

ISSN. 2465-8456



03

2021 March | Vol. 7

# 융합연구리뷰

Convergence Research Review

**포스트 코로나 시대의 미래교육 : 비대면 지능형 교육 기술의 동향**  
정제영(이화여자대학교 교수)

**디지털 휴먼을 이용한 비대면 시대 실감형 콘텐츠 기술 소개**  
임화섭(한국과학기술연구원 책임연구원)  
황재인(한국과학기술연구원 책임연구원)

# CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 **포스트 코로나 시대의 미래교육  
: 비대면 지능형 교육 기술의 동향**
- 33 **디지털 휴먼을 이용한 비대면 시대  
실감형 콘텐츠 기술 소개**



융합연구리뷰 | Convergence Research Review  
2021 March vol.7 no.3

**발행일** 2021년 3월 8일

**발행인** 김주선

**발행처** 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4977 | <http://crpc.kist.re.kr>

**펴낸곳** 주식회사 동진문화사 Tel. 02-2269-4783



### ● 포스트 코로나 시대의 미래교육 : 비대면 지능형 교육 기술의 동향

코로나-19 확산은 일상생활뿐만 아니라 학교 현장에도 큰 변화를 가져왔다. 2020년, 전국의 초·중등학교 및 대학에서는 면대면 수업 대신 비대면 원격수업이 실시되었다. 그러나 갑작스러운 원격수업의 시행으로 여러 가지 문제점들이 드러났다. 부모의 소득 격차에 따른 학생의 학습 격차 및 학생의 학습 환경 차이에 따른 학력 격차, 학생의 학습 진행 정도에 대한 평가의 어려움, 교사와 학생 간 상호작용의 어려움, 학생 개개인의 정서적 문제, 교사의 역량 차이에 따른 수업 격차 그리고 학생의 수업 이해도 파악의 어려움 등이다. 이러한 문제들은 인공지능이 접목된 교육 프로그램 활용으로 해결할 수 있다. 1부에서는 인공지능 시대 대응을 위한 미국 및 캐나다에서의 사례들을 살펴보고 인공지능 기반의 국내외 다양한 교수학습 시스템 및 프로그램들을 소개한다.

코로나-19 종식 이후에도 비대면 원격수업은 한 가지 교육방식으로 정착될 가능성이 높다. 정부의 지원과 에듀테크(Edu-Tech)를 활용한 원격교육 프로그램 개발도 중요하지만 저자는 무엇보다 ICT 기술을 통해 학생들과 쌍방향으로 소통할 수 있는 수업이 가능하도록 교수자의 온라인 시스템에 대한 역량 강화가 필요하다고 강조한다. 뛰어난 ICT 기반을 바탕으로 양질의 에듀테크 활용 프로그램 개발과 교수자의 역량 제고를 통해 비대면 교육의 시대에 실효성 높은 온라인 교육을 선도할 수 있기를 기대해본다.

### ● 디지털 휴먼을 이용한 비대면 시대 실감형 콘텐츠 기술 소개

디지털 휴먼이란 사람의 신체 구조 및 움직임을 데이터화하여 분석하고, 가상공간에서 마치 실재하는 사람처럼 움직임을 재현하는 디지털 기술로 만들어진, 사람과 동일한 외형을 갖추고 있는 가상인간이다. 디지털 휴먼은 단순한 지식 전달뿐만 아니라 현실감 있는 표정 변화와 함께 '사람 감정'으로 감성대화가 가능하다는 점이 무엇보다 가장 큰 특징으로 꼽힌다.

본래 디지털 휴먼 기술은 제조업 분야에서 제품의 설계 및 제조 개발 영역에서 많이 활용되었다. 그러나 최근에는 코로나-19 대유행으로 비대면 및 비접촉 트렌드에 따라 비대면 휴먼이 비대면 서비스의 또 다른 대안으로 급부상하고 있다. 고객 서비스 상담, 브랜드 홍보, 컨설팅 등 디지털 휴먼의 역할이 점차적으로 다양해지고 있다. 올해 2월 23일자 매일경제 기사에 따르면, 시장조사업체 가트너는 올해 전 세계 기업의 50%가 모바일 애플리케이션을 개발하기보다 디지털 휴먼 같은 가상 비서에 더 많이 투자할 것이라고 전망했다고 한다.

디지털 휴먼은 인공지능, 빅데이터 분석 기술, 클라우드, 고성능 컴퓨터 등 첨단 기술이 융합되어 사람과 거의 유사한 수준으로 발전하고 있다. 2부에서는 디지털 휴먼을 생성하는 기술, 디지털 휴먼이 실제 사람 및 환경과 상호작용하는 기술, 디지털 휴먼을 활용한 실감형 커뮤니케이션 서비스와 실감 콘텐츠에서의 3D 입체영상 재현 기술들을 소개한다.



**융합**연구리뷰

Convergence Research Review 2021 March vol.7 no.3





# 01

## 포스트 코로나 시대의 미래교육 : 비대면 지능형 교육 기술의 동향

정제영(이화여자대학교)

# I 서론

2020년에 시작된 코로나19 감염병의 확산으로 인하여 2020학년도 1학기에 대학은 2주 정도 개강을 연기 후 온라인 비대면으로 개강을 하였고, 초·중등학교의 개학도 수차례 연기된 이후 사상 초유로 온라인 비대면으로 이루어졌다. 이후 교육부에서는 등교 개학의 일정을 발표하였지만 코로나19 확산 상황으로 인해 다시 연기되었고, 이후 등교와 원격수업이 혼합된 형태로 운영되었다. 2020학년도에 경험한 비대면 온라인 개학과 원격수업은 우리나라 교육 역사상 한 번도 경험해 보지 못했던 대규모의 교육 실험이었다고 평가할 수 있다. 코로나19 이전에 많은 교육 전문가들이 컴퓨터 활용 교육, 플립러닝(Flipped Learning) 등 교육 혁신의 필요성을 제기해왔지만 그동안 전면적인 도입이 이루어지지 않았던 새로운 매체를 활용한 교육이 코로나 상황으로 인해 어쩔 수 없이 도입되는 상황을 맞이하게 된 것이다. 갑작스럽게 온라인 수업을 진행하다 보니 대학을 포함하여 초·중등학교에서 혼란과 어려움을 겪은 것은 당연하다. 요즘 유행하는 말로 ‘어쩌다 원격 온라인 교육의 시대’를 맞이했기 때문이다. 온라인 원격수업이 이루어지는 상황에서 가장 심각하게 대두된 문제는 디지털 격차(Digital Divide)의 문제로 가르치는 교수자의 격차로 수업의 질에 차이가 있고, 학습자의 격차는 과정과 결과에서의 학습 격차로 나타났다.

2021년에도 여전히 코로나19의 심각성이 지속되고 있지만, 백신 접종이 시작되었기 때문에 조금 더 시간이 지나면 진정될 것으로 예상된다. 하지만 코로나19로 인해 형성된 온라인 교육과 미래교육에 대한 국민적 관심을 코로나 이후에도 교육 혁신의 원동력으로 삼아야 할 것으로 보인다. 교육 분야는 인공지능 기술이 적용될 수 있는 중요한 분야 중의 하나이며 세계 여러 나라에서 인공지능 기술을 교육 분야에 적용하는 사례가 빠르게 늘어나고 있다. 에듀테크(Edu-Tech)로 일컬어지는 온라인 교육 혁명이 이미 세계 곳곳에서 진행되고 있다. 인공지능을 교육적으로 활용한 맞춤형 개별화 교육은 정해진 교육과정의 진도에 따라 한 명의 교사가 많은 학생들을 대상으로 진행하는 일방향 강의식 수업의 한계를 극복할 수 있는 방안으로 인식되고 있다.

초·중등교육에서 에듀테크를 활용하기 위해서는 에듀테크를 직접 활용할 수 있는 제도와 인프라를 구축하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 오프라인 중심 교육을 실시하고 있는 근대식 학교의 교실 수업 방식을 혁신할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 또한 학교에서 다양한 에듀테크를 활용할 수 있도록 학교에서

에듀테크 기술을 구매하여 활용할 수 있는 제도적 개선이 필요하다. 에듀테크를 활용하기 위한 직접 정책을 추진하는 동시에 실제 교실 수업에서 에듀테크를 활용할 수 있도록 이를 지원하는 간접적인 정책도 추진할 필요가 있다. 에듀테크를 실제로 활용하도록 제도적 유연성과 교원의 전문적 역량 함양, 직접 정책과 간접 정책을 구분하였지만 이는 이론적 구분이며 학교 현장에서는 이러한 정책들이 종합적 관점에서 유기적으로 추진될 필요가 있다. 이에 따라, 학교 시스템을 구성하는 하위 시스템들의 유기적인 연계가 중요하다는 시스템적 관점의 접근(systems approach)이 필요하다.

## II 인공지능 시대의 도래와 세계적 대응 현황

### 1. 인공지능 시대의 도래와 국제기구의 대응

2016년 세계경제포럼(WEF, World Economic Forum)에서 제기된 4차 산업혁명으로 인한 지능정보기술의 발전은 기존 생산요소(노동, 자본)를 압도하는 산업의 구조변화를 촉발하고, 사회 전반에 엄청난 영향을 미칠 것으로 전망된다. 박종현 외(2014)는 지능정보사회를 '인공지능(AI, Artificial Intelligence)과 ICBM의 생활화'로 정의하고 있다. ICBM은 '사물인터넷(IoT, Internet of Things) 센서가 수집한 데이터를 클라우드(Cloud)에 저장하고, 빅데이터(Big data) 분석 기술로 이를 분석하여 적절한 서비스를 모바일 기기 서비스(Mobile) 형태로 제공하는 것'을 의미한다.

Schwab(2016)은 3차 산업혁명과 비교하여 4차 산업혁명이 갖는 질적인 차이를 세 가지로 제시하고 있는데, 속도(velocity), 범위와 깊이(breadth and depth), 총체적 영향(systems impact)을 특징으로 강조하였다. 4차 산업혁명 이후의 급속한 사회의 변화에 적극적으로 대응할 수 있는 인재를 양성하기 위하여 교육의 변화가 필요한 상황이라고 할 수 있다.

2020년 세계경제포럼은 4차 산업혁명 시대를 위한 새로운 교육 모델을 정의하는 미래교육 비전을 발표하였다(WEF, 2020). 세계경제포럼(2020)은 교육 혁신을 주도하기 위한 다섯 가지 접근법을 제시하였다. 첫째, 재미를 함양한 접근법(Playful)은 학생들이 적극적 사고, 사회적 교류를 통해 의미 있는 학습을 할 수 있도록 즐거운 경험을 제공하는 것이다. 둘째, 경험적인 접근법(Experiential)은 실생활에 응용할 수 있는 콘텐츠(프로젝트 기반, 연구 기반 학습)를 제공하는 것이다. 셋째, 컴퓨터를 사용한 접근법(Computational)은 학생들에게 컴퓨터가 문제를 어떻게 푸는지 이해하도록 하여 문제를 해결할 수 있도록 하는 것이다. 넷째, 체화된 접근법(Embodied)은 신체의 움직임을 통한 학습을 의미한다. 다섯째, 다문화적 접근법(Multiliteracies)은 언어가 사용되고 공유되는 다양한 방법을 배우고 학습과 문화에 대한 인식을 연결해야 한다는 것이다.

경제협력개발기구(OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development)는 장기적인 관점에서 미래교육의 비전을 제시하고 교육의 궁극적인 목적을 '개인과 사회의 웰빙'으로 제한한 바 있다(OECD,

2018). 최근에는 경제협력개발기구(2019)에서 인공지능 시대의 전략에 대해 36개 회원국과 아르헨티나, 브라질, 콜롬비아, 코스타리카, 페루, 루마니아가 참여하여 인공지능에 관한 경제협력개발기구의 원칙(The OECD AI Principles)을 채택하였다. 경제협력개발기구는 인공지능 관련 권고안과 원칙을 발표하였고 이는 국제 표준으로 작용해 국내외 인공지능 사업 전반에 영향을 미칠 것으로 전망된다. 경제협력개발기구는 인공지능 정책 추진에 있어서 가치를 기반으로 한 5가지 원칙을 제시하였다(OECD, 2019). 첫째, 인공지능은 포용적 성장(inclusive growth), 지속가능한 개발 및 복지(sustainable development and well-being)를 추진함으로써 사람들과 지구에 이익을 가져다주어야 한다. 둘째, 인공지능 시스템은 법, 인권, 민주적 가치, 다양성을 존중하는 방식으로 설계되어야 하며 정의롭고 공정한 사회를 위한 안전장치(appropriate safeguards to ensure a fair and just society)를 포함해야 한다. 셋째, 사람들이 인공지능 알고리즘을 기반으로 도출한 결과를 이해하고 그 결과에 도전(challenge)할 수 있도록 인공지능 시스템을 투명하고 책임감 있게 공개해야 한다(transparent and responsible disclosure around AI system). 넷째, 인공지능 시스템은 수명 주기 내내 강력하고 안전한 방식으로 기능해야 하며 잠재적 위험성을 지속적으로 평가하고 관리(continually assessed and managed)해야 한다. 다섯째, 인공지능 시스템을 개발, 구축, 운영하는 기관과 개인은 위의 원칙에 따라 적절히 기능하도록 책임(accountable)을 져야 한다.



출처 : OECD 인공지능 정책 관련 홈페이지



경제협력개발기구는 또한 인공지능 정책과 관련된 권고안(Recommendation of Council on AI)에서 신뢰할 수 있는 인공지능을 위한 국가 정책 및 국제협력을 위해 권고 사항을 제시하였다(OECD, 2019). 첫째, 연구 개발에 대한 공공 및 민간 투자를 촉진하여 신뢰할 수 있는 인공지능의 혁신(Innovation in trustworthy AI)을 촉진해야 한다. 둘째, 데이터와 지식을 공유할 수 있는 디지털 인프라와 기술, 메커니즘으로 접근 가능한 인공지능 생태계(Accessible AI ecosystems)를 구축해야 한다. 셋째, 신뢰할 수 있는 인공지능 시스템 구축을 위한 정책 환경(Policy environment)을 보장해야 한다. 넷째, 사람들이 인공지능 기술을 배울 수 있도록 하고 공정한 전환(fair transition)을 위해 근로자들을 지원해야 한다. 다섯째, 신뢰할 수 있는 인공지능의 책임 있는 관리(Responsible stewardship of trustworthy AI)를 위해 국경과 분야를 넘나들며 협력해야 한다는 것이다.

## 2. 미국의 대응 사례

미국은 미래사회를 ‘인공지능의 시대(Artificial Intelligence Era)’라고 규정하고, 인공지능 영역에서 미국의 리더십을 유지하는 것이 경제 및 국가 안보에 매우 중요하다고 강조하고 있다. 국제 사회에서의 리더십을 유지하기 위해 다양한 영역에서의 인공지능 관련 정책을 구상하고 제시하고 있다. 2018년 5월 백악관은 인공지능 시대에 미국의 리더십을 유지할 수 있도록 하는 인공지능 관련 정책에 대한 회의를 개최하였다. 인공지능 관련 R&D를 적극적으로 지원, STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육과 인공지능 관련 교육을 통해 산업의 요구에 맞는 인력개발, 과도한 규제가 인공지능 혁신의 장애물이 되지 않도록 개선, 인공지능에 대한 시민들의 인식 개선 등 인공지능과 관련된 연방정부의 노력을 강조하였다. 미국의 지속적인 리더십을 확보하기 위해 국가 과학기술 위원회 산하에 ‘인공지능 특별 위원회’를 설치하기로 결정하였다.

트럼프 대통령 정부에 들어서면서 2019년, 백악관의 ‘인공지능 집행 명령’에 인공지능 분야에서 미국의 리더십을 유지하기 위한 다섯 가지 원칙을 제시하였다(Executive Order 13859 of February 11, 2019). 첫째, 미국은 과학적 발견, 경제 경쟁력 및 국가 안보를 장려하기 위해 연방정부, 산업 및 학계 전반에 걸쳐 인공지능의 기술 혁신을 주도해야 한다. 둘째, 미국은 새로운 인공지능 관련 산업의 창출과 오늘날의 산업이 인공지능을 사용할 수 있도록 적절한 기술 표준개발을 추진하고 인공지능 기술의 안전한 테스트 및 활용에 대한 장벽을 줄여야 한다. 셋째, 미국은 현재와 미래 세대의 미국 근로자들에게 인공지능 기술을 개발하고 적용할 수 있도록 훈련시켜 오늘날의 경제와 미래의 직업에 대비할 수 있게 해야 한다. 넷째, 미국은 인공지능

기술의 잠재력을 충분히 실현하기 위해 인공지능 기술에 대한 국민의 신뢰를 높이고 시민의 자유와 프라이버시, 가치를 보호해야 한다. 다섯째, 미국은 미국의 인공지능 연구와 혁신을 지원하기 위해 국제 환경을 조성해야 하며 미국의 인공지능 산업을 위한 시장을 개방하는 동시에 미국의 인공지능 기술 우위를 보호하고 미국의 중요한 인공지능 기술을 전략적 경쟁국과 적대국의 인수로부터 보호해야 한다.

또한 트럼프 정부는 '인공지능 집행 명령'에서 인공지능 분야에서 미국의 리더십 유지를 위한 6가지 전략적 목표를 제시하였다(Executive Order 13859 of February 11, 2019). 첫째, 산업, 학계, 국제 파트너·동맹국·기타 비연방 단체와 협력하여 인공지능 R&D에 지속적인 투자를 유치하여 인공지능 및 관련 기술에 대한 기술적 돌파구를 창출하고 이러한 돌파구를 미국의 경제 및 국가 안보에 기여하는 능력으로 신속하게 전환한다. 둘째, 적용 가능한 법률과 정책이 부합하는 안전, 보안, 프라이버시 및 기밀 보호를 유지하면서 인공지능 R&D에 대한 자원의 가치를 높이기 위해 고품질 및 완전 추적 가능한 연방 데이터, 모델 및 컴퓨팅 자원에 대한 접근을 강화한다. 셋째, 미국의 기술과 경제 및 국가 안보, 시민의 자유, 프라이버시, 가치를 보호하는 동시에 기술의 혁신적인 활용을 촉진하기 위해 인공지능 기술 활용의 장벽을 제거한다. 넷째, 기술 표준이 악의적 공격에 대한 위협을 최소화하고, 인공지능 기술을 사용하는 시스템에 대한 혁신, 공공 신뢰 및 공공 신뢰에 대한 연방의 우선순위를 반영하였는지 확인하여 우선순위를 촉진하고 보호하기 위한 국제 표준을 개발한다. 다섯째, 미국의 차세대 인공지능 연구자와 사용자를 컴퓨터 과학에 중점을 둔 도제, 기술 프로그램, 과학, 기술, 공학, 수학 교육(STEM 교육)을 통해 훈련시켜 연방 근로자를 포함한 미국 근로자들이 인공지능의 기회를 최대한 활용할 수 있도록 한다. 여섯째, 2019년 2월 11일 국가 안보 대통령 각서(인공지능 및 관련 중요 기술의 미국 우위 보호)에 따라 전략적 경쟁국 및 외국의 적에 대항하여 미국의 경제 및 국가 안보 이익에 중요한 기술과 인공지능에 대한 미국의 이익을 보호하기 위한 실행 계획을 개발하고 실행한다.

### 3. 캐나다의 대응 사례

캐나다는 2017년에 국가 수준의 인공지능 정책 실행에 관련된 사항을 캐나다 고등연구재단(CIFAR, Canadian Institute for Advanced Research)에 위임했고, 고등연구재단은 국가별 인공지능 전략의 판도를 조사하여 인공지능 전략을 정의하고, 다양한 유형의 전략을 이해할 수 있는 프레임워크를 제공하고 있다. 다시 말해 고등연구재단은 캐나다의 국가 인공지능 정책 실행을 위한 씽크탱크 역할을 수행하고 있는 것이다.

