

# KISTEP 미래예측 브리프 2020-04

## 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스

KISTEP 기술예측센터 · ETRI 기술정책연구본부





## 요약

### 연구배경 및 목적

- 고령인구 증가, 정서·심리적 불안 확산, 생산성 향상에 대한 수요 증대 등의 사회적 변화와 인공지능(AI), 감성·생체정보 인식 등 기술 간의 융합/발전으로 「디지털 휴먼증강」에 대한 관심 고조
- 기술예측 전문기관인 한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 국가 지능화 종합연구기관인 한국전자통신연구원(ETRI)의 협업을 통해 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스를 발굴함으로써 미래 헬스케어 기술·서비스의 방향성 제시

### 주요 결과 및 시사점

- 국내외 문헌조사, 과학기술 및 인문사회과학 등 다양한 분야의 전문가 의견수렴과 워크숍 등을 통해 미래 이슈(변화)에 대응 가능한 「디지털 휴먼증강」 유망 기술·서비스 18개 선정

구분		기술·서비스
신체	근력	엑소스켈레톤 기반 개인 맞춤형 재활 시스템
		의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트
	감각	감각치환 기술·서비스
		지능형 시청각 증강 기술
	근력+감각	신체보호 및 인공감각 엑소스킨(ExoSkin)
	면역	신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템
장기	인공장기 지능형 관리 시스템	
두뇌	기억	기억 저장·삭제 서비스
		AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템
	인지	인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI
창의	증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧	
감성	소통	웨어러블·뇌 임플란트형 창의력 향상 시스템
		완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사
	이상감성 제어	마음을 나누는 AI 감성친구
		정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어
디지털 휴먼 트윈	부(-)정 감정 인지 및 완화 디지털 서비스	
공통 기반 기술	디지털 휴먼 바이오 맵	
		인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술

●○○ 디지털 휴먼증강 미래 유망 기술·서비스

- 선정된 기술·서비스를 실현시킬 수 있는 국내의 기술, 인력, 인프라 등의 현재 역량은 기술·서비스의 중요도와 R&D 시급성에 비해 낮은 수준인 것으로 나타남
- 미래 유망 기술·서비스의 경제·사회적 부가가치를 고려하여 관련 연구개발과 상용화 지원을 위한 정부 전략 마련 필요

# 목 차

1. 연구배경 및 목적.....	1
2. 「디지털 휴먼증강」 정의 및 범위.....	4
3. 「디지털 휴먼증강」 국내외 동향.....	7
4. 추진 방법 및 주요 결과.....	9
5. 결론 및 시사점.....	27
참고문헌.....	29
[붙임] 참여 전문가 명단.....	31



# 1 연구배경 및 목적

◆ 저출산·수명연장으로 초고령화 사회로의 진입이 가속화되면서 새로운 경제·사회적 문제에 직면

○ 노인 인구 증가로 의료비 및 노년부양비 부담 증대

- 국내 총 인구 중 65세 이상 노인 인구의 비중은 '20년 15.7%에서 '25년 20.3%까지 증가하여 초고령사회에 진입할 것으로 예상(통계청, '20)
- 노인 의료비는 '15년 대비 빠르게 증가하여 '30년 91조 원에 이를 것으로 추정
- 노년부양비\*는 '19년 20.4명에서 급속하게 증가하여 '30년 38.2명에 이를 것으로 전망(통계청, '19)

\* 생산가능인구(15~64세) 100명이 부양해야 할 고령인구(65세 이상)의 비

○ 고령자 수의 급격한 증가는 치매 유병률 증가, 치매 치료 및 관리를 위한 사회적 비용 증가 등 다양한 사회적 문제를 야기

- 국내 치매 환자 수는 '20년 84만 명에서 '30년 271만 명으로 약 3.2배 증가할 것으로 전망되며, 전체 노인 중 치매 환자 비율은 '30년 10.03%로 65세 이상 노인 10명 중 한 명꼴로 발병할 것으로 예측(보건복지부 노인성치매임상연구센터)
- 치매 환자 증가로 치매 관리비용 또한 '15년 13.2조 원에서 '30년 34.3조 원으로 빠르게 증가하여 GDP 기준 0.9%에서 2배가량 증가한 1.8%에 이를 것으로 추정(보건복지부 중앙치매센터)

○ 전체 장애 인구 중 절반에 가까운 46.6%가 65세 이상 고령자이며, 장애의 90%가 후천적 요인으로 발생(한국장애인개발원, '19)

※ 노인·장애인 대상 재활 로봇(상·하지 재활로봇, 지능형 휠체어 등) 치료 시장은 '17년 224.7백만 달러에서 연평균 15.4%의 빠른 성장을 통해 '23년 551.8백만 달러의 시장규모로 확대 전망(BIS Research, '19)

◆ 사회관계의 고도화, 코로나 사태로 인한 사회적 거리두기의 연장 등으로 정서·심리적 불안·공포를 느끼는 포비아 현상 확산

- 복잡한 사회관계 또는 고립된 개인생활 속에서 스트레스, 우울증, 불안장애, 자살 등 다양한 형태의 정서·심리적 문제 발생 증가
  - 국내 우울증 환자 수는 '15년 60만 명에서 '19년 79만 명으로 약 32% 증가했으며, 20대 우울증 환자는 동 기간 5.3만 명에서 11.8만 명으로 2배 이상 증가(건강보험심사평가원, '20)
  - 국내 자살률은 인구 10만 명당 24.6명으로 OECD 1위의 오명을 안고 있으며 특히, 연령이 높아질수록 자살률\*이 증가하는 것으로 분석됨(통계청, '20, 보건복지부, '19)
    - \* 연령별 자살률: 69.8명(80대), 48.9명(70대), 31.5명(40대), 17.6명(20대)
  - 신종 감염병인 코로나19 확산으로 국민 10명 중 4명은 우울함과 불안감을 느끼는 '코로나 블루' 현상을 경험한 것으로 나타남(한국건강증진개발원, '20)

◆ 생산현장에서 근로자의 생산성 향상 수요 증대

- 근로자의 근골격계 질환 예방 및 생산성 향상을 목적으로 제조, 건설, 물류, 재난·안전, 국방 등 다양한 산업·공공 분야에서 근력 지원\* 수요 확대
  - \* 산업용 외골격 로봇, 소방 및 군사용 웨어러블 로봇 등

◆ 고령인구의 증가, 정서·심리적 불안 확산, 생산성 향상에 대한 수요 증대 등의 사회적 변화와 인공지능(AI), 감성·생체정보 인식 등 기술 간의 융합/발전으로 「디지털 휴먼증강」에 대한 관심 고조

- 신체적인 물리성, 정서적 감성 확장성, 인지역량 향상을 통한 인간 증강을 위해 ICT, BT, NT 등 기술 간 융합이 확대되고 있으며, 관련 기술 및 서비스의 중요성 증대
  - AI를 활용한 감성 인식·분석 기술, 인간 뇌를 모델로하는 컴퓨팅 기술 등 휴먼증강 관점의 인간중심 기술이 융합되며 발전하는 추세

- 기술과 인간의 융합을 통한 인체의 디지털 트랜스포메이션\*에 대한 관심 증대

\* 디지털 데이터를 기반으로 건강 상태를 예방/진단/치료하고, 몸의 일부를 대체편집함으로써 인간의 몸을 HW/SW 플랫폼처럼 인식(ETRI, '16)

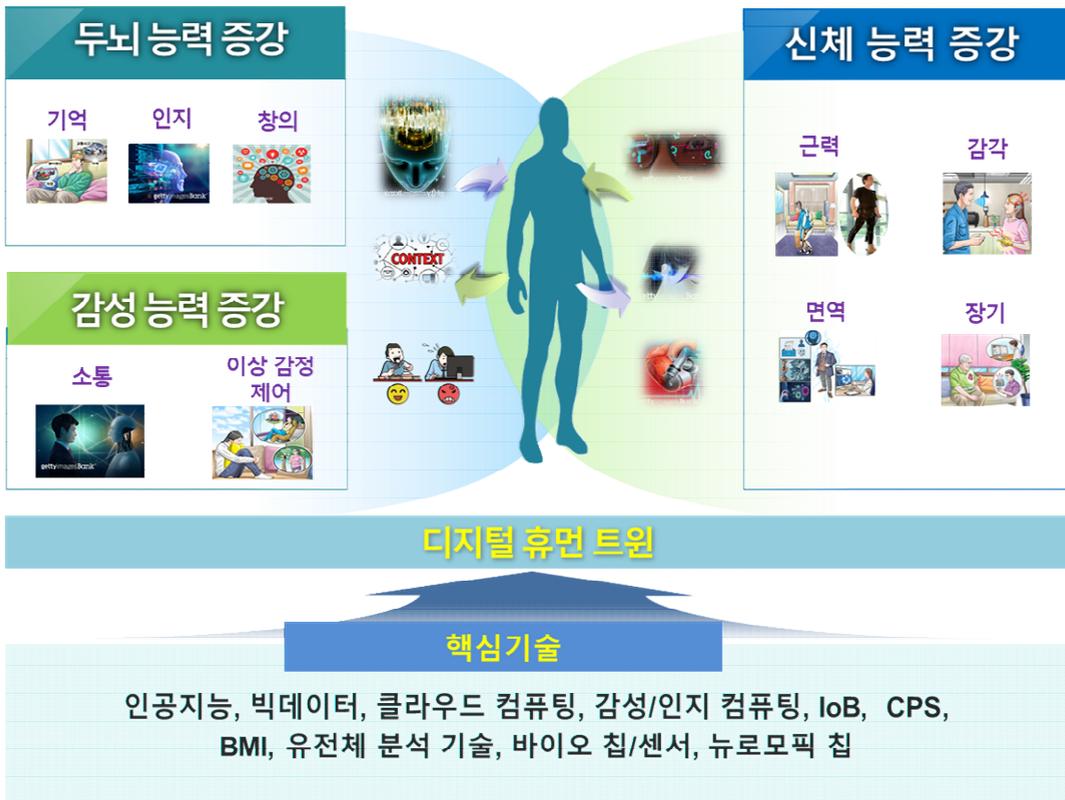
◆ 본 연구에서는 인간의 신체·두뇌·감성 능력 향상을 통해 현안 이슈에 대응 가능한 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스를 도출함으로써 미래의 헬스케어 기술·서비스의 방향성을 제시하고자 함

○ 기술예측 전문기관인 KISTEP과 국가 지능화 종합연구기관인 ETRI가 협력하여 다양한 분야의 전문가와 방법론을 적극 활용, 건강한 삶의 질을 유지시킬 수 있는 미래 유망 기술·서비스 발굴을 추진

## 2 「디지털 휴먼증강」 정의 및 범위

### ◆ 「디지털 휴먼증강」 개념

- 「디지털 휴먼증강」은 AI, IT, BT 등의 다양한 이종 기술 간 융합을 바탕으로 인간의 신체·두뇌·감성 능력의 저하를 예방하고, 회복 및 향상을 통해 지속적인 건강한 삶을 가능하게 하는 기술
  - (예방) 노화 등으로 인해 예상 가능한 신체적·인지적·정서적 능력 저하를 예방
  - (회복) 노화, 장애, 질병 등으로 저하된 신체적·인지적·정서적 능력을 개선·회복
  - (향상) 인간의 생산성 및 삶의 질 개선을 위한 신체적·인지적·정서적 능력을 향상



