

2017년도
융합연구연감

Convergence Research
2017

발간사

4차 산업혁명과 기술 융복합으로 인한 변화는 더욱 가속화되고 그 변화의 방향성조차 가늠하기 어려운 실정입니다. 아울러 다양한 분야가 어우러져 경계를 넘는 새로운 혁신을 창출하는 융합연구의 필요성과 중요성이 날로 커지고 있습니다. 새로운 미래 먹거리 산업의 씨앗을 만들고 일자리를 창출하는 혁신성장동력을 확보하고, 국경을 넘는 인류적 난제에 해법을 제시할 돌파구를 마련할 수 있기 때문입니다.

우리나라는 2008년에 마련된 국가융합기술 발전 기본계획(2009~2013)을 시작으로 융합을 주요 정책 방향으로 장려하고, 지속적 지원을 통해 융합연구 기술 수준을 향상하고 저변을 확대해 왔습니다. 융합이 우리 사회에서 이슈화된 지 10년이 된 지금, 융합은 한정된 분야와 기술 간의 융합을 넘어서, 복잡한 문제를 해결하기 위해 모든 분야로 확대되고 있습니다. 다양한 분야 간 경계를 넘나들며 새로운 방식으로 문제를 해결하고자 융합을 활성화하고 지속하기 위한 가장 중요한 키워드는 '이해'와 '소통'이라고 할 수 있습니다.

이에 융합연구정책센터는 작년 「융합이슈와 진단」이라는 제목의 책을 처음 발간한 데 이어 금년 「2017년도 융합연구연감」이라는 연감 형태의 책을 발간했습니다. 「융합이슈와 진단」은 2016년에 주목받았던 융합 관련 이슈를 선정해 살펴봤고, 「2017년도 융합연구연감」은 최근에 주목받고 있는 융합 관련 이슈와 트렌드, 그리고 관련 기술의 현황뿐 아니라 정량적 수치까지도 담아냈습니다.

「2017년도 융합연구연감」은 융합에 관련된 주요 정책과 기술 관련 동향을 묶어낸 자료입니다. 본 연감을 통해 정리된 내용이 융합에 대한 연구현장의 공감대를 형성하며 상호 융합할 수 있는 다양한 영역에 관한 이해의 폭을 넓히고 다양한 분야에서 활용되길 희망합니다. 이로써 융합이 연구현장 곳곳에 뿌리내리고 융합연구생태계를 키워가는 데 보탬이 될 것입니다.

또한 「2017년도 융합연구연감」이 융합연구생태계에 참여하는 관련 학계 및 연구기관의 연구자, 산업계 종사자, 정부 정책 관계자의 정책 수립과 연구개발 등에 유용하게 활용될 수 있기를 기대합니다. 끝으로 편찬위원회 위원들과 편집진, 그리고 원고를 작성해주신 각 분야 전문가 집필진을 비롯해 본 연감이 세상에 나올 수 있게 수고해주신 모든 분에게 진심으로 감사의 말씀을 전합니다.

2018년 9월

융합연구정책센터 소장 김주선

Contents

발간사	3
목차	5
표 목차	7
그림 목차	8



제1장 융합연구연감의 개요

제1절 배경 및 필요성	13
제2절 보고서의 구성	
1. 개요	14
2. 올해의 융합 트렌드	14
3. 통계조사분석	16
4. 기술동향분석	17



제2장 올해의 융합 트렌드

제1절 국내외 융합연구 정책동향	
1. 국내 융합연구 정책동향	23
2. 국외 융합연구 정책동향	27
제2절 2017년 융합 이슈와 진단	
1. 차세대 반도체	41
2. 차세대 정밀의료	46
3. 인공지능	51
4. 빅데이터	56
5. 가상현실	60
6. 자율주행자동차	66
7. 블록체인	71
8. 미세먼지	75

제3장 통계조사분석



제1절 융합연구개발 투자현황 및 주요성과

1. 조사개요	83
2. 2016년도 융합연구개발 투자현황	84
3. 2016년도 융합연구개발 주요성과	90

제2절 2017년 융합 활성화 설문결과

1. 조사개요	98
2. 주요결과	99
3. 요약 및 시사점	112



제4장 기술동향분석

제1절 파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템	118
제2절 초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술	123
제3절 줄기세포를 이용한 바이오 인공장기 기술	128
제4절 디지털 및 아날로그 컴퓨팅을 결합한 초저전력 반도체 기술	136
제5절 장거리 주행을 위한 고효율 고용량 전기자동차 배터리 기술	142
제6절 빅데이터 기반 자가진단 시스템	149
제7절 사이버테러 방지를 위한 실시간 자가 방어 체계 구축 기술	156
제8절 원전사고 대응용 위험 작업 로봇	163
제9절 인간-기계 상호 적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스	169



〈부록〉

1. 융합연구정책센터는?	179
2. 2017년도 융합연구정책센터 주요활동	179
3. 미래융합협의회	193

표 목차

〈표 2-1〉 2017년 융합R&D 투자액 및 사업 수 현황	23
〈표 2-2〉 STEAM 연구사업 내역사업별 주요 내용	24
〈표 2-3〉 융합연구 선도연구센터 2단계 선정과제의 주요 내용	26
〈표 2-4〉 NSF의 빅아이디어 주요 연구 분야	28
〈표 2-5〉 일본 소사이터티 5.0의 주요 내용	32
〈표 2-6〉 과학기술이노베이션 종합전략 2017의 정책 분야	32
〈표 2-7〉 신산업구조의 4대 전략 분야	33
〈표 2-8〉 국가 선진 과학기술 중대 프로젝트	34
〈표 2-9〉 중국 차세대 인공지능 발전계획의 시기별 목표	36
〈표 2-10〉 올해의 융합 트렌드 선정과정	38
〈표 2-11〉 넷마이너를 활용해 도출된 융합 키워드 후보(안)	39
〈표 2-12〉 주요 융합 트렌드의 최종 선정과정	40
〈표 2-13〉 헬스케어특별위원회 6대 프로젝트 추진현황	49
〈표 2-14〉 국내 IBM 왓슨 도입 병원 현황	53
〈표 2-15〉 미국의 빅데이터 R&D 전략계획	58
〈표 2-16〉 블록체인 핵심기술과 발전 방향	72
〈표 2-17〉 블록체인 기술 발전 전망	74
〈표 3-1〉 융합연구개발 투자현황 및 주요성과 분석항목	84
〈표 3-2〉 2016년 융합기술 R&D의 과제 수 및 투자액 현황	85
〈표 3-3〉 연구비 규모별 과제 수 현황	86
〈표 3-4〉 연구개발 단계별 투자 현황	86
〈표 3-5〉 연구수행 주체별 투자 현황	86
〈표 3-6〉 과학기술표준분류 선택횟수에 따른 투자 현황	88
〈표 3-7〉 미래유망신기술(6T) 분류별 투자 현황	88
〈표 3-8〉 국가전략기술 분야별 투자 현황	88
〈표 3-9〉 공동·위탁연구 수행 건수 및 지출액 현황	89
〈표 3-10〉 부처별 공동·위탁연구 지출액 현황	90
〈표 3-11〉 2016년 융합기술 R&D 사업의 논문, 특허 성과 일과표	91
〈표 3-12〉 설문조사 주요 내용	99
〈표 4-1〉 차세대 이차전지의 종류 및 상용화 가능성	147
〈표 4-2〉 원전 사고 대응 로봇 핵심기술	164

그림 목차

〈그림 2-1〉 호라이즌(Horizon) 2020의 사업 단계별 투자액 비교	29
〈그림 2-2〉 키워드 클라우드 시각화 결과	39
〈그림 2-3〉 가트너의 2017 신기술 하이프 사이클	52
〈그림 2-4〉 인간의 신체구조를 반영한 강화학습 구현	54
〈그림 2-5〉 기존 거래 구조와 블록체인 기반 거래 구조	71
〈그림 2-6〉 일본 경제산업성이 전망한 블록체인 기술 대상 시장	73
〈그림 2-7〉 과학·기술·정책 통합형 미세먼지 관리	78
〈그림 3-1〉 2016년 융합기술 R&D의 과제 수 및 투자액 현황	84
〈그림 3-2〉 부처별 투자 현황	85
〈그림 3-3〉 지역별 투자 현황	87
〈그림 3-4〉 과학기술표준분류별 투자 현황	87
〈그림 3-5〉 공동·위탁연구에서 정부 전체 R&D에 대한 융합기술 R&D 비중	89
〈그림 3-6〉 국가별 국제 공동·위탁연구 수행 건수 현황	90
〈그림 3-7〉 부처별 SCI(E)논문 성과	92
〈그림 3-8〉 연구개발단계별 SCI(E)논문 성과	93
〈그림 3-9〉 연구수행주체별 SCI(E)논문 성과	93
〈그림 3-10〉 지역별 SCI(E)논문 성과	94
〈그림 3-11〉 미래유망신기술(6T) 분야별 SCI(E)논문 성과	94
〈그림 3-12〉 부처별 특허 출원·등록 성과	95
〈그림 3-13〉 연구개발단계별 특허 출원·등록 성과	95
〈그림 3-14〉 연구수행주체별 특허 출원·등록 성과	96
〈그림 3-15〉 지역별 특허 출원·등록 성과	96
〈그림 3-16〉 미래유망신기술(6T) 분야별 특허 출원·등록 성과	97
〈그림 3-17〉 해외특허 출원·등록 성과	97
〈그림 3-18〉 융합연구가 필요한 이유	100
〈그림 3-19〉 융합연구 활성화 수준	100
〈그림 3-20〉 융합연구 저해요인	100
〈그림 3-21〉 기획 시 우선적 필요사항	101
〈그림 3-22〉 기획 시 시너지를 창출하기 위한 융합형태	102
〈그림 3-23〉 선정평가에서 개선사항	102
〈그림 3-24〉 연구수행 시 융합을 촉진하기 위한 개선사항	102
〈그림 3-25〉 연구수행 시 목표 달성에 도움이 되는 제도	102
〈그림 3-26〉 성과평가에서 융합과제 평가방식	103
〈그림 3-27〉 성과를 환류하기 위한 우선 지원사항	103
〈그림 3-28〉 활용·환류에서 지속성을 확보하기 위한 필요사항	103
〈그림 3-29〉 융합을 촉진하기 위한 필요요소	104
〈그림 3-30〉 대학 융합연구 확대요소	104
〈그림 3-31〉 연구소 연구자의 융합연구 참여 독려요소	105
〈그림 3-32〉 기업 연구자의 융합연구 참여 촉진요소	105
〈그림 3-33〉 산·학·연 기관 간 융합연구를 촉진하기 위한 필요요소	105
〈그림 3-34〉 융합 인재를 양성하기 위한 별도 교육과정 및 기관의 필요성	106
〈그림 3-35〉 융합 인재가 갖춰야 할 역량	106

〈그림 3-36〉 기업 및 민간 연구소에서 융합 인재가 갖춰야 할 역량	107
〈그림 3-37〉 융합 인재를 양성하기 위한 정부 중점 추진사항	107
〈그림 3-38〉 융합연구를 활성화하기 위한 인프라 요소	107
〈그림 3-39〉 융합연구에서 정보공유 플랫폼의 필요성	108
〈그림 3-40〉 융합연구에서 정보공유 플랫폼의 필요이유	108
〈그림 3-41〉 정보공유 플랫폼의 역할	108
〈그림 3-42〉 융합연구를 활성화하기 위한 중점전략	109
〈그림 3-43〉 기본계획의 우선 고려영역	109
〈그림 3-44〉 융합연구 활성화 선도사업의 필요성	110
〈그림 3-45〉 융합 활성화 선도사업의 지원 분야	110
〈그림 3-46〉 프로젝트 추진 시 중점 지원 영역	110
〈그림 3-47〉 융합 프로젝트의 적정 규모 및 기간	110
〈그림 3-48〉 융합연구를 활성화하기 위한 컨트롤타워 필요성	111
〈그림 3-49〉 글로벌 공동연구의 필요성	111
〈그림 3-50〉 글로벌 공동연구에 적합한 분야	111
〈그림 4-1〉 주요 융합기술 선정 프로세스	117
〈그림 4-2〉 하이브리드 양자컴퓨팅 플랫폼	125
〈그림 4-3〉 성별 건강수명과 기대수명	129
〈그림 4-4〉 줄기세포를 활용한 치료 기술	131
〈그림 4-5〉 바이오 인공지능: 초거대 융합기술	133
〈그림 4-6〉 폰노이만 방식 컴퓨터의 전력 소모 트렌드	137
〈그림 4-7〉 트루노스 칩의 작동원리	139
〈그림 4-8〉 로이히 칩의 온라인 학습 구현을 위한 코어 구성도	139
〈그림 4-9〉 상변화 물질을 이용한 시냅스 구현 및 학습 방법	140
〈그림 4-10〉 전기자동차의 장거리 주행을 위한 3대 요소	143
〈그림 4-11〉 상용 이차전지의 에너지 밀도 비교	144
〈그림 4-12〉 고니켈계 양극과 실리콘계 음극을 적용한 리튬이온전지의 에너지밀도	145
〈그림 4-13〉 광양제철소의 스마트팩토리 시스템	152
〈그림 4-14〉 사이버 공격 대응 체계 변화	157
〈그림 4-15〉 MTD 대상 요소기술	158
〈그림 4-16〉 MTD 개념도	159
〈그림 4-17〉 사이버 킬 체인인 침입 킬 체인(intrusion kill chain)의 구성과 공격 수행 단계	161
〈그림 4-18〉 한국원자력연구원에서 개발한 원자력 로봇 현황	165
〈그림 4-19〉 미쓰비시중공업에서 개발한 원자력 발전소의 유지 보수 및 검사 로봇 현황	165
〈그림 4-20〉 현재 개발 중이거나 시운전 중인 원자력 발전소 사고 수습 로봇	167
〈그림 4-21〉 BMI를 위한 비침습과 침습적 뇌 신호 측정	170
〈그림 4-22〉 상호적응형 BCI 프레임워크 구조	171
〈그림 4-23〉 BMI 시스템	172
〈그림 4-24〉 뉴로피드백 개념	173

제1장

융합연구연감의 개요

4차 산업혁명의 물결이 다가오면서 전 세계적으로 융합(convergence)이 하나의 화두로 떠오르고 있다. 융합연구정책센터에서 발행하는 융합연구연감도 매년 이에 대한 새로운 흐름을 짚어, 국내 관련 연구자들에게 최신 정보를 전하는 한편, 국내 융합 연구 현장의 목소리를 담아내고자 노력하고 있다.

제1절 배경 및 필요성

제2절 보고서의 구성

1. 개요
2. 2017년도 융합 트렌드
3. 통계조사분석
4. 기술 동향분석

Chapter 01



제1절 배경 및 필요성

4차 산업혁명에는 다양한 학문과 기술, 전문영역 간의 융합을 통해 기존 시스템을 무너뜨리는 파괴적 혁신(disruptive innovation)으로 이어지고 있다. 이에 따라 그 어느 때보다 전 세계적으로 융합(convergence)에 대한 개념 및 방법론에 관심이 높아지고 있다.

융합의 개념은 과거 단순히 '이종기술 간의 결합을 통한 고부가가치 창출'을 의미했던 제한적 범위에서 한 단계 더 나아가, 과학기술과 인문사회의 유기적 상호작용을 통해 인간 중심적 가치를 창출하고 사회문제를 해결하기 위한 방안으로 진화하고 있다. 이에 따라 주요국들은 다양한 융합혁신 정책을 수립하여 기술혁신을 통해 국가 성장동력을 확보하고 사회문제를 해결하는 방안을 모색하는 데 주력하고 있다.

대표적인 예로 미국 국립과학재단(NSF)은 기업, 학계, 연구소 등 다양한 기관들과의 협력으로, 사회문제를 해결하기 위한 모험적 연구과제를 지원하고자 빅아이디어(Big Ideas)프로젝트를 추진하고 있다. 유럽연합은 호라이즌(Horizon) 2020을 통해 문제 해결 관점에서 R&D를 혁신하고 사회문제를 해결하기 위한 융합정책을 진행하고 있다. 일본은 잃어버린 20년 동안 정체된 자국의 제조업 생산성을 향상시키며, 고령화, 자연재해 등 자국 문제를 해결하는 방안을 마련하고자 소사이어티(Society) 5.0을 추진하고 있다. 중국 정부 역시 기초과학과 제조업 간의 융합을 통해 제조대국에서 제조강국으로 도약하며, 4차 산업혁명에 선도적으로 대응하기 위한 정책을 펼치고 있다.

우리나라도 미래사회변화에 선도적으로 대응하며, 혁신사회로 도입하기 위해 '융합'을 강조하고 있다. 2014년에 수립된 '창조경제 실현을 위한 융합기술발전전략(2014~2018)'을 통해 국가전략 융합기술을 조기에 확보하고자 노력했으며, STEAM 연구사업(과기정통부) 등을 통해 융합기술 기반의 미래사회 신성장동력을 확보하려고 했다. 나아가 융합연구의 활발한 생태계를 조성하기 위한 인프라 및 네트워크를 구축하는 데도 많은 노력을 기울이고 있다.

2017년도 융합연구연감에서는 융합과 관련된 정책, 이슈사항 및 기술 트렌드에 대해 소개하며, 융합 분야 투자 및 성과, 그리고 융합연구 현장의 설문조사결과를 분석한다. 융합에 대한 정량적, 정성적 분석결과를 바탕으로 지금 우리나라 현실에 부합하는 융합연구 활성화 방안에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

제2절 보고서의 구성

1. 개요

2017년도 융합연구연감에서는 최신 융합 트렌드를 꼼꼼히 살펴보는 한편, 통계조사와 기술동향을 심도 있게 분석했다. 구체적으로 2017년도 융합 트렌드를 제시하는 장(章)에서는 국내외 정책동향을 조사하고 융합 분야의 주요 이슈 8가지에 대해 전문가의 분석을 담았다. 통계조사를 다룬 장(章)에서는 융합연구개발 현황과 주요성과를 전하는 한편, 2차례 설문조사를 통해 융합연구 현장의 목소리와 융합연구 활성화 방안에 대한 의견을 수렴해 정리했다. 기술동향에 대한 장(章)에서는 총 9가지의 최신 기술의 분석해 전달하되, 각 기술의 개요, 2017년 주요 R&D 동향, 향후 전망에 대해 자세히 다루었다.

2. 2017년도 융합 트렌드

2017년도 융합 트렌드를 파악하기 위해 국내외 정책동향과 융합 분야 주요 이슈를 분석했다. 먼저 융합 관련 정책동향을 살펴본다. 국내의 경우 ‘창조경제 실현을 위한 융합기술발전전략(2014~2018)’, STEAM 연구사업 등 기존 정책을 통해 2017년에도 다양한 융합 R&D에 지원이 이어졌다. 또한 로봇산업핵심기술개발사업을 통해 차세대 인공지능 융합 로봇시스템 개발이 추진됐으며, 과학기술을 포함한 다학제 융합연구를 수행하는 융합연구 선도연구센터의 2단계 지원이 착수됐다. 특히 전국 산학연 기관들 100여 개가 모여 자발적 융합네트워크인 ‘미래융합협의회’가 출범하면서 융합 분야 기관 간 정보 및 인력 교류, 협동 연구 등의 기반이 마련됐다.

4차 산업혁명이 본궤도에 오르면서 미국, 유럽연합(EU), 일본, 중국 등 주요국은 신성장동력을 확보하고 사회적 난제를 해결하고자 융합기술정책을 추진하고 있다. 미국은 융합정책이 기술간의 융합에서 개인과 사회의 문제를 해결하는 인간 중심의 융합으로 진화하는 가운데, 2017년 국립과학재단이 다양한 기관의 협력에 바탕을 둔 모험적 연구과제를 지원하고자 빅아이디어를 확정했다. EU는 ‘호라이즌(Horizon) 2020(2014-2020)’처럼 R&D 혁신과 사회문제 해결을 동시

에 추진하는 정책을 펼치고 있는데, 2017년 10월 호라이즌 2020의 마지막 단계 투자 계획을 공개했다. 일본은 2015년 이후 4차 산업혁명에 대응하기 위한 융합정책들을 펼치고 있으며, 기술혁신으로 고령화, 저출산, 디플레이션 같은 당면 문제를 해결하고자 '제5기 과학기술기본계획(2017-2021)'의 하나로 소사이어터 5.0을 추진하고 있다. 중국은 융합기술을 촉진해 4차 산업혁명에 대응하고 있는데, IT와의 융합을 바탕으로 제조업 경쟁력을 강화하고자 '중국제조 2025'란 정책을 펼치고 있다.

다음에는 2017년 융합 분야 주요이슈로 선정한 8가지를 다루었다. 즉 차세대 반도체, 차세대 정밀의료, 인공지능, 빅데이터, 가상현실, 자율주행자동차, 블록체인, 미세먼지에 관해 각 분야 전문가가 분석해 기술 개요, 2017년 주요 트렌드, 향후 전망을 제시했다. 각 이슈를 구체적으로 살펴보면, 차세대 반도체는 미세화 기술의 한계를 극복하고 새로운 패러다임으로 개발되어야 하며, 초저전력 컴퓨팅 기술체계를 구현할 수 있어야 한다. 차세대 정밀의료는 유전체학, 단백질체학처럼 분자 수준에서 측정하는 오믹스 데이터와, 병력, 식습관, 혈당 등 임상 및 생체 정보를 바탕으로 하는데, 최근 차세대염기서열법(NGS) 데이터를 생산하는 기술과, 웨어러블 장비로 심박수 같은 생체 정보를 실시간으로 추적하고 분석하는 디지털 헬스케어 기술이 주목받고 있다.

최근 인공지능은 의료·금융·법률 서비스에 도입되고 있으며, 인지를 넘어 학습·추론 지능에 관한 연구가 활발하다. 빅데이터는 일부에서 가치에 대한 논쟁도 벌어지고 있지만, 기술적 측면에서 빅데이터의 수집, 탐색, 분석 등 일련의 과정을 손쉽게 스스로 할 수 있도록 지원하는 셀프 서비스가 확대되고 있다. 가상현실은 증강현실, 혼합현실 기술과 함께 연구개발이 활발한데, 마이크로소프트의 홀로렌즈, 오쿨러스 VR, 구글 VR, 소니의 플레이스테이션 VR, 포켓몬 고 등이 대표적이다.

현재 자율주행자동차는 글로벌자동차회사는 물론 IT기업, 전기차 제조기업, 스타트업이 개발에 뛰어들고 있는데, 환경센터, 프로세서, 소프트웨어 플랫폼과 같은 핵심부품의 개발이 주목받고 있다. 블록체인은 초기에 금융 분야에서 시작했지만, 데이터를 다루는 모든 영역의 디지털 비즈니스에 혁신을 가져올 수 있는데, 분산공유원장 기술, 합의 알고리즘 기술, 스마트 계약 기술, 프라이버시 보호 기술 같은 핵심기술이 각각 발전하고 있다. 미세먼지는 2016년 정부에서 과학기술 기반 대응 전략을 수립한 이래, 범부처가 참여해 미세먼지 R&D 패키지 투자 모델을 만들어 현상 규명 및 예측, 배출 저감, 노출·건강 영향 최소화, 제도 및 소통체계 개선을 위해 노력하고 있다.

3. 통계조사분석

통계조사분석을 다룬 장에서는 융합연구개발 투자현황과 주요성과를 제시하고 2017년 융합 활성화 설문조사 결과를 분석했다. 먼저 융합기술 R&D 현황은 「2017년도 융합기술발전전략 시행계획」 상에서 2016년 실적이 있는 124개 사업의 2016년 과제를 대상으로 삼아 연구 분야, 연구개발 단계, 수행 주체 등 여러 측면에서 분석을 실시했다. 2016년도 정부 전체 R&D(5만 4827 개 과제, 19조 44억 원) 중에서 융합기술 R&D(1만 3417개 과제, 3조 2,669억 원)는 과제 수로 24.47%, 투자액으로 17.19%를 각각 차지했으며, 융합기술 R&D의 과제당 투자액(2.43억 원)은 정부 전체 R&D의 과제당 투자액(3.47억 원)보다 1억 원 정도 적은 것으로 나타났다.

부처별로 보면, 정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D의 비중은 농림축산식품부가 80.85%으로 가장 높았으며, 융합기술 R&D에서는 미래창조과학의 비중이 30.30%로 가장 높게 집계됐다. 연구비 규모 측면에서는 융합기술 R&D 내에서 1억 원 이상, 5억 원 미만 이 45.52%로 가장 많았으며, 연구개발 단계별로 보면, 융합기술 R&D에서 개발 연구의 비중이 54.30%로 높게 나타났다. 연구수행 주체별로는 융합기술 R&D에서 중소기업이 33.38%로 가장 많았으며, 지역별로는 융합기술 R&D의 투자 비중에서 수도권 지역이 50.21% 가장 높았다. 기술 분류별로 보면, 정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D의 비중은 환경이 39.58%로 가장 높았고, 융합기술 R&D 내에서의 비중은 정보/통신이 16.30%로 가장 높게 집계됐다.

또한 2016년도 융합연구개발의 논문 게재 성과, 특허 출원·등록 성과를 살펴보면 다음과 같다. 2016년도 융합기술 R&D 사업에는 총 3조 2,669억 원이 투입돼 SCI(E) 논문 3997편 이 발표됐다. 특히 정부 R&D 사업에 비한 융합기술 R&D 사업의 SCI(E) 논문 성과의 비중은 10.69%를 차지했으며, 융합기술 R&D 사업의 SCI(E) 논문 성과는 미래부, 기초연구, 대학, 수도권, BT 분야에서 주도적으로 배출됐다. 그리고 국내 특허는 1242건이 출원됐고 47건이 등록됐으며, 해외 특허는 381건이 출원됐고 78건이 등록됐다.

다음으로는 2017년 융합 활성화 설문조사 결과를 분석했다. 융합연구 현장의 목소리와 융합연구 활성화 방안에 대한 의견을 수렴해 정책에 반영하고자 2차례 설문 조사를 실시했다. 설문 조사의 주요 내용은 융합연구에 대한 인식, 지원제도 개선, 융합연구 생태계 활성화 방안, 융합연구 활성화 기본계획으로 구분된다.

설문 조사 결과, 우리나라의 융합연구 활성화 수준은 해외 주요 선진국에 비해 5점 만점에 2.4점 수준으로 낮은 것으로 인식하고 있었다. 융합연구 수행을 가로막는 요인으로 응답자의 25%가 타 분야 연구자와의 교류 경험 부족이라고 답했다. 효과적인 융합연구를 기획하기 위해

가장 필요한 사항으로는 기획하기 위한 충분한 시간 및 연구비 제공이 38.6%로 가장 높게 나타났다. 효율적인 융합연구를 할 수 있도록 선정평가 단계에서 29.5%가 개선해야 할 사항으로 전문성 있는 평가자의 참여 확대를 선택했다. 융합연구를 촉진하기 위해 융합연구 수행단계에서 개선해야 할 사항으로는 29.4%가 예산한도 내에서 자율적으로 연구기간, 연구비 설정이라고 답했으며, 융합연구성과 평가방식으로 단일평가와 차별화된 전문 성과평가로 큰 효과가 기대되는 방식은 27.6%가 책임평가제라고 응답했다.

응답자의 64.7%가 융합연구 생태계를 활성화하기 위한 융합 교육 전문 과정이나 기관이 필요하다고 답했으며, 40.3%가 융합 인재를 양성하기 위해 정부가 중점적으로 추진해야 할 사항으로 4차 산업혁명 핵심기술 교육 확대를 꼽았다. 융합연구 생태계를 활성화하기 위해 강화해야 할 인프라 요소로는 45.6%가 연구자들에게 융합연구 동향 등 각종 연구 정보를 제공할 상시지원체계 강화라고 응답했다. 그리고 융합연구를 활성화하기 위해 우선 진행해야 할 전략으로는 22.2%가 융합연구를 촉진하기 위한 연구개발 단계별 제도 개선이라고 답했다.

4. 기술동향분석

기술동향분석은 총 9가지 기술을 대상으로 실시했다. 즉 파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템, 초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술, 줄기세포를 이용한 바이오 인공장기 기술, 디지털 및 아날로그 컴퓨팅을 결합한 초저전력 반도체 기술, 장거리 주행을 위한 고효율 고용량 전기자동차 배터리 기술, 빅데이터 기반 자가진단 시스템, 사이버테러 방지를 위한 실시간 자가 방어 체계 구축 기술, 원전사고 대응용 위험 작업 로봇, 인간-기계 상호 적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스가 그 대상이다.

먼저 캡슐형 초고속 열차는 진공터널 내부에서 이론적으로 비행기보다 빠른 시속 1200km로 달릴 수 있는데, 아직 시속 1000km 이상은 상용화 개발이 이뤄지지 않았다. 2017년에는 버진하이퍼루프원사가 진공관을 활용한 수송 시스템 ‘하이퍼루프’ 시험 시설을 미국의 네바다주 사막에 건설했으며, HTT사는 아랍에미리트 두바이와 계약을 체결해 2020년 말 가디 어 지역과 알막툼 국제공항 사이의 10km 길이를 하이퍼루프 시스템으로 연결할 계획이다. 우리나라도 한국철도기술연구원, 한국건설기술연구원 등이 모여 한국형 초고속 튜브 트레인(HTX)을 개발하고 있다.

양자컴퓨팅 기술은 초연결·초지능으로 대변되는 4차 산업혁명을 주도할 강력한 연산능력

을 제공할 수 있는데, 양자컴퓨터는 디지털 큐비트이라는 양자비트에 정보를 인코딩해 연산을 처리한다. 양자컴퓨팅을 위한 큐비트는 양자역학적 특성을 보여주는 물리계를 통해 구현할 수 있으며, 주로 이온트랩, 초전도체, 광자 등의 단일물리계를 이용한 방식에 대해 활발히 연구되고 있다. 대규모 양자컴퓨팅을 구현하기 위해서는 2개의 큐비트 플랫폼을 융합하는 하이브리드 방식에 대한 연구도 추진되고 있다.

현재 인공장기 기술은 생체를 완전히 대체하거나 복원할 수준도 아니고, 내구성 한계, 면역 문제 등이 있지만, 2000년대 초에 줄기세포 연구가 탄력을 받으면서 줄기세포 기반의 바이오 인공장기에 대한 연구가 주목받기 시작했다. 바이오 인공장기의 근간 기술은 조직공학기술인데, 줄기세포는 바이오 인공장기의 핵심요소이면서 조직공학체제로 상용화가 가능한 수준에 와 있다. 최근에는 바이오 프린팅을 통해 3차원의 인공조직·장기 구조를 구현하는 기술이 개발되기 시작했다.

초저전력 반도체를 개발하려면 기존의 폰노이만 방식에서 벗어나 새로운 패러다임의 정보 처리 방식이 필요하다. 최근 인간 뇌의 동작 원리를 모방한 뉴로모픽 컴퓨팅으로 전력 소모를 줄이기 위한 노력이 한창이다. 2014년 IBM에서 디지털 기반의 뉴로모픽 칩 ‘트루노스’를 발표하는데 이어 2017년 인텔에서는 학습 기능이 추가된 로이히라는 대규모 뉴로모픽 칩을 공개했다. 아울러 아날로그 메모리를 이용해 시냅스를 구현하기 위해 노력하고 있다.

전기자동차의 장거리 주행에는 에너지를 많이 저장할 수 있는 고에너지밀도의 배터리가 필요한데, 현재로서는 고효율·고용량의 리튬이온전지를 개발하는 것이 좋은 방법이다. 최근 리튬이온전지의 양극소재로 니켈계가, 음극소재로 실리콘계가 대세를 이루며 개발이 활발히 진행되고 있다. 차세대 전지는 리튬계와 비리튬계로 분류할 수 있는데, 미국은 2017년 에너지부 지원으로 ‘배터리 500’ 프로그램을 만들어 차세대 전지 개발을 지원하고 있다.

빅데이터 기반 자가진단 시스템은 ICT 기반의 센서로 모니터링한 수많은 데이터, 즉 빅데이터를 분석해 고장, 생산성 저하 등의 원인을 진단하는 인공지능 시스템이다. 미국의 GE는 ‘생각하는 공장’을, 독일의 지멘스는 지능형 공장을 운영하며, 빅데이터를 분석해 공장의 문제를 파악한다. 최근에는 빅데이터 처리기술을 활용한 지능형 보안 기술에 대한 연구도 본격화되고 있다.

앞으로 모든 기기가 네트워크로 연결된 초연결사회에서 사이버공격을 받으면 큰 피해를 겪을 것으로 예상된다. 최근 지능화되는 사이버테러를 막기 위해서 실시간 자가 방어 기술이 개발되고 있다. 즉 공격 대상이 스스로 변이해 공격 복잡도를 높이는 사이버 자가변이 기술, 머신러닝 등 지능형 기술을 활용해 시스템 내의 잠재적 취약점을 자동으로 인지하고 패치하는 사이

버 자가면역 기술이 그 핵심이다.

최근 원자력 발전소의 신뢰성을 확보하기 위한 유지보수 로봇 시스템을 개발하고 이와 관련된 표준을 만들것에 노력하고 있다. 여기에서 더 나아가 일본 도호쿠 대지진과 같은 재난에 의한 원전 사고를 조기에 수습할 수 있는 다양한 위험작업 로봇시스템도 개발하고 있다. 원전 사고 대응용 위험작업 로봇의 핵심기술은 극한 환경 극복 기술, 비평탄 지면 이동 기술, 위험작업을 위한 조작기술, 위험작업 관계기술이 있다.

뇌-기계 인터페이스(BMI) 기술은 사용자의 생각만으로 주변 환경을 제어하거나 의사를 전달할 수 있어 차세대 유망기술 중 하나로 주목받고 있다. 뇌전도 기반의 BMI 기술은 침습형과 비침습형이 있으며, BMI 기술은 사용자의 뇌에서 나오는 신호를 실시간으로 해석하는 BMI 시스템과 해석의 결과를 피드백 받는 사용자가 뇌파 훈련을 통해 상호 적응해야 할 필요가 있다. 최근 BMI 기술은 환자에서 일반인을 위한 인터페이스로 점차 발전하고 있다.

제2장 올해의 융합 트렌드

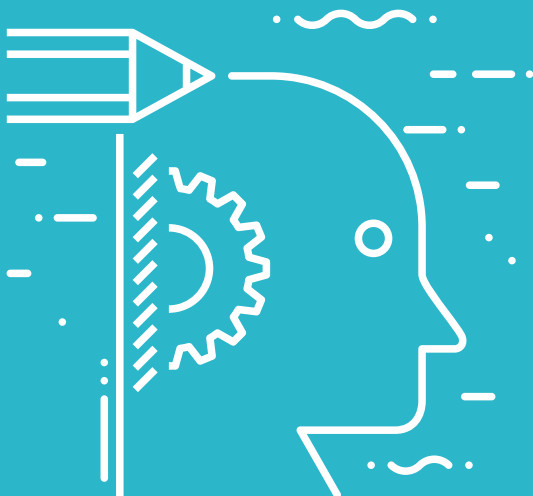
이 장에서는 2017년 국내외 정책동향과 함께 융합 주요이슈를 선정해 분석했다. 특히 융합 주요이슈로는 차세대 반도체, 차세대 정밀의료, 인공지능, 빅데이터, 가상현실, 자율주행자동차, 블록체인, 미세먼지 등 8가지에 대해 각 분야 전문가의 분석을 담았다.

제1절 국내외 융합연구 정책동향

1. 국내 융합연구 정책동향
2. 국외 융합연구 정책동향

제2절 2017년 융합 이슈와 진단

1. 차세대 반도체
2. 차세대 정밀의료
3. 인공지능
4. 빅데이터
5. 가상현실
6. 자율주행자동차
7. 블록체인
8. 미세먼지



제1절

국내외 융합연구 정책동향

1. 국내 융합연구 정책동향

다양한 기술·학문 간 경계를 허무는 융합연구는 혁신의 수단이자 우리나라 산업구조를 바꾸는 원동력이다. 우리나라는 일찍이 국가융합기술 발전 기본계획(2007년), 융합기술 발전전략(2014년) 등을 통해 정부 차원에서 융합연구를 촉진하기 위한 기틀을 마련하고 있다. 더욱이 최근 과학 기술뿐만 아니라 사회 전반에서 화두가 되고 있는 4차 산업혁명에 다양한 분야의 융합연구를 통해 실현이 가능하기 때문에, 2017년에도 융합연구는 여전히 우리 사회에서 유효한 핵심가치로 주목받고 있다.