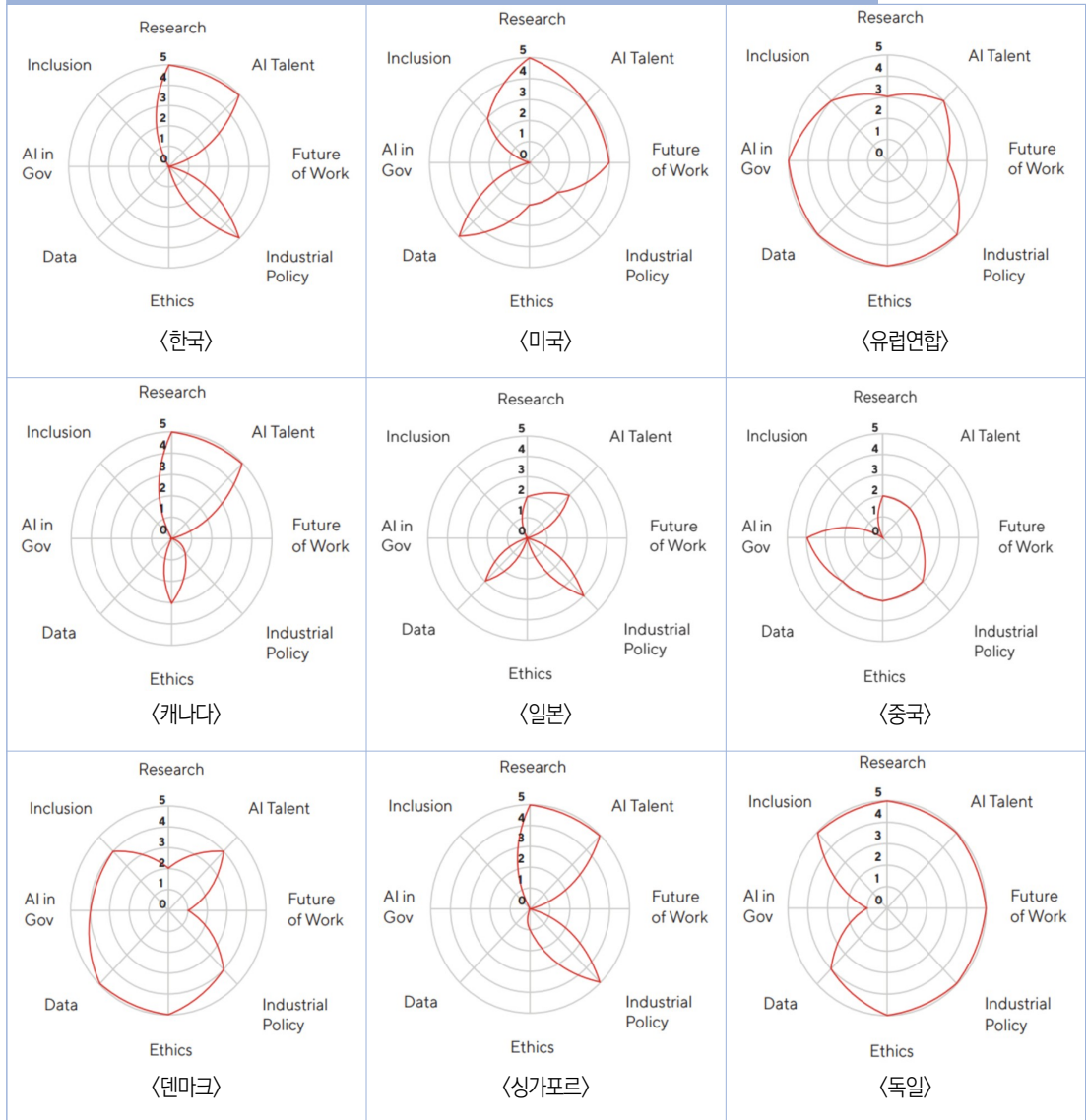
캐나다 고등연구재단에서는 국가 수준의 인공지능 전략을 8가지의 카테고리로 구분하여 분석에 활용하고 있다(Kung, 2020). 첫째, 과학 연구(scientific research)는 인공지능 연구에 대한 펀딩을 늘리기 위해 인공지능의

기초와 응용분야의 새로운 연구소, 허브, 프로그램 등을 설립하는 내용이다. 둘째, 인공지능 인재 육성(talent development)은 국내외 인공지능 인재를 유치하기 위한 펀딩 조성으로 예를 들어, 인공지능 장학금 신설, 인공지능에 특화된 석·박사 과정을 신설하는 내용이다. 셋째, 기술 개발(skills development)은 학생들이나 노동력이 미래를 위한 기술을 배울 수 있도록, STEM 교육, 디지털 역량(digital skills), 또는 평생교육(lifelong learning)을 위한 계획들을 만드는 내용이다. 넷째, 산업화(industrialization)는 민간부분이 인공지능을 도입하는 것을 장려하는 프로그램 신설로 예를 들어, 전략 분야에 대한 투자, 인공지능 스타트업에 위한 펀딩 조성, 인공지능 클러스터를 조성하는 내용이다. 다섯째, 윤리(ethics)는 인공지능의 윤리적 이용과 발전을 위한 기준이나 규정을 위한 협의회, 위원회, TF(Task Force, 특별 전담 조직) 창설로 투명한 인공지능을 만들기 위한 연구·프로그램 자금을 지원하는 내용이다. 여섯째, 데이터(data)는 개방형 데이터 파트너십, 플랫폼, 데이터셋 구축 등을 위한 자금조달과 시험환경·규제 샌드박스(sandbox)의 창설을 약속하는 내용이다. 일곱째, 정부 서비스(government services)는 인공지능을 이용하여 정부의 효율성을 높일 수 있는 파일럿 프로그램을 만드는 내용이다. 여덟째, 포용(inclusion)은 인공지능이 사회의 포용적 성장을 촉진하는 내용이다.

캐나다 고등연구재단에서는 위의 8가지 전략 영역의 기준에 따라 국가별 인공지능 국가전략을 평가하여 발표하였다(Kung, 2020). 18개 국가의 인공지능 전략을 분석한 결과, 각 국가전략을 8개의 정책 영역으로 구분하여 1-5점으로 점수를 표시하였다. 정책에 자금이 배정된 경우 높은 점수(4-5점), 구체적인 조치가 없거나 구체적인 조치를 추가적으로 개발하기 위한 계획이 없는 경우 중간 점수(2-3점), 중요성을 인식하고 있으나 구체적인 목표나 대책이 명시되지 않았을 경우 낮은 점수(0-1점)를 부여하였다.

고등연구재단의 평가 결과, 우리나라의 인공지능 정책은 연구와 산업, 인공지능 재능 개발에 치우쳐 있어 인공지능 분야 인재양성 및 윤리, 데이터 활용 등에 대한 전략은 상대적으로 취약한 것으로 나타났다. 다만 기준 시점이 2019년이라는 점에서 이후 우리나라에서 발표된 국가 수준의 인공지능 정책은 평가에 반영되지 않았다는 제한점이 있다.

그림 2. 캐나다 고등연구재단(CIFAR)의 국가별 인공지능 정책 평가 점수



출처 : Kung(2020)

캐나다에서는 인공지능 정책 분야 중에서 연구(research), 인재양성(talent), 산업(industrial), 윤리(ethics)를 강조하고 있으며 각 강조점과 관련된 핵심 프로그램을 운영하고 있다. 연구 분야에서는 'Canada CIFAR AI Chairs Program : Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy'가 초석이 되고 있으며 세계에서

선구적인 인공지능 연구자들을 유입하고 유지하기 위한 프로그램으로 운영하고 있다. 자율주행 자동차, 인공지능경망, 기후변화 등 다양한 분야에서 선구적인 연구를 진행하고 있으며 5년간 총 8,650만 달러를 투자받았다.

인재양성 분야에서는 ‘National Program of Activities : CIFAR AI’가 전략의 핵심 프로그램이며 워크숍, 연수 프로그램, 컨퍼런스 및 기타 행사들로 구성되어 있다. 캐나다 인공지능 연구자들의 협업과 파트너십을 발전시키고, 인공지능 분야의 고급 인재를 많이 배출하며, 인공지능 연구와 혁신을 앞당기기 위한 프로그램이다. ‘National Program of Activities’와 관련하여 세부 프로그램을 운영하는데 ‘CIFAR AI4Good National Training Program’은 캐나다 고등연구재단에서 전국의 연구자들 및 단체들과 협력하여 대학원 및 학부 수준의 차세대 인공지능 연구자를 위한 연수 프로그램을 지원하고 있다. 특히 인공지능에 대한 형평성(equity), 다양성(diversity), 포용성(inclusion) 등을 높이고 긍정적으로 사회에 영향을 미치는 프로그램에 초점을 맞추고 있다. 이 프로그램은 인재양성을 위한 프로그램들로 구성되어 있다. 소외되고 차별받는 사람들을 연구에 참여하게 하고 긍정적으로 사회적 편익을 제공하는 인공지능 기반의 상품과 서비스를 개발한다. 캐나다 고등연구재단과 협력기관들은 매년 고등학생부터 박사 후 과정의 연구원에 이르기까지 수백 명의 유학생과 국제학생을 참여시켜 미래의 직업에서 성공하기 위해 필요한 기술, 전문성, 네트워크를 개발할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

산업 분야에서는 ‘CIFAR AI & Society Program’을 운영하고 있는데, 학계, 산업계, 윤리, 정부 등 각 분야의 전문가들이 인공지능이 사회에 제기하고 있는 중요한 과제(기후변화, 민주주의 등)에 대해 논의한다. 이 프로그램은 ‘AI & Society Workshops’과 ‘AI Futures Policy Labs’ 두 가지로 나누어진다. 윤리 분야에서는 ‘AI Policy Initiatives’를 통해서 인공지능의 책임적, 윤리적, 경제적 관리를 위한 국제사회와의 인공지능 정책 계획에 대해 협력하고 있다. 캐나다 국내 이니셔티브에는 ‘AI Advisory Council’, ‘Canada’s Digital charter’ 등이 있고, 국제 이니셔티브에는 ‘OECD Principles of AI’, ‘Global Partnership on AI’ 등이 있다.



## III 인공지능 기술을 활용한 에듀테크 현황

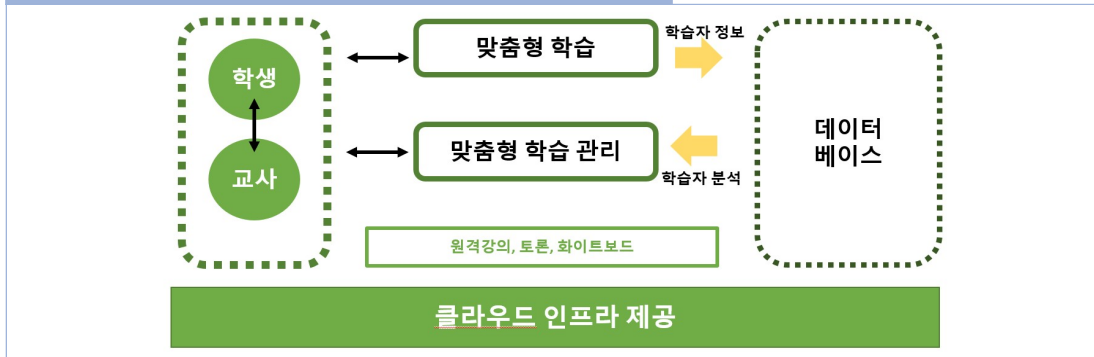
### 1. 클라우드 기반 교수학습 플랫폼

에듀테크 기술과 학습 서비스가 학교에서 자유롭게 활용되기 위해서는 다양한 학습의 콘텐츠와 시스템이 탑재되어 있는 교수학습 플랫폼을 구축하는 것이 필요하다. 교수학습 플랫폼은 다양한 에듀테크 산업의 서비스가 탑재될 수 있도록 설계되는 것이 중요하다. 또한 시스템의 안정적인 운영과 학습자 데이터 수집을 위해서는 클라우드 생태계를 구축하는 것이 필수적이라고 할 수 있다.

클라우드 기반 교수학습 플랫폼은 현재 학교에서 활용되고 있는 학습관리시스템(LMS, Learning Management System)에서 온라인 콘텐츠를 시청하고 관리하는 것 이상으로 종합적인 맞춤형 학습 관리 기능을 수행해야 할 것이다. 즉, 개별 학생의 교수학습을 종합적으로 관리해야 하는데 학생들의 학습 분석이 기본적으로 이루어지고, 이를 토대로 진학 및 진로 상담, 역량 개발 및 관리, 평가와 기록 등의 종합적인 학습관리 기능을 포함해야 한다. 교수학습 플랫폼은 궁극적으로 교사들이 맞춤형 수업을 지원하여 학생마다 개별적인 잠재 역량을 최대한 발휘할 수 있도록 지원하는 이상적인 교육 관리체제로 발전되어야 한다. 이러한 교수학습 플랫폼의 비전을 목표로 제시함으로써 민간에서의 개발 방향도 국가의 목표에 맞추어 이루어지도록 해야 한다. 클라우드 기반의 교수학습 플랫폼은 공공과 민간이 상생하는 플랫폼 시장으로 형성되어야 할 것이다.

첨단화된 교수학습 플랫폼이 되기 위해서는 클라우드 생태계를 활용하는 것이 중요하다. 클라우드 컴퓨터는 동적 서비스 분산을 통한 안정된 운영, 표준화된 학습 플랫폼 공통 설계기준 적용, 민간 참여에 의한 콘텐츠, 앱, 솔루션 및 서비스 마켓플레이스의 개설을 가능하게 할 수 있다. 궁극적으로 클라우드 기반 지속적 발전이 가능한 교육 생태계를 구축하기 위한 기술적 기반이라고 할 수 있다.

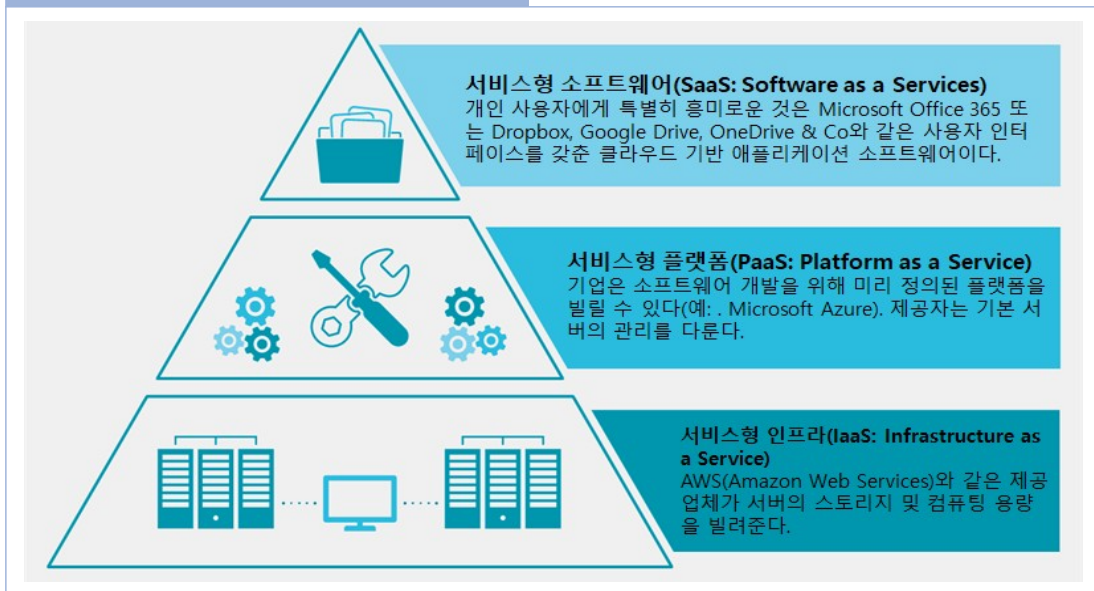
그림 3. 한국형 클라우드 기반 교수학습 플랫폼 모형



\* 출처 : 정제영(2020)

교수학습 플랫폼의 기반이 되는 것으로 볼 수 있는 클라우드 인프라는 서비스로써의 인프라(Infrastructure-as-a-Service), 서비스로써의 플랫폼(Platform-as-a-Service), 서비스로써의 소프트웨어(Software-as-a-Service) 클라우드 컴퓨터 계층 위에 서비스로써의 교육(Education-as-a-Service)을 구현하는 것이 중요하다. 이는 해외에서 활용하는 클라우드 컴퓨팅 서비스의 일반적인 구성 요소라고 할 수 있다.

그림 4. 클라우드 컴퓨팅 서비스의 종류



출처 : 정제영(2020)

## 2. 인공지능을 활용한 학습지원 시스템

인공지능 기술의 교육적 활용(AI in Education)은 세계적으로 상당히 많이 개발 및 적용되고 있다. 기존의 온라인 기반 교육 프로그램들이 인공지능과 빅데이터를 기반으로 급속히 빠른 속도로 발전하고 있는 것이다. 산업과 시장적 측면에서 살펴보면, 세계 교육시장은 2025년에 약 7조 8천억 달러까지 확대될 것으로 예상되는 가운데 에듀테크가 4.4%를 차지할 것으로 예상되며, 에듀테크의 시장 규모가 3,420억 달러로 가파르게 성장할 것으로 예견되고 있다(Holon IQ, 2019).

교육적 측면에서 본다면, 코로나19로 심화된 비대면 온라인 교육 환경과 인공지능 시대의 학습환경에서 인공지능을 활용한 학습지원 시스템을 이용하여 공교육 내에서 ‘학생 맞춤형 학습지원’을 구현할 것이라는 기대가 커지고 있다. 교육부에서도 인공지능 기술을 활용한 교육의 변화에 대해 정책을 발표하는 등 맞춤형 교육을 적용하기 위한 노력을 기울이고 있다(교육부, 2020). 학습자 맞춤형 교육 실현과 함께 고부가가치의 에듀테크 신산업 창출을 통한 차세대 국가 먹거리 창출의 필요성이 높아지는 것이다.

정부의 정책적 측면에서도 한국판 뉴딜(디지털 뉴딜)의 일환으로 비대면 산업육성 및 활성화를 추진하고 있다. 특히 원격교육으로 인한 교원의 수업 운영·지원 업무 부담 증가와 학부모의 자녀 학습지도·관리 부담 등 해결을 위해 인공지능 기술을 활용하려는 시도를 하고 있는 것이다. 인공지능을 활용한 학습지원 시스템은 교원들의 수업과 관련된 업무를 지원하는 ‘AI 보조교사’의 역할을 수행할 수 있다. 교원들에게 학생들의 수준을 분석한 데이터를 제공하고, 학습자에 맞는 학습자료를 제공하며, 자동으로 채점을 지원한다. 학생들에게는 ‘AI 개인교사’의 역할을 수행하는데, 본인의 학습 수준과 이력, 속도에 따라 맞춤형으로 학습자료와 경로를 안내해 주는 역할을 할 수 있다. 이러한 인공지능 학습지원 시스템은 개인별 맞춤형 학습을 통해 학교에서 발생하는 학습격차를 줄여주는 역할을 효율적으로 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

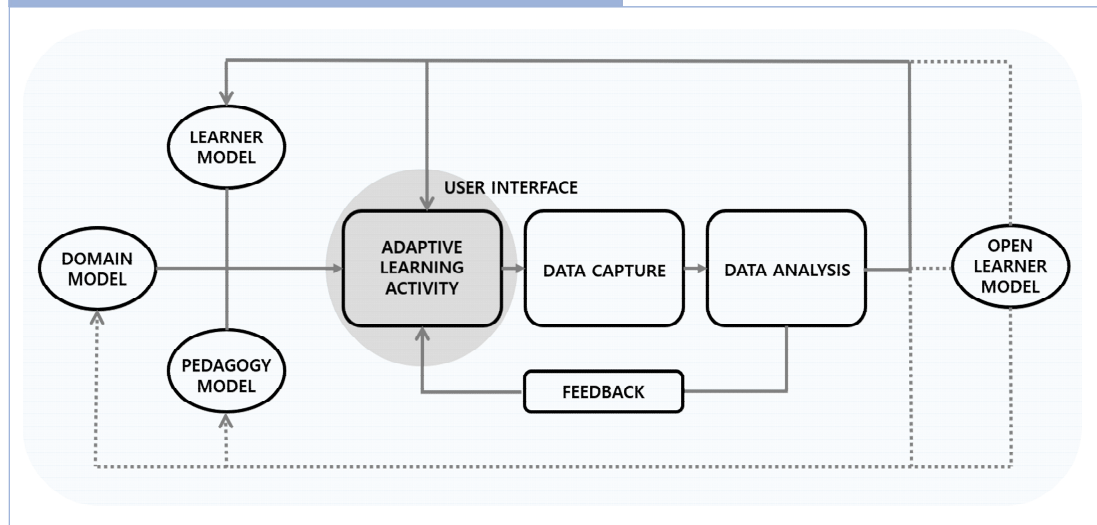
### 2.1. 지능형 튜터링 시스템

지능형 튜터링 시스템(ITS, Intelligent Tutoring System)은 오래 전부터 학생의 학습 속도 및 수준에 맞춰 개별화된 적응적 학습(adaptive learning)을 제공하는 컴퓨터 기반 학습 시스템이다. 최근에는 인공지능 기술과 빅데이터 분석 기술이 접목되면서 매우 각광받고 있는 학습 시스템이라고 할 수 있다. 기존 지능형 튜터링 시스템은 개별 학생에게 맞춤형으로 체계화된 지식의 구조를 갖는 수학과 물리 영역에서 활용되어 왔다. 최근에는 다양한 교과에 적용되면서 더욱 주목을 받는 에듀테크 분야라고 할 수 있다. 학습의 주제와 교수 방법에 대한 전문가의 지식을 활용하여 개별 학생의 잘못된 개념을 바로 잡아주고 학습 성취를 돕는

방식이다. 학생의 학습 수준에 맞추어 교육 내용과 학습 활동들에 대한 최적의 단계별 학습 경로를 결정하고 제공하는 것이다. 지능형 튜터링 시스템은 학생들에게 개별화된 맞춤형 학습의 과정에서 과제와 문제의 난이도를 조절하고 힌트와 지침을 제공함으로써 학생이 주어진 학습 주제를 효과적으로 배울 수 있도록 도움을 제공한다.

지능형 튜터링 시스템의 기본적인 구조는 ‘지식 모델(knowledge model)’, ‘학습자 모델(student model)’, ‘교수자 모델(pedagogy model)’, 그리고 사용자 인터페이스(user interface) 등 4가지 부분으로 나뉘어 구성된다. 지식 모델(knowledge model)은 전달하고자 하는 전문적인 지식(What is being taught)을 의미하는 것으로 학습해야 할 지식 내용(knowledge component)으로 구성되어 있다. 학습자 모델(student model)은 학습자에 대한 지식(Who is being taught)으로 구성되어 있는데 최근 학습자의 다양한 학습 과정과 학습 결과에 대한 빅데이터를 기반으로 기술적 진보가 이루어지고 있다. 이를 통해 학습자 맞춤형 경로를 결정하게 된다. 교수자 모델(pedagogy model)은 교수 방법에 대한 지식(How to teach him/her)으로 구성되어 있다.

그림 5. 지능형 튜터링 시스템(ITS)의 기본 구조



출처 : Holmes, Bialik, & Fadel(2019)

정부가 주도적으로 지능형 튜터링 시스템을 개발하는 것도 고려할 필요가 있다. 특히 공적 지능형 튜터링 시스템의 경우에는 학교에서 교사들이 활용할 수 있는 목적으로 개발되는 것이 필요할 것이다. 공적 지능형 튜터링 시스템을 개발하는 전략은 정부에서 지능형 튜터링 시스템 저작도구(Authoring Tool)를 만들어서

교사들이 주도하는 맞춤형 학습 시스템을 오픈 소스로 만드는 것이다. 이를 통해 학습 콘텐츠를 개발하고, 학습 서비스를 실시함으로써 학습자 분석 시스템을 갖추어 가는 것이다. 정부가 주도하여 지능형 튜터링 시스템의 개발 과정을 진행하는 것이다. 국가와 민간이 공동으로 개발하는 전략은 정부에서 지능형 튜터링 시스템 저작도구와 학습자의 빅데이터 분석을 담당하고, 민간에서 콘텐츠 개발 및 학습 서비스를 담당하는 것이다.

