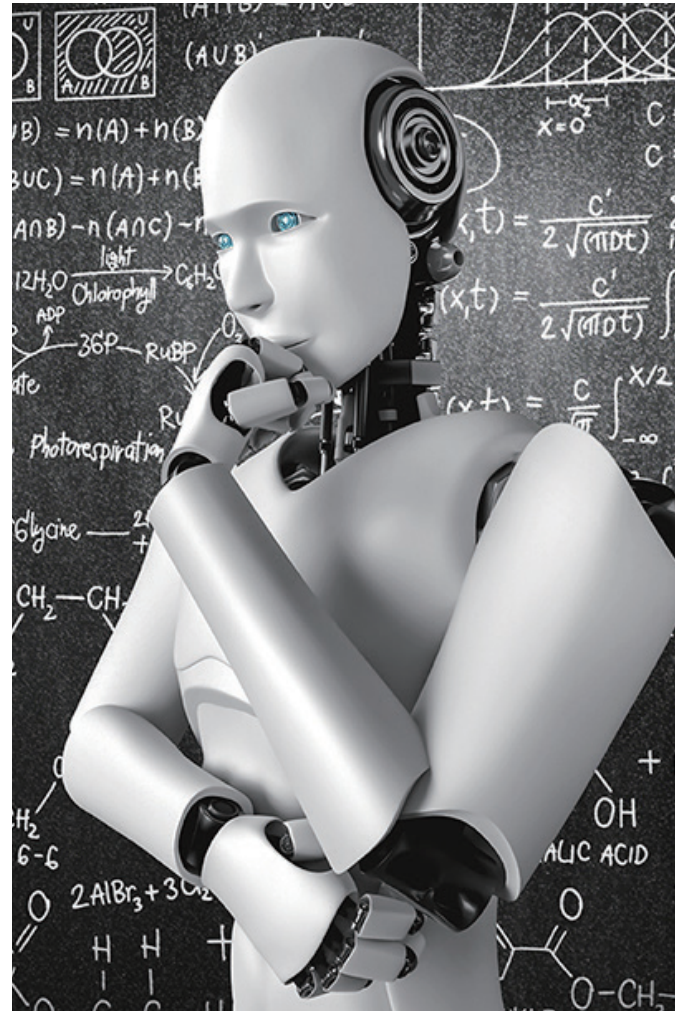
1. 먼저 독일인공지능연구소(DFKI) 간략한 소개를 부탁드립니다. 독일인공지능연구소의 목표는 무엇입니까?

**A** 독일인공지능연구소(이하 DFKI)는 1988년 비영리 공공 민간 파트너십으로 설립되었습니다. 카이저슬라우테른, 자르브뤼켄, 브레멘에 위치하고 있으며 베를린에는 프로젝트 사무소, 오스나브뤼크와 벤델에는 지사가 있습니다. 독일인공지능연구소는 인공지능을 기반으로 하는 혁신적인 소프트웨어 기술 관련 분야에서 선도적인 비즈니스 중심 연구 기관입니다. 비영리이자 응용 중심의 연구 센터로서 정부 기관의 재정 지원은 물론 산업 파트너들로부터 협조를 받고 있습니다. DFKI의 결과 창출은 비즈니스 파트너와의 협력에서 만들어집니다.

우리의 목표는 인공지능 분야와 산업에의 응용 사이에 가교를 만드는

것입니다. DFKI는 인공지능 응용 분야의 과학적 우수성과 사회적 관련성에 집중하며 연구합니다. 그러므로 DFKI의 프로젝트는 응용 중심의 기본 연구부터 시장과 소비자 중심의 제품 기능 개발까지 전반적인 스펙트럼을 다루고 있습니다.

2. 독일은 유럽 내 인공지능 분야에서 선두에 있습니다. 독일의 강점은 무엇입니까? 흔히들 미국과 중국이 여전히 인공지능 산업을 이끌고 있다고 말합니다. 국제 인공지능 산업에서 독일의 입지는 어떻게 됩니까?





Antonio Krüger 인터뷰 사진

**A** 독일은 ‘Mittelstand’라고도 불리는 중소기업들이 국가의 혁신과 기술의 가장 큰 원동력인 특별한 경제구조를 가지고 있습니다. 이러한 구조는 독일인공지능연구소가 중소기업의 제품을 홍보하는 데 도움을 줍니다. 독일과 유럽은 중소기업을 위한 인공지능에 관련 분야에서 어느 정도 우위를 점하고 있습니다. 생산을 위한 데이터가 수집되며 중소기업은 그들의 비즈니스에 인공지능을 도입할 수 있습니다.

미국과 중국은 고객 데이터에 강점이 있지만, 유럽은 인공지능을 이용한 비즈니스 데이터에 강점이 있습니다. 응용에 관해 논하자면, 독일의 경제는 개인이 운영하는 중소 규모의 기업에 중점을 두고 있다는 큰 강점이 있습니다. 인공지능의 산업적인 사용은 매우 큰 시장이며 독일과 유럽은 비즈니스 데이터 관련 양립할 수 있는 이점이 있습니다. 비즈니스 데이터는 보안과 관련이 있습니다. 혁신에 불리할 것이라고도 여겨지는 우리의 데이터 보안 규정은 궁극적으로는 우리의 강점으로 증명되었습니다. 우리는 거래 기밀을 노출하지 않고 데이터를 추출하는 인프라가 필요합니다. 중소기업에는 좋은 인공지능 툴 박스가 필요합니다. 또한 EU에게 쉽게 접근할 수 있는 비즈니스 데이터 인프라를 가질 수 있는 좋은 기회이기도 합니다.

**3. 인공지능을 활용하여 막대한 이득을 얻을 수 있는 산업은 무엇입니까?**

**A** 저는 인공지능이 특정 산업에 얽매이지 않는다고 생각합니다. 추후 5-10년 내로 인공지능을 적용하지 않은 사업은 없으리라 생각합니다. 디지털화를 위한 전제조건이 있습니다. 인공지능은 일종의 컴퓨터 과학의 미래이고 디지털화가 이뤄지면 인공지능은 우리가 새로운 비즈니스를 창출할 수 있게 해줍니다. 인공지능은 높은 수준의 디지털 인프라이기 때문에 이에 따라 좋은 디지털 인프라가 중요하다고 봅니다. 예를 들어, 한국은 혁신적인 디지털 인프라를 가진 국가이고 그렇기 때문에 인공지능을 활용할 수 있습니다.

특정 산업 분야를 말하자면 보건 분야일 것입니다. 보건은 사회와 개인 모두에게 중요합니다. 인공지능은 질병과 개인 의약품을 다루는 것이 가능하게 할 것이며, 또한 모두에게 고품질의 서비스를 제공할 수도 있을 것입니다.

**4. 인류는 인간과 동등한 인공지능이 필요합니까? 그리고 인공지능을 이용하여 인류에게 이익을 주는 방법은 무엇입니까?**

**A** 인공지능은 인간의 여러 목적에 매우 유용합니다. 인공지능은 우리가 세상을 더 나은 곳으로 만들고 지속 가능한 개발 목표 (Sustainable Development Goals, SDGs)를 충족하도록 도울 수 있습니다. 인공지능은 이러한 목표를 해결하는 데 도움을 줄 수 있고 순환 경제와 더 지속 가능한 삶을 향한 강력한 무기가 될 수 있습니다.

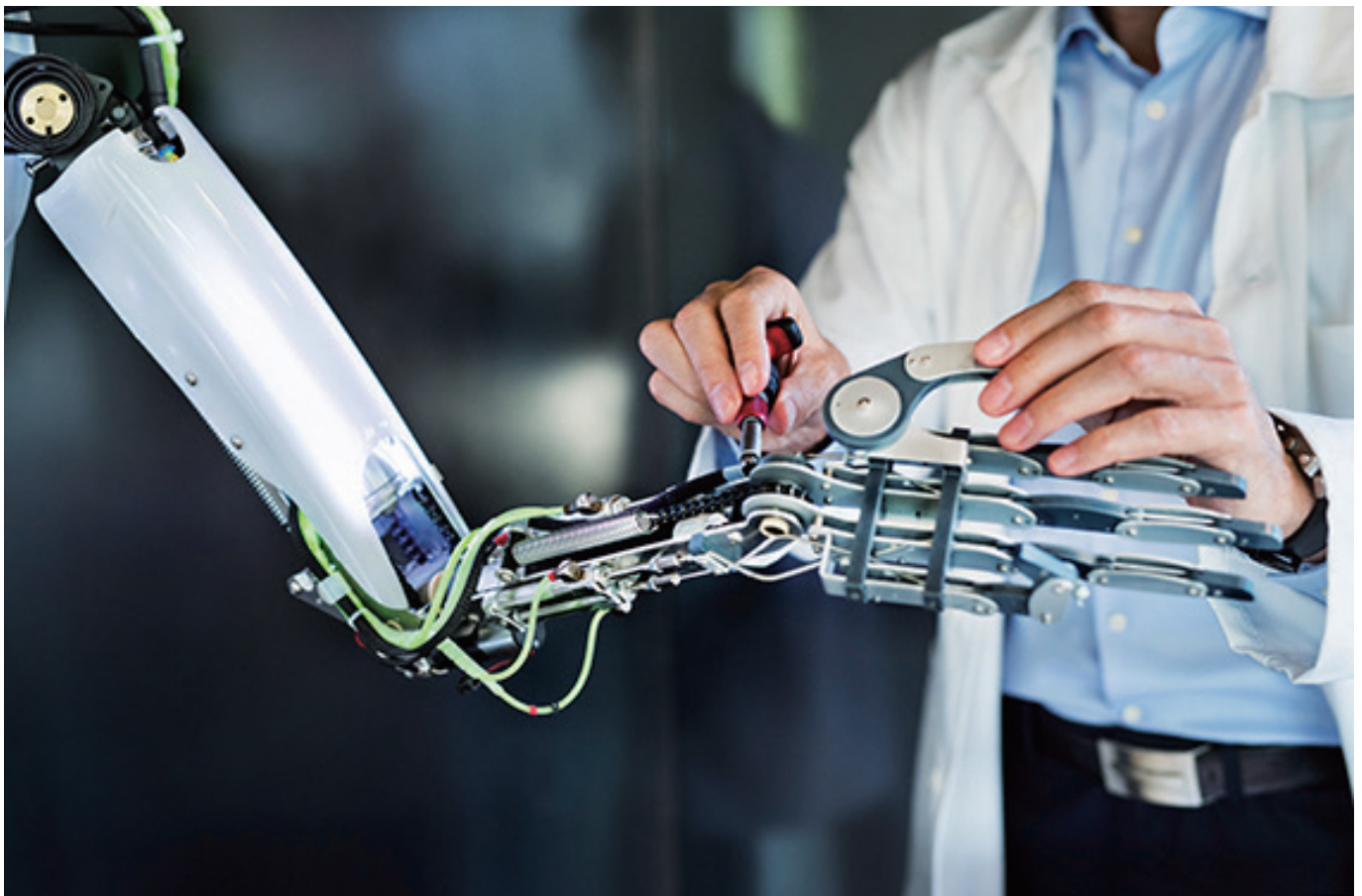
또한, 인공지능은 그린 시로서 유럽 그린 딜(European Green Deal)의 목표를 추진하기 위해 다양한 응용 분야에 적용될 수 있습니다. 인공지능은 이러한 목표를 달성하기 위해 중요한 역할을 할 수 있으며, 따라서 목적과 목표가 중요합니다. 현재 인공지능은 수백만 개의 엑스레이에서 종양을 찾는 것과 같은 고도로 전문화된 작업에 주로 사용됩니다.

다만, 인공지능을 사용할 때는 주의를 기울여야 합니다. 인공지능은 굉장히 많은 자원을 흡수하기 때문에 그 균형을 예의주시해야 합니다. 저는 복잡한 문제를 완전히 기계가 결정하도록 하지는 않을 것입니다. 사고는 기계가 할 수 있는 것이 아닙니다. 인공지능은 인간보다 매우 복잡한 도구이기 때문에 인공지능이 인간을 통제하기는 어렵습니다. 그러므로, 인공지능은 인간이 최종 결정을 내리도록 도와줍니다. 단지 인공지능만이 아니라, 기계 인공지능과 인간의 노력이 합해지면 좋은 결정을 내릴 수 있고 개인은 물론 사회에도 이익이 될 것입니다.

5. 인공지능 커뮤니티가 앞으로 나아가는 데 집중해야 할 것은 무엇입니까? 미래를 예측하자면, 인공지능 다음의 화두는 무엇이라고 생각하십니까?

**A** 고도로 복잡한 인공지능 툴은 대부분 사람을 필요로 합니다. 인간과 기계의 인공지능 결합과 인공지능 시스템 연구가 중요합니다. 미래의 인공지능 시스템은 인간이 통제해야 하는 최종 결정을 필요로 하는 합리적인 영역에서도 점점 더 많은 지원을 제공하리라 생각합니다. 다만 인공지능 또한 그 통제를 실행할 수도 있어야 한다고 생각합니다. 우리는 인간과 기계를 어떻게 단합시킬지 비롯하여 이를 통해 우리가 어떻게 혜택을 되돌려 받는지 설명하는 것에 대해 장기적으로 보고 있습니다.

인공지능 이후의 미래를 말하기는 어렵지만, 저는 인공지능이 광범위한 주제라고 생각합니다. 5년 안에 인공지능은 산업 전 분야에 퍼질 것입니다. 저는 인간과 인공지능이 함께 일하는 시스템을 볼 수 있기를 희망합니다.



# [INTERVIEW]

## 2. 유럽 로봇 산업의 동향과 향후전망



Dr. Reinhard Lafrenz  
euRobotics 사무총장

**라** 인하르트 라프렌츠(Reinhard Lafrenz) 박사는 2016년 2월부터 euRobotics aisbl의 사무총장을 역임하고 있다. 협회 운영 및 유럽 로보틱스 포럼, 유럽 로보틱스 워크와 같은 행사 기획 외에도, 그는 디지털 이노베이션 허브, RODIN 및 DIHNet EU와 관련된 European Projects에도 참여하고 있다.

1. 먼저 한국 구독자들에게 euRobotics에 대하여 간단히 소개 부탁드립니다.

**A** 브뤼셀에 본부를 둔 euRobotics aisbl(Association Internationale Sans But Lucratif/ 이하 euRobotics)은 유럽 로봇 공학 분야의 모든 이해 관계자들을 위한 국제 비영리 협회입니다. 2012년 9월, 로봇 기술 기반 시스템과 서비스의 제조업체, 공급자 및 최종 사용자의 산업 리더십을 보장하고 유럽의 경쟁력을 강화하기 위해 설립되었습니다.

euRobotics의 목표는 유럽의 로봇 연구, 개발 및 혁신을 촉진하고 로봇에 대한 긍정적인 인식을 기르는 것이며, 다음과 같은 목표를 두고

있습니다.

- 로봇 기술 기반 시스템 및 서비스의 제조업체, 공급자 및 최종 사용자의 산업 리더십 보장 및 경쟁력 강화
- 전문 분야 및 민간 분야에서 로봇 기술과 서비스의 광범위하고 최선의 활용
- 유럽 로봇 공학 분야의 우수성

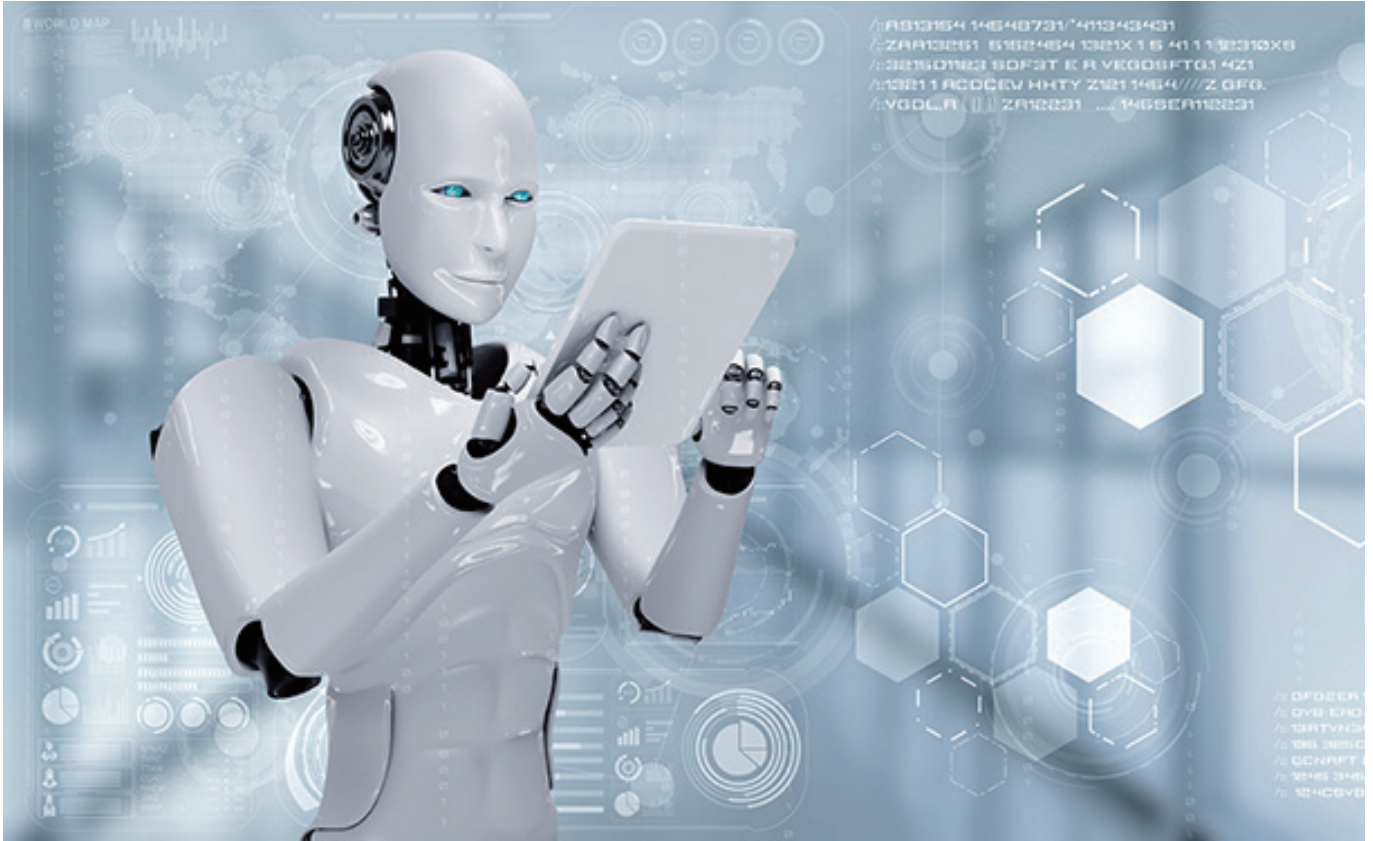
Topic Groups에서는 메카트로닉스, 지각 또는 마이크로 및 나노 로봇과 같은 기술적 주제를 비롯하여 특정 도메인 관련 주제(예: 농업, 산업, 해양 또는 우주) 등 광범위한 주제를 다룹니다. 그 외에도 교육, 윤리, 법률, 사회 문제도 매우 중요하게 여기고 있습니다.

우리는 매년 두 가지 주요 행사를 개최합니다. 보통 3월에는 유럽 로봇 포럼(European Robotics Forum)을 개최하며, 이곳에서는 산업 및 연구 분야의 대표들이 최신 개발 및 향후 동향에 대해 논의하고, 명망 있는 표창인 George Giraltd PhD 상, TechTransfer 상 및 Entrepreneurship 상을 수여합니다.

두 번째 큰 행사는 유럽 로봇 주간(European Robotics Week)으로, 일반인들을 위한 지원에 중점을 두고 젊은이들이 STEM 분야에서 커리어를 만들어나가는 데 동기부여를 할 수 있도록 돕고 있습니다. 유럽 로봇 주간은 특정 국가와 지역에 초점을 맞춰 주요 행사를 진행하지만, 다양한 지역의 가족들과 젊은이들에게 로봇 기술을 더 잘 보여줄 수 있는 많은 행사를 유럽 전역에서 진행하고 있습니다. Covid-19 유행 이전에는 1년 동안 1,300개 이상의 행사를 개최했습니다.

2. 유럽은 로봇 분야에서 다른 나라들과 어떻게 차별화됩니까? 유럽 로봇 산업의 강점과 과제는 무엇입니까?

**A** 유럽에서는 국가별, 분야별로 로봇기술 도입 수준이 다릅니다. 대기업 외에도 로봇과 관련된 기술을 특정 분야에 활용하고 개발하는 중소기업이 많습니다. 유럽은 메카트로닉스에 매우 강하며 이는 다른



분야, 특히 인공지능 분야와 결합할 필요가 있습니다. 비단 유럽만이 아니라, 로봇 산업의 한 가지 과제는 소규모 산업에서도 특정 제품의 소규모 시리즈에 로봇을 사용할 수 있도록 하는 것입니다.

**3. 지난 1~2년간 로봇 공학 분야에서 세계에 영향을 끼친 가장 큰 발전은 무엇이었습니다? 그리고 앞으로 어떤 트렌드가 나타날 것으로 예상하십니까?**

**A** 너무 많은 것들이 발전하고 있어 실질적으로 특정한 것을 말하기는 불가능합니다. 다수의 새로운 응용 분야에서 뛰어난 솔루션을 새롭게 갖게 되었습니다. 트렌드를 논하자면, 몇 년 전만 해도 로봇화되지 않았던 응용 분야로 로봇공학 기술이 더 많이 진출하는 추세입니다. 산업 생산 분야에 로봇 기술을 응용하는 것 외에도, 농업 분야에서 특히 점검이나 검사 시에 새로운 로봇 시스템을 응용하는 것을 좋은 예로 들 수 있습니다. 의료 분야에서는 드론의 사용을 예로 들 수 있으며, 이 밖에도 Covid-19 시국에 더욱 그 효과가 가시화된 소독용 로봇도 있습니다.

**4. 미래에는 로봇이 인간을 대신할까요? 로봇이 인간의 일을 대체한다면 어떤 일이 일어날까요?**

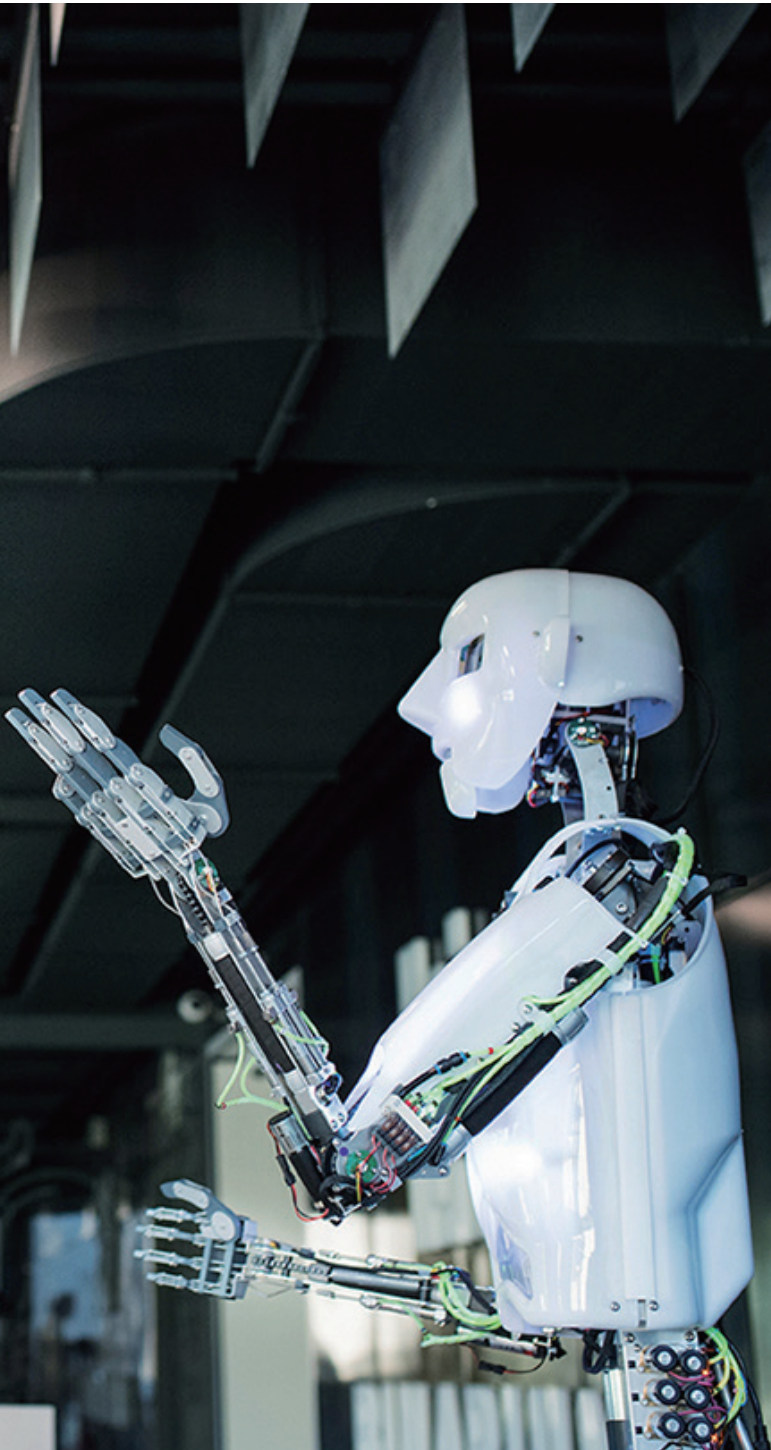
**A** 로봇은 오랜 시간 동안 특정 분야에서 생산을 증가시키기 위해 사용되었습니다. 특히 잘 알려진 예시 중 하나는 대형화된 자동차 산업입니다. 그러나 여전히 자동화하기 어려운 인간이 하는 작업이 많이 있습니다. 다만 로봇공학은 소위 공동봇(Co-bots), 즉 인간과 협력하는 로봇의 형태로 이런 부분에 도움이 될 수 있습니다. 장기적으로는 육체적으로 힘들고 비위생적인 일은 로봇이 할 것입니다. 다른 경우에는 물리적인 인간-로봇 상호작용이 생산성을 높여 인간은 수동 반복 작업을 하는 대신 로봇이 대체할 수 없는 부분에 집중할 수 있도록 할 것입니다. 더불어, 로봇을 사용하고 구성하기가 쉬워짐에 따라 더 작은 규모의 회사에서도 로봇을 사용하는 추세입니다. 그러나 이러한 소규모 회사의 경우, 기본 연구부터 시스템을 견고하고 경제적으로 실현 가능하게 만들기 위한 최종 단계에 이르기까지 혁신 프로세스의 모든 단계에서 여전히 갈 길이 많이 남아 있습니다.

5. 유럽에서 로봇 공학이 사용되면서 발생하는 윤리적인 문제에 관해서는 어떻습니까? 로봇에 대한 사회적 수용이 문제가 됩니까? 윤리적인 문제들이 많이 있습니다.

A 윤리적인 문제들이 많이 있습니다. 무엇보다도, 모든 로봇 시스템에 대한 안전성이 보장되어야 하는데, 로봇이 작업장 같은 비정형 환경에서 사용되고 점점 더 직장이나 가정 모두에서 우리의 일상생활의 일부가 될 때 이 부분에 어려움이 있습니다. 오늘날 로봇 청소기 같은 경우는 일반적이지만, 예를 들어 무거운 물건을 들거나, 장치를 조작하거나, 심지어 병원 간호사를 지원하기 위해 로봇이 개발된다면, 안정성은 매우 중요한 부분입니다. 또 다른 측면은 시스템이 카메라와 마이크를 사용하여 역동적인 물체가 있는 인간 중심 환경에서 자율적으로 행동할 때 생기는 사생활 이슈가 있습니다.

6. 5G, 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), AR·VR 분야의 등장과 발전으로 로봇이 수행할 수 있는 응용과 기능 옵션이 많아졌습니다. 로봇 분야의 탄탄하고 역동적인 생태계와 로봇 공학의 위치를 성장시키기 위하여, 스마트 로봇 공학의 과제에 대한 스마트 기술 솔루션을 어떻게 개발하고 작업해야 합니까?

A 실제로 위 언급된 기술을 실제 시스템에 통합하는 것은 가까운 미래에 완전히 새로운 기회를 가져다줄 것입니다. 기술 분야 간 상호 이해를 유지하고 확장하는 것이 중요합니다. 또한, 중소기업과 스타트업의 활발한 비즈니스 생태계 조성에 도움이 되는 HW 및 SW용 표준화된 인터페이스 개발도 중요합니다. 이를 실현하기 위해서는 이러한 신기술의 잠재적 이용자들이 개발자들과 더욱 긴밀하게 연결되어야 합니다. 더불어 연구의 결과물이 더욱 잘 보이게 만들어져야 합니다. 디지털 혁신 허브(Digital Innovation Hubs)나 테스트 시설과 같은 범유럽 협업과 체계가 많은 도움이 될 수 있습니다





## [INTERVIEW]

## 3. 인공지능과 비즈니스



Prof. Dr. Peter Sarlin  
Silo AI CEO

**피**터 새린 박사는 Silo AI(이하 사일로 AI)의 CEO 겸 공동창업자이자 한켄경제대학 응용 머신러닝 및 인공지능 전문 실무 교수이며, 런던 임페리얼 칼리지와 런던경제대학에서도 연구 활동하고 있다.

1. 대표님의 배경은 어떻게 되며, Silo AI를 시작하게 된 계기는 무엇입니까?

**A** 저는 학술연구단과 함께 중앙은행을 위한 인공지능 솔루션을 구축한 적이 있습니다. 재정 안정성을 보호하기 위해 위험도를 측정하는 목적으로, 머신러닝과 자연어 처리를 포함한 다양한 이니셔티브를 다루었습니다. 이 가운데 가장 뛰어난 것은 유럽중앙은행을 위한 솔루션이었습니다. 이 솔루션은 기존 시스템보다 성능이 뛰어났으며, 그 이후로도 전 세계 중앙은행에서 사용되고 있습니다.

사일로 AI의 회사 설립 계기는 핀란드와 유럽이 계속되는 인재 유출로

경쟁력을 잃어가고 있다는 공동창업자인 유하 헬코(엘렉트로빗 창업자)의 우려로부터 시작되었습니다. 저와 제 연구 그룹에 찾아온 그는 지금의 AI 기술 파동을 80~90년대 통신 분야와 비교하며, 지역 내 뛰어난 인공지능 분야 인재를 지키고 기업이 경쟁력을 유지할 수 있도록 하는 선도적인 인공지능 연구소를 구축하겠다는 의사를 전했습니다. 2017년 사일로 AI는 최첨단 인공지능 기능을 조직에 접목해 임팩트 있는 인공지능 주도 솔루션과 제품을 전 세계에 전달하는 연구소로 발족하였습니다. 우리의 목표는 고객이 인공지능을 접목하여 제품의 경쟁력을 강화하도록 돕는 것입니다. 우리는 세계적인 전문가 팀과 사일로 OS 제공 인프라를 통해 인공지능 개발을 가속화함으로써 이를 실현합니다.

2. 요즘 인공지능은 모든 분야에 있습니다. 다양한 인공지능 분야 중 가장 관심 있는 분야와 기술을 하나 꼽는다면 무엇입니까?

**A** 인공지능은 디지털 성숙도가 충분히 높은 분야라면 어디든 적용할 수 있습니다. 다만 인공지능의 혜택을 받을 수 있는 제품이나 서비스가 있어야 합니다. 머신러닝을 접목하는 가장 흥미로운 경우는 인공지능이 제품이 창출하는 가치를 크게 높일 수 있는 제품일 경우입니다. 이러한 제품에서는 인공지능이 경쟁 우위를 창출하는 핵심 요소로 작용하게 됩니다. 아직 디지털화가 널리 적용되지 않은 조직에서는 고급 머신러닝 알고리즘 개발이 중요한 가치를 창출하기 어렵습니다.

3. 인공지능을 비즈니스에 진정으로 유용하게 만든다는 것은 무엇을 의미합니까? 오늘날 측정 가능한 비즈니스 가치를 창출한 것은 무엇입니까?

**A** 지난 몇 년간 북유럽 지역에서 인공지능의 상용화는 상당히 성숙했습니다. 기업이 가치를 창출하기 위해서는 인공지능을 접목해 제품의 경쟁력을 강화해야 한다고 생각합니다. 이는 사일로 AI를 설립의



목적이기도 하며, 따라서 우리는 최첨단 인공지능 분야 인재를 실제 산업 문제와 연결하는 데 집중하고 있습니다.

인공지능은 가치를 창출하는 모든 분야에 적용이 가능합니다. 오늘날 가장 관련성이 높은 산업으로는 금융, 소매 등 디지털 선진 산업뿐만 아니라 인공지능을 제품에 접목할 수 있는 산업 및 제조 기업이 있습니다. 인공지능을 비즈니스에 적용한 구체적인 사례는 다음과 같습니다.

**산업용 로봇 공학 분야의 자율 로봇 팔을 위한 머신러닝**

우리는 선도적인 로봇 회사의 자율 산업용 로봇 업무를 진행했습니다. 로봇 팔의 움직임을 시뮬레이션하고 조작할 수 있는 제품을 개발하기 위해 인공지능 과학자와 엔지니어를 포함한 연구팀은 머신러닝의 최신 개발과 컴퓨터 애니메이션, 수치 최적화, 역운동학, 모션 플래닝, 객체 트래킹 등 로봇공학 분야의 기존 주제를 결합했습니다.

**질병 발견을 개선하기 위한 머신러닝이 접목된 의료기기**

우리는 두 의료기기 제조업체를 위해 구조화된 데이터와 이미지 데이터를 포함한 여러 사용 사례를 연구하고 있습니다. 기존 알고리즘을 머신러닝으로 대체하거나 개선하여 눈병 등 다양한 질환의 발견을 개선하는 것이 목표입니다. 이러한 사례에는 특정 칩셋 환경을 위한 최적의 방법으로 머신러닝 모델을 적용하는 것 등이 있습니다.

**4. 인공지능 관련 기업들에게 가장 큰 도전과 기회는 무엇입니까?**

**A** 현재 인공지능은 주로 잘 정의되고 한정된 문제를 해결하는 데 유용합니다. 인공지능 초점을 맞춘 기업이라도 인공지능을 제품의 일부로 활용해 고객의 문제를 해결하고 가치를 창출할 방안을 생각해야 합니다. 인공지능은 기업의 제품 핵심 사양 및 기술을 높여주고 경쟁사보다 더 우수하게 만들어주지만, 제품 없이는 그 가치가 없습니다.

과거 많은 기업이 인공지능을 상품의 일부로 제품화하는 것에 본격적으로 투자하지 않고 파일럿과 PoC를 통해 인공지능 도입을 시작했습니다. 이러한 일회성 테스트는 성공할 수 있지만, 기업과 제품의 가치

창출 과정에 근본적인 변화를 일으키기에는 부족합니다.

5. 인공지능 산업에서 북유럽은 활발히 활동하고 있으며, 특히 핀란드는 2020 인공지능 준비 지수 (AI Readiness Index 2020)에서 3 위, 2020 인공지능 기술 보급 지수(AI Skills penetration 2020)에서 9 위를 차지했습니다. 북유럽 인공지능 분야의 모습은 어떤가요?

**A** 북유럽 국가들은 인공지능 분야의 선두주자입니다.

북유럽 정부는 인공지능 생태계를 가속하는 데 핵심 역할을 해왔습니다. 핀란드에서는 공공부문 인공지능인 오로라 AI(Aurora AI)를 비롯해 사일로 AI가 참여하는 생태계 이니셔티브인 퍼스트 AI 액셀러레이터 (First AI Accelerator) 등 다수의 인공지능 프로그램에 정부가 자금을 지원했습니다. 스웨덴은 AI 스웨덴(AI Sweden)이라는 단체와 산학 간 연결고리 역할을 하는 연구기관 비노바(Vinnova)를 발족시켰습니다. 노르웨이는 인공지능, 머신러닝 및 로봇 공학 분야의 노르웨이 연구, 교육 및 혁신을 강화하는 것을 목표로 하는 노르웨이 인공지능 연구 컨소시엄(NORA)을 창설했습니다. 덴마크는 인공지능 개발을 가속화하는 데 도움을 주는 알렉산드라 연구소(Alexandra Institute)를 비롯하여 여러 정부 지원 기관들을 설립했습니다.

또한 북유럽에는 기술적으로 진보된 기업들이 있습니다. 스웨덴의 H&M과 같이 전통적으로 산업과 달리, 예를 들어, 샌드빅(Sandvik), 코네(Kone), 머스크(Maersk)와 같은 공업 회사들은 컴퓨터 비전, 머신러닝, 제품 및 서비스 개발에 대한 데이터 중심 접근 방식을 해당 분야에서 최초로 개발한 기업 중 하나이며 북유럽 인공지능 생태계의 바탕이 되고 있습니다.

6. 인공지능 분야의 선도자로서, 인공지능을 가장 빠르게 도입하고 효율성을 높인 산업은 어느 분야라고 생각하십니까? 인공지능 기술 시장에서 새롭게 떠오르는 시장은 무엇인가요?

**A** 데이터와 디지털화가 앞선 산업이 유리한 고지를 선점할 것입니다. 다만 인공지능 자체가 성공으로 이끌어주는 것은 아닙니다. 기업들 역시 제품 개발에 대한 야심찬 접근이 필요합니다. 사용자 니즈를 이해하고 제품의 가치 창출에 인공지능을 접목할 수 있으며 제품의 일부로 인공지능을 구축할 수 있는 기업이 성공할 것입니다. 이는 기존의 전통 산업 업체들이 가치 창출의 기반으로 데이터, 사용자 피드백 및 기존 제품을 보여주기 때문에 초기 단계 스타트업보다 인공지능 주도 제품을 구축하는 데 있어 유리한 경우가 많다는 것을 의미하기도 합니다.

기업이 데이터와 디지털화에 있어 발달함에 따라 인공지능 기술의 새로운 시장이 등장할 것입니다. 궁극적으로 인공지능은 인간과 기계의 협력을 위한 올바른 프로세스를 만드는 것에 관한 것입니다.