〈표 2-1〉 2017년 융합R&D 투자액 및 사업 수 현황

부처	투자액	사업 수
과학기술정보통신부	1조 954억 원 (30.9%)	39개
중소기업부	6,219억 원 (17.5%)	12개
산업통상자원부	4,715억 원 (13.3%)	23개
국토교통부	2,405억 원 (6.8%)	8개
교육부	2,383억 원 (6.7%)	2개
보건복지부	1,748억 원 (4.9%)	11개
환경부	1,591억 원 (4.5%)	10개
농림축산식품부	1,447억 원 (4.1%)	7개
해양수산부	1,310억 원 (3.7%)	8개
농촌진흥청	1,263억 원 (3.6%)	7개
방위사업청	666억 원 (1.9%)	2개
문화체육관광부	580억 원 (1.6%)	3개
기상청	145억 원 (0.4%)	3개
식품의약품안전처	69억 원 (0.2%)	2개
합계	3조 5,495억 원 (100%)	137개

출처: 2017년도 융합기술발전전략 시행계획(2017년 3월)

2017년 우리나라는 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷 등 첨단 융합기술을 기반으로 4차 산업혁명에 대응하고자 과학기술정보통신부(舊 미래창조과학부), 산업통상자원부, 중소기업부(舊 중소기업청) 등 관련 부처를 중심으로 132개 융합R&D 사업을 통해 3조 5,495억 원을 투자했으며,¹⁾ 이 중 3개 부처(과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 중소기업부)가 전체 융합R&D 사업 투자액의 61.7%(2조 1,888억 원)를 차지해 절반을 넘어섰다.

먼저 과학기술정보통신부는 39개 융합R&D 사업을 통해 1조 954억 원을 투자했다. 구체적으로 사물인터넷융합기술개발, 웨어러블스마트디바이스부품소재사업 등을 통해 4차 산업혁명 대응 핵심 융합기술 및 미래유망 신산업 선도모델 창출을 지원하고 있다. 또한 ICT융합 Industry 4.0(조선해양)처럼 ICT 융합을 통해 기존 산업을 재도약시키기 위한 대·중소기업 상생형 융합 원천기술을 개발하고 있으며, 국민안전 감시 및 대응 무인항공기 융합시스템 구축 및 운영 등을 통해 재난재해, 생활 안전처럼 국민의 삶과 직결된 다양한 사회문제를 해결하기 위한 과학기술도 지원하고 있다. 아울러 집단연구사업처럼 학제 간 융합으로 해결 가능한 연구주제 지원을 통해 새로운 지식을 창출하고 세계적 수준의 경쟁력 있는 융합연구 인재를 양성하고자 노력하고 있다. 끝으로 과학기술·인문사회융합연구사업 등을 포함하는 STEAM 연구사업을 통해 <표 2-2>와 같이 과학기술 분야의 융합 장벽을 해소하고 새로운 융합모델을 확산시킬 수 있

<표 2-2> STEAM 연구사업 내역사업별 주요 내용

내역사업명	사업 내용
전통문화융합연구	전통문화·첨단과학기술 융합을 통한 전통문화산업 고도화 및 전통문화자원의 고부가가치 촉진
과학기술·인문사회 융합연구	복잡·대형화된 사회문제 해결을 위한 과학기술과 인문사회융합연구 분야 발굴 및 지원
미래유망융합기술파이오니어	NT·BT·IT 등 이중 기술간 융합을 통한 고위험·고수익형 융합원천기술 개발
민군기술협력원천기술개발	미래전쟁에 대비하기 위한 기초원천기술 개발, 과학기술력 바탕의 자주적 역지전력 구축을 위한 기반 마련
바이오닉암 메카트로닉스 융합기술개발	생명체의 인지·감지·동작 메커니즘을 구현하는 인체대체용 바이오닉암 기초 원천기술 개발
첨단사이언스교육허브개발 (EDISON)	교육·연구용 시뮬레이션 SW를 활용할 수 있는 웹 환경 구축 및 융합연구 생태계 조성 및 정보분석 등을 위한 기반연구 지원
스포츠과학화 융합연구	스포츠·과학기술 융합 연구기반 확립 및 스포츠현장의 과학화에 필요한 핵심원천기술 개발
과학문화융합 콘텐츠연구개발	대학, 과학관, 산업체 등과 공동연구로 과학적 원리에 문화, 예술 등의 요소를 가미한 독창적인 과학체험 콘텐츠 개발
자연모사혁신 기술개발	자연모사를 통한 새로운 연구주제 발굴로 기존 과학기술 한계 돌파 및 공학적 난제에 대한 새로운 문제해결 방안 모색

1) 2017년 융합기술발전전략 시행계획 상의 2017년 투자계획을 기준으로 하며, 실제 투자액은 다를 수 있음

도록 지원함으로써 융합R&D 성과를 극대화하고 타 분야로의 융합을 확대하고 있다.

중소기업부는 12개 융합R&D 사업을 통해 6,219억 원을 투자했다. 특히 창업성장기술개발, 중소기업기술혁신개발 등을 통해 성장 잠재력을 보유한 창업기업의 R&D를 지원하고 중소기업형 신성장 유망 분야 R&D를 적극 지원하고자 했다. 또한 중소기업의 기술 사업화율과 기획역량을 높이고자 중소기업 R&D역량 제고 사업 등을 통해 중소기업 역량 강화 교육을 실시하고 있다. 이뿐만 아니라 창조혁신형 재도전 기술 개발 등을 통해 재창업 기업을 효과적으로 육성하고 실패기업인의 원활한 재기를 지원하고 있다.

산업통상자원부는 23개 융합R&D 사업을 통해 4,715억 원을 투자했다. 로봇산업핵심기술개발사업, 전자시스템산업핵심기술개발사업 등을 통해 인공지능, 로봇, 의료기기 등 첨단 융합제품·부품·원천 기술 개발에 집중 지원해 글로벌 기술 경쟁력을 확보하고자 했다. 또한 미래 국가 발전 및 경쟁력 확충을 위해 스마트그리드 핵심기술개발사업, 그래핀소재부품상용화기술개발사업 등을 통해 주력 산업기술을 개발하고 성장전략 분야를 집중 육성해 국가 성장 잠재력을 확충했다. 아울러 사업화연계기술개발사업 등을 통해 사업화 유망 기술의 제품화 개발, 성능평가·인증, 시제품 제작 등 사업화 기술을 개발하고 미활용 공공 R&D 성과물의 사업화를 지원했다. 이뿐만 아니라 창의산업융합특성화인재양성 사업 등을 통해 산업기술 미래인재를 육성했다.

그 밖에 국토교통부는 무인비행체안전기술개발 등을 통해 미래 유망산업인 무인기산업을 활성화하기 위한 안전 운항, 교통관리 체계 등의 기술개발을 지원하고 있다. 교육부는 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+)사업을 통해 사회맞춤형교육, 창업교육 등 다양한 산학연계 교육과정을 확산하고 있다. 보건복지부는 첨단의료기술개발사업 등을 통해 줄기세포, 재생의료, 유전체 등 첨단 의료분야의 기술개발을 적극 지원하고 있으며, 환경부는 환경정책기반공공기술개발사업 등을 통해 환경문제 관련 공익기술 등을 개발하고 있다. 또한 농림축산식품부, 해양수산부, 농촌진흥청은 농생명산업기술개발, 해양수산생명공학기술개발, 농업생명공학원천기술개발 등을 진행하며 농업생태계, 해양, 농산물의 품질 등과 관련해 안전을 지키고 환경피해를 줄이는데 앞장서고 있다.

이처럼 우리나라는 범부처 차원에서 기술개발, 인프라구축, 인재양성 등 다양한 측면의 융합연구 R&D에 투자함으로써 국가 경쟁력을 확보하고 삶의 질을 향상하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

2017년에는 4차 산업혁명에 선도적으로 대비하고자 융합기술 분야에 투자하는 동시에 융합연구 문화를 조성하고 소통하기 위한 다양한 정책 지원이 지속적으로 이뤄지고 있다. 특히 4차 산업혁명에 대응하기 위해 21개 부처의 합동 작업과 4차 산업혁명 위원회의 논의를 거쳐 상

정·의결된 ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획(2017년 11월)’이 발표됐다. 이는 ‘혁신성장’을 뒷받침하고 모두가 참여하고 모두가 누리는 ‘사람 중심의 4차 산업혁명’을 추진하기 위한 범정부 차원의 큰 그림으로서, 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계해 ① 지능화 혁신 프로젝트 추진, ② 성장동력 기술력 확보, ③ 산업 인프라·생태계 조성, ④ 미래사회 변화 대응 등 4대 분야 전략 과제를 중점 추진할 계획이다. 이 계획은 기술, 데이터, 인프라, 확산, 제도개선을 연계하는 융합형 패키지 지원방식으로 추진하는 것이 특징이다. 4대 전략 과제 중 지능화 혁신 프로젝트는 의료, 제조, 이동체, 에너지, 금융·물류, 농수산업의 산업혁신과 시티, 교통, 복지, 환경, 안전, 국방의 사회문제해결로 나누어 전체 12개 분야를 중점적으로 추진할 예정이다.

또한 과학기술과 인문사회, 경제, 예술 등의 다학제 융합연구를 수행하는 중규모 집단연구를 지원하기 위한 융합연구 선도연구센터의 2단계 지원(2017년 3월)이 착수됐다. 다층·복잡화된 우리 사회의 다양한 이슈를 해결하고자 다학제 융합연구 거점을 형성하고 중장기 인프라를 구축하기 위한 융합연구 선도연구센터의 2단계 과제로는 울산과학기술원의 사이언스 월든, 국민대의 모듈형 스마트패션 플랫폼 연구센터가 선정됐다.

〈표 2-3〉 융합연구 선도연구센터 2단계 선정과제의 주요 내용

선정과제	주요 내용
사이언스 월든(울산과학기술원)	도시공동체, 마을공동체에서 순환경제를 실현하고, 우리 사회가 겪고 있는 경제적 어려움과 가치 갈등을 극복하기 위한 과학·예술 융합 방법론의 실용화
모듈형 스마트 패션 플랫폼 연구센터(국민대)	탈·부착이 가능한 유연 전자소자 기반의 기능성 모듈을 개발해 사용자 목적에 맞는 새로운 스마트패션을 완성하고 이에 대한 플랫폼을 구축하며, 디자인, 소프트웨어, 하드웨어 등을 개발해 스마트패션 산업을 육성함

2017년 8월부터는 건강, 환경, 안전처럼 국민의 삶의 질과 관련된 분야에 과학자와 일반 국민의 의견을 좀 더 폭넓게 수렴하고자 온라인 과학기술정책참여공간 ‘과학기술혁신플러스(www.scienceplus.kr)’를 오픈해 운영하기 시작했다. 본 플랫폼에서는 국민이 과학기술정책에 바라는 점, 연구현장에서의 애로사항, 정책아이디어 등에 대한 제안을 받으며, 관계부처, 전문가 등의 검토를 거쳐 ‘제4차 과학기술기본계획(2018-2022년)’에 반영할 계획이다.

2017년 10월에는 전국 100여 개 산·학·연 기관이 모여 자발적 융합네트워크인 ‘미래융합협의회’를 출범시켰다. 미래융합협의회에서는 융합 분야 다양한 기관의 정보·인력교류, 공동연구 등을 통해 융합연구 생태계 기반을 구축하며, 연구자, 학생, 교사 등 다양한 국민의 참여를 통해 융합에 대한 교류·소통의 장을 마련해 나가고자 한다.

아울러 과학기술정보통신부를 중심으로 융합에 대한 현장의 의견을 수렴하고자 융합연구 지원 방향, 제도 개선, 생태계 조성 방안 등에 관한 대국민 설문조사 및 다수의 전문가 간담회를 실시했다. 현장의 목소리와 그동안 시행해 온 융합연구 정책의 성과 및 한계점을 바탕으로 융합연구개발의 장기적인 비전을 제시하는 범부처 계획인 ‘제3차 융합연구개발 활성화 기본계획(2018~2027년)’을 수립하는 기반으로 활용하기 위함이다.

2. 국외 융합연구 정책동향

오늘날 미국, 유럽연합(EU), 일본, 중국 등 해외 주요 국가들은 신성장동력을 확보하고 사회적 난제를 해결하기 위해 분야 간의 경계를 뛰어넘는 융합기술정책을 추진하고 있다. 특히 2017년에는 4차 산업혁명이 본격도에 오르면서, 주요 국가들은 국가 차원에서 제도·문화적 장벽을 허물고 과학기술혁신을 적극적으로 지원할 수 있는 정책들을 마련해 진행하고 있다.

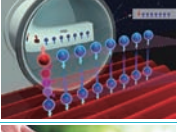
■ 미국

미국은 미국국립과학재단(NSF) 등을 중심으로 융합에 대한 개념, 추진 방향 등을 선제적으로 제시하고 있다. NBIC(2003년)에서 인간역량을 강화하기 위한 NBIC 기술의 융합과, NBIC2(2013년)에서 지식, 기술, 사회의 융합을 거치면서, 기술(NT, BT, IT, Cognitive science) 간의 융합에서 개인 및 사회의 문제를 해결할 수 있는 인간 중심의 융합으로 진화했다. 특히 2013년에 발표한 2차 NBIC에서는 인간, 기술, 사회, 자연의 역량을 활용해 인간 중심의 가치를 확립하고 당면한 문제를 해결하기 위한 융합을 강조했다.

또한 NSF는 다가오는 미래에 대비하기 위해 축적된 연구역량, 특히 융합연구를 중심으로 하는 장기투자 전략을 마련하기 위해 과학 및 공학 영역 중 다가오는 미래에 가장 혁신적인 10가지 도전과제(Big Idea)를 선정했고 그 하나로 융합연구의 성장을 제시한 바 있다. NSF의 빅아이디어 연구 분야는 <표 2-4>와 같다.

NSF는 10대 빅아이디어 중 연구 아이디어와 관련된 23개 과제에 1,126만 달러 규모를 처음으로 지원하기 시작했다. 예를 들어 모델링 기반 대형데이터 기초연구와 같은 원천기초연구부터 NSF/DOE 양자과학 여름학교 운영, 양자역학을 발전시키고자 관련 대학-산업계 산학협력 네트워크 기반으로 교육, 연구프로젝트, 취업기획 등을 연계하는 융합 QL(Quantum Leap) 워크숍 운영, 양자커뮤니케이션 관련 연구주제 및 동향을 연구하기 위한 양자요소 관련 워크숍 등 다

〈표 2-4〉 NSF의 빅아이디어 주요 연구 분야

	데이터 혁명 촉진 (Harnessing the Data Revolution)	데이터 인프라구축을 위한 정부차원의 지원 및 21세기 데이터전문가 양성
	휴먼-테크놀로지 프론티어 (The Future of Work at the Human-Technology Frontier)	미래의 노동을 형성하는데 영향을 미치는 인간, 사회 및 기술의 상호작용에 대한 연구
	새로운 북극 탐색 (Navigating the New Arctic)	북극의 극한의 생물학적, 물리 화학적, 사회적 변화를 이해하기 위하여 북극 관측 시스템 구축
	다양한 천체물리학 측정장비 (Windows on the Universe: The Era of Multi-Messenger Astrophys)	새로운 천체관측 접근방법을 통하여, 물질과 에너지의 본질을 분석하고 주변 세계를 새로운 시각으로 관찰할 수 있는 방법 연구
	양자혁명을 주도할 양자도약 (The Quantum Leap: Leading the Next Quantum Revolution)	양자역학을 활용하여 입자 및 원자의 변화를 관찰 및 조작하며, 이를 통하여 컴퓨팅, 모델링 및 통신을 위한 차세대 기술을 구현
	생명의 규칙을 이해하기 위한 표현형 예측 (Understanding the Rules of Life: Predicting Phenotype)	분자수준에서 생물권에 이르기까지 생태계 내 생물체를 구성하는 복잡성 연구

참고 : https://www.nsf.gov/news/special_reports/big_ideas/

양한 형태의 융합연구를 지원했다.

또한 미국은 4차 산업혁명에 대응하고자 첨단기술과 자금력을 보유한 구글, 아마존, 애플, 페이스북 같은 자국의 글로벌 기업을 중심으로 한 민간 주도의 융합연구가 활성화돼 있다. 정부는 프로젝트 기획 초기단계에서부터 민간기업이 함께 참여하게 함으로써 기반기술 개발과 상용화를 동시에 달성하는 정책을 추진하고 있다.

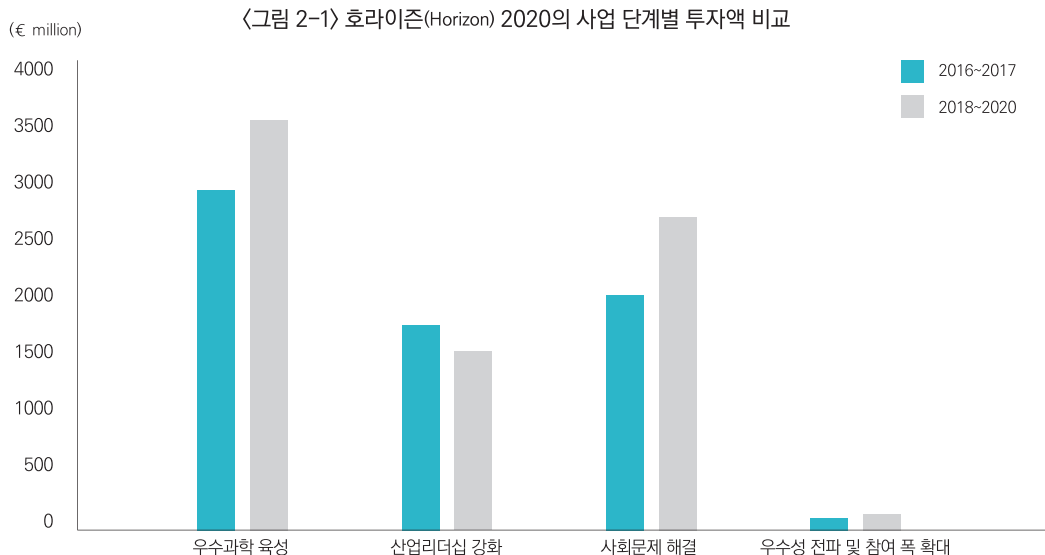
백악관 산하 과학기술정책실(OSTP)의 발표에 따르면, 2017년 백악관 산하에 미국혁신국(Office of American Innovation)을 신설했다. 이로써 과학기술정책실과 함께 혁신 이니셔티브의 추진을 강화하고 있음을 볼 수 있다. 2017년에 추진한 과학기술정책의 주요 성과를 살펴보면 다음과 같다. 드론기술이 배송, 긴급 구호에 활용될 수 있도록 규제 장벽을 철폐했으며, 바이오 의료 분야에서 예산 심사 과정을 간소화하고 디지털 의료기기의 혁신 프로그램에 착수했다. 또한 브

로드밴드 서비스 시설의 설치·보급에 따른 규제를 간소화하는 식으로 규제를 풀며 산업 분야의 혁신을 지원하는 한편, 전자상거래와 디지털 무역 등에 관련된 디지털 경제의 발전 방안을 논의했다. 이 외에 국립과학재단을 통해 노벨상을 수상할 만한 연구에 대한 지원 강화, 1993년 폐지된 국가우주위원회 부활시켜 우주 탐사 프로젝트 추진, STEAM 교육 지원에 대해 별도로 예산 배정(매년 2억 달러)처럼 과학적 성과를 창출하기 위해 다양한 정책적 지원을 하고 있다.²⁾

■ EU

유럽연합은 R&D혁신과 사회문제해결을 함께 추진하기 위한 혁신정책들을 펼치고 있다. 유럽은 2004년 'CTEKS Report'를 통해 미국의 NBIC보다 확대된 융합연구의 개념을 제안한 바 있다. 즉 제1차 NBIC에서 논의된 NT, BT, IT 외에도 사회과학, 인문학 및 기타 기반 기술과 지식 체계를 포함한 광범위한 융합연구 개념을 제2차 NBIC에 앞서 선제적으로 제시한 바 있다. 대표적으로 EU 내 가장 큰 과학기술분야의 국책 프로젝트인 '호라이즌(Horizon) 2020(2014~2020년)'에서도 문제해결 중심의 이런 융합개념을 반영해 사회과학, 인문학 등 다른 분야와의 협업과 융합을 중시하고 있다.

유럽연합 집행위원회(EU Commission)가 주관하는 호라이즌 2020은 7년 동안 3대 우선과제



출처: 장훈(2017) 유럽연합의 Horizon 2020: 300억 유로 투자계획('18~'20) 발표, 과학기술정책연구원

2) KISTEP 과학기술&ICT 정책동향 No 115. 1P. 미국 트럼프 정부 1주년 과학기술 정책 성과 발표 재인용

(우수과학 육성, 산업리더십 강화, 사회문제 해결)에 약 800억 유로를 투자해 유럽연합을 세계 수준의 과학 기술 선도국가로 도약시키고자 노력하고 있다. 2017년 10월에는 호라이즌 2020의 마지막 단계(2018~2020년)에 대한 투자계획을 발표했다. 현재 유럽연합이 직면한 문제들을 우선 해결하기 위해 ‘저탄소 및 기후변화’, ‘순환경제’, ‘산업의 디지털화’, ‘보완 및 이주’ 등의 분야에 300억 유로를 투자할 계획이다. 좀 더 실질적인 정책을 시행하려고 유럽혁신의회를 신설해 기업들의 혁신 활동을 지원하며, 또한 유럽연합과 비(非)유럽연합의 연구협력을 적극적으로 장려하고 있다.

호라이즌 2020은 연구목적, 규모, 형태에 따라 다양한 산하 프로젝트들로 구성되어 있으며, 특히 다가오는 4차 산업혁명에 대비해 미래 유럽 사회의 경쟁력 제고 및 성장을 주도하는 혁신기반과 리더십을 확보하고자 FET(Future and Emerging Technologies)를 추진하고 있다. FET는 선진 복합과학과 최첨단 공학의 협력 연구를 통해 혁신적인 신규기술 분야를 개척하는 동시에, 학문 분야 간의 융합연구를 지원하는 것을 목표로 한다. FET는 그래핀(graphene), 인간 뇌(human brain) 등을 연구하는 중장기 난제 연구 프로젝트인 ‘FET 플래그십(Flagship)’과, 생명공학(biotechnology), 양자공학(quantum engineering), HPC(High Performance Computing)과 같이 미래에 대응하는 혁신기술에 대한 연구역량을 육성하기 위한 FET 프로액티브(Proactive) 프로그램으로 구성돼 있다. 2017년 2월 유럽집행위원회는 EU 연구혁신 프로그램인 호라이즌 2020에 참여하는 절차를 간소화하는 방안을 발표했다. 세부적으로 살펴보면, 호라이즌 2020 지원금 협정(Model Grant Agreement)을 개정해 추가 보수를 재정의하고, 2017년에는 2018년부터 2020년까지 호라이즌 2020 업무 프로그램(work program)을 간소화해 핵심주제를 우선 지원함으로써 공모 수를 축소하며, 스타트업 지원 계획(Start-up and Scale up Initiative)을 기반으로 호라이즌 2020 스타트업과 혁신업체 참여 지원을 확대하고, 총액 일괄 지원(lump-sum) 프로젝트를 확대해 참여자의 행정부담을 축소해주는 것 등을 포함하고 있다.

개별 국가들도 4차 산업혁명에 대비해 융합연구를 활성화하기 위한 정책적 노력을 하고 있다. 독일은 연방기본법과 과학기술정책지침인 하이테크전략³⁾에 근거한 R&D 정책을 추진하고 있다. 독일의 연구혁신 프로그램은 연방경제에너지부(BMWi)의 중소기업 종합혁신프로그램 등과 같은 기술개발형 프로그램과, 2050년까지 신재생 에너지의 효율화 및 사용 확대를 목표로 하는 6차 에너지연구 프로그램, 바이오경제 2030 프로그램과 같은 기술지원형 프로그램으로 구성돼 있다. 특히 독일 정부는 하이테크 전략의 큰 틀 아래서 2014년 디지털화로의 전환을 지원하고

3) 하이테크 전략은 2006년 8월 독일 연방교육연구부(BMBF) 주도로 정부, 연구소, 산업계 전문가들이 참여하고 수립한 범정부 차원의 혁신전략으로 2010년과 2014년에 개정됨. 독일 최초의 범부처 전략으로, 기술개발, 펀딩, 연구개발 시스템에 이르는 과정을 규명함.

주도하고자 정부 정책의 기본지침을 제공하는 ‘디지털 어젠다’를 발표했으며, 2016년에는 이에 대한 구체적인 추진과제와 세부실천방안이 담긴 ‘디지털전략 2025’를 발표했다.

또한 독일은 ‘인더스트리 4.0’⁴⁾ 전략을 바탕으로 플랫폼 비즈니스개발 모델을 통한 제조업의 혁신을 도모하는 한편, 지역역량센터를 구축해 중소기업들의 네트워크를 장려하고 있다. 독일 인더스트리 4.0은 산·관·학·연 전체가 참여하는 플랫폼 인더스트리(Platform Industry) 4.0을 구성해 모든 이해관계자를 모이게 하고, 관련 대응방안과 전략에 대해 민관이 공동으로 대응하는 것이 특징이다. 플랫폼 인더스트리 4.0은 산·관·학의 구심점 역할을 하고, 주(州)정부, 협회 등 다양한 이해당사자와 활발히 소통하며 업무를 추진하고 있다. 독일의 인더스트리 4.0은 장기적 관점에서 수립된 정책이자, 끊임없는 시도와 도전을 통해 급속한 변화에 능동적으로 대비하고자 하는 정책이라 할 수 있다.

영국도 역시 4차 산업혁명에 대응하기 위한 노력을 지속하고 있다. 무인자동차, 인공지능 분야의 연구를 지원하기 위해 2017년 6월 산업전략 챌린지 기금(Industry Strategy Challenge Fund)을 출범시켰으며, 영국 전역에 사물인터넷 네트워크를 확장하기 위해 응용프로그램 개발을 장려하고, 산업 및 사회의 문제를 해결할 수 있는 솔루션을 개발하기 위한 기업들을 지원하고 있다.

■ 일본

일본 정부는 기술혁신을 통해 저출산, 고령화, 디플레이션 등 일본이 현재 당면한 문제를 해결하고자 제5기 과학기술기본계획(2017-2021년)을 수립했다. 제5기 과학기술기본계획은 4개 영역과 이의 실천과제로 구성되며, 지속성장과 발전, 국가과제 해결, 안전하고 풍요로운 국민 생활 실현 등을 추구하고 있다. 부처 간 조정 협력을 강화하고자 전 부처 과학기술혁신 정책의 컨트롤타워인 종합과학기술이노베이션 회의를 설치·운영해 과학기술을 중심으로 국가 성장과 국민 행복을 동시에 만족시키려고 노력하고 있다. 특히 제5기 과학기술기본계획에서 제시된 미래사회의 모습인 소사이어티(Society) 5.0은 수렵사회 → 농경사회 → 산업사회 → 정보사회에 이은 새로운 경제사회를 의미한다. 일본은 자국의 강점기술과 ICT 신기술을 융합해 소사이어티 5.0을 구축함으로써 제4차 산업혁명 시대의 미래 산업구조 변화에 선제적으로 대응하려는 것이다. 일본 정부는 ‘미래투자전략 2017’에서 소사이어티 5.0의 구체적 방안으로 건강수명 연장, 이동혁명 실현, 공급망 차세대화, 쾌적한 인프라 구축 및 마을 만들기, 핀테크라는 5대 전략 분야를 발표했다.

4) Industry 4.0은 독일 정부에서 발표한 스마트공장 구축을 위한 범국가 차원의 이니셔티브로 2012년 하이테크전략 2020의 10대 미래프로젝트에 편입됨. 공식적으로 2011년 11월에 발의됐으며 2012년에 미래프로젝트로 편입돼 2.5억 유로 규모의 국가프로그램으로 운영되고 있음.

〈표 2-5〉 일본 소사이어티 5.0의 주요 내용

전략 분야	주요 추진내용
건강수명 연장	- 데이터 활용 기반 구축 - 보험사업자 및 경영자에 의한 개인 행동 변화 본격화 - 원격진료, AI 개발·실용화 추진 - 자립을 지원하기 위한 과학적 간호 실현 - 혁신적 재생의료, 제품 등의 창출 촉진, 의료·간호의 국제전개 추진
이동혁명 실현	- 선도적 실증테스트 - 전략적 데이터 수집·활용, 공유 분야 확대 - 제도경쟁에 대비해 국제적 표준화를 선도할 수 있는 제도 정비
공급망 첨단화	- IoT 등 첨단 네트워크를 기반으로 새로운 부가 가치를 창출할 수 있는 산업사회 실현 - 데이터 연대의 제도 정비 - 데이터연계 선진사례 창출·전개
패적인 인프라·도시 만들기	- 인프라 정비 및 유지관리를 통해 생산성 향상 - 인프라 점검 및 재해대응 로봇의 개발 촉진
핀테크	- 오픈 이노베이션 강화, 현금 없는 사회 추진 - 새로운 결제서비스 창출

출처: 未来投資戦略(2017), 최해욱 외 2인 (2017). 일본 「미래투자전략 2017」 대응 정책과 시사점. 제31호 재인용

과학기술이노베이션 종합전략 2017은 제5기 과학기술기본계획에 따라 수립되어 일본을 세계에서 가장 혁신에 적합한 나라로 변혁하기 위한 전략을 기획·추진하고, 소사이어티 5.0을 실

〈표 2-6〉 과학기술이노베이션 종합전략 2017의 정책 분야

정책 분야	핵심어
미래산업구조와 사회변혁을 위한 신가치 창출	
- 미래에 과감히 도전하는 연구개발과 인재 강화	미래 도전 연구개발
- 새로운 경제사회로서의 소사이어티 5.0(초스마트 사회)을 실현하는 플랫폼	소사이어티 5.0 실현 플랫폼
경제·사회적 과제로의 대응	
- 지속적인 성장과 지역사회의 자립적 발전	지속성장과 지역사회
- 국가 및 국민의 안전·안심 확보와 양질의 생활 실현	안전사회
- 지구 규모 과제에 대응, 세계 발전에 공헌	지구 규모 과제
- 국가전략상 중요한 프론티어 개척	프론티어 개척
과학기술 혁신의 기반 역량 강화	기반 역량 강화
혁신을 창출하기 위한 인재·지식·자금의 선순환 시스템 구축	이노베이션 창출 선순환 시스템
기타(상기 외 정책 분야 및 과제 등)	기타

출처: 内閣府(2017), 「科学技術イノベーション総合戦略 2017(2017年 6月 2日 閣議決定)」

현하기 위한 중점사항을 명시했다. 일본이 세계에서 가장 혁신에 적합한 국가가 되기 위해서는 관련 제도적·법적 기반 구축이 시급함을 공감해 다양한 정책적 지원 방안을 제시했다. GDP 600조 엔의 경제를 실현하고자 종합기술 이노베이션 회의의 조정 역할을 강화하고, 예산 편성 및 연구개발 투자 확대를 위한 개혁을 적극 추진하고 있다. 대학과 국립연구개발 법인을 개혁하고, 출자기능을 지닌 국립연구개발 법인 대상을 확대해 국립연구개발법인에서 기술이전 및 벤처 캐피탈로의 출자를 가능하게 함으로써 벤처 창출을 강화하는 한편, 연구비 사용 편의성 개선을 검토해 자금의 탄력적 집행 및 다양화 등의 정책지원을 하고 있음을 살펴볼 수 있다.

또한 로봇, 고부가가치 센서 등을 강점으로 하는 자국의 특징을 살려서 2015년 이후에 4차 산업혁명에 대응하기 위한 융합정책들을 추진하고 있다. 경제산업성을 중심으로 기업, 연구기관, 지자체 등이 협력해 제조업 전반의 혁신을 도모하는 로봇혁명이니셔티브(Robot Revolution Initiative, RRI)를 2015년 5월 출범시켰으며, 2015년 10월에는 경제산업성과 총무성 주도하에 IoT, 인공지능, 빅데이터 등에 관련된 미래 신사업모델을 창출하기 위한 민관협력기구인 IoT 추진 컨소시엄(IoT Acceleration Consortium, ITAC)을 구축했다. 2017년 5월에는 4차 산업혁명에 대응하기 위한 신산업구조 극복과제를 최종적으로 발표했다. 신산업구조 비전은 IoT, 빅데이터, 인공

〈표 2-7〉 신산업구조의 4대 전략 분야

전략 분야		단기(~2018년)	중기(~2020년)	장기(~2020년)
이동	목표	-	- 무인자율주행에 의한 이동서비스 - 고속도로 무인 일렬주행	- 서비스 지역 확대 - 고속도로 내 무인 일렬주행 사업화
	계획	- 모델 지역 시범사업 - 원격운행 가이드라인 정비	- 올림픽 패럴림픽 프로젝트 - 도로교통법 등 규정 명확화	- 민간으로 사업 확대 - 무인자율주행차 보급
생산 입수	목표	-	- 최적화된 공급망 구축 - 현장개선모델 등 국제표준화	- 글로벌 최적화된 공급망 - 현장개선모델 등 국제표준화
	계획	- 데이터플로 파일 작성 - 하노버 선언에 의해 독일과 협력 강화	- 전국에 데이터를 연계하기 위한 플랫폼 구축 - 데이터를 국제표준화하기 위한 국제협력 강화	- 민간 스마트 공급망 확대
건강 유지	목표	-	- 예방·건강관리 자립지원의 새로운 의료간병시스템 구축	- 새로운 의료간병시스템을 생활 내 정착(2030년대 건강수명 5세 연장)
	계획	- 원격진단 관련 진료수가 개정 - 로봇 활용 관련	- 자신의 건강 및 의료데이터를 파악할 수 있는 기반 구축 - AI 알고리즘 개발	- 개인이 평생 스스로 건강 의료데이터를 파악할 수 있는 기반 본격 활용
생활	목표	-	- 공공데이터를 민간에 개방해 새로운 비즈니스 창출	- 새로운 마을 조성 전국 확대
	계획	- 민관 데이터 활용추진 기본계획	- 새로운 마을 조성 관련 리얼 데이터 플랫폼 구축	- 2020년 도쿄올림픽·패럴림픽까지 대응 가속화

출처: 과학기술&ICT 정책 기술동향 97호, p9. 일본 신산업구조 비전 최종보고서 발표 재인용

지능, 로봇으로 대표되는 혁신을 기반으로 좀 더 풍요로운 사회를 실현하는 데 목적이 있다.

2017년 문부과학성이 발표한 과학기술백서에 따르면, 기초과학 수준 및 오픈이노베이션을 활성화하기 위한 정책을 강화하고 있음을 볼 수 있다. 특히 산·학·연·관 간 협력과 융합이 필요한 오픈이노베이션에 있어서 부진한 현황을 분석하고, 대학, 연구개발 법인의 조직관리 강화, 산학연계에 따른 인센티브 강화, 기업에 의한 산·학·관 협력 추진, 벤처 창출 및 성장 촉진, 오픈이노베이션을 이끄는 인재 확보 및 육성 등의 정책을 제시하고 있다.

■ 중국

중국은 R&D 인력 세계 1위(2016년), R&D 투자 세계 2위(2016년)이자 IMD 평가(2017년)에 따라 과학경쟁력 3위, 기술경쟁력 4위에 오르며 대국에서 강국으로서 달라진 위상을 보이고 있다. 2012년 이후에는 양자 홀 효과, 고온초전도 선재, 페르미 입자, 암흑물질 입자 관측 위성 등에 관련된 기초연구 분야에서 성과를 창출했으며, 노벨 생리의학상 수상자를 배출하기도 했다.

