

차세대 ICT R&D 기초·원천 연구활성화 방안 마련을
위한 기획연구

연구기관 : 한국전자통신연구원

2018. 6. 21.

과 학 기 술 정 보 통 신 부

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 미래창조과학부의 공식견해가
아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 유 영 민

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀하

본 보고서를 “ 차세대 ICT R&D 기초·원천 연구활성화 방안 마련을 위한 기획연구 ”의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 06. 21.

목 차

1. 서론	3
1.1. 연구의 필요성	3
1.2. 연구목표	4
1.3. 연구의 내용 및 범위	4
2. 국내외 ICT 동향 및 사례 분석	6
2.1. 거시환경 변화	6
2.2. 글로벌 주요국들의 정책 환경 변화	8
2.3. 4차 산업혁명 시대의 도래	12
2.4. ICT 핵심기술 확보를 통한 성공사례	19
3. 현 ICT 기초원천 R&D 현황 및 한계점	20
3.1. ICT 기초원천 개념	20
3.2. 국내외 ICT R&D 정책 동향	24
3.3. 국내 ICT R&D 현황	33
3.4. 문제점 및 시사점	35
4. ICT 분야 First Mover로 도약을 위한 계획	37
4.1. ICT 기초원천 R&D 사업 비전	37
4.2. ICT 기초원천기술 분류 체계	38

4.3. ICT 기초원천 핵심기술 도출	155
4.4. 추진체계 및 운영방안, 성과관리 방안	172
4.5. 기대효과 및 향후 계획	176
 5. 정책 실행을 위한 예비타당성 조사 관련 자료	 178
5.1. ICT 기초원천 핵심기술 연구비 집행 현황	178
5.2. ICT 기초원천 핵심기술 R&D 지원 항목	181
5.3. ICT 기초원천 핵심기술 R&D 지원 타당성	185

I. 서론

1.1. 연구의 필요성

- 기술 개발 경쟁의 확대 및 4차 산업혁명 시대의 도래에 따른 산업, 경제, 사회, 정책 등 다양한 분야에서의 패러다임 급변에 따른 ICT 분야의 새로운 기초원천 기술 개발 방법론의 대전환 시기 도래
- 시대적 요구사항을 반영하고, ICT 최강국의 위상을 지속적으로 유지 및 발전시키는데 필요한 연구체계 마련
 - 현장 연구자 의견 중심의 최적화된 연구체계 발굴
 - 초연결·초지능·초실감 기술을 바탕으로 디지털 유기체로 진화하는 생태계를 지원할 새로운 ICT 기초원천 연구항목 발굴
- 추격자형 R&D에서 First Mover형 R&D로 전환에 필요한 장기적인 전략 발굴 및 개발된 연구 결과는 방송/전파/통신/ICT산업 전분야에 필요한 ICT 기초원천기술을 제공할 수 있는 전략 발굴
- 4차 산업혁명에서 중요성이 부각되고 있는 융복합 연구개발을 확대하기 위한 ICT 기초원천 연구를 강화하는 전략적 접근으로 다양한 분야에 활용할 방안 도출 필요
- 국가연구개발사업이 응용 및 상품화를 위한 기술개발뿐만 아니라 원천기술 개발을 위한 기초원천 연구 중심으로 변화하도록 유도할 필요성이 있음
 - 기초원천 연구는 창의성과 도전성을 요구하는 만큼 위험성이 내재되어 산업체가 투자하지 못하는 성향이 있으므로 국가가 지원할 필요성이 있음
- 현 정부의 “국정운영 5개년 계획”에서 과학기술 목표 중에 “기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충”이 제시되었으며, 이를 달성하기 위해 ICT 분야의 기초원천 연구 활성화 방안 도출이 요구됨
- 향후 미래기술 확보로 ‘오늘의 기술’뿐만 아니라 ‘내일의 기술’을 개발하기 위한 연구자의 창의성과 도전성을 최대한 발휘할 수 있는 ICT 기초원천기술개발 기획안을 제시하여야 함

1.2. 연구목표

- 목표 : 국내외 ICT R&D 기술 동향·사례를 분석하고, 전문가위원회 구성·운영을 통해 현장연구자 의견 수렴 등을 종합적으로 수집·분석하며, 자문위원회의 검증으로 혁신적인 ICT 기초원천 연구활성화 전략 수립
- 내용
 - 국내외 ICT 기술 동향 및 사례 분석
 - 현 ICT 기초원천 R&D의 현황 및 한계점 도출
 - ICT 분야 First Mover로 도약을 위한 구체적 계획 수립
 - 정책 실행을 위한 예비타당성 조사 관련 자료 작성 및 대응

1.3. 연구의 내용 및 범위

- 국내외 ICT 기술 동향 및 사례 분석
 - 사회 Mega Trend 등 환경 분석에 기반한 ICT 기술 동향 분석
 - 미국, EU, 일본 등 ICT 기술 선진국의 사례 조사
 - ICT 기초원천 R&D 정책에 대한 사례 분석 및 시사점 도출
 - 4차 산업혁명을 대비한 각국의 ICT 정책 및 기술 개발 사례 분석
- 현 ICT 기초원천 R&D의 현황 및 한계점 도출
 - 국내 ICT 기초원천 R&D에 대한 관련 연구 현장의 애로사항, 문제점 파악 및 의견 수렴 등 포함 현황 파악 및 분석
 - 국내 ICT 기초원천 R&D 개선점 도출
- ICT 분야 First Mover로 도약을 위한 구체적 계획 수립
 - ICT 기초원천 R&D 사업의 Vision 제시
 - ICT 분야에 특화된 기초원천 개념 정립 및 기초원천기술 분류 체계 확립
 - First Mover로의 도약을 위한 기초원천 핵심기술 도출 등 R&D 전략 수립
 - ICT 기초원천 R&D 기술력 강화를 위한사업 추진체계 및 운영방안, 유관사업과의 연계·운영, 성과관리 방안 등의 사업 및 실행 계획 수립
 - 전문가 및 기획자문위원회를 통한 의견 수렴 및 검토, 반영
- 정책 실행을 위한 예비타당성 조사 관련 자료 작성 및 대응

- ICT 기초원천 R&D 사업의 예비타당성 조사 관련 자료 작성
- 예비타당성 기획 및 조사에 필요한 ICT 기초원천 연구비 집행 현황 확보
- 예비타당성 기획 및 조사에 필요한 ICT 기초원천 R&D 지원 항목 추출
- 예비타당성 기획 및 조사에 필요한 ICT 기초원천 R&D 지원 타당성 보강 자료 확보

Ⅱ. 국내외 ICT 동향 및 사례 분석

2.1. 거시환경 변화

□ 경제·산업 환경 변화

- 금융위기 이후 제조업 경기와 관련된 세계 교역 및 산업생산은 개선되지 못하고 여전히 부진이 지속되는 상황
- 내수시장이 작고 대외의존도가 높은 우리 경제는 해외 시장 개척 및 확대에 한계에 다다르고 있음
- 통상부문에 있어서, 아태 지역에서 미국 주도의 TPP(Trans-Pacific Partnership, 환태평양경제동반자협정)와 중국 주도의 RCEP(RCEP: Regional Comprehensive Economic Partnership, 역내포괄적경제동반자협정)이라는 두 개의 자유무역협정이 공존하며 교역 주도권 경쟁 가속화가 예상
- BRICs 경제 및 Next-11 국가와 같은 신흥시장이 부상하며, 주요국 시장에서 노령인구 증가에 따른 신시장 창출 전망
 - BRICs의 경제규모는 2010년대 중반에 미국보다 커졌으며, Next-11 국가의 경제는 2050년까지 미국을 상회하며 EU권의 2배로 확대 예상
- 세계 인구의 지속적인 증가로 인해 막대한 자원에 대한 수요가 증가함에 따라, 에너지 효율성과 지속가능성 중시의 제조공정이 부상할 전망
 - 글로벌 인구의 증가와 도시화 확대에 따라 자원(원료, 물, 에너지, 토지 등)에 대한 경쟁이 심화되고, 자원공급 중단 등으로 인한 위기에 대처가 가능한 유연한 생산시스템의 부각
 - 친환경 제품에 대한 소비자 수요 확대 및 에너지와 재료의 소비를 줄인 지속가능 제품에 대한 소비자 수요 증가 예상

□ 인구·사회 환경 변화

- 많은 국가들의 저출산으로 인한 인구 증가세가 둔화됨에도 불구하고, 고령화에 의해 지속적인 인구는 증가할 것으로 전망
- 기대수명 연장과 출산율 감소로 고령화 추세가 가속화되며 중위 연령(median

age)이 증가하는 추세

- 세계 중위연령(2030년 기준): 34세, 2010년 대비 5.1년 증가
- 국내 중위연령은 1980년 21.8세에서 2016년 41.5세, 2040년에는 53세를 넘어설 전망이다, 인구 중 65세 이상 인구가 차지하는 비율은 1980년 3.8%에서 2016년 13.2%, 2040년에는 32.8%로 지속적으로 증가할 것으로 전망(통계청, 2016 한국의 사회지표)

○ 후진국에서 선진국으로의 인구 이동

- 이민자가 없었다면 최근 몇 년 사이 유럽인구가 감소했을 것으로 분석(UN 경제사회국 인구부, 국제이민추세: 2015년 수정판)

○ 생산가능 인구의 감소 등으로 인해 복지비용과 같은 사회적 비용이 증가하고 소득, 지역 배경에 따른 계층 간 양극화와 더불어 세대간, 연령간 갈등이 점점 심화될 것으로 예상

- 국내의 경우 65세 이상 노인진료비가 건강보험 전체 진료비에서 차지하는 비중이 2008년 29.9%에서 2017년 상반기 기준 39.9%로 증가하여, 전체 인구의 12.5%인 노인 인구에 진료비가 집중되는 현상 발생(통계청, 2016 한국의 사회지표)
- 국내 체류 외국인 수는 2007년에 100만명을 넘었으며, 2021년에는 300만명을 넘어서 전체 인구의 5.82%가 될 것으로 예상

○ 세계적인 자원·에너지 부족, 기후변화, 환경오염 문제 등이 이슈화 됨

- 화석연료 수요 증가와 자원고갈에 따른 글로벌 에너지 위기 확산

○ 기후변화 대응을 위해 친환경 에너지의 수요 강세

- 세계적으로 온실가스 배출이 큰 석탄 의존도를 낮추고 천연가스 및 풍력·태양광 같은 친환경 에너지 비중을 높여 저탄소 에너지로의 전환 추진

○ 지구 온난화로 인한 태풍, 홍수, 가뭄, 집중호우, 이상고온·한파 등 기상이변의 발생 빈도가 잦아지고, 피해규모 역시 대형화

- 기후변화 지속 시 15년 내에 1억명 이상의 기후 빈민 발생 예상(World Bank, 2015)
- 기후 변화로 인한 경제적 피해액은 연간 1.2조달러(세계 GDP 1.6%)로 추정

○ 2030년까지 세계 인구의 60%, 2050년까지 66.6%가 도시에 거주할 것으로 예상되며, 국가 간 인구 이동도 지속적으로 증가

2.2. 글로벌 주요국들의 정책 환경 변화

□ 정치·정책 환경 변화

- (미국) 세계를 선도하는 경제 국가를 유지하기 위한 수단으로서 과학기술을 적극적으로 활용하는 정책을 시행
 - 고용 창출·경제 활성화 우선 정책 및 제조업 부흥전략에 따라 침체되어 왔던 기초·응용 분야의 연구투자를 늘여갈 계획
 - R&D 예산은 기초연구가 2016년 335억 달러에서 2017년 345억 달러로 약 2.9% 증가하였으며, 응용연구가 2016년 354억 달러에서 2017년 384억 달러로 약 8.2% 증가(KEIT 2016, 2017년 미국 정부 R&D 예산요구(안) 분석)
- (독일) 세계적 경제위기를 극복하고, 새로운 성장 동력 발굴과 세계 시장 선점을 위한 R&D 정책을 추진
 - 연간 약 800억 유로(GDP의 약 2.85%, 2013년 기준)를 R&D에 투자하는 등, 기술의 혁신과 제품 개발을 경제 성장의 중요 기반으로 인식
 - 향후 10년간 연방정부 차원의 R&D 방향을 담은 독일 첨단기술전략 2020에서, ICT 기반의 5대 핵심 기술개발분야 (기후변화/에너지, 보건/영양공급, 이동성, 보안, 정보통신) 선정
- (영국) 과학기술혁신을 통한 지속적인 경제성장과 삶의 질 향상을 추구하며, 자국의 과학기술의 강점을 강화하기 위한 전략 추진
 - 2014년 12월에 과학기술혁신 전략을 발표하여, 자국 과학기술의 강점을 강화할 수 있는 9대 우수 기술 분야 (빅데이터, 위성과 우주개발, 로봇과 자율 시스템, 합성생물학, 재생의학, 농업과학, 신소재, 에너지 저장, 양자 컴퓨터 공학) 선정
- (일본) 경기침체와 경제재생을 해결할 수 있는 수단으로 과학기술정책을 활용
 - 최신 ICT와 로봇 등을 활용하여 신산업을 창출하고, 주요 정책과제들은 연구 개발부터 적용·실현까지 일체적으로 추진한다는 제5기 과학기술기본계획(2016~2020) 수립
 - 향후 5년간 약 26조 엔(GDP의 약 1%)을 투자할 계획이며, 최신 ICT와 로봇 등을 활용하여 제조업뿐만 아니라 모든 산업을 대상으로 신산업을 창출 계획(한일재단 일본경제연구센터 2016, 일본의 제 5기 과학기술 기본계획)
- (중국) 경제성장을 둔화와 성장 한계에 따라, 양적 팽창에서 질적 성장으로 전환

을 위한 혁신 정책 추진

- 2014년 12월에 중앙경제업무회의에서 시진핑 주석이 과거의 투자 및 수출 중심의 성장구조에서 벗어나, 혁신을 통한 질적 성장 및 고효율을 지향하는 산업 구조를 확립한다는 뉴노멀 시대 진입 선언
- 13차 5개년 계획(2016.3.)에서는 R&D 예산을 GDP의 2.1%(2015)에서 2.5%(2020)로 증대하고 혁신을 통한 발전을 강조 (STEPI(2016), 중국의 혁신 드라이브 전략과 13차 5개년 계획)
- 2050년 세계 혁신강국을 위한 국가혁신주도형 발전전략을 제시하여 단계별 발전 목표 확립(2020년 혁신형 국가대열 진입, 2030년 혁신형 국가 선두 진입, 2050년 세계 과학기술혁신 강국 건설)

○ (미국 정책) 안전사고의 예측 및 사후 복구까지 과학기술을 적극 활용하고, 삶의 질 제고를 위한 다양한 프로그램 마련 및 관련 기술 개발

- 9.11테러 이후 국가 재난관리시스템을 재정비하였으며, 예방부터 사후 복구에 이르기까지 다양한 ICT기술을 활용
- 10년 주기의 백악관 고령화 컨퍼런스에서 고령화 관련 주요 정책들이 논의되며, 이를 기반으로 다양한 고령화 프로그램을 마련

○ (EU 정책) 연구혁신 프로그램인 Horizon 2020을 기반으로 안전 및 삶의 질 등 사회적 이슈 해결을 위한 대규모 예산 책정

- 유럽 최대 연구혁신 프로그램인 Horizon 2020(2014년~2020년)에서는 3대 중점분야 중 사회적 도전과제(보건/웰빙, 식량안보, 에너지, 기후변화, 수송 시스템, 안전한 사회 등)에 가장 많은 예산 배정

○ (일본 정책) 지진, 태풍피해 등 지리적 특성과 급속한 고령화 진입에 대한 대응 방안을 충실히 준비

- 사회기술연구개발센터(RISTEX)를 설치하여 사회적 가치 창출 R&D 프로그램을 운영하고 있으며, 제5기 과학기술기본계획에서는 안전 및 위생 등의 확보를 통한 삶의 질 제고를 주요 정책 과제로 제시
- 삶의 질 기술센터(QoLT)를 설립하여 삶의 질 관련 기술 연구를 수행해 오고 있으며, ‘국가혁신전략’ 개정안(2015.10.21.)을 통해 삶의 질 개선 관련 다수의 전략 목표 제시
- 급속한 인구 고령화에 따라, 1995년 ‘고령사회대책 기본법’을 수립하고, 고령사회대책회의에서 고령사회 대책을 매년 점검

- 세계적으로 정치 불안에 따라 국가 간의 유대감이 떨어지고 있으며, 자연·자원, 안보, 경제적인 측면에서의 위협 요인 증가
 - (정치 불안) 미국, 영국 등 주요국들이 극우 민족주의 성향의 고립주의를 강화함에 따라 국가 간의 유대감이 약화될 것으로 예상
 - (자연·자원 위협) 기후변화 심화와 에너지 고갈, 식량·물 부족 등 가용자원이 감소
 - (안보 위협) 폭력적 극단주의 세력의 활동이 국가를 넘어 전 세계로 확산되고 있으며, 다양한 형태의 사이버 위협이 심화
- 글로벌 문제 해결을 위한 국제적 협력 강화
 - (국제협력 강화) 주요국들은 기후변화, 에너지, 물, 질병, 재난/재해 등 전 지구적 문제해결을 위한 국제협력을 정책에 반영
 - (저개발국 지원) 전세계의 빈곤을 퇴치하고 지속가능한 개발을 달성하기 위한 국제기구의 지원 정책 마련(UN은 지속가능한 개발을 위한 ‘2030 아젠다’를 수립(2015)하였고, EU는 2030년까지 국민총소득의 0.7%에 달하는 공적 개발 원조를 달성 계획 (STEPI(2015), EU, UN의 지속가능한 개발을 위한 2030 아젠다에 응답하다)

□ 과학기술 역할론 증대

- 기술의 사회적 영향력을 강조하는 연구혁신 분위기가 확산되는 추세
 - 기술 때문에 발생하는 사회적·윤리적 문제 대응, 연구개발의 사회·경제적 혜택 극대화, 시민사회의 신뢰성 확보를 목표로 하는 ‘사회에 책임지는 연구와 혁신 (Responsible and Research and Innovation)’ 비전이 유럽을 시작으로 주요국으로 확산(STEPI(2013) 사회에 책임지는 과학기술혁신 논의 동향)
- 공공 및 사회 문제해결 중심의 과학기술 역할을 강조
 - 빈곤, 실업, 보건·복지문제와 같은 전통적인 문제에 더하여 기후변화, 고령화, 양극화, 에너지·환경·자원·안전·식량 문제와 같은 글로벌 도전과제 심화
 - 지속가능성과 해결하기 어려운 사회적 도전과제에서 과학기술이 실질적 대안과 해결방법을 제시할 것에 대한 기대
 - 유럽연합은 Horizon 2020을 구체화하며 사회문제 해결(societal challenge)을 핵심 의제로 제시하고 가장 많은 예산을 배정
 - 미국은 경제성장 촉진과 함께 국가적 당면과제 해결을 위한 ‘미국혁신전략(A Strategy for American Innovation)’ 개정안 발표(백악관 홈페이지(2015) 미국

의 혁신전략 발표문)

○ 공공연구기관의 공공성 강화

- 글로벌 과제, 사회적 현안, 난제해결, 국가 전략적 중대형 연구개발 참여 등 공공연구기관 본연의 국가·사회적 책무 강화와 공공성 확대 요구에 직면
- 국내에서도 정부가 사회이슈 해결을 위한 과학기술정책 지향을 명확히 하며, 이를 구체화하기 위한 출연(연)의 책임과 역할 강조(국가과학기술심의회위원회, 2013) 과학기술기반 사회문제 해결 종합실천계획)
- 출연(연)은 소규모 기초연구와 시장실패 영역을 보완하고, 문제해결 연구의 주요 필요 요소인 융합연구가 가능한 연구조직으로, 변환된 환경에서 사회적 현안 해결을 위한 연구개발은 출연(연)의 임무와 역할을 명확히 할 수 있는 핵심 분야임

○ 시민참여 및 다양한 주체의 역량 활용 필요성 증가

- 과학기술을 이용한 문제 해결 범위가 사회·경제의 다양한 분야로 확대됨에 따라 기존의 소수 전문가와 연구자 중심에서 시민·수요자 등 다양한 주체의 참여와 역량 활용 필요성 증대

2.3. 4차 산업혁명 시대의 도래

□ 4차 산업혁명의 개념 및 본질

○ 4차 산업혁명의 개념



<1차 ~ 4차 산업혁명 시기 및 특징>

- 초연결·초지능·초실감의 정보통신기술과 다양한 과학기술의 융합에 기반한 차세대 산업혁명으로, 제조·서비스업 혁신을 넘어 인류의 사회·경제·문화에 대변혁을 초래할 인류사의 대분기(大分岐)* (변곡점)
 - * 대분기(大分岐; Great-Divergence) : 본래 영국의 산업혁명 이후 동양과 서양의 경제 격차가 벌어진 시기를 가리키는 용어였으나, 현재는 대변혁이 발생하는 시기를 지칭
- 정보의 교환 속도와 수확체감·체증의 법칙 관점에서 바라볼 때, 제4차 산업혁명은 기존 산업혁명들에 비해 단기간에 더 큰 파급력을 발휘할 전망
- 현재까지 제4차 산업혁명에 대한 명확하고 통일된 정의는 존재하지 않고 있는데, 개념이 논의되던 초기에는 인더스트리 4.0과 연관된 ‘제조업 혁신’ 관점에서 논의
- 최근 제4차 산업혁명 개념은 다양한 ‘과학기술에 기반한 디지털 혁명’ 또는 ‘물리세계-사이버세계의 연결 확장’ 관점에서 논의 중

○ 4차 산업혁명의 본질

- ICT 관점에서 디지털 유기체 생태계로의 진화, 초증강현실 사회의 도래, 제조·서비스업 혁신 이상의 광범위한 변혁을 의미
- ① 디지털 유기체 생태계로의 진화: 인터넷혁명과 초연결·초지능·초실감 기술혁명을 거치면서 지구는 디지털 행성으로 진화 중이며, 인류는 디지털 행성으로의 진화 속에서 자연스럽게 ‘디지털 유기체 생태계(Digital Organic Ecosystem)’*

를 구성하게 될 것인데, 이러한 진화는 IDX(지능형 디지털화)**를 통해 가능

* 초연결·초지능·초실감 기술을 활용하여 모든 것이, 실시간으로, 신회를 기반으로 연결되어 끊임 없이 상호작용하며 최상의 경험을 제공하는 생태계

** IDX : Intelligent Digital Transformation, 지능형 디지털 세상으로의 변화를 의미



<4차 산업혁명의 본질>

- ② 초증강현실 사회의 도래: 제4차 산업혁명을 거치면서 가상세계가 더욱 사실적으로 진화하고, 물질세계와 가상세계의 연결이 일상적으로 발생하는 초증강현실 사회가 도래할 전망
- ③ 제조·서비스업 혁신 이상의 광범위한 변혁: 지금까지의 산업혁명이 주로 제조업·서비스업에서의 혁신을 통해 경제시스템을 변화시켜왔다면, 제4차 산업혁명은 제조·서비스의 혁신뿐만 아니라 글로벌 경제, 사회, 문화, 고용, 노동시스템 등 인류 삶의 전반에 걸쳐 변혁을 초래

□ 4차 산업혁명으로 인한 변화

○ 기술 융합: 데이터, 지식의 새 경쟁력 원천

- AI + ICBM 기술의 획기적 발전 및 폭넓은 연결 확장

○ 변화 속도: 산업과 사회 전반에 걸친 충격

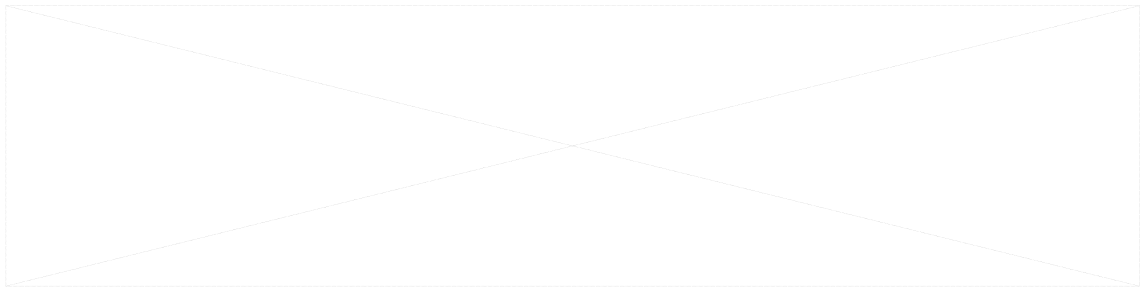
- 인류가 경험하지 못한 엄청난 속도의 기술 진보
- ICT의 획기적 발전(초연결, 초지능화) 및 기술혁신 가속화

※ 인터넷과 연결된 사물 수 급증 예상 : (2012) 9억개 → (2020) 500억개

- 기하급수적 혁신(Exponential Innovation)으로 산업혁명 주기 단축



<4차 산업혁명의 기술 융합>



<1차 ~ 4차 산업혁명 주기>

- 디지털경제 경쟁은 속도 경쟁이며, 올바른 혁신의 방향 설정 + 변화를 주도할 빠른 속도가 중요

○ 산업 격변: 기술의 기하급수적 변화, 혁신

- 데이터·지식이 산업의 새로운 경쟁 원천으로 부각
- 스스로 데이터를 확보할 수 있는 생태계를 구축하고 활용할 수 있는 기업이 시장 주도
 - ※ 2016.8월 기준 전세계 시가총액 10대 기업 중 7개가 데이터 보유 • 활용 ICT 기업
- 플랫폼 및 생태계 경쟁 중심으로 산업의 경쟁방식 변화 중, 지능정보 플랫폼을 통해 관련 제품과 서비스들이 연결, 통합 서비스로 작동
 - ※ 자율주행차: 빠르고 튼튼한 자동차 → 향후: 자율주행차 플랫폼을 통해 하나의 제품 · 서비스로 융합
- 생태계 선점 기업이 시장을 독식, 승자독식 구조화
 - ※ 애플 : 모바일 플랫폼 · 생태계 구축으로 수익 독과점
 - ※ 2007년 iPhone 출시 이래 모바일 기반 “애플 생태계”구축
 - ※ 스마트폰 시장 내 애플의 영업이익 비중: 62%(2013) → 78%(2014) → 88%(2015)

○ 사회 충격: First Mover 승자 독식 세계

－ 지능정보기술의 노동 대체로 일자리 감소 우려

※ 다보스 포럼에서 발표된 '일자리 미래'보고서(The Future of Jobs)에서 2020년까지 전체적으로 517만개 일자리가 줄어들 것으로 전망

－ 신산업 분야 새로운 직업의 출현과 비전형 탄력적 고용 확대 예상

※ 공유경제, O2O서비스 등 플랫폼 기반 서비스 발전으로 비전형적 고용이 지속적으로 확대(예: 우버 드라이버)



<2020년까지 부문별 일자리 전망>

□ 글로벌 주요국들의 4차 산업혁명 추진 전략

○ (미국) 민간이 산업혁신을 주도하고, 정부는 미래 기초기술에 대한 R&D 투자와 제도적 기반 구축에 주력

－ AI 원천기술 확보를 위한 ‘브레인 이니셔티브(2013)*’ 정책을 수립하였으며 10년간 산학연 협력을 통해 30억 달러를 투자하고 기초연구에 80% 집중

* (2013-2022) DARPA, FDA, NSF, NIH, GE, Google 등 참여

－ ICT R&D 범정부 프로그램인 NITRD를 통해 고성능 컴퓨팅, 빅데이터, 네트워크 등의 전략적 연구 분야를 중심으로 투자 확대 중*

* NITRD 예산규모(억달러): (2015) 43.78 → (2016) 44.93 → (2017) 45.42

－ 親제조업 정책 기조 하에서, 첨단제조(Advanced manufacturing) 전략을 추진하였으며, 글로벌 산업인터넷 생태계 선점을 위한 적극적인 노력 수행

－ 정부 정책으로는 첨단제조 파트너십(AMP) 프로그램, 국가 첨단제조 전략 계획, 국가 제조혁신 네트워크(NNMI) 등이 대표적이며, 특히 민간 주도의 산업인터넷 컨소시엄(IIC)이 활발하게 활동 중

○ (영국) 정부는 고가치 제조(High Value Manufacturing) 전략을 통해 개념 단계에서부터 상품화에 이르는 제조 혁신 비즈니스 전 단계 활성화를 지원

－ 의약품, 항공 우주 등 강도 높은 R&D 및 높은 성장가능성이 기대되는 고가치

제조 유망 분야에 중점적인 투자를 실시

- 고가치 제조 연구를 지원하는 지역센터인 HVM Catapult를 통해 최신 장비 및 숙련 인력 자원을 제공하고 세계적 수준 기술의 사업화를 지원

- (독일) 사이버 물리시스템(CPS)을 기반으로 한 스마트 팩토리를 구축하기 위한 차세대 제조업 발전전략인 인더스트리 4.0을 추진 중



<기초연구 프로그램 평가 방법>

- 공장 자동화를 넘어 새로운 산업 혁신 플랫폼을 선도적으로 공급하여 글로벌 시장을 주도하는 것이 목표이며, 경제성장 및 사회 시스템 혁신을 이끄는 주요 동력으로 기대
- 2015년 인더스트리 4.0의 전략 추진 상의 문제점 등을 개선하고 추진 속도를 높이기 위한 새로운 플랫폼 인더스트리 4.0을 시작
- 연방교육연구부는 프라운호퍼에 기초협력연구 프로그램 성과 평가를 의뢰한 결과 보고서 발표(2017.1)
- 2006년 ~ 2014년까지 기초협력연구 프로그램을 통해서 총 1,032개 프로젝트가 5억 7,700만 유로 예산지원 받음
- 독일 내 연구 활동 및 지식역량 강화 프로그램에 채용된 해외인력 중 50% 이상이 독일에 잔류함으로써 지식역량 강화에 긍정적인 효과

- (중국) 2050까지 세계 과학기술 강국으로 도약을 목표(13·5 국가 과학기술혁신

계획, 2016)로 정부 주도의 ICT 기술 혁신 생태계 구축 추진

- 2025년까지 글로벌 제조 강국에 진입하는 것을 목표로 중국제조 2025 전략을 수립하여 추진 중
- 단순한 수주 제조에서 벗어나 직접 수준 높은 제품을 설계, 제조할 수 있는 역량을 향상시키고자 하며, 차세대 정보기술, 로봇, 신소재 등 10대 핵심 전략 산업 육성
- 혁신역량 강화를 위한 제조업 혁신센터를 2025년까지 40개 설립 예정

중대과학기술 프로젝트	주요내용
① 양자통신 및 양자컴퓨터	○ 양자통신 연구 - 양자암호통신 기술에서 우선 획기적인 성과 창출 - 원거리 광섬유 양자통신망 구축, 위성-지상 양자통신체계 연구 ○ 양자컴퓨터 연구 - 양자시스템, 양자 칩 소재, 구조 및 공법, 양자컴퓨터 전체 구조, 운행과 응용시스템 연구개발 ○ 양자 정밀측정 연구 - 위성항법, 잠수선의 위치추적, 의학 검출, 중력과 탐측 등의 정확성을 대폭 향상
② 뇌 과학 및 뇌 유사 연구	○ 뇌 및 인지, 뇌-기계 지능화와 뇌 건강 등 3개 핵심문제 중심 - 뇌 과학 기초연구, 전환응용 및 관계 산업의 발전을 총괄배정, 관련 핵심기술 플랫폼 구축 ○ 뇌 인지 원리(뇌 인식)를 중심으로 뇌 기능 신경회로의 구축과 운행원리 분석 - 인간 뇌의 거시적 신경망, 모델동물의 중시계 신경망의 구조성과 기능성에 대한 파노라마 도감

- 2030년까지 중대과학기술 프로젝트로 양자 통신·컴퓨팅, 빅데이터 등에 투자를 진행 하고 있으며, 국가 차원의 ‘인공지능 발전 계획(국무원, 2017.7)’ 수립*

* 2025년까지 인공지능 기초이론의 획기적인 돌파구를 마련하여 일부 기술과 응용부분에서 글로벌 선도국을 목표

- 목표 지향의 기초연구를 강화하고 기초연구사업 비중 확대
- ICT 기초·원천 관련 전문 프로젝트 13·5 계획 발표 (2017.6)

※ 기초연구비 연평균 증가율은 20% 이상 유지

※ 중대과학기술프로젝트 실시

※ 농업, 건강, 자원·환경, 첨단기술 산업, 에너지절약과 환경보호 및 신에너지, 신형 도시화 등 국가 중대 전략적 임무에서 기초연구 배치 강화

※ 기초연구 인재 유치와 양성을 강화하며, 국제 영향력 있는 수준 높은 선도자, 청년 인재, 실험 기술인재와 우수한 혁신단체를 집결 및 육성 강화

※ 기초연구활동의 국제화 촉진, 국제 과학연구 협력교류를 권장하고, 기초연구를 공동 전개하며, 논문을 공동 발표 강화

○ (일본) 일본재흥전략 및 로봇 신전략 등을 통해 IoT, 빅데이터, 인공지능, 로봇을 중심으로 4차 산업혁명을 대비

- 로봇 신전략에 따라 글로벌 경쟁우위에 있는 로봇기술을 활용하여 빅데이터, 인공지능 기술 강화를 이루고자 하며, 이를 위한 관련 규제 완화 및 정비 실시
- 정부 주도의 로봇혁명 이니셔티브 협의회(RRI), 민간 주도의 산업 가치사슬 이니셔티브(IVI) 등 산학연 협의체가 구성되어 관련 활동 수행
- ‘제5기 과학기술기본계획’(2015.12)을 통해 도전적인 ICT R&D를 통해 새로운 가치가 창출되는 미래를 ‘초스마트사회’*로 명명하고, 기반기술인 AI, 보안, IoT 등 분야의 전략적 개발을 강조

* 제조업뿐만 아니라 사회 전체를 기술혁신 대상으로 설정하여 사회문제 해결 영역까지 포함

- 범부처(총무성, 문부과학성 등) AI 컨트롤 타워인 ‘인공지능기술 전략회의’를 설치하고, AI 연구개발 목표 및 산업화 로드맵 발표(2017.2)

* (1단계) 데이터 구동형 AI의 이용과 활용 시작, (2단계) 개별영역을 넘은 AI데이터의 일반적 이용 진행, (3단계) 각 영역이 복합적으로 연결된 AI에코시스템 구축

- 문부과학성은 기초과학 강화 전략 마련 및 발표(2017.4)

※ 일본의 기초과학을 위협하는 3대 위기

연구의 도전성·지속성	차세대 연구자	지식의 집약
○ 연구비 및 연구시간 감소 - 기반적 경비 및 독립적 연구비 감소 - 장기적 관점의 독창적 연구 도전 미흡 - 연구자의 연구시간 감소 - 경쟁적 자금 의존도가 높아 연구비지원 중단 위기 증가	○ 신진연구자의 고용 및 연구환경 열악 - 신진연구자를 위한 종신 교수직이 매우 제한적 - 진로문제, 경제적 부담으로 박사과정 진학생 감소 - 연구자 커뮤니티 감소	○ 연구거점 그룹 쇠퇴 - 세계최고 수준의 연구거점 연구성과는 향상되었으나, 일본 전체에 미치는 영향은 제한적 - 지원대상이 대학에 집중 - 연구정보기반 등 정비 강화 필요

※ 대안으로 연구비의 안정적 확보, 차세대 연구자 연구 환경 개선, 전 세계로 열린 뛰어난 연구 환경 구축, 그리고 사회 전체에서 과학을 문화로 육성 방안 발표

2.4. ICT 핵심기술 확보를 통한 성공사례

- (미국) 아이폰, 아이패드의 경우 과거 미 연방정부가 선제적으로 투자한 원천기술 R&D 성과를 기반으로 기존 제품의 한계를 돌파하여 새로운 산업의 지평을 개척

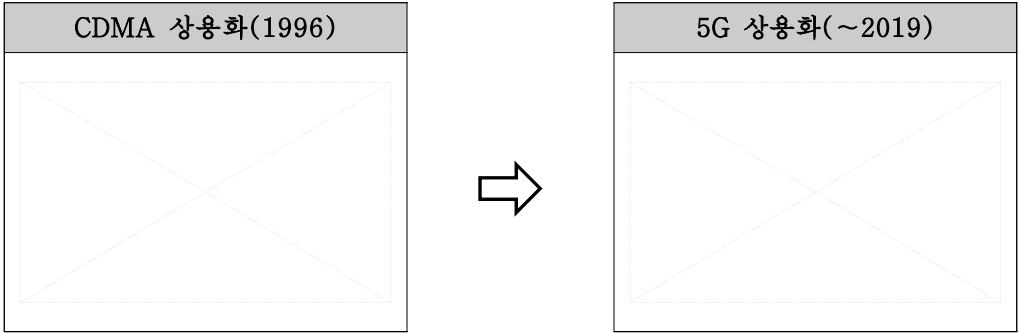


<아이폰, 아이패드 원천기술 현황>

- (캐나다) 캐나다가등연구원(CIFAR)은 인공 신경망 연구(토론토대학 등)를 2004년부터 10년간 지원하여, 연구팀은 2006년 딥러닝의 개념을 정립한 논문을 발표하고 2012년 실제 구현하면서 인공지능 혁명을 주도하고 있음
 - 최근 구글, 페이스북, 딥마인드 등이 캐나다에 AI 연구소 설립

딥마인드 알파고	페이스북 딥페이스	구글 어시스턴트

- (국내) 미국 퀄컴사와 ETRI의 공동연구를 통해 1996년 CDMA 상용화에 성공한 이후 LTE, 5G 까지 이동통신 시스템의 선도적 역할을 하고 있음



Ⅲ. 현 ICT 기초원천 R&D 현황 및 한계점

3.1. ICT 기초원천 개념

□ ICT 기초원천 개념 제시

- 국제적으로 통용되는 ICT 기초원천 개념은 부재하므로, OECD의 기초연구(Basic Research) 개념과 영국 OST(Office of Science and Technology의 약자로 영국 과학기술청을 의미함)의 응용연구(Applied Research) 개념* 및 KISTEP 등의 원천연구(Original & Fundamental Research) 개념**을 토대로,

- ICT 기초원천을“ICT분야에서 도입기 단계에 있는 목적기초연구(Oriented Basic Research)와 전략응용연구(Strategic Applied Research)를 포함하는 개념”으로 제시

* 응용연구(Applied Research): 영국 OST는 응용연구를 전략적 응용연구와 특정 응용연구로 구분(1994)

** 원천연구(Original & Fundamental Research): KISTEP(한국과학기술기획평가원), “정부 R&D 원천연구의 전략성 제고 방안,” 2011.12.

<ICT 기초원천 개념 제시>

기초연구		응용연구	
순수기초연구 (Pure Basic Research)	목적기초연구 (Oriented Basic Research)	전략응용연구 (Strategic Applied Research)	특정응용연구 (Specific Applied Research)
	ICT 기초원천연구		

- ICT 기초원천 기술은 ICT 기초원천 연구의 대상으로 다음과 같이 기술 개념을 제시함

- (개념 제시) ICT 분야에서 문제의 해결 근거를 형성할 만한 광범위한 지식 기반을 제공할 것이라는 기대 하에 수행되는 도입기의 연구(목적기초) 및 실용적 목표를 갖지만 아직 세부 활용처는 도출되지 아니한 도입기 응용연구의 대상(전략응용)으로 제품이나 서비스를 개발하는데 필수불가결한 독창적 기술
- 지속적 부가가치를 창출하고 다양한 기술 분야에 응용이 가능한 특징이 있음

□ ICT 기초원천 개념 제시 관련 근거가 되는 선행연구

- OECD 매뉴얼(OECD Frascati Manual(2002))에서는 연구개발 단계를 정의하면서, 3분류(기초, 응용, 개발) 방식의 기반위에 기초연구를 순수기초연구와 목적기

초연구로 세분화

- 기초연구(Basic Research): 특정한 응용이나 사용을 염두에 두지 않고, 일차적으로 현상이나 관찰 가능한 사실의 기저에 깔려있는 근본 원리에 대한 새로운 지식을 얻기 위해서 수행되는 실험적 또는 이론적 작업
 - 순수 기초연구(Pure Basic Research): 장기적인 경제 및 사회적 편익을 고려하지 않으며 또한 실용적인 목적을 위해 그 결과를 사용하고자 하는 노력없이 단지 지식의 증진을 위해 수행되는 연구
 - 목적형 기초연구(Oriented Basic Research): 현재 알려진 문제 혹은 미래에 예상되는 문제 등을 해결하는데 필요한 광범위한 기반 지식을 생산할 것이라는 기대하에 이루어지는 연구
- 응용연구(Applied Research): 새로운 지식을 얻기 위해 수행되는 독창적인 탐구 활동으로서 어떤 특정 목적이나 목표를 지향하고 있는 연구
- 영국 과학기술청(OST)은 OECD 매뉴얼에서 정의하고 있는 응용연구에 해당하는 단계를 전략적 응용연구와 특정 응용연구로 구분하고 이를 전략연구라는 집합으로 결합(1994) 한 바 있음
 - 전략응용연구(Strategic Applied Research): 실용적 목표를 지니지만 아직 세부인 활용처는 도출되지 아니한 응용연구
 - 특정응용연구(Specific Applied Research): 특정한 생산품, 공정, 시스템 등 구체적인 목적을 가지고 수행되는 연구
- 원천연구: 교육과학기술부와 KISTEP은 원천연구를 “제품이나 서비스를 개발하는데 필수불가결한 독창적 기술로서 지속적으로 부가가치를 창출하고 다양한 기술 분야에 응용이 가능한 기술을 개발하는 연구활동”으로 정의(교육과학기술부, “원천연구 개념 및 비중 산정,” 2009.7.)하고, 3대 기본특성과 일반적 특성을 아래와 같이 제시함
- 3대 기본특성
 - 1) 독창성: 다른 기술에 의존하지 않는 신규성
 - 2) 핵심성: 어떤 제품을 생산하는 데 있어 없어서는 안 될 필수성
 - 3) 혁신성: 다수의 응용기술을 만들어 낼 수 있는 생산성
 - 일반적 특성
 - 1) 창조적인 기술로 선행특허가 거의 존재하지 않는 기술
 - 2) 연구결과물이 원천특허 확보 또는 기술 선점의 효과가 큰 기술
 - 3) 기술경제적 파급효과가 매우 큰 고위험·혁신형 기술

- 4) 민간투자가 어렵고 공공부문이 담당하여 발전시켜야 하는 기술
- 5) 개발연구의 바탕이 되는 과학적 탐구 기반의 선도형 기술

- 유경만·양혜영(2008) (KISTEP(한국과학기술기획평가원), “정부 R&D 원천연구의 전략성 제고 방안,” R&D 예산·정책 2011-4, p6, 2011.12.)은 영국 과학기술청 및 OECD의 개념을 토대로 목적기초연구와 전략응용연구를 결합시켜 이를 원천연구로 정의(KISTEP, 2011)

<ICT 기초원천 개념 선행연구>

구분	연구개발 유형			
OECD	기초연구		응용연구 (Applied Resaerch)	
	순수기초연구 (Pure Basic Research)	목적기초연구 (Oriented Basic Research)		
영국 OST	기초연구		응용연구 (Applied Research)	
	순수기초연구 (Pure Basic Research)	목적기초연구 (Oriented Basic Research)	전략응용연구 (Strategic Applied Research)	특정응용연구 (Specific Applied Research)
			전략연구(Strategic Research)	
유영만·양혜영	기초과학연구	창조적 원천연구	전략적 원천연구	특정응용연구
		원천연구		

- KISTEP, NRF, 서판길, 유경만·양혜영(2008)은 도입기 단계에 있는 목적기초연구와 전략응용연구를 원천연구 영역으로 정리(KISTEP 2011, NRF/KEIT 2017, 서판길 2010)
- 원천연구는 선행연구가 거의 없어 신규성이 높아야 하고, 특정한 응용을 목적으로 하지 않아 기술적 파급성이 크다는 특징을 지님
 - 기술수명주기가 도입기 단계이며 비교적 넓은 분야가 연구대상인 목적기초연구, 전략응용연구가 이에 해당

<KISTEP 등의 원천연구 영역 정리>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
	원천연구		

- 기초원천연구는 기초연구와 원천연구를 합한 개념임

<기초원천연구의 범위>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
기초원천연구			

□ ICT 기초원천 개념 제시 관련 전문가 의견수렴 결과 및 향후 계획

- 이상과 같은 ICT 기초원천연구 개념 제시에 대해 ICT 분야의 학계, 출연연, 연구개발 관리기관(IITP, NRF)의 전문가 61명의 의견을 조사한 결과 다음과 같은 4가지 안으로 의견이 수렴되었음

- (1안) 순수기초연구, 목적기초연구, 전략응용연구가 ICT 기초원천에 해당

<ICT 기초원천연구의 범위(1안)>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
ICT 기초원천연구			

- (2안) 목적기초연구와 전략응용연구가 ICT 기초원천에 해당

<ICT 기초원천연구의 범위(2안)>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
	ICT 기초원천연구		

- (3안) 순수기초연구와 목적기초연구가 ICT 기초원천에 해당

<ICT 기초원천연구의 범위(3안)>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
ICT 기초원천연구			

- (4안) 모든 연구 유형에 원천연구가 존재함

<ICT 기초원천연구의 범위(4안)>

기초연구		응용연구	
순수기초연구	목적기초연구	전략응용연구	특정응용연구
원천연구			

- 위와 같은 전문가 의견 수렴결과를 참고하여, 향후 유관 부처와의 긴밀한 협의를 통해 ICT 기초원천 연구개념 정립이 필요함

- 본 보고서는 ICT 기초원천 연구의 개념 제시에 대한 상기 4개 안의 의견수렴 결과 중 (3안)을 기준으로 작성함

3.2. 국내외 ICT R&D 정책 동향

□ 글로벌 주요국들의 ICT 정책 동향

○ 미국의 ICT R&D 정책 동향

- 미국의 국가 과학기술 R&D 정책 기본 방향 및 투자 우선순위는 대통령실 중심으로 수립
 - ※ (체제) 대통령실의 정책에 따라 유관 부처가 예산을 배정받아 수행
- ICT R&D 정책 기본방향 수립은 대통령 직속 국가경제회의(NEC), 대통령실 산하 경제자문위원회(CEA) 및 과학기술정책실(OSTP)에서 담당
- 배정 예산은 대통령실 산하 예산관리국 OMB, Office of Management and Budget과 과학기술 정책실 간 협력하여 결정함

<연도별 오바마 정부의 과학기술 투자 우선순위>

2011년도	2012년도	2014년도	2015년도
국토안전보장	국토안전보장		국토안전보장
경제성장, 고용창출	경제성장, 고용창출	혁신, 상업화	혁신, 상업화
헬스케어	헬스케어	바이오혁신	생물/신경과학 혁신
에너지, 기후변화	에너지	클린 에너지	클린 에너지
	기후변화	기후 변화	기후 변화
	토지, 물, 해양 관리	선진 제조	선진 제조
학·연 생산성	학·연 생산성		
STEM교육	STEM교육	STEM교육	STEM교육
정보, 통신, 교통 인프라	정보, 통신, 교통 인프라	정보기술	정보기술
우주	우주		
	글로벌 협력	나노 기술	
	경제 환경, 정책	정책 형성, 관리	정책 형성, 관리

*출처: ETRI 중장기 기술개발계획 V1.2(2017)

- 연방법인 ‘미국경쟁력법’ The America COMPETES Act(2017년 제정)과 ‘미국혁신전략’(2009년 제정, 2011년 개정)이 오바마 정부의 과학기술 혁신 기본정책임
- 미국의 경우 ICT 기술의 중요성을 인지하고 예산규모를 지속적으로 증가시키고 있으며, 특히 고성능 컴퓨팅과 네트워크등 인프라 기반의 R&D에 정부투자를 지속하고 있음(2017년 5조 8천억원*)

* 해외 ICT R&D 정책동향, IITP, 2016

※ ‘미국경쟁력법’은 한시법이나 오바마 정부에서도 계승되어 2011년 1월에 기한을 연장하는 ‘미국경쟁력법 재(再)수권법’이 성립

※ ‘미국혁신전략’은 오바마 정부 과학기술정책의 기본방침이며 세부 전략으로 혁신기반에 대한 투

- 자, 경쟁 환경 정비, 국가 우선과제로의 대응 등을 제시
- ※ 오바마 정부는 이전 정부의 경쟁력 강화 기조를 계승하면서 혁신을 추진해 왔으나, 트럼프대통령의 ICT R&D 정책기조는 현재까지 불확실
 - ※ 2015년 이후 ICT R&D 부문은 사이버 보안 역량 강화, 투자대비 효과 극대화 및 ICT 기반 열린 정부 실현을 위한 R&D 강화 등을 중점 추진

○ EU의 ICT R&D 정책 동향

- (체계) 유럽위원회(EC)의 ‘연구혁신총국 (DGRTD: Directorate General for Research and Innovation)’이 소관하며, 기업·산업총국, 환경총국, 정보사회미디어총국, 에너지총국 등에서 담당 분야의 과학기술 정책을 담당
- ※ DGRTD가 조정하며, 가입국이 이를 보완·지원하는 방식으로 ICT R&D 정책을 추진

<EU R&D 정책지원 흐름>

연도	내 용
2007	○ FP7(the seventh framework programme)의 일환으로 유럽연구회(ERC: European Research Council) 발족 ○ 과학적으로 우수한 모든 프론티어 연구 분야에 대한 지원을 목적으로 활동
2008	○ 부다페스트 유럽혁신기술기관(Budapest-based European Institute of Innovation and Technology) 발족 ○ 더 나은 교육, 연구 및 비즈니스의 세 요소를 종합 고려한 첫 번째 기관으로 지식기반 및 혁신 관련 커뮤니티 지원
2010	○ 혁신공동체(innovation union) 발족 ○ 연구 및 혁신을 위한 재원조달을 지원하기 위한 30개의 액션 플랜을 계획 ○ 이후 본 사안이 유럽 2020 전략의 핵심으로 포함
2014	○ EU의 가장 큰 연구 및 혁신 프레임워크 프로그램인 호라이즌 2020(Horizon 2020) 운영

*출처: http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/en/research_en.pdf,
ETRI 중장기 기술개발계획V1.2(2017)에서 재인용

- (주요 R&D 정책) ‘2010년까지 세계에서 가장 경쟁력이 있고 지식을 기반으로 하는 경제권을 구축한다’는 ‘리스본 전략(Lisbon Strategy, 2000년)’이 기본
- 특히, Horizon 2020은 혁신을 통한 경제성장과 기업경쟁력 향상이 핵심 전략으로 주요 추진상황 점검이 지속적으로 진행
- ※ 주요 수행사업들의 진행상황은 ‘EU혁신현황보고서’를 통해 성과가 정리되며 2014년 6월 발간된 바 있음
- ※ 보고서는 경제회복을 위해 연구혁신에 대한 투자와 개혁이 필수적이며, 이를 위해 다음과 같은 핵심방안을 제시
 - 1) 전략개발의 질적 향상과 정책결정 과정의 개선
 - 2) 연구와 혁신 활동의 동시추진
 - 3) 전략적인 재원 집중을 통하여 안정된 예산 지원

- 4) 행정업무부담 감소 및 재원의 경쟁적 배정을 통한 R&D 프로그램의 질 향상
- 5) 산업체와의 새로운 동반자 관계를 형성하여 공공기관 연구·혁신의 질 향상
- Horizon 2020을 통해 기초연구 분야에서 그래핀(graphene), 휴먼 브레인 프로젝트 등 ICT를 인프라로 하는 첨단기술개발 추진 중
- ‘사회문제 대응’ 분야에서도 ICT는 인프라의 역할로, 의료/청정에너지/환경 부담이 적은 수술 등의 과제에서 관련 연구 추진 예정

○ 일본의 ICT R&D 정책 동향

- (체계) 일본의 과학기술 R&D는 과학기술기본법과 이에 의거하여 작성되는 과학기술기본계획, 과학기술 사령탑인 종합과학기술·혁신회의(CSTI)를 중심으로 각 부처 시책을 중심으로 추진
- ※ 내각 총리가 의장인 종합과학기술·혁신회의가 중심이 되어 과학기술 기본계획을 수립하고 이를 토대로 과학기술정책을 추진
- ※ 정부는 과학기술정책을 국가전략의 근간으로 삼고 있으며, 중요한 공공정책으로 타분야 정책과 유기적으로 연계할 것을 전제하여 정책 시행 필요성 제시
- ※ 정부는 과학기술의 진흥에 관한 시책의 종합적, 계획적인 추진을 위해 의무적으로 ‘과학기술기본계획’을 수립하여야 하고, 실시에 필요한 자금을 확보

<일본 과학기술기본계획 연혁>

구분	주요 이념
제1기 (1996~2000)	○ 새로운 연구개발 시스템 구축 - ‘경쟁적 자금’의 확충 - 포닥 1만 명 계획 - 산·학·관 인적 교류
제2기 (2001~2005)	- 새로운 知 창조 - 知에 의한 활력 창출 - 知에 의한 풍요로운 사회 創기본 자세와 이념
제3기 (2006~2010)	- 사회·국민으로부터 지지를 받고 성과를 환원하는 과학기술 - 물건에서 사람으로, 기관에서 개인을 중요시
제4기 (2011~2015)	○ 과학기술 정책이 지향해야 할 5대 목표 제시 - 지진 재해로부터 부흥·재생을 이루어 지속적인 성장·발전을 실현하는 국가 - 안전하고 풍부하고 질 높은 국민 생활을 실현하는 국가 - 대규모 자연재해 등 지구규모 문제의 해결을 선도하는 국가 - 국가 존립의 기반이 되는 핵심 과학기술을 보유하는 국가 - 지식자산을 지속적으로 창출하여 과학기술을 문화로 키우는 국가
제5기 (2016~2020)	1. 미래산업창조, 사회변혁을 위한 시책 : 세계에 앞서 미래 투자를 통해 신규 가치를 창출하는 초스마트 사회형성 추진 - 미래산업창출과 사회변혁의 기초가 되는 도전적 연구개발 추진 - 미래 사회 및 비즈니스를 구상하여 일본이 장점을 가진 연구기술의 시스템화를 통해 가치네트워크 구축 - 초스마트 사회를 향한 선도적 프로젝트 추진 2. 경제 및 사회적인 과제에 대한 대응 : 과학기술혁신을 통한 국내외 사회경제적 과제해결 도모 - 에너지·자원·식량의 안정적 확보, 초고령화 사회 등에 대응하는 지속가능한 사회 실현, 산업경쟁력 및 지역 활력 향상, 국가 및 국민의 안전 확보, 지구규모 문제에 대한 대응과 세계 발전에 공헌 등 3. 대변혁 시대를 선도할 인재 및 지식기반 강화 : 학제간 장벽을 타파할 수 있는 지식전문가 육성 및 유동화, 지식기반 함양 - 우수 젊은 연구자의 유동성 및 안정성을 배려한 시스템 구축, 지식 프런티어를 개척할 기초연구력 강

구분	주요 이념
	화, 연봉제 도입, 시니어 임기부 고용 등의 촉진, 오픈사이언스에 대응 가능한 연구데이터 기반 강화 등 4. 기반적인 힘 육성 및 강화 : 혁신시스템을 통한 인재, 지식, 자금의 호순환 유도 - 국립연구개발법인의 중간 연계 기능 등 강화, 대학 및 연구자금개혁의 일체추진을 통한 재원 다양화 촉진, 기업의 오픈 이노베이션 추진, 자율적인 지역 이노베이션 가속 등

*출처: ETRI 중장기 기술개발계획 V1.2(2017)

- (중점분야) ICT가 국가 경제에 미치는 영향에 대한 조사에서 IoT, 빅데이터, 인공지능 활용 부문의 투자가 일본 국가경제 성장의 중요한 요소로 인식 하고 있으며, IoT, 빅데이터, 인공지능으로 연결되는 새로운 생태계를 활용하여 현재 일본이 당면한 경제 및 사회적 문제(저출산, 고령화등)를 해결하고자 모색하고 있음*

* 출처: 일본2016정보통신백서 조사분석, IITP (2016)

- (주요 R&D 정책) 과학기술기본법(1995년 제정)에 따라 매 5년 주기로 수립·시행되는 일본 최상위 국가과학기술 계획이 기본 정책임

※ 2016년 이후 중점 시행될 5기 계획을 살펴보면, 혁신을 통한 사회문제 해결에 역량을 집중하고 있음

※ 미래를 앞지르는 성장모델을 구축하여 다양한 분야에서 혁신이 연쇄적으로 일어나고, 세계에서 가장 혁신에 적합한 국가 창출이 목표

□ 국내 ICT 정책 동향

○ 국내 주요 ICT R&D 정책

- 우리나라 ICT 정책은 해외 ICT 선도국 추격을 위한 전략기술 선정·투자에 있어서 정부 주도의 특유의 집중력을 발휘해 왔으나, 글로벌 경제 여건의 변화와 부처간 경쟁에 따른 정책 집중력 부족으로 가시적 성과 창출이 부진한 상황임

<국내 주요 ICT 정책 연혁>

시대	정책명	기간	추진 부처	주요 내용 및 성과
1960	통신사업 5개년 계획	1961 ~ 1984	舊 체신청	○ (내용) 통신망 보급과 시설의 근대화 - 1차 : 지방통신시설 보급, 전신전화시설 확장, 전신요금 현실화, 내 통신관련 공업 육성 - 2차 : 통신시설 확장을 통한 국가경제 규모 확대, 산업활동 증대, 국제교류 활성화 및 통신수요 충족 - 3차 : 통신시설 개량 확장, 시설보전방법 혁신, 기술 개발 - 4차 : 통신시설 개량 확충, 서비스 다양화, 시설보전 및 장비 현대화, 새로운 통신방식 개발과 기술 혁신 등 ○ (성과) 국제통신 2원화, 교환시설 현대화 등 달성 - 가입전화 시설 및 가입자 증가, 전화보급률 향상 - 도서지역 무선전화 확대 및 해저케이블을 통한 통신시설 2원화 - 제2위성통신지구국 준공을 통한 동남아·중동·유럽 및 아프리카

시대	정책명	기간	추진 부처	주요 내용 및 성과
	전자공업진흥 5개년 계획	1967	舊 상공부	직접교신 지원 ※ (비고) 본 계획은 1961년~1984년까지 4차에 걸쳐 시행 ○ (내용) 전자공업 발전과 국산화 개발 - 전자부품의 국산대체, 조립 및 부품공장의 분업화와 전문화 - 수출원가 절감, 전자공업 전문기술인력의 양성 - 전자제품 수출시장 다변화 ○ (성과) 전자공업 육성을 위한 기반 마련
				○ (내용) 전자공업 육성 - '70년대 초 TV, VTR, 후반 산업용 전자부품 및 자동화 기기 개발 등을 통해 전자재료/부품의 해외 의존 탈피 - 전자제품 수출 확대, 수출 기반이 되는 공장 신규 건설 확대 및 시설 구비 ○ (성과) 전자제품 생산과 공급 확대
1970	전자공업 육성계획	1973	舊 상공부	○ (내용) 기관별 추진되던 행정전산화를 국가차원에서추진 - 1차 : 전산화 기초여건 조성 - 2차 : 전국적 통합 행정정보망 구성 ○ (성과) 전국을 단일 정보권으로 하는 정보시스템 구축 - 지방행정업무 전산화를 위해 전국33개시를 전산통신망으로 연결하고, 분야별 행정 DB구축 연결 - 소프트웨어 중복개발에 따른 예산 낭비, 독자적 전산실 운영에 따른 추가비용 소요, 부처별 전산자원 공동활용 미비 등을 이유로 행정부 전산화 전반에 대한 감사 진행 → 기대 성과 대비 비용이 큰 것으로 평가
	행정전산화 5개년 기본계획	1978 ~ 1986	舊 총무처	※ (비고) 본 계획은 1978년~1986년까지 2차에 걸쳐 추진 ○ (내용) 국가경쟁력의 확보와 유지 - 국가기간전산망 완성 및 선진국 수준의 정보사회 실현을 통해 작고 효율적인 정부 구현, 높은 기업 생산성 확보, 편안한 국민생활 영위 추구 ○ (성과) 행정전산망, 금융전산망, 교육 및 연구전산망, 국방 전산망, 공안전산망 - 통신기반 구축 및 관련 소프트웨어 개발 지원
1980	국가기간전산망 기본계획	1987 ~ 1996	舊 총무처 총괄 1991년 舊 체신부 이관	○ (내용) 국가경쟁력의 확보와 유지 - 국가기간전산망 완성 및 선진국 수준의 정보사회 실현을 통해 작고 효율적인 정부 구현, 높은 기업 생산성 확보, 편안한 국민생활 영위 추구 ○ (성과) 행정전산망, 금융전산망, 교육 및 연구전산망, 국방 전산망, 공안전산망 - 통신기반 구축 및 관련 소프트웨어 개발 지원
1990	초고속정보통신 기반 구축 종합계획	1995 ~ 2005	舊 체신부 (1994) 舊 정보 통신부 (1995)	○ (내용) 21세기에 대비한 선행적 국가기반구조 확충을 위해 음성, 문자, 영상 등 다양한 형태의 정보를 전송할 수 있는 "정보의 고속도로"를 구축 ○ (성과) '00년 기준, 세계 최고 수준의 초고속정보통신망 이용률 확보, PC와 셀룰러폰 등 정보기기와 이동통신의 비약적 보급
	정보화촉진 기본계획	1996 ~ 2000	舊 정보 통신부	○ (내용) 고도정보사회 실현을 비전으로 설정하여 정보화촉진 기반조성, 정보활용 확산, 정보활용 고도화 세 단계로 추진 ○ (성과) '00년, 전국 144지역에 초고속 정보통신망 포설
	Cyber Korea 21	1999 ~ 2002	舊 정보 통신부	○ (내용) 창조적 지식기반국가 건설 - 정보통신산업 활성화 및 새로운 비즈니스 창출 - 정보인프라를 활용한 생산성 향상 - 통신망 고도화 및 고도화, 운영시스템 글로벌화 등을 통한 지식정보사회 구축 ○ (성과) 정보화를 통한 일자리 창출 및 경기 활성화 기여 - 가입자망 고도화 및 정보이용률 수준 향상 - 인터넷산업 고용자 수 증가 및 1인당 유발 매출액 향상 - Y2K 문제에 대한 효율적 대응
2000	글로벌 리더, e-KOREA 건설을 위한 제3차 정보화촉진 기본계획	2002 ~ 2006	舊 정보 통신부	○ (내용) 국가사회 정보화 촉진 및 정보인프라 고도화 - 국민의 정보활용능력 제고 - 정보화를 통한 산업 전반의 경쟁력 강화 - 생산적이고 투명한 스마트 정부 구현 - 정보인프라 고도화 및 IT산업의 전략적 육성 - 국제협력 강화를 통한 글로벌 정보사회 주도 ○ (성과) 정보화 활용 제고 및 신산업 기반 마련 - 인터넷 이용 확대 및 학교 정보 인프라 구축 - 초고속 인터넷의 보편적 이용환경 마련

시대	정책명	기간	추진 부처	주요 내용 및 성과
	IT839전략	2003 ~ 2007	舊 정보 통신부	○ (내용) IT산업 선순환구조 확립 및 산업 동반성장 - 휴대인터넷, DMB, W-CDMA 등 8대 서비스 시장 확산 - BcN, USN, IPv6 도입 기반 인프라 구축·투자 촉진 - 차세대 이동통신, 디지털TV, 홈네트워크 등 9대 신성장 엔진 성장발전 유도 ○ (성과) 첨단 IT 기술확보 및 세계화, 신규서비스 도입 - 세계 최초 WiBro, DMB 기술개발 및 국제 표준화 - 지상파DMB 상용화(05.2월), HSDPA(고속하향패킷접속, 2006) 등 신기술 상용 서비스 개시 - 2003~2004년 IT839관련 중점 대응 ※ (비고) '07년까지 380조원, 수출 1100억달러 → 기대미달로 평가
	뉴 IT전략	2008	舊 지식 경제부	○ (내용) IT 확산기반 산업구조 선진화 및 사회문제 해결 - 자동차, 조선, 기계, 섬유 등 주력산업과 IT 융합 확산 - IT를 활용한 에너지, 환경 등 경제·사회 문제 해결 - 핵심 IT산업의 고도화 ○ (성과) IT 산업의 질적 고도화 - IT 융합기술개발 분야 확대 - 정보통신제품 에너지 효율 제고 - IT산업 수출 품목 확대 ※ (비고) 2012년까지 수출 2천억 달러, 산업 국내 생산 386조 달성 목표 → 성과 추적 불가
	IT KOREA 미래전략	2009	舊 지식 경제부 등	○ (내용) 융합의 메가트렌드 대응과 IT산업의 글로벌 경쟁력 강화 - IT가 미래 성장동력으로 발전될 수 있도록 IT융합, S/W, 주력IT, 방송통신, 인터넷 등 5대 핵심전략을 추진 ○ (목표) 정부·민간에서 향후 5년간 189.3조원 투자, 잠재성장률 0.5%상승(2013년)
2010	IT R&D 발전전략	2010	舊 지식 경제부	○ (내용) 세계최고수준의 정보통신(IT) 강국 실현 - IT기술발전과 확산을 통한 국가 신성장동력 창출 - 주력산업의 경쟁력 확보 및 미래신산업 육성 - 전자정보다바이스, 정보통신미디어, 차세대통신네트워크 등 5대 전략분야 선정 ○ (목표) IT 국제표준특허의 10% 이상 확보, 세계시장 주도 Star Product 10개 이상 창출
	ICT R&D 중장기전략	2013	미래창조 과학부	○ (내용) 창조경제 성장잠재력 확충을 위한 신성장동력 육성 및 글로벌 시장 선점(일명 'ICT WAVE전략') - (W) 세계 최고의 ICT 경쟁력 확보 - (A) 연구 환경의 획기적 개선 - (V) 산업적 성과창출 - (E) 국민 삶의 질 개선 - 콘텐츠, 플랫폼, 네트워크 디바이스, 정보보호 5대 분야 10대 핵심기술 개발 ○ (목표) 향후 5년내 기술 상용화율 35%, ICT R&D 투자생산성 7%, 국제 표준특허 보유 세계 4위 달성
	K-ICT 전략	2015	미래창조 과학부	○ (내용) ICT 산업 체질의 근본적 개선, ICT 융합서비스 확산을 위한 대규모 투자로 新수요창출, 중국·개도국 등 패키지형 수출 다변화를 통한 판로 개척, SW·신산업 분야 9대 전략 산업 육성 - (6대 분야 융합 실현) 교통, 에너지, 교육, 의료, 관광, 도시 - (9대 전략산업) 디지털콘텐츠, 빅데이터, 5G, UHD, 스마트 디바이스, 소프트웨어, IoT, 클라우드, 정보보안