정부가 주도하는 공공 지능형 튜터링 시스템 개발을 위한 중장기 방안을 수립하는 것은 민간 주도의 지능형 튜터링 시스템 개발 과정에서 발생할 수 있는 학습자 데이터 관리의 다양한 이슈들을 정부가 주도해서 해결해 나갈 수 있다는 장점이 있다. 이를 위해서는 대학의 부설 연구소, 한국교육학술정보원(KERIS), 민간 에듀테크 기업이 협업을 하여 클라우드 기반 교수학습 플랫폼에서 함께 지능형 튜터링 시스템 학습 생태계를 운영하는 것이라고 할 수 있다.

## 2.2. 지능형 튜터링 시스템의 다양한 유형

이미 오래 전에 소개되었던 지능형 튜터링 시스템은 매우 기초적인 시스템과 데이터를 토대로 단순한 인터페이스를 가지고 있었다. 하지만 최근에는 컴퓨터 성능의 발전, 빅데이터의 축적과 분석적 활용, 클라우드 컴퓨팅 기술의 비약적 발전 등을 통해 다양한 과목에서 상당히 빠른 속도로 발전되어 활용되고 있다.

미국 카네기멜론 대학의 MATHia는 미국의 K-12 학생들을 위해 개발된 인공지능 기반의 맞춤형 수학 학습 시스템이다. MATHia는 학생들이 시스템에 구성되어 있는 수학 문제들을 순서대로 풀어나갈 때 시스템은 학생들의 주제별 학습 성취와 학생들의 오개념을 확인하고 맞춤형 학습 과정에 대해 마치 학생별 개인 코치처럼 지도한다. MATHia 시스템은 빅데이터 분석을 기반으로 한 자동화된 피드백을 제공하는데, 학생들이 왜 틀렸는지에 대해 설명하는 것뿐만 아니라 어떻게 옳은 답을 할 수 있는지에 대해서도 설명을 제공한다. 학생들은 자연스럽게 온라인 공개수업(MOOC, Massive Open Online Course) 환경에 대비할 수 있으며 학생 관리 효율성을 높일 수 있는 것으로 평가된다.



그림 6. 카네기멜론 대학의 MATHia

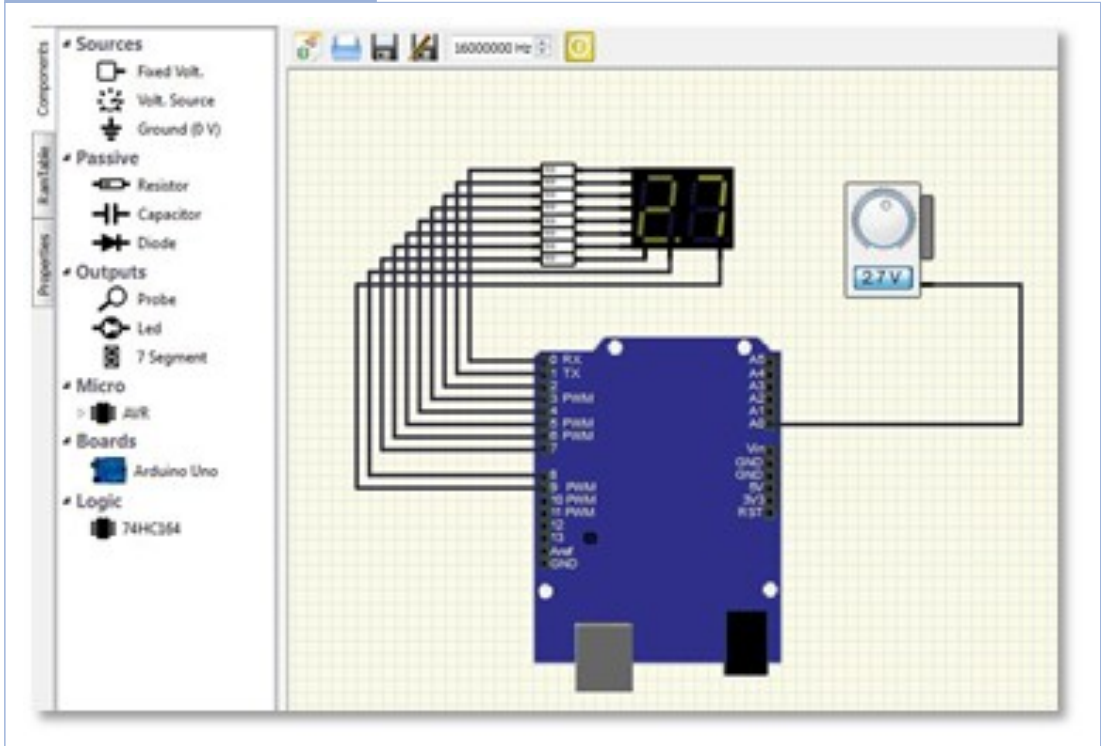


출처 : MATHia by Carnegie Learning

중국에서 개발된 최초의 인공지능 기반 맞춤형 교육 시스템은 Yixue라고 한다. Yixue는 학생들에게 맞춤형 학습계획과 일대일 개인지도를 제공하는 것을 목표로 개발된 시스템으로 표준화된 교과서들의 다양한 주제를 약 10,000개의 지식 요소(knowledge component)로 나누어서 학생들의 학습 내용에 대한 이해와 역량을 평가하는데 사용한다. 학생들의 학습자 빅데이터 분석을 바탕으로 어떤 학습 자료와 진도가 가장 효과적일지를 예측하여 개별화하여 적용하고 있다.

대화형 튜터링 시스템(DBTS, Dialogue-Based Tutoring Systems)은 대화형으로 이루어지는데 지능형 튜터링 시스템의 새로운 버전이다. 이 지능형 튜터링 시스템은 학습 교재나 학습 활동들을 개인별 맞춤형으로 제시하는 대신에 학생들을 학습 주제에 대한 대화에 참여시킨다는 점에서 대부분의 지능형 튜터링 시스템과 차별점이 있다. 일리노이 공대와 러시 의대의 CIRCSIM은 의과대학 1학년 학생들이 일대일 대화 방식의 교수법을 사용하여 혈압 조절에 대해 배우는 것을 목표로 만들어졌다. 이 교수법은 어떤 것을 이해했다면 이해한 것을 분명히 설명할 수 있어야 한다는 가정에 기반하고 있다. 따라서 학생들에게 새로운 주제를 처음부터 소개하는 것이 아니라 학생들이 이미 배운 것을 더 깊이 살펴보고 잘 이해하도록 도움을 주는 것에 목적을 두고 학생들과 반복적으로 대화하는 방식으로 문제를 풀게 되어있다.

그림 7. CIRCSIM 시스템



출처 : Shah(1997)

맴피스 대학에서 개발한 AutoTutor는 컴퓨터공학, 물리학, 생물학, 비판적 사고 등의 교과에서 학생들이 온라인 과제를 단계적으로 수행할 때 교수나 학생 사이의 대화를 가상으로 구현하여 학생들이 상세한 응답을 통해 보다 깊이 이해 할 수 있도록 도움을 주는 대화형 튜터링 시스템이다. AutoTutor의 맞춤형 학습은 학생들이 스스로 주어진 문제에 대한 올바른 답을 발견할 수 있도록 안내하여 수업 상황의 대화에 참여하도록 도움을 준다. 특히 대화를 통해 전문 영역의 지식을 학습할 수 있도록 지원함으로써 매우 효과적인 학습 결과를 도출할 수 있다는 점에서 주목을 받고 있다.

IBM과 피어슨(Pearson)이 협력해 개발한 왓슨 튜터는 가장 유명한 대화형 튜터링 시스템의 하나라고 할 수 있다. 피어슨의 고등교육 교육용 프로그램인 레벨(REVEL)에 통합되어 출시되었다. 학생들은 복습을 하는 세션에서 대화의 방식으로 학습을 진행한다. 학습의 보조 내용을 제공하고, 학생들의 진전과정을 기록하고, 학생들의 답과 주제 습득 정도에 따른 분류에 따라 맞춤형 대화를 제공한다.

왓슨 튜터의 중요한 기능은 학습목표와 수행목표, 학습목표 사이의 관계를 나타내는 지식 그래프, 주요 질문과 답변, 주장, 주장에 대한 힌트 질문, 빈칸 채우기 질문으로 이루어져 있다. 왓슨 튜터는 교수 모델로 소크라테스의 대화법을 사용한다고 밝히고 있는데, 대화 관리자로서 구현하고, 대화식 접근을 반복해 실행목표로 나아가도록 인도하는 것이다. 학습자 모델은 학생들의 숙련도 평가, 개방적 학습자 모델(open learner model)의 역할도 수행하고 있다. 개방적 학습자 모델은 학습자의 학습 데이터 분석을 통해 시스템 자체를 개선하는 역할을 수행하는 것이다.

그림 8. 왓슨 튜터의 대화 사례

**왓슨튜터:** <학습목표 주요 질문> 이 주제를 검토해 봅시다. 다음 질문에 대답해 보세요. 가족의 정의에는 어떤 변형들이 있을까요?  
**학생:** 가족은 함께 사는 사람으로 정의될 수 있습니다.  
**왓슨튜터:** <학생 주장에 대한 피드백> 훌륭해요. 친족(kinship) 시스템들은 생물학과 사회적 관습에 의해 정의된 사회적 관계와 경계들로 구성되어 누가 누구와 연결되어 있는지를 결정합니다. 좀 더 살펴보겠습니다.

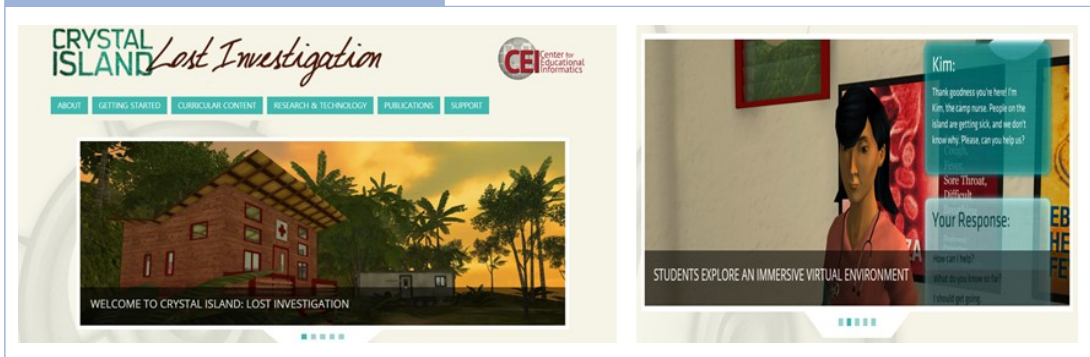
**왓슨튜터:** <학습목표 힌트 질문> 사회과학자들은 가족을 어떻게 정의 할까요?  
**학생:** 사회과학자들은 가족을 함께 사는 관련자 그룹으로 정의합니다.  
**왓슨튜터:** <학생 주장에 대한 피드백> 부분적으로 맞는 말이에요. 조금만 더하면 정답이 될 거 같아요. 같이 한 번 해볼까요?  
**왓슨튜터:** <빈칸 채우기 힌트> 빈칸에 단어를 채울 수 있을까요? 사회과학자들은 일반적으로 가족을 가정에서 함께 살고, \_\_\_\_\_ 및/또는 \_\_\_\_\_ 관계를 공유하는 사람들 그룹으로 정의합니다.

출처 : Holmes, Bialik, & Fadel(2019)

탐구학습시스템(ELEs, Exploratory learning environments)은 구성주의적 접근방식으로 학생이 학습 환경의 요소를 탐구하고 조작해, 지식을 적극적으로 구성하도록 권장하는 시스템이다. 학습자가 원하는 대로 탐구할 수 있는 비정형적이고 개방적인 학습 환경을 제공한다는 특징을 갖고 있다. 정형화된 학습 경로를 제시하고 있는 기존의 지능형 튜터링 시스템과 다른 점이 바로 학습자 스스로 학습의 경로를 만들어간다는 점이다. 탐구학습시스템에서는 올바른 행동에 대한 명확한 정의가 어렵다는 문제를 해결하기 위해 비지도학습(데이터와 학습 성과를 바탕으로 유사하게 학습하는 학생들을 그룹핑하는 방식의 머신러닝 기법)을 활용하고 있다. 그룹핑의 과정을 통해 새로운 학습자를 분류하고 더 높은 성과를 달성하도록 실시간으로 적응적 학습을 유도하는 것이다.

노스캐롤라이나 대학의 연구진에 의해 개발된 크리스탈 아일랜드는 새로운 방식의 탐구학습시스템이다. 크리스탈 아일랜드 시스템에서 학생들은 먼 섬에서 불가사의한 질병들을 조사하는 탐정 역할을 수행한다. 이 과정에서 몰입형, 일인칭, 컴퓨터 개인 접근법을 사용한다. 학생들의 지식 개발, 감정 상태, 기술들을 탐구학습시스템의 학습자 모델에서 자동으로 모델화 되고, 학생들은 자동화된 피드백을 받게 된다.

그림 9. 크리스탈 아일랜드 사례

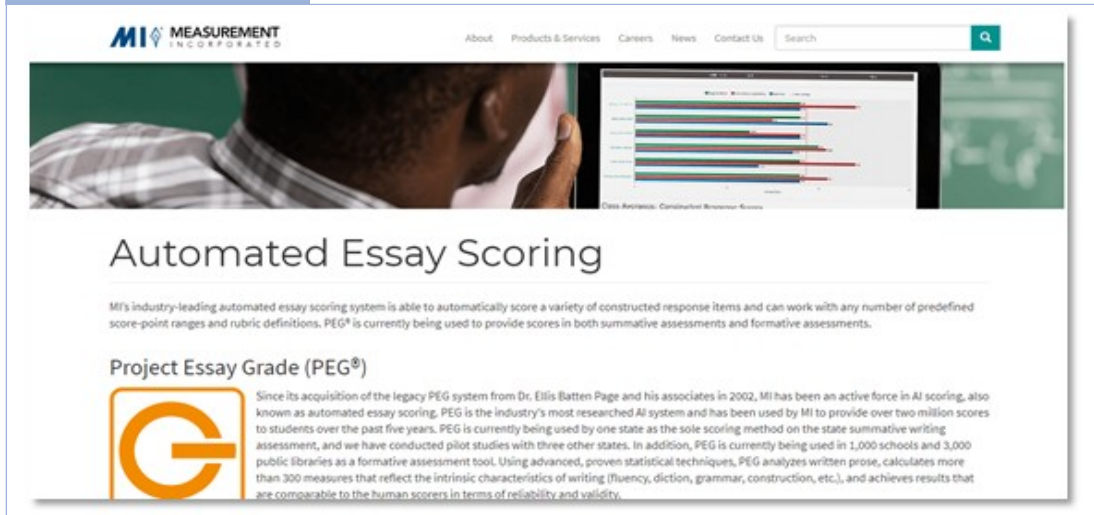


출처 : Holmes, Bialik, & Fadel(2019)

자동 서술형 평가(AWE, Automatic Writing Evaluation)는 '자연어 처리'와 '의미 처리' 기술을 활용하여 시스템에 제출된 학생의 글에 대해 자동적으로 평가와 피드백을 제공하는 시스템이다. 지능형 튜터링 시스템, 대화형 튜터링 시스템, 탐구학습시스템은 자동 서술형 평가와 달리 학생들이 즉각적인 맞춤형 지원을 받으며 개인 맞춤형 학습 경로를 따르고 있다. 하지만 자동 서술형 평가는 두 가지 접근법을 활용하는데, 첫째, 형성적 접근법은 학생들이 최종 평가를 받기 위해 본인의 글을 제출하기 전에 본인이 쓴 글을 개선할 수 있도록 잘못된 부분이나 개선이 필요한 부분을 알려주는 것이다. 둘째, 총괄적 접근법은 학생의 글에 대한 평가 결과를 최종 성적으로 평정하는 것이다. 기존에 개발된 서술형 평가는 대부분 피드백보다는 성적의 평정에 기울어져 왔다. 교실에서 이루어지는 저부담 평가뿐만 아니라 전국 단위의 고부담 평가에서도 자동 서술형 평가가 사용되고 있다. 자동화된 언어 판독 기술은 자동 서술형 평가가 획기적으로 발전하는데 큰 역할을 수행하였다.

PEG(Project Essay Grade)는 자동 서술형 평가가 시작된 프로그램으로, 듀크 대학교에서 1996년에 개발되었다. PEG의 기존 버전은 학생이 제출한 에세이와 교사들이 이미 채점한 비교 가능한 에세이로 구성된 훈련 세트를 비교, 대조하여 정확성을 확인하기 위해 상관관계 분석을 활용하였다. 하지만 초기의 PEG는 에세이의 내용보다는 형식(문장 개수, 부호, 문법 같은 표면적 특징)을 중시하였다는 점에서 한계를 갖고 있다. 이후 개발된 PEG의 최신 버전은 전산 언어학, 머신러닝, 자연어 처리 기술을 반영하여 재설계되었는데 에세이의 내용적 측면에서 더 많은 평가기준을 갖고 있다는 점에서 성능의 차이를 갖고 있다.

그림 10. PEG 사례



출처 : windowsreport(2019)

지능형 에세이 평가(IEA, Intelligent Essay Assessor)는 잠재 의미 분석을 사용하는 발전된 에세이 평가 시스템이다. 단어와 문장이 발견되는 맥락을 고려해서 의미 추론이 가능하고, 훈련 말뭉치에 대한 목표 문서의 의미상 연관성 계산이 가능하다. 지능형 에세이 평가의 점수 판정 방식은 유사도 점수를 계산하는 방식으로 전문가들에 의해 미리 채점된 모델 에세이 기준, 컴퓨터가 채점한 교과서와 학술 논문 같은 정보 출처 자료를 포함하는 훈련 텍스트의 결과를 비교하는 방식이다. 지능형 에세이 평가의 진단과 피드백은 각 분야를 대표하는 주요 텍스트와의 비교를 통해 개념과 내용, 구성, 문장의 유창성, 단어 선택, 관습, 표현 등 6개 영역을 평가하고 영역에 걸쳐 진단과 형성적 피드백을 제공한다. 특히 인간 채점자가 확인하기 어려운 표절이나, 비슷한 표현의 반복도 확인이 가능하다고 할 수 있다.

이레이터(e-Rater)는 미국의 대표적인 평가회사인 ETS(Educational Testing Service)에 의해 개발된 평가 시스템이다. 최근에는 이레이터(e-Rater)가 GMAT(Graduate Management Admission Test, 경영대학원 입학에 필요한 공식 시험)나 공통핵심기준(CCS, Common Core Standards) 평가에서 활용되고 있다. 자연언어 처리 기술(NLP, Natural Language Processing)을 사용하여 에세이에서 발췌하는 언어적 특징으로 평가를 하고 있다. 평가의 알고리즘은 최종 점수 예측을 위해 선형 회귀분석의 방법을 사용하고 있다. ETS는 피험자가 외국인인 경우, 해당 문화와 모국어의 차이를 보정해 개발한 다양한 영역들의 이레이터(e-Rater) 평가 결과가 학술적 타당도를 갖고 있다고 설명한다.



그림 11. 이레이터(e-Rater) 사례



출처 : 한국금융신문(2017)

## IV 공공분야 ‘에듀테크 마켓 플레이스’ 형성

에듀테크 산업을 활성화하기 위해서는 우리나라 초·중등학교에서 다양한 에듀테크 기술을 활용할 수 있도록 에듀테크 마켓을 형성하는 것이 필요하다. 정부가 주도하여 만들고자 하는 클라우드 기반 교수학습 플랫폼에 다양한 민간 에듀테크 기업들이 참여할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 플랫폼에서 민간의 다양한 에듀테크 기업이 참여하고 학교별로 적당한 시스템을 선택하여 구매하고 활용하는 것을 공공 마켓 플레이스로 명명할 수 있다.

민간 에듀테크 기업들은 공공 마켓 플레이스에서 경쟁하며 원격강의, 토론, 화이트보드 등 학습에 필요한 소프트웨어들을 서비스로서의 소프트웨어로 제공할 수 있다. 마켓 플레이스는 민간 기업 간의 경쟁을 유발하여 제공되는 소프트웨어와 콘텐츠의 질을 향상시켜 더욱 양질의 콘텐츠를 공급받을 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 마켓 플레이스를 통한 민간 기업들의 소프트웨어와 교육 콘텐츠의 구입은 우리나라가 에듀테크 산업 전반의 경쟁력을 향상하기 위한 중요한 지원이 될 수 있다.

더욱 중요한 부분은 현재 민간 에듀테크 기업들이 개별 학습자에게 사교육의 형태로 시스템을 판매하고 있는데 이는 사교육 부담을 높이는 요인으로 작용할 수 있다. 학교에서 이러한 에듀테크 시스템을 구매하여 소속 학생들에게는 무료로 활용할 수 있도록 제공함으로써 사교육비 부담을 줄일 수 있다는 점에서 의미를 갖는다.

민간 에듀테크의 다양한 사례는 공공 에듀테크 마켓 플레이스의 성공 가능성을 높여준다는 점에서 의미가 있다. EBS의 인공지능 단추(DANCHOO)는 EBS가 보유하고 있는 풍부한 학습 콘텐츠를 활용할 수 있다는 점에서 매우 의미가 있다. 특히 9,292개의 강좌 및 550,302개의 문제를 빅데이터 분석하여 학생의 학습 수준을 20단계로 구분하여 분석하고 수준에 맞는 강좌와 문제를 제공하고 있다. 학습단계는 문제풀이 이력에 따라 계속 변경되고 학습자별로 취약한 단원과 학습 수준 및 현황 확인이 가능하다.