중국은 국가경쟁력이 곧 과학기술력이라는 판단 아래, 과학기술 혁신을 진행하기 위한 중장기 및 5개년 계획을 수립해 실시하고 있다. 주요 R&D는 과기혁신 13.5 계획 및 하위 전문계획, 중국제조 2025 같은 전략 등에 의거해 추진되고 있다. 과기혁신 13.5 계획(2016. 8)은 2020년까지 세계 혁신형 국가 대열에 진입해 2050년 세계 과학기술 강국으로 도약하기 위한 탄탄한 기반을 마련하는 것을 목적으로 삼아, 인터넷과 모바일을 기반으로 하는 플랫폼 경제로의 전환을 추진하고 있다. 13.5 계획의 주요 혁신 발전전략 목표는 ① 과학기술 혁신의 역할 강화 ② 대중창업·민중혁신 심화 ③ 혁신장려 시스템 구축 ④ 인재 우선 발전전략 시행 ⑤ 새로운 발전 동

〈표 2-8〉 국가 선진 과학기술 중대 프로젝트

기존 프로젝트	신규 프로젝트
- 핵심 전자부품, 첨단 칩, 기초 소프트웨어 - 대규모 집적회로 제조장비 및 관련 공법 - 차세대 광대역 모바일 통신네트워크(5G) - 고급 CNC 공작기계 및 기초 제조설비 - 석유가스 밀 세일가스 개발 - 대형 가압수형 원자로 및 고온 가압 냉각형 원자로 - 수질오염 관리 - 유전자 변형 - 신약 개발 - 에이즈, 바이러스성 간염 등 중대 전염병 예방치료 - 대형 항공기 - 고해상도 지구관측 시스템 - 유인우주선 개발 및 달 탐사	- 항공엔진 및 가스터빈 - 심해 연구기지 건설 - 양자통신 및 양자컴퓨터 - 뇌과학 연구 - 국가 사이버공간 안전 - 심우주 탐사 및 우주선 유지보수 시스템 개발

출처: 대외경제정책연구원. (2016). KIEP 북경사무소 브리핑. 13.5 계획 기간 중국의 혁신발전 전략발전과 평가 재인용

력 창출이다. 특히 과학기술 혁신의 역할을 강화하고자 기존의 국가 선진 과학기술 프로젝트의 진행을 가속화하고 신규 첨단 분야의 혁신을 추구하는 데 있어 목표가 분명하고 중점 분야가 확실한 혁신전략을 추진하기 위해 국가 장기발전과 연결되는 중대 과학기술 프로젝트를 실시하고자 계획하고 있다.

본 계획에서는 핵심기술 개발, 기존 산업 업그레이드 및 신흥산업 발전 등을 통해 국제 과학기술 산업의 변화에 대응하고 글로벌 경쟁력을 갖춘 현대 산업기술 체계를 구축하고자 농업, 차세대 IT, 첨단제조, 신소재, 고효율 청정에너지, 교통, 선진 고효율 바이오, 식품제조, 와해성 기술 분야에서 중점 기술 분야를 제시하고 있다. 특히 업계를 완전히 재편성하고, 시장 대부분을 점유하게 될 신제품이나 서비스를 확보하기 위해 와해성 기술 분야에서 IT, 제조, 바이오, 신소재, 에너지 같은 분야의 융합기술 연구, 생명과학, 바이오육종, 공업생태 분야의 영향력 제고, 모바일인터넷, 양자 IT, 인공지능 등의 중점 개발, 차세대 에너지기술 개발, 신소재산업 발전 유도를 중점기술 분야로 제시했다.

중국은 또한 융합을 바탕으로 한 하이브리드 경제대국으로 경제 개편을 하기 위한 인터넷+(2015), 중국제조 2025(2015~2025, 2015)를 지속 추진하고 있다. 중국은 1단계로 기존 산업 간의 경계를 허물고, 새로운 경제생태계를 구축하기 위해 모든 전통산업에 인터넷을 접목하는 인터넷+ 전략을 추진하고, 이후 모든 제조업을 첨단화·인공지능화·로봇화하는 스마트+를 추진하는 중국제조 2025 전략을 수행해 IT와 제조업의 융합을 바탕으로 제조업 분야의 혁신적 가치를 창출하며, 2035년 이후에는 글로벌 제조업 최고 수준의 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 하고 있다. 중국제조 2025의 핵심은 산업에 ICT를 접목하는 것이 주력 방향인 스마트제조라고 할 수 있다. 기초과학과 학제 간의 융합에 기반이 되는 빅데이터 산업을 육성하기 위한 정책도 추진하고 있다. 2015년 중국 국무원은 빅데이터 산업을 발전시키기 위한 종합계획인 ‘빅데이터 발전 촉진행동강요’를 발표했으며, 2017년 공업정보화부는 좀 더 세부적인 사항을 담은 ‘빅데이터 산업 발전규획’을 발표했다. 해당 정책들에 따라 중국은 데이터 공유·개방, 빅데이터 기술제품 연구개발, 빅데이터 응용 확대, 보안 역량 강화 등을 통한 산업 발전을 강조하고 있다.

2017년 개최된 양회(两会)에서 디지털 경제, 인공지능, 5G 이동통신 기술 등을 주요 이슈로 선정했으며, 해당 기술들을 향상하기 위한 다양한 정책을 수행하고 있다. 2017년 7월에는 2030년까지 AI 핵심산업을 1조 위안 규모로 발전시키는 ‘차세대 인공지능 발전규획’을 발표했다. 특히 뇌 알고리즘, 스마트제어 등 다양한 영역에서는 2030년까지 인공지능 분야에서 세계를 선도하기 위한 정책적 지원을 추진하고 있다. AI를 제조, 농업, 물류 및 금융을 포함한 다른 산업과 융합해 중국 경제의 토대가 될 수 있도록 계획하고 있다.

〈표 2-9〉 중국 차세대 인공지능 발전 계획의 시기별 목표

기간	목표	주요 내용
2020년	인공지능 기술 및 응용 분야에서 세계 선두권 진입	· 인공지능 기술 표준 및 서비스 체계 구축 · 글로벌 선도 기업 육성 · 인공지능 정책 규범 마련
2025년	인공지능 이론 분야 발전	· 새로운 인공지능 연구성과 확보 · 제조, 의료, 도시, 농업, 국방 등 다양한 영역에서의 활용 · 인공지능에 관련된 법률 규범 및 이론 범위 체계 구축
2030년	인공지능 이론, 기술, 응용 전 분야에서 세계 선도	· 뇌 알고리즘, 스마트제어 등 다양한 영역에서 성과 확보 · 인공지능 산업의 경쟁력 확보 · 인공지능에 관련된 법률, 법규, 정책체계 완성

출처: http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.html

2017년 중국은 기초선도 연구에 초점을 맞춰 세계적 영향력을 갖고 있는 학술혁신, 인재 양성, 연구선도, 지식확산 및 성과이전의 거점인 국가연구센터 6개를 설립하고 승인했다. 1984년부터 국가중점실험실 구축 계획을 시작해 17년간 약 643개의 실험실을 구축해 왔으며, 2020년까지 기초연구, 연구개발, 성과이전을 위한 과학기술기반의 구축을 강화할 예정이다. 이를 위한 중점전략으로는 과학·공학 혁신기지, 기술혁신 및 성과이전 기지, 기반 지원 및 여건 보장형 기지의 구축 강화 등을 제시했다. 특히 과학기술부가 관리하는 국가중점실험실은 학문 분야 발전 촉진, 원천혁신 능력 제고, 기초 및 응용연구 과학기술 혁신활동 추진 등을 수행하며, 기초연구 분야 및 혁신 연구를 전개하기 위한 기금, 전문프로젝트 등이 우선 수행될 수 있도록 지원받는다. 이처럼 중국은 기초과학과 제조업 간의 융합을 통해 기존 산업이 가지는 한계를 극복하고 새로운 가치를 창출하며 과학기술 기반 혁신을 바탕으로 제조 선도국으로 나아가기 위한 정책 지원을 지속하고 있다.

참고문헌

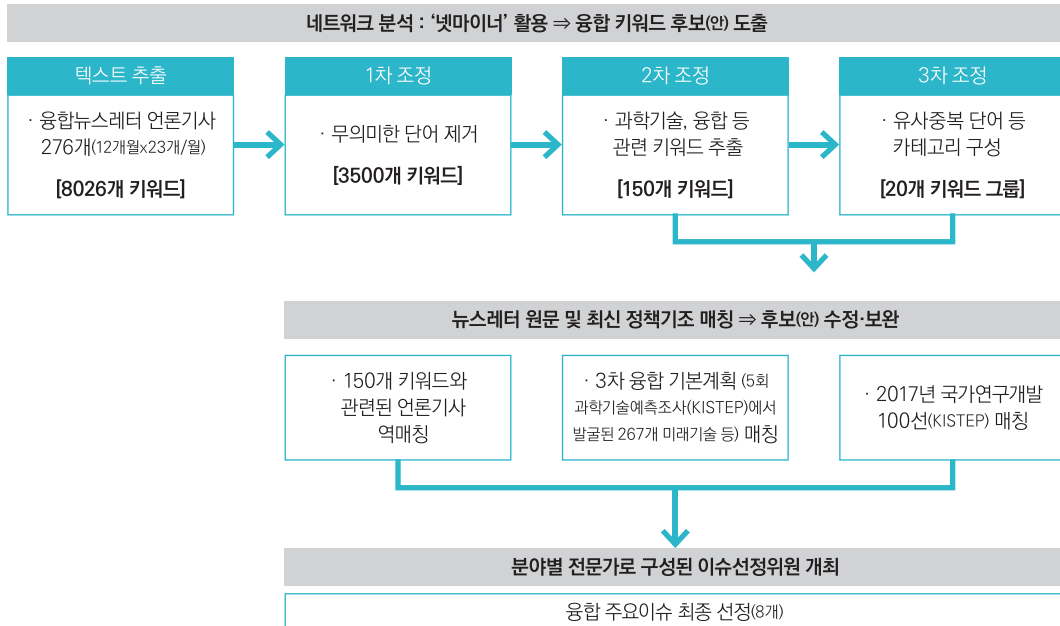
1. 일본문부과학성. (2017). 과학기술백서. Retrieved from http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201701/1379096_001.pdf
 2. 일본경제산업성. (2017). 신산업 구조비전 최종보고서. Retrieved from http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201701/1379096_001.pdf
 3. 이주석, 김승연. (2018). 독일의 연구개발 동향. KISTEP 기술동향 브리프.
 4. 김상식. (2018). 혁신적 미래투자전략. 융합연구정책센터.
 5. 이남우. (2017). 4차 산업혁명기 융합 R&D 전략. 융합연구정책센터.
 6. 윤대상. (2018). 중국 과학기술혁신 정책 동향과 한·중 협력방안. KISTEP 과학기술동향 심층분석 제32호.
 7. 김규판 외 3인. (2017). 주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략, 미국, 독일, 일본을 중심으로. KIEP.
 8. KISTEP. (2018). 트럼프 정부 1주년 과학기술 정책 성과 발표. 과학기술&정책기술 기술동향 No. 115.
 9. 과학기술정보통신부. (2017). 중국, 국가과학기술지구 구축 전문프로젝트 발표. 과학기술&ICT 정책·기술 동향 107호.
 10. 북경사무소. (2016). 「13.5 계획」 기간 중국의 혁신발전 전략 방향 및 평가. KIEP.
 11. S&T 글로벌동향(2017). Horizon2020 간소화.
 12. 未来投資戦略(2017). ~Society 5.0の実現に向けた改革~.
 13. 신은정. (2017). 주요 선도국의 기초연구정책 동향과 시사점. 과학기술정책 27(6). 18-23.
 14. 서지영. (2017). 독일의 연구개발 거버넌스 현황과 변천. 과학기술정책 27(3).18-25.
 15. 장훈. (2017). 독일의 미래 국가경쟁력 제고를 위한 준비 : 디지털화. 과학기술정책 27(10). 10-15.
 16. 우자숙. (2017). 4차 산업혁명 기술에 대한 영국의 대응. 경제규제와 법 10(2). 122-139.
 17. 오장근, 양시영. (2018). 독일 인더스트리 4.0의 인문학적 특징과 정책적 대안에 대해서 - 독일 일자리 정책 사례분석을 중심으로. 문화교류연구 7(1). 107-128.
 18. 브뤼셀지부. (2018). 영국, 독일, 프랑스의 4차 산업혁명 관련 최근 동향 브리핑.
 19. 장훈. (2017). 유럽연합의 Horizon 2020 : 300억 유로 투자계획('18~'20) 발표. 과학기술정책연구원.
 20. 이다은. (2017). 제4차 산업혁명과 혁신정책. 과학기술정책 27(5). 46-51.
 21. 최해욱 외 2인. (2017). 일본 「미래투자전략 2017」 대응 정책과 시사점. 제31호.
 22. 이지평 외 2인. (2017). 일본의 4차 산업혁명 추진 동향과 Society5.0. LG 경제연구원
 23. NSF. (2017). NSF issues first Convergence awards, addressing societal challenges through scientific collaboration.
 24. NSF. (2017). 10 Big Ideas: Growing Convergence Research@NSF.
 25. HORIZON 2020 공식 웹사이트(<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/>).
 26. 독일 인더스트리 4.0 플랫폼 홈페이지(<http://www.plattform-i40.de/I40/>).
 27. 일본 미래투자전략 Retrieved from https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_t.pdf
 28. <https://www.now.go.kr/ur/poliTrnd/UrPoliTrndSelect.do?screenType=V&poliTrndId=TRND0000000000031075&pageType=008¤tHeadMenu=1¤tMenu=12>
 29. https://www.nsf.gov/news/special_reports/big_ideas/
 30. https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=244676&org=NSF&from=news
-

제2절 2017년 융합 이슈와 진단

■ 올해의 융합 트렌드 선정과정

2017년 주요 융합 트렌드를 선정하기 위해 융합연구정책센터에서 발간하는 ‘주간뉴스레터’를 기초데이터로 활용했다. 뉴스레터에 게재된 국내, 국외 276개 기사 전문 데이터에 대해 키워드 분석¹⁾을 실시한 결과 융합 관련 언론기사 전문에서 총 8026개의 키워드를 뽑아냈다. 먼저 1차 조정단계에서 이렇게 도출된 8026개의 키워드 가운데 무의미하고 관련성이 없는 단어를 제거해 3500개 키워드를 골라냈다. 다음으로 2차 조정단계에서는 융합연구연감의 성격에 맞도록 과학기술, 융합과 같이 관련 주요 키워드를 추출해 150개 키워드를 선별했다. 또한 다양한 키워드 간의 유사·중복 등의 문제를 해결하기 위해 세부 키워드를 여러 그룹으로 분류하는 3차 조정단계를 거쳐 최종적으로 총 20개 키워드 그룹을 도출했다.

〈표 2-10〉 올해의 융합 트렌드 선정과정



1) 60개국 800여 기관에서 사용되는 네트워크 분석 및 시각화 전문 대표 소프트웨어 '넷마이너(NetMiner)' 활용

〈그림 2-2〉 키워드 클라우드 시각화 결과

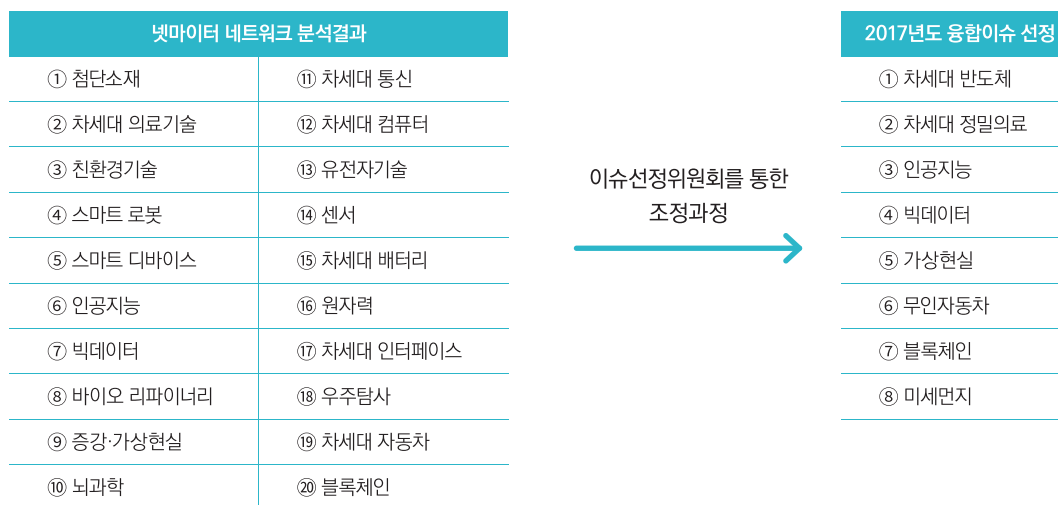


〈표 2-11〉 넷마이너를 활용해 도출된 융합 키워드 후보(안)

키워드 그룹(20)	융합 핵심 키워드(150)
데이터	데이터, 데이터베이스
로봇	로봇, 알고리즘
인공지능	신경망, 인공지능, 지능
신소재	검진기, 고분자, 고탄성, 소자, 광촉매, 그래핀, 나노, 다이오드, 발광, 백금, 세라믹, 유도체, 이온, 유체, 전자, 전자기장, 전하, 전해액, 전해질, 절연, 절연체, 천연물, 촉매, 탄성, 탄소, 탄화수소, 트랜지스터, 티타늄, 플라스틱
반도체	반도체, 광전자, 초전도체
스마트 디바이스	내비게이션, 노트북, 디바이스, 모바일, 모빌리티, 스마트폰, 안드로이드
센서	광센서, 근자외선, 근적외선, 바이오센서, 센서, 유기체
통신	가시광선, 광섬유, 네트워크, 모듈, 와이파이, 통신, 통신망
입자가속기	중성자, 가속기, 가속, 중력파
증강·가상현실	가상, 가상현실, 그래픽, 증강, 증강현실, 홀로그램
차세대 자동차	무인기, 전기, 전기자동차, 전기차, 전력, 전력량, 전류
뇌과학	뇌, 뇌전
유전자기술	게놈, 생물, 유전병, 유전자, 유전체, 유전학
줄기세포	세포, 체세포, 염기서열, 줄기세포
의료, 제약	검출기, 나트륨, 내과, 단백질, 메디컬, 바이러스, 박테리아, 백신, 백혈구, 생리학, 생명공학기술, 세포주기, 신경, 알츠하이머, 의공학, 의료, 의약, 의약품, 인플루엔자, 적혈구, 제약, 치료제, 캡슐, 항생제, 항암제, 효소
바이오	바이오, 바이오산업, 바이오팜
에너지	가스, 에너지, 연료, 인공광, 천연가스
원자력	방사능, 방사선, 원자력, 원자로, 원자선, 원자외선, 원자핵, 원적외선, 적외선, 핵융합
친환경기술	그리드, 기후, 담수화, 연료전지, 열에너지, 온난, 온난화, 온도, 온실, 온실가스, 청정에너지, 친환경
우주산업	발사, 발사체, 우주, 운반체, 인공위성, 중력

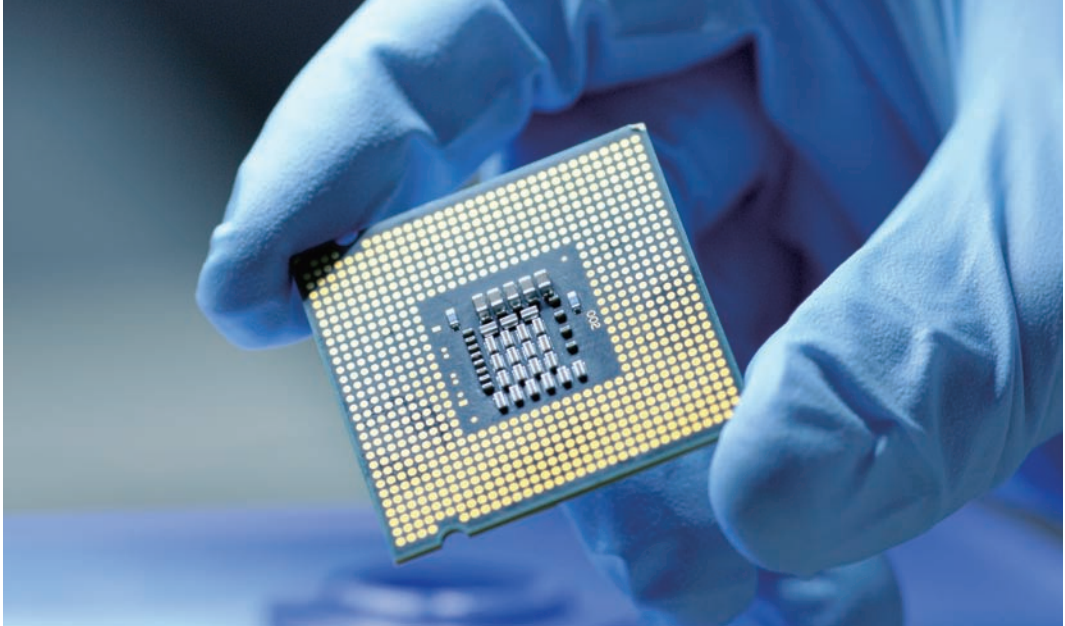
한편 넷마이너에서 도출된 20대 융합이슈 키워드 그룹은 융합연구정책센터에서 발간된 뉴스레터만을 기반으로 한다는 점에서 편향적일 수 있을 뿐만 아니라, 키워드 중심 빈도순으로 추출해 표본으로 활용된 뉴스레터의 핵심내용을 반영하지 못할 수도 있다. 따라서 이를 보완하고자 3차 융합 기본계획(과학기술정보통신부), 5회 과학기술예측조사(KISTEP) 267개 미래기술처럼 유관 정부정책에서 다뤄지고 있는 미래기술, 이슈 등과 연계해 편향성을 벗어나려고 했다. 또한 해당 키워드와 관련된 뉴스레터 원문을 다시 역매칭해 2017년에 핵심으로 다뤄지고 있는 융합연구이슈를 벗어나지 않도록 이중으로 보완하고 점검했다. 더욱이 2017년 실제 우수한 연구성과와 관련된 핵심 융합연구 이슈를 탐색하고자 2017년 국가연구개발 100선(KISTEP)과도 매칭하는 과정을 통해 핵심이슈를 수정·보완하려고 노력했다. 끝으로 분야별 전문성을 갖춘 외부전문가로 구성된 이슈선정위원회를 통해 앞서 수정·보완된 핵심이슈 후보군에 대한 기술 및 이슈의 범주화, 조정, 수정 등을 통해 최종적으로 융합 주요이슈 8개를 선정했다.

〈표 2-12〉 주요 융합 트렌드의 최종 선정과정



1. 차세대 반도체

I. 기술 개요



미래에는 새로운 패러다임의 반도체 소자가 개발돼야 한다. © shutterstock

차세대 반도체 전망

지난 50년간 반도체산업은 더욱더 많은 수의 소자를 집적할 수 있는 소형화로 생산 단가를 낮추는 방식으로 발전해 왔다. 기술적으로는 웨이퍼의 대구경화와 소자의 미세화를 추구했다. 미세화 기술은 차세대 10nm급 이하 기술로 전환됨에 따라 반도체 공정, 장비, 신물질 및 부품, 소재 기술의 지속적 개발이 여전히 요구된다. 하지만 반도체 소자 미세화의 기술적 한계 및 미세화 공정 개발의 투자수익률 문제로 새로운 패러다임의 미래 반도체 소자 개발에 나서야 한다. 또한 에너지 한계 문제를 극복하기 위한 대안 기술이 개발돼야 한다.

최근에는 ICT가 발전함에 따라 정보처리기기에서 소요되는 에너지의 총량이 기하급수적으로 증가할 것으로 전망된다. 특히 사물인터넷(IoT) 도입에 의한 스마트 홈, 스마트그리드, 스마트 카, 유비쿼터스 헬스케어, 동영상 등에서 정보처리 수요가 폭증할 것으로 예상되며, 이에 따른 데이터의 전송, 연산, 응용에 엄청난 에너지가 소모될 것이다. 미국의 경우 2025년에는 개인

용 IT 기기에서의 사용량을 포함하면, 전체 에너지 생산량의 12~15%가 정보 처리에 사용될 것으로 추정된다. 현재의 컴퓨팅 기술체계로는 미래 에너지 수요를 감당할 수 없기 때문에, 반도체 소자, 아키텍처, 시스템 등 전 분야에 걸쳐 초절전 연산체계로의 패러다임 전환이 절실하고, 가장 기본이 되는 차세대 신소자 기술 개발이 선행돼야 한다.

미래의 반도체 기술 트렌드를 주도하기 위해서는 미세화 기술의 한계를 극복하고, 초저전력 컴퓨팅 기술을 구현할 수 있는 차세대 논리소자 및 연산기술을 개발해야 한다. 이와 관련된 경쟁이 본격화되고 있지만, 아직 획기적인 기술발전의 계기는 마련되지 못했다.

앞으로 ICT 기반산업에서 선도적 위치를 유지하고 경쟁에서 뒤처지지 않기 위해서는 차세대 혁신 소자 기술의 개념을 조기에 도출하고 검증하며, 이를 기반으로 광범위한 지적재산권 보호망을 선점한 뒤, 시장지배력을 확보하는 것을 최우선으로 하는 대책을 수립해야 한다. 차세대 반도체 기술은 사물인터넷, 유비쿼터스화된 정보처리에 적합하도록 초저전력 연산 체계를 지원할 수 있는 기술이 필요하다는 점에는 개략적인 공감대가 형성돼 있다. 그러나 최근 팽리스(생산은 하지 않고 반도체 설계만 하는 업체)의 등장으로 반도체 분야의 R&D 투자가 감소되고, 반도체 주생산국 간의 기술장벽이 높아지면서 미래기술 동향 예측이 더욱 어려워졌다. 이런 상황에서는 지금까지의 추격형 연구와는 달리 패러다임 전환기 이후 반도체 및 나노전자기술 분야에서의 주도권을 선점하는 것을 목표로 하는 도전적인 연구개발을 지원하고 추진하는 전략을 수립하는 것이 시급하다.

II. 2017년 주요 트렌드

사회적 트렌드

반도체 소자는 응용 분야에 따른 특정 개별 소자 형태로 발전돼 왔고 이러한 개별 소자의 성능을 향상하기 위해 지난 50여 년간 소자 크기를 줄이는 무어의 법칙을 기반으로 진화해 왔다. 하지만 초연결 IoT 사회 도래와 ICT 발전으로 개별 소자의 성능 향상보다는 다양한 소자에 기반한 정보처리기기 연결, 많은 기기의 데이터 처리 능력 향상, 기기 동작 간 소모 전력 감소와 같은 연구가 필요하며, 이를 달성하기 위한 새로운 재료, 소자, 아키텍처, 시스템의 개발이 요구된다. 예를 들어 인간과의 바둑 대결에서 승리한 인공지능 알파고가 자율주행 자동차에 적용되려면 초저전력 문제를 해결해야 한다. 4차 산업혁명의 핵심 중 하나인 인공지능이 앞으로 실생활에 크나큰 파급효과를 미칠 것이라는 예상은 지배적이지만, 알파고가 약 1200개의 CPU와 200여 개의 그래픽처리장치(GPU)를 가동하면서 엄청나게 많은 전력을 소비한 것에 주목하는 사람은 많지 않다.

정책적 트렌드

미국은 반도체산업의 주도권을 유지하기 위해 반도체 혁신만을 최종 목표로 설정하기보다는 더 넓은 개념의 혁신이 필요함을 자각했다. 즉 혁신의 가속화, 새로운 기술 창조 등 큰 사회적 가치의 실현을 목표로 두고 획기적인 프로젝트를 기획하며, 산업계, 학계, 연구소 및 정부 부처 간의 융·협력 활성화를 강화하고 있다. 한편 유럽연합(EU)은 반도체산업을 지속적으로 발전시키고 확대하고자 호라이즌(Horizon) 2020 등을 통해 초대형 사업을 개발하고 투자를 진행하고 있다. 중국은 후발주자임에도 반도체를 국가산업의 핵심 근간으로 규정하고 관련 정책을 잇달아 제정하며, 개발 프로젝트에 천문학적인 자금 투입과 제도 지원, 수요 창출까지 하고 있다. 전 세계 반도체 수요의 약 60%를 소화하고 있으며, 글로벌 IT 제품의 조립생산기지 역할을 디딤돌 삼아 인공지능 관련 4차 산업혁명의 주도권을 선점하기 위한 정책을 정부 차원에서 주도하고 있다.

이런 외부 위협요인에도 불구하고, 최근 반도체에 대한 우리 정부의 관심과 지원이 감소 추세에 있다. 메모리반도체의 세계시장 점유율 1위를 유지하는 반도체산업은 민간 중심의 기술 개발 분야라는 인식 때문이다. 하지만 최근 주목받고 있는 인공지능 관련 반도체 기술을 선점하고 지적재산권을 확보하기 위한 선제적인 정부 주도형 투자가 필요하다.

R&D 트렌드

최근 새로운 패러다임의 미래 반도체 소자를 개발하는 연구가 본격화되고 있다. 해외 경쟁국은 초연결 IoT 사회에 대응하고자 단위 소자 연구 이외에 다양한 소자의 융합(TSV, M3D)과 저전력에 대한 연구를 동시에 추진하며 시스템을 구현하기 위해 연산, 아키텍처, 회로, 소자, 소재에 대한 초대형 연구사업을 진행하고 있다. 반면 국내에서는 메모리반도체에 편중된 산업구조로 DRAM, 플래시 메모리 소자의 미세화 및 관련 대체 소자(예를 들어 STT-MRAM, ReRAM)에 한정된 연구를 하고 있다. 중장기 기술 연구, 저전력 융합 소자 및 IoT 기반 연구는 부족하며 전문 연구인력의 감소 또한 심각하다.

전통적인 시스템반도체 강국인 미국은 컨소시엄 형태의 공동 연구기관인 세마테크(Sematech)의 역할 약화, 쉘컴의 팹리스 모델 성공에 따라 IBM, 텍사스인스트루먼트(TI), 프리스케일(Freescale)과 같은 다수의 소자 업체들이 자체 R&D 투자를 포기하고 팹리스로 전환하는 추세이다. 하지만 최근에는 정부 주도로 차세대 반도체 소자 집중 연구와 관련 시장 창출에 적극적이다. 예를 들어 메모리 반도체 기술을 개발하고자 연간 1,820만 달러의 투자로 인텔, IBM, TI, AMD, 프리스케일, 마이크론과 대학을 연계해 차세대 메모리 원천기술을 개발하는 중이다. 2015년 인텔·마이크론의 크로스포인트 메모리, 2016년 IBM의 PRAM 메모리 소자 연구는 침



2017년 2월 인텔은 애리조나주 찬들러에 있는 차세대 반도체 생산시설인 '팹 42(Fab 42)'에 70억 달러 이상 투자할 것이라고 밝혔다. 완공된다면 이는 세계에서 가장 앞선 반도체 공장이 될 것으로 전망된다. © Intel Corporation

체된 미국 메모리반도체 기술 회복의 전조로 볼 수 있다. 특히 뉴로모픽 소자 및 시스템에 대한 연구는 인텔의 20조 원 투자, 엔비디아(Nvidia)의 2020년 상용화 목표, IBM 및 구글 참여에서 알 수 있듯이 대규모로 이뤄지고 있다. 또한 해외 파운드리 업체(반도체 제조를 전담하는 생산 전문기업)에 의존했던 애플의 자체 칩 생산 계획 등으로 미국 반도체산업의 부활이 예상된다.

중국도 반도체 굴기의 계획으로 자체 반도체 자급률 70% 이상의 확보를 목표로 2025년까지 10년간 178조 원을 투자할 예정이다. 지난 1년간 반도체 공장 7곳에 75조 원을 투자했다. 현재 주력 투자 분야는 메모리 분야로 한정돼 있으나, 향후 중장기 기술 분야에서도 연구 인력과 자금을 대거 투자할 것으로 판단된다. 정부 주도로 기업, 연구소, 대학 등의 산학연 연맹(칭화유니, XMC, SMIC, 화웨이, ZTE 등의 기업 참여)을 결성해 반도체 소재, 장비, 칩의 제조 생태계를 구축하는 중이며, 제조 기술 중심으로 메모리 시장 확보와 팹리스 비중을 확대할 것으로 예상된다. 현재 시스템반도체 설계 및 후방 산업은 이미 우리나라보다 비교 우위에 있다.

대만은 TSMC를 필두로 파운드리 분야에서 세계 최고 경쟁력을 갖고 있다. 중장기 연구의 경우 정부 주도로 시스템반도체 산업의 경쟁력을 강화할 목적으로 진행되고 있다. EU는 자체 반도체 회사의 부재로 차세대 중장기 연구에 집중하고 있다. 특히 최근 저전력 소자에 대한 연

구는 IMEC, 프랑스 원자력청 산하 전자정보기술연구소(CEA-LETI) 중심으로 진행하고 있으며, 뉴로모픽 소자 연구에 집중적으로 투자하는 중이다.

III. 향후 전망

앞으로 반도체 기술은 계속 발전할 것이다. 지난 수십 년간 실리콘 기반의 반도체 전자소자는 미세화 공정기술의 치열한 개발 경쟁을 통해 발전해 왔다. 그러나 현재 국내 반도체산업은 메모리반도체를 제외하고는 경쟁력이 취약하다. 미세화 기술의 한계로 선발기업과 후발기업의 기술 격차는 감소하고 기업합병에 의한 독과점이 강화되며 반도체산업 환경이 급변하고 있기 때문에, R&D 정책 또한 새로운 대응전략이 요구되고 있다. 향후 10년 내에 미세화의 한계를 극복하기 위한 새로운 대안 기술과 인공지능 관련 반도체 기술의 개발은 국내뿐만 아니라 전 세계 반도체 업계의 초미의 관심사이다.

반도체 소자기업과 팹리스, 후방산업이 국제 경쟁력을 갖추면 우리 반도체산업은 메모리반도체와 시스템반도체라는 두 축을 지녀 급격한 경기변동 사이클의 문제점을 최소화할 수 있을 것으로 기대한다. 미래 초연결사회에 사용될 정보처리기기들의 과도한 에너지 소모에 의한 기술 정체를 막고 정보화 사회의 지속적인 발전을 가능케 할 수 있는 새로운 패러다임의 반도체 신기술이 국내 기술의 주도로 개발되기를 기대한다.

참고문헌

1. Liu, C. W. et al. (2014). New materials for post-Si computing. MRS Bulletin, 39, 658.
2. The Artificial Intelligence Revolution Is Ready to Strike the Semiconductor Industry. (2017). Tractica. Retrieved from <https://www.tractica.com/artificial-intelligence/the-artificial-intelligence-revolution-is-ready-to-strike-the-semiconductor-industry/>
3. High Quality, Cost Effective Market Research. (2017). IC Insights.

※ 집필: KIST 스판융합연구단 김형준 단장

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

2. 차세대 정밀의료

1. 기술 개요

정밀의료의 정의와 범위

정밀의료의 동향을 알아보기 전에 ‘정밀의료’에 대한 정의를 살펴볼 필요가 있다. 정밀한 의료는 단어 자체로 세련되고 좋아 보지만, 어떤 의료를 정밀하다고 정의할 수 있는지는 모호하다. 우선 정밀의료는 반드시 개인 맞춤형 의학을 의미하지는 않는다. 즉, 맞춤형 의학(personalized medicine)은 사람 개개인에 대해 다른 약이 처방되고 맞춤형 의료기기가 사용되는 것을 추구하지만, 의로서비스가 개인 맞춤형(personalized)이 되지 않더라도 정밀의학이라 불릴 수 있다. 물론 정밀한 처방을 위해서는 환자의 다양한 정보를 바탕으로 환자 집단을 나누는(classification) 과정은 필수적이다. 따라서 정밀의료를 위해 필요한 환자 정보와 특징에는 어떤 것이 포함될지가 이 분야의 기술과 산업 분야를 결정짓는다.

오바마 정부의 ‘정밀의학 이니셔티브(Precision Medicine Initiative, PMI)’에 따르면, 게놈서열(genome sequence), 마이크로바이옴 구성비(microbiome composition), 병력(health history), 생활방식(lifestyle), 식습관(diet)으로 그 정보를 규정하고 있다. 이런 종류의 정보는 크게 2개로 나눈다면, 유전체학(genomics), 단백질체학(proteomics), 대사체학(metabolomics), 마이크로바이옴(microbiome)처럼 분자 수준에서 측정하는 오믹스 데이터와, 질병 치료 기록, 식습관, 혈당, 심박수 등 임상 및 생체 정보로 구분할 수 있다.

