



ETRI가 바라본 2022년 10대 기술 전망

이승민











본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인 "국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구"를 통해 작성된 결과물입니다.



목 차





Executive Summary	i
1. 다중감각 Al	1
2. 소프트웨어 2.0	6
3. 양자 서비스	11
4. 디지털 휴먼	16
5. NFT	21
6. 비지상 통신	27
7. 실시간 정밀 측위	32
8. AI 밀리테크	37
9. 사이버 팬데믹	43
10. 기술표준 신지정학	48
참고문헌	55
천부: 연구 프로세스 & FTRI 찬여자 명단	67

표 목차



[표 1] 소프트웨어 1.0 vs. 소프트웨어 2.0	6
[표 2] 양자컴퓨터 주요 기술 및 기업	12
[표 3] 문제 유형별 양자컴퓨팅의 잠재적 가치	14
[표 4] 디지털 휴먼 활용 사례	19
[표 5] NFT 주요 이슈	24
[표 6] 정밀 측위 활용 사례	32
[표 7] 실시간 초정밀 측위 서비스별 요구 수준	33
[표 8] 주요 측위 기술의 수준 및 한계	35
[표 9] AI 밀리테크 R&D 방향	42
[표 10] 미래 보안 위험	47
[표 11] 호주와 싱가포르의 기숙표준 현렬 10대 분야	53

그림 목차



[그림 1] 다중감각 AI 개념	2
[그림 2] OpenAl DALL-E 창작물	3
[그림 3] 모델 중심 AI와 데이터 중심의 AI 성능 개선 비교	7
[그림 4] 인간과 AI의 반도체 설계 비교	8
[그림 5] NFT 거래량 추이	22
[그림 6] 자산의 종류	25
[그림 7] 비지상 네트워크(NTN)의 종류	28
[그림 8] 미래 3차원 공간 네트워크 개념도	31
[그림 9] CSIS 중대 사이버 사건의 연도별 추이	45
[그린 10] 국가병 ISO 기술의원회(사하의원회 의원수와 주요 기억 5G 표준특허 비용	49

Executive Summary

우리는 기술이 만든 거대한 가속의 시대를 살아가고 있다. 코로나19를 거치면서 기술에 대한 기업 투자와 국가 개입이 증가하고. 기술의 수용성은 급격히 높아졌다. 기술 지배 시대에 진입한 세계는 하나의 디지털 실험장이 되었다. ICT가 주도하는 디지털 침투는 더욱더 빠르고 다양한 경로로 진행되며, 산업의 패러다임과 일상의 모습은 크게 바뀌고 있다. 하지만 우리는 기술의 속도를 따라가지 못하고 있다. 본 보고서는 이 같은 시대 흐름에 주목하고 최근 의미 있는 변화를 보이는 10대 기술 분야를 전망했다. 다음번 혁신과 변화가 시작된 분야. 공간과 경험을 확장하는 분야, 그리고 지정학적 긴장과 갈등을 고조시키는 분야이다.

◇ 다가온 혁신과 변화

인공지능과 양자컴퓨팅 기술 개발 양상이 연구실 수준을 벗어나 산업계와 국가 간 경쟁으로 치닫고 있다. 초대형 AI 모델을 기반으로 지능을 확장하려는 인공지능과 본격적인 양자 우위 (Quantum Advantage) 시대를 보여줄 양자 서비스가 다음번 혁신으로 다가오고 있다. 한편, 데이터는 소프트웨어 개발 패러다임을 바꾸며 소프트웨어 2.0 시대를 열어가고 있다.

- ① 다중감각 AI: GPT-3 이후, 불과 1년 만에 이것의 10배 규모에 달하는 초대형 인공지능이 등장했다. 몇 년 안에 엄청난 양적 증가를 통해 100조 개의 시냅스를 가진 인간의 뇌와 비슷 한 규모의 인공지능을 만날 수 있을 것으로 보인다. 그러나 인간의 유연한 사고 능력을 닮은 인공지능을 구현하는 것은 양적 증가만으로는 한계가 있다. 다중감각 AI는 이 문제를 해결하 기 위해 가장 주목받는 기술 가운데 하나다. 단순히 여러 감각 정보를 결합하기보다 세상을 인지하는 입력 정보와 이를 표현하는 출력 정보를 연결하려는 시도다. 초거대 AI의 양적 증 가와 다중감각 AI의 질적 성장으로 인해 범용 인공지능의 구현 가능성이 커지고 있다.
- ② 소프트웨어 2.0 : 수십 년간 굳어져 왔던 소프트웨어 개발 방식이 바뀌고 있다. 많은 산업 에서 요구하는 소프트웨어의 논리적 복잡성이 인간이 설계할 수 있는 수준을 넘어섰기 때문 이다. 사람이 아닌 데이터와 인공지능이 소프트웨어를 개발하는 '소프트웨어 2.0'이 본격화하 고 있다. 더 정확하게는 모델 중심의 AI가 아니라 데이터 중심의 AI가 주도하는 소프트웨어 개발 방식으로의 전환이다. 데이터가 스스로 코드를 생성하고 진화하는 '소프트웨어 2.0'은 자 율주행자동차. 신약개발 등을 혁신하며 거의 모든 산업에 영향을 미칠 것으로 보인다. '소프 트웨어 2.0' 시대에 더욱 중요해질 양질의 데이터 확보 능력은 자연스럽게 국가 간 '데이터 주권' 문제로 이어지기에, 국가 차원의 '데이터 보호주의'에 대한 대비가 필요하다.
- ③ 양자 서비스 : 양자컴퓨팅이 서비스로 다가오고 있다. 몇 년 내에 등장할 1,000큐비트 양자 프로세스는 양자 우위(Quantum Advantage) 달성의 의미 있는 이정표가 될 것으로 보인다. 이는 양자컴퓨터가 실험실을 벗어나 본격적으로 산업화 단계로 진입함을 의미한다. 이미 글로벌 ICT 기업들은 양자컴퓨팅을 클라우드 서비스로 제공하기 시작했다. 인공지능 분야에서 기술

경쟁력과 별개로 활용의 격차가 발생하듯이, 양자컴퓨터도 비슷한 양상의 격차가 발생할 수 있다. 양자컴퓨터의 활용 격차로 인한 양자 빈곤이 발생하지 않도록 준비해야 한다. 특히, 향후 수십 년 동안 큰 경제적 가치를 창출할 것으로 기대되는 시뮬레이션, 최적화, 머신러닝, 암호화 등의 분야를 중심으로 양자컴퓨팅의 활용 능력과 가능성을 지금부터 검토해야 한다.

◈ 공간과 경험의 확장

디지털 기술은 우리에게 새로운 경험을 선사할 또 다른 공간을 만들고 있다. 무한의 가상 공간과 우주로 연결된 비지상 공간이다. 디지털 휴먼과 NFT 기술은 그동안 소통과 참여에 제한적이었던 가상 공간에서 새로운 시장과 경험을 만든다. 3차원 공간으로 넓혀가는 비지상통신과 실내외 구분 없이 빠르고 정확하게 위치를 파악할 수 있는 측위 기술은 일상의 경험과 산업을 한층 업그레이드한다.

- ④ 디지털 휴먼: 최근 마케팅 분야에서 두드러진 활약을 펼치고 있는 디지털 휴먼이 주목받고 있다. 인간을 어설프게 닮은 휴머노이드 로봇과 달리 디지털 휴먼의 외모는 '불쾌한 골짜기'를 넘어섰다는 평가다. 아직은 일방향 소통으로 마케팅과 광고 등에 제한되어 있으나 점점활용 영역을 넓혀갈 것으로 보인다. 표정을 짓고 말하는 디지털 휴먼은 앞으로 AI 기술과 결합하여 고도로 개인화된 경험을 제공할 것이다. 디지털 휴먼 기술이 기업의 경쟁 우위 요소가된 것이다. 고유의 성격과 자질을 가진 디지털 휴먼은 NFT와 결합하고 라이선스가 있는 페르소나로 발전하여 시장 창출은 물론 인간의 소통 방식에도 큰 영향을 미칠 것으로 전망된다.
- ⑤ NFT : 블록체인과 콘텐츠가 만나 디지털 자산이 탄생했다. 대체 불가 토큰(NFT)의 등장이다. 하지만 법과 제도가 기술의 발전 속도를 따라가지 못해 시장은 몹시 혼란스럽다. 비트코인 등장 시기와 유사하다. 기대와 우려가 교차하는 가운데 거대 기업들의 움직임은 더욱 빨라지고 있다. 현재 NFT는 기술적 한계와 법·제도적 문제, 기존 자산들과의 충돌 등 다양한 이슈를 안고 있다. 그러나 NFT는 인터넷 등장 이후 처음으로 디지털 파일에 대한 '희소성'과 '소유권'의 가치를 부여했다는 점에서 의미가 크다. 경계와 신뢰 기반이 약한 가상의 세계에서 NFT 역할에 주목해야 한다. 또한, NFT는 새로운 형태의 자산 거래와 디지털 부를 창출할 수 있는 수단이 될 수 있다. NFT를 일시적 유행이 아닌 장기 트렌드로 봐야 한다.
- ⑥ 비지상 통신: 도심 상공을 나는 미래형 모빌리티의 등장과 저궤도 위성통신의 부상은 3차원 공간통신 시대를 앞당기고 있다. 이미 3GPP에서는 5G 표준과 위성통신을 연계한 5G 비지상 네트워크 표준화 논의를 진행하고 있다. 다양한 형태의 비지상 네트워크 구성 가운데 특히, 이동통신과 저궤도 위성통신의 통합에 주목할 필요가 있다. 주요국들은 6G 기술 개발 로드맵 내에 비지상 통신기술을 포함하여 통신 패권에 대비하고 있다. 비지상 통신은 3차원 공간에서 지금까지 불가능했던 새로운 경험과 기회를 제공하고 통신의 패러다임을 바꾼다. 새로운 통신기술을 통한 공간의 확장은 시장 확장뿐만 아니라 우주 패권과 글로벌 정보 지배력으로 이어질 수 있다.

⑦ 실시간 정밀 측위: 지상과 공중, 실내외 구분 없이 빠르고 정확하게 위치를 파악할 수 있는 새로운 기법들이 등장하고 있다. mm 수준의 정확도를 보장하는 초정밀 측위 기술은 일상과 산업을 크게 바꿀 것이다. 기존 측위 기술은 지금까지 농업, 제조업, 유통 등을 고도화했다. 마찬가지로 미래형 모빌리티, 스마트 머신 등과 어우러진 세상에서 실시간 초정밀 측위 기술은 인간의 상상력이 더해져 더욱 다양한 서비스를 제공할 것이다. 이는 과거에 없던 새로운 경험을 통해 우리의 일상과 산업을 한층 업그레이드한다. 앞으로 측위 기술은 인공지능을 중심으로 위성, 이동통신, 영상처리 등 다양한 기술들이 통합될 전망이다. 초정밀 측위 기술 이 국가 안보를 위협하는 수단이 될 수 있음에도 대비해야 한다.

◊ 지정학적 긴장과 갈등

디지털 기술은 패권 경쟁의 가장 중요한 영역이 되었다. 물리적 영토에 기반을 둔 지정학적 갈등이 디지털 영토를 둘러싼 신지정학적 갈등으로 확대된 것이다. 특히, 국방, 사이버보안, 기술표준 영역에서 벌어지고 있는 긴장과 갈등에 주목해야 한다.

- ⑧ Al 밀리테크: 지금까지 인공지능 분야에서 비유적 표현으로 사용되던 AI 군비경쟁은 국방 분야의 강대국 간 AI 무기 경쟁으로 현실이 되었다. 중국의 AI 강군몽(强軍夢) 전략과 AI 주도 미래 전쟁 준비에 대한 위기감은 미국의 국방 체계 혁신을 촉구하기에 이르렀다. 그동안 AI 자율무기 개발 및 사용 금지를 '반대'해 왔던 미국의 결정은 잘못된 것이며, AI 중심으로 국방 전력을 전면 재설계해야 한다는 주장이다. 그간 공공연한 비밀로 진행되어 온 AI 무기화는 앞으로 군사 강대국을 중심으로 더욱 치열하고 노골적으로 전개될 전망이다. 미래는 전쟁의 성격과 승패를 인공지능이 결정하는 시대가 된다. AI 알고리즘이 공격의 속도와 정확도, 의사결정 등에서 인간을 압도하며 전장을 완전히 지배하기 때문이다.
- ⑨ 사이버 팬데막: 세계가 복잡하고 서로 강하게 연결되면서, 이제는 우리 사회에서 약한 고리가 더욱더 중요한 시대가 되었다. 코로나19는 가장 약한 고리를 공격했고, 우리는 디지털 세계로 빠르게 옮겨갔다. 그러한 디지털 세계에서 다음 팬데막이 발생할 것이라는 강력한 경고가 잇따르고 있다. 코로나19로 인해 한층 빨라진 기술 발전과 디지털 전환으로 인해 공격수단은 정교해지고 공격 표면적은 크게 넓어졌다. 사이버 공격이 조직화하고 국가 개입이 심화하면서 사이버 팬데막이 현실로 다가오고 있다. 안보 관점에서 보안 전략을 재검토해야 한다.
- ① 기술표준 신지정학: 미국과 중국 간 지정학적 갈등이 기술표준을 둘러싼 디지털 영역으로 확대·심화하고 있다. 제4차 산업혁명을 대표하는 신기술에 대한 표준설정자가 국제규범을 주도하여 글로벌 패권을 독점할 수 있기 때문이다. 특히, 중국보다 먼저 ICT 분야에서 국제표 준화 전략을 추진해온 우리에게 '중국표준 2035' 표준 굴기는 위협적이다. 기술표준은 단지 기술과 산업의 문제를 넘어서기에 두 나라에 대한 협력과 경쟁에 대한 다양한 시나리오를 준비해야 한다. 미·중 간 경쟁을 주시하면서, 다른 나라들과 디지털 통상과 전략적으로 연계한 표준협력을 통해 우리의 주도권을 확보할 새로운 시각이 필요하다.

지금까지 살펴본 10대 분야는 최근 새롭게 부상하거나 향후 3년 이내에 기술적, 사회적 임팩트가 예상되는 기술이다. 선정 과정에서 기술의 유망한 정도를 평가하기보다 최근 주목할 변화를 보이는 특징을 우선 고려했다. 국내외 기술자료와 ETRI 기술 전문가 의견을 반영한 결과다. 분야별로 왜 중요한지, 주요 트렌드는 무엇인지, 기술이 가져올 파급력과 의미 등을 분석했다.

《 2022년 주목해야 할 10대 기술 》

	10대 분야	주요 내용
	① 다중감각 Al	인간의 지능확장과 유사하게, 인식하고(input) 표현하는(output) 감각 지능을 결합하여 유연한 인공지능을 만들려는 시도 초대형 AI와 통합하여 범용 인공지능을 향한 다음번 혁신 기대
다가온 혁신과 변화	② 소프트웨어 2.0	 지금까지 인간이 생각한 논리를 바탕으로 직접 코딩했다면, 앞으로는 데이터를 바탕으로 컴퓨터 스스로 소프트웨어를 완성 데이터 확보 전략 및 국가 간 데이터 보호주의 대비 필요
	③ 양자 서비스	 1,000큐비트 양자컴퓨터 개발을 앞두고 양자 우위 시대를 열어갈 양자를 품은 클라우드 서비스 경쟁 본격화 산업화 초기 단계로 진입한 양자컴퓨터 활용 전략을 고민할 시점
	④ 디지털 휴먼	 외적으로 실제 사람과 구분하기 어려운 수준에 근접한 디지털 휴먼은 자체 시장을 만들며 기업의 경쟁 우위 요소로 부상 향후 인간과 양방향 소통 가능한 인공지능과 통합하여 진화
공간과	⑤ NFT	 NFT 거래 규모가 커지고 글로벌 기업 투자가 증가하면서 NFT 활용 잠재력에 대해 재평가 중 NFT가 직면한 다양한 문제점과 함께 미래 가치에 주목할 필요
경험의 확장 ⑥ 비지상 통신		 지상 중심의 2차원 통신기술이 위성, 고고도 플랫폼 등과 결합하여 3차원 공간통신으로 빠르게 확장 새로운 경험 제공, 통신 패러다임 전환, 또 다른 패권 경쟁터
	⑦ 실시간 정밀 측위	 지상과 공중, 실내외 구분 없이 빠르고 정확하게 위치를 파악할 수 있는 다양한 정밀 측위 기법들이 등장 새로운 서비스를 통해 일상과 모든 산업을 한 단계 업그레이드
	® AI 밀리테크	 미국과 중국 간 국방 분야에서 실질적인 AI 군비경쟁이 본격화되면서, AI 중심으로 국방 전력 재설계 AI가 전쟁의 성격을 바꾸고 인간을 압도하며 전쟁의 승패를 결정
지정학적 긴장과 갈등	⑨ 사이버 팬데믹	 사이버 공격이 조직화하고 국가 개입이 심화하면서 디지털 세계에서 다음 팬데믹이 발생할 것이라는 우려 증가 보안 전략 리셋과 사이버 패데믹 위험 대응 전략 수립 필요
	⑩ 기술표준 신지정학	 미국과 중국 간 지정학적 갈등이 기술표준을 둘러싼 디지털 영역으로 확대되면서 하나의 세계가 두 개의 표준으로 분열될 조짐 디지털 통상과 연계해 선택의 문제를 넘어선 새로운 확장 전략 필요

1 다중감각 AI

1 주목한 이유

☑ 초대형 AI에 거는 기대와 한계

- GPT-3 등장 이후, 초대형 언어 모델은 언어뿐만 아니라 코딩, 작곡 등은 물론 인간의 모든 디지털 상호작용을 담당할 수 있는 핵심 기술로 부상
- 2021년 1월, 구글은 1조 6,000억 개에 달하는 초대형 AI '스위치 트랜스포머(Switch Transformer)'1)를 공개했고, 중국은 지난 6월 GPT-3가 사용한 매개변수의 10배에 달하는 1조7,500억 개를 가진 '우다오(悟道) 2.0'2)을 발표하는 등 초대형 AI 기술경쟁 치열
- 구글의 '람다(LaMDA)', 화웨이의 '판구 알파(PanGu Alpha)' 등 초대형 언어 모델은 현재 글로벌 AI 기업들의 가장 중요한 비즈니스 전략으로 활용되고 있으며, 범용 인공지능 (AGI)으로 확장될 수 있는 기반 기술로 주목
- 그러나 현재의 초대형 언어 모델은 불확실한 과학적 기반 위에서 인터넷에 떠도는 방대한 텍스트 데이터에 지나치게 의존하고 있고, 낯선 환경에서 제대로 작동하지 못하는 한계를 노출
- 현재의 초대형 언어 모델은 학습 과정에서 접해보지 않았던 새로운 문제를 해결하거나,
 새로운 환경에 적응하기 위해 보편적 지식을 적용하는 능력은 여전히 부족
- 지난 10여 년 동안 인공지능은 제일 먼저 '볼' 수 있는 방법을 터득했고, 이후 '읽고', '쓰고', '말'하는 방식을 비약적으로 개선하였으나, 단일 감각에 기반하고 있어 변화하는 세상을 인식하고 적응하기에는 어려움
- 이 문제를 해결하기 위해서 다양한 연구가 진행되고 있고, 이 가운데 특히 인간의 성장 과정에서 힌트를 얻은 감각 지능의 확장 방식에 주목

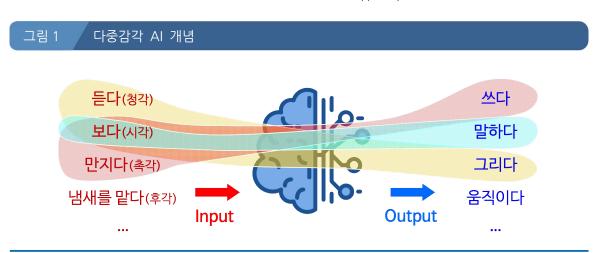
월 감각 지능의 확장

● 지금의 인공지능이 인간과 비슷한 유연성을 가지기 위해서는 여러 개의 감각 지능을 결합하여 지능을 확장해야 하며, 이러한 '다중감각 AI' 방식이 범용 인공 지능의 출현을 앞당길 수 있다는 주장

¹⁾ William Fedus et al.(2021.1.11.), Swtich Transformer: Scaling to Trillion Parameter Models with Simple and Efficient Sparsity, arXiv:2101.03961v1.

²⁾ http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-06/02/content_468929.htm?div=-1.

- 주목할 점은 감각의 확장이 기존의 시각, 청각, 언어지능 등 복수의 지능을 단순 결합하기 보다 세상을 인지하고(input), 그것을 표현하는(output) 서로 다른 지능 간의 연결을 통해 다중감각을 구현한다는 것
- 즉, 어린아이들이 세상을 '보고', 그것에 대해 '말함'으로써 성장하듯이, 인간은 감각 기관과이와 관련된 언어 체계를 복합적으로 사용하여 세상을 인지
- 마찬가지로 단일 지능의 AI에 인식하고 표현하는 감각 지능을 결합하면 사람과 같은 유연한 능력을 만들 수도 있다는 논리
- ※ 미국의 '인공지능에 대한 향후 20년 연구 로드맵'의 3대 전략 중 하나로 선정된 'Integrated Intelligence'³⁾, MIT 10대 혁신기술 중 하나인 'Multi-skilled Al'⁴⁾ 등이 대표적
- ※ 딥마인드에서 제안한 개별 지각 정보를 통합한 통각(apperception) 방법론5) 또한 비슷한 논리



※ 출처: 저자 작성

2 7

주요 트렌드

☑ 언어 시각 트랜스포머

- 다중감각 AI에 관해 가장 직관적이고 의미 있는 결과를 보이는 분야로는 시각과 언어지능을 결합한 언어 시각 트랜스포머⁽⁾ 연구가 대표적
- 관련 연구로, 주어진 텍스트를 표현하는 이미지 생성, 시각 이미지로부터 텍스트 생성, 주어진 시각 이미지와 관련된 텍스트의 질문에 답을 하는 등이 있음

³⁾ CCC, AAAI(2019.8.), A 20-Year Community Roadmap for Artificial Intelligence Research in the US.

⁴⁾ MIT Technology Review(2021.2.24.), 10 Breakthrough Technologies 2021.

⁵⁾ R. Evans et al.(2021.4.), Making sense of sensory input, Artificial Intelligence, Vol. 293.

⁶⁾ 트랜스포머(Transformer)는 병렬처리가 어려워 연산속도가 느린 RNN의 한계를 극복하기 위해 제안된 자연어처리 알고리즘이며, 현재 언어, 음성, 이미지 등으로 폭넓게 사용되고 있고 Hinton은 딥러닝의 무한한 잠재력의 보여주는 대표적인 사례로 트랜스포머를 언급.

- Open AI의 이미지 사전학습 모델 ImageGPT⁷⁾, 이미지와 언어를 결합한 CLIP⁸⁾, 텍스트로 부터 이미지를 생성하는 DALL-E⁹⁾ 등이 대표적
- 중국에서도 CLIP과 유사한 WenLan¹⁰⁾, DALL-E와 유사한 M6¹¹⁾를 진행하는 등 중국어에 기반한 언어 시각 모델 연구를 활발히 진행

TEXT PROMPT an armchair in the shape of an avocado.... AI-GENERATED IMAGES TEXT PROMPT an illustration of a baby daikon radish in a tutu walking a dog AI-GENERATED IMAGES

※ 출처: https://openai.com/blog/dall-e/.

월 멀티모달 머신러닝

- 다중감각 AI는 언어와 시각 지능을 단순히 결합하는 수준을 넘어, 질감을 느끼고 냄새를 맡고, 맛을 보는 등 멀티모달 정보를 통합해 학습하는 멀티모달 머신러닝 (MMML: Multimodal Machine Learning)으로 발전
- MMML은 인간처럼 단일 감각이 아닌 다중감각(시각, 청각, 후각, 촉각, 미각 등)을 통합하여 상황을 이해하고 예측하는 인지·표현 기술
- ※ NeurlPS, CVPR, NAACL, ACL 등 주요 AI 학회에서는 멀티모달 모델링, 표현학습, 감성인식, 상식 추론 등의 주제를 심층적으로 다루기 위해 최근 별도의 멀티모달 워크숍을 개최
- 멀티모달 정보에는 서로 의미 있는 관계에 대한 정보뿐만 아니라 상호 보완적인 정보가 있을 수 있어, 단일 감각 정보로는 드러나지 않는 패턴으로 훨씬 정확한 예측이 가능
- 특히, 인간이 원활한 의사소통을 하기 위해 언어적, 비언어적(표정, 행동, 시선 등), 준언어적 (웃음, 감탄사, 목소리의 높낮이, 떨림 등) 정보를 함께 사용하듯이, 인공지능과 인간의 자연스러운 소통을 위해서는 멀티모달 정보의 통합적 이해가 필수적

⁷⁾ Mark Chen et al., (2020.7.), Generative Pretraining from Pixels, ICML 2020.

⁸⁾ Alec Radford et al.(2021.2.26.), Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision, arXiv:2103.00020.