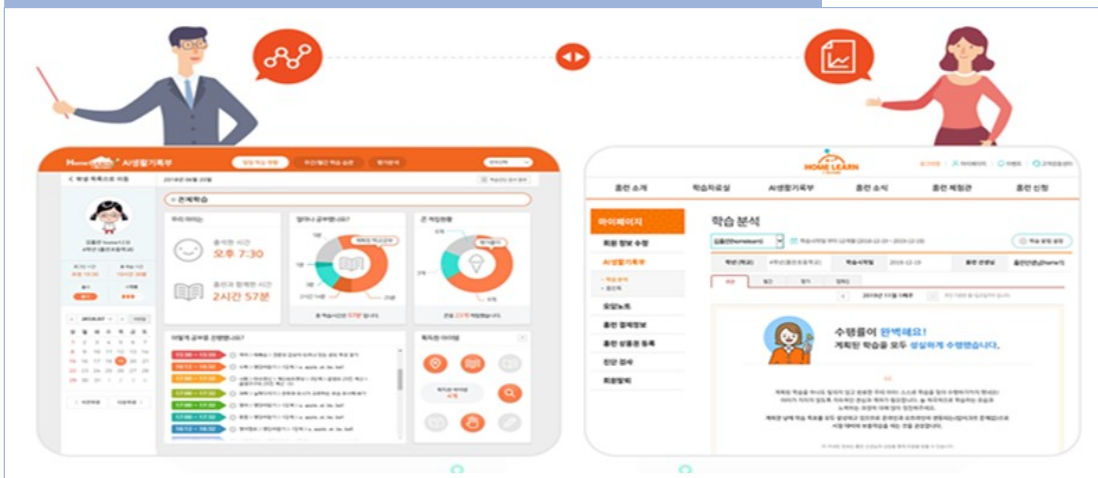
그림 12. EBS의 인공지능 단추(DANCHOO) 사례



출처 : 인공지능 단추 홈페이지

그 밖에도 여러 에듀테크 기업들이 다양한 인공지능 기반 학습 시스템 서비스를 제공하고 있다. 아이스크림에듀의 ‘AI 생활기록부’는 1일 1,000만 건의 학습 빅데이터를 바탕으로 학생의 수행률, 정답률, 학습 순서와 패턴, 문제풀이 시간, 정·오답 문항 특성 등 학습자 적성과 성향에 적합한 맞춤형 서비스를 제공하고 있다. 특히 증강현실(AR, Augmented Reality), 가상현실(VR, Virtual Reality), 혼합현실(MR, Mixed Reality) 등 실감형 콘텐츠를 제작하여 제공하고 있다.

그림 13. 아이스크림에듀의 ‘AI 생활기록부’ 사례



출처 : 아이스크림에듀 홈페이지

클래스팅의 인공지능 교사 ‘샘’은 문항반응이론(IRT, Item Response Theory)이 적용된 8만여 문항을 활용해 학생별 학습 수준을 실시간으로 진단하고 학생 답변에 따라 다음 문항이 결정되는 반응형 테스트를 지원한다. 컴퓨터 활용 테스트(CAT, Computer Adaptive Testing) 방식으로 학생 수준에 가장 근접한 문항을 제시하고 있다.



출처 : 클래스팅 홈페이지

웅진의 ‘스마트 올’은 전과목 인공지능 맞춤 학습 프로그램으로 초등교과 전과목을 맞춤형으로 제공하고 있다. 교사는 개인 맞춤형 진도 설계 및 인공지능 분석을 제공하고 보상을 통한 동기 부여의 역할을 통해 자기주도학습 습관 관리를 지원한다. 대교의 ‘눈높이 씨앗’은 인공지능을 활용한 학습서비스로 씨앗 수학, 씨앗 스코어 국어, 씨앗 영어스피킹 프로그램을 제공하고 있다. 인공지능 알고리즘 분석을 통한 학생 맞춤형 문항 제공, 오답 경향성에 맞춘 학습 프로세스를 구현하고 있다. 민간 에듀테크 기업들이 공공 에듀테크 마켓 플레이스를 통해 학교에 적용되고, 더 많은 학습자 데이터를 수집하여 빅데이터 분석에 기반하여 시스템을 더욱 발전시킨다면 해외 진출로도 이어질 수 있을 것이다.

## V 결론 : 교원의 에듀테크 활용 역량 함양

우리나라에서는 2020년에 유행한 코로나19를 계기로 온라인 원격수업이 일상화되면서 교육에서의 IT 기술 활용에 대한 교사들의 인식은 전반적으로 개선되었다. 하지만 수업인정 기준이 출결 위주로 질문이나 토론보다 출석에 치중되었고, 학교 현장에서 다양한 소프트웨어를 활용할 수 있는 충분한 지원이 이루어지지 못했다는 한계가 있다. 이러한 부분을 보완하기 위한 교육부와 교육청의 정책이 발표되고 있기 때문에 개선이 이루어질 것이라 생각된다. 하지만 더욱 중요한 것은 교원의 인공지능 기반 에듀테크 활용 역량을 강화하는 것이라고 할 수 있다. 클라우드 기반 교수학습 플랫폼이 구축되고 다양한 에듀테크 시스템이 채워지는 마켓 플레이스가 형성되더라도 이를 활용하는 교원의 역량이 부족하다면 무용지물이 될 수밖에 없다.

다양한 인공지능 기반 에듀테크 시스템이 제대로 활용되기 위해서는 교원들에게 인공지능을 포함한 다양한 온라인 시스템을 수업에서 활용하는 역량을 강화하기 위한 교육 및 연수를 강화하고 수업 혁신을 촉진하는 것이 중요하다. 교원들이 아직 에듀테크를 활용한 창의적 수업에 익숙하지 않고 두려워하며 많은 시행착오를 겪고 있다. 따라서 에듀테크를 활용한 창의적 수업의 질을 제고하기 위해서는 교원의 교육과 연수, 사례 및 경험 공유, 문화 확산이 필요하다. 특히 에듀테크를 활용한 창의적 수업의 경험이 쌓이면 다양한 수업 및 학습 콘텐츠를 교원 스스로 만들어 나갈 수 있을 것이다. 따라서 미래교육을 구현하기 위해서는 교원의 역량을 강화하기 위한 정부의 과감한 투자와 재정지원이 필요하다.

코로나19로 인해 시행된 온라인 원격수업의 실험 과정에서 교원의 역량이 성공적인 학습 운영의 가장 중요한 요인임을 확인하였다. 에듀테크를 활용한 창의적 수업에 대한 지식, 긍정적 태도, 디지털 역량 등의 종합적인 교원 역량 증진이 필요하다. 전국의 거의 모든 교사가 비대면 온라인 수업을 경험하였기 때문에 이제는 참여를 위한 인식의 제고는 이루어진 것으로 평가할 수 있다. 에듀테크를 활용한 창의적 수업을 위해서는 대면 수업에서 학생과의 상호작용을 하는 것과는 달리, 온라인과 오프라인에서 학생과의 상호작용, 온라인 튜터링 및 학습 퍼실리테이션 기법 등의 새로운 역량이 필요하게 되었다.

에듀테크를 활용한 창의적 수업을 위해서는 온라인-오프라인을 넘나드는 방식의 하이브리드형 수업 진행 역량이 필요하다. 포스트 코로나 시대에 원격수업이 더욱 확대될 때, 더욱 효과적인 교육과정 계획과 운영을

지원해야 한다. 미래의 수업은 전학기 종일 수업보다는 교실수업, 현장학습, 플립러닝 등의 다양한 온라인과 오프라인 수업이 혼용되는 하이브리드 수업 형태가 될 것으로 예상된다. 예를 들어, 원격수업이 디지털 기반 학습활동을 저장하여 학생 개개인에게 맞춤형 진단과 콘텐츠를 제공해 줄 수 있는 점을 살려서, 기존 수업과 함께 보충학습용 교재와 맞춤형 개별 수업방식을 도입할 수 있다. 국내외 미래학교의 수업 운영 사례에서 이미 다양하게 활용되고 있는 이러한 하이브리드형 방식 수업에 대한 가이드라인 및 사례, 수업모형 등을 제공하는 것이 필요하다.

이번 코로나19 상황에서 경험한 온라인과 오프라인의 병행 수업 시에 축적된 교사의 전문성과 자율성을 활용하여 미래교육을 위한 대비가 이루어질 필요가 있다. 미래를 위해 온라인과 오프라인 수업이 혼합되는 방식으로 유연한 교육체제를 구축하여야 한다. 교원들에게 요구되는 중요한 역량은 오프라인뿐만 아니라 온라인상에서 학생들과 소통하는 역량을 높이는 것이다. 학부모와 학생, 교사 등 현장의 불편한 점을 면밀하게 파악하는 것이 중요하며, 온라인 교육에 다양하고 분산된 플랫폼이 활용되고 있어 공공 학습지원 시스템 구축을 통하여 효율적으로 관리할 수 있는 역량이 필요하다.

교원들의 역량을 높이기 위한 방법은 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 예비교원의 에듀테크를 활용한 창의적 수업 역량을 강화하는 것이다. 예비교원의 인공지능 활용 교육 역량을 높이기 위해서는 전국 교육대학과 사범대 등 교원양성기관의 교육과정을 개편하는 것이 필요하다. 미래사회에서 인공지능 활용의 보편화를 대비하여 인공지능 부전공을 적극적으로 장려하고, 향후 학교에서 융합인재교육(STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics))과 같은 '인공지능+X'의 융합교육이 일어날 수 있도록 교사의 역량을 제고하는 것이 필요하다. 교직 소양 과목으로 인공지능 활용 교육 관련 교과를 신설하고 필수적으로 이수하도록 추진할 필요가 있다. 다양한 전공에서 인공지능을 활용할 수 있는 인재를 배출할 수 있도록 교육대학과 사범대 교육체제를 개편할 필요가 있다. 미래의 창의·융합형 인재양성을 지원하는 우수한 예비교원 양성을 위해 교원양성 기관의 교육과정을 혁신해야 할 것이다.

둘째, 현장 교원의 에듀테크를 활용한 창의적 수업 역량 강화를 위한 연수를 지원해야 한다. 교육부는 전국의 17개 교육청과 협력하여 2020년 9월부터 전국의 교사 1천명을 대상으로 인공지능 융합전공 석사과정을 개설하여 운영하고 있고, 향후 5년간 5천명의 교사를 인공지능 융합교육 석사로 양성하는 것으로 추진하고 있다. 이 인공지능 융합교육 전공에는 전국의 38개 교육대학원이 참여하고 있다. 38개 교육대학원은 각자의 특성을 살리는 방식으로 인공지능 융합교육 전공을 운영하고 있는데 전국적으로 수준 높은 인공지능 교육 선도교사를 양성할 수 있도록 체계적인 지원이 필요할 것으로 보인다. 지역별로 인공지능 융합교육을 위한



단기·중기 연수 프로그램을 개발하고 운영함으로써 단기적으로 연수를 확대할 필요가 있다. 기존 교원 소프트웨어 역량 강화 연수를 인공지능 융합교육 분야로 확대하고 관련 프로그램을 확충해야 할 것이다. 학교현장에서 정규 교육과정과 연계하여 인공지능 교육을 실천할 수 있는 모델 개발 및 중장기적 관점에서 미래교육을 선도할 수 있는 실천적 모형 연구를 장려해야 한다. 인공지능 기반의 에듀테크를 활용한 창의적 수업 우수 모델의 프로그램을 개발하고, 단위 학교별 적용을 확산하여 인공지능 기반의 에듀테크를 활용한 창의적 수업의 교육현장 적용을 확산해 나가야 할 것이다.

저자\_ 정제영(Jae Young Chung)

• 학력

서울대학교 교육학 석·박사  
서울대학교 교육학 학사

• 경력

現) 이화여자대학교 교수  
前) 교육과학기술부 서기관  
前) 한국교육개발원 전문연구원

## 참고문헌

### 〈국내문헌 : 가나다순〉

- 1) 과학기술정보통신부, 「2019년 디지털정보격차 실태조사」, 2020. 3. 6.
- 2) 교육부, 「2020년 업무계획 발표」, 보도자료, 2020. 3. 20.
- 3) 교육부, 「교사의 융합 수업 역량을 깨우다」, 보도자료, 2019. 8. 14.
- 4) 교육부, 「대학 비대면 교육 긴급지원사업 발표」, 보도자료, 2020. 7. 31
- 5) 교육부, 「대학 비대면 교육 긴급지원사업 지원 대학 237개교 확정」, 보도자료, 2020. 10. 22.
- 6) 교육부, 「대학 원격교육 내실화를 위해 저소득층 대학생에게 스마트 기기 무상 지원」, 보도자료, 2020. 11. 8.
- 7) 교육부, 「디지털 기반 고등교육 혁신 지원방안 발표」, 보도자료, 2020. 9. 9.
- 8) 교육부, 「인공지능시대 교육정책 방향과 핵심과제」, 보도자료, 2020. 11. 20.
- 9) 교육부, 「체계적인 원격수업을 위한 운영 기준안 마련」, 보도자료, 2020. 3. 27.
- 10) 교육부, 「코로나 이후 교육 대전환을 위한 3차 대화」, 보도자료, 2020. 7. 3.
- 11) 교육부, 「코로나19 대응 : 한국의 온라인개학- 미래교육을 위한 도전」, 보도자료, 2020. 6.
- 12) 교육부, 「코로나19로 경제 사정이 어려운 대학생들에 대한 학자금 지원」, 보도자료, 2020. 4. 24.
- 13) 배상훈, “코로나19가 대학에 준 선물과 과제”. 2020 한국교육학회 연차학술대회 자료집, 2020.
- 14) 정제영, 「한국형 원격교육 체제 구축 방안 탐색 연구」, 한국교육개발원, 2020.
- 15) 정제영, 황규호, 박주형, 학생 맞춤형 교육 활성화를 위한 교육과정 방향 탐색, 한국교육개발원, 2020.
- 16) 정제영, 『한국형 원격교육 체제 구축 방안 탐색 연구』, 한국교육개발원, 2020.
- 17) 통계청, 「2019년 출생 통계」, 보도자료, 2020. 8. 26.
- 18) 한국교육학술정보원, OECD PISA 2018을 통해 본 한국의 교육정보화 수준과 시사점, 2020.

### 〈국외문헌 : 가나다순〉

- 19) CIFAR, ANNUAL REPORT 2018-2019, 2019.
- 20) CIFAR, Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy, 2019.
- 21) Holmes, Bialik, and Fadel. Artificial intelligence in education. Center for Curriculum Redesign, 2019.
- 22) Kung, Building an AI world: Report on National and Regional AI Strategies, CIFAR, 2020.
- 23) OECD, The Future of Education and Skills 2030-Conceptual Learning Framework-Concept Note: Student Agency for 2030, 2019.
- 24) OECD, The Future of Education and Skills: Education 2030. 2018.
- 25) Rotherham, and Willingham, “21st-century skills”, American Educator, 17(1), 2010, p.17-20.
- 26) Schwab, The fourth industrial revolution. World Economic Forum, 2016.

- 27) Shah, Recognizing and responding to student plans in an intelligent tutoring system: Circsim-tutor. Illinois Institute of Technology, 1997.
- 28) U.K. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, I sector deal, 2019. 5.
- 29) White House, Executive Order 13859 of February 11, 2019.
- 30) World Economic Forum, Schools of the Future, Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution, 2020.
- 31) Zemke, Ron, Claire Raines, and Bob Filipczak. Generations at work: Managing the clash of Boomers, Gen Xers, and Gen Yers in the workplace. Amacom, 2013.

〈기타문헌〉

- 32) 아이스크림에듀 홈페이지, <http://www.i-screamedu.co.kr/index.do>
- 33) 인구로 보는 대한민국, <https://kosis.kr/visual/populationKorea> (2020. 6. 1. 인출)
- 34) 클래스팅 홈페이지, <https://www.classting.com/>
- 35) 한국금융신문, ETS가 만든 인공지능 오류 탐색 엔진 ‘E-rater’, 2017, [https://m.ftimes.com/html/view.php?ud=188031#\\_enliple](https://m.ftimes.com/html/view.php?ud=188031#_enliple)
- 36) Carnegie Learning 홈페이지, <https://www.carnegielearning.com/products/software-platform/mathia-learning-software/>
- 37) EBSi 인공지능 DANCHOO, <http://www.ebsi.co.kr/ebs/ai/com/aiIndex.ebs>
- 38) OECD 인공지능 정책 홈페이지, <https://oecd.ai/>
- 39) WINDOWSREPORT, Best automated essay grading software [2021 Guide], 2019, <https://windowreport.com/automated-essay-grading-software/>



# 융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 March vol.7 no.3



# 02

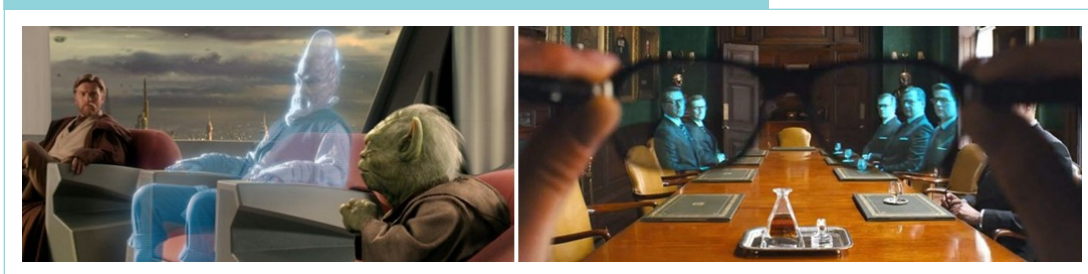
## 디지털 휴먼을 이용한 비대면 시대 실감형 콘텐츠 기술 소개

임화섭(한국과학기술연구원)  
황재인(한국과학기술연구원)

## I 영화 속의 비대면 실감 원격회의

코로나19 시대에 가장 많이 등장하는 단어 중 하나가 바로 '비대면'이다. 비대면 시대, 비대면 수업, 비대면 서비스 등등 비대면의 사전적 의미는 얼굴을 마주하지 않는다는 뜻이지만 요즘 시대에는 오히려 대면하고 싶은 욕구를 일으키는 단어이다. 그렇기 때문에 예전보다 훨씬 더 많은 사람들이 화상회의에 익숙해져 있고 어린 아이들조차 대표적인 화상회의 서비스인 '줌(Zoom)'을 전화와 같은 수준의 고유명사처럼 쓰고 있다. 이런 의미에서 요즘 사회에서 비대면이라는 단어는 단절이 아니라 오히려 디지털 사회에서 연결의 의미로 쓰이고 있고 이러한 디지털 세상에서는 좀 더 사실적으로 얼굴을 마주하는 듯한 느낌을 주는 '실감'이라는 단어가 자주 쓰이는 것으로 보인다. 비대면 디지털 시대에 사실적으로 만나고자 하는 대상은 결국 사람이다. 요즘은 온라인상에서 웹캠을 이용하여 서로 얼굴을 마주하며 대화하지만 왠지 실감이라는 단어의 의미는 적어도 상대방이 컴퓨터 스크린을 벗어나 바로 앞에서 '대면'하는 느낌이어야 할 것 같다.

그림 1. 영화 스타워즈(좌)와 킹스맨(우)에서의 3차원 원격회의



출처 : (좌)MIRROR(2014), (우)머니투데이(2020)

공상과학 영화를 좋아하는 사람이라면 아마도 <그림 1>의 스타워즈나 킹스맨 영화에서의 원격회의 장면을 인상 깊게 보았을 것이다. 미래에는 이런 일이 가능할까 했던 일들이 비대면 사회가 급격하게 실현됨에 따라 조금 더 현실적으로 다가오고 있고 많은 연구소와 회사에서 관련된 기술과 서비스를 선보이고 있다. 융합연구리뷰에서는 이러한 시대에 부응하여 사람의 형상을 디지털화하여 가상환경에서 사실적으로 인터랙션(Interaction)하는 실감형 콘텐츠와 입체 디스플레이 기술을 소개하고자 한다.



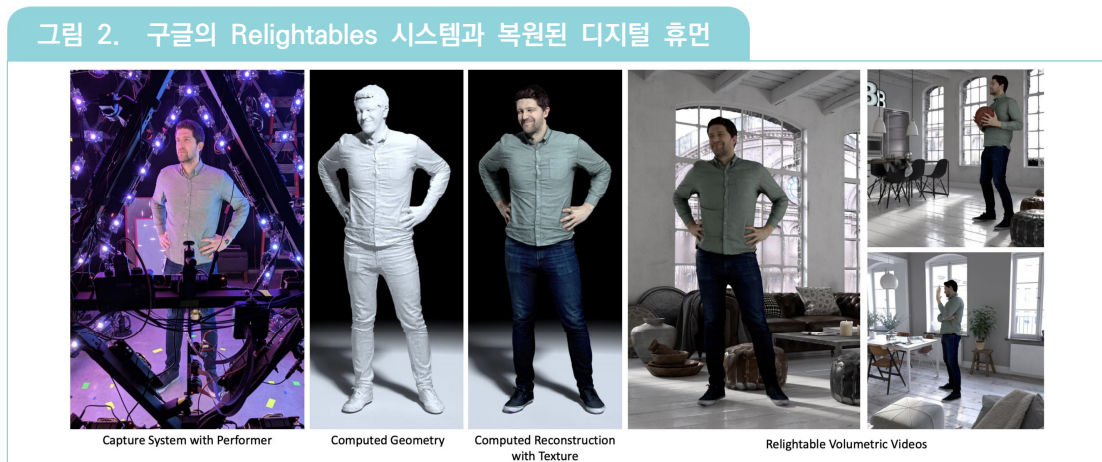
## II 디지털 휴먼과 실감형 콘텐츠 기술

### 1. 디지털 휴먼 생성 기술

디지털 휴먼을 만드는 기술은 크게 3가지로 나누어진다. 사람의 형상을 실제 공간에 차지하는 3차원 픽셀의 집합으로 만들어내는 볼류메트릭 캡처 기술, 게임 속의 3D 캐릭터처럼 애니메이션이 가능하도록 메시와 텍스처로 만드는 3D 휴먼 모델링 기술, 마지막으로 딥러닝 기술을 이용하여 임의시점 또는 새로운 표정과 자세의 사람 영상을 만들어내는 뉴럴 휴먼 렌더링 기술이 있다. 최근 증강현실(AR, Augmented Reality), 가상현실(VR, Virtual Reality)에 가장 관심을 보이는 IT 기업인 구글과 페이스북에서 적극적인 지원을 통해 기존에는 상상하지 못했던 훌륭한 결과들을 선보이고 있다. 다음 기술들을 위 3가지 기술들의 관점에서 하나씩 소개하려 한다.