○ 국내 ICT R&D 정책의 현주소

- (주요 정책) 정부 부처별로 다양한 계획이 수립·진행 중이나, 종합기획 기반의 유기적 연계성과 성과 확보는 다소 미흡

※ 체계적·종합적 국가 ICT R&D 정책 기획을 기반한 계획 수립 및 시행으로 성과추적 체계 마련
이 시급

<과학기술기본법 시행령 기반 ICT/융합 분야 종합계획 및 세부계획>

분야	종합계획	현황	세부계획(안) 및 근거	
ICT	ICT R&D 중장기전략 (미래부) /근거無	유지	법정	- 국가초고성능컴퓨팅육성기본계획 (미래부) - 전파진흥기본계획 (미래부) - 이러닝산업발전및활성화기본계획 (산업부)
			근거無	SW혁신전략 (미래부)
		정비	근거無	- 미래를대비한인터넷발전계획 (미래부) - 차세대(4G)모바일주도권확보전략 (미래부) - 클라우드컴퓨팅활성화종합계획 (미래부) 3D산업발전전략 (산업부)
융합	창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략 (2014~2018) (미래부)/법정	유지	법정	2차문화기술R&D기본계획 (문체부) - 디자인산업육성종합계획 (산업부) - 제1차산업융합발전기본계획 (산업부)
			법정	제5차산업디자인진흥종합계획
		정비	근거無	IT융합확산전략 (미래부)

－ 「과학기술기본법시행령」 제3조의2에 따른 과학기술분야 중장기 계획

- ※ 2014년 12월 기준, 18개 중앙행정기관이 총 120개 과학기술분야 중장기계획을 수립·시행 중이며 계획 수는 매년 증가 (2012년 113개 → 2013년 116개)
- ※ 이 중에서 ICT/융합 분야의 정책은 2개 종합계획, 13개 세부계획을 포함 총 15개가 수립·추진된 바 있으며 법정 근거를 확보한 계획은 7개에 불과
- ※ 정책 간 상호 유사성 · 중복성 등에 대한 논란이 있어 6개 계획, 총 40%의 세부 계획이 종료/폐지/통폐합 등 정비 논의 중

－ 「정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법」 근거 기본/실행계획

- ※ ‘정보통신 진흥 및 융합 활성화 기본계획(2014~2016)’ 및 이의 실효성 제고를 위한 2016년도 범부처 실행계획이 수립되어 추진 중
- ※ 기본계획의 4대 전략을 이행하기 위한 128개 과제 및 263개 세부과제 시행 전략이 주요 추진 내용
- ※ 2014년 2월 제정된 본 특별법 하의 계획은 ICT R&D 중장기 전략과 비전/실행과제 분야가 유사하나 연계성/연관 영향력 등에 대한 고려 미흡
- ※ 환경 변화에 따라 기존 전략이 수정된 경우라 해도, 체계적 R&D 기획을 기반으로 명확한 절차를 거쳐 성과 평가 및 차기 전략 수립 등에 활용하고, 지속적인 이행현황 파악 등 성과추적을 통해 이행성 및 효율성을 제고하는 것이 바람직

<정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법 기반 기본/실행계획>

분야	기본계획	세부계획(안) 및 근거	주요 내용
ICT 진흥 / 융합 활성화	정보통신 진흥 및 융합 활성화 기본계획 (2014~2016) (미래부)	법정 2016년 정보통신 진흥 및 융합 활성화 실행계획 (미래부)	[4대 전략] ○ 9대 전략산업 육성 - 5G 핵심 기술개발, 글로벌 IoT 데이터생태계 조성, 국가 정보보호 산업육성기반 강화, SW 중심사회 실현 ○ 10대 분야 ICT 융합 본격 확산 - ICT융합 초기시장 창출을 지원하기 위해 분야별 전략에 따라 기술개발, 실증 및 확산 등 추진 ○ ICT 성장 인프라 조성 - 무제한 인터넷 주소(IPv6)확산, ICT 지역혁신 거점 구축, 공공데이터 개방 확대 및 활용기반 조성 ○ 산업체질 개선 및 글로벌 진출 강화 - 창의 도전적 고급 융합 인재 양성, 벤처창업 생태계 조성, 국가R&D 혁신, 국내기업의 해외진출 중점 지원 등

- (ICT R&D 정책 한계) 근거 법령 및 추진 체계가 불명확한 다수 정책 양산으로 정책/전략 간 체계적·일관적 추진을 위한 보완이 필요한 상황

- ※ 핵심전략(King-pin Strategy) 없는 병렬적 정책·전략 수립·추진으로 국가적 파급 효과가 큰 핵심 성과 창출에 한계
- ※ 다양한 계량적 성과 창출에도 불구, 중·장기 R&D 기획 및 추진을 기반으로 한 지속가능한 성과 창출 전략이 요구되는 상황
- ※ 종합계획/세부전략/추진 과제가 유기적으로 연계된 실효적 국가 R&D 전략 및 정책 간 연계성·일관성을 고려한 지원책 수립 시급

- 정부 R&D 정책 개선 현황 및 주요 내용

- ※ 「정부 연구개발 혁신방안」(이하, 'R&D 혁신안')이 발표되었고(2015년 5월), 이에 따른 세부 실행계획 확정(2015년 6월) 및 혁신과제 현장 착근 조치(2015년 7월~) 및 2단계 실행계획(2016년) 추진 중
- ※ '출연(연)'역할, 예산 및 인력구조 등을 혁신하여 R&D 성과의 질적 수준 제고 및 확산 유도
- ※ 출연(연) 혁신 및 정부 R&D 체계 혁신 등이 주된 내용으로 연구계 전반의 내·외부 환경변화 예상
- ※ 정책간 시너지 창출을 위해 ICT분야 정책들을 단일 브랜드화한 K-ICT전략'수립(2015, 2016)
- ※ K-ICT 전략은 2020년 수출 2,100억불을 목표로 10대 전략산업(5G, 지능정보, 빅데이터 등) 육성, ICT산업 체질개선 등을 주요 전략으로 제시하였으며, 전략 산업별 주요 추진과제는 신시장 창출 지원, 규제 개선, 민간투자 활성화 등임

<정부 R&D 혁신안의 주요 내용>

구 분		내 용	상세 방안
출연(연) 혁신	역할	역할 차별화	○ 상용화 연구과제의 주관 수행 단계 제한
		원천기술 개발 집중	○ PBS 비중 축소 및 민간수탁 활성화 등 예산구조 개편(2015년 7월 정부 R&D사업 예산배분조정안 확정)
		중소·중견기업 지원	○ 출연(연)별 집중육성 패밀리 기업 선정 후 기술이전, 인력·장비 지원, 수출지원 ○ 정규직 파견 확대 (2015년 30명→2016년 40명) ○ 공동연구실 확대 (2014년 4개→2015년 9월, 25개) ○ 출연(연) 연구원 지정 파견 요청시 지원 (시범사업) ○ 정부 R&D를 위해 취득한 장비는 과제 종료 후 중소기업에 이전·재배치
	재원	민간수탁 연계자금 확대	○ ETRI 포함 6개 기관 민간수탁 연계자금을 수탁실적과 연계 지원 ⇒ 프라운호퍼 지원방식 도입 (상세 방안 미정)
		PBS 축소	○ (상세 방안 미정)
	과제	융합연구 부문 확대	○ 융합클러스터 확대 (20개) ○ 일몰형 융합연구단 확대 (10개, 100억/개) ○ 창의형 융합연구단 15개 발굴/지원
	인사	인센티브 부여 및 책임 강화	○ 테뉴어 제도 도입 (2015년 10월 가이드라인 마련) ○ 원장임기 연장(2015년 7월 ~ 2016년 2월까지 관련 연구 추진) ○ 원장 책임경영 확보를 위한 제도 개선사항 도출 및 추진 (2016년 이후)
정부 R & D 체계 혁신	역할	역할 차별화	○ 상용화 연구 및 대기업 지원 축소 → 장기, 기초·원천 및 중소기업 지원
	기획	중장기 전략수립	○ 기술분야별 투자 우선순위 및 전략을 포함, 9대 과학기술 분야별 중장기 R&D 투자전략 수립(2015년 12월까지)
	선정	신속 대응체계 마련	○ 예타제도 예외과제 마련(2015년 8월까지 정책연구 수행 및 15년 3/4분기 재정법 및 규정에 반영) ○ 패스트 트랙 제도 도입
	지원	연구자 맞춤형 과제 확대	○ 기초연구과제는 연구기간 및 연구비를 자유롭게 신청하는 연구자 맞춤형 방식을 확정(2015년 12월), 도입(2016년 미래부, 교육부 기초연구사업)
		자유공모형 과제 확대	○ 중소기업 개발연구 → 자유공모형 과제로 점진 전환
	관리	관리방안 효율화	○ 관련 행정절차 최소화 ○ 조기종료제도 도입, 연구비 잔액이월 특례 확대(2015년 7월) ⇒ 성과우수 과제에 대해 전문기관 승인하에 잔액 이월 ⇒ 응용·개발연구에 확대 예정

3.3. 국내 ICT R&D 현황

- 과기정통부 ICT R&D 예산은 2016년 11,104억원에서 2017년 11,159억원 규모로 소폭 상승하였으나, 정부 전체의 R&D예산 대비 ICT R&D 비중은 5.84%에서 5.73%로 소폭 감소하였음
- 전체 정부 R&D 예산 규모: (2016년) 190,044억원, (2017년) 194,614억원

<국내 ICT R&D 투자 현황>

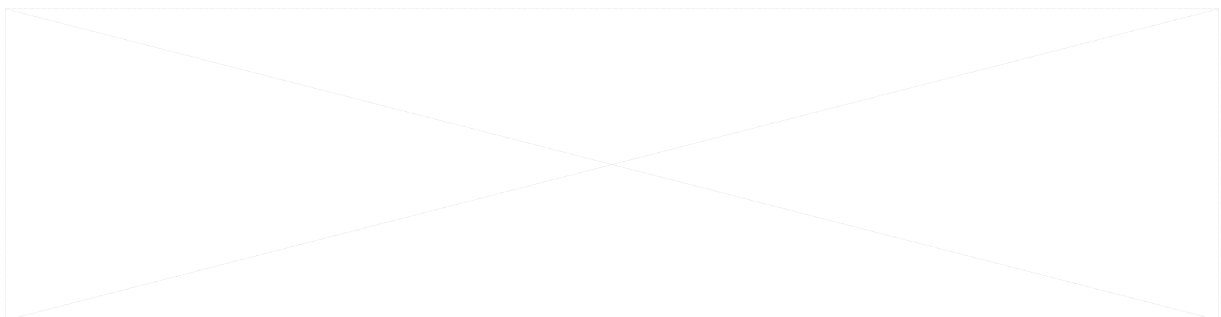


(2017년 기준, 단위: 억원)

구분	기술개발	표준화	기술사업화	인력양성	기반조성	계
예산	8,072	250	381	733	1,723	11,159
비중(%)	72.3	2.2	3.4	6.5	15.4	100

- 민간 및 정부의 ICT R&D 규모는 2011년 각각 19.6조원 및 0.9조원 규모에서, 2015년에는 각각 27조 및 1조 규모로 증가하였으며,
- 정부 R&D에 대비 민간 부문의 ICT R&D 비중은 21.8배(2011년)에서 27배(2015년) 수준으로 23.8% 확대

<민간 ICT R&D 분야별 투자규모(2015년 기준)>



*출처: IITP 소관사업 분석(2016), 정부연구개발 투자방향 및 기준(2017)

- (투자비중) 국내 과학기술 전체 연구개발 단계별로 투자 비중(2016년)을 살펴보면, 기초 16.0%, 응용 22.5%, 개발 61.5%임

<연구개발 단계별 연구개발비>

(단위: 억원)



*출처: 국가과학기술지식정보(<http://www.ntis.go.kr>)

- (기술수준) 국내 ICT 기술 경쟁력은 세계 최고수준(미국, 100%) 대비 80.5%, 기술격차는 1.5년이며 중국과의 격차도 급격하게 좁혀지고 있음
- 이동통신(91.4%), 방송·스마트미디어(84.5%) 분야에서 강점이 있으며, 기반 SW·컴퓨팅분야(74.1%)에서 가장 큰 기술격차 보임

<국가별 ICT 산업의 기술수준 비교>



*출처: IITP 기술수준 조사분석 보고서, 2017

3.4. 문제점 및 시사점

<문제점>

○ 4차 산업혁명 주도를 위한 ICT 기초원천기술 활성화 미흡

- 기초원천연구에서 산업기술연구, 실용화, 신산업 창출 및 사회문제 해결 등에 이르기까지 연계될 수 있는 성과 활용 시스템 미비
- 4차 산업혁명 준비를 위해 기존 기술에 인공지능 등의 최신 기술을 접목하는 사례가 있으나, 기초원천에 입각한 상호연관성 부족

※ 현장에서는 인공지능 관련 기초원천 기술을 요구하고 있으나 실제로는 응용연구 및 개발연구에 더 편중하여 지원

※ 미국은 인공지능 분야에 10년간 30억 달러를 투자 및 이중 기초연구에 80%를 집중(미국 백악관 '14)

○ ICT 기초원천 연구 투자 비중 저조

- 미래 ICT 기술을 선도하기 위해서는 기초원천 기술의 축적이 필요하나, 정부의 ICT R&D의 연구비는 2016년 기준 총 33,618억원이며, 기초연구 5,109억원(15.2%), 응용연구 6,156억원(18.3%), 개발연구 18,493억원(55%), 기타 3,860억원(11.5%)*로 ICT 기초원천에 대한 투자가 응용/개발 대비 15:85 비율로 저조하며, 글로벌 주요국들은 기초연구비 비중을 증가시키고 있음**

* IITP ICT R&D 통계분석(2017.12)

** 2장 해외현황 참조

- ICT관련 산업육성을 목적으로 하는 ICT기금의 특성상 기초원천분야 투자가 부족한 측면이 있고, 일반회계에서도 ICT분야 투자는 미흡
- 또한, 정부 R&D보다 민간R&D 투자 규모가 훨씬 높으며, 응용개발단계 중심의 민간 R&D와 정부R&D의 차별성 부족(중복투자 우려)

○ ICT 기초원천 연구에 대한 장기적·전략적 지원 미흡:

- 논문·특허 등 양적 성과 창출에 집중하여 추격자형 R&D가 아닌 First Mover형 R&D로서의 기초연구 전략 부족

- '17년 9월 60여명의 국내 ICT 분야 학계 전문가에 대해 실시한 ICT 기초원천 조사에서도 10년 이상의 꾸준한 장기적 ICT 기초원천연구 지원의 필요성이 강조

※ AI의 대표 기술인 딥러닝은 힌톤(Hinton)교수의 연구에 10년 이상 꾸준히 지원한 성과

- 핵심 SW, 부품 및 시스템분야에서 상당부분 핵심 기술을 보유하고 있으나, 실제 세계적 경쟁력을 갖춘 한국만의 핵심기술은 미흡한 부분 존재

- 출연(연)·기업의 R&D 투자는 전략기술(5년내 상용화) 중심이며, 장기적 차원의 기초원천기술 개발 지원은 미흡*하여 '기초연구 공백' 야기

- * SW분야 기초원천기술 확보를 위한 사업(차세대정보컴퓨팅, ~2019년)이 추진되고 있으나 ICT 기초원천에 대한 투자는 미약함(예타 계획 대비 2~30% 수준)
- 변화에 민감한 ICT산업 특성상 응용개발 단계의 핵심기술 확보를 위한 다양한 전략은 있으나, 기초원천분야의 전략적 지원은 미흡*
 - * 기초원천연구의 특성상 실패위험이 크고 성과창출까지 장기간 투자가 필요하나, 관련 산업육성에만 지원이 집중되어 주요 기술별 기초저변이 취약
- 과제 기획 및 선정, 사업관리 등에서 기초원천과 응용개발 R&D 간 연계 체계가 미비하여 연구 결과물의 활용도가 낮음

○ ICT 기초원천 인력 부족

- 기존 활성화된 분야의 연구인력은 부족하지는 않으나, 특히 양자정보통신, 양자컴퓨터, 인공지능 등 신기술 분야의 ICT 기초원천 우수인력이 심각하게 부족하며, ICT 기초원천기술 이니셔티브 인력양성 체계화 및 인력양성 시스템 개선 절실
 - ※ 현장 적응형 인력 양성 위주 사업으로 인하여 미래 세계시장을 선도할 창의적인 고급인력 부족
 - ※ 일부 인력마저 양질의 기초연구 수요가 없어 응용/개발 분야 및 해외로 지속적으로 유출
- ICT 기초원천 효율적 지원체계 구축을 위한 법제도 미흡

<시사점>

- 다양한 분야에 파급력 있는 ICT 핵심 기초원천기술을 발굴하고, 투자를 확대하는 등 전략적인 지원방안 수립
 - 4차 산업혁명 주도과 산업 전반에 걸친 큰 파급효과를 거두기 위해서는 시작단계부터 체계적이고 전략적인 ICT 기초원천기술 접근 필요
 - 4차 산업혁명 주도 기술의 발전 속도가 예상보다 빨라, 미래를 대비하는 선제적 ICT 기초원천기술 개발 필요
 - 응용연구와 개발연구에 대한 민간부분 투자가 많으므로 민간 부분에서 부족한 선제적 기초원천 연구에 대한 정부 R&D 투자 증대 정책 전환이 필요
- 신진 우수 연구자 및 장기적이고 안정적인 연구환경 조성을 위한 ICT 기초원천 연구 생태계 조성
 - 선제적 분야 발굴 및 연구 실패를 용인하는 분위기 필요
 - 기초원천 R&D는 미래기술에 대한 인력 양성 및 원천 IP 확보에 집중할 수 있도록 장기적 지원책 강화
 - 응용기술은 양적으로 크게 성장하였으나, 글로벌 수준의 질적 성장은 한계, 창의성·자율성을 강화를 통해 선도형 기초원천 연구로의 전환 필요

IV. ICT 분야 First Mover로 도약을 위한 계획

4.1. ICT 기초원천 R&D 사업 비전

비전	대한민국 ICT의 새로운 성장동력 확보	
목표	세계 최고수준 대비 기술경쟁력 90%이상(2025) - 2030년 100% 기술경쟁력 달성	
추진 전략	ICT 핵심 기초원천기술 발굴 및 지원 강화	ICT 기초체력 확보
추진 과제	ICT 핵심 기초원천기술 발굴 - 산학연 전문가 참여를 통한 기반기술 도출 - 기반기술별 기술체계 도출 - 핵심 기초원천기술 발굴	ICT 기초원천연구 생태계 조성 - 신진 우수연구자 육성 - 장기적·안정적 연구환경 조성 - ICT 관련 기관간 연계 강화
	기초원천분야 신규사업 추진 - 정부 R&D 투자 확대 - 민간기업의 투자 확대 유도	연구자중심 창의성 및 자율성 강화 - 우수 연구 집단의 발굴 및 육성 - 연구 지원 체계 개선

4.2. ICT 기초원천기술 분류 체계

□ 14대 ICT 기반기술을 토대로 110개 기초원천기술 도출

○ (개요) 제품이나 서비스 개발에 필수불가결한 독창적 기술 중 지속적 부가가치를 창출하고, 다양한 분야에 응용 가능한 기술을 기초연구 중심으로 도출

○ (도출방법)

－ 산·학·연 전문가 120여명으로 구성된 4개 분과* TFT 위원회** 결성

* 초연결분과, 초지능분과, 초실감분과, 초신뢰분과

** IITP CP, 각 분과의 전문 대학교수, 현장의 주요 산업체, ETRI로 구성

※ 전문가들의 견해를 유도하고 종합하여 집단적으로 판단함으로써 결과를 도출하는 객관적인 기법 중의 하나인 델파이 기법을 통해 기술이 도출되었음

－ 과학기술정보통신부 중장기 R&D 전략(2017년)의 12대 ICT 핵심기반기술*과 논문, 정책자료, 뉴스 등에서 주요기술 키워드를 추출하고, 전문가 검토를 거쳐 14대 기반기술** 도출

* IoT, 5G+, 전파응용, 빅데이터/클라우드, AI, 지능형 반도체 및 센서, AR·MR, 체감미디어, 3D/4D 프린팅, 정보보안, 블록체인, 양자정보통신

** IoT, 통신, 전파응용, 빅데이터, 클라우드, AI, 지능형 반도체 및 센서, AR·MR, 체감미디어, 3D/4D 프린팅, 정보보안, 블록체인, 양자정보통신, AI로봇

－ 4개 분과 TFT 위원회의 논의를 통해, 14대 기반 기술별 기술체계도 마련

－ 기술체계도를 기반으로 미래과급력, 필요성, 국내역량 등을 종합적으로 분석하여 110개 기초원천기술 도출



<도출 과정>

□ IoT



○ 경량 인공지능 기술

(기술개요) 대량의 정보를 기반으로 스스로 생각해서 최적화를 수행하는 초연결 기반 지능화를 실현하기 위한 IoT 디바이스 구현을 위해 필요한 초저전력 뉴로모픽 하드웨어 설계 기술

- IoT 센서로 부터 입력되는 사물데이터를 지능적으로 선별하여 유효한 사물데이터만을 전송하기 위한 초저전력 경량 IoT 디바이스에 활용 가능

(기술수준) IBM은 54억 개의 트랜지스터와 100만개의 뉴런, 2억5600만개의 시냅스를 집적한 트루노스 칩을 발표하였으며 16개의 칩을 연결해 1,600만 개의 뉴런과 40억 개의 시냅스를 갖춘 보드를 제공

- 애플은 'A11 바이오닉'에 신규 뉴럴 엔진 기술을 적용하여 1초에 6000억 번 이상을 연산할 수 있는 실시간 프로세싱이 가능한 뉴로모픽 칩 기술을 개발함
- 화웨이는 '기린970'에 인공지능을 위한 하이AI(HiAI) 모바일 NPU 아키텍처를 포함하여 이미지 인식과 음성 상호 작용, 지능형 카메라 기능 향상을 위한 핵심 기술로 활용
- 인텔은 최근 13만개의 뉴런과 1억3000만개의 시냅스로 구성된 자체 학습이 가

능한 모바일 온-디바이스 AI칩인 코드명 로이히(Loihi)를 개발 중임을 발표

- 삼성전자도 차기 엑시노스 모바일AP에 모바일 온-디바이스 AI를 실현하는 NPU 적용을 목표로 뉴로모픽 칩 개발을 추진 중

(도출근거) 딥러닝 기술 기반 알고리즘의 발전으로 고성능 인공지능 기술이 실현 되었으나 비효율적인 에너지 소모로 인하여 실제 IoT 및 모바일 기기에 직접 적 인 적용은 불가능

- 알파고는 12GW를 소모 하고도 20W를 소모하는 인간 뇌의 사고 능력에는 미 치지 못함으로 알려졌으며, 이에 인간의 뇌를 모방한 다양한 소재 및 구조를 갖 는 뉴로모픽 하드웨어 연구가 전 세계적으로 진행되고 있으나 독보적 경쟁력을 가진 선두 그룹은 없는 상황임

- 미국 DARPA가 2008년부터 2013년까지 장기적으로 1억 달러 이상을 ‘시냅스 (SyNAPSE)’프로젝트에 투입하여 결과물로 트루노스 칩을 발표한 것처럼 세계시 장을 선도할 수 있는 고집적 고효율 뉴로모픽 하드웨어를 개발하기 위해 소자, 회로, 컴퓨팅 분야 등을 아우르는 국가적 차원의 융합 연구가 필요

(발전전망) 가트너의 '테크놀로지 하이프 사이클'에 따르면, 뉴로모픽 하드웨어는 10년 후부터 본격적인 시장이 형성될 전망이며, 과도기인 3~7년간 자동차 첨단운 전자보조시스템(ADAS), 실시간 얼굴 및 물체 인식, 실시간 문자 번역, IoT 센서 등에서 활용 될 것이며 이후 지능형 로봇, 무인기, 자율주행 자동차, AI 비서 등에 서 폭넓게 사용될 것으로 예측됨

○ 초경량 운영체제 기술

(기술개요) 경량 SoC에 최적화 되어 초저전력 운용과 다양한 응용 서비스 적용이 가능한 경량 운영체제 기술 개발

- IoT/웨어러블 기기 등 단일 목표 성능을 가지는 제품에 적용 가능한 임베디드 운 영체제로서, 경량화, 안정성, 초저전력, 실시간 처리 보장 등의 특성을 가짐
- 범용 스마트기기(스마트폰, 스마트TV, PC 등)용 운영체제와 달리, IoT/웨어러블 기기의 목표 기능 모듈에 내재(embedded)된 기능 특화형 경량 운영체제임

(기술수준) uC/OS, eCOS, uCLinux 등의 다양한 경량 OS가 있으며 20KB이내의 커널을 제공하고 있음

- (Contiki) 스웨덴 SICS에서 오픈 프로젝트로 개발한 공개 멀티 쓰레드 기반 OS 로서 IoT 제품에 적용될 수 있도록 확장중임
- (TinyOS) UC 버클리에서 개발한 센서 네트워크용 공개 OS로서TOSSIM 시뮬 레이터와 이클립스 개발환경을 제공

- (ARM mbed) ARM에서 제공하는 모바일용 OS로서 개발환경을 함께 제공하고 있고 개방형 정책을 지향함

- (FreeRTOS) 리얼타임엔지니어스에서 개발한 웨어러블 기기용 경량 OS로서 스마트워치 시장의 많은 부분을 점유하는 Pebble Watch에 적용

(도출근거) 공개되어 많은 사용자를 확보하고 있는 운영체제들은 저전력 기능 지원이 부족하여, 배터리로 동작하는 IoT 기기로 적용하기 어려운 상황임

- 버클리 대학에서 공개한 TinyOS나 스웨덴 연구소의 공개된 Contiki는 경량 IoT 단말을 위한 운영체제로 주력 개발자의 창업으로 SW의 업그레이드가 지속되지 못하고 있으며, 해당 기술이 공개될 시점의 목표 SoC 기술과 현재 변화하고 있는 초저전력 경량 SoC와는 기술규격 수준 측면에서 많은 차이가 있음

(발전전망) 초저전력 경량 운영체제 기술은 경량 디바이스 산업 전반에 적용될 수 있는 기반기술로 초저전력을 달성하기 위해 MCU 내에 다양한 모듈의 제어 및 이를 응용에 맞게 지능적으로 제어하는 기능을 포함하고 있음

- 초저전력 이슈를 해결함에 있어, SoC와 SW의 상호 극복이 어려웠던 부분을 융합으로 지원하여, 구동 성능 및 기능 보완 등의 추가적인 원천기술 확보가 가능하여 글로벌 시장 선점효과를 얻을 수 있음

○ IoNano-Bio Thing

(기술개요) IoT 기술은 기계, 환경 중심의 서비스에서 바이오 정보를 기반으로 사람의 건강정보 관리 서비스로 확대되고 있음

- 사람을 포함한 생명체의 경우 정밀한 관리가 필요하며, 이를 위해서는 바이오 정보를 실시간 상시 획득/관리 기능이 있는 Nano 바이오 기반의 단말기 기술이 기술 개발이 필요함

※ 예) 나노 바이오 로봇, 인체 삽입/부착형 바이오센서, 나노 바이오센서, 비침습형 센서 등

- 소형 시스템에는 정보획득을 위한 센서, 신호처리, 데이터 전송, 저전력 에너지원, 처치 등 집적화된 시스템 기술 개발이 필요

(기술수준) IoNano-Bio Thing관련 기술은 기술적 한계로 국내/국외적으로 심박, 체온 등 일부 센서 기술만 인체 부착형 센서에 적용되고 있음

- 나노바이오로봇, 임상수준의 정확도를 갖는 나노 바이오센서 기술들은 기초 연구단계로 아직 인터넷에 연결해서 사용할 수준의 성능을 갖는 기술이 개발 되고 있지 않음

(도출근거) 사회 노령화/고도화, 건강 인식 변화 등에 따라 필요성이 급증하고 있어, IoNB Thing은 IoT 산업 활용분야를 혁신적으로 확장이 가능하여 산업 파급효과가 매우 클 것으로 기대됨

- IoNB Thing 관련 기술들은 다학제적 기술 집약형 산업으로 장기 개발이 필요한 기술임
(발전전망) 차세대 IoT는 성능이 좋은 센서 즉 바이오의료분야 센서 기반 인터넷 기술로 발전 전망됨
- IoNBT 관련 (IoMT) 시장은 연 16.3%로 급성장 할 것으로 전망되고 있음

○ IoNT

(기술개요) 사용자와 그 주변에 여러 ICT 디바이스에 내장된 다양한 나노센서들 사이의 인터넷을 구성하고 서비스에 응용하는 기술로 나노센서들로 구성된 IoT를 지칭함

- 인체에 부착된 나노센서들이 수집한 바이오 상태 정보(체온, 심박, 스트레스 반응 등)와 사용자 주변의 나노센서들이 수집한 환경오염 정보(병원균, 알레르기 유발 항원 등)를 IoNT를 이용하여 융합함으로써 보다 정확하게 환자를 진단하고 건강을 관리하는 서비스를 제공하는 등의 매우 다양한 응용이 가능하여 기술적 파급효과가 큼

(기술수준) 2010년에 개념이 처음 소개되고, 2013년부터 일부 연구가 시작되어 아직 기초 연구단계임

- 박테리아 등을 이용한 분자 통신 및 그래핀 안테나 등을 이용한 전자기 통신, IoNT의 특수한 환경에 적합한 데이터 수집, 다양한 서비스를 고려한 미들웨어 등의 요소기술들이 일부 연구되고 있음

(도출근거) 정부는 2015년 “미래대비 투자” 업무보고서에서 바이오, 기후, 나노 분야를 미래유망분야로 선정하고 원천기술 확보를 통한 신성장동력 창출을 위한 투자계획을 발표함. 2016년 “제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책” 업무보고서에서 지능정보사회의 핵심요소기술 5개에 사물인터넷을 포함함

- IoNT 기술들은 4차 산업혁명에 대응하여 나노, 바이오, IoT를 융합하여 발전시킬 수 신기술로 부각되고 있음

(발전전망) IoNT 관련 나노 부품/디바이스의 세계시장은 2016년 42.6억불에서 연평균 22.8% 성장하여 2020년 96.9억불에 도달할 것으로 전망됨 (출처: MarketsandMarkets, 2014)

- IoNT 세계시장은 2016-2020년 기간 동안 24.3% 성장할 것으로 전망됨 (출처: Technavio, 2014). 센서가 시장 성장을 주도하지만, IoNT 인프라에 대한 큰 초기 투자가 시장 형성의 장애물이 될 것으로 전망됨

○ 고신뢰 Short Data 전송 기술

(기술개요) IoT 서비스의 확대에 따라 사물의 특성에 적합하도록 통신기술도 급속히 변화하고 있으며, 데이터 발생률이 낮은 사물중심 IoT의 특성에 따라 short data 중심 서

비스에 적합한 LPWA IoT 기술을 적용하려는 다양한 시도가 진행되고 있음

- 기존의 전송 신뢰도 향상을 채널코딩 기술은 길이가 충분히 긴 패킷에 적절한 방법이며, 짧은 길이의 패킷에는 적절하지 못함

(기술수준) 국내 현황 및 수준은 저속패킷에 대한 채널코딩과 관련하여 국내의 독자적 기술은 일부 사례(IEEE802.15.4a/g)가 있으나, 최근 LPWA 관련한 대부분 국내 기술은 국외 규격을 준용하는 수준임

- 기존 기술은 대부분 긴 길이의 패킷에 최적화된 방법으로서 짧은 길이의 패킷에 최적화된 방법을 적용한 경우는 없음

(도출근거) 향후 본격적인 IoT 서비스 확산시기의 LPWA 네트워크 시장을 상당히 크게 예측하고 있으며, 파급효과가 상당히 클 것으로 예측함

- 현재 국내외 LPWA 네트워크 기술시장은 LoRa, Sigfox 등 외국사가 자체 보유한 기술을 중심으로 확대되고 있음
- 장기적으로 외국기술에 대한 종속에서 벗어나 국내 LPWA IoT 서비스 시장의 활성화와 세계시장의 공세적인 공략을 위한 차별적 우수성의 기초기술에 대한 연구가 중요한 시점임

(발전전망) 현재 LPWA 네트워크는 LoRa, Sigfox 등 외국사의 비표준 기술을 중심으로 확대되고 있음

- 시에라자료(Sierra Wireless White paper)는 2016년 1억회선 미만, 2020년 15억회선, 2022년 27억회선으로 급격한 LPWA 시장의 확대를 전망함
- LPWA 관련 표준화가 IEEE802(IG-LPWA), IETF(lpwan) 등에서 최근 시작됨
- 차별적으로 우수한 기초기술 연구를 통해 표준과 시장 선점이 가능함

○ 분산 협업 지능 기술

(기술개요) 기본적인 지능정보처리 기능을 보유한 사물인터넷 장치들이 주어진 목표를 달성하기 위해서 서로 동적인 제한된 성능과 기능을 서로 협력하고 그 양상을 기록하여 재활용하는 기술

- 고정형 사물 또는 이동형 사물이 임무 지향적으로 협업을 제공할 수 있는 기술과 주위 구성 상황에서 최적의 조합과 결정을 내리는 최적화 기술, 그 과정을 재사용할 수 있게 학습하는 기술이 핵심임

(기술수준) 2016년 미국방부와 미해군은 100여대의 소형 무인 드론(Perdix micro-drone)으로 집단 자율비행을 시연하여, 소형 드론이 상호 통신을 통해서 중앙 통제 없이 자율적으로 미션을 수행하는 분산형 지능 소프트웨어를 구현

- 미국 아마존과 중국의 물류회사에서 택배 처리를 위한 수화물 운송 로봇을 활용하는데 있어

최적 이동, 최적 저장, 동시 운영 확장 기능성 등의 기반 연구를 활발히 진행중

- 스마트시티, 초대형 복합 건물 등에서 에너지 소비 모니터링을 기반으로 빌딩 에너지 관리를 하거나, 순찰 로봇을 활용하여 보안 서비스 운영, PLM을 기반으로 제조 공정 최적화 등에서 단말 수준의 협업 기술과 최적화 결정 관련 연구 사례가 소개되고 있음

(도출근거) 사물인터넷 산업은 연결성을 기반으로 원격 모니터링과 사용자 수준의 원격 제어 서비스가 가능한 시점으로 대규모 사물인터넷 구축의 가능성이 제시되고 있는 수준임

- 현재의 연결성 제공 위주의 사물인터넷 기술로는 대규모 사물의 운영 관리의 복잡도가 매우 높다고 할 수 있으며, 사물 간의 자율적인 협업, 연동, 확장 가능성을 제공하려면 사물들이 군집된 환경에서 상호간에 자율 협업할 수 있는 지능 소프트웨어 기술이 필수적임
- 일반적으로 지능형 사물인터넷의 구성은 클라우드 기반의 중앙집중식 지능정보 소프트웨어 운영을 기반으로 하나, 스마트시티 수준의 대규모 사물 운영을 위해서는 사물 자체의 지능을 활용하여 자체적인 자율성을 제공하는 것이 필수적임
- 지능형 사물간의 자율협업을 제공하기 위한 소프트웨어는 아직 성공사례가 없는 원천 기술로서 사물인터넷 기반 기술을 확보한 연구원에서 추가적인 연구개발을 통해서 원천기술 취득 및 세계선도가 가능한 분야임

(발전전망) 사물 수준의 제한된 환경에서의 기본 지능 탑재 기능 구축이 선행되어야 하며, 통신 기능을 활용하여 동적으로 주위를 탐지하여 상황인지를 확보하는 기술과 사물의 연결성을 대규모로 복제 확대해 나가는 기술과 미션에 대한 분석과 최적 해법을 추론하는 기술 등으로 순차적으로 확대 발전할 것임

- 기능이 고정되어 있는 사물에서 사용자가 사용할수록 기능과 서비스가 확장되는 진화가능형 사물로 사물인터넷 제품이 확대될 것이며, 이러한 환경에서 상황인지형 진화형 사물에 분산지능을 위한 학습 및 지능화 소프트웨어가 탑재되어 시장규모가 확대될 것으로 예상
- 상황인지를 기반으로하여 문제해결형 분산지능 서비스가 구축되면, 지식 콘텐츠 형식으로 새로운 콘텐츠 시장 형성이 가능할 것으로 예상

○ 복잡계 정보처리 시뮬레이션 기술

(기술개요) SNS, 모바일 서비스, IoT 서비스의 비약적인 발전으로 말미암아 다양한 형태와 내용을 가진 IoT 데이터가 폭발적으로 증가하고 있음

- 객체 단위의 물리환경이 사이버환경으로 변환되는 Digital Transformation의 개념이 점차 지역 단위로 확대되고 있으며, 궁극적으로는 도시 전체를 사이버 환

경으로 구축하는 디지털 트윈 시티로 확장이 가속화 될 것임

- 사이버 세계에 구축되는 정적인 환경 정보 뿐 아니라 IoT 센서로 부터 입력되는 대용량의 동적 데이터를 수집하여 분석하고 시뮬레이션을 통해 물리적인 환경을 최적화하여 운영할 수 있는 환경이 요구
- 도시의 경우는 도시의 교통, 환경, 에너지, 행정, 보건 등 많은 구성 요소들이 서로 상호작용하는 복잡한 시스템이며, 이를 지원하기 위한 기술 개발이 필요

(기술수준) MIT, 미네소타 대학 등에서는 빅데이터의 효율적인 처리, 분석, 활용에 있어서 수많은 기술적인 도전에 직면할 것으로 예측하고, 다양한 연구를 진행하고 있음

- 현재는 도시와 같은 복잡계 시스템을 대상으로 대규모의 실시간 데이터를 모아서 처리하기에는 한계가 있음
- 도시와 같은 실세계 환경을 컴퓨터가 이해하고 분석하기 위한 전통적인 Agent-based Modeling 기법은 Complexity의 증가로 처리가 어려우며, 병렬 컴퓨팅, 분산 컴퓨팅, 양자 컴퓨팅 등 새로운 Computation 기법에 대한 연구가 진행되고 있음

- Massive IoT와 같은 입력되는 정보가 매우 다양하고 많은 분야에서, 복잡한 연산을 빠르게 수행하기 위하여 양자 컴퓨팅을 적용하는 것이 필요

※ 양자컴퓨터의 원리: 양자 상태의 중첩성과 얽힘 현상을 이용하여 다수의 정보를 동시에 연산할 수 있도록 구현된 계산기로 특정 연산에 최적화된 초고속 대용량 계산 기술

- 미국의 D-Wave는 2011년 128 qubit 프로세서를 개발하였으며, 2016년 1000qubit 이상의 성능을 가지는 D-Wave 2X를 개발하였으며, 앞으로도 퀀텀 프로세서의 성능은 기하급수적으로 향상될 것으로 전망

(도출근거) 미국 D-Wave사는 수십 qubit processor 수준의 양자컴퓨팅 기술을 상용화하여 도시의 차량 배차 최적화 문제해결에 적용하기 위한 기초 연구를 하고 있음

- 특히, 양자물리학적 특성을 이용하여 기존 컴퓨터의 한계를 초월하는 컴퓨팅 방법에 대한 연구는 향후 우리나라를 이끌어 나갈 기초원천기술로 확보가 필요

(발전전망) 스마트시티와 같은 복잡계 대상의 정보처리와 시뮬레이션을 위해서는 대규모 공간기반의 디지털 트윈 시티를 구축하기에 앞서 양자 컴퓨팅과 같은 대규모 대용량 초고속 컴퓨팅 환경을 제공하는 기초 기술에 대한 연구가 점차 확대되고 있음

- Digital Transformation, 거대도시화로 인한 복잡한 도시 문제 해결을 위하여 대규모의 정적 및 동적 데이터 분석과 같은 최적화 문제에 양자컴퓨팅을 적용하는 사례는 빠르게 증가할 것으로 예상

□ 통신



○ 한계용량 규명/도달 기술

(기술개요) 채널 자유도/한계용량 도출기술은 점대점(1:1통신)을 포함한 점대다점(Downlink Channel), 다점대점(Uplink channel), 다점대다점(Interference channel) 무선 환경에서의 채널 자유도 및 전송한계 값과 이를 도달할 수 있는 전송방식을 연구하는 기술

(기술수준) 점대점/다점대점/점대다점의 한계값 규명 완료 및 한계값 도달(근접)하는 기술 구현 중

– 한계도달을 위한 대표적인 방식으로 다점대점에서는 Random코드와 간섭제거 기술, 점대다점에서는 중첩코드와 간섭제거 기술이 있음

– 다점대다점 환경에서 특수환경 제외, 일반적인 한계값 도출 및 달성 기술 부재

※ 자유도: 간섭정렬환경에서 $K/2$ (K 는 데이터를 전송하는 송수신기 쌍의 수)에 도달가능

※ Han-Kobayashi 전송: 송수신기 2-pair 환경에서 가장 높은 성능을 얻는 전송 방식

※ 간섭정렬 빔포밍: 간섭채널에서 iterative한 빔포밍 디자인을 통한 간섭완화 전송기법

(도출근거) 급격하게 증가하는 단말 수와 셀 소형화 등으로 인해 간섭 문제(간섭 채널)가 더욱 더 심화되고 있는 상황에서, 기존 점대점/다점대점/점대다점을 통한

한계도달기술은 간섭문제를 근본적으로 해결하기에 어려움

- 간섭문제를 해결하기 위한 새로운 패러다임으로 다점대다점의 자유도/한계용량 도출 및 이를 도달하는 전송 방식 연구가 필요함

(발전전망) 다수 송신기에 의한 간섭환경은 통신의 가장 일반적인 환경이나 이론적 한계가 규명되어 있지 않은 상황으로 간섭채널 자유도/한계용량 도출 및 도달 전송방식 개발 성공 시, 간섭문제를 근본적으로 해결하고 기존 통신 용량 증가에 큰 역할을 할 것으로 전망

○ 채널/소스 부호화 기술

(기술개요) 다수 송수신기 신호를 전송하는 일반적인 통신환경에서 간섭의 효율적인 처리를 통해 오류없이 신호를 송수신하기 위한 채널/소스 부호화 기술

- 기존 단일 송수신기 통신 환경에 최적화된 부호화 기술에서 탈피하여 다수 송수신기 간섭 환경에 최적화된 부호화 기술
- 실제 시스템에서 실현이 가능한 구조화된 간섭 인지 신호 부호화/복호화 기술

(기술수준) 현재 구현된 부호화 기술은 한 개의 송수신기 환경, 즉 간섭이 고려되지 않은 환경에서 이론적 한계에 근접하는 기술

- 대표적인 기술로 Turbo code, LDPC (Low Density Parity Check) code가 있으며, 이론적 한계에 도달하기 보다는 이론적 한계에 거의 근접하는 기술
- 이론적 한계에 도달하는 부호화 기술로 Polar code, spatially coupled LDPC code, sparse regression code가 이론적으로 제시되고 있으며, 이 중에서 Polar code는 5G통신의 제어채널에 표준화되고 있는 상황
- 다수 송수신기에 의해 간섭이 발생하는 통신환경에서 이론적 한계에 도달하는 부호화 기술은 현재 이론적으로도 초기 단계에 해당
- Polar code를 다수 송수신기 환경에 적용하기 위한 연구가 일부 진행되고 있지만, 실제 시스템에 도입될 수준이 아닌 이론적 가능성 검토 단계 수준

(도출근거) 부호화 기술은 통신의 근간을 이루는 필수 기술로, 단일 부호화 기술이 이동통신/WiFi 등 다양한 통신방식에 적용

- 간섭채널에 적용하기 위한 기술이 이론적으로도 초기 수준이며, 실제 시스템에 적용 가능한 수준의 부호화 기술 구현이 필요하므로 매우 도전적인 기술

(발전전망) 다수 송수신기에 의한 간섭환경은 통신의 가장 일반적 환경이나 이론적 한계 도달 기술이 개발되지 않은 상황으로 기술 개발 성공시, 사용자 연결에 비례하여 용량 증가가 가능하며, 기존 통신 기술의 변혁적 전환이 이루어질 전망

○ 변복조 기술

(기술개요) 광대역 전송에 적합하고 높은 spectral efficiency를 제공하는 신호파형 기술

- 다중경로지연 및 주파수/시간 오프셋에 강인한 비동기 전송을 위한 신호파형 기술
- 짧은 전송지연과 낮은 out of band emission(OOBE)를 갖는 시간/주파수 지역화 기술
- power amplifier(PA) 비선형을 고려한 peak to average power ratio(PAPR) 저감 기술
- 파장 스펙트럼 효율(Spectral efficiency)을 극대화하기 위한 고차 광변복조 기술
- 광섬유 색분산 및 비선형 현상에 의해 제한되는 전송거리를 극대화하기 위한 광변복조 기술

(기술수준) 단일 원형펄스를 이용하는 신호파형 기술은 이론적 정립 단계

- D. Gabor에 의해 정립된 이론을 바탕으로 Gaussian, Rectangular, Sinc 펄스 등이 고안 및 변형되어 사용되고 있음(isotropic orthogonal transformation algorithm(IOTA), orthogonal frequency division multiplexing(OFDM), filtered multitone(FMT))
- Offset QAM 방식을 적용하여 원형펄스 설계를 개선하는 기술: filterbank multicarrier(FBMC)
- 다수 원형펄스를 이용하는 신호파형 기술은 실험적으로 제안되고 있는 단계
- 부반송파를 묶어 서브밴드 필터링을 수행함으로써, 시간 영역에서 확산을 최소화하며 주파수 영역에서 지역화를 제고하는 기술: universal filtered multicarrier(UFMC), filtered OFDM(f-OFDM)
- 부심볼을 묶어 circularly shifted 펄스 성형을 수행하는 기술: generalized frequency division multiplexing(GFDM)
- 이외에 다양한 프리코딩, 필터링, 펄스 성형 등을 적용하여 더 나은 trade-off를 구하는 후속연구가 진행되고 있음.
- 광통신 변복조 기술의 경우 현재 파장당 400Gb/s급 속도가 개발되는 수준이며, 테라급 속도로 높이거나 Shannon limit에 도달하기 위한 기술이 제안되는 수준

(도출근거) 변조 펄스 및 필터와 같은 신호파형 기술은 유/무선 통신시스템의 구성에 있어서 필수요소이며 차세대 통신시스템의 실현을 위해서는 기존 trade-offs를 능가하는 새로운 신호파형을 요구함

- 차세대 이동통신을 위한 신호파형의 이론적 연구와 더불어, 실제 통신 시스템에 적용 가능한 적용기술 구현이 필요하며 원천적인 기술임

(발전전망) 이미 상용화 기술개발이 진행 중인 5세대 이동통신기술에 있어서도 트래픽 유형이나 전파환경 등의 변화로 인한 새로운 신호파형에 관한 요구가 개진되었으며, 차세대 이동통신기술(B5G)에 대해서는 이러한 기술적 수요가 심화될 것으로 전망됨

- 5G, UHD, VR/AR 등의 초연결, 초실감 서비스의 증가로 인해 광전송 트래픽이 지속적으로 증가할 것이며, 이로 인해 파장 스펙트럼 효율(Spectral efficiency)을 극대화하기 위한 기술 수요 증가 예상

○ 무선 접속 기술

(기술개요) 시간, 주파수, 부호 등의 한정된 무선자원을 다수의 기지국/단말이 공유/분할하여 사용 (TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA, CSMA 등)

- 무선접속기술에 따라서 주파수 효율, 용량, 지연 시간, 동시에 연결 가능한 사용자 수 등이 달라짐

(기술수준) TDMA, CDMA, CSMA는 2세대, 3세대 이동통신 시스템과 무선랜 시스템에 적용

- 광대역 대용량 전송이 가능한 OFDMA/SC-FDMA는 4세대 이동통신시스템에 적용

※ 높은 신호대 잡음비 달성 가능

※ 사용 가능한 자원의 수에 동시 전송 사용자 수가 비례

※ 자원할당 및 동기를 유지하기 위한 추가적인 자원 필요

- 단말의 연결성 증대 및 주파수 효율 향상을 위한 다양한 형태의 무선접속기술이 제안되고 있는 단계

※ 코드북/패턴 기반의 무선접속기술: Sparse Code Multiple Access, Pattern Division Multiple Access

※ 시퀀스/스크램블링 기반의 무선접속기술: Multi-user Shared Multiple Access, Non-orthogonal Code Access, Resource Spread Multiple Access 등

※ 인터리버 기반의 무선접속기술: Interleaver Division Multiple Access, Low-rate code and signature shared access, Interleave-grid multiple access 등

- 연결성 증대를 위한 자원 관리 기술, 시간 동기에 강인한 송수신기 구조, 수신기의 성능 향상을 위한 진화된 파일럿 구조 및 채널 추정 기술 등 후속 연구가 진행되고 있음

(도출근거) 무선 접속 기술은 무선 통신시스템의 구성에 있어서 필수적인 요소이며 다양한 서비스를 지원해야 하는 차세대 통신시스템의 실현을 위해서는 연결성을 높이면서도 고용량을 제공할 수 있는 새로운 무선 접속 기술이 필요함

- 차세대 이동통신을 위한 최적의 용량 확보를 위한 무선접속기술의 이론적 연구와 실제 통신 시스템에 적용 가능한 기술에 대한 연구가 필요하며 원천적인 기술임

(발전전망) 이미 상용화 기술개발이 진행 중인 5세대 이동통신기술에 있어서도 연결성 증대와 주파수 효율 향상을 위하여 새로운 무선접속기술의 요구가 개진되었으며, 차세대 이동통신기술(B5G)에 대해서는 이러한 기술적 수요가 심화될 것으로 전망됨

○ 채널 모델링 기술

(기술개요) 채널 모델링 기술은 다양한 무선통신 환경을 고려하여 실제 필드(field)에서의 채널 측정 캠페인(campaign)을 통해 데이터(DB)를 수집하고, 실측 데이터로부터 송/수신간 다양한 경로를 통해 전파되는 신호 성분들에 대한 손실, 반사, 투과, 회절, 분산 등 자연적, 물리적인 특성을 분석한 후 이를 통계적 기법을 통해 수학적으로 모델링하는 기초연구 분야임

- 무선채널 모델은 새로운 무선 전송기술(변복조 방식, 채널코딩, 빔포밍, RF 기술 등)의 제안 및 설계, 정확한 성능 평가 및 검증, 이동통신 셀(cell) 및 커버리지 설계, 신규 주파수 자원 개척 등 미래 무선통신 시스템을 개발하는데 활용됨
- 미래 무선통신이 풀어야 할 문제점들을 정확히 파악하고 이를 극복할 수 있는 해결점을 찾기 위한 원천성이 높은 기초기반 기술임

(기술수준) 채널 모델링 연구는 고가의 측정 장비 구축, 방대한 데이터 DB 획득을 위한 측정비용, 사용 주파수 허가 등의 어려움과 직접적 IPR이 발생하지 않아 산업체 투자가 저조한 연구 분야에 해당하며, 그동안 국내의 경우 ETRI와 같은 국책연구기관, 외국의 경우 유럽, 미국, 일본 등 선진국 연구기관들 위주로 연구되어 왔음

- 유럽연합(EU)은 각 회원국들간 산학연 공동연구개발펀드를 구성, 2000년대 초반부터 COST, WINNER, METIS 등 지속적인 EU Project를 통해 3G/4G/5G 이동통신 채널 모델링 연구를 선도하고 3GPP, ITU-R 등 표준화 분야에서 글로벌 영향력을 행사하고 있음
- 미국은 국책연구기관인 NIST를 중심으로 채널 측정 방법 및 모델링 연구를 지속적으로 수행하여 왔으며, 2015년 미국 정부기관 및 전세계 산학연 단체들과 ‘5G mmWave Channel Model Alliance*’ 협의체를 구성하여 5G 초고주파 대역에서의 채널 특성 등 기초연구를 주도하고 있음

* 미국 FCC, NSF 등 정부기관들, NYU, USC 등 유수 대학들, 노키아, 퀄컴 등 산업체들, ETRI 국책연구기관 등이 포함된 전세계 연구협력체 구성

- 3GPP, ITU-R WP5D 등 국제 표준화단체는 밀리미터파 대역을 5G 이동통신 후보대역으로 선정, 초고주파 대역에서의 전세계 실측 데이터를 통합하여 채널 모델링 연구를 진행하였으며, 개발된 채널모델을 기반으로 향후 5G 후보기술 선정 및 성능평가에 활용할 예정임

(도출근거) 채널 모델링 연구는 미래통신 기술을 국가적 차원에서 선도하기 위해 반드시 선행되어야 하는 기반기술로서, 특히 미개척 주파수 대역의 발굴과 아래와

같은 다양한 미래 무선통신 패러다임에 따른 통신 환경별 채널 모델링 연구가 필요함

※ 육상(자율주행, 고속도로 및 철도 등), 공중(비행기, 무인기 등) 및 해상 통신 등 새로운 무선 통신 서비스 환경을 고려한 채널 모델링 기술

※ 저주파, 고주파, 밀리미터파(mmWave), 테라헤르츠(THz) 대역 등 미개척 주파수 채널 모델링 기술

※ 국내 도심(서울 강남 등 인구밀집지역), 아파트, 부도심 지역, 오피스, 실내 핫스팟 지역(터미널, 공항) 등 다양한 이동통신 환경에 대한 한국형 채널 모델 파라미터 도출

(발전전망) 채널 모델링 기술은 새로운 주파수 대역, 서비스 패러다임 및 환경에 대한 전파의 전달 특성을 규명함으로써 신기술의 feasibility 검증에 활용되는 기술로서, 향후 미래 B5G 무선전송 기술을 제안, 설계, 개발, 평가 및 검증하기 위해 반드시 필요한 기반 기술임

- 채널 모델링 기술은 직접적인 IPR과 관련성은 없으나 미래 통신기술의 선행 개발 선도하여 국가 IT 경쟁력을 향상시킬 수 있는 원천기술 분야에 해당하므로 정부차원의 지속적인 투자가 필요함

○ 초고주파수 기술

(기술개요) 최근 광학기술로 구현하기 어려운 sub-THz 대역의 주파수에서 반도체 기반의 소자를 이용하여 통신, 이미징, 분광 등에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있음

- 반도체 (CMOS or SiGe) 기술이 scaling down 되면서 소자의 특성이 sub-THz 대역에까지 동작이 가능한 수준이고 앞으로 점점 더 발전할 것으로 예상

- 반도체 기반의 200~500 GHz대역의 Transceiver 기술, array antenna를 이용한 beamforming기술, 고출력 증폭기 기술, 반도체와 antenna를 integration 하여 single chip으로 구현하는 packaging 기술 등에 관한 통합적인 개발이 필요

(기술수준) 국내외에서는 아직까지 학교에서 기초기술 연구 형태로 진행되고 있음

- 고려대학교에서는 Teledyne의 InP HBT 공정과 CMOS 기술을 이용한 단위회로 연구

- KAIST에서는 65nm CMOS 기술을 이용하여 OOK 기반의 송수신 칩을 개발을 연구

- UTD의 Kenneth.O 교수는 CMOS기반의 체배기술을 이용하여 이미징, 분광을 이용한 Gas sensor에 관한 연구를 수행

- 일본의 Hiroshima 대학에서는 300GHz대역의 주파수에서 채널당 17.5Gbps CMOS 송신기를 구현

(도출근거) Sub-THz 반도체 송수신칩이 개발될 경우 통신, 이미징, 레이더, 분광 등에 바로 적용이 가능한 기반기술로 적용 가능한 시장은 크다고 예측됨

- 신호처리, RF 와 안테나 모두를 Single chip형태의 SoC로 구현되므로 송수신

칩, 안테나와의 packaging 기술, 고출력 증폭기 기술, 초고속 ADC 및 Modem 기술 등의 연구가 광범위하고 장기적으로 투자가 되어야 함

- 현재의 고가의 THz 디바이스 및 시스템을 CMOS/SiGe 반도체를 이용함으로써 소형화 및 저가격화로 급격한 시장의 확대가 될 것으로 예상

(발전전망) Terahertz 관련 특허수는 5년 평균 11%로 성장하고 있으며, 2011년 대비 공개 특허 수는 70% 증가하는 경향으로 기술시장은 성숙기에 있는 것으로 판단 됨

- Terahertz 소자 및 시스템의 시장규모는 2014년 5,470만불에서 2019년 3억불로 연 평균 성장률이 40%, 2024년까지 연 평균 25%증가하여 약 12억불로 시장이 급격히 확대되고 있음

○ 고지향성 안테나 및 패턴 기술

(기술개요) 고지향성 안테나를 위한 소재 기술

- 고지향성 광대역 다중 안테나를 위한 구조 및 소형화 기술
- 밀리미터파 주파수 대역 고지향성 안테나 기술
- 고지향성 안테나의 빔포밍을 위한 능동 위상 배열 RF 구조 기술

(기술수준) 국내외에서 5G의 핵심기술로 다수의 송수신 안테나를 이용하는 Massive MIMO를 개발 중

- 국내외에서 5G는 송수신되는 전파 빔을 원하는 방향으로 보내는 빔포밍 안테나 기술을 개발 중
- 5G 기술은 기존 6GHz 이하의 대역폭 한계 극복을 위해 밀리미터파 대역 기술 개발 중
- 삼성전자는 기기의 케이스에 안테나의 일부 기능을 증착하는 기술을 적용해 두께 1mm이하 크기의 5G 소형 안테나 개발 성공 (2016)
- 자율 주행 자동차를 위한 레이더 안테나 상용화 중
- 스마트 무인 항공기용 안테나 기술 연구 중

(도출근거) 5G 기술은 현재 널리 쓰이는 3G, LTE 기술을 대신해 이르면 2020년부터 스마트폰을 비롯해 자동차, 가상현실, 가전제품, 사물인터넷 (IoT) 등 모든 기기에 쓰이게 될 전망

- 2018년에는 퀄컴의 5G 모뎀칩을 탑재한 스마트폰이 출시될 전망
- 밀리미터파 대역 지원이 가능한 다중 입출력 (MIMO) 안테나 기술과 빔포밍 기술 개발 중
- 광대역/다중 대역을 요구하는 4G 이후 5G 이동 통신은 고지향성 안테나 요구됨
- 자동차 충돌 방지, 자율 주행을 위한 레이더 칩셋 출시 진행 중
- 민/군수용 이동 휴대용 전천후 고기능 레이더를 위한 안테나 기술 개발 중

(발전전망) 안테나는 5G, WLAN, 자동차, 무인이동체, IoT등의 다양한 응용 분야에 걸쳐 핵심 부품

- 5G에서는 밀리미터파 대역의 소형 안테나, 자동차의 자율 주행을 위한 탐지 안테나, 무인이동체의 충돌 방지 레이다 안테나, 각종 전천후 센서를 위한 IoT용 안테나로 영역을 확대해가며 기술이 발전될 것으로 보이며 빔포밍 기술이 요구되기 때문에 능동 위상 배열 안테나와 이의 제어를 위한 RF부품과 결합되며 소형화하여 기술이 발전할 것으로 전망

※ 이동 통신용 5G 안테나 산업

※ 자동차 자율 주행을 위한 탐지 안테나 산업

※ 무인 이동체의 충돌 방지 및 탐지 안테나 산업

※ 각종 전천후 센서를 위한 IoT용 안테나 산업

○ 전광신호처리

(기술개요) 광/전 변환 없이 광 신호를 전달 및 가공, 저장하는 기술로 기존 전자 기반 신호처리 속도/용량 한계를 넘어서기 위한 전광 통신, 전광 스위칭, 광컴퓨팅 등에 응용

- 광신호 고속 스위칭, 대용량 병렬 전송/처리 및 집적화 등의 전광 통신을 위한 구조, 방식, 소자 관련 기초 기술
- 비선형 특성을 갖는 물질을 이용하거나 매질 굴절률 제어하여 광신호 정보를 가공, 저장 및 전달하는 광컴퓨팅 관련 기초 기술

※ 예) 전광통신, 전광스위칭, 광컴퓨팅 등의 구조/방식/소자 기술, 광논리회로/광메모리, 메타재료, 플라즈모닉스 등

(기술수준) 광/전 변환, 광 신호 전송 등 선형적 광신호 처리 집적화 기술에 대한 연구가 활발하며 광논리 회로 및 광 저장 장치 등에 대한 연구가 원리를 확인하는 수준에서 일부 이뤄지고 있음

- 미국 Indiana Univ.에서는 surface-enhanced Raman-scattering을 이용하여 발색단-플라즈몬 상호 작용을 통해 분자 논리 회로를 구현
- 호주 국립대학교에서는 Pr-doped silicate crystal을 이용하여 빛의 속도를 수백 m/sec 수준으로 줄이는데 성공
- 국내에서는 Hologram, photonic crystal optical fiber, 실리콘 기반 광신호 병렬 처리 기술 등에 대한 연구가 일부 진행되고 있으나, 본격적인 전광 신호 처리 기술에 대한 연구는 거의 없음

(도출근거) 트랜지스터의 발명 이래 전자 소자 분야는 눈부신 발전을 해왔음. 신호 처리 및 저장(메모리) 분야에서 실리콘 기반 소자의 소형화와 대규모 집적화가

이루어져 용량, 속도, 가격 등 측면에서 뛰어난 결과를 얻고 있음. 그러나 한편 기하급수적으로 진행되어 온 전자 소자 발전은 최근 들어 물리적 한계에 부딪치고 있음

- 광 소자 기술은 광통신을 중심으로 발전해 왔음. 전송 분야에서는 전기 신호 전송보다 광신호 전송이 전송 거리, 전송 속도, 가격 등의 측면에서 압도적인 우위를 보이고 있으나 아직 소자의 소형화 및 집적화 부분 발전이 전자소자에 비해 대단히 느려서 현재 광 신호 처리나 광신호 저장(메모리) 분야에서는 전자소자에 비교하기 어려울 정도로 기술적 열세에 있음
- 그러나 신호처리 및 저장 등에 대한 수요는 계속 기하급수적으로 증가하고 있는 현재 물리적 한계에 다다른 전자 소자 기술이 무한히 새로운 해결책 공급원이 되기를 기대하기 어려운 실정이며 근본적으로 새로운 소재와 소자 기술의 출현이 요구되고 있음
- 이러한 관점에서 photonics 기반의 전광 신호처리 분야는 많은 가능성을 가지고 있으며 적절한 기능과 성능이 증명되면 전자 소자와 상호 보완적으로 쓰이게 될 것이므로 그 산업적 파급효과의 범위는 대단히 클 것이며 또한 시장성이 높을 것으로 기대됨. 즉 장기 연구 투자를 통해 새로운 소재를 찾고 다양한 구도와 기능을 검증하는 노력이 절실한 분야임

(발전전망) 광 신호처리 기술이 확립되면 통신 및 컴퓨팅 분야에서 기존의 전기적 신호처리 기능을 대체하는 기술로 산업적 변혁을 가져올 것으로 전망

- 다양한 재료 및 가공 기술 개발을 통해 광신호 생성/전달/가공/저장 기술이 구현되고 집적화 될 것으로 예상
- 물리적 한계에 다다른 전자 소자 기술을 보완/대체하여 빠르게 확장하는 미래 통신 및 신호 처리 시장 수요의 유일한 기술적 해결책이 될 것으로 기대

○ Photonic IC

(기술개요) Photonic IC (Photonic Integrated Circuit) 은 기존의 Electronic IC 수준으로 대규모의 광학적/전기적 기능을 하나의 chip에 단일 집적화(Monolithic integration)하기 위한 기술로 전광통신/스위칭, 슈퍼 컴퓨팅, 광인터커넥션 등에 응용

- 다수의 기능을 하나의 칩에 단일 집적화함으로써 개별 소자 조립 방법에 비하여 가격, 상면적, 전력소모 등을 혁신적으로 개선 가능

※ 예) 다기능 대규모 실리콘 포토닉스 집적화, 실리콘 광원, 실리콘 웨이퍼 상에 III-V 족 화합물 소자 구성, 광소자와 전자소자 동시 집적화 기술 등

(기술수준) 현재 광집적화 기술은 소수의 개별 광소자를 기판 상에 배열하여 기능

을 구성하는 수준

- 실리콘의 물성 (Band gap)으로 인하여 광원 및 광증폭기를 단일 집적화가 어려워 이종접합방식이 개발되었으며, 광원 단일 집적화에 대한 연구는 진행 중
- 광원 단일 집적화의 경우 실리콘 기판 위에 III-V족 물질을 성장시켜 단위 소자의 가능성을 점검하는 단계
 - ※ 실리콘 기판위에 III-V족 층을 성장시켜 장파장에서 광전변환 효율이 높고 암전류가 낮은 광검출기 (Nature photonics 2010, Optic Express 2017), CW 동작하는 레이저 (Nature photonics 2016), 모듈레이터 등을 구현한 결과가 발표됨
- 실리콘 포토닉스 기술 기반 광소자 단일 집적화 기술을 적용하여 데이터센터 내(~2km) 100 Gb/s (4×25 Gb/s) 광모듈 상용화 (Luxtera, Intel, Inphi)
- IME, Global Foundries등의 실리콘 포토닉스 파운드리에서는 Photonic IC 개발을 위한 일부 PDK (Process Design Kit) 를 제공하고 있으나 다기능의 대규모 IC 구현에는 미흡한 수준

(도출근거) 개별 부품을 조립하여 기능 모듈을 구성하는 현재의 기술은 광통신 모듈의 소형화, 저가화, 저전력화를 이루는데 근원적인 한계가 있음

- 전자산업이 IC 기술을 통하여 소형화, 저가화, 저전력화를 달성했던 기술적 경험으로 볼 때, 광산업 또한 Photonic IC 기술을 통해 단일 집적화로 발전할 것으로 전망됨
- Photonic IC 기술은 현재 광모듈 시장의 극히 일부분에만 적용되고 있으나, 향후 기술이 보다 성숙된다면 대부분의 광모듈에 적용될 것으로 전망되어 장기적인 연구 개발이 필요함

(발전전망) Photonic IC 기술이 광산업을 현재의 개별 부품 조립 기술로 도달 불가능한 수준으로 변화시킬 수 있는 광산업의 기술 혁명을 가져올 것으로 기대 (전자 IC 기술이 전자산업을 변화시킨 것과 유사한 효과 예상)

- 실리콘 웨이퍼에 III-V족 화합물 소자를 구현하는 기술은 현재의 광모듈 산업을 완전히 재편할 수 있는 가능성을 가지고 있음

○ 유기체 모방 네트워크 기술

(기술개요) 자연계에 존재하는 다양한 생명 유기체의 동작(특히 신경망) 규칙을 연구하여 모델링된 결과를 모방하여 네트워크에 적용

- 생명 유기체 신경망 모델링 분석
- 생명 유기체 신경망 모방 네트워크 및 이벤트 구동 자율 구성 네트워크
- 이종 기능 신경망 연동 및 기존 네트워크와 연동

(기술수준) 인간 두뇌를 모방한 Deep Neural Network는 단일 도메인에서는 인간의 능력을 넘어서는 단계에 도달하였으나 다중 도메인과 효율에서 개발 초기 단계

- 생체 신경망을 모방한 뉴로모픽 칩은 IBM의 TrueNorth(2014년) 및 인텔의 Loihi(2017년)가 각각 개발되었으나 인간의 두뇌 신경세포의 10-5로 개발 초기 단계
- 신경망 확장, 이종 기능 신경망 연동, 기존 네트워크와 연동은 모델링도 없는 상태임
- 국내는 뉴로모픽 칩 연구 시작 단계이고 유기체 네트워크는 일부 대학에서 연구 탐색 단계

(도출근거) Endpoint와 인공지능 시스템 간 또는 인공지능 시스템 간 네트워킹 필요성 증대되나 기존 네트워크/인터커넥션으로는 지연 및 소모전력 문제로 사용이 어려움