⁹⁾ Aditya Ramesh et al.(2021.2.24.), Zero-Shot Text-to-Image Generation, arXiv:2102.12092.

¹⁰⁾ Yuqui Huo et al.(2021.3.11.), WenLan: Bridging Vision and Language by Large-Scale Multi-Modal Pre-Training, arXiv:2103.06561.

¹¹⁾ Junyang Lin et al.(2021.3.1.), M6: A Chinese Multimodal Pretrainer, arXiv:2103.00823.

- 세계적 AI 기업들과 선도국들은 이미 MMML 연구를 활발히 진행하고 있으며. 최근 의료, 자동차 산업 등에 적용 중
- 구글은 2020년 비디오 콘텐츠 검색을 위한 일곱 가지 멀티모달 정보를 통합한 트랜스포머 구조를 제시했고¹²⁾, 2021년 Google I/O에서 75개 이상의 언어와 이미지, 비디오 등 다양한 정보를 이해하는 멀티모달 통합 모델 'MUM(Multitask Unified Model)'을 공개
- DARPA는 다양한 이질적 정보(텍스트, 이미지, 음성, 비디오, 데이터베이스 등)로부터 사건, 상황 및 추세에 대한 해석을 가능하게 하는 다중가설검정 시맨틱 엔진을 개발13)
- EU는 음악 데이터(음성)와, 음악 관련 커뮤니티(텍스트) 등을 토대로 향후 유행하거나 인기 있을 장르, 노래, 가수를 예측하여 음반 관련 사업자들에게 제공하는 기술을 개발14)
- 의료 AI 기업 Owkin은 방사선 자료, 조직 단층 사진, 게놈 데이터, 병역 등의 임상 자료와 같은 다양한 멀티모달 데이터에 기반하여 환자의 예후나 질병을 예측하는 연구 진행15)
- NVIDIA는 음성인식, 자연어이해, 음성합성, 컴퓨터 비전 모델을 혼합한 멀티모달 대화 AI(Multimodal Conversational AI) 서비스를 구축할 수 있는 종단간 학습 파이프라인을 제공16)

3 의미와 전망

☑ 세상 밖으로 나온 인공지능

- 서로 다른 감각 지능을 연결하여 인간과 유사한 유연성을 가진 다중감각 AI를 구현한다는 것은 인공지능이 디지털 공간을 벗어나 본격적으로 세상 밖으로 나올 준비가 되었다는 것을 의미
- 즉, 다중감각 AI는 쓰고, 그리고, 말하고, 움직이는 작업과 산업 분야(교육, 방송, 패션, 의료, 자동차 등)에서 혁신적인 제품과 서비스에 핵심 기능으로 내재화될 수 있음
- 단순히 언어와 시각 데이터의 결합을 넘어 영상을 창작하거나 창의성이 요구되는 분야에서 새로운 아이디어를 제안하고, 나아가서 종합적 사고가 요구되는 투자 분야, 국방 분야 등 에서 직접 의사결정을 수행하는 역할까지 확장할 수 있음
- 다중감각 인공지능은 유연성을 높일 뿐만 아니라 지금보다 더욱 안전하고 신뢰성 있는 인공지능을 구현하는 데도 의미 있는 역할을 하며, 범용 인공지능을 추구 하는 다양한 연구들과 통합 발전할 것으로 기대

¹²⁾ Gabeur et al.(2020.8), Multi-modal Transformer for Video Retrieval, ECCV 2020.

¹³⁾ AIDA(Active Interpretation of Disparate Alternatives) Project('17~'19)

¹⁴⁾ FuturePulse: Multimodal Predictive Analytics and Recommendation Services for the Music Industry, www.futurepulse.eu.

¹⁵⁾ https://owkin.com/machine-learning/multimodal-data-integration/.

¹⁶⁾ https://developer.nvidia.com/nvidia-jarvis.

- 현재 제조 프로세스나 공장 내부에서 사용되는 로봇은 눈에 보이는 정보를 처리하고 제한된 공간에서 쉬운 작업에만 사용되나, 오디오, 촉각, 언어 정보를 통합하면 훨씬 다양하고 고수준의 작업을 수행할 수 있음¹⁷⁾
- 또한, 인사 채용 과정에서 성별과 인종에 편향되지 않은 능력을 갖추고, 날씨와 낯선 환경에서 자율주행자의 안전성을 높이는 데도 활용될 수 있음

월 범용 인공지능을 향한 또 다른 시도

- 최근 강화학습에 기반을 두고 거의 모든 인지 작업에서 인간을 능가하는 범용 인공지능을 만들려는 시도가 활발히 진행 중
- 특히, 딥마인드는 최근 '보상이면 충분하다'는 제목의 논문¹⁸⁾에서 강화학습을 통해 생각 보다 빨리 범용 인공지능을 달성할 수 있다고 주장
- 인간이 사고하는 방식을 닮으려는 다중감각 AI와 달리, 강화학습은 보상(reward) 제도를 통해 인간과 유사한 지능을 구현하고 나아가서 비인간적 지능¹⁹⁾을 발견할 수도 있음
- 이는 개방형 학습(open-ended learning)²⁰⁾을 통해, 인간이 설계한 학습 방식이 아니라 스스로 새로운 학습 환경을 만들어 가기 때문
- 대표적으로 딥마인드는 거대한 가상의 놀이터 '엑스랜드(XLand)'²¹⁾를 만들어 강화학습 방식으로 AI 성능을 높이는 실험을 진행하고 있고, 우버 또한 가상 봇(Virtual Bot)의 훈련장 'POET'²²⁾을 만들어 개방형 학습을 진행하고 있음
- 한편, 힌튼은 사람들이 세상을 파악하는 데 사용하는 직관적인 방식을 모델링하고자, GLOM²³⁾이라는 새로운 아이디어를 제안
- 힌튼은 "인공지능이 인간과 더 비슷할수록 인간과 유사한 방식으로 실수할 것"이라며, 궁극적으로 "인공지능은 인간의 지능을 완전히 복제할 수 있어야 한다"고 주장²⁴⁾
- GLOM은 인간의 시각 기능이 수행하는 중요한 두 가지 포인트, ① 부분과 전체의 관계를 이해하는 것, ② 다양한 시점(viewpoint)에서 물체를 인식하는 것에 관한 것임
- 하지만 논문에서 밝혔듯이 GLOM은 아직 구체화되지 않은 아이디어 수준이며, 여전히
 주요 난제들이 남아있는 상태

¹⁷⁾ Karen Hao(2021.2.24.), AI armed with multiple senses could gain more flexible intelligence, MIT Technology Review.

¹⁸⁾ David Silver(2021.10.), Reward is enough, Artificial Intelligence.

¹⁹⁾ 인간이 예상하지 못한 방식으로 해결책을 찾거나 창발적(emergent) 행동을 할 수 있다는 의미.

²⁰⁾ DeepMind(2021.07.27.), Open-Ended Learning Leads to Generally Capable Agents, arXiv:2107.12808.

²¹⁾ Will Douglas Heaven(2021.8.11.), An endlessly changing playground teaches AIs how to mulitask, MIT Technology Review.

²²⁾ Will Douglas Heaven (2021.6.15.), AI is learning how to create itself, MIT Technology Review.

²³⁾ Hinton(2021.02.22.), How to represent part-whole hierarchies in a neural network, arXiv:2102.12627v1.

²⁴⁾ GLOM은 agglomerate(뭉치다), glom together(함께 붙잡혀 있다) 등의 표현에서 유래, 힌튼은 인간의 인식을 모델링하는 하나의 방법으로 GLOM을 제안

2 소프트웨어 2.0

1 주목한 이유

☑ 인간 대신, 데이터가 소프트웨어를 개발

- 향후 10년 동안 딥러닝 등 인공신경망은 하나의 기계학습 도구를 넘어 소프트웨어 구현 방식을 근본적으로 바꾸며 '소프트웨어 2.0' 시대를 열어갈 것으로 전망
- '소프트웨어 2.0'은 2017년 안드레이 카파시(Andrej Karphathy)가 명명한 개념으로, 앞으로 딥러닝 등 인공신경망이 데이터를 이용하여 스스로 알고리즘을 만드는 '소프트웨어 2.0' 시대가 될 것이라 주장²⁵)
- ※ 카파시는 소프트웨어(1.0)가 세상을 먹어 치우고 있으며, 이제는 AI(소프트웨어 2.0)이 소프트웨어를 삼키고 있음을 강조하고, 신경망을 기계학습의 또 다른 도구로만 보는 것을 경계
- '소프트웨어 1.0' 시대에는 인간이 제시한 논리 구조를 바탕으로 인간이 직접 코딩하고 결과를 도출하는 연역적 방식이라면, '소프트웨어 2.0' 시대는 데이터를 기반으로 컴퓨터가 스스로 논리를 만들고 알고리즘을 완성하는 귀납적 방식

표 1 소프트웨어 1.0 vs. 소프트웨어 2.0

구 분	소프트웨어 1.0	소프트웨어 2.0
시기	1940년대 ~ 현재	2010년대 초반 ~ 현재
방 식	연역적(Top-down)	귀납적(Bottom-up)
과 정	인간이 논리와 조건을 주면	데이터와 딥러닝을 통해
书 6	이에 기반해 인간이 코딩하고 결과를 도출	컴퓨터 스스로 논리를 개발
중 심	모델 플랫폼	데이터 플랫폼
0 0	(evolving model , fixed data)	(evolving data, fixed model)
도 구	DevOps	MLOps

※ 출처: 저자 작성

- 2010년 초반부터 시작된 '소프트웨어 2.0'은 2020년을 기점으로 검색, 소셜미디어, 비디오 추천을 포함하여 거의 모든 대규모 인터넷 서비스를 혁신²⁶⁾
- '소프트웨어 2.0'은 프로그램 코드의 양을 줄임으로써 복잡성을 낮출 수 있을 뿐만 아니라, AI 모델 개발 과정을 자동화함으로써 소프트웨어를 다시 구현해야 하는 부담을 덜어주고 다양한 분야로 인공지능의 확산을 가속화

²⁵⁾ Andrew Kapathy(2017.11.12.), https://karpathy.medium.com/software-2-0-a64152b37c35.

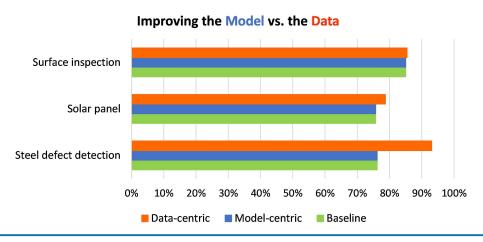
²⁶⁾ ARK Invest(2021.1.26.), Big Ideas 2021., McKinsey(2021), The top trends in tech.

- '소프트웨어 2.0'이 '소프트웨어 1.0'을 완전히 대체하지는 않겠지만, 지금까지 '소프트웨어 1.0'이 담당해온 많은 부분을 대신하여 장악할 것으로 예상²⁷⁾
- ※ 이러한 변화는 AlphaGo Zero를 포함하여 이미 시각 인식, 음성 인식, 기계 번역, 로봇 공학 등다양한 분야에서 시작되고 있음
- 소프트웨어 1.0 시대를 이끌었던 주요 도구가 DevOps(Development & Operations)였다면, 소프트웨어 2.0 시대는 MLOps(Machine Learning Operations)가 그 역할을 대신
- ※ 2000년 이후 본격적으로 도입된 DevOps는 소프트웨어의 개발 속도를 높이고, 시장의 변화와 고객 요구에 빠르게 대응하도록 돕는 소프트웨어 개발 프로세스 및 개발자 도구이며, GitHub, Datadog, Docker, Pagerduty, JFrog 등이 DevOps 분야를 대표하는 기업
- MLOps는 AI 시스템을 보다 체계적으로 구축하고 배포하는 프로세스를 만드는 과정으로, DevOps와 달리 '코드'뿐만 아니라 '데이터'가 핵심 자원

☑ 모델 중심에서 데이터 중심으로

- 최근 Andrew Ng 교수는 앞으로 AI 시스템 개선을 위해서는 모델(코드) 중심에서 데이터 중심의 MLOps로 전환해야 함을 강조28)
- 현재 대부분 기업과 개발자들은 모델 구조와 학습 방법, 파라미터 최적화를 통해 AI
 시스템의 성능을 개선하려는 모델 중심 접근에 치중
- 하지만, 산업 현장에서 실질적인 성능 개선은 모델이 아닌 데이터 연구(노이즈 제거, 라벨링 일관성 유지 등)를 통해 훨씬 크게 이루어짐

그림 3 모델 중심 AI와 데이터 중심의 AI 성능 개선 비교



※ 출처: Andrew Ng(2021.3.24.), A Chat with Andrew on MLOps: From Model-centric to Data-centric Al. 참고하여 저자 작성

^{27) 2025}년 MLOps 세계 시장은 약 40억 달러 예상(Fobes(2020.8.1.), MLOps: What you need to know))

²⁸⁾ Andrew Ng(2021.3.24.), A Chat with Andrew on MLOps: From Model-centric to Data-centric AI, https://www.youtube.com/watch?v=06-AZXmwHjo.

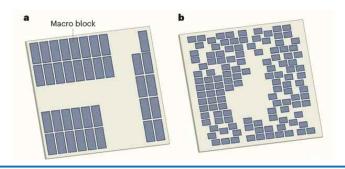


2 주요 트렌드

월 스스로 진화하는 데이터 AI

- 현재 다양한 분야에서 혁신적인 AI 성과를 보이는 딥마인드, OpenAI, 테슬라 등은 철저하게 소프트웨어 2.0 방식의 데이터 중심 AI 연구를 강화하고 있으며, 특히 구글은 모든 사업모델을 소프트웨어 2.0으로 재작성하며 이를 선도
- AlphaGo 이후, 딥마인드가 개발한 AlphaGo Zero, AlphaZero, Muzero 등은 알고리즘 스스로 진화하며 발전하는 데이터 중심 AI 연구의 대표 사례
- OpenAI의 GPT-3 이후 트랜스포머 기반 초거대 언어모델은 글로벌 ICT 기업을 넘어 국가 간 경쟁으로 확대되고 있고, 이 분야에서 경쟁의 핵심은 학습데이터의 절대 규모
- 현재 테슬라 AI 개발을 총괄하고 있는 안드레이 카파시에 따르면, 테슬라는 전 세계를 누비는 100만대 이상의 차량을 통해 약 48억km 실제 주행 데이터를 확보하는 등 자율 주행차 분야에서 데이터 AI 연구를 주도
- 실제 주행 도로에서 학습데이터를 수집하는 테슬라와 달리, 구글의 자회사 웨이모는 자율 주행기술을 확보하기 위해 실제 도로가 아닌 SimulationCity라는 가상의 공간에서 데이터를 수집·학습하는 등 고위험 분야에서 데이터 AI 연구를 강화
- 구글은 최근 반도체 칩 개발의 '평면 배치' 과정에서 강화학습을 통해 스스로 최적 배치 방법을 익혀, 기존 엔지니어 대비 속도와 효율성 측면에서 압도적 우위를 보여줌²⁹⁾
- 또한, 구글은 초대형 언어모델의 학습데이터에 존재하는 매우 많은 양의 중복된 부분을 줄임으로써, 효율적이고 더 다양한 표현이 가능한 AI 모델을 생성할 수 있음을 입증하는 논문30)을 발표하며 데이터 AI의 중요성을 강조

그림 4 인간(a)과 AI(b)의 반도체 설계 비교



※ 출처: Azalia Mirhoseini et al.(2021.6.9.), A graph placement methodology for fast chip design, Nature.

²⁹⁾ Azalia Mirhoseini et al.(2021.6.9.), A graph placement methodology for fast chip design, Nature.

³⁰⁾ Katherine Lee et al.(2021.7.14.), Deduplicating Training Data Makes Language Models Better, arXiv:2107.06499.

MLOps 플랫폼

- 현재 MS, 아마존, 구글 등 글로벌 ICT 기업은 데이터 관리, AI 모델 개발, 테스트, 서비스 운영, 모델 재학습 등을 지원하는 MLOps 플랫폼을 개발하여 클라우드 서비스를 통해 제공 중
- MS는 클라우드 기반 '애저(Azure) 머신러닝 서비스'를 통해 맞춤형 AI 모델 개발과 운영 서비스를 제공
- 아마존은 다양한 학습모델 생성, 배포, 자동화, 관리 등을 지원하는 '세이지메이커 (SageMaker)'를 통해 MLOps 서비스를 제공
- 구글은 2021년 클라우드 기반으로 머신러닝을 개발, 배포, 운영할 수 있는 플랫폼 '버텍스 (Vertex) AI'를 발표하고, 이를 통해 기존 대비 80% 코드를 줄일 수 있다고 주장
- 이외에도 국외 스타트업 셀던(Seldon), 메타플로우(Metaflow) 등과 국내 슈퍼브 에이아이(Superb AI)³¹⁾ 등이 MLOps 서비스 제공하는 대표적인 기업
- 한편, 2019년 출범한 'AI Infrastructure Alliance'는 모든 산업 분야로 MLOps를 확산하기 세계적으로 AI 기술력이 뛰어난 스타트업을 결집해 만든 기업 연합
- 특히, 이 기업 연합에 포함된 국내 기업 'Superb AI'는 AI 데이터 처리 및 관리를 통합 지원하며 국내 MLOps 시장을 주도
- ※ Superb Al의 데이터 플랫폼 '스위트'의 오토라벨링 속도가 수동작업에 비해 10배 빠르다고 알려져 있으며, 삼성, LG, SK, 현대자동차, 카카오 등 주요 대기업이 사용 중

③ 의미와 전망

■ 넓고(Wide) 좋은(Good) 데이터

- 소프트웨어 2.0 시대에 최고 성능의 논리 구조를 만들기 위해서는 대량(Big)의 데이터뿐 아니라, 다양한 가능성과 예외적 상황까지 고려한 폭넓은(Wide) 데이터와 좋은 품질(Good)의 데이터 확보가 필수적
- 현재 AI 트랜스포메이션의 효과를 제대로 누리지 못하는 대부분 기업은 데이터 중심이 아닌 AI 모델 중심으로 제품과 서비스 기능을 개선하려는 소프트웨어 1.0 방식을 답습
- 따라서 AI 활용의 효과를 높이기 위해서는 AI 시스템 개발 라이프사이클의 모든 부분에서 일관성 있는 질 좋은 데이터를 유지해야 함³²⁾

³¹⁾ Superb AI(2020.10.10.), https://www.superb-ai.com/ko-blog/mlops-is-the-next.

³²⁾ Andrew Ng(2021.4.10.), Big Data to Good Data: Andrew Ng – Be More Data–Centric And Less Model–Centric and more..., https://www.youtube.com/watch?v=SrTncz6qCKU.

- 소프트웨어 2.0 시대에는 소프트웨어 논리의 복잡성이 인간이 설계할 수 있는 수준을 넘어서기에 향후 가장 중요한 개발의 주체는 데이터 중심의 인공지능
- 현재 대부분 산업 도메인에서 트랜스포머 방식의 딥러닝 모델이 사용되고 있고 비즈니스
 모델의 성능을 향상하기 위해서는 고품질 (빅)데이터의 품질을 관리하는 것이 미래 경쟁력³³⁾
- 향후 소프트웨어 2.0 방식의 데이터 AI는 반도체 구조, 자동차 설계, 신약 물질 개발 등 핵심 산업 분야에서 가장 중요한 소프트웨어의 개발 주체로 인간을 대신할 전망

□ '인터넷'보다 큰 파급력, '데이터 보호주의' 대비

- 소프트웨어 2.0 시대는 데이터가 스스로 코드를 생성하며 자율주행차, 신약개발 등 거의 모든 분야에서 소프트웨어 개발 능력을 높이며, 산업적 측면에서 인터넷보다 큰 영향을 미칠 것으로 기대
- 딥러닝이 주도하는 '소프트웨어 2.0'은 향후 15~20년 동안 전 세계 주식의 시가 총액을 약 30조 달러 증가(연평균 17% 성장)시킬 것으로 예상
- ※ 지난 20년 동안, 전 세계 주식 시가 총액을 13조 달러 증가시킨 인터넷과 비교하면, 30조 달러 증가가 예상되는 딥러닝의 영향력이 압도적³⁴⁾
- 소프트웨어 2.0은 2025년까지 전 세계 AI 시장 규모를 약 1,840억 달러로 증가(연평균 38.4%)시키는 데 결정적 역할을 할 것으로 보임
- 나아가서 데이터가 주도하는 소프트웨어 2.0 시대에는 데이터의 영향력이 산업· 경제 분야를 넘어 데이터 주권을 둘러싼 국간 간 갈등으로 확대될 것으로 예상 되기에, 데이터를 국가 전략자산으로 인식하여 대응 전략 수립이 필요
- 경제적 활용 가치가 높은 데이터는 대부분 개인정보이며, 데이터 주권과 이전에 관해 미국, 중국, EU는 매우 다른 접근을 취하고 있으며 이는 강대국 간 갈등의 주요 원인35)
- 즉, AI와 데이터 플랫폼에 절대적인 우위를 가진 미국은 국가안보 분야를 제외하고는 국가 개입을 최소화하고 데이터의 자유로운 이동을 최대한 보장
- 중국과 유럽은 자국 데이터의 국외 이전에 대해서는 통제하려는 방향이 같지만, 중국은 폐쇄적이고 유럽은 적정성 결정(Adequacy Decision)을 통해 데이터 무역을 허용
- 현재 신산업 육성을 위한 개인 데이터 보호와 활용에만 중점을 둔 우리나라의 '데이터3법'에 앞으로 '데이터 주권' 개념을 포함해야 하며, 데이터 경제의 주도권을 지키기 위해 국가 간데이터 보호주의에 대한 국가전략 수립이 필요

³³⁾ Karen Hao(2021.4.1.), Andrew Ng: Forget about building and AI-first business. Start with a mission, MIT Technology Review.

³⁴⁾ ARK Invest(2021.1.26.), Big Ideas 2021.

³⁵⁾ 고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.

양자 서비스 3

주목한 이유

☑ 양자 우위(Quantum Advantage)를 고민할 시점

- 2019년 10월 구글의 양자 우월성(Quantum Supremacy) 발표 이후, 양자컴퓨팅은 새로운 국면에 진입36)하고 있으며 기업 간 주도권 경쟁이 치열하게 전개 중
- 구글은 IBM의 슈퍼컴퓨터 '서밋(Summit)'이 1만 년 동안 풀어야 할 문제를, 자사의 초전도 소자 방식의 시커모어(Sycamore) 53큐비트 양자컴퓨터를 이용하여 3분 20초 만에 풀었다고 주장하였으나, 발표 이후 결과의 신뢰성에 의문이 제기되는 상황
- ※ 구글의 양자 우월성 실험 반박 사례:(IBM)슈퍼컴퓨터로 1만 년 걸리는 연산작업이 실제로는 25일 정도 소요,(알리바바)텐서 네트워크 방식을 사용하면 기존 컴퓨터로 20일 이내에 해결, (중국 연구진) 엔비디아 그래픽 프로세서 칩 60개를 사용해 5일 만에 해결
- 하지만, 1,000큐비트 양자컴퓨터 등장이 예상되는 2023년 전후로 고전 컴퓨터와 양자 컴퓨터의 간의 성능 비교 논란은 끝날 것으로 예상
- ※ 양자컴퓨터의 성능을 결정하는 요소 중 대표적인 것이 큐비트 수이고, 다음으로 양자게이트의 정확도, 큐비트의 유효시간, 양자게이트 구동 횟수 등이 있으며, 통상 1,000큐비트급을 이야기 할 때 충분한 큐비트의 유효시간과 충분한 수의 양자게이트가 동작할 수 있다고 가정함
- IBM은 2020년 9월 양자 기술 로드맵을 제시하면서, 2023년 1,121큐비트 규모의 양자 컴퓨터 개발 계획을 발표37)
- 다가올 1.000큐비트 양자컴퓨터 시대는 소프트웨어와 애플리케이션을 포함하여 양자컴퓨터로 무엇을 할 수 있는지에 대한 산업화 전략을 고민해야 함
- 물론 범용 양자컴퓨터가 등장하여, 진정한 양자의 장점과 활용 가치를 경험하려면 10년 이상이 필요할 것이라는 의견이 지배적
- 또한, 양자 오류정정부호까지 고려한다면 1,000큐비트 양자컴퓨터의 실제 연산 능력은 이보다 훨씬 낮을 수 있음
- ※ 1,000큐비트를 모두 알고리즘 수준에서 활용하기는 어렵고, 오류정정부호를 적용하는 과정에서 1/10 ~ 1/100배 수준으로 알고리즘 수준의 큐비트 수가 줄어듦
- 중요한 점은 양자컴퓨터를 완성하기 전에 양자 기술로 인한 산업적 가치를 경험하는 실질적인 양자 우위가 예상보다 빨리 시작될 수도 있음

³⁶⁾ Accenture(2021), Get ready for the quantum impact., Boston Consulting Group(BCG)(2021.7.), What happens when 'If' turns to 'When' in Quantum Computing?

³⁷⁾ Jay Gambetta(2020.9.15.), IBM's Roadmap For Scaling Quantum Technology, IBM Research Blog.