[그림 1] 「디지털 휴먼증강」 개념 및 구성도

◆ 「디지털 휴먼증강」 범위

○ 「디지털 휴먼증강」은 신체·두뇌·감성 능력 증강 및 이를 종합한 디지털 휴먼 트윈으로 구성

- (신체 능력 증강) 신체의 하드웨어적 측면에서 근력, 감각과 생물학적 측면에서 면역, 장기 등의 기능·능력의 증강
- (두뇌 능력 증강) 기억, 인지 능력 향상 및 창의 제고
- (감성 능력 증강) 소통 능력 향상 및 이상 감정 제어
- (디지털 휴먼 트윈) 개인 생활 및 의료정보\*를 바탕으로 사이버 공간에 가상 개인을 복제하고 다양한 시뮬레이션\*\*을 통해 최적의 신체·두뇌·감성 능력 증강을 위한 맞춤형 솔루션 제공

\* 라이프 로그, 운동기록, 의료정보, 생체정보, 유전체 분석 정보 등

\*\* 디지털 트윈 공간에서 수술, 투약, 운동, 심리치료 기법 등을 적용하여 그 효과와 위해성을 추정

〈표 1〉 「디지털 휴먼증강」 범위

구분		내 용
신체	근력	• 신체의 움직임을 가능하게 하는 운동능력의 강화를 통해 노인, 장애인 등의 신체적 삶의 질을 개선하고 산업 현장에서 생산성을 제고
	감각	• 노화, 질환 등으로 저하된 신체 감각(시각, 청각 등) 능력 개선, 감각치환을 통해 장애인의 상실된 감각 기능을 보완
	면역	• 유전체 분석 등을 통해 질환·질병 및 외부 감염 등의 면역 취약 요소 진단 및 개인 맞춤형 면역강화 솔루션 제공
	장기	• 사고, 질병, 기능 쇠퇴 등으로 인해 손상된 인체의 장기를 디지털화된 인공장기로 대체 및 관리함으로써 건강한 삶 영위
두뇌	기억	• 노화, 질병으로 저하된 기억력을 복원·저장·영상화
	인지	• 상황판단, 이해력 등에 대한 인지 능력의 저하 방지 및 향상
	창의	• 창의 지능 활성화와 AI 협업을 통해 상상 및 생각의 표현력 향상
감성	소통	• 감성 교류형 에이전트를 통한 독거인 및 치매 환자의 소통 능력 향상
	이상 감정 제어	• AI와 개인 감성정보를 활용한 우울증, 공황장애 등 이상 감정의 예방 및 치료
디지털 휴먼 트윈		• 멀티모달형 개인 신체 및 의료, 생활습관 정보 수집 기술 발달 • 정밀의료 및 유전체 분석에 따른 개인의 생체 및 유전정보 분석 기술 발달 • AI 기술을 활용한 디지털 트윈 시뮬레이션 기술 고도화

- (핵심 기술) 정보통신·전자공학, 뇌공학, 바이오·생명공학, 로봇·제조공학 등 다양한 이종의 융합기술로 구현
  - (정보통신·전자공학) AI, 빅데이터 기술, 센싱 기술, 클라우드 컴퓨팅, 감성·인지 컴퓨팅, CPS(Cyber Physical System), IoB(Internet of Body) 등
  - (뇌공학) 뉴로모픽 칩(Neuromorphic chip) 기술, Brain-Machine Interface 등
  - (바이오·생명공학) 시·청각 등 감각기술, 유전체 분석 기술, 인공장기 기술, 바이오 칩·센서 기술, 바이오인포메틱스 등
  - (로봇·제조공학) 근력증강 로봇 기술, 3D 프린팅 기술 등

### 3 「디지털 휴먼증강」 국내외 동향

#### ◆ 국내외 R&D 정책 동향

- 우리나라를 비롯한 해외 주요국에서는 휴먼증강 기술을 유망 성장 산업 분야로 선정, R&D 투자 확대 및 적극적인 정책지원을 추진
- 미국과 중국은 뇌 연구 중심의 휴먼증강에, 한국, 유럽, 일본은 ICT·로봇 중심의 사회문제해결 R&D 및 정책지원에 집중

〈표 2〉 주요국 R&D 정책 동향

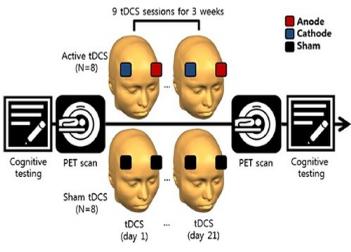
구분	내 용
 미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 브레인이니셔티브('13)를 통한 국가 주도의 뇌 연구 프로젝트 추진</li> <li>• 로보틱스 로드맵('20)에서 BCI 기반 인간-로봇 상호작용의 고령자 대상 근력증강, 생활지원 등 로봇 연구 추진</li> <li>• 국립보건원(NHI), 방위고등연구계획국(DARPA), 대학, 기업이 협력하여 휴먼증강 관련 정책지원, 기술개발과 상용화 R&amp;D 진행</li> </ul>
 유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 휴먼브레인프로젝트('12)를 통해 EU 차원에서 뇌과학 공동연구 추진</li> <li>• 유럽의 로보틱스 전략 연구 아젠다('16)에서 뇌·생체신호 기반 재활로봇 연구 추진</li> <li>• 고령화 사회에 대응하여 고령자의 신체·정신 건강을 증진하는 휴먼증강 연구에 집중</li> </ul>
 일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인간중심의 ICT 융합을 지향하는 관점에서 “감성 R&amp;D” 추진</li> <li>• Society 5.0('16)에서 인간능력 확장을 핵심과제로 설정하고 정부산하 산업기술총합연구소에서 “인간확장연구센터”(‘18) 개설</li> <li>• ICT·로봇 기술 등을 융합하여 노인과 장애인 대상 생활지원 로봇 프로젝트 추진</li> </ul>
 중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 주도로 인간의 뇌와 감성·인지를 연구하는 “China Brain Project”(‘16)추진</li> <li>• 뉴로모픽 컴퓨팅과 뇌 연구 기술 플랫폼을 개발하여 뇌 질환 조기진단 및 국가주도의 지능형 BCI 기술개발 관련 정책지원 강화</li> </ul>
 한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 융합기술 발전전략('14), 대한민국 과학기술 미래비전 2045('20) 등에 휴먼증강을 국가 유망성장 기술·산업으로 선정하여 국가 차원의 정책지원 강화</li> <li>• ICT를 통한 사회문제 해결 R&amp;D 투자 확대로 고령자·장애인을 포함한 국민의 신체적, 정서적, 심리적 안정 도모 강조</li> </ul>

※ 출처: The White House(2013), CCC(2020), EC(2013), 한국산업기술진흥원(2016), 과학기술정책연구원(2017), 융합연구정책센터(2018), 국가과학기술심의회(2014), 과학기술정보통신부(2020) 등 참조

◆ 국내외 연구 동향

- 기존 재활·치료, 근력 지원 중심에서 두뇌·인지 및 감성 능력 향상 연구로 범위가 확장되는 추세
  - AI, 센싱, 뇌·컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface; BCI) 기술의 발달로 감성 상태 파악 및 분석 기술이 발전됨과 함께 정신건강 증진 관련 연구가 활발히 전개 중
- AI, 빅데이터 기술 등을 접목한 지능형의 개인 맞춤형 휴먼증강 기술 연구로 발전
  - BCI 및 사용자 데이터 분석 기반 인지 능력 향상과 지능형 웨어러블 슈트 기술 개발이 활발

〈표 3〉 주요국의 휴먼증강 연구 사례

자동차 공장의 외골격 로봇 제조공장 근로자 근력지원	뇌 임플란트 침습형 기억력 복원 장치	심리상담 시뮬레이터 환자의 감성·심리상태 파악
 <p>(미국, BMW 사우스캐롤라이나 공장)</p>	 <p>(미국, DARPA)</p>	 <p>(미국, USC)</p>
<p>근력 지원 로봇 생산현장 근로자의 근력향상</p>  <p>(한국, LG)</p>	<p>뇌 자극으로 치매 치료 비 침습형 치매환자 기억력 향상</p>  <p>(한국, 인천성모병원)</p>	<p>VR 활용 정신·심리 치료 발표불안, 대인기피증 치료</p>  <p>(한국, 삼성)</p>

※ 출처: 각 기관·사업자 홈페이지, 저널·언론기사 등 인용, 구체적인 출처는 참고문헌 참조

## 4 추진 방법 및 주요 결과

- ◆ 국내외 문헌조사, 과학기술 및 인문사회과학 등 다양한 분야의 전문가(불임) 의견수렴과 워크숍 등을 통해 미래 이슈(변화)에 대응 가능한 「디지털 휴먼증강」 유망 기술·서비스 선정

〈표 4〉 추진 단계 및 방법

단계	내용
(1)	국내외 문헌조사 및 전문가 의견수렴을 통해 주요 미래 이슈(변화) 파악
	↓
(2)	전문가 의견수렴을 통해 미래 이슈(변화)별 기회 및 위협 요인 도출
	↓
(3)	전문가 워크숍을 통해 기회 및 위협 요인에 대응 가능한 기술·서비스 후보 풀 마련
	↓
(4)	내외부 기술 분야 전문가 검토를 통해 유망 기술·서비스 선정
	↓
(5)	전문가 대상 평가 및 분석

### (1) 주요 미래 이슈(변화) 파악

- 국내외 문헌조사와 전문가 의견수렴을 통해 향후 10년 내외에 일어날 것으로 예상되는 우리사회의 변화 모습 중 「디지털 휴먼증강」에 영향을 줄 수 있는 주요 이슈 도출
  - 「디지털 휴먼증강」과 관련된 기술뿐 아니라 사회적 인식, 해당 분야의 진흥 및 제재와 관련한 법·제도 요소 등 사회적(S), 기술적(T), 경제적(E), 환경적(E), 정치적(P) 이슈(변화) 19개 발굴
- ※ 각 이슈들 간의 선후 관계 및 이슈별 범위 등과 무관하게 「디지털 휴먼증강」과 관련성이 높을 경우, 별도 이슈로 분리

〈표 5〉 「디지털 휴먼증강」 관련 미래 이슈(변화)

구분	미래 이슈(변화)	관련 현황 및 전망
사 회 적 (S)	인구구조 고령화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국의 65세 이상 인구는 '20년 15.7%에서 '25년 20.3%가 될 것으로 전망되며, '25년을 기점으로 초고령화 사회에 진입할 것으로 예상(통계청, '20)</li> <li>• '19년 한국 출산율은 0.92로 세계 최저(통계청, '20)</li> <li>• 기대수명은 여전히 높은 수준이지만 아프지 않고 보내는 건강기대수명*은 '12년 이후 계속해서 감소세</li> <li>* (남) '12년 65세 → '18년 64세, (여) '12년 66.5세 → '18년 64.9세(통계청, '18)</li> <li>- 수명의 연장으로 노인의 사회참여 욕구는 높아지고 있으나, 신체적인 노화, 인지 능력 저하 등의 문제로 실제 참여율은 매우 낮음(한국보건사회연구원, '14)</li> </ul>
	넷 중심의 소통문화 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직접적 만남을 통한 교감에 대한 심리적 거부감, 피로감 등이 증가하면서 '50년에는 면대면 만남을 회피하게 될 것(국회미래연구원, '18)</li> <li>• '18년 인터넷 이용률은 91.5%, '17년 스마트폰 과의존율은 18.6%로 모두 지속적으로 증가 추세(통계청, '18)</li> <li>• 최근 코로나19로 인해 대면 활동이 줄어들며 과거에 비해 소통 능력이 저하되고 있음(전국대학학생회네트워크, '20, 대홍커뮤니케이션즈, 트렌드 모니터, '20)</li> <li>• '인간은 사회적 동물'이라는 전통적 명제가 쇠퇴하고, 네트워크화된 개인들 혹은 소규모의 분자화된 공동체(molecular community)들의 느슨한 네트워크가 미래사회의 새로운 조직단위가 될 것</li> </ul>
	교육의 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사교육 경쟁 심화</li> <li>• AI 기술이 발달하면서, 우리 자녀세대는 AI가 더 잘할 수 있는 역량의 영역에서 일자리를 두고 싸울 것인지, 아니면 AI가 침범하지 못하는 역량의 영역에서 일자리를 차지할 것인지 선택하여야 하며 교육방식 또한 그에 맞춰 혁신될 것</li> </ul>
	세대 간 갈등 심화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '30년에는 노인 복지 투자, 실업률 증가 등으로 인한 세대 간 갈등 심화 예상 (Deutsche Bank, '20)</li> </ul>
	빈부격차 심화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '20년 1분기 소득 하위 20% 계층인 1분위의 가계소득(명목기준·2인 이상 전국 가구)은 월평균 128만6700원으로 1년 전보다 8.0% 감소</li> <li>• 반면 소득 상위 20% 계층인 5분위의 가계소득은 한 해 전보다 9.3% 증가 (월평균 1015만1700원)</li> <li>• 소득 5분위 배율(균등화소득 기준)은 역대 최고치인 5.95배(통계청, '20)</li> </ul>
	정서/심리적 문제 발생 건수 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회 복잡화 및 고숙화, 인간관계 단절, 스트레스 증가로 인한 정신건강 장애 발생 건수 증가                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 우울증 환자수는 '15년 60만 명에서 '19년 79만 명으로 꾸준히 증가 (보건복지부, 건강보험심사평가원)</li> <li>- 코로나19 팬데믹 영향에 따른 사람의 감정이 불안, 분노, 우울감을 느끼는 '코로나 블루' 현상 확산</li> <li>- 국내 자살률은 인구 10만 명당 24.6명으로 OECD 1위를 차지하였으며, 자살률은 연령이 높아질수록 (80세(69.8%)) 높게 나타남(건강보험심사평가원)</li> </ul> </li> </ul>
장애인 수 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 장애인 수 지속 증가                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2015년 249만 명에서 2018년 259만 명으로 지속적으로 증가하는 추세 (보건복지부, '18)</li> </ul> </li> </ul>	