- 인공지능이 상용화하려면 단일 도메인 처리 인공지능이 네트워크로 연결되어 다중도메인 인공지능으로 진화가 필수
- 현재 뉴로모픽 칩은 기존 CPU 대비 1,000배 효율 개선이 있으나 이 칩들을 연결하는 인터커넥션 및 네트워크는 효율 개선이 거의 없는 상태임
- 유기체 모방 네트워크 기술은 대체 기술이 거의 없는 와해성 기술로 인공지능 확산 시에 필수적인 기술임 (뉴로모픽 칩이 향후 5년 후에 상용화될 것으로 예상되기 때문에 5년 이후에 응용이 가능한 기술임)

(발전전망) 인공지능 기술의 진화 방향과 동일하여 지속적 발전이 예상되고 있음

- 선진국 대부분이 인간 두뇌를 모방한 뉴로모픽 칩에 집중하고 있기 때문에 상기 기술 다음 단계에 필요한 유기체 모방 네트워크 기술을 확보할 경우 기술 및 시장 선점이 가능
- 시장 규모는 현재의 이더넷과 인터커넥션(InfiniBand, PCIe 등) 시장을 상회하는 규모로 예상됨 (2021년 세계 이더넷 스위치 시장 278억 달러, IDC 2017)

○ 미래 네트워크 기술

(기술개요) 미래 네트워크 기술은 NDN(Named Data Network), DTN(Delay Tolerance Network)과 같이 다시 주목을 받는 기술들과 촉각 인터넷, 자율 군집 네트워크 등 Post 인터넷 네트워크 기술

- 정보/인공지능/실감 중심의 시스템들을 저지연 연결하기 위한 정보중심 네트워킹 기술
- 정보 유효성/신뢰성, 자율 군집(Ad-hoc) 등이 고려된 다목적 지능 네트워크 기술
- 기존 네트워크, 다중 연결/전달 방식과 연동 기술

(기술수준) 미래 인터넷이란 용어로 2005년부터 활발하게 진행되다가 2015년 이후 NDN이 IoT, SDN(Software Defined Networking) 등으로 인해 다시 대두되고 있음

- 인공지능 기술 확산으로 데이터 중심에서 이벤트 중심으로 패러다임이 바뀔에

따라 데이터/콘텐츠를 공유/분배하는 네트워크 필요성이 확대로 연구가 재개되고 있음

- 2017년도 Gartner Hype Cycle에서는 NDN이 개발 초기 단계이며 상용화까지는 10년 정도 걸릴 것으로 예상하고 있음(Gartner 2017)
- 국내도 2005년 이후 활발하게 진행되다가 SDN/NFV(Network Function Virtualization)가 출현한 이후 중단된 상태임

(도출근거) 연결 및 데이터전달 중심에서 경험/상황 연결, 정보전달, 가상 기능 제공 등으로 네트워크의 패러다임이 바뀔에 따라 인터넷 이후 새로운 네트워크 필요성 대두

- 기존 인터넷 서비스 뿐만 아니라 VR/AR, 로봇, 자율자동차 등 대화형/협업 기능 및 몰입형 서비스 제공에 적합한 미래 네트워크 필요
- 인공지능 기반의 지능 서비스 출현은 정보 유효성/신뢰성, 저지연 등이 필수적으로 요구되면 현재의 네트워크는 이를 지원하기 어려움
- 빅데이터 실시간 분석, 실시간 대화형 서비스를 위해 관계하는 군집형 Ad-hoc 네트워크 구성이 필요성 대두
- 미래 네트워크 기술은 지능/몰입 서비스 등이 활성화되는 5~10년 이후에 상용화될 것으로 예상 (NDN의 경우 Gartner 2017에서 상용화까지 10년 정도 소요를 예상함)

(발전전망) 산업 전 분야에서 지식화/지능화가 진행됨에 따라 진보된 정보 중심, 다목적, 지능을 갖춘 미래 네트워크에 대한 지속적 발전이 예상됨

- 시장 영역은 정보중심 네트워크(ICN/CCN/NDN), 촉각 인터넷, 이동 애드혹 네트워크 등이며 2021년 네트워크 인프라 세계 시장 규모는 491억달러로 예상함(IDC 2017)

□ 전파응용



○ 신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술

(기술개요) 전파자원을 효율적으로 이용하고, 데이터 전송 속도를 극대화 시킬 수 있으며, 암호화 기능을 더 혁신할 수 있는 새로운 안테나 기술 등 전파 이론과 통신 이론 기반 신전파 통신 기술

※ (전파 회전모드 기술) 안테나의 수직과 수평 편파는 서로 직교성을 가지고 있으므로, 전파 자원 이용 효율을 최대 2배까지 높일 수 있으나, 전파의 파면이 회전하는 궤도 각 운동량 모드 기술은 이론적으로 무한대의 주파수 이용효율을 높일 수 있으므로, 광통신, 무선통신 등의 데이터 전송속도 혁신적 증대, 고해상도 레이다, 양자 암호 및 양자 메모리 기술 등에 활용할 수 있는 기초 원천 기술

※ (심우주 탐사 통신 기술) 달/화성 탐사 등 심우주 탐사 환경에 최적화되고 암호화된 Tbps급 고신뢰 우주 통신 기초 원천 기술

※ (분자 통신) 기존 무선 통신에서 사용하는 전파를 사용하는 것이 아닌 생명체 내의 분자 등을 캐리어로 이용하여 다양한 정보를 수집할 수 있는 기술로써, 통신 및 전파 이론을 생명 공학 분야에 적용하기 위한 신통신 방식

(기술수준)

- (전파 회전모드 기술) 1992년 광학기반의 회전모드 기술이 Physical Reviews 저널에 처음 발표되었으며, 지금까지 3,300회 인용되었고, 최근에 Nature, Science와

그 자체뿐만 아니라, 다양한 저널에 논문 발표 수가 꾸준히 증가하고 있으나, 전파 회전모드를 장거리 전송할 수 있는 방법은 현재까지 알려지지 않았기 때문에 실용화하지 못하고 있음

- (심우주 탐사 통신 기술) 양자 암호화 기술은 많이 알려진 기초 원천 연구분야로써, 위성 통신에 활용하기 위한 연구가 미국, 중국 등에서 이루어지고 있음
- (분자통신) 일본 오사카 대학 등에서 연구결과를 발표하고 있으며, 분자통신의 메커니즘과 통신 방식을 기존 통신이론과 연계하여 분석하는 기초 단계임

(도출근거) 전세계적으로 연구 초기 단계이며, 실용화에 핵심이 되는 기술이 알려지지 않았기 때문에 도전해 볼만한 연구 분야임

- 실용화 열쇠를 제공할 수 있는 원천 특허가 확보된다면, 통신 분야뿐만 아니라 레이다, IoT 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 파급력이 높은 기술 분야임

(발전전망) 단기간에 결과를 얻을 수 있는 분야가 아니지만, 관심이 지속적으로 높아지고 있고 연구결과 발표도 더욱 더 증가할 것으로 예상됨

○ 전파 신호 처리 기술

(기술개요) 전파를 활용하여 대상체를 탐지, 영상화, 특징 정보 추출 등을 가능하게 하는 기술로 근거리 및 원거리의 대상체 센싱이 필요한 모든 산업 분야에 활용될 수 있는 기초 기술

- Multi-static 레이다 신호처리 및 레이다간 간섭에 강인한 파형 생성 기술은 고신뢰, 고해상도 원격 센싱을 가능하게 하는 핵심 기술
- 적용 환경의 변화에 능동적으로 대처 가능한 상황 적응형 레이다 기술 개발을 위해서는 신개념 송수신 신호처리 기술 개발 필요하며, spectrum sensing은 이기종 및 동일 기종 전파 시스템간의 간섭 제어 및 spectrum environment 정보 습득에 필요

(기술수준) Mercedes-Benz에서는 레이다 기반 자율주행차용 인지기술 연구개발 내용을 Radar Symposium에서 발표 (2017), Autoroad Tech.는 ST microelectronics의 79GHz 레이다 칩셋을 이용하여 차량용 측방 SAR 기술을 개발 및 시험 중 (2017)

- 고해상도 고성능을 위한 다중 레이다 기반 MIMO 레이다, cognitive 레이다 기술 등은 MIT Lincoln Lab, UC Berkeley 등의 학계와 연구계를 중심으로 지속적으로 연구가 진행 중
- 이스라엘 Technion에서는 스펙트럼 환경 인지를 위해 compressed sampling 기반 spectrum sensing 기술 연구를 수행

(도출근거) 전파를 활용한 원격 센싱 및 신호처리 기술은 자율 주행, 로봇, 무인이

동체, 원격 탐사 등을 위한 기반 기술로 자동차, 국방, 사회안전망 등 많은 산업분야에 적용될 수 있는 기초기술

- 차량용 레이더 기술은 레벨 3, 4 이상의 자율주행을 실현하기 위한 고해상도 이미징이 가능한 방향으로 중·장기적 관점에서 연구가 진행되고 있음 (예상시기: 레벨 3(2020년), 레벨 4(2025년))
- MIMO 기반 multi-static 레이더 신호처리, 새로운 파형 설계 및 송수신 신호처리, 간섭 제거·회피 기술 등은 고해상도, 고성능 차세대 전파 원격 센싱을 가능하게 하는 핵심 기술임

(발전전망) 레이더 등 전파 원격 센싱 기술은 표적 탐지 수준에서 이미징이 가능한 고해상도, 고신뢰성 중심으로 기술이 발전 중이며, 인공지능 기술과 융합되어 지능형 기술개발 방향으로 발전될 전망

- Connected car 및 자율주행 차량 시장은 지속적·폭발적 성장이 예상됨
- 유럽 및 북미 자동차용 레이더 시장 규모는 1100만대(2017)에서 2000만대(2020)로 성장 예상 (출처: Frost & Sullivan 2015)

○ THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술

(기술개요) THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술은 사물간, 사람간 초연결성 기반의 물리공간 효율성 극대화 기술

- THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술의 핵심인 포토닉스 플랫폼 기술을 활용 초광대역, 고출력, 초소형 파 발생 및 검출기술, 위상제어에 의한 파형 제어 기술, 병렬기술을 활용한 초고속 신호처리 기술을 목적으로 하는 THz/IR/레이저 부품 및 시스템 원천 기술
- THz/IR/레이저 기술은 포토닉 코히어런트 레이더, 주파수 기반의 테라헤르츠 분광/영상/통신, 중적외선 환경 센서, 물리 기반 암호화 기술, 실리콘 이종 기판 레이저, THz 레이저, 실리콘 포토닉스 등의 미래 핵심 기술군을 포함
- 초고속, 병렬성, 초소형, 저가격, 다기능 구현이 가능한 THz 포토닉스 기술 개발로 5세대(5G) 이후 1Tbps급 테라헤르츠 무선 통신 기술 및 근거리 무선 인터커넥션 기술 가능
- 인체에 유해한 물질(조류독감 등)의 실시간 분자지문 분석 기술과 초고속 테라헤르츠 통신 기술 접목으로 언제 어디서나 안전한 환경 구축 기술

(기술수준) 포토닉스 기반의 300GHz 테라헤르츠파 송·수신 기술로 100미터급 100Gbps급 시연을 일본 오사카 대학 중심으로 발표

- 235GHz 포토닉 테라헤르츠파 발생기 및 MMIC기반의 테라헤르츠 검출기를 활

용 100Gbps 고속 신호 20미터 전송 실험에 대한 연구결과가 독일 연구그룹에 의해 2013년 Nature Photonics에 게재

- 초단 펄스레이저 기반의 포토닉 코히어런트 레이더 시스템 기술 개발 관련 Nature 2014년 게재

(도출근거) THz/IR/레이저 신호 기술은 통신, 제약, 군수 등 산업 전반에서 기술의 성숙에 따른 급격한 기술 채택이 예상되는 미래 기술로 국내 관련 산업 경쟁력 강화 및 견인 및 기존 산업 고도화 및 신개념 융합형 산업 창출이 가능한 막대한 파급효과가 예상됨

(발전전망) 6GHz 이하의 포화된 주파수 자원을 확대하여 밀리미터, 테라헤르츠 대역에서 1Tbps급 무선 통신 기술을 개발, 이와 연동된 초광대역 분자지문 분석 기술, 물리기반의 암호 기술, 초광대역 밀리미터-테라헤르츠 멀티 모달 영상 기술 개발이 가능한 집적형 포토닉스 기술로 발전 전망

- 초소형 다기능의 반도체 레이저, 콤팩트 발생기술, 중적외선 레이저, 실리콘 포토닉스 기술 고도화가 추진 가능하여 이를 기반으로 한 산업 수요 창출이 예상
- 테라헤르츠 태깅, 유무선 통합기술, 중적외선 환경 센서, 무인 이동체 제어, 물리기반 암호화 통신 기술 수요에 대응한 물리 공간 효율성 극대화 기술로 발전 전망됨
- 무선통신 기술, 산업용 비파괴 측정기술, 테라헤르츠 응용기술, 중적외선 센서 기술, 무선 기반의 물리 암호 기술 분야에서 시장 규모가 급격히 증가 할 것으로 예상됨

○ 전파 신소재 및 소자 기술

(기술개요) 전파 소재 및 소자 기술은 모든 전파응용 기기 및 환경의 기초 기술임

- 전자의 이동속도, 열전달, 동작환경, 동작전압, 동작전류 등의 특성을 개선한 반도체기반 소재 및 소자 기술과 전파의 흡수, 반사, 전달 특성을 이용한 신소재 및 구조 기술이 대표적 기술임
- 현재 기술 선진국에서 연구가 많이 되고 있는 분야는 높은 열전달특성의 와이드밴드갭 소재 및 소자 기술들이며 그중 가장 연구가 활발히 진행되는 소재는 Diamond, Ga₂O₃, AlN로서 항복전압이 기존 SiC, GaN 대비 3배 이상, 열전도도가 20배 이상의 특성을 가짐
- 그 외 전파에너지의 전달, 흡수, 반사 응용기술을 위한 나노 및 메타구조소자/부품과 초고속, 광대역 통신을 위한 THz 소재/소자 기술, 우주 및 군수용으로 연구가 많이 되고 있는 초경량 구조체 기술, 스텔스 소재 및 소자가 있음

(기술수준) 주요 선진국에서 무중력 상태에서도 전개 가능한 초경량 초전손실 wire 및 구조체 기술 개발 중

- 와이드밴드갭 반도체기반 신소재/소자 기술과 관련하여 미국의 Element Six는 diamond substrate 상용화에 성공하였고, 영국의 Glasgow 대학은 차단주파수 54 GHz인 소자를 2012년에 발표 하였으며, 일본의 사가 대학, 와세다 대학에서 2012년에 전력소자를 보고하였음
- 전파 응용 나노/메타관련 기반기술은 주로 물성특성이나 구조체에 집중하는 초보적인 연구단계로 아직 전자파 에너지를 이용하는 응용단계는 아님
- THz용 소자는 화합물 반도체기반 전자소자들로 응용연구 단계이나 초미세공정의 개발과 나노기술을 이용한 연구가 더 필요함

(도출근거) 앞으로 도래할 IoT, 5G, 자동차, UAV, 인공위성 등 점차 전자파 에너지를 응용하는 서비스와 분야가 다양해짐에 따라 새로운 소재와 소자의 기술개발이 요구 되고 있음

(발전전망) 기존 GaN, SiC등의 화합물 반도체 소재가 2014년에서 2020년까지 약 42%정도의 높은 성장률이 예상되기 때문에 와이드밴드갭 반도체는 이와 비슷한 수치의 높은 성장이 기대됨

- 초고속, 광대역의 통신수요가 급증하고 새로운 환경의 응용분야가 도래함에 따라 전파응용 신소재/소자 응용분야가 다양해 질 것으로 예상 됨
- 지상 통신 인프라의 포화 및 우주 활용 필요성 증대로 초경량 우주 안테나 및 구조체 개발에 요구되는 재료 및 소자 관련 분야의 신기술이 각광 받을 것으로 예상 됨

○ 극한환경 고신뢰성 RF 부품 기술

(기술개요) 극한환경은 주로 고온, 극저온, 고압, 고충격, 고방사선, chemical attack 중 한 가지 이상이 존재하는 환경조건을 의미함 (재난탐지, 자동차 엔진부, 원자력발전장비, 산업용 가스 터빈, 항공기 엔진부, 원유탐사장비, 지열탐사장비, 우주환경 등)

- 일반적인 휴대폰 반도체의 경우 50Krad 정도 방사선에 피폭되면 반도체가 손상되나 대표적인 극한환경인 우주환경 반도체의 경우 온도($-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$) 및 고방사선 조건($>1\text{만 Krad}$), 고충격가속도(2000G) 이상의 충격에도 견디면서 신뢰성도 보장되는 되어야함
- 극한환경, 고신뢰성 반도체 기술은 상용반도체와는 근본적으로 다르게 설계·제작 되어야 하며 대규모의 반도체 라인보다 국책연구소나 방산기업에서 소규모

라인으로 그 용도에 맞게 개발 되어야 함

- 대표적인 극한환경반도체에는 사파이어 혹은 석영위에 실리콘을 썬거나, III-V 화합물, GaN, SiC, Diamond와 같은 소재가 사용됨

(기술수준) 국내 극한환경 반도체의 기술은 거의 전무하며 미국 Wolf Speed에서 1 Mrad 이상의 고방사선 조건에 동작 가능한 인공위성 탑재용 X-band 25W GaN MMIC 개발하였음 (NASA 규격 만족)

- 미국 NASA Glenn Research Center에서는 고온동작용 MOSFET을 SiC 기반 JFET 기술을 적용하여 Venus 환경 (460 °C, 9.4 MPa) 동작 4H-SiC JFET 소자 및 IC 개발하였음

(도출근거) 극한환경 반도체는 구매가 용이하지 않으며, 우주탐사체 기술을 보유하고 있는 일부 선진국들만 국가차원에서 관련 기술을 보유하고 있음

- 극한환경 반도체 기술개발에 사용하는 설계, 재료, 공정 및 환경 제어·측정 기술은 항공이나 군사적으로도 사용가능하여 파급효과가 높을 것으로 생각됨

(발전전망) 다양한 극한환경 극복에 사용되어 지는 반도체 기술은 몇몇 선진국들만 보유하고 있는 점에서 알 수 있듯이 가장 큰 가능성과 기대치를 가지고 있는 필수 불가결한 최첨단 기술로서 앞으로 도래할 새로운 전파 환경에 적응하기 위한 시장 요구가 매우 높은 분야임

- 극한 환경 반도체 기술은 극한 환경 센서, 우주항공, 자동차, 재난탐지 등 시장에 적용이 적용 가능하며, 세계 센서 시장은 연평균 7.95% 성장이 기대되고 있음

○ 전자기 다중물리 해석 기술

(기술개요) 복잡하고 비선형적인 매질에서 전자기파의 전달 특성, 전자기파에 의한 생체 영향, 열적 변화 양상, 기계적 특성 변화를 종합적으로 해석하는 기술

- 전자기파가 물체에 조사되었을 때 일어나는 현상은 전자기적 전파 특성 뿐만 아니라, 열적, 생물학적, 기계적 변화를 유발하며, 이러한 현상은 전통적인 맥스웰 방정식에 의한 수학적 분석이 불가능함
- 이러한 문제점을 해결하기 위하여 수치해석적 방법이 개발되어 이용되고 있으나 위와 같은 복합적 현상에 대해서는 충분한 정확성을 얻기가 어려움
- 특히 전파의료를 위한 센싱/이미징/치료 기술의 발전을 위해서는 생물학적 영향을 포함한 다양한 다중물리 현상에 대한 해석이 필수적으로 요구되고 있음
- 최근 기계학습(Machine Learning) 기술이 비약적으로 발전함에 따라 분석적 해를 구하기 어려운 전자기적 다중물리 해석에 기계학습 기술을 적용하기 위한 연구 필요

(기술수준) 생체 내부, 지하, IC부품과 같은 복잡하거나 대형/미세 구조에 대한 전자기적 다중물리 현상을 해석하기 위해서는 빠른 전자기장 해석뿐만 아니라 다양한 다중물리 해석이 동시에 요구되고 있으며, 특히 생체와 같이 비선형적이고 복잡한 산란현상을 가지는 대상체에 대해서는 단순 물리 해석 기술로는 한계가 있음

- 현재 기계학습 분야는 전 분야에 걸쳐 응용을 시도하고 있으나, 비선형적 전자기장/열/기계강도 해석 분야에서 적용된 연구사례는 찾아보기 힘들나 최근 많은 연구자들이 관심을 가지기 시작함

(도출근거) 다중물리 현상은 단순 물리현상 또는 단순 수학적 해석만으로 설명하기에는 한계가 분명히 존재하고 있어, 이를 극복할 수 있는 새로운 기초원천기술이 필요함

- 전자기적 다중물리 현상에 대한 새로운 해석 기술은 전파응용의 근간을 이루는 기초이며, 우주기술, 레이다, 생체 이미징, 무선전력전송, 전파환경분석 등 다양한 분야에서 적용 가능한 포괄적 기술임

(발전전망) 전자기장 해석 기술은 기존의 맥스웰 방정식 내지 열전달 방정식에 입각한 수치해석 기술에서 수학적으로 표현하기 곤란한 복잡 다양한 현상을 최신 기계학습 기술과의 접목 등으로 새로운 해석기술이 등장할 것으로 전망함

○ 무선 생체신호 교감 기술

(기술개요) 사람의 뇌파(EEG)의 의미를 해석하고 이를 통해 사용자 인터페이스 및 상황을 인지하는 기술

- 뇌의 신호를 해석하는 파트와 이를 통해 주변 장치를 제어하는 기술로 구성
- 사람에게 무선신호를 보낸 후 반사된 신호를 통해 움직임, 호흡, 심장박동 등을 측정하며, 인공지능이 해당 데이터를 분석해 대상자가 어떤 감정 상태인지 판단하는 기술

(기술수준) 뇌파의 측정 방법으로는 삽입형 BCI, 부분적 삽입 BCI, 비삽입형 BCI 3가지이며, 뇌에 가깝고, 더 많은 측정 장치를 설치할수록 성능이 높아짐

- 최근에 헤드셋 형태의 측정 장치를 개발하고 저렴한 비용으로 출시되고 있음
- 뇌파의 장점은 자발적인 생체신호로 측정비용이 저렴하지만, 초기 비용이 높음
- 현재로는 NeuroSky, OCZ Technology, Emotiv 등에서 BCI 측정 장치를 판매하고 있음
- 무선 감정인식 기술은 MIT 연구진이 2016년 9월 소개한 기술로 비접촉 방식의 감정인식 기술 분야로 심전도 검사 수준의 정확도가 획득됨

(도출근거) 사람의 감정, 의도, 생각을 파악하기 위한 뇌파 해석 기술은 오랜 기간 동안 진행해 왔으나, 최근 뇌파 해석에 다양한 기술을 접목하면서 새롭게 부각되

고 있음

- 최근 연구는 장애인용 인터페이스 개발이나 뇌파의 기본적인 처리 기술 대신, 실용적이고 상업적인 용도의 연구가 진행되고 있음
- 현재는 느린 반응속도 및 비싼 비용이 문제가 되고 있으며, 사용에 많은 숙련도가 필요한 분야
- 주위 환경의 영향에 따른 사람의 평균 감정 상태 변화를 비접촉 방식으로 획득하는 기술은 무선 신호로 반사된 데이터를 인공지능이 얼마나 잘 해석하느냐가 관건임

(발전전망) 충분한 데이터가 확보된다는 가정 하에 게임, 가상현실 등에서 보조 컨트롤러의 기능을 충분히 수행할 수 있고, 점차 가격도 저렴해지고 있어 전망이 밝음

- 최근 해킹 이슈가 발생하여, 개인의 성향이나 건강상태에 대한 정보 유출 가능성이 제기 되고 있음
- 인공지능 기술과 결합된 무선 신호를 통한 감정 인식기술은 의료, 마케팅 등 다양한 분야에 활용 가능

○ 3D 전자기장 제어 기술

(기술개요) 근역장을 이용하는 현재의 자기유도/자기공명 기술의 한계인 전송거리/효율 문제를 해결하기 위한 연구로 장거리(100m ~ 300m) 에너지/데이터 전송을 가능케 하는 저주파수 전자기장 모드 생성기술, 제어기술, 근역/원역장 빔 성형 및 플라즈마 생성기술

- 단일 공진기에서 전자기공명 모드 생성기술
- 장거리 전송용 혼합모드 생성기술/전자기장 빔 제어기술(Microwave knife기술)
- 플라즈마 상태 생성/유지기술
- 인체나 전자기기에 유해한 영향을 주지 않도록 하는 제어기술

(기술수준) 무선전력전송기술은 각종 선으로부터 자유로움(Cable-free)과 편리함을 가져올 혁신기술이나 전송거리와 효율 한계를 극복하기 위한 기초원천연구가 필요(기술 확산 Tipping Point)

- 기존의 장거리 무선전력전송기술은 RF의 반송파 전송이나 레이저 전송을 기반으로 하고 있으나 효율이 낮거나 인체에 유해하며 레이저의 경우에는 생활공간에서 사용할 수 없음
- 민간영역에서 비교적 활발한 자기유도 방식(2차원 평면/접촉식, 7mm이하 전송거리)은 스마트 폰에 상용화 단계이며, 수 m 전송거리/효율을 모두 만족하는 기술도 현재 없음

(도출근거) 낮은 주파수에서 자기장/전기장을 이용한 장거리 전송은 과거 100년간 고민하고 있는 분야로, 이를 해결 시 통신, 에너지 등 산업 전 분야에서 활용이 가능함

- 자기유도 방식(2차원 평면/접촉식)의 기술개발과 달리 3차원 입체 공간 중장거리 무선충전기술은 국가 선제적·안정적 투자를 통해 원천기술 확보가 필요하며, 또한 다양한 산업, 생활에 응용이 가능한 microwave knife, 플라즈마 기술에는 전원 생성, 빔 성형기술이 있음

(발전전망) 4차 산업혁명을 주도할 모바일, 사물인터넷, 무인운송수단, 로봇공학 등의 핵심 기반기술로서 혁신제품의 등장과 연관 산업의 성장 토대 마련

- 무선전력전송 세계시장은 2016년 2.4조원→2022년 11.3조원, 연평균 23.2% 성장 예측(Marketandmarkets, 2017.03)

□ AI(인공지능)



○ 심볼릭 기계학습 기술

(기술개요) 기계가 일일이 코드로 명시하지 않은 동작을 데이터로부터 학습하여 실행할 수 있게 하는 알고리즘

- 역학을 정의하기 어려운 시스템에서 입출력 데이터의 상관관계를 학습하거나 데이터 자체의 패턴 및 특징을 인식
- 음성, 언어, 영상처리, 빅데이터 등 다양한 지식처리 인공지능 소프트웨어 기술에 활용됨

(기술수준) 미국의 CMU, DARPA, Google, NSF는 비구조/반구조 형태의 웹 데이터에서 구조화된 정보를 추출하는 기계 학습 기반 시스템을 구축하는 프로젝트 NELL을 진행 중이며, 818개 범주 및 관계에 대해서 약 189만개의 인스턴스로 구성되어 있고 약 87% 정확도를 가짐

- 세계 최대 규모의 지식 베이스를 보유한 미국의 Cycorp, Inc는 기존 추론 엔진에 결정 트리와 같은 기계 학습 기법을 도입하여 기존 추론 엔진 대비 16배 빠른 속도와 15%의 응답률을 보이던 기존 추론 엔진에 비해 약 17%의 성능 향상을 보임

- 미국의 Microsoft는 CRF (Conditional Random Field) 기반 개체명 인식기를 개발하여 최고 성능인 91.2% (F-measure)를 보임

(도출근거) 기기와 사용자와의 상호작용 및 소셜 미디어로부터 생성되는 방대한 양의 데이터에 대한 효율적인 정보 분석과 처리를 시행할 수 있는 기계 학습 기술 개발이 주목을 받고 있음

- 기계 학습의 발전은 빅데이터와 사물 인터넷으로 대표되는 데이터 처리 기술과 클라우드 컴퓨팅으로 대변되는 대규모 컴퓨팅 자원의 활용 기술까지도 발전시킬 것으로 기대됨

- 지적 활동의 자동화를 통해 의료, 법률, 금융과 같은 전문적인 지식을 필요로 하는 분야가 보편화될 수 있음

(발전전망) 기계 학습 기술은 스마트 카, 스마트 헬스 케어, 핀 테크 등 고부가가치 융합 분야에 적용하여 새로운 가치를 창출할 것으로 예상됨

- 영상 및 자연어 이해 등 데이터의 지식화는 여전히 해결해야 할 문제점으로 남아 있으며, 멀티모달 데이터에 대한 기계학습 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상됨

○ 신경망 모델링 기술

(기술개요) 신경망 모델링 기술은 기계학습의 한 분야로써 생물의 신경망(동물의 중추신경계 중 특히 뇌)의 작동 원리를 모방한 통계학적 학습 알고리즘

- 시냅스의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반 의미함

(기술수준) 해외 기업들은 글로벌 기업들을 중심으로 인공지능 개발에 적극적이며, 특히 인공신경망을 이용하는 딥러닝(Deep Learning) 기술 개발 가속화, 사업화 성과 창출

- 구글은 Deepmind 팀이 개발한 인공지능 바둑프로그램 AlphaGo를 개발, 인간을 이김
- IBM 왓슨은 2011년 미국의 퀴즈쇼 ‘제퍼디’에서 승리한 바 있으며, 의료 왓슨으로 상업화
- 음성인식 개인비서인 애플 SIRI, 마이크로소프트 코타나, 구글 나우, 아마존 에코 등 상용화
- 아마존에서는 신속한 배송과 정확한 물류관리를 위한 드론 배송, 로봇 물류창고 관리, 자동 주문 배송 시스템 등 개발
- 국내는 일부 IT기업 및 연구소를 중심으로 인공지능 기술개발이 진행 중이지만 해외대비 기술 수준과 투자 규모가 미약함
- 네이버는 2012년부터 네이버랩을 운영중이고 음성인식 검색서비스, 사진분류서

비스, 자동통역 서비스 등에 딥러닝 기술을 적용

- 대학 및 연구소는 KAIST와 ETRI 등을 중심으로 인공지능 R&D 진행

(도출근거) 신경망 모델링 기술은, 음성인식, 영상인식, 자연어처리, 로봇, 빅데이터분석, 자율주행자동차 등 대부분의 인공지능 분야의 핵심기술로 활용되고 있으며 점차 활용 분야 및 기술 수준이 향상, 확대되고 있음

(발전전망) 대표적인 신경망 모델링 기술인 딥러닝SW의 시장 규모는 2016년 6억 5천만불에서 2025년 349억불로 성장할 것으로 예상(연평균 성장률 56%) (출처: Tractica 2017)

- 신경망 모델링 기술은 DBN, CNN, RNN, Deep Q network 등 다양한 응용 분야에 최적화된 형태로 지속적으로 확대, 발전되고 있음

○ 뇌신호 해석 기술

(기술개요) 사람의 뇌파(EEG)의 의미를 해석하고 이를 통해 사용자 인터페이스 및 상황을 인지하는 기술

- 뇌의 신호를 해석하는 파트와 이를 통해 주변 장치를 제어하는 기술로 구성

(기술수준) 뇌파의 측정 방법으로는 삽입형 BCI, 부분적 삽입 BCI, 비삽입형 BCI 3가지이며, 뇌에 가깝고, 더 많은 측정 장치를 설치할 수 록 성능이 높아짐

- 최근에 헤드셋 형태의 측정 장치를 개발하고 저렴한 비용으로 출시되고 있음

- 뇌파의 장점은 자발적인 생체신호로 측정 비용이 저렴하지만, 초기 비용이 높음

- 현재로는 NeuroSky, OCZ Technology, Emotiv 등에서 BCI 측정 장치를 판매하고 있음

(도출근거) 사람의 감성, 의도, 생각을 파악하기 위한 뇌파 해석 기술은 오랜 기간 동안 진행해 왔으나, 최근 뇌파 해석에 다양한 기술을 접목하면서 새롭게 부각되고 있음

- 최근 연구는 장애인용 인터페이스 개발이나 뇌파의 기본적인 처리 기술 대신, 실용적이고 상업적인 용도의 연구가 진행되고 있음

- 현재는 느린 반응속도 및 비싼 비용이 문제가 되고 있으며, 사용에 많은 숙련도가 필요한 분야

(발전전망) 충분한 데이터가 확보된다는 가정하에 게임, 가상현실 등에서 보조 컨트롤러의 기능을 충분히 수행할 수 있고, 점차 가격도 저렴해 지고 있어 전망이 밝음

- 최근 해킹 이슈가 발생하여, 개인의 성향이나 건강상태에 대한 정보 유출 가능성이 제기 되고 있음

○ 메모리 네트워크 기술

(기술개요) 사람의 기억 메커니즘을 모사한 네트워크 기반 인공지능 기술

- 언어 정보를 기억하고 추론하는 기능을 자동으로 학습해내는 기술을 의미함
- 습득한 지식을 저장하여 질의응답, 번역/귀납적 추론 및 상호관계 추론 등의 문제 해결 방법을 자동으로 학습하는 기술

(기술수준) 현재는 텍스트 기반 언어정보를 자동으로 기억, 이해 및 추론하는 기술을 개발하고 있음

- 국내의 경우 메모리 뉴럴 네트워크를 단순 활용하는 수준에 있으며, 최근 텍스트 포함 멀티모달 지식을 대상으로 하는 메모리 네트워크 기술을 준비하고 있음
- 국외의 경우 Facebook 인공지능 팀에서 텍스트 기반의 언어정보 기억, 추론을 위한 메모리 네트워크 기술을 개발했으며, 딥마인드에서는 대용량 기억구조를 가지는 메모리 네트워크 기술을 개발함
- 현재로는 Facebook 및 딥마인드의 메모리 네트워크 기술 모두 소규모 도메인에 대해 자동으로 언어 이해를 학습하는 수준임

(도출근거) 수동으로 지식화하고 모델을 학습하는 기존 인공지능 기술은 도메인 확장에 많은 시간과 비용을 요구하나, 메모리 네트워크 기술은 지식 확장의 한계를 해결할 수 있는 원천기술임

- 대규모 언어지식에 대한 자동 이해 및 추론을 학습하는 수준에 이르기 위해서는 장기간의 기술개발이 필요함
- 복합 모달리티의 이해 및 추론, 다국어 이해 등 다양한 분야의 기반 기술로 활용

(발전전망) 지능형 인공지능 서비스의 핵심인 대화형 인공지능을 위한 핵심기술로 활용할 수 있어 향후 시장성이 매우 높을 것으로 예상됨

- 인공지능 비서, 대화 인터페이스 등의 지능 서비스 산업의 확대 및 성장을 견인할 것으로 전망

○ 강화/증강 학습 기술

(기술개요) 기계학습 기술은 많은 데이터를 입력으로 받아 학습 결과를 제공하는 기술인데, 새로운 데이터를 입력 받거나 새로운 학습 대상을 추가 학습하는 것이 어려움

- 강화학습은 기존에 학습된 내용에서 추가적인 데이터를 더하여 학습하는 기술을 의미
- 증강학습은 기존에 알려지지 않았던 새로운 대상을 학습하는 경우 기존의 학습 방법이 다른 종류가 전체적으로 재학습하는 것과 달리 새로운 대상만을 학습하여 인지 능력을 올리는 기술

(기술수준) 시각, 청각, 음성/언어 등에서 널리 사용되는 기계학습 기술의 기술을 확장하여 강화학습/증강학습이 가능한 연구가 진행되고 있음

- 심볼릭 학습기술의 경우에 강화학습 기술을 먼저 적용하고 있으며, 최근에 딥러닝 기술에도 강화학습 및 증강학습 기술을 적용한 연구가 진행되고 있음
- 국내의 경우, 사물 인식이나 추적 기술에 관련 기술을 많이 적용하고 있음
- 국외의 경우 Google 딥마인드의 알파고 시스템이 강화학습 기술을 바탕으로 하고 있으며, 지도학습과 강화학습을 병행한 방법을 취하고 있음

(도출근거) 새로운 지능을 습득하고 확장하는 기술은 인공지능의 오랜 숙제로 많은 연구자가 다양한 방법으로 시도하고 있는 분야로 관련 분야의 핵심 원천기술임

- 스스로 학습하고 성장하는 방법으로 가장 가능성이 높은 기술이며, 최근에 가장 빠르게 대두되고 있는 기술이라 기반 기술로 선정 필요

(발전전망) 지능을 확장하는 방식의 한 방면으로 사물을 추적하는 기술과 같은 작은 응용 분야에서 알파고와 같이 복잡한 분야에 널리 사용되는 기술로 아직은 초기 연구 단계이기 때문에 발전 가능성이 매우 높은 것으로 예상됨

○ 하이브리드 기계학습 기술

(기술개요) 시각, 청각, 텍스트 등 다양한 모달리티의 정보와 그 내부에 포함되어 있는 세부 학습 방법(심볼릭 기계학습, 딥러닝, 모델링 등)을 융합 모델링하여 상황 및 환경을 이해하여 지식화 하는 기술을 의미함

(기술수준) 멀티모달 데이터를 기반으로 의도, 행동, 감성, 심리 등을 분석하고 모델링하는 다양한 기술 연구가 진행 중

- 시각, 청각 및 텍스트가 동일한 의미를 표현하는 멀티모달 학습 방법을 개발하는 시도가 진행되고 있으며, 데이터 중심의 신경망 기술과 지도학습 기반의 추론 기술을 병합하는 연구 추진
- 국내의 경우 최근 다양한 연구개발 사업을 통해 관련 기술 개발을 시도하는 수준으로, 서울대를 중심으로 하는 “비디오 튜링 테스트” 사업에서 멀티모달 모델 기반의 비디오 의미를 이해하는 연구를 수행하고 있으며 다양한 모달리티를 추가하여 사용자 의도 및 감성을 분석하는 “자율지능 디지털 동반자 기술”에 대한 연구가 진행되고 있음
- 국외의 경우 Carnegie Mellon 대학에서 멀티모달 머신러닝 기술을 통해 대화기반 멀티모달 활용 사용자 심리 파악 [SimSensei] 연구를 수행하고 있으며 Toronto 대학에서 멀티모달 데이터 동기화를 통한 언어이해 연구를 통해 지능형 이미지 분석 및 검색 등에 성과를 보이고 있음

(도출근거) 태깅 정보가 미흡하고 모달리티간의 동기화가 되지 않은 불완전 데이터를 자동으로 의미 동기화하여 모델링하는, 차세대 인공지능 기술의 기반이 될

것으로 예상됨

- 현재 기술 수준이 초기 단계이므로 장기적인 원천기술개발 투자가 이루어져야 하는 분야임
- 인공지능 서비스 개발에 있어 단일 모달리티로는 부족한 성능을 보완하여 인공지능 기술의 혁신을 이룰 수 있는 잠재력이 있음

(발전전망) 단일 모달리티 기반의 성능한계를 해결하여 인공지능 비서, 대화인터페이스, 사용자 의도/행동 이해 등의 응용분야에 큰 파급효과를 가지는 기초기술 중 하나임

- 인공지능 비서, 대화 인터페이스 등의 서비스 고도화 및 다양한 IoT 센서 데이터를 융합하여 새로운 서비스 시장을 창출 할 것으로 전망

○ 전이 학습 기술

(기술개요) 기계가 특정 작업이나 특정 분야에서 문제를 풀 때 연관된 작업이나 분야에서 학습한 지식을 이용하여 문제를 푸는 기술이며 문제를 해결하고자 하는 작업이나 분야의 학습 데이터가 적은 상황에서 유용함

- 학습된 네트워크를 새로운 작업이나 분야에서 재사용하는 방법으로 다중 작업 또는 분야에서의 학습을 동시에 수행하며 각각의 작업에서 유리하게 작용할 수 있는 모델 연구

(기술수준) Google은 한국어, 영어, 일본어를 포함한 12개 언어 쌍의 번역 지식을 한 번에 학습하는 신경망 번역기를 개발하여 학습 데이터에 존재하지 않는 이중 언어 간의 번역을 가능케 하였을 뿐만 아니라 기존 모델의 성능을 유지하면서 개발 시간을 1/12로 단축시킴

- MILA(Montreal Institute for Learning Algorithms)는 영상에서의 개체 분류 학습 모델의 지식을 노이즈가 있는 영상에서의 개체 분류 학습 모델에 적용하여 약 76% 정확도 성능을 보임(기존 대비 24% 향상)

(도출근거) 딥러닝 기술의 적용 범위가 점차 확장됨에 따라 학습 데이터의 양이 적은 작업 및 분야에서 데이터에 의존적인 딥러닝 기술의 단점을 해소할 방안의 필요성이 커질 것으로 예상됨

- 막대한 시간과 비용이 드는 데이터 수집 및 선별 작업에 비해 효율적인 학습 방법으로 데이터가 자주 갱신되는 실제 환경에서 학습 모델의 재구축 시간이나 비용이 큰 경우 필요성이 대두됨

(발전전망) 학습 데이터가 적은 다양한 분야에서 각 도메인에 최적화된 새로운 기계학습 또는 딥러닝 기반 모델 구축에 관한 연구가 진행됨

- 적대적 신경망 네트워크(Generative Adversarial Network) 등 최신 딥러닝 기술을 이

용한 다중 도메인 적응형 신경망 기술 연구가 활발히 이루어질 것으로 전망

○ 자가성장 학습 기술

(기술개요) 인간 인지능의 기능적, 성능적 진화를 모사하는 학습 및 자가성장 기술

- autonomous 에이전트
- 언어/청각/시각 등 복합정보 비지도 학습 기반 특징 공간 자가 확장 및 동기화
- 미지정보 자가 레이블링 및 특징 공간 매핑
- 자가 보상 기반 지식 강화 및 도메인 확장 지식 증강
- 일반적 지식(상식) 기억 공간 동적 생성, 확장 및 검색

(기술수준) 2016년도 9월 MIT 뇌인지과학 James DiCarlo 교수 및 컴퓨터과학·인공지능연구소인 CSAIL, IBM 왓슨 개발팀이 참여하는 BM3C 프로젝트를 시작하였으며, AI에 인간 뇌 메커니즘을 도입, 인간과 같은 시각과 청각 인식 능력을 지닌 AI 개발을 목표로 함

- 구글은 2016년 6월 미국 외에 가장 큰 규모의 AI 연구센터를 Zurich에 설립하고 컴퓨터가 보편적 사실을 이해할 수 있도록 상식을 가르치는 ‘common-sense’ AI engine 연구 시작
- 2013년 결성된 페이스북인공지능연구팀(FAIR)은 ‘명백하게 지능적인(unambiguously intelligent)’을 목표로 설정하고, 비지도 학습을 통해 ‘상식을 갖춘(AGI) 시스템’을 연구 중

(도출근거) 현재의 계산이론에 기반한 기계학습(약한 인공지능) 기술을 뛰어 넘어 두뇌의 지식성장 과정을 모방하여 스스로 생각하는 미래형 인공지능(강한 인공지능)으로 가는 원천 기술

- 인간처럼 읽고, 듣고, 보면서 자가 학습과 자율 성장이 가능한 인공지능 원천 기술 개발로 진화형 지능 서비스 패러다임 제시
- 노인, 청소년을 위한 개인비서 서비스는 물론, 스스로 학습/성장하는 전문가 시스템, 인공지능 개인교사, 스마트 교육 서비스, 대화형 로봇 등 다양한 지식 서비스 시장 창출

(발전전망) HTM(Hierarchical Temporal Memory), SPAUN(Semantic Pointer Architecture Unified Network) 등 휴먼 브레인의 체계를 모방하여 더욱 고도화된 지능을 구현하는 새로운 브레인 알고리즘에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음

- 구글, 애플, MS, 아마존, 페이스북 등이 경쟁하는 스마트 디지털 비서는 음성 인식이 적용되면서 상황 인지를 통해 보다 지능형 서비스를 한다는 면에서 소비자들에게 가까운 인공지능 어플리케이션이 되고 있음
- 2021년까지 개인의 65% 이상 및 기업의 75%가 가상개인비서 또는

autonomous agent를 사용할 것이며, 북미지역 가상개인비서 소비자시장 규모는 296억 달러에 이를 것으로 전망(Mind Commerce Publishing, 2016)

○ 윤리적 지능 학습 기술

(기술개요) 인공지능 기술은 사람의 특정 지능을 모사하여 개발하는 기술로 학습 방법에 따라 다양하게 제작이 가능한 분야

— 공익적인 목적에서의 인공지능 기술과 달리 사익을 추구하는 분야에서는 개인 및 특정 기업의 이익과 공공의 이익에서 상충하는 부분이 발생함

※ 자율 주행 차량의 인사사고

※ 주식거래 인공지능이 대규모 개인 투자자들의 손해를 유발

※ 무장된 드론이 특정인을 사살하는 경우 및 인공지능 로봇의 혐오 발언

(기술수준) MIT 미디어랩의 ‘스케일러블 코퍼레이션’에서는 ‘자율주행차가 사고의 순간을 맞아 어떤 판단을 내려야 할지’를 두고 ‘윤리기계’라는 게임 형태의 도구를 개발

※ 2개 차선이 있고, 한쪽에서는 반드시 사고가 나는 상황 → 사고 대상자를 주고 목숨 값을 재보라는 문제로 이어짐 → 탑승자가 죽는 것 또한 시나리오에 있음

— 인공지능 챗봇이 잘못된 언어를 학습하지 못하는 하는 기능이나, 사생활을 노출하는 사진을 찍지 못하도록 하는 윤리 기술은 적용되고 있으나 높은 수준에서의 윤리의식 자체를 학습하는 것임 (공개 문제로 남아 있음)

(도출근거) 인공지능 기술에 대해서 인간을 공격하거나 공익을 해치는 우려가 있음

— 윤리기술은 특정 기술보다는 윤리적 가치를 어디에 둘 것인지, 최소한의 반윤리적인 행동을 막기 위한 방법이 어떤 것들이 있는가를 조사/공유 필요

(발전전망) 인공지능 기술의 발전과 더불어 더 정교한 윤리의식의 배포와 관련 기능의 의무 탑재에 대한 가이드 개발이 필요

— 인공지능 학습 과정에서 윤리 기능에 대한 배려가 필요

○ 인공지능 보안 기술

(기술개요) 얼굴인식에 기반한 출입통제 시스템, 자동차 번호 인식 시스템, 자율주행 자동차의 표지판 인식 시스템 등 4차 산업혁명 시대 미래 응용 분야의 핵심기술인 인공지능이 오동작 하도록 공격하는 기법이 최근(2014년 이후) 알려지기 시작함

— 구글/OpenAI의 Fast Gradient 공격, Saliency Map을 이용한 공격 등 다양한 공격 방법이 계속 연구되고 있고, 애플의 음성인식 시스템 Siri의 결함을 이용한 사용자 인증 우회 등 실질적인 공격도 계속 생겨나고 있음

— 기존 인공지능 기법이 왜 공격이 가능한가에 대한 의문은 인공지능 자체에 대

한 이해도를 높여주고 있으며, 공격에 저항 가능한 새로운 인공지능 기법과 학습이론에 대한 연구가 진행되고 있음

- 공격/방어모델에 기반한 GAN(Generative Adversarial Network)과 같은 새로운 학습 방법이 개발되고 있으며, 이는 인공지능 전반에 걸쳐 응용이 가능한 모델로 상당한 파급효과를 가지고 있음
- 미국 DARPA를 중심으로 설명 가능한 인공지능, XAI(eXplainable AI) 연구가 진행되고 있으며, 이는 인공지능이 내린 결정을 인간이 이해할 수 있도록 하는 새로운 모델과 인터페이스를 연구함

(기술수준) 2014년 구글의 Ian Goodfellow가 Adversarial Example의 개념을 제시하고, 2016년 보안 전문가인 Papernot와 구글의 Goodfellow가 딥러닝 시스템을 효과적으로 공격할 수 있는 방법은 제안함

- 2015년 Hinton 교수 등이 Distillation에 기반한 인공지능 방어기법 제시
- 2016년 Huang 등이 딥뉴럴넷의 안전성 검증 방법을 제안함
- 2016년 Papernot 등이 기계학습에 있어서의 보안과 프라이버시에 대한 과학적 정의와 분류체계를 제안
- 2016년 Papernot와 Goodfellow가 인공지능 공격과 방어 기법을 시험/검증하기 위한 CleverHans라는 소프트웨어 프레임워크를 제시
- 2017년 코넬 텍의 Shokri 등이 멤버십 추정 공격 방법을 제안함

(도출근거) 인공지능 보안 분야는 4차 산업혁명 시대에 있어 모든 인공지능 응용 분야에서 신뢰성을 보장하기 위해 필요한 필수 기술

- 관련 산업 경쟁력 강화 및 고도화, 국내 인공지능 연구의 미래 성장, 뉴럴 컴퓨팅 등 신개념 산업 창출을 위해 필수 불가결한 연구 분야로 예상

(발전전망) 스마트시티, 자율주행 자동차 등 사회 기반을 구성하는 인공지능 응용에서 악의적인 인공지능 공격을 방지하기 위한 필수 기술로 발전 전망

- 스마트폰을 비롯한 다양한 사용자 인증 시스템에서 인공지능의 오동작을 방지하기 위한 필수 기술로 발전 전망
- 공격/방어자가 구성하는 게임이론에 입각한 새로운 인공지능 기법을 연구/개발하기 위한 새로운 개념을 구성하여, 미래 인공지능 연구를 이끌어갈 전인차 역할을 수행하리라 기대됨
- 인공지능을 이용하는 제품을 생산하는 모든 기업체에서 필수적으로 사용하게 될 기술이며, 시장 규모가 급격히 성장하리라 예상됨

□ 빅데이터



○ 데이터관리

(기술개요) 데이터로부터 가치를 추출하고 지능화 서비스의 기반을 지원하기 위하여, 생성된 데이터의 수집, 저장, 추출/변환/가공, 검색 등 데이터 라이프사이클 전반에 걸쳐 데이터를 관리하기 위한 기술

(기술수준) 미국 IBM, Microsoft, Oracle, SAP, Teradata 등이 최고의 데이터 관리 플랫폼 기술을 보유하고 있음

– 국내는 대부분 공개 소프트웨어 기반으로 플랫폼을 구성하고 있으며, ETRI에서 데이터 관리를 위한 일부 핵심 플랫폼 기술을 확보하고 있음.

– 빅데이터를 위한 국내 데이터 저장·처리·관리 기술은 세계 최고 수준(미국)에 비해 1.7년 기술격차가 있는 것으로 보고되고 있음 (ICT 기술수준조사보고서, 2017 IITP)

(도출근거) 가트너는 데이터 관리 기술이 디지털 비즈니스를 향한 움직임의 중심으로, 데이터 관리의 중요성을 강조하고 있으며, 이를 반영하여 2017년 데이터 관리 기술에 대한 하이프사이클을 새롭게 제공 (Gartner 2017, G00313950)

(발전전망) 데이터가 산업의 경쟁력 강화 수단으로 확산되기 위하여, 데이터의 신

퇴성 확보 및 데이터 분석을 위한 비용 감소와 편리성 향상으로 데이터의 활용도 확대를 위한 기술 발전 전망

- 빅데이터 분석을 위한 기반 기술인 데이터 관리 기술의 세계 시장은 2016년 385.8억 달러에서 2020년 520.7억 달러로 연평균 8.9%로 급성장이 전망되고 있음 (IDC 2017)

○ 분산/병렬 처리

(기술개요) 기존 데이터베이스로 처리할 수 없는 역량을 넘어서는 초대용량의 정형/비정형 데이터를 처리하여 빅데이터 분석을 수행하여, 유의미한 분석 결과를 적시에 제공하기 위한 기술

(기술수준) 미국 구글이 대용량의 빅데이터 처리를 위한 맵리듀스 기반의 최고의 분산/병렬 처리 기술을 보유하고 있으며, 클라우데라, 호튼웍스, 맵알 등이 맵리듀스의 공개 소프트웨어인 하둡 기반의 분산/병렬 처리기술을 보유

- 빅데이터 분석을 위한 국내 분산/병렬 처리 기술은 하둡 공개 소프트웨어 기반의 솔루션 개발로 제한되어 있으며, 세계 최고 수준(미국)에 비해 1.7년 기술격차가 있는 것으로 보고되고 있음 (ICT 기술수준조사보고서, 2017 IITP)
- 현대경제연구원에서 발표한 '4차 산업혁명의 핵심 촉진자와 수용자' 보고서에 따르면, 빅데이터의 국내 기술 경쟁력은 선도국의 53% 수준에 불과하다고 발표

(도출근거) 인공지능 부활에 결정적인 역할을 한 딥러닝 기술을 이용하기 위해서는 기계가 수천만장의 이미지를 학습하여 객체를 인식하게 하고, 수천시간의 음성 데이터를 학습하여 사람의 말을 이해하게 처리하기 위해 다수의 고성능 컴퓨터가 요구됨

- 알파고를 개발한 구글 딥마인드에 따르면 컴퓨터 HW 용량을 무조건 개선하면 오히려 알파고의 성능이 떨어지며, 컴퓨팅 자원이 무조건 많다고 일을 빠르게 잘하는 것이 아니라 응용의 요구에 맞추어 얼마나 효율적으로 자원을 이용하느냐에 좌우되며, 다수의 컴퓨팅 자원을 효율적으로 이용하기 위한 분산/병렬 처리 기술이 필수적임
- 폭발적으로 증가하는 데이터(2020년 44ZB) 처리에 효율적인 클라우드 컴퓨팅 기반 분산/병렬 데이터 처리 관련 연구는 지속적으로 진행될 것으로 전망

(발전전망) 4차 산업혁명의 가속화에 따라 IoT 환경에서 발생하는 대용량의 실시간 데이터를 빠르게 처리하고 분석할 수 있는 분산/병렬 처리 기술의 요구 증가 전망

- 분산/병렬 처리를 통한 빅데이터 분석 소프트웨어 시장은 2016년 491억 달러에

서 연평균 10.6%씩 증가하여 2021년에는 814억 달러로 급격하게 성장할 것으로 전망 (IDC 2017, US42891017)

○ 기계학습

(기술개요) 인간의 지능(인지, 추론, 학습 등)을 컴퓨터나 시스템 등으로 만든 것 또는 만들 수 있는 방법론이나 실현 가능성 등을 연구하는 기술로 패턴 인식, 기계 학습, 딥러닝 등이 기계학습 관련 기술 중 주요 기술 분야로 인식되고 있음

- 기계학습은 일반성, 방대성 등 지식의 특성을 갖는 일반 소프트웨어 시스템의 특성 뿐 아니라 추론 기능 등의 특성을 포함

(기술수준) 정보통신기술진흥센터가 발표한 4차산업혁명과 SW R&D 정책보고서에 따르면, 국내 인공지능 기술은 세계 최고 수준 대비 2013년 1.98년에서 2016년 2.2년으로 기술 격차가 더 벌어진 것으로 발표

- 현대경제연구원에서 발표한 '4차 산업혁명의 핵심 촉진자와 수용자' 보고서에 따르면, 인공지능의 국내 기술 경쟁력은 선도국의 45% 수준에 불과하다고 발표

(도출근거) 기계학습 기반의 지식처리 플랫폼은 빅데이터와 접목이 되면서 국가 및 기업의 미래경쟁력을 좌우할 기술로 대두되고 있음

- IDC에 따르면 10년후에는 지금보다 약 50배 가량의 데이터 폭증이 예상되며, 이에 따른 데이터의 심층 이해가 필수적임

- 현재는 창출되는 데이터의 약 5% 정도만 지식화되고 있으며, 학습하고 판단하여 인간과 기계의 지식소통이 가능한 빅데이터 지식처리 기계학습 SW를 통해 전문가 수준의 지식 생산 및 공유가 국가의 미래 산업 경쟁력 확보의 최우선 과제로 전망

(발전전망) 기계 학습의 성공에 의해 인공지능 기반의 다양한 서비스가 차세대 성장동력의 필수적인 부분이 될 것으로 전망

- 글로벌 IT 기업들은 기계학습 기술 및 플랫폼 기술을 육성하고 시장 영향력을 보다 확대하기 위해 주로 딥러닝 기술 위주의 인공지능 기술을 오픈 소프트웨어로 공개하는 추세임

- 인공지능 기술 분야 중 기계학습 관련 기술이 가장 빠르게 확산될 것으로 전망되며, 이미지 인식 기술이 다음으로 높은 시장을 형성할 것으로 전망

※ 인공지능 전체 세계 시장은 2016년 3.3억달러에서 2020년 41.4억달러로 연평균 82.9% 급성장할 것으로 전망되며, 이중 기계학습 시장은 2016년 2.2억달러에서 2020년 38.85억 달러로 연평균 104.5%로 급성장 전망

□ 클라우드



○ 자원 가상화 기술

(기술개요) 단일의 서버, 스토리지, 네트워크 등의 물리적인 IT 자원이 동시에 다수의 논리적인 IT 자원으로 사용되어 질 수 있도록 하는 기술로써, 이러한 가상화 기술이 논리 자원들과 물리 자원들 간의 연결을 제공하여 사용자는 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 등의 물리 자원들을 직접 이용하는 것이 아니라 가상화된 논리 자원 형태로 이용하게 됨

- 클라우드 컴퓨팅의 기반이 되는 가상화 기술에는 하이퍼바이저로 알려져 있는 서버 가상화 기술, 가상 라우터를 기반으로 한 네트워크 가상화 기술, 스토리지 클라우드를 위한 스토리지 가상화 기술 등이 포함됨

(기술수준) 서버 가상화의 핵심기술인 하이퍼바이저 기술의 경우 x86 서버를 대상으로 VM웨어, 마이크로소프트, 시트릭스 등의 외산제품이 국내외 시장의 90% 이상을 점유하고 있음

- VM웨어는 서버 가상화(vSphere), 스토리지 가상화(Virtual SAN), 네트워크 가상화(NSX) 전반에 걸친 제품을 출시하여, 소프트웨어 정의 데이터센터(SDDC) 포트폴리오를 구성하고 있음

- 마이크로소프트 역시 Windows Server 2016에 서버 가상화 솔루션(Hyper-V)과 스토리지 가상화 기술을 함께 지원하고 있으며, 특히 Hyper-V에는 네트워크 가상화 기술이 함께 탑재되어 제공되고 있음

(도출근거) 자원 가상화 기술은 클라우드 컴퓨팅을 위한 핵심 기반기술로써 클라우드 컴퓨팅 인프라가 전방위 산업의 인프라로 본격 확산되고, 인공지능, IoT 산업분야와 같이 대규모 데이터의 실시간 처리가 요구됨에 따라, 클라우드 인프라의 고성능, 실시간성, 경량화 지원 등을 위한 가상화 기술 고도화가 필요함

- 국내의 경우 스토리지 가상화, 데스크톱 가상화 등의 일부 솔루션이 제공되고 있으나, 외산 솔루션과 비교하여 클라우드 컴퓨팅을 위한 기반 기술로 활용되기 어려운 상황임
- 4차 산업혁명이 확산되면서 전통적인 데이터센터 환경을 혁신하기 위해 급부상하고 있는 소프트웨어 정의 데이터센터 세계시장은 2020년까지 770억 달러를 넘어설 것으로 예상되며 (출처: IDG), 자원 가상화 기술은 소프트웨어 정의 데이터센터의 핵심 기술로 위치하고 있음

(발전전망) 클라우드 컴퓨팅 인프라가 산업 전반에 확산됨에 따라 대규모 데이터의 저장 및 고속 처리, 실시간 서비스 제공 등 새로운 니즈가 요구될 것이며, 자원 가상화 기술은 이러한 새로운 클라우드 컴퓨팅 기술의 핵심기술로써 역할을 할 것으로 전망됨

- 급격하게 확장되고 있는 소프트웨어 정의 데이터센터는 기존의 데이터센터의 구조를 변화시킬 것이며, 핵심 기술인 가상화 솔루션을 보유하고 있는 업체가 시장을 주도할 것으로 전망됨

○ 자원 및 시스템 관리 기술

(기술개요) 사용자 서비스별 자원 활용 정도에 따른 동적인 자원 할당 및 동적 스케줄링을 제공하는 자원 및 시스템 관리 기술은 베어 메탈 서버 기반 데이터 센터 및 가상화 기반 가상 컴퓨팅 센터에서 대규모의 서버를 운영 및 관리 할 때, 작업량의 밸런싱 등과 같은 정교한 스케줄링 및 할당 기술이 적용된 자율 관리(Self-managing) 시스템 기반의 자원 관리 시스템을 포함

- SLA 기반 자원의 동적 구성 및 실시간 프로비저닝 기술
- 사용자 서비스 부하 기반 자원 및 시스템의 동적 할당 및 동적 스케줄링 기술
- 자원 사용의 정교한 제어를 위한 자원 및 시스템의 실시간 모니터링 기술

(기술수준) 최근 컴퓨팅 자원 및 시스템 관리 시스템들은 IT 조직에서 하드웨어 및 소프트웨어 리소스의 효율적이고 시기 적절한 활용에 도움이 되도록 서비스 및

사용자에 최적화된 자원 보고서를 제시함으로써 조직의 모든 컴퓨팅 자원을 추적하는 복잡성을 극복 할 수 있도록 도와줌

- 데이터 센터 및 클라우드 컴퓨팅 인프라의 자원 관리에 있어 컴퓨팅 전력 가용성에 국한되지 않고 비용 및 에너지 소비와 같은 다른 요소에 대한 수많은 문제를 고려함
- 이기종의 시스템 환경에서 비즈니스의 요구에 따라 동적으로 자원을 자동 할당/회수, 재배포하여 시스템을 최적화 하는 기술인 프로비저닝은 서버 및 OS, 소프트웨어, 네트워크, 스토리지 리소스들을 대상으로 확장됨

(도출근거) 서비스의 고도화로 데이터 센터 및 클라우드와 같은 컴퓨팅 인프라 운영관리의 복잡도 심화로 인한 운영관리 오버헤드(고장, 오류 탐지 및 복구 등)를 최소화하고 효율적인 운영관리를 지원하기 위해 지능형 클라우드 자원 및 시스템 관리 원천 기술 확보 필요

- 최근 클러스터 서버 시스템의 운용관리 비용은 전체 시스템 비용의 75% 수준에 육박 (출처: The inside HPC Guide to Cloud Computing, 2015)
- 신속하고 일정한 응답속도를 요구하는 4차 산업혁명 지원을 위한 임무형 서비스를 포함하는 모든 실시간 컴퓨팅 서비스를 클라우드 환경에서 제공하기 위해 자원의 실시간 분배 및 공유, 자원의 실시간 모니터링 기술의 고도화가 요구됨

(발전전망) 서비스 비용의 절감을 위해 자원 사용량을 사용자의 요구사항에 따라 동적으로 할당하는 기술을 넘어 머신 러닝 기반 자원 상태 및 서비스 사용량에 따른 예측을 통해 동적인 자원 관리를 통한 비용 절감 극대화

- AI 기반 사용량 예측 기술 확보를 통해 자원 및 시스템의 자율 및 최적 구성을 지원하는 자율 구성 고도화

○ 분산 컴퓨팅 기술

(기술개요) 네트워크로 연결된 여러 컴퓨터들의 처리능력과 자원을 활용하여 문제를 해결하고자 하는 분산 처리 모델

- 모든 문제를 단일 컴퓨터에서 해결하고자 하는 중앙 집중형(Centralized) 컴퓨팅 환경과 상반된 개념으로, 분산된 여러 컴퓨터들이 상호 협력하며 하나의 문제를 해결함으로써 문제 해결시간을 단축하고 신뢰성 개선
- 사용자는 여러 컴퓨터들로 구성된 분산 시스템을 하나의 가상 컴퓨터로 인식
 - ※ (클라이언트/서버(Client-server) 구조) 서비스를 요구하는 클라이언트(client)와 서비스를 제공하는 서버(server)로 구성
 - ※ (3계층/N계층(Three-tier/N-tier) 구조) 3계층 구조는 일반적으로 클라이언트-응용서버-DB서

버로 구성되며, 계층이 더 세분화 되어 N계층으로 확장

※ (P2P(Peer-to-peer) 구조) 하나의 컴퓨터가 클라이언트와 서버의 역할을 동시에 수행

(기술수준) 분산 컴퓨팅 기술에 기반을 둔 병렬(Parallel) 컴퓨팅, 클러스터(Cluster) 컴퓨팅, 그리드(Grid) 컴퓨팅 등이 과학·공학 분야에서 널리 활용되고 있으며, 인터넷 기술의 발전과 함께 2000년대 중반 이후 새로운 형태의 컴퓨팅 모델인 클라우드 컴퓨팅 기술로 이어짐

- 클라우드 컴퓨팅은 사용자가 컴퓨팅 자원을 직접 구축하고 관리·운영하는 대신, 클라우드 상의 대규모 공유 IT 자원을 네트워크를 통해 접속하여 필요할 때마다 서비스 형태로 이용하는 컴퓨팅 방식

(도출근거) 분산 컴퓨팅 기술은 과학과 공학 분야는 물론이고 다양한 사용자들(개인, 기업, 공공기관 등)에게 널리 활용되고 있는 다음과 같은 주요 컴퓨팅 시스템의 기반 기술로 활용

- 병렬(Parallel) 컴퓨팅, 클러스터(Cluster) 컴퓨팅, 그리드(Grid) 컴퓨팅
- 클라우드(Cloud) 컴퓨팅, 에지(Edge) 컴퓨팅

(발전전망) 분산 컴퓨팅 기반의 클라우드 컴퓨팅은 활용도가 계속 증가하고 있으며, IoT 등의 발전과 함께 에지(Edge) 컴퓨팅의 중요성도 증가하고 있음

- 에지(Edge) 컴퓨팅 환경에서는 정보의 소스(source)와 가까운 곳에서 정보가 처리됨으로써 네트워크 지연 시간과 불필요한 네트워크 트래픽을 감소

○ 고성능 컴퓨팅 기술

(기술개요) 보통의 컴퓨터보다 연산속도가 수십배에서 수백배 이상 빠른 컴퓨터를 활용하여, 대용량의 정보들을 초고속으로 생산·처리·활용할 수 있는 컴퓨터 시스템 기술을 의미

- 과학기술연산을 비롯한 다양한 분야에 사용되는 초고속/거대용량 컴퓨터 시스템을 구성하는 하드웨어 및 시스템SW/응용을 포괄
- 계산 가속 HW 및 SW 기술, 고집적 매니코어 운영체제 기술
- 고속 상호 연결망(interconnection) 기술, 대규모 응용 스케일링 병렬처리 기술
- 도메인 특화 성능 가속 기술

(기술수준) 컴퓨터의 핵심인 프로세서는 고성능컴퓨팅의 성능을 높이기 위하여 멀티/매니코어 프로세서화가 가속되고 있으며, x86 프로세서는 2016년 18개 이상의 코어를 내장하는 고성능 범용 프로세서로 발전, 2017년 하반기에는 28개 이상의 코어를 내장하는 프로세서가 출시

- NVIDIA사의 GPGPU로 대표되는 소규모 코어를 고집적한 연산가속기 등장 이

후, 시스템 수준의 저전력화 추세와 더불어 매니코어 가속기의 고성능컴퓨팅 활용 증가

- 네트워크, 시스템 연결망 기술은 현재 100Gbps 수준이며, 엑사급 고성능컴퓨팅을 위하여 200~400Gbps 급의 성능으로 발전 중에 있음
- 저장장치의 성능 저하 개선을 위하여 기존 SSD에 사용되는 플래시 메모리 소자를 대체하는 차세대 비휘발성 메모리 소자 기술과 제품 개발이 활발히 이루어지고 있음

(도출근거) 세계 고성능컴퓨팅 서버 및 유관 시장(스토리지, 소프트웨어, 서비스)은 2014년 210억불에서 2019년 312억불(연평균 약 8.3% 성장)에 이를 것으로 전망

- 수백코어 CPU, 이기종 HW의 혼용, 차세대 메모리 등 새로운 HW 환경은 컴퓨팅 패러다임을 바꿀 시스템SW 분야의 혁신 요소로서, 기술 고도화를 통하여 전통적인 고성능 컴퓨팅 응용에서 벗어나 산업현장에 적용, 활용함으로써 고속의 계산 능력 확보 및 국가경쟁력 증대
- 고성능 컴퓨팅에 대한 수요확산은 고학 계산 영역에서 3D/CG, 바이오/신약, 첨단 기계/설비의 설계 및 시뮬레이션 등 다양한 산업영역으로 확대 진행중

(발전전망) 빅데이터 고속 분석 및 다양한 분야의 실시간 예측 기술 니즈의 대규모 증가로 인하여 고속의 데이터 처리에 필요한 고성능컴퓨팅 기술이 융합 신산업 분야에서 급격히 증대

- 고집적 계산 코어(Intel, NVIDIA) 등의 고성능컴퓨팅 장치 비용 하락과 범용 제품의 출시 가속화로 언제, 어디서나 고성능컴퓨팅 시스템을 활용할 수 있는 환경 도래

○ 자율 컴퓨팅 기술

(기술개요) 대규모 인프라 관리 문제를 극복하기 위하여 사람의 개입 없이 컴퓨터 시스템들이 스스로 상태를 인식해서 자율적인 복구, 재구성, 보호 및 재할당 등을 제공하는 기술로 자가 구성 기술(Self-Configuration), 자가 치유 기술(Self-Healing), 자가 최적화 기술(Self-Optimization), 자가 보호 기술(Self-Protecting) 등으로 구성

(기술수준) 자율 컴퓨팅 기술의 선두 주자인 IBM은 자율 컴퓨팅 툴킷 배포 및 자율 컴퓨팅 참조 모델 (MAPE-K*)을 제시하는 등 2001년부터 자율 컴퓨팅 분야에 장기적 투자 추진

* MAPE-K: Monitor, Analyze, Plan, Execute, Knowledge

- BMC, Moogsoft 등의 기업은 AI 및 빅데이터 분석을 통한 지능형 운영 관리 시스템 개발 매진

- 국내 LGCNS는 시스템 로그의 빅데이터 패턴 학습을 통한 IT 인프라 장애 예측 시도
- 네트워크, 전력 관리 및 분산 컴퓨팅 환경 등의 분야에서 자율 컴퓨팅 기술을 적용 확산 중

(도출근거) 2020년에는 약 50% 기업이 지능형 운영 관리 플랫폼을 활용할 것으로 예측 (출처: Applying AIOps Platforms to Broader Datasets Will Create Unique Business Insights, 가트너 2016.07.)