오믹스 기반 정밀의료 기술

정밀의료를 위한 오믹스 기술 중 시장 및 연구 규모가 가장 큰 분야는 유전체학(genomics) 분야이다. 이 유전체 데이터를 생산하는 기술을 차세대염기서열법(NGS)이라고 부르는데, NGS 데이터 생산 기기의 시장 점유율 1위는 미국의 일루미나(Illumina)이다. 이 회사는 2018년 현재 주식총액이 40조 원에 이를 정도로 독보적인 NGS 기술을 확보해 그 가치를 인정받고 있다. 국내에는 아직 NGS 기술을 독자적으로 개발해 판매하는 기업이 없으며, 기기를 구매해 데이터를 생산하고 이용하는 수준이다. NGS 데이터를 생산하는 주체는 학교와 연구소였으나, 국내에서도 2017년부터 NGS를 통한 암진단에 건강보험이 적용되면서 국내 주요 대형병원이 연구 및 서비스 목적으로 NGS 데이터를 생산해 확보하고 있다.

오바마 정부의 '정밀의학 이니셔티브(Precision Medicine Initiative)'에서 내건 장기 목표

유전자 데이터, 생물학적 시료, 식습관·생활방식 정보를 공유할 미국인 자원자 100만 명 이상의 조사
집단(원한다면 모든 정보가 전자 건강 기록에 연결된다)을 만들어낸다.



약속된 참가자들, 책임 있는 데이터 공유, 사생활 보호를 강조하는 과학을 하기 위한 새로운 모델을
개척한다.

집단 자료에 근거한 연구는

- 해당 환자에게 올바른 약을 올바른 양으로 투여하는 약물유전체학을 발전시킬 것이다.
- 치료와 예방을 위한 새로운 타겟을 찾아낼 것이다.
- 휴대용 장비가 건강에 좋은 행동을 권장할 수 있는지를 테스트할 것이다.
- 많은 질병에 대한 정밀의학의 과학적 토대를 마련할 것이다.

생체 정보 기반 정밀의료

정밀의료를 위한 생체 정보 수집 방법으로 웨어러블 장비가 주목받고 있다. 심박수, 체온, 운동량 등을 실시간으로 추적하고 분석해 의학적 판단에 이용하겠다는 접근이다. 이런 디지털 헬스케어 기술에서 주목해야 할 점은 어떤 장비로 어떤 정보를 수집하는가이다.

시장조사기관인 IDC(International Data Corporation)에 따르면 핏비트(Fitbit)와 같은 피트니스용 추적 장비의 출하량은 작년에 비해 2018년 1분기 때 1.2% 증가한 반면, 애플 워치(Apple Watch)와 같은 스마트 시계는 28.4%가 증가한 것으로 보고되었다. 즉, 생체 정보를 수집하기 위해 독립적인 추가 기기를 몸에 차는 것보다 스마트폰과 연동·융합된 형태로 기술이 발전되고 있다.

애플 워치는 스마트 워치로 심전도를 측정할 수 있는 특허를 2016년에 등록했으며, 삼성전자의 기어(Gear)도 올해 혈압측정방법에 대한 특허를 공개했다. 그 외에도 혈당 측정 기능을 스마트 워치에 추가하고자 하는 기술의 개발 경쟁이 치열하다. 현재 운동량, 수면 패턴 등은 정확히 추적할 수 있지만, 이런 정보들이 현장에서 의학적 판단에 반영되고 있지 못하는 실정이어서 정

밀의료를 위한 웨어러블 기기의 무용론도 존재한다. 따라서 의학적 판단에 직접 영향을 줄 수 있는 심전도, 혈당 측정 기술의 개발이 생체정보 기반 정밀의료 성장의 가속 여부를 결정할 것으로 보인다.

II. 2017년 주요 트렌드

사회서비스: B2B에서 DTC

정밀의료를 위한 유전체, 마이크로바이옴 데이터 생산은 NGS 또는 마이크로어레이(microarray) 기술을 기반으로 한다. 국내 대부분의 유전체 데이터 생산은 기업 간 거래(B2B) 방식이다. B2B는 병원 또는 학교에서 생체 시료를 모아 유전체 생산 회사에 데이터 생산을 의뢰하는 방식을 의미한다. 반면, 유전체 데이터가 기업에서 개인에게 직접 제공되는 방식은 DTC(Direct To Customer)라고 부른다. 국내 유전체 생산 업체로는 마크로젠, 테라젠이텍스, 디엔에이링크가 점유율 1~3위를 차지하고 있으며, 모두 B2B 방식으로 사업을 시작했다. 하지만 테라젠이텍스는 작년부터 DTC 사업을 공격적으로 확장하고 있다.

미국도 정부 주도 연구과제를 통해 B2B 형태로 질병 유전체 데이터를 대규모로 축적하기 시작했다. 예를 들어 2005년에 시작한 미국의 암유전체지도(The Cancer Genome Atlas, TCGA) 프로젝트는 지금까지 1만 1000여 명의 암 유전체를 확보했다. 하지만 정밀의료를 위해 이보다 더 보편적이고 큰 데이터는 DTC를 통해 수집될 것으로 예측된다. 미국의 대표적인 DTC 유전자 분석 기업인 23앤드미(23andMe)는 이미 100만 명 이상의 유전자 정보를 수집했다.

DTC는 의료인을 거치지 않고 의료서비스가 제공된다는 문제 제기가 줄곧 따른다. 실제로 국내에서도 DTC 유전자 서비스 및 분석 사업은 이런 규제 때문에 성장이 저해되고 있다. 23andMe의 DTC 사업은 2013년 미국 식품의약국(FDA)에서 허가를 취소당했지만, 알츠하이머, 파킨슨 등 10가지 질환에 대한 23andMe DTC 서비스는 2017년까지 FDA에서 허가한 바 있다. 향후 정부 규제가 완화되면, DTC를 통



미국 생명공학기업 '23앤드미(23andMe)'의 DTC 키트.
© wikipedia

해 정밀의료에 필요한 데이터가 더 빨리 축적될 것임을 예측할 수 있다.

정책: 빅데이터와 규제 완화

〈표 2-13〉 헬스케어특별위원회 6대 프로젝트 추진현황

분야별 주요 과제 (프로젝트)	스마트 헬스	· (가칭) 헬스케어 빅데이터 쇼케이스 구축 · 보건의료 빅데이터 시범사업 추진 · 감염병, 정신건강, 만성질환 등 사회문제 해결형 프로젝트 · 스마트 헬스 분야 표준화 전략
	스마트 신약	· 인공지능 활용 신약 개발·재창출 기반 조성 · 스마트 임상시험 플랫폼 구축 · 바이오신약·차세대 치료기술 육성 · 치매 진단·치료기술 발전 기반 마련 · 글로벌 유망 신약기술 개발 지원
	스마트 의료기기	· 스마트 융복합 헬스케어기기 개발 및 제도 개선 · 체외진단기기 시장진입 촉진 · 노인·장애인 돌봄로봇 개발·실용화
	공통 기반	· 헬스케어 산업 생태계 조성 · 의료기기 규제개선 등 헬스케어 시장 진입 활성화

정부는 4차산업혁명위원회 위원과 관계부처(보건복지부, 과기정통부, 산업부, 식약처)가 추천한 전문가 20인을 중심으로 헬스케어특별위원회를 구성해 6대 프로젝트를 추진하고 있다. 6대 프로젝트는 헬스케어 빅데이터 쇼케이스 구축, 인공지능 활용 신약 개발·재창출 기반 조성, 스마트 임상시험 플랫폼 구축, 스마트 융복합 헬스케어기기 개발 및 제도 개선, 체외진단기기 시장 진입 촉진, 헬스케어 산업생태계 조성이다. 전반적으로 인공지능 및 빅데이터 강조, 규제 완화를 위한 제도 개선이 특징이다. 정밀医료를 위해서는 옹믹스 데이터, 임상 데이터, 생체 정보 데이터가 수백만~수천만 명에 대해 수집되고 분석돼야 하므로 인공지능, 빅데이터 분석은 필수적이다. 그리고 헬스케어기기 개발 및 제도 개선은 규제 완화의 필요성이 반영된 것이다. DTC 서비스 제공, 디지털 헬스기기를 이용한 생체정보 수집 등을 통해 정밀医료를 구현하기 위해서는 현 규제의 완화가 불가피하다. 각종 법령 및 규제로 인해 해당 산업이 활성화되지 못하면 기반 기술에 대한 투자와 개발이 더뎠을 것이기 때문에 정책적으로 규제를 완화할 필요가 있다.

R&D: 대규모 컨소시엄

옹믹스 데이터 연구는 컨소시엄을 통해 대규모화되는 추세이다. 정밀医료를 구현하기 위한 빅

데이터를 생산하려면 여러 연구기관 또는 국가가 협력해 데이터를 생산할 필요가 있기 때문이다. 이런 대규모 컨소시엄의 구성은 유럽, 미국에서 더 활발하다. PCAWG(the PanCancer Analysis of Whole Genomes), ICGC(the International Cancer Genome Consortium), TCGA 컨소시엄에서 생산된 데이터가 통합 분석되어 2018년 공개됐다. 이를 통해 암환자 4645명의 전장 유전체 분석(Whole Genome Sequencing, WGS), 1만 9184명의 전장 엑솜 분석(Whole Exome Sequencing, WES)에서 찾은 8472만 9690개의 돌연변이를 보고했다.

III. 향후 전망

정밀의료를 위한 유전체, 생체 데이터는 기하급수적으로 축적되고 있다. 정부 주도 과제뿐만 아니라 병원, 진단 시장, 디지털 기업까지 데이터 생산 수집에 적극 투자하고 있다. 유전체 데이터의 경우 전 세계적으로 작년까지 이미 200만 명 이상의 WGS 및 WES 데이터가 생산됐으며, 2025년까지는 약 10억 명의 유전체 데이터가 축적될 것으로 전망한다. 따라서 가까운 미래에 데이터를 많이 확보한 기관이 정밀의료의 주도권을 잡고 정밀의료를 제공할 것이라는 주장이 크다.



미래에 ‘유전체학이 디지털화될 때’는 스마트폰으로 여러 질병의 유전적 위험 정도에 관한 정보에 접근할 수 있어 실시간에 임상적 판단(clinical decision making)을 내릴 수 있을 것으로 예측된다. © Scripps Translational Science Institute

하지만 한편으로 정밀의료에 회의적인 시각도 있다. 이미 많은 양의 유전체 데이터가 쌓였지만, 실제 의료 현장에서 유전체 데이터가 사용되는 경우는 극히 한정적이다. 예를 들어 암 진단 및 치료에는 현재 활발히 적용되고 있지만, 보편적인 질병에 적용되고 있지 않다. 일상적으로 걸리는 감염성 질환이나 당뇨병에 대해 처방과 진료를 받을 때 유전체 데이터가 현재 이용되지 않는 것이다. DTC와 디지털 기기로 축적되는 유전체 및 생체정보가 의료 현장에 적용되기 위해서는 정보를 수집하고 통합해 의료 현장에 전달될 수 있는 시스템을 구축하고, 복잡한 다변수 데이터를 분석하고 해석할 수 있는 기술이 필수적이다. 따라서 혁신적으로 향상된 하드웨어, 소프트웨어적인 디지털 기술이 개발돼야 기하급수적으로 쌓이는 오믹스 정보 및 생체 정보가 정밀의료에 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Alexandrov, L. et al. (2018). The Repertoire of Mutational Signatures in Human Cancer. bioRxiv Retrived from <https://www.biorxiv.org/content/early/2018/05/15/322859>
 2. Muse, E. D. et al. (2018). When genomics goes digital. *the Lancet*, 391, 2405.
 3. Multimedia: NIH framework points the way forward for building national, large-scale research cohort. (2016).
 4. 헬스케어특별위원회 6대 프로젝트 추진현황 보고[7차 회의 안건]. (2018). 헬스케어특별위원회[관계부처 합동]
-

※ 집필: 아주대학교 생명과학과 박대찬 교수

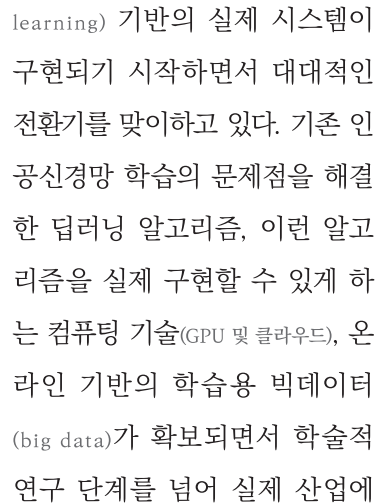
*작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

3. 인공지능

I. 기술 개요

인공지능(Artificial Intelligence, AI)은 인간의 지능에 해당하는 지각, 추론, 학습능력 등을 컴퓨터 프로그램이나 시스템으로 실현한 기술을 의미한다. 1956년 미국 다트머스 회의에서 처음 등장한 ‘인공지능’은 기술적 한계에 부딪히면서 관련 연구 및 투자가 장기간 침체를 겪어 오다가,

2012년을 기점으로 딥러닝(deep



본격적으로 적용되고 있다. 최근 글로벌 ICT 기업들의 구호인 ‘AI 먼저, AI 어디서나(AI First, AI Everywhere)’에서 볼 수 있듯이, 인공지능은 다양한 분야에 적용될 수 있는, 범용성 높은 대표적인 융합 기술로서 사회, 경제, 문화 등에 미칠 파급력이 막대한 4차 산업혁명의 핵심 수단으로 여겨지고 있다.

52 | 2017년도 융합연구연감

II. 2017년 주요 트렌드

의료·금융·법률 서비스에 AI 도입

의료 빅데이터를 이용해 병원에서 암을 진단하는 데 사용되는 미국 IBM의 인공지능 플랫폼 ‘왓슨 포 온콜로지(Watson for Oncology)’는 지난 2016년 12월 가천대학교 길병원의 도입을 시작으로 약 1년 만에 부산대병원을 비롯한 7개 병원에 연달아 도입됐다.

〈표 2-14〉 국내 IBM 왓슨 도입 병원 현황

병원명	도입시기	진료 건수	길병원 왓슨 도입 5개월 성과
가천대 길병원	2016년 12월	560건	- 진료 일수: 주 5일 - 진료 횟수: 1일 2회 - 진료 환자 수: 270명(누적) - 협진 참여 의료진: 40명 - 왓슨이 진료한 암종 수: 7개(유방암, 위암, 대장암, 자궁경부암, 난소암, 폐암, 직장암) - 왓슨에 대한 환자 만족도: 90% 이상
부산대학교병원	2017년 1월	왓슨 포 온콜로지 300건, 지노믹스 100건	
건양대학교병원	2017년 4월	300건	
계명대 동산의료원	2017년 4월	140건	
대구가톨릭대병원	2017년 4월	170건	
조선대학교병원	2017년 9월	60건	
화순전남대학교병원	2017년 10월	시작 단계	

*출처 : <http://www.fnnews.com/news/201801041651280421>

*출처 : <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?no=303203&year=2017>

수천 명에 달하는 금융 콜센터 인력을 대체하기 위한 움직임에서 시작된 금융업계의 인공지능 도입 상용화는 선진국에 이어 국내에서도 본격적으로 이루어지고 있다. 2017년 9월 우리은행과 KEB 하나은행은 인공지능 기술 적용 챗봇 서비스인 ‘위비봇’과 ‘핀고’를 차례로 출시했고, 단순한 응답을 넘어 투자 자문 서비스, 로봇 은행원, 개인 자산관리 등으로 활용범위를 확대해 가고 있다.

세계 최초의 인공지능 변호사 로스가 미국 대형 로펌에 채용되면서 인공지능 법률 서비스의 시작을 알렸다. 2017년 5월에는 미국 대법원 형사재판에서 인공지능 알고리즘 자료를 처음으로 합법화하는 사례가 발생해 큰 주목을 받았다.

AI 정책 경쟁 돌입

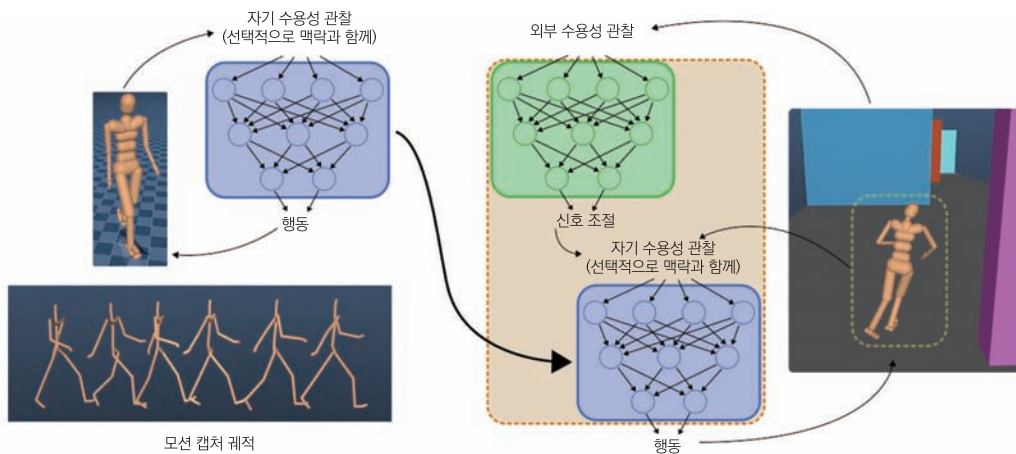
인공지능 열풍과 함께 국제기구에서도 인공지능 윤리와 개발 가이드라인을 정할 것으로 예상되

는 가운데, 미국, 유럽연합, 일본 등 주요 선진국 정부가 자국 기업에 유리한 국제 지침을 마련하기 위해 인공지능 관련 정책을 속속 내놓고 있다. 중국은 2030년까지 인공지능 시장을 1조 위안(약 165조 원) 규모로 키우는 걸 목표로 2017년 7월 ‘차세대 인공지능 개발 계획’을 발표했다. 같은 해 11월에는 과학기술 분야 정부 부처와 바이두, 알리바바, 텐센트 등 IT 기업들이 참여하는 민관 합동 인공지능 개발기구를 출범시켰다. 국내에서는 새 정부가 들어서고 수개월 뒤인 2017년 10월 대통령 직속의 4차 산업혁명 위원회가 출범하여 인공지능, 빅데이터 등의 지능화 기술에 대해 2018년에 4천여억 원, 2022년까지 총 2.2조 원을 투자할 계획을 밝혔다.

인지를 넘어 학습·추론 지능에 관한 연구 활발

2012년 딥러닝의 적용을 기점으로 급격히 성장해 온 인지(시청각 인식) 분야의 기술은 인공지능이 현실 세계를 인간처럼 인식하는 것을 가능하게 했고, 이에 기반한 학습, 추론, 행동 분야의 연구가 2017년을 전후해 빠르게 발전하고 있다. 반복학습을 통해 인공지능 스스로 주어진 목표를 달성하게 하는 강화학습(reinforcement learning)은 바둑과 같은 2차원 가상환경이 아니라 3차원 혹은 실제 물리적 환경을 고려한 상황에서 이뤄지고 있다. 구글 딥마인드는 2017년 7월 발표한 논문에서 인간의 모션 캡처 데이터와 강화학습을 사용해 사람 모양의 캐릭터가 스스로 걷고 뛰는 방법을 인공지능 스스로 깨우치게 만드는 기술을 제안했다. 같은 해 6월 구글 딥마인드는 인공지능이 인식된 객체(영상, 이미지, 텍스트)에 대해 상대적인 관계를 추론하는 논문, 인공지능이 사물의 움직이는 패턴을 학습해 향후의 움직임을 추론하는 논문 두 편을 연이어 발표했다. 이는 추론 예측 영역도 더 이상 인간의 고유 영역이 아님을 보여준 사례다.

〈그림 2-4〉 인간의 신체구조를 반영한 강화학습 구현



III. 향후 전망

최근 5년간 인공지능은 딥러닝을 통해 엄청난 발전을 이루었지만, 딥러닝의 기반 기술인 인공신경망은 인간의 뇌를 추상화하고 단순화해 소프트웨어적으로 구현한 것으로 실제 인간의 뇌 신경망과는 매우 큰 차이가 있다. 또한 현재 구현되고 있는 인공지능 기술은 오래전부터 제안되어 온 수학·과학 분야의 이론과 모델링에 기반한 것이기 때문에 다차원적 상황 인지와 최적의 대응을 기반으로 하는 인간 지능을 완벽하게 구현하는 데 분명한 한계가 존재한다. 앞으로 인공지능 분야에서는 이런 한계를 극복하기 위해 인공신경망의 구현 방식을 인간의 실제 뇌 신경망에 가깝게 하드웨어적으로 고도화하는 동시에 신경과학·뇌과학 분야와의 융합을 통해 알고리즘적으로 고도화해야 할 것으로 전망된다.

참고문헌

1. 조성선, 김용균. (2018). AI First, AI Everywhere로 전개되는 인공지능. *주간기술동향*, 1845, 15-27.
2. 양희태, 김단비. (2017). 지능형 개인비서 시장 동향과 국내 산업 영향 전망. *동향과 이슈*, 35.
3. 정영일. (2017). 간만 보던 금융업계 AI 도입, 본격 경쟁 돌입. *Financial IT Frontier*, 겨울호.
4. 이승훈. (2017). 최근 인공지능 개발 트렌드와 미래의 진화방향. LG 경제연구원

※ 집필: KIST 전자자료연구단 김재욱 선임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

4. 빅데이터

1. 기술 개요



빅데이터는 많은 국가와 기업의 경쟁력을 높여줄 전략 자산으로 주목받고 있다. © shutterstock

빅데이터 관련 최근 주요 이슈

1990년대 후반 처음 개념이 등장한 ‘빅데이터’는 2001년 가트너(Gartner)의 더그 레이니(Doug Laney)가 크기(volume), 속도(velocity), 다양성(variety)이라는 특성으로 좀 더 구체화하기 시작해 지금은 경제적·사회적 가치를 제공하는 새로운 원천으로 인식되고 있다. 2017년 프롬프트클라우드(PromptCloud)사에 따르면 빅데이터 산업은 2025년까지 160억 달러 규모로 성장할 것이며 이는 현재 20억 달러로 추산되는 시장규모의 8배에 해당한다. 이에 따라 세계 각국의 정부는 빅데이터 분석을 통해 국가 경쟁력을 향상하기 위한 다양한 정책을 수립하고 전문가를 양성하기 위한 제도를 마련하고 있다. 기업 역시 빅데이터를 주요 전략 자산으로 간주하고 이를 활용해 경쟁우위를 확보하고자 상당한 예산을 투자하고 있다.

빅데이터에 대한 관심 및 투자 그리고 기술이 점점 발전함에 따라 빅데이터에 거는 기대나 전망 역시 조금씩 변하고 있다. 이와 관련해 최근 가장 활발하게 논의되고 있는 이슈는 과연 빅

데이터가 국가나 기업의 경쟁력 향상에 기여하는가이다. 가트너의 2016년 서베이에 따르면 빅데이터에 대한 투자는 계속 증가하고 있지만, 그 증가 폭은 점점 작아지고 있다. 또한 빅데이터 프로젝트의 60%가 파일럿 혹은 실험 단계를 넘어서지 못하고 실패로 귀결될 것으로 전망된다. 나아가 2016년 빅데이터 프로젝트를 진행한 기업의 48%는 빅데이터 분석을 통해 기존과는 다른 인사이트(Insight)를 얻지 못하는 것으로 나타났다(Heudecker and Hare, 2016). 빅데이터에 대한 이런 우려 때문에 국가나 기업은 과연 빅데이터에 대한 투자가 가치 창출과 경쟁력 향상에 기여하는가와 같은 근본적인 질문을 하고 있으며, 우리의 관심도 자연스럽게 빅데이터의 가치를 어떻게 평가할 것인가(‘데이터 수익화(data monetization)’ 또는 ‘데이터 가치화(data valuation)’에 집중되고 있다. 그러나 빅데이터의 가치에 대한 이런 근원적 질문은 기술이 진보함에 따라 나타나는 자연스러운 현상일 뿐 빅데이터가 가치가 없다는 것을 의미하지는 않는다. 2000년대 초반 이미 우리는 닷컴 열풍과 버블 붕괴, 그리고 버블 붕괴를 견디고 생존한 기업을 중심으로 인터넷이 기업의 경쟁력에 미치는 가치를 확인했다. 빅데이터 역시 비슷한 과정을 거쳐 좀 더 구체화되고 정제된 형태로 나타나게 될 것이다.

빅데이터의 가치에 대한 논쟁이 개념적 측면에서 주목할 만한 이슈라고 한다면, 기술적 측면에서 주목할 만한 이슈는 최종 사용자가 빅데이터의 수집, 탐색, 분석 등 일련의 과정을 손쉽게 스스로 할 수 있도록 지원하는 셀프 서비스의 확대라고 할 수 있다. 태블로(Tableau)사의 ‘2017년 상위 10가지 빅데이터 동향’ 보고서에 따르면 10가지 동향 가운데 5가지 항목이 셀프 서비스와 관련돼 있다. 좀 더 구체적으로 최종 사용자의 데이터에 대한 접근성 및 활용성을 높여 셀프 서비스 분석을 지원하고, 기계학습, IoT(Internet of Things), 클라우드와의 융합을 기반으로 셀프 서비스 분석을 강화함으로써 새로운 비즈니스 기회를 창출해 빅데이터의 가치를 제고할 것이라고 주장하고 있다.

II. 2017년 주요 트렌드

사회적 트렌드

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 빅데이터와 IoT, 인공지능, 클라우드 등과 같은 혁신적 기술의 융합이 가속화되고 있다. 4차 산업혁명의 핵심은 융합에 있으며 그 융합을 가능하게 하는 것은 빅데이터라 할 수 있다. 빅데이터가 없는 인공지능은 아무 의미가 없으며(Marr, 2017) 광범위한 빅데이터가 없다면 자율주행차나 드론과 같은 스마트 모빌리티나 IoT 역시 불가능할 것이다. 이에

따라 4차 산업혁명 시대의 혁신 및 성장을 위해 빅데이터와 IoT, 인공지능, 스마트 모빌리티 기술 등의 융합 속도가 빨라지고 있다.

데이터 과학자와 데이터 분석가에 대한 사회적 수요가 급증했다. 미국의 취업전문 사이트 인디드닷컴(Indeed.com)에 따르면 미국의 데이터 관련 채용 정보의 13%가 빅데이터 엔지니어를 대상으로 하고 있다. 나아가 각국의 정부와 기업이 빅데이터의 잠재력을 충분히 활용하기 위해 핵심인재를 적극적으로 채용하고 있으나 아직도 핵심인재 부족 현상을 극복하지 못하고 있다(고재만 외, 2017). 이런 추세는 우리나라도 예외가 아니다. 한국데이터진흥원에 따르면 지난해 국내 빅데이터 인력은 9321명으로 전 산업 내 데이터 종사자(10만 2375명) 중 9.1% 수준에 불과하며 특히 분석과 개발 인력이 부족한 것으로 나타났다.

정책적 트렌드

2017년 빅데이터 관련 각국 정부의 주요 정책 트렌드 가운데 두드러진 점은 방대한 양의 공공데이터를 활용한 빅데이터 역량 강화로 볼 수 있다. 미국은 2016년 6월에 발표한 ‘빅데이터 R&D 전략계획’에 따라 데이터 공유를 촉진하는 정책을 강화하고 있다. 일본 역시 2016년 6월 발표한 ‘일본재흥전략 2016’에 따라 데이터의 공유와 활용을 촉진하기 위한 정책을 마련하고 있다. 우리나라 역시 공공데이터의 개발을 통해 민관 데이터의 융합을 가속화하고 있다. 2016년 12월 8일 발족한 ‘민관 합동 빅데이터 TF’를 중심으로 2017년에는 공공데이터와 민간데이터를

〈표 2-15〉 미국의 빅데이터 R&D 전략계획

전략	세부 내용
전략 1: 빅데이터 기반과 기술을 강화해 차세대 능력 함양	- 데이터의 크기, 속도, 복잡성에 보조를 갖춘 확장 - 미래 세대의 빅데이터 기능을 가능하게 하는 새로운 방법론 개발
전략 2: 데이터의 신뢰성을 탐구하고 더 나은 의사 결정과 거대 발견을 가능하게 하는 연구개발 지원	- 데이터의 신뢰성과 타당성을 이해해 더 나은 결과 도출 - 데이터 기반의 의사결정을 지원하는 도구 개발
전략 3: 빅데이터 혁신을 가능하게 하는 사이버 인프라 구축 및 강화	- 국가 데이터 인프라 강화 - 빅데이터에 대한 응용과학 사이버 인프라 역량 강화
전략 4: 데이터 공유 및 관리를 촉진하는 정책을 통해 데이터 가치 향상	- 데이터 투명성과 효용성을 증가시키는 메타데이터의 모범사례 개발 - 데이터 자산에 효율적이고 지속적이며 안전한 접근 제공
전략 5: 개인정보 보호, 보안 및 빅데이터의 수집·공유·활용의 윤리적 측면의 이해	- 올바른 개인정보 보호 - 안전한 빅데이터 사이버공간 구축 - 데이터 거버넌스를 위한 정보 윤리 이해
전략 6: 국가의 빅데이터 교육 및 훈련 환경 개선, 폭넓은 인력 확충	- 공공의 데이터 활용능력(literacy) 교육 확대 - 데이터 영역 전문가 커뮤니티 확장 - 데이터 사용 가능한 인력 확충 - 데이터 과학자의 양성 및 교육

융합할 수 있는 다양한 지원책과 제도를 마련하고 있다. 그 대표적인 예가 ‘데이터거래소’ 구축을 통한 데이터 유통 활성화 추진이라 할 수 있다.

R&D 트렌드

빅데이터 기술을 개발하기 위해 R&D에 대한 직접투자를 높이고 빅데이터 전문인력을 양성하려는 움직임이 본격화되고 있다. 미국은 ‘빅데이터 R&D 전략계획’에 따라 국가 데이터 인프라 강화에 대한 직접투자를 늘리는 한편, 데이터 과학자를 양성하고 데이터 영역 전문가 커뮤니티를 확장하며 데이터 사용 가능 인력을 확충해 국가의 빅데이터 교육 및 훈련 환경 개선을 추진하고 있다. 일본은 데이터의 효율적인 수집 및 해석 등이 가능하도록 M2M, 센서 네트워크, 무선통신 형태의 연구개발 및 표준화를 추진하고 있으며 데이터를 분석하기 위한 데이터 과학자를 육성하는 데 주력하고 있다. 우리나라는 ‘지능정보사회 중장기 종합대책’을 기반으로 대규모 데이터 구축에 대한 투자를 늘리고, 데이터 전문기업 및 인력 육성, 블록체인 기술 활용 지원 등을 추진하고 있다(한국데이터진흥원, 2017).

III. 향후 전망

빅데이터는 기업, 사회, 정부정책 등 다양한 분야에 영향을 미쳐왔으며 단기적으로 다음과 같은 현상이 나타날 것으로 전망된다. 첫째, 빅데이터가 갖는 진정한 가치와 관련된 논쟁은 향후 몇 년간은 더 이어질 것으로 보인다. 이 기간 동안 빅데이터에 대한 개념 역시 성과 혹은 경쟁력 향상 등과 같은 측정 가능한 지표와 연결되어 변화할 것으로 전망된다. 둘째, 빅데이터 전문인력의 부족 현상 역시 당분간은 지속될 것으로 보인다. IBM에 따르면 2020년까지 빅데이터 전문인력의 수요가 36만 4000명에서 272만 명으로 늘어날 것으로 예측되지만, 전문인력의 공급은 이런 수요에 크게 못 미칠 것으로 예측된다(Columbus, 2017). 셋째, 개인정보 보호 및 활용과 관련된 논쟁도 당분간 계속될 것으로 보인다. 개인 데이터를 활용해 가치를 창출하는 데 관심이 증가하는 반면, 개인 프라이버시에 대한 가치 역시 강조되고 있기 때문이다. 이에 따라 비식별화를 통한 개인 데이터의 활용 가능성을 타진하고 있는 우리나라의 예에서 볼 수 있듯이 사회적 합의를 도출하기 위한 시도가 늘어날 것이다. 넷째, 빅데이터 분석 능력이 발전함에 따라 기계학습에 대한 투자와 관심이 증대할 뿐만 아니라 이를 활용한 다양한 분석 방법론 및 서비스가 개발될 것이다. 기계학습을 기반으로 한 선제적 분석(predictive analytics), 실시간 분석(real-time analytics),

개인화 서비스가 활성화될 것으로 기대된다. 마지막으로 빅데이터와 인공지능, IoT, 스마트 모빌리티의 융합을 통해 확장된 서비스가 등장하게 될 것이다. 예를 들면 빅데이터와 인공지능을 블록체인 기술과 결합함으로써 새로운 거래처리 방법론에 기반을 둔 혁신적 서비스가 등장할 것으로 전망된다.

참고문헌

1. 고재만, 김세웅, 나현준, 부장원, 황인혁. (2017). "초임연봉 10만달러 줘도... 빅데이터 전문가 없어 못 뽑아". 매일경제.
 2. 한국데이터진흥원. (2017). 2017 데이터산업백서.
 3. Columbus, L. (2017). IBM predicts demand for data scientists will soar 28% by 2020. Forbes.
 4. Heudecker, N., and Hare, J. (2016). Survey analysis: Big data investments begin tapering in 2016. Gartner Report.
 5. Marr, B. (2017). Why AI would be nothing without big data. Forbes.
 6. PromptCloud. (2017). The Projected Growth of Big Data Analytics. Retrieved from <https://www.promptcloud.com/blog/projected-growth-big-data-analytics>
 7. Tableau. (2017). Top Ten Big Data Trends for 2017. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/339346218/Whitepaper-Top-10-Big-Data-Trends-2017>
-

※ 집필: 국민대학교 경영학부 최병구 교수

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

5. 가상현실

1. 기술 개요

가상현실(virtual reality)은 인간의 감각 기관(특히 시각정보는 우리 감각 정보의 70~80% 차지)을 인공적으로 자극해 현실감을 제공하는 기술이다. 영화나 TV가 촬영 대상 공간의 특정 시점 장면을 연속적으로 시각 디스플레이에 표시하면 시청자는 그 대상 공간을 외부에서 관찰하는 느낌을 받는다. 즉 시각 디스플레이라는 ‘창문’을 통해 외부에서 내부를 관찰하는 경험(outside-in)을 하게 한다. 반면, 컴퓨터에 의해 머리의 움직임을 실시간 추적하면서 해당 방향의 영상이 재현토록 하면 더 이상 외부에서 안을 보는 3인칭 시점의 경험이 아니라 그 영상이 재현하는 3차원 가상 공간으

로 들어가 1인칭 시점에서 주변에 둘러싸여 있는 경험(inside-out)을 하게 된다. 즉, 참여자로서의 경험을 하게 되는 것이다. 따라서 가상현실 기술을 몰입형 실감 미디어 기술이라고 한다.

2차 세계대전에 1만 명 이상의 비행 조종사를 양성하기 위해 링크 훈련기를 활용하면서 가상현실의 초기 형태가 나타났다. 비행 훈련에 특화된 가상현실 시스템

(훈련 시뮬레이터)은 컴퓨터의 출현으로 1960

년대부터 민간 항공기 조종사 훈련에도 보편적으로 활용됐고 민간항공 비행 훈련의 중요한 도구로 발전했다. 1990년대에는 실리콘 그래픽스 컴퓨터와 같은 실시간 3차원 그래픽스 컴퓨터가 대중화되면서 일반인 대상의 가상현실 시스템이 출현했고, 가상현실 기술이 일반인에게 널리 알려지게 됐다.

훈련 시뮬레이터는 훈련 상황을 모사하는 3차원 공간을 2차원 화면으로 투영해 보여주는 디스플레이와 훈련기 조종장치가 필요한데, 디스플레이 화면은 3차원 그래픽스 컴퓨터가 담당하고, 조종장치는 컴퓨터의 주변기기(마우스, 조이스틱, 컴퓨터 게임 컨트롤러, 움직임 추적장치인 트래커 등)로 구성된다.

마찬가지로 가상현실 시스템도 디스플레이와 주변기기가 필요하다. 사람의 머리 움직임을 추적하는 트래커와 머리에 장착하는 소형 디스플레이인 HMD(Head-Mounted Display)는 가상현실을 대표하는 기기이다. 즉, HMD는 착용자의 머리 움직임을 추적해 응시 방향의 화면을 실시간으로 표시하므로, 인사이드-아웃(inside-out) 경험을 하게 된다.