- 1,000큐비트 양자컴퓨터 개발은 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 시대를 넘어설 수 있는 다양한 양자 우위 사례를 만들며 관련 시장을 크게 성장시킬 것으로 기대
- ※ Tractica에 따르면, 전 세계적으로 양자컴퓨팅 투자 규모가 2020년 2억6천만 달러에서 2030년 91억 달러로 급증할 것으로 예상³⁸⁾
- 특히, QCaaS(Quantum Computing-as-a-Service) 부상은 2025년 이후, 양자 컴퓨터 시장을 성장시킬 강한 모멘텀으로 작용할 전망³⁹⁾
- ※ 본 보고서에서는 양자컴퓨터 하드웨어와 소트웨어를 모두 포함하여 클라우드 서비스로 제공하는 것을 양자 서비스(QCaaS)로 통칭하여 사용함

2 주요 트렌드

▶ 양자컴퓨터 생태계

● 현재 글로벌 양자컴퓨터 생태계는 알고리즘과 개발 환경 영역이 하드웨어 영역보다 훨씬 앞서 개발되고 확산 중이며, 하드웨어 기술은 학계와 산업계를 중심으로 다양한 접근 방식으로 개발 중40)

표 2 양자컴퓨터 주요 기술 및 기업

	구 분	기업 (Bold: QCaaS 제공)
<i>C</i> I : I	Simulated QC(Quantum Computing)	IBM, Amazon, MS, Atos
Classical	Quantum Inspired Computing	Fujitsu Digital Annealer, MS
	Quantum Annealing Systems	D-Wave Systems
Current	Superconducting Gate QC	IBM, Rigetti, Quantum Circuits Inc, Google, Intel, Alibaba, Chinese Academy of Sciences
	Trapped Ion QC	Honeywell, IonQ, Zurich Instruments, Harris Corp., Alpine Quantum Technologies
	Photonic	NTT, Shanghai Jiao Tong University, Xanadu, University of Science and Technology China
Emerging	Neural Atom	PASQAL, Wuhan Institute of Phisics and Chinese Academy of Science, Atom Computing
	Topological	MS
Software and Consultants		CQC, 1QBit, Q-CTRL, Aapata Computing, QC Ware, Strangeworks, Entropica Labs

[※] 출처: Gartner(2020.12.3.), Predicts 2021: Disruptive Potential During the Next Decade of Quantum Computing. [본 저작물은 Gartner의 허기를 받아 사용되었으며, 저작권은 저작권자에 있습니다. 추후 이용 시 Gartner에 문의하시기 바랍니다.]

³⁸⁾ Tractica(2019.8.), Quantum Computing for Enterprise Markets.

³⁹⁾ Yole Développement (2021), Quantum Technologies 2021 - Market and Technology Report 2021.

⁴⁰⁾ Gartner(2020.12.3.), Predicts 2021: Disruptive Potential During the Next Decade of Quantum Computing.

- (NISQ 시스템의 진화) 다양한 공급업체가 광자기반, 초전도 게이트, 트랩 이온 등 새로운 접근 방식을 통해 하드웨어 기술을 혁신 중
- (소프트웨어 개발 환경) 소프트웨어 개발 키트(SDK), 프로그래밍 인터페이스, 양자컴퓨터 통합 등 개발 화경이 성숙
- (서비스 모델 표준화) 주요 양자컴퓨터 개발업체를 중심으로 QCaaS가 양자컴퓨팅 서비스 제공을 위한 표준 모델로 부상

▶ 양자를 품은 클라우드

- 기존 대형 클라우드 업체들은 양자컴퓨터에 대한 접근 장벽을 낮추고 활용 가치를 높여 초기 시장의 주도권을 확보하기 위해, 자체 개발 능력과 무관하게 양자 컴퓨팅 서비스를 경쟁적으로 제공하기 시작
- (IBM) 자체 개발한 65큐비트 양자컴퓨터를 기반으로 IBM Q 프리미엄 서비스를 제공하고. 2021년 오픈 소스 프레임워크인 '퀴스킷 런타임(Qiskit Runtime)'41)을 발표하는 등 가장 적극적인 QCaaS 투자를 진행
- ※ 2021년 6월 기준, 100개 이상의 회사가 Q 프리미엄 서비스에 가입했고, 5큐비트와 15큐비트 양자컴퓨터는 무료로 이용 가능
- ※ IBM은 퀴스킷을 이용해 45일 걸렸던 리튬 하이드라이드 분자(LiH) 모델링을 9시간에 시연했고, 화학 모델링, 재무 위험 분석 등을 퀴스킷을 통해 직접 실행할 수 있도록 지원
- (MS) 자체적으로 위상 큐비트 방식의 양자컴퓨터를 개발 중이나 아직 양자컴퓨터를 생산 하지는 않으며, Honeywell, IonQ, OCI, 1QBit 등이 제공하는 프로토타입에 접근할 수 있는 애저 퀀텀(Azure Quantum) 서비스를 출시⁴²⁾
- (아마존) 자체 하드웨어 기술과 생산 능력은 없으나 D-Wave, IonQ, Ragetti 등이 제공 하는 프로토타입에 접근할 수 있는 아마존 브라켓(Braket) 서비스를 출시⁴³⁾
- (구글) 아직 QCaaS를 지원하고 있지 않으나, 2018년 오픈 소스 프레임워크인 '써크 (Cirq)'를, 2020년에는 '텐서플로우 퀀텀(TFQ)'44)이라는 오픈 소스 라이브러리를 공개하는 등 양자컴퓨팅 접근성을 강화
- (바이두) 자체 개발 플랫폼을 기반으로 '퀀텀 리프(Quantum Leaf)', '퀸스(Quanlse)'라는 클라우드 서비스를 출시하며, 특히 양자 AI 신경망 모델 구축 지원에 중점⁴⁵⁾
- 현재 클라우드로 제공되고 있는 양자컴퓨팅 서비스는 앞으로 구체적인 적용 사례를 통해 응용 범위를 넓히고 산업적 잠재력을 확인시킬 것으로 보임46)

⁴¹⁾ Qiskit Runtime, https://qiskit.org.

⁴²⁾ Wired(2019.4.), Microsoft Is Taking Quantum Comuters to the Cloud.

⁴³⁾ InfoQ(2020,8.18.), Amazon Releases Quantum Computing Service Braket into General Availability.

⁴⁴⁾ TensorFlow, https://www.tensorflow.org/quantum?hl=ko.

⁴⁵⁾ Venturebeat (2020.9.23.), Baidu offers quantum computing from the cloud.

⁴⁶⁾ Frank Leymann et al.(2020.3.13.), Quantum in the Cloud: Application Potentials and Research

☑ 네 가지 주목할 활용 분야

- 양자컴퓨팅 활용에 있어서 특히, 시뮬레이션, 최적화, 머신러닝, 암호 등 네 가지 분야를 중심으로 향후 수십 년 동안 매우 큰 가치를 창출할 것으로 기대⁴⁷⁾
- 양자컴퓨터는 향후 3~5년 동안 50~100억 달러 가치의 시장을 만들기 시작하여, 15~30년 동안 4,500억~8,500억 달러의 가치를 창출할 것으로 예상
- 이들 분야는 현재의 컴퓨터만으로는 충분히 빨리 처리할 수 없는 '복잡한 계산 문제'를 해결해야 하는 유형이라는 공통점이 있음
- ※ 골드만삭스는 파생상품의 가격을 책정하기 위해 사용되는 몬테카를로(Monte Carlo) '시뮬레이션' 기능을 2030년까지 양자 알고리즘으로 대체할 계획
- 하지만 이것은 양자컴퓨터가 현재의 컴퓨터를 완전히 대체한다는 의미는 아니며, 이들이 함께 사용됨으로써 진정한 양자 우위(advantage)를 보여줄 것으로 전망

표 3 문제 유형별 양자컴퓨팅의 잠재적 가치

유형 (총 가치)	적용 분야	가치(억 달러)
	• 항공우주: 전산유체역학	100~200
	• 항공우주: 재료 개발	100~200
	• 자동차: 전산유체역학	0~100
	• 자동차: 재료 및 구조 설계	100~150
시뮬레이션	• 화학: 촉매 및 효소 설계	200~500
(1,600~3,300억\$)	• 에너지: 태양열 변환	100~300
	• 금융: 시장 시뮬레이션(파생상품 등)	200~350
	• 하이테크: 배터리 설계	200~400
	• 제조: 재료 설계	200~300
	• 제약: 신약 발견 및 개발	400~800
	• 자동차: 자율주행 자동차, AI 알고리즘	0~100
기계학습	• 금융: 사기 및 지금세탁 방지	200~300
(1,500~2,200억\$)	• 하이테크: 검색 및 광고 최적화	500~1000
	• 기타: 다양한 AI 응용	800~
	• 항공우주: 비행경로 최적화	200~500
최적화	• 금융: 포트폴리오 최적화	200~500
(1,000~2,200억\$)	• 금융: 리스크 관리	100~200
	• 물류: 차량 라우팅/네트워킹 최적화	500~1000
암호 (400~800억\$)	• 암복호화	400~800

 ^{*} 출처: Boston Consulting Group(BCG)(2021.7.), What happens when 'lf' turns to 'When' in Quantum Computing?
 [본 저작물은 BCG의 허가를 받아 사용되었으며, 저작권은 저작권자에 있습니다. 추후 이용 시 BCG에 문의하시기 바랍니다.]

Opportunities, arXive: 2003.06256.

⁴⁷⁾ Boston Consulting Group(BCG)(2021.7.), What happens when 'If' turns to 'When' in Quantum Computing?



3 의미와 전망

▶ 사업적 스케일로 발전

- 양자 우위(Advantage) 시대가 시작된다는 것은, 양자컴퓨터 기술이 실험실 수준의 탐색 단계(이론)를 벗어나 산업화의 초기 단계(현실)로 진입함을 의미
- 기술 측면에서 현재 범용 양자컴퓨터의 개발 주도권은 대학에서 IBM, 구글, 인텔, MS 등 산업계로 완전히 옮겨진 상황으로, 과거 고전 컴퓨터의 애니악(ENIAC) 이후 개인용 컴퓨터의 폼팩터 경쟁 시기와 유사
- ※ 양자컴퓨터 기술 생태계는 크게 양자컴퓨터 투자 영역, 기반 기술(Enabling Technologies) 영역, 시스템 구현기술(Quantum Computers) 영역, 그리고 활용 및 서비스 기술(Software & Consultants) 영역으로 구분할 수 있으며 대부분 영역에서 기업들의 활약이 두드러짐
- 활용 측면에서 자금의 양자컴퓨터는 AI 기술의 산업적 가치를 다소 회의적 시각으로 바라보던 2010년 직전 시기와 유사48)

당자 격차 대비

- 최근 AI 분야에서 나타나고 있는 '기술의 격차'뿐만 아니라 '활용의 격차'가 중요 하듯이, 앞으로 양자컴퓨터 분야에서도 '활용의 격차로' 인해 양자 빈곤이 발생 하지 않도록 개발과 활용을 위한 속도와 규모의 혁신이 필요
 - 향후 5년 동안 NISO 시스템 기반 응용 사례를 통해 기존 방법보다 우수한 사업적 가치를 입증하지 못하면 양자컴퓨터에 대한 투자가 줄어들어 '양자 겨울'로 이어질 수도 있으나. 활용에 대한 준비는 서두를 필요49)
 - 즉. 기술 자체를 개발하지 않더라도 양자컴퓨터 발전 추이를 주의 깊게 살펴보고. 양자 기술에 대한 문해력을 높여 활용 가능성을 확인하기 위한 실행 방안을 마련해야 함50)
 - 또한, 양자컴퓨터 기술 개발과 별개로, 알고리즘과 애플리케이션 개발까지 포함한 지식 재산권(IP) 확보 방안과 도구로써 양자컴퓨터 활용 계획을 구체적으로 검토할 필요
 - 즉, 물류 최적화, 배터리 개발, 금융 자산 관리 등에서 차별화된 경쟁력을 확보하기 위해 양자컴퓨터에 대한 개념증명(Proof of Concept) 단계를 지금부터 수행하는 것이 중요
 - 향후 양자컴퓨팅 활용이 본격화될 경우, 초기에 적극적이었던 조직들을 후발 주자들이 따라잡기 훨씬 어렵기 때문

⁴⁸⁾ 인공지능이 딥러닝 등장으로 2010년 이후 급속한 발전을 보이고 있듯이, 양자컴퓨터 또한 양자우위를 달성한 시점 이후에는 점진적이거나 선형적으로 발전하지 않을 수 있음.

⁴⁹⁾ Gartner (2020.12.3.), Predicts 2021: Disruptive Potential During the Next Decade of Quantum Computing.

⁵⁰⁾ Venturebeat(2021.10.21.), Gartner advises tech leaders to prepare for action as quantum computing spreads.

디지털 휴먼 4

1 주목하 이유

▶ 새로운 존재의 탄생

- 최근 급격한 발전을 보이는 3D 콘텐츠 제작 기술과 대화형 AI 기술은 비대면 사회의 부상과 개인화된 경험을 추구하려는 시장의 니즈가 결합하여 '디지털 휴먼' 이라는 새로운 존재를 낳음
- 디지털 휴먼은 사람의 모습으로 감정과 지능을 가지고, 실제 사람과 실시간 상호작용할 수 있는 가상의 인간
- ※ 본 보고서에서 정의한 디지털 휴먼에는 챗봇 등 SW 인터페이스와 물리적 실체를 가진 휴머노이드 로봇은 포함되지 않음
- 즉, 사람과 같은 내외부 3D 속성정보는 물론, 고유한 성격과 사고방식을 가지고 학습과 추론을 통해 자연스러운 실시간 상호작용이 가능한 실감형 디지털 인간
- ※ 삼성은 인공 인간 프로젝트 '네온(NEON)'에서 인간처럼 대화하고 행동하며, 기억을 형성하고 감정을 표현하고, 지속적인 상호작용을 통해 스스로 진화하는 디지털 휴먼 기술을 개발 중
- 기술적 측면에서 주목할 점은 인간을 어설프게 닮은 휴머노이드 로봇과 달리, 디지털 휴먼은 '불쾌한 골짜기(uncanny valley)'를 넘어서며 우리에게 빠르게 다가오고 있다는 것
- 이것은 사람을 닮은 무엇을 만드는 방식(로봇, AI, 3D 모델링 등)에 있어서, 로봇 기술과 AI 알고리즘의 기술 성숙도와 비교했을 때. 3D 콘텐츠 모델링 및 가시화 기술이 최근 들어 인간과 구별하기 어려운 수준으로 더 빠르게 발전했기 때문

□ 디지털 휴먼 경제의 부상

- 디지털 휴먼 기술은 새로운 비즈니스 모델을 만들어 기업의 경쟁 우위 요소로 작용할 뿐만 아니라 관련 산업의 디지털 전환을 촉진
- 디지털 휴먼은 모든 고객과의 접점에서 고도로 개인화된 경험을 제공하여 디지털 혁신을 가속하고 '디지털 휴먼 경제'라는 시장 기반의 비즈니스 모델을 생성
- ※ '릴미켈라(Lil Miquela)'는 1년에 광고 수익이 130억에 달하며 관련 분야를 혁신
- 기하급수적으로 발전하는 디지털 휴먼 기술은 이미 자체 시장을 만들고 있으며. 2035년까지 약 1.250억 달러로 성장할 것으로 예상51)

- ※ 가트너는 '디지털 휴먼 경제'를 현재와 미래의 디지털 경제에서 디지털 휴먼을 중심으로 이루어지는 일련의 비즈니스 모델 및 경영 활동으로 정의
- 최근 광고와 마케팅 분야에서 시작된 디지털 휴먼 기반의 비즈니스 모델은 주목할 시장을 만들며 디지털 페르소나를 통해 점점 더 많은 분야로 진출
- 디지털 휴먼에 사용하기 위한 제품(옷, 액세서리 등), NFT 등을 판매하는 새로운 비즈니스 모델 'D2A(Direct-to-Avatar)' 개념은 이미 자체 시장을 형성하고 있음
- ※ 향후 적용 가능 분야로는 영업직, 발표자, 고객 서비스 담당자, 변호사, 프로그래머 등 다양
- 디지털 휴먼은 인간의 외모뿐만 아니라 성격과 가치관 등 '디지털 페르소나'를 가지고 양방향 상호작용을 통해 우리의 삶에 직접 영향을 미치기 시작했다는 점에 주목할 필요

2 주요 트렌드

☑ 기술 개발 동향

- 디지털 휴먼을 구현하는 기술 방식은, 실제 인간의 모습을 실감있게 모델링하는 콘텐츠 기술, 사람의 표정과 말을 이해하고 소통할 수 있는 AI 기술을 중심으로 진행되고 있으며, 이 두 기술은 빠르게 통합되는 추세
- 콘텐츠 중심의 디지털 휴먼 기술은 릴미켈라(Lil Miquela)52) 등과 같이 사람과 구별하기 어려운 수준에 근접했고, 인간의 모습을 모델링하고 가시화하는데 중점
- AI 중심의 디지털 휴먼 기술은 챗봇과 음성 비서 등 대화형 AI 기술을 기반으로 복잡한 상황과 감정을 이해하는 멀티모달 AI 및 디지털 페르소나를 개발하는 데 중점
- (콘텐츠 중심) 사람의 3D 형상, 질감, 표정, 머리카락, 의상 등 내외부 속성정보를 통해 인간의 외적 모습을 생성하는 기술로 최근 AI 기술이 더해져 점점 더 정교해지고 자동화되고 있음
 - 컴퓨터비전 기술 기반 캐릭터 복원, 피부 질감을 사실감 있게 획득하는 기술, 치아/헤어/ 눈동자/입술/안구/치아 등의 영역별로 사실감 있는 3D 데이터를 획득하기 위한 연구 등
- 디즈니⁵³⁾는 사실적인 3D 디지털 휴먼 캡처, 복원, 외형 획득, 합성 등 연구 진행
- USC 대학54)과 Facebook 연구소에서는 수염. 머리카락. 의상을 장착한 사람복원. 물리 기반 얼굴 특성 캡처, 비디오 영상으로부터 실시간 휴먼 움직임 캡처 및 복원 등 사실적인 디지털 휴먼의 외형과 움직임을 복원하는 연구 진행

⁵¹⁾ Gartner(2021,3.31.), Maverick* Research: Digital Humans Will Drive Digital Transformation.

⁵²⁾ https://en.wikipedia.org/wiki/Miquela.

⁵³⁾ https://studios.disneyresearch.com/digital-humans/.

⁵⁴⁾ https://ict.usc.edu/groups/virtual-humans/.

- Epic Games⁵⁵⁾와 Unity는 사실적인 디지털 휴먼의 외형과 움직임을 실시간 렌더링하는 기술을 개발하여 쉽고 빠르게 디지털 휴먼을 제작할 수 있는 서비스를 제공
- (콘텐츠 중심) 사실적인 디지털 휴먼 캐릭터의 표정, 자세, 움직임, 인터랙션 등 내외부 속성정보를 변화하여 정밀하게 실시간 가시화하는 기술
- 음성에 맞춰 입 모양과 얼굴의 움직임을 자동으로 생성하는 연구, 동영상에서 대상 인물의 자세를 사용자의 의도에 맞게 바꾸는 연구, 실시간 반응형 인공지능 캐릭터를 만들고 나이를 바꿔 새로운 캐릭터를 생성하는 연구 등
- 구글 연구소에서는 다양한 조명 환경하에서 자연스러운 사람의 움직임 캡처 시스템을 개발했고, UC San Diego 대학에서는 인물 사진을 조명 변화에 따라 자연스럽게 바꾸는 연구를 진행
- (AI 중심) 인간의 언어, 비언어, 반언어적 표현을 통해 상황과 감정을 이해하고 추론할 수 있는 AI 플랫폼 기술
 - ※ 비언어: 표정, 몸짓 등 언어 외적인 표현, 반언어: 목소리 억양, 강약 등 언어에 수반되는 음성적 요소
- 사람의 말을 듣고 이해하는 음성인식 및 자연어처리 기술, 사람의 표정을 보고 감정을 파악하는 영상인식 기술, 사람처럼 말로 표현하는 음성합성 기술 등이 대표적
- ※ 사회학자 Mehrabian이 조사한 바에 따르면, 메시지 전달에서 말이 차지하는 비중이 7%, 목소리 크기 등 반언어적 표현이 38%, 비언어적 표현이 55%
- 특히, 감정이해를 위해 멀티모달 센서(영상, 음성, 뇌파, 맥박)를 이용하여 CNN, RNN, LSTM 등의 기계학습이 사용되고 있음
- MIT 미디어랩 벤처기업 Affectiva는 사람의 표정 변화를 포착해 기본 감정을 7가지로 (분노, 경멸, 혐오, 공포, 기쁨, 슬픔, 놀람) 분류한 기술을 개발하였고, 87개국에서 약 600만 개의 얼굴을 분석한 결과 90% 정확도를 보임56)
- (AI 중심) 인공지능 기술을 이용하여 고유한 성격, 성향, 생각 등을 가진 디지털 페르소나를 생성하고 고도화하는 기술
- Brud사의 릴미켈라의 파급력이 큰 이유는 외모뿐만 아니라 스토리텔링에 기반한 '페르소나' 설정에 기인
- ※ 2019년 한해 약 130억 원의 수익을 올린 릴미켈라는 19세 브라질계 미국인으로 바이섹슈얼적 성 (sex) 정체성을 가지고 있고, 사회문제에 관심이 많은 Z세대로 설정
- 현재 기업들은 AI 기술을 이용하여 영업사원, 고객 서비스 상담자, 분석자 등 다양한 분야에서 범용적 디지털 휴먼 페르소나를 만들기 시작57)

18

⁵⁵⁾ https://www.unrealengine.com/ko/metahuman-creator.

⁵⁶⁾ https://blog.affectiva.com/emotion-ai-101-all-about-emotion-detection-and-affectivas-emotion-metrics.

⁵⁷⁾ Gartner(2021.3.31.), Maverick* Research: Digital Humans Will Drive Digital Transformation.

☑ 디지털 휴먼 비즈니스

- 현재 디지털 휴먼 기술 개발은 AI 기업과 게임 기업이 주도하고 있으며, 점점 더 많은 기업에서 이를 활용한 비즈니스 모델을 개발하여 적용 중
- 국외 기업으로 UneeQ, Soul Machine, Epic Games 등이 있으며, 국내 기업으로 삼성전자, LG 전자 등에서 이미 마케팅 분야에 활용 중
- 특히, Epic Games사의 '메타 휴먼 크리에이터'58) 등은 쉽고 빠르게 디지털 휴먼을 제작 할 수 있는 노코드(no-code) 개발 플랫폼을 통해 디지털 휴먼 생성과 활용을 확산

丑 4 디지털 휴먼 활용 사례

구분	디지털 휴먼	적용 시나리오
가상 인플루언서	Lil Miquela, Rozy, Keem Reah, Imma 등	• 특정 성격 유형으로 개발되어, SNS, 인스타그램, 유튜브, 갑지 등에서 공고, 음원 판매, NFT 발매 등으로 활동
여행 상담	Serko, FaceMe의 비주얼 봇	• 사람과 유사한 비주얼 봇으로 디지털 비서를 구현하여 여행 예약 요청에 구두로 응답하고 예약을 진행
의료 및 건강관리	UneeQ의 Cardiac Coach	• 심혈관 질환자와 대화하고 건강관리를 도와주는 등 건강, 치료, 식습관, 재활 등의 질의응답 가능
정신건강	Mentemia의 Digital JK	• 임상의와 심리 전문가의 지식 기반 디지털 코치로 수면 상담과 수면 계획 작성을 지원
교육	Talespin의 CoPilot, Vector의 Will	 마래 비즈니스 환경 대비 경영진 교육 및 의시결정 능력 향상 초등학생 대상 특정 분야 교육 지원
금융 설계	Arcus Lending의 Rachel, UBank의 Mia	 다양한 담보대출 절차 설명 및 상담 금융 자산 배분 및 투자 포트폴리오 최적화 고문
디지털 점원	Noel Leeming의 Nola	• 오클랜드 매장에서 근무하는 디지털 점원으로 고객과 대화 하면서 상품 찾기에서 구매까지 지원
말벗 친구	Realic의 Hybri	• 코로나19 자가격리의 외로움을 달래기 위해 개인 교제를 제공하는 VR/AR 기반 맞춤형 가상 파트너
앱 기반 디지털 휴먼 생성	Epic Game의 MetaHuman	 스마트폰에서 누구나 쉽고 빠르게 디지털 휴먼을 생성 디지털 휴먼 생성 및 배포를 민주화
사후세계	HereAfter, Etermines 등 디지털 휴먼 플랫폼	 사후세계에서 다른 사람과 상호 작용할 수 있는 자신의 가상 인물을 만들 수 있음 페이스북 등의 데이터를 사용하여 지리적 위치, 활동, 사진 등의 정보를 수집하여 자신의 아바타를 생성

[※] 출처: Gartner(2021.3.31.), Maverick* Research: Digital Humans Will Drive Digital Transformation. 참고하여 저자 작성 [본 저작물은 Gartner의 허기를 받아 사용되었으며, 저작권은 저작권자에 있습니다. 추후 이용 시 Gartner에 문의하시기 바랍니다.]