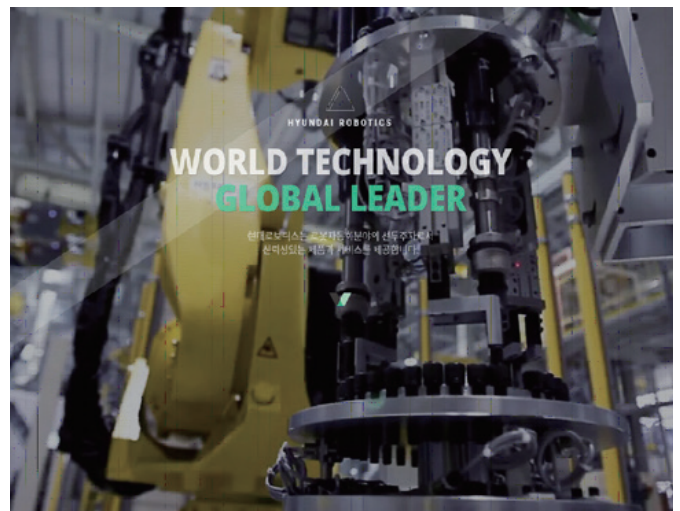
# [INTERVIEW]

## 4. 현대로보틱스와 유럽 로봇 시장 특성과 시사점



이창훈  
현대로보틱스 유럽법인장

교적 적은 시간내에 도달할 수 있다는 점과 주변에 자동차 공장이 있으면 협력 업체로서 현대 로보틱스는 그들과 협업하기에 좋아 독일로 선택하였습니다.



**Q** | 창훈 유럽법인장은 2021년 5월 독일 뮌헨에 위치한 현대 로보틱스 유럽지사 설립과 동시에 유럽법인장으로 부임하여, 현대로보틱스와 한국의 로봇 기술력을 알리는데 주력하고 있다.

1. 먼저 현대로보틱스 유럽법인에 대한 간략한 소개를 부탁드립니다. 유럽지사 설립을 독일로 선택하신 이유는 무엇일까요?

**A** 유럽지사 설립을 독일로 선택한데에는 크게 두가지로 유럽 로봇 시장의 규모 그리고 지정학적인 이유가 있습니다. 우선 로봇시장에 대해 이야기 하자면, 독일은 유럽의 경제적 심장임과 동시에 유럽 로봇 점유율 및 사용률이 지표 1위입니다.

다른 이유인 지정학적으로 보면 독일은 유럽의 중심에 있으며 그 뿐 아니라 인접 국가인 체코 그리고 슬로바키아와 근접합니다. 슬로바키아에는 기아자동차 공장이 그리고 체코에는 현대자동차 공장이 들어와 있고 체코의 현대자동차는 연산 백만대 정도로 규모가 큼니다. 그곳에 현대 로보틱스 로봇이 많이 팔리고 있으며 세일즈 및 서비스 활동하기가 좋습니다. 또한 뮌헨에 직장이 있으며 동부쪽 자동차 공장에 차로도 비

2. 로봇산업 분야에서 글로벌 기술 경쟁이 치열한데 로봇기술 가운데 주목하고 있는 분야는 무엇입니까?

**A** 몇 년 전에 비해 최근 새롭게 떠오르는 로봇 시장이 있습니다. 모바일 시대에 맞춰 로봇이 고정되어 반복 움직임만 하는 것에서 그치지 않고 직접 움직이는 것과 같이 일상에 밀접하게 다가가게끔 만듭니다. 예를 들면, 예전에는 위험한 산업현장에서 기계적인 움직임만 하는 로봇이 많이 쓰였다면 최근에는 레스토랑에서 손님에게 직접 배달을 하거나 청소를 하는 등 말이죠. 콘크리트에 박혀 일하는 로봇 시대는 지나갔고 모바일, 자율주행 이런 기술들을 접목하여, 이제 로봇이 움직이고 실생활에 밀접하게 들어오게 하는 것이 핵심입니다.

이렇게 로봇이 우리의 일상 생활에 다가가기 위해서는 우선 다른 기계와 협업 하고 한국어뿐 아니라 영어, 중국어 등 다양한 언어를 할 줄



이창훈 법인장 인터뷰 사진

알아야 하므로 모바일 및 통신이 가능 해야합니다. 단순 움직임 뿐만 아니라 손가락을 움직이는 것과 같이 세밀한 움직임 및 그립법이 가능해야 하므로 그에 따른 로봇의 관절과 서브 모터에 사용되는 소재가 중요합니다. 또한 로봇이 자유롭게 이동하기 위해서는 자율주행 능력과 레이더가 필요합니다. 이외에도 눈의 역할인 카메라 및 인식과 판단의 역할인 인공지능도 주목해야할 분야들 중 하나입니다.

### 3. 한국 로봇산업의 경쟁력이나 글로벌 시장에서의 위상은 어떻게습니까? 한국 로봇산업의 경쟁력을 키우기 위해선 무엇을 해야할까요?

**A** 전 세계 산업용 로봇 밀도 한국이 10년 이상 1위를 차지하고 있습니다. 최근 싱가포르와 1,2위 자리를 다투고 있다만 글로벌 시장에서는 꽤나 높은 위치에 있습니다. 그러나 로봇에 들어가는 대부분의 부품이나 소재는 국산보다는 수입 제품을 많이 씁니다. 이것은 우리나라 로봇기업들이 아직까지 사람의 인건비를 들여 부가가치를 내고 있는데, 소부장(소재,부품,장비)에 조금 더 집중하여 발전시켜야 한다는 것을 시사합니다.

소재, 부품, 장비가 발전하려면 기초과학이 중시되어야 하는데 교육, 정치, 사회, 인식 전체적으로 맞물려 바꿔 가야합니다. 이것에 대한 여파로 로봇산업이 우리나라는 발전이 다른 나라에 비해 느린 편입니다. 다른 나라들은 기초를 장기간 쌓는 반면에 우리나라는 기초를 단기간에

쌓는 압축성장하는 장점을 활용하여 효율적으로 빠른시간 안에 로봇 산업에도 발전시킬 수 있는 방안을 찾아야합니다.

### 4. 산업용 로봇에서 서비스 로봇으로 바뀌고 있는 트렌드를 어떻게 바라보시나요? 협동 로봇(Collaborative Robot, COBOT)의 현황과 확대할 수 있는 방안이라면 어떤 게 있을까요?

**A** 특히나 산업용 로봇이 많이 쓰이고 있는 분야는 자동차 산업입니다. 최근 테슬라뿐 아니라 많은 회사에서 배터리가 들어가는 전기차를 연구하고 출시함으로써 사용되는 기어나 내용물이 바뀌면서 자동차 산업의 40%가 변했습니다.

이뿐 아니라 전세계적으로 인건비가 오르면서 예전에는 사람을 고용하는 것이 인건비면에서는 더 저렴 했지만 요새는 사람보다 로봇으로 대체되고 있으며 일의 효율성과 인건비 문제로 로봇의 사용이 증가하는 추세입니다. 즉, 산업과 환경이 변화함에 따라 로봇의 종류도 바뀌고 있습니다. 협동 로봇의 확대 방안을 찾기 위해서는 일단 추세를 찾았으니 그에 따른 기술력이 필요합니다.

### 5. 로봇산업도 결국 실용화가 중요하데 실용화 단계에서 가장 어려운점이 무엇일까요?

**A** 이론과 트렌드를 분석하고 따라가야 하는데 이 단계에서 가장 어려운 점은 정부의 지원나 인센티브가 필요하다고 생각합니다. 태양광이나 전기차처럼 초기 단계에는 정부의 지원이 많다가 산업이 어느 정도 익으면 정착이 되고 있습니다. 로봇 산업에도 적극적인 정부의 정책적인 지원이나 인센티브가 필요합니다.

한편, 실용화를 생각할때, 로봇 뿐만 아니라 로봇을 사용하는 여러가지 주변 어플리케이션(응용)과 함께 로봇을 사용하는 환경이 될 수 있도록 토탈 솔루션을 제공할 수 있어야 합니다. 예를 들어, 로봇이 닭을 튀긴다고 하면, 일정 시간이 지나면 기름을 바꿔주는 등 실제로 로봇을 사용할 수 있는 시스템을 같이 생각해야합니다. 로봇을 쓰세요가 아니라 로봇을 사용하면 닭을 튀겨주고 자동으로 청소를 해주고 등의 응용화가 되어야 로봇 산업이 같이 발전할 수 있습니다. 그러므로 로봇을 사용하면서 얻을 수 있는 이득 또는 주변 어플리케이션 솔루션을 제공할 수 있어야합니다.

6. 향후 유럽 로봇 시장을 어떻게 전망하시나요?

**A** 포스트 코로나 이후, 로봇시장이 지금도 많이 투입되고 정부의 지원과 함께 커지고 있습니다.

우선 독일은 인력 부족 우려하고 있으며 특히 세 분야 간병, 유치원, 수리공 인력이 부족한 상황에서 이 점이 로봇이 필요하다고 보고 있습니다. 독일은 상대적으로 보수적인 사회라서, 식당에서 로봇이 서빙 한다는 것을 받아들이기 힘들었는데 최근에는 이런 변화가 일어나고 있습니다. 간호사 대신, 로봇이 자동으로 밥을 제공하고 돌보는 등 이런 서비스 로봇 시장이 폭발적으로 성장하고 있습니다. 독일 뿐만 아니라 전세계적으로 이런 분야에서의 서비스 로봇 사용의 바람을 일으키면 더 성장할 것입니다.



## [INTERVIEW]

## 5. GE와 한국 스타트업의 미래 협력 전망



Mr. Matthias Notz  
German Entrepreneurship, CEO

지난 10여년 간 Matthias Notz는 뮌헨의 스타트업 생태계를 구축하고 확장하며 스타트업과, 학계, 기업들을 연결하는데 활발한 역할을 해왔습니다. 그는 German Entrepreneurship의 이사이며, German Accelerator의 CEO 겸 이사, MUC Summit GmbH의 창립자 멤버입니다. 또한 스타트업의 국제화에 진정한 전문가입니다.

1. 먼저 German Entrepreneurship(이하 GE)에 대한 전반적인 소개로 시작하고자 합니다. GE에 대한 간략한 소개 부탁드립니다. GE의 목표와 책임은 무엇입니까?

**A** GE의 임무는 전세계에 혁신을 이끄는 것입니다. 지난 10년간 우리는 특정 시장, 해당 시장의 특성, 규정 등에 대한 전문적인 지식을 가진 파트너, 멘토, 전문가로 구성된 국제적인 생태계를 구축했습니다. 또한 730개 이상의 스타트업의 성공을 향한 길에 함께했습니다. 그 중에는 독일의 유니콘 기업인 Celonis, N26, Flixbus, Forto 등이 있을 뿐더러 25개 이상의 싱가포르 기업, 5개의 한국 기업도 포함되어 있습니다.

우리는 다양한 프로그램과 계획을 통해 독일과 전 세계의 모든 단계에

있는 스타트업을 지원합니다. 독일 연방 경제부 (German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi))의 재정 지원을 받아 스타트업의 글로벌화를 돕는 German Accelerator(이하 GA)를 운영하고 있습니다. 또한, EU의 지원을 받는 EU-India Innocenter의 공동 창립자이기도 합니다. 우리가 스타트업의 국제화를 돕는 것은 단지 독일 스타트업의 미국, 아시아 진출을 돕는 일방향이 아니며, 아시아 스타트업이 우리가 구축한 로컬 생태계를 통해 독일에 진출하는 것을 돕기도 합니다.

우리는 다양한 국내외 스타트업과 일하며 최첨단 기술과 혁신에 통찰력을 얻습니다. 이러한 역할 안에서 우리는 생태계를 키우고 더 많은 혁신을 조성할 수 있는 기회를 얻습니다. 대기업이나 중소기업의 경우 발전을 위해 필요한 자원은 갖고 있지만, 새로운 아이디어나 방법에 대한 유연함은 보통 없습니다. 반면 스타트업은 대체로 자원이 부족합니다. 이것은 혁신적인 협업을 위한 완벽한 기회입니다. 우리는 아디다스, 지멘스, BMW 같은 기업에게 혁신 전략을 자문하거나 그들만의 액셀러레이터를 마련하는 것을 돕고 있습니다.

2. GE는 인공지능(AI)이라는 주제를 주시하고 인공지능 관련 산업에 집중하고 있습니다. 어떤 인공지능 관련 프로젝트를 진행하고 있습니까?

**A** 인공지능은 다른 어떤 기술보다도 인류를 위해 변화를 가져올 가능성이 있습니다. 그러나 개인과 사회에게 혜택을 줄 수 있도록 인공지능을 구성하는 데에 대한 책임도 있습니다. 인공지능 기술을 이용하는 혁신적인 스타트업이 많이 있습니다만, 그들은 더 국제적인 지원을 필요로 합니다. GE는 이런 기업들을 지원하고자 하며 인공지능 스타트업 지도 뿐만 아니라 인공지능에 관련된 유망한 프로젝트에 적극적으로 활동 중입니다.

예를들어, 우리는 베를린 전문가들과 유명 기업, 단체들과 함께하는 KI Park(Künstliche Intelligenz는 독일어로 인공지능을 뜻함)라는 단체의 창립 멤버가 되었습니다. KI Park의 목표는 인공지능의 활용을 장려하는

것에 그치지 않고, 이것을 독일과 유럽의 법률에 따라 도덕적이고 규제에 부합한 프레임워크에 따라 활용하는 것을 장려합니다.

우리가 진행중인 또 다른 인공지능 프로젝트는 HumaneAI Net입니다. 이 프로젝트의 임무는 현재의 인공지능 발전을 지원하는 것은 물론, 유럽의 인공지능 커뮤니티를 구축하고, 특별한 혁신 생태계를 구축하며 새로운 혁신을 주도하는 것입니다. 결국, 우리 모두는 인간의 능력을 향상시키고 시민과 사회가 상호 연결된 세계의 도전에 효과적으로 대처할 수 있도록 장려하는 신뢰할 수 있고 윤리적인 유럽 인공지능 브랜드를 활성화하기 위해 노력하고 있습니다.

우리는 GE 베를린 사무실을 AI Campus Berlin\* 으로 옮기며 인공지능에 대한 우리의 의지를 가시적으로 강화했습니다. 이 캠퍼스에서는 인공지능에 대해 캠퍼스 내에서는 물론 세계적인 연구진과 대학의 네트워크를 통해 교류할 수 있는 다양한 커뮤니티를 연결하고 있습니다.

이러한 프로젝트들은 명백하게 인공지능에 집중된 것입니다. 우리의 프로그램과 계획들 대부분은 산업 불가치론적이기 때문에 GE는 인공지능 스타트업을 예전서부터 계속 지원해왔으며 앞으로도 지속할 것입니다.

**3. GE는 유럽의 인공지능 스타트업 생태계를 맵핑하는 활동에 기여하는 단체이기도 합니다. 이 프로젝트에 대해 설명과 왜 이것이 중요한지 설명해주시겠습니까?**

**A** 유럽은 혁신적인 인공지능을 다루는 여러 스타트업의 본거지입니다. 이런 스타트업이 성장하고 국제화할 수 있도록 지원하는 것과 더불어, 이들이 기업들의 눈에 띄게 하는 것 또한 매우 중요합니다. 이것이 European AI Map 제작에 숨겨진 목적이었습니다. 이 프로젝트는 2020년 이 분야에 관련되어 설립된 단체와 전문가들의 도움을 받아 독일, 프랑스, 스웨덴의 인공지능 산업 경관을 보여주는 것으로 시작했습니다. 우리는 이 계획에 함께한 UnternehmerTUM의 appliedAI, Ignite Sweden, AI Sweden, RISE Research Institute of Sweden 등 여러 단체와 함께 인공지능 섹터의 500여개가 넘는 다양한 스타트업을 선보이는 플랫폼 제작을 지원했습니다. 이렇게 정리된 내용이 유럽 내에서 파트너를 찾아 협업을 하고자 하는 스타트업, 중소기업 및 대기업에게 도움이 될 것을 희망합니다. 다양한 문제를 해결하는 인공지능 솔루션에 대한 수요가 점차 커지면서 틈새 시장에 집중하고 있는 스타트업이 시장의 다양한 문제를 해결할 수 있습니다. 한편, 더 많은 기업에서 사용할 수 있는 솔루션을 개발할 수 있는 스타트업은 인공지능 제품 개선을 위해 더 많은 양의 데이터에 접근할 수 있습니다. 이러한 기업들이 경쟁적인 마인드셋을 없애고 협력 관계를 맺는다면, 양쪽 모두가 가장 중요한 부분에 집중을 할 수 있게 됩니다. 바로 인공지능을 사용

하여 단지 해당 회사만이 아닌 전반적인 경제를 위해 진정한 가치를 창출하는 것 말입니다. 이것은 시작에 불과합니다. 추후에는 더 많은 나라의 스타트업을 더하여 유럽 전체에 인공지능 기술 스타트업의 전체 생태계를 보여주는 맵을 완성하고 싶습니다.

**4. GE는 싱가포르에 허브를 두고 아시아 지역에서 굉장히 활발한 활동을 하고 있습니다. 아시아 시장에 대해 어떤 동기 부여와 기대가 있습니까?**

**A** 지난 10년 간 아시아는 신기술에 대한 엄청난 진보를 보여줬으며, 전세계 테크 기업 수익 성장에 적어도 반 이상은 아시아에서 차지했습니다. 싱가폴은 테크 허브로서의 명성과 더불어 동남아시아 내 전략적인 위치로 인하여 자연스럽게 싱가폴을 선택했습니다. 독일 스타트업이 GA의 프로그램인 시장 진출과 시장 발견(Market Access and Market Discovery)을 통해 동남아시아에 진출할 수 있는 관문으로써 2018년 싱가폴에 사무실을 열었습니다.

동남아시아에서의 성공에 이어, 한국과 일본도 독일 스타트업의 관심을 얻었습니다. 그리하여 우리는 독일 스타트업이 한국과 일본 시장을 발굴하고 진출할 수 있는 프로그램도 확장했습니다. 급속히 증가하는 수요에 맞춰, 내년 말 즈음에는 일본에서 시장 발견(Market Access) 프로그램을 제공하고 한국에서 파일럿 GA 프로그램을 운영할 수 있도록 노력하고 있습니다.

우리는 생태계를 구축하는 것이 독일 스타트업의 해외 진출을 지원하는 것 뿐만 아니라 아시아 스타트업이 유럽에서 성공할 수 있도록 돕는 것도 포함된다고 생각합니다. 그러므로 아시아와 독일의 국경을 넘는 협업을 더 발전시키기 위해, 2020년 아시아 스타트업과 중소기업이 독일 시장을 탐색하고 진출할 수 있도록 맞춤 프로그램을 시작했습니다. 25개 이상의 다양한 산업군의 싱가폴 기업이 싱가폴 정부가 재정 지원을 한 이 프로그램을 통해 혜택을 받았습니다. 이 프로그램은 한국에서도 관심을 끌었고, 2021년 S<sup>2</sup> Bridge와 함께 최초로 한국 스타트업을 위한 프로그램을 운영했습니다. 해당 프로그램은 우리의 멘토와 한국의 딥테크 회사의 파트너들에게 엄청난 관심을 받았습니다.

**5. 반대로 질문을 드리겠습니다. 한국 스타트업과 중소기업이 유럽 진출을 위해 독일을 고려해야 하는 이유는 무엇일까요? 이들에게 유럽 시장 진출 및 확장에 대해 조언해주시겠습니까?**

**A** 유럽에는 매우 다양한 나라가 있기 때문에 유럽으로 사업 확장 시 모든 곳에서 통용되는 딱 맞는 전략은 없습니다. 그리고 대부분의 나라가 EU에 속해 공통적인 법률과 규정을 통용하고는 있지만 각기 특별한



경제를 갖고 있습니다. 따라서 가장 잘 알맞은 시장을 찾는 것이 중요합니다. 방대한 파트너, 멘토 네트워크를 갖고있고 경험이 풍부한 혁신 서비스 제공자가 사업 확장 전략을 구상하고 실행하는데 도움을 줄 수 있습니다. 이는 다음과 같은 유럽 시장 진출 준비를 위해 필요한 부분을 포함하고 있습니다.

1. 시장 진출에 좋은 환경과 시장에서의 강력한 수요를 확신하기 위해 최신 산업 관련 뉴스와 트렌드를 알아야합니다.

2. 유럽 전역에 적용되는 일반개인정보보호법(GDPR)과 개인정보 보호 체계에 대해 익혀야 합니다. 이는 유럽 내 비즈니스에서 흔히 등장하는 주제이기 때문에 아이디어 구상 단계서부터 이러한 체계를 고려하는 것이 중요합니다. 또한 비즈니스 모델 초창기에 이런 체계를 도입하는 것은 스타트업에게 경쟁 우위를 줄 것 입니다.

3. 먼저 유럽 내 하나의 시장에 먼저 집중하고 이후 다른 유럽 국가에 확장 시 고객의 각기 다른 기호에 맞출 수 있는 가치 효용을 재구성해보십시오.

4. 새로운 시장에서 명성을 쌓고 고객 관계를 만들어 나가기 위해 혁신적인 팀과 믿음만한 현지 파트너와 함께하십시오.

5. 자금 조달과 확장을 동시에 하는 것은 굉장히 어려우므로 다른 지역으로 확장 시 필요한 재정 자원에 대해 잘 알아두어야 합니다.

독일은 유럽 시장에 발을 디디고 싶어하는 기업에게 이상적인 착륙지입니다. 단지 유럽 중심에 위치한 지역적인 장점 뿐만이 아닙니다. 블룸버그의 혁신 지수 (Innovation Index)에 따르면, 헬스케어, 4차 산업, 보험, 모빌리티 등 주요 산업에서 전문성이 교류될 수 있는 탄탄한 디지털 네트워크를 가진 독일은 세계에서 가장 혁신적인 나라 4위로 선정되었습니다. 틈새 산업에서 활발히 활동 중이며 세계적인 입지가 있는 스타트업과 Mittelstand(주로 가족 사업으로 운영되는 중소기업,

히든챔피언 이라고도 불림)이 혁신 분야에 투자하고 싶어하며, 이는 외국 스타트업과 중소기업에 기회가 될 것입니다. 이러한 생태계의 한 부분으로서 GE는 스타트업과 현지 멘토, 전문가, 고객들을 연결해줄 수 있습니다.

6. 지난 9월, GE와 KIC 유럽이 국경을 넘는 확장을 위한 MOU를 체결했습니다. 협력을 위한 MOU파트너로서 GE의 생각이 궁금합니다.

**A** KIC 유럽과 MOU를 체결한 것은 국경을 넘나드는 협력을 장려하기 위한 우리의 임무에 대한 지속적인 지원을 보여줍니다. 우리는 한국에 굉장히 큰 가능성이 있다고 봅니다. 한국은 협조적인 정부와, 탄탄한 기업, 높은 수준과 기술 산업의 성장도로 비롯하여 블룸버그의 Innovation Index에서 1위를 차지했습니다. 독일과의 주요한 상호 무역과 함께 말이죠. 이 모든 사실이 한국이 독일의 미래의 혁신을 다지기 위해 중요한 파트너라는 점을 공고히 합니다.

우리는 이러한 협정이 양국의 스타트업에게 유익할 것이며 우리의 혁신 생태계 플레이어들을 통해 그들의 국제화를 활성화하는 것에 도움이 될 것이라 자부합니다. 또한 양국 스타트업의 지속 가능한 성장도 가능할 것입니다.

이 협정을 통하여 한국 스타트업은 우리의 전문가, 대기업, 벤처 투자자, 대학, 정부 관련 단체 등으로 구성된 우리의 커뮤니티에 참여할 수 있습니다. 반대로 독일 스타트업도 KIC 유럽의 네트워크를 통해 가치있는 접근성을 얻게 될 것입니다. 양대 생태계에서 스타트업이 성장할 수 있도록 지원하고 결실을 맺기 위해 같은 비전을 공유하고 있는 KIC유럽과 협력하게 되어 기쁩니다.





이동희 교수

독일 뮌헨공대

## 1. 서론

이 기고문에서 시범을 통한 로봇 학습론을 쉽고 간략하게 소개하고자 한다. 시범을 통한 학습 (Learning from Demonstration)은 시연에 의한 프로그래밍 (Programming by Demonstration)이라고도 불리며, 사용자의 데모(시범, 시연)에 의존하여 새로운 스킬을 학습하는 로봇 학습 방법론이다. 이는 인간 또는 동물들의 행동학에서 숙련자의 행동을 모방하여 새로운 스킬을 배우는 모방 학습과 같은 원리에 기반하며, 학습 시간을 단축할 수 있는 장점을 가진다. 또한 시범을 통한 로봇 학습론은 인간에게 더욱 친숙하고 직관적인 인터페이스에 기반하므로, 사람이 더욱 쉽게 로봇의 동작을 프로그래밍 할 수 있게 도와준다. 이로 인해 컴퓨터 프로그래밍을 모르는 일반 대중들도 로봇 동작을 프로그래밍 할 수 있으며, 로봇이 새로운 스킬을 보다 효율적으로 학습할 수 있게 된다. 시범을 통한 학습은 (1) 시범자(시연자)의 시범을 통한 학습 데이터 수집, (2) 기본 동작 스킬을 기계학습 모델로 인코딩, 그리고 (3) 실제 로봇이 학습한 스킬을 실행하고 제어하는 크게 세 부분으로 구성된다. 이들 각각의 부분을 본문에서 좀 더 자세히 설명한다.

## 2. 본문

### 1. 시범을 통한 학습 데이터 수집

시범을 통한 로봇 학습론은 실제 여러 가지 시범 양식들 (demonstration modalities)을 통해 구현된다. 시범 양식은 기본적으로 시범자가 로봇에게 가르치고자 하는 스킬을 최적화된 제어기술을 통해 시범할 수 있도록 친숙한 인터페이스를 제공하여, 시범 정보가 로봇 학습에 필요한 학습 데이터로 효과적으로 수집 가능해야 한다. 대표적 시범 양식으로는 시각적 관찰 (visual observation)에 의존하는 시범 양식, 직접적 시연 (kinesthetic teaching 또는 direct teaching), 또는 원격 조작 장치 (teleoperation device)를 통한 시연 양식 등이 있다.

시각적 관찰 기반 시범은 시범자가 자신의 신체를 이용하여 가르치고자 하는 동작을 시범하고, 학습자는 시범자의 동작을 시각적으로 관측하고 이를 자신의 신체로 재표적화(retargeting)을 함으로써 모방 학습하는 방법이다. 이때 시범자의 동작 관측을 비교적 정확하게 하기 위해 광학 모션 캡처 시스템, 관성 측정 장치 기반의 모션 캡처 시스템 등을 이용해 신체 움직임을 측정한다. 또는 단안 카메라, 웹캠, RGB-Depth 카메라 등으로 받은 카메라 이미지로부터 컴퓨터 비전 알고리즘을 사용하여 사람의 전신 포즈를 계산하는 방법도 쓰일 수 있다. 단, 이 경우 동작 관측의 정확도는 떨어지게 된다. 시범자의 동작 측정이 완료되면, 운동학 및 역학적으로 해당 동작을 다른 신체로 이전하는 모션 리타게팅 (motion retargeting)의 방법론이 필요하게 된다.

직접적 시연은 시연자가 실제 로봇의 링크(link)를 잡고 햅틱 인터랙션을 통해 원하는 자세 또는 움직임을 시연하는 방법론이다. 시연자가 햅틱 인터랙션을 통해 로봇을 움직여 시연하는 동안 로봇은 자신의 고유 감각 센서를 통해 움직여진 다관절 정보를 수집하고 이를 기반으로 동작을 학습한다. 따라서 시범자의 최적 행동을 시각적 관찰에 기반한 학습과는 달리, motion retargeting 문제를 풀지 않아도 로봇은 해당 동작을 바로 학습할 수 있다. 하지만, 시각적 관찰에 기반한 학습의 경우 시범자는 자신의 신체의 많은 다관절 움직임을 쉽게 시범할 수 있지만, 햅틱 인터랙션에 기반한 직접적 시연은 많은 관절의 동작을 동시에 시연하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 또한, 시연된 정보가 최적의 시범 정보가 아닐 수 있다. [2]에서 저자는 이에 대한 장단점을 최초로 언급하면서 이로부터 생기는 흥미로운 연구 주제를 제기하고 해결방법을 제시하였다.

원격 조작 장치(teleoperation device)를 통한 시연 양식도 최근에 많이 사용되고 있다. 이는 원격조작에 필요한 특수한 장치를 사용하여 로봇(예: 로봇의 end effector)을 조종하며, 조종된 로봇의 움직임을 로봇의 고유 감각 센서를 통해 측정하고, 그 측정치로부터 동작을 학습한다. 이때 사용 가능한 원격 조작 장치는 간단한 조이스틱(joystick) 조작 장치, 가상 현실 (Virtual Reality) 조작 장치, 또는 상호 작용력 (interaction force) 정보까지 양방향으로 피드백 할 수 있는 조작장치 등 다양하게 존재한다.

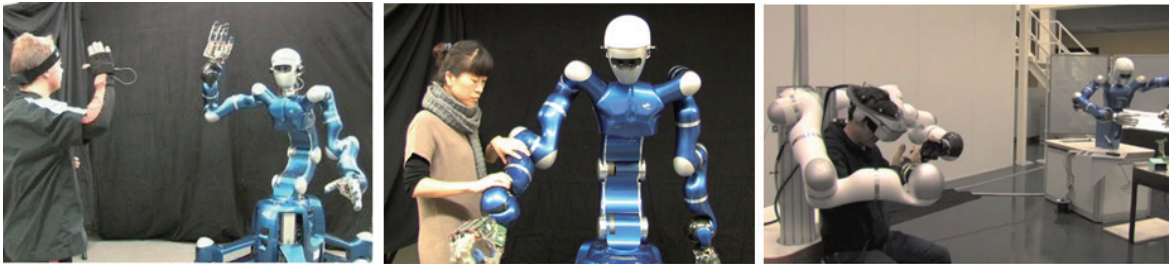


그림1. 로봇학습을 위한 시연 양식. (좌) 시각적 관찰에 의한 시연학습, (중간) 직접적 시연, (우) 원격 조작 장치를 이용한 시연

## 2. 기계학습기반의 기본 동작 스킬 인코딩

산업계에서 널리 쓰이고 있는 직접적인 시연(Direct teaching)은 대개 중간 목표점(via points)을 단순 기억하고, 이 중간 목표 지점들을 단순히 선형 모델(linear model)로 연결하여 로봇의 궤적(trajectory)을 생성하고, 제어기를 통해 이 궤적(trajectory)을 tracking하는 식으로 쓰인다. 이와 달리, 로봇 학습론적 관점은 시연 데이터를 단순 기억하는 게 아니라, 시연된 동작을 기계학습 방법론을 통해 여러 형태로서 인코딩하는 것에 중점을 둔다. 이를 위한 학습 과정은 다음과 같다. 먼저 그림2와 같이 시연(시범) 동작을 기본적인 동작으로 나누고 (segmentation), 각 기본 동작을 나타내는 센서 정보를 개발자가 선택한 모델로 함축(인코딩) 시킨다. 이렇게 함축된 학습된 정보를 움직임 프리미티브 (movement primitive)라고 부른다. 움직임 프리미티브(movement primitive)는 개발자의 기계학습 모델 선택에 따라, 은닉 마르코프 모델 (hidden Markov model (HMM)) [3] 형태로 구현될 수도 있고, dynamic movement primitive (DMP) [4], 또는 Gaussian mixture model (GMM) [5], Probabilistic movement primitive (ProMP) [6], stable estimator of dynamical system (SEDS) [7] 등 여러 형태로 구현될 수 있다. 자주 쓰이는 여러 움직임 프리미티브들의 개요적인 설명, 이 모델들의 파라미터들의 학습 방법, 그리고 움직임 프리미티브 모델들 간의 상관관계 설명은 [1]을 참고하길 바란다. 학습된 움직임 프리미티브 (movement primitive)는 다른 agent (사람이나 다른 로봇)의 동작을 인식하고, 로봇의 동작을 생성하는 데 사용 가능하다. 로봇 자신의 동작을 생성 방법은 다음 장에서 소개한다.

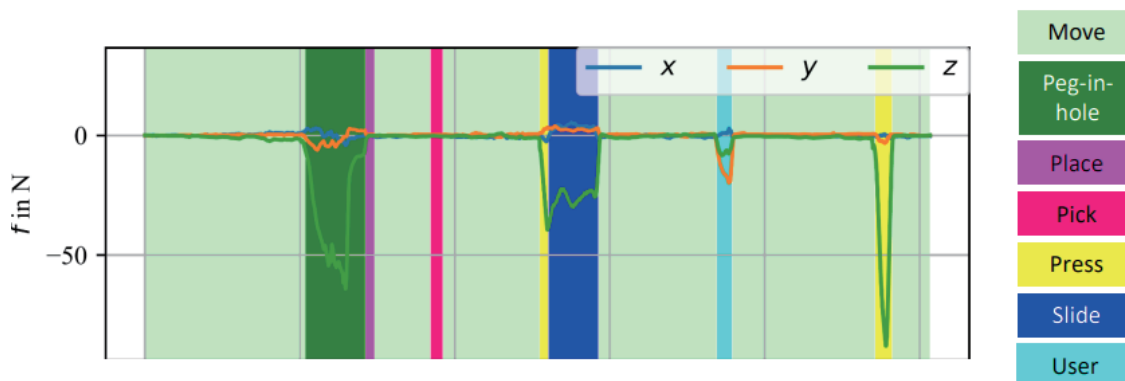


그림2. 시연동작을 기본적인 동작으로 나누는 segmentation의 예

### 3. 학습한 스킬의 실행 및 일반화

학습된 스킬은 시연 정보가 원해 존재했던 공간(space)으로 디코딩 (decoding)이 가능하다. 이때 Gaussian mixture regression과 같은 회귀법 (regression technique)을 사용하여 HMM 또는 GMM 과 같은 통계적 모델에서부터 로봇의 궤적(trajjectory)과 궤적의 변이(variation)를 생성할 수 있다. 또는 DMP, ProMP, SEDS와 같이 dynamical system 기반의 모델의 경우에는, 현재 로봇의 상태 (state)를 dynamical 시스템에 입력(input)하여 얻어지는 결과에 기반하여 궤적을 생성한다.

대부분의 시연을 통한 학습 알고리즘들은 어느 정도 실행의 일반화(generalization)가 가능하다. 다시 말하면, 학습한 결과는 단순히 관측정보를 기억(recording)한 것을 그대로 재생 (record and play) 하는 것이 아니라, 새로운 상황에서도 적용 가능한 일반화 능력을 갖는다. 일반화 할 수 있는 영역이 넓어질수록 좋은 것이므로, 시연된 정보들 기준으로 보간(interpolation)뿐만 아니라 보외(extrapolation)의 상황에도 적용 가능 하면 좋다. 또한, 일반화의 확장을 위해 작업과 관련된 변수값인 태스크 파라미터 (task parameter)을 명백히 정의하는 task parameterized movement primitives의 방법론이 제시되었고, 이 방법론은 좀 더 일반화 확장에 도움이 된다[8]. 예를 들어, 로봇 팔의 end effector 또는 로봇 gripper가 도달해야 하는 최종목표지점 또는 최종 목표 포즈를 단순한 형태의 task parameter로 정의할 수 있다. 최종목표지점은 관련 연구 분야의 개발 초창기에 나온 dynamic movement primitive (DMP) [4]에서 구현했다. 최근 개발된 알고리즘들[8, 9, 10]은 여러 물체의 위치, 자세 정보에 해당하는 좌표계 등 여러 가지 형태의 task parameter들을 고려할 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 움직임 프리미티브는 기본적인 움직임을 엔코딩한다. 이로 인해 학습한 정보는 modular하게 재사용 가능하며, [11]에서와 같이 복잡하고 긴 동작들도 여러 움직임 프리미티브들을 연결해 실행 가능하다.

또한, 생성된 로봇의 궤적 변이(variation)는 로봇 제어기의 제어 변수의 결정에 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 변이 값이 높으면 제어변수값을 낮게, 변이 값이 낮으면 제어변수 값을 높게 정할 수 있다. 이는 시연된 정보들 간의 variation이 행동 양식의 구속 정도를 나타낼 수 있다는 것을 의미한다[12]. 이 로봇 행동의 변이치는 단순히 diagonal matrix 형태가 아닌 full covariance matrix로 표현될 수 있으므로, 로봇의 상태 feature 간의 correlation을 constraint 해준다. 따라서, 고자유도의 로봇 동작 생성 시, 각 링크/관절들의 움직임들이 서로 상관관계를 갖는 (coordinated) 전신 운동을 생성 할 수 있다.

### 4. 응용 분야

사람의 시연을 통한 로봇 스킬 학습은 제조업 및 서비스업과 같은 많은 응용 분야의 발전에 기여하며 다양한 로봇에 적용할 수 있다.

종래의 로봇 기반 제조공정에서 로봇은 부품과 순서 등 모든 것이 미리 정해진 대로 작업을 수행하며, 안전 펜스를 작업자와 로봇 사이에 두어 작업자의 안전을 도모하는 것이 일반적이다. 최근 제어 및 인공지능의 여러 혁신으로 인해 발생한 새로운 산업혁명에서는 복잡한 동작과 여러 가지 작업을 실행할 수 있는 다용도 애플리케이션으로 협업 로봇 솔루션을 점차 개발하고 있다. 아직은 자동차 및 전자 분야의 대기업들이 주로 협동 로봇을 실제 채택하고 있으나, 더 많은 기업이, 특히 중소기업들도, 협업 로봇을 도입하기 위해 많은 기술 개발과 노력이 필요하다. 이 낮은 채택률의 장벽 중 하나는 로봇이 해야 하는 작업이 새롭게 바뀔 때, 이 교체과정이 까다롭고 비용과 시간이 든다는 것이다. 시연을 통한 로봇 학습이 이에 도움을 줄 수 있다. 시연을 통한 로봇 학습론은 컴퓨터 프로그래밍 능력이 없어도 실제 작업자가 로봇의 프로그래밍을 쉽게 할 수 있도록 도와준다. 이는 기존 조립 라인을 빠르고 비용 효율적으로 조정하고 개인 맞춤형 제품과 같은 소량 처리 작업 현장의 진화에 도움을 줄 수 있다. 종래의 방법론으로는 로봇을 다시 프로그래밍해야 할 때마다 외부 전문 지식 요청 비용이 많이 드는데, 실제로 시연을 통한 학습 방법론을 사용하면 로봇에 대한 전문 지식이 없는 사람도 목표 작업을 위해 로봇을 다시 프로그래밍할 수 있어 비용 삭감에 도움을 줄 수 있다.