스마트폰의 등장으로 작고 가벼운 디스플레이와 위치·움직임 트래킹 센서가 탑재된 고성능 모바일 컴퓨터가 대중화됐다. 스마트폰으로 실제 환경에 시뮬레이션 환경을 중첩시켜 ‘증강’하는 증강현실 기술이 등장하기에 이르렀다. 여기서 카메라가 장착된 스마트폰의 디스플레이는 머리에 착용하지 않고 손으로 들고(hand-held) 주변을 카메라로 살펴보면서 주변 환경의 물체와 그 위치를 인식해 가상 장면을 표시하면서 현실 세계를 증강하는 가상현실, 즉 증강현실 기술을 발전시켰다.

가상현실은 물리 세계와 동떨어진 또 다른 세계를 표현하지만, 증강현실은 실제 공간을 대상으로 모사한다. 가상현실의 등장 배경이 컴퓨터 그래픽스라면, 증강현실은 원격조정(teleoperation) 로봇이라고 할 것이다. 증강현실은 원거리에 있는 로봇 조종자가 로봇이 존재하는



미군이 가상현실(VR)로 낙하산 훈련을 하고 있다.
© US Navy

공간의 상황을 실감하게 전달하고 그 공간에 몰입할 수 있게 만들어 로봇을 쉽게 원격 조종할 수 있도록 개발됐다. 비록 가상현실 기술과 증강현실 기술의 태동은 다르나 두 기술 모두 몰입형 실감 미디어 기술이다. 여기서 더 나아가 현실세계와 가상세계 정보를 결합해 두 세계를 융합하는 공간을 창출하는 기술을 혼합현실(mixed reality) 기술이라고 한다.

II. 2017년 주요 트렌드

해외 R&D 현황

최근 해외에서 가상현실, 증강현실, 혼합현실과 관련된 연구개발이 활발하다. 마이크로소프트의 홀로렌즈(HoloLens), 오쿨러스(Oculus) VR, 구글 VR, 소니의 플레이스테이션 VR(PSVR), 포켓몬고(Pokemon Go) 등이 대표적이다.

현존하는 혼합현실 플랫폼 중 가장 발전된 형태가 바로 마이크로소프트 홀로렌즈이다. 독립된 가상현실 전용 플랫폼으로 2016년 10월에 전 세계 개발자를 대상으로 3,000달러에 출시됐다. HMD 자체적으로 움직임 트래킹, 위치 인식 기능, 사용자 손가락 제스처 등에 대한 고성능 인식 기능, 주변 환경과 중첩된 고성능 3차원 디스플레이 등이 특징이다. 일반 사용자가 개인



마이크로소프트의 홀로렌즈를 엔진 제작에 활용하는 사례. © Microsoft

용으로 사용하기보다는 기업 차원에서 건축물, 3차원 CAD 등에 혼합현실을 응용하는 소프트웨어를 개발하는 플랫폼으로 적합하다.

2012년 설립된 오쿨러스 VR사는 '오쿨러스 리프트(Oculus Rift) DK1, 2'라는 HMD를 출시했다. 오쿨러스 리프트는 PC의 디스플레이 케이블과 연결돼 작동한다. 2014년에는 오쿨러스 VR사가 페이스북에 2조 원에 인수됐다. 2015년에는 삼성과 함께 갤럭시 시리즈 같은 스마트폰의 디스플레이에 직접 연계해 작동하는 모바일 가상현실 HMD인 '삼성 기어 VR'을 출시했다. 2018년에는 페이스북의 지속적인 지원으로 마이크로소프트 홀로렌즈처럼 PC 연동 없이 독립적으로 작동하는 가상현실 전용 플랫폼인 오쿨러스 고(Oculus Go)를 24만 원에 출시했고, 이를 기반으로 오쿨러스 TV 가상현실 서비스를 출시하며 가상현실 대중화를 이끌고 있다.

2014년 6월에 일반 스마트폰 개발자를 대상으로 발표한 카드보드(Cardboard)는 누구나 안드로이드 폰을 1~2만 원 수준의 저렴한 가격으로 HMD로 구성해 가상현실 응용 소프트웨어를 개발할 수 있게 했다. 카드보드는 2017년까지 1000만 개 판매됐다. 2016년에는 가상현실 전용 플랫폼인 구글 데이드림(Daydream) HMD를 79달러에 발표했고 2017년 10월 2차 버전을 99달러에 출시했다. 2018년 1월 국제전자제품박람회(CES)에서 레노보(Lenovo)사는 마이크로소프트 홀로렌즈처럼 스마트폰 없이 독립적으로 운영되는 데이드림 기반의 HMD인 미라지 솔로(Mirage Solo)를 399달러에 발표했다.

2016년 10월 소니는 게임전용 콘솔인 PS4(Playstation 4)와 연동하는 HMD 제품인 PSVR을 399달러에 출시했다. 2017년 말까지 200만 대의 PSVR을, 1220만 개의 PSVR 게임을 판매했다. 이미 HMD 판매만 1조 원에 육박하지만, 2017년 말 PS4 게임기는 7360만 대가 판매됐는데, PSVR은 판매 비중이 고작 2.7%에 불과해 당분간 성장세를 유지할 것으로 전망된다.

2016년 출시한 포켓몬 고(Pokemon Go)는 스마트폰에서 내려받아 즐기는 위치기반 증강현실 게임이다. 2017년 6월까지 7.5억 개의 다운로드, 12억 달러의 매출을 올리며 기존 가상현실 게임과 다른 증강현실 게임의 가능성을 보여주었다. 특히 포켓몬 고를 즐기기 위해 먼 여행을 떠나 특정 위치에 사람이 모여면서 주변의 상권이 활성화되기도 해 새로운 형태의 소셜미디어로서의 가능성도 보였다.

국내 R&D 현황

국내 가상현실 연구 태동기 시절, 1993년 11월 국내 최초의 가상현실기술 국제 워크숍이 한국과학기술연구원(KIST) 존슨강당에서 개최됐다. 국내 가상현실 연구팀으로 한국과학기술원(KAIST) 원광연 교수 VR연구실, KIST K-2000 3차원 영상매체 연구팀(손정영, 고희동 박사)과 시스템

공학연구소 김동현 박사팀이 참여했다.

최근 정부출연연의 가상현실 연구가 활발하다. 한국전자통신연구원(ETRI) VR/AR 기술 연구그룹은 가상 선박 도장·용접 훈련시뮬레이터, 프로젝션 기반의 증강현실 장치 등을 연구하고, KIST 영상미디어연구단에서는 1990년대 시작한 3차원 영상매체 연구를 지속하고 있으며 최근 웹 기반의 가상·증강현실 통합 표현 기법 및 표준화 연구를 수행하고 있다. 한국기계연구원(KIMM) 기계시스템 안전연구본부에서는 보행장치를 이용한 가상현실 내비게이션, 주행성능 모션 시뮬레이터 등 시뮬레이터 기술을 연구하고 있다.

국내 대학은 세종대 최수미 교수의 모바일 가상현실 연구센터, KAIST CT 대학원 우운택 교수의 증강현실연구센터 등이 대표적이다. 연구실 차원의 연구는 고려대 김정현 교수의 디지털 체험연구실, 포항공대 최승문 교수의 햅틱스 및 가상현실 연구실, 한양대 박종일 교수의 MR 연구실처럼 여러 대학에서 가상현실 연구 및 학습시설을 구축해 운영하고 있다.

III. 향후 전망

2017년 대중에게 어필할 수 있는 저가의 다양한 HMD가 시장에 쏟아져 나왔으나 PS4와 같이 이미 게임기 시장을 확보하고 있는 소니 이외에 대규모 시장을 형성한 기업은 없다. 가상현실 게임산업 규모는 2022년까지 연평균 15.3%의 성장으로 연 17억 달러 규모로 커질 전망이다. 포켓몬 고는 기존 포켓몬 게임을 위치기반 증강현실 게임 콘텐츠로 재해석해 기존 게임시장의 장르를 확대할 가능성을 보여주었다. 마찬가지로 기존 아웃사이드-인 영상미디어를 360VR의 인사이드-아웃 몰입형 영상으로 확장하는 페이스북의 오쿨러스 TV는 기존 영화, TV 콘텐츠를 가상현실 서비스와 접목해 시장규모를 확대하는 전략을 펴고 있다.

기존의 가상현실 및 증강현실 기술은 플랫폼에 종속적인 앱스토어나 전용 콘텐츠를 제공하지만, 앞으로는 웹처럼 플랫폼 중립적으로 발전하리라 전망된다. 즉, 방대한 표준화된 실감형 웹 콘텐츠를 다양한 안경형 혼합현실 HMD로 체험할 수 있는 실감형 사이버공간의 출현이 기대된다. 특히 2020년 이후 IoT와 5G 기술의 확산 덕분에 안경형 혼합현실 HMD로 자율주행 자동차, 선박, 에너지 산업 분야에서 생산성이 향상되고 유지보수·관리 비용이 획기적으로 절감될 것이다. 이에 4차 산업혁명에서 핵심적 역할이 기대된다.

훈련 시뮬레이터 분야는 1960년대부터 시작해 오랜 기간 발전하고 있지만, 연평균 성장률이 4%로 예상된다. 즉 2024년에 비행기 조종 훈련 시뮬레이터 시장은 5.6억 달러 규모로 게임

산업보다는 느리나 꾸준히 커질 전망이다. 특히 훈련 이외에도 의료, 교육 분야로 발전한다면 새로운 의료기술의 전수나 교육과, 재미를 결부한 새로운 형태의 교육 콘텐츠가 나올 것으로 보인다.

마지막으로 가상현실 기술이 로봇기술과 접목돼 재난 구조 및 사회 복지 등에 관련된 사회 안전망을 구축하는 데 활용될 경우 비용이 절감될 뿐만 아니라 노약자의 삶을 돌보는 서비스의 질도 획기적으로 개선될 것으로 예상된다. 국가 초고령화, 인구 절벽시대에 그야말로 국운이 걸린 기술이라고 본다.

따라서 국가적으로 가상현실 기술 분야를 단순 게임, 오락산업 등 기존 콘텐츠 산업을 육성하는 차원에서 지원할 뿐만 아니라 실감형 콘텐츠도 구축하는 것이 필수적이다. 웹의 초기 시절처럼 다양한 창의적인 실감형 사이버 공간 응용기술과 실감형 콘텐츠를 공유할 수 있도록 실감형 사이버 생태계를 형성하는 것이 관건이다. 그러나 현재의 중앙집중형 웹(centralized web)이 위키피디아처럼 콘텐츠 생산자와 소비자 사이에 가치사슬이 없이 일방적인 형태의 공유로는 생태계 형성이 어렵다. 이 문제는 최근 비트코인으로 대중에게 알려진 블록체인 기반의 P2P 기술로 콘텐츠 생산자와 소비자의 의로운 관계, 가치사슬을 형성하는 분산형 웹(decentralized web)에서 해결할 수 있다.

앞으로 4차 산업혁명 시대에 기술개발의 개념은 특정한 분야에 국한돼 사일로 형태로 격리된 연구개발이 아니다. 전체적으로 관련된 기술이 연결된 형태로 융합형 연구개발 체계를 어떻게 갖추고, 조화로운 상생의 가치사슬 체계를 어떻게 이루어 진행하느냐가 관건이다.

참고문헌

1. 국가과학기술연구회. (2017). Issue 분석 REPORT, Vol. 6.
2. 세종대 모바일 가상현실 연구센터 홈페이지(<http://home.sejong.ac.kr/~mvrcenter/16.html>)
3. KAIST 증강현실연구센터 홈페이지(<http://arrc.kaist.ac.kr>)
4. Persistence Market Research. (2017). Global Market Study on Virtual Reality: North America to Lead the Global Market in Terms of Revenue during 2017 - 2022. Retrieved from <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/virtual-reality-market.asp>
5. Grand View Research. (2016). Flight Simulator Market Analysis By Product (Full Flight Simulator (FFS), Fixed Flight Training Devices (FTD)), By Application (Military & Defense, Civil), By Service And Segment Forecasts To 2024. Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/the-global-flight-simulator-market>

※ 집필: KIST 영상미디어연구단 고희동 책임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

6. 자율주행자동차

1. 기술 개요

자율주행자동차 시대의 서막

현재 글로벌 자동차회사(OEM)뿐만 아니라 세계적인 IT기업, 전기차 제조기업, 스타트업에 이르기까지 산업의 경계가 없이 경쟁적으로 자율주행자동차 개발에 전력투구하고 있다. 자동차 회사는 운전자지원시스템(ADAS)을 점진적으로 발전시켜 자율주행자동차 시장에 진입하려는 반면, IT기업이나 스타트업은 차량 공유, 무인 셔틀, 무인 배송 등 신(新)서비스를 위한 도구로 자율주행자동차를 생각한다. 아직은 시범운행을 통해 검증하는 단계이지만, 자율주행자동차의 등장으로 초(超)융합적·초(超)연결적 산업생태계가 형성될 것으로 기대되기 때문에, 이를 준비하는 기업은 미래가치가 매우 높다고 평가받는다. 더 나아가 빅데이터, 클라우드, AI, 5G, IoT, 블록체인 등 혁신적인 ICT가 접목될 수 있는 자율주행자동차 시대가 빠르게 다가온다는 기대감이 점차 높아지고 있다.



앞으로 자율주행자동차를 타면 운전이 신경 쓰지 않은 채 마주 보고 회의를 할 수 있을 것이다. © Mercedes-Benz

이런 장밋빛 전망에도 불구하고 최근에 자율주행자동차 사고가 잇달아 발생해 안전성과 사고책임에 대한 인식이 사회적으로 주목받고 있다. 만약에 사고가 발생하지 않는 자율주행자동차의 등장을 기대한다면 시장 창출은 더욱 요원할 것으로 예상되며, 사고 발생의 위험성을 어떻게 효율적으로 관리하면서 시장을 창출할 것인지에 대한 고민이 필요하다.

시장의 메가트렌드

자율주행자동차의 미래가치가 높다고 예상되지만, 현재 시장에 소개되는 제품은 ADAS이며 점진적으로 시장이 확대되고 있다. 특히 우리나라, 유럽, 미국에서 2020년까지 자동긴급제동(AEB)이나 전방추돌경고(FCW)와 같은 ADAS 시스템의 의무장착을 추진해 2020년 이후에 기하급수적으로 시장이 팽창될 것으로 예상된다. 따라서 자동차 OEM의 경우 이런 ADAS나 자율주행 기술이 향후 브랜드 차별화 전략에 핵심적인 역할을 하며 주요 수익창출 모델로 자리 잡을 것으로 보인다.

자율주행자동차 관련 핵심부품은 크게 환경센서, 프로세서, 소프트웨어 플랫폼으로 나눌 수 있다. 레이더, 라이더(lidar), 비전센서 등 환경센서는 1차 협력업체(Tier 1)에서 주로 개발하나, 최근에 스타트업이 시장에 진출하고 있으며 주문자상표부착생산(OEM)업체 및 IT 기업으로부터 활발한 투자를 받고 있다. 프로세서는 NXP, 인피니온(Infineon) 등 기존의 자동차 반도체 회사뿐만 아니라 엔비디아(NVIDIA), 인텔, 삼성전자 등 글로벌 반도체 회사들이 새롭게 이 시장에 진입하고 있다. 특히 반도체라는 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어 플랫폼도 동시에 제공함으로써 기존 자동차 반도체 회사와의 차별화 전략을 추구하고 있다. 자동차 OEM이 이러한 플랫폼을 채용한다면 향후 Tier 1과 반도체 회사 간의 경쟁 또는 협력이라는 새로운 관계 형성이 예상된다.

II. 2017년 주요 트렌드

사회적 트렌드

세계적인 자동차회사뿐만 아니라 글로벌 IT기업의 참여로 자율주행자동차가 4차 산업혁명의 핵심 분야가 될 것이라는 사회적 관심이 급속도로 높아지고 있다. 이를 위해 실제 대다수의 기업이 관련 분야 핵심인력을 유치하려 노력하고 있으며, 더 나아가 스타트업 기업의 M&A를 통해 기술력을 확보하고 있다는 기사도 매일 쉽게 접할 수 있다.

하지만 최근 일련의 자율주행자동차 사고 사례를 접하면서 안전성에 대한 우려가 사회적으

로 논의되기 시작했다. 자율주행자동차는 사고가 나지 않는 자동차가 아니라 운전자보다 안전하게 운행할 수 있는 자동차라고 인식한다면, 실제 도로에 적용될 수 있다는 사회적 수용성이 필요한 시점이며, 이를 전제로 시장을 창출하기 위한 정책적인 규제 개혁을 주도할 수 있을 것으로 예상된다.

정책적 트렌드

자율주행자동차의 시장을 활성화하기 위한 정책적 노력이 다각적으로 진행되고 있다. 즉, 법과 제도를 신설하기 위한 연구, 기존 규제에 대한 문제점 보완, 자율주행자동차를 개발하기 위한 가이드라인 제공, 자율주행자동차 시장을 형성하기 위한 인센티브 제공, 국제표준 마련 등이 전방위적이고 동시다발적으로 진행되고 있다.

우선 법제도를 개선하고 신설하고자 자율주행자동차의 임시운행을 통한 접근방법을 거의 모든 나라가 채용해 수행하고 있다. 미국은 주별로 모두 다른 임시운행 허가제도를 운영하는데, 이를 통해 가장 합리적인 법제도를 마련하기 위한 과정으로 이해된다. 하지만 좀 더 구체적이고 완성도 높은 제도를 마련하고 자동차 OEM에 실질적인 가이드라인을 제공하기 위해서는 데이터의 필요성이 더욱 강조된다. 이를 위해 자발적으로 상호 간 데이터를 공유하는 방안을 모색하고 있다. 규제에 의해 자동차 회사가 일방적으로 데이터를 제공하는 것이 아니라 부품사, 통신사, 서비스업체 등이 모두 모여서 서로의 공동 목표를 수행하고자 데이터를 자발적으로 공유하고 이를 정부가 가속화하는 노력에 주목해야 한다. 특히 자율주행 기능을 평가하고 성능을 검증하는 자동차 관점뿐만 아니라 도로면 상태, 공사 유무, 사이버 보안 등 자동차 외부환경까지 고려해 우선순위가 높은 7개의 활용 분야를 선정했다.

자율주행자동차의 인센티브 제도로는 신차평가제도(NCAP)에 자율주행차의 성능을 고려하는 방안이 고려되고 있다. 유럽신차평가프로그램(Euro NCAP)의 2025년 로드맵에 의하면, 사고위험이 있는 경우 능동적으로 개입하는 자동긴급제동(AEB) 또는 자동긴급조향(AES)과 같은 ADAS가 신차평가항목으로 지속적으로 추가되며 자율주행기능에 대한 초기 평가 방안은 빠르면 2018년 또는 2019년부터 만들어질 예정이다.

R&D 트렌드

기존의 R&D가 자율주행자동차를 실도로에서 시범운행하는 수준의 연구에 집중됐다면 최근에는 이를 상용화하기 위한 R&D에 더욱 집중되고 있다. 우선 하드웨어 측면에서는 주변 환경을 인식하는 레이더나 라이다와 같은 환경센서의 인지 성능뿐만 아니라 가격 측면에서 경쟁력 있



테슬라의 차량으로 자율주행을 시연하는 장면. 여러 카메라와 센서로 잡은 정보를 이용해 주변 상황을 분석해야 한다.
© Tesla

는 제품을 개발하기 위한 노력이 지속되고 있다. 다음으로는 딥러닝과 같이 연산량이 많은 알고리즘을 구동시키기 위한 AI 칩 개발에 글로벌 반도체 회사가 역량을 모으고 있다.

소프트웨어 측면에서는 엔비디아, 바이두, 테슬라, 인텔(모빌아이), 삼성전자(하만) 등 세계적인 ICT기업이 자율주행자동차용 소프트웨어 플랫폼을 개발해 공개하고 있다. 이 플랫폼의 핵심기술은 딥러닝과 같은 AI 기술에 기반한 인지, 측위, 위험 판단 등의 솔루션 기술인데, 이를 협력 가능한 형태의 플랫폼으로 제공하고 있다. 또한 자동차 OEM이 요구하는 사이버 보안을 포함하는 기능 안전을 충족시키기 위한 차세대 소프트웨어 플랫폼(AUTOSAR)도 개발되고 있다.

최근 R&D에서는 개발뿐만 아니라 검증을 위한 혁신기술이 굉장히 주목받고 있다. 실제 도로 주행에서 마주칠 수 있는 시나리오의 수만에서 수십만 가지에 이른다고 하는데, 실제 도로 주행에서는 위험상황을 일부러 연출할 수 없어 검증에 들어가는 시간과 비용이 막대하다. 이러한 한계점을 해결하기 위한 아이디어로 AI 기술이 고려되고 있다. 즉 검증용 가상 시나리오를 생성하고 이를 통해 기술을 검증할 뿐만 아니라 새롭게 생성되는 데이터를 다시 기술 개발에도 이용할 수 있다. 지식 추출(knowledge distillation) 기술로 진화하는 셈이다. 예를 들어 주간 영상에 기반해 가상으로 야간 영상을 생성해내는 ‘생성적 적대 신경망(Generative Adversarial Network, GAN)’이 대표적으로 사용되며, 더 나아가 시나리오 자체를 가상으로 재구성하는 기술이 도전적으로 시도되고 있다.

III. 향후 전망

향후 2020~2022년까지 자율주행자동차 시장을 통한 수익창출이 실현되지 않는다면 투자관점의 불확실성이 커질 것으로 예상된다. 즉 외부 투자가 줄고 기업의 미래가치가 감소하는 자율주행자동차 시대의 겨울이 시작될지도 모른다. 하지만 현재로는 그 시점까지 시장 창출을 긍정적으로 예상하며 이를 위해서 글로벌 기업들이 총력을 다하고 있다. 더 나아가 자율주행자동차와 연계돼 있는 스마트 모빌리티, 스마트 시티와 같이 4차 산업혁명을 통한 미래의 산업생태계 모습을 상상한다면 자율주행차의 이중적 가치에 대해 높게 평가해야 한다.

참고문헌

1. Choi, S. et al. (2016). Advanced Driver-Assistance Systems: Challenges and Opportunities Ahead. McKinsey & Company. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/advanced-driver-assistance-systems-challenges-and-opportunities-ahead>
2. Euro NCAP. (2017). Euro NCAP 2025 Roadmap. Retrieved from <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/technical-papers/>
3. Bertonecello, M. (2016). Monetizing Car Data: New Service Business Opportunities to Create New Customer Benefit. McKinsey & Company.
4. NTSB News Release. (2018). Preliminary Report Released for Crash Involving Pedestrian, Uber Technologies, Inc., Test Vehicle. Retrieved from <https://www.nts.gov/news/press-releases/Pages/NR20180524.aspx>
5. U.S. Department of Transportation. (2018). Roundtable on Data for Automated Vehicle Safety: Summary Report. Retrieved from <https://www.transportation.gov/av/events>
6. Frost & Sullivan. (2016). Strategic Outlook of Global Autonomous Driving Market in 2016.

※ 집필: 아주대학교 기계공학과 송봉섭 교수

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

7. 블록체인

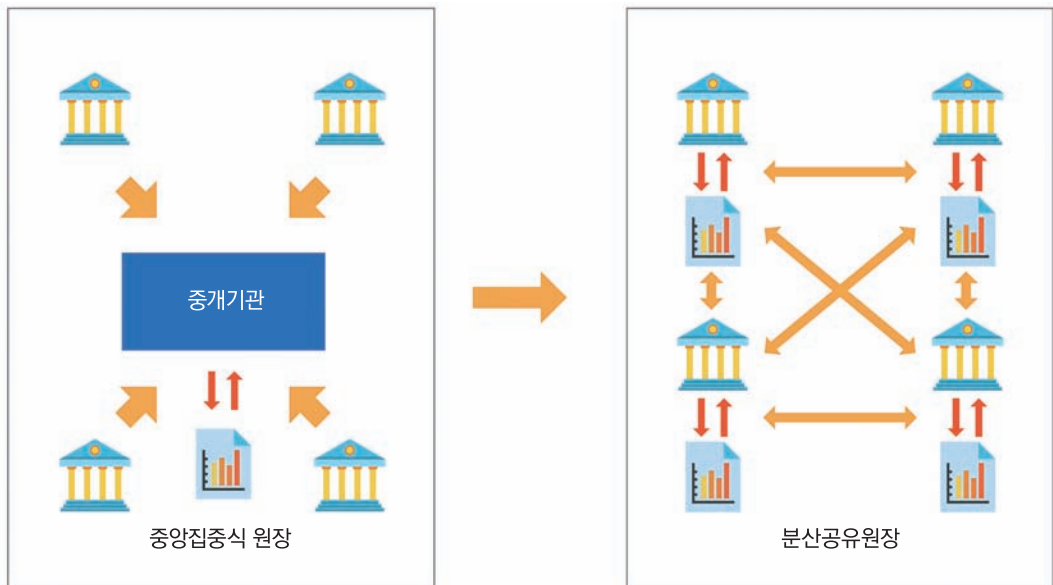
1. 기술 개요

기술 현황

블록체인은 모든 구성원이 분산네트워크를 통해 정보 및 가치를 검증·저장·실행함으로써 특정인의 임의적인 조작이 어렵도록 설계된 분산컴퓨팅기술로 정의할 수 있다. 즉, 신뢰를 담보해주는 ‘제3의 기관’ 도움 없이(Trusted Third Party-free, TTP-free) 참가자들이 거래기록 또는 정보를 각자 보관하며, 각 참가자가 공동으로 인증해 거래가 성립되는 P2P(Peer to Peer) 구조이다.

2008년 사토시 나카모토의 논문(Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System)에 의해 블록체인 기술이 세상에 소개된 이후 변화를 거듭하고 있다. 디지털 화폐(digital currency)의 1세대 블록체인 기술을 거쳐 스마트 콘트랙트(smart contract) 기반의 2세대 블록체인 기술에 도달한 것이다. 현재 1·2세대 기술을 활용해 타 산업에 접목할 수 있는 다양한 서비스를 구현하는 중이다. 하지만 초고속 거래처리, 인터넷 수준의 확장성, 데이터 프라이버시, 실시간성 등의 문제점을 해결하지 않으면 타 산업군에 적용 가능한 신뢰 인프라로서 역할을 담당하기 어렵다. 따라서 기존 기술의

〈그림 2-5〉 기존 거래 구조와 블록체인 기반 거래 구조



한계를 극복하기 위한 기술 및 서비스 개발이 진행되고 있다.

핵심기술 발전 전망

블록체인 핵심기술은 거래정보를 공유하는 분산공유원장(distributed ledger) 기술, 분산 네트워크상에서 일어나는 거래에 대한 구성원들 간의 합의방식인 합의알고리즘(consensus algorithm) 기술, 디지털 명령어로 작성된 계약 조건에 따라 자동 실행되는 코드인 스마트 콘트랙트(smart contract), 블록 데이터의 프라이버시 보호 기술, 보안 기술, 분산네트워킹 기술 및 다양한 플랫폼 기술 등이 있다.

〈표 2-16〉 블록체인의 핵심기술과 발전 방향

핵심기술	발전 방향
공유원장	- 분산 네트워크 내의 모든 구성원이 거래기록 및 정보를 공유하는 방식에서 군집별로 나누어 공유하는 방식으로 진화 - 거래(transaction) 속도 증가와 확장성(scalability) 해결 방안으로 발전
합의 알고리즘	- 퍼블릭 블록체인은 경제성 및 속도문제를 해결하기 위해 작업증명(PoW)에서 지분증명(PoS) 방식으로 전환 - 프라이빗 블록체인은 거래처리 속도를 높이기 위해 기존의 실용적 비잔틴 결함 허용(Practical Byzantine Fault Tolerance, PBFT)에서 간소화된 비잔틴 결함 허용(Simplified Byzantine Fault Tolerance, SBFT) 또는 빠른 비잔틴 결함 허용(Fast Byzantine Fault Tolerance, FBFT) 합의 방식으로 발전 - 분산 네트워크 구성원들 간의 담합 또는 합의 결과의 중간 조작을 방지하기 위해 합의 주체들에 대한 파악이 어려운 동적(dynamic) 합의 알고리즘 개발
스마트 콘트랙트	- 기존 개발자 중심의 스마트 콘트랙트 배포 환경에서 일반 사용자 친화적인 스마트 콘트랙트 구현 환경으로 진화(descriptive smart contract language) - 안전성을 확보하기 위한 스마트 콘트랙트 검증 기술 및 실행 시간을 단축하기 위한 스마트 콘트랙트 코드 최적화 기술로 진화
프라이버시 보호	- 공개키 기반구조(PKI)의 데이터 암호화 기술을 통해 정보의 프라이버시를 보호하는 방식에서 데이터 분산 암호화 기술을 통해 프라이버시를 보호하는 방식으로 발전
분산 네트워킹	- 오버레이 모델 기반 저지연 노드기술로 진화 이후 P2P 전용 분산 네트워크 노드 진화
타 기술 융합	- IoT, 클라우드, 인공지능(AI), 빅데이터 등 지능 정보기술과 융합된 기술로 발전

II. 2017년 주요 트렌드

블록체인으로 인한 사회적 트렌드

블록체인은 거래비용 감소와 데이터 위변조 방지가 장점이며, 다양한 산업과 결합해 효율성을 높이고 새로운 경제적 가치 창출이 가능하다. 초기 금융 분야에서 시작됐지만, 데이터를 다루는 모든 영역의 디지털 비즈니스 생태계에 파괴적 혁신을 가져올 기술로 새로운 패러다임의 사회 변화가 예상된다.

〈그림 2-6〉 일본 경제산업성이 전망한 블록체인 기술 대상 시장

(단위:엔)



출처 : METI, Survey on Blockchain Technologies and Related Services, 2016.03

정책적 트렌드

세계 각국은 블록체인 기술에 대한 높은 관심을 바탕으로 블록체인 산업을 진흥하고자 기술을 개발하고 각종 시범사업을 추진하고 있다. 미국은 정부 서비스에 블록체인을 활용하기 위한 연방정부 및 주정부의 법률 제정을 추진하며 블록체인에 대한 관심을 쏟고 있다. 즉 버몬트주(2016. 6), 애리조나주(2017. 3), 네바다주(2017. 6)는 블록체인 상 기록 및 서명의 법적 효력을 인정하거나 블록체인 거래를 면세하는 법안을 통과시켰고 델라웨어주(2017. 7)는 주식 거래 명부에 블록체인의 사용을 허용했다.

영국은 과학부를 중심으로 블록체인 활용을 촉진하고자 정부 문서 위변조 방지, 부정 수급 방지 등의 용도로 각종 정부 서비스에 적용을 검토하고 있다. 정부 보고서인 '분산원장기술: 블록체인을 넘어(Distributed Ledger Technology: beyond block chain, 2016)'에서 블록체인 기술 효용성 평가 및 실증사업 추진, 규제 개선, 실제 적용 가능 수준으로 기술력 확보 등을 추진할 것을 권고

하고 있다. 중국은 2016년 12월 블록체인을 중점 육성 기술로 선정한 뒤 핵심기술 개발 및 시범사업을 추진하고 있으며, 항저우에 블록체인 산업파크 조성을 추진하고 있다. 에스토니아는 2015년 블록체인 기반 디지털 시민권(e-residency)을 도입해 누구나 에스토니아가 제공하는 다양한 공공서비스를 이용할 수 있다. 즉 계좌 개설, 온라인 송금, EU 국가 내 결제 서비스, 하루 만에 법인 설립 등이 가능하다.

R&D 트렌드

블록체인은 고성능, 고확장성, 고효율, 보안성이 강화된 기술로 진화해, 타 산업과 융합을 통한 시너지를 창출하며 인터넷과 같은 기반 인프라이자 완전히 분산된 국가 신뢰 인프라로 발전해 나갈 것으로 전망된다. 또한 블록체인은 자체 기술이 발전할 뿐만 아니라 타 기술(IoT, 클라우드, AI)과의 융합을 통해 신뢰를 바탕으로 하는 분산 협업 생태계의 기반 기술로도 발전해 나갈 것으로 전망된다.

〈표 2-17〉 블록체인 기술 발전 전망

블록체인 도입기 (2009~2013)	블록체인 확장기 (2013~2016)	산업과 융합 (2017~2022)	국가 인프라 (2022~2030)
- 공개 형태 블록체인(누구나 열람) - 예를 들어 비트코인	- 완전히 개인화된 기업형 블록체인 - 예를 들어 나스닥 장외 주식 거래(거래인증)	- 고성능, 고효율 블록체인 - 혁신 산업 플랫폼 - 예를 들어 분산 IoT, SCM	- 완전 분권화된 공공서비스 인프라 - 예를 들어 전자정부, 미래인터넷

III. 향후 전망

전 세계적으로 확산되고 있는 제4차 산업혁명의 혁신적인 신기술 중 하나로 블록체인 기술이 주목받고 있는 이유는 초연결 환경에서 디지털화에 따라 사물-사물, 사람-사물 간에 자동화된 투명·신뢰 인프라를 제공할 수 있고, 개인이 생성한 정보에 대한 통제권을 개인이 권한을 갖는 데이터 민주화가 가능하며 제3 기관의 도움 없이 디지털 세상에서 사회·경제적 활동의 자동화 및 민주화가 가능하기 때문이다. 따라서 블록체인은 단순 플랫폼기술이 아니고 경제·사회를 변화시킬 수 있는 기반이 되는 신뢰 인프라로서 가치가 있다. 이에 블록체인 기술 덕분에 사회문제 해결형 서비스를 통해 국민 안심 사회 실현 및 투명·신뢰 사회 실현이 가능할 것으로 전망된다.

참고문헌

1. 정보통신기술진흥센터(IITP). (2017). 블록체인 기술 발전 전망.
 2. Santander InnoVentures. (2015). The Fintech 2.0 Paper: rebooting financial service. Oliver Wyman & Anthemis Partners.
 3. Japan's Ministry of Economy, Trade and Industry(METI). (2016). Survey on Blockchain Technologies and Related Services.
-

※ 집필: 한국전자통신연구원 블록체인기술연구센터 박종대 부장

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

8. 미세먼지

I. 기술 개요

기술특징

미세먼지는 환경, 건강, 산업 등 우리 생활과 매우 긴밀하고 복잡하게 연계돼 있다. 산업의 발전 단계, 국가의 경제수준에 따라 미세먼지에 대한 관심과 관리수준이 크게 다르다. 또한 미세먼지는 대기오염으로 바람을 따라 멀리 이웃 나라로 이동할 수 있으므로 국제적인 협력도 중요하다.

그동안 미세먼지는 대기오염물질의 하나로 취급돼 독립적으로 기술의 범위, 분류 등이 정리되지 않았으나, 2016년 정부에서 과학기술기반 미세먼지 대응 전략을 수립하면서 미세먼지 대응 기술 분류체계(안)를 마련했다. 이에 따라 미세먼지 기술을 크게 현상규명 및 예측, 미세먼지 배출 저감, 국민 생활 보호 등 3대 분야로 구분했다. 현상규명 및 예측 분야는 다시 원인 규명 연구, 현상진단 및 측정·조사, 대기질 모델링으로 나눌 수 있다. 미세먼지 배출 저감 분야는 고정오염원 배출 저감, 도로 이동오염원 배출 저감, 비도로 이동오염원 배출 저감, 비산먼지 저감으로 구분할 수 있다. 국민 생활 보호 분야는 건강 영향 평가, 미세먼지 노출 저감 기술, 정책 및 정보 서비스 기술로 상세하게 나눌 수 있다.

인위적 오염원 또는 자연에서 기체상 오염물질과 미세먼지가 대기 중으로 배출되면 기상요인과 물리·화학반응의 영향을 받아 시공간적으로 불균일한 미세먼지 농도를 나타낸다. 대기 중



미세먼지를 포함한 공해물질이 중국에서 한반도로 유입되고 있다. 미세먼지에 대응하기 위해서는 자체 노력뿐만 아니라 국제 협력도 중요하다. © NASA

미세먼지는 사람 건강, 가시거리와 기후변화, 생태계에 영향을 미치므로, 정부에서는 법적으로 환경목표를 설정해 사회적 요인과 대기과학 분석을 기반으로 배출을 저감하고자 환경관리를 실시하고 있다. 미세먼지 관리는 크게 대기 관점의 배출관리와 사람 관점의 노출관리로 구분할 수 있다. 배출관리를 효과적으로 실시하기 위해서는 배출 저감 기술과 함께 대기과학 지식이 필요하다. 또한 노출관리에는 노출 저감 기술과 더불어 건강과학 지식이 필요하다.