#### 1.1. 볼류메트릭 캡처 기반 3D 휴먼 모델링 기술

볼류메트릭 캡처 기술은 <그림 2>의 가장 왼쪽 영상과 같이, 많은 수의 카메라를 이용하여 최대한 보이는 그대로의 형상을 볼륨 형태, 즉 공간상의 3차원 픽셀 단위로 물체가 공간을 차지하는 것처럼 공간에 있는 형태와 색상을 촬영하는 방식이다.

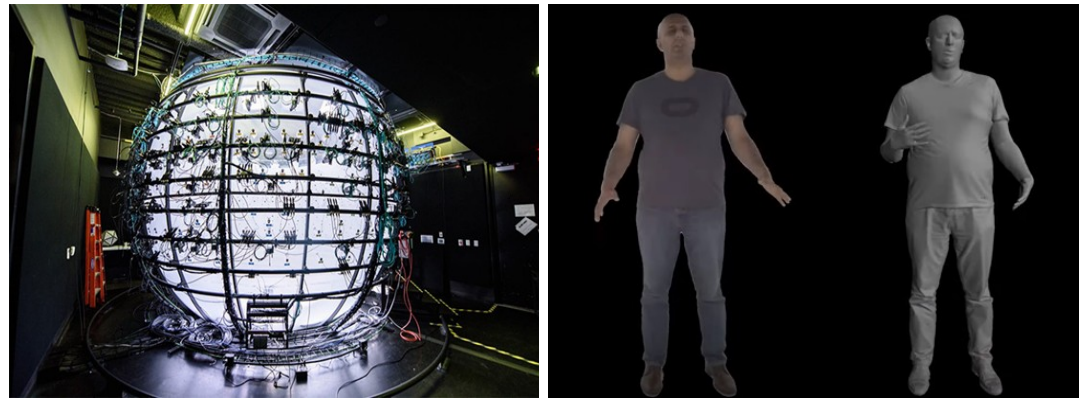


출처 : Guo(2019)

〈그림 2〉의 Relightables는 서던캘리포니아 대학교(USC, University of Southern California)와 구글이 공동 개발하여 2019년 컴퓨터그래픽스 분야의 최우수 국제학회인 시그래프(SIGGRAPH, Special Interest Group on GRAPHics and Interactive Techniques)에서 발표한 볼류메트릭 캡처 시스템이다. 기존 서던캘리포니아 대학교에서 보유하고 있는 Light Stage 시스템의 4번째 버전으로 시분할 광원 시스템과 능동형 깊이 카메라(depth camera)를 사용하여 기존 포토그래메트리(photogrammetry) 시스템에서 취득하는 고화질의 세부 표면 노멀(normal) 복원 방식과 유사한 수준의 픽셀 단위 노멀(표면의 3차원 방향)과 변위(표면의 높낮이 차)를 측정할 수 있다. Relightables는 구글에서 보유한 볼류메트릭 캡처 기술을 융합하여 전통적인 포토그래메트리 방식에서는 해결하지 못한 시간의 흐름에 따른 형상의 변화까지 추적하여 촬영할 수 있다는 것이 특징이다. 이를 위해서 331개의 직접 제작한 발광다이오드(LED, Light Emitting Diode)와 4112×3008의 고해상도를 가지는 58개의 컬러 카메라, 32개의 적외선(IR, Infrared Radiation) 카메라를 이용하여 60fps의 속도로 고화질 형상의 노멀맵과 텍스처, 그리고 깊이맵을 생성한다. 이 시스템은 〈그림 2〉의 왼쪽에서 두번째 그림과 같이 옷의 세세한 주름뿐만 아니라 머리의 형태까지 정확하게 복원해내고 있다. 이렇게 만들어진 디지털 휴먼 모델은 주변 광원에 맞추어 새롭게 렌더링할 수 있어 Relightable이라는 시스템 명을 사용하였고 실사 또는 CG 영상과 자연스럽게 합성하여 증강현실(AR) 또는 가상현실(VR) 환경에서 사용이 가능하다. 이러한 방식은 앞서 말한 바와 같이 사람의 형상과 색상을 최대한 정확하게 복원하는 것이 목표이기 때문에 새로운 표정이나 동작을 생성하기 위해서는 다음 섹션에서 소개될 3D 모델로 변환하거나 영상을 합성하는 기술을 활용해야 한다.

구글의 Relightables 시스템과 유사하게 피츠버그에 있는 페이스북의 Sociopticon 시스템은 이전 카네기 멜런 대학교(CMU, Carnegie Mellon University)의 Panoptic Studio 후속 버전으로 90fps 속도로 촬영 가능한 2.5kx4k 카메라 180대를 사용하고 포토그래메트리 방식을 사용하여 촬영하는 것으로 알려져 있다. 페이스북은 이 캡처 시스템을 이용하여 〈그림 3〉의 오른쪽 영상과 같이 실사 수준의 움직이는 사람 형상을 합성하는 Full-body Codec Avatar 기술을 개발하였다.

그림 3. 페이스북의 Sociopticon 시스템(좌)과 Full-body Codec Avatar 영상(우)

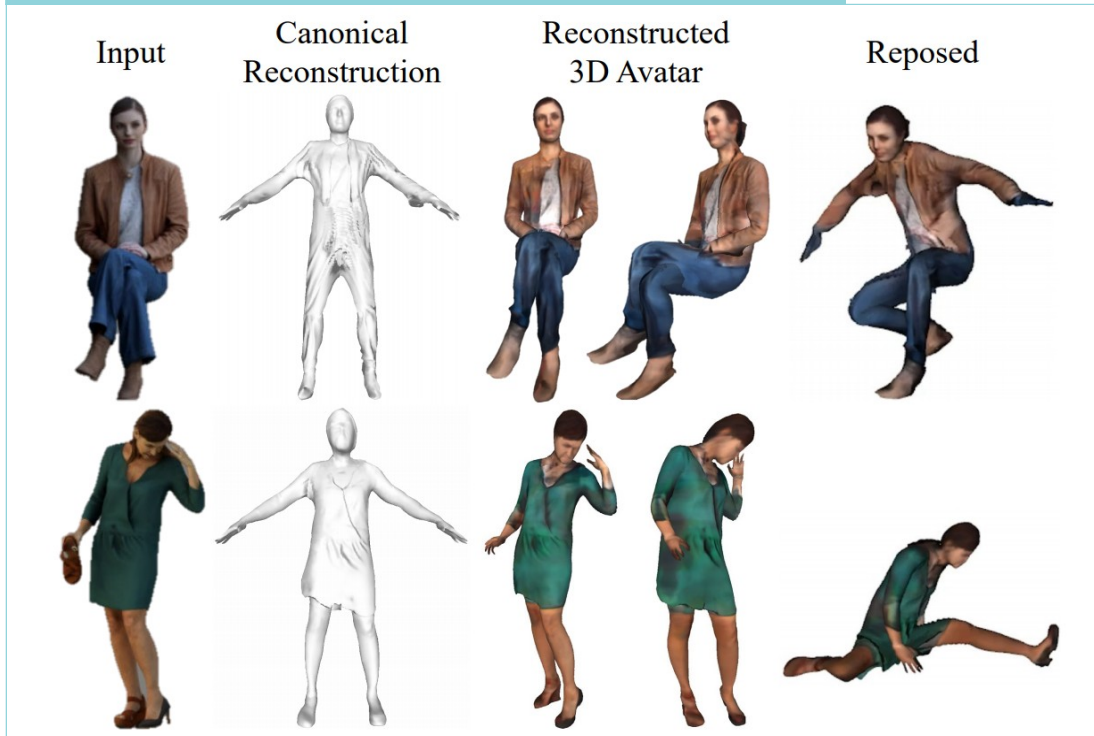


출처 : (좌)UPI 뉴스(2019), (우)Youtube(2019) [45]

## 1.2. 단일 이미지 기반 3D 휴먼 모델링 기술

이미 오래전부터 한 장의 얼굴 사진을 이용하여 3차원 얼굴 모델을 만들고 애니메이션(3D 모델링 데이터를 움직이거나 변형시키는 것으로, 움직임을 시간대별로 기록해서 데이터를 만들어 편집하는 것)하는 기술이 많이 개발되었고 현재 서비스 중에 있지만 얼굴만으로는 실재감을 느끼기에 부족하기 때문에 최근에는 전신사진을 이용하여 애니메이션이 가능한 3차원 전신 모델을 생성하는 기술들이 소개되고 있다. <그림 4>는 서던캘리포니아 대학교와 페이스북이 공동연구하여 2020년 컴퓨터비전 분야의 최우수 국제학회인 CVPR(IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition)에서 발표한 연구 결과로 한 장의 정면 전신 영상으로부터 전신 동작을 애니메이션 할 수 있는 3D 캐릭터를 만들어 낸다. 재미있는 사실은 정면 영상만 사용하지만 후면의 형상과 텍스처까지 딥러닝 기법을 사용하여 만들어 낸다. 이렇게 영상을 이용하여 3D 휴먼 모델을 생성하는 방식들은 대부분 입력 영상으로부터 사람의 자세를 유추한 후 표준화된 3차원 휴먼 모델로 해당 자세를 만들고 변형하여 2차원 영상으로 투영한 다음 텍스처를 만들어 내고, 만들어진 3차원 모델을 렌더링하여 다시 입력 영상과 비교하는 재귀적인 방식을 사용한다. 단 한 장의 영상으로 만들어내는 3D 모델은 일반적인 3D 콘텐츠에서 사용하기 좋지만 세부적인 형상이나 텍스처는 정확하게 복원하기 어려워 화질이 다소 떨어지는 단점이 있다. 하지만 실제 원격 통신 환경에서 접속 초기에 전송되는 메시와 텍스처맵, 그리고 관절 정보들을 제외하면 소량의 실시간 동작 데이터만 필요하기 때문에 최근 유행하는, 아바타를 이용한 여러 명이 접속하는 가상 회의에 적합한 방식이다.

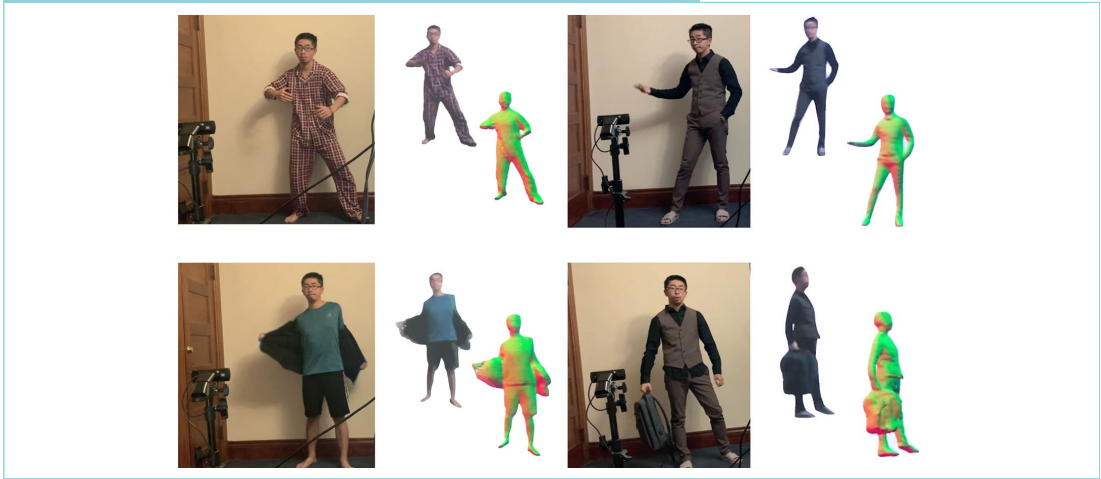
그림 4. 페이스북의 한 장의 영상을 사용한 3차원 아바타 생성 기술



출처 : Huang(2020)

서던캘리포니아 대학교와 페이스북에서는 앞서 기술한 한 장의 영상에서 3D 모델을 생성해내는 기술과는 달리 1.1장에서 소개한 볼류메트릭 데이터를 실시간으로 생성하여 옆모습뿐만 아니라 뒷모습 등 임의시점의 3차원 형상까지 실시간으로 볼 수 있는 기술을 소개하였다. PIFu(Pixel-Aligned Implicit Function)이라고 불리는 기술을 사용했는데 이는 입력 영상에서 사람 영역을 추출하고 각 픽셀에서 사람의 전면과 후면의 3차원 볼륨 데이터와 색상을 딥러닝을 사용하여 유추하는 기술이다. 이러한 기술은 입력 2차원 영상과 출력 3차원 휴먼 모델의 볼륨 데이터를 쌍으로 학습하고 2차원 정보로부터 3차원 정보를 유추하기 때문에 그럴듯해 보이지만 실제 자세와 형상과는 다소 차이가 있고 텍스처 화질도 떨어진다. 하지만 컬러 카메라 한 대만으로도 원격에서 그 사람과 입체적으로 인터랙션 할 수 있는 텔레포테이션이 가능해진다. 이러한 기술은 실제 공간에서의 사람이 렌즈를 통해 촬영되는 핀홀 카메라 모델이 아니라 빛이 평행으로 들어온다는 가정 하에 사람의 3차원 형상이 학습되기 때문에 원거리에서 사람을 정면으로 촬영하였을 때 가장 잘 복원되지만 카메라의 시점이 정면이 아니거나 근거리에서 화각이 넓은 카메라를 사용하였을 경우 심각한 왜곡이 발생하게 된다.

그림 5. 페이스북의 볼류메트릭 휴먼 텔레포테이션 기술



출처 : Li(2020)

### 1.3. 영상 합성 기반 휴먼 렌더링

2020년 소비자 가전 전시회(CES, Consumer Electronics Show)에서 삼성이 세계 최초로 선보인 인공지능 네온은 페이스북의 코덱 아바타(Codec Avatar)와 유사하게 실시간으로 사람의 형상을 합성하는 기술로 <그림 6>에서 왼쪽에서 첫 번째 사람을 제외하고 나머지 세 사람은 실제로 존재하지 않는 합성한 사람이다.

그림 6. 삼성 인공지능 네온



출처 : TISTORY(2020)



네온에서 쓰인 기술은 최근 많이 사용되고 있는 생성적 적대 신경망(GAN, Generative Adversarial Network) 기술을 이용하여 사람이 표현할 수 있는 다양한 표정 영상을 학습하고 입력되는 사람의 얼굴형에 맞게 새로운 표정을 생성해내는 기술이다. <그림 7>에서 입력되는 영상에 따라 사용자의 표정이 합성되는 것을 볼 수 있다. 이러한 기술은 실제 존재하지 않는 사람을 만들어 낼 수 있을 뿐만 아니라 원하는 표정과 동작을 만들어 낼 수 있어 향후 많은 가능성을 가지고 있는 기술이다.

그림 7. 삼성 인공지능 네온의 영상 합성 기술 설명



출처 : Youtube(2020)

지금까지 앞서 소개한 볼륨메트릭 캡처, 3D 모델링, 영상 합성의 3가지 관점에서 디지털 휴먼을 생성하는 기술을 소개하였다. 어떤 방식이 절대적으로 좋다고 하기는 어렵고 요구되는 화질과 인터랙션의 종류, 그리고 통신 환경 및 콘텐츠에 따라 방식이 달라져야 한다.

## 2. 디지털 휴먼과의 상호작용

이번 장에서는 디지털 휴먼과 사람과의 자연스러운 상호작용에 대해서 소개하고자 한다. 디지털 휴먼을 만드는 이유는 사람이 인간 형태의 상대에게는 대화에 어려움을 적게 느끼면서 편안함을 느낀다는 기존 연구들에 근거하고 있다(DeVault, 2014). 이러한 이유로 삼성 네온은 실제 사람과 흡사한 디지털 휴먼을 구현하고

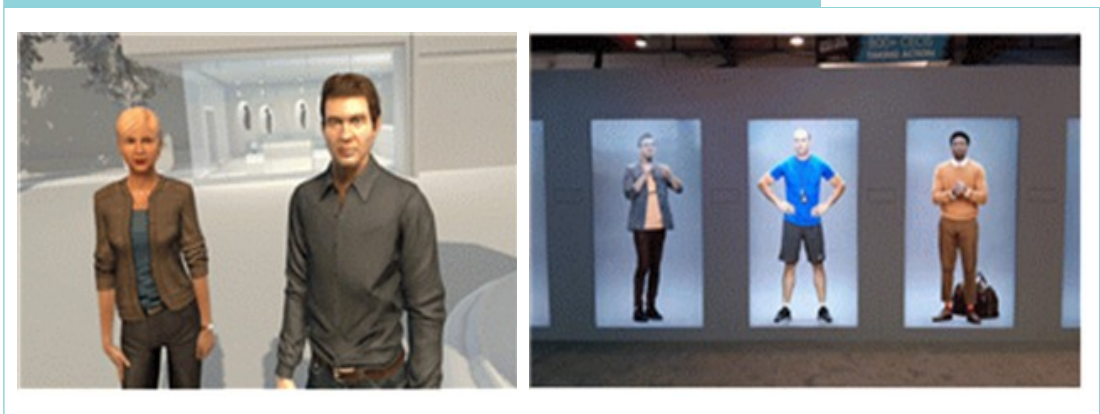


대화를 하는 기술을 소비자 가전 전시회(CES) 2020에서 선보였고 금융사 및 미디어사에 응용을 진행하고 있는 중이다. 이와 관련하여 세계적으로 연구를 선도하는 그룹인 서던캘리포니아 대학교의 창의기술연구소(ICT, Institute for Creative Technology)에서는 이미 10년 전부터 Virtual Human Toolkit을 개발해오고 있고 디지털 휴먼을 간단하게 제어하고 대화를 할 수 있는 기술을 개발하였다.

이러한 디지털 휴먼의 인터랙션 형태는 사용자와 대화하기, 사용자의 지시/명령대로 행동하기, 주위 환경과 인터랙션하기 정도로 분류를 할 수가 있다.

## 2.1. 대화 인터랙션

그림 8. USC ICT의 Virtual Human Toolkit(좌)와 삼성 네온(우)

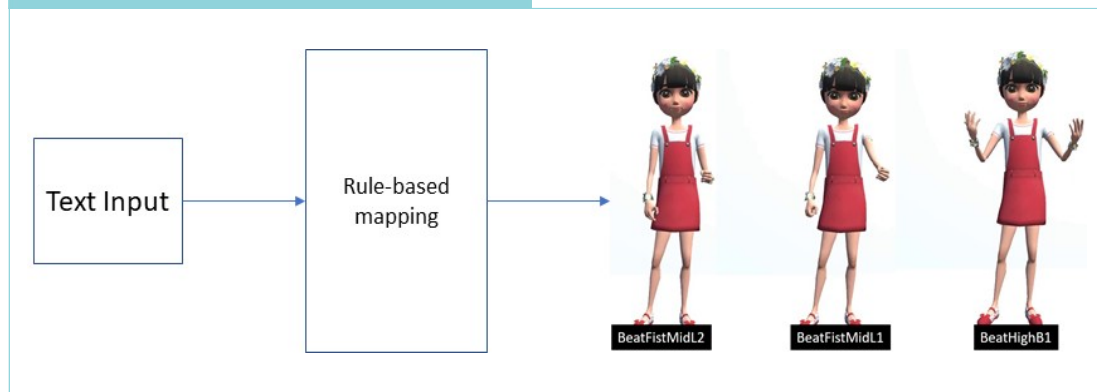


출처 : (좌)USC Institute for Creative Technologies [40], (우)WIRED KOREA(2020)

최근에 들어서 사람의 대화를 흉내 내고 특정한 영역에 입력된 스크립트(scripts) 기반으로 대화를 하는 일반적인 챗봇(chatbot)의 형태를 뛰어 넘어 상황에 관련된(context-related), 인간유사 대화를 하는 지능형 가상 에이전트(intelligent virtual agent) 기술이 대두되고 있다. 기존의 챗봇과 달리 미리 입력받지 못한 질문이나 대화에 대해서도 자연어 처리를 통해서 입력받고 적절한 대화 및 반응을 이어나가는 기술들이 적용된다. 마이크로소프트에서는 Power Virtual Agents라는 이름으로 지능형 가상 에이전트 서비스를 제공하고 있고 구글의 경우에도 DialogFlow라는 이름으로 유사한 서비스를 제공하고 있다. 이러한 기술의 발달로 챗봇이 인간과 유사하게 대화하는 기술은 많이 발전한 상황이다. 챗봇이 대화의 문장 자체를 의미 있게 생성하는 것에 주안점이 있다면 디지털 휴먼의 경우에는 동작이나 얼굴 표정 등으로 사용자에게 여러 가지 정보와 감정을 전달할 수가 있다는 것이 다른 점이다.

디지털 휴먼 행동은 언어적인 행동(verbal behavior)과 비언어적인 행동(nonverbal behavior)이 있을 수 있다. 언어적인 행동은 대화를 위한 동작이므로 대화를 위해서 생성되는 입의 움직임 같은 직접적인 동작으로 설명이 된다. 대화 시에는 비언어적인 행동도 중요하게 여겨지는데 이를 구체적으로 나열하면 시선 응시, 눈 깜빡임, 얼굴 표정, 입모양, 고개 움직임, 몸 움직임, 손동작 등이 있다.