구분	미래 이슈(변화)	관련 현황 및 전망
기술적 (T)	다양한 이종 기술 융합	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보통신·전자공학, 뇌공학, 바이오·생명공학, 로봇·제조공학 등 이종 기술 간 다양한 기술의 융합 진전                             <ul style="list-style-type: none"> <li>AI, 빅데이터, 센싱 기술, BMI(뇌-기계 인터페이스), 근력증강 로봇 기술, 유전체 분석 기술, 바이오 칩/센서 기술, 감성 컴퓨팅 등 기술 간 융합 확대 전망</li> </ul> </li> </ul>
	초연결 사회의 도래	<ul style="list-style-type: none"> <li>각종 기술이 발달하고, 수많은 데이터가 실시간으로 측정되고 전송되는 것이 가능해짐과 함께 사이버 공간과 물리 공간의 싱크로율이 향상되고, 온라인-오프라인 공간을 넘나드는 초연결 사회의 도래</li> </ul>
	인간 뇌에 대한 이해도 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>뇌과학, 의학, 재료공학, 미세소자 기술 등 이종 기술 간의 융합이 급속도로 발전되면서 신경정보의 영상화, 기억의 저장과 복원에 대한 가능성 구체화 및 현실화될 것으로 예상(Technologyreview, '20)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>미국 NIH는 과거 게놈프로젝트 후속으로 Brain Initiative를 진행 중이며, 현재 전세계적으로 인간의 뇌에 대한 이해도를 높이기 위한 연구가 활발히 진행 중</li> <li>동물대상 및 인간시체를 이용한 머리이식(혹은 신체이식) 수술 성공</li> <li>신생 기업 '넥툼(Nectome)'은 인간 두뇌를 완전한 형태로 냉동 보존해 뇌에 저장된 기억이나 의식을 디지털 데이터로 컴퓨터에 업로드하고 저장하는 방법 연구중</li> <li>2017년 일론 머스크의 뉴럴링크(Neuralink) 설립에 이어 2019년 페이스북이 신경 인터페이스 회사인 CTRL-Labs를 인수하면서 인간의 정신능력 향상과 뇌-기계 인터페이스 기술 개발을 위한 전 세계적인 경쟁이 심화되고 있음</li> </ul> </li> </ul>
	AI 기술의 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>뇌/생체 신호 기반 AI의 발달                             <ul style="list-style-type: none"> <li>시각, 청각, 언어, 감정, 상황 등을 복합적으로 인식/추론하는 복합지능과 질문/정답 없이 스스로 학습하는 비지도 학습 기능 발달 중</li> <li>뉴로피드백에 의한 트레이닝 등이 상용화되고 있고, 창의성이 요구되는 디자인 분야에서도 관련 기술의 활용이 시도되고 있는 추세(Cinel C. 외, '19)</li> </ul> </li> </ul>
	생체정보의 실시간 수집	<ul style="list-style-type: none"> <li>웨어러블 기기의 활발한 보급으로, 개개인의 몸을 수치화해서 보는 것이 용이해짐                             <ul style="list-style-type: none"> <li>특정 국가에서는 생체칩 이식 활동 인구의 증가(BioEdge, '18)</li> </ul> </li> </ul>
	정보 유출 위험 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율주행차, 홈IoT 등 네트워크에 연결된 대부분의 서비스는 사이버 침해, 해킹, 등 외부 공격에 취약                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2020년 ICT 9대 트렌드로 "불안한 기술 위험"이 꼽힘(한국정보화진흥원, '19)</li> </ul> </li> </ul>
경제적 (E)	언택트 산업으로의 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>최근 코로나 사태와 같은 환경적 변화로 비대면 산업의 중요성 및 필요성에 대한 인식 변화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>제조/물류 등 산업 분야를 중심으로 확산되고 있었으나 코로나 사태로 인하여 교육/문화/스포츠 등 일상/여가생활 분야까지 확산되는 추세 (한국정보산업연합회, '20)</li> </ul> </li> </ul>
	기술의 인력 대체	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리 세계의 네트워크화와 혼합현실 확산으로 원격 기반 지식근로자 근무 및 원격 기계 활용이 보편화 될 것으로 전망(Policy Horizons Canada, '19)</li> <li>생산가능인구가 감소하고 위험하고 어려운 작업에 대한 기피 현상이 일어나면서 기술을 활용한 업무 증가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>총인구 대비 생산가능인구(15~64세)는 '17년 73.2%에서 '35년 61.9%로 감소할 것으로 전망</li> </ul> </li> </ul>

구분	미래 이슈(변화)	관련 현황 및 전망
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 근로 현장에서 3D (Dangerous, Difficult, Dirty) 작업을 기피하면서 AI 대체율 70% 이상인 고위험 직업군에 종사하는 사람의 수가 2025년 전체 취업자 중 61.3%를 차지할 것으로 예상됨 (한국고용정보원, '18)</li> <li>• AI 기술의 발달로 연구/자문/설계/마케팅/ 의사결정 등 다수의 전문 업무가 AI로 대체될 것으로 전망(Policy Horizons Canada, '19)</li> <li>• 국내 청년 실업자는 45만 1천 명으로, 실업률 10.7%를 기록(통계청, '20)</li> </ul>
환경적 (E)	재난상황 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 태풍, 지진, 감염병 등 재난 발생 빈도 증가</li> </ul>
정치적 (P)	데이터 관련 규제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '20년 1월 데이터3법 개정안 통과로 데이터 활용 산업의 활성화에 대한 기대 증가                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반면 개인 데이터 획득을 통한 타겟팅 광고와 여론 조작이 증가하면서, 이에 대한 규제 여론 확산 중</li> </ul> </li> <li>• 마이데이터를 통하여 데이터가 원래의 주인에게 귀속되고 데이터 주인의 의지에 따라 활용되는 데이터 주권 확립</li> </ul>
	안보 위협 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '45년에는 강대국 간의 이해관계 대립, 테러 위협 증가, 저개발국의 지속적인 불안정성, 파괴적인 신기술의 확산 등으로 인해 갈등 위기 고조가 예상되고,</li> <li>• 주요 인프라를 겨냥한 장거리 정밀 타격 무기, 사이버, 로봇 시스템과 대량 살상 무기 개발 기술에 대한 접근성 향상 및 동작 오류에 따른 군사 충돌 가능성 증대 예상(NIC, '17)</li> <li>• 미래에는 인터넷 및 신무기 기술 발달로 안보와 갈등의 속성이 변화될 것으로 전망(SSHRC, '18)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물량 공세에서 정밀 타격으로 현대전 개념 변화</li> <li>- 전면전 대신 특수전 위주의 전술로 변화 등</li> </ul> </li> </ul>
	관련 연구 및 산업에 대한 정부 지원 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최근 10년간 휴먼증강 개발을 위한 정부 지원이 지속되어 왔으며 점점 증가하는 추세임(ETRI Insight Report, '19)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간의 신체적·지적 능력을 보완·확장하는 연구에 대한 정부 전략 제시(과기부, '20)</li> <li>- 휴먼증강 관련 AI 기술(시청각, 추론/학습, 행동/소셜 지능, 상황 지능) 발전 로드맵 제시(IITP, '19)</li> <li>- 차세대 AI, 뇌-기계 인터페이스(BMI) 기술 역량 확보 위한 R&amp;D 전략 발표(과기부, '18)</li> </ul> </li> </ul>

(2) 미래 이슈(변화)별 기회 및 위협 요인 도출

○ 도출된 주요 미래 이슈(변화)별 「디지털 휴먼증강」 관련 고려해야 할 기회 및 위협 요인을 전문가 의견수렴을 통해 파악

〈표 6〉 주요 미래 이슈(변화)별 기회 및 위협 요인

미래 이슈(변화)	기회 및 위협 요인	
인구구조 고령화	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보다 활동적이고 건강한 삶에 대한 요구 증대로 생명공학, 나노공학, 로봇공학 등 휴먼증강 관련 기술의 발전</li> <li>• 고령자 중심으로의 경제 재편과 노동시장 고령화로 디지털 휴먼증강 관련 시장 확대</li> <li>• 고령화와 사고 등으로 신경계 관련 질환 환자수(신체 일부 손실 및 뇌신경계 이상으로 정상적인 신체 운동 불가능한 환자) 증가</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고령인구 증가로 인한 의료비, 노년부양비 등 국가재정 부담 증가</li> </ul>
넷 중심의 소통문화 확산	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인간관계나 사회적 커뮤니케이션 방법의 패러다임이 변화하면서 소통 능력 증강과 감성 교류형 에이전트에 대한 필요성 증가</li> </ul>
교육의 변화	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자녀의 성적, 능력에 대한 경쟁심 증가로 인지/기억/창의력 향상과 관련된 시장 확대                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과거보다 수 배 이상의 정보량을 더 쉽게 획득하는 환경이 열림으로써 보다 고차원적인 역량교육이 필요해질 것</li> </ul> </li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교육격차 완화를 위한 인지증강 기술 허용범위 제한</li> </ul>
세대 간 갈등 심화	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노인 일자리에 대한 부정적 인식 확대로 노인들의 신체 증강에 대한 반대 세력 등장</li> </ul>
빈부격차 심화	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초극부층의 휴먼증강에 대한 열망은 고비용이 요구되는 고난도의 기술개발에 긍정적 유인으로 작용                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 휴먼증강을 자신의 부를 최대한 오래 유지할 수 있는 방안으로 인식하게 되어 비용과 무관하게 기술개발에 대한 지원을 지지할 것</li> </ul> </li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회전반에 이익을 가져오는 기술보다 소수의 상위 계급을 위한 특정 기술에만 개발이 집중될 수 있음</li> </ul>
정서/심리적 문제 발생 건수 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환자 데이터 축적을 통한 데이터 기반 기술의 발전</li> <li>• 정신건강 장애를 사전에 예방하거나, 저렴하고 간편하게 치료할 수 있는 기술에 대한 수요 증가</li> <li>• 인지기능 향상 관련 시장 확대                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우울증은 경도인지장애의 가장 주된 위험요인이며 인지기능(주의력, 수행능력, 기억력 등)을 더욱 악화시킬 수 있어, 우울증 치료 중 하나로 인지기능 향상이 주목받고 있음</li> </ul> </li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가재정 부담                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 치매환자는 지속 증가하여 '50년에는 270만 명(유병률 10.2%)에 달할 것으로 전망되며, 치매환자 관리비용은 GDP 3.8%(약 106조 원)를 차지할 것으로 전망</li> </ul> </li> </ul>