- 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능 등의 등장은 컴퓨터 시스템 복잡도 및 규모를 증가시키고, IT 인프라 관리 비용 증가 문제* 및 운영 관리 기술 한계를 유발
 - * 클러스터 서버 시스템의 운용관리 비용은 전체 시스템 비용의 75% 수준에 육박 (출처: The inside HPC Guide to Cloud Computing, 2015)
- 자율 설정(self-configuration), 자율 치료(self-healing) 등을 제공하는 자율 컴퓨팅 기술 요구가 업계 전반으로 증가 중임
- 향후, 컴퓨팅 인프라 활용 분야 증가 및 규모 확장 등으로 심화되는 운영관리 복잡도 문제 해결을 위한 자율 컴퓨팅 원천 기술 확보 필요

(발전전망) 빅데이터 및 AI 기술 등의 출현으로 초기의 개념적인 자율 컴퓨팅 기술이 현실화되어 AIOps* 플랫폼 등으로 실체화 되고 있음

- * AIOps: Artificial Intelligence for IT Operations, 지능형 운영 관리
- AI 기반의 상황 인식 및 예측 등의 기술 개발에서 지능형 자가 구성 기술 방향으로 발전이 예상됨
- 시스템 및 서비스 운영관리를 『문제발생→후조치』의 사후대응(Reactive) 방식에서 『문제예측→선조치』의 선대응(Proactive) 방식으로 발전할 것으로 예측

○ 시스템 통합·연동 기술

(기술개요) 독자적으로 운영되는 다양한 형태의 다중 클라우드 컴퓨팅 시스템들을 통신을 통하여 유기적으로 통합하고 상호 연동 및 중개하여 자원 확장성 및 새로운 가치를 제공하고 효율적으로 통합된 시스템을 관리하는데 필요한 전반적인 기술을 의미함

- 이종 클라우드 중개 기술, 클라우드 연합(federation) 기술, 하이브리드 클라우드 기술 등을 구성하는 기초 기술임

(기술수준) 미국 및 유럽의 여러 국가에서는 공공기관, 연구소, 기업을 중심으로 멀티 클라우드 간의 상호운용성 지원을 위한 클라우드 인프라의 구조, 클라우드 간의 표준 인터페이스, 클라우드 인프라 서비스 중개 및 연동 환경에서의 SLA 등 다양한 측면의 기술들을 연구 중

- 미국의 Jamcracker, Rightscale, Scalr 등의 기업은 IaaS(Infrastructure-as-a-Service) 기반의 다중 클라우드 시스템들을 상호운용하는 기술과 통합된 클라우드 자원 운용 및 관리하는 기술을 보유하고 있으며, 다중 클라우드를 연동하여 PaaS(Platform-as-a-Service)를 제공하는 등 시스템 통합 기술이 다 변화되고 있음
- 클라우드 운영체제의 오픈소스 프로젝트인 OpenStack에서는 OpenStack 기반의 다중 클라우드를 통합 및 연동하기 위한 기초 기술 개발이 진행 중. Tricircle 프로젝트에서는 연동의 기초 기술인 다중 클라우드 간의 네트워크 구성 자동화 기술이 개발 중이며, Trio2o 프로젝트에서는 API 기반의 클라우드 통합을 위한 API 게이트웨이 기술을 개발 중
- 중국 기업인 화웨이에서는 OpenStack 기반으로 다중 클라우드를 연동하는 OpenStack Cascading 솔루션을 PoC로 개발하여 동종 클라우드 연동 관련 기술을 보유하고 있음

(도출근거) 클라우드 서비스는 전용에서 공용(Public) 서비스로 확대되어 공용 분야의 시장은 연평균 9.1%로 빠르게 성장하여 2020년 1,580억 달러로 예상됨 (Forecast 2015)

- 클라우드 컴퓨팅의 확산과 함께 지능정보 서비스와 같은 새로운 미래서비스가 클라우드 환경에서 개발되고 있으나, 단일 클라우드 시스템의 규모로는 이러한 미래서비스의 다양한 요구사항을 충족시키기 어려우므로 클라우드 시스템의 통합 및 관리 기술이 필요
- 다중 클라우드 서비스 연동 및 중개 시스템 시장은 2013년 65,117백만 달러에서 2019년 163,314백만 달러에 이를 것으로 전망 (연 19% 성장을 전망(2015년 가트너))

(발전전망) 광범위하게 분산된 데이터를 수집, 분석, 추론, 판단하는 일련의 과정에 대한 실시간 처리가 필요한 다양한 지능정보 서비스가 급격히 증대될 것이므로, 향후 사용량이 매우 유동적인 대규모 컴퓨팅 자원, 지역적으로 광범위하게 분산 배치되는 자원, 초고속 응답 속도를 제공하는 자원이 요구될 것임

- 대규모 컴퓨팅 자원 수요에 대비하기 위해 단일 클라우드의 자원한계를 극복할 수 있는 다중 클라우드 통합 및 연동 기술의 고도화가 이루어질 것임

○ 사이버 보안 기술

(기술개요) 사이버보안은 사이버상의 범죄, 테러, 해킹 목적의 접근 및 스파이행위 등으로부터 정보, 시스템, 네트워크를 보호하는 IT 기술을 일컬으며, 암호, 인증, 인식, 감시 등의 정보보호 기술이 적용된 제품을 생산하거나, 해당 기술을 활용, 재

난·재해·범죄 방지 서비스를 제공하는 산업으로, 네트워크·시스템 기반의 정보보안과 전통 산업간 융합으로 창출되는 융합보안을 포함

- 6개의 상세기술 시장으로는 네트워크보안, 데이터보안, 신원 및 접근관리, 엔드포인트보안, 어플리케이션보안, 클라우드보안 등의 기술을 포함

(기술수준) 바이오메트릭 기술(지문, 안구인식, 보이스인식)이 기존의 멀티팩터 인증과 결합하여 빠르게 진화하여 새로운 시장을 형성 중

- 다크트레이스(영국), 머신러닝을 보안에 접목, IT인프라 시스템의 정상적인 상태를 스스로 학습하고 자동으로 비정상적인 행위나 위협을 탐지해내는 차세대 기술 보유
- IBM은 2016년 7월 ‘왓슨’을 사이버보안에 활용하여 ‘왓슨 포 사이버 시큐리티(Watson for Cyber Security)’ 베타버전 솔루션을 출시하고, 이는 IBM의 위협 분석 인텔리전스 플랫폼인 큐레이더(QRadar)에 앱 형태로 클라우드 기반 서비스로 공급

(도출근거) 2020년까지 사이버보안 시장은 전체 IT시장의 연평균 성장률 보다 4배 이상 높은 성장*을 누릴 것으로 예상함 (출처 : 모건스탠리, 사이버보안 : 패러다임 변화의 시기)

* 사이버보안(18%), IT하드웨어 및 소프트웨어(4%), IT서비스(3%), 통신장비(3%)

* 국내 사이버보안 기업 256개 중 35개(14%) 기업만이 해외 수출을 하고 있으며, 수출액은 전체 매출의 4.7%에 불과

- 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등 첨단기술 도입으로 2020년까지 최소 9조6천억 달러에서 21조6천억 달러의 경제 효과가 발생할 것으로 전망(맥킨지, 超연결사회에서 위험과 책임)되나, 반면, 보안기술 발전 속도를 앞서는 사이버공격과 혁신을 저해하는 규제 영향으로 3조 달러의 경제 손실이 발생할 것으로 예상함

※ 사이버공격으로 인한 피해 규모, 연간 3.6조원으로 자연재해 피해액의 2배 상회(과기정통부)

- 최근 사이버보안 기술들이 융복합되어 적용되는 핀테크, 시큐리티 인텔리전스 및 Cognitive Security분야까지 발전하고 있으며, 필요성 및 적용분야는 지속적 확대 전망

(발전전망) 미래 사회는 물질 세계와 사이버 세계의 경계가 모호해질 것이며, 사물과 인간이 생성한 데이터를 활용한 다양한 신산업이 생길 것으로 예측되며, 사이버보안에 AI를 활용한 Cognitive Security 솔루션 개발 등이 활발하게 진행될 것으로 전망

○ 컴퓨팅 장비/인프라

(기술개요) 컴퓨팅 장비/인프라는 서버, 스토리지, 네트워크 등의 하드웨어 시스템을 유기적으로 연결, 구축, 운용하는 기술로, 연산을 담당하는 컴퓨팅 기술, 데이터 저장을 위한 스토리지 기술, 데이터 전송을 위한 네트워크 기술로 분류될 수 있음

(기술수준) 국내 컴퓨팅 장비/인프라 하드웨어 개발 업체는 대부분이 글로벌벤더 총판이나 유통으로 전환하였고, 일부 개발 기업도 컴퓨팅 장비/인프라 구성 핵심 부품의 해외 의존도가 매우 높고, 제조 가격경쟁력과 설계기술의 완성도가 낮아 조립수준의 제품개발에 주력하고 있음

- 글로벌 기업에 의한 시장 지배로 2016년 컴퓨팅 핵심장비 서버 90% 이상을 외산이 점유
- Intel은 신형 서버용 프로세서로 28개의 컴퓨팅 코어를 가지는 Xeon Platinum 프로세서를 출시하였으며, Xeon서버 프로세서와는 별도로 최대 72개의 연산 코어로 병렬 연산 처리 알고리즘을 수행하는 보조연산프로세서(Xeon Phi)도 개발한 상태임
- 이외에도, 요소 기술 메이저 벤더인 AMD, IBM, 델라노스 등 뿐만 아니라, 메이저 서비스 업체인 Facebook, HPE, 구글, 마이크로소프트 등에서도 자체 컴퓨팅 장비/인프라 기술을 이미 확보한 상태임

(도출근거) 최근의 4차 산업혁명 시대에서 컴퓨팅 장비/인프라는 전통적인 워크로드 이외에도 지능정보처리, Big Data, IoT와 같은 새로운 응용의 처리를 위해 고도화, 지능화, 저전력화, 보안강화로 발전되어야하고, 향후 5년 내에 이에 대한 수요가 급격히 증가할 예정임

- 국내 서버 시장은 2016년 현재 HPE등 글로벌 5대 기업이 전체 1 조원 규모의 시장에서 88.8%를 차지하고 있으며, 특히 클라우드 서버 시장은 연평균 17%대의 높은 성장세를 유지함 [출처: IDC Korea Cloud Computing Server 2016-2020 Forecast and Analysis, 2016]
- 세계 서버 시장은 2016년 597억불 규모에서 2020년까지 연평균 4.2%의 견조한 성장세로 성장하여 729억불의 시장을 형성할 것으로 전망 [출처: IDC Worldwide Server Forecast Update, 2016-2020, 2016]
- 해외 의존도가 매우 높은 국내 현실을 고려했을 때, 향후 5년 안에 확대된 시장 규모 안에서 의존도는 더욱 높아질 것으로 예상되며, 결과적으로 해외 컴퓨팅 장비 의존도를 낮추고, 컴퓨팅 장비/인프라 관련 기술변화에 대응하기 위해서는 국내기술의 경쟁력 강화 및 적극적인 R&D정책 지원이 요구됨

(발전전망) 폭발적으로 증가하는 데이터 트래픽을 처리하기 위해 메모리 중심의 컴퓨팅 구조로 전환될 예정이며, 단일 시스템에서 이기종 시스템 형상으로 변화할 것으로 전망됨

- 고속의 차세대 비휘발성 메모리 소자(NVM)의 연구에 기반한 NVM 기술과 컴퓨팅 서버기술이 융합된 서버 형태로 발전됨
- 네트워크의 가상화를 지원하는 하드웨어 및 소프트웨어 기술이 더욱 고도화될 전망임

□ 지능형 센서 및 반도체



○ 인공피부 복합센싱 소재

(기술개요) 인공피부 복합센싱 기술은 온도, 터치, 압력, 진동 등 다양한 감각을 하나의 소재로 동시에 감지하는 센서 기술임

- 기존 인공 피부용 복합센싱 기술은 온도, 습도, 압력 등을 감지하는 개별 센서들을 유연 기판 상에 집적하는 방식이 대부분이었으나, 최근 하나의 소재로 온도 및 압력을 동시 감지하는 바이모달 감지 소재 및 센서 소자에 대한 연구가 시작되고 있음
- 1종의 센서 소자로 온도/터치/압력/진동 등 멀티모달 감지가 동시 가능한 센서에 대한 연구는 전세계적으로 거의 없으며, 4차 산업혁명을 주도하는 핵심 소재 기술이 될 것임

(기술수준) 일리노이대(미) Rogers 그룹에서는 압전 및 압저항 소재를 이용한 압력/스트레인 센서를 개발하였으며, 스탠포드대(미) Bao 그룹에서는 사람의 피부 수용체를 모사하여 온도/압력 센서를 집적한 인공피부를 개발 선도 중임

- 국내에서는 서울대 김대형 교수그룹에서 온도, 압력, 변위 센서를 집적한 멀티모달 센서를 개발하여 e-skin 기술을 선도하고 있으나, 기존의 센서 집적 방식

으로 구현되고 있고 고성능, 대면적의 연구는 미흡함

- 성균관대 이내응 교수팀은 미국 Bao 그룹과 함께 온도, 압력을 동시 감지하는 바이모달 센서 어레이를 개발한 바 있으나, 하나의 소재를 이용한 바이모달 센서 연구는 국내 뿐 아니라 세계적으로도 연구 초기 단계임

(도출근거) 멀티모달 감지 소재 기반 인공피부 복합센싱 기술은, 서비스 로봇 및 의수/의족 등 첨단의료기기, 스마트카, 사람과 접촉하는 첨단 전자기기 등 ‘인간-로봇 공존 사회’에 기여하는 차세대 신산업에 적용될 수 있는 핵심원천기술로서 기술적 파급효과가 매우 큼

- 미래 세계 로봇 시장은 2015년 710억 달러에서 연평균 17%씩 성장하여 2019년 1354억 달러 규모로 성장할 것으로 예측되며(IDC, 2016), 현재의 산업용 로봇 시장에서 가정용/의료용/교육용 지능형 서비스 로봇으로 발전할 것으로 전망되어 멀티모달 센서 기반 차세대 인공 피부의 기술적/사회적 파급이 매우 클 것으로 예상됨

(발전전망) 전세계 센서 시장 성장률은 연평균 7.9%로 2015년 10조원 규모에 달함

- 멀티모달 감지 핵심 소재 기반 인공피부 복합센싱 기술은 기존의 압력센서, 온도센서 등 개별 센서를 대체하는 유망 첨단 센서 기술로서, 자동차, 모바일, IoT, 웨어러블 디바이스 등 주요 센서 산업을 고도화하는데 기여할 것으로 예상

○ 나노구조제어 고감도센싱 소재

(기술개요) 다양한 전이금속과 유기분자의 배위결합을 통해 만들어지는 결정질의 다공성 물질을 금속-유기 골격체라고 정의 (metal-organic framework, MOF)

- 전이금속의 다양한 특성과 더불어 이들과 결합을 하는 다양한 유기분자를 디자인하여 생성되는 나노기공의 크기 및 물리/화학적 특성을 제어할 수 있음
- 유기분자의 길이 조절을 통한 수소, 메탄 가스 저장 등의 에너지 관련 연구, 유기분자 및 전이금속의 조합을 활용한 선택적 가스센서 연구, 전이금속의 촉매활성 관련 연구, 나노 구조체의 약물 전달체로의 응용, 또는 다공성 물질의 특이 광학성질을 활용한 광학소자 기술 등 다양한 관련 연구가 가능

(기술수준) 전이금속과 유기분자로 구성되는 기본 building block에 대한 광범위한 연구가 진행되었으며, 미국/중국/독일/한국 등 전 세계적으로 활발한 연구가 진행

- MOF의 분야의 선도적 연구는 미국, UC-Berkely O. M. Yaghi 교수팀/교토대 기타가와 교수팀에 의해 진행됨
- 1990년대, 초기 연구는 MOF의 다공성으로 인해 획득된 대면적 특성 (표면적 > 5000m²/g)으로 인해 가스 흡착/저장에 관한 연구가 진행됨

- MOF를 열분해하여 제작된 금속산화물은 대부분 리튬이온배터리의 전극재료, 슈퍼캐패시터, 수소저장 등의 재료로 활용하는 연구가 진행중이며, 이는 국내 UNIST 연구진에 의해서 주도
- MOF를 열분해하여 속이 빈 8면체 형태의 CuO를 제조하고 이를 리튬이온 배터리 음극물질로 활용함
- 다공성의 물질형태가 전해질의 원활한 이동에 효과가 있으면 스트레스에 대한 완충제로 작용하는 이점을 활용

(도출근거) 전임금속과 유기분자의 조합을 통해 나노구조가 제어된 다양한 물질을 제작할 수 있으며, 이들의 물리/화학적 특성을 디자인할 수 있어 응용 및 잠재적 개발 기술 분야가 광범위함

- 화학/재료 중심의 기존 연구를 바탕으로 지능형 센서 소자로의 연구방향의 진화를 통해 와해성 기술(disruption technology)로의 전환이 향후 5~10년 내에 가능할 것으로 예상

(발전전망) 노벨 화학상의 유력한 후보분야로 언급될 정도로 가장 중요한 발전 중의 하나이며, 인류 발전에 큰 공헌을 한 분야임

- 에너지, 석유화학, 의학, 전자분야 등의 광범위한 분야에 활용될 수 있을 것으로 전망

○ 임플란터블 감지, 자극 소자

(기술개요) 임플란터블 생체신호 감지/자극 기술은 인체내에서 발생하는 전기적 생체신호를 정밀하게 측정하거나 근육, 신경 등을 자극하는 기술

- 심전도, 근전도, 뇌전도를 넘어 뇌신경 신호, 척수신경 등 신경신호 감지 소재 및 소자 기술
- 뇌신경, 척수 신경 등의 신경자극 전극 소재 및 자극 기술
- 임플란터블 생체신호 감지 자극 기술은 소재기반의 전극 및 생체적합 패키징 기술, 신호처리 및 반도체 공정기반의 신호처리 기술 등 다양한 기술이 유기적으로 결합되는 기술 분야임

(기술수준) 스위스 로잔연방공대와 미 브라운대, 프랑스 국립과학연구센터 등 국제 공동 연구진은 2016년 11월 척수손상으로 하반신이 마비된 원숭이의 뇌와 척수에 뇌파를 읽을 수 있는 센서와 전기자극 장비를 심어 로봇다리나 보조기 사용 없이 직접 걷게 하는 데 성공

- 미국의 DARPA는 2016년 1월 사람의 뇌와 기계를 연결하는 인터페이스(BMI) 디바이스 구상을 발표 (뇌에 삽입할 센서 기기 크기를 1cm^3 로 만드는 것을 목표)
- KIST 실감교류로보틱스연구센터 김기훈 박사팀은 '뇌정위 수술을 위한 전극 삽입장치' 기술을 개발하였음 (이 장치는 전기적 자극을 주는 방법으로 동물의 뇌 기능을 조사 연구)

(도출근거) 세계적으로는 Boston Science, Medtronics, EnteroMedics 등 삽입형 의료 디바이스 개발사업자들은 일차전지 기반의 임플란터블 디바이스 시장을 점유하고 있으며, 고기능, 고집적을 위한 재충전 기술기반의 새로운 제품에 대한 개발을 진행하고 있음

- 국내에는 FDA 승인을 위한 기간과 비용의 장벽으로 인해 삽입형 의료기기의 개발 및 사업화가 거의 전무한 상황이나, 최근 미래의 먹거리를 위해 삽입형 의료기기로의 사업화를 계획하고 있는 중견기업 중심으로 병원과 연구소를 연합하여 시제품 개발을 계획하고 있음
- 눈부신 과학 발전에 비해, 아직 그 실체에 대한 이해가 많이 부족한 인간의 뇌에 대한 정보를 파악하고, 관련 질병(치매, 우울증, 조현병 등) 관리 및 치료에 활용

(발전전망) 임플란터블 생체신호 감지 및 자극관련 의료기기는 인구 고령화, 복지 수준의 향상으로 지속적인 시장규모 및 성장률 제고 기대 (2022년에 116조원 시장규모, 7.1% 성장률)

- 웨어러블과 인체부착형의 생체신호 감지 및 자극 기술을 발전시켜 생체 내부에서 적극적인 진단과 치료가 가능한 임플란터블 센서 및 자극 핵심 소재/부품 원천기술 확보
- 임플란터블 생체신호 감지 및 자극 기술 기반의 브레인 신호처리 분야는 현재 미개척 분야로 고밀도(High Density) 브레인 신호를 획득, 개인 인지능력분석 및 그룹 인지/행동 분석 등에 활용되는 향후 발전 전망이 큰 분야임

○ 나노구조 제작 NEMS 공정

(기술개요) NEMS(Nano-Electro-Mechanical Systems)는 나노 단위의 구조체 및 움직임을 이용하여 전자·기계적 기능을 구현하는 소자로 MEMS가 보다 초소형화, 저전력화 및 고성능화를 위하여 기술적으로 발전된 형태임

- NEMS 소자의 실제적 구현을 위하여 설계 보다는 공정이 기술적 이슈로 크게 부각되고 있으므로 이에 대한 기초기술 연구가 더욱 필요함

(기술수준) 나노와이어, 공진기(resonator), FET(Field-Effect Transistor) 등을 NEMS 구조체를 이용한 바이오, 가스 센서와 microwave 필터, 에너지 하베스터 등의 소자를 대학을 중심으로 기초적인 소자 제조 및 동작 데모 수준으로 연구하고 있음

- Au 입자, CNT, graphene, 압전 나노와이어 등의 다양한 나노소재와 융합한 NEMS 소자 설계 및 공정 기술이 연구되고 있으나 아직 학문적 성과를 통한 기술 홍보에 치우친 실정으로 향후 상용화를 염두에 둔 신뢰성, 대량생산, 표준화 등에 대한 기술적 이슈 제기 및 해결은 매우 미흡함

(도출근거) MEMS 세계시장은 시장조사가 본격화된 2002년 24억불에서 연평균 22% 성장하여 2016년 380억불에 이르렀으며, 향후 2021년까지 12% 성장하여 660억불에 도달할 것으로 예상됨

- 현재 MEMS 소자는 음향, 압력, 가속도, 각속도, 지자기, 적외선 등을 측정하는 각종 센서와 RF 필터, 클록 발진기, 바이오용 미세유체소자, 잉크젯 헤드, 프로젝션용 디지털 거울 등의 각종 액추에이터를 망라하고 있어서 소비가전, 의료, 자동차, 산업, 통신, 국방, 우주항공 등의 거의 모든 분야의 첨단소자를 제조하는 핵심기술임
- NEMS는 MEMS의 발전된 형태로 기술적 기반은 유사하나 불연속적인 기술 갭이 존재하므로 MEMS 기술에서 뒤쳐진 한국이 새로이 기술선도를 모색할 수 있는 신기술로 투자가치가 매우 높음

(발전전망) NEMS 소자는 소비가전 및 의료를 중심으로 반도체, 자동차, 산업 공정·제어, 통신 등의 다양한 분야에 사용되는 각종 첨단 센서 및 액추에이터 개발에 활용됨

- NEMS 세계시장은 아직 초기형성 단계로 2016년 11.3백만불로 규모는 작으나, 연평균 성장률은 37%로 높아서 2021년 55.4백만불에 도달할 것으로 전망됨 (출처: bcc Research, 2017.10)

○ 강유전/전해 뉴로모픽 소자

(기술개요) 인간 뇌의 신경세포가 스파이크 형태의 신호를 주고 받는 과정에서 시냅스 가소성 (synapse plasticity)을 점진적으로 조절하여 정보를 처리하는 구조를 모방하는 하드웨어 기반 뉴로모픽 (neuromorphic) 시스템임

- 하드웨어 기반 뉴로모픽 아키텍처 기술에는 시냅스/뉴런 모방 memristor용 소재 및 소자 기술, memristor의 아날로그/디지털 메모리 특성 분석 기술, memristor의 물리적 파라미터를 이용한 시뮬레이션 및 회로 설계 기술 등으로 구성됨

(기술수준) 현재 인공지능 산업은 딥러닝을 이용하는 소프트웨어 기반 뉴로모픽 시스템이 주목 받고 있지만 기존의 폰-노이만 컴퓨팅 하드웨어 시스템 사용으로 비효율적인 에너지 소비 및 집적도에 한계 있음

- 현재 미국, 유럽 등에서는 반도체 기업과 정부 주도의 컨소시엄을 통해 인간 뇌의 신경세포가 스파이크 형태의 신호를 주고 받아 시냅스 연결강도를 조절해 정보를 처리하는 구조를 모방하는 고효율의 저에너지 소비 및 고집적도 하드웨어 기반의 뉴로모픽 시스템에 대해 활발히 연구 중임

(도출근거) 기존의 딥러닝 기반 뉴로모픽 시스템의 한계인 비효율적인 에너지 소

비량과 집적도의 한계를 극복하기 위해 약 1000조개의 시냅스가 존재하면서도 데이터 병렬처리 시스템으로 약 10W 정도의 전력만을 소비할 정도로 고효율의 에너지 소비량과 고집적도를 가지는 인간의 뇌를 모방하는 초저에너지 소비량의 고집적 뉴로모픽 시스템 연구가 시급함

- 기존 전도성 경로 기반 스위칭 소자 및 멤리스터 소자는 열, 이온 이동도만으로 전도성 경로 제어가 어렵고 전도성 경로의 모양만을 조작하여 progressive set 및 reset, 높은 on/off 비율, 멀티레벨, 높은 variation margin 등의 특성들을 동시에 구현하기 매우 어려워 창의적이며 도전적인 트렌드를 리드하는 연구가 시급함

(발전전망) 초저전력, 저전압, 학습능력을 가진, 뉴로모픽 소자를 이용하여 Brain-computer Interface, 복잡한 패턴 인식, 고속 검색, 유추/예측 기능을 기반으로 스마트 로봇, 자율주행차, 사물인터넷 등의 새로운 기술, 제품, 서비스로의 응용이 기대됨

- IT 산업의 지속적 성장과 더불어 최근 주목받고 있는 인공지능 시장은 다양한 신규 수요가 기하급수적으로 일어날 것이며, 2024년 110억 달러 수준으로 점차 확대될 것으로 전망됨

○ 신경망 뉴메모리 설계

(기술개요) 뉴런 및 시냅스의 신경망 연산과 결합되어 데이터를 병렬적으로 저장하고 읽을 수 있으며 효율적으로 시냅스 가소성을 부여할 수 있는 초고집적도의 신개념의 메모리 기술

(기술수준) 2008년에, HP는 titanium dioxide의 박막의 해석을 기초로 Chua의 빠뜨린 멤리스터를 발견하고 Nature지에 결과를 게재. 이후 멤리스터는 HP, SK Hynix, HRL 실험실을 포함한 여러 팀들에 의해 지속적으로 연구 개발 중임

- 2012년, 미시간 대학교와 HRL Lab에서는 CMOS chip 기술을 이용하여 세계에서 첫번째로 동작하는 멤리스터 어레이를 발표
- 2009년 LC망으로 구성된 간단한 전자회로와 멤리스터는 단세포 생물의 적응 행동의 실험 모델링하는데 사용됨
- HP 실험실과 Boston 대학교에서 DARPA SyNAPSE 프로젝트를 통해 memristive 시스템의 기초가 되는 뉴로모픽의 구조를 개발
- 2010년, 베르사체(Versace)와 찬들러(Chandler)는 모네타모델(MoNETA) 모델을 수립하고 이에 대한 크로스바 구조의 적용은 Merrikh-Bayat와 Shouraki에 의해 증명됨
- 2013년에 Leon Chua 교수는 멤리스터 소자를 비휘발성 아날로그 메모리로도 사용할 수 있음을 발표

- 2015년, Intel과 Micron은 상호 협력을 통해 DRAM과 NAND의 장점을 모두 보유한 신개념 메모리 기술인 3D X-Point 기술을 개발하고 이에 대한 양산 계획을 발표
- 삼성전자는 PRAM, STT-MRAM, MRAM 등의 차세대 메모리 기술을 개발 중이며 PRAM을 개발 완료하였으나 원가 문제로 양산을 하지 않고 있음

(도출근거) 차세대 메모리 기술에 기반한 신경망 뉴메모리 설계 기술은 현재의 메모리 반도체 시장에 획기적인 변화를 가져올 것으로 전망되며, 대용량 메모리가 필수적인 인공지능 반도체 기술에서도 핵심 기술로서 인정받고 있음

- 인공지능을 위한 대용량 신경망 뉴메모리 설계 기술은 장기적으로 국가의 핵심 기반 산업인 메모리 반도체 시장을 견인할 뿐만 아니라 인공지능을 위한 뉴런, 시냅스 기술과 융합하여 차세대 인공지능 반도체 기술로의 막대한 파급효과가 기대됨

(발전전망) 현재 메모리 반도체 기술은 DRAM 기술과 FLASH 메모리 기술을 중심으로 차세대 메모리 기술은 인공지능 기술의 뉴런 및 시냅스 연산 기술과 융합되어 발전될 것으로 전망되며 추후에는 차세대 메모리로서 현재의 메모리 시장을 획기적으로 변화 시킬 것으로 전망됨

○ 초병렬 뉴런 연산회로

(기술개요) 다양한 뉴로모픽 신소자들을 최적 바이어스에서 구동하고 에러를 보정하며 연산과 데이터 저장을 동시에 할 수 있는 아날로그/디지털 단위 회로 기술을 개발하고 수조개의 뉴런 및 시냅스를 구현할 수 있는 초병렬 연산 구조, 회로 설계 및 집적화 기술 개발

(기술수준) 저항변화 소자를 이용한 시냅스 구현 기술 및 spice 모델링 기술이 활발하게 진행되고 있으며 또한, 저항변화 소자의 최적 구동, 누설전류를 감소, 연산 및 저장 회로 기술들을 개발하고 있음

- HP lab에서 Memristor 소자의 기본 동작 메커니즘을 제시, 소자의 전류량의 합을 이용한 저항값의 변화를 통해 기본 동작 simulation을 보여줌 (Nature, 2008)
- HP에서 Memristor 소자를 이용하여 다양한 로직 기능을 구현할 수 있음을 밝힘 (Nature, 2010)
- 미국 미시건대에서 tungsten oxide-based Memristive device를 제시하고 Memristor의 SPICE model을 제작하여 복합 CMOS neuron과 Memristor synapse 회로의 개념을 제시함 (2011)
- 미국 스탠포드대에서 TAT model과 stochastic simulator를 이용하여 Metal Oxide RRAM의 특성과 문제점을 제시하고 소자 설계 Strategy를 제시함 (2012)
- 쉘컴은 뉴로모픽칩의 일종인 제로스 프로세서를 발표했고 스마트폰용 AP 스냅

드래건에 내장함

- IBM은 딥러닝을 할 수 있도록 컴퓨팅 칩과 신경망칩을 하나의 칩으로 구현한 트루노스(TrueNorth) 칩을 공개(2014)
- KAIST는 확률 기반의 근사 연산법(Stochastic Computing)을 뉴로모픽 회로에 적용하는 연구를 진행하고 있으며, 뉴로모픽 회로의 면적을 대폭(81%) 감소시키는데 성공함
- 네패스는 미국 제너럴비전(GV)의 기술을 도입하여 110나노 공정으로 576개의 뉴런을 탑재한 인공지능 칩(모델명: NeuroMem 500, NM500)으로 양산을 시작함(2017)
- SK하이닉스는 스탠퍼드대와 전압 크기에 따라 다양한 신호 저장이 가능한 유기 물질 강유전체를 사용하여 시냅스 소자를 개발하기 위해 '인공신경망 반도체 소자 공동 연구개발' 협약 체결(2017)
- 인텔은 128개 코어로 구성되며, 각 코어는 1024개의 뉴런을 갖고 있는 '로이히(Loihi)'라는 뉴로모픽 칩을 개발하고 있음(2017)

(도출근거) 현재 CMOS기반의 CPU 및 GPU 중심의 인공지능 반도체 기술은 scaling의 한계, 전력소모, 발열 등으로 인해 수천억개의 뉴런과 수백조개의 시냅스 구현이 필요한 뉴로모픽 인공지능 칩을 개발하는데 문제점을 가짐

- 뉴로모픽 신소자들을 이용하여 딥러닝 기반 인공지능을 구현할 수 있도록 구동, 보정, 연산, 저장, 집적화가 가능한 단위 회로 및 초병렬 회로 기술 개발이 필요함

(발전전망) 초인공지능 구현을 위해서 전세계적으로 연구 개발 및 투자를 하고 있음

- 기술의 핵심은 초저전력 구동, 병렬화, 초고집적화가 가능한 뉴로모픽 신소자와 뉴런 연산 회로 기술이며 이는 4차 산업을 선도하기 위한 핵심 기술로서 대대적인 투자 및 지속적인 연구가 진행될 것으로 전망됨

○ 신경망 최적화 알고리즘

(기술개요) 현재의 딥러닝 및 기계학습 기술의 결과물인 인공지능 기술은 연산량, 메모리 사용량 등의 측면에서 아직은 비효율적인 것으로 인식되고 있음

- 신경망 최적화 알고리즘 기술은 기계학습을 통해 학습된 결과물인 인공지능 신경망을 최적화하여 연산량 및 메모리 사용량 등을 획기적으로 축소할 수 있는 기술임

(기술수준) 1989년 얀 르쿤은 오류역전파 알고리즘(backpropagation algorithm)에 기반하여 우편물에 손으로 쓰여진 우편번호를 인식하는 deep neural networks를 개발하였으며 최초로 Convolutional Neural Network 기술을 발표. 현재 기계학습에 의한 손글씨 인식률은 99% 이상의 성능을 나타내고 있음

- 2000년 제프리 힌튼은 기존 신경망의 과적합 문제를 해결하는 unsupervised RBM (restricted Boltzmann machine)을 통해 신경망(Feedforward Neural Network)의 사

전훈련(pre-training)방법을 발표하여 딥러닝의 중흥기를 이끌어 냄

- 2012년 스탠포드대학의 앤드류 응과 구글이 함께한 딥 러닝 프로젝트에서는 16,000개의 컴퓨터 프로세서와 10억 개 이상의 neural networks 그리고 DNN(deep neural networks)을 이용하여 유튜브에 업로드 되어 있는 천만 개 넘는 비디오 중 고양이 인식에 성공
- 2013년 신호처리학회인 ICASSP에서 RBM을 대체하여 과적합을 방지할 수 있는 Drop-out 기술이 발표
- 2015년 IMAGENET 데이터베이스 기반의 인공지능 인식경진대회 (ILSVRC)에서 구글에서 발표한 GoogLeNet 기술이 95%의 인식률을 달성하여 사람 수준의 인식성능으로 발표
- 2015년 스탠포드 대학의 Han Song은 기존 인공신경망의 파라미터를 획기적으로 축소하면서도 성능은 유사하게 유지할 수 있는 네트워크 압축 기술을 ICLR 2015에서 발표

(도출근거) 기존 신경망의 딥러닝 기술에 기반한 인공지능 기술은 연산 규모와 메모리 사용량이 방대하여 실질적인 기술 확산에 매우 큰 걸림돌이 되고 있으며 신경망 최적화 기술은 이러한 난제를 해결할 수 있는 매우 중요한 핵심 기술로 인식되고 있음

- 인공지능 기술의 지능형반도체 기반의 실행을 위한 효율화 및 실용화를 실현할 수 있는 Enabling Technology로서 핵심 기술에 대한 선점과 연구개발이 매우 시급히 필요함

(발전전망) 현재 소프트웨어 기반의 인공지능 기술은 관련 지능형 서비스가 확산됨에 따라 지능형 반도체 등의 부품과 융합될 전망이다

- 지능형 반도체를 활용하여 인공지능 기술을 실행하기 위해서는 기존 신경망의 효율화를 위한 신경망 최적화 기술이 매우 중요한 기술로 자리매김 할 전망이다

○ 인공지능 매뉴얼코어 구조

(기술개요) 인간의 지능을 능가하는 초고속 AI 컴퓨팅을 소형 또는 모바일의 정보통신 기기에 구현하기 위한 매뉴얼코어(Many-Neural-Core) 프로세서 반도체(Semiconductor) 기술

- ※ (매뉴얼코어 아키텍처) 인공지능 컴퓨팅 SW 구동을 위한 반도체 아키텍처 기술
- ※ (프로세서 반도체 설계) AI 컴퓨팅 프로세서 반도체 설계 기술
- ※ (인공지능 SW API 기술) 인공지능 컴퓨팅 프로세서에서 어플리케이션 구동 SW 기술

(기술수준) 전세계 반도체시장은 2016년 3,328억불(366조원) 시장이며, 인공지능 컴퓨팅 반도체의 발전으로 2020년 3,910억불로 성장 전망(출처: Gartner, "Worldwide Semiconductor Forecast, 2016)

- 국내에서는 대기업 중심 AP 개발 및 중소 팹리스의 약진 88억불(9.6조) 규모의 시장을 점유하고, 초호황을 누리는 메모리반도체의 지능화 개발 시작 단계
- 전세계적으로 인공지능 컴퓨팅 반도체가 컴퓨팅반도체 및 메모리반도체의 신도약 시대를 이끌 것으로 전망되어 국내기술 선도 필요
- 전세계에서 가장 빠른 슈퍼컴퓨터 Taihulight(중국, 2016)는 90 PetaFLOPS (1 PetaFLOPS는 초당 1조개의 연산능력)이나, 범용의 인공지능 서비스는 1000PetaFLOPS 필요
- NVIDIA는 제온기반의 슈퍼컴퓨터 처리 능력 향상을 위한 GPU(P100 등)를 개발하였으며, 최근 인공지능 가속을 위한 전용 뉴로모픽 가속기를 자사의 칩에 탑재 발표(2017)
- 자율주행차, 지능형 로봇 등 이동형 ICT 디바이스에서 현재 반도체의 1000배를 요구하는 인공지능 컴퓨팅을 실현하기 위한 지능형반도체로서, 인텔은 지능형반도체 기업 인수합병(Mobileye(2017), Nervana Systems(2016), Movidius(2015) 등), 구글은 서버 컴퓨팅 능력 배가를 위하여 알파고의 TPU(2017 발표, 2015 개발), 학습최적화 TPU2(2017)를 개발, 애플은 자체 A11 bionic 프로세서 발표 및 상용화(2017)

(도출근거) 인공지능 컴퓨팅 반도체는 사업초기 투자비용(Risk)이 큰 반면, 기술 개발에 의한 이익(Benefit)은 정보통신 기기 관련 국가적인 사업 규모 전체를 상회하는 거대한 파괴력을 가짐

- 자율주행자동차, 모바일 기기, 휴머노이드, 가정용/산업용 지능형 로봇 등 지능형 컴퓨팅을 요하는 기기에서 인공지능 컴퓨팅을 구현하기 위하여 ‘인공지능 컴퓨팅 초고성능 초저전력 반도체’ 원천기술 개발을 위한 투자 필요

(발전전망) 인공지능 컴퓨팅반도체 기술은 컴퓨팅 반도체 및 메모리 반도체의 새로운 도약 시대를 이끌 기술이며, 글로벌 기업들이 개발을 서두르고 있는 기술인 반면, 현재는 개발 진입 초기 단계로서 국가적인 ICT 기반 산업 확보를 위하여 반드시 개발이 필요한 기술

- 인공지능 컴퓨팅반도체 시장은 2,300억불 규모로, 공정미세화 한계를 극복하면서 인공지능 컴퓨팅 반도체를 적극 개발하여 연평균 5.0% 대의 안정적인 성장 전망

○ 인공지능 NoC 설계

(기술개요) NoC(Network-on-Chip)는 실세계의 컴퓨터 네트워크를 칩 내에 구현한 네트워크 기술로서, 최근 다중 프로세서 코어를 넘어서 한칩 내에 매니코어 구현이 가능함에 따라, 이들 간의 고속 및 신뢰성을 보장하는 통신 요구

- 최근 출시되고 있는 모바일 인공지능 프로세서에서는 기존 GPU의 매니코어 아키텍처를 모사하여 머신 러닝 기술을 구현 하였으며, 코어들 간의 통신을 위하여 NoC를 사용하고 있음

- 인간의 두뇌를 모사한 뉴럴 네트워크 구현 시 인공 뉴런 셀들 간의 Hard-wired 시냅스 연결 대신 NoC를 활용하여 저비용의 확장 가능한 뉴럴 네트워크 구현이 가능함

(기술수준) 인공지능을 위한 NoC 설계 기술은 미국, 유럽의 대학 및 연구소를 중심으로 활발하게 연구되고 있으나, 상용 수준으로 개발된 사례는 없음

- 현재 지능형반도체 설계에 NoC를 채택하는 것은 일반적인 기술 추세이며, 미국 및 유럽 등에서 아래와 같은 다양한 상용 톨들이 출시되어 사용되어 사용하고 있음

※ Artris (미국): 고성능 Fault tolerant, Cache coherent NoC (세계 최고 수준)

※ Sonics (미국) : 최고 클럭 속도의 NoC (GHz 수준)

※ ARM CoreLink NIC (영국): ARM 기반 설계에 적합한 Low power, Low latency Interconnection System (NoC like)

- 국내 KAIST에서 현재 지능형반도체에 적용 가능한 1GHz 동작 NoC를 Full-custom으로 설계하여 시험 칩까지 제작하였으나 후속 연구는 단절된 상태이며, ETRI에서는 상용 수준 NoC 및 SW 톨 체인을 자체 개발하고 있음

(도출근거) NoC는 현재 지능형반도체 및 미래의 지능형반도체 설계를 위해 꼭 필요한 기술이며, 특히 미래에 무한 부가가치가 예상되는 인공지능 칩에 적용하기 위해서는 기존 NoC를 확장한 연구 개발에 지속적이고 장기적인 투자가 필요함

(발전전망) 향후 NoC 기술은 대량의 프로세서 코어를 수용할 수 있는 정형화된 토폴로지와 지역적 특성을 반영할 수 있는 비정형 토폴로지의 혼합 아키텍처로 발전할 것으로 예상되며, 집적도의 증가에 따른 Fault tolerant/저전력 네트워크 및 아날로그 뉴럴 셀에 적합한 아날로그 네트워크, 지능화된 네트워크 스위치, 3D 네트워크 등으로 발전하고 있음

□ AI 로봇



○ 기계학습 및 추론 기술

(기술개요) 기계학습 및 추론 기술은 인공지능, 컴퓨터비전, 패턴인식, 지능제어 등 많은 기술에 수학적 기반을 제공할 뿐만 아니라 지능 및 추론이 필요한 지능적인 정보처리에 바탕을 제공

- 최근 신경망 기술의 눈부신 발전으로 딥러닝기반의 기계학습 이론을 활용하여 다양한 분야에서 응용되고 있으며, AI기반 로봇기술에서는 기존의 자동화와 같은 단순 문제 해결을 넘어서 좀 더 일반적인 상황과 불확실성에 대한 대처가 가능하도록 발전하고 있음
- 대용량의 데이터와 그에 상응하는 HW의 발전이 동반되어 영상, 음성, 언어 등의 인지정보처리가 성능향상을 가져오게 되었음

※ (Deep Neural Network(DNN) 기술) 기존 신경망의 문제점을 해결하여 돌파구를 마련한 딥신경망 기술은 DNN 일반적으로 딥러닝 기술이라 불리우며 현재 딥러닝 기술의 기반이 됨

※ (Convolutional Neural Network(CNN) 기술) CNN기술은 컨볼루션 신경망으로 1차원적인 신호에 해당하는 DNN기술을 2차원(예:영상)신호를 효과적으로 처리하도록 하는 신경망 기술

※ (Recurrent Neural Network(RNN) 기술) RNN 회귀신경망 기술은 시간축으로 변화하는 신호에 효과적으로 학습하고 예측할 수 있는 신경망 구조를 제공하는 기술

※ (RL+DNN 기반 학습 제어기술) 기존의 강화학습 방법에 최신 딥러닝 기법을 접목하여 기존 어려운 문제들을

좋은 성능으로 해결하는 기술이며 특히 제한된 로봇의 지능적인 제어의 범위를 확장시키고 있음

※ (베이지안 네트워크, 베이지안 추론 기술) 현재 대용량 데이터기반의 딥러닝 기술들은 수집된 집합에 의존하여 처리하는 경향이 있으나, 이를 확률적인 기법을 도입하여 적용 도메인의 사전 지식을 도입하여 예측하는 정도의 불확실성을 정량화하여 좀 더 강건한 추론 결과를 얻을 수 있게 하는 기술

(기술수준) 컴퓨터 비전의 경우 수백만~수천만장의 영상을 학습하여 1000가지의 사물을 인식하는 수준이 사람과 유사한 수준까지 발전함

(도출근거) 딥러닝 기반 음성 및 언어처리로 성능 개선하여 새로운 시장 형성: 구글, 아마존, 페이스북, 네이버, 다음카카오 등이 AI 스피커기반의 챗봇 출시

- 딥러닝기반 언어처리기술이 언어 번역의 성능 향상: 구글, 네이버 번역 서비스

- 딥러닝 기반 영상인식기술이 영상의 사물 인식 및 해석 가능하게 함: 구글, 페이스북, 네이버, 다음카카오, 바이두등의 IT대기업이 사물인식 서비스

- 딥러닝 기반 영상/음성/언어기술이 통합되어 AI 로봇의 인지기능 향상: 소니 아이보로봇 개선하여 재출시, 로봇팔의 제어 및 인식(파지) 성능 향상

(발전전망) 현재는 영상, 음성, 언어에 대해 주요 성과를 보여주고 있으나 다른 다양한 산업 도메인에서 해결하기 힘들었던 많은 문제들을 해결하는 방향으로 발전할 것으로 예측됨

- AI 로봇 분야에서는 기존의 공장 자동화 로봇을 넘어 일반적인 문제와 상황을 해결하는 인간과 교류할 수 있는 소셜 로봇의 발전으로 기대됨

- 딥러닝기반 기계학습 및 추론 기술은 빅데이터, 고성능 HW와 클라우드기반의 글로벌서비스 시스템등이 필요한 경우가 많으므로 당장에는 큰 인프라를 구축하고 있는 IT대기업을 위주로 다양한 서비스가 제공되는 형태로 가다가 향후 시장성 및 모바일화를 고려하여 점점 더 성능 향상도 중요하지만 효율성도 제고하여 산업 전반에 확산될 것이라 추측됨

○ 메시지기반 운영체제 기술

(기술개요) 메시지기반 로봇운영체제 기술(ROS)은 일반 운영체제에서 제공하는 하드웨어 추상화, 저수준 기기 제어, 빈번히 사용되는 기능들이 구현되어 있으며, 프로세스간 메시지 전달, 패키지 관리 기능 등을 제공

- ROS는 여러 컴퓨터 시스템 작동하는 코드를 얻어오고, 빌드하고, 작성하고, 실행하기 위한 도구 및 라이브러리를 제공

- ROS는 Player, YARP, Orocos, CARMEN, Orca, MOOS, Microsoft Robotics Studio와 같은 '로봇 프레임워크'들과 어떤 측면에서는 비슷한 면이 있으나 ROS 메시지 통신 기반구조를 사용해 느슨하게 결합된 프로세스간 동등 수준의 망구

조를 사용하는 것이 차이점임

- ROS는 몇 가지 다른 형태의 통신 방법을 제공하며, 이것에는 service를 통한 동기화된 RPC 형태, topic을 통한 비동기적 데이터 스트리밍 형태, Parameter Server에 저장된 데이터 형태가 포함됨

(기술수준) ROS가 갖추어야 할 요소들

- 로봇의 연구개발에 있어서 코드 재사용을 편하게 할 수 있도록 해야함
- ROS는 실시간 프레임워크 아니지만, 실시간 코드와 통합하여 구현할 수 있어야함
- Nodes라고 하는 프로세스의 분산 프레임워크로, 실행 프로그램을 독립적으로 설계하고, 실행시 프로세스간 결합도를 낮춰줄 수 있어야함
- 실행 프로그램들은 Package와 Stack이라는 공유 및 배포가 쉬운 형태로 묶여질 수 있어야함
- 조직간 협업도 잘 분산될 수 있도록 연합 코드 Repository 시스템을 지원해야함
- ROS는 가능한 가볍게 설계되어야함. 그래서, ROS용으로 작성된 코드를 다른 로봇 소프트웨어 프레임워크에 사용할 수 있어야 하고 다른 로봇 프레임워크와 쉽게 통합될 수 있어야함
- 라이브러리를 개발할 때, 명확하고 기능적인 인터페이스를 갖는 ROS에 의존적이지 않도록 개발하는 것을 선호
- 언어 독립성: ROS 프레임워크는 최신의 어떤 언어로도 쉽게 구현할 수 있어야함
- 쉬운 테스트: 단위/통합 테스트 프레임워크 기반 위에 있도록 하고 설치 및 제거가 아주 쉽게 되어야함
- 규모적응성: 대규모 실행 시스템 및 개발 프로세스에도 적용 가능하도록 해야함

(도출근거) 현재 www.ros.org에서 배포 운영되고 ROS(robotic Operating System)은 2007년부터 시작하여 현재는 lunar라는 버전을 배포하고 있으며, 전 세계 로봇관련 기술개발과 연구에 활용되고 있는 로봇용 공개소스 메타 운영체제임

- 공개 소스이고 로봇분야에서는 de-facto standard로 입지를 다지며 많은 커뮤니티와 연구개발 결과들이 공개되고 있음

(발전전망) 현재에도 계속 ROS는 성능 개선 및 기능을 추가하며 발전하고 있으며 구조가 개방적이고 통신방식이 가볍고 느슨한 연결구조방식을 지향하고 있어 향후 발전하는 다른 주변기술들을 접목하고 확장하는데 아주 편리하고 유용한 구조를 가지고 있어서 계속 성장하리라 예측됨

- ROS는 현재 학술 연구용으로 많이 사용되기도 하지만 상업용 로봇 플랫폼으로 많은 로봇 기업들이 채택하고 있고 향후 증가세가 더욱 더 뚜렷해질 것이라고 판단됨
- 더 이상 비개방적이고 자기만의 프레임워크를 만들거나 유지하는데 비용과 시간을

투자하기 보다는 오픈소스기반의 유연한 프레임워크를 사용하는게 장기적으로 비용과 수고를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 로봇의 유지보수와 기능확장에도 유리한 측면이 있어 로봇 관련 산업 전반에 ROS가 확산될 것이라 추측됨

○ 자율 의사결정 및 협력 기술

(기술개요) NIST는 Environment Complexity, Mission Complexity, Human Independence가 매우 높은 수준을 Autonomy Level 10으로 정의

- Autonomy Level 10은 팀과 팀 사이의 협업, 복잡성이 가장 높은 모든 필수 임무를 완료하기 위한 실시간 계획, 가장 광범위한 환경 및 운영상의 변화에 따른 비용과 위험을 최소화하면서 효율성과 적응성을 극대화하며, 정보 및 운영자 입력으로부터 완전히 독립적임
- Autonomy Level 10을 달성하기 위해 전술적/전략적 의사결정, 동적 계획 수립, 인간-기계간 협력(HMI/HRI) 등을 포함하는 자율 의사결정 및 협력 기술 필요

(기술수준) 현재 국내외에서 다양한 기계학습 알고리즘(지도학습, 비지도학습, 준지도학습, 강화학습, 앙상블 학습 등)을 통해 이미지 인식, 의료 데이터를 통한 진단, 시장(주식, 원자재 등) 분석, 바둑, 자율주행 차량 등을 개발 중인 단계로 NIST 기준으로 Level 6~7 정도에 해당됨

- 최근 각광받고 있는 딥러닝을 비롯하여 베이지안 기법, 진화 알고리즘, 의사 결정 트리, 클러스터링, SVM, 앙상블 기법 등은 각각 장점을 가지는 응용 분야가 있으나 모든 분야에 대한 해결책으로 제시되고 있지 못함

(도출근거) 자율 무인 시스템의 경우 계속 Autonomy Level을 상승시키는 방향으로 진화함

- Autonomy Level 10을 달성할 수 있는 자율 의사결정 및 협력 기술은 모든 자율 무인 시스템(로봇, 드론 등)에 활용될 것이므로, 활용 범위와 산업 파급 효과가 매우 큼
- 현재 기술 수준이 NIST 기준의 Level 6~7 정도이므로, Level 10을 위한 기초 기술 개발에 지속적 투자를 통해 해외에 뒤쳐진 지능형 로봇 분야의 기술 선도

(발전전망) 지능형 로봇의 자율화는 지속적인 기술 개발을 통해 NIST 기준 Autonomy Level 10을 달성할 것임

- 자율 이동 로봇 시장의 경우 2017년 45.1억불에서 2021년 81.2억불까지 증대될 것이며, CAGR의 경우 2017년 8.41%에서 2021년 20.3%로 시장 발전 속도는 더욱 빨라질 것으로 예상됨 (출처: Global Autonomous Mobile Robots Market 2017-2021, TECHNAVIO.COM)
- 자율 의사결정 및 협력 기술의 경우 자율 이동 로봇 뿐만 아니라, 고정 로봇 및

자율주행 차량 등 모든 무인시스템에서 활용 가능한 기술로서, 실제 시장 규모는 자율 이동 로봇 시장보다 매우 클 것으로 예측됨

○ 인공감각 및 상황인지·예측 기술

(기술개요) 자율적인 의사결정과 임무의 최적 수행을 위해 주변 환경과 자신의 상태를 확인하고 현재 상황을 종합적으로 인지하거나 예측하는 능력이 필수적

- 상황인지·예측 기술은 주변의 지형지물과 객체, 표적 등의 구조, 위치, 종류, 움직임, 특성, 기상 환경 등 주변 세상이 어떻게 구성되고 변화하며 무슨 일이 일어나고 있는지, 그리고 자신은 자신이 어느 위치에 어떤 자세와 상태로 있는지를 종합적으로 인식하고 추론하거나 예측하는 기술
- 인공감각 기술은 상황인지·예측과 다양한 응용을 위해 필요한 초경량 EO/IR 센서, 2D/3D 라이다, 레이다, 전파영상 레이다(SAR), 환경 센서, 기상 센서, 미세먼저 측정 센서 등 다양한 센서와 정보 추출 신호처리, 움직임/진동 등에 따른 센서 오차의 보정, 센서의 건전성 확인·예측 및 대응 기술 등을 포함

(기술수준) 인공감각 데이터, 또는 그들의 융합(fusion)을 통해 주변 장애물/표적 등의 존재 여부와 위치 등을 인지/탐지하기 위한 연구가 진행되고 있으나 고도의 의사결정을 할 수 있을 정도의, 주변과 자신에게 무슨 일이 일어나고 있는지, 어떻게 변화할 것인지를 예측하는 수준에는 훨씬 미치지 못함

- GPS 수신기는 개활지에서는 수 cm의 정밀도를 확보할 수 있으나 도심에서의 GPS 측위 정밀도는 수십 m 이상이며, 국내외적으로 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행 중
- 실내 또는 실외에서 운행 중에 주변 맵을 생성하면서 동시에 생성한 맵 내에서 자신의 위치를 파악하는 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술은 학계에서의 연구 수준
- EO 센서의 기술 수준은 높으나, IR 센서의 수준은 높지 않으며, 특히 드론 등 작은 이동체에 탑재 가능한 정도의 IR 센서는 개발되어 있지 않음
- 라이다 역시 국내 기술 수준이 높지 않으며, 특히 작은 이동체에 탑재 가능한 정도의 라이다는 개발되어 있지 않으며, 소형, 경량, 저가격화를 위해 새로운 기초기술 접근 필요
- 차량용 레이다는 국내 기술 개발이 어느 정도 진행된 상태이나 드론 등의 무인 이동체용 레이다는 세계적으로도 개발 초기 단계임
- 환경 센서, 기상 센서, 미세먼저 측정 센서 등의 개발도 국내에서는 초기단계임
- 인공감각 장치의 건강 상태를 모니터링하는 기술은 일부 적용되고 있으나 고장이나

결함 가능성 및 발생 예상 시점 등을 예측하는 기술은 연구되고 있지 않음

(도출근거) 지상 이동 로봇, 공중 및 해상 드론 등 이동 로봇의 운행과 임무수행에 있어 가장 중요한 것은 안전성 확보임

- 이동 경로와 임무지역에는 다양한 고정 및 이동 장애물이 존재하며, 기상을 포함한 임무 환경이 수시로 변할 수 있으므로 이를 인지하는 기술은 필수적인 요소이며, 인지의 정확도, 보다 높은 레벨의, 보다 포괄적인 상황 인지 능력의 지속적 제고 필요
- 자신의 건강 또는 자세 등의 상태를 정확하게 인지하거나 예측하여 필요한 대응 조치를 취함으로써 사고 또는 추락을 막는 기술 역시 안전성 확보와 관련하여 필수적인 요소이며, 지속적인 연구개발 투자 필요
- 항법 및 측위 기술의 정밀도는 움직이는 로봇을 포함한 모든 무인이동체의 운행 성능을 좌우하는 요소이며, 특히 도심지와 지형 정보가 없는 지역에서의 안전한 운행을 위해서는 기존 기술의 지속적인 개선과 함께 보다 다양한 센서와 맵 생성 기술을 기반으로 한 새로운 융합 항법 기술의 개발이 필요
- 드론 등 이동체용 레이더는 시간과 날씨에 관계없는 전천후 센서로 고부가 UAV와 UGV, 그리고 특히 미래의 3차원 운송수단으로 역할하게 될 PAV(Personal Aerial Vehicle)를 위한 필수적인 센서가 될 것임
- 라이다는 EO/IR 센서 및 레이더와 함께 이동 로봇의 미래 안전운행을 위한 필수 인공감각 장치가 될 것이며, 소형 지상이동 로봇, 공중 및 해상 드론 등에서의 탑재를 위해 소형, 경량, 저가격화를 위해 지속적인 투자가 필요함
- 환경 센서, 기상 센서, 미세먼저 측정 센서 등은 무인이동체의 응용 분야 확대 및 활성화를 전인할 수 있는 요소로 지속적인 기술개발 투자 필요
- 인공감각 장치의 건강 상태를 조기에 확인하거나 고장/결함 발생 예상 시점 등을 예측하고 이에 대한 대응은 이동 로봇의 안전성 확보에 크게 기여할 것임

(발전전망) 지능형 로봇의 자율화는 지속적인 기술 개발을 통해 NIST 기준 Autonomy Level 10을 달성할 것임

- 자율 이동 로봇 시장의 경우 2017년 45.1억불에서 2021년 81.2억불까지 증대될 것이며, CAGR의 경우 2017년 8.41%에서 2021년 20.3%로 시장 발전 속도는 더욱 빨라질 것으로 예상됨 (출처: Global Autonomous Mobile Robots Market 2017-2021, TECHNAVIO.COM)

○ 공간 CPS 모델링 기술

(기술개요) 무인이동체를 위한 자율주행 기술 개발 및 시험에 현실적 장애요소*가

존재하기 때문에, 물리세계를 모사할 뿐만 아니라 궁극적으로 물리세계와 상호 작용이 가능한 가상공간 구축

- * (안전) 자율운행 기술 시험 중 자율주행차 사고, 무인 비행체의 추락 등으로 인한 인명피해 등 위험요소 상존
- * (비용) 기술 개발 과정에 물리적 시험 공간 구축, 다량의 무인 이동체 구비 등이 필요
- * (빅데이터) Machine Learning을 위한 대량의 학습용 데이터 수집이 어려움

- 무인이동체용 Space CPS(Cyber Physical System) 개발 필요성 대두
- 자율주행 기법 개발/시험 효율성 극대화

(기술수준) 가상공간에서 일부 물리 모델을 지원하는 시뮬레이터(예, Gazebo), 비행계획의 수립이 가능한 플래닝 툴(예, UGCS)이 존재하나 자율주행 기술 개발에 적합하지 않음

- 3D 그래픽 기반 물리엔진을 지원하는 시뮬레이터(예, AirSim)는 딥러닝 기반 자율주행 기술 개발에 활용될 수 있으나 다양한 한계(예, 불충분한 환경/센서 모델, 제한된 기능/API로 인한 Machine Learning 직접적용 어려움, 가상/물리 공간 통합 개념 부재) 존재

(도출근거) 자율 주행 기술은 Autonomy Level을 상승시키는 방향으로 진화 중이며 산업성이 높음

- 국내 기술 수준은 국외(예, IT giants, 자동차 메이커, 학계) 대비 크게 뒤처짐
- 자율 주행 기술 개발/시험 속도를 현저히 향상시키기 위한 기초기술로서 “무인 이동체 Space CPS” 개발 필요
- Space CPS는 향후 모든 공간을 네비게이션이 가능한 디지털 트윈화 하고 이를 실제 공간과 상호작용하도록 함으로써 훌륭한 기술개발 플랫폼으로써 뿐만이 아니라, 게임/오락, 실제와 융합된 e-스포츠, 스마트시티 CPS 등 다양한 응용 분야 개척 가능

(발전전망) 자율 주행 기술에 대한 향후 수요는 클 것으로 예측되나, 물리적 무인 이동체를 활용한 기술 개발/시험이라는 한계 때문에 기술 완속 속도가 더디고 따라서 현업에 전면적으로 사용되기에는 아직 무리가 있음

- 알파고가 수 천 만 번의 가상 대국을 통해 학습 성능을 비약적으로 향상시켰던 것처럼, 무인이동체 CPS를 통해 대단위의 자율주행 학습을 다양한 환경에서 빠르고 효과적으로 수행할 수 있게 지원하게 된다면 자율 주행 기술 진화 속도를 크게 향상시킬 수 있을 것으로 전망
- Space CPS는 또한 게임/오락, 실제와 융합된 e-스포츠, 스마트시티 CPS 등 엄청난 규모의 새로운 시장 창출 가능

○ 무소음/저소음 이동 기술

(기술개요) 무소음/저소음 이동 기술은 무인이동체가 이동하는 경우 로터와 모터, 프로펠러 등에서 발생하는 다양한 소음을 감소하거나 억제하는 기술임

- 이동 시 발생하는 소음을 감소시키기 위한 새로운 추력 기술, 적응신호처리를 통한 수동소음제거 기술, 능동소음제거 기술, 흡음 소재 활용 기술, 생체 모사형 이동 기술 등의 다양한 기술적 접근이 가능함

(기술수준) 무소음/저소음 이동 관련한 기술의 경우 아직 초기 단계로 실험실 수준의 테스트 단계이며, 해결책 제시 수준의 기술이 개발되지 않음

- 국내의 경우 생체 모사형의 경우 대학에서 주로 소규모 연구가 진행되고 있으며, 무소음 송풍장치와 같이 드론에 활용할 수 있는 기술에 관한 특허가 출원되고 있는 상태임
- 미국 DARPA는 생체 모사형 드론 기술 연구를 통해 Hummingbird Nano Air Vehicle를 개발했으며, 도트렐은 흡음소재와 프로펠러 조작을 통해 10 dB 소음 감소 기술을 개발함

(도출근거) 다양한 이동체(헬리콥터, 자동차 등)에서의 소음감소는 계속된 문제이며, 특히 지능형 로봇의 경우 기존의 이동체에 비해서 다양한 환경 속에서 활용될 것이므로 무소음/저소음 이동 기술은 매우 중요함

- 무소음/저소음 이동 기술은 지능형 로봇뿐만 아니라, 다양한 기존 소음이 유발되고 있는 다양한 분야에 활용 가능
- 현재 개발되고 있는 드론을 포함한 지능형 로봇들에는 무소음/저소음 이동 기술이 반영되지 않거나 기초적인 수준의 것들만 적용되고 있으므로, 초기 단계의 기술 개발에 지속적 투자를 통해 무소음/저소음 이동 기술 분야 기술 선도 가능

(발전전망) 현재 제품에 반영될 수 있는 것은 흡음소재 및 제어를 통한 조작, 수동/능동 소음제거 기술들인데, 향후 이러한 기술들의 고도화와 함께 새로운 추력 기술, 생체 모사형 이동 기술 등으로 확대될 것으로 전망됨