그림 9. 문장의 입력으로 동작 생성하기

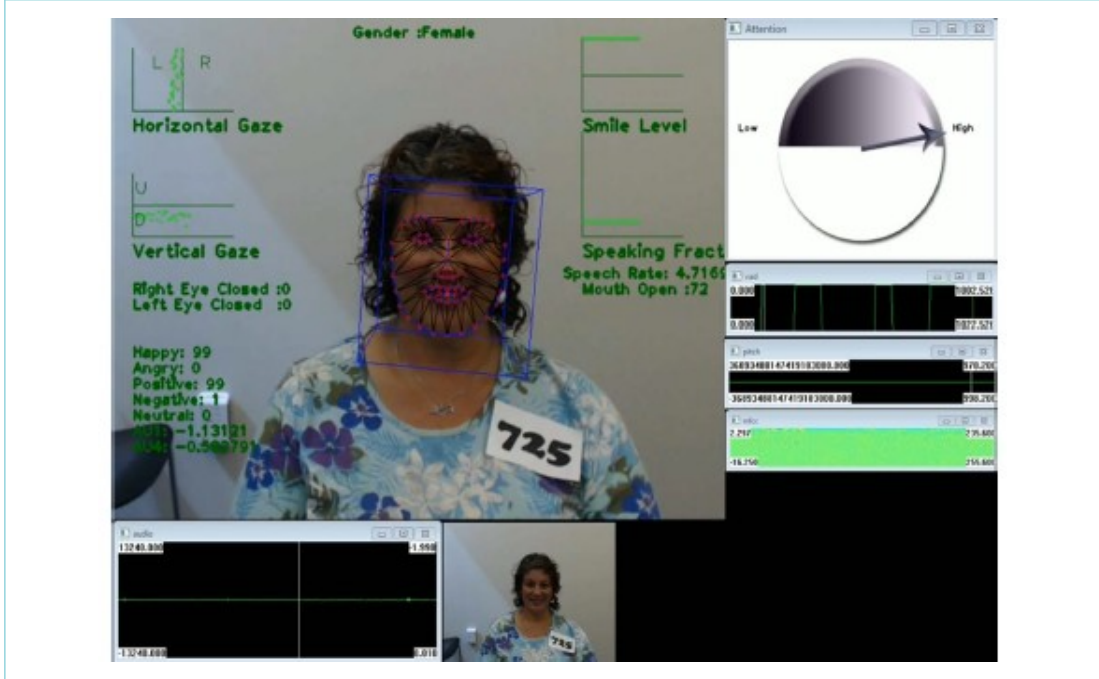


출처 : Ali et al(2020)

대화 시에는 상체의 움직임이 중요한데 특정한 문장에 대해서 어떤 동작을 취할지를 정하는 규칙을 알아내어 맵핑하는 방법을 일반적으로 사용한다. 그런데 문장이라는 것이 무한한 조합의 경우의 수가 가능하기 때문에 모든 규칙을 알아내기 힘든 문제가 있다. 한국과학기술연구원에서는 이를 해결하기 위하여 유튜브의 대화 영상 1766개, 106시간 분량에서 대화와 56가지 다양한 동작의 매핑을 추출하여 필요한 규칙들을 생성하였다. 이를 통해 일일이 대화-동작의 규칙을 사람이 지정하지 않고 자동으로 생성을 하여 입력 문장을 주면 캐릭터가 자동으로 사람과 유사한 동작을 취하며 말하게 된다(Ali, 2020).

또한 반대로 디지털 휴먼을 사용할 시에 카메라를 이용하여 상대 대화자의 몸동작 및 얼굴을 인식하는 경우 보다 면밀하게 상대의 반응을 알아낼 수가 있다. Lucas의 2015년 연구에 따르면 웃음, 표정, 시선, 그리고 목소리 떨림을 인식하는 인공지능(AI, Artificial Intelligence)을 활용할 때 인간이 놓친 미세한 표정 및 동작의 변화를 검출 가능하고 심리적 판단을 정량화하기 때문에 의료진에게 더 정확한 수치를 제공할 수가 있다. 또한 비언어적 정서적 마커(웃음, 표정, 시선)에 대한 정량적 수치를 제공할 수 있기 때문에 의료진의 결정에 도움이 된다(Lucas, 2015).

그림 10. 서던캘리포니아 대학교(USC)의 창의기술연구소(ICT)의 MultiSense(얼굴 표현, 시선 응시, 음성 분석 등 수행)



출처 : USC Institute for Creative Technologies [39]

이러한 디지털 휴먼을 원격에서 사람이 제어하는 경우인 오즈의 마법사(WoZ, Wizard of OZ) 방식과 완전히 자동으로 제어가 되는 경우인 인공지능 방식으로 나누게 된다. 이러한 분류로 DeVault가 2014년에 351명의 참가자를 대상으로 정신건강에 대해서 상담하는 실험을 하였다. 실제로 사람이 대면해서 하는 것, 오즈의 마법사 방식, 인공지능 방식으로 나누어서 테스트하였을 때 피험자가 상대에 대해서 느끼는 친밀도(rapport)가 오즈의 마법사 방식이 가장 높고 인공지능과 실제 인간의 경우가 비슷한 정도로 나왔다. 이러한 것을 볼 때 인공지능을 사용한 디지털 휴먼이라고 할지라도 사람과 유사한 정도의 친밀도를 줄 수 있다고 할 수 있다.

이는 인상 관리(Impression Management)라는 측면에서 설명이 가능한데 사람들은 다른 사람들이 자신을 부정적으로 바라보지 않게 이야기를 감추고 긍정적으로 보도록 하기 위해 정직하지 않은 답변을 한다는 이론이다. 대화 상대자가 이러한 인상 관리를 포기하고 자신을 드러낼 때(disclose) 상대방에 대한 진정성 있는 정보를 얻을 수가 있다. Lucas의 2014년 연구에서는 디지털 휴먼을 사용하여 상담을 진행할 때 참가자들이 자신의 이야기를 말하는 것에 두려움을 덜 느끼고 인상 관리를 덜 한다는 결과를 얻었다.

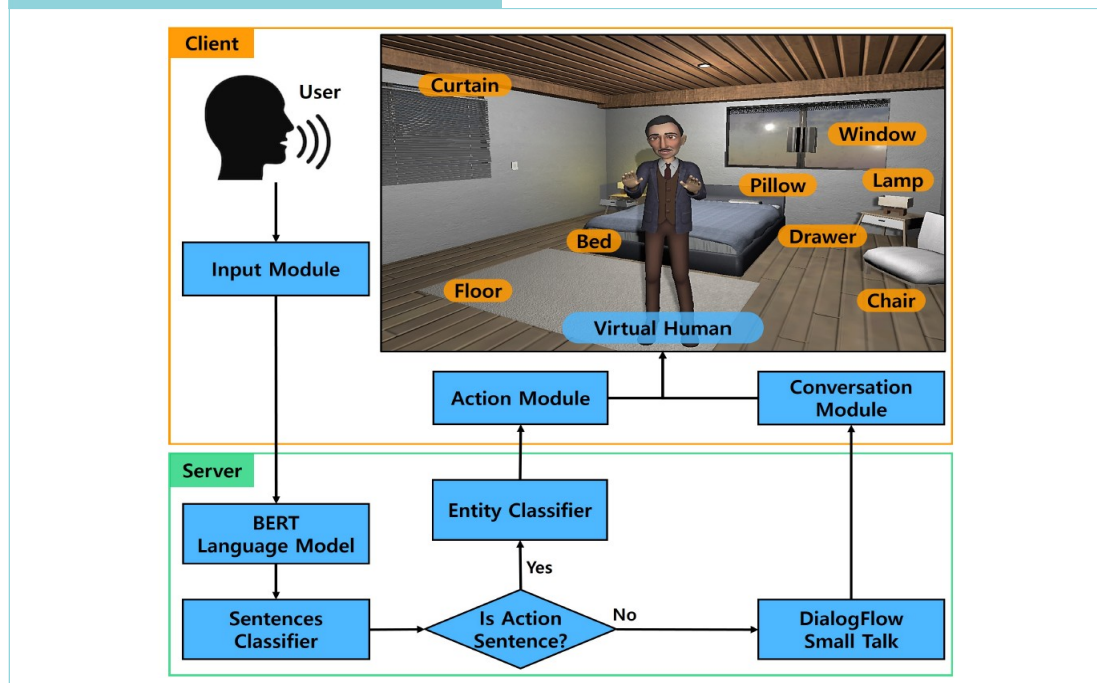
위에서 나열한 바와 같이 디지털 휴먼을 이용하여 대화를 하는 것에는 대화를 생성하는 챗봇 부분과 대화 동작 생성, 비대화 동작 생성, 사용자에게 대한 인식 등이 중요한 요소들이 된다. 이러한 기술들이 적용될 시에 실제 사람 혹은 그 이상의 결과를 유도할 수가 있게 된다.

## 2.2. 행동 인터랙션

디지털 휴먼과 인터랙션을 하는 방법 중 위에서 논한 대화 방식 이외에 특정한 행동을 유도하는 인터랙션이 있다. 이런 인터랙션을 위해서 사용되는 방식으로는 행동 저적이 있다. 이를 위한 언어 중에 유명한 것으로는 BML(Behavior Markup Language)라는 것이 있다. BML은 디지털 휴먼의 행동을 정의하는 언어로 어떤 동작들을 하는지에 대해서 연속적으로 정의를 할 수가 있다(Aggarwal et al, 2011).

최근에는 대화 모델을 이용하여 사용자가 음성으로 명령을 말하면 이를 행동으로 옮기는 디지털 휴먼도 제시되고 있다. 이는 음성 대화를 분석하여 어떤 대상으로(Subject), 어떤 행동을(Action), 어디에서(Position), 어디로(Target) 하는지를 분석하여 수행에 옮기는 것이 가능하다.

그림 11. 디지털 휴먼 행동 인터랙션



출처 : KIST 인공지능연구단, Ghazanfar Ali

이를 보다 자세히 설명하면 위의 <그림 11>처럼 사용자의 발화를 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers) 모델 등을 사용해서 분석하고 이를 문장 분류기(Sentences Classifier)를 사용하여 행동(Action)에 대한 문장인지를 알아낸 후 행동에 관련된 문장인 경우, 요소 분석기(Entity Classifier)에서 어떤 행동들을 해야 하는지에 대해서 분석하여 실제로 동작하도록 지시한다. 만약 행동에 관련되지 않은 문장인 경우 단순히 대화를 하도록 하는데 이는 <그림 11>에서 다른 대화 인터랙션으로 수행이 가능하게 된다.

위의 방식들은 디지털 휴먼이 일정한 규칙이나 지능을 가지고 행동을 하는 것들에 관한 것이지만 현재 많은 경우에는 디지털 휴먼을 사람이 직접 모션 캡처(motion capture)를 통해서 동작을 읽어 들이고 이를 사용하여 제어하는 방법을 사용한다. 이런 방식은 실시간으로 사용자의 동작을 반영하기 때문에 실시간 콘텐츠에 많이 사용되며 버추얼 유튜버 같은 경우에 적합한 방식이다. 주로 사용하는 장비로는 모션 캡처 장비로 HTC Vive의 트래커(tracker)가 일반 대중이 사용 가능한 장비이고 퍼셉션 뉴런(Perception Neuron)사의 제품 등과 같은 어느 정도 전문용 장비들도 사용된다. 사용자의 얼굴 같은 경우에는 페이스리그(FaceRig)사의 제품을 주로 사용하여 얼굴 표정을 실시간으로 읽어서 디지털 휴먼의 얼굴에 반영을 한다. 페이스리그(FaceRig)사의 제품은 PC용뿐만 아니라 안드로이드/아이폰 용으로도 제품이 되기 때문에 얼굴 앞에 부착한 채로 사용하는 경우도 많다.

### 2.3. 환경 인터랙션

주로 혼합현실(MR, Mixed Reality)이나 증강현실(AR)에서 디지털 휴먼은 주위 환경에 반응하여 인터랙션을 하여야 한다. 이를 위해서는 주위 환경의 물체들에 대한 인식(recognition), 분할(segmentation)이 이루어져야 한다. 이를 위해 3차원 깊이 카메라(depth camera)를 이용하는 경우도 있지만 일반적인 경우에는 2차원 카메라를 사용하기 때문에 디지털 휴먼과 주위 환경과 인터랙션을 제공하는 것은 쉬운 문제가 아니다. 한국과학기술연구원에서는 이를 위해서 관심 있는 물체를 영상에서 분할(segmentation)한 다음 분할된 물체의 실루엣을 이용하여 그 물체의 영역을 따내어서 그 영역과 인터랙션하는 방법을 사용한다. 이 방식은 깊이 카메라가 필요 없고 일반적인 분할 방법과 상용의 증강현실(AR) 추적 엔진을 결합하여 효과적인 결과를 낼 수가 있다. 결과적으로 실제 물체와의 가림 현상(occlusion), 충돌 처리(collision detection) 등이 가능하게 된다.



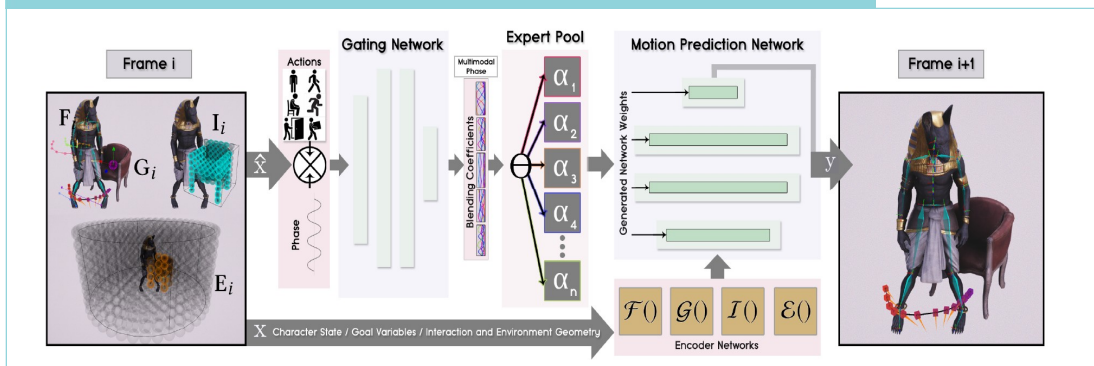
그림 12. KIST의 분할 기반 실루엣 메시 방식의 디지털 휴먼 인터랙션



출처 : KIST 인공지능연구단, 김한섭

이러한 환경 인터랙션은 가상공간에서도 구현이 될 수가 있는데 가상공간에서는 실제 물체가 아니어서 물체 인식이나 분할 등은 필요가 없다는 장점이 있다. 2019년에 SIGGRAPH Asia에서 Startke가 발표한 연구(Starke, 2019)에서는 신경 상태 기계(Neural State Machine)를 이용하여 가상현실에서 디지털 휴먼이 물체들을 피해서 앉고, 물체들을 드는 등의 다양한 행동을 하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 두 가지 네트워크인 동작 예상 네트워크(Motion Prediction Network)와 게이팅 네트워크(Gating Network)를 통해서 구성이 된다. 동작 예상 네트워크는 이전 상태의 동작에서 다음 상태의 동작을 예측하는 것을 수행하고 게이팅 네트워크에서는 현재 목표나 상태에 따라서 동작 예상 네트워크를 생성할 계수나 중요도를 설정하는 역할을 한다.

그림 13. 신경 상태 기계(Neural State Machine)를 이용한 동작 생성



출처 : Starke(2019)



디지털 휴먼은 근 미래에 사람을 대신해서 대화, 행동들을 수행할 수 있을 것으로 예상된다. 디지털 휴먼이 사람과 하는 것처럼 자연스럽게 인터랙션을 할 수 있는 방법은 대화, 행동, 환경과의 반응 등 다양한 영역에 대해서 탐구가 되고 있고 앞으로 더 많은 연구가 이루어질 것으로 예상된다. 현재는 지능화가 많이 이루어지지 않고 규칙 기반으로 이루어지는 경우도 많으며 응용 영역도 버츄얼 유튜버나 게임 등으로 제한적이지만 향후에는 인공지능 기술과 결합되어 사람과 구별이 가지 않는 정도 혹은 그 이상으로 사람에 민감하게 반응할 수 있는 인터랙션 기술이 가능할 것으로 기대된다.

이런 디지털 휴먼 인터랙션이 지원이 된다면 교육, 서비스, 독거노인 관리 등 사회의 다양한 영역에서 사용될 것으로 예상된다.

### 3. 실감 커뮤니케이션 시스템

이번 장에서는 향후 디지털 휴먼이 가장 많이 활용될 것으로 생각되는 실감 커뮤니케이션 시스템의 현주소와 향후 발전 가능성에 대해 소개한다.

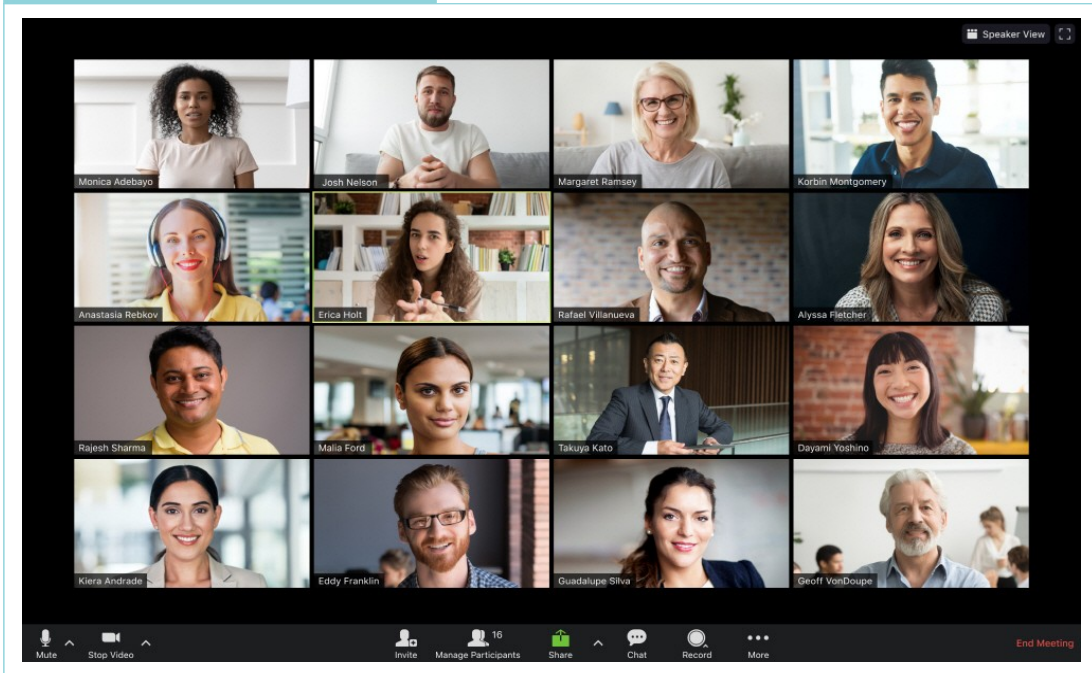
#### 3.1. 비대면 회의 수요 증가

최근 코로나19 팬데믹(Pandemic) 사태가 해를 넘기고 장기화되면서 비대면 만남과 비대면 회의의 수요가 급증하였다. 이에 따라 과거에는 간헐적으로만 사용되었던 화상회의 시스템에 대한 관심이 폭발적으로 증가하였다. Skype, 구글 Meet, 마이크로소프트 Teams, Cisco Webex 등 화상회의 시스템이 비대면 회의 및 비접촉 협업의 도구로 사용되고 있다. 그 중에 미국 스타트업에서 개발한 Zoom은 사용의 편리성 덕분에 인기를 얻고 가장 많이 사용되는 프로그램으로 주목을 받았다. 실제로 Zoom을 개발한 Zoom Video Communication의 주가는 코로나19 이전보다 5배 이상 뛰어오르기도 하였다.