미래 이슈(변화)	기회 및 위험 요인	
장애인 수 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>재활 및 사회 복귀 활성화를 위한 시청각, 운동능력 증강의 수요 증가</li> </ul>
	위험	<ul style="list-style-type: none"> <li>복지비용 증가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>전동 휠체어 단가는 200~300만원선, 인공 와우 수술비는 2500만원대</li> </ul> </li> </ul>
다양한 이종 기술 융합	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 분야의 기초기술 확보</li> <li>융합기술의 발전으로 인해 휴먼증강 실현</li> <li>융합연구를 기반으로 한 융합 R&amp;D 활성화 및 촉진을 위한 정부투자 증가</li> </ul>
초연결 사회의 도래	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트폰, 태블릿 등 시각 정보 중심의 디바이스 대신 더욱 간편하게 데이터를 조회/비교/기록해가며 작업할 수 있는 Human-Environment(Data) Interface에 대한 필요성 증가</li> <li>데이터 기반 맞춤형 서비스 시장 확대</li> </ul>
인간 뇌에 대한 이해도 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>신체/감성/인지 증강 관련 연구 분야의 발전                             <ul style="list-style-type: none"> <li>기억력 복원/저장/영상화 기술, 뇌질환 예방 기술 발달</li> <li>BMI 기술/감각 간 상호 치환 기술 고도화</li> </ul> </li> </ul>
	위험	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 안전성 확보의 지연</li> <li>새로운 신산업으로 초기 국가 주도의 개척 및 비용 부담 증가</li> <li>글로벌 대기업과 국내 기업 간의 기술격차 심화</li> </ul>
AI 기술의 발전	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계의 지능화 보다 인간의 능력을 강화시켜 주는 기술에 대한 수요 증가</li> <li>인간과 교감 가능한 수준의 AI 소통 기술 발전</li> <li>AI를 활용한 맞춤형 재활 및 웨어러블, 휴먼증강 기술 고도화</li> <li>단순한 기술 개념에서 벗어나 '건강한 삶의 반력자'로 기술에 대한 인식 전환</li> </ul>
	위험	<ul style="list-style-type: none"> <li>뇌/생체 신호 이외의 다른 감성 지표 및 인문학적 지표의 부재로 인한 기술적 한계</li> <li>설계시 고려하지 못한 조건 및 예기치 않은 시스템적 오류로 인한 오작동 (예: 개인의 감정·감성 인식과 분석 시 AI의 오류로 인해 부적절한 감정·감성 피드백을 받을 수 있음)</li> <li>인간과 기계의 경계가 모호해질 경우 두 집단 간의 사회 시스템적 갈등 발생</li> <li>AI와 인간 사이의 사회적 관계 설정이 어려워질 경우, 기술수용 정책 및 문화 조성에 어려움 발생</li> </ul>
생체정보의 실시간 수집	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>상업성이 없어서 버려진 여러 생물학 연구의 재활성화</li> <li>생물학과 의학에 대한 관심 증가</li> <li>신체 정보를 전문적으로 수집하고 해독하는 신산업 창출</li> <li>바이오 정보뿐 아니라 뇌 정보의 디지털화로 인해 "나"를 세상에 영원히 남기고자 하는 욕망 증가</li> </ul>
	위험	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인정보 유출, 바이오 해킹 위험</li> <li>안전성, 인간 존엄성 유지를 위한 신경 윤리학적 문제 대두</li> <li>건강상태, 생체/생리적 특성 등에 대한 개인별 차이를 데이터로 구분할 수 없을 경우, 기술의 부작용 및 오류로 인한 위험</li> </ul>
정보 유출 위험 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털 보안에 대한 사회적 관심이 증가하고 이에 대한 다양한 규제 및 안전 정책의 도입</li> </ul>
	위험	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보유출 위험에 대한 우려로 관련 서비스 및 기술 확산 저해</li> </ul>

미래 이슈(변화)	기회 및 위협 요인	
언택트 산업으로의 전환	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비대면/원격 경제, 의료, 여가 활동과 관련된 신기술 및 산업에 대한 정부 투자 증가 및 관련 규제 완화</li> <li>- 예: 빅데이터 기반 온라인 B2C, C2C 비즈니스, 원격의료, 원격재활, 홈 트레이닝 등</li> <li>• 비대면으로 활성화된 산업(예: 온라인 스토어, 택배) 종사자들의 휴먼증강에 대한 수요 증가</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 대면 산업의 경제구조 변화, 기술 도입 비용문제 등으로 인한 이해관계자들의 거부 및 사회적 불안정성 증가</li> </ul>
기술의 인력 대체	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인간의 지능 향상(두뇌능력 증강)에 대한 관심 및 수요가 증가</li> <li>• 기계와 대립되면서 인간의 기계화(디지털 휴먼증강) 당위성이 확보되고, 사회적 규제 및 수용성 완화를 통한 기술개발 가속화</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술로 인한 일자리/개인소득 감소로 디지털 휴먼증강 기술에 대한 소비 감소</li> <li>• 직업훈련 비용, 실업급여 등으로 인한 국가재정 부담 증가</li> </ul>
재난상황 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감염병 같은 재난은 해당 질병에 면역력이 높은 유전자를 발굴하고 이를 휴먼증강에 이용할 수 있도록 하는 요인으로 작용</li> <li>• 대규모 재난상황을 사전에 방지하거나 비상상황에서 대응할 수 있는 기술 및 서비스의 중요성 증가</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가적 차원에서 불안 예방 및 치료를 위한 정책 관련 인력 수요 및 재정 부담 증가</li> </ul>
데이터 관련 규제	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 마이데이터 인프라를 기반으로 한 맞춤형 서비스 시장 확대</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제도와 데이터 기반 개인 맞춤형 서비스의 충돌</li> <li>• 강력한 정보보호 규제로 인한 기술 발전 및 활용/적용 분야의 확산 지연</li> </ul>
안보 위협 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병사의 생존성과 첨단전 수행능력 강화를 위한 수요 증가</li> </ul>
관련 연구 및 산업에 대한 정부 지원 증가	기회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 기업의 성장 및 시장 확대</li> </ul>
	위협	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술 산업의 높은 진입 장벽으로 인한 산업의 양극화</li> </ul>

### (3) 미래 기회 및 위협 요인에 대응 가능한 기술·서비스 후보 풀 마련

- 전문가 워크숍을 통해 각 기회 및 위협 요인으로 인해 생겨날 새로운 수요와 그에 대응 가능한 기술·서비스 후보 발굴
  - 최대한 많은 아이디어가 제시될 수 있도록 브레인스토밍 방법론을 활용하여 총 250개의 1차 후보 도출
- 1차 후보에 대한 내부 연구진 검토를 통해 「디지털 휴먼증강」 범위 외 후보 삭제, 유사 후보 통합을 거쳐 90개 후보로 압축

〈표 7〉 「디지털 휴먼증강」 90개 미래 유망 기술·서비스 후보 목록

목적		기술·서비스 후보	
신체	근력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 활용 개인 맞춤형 재활 시스템</li> <li>• 인공감각 엑소스킨</li> <li>• 의도반영 활동 증진/근력증강 슈트</li> <li>• 보행능력 증진 바지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표정 근육 증강기(고령자 대상)</li> <li>• 웨어러블 엑소스켈레톤</li> <li>• 바이오닉 관절 보조 장치 (발목/무릎/고관절, 손목/팔관절)</li> </ul>
	감각	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 적용 스마트 글래스</li> <li>• 촉각-소리 감각 치환 기술</li> <li>• 수화(손근육 자극)-음성 변환기</li> <li>• 액션 인식 반지</li> <li>• 자동 초점 조절 디스플레이 (안경, 모니터 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지능형 청력 증강(안티 이명)</li> <li>• 귀 고막 임플란트</li> <li>• 필터 코</li> <li>• 초박형 장갑</li> <li>• 원격 냄새 분석기</li> <li>• 원격 촉각/압력 인식 장갑</li> </ul>
	면역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI-유전체 분석 기반 개인 맞춤형 면역 진단 시스템</li> </ul>	
	장기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 인공장기 관리 시스템</li> </ul>	
두뇌	기억	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기억/추억 저장 서비스</li> <li>• 기억/추억 삭제 서비스</li> <li>• 자아 복제</li> <li>• 뇌 훈련/직접 학습 (데이터 주입/마이그레이션)</li> <li>• 액세서리형 BCI(모자, 머리띠 등)</li> <li>• 플러그형 뇌 접속장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 꿈-영상 기록기</li> <li>• 경험 기억-연상 인공두뇌</li> <li>• 감성 저장-재생 장치(감정 앨범)</li> <li>• 기억 보조 AI 에이전트 장치 (안경, 이어폰)</li> <li>• AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템</li> </ul>
	인지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다량 정보 curation AI</li> <li>• 홀로그램</li> <li>• 3차원 촉감</li> <li>• 인터랙티브 AI 러닝 (학습자 상태 모니터링 및 상호교감)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보급형 인지증강 웨어러블 디바이스</li> <li>• 증강인지 커넥티드 헬멧</li> <li>• 완전 다국어 통번역 서비스</li> <li>• 인지 보조 AI 에이전트 장치 (안경, 이어폰)</li> </ul>

목적		기술·서비스 후보	
	창의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 뇌 임플란트/웨어러블형 창의력 향상 시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학습자 잠재능력 인식 및 훈련 제품</li> </ul>
감성	소통	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지능형 대화 로봇 및 서비스</li> <li>• 가상공간 사회</li> <li>• 사회적 관계 진단 및 회복 서비스</li> <li>• 친밀 공감 네트워크 서비스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감성 인식 - 원격 - 표현 서비스</li> <li>• 세대 간 언어/감정 통역기</li> <li>• 반려인간 AI</li> <li>• 오감 시뮬레이션/커뮤니케이션</li> </ul>
	이상 감정 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI-정밀의료 기반 디지털 치료제 (i.e. 그린클래스-친환경 영상 서비스/힐링/우울증/절망감/고독 치료)</li> <li>• 뇌파 측정·패턴 인식 기반 우울증 치료 시스템</li> <li>• 온라인 이상행동 감지 에이전트</li> <li>• 감정 판단 및 패턴 감지 서비스</li> <li>• 장시간 라이프로그 뇌 정보 모니터링 시스템</li> <li>• Photobiomodulation(PBM) 헤드밴드</li> <li>• 뇌신호/생체 명상 테라피 기기 및 서비스</li> <li>• 감성 제어 교육 서비스</li> <li>• 정신건강 진단 서비스 (뇌 클리닉 서비스)</li> <li>• 음성 기반 정서/감정 인식 시스템</li> <li>• 스마트폰 정보 기반 정서/심리 추적/예측 시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감정 매칭 상대 추천 서비스</li> <li>• 숙면 유도기</li> <li>• 불안정서 완화기</li> <li>• 개인 경험 기반 심리 상담 서비스</li> <li>• 일상 행동, 표정, 활동 인지 기반 이상 감성 변화 추적/인지/예측 서비스</li> <li>• 감성 데이터 네트워크 분류/추천 서비스</li> <li>• 맞춤형 감성 네트워크 그룹 서비스</li> <li>• 내면 및 행동인식 자가 학습형 감성 에이전트</li> <li>• AI 친구(나를 알고 내 감정을 살피는)</li> <li>• 감성 수준 및 단계별 이해하는 감성 상호작용 시스템</li> <li>• 위협 에이전트 검거 로봇</li> <li>• 감정-의도-상황인식 에이전트</li> </ul>
	디지털 휴먼 트윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 휴먼 트윈 에이전트</li> <li>• 표준 디지털 휴먼</li> </ul>	
	공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 휴먼증강 기술 오픈 플랫폼</li> <li>• 휴먼증강 서비스 은행</li> <li>• 식별, 보증, 인증 서비스</li> <li>• 생체인증</li> <li>• 블록체인 기반 암호화 서비스</li> <li>• 선택적 동의(consent) 시스템</li> <li>• 개인정보 안전성 점검 서비스</li> <li>• 증강제 탐지기</li> <li>• 무해/무자각/실시간 생체/위치 정보 수집 및 리스크 모니터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 휴먼증강 보험(치료 보험이 아닌 증강 보험)</li> <li>• 휴먼증강 피해 보험/보상 제도</li> <li>• 휴먼증강 교육 서비스</li> <li>• 정보 폐기 서비스</li> <li>• 해킹방지 시스템</li> <li>• 디지털 격차 완화 훈련 교육 서비스</li> <li>• 원격/사이버형 저가 대규모 디지털 교육</li> </ul>