서비스 로봇 분야에서 시연을 통한 로봇 학습은 다양한 작업, 사람 또는 환경으로 인해 사전 프로그래밍할 수 없는 개인화된 지원 및 서비스 제공을 목표로 한다. 시연을 통해 배운 서비스 및 오락 활동의 예로는 의사소통 제스처 생성, 음료수 따르기, 밥 짓기, 피자 반죽 만들기, 북 연주, 탁구 등이 있다. 또한 인간 로봇 협력 분야로 물체의 협력 운송과 물체 또는 가구의 조립 지원이 있다. 그림3은 로봇 학습이 사용된 몇 가지 실험 예시를 보여준다. 학습 결과는 외과 의사의 수술 지원, 환자의 식사 보조, 옷 입기 보조와 같은 보조 행동 구현을 위해 확장될 수 있으며, 로봇 휠체어, 외골격 (exoskeleton) 과 같은 로봇 시스템에도 응용 가능하리라 전망된다.

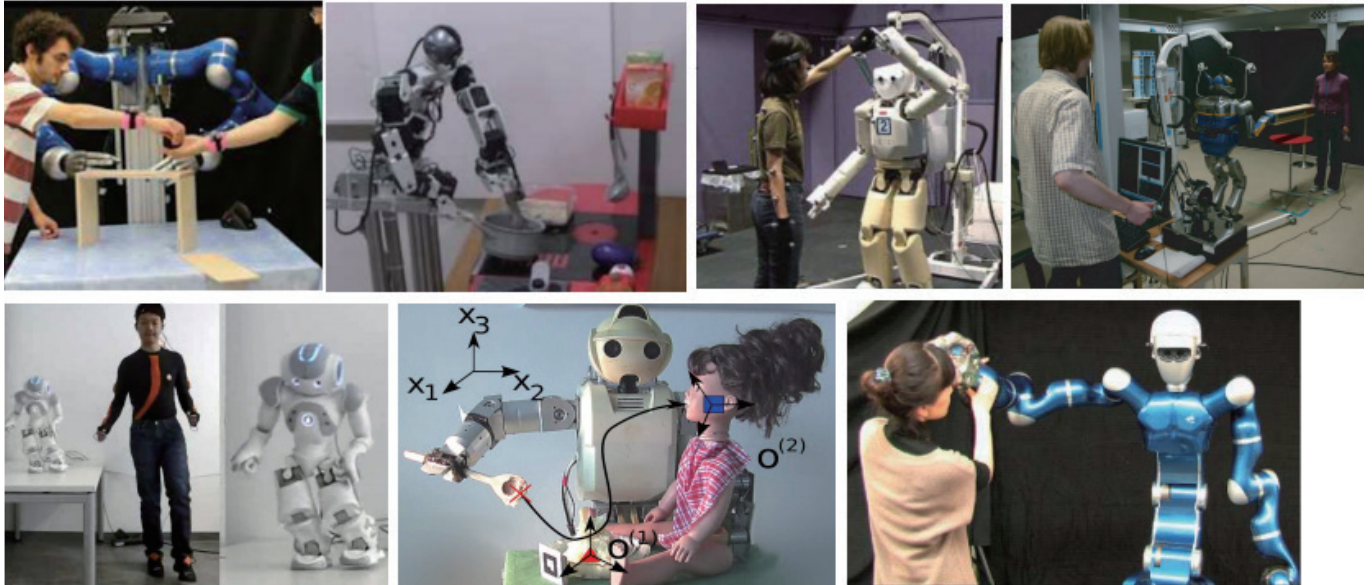


그림3. 시연을 통한 로봇 학습의 예. (위 왼쪽에서 시계방향으로) 2대의 KUKA LWR을 적용한 양팔로봇의 협업 조립 작업[15], 밥 짓기[16], Give-me-five와 같은 사람과 로봇 간의 신체적 상호작용 (physical human robot interaction) [13], 원격조작 장치를 이용하여 사람-로봇간의 협력 운송[17], DLR의 Justin 로봇이 직접적 시연을 통해 pulp fiction 댄스 학습[2], HOAP3의 식사 보조[18], NAO의 모방을 통한 이족 보행 학습[14].

### 5. 연구 전망

시연을 통한 로봇 학습은 다양한 연구로 발전되고 있다. 최근 5-10년 사이에 아주 폭발적으로 발전되고 있는 심층 신경망 학습 (deep learning) 은 기본적으로 다량의 학습데이터를 기반으로 학습을 하며, 컴퓨터 비전(computer vision) 또는 언어처리(language processing)과 같은 분야에 많은 발전을 가져다주었다. 로봇틱스 분야에도 적용되고 있는 추세이긴 하나, 실제 로봇을 사용하여 엄청나게 많은 양의 학습데이터를 구축하기 어렵고, 로봇마다 다른 다양한 센서들을 통해 지각하므로 벤치마킹하기 어렵다. 따라서, 로봇 학습에서는 많고 다양한 센서에 기반하여 적은 양의 시연 데이터로도 인간의 행동을 효율적으로 학습하는 것에 큰 의미가 있다. 또한 시뮬레이션 기반 학습 데이터 구축을 통해, 사람이 직접 시범 또는 시연하는 학습데이터는 한정이 되어 있어도 로봇이 스스로 시뮬레이션한 데이터를 효과적으로 사용하는 방법이 계속 연구될 것이다. 이와 더불어 실제 상황에서 로봇 하드웨어의 마모와 성능의 저하, 환경의 변화 등을 극복하기 위해, 평생학습 (lifelong learning)을 통해 로봇이 점차 자신의 지식을 넓혀나가고 업데이트하는 반복 학습의 연구 분야도 활발해지리라 기대된다. 또한 점차 로봇이 수행해야 하는 작업은 간단한 물체를 집고 배치 (pick and place)하는 단순 작업을 벗어나 복잡한 작업으로 변화되고 있다. 다루야 하는 물체들이 일상생활에서 사용하는 다양한 물건들이 되고, 연구실에서의 개념 증명 (proof of concept)으로서의 실험이 아니라 실험을 위해 미리 정비되지 않은 (wild한) 실제 일상 환경에서 작동하려면, 좀 더 복잡한 상위개념의 논리적 추론이 필요하게 된다. 따라서 앞으로의 연구는 로봇의 움직임 정보 생성 및 제어기술이 논리적 추론과 통합되는 연구 쪽으로 발전되리라 전망한다.

### 3. 결론

시범을 통한 로봇 학습론은 로봇틱스 분야에서 최근에 활발히 연구되고 있는 분야이며 앞으로도 전망 있는 분야라고 본다. 이 기고문은 시범 또는 시연을 통한 로봇 학습의 장점, 방법론, 응용 분야 등을 간략히 소개하였다. 로봇 학습은 로봇의 지각, 추론, 제어를 통합적으로 아우르는 연구 분야이다. 이는 심층 신경망 학습(Deep learning) 분야와 같은 여러 분야의 연구와 맞물려 앞으로 더욱 시너지를 낼 수 있을 것이다. 이를 통해 로봇이 일상생활에서 많은 이들에게 의미 있는 서비스를 주고 인간의 삶의 질 향상에 도움이 되길 기대해 본다.

**▶참고 문헌 :**

- [1] [1] Sylvain Calinon and Dongheui Lee, Learning Control, Humanoid Robotics: a Reference., Springer, 2017, DOI: 10.1007/978-94-007-7194-9\_68-1
- [2] D. Lee and C. Ott, Incremental kinesthetic teaching of motion primitives using the motion refinement tube, *Autonomous Robots*, 31(2): 115–131, 2011.
- [3] Dongheui Lee and Yoshihiko Nakamura, Mimesis Model from Partial Observations for a Humanoid Robot, *The International Journal of Robotics Research*, 29 (2010), no. 1, 60–80
- [4] A. Ijspeert, J. Nakanishi, P. Pastor, H. Hoffmann, and S. Schaal, Dynamical movement primitives: Learning attractor models for motor behaviors, *Neural Computation*, 25(2):328–373, 2013
- [5] S. Calinon and F. Guenter and A. Billard, On Learning, Representing and Generalizing a Task in a Humanoid Robot, *Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B*, 37(2):286–298, 2007
- [6] G. J. Maeda, G. Neumann, M. Ewerton, R. Lioutikov, O. Kroemer, and J. Peters, Probabilistic movement primitives for coordination of multiple human–robot collaborative tasks, *Autonomous Robots*, 41(3):593–612, 2017
- [7] S. M. Khansari-Zadeh and A. Billard, Learning stable non-linear dynamical systems with Gaussian mixture models, *IEEE Trans. on Robotics*, 27(5):943–957, 2011.
- [8] S. Calinon, A tutorial on task-parameterized movement learning and retrieval, *Intelligent Service Robotics*, 9(1):1–29, January 2016
- [9] Afan Pervez and Dongheui Lee, Learning Task Parameterized Dynamic Movement Primitives using mixture of GMMs, *Intelligent Service Robotics*, Springer, 11(1), 61–78, 2017
- [10] Afan Pervez, Yuecheng Mao and Dongheui Lee, Learning Deep Movement Primitives using Convolutional Neural Networks, *IEEE International Conference on Humanoid Robots (HUMANOIDS)*, pp. 191–197, 2017
- [11] D. Kulić, C. Ott, D. Lee, Junichi Ishikawa and Yoshihiko Nakamura, Incremental Learning of Full Body Motion Primitives and their Sequencing through Human Motion Observation, *The International Journal of Robotics Research*, 31 (2012), no. 3, 330–345.
- [12] J. Medina, D. Lee, and S. Hirche, Risk-Sensitivity Optimal Feedback Control for Haptic Assistance, in *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 1025–1031, 2012
- [13] D. Lee, C. Ott, and Y. Nakamura, Mimetic communication model with compliant physical contact in human–humanoid interaction, *Intl Journal of Robotics Research*, 29(13):1684–1704, 2010
- [14] Kai Hu and Dongheui Lee, Prediction-based Synchronized Human Walking Motion Imitation by a Humanoid Robot, at – *Automatisierungstechnik, Special Issue on Control of Walking Robots*, vol 60, No. 11, pp. 705–714, 2012
- [15] G.J. Maeda, G. Neumann, M. Ewerton, R. Lioutikov, O. Kroemer, J. Peters, Probabilistic movement primitives for coordination of multiple human–robot collaborative tasks, *Auton. Robot.* 41(3), 593–612 (2017)
- [16] S.H. Lee, I.H. Suh, S. Calinon, R. Johansson, Learning basis skills by autonomous segmentation of humanoid motion trajectories, in *Proceedings of IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, Osaka, 2012, pp. 112–119
- [17] P. Evrard, E. Gribovskaya, S. Calinon, A.G. Billard, A. Kheddar, Teaching physical collaborative tasks: object-lifting case study with a humanoid, in *Proceedings of IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, Paris, 2009, pp. 399–404
- [18] S. Calinon, F. Dhalluin, E.L. Sauser, D.G. Caldwell, A.G. Billard, Learning and reproduction of gestures by imitation: an approach based on hidden Markov model and Gaussian mixture regression, *IEEE Robot. Autom. Mag.*

## [REPORT]

## 2. 인공지능(AI)이 가상융합(XR) 산업에 미치는 영향과 메타버스의 미래 전망

정형수 교수, 서민정 연구원

영국 맨체스터 메트로폴리탄 대학

## 코로나 19와 사회 경제의 대전환

세계 경제는 코로나 팬데믹 이후 인류의 삶의 변화, 글로벌 분업구조 재편, 디지털 경제 등으로 요약되는 대전환의 기로에 서 있다. 유럽을 뒤흔들었던 흑사병은 수만 명의 목숨을 앗아갔지만, 농업기술 향상, 임금 상승 등의 변화를 가져왔고 이 과정에서 산업혁명으로 이어지는 계기를 마련했던 것처럼 코로나 19로 인해 많은 산업 군에 엄청난 손실만큼 산업 변화, 기술 발달, 새로운 기회가 생겨나고 있다. 영국 매체 BBC와 미국 미디어 기업 포브스(Forbes)는 2021년 주요 기술 트렌드를 자율 주행 및 재택근무 등의 IT 기술의 변화와 인공지능과 증강·가상 현실에 대해 주목했다. 비대면 경제가 활성화되면서 기업과 소비자 모두 디지털 기술 경험을 축적하게 될 것으로 보고 있기 때문이다.

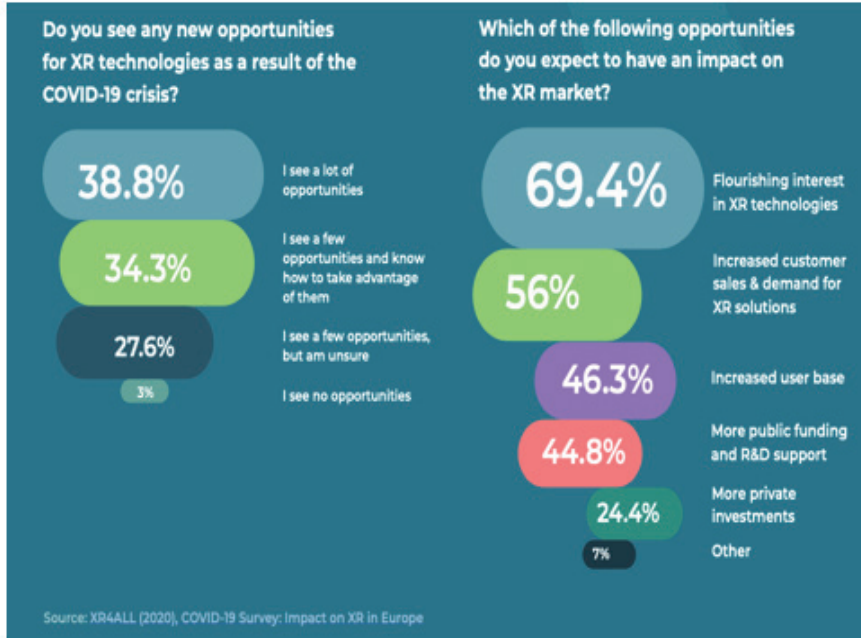
최근 페이스북은 회사 이름을 ‘메타(Meta)’ 로 바꾸고 소셜 미디어를 넘어 가상현실(VR) 분야로 영역을 확장하고 있다. 메타버스(3차원 가상 세계)에서 경쟁력을 갖기 위해 유럽연합(EU)에서 앞으로 5년간 1만명의 일자리를 창출할 예정이라고 발표했다. ‘메타(Meta)’ 라는 단어는 저 너머(beyond) 를 의미하는 그리스어에서 유래한 용어로 현실을 넘은 세계를 의미한다. 마크 저커버그 페이스북 최고 경영자(CEO)는 2014년 20억 달러를 투입, VR 제품을 개발하는 오кул러스를 인수하고 2020년에는 VR 기술을 활용하여 구현한 가상 업무 공간인 ‘인피니트 오피스’ 를 구축했다. 가상 세계에서 사람들이 VR 헤드셋을 사용해 게임하고, 일하고, 소통 할 수 있는 온라인 세계인 메타버스를 구축할 계획을 가지고 있다.

## 가상융합기술(XR)

가상융합기술(XR)은 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 등을 모두 포함하는 개념이다. 가상 세계에서 인간의 오감을 통한 경험의 확장을 추구하는 모든 기술과 제품, 서비스를 포괄하는 것으로 현실 세계를 뛰어 넘는 것을 의미한다. 이것은 전 산업에 걸쳐 디지털 전환의 엔진의 핵심 동력으로 생산성 향상뿐 아니라 글로벌 경제 활성화에 기여할 수 있는 새로운 부가 가치 창출의 기반이 된다. 가상융합기술(XR)의 발전은 실제와 비슷한 가상 공간을 의미하는 가상현실(VR), 실제 공간 위에 가상의 정보를 보여주는 증강현실(AR), 증강현실과 가상현실이 접목된 혼합현실(MR), 혼합현실과 함께 미래의 신기술까지 포함하는 가상융합기술(XR)과 이를 기반으로 하는 초연결·초실감 디지털 세계인 메타버스(Metaverse)까지 진화하고 있다. 따라서 메타버스(Metaverse)를 구성하는데 가장 핵심적인 기술이라고 할 수 있다.

PwC자료에 따르면 미국기업의 3분의 1이 가상융합기술(XR)을 도입하거나 2-3년 내로 도입할 예정이라고 하였다. 또한 유럽에서는 코로나 19의 위기가 가상융합기술(XR) 기업들에게는 기회가 될 거라는 시각이 73.1%였고, 아울러 가상융합기술(XR)에 대한 관심이 69.4%로 폭증했다.

[코로나19 이후 XR 기술 수요 증가]



인터내셔널데이터코퍼레이션(IDC)이 발간한 세계 증강·가상현실 지출 가이드(World Augmented and Virtual Reality Expending Guide)에 따르면 2021년 유럽의 증강·가상현실(AR/VR) 지출은 전년 대비 88.6% 증가해 28억 달러에 이를 것으로 전망했다. 유럽에서 5년(2020~2025년) 동안 연평균 AR/VR 지출 증가율(CAGR)이 69.9%에 이를 것으로 예측하고 5년 후 총 209억 달러의 가치가 발생할 것으로 전망함으로 장기적인 기대는 더욱 긍정적이다. 코로나 19로 인한 불경기 동안 유럽 AR/VR의 활용은 전체적으로 약간 둔화된 것처럼 보였지만 실제로 AR/VR에 대한 지출은 예측 기간 동안 모든 업종에 걸쳐 두 자릿수와 세 자릿수 증가율을 보이고 있다. IDC European Insights & Analysis의 선임 리서치 분석가인 Lubomir Dimitrov는 “AR/VR 도입 부진은 일시적이며 수요가 매우 빠르게 가속화될 것으로 예상되고 기업은 AR/VR 기술을 활용하여 불황에서 회복하고 디지털 방식으로 전환하여 비즈니스를 보다 효율적이고 경쟁력 있게 조정할 것입니다.” 라고 예측 했다.

유럽에서 VR 게임과 비디오/기능 시청 이용 사례가 2021년 유럽 전체 AR/VR 지출의 40% 이상을 차지할 것으로 예상된다. 장기적으로 2025년 가장 큰 투자를 받을 것으로 전망되는 상용 활용 사례는 혁신, 규모, 고객경험 관련으로 유럽 내 AR/VR 지출의 거의 절반을 차지할 것으로 전망된다. 예측 기간 동안 유럽에서 지출이 가장 빠르게 증가할 것으로 예상되는 사용 사례는 백오피스 지원 및 인프라(152.6% CAGR)와 혁신, 확장, 운영 기타(135.2%)이다. 2021년 유럽에서 VR 솔루션에 대한 지출이 80% 안팎으로 가장 높은 시장 점유율을 지속할 것으로 보인다. 예측 기간 동안 AR 지출은 VR에 대한 지출보다 더 빠르게 증가할 것으로 예상되며, 기술 측면에서는 하드웨어가 향후 몇 년 동안 유럽에서 총 AR/VR 지출의 60% 이상을 차지할 것으로 예상되고 있다.

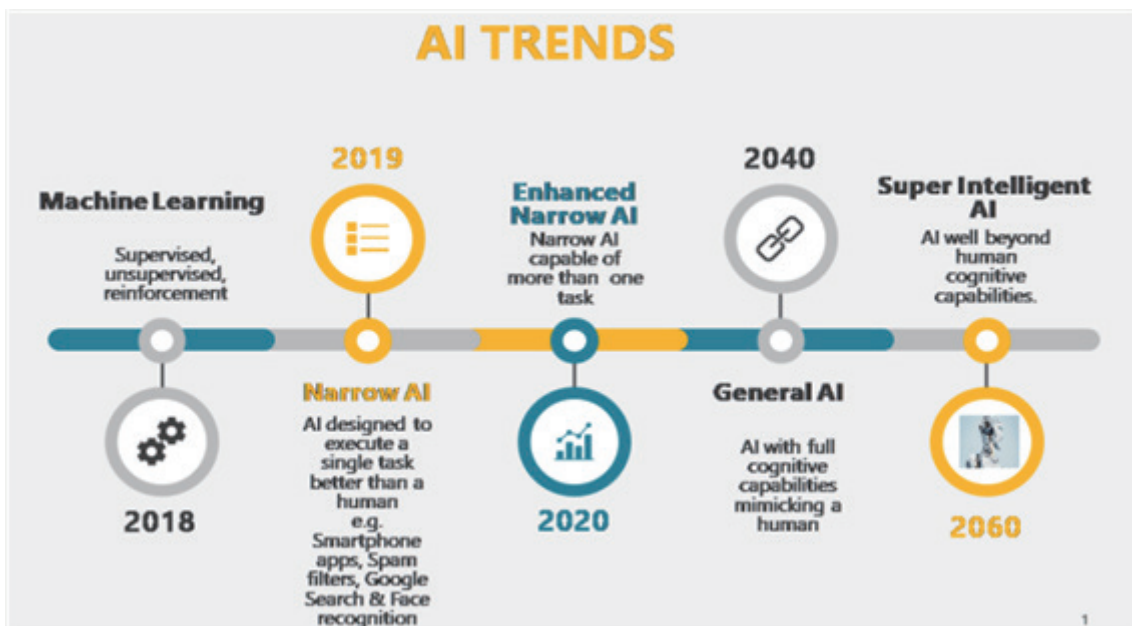
인공지능(AI)

인공 지능(AI)은 학습, 문제 해결, 패턴 인식 등과 같이 주로 인간 지능과 연결된 인지 문제를 해결하는 데 주력하는 컴퓨터 공학 분야이다. 광범위한 데이터를 통해 인간의 행동을 모방하도록 프로그래밍 된다. AI는 디지털 트랜스포메이션을 이끄는 기술로서 기반기술(Common Tech), 인프라 기술(Backbone Tech), 확장기술(Augmentation Tech)로 구성하는데 인공지능(Artificial Intelligence) 기술은 디지털 트랜스포메이션을 이끄는 대표 기반기술로 인프라기술(5G, 클라우드 등)과 확장기술(VR/AR, 로봇공학 등)은 AI를 통해 발전하는 동시에 AI 발전에 필요한 데이터를 제공하는 선



순환의 상호관계가 존재 한다

1950년 Alan Turing은 논문 “Computing Machinery and Intelligence”에서 지능형 시스템을 구축하고 지능을 테스트하는 방법을 설명했다. 5년 후 DSPRAI(Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence)에서 첫 번째 AI 프로그램이 발표되었다. 컴퓨터의 속도, 가격, 접근성이 향상되면서 기계 학습 알고리즘이 개선되고 1980년대 알고리즘 툴킷과 전용 자금이 확대면서 다시 등장했다. John Hopfield와 David Rumelhart는 컴퓨터가 경험을 통해 학습하는 ‘딥 러닝’ 기술을 소개하고 Cynthia Breazeal은 감정을 인식하고 표현할 수 있는 로봇 Kismet을 개발했다. 2016년 Google의 AlphaGo 프로그램은 이세돌 프로 바둑 기사를 상대로 승리했으며, 2017년 포커하는 슈퍼컴퓨터 Libratus는 인간 챔피언들을 상대로 승리했다. AI 시스템은 기계 학습, 딥 러닝과 같은 기술을 사용하여 알고리즘을 바탕으로 ‘지능적’ 인 행동을 보여주며 계속 발전하고 있다.



- Narrow AI: 단일 작업을 수행하도록 프로그래밍 되고 거의 완벽한 단일 작업 기능을 보여주는 인공 지능. 예: 얼굴 인식, 음성 인식, 검색 엔진, 기계로 구성된 뉴스 보고서 등
- Enhanced Narrow AI: AI는 인간에 접근하고 하나 이상의 작업을 수행할 수 있는 능력을 전반적으로 보여줌. 예를 들어 자율 주행차, 본질적으로 실제 인간과 구별할 수 없는 대화형 챗봇, 인간의 이동성을 모방할 수 있는 로봇을 포함
- General AI: AI는 모든 인간의 행동과 지능을 완전히 모방하여 계획, 기억, 분석, 오감 등 모든 문제를 해결할 수 있는 것으로 입증됨
- Super Intelligent AI: 인간의 행동과 지능을 모방하는 것만이 아닌 AI. 대신, 인간의 지능과 능력을 능가하는 것으로 입증되었으며 지속적인 자기 개선이 가능함

### 가상융합기술(XR)과 인공지능(AI)의 공진화

찰스 다윈의 ‘종의 기원’에서 소개된 공진화란 하나의 생물 집단의 진화가 다른 생물 집단에 영향을 주며 함께 진화하는 현상을 일컫는 생물학 개념이다. 최근에 경제학, 경영학, 컴퓨터 공학등의 분야에서 사용되어지고 있는데, 향후 증강현실, 가상현실을 포함하는 가상융합기술과 인공지능의 공진화가 예상된다. 기존의 가상융합기술과 인공지능이 공진화란 개념을 통해서 볼 때 가상현실을 포함하는 가상융합기술과 인공지능이 서로 영향을 주며 다양한 산업에 적용되어지며 우리의 미래의 일하는 방식과 삶의 방식에 엄청난 변화를 가져올 것으로 예상된다. 유럽에서 항공, 의료교육, 패션, 리테일등의 주요산업 에서 일어나고 가상융합기술과 인공지능이 접목된 사례를 소개하고자 한다.

### 항공 산업의 비용 및 시간의 효율적 관리

네덜란드의 대표 항공사인 KLM은 2004년 에어 프랑스와 합병했으며 현재 95,000명 이상의 직원이 프랑스 파리, 프랑스 툴루즈, 프랑스 발본 및 네덜란드 암스테르담에 사무실을 두고 있다. 이 회사는 현재 가상 회의를 돕기 위해 헬싱키에 기반을 둔 원격 협업 가상 현실(VR) 플랫폼인 Glue에서 실제 세계와 같이 화이트보드, 비디오 공유, 웹 페이지 및 프레젠테이션과 같은 기능을 사용하여 업무를 협업한다. 또한 KLM 직원은 누구나 라이브러리에서 만들거나 선택할 수 있는 고유한 맞춤형 공간적 영구 환경을 만들 수 있다.



[KLM의 가상 회의와 업무 공간]

코로나19 이전 시대에 KLM은 정기적으로 직원들을 유럽 전역의 사무실로 데려가 회의를 진행했다. 다른 모든 대기업과 마찬가지로 그들은 비즈니스 여행에 수백만 달러를 사용했지만 이제는 시간과 비용 그리고 직원들의 리소스를 효율적으로 사용하고 있다. 그리고 고객과의 상호 작용을 처리하기 위해 KLM은 인공지능 애플리케이션을 사용하여 고객에게 소통할 수 있는 창구를 만들고 직원에게 다양한 교육을 진행한다.

KLM은 VR 컴퓨터 게임을 사용하여 사내 엔지니어와 조종사들의 필수 교육을 진행하고 있다. 엔지니어에게 필요한 화재 또는 기타 비상 상황 발생 시 항공기 정비 격납고에서 안전하게 대처하는 방법과 조종을 교육하고 있다. 기존에는 오프라인 강의나 온라인 PPT 자료를 업로드하여 많은 직원들을 나누어 교육하였다. 교육을 진행할 때마다 비용 또한 많이 들었다. Air France-KLM의 사회, 비즈니스 및 기술 설계자인 Guido Helmerhorst는 완전한 몰입형 경험을 위해 삼성의 VR헤드셋을 활용하여 진행되었다. 그 결과 엔지니어 300명의 경우 €50,000~€75,000에 해당하는 비용을 절약하고 1년 걸리는 교육일정을 반나절에 진행할 수 있게 되었다. 또한 적극적인 교육생들의 일부만 참여하던 실습 프로그램을 가상 세계 안에서는 모든 학생들이 적극적으로 자신의 기량을 펼치며 참여할 수 있는 환경을 만들었다.



[KLM 가상 현실 교육 프로그램]

가상현실에 시의 접목은 향상된 학습 경험을 제공하기 때문에 사내 교육에 경쟁력 있는 교육 효과를 제시한다. 가상현실과 함께 다양한 데이터를 활용하여 제작한 콘텐츠는 현실감을 높여 교육의 몰입도를 증가시킨다. 또한 안전한 공간에서 학습 준비를 간단히 효율적으로 할 수 있게 된다. 2016년부터 KLM은 딥 러닝 및 자연어 처리 기반 애플리케이션을 배포했다. 기업이 최고의 인간 능력과 기계 능력을 원활하게 결합하여 고품질 고

객 서비스를 제공할 수 있도록 돕는 것을 목표로 하고 있다.



[KLM의 엔지니어 교육 프로그램]


엔지니어는 시기술이 융합된 가상 교육 프로그램을 통해 컴퓨터 시뮬레이션 화재가 시작되면 건물에서 탈출 경로를 선택하고 화재 진압을 결정한다. 먼저 소화기를 찾고 화재 유형에 따라 6가지 유형의 소화기 중 어떤 것을 사용할지 선택해야 하는데, 방이 화재와 연기로 가득 차 있고 동료들이 비명을 지르며 당황하기 시작하면 가상 현실에서도 실제처럼 여러 가지 행동이 다르게 나오게 된다. 이러한 다양한 행동 데이터를 저장하고 분석하여 엔지니어가 취할 수 있는 다양한 경로와 조치, 그리고 각 결정의 결과를 보여주는 “시나리오 트리” 를 시를 통해 만들었다. 이것은 교육생들에게 1,200가지 다른 선택을 제공하게 되므로 적은 시간과 리소스로 많은 것을 학습 할 수 있는 기회가 된다.


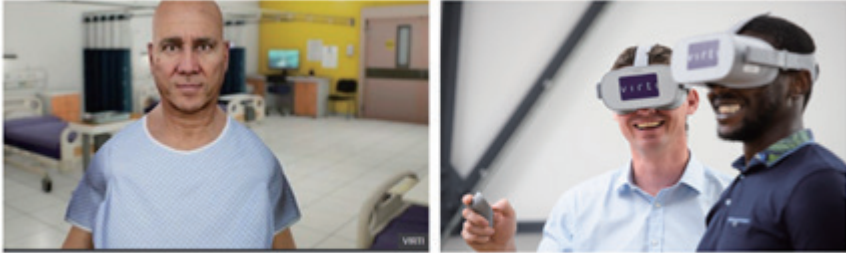
### 의료 교육의 성과 향상


의료진의 교육을 위한 가상현실과 시와의 결합은 교육의 효과와 만족도가 압도적으로 높았다.

많은 시간을 낭비하지 않고 가장 적합한 옵션을 찾아 원하는 공간에서 편리하게 생생한 실습이 가능하게 해준다. 초기보다 기술이 발전하면서 환자들의 장기를 직접 들여다보고 환자의 증상을 식별할 수 있도록 하며 원격으로 치료할 수 있는 조치를 내릴 수 있다. 심폐소생술(CPR)의 경우 환자가 그곳에 실제로 존재하는 느낌이고 바닥에 누워 있는 환자를 보고 그에 따른 반응을 보이는 것을 측정하고 피드백을 받을 때 CPR을 위한 최상의 자세와 기술을 배우는데 도움이 된다. 또한 시를 활용하여 개인화 된 정보 제공과 재미 요소를 높이고 상황별 단계별로 다른 스토리와 피드백을 제공함으로써 학습의 효율성을 높인다. 또한 디바이스를 통해 체계적인 학습관리를 환자와 함께 진행함으로써 치료의 동기 부여를 높일 수 있다. 예를 들어 AiSolve는 기존 VR 환경제작시의 시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 AI 적용 시뮬레이션으로 다양한 CPR 환경을 쉽게 설정하고 체험을 할 수 있게 하였다. FundamentalVR은 원격교육을 통해 해부학, 수술등 의료전문가의 가상교육을 지원하는 서비스를 제공하는데, 시와 협력을 사용하여 외과 의사들의 교육 성과를 높이고 있다. 또 다른 사례로 VIRT는 AI 적용 기술로 개인화된 데이터와 콘텐츠 분석 제공하여 체계적인 의료학습관리를 하고 있다.

<b>FUNDAMENTALVR</b>	FundamentalVR ( <a href="https://www.fundamentalvr.com">https://www.fundamentalvr.com</a> )
펀딩	Last Round Raised: Series A, Total Financing: 9.6m (Downing Ventures, Tern PLC, Epic, Private Equity, Nexus Ventures, Brighteye Ventures, The Mayo Clinic, Sana Kliniken, Founders Factory)
진출지역	영국, 유럽, 미국

<p>서비스 소개 및 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 원격교육을 통해 헬스케어 분야에서 해부학, 수술 등 의료전문가의 가상교육을 지원하는 서비스</li> <li>● AI와 햅틱을 사용하여 외과 의사들의 교육 성과를 높임</li> <li>● NHS와 NYU Langone의 협업을 통해 서비스가 진화 발전됨</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>[의사 원격 교육 프로그램 화면]</p> </div>
--------------------	--

	<p>Virti (<a href="https://www.virti.com/">https://www.virti.com/</a>)</p>
<p>펀딩 및 어워드</p>	<p>시리즈 A달성으로 \$10M 모금 TIME' s Top 100 Best Inventions 2020 VR Healthcare Company of the Year Award Best Start-up Award</p>
<p>진출지역</p>	<p>영국</p>
<p>서비스 소개 및 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● AI 적용 기술로 개인화된 데이터와 콘텐츠 분석 제공</li> <li>● 다양한 디바이스 활용을 통해서 학습의 체계적인 관리</li> <li>● VR 몰입형 콘텐츠 구축 및 확장</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>[코로나 팬데믹 시기 환자 치료를 위한 교육]</p> </div>

	<p>AI Solve (<a href="https://www.aisolve.com/">https://www.aisolve.com/</a>)</p>
<p>매출 및 제휴</p>	<p>5년간 £30Million 매출 달성 70여개의 글로벌 병원과 제휴</p>
<p>진출지역</p>	<p>영국, 싱가포르, 미국</p>
<p>서비스 소개 및 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● AI 적용 시뮬레이션으로 다양한 환경을 설정하고 체험 가능</li> <li>● 응급상황에 일어나는 실수를 최소화 할 수 있도록 트레이닝</li> <li>● 6가지 콘텐츠와 교육 프로그램 개발</li> </ul>

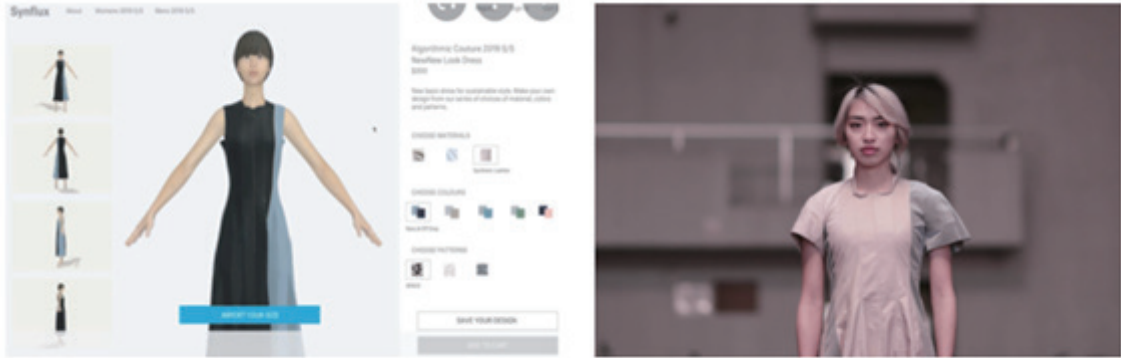


### 패션 리테일 산업의 사용자 경험 확대

가상 환경에서만 액세스하고 거래할 수 있는 항목인 가상 상품이 2025년 까지 1,900억 달러 시장을 나타낼 수 있다고 예측하고 있다. 2019년 디지털 패션 하우스 The Fabricant 는 Ethereum 블록체인을 통해 가상 드레스를 9,500달러에 판매하여 헤드라인을 장식했다. 의상 선택에 대한 피드백이나 대안을 제시할 수 있는 AI 기반 디지털 스타일리스트와 챗봇도 본격화되고 있다. VR 패션쇼는 이미 Victoria' s Secret, Tommy Hilfiger 및 기타 레이블에서 스트리밍되고 있다. 2017년에 설립된 런던에 기반을 둔 Intelistyle은 패션 소매업체가 패션별 개인화를 통해 수익을 늘리고 구매 비용을 절감할 수 있도록 지원한다. AI는 고객의 스타일 선호도를 파악하고 그에 맞는 제품과 의상을 제안하여 전환율, AOV(Average Order Value), 재구매율을 최적화한다. 추천은 최신 지역 동향은 물론 고객의 신체 유형, 색상, 원하는 경우 및 개인 스타일에 맞게 조정된다. 이렇게 AI는 가상 현실에서 최고의 고객을 연결하고 고객에 맞는 제품을 제공함으로써 새로운 경험을 창조할 수 있다.

고객 대면이 어려운 환경에서 가상 현실을 통한 맞춤형 서비스는 예측보다 빠르게 성장하고 있다. 가상 피팅룸은 제품의 선택식 번거로움을 줄이고, 가상 무역박람회를 통해 다양한 소비자의 유치와 기존 관행을 바꿀 수 있다. 데이터 수집 노력이 더욱 정교해짐에 따라 AI는 고객이 다음에 입을 옷을 예측하는 데 초점을 맞춰 제품 디자인 및 개발에 대한 브랜드의 접근 방식을 재편하고 있다.

AI가 개발한 디자인과 인간이 만든 디자인 사이의 격차는 점차 좁혀지고 있다. 2019년 4월 DeepVogue라는 AI “디자이너” 는 중국의 국제 패션 디자인 혁신 대회에서 전체 2위를 하고 People' s Choice Award를 수상했다. 중국에 기반을 둔 기술 회사인 Shenlan Technology가 설계한 이 시스템은 딥 러닝을 사용하여 인간 디자이너가 가져온 이미지, 테마 및 키워드에서 가져온 독창적인 디자인을 생성한다. 도쿄에 기반을 둔 디자인 컨설팅 회사인 Synflux는 Algorithmic Couture라는 프로젝트에서 혁신적인 디자인을 제안하기 위해 AI를 사용하고 있다. 디자이너와 소프트웨어 엔지니어로 구성된 팀은 일련의 단계를 거쳐 맞춤형 의류를 만드는 도구를 기획했다. 먼저 소프트웨어 3D가 신체를 스캔하여 비용을 캡처한다. 그런 다음 머신 러닝 알고리즘이 수집된 데이터를 분석하여 원단 낭비를 줄이기 위한 의류 패턴을 제시한다. 마지막 단계에서 디자이너는 CAD(Computer-Aided Design) 소프트웨어를 사용하여 이러한 2D 패턴을 모델링하고 의류 품목을 재봉하는 데 사용할 수 있는 패션 패턴을 생성한다. 드레스를 입고 짧은 머리를 가진 금발 여자의 머리와 몸통 Synflux의 소프트웨어로 생성된 드레스 디자인의 접근 방식은 소프트웨어가 각 고객을 위해 디자인을 최적화하므로 패브릭 낭비를 최소화하면서 일반적으로 정형화된 소형, 중형 및 대형 사이즈가 아닌 개인화된 디자인을 제공하는 것으로 구상된다. 분석된 데이터를 AI를 통한 표, 차트 및 인포그래픽 형태로 완벽한 시각 효과와 함께 생생하게 전달한다. 이러한 결과로 고객과 더 활발한 상호 작용을 할 수 있는 플랫폼은 브랜드의 인지도에 긍정적인 영향을 미친다는 것과 기존 고객과 잠재 고객에게 쉽게 다가갈 수 있다는 것을 알게 되었다. 즉 고객이 더 많이 사랑할수록 브랜드와 서비스에 대한 신뢰가 높아진다는 것을 증명했다.