재택근무, 비대면 회의, 원격 협업이 일상이 되면서 화상회의 프로그램은 주요 업무 도구가 되었고, 업무 외의 개인적인 시간에도 비대면 만남을 위한 도구로 널리 활용되고 있다. 요즘은 랜선 미팅, 랜선 공연, 랜선 콘서트, 랜선 파티 등이 점점 보편, 일반화되고 있는 추세이고 여기서도 화상회의 프로그램들이 이용되고 있다. 화상회의 프로그램들이 비대면 수요 및 사용의 용이성에 따라 인기를 누리고 있지만 비대면 협업 및 이벤트 등에서 한계점을 가지고 있다. 협업 자료에 대한 접근성이 주로 한쪽에만 주어지는 비대칭성이라든지 사용자가 카메라 앞을 떠날 수 없고 꼼짝없이 앉아 있어야 한다든지 하는 제한이 있다. 더구나 협업을 하면서도 사용자는 공통의 공간에서 서로 왔다 갔다 하면서 인터랙션하지 못하고 <그림 14>에서 보이는 바와 같이

구역으로 나누어진 카메라 화면 내에서만 존재하게 되어 답답함과 함께 인터랙션의 한계를 느끼게 된다. 그래서 기존 화상회의의 한계를 극복할 수 있는 실감 회의·만남·협업 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

그림 14. Zoom 화상회의 모습

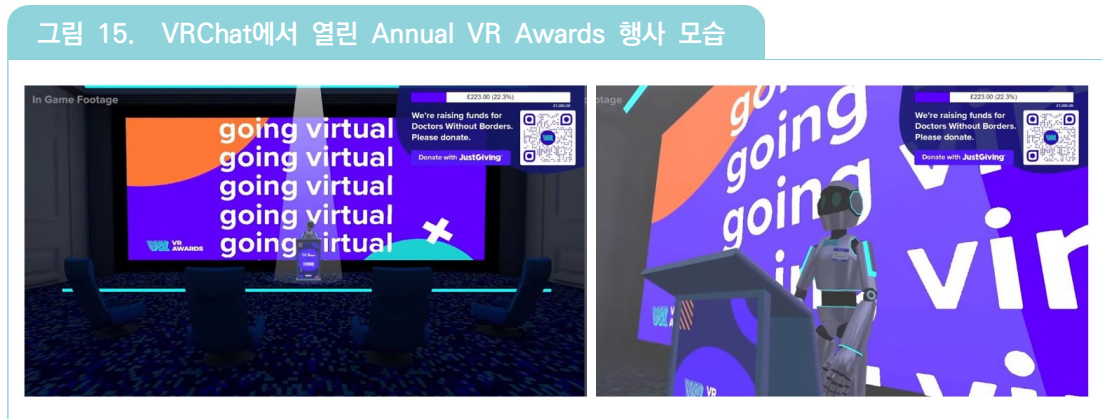


\* 기존 화상회의 시스템은 원격 협업에 많은 제약이 따른다  
출처 : MK(2020)

### 3.2. 실감 회의 시스템들

최근에 VR/AR(가상현실/증강현실) 기반 커뮤니케이션 및 협업 시스템이 화상회의 시스템의 대안인 실감 회의 솔루션으로 시험되고 있다. 뉴스에 따르면 코로나19 팬데믹 이후에 비대면 서비스 중 하나인 온라인 게임의 매출이 많이 증가했다. 네트워크 기반 가상현실(VR) 시스템의 대표적인 것 중 하나가 온라인 게임인데 대형 온라인 게임 개발사들이 온라인 게임 플랫폼을 실감 회의 용도로 사용하려는 시도는 보이고 있지 않다. 아마도 이는 게임 시장에 비해 원격회의의 시장이 아직은 크지 않기 때문일 것이다. 게임 회사 대신 VR/AR 기술 회사들이 소셜 VR이나 VR/AR 회의 시스템들을 속속 출시하고 있는데 얼리어답터(Early adopter)나 기술전문가들을 중심으로 점차 사용자층을 넓혀가고 있다. 이런 프로그램들 중 대표적인 것이 Engage,

MeetinVR, AltSpaceVR, VRChat, Rec Room, Hoppin', Cluster, JumpVR, Mozilla Hubs, Spatial 등이다. 대부분은 가상현실 회의/만남 시스템으로 PC나 모바일 폰으로 이용할 수 있고 Oculus 같은 HMD(Head Mounted Display)와 컨트롤러가 있으면 더 다양하고 자연스러운 인터랙션을 할 수 있는 형태이다. 예를 들어 요즘 유튜브나 트위치(Twitch)로 중계를 많이 하여 인기를 끌고 있는 VRChat은 일종의 대규모 멀티유저 온라인 가상현실 소셜 플랫폼이다. 사용자들은 각자의 독특한 3D 캐릭터 모델 아바타로 가상현실 공간에 들어와서 다른 사용자들과 얘기하거나 게임하고 즐길 수 있다. Vive의 트랙커(tracker)를 사용하면 전신 아바타의 움직임을 제어할 수 있기도 하다. VRChat은 사용자들 간의 가벼운 만남 공간으로 주로 사용되고 있지만 2020년 말 AIXR(Academy of International eXtended Reality, 국제 확장 현실 아카데미)이 주최하는 annual VR Awards 행사를 VRChat 내에서 개최하는 등 공식적인 비대면 이벤트를 열기도 하였다(AIXR, 2020). <그림 15>는 그 행사의 모습을 보여주고 있다.



출처 : AIXR(2020)

AltSpaceVR은 2015년에 출시된 소셜 VR 플랫폼이다. 마이크로소프트는 2017년 AltSpaceVR을 인수하여 HoloLens나 PC를 이용한 가상현실 기반 소셜 공간을 제공하고 있다. AltSpaceVR은 유사 시스템들 중에 현재 완성도가 가장 높은 시스템이다. 이 프로그램에서 사용자들은 그래픽 아바타 형태로 회의에 참여하고 서로 같은 공간에 모여 회의나 협업을 할 수 있다. <그림 16>은 AltSpaceVR 내에서 발표 자료를 공유해서 발표하는 모습을 보여주고 있다.

그림 16. AltSpaceVR 내에서 발표자료를 공유해서 발표하는 모습



출처 : MEDIUM(2017)

국내에도 2020년 말 경 SKT에서 Virtual Meetup 서비스를 시작하였다. 이는 SKT에서 운영하는 JumpVR 모바일 앱에 들어있는 서비스로 소셜월드라는 메뉴에 들어가면 사용할 수 있다. 여기서는 가상공간에 최대 120명까지 동시 접속하여 컨퍼런스, 공연, 전시 등의 행사를 진행할 수 있다고 한다(SKTINSIGHT, 2020). <그림 17>은 JumpVR의 Virtual Meetup 서비스 중에서 컨퍼런스 발표를 하는 모습을 보여주고 있다.

그림 17. JumpVR Virtual Meetup 서비스 중 컨퍼런스룸 발표 장면



출처 : SKTINSIGHT(2020)



앞서 소개한 시스템들은 PC나 모바일 폰에 전용 프로그램을 설치하여 사용하는 형태인데 친구나 협업을 위한 사용자를 초대할 때 프로그램을 별도로 설치해야 하는 것이 불편한 요소 중 하나이다. 이에 반해 Mozilla Hubs는 웹 브라우저만 있으면 사용할 수 있어 접근성이 가장 좋은 가상공간 협업 플랫폼이다. 여기서는 WebXR 기술을 사용하여 협업 공간을 구현한다. Mozilla Hubs는 오픈소스 프로젝트이기도 하여 필요에 의해서는 커스터마이징(customize)도 가능하다. Mozilla Hubs에서는 가상공간 원격 협업을 위해 방을 만들고 친구들을 초대하여 만날 수 있는데 사용자는 PC, 모바일 폰, VR 기기 등을 사용하여 참여할 수 있다. 퍼포먼스 이슈때문에 한 개의 방에는 약 25명 정도가 적당하다고 알려져 있다. 대신 그 이상의 사용자는 방 바깥의 로비라는 곳에서 방 내부의 상황을 지켜볼 수 있는 기능이 제공된다. 협업 공간의 인원 제한은 Mozilla Hubs만의 한계점은 아니고 통신과 컴퓨팅 속도 때문에 네트워크를 사용하는 다른 소셜 VR 시스템들이 공통으로 가지고 있는 제한점이다. Mozilla Hubs도 비대면 공식 이벤트에 사용되기 시작했는데 2020년에 IEEE VR 학회가 Mozilla Hubs에서 열렸으며 <그림 18>이 학회 현장 모습 중 한 장면을 보여주고 있다.

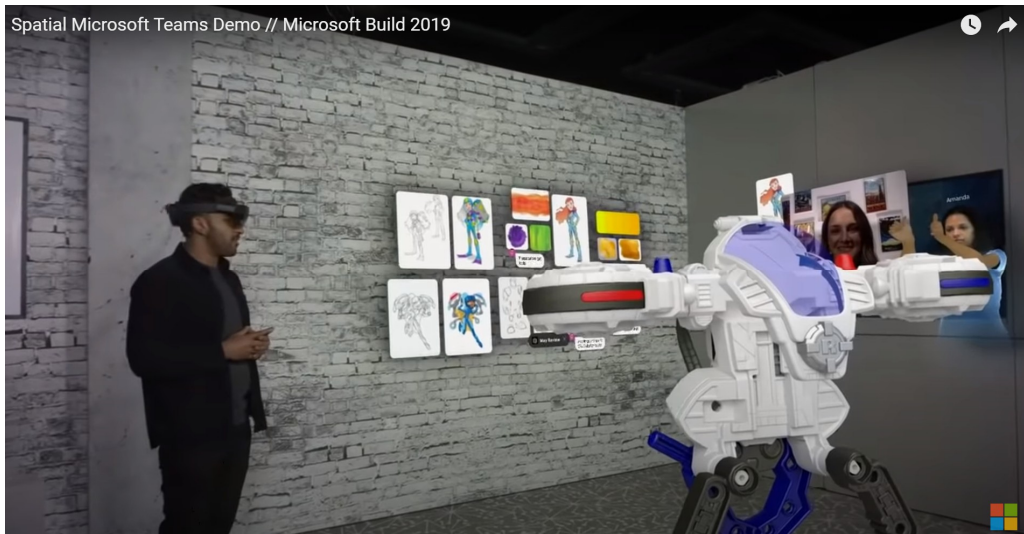
그림 18. Mozilla Hubs에서 열린 IEEE VR 2020 학회 모습



출처 : UGA(2020)

실감 원격 협업 시스템 중 가장 주목받고 있는 것은 Spatial이다. Spatial은 미국의 벤처기업에서 개발한 시스템인데 화상회의 기능과 함께 증강현실(AR) 공간에서의 협업을 가능하게 해준다. Spatial은 2019년 마이크로소프트와 함께 HoloLens를 이용한 증강현실(AR) 공간에서의 협업 데모를 하였다(Youtube, 2019). 사용자가 자신의 공간에서 원격의 사용자와 증강현실(AR)로 나타난 물체를 가지고 협업을 할 수 있게 해주는 기술이다. 이 때 원격의 협업자는 자신과 닮은 아바타 형태로 증강현실(AR) 공간에 나타나고 협업 대상인 물체나 콘텐츠를 공유할 수 있다. 원격의 협업자도 역시 자신의 공간에서 같은 방식으로 협업하게 된다. Spatial은 HoloLens뿐만 아니라 PC, 모바일 폰으로도 협업에 참여할 수 있는 유연성을 보여주어 많은 사람들의 기대를 받았다. <그림 19>는 Spatial을 이용한 협업 데모의 한 장면을 보여주고 있다. 최근 Spatial은 비대면 시대를 맞아 회사들을 대상으로 수요처를 늘려가고 있는 상황이다.

그림 19. Spatial의 협업 데모 장면



\* 마이크로소프트 HoloLens와 PC 화면을 통해 증강현실로 나타난 그래픽 모델을 검토하는 원격 협업을 보여주고 있다. 오른쪽 끝의 사람 모양은 원격에서 HoloLens로 참여한 원격 협업자이고 그 옆의 얼굴은 PC화면으로 참여한 협업자이다  
출처 : Youtube(2019) [44]

앞에서 얘기한 VR/AR 커뮤니케이션 및 협업 시스템들은 현재 사용하고 있는 화상회의 시스템들의 한계점들을 일부 해소시켜주고 있다. 특히 Spatial의 경우에는 증강현실(AR) 환경에서 원격의 사용자와 자기 공간에서 협업을 할 수 있다는 점에서 대면 협업과 비슷한 효과를 낼 수 있는 장점이 있다. 하지만 대부분의 소셜 VR 시스템, 가상현실 기반 회의·협업 시스템들이 캐릭터 타입의 사용자 아바타를 사용하고 있어 진지한



사업 상 협업에는 적합하지 않고, 한 번에 참여할 수 있는 인원수도 제한이 되는 등 여전히 한계점을 가지고 있다. 그리고 커뮤니케이션 성능을 위해서 사용자 아바타나 협업 공간의 모델도 폴리곤(polygon, 3차원 컴퓨터그래픽에서 입체형상을 표현할 때 사용하는 가장 작은 단위인 다각형을 의미) 수를 많이 늘리지 못해 실감을 제공하는 데 한계가 있다. 이러한 한계들이 기술 개발에 의해 극복이 되어 사용자 아바타를 비롯해 협업 공간이나 협업 대상 콘텐츠의 실감화를 이룰 수 있다면 가상공간 안에서 사용자들이 만나고, 돌아다니고, 즐기고, 교육받고, 직업도 가지는 실제 사회와 비슷한 가상공간 사회인 소위 메타버스(Metaverse, 가상·초월(meta)과 세계·우주(universe)의 합성어로, 3차원 가상 세계를 의미)가 구축되어 비대면 시대에 핵심적으로 활용될 수 있는 시스템이 될 것이다.

#### 4. 실감 콘텐츠 3D 입체영상 재현 기술

앞 장에서 소개한 디지털 휴먼과 실감 커뮤니케이션 서비스들은 결국 2D 화면을 벗어나 3D 입체영상으로 나타나야 비로소 실감이라는 단어와 어울리게 된다. 이번 장에서는 이러한 3D 콘텐츠를 입체적으로 재현하는 기술을 소개한다.

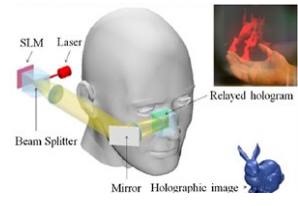
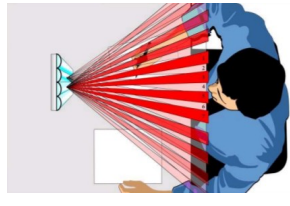
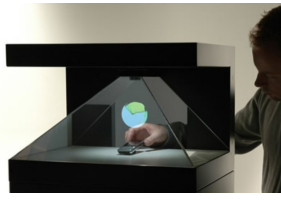
3차원 입체영상 재현 기술은 1838년 영국의 Charles Wheatstone의 입체경(stereoscope) 실험으로부터 시작된 stereoscopic 디스플레이 기술부터 1948년 Dennis Gabor에 의해 소개된 홀로그래피(holography) 연구를 바탕으로 한 디지털 홀로그램(digital hologram) 디스플레이 기술에 이르기까지 그동안 공연, 영화, 게임 등의 문화콘텐츠 산업의 성장과 함께 많이 발전하였다. 그리고 최근 코로나19 바이러스의 전 세계적 유행에 의한 인류의 물리적, 정신적 교류 단절 문제가 크게 부각됨에 따라 시공간을 초월하여 인류의 고립감을 해소할 수 있는 기술 개발의 중요성이 대두되었고, 이를 위한 수단으로써 3D 입체영상 재현 기술의 역할이 주목받고 있다.

한편, 이상적인 3D 입체영상 재현 기술은 완전시차와 초점조절 단서를 제공하여 편안하고 완전한 3D 효과를 제공하고, 자유로운 시청 환경에서 가상객체의 360도 전 방향의 관찰이 가능해야 한다. 그러나 현재 이상적인 3D 입체영상 재현 기술로 알려진 홀로그램 기술은 재현 가능한 영상의 크기, 장치의 부피, 비용 등의 문제로 아직 상용화가 어려운 수준이며, 실제 산업에서는 홀로그램을 대체하여 상용성이 높은 유사 홀로그램 기술을 주로 활용하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 산업에서는 유사 홀로그램 기술을 중심으로 관련 원천 기술의 단점을 보완하고, 여러 가지 기술 융합을 통한 응용서비스의 성숙도를 높여가고 있으며, 문화콘텐츠, 의료, 자동차 분야에서는 이미 상용화 수준의 응용서비스를 제공하고 있다.

융합연구리뷰에서는 대표적 유사 홀로그램 기술을 Near-Eye display, Autostereoscopic display, Floating display 이렇게 세 가지 부류로 분류하여 각 기술의 장단점과 세계 최고 수준의 기술개발 현황을 살피고, 이를 바탕으로 실제 다양한 산업에서 3D 입체영상 재현 기술을 활용하여 상용화 수준의 실감 콘텐츠 서비스를 어떻게 제공하는지 대표 사례를 통해 설명한다.

현재 산업에서 활용하는 유사 홀로그램 기술은 <표 1>과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있으며, 각자의 장점을 극대화하고, 단점을 보완하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

표 1. 산업에서 주로 활용되는 3D 입체영상 재현 기술 분류

|          | Near-Eye  | Autostereoscopic  | Floating  |
|----------|---|---|---|
| 대표 이미지   |  <p>[CHANG 2020] [4]</p>  |  <p>[Zinger 2009] [27]</p>  |  <p>[GLIMMDISPLAY] [29]</p>  |
| 폼 팩터     | 안경 형태, 근거리 착용형  | 2D 디스플레이와 동일  | 박스 형태, 이미지 반사형  |
| 동작원리     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형 디스플레이에서 반사된 빛이 광도파로를 통해 눈동자로 직접 전달됨</li> <li>- 주로 빔 스플리터를 사용하여 디스플레이에서 반사된 빛과 실제 물체에서 반사된 빛을 동시에 볼 수 있도록 하는 방식</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원통형 렌즈(혹은 시차 장벽) 격자를 패널에 부착하여, 사용자 위치에 따라 렌즈 아래의 하위 픽셀들을 주기적으로 구분하여 볼 수 있도록 함</li> <li>- 특정 시점 거리와 위치에서 하위 픽셀들의 집합은 하나의 시점 이미지를 형성하는 방식</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝터 혹은 디스플레이를 장치의 상단 혹은 하단에 배치하고, 반거울 형태의 프리즘을 통해 45도 각도로 이미지를 반사하여 제공함</li> <li>- 반사된 이미지가 프리즘 안 허공에 떠 있는 착시를 느끼게 되며, 네 개의 면으로 프리즘을 구성하여 4개의 다른 시점 이미지를 제공하는 방식</li> </ul> |
| 입체시      | 제공  | 제공  | 미제공   |
| 운동시차     | 제공  | 제공  | 미제공   |
| 기기 착용    | 필요함   | 필요 없음   | 필요 없음   |
| 사용자 수    | 1인용   | 다인용   | 다인용   |
| 멀미, 어지러움 | 심함  | 보통  | 없음 (2D 디스플레이 수준)  |
| 해상도      | 보통  | 낮음  | 높음 (2D 디스플레이 수준)  |
| 영상왜곡     | 심함  | 보통  | 없음  |
| 적용 분야    | 인터랙션, 체험  | 의료, 영화  | 자동차, 공연/전시  |

출처 : 표 내의 참고문헌을 바탕으로 저자가 정리

#### 4.1. Near-Eye Display 기술 동향

Near-Eye display 그룹은 소형 폼 팩터로 구현 가능하여 안경, 고글 형태의 소형 착용형 기기로 발전하고 있으며, 재현되는 3D 객체의 자연스러운 입체감과 실제 공간에서의 사용자의 위치 변화에 따른 부드러운 전방향 운동시차를 제공한다. 이러한 장점으로, 3D 객체와의 인터랙션, 1인칭 증강현실 체험 등 다양한 응용서비스가 개발되고 있다. 그러나 착용형 기기로 인한 불가피한 신체적 불편함의 문제와 가상 객체의 초점조절 정보의 부재로 인한 수렴-조절 불일치 문제(Hoffman, 2008)로 안구 통증과 어지러움 문제 등이 관련 기술의 가장 큰 기술적 단점으로 지목되고 있으며, 이를 극복하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 이 밖에도 기술의 고도화를 위하여, 사람의 시야각을 모사하는 넓은 시야(FOV, Field of view) 제공, 사용자 개인적 변인(양안거리, 얼굴형태)에 대응 가능한 Eye Box 설계, 저 피로 고품질 홀로그램 이미지 재현을 위한 Foveated Rendering/Display 기술(Kim, 2019) 등이 연구되고 있다.

표 2. Near-Eye display 분야 State-Of-The-Art(SOTA) 기술 예시

| 대표 이미지 | 기술적 특징  | 년도/기관   |
|--------|---|---|
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수렴-조절 불일치 문제 완화를 위한 초다시점 디스플레이 적용</li> <li>- 단안에 잘 분리된 4개 시점에 해당하는 초다시점 영상을 제공하여 수렴-조절 불일치 문제를 완화할 수 있음</li> </ul>                                   | <p>2020/East China Jiaotong University, 중국 (Wan, 2020) [23]</p> |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 액정 포토닉스 기반의 편광 광학계를 사용하여 실제 인간의 시각 정보 인지와 유사한 foveated display 환경 구현</li> <li>- Peripheral 및 foveal 비전을 제공하여 저 피로, 고품질 홀로그램 이미지를 제공할 수 있음</li> </ul> | <p>2020/Facebook Reality Labs, 미국 (Lee, 2020) [14]</p>          |

출처 : 표 내의 참고문헌을 바탕으로 저자가 정리

현재 Near-Eye display 기술의 가장 큰 관심사는 초점 조절 정보를 제공하여 수렴-조절 불일치 문제를 완화하고, 장시간 착용 시에도 시각피로를 유발하지 않는 기술 개발에 있다. 이를 위해, Near-Eye display 시스템에 다초점/가변초점 광학계(Cui, 2019, Rathinavel, 2019), 초다시점/라이트필드 디스플레이(Jang, 2017), 홀로그래픽 광학소자(Wakunami, 2016)를 적용하여 수렴조절 불일치 문제를 완화하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

#### 4.2. Autostereoscopic Display 기술 동향

Autostereoscopic display 그룹은 일반 2D 디스플레이 패널 위에 특수 렌즈나 필름을 부착하는 형태의 폼 팩터로 구현되며, 1인용 모바일 디스플레이부터 대화면 사이니지 디스플레이까지 응용서비스에 맞게 다양한 크기로 개발되고 있다. 해당 기술 그룹은 아무런 기기의 착용이 필요 없는 무안경 방식으로 복수의 사용자가 재현되는 3D 객체를 특정 공간 내에서 자유롭게 이동하며 부드러운 운동시차를 관찰할 수 있고, 개인적 변인(양안 거리 및 3D 시청 경험 등)에 관계없이 비교적 정확하고 편안한 입체감을 지각할 수 있는 기술적 장점이 있다. 그러나 올바른 3D 영상 시청이 가능한 범위가 제한적이고, 3D 영상의 해상도가 사용하는 시점 이미지 수에 비례하여 감소하는 기술적 단점이 있으며, 이를 극복하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 이 밖에도 깨끗한 양안시차 이미지 제공을 위한 Crosstalk 저감, 수렴-조절 불일치 저감을 위한 초다시점 설계, 사용자와 3D 콘텐츠의 인터랙션을 위한 트래킹 기술 기반의 사용자-3D 영상 인터랙션 기술 등이 해당 기술 그룹에서 많은 관심을 받고 있다.