- 자율 이동 로봇 시장의 경우 2017년 45.1억불에서 2021년 81.2억불까지 증대될 것이며, CAGR의 경우 2017년 8.41%에서 2021년 20.3%로 시장 발전 속도는 더욱 빨라질 것으로 예상됨 (출처: Global Autonomous Mobile Robots Market 2017-2021, TECHNAVIO.COM)

□ AR·MR



○ 오감센서

(기술개요) 오감정보 획득·인식을 통해 초실감 몰입 공간으로 오감 경험을 확장·공유하기 위한 기반 센서 기술

– 몰입 공간에서의 맛과 향 감각을 느끼는 오감체험(가상 맛체험, 가상요리) 서비스를 위한 기술

(기술수준) 오감(촉/후/미각) 콘텐츠 기술은 초기 단계에 있으나, 부분적인 연구 결과 기반의 오감 디지털 서비스 상용화 시작

– 프랑스 Alpha MOS와 일본 Insent는 음식/음료의 단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛, 감칠맛 측정 전자혀 출시(출시연도 2015)

– 미국 CyberGrove사는 역감, 충돌 감지를 위한 VirtualHand SDK 출시

– ETRI는 인간 후각과의 인터랙션을 통해 의료, 재난, 엔터테인먼트 분야의 인터랙티브 콘텐츠 서비스 기술 개발

(도출근거) 가까운 미래(5년 이내)에 출현할 후각, 미각의 원천기술 조기 확보로 국내 기업의 세계 시장 제품 경쟁력 강화

(발전전망) 고품질 인공 후각·미각의 인식·재현 SW 개발을 통해 테마파크, 교육,

문화, 게임, 헬스 등의 오감 디지털 콘텐츠 시장 확대 전망

- 가상현실 콘텐츠의 실감성과 몰입감 향상을 위해 촉각·후각·미각 등 오감 자극 기반의 인터랙티브 콘텐츠 기술로 진화 예상

○ 생체/감성 신호 센서

(기술개요) 콘텐츠 이용에 따라 다양하게 반응하는 생체신호(동공, 맥박 등)를 측정하여 사용자 의도 등을 파악하는 기술 분야

(기술수준) 센서 기반 생체신호 측정 데이터를 스마트 자동차, 여행자 감성품질 서비스, 감성 엔터테인먼트 등에 적용하는 사례 증가 추세

- 벤츠는 뇌파와 핸들의 센서, 표정을 인지하여 졸음감지, 조향, 가속, 제동 등을 모니터링하는 “Attention Assist” 개발
- 국내 필룩스는 SIH(Sun In Home)를 통해 사람의 심리상태에 적합한 공간의 색 온도와 밝기를 변화 시키는 감성 조명 기술을 개발 (프라임경제, 2017.07.)
- MIT 벤처 어펙티바는 감정을 분석하여 제품구매, 광고 주목도를 측정, 분석하여 비즈니스 모델로 활용하는 Affedex 서비스 제공 (PR Newswire, 2015)

(도출근거) 의료, 헬스케어, 게임·엔터테인먼트, 여가, 초연결 실감형 라이프, 자율주행 자동차, 국방, 이머시브 휴먼 등 다양한 산업분야로 활용 가능

(발전전망) 2015년 Gartner*에 따르면 향후 4년이후(2020년) Emotion Recognition 이 Consumer Market분야에서 Hyper Cycle 정점에 근접예상

*<Hyper cycle for Consumer Market>,Gartner 2015

○ 감성/감각 모델링

(기술개요) 사용자 감성 기반의 사용자 치유, 회복, 건강증진을 돕고 원활한 커뮤니케이션을 돕는 감성케어(홈 테라피, 감성 SNS) 서비스를 위한 감성/감각 모델링 기술

(기술수준) 유럽연합 주요국을 중심으로 추진되고 있는 대형 연구개발 사업의 내용에 감성 관련 연구 다수 포함

- VR로 구현된 가상 투어를 통해 유럽 문화유산을 소개하는 ‘아키오가이드(Archeoguide)’ 프로젝트를 성공적으로 수행
- 일본 경제산업성에서는 ‘오감·생체 신호 인식 이용 복지 향상 기술 개발’, 우정성은 ‘오감 전송 기술 개발’, 통신산업성은 ‘인간 감각계측 응용 기술 개발’을 추진하는 등 가상현실과 감성을 부처의 특성에 적용하기 위한 각종 프로젝트 추진

(도출근거) 실세계 오감·감성정보 취득을 위한 센싱 데이터를 디지털화 하여 재현

하고, 감성과 연계된 서비스 기술이 활성화될 것으로 예상

- 신시장을 선도하는 오감·감성 융합 신규 서비스 발굴로 오감·감성 콘텐츠의 “First Mover” 원천기술 조기 확보가 필요

(발전전망) 최근 나노소재 및 바이오센서 등의 기술발전이 오감 인터페이스 발전 견인

- 세계 감성컴퓨팅 SW시장*(HW제외)은 2015년 59억 달러에서 2020년 342억 달러(5년간 CAGR 41.7%)로 성장 예상되며, 요소기술인 Facial Expression Recognition 분야의 시장규모는 2015년 1700백만 달러에서 2020년 101억 달러(5년간 CAGR 257.57%)로 폭발적인 성장 전망

* <Affective computing market>2015 MarketsAndMarkets

○ AR·MR 지능형 콘텐츠

(기술개요) 딥러닝 기술을 활용해 적은 양의 데이터로 뽑아낸 개인화된 지능형 기술을 AR·MR 기술에 접목시킨 혁신적인 차세대 콘텐츠 기술 개발이 필요함

(기술수준) AR·MR 콘텐츠는 엔터테인먼트, 게임 산업 등 특정 분야에 대한 개발은 이루어지고 있으나, 일반적으로 대중적인 인기를 끌수 있는 기술 개발에 대한 연구는 미미한 상태임

- 특히 인공지능 콘텐츠에 대한 기술 개발은 초기 상태라고 할 수 있음

(도출근거) 장르와 산업의 경계가 무너지고 새로운 콘텐츠들이 등장하고 있는 지금 현재, 변화와 혁신을 이끄는 새로운 개념의 콘텐츠 개발이 중요해지고 있음

- 사용자에게 높은 몰입도와 경험을 제공할 수 있고 미래에 다양한 발전 가능성을 가진 AR·MR 콘텐츠와 인공지능 콘텐츠를 융합하고 통합하는 지능형 콘텐츠 기술 개발이 필요
- AR·MR 지능형 콘텐츠가 만들어갈 미래 비전을 공유하고 국내 콘텐츠 개발 기업들이 글로벌 시장 선점 및 전략 수립을 위한 새로운 개념의 AR·MR 지능형 콘텐츠 기술 개발이 필요

(발전전망) 높은 몰입도와 경험 제공으로 다양한 발전 가능성을 가진 AR·MR 지능형 융합 콘텐츠는 단계적으로 사용자가 증가하고 새로운 수익을 창출할 것으로 기대

- AR·MR 콘텐츠 지능화 기술 개발은 새로운 차세대 콘텐츠 시장에 대한 시장 활성화뿐만 아니라 세계시장 선점과 고용창출 파급효과를 가져올 것으로 기대
- 모든 기술 및 사회가 초연결 및 초지능으로 진화하고 있어서 AR·MR 지능형 콘텐츠는 자기 스스로 인식하고 지적으로 분석하고 해석하는 ‘컨시어지(concierge)’ 콘텐츠로 발전할 것으로 보임

○ 실감영상 고속처리

(기술개요) 다중 GPU 기반 초고속 렌더링 기술

- GPU 처리 효율 향상을 위한 데이터 사전처리 기술
- 대용량 데이터 처리 기술

(기술수준) 영화 등 영상물에서의 CG는 전통적으로 미국, 호주, 일본이 디지털 캐릭터, VFX 등과 연계하여 기술을 주도하고 있으며, 학계 중심으로 GPU 기반 초고화질 실시간 렌더링이 꾸준히 발전하고 있음

- 학계 중심으로 대규모 지형 렌더링 기술은 꾸준히 연구 개발되어 현재는 엔진화 되어 사용되고 있음
- GPU의 발달과 함께 사용자 시점 이동에 따른 대규모 지형 데이터의 실시간 LOD(Level of Detail)에 포커싱되어 현재는 여러 게임 엔진에서도 안정적으로 해당 기능을 지원하고 있음

(도출근거) 실감형 영상콘텐츠 서비스 분야에서 CG 기술이 폭넓게 적용되기 위해서는 대용량 데이터 렌더링의 성능 향상 기법에 대한 연구가 필수적이며, 데이터 압축 전송 기법 등 다각도의 연구가 필요함

- 대용량 데이터를 효율적으로 렌더링하기 위해 프로그레시브메쉬 데이터를 활용함에 있어서 끊김 없는 표현을 위한 포핑(popping) 현상 제거에 대한 연구가 이슈로 부각
- 컴퓨터비전 기술의 고도화를 통해 극사실적 CG 영상 데이터를 빠르고 손쉽게 생성/제작할 수 있으며, 고해상도 및 높은 프레임의 영상에 대한 고속화처리 알고리즘 개발과 조밀한 3차원 복원이 가능한 기술 개발이 필요함
- 2015년 CVPR 학회에서 가장 많이 부각된 이슈는 도시전체를 3D로 자동 구축하는 대용량/고해상도 데이터 처리에 관한 연구와 듀얼다이내믹스 환경에서의 3D 데이터 획득에 관한 연구임

(발전전망) ICT와 하드웨어 성능의 발전으로 현실과 구분되지 않는 콘텐츠 구현이 가능해지고 게임과 테마파크 등 엔터테인먼트 분야는 물론, 교육·훈련, 가상치료, 제조, 국방 등 다양한 산업과 융합되어 신산업과 신시장을 창출할 수 있는 미래지향적 산업의 필수 기술임

○ 휴먼 팩터

(기술개요) 인간은 현실 세계에서 시각, 청각, 공감각 등을 활용하여 주변을 인지하고 소통함

- 최근에 발표되고 있는 AR/VR 기기에는 명확한 시각 정보를 전달하기 위해 다양한 기술이 접목되어 있지만, 완전한 입체영상을 구현하지 못하고 있으며, 청각/공간감각 등의 전달을 위한 기술 개발은 초보적인 수준에 머물러 있음
- AR·MR 기술이 본격적으로 활용되기 위해서는, 인간이 현실세계를 인지하고, 반응하는 메커니즘을 규명하고, 이를 가상 또는 증강의 현실세계에서 재현할 수 있는 기술로 발전시켜야 함

(기술수준) 몰입감 높은 AR/VR 영상을 구현하기 위해서는 7.2K X 8.1K의 영상을 제공할 수 있는 마이크로 디스플레이가 필요하지만(2017 SID, Intel 발표), 2017년까지 4K X 2K 이상의 영상을 제공할 수 있는 마이크로 디스플레이는 보고되고 있지 않음

- 다양한 AR/VR 또는 음향 전문 기업에서 방향과 거리에 따라 달라지는 소리를 전달하는 방법을 개발하고 있지만, 소리의 획득, 공간 분석 및 모델링, 전달방법 등에 대한 기술을 제안하고 이에 대한 가능성을 발표하고 있는 수준에 머물러 있음
- 삼성전자에서는 2017년 IFA에서 삼성 Gear VR에 귀에 전기 자극을 인가하여 가상의 공감각을 전달하는 기술을 선보였으나, 사용자가 공감각보다는 귀에 전기 자극 또는 진동이 전달되는 것으로 인지하여 목적인 기술과 큰 편차를 보임

(도출근거) 인텔, 구글, 스탠포드 대학 등에서는 인간의 시각 특성뿐만 아니라, 인간의 인지 및 반응에 대한 메커니즘에 대한 연구를 통해 AR·MR 기기에 적용하기 위한 다양한 원천 기술을 개발하고 있음

- 최근에 발표되고 있는 각 기술의 요구 수준은 지나치게 높은 데이터 처리 속도(수백 Gbps)가 요구되거나, 지나치게 부피가 큰 시스템이 필요하여, 적용 가능성이 높지 않음
- 기존의 기술 패널다임에서 벗어나서, 인간의 인지(시각, 청각, 촉각, 공감각, 판단, 반응 등)에 대한 메커니즘에 대한 연구를 통해, 현실성 있는 대체 기술의 개발이 필요함

(발전전망) 휴먼 팩터와 이를 재현하는 기술에 대한 연구는 기초원천기술 개발 단계에 해당되며, AR·MR뿐만 아니라 미래 사회에서 다양한 분야에 응용이 가능할 것으로 예상되어, 원천기술 확보를 통한 다양한 부가가치 창출을 기대할 수 있음

○ Light Field 센서

(기술개요) 플렌옵틱 기술은 빛의 장(Light Field)을 기반으로 실제 물리계와 동일한 시각 경험을 제공하기 위해 필요한 영상 취득, 편집/가공, 활용하는 기술

- 이러한 플렌옵틱이 가능하도록 Light Field를 센싱하는 센서 기술이 필요

(기술수준) 애플이 2015년도에 플렌옵틱 카메라센서 회사를 인수함에 따라, 플렌옵틱 카메라센서를 장착한 스마트 디바이스가 2~3년 이내에 출현할 것으로 예상됨

- 양안시차뿐만 아니라, 사람이 자연계의 물체를 보는 것과 동일하게 시점의 초점을 맞추어 영상을 볼 수 있는 플렌옵틱 디스플레이가 연구실 수준에서 개발되고 있으며, 향후 5년~7년 이내에 스타트업 기업을 통한 시제품 출시 예상됨

(도출근거) 차세대 디스플레이 기술

- 플렌옵틱 영상 시장 선점을 위해서는 동영상 수준의 플렌옵틱 콘텐츠 서비스가 가능한 HD급 플렌옵틱 콘텐츠 획득기술이 요구됨
- LYTRO가 선점한 기존 플렌옵틱 시장에서 동영상 기반 플렌옵틱 서비스로 차별화를 꾀하고자 하는 시도가 주요 이슈로 부각되고 있음
- 최근 사용자들은 소비자의 위치에서 벗어나 스스로 콘텐츠를 제작, 공유 및 향유하므로 플렌옵틱 디바이스에서 촬영한 영상을 즉시적으로 수정, 편집 후 공유할 수 있는 플렌옵틱 센서 개발이 요구됨

(발전전망) 플렌옵틱 기술을 통하여 물리공간 내 여러방향의 빛 정보를 한꺼번에 센서에서 획득하고, 이를 그대로 재현함으로써 실세계와 동일한 경험을 제공할 수 있는 새로운 광학계 기반 콘텐츠로 진화할 것으로 전망

○ 초저전력 SoC

(기술개요) 능동형 딥러닝 기반 영상압축 원천기술 개발 (HEVC 대비 4배 압축효율)

- 능동형 딥러닝 기반 영상 압축 알고리즘 기술개발*
 - * 영상압축 적용을 위한 능동형 딥러닝 영상이해 알고리즘 연구
 - * 기존 압축표준(HEVC/H.264)과 연동 알고리즘 연구 (기존 HEVC의 4배 이상 압축율)
- 능동형 딥러닝 영상 압축 SoC 플랫폼 개발*
 - * 영상이해 및 영상압축 SoC 설계 환경 기술 연구
 - * 실시간 응용을 위한 상위수준 설계기술 연구

(기술수준) 관련 기술 수준은 선진국 대비 70% 수준으로 기술이며 중국에서 관련 기술 개발로 동등한 위치에 있음

(도출근거) 관련 표준으로 MPEG, H.264, HEVC(High Efficiency Video Coding) 표준을 제정하여 시장의 능동적으로 참여를 하고 있음

- 압축 효율이 2013년에 제정된 HEVC는 H.264에 비해 압축 효율이 2배 개선한 표준임
- 2020년을 목표로 HEVC비해 2배 개선된 표준화가 진행 중이며 향후 초고해상도 고화질의 다양한 서비스 변화에 따른 획기적인 신기술 개발이 필요함

(발전전망) 영상압축 응용 분야로는 디지털 방송인 고해상도 UHDTV, 3DTV, 비디오 스트리밍 서비스, 디지털 시네마, 의료 영상, 위성 영상, 디지털 캠코더 등의 고화질 서비스, 스마트폰, 블랙박스, CCTV, 감시카메라 및 디지털 홀로그램 등의 다양한 분야에 시장이 확대되고 있으며 향후 초고해상도 및 고화질 영상서비스는 HEVC(High Efficiency Video Coding)표준으로 지원하기에는 한계가 있으며 새로운 방식의 기술개발이 필요함

- 능동형 딥러닝 기반 영상압축 기술은 디지털 방송 뿐 아니라 휴대용단말 기기, 저장장치 등에 다양한 하계 응용할 수 있는 기술로 향후 스마트 기기에 연결하는 핵심 요소로 관련 제품들의 신시장 창출에 기여

○ 초저전력 경량/박형 집적 기술

(기술개요) AR·MR 기술 구현을 위한 중요한 핵심은 고해상도와 빠른 응답속도를 기본으로 하고 초경량, 초박형 낮은 소비전력의 디스플레이 구현에 있음

- 이 요구조건을 충족하기 어려운 LCoS(Liquid Crystal on Silicon)나 DMD(Digital Micro-mirror Display)를 넘어서는 새로운 디스플레이가 요구됨
- OLED를 활용한 마이크로 디스플레이 기술은 초경량, 초경박 및 저전력소비를 모두 만족하는 디스플레이 기술임

(기술수준) LCoS 기반의 마이크로 디스플레이를 개발하는 기업들은 다수 있음 (eMagin등)

- 현재 OLED를 기반으로 하는 OLEDoS 기술 개발하는 KOPIN, OLightek, BOE 등 기술내재화를 이루기 위한 투자를 강화하고 있음
- 국내에서는 라온텍이 LCoS 기반 패널 제품을 생산하고 있으며 OLEDoS 개발을 시작함
- 초경량, 초경박, 그리고 초저전력 소비를 위한 OLEDoS 기술 개발 수준은 아주 미흡함

(도출근거) OLEDoS 개발을 통한 기초기술을 확보하고 초경량 설계 및 소재기술, 초박형 패널 구현을 위한 플라스틱 공정기술, 초저전력 소비를 위한 SoC 설계기술 등이 개발되어야 함

- 야외 휴대특성 향상을 위한 고휘도의 요구, 배터리 무게의 절감을 위한 조처전력 소비 OLED 구조개발 등이 필수적임
- OLEDoS용 픽셀 구조 및 설계, 구동 기술, 고휘도, 고색재현율, 수명 등의 문제를 해결할 수 있는 재료의 개발과 이를 이용하여 최적의 소자를 구현하는 공정 및 소자 최적화 기술도 필요함
- 반도체 설계 및 OLED 디스플레이 기술 강국으로서 새로운 시장 확보를 위한 AR·MR 신 영역 확대는 반드시 요구됨

(발전전망) VR/AR 시장은 2020년 130조원으로 급성장 전망되며, 하드웨어 시장

만 60조원을 형성할 것을 예상되고 있음 (DigiCapital 2016년)

- 초경량/경박형 OLEDoS 기술 개발은 국내의 위한 충분한 연구역량을 기반으로 개발 가속화되며 특히 중소기업에서 투자하여 충분한 부가가치가 창출될 수 있는 산업분야임

○ 무화면 신경자극 디스플레이

(기술개요) 디스플레이의 발전은 CRT에서 OLED까지 진화하면서 대표산업으로서 자리매김 함

- 가상 및 증강현실 기술이 더해진 디스플레이 응용에 새로운 소재, 패널, 공정, 광학 기술들이 발전하면서 기술 트렌드를 확대하고 있음
- 미래 디스플레이로서 유연 및 스트레처블 디스플레이 기술이 현실화되고 있으며 도전적 기술로 신경자극을 통해 정보를 전달하는 무화면 디스플레이 개발을 선도하고자 함

(기술수준) 국내외 직접 신경을 자극하여 디스플레이 정보를 전달하는 디바이스 개발은 없음

- 가상 및 증강현실 기기가 사업화 단계이며 홀로그래피를 이용한 디바이스 개발이 진행중임
- 신경자극을 위한 디바이스 및 센서 기술은 개발 초기 단계로서 병증치로나 음향신호 전달 기기 개발 중심임

(도출근거) 유연디스플레이 기술과 가상증강현실 기기의 융합한 새로운 application 기술이 시작되고 있음

- 최소 3년 이내에 가상증강 현실기기가 시장을 확대하고 5년이후에는 디스플레이가 없는 정보전달 매체의 개발이 요구될 것임
- 무화면 신경자극 디스플레이 기술에는 센서와 신경 자극디바이스 개발을 위한 소재, 소자, 공정 등 전방위 산업기술 개발에 기여가 매우 높음
- 미래 디스플레이의 패러다임에 장치가 없는 초소형 조경량, 부착형 무화면 디스플레이는 산업 파급효과가 높아 장기 투자에 아주 적합함

(발전전망) 신경자극 소재, 소자 및 센서기술을 포함하는 광범위한 기술들이 융합될 수 있음

- IHS의 디스플레이 동향에 따르면 2024년에 1,386억 달러의 디스플레이 시장이 형성될 것이며 무화면 기술이 개발되면 이 이상의 시장규모를 창출할 것임

○ 실시간 객체 트래킹

(기술개요) AR 방송을 위한 증강 영역 추출 및 실시간 인터랙션 기술

– 증강 영역* 추출: AR에서 가상의 객체를 실질적인 환경과 정확히 일치시키기 위해서는 위치(positioning), 렌더링(rendering) 그리고 병합(merging) 기술이 필요함

* 증강 영역: 방송화면에서 오버레이를 위한 대상 영역

– 실시간 인터랙션: 방송 증강 영역 내에 오버레이 되어지는 AR콘텐츠를 시청자가 실시간으로 조작(회전, 확대 등)하기 위한 사용자 인터랙션 기술이 필요함

(기술수준)

– 증강 영역* 추출: Azuma는 GPS, 관성센서, 컴퓨터 시각 센서들을 사용한 실외에서 동작하는 추적 시스템을 개발하였으나, 방송을 위한 증강영역 추출 기술 개발에 대한 연구는 미미한 상태임

– 실시간 인터랙션: ETRI는 방송화면에 증강되는 AR콘텐츠를 스마트패드를 통해 제어하는 기술 개발(실험실 수준)을 수행한 경험이 있으며, 상용수준의 기술 개발(AR콘텐츠 소비의 용이성)을 위해서는 새로운 AR방송기반의 UI/UX의 개발이 필요함

(도출근거) UHD 방송을 확산시키기 위해 단순한 초고화질의 방송뿐만 아니라 시청자의 참여와 흥미를 유발시킬 수 있는 기술 개발이 필요

– 방송에서 AR 서비스를 위해서는 우선적으로 객체의 3차원적인 방향(pose)과 위치를 정확히 추정하는 것이 필요하며, 매 프레임에서 목표 객체를 인식하고 추적(tracking)하는 기술 개발이 필요함

(발전전망) 방송 분야에서의 증강영역 추출에 대한 연구는 초기 상태이기 때문에 기술적 발전뿐만 아니라 산업적 파급효과도 상당할 것으로 보임

– 초고화질 방송콘텐츠와 가상의 증강콘텐츠를 기반으로 현실감 및 몰입감을 향상시킴으로써 시청자의 참여와 흥미를 유발시켜 UHD 방송 확산에 기여할 것으로 기대

– 세계 최초의 ATSC3.0 기반 양방향 증강방송 서비스 기술에 대한 핵심 IPR을 확보하고, 국제 표준화 추진을 통한 신규 미디어 서비스 시장에서의 성장 엔진 발굴을 통해 방송 및 미디어 시장 확대 및 신규 고용 창출 기대

□ 체감미디어



○ 홀로그래피

(기술개요) 홀로그램을 재현하는 기능을 가진 공간광변조기 (Spatial Light Modulator, SLM)는 홀로그래픽 디스플레이를 구성하는 핵심 부품임

- 기존에 제품으로 나온 SLM은 성능이 낮아 홀로그램 재현 영상 크기(최대 1인치)와 시야각(최대 8도 @ pixel pitch 3.75um)이 작아 이를 활용한 실용적인 모바일 또는 직시형 홀로그래픽 디스플레이 개발에 난관이 있음
- 최근에 기존의 상용 SLM을 사용하여 홀로그램을 프로젝션하여 홀로그램 영상의 크기를 증대시킬 수 있는 HUD(Head-up Display) 또는 광시야각 제공이 가능한 HMD(Head Mounted Display)/안경(Glasses) 형태의 홀로그래픽 디스플레이를 개발하고 있음

- ※ 홀로그래픽 디스플레이 Form Factor 향상을 위한 홀로그램 회절 소자 기술 개발
- ※ 대면적 광시야각 제공이 가능한 신소재(Metasurface, 상변이) 기반 고성능 공간광변조기 기술 개발
- ※ VAC(Vergence-Accommodation Conflict) 해결을 위한 최적 홀로그램 획득/생성 기술 개발
- ※ 홀로그램 화질 향상 위한 파면 수차 보정 및 노이즈 저감 홀로그램 신호처리 기술 개발

(기술수준)

- 일본 NICT(2016) : 최근 홀로그램 회절소자를 이용하여 Projection 형태의 홀로그래픽 디스플레이에 대한 기술 개발(화면크기: 73.6mm x 41.4mm, 시야각 :

20.8도, 모노 컬러)하고 있으나 실용화하기 위하여 대면적 광시야각 홀로그램 광변조기 기술 개발이 요구됨

- 미국 MS(2017) : AR/VR에 활용 가능한 Holographic Near-eye display의 홀로그램 재현 기술을 개발 하였으나 실용화하기 위하여 Form Factor 향상 기술 개발이 필요함
- 독일 BMW(2017) : CES 2017에서는 차량용 증강현실을 홀로그래픽 광재현을 통하여 구현한 HoloTouch 기술을 전시함

(도출근거) 양안식 입체 디스플레이를 시청할 때 VAC(Vergence Accommodation Conflict)로 인해 발생하는 어지러움증으로 때문에, 이를 활용하고 있는 AR/VR/MR 서비스가 활성화를 저해하고 있음

- 실제 물체를 보는 것 같은 자연스러운 입체영상 시청이 가능한 궁극적인 입체 디스플레이인 홀로그래픽 디스플레이가 상기 VAC를 해결할 수 있는 유일한 해결책임

(발전전망) HUD/HMD 형태의 홀로그래픽 디스플레이 기술이 이용자에게 시청 편안함과 몰입도를 증대시켜줌으로써 향후 AR/VR/MR 서비스 시장을 견인하고 주도해 나갈 전망이다

○ 3차원 공간 모델링

(기술개요) 3차원 공간을 실측 또는 예측하여 디지털화 된 공간으로 구성하는 기술 분야임

- 사용자에게 디지털 미디어에 대한 완벽한 자유도(6-자유도)를 제공하기 위해서는 3차원 공간을 구성하는 기술이 필요함
- 실제 공간을 모사하기 위해서는 공간정보를 정확하게 측정하거나 영상으로부터 공간정보를 추정하기 위한 기초연구가 필요함

(기술수준) 라이다, 3D 스캐너 등을 이용한 공간정보 실측은 건축, 교통 등 다양한 분야에서 활용되고 있음

- 국내의 경우, ETRI, 큐픽스 등을 중심으로 다중영상으로부터 예측된 정보를 이용하여 공간을 표현하는 Point Cloud 연구를 진행 중임
- 국외의 경우, 구글 등에서 Point Cloud를 이용한 공간맵 구성 기술에 대한 연구가 진행 중임
- 획득된 Point Cloud 데이터를 압축하기 위한 표준화가 MPEG에서 Point Cloud Coding이란 이름으로 표준화가 진행 중임

(도출근거) AR/MR/VR의 발전과 함께 사용자에게 완벽한 자유도를 제공하는 6-자유도 공간영상에 대한 기술개발 및 표준화가 진행 중

- 이러한 공간영상을 구성함에 있어서 정확한 공간정보 추출 방법 제공이 선결과제임

(발전전망) AR/MR/VR이 차세대 디스플레이 포맷으로 성장함에 따라 이러한 소비 환경에 어울리는 6-자유도 공간영상 기술 주요 시장으로 대두될 전망

- 특히 VR/AR 시장의 경우 2015년부터 2020년까지 세계 및 국내시장의 연평균 증가율은 65.1%, 56.7%에 달하며 2020년에는 각각 461억달러, 1.2조원 규모로 성장할 것으로 예측되며, 현재 VR이 가지는 자유도 제한(3-자유도)을 해결할 수 있다면 시장 성장세를 획기적으로 강화할 수 있음

○ 음향 청취/반사 모델링

(기술개요) 음향은 음원과 청취자 사이에서 반사, 회절, 잔향 등 다양한 파동현상에 의해 전달되며, 음원과 청취자의 위치가 동적인 경우, 음향은 시간, 공간적으로 더욱 복잡한 과정을 통해 청취자에게 도달하게 됨

- 인간의 청각은 이러한 음향의 모든 파동현상을 종합적으로 분석하고, 시각 정보와의 조합에 의해 음원, 공간, 분위기를 인지하게 되므로, 이러한 과정을 세밀하게 모델링하는 기술이 필요함

※ 청취 모델 기술: 음원 및 청취자의 위치에 따른 음향의 파동현상이 포함된 음향 신호를 만들기 위해서는 음원으로부터 인간의 두 귀에 전달되는 특성을 세밀하게 모델링할 필요가 있는데, 현재 사용되고 있는 머리전달함수(HRTF: Head Related Transfer Function) 필터를 보다 세밀하게 모델링하고, 청취자의 머리 움직임에 일치하는 음향을 정확하게 생성하여 재현하는 기술임

※ 반사 모델 기술: 음원의 위치와 방향, 특성에 따라 변화하는 다양한 형태의 소리가 공간의 크기나 형태에 따라 반사/회절을 통해 생성하는 오디오 공간을 정확히 재현하기 위한 공간 음향 모델링 및 재현 기술임

※ 시청각 동기 기술: 미디어 공간(Media Space)을 구성하는 시각과 청각 정보가 시간/공간에서 동기가 어긋나는 경우, 현실감이 저하되고 피로도가 증가하게 되는데, 시청각 동기 기술은 영상 정보와 시간/공간 동기화가 보장된 자연스러운 오디오 공간을 생성하는 기술임

(기술수준) 소리의 반사와 회절을 모델링 하는 기술에 대해 기초 연구가 진행 중이며, 음원의 특성을 고려하지 않고 미리 지정한 패턴으로 소리를 변화시키는 기술이 일부 VR 게임 저작도구에 반영되어 있음

※ 청취 모델 기술: 독일 TU Berlin에서는 KEMAR 더미헤드를 통하여 수평면에서 2도의 해상도를 가지는 HRTF DB를 확보하고 있음. VR 환경에서는 현실감 및 피로감 개선을 위해 머리의 움직임에 따른 양 귀의 위치와 음원의 위치를 정밀하게 모델링하여 변화시켜 줄 필요가 있으며, 이를 위하여 수평, 수직면에서 더 높은 해상도의 HRTF DB 확보와 이의 분석을 통한 고해상도의 청취 모델이 필요함

※ 반사 모델 기술: 덴마크 Odeon사 등의 공간 음향 모델링 소프트웨어는 복잡한 구조의 공간에서 정밀한 음향 확산 모델링을 제공하고 있지만 연산량이 매우 많아 실시간 시스템 구성이 용이하지 않은 기술이며, 일반적으로 사용되고 있는 실시간 공간 음향 모델링은 거리, 잔향 파라미터의 단순한 모델링에 의해 효과가 자연스럽지 못한 상황임. 공간 음향 모델링 기술의 분석

을 통한 새로운 음향 반사 모델을 고안할 필요가 있음

- ※ 시청각 동기 기술: 현재 가상현실 분야의 머리 움직임 대비 입체음향 지연은 독일 Frounhofer 에서 시간적으로 60msec 정도의 지연으로 처리하고 있으며, 청각인지 연구에 의하면 30msec 이하의 지연 시간이 적절하다고 함. 공간적인 동기에 대해서는 HMD 등 VR 환경에서 모니터링 하면서 음향을 제작하는 기술이 Facebook에서 인수한 'Two Big Ears'에 의해 개발되었지만, 편의성 및 성능면에서 새로운 접근 및 개선이 필요함

(도출근거) 음향 기술의 문화, 산업적인 중요성에 비해 기초기반 기술 연구개발에 대한 투자는 국내외적으로 외면되어 왔으며, 현재의 기술은 단편적인 연구개발에 의해 매우 복잡한 체계를 이루고 있는 상황임

- 음향 기술에 대해 기초부터 지속가능한 연구방향 수립 및 지식재산 도출을 통하여 장기적인 기술 및 시장 선도의 기회를 확보할 수 있음
- VR 시장의 성장에 따라 차별화된 오디오 서비스에 대한 시장과 사용자의 요구는 증대되고 있으며, 사용자의 움직임에 따른 자연스러운 음향 신호의 생성은 VR 콘텐츠 시장을 확대하는데 중요한 요소가 될 수 있음
- 영상 기술에 비해 상대적으로 기술에 대한 투자가 부족하고 진입 장벽이 높기 때문에, 장기적인 투자를 통해 음향분야의 원천기술을 확보하면 기술적 진보성과 경쟁력을 높일 수 있음

(발전전망) 오디오 기술은 고정된 재생환경을 고려하는 기술에서 사용자의 수평/수직 머리움직임에 따른 오디오 공간을 재현하기 위한 3DoF 오디오 기술, 사용자의 자유로운 움직임에 따른 오디오 공간을 재현하기 위한 6DoF 오디오 기술과 같이 임의의 재생환경을 고려하는 형태로 발전할 것으로 전망

- VR은 AR과 융합하여 기존 시장을 파괴하면서 새로운 콘텐츠 시장을 창조할 것으로 전망(골드만삭스 Virtual & Augmented Reality 2016)
- VR/AR 시장은 2020년 약 280억불, 2025년에는 약 800억불에 달할 것으로 예측되고, 고성능 디바이스를 활용하는 고품질 서비스로 확대될 것으로 전망되기 때문에, 사용자의 자연스러운 움직임을 표현할 수 있는 음향 청취/반사 모델 재현 기술은 차별화된 기술로 시장의 요구와 사용자의 요구를 만족 시킬 수 있는 기술임

○ 비주얼 퍼셉션 (Visual Perception)

(기술개요) 사람의 시각적 인지 특성을 이해하고 예측하는 기술 분야로, 영상의 인지 화질 및 시각적 피로도/손상을 예측하여 개선하거나 인지 화질 기반 부호화 및 고품질 저 피로도 혼합현실/가상현실 분야 등에 활용될 수 있음

- 영상의 인지 화질 및 피로도는 해상도, 밝기 범위, 색감, 부호화 왜곡 정도, 피사

체 및 시청자의 움직임 정도 등 다양한 시각적 요소에 의해 영향을 받으므로 이를 종합적으로 고려한 화질/피로도 모델링 및 예측 기초연구가 필요

(기술수준) 국제 기구인 CIE Vision and Colour Division은 광학 및 측색 관점에서 시각적 인지 특성을 연구하며, 사람의 시각적 색차 인지 정도를 반영하는 dE2000 지표를 개발하였으나 HDR(고명암비) 신호에 대한 연구는 이렇다할 사례가 없음

- 국내의 경우, ETRI, KAIST, 연세대 등을 중심으로 부호화 왜곡이 포함된 정지 영상의 인지 화질을 예측하는 연구를 진행 중임
- 해외의 경우, USC(University of Southern California) 및 UTA(University of Texas Austin) 등의 대학을 중심으로 동영상의 인지 화질을 예측하는 연구를 진행 중이며, UTA의 ST-RRED 기술의 경우 실제 주관적 화질 평가 결과 대비 80% 이상의 정확도를 가짐

(도출근거) UHD, VR/AR, 입체영상 등의 기술이 접목된 실감미디어가 여러 제품으로 출시되고 있으며 관련 산업생태계가 점차 구축되고 있음

- Beamr, Netflix 등의 주요 미디어 서비스 사업자들의 경우, 인지 화질 기반 부호화 기술 적용을 통해 차별성과 시장성을 확보하는 추세임
- VR/AR 등의 차세대 실감미디어에 대한 인지 화질 연구는 아직 초기 단계이며, 해당 미디어에 대한 인지 화질, 시각적 피로도, 및 안정성에 대한 연구를 토대로 인지 화질 기반 부호화 등의 산업적 파급효과가 큰 기술을 개발 가능할 것으로 예상

(발전전망) UHD TV, VR/AR, 홀로그래픽 디스플레이 등이 실감미디어의 주요 시장으로 부상

- 특히 VR/AR 시장의 경우 2015년부터 2020년까지 세계 및 국내시장의 연평균 증가율은 65.1%, 56.7%에 달하며 2020년에는 각각 461억달러, 1.2조원 규모로 성장할 전망으로, 관련 미디어에 대한 인지 화질 예측, 인지 화질 기반 부호화 기술 제공을 통해 관련 로열티 시장을 비롯해 콘텐츠 시장 등에서 수익 창출에 기여할 수 있을 것으로 전망

○ 미디어 신경망 모델링

(기술개요) 대용량의 다양한 미디어 데이터를 처리하기 위한 기초 기술

- 비디오/오디오 부호화 등 특정한 도메인에 적합한 신경망 기술과, 비디오/오디오 뿐만 아니라 다양한 텍스트 및 시청자의 감각/생체 데이터, 시청 환경 정보 등 복합적인 미디어 데이터를 다루기 위한 신경망 모델을 구축하는 것임
- 미디어 신경망 모델링 기술은 미디어 데이터에 특화되어 공통으로 활용될 수 있는 신경망

구조와 다양한 형태의 미디어 데이터를 기반으로 학습된 모델로 이루어져 있음

- ※ 비디오/오디오 부호화 등 특정 도메인에 적합한 신경망 구조 및 학습 모델 기술
- ※ 복합 특징의 미디어 데이터 처리를 위한 앙상블 신경망 모델
- ※ 미디어 데이터 내/외의 지식 반영을 위한 미디어 지식 기반 신경망 확장 기술
- ※ 미디어 신경망 모델 학습 및 추론을 위한 대용량 미디어 데이터 세트 구축
- ※ 미디어 트래픽 분포 예측 및 전달 제어 학습 모델

(기술수준) 신경망 기술은 기계학습 분야에서 최근 다양한 연구가 수행 중이며, 비디오/오디오 신호 처리 분야 뿐만 아니라, 자연어처리 등 여러 문제에서 기존 방법들에 비해 괄목할 만한 성능의 향상을 이루었지만, 비디오/오디오 부호화와 같은 분야와 비디오/오디오/텍스트 등 다양한 특성이 동시에 상호 의존성을 가지고 나타나는 복합적인 데이터에 대한 신경망 구조 연구는 한정적으로 수행되었음

- 다양한 특성들이 미디어 제작 기법을 기반으로 융복합하여 나타나는 미디어 환경에 특화된 신경망 구조에 대한 연구는 미진함
- ETRI에서는 엑소브레인 기술 개발을 통해 자연어 처리를 위한 다양한 인공지능 기술을 개발하고 이를 openAPI화 하여 2017년 공개하였음. 해당 기술은 텍스트 및 음성에서 도출되는 다양한 의미 및 정보를 신경망을 포함한 자연어 처리를 기술을 이용하여 추출함. 다만, 해당 기술은 일반적인 자연어 데이터에 집중하고 있어, 각본, 자막 등 미디어 환경에서 특화되어 생성되는 텍스트 문서에 대해 최적화가 필요함
- Google는 비디오 신호 처리 분야에서 가장 활발하게 신경망 기술을 활용하는 기관으로 비디오 인텔리전스 API 등을 통해 기술의 결과물을 공유하고 있음. 비디오 신호처리는 미디어 데이터 처리 중 중요한 요소라 할 수 있으나, 미디어 데이터에 복합적으로 나타나는 오디오 및 텍스트들을 함께 처리하지 못하고 있음. 특히, 미디어 데이터와 함께 생성되는 지식 정보들을 반영한 미디어 데이터의 벡터화 및 학습 방법에 대한 연구는 미미함
- 다양한 분야에서 학습된 신경망 모델의 미디어 데이터에 대한 적용은 높은 기술적 난이도를 요구함. 기계학습 분야에서는 이를 도메인 적응 (domain adaptation) 혹은 전이 학습 (transfer learning) 문제로 정의하고 해결하고 있으나, 단일 특성의 데이터에서 학습된 모델을 미디어 데이터와 같은 다양한 특성이 동시에 나타나는 복합 특성의 데이터에 적용하는 시도는 기초적인 수준에 머물고 있음
- 시간적으로 연속되는 데이터를 학습하여 예측하기 위한 신경망 모델에 대한 연구는 RNN, LSTM 등 주포 시간 영역에서 데이터의 내용에 상관없이 입력되는 단일 속성 (예, 전송율 등)에 변화 패턴을 학습하는데 집중하고 있음. 생성되는 미디어의 다양한 순간적/지속적 특성, 미디어간 상호 연관성 및 미디어 소비 환경 등을 종합적으로 고려

한 시도는 거의 이루어지지 않고 있음

(도출근거) 비디오, 오디오, 자연어 처리 등 다양한 분야에서 개별적으로 구축된 신경망 기술은 각 분야의 문제에서 높은 성능을 보였음

- 미디어 환경, 특히 체감 미디어는 센서 데이터, 비디오 데이터, 생체 데이터 등 다양한 특성의 데이터가 공존하는 환경으로 이들 간의 유기적인 의존성이 신경망 구조에 반영되어 설계되고 미디어 데이터를 처리하기 위한 신경망 모델이 필요함
- 미디어 콘텐츠가 가지는 과급력을 고려할 때, 이를 위한 특화된 신경망 모델 설계 및 구축 기술이 필요할 것으로 판단됨

(발전전망) 다양한 데이터에 대해 특화된 신경망 구조를 설계하고, 학습된 모델을 통해 데이터를 처리할 수 있는 API를 제공하는 것은 최근 기술을 기반으로 시장을 선점하기 위한 일반적인 방법임

- 최근까지 단일 데이터 혹은 몇몇 특성을 가지는 데이터에 대한 신경망 구조의 설계 및 학습 기술들이 제안되어 왔다면, 이후에는 많은 수의 특성들이 유기적으로 결합되어 상호 의존하는 데이터에 대한 신경망 기술이 제안될 것으로 기대됨
- 현재 미디어 제작/배포 환경은 다양한 형태의 미디어 데이터를 생산할 수 있도록 변화하고 있으며, 미디어 데이터의 폭발적인 양적 성장은 지속될 것으로 전망됨
- 미디어 전달을 위한 효과적인 자원 할당 및 제어를 위하여 미디어와 연관된 다양한 특성을 학습하여 미디어 발생 및 분포 형태를 예측할 수 있는 신경망 모델링에 대한 요구가 증가할 것으로 예상됨

○ 사용자 멘탈 모델링

(기술개요) 사용자 멘탈 모델은 사람들의 사고, 행위, 경험 등을 토대로 개인의 감성적, 철학적 배경을 도출하여 사용자의 멘탈을 모델링하는 기술임

- 사용자 멘탈 모델링을 통하여 개인의 사고나 행위가 이행되는 배경을 이해함으로써, 미디어, 환경, 복지 등 다양한 응용산업에서 수요자 중심의 서비스 제공이 가능함

※ 사용자의 행위, 경험 및 소비 기반 사용자 명시적 의도 분석 기술

※ 사용자의 멀티모달 생체신호(영상, 음성, 뇌파, 심전도, 근전도, 피부전도도, 피부온도, 심박동변이율 등) 기반 사용자의 내면 상태 분석 기술

※ 사용자의 명시적 의도 및 내면 상태의 융합을 통한 사용자 멘탈 모델링 기술

※ 사용자 멘탈 모델 기반 적응적 인터랙션 기술

(기술수준) 사용자의 명시적 의도 및 내면 상태를 융합하여 사용자 멘탈 모델을 생성하여 응용 산업에 적용한 기술 사례는 없음. 다만 부분적으로 사용자의 이력 데이터 분석을 통한 사용자 특징 생성, 생체 신호 분석을 통한 감성 측정 기술은 미국, 일본, 한국, 스위스, 중국 등을 중심으로 연구되고 있음

- ETRI는 방송 콘텐츠를 시청한 사용자의 가입정보, 이력정보를 활용하여 사용자를 그룹화하고, 각 그룹의 가입자 특징, 시청 성향, 선호콘텐츠 등의 사용자 특징을 생성한 바 있음
- KRISS는 뇌파, 심전도, 안구운동, 피부전도도의 생체 신호를 통하여 인간의 감성을 측정하고 평가하여, 환경응용기술개발을 추진한 바 있음
- MIT Media Lab은 사람이 생성한 음성, 행동, 표정 데이터 외에 부가적으로 사람의 생체 데이터로 혈압, 체온, 혈류량, 땀, 뇌파도(EEG), 피부전도도(EDA) 등을 활용하여 스트레스 인지, 소셜 코칭, 멘탈 웰빙, 감성 교육 등을 활용하고자 하는 사례가 있음

(도출근거) 사용자의 명시적 의도와 내면 상태를 분석하여 사용자 멘탈을 모델링함으로써, 사용자의 사고, 행위 등의 원인이 되는 감성적, 철학적 배경 이해가 가능하여, 능동적 서비스 제공 가능

- ICT 기술을 통한 사용자 멘탈 모델링을 통하여 환경 산업, 복지 산업, 건설 산업, 교통 산업 등 다양한 응용 산업에서 사용자 맞춤형 서비스 제공이 가능할 것으로 예상함
- 개인의 의사 표현 및 전달이 미숙한 유아, 노인, 장애인 등의 멘탈 모델을 생성함으로써, 최첨단 지능형 서비스에 배제되고 있는 상대적 불평등 문제의 해결이 가능함

(발전전망) 방송, 영화, 소셜 등 미디어 산업 중심으로 발전된 사용자 분석 및 개인화 서비스는 의료, 환경, 복지, 건설 등 사용자의 전반적인 삶에 적용될 수 있는 사용자 분석 및 개인화 서비스로 발전될 전망이다

- AI 기술의 진화, IoT 시장의 성장, 웨어러블 센서의 보급 등을 통하여 사용자가 의도적으로 표출하지 않은 내면 상태가 수치화되어 기록되고, 상황에 따른 감성변이를 지속적으로 추적할 수 있는 기술 개발이 예상됨

○ 미디어 시멘틱스

(기술개요) 미디어 시멘틱스 기술은 미디어 데이터 내에 존재하는 객체, 감성, 스토리 등의 정보에 대한 일원화된 표현 기술임

- 미디어 시멘틱스 기술에서는 방송/인터넷에서 생성되는 다양한 형태의 미디어 데이터를 학습하여 모델을 구축하고, 이를 기반으로 미디어 데이터를 벡터화 하여 표현함으로써 감성 인식, 객체 식별, 스토리 인지 및 비디오 예측 등 다양한 분야에서 활용할 수 있음

※ 단일 특징 미디어 데이터 표현 학습 (representation learning) 기술

※ 다중 특징 미디어 데이터 표현을 위한 단일 특징 시멘틱스 모델 결합 기술

※ 미디어의 감성, 객체, 스토리 등 주요 정보를 유지하는 미디어 표현 (media representation) 학습 기술

※ 미디어 시멘틱스 기반 연관성 추정을 통한 자가 조직 (self-organizing) 기술

※ 미디어 간 관계를 이용한 미디어 시멘틱스의 자가 확장 (self-expansion) 기술

(기술수준) 미디어 시멘틱스 기술에 대응하는 기술로 machine learning 분야의 representation learning(RL) 기술을 들 수 있음. RL 기술은 다양한 데이터에 대한 자동화된 전처리를 통해 객체 식별, 이미지 압축, 콘텐츠 추천 등 다양한 분야에서 활용되고 있으나, 다양한 문제에 공통적으로 활용할 수 있는 미디어 데이터에 적합한 RL 기술은 초기 개발 단계에 있음

– Univ. of Stirling (UK), NTU (Singapore), MIT (USA)는 함께 음성, 영상 및 텍스트 특징을 활용한 영상 콘텐츠의 감성 분석 기술을 2016년 제안한 바 있음

※ 해당 기술은 YouTube 데이터에서 77%의 F-measure를 얻었으나, 수동으로 구축된 특징을 활용하기에 범용성이 떨어지며, 데이터 변화에 적응하기 힘들

– 텍스트에 대한 RL 기술은 deep learning 기술 개발 초기부터 수행되어 왔으며, 단어/문장/문단 등 다양한 단위에 대한 시멘틱 표현 기술이 제안되었음

– Univ. of Toronto는 2015년 Recurrent Neural Network 과 Gated Recurrent Unit을 활용한 문장 표현 기술을 제안하여 유사한 문장 간 시멘틱 연관성 측정에서 25.3%의 오류를 보인바 있음

– 2015년 LSTM (Long Short Term Memory)을 기반으로 비디오 데이터에 대한 시멘틱 표현 기술이 Univ. of Toronto 팀에 의해 제안된 바 있으며, 행동 인식에서 65%의 정확도를 보고함

※ 해당 기술의 경우, 영상 특징만을 활용하기 때문에 미디어에 대한 정확한 표현이 어려움

(도출근거) 2021년 인터넷 트래픽의 82%는 동영상 콘텐츠가 차지할 것으로 예상될 정도로 인터넷 환경에서의 미디어가 가지는 파급효과는 매우 크며, UHD 방송을 통해 방송망과 인터넷이 결합될 경우 그 시장성은 더욱 커질 것으로 전망됨

– 성장하는 미디어 시장에서 장기적으로 거대 글로벌 기업과 국내 기업 간의 기술 격차를 좁히고, 더 나아가 시장을 주도할 수 있는 기술 개발이 요구됨

– 미디어 시멘틱스는 미디어에 내재된 의미를 멀티 모달 정보를 활용하여 정확하게 표현하는 기술로 객체, 영상, 감성 등의 분석과 보이지 않은 의도의 도출 등 다양한 기술에 적용될 수 있음

– 미디어 데이터의 특성상, 영상 분석과 같은 특정 분야의 기술만으로 도출되기 어려운 기술로 다양한 연구 분야를 결합한 장기적인 개발을 요구함

(발전전망) 2016년도 SBS는 1천억 규모의 광고 수익 감소가 발생하였으나, 이 중 약 900억원의 손실을 VOD 수익 등 인터넷 환경에서의 콘텐츠 유통을 통해 해소한 바 있음

- 인터넷 환경에서의 미디어 생성, 관리 및 소비를 위해서는 미디어에 대한 분석이 필수적이며, 미디어 시멘틱스는 복합적인 정보를 활용한 미디어 의미를 제공할 수 있어 시장에서의 파급력이 크다고 볼 수 있음
- 영상 처리, 자연어 처리, 음성 처리 등 다양한 데이터 처리 기술들은 최근 deep learning 기술을 통해 큰 도약을 한 바 있음
- 미디어 시멘틱스 또한 영상, 음성 혹은 텍스트 분석을 통해 미디어의 일부 정보를 분석하고 표현하는 기술들이 제안되었지만 실제 생성되는 미디어의 대부분이 복합적인 특징들로 이루어져 있음을 고려할 때, 기존 기술의 한계는 분명함
- 멀티 모달 정보를 가진 미디어 데이터의 시멘틱 모델링은 다양한 기술의 실제 적용을 위해 필수적이며, deep learning을 통한 멀티 모달 데이터 분석 기술이 주를 이룰 것으로 예상됨 (이는 단일 모달 데이터에서 멀티 모달 데이터로, 단일 대상에서 복합 대상으로 기술을 확대해가는 machine learning 연구 방향과도 일치함)

○ 비선형 전송 신호처리

(기술개요) 기존 선형적 이론(선형시스템 및 가우시안 모델링 등)에 기초한 선형 근사화 기술의 한계를 극복하기 위한 비선형 신호처리 기술

- 선형 모델링이 어려운 비선형적 요소를 포함하고 있는 실제 통신 채널 및 송수신 환경에 적합한 기계학습 기반의 비선형 변조 및 비선형 신호 검출 기술

※ 미디어 통신환경 (송수신 채널 및 시스템 잡음 등)의 비선형적 특성 분석 및 모델링

※ 비선형 채널 및 시스템 특성에 적합한 비선형 신호 변조 및 복조 기술

※ 계층분할 방식의 비직교/비선형 다중화 및 다중접속 기술

※ 기계학습 기반의 비선형 변/복조방식의 훈련 및 최적화

(기술수준) 비선형 신호처리 기술은 수학적 모델링이 난해하여 짧은 letter 형식의 논문을 제외한 본격적인 연구결과가 거의 도출되어 있지 않으며, 기계학습 기반의 비선형적 신호처리에 대한 연구결과가 발표된 바 있으나 가능성만을 제시한 기초적인 단계임

- 미국의 MIT, 영국의 Aston 대학교의 협력연구결과로 2012년 OPTICS LETTERS를 통해 비선형 신호처리 관련 연구결과가 발표된 바 있으나 수학적 근거를 충분히 다루고 있지 않음 (해당 논문은 낮은 SNR (Signal-to-Noise Ratio)에서 비선형 신호처리를 통해 Shannon Limit의 한계를 넘어설 수 있음을 주장함)
- Virginia Tech에서는 2015년부터 기계학습 기반의 통신 시스템 기술 연구가 진행되고 있으며, 기계학습 기반의 전송기술로 기존의 알고리즘적 전송기술과 동

등 이상의 성능 향상이 가능함을 보임

(도출근거) 현재의 전송기술은 설계치에 근접한 성능을 나타내고 있으나, 선형 모델링이 어려운 비선형적 요소로 인해 성능 개선의 한계에 다다르고 있음

- 실제 통신을 수행하는 송수신 채널 및 시스템의 각 요소들의 특징은 수학적 선형적 모델이 아닌 비선형적인 특징을 지니고 있으므로 해당 통신 환경에 적합한 비선형적 신호처리 기술을 통해 이론적 성능치에 근접한 한계를 극복할 수 있는 방안을 모색해야 함
- 최근 기계학습 기반의 특정 응용 분야(예, 바둑, 의료 등) 연구가 활발히 진행되고 있으나, 전송기술 측면에서는 연구 초기 단계에 있으므로 기계학습 기술을 통신 및 방송의 전송분야에 활용하기 위한 기초기술 연구 필요

(발전전망) 기존 선형 신호처리 기반 통신 기술의 성능 향상 포화에 따라 기계학습을 활용한 비선형 신호처리 기반의 통신 기술 연구가 진행될 전망

- 비선형적 신호처리 기술은 이동통신 및 방송기술 분야에 다양하게 적용될 수 있는 기초기술이므로 높은 시장 확장성을 가지고 있음 (차세대 이동통신 및 방송 전송에 적용 가능)

□ 3D/4D 프린팅



○ 적층형 바이오 모델링 기술

(기술개요) 3D 프린팅은 2차원상의 물질들을 층층이 쌓으면서 3차원 입체를 만들어 내는 적층제조(Additive Manufacturing) 기술의 하나로서, 물체의 설계도나 디지털 이미지 정보로부터 직접 3차원 입체를 제작할 수 있는 기술임

- 현재 바이오 3D 프린팅은 3D 가상시뮬레이션을 통한 수술성공률 향상, 개인맞춤형 의료 보형물 제작, 의료인력 교육 실습을 통한 고급인력 양성 등으로 활용되고 있으며, 추후 다양한 생체적합소재의 개발과 더불어 다종의 세포를 프린팅 기술로 발전하여 인공장기 제작이 가능하게 될 것으로 기대됨
- 보건의료 산업 및 바이오산업 등과 접목되어 향후 시장이 급속도로 더욱 커질 것으로 전망

(기술수준) 적층형 바이오 모델링 기술의 로드맵을 살펴보면 다양한 소재 및 복합물성을 가진 프린팅 소재에 적합한 모델링이 개발될 것으로 예측되고 소결 혹은 용융 속도를 획기적으로 빠르게 하는 기술과 프린팅 기술간의 복합화의 추세로 발전될 것임

- 생체질감 인체 모형은 바이오프린팅 기술을 이용하여 가상시뮬레이션을 통한

수술성공률 향상, 개인맞춤형 의료 보형물 제작, 의료인력 교육 실습을 통한 고급인력 양성 등으로 활용할 수 있음 (보건의료 산업 및 바이오산업 등과 접목되어 향후 시장이 급속도로 더욱 커질 것으로 전망됨)

- 미국 등 선진국에서는 현재 인공장기를 제작하기 위해 줄기세포를 분화시켜 제작하는 연구를 시도 중이나 아직 실현 가능성이 낮은 상황에서 3차원 바이오프린팅 기술은 인공장기를 제작 하는데 필요한 핵심 원천 기술이 될 것임

(도출근거) 3D 프린팅 기반 개인 맞춤형 메디컬 모델링 기술개발은 전 세계적으로 매우 초기단계 연구를 시작하고 있으며, 국가적으로 관련 분야에 조속한 기술 개발을 수행하면 빠른 시간내에 관련 시장을 선점할 수 있음

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

○ 생체적합소재 기술

(기술개요) 3D프린팅용 생체적합소재 기술은 질병 및 사고의 증가와 함께 고령화 시대에 대한 삶의 질 향상을 위해 수술 시뮬레이션, 상처치료, 인공장기(조직재생), 성형 등의 바이오·의료분야에 대한 고부가가치 창출이 가능함

- 3차원 바이오프린팅 기술은 원천기술로서 사업화될 가능성이 높기 때문에 국내 및 해외 상용화 과정에서 다양한 제품을 예상

(기술수준) 현재 인공장기를 제작하기 위해 줄기세포를 분화시켜 제작하는 연구를 시도 중이나 아직 실현 가능성이 낮은 상황에서 3차원 생체적합소재 기술은 인공장기를 제작 하는데 필요한 핵심 원천 기술이 될 것임

- 3차원 바이오프린팅 기술은 인공지지체 제조 기술에 있어 균일성 및 재현성을 높이는데 효과적으로 활용될 수 있는 최선의 기술로 응용 가능성이 높음
- 특히, 생체조직 인체모형은 1960년부터 생체조직의 특성과 초음파장비의 교정(Calibration)에 사용 되어 왔음
- 향후 외과적 치료 계획뿐만 아니라 각종 신규 이미징 장치의 평가 및 교정(calibration)에 사용되는 전문 의료용 인체모형은 메디컬시장에 중요한 부분을 차지할 것이라 예측됨

(도출근거) 3D 프린팅 생체적합소재 및 생산기술개발은 전 세계적으로 매우 초기

단계 연구를 시작하고 있으며, 국가적으로 관련 분야에 조속한 기술개발을 수행하면 빠른 시간내에 관련 시장을 선점할 수 있음

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

○ 복합유무기소재 기술

(기술개요) 3D 프린팅 금속, 폴리머, 세라믹 등 복합무기재료가 개발되면 이를 활용한 완구류, 패션, 엔터테인먼트 산업과 기술적 난이도가 높은 자동차, 항공/우주, 방위산업, 의료용, 스마트폰, 이어폰, 등의 다양한 분야의 전자 부품제작에 활용이 가능함

- 휴대폰 케이스, 악기, 운동기구 등 다양한 상품에 개인의 취향을 반영하여 생산이 가능해질 것임

(기술수준) 전략소재로 분류되는 3D 프린팅 Ti 소재 등은 수입 자체가 엄격하게 제한받고 있어 향후 우주항공, 에너지플랜트 등과 같은 산업 발전에 크게 저해하는 요인으로 작용하게 됨

- 최근 3D프린팅 기술의 제조산업 적용 확대에 따라 원소재 개발에 대한 요구가 급격히 증대 (선진국에서도 최근에 연구개발 시작)
- Metal 소재는 Dental, 의료 및 prototyping등 특정 분야의 경우, 3D 프린팅기술의 상용화가 이미 시작되었거나, 곧 상용화가 예정되어 있을 만큼 기술성숙단계에 접어들고 있는 반면, Complex metal, 에너지 소재, 기능성 소재, 양산 수준의 기계부품류 등은 상용화까지 많은 시간이 필요하다고 전망될 만큼, 응용분야별 상용화 수준 차이가 큼
- 플라스틱 소재 및 공정 연구는 FDM, SLA, SLS 기술 관련하여 중점적으로 이루어졌으며, 그중 FDM 소재의 연구 개발은 3D 프린터 기업인 Stratasys와 Materialise가 주도 하고 있음

(도출근거) 3D 프린팅 금속과 폴리머 소재는 기존 소재에서는 기대할 수 없는 기능과 물성 부여 가능하여 기존 제조 산업의 고도화와 동시에 미래 신시장 창출을 위해서는 상용화를 위한 3D 프린팅 소재 기술 개발을 앞당기는 것이 반드시 필요

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨
- ※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

○ 3D/4D 복합전자소자 및 전자부품 기술

(기술개요) 복합소재 3D 프린팅 기반의 3차원 구조체 일체형 초소형/초경량 전자 소자 제조 및 서비스

- 외부 환경/조건에 반응하는 복합물질 기반 기능성 4D 프린팅* 기술 및 응용 서비스

* 4D프린팅: 외부 환경 변화 혹은 조건에 따라 스스로 형태가 변하거나, 자발적 반응으로 주어진 기능이 실행되는 차세대 프린팅 기술

(기술수준) 현재는 미국 등의 기술선진국 주도의 4차산업혁명의 핵심인 3D/4D 프린팅 관련 산업구도를 자동차, 전기, 전자, 바이오, 항공우주 등 산업분야에서 적용하여 환경 친화적인 디지털 메뉴팩처링 공정기술의 확보에 주력하고 있지만, 국내에서는 3D 프린팅 전략기술 로드맵을 수립하였을 뿐 아직까지 제대로 된 연구가 진행된 바가 없음

- 압력, 온도 등에 의해 현격한 변화를 가져오는 소재에 대한 연구개발이 진행: Shape memory alloys/polymers 온도 또는 압력 변화에 의해 기억된 형태로 되돌아가는 소재, Thermochromic/Photochromic materials 등
- 복합 스마트 소재를 출력할 수 있는 전용 프린터 연구 개발 진행: Stratasys, ROVA, SolidView GeoMagichromic, 액체자석(Ferrofluid) 자성입자를 액체에 분산시켜 만든 것(위조방지 지폐 마그네틱 잉크, 스피커 파워 컨트롤) 등
- 자기 조립을 위한 시뮬레이션, 제약 최적화 모델링의 연구: Autodesk(Cyborg 4D Simulation software), CATIA, Open Source 등에서 연구개발 중
- ETR에서는 전자소자 제작을 목적으로 3D 프린팅 신소재(고전도도 3D 프린팅 배선 소재와 복합유전소재), 장비(저가격 및 고속 3D 프린터), 공정(E-CAD와 M-CAD의 변환 및 다층복합공정)을 개발하고 있음

(도출근거) 3D/4D프린팅 기술은 아직 연구개발 초기단계로 생활용품, 의류, 바이오, 교육, 전통문화와 같이 다양한 분야와의 융합을 통해 산업/시장에서의 기회가 있는 블루오션 분야임

- 자연에너지(수분, 열, 빛 등)입력으로도 구조적, 시스템 적응력과 다양한 동적 반응을 통해 각종 전기/전자, 기계, 에너지 서비스영역에 적용할 수 있음

- 신 개념의 프린팅 방식, 재료 및 이를 지원 하는 공정 등은 국제표준으로 선점
이 필요할 뿐만 아니라, 상업적 IP확보도 필요

- 향후 4년 이내에 의료전자기기 등에 실제 사용되는 3D/4D 프린팅 시대가 도래 예상됨

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자
12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용

○ 차세대 3D 프린팅 공정 기술

(기술개요) 3D 프린터의 기본적인 원리상 기존의 절삭가공에 비해서 동일한 정밀
도를 구현하기 위해서는 속도나 경제성이 취약하지만, 그럼에도 불구하고 3D 프
린팅이 주목받는 이유는 기존의 절삭가공으로는 제작이 불가능한 내부 구조물을
만들 수 있는 기계를 제조하는 장점이 있음

- 내부 구조물이 있어서 성능이 획기적으로 개선되고 산업적으로 파급효과가 큰
분야를 Conformal Cooling Channel을 가지는 금형, 의료용 임플란트, 전자 MID
부품의 제작에 적용이 가능

(기술수준) 3D 금속 프린팅 기계시스템은 미국과 독일에서 우주항공 및 방위산업
용으로 이미 상용화가 시작 되었으며 하드웨어 시스템, 소재 및 각종 제어소프트
웨어 등 3가지 기술로 구성되어 있으며 소프트웨어 분야는 벨기에의 Materialize
가 독점하고 있으며 하드웨어 시스템은 미국, 독일, 한국 등 각국별로 고유한 시
스템을 개발하여 상용화 되었으며 분말소재 분야는 각 시스템의 최적에 맞게 각국
별로 다수의 업체가 존재하고 있음

- 금속 분말 3D 프린터 기계기술 분야의 업체는 정밀도 향상을 위해 주로 기계적·화
학적 후처리 공정 개발에 주력(shot peening, 전해 연마 등)하거나 레이저와 로봇
을 결합한 표면개질을 위한 클레이딩 장비로 원통 기반가공의 수준임

(도출근거) 국내 현재의 3D 프린터의 적층속도는 24시간 이내 가공이 끝나지 않
는 속도로 적층 속도 향상이 요구되고 해외 경쟁사는 생산성을 향상시키기 위해서
적층속도 보다는 복합가공이나 Auto Tracking 기능을 삽입하여 사용자 편의성을
증대시키는 관점에서 연구가 진행될 것으로 예상하므로 좀 더 많은 기계 기술 개
발이 필요함

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자
12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용

- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에

는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

○ 이종다차원 구조체 성형 기술

(기술개요) 3D 프린팅은 2차원상의 물질들을 층층이 쌓으면서 3차원 입체를 만들어 내는 적층제조(Additive Manufacturing) 기술의 하나로서, 물체의 설계도나 디지털 이미지 정보로부터 직접 3차원 입체를 제작할 수 있는 기술임

- 금속 분말을 도포하고 레이저 빔 또는 전자빔을 조사하여 형상을 프린팅 하는 PBF(powder bed fusion) 방식의 공정에서 정밀도에 영향을 미치는 주요 공정변수는 층 두께(분말 직경), 빔 직경, 열응력 등과 같이 광학적 요소가 많이 있음
- 예를 들면, 전자빔을 적용하는 공정은 레이저를 적용하는 공정에 비해 표면 거칠기와 분해능(resolution, min. wall thickness)이 낮은 상태임

(기술수준) 전세계적으로 분말 직경 감소에 따른 경제적인 부담과 광학계의 특성상 레이저 빔의 직경을 감소시키는데 한계가 있어, 정밀도를 높이기 위해서 상용 금속 3D 프린터에 적용된 기술은 프린팅 이후에 샷 피닝(shot peening), 마이크로 블라스팅(micro blasting), 전해 연마(electrochemical machining) 등 다양한 후처리 기술임

- EOS 사는 프린팅된 형상의 표면 물성과 거칠기를 향상시키기 위해 샷 피닝 공정을 적용하고, Concept Laser 사는 마이크로 블라스팅 공정을 적용
- 금속 분말이 용융 및 응고되는 과정에서 발생하게 되는 열응력의 악영향을 최소화 하기 위한 노력으로 지지대 구조물의 설계 및 광학적 빔 패스 형성이 중요