**[Synflux의 소프트웨어로 제작된 디자인과 디지털 패션쇼]**

**메타버스(Metaverse)의 미래: AI, XR, Blockchain(NFT)의 융합**

코로나19 팬데믹은 사회 구성원들 간 접근성을 어렵게 만들면서 커뮤니케이션과 협업에 문제가 발생시켰다. 이를 극복하기 위해 메타버스(Metaverse) 공간에서 인공지능(AI)기술 · 사업 모델에 대한 관심이 전 세계적으로 급부상하고 있다. 현재 약 39억 명이 인터넷을 통해 ‘온라인 공간’에서 활동하고 있는데 그 규모는 전체 인구의 절반을 넘어서고 있다고 한다. 앞으로 세계 거의 모든 사람이 사이버 공간으로 연결된다고 가정할 때, 약 100억 명이 될 것으로 예측한다. 차세대 플랫폼이라 불리는 메타버스(Metaverse)에서는 현실과 가상을 넘나들면서 엔터테인먼트, 상업, 교통, 금융 등이 원활하게 이루어지기 때문에 경제 활동을 자유롭게 할 수 있다. 인공지능(AI)와 가상융합기술(XR)과 Blockchain(NFT)의 융합은 향후 메타버스 경제로의 발전에 초석이 될 것이라고 예측한다. 최근 VC(Venture Capital)의 관심이 높아지면서 메타버스관련 투자 펀드도 조성되고 있다.

메타버스 사례를 통해 살펴보면, 먼저 Sotheby’s (2020년) 디지털 메타버스 Decentraland는 이더리움 블록체인으로 구동되는 분산형 가상현실 플랫폼이다. NFT 아티스트 Robert Alice가 공동 주최하고 가상 갤러리에는 인공지능을 기반으로 하는 디지털 아바타 Hans Lomulder가 방문객을 맞이하고 다양한 제품을 구매할 수 있는 기회도 주어진다.



**[영국 경매회사 Sotheby의 메타버스플랫폼 Decentraland의 가상 갤러리]**

다음으로는 프랑스의 전자음악 창시자인 Jean-Michael Jarre는 러시아의 거대 메타버스 회사와 협업하여 메타버스 콘서트를 진행한 것이다. 샌드박스사와 함께 이더리움 기반의 NFT를 \$17M 소유한 힙합스타 Snoop dogg는 사회적으로 교류하고, 디지털 소유권을 정의하고, 파티까지 진행하는 파트너십을 발표했다. 메타버스 플랫폼안에 LA 저택을 재현하고 그의 팬들이 그곳에 입장하고, 그의 NFT 컬렉션을 보고, 파티에 참여하고, 콘서트에 참여하고, 심지어 그의 이웃에 있는 땅을 파는 것까지 허용하고 있다. 이러한 사례들은 향후 시의 고도화된 기술을 통해 지능형 NFT로 확장되

어 새로운 메타버스의 경제 활동의 발전의 밑거름이 될 것이다.



[프랑스 전자음악 창시자 Jean-Michael Jarre의 메타버스 공연]

미래의 메타버스 세계에서는 지금까지 우리가 경험해보지 다양한 방식으로 전개되어질 가능성이 높다. 아래와 같이 지능형 추천을 통한 삶의 질 향상과 AI와의 협업을 통한 생산성 향상 그리고 지능형 소유물의 창조와 비즈니스의 확장 등이 일어나리라 예상된다.

#### ① 개인에 최적화된 추천 서비스를 통한 삶의 질 향상

메타버스 세계에서는 개인에 대한 다양한 일상 정보, 이벤트, 쇼핑 등의 삶의 현장에서 사용자에게 맞게 최적화된 추천 서비스를 제공 할 수 있다. 고도화 된 추천 서비스는 삶의 질을 풍성하게 만들어 줄 수 있다. 사용자가 현실과 가상 세계에 남겨 놓은 다양한 데이터들을 종합하여 개인의 선호를 파악하고 인지하여 통합 분석을 통해 문제를 해결할 수 있는 다양한 솔루션을 제공할 수 있다. 의료 전문가, 인테리어 전문가, 요리 전문가, 쇼핑 전문가가 등 사용자가 등을 통한 최적화 된 정보는 삶의 질을 개선할 수 있다.

#### ② AI와의 협업을 통한 생산성 향상

기술의 발전과 함께 습득해야 할 정보의 양이 급속도로 많아지면서 인간은 독자적으로 살기 어려운 시대가 되었다. 메타버스 세계에서는 전 세계가 하나로 연결되면서 사람들은 메타버스 세계에서 다양한 협업을 통해 일을 확장해 나갈 것이다. 이미 존재하는 협업 툴이 메타버스라는 가상공간에서 더 발전되고 현실과 구분하기 어려운 프로젝트를 수행해 낼 것이다. 이러한 일이 가상공간에서 자연스럽게 이루어질 때, AI는 업무를 보다 효과적으로 할 수 있는 툴과 환경을 만들어 줄 수 있다. 또한 창의적인 업무와 반복적인 업무를 구분하여 24시간 지치지 않고 반복적인 업무를 대신 해 줌으로 고급 인재들이 창의적인 업무에 집중할 수 있도록 도와줄 수도 있다. AI와의 협업은 인간의 업무를 줄여주고 업무의 정확도를 높이므로 업무 전체적인 효율성이 높아져서 생산성 향상을 가져온다.

#### ③ 지능형 소유물의 창조와 비즈니스의 확장

메타버스 세계를 기다리는 가장 큰 이유 중에 하나는 활발한 경제 활동에 대한 기대감이다. 디지털 상에서 통용되는 NFT(Non Fungible Token)는 메타버스 시장에서의 경제 활동을 창조하는 역할의 주요한 부분으로서의 가능성을 보여주고 있다. NFT는 블록체인 기술로 이루어진 것으로 가상 세계에서 소유물을 갖기 위한 소비활동에서 디지털 자산이 된다. 따라서 예술가, 기업이 모두 적극적으로 관심을 갖고 움직이고 있다. AI의 고도화된 기술을 통해 지능형 NFT로 확장되어 새로운 메타버스의 경제 활동의 시장으로 발전될 수 있다. 이미 디지털 제품들(드레스 및 가방), 다양한 예술품이 거래되고 있다. 인공지능 기업은 지능형 NFT 로봇도 제작되어 거래되면서 디지털 비즈니스가 다양한 분야로 확장되고 있다.

#### ④ 인간을 이롭게 하는 기술로의 확대

메타버스 세계에서는 인공지능(AI)을 통해 아바타가 스스로 생산 활동이 가능하고 가상 세계에서 제작과 건축을 하고 그림을 그리고 디자인 작업을 하는 인공지능 창작물에 대한 저작권논란을 예고하고 있다. 또한 기존과는 비교 할 수 없는 대량의 정보가 다루어지는 빅 데이터에서의 개

인 정보 이슈는 사생활 침해 논란을 가져올 수 있다. 이러한 이슈에 대해 제도적 법적 기준을 수립하고 수행하는데 있어 AI의 역할이 필요하다. 다시 말해서 인간을 이롭게 하는 기술, 인간과 기술이 잘 공존할 수 있는 의사 결정이 가능한 AI 시스템의 개발의 확대가 더욱 중요하게 될 것이다.

▶참고 문헌 :

Ecory(2021.04), XR and its potential for Europe.

Jeremy Dalton & Jonathan Gillham(2019), Seeing is believing, PwC

Stanford University HAI(2021), Artificial Intelligence Index Report 2021

<https://www.infopro.com.my/the-evolution-of-artificial-intelligence-ai/>

<https://www.computerweekly.com/news/450414139/Virtual-reality-simulation-helps-KLM-engineers-escape-in-an-emergency>

<https://www.forbes.com/sites/chariefink/2020/07/16/how-klm-airlines-uses-vr-to-save-money-on-travel/?sh=52d43f5f1c4d>

<https://www.cbinsights.com/research/fashion-tech-future-trends/>







# [REPORT]

## 3.기후기술 이전(Climae Technology Transfer) 혁신을 촉진하는 디지털화(Digitalization) 전략

이우진 박사

덴마크 기후기술센터&네트워크(CTCN)

### 요약(Abstract)

본 보고는 필자가 2019년 11월부터 북유럽 덴마크 소재 UN 환경계획(UN Environment Programme, UNEP) 산하 기관인 기후기술센터&네트워크(Climae Technology Centre & Network, 이하 CTCN)에서 혁신 전문가(Innovation Specialist)로 근무하면서, CTCN의 기후기술 이전(Climae technology transfer) 프로세스 중 인공지능, 빅데이터, 클라우드, 사물인터넷 등 여러 디지털 기술 융합 사례를 분석하여, 디지털화(Digitalization) 기반의 기술 혁신(Technology Innovation)을 촉진하는 전략을 제안한 연구결과이다. 최근 기술 혁신은 전세계적으로 기후변화에 효과적으로 대응하기 위한 전략을 수립하는데 지대한 역할을 하고 있다. 특히 UN을 중심으로 지속가능목표(Sustainable Development Goals, SDGs), 파리기후협약(Paris Agreement) 등 기후변화 대응을 위한 각종 목표들과 많은 실행계획들을 제시하고 있다. 이와 관련, 개도국 기후현안을 해결하기 위하여, 선진국 네트워크 멤버기관이 보유한 기후기술을 이전하는 업무를 담당하는 기관인 CTCN이 기후기술 이전 혁신 중개기관(Innovation Matchmaker) 활동을 진행하는 과정에서, 첨단 디지털 기술들을 활용하고, 융합하는 추세를 주시할 필요가 있다. 이를 위하여, 본 연구에서는 CTCN이 그간 수행해 온 디지털-기후 융합 기술지원(Digitalization Technical Assistance, D-TA) 사례를 기후 재해 예측(risk prediction), 기후 정책 결정(policy making), 기후 자원 최적화(resource optimization) 등으로 분류하여, 디지털화(Digitalization) 현황을 분석하고, 주요 관계자 인터뷰와 사전연구에서 제시된 단계적 혁신 모델(Staged Innovation Model)을 적용하여, CTCN의 세가지 혁신 중개 역할(데이터 제공자, 디지털 기획자, 디지털 플랫폼 등)을 고려한 디지털화 촉진 전략을 제안하였다.

### 1. 머리말(Introduction)

글로벌 기후 문제를 효과적이고 장기적으로 해결함으로써 지속적인 경제 발전을 견인하기 위한 기술혁신(Technology Innovation)의 중요성은 점점 더 증가하고 있다. 파리협약의 목표를 달성하기 위한 구체적인 '과제실행 기구'로서 기후기술 센터&네트워크(Climae Technology Centre and Network, 이하 CTCN)는 기후기술혁신을 통해 개도국의 기후문제를 해결한다는 고유목표를 설정하고, 현재 90개국 이상 200건 이상의 기술지원(Technical Assistance) 사업을 수행해오고 있다 [1].

2016년 다보스 포럼에서 4차 산업혁명을 미래 중심 동력으로 제시한 이후, 다양한 첨단 디지털 기술, 즉 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI), 사물인터넷(Internet of Things, 이하 IoT), 클라우드 컴퓨팅, 5G 이동통신, 디지털 트윈, 빅데이터 등을 적용한 기술혁신은 편리성, 경제성, 다양성, 지속성 등 유익한 장점들을 기반으로 산업 전반으로 확산되고 있다 [2]. 국제사회 중요한 이슈인 기후문제 해결에도 예외는 아니어서, 다양한 UN기구들과 관련 과학기술 조직 등이 기후분야에 디지털 기술을 융합하는 디지털화(digitalization)를 촉진하기 위한 시도가 진행되고 있는데, 최근, 국제통신연합(International Telecommunication Union, ITU)은 17개 지속가능 발전목표(Sustainable Development Goals, SDG) 중 기후문제 대응 활동과 관련된 SDG13 해결을 위한 다양한 디지털 기술, 예로 온난화로 인한 기후 재해에 대한 실시간 모니터링, 효과적 기후 문제 해결을 위한 향상된 통신 기술, 장기적 환경 변화 관측을 위한 인공위성 및 각종 센서 기술 등을 소개하고 있다 [3].

특히, 다국적 정보기업 톰슨 로이터(Thomson Reuters) 재단의 따르면, 기후변화가 폭풍, 산불 및 가뭄 등에 의한 황폐화를 초래하면서, 이로 인한 각종 문제들을 시가 예측하고 해결할 수 있다고 인식하고 있다. 또한, 정부, 기술 회사 및 투자자들이 실제 또는 가상 환경에서 예측, 권고 또는 의사결정 등을 하는 머신러닝 기반의 학습 시스템에 점점 더 많은 관심을 보이고 있다고 덧붙였다. 이와 관련, 지난 6월 사모펀드 텍사스 태평양 그룹 (TPG)의 임팩트 투자 부문인 라이즈(Rise) 펀드는 캔터키주 스타트업 ‘클리마 비전(Clima Vision)’ 이 날씨 패턴을 세밀하게 예측하기 위해 고안한 데이터와 AI 기반 ‘노우캐스팅’ 시스템에 1억 달러를 투자한 사례를 들었다. 아울러 2020년 12월, 기후변화에 관한 UN기본 협약(United Nations Framework Convention, 이하 UNFCCC)가 기획한 특별 토론회에서는 지구온난화와 싸우기 위한 인공지능, AI, 빅데이터의 역할에 대한 정부, 민간 기업, 학연 전문가들간 다양한 토의가 진행되기도 하였다<sup>1)</sup>.

그러나, 디지털 기술의 수많은 장점에도 불구하고, 선진국과 개도국간, 혹은 농촌 지역과 도시간 디지털 격차로 인해 기후기술 이전 과정에서 기후 문제 해결을 위한 효과적인 기술혁신이 일어나기 어려운 것이 현실이다. 이에 본 연구는 UN내 대표적 기후 기술이전 혁신 중개기관으로서, 2013년 설립된 CTCN이 기후문제 해결을 위해 디지털 기술을 융합한 대표적인 기술지원(Digitalization-Technical Assistance, D-TA) 사례 중에서, 특히 기후 재해 예측(climate risk prediction), 기후 정책 결정(climate policy making), 자원 최적화(climate resource optimization) 등 세가지 분야를 중심으로 분석하고, 기후기술 이전 과정에서, 디지털 기술 적용에 대한 장벽들을 관련 분야 전문가 인터뷰를 통해 조사하였다. 이를 기반으로 디지털화를 위한 세가지 단계, 즉 디지털 데이터 수집, 디지털 분석, 그리고 디지털 확산 단계에서의 CTCN 역할을 고려하여, 기후기술 이전 과정에서 디지털화 촉진 전략을 제시하고자 한다.

## 2. 디지털화 현황 분석 방법(Methods)

### 2.1. CTCN 기술지원 중 디지털화 사례(D-TA) 고찰

디지털화로 인한 기술혁신 촉진현황을 분석하기 위해, 기존 CTCN의 다양한 기후기술지원 활동 중에서 디지털 기술 융합 사례를 고찰함에 있어, 우선 디지털화 개념을 ‘기후문제 해결을 위해 새로운 디지털 기술을 외부에서 유입, 실증, 그리고 활용하는 것’ 으로 정의하였다. 이어, 2021년 11월 현재, CTCN에서 그동안 수행된 232건의 기술지원 사례 중에서 10건의 디지털-기후 융합기술 지원 사례(Digitalization-Technical Assistance, 이하 D-TA)를 선정하였다.

선정된 D-TA 과제는 세 가지 기후문제 해결 디지털 시스템으로 분류하여 분석하였는데, 첫번째는 다양한 기후 재해 예측을 위한 사전경보 시스템(Early Warning System, 이하 EWS), 두번째는 기후관련 정책 결정을 위한 환경정보 시스템(Environmental Information System, 이하 EIS), 그리고 세번째는 물, 식량, 에너지, 온실가스배출량, 재료, 쓰레기폐기물 등 다양한 자원의 순환과 최적화를 위한 자원관리 시스템(Resource Management System, 이하 RMS) 등 이다.

표 1. 디지털 기술이 적용된 대표적인 CTCN 기술지원 사례 목록.

기후 문제	디지털-기후 융합 기술지원(D-TA) 사례	활용된 디지털 기술
재해 예측 (4)	Hydrodynamic modelling for flood reduction and climate resilient infrastructure development pathways in Jakarta (Indonesia)	Flood hazard mapping, Hydrodynamic modelling
	Promoting data for climate change, drought and flood management in Myanmar	Web-based portal for climate change monitoring
	Strengthening Bangkok’s Early Warning System to respond to climate induced flooding (Thailand)	Flood forecast modeling, Urban flood early warning system
	Assessment of Suitable Flood Mitigation Measures in Georgia	Hydrological/climate change/hydraulic modelling, flood mapping

1) COP26 special event, ‘Climate Change Data using Satellite, AI and Big Data: A Multi-stakeholder Perspective’, 1 Dec. 2020

기후 정책결정 (3)	Strengthening the climate change information system for decision-making in Guatemala	Web-Geographical Information System (GIS) mapping and analysis systems, Satellite data integration and analysis platforms
	Strengthening decision-making to address climate change through the design of an environmental information system in Côte d' Ivoire	Climate data integration systems, Community based monitoring platforms
	Development of a National Metrics System for Climate Change	Climate change monitoring and integration system
자원 최적화 (3)	Technology development for climate resilience and efficient use of resources in the agricultural sector in Thailand	Remote sensing & GIS, Precision agriculture, Irrigation efficiency and information systems
	Improving resiliency of crops to drought through strengthened early warning within Ghana	Satellite data (crop, climate, soil moisture condition)
	Improvement of water supply management through GIS-based monitoring and control system for water loss reduction (Grenada)	Remote sensing and GIS software (monitor and manage clean water resources), data management software, Digital twin, Integrated Water Resources Management (IWRM)

## 2.2. 미래 전략 수립을 위한 디지털-기후 전문가 대상 인터뷰 수행

기후 기술을 개도국에 이전하는 과정 중에, 특히 디지털화를 통한 기술혁신 실행에 장벽이 되는 항목들을 조사하기 위하여, 기후기술의 디지털화 프로세스에 경험이 풍부한 여러 구성원 들, 주로 대학, 연구기관, 민간기업, 정부 관계자 등을 대상으로 심층인터뷰를 진행하였다. 주요 질의사항은 다음과 같다: 1) 기후문제 해결에 있어 성공적인 디지털화 사례, 2) 기후기술 디지털화에 대한 주요 장벽, 그리고 3) 기후문제 해결을 위한 디지털화 전략 제안 등이다.

## 3. 사례 고찰 결과(Results)

### 3.1. 기후 재해 예측을 위한 사전경보 시스템(EWS) 사례

기후문제로 인해 발생하는 가뭄, 홍수, 폭염 등 다양한 재해를 예측하는 EWS는 기후 관련 데이터 수집, 재해 판단 및 규정, 대응책 전파 등의 단계별로 디지털 기술을 적용하여 빠른시간에 대응하는 장치이다. 효과적인 작동을 위해서는 다음의 네가지 요소를 잘 구비하고 있어야 하는데, 첫째는 재해를 최소화하고 대응전략을 수립하기 위해 필수적인 정보를 제공하기 위한 재해 사전 정보 수집이다. 두번째는 주로 현장을 중심으로 수집된 주요 재해에 대한 실시간 모니터링과 사전 예측, 세번째는 재해 지역을 신속히 고지하기 위한 통신, 그리고 효과적인 사전경보를 위한 지정학적체계와 시행대책 수립이다.

이에, 인도네시아 등 많은 기후재해 국가들이 EWS를 구축하고 있는데, 특히 자카르타의 경우는 지반침하, 해수면상승, 강수량 폭증 등 다양한 원인으로 인한 홍수재해가 심각하여, 특정 재해 위험 지역에 대한 재해예측 모델링을 기반으로 한 기술 지원을 CTCN에 요청하였다(표1 참조). 본 과제에서는 최적의 홍수 모델을 개발하기 위해 각종 지형 및 기후 데이터 수집, 모델링, 홍수 지형도 작성, 홍수 현황 분석 등의 순서로, 각 단계에서 필요한 다양한 전문가, 전문기관, 정책기관 등과의 협력을 수행하고, 이를 기반으로 디지털화 확산을 위한 역량강화 교육 자료 등을 개발하였다.

### 3.2. 기후 정책 결정을 위한 환경정보 시스템(EIS) 사례

공공 및 민간 기관의 기후 정책 담당자들은 효율적인 정책결정을 위해, 기후 데이터 뿐만 아니라 환경, 사회, 경제정보 등 다각적 정보 데이터들을 활용한다. 이런 과정 중에, 때때로 정보나 기술을 공급하는 측과 기후문제 해결책 마련을 위한 수요자 측과의 디지털 격차로 인해 시기적절한 결정에 어려움을 호소하는 국가들이 있다. 이에, 과테말라, 코트디부아르 등 국가들은 환경이외에도 사회, 경제, 정치 등 다각적 정보들을 통합한 EIS 구축을 통해 빠르고 효과적인 기후관련 저감 및 대응 전략을 수립하고자 CTCN에 기술지원을 요청하였다 (표1 참조).

개도국 정부와 민간 기업들을 위한 EIS는 그림2 개략도에서 보이는 것처럼, 변화하는 사회와 환경의 취약성 패턴을 파악하는데 용이한 '빅데이터를 수집' 하기 위해서 환경과 관련된 국가내 모든 정보, 즉, 공공보건, 해양수산, 농업과 식량, 수목자원, 자연생태계, 인프라, 수자원 관리 등을

한곳에 모아두고, 이를 관리하는 부문, 즉 교통, 에너지, 농수산, 산업, 자원관리, 폐기물처리, 산림 등 현장관리 부서와 연계하여 '실시간 모니터링 과 측정' 을 한다. 이를 통해, 정책전문가들이 정책을 최종적으로 판단하는데 필요한 다양한 '정책 및 전략 지표 수립' 을 할 수 있도록 하였다.

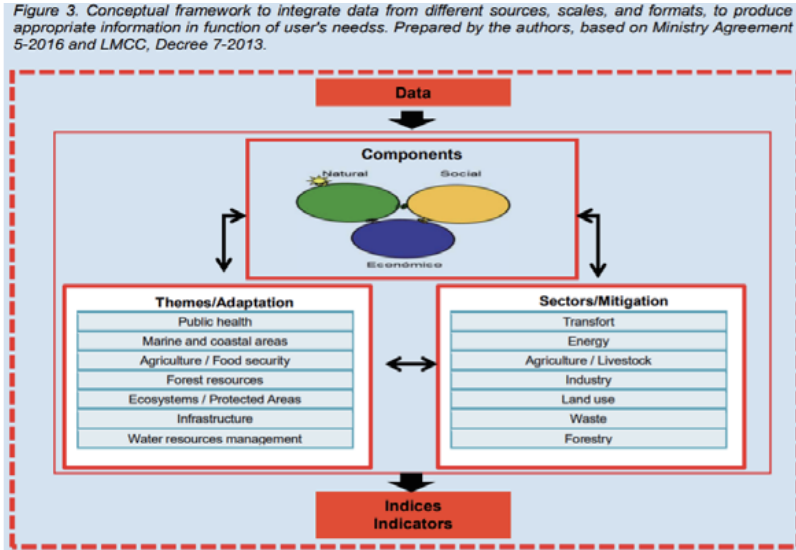


그림1. 환경정보시스템(EIS)을 위한 다양한 분야 데이터 수집전략.

### 3.3. 최적화를 위한 자원관리 시스템(RMS) 사례

글로벌 기후 변화로 인한 위기는 식량, 물과 같은 인간 생존에 필수적인 자원 공급과 활용에 막대한 영향을 미치고 있다. 특히 작물생산량, 물부족 등에 대한 위기가 극대화되어가는 아프리카 국가들은 디지털 기술을 통해 자원 생산, 소모 등을 모니터링하는 활동에 대한 관심이 커지고 있다. 이와 관련된 기술에는 고성능 관측을 기반으로 원격 감지 장비들을 지원하는 기계간 접속 및 IoT, 자원 안전 관리 분석·모델링·지형화 등의 데이터베이스, 자원 생산자와 소비자를 연결하는 통신 인프라 등이 있다. 경제인구의 40%이상이 농업에 종사하고 있는 태국의 경우, 기후 위기가 지속적으로 진행됨에 따라 최적의 작물생산에 대한 요구가 지속되어, CTCN을 통해 통합해충방제, 관개, 비료 관리 등을 포함하는 효과적인 RMS 로서, 실시간 농업자원 관리시스템 개발을 요청하였다(표1 참조). 또한, 그레나다의 경우는 강우량이 지속적으로 감소됨과 동시에, 식수 요구량은 증가하고 있어, 실시간 감시 디지털 기술을 활용한 국가 상수원 관리 RMS 개발을 기술지원 사업으로 요청하였다. 두 기술지원 과제의 경우, 그림2와 같이 최신 인공위성 사진과 범지구 위치결정 시스템(Global Positioning System, GPS) 등이 RMS에 핵심 디지털 기술로 쓰여지게 되면서 식량과 물 관리 문제에 대한 효과적인 해결책이 되었다.

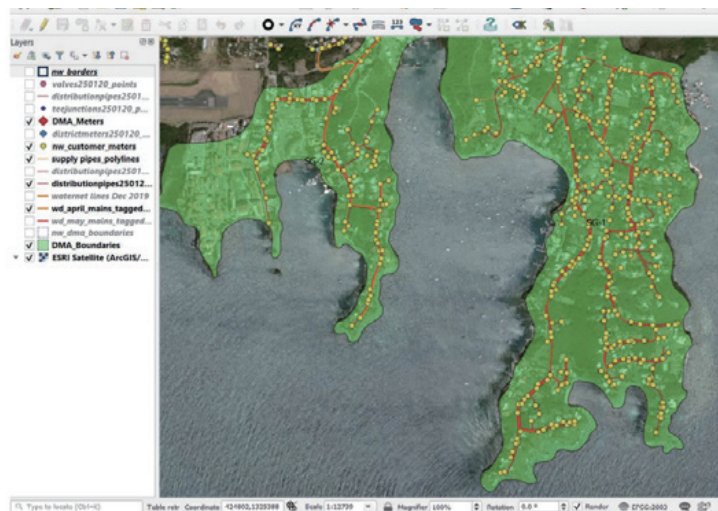


그림2. 인공위성과 GPS 기술을 적용한 서버 기반의 물 관측 RMS시스템.

## 4. 혁신 관점 디지털화 분석(Discussion)

### 4.1. 기후기술 이전 과정에서 단계별 디지털화 분석

필자의 이전 연구에서 제안된 기후기술 이전 과정 중 단계형 혁신 모형 (Staged Innovation Model) [4]에 따르면, 첫번째 기술도입 단계에서는 기술 수혜자의 요청에 따라 기술 제공자의 외부 기술이 투입되는 이른바, ‘외부유입형’ 개방형 혁신이 일어나고, 기술이 성숙하는 RD&D 및 재정 단계에서는 새로운 개도국내 현지 혁신 파트너들이 참여함으로써 시장창출에 기여하는 다양한 초기 혁신 제품과 신규 비즈니스 모델이 탄생될 수 있기 때문에 ‘혼합형’ 개방형 혁신이 지배하는 단계라고 할 수 있다. 이 단계에서 정부, 민간, 그리고 학계 등 다양한 구성원 간의 전략적 제휴가 이루어진다. 마지막으로 민간참여나 시장창출 영역인 기술확산 단계에서는 대부분의 구성원이 스피노프, 스타트업, 기업공개 등을 추진하는 단계로서 주로 ‘내부확산형’ 개방형 혁신이 빠르게 진행된다. 본 연구에서도 기후문제 해결에 대한 혁신 촉진 수단으로서 디지털화 프로세스를 분석하기 위해 단계형 혁신 모형을 적용하여, (1) 디지털 데이터가 외부에서 수집되는 외부유입형 혁신 단계, (2) 수집된 데이터를 중심으로 다양한 참여자들의 포괄적 분석을 통한 혼합형 혁신 단계, 그리고 (3) 디지털 제품, 서비스, 정보 등의 외부 확산을 위한 내부확산형 혁신으로 구분할 수 있다.

#### 4.1.1. 외부유입형 혁신을 통한 디지털 수집 단계

일반적으로, 디지털화가 시작되는 단계에서는 외부 기술 제공기관, 개도국 현지 공공기관, 민간기업, 혹은 수많은 정보 제공원으로 부터 다양한 데이터들이 유입되는 현상이 일어난다. 앞서 자카르타 EWS구축의 경우, 홍수 예방을 위해 기상청으로부터 강우량, 해수면과 같은 기상학 데이터, 기술이전 수행기관으로 부터 조사된 조수차 데이터, 문헌을 통한 지반침하 데이터, 인공위성 사진 등 다양한 빅데이터를 수집하고, 이어서 오픈 소스 소프트웨어를 활용한 빅데이터 관리, 분석, 지형화 작업으로 진행되었다.

CTCN을 통해 개발된 농업 부문 EIS 및 RMS 기술지원 과제의 경우, 디지털 수집 단계에서는 토양 상태, 작물생산량, 영양결핍 등을 예측하기 위한 지질학적 정보들, 병충해 조절과 비료 최적화를 위한 GIS 데이터와 인공위성 센서기술의 결합 등 디지털화를 위한 초기단계의 외부유입형 혁신이 일어난다고 할수있다.

#### 4.1.2. 혼합형 혁신을 통한 디지털 분석 단계

두번째 디지털 분석단계는 수집된 빅데이터들이 기술 융합과 기관 협업을 통해 다양한 지식과 정보로 전환되는 단계이다. 이 과정에서 AI, 고성능 모델링, 지형화, 시뮬레이션 도구 등 다양한 분석 소프트웨어 기술이 적용되는데, 자카르타 기술지원의 경우, 실시간 강우, 기상, 지반침하 데이터를 통합 분석하고, 다양한 소프트웨어 모델링을 통해 일부 특정 지역의 홍수 데이터를 지형화함으로써, 최종 10곳의 홍수 위험 지역을 지정하여 관리할 수 있게 되었다.



Figure 10 Identified Flood "Hotspots"

그림3. 빅데이터 분석을 기반으로 산출된 홍수 위험 지역 지형화.

일반적으로, 신규 개발 기술을 현장에 도입하기 위해서는 실증(demonstration) 이라는 절차가 필요하다. 이는 데이터의 신뢰성을 높이기 위해 실제 현장에서 동일하게 적용되는 조건하에서 재현성있게 반복적으로 진행되는 일종의 검증 절차인데, 디지털 분석 단계에서도 마찬가지로, 수집된 데이터들이 모델링과 시뮬레이션이라 불리는 디지털 기술, 최근에는 머신러닝을 통해 반복적으로 평가되고, 이를 통해 다음 단계인 디지털 확산을 위한 중요한 자원으로 재활용되는 최적의 '정보'와 '지식'으로 전환되는 활동이 일어나게 된다.

따라서, 혁신 관점에서 볼때, 이 단계에서는 다양한 방식으로 '수집된(outside-in)' 데이터들이 학계, 연구계, 민간기업, 현지 관계자 등과의 전략적 제휴를 통해 첨단 디지털 분석 기술과 결합되어 재현성을 검증한 후 외부로 '공개되는(inside-out)' 두가지 혁신이 혼합되어 일어난다고 할 수 있다.

### 4.1.3. 내부확산형 혁신을 통한 디지털 확산 단계

포괄적 협업과 기술 융합을 활용한 디지털 분석 이후, 다양한 제품, 서비스, 정보 등 산출물의 형태로 외부 수요자들에게 공개되는 과정은 디지털화의 마지막 단계인 디지털 확산이다. 미얀마는 CTCN 기술지원 사업을 통해 소프트웨어 기반이 아닌 클라우드 컴퓨팅을 활용한 웹기반의 홍수, 가뭄 등 기후 EWS 구축을 요청했는데, 이를 통해 기후정책전문가, 정부관계자 등 다양한 수요자들이 특정 소프트웨어 설치없이 웹상 클라우드 기반의 서비스 형태의 EWS 를 활용할 수 있게 되었다.

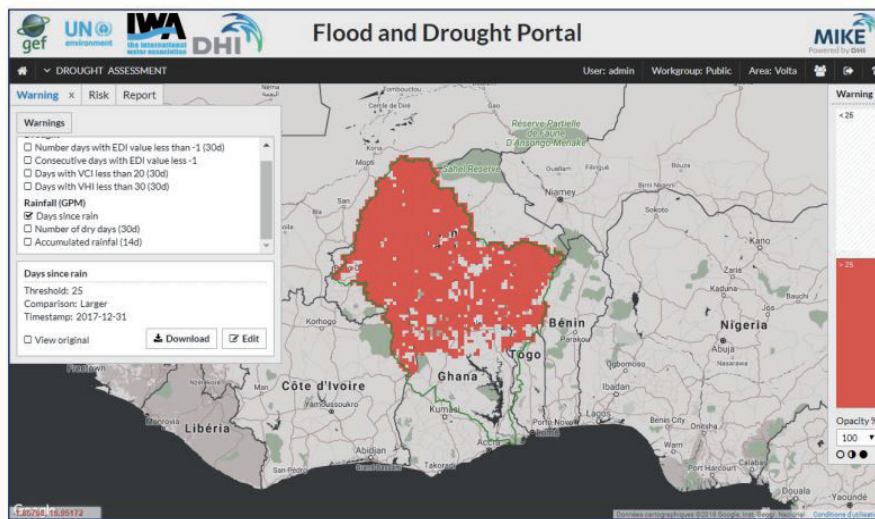


Figure 17 Drought early warning system within the web based drought portal developed as part of the CTCN assistance

그림4. 클라우드 기술을 활용한 웹기반 기후 EWS 구축.

또한, 성공적인 디지털 기술지원 과제 결과물들은 유사한 기후 환경을 가진 인접 국가들에 쉽게 온라인으로 확산이 가능하기 때문에, 추가적인 기술개발 없이도 역량강화 교육이나 기술이전 워크샵만으로 제품이나 기술 정보를 전달할 수 있다는 점에서 이상적인 내부확산형 혁신이 일어난다고 할 수 있다.

지금까지 기후문제 해결을 위한 디지털화 혁신 과정을 수집, 분석, 확산의 세 단계로 설명하였는데, 아래 그림 5에서는 기후기술 이전 프로세스의 각 단계에서 주요 혁신 주체들의 구체적인 디지털화 혁신 활동을 표시하였다. 즉, 디지털 수집 단계에서는 주요 혁신주체인 산학연 네트워크 멤버들과 개도국 현지 기관들이 기후 관련 통계나 학술 데이터, 각종 IoT, 원격 센서 등을 통해 빅데이터를 제공하고, 분석단계에서는 디지털 기술 제공자와 현지 정보 제공자들의 협업 활동을 통한 정보와 지식의 창출, 그리고 확산 단계에서는 디지털 제품, 서비스 및 교육 등을 외부 주요 수요자들에게 전달함으로써, 혁신이 활성화 되는 것을 알 수 있다.

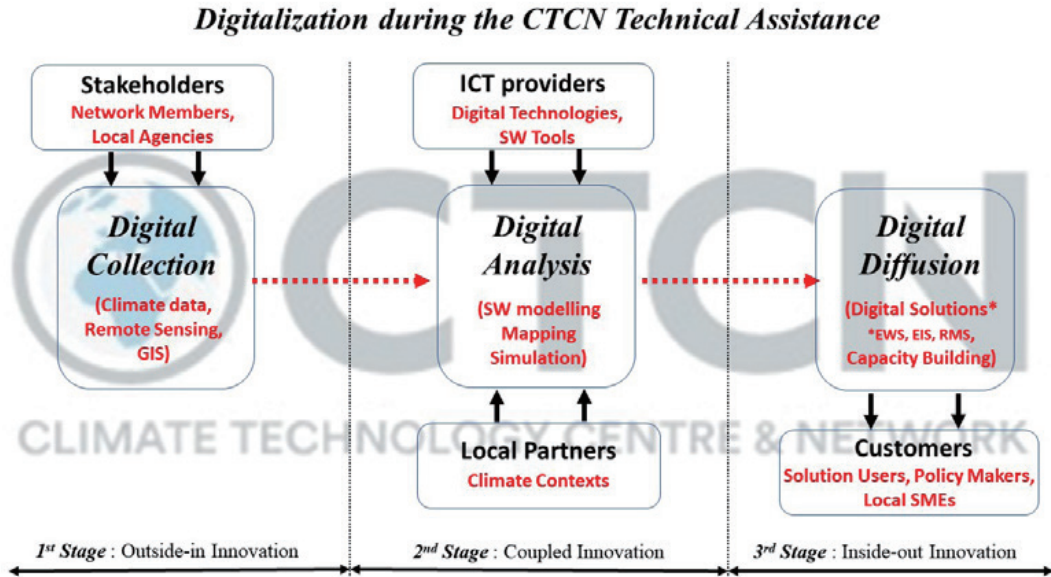


그림5. 기후기술 이전과 혁신 프로세스에서 디지털화 단계 개략도

#### 4.2. 기후기술 이전 과정에서의 디지털화 장애 요인 분석

선진국이 보유한 기후기술을 개도국에 이전함에 있어, 디지털 기술을 적용하는 과정에 장벽이 되는 다양한 원인들을 분석하기 위해서, 각계 각종의 전문가들과 인터뷰를 나눈 결과, 세가지 주요한 장애요인을 있음을 알게 되었다. 첫번째는 디지털 기술 보유기관들의 다양한 기후 관련 데이터 연계성 부족, 둘째는 선진국과 개도국간 디지털 격차, 마지막으로 새로운 디지털 서비스 시장을 위한 다양한 형태의 인센티브 부족 등이었다 (표2 참조)

표 2. 다양한 혁신주체의 시각에서 바라본 디지털화 장애 요인.