산업동향

미세먼지와 관련된 산업은 크게 대기 오염원에서 배출을 저감할 수 있는 기술과 생활환경에서 미세먼지의 인체 노출을 줄일 수 있는 기술로 구분된다.

먼저 오염원에서 미세먼지의 배출관리 기술을 보자. 정부에서는 대기환경기준을 충족시키고자 사업장, 자동차 등 주요 오염원을 대상으로 배출가스 허용기준을 설정해 관리하고, 이런 기준을 충족시키기 위해 오염물질을 효과적으로 제거할 수 있는 배출 저감 장치를 개발해 적용하고 있다. 과거에는 집진기술만 미세먼지 관리수단으로 사용됐는데, 최근에는 대기 중에서 미세먼지로 변환되는 질소산화물, 황산화물 등을 제거할 수 있는 탈질·탈황기술도 미세먼지 관점에서 통합적으로 관리하고 있다. 또한 미세먼지에 대한 관심이 높아지면서 배출가스 허용기준이

더욱 엄격하게 강화돼 배출 저감 시장이 확대되고, 새로운 배출 저감 기술이 요구되고 있다.

다음은 생활환경에서 미세먼지의 노출관리 기술이다. 다중이용시설, 학교, 대중교통차량 등을 대상으로 미세먼지를 포함한 실내공기질 관리기준이 법적으로 설정돼 있으나, 노출 저감 장치와 강제적으로 연계돼 있지 않아 시장수요는 많지 않았다. 그러나 최근 미세먼지에 대한 국민적 관심이 높아지면서 미세먼지를 관리할 수 있는 제품에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 특히 실내공간에서 미세먼지를 직접 제거할 수 있는 공기청정기, 외출 시 대기 중 미세먼지에 대한 노출을 줄이기 위한 보건용 마스크, 미세먼지 농도를 파악할 수 있는 간이형 미세먼지 센서의 판매가 급증하고 있다. 또한 환기설비 등에 대한 관심도 커지고 있다.

II. 2017년 주요 트렌드

사회적 트렌드

경제 수준의 향상으로 삶의 질에 대한 관심이 더욱 높아지고, 기대수명이 증가하고 고령화 사회로 변모하면서 건강이 가장 중요한 관심사가 되고 있다. 최근 중국의 급격한 경제성장의 부산물로 동북아시아가 심각한 대기오염 지역으로 부각됐고, 지정학적으로 풍하 측에 위치한 한국은 중국으로부터 멀리 이동되는 미세먼지의 영향을 빈번하게 받고 있다. 그래서 많은 사람이 미세먼지를 방산능보다 더 걱정하고, 미세먼지는 육아나 출산보다 더 큰 이슈로 부각돼 환경문제에서 사회문제로 변모했다. 급기야 국가가 우선 해결해야 할 사회재난으로 다뤄지고 있다.

정책적 트렌드

정부에서는 미세먼지에 대한 국민의 심각한 우려에 대응해 2016년 6월 국민 안전과 건강 보호를 위한 미세먼지 관리 특별대책을 발표했다. 이를 보완해 2017년 9월 “국민들의 미세먼지 걱정을 덜어드리겠습니다!”라는 슬로건을 내걸고 미세먼지 관리 종합대책을 발표했다. 기본 방향으로선 오염도 높은 ‘우심지역’ 중점관리, 통합적인 저감 대책 추진, 국제협력을 통한 공동노력 강화, 인체위해성 관리에 중점, 과학기반의 미세먼지 대응역량 제고를 제시했다.

R&D 트렌드

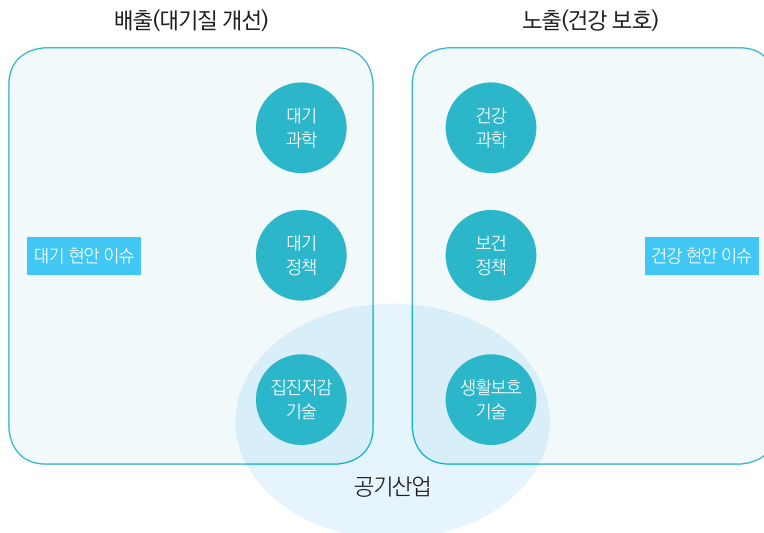
미세먼지는 여러 분야에 복잡하게 연계돼 있는 사회적 이슈이므로, 통합적 체계에서 국가 R&D를 추진하고자 범부처가 참여해 미세먼지 R&D 패키지 투자 모델을 만들었다. R&D 지원 분야

를 크게 현상규명 및 예측, 미세먼지 배출 저감, 노출·건강 영향 최소화, 제도 및 소통체계 개선 등 4개로 구분했다. R&D 단계를 핵심·기반지식, 기술·정보 융합, 공공서비스로 구분하고, 이런 연구성과가 인력양성, 제도, 정책으로 연계되도록 모형을 만들었다.

III. 향후 전망

현재 우리가 직면하고 있는 미세먼지 오염은 런던 스모그, LA 스모그보다 더 복잡한 현상을 나타내고, 우리와 경제발전 단계가 다르고 오염 부하가 큰 중국의 영향을 빈번하게 받고 있다. 미세먼지 문제에 대응하기 위해서는 치밀하고 정교한 과학적 지식과 동북아 지역 차원의 국가 전략이 필요하다. 우선 동북아 지역이 하나의 호흡공동체라는 인식을 갖고 주변 국가와 다자간 협력체계를 구축하고, 장기적 미세먼지 관리 전략을 수립하는 것이 급선무이다. 현행 평균 농도 중심의 미세먼지 배출관리에서 고농도 미세먼지와 민감군의 건강을 우선 고려하는 노출관리를 병행하는 방향으로 미세먼지 관리를 추진해야 한다. 과학기술 기반의 미세먼지 정책을 통해 국민 건강을 보호하면서 IT 강점을 살려 생활 보호 기술과 집진 저감 기술을 축으로 하는 공기산업을 주도적으로 발전시켜 나아가야 한다.

〈그림 2-7〉 과학·기술·정책 통합형 미세먼지 관리



참고문헌

1. 과학기술정보통신부. (2018). 미세먼지 R&D 패키지 투자 모델.
2. 관계부처 합동. (2016). 과학기술기반 미세먼지 대응 전략(안).
3. 관계부처 합동. (2017). 미세먼지 관리 종합대책.
4. 배귀남. (2017). 미세먼지 대응 연구개발 전략. *미래정책 FOCUS*, 14:17-19.
5. 송길영. (2018). 미세먼지에서 살아남기. 환경재단 미세먼지센터 창립 심포지엄.
6. McMurtry, P., Shepherd, M., Vickery J. (2004). Particulate Matter Science for Policy Makers - A NARSTO Assessment -. Cambridge University Press.

※ 집필: KIST 미세먼지사업단 배귀남 단장

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제3장 통계조사분석

이 장에서는 융합기술 R&D 사업을 과제 수준에서 유형별로 분류함으로써, 연구 분야, 연구개발 단계, 수행 주체 등 여러 측면에서 분석을 실시했다. 이를 통해 정량지표를 중심으로 융합기술 R&D 현황을 제시하고 융합기술 기본계획, 시행계획 등 정부 정책을 수립하는 데 활용하고자 한다.

제1절 융합연구개발 투자현황 및 주요성과

1. 조사개요
2. 2016년도 융합연구개발 투자현황
3. 2016년도 융합연구개발 주요성과

제2절 2017년 융합 활성화 설문결과

1. 조사개요
2. 주요 결과
3. 요약 및 시사점



Chapter 03

제1절

융합연구개발 투자현황 및 주요성과

1. 조사개요

1) 조사목적

이 장에서는 융합기술 R&D 사업을 과제 수준에서 유형별로 분류함으로써 연구 분야, 연구개발 단계, 수행 주체 등 여러 측면에서 분석을 실시했다. 조사·분석 근거는 「융합기술발전전략(2014~2018)」 중 ‘융합인프라 고도화’를 위한 ‘융합기술, 산업 관련 정보 및 통계 제공’ 전략을 취했다. 이런 분석을 통해 정량지표를 중심으로 융합기술 R&D 현황을 제시하고 융합기술 기본계획, 시행계획 등 정부 정책을 수립하는 데 활용하고자 한다.

2) 분석대상

「2017년도 융합기술발전전략 시행계획(2017년 3월)」 상에서 2016년¹⁾ 투자실적이 있는 124개 사업의 2016년 과제를 분석대상으로 삼았다. 전체 R&D는 2016년도 국가연구개발사업 조사분석(2017년 9월)과 성과분석(2018년 3월)을 참고했으며, 융합기술 R&D는 2017년도 융합기술발전전략 시행계획 상의 사업과 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 과제 DB 정보를 매칭했다. 다만 사업별 담당부처 명은 2016년 조사 시점을 기준으로 하여 현재의 담당부처와는 다를 수 있다.

일부 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 상에서 확인하기 어려운 사업의 과제들은 제외됐다. 즉 NTIS 상에서 확인이 어려운 <미래부, 핀테크산업 활성화 기반 조성 사업>과 보안과제로 공개되지 않은 <방사청, 신개념기술시범사업>은 분석대상에서 제외됐다.

1) 2017년도 융합연구연감이므로 2017년도 투자현황 및 주요성과로 내용을 구성하는 것이 바람직함. 다만, 원고 일정상 상반기까지 2017년도 국가연구개발사업 조사 및 성과 분석 보고서(KISTEP)가 발간되지 않아 2016년도 자료를 분석대상으로 했음

3) 분석항목

〈표 3-1〉 융합연구개발 투자현황 및 주요성과 분석항목

항목		기준
정부부처		각각의 정부연구개발 사업을 담당하는 부처를 의미
연구비 규모		1억 원 미만, 1억 원 이상 5억 원 미만, 5억 원 이상으로 구분
연구개발 단계		OECD '프라스카티 매뉴얼(Frascati Manual)'(2002)에서 제시하는 기준으로 구분
연구수행 주체		연구개발예산을 통해 실질적으로 연구개발을 수행하는 기관
지역		17개 광역자치단체 지역을 수도권, 대전, 지방으로 구분
기술 분류	과학기술표준분류	과학기술기본법 제27조에 따라 국가과학기술위원회에서 확정한 과학기술표준분류(연구 분야) 대분류로 구분
	미래유망신기술(6T) 분류	IT, BT, NT, ST, ET, CT 등 6가지를 소분류로 구분
	국가전략기술 분류	국가중점과학기술 전략로드맵(2014) 상의 5대 분야로 구분
공동·위탁연구		공동·위탁연구의 수행 건수 및 지출액을 부처, 국가, 협력유형에 따라 구분

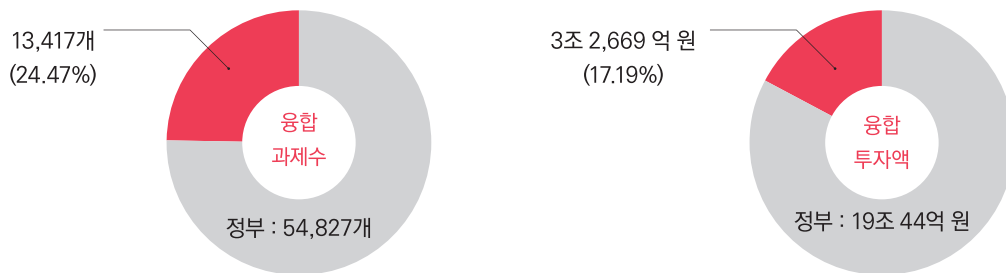
2. 2016년도 융합연구개발 투자현황

1) 총괄현황

■ 2016년 융합기술 R&D 총괄

2016년도 정부 전체 R&D(5만 4827개 과제, 19조 44억 원) 중 융합기술 R&D(1만 3417개 과제, 3조 2,669억 원)의 비중은 과제 수로 24.47%, 투자액으로 17.19%를 각각 차지했다.

〈그림 3-1〉 2016년 융합기술 R&D의 과제 수 및 투자액 현황



정부 전체 R&D와 융합기술 R&D의 과제당 투자액은 각각 3.47억 원, 2.43억 원으로 나타났다. 즉 과제별 규모는 융합기술 R&D 투자가 전체 R&D 투자보다 1억 원 정도 적다는 뜻이다.

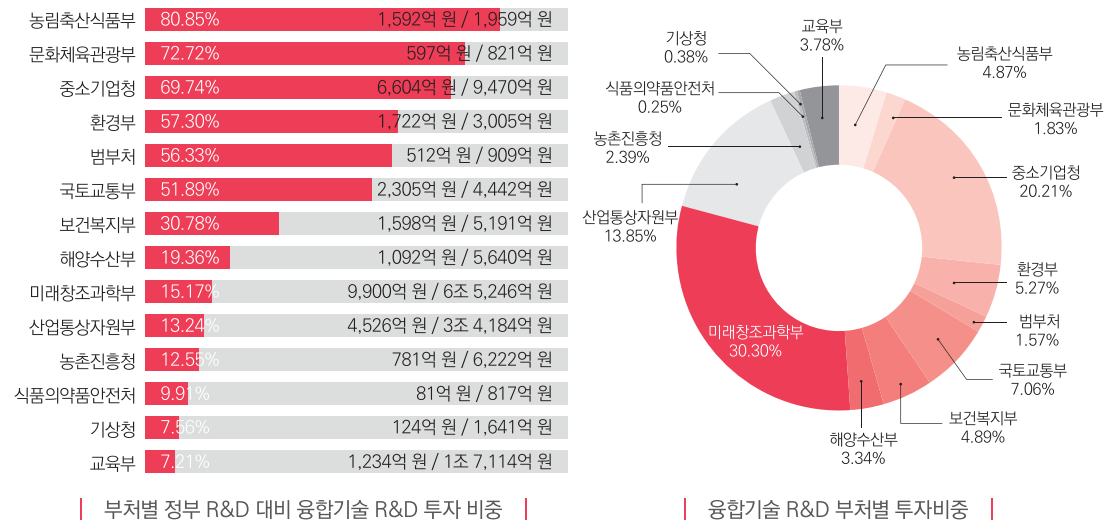
〈표 3-2〉 2016년 융합기술 R&D의 과제 수 및 투자액 현황

사업 구분	과제 수		투자액		과제당 투자액
융합기술 R&D	1만 3417개	24.47%	3조 2,669억 원	17.19%	2.43억 원
정부 전체 R&D	5만 4827개		19조 44억 원		3.47억 원

■ 부처별

정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D 비중은 농식품부(80.85%)가 가장 높았으며, 융합기술 R&D에서는 미래부(30.30%) 비중이 가장 높게 나타났다.

〈그림 3-2〉 부처별 투자 현황



■ 연구비 규모별

융합기술 R&D 내에서 1억 원 이상, 5억 원 미만(45.52%)이 가장 높았다.

〈표 3-3〉 연구비 규모별 과제 수 현황

사업 구분	1억 원 미만	1억 원 이상, 5억 원 미만	5억 원 이상	합계
융합기술 R&D	5945개 (44.31%)	6108개 (45.52%)	1364개 (10.17%)	1만 3417개 (100%)
정부 전체 R&D	2만 9610개 (54.01%)	1만 8630개 (33.98%)	6587개 (12.01%)	5만 4827개 (100%)

■ 연구개발 단계별

융합기술 R&D 및 정부 R&D에서 개발연구 비중이 각각 54.30%와 34.39%로 가장 높았다. 특히 개발연구 비중은 융합기술 R&D에서 더 크게 나타났다.

〈표 3-4〉 연구개발 단계별 투자 현황

사업 구분	1억 원 미만	응용연구	개발연구	기타	합계
융합기술 R&D	6,143억 원 (18.80%)	4,550억 원 (13.93%)	1조 7,740억 원 (54.30%)	4,236억 원 (12.97%)	3조 2,669억 원 (100%)
정부 전체 R&D	4조 3,713억 원 (23.00%)	2조 5,428억 원 (13.38%)	6조 5,362억 원 (34.39%)	5조 5,542억 원 (29.23%)	19조 44억 원 (100%)

■ 연구수행 주체별

정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D 비중은 중소기업이 37.64%로 가장 높았다. 융합기술 R&D 내에서도 중소기업이 33.38%로 높게 나타났다.

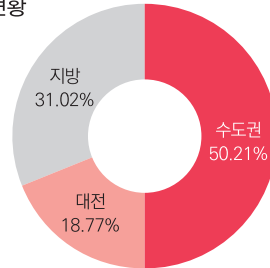
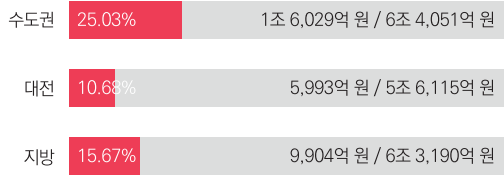
〈표 3-5〉 연구수행 주체별 투자 현황

사업 구분	국공립 연구소	출연 연구소	대학	대기업	정부 부처	중견 기업	중소 기업	기타	합계
융합기술 R&D	622억 원 (1.90%)	6,551억 원 (20.05%)	1조 309억 원 (31.56%)	799억 원 (2.45%)	2억 원 (0.01%)	971억 원 (2.97%)	1조 904억 원 (33.38%)	2,510억 원 (7.68%)	3조 2,669억 원 (100%)
정부 전체 R&D	9,883억 원 (5.20%)	7조 8,305억 원 (41.20%)	4조 2,727억 원 (22.48%)	4,871억 원 (2.56%)	6,281억 원 (3.31%)	7,442억 원 (3.92%)	2조 8,973억 원 (15.25%)	1조 1,562억 원 (6.08%)	19조 44억 원 (100%)

■ 지역별

정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D 비중과 융합기술 R&D 내의 비중은 수도권 지역이 각각 25.03%, 50.21%로 가장 높았다. 특히 융합기술 R&D에서 집중도가 더 높게 나타났다.

〈그림 3-3〉 지역별 투자 현황



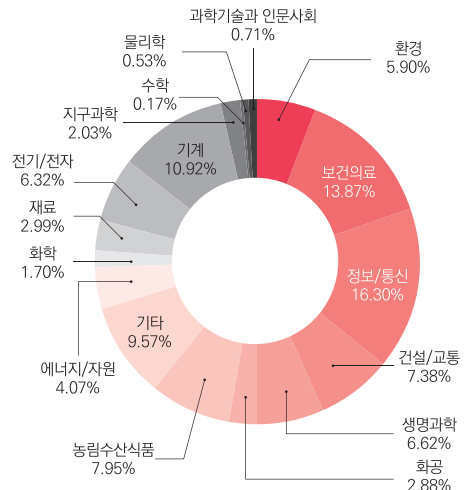
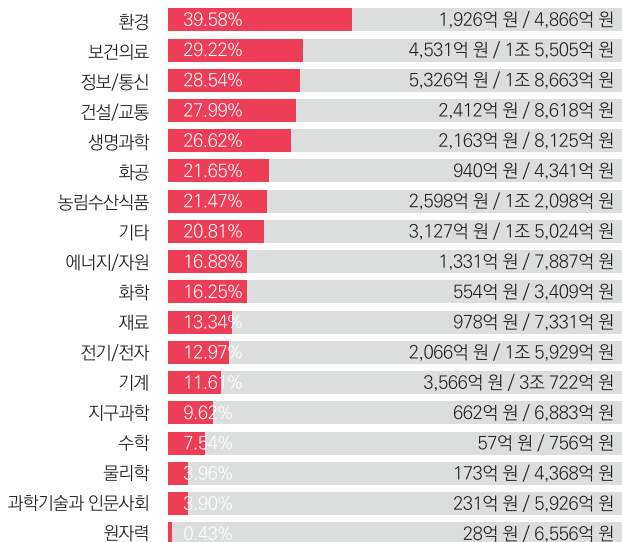
| 지역별 정부 R&D 대비 융합기술 R&D 투자 비중 | | 융합기술 R&D 지역별 투자 비중 |

2) 기술분류별 현황 분석

■ 과학기술표준분류별

정부 전체 R&D에 비한 융합기술 R&D 비중과 융합기술 R&D 내에서의 비중은 각각 환경 39.58%, 정보/통신 16.30%로 가장 높게 나타났다.

〈그림 3-4〉 과학기술표준분류별 투자 현황



| 과학기술표준분류별 정부 R&D 대비 융합기술 R&D 투자비중 | | 융합기술 R&D 과학기술표준분류별 투자비중 |

정부 전체 R&D와 융합기술 R&D에서 과제별 연구자가 과학기술표준분류를 복수로 선택한 비중이 각각 13.88%, 27.54%로 나타났다. 즉 융합기술 R&D 과제에서의 비중이 2배 이상 높았다.

〈표 3-6〉 과학기술표준분류 선택횟수에 따른 투자 현황

사업 구분	단일선택	복수선택			합계
	1분야 선택	2분야 선택	3분야 선택	소계	
융합기술 R&D	2조 3,672억 원 (72.46%)	3,950억 원 (12.09%)	5,047억 원 (15.45%)	8,997억 원 (27.54%)	3조 2,669억 원 (100%)
정부 전체 R&D	15조 2,434억 원 (86.12%)	비공개		2조 4,571억 원 (13.88%)	17조 7,005억 원 (100%)

■ 미래유망신기술(6T) 분류별

정부 전체 R&D와 융합기술 R&D에서 모두 BT(각각 28.41%, 18.84%), IT(각각 26.82%, 18.99%) 분야가 가장 높게 나타났다.

〈표 3-7〉 미래유망신기술(6T) 분류별 투자 현황

사업 구분	IT	BT	NT	ST	ET	CT	기타	합계
융합기술 R&D	8,762억 원 (26.82%)	9,282억 원 (28.41%)	2,123억 원 (6.50%)	698억 원 (2.14%)	4,357억 원 (13.34%)	860억 원 (2.63%)	6,586억 원 (20.16%)	3조 2,669억 원 (100%)
정부 전체 R&D	3조 3,617억 원 (18.99%)	3조 3,341억 원 (18.84%)	8,003억 원 (4.52%)	1조 2,512억 원 (7.07%)	2조 2,697억 원 (12.82%)	1,963억 원 (1.11%)	6조 4,871억 원 (36.65%)	17조 7,005억 원 (100%)

■ 국가전략기술 분야별 투자 현황

융합기술 R&D에서 ICT 융합 신산업 창출(28.29%)의 비중이, 정부 전체 R&D에서는 미래 신산업 기반 확충(25.39%)의 비중이 가장 높게 나타났다. R&D가 주로 경제성장을 목적으로 지원되고 있음을 알 수 있다.

〈표 3-8〉 국가전략기술 분야별 투자 현황

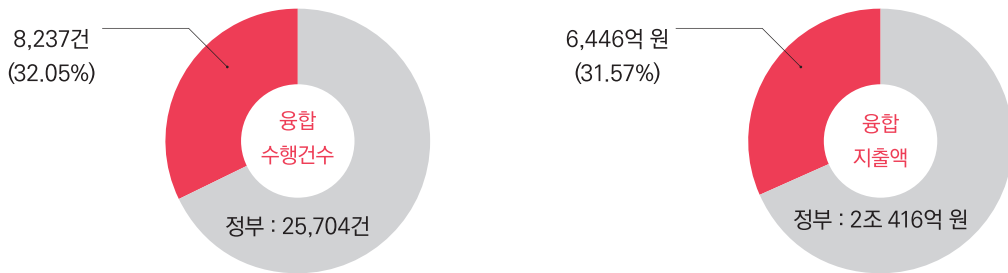
사업 구분	ICT 융합 신산업 창출	미래 신산업 기반 확충	깨끗하고 편리한 환경 조성	건강장수 시대 구현	걱정 없는 안전사회 구축	기타	합계
융합기술 R&D	9,242억 원 (28.29%)	6,185억 원 (18.93%)	3,161억 원 (9.68%)	3,497억 원 (10.70%)	1,670억 원 (5.11%)	8,914억 원 (27.29%)	3조 2,669억 원 (100%)
정부 전체 R&D	2조 9,582억 원 (16.71%)	4조 4,941억 원 (25.39%)	8,535억 원 (4.82%)	1조 2,552억 원 (7.09%)	7,303억 원 (4.13%)	7조 4,091억 원 (41.86%)	17조 7,005억 원 (100%)

3) 공동·위탁연구 현황 분석

■ 공동·위탁연구 총괄

2016년도 공동·위탁연구 융합기술 R&D의 수행 건수는 8237건으로 정부 전체 R&D에 비해 32.05%를 차지했으며, 지출액 역시 6,446억 원으로 31.57%의 비슷한 비중을 차지했다.

〈그림 3-5〉 공동·위탁연구에서 정부 전체 R&D에 대한 융합기술 R&D 비중



한편, 정부 전체 R&D와 융합기술 R&D 수행 건수와 지출액 모두 공동연구 비중이 70% 이상으로 대부분을 차지했다. 지출액의 경우는 융합기술 R&D의 공동연구 비중(77.43%)이 정부 전체 R&D(83.24%)보다 낮게 나타났다.

〈표 3-9〉 공동·위탁연구 수행 건수 및 지출액 현황

사업 구분	수행 건수			지출액		
	공동연구	위탁연구	소계	공동연구	위탁연구	소계
융합기술 R&D	6075건 (73.75%)	2162건 (26.25%)	8237건 (100%)	4,991억 원 (77.43%)	1,456억 원 (22.59%)	6,446억 원 (100%)
정부 전체 R&D	1만 9853건 (77.24%)	5851건 (22.76%)	2만 5704건 (100%)	1조 6,994억 원 (83.24%)	3,422억 원 (16.76%)	2조 416억 원 (100%)

■ 부처별 공동·위탁연구 지출액 현황

공동·위탁연구 지출액의 융합기술 R&D 내에서 부처별 비중은 2개 부처(미래창조과학부, 산업통상자원부)가 절반(52.65%, 3,394억 원)을 차지했다.

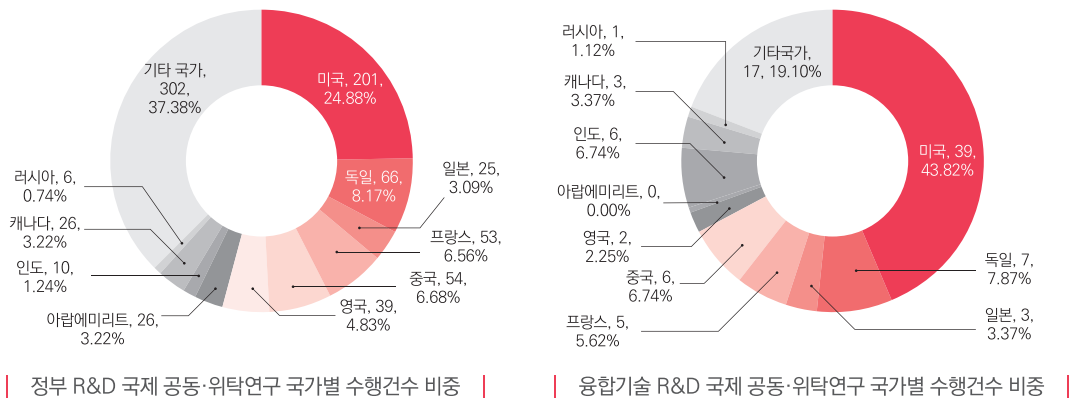
〈표 3-10〉 부처별 공동·위탁연구 지출액 현황

사업 구분	산업통상 자원부	미래창조 과학부	국토 교통부	중소 기업청	기타 부처	합계
융합기술 R&D	1,515억 원 (23.50%)	1,879억 원 (29.15%)	1,044억 원 (16.20%)	1,282억 원 (19.89%)	726억 원 (11.26%)	6,446억 원 (100%)
정부 전체 R&D	9,989억 원 (48.93%)	5,228억 원 (25.61%)	1,876억 원 (9.19%)	1,646억 원 (8.06%)	1,677억 원 (8.21%)	2조 416억 원 (100%)

■ 국가별 국제 공동·위탁연구 수행건수 현황

정부 전체 R&D의 국제 공동·위탁연구 808건 중 미국이 24.88%로, 융합기술 R&D에서도 미국이 43.82%로 가장 높았다.

〈그림 3-6〉 국가별 국제 공동·위탁연구 수행 건수 현황



3. 2016년도 융합연구개발 주요성과

1) 요약

■ 총괄성과

2016년도 융합기술 R&D 사업(3조 2,669억 원)을 통해 SCI(E)논문 3997편이 발표됐고, 국내특허 출원·등록은 각각 1242건, 47건, 해외특허 출원·등록 성과는 각각 381건, 78건이 배출됐다. 정

부 R&D 사업(19조 44억 원)에 비한 융합기술 R&D 사업의 SCI(E)논문 성과 비중은 10.69%를 차지했고, 융합기술 R&D 사업의 특허 출원·등록 성과는 1748건(국내특허 성과 1289건, 해외특허 성과 459건)으로 나타났다.

〈표 3-11〉 2016년 융합기술 R&D 사업의 논문, 특허 성과 일괄표

구분		연구비		논문		국내특허		
		연구비	비중(%)	SCI(E)논문	비중(%)	출원	등록	비중*(%)
합계		3조 2,669억 원	-	3997편	-	1242건	47건	-
부처별	미래부	9,900억 원	30.30	3072편	76.86	828건	19건	65.71
	환경부	1,722억 원	5.27	144편	3.60	31건	11건	3.26
	농림축산부	1,592억 원	4.87	227편	5.68	188건	2건	14.74
	농진청	781억 원	2.39	79편	1.98	22건	-	1.71
	복지부	1,598억 원	4.89	37편	0.93	-	2건	0.16
	산업부	4,526억 원	13.85	59편	1.48	116건	1건	9.08
	해수부	1,092억 원	3.34	174편	4.35	43건	5건	3.72
	국토부	2,305억 원	7.06	106편	2.65	6건	7건	1.01
	교육부	1,234억 원	3.78	0편	0.00	-	-	-
	기타부처	7,919억 원	24.24	100편	2.50	8건	-	0.62
연구개발 단계별	기초연구	6,143억 원	18.80	2596편	64.95	570건	13건	45.23
	응용연구	4,550억 원	13.93	645편	16.14	289건	8건	23.04
	개발연구	1조 7,740억 원	54.30	722편	18.06	373건	23건	30.72
	기타	4,236억 원	12.97	34편	0.85	10건	3건	1.01
연구수행 주체별	국공립연구소	622억 원	1.90	21편	0.53	6건	-	0.47
	출연연구소	6,551억 원	20.05	557편	13.94	233건	6건	18.54
	대학	1조 309억 원	31.56	3185편	79.68	735건	12건	57.95
연구수행 주체별	대기업	799억 원	2.45	35편	0.88	9건	1건	0.78
	중견기업	971억 원	2.97	18편	0.45	36건	3건	3.03
	중소기업	1조 904억 원	33.38	108편	2.70	163건	18건	14.04
	기타	2,513억 원	7.69	73편	1.83	60건	7건	5.20
지역별	수도권	1조 6,029억 원	49.06	2052편	51.34	642건	29건	52.06
	대전	5,993억 원	18.34	844편	21.12	277건	9건	22.19
	지방	9,904억 원	30.32	1064편	26.62	318건	8건	25.29
	기타	743억 원	2.27	38편	0.95	4건	0건	0.31

구분		연구비		논문		국내특허		
		연구비	비중(%)	SCI(E)논문	비중(%)	출원	등록	비중*(%)
미래유망 신기술 (6T)별	IT	9,075억 원	27.78	457편	11.43	237건	14건	19.47
	BT	9,282억 원	28.41	1739편	43.51	496건	7건	39.02
	NT	2,123억 원	6.50	829편	20.74	212건	-	16.45
	ST	698억 원	2.14	54편	1.35	17건	2건	1.47
	ET	4,357억 원	13.34	525편	13.13	128건	17건	11.25
	CT	860억 원	2.63	25편	0.63	19건	-	1.47
	기타	6,586억 원	20.16	368편	9.21	132건	8건	10.86

* 출원·등록 실적의 항목별 비율을 나타냄

※ 통계수치는 반올림으로 인해 '합계' 수치 마지막 단위에서 차이가 발생할 수 있음

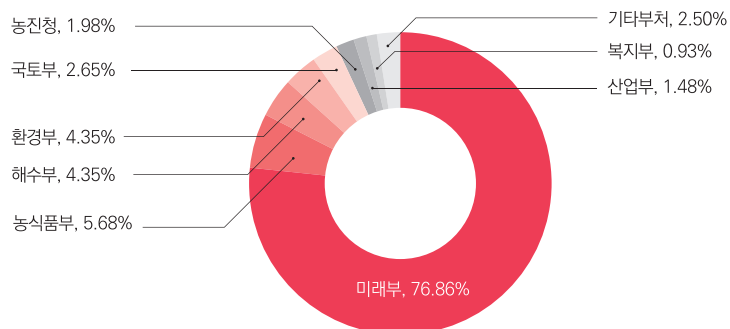
2) SCI(E)논문 성과분석

융합기술 R&D 사업의 SCI(E)논문 성과는 미래부, 기초연구, 대학, 수도권, BT 분야에서 주도적으로 배출됐다.

■ 부처별 성과

미래부에서 배출된 SCI(E)논문 성과가 전체의 76.86%(3072편)를 차지하며 압도적인 강세를 보였고, 다음으로 농식품부(5.68%), 해수부(4.35%), 환경부(4.35%) 순으로 나타났다.

〈그림 3-7〉 부처별 SCI(E)논문 성과

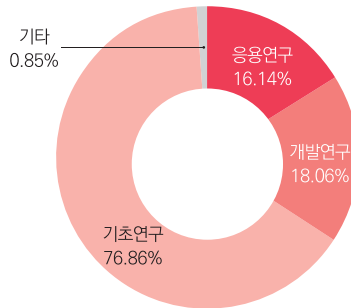


주) [기타부처]에는 기상청, 문체부, 문화재청, 방위사업청, 중소기업청, 법무처 등이 포함됨

■ 연구개발단계별 성과

융합기술 R&D 사업 중 기초연구 단계에서 배출된 SCI(E)논문 성과가 전체 64.95%(2,596편)를 차지했고, 다음으로 개발연구(18.06%), 응용연구(16.14%) 순으로 나타났다.

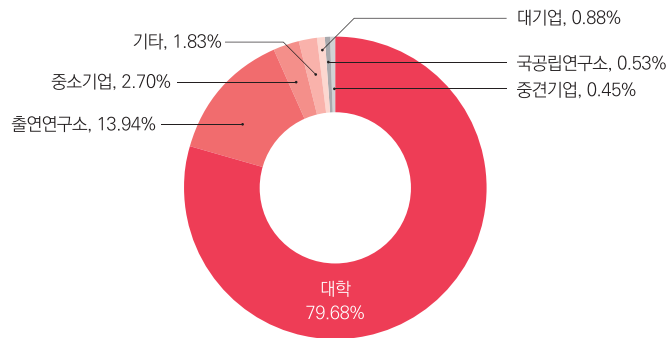
〈그림 3-8〉 연구개발단계별 SCI(E)논문 성과



■ 연구수행주체별 성과

대학에서 배출된 SCI(E)논문 성과가 전체의 79.68%(3185편)를 차지하며 논문 성과를 주도하고 있다. 다음으로 출연연구소(13.94%), 중소기업(2.70%), 대기업(0.88%), 국공립연구소(0.53%) 순으로 나타났다.