(4) 유망 기술·서비스 선정

- 내외부 과학기술 분야 전문가 인터뷰와 검토를 통해 유사 후보 통합 및 범위 조정 등을 거쳐 최종 18대 유망 기술·서비스 선정

〈표 8〉 「디지털 휴먼증강」 18대 미래 유망 기술·서비스

구분	기술·서비스	특성			
신체	① 엑소스켈레톤 기반 개인 맞춤형 재활 시스템	(개념) 엑소스켈레톤(슈트)으로부터 수집한 개인의 의료/신체 정보 등의 분석을 통해 개인 특성에 맞는 재활 치료·훈련을 제공하는 관리 시스템 (대상) 상·하지 장애인 및 장애 노인 등 (미래 모습)			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>사용자 건강 특성에 맞는 재활 서비스보다는 범용적 서비스가 주를 이뤄 재활의 개선 효과가 낮음</td> <td>개인정보 기반 사용자 건강 상태에 맞게 재활 운동 방법 및 운동 강도를 자동 조정해줌으로써 재활 효과 향상</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	사용자 건강 특성에 맞는 재활 서비스보다는 범용적 서비스가 주를 이뤄 재활의 개선 효과가 낮음
	AS-IS	TO-BE			
	사용자 건강 특성에 맞는 재활 서비스보다는 범용적 서비스가 주를 이뤄 재활의 개선 효과가 낮음	개인정보 기반 사용자 건강 상태에 맞게 재활 운동 방법 및 운동 강도를 자동 조정해줌으로써 재활 효과 향상			
② 의도반영 (마인드 리딩) 근력 증강 슈트	(개념) 사용자(환자)가 생각하는 대로 움직이는 슈트 (대상) 전신마비 환자, 중증 장애 노인 등 (미래 모습)				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전신 마비와 같이 심한 중증장애가 있는 사람은 기존 근력증강 슈트의 혜택을 받기 어려움</td> <td>BCI 기술을 적용하여 환자/장애인의 뇌 신호를 감지하고, 움직임 패턴을 학습·알고리즘화하여 생각하는 대로 동작제어가 가능해짐</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	전신 마비와 같이 심한 중증장애가 있는 사람은 기존 근력증강 슈트의 혜택을 받기 어려움	BCI 기술을 적용하여 환자/장애인의 뇌 신호를 감지하고, 움직임 패턴을 학습·알고리즘화하여 생각하는 대로 동작제어가 가능해짐
AS-IS	TO-BE				
전신 마비와 같이 심한 중증장애가 있는 사람은 기존 근력증강 슈트의 혜택을 받기 어려움	BCI 기술을 적용하여 환자/장애인의 뇌 신호를 감지하고, 움직임 패턴을 학습·알고리즘화하여 생각하는 대로 동작제어가 가능해짐				
감각	③ 감각치환 기술·서비스	(개념) 기능이 상실된 감각을 대체하여 다른 감각으로 정보를 전달하는 기술 - 시각장애인의 경우 청각을, 청각장애인의 경우 촉각을 활용 (대상) 시청각 장애인 및 고령자 등 (미래 모습)			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소리와 같은 외부 정보를 시각적 이미지화로 변환하는 초기 수준</td> <td>센서를 통하여 수집된 외부 정보를 청각 신호로, 혹은 소리 정보를 촉각으로 변환하여 사용자에게 전달</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	소리와 같은 외부 정보를 시각적 이미지화로 변환하는 초기 수준
AS-IS	TO-BE				
소리와 같은 외부 정보를 시각적 이미지화로 변환하는 초기 수준	센서를 통하여 수집된 외부 정보를 청각 신호로, 혹은 소리 정보를 촉각으로 변환하여 사용자에게 전달				
	④ 지능형 시청각 증강 기술	(개념) 자동 보정 기술을 통해 시청각 능력을 증강하는 서비스 (대상) 고령자, 시청각 장애인 및 산업 근로자 (미래 모습)			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>저하된 시청각 기능의 향상을 위해 안경, 보청기 등을 이용하고 있으나, 사용자의 감각 능력 변화에 효과적으로 대응하기 어려움</td> <td>사용자로부터 수집한 시청각 데이터를 시로 분석하여 개인의 시청각 상태에 맞게 자동 보정</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	저하된 시청각 기능의 향상을 위해 안경, 보청기 등을 이용하고 있으나, 사용자의 감각 능력 변화에 효과적으로 대응하기 어려움
AS-IS	TO-BE				
저하된 시청각 기능의 향상을 위해 안경, 보청기 등을 이용하고 있으나, 사용자의 감각 능력 변화에 효과적으로 대응하기 어려움	사용자로부터 수집한 시청각 데이터를 시로 분석하여 개인의 시청각 상태에 맞게 자동 보정				

구분	기술·서비스	특성						
근 력+ 감 각	⑤ 신체보호 및 인공감각 엑소스킨 (ExoSkin)	(개념) 감각능력이 저하·손상된 신체(피부)에 부착하여 착용 거부감 없이 신체를 보호하고, 뇌/신경과 연결되어 손실된 감각능력을 대체·회복·향상시키는 기술 (대상) 감각능력 상실 장애인 (미래 모습)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>착용기기의 이질감 또는 부작용으로 사용에 불편함 존재</td> <td>개인의 신체/피부와 유사한 특성을 가진 엑소스킨을 부착·착용하여 손상된 신체를 외부로부터 보호하고, 뇌/신경과의 연결을 통해 감각 능력을 회복</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	착용기기의 이질감 또는 부작용으로 사용에 불편함 존재	개인의 신체/피부와 유사한 특성을 가진 엑소스킨을 부착·착용하여 손상된 신체를 외부로부터 보호하고, 뇌/신경과의 연결을 통해 감각 능력을 회복	
	AS-IS	TO-BE						
	착용기기의 이질감 또는 부작용으로 사용에 불편함 존재	개인의 신체/피부와 유사한 특성을 가진 엑소스킨을 부착·착용하여 손상된 신체를 외부로부터 보호하고, 뇌/신경과의 연결을 통해 감각 능력을 회복						
면 역	⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템	(개념) 개인 신체/의료/유전자 정보 등을 분석하여 개인 면역 수준을 진단하는 서비스 (대상) 일반인(환자 포함) (미래 모습)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>신종 감염병에 대응하는 개인 맞춤형 면역 진단 시스템 부재</td> <td>AI를 활용하여 개인의 생체·의료·유전자 정보로 면역 체계 맵을 구축하고, 개인의 면역력 수준 진단 및 신종 감염병 대응 방법을 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	신종 감염병에 대응하는 개인 맞춤형 면역 진단 시스템 부재	AI를 활용하여 개인의 생체·의료·유전자 정보로 면역 체계 맵을 구축하고, 개인의 면역력 수준 진단 및 신종 감염병 대응 방법을 제공	
			AS-IS	TO-BE				
신종 감염병에 대응하는 개인 맞춤형 면역 진단 시스템 부재	AI를 활용하여 개인의 생체·의료·유전자 정보로 면역 체계 맵을 구축하고, 개인의 면역력 수준 진단 및 신종 감염병 대응 방법을 제공							
장 기	⑦ 인공장기 지능형 관리 시스템	(개념) 이식된 인공장기를 실시간 모니터링하여 사용자의 건강상태를 파악/관리하고, 이상 징후 발견시 의료기관에 자동으로 연결해주는 서비스 (대상) 장기이식 환자 (미래 모습)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>이식된 인공장기의 실시간 상태 파악이 어려워 부작용 발생 시 신속한 대응이 어려움</td> <td>이식된 인공장기를 실시간 모니터링하고 이상 징후 발견시, 병원 및 가족 등에 자동으로 정보를 전송하여 신속한 대응을 유도</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	이식된 인공장기의 실시간 상태 파악이 어려워 부작용 발생 시 신속한 대응이 어려움	이식된 인공장기를 실시간 모니터링하고 이상 징후 발견시, 병원 및 가족 등에 자동으로 정보를 전송하여 신속한 대응을 유도	
AS-IS	TO-BE							
이식된 인공장기의 실시간 상태 파악이 어려워 부작용 발생 시 신속한 대응이 어려움	이식된 인공장기를 실시간 모니터링하고 이상 징후 발견시, 병원 및 가족 등에 자동으로 정보를 전송하여 신속한 대응을 유도							
두 뇌	기 억	⑧ 기억 저장·삭제 서비스	(개념) 잃어버린 기억을 복원/저장 또는 잊고 싶은 기억을 삭제하는 기술 (대상) 고령자, 외상성 뇌손상 환자, 치매환자 등 (미래 모습)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>약물치료 또는 생활 속 기억력 방지 활동(충분한 수면, 규칙적인 운동, 금연 및 금주 등) 외 기억력 개선 방안 부재</td> <td>AI 칩 기반 뇌 임플란트 기술을 활용하여 특정 주파수로 뇌 신경세포를 자극하고, 기억 패턴을 분석하여 특정 기억의 회복 및 삭제를 도움</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	약물치료 또는 생활 속 기억력 방지 활동(충분한 수면, 규칙적인 운동, 금연 및 금주 등) 외 기억력 개선 방안 부재	AI 칩 기반 뇌 임플란트 기술을 활용하여 특정 주파수로 뇌 신경세포를 자극하고, 기억 패턴을 분석하여 특정 기억의 회복 및 삭제를 도움
			AS-IS	TO-BE				
약물치료 또는 생활 속 기억력 방지 활동(충분한 수면, 규칙적인 운동, 금연 및 금주 등) 외 기억력 개선 방안 부재	AI 칩 기반 뇌 임플란트 기술을 활용하여 특정 주파수로 뇌 신경세포를 자극하고, 기억 패턴을 분석하여 특정 기억의 회복 및 삭제를 도움							
⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템	(개념) AI 칩을 삽입하여 치매 발생을 조기 감지, 예방 및 완화시키는 서비스 (대상) 일반인, 치매환자 등 (미래 모습)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>인지 재활 훈련으로 VR·AR 활용이 증가하고 있으나, 기기 착용으로 인한 부작용(어지러움 등) 존재</td> <td>AI 기반 센싱 칩을 뇌에 삽입하여 치매의 전조현상을 감지하고, 전기적 충격을 뇌에 전달해 치매를 예방/치료해줌으로써 맞춤형 전주기 치매 관리 기능을 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	인지 재활 훈련으로 VR·AR 활용이 증가하고 있으나, 기기 착용으로 인한 부작용(어지러움 등) 존재	AI 기반 센싱 칩을 뇌에 삽입하여 치매의 전조현상을 감지하고, 전기적 충격을 뇌에 전달해 치매를 예방/치료해줌으로써 맞춤형 전주기 치매 관리 기능을 제공		
AS-IS	TO-BE							
인지 재활 훈련으로 VR·AR 활용이 증가하고 있으나, 기기 착용으로 인한 부작용(어지러움 등) 존재	AI 기반 센싱 칩을 뇌에 삽입하여 치매의 전조현상을 감지하고, 전기적 충격을 뇌에 전달해 치매를 예방/치료해줌으로써 맞춤형 전주기 치매 관리 기능을 제공							