인터뷰 대상 전문가	주요 답변	장애 요인 키워드
CTCN 네트워크 멤버, 대학 및 연구소 종사자	신규 디지털 기술 제공자 유인 인센티브 부족, 다양한 디지털 기술 보유 기관 및 현지 기후 연계 데이터 부족 등	Digital Datasets
선진국, 개도국 정부 관계자	개도국의 디지털 인프라, 기술, 역량 등 부족	Digital Divide
민간 기업	신규 디지털 시장 창출에 대한 인센티브 부족	Digital Platform

### 5. 기후기술 이전의 디지털화 촉진 전략

지금까지 CTCN의 다양한 기후기술 디지털화 지원 사례 고찰과 혁신 관점에서 분석한 세 단계 디지털화 프로세스를 기반으로, CTCN이 기후기술 이전 과정의 혁신 중개기관(Innovation Matchmaker)으로서 디지털화를 촉진하기 위한 전략적 역할은 무엇인지 논의하고자 한다.

#### 5.1. 디지털 수집 단계: 디지털 데이터 제공자로서 CTCN

디지털화의 첫번째 단계에서, CTCN은 기존 데이터 수집방식을 어떻게 하면 효율적으로 전환할 지 고민해야할 것이다. 우선 다양한 기후기술 주체들인 기존 네트워크 멤버들이 보유하고 있는 (1) 기술 관련 데이터를 주제별로 카테고리화하고, 기존의 (2) 기후관련 데이터베이스와 적극적인 파트너십을 맺은 후, 첨단 디지털데이터 수집 기술을 보유한 (3) 신규 네트워크 멤버 영입을 통해 그들을 적극 활용함으로써 가능하다.

첫번째로 기존 데이터 분류와 관련하여, 네트워크 멤버들이 보유한 다양한 기후 및 디지털 기술, 분석 도구, 역량, 그리고 개도국의 기술 수요 등을 우선 카테고리별로 분류할 필요가 있다. CTCN의 주요 특징은 개도국의 기후 문제를 해결하는 주체로서 다양한 기후기술 전문기관으로 구성된

멤버 네트워크가 있다는 점이다. 2021년 11월 기준으로, 90개 나라의 663개 기관이 참여하고 있다. 네트워크 멤버의 기관형태는, 대부분 중소기업으로 구성된 민간 (49.5%), 연구기관 (20.7%), 비정부기관 (10.9%), 반이익기관 (6.8%) 등으로 이루어져 있다. 최근 CTCN 기술지원에 대한 민간기업의 관심은 꾸준히 증가하고 있어, 네트워크 멤버 가입율이 높아지고 있다.

그러나 자체 분석에 따르면, 328개 민간기업 중 단 27개 만이 기술지원 사업에 참여하고 있고, 대부분 기술이전 단계 중 실증이나 시장 창출과 같은 후속지원에 집중되어 있다. 따라서, 특히 첨단 디지털 기술을 보유한 민간기업 멤버의 사업 참여를 독려하기 위해서는 기업내 기술 관련 데이터를 미리 분석하여 잘 분류할 필요가 있다. 최근, UNFCCC의 기술 메커니즘 중 정책 수행 기관인 Technology Executive Committee (TEC)는 개도국 대상 기술 이전을 위한 첨단 기술(Emerging Technology) 관련 보고서를 발간하였는데 [5], 특히, 디지털 기술을 보유한 기관들의 기술 수준, 활용도, 기후문제 해결 역량 등에 대해 상세히 분석하여, 향후 개도국내 다양한 기후 문제 해결을 위한 데이터 수집의 기초 가이드라인으로 활용할 수 있으리라 사료된다.

데이터 수집방식의 다각화를 위해, UNEP이 운영 중인 글로벌 환경 데이터 협의체(<https://www.unep.org/data-resources>)와 같이 기존의 우수 기후 관련 디지털 데이터베이스 기관들(예로, nature map earth, <https://naturemap.earth/>)과의 협업을 통해 디지털 데이터 활용 프로젝트를 공동으로 수행하는 방식도 가능하다. 2014년 UN은 기후변화대응에 빅데이터 활용을 촉진하고, 관련 우수사례를 발굴하기 위해 'Big Data Climate Challenge' 를 통한 공모를 하였고, 콜롬비아의 기후 스마트 농업 빅데이터, 미국 저탄소, 지속가능한 에너지 시스템 개발, 남아공 기상변수 통합 분석 시스템 구축 등 40개국 20개 분야에서 빅데이터 수집 및 활용 관련 모델을 제출하였다. 또한 2017년에는 Data for Climate Action이라는 민간 부문 빅데이터를 활용하는 개방형 혁신 과제를 발표하여, 금융, 소셜미디어, 기후, 측정분석, 위성 네트워크, 에너지, 통신 등 다양한 민간 기업이 보유한 데이터를 활용하는 프로젝트를 수행하기도 했다.

마지막 단계는 첨단 데이터 수집 기술을 보유한 역량있는 민간 디지털 기업을 새로운 네트워크 멤버로 적극 영입하는 방법인데, 개도국의 부족한 디지털 역량을 신규 기술을 통해 극복할 수 있는 장점이 있다. 즉 원격 위성 감시, 무인 비행체 등을 통한 상공에서의 지구관측 기술, 그리고 실시간 데이터 전송이 가능한 센서와 IoT기술을 통한 지상 관측 기술 등이 등장하면서 기후 데이터 수집이 보다 용이해짐에 따라, 환경 관리를 위한 상세 시공간 단위의 변화를 더 신속하고, 효과적으로 모니터링할 수 있게 되었다. 기상청에서 운영하는 슈퍼컴퓨터에는 전 세계 기상관측소와 관측 위성들이 보내온 엄청난 기상 자료들이 24시간 365일 동안 입력된다. 최근 많은 민간 디지털 기업이 타 연구기관과 협업하여 개발한 시 프로그램을 통해 방대한 기상 자료를 기후변화 예측에 활용하고 있다. 올해 2월 테크리퍼블릭(Tech Republic) 기사에는 세계 최대 슈퍼컴퓨터 중 하나인 '후가쿠(Fugaku)'를 개발한 일본 후지쯔(Fujitsu Limited)가 일본의 재난 연구기관들과 협업하여, 쓰나미 파형 데이터와 AI모델을 이용한 고해상도 쓰나미 시뮬레이션을 만들었다고 전했다. 또한 지난해 9월 구글은 예일대와의 공동 연구결과를 통해 방글라데시와 인도내 홍수 발생 지역을 3일 전부터 예측할 수 있는 AI 모델을 발표하기도 하였다.

현재 CTCN과 함께 활동하고 있는 663개 네트워크 멤버 기관 중 10개 정도의 기관만이 홍수 예측, 수처리, 빌딩 에너지 저감, 도시 디지털화 등 디지털 데이터 수집 기술을 보유하고 있는 상황이므로, 향후 더 많은 기업을 이른바 '데이터 자선사업(data philanthropy)'을 통해 참여하도록 독려함으로써, 기후 기술 이전 단계의 디지털화를 위한 첫번째 단계인 데이터 수집활동을 촉진시킬 수 있으리라 사료된다.

## 5.2. 디지털 분석 단계: 디지털 기획자로서 CTCN

분석단계에서는 디지털 기술 제공자와 기술자원을 요청한 수혜자, 즉 선진국과 개도국 간 디지털 격차를 극복하는 것이 매우 중요하므로, 이를 위해서는 CTCN이 기본적으로 구성하고 있는 네트워크 멤버기관과 개도국 국가 지정조직(National Designated Entities)의 쌍방 네트워크 구조를 활용한 상호 협업 전략이 필요하다.

CTCN이 현재 운영하고 있는 상호 협업 전략의 대표적인 예로서, 중소기업 클리닉(Small Medium Enterprise, SME) 프로그램이 있는데, 이 프로그램을 디지털 기술이나 소프트웨어 도구를 보유한 중소 민간 기업을 참여시키는 형태(Co-creation)로 발전시키게 되면 체계적 디지털 기획이 가능해진다. 이 프로그램을 통해, 디지털 기술제공자로서 전략적으로 초청된 민간기업이 CTCN이 운영하는 개도국 기후 문제 해결을 위한 워크샵에 공동 참여(Co-implementation)하여, 다양한 분야의 초청 기업들이 사전 조사된 공통관심 주제에 따라 기술, 실증, 비즈니스 모델 구축, 초기 시장 개척 등 기술지원 전 단계를 지원 육성하는 기술지원 요청서 및 솔루션 제안서 초안을 개도국과 공동으로 작성(Co-incubation)한다. 이어서, 개발된 디지털 솔루션에 대한 초기 비즈니스 착수를 위한 후속 자금지원을 연계(Co-investment)하는 역할도 가능하다.

또한, CTCN이 2020년부터 시행해온 청년 기후혁신 연구실(Youth Climate Innovation Labs) 프로그램 역시, 기술제공자와 개도국 기술수혜자의 협업을 촉진하고 있는데, 현재 아프리카와 아태지역 현지에 혁신적인 디지털 기술을 보유한 스타트업, 중소, 벤처기업이 참여하는 그린 외벽 디자



인 사업과 탄소 발자국 플랫폼 사업 등이 진행 중이다.

따라서, 본 디지털 분석 단계에서는 외부 기관이 제공한 혁신 데이터나 기술이 SME 클리닉이나 청년 연구실 프로그램을 통한 현지 기업과 협업 이후, D-TA 요청서나 제안서 초안의 형태로 외부로 산출된다는 점에서 ‘혼합형’ 혁신의 대표적인 예시라고 할 수 있다.

### 5.3. 디지털 확산 단계: 디지털 플랫폼으로서 CTCN

전략적인 디지털화를 달성하기 위해서는 새로운 실시간 고품질의 데이터 창출이나 정보생성을 위한 상호 협력적 분석만으로 되는 것이 아니라, 디지털화 결과물의 확산을 위한 도구 혹은 소통을 지원하는 플랫폼을 통해서 디지털 수요자들 즉, 제품사용자, 정책결정자, 투자자, 현지 민간 기업, 그리고 일반 시민들에게도 쉽게 전달될 수 있어야 한다. 현재 CTCN이 운영중인 온라인 지식공유 플랫폼(www.ctc-n.org)에는 다양한 종류의 기후 관련 자료(출판물, 사례연구, 도구, 국가별 기후 계획과 정책, 기후 기술과 제품 안내서, 교육 비디오 등)이 보관되어 일반 공개 중이다.

디지털화의 마지막 단계인 디지털 확산단계에서는 보다 효율적인 네트워크 멤버 관리와 용이한 신규 멤버 섭외를 위하여, 다양한 디지털 기술을 접목한 플랫폼 운영이 중요하다. 예를 들어, 앞서 설명한 주요 D-TA 결과물인 EWS, EIS 및 RMS 등 서비스를 온라인 플랫폼 상에서 거래할 수 있도록 한다면, 기술 제공자들이 기술이전을 하는 마지막 과정에서 디지털 시장 창출 장벽을 극복하는데 필요한 인센티브로서 작용할 것이다. 즉, 개발된 디지털 산출물 들을 디지털 플랫폼을 통해 웹 클라우드 기반의 온라인 응용 소프트웨어 서비스 형태로 전환하여, 사용한 만큼 비용을 내는 pay-as-you-go 형태로 상용화 하거나, 폐기물-에너지 전환 시뮬레이션 도구, 모바일 버전의 프로그램 등으로 출시한다면, 쉽고 빠른 실증(Lean-scale up), 비즈니스 모델 구축, 초기 시장 창출 등 지속적인 후속 성장이 가능할 것이다.

아울러, 성공적으로 완료된 D-TA의 경우, 그 결과물이나 관련된 첨단 디지털 기술들이 개도국 대상 온라인 역량 강화 교육을 통해 지식으로 공유된다면, 이른바 개도국의 디지털 문명을 줄일 수 있다. 최근 CTCN은 블록체인 기술을 개도국 현지의 기후변화 대응, 특히 재생에너지 분야, 탄소 시장, 금융 등 분야에 활용할 수 있도록 5주간 쌍방향 온라인 교육 과정으로 개설하여 운영한 바 있다<sup>2)</sup>.

그림 6은 본 연구의 전반적인 진행 과정을 고찰, 분석, 전략 제시 등의 순서로 나타낸 개략도이다. 기후분야 디지털화 촉진을 위해 지금까지 설명한 CTCN의 세가지 역할을 감안할때, 결과적으로 CTCN은 UNEP이 제안한 디지털 생태계<sup>3)</sup>를 실질적으로 구축해 나가는 대표적인 기관이라 할 수 있다. 즉, 고품질의 기후 및 디지털 데이터에 대한 오픈 소스의 역할, 포괄적 분석을 통한 기획지원, 디지털 확산을 위한 정책적 제언을 제공하고, 나아가 생태계를 보다 유기적으로 운영할 수 있도록 내부에 다양한 활동에 참여하는 혁신 주체들과의 적극적인 상호작용과 연계를 지속하게 될 것이다.

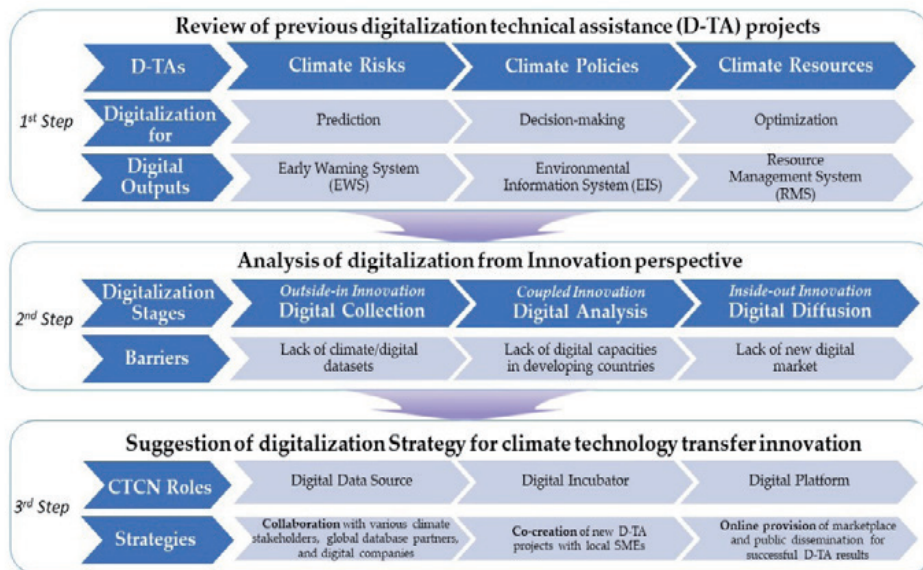


그림6. 본 연구의 진행 단계, 즉 고찰-분석-정책 제언 등에 대한 개략도.

2) CTCN webinar series: Blockchain technologies for climate policy implementation | Climate Technology Centre & Network | Mon, 11/08/2021 (ctc-n.org)

3) 자생적 조직화와 확장성을 가진 분포된 네트워크 혹은 연결된 사회-기술 시스템으로 정의

끝으로 본 전략이 실행될 미래 가상적인 기후기술 이전 단계에서의 디지털화를 전망해 보면, (1) 개도국으로부터 온라인 기술지원 요청 접수, (2) 최적의 기술솔루션 제공을 위한 기술제공자 선택의 자동화, (3) AI, 빅데이터 기반의 기술제공자-수요자 간 자동 연계, (4) 기술기반의 신규 비즈니스 창출을 위한 후속 기술 실증 및 시장 자금 지원 등을 위한 협업 기획, 그리고 (5) 디지털 서비스나 지식 등 산출물에 대한 온라인 마켓 운영을 통한 실질적 거래가 가능해질 것으로 기대한다.

## 6. 맺음말(Conclusion)

본 기고는 단계형 혁신모델을 기반으로, 기후기술 이전 과정에서 재해 예측, 정책 결정, 자원 최적화 등 세 분야 사례들에 대한 혁신적인 디지털화를 고찰하고, 주요 구성원 대상 심층 인터뷰를 통해 주요 디지털화 장애요인을 조사하여, 기후기술이전 과정 중에 적용된 디지털 수집, 분석, 확산 단계에 대한 다양한 혁신 현상을 분석한 연구결과이다. 아울러, 디지털화 세 단계에서 CTCN의 역할규명을 통해 기후문제해결을 위한 디지털화 촉진 전략을 제시하였다. 첫번째, 다양한 분야의 네트워크 멤버를 위한 데이터 제공기관으로서 역할을 수행하기 위해, 혁신활동 주체들의 정보 분류, 및 새로운 글로벌 파트너십 구축 등을 제안하고, 두번째 디지털 분석 단계에서는 개도국 기후문제 정의와 해결책 제시에 대한 선진국, 개도국 양측의 포괄적 협력을 조율하는 기획자로서의 역할 정립, 그리고 성공사례의 비즈니스화를 촉진하는 시장 친화형 혁신을 조성하기 위한 디지털 기술확산 플랫폼으로서 역할을 제안하였다.

### ▶참고 문헌 :

- [1] TEC Brief, Technological Innovation for the Paris Agreement; UNFCCC: Bonn, Germany, September 2017, [https://unfccc.int/ttclear/misc/\\_StaticFiles/gnwoerk\\_static/brief10/8c3ce94c20144fd5a8b0c066efff6633/57440a5fa1244fd8b8cd13eb4413b4f6.pdf](https://unfccc.int/ttclear/misc/_StaticFiles/gnwoerk_static/brief10/8c3ce94c20144fd5a8b0c066efff6633/57440a5fa1244fd8b8cd13eb4413b4f6.pdf)
- [2] Parida, V.; Sjödin, D.; Reim, W. Reviewing Literature on Digitalization, Business Model Innovation, and Sustainable Industry: Past Achievements and Future Promises: Sustainability 2019, 11, 391. <https://doi.org/10.3390/su11020391>
- [3] ITU, Frontier technology to protect the environment and to tackle the climate change, published in Switzerland Geneva,2020. Available online: <https://www.itu.int/en/action/environment-and-climate-change/Documents/Frontier-Technologies-Exec-Sum.pdf>. (accessed on 30 June 2021).
- [4] Lee, W.; Mwebaza, R. The Role of the Climate Technology Centre and Network as a Climate Technology and Innovation Matchmaker for Developing Countries: Sustainability 2020, 12, 7956. <https://doi.org/10.3390/su12197956>.
- [5] TEC/2021/22/5, Future work of the Technology Executive Committee on emerging climate technologies in the energy supply sector. Virtual meeting, 20–23 April and 26 April 2021 (TEC-CTCN Joint session). [https://unfccc.int/ttclear/misc/\\_StaticFiles/gnwoerk\\_static/tn\\_meetings/d03375d6cbae408c87b1a7361e24218b/e5f4b28685d74fc19837fdce6428fb23.pdf](https://unfccc.int/ttclear/misc/_StaticFiles/gnwoerk_static/tn_meetings/d03375d6cbae408c87b1a7361e24218b/e5f4b28685d74fc19837fdce6428fb23.pdf).

## [REPORT]

## 4. 로봇 매니플레이터를 위한 인공지능 연구의 트렌드 및 과제

김승수 박사

프랑스 네이버랩스유럽

## 1. 서론

로봇은 미래 고령화사회에서 사람의 물리적 노동을 자동화하는 해법의 하나로 여겨지고 있다. 저녁식사 후 더러워진 식탁을 정리한다거나, 장난감들로 어지럽혀진 아이방을 정리하는 일등, 반복적이거나, 지루한 작업은 로봇이 도맡아하고, 사람은 각자가 생각하는 더 가치 있는 일에 시간을 투자할 수 있기 때문이다.

로봇관련 연구는 로봇의 기구, 센서, 제어기등을 개발하고, 센서와 제어기에서의 정보들을 취합 처리하고, 그 취합된 정보와 기존의 경험들에 기반하여 지능 시스템이 로봇의 움직임을 결정하는 일련의 과정들을 포괄한다. 이런 로봇시스템은 기계, 전자, 정보통신, 컴퓨터과학 등 여러 학문분야에서 오랫동안 다양한 방면으로 연구가 진행되어오고 있다. 그중, 이 기고문에서는 로봇의 의사결정 시스템의 학습에 관한 내용을 다룬다.

로봇의 의사결정 시스템은 여러 센서들로부터 들어온 정보들을 기반으로, 로봇의 주어진 임무를 수행하기 위해 로봇의 구동기를 어떻게 제어할지 결정을 내리는 시스템을 말한다. 로봇이 새로운 기술을 습득하고, 주변 환경의 변화에 잘 순응하면서 주어진 임무를 완수하게 하는 데에 그 목적이 있다. 인간은 이러한 일들을 태어나 서부터 쌓아 놓은 경험들을 바탕으로 점차 발전시켜나간다. 그 반면, 로봇의 의사결정시스템의 개발에는 아래와 같은 이유로 여전히 더 많은 연구가 필요하다.

인공지능의 한 분야인 기계학습 시스템은 최근 영상처리 [1], 음성처리 [2], 자연어 처리 [3] [4] 등에서 괄목할 만한 성과를 보이고 있다. 하지만 복잡하고 통합적인 사고를 통해 다양한 일상의 임무수행을 가능하게 하는 유연하고 일반적인 인간의 의사결정 시스템에는 미처 도달하지 못하고 있다. 특히 이러한 기계학습시스템을 로봇 매니플레에터를 동작하게 하는 학습에 적용하기에는 여러 방면에서 넘어야 할 산이 많다.

- 입력의 정형화: 여타의 성공적인 AI의 애플리케이션들과는(영상, 음성 그리고 자연어 처리) 다르게, 의사결정을 위한 입력 값을 정형화하기 쉽지 않다. 다시 말해서, 로봇을 움직이기 위해서는 카메라를 비롯, 촉감, 힘, 로봇 관절정보(위치, 속도, 토크) 등 여러 센서의 정보를 통합해야 하는데, 로봇마다 자유도, 센서들의 유무, 위치, 속도, 정확도 등등 차이점들이 많다. 또한 일상생활에서 로봇 주위의 수많은 크고 작은 물건들 중 주어진 임무와 관련된 입력 값에 관심을 집중하는 메커니즘 또한 중요하게 연구되어야 한다.
- 물리적 상호작용(Physical interaction): 로봇이 일상생활에서 임무를 수행하려면, 주변의 다양한 물체들과 물리적으로 상호작용하는 것은 아주 일반적일 것이다. 이러한 대부분의 물리적 상호작용은, 주변환경이나 로봇의 동장의 미세한 변화에도 로봇 주변 환경이 급격하게 변화할 수 있기 때문에, 이러한 변화를 예측하는 모델을 학습하기에 큰 어려움이 있다 (예를 들어, 손의 힘제어가 아주 미세하게 달라져도 손에 잡힌 물체가 미끄러질 수 있다). 이러한 불확실성은 로봇이 긴 임무를 수행하거나 주변환경의 변화에 빠르게 적응하는 것을 어렵게 하는 요인들 중 하나이다. 또한, 인간과 이러한 물리적인 상호작용을 해야 하는 로봇에게 가장 중요한 요인인 “Safety” 이슈를 푸는 것 또한 가장 큰 문제일 것이다.
- 상식: 칼을 잡을 때는 손잡이를 잡아야 한다거나, 커피가 담긴 잔을 잡을 때는 컵손잡이나 잔받침을 잡아서 서빙 해야 한다거나, 인간에게는 말하지 않아도 되는 상식을 로봇이 가질 수 있게 하기에는 여전히 많은 연구가 필요하다.

이러한 과제들을 포함한 여러 문제들에 관한 연구들이 진행되고 있지만, 이 기고문에서는 로봇 매니플레이터를 위한 의사결정 시스템의 학습에 관한 연구들 중, 필자가 생각하는 4가지 주요 연구 트렌드에 대해 이야기하고자 한다.

- 모방학습과 강화학습
- 재사용가능한 스킬 학습
- 자기주도학습(Self-supervised learning)
- 평생학습(Lifelong learning)

## 본문

### 1. 모방학습과 강화학습

지능형 로봇의 의사결정 에이전트는 로봇의 주변정보로부터 로봇의 동작을 생성하게 하는 policy와, 과거의 경험들로 이 policy를 지속적으로 발전시키는 학습 알고리즘을 포함한다. Policy는 주로 신경회로망으로 구현되는데, 그 구조는 로봇이 수행해야할 태스크나 학습 알고리즘에 따라 다르게 설정한다.

모방학습은 이런 policy를 학습시키는 직관적이고 대중적인 방법 중 하나이다. Learning from demonstration (LfD) 혹은 behavioural cloning (BC) 이 대표적인 방법이다 [5] [6]. 이는 사람의 동작이나 다른 에이전트의 행동방식의 흉내를 목적으로 하는 학습방법으로, 획득된 전문가의 시연으로부터 그 행동방식을 가장 잘 모방할 수 있는 policy를 학습시킨다.

이는 복잡한 프로그래밍기술이나 로봇의 전문가적 지식없이, 예제를(다시 말해, 태스크를 완수하는 인간이나 다른 에이전트의 동작 궤적) 통해 로봇의policy를 학습시킬 수 있다. 그래서 복잡한 작업을 로봇이 몇몇의 예제만으로 수행하게 할 수 있어서 효율적인 방법으로 여겨지고 있다. 하지만, 환경에 순응하고 긴 시간을 요구하는 작업을 학습시킬 때는, 더 많고, 더 긴 demonstrations이 필요하다. 또한 데이터가 어느 한쪽에 치우치지 않은 (distribution shift 또는bias) 양질의 학습데이터 확보하는 일은 쉬운 일이 아니다. 그리고, 획득된 demonstrations 이 실제 로봇이 수행해야할 작업에 최적이지 아닐 수 있어서, 모방학습후 추가로 로봇과 태스크에 맞는 최적화 과정이 필요하다.

최근 Learning from Play [7] 혹은 Hindsight Experience Replay [8] 와 같이 제한된 양의demonstration 을 최대한 효율적으로 사용하고자 하는 방법들이 연구되고 있지만, 여전히 데이터의 distribution shift와같은 기계학습을 위한 데이터 생성관련 근본적인 문제는 여전히 남아있다.

강화학습은 (reinforcement learning) 지능형 에이전트가 주변환경과 상호작용하면서, 보상(리워드)을 최대화하는 policy를 찾는 기계학습의 한 방법이다. 모방학습에서의 전문가 시연없이 policy를 학습할 수 있다. 이런 강화학습방법은 최근 AI의 중심에 있었다고 해도 과언이 아니다. 바둑 [9], 스타크래프트 [10] 등 긴 시간이 필요한 전략게임에서 인간을 훨씬 능가하는 놀라운 성과를 보여주었다. 잘 정리된 목적함수, 탐색전략 그리고 좋은 학습 알고리즘으로, 강화학습은 사람이 생각하지 못한 새로운 전략을 찾아 인간의 능력을 능가하는 것을 가능하게 한다.

하지만, 매 태스크마다 목적함수, 즉 현 에이전트의 행동에 관한 보상(reward 혹은 feedback)을 수학적으로 표현하는 함수가 학습을 위해 필수적이다. 이런 목적함수가 선형적이고 명시적이지 않으면 (sparse reward: 좋음/나쁨 또는 성공/실패처럼 정도를 포함하고 있지 않은 binary reward) 학습성능이 현저히 떨어진다. 또한, 단기간에 좋은 피드백을 얻기 위해 현재 policy를 개선할 것인가? 혹은, 단기간의 보상이 적더라도 장기간 더 좋은 결과를 얻기 위해 더 탐색해야 할 것인가? 하는 딜레마는 (exploration-exploitation dilemma) 강화학습의 근본적인 문제이다.

또한 로봇이 주변 환경과 수많은 상호작용을 통해 데이터를 확보해야 하기 때문에, 대부분 물리엔진기반의 시뮬레이션상에서 학습하게 된다 [11]. 그래서, 시뮬레이션 상에서 학습된 모델을 실제 상황에 적용하기 위해서는, 시뮬레이션과 실제의 차이를 극복하는 “sim to real” 문제를 해결해야한다 [12]. 물론 강화학습을 실제 환경에서 바로 수행할 수도 있지만, 수많은 로봇이 수일동안 실제상황에서 학습하게 하려면 [13], 로봇/환경의 손상이나 인간의 안전 문제를 피할 수 없다.

모방학습과 강화학습을 같이 병행하는 방법도 일반적이다. 사람이나 다른 에이전트의 demonstrations을 통해 완벽하지는 않지만 태스크를 풀 수 있는 초기 모델을 만든 후, 강화학습을 통해 심화 학습하는 방법을 말한다. 이는 초기 알파고가 인간의 바둑 기보를 기반으로 policy모델을 초기화

한 후, 강화학습으로 심화 학습하는 것이 한 예이다 [9]. 또한, 학생이 학교에서 정해진 커리큘럼을 통해 학습을 하는 것처럼, 로봇이 학습해야 할 태스크의 난이도를 높여가며 문제를 해결하는 방법 (커리큘럼 학습 [14]) 또한 일반적이다.

강화학습에서 중요한 것 중 하나가 탐색 전략이다. 이는 경험하지 못한 새로운 영역을 로봇이 스스로 탐색하게 하여 창의적이거나 더 성능이 좋은 경험을 찾아 학습하는 연구들인데, 섹션 3에서 다루기로 한다.

모방학습과 강화학습 모두 결국 무엇을 학습할 것인가 (목적함수의 정의), 그리고 학습 데이터를 어떻게 획득할 것인지 (효율적 탐색) 그리고 어떻게 학습할 것인가 (학습알고리즘)의 세가지 문제에 대한 답을 찾는 것일 것이다.

## 2. 재사용가능한 로봇의 스킬 학습

위의 모방학습과 강화학습의 발전으로, 목적함수가 잘 정의된 짧은 태스크들은 시뮬레이션 상에서 인간을 능가하는 수준으로 학습을 할 수 있다 [15] [16]. 하지만, 이미 학습된 모델을 새로운 태스크에 적용하는 데에 한계가 있고, 순차적인 결정이 필요한 긴 작업의 임무를 해결해야 하는 학습하는데 어려움이 있다.

경험하지 못한 새로운 태스크를 효율적으로 학습하기 위해, 최근 meta-learning [17]이라는 방법이 대두되고 있다. 학습을 위한 학습이라고 알려져 있는 meta-learning은, 하나의 태스크를 완수할 수 있는 policy를 학습하기보다, 여러 태스크들을 동시에 학습하여 일반화하고 미리 경험하지 못한 새로운 태스크를 빠르게 풀 수 있는 메타모델을 학습하는데 그 목적이 있다 [17]. 하지만, 미리 잘 정의된 다양한 태스크들을 미리 준비해야 하며, 긴 시간을 요구하는 태스크를 풀기에는 신뢰할당문제(credit assignment)와 같은 여전히 넘어야 할 산이 많다 [18].

이러한 단점들을 해결하기 위한 방법 중 하나는, 긴 일련의 작업을 시간적으로 짧은 스킬들로 나누어 학습하는 것이다. 그래서, 미리 경험하지 못한 새로운 태스크를 풀기 위해, 이미 학습된 작은 skill 들을 논리적으로 연결하여 임무를 수행하는 방법이 연구되고 있다 [19] [20]. 이러한 방법의 policy 모델은 계층적으로 구성되는게 일반적이다. 재사용가능한 작은 스킬은 하층 policy로 학습되고, 상층 policy는 이런 하층 스킬들을 결합하거나 [21], 논리적으로 연결하여 [20] 실제 태스크를 풀 수 있게 학습된다.

이런 계층적 구조와 재사용가능한 스킬은 로봇이 일상생활의 태스크를 수행하기에 적합하다고 여겨진다. 예를 들어, 어지럽혀진 책상을 정리하는 태스크 중, 펜을 집어 서랍에 넣는 작업을 생각해 보자. 펜을 집어 서랍에 넣는 일련의 작업을 통째로 로봇이 학습하기보다, 다른 경험들로 획득한 스킬들(예를 들어, 서랍의 문을 여는 스킬, 작은 물건을 집는 스킬, 물건을 옮기는 스킬, 서랍 문을 닫는 스킬 등) 이용하여, 스킬들을 논리적 연결만 학습한다면, 훨씬 효율적으로 학습을 할 수 있을 것이다.

## 3. 자기주도학습

자기형 에이전트의 궁극적인 목적은 스스로 환경을 탐색하고 유용한 스킬들을 획득해서 주어진 임무를 효율적으로 수행한다는 것에 있다. 자기주도학습(self-supervised learning)은 전문가의 명시적인 지도 없이 에이전트가 스스로 데이터를 생성하여 학습하는 방법이다. 이는 데이터를 무한하게 생성할 수 있고, 또한 데이터의 치우침 또한 줄이는 방향으로 탐색하게 할 수 있다. 그래서 다음 섹션에서 이야기할 평생학습(life-long learning)을 가능하게 하는 한 요인이기도 하다.

자기주도학습 방법들 중 최근 몇년간 가장 많은 연구가 되어온 방법은 아마도 “경쟁적인 셀프 플레이”일 것이다. 학습자는 같은 목적을 가진 여러 과거 시점의 자신들과 경쟁하며 훈련데이터를 수집하고 학습한다. 예를 들어, 과거의 자신(AlphaGo [9]), 과거의 자신들 중 가장 좋은 성능을 가진 자신(AlphaZero [22]) 혹은 임의로 선택된 과거의 어느 자신과 [23] 경쟁하는 것처럼, 지속적으로 다른 시점의 자신들을 상대하며 현재 자신의 성능을 개선해 나간다.

다른 하나는 “Asymmetric self-play” [24] 이다. 앞의 “경쟁적인 셀프 플레이”가 같은 목적을 가진 다른 시점의 자신들과의 경쟁이라면, “Asymmetric self-play”는 서로 다른 목적을 가진 같은 시점의 에이전트들 간의 경쟁이라 할 수 있다. 예를 들어, 논문 [24] 에서, 에이전트 Alice는 다른 에이전트 Bob에게 해법이 있는 어려운 태스크를 제안하고, Bob이 그 태스크를 성공적으로 수행하지 못했을 때 Alice는 보상을 받는다. 반면, Bob은 Alice가 낸 태스크를 해결하면 보상을 받는다. Bob이 태스크를 완수하지 못하면, Bob은 Alice의 해법으로 모방학습을 한다. 이런 방법으로 서로 다른 에이전트들이 경쟁하며, Alice는 점점 어렵고 창의적인 태스크를 만들고, Bob은 그 태스크를 수행하는 방법을 점진적으로 찾는다. 다시 말해 Alice는 암시적인 커리큘럼을 만들어 Bob이 점점 어려운 태스크를 풀 수 있게 가이드 한다.

위의 두 self-play 방법들은 물론 여러 분야에서 괄목할 만한 결과를 보이고 있지만, 여전히 하나의 태스크를 풀기 위한 다양한 방법을 찾아 학습

한다거나, 시간적으로 긴 태스크를 풀 수 있는 다양한 방법을 학습하기에는 여전히 부족함이 있다. 결국 학습 방법론 못지않게, 로봇의 학습을 위해서 가장 선행되어야 할 것은 로봇 학습을 위한 양질의 경험 데이터를 확보하는 일이다. 이러한 로봇을 위한 경험은 모방학습에서처럼 전문가의 시연을 통해서 얻을 수 있지만, 양질의 그리고 대용량의 데이터를 확보하기에는 한계가 있다.

호기심 [25]과 같은 intrinsic motivation 기반으로 로봇이 스스로 새로운 경험을 찾아 직접적이고 효율적인 탐색하는 방법 또한 활발히 연구되고 있다. 대표적인 방법 중 하나는 Quality-diversity 방법이다 [26] [12]. 이는 진화알고리즘에 기반을 하고, 해법의 다양성과 해법의 최적화 두가지를 목적으로 하는, 적극적이고 직접적인 탐색방법이다 [27]. 이는 여타의 학습방법들이 임무를 수행하는 최적의 모델 하나를 찾는데 반해, 이 방법론은 최적은 아니지만 다양한 모델을 찾는데 목적이 있다. 이렇게 태스크를 푸는 다양한 모델을 가지고 있으면, 주변환경의 변화에 빠르게 대응할 수 있다. 예를 들어, 논문 [26]에서는, 로봇의 다양한 보행모델을 로봇 스스로 찾고, 로봇의 다리가 부러지는 등 환경의 변화가 생겼을 때, 학습된 모델 중 그 변화에 가장 적합한 모델을 찾아, 로봇의 다리가 부러졌음에도 불구하고 주어진 임무를 수행할 수 있었다.

이렇게 인간의 개입이 최소화되고, 로봇 스스로 경험하지 못한 다양한 데이터를 획득하고, 태스크를 수행하는 다양한 방법을 학습하는 방법은 다음 섹션에서 설명할 평생학습의 개념으로 이어진다.

#### 4. 평생 학습 (Lifelong learning)

평생 학습 혹은 지속적인 학습은(continual learning), 이전에 학습한 스킬이나 모델을 잊지 않고 새로운 기술이나 모델을 지속적으로 배워가는 방법이다. 사람이 일상생활에서 무한히 많은 일들을 수행할 수 있고 새로운 스킬을 배우고 또 주어진 상황에 맞게 적응하듯, 로봇도 그래서 무한한 변형이 가능한 다양한 스킬을 가질 수 있어야 한다. 이러한 모든 스킬은 로봇에 미리 프로그래밍해 놓을 수는 없고, 그래서 인간의 지식이나 개입을 최소화하면서, 로봇이 스스로 그리고 지속적으로 자신의 스킬을 업데이트 하며 발전시켜야 한다.

평생학습관련 많은 연구는 파괴적 망각(catastrophic forgetting [28])으로 잘 알려진 문제를 다룬다. 파괴적 망각은 새로운 스킬이나 태스크를 학습할 때, 기존에 학습된 중요내용이 비의도적으로 잊어지게 되는 현상이다. 이전 학습 데이터/모델 중 중요한 부분을 기억하며 새로운 기술을 지속적으로 습득하는 방법은 평생학습의 가장 필수적인 기능이다. 하지만, 기존의 모델이나 데이터 중 어떤 부분을 개선하고, 또 어떤 부분을 지울지(의도적인 망각 [29]) 결정하는 일은 여전히 중요한 연구과제로 남아있다. 또한, 어떻게 예전 경험데이터를 이용하여, 전에 보지 못한 새로운 태스크 학습을 빠르고 효율적으로 할지에 관한 연구도 또한 중요하다 [30].