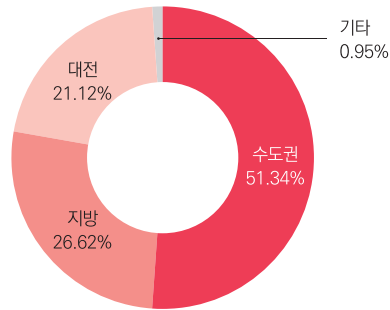
〈그림 3-9〉 연구수행주체별 SCI(E)논문 성과



■ 지역별 성과

수도권(서울, 인천, 경기)에서 전체의 51.34%(2052편)의 SCI(E)논문 성과가 배출됐고, 지방과 대전이 26.62% 21.12%로 각각 나타났다.

〈그림 3-10〉 지역별 SCI(E)논문 성과

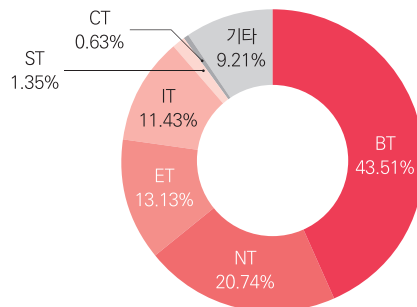


주) 기타에는 지역분류가 불가능한 경우와 해외로 입력된 과제에서 발생한 논문

■ 미래유망신기술(6T) 분야별 성과

융합기술 R&D 사업 중 BT 분야에서 배출된 SCI(E)논문 성과가 43.51%(1739편)로 가장 많았고, 다음으로 NT(20.74%), ET(13.13%), IT(11.43%), ST(1.35%) 순으로 나타났다.

〈그림 3-11〉 미래유망신기술(6T) 분야별 SCI(E)논문 성과

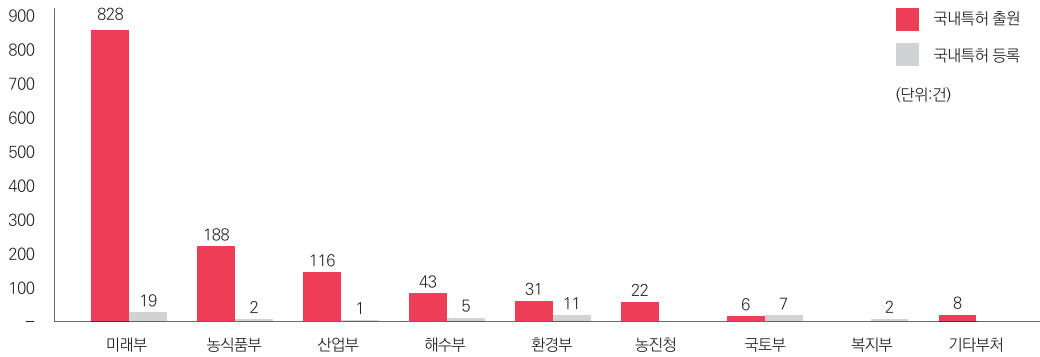


3) 특허 성과분석

■ (국내특허) 부처별 성과

국내특허 출원·등록 성과 비중은 미래부가 각각 66.67%(828건), 40.43%(19건)를 차지하며 강세를 보였다. 국내특허 출원·등록 성과는 미래부에 이어 농식품부, 산업부 순으로 나타났다.

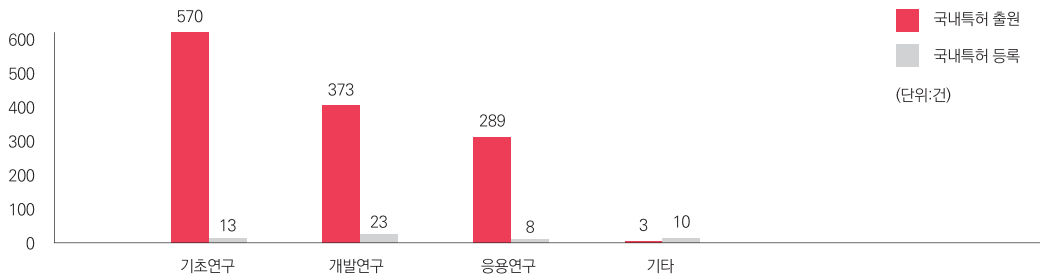
〈그림 3-12〉 부처별 특허 출원·등록 성과



■ (국내특허) 연구개발단계별 성과

융합기술 R&D 사업의 국내특허 출원 성과는 기초연구 단계에서 45.89%(570건)를, 등록 성과는 개발연구 단계에서 48.94%(23건)를 차지하며 강세를 보였다. 출원 성과는 기초연구에 이어 개발연구(30.03%, 373건), 응용연구(23.27%, 289건) 순이며, 등록 성과는 개발연구에 이어 기초연구(27.66%, 13건), 응용연구(17.02%, 8건) 단계 순으로 나타났다.

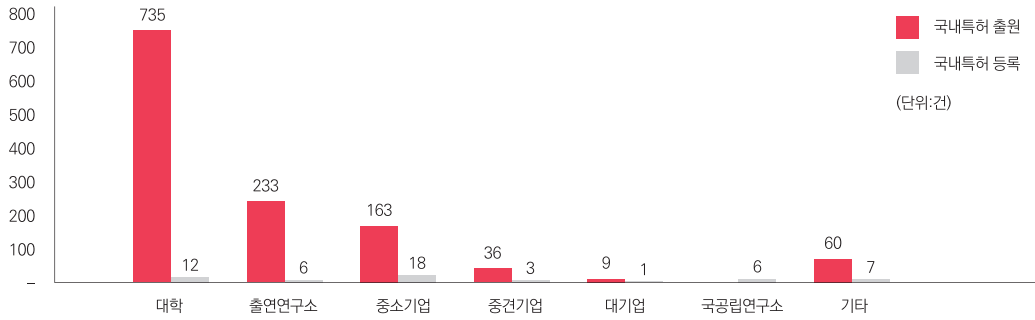
〈그림 3-13〉 연구개발단계별 특허 출원·등록 성과



■ (국내특허) 연구수행주체별 성과

융합기술 R&D 사업의 국내특허 출원 성과는 대학(59.18%, 735건)에서, 등록 성과는 중소기업(38.30%, 18건)에서 가장 많이 배출됐다. 출원 성과는 대학에 이어 출연연구소(18.76%, 233건), 중소기업(13.12%, 163건) 순이며, 등록 성과는 중소기업에 이어 대학(25.53%, 12건), 출연연구소(12.77%, 6건) 순으로 나타났다.

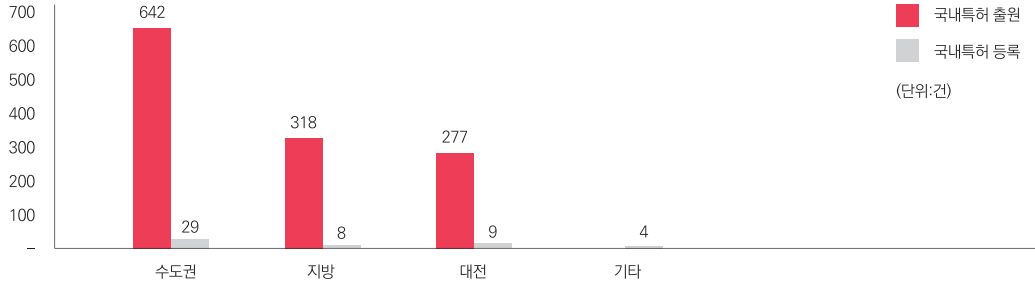
〈그림 3-14〉 연구수행주체별 특허 출원·등록 성과



■ (국내특허) 지역별 성과

국내특허의 출원·등록 성과는 수도권(서울, 인천, 경기)에서 가장 많이 발생했다. 출원 성과는 수도권(51.73%, 642건), 지방(25.62%, 318건), 대전(22.32%, 277건) 순이며, 등록 성과는 수도권(63.04%, 29건), 대전(19.57%, 9건), 지방(17.39%, 8건) 순으로 나타났다.

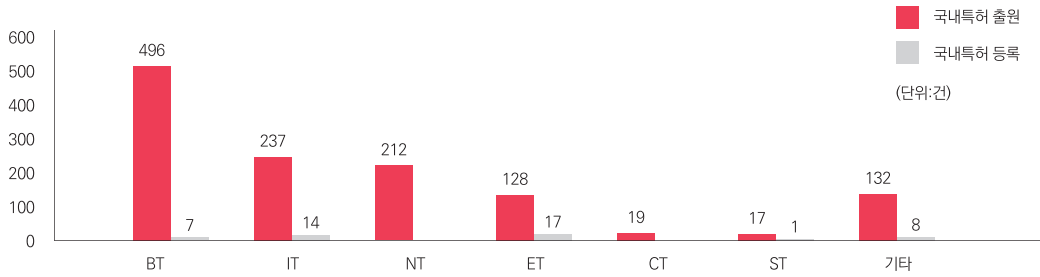
〈그림 3-15〉 지역별 특허 출원·등록 성과



■ (국내특허) 미래유망신기술(6T) 분야별 성과

국내특허 출원 성과는 BT와 IT 분야가, 등록 성과는 ET와 IT 분야가 주도하고 있다. 국내특허 출원 성과는 BT(39.97%, 496건), IT(19.10%, 237건), NT(17.08%, 212건) 순이며, 등록 성과는 ET(35.42%, 17건), IT(29.17%, 14건), BT(14.58%, 7건) 순으로 나타났다. ST 및 CT의 출원·등록 성과 비중은 2% 미만으로 미비한 수준에 머물렀다.

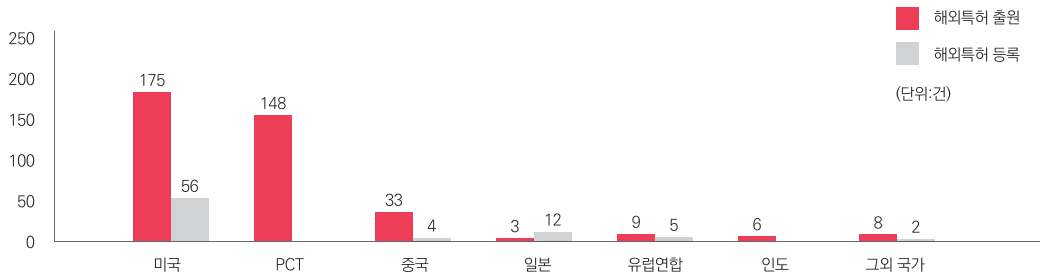
〈그림 3-16〉 미래유망신기술(6T) 분야별 특허 출원·등록 성과



■ 해외특허 성과

해외특허 출원 성과는 미국(45.81%, 175건)과 국제특허(PCT, 38.74%, 148건)에서 많이 발생했으며, 등록 성과는 미국(70.89%, 56건)과 일본(15.19%, 12건)에서 많이 발생했다. 해외특허 출원 성과는 미국, PCT에 이어 중국(8.64%, 33건), EU(2.36%, 9건), 인도(1.57%, 6건) 순이며, 등록 성과는 미국, 일본에 이어 EU(6.33%, 5건), 중국(5.06%, 4건) 순으로 나타났다.

〈그림 3-17〉 해외특허 출원·등록 성과



제2절

2017년 융합 활성화 설문결과

1. 조사개요

융합 활동을 하고 있는 연구자, 학생 등을 대상으로 융합연구 현장의 다양한 목소리와 융합연구 활성화 방안에 대한 의견을 수렴해 정책에 반영하고자 '융합 연구개발 활성화 설문조사'를 2차례 실시했다.

1) 1차 설문조사 개요

1차 설문조사는 2017년 8월 25일부터 9월 8일까지 15일간 온라인 설문조사 사이트 서베이몽키(Survey Monkey)를 활용했다. 또한 미래융합협의회 회원 55명을 대상으로 오프라인 설문조사도 했다. 설문 응답자 수는 총 7202명 중에서 3873명으로 나타나 54%의 응답률을 보였다. 응답자의 연령은 40대가 1057명(28%)으로 가장 많았고, 30대(26%), 20대(21%), 50대(20%), 60대 이상(6.8%), 10대(0.1%) 순으로 나타났다. 응답자의 소속기관은 대학 소속이 2395명(62%)으로 가장 많았고, 기업 및 민간연구소 682명(18%), 출연연 등 공공기관 571명(15%), 기타 255명(5%) 순으로 집계됐다.

응답자의 전공은 공학 분야가 1630명(42%)으로 가장 많았으며, 그다음으로 자연과학(21%), 인문사회(19%), 의학(6%), 문화예술(3%), 농학(2%) 등의 순으로 나타났다.

연구경력은 20년 이상의 경력을 지닌 응답자가 993명(26%)으로 가장 많았으며, 5년 미만(25%), 5년 이상 10년 미만(18%), 10년 이상 15년 미만(16%), 15년 이상 20년 미만(12%), 0년(3%) 순으로 나타났다. 대부분 오랜 경력을 지닌 연구자가 응답했음을 알 수 있다.

2) 2차 설문조사 개요

2차 설문조사는 2017년 11월 11일부터 11월 21일까지 15일간 1차 설문조사와 마찬가지로 온라인 설문조사 사이트 서베이몽키(Survey Monkey)를 활용했다. 설문 응답자 수는 총 3882명 중

2427명으로 나타나 63%의 응답률을 보였다. 응답자의 연령은 30대가 743명(31%)으로 가장 많았고, 40대(25%), 20대(23%), 50대(15%), 60대 이상(5.9%), 10대(0.1%) 순으로 나타났다. 응답자 중 연구경력을 가진 사람은 94%인 2270명으로 조사돼 대다수의 응답자가 융합연구 경험을 가진 것으로 나타났다. 응답자의 소속기관은 대학 소속이 1392명(58%)으로 가장 많았고, 기업 및 민간 연구소 394명(16%), 출연연 등 공공기관 465명(1.9%), 기타 176명(7%) 순으로 집계됐다. 응답자의 전공 분야는 1차 설문조사와 같이 공학 분야가 1060명(44%)으로 가장 많았으며, 그다음으로 자연과학(23%), 인문사회(18%), 의학(6%), 문화·예술(3%), 농학(2%) 등의 순으로 나타났다.

〈표 3-12〉 설문조사 주요 내용

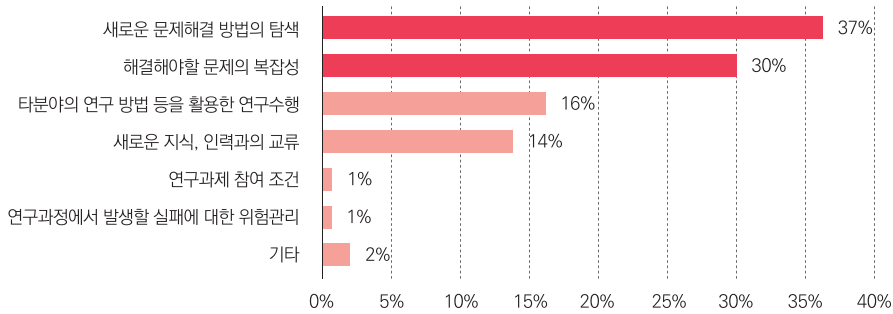
구분	1차 설문조사	2차 설문조사
융합연구에 대한 인식	- 융합연구 활성화 수준 - 융합연구 필요성 - 융합연구 저해요인	
지원제도 개선	- 단계별 지원제도 개선사항	- 주체별 융합활성화 필요요소
융합연구 생태계 활성화 방안	- 인재양성 및 교육과정 개선 - 정보공유 플랫폼의 필요성	- 융합 문화 확산 요소 - 인재양성 - 인프라 강화 방안 - 정보공유 플랫폼 역할
융합연구 활성화 기본계획	- 선도사업의 필요성 - 컨트롤타워의 필요성	- 중점 지원 영역 - 선도프로젝트 지원 영역 - 글로벌 공동연구 필요성

2. 주요결과

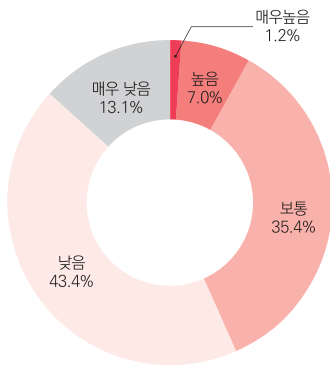
1) 융합연구에 대한 인식

우리나라의 융합연구 활성화 수준은 해외 주요 선진국(미국, EU 등)에 비해 5점 만점에 2.4점 수준으로 낮은 것으로 인식하고 있었다. 하지만 새로운 문제해결 방법 탐색(1399명, 36.5%), 해결과제의 복합성(1136명, 30%), 타 분야의 연구방법 등을 활용한 연구 수행(624명, 16%) 등의 이유로 융합연구의 필요성을 인식하고 있었다. 융합연구 수행을 가로막는 저해 요인으로 응답자의 25%(971명)가 타 분야 연구자와의 교류 경험 부족을 선택했고, 14%(539명)는 적합한 연구파트너 물색의 어려움을 꼽았다.

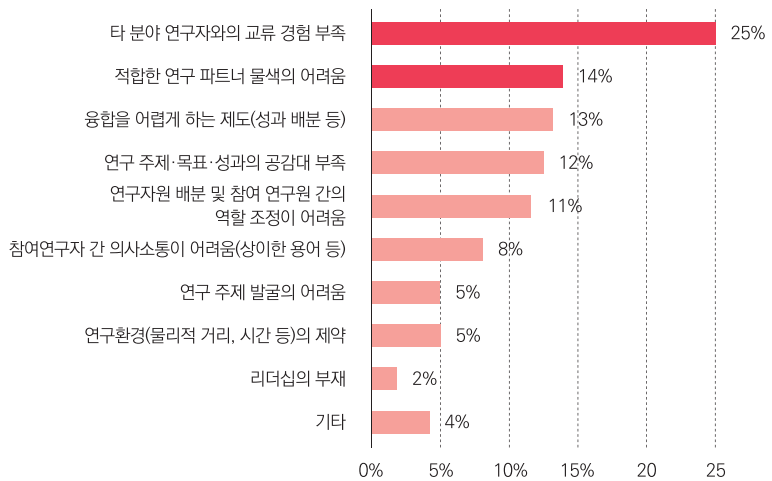
〈그림 3-18〉 융합연구가 필요한 이유



〈그림 3-19〉 융합연구 활성화 수준



〈그림 3-20〉 융합연구 저해요인



2) 융합연구 지원 제도 개선

효과적인 융합연구를 기획하기 위해 가장 필요한 사항으로 기획하기 위한 충분한 시간 및 연구비 제공 38.6%(1493명), 융합연구에 필요한 연구자, 지식정보 제공이 31.4%(1215명) 순으로 집계됐다. 또한 융합연구의 목표를 달성하고 시너지를 창출하기 위해 필요한 융합의 형태를 묻는 질문에는 타 분야와의 융합 확대(과학+인문, 기술+문화 등)가 36.3%(1406명), 기술 간 융합 심화(NT, IT, BT, 등)가 30.3%(1175명), 새로운 주제·문제 발굴(기후변화 대응, 사회문제 해결)이 20.1%(778명) 순으로 나타났다. 이에 응답자의 대다수는 융합연구 기획 단계에서 충분한 시간 및 연구비를 기반으로 타 분야와의 융합연구를 통해 연구성과의 질을 높일 수 있는 지원제도를 기대하고 있다고 유추할 수 있다.

효율적인 융합연구를 할 수 있도록 선정평가 단계에서 개선해야 할 사항으로는 전문성 있

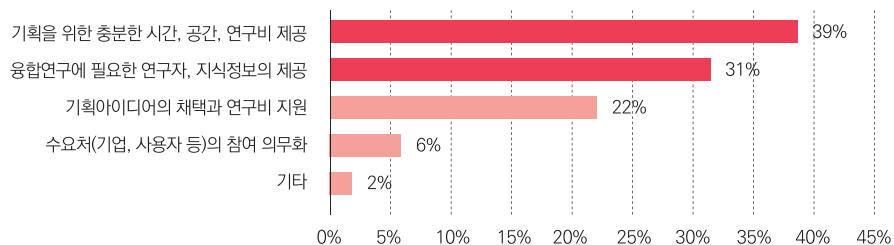
는 평가자의 참여 확대(29.5%, 1143명), 평가자의 전문 분야 다양화(18.5%, 715명), 평가방식의 다양화(공개평가, 인터뷰 평가 등)(16.8%, 649명) 순으로 집계됐다. 이는 융합연구의 특성을 고려해 다양한 분야의 전문가가 참여하고 평가방식을 융합연구 특성에 맞게 조정할 필요가 있다는 것을 시사한다.

융합연구를 촉진하기 위해 융합연구 수행 단계에서 개선해야 할 사항으로는 예산한도 내에서 자율적으로 연구기간, 연구비 설정(29.4%, 1138명), 연구 장려금 방식의 연구비 지원 확대(정산, 평가의 간소화)(27.1%, 1049명), 타 기관 연구자의 참여연구원 규정 간소화 및 완화(20.2%, 784명), 융합연구 코디네이터 지원(유경험자 컨설팅, 전문기관의 멘토링)(20.2%, 784명) 순으로 나타났다. 비교적 고르게 응답했음을 확인할 수 있는데, 결국 융합연구를 촉진하려면 연구 방식과 연구비 사용에 자율성을 부여하고, 다양한 연구자가 참여할 수 있도록 규정을 간소화하며, 융합연구의 어려움을 해소할 수 있도록 컨설팅을 지원해달라고 요구하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 융합연구의 불확실성으로 인해 연구목표를 달성하기 어려움을 해소하는 데 도움이 되는 제도로는 가장 많은 1310명(33.8%)이 목표조정(무빙타겟) 활성화라고 답했고, 1118명(28.9%)이 성실실패제도 확대, 777명(20%)이 우수 성공모델·방법론 제공이라 응답했다.

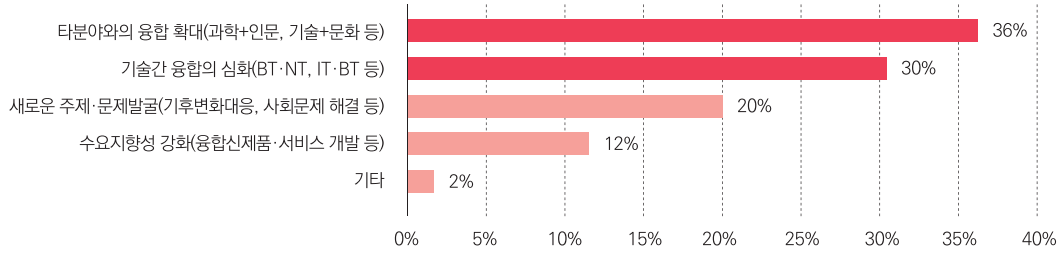
융합연구성과 평가방식으로 단일평가와 차별화된 전문 성과평가로 큰 효과가 기대되는 방식은 가장 많은 1069명(27.6%)이 책임평가제라고 답했으며, 846명(21.8%)이 해당 분야의 전문가로 구성된 평가위원이라고, 794명(20.5%)이 수요자 등 평가 참여 확대라고 응답했다. 연구자들이 선정평가와 마찬가지로 융합연구의 특성을 고려한 전문 평가위원 구성을 요구하고 있는 것을 알 수 있다.

융합연구의 성과를 활용·확대하기 위해 우선 필요한 제도로는 연구방법론·연구성과의 데이터베이스화를 통한 공유·공개가 31.6%(1225명)로 가장 높았으며, 후속연구를 지원하기 위한 트랙 마련 25.0%(969명), 정기적인 성과 발표 및 교류회 12.1%(470명) 순으로 나타났다. 또한 우수한 융합연구의 지속성을 확대하기 위해 필요한 사항으로는 가장 많은 1493명(38.6%)이 자유롭게 연구할 수 있는 지원제도 마련이라고 답했고, 1095명(28.3%)이 후속 과제 지원 트랙 마련, 975명(25.2%)이 적합한 연구파트너 추천이라고 응답했다.

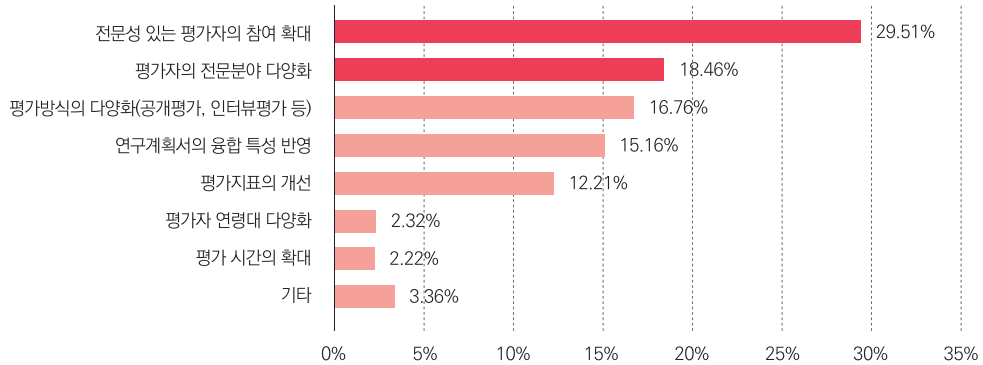
〈그림 3-21〉 기획 시 우선적 필요사항



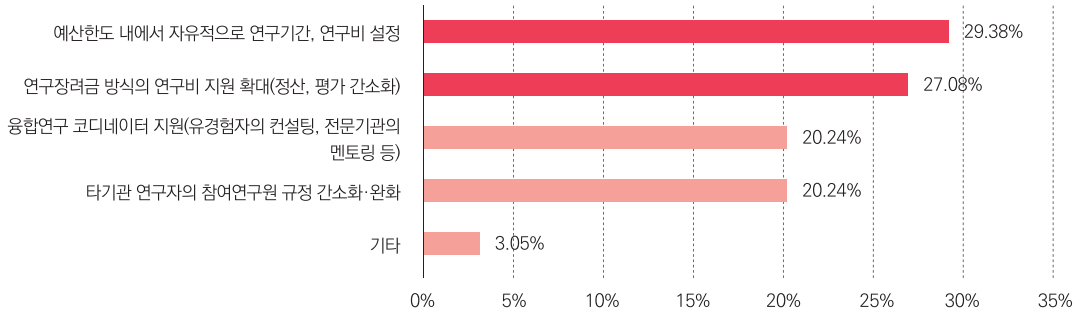
〈그림 3-22〉 기획 시 시너지를 창출하기 위한 융합형태



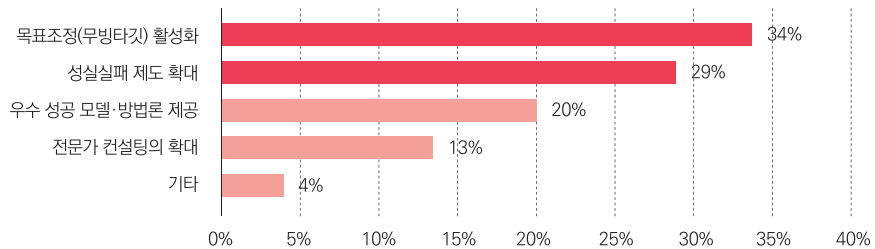
〈그림 3-23〉 선정평가에서 개선사항



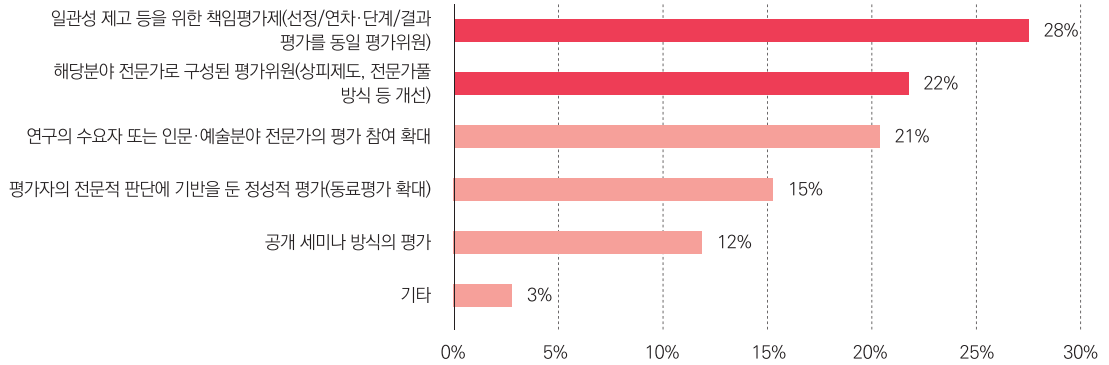
〈그림 3-24〉 연구수행 시 융합을 촉진하기 위한 개선사항



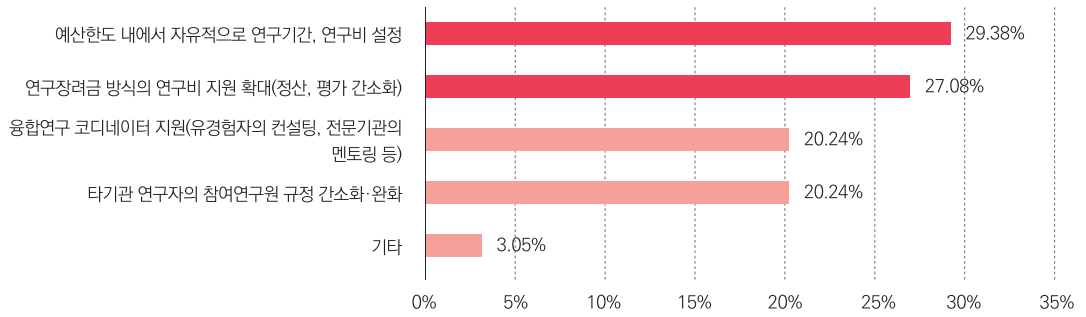
〈그림 3-25〉 연구수행 시 목표 달성에 도움이 되는 제도



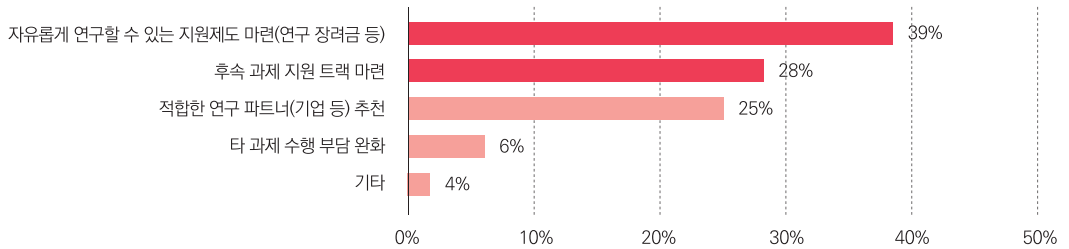
〈그림 3-26〉 성과평가에서 융합과제 평가방식



〈그림 3-27〉 성과를 환류하기 위한 우선 지원사항



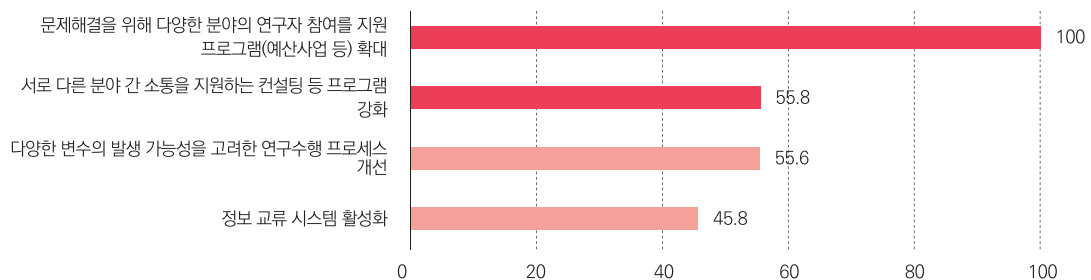
〈그림 3-28〉 활용·환류에서 지속성을 확보하기 위한 필요사항



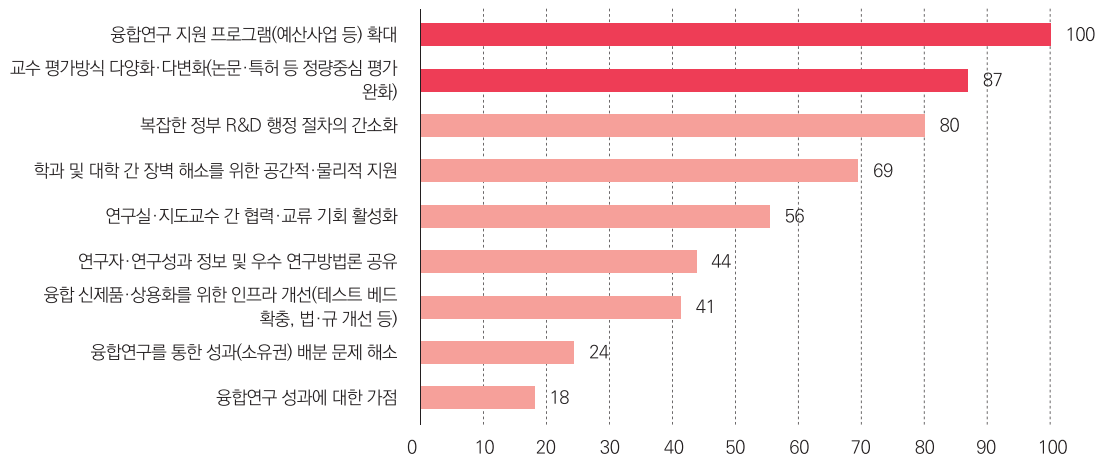
다양한 학문·분야 간의 융합을 촉진하려면 가장 필요한 요소로 문제를 해결하기 위해 다양한 분야의 연구자 참여를 지원하는 프로그램(예산사업 등) 확대를 1순위로 꼽았으며, 2순위는 서로 다른 분야 간 소통을 지원하는 컨설팅 등 프로그램 강화(55.8점), 3순위는 다양한 변수의 발생 가능성을 고려한 연구수행 프로세스 개선(55.6점)으로 나타났다. 대학의 융합연구를 확대하기 위한 중요 요소로는 융합연구 지원 프로그램(예산사업 등) 확대를 1순위로 뽑았으며, 2순위는 교수 평가방식 다양화·다변화(논문·특허 등 정량중심 평가 완화), 3순위는 복잡한 정부 R&D 행정 절차의 간

소화로 꼽았다. 기업 연구자의 융합연구 참여를 촉진하기 위한 필요 요소의 1순위는 융합연구 지원 프로그램(예산사업 등) 확대로 분석됐으며, 2순위는 융합 신제품·상용화를 위한 인프라 개선(테스트 베드 확충, 법·규제 개선 등), 3순위는 연구자 간 협력·교류 기회 활성화였다. 산·학·연 기관 간 융합연구 참여를 촉진하기 위한 필요 요소의 1순위는 융합연구 지원 프로그램(예산사업 등) 확대, 2순위는 연구자 간 협력·교류 기회 활성화, 3순위는 복잡한 정부 R&D 행정 절차의 간소화(72점)로 조사됐다.