표 3. Autostereoscopic display 분야 State-Of-The-Art(SOTA) 기술 예시

| 대표 이미지 | 기관(소속) 기술적 특징  | 년도/기관                                |
|--------|--|--------------------------------------|
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용자의 현재 시청 거리를 추적하고, 사용자 위치에 대응하여 다시점 디스플레이의 하위 화소에 할당되는 시점 인덱스 정보를 동적으로 결정하는 기술 제안</li> <li>- 개발 기술을 통해 기존 (초)다시점 디스플레이의 올바른 3D 영상 시청이 가능한 제한적 시청 범위를 사용자를 추적하는 카메라의 화각 범위로 크게 확장할 수 있음</li> </ul> | 2018/한국과학기술연구원, 한국 (Kang, 2018) [12] |

| 대표 이미지 | 기관(소속) 기술적 특징  | 년도/기관  |
|--------|--|--|
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시차장벽 역할을 하는 Scattering modulator를 멀티 레이어 구조로 형성하고, 각 레이어를 선택적으로 활성화함으로써 최적 시청 거리를 다중으로 형성하는 기술 제안</li> <li>- 개발 시스템에서 가변 가능한 최적 시청 거리 중 사용자 임의의 시청 거리에 가장 가까운 최적 시청 거리를 제공하여 다시점 환경에서 불필요한 crosstalk를 저감할 수 있음</li> </ul> | <p>2020/Chengdu Technological University, 중국 (Zhou, 2020) [26]</p> |

출처 : 표 내의 참고문헌을 바탕으로 저자가 정리

Autostereoscopic display 기술은 시점 이미지의 간격, 시점 수에 따른 올바른 3D 영상의 시청 범위와 3D 영상의 해상도 사이의 trade-off 문제가 있어서, 응용서비스의 목적에 따라 제한적 자원으로 최적화된 설계를 하는 것이 주요 관심사였다. 그러나 최근에는 사용자 및 주변 환경에 따라 적응적으로 가변하는 광학 시스템 개발로, 재현되는 3D 영상 품질의 저하를 최소화하며, 동시에 시청 환경적 제약을 극복하는 연구가 활발히 진행 중이다(Kang, 2018, Zhou, 2020). 아울러, 수렴-조절 불일치 문제 저감에 효과가 있다고 알려진 SMV(Super Multi-View display) 기술을 고도화하고(Wang, 2019), 다른 3D 입체영상 재현 기술과 융합하여 그 상용성을 확장하기 위한 연구(Ueno, 2018)가 꾸준히 진행되고 있다.

### 4.3. Floating Display 기술 동향

Floating display 기술 그룹은 기본적으로 2D 영상을 45도 각도로 비스듬히 배치한 반거울을 허공에 띄우는 방식으로 반거울의 기울어진 각도로 인하여 박스형태의 폼 팩터를 가지고, 재현하고자 하는 시점 영상의 수만큼의 반거울을 다면체 형태로 이어 붙이는 방식으로 제작된다. Floating display는 재현 영상의 왜곡이나 해상도 저하, 어지러움 등의 문제로부터 자유롭고, 다양한 크기로 구현 및 설치가 간단하여 실제 산업에서 접근성이 가장 높은 기술이다. 그러나 반사되어 제공되는 이미지는 입체영상이 아니며, 운동시차가 없으므로 실제 지각되는 입체감이 낮은 기술적 한계가 있다. 이러한 이유로 최근에는 반거울을 이용한 floating 방식과 autostereoscopy/Integral Photography(IP) 등의 무안경 입체디스플레이 방식을 결합한 형태(Zhao, 2015) 혹은 이중 코너 반사경 어레이(DCRA, Dihedral Corner Reflector Array) 렌즈를 이용한 in-line floating 방식과 무안경 입체디스플레이 방식을 결합한 융합 기술(Min, 2021, Choi, 2020)들이 제안되고 있다. 2D 영상을 대신하여 무안경 입체디스플레이 패널을 사용하여 3D 객체의 입체감을 제공하고 floating 방식으로 허공에 3D 영상을 재현하는 방식이다.



표 4. Floating display 분야 State-Of-The-Art(SOTA) 기술 예시

| 대표 이미지 | 기술적 특징   | 년도/기관   |
|--------|--|---|
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integral Photography(IP) 방식의 입체디스플레이와 여러 개의 반투명 거울을 사용하여 360도에서 완전시차를 가지는 3D 객체를 볼 수 있는 다면체 모양의 floating 3D display를 제안함</li> <li>- 다면체 반거울 구조로 제안 기술을 통해 IP 디스플레이의 완전 운동시차를 복수의 시청자가 동시에 다양한 위치에서 관찰할 수 있으며, 좌우 스테레오스코픽 영상의 반전 왜곡 없이 360도 연속적인 운동시차 관찰이 가능한 장점이 있음</li> </ul>                | <p>2015/Tsinghua University, 중국 (Zhao, 2015) [25]</p> |
|        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이중 코너 반사경 어레이(DCRA, Dihedral Corner Reflector Array) floating 렌즈와 IP 방식의 입체디스플레이를 사용한 콤팩트 형태의 in-line floating 3D display 시스템을 제안함</li> <li>- 제안 기술을 통해 in-line 콤팩트한 디스플레이 구조를 유지하여 기존 DCRA를 사용하는 floating 3D display보다 작은 시스템 볼륨을 가지며, 정상적인 시청 방향에서 원치 않는 고스트 이미지 없이 3D 입체영상을 제공함</li> </ul> | <p>2020/인하대학교, 한국(Min, 2021) [18]</p>                 |

출처 : 표 내의 참고문헌을 바탕으로 저자가 정리

Floating display 기술은 공연, 전시 분야에서 빈번히 사용되는 상용화 기술이지만, 최근 증강현실, 홀로그램에 대한 소비자 니즈가 증가함에 따라 기존 무안경 입체 디스플레이 기술과 연계하여 입체영상을 허공에 띄우는 효과를 내기 위한 도구로써 다시 연구자들의 주목을 받고 있다. 현재 다양한 소재와 방식을 결합한 융합 기술 형태로 주로 연구되고 있으며, 입체영상을 floating 하는 공간을 변조하거나 범위를 확장하는 연구(Jang, 2017)의 기술융합으로 복잡해진 광학계에서 발생하는 원치 않는 영상의 노이즈, 색수차, 간섭 등의 부가적 문제를 저감하는 연구(Wakunami, 2016)가 주로 진행되고 있다.



#### 4.4. 실감 콘텐츠 분야 활용 현황

산업에서 3D 입체영상 재현 기술은 문화콘텐츠, 의료, 자동차 분야를 중심으로 현재 상용화 수준의 응용서비스에 활용되고 있으며, 관련 산업을 고도화 시키거나 새로운 단계로의 패러다임 전환, 혹은 융합산업을 통한 신시장 창출을 위한 원동력이 될 것으로 전망된다.

대표적으로, 문화콘텐츠 산업 분야에서는 디지털 휴먼 기술과 연계하여 기존에 없었던 보다 높은 현실감과 몰입감을 제공하는 실감 콘텐츠 서비스 혹은 현실에서는 불가능한 초현실 콘텐츠 서비스를 제공하는데 3D 입체영상 재현 기술을 주로 활용되고 있다. 예를 들어, 미국의 라스베거스에서는 고인이 된 마이클 잭슨이나 비틀즈를 3D 아바타로 재현하여 혼합현실 콘서트를 서비스하고 있으며, 국내에서는 SM엔터테인먼트가 첨단 증강현실 재현 기술 및 실시간 3D 그래픽 기술을 접목한 새로운 개념의 온라인 콘서트 서비스를 제공한 바 있다. 이 밖에도 근 미래에는 개인화된 디지털 휴먼과 연계하여 교감 및 소통을 통한 정서적 케어 서비스, 혹은 반복된 단순 업무를 대신하는 비서 서비스, 대면이 필요한 업무를 대신하는 비대면 서비스 등에도 3D 입체영상 재현 기술이 활용될 것으로 예상된다.

표 5. 실감 콘텐츠 분야에서의 3D 입체영상 재현 기술 활용의 예시

| 대표 이미지  | 기술적 특징  | 날짜/기관/응용서비스                                       |
|---|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로젝터에서 나온 화면을 투명 LCD 프로젝션 스크린에 반사시켜 Floating display 영상을 재현</li> <li>- 2D 영상이지만 3D를 시청하는 듯한 착시 효과로 재현 가능하며, 사용자 전신 및 회의, 컨퍼런스 공간 등 대화면 재현, 실시간 동작이 가능한 장점이 있음</li> </ul>                             | 2017/Virtual On (VIRTUALON 2017)/홀로그램 텔레프리젠스 [42] |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이중 레이어 구조의 홀로그래픽 광학소자(HOE)를 적용한 Near-Eye display로 영상을 재현</li> <li>- 근거리/원거리 초점 스위칭이 가능하고, standalone 타입이지만 작고 가벼운 폼 팩터로 제작됨</li> <li>- 인공지능 디지털 휴먼 MICA와 교감 및 소통, 그리고 간단한 게임 등의 인터랙션이 가능함</li> </ul> | 2018/Magic Leap One (MAGIC LEAP)/디지털 휴먼 MICA [31] |

출처 : 표 내의 참고문헌을 바탕으로 저자가 정리

그러나 이러한 응용서비스에 앞서 살펴본 3D 입체영상 재현 기술의 한계로 인해 아직 소수의 소비자 호기심에 의존하여 시범 운영되는 수준이다. 따라서 관련 서비스가 보다 상용화, 대중화되기 위해서는 실감 콘텐츠의 종류에 따라 사용하는 3D 입체영상 재현 기술의 차별적 고도화 전략이 필요하다. 예를 들어, 대규모 공연/무대 전시의 경우, 원거리에 위치한 다수의 관람객을 위하여 대화면 구성, 넓은 시청공간에서의 균일한 영상 품질 유지, 무안경 시청환경 및 비접촉 인터랙션 제공 등의 요소가 중요할 것이다. 반대로 개인화된 디지털 휴먼 응용서비스 경우, 이질감 없는 완전 입체감 제공, 휴먼 모델의 전신을 찢림 없이 보기위한 넓은 시야각 제공, 그리고 일상에서 개인화된 서비스로 장시간 활용하기 위한 신체적, 정신적 편안함 제공 등이 기술이 등이 필수적이라 할 수 있다.

〈표 5〉는 실제 실감 콘텐츠 산업의 대표적인 3D 입체영상 재현 기술의 활용 예시를 나타낸다. Virtual On의 경우, 다중 위치 홀로그램 원격회의 시스템을 구현하기 위하여 프로젝터와 투명 액정 디스플레이(LCD, Liquid Crystal Display) 반사 스크린을 사용한 Floating display 시스템을 사용하였다. 간단한 광학계 구성을 통해 강당, 컨퍼런스 센터, 회의실 등의 장소에 관계없이 대화면 재현이 가능하고 실시간 양방향 영상 전송이 가능하게 하여 여러 위치에서 동시에 원격 청중과 무제한으로 상호 작용할 수 있도록 기술을 특화하였다. Magic Leap의 경우, 인공지능을 탑재한 디지털 휴먼 'Mica'와 교감 및 소통, 게임 등의 간단한 인터랙션을 할 수 있도록 Near-Eye display 기술을 사용한 증강현실 글래스를 개발하였다. 'Mica'는 단순히 조명 켜기/끄기, 스케줄 읽어주기 등의 단순한 인공지능 수준이 아니라 개인의 감정을 읽고, 교감하며 일상에서 친구, 연인 등 사람의 역할을 대신하도록 설계된 인간 친화적 인공지능이다. 디지털 휴먼을 통한 개인화된 서비스를 위해, 이중 레이어 방식의 홀로그래픽 광학소자(HOE, Holographic Optical Elements)를 사용하여 초점 가변이 가능하도록 하였고, standalone(컴퓨터를 다른 컴퓨터와 접속시키지 않고 단독으로 이용하는 형태) 형태의 작고 가벼운 폼 팩터로 기기를 구현하여 사용자의 정신적/신체적 불편함을 최소화하는데 기술을 특화하였다.

### III 결론

지금까지 영상으로부터 사실적인 디지털 휴면을 생성하고 가상과 현실의 혼합 공간에서 실제 사람과 인터랙션하는 방식, 그리고 디지털 휴면을 활용한 실감 커뮤니케이션 서비스와 디지털 휴면과 콘텐츠를 입체적으로 재현하는 기술을 소개하였다. 각 기술 분야별 완성도는 점점 높아져가고는 있지만 이 모든 기술들을 합친 형태의 실감 콘텐츠 및 서비스는 아직까지 사용성이나 실감도 면에서 사용자의 요구 수준에서 좀 더 연구를 진행해나가야 할 것으로 보인다. 그렇지만 한 가지 확실한 것은 코로나19 상황으로 인해 비대면 실감 콘텐츠와 서비스에 대한 대중들의 관심도가 커지고 있고 일상생활에 서서히 자리를 차지하고 있는 과정으로 볼 때 SF 영화 속의 한 장면이 현실에서 당연시 될 날이 머지않았다는 것이다.

#### 저자\_ 임화섭(Hwasup Lim)

• 학력

펜실베이니아주립대 전기공학 공학박사  
 펜실베이니아주립대 전기공학 공학석사  
 한양대학교 전자공학 공학사

• 경력

現) 한국과학기술연구원 책임연구원  
 現) 과학기술연합대학원대학교 교수  
 前) 삼성종합기술원 전문연구원

#### 저자\_ 황재인(Jae-In Hwang)

• 학력

포항공과대학교 컴퓨터공학 공학박사  
 포항공과대학교 컴퓨터공학 공학석사  
 포항공과대학교 전자계산학 공학사

• 경력

現) 한국과학기술연구원 책임연구원  
 前) 고려대학교 연구조교수

## 참고문헌

- 1) [Aggarwal 2011] Aggarwal, Priti & Traum, David. (2011). The BML Sequencer: A Tool for Authoring Multi-character Animations. Intelligent Virtual Agents 2011
- 2) [Ali 2020] Ali, Ghazanfar & Lee, Myungho & Hwang, Jae-In, "Automatic text-to-gesture rule generation for embodied conversational agents," Computer Animation and Virtual Worlds, 2020
- 3) [Arroyo 2017] J. Arroyo-Palacios and R. Marks, "Believable Virtual Characters for Mixed Reality," 2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct), Nantes, 2017,
- 4) [Chang 2020] Chenliang Chang, Kiseung Bang, Gordon Wetzstein, Byoungcho Lee, Liang Gao, "Toward the next-generation VR/AR optics: a review of holographic near-eye displays from a human-centric perspective," Optica 7(11), 1563-1578 (2020).
- 5) [Choi 2020] Choi, Sungwon, Sungwoong Park, and Sung-Wook Min. "Design of ghost-free floating 3D display with narrow thickness using offset lens and dihedral corner reflector arrays." Optics express 28(10), 15691-15705 (2020).
- 6) [Cui 2019] W. Cui and L. Gao, "All-passive transformable optical mapping near-eye display," Sci. Rep. 9(1), 1-8 (2019)
- 7) [DeVault 2014] DeVault, David & Artstein, Ron & Benn, Grace & Dey, Teresa & Fast, Ed & Gainer, Alesia & Georgila, Kallirroi & Gratch, Jonathan & Hartholt, Arno & Lhomme, Margot & Lucas, Gale & Marsella, Stacy & Morbini, Fabrizio & Nazarian, Angela & Scherer, Stefan & Stratou, Giota & Suri, Apar & Traum, David & Wood, Rachel & Morency, Louis-Philippe. (2014). SimSensei Kiosk: A Virtual Human Interviewer for Healthcare Decision Support. 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS 2014
- 8) [Guo 2019] Kaiwen Guo, Peter Lincoln, Philip Davidson, Jay Busch, Xueming Yu, Matt Whalen, Geoff Harvey, Sergio Orts Escolano, Rohi, Kumar Pandey, Jason Dourgarian, Danhang Tang, Anastasia Tkach Adarsh, Kowdle Emily Cooper, Mingsong Dou, Sean Fanello, Graham Fyffe, Christoph Rhemann, Jonathan Taylor, Paul Debevec, Shahram Izadi, "The Relightables: Volumetric Performance Capture of Humans with Realistic Relighting," SIGGRAPH Asia 2019
- 9) [Huang 2020] Zeng Huang, Yuanlu Xu, Christoph Lassner, Hao Li, Tony Tung, "ARCH: Animatable Reconstruction of Clothed Humans," CVPR 2020
- 10) [Hoffman 2008] Hoffman, David M., et al. "Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue." Journal of vision 8(3), 33-33 (2008).
- 11) [Jang 2017] C. Jang, K. Bang, S. Moon, J. Kim, S. Lee, and B. Lee, "Retinal 3D: augmented reality near-eye display via pupil-tracked light field projection on retina," ACM Trans. Graph. 36(6), 1-13 (2017).

- 12) [Kang 2018] M. K. Kang, H. P. Nguyen, D. Kang, S. G. Park, and S. K. Kim, "Adaptive viewing distance in super multi-view displays using aperiodic 3-D pixel location and dynamic view indices," *Optics Express*, 26(16), 20661–20679 (2018).
- 13) [Kim 2019] Kim, Jonghyun, et al. "Foveated AR: dynamically-foveated augmented reality display." *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 38 (4), 1–15 (2019).
- 14) [Lee 2020] S. Lee, M. Wang, G. Li, L. Lu, Y. Sulai, C. Jang, and B. Silverstein, "Foveated near-eye display for mixed reality using liquid crystal photonics," *Open Access*, 10(1), 1–11 (2020)
- 15) [Li 2020] Ruilong Li, Yuliang Xiu, Shunsuke Saito, Zeng Huang, Kyle Olszewski, Hao Li, "Monocular Real-Time Volumetric Performance Capture," *ECCV 2020*
- 16) [Lucas 2015] G. M. Lucas, J. Gratch, S. Scherer, J. Boberg and G. Stratou, "Towards an affective interface for assessment of psychological distress," *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, Xi'an, 2015
- 17) [Lucas 2014] Gale M. Lucas, Jonathan Gratch, Aisha King, Louis-Philippe Morency, "It's only a computer: Virtual humans increase willingness to disclose," *Computers in Human Behavior*, 2014
- 18) [Min 2021] Min, D., Choi, M. H., & Park, J. H. (2021). Compact in-line floating display system using a dihedral corner reflector array. *Optics Express*, 29(2), 1188–1209 (2021).
- 19) [Rathinavel 2019] K. Rathinavel, G. Wetzstein, and H. Fuchs, "Varifocal occlusion-capable optical see-through augmented reality display based on focus-tunable optics," *IEEE Trans. Visual Comput. Graphics* 25(11), 3125–3134 (2019)
- 20) [Sebastian 2019] Sebastian Starke, He Zhang, Taku Komura, and Jun Saito, "Neural state machine for character-scene interactions," *ACM Trans. Graph*, 2019
- 21) [Ueno 2018] Ueno, Takaaki, and Yasuhiro Takaki. "Super multi-view near-eye display to solve vergence-accommodation conflict." *Optics express* 26(23), 30703–30715 (2018).
- 22) [Wakunami 2016] K. Wakunami, P.-Y. Hsieh, R. Oi, T. Senoh, H. Sasaki, Y. Ichihashi, M. Okui, Y.-P. Huang, and K. Yamamoto, "Projection-type see-through holographic three-dimensional display," *Nat. Commun.* 7, 12954 (2016).
- 23) [Wan 2020] W. Wan, L. Lin, M. Luo, Z. Liu, C. Luo, and Y. Su, "Optical see-through near-eye display based on dot matrix nanogratings," *Optical Materials*, 107, 110011 (2020).
- 24) [Wang 2019] Wang, Peiren, et al. "Demonstration of a low-crosstalk super multi-view light field display with natural depth cues and smooth motion parallax." *Optics express* 27(23), 34442–34453 (2019).
- 25) [Zhao 2015] Zhao, Dong, et al. "360 degree viewable floating autostereoscopic display using integral photography and multiple semitransparent mirrors." *Optics express* 23(8), 9812–9823 (2015).
- 26) [Zhou 2020] F. Zhou, J. Hua, J. Shi, W. Qiao, and L. Chen, "Pixelated Blazed Gratings for High Brightness Multiview Holographic 3D Display," *IEEE Photonics Technology Letters*, 32(5), 283–256 (2020).

- 27) [Zinger 2009] Zinger, Svitlana, and Daniel Ruijters. "iGLANCE project: free-viewpoint 3D video." (2009).

#### 〈기타문헌〉

- 28) [머니투데이] 2020] <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020081115392911502>
- 29) [AIXR 2020] <https://vrawards.aixr.org/watch/>
- 30) [GLIMMDISPLAY] <https://www.glimmdisplay.com>
- 31) [MAGICLEAP] <https://www.magicleap.com/en-us>
- 32) [MEDIUM 2017] <https://medium.com/@AltspaceVR/how-to-beam-slides-in-altspacevr-8f1d223e43cc>
- 33) [MIRROR 2014] <https://www.mirror.co.uk/news/technology-science/technology/star-wars-3d-hologram-phones-2992299>
- 34) [MK 2020] <http://etc.mk.co.kr/WAT/mba/view.php?sc=51000001&cm=%C0%FC%C3%BC%B1%E2%BB%E7&year=2020&no=570759>
- 35) [SKTINSIGHT 2020] <https://www.sktinsight.com/127884>
- 36) [TISTORY 2020] <https://hwajeinfo.tistory.com/4>
- 37) [UGA 2020] <https://research.uga.edu/news/watching-keynotes-in-the-kitchen-virtual-reality-conference-goes-digital>
- 38) [UPI 뉴스 2019] <http://www.upinews.kr/newsView/upi201903180097>
- 39) [USC Institute of Creative Technologies] <https://ict.usc.edu/prototypes/simsensei/>
- 40) [USC Institute of Creative Technologies] <https://vhtoolkit.ict.usc.edu/index.html>
- 41) [VIRTUAL ON 2017] <https://virtualongroup.com/full-body-real-time-3d-holographic-telepresence-projection/>
- 42) [VIRTUAL ON] 3D Holographic Telepresence Conferencing Technology, <https://virtualongroup.com/>
- 43) [WIRED KOREA 2020] <https://www.wired.kr/news/articleView.html?idxno=803>
- 44) [YOUTUBE 2019] <https://www.youtube.com/watch?v=SnrxLqP0TM>
- 45) [YOUTUBE 2019] [https://www.youtube.com/watch?v=\\_ZkG4iB\\_exU](https://www.youtube.com/watch?v=_ZkG4iB_exU)
- 46) [YOUTUBE 2020] <https://www.youtube.com/watch?v=IXZBmMGD7pl>





융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 March vol.7 no.3