(도출근거) 광학기반의 3D프린팅인 PBF 방식의 상용 금속 3D 프린터 분야의 최근 기술 개발 동향은 크게 공정 모니터링 기술 개발을 통한 공정 및 장비 신뢰성 향상, 대형 부품의 프린팅을 위해 복수 개의 레이저(고출력 레이저 + 저출력 레이저, 복수의 저출력 레이저 등)를 적용하는 것임

- 이를 고도화시키고 국내 경쟁력을 확보하기 위해 광학기반의 기술개발이 필요함

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

○ 3D 디자인 제작 기술

(기술개요) 3D 프린터 하드웨어는 특허 만료와 오픈소스 프린터 등장으로 차별화 어려워짐

- 2009년 스트라타시스(Stratasys)가 보유한 압출적층방식(FDM: Fused Deposition Modeling)의 특허가 만료되면서 렵랩(RepRap)과 같은 오픈소스 3D프린터 등장
- 사용자 친화적인 소프트웨어가 3D프린팅으로의 접근을 용이하게 하여 의상, 건축, 전자제품, 기계제품, 인체 모델링 각각에 적합한 다양한 3D 모델링 소프트웨어가 초기 사용자를 3D 프린팅으로 유도함
- 2D 복사기와 유사하게 3D 스캐닝 소프트웨어를 이용하여 현존하는 입체를 모델링 파일로 디지털라이징 후 변경하는 것이 가능함에 따라 보다 손쉬운 3D프린팅이 가능

(기술수준) 일반 3D프린터용 3D 모델은 무료공유와 유료판매 등 생태계 활성화가 시작됨

- 주목받는 3D프린터 회사인 MakerBot 사가 운영하는 씽기버스(thingiverse.com)을 통해 다른 사용자가 만든 아이폰 케이스 3D모델 파일 등을 무료로 다운로드 받을 수 있음
- 쉐이프웨이에서는 보다 전문적인 3D모델 파일(예, 장신구, 드론부품)을 유료로 다운로드 받을 수 있는데, 회원 수가 10만 명, 판매샵이 6천 개에 달함
- 하지만, 고가의 3D 프린터(예를 들면, 산업용 프린터)의 경우 자체 소프트웨어를 갖고 있으며 상호 교환사용이 어려움

(도출근거) 3D 프린팅을 단순한 제조장비가 아닌 사용자 중심의 혁신 생태계로 이해하고 오픈소스 소프트웨어처럼 스스로 필요한 것을 스스로 만들어 쓰는 선도 사용자의 사용자 주도혁신이 하드웨어 분야에도 현실화 될 것으로 준비하기 위해 소프트웨어의 개발 및 국산화가 필요

- 국내 3D 프린터 회사는 이러한 사용자 주도형 혁신 생태계를 만드는 것에 소홀한 경향이 있어 사업전략을 보완하는 것이 필요
- 대량생산된 제품을 일방적으로 수용하는 소비자(Consumer)가 아니라, 생산과 소비를 겸하는 프로슈머(Prosumer)의 시대에 맞도록 창의성을 계발하고 관련 기술을 적극적으로 활용하는 것이 바람직함

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

- 세계 시장은 디지털제조 기법의 발전과 함께 서비스 중심으로 급격히 성장 중이며, 3D프린팅 장비/소재나 단순 제작 단계를 벗어나 다양한 분야의 응용 사업

모델로 확산이 필요함 (이를 위해서는 다양한 분야에 응용을 지원하기 위한 소프트웨어의 발전이 필수적임)

○ 3D 정보처리 기술

(기술개요) 디지털 저작권 관리 기술(Digital Rights Management, DRM)의 발달로 디지털 콘텐츠 유통 과정 전반에 대한 관리가 가능해짐

- 유저들은 3D 프린터를 통해 자신이 원하는 자세, 형태의 캐릭터 상품을 직접 만들 수 있으며, 이러한 수요는 캐릭터 상품을 유통하던 기업들이 DIY(do it yourself)가 가능한 모델링 데이터를 소비자들에게 판매하거나, 소비자들의 요청에 따라 맞춤형 캐릭터 상품을 제작할 수 있는 가능성 제시

(기술수준) 3D 프린팅용 디지털 데이터 관리 기술의 예로 Games Workshop은 인기 게임 Warhammer 40,000의 캐릭터들을 피겨로 제작해 판매하고 있는데, 일부 유저들이 이러한 피겨 제품들을 3D 스캔해 모델링 데이터를 공유하고 수정해 사용하는 사례가 등장하고 있음

- 3D 프린터는 어떤 모형이든지 그 외형을 복사해 만들어낼 수 있기 때문에 기존의 캐릭터 산업에 영향을 미칠 것으로 전망

(도출근거) 다양한 3D 프린터용 설계 도면이 자유롭게 유통되면, 일반대중이 제품의 생산자로 참여할 수 있는 기회가 열리게 되었으나 3D 정보처리 기술이 뒷받침되지 못하는 현실임

- 3D 정보처리 기술의 표준화가 만들어진다면, 대량생산은 물론 소규모의 제조 기업들까지도 3D 프린터 사용을 통해 제조비용을 절감하고 다품종 소량 생산을 통해 사업 활성화를 노릴 수 있음

(발전전망) 3D 프린팅 기술의 완성도가 높아지면서 활용분야가 급격하게 확대되고 있음

- 2016년 기준 산업용 기계 18.8%, 항공 우주 18.2%, 자동차 14.8%, 소비재 전자 12.8%, 의료 덴탈 11% 등 다양한 분야에 기능성 부품 제조와 제품 제조에 활용
- Wohlers Report 2017에 따르면 세계시장이 2016년 60.63억 달러에서 2020년에는 162억달러, 2022년 262억 달러로 연평균 30%대로 지속적인 성장이 예상됨

※ 시장 성장 예측치 : 2018 \$9,464M, 2020 \$16,240 M, 2022 \$26,187M

- 세계 시장은 디지털제조 기법의 발전과 함께 서비스 중심으로 급격히 성장 중이며, 3D프린팅 장비/소재나 단순 제작 단계를 벗어나 다양한 분야의 응용 사업 모델로 확산이 필요함 (이를 위해서는 다양한 분야에 응용을 지원하기 위한 소프트웨어의 발전이 필수적임)

□ 정보보안



○ 양자 암호 프리미티브

(기술개요) 양자 컴퓨터의 등장이 가시화됨에 따라 현재 사용하고 있는 암호 기술이 무력화되는 파국 가능성이 증가하고 있으며, IoT환경의 확대에 의해 다양한 물리적 공격에 의한 암호 기반 보안체계 취약성도 가시화되고 있음

- 현존 암호 체계를 대체하기 위한 차세대 암호 프리미티브는 양자역학 기반의 양자정보체계를 활용하여 다양한 암호학적 기능들을 구현함과 동시에 무조건적 안전성을 확보하는 것을 목적으로 해야 함
- 양자상태 송수신을 통하여 절대적인 안전성이 보장되는 양자 키 교환 기술 및 이를 응용하는 기술을 포함하며, 양자 기반 암호 프로토콜 개발 및 안전성 모델링 기술, 순수 난수 생성(True random number generation) 기술, 양자암호 응용 보안서비스 기술 등이 이에 해당함

(기술수준) 거대한 자연의 힘을 담은 양자암호기술은 양자컴퓨팅 시대에 부합하는 보안 기술로 큰 조명을 받고 있으며, 이를 선점하기 위한 각국의 경쟁은 점점 치열해지고 있음

- 스위스의 아이디퀀티크(IDQuantique)사가 지난 2001년 세계 최초로 상용화된

양자 암호화 시스템을 선보인 이래, EU, 미국, 러시아, 캐나다 등 다양한 국가들은 양자암호통신 기술 개발에 적지 않은 투자를 감행하고 있음

- 최근에는 중국이 세계 최초로 양자역학 실험을 위한 양자통신 위성 ‘묵자호’를 발사해 화제가 되기도 함
- 양자암호통신 기술은 이제 막 상용화가 시작되는 태동기 단계에 접어들었으나, 양자암호 프리미티브 요소기술은 태동기라고 할 수 있음

(도출근거) 큰 규모의 큐비트를 처리할 수 있는 일반 양자컴퓨터가 등장한다면, 바로 그 순간부터 현재의 암호를 사용하는 모든 보안기술은 양자저항 암호를 기반으로 모두 재구축되어야 함으로, 기술적 및 산업적 파급효과는 매우 큼

- 해외 유수의 선진국들은 막대한 투자와 산학연 협동을 통한 활발한 연구개발 활동을 통해 양자암호 시스템의 고속화/고도화, 양자암호 네트워크 구현, 위성 및 비행체를 통한 양자암호통신 시스템 구현 등 많은 성과를 거두고 있음

(발전전망) 현재의 양자암호통신 기술은 이제 막 상용화가 시작되는 태동기라고 할 수 있으며, 우선적으로 국가 주요 기간망, 군사망, 금융망 등에 우선적으로 보급될 것으로 판단됨

- 양자암호통신 기술의 발전은 비단 보안통신장비의 발전만이 아니라, 광학소자, 센서, 및 컴퓨팅 기술까지 ICT 전반에 걸쳐 활용될 수 있는 기술들의 발전을 의미하며, 특히, 양자 컴퓨팅 기술이 발전하게 됨으로서, ICT 기술 전반에 새로운 paradigm의 기술 및 사회·문화 전반에 걸친 변화를 주도하게 될 것임

○ AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘

(기술개요) 최근 AI 기술이 전분야로 빠르게 보급되고 있으나, 자율주행자동차, 로봇 등에 적용된 AI가 왜곡되고 오작동할 경우에 개인의 안전에 치명적인 결과를 초래할 것으로 예상됨

- AI 데이터 조작 대응 및 AI 모델의 유출 방지를 통한 AI 신뢰성 향상과 AI 학습 모델에 대한 개인정보 유출 문제를 해결함으로써, AI 왜곡·조작·유출 등의 위협으로부터 안전한 보안 메커니즘 기술

(기술수준) AI 대립적 정보(adversarial example) 연구를 주도해온 구글 브레인 팀은 AI 기반 공격을 통해, DNN(Deep Neural Network)에 입력되는 이미지를 불과 4%만 변조해도 해당 이미지를 오인식하도록 만들 확률을 97%까지 높일 수 있다는 연구 결과를 발표

- AI 학습 모델에 대한 정보가 없는 상태에서 외부에 제공하는 API 만을 이용하여 AI 모델을 추출해 내는 공격(Model Inversion Attack 또는 Mode Extraction

Attack)이 가능함을 알리는 연구결과가 다수 발표됨

- 아키텍처를 모르는 상태에서 시도되는 기만 공격을 ‘블랙박스(black-box)’ 공격이라 칭하며, 신경망 기반 딥러닝(deep learning) 기계학습 시스템의 블랙박스 공격 연구 결과를 발표함

(도출근거) 글로벌 IT 기업 중심으로 AI의 취약성 분석 및 신뢰성을 보장하는 기술을 연구하고 있으며, 일부 제품에 초기 기술을 적용하는 단계에 있으나, AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘이 완벽히 분석·정립되지 않은 초기 단계임

- AI의 신뢰성 보장을 위해서는 AI 정보 보호 및 AI 공격 위협에 자율적으로 대응할 수 있는 보안 메커니즘이 기초기술로 개발이 필요함

(발전전망) AI 불법 데이터 조작 방지 기술과 관련이 있는 데이터보안 산업은 2016년 기준 사이버보안 분야에서 네트워크보안에 이어 12.7%로 높은 시장 전망을 가지며, 보안 소프트웨어 시장은 2019년까지 연평균성장률이 7.9%에 이를 것으로 예상됨

- ICT 전 영역에서 딥러닝, 강화학습, 데이터 마이닝 기술이 적용되는 시점에 있으나, 무분별한 AI 기술 적용으로 인해 발생하는 프라이버시 침해, 의도하지 않은 자동거래, 오작동으로 인한 인명사고 등 부작용이 우려되고 있는 바, AI의 신뢰성 보장 기술이 지속 발전 전망

○ 나노(Nano) 시큐리티

(기술개요) 10nm급 집적회로(Integrated Circuit, IC) 칩의 고해상도 주사전자현미경(SEM) 영상을 확보하고 IC Chip 내부에 존재하는 CMOS 게이트 수준의 정보를 역공학 분석을 수행하여, 1) Boot ROM에 존재하는 RoT(Root of Trust) 정보 획득, 2) EEPROM에 존재하는 펌웨어 획득 및 분석, 3) 최종적으로 1)과 2)의 정보를 이용하여 IC Chip에 존재하는 보안 취약성 분석 기술과 보안성 강화하는 기술

(기술수준)

- (국내) IC Chip Reversing 가능한 업체 또는 기관은 (주)큐알티, NNFC(나노종합연구소) 등에 일부 존재하나, 보안 관점에서 BootROM, EEPROM 등의 정보를 확보하는 기초기술을 보유하고 있지 않음

※ 향후 국제적인 보안 이슈(예: Hardware Trojan/Backdoor) 대응은 고려되고 있지 않음

- (국외) 국외는 이미 기술력을 국가 차원에서 지원 및 확보하고 있으며, 이미 미국 국가안보국(National Security Agency, NSA), 캐나다의 Chipworks, 영국의 Cambridge University, 중국의 다수의 업체에서 10nm급 IC Chip Reversing 기술

을 선도하고 있으며, 보안 관점에서의 필요한 요소기술을 확보하고 있음

(도출근거) 하드웨어 역공학 기반 기술의 확보는 FIB(Focused ion beam), SEM(scanning electron microscope) 등의 분석 장비는 5억원에서 20억원 수준의 고가 장비인 관계로 국가 차원에서 기반 인프라 구축 및 인력 양성이 필요

- 연구소를 중심으로 기초원천기술을 확보한 후, 학교 및 업체 등에 기술전수를 통한 추진체계 형성 필요

(발전전망) 기술적으로는 과거의 Macro Security, 현재의 Micro Security, 향후의 Nano Security로 진화 예상

- 산업적으로 Nano Security 기술은 국가의 사이버국방력 강화 측면에 가지고 있어야 할 기술이며, 그 가격은 IC Chip 건당 수십억원에 이를 정도의 가치를 추정

○ 브레인디코딩 해킹프리(Hacking-free) 생체인식

(기술개요) 개인 특유의 기억 및 연합 감각에 기반한 뇌파(EEG), fMRI 등의 생체 정보를 이용하여 사용자 고유의 특징(Brain-print 등)을 오류없이 판별하고 구분 해석할 수 있는 초고난도 해킹프리 생체인식 보안 기술

(기술수준) BCI 센서, DBS 등 미국이 선도 연구를 진행하고 있으나 국부적인 면 적에 대한 신호 획득 또는 자극을 줄 수 있는 수준이며, 플렉시블 어레이 형태의 신경 센서 및 자극기는 초기 단계임

- 미국 빙햄턴대학의 사라 라즐로 교수팀에서는 뇌지문(Brain-print)에 대한 연구를 진행 중임 (2016년, IEEE Spectrum)

- 미국 국방성(DARPA)는 2016년 1월 사람의 뇌와 기계를 연결하는 인터페이스 (BMI) 디바이스 구상을 발표함 (임플란트 기술을 통해 뇌에 심는 것으로 인간 과 컴퓨터 사이에 정보를 주고받을 수 있도록 하는 것이 목표임)

- 일본 혼다에서는 사람의 생각을 뇌파로 해석하여 아시모 로봇에게 왼팔과 오른 팔을 드는데 성공함

(도출근거) Brain Device, BCI(Brain-Computer Interface), 뇌파분석 및 해석 응용, 인증 기술, 뇌기반 생각 읽기, 뇌과학 기반 미래 기술의 광범위한 분야에서 활용할 수 있어 매우 파급력이 높은 기술임

(발전전망) Acuity Market Intelligence의 2015년 6월 시장 전망 보고서에 따르면 전 세계 모바일 생체인식 시장은 2014년 16.2억불에서 시작하여 년 평균 67%의 성장률로 2020년에는 346.3억불(38.2조원)에 이를 것으로 전망하고 있음

○ 피부부착/임플란터블 생체인식

(기술개요) 웨어러블 디바이스는 착용형(portable)에서, 피부 부착형(attachable)을 거쳐 임플란터블(implantable) 기술로 진화할 전망이며, 인체 내부의 고품질 생체 신호를 이용하여 사용자 고유의 특성을 오류 없이 판별하고 구분할 수 있는 보안 기술임

(기술수준) 모바일 기기에는 처음으로 사용자의 편의성에 의해 지문 인식 센서가 적용 되어 개인 인증 서비스가 소비자에게 점차 확대되는 추세이나, 위조 방지 및 보안성 강화를 위하여 정맥인식, 홍채인식 등이 추가된 복합 생체인식 기술의 수요가 급격히 증가하고 있음

– 전 세계적으로 아직 피부부착/임플란터블 생체인식 기반 보안 소자에 연구는 보이지 않음

(도출근거) 보안 분야의 현재 또는 미래에 예상되는 문제의 해결근거를 형성할 수 있는 광범위한 지식기반을 제공할 기초원천기술임

– 웨어러블과 인체부착형의 전자소자 기술을 발전시켜 생체 내부에서 생체 신호를 획득할 수 있는 임플란터블 전자소자용 핵심 소재/부품 원천기술 확보가 가능함

– 피부부착/임플란터블 생체인식 보안 소자는 4차 산업혁명의 국방, 금융, 의료 IDX 추진에 기여할 수 있는 기초원천기술임

(발전전망) Acuity Market Intelligence의 2015년 6월 시장 전망 보고서에 따르면 전 세계 모바일 생체인식 시장은 2014년 16.2억불에서 시작하여 년 평균 67%의 성장률로 2020년에는 346.3억불(38.2 조원)에 이를 것으로 전망하고 있음

□ 블록체인



○ 신뢰 정의 언어

(기술개요) 신뢰 정의 언어(Trust Definition Language)는 신뢰도의 정의를 기반으로 상호 신뢰 관계(Trust Relationship)를 정의하고 이를 설계, 관리할 수 있도록 기술

- ※ 정형적 신뢰 정의(Formal Trust Definition)
- ※ 신뢰 관계 모델링 및 설계(Trust Relationship Modeling & Design)
- ※ 신뢰 관리 언어(Trust Management Language)
- ※ 디지털 신뢰 관리(Digital Trust Management)

(기술수준) Security 및 Privacy를 연구하는 대학을 중심으로 논문을 통한 기초연구를 진행하고 있는 단계임

- 국내의 경우 연구의 필요성은 인식하고 있으나 본격적인 연구를 시작하는 대학이나 연구기관이 없음

(도출근거) 신뢰(Trust)는 미래 산업과 서비스에서 보장되어야 하는 가장 중요한 가치 중 하나로 새로운 산업 성장 동력을 찾기 위해서는 신뢰를 보장할 수 있는 Digital Trust 체계와 시스템이 필요함

- 인터넷 기반 Digital Trust의 기반을 구축하기 위해서는 신뢰에 대한 정형적 언어와 모델링 기초 기술이 필수적임 (출처: Gertner, 2017.05.24.)

(발전전망) 응용서비스로 출발한 블록체인 기술은 사회 인프라에 내재화하기 위한 기술 개발과 현재의 한계를 돌파할 수 있는 기술 연구 등 기초기술 중심의 큰 방향으로 진행될 것으로 전망됨

- 신뢰 기반 인터넷 경제의 선두 주자가 될 블록체인 시장은 연평균 50%를 상회하는 성장률로 2012년 17억달러 규모로 성장할 것으로 전망

○ 신뢰 내재 OS

(기술개요) 신뢰내재 OS(Blockchain Embedded Operating System)는 다양한 목적의 분산 어플리케이션을 수용할 수 있는 공통된 운영체제로 정의

- 서비스별로 독립적으로 존재하는 블록체인을 하나의 블록체인으로 통합하고 이를 운영하기 위한 순차적/병렬처리 기반 스케줄링(Scheduling), 권한 관리(Common IAM), 데이터베이스(Database), 어플리케이션 간 통신(Inter-app Communication), 실시간 합의알고리즘 등의 기능 제공

(기술수준) 국외의 경우 EOS (<https://eos.io>)에서 블록체인 OS의 연구/개발 시작 단계에 있으며(2017년), 국내의 경우 BOSCOIN (<https://boscoin.io>)에서 ‘블록체인 OS’ 용어를 사용하고 있으나 구체적인 개념은 정의되지 않고 있음

(도출근거) 서비스에 따라 독립적으로 존재하는 블록체인을 통합하여 관리하고 상호 통신할 수 있는 공통된 블록체인 운영체계가 필요

(발전전망) 화폐 기능을 넘어서 분산 어플리케이션을 위한 공통 플랫폼으로서의 블록체인은 스마트 컨트랙트 기반의 이더리움(Ethereum) 플랫폼을 거쳐 블록체인 OS로 개념이 확장되고 있음

- 블록체인 OS 개념을 내세운 EOS 블록체인은 현재 진행 중인 ICO(Initial Coin Offering)을 통해 약 6000억원의 모금이 진행됨

○ Zero-Trust 기반 키 및 ID 관리

(기술개요) Zero-trust 환경에서, TTP(Trust Third Party)가 없는 분산 환경에서 키와 ID의 관리(생성, 운영, 저장, 폐기)를 수행하는 것으로 단순 키분배를 포함하여 개인의 자가 발급한 인증서를 신뢰하는 기술

(기술수준) R3CEV가 개발한 Corda의 경우 private blockchain 환경에서 기존 엔터프라이즈 환경으로 Kerberos방식으로 별도의 인증서 서버에 키분배 서버를 구축 가능

- Private 블록체인의 경우는 참여자간 신뢰를 구축하는 것이므로 다양한 방법이 있을 수 있으나 문제는 public의 경우인데, 이 부분은 거의 사례가 없어 IBM의 여러 사례의 경우에도 사용자의 인증만 PKI 기반으로 공개키는 공개하고, 개인

- 키는 사용자에게 관리하는 구조인데, 그 외에는 암호키를 사용하는 경우가 없음
- 국내에서는 금융권이 R3CEV의 규격에 따라 구현을 하고자 하는 시도가 있었으나 미완의 상태로 신문지상에 오보 사건 발생(2017.08.)

(도출근거) 분산환경에 적합한 키분배 기술은 산업계에서 전통적 키분배 기술을 적용하여 사용하는 형태의 것으로 임의적 사용을 하고 있음

- 키분배 기술은 향후 사용자 인증, 기밀성 등 정보보호 서비스를 제공을 위한 핵심기술이며 연합(Federated) 도메인간의 연동 및 블록체인 산업의 규모와 다양화에 대한 대응을 위하여 개발이 시급함

(발전전망) Zero-trust 키분배는 정보보호 서비스를 위한 핵심 공통기술로 블록체인 정보보호 산업에서 그 활용가치가 매우 높음

- 글로벌 블록체인 시장이 2015년 3억1000만달러(약 3500억원)에서 오는 2024년에는 200억달러(22조5000억원)를 상회할 것이라는 전망 (2017.08.)
- 시장조사업체인 TMR(Transparency Market Research)은 최근 내놓은 보고서를 통해 세계 블록체인 시장이 2016년부터 2024년까지 매년 58.7%씩 성장을 거듭할 것이라고 전망
- 특히 컨소시엄 블록체인에 의한 성장이 시장을 견인할 것으로 예상하며, 유연성과 대규모 전개 등의 강점을 내세운 컨소시엄 블록체인은 2016년부터 2024년까지 연평균 59%에 달하는 성장을 이어갈 것으로 전망
- 암호/인증산업은 보안 전체산업의 6% 점유율을 보이며, 2024년 12억달러(1조 3500억)를 예측

○ 안전한 융합협의 알고리즘

(기술개요) 제 3의 신뢰기관 (TTP: Trust Third Party)없이 신뢰거래 구축의 근간 기술로 합의 알고리즘이 반드시 필요

- 합의 알고리즘을 악용하여 합의에 영향을 주는 공격들이 발생하며 이를 대응하는 안전한 융합(PoW, PoS, DPoS)합의 알고리즘 개발 필요

(기술수준) 리눅스재단에서 만든 하이퍼레저 패브릭이나 골드만삭스의 R3는 실제 체인을 버리고 이해관계자들끼리만 같은 데이터를 공유하는 방식은, 실제로 논란의 여지는 있지만 비잔티움 장애 허용 비잔티움 장애 감내(BFT)를 사용하면 PoW 나 PoS보다 데이터 보장과 문제 발생 시 책임주체 확인 가능

※ PoW (Proof of Work, 작업 증명): PoW는 가장 보편적으로 알려진 합의 알고리즘. 비트코인에서는 10 분 단위로 발생한 모든 거래를 하나의 블록으로 묶어 시간 순서에 따라 하나의 체인처럼 연결하여 전체 P2P 네트워크 위에 공유함

※ PoS (Proof of Stake, 지분 증명): PoW 의 대안으로 제안되어 개발된 PoS 에서는 계산능력이 아닌 화폐의 보유량에 따라 각 노드의 합의 결정권이 달라짐

※ DPoS (Delegated Proof of Stake, 위임된 지분 증명): PoS 가 일정한 지분을 가진 모든 노드에게 블록 생성 권한을 주었던 반면, 비트코인에서 사용하는 DPoS 에서는 네트워크를 구성하는 모든 노드들의 투표 결과에서의 상위 101 개의 노드에게만 권한을 부여하여 합의에 대한 권리를 위임함. 투표에 의해 선출된 대표자들의 신뢰를 바탕으로 블록을 생성하기 때문에 합의에 걸리는 시간과 비용이 적게 소요되고, 단위 시간동안 생성되는 블록의 개수도 PoW 와 PoS 에 비해 상대적으로 많음

(도출근거) 합의 알고리즘은 Zero-trust 분산 블록체인 환경에서 신뢰를 구축하기 위한 근본이 되는 기술로서 51% 공격, 시빌(Sybil) 공격 등의 합의 공격으로부터 안전하고 성능이 탁월한 알고리즘이 개발은 기술 및 시장경쟁에서 우위를 확보하기 위한 핵심 기술이며 향후 산업적 파급은 매우 지대함

(발전전망) 안전한 합의 알고리즘은 블록체인 거래의 신뢰를 구축하는 근간이 되는 기술로 블록체인의 산업의 흥망을 결정하는 기준기술임

- 세계경제포럼(World Economic Forum; WEF)은 블록체인 기술이 향후 10년 내에 급속히 확산되지는 않겠지만 다양한 영역에서 동시 다발적인 적용사례들이 나타날 경우 기술적용 속도는 예상보다 훨씬 빨라질 것으로 전망 (2016년)

※ 2017년까지 전 세계 은행의 80%가 블록체인 테스트를 시작할 것으로 예측

※ 90개 이상의 중앙은행이 분산원장기술에 대한 글로벌 논의에 참여

※ 24개국 이상에서 분산원장기술에 대한 투자 진행 중

○ 기밀성·무결성 보장 영지식(Zero Knowledge) 증명

(기술개요) 공개 원장 기반의 블록체인을 통한 개인 프라이버시 정보 및 중요 민감 정보 유출 방지를 위한 블록체인 암호화를 기반으로 암호화된 데이터 활용을 위한 핵심 원천 기술

※ 블록체인 데이터 암호화 기술

※ Smart contract 암호화 기술

※ 암호 데이터 기반의 블록 합의 알고리즘

※ 블록체인 암호 데이터 연산 및 거래 기술

(기술수준) 블록체인은 공개 원장 기반의 블록 합의를 바탕으로 데이터 무결성을 보장하기 때문에 거래 정보 및 블록 데이터가 모두 공개되는 문제가 발생하며, 익명화를 통한 프라이버시 기술이 일부 제시 되었으나 근본적인 프라이버시 보호는 불가능

- 블록 데이터에 대한 원천적인 보호를 위해서는 블록체인 데이터에 대한 암호화 기술 적용이 요구됨

- 현재, 단순 거래 내역을 암호화하고 zero-knowledge proof 기반으로 검증하는 zerocash등의 기술과 이를 smart contract 암호화로 확장한 Hawk가 제시되었으나 극히 제한적인 데이터에 대한 적용만 가능
- 비정형화된 데이터에 대한 암호화 기술 및 암호화된 블록체인 데이터를 활용하기 위한 원천 기술에 대한 연구는 아직까지 발표되지 않고 있음

(도출근거) 블록체인은 기존의 신뢰 기관에 의존하지 않고 공개 원장을 통해 데이터의 무결성을 제공하는 기반 기술로 단순 금융 거래를 넘어 다양한 분야의 데이터 산업으로 적용 범위가 확대되고 있음

- 현재의 블록체인 기술은 모든 데이터가 공개되는 특성으로 인해 높은 가치를 지니는 데이터를 블록체인을 통해 활용하기 어려운 상황이며, 개인 프라이버시 보호 관점에서도 블록체인 데이터의 암호화를 통한 데이터 프라이버시 보호가 요구됨
- 데이터 중심 사회로의 변화에 따라 블록체인 기반의 데이터 공유/활용 인프라 구축을 위해서는 암호화를 통한 프라이버시 보호를 기반으로 암호화된 블록체인 데이터를 활용하기 위한 원천 기술에 대한 요구가 증가할 것으로 전망됨

(발전전망) 현재 정형화된 특정 데이터에 대한 암호화 기능에서 일반적인 비정형 데이터로 암호화 기능 확장이 요구되며, smart contract 암호화를 기반으로 한 블록체인 암호 데이터 활용 기술로 발전할 것으로 전망

- 데이터가 자원이 되는 데이터 중심 사회에서 데이터 프라이버시 보호 수단이 제공되지 않는 응용 환경은 활용할 수 없으며, 향후 모든 블록체인 기반 환경에 암호화 기술이 적용될 것으로 전망됨

□ 양자정보통신



○ 양자컴퓨팅 모델·알고리즘

(기술개요) 양자역학적 현상을 컴퓨팅 측면에서 활용할 수 있는 효과적인 양자컴퓨팅 모델과 양자역학적 현상을 적극적으로 사용하여 기존의 비트기반 계산의 한계를 돌파하는 고성능 양자 연산 기능을 갖는 양자알고리즘 기술

- ※ 회로기반, 관측기반, 위상기반 등 양자역학 기반 양자컴퓨팅 모델
- ※ 개별 양자컴퓨팅 모델의 계산 효율성에 대한 연구개발
- ※ 데이터변환, 최적화 등 양자컴퓨팅 특화형 고속 양자 연산 알고리즘
- ※ 양자알고리즘의 계산학적 가능성과 한계 분석
- ※ 실생활에 적용 가능한 2차 활용 양자 알고리즘 및 3차 활용분야

(기술수준)

－ (국외) 대부분의 연구기관에서는 회로기반모델 연구, Microsoft 등은 위상학적 양자컴퓨팅모델 및 개별 양자컴퓨팅 모델들 사이에서의 계산능력에 대한 등가성 연구 진행

- ※ MIT, Microsoft, Google등에서는 양자컴퓨팅용 계산과학 및 인공지능 알고리즘들 개발
- ※ D-Wave 등에서는 양자어닐링을 활용하여 양자최적화 알고리즘 개발

- (국내) 양자컴퓨팅 모델에 대한 연구는 상대적으로 없는 편이며, 양자알고리즘 관련하여서는 인공지능 등 연구 진행

(도출근거) 위상학적 양자컴퓨팅 모델과 같은 새로운 유형의 컴퓨팅모델은 기존 양자컴퓨팅 모델의 구현상 문제점을 해결할 것으로 기대하며, 현재까지 개발된 기본적 양자연산알고리즘 이외에 다양한 기본연산알고리즘 개발 가능

- 현재는 D-Wave에서 양자어닐링 모델에서 양자최적화 구현 단계. 향후 5년 이후 정도이면 양자회로 모델에서 범용 양자연산 구현 가능 예상 (예, IBM 16큐비트 시스템에서 양자시뮬레이션 구현 등)
- 다양한 양자시스템이 장기적으로 개발됨에 따라 그에 맞는 양자컴퓨팅 모델 제안이 필요하며, ICT 측면에서 중요성이 높은 문제를 해결하는 새로운 유형의 양자알고리즘의 개발 필요 (예, 금융 분야 등에서의 활용 등)
- 계산과학 및 인공지능은 현재의 지능정보화 사회 및 4차 산업혁명의 핵심기술이며, 이러한 기술에 양자적 접근법은 기존 방식의 한계를 돌파함으로 산업적 파급효과가 큼

(발전전망) 현재의 회로기반, 관측기반은 중기적으로 구현 가능하며, 위상기반모델은 장기적으로 구현 가능

- 상온 큐비트 기술 및 이에 근거한 양자컴퓨팅 모델 등의 개발 예상
- 현재까지 개발되지 않았던 새로운 유형의 양자알고리즘 개발 기대
- 양자 클라우드 생태계 구현, 고성능 컴퓨팅, 인공지능 분야 상당부분 활용 예정

○ 양자오류보정·결함허용

(기술개요) 물리적 큐비트가 근본적으로 갖고 있는 물리적 오류율의 한계로 인하여, 임의의 사용자가 요구하는 임의 수준의 신뢰성을 확보하기 위해서 중간과정에서 사용하는 오류보정코드와 이에 기반한 결함허용 양자정보기술

- ※ 물리적 큐비트의 오류특성에 물리학적, 수학적, 정보학적 연구
- ※ 큐비트 사용 효율성이 높은 오류보정코드 연구개발
- ※ 개별 오류보정코드에 맞는 최적형 결함허용 통신 및 컴퓨팅 프로토콜의 개발
- ※ 개별 오류보정코드와 결함허용 프로토콜의 실질적인 구현
- ※ 논리적 큐비트의 구현과 이에 기반한 양자센서, 양자통신, 양자컴퓨팅 구현 모듈 연구 개발
- ※ 논리적 큐비트의 실시간 제어, 평가, 검증 등

(기술수준)

- (국외) 다양한 기관에서 다양한 양자오류보정코드 개발 (Topological Code등으로 확산) 및 논리적 큐비트 구현 단계 진입 (IBM 및 Intel등에서 17큐비트 개

발 및 현재 오류보정실험 중)

※ 양자통신망에서의 논리적 큐비트기반 임의 거리 전송 기술 연구 개발 중

－ (국내) 양자통신분야에서의 오류보정코드 주로 개발 (SK등)

(도출근거) 단순하게 양자적 특성을 확인하는 수준이 아닌, ICT적으로 충분한 신뢰도를 확보하기 위해서는 반드시 오류보정, 결함허용 방식이 요구되며, 이에 따라 오류보정, 결함허용 방식은 현재의 양자기술이 실생활 수준으로 발전하는데 가장 핵심이 되는 주요 기술

－ 현재 오류보정코드의 유효성 검증 단계 진행 중(Google, Intel, IBM 등)이며, 이후 논리적 큐비트의 실효성이 검증되고, 논리적 큐비트에 기반한 센서, 통신, 컴퓨팅의 초기 단계에 진입 가능

－ 실제로 구현 대상이 되는 물리적 시스템이 지속적으로 개발(반도체 등)되고 있으며, ICT측면에서 요구하는 기능성, 성능적 요구수준이 매우 다양(장시간 저장용, 계산용 등)하며, 사용자가 요구하는 신뢰도 수준이 계속적으로 증가(단기간, 장기간 등)할 것이므로, 오류보정, 결함허용 방식은 다양한 환경, 요구조건에 따라서 지속적 연구 개발이 요구됨

－ 현재와 같이 단순 개념 검증 단계 수준에서의 양자정보기술이 아니라, 실생활 사용수준이 가능하도록 하기 위한 핵심 기술. 관련 기술적 검증이 완료되면, 다양한 부분에서 폭발적인 활용이 예상됨

(발전전망) 단기적으로는 논리적 빌딩블록의 구현 검증단계 진입. 중기적으로는 센서, 통신, 컴퓨팅 분야에서 기능검증단계 진입. 장기적으로 신뢰성이 높은 센서, 통신, 컴퓨팅 기술로 확장 예정

－ 양자ICT전반에 걸쳐서 가장 핵심이 되는 기본 인프라 기술로 활용 예정

○ 양자보안

(기술개요) 양자정보가 갖는 불확정성, 불복제성, 관측붕괴성 등에 기반하여 비트 기반에서는 제공하기 어려운 물리적, 논리적 수준에서 매우 높은 수준의 보안성을 제공하는 기술

※ 통신과정에서의 양자보안기술 및 보안성검증(예, 양자키생성 및 분배기술 등)

※ 계산과정에서의 양자보안기술 및 보안성검증(예, 양자블라인드 컴퓨팅 기술 등)

(기술수준)

－ (국외) 미국은 DARPA 과제를 통하여 ~30Km수준에서의 양자암호키생성기술 시연하였고, 중국은 수천Km에서 양자보안통신망 구축, 위성 및 기지국간 양자

통신기술 확보, 스위스 IdQuantique에서는 관련 암호칩 및 장비 판매 중이며, 영국 BP에서도 양자키생성채널 구현

※ 현재 기존 광통신망 등에서 관련 기술의 상업화 단계 진행 중

- (국내) SK에서 수십Km에서 양자보안통신기술 확보 및 양자난수생성기에 대한 칩 구현 기술을 선보였고, ETRI, KIST등에서 무선양자암호통신 기술 개발 중

※ 다수 대학에서도 관련 기초수학적 연구개발 진행 중

(도출근거) 통신, 계산, 저장 분야에서 기존 비트 기반 보안 수준의 한계 돌파

- 이미 양자난수생성기 및 근거리 키분배 기술은 활용 가능하지만, 5년후부터는 키생성 효율성이 개선되어 활용 범위가 넓어질 것으로 예상됨
- 현 시점에서는 초기 이론들이 구현되는 단계이지만, 광범위한 활용수준까지는 다양한 기술적 개선이 요구되며, 임의 거리간 양자통신등과 같은 인프라 기술 등이 개발되어야 함
- 초연결 사회에서 매우 중요한 개인정보의 초신뢰 기술 필요성 증가로 인하여 기술적 수요가 높으며, 관련 시장도 계속 확장될 것으로 예상됨

(발전전망) 현재 기본 기능, 성능 실험단계에서 초기 상용화 단계로 진입하고 있음

- 통신분야에서는 기존 인프라를 사용할 수 있으며, 컴퓨팅분야에서는 양자컴퓨팅 기술과 연결됨
- 양자정보를 전달하는 양자통신과 양자컴퓨팅 기술이 발전하면서 양자보안기술의 적용이 보편화될 예정

○ 양자 네트워크 연결

(기술개요) 대용량 양자컴퓨팅 구현을 위한 큐비트 확장성 구현기술

- 비행(flying) 큐비트를 매개로 안정 물리적 큐비트 혹은 논리적 큐비트 간 네트워크 형성을 구현하는 양자 채널 상호연결 기술
- 광자 혹은 RF 큐비트 활용 원자, 이온, 초전도체, 반도체 등 안정 큐비트를 상호 연결한 양자 네트워크 구현을 통한 확장성 실현 및 유연한 양자컴퓨팅 시스템 및 아키텍처 제공
- 공간적으로 떨어진 on-chip subsystem 사이에 양자얽힘 distribution 및 상태 제어

(기술수준) 양자 큐비트를 구성하는 주변 환경과의 상호작용으로 발생하는 양자 오류 때문에 다중 큐비트 확장성 한계를 극복하는 방법으로 NQIT(영국 oxford 대)는 20:20 기술개발 진행 중

- 2016년 광자 큐비트를 이용한 chip-to-chip 양자 인터커넥트 개념 구현 (Optica Vol.3, No.4 p.407 / April 2016)
- 양자 상태 인터커넥션 기술 수준으로 광자를 이용한 경우 98.8% fidelity 구현
- Intel은 RF 기반 초전도 chip-to-chip 인터커넥션 기술을 이용하여 17 큐비트 기술구현
- (도출근거) 고전컴퓨터 성능을 넘어서는 양자 컴퓨터 기술구현을 위해서는 50 - 100 큐비트로 동작하는 큐비트 확장성 기술이 필수적으로 요구되어, 이를 구현하기 위한 후보기술
- 대용량 양자컴퓨팅 구현을 위한 실현 가능한 유연성 높은 플랫폼 기술
- (발전전망) 안정 큐비트는 극저온 환경에서 동작하기 때문에 소자 패키지 물리적 크기 한계에 따른 확장 가능한 큐비트 규모가 제한적이고, 확장성 한계를 극복하는 방안으로 양자 인터커넥션 기술이 주요기술로 성장할 전망

○ 광원 및 고효율 검출

(기술개요) 광자의 양자상태를 이용한 양자통신 및 양자컴퓨팅 소자

- 확정적 단일광자 광원은 사용자가 요구하는 특정 시간에 단일광자를 생성하는 기술로 확률적인 광자 수 분포의 고전 광원과 구별되는 양자적 특성을 가짐
- 얽힌 광자는 두 개 혹은 N개의 단일광자가 높은 얽힘 상관관계를 가진 상태에 있는 광원으로 다중 큐비트 양자상태 생성 및 필요한 양자상태로 제어할 수 있는 기능을 제공
- 광자 기반 양자상태 측정을 위한 고효율 단일광자 검출기
- 양자통신을 위한 고효율, 초고속 InP/InGaAs SPDC 칩 및 모듈
- 양자컴퓨팅용 나노 소자구조 초전도 단일광자 검출기 모듈

(기술수준) 반도체 양자점, 다이아몬드 NV센터, 비선형광학 프로세서를 이용한 광원개발 진행 중으로 단일광자 구별성, 단일광자 밝기, 얽힘광원 fidelity, 확장성이 주요지표

- SPDC 기술 수준은 검출효율 30%, 동작속도 10 MHz 특성을 보이는 모듈이 개발되었고, 초전도 단일광자 검출기는 80% 검출효율, 10 kHz 동작속도 모듈 개발
- 단일채널은 90km 미만 양자통신에 활용 가능한 수준, 다채널은 10 큐비트 양자 레지스터 구현 수준으로 양자컴퓨팅 응용

(도출근거) 다채널 구조 확정적 단일광자 및 얽힘광자 기술은 주도적 기술 미개발 상태로 원천기술 개발 시 파급 효과가 매우 큰 기술

- 단일광자 검출기는 광자수 분해능, 다채널, 고속동작, 초소형 패키지 등 집적화

및 확장성이 중요한 기술적인 이슈로 양자정보통신의 핵심자원

- 산업 파급효과 또는 시장성이 높음 등을 기술

(발전전망) 단일광자는 양자통신 및 양자컴퓨팅의 핵심자원으로 생성, 제어, 측정 기술을 고도화되는 방향으로 발전

- 단일광자 검출기는 양자통신 및 양자컴퓨팅 산업적 발전 시 시장이 가장 큰 핵심 부품으로 성장성이 매우 높음
- 얽힘광자 쌍 기술은 양자통신 및 양자컴퓨팅에 동시에 활용되며 통신의 장거리화 및 컴퓨팅의 확장성에 중요한 기술로 자리매김할 전망

○ 물리적 큐비트

(기술개요) 양자컴퓨팅 하드웨어 기본 단위로 이온트랩, 초전도체, 반도체, 원자 등 다양한 기술이 존재

- 잘 특성화된 시스템으로 구성할 수 있는 큐비트 기술로 확장성을 담보할 수 있어야하고, 상태 초기화가 가능해야하고, 시스템의 결맞음 시간이 게이트 작동시간 보다 훨씬 길어야 하고, 보편적인 게이트 집합을 실험적으로 구현할 수 있어야 하고, flying 큐비트로 양자정보 변환이 가능해야 함

(기술수준) 단일 큐비트 시스템 및 다양한 시스템 간에 적절한 조합을 통해 효과성이 향상된 복합시스템이 연구되고 있음

- 20개 이상의 긴 선형 이온트랩과 300개 수준 2D 결정구조 이온트랩 개발에 성공하였고, 양자상태 엔지니어링 및 양자 시뮬레이션 연구가 수행되고 있음
- 큐비트 결맞음 시간은 $\sim 1\text{s}$ 수준(Ca 이온), 단일 큐비트 게이트 동작 오류는 10^{-6} , 2 큐비트 게이트는 10^{-3} 수준 오류 발생
- 기존 큐비트에 대한 확장 가능한 아키텍처의 개발과 병행하여, 양자 결맞음 측면에서 보다 우수한 성능을 갖는 다른 유형의 큐비트(실리콘에서 스핀 큐비트, 자체오류정정 기능이 있는 topological 큐비트) 연구가 시도되고 있음

(도출근거) 양자 프로세서 구현을 위한 핵심 자원

- 오류보정의 오버헤드를 낮출 수 있는 효율적인 시스템 필요
- 다양한 후보기술 자체 혹은 후보 기술간 조합을 통한 효율적 복합시스템으로 게이트 동작 오류율이 낮고, 결맞음 시간이 긴 안정된 물리적 시스템은 양자컴퓨팅의 핵심자원

(발전전망) Quantum Information Processing을 위한 이론적인 근거에 기반한 안

정적인 큐비트 개발이 양자컴퓨팅 구현의 가장 핵심적인 자원으로 100개의 논리적 큐비트 구현이 중장기적으로 구현될 전망

- 양자 컴퓨팅이 진정으로 유리한 장점을 제공하는 실제 문제의 범위가 잘 식별되지 못하는 문제와 아키텍처 측면에서 각 아키텍처에 가장 적합한 내결함성 구도를 찾는 방향으로 기술이 발전할 전망

○ 신소재 양자 메모리·센서

(기술개요) 메타물질(metamaterials)은 나노 혹은 마이크로 크기의 주기적 구조를 통하여 인위적으로 발현되는 새로운 물성을 갖는 물질로 이를 이용한 양자 센서 연구

- 2차원 물질 구조를 이용한 새로운 물질은 능동적이고, 제어 가능하며, 비선형적 특성을 지니고 있어 양자신호 측정 및 처리에 활용
- 반도체, 희토류 첨가 고체, 다이아몬드 등 양자 메모리 및 센서 구현을 위한 새로운 양자물질 및 양자소자 연구

(기술수준) Caltech Harry Atwater 그룹 ‘quantum metamaterials & metaphotonics’ 프로젝트를 통해서 물질과 빛 상호작용을 양자적으로 제어할 수 있는 기초연구 수행

- 영국은 ERC 프로그램을 통해 optical sources, sensors, detectors 기초연구 수행
- 다이아몬드, 그래핀, hexagonal boron nitride, molybdenum disulfide 등 스핀트로닉스 기술을 이용하여 nano-magnetic imaging, gyroscopes, 양자 프로세서 구현을 위한 연구
- 신물질 기반 양자소자 연구는 기존소자 성능한계 극복을 위한 신기술 개발 중심으로 연구

(도출근거) 양자 소재기술은 양자 기술 발전의 핵심적인 자원으로 단일전자/단일광자 등의 독립입자의 양자상태 제어 범위를 넘어 집단 시스템 양자제어 기술로 발전하고 있어 중요한 기초기술

- 소재 연구는 10년 이상의 장기적인 투자가 필요한 분야로 기술발전 초기단계에 있는 양자소재를 중장기적으로 선제적 투자 필요

(발전전망) 새로운 소재는 새로운 기술을 만드는 기술발전의 근간으로 양자소재 및 이를 이용한 양자소자 연구 분야는 양자산업을 꽃피울 핵심자원

○ 집적회로 논리 큐비트

(기술개요) 양자 기술은 원자 수준의 미시계를 거쳐, 거시계로 연결되는 영역에서 환경으로부터 오류가 적은 논리 큐비트를 구현할 수 있는 기술이 연구되고 있음

- 양자역학적 특성을 지배하는 물질계를 집적화하기 위해 마이크로 이상의 집적

회로 기반 논리큐비트 기술 연구

- 집적회로는 크기, 모양, 대칭성, 입자수, 공간적인 차원, 입자간 상호작용 등의 다양한 특성을 인위적으로 제어할 수 있어 양자연산에서 오류가 적은 새로운 유형 논리 큐비트 구현 가능

(기술수준) 자연의 근본 원리를 체계적으로 예측, 검증, 재현하는 ‘테스트 플랫폼’ 역할을 하는 분야로 현대 양자 컴퓨터 연구의 주요 분야로 자리매김

- 양자역학의 모든 현상을 집적회로에서 재현해 낼 수 있을 뿐만 아니라 전혀 새로운 양자 로직회로 구현이 가능할 것으로 예상
- topological phase를 양자 큐비트로 사용하는 기술로 초전도, 자성체, 금속-절연체 전이, photonic crystal, 그래핀 등 다양한 물리계에서 집적회로 로직 큐비트 구현을 위해 연구 중

(도출근거) 초전도 나노 와이어의 Majorana Zero Modes를 이용한 topological quantum computation 기술의 가능성이 중요한 이슈로 등장

- 오류에 취약한 원자 스케일의 양자 큐비트 기술을 오류가 낮은 마이크로 스케일 기술로 개발하기 위한 새로운 접근으로 원천기술 발굴 측면에서 중요
- 물리적 큐비트의 오류 한계를 극복하기 위해서는 오류율이 낮은 큐비트 기술 확보 필요

(발전전망) 양자 큐비트 오류 정정이 필요 없는 새로운 논리 큐비트 연구를 통한 원천기술 확보

○ 양자정보 해석

(기술개요) 양자역학적 특성을 갖는 정보에 대한 물리학적 이해와 수학적 기술을 활용하여 ICT측면에서 의미있는 기본기술에 대한 연구개발

- ※ 다양한 물리계에서의 특화된 양자상태의 특성에 대한 연구개발
- ※ 범용적 측면에서의 양자상태의 생성, 평가, 변환, 제어 기술
- ※ 범용적 측면에서의 양자얽힘의 생성, 전달, 유지, 정제 기술
- ※ 양자상태를 ICT적으로 요구하는 수준에서의 신뢰성, 안정성, 확장성을 갖기 위한 기술
- ※ 양자정보가 갖는 정보량에 근거한 보안능력, 계산능력, 통신능력 분석

(기술수준)

- (국외) 양자정보와 관련하여서는 글로벌수준에서 기초관련 대학, 연구소 등에서 다양하게 진행중
 - ※ 글로벌 선도 대학등에서 양자정보에 대한 수학적, 물리학적 기술 연구 (IQC, MIT, Caltech등)
 - ※ 위상학적 큐비트등에 대한 연구 (Microsoft 등)

- ※ 보안능력, 계산능력, 통신능력에 대하여 주요 정부기관에서 연구 (NIST, NII, NSA 등)
- (국내) 양자정보의 수학적, 물리적, ICT적 연구개발 진행 (KIAS, 서울대 등)
- (도출근거)** 양자정보가 갖는 ICT적 가능성과 한계를 명확히 파악하고 이에 기반한 ICT측면에서의 활용 한계 및 가능성 분석 가능
- ICT측면에서의 엄격성 확보 및 기존에는 개발되지 않았던 ICT측면에서의 기초 활용 기술 개발 가능
- 기본 기술로써 개발된 기술은 단기간에 개념검증이 가능
- 양자통신, 양자컴퓨팅, 양자센서 분야에서 기본 기술로 활용 가능
- 양자정보 이론 및 실험 기술을 ICT적으로 활용하기 위한 기술은 최근해야 본격화되고 있으며, 이에 따라서 기존의 ICT적 측면에서 양자정보의 활용 분야에 대한 다양한 검토가 요구됨
- 양자정보에 대한 더 정교한 이해를 바탕으로 ICT측면에서의 새로운 알고리즘, 보안기술, 결함허용기술, 큐비트 구현기술 등이 원천 수준에서 가능할 것으로 예상
- (발전전망)** 관련 특허 등은 기본 원천 기술로써 핵심적 기술로 사용 가능

○ 양자장치 실시간 제어

(기술개요) 양자장치를 실시간으로 제어하여, 큐비트의 효율적 생성, 전송, 전달, 처리, 저장 등을 관리하며, 신뢰도 향상을 위한 오류보정, 결함허용 기술을 적용한 논리적 빌딩블록의 및 시스템 수준에서의 초고속 큐비트 제어 기술

- ※ 큐비트에서 사용되는 다양한 단일 및 복합 게이트의 최적 펄스 생성 및 구동 기술
- ※ 다중 큐비트의 초고속 실시간 제어 및 검증 기술
- ※ 논리적 큐비트 구현을 위한 초경량 오류분석 및 보정기술
- ※ 저온환경에서 동작하는 큐비트에 대한 효율적인 제어가 가능한 저온 전자공학 기술
- ※ 많은 수의 큐비트를 실시간으로 제어하면서, 최소 지연시간을 갖는 기술
- ※ 사용자가 수행하고자 하는 복잡한 양자알고리즘을 최적형태로 배치 및 구동하는 기술

(기술수준)

- (국외) 저온 양자 제어 시스템 개발(QuTech, TNO 등), 다수 큐비트에 대한 제어 시스템 개발(Google의 ProjectQ, IonQ의 ARTIQ), 다채널 큐비트 제어 시스템 전용 외부 제어장치 개발(Zurich), 운영체제급 실시간 제어 시스템 개발 중(Microsoft)
- (국내) 양자암호통신분야 양자장치 제어분야에서 주로 개발 중
- (도출근거)** 양자리피터, 양자컴퓨터 운영체제 및 양자컴퓨팅 생태계 기본 플랫폼에서 활용 (양자통신과 양자컴퓨팅 분야에서 핵심 기술)

- 현재 D-Wave 및 소수 큐비트를 갖는 양자컴퓨팅 시스템의 클라우드 형태 환경 제공이 가능하며, 이후 다수의 물리적 큐비트를 가지면서 논리적 큐비트 수준에서의 컴퓨팅 환경에 사용 가능
 - 양자리피터의 경우 양자인터넷으로 발전하면서 관련 제어시스템의 영향력 강화, 양자컴퓨터의 경우 양자클라우드의 활성화에 따른 지속적 기능 및 성능 향상에 대한 연구개발이 필요하며 이렇게 사용하는 환경이 확장되면서 제어시스템의 성능 및 기능이 중요해짐
 - 양자통신과 양자컴퓨팅의 입장에서 생태계 제어 시스템으로 활용
- (발전전망)** 현재는 수개의 물리적 큐비트 관련 제어 시스템으로 간단한 수준에서 개발 가능. 중기적으로는 논리적 큐비트 수준에서의 실시간 제어 시스템 필요. 장기적으로는 양자센서, 양자통신, 양자컴퓨팅에서 필요로 하는 상당히 많은 수의 물리적 큐비트를 실시간, 최소지연시간으로 제어하는 기술이 개발되어야 함
- 제어시스템이 확장되어, 운영체제 및 플랫폼으로 확장됨에 따라 양자ICT 플랫폼 기술의 핵심 구성요소로 성장 예정

4.3. ICT 기초원천 핵심기술 도출

□ (10개 기술 분야 추천안) 14대 기반기술 기술체계도에서 도출된 총 110개 기초원천기술을 활용하여, ETRI 기술전문가 집단인 FP(Future Planner) 그룹에서 10개 기술 분야 추천*

* 기술의 우수성, 독창성, 유망성, 시의성 및 정부 정책 부합성 등을 고려

기반기술분야	기술 분야명	추천 사유	기초원천기술
통신	전광 신호처리 및 포토닉 IC 기술	전자소자의 물리적 전기신호처리 속도 /용량 한계 극복	•(통신)전광 신호처리 기술 •(통신)포토닉 IC
전파응용	신전파 통신 방식 기술	전파 /통신이론 기반 신개념 무선통신 분야 선도 개척 및 다양한 응용 분야에 활용	•(전파응용) 신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술 •(전파응용) THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술 •(통신) 초고주파 기술 •(통신) 채널 모델링 기술
전파응용	3D 전자기장 제어 기술	자기유도 /자기공명 기술의 인체 유해성 및 전송거리 효율 극복	
전파응용	무선 생체신호 교감 기술	전파를 사용한 비접촉 생체신호 측정 기술로 의료, 콘텐츠, 인공지능등 다양한 분야에 활용	
인공지능	메모리 네트워크 기술	기존 고비용·저효율의 별개 구현된 기억, 학습, 추론 기능을 인간 뇌 구조를 모사한 단일 구조로 통합 구현하는 선도적 인공지능 시스템 필요	
지능형 센서 및 반도체	뉴로모픽 지능형 반도체 기술	지능형 디지털 변환 시대에 핵심 하드웨어 기술로 대용량 정보처리를 위한 초절전 /초소형 차세대 메모리 및 병렬 연산 기능 필요	•(지능형 센서 및 반도체) 강유전 /전해 뉴로모픽 소자 •(지능형 센서 및 반도체) 신경망 뉴메모리 설계 •(지능형 센서 및 반도체) 초병렬 뉴럴 연산회로
지능형 센서 및 반도체	나노구조 센서 소자 기술	IoT 시대의 인지 단말부품으로 고감도 센싱기술 필요	•(지능형 센서 및 반도체) 나노구조 고감도 센싱 소재 •(지능형 센서 및 반도체) 나노구조 제작 NEMS 공정
AR/MR	오감 /감성 센싱 및 제어 기술	인간 중심의 ICT 개발을 위해 인간의 오감 및 감성 기술 (측정, 분석, 처리, 제어, 관리, 활용 등)의 지속적 개발 필요	•(AR/MR) 오감센서 •(AR/MR) 생체 /감성 신호센서 •(AR/MR) 감성 /감각 모델링
체감미디어	비주얼 퍼셉션	미디어 품질 향상, 효율성 증대 및 생태계 활성화를 위해 인간의 미디어 감상 메커니즘 분석 기술	

기반기술분야	기술 분야명	추천 사유	기초원천기술
		필요	
양자정보통신	양자 큐비트 생성 기술	미래양자통신 및 컴퓨팅의 원천 기술로 양자 생성을 위한 단광자, 얽힘광자의 고효율생성과 물리적 큐비트확장성을 위한 단일 집적화 기술 필요	•(양자정보통신) 광원 및 고효율 검출 •(양자정보통신) 물리적 큐비트

- (9개 기술분야 선정) ICT기초원천 전문가로 구성된 TFT* 전체회의에서 10개 추천 기술분야를 참고하고 14대 주요기술 기술체계(110개 기초원천기술 포함) 전체를 고려하여 Open Discussion 방식으로 9개 핵심 기초원천기술 분야 선정

* TFT는 4개 분과(초연결, 초지능, 초실감, 초신뢰) 산하 14개 기술의 산학연 전문가 중 NRF, MSIT, ETRI 추천위원으로 구성

- (온라인 설문 실시 후 24개 기초원천 핵심기술 최종선정) TFT 위원을 대상으로 9대 핵심 기초원천기술 분야에 대한 온라인 의견수렴을 실시하여 24개의 기초원천 기술 최종선정

- (7대 핵심 기초원천기술 그룹 확정) 24개 기초원천 핵심기술의 기술별 상호연관성 및 TFT 위원을 대상으로 온라인 의견수렴을 실시하여 다음의 7대 핵심 기초원천 기술 그룹 확정

기술 그룹명	기초원천기술
미래통신 기술	•(통신) 초고주파 기술 •(통신) 전광신호 처리 •(통신) 채널 모델링 기술 •(전파응용) 신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술 •(전파응용) THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술
3차원 전자기장 제어 기술	•(전파응용) 3D 전자기장 제어 기술
생체신호 교감 기술	•(전파응용) 무선 생체 신호 교감 기술
고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술	•(AI) 메모리 네트워크 기술 •(AI) 인공지능 보안 기술 •(지능형 센서 및 반도체) 신경망 뉴메모리 설계 •(지능형 센서 및 반도체) 초병렬 뉴럴 연산회로 •(정보보안) AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘
나노구조 센서 기술	•(IoT) IoNano -Bio Thing •(IoT) IoNT •(지능형 센서 및 반도체) 나노구조 고감도 센싱 소재 •(지능형 센서 및 반도체) 나노구조 제작 NEMS 공정
오감/감성 활용 기술	•(AR·MR) 오감센서 •(AR·MR) 생체 /감성 신호센서 •(AR·MR) 감성 /감각 모델링 •(체감미디어) 사용자 멘탈 모델링 •(체감미디어) 비주얼 Perception
양자 얽힘 생성 기술	•(양자정보통신) 광원 및 고효율 검출

	•(양자정보통신) 물리적 큐비트 •(양자정보통신) 양자정보 해석
--	--

□ ICT 기초원천기술은 4차 산업혁명을 대비하는 다양한 제품, 서비스, 기술분야의 고도화를 위한 토대가 되는 마중물 역할

○ 정부 R&D 투자 혁신방안에서 혁신성장동력으로 중점 추진하는 분야*와의 연계를 위한 ICT 핵심 기반기술 및 융복합기술로 발전

* 자율주행차, 정밀의료, 고기능무인기, 미세먼지저감, 스마트그리드, 지능형로봇, 스마트팜, 스마트시티 등 8개 분야 (혁신성장 지원은 위한 정부 R&D투자 혁신방안, 2018.02)

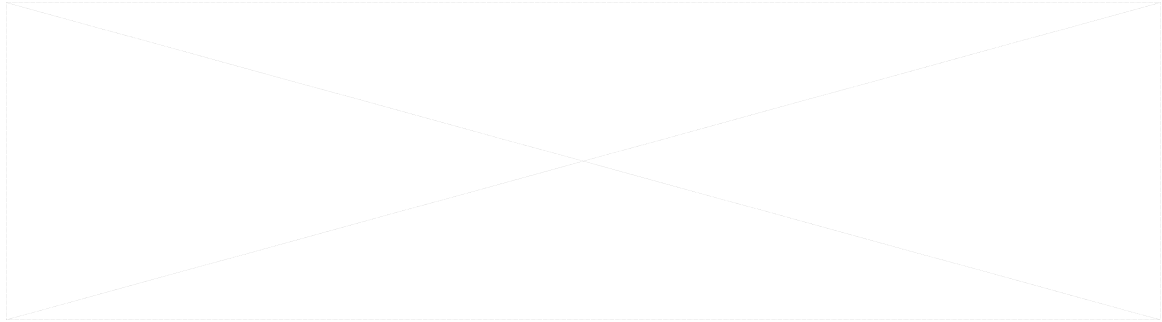


① 미래통신 기술 그룹

○ (기술설명) 무선구간에서는 밀리미터파, 테라헤르츠파를 이용*, 유선구간에서는 광을 이용하여 Tbps 이상의 속도로 통신하기 위한 새로운 유·무선통신 기술

* 5G에서는 28GHz대역 중심, 미래통신에서는 200GHz이상의 초광대역 활용

※ 초당 기가급(Gbps) 전송 속도를 실현하는 5G 통신 기술을 넘어 초당 테라급(Tbps) 전송 속도를 구현하기 위해 미개척 전파를 활용을 포함하는 혁신적 신 통신 기술



<미래통신 기술 개념도>

○ (도출근거) 5G 이후 통신 분야를 선도하기 위해 미개척 주파수 대역의 발굴과 다양한 패러다임 변화(초고속, 초저지연 등)*에 대응이 필요

* (예시) 실감나는 홀로그램 기술이 적용되기 위해서는 1Tbps 이상의 전송 속도가 요구되고, 자율주행 자동차의 안정적 서비스를 위해서는 1ms 이내의 지연시간 필요

– 새로운 전파 통신 방식의 전송 속도, 거리, 채널 등의 물리적 한계를 극복하기 위해 유·무선전송 기초기술 및 핵심소자 연구 필요

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
통신	초고주파 기술	초고속 대용량 데이터 전송을 위해 테라헤르츠 대역을 이용하는 기술
통신	전광신호 처리	Photonics 기반으로 광 신호를 전달, 가공, 처리하여 통신 속도/용량 한계를 극복하는 기술
통신	채널 모델링 기술	전송기술 설계, 신규 자원 개척 등 미래통신 시스템을 개발하기 위한 기술
전파응용	신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	무선통신 전파자원 효율 및 전송속도 향상 기술
전파응용	THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	THz/IR/레이저 신호 생성, 영상/분광/통신 기술

– 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
초고주파 기술	- 초고속 광대역 IF/ Baseband 대역 회로 연구 200Gbps급 전자소자기반 테라헤르츠 송수신 회로 연구

	- 근거리/고출력 고속통신을 위한 테라헤르츠 빔포밍 안테나 및 패키징 연구 (*1m/0dBm))
전광신호 처리	- 페타급 전광 통신 네트워크 구조/방식 연구 - 실리콘 기반 광소자 집적 기술 연구 - 비선형성 기반 고속 광신호 처리 기술 연구
채널 모델링 기술	- 신전파 미래통신 주파수대역 무선채널 측정기술 연구 - 미개척 주파수대역 활용을 위한 전파환경별 채널 DB 확보 - 신전파 미래통신용 시공간 채널 모델링 및 물리적 한계 특성연구
신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	- 전파 제도각운동량 모드의 전송 거리 한계 극복 기술 개발 - 전파/광파 고유 특성 기반 주파수 이용효율개선 및 전송 속도 증대 기술 개발 - 신개념 전송 방식 연구 기술 및 안테나 설계 기술 개발
THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	- 100GHz~3THz 주파수 가변형 테라헤르츠파 발생 및 검출 모듈 - 100Gbps 근거리(30미터 이상) 테라헤르츠(275~350GHz) 무선 통신 기술 - 어레이형 테라헤르츠파 발생/검출 및 파면제어 기술 개발 - 중적외선 레이저 및 검출 소자 기술 개발 (분광기술 포함)

○ (기술수준) 이동통신 분야의 세계 최고수준(미국) 대비 국내 기술 수준은 91.4% (2016, IITP)으로 우리의 강점 분야

- 수십 Gbps급 무선 전송 기술과 수백 Gbps급 유선 전송 기술은 개발되었으나, Tbps급 통신 기술은 초기 연구 단계임
- ICT 전문가 그룹을 통한 “미래통신 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 82.0%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
초고주파 기술	80	3
전광신호 처리	80	3
채널 모델링 기술	85	2
신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	85	3
THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	80	3

○ (발전전망) 미래에는 Tbps급 이상의 혁신적인 미래 통신 기술이 다양한 응용 기술과 융합하여 사회 전 분야가 연결되는 초연결 사회(초실감 AR·VR, 초저지연 클라우드 등)가 도래할 것으로 예상

② 3차원 전자기장 제어기술 그룹

○ (기술설명) 전자기장 생성, 균일도 유지, 지향성 제어 등 3차원 공간에서 원하는 형태로 전자기장을 형성하고 제어하기 위한 기술

※ 로봇, 자동차, 드론, 스마트폰, 가전제품 등 다양한 전자기기의 활용을 자유롭게 하는 선 없는 에너지 전달 기술



<3차원 전자기장 제어기술 개념도>

○ (도출근거) 저주파 전자기장을 이용한 장거리 에너지 전송 기술은 과거 수십년간 해결되지 않은 난제*이나, 이를 해결 시 전 산업 분야에서 활용이 가능한 혁신 기술

* 최근 국내에서 장거리 전송, 균일장 생성 등 분야에서 기초연구 성과 창출 중

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
전파응용	3D 전자기장 제어기술	3차원 공간에서 원하는 형태로 전자기장을 형성, 제어하는 기술

－ 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
3D 전자기장 제어기술	－ 전자기장 모드 생성기술 － 중장거리 전자기장 전송/제어기술 － 중장거리 자기장 에너지 전송 및 센스기술(와전류 센서, 플라스마)