⁵⁸⁾ https://www.unrealengine.com/ko/metahuman-creator.



3 의미와 전망

▶ 표정을 짓고 말을 한다는 것

- 실제 사람과 구분하기 어려운 수준에 근접한 디지털 휴먼 기술은 새로운 비즈니스 모델을 창출함으로써 기업의 경쟁 우위 요소가 될 수 있음을 의미⁵⁹⁾
- 최근 인간의 얼굴, 표정, 움직임 등을 제작하는 기술은 보고, 듣고, 말하는 AI 기술과 결합하여 고객과의 접점에서 고도로 개인화된 경험을 제공하며 다양한 분야로 빠르게 확산60)
- 디지털 휴먼이 인간의 범용성을 갖추기에는 오랜 시간이 걸리겠지만, 인간과 자연스러운 대화가 가능한 수준의 디지털 휴먼은 예상보다 빨리 등장할 수도 있음
- 최근 주목받고 있는 트랜스포머 기반 초대형 언어모델은 읽고, 쓰고, 말하고, 이해하는 능력뿐 아니라 제한된 영역에서 창의적 결과를 생산하는 등 점점 더 범용적 능력을 보여줌
- ※ 지금의 일방향 소통 위주의 디지털 휴먼이 앞으로 자연스러운 양방향 소통이 가능해지면, 우리와 만나는 접점에서 모든 상호작용을 대신하며 인간과 새로운 관계를 맺게 될 것

▶ AI 페르소나

- 말을 하는 것 이상으로 인간 수준의 다양한 지능을 설계하는 것은 인간처럼 보이는 외형을 설계하는 것과는 차원이 다른 노력이 필요
- 흥미로운 점은 디지털 휴먼의 양방향 상호작용이 기존과는 다른 학습의 공간을 만들어 AI 기술 발전에 새로운 기회로 작용할 수도 있음
- 인간이 세상을 보고 말하면서 성장하듯, 디지털 휴먼에 내재화된 인공지능이 양방향 소통을통해 점점 더 사람과 가까운 유연성을 가질 수도 있다는 것
- 즉, 물리적 실체를 가진 휴머노이드 로봇이 행동을 통해 외부세계를 알아가듯이 디지털 휴먼 또한 대화 상대의 표정을 읽고 말하며 성장 가능
- 향후 인간과 자연스러운 대화가 가능한 디지털 휴먼이 대량생산 가능해지면, 고유의 성격과 자질 등 AI 페르소나를 가진 디지털 휴먼과 바람직한 공존을 위한 노력이 필요
- 표정을 짓는 외적인 모습, 말을 하는 지능, 고유의 성격, 자질, 생각 등을 가진 디지털 휴먼은 NFT나 라이선스(Licensed)⁶¹⁾가 있는 페르소나로 발전할 것으로 예상
- 디지털 휴먼이라는 새로운 존재의 탄생은 현실과 가상이 융합하는 미래사회에 산업적 측면뿐
 아니라 인간의 정체성을 포함하여 이들과 바람직한 관계를 맺기 위한 준비가 필요

⁵⁹⁾ 지금까지 인간과 기계의 상호작용은 챗봇이나 음성인식 비서와 같이 문자나 목소리가 주요 수단이었음.

⁶⁰⁾ Gartner(2021.8.11.), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021.

⁶¹⁾ Gartner(2021.3.31.), Maverick* Research: Digital Humans Will Drive Digital Transformation.

5 NFT (Non-Fungible Tokens)

1 주목한 이유

월 열풍과 거품 너머

- 2021년 상반기 NFT 거래 규모가 증가하며 NFT에 대한 과대광고와 투자 열풍에 대한 우려의 목소리가 커지고 있으나, 산업적 활용 가능성이 높이 평가되면서 시장 성장에 대한 기대가 높은 상황
- 2017년 처음 등장한 NFT 기술은 2021년 들어 거래 시장이 활성화되며 거래량이 증가하는 가운데, 디지털 아트 등 희소성이 높은 아이템을 중심으로 대중의 관심이 집중
- ※ 2021년 1분기 NFT 거래 규모는 2020년 4분기 대비 20배 이상, 2020년 1분기 대비 131배 이상 증가하며 20억 달러를 초과⁶²⁾
- 이 과정에서 초기 신기술이 시장에 유발하는 과도한 기대심리와 투기성 이슈가 언론에 집중 조명되며 우려와 부정적 인식이 증가⁽³⁾
- 또한, NFT 발행을 둘러싼 환경문제, 기술 이슈, 법적인 문제 등 다양한 도전 과제에 직면
- 그러나, NFT는 미술품과 게임 분야를 시작으로 디지털 콘텐츠 산업 전반으로 확산하며 자체 시장을 형성하기 시작
- NFT 마켓플레이스가 급속 팽창하면서 미술품, 게임 등에 제한적으로 적용되던 시장이다양한 산업에서 NFT의 활용 가능성을 확인하며 거래 규모가 증가할 것으로 예상
- ※ Gartner는 현재의 NFT가 기술 확산 과정에서 기대의 정점에 있다고 분석하고, 향후 2~5년 사이 안정기에 도달할 것으로 전망⁶⁴⁾

▶ NFT 기술 가치

- 최근 NFT에 대한 글로벌 주요 기업의 투자가 본격화되고 활용 잠재력을 재평가 받고 있어 NFT 산업 생태계 확장에 주목할 필요
- NFT는 디지털 미술품, 음악과 같은 디지털 자산 또는 집이나 자동차 등 현물 자산에 연결된
 토큰화된 증서로, 고유한 특성을 가져 대체 불가능한 블록체인 기반 디지털 파일
- 현재 대부분의 NFT는 이더리움에서 제공하는 고유한 ERC 721 토큰으로 발행되며, 각각은 서로 다른 가치를 가지는 대체 불가능한 토큰

⁶²⁾ Nonfungible.com(2021), Non-Fungible Tokens Quarterly Report Q1 2021.

⁶³⁾ Abby Ohlheiser(2021.4.12.), Some artists found a lifeline selling NFTs. Others worry it's a trap, MIT Technology Review.

⁶⁴⁾ Gartner(2021.8.11.), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021.

- ※ 이더리움 외 바이낸스 스마트체인, 카르다노 등의 블록체인 플랫폼에서도 NFT를 지원하고 있고, 최근 효율성이 개선된 ERC 1155 프로토콜이 발표됨
- NFT는 가상의 공간에서 무한 복제 가능한 디지털 아이템(자산)이 그 자체로 진정한 가치를 인정받을 수 있도록 '희소성'을 부여함으로써 수익화 가능성을 제시
- NFT는 스마트 컨트랙트 기반으로 발행되어 발행자가 설정한 조건과 규칙을 반영할 수 있어 '프로그래머블 경제' 또는 '프로토콜 경제'의 근간이 될 수 있음에 주목65)

2 주요 트렌드

▶ 시장의 흐름

- 2017년부터 시작된 NFT 거래 흐름은 2020년 중반 이후 크게 성장하기 시작하여, 2021년 들어와서 시장 과열이 우려될 만큼 거래량이 급증66)
- NFT 시장의 규모는 CryptoKitties가 전 세계적으로 인기를 얻었던 2017년 후반 일시적으로 성장한 이후 2020년 중반까지 큰 변동 없이 유지
- 그러나 2020년 7월부터, NFT는 2021년 3월 하루 총거래량이 1,000만 달러를 초과하는 등8개월 전보다 150배 증가하며 큰 폭 성장
- 가장 많은 거래가 일어난 카테고리는 미술품, 수집품, 게임 순이고, 평균 판매 가격은 자산의 75%가 10달러 미만이며, 약 1%만이 1,594달러

지원 NFT 거래량 추이(2017.6.~2021.4.) All Art Collectible Games Metaverse Other Utility 10⁴ 10³ 2018 2019 2020 2021

※ 출처: Matthieu Nadini et al.(2021.8.18.), Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features, arXiv:2106.00647v3.

22

⁶⁵⁾ Gartner(2021.4.26.), Non-Fungible Tokens(NFTs) Create New Digital Products and Business Models.

⁶⁶⁾ Matthieu Nadini et al.(2021.8.18.), Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features, arXiv:2106.00647v3.

- 2021년 들어 NFT 시장에 대한 과열 우려가 있으나 예술품, 수집품, 게임 등 '희소성' 높은 디지털 자산을 중심으로 거래 활발
- 최근 NFT 시장이 과열 조짐을 보이고, 2021년 상반기에 발생한 대표적인 두 사건 이후 NFT 시장에 대한 우려와 회의적 시각 고조
- ※ ① Beeple의 작품, 'Everydays: The First 5,000 Days'가 크리스티 경매에서 6,934만 달러 거래② NBA Top Shots 거래 금액, 2021년 상반기 6억 달러 기록
- (예술품) 유명인의 미술품에서 시작된 NFT가 최근 무명인의 다양한 작품을 세상에 알리는 주요 플랫폼으로 활용되어 예술품 거래의 새로운 기회를 제공
- ※ 국내의 경우, 카카오 그라운드X가 Klip Drops 플랫폼을 통해 한정판 디지털 아트를 구매할 수 있는 카카오톡 서비스를 제공
- (수집품) NFT를 세상에 알리기 시작한 대표 분야로, 희소성과 고유성을 내세우며 인간의 소유욕을 자극해 과거에 없던 새로운 시장을 형성
- ※ 초기 수집품 분야의 NFT 시장을 주도한 Cryptopuncks, CryptoKitties, BAYC, EhterRock 뿐 아니라 앞으로는 더욱 다양한 디지털 창작물을 통해 새로운 거래가 발생할 것으로 예상
- (게임) NFT로 인해, 게임 산업의 패러다임이 'Pay to Win'에서 'Play to Earn'으로 바뀔 수 있다는 가능성을 보여주고 있으며, 게임회사 Axie Infitity가 이런 흐름을 주도
- ※ 필리핀의 경우, 엑시인피니티 게임에서 게임 참여자의 수익이 2020년 1인당 GDP 3,370달러보다 높은 수치를 보이며 필리핀 경제에 큰 영향을 주고 있음
- 이외에도 스포츠, 패션 산업뿐 아니라 특허 산업에도 NFT화가 진행되어 관련 시장의 유동성을 확대 시도 중
- ※ IBM은 NFT가 제공하는 자산의 '고유성' 보장에 주목하고, 특허 전문 기업 IPwe⁶⁷⁾와 협력해 특허를 NFT화하여 사업화할 계획을 발표(2021.4.20.)

▶ 거대 기업들의 움직임

- 세계 최대 NFT 마켓 'OpenSea'가 2021년 7월 유니콘 기업으로 등극한 가운데 명품 회사, 금융사, IT 기업 등이 NFT 투자를 확대하는 중
- 골드만삭스, 시티그룹 등 대형 금융사들은 NFT 기반 디지털 자산 분야를 미래의 주요 사업영역으로 인식하고 상품화를 비롯해 새로운 사업모델 발굴 추진⁽⁸⁾
- ※ 우리은행, 국민은행, 신한은행 등 국내 금융사 역시 합작법인 설립 등 NFT 사업 추진
- 오프라인에서 '희소성'을 지향하며 명품시장을 주도하는 LVMH은 블록체인 플랫폼 '아우라 (Aura)' 컨소시엄을 구성하는 등 적극적으로 NFT 시장에 진출

⁶⁷⁾ 설립자 Erich Spangenberg는 "현재 특허 시장에서 IP의 2~5%만이 가치를 창출하고 있으며, NFT는 특허 시장의 투명성을 개선해 전체 특허의 10%만 활성화한다면 1조 달러 이상의 기회를 창출 가능하다"고 주장.

⁶⁸⁾ 신석영(2021.8.17.), 메타버스의 핵심, NFT와 가상경제, 하나금융그룹.

- ※ 명품시계 제조사 'Breitling' 또한 NFT를 이용해 진품 인증에 활용, 나이키는 운동화에 NFT를 적용한 특허출원 및 Cryptokicks 브랜드를 출시하며 관련 시장에 적극적으로 투자
- 아마존, 페이스북, IBM 등 국외 기업뿐 아니라 네이버, 카카오 등 국내 IT 기업 역시 NFT 시장 진출을 선언하며 자체 NFT 생태계 조성을 본격화
- 또한, 삼성의 투자 전문회사 '삼성넥스트'는 Dapper Labs, SuperRare, Alchemy, Nifty's 등에 투자하며 NFT 분야에서 초기 주도권을 가지기 위한 공략을 본격화

☑ 이슈와 쟁점

● 디지털 아이템에 새로운 가치를 부여하여 자산의 가능성을 보여준 NFT 기술은 관련 시장의 과한 기대를 받으며 급성장 중이나, 여전히 해결해야 할 기술적 한계와 법·제도적 이슈, 기존 자산들과의 충돌 등 다양한 문제에 직면

NFT 주요 이슈

이슈	주요 내용
시장 과열	• 신기술이 만든 초기 시장에서 투기와 투자가 혼재하는 과정에서 유명인과 막대한 자산을 이들에게 수익이 집중되고 시장이 과열되는 혼란 발생
저작권	• NFT 발행에는 저작권이 필요하지 않기 때문에 원작자 동의 없이 해당 작품을 NFT로 발행하여 거래할 수 있음
지식재산권	• NFT 소유권의 영구성과 원작품의 저작권 시효의 충돌, NFT와 함께 거래된 저작권의 법적 실효성 문제
환경문제	• 현재 대부분의 NFT 발행과 유통이 PoW(proof-of-work) 기반으로 진행되어 엄청난 에너지를 소비하여 환경문제를 유발
위변조 위험	• 디지털 자산의 원본을 위변조하여 NFT를 발행하는 경우, 저작권 보호뿐 아니라 소비자의 신뢰성 하락(특히, 실물 지산을 디지털화하는 경우 디지털 자산의 원본 보장이 어려움)
원본 소실	• NFT를 구매한 소유권은 반영구적일 수 있으나, 원본이 소실될 위험이 존재하며 디지털 파일의 경우 더욱 가능성이 큼
자금세탁	• NFT는 블록체인 기반 탈중앙화 방식으로 운영되고, 관련 규제가 없어 자금세탁으로 악용될 수 있음

※ 출처: 민경식 외(2021.9.10.), 최지혜 외(2021.5.26.), MIT Technology Review Korean Edition(2021.4.7.) 등을 참고하여 저자 작성

3) 의미와 전망

▶ NFT의 잠재력

○ 가상의 공간에서 대체 불가능한 자산을 증명하고 거래하기 위한 수단으로 NFT가 유일한 기술은 아니지만, 블록체인을 기반으로 하는 '분산된 디지털 소유권'을 지향하는 NFT는 일시적 유행이 아닌 장기 트렌드로 봐야 할 분야

- 자산은 유형(tangible)과 무형, 대체 가능(Fungible)과 대체 불가능 기준에 따라 네 가지 영역으로 구분 가능
- NFT는 ③의 영역을 중심으로 가상 자산으로 거래가 이뤄지고(③→②), 현실 자산과 결부되어 소유권을 증명하는 시도(3→4))가 진행
- ※ Binance 등에서는 현금으로 디지털 자산을 구매하는 방안을 제시하는 등 디지털 자산의 법적 문제가 해결되면 점점 더 많은 (③↔①) 거래가 나타날 수 있음
- NFT는 인터넷 역사상 처음으로 디지털 파일에 대한 희소성과 원본의 가치를 부여했다는 점에서 의미가 크고, 점점 더 디지털화되어 가는 미래사회에 미칠 NFT 잠재력을 지속 관찰 필요



※ 출처: 논문, 웹 사이트 등을 참고하여 저자 작성

- 장기적으로 NFT는 물리적이든 디지털이든 모든 자산을 상호 교환이 가능하게 만들어. 새로운 디지털 제품 개발을 촉진하고 디지털 비즈니스를 가속할 전망(9)
- 대부분 법정 화폐에 의존하는 현재의 경제 구조는 거래의 대상과 방법, 자산의 가치 평가 및 교환 방법에 제한적
- 즉, 디지털 이전의 금융 시스템과 디지털화되지 않은 가치 평가 방법은 경제적 가치 창출과 공정한 배분을 방해
- NFT는 모든 유형의 자산에 대한 소유권을 다양한 크기로 디지털화할 수 있고, 디지털화된 결과물은 수익을 창출하고 P2P 기반으로 공유 가능
- ※ 즉, 소셜 미디어 평판, 사회적 행동, 관심 등 개념적 자산과 데이터 교환 자체도 NFT를 통해 새로운 형태의 자산으로 거래 가능

⁶⁹⁾ Gartner(2021.4.26.), Non-Fungible Tokens(NFTs) Create New Digital Products and Business Models.

- 이를 통해, 지금까지 자신의 권리를 제대로 인정받지 못한 이들이 예술, 미디어 등에서 이전에는 얻지 못한 자산적 가치를 만들 수 있음
- 현재 소수의 디지털 자산에 제한된 NFT는 '이더리움 2.0'과 같은 기술의 발전과 함께 점점 적용 범위를 넓히며, 물리적 세계와 디지털 세계를 강하게 연결할 것으로 전망

▶ 새로운 경제 탄생을 위한 준비

- 신기술의 등장으로 인해 새로운 시장이 열릴 때, 지켜보거나 주저하기보다 빨리 이해하고 제도화해서 이를 적극적으로 받아들일 준비가 필요
- 특히, 그것이 자국의 강점과 결부되어 미래 경쟁력을 강화할 수 있는 분야라면 더 개방적이고 민첩한 대응이 중요
- ※ 최근 싱가포르는 NFT 가능성에 주목하고 NFT 기반의 예술과 창작 산업이 크게 성장하고 있으며⁷⁰⁾, 카카오는 2021년 8월 싱가포르에 블록체인 자회사 '크러스트'와 비영리 법인 '클레이튼 재단'을 싱가포르에 설립하는 등 싱가포르가 NFT 주요 투자지역으로 부상
- 규제가 마련되지 않은 초기 NFT 환경에서 유명인의 창작물이 높은 가격에 거래되는 등 NFT가 새로운 빈부격차를 유발하고, 탈세의 수단으로 악용되는 부작용 우려가 있으나
- NFT는 지금까지 제대로 인정받을 수 있는 경로를 찾지 못한 사람들의 창작활동에 새로운 기회를 제공하여 새로운 경제를 만들 수 있음
- ※ 세계적인 가상화폐 분석기관 메사리에 따르면, 현재 실제 미술품 시가 총액의 1%에 불과한 미술품 NFT 시가 총액은 10년 뒤 100배로 성장해 실제 미술품 시장 규모와 비슷할 것으로 전망⁷¹⁾
- 또한, NFT는 메타버스와 결합하여 가상경제 영역을 확장하고, NFT 없이는 불가능한 새로운 유형의 시장72)을 만들 수 있음에 주목할 필요
- 역사상 가장 파괴적인 세대가 될 것으로 보이는 Z세대는 2030년 이후, 세계 경제의 주역으로써 디지털 자산 시장을 주도할 것으로 전망
- 온라인 세계에서 태어난 Z세대가 새로운 일터에 진입하면서, 모든 세대 중에서 가장 빠르게 성장하며 2030년까지 이들이 세계 소득의 25% 이상을 차지할 것으로 예상⁷³⁾
- 이들은 세계 경제와 시장, 사회 시스템에 가장 파괴적인 인물이 될 것으로, Z세대를 위한 NFT 투자와 관심이 빠르게 급증
- ※ 2021년 10월, Metaverz Studio는 NFT 작품 시리즈 'AOZ'를 발표, TiTok 또한 TikTok NFT 시리즈를 출시하는 등 Z세대를 위한 NFT 시장 진출 본격화
- 현재 온라인과 가상 세계에서 대부분 시간을 보내는 Z세대들은 희소성 있는 디지털 자산을 통해 자신의 개성을 표현하며 미래 NFT 시장에 가장 큰 영향을 미칠 것

⁷⁰⁾ 한영인(2021.7.8.), 싱가포르, 대체 불가능 토큰(NFT)에 주목, 한국무역협회.

⁷¹⁾ Messari(2021), Crypto Theses for 2022.

⁷²⁾ Gartner(2021.8.11.), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021.

⁷³⁾ Bank of America(2020.12.1.), OK Zoomer: Gen Z Primer.

비지상 통신 6

1 주목하 이유

□ 지상 통신의 한계와 저궤도 위성통신의 부상

- 기존 통신기술은 지상 중심(고도 120m 이하)으로 개발된 기술로서, 급성장하는 UAM(Urban Air Mobility), 드론 등을 위한 3차원 공간통신에는 한계
- UAM은 의료, 재난 대응 등에 우선 도입된 후, 군사, 레저, 경찰 감시, 승객 운송 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 예상
- ※ UAM 세계 시장은 향후 5년 이후 본격 성장할 것으로 예상되며, 2026년 약 40억 달러(2천대), 2030년 930억 달러(6만 2천대), 2035년 3,250억 달러(25만대)에 이를 것으로 추정74)
- 위성 발사체 재사용 기술 개발, 대량 생산체계 구축 등 최근 위성통신 산업의 성장 환경이 조성됨에 따라. 글로벌 기업 주도의 저궤도 위성통신 경쟁 본격화
- SpaceX(미), OneWeb(영), Telesat(캐), Amazon(미) 등은 막대한 자본을 바탕으로 저궤도 위성통신 기반의 우주 인터넷 시대를 향한 경쟁 시작
- ※ 일론 머스크가 주도하는 SpaceX는 2020년 11월 북미지역에 월 요금 99달러로 시범서비스를 제공하고, 2021년 4월 고도 550km에 1,379기 위성을 발사하며 관련 분야를 선도
- 위성통신서비스의 중심이 국가 주도로 개발된 정지궤도위성(고도 36,000km)에서 민간 위주의 저궤도위성(고도 300~1.000km)으로 빠르게 이동 중
- ※ 정지궤도위성은 지상과 통신 시 0.5초 가량으로 상대적으로 높은 지연이 발생하고 인터넷 신호 손실이 높으나, 저궤도위성은 LTE 지연율(0.02초)에 상응하는 지연과 신호 손실이 적음
- 위성통신은 현재의 지상 통신의 서비스가 제한된 전 세계의 54% 지역에 해당하는 산악, 농촌, 사막, 오지 등 음영지역과 해상은 물론 무인 이동체의 통신 수단으로 활용 기대

☑ 지상망과 위성망의 통합, NTN(Non-Terrestrial Networks)

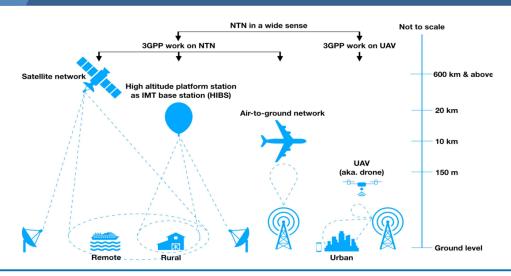
- 최근 3차원 공간 통신서비스를 제공하기 위해 지상통신과 위성통신이 결합한 비지상 통신으로의 확장이 본격화되고 있음75)
- 미국, 유럽 등 선도국을 중심으로 지상망 중심의 5G 이동통신 서비스의 한계를 극복하기 위해 지상 통신과 위성통신의 통합이 본격화

⁷⁴⁾ ETRI 통신미디어연구소 사업계획서(2021), 3차원 공간 네트워크 기술 개발.

⁷⁵⁾ Cambridge Consultants(2021), 5G's future is hybrid - the non-terrestrial opportunity.

- 특히, 이동통신표준화기구인 3GPP에서 5G 이동통신표준에 비지상 네트워크(NTN) 기능을 포함하여 이동통신과 위성통신의 통합을 구체화
- ** 비지상 네트워크(NTN)는 인공위성(LEO, MEO, GEO) 뿐만 아니라 항공 교통량이 없는 약 8~50km 고도에서 자율 비행하며 통신 기능을 수행할 수 있는 무인항공기(UAV) 등의 고고도 플랫폼 (HAPs, High Altitude Platforms)을 포함⁷⁶⁾

그림 7 비지상 네트워크(NTN)의 종류



※ 출처: Xingqin Lin et al.(2021.10.18.), 5G from Space: An Overview of 3GPP Non-Terrestrial Networks, IEEE Communications Standards Magazine.

2

주요 트렌드

월 3차원 공간으로 통신 영역 확장77)

- 이동통신 표준화단체인 3GPP에서 5G 표준과 위성통신을 연계하는 5G 비지상 네트워크 (Non-Terrestrial Network) 표준화 작업 중
- 3GPP에서 비지상 네트워크를 위한 NTN 기술 연구를 2017년부터 시작하여 NR(New Radio) 규격을 NTN에 적용했을 때의 영향에 대해 Release-15에서 연구를 진행
- 이후 Release-16에서 NR 규격을 가지고 NTN에 적용 가능한 해결 방안 등을 연구하였고, Release-17에서 실제 표준 기술규격을 만드는 워크아이템(WI)으로 확정
- 2022년 6월까지 최종 완성될 3GPP Release-17의 핵심기능 중 하나로 위성통신 중심의 비지상 네트워크(NTN)가 포함되었고, Release-17은 2030년 상용화 예정인 6G 기초 기능 구현 및 징검다리 표준역할 수행

^{76) 3}GPP, https://www.3gpp.org/news-events/1933-sat ntn.