사실, 이러한 평생학습은 AI 연구에서 새로운 개념은 아니지만 최근에 다시 각광받고 있다. 예를 들어, 최근 미국 고등연구계획국 DARPA의 프로그램 “ShELL” [31] 은 이러한 로봇의 평생학습에 관해 다룬다. 복사된 여러 개의 에이전트들이 여러 개의 서로 다른 실제환경에서 임무를 수행하며 얻은 경험들이 전체 그룹에서 공유되고 그 경험들을 바탕으로 에이전트의 성능을 지속적으로 향상시키는 것이 그 목적이다.

이러한 평생학습을 가능하게 하는 시스템 또한 연구되고 있다. 네이버랩스의 ARC [32]는 클라우드와 5G 네트워크 기반의 멀티로봇 인텔리전스 시스템이다. 로봇간 그리고 로봇-클라우드간 정보의 이동, 저장, 처리 그리고 학습이 효율적으로 실현되는 시스템으로, 이러한 로봇의 평생학습을 가능한 시스템으로 여겨지고 있다.

#### 맺음말

지금까지 필자는 로봇 매니플레이터의 학습에 관한 몇 가지 트렌드와 과제에 관하여 다루었다. 로봇이 수행해야 할 태스크를 어떻게 정의할지, 로봇이 어떻게 다양한 경험데이터를 스스로 확보하게 할지, 이런 경험데이터 중 어떻게 중요한 경험들은 잊지 않고 지속적으로 학습을 할지 등, 로봇 매니플레이터의 학습에 관해 직면한 많은 문제점을 다루었다.

결국 가장 중요점은, 로봇이 스스로의 motivation을 가지고 주변환경을 적극적으로 탐색하여, 그래서 경험하지 못한 다양한 데이터를 획득하며, 주어진 태스크 해결을 위한 최적의 솔루션뿐만 아니라, 최적은 아니지만 다양한 방법들을 지속적으로 찾고 배우는 방법, 그리고 이 모든 것을 단한 번이 아닌 지속적으로 학습하며 로봇의 경험과 지식을 쌓는 법을 배우는 것이라 생각한다.

이 기고문에서 다루지 못했지만, 생물학이나 인문학과 같은 다른 학문분야에서 새로운 메커니즘을 이해하고 로봇학습에 적용하는 일들, foundation model [33]과 같이 영상처리나 자연어 처리 등 다른 분야에서 학습된 일반적인 모델을 로봇학습에 적용하는 등, 로봇이 인간 실생활에서 유익한 서비스를 제공하며 발전하는 로봇 개발을 위해 다양한 방법들을 지속적으로 연구해 나가야 할 것이다.

## ▶참고 문헌 :

- [1] J. Revaud, P. Weinzaepfel, C. D. Souza and M. Humenberger, "R2D2: Repeatable and Reliable Detector and Descriptor," in *NeurIPS*, 2019.
- [2] J. Lorenzo-Trueba, T. Drugman, J. Latorre, T. Merritt, B. Putrycz, R. Barra-Chicote, A. Moinet and V. Aggarwal, "Towards achieving robust universal neural vocoding," *arXiv:1811.06292 [eess.AS]*, 2018.
- [3] T. B. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J. Kaplan, P. Dhariwal, A. Neelakantan, P. Shyam, G. Sastry, A. Askell, S. Agarwal, A. Herbert-Voss, G. Krueger, T. Henighan, R. Child, A. Ramesh and Da, "Language Models are Few-Shot Learners," *arXiv:2005.14165 [cs.CL]*, 2020.
- [4] B. Kim, H. Kim, S.-W. Lee, G. Lee, D. Kwak, D. H. Jeon, S. Park, S. Kim, S. Kim, D. Seo, H. Lee, M. Jeong, S. Lee, M. Kim, S. H. Ko, S. Kim, T. Park, J. Kim and Soyoung, "What Changes Can Large-scale Language Models Bring? Intensive Study on HyperCLOVA: Billions-scale Korean Generative Pretrained Transformer," *arXiv:2109.04650 [cs.CL]*, 2021.
- [5] S. Calinon, "Learning from Demonstration (Programming by Demonstration)," in *Encyclopedia of Robotics*, 2018.
- [6] S. Kim, A. Shukla and A. Billard, "Catching Objects in Flight," *IEEE Transactions on Robotics*, 2014.
- [7] C. Lynch, M. Khansari, T. Xiao, V. Kumar, J. Tompson, S. Levine and P. Sermanet, "Learning Latent Plans from Play," in *Conference on Robot Learning*, 2019.
- [8] M. Andrychowicz, F. Wolski, A. Ray, J. Schneider, R. Fong, P. Welinder, B. McGrew, J. Tobin, P. Abbeel and W. Zaremba, "Hindsight Experience Replay," in *Conference on Neural Information Processing Systems*, 2017.
- [9] D. Silver, A. Huang, C. J. Maddison, A. Guez, L. Sifre, G. v. d. Drriessche, J. Schrittwieser, I. Antonoglou, V. Panneershelvam, M. Lanctot, S. Dieleman, D. Grewe, J. Nham, N. Kalchbrenner and I. Sutskever, "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search," *Nature*, 2016.
- [10] O. Vinyals, I. Babuschkin, W. M. Czarnecki, M. Mathieu, A. Dudzik, J. Chung, D. H. Choi, R. Powell, T. Ewalds, P. Georgiev, J. Oh, D. Horgan, M. Kroiss, I. Danihelka, A. Huang and L. Sifre, "Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning," *Nature*, 2019.
- [11] A. Szot, A. Clegg, E. Undersander, E. Wijmans, Y. Zhao, J. Turner, N. Maestre, M. Mukadam, D. Chaplot, O. Maksymets, A. Gokaslan, V. Vondrus, S. Dharur, F. Meier, W. Galuba, A. Chang and Z. Ki, "Habitat 2.0: Training Home Assistants to Rearrange their Habitat," *arXiv:2106.14405 [cs.LG]*, 2021.
- [12] S. Kim, A. Coninx and S. Doncieux, "From exploration to control: learning object manipulation skills through novelty search and local adaptation," *Robotics and Autonomous Systems*, 2021.
- [13] S. Levine, P. Pastor, A. Krizhevsky and D. Quillen, "Learning Hand-Eye Coordination for Robotic Grasping with Deep Learning and Large-Scale Data Collection," in *ISER*, 2016.
- [14] R. Portelas, C. Colas, L. Weng, K. Hofmann and P.-Y. Oudeyer, "Automatic Curriculum Learning For Deep RL: A Short Survey," in *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2020.
- [15] J. Schulman, F. Wolski, P. Dhariwal, A. Radford and O. Klimov, "Proximal Policy Optimization Algorithms," *arXiv:1707.06347 [cs.LG]*, 2017.
- [16] T. Haarnoja, A. Zhou, P. Abbeel and S. Levine, "Soft Actor-Critic: Off-Policy Maximum Entropy Deep Reinforcement Learning with a Stochastic Actor," in *ICML*, 2018.
- [17] T. Yu, D. Quillen, Z. He, R. Julian, K. Hausman, C. Finn and S. Levine, "Meta-World: A Benchmark and Evaluation for Multi-Task and Meta Reinforcement Learning," in *Conference on Robot Learning*, 2019.
- [18] M. Janner, Q. Li and S. Levine, "Reinforcement Learning as One Big Sequence Modeling Problem," in *NeurIPS*, 2021.
- [19] S. Pirk, K. Hausman, A. Toshev and M. Khansari, "Modeling Long-horizon Tasks as Sequential Interaction Landscapes," in *Conference on Robot Learning*, 2020.
- [20] A. Kamat and D. Precup, "Diversity-Enriched Option-Critic," *arXiv:2011.02565 [cs.LG]*, 2020.
- [21] X. B. Peng, M. Chang, G. Zhang, P. Abbeel and S. Levine, "MCP: Learning Composable Hierarchical Control with Multiplicative Compositional Policies," in *NeurIPS*, 2019.
- [22] D. Silver, T. Hubert, J. Schrittwieser, I. Antonoglou, M. Lai, A. Guez, M. Lanctot, L. Sifre, D. Kumaran, T. Graepel, T. Lillicrap, K. Simonyan and D. Hassabis, "A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play," *Nature*, 2017.
- [23] M. Jaderberg, W. M. Czarnecki, I. Dunning, L. Marris, G. Lever, A. G. Castaneda, C. Beattie, N. C. Rabinowitz, A. S. Morcos, A. Ruderman, N. Sonnerat, T. Green, L. Deason, J. Z. Leibo, D. Silver, D. Hassabis and K. Kavu, "Human-level performance in first-person multiplayer games with population-based deep reinforcement learning," *Science*, 2018.
- [24] M. Plappert, R. Sampedro, T. Xu, I. Akkaya, V. Kosaraju, P. Welinder, R. D'Sa, A. Petron, H. P. d. O. Pinto, A. Paino, H. Noh, L. Weng, Q. Yuan, C. Chu and W. Zaremba, "Asymmetric self-play for automatic goal discovery in robotic manipulation," *arXiv:2101.04882 [cs]*, 2021.
- [25] C. Colas, P. Fournier, O. Sigaud, M. Chetouani and P.-Y. Oudeyer, "CURIOUS: Intrinsically Motivated Modular Multi-Goal Reinforcement Learning," in *ICML*, 2019.
- [26] A. Cully, J. Clune, D. Tarapore and J.-B. Mouret, "Robots that can adapt like animals," *Nature*, 2014.
- [27] K. Chazilygeroudis, A. Cully, V. Vassiliades and J.-B. Mouret, "Quality-Diversity Optimization: a novel branch of stochastic optimization," in *Black Box Optimization, Machine Learning and No-Free Lunch Theorems*, 2020.
- [28] J. Kirkpatrick, R. Pascanu, N. Rabinowitz, J. Veness, G. Desjardins, A. A. Rusu, K. Milan, J. Quan, T. Ramalho, A. Grabska-Barwinska, D. Hassabis, C. Clopath, D. Kumaran and R. Hadsell, "Overcoming catastrophic forgetting in neural networks," *arXiv:1612.00796 [cs.LG]*, 2017.
- [29] A. Kluge and N. Gronau, "Intentional Forgetting in Organizations: The Importance of Eliminating Retrieval Cues for Implementing New Routines," *Frontiers in Psychology*, 2018.
- [30] A. Xie and C. Finn, "Lifelong Robotic Reinforcement Learning by Retaining Experiences," *arXiv:2109.09180 [cs.LG]*, 2021.
- [31] "Shared-Experience Lifelong Learning (Shell)," DARPA, 2021. [Online]. Available: <https://sam.gov/opp/1afbf600f2e04b26941fad352c08d1f1/view>.
- [32] "ARC, Multi-Robot Intelligence System," NAVER LABS, [Online]. Available: <https://www.naverlabs.com/ARC>.
- [33] R. Bommasani, D. A. Hudson, E. Adeli, R. Altman, S. Arora, S. v. Arx, M. S. Bernstein, J. Bohg, A. Bosselut, E. Brunskill, E. Brynjolfsson, S. Buch, D. Card, R. Castellon, N. Chatterji and A. Chen, "On the Opportunities and Risks of Foundation Models," *arXiv:2108.07258 [cs.LG]*, 2021.



## 남세광 연구원

독일 막스플랑크 연구소 인텔리전트 시스템즈, 박사과정

### 1. 서론: 햅틱스 (Haptics) 란?

인간은 시각, 청각, 촉각, 미각, 그리고 후각이라는 오감을 활용하여 외부에서 들어오는 정보를 처리하여 다음 행동의 결정에 이르게 된다. 현재 널리 사용되는 전자기기들을 보면 대부분 시각과 청각에 의존한 기기들이 많다. 휴대폰을 예로 들면, 화면에서 나오는 빛 정보는 사람이 눈으로 받아들이며, 스피커에서 나오는 소리는 귀를 통해 의미를 특정하게 된다. 기술의 발전은 더 나아가, 사람의 눈과 귀의 역할 또한 각각 카메라, 마이크가 대신하기에 이르렀다. 따라서, 시각과 청각 분야는 입력, 출력 모두 완성도가 높은 기술 수준에 이르렀다. 그러나, 촉각의 기술 수준은 기반 이론을 다지는 단계이며, 햅틱스 분야의 연구자들이 그 이론을 연구하고 있다.

햅틱스는 촉각 정보를 이해하고 활용하는 학문 분야이다. 옷을 입을 때, “부드럽다”, “거칠다”, “무겁다” 등의 촉각 표현을 공학적으로 어떻게 해석할 수 있는가를 연구하는 학문이다. 이 중에서 “부드럽다”, “거칠다” 등의 표현은 피부에 위치한 여러 개의 기계적 감각수용기 (Mechanoreceptor)가 옷감에 터치하면서 생성되는 미세하고 복합적인 움직임의 결과물이다. 이러한 진동 (Vibration) 중심의 정보를 tactile information이라고 부른다. 한편, “무겁다”와 같은 표현은 감각수용기와 물체 사이의 상대적 힘과 방향에 의하여 나타나며, kinesthetic information이라고 부른다. 햅틱스는 주로 상기의 두 가지 정보를 이해하고 해석하는 학문이며, 일반적으로 두 정보가 조화롭게 사용될 때 시너지 효과가 나타난다.

본 기고문에서는 햅틱스 기술의 현재와 미래 발전 가능성에 대하여 기술한다. 첫 번째로, “햅틱스 기술의 현재”에서는 기술이 사용되는 분야를 두 개로 나누어, 각 분야의 핵심 기술과 관련 유럽 회사들을 소개하고자 한다. “햅틱스 기술의 미래”에서는, 인공지능 시대에서 햅틱스 기술의 중요성에 대해서 알아보고, 인공지능 기술의 적용에 있어 예상되는 어려움에 관해서 논하고자 한다.

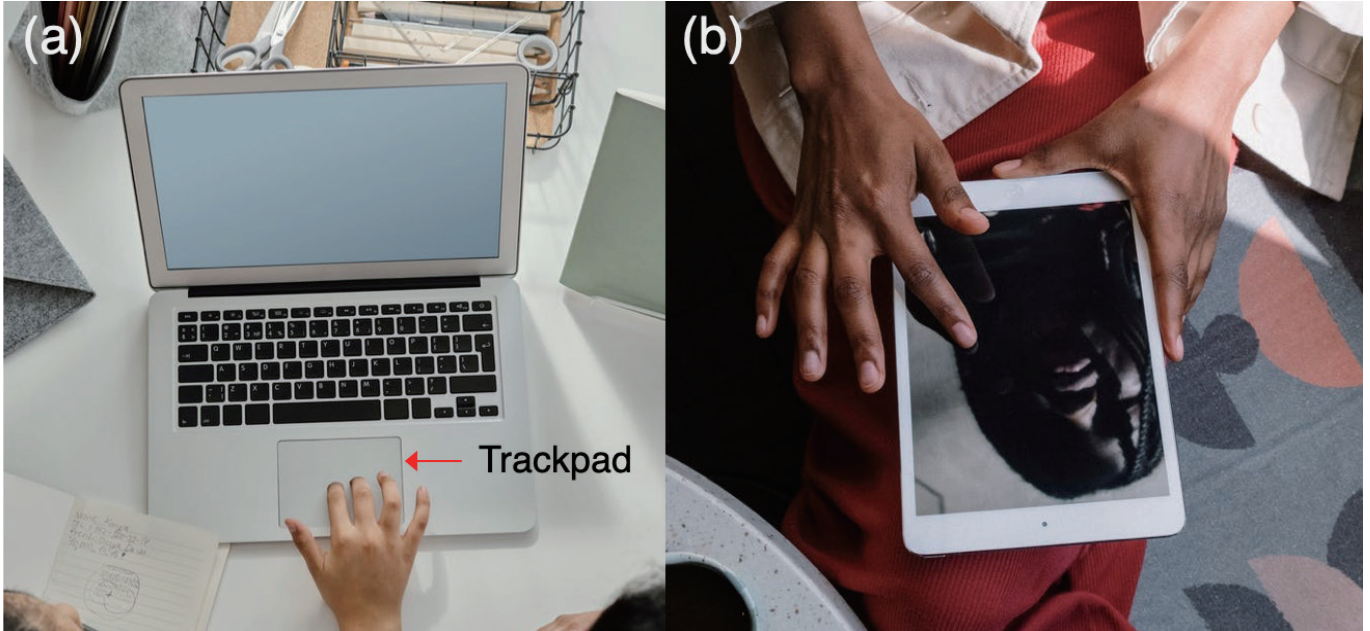
### 2. 햅틱스 기술의 현재

현재 활용되고 있는 햅틱스 기술들을 적용 분야 기준으로 나누어 각 분야에서 어떻게 활용되고 있는지 서술하며, 그 기술을 제공하는 유럽의 업체 또한 기술하고자 한다.

#### 2.1. 터치스크린의 버튼 인식 및 진동 피드백

디스플레이의 발달과 터치 인식 기술의 발달은, 터치 후 유저에게 적절한 피드백을 필요로 하는 햅틱 기술의 발달로 이어졌다. 대표적인 예로, 현재는 모든 휴대폰에서 화면 위 그래픽 키보드에서 하나의 키를 누르면 휴대폰 안의 진동 모듈이 진동하여 입력되었음을 알려 준다. 더 나아가, 애플에서 만든 노트북인 맥북의 트랙패드는 유저가 패드를 아래로 누르는 순간, 클릭하는 느낌을 Taptic Engine이라는 진동자가 잘 설계된 진동으로 피드백을 유저에게 되돌려 주는 방식으로 구현되어 있다. 이러한 예들은, 기계적인 접촉으로부터 일어나는 촉각을 진동 피드백 기술이 재현할 수 있음을 시사한다.





출처: <https://www.pexels.com/photo/mother-helping-her-daughter-with-homework-4260477/>

출처: <https://www.pexels.com/photo/person-holding-black-android-smartphone-5052852/>

그림 1 (a) 맥북의 트랙패드에 내장된 Taptic Engine의 잘 설계된 떨림이 유저에게 마치 클릭을 하는 듯한 촉각 피드백을 준다. (b) 디스플레이 뒤에 설치된 진동자의 진동 구동은 화면이 나타내는 물체 표면의 질감 표현을 가능케 한다.

최근의 연구들은 손가락과 접촉된 물체 표면 사이에서 일어나는 질감을 진동으로 구현할 수 있음을 증명했다. 초기의 디스플레이는 다양한 물체 표면을 시각적으로밖에 나타낼 수 없었지만, 최신의 디스플레이는 화면이 나타내는 물체 표면의 촉각적 표현까지 가능케 하는 기술을 선보이고 있다. 손가락이 진흙을 나타내는 화면을 슬라이드 하면 뻑뻑한 느낌을, 마룻바닥의 화면을 슬라이드 하면 딱딱하고 잘 미끄러지는 질감을 느낄 수 있다는 말이다. 이러한 질감 표현에도 진동에 의하여 만들어진다. 일반적으로는 디스플레이 패널 뒷면에 여러개의 진동자를 붙여, 진동이 조건에 따라 다르게 작동되게 함으로써 질감 표현을 유저에게 전달하는 방식을 사용한다. 진동자는 회사에 따라 다른 작동 방식의 제품을 사용한다. 예를 들어, 프랑스의 Actronika 사(社)는 전자석 기반의 자체 액추에이터를 활용하며 [1], 같은 나라의 Hap2U 사는 피에조 액추에이터를 사용한다 [2].

진동을 활용한 질감 표현은 디스플레이 패널 위에서 발생하는 진동의 정확한 측정에서 시작된다. 풍부한 질감 표현을 위해서는 약 500Hz까지의 주파수 발생 능력이 필요한데, 작동되는 주파수나 진폭의 측정은 독일 Polytec 사의 Laser Scanning Vibrometer 장비가 압도적인 웨어를 점하고 있다 [3].

## 2.2. 가상 현실 (VR), 증강 현실 (AR) 용 햅틱 피드백 장치

유저가 VR용 헤드 마운트 디스플레이를 착용한 후, 그 안의 가상 공간에서 움직이는 물체와 상호작용을 할 때, 촉각적인 피드백은 가상현실의 현실감을 배가시킨다. 가상 현실에서는 가상 공간 안의 물체도, 유저의 컨트롤러도 3차원 공간에서 움직이므로, 2차원 선 (line) 운동 중심의 진동 피드백보다는 작용 힘과 방향 표현에 유리한 kinesthetic feedback을 구현한 기기가 대다수를 이룬다.

가상 공간에서 물체와 물체 사이에서 일어나는 작용 힘을 정밀하게 구현한 제품으로는 Force Dimension 사의 Omega 시리즈가 대표적이다 [4]. 장비의 end-effector는 여러 링크 구조의 조화로운 움직임들 통하여 움직여지고, 각 링크와 연결된 모터의 힘으로 end-effector의 합성 힘과 합성 방향을 만들어내는 제품이다. 일반적으로 kinesthetic feedback 구현에 장점이 있으나, 모터와 링크 구조의 완성도에 따라서 tactile feedback 구현도 가능하다. 이러한 제품은 end-effector의 링크 건너 반대편이 고정되어 있어야 하므로 grounded force-feedback device라고도 한다. 이러한 장비의 가장 큰 단점은, 기기의 한 면이 고정된 면에 물리적으로 고정되어 있어야 한다는 것이다. 기기 사용에 있어서 공간적 제약이 발생하므로, 이러한 기기는 한정된 공간에서 정밀한 작업을 필요로 하는 원격 수술이나 치과 시뮬레이터 등의 원격 제어기기로서 활용되고 있다.

한편, 공간의 제약이 없는 가상현실 세계에서는 햅틱 피드백 기기의 공간적 제약이 가급적 없는 것이 좋다. 다시 말해, 장치가 유저와 가상공간 사이의 상호작용을 방해해서는 안 된다. 햅틱 기기의 경우, non-grounded force-feedback device이면서 동시에 손에 붙어 있는 장갑형 기기가 가장 이상적이다. Senseglove 사가 만든 장갑형 피드백 기기인 Nova의 경우, 진동 기반의 tactile 피드백과 kinesthetic 피드백을 동시에 제공하는 대표적인 장갑형 피드백 기기이다 [5].

햅틱 기술은 손이 피드백 디바이스와 접촉하지 않아도 촉각을 느낄 수 있는 형태로 진화했다. 영국 Ultraleap 사에서는 여러 개의 초음파 발생기를 행렬 배치하여 그곳에서 발생한 여러 개의 초음파가 중첩되면, 삼차원 공간의 특정 위치와 조건에서 합성 파의 진폭이 증폭되어 사람이 느낄 수 있는 크기의 진동을 발생시키는 기기를 개발하였다 [6].

### 3. 햅틱스 기술의 미래

안타깝게도, 현재까지 상용화되어 널리 쓰이고 있는 햅틱스 기술은 휴대폰의 진동 모듈에서 나오는 단순한 진동 패턴으로 사람에게 간단한 의미를 전달하는 데 그치고 있다. 여기에서 조금 더 기술적으로 진보한 것이 맥북의 트랙패드에 들어간 Taptic Engine이다. 본 챕터에서는 햅틱 기술들의 상용화가 더딤에도 불구하고 왜 높은 개발 잠재력을 가졌는지 알아보려고 한다. 마지막으로, 그 잠재력을 깨우기 위해서는 인공지능 기술의 적용이 필수적이나, 적용에 어떠한 어려움이 있는지 알아보려고 한다.

#### 3.1. 접촉 조건 맞춤형 피드백 장치의 도래

현재의 햅틱스 기술은 물리와 기계 이론에 바탕을 두어 그 이론의 가능성을 사람의 인지 실험을 통하여 검증하는 형태로 발전해 왔다. 따라서, 현재의 햅틱스의 이론 체계에서는 기술적 이론과 특정 촉각을 1대1로 매칭되는 형태로 제시되어 왔다. 그러나, 감각 체계라는 것은 사람에 따라 미묘하게 다르며, 특히 촉각의 경우는 접촉을 통해 얻은 신호를 해석해야 하므로 같은 작동 기술 (예를 들면, 같은 진동 주파수와 진폭)이라도 접촉 조건에 따라 사람이 느끼는 신호는 다르게 해석될 수 밖에 없다. 따라서, 현재 대부분의 햅틱 피드백 응용 사례는 접촉이 확실히 일어나는 조건 (예를 들면, 버튼 프레스 상태)에서 피드백이 일어나게 설계되어 있다.

그러나, 손가락과 피드백 작동기 사이의 접촉 조건을 알 수 있다면, 접촉 상태에 따라 강화학습 등을 통하여 피드백의 강도나 종류를 달리해주는 기술이 나올 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들어, 우리는 노트북의 키보드를 입력할 경우, 먼저 손가락을 키보드 위에 대략 올려놓고 주변 위치를 더듬으면서 어느 부분을 눌러야 정확한 입력이 되는지 결정한다 (탐색 과정). 그다음에 정확한 입력을 위해서 키를 누르게 된다 (입력 과정). 햅틱스의 관점에서 보면, 탐색 과정은 손가락으로 키의 모서리 또는 평평한 부분을 찾아 위치 파악을 하는 것이고, 입력 과정은 위치 파악이 끝난 상태에서 큰 힘으로 누르는 과정이다. 두 과정 모두, 키와 손가락 사이에서 일어나는 미세한 진동을 활용하여 정보를 얻게 된다. 접촉 조건에 따라 피드백이 달라지는 인공지능 기술은 상기의 탐색부터 입력에 이르는 모든 과정에 관여하여, 유저에게 더 나은 기기와의 일체감을 제공해 줄 것이다.

#### 3.2. 가상현실/메타버스 시대의 도래

가상현실 시장이 커지리라는 것은 이제 기정사실이다. 가장 큰 문제점은 가상 세계에서 “현실감”을 어떻게 잘 살릴 수 있는가이다. 가상현실을 위한 시각, 청각 기술들의 진보에 비하여 촉각 기술은 아직 걸음마 단계이다. 우리는 이미 컨트롤러의 단순 진동만으로도 가상공간 안에서 물체와의 상호작용에 큰 도움이 된다는 것을 알고 있다 (Oculus 사의 VIVE, PlayStation 컨트롤러의 진동 기능). 그러나 동시에 이러한 단순 진동만으로는 충분한 상호작용을 할 수 없다는 것도 느끼고 있다. 앞으로는 가상 공간에서의 시간이 더 늘어날 것이고, 그 안에서 물체 집기 등의 더 높은 수준의 햅틱 피드백 기술이 요구될 것이다. 반대로, 햅틱 피드백 기술이 가상현실 시대의 도래를 더욱 앞당길 수 있다.



출처: <https://www.pexels.com/photo/man-in-gray-sweater-wearing-black-sunglasses-4995993/>

출처: <https://www.pexels.com/photo/robot-hand-pouring-flour-into-white-bowl-9028872/>

그림 2 (a) 가상현실에서 현실감을 증대시키기 위해서 햅틱 피드백 기기가 반드시 필요하다. (b) 인간 수준의 물체 조작 능력을 로봇에 적용시키기 위해서는 햅틱 정보가 반드시 필요하다.

### 3.3. 로봇과의 협업 시대의 도래

로봇 기술의 발전은 단순하고 반복적인 작업이 필요한 곳에서 사람을 대체하고 있다. 이미 독일 FESTO 등의 산업용 부품 회사들은 물체를 집기 위한 그리퍼 등을 판매하고 있으며, 픽킹 성공률 또한 높다 [7]. 아직은 단순한 흡착 방식이나 충분히 높은 마찰을 이용한 방법이 대부분으로, 흡착이나 마찰력 생성에 불리한 물체의 그리핑은 연구단계에 있다. 햅틱스 분야의 연구자들은 예전부터 사람의 손가락이 물체를 잡을 때 손가락에서 어떤 물리적 현상이 일어나는지 오랫동안 연구해 왔다. 일례로, 연구자들은 사람들이 무거운 물체를 잡을 때, 미끄러지지 않을 만큼의 최소한의 마찰력을 이용한다는 점을 발견하였다. 또한 손가락에 위치한 기계적 감각수용기 (Mechanoreceptor) 는 크게 네 종류가 있으며 각 수용기마다 다른 종류의 기계 자극을 받아들임을 발견하였다.

사람의 촉각 인지 프로세스를 로봇의 그리퍼에 적용한다면, 로봇은 더 다양한 물체를 사람보다 더 빠르고 정확하게 집을 수 있을 것이다. 그렇다면 로봇에게 어떻게 촉각 인지 프로세스를 이식시킬 수 있을까? 무엇보다도 사람이 가진 기계적 감각수용기와 비슷한 기능을 하는 유연 센서의 개발이 필요하다. 또한 이것은 하나의 손가락에 여러 개가 들어갈 수 있을 만큼 충분히 작아야 한다. 두 번째로는 손가락이 물체와 접촉 할 때 생성되는 시그널과, 같은 조건에서 로봇 핑거의 시그널과 어떠한 차이가 있는지 알고, 필요하다면 두 시그널의 차이가 없도록 보정을 해야 할 것이다. 마지막으로 인공지능을 활용한 학습일 것이다. 인공지능은 사람이 태어나 아동기까지 약 6~7년에 걸친 촉각 학습 시간을 획기적으로 줄여줄 것이다.

### 3.4. 인공지능 적용의 한계점

인공지능이 햅틱스 기술의 발전에 혁신을 가져올 도구임에는 틀림없으나, 그 도구를 잘 이용하기에는 몇 가지 문제점이 존재한다. 본 챕터에서는 햅틱스 분야에서 인공지능을 사용하기 위하여 어떠한 문제점이 있는지 짚어 보고자 한다.

#### 3.4.1. 인지 데이터의 객관성 확보의 어려움

인지는 주관적이다. 요리를 많이 해 보신 부모님들은 뜨거운 물체를 잡아도 전혀 뜨겁게 느끼지 않고 잘 잡지만, 피부가 연약한 아이들은 뜨거우므로 잡기 어렵다. 이런 경우, “뜨겁다”라고 정의할 절대온도는 어떻게 정의를 해야 할까? 이러한 정의는 지도학습 (Supervised learning)에서 필요한 정보임에도 불구하고, 객관적 상황에서 사람마다 받아들이는 인지의 정도가 다르기 때문에 주관적 정보가 되어 버린다. 주관적 정보는 인공

지능 학습 모델의 정확도를 떨어뜨리는 가장 큰 이유가 될 것이다.

인지 표현은 상황에 따라서 다르게 쓰인다. 우리가 비누를 잡을 때 “미끄럽다”라는 표현을 쓰지만, 고운 모래 입자가 잘 깔린 대리석 바닥에서 슬리퍼를 끌 때도 “미끄럽다”는 표현을 쓴다. 심지어 빠르게 달리는 자동차가 급브레이크를 밟을 때도 도로가 “미끄럽다”고 표현할 때도 있다. 상황에 따라 “미끄럽다”는 개념이 달라질 경우, 측정 데이터값의 범위가 많이 달라질 수 있다. 예를 들어, 비누와 손 사이에서 발생하는 마찰력과, 자동차와 도로 사이에서 만드는 마찰력의 범위는 크게 다를 것이다.

현재까지 인공지능 기술의 적용에 있어서 이미지들이 데이터로 자주 사용되고 있는 이유가 여기에 있다. 물체 탐지용 인공지능 모델을 만들기 위해 이미지를 학습할 경우, “사람”, “자동차”, “차선”, “신호등” 따위의 것들은 매우 객관적이다. 즉, 앞의 키워드로 어떤 사람이 분류해도 결과물의 차이는 거의 없을 것이다. 그러나 얻어진 촉각 데이터를 “미끄럽다” 따위의 이름으로 분류하는 것은 분류자에 따라 분류 기준이 달라질 수 있으며, 설정 기준이 같아도 데이터를 측정할 때의 세부 조건 설정이 다르다면 고품질의 학습 데이터를 만들기는 쉽지 않을 것이다.

### 3.4.2. 풍부한 촉각 데이터 확보의 어려움

풍부한 데이터 확보가 되는 시각 데이터 (이미지)의 경우를 생각해보자. 어떤 현상을 이미지 데이터로 측정하는 카메라는 현재 거의 표준화가 끝난 상태이다. 예를 들어, 이미지 데이터의 크기는 가로와 세로의 픽셀 수로 정의하며, 각 픽셀의 데이터는 빨강, 녹색, 파랑의 0 - 255 사이의 정수값의 조합으로 표현한다. 이러한 표준화된 정보를 기반으로 모든 연구자가 이미지 데이터 처리를 하는 것이다.

그렇다면, 어떤 정보가 촉각 데이터일까? 필자의 지식에서는 아직 촉각 데이터의 정의가 표준화되지 않았다. 가장 많이 쓰이는 데이터로는 진동 시 일어나는 진폭과 주파수 데이터이다. 그러나, kinesthetic information을 활용하기 위해서는 손가락과 접촉된 면 사이에서 발생하는 접촉 힘, 접촉 면적도 필요할 것이다. 더 깊게 들어가면 손가락의 수분 상태에 따라서 같은 접촉 힘에도 접촉 면적이 달라지므로 손가락의 수분 상태도 고려되어야 할 경우도 있을 것이다.

진동의 진폭과 주파수 또한 측정하는 접촉면 안의 위치에 따라서 다르게 나타날 수밖에 없으며, 현재 상용화된 센서로는 접촉 위치별 진동 측정은 쉽지 않은 상황이다. 위치별 접촉 힘 (또는 압력) 또는 수분 상태 측정 또한 당연히 불가능하다. 촉각의 공학적인 정의의 표준화와 전 세계 모든 햅틱스 연구자가 그에 맞는 데이터를 확보할 때, 풍부한 촉각 데이터가 확보될 것이다.

## 4. 마무리 제언: 미래사회를 풍요롭게 하는 햅틱스 기술

인간이 가지는 오감은 동물 고유의 기능이라고 생각했지만, 인간 스스로가 과학 기술을 발전 시켜 시각과 청각의 입출력을 담당하는 전자기기를 탄생시켰다. 전자기기를 사용함에 있어서 촉각이 더해지면 사용 편의성이 더욱 좋아짐에도 불구하고 햅틱스 분야의 연구 개발은 상대적으로 더디게 발전되었다. 그러나, 가상현실, 메타버스 시대의 도래와 함께 햅틱스는 더 많은 수요가 있을 것으로 예상된다. 비단 가상현실 분야 뿐만 아니라, 로봇의 촉각 기술 구현도 성공한다면 상당한 산업적 파급 효과가 있을 것으로 기대된다. 햅틱스 분야가 미래사회를 어떻게 풍요롭게 할 지 기대된다.

### ▶참고 문헌 :

- [1] <https://www.actronika.com>
- [2] <https://www.hap2u.net/haptic-technology/>
- [3] <https://www.polytec.com/int>
- [4] <https://www.forcedimension.com/products/omega>
- [5] <https://www.senseglove.com>
- [6] <https://www.ultraleap.com>
- [7] [https://www.festo.com/us/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/flexshapegripper-id\\_33444/?siteUid=fox\\_us&siteName=Festo+USA](https://www.festo.com/us/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/flexshapegripper-id_33444/?siteUid=fox_us&siteName=Festo+USA)





## 1. EU 농업과 첨단 기술의 융합

지난 수십 년간 로봇은 단순 기계에서 인지능력을 가진 파트너로 지속적인 성장을 보여주었다. 이미 많은 혁신이 있었음에도 불구하고, 로봇은 앞으로 더 많은 도전과제를 가지고 있으며, 동시에 기회도 많아질 것으로 보인다.

이는 최근 agROBOfood에서 주최한 온라인 행사 ‘Visioning the future of agri-food robotics’에서 전문가 패널들이 논의했던 주제이기도 했다. 주요 논점은 두 발표자 제롬 반드리(Jérôme Bandry)와 슬라보미르 샌더(Slawomir Sander)박사가 소개하였다. 제롬은 CEMA (European Agricultural Machinery)의 비전을 소개하며 디지털화, 정밀 농업<sup>1)</sup>, 로보틱스는 사회적 과제를 해결하기 위한 농업 체계의 구조 변화의 일부 또는 변화 자체가 될 수도 있다고 밝혔다. 산업계는 먼저 데이터 인프라, 규제, 기술 개발에 대한 투자가 필요하다는 것을 지속적으로 강조해야 한다. 이뿐만 아니라 가장 큰 도전은 혁신적인 로보틱 솔루션의 개발과 실제 현장에서 성공한 사례 간의 간극을 줄이는 것이 될 것이다.



[그림1] 농업에 적용되고 있는 로보틱스와 데이터 기반 분석 기술 예시

두 번째 발표자인 샌더박사는 농업 로봇 관련 EU 로보틱스 비영리

단체 의장으로, 농식품 생산을 위한 유럽 로보틱스 관련 커뮤니티의 기회와 도전에 대해 소개했다. 이는 EU 로보틱스와 agROBOfood가 함께 발전시킨 전략 아젠다에서도 확인할 수 있는 H2020 프로젝트로, 농업-식품 분야의 판 EU지역 디지털 혁신허브 네트워크 구축을 목표로 하고 있다. 해당 전략 아젠다의 목적은 SRIDA(European Strategic Research and Innovation and Development Agenda)의 발전에 기여하기 위한 것으로, AI, 데이터, 로보틱스 분야의 민관협력, 농업생산 도메인에 데이터 및 AI를 결합하는 로보틱스가 주요 도전 과제인 것으로 알려졌다.

아젠다의 비전은 다음 문장에서 잘 드러나있다. ‘미래의 농업 생산 네트워크는 유연하고, 수수료 감응형이고, 투명하고, 양질의 건강한 상품과 서비스를 합리적인 가격에 제공하는 동시에 자원, 생물다양성, 기후, 환경, 문화적 차이를 보존해야 한다.’ 이에 대한 미션은 다음과 같다. ‘비전에 제시한 유연하고 투명한 농업 생산 네트워크에 성공적으로 탑재될 수 있는 혁신기술인 로보틱, AI, 데이터 솔루션과의 통합 및 개발을 촉진시킨다.’

이번 아젠다 발표는 주로 식품 생산 파트에 집중되어 있다. 아직 작성이 진행중인 단계이지만, 농식품 영역 전체를 포괄하기 위한 기초 작업이 될 것으로 보인다. 이는 AI와 데이터보다 로보틱스에 더 많은 중점을 두며, 로보틱스가 산업에 기여할 수 있는 부분과 지속가능한 농업 생산을 위한 변화를 어떻게 가져올 수 있는지에 대한 비전과 미션을 제시하고 있다.