○ (기술수준) 세계 각국에서 다양한 연구 개발을 진행 중에 있으나, 전송 거리와 전송 효율을 모두 만족하는 기술은 현재 전무한 상황

－ 국내 전자기장 제어기술 분야는 세계 최고수준(미국) 대비 80%(2017, KISTI) 수준이며, 대학(서울대 등), 출연연 등에서 장거리 전자기장 생성관련 기초연구를 자체 진행 중

－ ICT 전문가 그룹을 통한 “3차원 전자기장 제어기술 그룹”의 최고기술국 대비

국내 기술 수준은 80.0%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
3D 전자기장 제어기술	80	3

- (발전전망) 기존 전송거리와 효율의 문제점을 해결하는 새로운 방식의 무선에너지 전송기술은 향후 다양한 혁신제품(IoT, 로봇, 헬스케어 등)의 등장과 연관 산업이 성장 할 수 있는 토대가 될 것으로 예상

③ 생체신호 교감 기술 그룹

○ (기술설명) 인간의 감정 및 활동과 관련된 생체신호 정보를 무선으로 획득*·분석하여 인간과 기계의 교감, 감정 추론 및 질병을 예측하는 기술

* 레이더를 활용하여 인체에서 반사된 전파 획득, 무선 전파 센서를 통한 뇌파 센싱 등

※ 인간의 행동, 감정 및 생체상태 등을 파악하는 헬스케어 기기와의 교감을 통한 인간의 삶의 질을 개선하는 기술



<생체신호 교감 기술 개념도>

○ (도출근거) 생체신호 교감 기술은 미래 헬스케어분야의 핵심 기술로, 인공지능 기술과 융합하여 미래 고령화 사회에 파급력이 큰 기술

– 전파 산란신호 획득 및 처리, 원격 뇌파정보 센싱, 생체신호 정보 추론 알고리즘 등 분야 연구 필요

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
전파응용	생체신호 교감 기술	생체 신호 무선 획득, 분석을 통한 자극 및 제어 기술

– 기초기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
생체신호 교감 기술	– 무선(광/전파 등) 기반 생체신호 획득 및 분석 기술 – 인체 부착/삽입형 생체신호 모니터링 및 무선 정보 전송 기술 – 무선 신호 기반 생체신호 자극 기술

○ (기술수준) 최근 미국 MIT에서 새롭게 소개된 연구분야(2016, MobiCom)로서 약 80% 정도의 무선 감정인식률을 보이고 있는 반면 국내에서는 직접적인 연구 사례가 없으며, 뇌/신경계 기능분석의 경우 약 70% 정도의 국내 기술수준을 보임

– 대학(KAIST 등), 출연연 등의 생체신호 획득기술, 전파 관련 핵심 기술 등을

바탕으로 연구 진행시 발전 및 선도 가능성이 큰 분야

- ICT 전문가 그룹을 통한 “생체신호 교감 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 60.0%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
생체신호 교감 기술	60	5

- **(발전전망)** 인간-기계 교감기술은 다양한 기술과 융합·발전하여 감정 홈케어, 희로애락 교감 로봇, 뇌파 사물 제어, 무선 생체 자극치료와 같은 새로운 제품·서비스 창출 예상

④ 고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹

○ (기술설명) 인간의 뇌를 모방한 인공지능 구현을 위해 거대 병렬 연산구조, 신경망 메모리, 차세대 추론방식 등을 갖춘 뉴럴 컴퓨팅 기술

※ 사람의 두뇌처럼 초저전력으로 동작하는 뉴런 칩을 이용한 하드웨어 기술과 지식확장이 가능한 뇌사고 기능 모델링 기반 소프트웨어 기술이 융합된 기술



<고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 개념도>

○ (도출근거) 신경망 컴퓨팅 기술은 자가학습형 인공지능, 차세대 반도체, 미래 인공지능 서비스의 핵심 기초원천기술임

－ 미래 인공지능의 방대한 연산과 에너지 소모를 해결하기 위한 기초원천연구 필요

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
AI	메모리 네트워크 기술	습득한 지식을 저장하여 문제해결 방법을 자동으로 학습하는 기술
AI	인공지능 보안 기술	인공지능 자체에 대한 공격에 방어 가능한 인공지능 기법과 학습이론에 대한 기술
지능형 센서 및 반도체	신경망 뉴메모리 설계	데이터 병렬처리 및 효율적 시냅스 가소성을 가지는 초고집적, 초저전력 메모리 기술
지능형 센서 및 반도체	초병렬 뉴럴 연산회로	뉴런 및 시냅스 구현을 위한 단위회로, 연산 구조, 회로 설계 및 집적화 기술
정보보안	AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	AI 위협·공격을 자동 분석하여 공격방법을 스스로 생성/학습하는 보안 메커니즘 기술

－ 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
메모리 네트워크 기술	- 복합모달리티 데이터 기반 의미 기억공간 생성 - 기억공간 기반 언어이해 지식 학습 - 언어이해 지식 기반 추론, 예측을 통한 문제해결 지식 학습

인공지능 보안 기술	- 인공지능의 판단오류 방지 및 신뢰성 보호를 위한 악의적인 인공지능 학습 조작 대응 기술 - 인공지능의 오동작을 방지하기 위한 악의적인 입력 데이터 변조 대응 기술 - 인공지능의 남용 및 무단사용을 방지하기 위한 인공지능 학습 모델 탈취 공격 방어 기술
신경망 뉴메모리 설계	- 차세대 뉴메모리 기반 인공지능 뉴럴 반도체 기술 - 초대용량 메모리를 위한 이종 반도체 3D 집적 기술 - 초고효율성 신소자 기반 뉴런-시냅스 기능 융합형 메모리 기술
초병렬 뉴럴 연산회로	- 재구성형 인공지능 반도체용 다이나믹 프로그래머블 뉴럴코어 - 초저전력 뉴런, 시냅스 연산용 핵심 회로 기술 - 초병렬 멀티쓰레드형 뉴럴코어 아키텍처 기술
AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	- 인공지능 기반 SW/HW 비정형 보안취약점 자동 탐색/패치기술 - 보안취약점 자동분석을 통한 자율해킹/방어 시나리오 생성기술 - 인공지능 기반 진화형 사이버 공격-방어 플랫폼 개발

○ (기술수준) 인공지능 알고리즘 분야는 구글, 딥마인드, 마이크로소프트 등에서 많은 발전을 이루었으나 차세대 AI반도체, 신경망 메모리 등의 신경망 칩 분야는 기술 발전 초기단계임

- 현재 국내에서는 반도체 분야의 강점을 기반으로, 대학(KAIST, POSTECH 등) 및 출연연(ETRI 등)에서 관련분야 기초연구가 진행 중
- ICT 전문가 그룹을 통한 “고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 66.0%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
메모리 네트워크 기술	60	4
인공지능 보안 기술	65	4
신경망 뉴메모리 설계	75	3
초병렬 뉴럴 연산회로	55	4.5
AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	75	3

○ (발전전망) 향후 인공지능은 관련 산업뿐만 아니라 사회전반의 변화를 주도할 것이며 휴머노이드, 고지능 IoT, 자율주행차 등 관련 서비스 전반에 사용될 것으로 기대

⑤ 나노구조 센서 기술 그룹

○ (기술설명) 고감도 나노소재 및 초소형 NEMS* 공정 기술로 제조하여 로봇, 인체 등에 부착·삽입 가능하고, 무선 네트워크를 통해 연결 가능한 나노구조 센서 기술

* NEMS(Nano-Electro-Mechanical Systems): 나노 단위의 구조체 및 움직임을 이용하여 전자·기계적 기능을 구현하는 시스템

※ 나노(Nano)는 10억분의 1m 크기이며, 실리콘 원자 5개, 박테리아 1개 크기의 1000분의 1, 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당하며, 나노 크기의 센서를 사용하여 기존 센서의 한계를 극복하고 소형화, 저전력화, 그리고 가격저렴화에 적합한 기술



<나노구조 센서 기술 개념도>

○ (도출근거) 나노, 바이오, IoT 등의 미래유망분야를 융합하여 발전시킬 수 있는 핵심 기초원천기술로, 현재 학문적 수준에 머문 연구 성과를 신성장동력으로 발전시키기 위해 기술개발 필요

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
IoT	IoNano-Bio Thing	생체신호 분석 나노바이오 센서/소자의 인터넷 연결을 통한 건강상태 정밀 진단/예측/관리 (* 빅데이터 기반 건강상태 정밀 진단/예측/치료를 위하여, 인체 내/외부에 장착 건강 상태 상시 모니터링하고 인터넷연결이 가능한 소자/센서 기술)
IoT	IoNT	사용자와 나노 센서/소자들 사이의 통신, 인터넷 구성 및 서비스 응용 기술
지능형 센서 및 반도체	나노구조 고감도 센싱 소재	나노구조 기반 물리/화학적 특성 제어 고감도 센싱 소재 제조 및 응용 기술
지능형 센서 및 반도체	나노구조 제작 NEMS 공정	나노 구조체 및 움직임을 이용하여 전자·기계적 기능을 구현하는 소자 제조 기술

－ 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
--------	------

IoNano-Bio Thing	- 생체신호 검출을 위한 인체 삽입 가능한 센서/소자 기술 - 세포기반 치료 및 자극을 위한 광유전학적 소자 기술 - 신호처리/에너지 전송 등 플렉서블 스마트 시스템칩 기술
IoNT	- 나노 센서/소자간 전자기 통신 및 네트워크 기술 - 나노 네트워크용 송수신기 소자 및 핵심부품 기술 - 나노 네트워크의 서비스 응용 기술
나노구조 고감도 센싱 소재	- 나노구조 제어 소재 설계 및 시뮬레이션 기술 - 물리/화학적 특성 제어를 통한 고감도 확보 기술 - 고감도 센싱 소재에 특화된 소자화 기술
나노구조 제작 NEMS 공정	- 나노 센서/소자 동작 알고리즘 및 설계 기술 - Top-down/Bottom-up NEMS 공정 및 융복합 기술 - 응용 센서/소자 제조 및 성능평가 기술

○ **(기술수준)** 나노·소재 분야의 세계 최고수준(미국) 대비 국내 기술 수준은 78.6% (2016, KISTEP)이며, 대학(KAIST 등), 출연연, 나노팹 인프라(나노종합기술원 등)에서 NEMS 공정, 나노 소재 등에 연구 개발 중*

* 세계 나노 분야 SCI 논문 발표 순위: 4위, 미국 특허등록 순위: 3위(2015, KISTI)

- ICT 전문가 그룹을 통한 “나노구조 센서 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 82.5%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
IoNano-Bio Thing	80	3
IoNT	85	3
나노구조 고감도 센싱 소재	85	2.5
나노구조 제작 NEMS 공정	80	4

○ **(발전전망)** 나노구조 센서는 정보 획득의 대상, 환경의 한계를 극복할 미래 첨단 기술로 향후 IoT, 바이오, 헬스케어, 의료용 로봇 등 다양한 응용 기술과 결합하여 막대한 파급효과 예상

⑥ 오감·감성 활용 기술 그룹

○ (기술설명) 측정된 생체·감성 신호를 분석하여 사용자의 감정 및 의도를 예측함으로써, 개인화된 가상·증강현실 등 차세대 실감미디어를 제공하는 기술

※ 오감 및 감성 신호를 활용한 체험 서비스와 편리하고 지능적인 상호작용, 그리고 이러한 기반 기술을 활용한 다양한 차세대 콘텐츠를 제공하는 기술



<오감·감성 활용 기술 개념도>

○ (도출근거) 오감과 감성 정보를 AR·MR 서비스에 접목하는 기술은 미래에 전방위적으로 활용될 차세대 실감미디어에서 필수적인 기술

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
AR·MR	오감센서	인간의 오감(시/청/촉/후/미) 정보 획득 및 인식을 위한 오감 측정 센서 기술
AR·MR	생체/감성 신호센서	생체신호(맥박, 체온 등)와 감성신호(표정, 제스처 등)를 획득하는 기술
AR·MR	감성/감각 모델링	인간의 감성/감각을 콘텐츠와 서비스로 표현하는 모델링 기술
체감미디어	사용자 멘탈 모델링	사용자의 사고/행위/경험 분석 기반 사용자 멘탈 모델링 기술
체감미디어	비주얼 피셉션	화질 및 피로도 모델링 및 예측 기초연구

－ 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
오감센서	－ 오감정보(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각) 센싱 기술 － 오감정보 데이터 특징 추출 및 패턴인식 기술 － 오감 센싱 데이터 저장/DB/부호화 기술
생체/감성 신호센서	－ 표정, 행동, 상황 등 사용자 감성신호 인식 － 뇌파, 심리상태 등의 비가시적 감성 센싱 기술
감성/감각 모델링	－ 오감/생체/감성 정보의 디지털화 연구 － 감성/감각 정보의 전송 및 재현 기술 － 가상현실에서의 감성/감각과 연계된 콘텐츠서비스 기초 기술

사용자 멘탈 모델링	- 사용자 행위, 경험 데이터 등의 분석 기술 - 명시적 의도 및 내면적 상태 기반 사용자 멘탈 모델링 기술 - 축적된 학습모델기반 사용자 멘탈 모델 예측 기술
비주얼 퍼셉션	- 화질/피로도 모델링 및 예측/감소 기술 - 시각 요인 변화에 따른 인지 화질 부호화 및 고품질 기술

○ (기술수준) 실감미디어 분야의 기술 수준은 세계 최고인 미국 대비 약 84.5% 수준(2016, IITP)이며, 오감과 감성 정보를 AR·MR 서비스에 적용하는 기술은 연구 초기단계

- 국내에서는 대학(연세대), 출연연(KRISS, KIST) 등에서 오감, 뇌파, 피부전도도 등의 생체 신호를 통해 인간의 오감·감성을 측정하여 응용하는 기술에 대한 기초연구 진행 중
- ICT 전문가 그룹을 통한 “오감·감성 활용 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 80.0%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
오감센서	78	3
생체/감성 신호센서	78	3
감성/감각 모델링	80	2.5
사용자 멘탈 모델링	80	2.5
비주얼 퍼셉션	85	2

○ (발전전망) 인간과 다양한 ICT 디바이스가 자유롭게 교감하는 서비스로 발전하여 감성 컴퓨팅, 초실감 AR·MR 등 사회 전 분야에 활용될 것으로 예상

⑦ 양자 얽힘 생성 기술 그룹

○ (기술설명) 제약적인 환경에서만 생성 가능한 다중 양자 얽힘*을 실용적 요구사항 수준에서 생성 및 유지하고, 이를 제어·측정·분석하는 기술

* 양자 얽힘: 공간적으로 떨어져 있는 2개 또는 다수 개의 양자시스템이 서로 떨어져 있는 거리와 무관하게 양자역학적으로 강력한 상호영향을 미치는 현상

※ 특수한 환경(극저온 등)과 극한 조건(정교한 시간맞춤 등)에서도 낮은 생성빈도와 순도로 가능한 다중 양자 얽힘을 실용적 수준에서 효율적으로 생성 및 유지하고, 이를 제어·측정·분석하는 기술



<양자 얽힘 생성 기술 개념도>

○ (도출근거) 양자 얽힘 생성기술은 양자통신 및 암호, 양자센서, 양자컴퓨팅 분야의 주요 핵심 기초원천기술임

– 이론적 수준의 연구를 실용화 단계까지 끌어올리기 위해서는 물리적 큐비트, 광원 및 고효율 검출, 양자정보 해석에 관한 연구 필요

○ (연구내용)

기반기술분야	기초원천기술	기초원천기술설명
양자정보통신	광원 및 고효율 검출	광자의 양자정보 생성, 양자 얽힘 제어, 양자상태 측정 기술
양자정보통신	물리적 큐비트	다중 큐비트 얽힘 양자상태를 긴 결맞음 시간을 갖도록 생성 및 제어하는 기술
양자정보통신	양자정보 해석	양자 정보처리의 효율성 극대화를 위한 양자정보 모델링 및 해석 기술

– 기초원천기술별 연구내용

기초원천기술	연구내용
광원 및 고효율 검출	– 단일광자 및 결맞음(coherent) 광자 고효율 생성 및 검출기술 – 다중 큐비트 얽힘 생성, 양자상태 제어 및 측정 집적회로 기술 – 광자 집적회로 양자오류보정 및 논리적 큐비트 구현기술

물리적 큐비트	- 실리콘 기반 양자점, 전자 주게 이온(donor ions), 결함인공 원자(defects) 생성 및 위치 제어기술 - 실리콘 다중 큐비트 얽힘상태 생성, 제어, 결맞음 특성 향상기술 - 실리콘 집적회로 양자오류보정 및 논리적 큐비트 구현기술
양자정보 해석	- 다중 얽힘 큐비트에서의 회로 최적화 및 검증 기술 - 다중 얽힘 기반 매직상태(magic state) 생성, 정제, 검증 기술 - 다중 얽힘 양자칩에서의 양자계산 우수성 구동 및 검증 기술

- (기술수준) 양자기술분야 기초연구 수준은 세계 최고수준(미국) 대비 80%(2016, KISTEP)이나, 대학(KAIST 등), 출연연 등에서 이론 연구를 활발히 진행하여 기술격차를 좁혀가고 있음*

* 양자 기초연구 기술격차(미국대비, KISTEP): (2014) 4.6년 → (2016) 2.6년

- ICT 전문가 그룹을 통한 “양자 얽힘 생성 기술 그룹”의 최고기술국 대비 국내 기술 수준은 73.3%로 조사되었음 (전문가 델파이 조사)

기초원천기술	기술수준 (%)	기술격차 (년)
광원 및 고효율 검출	80	2.5
물리적 큐비트	60	4.5
양자정보 해석	80	3

- (발전전망) 양자정보통신은 정보사회 전반의 패러다임을 바꿀 기술로서 국방, 행정망, 보안시장 등을 중심으로 실용화가 이루어지고, 초신뢰 통신, 초고속 컴퓨팅 등으로 빠르게 확대될 것으로 전망

4.4. 추진체계 및 운영방안, 성과관리 방안

□ ICT 기초원천분야 신규사업 추진

○ 정부 R&D 투자 확대

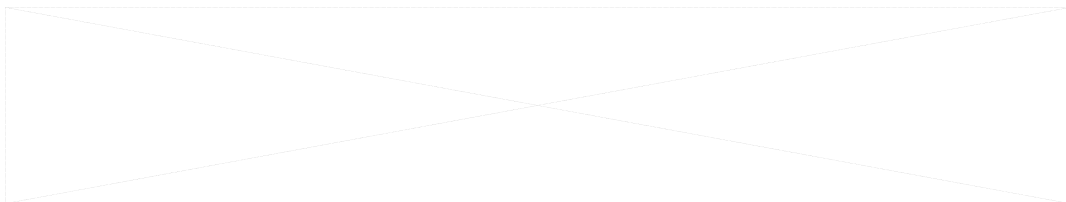
- (투자대상) 현재의 SW중심 기초원천 R&D*를 탈피하여 통신, 전파, AI 등 ICT R&D 기반기술의 24개 핵심 기초원천기술로 구성된 7대 핵심 기초원천 기술그룹 분야를 포괄하는 신규 R&D 추진

* 차세정 사업 종료(~2020년)를 계기로 중장기 대형 ICT 기초원천기술개발 사업 기획

- (지원방식) 연구 목표 등만 개략적으로 제시 후 공모하여, 과제 선정단계부터 연구자가 연구 방법, 단계별 목표를 자율적으로 설정
 - . ICT 분야의 특성을 고려하여, 필요시 연구 진행 중에도 기술 및 시장의 환경 변화를 반영하여 연구 목표를 변경할 수 있도록 허용
 - . 창의·도전적 문제 해결을 위해 동일 연구 목표를 가지고 여러 연구자가 과제를 수행하는 경쟁형 R&D 도입 (5년이상 장기 지원)

- (기획·선정 협업) 수요자 의견을 반영하여, 기초원천연구 성과가 후속 응용개발 사업 및 기업과 연계될 수 있도록 기획단계부터 협의*

* 기초원천, 응용개발, 산업분야 전문가 등 다양한 연구주체를 포괄하는 기획·평가단 운영



- . 응용개발 단계 R&D 과제 기획 시, 우수한 선행연구 결과물에 대한 정보를 제공하여 활용 가능성을 우선 검토
- . R&D 연구단계별 참여 인력간 성과물을 공유하는 연구 커뮤니티를 활성화하여 참여 인력간 연계 강화

○ 민간기업의 투자 확대 유도

- 민간기업이 원하는 투자 분야를 중심으로 정부-민간 공동연구(대학, 연구기관, 기업, 투자사 등 공동참여) 발굴 및 지원 추진
- 기초원천 연구 성과가 기업의 성과로 이어질 수 있도록 기초원천 연구 중개 전

문 인력을 양성하여 연구 성과 확산 지원

- 정부 중심의 기초원천 연구 투자의 한계를 극복하기 위해 민간연구재단 설립 등을 통한 ICT 기초원천 연구 투자 유도

※ 기초원천 연구분야 민간연구재단의 설립 절차 간소화 및 세제지원 등 제도적 개선 방안 검토

<국내 민간연구재단 사례>

재단명	주요내용
삼성 미래기술육성재단/ 미래기술육성센터	○ 설립: 국가 미래과학기술 육성을 위해 삼성그룹에서 출연하여 설립 (2013.8, 10년간 1조 5천억원 지원) ○ 지원분야: 기초과학, 소재, ICT, 미래기술 분야
아모레퍼시픽 서경배 과학재단	○ 설립: 생명과학 분야의 연구 활동 지원을 위해 아모레퍼시픽 서경배 회장이 사재를 출연하여 설립 (2016.9) ○ 지원분야: 생명과학 분야 (과제당 최대 25억 지원)

- 민간기업의 기초원천 연구 투자 필요성 및 기업의 사회적 책임에 대한 캠페인, 다큐멘터리 방송 등을 통해 사회적 분위기 조성
- 민간기업의 기초원천 연구 R&D 투자에 대한 세액공제 혜택 확대 검토

□ ICT 기초원천연구 생태계 조성

○ 신진 우수연구자 육성

- 우수한 ICT 연구 인력의 유입과 신진연구자 육성을 위해 학위과정*부터 연구 정착 단계까지 지원하는 프로그램 마련

* 우수 인력이 단절 없이 학업에 몰입할 수 있도록 학업장려금 지원

- 우수 인력이 박사학위 취득 후 연구에 몰입할 수 있도록 연구* 및 연수 프로그램 참여 기회 확대

* 산학연 연구 기관이 유망한 신진 연구자 채용 시 일정 기간 인건비와 연구비를 지원

- 연구 의욕과 역량을 갖춘 젊은 연구 인력에게 신진 연구 기회를 확대하고, 초기에 연구에 정착할 수 있도록 연구 환경 구축 지원

- 신진 연구 성과가 우수한 연구자에 대해서 후속 연구를 중견 연구로 연계하여 지속적으로 심화 연구 수행이 가능하도록 지원

- ‘최초 혁신 실험실’ 사업을 통해 연구 초기 단계에서 필요한 연구 시설 및 장비 등의 구축을 지원하여 안정적 연구 환경 조성

- 탐색형 기초원천연구과제 지원을 추진하여 실패 위험이 높지만 파급력이 있는 아이디어에 도전할 수 있는 기회 확대

- 과기특성화대학 중심으로 인공지능, 소프트웨어, 빅데이터 교육을 확대하여 유망 연구 인력의 4차 산업혁명 대응 역량 강화

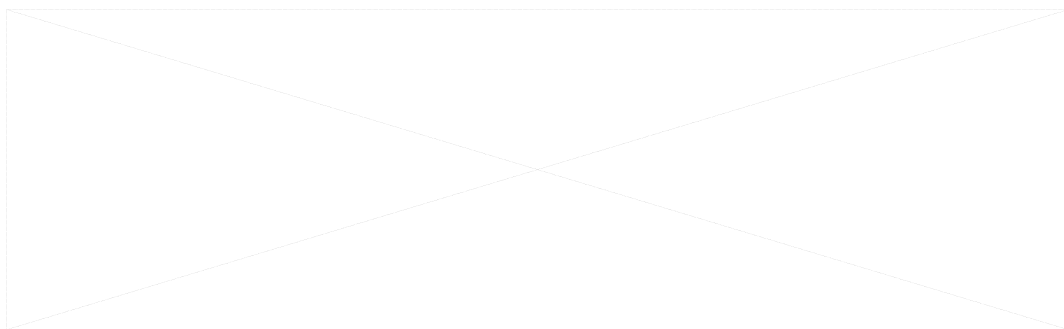
- 개별적으로 운영 중인 온라인 공개강좌 플랫폼을 통합 운영하여 과학 기술 지식 전달 서비스를 확대

○ 장기적·안정적 ICT 연구환경 조성

- 기초원천 연구분야의 역량 있는 연구자가 연구 단절 없이 지속적으로 연구를 수행할 수 있도록 생애 기본연구비 지원 추진
- 단기 트렌드와 관계없이 연구 지원이 지속적으로 필요한 분야를 발굴하여 장기 연구 지원
- 기초원천연구 종료과제 중 우수 성과를 창출한 연구자는 신규 과제 선정에 인센티브를 부여하여 후속 연구 수행 지원
- 선정 평가 시 중복성 검토 완화를 통하여 동일 주제에 대한 심화 연구를 수행할 수 있도록 제도 및 평가 문화 개선

○ ICT 관련 기관간 연계 강화

- 우수한 기초원천연구 성과가 응용개발 R&D로 연결될 수 있도록 R&D 전문기관(NRF↔IITP)간 협의체를 운영하여 정보공유 및 상호연계 강화
- ICT 분야 학회, 기업 등 산·학·연 전문가들이 참여하여 ICT 기초원천연구 저변 확대를 논의하는 포럼 운영 추진



<ICT R&D 연구단계별 연계 강화>

□ 연구자 중심 창의성 및 자율성 강화

○ 우수 연구 집단의 발굴 및 육성

- ICT 분야에서 창의성과 탁월성을 보유한 우수 연구 집단의 발굴 및 육성을 위하여 신규 연구센터 지정 추진
 - ※ 2018년 AI, 빅데이터 분야 ERC(Engineering Research Center) 2개 신규 지정
- 박사 후 연구원, 신진 연구자 등 젊은 연구자들의 참여를 확대하여 연구 집단 내 차세대 우수 연구자 양성

- ICT 핵심 기초원천기술과 관련된 연구자 주도형 개인 기초원천연구 과제 지원을 통하여 ICT 분야 기초원천연구 저변 확대
- 연구 수요 등을 고려하여 예산 배분 및 과제 지원이 되므로, ICT 핵심 기초원천분야 지원 확대를 위하여 적극 홍보
- 소규모 집단 연구과제(기초원천연구실)도 확대하여 특정 연구 주제를 중심으로 융·복합 공동연구 활성화

○ 연구 지원 체계 개선

- 획일적인 지원에서 벗어나 연구 분야, 내용 등에 따라 필요한 연구비 및 연구기간을 신청할 수 있도록 지원 체계 개선
- 변화에 민감한 ICT 기술의 특성을 고려하여 연구 환경 변화에 따른 연구 주제 및 목표 변경을 허용하여 유연한 연구 환경 마련
- 연구자가 실패를 두려워하지 않고 창의적 아이디어를 바탕으로 연구에 몰입할 수 있도록 과정 중심 평가체계 도입
- 연차·중간 평가를 면제하고, 최종 평가 제외 대상 과제 확대를 통해 평가 간소화 추진 (성실수행 중심으로 평가)
- 연구비 집행 및 관리, 기술사업화 등에 대한 연구 기관의 책무성을 강화하여 연구자가 연구에 집중할 수 있도록 지원
- 연구비 지급 방식·집행기준·정산방식 등을 표준화하고 과도한 지출 금지항목 폐지
- 연구계획서, 보고서, 연구분야 분류 등 연구 서식의 표준화 및 간소화를 지속적으로 추진
- 연구 서식의 간소화를 추진하되, 지원 사업별 충실한 평가가 가능하도록 항목 보완 및 필수 서류 확보

4.5. 기대효과 및 향후 계획

□ 기대효과

- 4차 산업혁명의 핵심기술인 ICT 기초원천에 대한 근본적인 대책 수립으로 정부 예산의 중복 투자 방지 및 핵심 분야에 대한 집중 투자로 글로벌 견인자 역할에 필요한 체계적 개발 전략 제공
 - 국가 ICT R&D 관계 기관 및 부처의 기술 개발 방향성 및 로드맵과 일관성을 유지하고 상호 반영을 위한 자료로 활용
- 현장 연구자 의견 수렴을 통한 새로운 ICT 기초원천기술 개발 체계로 국가의 새로운 ICT기반 신성장 동력원을 공급하고, ICT 최강국의 위상을 지속적으로 유지할 수 있는 발전 전략 제공
- 기초원천 연구에 대한 추격자형 R&D에서 First Mover형 R&D로 전환에 필요한 장기적인 전략적 기초원천기술 개발 체계 제공
- 4차 산업혁명에서 중요성이 부각되고 있는 융복합 연구개발을 확대하기 위한 ICT 기초원천 연구방안 도출
- 국가연구개발사업이 응용 및 상품화를 위한 기술개발 뿐만 아니라 원천기술 개발을 위한 기초원천연구 중심으로 변화하도록 유도 전략 제시
- 정부의 “국정운영 5개년 계획”에서 과학기술 목표 중에 “기초원천연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충” 방안 도출

□ 향후 계획

- 4차 산업혁명의 선도를 위한 국가 아젠다의 ICT 핵심원천 전략과제로 활용
 - 국가 ICT 비전을 선도하고 4차 산업혁명 시대의 도래에 따라 국가 현안문제에 대한 ICT 중심의 해결방안 제시
 - 국가 ICT 관련 산업 육성 및 진흥 계획 등의 R&D 정책에 활용되어 국가 성장 동력 발굴에 일익을 담당
- ICT 기초원천기술분야 중장기 연구개발 방향 정립 및 포트폴리오 구축
 - 단발성 계획으로만 그치지 않고, 지속적인 전략 및 실행계획 보완과 이의 실행을 통하여 4차 산업혁명 시대가 요구하는 R&D 역량 확보

- ICT 기초원천기술 R&D의 기술 로드맵 및 전략적 목표 설정
 - 전략적 R&D 투자방향 결정 등 중요한 의사 결정과정에서의 기준과 근거에 대한 기반자료로 활용하여 의사결정 비용은 최소화하고 성과는 최대화
- 신산업 창출과 산업 생태계 구축을 위한 대응 방안 및 새로운 R&D 전략 도출에 활용
- 정책 실행을 위한 예비타당성 조사 자료로 활용
 - ICT 기초원천연구 생태계 조성 및 기초원천연구 투자 확대 (2018년 ~)
 - ICT 기초원천분야 신규사업 추진 (2019년 ~)
- **(핵심 기초원천기술 보완)** 주기적으로 ICT 기술진화 방향, 연구 개발 환경 등을 고려하여 핵심 기초원천기술 보완 추진
 - 4차산업혁명 선제적 대응을 위해 인공지능, 빅데이터 등의 SW 기술이 필요하고, 이에 기반이 되는 컴퓨팅 기술 등의 SW 핵심기술 확보를 위한 핵심 기초원천기술의 고려가 필요
 - 다양한 미래 기술에 대응할 수 있도록 산·학·연 전문가 자문그룹 운영

V. 정책 실행을 위한 예비타당성 조사 관련 자료

※ 4장에서 언급된 7대 핵심 기초원천기술 그룹의 24개 핵심 기초원천기술에 대한 2016년도 연구비 집행 현황(5.1절), R&D 지원 항목(5.2절), R&D 지원 타당성(5.3절)에 대한 관련 자료임

5.1. ICT 기초원천 핵심기술 연구비 집행 현황

① 미래통신 기술 그룹

○ **(투자현황)** 2016년도 기준 “미래통신 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총 1,145백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
초고주파 기술	방송통신산업기술 개발	초광대역 기반 100Gbps급 칩간 무선통신 시스템	460
전광신호 처리	이공분야학문후속 세대양성_대통령PO STDOC펠로우쉽	비고전적 광학 집적 소자 개발을 위한 다학제적 융합 연구	75
	개인연구지원(중견 연구)	이차원 물질의 광/전 제어를 통한 초고속 비선형 포토닉스	110
채널 모델링 기술	N.A.	N.A.	0
신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	N.A.	N.A.	0
THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	한국전자통신연구 원운영비지원	튜너블 테라헤르츠 트랜시버 기술 개발	500

② 3차원 전자기장 제어 기술 그룹

○ **(투자현황)** 2016년도 기준 “3차원 전자기장 제어 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총 2,459백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
3D 전자기장 제어기술	방송통신산업기술 개발	다중 스마트 기기 적용 가능한 3차원 입체 코일 구조의 자기공진형 무선전력전송 제품 상용화 기술 개발	500
	한국전자통신연구 원연구운영비지원	무선 E-zone 및 다차원 에너지 집적기술 개발	1,959

③ 생체신호 교감 기술 그룹

○ **(투자현황)** 2016년도 기준 “생체신호 교감 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총 248백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
무선 생체신호 교감 기술	이공학개인기초연구지원	다중 생체신호를 이용한 사용자 상태인식 기술 개발	50
	이공학개인기초연구지원	다중생체신호 기반 경도 인지장애 중증도 분류 및 모바일 조기 예측 시스템 개발	50
	이공학개인기초연구지원	독거노인 돌보미 서비스의 질적향상을 위한 다생체신호 기반 독거노인의 인지감성 및 신체기능 평가 기술 개발	50
	개인연구지원	안전한 물리적 인간-기계 상호작용을 위한 생체신호 기반 차세대 동작 의도 인식 기술 개발	98

④ 고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹

- (투자현황) 2016년도 기준 “고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹”을 위한 기초연구에
총 573백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
메모리 네트워크 기술	N.A.	N.A.	0
인공지능 보안 기술	N.A.	N.A.	0
신경망 뉴메모리 설계	한국전자통신연구 원운영비지원	실시간 뉴런-컴퓨터 양방향 통신 및 생체모방 시냅스 기술	523
초병렬 뉴럴 연산회로	IT-SW융합산업원 천기술개발	딥러닝 모델 압축 기술 및 이에 기반한 지능형 반도체 개발	50
AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	N.A.	N.A.	0

⑤ 나노구조 센서 기술 그룹

- (투자현황) 2016년도 기준 “나노구조 센서 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총 488
백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
IoNano-Bio Thing	N.A.	N.A.	0
IoNT	N.A.	N.A.	0
나노구조 고감도 센싱 소재	한국전자통신연구 원운영비지원	원자수준 물성제어를 통한 신개념 그래핀 소자 연구	488 (전체 연구비의 50% 산정)
나노구조 제작 NEMS 공정			

⑥ 오감·감성 활용 기술 그룹

- (투자현황) 2016년도 기준 “오감·감성 활용 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총
900백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
오감센서	SW컴퓨팅산업원천 기술개발	예지형 시각 지능 원천 기술	600
생체/감성 신호센서	N.A.	N.A.	0
감성/감각 모델링	N.A.	N.A.	0
사용자 멘탈 모델링	N.A.	N.A.	0
비주얼 퍼셉션	방송통신산업기술 개발	인간중심의 실감방송 안전성 및 콘텐츠 품질 평가 기준 연구	300

⑦ 양자 얽힘 생성 기술 그룹

- (투자현황) 2016년도 기준 “양자 얽힘 생성 기술 그룹”을 위한 기초연구에 총 101백만원이 투자된 것으로 파악됨 (NTIS 2016년도 자료 기준)

기초원천기술	지원 예측 사업명	세부 과제명	예산 (백만원)
광원 및 고효율 검출	N.A.	N.A.	0
물리적 큐비트	개인연구지원	다차원 매트릭스 연산 구현을 위한 실리콘 양자소자 연구	101
양자정보 해석	N.A.	N.A.	0

5.2. ICT 기초원천 핵심기술 R&D 지원 항목

① 미래통신 기술 그룹

- (요구예산) “미래통신 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 22,000백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
미래통신 기술	초고주파 기술	6,000	22,000
	전광신호 처리	5,000	
	채널 모델링 기술	2,000	
	신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	4,000	
	THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	5,000	

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
미래통신 기술	초고주파 기술	—	0	4,800
	전광신호 처리	나노패 공정	1,000	
		고정밀 광정렬 시스템	200	
		광대역 오실로스코프	200	
		RF 시간영역 반사측정기	100	
		고속 비트에러율 측정기	300	
		RF 스펙트럼 분석기	100	
	채널 모델링 기술	THz 초광대역 채널사운더	950	
		초고주파 신호발생기, 믹서, 분석용 계측기	450	
	신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술	—	0	
	THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술	THz 근거리 무선통신 및 광대역 THz파 발생 및 검 출 칩 특성 계측장비 구축	1,500	

② 3차원 전자기장 제어기술 그룹

- (요구예산) “3차원 전자기장 제어기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 4,000백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
3차원 전자기장 제어기술	3D 전자기장 제어기술	4,000	4,000

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
--------	--------	-----------	---------------	-------------

3차원 전자기장 제어기술	3D 전자기장 제어기술	RF/플라즈마/레이저 전자기 장 신호 발생기 및 증폭기	250	500
		전자기장 시뮬레이터	200	
		전자기장 프로브	50	

③ 생체신호 교감 기술 그룹

- (요구예산) “생체신호 교감 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 4,000백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
생체신호 교감 기술	무선 생체신호 교감 기술	4,000	4,000

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
생체신호 교감 기술	무선 생체신호 교감 기술	생체 성능 시험용 청정실	활용	200
		생체 전산해석용 상용 소프 트웨어	200	

④ 고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹

- (요구예산) “고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 10,000백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술	메모리 네트워크 기술	2,000	10,000
	인공지능 보안 기술	2,000	
	신경망 뉴메모리 설계	1,000	
	초병렬 뉴럴 연산회로	3,000	
	AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	2,000	

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술	메모리 네트워크 기술	—	0	2,820
	인공지능 보안 기술	딥러닝 보안기술 학습용 GPU 서버	120	
	신경망 뉴메모리 설계	반도체 설계 툴셋	700	
	초병렬 뉴럴 연산회로	반도체 설계 툴셋	1,000	
	AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘	AI기반 사이버공격-방어 테스트베드	1,000	

⑤ 나노구조 센서 기술 그룹

- (요구예산) “나노구조 센서 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 6,500백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
나노구조 센서 기술	IoNano-Bio Thing	1,500	6,500
	IoNT	1,000	
	나노구조 고감도 센싱 소재	2,000	
	나노구조 제작 NEMS 공정	2,000	

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
나노구조 센서 기술	IoNano-Bio Thing	—	0	4,000
	IoNT	성능 측정 장비	500	
	나노구조 고감도 센싱 소재	제조 공정 및 성능 측정 장비	1,500	
	나노구조 제작 NEMS 공정	소자 시뮬레이션 SW, 제조 용 나노패, 성능 측정 장비	2,000	

⑥ 오감·감성 활용 기술 그룹

- (요구예산) “오감·감성 활용 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 8,500백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
오감·감성 활용 기술	오감센서	1,500	8,500
	생체/감성 신호센서	1,500	
	감성/감각 모델링	1,500	
	사용자 멘탈 모델링	2,000	
	비주얼 퍼셉션	2,000	

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
오감·감성 활용 기술	오감센서	나노 기반 고감도 후각 센 싱 및 데이터 분석 장치	150	1,460
		미각 인식 측정 센서 및 분 류/분석/측정 시스템	100	
	생체/감성 신호센서	다중 생체 신호 측정 및 분 석 장치	150	
		감성 데이터 인식 센서	100	
	감성/감각 모델링	다중감각 센싱 정보 시각화/패	80	

	사용자 멘탈 모델링	터인식 기반 모델링 프로그램		
		감각 신호 시뮬레이션 프로그램	80	
		사용자 멀티 모델 생체 신호 수집 장비 및 실험실 환경	250	
		사용자 멘탈 기반 인터랙션 장비	150	
	비주얼 퍼셉션	사용자 데이터	100	
		시각적 피로도 및 손상 분석 장치	100	
		화질 평가용 디스플레이 장치	100	
		화질 평가용 룸 구축 및 표준 조명 시스템 설치	100	

⑦ 양자 얽힘 생성 기술 그룹

○ (요구예산) “양자 얽힘 생성 기술 그룹”을 위한 년단위 필요한 지원예산 규모는 총 10,000백만원이 필요함 (연구과제 수행기간 5년 기준)

기술 그룹명	기초원천기술	예산 요구액 (백만원/년)	합계 (백만원/년)
양자 얽힘 생성 기술	광원 및 고효율 검출	3,000	10,000
	물리적 큐비트	4,000	
	양자정보 해석	3,000	

○ (설비 및 시험환경 요구예산)

기술 그룹명	기초원천기술	설비 및 시험환경	필요예산 (백만원)	합계 (백만원)
양자 얽힘 생성 기술	공통	초전도체 나노와이어 단일 광자 검출기	300	10,650
		다채널 광자통계 분석기	20	
		고성능 고주파(96G 샘플/초 이상) 임의 파형 발생기	300	
		E M (E l e c t r o n Multiplication) CCD 이미지 카메라	100	
		3차원 광부품 해석 소프트웨어	100	
		양방향 6축 정밀 정렬 시스템	100	
		광학 스펙트럼 분석기	60	
		실증시험용 양자통신망 구축	2,000	
	광원 및 고효율 검출	기준 광원용 티타늄 사파이어 레이저 발생기	300	
		800nm 파장대역 단일광자 검출기	20	
		1550nm 파장대역 단일광자 검출기	50	
	물리적 큐비트	초저온(수십 mK) 냉각기 및 계측기	2,000	
		나노패 장비 사용료	700	
		웨이퍼 제작 장비 사용료	1,500	
	양자정보 해석	외부 양자컴퓨팅 사용 환경 (IBM, Google 등)	2,000	
		양자해석용 고성능 컴퓨팅 장비	1,000	
		양자해석용 슈퍼컴퓨터 사용료	100	

5.3. ICT 기초원천 핵심기술 R&D 지원 타당성

① 미래통신 기술 그룹

○ 초고주파 기술

(필수 불가결성) Tera 대역을 이용하여 수십 Giga의 데이터 전송을 위해서는 Front-end에서의 초고주파 회로 및 ADC/DAC(Analog-to-Digital Converter/Digital-to-Analog Converter) 등의 하드웨어 설계기술 및 전송 기법 및 MAC계층에서의 데이터 처리를 위하여 개발되어야 함

- 국제전기통신연합(ITU)이 지정한 테라헤르츠파는 0.3~3 THz($1\text{ THz} = 10^{12}\text{ Hz}$) 주파수 대역 내의 전자파로 정의 함
- 기가헤르츠파보다 1000배 이상 대역이 넓으며, 마이크로파보다 파장이 짧고 따라서 데이터 전송을 위한 대역폭 용량이 더 높은 테라헤르츠(terahertz; THz)는 미래 통신에 적합함
- 테라헤르츠파는 통신기지의 효율을 향상시키고, 한층 집속된 신호를 보낼 수 있어 전력 소비를 줄일 수 있는 장점이 있음
- UHD의 데이터를 무선 전송하기 위해서는 최소 20Gbps급의 데이터 전송이 필요하며, 현재 기존의 기저 대역 및 밀리미터 대역을 이용한 무선 통신시스템으로는 데이터 전송 속도를 20Gbps급 이상으로 향상 시키는 데 있어서는 한계가 있음
- 새로운 통신 시스템의 개발이 필요하며, 아직 발굴되지 않은 주파수 대역 중에서 가장 넓은 주파수 대역인 Tera 대역 개발이 필수 불가결함

(도전·혁신성) 고주파수 대역(mm/Tera) 통신에 있어서의 현실적인 문제는 이러한 높은 주파수 대역을 사용하는 통신시스템의 하드웨어적 구현 가능성임

- Tera 대역은 그 주파수 관점에서 볼 때, 전통적으로 많은 하드웨어적 개발이 이루어져 왔던 두 가지 영역, 즉 광소자 기반 영역과 전자소자 기반 영역의 중간 대역에 위치하며, 상대적으로 이들 인접 주파수 대역에 비해 개발이 미진하여, Tera 영역에서 동작하는 소자 및 회로 개발이 절실함
- 광학소자에 기반하여 그 동작 주파수를 낮추려는 접근 방식과 전자소자에 기반하여 그 동작주파수를 높이려는 접근 방식으로 대별될 수 있으며, 현재까지는 광학적 접근 방식이 연구 측면에서 더 활발해 왔던 것이 사실이나, 경제성 및 소형화 측면에서는 전자소자 기반 방식이 더 유리할 것이므로, 상용화를 전제로 하는 Tera 통신 시스템의 구현에 있어서는 전자소자 기반 방식이 연구 되어야

함

- Tera 대역 동작 전자소자로는 기존의 통신 시스템 구현의 주축이 되어온 반도체 기반 트랜지스터가 역시 주류를 형성 할 것으로 보여지며, 따라서 급격한 반도체기술의 혁신보다는 기존의 반도체 기술 연장선상에서 동작 속도를 향상하는 양상으로 Tera 대역으로의 진입이 필요 함

- 일반적으로 고속 소자 구현에 적합한 화합물반도체 기반 HEMT (High Electron Mobility Transistor) 혹은 HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) 소자가 우선적으로 응용 가능할 것으로 보여지며, 이와 함께 기존 통신 시스템의 기반을 이루어 왔던 Si 기반 핵심 소자 개발이 되어야 함

※ 예 수백GHz 대역의 회로: 480 GHz 광대역 증폭기, 346 GHz fundamental 주파수 발진기, 410 GHz harmonic 주파수 발진기, 325 GHz 신호발생기, LNA, PowerAMP 등

- 밀리미터파 대역 및 Tera대역을 이용한 통신에서 가장 어려운 점은 mm/Tera대역의 전파 특성인 직진성 및 거리에 따른 큰 신호감쇄로서 통신 비거리의 단축이라는 치명적인 단점

※ 예: 340GHz 대역에서의 거리에 따른 신호감쇄는 약 35dB/km vs. 수dB/km(<3GHz)

- 이를 극복하기 위하여 다양한 기술제안이 필요하며, 특히 가장 주목받는 것으로는 다중 안테나를 이용한 빔포밍 기술이 있음
- 빔포밍 기술은 안테나 이득을 통하여 비직진성 채널 및 통신 거리 확장을 위한 목적이 있으나 다중의 안테나를 사용했을 경우에 전력 소모량의 증가 및 구조의 복잡성이 있으므로, 복잡도가 낮고 전력소모량이 적은 빔포밍 구조 및 알고리즘이 필요
- 특히 다중 안테나를 사용하면 안테나 개수만큼의 RF-chain의 개수 및 ADC/DAC 가 필요하며, 고용량 데이터(UHD급)를 처리하기 위한 하드웨어가 필요함

(응용가능성) Tera 대역 통신에 의하면 대용량 파일 등을 20Gbps급 이상의 초고속 전송 할 수 있게 되어 UHD급 영상 무선전송, 홀로그램 서비스 같은 다양한 분야에서의 활용이 기대됨

- 빅데이터의 4차 산업혁명은 필수적이며 chip-to-chip 및 chip-to-board, 메모리와 프로세서 등의 고속의 데이터 전송을 위한 THz 무선 고속전송 인터커넥션 분야에 적용

(정부 R&D 부합성) 테라헤르츠 통신 기술은 2020년 예상되는 5G 이동 통신 이후의 유망한 대안 기술로, 현재 세계 각국은 그 핵심 기술 확보를 위한 다양한 결과들이 선보이고 있는 수준이며, 미래 핵심 기술 확보 차원에서 그 중요성이 부각되고 있음

- 5세대 통신에 주력인 GHz 보다 1000배 따른 차세대 미래이동통신인 테라헤르츠 통신의 핵심 기초원천 기술에 국가 R&D 지원으로 세계적인 테라헤르츠 통신 핵심 부품 리더 국가로 성장해야 함

○ 전광신호 처리

(필수 불가결성) 트랜지스터의 발명 이래 전자 소자 분야는 눈부신 발전과 함께 신호 처리 및 저장(메모리) 분야에서 실리콘 기반 소자의 소형화와 대규모 집적화가 이루어져 용량, 속도, 가격 등 측면에서 뛰어난 결과를 얻고 있으나 기하급수적으로 진행되어 온 전자 소자 발전은 최근 들어 물리적 한계에 부딪치고 있음

※ 2020년경 5-nm 공정 기술이 개발될 것으로 전망되나, 트랜지스터의 크기가 너무 작아져 양자 효과 문제가 발생하며, 이를 해결하기 위한 막대한 기술 개발 비용과 투자가 요구되며 더 이상 집적화를 통한 성능 향상이 어려운 실정임

※ 컴퓨터 CPU의 클럭 속도가 최근 10여 년 동안 4 GHz에서 정체됨. 성능 향상을 위하여 멀티 코어 프로세서를 이용하나, 코어 간 통신 채널을 위한 전력 소모가 매우 커짐

- 신호 전송 분야에서는 광전송 기술이 전송 거리, 전송 속도, 가격 등의 측면에서 전기 신호 전송에 비해 압도적인 기술적 우위를 보이고 있음. 광전송 기술에 이용되는 광소자의 소형화 및 집적화는 전자 소자에 비해 느리게 발전하고 있는 바 이는 역으로 향후 소자의 다양화, 집적화 면에서 많은 가능성을 보장하고 있음

- 전자 소자 기술의 물리적 한계를 뛰어넘기 위하여 근본적으로 새로운 기술의 출현이 요구되고 있음. 최근 광의 고유 특성 및 광소자 기술을 이용하여 이러한 한계를 넘어서기 위한 전광 신호 처리 기술에 대한 연구가 진행되고 있음

※ 인텔, 삼성 등의 기업과 코넬, 캘거리, 요크 대학 등에서 실리콘 포토닉스 기반의 photonic IC에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음

※ MIT, 프린스턴 대학, 캠브리지 대학 등에서 실리콘 포토닉스 기반 메쉬 구조 광 프로세서를 연구하고 있으며, 프로그램이 가능한 optical FPGA의 출현을 전망 (Nature Photonics, 2017)

※ MIT, UC Berkeley, Ghent-IMEC, IEF 등 다수의 연구 기관 공동으로 포토닉스 기반 차세대 SoC (System on Chip)를 위한 CMOS 공정 기반 광소자 및 전자소자 (아날로그/디지털 디바이스) 단일 집적화 기술 개발 중 (Nature Photonics, 2018)

※ U.C. Berkeley에서는 7천만 개의 트랜지스터와 850개의 광소자가 결합된 포토닉스 기반 마이크로프로세서를 개발 (Nature, 2015)

※ 광전송 용량 한계를 넘어서기 위한 노력으로, 노키아 벨랩, NTT, Sumitomo 등의 기업과 UC Southern California, Univ. of Southampton 등의 대학에서 공간 모드를 이용한 광전송 기술 연구가 이루어지고 있음

- 전광 신호처리는 광/전 변환 없이 광 신호를 전달 및 가공, 처리하는 기술로 기존 전자 소자 기반 신호처리 속도/용량 한계를 넘어서는 전광 통신, 전광 스위칭, 광 컴퓨팅 등으로 발전하여 전자 소자 기술을 보완/대체하게 될 것으로 전망

- 해외에서는 장기적 관점에서 상당한 투자와 연구 개발이 이루어지고 있으나, 국내에서는 실리콘 기반 광소자나 광학적 비선형 현상에 대한 연구가 일부 진행되고 있는 정도이며, 본격적인 전광 신호 처리 기술에 대한 연구는 없음

(도전·혁신성) 전광 신호 처리 기술은 광의 높은 대역폭을 활용하여 초고속/대용량 신호 처리가 가능함. 전광 신호 처리를 이용하여 기존의 전기 신호 처리에 비하여 차별적인 처리 속도를 구현할 수 있음

- 전자 소자는 전기 회로의 저항에 따른 열 발산에 의한 파워 소모 문제가 커다란 문제로 떠오르고 있음. 광 소자는 이러한 문제에서 자유로워 파워 소모를 현저히 줄일 수 있는 해결책이 될 수 있음
- 전광 신호 처리 기술은 전자 소자의 처리 속도나 파워 소모 문제를 근본적으로 해결하여 지속적인 신호 처리 기술의 발전을 도모할 수 있음. 또한, 실리콘 및 화합물 반도체를 이용하여 광소자/전자소자의 단일 집적화가 가능하므로 두 기술이 상호 보완 작용을 하는 고집적, 저전력의 고성능 소자 개발이 가능함

(응용가능성) 전광 신호 처리 기술이 확립되면 집적화 된 광 신호 전달/가공/처리 기술로 기존의 전자 소자의 물리적 한계를 해결하고 전자 소자를 보완/대체하는 기술로 이용될 것이므로 산업적 변혁을 가져올 것으로 전망되며, 관련 시장성이 매우 높을 것으로 기대됨

- 전광 신호 처리 기술은 고성능 신호 처리 및 소비 전력 감소를 통해 미래 컨슈머 시장, 자율 주행 운송, 스마트 가전 및 홈네트워크, 슈퍼 컴퓨팅, IoT 네트워크 등에 사용되는 SoC (System on Chip) 기술의 핵심이 될 것임
- 전광 신호 처리 기술은 기존 반도체 기술과의 상호 보완/협력을 통해 광/전 단일 집적화가 용이함
- 전광 신호 처리 기술이 적용된 비메모리 분야 핵심 기술 확보에 따른 국내 기업체의 시장 경쟁력 제고를 통한 세계 시장 점유율 확대를 기대

(정부 R&D 부합성) 전광 신호 처리 기술 연구는 우리나라의 중추 산업 중 하나인 반도체 산업과 밀접한 관계를 가지며, 장기적으로 광소자/전자소자의 단일 집적화를 통해 고성능 SoC 기술을 확보하는 기술임

- [문재인 정부 100대 국정과제] ‘34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성’ 중 4차 산업혁명 대응에 필요한 첨단 신소재·부품 개발에 해당
- [과기정통부 I-KOREA 4.0] ‘과학기술과 ICT로 열어가는 사람중심의 4차 산업혁명’ 중 지능화 핵심기술(AI 등) 확보를 위한 고위험·도전형 기술개발에 해당되며, 미래 유망 기술 중 지능형 반도체, 인공지능 기술에 해당

- [광융합 산업 진흥법] 광융합 기술은 빛이 가지고 있는 성질을 제어 및 활용하는 광기술과 전자·기계·통신 등 다른 분야 기술을 융합하여 새로운 제품을 개발, 성능을 고도화하는 기술임. 전광 신호 처리 기술은 광기술과 반도체 기술이 융합되어 시너지를 발생할 것으로 전망
- 향후 4차 산업혁명의 핵심인 인공 지능 반도체 기술의 한 축을 차지할 것으로 기대되며, 산업적 파급효과를 극대화하기 위하여 원천 기술 확보를 위한 국가적인 투자가 반드시 요구됨

○ 채널 모델링 기술

(필수 불가결성) 채널 모델링 기술은 새로운 주파수 대역, 서비스 패러다임 및 다양한 미래통신 환경에 대한 물리적 전파의 전달 특성을 사전에 규명함으로써 미래 통신을 위한 근본적인 문제점들을 정확히 파악, 이를 극복할 수 있는 해결책을 찾기 위해 선제적 수행이 반드시 필요한 기초원천 기술에 해당함

- (새로운 무선통신용 주파수 자원 개척) 급증하는 모바일 트래픽 대응, 밀리미터파 대역 및 테라헤르츠(THz) 대역까지 확대한 미개척 주파수 자원의 발굴과 활용 가능성 연구 필요
- (새로운 무선통신 서비스 패러다임 연구) 기존 기지국-단말간 이동통신 서비스에서 육상(V2V, V2I, 자율주행, 고속도로 및 철도 등), 공중(비행기, 드론 등) 및 해상 통신 등 새로운 무선통신 서비스 환경을 고려한 전파환경에 대한 연구 필요
- (신전파 물리적 전달 특성 규명) 신전파 미래통신 환경에서의 경로손실, 반사, 투과, 회절, 분산 등 자연적, 물리적인 특성을 분석, 통계적 기법을 이용한 수학적 모델링 연구 필요
- (새로운 무선전송 기술 제안 및 검증에 활용) B5G/6G를 대비한 무선 전송기술(기지대역 신호, 변복조 방식, 채널코딩, 빔포밍, RF 및 안테나 등)의 제안, 설계, 정확한 성능 평가 및 검증에 활용

(도전·혁신성) 초고주파(THz 등), 초광대역 주파수 대역을 미래 무선통신에 활용하기 채널 모델링 연구는 아직 초기 연구단계 수준

- (국외) 미국, 독일, 일본 등을 중심으로 테라헤르츠파 전송을 위한 초기 연구를 진행 중에 있으며, 예측기 기반의 소규모, 실내위주 초단거리 무선링크 시험 수준임
- 특히, 초고주파 초광대역 주파수 대역을 실내뿐 아니라 실외 다양한 장거리 무선통신 분야에도 적용하기 위해 물리적 전파 한계 규명 및 문제점*을 도출하고, 이를 도전적, 혁신적으로 극복할 수 있는 새로운 통신기술을 창출하기 위한 기초 기반 연구 수행이 필요

- * 초고주파 물리적 전송링크 형성에 따른 극심한 경로손실 예상, 비가시 지역 전파단절, 초광대역 (10GHz 이상) 전송에 따른 다중경로 전달특성 예측 어려움, 안테나 빔폭에 따라 전파특성 상이함, 기저대역 신호처리 및 RF 부품 부재 등

(응용가능성) 채널 모델링 기술은 새로운 주파수 대역, 서비스 패러다임 및 환경에 대한 전파의 전달 특성을 규명함으로써 신기술의 feasibility 검증에 활용하기 위한 기술로서, 향후 B5G/6G를 위한 다양한 무선응용 기술을 개발(기술의 제안, 설계, 개발, 평가 및 검증)하기 위해 반드시 필요한 기반 기술임

- 한국이 미래 통신기술의 선행 제안 및 개발을 선도하고 국가 ICT 경쟁력을 향상시킬 수 있는 초석이 되는 원천기술 분야에 해당

(정부 R&D 부합성) 채널 모델링 기술 연구는 고가의 측정 장비 구축, 다양한 환경에서 방대한 실측 데이터(DB)를 확보하기 위한 시간 및 측정비용, 시험 주파수 허가 등의 어려움과 직접적 IPR이 발생하지 않아 산업체 투자가 저조한 연구 분야에 해당함

- 그동안 국내의 경우 ETRI와 같은 국책연구기관, 외국의 경우 유럽(EU), 미국, 일본 등 일부 선진국 연구기관들 위주로만 연구되어 왔음

※ 유럽연합(EU)은 그동안 COST, WINNER, METIS 등 지속적인 EU Project를 통해 채널 모델링 연구를 선도, 최근 IRACON 프로젝트를 통해 B5G를 위한 새로운 과학적 도전과제를 진행 중에 있음

※ 미국은 국책연구기관 NIST를 중심으로 전세계 산학연 단체들과 'Channel Model Alliance' 협의체 구성, 기초원천연구 수행 중

- 본 기술은 정부 주도 새로운 주파수 자원의 발굴 및 활용을 위한 기초원천 R&D 연구 분야에 해당하며, 미래 통신기술의 선행 개발을 통해 국가 ICT 강국으로서의 경쟁력을 유지하기 위해 정부 차원의 지속적인 투자가 필요한 기반기술에 해당함

○ 신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술

(필수 불가결성) 무선 기술의 성능을 높이기 위한 주파수 요구 대역폭이 증가하고 있음

- 주파수 자원 고갈이 심화되고 있으므로 주파수 이용 효율을 높이기 위한 혁신적 방법 필요

(도전·혁신성) 1992년 전자파의 궤도 각운동량(Orbital Angular Momentum)이 처음 발견되었으며, 관련 논문의 인용회수는 5,000회에 가까움

- 노벨 물리학상 수상자의 논문 인용 회수가 평균 5,000회 임을 감안하면 해당 기술은 노벨 물리학상 후보 기술에 근접함
- 전자파 궤도 각운동량 기술은 장거리 전송 문제 때문에 상용화에 한계가 있으므로, 전송 거리 증대 문제 해결은 가능성이 매우 희박하지만 지극히 중요함
- 청색 LED의 상용화에 공헌했던 니치아의 나카무라 슈지(현, UCSB 교수)가 노벨 물리학상을 수상했음을 감안할 필요성이 있음

(응용가능성) 전자파 제도 각운동량의 전송 거리 증대 기술은 상용화의 핵심 원천 기술로써, 이동통신 등 모든 무선 기기에 사용 가능함에 따라 기술적, 경제적 파급 효과가 매우 큼

(정부 R&D 부합성) 신전파 통신방식 및 안테나 통신 기술은 매우 도전적이며, 실패의 위험이 크기 때문에 장기적이면서 안정적인 연구비가 필요함

○ THz/IR/레이저 신호 생성 및 처리 기술

(필수 불가결성) 최근에는 인간중심의 언제 어디서나, 실시간, 실감형 멀티미디어 서비스 제공이 미래 사회 유연성 제고의 핵심 요소기술로 대두되었고, 그 결과 전 세계 IP 트래픽은 2016부터 2021년 동안 연평균 성장률이 47%에 이를 것으로 전망함 (참조: 2018년 시스코 비주얼 네트워킹 인덱스 글로벌 전망)

- 요구되는 무선 및 유선 통신량의 증가에 따라, 전송속도 또한 크게 증가되어야 하며, 10년 내에 100Gbps급의 전송 속도가 요구될 것으로 예상됨
- 전자기파 대역의 마지막 미개척 영역인 테라헤르츠 주파수대역 기술은 5G 이후의 통신대역으로 활용이 가능하고, 세계 시장을 선점 할 수 있는 미래 유망 기술로 국가 주도의 연구 개발이 필수적임
- 광 기반 테라헤르츠 무선 통신 기술은 전자소자 기반 테라헤르츠 무선 통신과 비교하여, 기존의 유선 광통신 망의 광신호를 광전 변환 없이 테라헤르츠 무선 신호로 변환가능하고, 기존에 광통신에서 사용되고 있는 파장다중화 기술 뿐만 아니라, QPSK 및 QAM 같은 멀티포맷 통신 기술도 쉽게 적용이 가능하여, 유무선 통합 (Radio-over-fiber, ROF) 및 대용량 무선 통신기술로 적합함
- 테라헤르츠파는 100GHz에서 10THz 사이의 주파수 대역을 일컫는데, 이 가운데 IEEE 802.15 워킹그룹 (WPAN; Wireless Personal Area Network)에서는 2008년부터 THz 관심그룹 (Interest Group)을 중심으로 주파수 미할당영역인 275GHz에서 3THz 대역을 대상으로 활용성 검토와 표준화 논의중이며, 2014년부터 표준화를 위한 임무그룹인 TG3d (Task Group 3d)를 발족, 근거리 100 Gbps 급 통신 기술 표준을 준비 중이며, 주파수 미할당영역인 252GHz에서 325GHz대역을 테라헤르츠 무선통신 대역으로 승인받기 위해 준비중임
- 일본 MIC (Ministry of Internal Affairs and Communications)은 2004년에 광 기반의 테라헤르츠파 송신기 옥외 설치를 승인하여 테라헤르츠 무선 통신의 전송 시험을 할 수 있도록 허가하였으며, 2014년 1월에 공식적으로 120 GHz 대역을 무선 방송을 위한 통신 대역으로 할당하였음

(도전·혁신성) 테라헤르츠파 무선통신 기술 구현을 위해서는 광대역 테라헤르츠파

발생 및 검출 모듈 개발이 선행되어 하며, 관련 소재부터 칩, 모듈 및 시스템까지 전주적 영구영역을 개척하여 독자적인 기술 확보 필요함

- 단일채널 25 Gbps급 이상의 테라헤르츠 무선 통신 기술은 전세계적으로도 3~4 정도의 연구그룹에서만 달성한 매우 도전적인 기술임
- 100 Gbps급 이상의 테라헤르츠 무선 통신 기술을 확보하기 위해서는 광신호 멀티포맷 다중화 기술, 초고속 광대역 IF/Baseband 대역 회로 연구, 200Gbps급 전자소자기반 테라헤르츠 송수신 회로 기술, 근거리/고출력 고속 통신을 위한 테라헤르츠 빔포밍 안테나 및 패키징 연구, 어레이형 테라헤르츠파 발생 및 검출 기술, 파면제어 기술 등 복합적인 기술 개발이 요구됨

(응용가능성) 미래에는 Tbps급 이상의 통신 기술이 다양한 응용기술과 융합하여 사회 전 분야가 연결되는 초연결 사회가 도래할 것으로 예상

- 테라헤르츠파는 마이크로파 보다 수 천배 이상의 해상도를 가지며, 불투명한 플라스틱, 종이, 페이트 등을 투과하면서 엑스선처럼 인체 유해성이 없기 때문에 기존에 없던 산업용 비파괴 검사에 널리 활용 할 수 있고, 분광을 통한 다양한 유해가스 검출, 기름 등의 변성이나 순도 검사 등을 비파괴적으로 수행이 가능하여, 기존 마이크로파, 광파, 엑스선 등과는 다른 차별적 특성을 갖고 있음
- 최근 한국전자통신연구원이 자동차 비파괴 검사기술과 관련하여 국내 완성차 업체인 현대자동차와 관련 기술 개발에 대한 업무 의향서는 체결하였으며, 관련 연구개발을 진행

(정부 R&D 부합성) 국내에서는 그동안 연구과제 규모의 제약으로 인하여 대부분 테라헤르츠 발생기와 검출기에 대한 연구보다는 소규모의 개별적 응용기술 연구가 주를 이루었음

- 이러한 개별적 테라헤르츠파 연구들은 바이오 연구, 물리 현상 연구, 메타물질 등 나노분야 기초 연구 등의 분야에서 나름의 연구 성과를 얻고 있으나, 학술적 연구에 치우쳐 있음
- 이동통신 분야의 세계최고수준 (미국) 대비 국내 기술 수준은 91.4% (2016, IITP)으로 우리의 강점 분야이나, “신전파 통신방식 기술”은 최고 기술국 대비 국내 기술은 0%로 조사(전문가 델파이 조사) 되어 국고지원을 투입하여 관련기술 개발이 시급함
- 대용량 무선 통신기술은 국가의 기본적인 국가 기반 기술이므로, 정부 R&D의 국고지원이 타당함

② 3차원 전자기장 제어기술 그룹

○ 3D 전자기장 제어기술

(필수 불가결성) 전자기장 생성, 균일도 유지, 지향성 제어 등 3차원 공간에서 원하는 형태로 전자기장을 형성하고 제어하기 위한 기술로 기존 원역장 연구에서 아직 연구가 미진한 근역장 분야의 연구로 전자기장을 이용하는 모든 기기에 새로운 핵심 가치기술 창출

— 저주파 전자기장을 이용한 장거리 에너지 전송 기술은 과거 수십년간 해결되지 않은 난제*이나, 이를 해결 시 전 산업 분야에서 활용이 가능한 혁신 기술

* 최근 국내에서 장거리 전송, 균일장 생성 등 분야에서 기초연구 성과 창출 중

— 미소 전자기장 센싱기술은 바이오, 지질, 식품, 통신 등 지금까지 등장하지 않았던 새로운 산업분야를 발굴케 할 기초/원천 기술임

(도전·혁신성) 원역장에 기반을 둔 무선통신 등 다양한 분야에서 눈부신 발전을 이루어 왔으나 근역장에서의 전자기장 제어기술은 이론적 접근이 미약하고 새로운 개척 영역임

— 무선전력전송기술은 각종 선으로부터 자유로움(Cable-free)과 편리함을 가져올 혁신기술이나 전송거리와 효율 한계를 극복하기 위한 기초원천연구가 필요(기술 확산 Tipping Point)

— 무선 에너지 기술의 경우, 세계 각국에서 다양한 연구개발을 진행 중에 있으나, 전송거리와 전송효율을 모두 만족하는 기술은 현재 전무한 상황

※ 국내 전자기장 제어기술 분야는 세계 최고수준(미국) 대비 80%(2017, KISTI) 수준이며, 대학(서울대 등), 출연연 등에서 장거리 전자기장 생성관련 기초연구를 자체 진행 중

(응용가능성) 기존 전송거리와 효율 문제점을 해결하는 ‘새로운 방식’의 무선에너지 전송기술은 향후 4차 산업혁명의 신 에너지 공급 핵심 기술로 크게 성장할 것으로 예상

※ 무선전력전송 세계시장은 2016년 2.4조원→2022년 11.3조원, 연평균 23.2% 성장 예측 (Marketandmarkets, 2017.03)

— 플라즈마 기술은 표면이나 공기 중에 포함된 오염물질을 분해하고 제거하는데 효과적이며, 살균과 상처 치료에 적용되어 환경, 식품, 바이오, 의료, 미용 분야 등 폭넓은 분야에서 활용 기대

— 표면 부식방지, 탐지 방지, 자기클러치, 송배전로, 무선충전, 가속기, 솔레노이드, 모터, 각종 액츄에이터, 저장장치, 상처재생용 PEMF, EMC, EM 측정기술

(정부 R&D 부합성) 3D 전자기장 제어기술은 산업체에서 접근하기에는 아주 원천

적인 연구분야이며, 특히 기존 원격장 제어기술이 아닌 근역장 영역에서의 전자기 제어기술은 국가 주도형 원천 R&D를 통해 국내 기술력 제고와 새로운 시대에 준비가 필요함

- 4차 산업혁명을 주도할 모바일, 사물인터넷, 무인운송수단, 로봇공학 등의 핵심 기반기술로서 혁신제품의 등장과 연관 산업의 성장 토대 마련

③ 생체신호 교감 기술 그룹

○ 무선 생체신호 교감 기술

(필수 불가결성) 고령화로 인한 사회적 고립과 1인 가구의 증가에 따른 고독사 등 심각한 사회 문제가 급격히 증가하는 추세로 이를 해결하기 위한 무선 생체신호 교감 기술 절대적으로 필요함

- 무선 생체신호 교감 기술은 미래 헬스케어분야의 핵심 기술로서, 무선 빅데이터 처리 기술에 기반한 미래 고령화 사회 문제 해결에 가능한 파급력이 큰 기술임
- 4차 산업혁명 사회에서 핵심은 인간과 기계를 이어주는 서비스로서, 이를 실행하기 위한 기초 기술 개발 필요함

(도전·혁신성) 그동안 무선 생체신호의 획득과 분석에만 치중되어 왔으나, 무선을 통한 인간-기계 사이의 상호 교감 영역으로 확장시키는 새로운 기술임

(응용가능성) 인간-기계 교감기술은 다양한 기술과 융합·발전하여 감정 홈케어, 희로애락 교감로봇을 생산 가능함

- 무선 생체 자극치료와 같은 새로운 제품·서비스 창출 예상됨
- 뇌파 사물제어를 통하여 게임, 로봇, 자율자동차, 장애인보조 등 많은 분야에서 신규 시장 창출 가능함

(정부 R&D 부합성) 국민의 기본적인 삶의 개선에 관한 문제인 동시에, 최근 1인 가구의 증가로 인한 건강·정신 보전에 관한 사회적 문제가 예방 가능할 것으로 기대되어 공공성이 높음

④ 고신뢰 신경망 컴퓨팅 기술 그룹

○ 메모리 네트워크 기술

(필수 불가결성) 현재의 인공지능은 지식을 학습하기 위한 데이터 구축에 많은 시간과 비용을 요구함

- 현재 기술 수준에서는 사람이 데이터 정제 및 전사정보를 주어야 하므로 다양한 도메인의 서비스 확장에 한계가 있음 (IBM 왓슨이 퀴즈쇼 이후 다른 서비스에 개발에 많은 시간이 소요됨)
- 특정 도메인의 지식을 다른 도메인에 응용하기 위한 일반화의 문제는 현재 기술수준으로는 해결할 수 없음
- 따라서 데이터 정제나 전사정보 구축 없이 기억공간에 받아들여 언어적 의미를 학습할 수 있는 인공지능 기술 개발이 필요함
- 언어이해 지식을 습득하여 다른 도메인의 데이터에 대한 의미를 파악하고 추론하는 과정을 자동으로 학습하는 인공지능 기술은 지능 서비스의 개발 기간을 단축하며 특정 업체가 인공지능 서비스를 주도하는 데이터 자본주의 문제를 해소할 수 있음

(도전·혁신성) 사람의 기억 매커니즘을 모사하여 기억, 집중, 의미학습, 지식강화의 과정을 통해 지식을 증강하는 새로운 인공지능 구조 제안

- 현재 인공지능처럼 데이터의 정제를 요구하지 않고 텍스트/영상/오디오/비디오 정보를 기억공간으로 변환하여 저장한 후 멀티 모달리티 기반의 언어적 의미를 학습하는 방법 개발
- 개별 모달리티를 인식하는 모델을 병렬 결합하는 방법론이 아니라 멀티 모달리티 데이터를 협력 학습하여 의미를 파악하는 방법론으로 사람이 사물을 파악하기 위해 다양한 감각 정보를 혼용하는 과정을 모사함
- 도메인의 데이터를 기억공간으로 변환한 후 문제해결을 위한 질문-정답 형태의 학습셋을 이용해 절차지식을 증강하는 사람의 학습법을 모사함
- 새로운 데이터에 대해 정답 후보를 결정하고 해당 정답에 대한 질문셋을 생성하여 질문-정답 학습셋을 자동 구축하고 새로운 의미를 학습하는 능동 학습형 인공지능 기술
- 문제해결을 위한 절차지식을 학습함으로써 단순한 인식의 단계를 넘어서 이해의 단계에서 결과에 대한 설명을 할 수 있는 해석형 인공지능 기술 (딥러닝 결과에 대한 해석이 불가능한 문제를 해결하여 사용자와 교감하는 인공지능 서비

스 개발이 가능함)

(응용가능성) 기억 매커니즘 기반의 지식 증강 기술은 현재 인공지능 기술의 고비용, 서비스 개발 시간, 도메인 확장성 등의 문제를 해결하여 향후 인공지능 기술을 선도할 것으로 기대됨

- 대부분의 인공지능 서비스에 적용할 수 있으며 서비스 확장, 신규 지능 서비스 개발 등을 용이하게 할 수 있음
- 질문에 대한 답을 제공하는 지능정보 서비스 산업 및 인공지능 비서, 대화기반의 교육 등에 응용될 수 있음
- 멀티 모달리티 기반으로 원하는 드라마, 영화, 음악 등의 특정 부분을 검색하거나 연관 정보를 제공하는 서비스에 활용할 수 있음
- 언어에 독립적으로 의미이해 지식을 학습할 수 있어 다국어 이해 및 정보서비스에 쉽게 응용할 수 있음

(정부 R&D 부합성) 사람이 데이터를 정제하여 구축하고 모델을 학습하는 현재의 인공지능 기술은 도메인 확장에 많은 시간과 비용을 요구하나, 기억 네트워크 기반의 의미이해 기술은 지식 확장의 한계를 해결할 수 있는 원천기술임

- 국외의 경우 페이스북, 딥마인드 등에서 해당기술의 원천성을 내다보고 텍스트 기반의 언어정보 기억, 이해를 위한 기억 네트워크 기술을 개발했으나 소규모 도메인에 대해 가능성을 파악하는 수준으로 기술 선점이 필요함
- 대규모 언어지식에 대한 자동 이해 및 추론을 학습하는 수준에 이르기 위해서는 장기간의 기술개발이 필요하며, 상용화 단계에 대한 불확실성이 존재하여 기업에서 주도하기에는 어려움이 있음
- 향후 모든 인공지능 기술의 기반으로 지능서비스의 개발에 있어 원천기술로 기대되지만 장기간의 연구가 요구됨으로 정부 R&D로 추진할 필요가 있음

○ 인공지능 보안 기술

(필수 불가결성) 인공지능의 입력 및 학습 데이터에 대한 위변조 방지를 통한 신뢰성 향상과 인공지능 학습 모델에 대한 민감정보 유출 문제를 해결함으로써, 왜곡·조작·유출 등의 위협으로부터 안전한 인공지능 서비스를 제공하기 위한 보안 기술 개발이 필수적임

- 인공지능은 학습 단계를 거칠 수밖에 없는데, 학습 단계의 오염으로 인한 판단 오류는 미래의 정밀의료, 자율주행 등 인간의 생명과 직결될 경우 심각한 결과를 초래할 수 있음

※ 미국 마이크로소프트사의 인공지능 채팅 로봇 테이(Tay)는 인종 차별주의자들에게 훈련당하여 나치

주의와 인종 차별적인 자동 채팅을 하다가 공개 16시간 만에 운영이 중단되었음(2016.3.)