구분	기술·서비스	특성				
인 지	⑩ 인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI	(개념) 다량의 정보를 AI 알고리즘을 통해 선별, 조합해 의미있는 정보로 재창출하여 인간의 이해능력을 증진하는 서비스 (대상) 일반인 등 (미래 모습) <table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>방대하게 발생하는 데이터를 단순 제공하는 수준</td> <td>AI 알고리즘을 통해 사용자에게 유용한 정보를 빠르고 정확하게 선별하여 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	방대하게 발생하는 데이터를 단순 제공하는 수준	AI 알고리즘을 통해 사용자에게 유용한 정보를 빠르고 정확하게 선별하여 제공
	AS-IS	TO-BE				
	방대하게 발생하는 데이터를 단순 제공하는 수준	AI 알고리즘을 통해 사용자에게 유용한 정보를 빠르고 정확하게 선별하여 제공				
⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧	(개념) AI, 사물인터넷, 증강현실 등의 첨단 기술이 탑재되어 인지·판단 능력과 업무 효율성을 향상시켜주는 서비스 (대상) 소방관, 군인, 생산직 근로자 등 (미래 모습) <table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>다양한 작업현장에서 실시간의 구체적인 정보 접근 및 파악이 어려워 완성도 높은 작업 수행 제약</td> <td>헤드셋·헬멧을 통해 장거리에 있는 현장의 정보까지 수집하여 시청각 등의 감각인지를 향상시키고, 실시간 데이터 분석을 지원하여 인지판단 능력 제고(차세대 전투 및 경찰, 산업 현장의 생산직 근로자 등에서 폭 넓게 활용 가능)</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	다양한 작업현장에서 실시간의 구체적인 정보 접근 및 파악이 어려워 완성도 높은 작업 수행 제약	헤드셋·헬멧을 통해 장거리에 있는 현장의 정보까지 수집하여 시청각 등의 감각인지를 향상시키고, 실시간 데이터 분석을 지원하여 인지판단 능력 제고(차세대 전투 및 경찰, 산업 현장의 생산직 근로자 등에서 폭 넓게 활용 가능)	
AS-IS	TO-BE					
다양한 작업현장에서 실시간의 구체적인 정보 접근 및 파악이 어려워 완성도 높은 작업 수행 제약	헤드셋·헬멧을 통해 장거리에 있는 현장의 정보까지 수집하여 시청각 등의 감각인지를 향상시키고, 실시간 데이터 분석을 지원하여 인지판단 능력 제고(차세대 전투 및 경찰, 산업 현장의 생산직 근로자 등에서 폭 넓게 활용 가능)					
창 의	⑫ 웨어러블·뇌 임플란트형 창의력 향상 시스템	(개념) 헬멧형 웨어러블 기기 또는 뇌 임플란트를 통해 특정 신경을 자극하여 창의력을 향상시켜 주는 시스템 (대상) 학생, 직장인 등 (미래 모습) <table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>창의력 향상을 위한 창의교육, 뇌 집중 프로그램 등이 시도되고 있으나 효과는 미흡</td> <td>창의적 사고와 관련이 있는 신경을 자극해줌으로써 학습 또는 업무 역량을 개선하고, 창의적 아이디어 생성을 촉진</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	창의력 향상을 위한 창의교육, 뇌 집중 프로그램 등이 시도되고 있으나 효과는 미흡	창의적 사고와 관련이 있는 신경을 자극해줌으로써 학습 또는 업무 역량을 개선하고, 창의적 아이디어 생성을 촉진
	AS-IS	TO-BE				
창의력 향상을 위한 창의교육, 뇌 집중 프로그램 등이 시도되고 있으나 효과는 미흡	창의적 사고와 관련이 있는 신경을 자극해줌으로써 학습 또는 업무 역량을 개선하고, 창의적 아이디어 생성을 촉진					
감 소 통 성	⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사	(개념) 웨어러블 기기를 착용하여 언제 어디서나 다양한 언어의 실시간 통번역 및 수화(영상)를 해석해 의미를 알려주는 서비스 (대상) 일반인(여행자, 학생, 비즈니스 맨 등) (미래 모습) <table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>통역사 또는 앱을 활용하여야 함에 따라 일반인이 실시간으로 쉽게 이용하기에는 한계 존재</td> <td>디지털 웨어러블 기기를 통해 언제 어디서나 통번역 및 수화 해석 서비스를 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	통역사 또는 앱을 활용하여야 함에 따라 일반인이 실시간으로 쉽게 이용하기에는 한계 존재	디지털 웨어러블 기기를 통해 언제 어디서나 통번역 및 수화 해석 서비스를 제공
	AS-IS	TO-BE				
통역사 또는 앱을 활용하여야 함에 따라 일반인이 실시간으로 쉽게 이용하기에는 한계 존재	디지털 웨어러블 기기를 통해 언제 어디서나 통번역 및 수화 해석 서비스를 제공					
⑭ 마음을 나누는 AI 감성 친구	(개념) 사용자와의 지속적인 대화를 통해 사용자의 성격, 개성·성향, 취미 등을 파악/학습하여 감정·감성을 이해하고 교감하는 AI (대상) 일반인 (미래 모습) <table border="1"> <thead> <tr> <th>AS-IS</th> <th>TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>사용자의 생활패턴을 파악하여 이메일, 날씨, 구매 등의 단편적 정보 제공 중심의 인터랙션 수준</td> <td>사용자와의 대화를 통해 감성을 파악·이해하여 교감할 수 있는 친구 같은 서비스 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	사용자의 생활패턴을 파악하여 이메일, 날씨, 구매 등의 단편적 정보 제공 중심의 인터랙션 수준	사용자와의 대화를 통해 감성을 파악·이해하여 교감할 수 있는 친구 같은 서비스 제공	
AS-IS	TO-BE					
사용자의 생활패턴을 파악하여 이메일, 날씨, 구매 등의 단편적 정보 제공 중심의 인터랙션 수준	사용자와의 대화를 통해 감성을 파악·이해하여 교감할 수 있는 친구 같은 서비스 제공					

구분	기술·서비스	특성					
이 상 감 성 제 어	<p>⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어</p>	<p>(개념) 개인정보 기반 맞춤형 질병 예방·관리·치료 시스템 (대상) 우울증 및 불안장애인 등 (미래 모습)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="896 415 1037 449">AS-IS</th> <th data-bbox="1037 415 1302 449">TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="896 449 1037 554">기본적인 데이터와 상담자료를 통해 정신질환의 발병 확인, 치료(약물 및 인지행동 치료 중심) 등을 제공</td> <td data-bbox="1037 449 1302 554">사용자에 대한 지속적인 정신건강 관련 데이터를 분석하여 맞춤형 디지털 치료를 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	기본적인 데이터와 상담자료를 통해 정신질환의 발병 확인, 치료(약물 및 인지행동 치료 중심) 등을 제공	사용자에 대한 지속적인 정신건강 관련 데이터를 분석하여 맞춤형 디지털 치료를 제공
	AS-IS	TO-BE					
기본적인 데이터와 상담자료를 통해 정신질환의 발병 확인, 치료(약물 및 인지행동 치료 중심) 등을 제공	사용자에 대한 지속적인 정신건강 관련 데이터를 분석하여 맞춤형 디지털 치료를 제공						
<p>⑯ 부(-)정 감정 인지 및 완화 디지털 서비스</p>	<p>(개념) 뇌파 및 뇌 패턴을 인식하여 부(-)정 감정을 인지하고 완화해주는 서비스 (대상) 일반인, 우울증 및 불안장애인 등 (미래 모습)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="896 713 1037 747">AS-IS</th> <th data-bbox="1037 713 1302 747">TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="896 747 1037 889">상담과 같은 기본조사를 통해 부(-)정 감정을 확인하고, 약물 등의 치료방법을 제공</td> <td data-bbox="1037 747 1302 889">AI 학습 알고리즘을 활용하여 뇌파 및 뇌 패턴을 파악, 정서·심리적 부(-)정 감정을 인지한 후, 디지털 소프트웨어를 통해 감정을 완화</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	상담과 같은 기본조사를 통해 부(-)정 감정을 확인하고, 약물 등의 치료방법을 제공	AI 학습 알고리즘을 활용하여 뇌파 및 뇌 패턴을 파악, 정서·심리적 부(-)정 감정을 인지한 후, 디지털 소프트웨어를 통해 감정을 완화	
AS-IS	TO-BE						
상담과 같은 기본조사를 통해 부(-)정 감정을 확인하고, 약물 등의 치료방법을 제공	AI 학습 알고리즘을 활용하여 뇌파 및 뇌 패턴을 파악, 정서·심리적 부(-)정 감정을 인지한 후, 디지털 소프트웨어를 통해 감정을 완화						
디지털 휴먼 트윈	<p>⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵</p>	<p>(개념) 유전자·의료·라이프로그 정보 등으로 형상화한 디지털 휴먼 가상 맵 (대상) 일반인, 환자 등 (미래 모습)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="896 1012 1037 1046">AS-IS</th> <th data-bbox="1037 1012 1302 1046">TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="896 1046 1037 1253">건강검진, 일부 유전자 분석 등의 데이터를 통해 건강상태를 확인하고, 처방을 통해 건강을 관리</td> <td data-bbox="1037 1046 1302 1253">개인의 유전자, 의료, 라이프로그 정보 등에 기반한 가상의 디지털 휴먼 바이오 맵을 형성하여 신체 내 장기, 혈관 등의 모습을 형상화하고, 수술 시뮬레이션, 신약개발, 정밀의료 등에 활용</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	건강검진, 일부 유전자 분석 등의 데이터를 통해 건강상태를 확인하고, 처방을 통해 건강을 관리	개인의 유전자, 의료, 라이프로그 정보 등에 기반한 가상의 디지털 휴먼 바이오 맵을 형성하여 신체 내 장기, 혈관 등의 모습을 형상화하고, 수술 시뮬레이션, 신약개발, 정밀의료 등에 활용
AS-IS	TO-BE						
건강검진, 일부 유전자 분석 등의 데이터를 통해 건강상태를 확인하고, 처방을 통해 건강을 관리	개인의 유전자, 의료, 라이프로그 정보 등에 기반한 가상의 디지털 휴먼 바이오 맵을 형성하여 신체 내 장기, 혈관 등의 모습을 형상화하고, 수술 시뮬레이션, 신약개발, 정밀의료 등에 활용						
공통 기반 기술	<p>⑱ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술</p>	<p>(개념) 기기의 종류와 상관없이 사용자와 언제 어디서나 쉽게 상호작용할 수 있는 인터페이스 (대상) 일반인 등 (미래 모습)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="896 1433 1037 1467">AS-IS</th> <th data-bbox="1037 1433 1302 1467">TO-BE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="896 1467 1037 1568">디지털 기기마다 상이한 인터페이스로 사용에 불편함 존재</td> <td data-bbox="1037 1467 1302 1568">특별한 조작없이 언제 어디서나 인간과 기계 사이에 편리하며 상호작용이 가능한 지능형 인터페이스 제공</td> </tr> </tbody> </table>	AS-IS	TO-BE	디지털 기기마다 상이한 인터페이스로 사용에 불편함 존재	특별한 조작없이 언제 어디서나 인간과 기계 사이에 편리하며 상호작용이 가능한 지능형 인터페이스 제공
AS-IS	TO-BE						
디지털 기기마다 상이한 인터페이스로 사용에 불편함 존재	특별한 조작없이 언제 어디서나 인간과 기계 사이에 편리하며 상호작용이 가능한 지능형 인터페이스 제공						