### ▶ 출처:

- <https://www.eu-robotics.net/eurobotics/newsroom/press/future-of-agri-food-robotics-in-the-eu.html?changelang=1>
- <https://blog.richardvanhooijdonk.com/en/top-10-agricultural-robots-that-automate-the-business-of-growing-food/>

1) 정밀 농업(Precision agriculture): 농작물의 가변성에 대한 관찰, 측정, 반응에 기반한 농업 관리 개념으로, SSCM(Site Specific Crop Management), 스마트팜으로 불리기도 함. (출처: 위키백과)

## 2. 제 1회 RAMI(점검 및 관리용) 로봇 대회 개최

스페인 세비아에 위치한 CATEC(Advanced Center for Aerospace Technologies, 항공우주기술센터)는 최근 제 1회 RAMI(Robotics for Asset Maintenance and Inspection) 분야 항공 로봇 대회를 준비하고 있다.

RAMI는 국가측정표준기관에서 운영하는 METRICS 프로젝트 내 4개의 경쟁 분야 중 하나로, 항공 및 수중 로봇 도입을 통해 점검 및 유지관리(Inspection and Maintenance, 이하 I&M) 가능성을 판단하고 점검 과정 내 공간 해상도를 높이고 운영 지속성과 취득 데이터 품질 향상 가능성을 제공하기 위한 목적을 가지고 있다. 이와 동시에 로봇틱스 영역 확대를 통해 운영비 절감, 폭발물 등이 있는 위험 구역과 높은 지역의 노동자 안전 강화에 대한 잠재력 평가도 동시에 진행된다.



[그림1] RAMI를 포함한 METRICS 프로젝트의 4가지 분류

이때 I&M 분야가 가진 다양한 과제를 해결하고 로봇 활용 부가가치를 높이기 위해서는 자체의 자율성을 높이는 것이 핵심이다. 높은 자율성은 특히 운영자와의 직접 연계를 보장할 수 없거나 점검 업무를 반복적으로 수행해야 할 때 중요하게 요구되는 부분이다. 자체적인 결정력은 로봇의 임무 수행 능력을 향상시키고, 안전하게 원격 조작이 어려운 적대적이거나 열악한 환경에서 로봇의 생존을 보장할 수 있다.

최근 I&M 분야에서 가장 수요가 많은 적용사례는 인간 운영자가 높은 곳이나 수중에서 점검을 진행할 경우, 이로 인한 위험과 비용 때문에 공중 및 수중 로봇을 사용하는 것으로 밝혀졌다. RAMI 대회는 이 두 종류의 로봇과 오일&가스, 재생 에너지 분야에 초점을 맞춰 자율 탐색과 성능 면에서 SOTA급으로(State-of-the-art) 향상시키는 것에 초점을 맞추고 있다. 두 사업 영역에서 I&M에 쓰이는 상용화된 로봇은 주로 원격조정 차량이나 정유사 대형 인프라 점검용 드론과 같이 원격조정

으로 사용된다. RAMI는 I&M 작업 내 로봇의 자율성 증가, 평가를 통해 이러한 로봇 관련 니즈를 강조하기 위해 힘쓰고 있다.

### ▶출처:

- <https://www.eu-robotics.net/eurobotics/newsroom/press/1st-rami-cascade-campaign-for-aerial-robots.html?changelang=1>
- <https://metricsproject.eu/>

## 3. 데이터 기반 화물 ETA 모델 적용을 통한 프랑스 항구 운영 효율화 제고

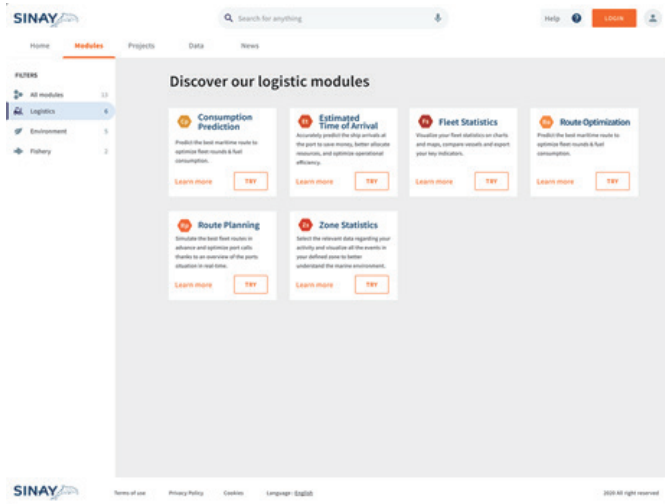
프랑스 기업 시네이(Sinay)는 최근 항구 도착 시간 예측 정확도를 25% 향상시킬 수 있는 솔루션을 소개했다.

화물의 항구 도착 시간을 잘못 계산할 경우 장시간 지연, 업무 중단으로 물류 운영에 큰 영향을 미칠 수 있다. 새로운 툴 ‘시네이 허브(Sinay Hub)’는 데이터 기반 디지털 플랫폼으로, AI 알고리즘을 사용하여 필요한 정보를 한 곳에서 볼 수 있다. 이 소프트웨어는 현재 프랑스 북서쪽 항구에서 상용화되었으며, 첫 적용 후 화물 도착 예측 시간을 25% 단축시켰다.

시네이 허브는 선박의 AIS(Automatic Identification System, 자동 식별 시스템)로부터 받는 선박의 이전 운항 데이터, 조류 패턴, 그 외 데이터를 사용하여 화물이 항구에 도착하는 정확한 시간을 예측할 수 있다. 이는 항구의 효율성, 물류 운영관리 최적화, 경쟁력 향상에 크게 기여하고 있다.

또한 대기, 해양 상태, 소음 모니터링은 항구의 또다른 주요 과제이기도 하다. 시네이 허브는 실시간 오염 모니터링, 예측, 예방하는 다양한 모듈을 탑재하고 있으며, 이를 통해 기존의 수동 관리 시스템을 대체하고 항구의 운영 효율성을 높이며 환경에 미치는 영향을 관찰할 수 있다.

시네이의 매니징 디렉터 데이비드(David Lelouvier)에 따르면 시네이 허브는 항구와 해양 부문의 모든 활동이 하나의 플랫폼 안에서 360°로 분석할 수 있는 시각을 제공하며, 시스템 대시보드를 통해 사용자들은 빠르고 쉽게 모니터링하고, 분석하고, 실시간 운영을 위한 의사결정을 할 수 있다고 강조했다. 또한 화물의 항구 도착시간을 더 정확하게 예측하고, 해양 및 대기오염 관련 문제를 감지하는 모든 활동이 항구를 효율화하고 그들의 환경 관련 의무를 다하는 데 일조한다고 밝혔다.



[그림1] 시네이 허브 모듈 운영 페이지

최근 시네이 허브는 2백만 TEU<sup>2)</sup>의 컨테이너 운송량을 소화하는 프랑스 내 주요 항구에 설치가 완료되었다. ETA(Estimated Time of Arrival, 예상 도착 시간)모듈이 실시간으로 전환되었을 때, 시네이 솔루션은 75%와 50%의 정확도를 보이며 이전의 데이터보다 더 정확한 성능을 증명하고 있다. 시네이 허브가 제공한 정보의 50%는 선장의 정보보다 정확했으며, 25%는 동일, 나머지 25%는 정확도가 낮았다. 이에 대해 시네이 측은 현재 진행 중인 시스템의 추가 개발로 90%의 정확도를 달성할 수 있을 것으로 보고 있으며, 빅 데이터를 활용한 항구 운영 효율성을 크게 개선할 수 있다는 점을 입증할 것으로 확신하고 있다.

▶출처:

- <https://www.thedigitalship.com/news/maritime-software/item/7553-french-port-optimises-vessel-arrival-times-with-digital-tool>
- <https://sinay.ai/en/sinay-hub/>

## 4. EU 지침 개정을 통한 로봇, 인공지능과 인간의 협업 가능성 확대

### 1) 기기 지침 수정을 통한 로봇 기술력 향상 대비

EU 내 로봇 기술은 차세대 기술의 안전을 보장하기 위한 노력의 일환으로서 그 역할이 대두되고 있었고, 최근 그 중요성이 증가하고 있다.

EU 집행위원회(이하 EC)는 올 2분기 기계 관련 지침에 대한 수정본 발간 예정이며, 해당 개정안을 통해 인간-로봇 간의 협업뿐만 아니라 로봇 인공지능 알고리즘의 투명성 향상 등을 언급할 것이라고 밝혔다. 이와 함께 라디오 장비 지침을 통해서도 IoT에 연결된 기기 간 의사소통의 개인정보보호 프로토콜 준수 여부를 분석할 예정이다.

최근 EC 패널이자 DG GROW(Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship, and SMEs, EC 성장총국)의 지속가능한 산업 및 모빌리티(Sustainable Industry and Mobility)의 코지고우(Gwenole Cozigou)부서장은 기계 지침 내 수정사항이 필요한 부분에 대한 인사이트를 제시했다. 그에 따르면 EU는 먼저 로봇-인간 협업의 경우 로봇 안전성에 대한 의문을 해소해야 하고, 로봇 기기 소프트웨어의 개발 측면에서 인간이 감독의 주도권을 유지할 수 있는지 보장할 수 있어야 한다. 특히 인공지능 로봇 알고리즘에 의해 제기되는 문제 해결을 통해 투명성이 보장될 수 있도록 해야 한다.

EU의 라디오 장비 지침의 경우 제조업자들이 기기 제작 과정에서 준수해야 하는 요구사항을 포함하는 동시에 아이들의 로봇 기기 사용 시 데이터 자동 전송에 대해서도 주의를 기울여야 한다. 데이터를 주고받는 기기 전반을 규제하는 지침으로써, 로봇 간 의사소통 과정도 해당 지침의 영향을 받을 것으로 보인다.

EC는 정보 보호의 측면에서 이미 아동의 보호가 필요한 특정 경우를 파악하고, 사기 등의 위험으로부터 보호가 있다고 판단한 것으로 보인다. 이후 EC는 유럽 내 로봇 사용에 대한 규제 환경을 명확히 하기 위해 제품 책임 지침(Product liability directive)를 추가 제정하여 파세대 로봇에 제기될 수 있는 도전에 대비할 계획이다.

### 2) EU 내 인공지능 규제 투명화

로봇 개발에 중요한 인공지능 관련으로는 지난해 발간된 백서의 후속

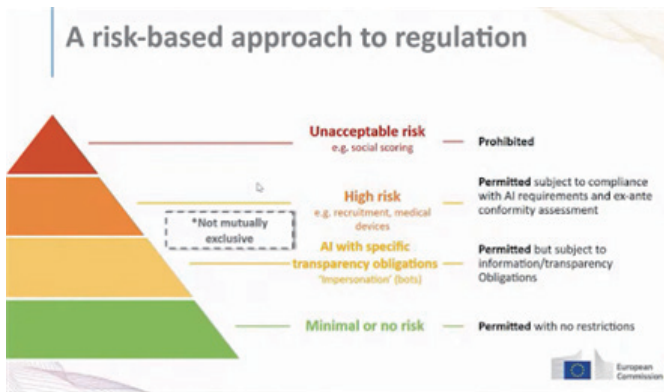
2) TEU(Twenty-foot Equivalent Unit): 20피트 길이의 컨테이너 크기를 부르는 단위로, 컨테이너선이나 컨테이너 부두 등에서 주로 쓰임(출처: 위키백과)



개정편을 올 4월 발표했다. EU는 이를 통해 특정 고위험 인공지능 어플리케이션을 규제하기 위한 기반을 마련할 계획이다.

4월 입법안은 인공지능에 대한 책임 규정이 명확히 이루어진다는 점이 가장 큰 개선점이며, DG Connect의 로베르토 비올라(Roberto Viola)의 최근 논평에 따르면 이러한 유형의 기술에 대한 공통된 정의의 필요와 함께 광범위한 문제가 여전히 존재하는 것으로 보인다. 이 문제는 인공지능의 개념에 대한 정의와, 알고리즘에 의해 구동되는 기계를 어떻게 다룰 것인지 등을 포함하고 있다.

EU는 4월 개정안을 통해 '20년도 백서와 다른점으로 인공지능의 특정 용도를 추가로 명시할 것이라고 밝혔는데, EC의 논의를 거쳐 '고위험'과 '저위험'으로 분류될 것으로 보인다. EU 행정부는 지난해부터 고위험 기술에 중요 분야(critical sectors), 중요한 사용 분야(critical use)를 포함시켜 향후 감독 대상으로 배정하였다.



[그림1] 인공지능의 위험수준 기반 규제 접근법

중요 분야는 의료, 교통, 법체계를 포함하며, 중요한 사용 분야는 사망, 손상 또는 부상의 위험이 있는 기술이나 법적 영향이 있는 기술을 포함한다. EU 행정부는 백서 개정안이 유출됐을 당시 얼굴인식 기술에 대한 규제 유예가 공개된 이후 엄격한 규제를 도입하는 부문에 있어서 망설이는 모습을 보이며 대신 원격 생체 인식 사용에 대한 범 EU적 차원의 논의를 개시하였다.

▶ 출처:

- <https://www.euractiv.com/section/digital/news/commission-reveals-details-on-future-eu-robotics-policy/>
- <https://www.xomnia.com/post/experimenting-fast-with-data-and-be-gdpr-compliant/>

## 5. 글로벌 시장 내 EU의 AI 경쟁력 강화 중요성 대두

최근 EIT Urban Mobility 보고서에 따르면 EU 내 기업들이 인공지능을 실생활에 적용하기 위한 글로벌 경쟁에서 기술타당성 조사 부족, 데이터 품질 저하, 투자 부족 등의 이유로 미국과 중국에 밀리고 있다.

이를 해결하기 위한 가장 심각한 문제는 기술의 미비로, 해당 보고서의 조사를 진행한 전문가 60%가 AI의 보편화가 어려운 이유로 이 점을 뽑았다. 그 외 낮은 데이터 품질과 좁은 범위의 적용 가능성 등의 이유가 있으며, 전문가의 30%가 자금 지원을 이유로 들고 있다. 위의 모든 요소로 인해 EU 내 교통량 예측, 실시간 버스 정보 서비스, 차량 추적, 자율 주행차 등 도시 교통 어플리케이션에 AI를 활용하는 측면에서 미국, 중국과의 AI 발전 속도를 맞추지 못하고 늦어지고 있다.

이에 대해 그동안 EU가 AI의 특정 연구 분야를 주도해온 것은 사실이나, 특히 기술의 윤리적 사용을 보장하는 연구와 관련하여 제자리 걸음을 걷고 있다는 평을 받고 있다. 보고서는 이러한 현 상황을 AI 구축과 다양한 분야로의 확대를 지원하는 데 필요한 비즈니스 모델로 전환할 수 있는 방법에 초점을 맞추고 있다. 특히 도시 모빌리티에 초점을 맞춰 AI 적용, 알고리즘 개발 방법론, 그리고 다양한 산업 간 수입 모델의 어려움과 위험을 규정하고 있다. 또한 유럽 내 AI에 관한 전망을 그려내며 다른 국가와의 정책, 규제 프레임워크, 윤리 가이드라인을 비교하고 EU AI 에코시스템을 강화하기 위한 우선순위를 제시하고 있다. 이뿐만 아니라 AI 어플리케이션이 도시 모빌리티를 포함한 다른 분야에서 비즈니스 혁신을 이끌었는지 설명하고 있다.

EU 의회 AI 위원회장인 드라고스 투도라체(Dragoş Tudorache) 의원은 산업에 따라 AI 도입에 장벽이 있다는 것에 동의하며, 이러한 어려움을 극복하기 위한 교육과 학습의 중요성을 강조했다. 그는 기술은 계속해서 발전하기 때문에 AI 도입에 투자하는 것 자체가 계속해서 가능해질 것이며, 새로운 디지털 경제에 연료가 되는 데이터 또한 범용성과 함께 품질 또한 계속해서 개선될 것이라고 발표했다. 또한 AI의 잠재력을 장기적으로 크게 성장시키기 위해서는 기술 도입의 기본이 되는 교육과 디지털 리터러시(Digital Literacy)를 키우는 것이라고 역설했다.

이와 관련하여 EIT 도시 모빌리티는 전문가 집단의 20%가 자신들의 기업이 AI에 더 투자해야 하고, 필요한 지식과 기술을 스스로 학습해야 한다고 생각한다는 것을 밝혔다. EU 위원회는 1억 5천만 유로의 AI 기금을 설립하여 초기 성장 기업을 지원하고 AI 관련 법률 제정에 사용

하고 있고, AI 규제는 이미 EU 정책으로 논의되고 있다.

EU 회원국 중 프랑스는 향후 5년간 AI 에코시스템을 지원하기 위한 목적으로 10억 유로의 예산을 편성하였으며, 독일은 AI 분야의 리더가 되기 위해 학계에 머물러 있는 AI 기술을 시장으로 가져오기 위한 투자를 지속하고 있다.

**▶출처:**

- <https://sciencebusiness.net/news/eu-faces-major-barriers-deploying-artificial-intelligence>

## 6. 지멘스와 DB의 협력을 통한 함부르크 시 100% 무인 자동화 열차 도입

지멘스와 독일철도주식회사(Deutsche Bahn, 이하 DB)은 지난 10월 함부르크에 도입한 세계 최초의 무인 자동화 열차 도입을 공개했다.

DB의 CEO 리처드 루츠(Richard Rutz) 박사는 자동 열차 운영으로 새로운 경로를 추가할 필요 없이 승객들에게 더 믿을 수 있도록 개선된 서비스를 제공할 수 있게 되었다고 밝혔다. 각지의 여러 공항에서 무인 터미널 셔틀을 운영하고, 프랑스의 경우 무인 지하철을 가지고 있지만, 이번 지멘스와 DB의 열차는 일반 열차와 함께 기존의 철도 기반 시설에서 안전하게 운행할 수 있는 세계 최초의 완전 자동화 열차이다.



[그림1] 지멘스, DB의 협력으로 탄생한 함부르크 완전 자동화 무인 열차의 모습

지멘스는 언론 발표를 통해 인공지능의 사용으로 더욱 효율적인 운행이 가능한 열차라는 점을 언급하며, 열차가 정해진 시간표대로 운행

할 수 있도록 하고, 일반 운전자보다 더욱 효과적으로 증가하는 여행 수요를 만족시킬 수 있다는 점을 강조했다. 4대의 열차는 함부르크 북부의 S-Bahn 급행 열차 네트워크 시스템에서 운행되며, 12월부터 운영을 시작하는 것으로 알려졌다. 이번 자동화 열차는 DB에서 진행한 현대화 프로젝트 ‘Digital Rail Germany Project’에 편성된 6천만 유로 예산의 일부로 진행되었다.

열차의 운행은 완전히 자동화되었으나, 안전을 위해 승객 탑승 시에는 관리자가 배치될 예정이다. 그 외 열차 선회 등 선회 기동도 무인으로 가능하다. 지멘스 CEO 롤랜드 부쉬(Roland Busch)는 해당 발표를 통해 자동화 열차가 기존의 열차보다 승객을 30% 더 운반할 수 있고, 정시성 강화로 에너지 또한 30% 이상 절약할 수 있을 것으로 예상한다고 밝혔다.

지멘스는 언론 발표에서 향후 10년 내에 함부르크의 S-Bahn 시스템 전체를 디지털화하는 계획도 함께 발표했다. 지멘스는 이러한 열차 자동화 기술이 결과적으로는 전 세계의 지역 또는 주요 열차 시스템에 도입되어야 한다고 강조하고 있다. 열차 수송은 최근 몇 년간 급격한 개발이 이루어지고 있어 신뢰할 수 있고 쾌적한 여행수단이 되고 있다. 그 예로, 철도는 동 거리 대비 차량 이동에 비해 80% 낮은 탄소 배출량을 가지고 있으며, 코로나19로 인해 해상, 항공 물류에 차질이 생길 때에도 화물 열차는 유사한 효율성을 보이며 운영을 계속 하고 있다.

열차 자동화와 고속 열차의 발달은 열차 수송의 부활에 계속해서 힘을 실어주고 있으며, 계속되는 팬데믹 속에서 대두되는 새로운 일상과 기후 변화 목표에 적합한 수단으로 거듭나고 있다.

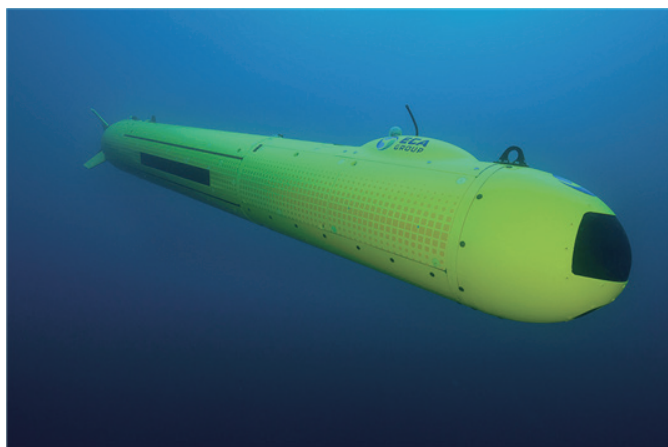
**▶출처:**

- <https://interestingengineering.com/germany-unveils-the-worlds-first-fully-automated-train-in-hamburg>
- <https://press.siemens.com/global/en/feature/world-premiere-db-and-siemens-present-first-automatic-train>

## 7. AUV의 도입을 통한 프랑스 해양 데이터 분석 역량 강화

프랑스 해군과 DGA(Direction générale de l'armement, 프랑스 병기본부)는 지난 10월 자율주행 수중운동체(Autonomous Underwater Vehicle, 이하 AUV)을 승인 중에 있다고 밝혔다.

SHOM(The French Navy and Naval Hydrographoc and Oceanographic Service, 프랑스 해군해양조사국)은 국가 조달청인 DGA와 함께 ECA 그룹의 AUV A18D를 평가했다. 이에 대해 ECA 그룹은 미래 수로 및 해양 역량 프로그램(The Future Hydrographic and Oceanographic Capacity, CHOF)의 일환으로 진행된 평가라고 밝혔다. CHOF 프로그램은 유인 선박 3척의 자율 플랫폼 교체를 통해 프랑스의 해양 데이터 획득 및 처리 능력을 업데이트하고 발전시키는 것을 목적으로 하고 있다.



[그림1] ECA 그룹에서 제작한 자율주행 수중운동체(AUV) A18D

AUV는 프랑스 해군 해상 지원함인 론(Rhône)에 설치되어 3000m 깊이와 대서양의 조류에도 구조 및 해저 지도를 정밀하게 작성하기 위한 다양한 미션을 수행할 수 있도록 지원한다. A18D는 24시간동안 자율적으로 작동하여 해양 점검과 3D 해저 지도 제작 임무를 수행할 수 있다.

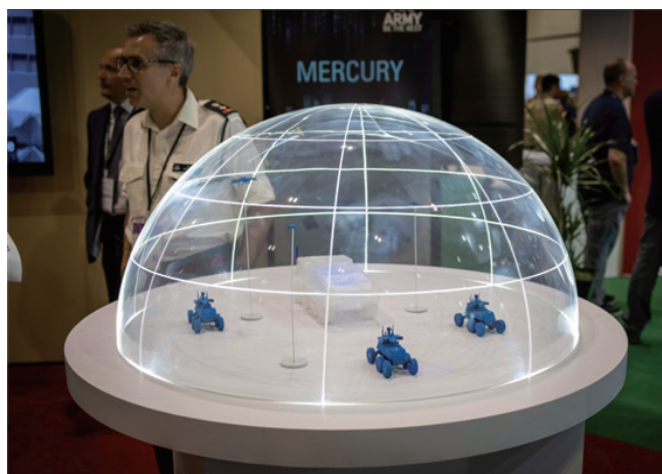
이번 테스트를 완료한 A18D의 경우 5.7m, 780kg의 최적화된 크기와 무게로 직관적인 사용자 인터페이스를 통해 높은 수준의 신뢰도를 보여주며 설치와 작동이 용이한 것으로 평가되었다. 또한 프랑스 해군과 SHOM 팀은 이번 평가를 통해 AUV의 해저 로봇 임무 도입에 대한 잠재력까지 평가할 수 있었다고 밝혔다.

### ▶출처:

- <https://www.shephardmedia.com/news/naval-warfare/france-tests-subsea-robotics-for-future-seabed-map/>
- <https://www.navalnews.com/naval-news/2021/10/eca-groups-a18d-uuv-tested-by-french-navys-hydrographic-service/>

## 8. 머큐리 프로젝트를 통한 영국군 미래 전투 기술 육성 전략

지난 9월 향후 조달 계획 수립 중인 영국 군 지도자는 머큐리(Mercury)라고 불리는 신규 학습(Acquisition)과정의 일환으로 로봇 공학, 인공지능, 하이브리드 전력 기술에 크게 의존하고 있다고 밝혔다.



[그림1] 영국군 미래 전투 전략 수립 이니셔티브 Mercury의 모습

영국군은 미래에 필요한 기술을 습득하는 방법, 해당 기술을 장비 프로그램에 도입하는 방법, 병사들이 사용할 수 있도록 기술을 익히는 방법을 고심하고 있다. 크리스토퍼 코튼(Christopher Coton) 국방차장은 9월 15일 런던에서 개최된 DSEI 국방 전시회에서 이에 대한 구체적인 비전을 제시했다. 그는 영국군의 목표 달성을 위한 혁신을 추진하면서도 군 복무 방식과 전투 방식을 바꿀 수 있는 기술을 더 파악해야 하며, 이는 기존 기업과 신규 공급기업에 의해 이루어질 수 있다고 판단하고 있다. 그러므로 이를 통해 기술 공동개발을 도울 수 있는 중소기업과 대기업 모두에게 필요한 사항을 더 명확하게 전달할 필요가 있다고 강조했다.

머큐리는 이를 위한 방법 중 하나로, 영국군이 병사, 장비, 그리고 2035년 미래의 변화를 얼마나 잘 보호하는지 나타내고 있다. 이러한

노력은 두 가지 전제를 기반으로 하고 있으며, 첫 번째는 군대의 전투력이 전장 전반적으로 분산될 것으로 예상하기 때문이고, 두 번째는 전기 비행 장비가 증가할 것으로 예상한다는 것이다.

코튼 국방차장에 따르면 민간인과 분산된 군사력을 모두 지원하기 위해 비전시 상황의 보호도 필요하다고 판단하고 있으며, 이를 위해 로봇 공학, 인공 지능, 머신 러닝을 이용할 계획이다. 위 기술들은 최근 10년, 그리고 향후 10년간 발달하며 적의 위협을 무력화하고, 선제적으로 방어하는 하위시스템으로서 적의 공격이 일반인의 삶에 영향을 미치지 않도록 작용할 것이다.

머큐리는 의도적으로 추상적인 목표를 가지고 있으며, 이는 향후 10년 간 이를 설정해나가겠다는 의지를 보인다. 자국민과 병력을 보호한다는 공동된 주제에 따라 산업계와 함께 다양한 아이디어를 개발하고자 한다. 영국군과 산업계 간 관계의 핵심은 현재 공동으로 개발하고 있는 상업적 프레임워크가 될 것으로 보인다.

머큐리 프로젝트 완성을 위한 마지막 단계는 군사 전투 실험이며, 이는 기술과 역량이 보이는 혁신과 발명을 넓힐 수 있는 가능성을 찾고, 복잡한 미래 전쟁 형태 전반에 대비하기 위한 다양한 기술 혁신을 찾아 내기 위함이다. 2021년 실험은 10월에 예정되어 있으며, 향후 2024년까지 도시 환경과 기술을 활용하는 방안과 그에 관련된 기능을 실험하는 데 초점을 맞출 것으로 보인다.

**▶출처:**

- <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/dsei/2021/09/16/uks-future-force-to-lean-heavily-into-robotics-ai-and-hybrid-power/>
- <https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/09/mercury-fusing-technological-revolution-with-industry-partnerships/>

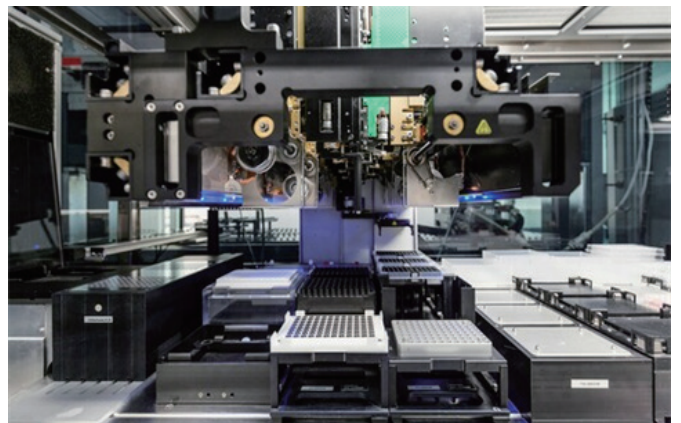
## 9. 독일 생명공학 분야의 로봇 기술 도입 프로젝트

생명공학 분야에서 인간은 기계로 대체될 수 없을 정도로 더 뛰어나고 정확하지만, 수천 가지가 넘는 생명공학 실험을 동시에 병행하는 등의 일은 현실적으로 인간이 할 수 없는 일이기 때문에 이런 부분에서 기계와의 협업이 기대되고 있다.

로봇청소기와 같은 자율 시스템은 일상의 크고 작은 형태로 존재한다. 이와 같은 지능형 기계, 장치, 소프트웨어 시스템은 다양한 작업을 수행하고 그 과정에서 자율적인 판단이 가능하다. 이미 많은 산업 분야에서 로봇이 사용되고 있지만, 인간의 핵심 기술 중 하나인 생명공학에서는 아직 제 역할을 찾지 못했다.

독일 연방교육연구부(이하 BMBF)의 미래 생명과학 연구실(이하 KIWI Biolab)의 화학 공학자이자 프로젝트 매니저인 니콜라스 크루즈(Nicolas Cruz)는 이 문제를 31명의 연구진과 함께 해결하고자 한다. 그는 이 프로젝트를 위한 가장 중요한 업무가 과학자들을 한 곳에 모으는 것이라고 생각하고 있다. 만약 로봇이 생명공학 실험을 자율적으로 실시하게 되면, 그에 따른 상품과 의약품의 생산가격은 더욱 저렴해지고, 경제적이고, 지속가능할 것으로 예상된다.

이 프로젝트는 BMBF의 투자에 의해 실현 가능해졌고, 한국, 베트남, 러시아, 오스트리아 등 세계 각국에서 KIWI Biolab의 연구진들은 약 1년간 인공지능 로봇 시스템을 통해 생명공학 기술을 발전시키는데 기여할 예정이다. 다양한 문화적 배경을 가진 이 연구팀은 연구 전문 분야 또한 생명공학, 수학, 컴퓨터 공학, 생명공정공학(bioprocess engineering) 등으로 이루어져 있다는 점이 특징이다. KIWI Biolab은 현재 베를린 공과대학교의 생명공정공학부의 일부로 소속되어 있다.



[그림1] 연구실 실험의 일환으로 액체를 이동시키는 해밀턴 피펫팅 로봇

데이터의 처리량이 높은 실험은 대부분 시간이 오래 걸리고 비용이 많이 들고, KIWI Biolab에서 가진 머신 러닝 역량이 이 문제를 해소할 수 있을 것으로 보인다. 이미 실험의 일부를 로봇이 수행하고 있으나, 여전히 검사결과를 분석하는 것은 인간이기 때문에 실험의 극히 일부분만을 담당하고 있다. 인간이 실험 설계를 위해 생각하는 동안, 로봇은 부수적인 실험만을 처리하거나 연구자가 일이 줄 때까지 기다려야만 하는 상황이다.

이에 대해 KIWI Biolab은 자체 생명공학 박스(self-propelled biotech box)를 추진하고 있으며, 이는 로봇 시스템이 실험 중 알고리즘을 통해 결과 데이터를 평가하고, 다음 실험에 대해 맞는 결정(온도와 압력을 변경하는 등)을 내리는 것을 목표로 하고 있다. 이는 연구진이 짧은 시간 안에 데량의 데이터와 결정 변수를 보고 실험을 계획할 수 있게 돕는다. 현재 연구진들은 약 40개 가량의 실험을 계획할 수 있으나, 로봇 시스템을 도입한다면 1000개 이상으로 증가할 뿐 아니라, 컴퓨팅 연산 역량에 따라 얼마든지 확대될 수 있을 것으로 예상하고 있다.

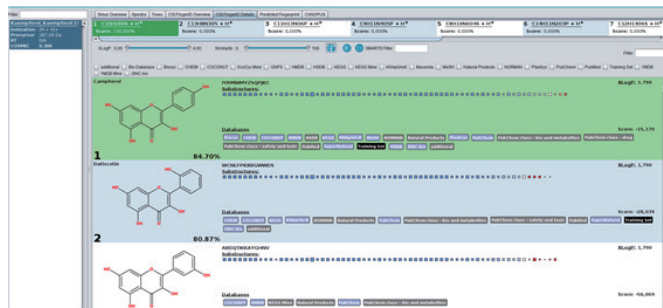
▶출처:

- <https://www.bmbf.de/bmbf/de/europa-und-die-welt/vernetzung-weltweit/internationalisierungsstrategie/internationale-zukunftslabore/robotersysteme-in-der-biotechnik.html>

## 10. 독일의 인공지능을 활용한 천연 활성 물질 분석 시스템 COSMIC 프로젝트

현재 이용 가능한 모든 의약품 성분의 3분의 1 이상은 자연에서 추출한 활성 물질에 기초하고 있으며, 독일 예나대학교(Jena University)의 한 연구팀은 이 활성 물질 분자를 더 빠르고 쉽게 식별하는 절차를 개발했다.

식물, 박테리아, 곰팡이에서 발생하는 2차 천연물질은 항염증 물질이 되거나, 병원균 억제 물질, 암세포 성장 억제 물질이 되기도 한다. 그러나 자연의 산물을 활용하고 새로운 천연 물질을 발견해내는 것은 많은 시간이 들고 노동집약적인 활동이기도 하다. 예나대학교의 생물정보학(bioinformatics) 팀은 이 절차를 가속화시킬 수 있는 새로운 방법 COSMIC (Confidence of Small Molecule Identification)을 개발하고 있으며, 관련하여 유명 학술지 Nature에 발표할 예정이다.



[그림1] COSMIC 활용을 통한 분자 구조 분석 이미지

### 1) 해독되지 못한 수백만 개의 구조 데이터

식물 추출물과 같은 생물 샘플에 포함된 물질을 알아보기 위해서는 질량 분석법을 사용하여 샘플을 분석한다. 이 과정에서 분자는 조각으로 분해되어 질량이 결정된다. 이와 같은 CSI:FingerID 분자 검색 엔진은 조각과 일치하는 분자 구조를 구체적으로 찾을 수 있도록 도와준다.

현재 수백만 개의 생물학 샘플 분석을 통해 수십억 개의 질량 분석 데이터 모음이 생성되었으나, 아직 그 구조를 전부 밝히지 못한 상황이다. 이 때 COSMIC은 아직 밝혀지지 않은 분자의 많은 부분을 자동으로 해독할 수 있다. 이 과정에서는 기계 학습 방법이 활용되며, 조사 대상 샘플의 질량 스펙트럼을 이용 가능한 구조 데이터와 비교한 후, 광범위한 검색 결과를 얻을 수 있다. 찾아내는 것뿐만 아니라 분석하는 데이터의 구조가 연구진이 찾고 있는 구조가 맞는지 추론하여 점수도 결정한다.

### 2) 새로운 담즙산의 발견

예나대학교의 세바스찬 뵈커(Sebastian Böcker) 교수는 샌디에고 캘리포니아 대학과 협력하여 COSMIC의 기능을 활용한 사례를 발표했다. 연구진은 아직 알려지지 않은 담즙산(bile acid)을 찾기 위해 쥐의 소화기관으로부터 얻은 질량 분석 데이터를 연구했다. 이를 위해 이론적으로 가능한 담즙산 구조 28,000개 이상을 구성하고 생쥐의 미생물 군유전체(microbiome) 측정 데이터와 비교했다. 이후 COSMIC을 사용하여 분석한 결과, 이전에는 전혀 알려지지 않았던 총 11개의 새로운 구조가 발견되었다. 뵈커 교수는 해당 사례를 통해 예나 대학교에서 발명한 COSMIC이 안정적으로 구동된다는 것과, 새로운 물질은 찾는 작업을 가속화시킬 뿐만 아니라, 향후 몇 년 이내에 수천 개의 새로운 분자 구조를 명확히 하는 것이 가능할 것이라고 예상하고 있다.

▶출처:

- [https://www.research-in-germany.org/news/2021/10/2021-10-15\\_Artificial\\_intelligence\\_helps\\_to\\_find\\_new\\_natural\\_substances.html](https://www.research-in-germany.org/news/2021/10/2021-10-15_Artificial_intelligence_helps_to_find_new_natural_substances.html)
- <https://bio.informatik.uni-jena.de/software/cosmic/>

# [현장취재]

## AI Campus Berlin



Sif Björnsdóttir  
AI Campus Berlin, Community Manager

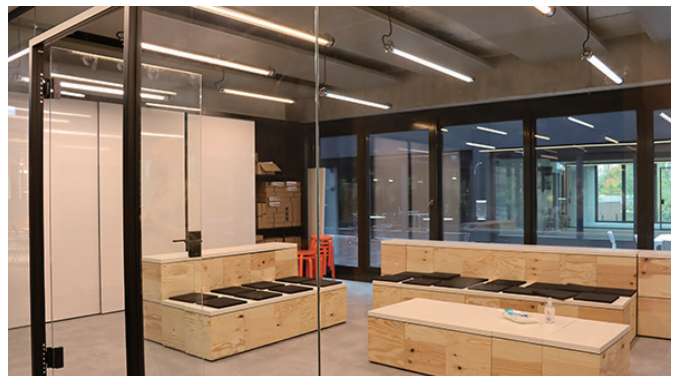
베를린에 유럽 최초의 AI 캠퍼스, "AI Campus Berlin"이 생겼습니다. 베를린 미테에 위치한 이 곳에는 인공지능 스타트업, 기업, 연구소가 모여있으며, 혁신적인 AI 허브 구축하고 있습니다. AI Campus Berlin 커뮤니티 매니저, Sif 와 인터뷰를 통해 AI Campus Berlin 현장을 전달드립니다.

1. 먼저, AI Campus Berlin에 대한 간략한 소개를 부탁드립니다. AI Campus의 목표는 무엇인가요?

**A** 올 5월 문을 연 AI Campus Berlin은 인공지능에 관련된 약 450여 명의 창업가와 개발자들이 인공지능에 대한 연구를 하고 실제 현실에 적용하기 위하여 함께 일하는 공간입니다. 인공지능 규제 관련 전문가도 함께하고 있습니다. AI Campus Berlin은 인공지능 생태계를 구축하고 있으며, 창업가들에게 사무 공간을 제공하고 있습니다.