⁷⁷⁾ 주요 내용은 "ETRI 통신미디어연구소 사업계획서(2021), 3차원 공간 네트워크 기술 개발"을 참고하여 작성.

- 3GPP에서 논의되고 있는 NTN은 위성과 무인 항공 시스템(UAS) 등을 포함한 다양한 항공·우주 플랫폼 중 대표적인 요구사항을 지닌 정지궤도 위성(GEO)과 저궤도 위성 (LEO)에 집중
- 한편, 2021년부터 국제표준화기구(ITU, 3GPP)를 중심으로 위성통신을 포함한 6G 비전과 개념 정립 등 표준화 논의 착수
- 즉, 5G 표준에서는 이동통신에 위성을 적용할 수 있도록 표준화 작업을 진행 중이며,6G에서는 지상망과 위성망의 통합 표준 진행 예정
- ※ 6G는 공간 제약이 없는 통신을 표방하며, 저궤도 위성을 활용해 섬과 산간, 사막 등 육상 통신음영지역, 해상의 선박과 지상 10km까지의 항공기 등에 초고속·저지연 통신서비스 제공 목표
- 미국, 유럽, 일본, 중국 등 주요국들은 6G 기술 개발 로드맵을 수립하고 특히, 3차원 공간 통신기술 개발에 집중
- AT&T, 인텔, 페이스북 등 미국 주요 선진 기업들은 공간 이동체를 활용한 무선통신기술 연구개발 진행 중
- 유럽에서는 플라잉셀(F-Cell), Eurecom Perfume, FP7 ABSOLUTE 등 다양한 프로젝트를 통해 무인비행체 이동통신 기술을 개발 중
- 일본 NTT DOCOMO는 6G 무선기술 요구사항 중 하나로 고도 10km까지 커버리지를 확장하는 'Extreme Coverage' 등 개발 방향을 제시⁷⁸⁾
- ※ NTT DOCOMO는 드론, 플라잉카, 선박, 우주정거장 같은 곳에 6G 서비스를 제공하기 위한 커버리지 확장을 위해 GEO, LEO, HAPs 등의 기술 가운데 Beyond 5G와 6G에 모두 적용할 수 있고 재난 상황에 효과적인 HAPs에 관심을 두고 있음
- 중국 ZTE는 6G 통신 분야의 주요 기술 중에서 3차원 공간 통신기술 기능으로 위성과 수중을 결합한 통신기술을 제시하고, 화웨이는 300m까지 저공역 네트워크를 지원하는 드론 기반 통신기술을 개발 중
- 우리나라는 지상 10km까지 UAM, UAV, 드론, 항공기 등 다양한 공간 이동체에 Gpbs급 광대역 서비스를 제공하기 위한 3차원 공간 이동통신 및 위성통신 기술 개발 사업을 2021년부터 추진 중
- ETRI는 국내 이동통신 3사, 삼성전자 등 37개 공동연구기관이 참여하는 '6G 핵심기술개발 사업'의 주관기관으로 3차원 공간 원천기술 확보 및 국제 표준을 강화할 계획
- 여기에는 초공간, 초성능, 초대역, 초지능, 초정밀 등 5대 중점분야가 포함되며, 특히 초공간 분야는 이동통신과 위성통신 기술을 융합한 '3차원 공간'에서 Gbps급 통신서비스를 제공
- 한편, 정부는 2021년 6월 '초소형위성 및 6G 위성통신기술 개발' 전략을 발표하고 위성 인터넷망 구축을 본격화⁷⁹⁾

⁷⁸⁾ NTT DOCOMO(2021.2.), White Paper: 5G Evolution and 6G, Version 3.0.

⁷⁹⁾ 관계부처합동(2021.6.18.), 초소형위성 및 6G 위성통신기술 개발 방안, 비상경제 중앙대책본부 겸

☑ 저궤도 위성 인터넷망 구축

- 현재 저궤도 군집위성을 활용한 글로벌 인터넷망 구축사업은 SpaceX, OneWeb, Telesat, Amazon 등 민간 사업자가 주도하는 상황
- SpaceX의 '스타링크(Starlink)' 프로젝트는 2020년대 중반까지 저궤도 소형위성 1만 2,000개, 장기적으로 4만 2,000개를 쏘아 올려 지구 전역에서 1Gbps급 속도의 초고속 인터넷망을 구축 추진
- ※ SpaceX는 로켓을 한번 발사에 50기의 통신위성을 쏘아 올릴 수 있고, 스타링크 구축에 100억달러 (약 11조 1,000억원) 이상을 투입할 계획으로 사업이 본궤도로 오르면 연간 300억달러(약 33조 4,000억원)의 매출 예상
- OneWeb은 1단계로 2022년 말까지 648대의 위성군을 이용하여 1,200km 상공에서 Ku 밴드를 통한 통신서비스 제공, 2단계로 약 2,000기의 위성군을 추가 구축할 계획
- ※ OneWeb은 적도를 도는 중궤도 위성을 이용하여 적도 지역 개발도상국의 통신 인프라를 보완하는 통신 위성군 O3b (Other 3 billions) 위성군 프로젝트를 이끌었고, 앞으로 전 세계를 커버하는 저궤 도 위성군으로 초고속 위성 인터넷망을 제공하겠다는 계획
- Telesat은 세계 4대 위성사업자(캐나다)로 2017년부터 저궤도 위성 발사 시험에 착수했고. 2020년 78개, 2023년 220개의 저궤도 위성을 발사할 계획
- Amazon의 '카이퍼(Kuiper)' 프로젝트는 약 3천 개 규모의 저궤도 소형위성을 쏘아 올려 광대역 인터넷망을 구축한다는 계획으로 2022년 4분기에 첫 위성 발사 예정
- 한편, 중국은 2020년 9월 저궤도 위성발사계획을 ITU에 제출하고, 최근 총 1만 2.992개 위성으로 구성된 위성 인터넷망 '궈왕' 구축 계획을 발표하는 등 미국과 우주 인터넷 대결을 본격화
 - '궈왕'은 고도 508~600km(6,080개)와 1,145km(6,912개)를 도는 두 그룹으로 이뤄지고 민간 주도의 미국과 달리 중국은 정부가 직접 위성 인터넷 사업을 지휘
 - ※ 중국은 장기적으로 내비게이션 위성(베이더우 시스템), 지구관측 위성(GHEOS), 통신위성을 묶은 통합망 구축을 목표로 삼고 있으며, 위성 인터넷망은 통합망 구축의 마지막 단계

3 의미와 전망

☑ 공간의 확장과 통신 패러다임 변화

• 비지상 네트워크(NTN) 표준화 추진은 그간 독립적으로 발전해온 이동통신과 위성 통신 산업을 결합한 중요한 이정표이며. 향후 두 기술 간 경쟁과 융합은 통신공간의 경계를 없애며 통신 음영지역 제로(0) 시대를 열어 갈 것

혁신성장전략회의 21-38.

- 지상통신과 위성통신의 통합 초기 단계에서는 지상통신업체와 위성인터넷 서비스업체가 상호 보완적 역할을 담당할 것으로 예상
- ※ 인터넷 연결이 쉽지 않은 음영지역은 위성통신이 담당하고, 인구가 밀접한 도심 지역은 기존 지상통신이 담당하면 투자 비용을 아낄 수 있기 때문
- 그러나 향후 저궤도 군집위성의 통신 속도, 대역폭 등의 기술 개선과 규모의 경제로 가격 경쟁력을 갖춘다면 위성통신과 기존 지상통신업 간 주도권 경쟁은 불가피
- 이 과정에서 이동통신과 위성통신을 모두 지원하는 통합단말의 출현, 공간 이동체 개발, 초공간 통신서비스 제공을 통한 통신 음영지역 제로 시대 진입 등 지금까지 불가능했던 경험과 기회가 새롭게 만들어지며 통신의 패러다임을 크게 바뀔 것으로 전망

그림 8 미래 3차워 공간 네트워크 개념도



※ 출처: ETRI 무선분산통신연구실 작성.

▶ 또 다른 패권 경쟁의 장(場)

- 이동통신과 위성통신이 만나는 비지상 통신은 6G 시대의 핵심 기술이며, 향후 국제 표준과 원천기술 확보를 통한 시장 선점은 물론 우주 패권의 시발점
- 향후 주요국들은 미·중 간 패권 경쟁과 불확실한 국제 정치 상황에서 국가 주도의 6G 기술과 시장 선점 경쟁을 치열하게 전개할 것으로 보임
- 6G 기술은 지상 중심의 통신 한계를 넘어 위성인터넷과 결합하여 우주 기술로 확장되어 언제든지 군사적 용도로도 사용할 수 있다는 점에서 지정학적 경쟁의 쟁점으로 부상
- 6G 초공간 기술은 시장의 확장뿐만 아니라 우주 공간으로의 영토 확장과 정보 지배력을 통해 국가 간 격차를 더욱 증가시킬 수 있어 독자 기술 개발은 물론 국가 간 경쟁과 협력을 위한 중장기적 전략이 필요

7 실시간 정밀 측위

1 주목한 이유

▶ 기술적 한계 돌파

- 최근 디지털 기술의 급격한 발전으로 인해, 어디서나 빠르고 정확하게 위치를 파악 할 수 있는 다양한 초정밀 측위 기법들이 등장
- 최근 센서 기술, 위성항법시스템, 이동통신, 영상처리기술, 인공자능 등 디지털 기술의 발전으로 인해 측위의 범위(location), 정확성(accuracy), 지연 시간(latency) 등의 개선에 주목할 만한 진전을 보임
- 물체의 위치를 정확히 찾아내거나 우리의 위치를 결정할 수 있는 측위 기술은 인간의 기본적인 생존 욕구로 오래전부터 꾸준히 연구가 진행되어 온 기술
- 인간의 개입 없이 스스로 작동하는 자율형 로봇, 가상과 현실 세계를 연결하는 디지털 트윈,
 다양한 형태의 미래형 모빌리티 등에 내재화된 측위 기술은 안전성, 생산성, 편의성 등을 제공함으로써 인간의 삶을 한층 업그레이드

☑ 다양한 측위 서비스 출현

- 측위 정보에는 지표상 3차원 위치뿐만 아니라, 진행 방향, 속력, 주소 정보가 포함 될 수 있어, 생활 편의 제공 및 생산성 향상 등 다양한 목적으로 활용 가능
- 특히, 실내외(개활지, 도심, 실내 등) 구분이 없이 10cm 이하 위치 정확도, 20ms 이하 지연을 제공하는 실시간 초정밀 측위 기술은 다양한 분야에서 과거에는 불가능했던 새로운 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대

표 6 정밀 측위 활용 사례

구분	주요 내용
재난	• 응급 및 재난 상황에서 인명 구조, 재난 분석 및 예측
생산	• 부품 이동, 로봇 제어를 통한 정밀 공정 처리
물류	• 원재료 조달/투입, 제품 생산/판매, 고객 인도
제어	• 무인기/자율주행차 원격 제어, 지능형 로봇 실내 자율 제어
교통	• 교통 관리 및 제어, 자동차/열차 충돌 방지
편의	• 공유 자전거, 증강현실 게임, e-헬스, 도로 상황, 지능형 교통, 통행요금 자동 지불 등
마케팅	• 주변 정보/광고 송출, 사람/물건 찾기, 개인 맞춤형 마케팅

[※] 출처: ETRI 통신미디어연구소 내부자료(2020.12.8.).



2 주요 트렌드

월 실시간 정밀 측위 요구 수준

- 실시간 초정밀 서비스를 제공하기 위해서는 서비스별 장소에 따른 수평/수직 정확도. 지연 시간 등의 성능지표를 만족해야 함
- 생활 편의 향상, 생산성 향상 등 다양한 분야에 활용 가능한 측위 서비스의 요구 수준을 만족시키기 위해 사용할 수 있는 대표적인 측위 기술로는 위성, 이동통신, 영상처리, Ray-tracing, Fingerprint 등이 있음
- ※ 본 보고서에서는 실시간 초정밀 서비스를 10cm 이하 위치 정확도, 20ms 이하 지연을 제공하는 측위 서비스로 정의하고, 위성, 이통통신, 영상처리, Ray-tracing, Fingerprint 등 다섯 개의 기술을 중심으로 주요 특징을 분석함

실시간 초정밀 측위 서비스별 요구 수준

구분	주요 내용	비고	
무인기	• 수평/수직 정확도: 50cm/10cm	실시간	
(원격 제어)	• 지연: 150ms	초정밀	
무인기	• 수평/수직 정확도: 10cm/10cm	초정밀	
(데이터 분석)	• 최초위치정보 획득시간: 10s	<u> </u>	
증강 현실	• 수평/수직 정확도: 100cm/10cm	초정밀	
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	• 지연: 1s	프 6 2	
공장 이동 운반체	• 수평/수직 정확도: 50cm/100cm	실시간	
00 NO FFUI	• 지연: 20ms	2/12	
교통 관리 및 제어	• 수평/수직 정확도: 100cm/250cm	실시간	
표이 단어 첫 제어	• 지연: 30ms	2/12	
응급 구조대 (실외)	• 수평/수직 정확도: 100cm/30cm	(초)정밀	
OU 1 소네 (크피)	• 지연: 5s	( <del>-</del> ) 6 2	

[※] 출처: ETRI 통신미디어연구소 내부자료(2020.12.8.).

#### ▶ 주요 측위 기술의 특징

- (위성시스템) 개활지에서 수 mm~수 m 정확도로 측위가 가능하나. NLoS(Non Line of Sight), 다중경로 환경에서는 이 정도의 정확도 확보가 어려움
- (수준) 위성항법 신호의 코드, 칩 구간, 반송파 위상을 순차적으로 활용하면 수 mm~수십 cm 정확도 달성 가능
- ※ 현대화된 GPS의 실제 성능은 수평 3~5m의 정확도 가능하고, 현재 업그레이드 진행 중인 GPS Ⅲ은 1~3m까지 향상 예정
- ※ 2020년 6월 44개의 위성을 운영 중인 중국의 베이더우는 평균 1.5~2m 정확도 가능

- ※ 수 킬로미터 이내의 기준국에서 제공하는 위성신호 관측값을 공유하여, 서로 동시에 바라보는 신호의 공통오차를 차분하고 남은 오차 범위의 반송파 개수와 위상값을 이용하여 10cm 이내 정확도 달성 가능
- (한계) 도심. 협곡과 같이 시야 확보 제약 환경에서는 위성의 기하학적 분포가 고르지 못 하고, 도심의 경우와 이동사용자의 경우에는 신호 끊김 현상으로 측위의 정확도가 저하
- (이동통신시스템) 수십 cm~수 m 정확도로 단말의 위치 정보뿐만 아니라 단말의 고유 정보까지 수집할 수 있으나. 채널 등 주변 상황에 따라 측위 품질이 변하기 때문에 효율적 망 구축이 중요
- (수준) 신호의 도달시간, 각도, 위상, 세기 또는 기지국 정보를 이용하여 위치 정보를 획득 할 수 있으며, 응급·재난 상황에서 단말의 고유 정보까지 파악할 수 있음
- ※ 5G 이동통신을 활용하여 3m 정확도 수준의 위치 정보를 획득할 수 있으며, 20cm 수준의 정확도를 제공하기 위한 연구 중
- ※ 500MHz 대역폭 이상 광대역을 사용하는 UWB(ultra-wideband)를 활용하여 10~30cm 수준의 정확도 제공 가능
- (한계) 초정밀 측위는 LoS(Line of Sight) 경로 확보가 필요하며, 초정밀 측위 서비스를 제공하고자 하는 지역에는 밀집된 통신망 구축 필요
- (영상처리기술) LoS 경로 확보 시 수 mm 정확도 수준까지 가능하나. 3D 맵의 특징점 분포, 카메라 사양 등에 크게 의존
- (수준) 사전 구축된 3D 맵과 LoS 경로를 확보하고 특징점이 근거리에 분포할 경우, 10cm 이내 정확도 제공 가능
- ※ 640x480영상, 2pixel 영상잡음, 44도x33도 화각, 15개 특징점 사용시 0.25% 수준의 정확도 제공 가능하며, 특징점까지 거리가 40m인 경우 10cm 수준까지 가능
- (한계) 카메라를 통한 영상 확보 및 영상처리를 위해 컴퓨팅 자원이 필요하고, 3D 맵이 없는 경우에는 2대 이상의 카메라가 요구됨
- (Ray-tracing) NLoS 상황에서도 수십 cm 정확도로 측위가 가능하나. 정밀한 지도 정보 및 반사 특성 정보가 필요함
- (수준) 송수신기간 거리가 20m 정도인 경우, 30cm 수준 정확도 가능
- ※ NLoS 상황에서 송수신기간 거리 10m 이내는 16cm, 거리 10~26m는 38cm 정확도, LoS 상황에서는 각각 12cm, 31.8cm 정확도 가능
- (한계) 무선채널 환경의 변화에 따른 맵 정보의 실시간 업데이트가 어려워, 이로 인해 정밀도 저하 발생, 물질의 전파 반사 형태에 의한 측위 성능 열화
- (Fingerprint) NLoS 상황에서도 수 cm 정확도로 측위가 가능하나, 무선 채널의 환경이 변할 경우, 측위 성능 저하

- (수준) Fingerprint 방식과 기준위치의 밀집도에 따라 수 cm~수 m 측위 정확도 달성 가능
- ※ Fingerprint 방식에는 일정 간격의 기준위치들에서 얻은 채널 정보로부터 DB를 구축하여 이를 활용하는 DBF(Database-Based Fingerprint) 기술과 채널 정보로부터 학습모델을 구축하여 이를 활용하는 LBF(Learning-Based Fingerprint) 기술이 있음
- (한계) DBF와 LBF의 두 측위 방식 모두 구축환경과 실제 환경 간 무선 채널의 특징에 차이가 발생할 경우, 측위 성능이 저하됨

#### 丑 8 주요 측위 기술의 수준 및 한계

구분	수준	한계
위성항법	수 mm ~ 수 m	NLoS 및 다중경로 환경에서 정확도 확보 미흡
이동통신	수십 cm ~ 수 m	NLoS 및 다중경로 환경에서 정확도 확보 미흡
영상처리	수 mm ~ 수십 cm	LoS 환경에서만 적용 가능, 측위 대상의 ID 확보 어려움
Ray-tracing	수십 cm	정밀한 지도정보 필요하며, 변화하는 환경에 적용 어려움
Fingerprint	수 cm ~ 수 m	변화하는 환경에 적용 어려움

※ 출처: ETRI 통신미디어연구소 내부자료(2020.12.8.).

#### 3 의미와 전망

#### 산업 경쟁력과 미래 패권의 상징

- 기존의 측위 기술이 인간이 농사를 짓고, 공장을 움직이고, 화물을 나르고, 길을 찾는 등 많은 산업 분야의 모습을 바꾼 것처럼, 한층 발전된 측위 기술의 등장은 산업은 물론 우리의 일상의 모습까지 크게 바꿔 놓을 것80)
- 실시간 초정밀 측위 기술은 인간의 개입 없이 스스로 움직이는 스마트 머신(로봇, 자율주행차, 항공 모빌리티 등)과 어우러진 세상에서 우리의 안전성 보장하고 사건의 발생 가능성을 사전에 예측하기 위한 핵심 요소
- 실내외 구분이 없이 밀리미터 수준으로 발전하는 정밀 측위 기술이 등장하면, 이 기술의 사용 한계는 기술 자체의 성능보다 인간의 상상력과 사회가 설정한 법과 윤리적 기준에 의해 정해질 것
- 최근 중국이 전 세계에 위성항법시스템 '베이더우(BeiDou)' 서비스를 제공하면서 초정밀 측위 패권을 둘러싼 강대국 간 경쟁 본격화81)
- 특히, 미국은 "2040년이 되면 세계의 많은 나라에서 미국의 GPS 대신 중국의 베이더우를 사용하게 될 것"이라며, 미국의 기술 리더십과 국가안보에 심각한 우려를 제기

⁸⁰⁾ Ling Xin(2021.4.10.), Hyper-accurate positioning is rolling out worldwide, MIT Technology Review.

⁸¹⁾ NIC(2021.3.), Global Trend 2040.

- 2020년 말 기준, 전 세계 195개국의 수도에서 중국의 베이더우가 GPS보다 많은 신호가 잡혔고, 더 뛰어난 성능을 보임
- ※ 이미 중국의 일대일로 프로젝트가 진행 중인 라오스, 파키스탄, 에티오피아 등 남아시아와 중동, 아프리카 등에서는 GPS보다 베이더우를 많이 사용하고 있음
- GPS는 신호를 지상으로 보내기만 하고 신호를 수신한 단말의 위치를 특정하지 못하지만. 베이더우는 스마트폰 등 단말과 메시지를 송수신할 수 있어 위치 추적은 물론 사이버 공격에도 활용될 수 있다고 알려짐

#### ▶ 지능형 복합 측위

- 실시간 초정밀 측위 기술은 개활지, 도심, 실내 등 환경 조건을 고려하여 위성 시스템, 통신시스템, 영상정보처리 등 기존기술을 결합하여 인공지능이 통합 분석하는 복합 측위로 발전 예상
- 실외 개활지, 도심 도로와 보행자, 실내 환경에 따라 측위 기술별 정밀도와 처리 시간 등의 차이를 보임에 따라 요구 수준에 맞는 측위 기술 간 결합이 필수
- 예를 들어, 개활지에서는 항법위성 측위, 도심에서는 항법위성과 통신시스템 및 영상처리 간 연계 측위, 실내에서는 통신시스템과 연계한 ray-tracing, fingerprint, 3D 맵매칭, 영상처리 등을 결합한 측위 방안을 고려할 수 있음
- 특히, 다양한 환경에서 실시간 초정밀 측위 성능의 한계를 극복하기 위해 센서, 통신기술 등과 인공지능을 결합한 지능형 복합 측위에 주목할 필요

본 장에서 소개한 주요 내용은 "ETRI 통신미디어연구소 내부자료(2020.12.8.), 10cm급 측위 성능 제공을 위한 정밀 측위 인프라 기술 방향 보고서"를 토대로 작성하였음.

#### AI 밀리테크 8

### 》 주<del>목</del>한 이유

#### ☑ 미·중 AI 밀리테크⁸²⁾ 신냉전

- 2021년 3월. 前 구글 CEO Eric Schmidt가 이끄는 'AI국가안보위원회(NSCAI)'는 전면적인 국방 체계 혁신을 촉구하는 권고안을 발표83)
- 권고안에서는 "국방 분야에 AI 채택을 연기하면, 다음 세대의 미국인들은 20세기 도구로 21세기 적과 싸워야 할 것"이라 경고
- 이후, NSCAI는 AI 자율무기 사용과 개발 금지를 '반대'하는 보고서 초안을 미 의회에 제출함으로써 큰 파장을 예고
- 본 권고안은 중국의 AI 주도 미래 전쟁에 대한 미국의 두려움과 위기감을 드러냈고, 일반 대중에까지 강력한 메시지를 전달
- Eric Schmidt는 "중국과의 AI 경쟁은 국가적 비상사태이며, 연방정부가 국가안보에 AI를 중심에 두지 않는다면, 큰 위협이 될 것"이라 강조84)
- 현 추세가 변하지 않을 경우, 중국은 2030년 미국을 넘어서 글로벌 AI 리더로 올라설 수 있으며, 미국은 중국과의 AI 경쟁에 대비 조직화 전략을 마련할 것을 촉구
- Eric Schmidt는 지금보다 훨씬 광범위한 의사결정을 지원하는 AI 시스템이 필요하며, 구글의 '프로젝트 메이븐(Maven)' 철회는 잘못된 결정이라고 주장
- ※ 구글 직원 4,000여 명은 2018년 美 국방부가 추진하고 있는 군사 프로젝트 메이븐(Maven) 중단을 요구하는 서명운동을 벌였고, 이후 구글은 프로젝트 계약 연장을 하지 않겠다고 선언
- 주목할 점은 본 권고안을 계기로 앞으로 국방 분야에서 AI 활용의 경계선이 사라지고. 많은 나라에서 노골적으로 인공지능을 기반으로 국방 전력을 재설계할 수 있다는 것
- ※ 그동안 일론 머스크 등 저명인사는 물론이고 비정부단체연합을 중심으로 미국은 킬러로봇 금지 조약 체결을 지지해 왔고, 유럽의회의원실은 AI의 군사적·비군사적 사용지침서를 발표한 바 있음
- 중국 정부는 인공지능의 군사적 이용은 불가피하다고 판단하고 모든 종류의 AI 기술을 국방 분야를 혁신하는 데 적극적으로 사용하고 있음
- 중국 AI 군사화 능력은 중국 공산당 19대 보고에서 시진핑 총서기가 '중국 특색 강군의 길'을 제시하고 '군사의 지능화'를 천명한 이후 급속도로 발전

⁸²⁾ 밀리테크(Militech)는 군사(military)와 기술(technology)의 합성어로 핵심 군사기술을 의미함.