### (5) 유망 기술·서비스 평가

○ 선정된 18개의 기술·서비스별 중요도(사회적 수요 대응 가능성 및 경제적 파급효과), R&D 시급성, 내부역량 평가 및 분석

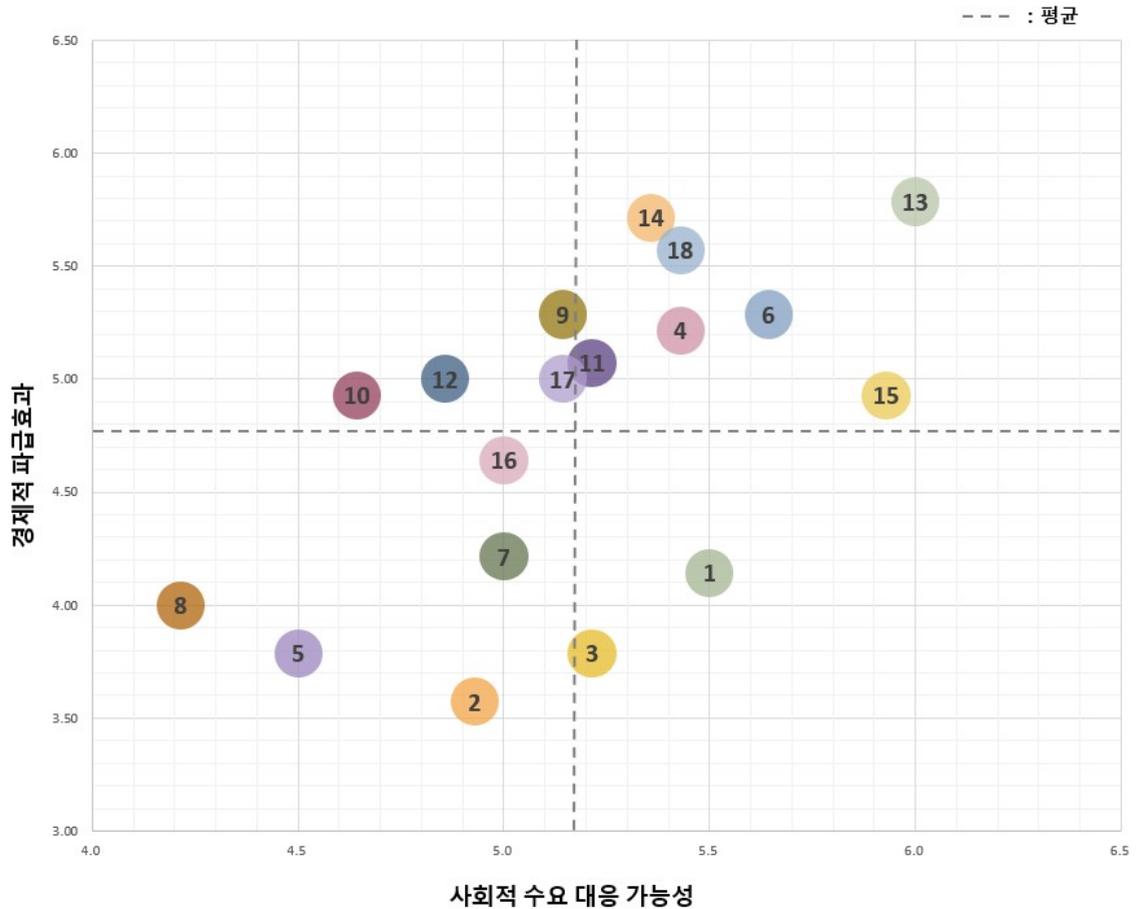
※ 미래 이슈 관련 자문 및 후보 플 도출 워크숍에 참여한 전문가 14인을 대상으로 각 항목별 7점 척도(1점: 매우 낮음, 2점: 낮음, 3점: 약간 낮음, 4점: 보통, 5점: 약간 높음, 6점: 높음, 7점: 매우 높음)로 평가

〈표 9〉 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스 평가항목

평가항목		내 용
중 요 도	사회적 수요 대응 (사회문제 해결) 가능성	미래에 새롭게 등장할 사회적 수요를 해결할 수 있는 정도
	경제적 파급효과 (시장창출 효과)	상용화된 이후 시장에 창출할 것으로 예상되는 부가가치의 규모
	R&D 시급성	원천기술 확보를 위한 R&D 자원 조기 투입 필요성
	내부역량	해당 기술·서비스를 실현시킬 수 있는 국내의 기술, 인력, 인프라 등의 현재 역량

- (중요도) 선정된 18개 기술·서비스의 사회적 수요 대응 가능성은 모두 보통 이상(4.21~6.00점, 평균 5.17점)이며, 경제적 파급효과는 평균 4.77점(3.57~5.79점)으로 평가됨

- ※ 사회적 수요 대응 가능성과 경제적 파급효과 모두 평균 이상으로 평가된 기술·서비스(7개): ④ 지능형 시청각 증강 기술, ⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템, ⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧, ⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사, ⑭ 마음을 나누는 AI 감성친구, ⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어, ⑰ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술
- ※ 경제적 파급효과가 낮게 평가(4점 이하)된 기술·서비스(3개): ② 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트, ③ 감각치환 기술·서비스, ⑤ 신체보호 및 인공감각 엑소스킨



[그림 2] 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스 중요도

- (R&D 시급성) 선정된 18개 기술·서비스의 원천기술 확보를 위한 R&D 자원 조기 투입 필요성은 평균 4.52점(3.79~5.50점)으로 나타남

※ R&D 시급성이 평균보다 높게 평가된 기술·서비스(11개): ① 엑소스켈레톤 기반 개인 맞춤형 재활 시스템, ② 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트, ④ 지능형 시청각 증강 기술, ⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템, ⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템, ⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧, ⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사, ⑭ 마음을 나누는 AI 감성친구, ⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어, ⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵, ⑱ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술

※ R&D 시급성이 낮게 평가(4점 이하)된 기술·서비스(3개): ⑤ 신체보호 및 인공감각 엑소스킨, ⑧ 기억 저장·삭제 서비스, ⑩ 인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI

- (내부역량) 선정된 기술·서비스를 실현시킬 수 있는 국내 역량의 경우, 평균 4.07점 (3.00~5.43점)으로 중요도 및 R&D 시급성에 비해서는 낮은 점수를 기록

※ 내부역량이 평균보다 높게 평가된 기술·서비스(11개): ① 엑소스켈레톤 기반 개인 맞춤형 재활 시스템, ③ 감각치환 기술·서비스, ④ 지능형 시청각 증강 기술, ⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템, ⑦ 인공장기 지능형 관리 시스템, ⑩ 인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI, ⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧, ⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사, ⑭ 마음을 나누는 AI 감성친구, ⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어, ⑰ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술

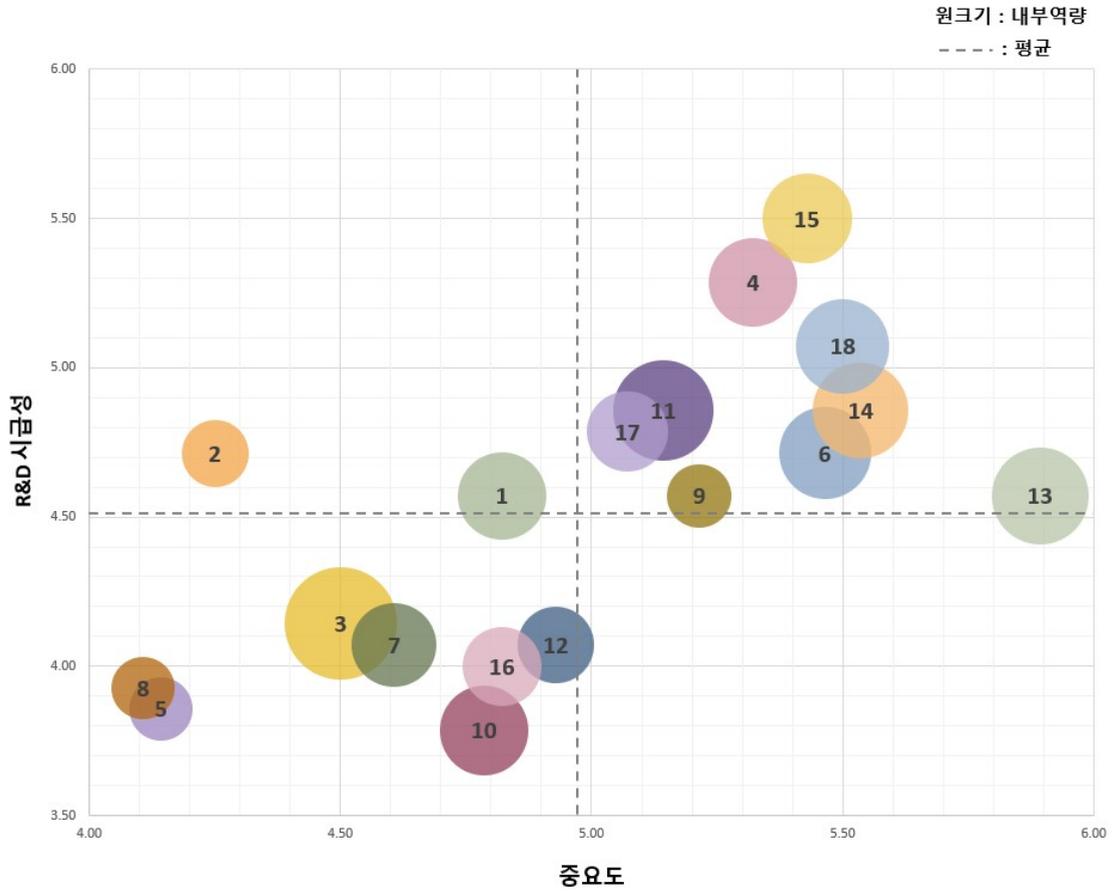
※ 내부역량이 낮게 평가(4점 이하)된 기술·서비스(7개): ② 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트, ⑤ 신체보호 및 인공감각 엑소스킨, ⑧ 기억 저장·삭제 서비스, ⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템, ⑫ 웨어러블·뇌 임플란트형 창의력 향상 시스템, ⑯ 부(-)정 감정 인지 및 완화 디지털 서비스, ⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵

- (종합) 18개 기술·서비스 중 평균 이상의 중요도(사회적 수요 대응 가능성과 경제적 파급효과 점수의 평균) 및 R&D 시급성을 지닌 것(각각 4.97점과 4.52점 이상)은 9개\*이며, 이 중 2개 기술\*\*은 내부역량이 낮은 것(4.00점 이하)으로 분석됨

\* ④ 지능형 시청각 증강 기술, ⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템, ⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템, ⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧, ⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사, ⑭ 마음을 나누는 AI 감성친구, ⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어, ⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵, ⑰ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술

\*\* ⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템, ⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵

※ 9개 기술 중 ⑬ ‘완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사’는 중요도는 가장 높지만 R&D 시급성은 상대적으로 낮은 것으로 나타남



[그림 3] 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스의 중요도, R&D 시급성 및 내부역량

<표 10> 「디지털 휴먼증강」 미래 유망 기술·서비스 전문가 평가 결과

기술·서비스	중요도		R&D 시급성	내부역량
	사회적 수요 대응 가능성	경제적 파급효과		
① 엑소스켈레톤 기반 개인 맞춤형 재활 시스템	5.50	4.14	4.57	4.21
② 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트	4.93	3.57	4.71	3.21
③ 감각치환 기술·서비스	5.21	3.79	4.14	5.43
④ 지능형 시청각 증강 기술	5.43	5.21	5.29	4.21
⑤ 신체보호 및 인공감각 엑소스킨 (ExoSkin)	4.50	3.79	3.86	3.07