우리는 단지 우리가 이 모든 것을 운영하기보다는, 캠퍼스에 입주한 인공지능 관련 기업들과 직원들이 함께 참여하고 활성화하기를 희망합

니다. 모든 사람이 기여를 하는 공간 말이죠. 우리는 사무 공간을 임대하지만 단순한 공간 서비스 제공자는 아닙니다. 이 공간에서 인공지능 전문가들이 서로 협업하고, 적극적으로 교류하기를 원합니다. 또한 지식 공유의 측면에서 주인의식을 가지고 서로 기여하는 공간을 만들고자



했습니다. 이곳 캠퍼스에는 인공지능을 기반으로 한 덴탈, 의료, 보건 기술, 이커머스 등 매우 다양한 산업군의 기업들이 모여있습니다. 그리고 가장 흥미로운 점은 이들이 이러한 네트워크를 정말로 잘 활용한다는 점입니다. 저희 또한 이 모든 활동이 좋은 결실을 볼 수 있도록 모든 부분에 지원하려고 노력하고 있습니다.

## 2. AI Campus Berlin에는 어떤 프로그램이 있습니까?

**A** AI Campus의 커뮤니티 애플리케이션이 있으며, 미팅룸을 예약하거나 건물에 대한 정보를 파악할 수 있습니다. 또한 캠퍼스 내에 기업을 확인할 수 있으며 여러 채널도 있습니다. 매주 목요일에는 해피아워 프로그램이 있고 게임의 밤 행사도 진행하고 있습니다. 이렇게 프로그램을 통해서, 사람들이 자연스럽게 네트워크를 쌓을 수 있습니다. 제가 가장 놀라웠던 것은, 인공지능 스타트업을 위한 B2B 세일즈 세션 행사가 가장 인기를 끌었다는 점입니다. 또한, EU에서 새로운 인공지능 관련 규정을 발표했고, 이때 프랑크푸르트의 한 로펌을 초청해서 이 규정이 인공지능 관련 기업들에게 어떤 의미가 있는지 설명하는 자리였습니다. 그뿐만 아니라 우리는 AWS, SAP 등 테크 대기업 및 연구 기관과 전략적 파트너십을 갖고 있습니다. 그들이 기술 관련 토크 콘서트를 열기도 합니다. 또한, 스페인, 파리 등 많은 경영 학도들을 초청하고 있습니다.

## 3. AI Campus Berlin에 합류하고자 하는 창업자나 회사가 갖춰야 할 부분이 있다면 무엇입니까?

**A** 당연히, 인공지능이 비즈니스 모델의 핵심 부분이 되어야 합니다. 또한 해당 스타트업이나 기업이 우리의 문화에 맞을지를 자세히 살펴봅니다. 또 그들이 어떻게, 어떤 일을 하는지에 대해서도 많은 대화를 나눕니다. AI Campus Berlin은 굉장히 협조적인 환경이며, 우리는 여기 들어오는 인공지능 관련 기업과 전문가들이 서로 콘텐츠를 공유하고 이상적으로는 비즈니스를 함께 하는 것을 원하고 있습니다. 캠퍼스에 스타트업뿐만 아니라 큰 기업들도 존재하는 이유가 바로 이것입니다. 이제 우리는 무엇이 가장 좋은 혜택이 될지, 어떤 기업이나 단체가 더 다른 기업에 도움이 될지 등에 대해서 더욱 더 까다롭게 고려하고 있습니다.





### 기관개요

- 과학기술정보통신부(이하 과기정통부)는 과학기술 · ICT 분야의 국제협력 및 해외진출 지원 강화를 목적으로 2013년부터 미국 워싱턴과 실리콘밸리, 유럽 베를린, 중국 베이징 등 해외 전략거점 지역에 글로벌혁신센터(Korea Innovation Center, 이하 KIC)를 설치 · 운영하고 있습니다.
- KIC Europe은 유럽내 우수재원 및 인프라를 적극 활용하고 체계적으로 연계하여, 국내 유망기술 및 산업계의 글로벌 시장진출 활성화를 위한 한-EU 글로벌 혁신 생태계 구축을 목표로 하고 있습니다.



### 협력기관





## KIC 유럽-Enpact MOU 체결식

지난 8월, KIC 유럽은 베를린 스타트업 에코시스템 협력 활성화를 위해 베를린시 스타트업 지원 기관, 엔팩트(enpact社)와 MOU 체결하였습니다. Enpact 엔팩트는 베를린시 산하 스타트업 지원 공공기관이자 베를린시 아시아국가 스타트업 네트워킹 협력 플랫폼 Asia Berlin 주관기관으로서, 한국-독일 에코시스템 협력활성화가 이루어질 예정입니다. MOU 체결식에는 황종운 센터장, enpact社 Lachenmayer 대표, 주독일 한국대사관 조현옥 대사, 이상민 참사관, 이강우 과학관, 베를린시 경제에너지부 Dr. Seider 실장, 독일경제무역진흥원 Nowsch 및 관계자 약 20인이 참석하였습니다.



양기관은 MOU를 통해서, 2022년도 국내 스타트업 유럽 진출 지원 KIC유럽-Enpact 프로그램 추진, 한국-베를린 에코시스템 확대 위한 정보 제공, 유럽시장 진출 지원, KIC유럽 및 enpact의 프로그램 참여기업을 양국에 소개 및 양국간의 네트워크 강화, 2021년 아시아베를린 AsiaBerlin 포함 온/오프라인 행사기획 공동 운영하기로 하였습니다.

## KIC 유럽 혁신 아카데미



지난 8월, KIC 유럽은 유럽/독일 시장 진출을 완료한 국내기업 및 기술사업화 전문인력을 대상으로 전세계적으로 이슈가 되고있는 탄소중립 관련 규제 및 정책 그리고 산업계차원에서 해당 규제에 대응할 방안 등을 알아갈 수 있는 교육기회를 마련하였습니다.

특히, 탄소배출권 거래제(EU ETS)와 탄소국경세 도입에 따라 일부 산업계에서는 해당규제 적용 및 대응이 시급하고 적용대상 산업군이 지속적으로 확대될 것으로 예상되므로 기업들이 해당 내용을 파악함에 있어서 많은 도움이 되었습니다.

또한, EU 내 공공펀드 및 프로그램에 대한 현황, 참여방안 안내를 비롯하여 기업별로 맞춤형 참여 지원방안을 자문할 기회를 제공하였습니다. 교육이후에는 참여기업들과의 간담회를 개최하여 기업들이 현지 인력 부족, 산업 계간의 소통의 자리 부재와 같은 사업운영에 있어서 공통으로 겪는 애로사항을 파악하고 향후 KIC유럽에서 지원되었으면 하는 방안을 파악 할 수 있는 자리를 마련하였습니다.

## 라이프 사이언스 발틱 디지털 포럼



지난 9월, KIC 유럽은 디지털헬스, 약물 개발, 임상시험, 진단 및 치료기술 개발 등 생명과학/바이오 분야의 유망 국내 스타트업 4개사 선정하여, 유럽 현지 투자가 등 전문가와의 마스터 클래스 및 온라인 피칭 콘테스트에 참여하는 등 라이프 사이언스 발틱 디지털 포럼을 통해 유럽 현지 진출 및 투자 유치를 할 수 있는 기회를 제공했습니다. 생명과학/바이오 분야가 지속적으로 확대되

는 등 향후 전세계적으로 시장변화가 이루어질 것으로 예상되는 반면, 현재 코로나19 여파로 국내 기업들의 유럽시장 진출에 어려움이 있기에 현지 프로모션 및 네트워킹 활동을 독려 및 지원하고자 추진되었습니다.

더불어 한국관 부스를 별도 마련하여 기업들이 위의 행사기간 동안 자유롭게 현지 기관/투자자/엑셀러레이터 등 관계자들과 자유로운 네트워킹/프로모션 활동을 할 수 있도록 지원하였습니다. 참여기업 4개사는 온라인 피칭 콘테스트 결선에 진출하여 개별 상품 및 상금을 수상하는 성과를 냈고 1개사(플라즈맵)의 경우 폴란드 내 최대 테크서밋인 Wolves Summit에서 기업과 보유 기술을 선보일 기회를 획득하는 등 우수한 성과를 냈습니다.

## 아시아베를린 서밋 2021

### “Connecting Berlin and South Korea” 한국 세션 운영

지난 10월, KIC유럽은 베를린시 운영 아시아 스타트업 생태계 조성 및 네트워크 연결 컨퍼런스, 아시아베를린 서밋 2021에서 한국 스타트업 피칭 온·오프라인 Hybrid 세션 “Connecting Berlin and South Korea: Startups internationalizing through KIC Europe”을 운영하여 국내 AI, VR, 스마트테크, 헬스테크 관련 스타트업 5개사의 유럽 시장 진출 및 유럽 전문가의 조언 등을 지원하였습니다.

이번 아시아베를린 서밋 2021에서는 스마트시티, 헬스테크, 핀테크, 인공지능, 인더스트리 4.0, 블록체인 분야를 중점 주제로, 100여개 온·오프라인 세션이 진행되었으며, 한국을 비롯한 중국, 일본, 싱가포르 등 약 10여개 아시아국 참여하였습니다. 아시아베를린 Brella 플랫폼에서 메시지 및 채팅 기능 활용 관심기업과의 교류 및 오프라인 네트워킹 지원을 하였습니다.



## KIC 유럽 혁신포럼

KIC 유럽은 한-EU 전문가/전문기관 중심 “KIC유럽 혁신포럼”를 통하여 EU 및 회원국별 시장수요 파악 및 협력주제 발굴 및 KIC유럽 네트워크 확대와 유럽 추진사업 실효성 제고 파악하고 있으며, 이번 2021년에는 8월, 11월 2차례 혁신포럼을 개최하였습니다.

지난 8월, KIC 유럽은 유럽내 정부파견 주재관, 관련 전문가와 함께하는 1차 KIC 유럽 혁신포럼을 마련하였습니다. 포럼을 통하여, 국가별주요 동향 및 이슈를 파악하고 KIC유럽 추진사업에 대한 자문 수렴하는 시간을 가졌습니다. 포럼을 통하여 국가별 현황을 파악하는데 유익하였으며, KIC유럽 성과를 확대하고 제한된 내부재원을 보완하기 위해서는 긴밀한 협력 네트워크 확대가 무엇보다 중요하다는 의견이 나왔습니다.



지난 11월, KIC 유럽은 유럽내 산업기술 유관기관 파견관, 관련 전문가를 초청하여 2차 KIC 유럽 혁신포럼을 개최하였습니다. 기관별 소개와 함께 유럽 국가별 산업기술 동향 및 이슈를 파악하고 KIC 유럽과의 협력방안을 모색하였습니다.

## KIC 유럽 이노베이션 위크



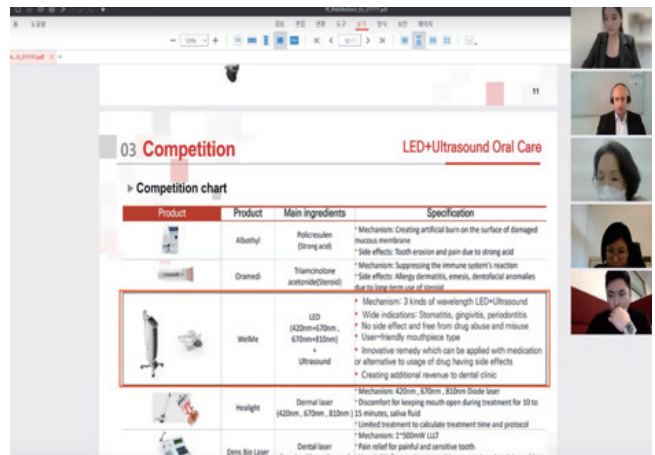
KIC유럽은 지난 11월 약 2주간에 걸쳐 연구개발특구진흥재단, 무역협회, 기술벤처재단 그리고 경기, 충남, 대구 창조경제혁신센터와 국내 스타트업의 글로벌 진출지원을 위한 업무협약을 맺고 한-EU간 이슈가 되고 있는 중점 분야 “탄소중립, 디지털 대전환”를 중심으로 EU 주요 전문가를 초청하고 지역별 관련 프로그램과 연계하여 국내 스타트업/기술 글로벌 사업화 기회 확대를 위한 ‘한-EU 글로벌 이노베이션 위크’를 개최하였습니다. 해당 업무협약을 통해서 KIC유럽과 각 기관은 국내 스타트업들이 글로벌 시장에서 경쟁력을 가질 수 있도록 국제전시 참가, 네트워킹 참여 기회 등의 지원에 힘쓰기로 의견을 모았습니다.

이번 행사에는 글로벌 시장 진출을 꿈꾸는 기업들과 이들에게 해외시장 진출에 조언과 의견을 나눠줄 유럽 현지 전문가 5인이 참여하였으며, 각 프로그램은 기업들의 피칭과 개별 멘토링 세션으로 구성되어 진행되었습니다. 참여기업들은 글로벌 시장 진출을 위해서 제품/솔루션 개선사항 및 유럽시장 진출 전략에 대해 현지 전문가들과 의견을 나눌 수 있었습니다.

참여기업 중 바이오/헬스케어 그리고 그린에너지 관련 분야의 피칭 우수기업들의 경우 2022년도에 개최될 Healthtech Forward 그리고 Energy Tech Summit의 스타트업 피칭 콘테스트에 참여할 수 있도록 관련 후속조치가 이루어질 예정이며, 앞으로도 KIC유럽은 국내 우수 기업들의 유럽진출을 도울 수 있는 기회를 지속적으로 마련할 것입니다.

## 1:1 유럽 현지전문가 온라인 멘토링 프로그램

11월~12월, KIC유럽이 연구개발특구진흥재단과 공동으로 기획 및 운영하는 특구기업과 1:1 유럽 현지전문가 온라인 멘토링 프로그램이 진행되었습니다. 특구기업-현지전문가 1:1 온라인 멘토링은 참여 기업별 3건 이상의 비즈니스 매치메이킹을 추진하며, 실질적인 판로개척 상담이 가능한 유럽기업/파트너를 발굴하여 한국 특구기업의 글로벌 산업혁신협력의 기회를 확대하는 것이 목적입니다. 수요조사, 전문가선정, 개별미팅, 서면자문 등의 Multi-Step 사업수행을 통해 사업효과 및 실효성 제고되며, 이를 위해 베를린시 산하 해외 스타트업 지원기관 인사, 유럽/독일 유명 스타트업 엑셀러레이팅 기관 인사, 유럽/독일 투자자와 같은 전문가와 연계되었으며, 온라인 화상 멘토링은 2021년 12월까지 진행됩니다. 더불어 연구개발특구진흥재단과 KIC유럽의 차년도/지속적인 사업연계 방안과 상호협력방안에 대한 논의를 통해 장기적이고 발전적인 협력관계 구축에 대해 토의할 예정입니다.



# [첨·부·자·료]

인터뷰 영어 원문자료

Prof Antonio Krüger, CEO of DFKI

## 1. What is your background and how was DFKI started? What is DFKI' s mission?

**E**The German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI) was founded in 1988 as a non-profit public-private partnership. It has locations in Kaiserslautern, Saarbrücken, Bremen, a project office in Berlin and branches in Osnabrück and St. Wendel. The DFKI is a leading business-oriented research institution in the field of innovative software technologies based on artificial intelligence methods. As a non-profit and an application-oriented research center, we received funds from government agencies as well as from cooperation with industrial partners. The results transfer of the DFKI arises in the cooperation with business partners.

Our mission is to build the bridge between AI and industry application. The DFKI researches and focuses on social relevance and scientific excellence in the application areas of AI. Therefore, DFKI projects address the entire spectrum from application-oriented basic research to market and customer-oriented development of product functions.

## 2. Germany is at the forefront of artificial intelligence (AI) in Europe. What is the strongest point? It is said that the USA and China are still leading in the AI industry. What is Germany' s position in the international AI industry?

**G**ermany has a particular economic structure – Germany's small and medium-sized companies (SMEs), also known as the 'Mittelstand', are the country's strongest driver of innovation and technology. This structure helps DFKI to promote SMEs products. Germany and also EU has a certain lead when it comes to AI for SMEs. The data is collected for production and SMEs are allowed to incorporate AI in their business.

While America and China have a strong point with customer data, the EU has a strong point on business data using AI. When it comes to applications, our great strength lies in our economy's focus on privately owned small and medium-sized enterprises. The industrial use of AI is an enormous market, and here Germany and Europe have a compatible advantage for business data. Business data is about security. Our data protection rules, which are supposedly so detrimental to innovation, could ultimately prove to be a competitive advantage. We need an infrastructure to retrieve data without revealing trade secrets. Good AI tool boxes are also important for SMEs. It is also a great opportunity for the EU to have a data infrastructure for businesses that they can easily access.

## 3. What are the industries that could leverage the power of AI and benefit immensely?

**I**think AI is not tied to certain industries. I suspect there is no business without AI in the next five-ten years. There is a prerequisite for digitalization. Artificial intelligence is kind of the future of computer science and when digitalization is established, AI allows us to create new business. Therefore, we see that good digital infrastructure is important, since AI is a high-level of digital infrastructure. For example, South Korea is a country with innovative digital infrastructure and they could have artificial intelligence.

A specific area would be the health sector. Health is important for everyone, both society and individuals. It will also make it possible to handle diseases and personal medicine. It can provide also high quality service for everyone.

## 4. Does mankind need AI equivalent to the human being and how can AI be exploited to benefit humanity, in general?

**A**I is very useful for human purposes. AI could help us make the world a better place and meet the Sustainable Development Goals (SDGs). AI can help address those goals and become a powerful weapon towards a circular economy and more sustainable living. Also, AI can be deployed for a wide range of applications to promote the goals of the European Green Deal as Green AI. Therefore, AI could be the crucial role to work on those goals and therefore, targets and aiming are important. Currently, AI is used mostly highly specialized task, for example, finding tumor on X-rays and Millions of X-rays.

However, it has to be a little careful by using AI. AI also eats a lot of resources and we have to keep an eye on the balance. I would not fully make the machine decide on complicated issues. Thinking is not what a machine can do. It is difficult for AI to control humans since AI is a highly complex tool for humans. Therefore, AI helps humans to make final decisions. Not just artificial intelligence but combined efforts from machine artificial intelligence and human could make a good decision and will be a benefit not only for the individual but also society.

### **5. What, according to you, should the AI community focus on going forward? when you look into the future, what comes after AI?**

**M**ost highly complex AI tools need humans. AI combination humans and machines and AI system research are important. AI systems of the future will provide more and more assistance even in sensible areas this in our opinion requires that humans make the final decisions they need to be in control but they need to be also able to execute that control. We see how to combine humans and machines together in the long-term and explain to us how it repays back in the long run.

It is hard to say the future after AI, but I think AI is a broad topic. Within 5 years, AI should be in every part of the industry. I hope to see systems where humans and AI work together.

Dr. Reinhard Lafrenz euRobotics

### **1. First of all, please briefly introduce euRobotics to our Korean subscribers.**

**e**uRobotics aisbl (Association Internationale Sans But Lucratif) is a Brussels based international non-profit association for all stakeholders in European robotics. It was founded in September 2012 with the aim to strengthen Europe's competitiveness and to ensure industrial leadership of manufacturers, providers and end-users of robotics technology-based systems and services.

The objectives of euRobotics are to boost European robotics research, development and innovation and to foster a positive perception of robotics. It aims at:

- strengthening competitiveness and ensuring industrial leadership of manufacturers, providers and end users of robotics technology-based systems and services;
- the widest and best uptake of robotics technologies and services for professional and private use;
- the excellence of the science base of European robotics.

With our Topic Groups, we cover a wide range of themes, technical ones, such as mechatronics, perception, or micro and nano robots, domain related topics, e.g. agriculture, industry, but also areas such as marine or space. Besides that, ethical, legal, and societal issues as well as education are very important.

We drive two major events per year, the European Robotics Forum, typically in March, where representatives from industry and research discuss latest developments and upcoming trends and where prestigious prizes, the George Giralt PhD award, the TechTransfer Award and the Entrepreneurship award are handed over.

The second big event is the European Robotics Week, focusing on outreach to the public and motivating young people to go for a career in a STEM subject. The ERF has a central event that gives spotlight to a specific country and region, but also many distributed events across Europe which can reach locally families and young people to make robotics technology more visible. Before the Covid pandemic, we had 1300+ events in a year.

## ***2. How does Europe differentiate itself from other countries in the Robotics? What are the strengths and challenges for European Robotics industry?***

**I**n Europe, the level of adoption of robotics technology differs between countries and sectors. Besides the big industries, there are many small and medium-sized companies, both, using and developing robots and related technology for specific applications. Europe is very strong in mechatronics and this needs to be combined with the results of other areas, especially AI. One challenge, not only in Europe, is to enable also smaller industries to use robots for small series of specific products.

## ***3. What have been the most relevant breakthroughs in Robotics impacting our world in the last 1-2 years, and what trends do you see emerging going forward?***

**T**here are so many things developing that it's impossible to name actual breakthroughs. Many new application areas have good new solutions, and the trend is that robotics technology enters more application domains that were not robotised few years ago. Besides the applications in industrial production, you can find good examples of new robotics systems in the agricultural domain, in maintenance and inspection, there especially the use of drones, in the whole healthcare domain, including disinfection robots that became more visible in Covid times, and many more

## ***4. Will robots replace humans in future? What will happen if robots replace human work?***

**F**or a long time, robots are used to improve the production in certain areas, but Where one of the prominent examples is the automotive industry with large lot sizes. However, there are still many tasks that are done by humans, and hard to automate, but robotics could help here in form of so-called co-bots, i.e. robots cooperating with humans. On the long run, physically hard and dirty jobs will be done by robots, and in other cases, (physical) human-robot interaction will increase the productivity so that the human can concentrate on the parts that cannot be replaced, instead of doing manual repetitive work. Also we see the trend to use robots in smaller companies, as they become easier to use and configure. But for the latter, there is still a long way to go, in all phases of an innovation process, from basic research to the final phases to make systems robust and economically

feasible, which includes also issues of safety and certification.

## ***5. How about ethical issues that arise with the use of robotics in Europe? The social acceptance of robots is an issue?***

**T**here are many ethical questions. First of all, safety needs to be ensured for all robotic systems, which is especially hard when robots are used in unstructured environments such as workshops and become more and more parts of our daily life, both at work and at home. Vacuum cleaning robots are nowadays standard, but if robots are developed to e.g. lift heavy goods, operate devices, or even support a nurse in a hospital, the safety and Another aspect is clearly privacy when a system uses cameras and microphones to act autonomously in human-centric environments with dynamic objects.

## ***6. Due to the emergence and developments in the field of 5G, Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT) and AR and VR, there are more applications and functional options that can be performed by robots.***

**I**n order to develop a strong and living ecosystem and location for robotics, how do we work and develop smart technological solutions to the challenges of smart robotics?

Indeed, the integration of the mentioned technology into real systems will bring completely new opportunities in the near future. It's important to keep and extend the mutual understanding between the technical disciplines, and also to develop standardised interfaces for HW and SW which helps to create a vivid business ecosystem with small companies and start-ups. To make this happen, potential users of such new technology need to be better connected to the developers and results of research needs to be made more visible. Pan-European collaboration and structures such as Digital Innovation Hubs or testing facilities can help a lot.

Dr. Peter Sarlin, CEO of Silo AI

## ▶ Introduction ◀

Dr. Peter Sarlin is CEO and Co-founder of Silo AI and Professor of Practice specializing in applied machine learning and artificial intelligence at Hanken School of Economics, Research Professor and Research Associate with London School of Economics, Imperial College London.

### 1. What is your background and what made you start Silo AI?

With my academic research group, I was at the time building AI solutions for central banks. They covered a wide variety of initiatives for measuring risks to safeguard financial stability, including machine learning and natural language processing. Among these, the most prominent one was a pioneering solution for the European Central Bank. The solution outperformed existing systems, and has since been on boarded by and is still in use at central banks globally.

The first sparks of Silo AI came from co-founder Juha Hulkko (founder of Elektrobot), whose concern was that Finland and wider Europe were losing competitiveness due to the ongoing talent drain. Comparing the current AI technology wave with the one in telecom in the '80s and '90s, he approached me and my research group with the intent to build a leading AI lab to make sure we keep high-class AI talent in the region and help corporations stay competitive. In 2017, Silo AI was born as a lab that brings cutting-edge AI capabilities to organizations and delivers impactful AI-driven solutions and products around the world. Our goal is to help our clients strengthen the competitiveness of their products by incorporating artificial intelligence into them. We do this by accelerating the development of AI with a team of world-class experts and the Silo OS delivery infrastructure.

### 2. Currently, AIs are everywhere. If you could pick one field and technology that you are most interested in among the various AI fields?

AI can be applied to any field in which digital maturity is advanced enough. However, there needs to be a product or a service that could benefit from AI. The most interesting cases to integrate machine learning into are products in which AI can significantly elevate the value that the product creates. In these kinds of products, AI acts as a key element in creating a competitive advantage. If digitalization is not yet widely adopted by the organization, then developing advanced machine learning algorithms rarely yields significant value.

### 3. What does it mean to make AI truly useful for a business? What have you seen today that has driven measurable business value?

The commercialization of AI has matured significantly over the past few years in the Nordics. To create value, I believe companies should strengthen the competitiveness of their products by incorporating artificial intelligence into them. This is also the intent we had when we founded Silo AI, and hence focus on connecting cutting-edge AI talent to practical industry problems.

AI can be applied to any field in which it creates value. Some of the most relevant industries today include digitally-advanced industries such as finance and retail, but also industrial and manufacturing companies that can incorporate AI into their products. Some of the concrete examples of applying AI into a business case include:

Machine learning for autonomous robot arms in industrial robotics

For a leading robotics company, we worked on an autonomous industrial robot. In order to develop a product that is capable of simulating and operating the movements of a robot arm, the team, including AI scientists and engineers, combined the latest developments in machine learning with conventional topics in robotics, such as computer animation, numerical optimization, inverse kinematics, motion planning, and object tracking.

Medical devices with machine learning to improve the detection of diseases

For two medical device manufacturers, we are working on several use



cases, both with structured data and image data. The goal is to replace or improve the existing algorithms with machine learning to improve the detection of various diseases, e.g. eye diseases. These cases include deploying the machine learning models in optimal ways for specific chipset environments.

#### ***4. What are the biggest challenges and opportunities for AI companies?***

**T**oday, artificial intelligence is mainly useful in solving well-defined, narrow problems. Even companies focused on AI should think about how they can use artificial intelligence as part of their products, solve their customers' problems and creating value. AI is something that elevates the core offering and makes it better than the competition, but it doesn't have value as such without a product.

Many companies in the past have started to onboard AI through pilots and PoCs, without truly investing into productization of AI as a part of their products. These one-time-only tests can succeed as such, but are not enough to create fundamental change to the value creation process of the company and its products.

#### ***5. The Nordics take an active part in the AI industry and Finland is ranked at the 3rd of AI Readiness Index 2020 and the 9th of AI Skills penetration 2020. What is the landscape of Nordic AI?***

**N**ordic countries are frontrunners in AI.

Governments in the Nordics have been key in accelerating the AI ecosystem. In Finland, the government has funded multiple AI programs including Aurora AI, AI for the public sector as well as the First AI Accelerator, an ecosystem initiative that Silo AI is also involved in. Sweden has initiated an organization called AI Sweden and a research organization Vinnova that act as AI ambassadors between industry and academia. Norway has initiated NORA – Norwegian Artificial Intelligence Research Consortium – that aims to strengthen Norwegian research, education and innovation within artificial intelligence, machine learning and robotics. Denmark has initiated Alexandra Institute and a few other government-funded institutions that help accelerate the development

of AI.

Nordics have technologically advanced companies even in traditionally less digitalized fields, such as H&M in Sweden. Industrial companies such as Sandvik, Kone, and Maersk have been amongst the firsts in their fields to develop computer vision, machine learning, and other data-driven approaches to developing products and services.

#### ***6. As an AI leader, which industries do you think would be fastest to adopt AI with smooth efficiency? What are the new emerging markets for AI technology markets?***

**I**ndustries that are advanced in data and digitalization will have a head start. However, AI doesn't lead to success on its own. Companies also need an ambitious approach to product development. Companies that understand their user needs, are able to integrate AI into the value creation of their products and are able to build AI as part of their product will be successful. This implies that incumbents and traditional industry players are oftentimes better positioned than early-stage startups for building AI-driven products, as they exhibit data, user feedback and existing products as a basis for value creation.

The new markets for AI technology will emerge as companies become more mature in data and digitalization. Ultimately, AI is about creating the right processes for human-machine cooperation.

Mr. Matthias Notz, CEO German Entrepreneurship

#### ***1. We would like to start with an overview of German Entrepreneurship. Could you give us a brief introduction to German Entrepreneurship, its mission and responsibilities?***

**E**VGerman Entrepreneurship's mission is to drive innovation across the globe. Over the past 10 years we have built up a unique international ecosystem of partners, mentors, and experts with deep knowledge of individual target markets, their customs, and regulations. We accompanied more than 730 startups on their journey to success - amongst

them German unicorns such as Celonis, N26, Flixbus, and Forto - including more than 25 companies from Singapore and 5 from South Korea.

We support startups of all stages with various programs and initiatives in Germany and abroad. Financed by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), German Entrepreneurship runs German Accelerator to help startups scale globally and is Co-Founder of the EU-India Innocenter, which is supported by the European Union. Helping startups with internationalisation is no one-way street for us: it is not only about sending German startups to the U.S. and Asia, but also supporting Asian startups to set foot into Germany using our established local ecosystem.

Working with so many national and international startups gives us insight into the bleeding edge of technology and innovation. In this position we have the opportunity to grow the ecosystem and foster innovation even more: while big corporations and SMEs have the necessary resources for development, the flexibility for new ideas and solutions is often missing. Startups, on the other hand, are often lacking resources. This is a perfect chance for innovative collaborations and we help advise corporations like Adidas, Siemens, and BMW on their innovation strategies or set up their own accelerators.

## *2. German Entrepreneurship keeps an eye on the topic of Artificial Intelligence/focuses on the AI industry. What kind of AI projects do you work on?*

**A**rtificial Intelligence (AI) has the potential to change the world for humans more than any other technology. But there are not only big chances but also the responsibility to shape AI to the benefit of individuals and societies. There are a lot of innovative startups working on AI technologies, but they need more support to scale internationally. German Entrepreneurship wants to support this and is active in a lot of exciting and promising projects linked to AI, besides the AI startup map.

For example, we became a founding member of the association KI Park (Künstliche Intelligenz = German for AI) in Berlin together with fellow experts and well-known companies and organizations. The goal of KI Park is to promote the application of AI but also shaping this application according to German and European law by developing an ethical and regulatory

framework.

Another AI project we are involved with is HumaneAI Net. The vision is not only to support the current development of AI, but drive new innovations and create a European AI community and unique innovation ecosystem. In the end, we all strive to facilitate a European brand of trustworthy, ethical AI that enhances human capabilities and empowers citizens and society to effectively deal with the challenges of an interconnected globalized world.

We have visibly strengthened our commitment to AI by moving our Berlin office of German Entrepreneurship to the AI Campus Berlin. The campus brings together a diverse community to exchange and connect on AI - both on the campus and through a global network of researchers and universities.

These are the projects explicitly committed to AI. Since most of our programs and initiatives are industry agnostic, German Entrepreneurship has always supported AI startups in the past and will continue to do so in the future.

## *3. German Entrepreneurship is also a contributing organization to map the AI startup ecosystem in Europe. Could you explain this project and why it is so important?*

**E**urope is home to numerous startups with innovative AI approaches. Besides supporting these startups to grow, develop, and internationalize, it is also important to make them visible to corporations. That is the goal behind creating a European AI map. In 2020, the project started with the AI landscape in Germany, France, and Sweden, backed by established organizations and experts in this field. Together with all participants in the initiative, appliedAI by UnternehmerTUM, Ignite Sweden, AI Sweden, and RISE Research Institute of Sweden, we supported the creation of a platform to showcase the vast variety of over 500 startups in the AI sector. We hope that this clustered overview will help startups, SMEs, and corporations alike to find partners and form collaborations across Europe. As there is a growing need for AI solutions for different problems, niche-focused startups can help solve these. On the other hand, startups who are able to work out solutions fitting more than one company have access to a larger amount of data to improve their AI product. Forming such an alliance and losing the competition-mindset enables both sides to focus on the one

thing that really matters: creating real value in the use of AI not just for the respective companies, but for the whole economy. And this is just the beginning. In the future, we want to include startups from more countries to complete the map for a full landscape overview of AI technology startups in Europe.

#### *4. German Entrepreneurship is strongly active in Asia, with its main hub in Singapore. What is the motivation and expectation for the Asian market?*

Over the last decade, Asia has demonstrated tremendous progress in new technologies and accounted for at least half of the growth in global tech company revenues. Singapore was a natural choice for us due to the city's reputation as a technology hub and its strategic location in South-East Asia (SEA). In 2018, we opened our office in Singapore as a gateway for German startups to access SEA through our German Accelerator (GA) programs - Market Access and Market Discovery.

Following the success with SEA, South Korea and Japan garnered German startups' interest; hence, we expanded the programs for German startups to discover and access these markets too. To meet the booming demand, we plan to strengthen our efforts there by offering a Market Access program in Japan and running a pilot GA Market Access program in South Korea by the end of next year.

We believe in supporting the ecosystem in not only sending German startups overseas but also to help Asian startups to become successful in Europe. Therefore, to further foster cross-border collaboration between Asia and Germany, we launched a tailored program that equips Asian startups and SMEs to explore, prepare, and access the German market in 2020. Over 25 companies from various industries have benefited from this program in Singapore, which the Singapore government funds. The program further gained traction in South Korea and we ran the first program for South Korean startups with S<sup>2</sup> Bridge in summer 2021. The program generated huge interest from our mentors and partners in deep tech companies from South Korea.

#### *5. Then, the opposite question, why should Korean Startups and SMEs look into Germany for market entry in*

#### *Europe? Do you have any advice for them on how to get started with their expansion to Europe?*

When expanding to Europe, there is no one-size-fits-all approach since it includes a variety of countries. And while most countries belong to the European Union and therefore have common rules and regulations, each member maintains a unique economy. That makes it essential to identify the most suitable market. An experienced innovation service provider with a massive network of partners and mentors can help facilitate and design an expansion strategy. This includes the necessary preparations to get ready for entering the European market:

1- Stay on top of industry news and trends to ensure favourable conditions for market entry and strong market demand.

2- Get familiar with the European-wide General Data Protection Regulation (GDPR) and the privacy compliance framework. Such a framework is essential from the ideation stage as this is a common topic amongst businesses in Europe. Moreover, incorporating the framework early in the business model will also give startups a competitive edge.

3- Focus on one market within Europe first and recast the value proposition to adapt and address the different customer preferences as startups expand into other European countries.

4- Work with a dedicated team and a trusted local partner to build reputation and client relationships in a new market.

5- Be aware of necessary financial resources for expansion into a new continent as it can be challenging to fundraise and expand at the same time.

Germany is an ideal landing pad for companies wanting to get a foot in the European market and its geographical location at the heart of Europe is not the only advantage. According to Bloomberg's Innovation Index, Germany is the world's fourth most innovative country with a robust digital network that promotes the exchange of expertise in key industries such as healthcare, industry 4.0, insurance, and mobility. There is a solid startup base and Mittelstand (the medium-sized, often family-run businesses) (also known as hidden champions) active in niche industries, with a global presence and that want to invest in innovation, presenting an opportunity for foreign startups

and SMEs. Being part of this ecosystem enables German Entrepreneurship to connect startups with local mentors, experts, and clients.

**6. German Entrepreneurship and KIC Europe have signed a Memorandum of Understanding (MoU) in September to work on cross-border expansion. Please share your opinion as a MOU partner for cooperation.**

**T**he signing of the MOU with KIC Europe represents continued support of our mission to foster cross-border collaborations. We see great potential in South Korea. The country ranks number 1 in the Bloomberg Innovation Index with a supportive government, strong corporates, high standards, and development levels in the tech industry, as well as significant bilateral trade with Germany. All these facts make South Korea an important partner for Germany to shape the future of innovation.

We are confident that this agreement will benefit both the German and South Korean startups and invigorate their internationalization journey through our respective innovation ecosystem players and enable the sustainable growth of startups in both countries.

Through this partnership, South Korean startups will gain access to our community of experts, large corporations, venture capitalists, universities, and government-related agencies. Conversely, the German startups will also gain valuable access through KIC Europe's network. We are delighted to collaborate with a partner like KIC Europe, who shares the same vision to support the startups' growth in both ecosystems and see it come to fruition.

Sif Björnsdóttir AI Campus Berlin, Community Manager

**Q. First of all, please briefly introduce AI Campus. What is the aim of AI Campus?**

**A**I Campus Berlin opens this May, where about 450 developers and entrepreneurs will work side by side with researchers — and perhaps even regulators — to turn AI research into real-life applications. AI Campus forms an ecosystem for artificial intelligence, and we are giving the office space to the founders at the purchase price.

*We really want to get every AI companies and employees involved and activated, instead of just being me and my colleague organizing everything. A space where everybody contributes and we obviously renting the office space but we are not part of a service provider. We really want their active participation, collaboration and contribution We wanted to build space with people have also ownership and contribute in terms of knowledge exchange. We have so many industries here such as dental, healthtech, ecommerce based on AI technology. And that is the interesting part because they can really use those connections and we are trying to get involved in everything so we can make this fruitful.*

**Q. What is the program of AI Campus?**

**W**e have an app which is kind of a community app and you can manage the space where you can book a meeting rooms and you can read the information of the building at the section. You can see the companies at the campus and it has different channels.

*We have social happy hours every other Thursday and game night. Those setting are the natural way to connect people because people just can be relaxed. What has been surprising to me was, we had one b2b sales for AI start-ups and it was the most popular event. EU has issued on new AI regulation and we had a law firm from Frankfurt, which explained what that regulation means for AI companies. We have also strategic partnerships for larger tech companies such as AWS, SAP, etc. and also research institutions. They have hosted tech talks. We also invited a lot of business students from Spain, Paris etc.*

**Q. What requirements do founders and their companies have to fulfil in order to join this working group?**

**T**he use of artificial intelligence must of course be a central part of your business model. That is the requirement. And we take a close look at whether the startup or corporations, for example - the project team also suits us culturally. We have a lot of conversations here to understand how and what people are working on. Because our AI Campus should be a very cooperative environment: We want people to exchange content and ideally even do business with each other. This is precisely why not only start-ups but also large companies will be represented on campus. We are now being more selective in terms of what would benefit the most, what kind of institution or company could benefit other companies as well.