⁸³⁾ NSCAI(2021.3.), Final Report.

⁸⁴⁾ Fobes(2021.3.7.), Google Billionaire Eric Schmidt Warns Of 'National Emergency' If China Overtakes U.S. In AI Tech.

- ※ 중국은 AI 기술을 적극적으로 도입하여 경제·사회·국방 영역의 지능화를 공식화, 특히 군사적 지능화 가속, 사이버 정보체계에 기반한 전 영역의 연합작전능력 향상에 주력
- 중국은 지금이 AI 기술을 활용하여 국가안보 기술을 비약적으로 도약할 수 있는 역사적 기회로 인식하고, AI 기술의 해외 기술 의존도를 줄이고 자체 기술력 확보에 주력
- 해방군보85)에서는 미래전은 육, 해, 공, 사이버전이 동시에 이뤄지는 지능전이 될 것으로 전망하며, 특히 AI 군사화를 강조
- ※ 군사 전문가 리밍하이는 전장에서 'AI 알고리즘 게임' 개념을 소개하면서, 전장의 상황을 빠르고 정확하게 이해하고 최적 전투 방안을 제시하여 전쟁의 승리를 달성하는 데 AI 알고리즘이 결정적인 역할을 할 수 있을 것이라 주장

#### 월 인공지능이 바꿀 전쟁의 성격

- AI가 주도하는 제4차 산업혁명 신기술은 더 빠르고, 더 치명적이며, 더 분산된 전장을 만들며 전쟁의 성격까지 바꾸고 있음
  - 지금까지 수색, 정찰 활동 등 비무장 전력을 보강하는 수준에서 적용되어 온 AI 기술은
     앞으로 자율무기체계(AWS)뿐만 아니라 자율살상무기(LAWS) 등 공격의 핵심으로 부상
  - ※ 대표적인 7대 AI 적용 국방 분야는 감시정찰, 물류체계, 사이버 작전, 정보 작전, 지휘통제, 반자율/ 자율 이동체, 자율살상무기 등
  - 미국 前 국방부 차관 로버트 워크(Robert Work)는 "자율무기가 전투에서 인간보다 실수가 적어 자율무기 개발은 도덕적 의무다"라고 주장⁸⁶⁾
- AI 국방 기술의 핵심 키워드는 '자율화'로 군사용 무인차량, 군집드론 등에 활용되는 자율 무기체계(AWS)가 대표적
- ※ 2021년 3월 7일, 예멘 반군 후티는 10여 대의 공격용 드론을 이용해 사우디아라비아 국영석유 회사 아람코 석유시설을 파괴
- ※ UN 보고서⁸⁷⁾는 터키 방위산업체 STM이 개발한 카구2(Kargu-2)를 리비아 내전에서 자율적으로 공격을 시도한 무인 살상 무기로 평가
- 미국을 비롯한 세계 군사 강대국들은 군집지능로봇(Swarm Intelligence Robot)을 포함하여 공격용 자율무기개발 본격화
- ※ AWS는 관측, 판단, 결심, 행동 기능에 대한 인간의 역할에 따라, 인간의 개입과 통제가 행사되는 Human in the Loop, 인간이 감독 역할만 담당하는 Human on the Loop, 인간의 개입과 통제가 완전히 배제되는 Human out of the Loop 등 세 단계로 구분⁸⁸⁾
- 미래의 전쟁 양상이 AI를 기반으로 이루어질 경우, 전통적 군사력과 달리 AI 핵심 기술력을 보유한 국가가 전쟁에서 압도적 우위를 점할 수 있음

⁸⁵⁾ 解放軍報(2019.10.8.), 加速推进军事智能化.

⁸⁶⁾ Reuters (2021.1.27.), U.S. commission cites 'moral imperative' to explore AI weapons.

⁸⁷⁾ UN Security Council(2021.3.8.), https://undocs.org/S/2021/229.

⁸⁸⁾ 송윤선(2021.6.30.), 인공지능과 로봇의 군사적 활용과 선행 과제, 한국국방기술학회 논문지, Vol. 3, No. 2.



### 2 주요 트렌드

#### ☑ 미국의 AI 군사적 우위 강화 전략

- 미국은 일찍이 '제3차 상쇄전략(Third Offset Strategy)'89)을 통해 인간과 인공지능이 협업해 의사결정을 내리는 자율무기체계(AWS)를 개발 중
- DARPA는 실전 대비, 인간의 뇌파를 이용하여 군집로봇을 훈련시키는 방법을 연구하는 등 AWS 개발을 가속화
- ※ 지상 전투 차량에 인공지능을 도입해 승무원의 실수를 줄이고 위험 요인을 제거하기 위한 승무원 최적화 및 증강기술 프로젝트 COAT(Crew Optimization and Augmentation Technologeis) 진행
- ※ 2017년부터 미국은 드론 등이 수집한 영상데이터를 해석하여 물체를 식별하는 메이븐(Maven) 프로젝트를 진행
- 미국은 미래전에 대비, 2018년 7월 합동인공지능연구센터(JAIC)을 창설하여 차세대 전력 건설을 위해 제4차 산업혁명의 군사기술을 접목한 연구개발 강화⁹⁰⁾
- JAIC는 'AI를 통해 국방부를 변화시킨다(Transform the Department of Defense through AI)'는 비전하에 'AI 중심 전투능력(AI-CCC)' 구축을 목표로 AI 핵심 기술을 미군의 작전 및 전술에 적용하고 있음
- 7대 주요 업무로는 AI 핵심 기술을 신속하게 적용, AI 적용 범위 선정, 사이버 공격 대응 연구, AI 적용 공동기반체계 구축, 방위산업체, 대학, 연구기관, 동맹국과 파트너국가 간 협력체계 구축, AI 전문인력 양성, AI 적용의 윤리 및 안전장치 마련 등

#### ▶ 중국의 AI 강군몽(强軍夢) 전략

- 중국은 미국의 전통적 군사력 우위를 제치고 글로벌 AI 강군 건설을 위해 3단계 발전전략을 제시하고 미래 지능화 전쟁(Intelligentized War) 대비 투자 강화91)
  - 2020년 중국은 장쩌민 시기부터 견지해 온 3단계 군사력 발전 노선을 계승한 새로운 3단계 전략을 설정, AI 시대의 기계화·정보화·지능화 융합에 주력
  - ※ 새로운 3단계 전략은 국방 현대화 가속을 통한 강군 실현을 위해 2027년 건군 100주년 목표 실현, 2035년 군 현대화 기본 실현, 21세기 중엽 세계 초일류 군대 건설 등
  - 중국은 AI 기술을 미국의 전통적 군사력 우위를 뛰어넘을 수 있는 핵심 전력으로 인식하고
     AI 전쟁 대비 현실 시나리오까지 설계한 것으로 알려짐

⁸⁹⁾ Christiansson, Magnus (2018), Defense Planning Beyond Rationalism: The Third Offset Strategy as a Case of Metagovernance, Defence Studies, Vol. 18.

⁹⁰⁾ 한국군사문제연구원(2021), 2020 세계 주요 군사 동향 - 제6부 미래전 준비와 차세대 전력 건설.

⁹¹⁾ 중앙일보(2021.7.28.), 중국 "AI 주도 미래전쟁선 미국과 해볼 만" 판단.

- ※ 중국은 미국의 해군력 우위에 대해 자율드론을 활용하는 전략을 수립했으며, 정찰과 전자 대응, 화력 공격 분야에서도 AI를 사용할 것이라고 공언
- 요컨대, 중국은 AI를 기반으로 한 전 영역(육·해·공, 우주 및 사이버 공간 통합)의 전쟁 능력을 강화하여 '글로벌 AI 강군'을 건설하려 함

#### ☑ 군사 강대국들의 AI 밀리테크 개발 본격화

- 러시아는 2017년 "AI는 인류의 미래이며, 이를 정복하는 자가 세계를 정복할 것" 이라는 푸틴 대통령 발언 이후, AI의 국방 활용을 본격화92)
- 러시아는 푸틴 대통령 주도하에 국방 분야에 특화된 AI 기술 개발에 집중적으로 투자하고 있으며, 국방 분야 AI 기술력에 있어 미국과 중국에 위협적인 수준
- ※ 2018년 러시아 국방부는 인공지능 기술 개발 10대 계획을 발표하며, 민관 합동 R&D 강화
- 2020년에는 군사용 AI 로봇 프레임워크를 마련하고, 2025년 로봇 전투 유닛을 현장에 투입할 계획을 수립하는 등 AI 로봇 개발을 추진 중
- ※ 2017년 러시아 연방정부는 국제연합에서 규정한 '자율살상무기(LAWS) 개발 금지' 규정에 반대한다는 입장을 밝힌 바 있음
- 러시아는 미래 전장의 승패를 AI가 좌우할 것으로 인식하고, 가장 위협적으로 보이는 전투기,
   드론, 미사일, 전자전(Electrionic War) 등의 분야에 AI 기술 개발을 집중
- ※ AI 기반 자율군집드론, 자율 타킷 기능이 탑재된 SU-35 전투기보다 더욱 지능화 기능이 강화된 MiG-41 전투기, 인간의 개입없이 AI 독자 전투능력을 수행하는 6세대 전투기, AI 기능 탑재 크루즈 미사일 등
- 영국은 새로운 차원의 미래 전쟁에 대비하여, 국방 분야 AI 기술 개발·도입 강화
- 영국은 향후 10년간 국방·안보·외교 전략을 담은 통합 보고서를 발표, 새로운 패턴의 미래 전쟁에 대비하여 2030년까지 기술혁신을 기반으로 '초강대국(Superpower)' 전략을 제시⁹³⁾
- ※ 영국은 알고리즘 기반의 사이버 전쟁에 대비, 향후 4년간 국가안보용 AI 알고리즘 구축에 66억 파운드 규모의 국방 자금 투자 계획을 밝힘
- 2021년 3월 영국은 장기적으로 군함, 항공기, 육상 차량 등의 국방 플랫폼과 인간-AI 협업을 위한 DASA(Defense and Security Accelerator) 프로젝트⁹⁴⁾를 발표
- ※ DASA 프로젝트에는 수천 개의 지능과 데이터를 기반으로 AI를 이용하여 군함이 결정을 내리는 방식과 AI 기반 해군, 육군, 공군의 장비 플랫폼 통합 연구를 포함
- 군사 강대국들은 2020년 이후 전장 환경의 급속한 변화에 대비, 인공지능을 비롯한 제4차 산업혁명 핵심 기술들이 총집결된 6세대 전투기 개발로 이어져 공중전 방식의 일대 혁명을 준비 중

⁹²⁾ CNN(2017.9.2.), Who Vladimir Putin thinks will rule the world.

⁹³⁾ HM Government(2021.3.), Global Britain in a competitive age – The Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy.

⁹⁴⁾ Defence and Security Accelerator(2021.3.), Innovation for a Safer Future.

- 미국, 유럽, 중국, 러시아, 일본 등은 독자 개발과 국가 간 공동개발 등을 통해 6세대 전투기 개발에 집중 투자
- ※ (미국) 차세대 공중 우세기(NGAD), 차세대 함재기(NGCF) / (영국, 스웨덴, 이탈리아) 템파스트 (Tempest) / (프랑스, 독일, 스페인) 미래 전투항공체계(FCAS) / (중국) 중국 제6세대 전투기 / (러시아) 러시아 제6세대 전투기 / (일본) 일본 F-X 제6세대 전투기
- 6세대 전투기는 AI 기반 자율비행 능력을 극대화하고 복수의 무인기를 통제하는 유무인 복합체계. 360도 전방위 식별이 가능한 가상증강 기술 등을 갖춘 차세대 항공 시스템으로 미래 항공 패권의 핵심

### 3 의미와 전망

#### □ 미래 전쟁, AI 알고리즘이 결정

- 지금까지 AI 분야에서 비유적 표현으로 사용되었던 AI 군비경쟁은 실제 국방 분야에서 AI 중심의 군비 확장 경쟁에 돌입했고95), AI 알고리즘은 지배 범위, 공격의 속도와 정확도 등에서 인간을 압도하며 미래 전쟁의 승패를 결정하게 될 것
- 전면적으로 자율화·무인화되는 미래 전장은 인간과 기계의 역할이 재정립되고, 기계가 인간을 압도하며 전장을 완전히 지배한다는 의미
- 즉, 한 국가의 국방력은 그 나라가 보유하고 있는 탱크, 함선, 전투기의 수가 아니라 AI 알고리즘의 품질로 정의된다는 것
- 미 전략 및 예산문제 연구소는 미래에는 AI가 내재화된 자율화된 전력 시스템에 의한 지휘관 결심이 전쟁의 승패를 좌우할 것으로 전망%)
- AI만이 육해공 다중 영역을 넘어, 우주와 사이버 공간까지 확장될 미래 전장 상황을 유기적으로 통합, 분석, 통제할 수 있기 때문
- 즉, 현재의 민간 영역의 사이버 공간은 군사 작전 중심 영역으로 변화하고, AI 알고리즘 전쟁은 필수적으로 사이버 전쟁을 수반
- AI는 센서·시스템·전사·플랫폼을 일체화하고, 과거 90초 걸리던 전술 속도를 미래전에서는 0.000075초로 단축한 초행동(hyper-activities) 현상을 가능하게 할 것으로 전망⁹⁷⁾
- 최근 미 육군은 'Project Convergence 2020'에서 AI를 통한 민·군 위성 융합으로 목표 데이터를 공격 시스템에 전달하는 데 걸리는 시간을 20분에서 20초로 단축할 수 있음을 실험을 통해 입증98)

⁹⁵⁾ Nathan Enaich, Ian Hogarth (2021.10.), State of AI Report 2021.

⁹⁶⁾ Bryan Clark et al.(2020.2.11.), Mosaic Warfare: Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operations, CSBA.

⁹⁷⁾ 한국군사문제연구원(2021), 2020 세계 주요 군사 동향 - 제6부 미래전 준비와 차세대 전력 건설.

⁹⁸⁾ C4ISRNET(2020.9.26.), Inside the Army's futuristic test of its battlefield artificial intelligence in the desert.

#### ▶ AI 밀리테크 확보 전략

- 인간-AI, AI-AI 협업 전략을 포함하여 독자적인 AI 기술력을 확보하기 위한 장기 전략 마련 필요
- AI가 주도하는 국방력은 단기적으로 유무인 전력의 복합운용 및 완전 무인화 전력이 혼합 운영되는 형태가 될 전망
- ※ 경계 및 탐지 분야는 AI를 이용한 완전 무인화가 가능하겠지만, 전략자산의 운용 및 살상무기체계 운용은 유인과 무인 전력을 혼합운용하여 오인 살상 등을 방지할 필요
- 이를 위해 인공지능과 인간의 의사결정을 결합하여 운용할 수 있는 단계별 신기술개발 및 확산 전략을 마련할 필요
- ※ 유무인 전력은 대규모 초고속 통신기술과 적군 전자전에 대응 가능한 대전자전 능력과 통신 보안 등에서 혁신적 기술 개발이 필요
- 장기적으로 AI 무기체계 개발 경쟁은 미래 무기체계의 표준 또는 플랫폼을 장악하기 위한 경쟁으로 이어지기에, 경제·산업적 차원의 경쟁과 달리 그 '운영체계'의 종속성은 국기안보에 절대적 영향을 미침
- 따라서, 동맹국과 첨단 무기체계 개발 공동참여, 차세대 무기 구매 및 기술이전을 고려하되 독자 기술력 확보를 위한 R&D 로드맵 구축, 최고급 AI 군단 운영 등 국방전략 마련 필요

#### 丑 9 AI 밀리테크 R&D 방향

R&D 분야	주요 내용
AI-인간 팀 구성 전략	• AI와 인간의 동적 팀 구성이 전체 성과에 미치는 영향과 상호의존성 연구
고수준 상황 이해(감지· 인식)	• 복잡하고 동적인 환경에서 다중 소스와 멀티 소스, 멀티 모달 정보를 통합하여 통찰력을 제공하는 인식 모델
디바이스, 컴퓨팅, 네트워킹	• 지능적 데이터 수집과 실행을 수행하면서 다른 디바이스와 동적으로 학습, 공유, 팀워크를 수행하는 자율 엣지 디바이스
강건하고 탄력적 AI	• 암호화 기법을 포함한 프라이버시 보장형 기계학습과 외부 공격에 강건하고 높은 복원력을 갖는 AI 시스템
시험, 평가, 확인, 검증	• 동적인 학습이 가능한 완전 자율 AI 시스템에 대한 시험, 평가, 확인, 검증
의사결정지원 통합AI, 모델링, 시뮬레이션	• 제한된 시나리오, 환경을 넘어서 개방형 환경에서 실시간 의사결정과 대응 제공(멀티 모달 데이터 통합, 시뮬레이션 모델의 예측 정확도 평가 등)
자율 AI 시스템	• 인간과 협업 방식을 이해하고 다중 에이전트 함께 복잡한 임무를 수행하며 동적 변화 환경에서 차제 모니터링과 검증을 통해 독립적으로 임무를 수행
더 일반적인 AI	• 해석과 설명 가능성 등 <del>좁은</del> 의미의 AI를 넘어 운영 환경에 참여하여 상황 지식을 기반으로 의사결정을 내리고 경험을 축적할 수 있는 범용 AI

[※] 출처: NSCAI(2021.3.), Final Report.

#### 사이버 팬데믹 9

# 주목하 이유

#### 글로벌 리스크에서 사이버 팬데믹으로

- 사이버 공격은 이미 글로벌 리스크가 되었고. 최근 코로나19 팬데믹 과정에서 확인된 사이버 공격의 범위와 피해 규모가 전방위로 확대되면서 사이버 팬데믹에 대한 우려가 증가하고 있음
- WEF에서는 2010년 이후 최근까지 글로벌 리스크 가운데 하나로 '사이버보안 실패'를 지적해 왔고, 2021년 주요 아젠다로 '사이버 팬데믹'을 설정하는 등 사이버보안의 중요성을 강조99
- 사이버 공격이 급증한 이유는 코로나19와 맞물려 한층 빨라진 경제사회 전반의 디지털 전환으로 인해 공격의 표면적이 크게 넓어졌기 때문
- 한편, 최근 전 세계를 충격에 빠뜨린 'Log4i' 보안 취약점은 지난 10년간 가장 치명적인 취약점이자 컴퓨터 역사상 최악의 보안 결함으로 불리며, 사이버 팬데믹 우려를 고조100)
- 코로나19 패데믹이 글로벌 공급망에 큰 충격을 가하고 세계를 멈추게 한 것처럼. 사이버 팬데믹 또한 한 국가의 안보 체계를 무너뜨리고 세계 경제·사회를 정지시킬 수 있는 예견된 재앙으로 인식할 필요
- 코로나19 이후 랜섬웨어 공격은 거의 500% 증가했고101), "다음 팬데믹은 디지털 세계에서 발생할 것이며, 이미 유행은 시작됐다"102)는 경고까지 등장
- ※ 2020년 UAE에서만 사이버 공격이 250% 이상 증가하는 등 중동 지역은 코로나19 팬데믹뿐 아니라 '사이버 팬데믹' 발생 우려가 커지고 있음103)
- 최근 미국은 '솔라윈즈(Solar Winds)', '익스체인지(Exchange)', '콜로니얼 파이프라인 (Colonial Pipeline)' 사태 등 무차별 랜섬웨어 공격으로 인해 사회 인프라가 마비되는 '사이버 팬데믹'이 현실화되는 조짐
- ※ 전 세계 랜섬웨어 공격은 2019년 1억8,400만 건에서 2020년 3억400만 건으로 약 62% 증가¹⁰⁴⁾

⁹⁹⁾ Averting a Cyber Pandemic Part 1, DAVOS AGENDA 2021(2021.4.2.), https://www.youtube.com/watch?v=dUhHDUVBYhQ).

¹⁰⁰⁾ Wired(2021.12.10.), The Internet Is on Fire, https://www.wired.com/story/log4j-flaw-hacking-internet/.

¹⁰¹⁾ The Conversation(2021.6.16.), The increase in ransomware attacks during the COVID-19 pandemic may lead to a new internet.

¹⁰²⁾ Jason Aten(2021.7.6.), The Next Pandemic Will Be Digital, and It's Already Here. What You Need to Know About the Growing Threat of Ransomware, Inc.

¹⁰³⁾ Dan Murphy(2020.12.6.), Middle East facing 'cyber pandemic' as Covid exposes security vulnerabilities, cyber chief says, CNBC.



### 2 주요 트렌드

#### ▶ 사이버 공격의 진화

- 예전과 달리 지금의 랜섬웨어 공격은 분업화·조직화하고, 하나의 서비스 모델 (RaaS: Ransomware as a Services)로 발전하며 거대 비즈니스화되는 추세
- 2021년 미국의 주요 도시를 혼란에 빠뜨린 랜섬웨어 공격은 국제 해킹단체 다크사이드 (DarkSide), 레빌(REvil) 등과 연관되고, 범죄 수익을 개발자와 공유
- 공격의 대가는 암호화폐와 익명성이 보장되는 다크웹(Dark Web)으로 지불·거래되어 해킹 산업이 크게 성장
- 공격의 방법과 수단은 사회공학적 기법과 인공지능을 이용한 APT, 자율 공격 등 갈수록 지능화되고 있으며, 피해 규모 또한 급증
- 사이버 공격의 범위와 피해 규모는 과거와 비교할 수 없을 만큼 넓어지고 증가하고 있음
- ※ 세계적으로 사이버보안에 지출하는 비용은 2020년 연간 1,450억 달러에서 2035년까지 1조 달러 초과 예상¹⁰⁵⁾
- 이러한 추세는 빠르게 발전하고 있는 신기술들(AI, 양자컴퓨팅, 암호화폐 등)이 공격과 방어에 있어 공격자에서 압도적으로 유리하게 사용되고 있기 때문
- 특히, 중국, 러시아, 이란 등이 배후로 추정되는 국가지원 사이버 공격이 증가하는 가운데 영리 목적을 넘어 유무형의 국가 자산 파괴 우려가 증가하고 있음

#### ☑ 국가지원 사이버 공격

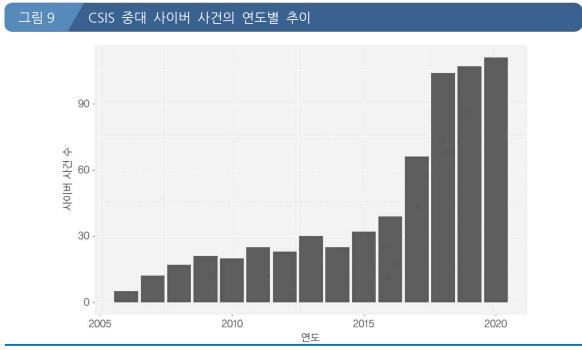
- 중국, 러시아 등 권위주의 국가를 중심으로 국가지원 하에 타국의 핵심 기술이나 주요 인프라를 공격하는 중대 사이버 사건(Significant Cyber Incidents)이 급증
- 미 전략국제문제연구소(CSIS)에서 발표한 '중대 사이버 사건' 보고서에 따르면, 국가기관, 방산업체, 첨단기업 또는 백만 달러 이상의 피해를 가져온 중대한 사이버 사건은 2015년 이후 빠르게 증가106)
- 이들 사건은 개인이나 범죄단체가 수행하기에는 매우 고도화된 기술력과 오랜 준비 기간이 필요한 국가지원 APT 공격이 대부분이며, 중국, 러시아, 북한, 이란 등 권위주의 국가들이 배후로 추정

¹⁰⁴⁾ Statista(2021), Annual number of ransomware attacks worldwide from 2016 to 2020.

¹⁰⁵⁾ WEF(2020.11.), Future Series: Cybersecurity, emerging technology and systemic risk.

¹⁰⁶⁾ CSIS(2021.9.), https://www.csis.org/programs/strategic-technologies-program/significant-cyber-incidents.

- 국가지원 사이버 공격은 최근 급증하고 있는 랜셈웨어 공격과 결합하여 단순 영리 목적을 넘어 유무형의 자산을 파괴하여 국가 전체를 마비시킬 수 있기에 더욱 주의가 요구



※ 출처: 고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.

#### ☑ 새로운 방어 전략 논의

- 보안의 경계를 조직에서 인간 중심으로 재설정하고, 차단보다는 철저한 신원 확인 및 인증을 통해 필요한 만큼의 접근 권한을 부여하는 '제로 트러스트 보안' 필수
- 제로 트러스트 보안은 2010년 John Kindervag이 제안한 모델로, 최근 전방위 랜섬웨어 공격으로 인해 다시 주목받고 있음107)
- 제로 트러스트 모델의 핵심은 멀티팩터 인증(MFA: Multifactor Authentication)과 중요한 데이터 자산에 대한 가시성(visibility) 확보
- ※ John Kindervag은 제로 트러스트 보안을 위해 중요한 데이터 자산의 위치를 파악하고, 데이터가 어떤 방식과 경로를 통해 움직이는지 가시성을 높일 것을 강조
- 가트너에서 제시한 '사이버보안 메시(Cybersecurity Mesh)'108) 또한 사람을 중심으로 보안 경계를 정의해 독립된 환경에서도 보안성을 확보하려는 개념으로 '제로 트러스트 모델'과 같은 맥락

¹⁰⁷⁾ John Kindervag(2010.11.5.), Build security into your network's DNA: The Zero Trust Network Architecture, Forrester Research.