※ 인공지능에서도, 유효한 데이터에는 동일한 성능을 보이지만 공격자가 정한 특정한 입력에만 나쁘게 반응하는 신경망(Backdoored Neural Network)을 구축할 수 있음을 보임(2017.8)

－ 최근 인공지능 기술이 전분야로 빠르게 보급되고 있으나, 자율주행자동차, 로봇 등에 적용된 인공지능이 악의적인 의도에 의해 왜곡되고 오작동할 경우에 개인의 안전에 치명적인 결과를 초래할 것으로 예상됨

※ 구글 브레인 팀은 인공지능 기만 공격을 통해 학습 시스템을 공략하여, DNN(Deep Neural Network)에 입력되는 이미지를 불과 4%만 변조해도 해당 이미지를 잘못된 카테고리에 분류하도록 만들 확률을 97%까지 높일 수 있다는 연구 결과 발표함(2016.5)

※ 펜실베이니아 주립대학과 구글, 미 육군 연구소(ARL) 등의 공동연구팀은 DNN의 이미지 처리 방식을 알지 못했을 때조차 인공지능 기만 공격 성공률이 84.24%에 달한다는 내용의 논문을 발표함(2016년 2월)

－ 인공지능의 학습 모델은 민감 정보를 다수 가지고 있지만, 인공지능 모델을 추출해 내는 공격(Model Inversion Attack 또는 Mode Extraction Attack)에 의해 개인정보와 같은 중요정보가 유출될 수 있는 위험성이 있음

※ 연구 결과에 따르면 특정 사람에 대한 이름만 알고 얼굴을 모르는 경우, 인공지능의 학습모델에 얼굴 영상을 지속적으로 입력하여 특정 사람에 거의 근접한 얼굴 영상을 유출해낼 수 있음(2015.10)

※ 인공지능 모델 추출 공격의 목적은 ‘학습모델에서의 개인정보 탈취’, ‘유료서비스 모델 탈취’, ‘공격에 대한 방어 회피’ 등에 있음

(도전·혁신성) 인공지능에 대한 보안 위협 및 취약점에 대응하기 위해서는 비정상적인 데이터가 입력으로 들어오더라도 기계 학습 알고리즘 및 메커니즘이 해커의 공격으로부터 잘 견딜 수 있도록 만드는 기술이 필요하나, 이와 같은 기술은 전 세계적으로 개발 초기 단계에 머무르고 있음

－ 해외에서는 인공지능의 취약성 분석 및 신뢰성을 보장하는 기술을 연구하고 있으나, 인공지능 자체를 보안 위협으로 보호할 수 있는 방법은 아직까지 분석·정립되지 않고 있음

※ 미국의 경우, 인공지능 연구 초기 단계부터 기계 학습의 보안 위협 및 취약점을 이용한 공격 문제를 직시하고 연구가 시작되고 있으며, 최근 관련 연구결과 및 논문이 꾸준히 발표되고 있음

－ 인공지능의 보안 위협 및 취약점에 대한 분석 및 대응 기법에 대한 국내에서의 연구 결과는 아직까지 알려진 적이 없음

－ 인공지능의 자체 보호 및 악의적인 공격에 선제적으로 대응할 수 있는 인공지능 보안기술은 인공지능을 단순히 이용하는 것이 아니고, 인공지능의 작동 메커니즘에 대한 깊은 이해가 필요한 도전적인 연구임

(응용가능성) 인공지능 기술을 활용하고 있는 다양한 서비스(자율주행자동차, 로봇, 정밀 의료 등)에 해당 기술의 적용이 가능하며, 본 기술이 적용된 인공지능 서비스는 신뢰성을

보장할 수 있으므로 인공지능 서비스 산업 육성에 파급력을 가질 수 있음

- ICT 전 영역에서 딥러닝, 강화학습 기술이 적용되는 시점에 있으나, 인공지능의 악의적인 조작으로 인해 발생할 수 있는 오작동 및 인공지능의 학습모델에 포함된 중요정보 유출 등의 부작용이 우려되고 있는 바, 이를 방지하기 위한 인공지능의 신뢰성 보장 기술은 지속적으로 발전할 것으로 전망됨
- 국내외적으로 기술 초기 단계에 있는 인공지능 보안 기술 개발을 통해, 안전한 인공지능 보안 인프라를 구축하고, 이를 통해 다양한 인공지능 신규 응용 서비스 시장을 창출할 뿐만 아니라, 인공지능 서비스에 대한 각종 사이버 공격으로 인한 사회, 경제적 손실의 최소화를 가져옴

(정부 R&D 부합성) 인공지능의 신뢰성을 향상시키고, 역기능을 방지하는 기술은 인공지능 산업 전반에 걸쳐 영향을 미치며 장기적인 투자가 필요한 기술이므로 국가적 차원의 지원을 통해 추진하는 것이 타당함

- 보안에 취약한 인공지능으로 인해 인공지능 서비스 전반으로 오작동 및 중요 정보유출 등의 피해가 확산될 경우, 모든 사물이 연결되어 있는 초연결 환경에서는 이전보다 더 큰 사회적/경제적 피해를 유발할 수 있음
- 2017년 11월, 정부에서 발표한 “혁신성장을 위한 사람 중심의 [4차 산업혁명 대응계획]”에 따르면, ‘인공지능의 부정확한 데이터로 인한 잘못된 결과 도출 및 기술오류 등 신기술 확산에 따른 부작용 가능성’ 및 ‘인공지능 오작동 남용, 해킹 등 사이버 위협 증대 등의 잠재적 역기능에 대한 선제적 대응도 시급’ 함을 언급함

○ 신경망 뉴메모리 설계

(필수 불가결성) 뇌모방형 인공지능 기술을 위한 신경망 컴퓨팅 기술의 핵심은 방대한 규모의 시냅스 메모리와 이들을 연결하는 뉴런의 효율적 구현에 있음

- 현재의 메모리 및 회로 기술만으로는 신경망 컴퓨팅 기술의 확산에 필요한 에너지소비 효율성, 생산 비용 대비 반도체 면적 등의 필수 요소를 달성하기 어려움
- 신경망 뉴메모리 기술은 시냅스 메모리와 뉴런 동작을 단일 소자 수준에서 구현 가능 하므로 현존 기술 대비 획기적인 효율성을 부여할 수 있음

※ 신경망 뉴메모리 기술을 이용하여 8~10bit 수준의 시냅스 메모리와 곱셈, 덧셈 등의 뉴런 신경연산 기능을 단일 소자로 구현할 경우 매우 혁신적인 신경망 컴퓨팅 기술 확보 가능

(도전·혁신성) 기존 메모리 회로는 시냅스 소자의 기억 기능만을 위해 활용 가능하며 단위 기억 bit당 수개 ~ 수십개의 트랜지스터와 캐패시터 등의 소자로 구현되고 있음

- 신경망 컴퓨팅 기술의 완성을 위해서는 시냅스의 메모리 기능 뿐 아니라 신경

연산을 위한 곱셈, 덧셈을 위한 추가적 기능도 필수적으로 요구됨

- 신경망 뉴메모리 기술은 시냅스의 기억 메모리 기능 뿐 아니라 뉴런의 신경 연산 기능까지 소자 수준에서 구현 가능 할 것으로 예상되고 있어 현존 기술 대비 획기적인 신경망 컴퓨팅 실현이 가능함
- 신경망 뉴메모리 기술은 세계적으로 경쟁적으로 연구개발을 진행 중이나 연구 결과물은 초기 단계 이며 국내에서도 선행적인 개발 투자를 통해 미래 유망 기술의 선점이 절실함

(응용가능성) 신경망 뉴메모리 기술은 신경망 컴퓨팅을 위한 시냅스 및 뉴런 신경연산 소자로 활용 가능할 뿐 아니라 차세대 메모리 기술로서도 각광을 받고 있는 기술임

- 국내의 반도체 산업은 메모리 반도체 기술에 절대적으로 의존하고 있으며 세계적으로 독보적인 기술 수준을 유지하고 있으나 최근 중국 등의 광범위한 연구개발 투자로 인해 위협을 받고 있는 실정임
- 초미세 공정을 이용한 실리콘 메모리 반도체 기술 이후 신소자를 이용한 차세대 메모리 반도체 기술의 연구개발도 절실히 필요하며 신경망 뉴메모리 기술은 이러한 차세대 메모리 기술로도 활용이 가능함

(정부 R&D 부합성) 인공지능 기술의 핵심인 신경망 컴퓨팅의 현재의 문제점(소비 에너지, 집적도)을 해결하기 위해서는 신경망 뉴메모리 기술이 필수적임

- 신경망 뉴메모리를 위한 신소자의 개발은 학계 및 연구소의 기초, 원천 기술의 개발과 산업계의 실용화 기술이 총체적으로 필요하므로 정부의 연구개발 투자가 필수적임

○ 초병렬 뉴런 연산회로

(필수 불가결성) 인공지능 기술의 핵심은 작은 단위로 이루어진 연산(시냅스 및 뉴런 신경연산)들을 방대하게 연결하여 일반적인 계산으로는 답을 찾기 어려운 복잡한 패턴의 문제를 해결 하는 것임

- 현재의 컴퓨터는 정확한 수치계산과 순서적인(sequential) 알고리즘 처리에 매우 뛰어난 발전을 이루었으나 신경망 연산과 같은 초병렬 연산에는 적합하지 않음
- 초병렬 연산을 위해 기존의 CPU와는 차별적인 GPU기술이 최근 각광 받고 있으나 높은 소비에너지와 구현면적에 따른 비효율성으로 인해 광범위한 기술 확산 및 적용이 어려움
- 신경망 컴퓨팅을 위해서는 입력 데이터에서부터 출력 해답까지 초병렬적, 순간적으로 처리 가능한 새로운 컴퓨터 아키텍처 구조와 초병렬 회로 및 단위 신경망 연산을 위한 새로운 시냅스, 뉴런 소자가 필요함
- 초병렬 뉴런 연산회로 기반의 신경망 컴퓨팅 기술은 현재의 기술의 효율성을

획기적으로 발전시켜 인공지능 기술의 확산에 핵심적 역할이 가능함

※ 현재 신경망 연산에 활용되고 있는 GPU의 소비에너지는 300Watt/칩 수준이며 초병렬 뉴럴 연산회로 기반 신경망 컴퓨팅은 약 0.5Watt/칩 수준에서 구현 가능 할 전망 임 (600배 효율성 개선 가능)

※ 신경망 연산에 활용되고 있는 구글의 서버 경우 ROOM 수준의 면적을 요구하고 있으나 초병렬 뉴럴 연산회로 기반 신경망 컴퓨팅 기술은 유사 성능을 단일 보드 수준에서 구현 가능

(도전·혁신성) 인공지능 기술은 미래 4차 산업혁명의 핵심 기술로 인식되고 있으면 이러한 기술을 뒷받침하기 위해서는 초병렬 뉴럴 연산회로 기반의 신개념 신경망 컴퓨팅 기술이 필수적임

– 신경망 컴퓨팅 반도체 기술은 전세계적으로 경쟁적으로 연구개발 중인 혁신적이고 미래 산업 시장이 보장되는 기술임

(응용가능성) 신경망 컴퓨팅 반도체 기술은 모바일 기기의 인공지능화 뿐 아니라 클라우드 서버등의 인공지능 연산을 위한 인공지능 기반의 4차 산업혁명의 핵심 기술임

– 메모리 반도체에 절대적으로 의존하고 있는 국내 반도체 산업의 경쟁력을 다양화 하고 더욱 발전시켜 중국 등의 반도체 후발 주자와의 격차를 유지하기 위해서는 신개념 신경망 컴퓨팅 반도체 기술 개발이 절실함

(정부 R&D 부합성) 인공지능 반도체 기술의 연구개발은 미래 시장이 보장되는 확실한 기술이나 단일 단체에서 연구개발을 진행하기에는 방대하므로 정부 중심의 연구개발 투가 절실함

– 국내 반도체 산업의 메모리 반도체 기술 이후 차세대 성장 동력으로서 인공지능을 위한 신경망 컴퓨팅 반도체 기술개발이 국가적 산업 성장을 위해 절대적으로 필요함

○ AI 신뢰성 향상을 위한 보안 메커니즘

(필수 불가결성) 국방, 교통 등 서로 다른 도메인의 국가주요 기반시설에 적응적으로 ICT 인프라를 분석하여, 도메인 특성에 맞춤형 자동으로 해킹 시나리오를 생성하고, 이에 대한 방어 전략을 수립하여 스스로 진화하는 해킹/방어 플랫폼 핵심 원천기술의 선제적 개발이 절실히 필요함

– SW에 내재된 취약점 탐색은 보안전문가에 의해 수동으로 진행되고 있으며, 일부 자동화가 시도되고 있음

※ 취약점 탐색의 경우 주로 보안 전문가의 분석에 의해 이루어지고 있기 때문에, 기하급수적으로 발생하는 보안 취약성 및 대상 SW(오픈소스 등)에 대한 분석 및 패치 대응에 한계

※ 최근 자동 탐색을 확률 기반(베이지안 추정 등) 기법에서 머신러닝 기법으로 전환이 시도되고 있으나 초기단계임

– 2016년 DARPA 주관으로 개최된 CGC(Cyber Grand Challenge) 등을 통해서 다양한 취약점 자동 분석기술이 시도되고 있음

- ※ CGC에서 Dynamic Analysis, Static Analysis, Symbolic Execution, Constraint Solving 등이 시도되었으나, 인공지능 기반 취약점 분석 기술이기 보다는 취약점 분석 자동화 기술임
- ※ CGC 에서 우승을 차지한 Binary 기반 AEG 방식의 취약점을 자동 탐색, Exploit Code 생성 기술은 기존의 Source code 기반, API 기반 등의 방식보다 월등한 결과를 보여주었으나, 사람과의 해킹경쟁에서는 최하위 수준의 성능을 보임

(도전·혁신성) 인공지능 기반 SW/HW 비정형 보안취약점 자동 탐색/패치기술은 기술적인 난이도가 매우 높아 전 세계적으로 연구초기 단계임

- 취약점 및 패치 기술의 검증을 위한 자동 공격(exploit code) 도구 생성 기술을 포함함으로써 개발된 기술이 사이버 공격 및 방어에 활용될 수 있음을 확인
- 취약점 자동 분석 및 패치 기술은 사이버 공격 및 방어 시스템에서 모두 활용할 수 있는 기술로써, 인공지능 기반 사이버 공격-방어 플랫폼을 통해 공격 시나리오를 예측하는 등 방어 시스템을 향상시킬 수 있음
- 공격대상의 보안취약점을 자동 분석하여 공격방법을 스스로 생성/학습하는 자율 해킹/방어 기술을 통해 인공지능 기반 진화형 사이버 공격-방어 플랫폼 개발은 사이버 공격 대응의 패러다임을 변화시킬 수 있는 혁신적인 연구임

(응용가능성) 사이버 공격 예측을 통해 보안 취약점에 대한 핀포인트 대응이 가능해져 시간 및 비용에서 효율적인 보안 체계가 구현이 가능

- 인공지능 기술을 사이버 보안 분야에 적용하여, 공격 발생 경로를 사전에 제거함으로써, 사이버공간의 개방성을 최대한 보장하면서도 사이버 보안 위협을 방지하기 위한 안전한 정보인프라 기술 주도권 확보
- 지능화·고도화된 침해사고 대응을 위하여, 기존 보안기술과 인공지능기술의 결합을 통한 침해사고 사전차단, 자가방어, 분석 무력화 회피, 침해사고의 사전 대응 및 선차단, 침해사고 인지/분석 기술뿐만 아니라 공격자 추적, 공격 사전차단, 시스템/인프라 자가방어 등의 기술 개발로 확대 예상

(정부 R&D 부합성) SW 스스로가 인공지능 기반으로 보안 전문가의 개입없이 자체적으로 취약점을 자동 탐색하고 해당 원인에 대한 패치를 자동으로 생성하는 기술이 필요함

- 폭발적으로 증가하는 SW에 내재된 SW 보안 취약점을 사람이 분석하는 데는 한계가 있어, 취약점을 자동으로 탐색하고 원인을 분석하여 자동으로 패치를 생성하고 안전하게 배포하는 기술이 필요함
- 인공지능 기반 SW 보안 취약점 자동 분석 및 대응 기술은 기술 개발이 절실히 필요함에도 불구하고 기술적인 난이도가 상당히 높아 기술 선진국에서도 연구초기 단계임
- 미국은 DARPA를 중심으로 연구가 진행되고 있으며, 사이버 戰 양상을 띠는 사이버 공격에 대응하기 위해 국가 차원의 기술개발에 대한 투자가 필요함

⑤ 나노구조 센서 기술 그룹

○ IoNano-Bio Thing

(필수 불가결성) 100세 건강사회 등 건강관리 서비스는 필수 기술이 되었지만, 대형병원의 의료기기로는 상시 건강관리가 어렵고, 기존의 헬스케어 기기들은 건강/질환과의 연관성이 낮아 활용도가 떨어짐

- 건강 및 질환과 연관성이 높은 바이오신호(신체정보, 조직, 세포, 유전자 정보 등)를 실시간 상시획득·분석하고, 적시에 제어(약물제어, 실시간치료 등)할 수 있는 Nano 바이오 기반의 단말기 기술이 기술 개발이 필요

(도전·혁신성) IoNano-Bio Thing 관련 기술은 기술적 한계로 국내/국외적으로 심박, 체온 등 일부 센서 기술만 인체 부착형 센서에 적용되고 있음

- 나노 바이오센서 기술을 활용하면 임상수준의 정확도를 갖추면서 인터넷에 연결을 통한 상시 건강 정보획득, 분석, 처치가 가능해짐

(응용가능성) 차세대 IoT는 성능이 좋은 센서 즉 바이오의료분야 센서 기반 인터넷 기술로 발전 전망됨

- IoNBT 관련 (IoMT) 시장은 연 16.3%로 급성장 할 것으로 전망되고 있음

※ 근거자료: Connected Medical Devices Market and Business Models 2017, Yole Developpement, 2017.09)

(정부 R&D 부합성) 건강 100세는 2018년 정부 국정과제 중의 하나로, 확고한 기술선도자가 존재하지 않는 바이오정보 획득, 생체신호 분석, 바이오제어모듈 관련 기반기술을 조기에 확보하고, 생체인터넷 산업생태계를 조성이 가능함

- 바이오 기술과 인터넷 기술의 접목이 필요한 사업으로, 두 분야의 원천기술을 모두 확보할 수 있도록 초기에는 중앙 정부 주도의 기술 개발이 필요

○ IoNT

(필수 불가결성) 사용자와 그 주변에 여러 ICT 디바이스에 내장된 다양한 나노센서들 사이의 인터넷을 구성하고 서비스에 응용하는 기술로 나노센서들로 구성된 IoT를 지칭함

- IoT의 발전된 형태로 나노, 바이오, IoT를 융합하여 발전시킬 수 신기술로 부각되고 있음

(도전·혁신성) 2010년에 개념이 처음 소개되고 2013년부터 일부 연구가 시작되어 그래핀 안테나 등을 이용한 전자기 통신, IoNT의 특수한 환경에 적합한 데이터 수집 등의 기초 요소기술들이 일부 연구되고 있음

- 학문적 성과를 넘어서 실제적인 상용화를 염두에 둔 나노 센서/소자간 전자기

통신 및 네트워크, IoNT 송수신기 소자 및 핵심부품, IoNT 응용 서비스 등에 관한 기초기술은 거의 전무한 실정으로 개발이 필요함

(응용가능성) 인체에 부착된 나노센서들이 수집한 바이오 상태 정보(체온, 심박, 스트레스 반응 등)와 사용자 주변의 나노센서들이 수집한 환경오염 정보(병원균, 알레르기 유발 항원 등)를 IoNT를 이용하여 융합함으로써 보다 정확하게 환자를 진단하고 건강을 관리하는 서비스를 제공하는 등의 매우 다양한 응용이 가능하여 기술적 파급효과가 큼

- IoNT 관련 나노 부품/디바이스의 세계시장은 2016년 42.6억불에서 연평균 22.8% 성장하여 2020년 96.9억불에 도달할 것으로 전망됨 (출처: MarketsandMarkets, 2014)
- IoNT 세계시장은 2016-2020년 기간 동안 24.3% 성장할 것으로 전망됨 (출처: Technavio, 2014)

(정부 R&D 부합성) 정부는 2015년 “미래대비 투자” 업무보고서에서 바이오, 나노 분야를 미래유망분야로 선정하고 원천기술 확보를 통한 신성장동력 창출을 위한 투자계획을 발표함. 2016년 “제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합 대책” 업무보고서에서 지능정보사회의 핵심요소기술 5개에 사물인터넷을 포함

- IoNT 기술들은 4차 산업혁명에 대응하여 나노, 바이오, IoT를 융합하여 발전시킬 수 신기술로 부각되고 있음

○ 나노구조 고감도 센싱 소재

(필수 불가결성) 미래창조과학부가 진행한 ‘2016년 기술수준평가’를 참고하면, 우리나라는 최고기술 보유국 대비 78.6%의 기술수준을 보이고 있으나, ‘나노·소재’ 분야는 78.6%로 평균 수준임. 다만, ‘나노·소재’ 분야 중 나노구조 제어 무기·탄소소재 분야는 80.1%로 기술수준이 가장 높은 분야임

- 국내에서 확보한 높은 수준의 나노구조 제어 무기·탄소소재 기술을 기반으로 ICT와의 융합이 가능한 고감도 센싱 소재 및 이를 이용한 소자를 개발하여 기술적 우월성을 확대할 수 있을 것으로 예상

(도전·혁신성) 전이금속의 다양한 특성과 더불어 이들과 결합을 하는 다양한 유기 분자를 디자인하여 생성되는 나노기공의 크기 및 물리/화학적 특성을 제어할 수 있음

- 유기분자의 길이 조절을 통한 수소, 메탄 가스 저장 등의 에너지 관련 연구, 유기분자 및 전이금속의 조합을 활용한 선택적 가스센서 연구, 전이금속의 촉매활성 관련 연구, 나노 구조체의 약물 전달체로의 응용, 또는 다공성 물질의 특이 광학성질을 활용한 광학소자 기술 등 다양한 관련 연구가 가능

(응용가능성) 나노구조가 제어된 다양한 물질 및 소자를 제작할 수 있으며, 이들의 물리/화학적 특성을 디자인할 수 있어 응용 및 잠재적 개발 기술 분야가 광범위함

- 화학/재료 중심의 기존 연구를 바탕으로 지능형 센서 소자로의 연구방향의 진화를 통해 와해성 기술 (disruption technology)로의 전환이 향후 5~10년 내에 가능할 것으로 예상

(정부 R&D 부합성) 과학기술 분야 최상위계획인 ‘4차 과학기술기본계획’과 ‘높음’ 수준의 부합성이 있으며, 중점과학기술 120개 중, ‘나노구조제어 세라믹·탄소 소재 기술’ 항목과 높은 수준으로 가까움

- 나노구조제어를 통해 만들어진 소재의 ICT와의 융합을 위한 기초원천 R&D 수행

○ 나노구조 제작 NEMS 공정

(필수 불가결성) NEMS(Nano-Electro-Mechanical Systems)는 나노 단위의 구조체 및 움직임을 이용하여 전자기계적 기능을 구현하는 소자로 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 소자 보다 초소형화, 저전력화 및 고성능화를 위하여 기술적으로 발전된 형태임

- NEMS 소자의 실제적 구현을 위하여 설계 보다는 공정이 기술적 이슈로 크게 부각되고 있으므로 이에 대한 기초기술 연구가 필수적으로 요구됨

(도전·혁신성) FET(Field-Effect Transistor), 공진기(resonator) 등의 NEMS 구조체를 이용한 바이오/가스 센서, microwave 필터 등의 소자 제조 및 기본동작 데모 수준의 기초연구가 대학 중심으로 진행되고 있음

- 학문적 성과를 넘어서 실제적인 상용화를 염두에 둔 성능 신뢰성 및 경제적 응용성 확보 가능한 소자, 성능 재현성 및 대량생산성 확보 가능한 공정 등에 관한 기초기술은 거의 전무한 실정으로 개발이 필요함

(응용가능성) NEMS 소자는 소비가전 및 의료를 중심으로 반도체, 자동차, 산업 공정·제어, 통신 등의 다양한 분야에 사용되는 각종 첨단 센서 및 액추에이터 개발에 활용됨

- MEMS 소자는 음향, 압력, 가속도, 각속도, 지자기, 적외선 등을 측정하는 각종 센서와 RF 필터, 클록 발진기, 바이오용 미세유체소자, 잉크젯 헤드, 프로젝션용 디지털 거울 등의 각종 액추에이터를 망라하고 있어서 소비가전, 의료, 자동차, 산업, 통신, 국방, 우주항공 등의 거의 모든 분야의 첨단소자를 제조하는 핵심기술임

- NEMS 세계시장은 아직 초기형성 단계로 2016년 11.3백만불로 규모는 작으나, 연평균 성장률은 37%로 높아서 2021년 55.4백만불에 도달할 것으로 전망됨 (출처: bcc Research 2017)

※ MEMS 세계시장은 2002년 24억불에서 연평균 22% 성장하여 2016년 380억불에 이르렀으며, 향후 2021년까지 12% 성장하여 660억불에 도달할 것으로 예상됨

(정부 R&D 부합성) MEMS 소자는 대표적인 High-Risk High-Return 기술로 현재 한국은 세계시장에 진입한 기업이 드문 실정이므로 정부의 적극적 R&D 지원이 요구됨

- NEMS는 MEMS의 발전된 형태로 기술적 기반은 유사하나 불연속적인 기술 갭이 존재하므로 MEMS 기술에서 뒤쳐진 한국이 새로이 기술선도를 모색할 수 있는 신기술로 투자가치가 매우 높음

⑥ 오감·감성 활용 기술 그룹

○ 오감센서

(필수 불가결성) 오감센서 기술은 아직 세계적으로 생태계가 구축되지 않은 단계에 있으나, 근미래(5년 이내)에 출현할 다양한 신개념의 응용 서비스에 기본적으로 요구되는 기반 기술임

- 제어, 판단, 저장, 통신 등의 기능이 결합된 센서의 출현은 인간의 감각을 모방하는 오감인식 기술의 발전을 가속시키며, 기존 오디오, 비디오 중심의 멀티미디어 서비스에서 후각, 미각 등의 인간 감각을 포함한 새로운 형태의 콘텐츠 응용 서비스를 요구
- 인간의 생체신호 및 감각정보를 이용하여, 인간의 의도나 간섭 없이 컴퓨팅 기능을 제공하는 자율 컴퓨팅, 사용자 의도와 감정을 파악, 이에 따른 능동적 대응을 가능케 하는 상황인지 및 추론 기술, 양손을 자유롭게 하면서 다양한 정보 처리가 가능한 오감정보처리 기술의 실현을 위해 기본적으로 필요한 센서 기술임

(도전·혁신성) 실세계의 오감정보 (예: 후각, 미각) 취득을 위한 인식기술과 해당 데이터를 디지털화하여 이를 사용자에게 동일하게 재현할 수 있는 장치 기술에 대한 연구 및 제품 수요가 증가하고 있는 추세이며, 시제품 수준의 제품이 일부 출시되고 있으나, 전 세계적으로 시장을 주도 또는 선도하는 기업이나 연구소는 부재한 상태여서, 원천 기술 조기 확보 시 우리 기업의 제품이 세계 시장에서 제품 경쟁력 확보 가능

- 오감센서 중 후각센서는 연구단계를 벗어나 초기시장 형성 단계로 접근하고 있으나, 기술 개발 측면에서 미국과 유럽에 비해 떨어져 있어 기술개발과 함께 표준에 대한 접근이 시급
- 미각센서는 음식, 음료 등 용액 형태의 미각 센싱 장치에 대한 연구는 일부 진행되고 있으나, 제품화나 서비스를 위해 실제로 필요한 풍미(風味)를 결정하는 주요인자인 향(香)과 5개의 미각 정보를 정규화/양자화하여 두 개의 정보를 효율적으로 인식하여 콘텐츠로 재현 및 표현할 수 있는 기술은 부재

(응용가능성) 기능성과 네트워크 접속성을 바탕으로 컴퓨터, 오락, 방송, 가전 등이 융합되는 전방위 산업 기술로서, 단말 및 정보가전, 융합형 콘텐츠, 임베디드 소프트웨어, NT(Nano Technology) /BT(Biotechnology) 등 타 산업과 밀착된 기술 융합을 통해 미래 전략산업의 성장 동력원 제공 가능

- 사용자의 현재 감성상태에 따라 실감나는 UI를 제공하는 신 개념의 모바일 단말, 가변형 감성 UI 콘텐츠, 모바일 디스플레이 장치와 자유롭게 교감하는 감성 인터랙티브 인터페이스 기술을 기반으로 하는 감성형 스마트 단말 서비스, 감성형 헬스 서비스, 감성교육, 감성오락, 사용자 맞춤형 감성방송, 인터랙티브 디지털 사이니지 시장 등에 사용되는 감성 오감 및 감성 센싱 장치로 활용

(정부 R&D 부합성) 오감센서 기술은 아직 많은 시도가 이루어지지 않은 분야로, 선도적이고 선점 가능성이 높은 핵심 원천기반 기술개발 및 IPR 확보를 위해 National Agenda로 채택하여 주력한다면, 우리나라가 세계시장에서 충분한 기술기득권 확보가 가능

- 국산 ICT 제품은 공정의 우수성, 디자인 혁신, 다양한 부가기능 탑재 등으로 세계시장에서 우위를 확보하였으나, 지속 성장을 위한 신규수요 창출의 한계로 성장 둔화 추세를 보이고 있어, 치열한 외국과의 시장경쟁에서 우위 확보를 위한 혁신적인 대안기술 제시가 필요

○ 생체/감성 신호센서

(필수 불가결성) 사용자 편의 증대를 위해 각종 서비스를 자동화하고 보다 실감나는 VR/AR 서비스를 구현하기 위하여 사용자의 생체신호나 감성신호를 획득하기 위한 기술이 요구됨

- 사용자의 생체/감성 신호를 활용하여 보다 정확한 사용자의 상태나 의도를 추론할 수 있음
- 사용자의 상태/의도 파악을 통해 개인 맞춤형의 자동화된 다양한 서비스 개발이 가능함
- 생체/감성 신호 센서는 사용자가 의식하거나, 부가적인 착용으로 인한 부담이 없는 형태의 센서로 개발이 필요함

(도전·혁신성) 기존의 생체신호 획득은 의료용이거나, 사용자의 신체에 접촉식으로 착용하는 웨어러블 기기형태가 대다수이나, 보다 사용자 중심적인 서비스를 위해서는 비접촉 방식의 생체/감성 신호 센서가 필요함

- 영상센서를 활용하여 사용자의 생체신호 및 감성신호를 획득하기 위한 원천기술 개발
- 기존의 수동적인 인터페이스나 눈에 보이는 동작과 행동 기반의 인터페이스를 넘어서서 달 드러나지 않는 사용자의 생체/감성 신호를 자동으로 인지하고 인터페이스로 활용
- 사용자의 얼굴, 자세, 걸음걸이등의 동작으로부터 사용자의 감성을 추론하기 위

한 기술개발

- IR영상, 컬러영상의 미세신호 증폭등을 통해 영상 기반의 사용자 생체신호(바이탈 사인: 맥박, 혈압, 호흡, 체온) 획득 기술개발

(응용가능성) 비접촉 방식의 사용자 생체/감성 신호 센서의 개발은 보다 사용자 중심적인 기술개발과 서비스 실현이 가능한 방안임

- 다양한 가전기기간 상호 연결을 기반으로 사용자 중심의 지능적인 자동화 서비스 구현 가능
- 가상증강 환경에서 영상기반의 사용자 중심 인터랙션 기술 개발로 구동이 편리하고 실감나는 환경 구축이 가능함

(정부 R&D 부합성) 영상기반의 사용자 친화적인 생체/감성 신호 센서의 개발은 수요가 높은 고난이도 원천 기술로서 전략적 R&D가 필요하며, 신개념 킬러 콘텐츠의 제작과 소비에 활용될 수 있는 기술로서 신시장 창출 효과가 매우 클 것으로 예상됨

- 사용자 중심의 고도화된 지능형 미디어 서비스를 제공하기 위한 핵심기술로서, 최근 주목을 끌고 있는 인공지능, AR, VR, 홀로그램 등에도 파급 효과를 끼칠 것으로 기대됨
- 원천 기술 개발과 다양한 서비스 시나리오의 검증을 통해 국내 스마트 미디어 시장의 활성화와 경쟁력 강화에 기여 가능

○ 감성/감각 모델링

(필수 불가결성) 사용자의 정보를 활용하여 감성 기반의 사용자 치유, 회복, 건강 증진을 돕고 원활한 커뮤니케이션을 돕는 감성케어(홈 테라피, 감성 SNS) 서비스를 위한 감성/감각 모델링 기술은 시각, 청각 등 개별 감각 연구개발 중심으로 진행되어 왔으나, 최근 미국, 일본, 유럽 선진국 등에서 촉각, 미각, 후각 등 기술 융합 추세에 따라 통합, 융합화 양상을 보임

- 사용자의 감각(후각, 미각 등) 인식 정보를 활용하여 질병을 사전 감지할 수 있는 예방중심의 자가진단형 휴먼케어 수요가 증가하고 있으며, 그 기술 대안으로 비침습성 감각인 후각과 미각을 활용한 감성/감각 모델링 기술 수요가 증가하고 있는 추세

(도전·혁신성) 사용자의 감각 정보의 인식/표현 및 감성추출을 위한 데이터 마이닝, 감각 콘텐츠 연동 기술 등의 기술적으로 해결해야 할 이슈로 부상

- 바이오 기반의 후각센서를 이용한 질병 진단은 정확성은 높으나, 실제 생체신호의 배양, 저장, 분석 등의 전처리 과정 등이 필요하여, 상품화까지는 최소 10년 이상

의 연구기간이 소요될 것으로 분석되며, 센서의 선택성이 우수한 가스센서 기반의 질병진단은 국내외 연구소 및 기업에서 최근 연구가 진행 중

※ 미국은 고령자 관련 질병인 치매, 암 등을 후각 인터랙션으로 진단하는 연구를 추진 중

- 인간의 맛(味)과 향(香) 감각을 센싱 및 식별하여 부호화된 감각 콘텐츠로 저장, 표현, 전송함으로써 다양한 풍미(風味)의 식별 및 부호화된 맛 콘텐츠로 체험 및 재현할 수 있는 후·미각 통합인지 기반 미각 콘텐츠 재현 기술 개발
- 체감정보에 기반하여 기기와 콘텐츠간의 실감을 증강하는 다중 감각 콘텐츠 연동 기술 및 사용자의 의도, 취향, 행위 정보 분석을 통한 감성 추출을 위한 상황 & 감성인지 데이터 마이닝 기술에 대한 선제적인 원천기술 확보 필요

(응용가능성) 기존 오디오, 비디오를 중심으로 하는 엔터테인먼트형 멀티미디어 서비스에서 맛 정보를 통한 건강관리, VR 요리 및 음식 체험, 수익 창출이 가능한 디지털 음식 레서피 등 새로운 형태의 멀티미디어 콘텐츠 응용 서비스를 창출

(정부 R&D 부합성) 감성/감각 모델링 기술 분야는 기술혁신 속도가 빨라 제품의 라이프 사이클이 짧고, 초기시장 진입장벽이 낮으며, 아직 시장형성 초기단계이므로 경쟁구조가 불명확하며, 핵심기술에 대한 원천 특허를 선제적으로 확보가 필요하며, 후·미각 정보 센싱과 감각모사 재현 등의 원천기술 조기 확보를 통한 “First Mover” 전략으로 신규시장 및 일자리 창출 필요

○ 사용자 멘탈 모델링

(필수 불가결성) 사용자의 행위/경험 및 사고 등을 토대로 개인의 감성적, 철학적 배경을 도출하여 개개인의 멘탈을 이해함으로써, 개인 맞춤형 정책, 미디어, 서비스 제공이 가능한 핵심 원천 기술 개발 필요

- 개인 중심으로 변화하는 미래 사회의 수요에 대응하기 위하여 ICT 기반 사용자 모델링 기술 개발 필요

(도전·혁신성) 정부출연연구소(ETRI, KRISS 등)에서 사용자 이력정보, 생체 신호 정보등을 단편적으로 분석하여 사용자 특징을 생성한 사례는 있으나, 사용자가 명시적으로 생성한 정보(행위 로그, 소비 이력 등) 및 멀티모달 생체신호(영상, 음성, 뇌파, 심전도, 근전도 등) 분석하여 사용자의 멘탈을 모델링하고자 하는 원천 기술은 없음

- 해외 사례로 MIT Media Lab에서 사람이 생성한 생체 신호(음성, 행동, 표정, 혈압, 체온 등)을 활용하여 스트레스 인지, 소셜 코칭, 감성 교육 등을 활용하고자 하는 일부 사례만 선보이고 있음

(응용가능성) ICT 기반 사용자 멘탈 모델링을 통하여 환경 산업, 복지 산업, 건설

산업, 교통 산업 등 다양한 응용 산업에서 맞춤형 서비스 제공이 가능할 것으로 예상

(정부 R&D 부합성) 사용자의 명시적 의도 및 내면 상태를 융복합적으로 분석하여 사용자 멘탈의 모델링할 수 있는 원천 기술 확보 가능

- 개인의 의사 표현 및 전달이 미숙한 유아, 노인, 장애인 등의 멘탈 모델을 생성함으로써, 최첨단 지능형 서비스에서 배제되고 있는 사회적 약자의 상대적 불평 등 문제 해결이 가능함

○ 비주얼 퍼셉션

(필수 불가결성) 오감·감성 활용 기술은 미래에 전방위적으로 활용될 가상/혼합/증강현실(VR/MR/AR)등의 차세대 실감미디어 서비스를 위한 필수적인 기초·원천 기술임

- 혼합현실/가상현실 등의 차세대 실감미디어 서비스 성공을 위해서는 현실과 구분할 없는 수준의 고화질/고품질 부호화 기술과 장시간 사용해도 사이버 멀미등이 발생하지 않는 저 피로도 제어 기술이 필요함
- 비주얼 퍼셉션(Visual Perception)기술은 사람의 시각적 인지 특성을 이해하고 예측하는 기술로, 상기 고화질/고품질 부호화 기술과 저 피로도 제어 기술 개발을 위해 선행 개발되어야 하는 필수 원천 기술임

(도전·혁신성) 비주얼 퍼셉션 기술은 단일 시각 요인 변화 환경에서 영상의 인지 화질 및 피로도 모델링/예측 기술 중심으로 연구가 진행되었으며, 아직 초기 단계로 기술 선점이 가능한 분야임

- 국내의 경우, ETRI, KAIST, 연세대 등을 중심으로 부호화 왜곡이 포함된 정지 영상의 인지 화질을 예측하는 연구를 진행 중임
- 해외의 경우, USC(University of Southern California) 및 UTA(University of Texas Austin) 등의 대학을 중심으로 동영상의 인지 화질을 예측하는 연구를 진행 중이며, UTA의 ST-RRED 기술의 경우 실제 주관적 화질 평가 결과 대비 80% 이상의 정확도를 가지며, 현업에 적용하기에는 미흡한 수준임
- 기존 단일 시각 요인 변화 환경에서 다수 시각 요인 변화 환경으로 도전적인 전환 연구를 통해 세계 기술을 선도할 수 있는 혁신적인 수준의 기술 확보가 가능

※ 다양한 시각 요인 변화에 따른 영상 인지품질/피로도 변화에 대한 인지 특성 연구

※ 세계 최고 수준 기관과의 공동 연구/기술 협력 추진등을 통해 혁신적 기술 조기 확보

※ 이를 통한 세계 최고 수준의 영상 인지 품질/피로도 모델링 및 예측/저감 기술 확보

(응용가능성) VR/MR/AR 등의 차세대 실감미디어에 대한 인지 화질, 시각적 피로도, 및 안정성에 대한 비주얼 퍼셉션 원천 기술 연구를 토대로 인지 화질 기반 고화질/고품질 부호화 등의 산업적 파급효과가 큰 기술개발이 가능할 것으로 예상

- VR/MR/AR 시장의 경우 2015년부터 2020년까지 세계 및 국내시장의 연평균 증가율은 65.1%, 56.7%에 달하며 2020년에는 각각 461억달러, 1.2조원 규모로 성장할 전망으로, 관련 미디어에 대한 인지 화질 예측, 인지 화질 기반 부호화 기술 제공을 통해 관련 로열티 시장을 비롯해 콘텐츠 시장 등에서 수익 창출에 기여할 수 있을 것으로 전망

(정부 R&D 부합성) 비주얼 퍼셉션 기술은 VR/MR/AR등의 차세대 실감미디어 산업 활성화를 위한 필수 원천 기술이므로 기술 세계 선도를 위해 전략적인 정부 R&D 추진이 시급한 분야임

- 비주얼 퍼셉션 기술 개발을 위해서는 시각적 인지 특성을 측정/평가하기 위한 장비/실험실 구축이 필요하며, 구축 후 학계/연구소/산업체등의 관련 기술 개발/기술 보급에 공동 활용을 통한 R&D 투자 효율성 제고 가능

⑦ 양자 얽힘 생성 기술 그룹

○ 광원 및 고효율 검출

(필수 불가결성) 단일 광자 광원 및 얽힘 광자 광원 기술은 전 세계적으로 반도체 양자점 기반, 고체(다이아몬드 NV 센터) 기반, 결정의 비선형성, 칩의 비선형성 기반 등과 같이 다양한 방식으로 연구 개발되고 있으며 주도적인 기술이 확보되지 않은 상태이며, 따라서 보유 기술과 역량을 활용한 중점 기술 연구 개발로 세계적 수준의 기술 확보가 가능한 기술이므로 시급히 필수적으로 연구를 추진해야 하는 기술임

- 확정적 단일 광자 광원 기술은 양자암호통신, 양자 인터페이스, 양자 센서, 양자 컴퓨터 분야의 전 분야에서 기본 공통 광원으로서 사용될 수 있는 핵심기술이므로 반드시 연구 필요
- 단일광자검출기는 단일광자가 입력시 이를 검출하여 전기신호로 변환시켜 줄 수 있는 소자로서 양자 신호를 측정하는데 필수적인 부품임
- 단일광자검출기는 파장 대역 및 물질에 따라 여러 종류의 기술이 존재하며 크게 APD(Avalanche Photo-Diode)기반 단일광자 검출기, 초전도체 기반 단일광자검출기가 있으며 전 세계적으로 몇 개의 회사만 독점적으로 기술 보유를 하고 있지만 양자정보통신의 핵심 요소 기술이므로 반드시 독자적인 연구를 통한 원천기술 확보가 필요함

(도전·혁신성) 단일 광자 광원 및 얽힘 광자 광원 기술은 기술적 난이도가 높아 전 세계적으로 기초 연구 단계에 있어 전략적 기술연구를 추진할 경우 주도권 확보가 용의

- 확정적 단일광자 광원은 사용자가 요구하는 특정 시간에 단일광자를 생성하는 기술로 광자수 분포가 확률적인 고전 광원과 구별되는 양자적 특성을 가짐
- 단일광자 구별성, 단일광자 밝기, 광원 fidelity 등이 주요 성능 지표이며 높은 성능을 가지는 단일 광자 광원을 연구하는 것이 도전적이며 혁신적임
- 양자암호통신, 양자 센서, 양자 컴퓨팅 등의 양자정보통신 분야에서 여러 개의 광원이 요구되므로 소형이면서 확장 가능성을 가진 여러 개의 단일광자광원 기술을 연구하는 것이 도전적임
- 단일광자검출기는 광자검출효율, 검출 속도, 잡음 계수 등이 주요 성능 지표이며 현재 1.5um 통신 파장 대역 단일광자검출기는 20% 정도의 광자검출효율을 가지고 있으므로 고효율, 고속 동작할 수 있는 단일광자검출기 칩, 회로, 모듈

기술을 확보하는 것은 도전적이며 혁신적인 기술임

(응용가능성) 단일 광자 광원, 얽힘 광자 광원, 단일광자검출기 기술은 양자통신, 양자 센서, 양자컴퓨팅의 핵심자원으로 양자암호통신의 장거리, 보안성을 증가시키고 양자 센서의 성능을 향상 시킬 수 있으며 양자 컴퓨팅의 요소 기술 및 확장성에 큰 기여할 것으로 예상

- 다채널 구조의 확정적 단일 광자 및 얽힘 광자 기술은 주도적 기술 미연구 상태로 원천기술 연구 시 파급 효과가 매우 큰 기술
- 단일 광자 검출기는 기술 성장 가능성이 매우 높으며 우수한 기술 확보로 몇 개의 독점적인 회사에 의한 시장 구조에서 주도적인 기술 확보로 시장 진출 및 우수한 시장 점유율 확보 가능성이 높은 기술
- 단일 광자 광원 및 단일 광자 검출기는 양자정보통신의 핵심 요소 기술일 뿐만 아니라 지능형 자동차, 라이다, 의료, 영상, 센서 산업 등의 타 ICT 산업 분야에 적용되어 타 ICT 산업의 경쟁력을 높일 수 있으므로 파급 효과 및 시장성이 매우 높은 기술

(정부 R&D 부합성) 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준에서 4차 산업혁명 선도를 위한 기술·시장 선점형 R&D 투자의 핵심기술 확보부분의 원천기술에서 양자컴퓨팅 기술이 포함되어 있으며 방송통신 및 네트워크분야에서 양자통신 지원부분이 있으므로 정부 R&D 방향과 직접적으로 부합함

- 지능정보산업을 전략산업화하고, 기존 전략산업도 지능 정보기술과의 연계를 강화시켜 제4차 산업 혁명에 선제적으로 대처하기 위해 「K-ICT 전략 2016」(2016.5월)에 ‘양자정보통신 기술’을 ICT 유망 분야로 선정
- 정부는 「양자정보통신 중장기 추진전략」(2014.12월)을 수립하여 기술개발, 인력 양성 및 표준화 연구에 관한 지원정책을 발표하였으며 “2020년 양자정보통신 글로벌 선도국가 진입” 비전 아래 양자암호 분배기술 상용화, 양자정보통신 관련 세계 1등 5개 기술 확보, 양자정보통신 전문인력 양성을 목표 설정하였음
- 고속 확정적 단일 광자 광원 기술 및 고효율 저잡음 단일광자검출 소자 기술은 「양자정보통신 중장기 추진전략」(2014.12월)의 세계 1등 기술 확보 리스트에 포함되어 있음
- 양자정보통신은 과학기술의 범용성이 매우 높은 기술로서 국가 전략 과학기술 측면에서 추진해야 하는 기술임
- 단일 광자 광원 및 단일 광자 검출기는 양자암호통신에도 사용될 수 있는 기술로서 사이버 보안 문제 발생시 국가적 차원의 안보위협 문제로 확대 우려되므로

무조건적 보안통신 기술인 양자암호통신 요소 기술 확보 필요

○ 물리적 큐비트

(필수 불가결성) 양자컴퓨팅을 위한 하드웨어 기본 단위인 물리적 큐비트(Qubit) 기술은 이온트랩, 초전도체, 실리콘, 원자, 광자 등 다양한 기술로 연구 개발되고 있으며 양자 컴퓨팅, 양자 시뮬레이션, 양자정보처리를 위한 필수적인 요소 기술임

- 국외에서는 초대형 투자를 통하여 다양한 물리적 큐비트 연구를 동시에 개발하고 있고 최근 기술적 발전에 의해 물리적 큐비트의 수가 점점 증가하고 있지만 물리적 큐비트 핵심 요소 기술 미개발시 국외 기술 종속, 막대한 비용 지불 및 기술적, 경제적 기술 도입 어려움이 예상되므로 빠른 시간 내에 연구 투자가 이루어져야 하는 기술
- 양자정보통신 기술은 최첨단 고난이도 기술로서 고위험, 고수익의 특성이 있으므로 원천 기술 확보 노력이 필수적인 기술
- 주요 양자정보통신 인프라 보호, 기술 격차 해소, 주요 핵심 요소 기술 개발 및 주도권 확보를 위해 독자적인 원천 연구가 시급한 실정

(도전·혁신성) 물리적 큐비트가 확장 가능해야 하며, 큐비트에서 상태 초기화가 가능해야 하고, 큐비트 시스템의 결맞음 시간이 양자 게이트 작동시간 보다 훨씬 길어야 하며 보편적 양자 게이트 집합을 구현할 수 있으며 큐비트가 쉽게 측정 가능해야 하는 물리적 큐비트를 구현하는 것이 도전적이며 혁신적인 기술이 요구됨

- 대규모 확장 가능한 물리적 큐비트 구현성과 모든 물리적 큐비트간의 상호 연결, 제어가 가능하도록 하는 기술이 도전적인 기술
- 물리적 정지 큐비트와 이동 큐비트와의 양자정보 변환이 가능해야 하며 두 위치에서 이동 큐비트를 전송할 수 있도록 하는 것이 혁신적인 기술
- 단일 큐비트 시스템 뿐만 아니라 다양한 큐비트 시스템 간에 하이브리드 조합을 통해 효과성이 향상된 복합 큐비트 시스템을 구성하는 것이 혁신적인 기술
- 기존 큐비트에 대한 확장 가능한 아키텍처의 연구와 병행하여, 양자 결맞음 측면에서 보다 우수한 성능을 갖는 유형의 큐비트, 우수한 물리적 큐비트의 오류 보정 능력, 결함 허용 양자 정보 처리 기술이 중요한 도전적인 기술

(응용가능성) 대규모 물리적 큐비트가 구현 기술이 확보될 경우 양자 시뮬레이션, 양자정보처리, 양자컴퓨팅에 활용되어 현재의 슈퍼컴퓨터로도 풀 수 없는 복잡한 문제, 암호 해독, 방대한 양의 데이터 처리가 가능한 인공지능, 분자 및 단백질 구조 분석, 신약 개발, 기후 예측 등에 활용될 수 있는 기술

- 현재 ICT 산업은 전자 기술, 정보 기술, ICT 기술로 발전했으나 향후 양자정보 통신 기술, Quantum-ICT 산업화로 패러다임의 변화가 예상되므로 파급 효과가 아주 큰 기술
- 양자정보통신 기술은 에너지, 의료, 안보, 그리고 환경 분야 등 다양한 분야에 적용될 수 있는 핵심 기술이며 자율주행자동차, 영상 의료, 기상 예측 등 다양한 타산업에 융합하여 타산업 경쟁력 향상에 기여
- 국내 양자 ICT 경쟁력 강화 및 고부가가치 신산업 창출을 통한 차세대 ICT 융합 산업의 대규모 고용 창출 효과 기대

(정부 R&D 부합성) 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준의 18년도 정부연구 개발 9대 중점 투자방향의 (3)4차 산업혁명 선도를 위한 기술·시장 선점형 R&D 투자에서 핵심기술 확보부분의 원천기술에서 양자컴퓨팅 기술이 포함되어 있으므로 정부 R&D 방향과 직접적으로 부합함

- 정부는 K-ICT전략 2017 (2017.3월, 미래창조과학부) 발표하였으며 소프트웨어, 정보보안, 인공지능, 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일 5G, UHD, 디지털콘텐츠, 스마트디바이스 등과 같이 10개의 핵심 기술을 선정하였으며 물리적 큐비트 기술은 소프트웨어, 인공지능, 빅데이터, 스마트디바이스 등 분야에서 공통 기본이 될 수 있는 기술
- 선진국들이 양자 ICT 기술에 독자 기술 확보 및 자국 기술 보호 활동이 강화되고 있는 추세를 고려할 때, 정부의 전략적이고 체계적인 대응책 마련이 절실함
- 양자정보통신 시장은 기술적 진입 장벽이 높은 분야이면서 동시에 막대한 초기 투자가 요구되는 시장이어서 핵심 기술 및 원천 기술 개발에 대한 정부의 선행 투자를 통해 민간 투자 유도·견인이 필요
- ※ (2016. 5월) 「K-ICT 전략 2016」에 양자정보통신 기술을 ICT 유망 분야로 선정(미래창조과학부)되어 있으므로 정책에 부합함
- 양자정보통신사업은 국정과제, 미래10대 유망기술, 양자정보통신 중장기 추진전략, K-ICT 전략 2016과 정책적 적합성이 있음
- ※ (2014.12월) 「양자정보통신 중장기 추진전략」 수립 및 정보통신 전략위 보고 (미래창조과학부)
- ※ (2014. 2월) 「미래 10대 유망기술」에 양자정보통신 기술을 선정 (한국과학기술평가원)

○ 양자정보 해석

(필수 불가결성) 양자정보 해석 기술은 양자역학적 특성을 갖는 정보에 대한 물리적 이해와 수학적 기술을 활용한 기본 기술로, 소규모 다중 큐비트 양자 얽힘의 생성, 전달, 유지, 정제 기술과 ICT적으로 요구하는 수준에서의 신뢰성, 안정성,

확장성을 갖기 위한 중규모(50~1,000 큐비트) 혹은 대규모의 양자정보 처리 기술을 포함하는 양자정보 응용기초기술임

- 구체적으로 양자 얽힘의 정량화 및 측정 실험을 통한 얽힘 생성 정도의 계량화를 포함하고, 다중 큐비트 얽힘 기술로 ICT적 신뢰성, 안정성, 확장성을 확보하기 위한 얽힘 정제, 양자오류보정, 얽힘 교환 등의 기술을 포함하고, 다중 큐비트 양자 프로토콜/연산에 대한 효율적인 분해 및 검증 기술을 포함하며, 양자정보가 갖는 정보량에 근거한 보안능력, 계산능력, 통신능력 분석 기술을 포함함
- 양자정보통신의 활용을 위해서는 다중 큐비트 얽힘 상태 실험에 대한 엄격하고 효율적인 확인 기술이 필요하며, 적용하고자하는 양자 프로토콜의 효율적 구현을 위한 얽힘 자원 최적화 기술이 필요함
- 양자정보통신이 갖는 계측, 보안, 계산, 통신 등에서 효율적인 수행을 위해서는 다중 큐비트 양자 프로토콜/연산의 효율적인 분해 및 검증 기술이 필요하며, 양자정보통신이 신뢰성 및 확장성을 갖기 위해서는 다중 얽힘 상태의 효율적인 오류 보정 및 결함허용 프로토콜이 필수임
- 양자정보 해석 기술은 물리적 큐비트의 하드웨어 기술에 최적화된 소프트웨어 기술을 결합하여 보안성이 높은 암호통신, 복잡도 높은 난제 해결, 양자 기계학습 등 현재 디지털 기술에서 해결되지 않고 있는 영역의 문제에 대한 돌파구를 제공할 수 있음

(도전·혁신성) 대규모 다중 큐비트 얽힘 특성에 따른 분류 및 조정 기술이 소규모 다중 큐비트에서 보다 복잡하고 분석하기 어려운 도전적인 기술임

- 양자오류보정 기술이 적용되지 않는 소규모 다중 큐비트 관련 양자정보 해석 기술은 현재 기술로 구현되고 있지만, 양자오류보정 기술의 적용이 필수적인 중규모 혹은 대규모 다중 큐비트 관련 양자정보해석 기술은 현재 기술로 확인이 어려운 향후 발전이 필요한 도전적인 기술임
- 50 큐비트 이상의 양자정보 해석 기술은 현재 슈퍼컴퓨터로도 분석되기 어려운 기술로, 평가 및 검증에 있어서 새로운 혁신적인 방법이 필요한 기술임
- 50 큐비트 이상의 양자정보통신에서 신뢰성, 안정성, 확장성을 갖기 위한 프로토콜들의 디바이스 맞춤형 최적화 기술은 현재 보다 더 정교한 분석이 필요한 도전적인 기술임

(응용가능성) 다중 큐비트의 얽힘 특성 파악을 통해, 양자정보통신에 필요한 각 프로토콜의 최적화 및 양자적 자원에 대한 효율성 증가

- 50 큐비트 이상의 다중 큐비트에 대한 양자정보 해석 기술을 적용하여, 다자간

양자 통신 기술 개선 및 양자컴퓨팅의 우월성 입증

- 양자정보 해석 기술을 통해 양자알고리즘 수준에서 분석되고 있는 양자컴퓨팅의 뛰어난 계산 능력을 양자컴퓨팅 구현 과정 전체에서 정밀하게 분석 및 개선하여 양자컴퓨팅 활용 가능한 분야 확장

(정부 R&D 부합성) 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준의 18년도 정부연구개발 9대 중점 투자방향의 “(3)4차 산업혁명 선도를 위한 기술·시장 선점형 R&D 투자”에서 핵심기술 확보부분의 원천기술에서 양자컴퓨팅 기술이 포함되어 있으므로 정부 R&D 방향과 직접적으로 부합함

- 양자정보통신의 하드웨어 기술만으로는 양자정보 응용 기술을 구현할 수 없으며, 양자정보 해석 기술과 같은 양자 소프트웨어 기술의 미개발시, 국외 기술에 의존하여 막대한 비용 지불이 예상됨
- 큐비트 관련 하드웨어 기술이 수 큐비트를 넘어서 수십 큐비트 단계로 넘어가고 있는 상황에서 양자컴퓨팅의 우수성을 보일 수 있는 이론적, 실험적 연구가 많은 관심을 받고 있으며, 양자알고리즘에서 그러한 하드웨어 기술까지 연결되는 양자정보처리 과정에서의 양자정보 해석 기술은 양자정보통신의 중요한 검증 및 평가 기술이나, 장기적인 연구가 필요하며, 당장의 경제적 이익을 보장할 수 없어 대학이나 기업에서 연구하기 어려운 여건임
- 양자정보통신 시장이 아직까지는 도입단계에 머물러 있으며, 수년 이내 본격적으로 관련 시장이 형성될 것으로 보이므로, 정부의 집중적인 투자가 이루어진다면 아직 본격화되지 않은 중규모(50-1000 큐비트) 혹은 대규모 큐비트에 대한 양자정보 해석 기술 연구를 통해 양자 소프트웨어 분야에서의 핵심 기술을 선점하여 둔화되고 있는 한국 ICT 산업에 전환점을 마련할 수 있음