기술·서비스	중요도		R&D 시급성	내부역량
	사회적 수요 대응 가능성	경제적 파급효과		
⑥ 신종 감염병 대응을 위한 AI 기반 개인 면역 진단 시스템	5.64	5.29	4.71	4.43
⑦ 인공지능기 지능형 관리 시스템	5.00	4.21	4.07	4.07
⑧ 기억 저장·삭제 서비스	4.21	4.00	3.93	3.00
⑨ AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템	5.14	5.29	4.57	3.07
⑩ 인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI	4.64	4.93	3.79	4.29
⑪ 증강인지 커넥티드 헤드셋·헬멧	5.21	5.07	4.86	4.86
⑫ 웨어러블·뇌 임플란트형 창의력 향상 시스템	4.86	5.00	4.07	3.71
⑬ 완전 다국어 통번역 및 수화를 해석하는 나만의 통역사	6.00	5.79	4.57	4.64
⑭ 마음을 나누는 AI 감성친구	5.36	5.71	4.86	4.57
⑮ 정신질환 치료를 위한 디지털 감성케어	5.93	4.93	5.50	4.29
⑯ 부(-)정 감정 인지 및 완화 디지털 서비스	5.00	4.64	4.00	3.79
⑰ 디지털 휴먼 바이오 맵	5.14	5.00	4.79	3.86
⑱ 인간과 기계의 상호작용 증강을 위한 지능형 인터페이스 기술	5.43	5.57	5.07	4.50
평균	5.17	4.77	4.52	4.07

※ 1. 매우 낮음, 2. 낮음, 3. 약간 낮음, 4. 보통, 5. 약간 높음, 6. 높음, 7. 매우 높음

※ 각 평가항목의 평균 이상 값 색깔 표시

## 5 결론 및 시사점

◆ 급변하는 사회 속 미래 「디지털 휴먼증강」에 영향을 줄 수 있는 주요 이슈와 그로 인해 파생될 기회 및 위협 요인을 예측하고, 이에 대응 가능한 미래 유망 기술·서비스를 선정

- 국내외 문헌조사와 및 다양한 분야의 전문가 자문을 통하여 미래 환경변화를 조망하고 주요 이슈별 기회 및 위협 요인 도출
- 전문가 브레인스토밍 및 인터뷰 등을 통하여 미래 유망 기술·서비스 후보 풀을 마련하고 최종 18개의 미래 유망 「디지털 휴먼증강」 기술·서비스 선정

◆ 선정된 미래 유망 기술·서비스의 중요도(사회적 수요 대응 가능성, 경제적 파급효과), R&D 시급성 및 내부역량을 평가

- 해당 기술·서비스를 실현시킬 수 있는 국내의 기술, 인력, 인프라 등의 현재 역량은 기술·서비스의 중요도와 R&D 시급성에 비해 낮은 수준인 것으로 나타남
  - 미래 기회 및 위협 요인에 대응 가능한 기술·서비스를 도출한 만큼 18개 기술·서비스 모두 높은 사회적 수요 대응 가능성을 지닌 것으로 평가되었으며, 3개 기술·서비스\*를 제외하고 향후 시장에서 창출할 부가가치의 규모 역시 클 것으로 예측됨
    - \* 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트, 감각치환 기술·서비스, 신체보호 및 인공감각 엑소스킨
  - 원천기술 확보를 위한 R&D 자원 조기 투입 필요성 역시 3개 기술·서비스\*를 제외하고 모두 높은 것으로 평가됨
    - \* 신체보호 및 인공감각 엑소스킨, 기억 저장·삭제 서비스, 인지증강을 위한 다량정보 큐레이션 AI
  - 내부역량은 평균 4.07점으로 보통 수준인 것으로 분석되었으며, 18개 중 7개 기술·서비스\*는 낮은 수준(4.00점 이하)인 것으로 나타남
    - \* 의도반영(마인드 리딩) 근력 증강 슈트, 신체보호 및 인공감각 엑소스킨, 기억 저장·삭제 서비스, AI 칩 삽입형 치매 예방·완화 시스템, 웨어러블·뇌 임플란트형 창의력 향상 시스템, 부(-)정 감정 인지 및 완화 디지털 서비스, 디지털 휴먼 바이오 맵

◆ 해당 기술·서비스의 경제·사회적 부가 가치를 고려하여 관련 기술의 연구개발과 상용화 지원을 위한 정부 전략 마련 필요

- 관련 원천기술 확보 및 시장 선점에서 뒤처질 경우, 중요 미래 먹거리를 놓치게 될 가능성이 높으므로 정부 주도의 장기간 지원 필요
  - 「디지털 휴먼증강」 분야는 다양한 기술 분야 간의 협력과 장기간의 검증단계가 필수적이므로 통합적인 조율 및 관리가 중요
  - 아직 원천기술의 태동기 시점임에 따라 기술우위 및 시장 선점을 위한 국가 전략 마련이 절실

◆ 「디지털 휴먼증강」의 확산과 함께 나타날 수 있는 긍·부정적 파급효과를 대비한 사회적 대응책 마련도 중요

- 「디지털 휴먼증강」은 신체/두뇌/감성 능력이 불완전한 고령자 및 장애인을 포함하여 모든 사회 구성원을 대상으로 널리 확산될 가능성이 높아 사회적 대비 정도에 따라 기존의 문제를 해결할 수도, 새로운 문제를 야기할 수도 있음
  - 불완전한 능력을 증진시킴으로써 육체적/정신적 고통을 감소시키고, 해당 능력을 활용하는 업무의 생산성을 높여 삶의 질을 제고할 수 있으며, 신체/두뇌/감성 능력 차이로 인한 기존 격차 및 갈등 문제 해소에 기여 가능
  - 반면 해당 기술·서비스의 비용, 지원 범위와 기준 등에 따라 기술격차로 인한 불평등 및 양극화 현상을 확대시키거나, 불법 행위에 악용되어 새로운 논란을 초래할 우려도 존재
- 따라서 관련 기술·서비스 적용 대상군 및 범위에 대한 엄격한 가이드라인과 윤리적/법적 기준의 마련, 기술·서비스 상용화에 대한 사회적 합의를 위한 노력 병행 필요

## 참 고 문 헌

- 국가과학기술심의회(2014), “창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략”.
- 국회미래연구원(2018), “미래 시나리오 및 정책변수 도출 연구(인구/사회)”.
- 건강보험심사평가원 국민관심질병통계(<http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapMfrmIntrnsInsInfo.do>)
- 과학기술정책연구원(2017), “일본의 제4차 산업혁명 대응 정책과 시사점”.
- 대학내일20대연구소(2018), “2018 밀레니얼 세대 행복 가치관 탐구 보고서”.
- 미즈비시종합연구소(2019), “미래사회 구상 2050”.
- 보건복지부 노인성치매임상연구센터(<http://public.crcd.or.kr>).
- 보건복지부 중앙치매센터(<https://www.nid.or.kr>).
- 보건복지부(2019), “자살예방백서”.
- 소프트웨어정책연구소(2018), “유망 SW분야의 미래일자리 전망”.
- 융합연구정책센터(2018), “뇌연구 국내외 정책동향”.
- 인공지능 신문(2018), “웨어러블 ‘외골격 로봇’ 시장 불 붙는다”. 2018.
- 정보통신기획평가원(2020), “글로벌 트렌드로 살펴본 ‘다가올 미래’”.
- 통계청(2018), “2018 한국의 사회지표”.
- 통계청(2019), “장래인구추계”.
- 통계청(2020), “경제활동인구조사”.
- 통계청(2020), “고령자 통계”.
- 통계청(2020), “2019년 사망원인 통계”.
- 한국건강증진개발원(2020), “코로나19로 인한 건강 상태”.
- 한국과학기술기획평가원(2012), “2011년 기술영향평가(뇌기계 인터페이스)”.
- 한국과학기술기획평가원(2018), “2017년 기술영향평가(바이오 인공지능)”.

한국과학기술기획평가원(2020), “[미래예측브리프] 포스트 코로나 시대의 미래전망 및 유망기술”.

한국과학기술기획평가원(2020), “2020년 KISTEP 미래유망기술”.

한국산업기술진흥원(2016), “유럽 로보틱스 전략 연구 아젠다”.

한국장애인개발원(2019), “2019 장애통계연보”.

한국전자통신연구원(2016), “인체 플랫폼”.

한국정보화진흥원(2019), “[IT&Future Strategy 2019-7] 2020년 ICT 이슈와 9대 트렌드 전망”.

BIS Research(2019), “Global Healthcare Robotics Marker”.

Computing Community Consortium(2020), “US Robotics Roadmap”.

Deutsche Bank(2020), “Imagine 2030-The Decade Ahead,”.

European Commission(2013), “Human Brain Project”.

NIC(2017), “Global Trends 2035: Paradox of Progress”.

NISTEP(2019), “2040 과학기술 예측”.

Policy Horizons Canada(2019), “The Next Digital Economy”.

Samsung Newsroom(2016), “도전하는 젊음, 두려움 앞에 서다: 발표불안편”.

SSHRC(2018), “The Next Generation of Emerging Global Challenges”.

The White House(2013), “The BRAIN Initiative”.

Yun, K., Song, IU. & Chung, YA(2016), Alz Res Therapy, 8(49), “Changes in cerebral glucose metabolism after 3weeks of noninvasive electrical stimulation of mild cognitive impairment patients”,

<https://ict.usc.edu/prototypes/simsensei/>

<https://wyss.harvard.edu/news/darpa-contract-to-further-develop-soft-exosuit>

<https://www.llnl.gov/news/darpa-taps-lawrence-livermore-develop-worlds-first-neural-device-restore-memory>

[https://live.lge.co.kr/lg\\_cloi\\_0823/](https://live.lge.co.kr/lg_cloi_0823/)

<https://www.gettyimagesbank.com/>

## [불임] 참여 전문가 명단

소속	직책	성명
고려대학교 뇌공학과	교수	민병경
과학기술정책연구원 신산업전략연구단	단장	최종화
국민대학교 사회학과	교수	최항섭
상명대학교 휴먼지능정보공학과	교수	황민철
웰트 주식회사	대표	강성지
정보통신기획평가원 기획총괄팀	수석연구원	유영수
정보통신정책연구원 지능정보사회정책센터	연구위원	이원태
중앙대학교 미디어커뮤니케이션 학부	교수	이재신
한국과학기술원 기계공학과	교수	박형순
한국뇌연구원 뇌발달질환 연구그룹	책임연구원	정성진
한국전자통신연구원 휴먼증강연구실	실장	신형철
한국전자통신연구원 휴먼증강연구실	책임연구원	정현태
한양대학교 전기생체공학부	교수	임창환
LG경제연구원	연구위원	나준호
—	IT 컬럼니스트	이요훈

※ 소속기관 가나다 순

## 저 자

한국과학기술기획평가원

안지현, jyhyunahn@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2464, 한국과학기술기획평가원 부연구위원

임현, hyim@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2380, 한국과학기술기획평가원 센터장/선임연구위원

한국전자통신연구원

김문구, mkkim@etri.re.kr, (Tel)04-860-1182, 한국전자통신연구원 실장/책임연구원

박종현, stephanos@etri.re.kr, (Tel)042-860-1081, 한국전자통신연구원 책임연구원

이승민, todtom@etri.re.kr, (Tel)042-860-1775, 한국전자통신연구원 책임연구원

송근혜, ghsong0227@etri.re.kr, (Tel)042-860-6702, 한국전자통신연구원 Post-Doc



**「디지털 휴먼증강」  
미래 유망  
기술·서비스**