¹⁰⁸⁾ Gartner(2020.10.), Top Strategic Technology Trends for 2021.

- 최근 바이든 행정부에서 발표한 사이버보안 행정명령¹⁰⁹⁾은 랜섬웨어로 인해 심각한 안보 위기에 처한 상황을 보여준 것으로, 미국이 사이버보안 전략을 사이버 전쟁 대비 최상위 전략으로 인식하고 대응하겠다는 의지의 표명
- 이번 행정명령이 기존 대응 전략과 다른 점은 모든 보안 영역이 아니라 <del>공급</del>망 보안에 초점을 두고 정부 조직에 제로 트러스트 보안을 도입하겠다는 것
- 즉, 정부에 공급하는 소프트웨어 개발 표준 설정 및 구성 목록(SBOM: Software Bill of Materials) 게시를 통해 공급망 보안을 개선하고, 클라우드 보안, 제로 트러스트, 멀티팩터 인증, 암호화 등 사이버보안 현대화 및 보안을 강화
- 본 행정명령 이후 향후 1년 동안 단계적으로 구체적인 방안을 마련하고 국가안보의 최우선 영역으로 사이버보안 정책을 추진할 계획

# ③ 의미와 전망

#### ☑ 보안 전략 리셋(Reset)

- 코로나19 팬데믹이 세계의 정치·경제·사회 시스템을 리셋(Reset)하는 계기가 된 것처럼, 코로나19 이후 도래할 완전한 디지털 사회를 준비하고 사이버 팬데믹에 대비하기 위해 보안 전략 재설계 필요
- 최근 랜섬웨어 공격만 보더라도 개인, 기업, 심지어 군조직에까지 침투하는 등 점점 치밀하고 위협적으로 변모하며, 국가 주도의 사이버 전쟁으로까지 확전될 조짐
- ※ 미국의 '공급망 공격(supply-chain attack)' 솔라윈즈 사태는 국방부까지 침투한 대표 사례이며, 우리나라 국방부 해킹 시도는 2017년 3,986건에서 2020년 12,696건으로 매년 증가
- 우주로까지 뻗어가는 인터넷망은 공장, 학교, 병원 등 국가의 모든 시스템을 촘촘히 연결함과 동시에 보안 취약점을 쉽게 노출하며, 공격 표면적을 대폭 넓힘
- ※ 최근 우주 인터넷 시대를 열어가고 있는 민간(SpaceX, OneWeb, Telesat, Amazon 등) 주도 저궤도 위성 사업으로 인해, 우주 공간이 새로운 사이버보안 영역으로 인식
- 향후 사이버 공격 대응은 기업이나 정부 단독으로 수행할 수 없는 수준이 되었기에, 기업과 국가 간 협력, 글로벌 공조가 필수적
- ※ 미국은 2021년 G7 정상회의에서 랜섬웨어 피해를 줄이기 위한 국제 공조 합의를 주도했고, 북대서양 조약기구 정상회의에서도 사이버 공격에 대응하기 위한 새로운 사이버 방어 정책을 논의
- 사이버보안 전략으로 강조되고 있는 제로 트러스트(Zero Trust) 모델 역시 사이버 공격에 대해 보안 전략을 처음부터 다시 점검해야 하며 현재로서는 확실한 해결책이 없음을 시사

¹⁰⁹⁾ White House, Executive Order on Improving the Nation's Cybersecurity, 2021.5.12.

#### ▶ 미래 사이버 위험 대비

- 사이버 공격은 코로나바이러스와 유사하게 시스템의 가장 취약한 부분을 공격하여 국가 전체를 한순간에 마비시킬 수 있는 극단적 미래사건(X-Events)
- 코로나19 대응 과정에서 디지털 기술은 위기의 순간을 해결하며 전 세계의 디지털 전환을 가속했으나, 지나치게 온라인 세상에 의존적인 환경은 외부 충격에 훨씬 취약
- 특히 가까운 미래에 등장할 신기술들이 강력한 사이버 공격 수단으로 악용될 수 있어 전례 없는 사이버 팬데믹 대비가 필수적
- ※ WEF는 미래 신기술로 인해 향후 5~10년 사이에 직면할 사이버보안 위험을 경고¹¹0)

#### 미래 보안 위험 丑 10

기술 분야	주요 이슈 및 과제
유비쿼터스 연결성	<ul> <li>향후 인터넷에 연결되는 사물과 기기의 수가 기하급수적으로 증가(2025년까지 약250억 개 이상 연결 예상)</li> <li>디지털 생태계에 연결된 대규모 디지털 자산과 시스템의 무결성과 가용성에 대한 상호의존성이 커짐에 따라, 사이버 공격 가능한 표면적이 광범위하고 피해의 심각성 (인프라, 생명 피해)이 증폭 예상</li> <li>현재 기업, 산업, 국가 간 파편화되어 있는 사이버 보안 표준과 원칙을 공유하고 상호 운용성을 강화해야 함</li> </ul>
인공지능	<ul> <li>AI 알고리즘을 이용한 사이버 공격은 점점 더 정교해지고 공격 속도는 빨라지며, AI 전문지식이 없어도 쉽게 공격의 도구를 만들 수 있음</li> <li>AI 공격과 AI 방어 역량의 균형을 예상하기 어려우나, AI 기술을 방어 수단으로 활용할 수 있는 역량을 강화해야 함</li> <li>무엇보다 산업 전반에 걸쳐 AI 알고리즘에 대한 의존성이 커짐에 따라 AI 알고리즘의 무결성 보장 및 AI 보안 원칙 개발이 중요</li> </ul>
양자컴퓨팅	<ul> <li>비즈니스 모델에 양자컴퓨팅 도입 시 새로운 보안 딜레마 가능성에 대비 필요(주요 자산의 양자계산을 제3자에게 아웃소싱 과정에서 적대적 간섭 위험, 조작된 양자 알고리즘에 의한 보안 위험 등)</li> <li>양자컴퓨팅 상용화가 기존 비대칭 암호체계를 무력화시켜 국가사회 전반에 심각한 보안 위험을 초래하고, 보안 능력의 비대칭을 확대</li> <li>정부와 기업은 중요한 디지털 자산에 대한 양자 위험을 평가하고 양자 시대에 적합한 암호로 전환 계획 마련 필요</li> </ul>
디지털 ID	<ul> <li>향후 디지털 ID 기술에 대한 전 세계의 다양한 접근 방식이 등장함에 따라 새로운 보안 위험과 신뢰 문제가 예상됨</li> <li>제로 트러스트(Zero Trust) 모델로 충분하지 않으며, 서비스를 제공하는 공급망 전체에 신뢰를 보장하는 연합 ID 시스템 개발 필요</li> <li>또한, 분산되고 이기종의 복잡한 ID 생태계에서 새로운 접근 방식, 표준, 신원 증명 등을 포함하여 포괄적 기준 마련 필요</li> </ul>

[※] 출처: WEF(2020.11.), Future Series: Cybersecurity, emerging technology and systemic risk.

¹¹⁰⁾ WEF(2020.11.), Future Series: Cybersecurity, emerging technology and systemic risk.

### 10 기술표준 신지정학

## 1 주목한 이유

#### ▶ 하나의 세계, 두 개의 표준

- 미·중 간의 경쟁 양상은 바이든 정부 출범 이후, 무역 갈등의 관세 경쟁에서 기술 경쟁으로 이동하고, 점차 기술경쟁의 최전선에 있는 기술표준을 둘러싼 신지정학적 갈등으로 확대되고 심화
- 두 나라 간의 전략 게임은 더 이상 시장 규모와 기술 우월성 경쟁에 국한되지 않으며, 기존 지정학적 경쟁이 기술표준을 통해 신지정학적 갈등으로 한층 치열하게 전개
- 인공지능, 양자컴퓨터 등으로 대표되는 제4차 산업혁명 신기술에 대한 글로벌 기술표준은
   이제 막 형성되는 단계로, 글로벌 표준 장악은 미국이 장악한 세력 구도를 넘어설 기회
- ※ 트럼프 행정부에서 공개한 문건(2020.5.21.) '중국에 대한 미국의 전략적 접근'에서는 표준을 중국의 일대일로(一帶一路) 전략의 주요 축으로 공식화
- 기술표준을 지배하는 것은 세계 권력을 장악하는 것으로, 마·중 간 기술 디커플링이 장기화하면
   앞으로 대부분의 첨단 분야에서 두 개의 기술표준이 등장할 가능성이 있음

#### 중국의 표준 굴기, '중국표준 2035'

- 중국 정부가 준비 중인 '중국표준 2035' 로드맵은 '중국제조 2025'의 후속편이자 확대판으로, 국제표준화를 주도해 지적재산권을 확보하려는 중국의 국가전략
- '중국제조 2025'가 세계 재화의 생산을 통제하려는 것이었다면, '중국표준 2035'는 그 재화가 생산되고 거래되는 시스템을 지배하려는 목적
- ※ 중국 정계와 산업계에서 회자 되는 "삼류 기업은 제품을 만들고, 이류 기업은 기술을 개발하고, 일류 기업은 표준을 제정한다"는 말과 같은 맥락
- '중국표준 2035'는 중국이 세계의 공장을 넘어서 미래기술에 대한 지적재산권을 확보해 궁극적으로 글로벌 규칙을 정하는 표준설정자가 되려는 야심을 반영한 것으로, 미국을 비롯해 세계 주요국들의 긴장을 고조¹¹¹⁾
- ※ '중국표준 2035'는 데이터 유통, 통신망, Al 등 D.N.A(Data, Network, Al) 영역을 중심으로 최첨단 산업 분야에 대해 향후 15년을 계획으로 추진될 예정
- 중국은 표준을 단지 기술, 산업, 경제 분야의 경쟁력을 높이는 수단을 넘어, 세계 질서에 대한 통제력을 확보해 인터넷 영역의 지정학 질서에 이용하려 함¹¹²⁾

¹¹¹⁾ 이희진(2020.9.7.), 표준으로 바라본 세상, 일상에서 만나는 표준의 정치경제학, 한울아카데미.



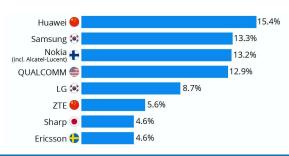
### 주요 트렌드

#### ☑ 표준화를 통한 중국의 '글로벌 거버넌스' 전략

- 중국은 자국이 개발한 기술이 국제표준으로 채택되도록 국제기구 내 영향력을 확대하며, 5G, AI, 자율자동차 등 미래 첨단기술 표준을 주도
- 냉전 이후, 미국을 중심으로 이뤄진 '글로벌 거버넌스'는 2008년 금융위기와 트럼프 정부의 국제관계 악화 등으로 미국의 헤게모니가 약화되기 시작하면서 새로운 변화와 균열이 발생
- 중국은 시진핑 집권과 함께 경제·정치·국사적 자신감이 커지면서 미국 중심으로 이뤄진 현재의 글로벌 시스템의 문제점을 지적하고, 글로벌 질서의 개혁 필요성을 강조
- 이와 함께 중국은 중국의 규범과 가치를 주장하며 제3세계 권위주의 국가들과 새로운 기술 표준 창출을 위한 노력을 강화하고 현행 미국의 글로벌 거버넌스에 정면 도전
- 최근 중국은 기술력과 시장의 규모뿐만 아니라 국제기구의 정치력에 큰 영향을 행사하는
   표준 경쟁에 있어서 무시할 수 없는 세력으로 부상
- ※ 현재 중국은 ITU, IEC 대표를 차지하고 있고, ISO 주요 회원국의 의장 수도 급격히 증가
- 2021년 1월까지 중국은 5G 분야에서 제안한 기술표준이 31.5%로 국가 1위, 화웨이는 15.4%로 업계 1위를 장악¹¹³⁾

#### 그림 10 국가별 ISO 기술위원회/산하위원회 위원수(좌), 주요 기업 5G 표준특허 비율(우)





- ※ 출처: (좌) 한국일보(2021.2.9.), (우) IPlytics(2021.2.)
  - 중국은 국제표준을 기술과 산업 분야의 주도권을 잡기 위한 국가전략으로 활용할 뿐만 아니라 글로벌 거버넌스를 확보하기 위한 핵심 도구로 인식
  - 중국은 '11.5규획'부터 국제표준화를 본격 추진하고 있으며, 특히 2021년부터 시행되는 '14.5규획'에서는 디지털 분야의 국제 규칙과 표준 수립 및 일대일로와 기술표준 연계를 강조

¹¹²⁾ Emily de La Bruyere and Nathan Picarsic(2020.4.), China Standards 2035: Beijing's Platform "Geopolitics and Standardization Work in 2020", China Standards Series, Horizon Advisory.

¹¹³⁾ IPlytics(2021.2.), Who is leading the 5G patent race? A patent landscape analysis on declared SEPs and standard contributions.

- ※ 중국 국가표준화관리위원회는 이미 '일대일로 공동건설을 위한 표준 연계성 행동 계획'에서 1단계(2015~2017), 2단계(2018~2020)로 일대일로 목표 달성을 위한 표준의 역할을 제시
- 특히, 일대일로(一帶一路)의 주요 정책 수단으로 활용하는 표준화 사업은 중국 중심의표준 인프라를 구축하는 것을 의미
- ※ 중국의 '산업인터넷 혁신발전 3년 액션플랜(2021~2023년)' 계획에는 혁신을 통한 경쟁력 강화뿐 아니라 중국이 구축한 표준시스템을 EU, 일대일로 연선 국가들과 연계함으로써 기술과 글로벌 시장을 모두 선도하겠다는 강한 의지가 반영됨
- 중국 정부는 일대일로 전략의 하나로 아시아, 중동, 아프리카 개발도상국에 얼굴인식 기술을 제공했으며, 이미 ITU에서 얼굴인식 기술표준 작업을 시작¹¹⁴)
- 중요한 것은 AI의 범용적 특성으로 인해, 얼굴인식 기술이 공공 및 산업 분야의 플랫폼이 사용되어 관련 분야가 중국식으로 통합될 수 있고, 중국은 표준 주도권뿐만 아니라 글로벌 AI 리더십까지 확보할 수 있다는 점
- 또한, 중국은 새로운 인터넷 프로토콜 표준으로 New IP를 ITU에 제안하였는데 이는 단순히 기술표준 경쟁을 넘어 미래의 인터넷 표준과 거버넌스에 큰 변화를 초래할 수 있음

#### ☑ 미국과 유럽의 반격

- 미국은 트럼프와 바이든 행정부에 걸쳐 중국의 표준 굴기에 대응하기 위한 일관된 정책을 추진함으로써 중국에 대한 억제력을 강화
- 미국은 기본적으로 글로벌 표준의 개방성을 강조하고 산업 주도형 기술 개발을 장려하고 있으나, 중요한 영역에 대해서는 연방 정부가 직접 기술표준 개발을 주도
- ※ 가장 대표적 사례로 NIST의 AI 표준개발이¹¹⁵⁾ 있으며, 이는 트럼프 대통령이 직접 행정명령 (EO 13859)을 발표하고 상무부가 주도적으로 추진
- 트럼프 행정부는 미국이 5G, AI 등 첨단기술 분야에서 표준 설정의 주도권을 강화하고, 중국의 차별적 산업표준이 글로벌 표준이 되지 않도록 동맹국과 협력할 것을 강조¹¹⁶⁾
- 2021년 6월 8일 미 상원에서 통과된 '2021 전략적 경쟁법(Strategic Competition Act of 2021)'은 과학과 기술 전 분야에 걸쳐 동맹국과 협력을 더욱 강화하여 중국을 전방위 압박하려는 국가전략
- ※ 바이든 대통령은 "중국이 이닌 시장 민주주의 국가들이 무역과 기술에 있어 21세기 규칙을 만들어야 하며, 제4차 산업혁명 신기술 분야에서 미국이 국제표준을 주도해야 할 것"이라 강조¹¹⁷⁾
- 중국의 화웨이를 무력화하고 5G 주도권을 확보하기 위해 미국이 추진하고 있는 동맹국 참여 오픈랜(Open RAN) 활성화 프로젝트가 대표적

50

¹¹⁴⁾ Financial Times(2019.12.2.), Chinese tech groups shaping UN facial recognition standards.

¹¹⁵⁾ NIST(2019), US Leadership in AI: A Plan for Federal Engagement in Developing Technical Standards and Related Tools.

¹¹⁶⁾ White House(2020.5.21.), United States Strategic Approach to the People's Republic of China.

¹¹⁷⁾ Joe Biden(2021.6.5.), Joe Biden: My trip to Europe is about America rallying the world's democracies, The Washington Post.

- EU는 바이든 출범 이후, '세계변화를 위한 새로운 EU-미국 아젠다'¹¹8)를 발표하며 디지털 거버넌스를 강화하고 표준을 주도하기 위한 양국 간 협력을 제안
- 제안에는 미국과 중점적으로 협력할 분야로 디지털 경제의 핵심 인프라(5G, 6G, 사이버보안, 데이터, 온라인 플랫폼 등)와 디지털 공급망 보호를 포함
- 특히, 필요시 '범대서양 AI협정(Transatlantic AI Agreement)'를 추진하여 EU와 미국의 가치가 국제표준으로 확산할 수 있도록 협력할 것을 제안
- 또한, 양국 간 데이터 보호와 국경 간 데이터 이동을 통한 활용을 활성화하기 위한 표준 협력 논의와 적합성 평가 관련 협상을 추진할 것을 제안
- EU와 미국은 2021년 6월 정상회담을 계기로 '무역기술위원회(TTC: Trade and Technology Council)'을 구성하여, 중국의 미래 첨단기술과 국제 기술표준화 전략에 대응하고 견제를 강화할 것을 논의¹¹⁹⁾
- 양국은 유사한 가치를 가진 동맹국들과 협력하여 미래 첨단기술 표준을 주도하고 중국의 기술 패권을 억제하겠다는 구상
- TTC를 통한 주요 협력방안은 크게 중국의 기술표준 주도 대응과 공급망 안정화, 민주적 가치에 기반한 디지털 전화, 양자컴퓨터 등 미래기술에 대한 R&D 공조 등

# ③ 의미와 전망

#### □ 디지털 영토를 둘러싼 신지정학적 갈등

- 제4차 산업혁명을 주도하는 AI, 양자컴퓨팅 등 신기술은 인류의 사회, 문화, 경제뿐 아니라 국가 간 역학관계마저 바꾸며 강대국 간 신지정학적 갈등을 유발120)
- 신지정학적 갈등의 원인은 제4차 산업혁명 기술과 기술표준을 통해 국제규범의 주도권을 가지는 자가 글로벌 패권을 독점할 수 있기 때문
- 지금의 강대국 간 갈등은 전통적 지정학적 경쟁에서 ICT와 과학기술을 통해 더욱 확대되고 심화한 신지정학적 경쟁으로 진화
- 디지털 영토(사이버공간)에서 벌어지는 국가 간 충돌은 인명 피해가 발생할 가능성이 작아 무력 충돌로 이어지지는 않으나, 갈등의 전선은 확대되고 충돌의 유형은 다양화
- 특히 인터넷 공간의 핵심 자원인 데이터 현지화를 둘러싼 미국과 중국의 상반된 정책은 경쟁국의 반발을 유발하여 '디지털 주권화'와 '데이터 블록화'로 이어지고 있음

¹¹⁸⁾ EU Commission(2020.12.2.), Joint Communication to the European Parliament, the European Council and the Council: A new EU-US agenda for global change, JOIN(2020) 22 final.

¹¹⁹⁾ EU Commission(2021.6.15.), EU-US launch Trade and Technology Council to lead values-based global digital transformation, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_2990.

¹²⁰⁾ 고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.

- 마국과 중국의 국경 간 데이터 이동을 보면, 20년 전과 달리 마국은 유럽과 남미에 집중되고 중국은 인도, 싱가포르 등 아시아 지역에 증가하며 인터넷마저 둘로 나눠질 조짐121)
- 세계 주요국은 디지털 기술과 경제를 선도하기 위해서 디지털 전략과 통상 전략의 핵심 수단으로 표주정책을 강화하고 있으며, 앞으로 기술표주을 둘러싼 디지털 기술과 디지털 경제의 블록화가 형성될 가능성이 있음
- 향후 가장 치열하게 경쟁할 것으로 예상되는 제4차 산업혁명 기술 분야의 기술 표준 개발과 대응 과정에서 미·중 선택 전략을 넘어선 새로운 시각이 필요
- 세계 각국은 디지털 기술의 발전. 신산업의 교역을 통해 디지털 경제를 선점하기 위한 국가 간 디지털 통상협정을 강화하고 있으며, 이 과정에서 표준화 전략을 강화할 필요
- 특히, 디지털 통상의 주요 쟁점으로 부상한 데이터 교역의 경우, 미국, 중국, EU의 데이터 거버넌스 방향이 상이하고 대부분 국가는 명확한 데이터 정책이 없는 상황
- 앞으로 데이터와 인공지능을 중심으로 거대한 정치-경제-기술 블록화가 진행된다면, 이 분야의 기술표준을 지렛대 삼아 우리의 디지털 통상의 협상력을 높일 수 있음
- 또한, 제4차 산업혁명 신기술에 대한 글로벌 기술표준은 매우 초기 단계이고, 기존 표준 경쟁과 달리 전혀 관련이 없는 분야의 표준들 사이에 출동이 발생할 수 있기에 이런 분야에서 선제적으로 기술표준 리더십을 확보할 수 있음
- 나아가서 AI 분야에서 진행되는 공공 및 산업 플랫폼과 New IP 등 중국의 치밀한 표준화 시도는 단지 기술표준 경쟁을 넘어 지정학적 경쟁이라는 점에서 국가 차원의 전략이 필요

#### □ 디지털 통상과 기술표준

- 기술표준을 둘러싼 미·중 경쟁은 기존의 지정학적 갈등이 디지털 영역으로 더욱 확대되고 심화한 신지정학적 갈등의 연장선이자. 글로벌 거버넌스를 향한 두 나라 간 헤게모니 충돌이며, 디지털 통상의 핵심 쟁점으로 인식할 필요122)
- 국가 가 무역장벽을 해소하여 국제무역을 증진하는데 표준의 역할이 매우 중요하며, 이러한 표준의 역할은 '디지털 무역'에서 더욱더 중요
- 디지털 기술표준 전략을 디지털 통상과 연계하여 디지털 무역을 증진하려는 노력은 2020년 이후 지역무역체제(CPTPP, USMCA, USIDTA, DEPA, SADEA 등)를 중심으로 활발하게 논의
- 이 가운데 디지털 신기술 10대 분야에 걸쳐 표준협력을 강화해, 디지털 통상과 전략적으로 연계하려는 '호주와 싱가포르의 디지털경제협정(SADEA)'에 주목할 필요
- ※ SADEA에서는 디지털 통상 최초로 디지털 경제를 위한 '표준과 적합성 평가'에 관한 조항을 도입

¹²¹⁾ NIKKEI Asia(2020.11.26.), Divided internet: China overtakes US as global data powerhouse.

¹²²⁾ 김민정, 양인창(2021.2.15.), 디지털무역 표준 논의 동향과 시사점, KITA 통상리포트, Vol.06.

#### 호주와 싱가포르의 기술표준 협력 10대 분야

표준화 분야		표준기구/협의체	중점 협력 표준
1	인공지능	IEEE	자율지능 시스템에 관한 글로벌 이니셔티브
	(AI)	ITU	ITU-T Y.3172
2	분산원장기술	ISO	ISO/TR 23455:2019
2	(DLT)	IEEE	IEEE P2418.1
3	스마트 시티	ISO/IEC	ISO/IEC 20005:2019, ISO/IEC 29182-7:2015
3	(Smart Cities)	ISO/IEC	
1	디지털 신원	ISO/IEC	ISO/IEC 24760-1:2019, ISO/IEC 19784-1:2018
4	(Digital Identities)	FIDO 얼라이언스	FIDO Unvisersal Authentication Framework
5	전자 지불	ISO	ISO 20022
	(E-payments)	EMV	EMVCo Technical Specifications
6	전자 인보이싱	EN	EN16931(Peppol BIS Billing 3.0 포함)
0	(E-invoicing)	(EU 공공조달표준)	
7	사 <del>물</del> 인터넷	IEC	IEC 61850:2019 SER
/	(IoT)	IEEE	IEEE P2418.1
8	데이터보호,개인정보	ISO/IEC	ISO/IEC 27018:2019
	(Data Protection, Privacy)	ISO/IEC	ISO/IEC 27701:2019 (ISO/IEC 27001, 27002)
9	국경간 데이터 이동	ISO/IEC	ISO/IEC 22624:2020
	(Cross Border Data)	APEC	APEC CBPR
10	데이터 이동성	ISO/IEC	ISO/IEC 38505-1:2017, ISO/TS 23029:2020
10	(Data Portability)	ISO/IEC	130/120 30303 1.2017, 130/13 23023.2020

- ※ 출처: 김민정, 양인창(2021.2.15.), 디지털무역 표준 논의 동향과 시사점, KITA 통상리포트, Vol.06.
  - 지정학과 국제전략 차원에서 벌어지고 있는 미·중 간 기술표준 경쟁을 주시하면서. 디지털 통상과 연계해 ICT 분야에서 우리의 표준 주도권 확장을 고민해야 함
  - 중국보다 먼저 ICT 분야에서 국제표준화 전략을 추진해온 우리나라는 중국의 '중국표준 2035' 등 표준굴기 전략을 면밀히 관찰하고 대응해야 할 필요
  - 제4차 산업혁명과 관련된 신기술 분야는 우리나라와 아세안 국가 모두에게 미국, 유럽, 일본 등 기존 국제표준 강국에 도전할 수 있는 절호의 기회
  - 따라서 우리나라는 미·중 선택을 넘어 기술산업·통상을 연계하여 전략적으로 다른 나라들과 표준협력을 통해 통상 전략을 강화하는 방안을 모색할 필요
  - 특히, '신남방정책' 일환으로 추진되고 있는 아세안 지역과의 경제, 통상 협력을 넘어 지정학 차원에서 표준협력을 확대하고 강화해야 함
  - ※ 우리나라와 싱가포르는 2020년 6월 22일 디지털 무역 협상을 시작하여, 2021년 12월 15일 한국과 싱가포르 간 디지털동반자협정(KSDPA)을 최종 타결함
  - 또한, 데이터 거버넌스에 있어서 상반된 정책을 취하는 미국과 중국과 달리. 데이터 주권을 통해 전략적인 디지털 통상에 활용하려는 EU와 표준화 협력을 강화할 방안 마련 필요
  - ※ GAIA-X 프로젝트에서 우선 추진되고 있는 제조 분야를 시작으로 모든 산업 부문에서 EU와 호환 가능한 데이터 형식과 프로토콜 개발을 위한 표준 개발 등이 가능



#### 1. 다중감각 AI

#### ◈ 국내자료

ETRI 내부자료, 박전규(2021), 다중감각 복합지능(Multisensory Integrated Intelligence).

ETRI 인공지능연구소 지능정보연구본부 내부자료(2021), 텍스트에서 비디오를 생성하는 언어시각 트랜스포머 연구.

ETRI 인공지능연구소 지능정보연구본부 내부자료(2021), 멀티모달 기술 동향.

#### ◈ 국외자료

Aditya Ramesh et al.(2021.2.24.), Zero-Shot Text-to-Image Generation, arXiv:2102.12092.

Alec Radford et al.(2021.2,26.), Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision, arXiv:2103.00020.

CCC, AAAI(2019.8.), A 20-Year Community Roadmap for Artificial Intelligence Research in the US.

DeepMind(2021.07.27.), Open-Ended Learning Leads to Generally Capable Agents, arXiv:2107.12808.

David Silver(2021.10.), Reward is enough, Artificial Intelligence.

Gabeur et al.(2020.8), Multi-modal Transformer for Video Retrieval, ECCV 2020.

Hinton(2021.02.22.), How to represent part—whole hierarchies in a neural network, arXiv:2102.12627v1.

Junyang Lin et al.(2021.3.1.), M6: A Chinese Multimodal Pretrainer, arXiv:2103.00823.

Karen Hao(2021.2.24.), AI armed with multiple senses could gain more flexible intelligence, MIT Technology Review.

Mark Chen et al., (2020.7.), Generative Pretraining from Pixels, ICML 2020.

MIT Technology Review(2021.2.24.), 10 Breakthrough Technologies 2021.

R. Evans et al.(2021.4.), Making sense of sensory input, Artificial Intelligence, Vol. 293.

William Fedus et al.(2021.1.11.), Swtich Transformer: Scaling to Trillion Parameter Models with Simple and Efficient Sparsity, arXiv:2101.03961v1.

Will Douglas Heaven (2021.6.15.), AI is learning how to create itself, MIT Technology Review.

Will Douglas Heaven (2021.8.11.), An endlessly changing playground teaches AIs how to mulitask, MIT Technology Review.

Yuqui Huo et al.(2021.3.11.), WenLan: Bridging Vision and Language by Large-Scale Multi-Modal Pre-Training, arXiv:2103.06561.

#### ◈ 웹사이트

FuturePulse: Multimodal Predictive Analytics and Recommendation Services for the Music Industry, www.futurepulse.eu.

NVIDIA JARVIS, https://developer.nvidia.com/nvidia-jarvis.

OpenAI, https://openai.com/blog/dall-e/.

OWKIN, https://owkin.com/machine-learning/multimodal-data-integration/.

#### 科技日报,

http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-06/02/content_4 68929.htm?div=-1.

#### 2. 소프트웨어 2.0

#### ◈ 국내자료

고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.

#### ◈ 국외자료

ARK Invest(2021.1.26.), Big Ideas 2021.

Karen Hao(2021.4.1.), Andrew Ng: Forget about building and AI-first business. Start with a mission, MIT Technology Review.

Katherine Lee et al.(2021.7.14.), Deduplicating Training Data Makes Language Models Better, arXiv:2107.06499.

Azalia Mirhoseini et al.(2021.6.9.), A graph placement methodology for fast chip design, Nature.

#### ◈ 웹사이트

Andrew Kapathy(2017.11.12.), Software 2.0., https://karpathy.medium.com/software-2-0-a64152b37c35.

Andrew Ng(2021.3.24.), A Chat with Andrew on MLOps: From Model-centric to Data-centric AI, https://www.youtube.com/watch?v=06-AZXmwHjo.

Andrew Ng(2021.4.10.), Big Data to Good Data: Andrew Ng – Be More Data–Centric And Less Model–Centric and more..., https://www.youtube.com/watch?v=SrTncz6qCKU.

Fobes(2020.8.1.), MLOps: What you need to know, https://www.forbes.com/sites/tomtaulli/2020/08/01/mlops-what-you-need-to-know/?sh=29357c0e1214.

McKinsey(2021), The top trends in tech, https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech

Superb AI(2020.10.10.), https://www.superb-ai.com/ko-blog/mlops-is-the-next.

#### 3. 양자 서비스

#### ◈ 국내자료

임승혁(2019), 범용양자컴퓨터, KISTEP.

#### ◈ 국외자료

Accenture (2021), Get ready for the quantum impact.

Boston Consulting Group(BCG)(2021.7.), What happens when 'If' turns to 'When' in Quantum Computing?

Frank Leymann et al.(2020.3.13.), Quantum in the Cloud: Application Potentials and Research Opportunities, arXive:2003.06256.

Gartner(2020.12.3.), Predicts 2021: Disruptive Potential During the Next Decade of Quantum Computing.

InfoQ(2020.8.18.), Amazon Releases Quantum Computing Service Braket into General Availability.

Jay Gambetta (2020.9.15.), IBM's Roadmap For Scaling Quantum Technology, IBM Research Blog.

Tractica(2019.8.), Quantum Computing for Enterprise Markets.

Venturebeat (2020.9.23.), Baidu offers quantum computing from the cloud.

Wired(2019.4.), Microsoft Is Taking Quantum Comuters to the Cloud.

Yole Développement (2021), Quantum Technologies 2021 - Market and Technology Report 2021.

#### ◈ 웹사이트

김한영(2021.2.9.), NISQ 시대의 양자 컴퓨터, NISQ 시대의 양자 컴퓨터, https://horizon.kias.re.kr/16769/.

CIO Korea(2021.5.13.), "10년 전의 AI와 비슷하다"… '퀀텀 컴퓨팅'에 대비하기 https://www.ciokorea.com/news/193839.

Qiskit Runtime, https://qiskit.org.

TensorFlow, https://www.tensorflow.org/quantum?hl=ko.

Venturebeat (2021.10.21.), Gartner advises tech leaders to prepare for action as quantum computing spreads,

https://venturebeat.com/2021/10/21/gartner-advises-tech-leaders-to-prepare-for-a ction-as-quantum-computing-spreads/.

#### 4. 디지털 휴먼

#### ◈ 국내자료

김진서 외(2021.2.), 휴먼 케어를 위한 초실감 감성 상호작용 기술, 전자통신동향분석, 제36 권, 제1호.

ETRI 콘텐츠연구본부 내부자료(2021), 디지털휴먼 기술.

#### ◈ 국외자료

Gartner (2021.3.31.), Maverick* Research: Digital Humans Will Drive Digital Transformation. Gartner (2021.8.11.), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021.

#### ◈ 웹사이트

언리얼 엔진, 메타휴먼 크리에이터,

https://www.unrealengine.com/ko/metahuman-creator.

Affectiva.

https://blog.affectiva.com/emotion-ai-101-all-about-emotion-detection-and-affect ivas-emotion-metrics.

Disney Reserach Studios, https://studios.disneyresearch.com/digital-humans/.

Miquela, https://en.wikipedia.org/wiki/Miquela.

Soul Machines, soulmachines.com.

Uneeq, digitalhumans.com.

USC, https://ict.usc.edu/groups/virtual-humans/.

#### 5. NFT

#### ◈ 국내자료

노경탁(2021,10.5.), NFT, 메가트렌드가 될 것인가, 유진투자증권.

민경식, 김관영, 박진상(2021.9.10.), NFT 기술의 이해와 활용, 한계점 분석, KISA.

신석영(2021.8.17.), 메타버스의 핵심, NFT와 가상경제, 하나금융그룹.

최지혜, 하제훈(2021.5.26.), NFT: 메타버스 시대로 가는 첫 번째 발판, Hexlant.

한영인(2021.7.8.), 싱가포르, 대체 불가능 토큰(NFT)에 주목, 한국무역협회.

### ◈ 국외자료

Abby Ohlheiser(2021.4.12.), Some artists found a lifeline selling NFTs. Others worry it's a trap, MIT Technology Review.

Babu Pillai et al. (2019.6.30.), Blockchain Interoperable Digital Objects, ICBC 2019.

Bank of America(2020.12.1.), OK Zoomer: Gen Z Primer.

Gartner(2021.4.26.), Non-Fungible Tokens(NFTs) Create New Digital Products and Business Models.

Gartner (2021.8.11.), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021.

Matthieu Nadini et al.(2021.8.18.), Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features, arXiv:2106.00647v3.

Messari(2021), Crypto Theses for 2022.

MIT Technology Review Korean Edition(2021.4.7.), NFT가 도대체 뭐야?

Nonfungible.com(2021), Non-Fungible Tokens Quarterly Report Q1 2021.

Goldman Sacks(2021.6.), Digital Assets: Beauty Is Not in the Eye of the Beholder.

#### ◈ 웹사이트

업비트 개발 컨퍼런스 2021, www.youtube.com/udc official.

#### 6. 비지상 통신

#### ◈ 국내자료

ETRI 통신미디어연구소 사업계획서(2021), 3차원 공간 네트워크 기술 개발.

과학기술정보통신부(2020.8.6.), 6G 시대를 선도하기 위한 「미래 이동통신 R&D 추진전략」(안).

관계부처합동(2021.6.18.), 초소형위성 및 6G 위성통신기술 개발 방안, 비상경제 중앙대책 본부 겸 혁신성장전략회의 21-38.

김지형, 윤미영, 유덕현, 이문식(2019.12.), 비지상네트워크를 위한 5G 무선통신 기술, 전자 통신동향분석 34권 제6호.

김판수, 유준규, 변우진(2020.10.), 저궤도 위성통신망 기반 글로벌 무선통신 기술 동향, ETRI, 전자통신동향분석 35권 제5호.

구자춘(2021.4.28.), 지구 상공의 '위성 그물망' 저궤도위성 인터넷 기술 동향, 주간기술동향.

#### ◈ 국외자료

Cambridge Consultants(2021), 5G's future is hybrid - the non-terrestrial opportunity.

NTT DOCOMO(2021.2.), White Paper: 5G Evolution and 6G, Version 3.0.

Xingqin Lin et al.(2021.10.18.), 5G from Space: An Overview of 3GPP Non-Terrestrial Networks, IEEE Communications Standards Magazine.

#### ◈ 웹사이트

3GPP, https://www.3gpp.org/news-events/1933-sat ntn.

#### 7. 실시간 정밀 측위

#### ◈ 국내자료

ETRI 통신미디어연구소 내부자료(2020.12.8.), 10cm급 측위 성능 제공을 위한 정밀 측위 인프라 기술 방향 보고서.

#### ◈ 국외자료

3GPP TR 22.872, Study on positioning use cases.

Huawei(2021.4.), 5G Positioning Open API Industry White Paper.

Ling Xin(2021.4.10.), Hyper–accurate positioning is rolling out worldwide, MIT Technology Review.

NIC(2021.3.), Global Trend 2040.

Nokia(2021.2.22.), The evolution of 5G New Radio Positioning technologies.

#### 8. AI 밀리테크

#### ◈ 국내자료

- 김의순(2020.5.18.), 국방에서의 AI 적용, 미국 사례와 알아야 할 몇 가지, 국방논단 제 1801호.
- 송윤선(2021.6.30.), 인공지능과 로봇의 군사적 활용과 선행 과제, 한국국방기술학회 논문 지, Vol. 3, No. 2.
- 중앙일보(2021.7.28.), 중국 "AI 주도 미래전쟁선 미국과 해볼 만" 판단.
- 한국군사문제연구원(2021), 2020 세계 주요 군사 동향 제6부 미래전 준비와 차세대 전력 건설.

#### ◈ 국외자료

Christiansson, Magnus (2018), Defense Planning Beyond Rationalism: The Third Offset Strategy as a Case of Metagovernance, Defence Studies, Vol. 18.

Defence and Security Accelerator (2021.3.), Innovation for a Safer Future.

DoD(2019.2.), Summary of The 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy – Harnessing AI to Advance Our Security and Prosperity.

Fobes(2021.3.7.), Google Billionaire Eric Schmidt Warns Of 'National Emergency' If China Overtakes U.S. In AI Tech.

HM Government(2021.3.), Global Britain in a competitive age – The Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy.

Bryan Clark et al.(2020.2.11.), Mosaic Warfare: Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operations, CSBA.

Nathan Enaich, Ian Hogarth (2021.10.), State of AI Report 2021.

NSCAI(2021.3.), Final Report.

Reuters(2021.1.27.), U.S. commission cites 'moral imperative' to explore AI weapons. 解放軍報(2019.10.8.), 加速推进军事智能化.

#### ◈ 웹사이트

CNN(2017.9.2.), Who Vladimir Putin thinks will rule the world, https://edition.cnn.com/2017/09/01/world/putin-artificial-intelligence-will-rule-world/index.html.

C4ISRNET(2020,9.26.), Inside the Army's futuristic test of its battlefield artificial intelligence in the desert, https://www.c4isrnet.com/artificial-intelligence/2020/09/25/the-army-just-conducte d-a-massive-test-of-its-battlefield-artificial-intelligence-in-the-desert/.

UN Security Council(2021.3.8.), https://undocs.org/S/2021/229.

#### 9. 사이버 팬데믹

#### ◈ 국내자료

고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.

#### ◈ 국외자료

Dan Murphy(2020.12.6.), Middle East facing 'cyber pandemic' as Covid exposes security vulnerabilities, cyber chief says, CNBC.

Gartner (2020.10.), Top Strategic Technology Trends for 2021.

Jason Aten(2021.7.6.), The Next Pandemic Will Be Digital, and It's Already Here. What You Need to Know About the Growing Threat of Ransomware, Inc.

John Kindervag(2010.11.5.), Build security into your network's DNA: The Zero Trust Network Architecture, Forrester Research.

Statista (2021), Annual number of ransomware attacks worldwide from 2016 to 2020.

The Conversation(2021.6.16.), The increase in ransomware attacks during the COVID-19 pandemic may lead to a new internet.

WEF(2020.11.), Future Series: Cybersecurity, emerging technology and systemic risk.

White House (2021.5.12.), Executive Order on Improving the Nation's Cybersecurity.

#### ◈ 웹사이트

Averting a Cyber Pandemic Part 1, DAVOS AGENDA 2021(2021.4.2.), https://www.youtube.com/watch?v=dUhHDUVBYhQ).

CSIS(2021.9.),

https://www.csis.org/programs/strategic-technologies-program/significant-cyber-inc idents.

Wired(2021.12.10.), The Internet Is on Fire, https://www.wired.com/story/log4j-flaw-hacking-internet/.

#### 10. 기술표준 신지정학

#### ◈ 국내자료

- 고명현(2020.12.), 사이버공간의 신지정학, 아산정책연구원.
- 김민정, 양인창(2021.2.15.), 디지털무역 표준 논의 동향과 시사점, KITA 통상리포트, Vol.06.
- 이희진(2020.9.7.), 표준으로 바라본 세상, 일상에서 만나는 표준의 정치경제학, 한울아카데미.

#### ◈ 국외자료

- Emily de La Bruyere and Nathan Picarsic(2020.4.), China Standards 2035: Beijing's Platform "Geopolitics and Standardization Work in 2020", China Standards Series, Horizon Advisory.
- EU Commission(2020.12.2.), Joint Communication to the European Parliament, the European Council and the Council: A new EU-US agenda for global change, JOIN(2020) 22 final.
- Financial Times (2019.12.2.), Chinese tech groups shaping UN facial recognition standards.
- Joe Biden(2021.6.5.), Joe Biden: My trip to Europe is about America rallying the world's democracies, The Washington Post.
- IPlytics(2021.2.), Who is leading the 5G patent race? A patent landscape analysis on declared SEPs and standard contributions.
- NIKKEI Asia(2020.11.26.), Divided internet: China overtakes US as global data powerhouse.
- NIST(2019), US Leadership in AI: A Plan for Federal Engagement in Developing Technical Standards and Related Tools.
- White House(2020.5.21.), United States Strategic Approach to the People's Republic of China.

### ◈ 웹사이트

- EU Commission(2021.6.15.), EU-US launch Trade and Technology Council to lead values-based global digital transformation, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_2990.
- 한국일보(2021.2.9.), 미국과 무역전쟁에서 이기는 중국의 승리 공식은? "기술표준 선점", https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2021020811070001837.



#### 1. 연구 프로세스

#### ◊ 기술 전망 배경

- 디지털 기술 발전이 코로나19 사태를 겪으면서 한층 빨라지고 사회변화를 가속함에 따라 기술 개발과 확산 과정에서 주목할 기술 이슈에 대한 분석 필요성 제기
- ▼ 보고서는 새롭게 부상하거나 향후 3년 이내에 의미 있는 기술적·사회적 임팩트가 예상되는 10대 기술을 중심으로 기술의 중요성, 주요 트렌드, 파급력과 의미 등을 분석

#### ◈ 주요 연구 과정

- [미래기술/트렌드 분석] Socio-Tech 관점에서 미래사회 및 기술 트렌드 분석, 유망기술 및 트렌드 문헌분석, ETRI 연구진(실장/센터장) 대상 의견조사 등 수행
  - ※ 문헌조사: ICT, 과학기술, 융합기술 등 1,068개 기술, ETRI 연구진 제안: 47개 기술
- [후보 기술/트렌드 도출] Socio-Tech 핵심 키워드 도출, 문헌분석 및 ETRI 연구진 제안 기술 각각 10개 기술군(群)으로 통합·조정
  - ※ 통합·조정 기준: ICT 관련성, 3년 내외 기술적 임팩트, 사회적 파급력 등
- [10대 기술 확정 및 분석] 후보 기술/트렌드로 선정된 20개 기술군 가운데 유사 분야 고려, 최종 16개 분야를 평가하여 9개 선정, 1개 분야 추가 반영해 최종 10개 확정
  - ※ 평가 기준: 임팩트 시점, 기술·사회·국가전략, Socio-Tech 키워드 등

#### ① 미래기술/트렌드 분석 (6~8월)

- STM 기반 트렌드 분석 (미래사회 및 기술 트렌드)
- 기술 분석(총 1,068개 : ICT, 과학기술, 융합 분야)
- ETRI 내부 의견조사 (실/센터장 대상 기술 제안)

### ② 후보 기술/트렌드 도출 (9월)

- Socio-Tech 핵심 키워드 도출 (미래사회 및 기술 상관관계)
- → 후보기술群 통합/조정/평가 (28개 기술→10개 기술群)
  - 유사기술 평가/제거/통합 (26개 기술→10개 기술群)

#### ③ 10대 기술 확정 및 분석 (10~12월)

- 10대 기술 분야 선정 (임팩트시점/기술·사회·국가전략)
- → 기술 분야별 원고 작성 (트렌드, 인사이트, 임팩트)
  - 수정, 보완 완료 (내부 전문가 검토)
- ※ STM(Socio-Tech Matrix)은 기술(Technology)과 사회(Society) 교차영역의 핵심 현안을 분석하기 위해 ETRI에서 개발한 미래예측 방법론(출처: ETRI(2015.6.30.), ECOsight 3.0: 미래사회 전망)

### 2. 의견조사 ETRI 참여자 명단(실장/센터장)

● 113명 실장/센터장 의견조사(기간: 2021.8.4.~2021.8.20, 응답: 43명, 47개 기술 제안)

No.	이름	소속
1	강동민	RF/전력부품연구실
2	강동재	클라우드기반SW연구실
3	강유성	미래암호공학연구실
4	강현서	광ICT융합연구실
5	고남석	네트워크연구본부
6	고영조	6G무선방식연구실
7	김규형	의료IT융합연구실
8	김영길	언어지능연구실
9	김재홍	인간로봇상호작용연구실
10	김태연	지능네트워크연구실
11	박건식	DMC융합연구단
12	박유미	슈퍼컴퓨팅기술연구센터
13	박전규	복합지능연구실
14	박중기	디지털홀로그래피연구실
15	박창준	CG/Vision연구실
16	박혜숙	국방ICT융합연구실
17	서정일	실감미디어연구실
18	안호균	국방RF부품연구실
19	오세원	KSB디바이스ML연구실
20	유웅식	KSB인공지능응용연구실
21	유원필	로봇작업지능연구실
22	윤대섭	인지교통ICT연구실
23	이기석	VR/AR콘텐츠연구실
24	이문식	무선분산통신연구실
25	이병선	ETRI 위성탑재체연구실
26	이병탁	에너지지능화연구실
27	이승환	기술기획전략실
28	이종진	광패키징연구실
29	이준기	네트워크연구본부
30	이준섭	융합표준연구실
31	임길택	인공지능응용연구실
32	임준호	언어지능연구실
33	정우석	재난안전지능화융합센터
34	정태식	초저지연네트워크연구실
35	조인귀	전파원천기술연구실
36	조창식	고성능디바이스SW연구실
37	주정진	양자광학연구실
38	지형근	홀로그래픽콘텐츠연구실
39	차지훈	자율비행연구실
40	최병수	양자컴퓨팅연구실
41	최병철	보안취약점분석연구실
42	허태욱	환경ICT연구실
43	황정환	전파환경감시연구실

#### 저자소개

이승민 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 기술전략연구센터 책임연구원 과학기술연합대학원대학교(UST) ETRI 스쿨 과학기술경영정책 교수 e-mail: todtom@etri.re.kr Tel. 042-860-1775

#### 보고서 작성에 도움을 주신 분들

**박전규** ETRI 인공지능연구소 지능정보연구본부 복합지능연구실 실장/연구위원/책임연구원 e-mail: jgp@etri.re.kr Tel. 042-860-5225

**최병수** ETRI ICT창의연구소 양자기술연구단 양자컴퓨팅연구실 실장/책임연구원 e-mail: bschoi3@etri.re.kr Tel. 042-860-1747

**최선미** ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 기술경영연구실 책임연구원 e-mail: sonia@etri.re.kr Tel. 042-860-5183

**이문식** ETRI 통신미디어연구소 이동통신연구본부 무산분산통신연구실 실장/책임연구원 e-mail: moonsiklee@etri.re.kr Tel. 042-860-5966

**고영조** ETRI 통신미디어연구소 이동통신연구본부 6G무선방식연구실 실장/책임연구원 e-mail: koyj@etri.re.kr Tel. 042-860-4810

#### ETRI가 바라본 2022년 10대 기술 전망

**발행인** 이 지 형

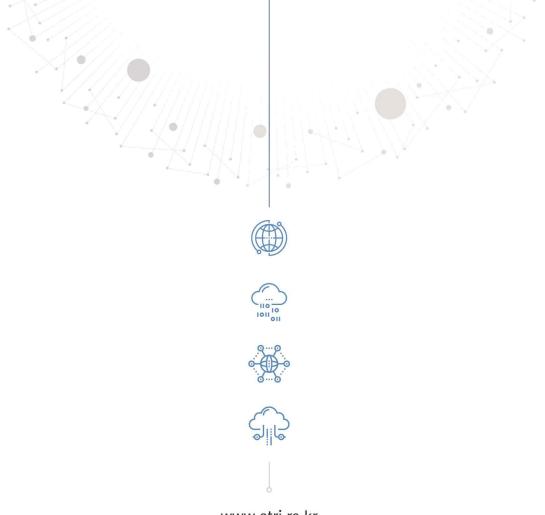
발행처 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부

**발행일** 2021년 12월 31일









www.etri.re.kr



34129 대전광역시 유성구 가정로 218 TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