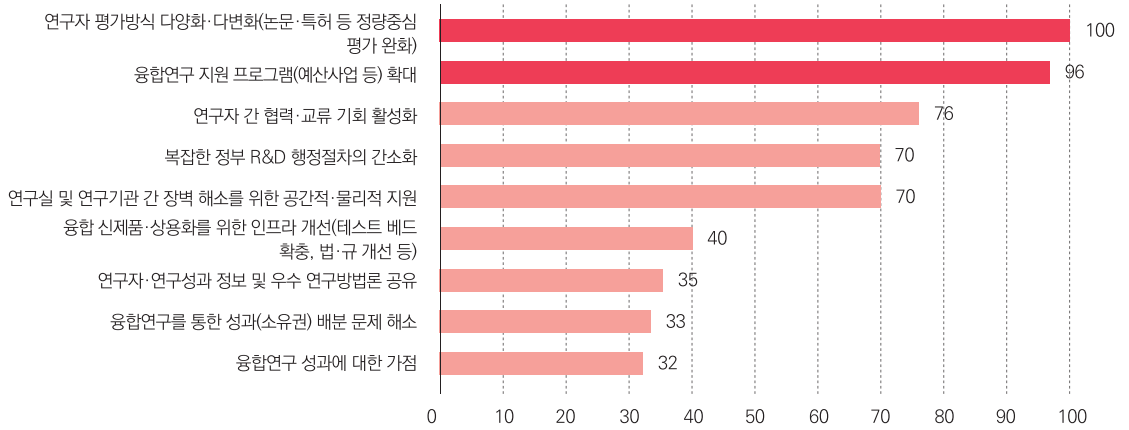
〈그림 3-29〉 융합을 촉진하기 위한 필요요소



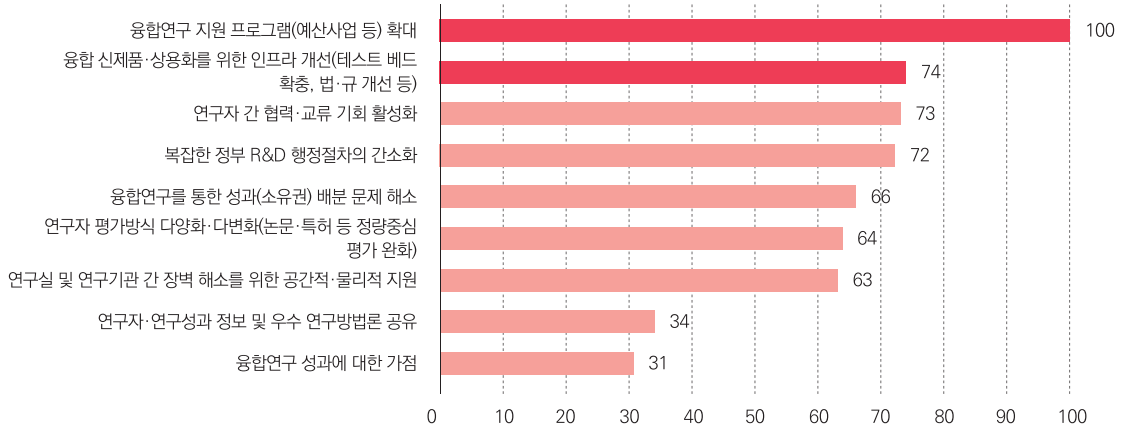
〈그림 3-30〉 대학 융합연구 확대요소



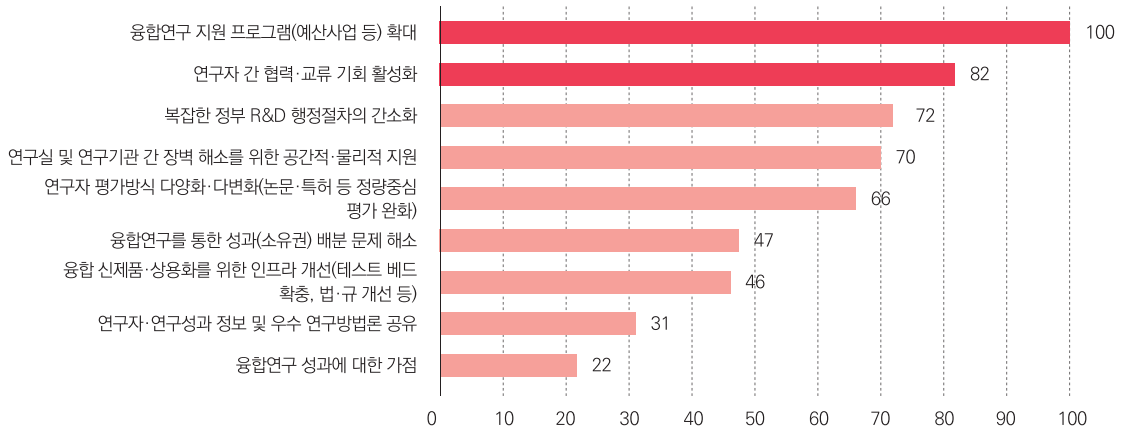
〈그림 3-31〉 연구소 연구자의 융합연구 참여 독려요소



〈그림 3-32〉 기업 연구자의 융합연구 참여 촉진요소



〈그림 3-33〉 산·학·연 기관 간 융합연구를 촉진하기 위한 필요요소

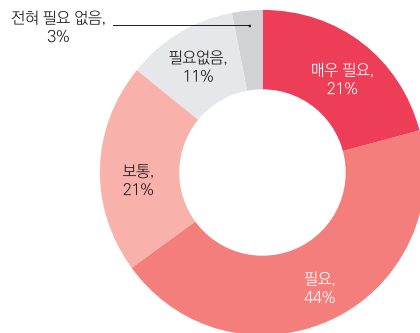


3) 융합연구 생태계 활성화 방안

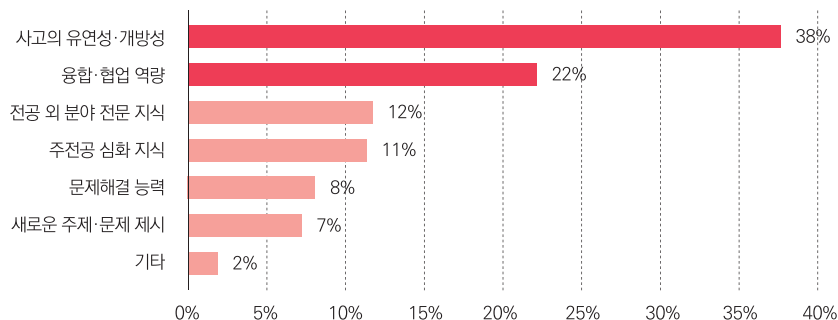
융합연구 생태계를 활성화하기 위한 융합 교육 전문 과정 또는 기관의 필요성에 대해 응답자의 64.7%가 필요하다고 답했다. 또한 융합인재가 갖춰야 할 역량은 사고의 유연성·개방성이 37.8%(1465명)로 가장 비중이 높았으며, 융합·협업 역량 22.3%(863명), 주전공 심화 지식 11.8%(455명), 전공 외 분야 전문 지식 11.3%(438명)로 나타났다. 한편 산업계 측에서는 전공 심화 지식보다는 문제 해결 능력을 다소 중요하게 평가한다는 것을 알 수 있다.

융합 인재를 양성하기 위해 정부가 중점적으로 추진해야 할 사항은 978명(40.3%)이 4차 산업혁명 핵심기술(인공지능, SW, IoT, 빅데이터 등) 교육 확대라고 답했으며, 686명(28.3%)이 STEAM 교육 등 창의 융합형 교육 강화, 570명(23.5%)이 인문학적 소양 강화라고 응답했다.

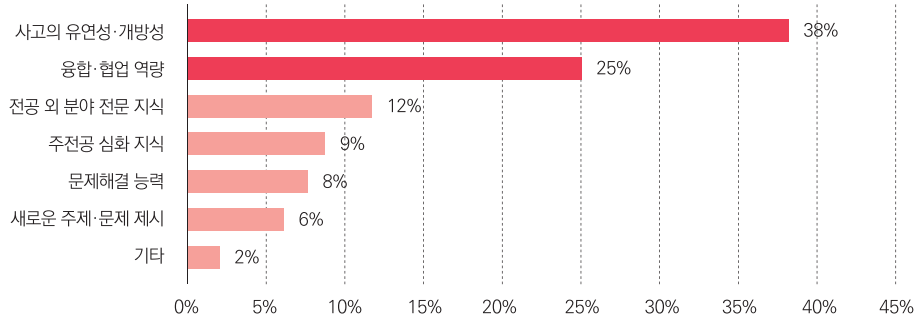
〈그림 3-34〉 융합 인재를 양성하기 위한 별도 교육과정 및 기관의 필요성



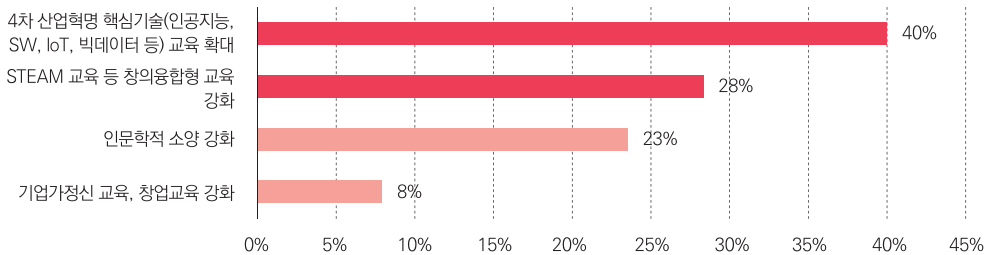
〈그림 3-35〉 융합 인재가 갖춰야 할 역량



〈그림 3-36〉 기업 및 민간 연구소에서 융합 인재가 갖춰야 할 역량

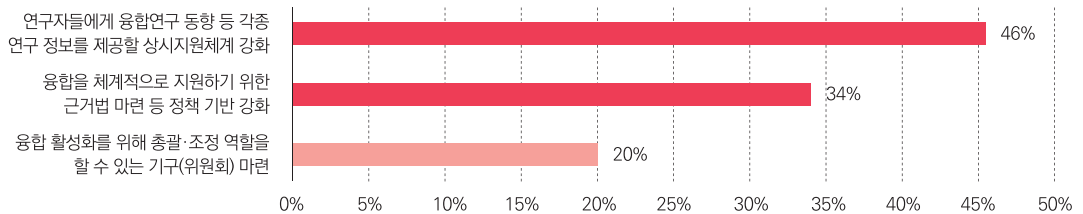


〈그림 3-37〉 융합 인재를 양성하기 위한 정부 중점 추진사항

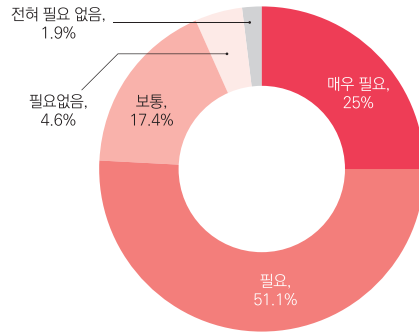


융합연구 생태계를 활성화하기 위해 강화해야 할 인프라 요소는 1107명(45.6%)이 연구자들에게 융합연구 동향 등 각종 연구 정보를 제공할 상시지원체계 강화라고 꼽았고, 827명(34.1%)이 융합을 체계적으로 지원하기 위한 근거법 마련 등 정책 기반 강화라고 답했다. 융합연구 관련 전문가 및 성과 정보를 통합적으로 검색할 수 있는 정보 공유 플랫폼의 필요성에 대해서는 76%(2949명)의 응답자가 필요하다고 답했다. 필요한 이유에 대해서는 1977명(51.1%)이 새로운 방법론, 아이디어, 성과의 활용 확대라고 밝혔으며, 598명(15.4%)이 함께 연구할 파트너 검색이라고 응답했다. 또한 현재 정부 연구개발사업 관련 정보공유 플랫폼인 국가 과학기술지식정보서비스(NTIS)를 포함한 정보 공유 플랫폼에서 우선 제공해야 할 정보로는 1137명(46.9%)이 다양한 연구 정보시스템과 연계 확대(NTIS, KRI, 성과마루 등)를 꼽았으며, 723명(29.8%)이 연구성과 조회(과제별, 연구자별)라고 답했다.

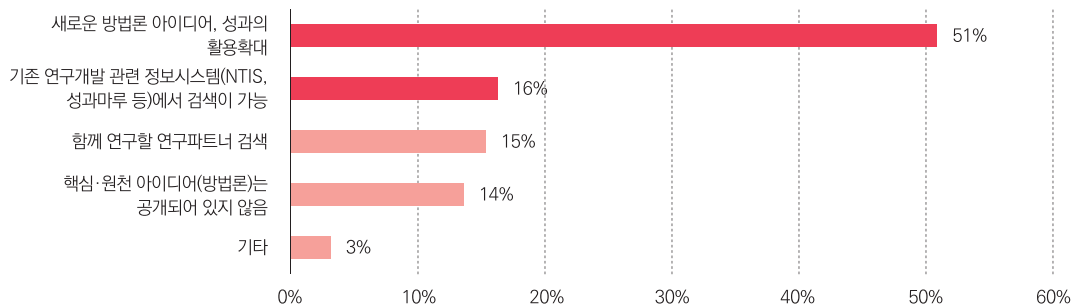
〈그림 3-38〉 융합연구를 활성화하기 위한 인프라 요소



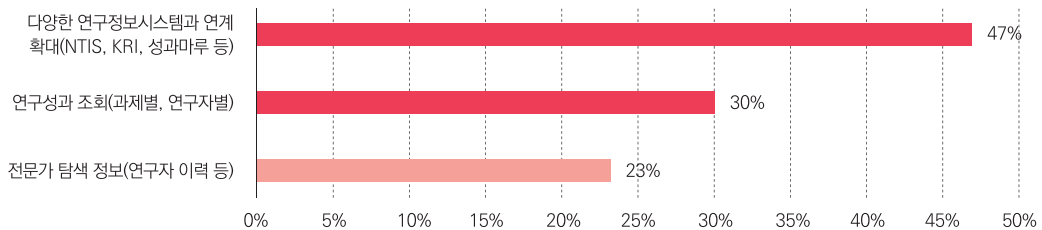
〈그림 3-39〉 융합연구에서 정보공유 플랫폼의 필요성



〈그림 3-40〉 융합연구에서 정보공유 플랫폼의 필요이유



〈그림 3-41〉 정보공유 플랫폼의 역할



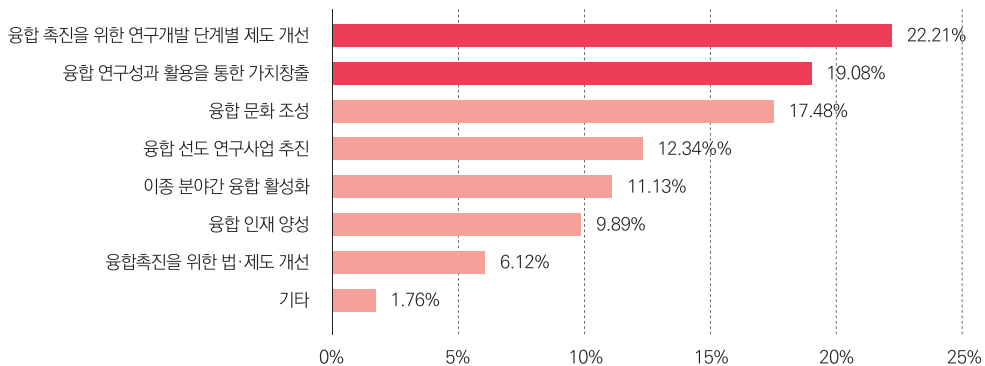
4) 융합연구 활성화 기본계획

「제3차 융합연구 활성화 기본계획」(이하, 기본계획)을 수립하기에 앞서 융합연구를 활성화하기 위한 기본계획의 방향성에 대해 질의했다. 먼저 융합연구를 활성화하기 위해 우선 진행해야 할 전략에 대해서는 융합연구를 촉진하기 위한 연구개발 단계별 제도 개선(860명, 22.2%)을 가장 많이 꼽았으며, 다음으로 융합연구 성과 활용을 통한 가치 창출(739명, 19.1%), 융합문화 조성(677명, 17.5%)

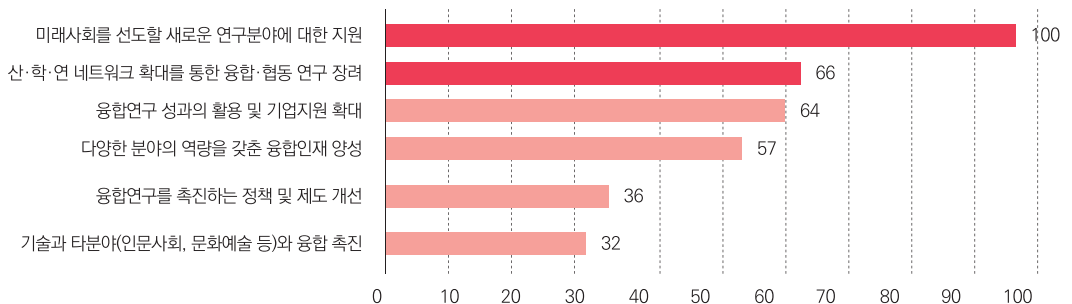
순으로 나타났다. 또한 우선적으로 다뤄야 할 영역 1순위는 미래사회를 선도할 새로운 연구 분야에 대한 지원으로 분석됐으며, 2순위는 산·학·연 네트워크의 확대를 통한 융합·협동 연구 장려, 3순위는 융합연구 성과의 활용 및 기업지원 확대에 밝혀졌다. 융합을 활성화하기 위한 선도사업에 필요성에 대해 67%(2591명)가 필요하다고 응답했으며, 융합을 활성화하기 위한 선도사업의 지원 분야로는 ‘다양한 창의·도전·모험형 연구지원(평균 4.22점)’이 가장 중요하며, 그다음으로 ‘인재 양성, 기관 간 협력 등 생태계 조성(평균 4.06점)’이 중요하다고 답했다.

융합 선도 프로젝트(사업) 추진 시 가장 중점적으로 지원해야 할 영역으로는 가장 많은 1095명(45%)이 융합 역량을 강화하기 위해 모험과 도전의 연구기회 확대를 꼽았고, 641명(26%)이 미래사회에 대응하기 위한 신시장·신산업 창출형 융합연구 확대, 363명(15%)이 소통과 협력을 지원하는 융합 생태계 조성이라고 답했다. 또한 융합선도 프로젝트의 적정 규모와 기간은 중규모(과제당 연 5억 원~10억 원) 중장기(5~10년)지원이 38%(930명)로 가장 높았으며, 그다음으로 중규모(과제당 연 5억 원~10억 원) 단기(2~3년)지원이 19%(454명), 소규모(과제당 연 1억 원 내외) 중장기(5~10년)지원이 18%(427명)로 나타났다.

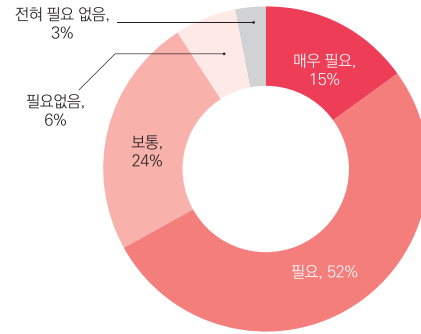
〈그림 3-42〉 융합연구를 활성화하기 위한 중점전략



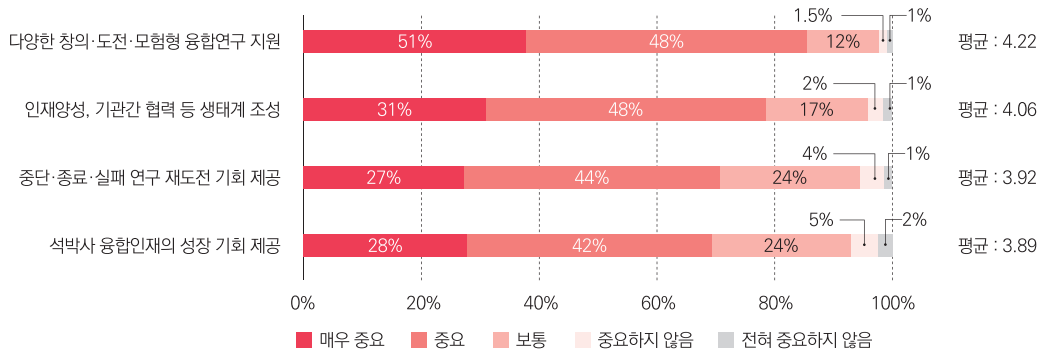
〈그림 3-43〉 기본계획의 우선 고려영역



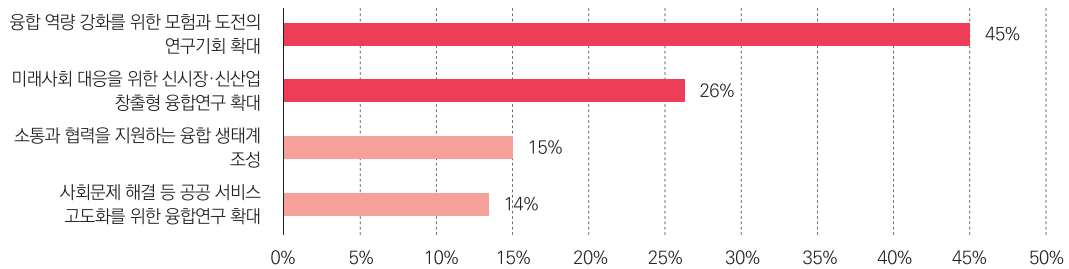
〈그림 3-44〉 융합연구 활성화 선도사업의 필요성



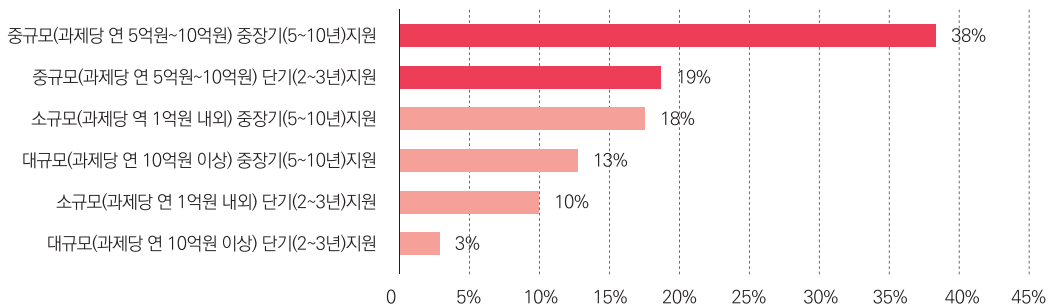
〈그림 3-45〉 융합 활성화 선도사업의 지원 분야



〈그림 3-46〉 프로젝트 추진 시 중점 지원 영역



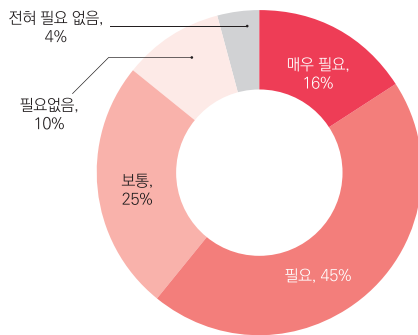
〈그림 3-47〉 융합 프로젝트의 적정 규모 및 기간



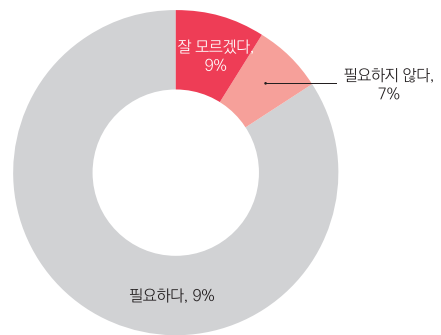
융합 활성화 및 융합연구를 총괄하는 범부처 컨트롤타워의 필요성에 대해 응답자의 70%(2367명)가 필요하다고 답했다. 컨트롤타워의 필요성 여부에 대한 주관식 의견으로는 융합연구의 체계적인 관리 및 지원 역할(145건)과 융합연구개발의 방향성 확보(118건)를 위해 컨트롤타워가 필요하다고 응답했다. 한편, 지나친 정부의 간섭으로 인해 융합연구의 자율성이 침해받을 수 있고(91건) 기존 부처 또는 기관이 컨트롤타워 역할을 할 수 있으므로(50건) 컨트롤타워가 필요하지 않다고 밝혔다.

글로벌 공동 융합연구의 필요성에 대해 84%(2040명)의 응답자가 필요하다고 답했다. 이로부터 대부분의 응답자가 글로벌 공동연구의 필요성을 인지하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 글로벌 공동연구로 우선 수행해야 할 연구 분야에 대해서는 기후변화·에너지 등 전 지구적 환경 문제를 꼽은 응답자가 1340명(55%)으로 가장 많았고, 중력파·생물유전체 등 과학적 원리·원인 규명은 584명(24%), 개발도상국 지원은 176명(7%)이 선택했다. 연구자들이 생각하는 글로벌 공동연구 적합 분야는 전 지구적 규모의 인류 공동문제와 과학적 난제 해결이라는 것을 알 수 있다.

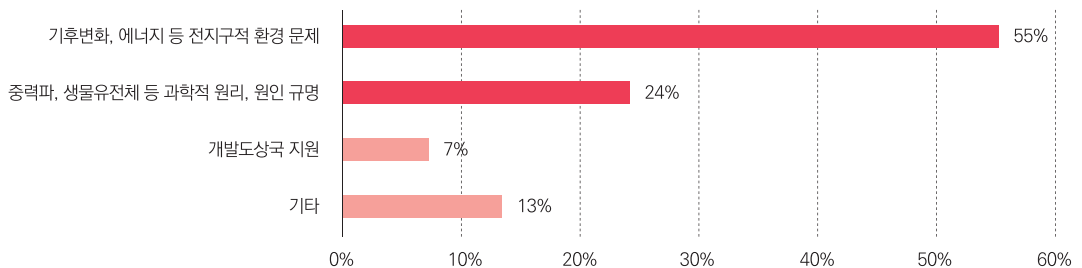
〈그림 3-48〉 융합연구를 활성화하기 위한 컨트롤타워 필요성



〈그림 3-49〉 글로벌 공동연구의 필요성



〈그림 3-50〉 글로벌 공동연구에 적합한 분야



3. 요약 및 시사점

먼저 융합연구 현황을 보면, 융합연구에 참여한 경험이 있는 설문 응답자(47.1%, 1826명) 중 융합연구가 성공적으로 진행됐다는 답변이 많았다(82.9%). 융합연구를 수행한 분야는 정보통신 분야(9.6%)가 가장 많았고, 향후 수행하고 싶은 분야에서도 정보통신 분야가 가장 높은 비중(7.2%)을 차지했다. 향후 융합연구를 수행하고 싶은 분야는 정보통신(7.2%, 989명)에 이어 보건의료(6.0%, 778명), 인지감성(5.9%, 765명), 전기전자(5.7%, 744명), 생명과학(5.5%, 709명) 순으로 나타났다. 또한 연구자들이 인지하는 우리나라의 융합연구 활성화 수준은 선진국(미국, EU 등)에 비해 낮은 것으로 밝혀졌다.

연구자들은 새로운 문제해결 방법 탐색(36.5%, 1399명), 해결과제의 복잡성(30%, 1136명) 등의 이유로 융합연구의 필요성을 인식하고 있는 것으로 나타났다. 원활한 융합연구 수행을 저해하는 요인으로는 타 분야 연구자 간 소통 협력 부족(25%, 971명)이란 응답이 가장 많았고, 이어 적합한 연구파트너 물색 어려움(14%, 539명) 순으로 답했다. 융합연구를 활성화하고자 개선이 필요한 사항에 대해서는 연구자들이 소통할 수 있는 공간 마련(28.9%, 1118명)을 꼽았다. 또한 융합연구의 목표를 달성하고 시너지를 창출하기 위해 필요한 융합의 형태를 묻는 질문에서 타 분야와의 융합 확대(과학+인문, 기술+문화 등)가 36.3%(1406명), 기술 간 융합 심화(NT, IT, BT, 등)가 30.3%(1175명), 새로운 주제·문제 발굴(기후변화 대응, 사회문제 해결)이 20.1%(778명) 순으로 나타났다. 이로써 타 분야와의 융합 확대에 대한 니즈가 높음을 알 수 있다. 연구자들은 융합연구에서 소통과 교류의 중요성에 대해 공감하고 있으며, 타 분야와 원활하게 소통과 협력을 하기 위한 정책적 지원이 필요함을 유추해볼 수 있다.

다음으로 융합연구 수행을 지원하기 위한 정책적 니즈를 살펴보면, 우선 융합연구 기획 단계에서 필요한 사항으로는 융합연구를 기획하기에 충분한 시간 및 연구비 제공 38.6%(1493명), 융합연구에 필요한 연구자 및 지식정보 제공이 31.4%(1215명) 순으로 응답했다. 이는 충분한 시간 및 연구비를 기반으로 타 분야와의 융합연구를 통해 융합연구 성과의 질적 향상을 위한 지원제도를 기대하고 있다는 뜻이라 유추할 수 있다. 또한 융합연구 목표를 달성하는 과정에서 어려움을 해소하는 데 도움이 될 수 있는 사항으로 목표조정 활성화(34%, 1310명), 성실실패제도 확대(29%, 1118명) 순으로 답했다. 이는 융합연구를 촉진하기 위해 수행 단계에서는 연구 방식과 연구비 사용에 자율성을 부여하고 다양한 연구자가 참여할 수 있도록 규정을 간소화하는 식으로 융합연구의 어려움을 해소할 수 있는 정책적 지원이 필요하다는 뜻이다.

융합연구 선정평가 단계에서는 다양한 분야의 전문가 참여와 평가방식을 융합연구 특성에

맞게 조정할 필요가 있다는 의견을 보였다. 세부적으로 응답을 살펴보면, 전문성 있는 평가자의 참여확대(29.5%, 1143명), 평가자의 전문 분야 다양화(18.5%, 715명), 평가방식의 다양화(공개평가, 인터뷰 평가 등)(16.8%, 649명) 순으로 집계됐다. 융합연구 성과 평가방식에서는 선정평가와 마찬가지로 융합연구의 특성을 고려한 책임평가자 선정(1069명, 28%), 해당 분야 전문가 평가위원 확보(846명, 22%) 등을 꼽았다. 이로써 융합연구의 특성을 고려해 전문 평가위원을 구성할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

융합연구 성과를 활용·확대하기 위해 우선 필요한 제도로는 연구 방법론, 성과 정보의 데이터베이스화를 통한 공유 공개(31.6%, 1225명)를 첫손으로 꼽았고, 우수한 융합연구의 지속성을 확대하기 위해서는 자유롭게 연구할 수 있는 제도를 마련(38.6%, 1493명)해야 한다고 가장 많이 답했다. 또한 융합연구 생태계를 활성화하기 위한 기반을 마련하는 데 있어서 인재양성의 필요성과 정보공유플랫폼의 중요성을 인식하고 있었다. 향후 융합 인재가 갖춰야 할 역량으로는 사고의 유연성 및 개방성(37.8%, 1465명)을 선택했으며, 융합인재를 양성하기 위해서는 4차 산업혁명 핵심기술(인공지능, SW, IoT, 빅데이터 등) 교육 확대(40.3%, 978명)가 가장 필요하다고 응답했다. 융합연구 생태계를 활성화하기 위해 강화해야 할 인프라 요소로는 연구자들에게 융합연구 동향 등 각종 연구 정보를 제공할 수 있는 정보 공유 플랫폼의 필요성(45.6%, 1107명)을 손꼽았다.

끝으로 융합연구를 활성화하기 위한 정부 지원에 대해서는 설문 응답자 대부분(87.8%, 3402명)이 국가 연구개발을 위해 정부 지원이 필요하다고 답했다. 또한 융합을 활성화하기 위한 선도사업에 대해서 67%(2591명)가 필요하다고 긍정적 응답을 했으며, 융합을 활성화하기 위한 선도사업의 지원 분야로는 ‘다양한 창의·도전·모험형 연구 지원(평균 4.22점)’이 가장 중요하다고 답했다. 설문 응답자들은 문제를 해결하기 위해 다양한 분야 연구자 참여를 지원하는 프로그램(예산사업 등) 확대가 융합연구를 촉진하는 데 가장 필요하다고 밝혔다. 이는 융합 연구현장에서 분야 간의 융합 및 산·학·연 기관 간의 융합연구를 확대하기 위해 다양한 분야 및 기관의 연구자가 참여할 수 있는 융합연구 프로그램을 확대할 필요성에 대해서 많이 공감하고 있다는 뜻으로 해석해 볼 수 있다.

제4장 기술동향분석

이 장에서는 최신 기술 9가지의 동향 분석을 담았다. 각 분야의 전문가들이 캡슐형 초고속 열차 시스템, 양자컴퓨팅, 바이오 인공장기, 초저전력 반도체, 고효율 고용량 전기자동차 배터리, 빅데이터 기반 자가진단 시스템, 사이버 자가 방어 체계, 원전사고 대응용 위험 작업 로봇, 인간-기계 상호 적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스를 심층 분석했다.

제1절 파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템

제2절 초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술

제3절 줄기세포를 이용한 바이오 인공장기 기술

제4절 디지털 및 아날로그 컴퓨팅을 결합한 초저전력 반도체 기술

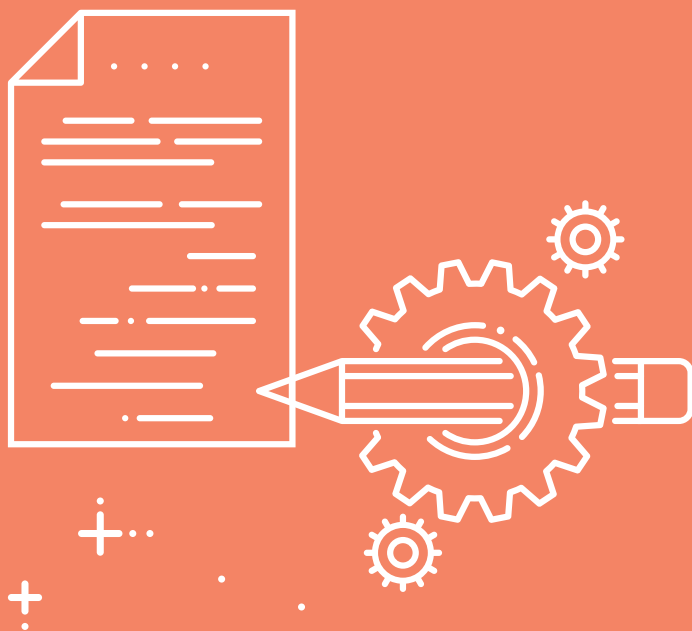
제5절 장거리 주행을 위한 고효율 고용량 전기자동차 배터리 기술

제6절 빅데이터 기반 자가진단 시스템

제7절 사이버테러 방지를 위한 실시간 자가 방어 체계 구축 기술

제8절 원전사고 대응용 위험 작업 로봇

제9절 인간-기계 상호 적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스



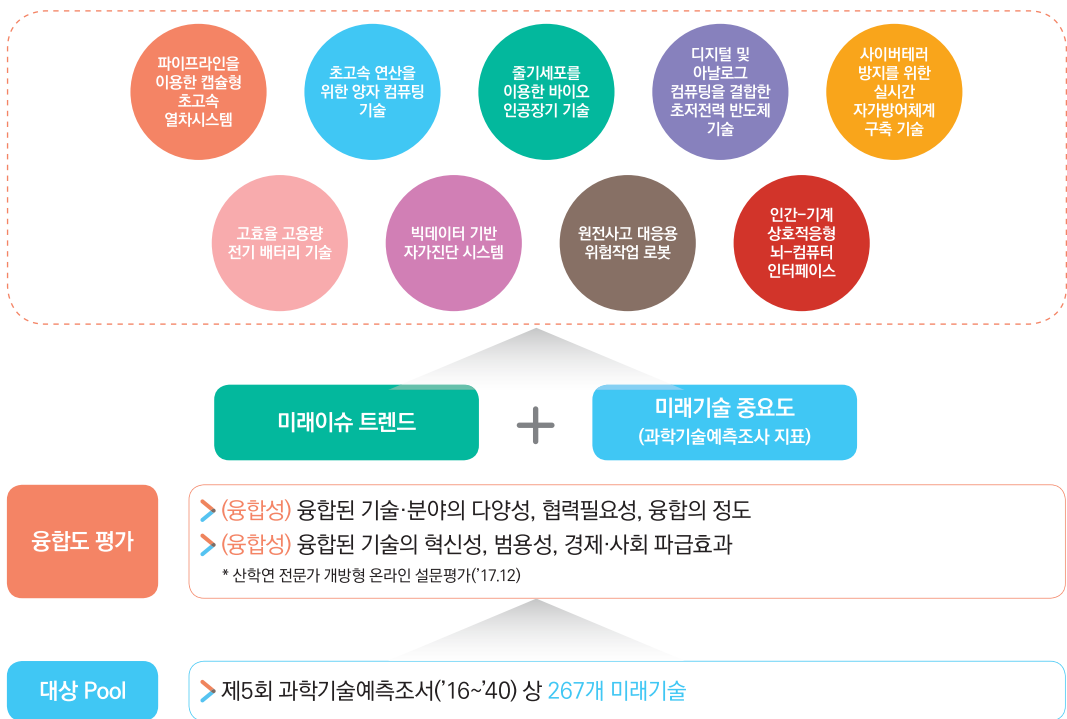
Chapter 04

■ 융합기술 선정과정

‘주요 융합이슈’가 한 해 동안 언론에서 중요하게 다룬 ‘트렌드’를 기반해 선정한 리스트라면, 융합기술은 미래사회에 대응하기 위한 국가전략 플랫폼형 융합기술에서 융합도를 기반으로 선정한 목록이다. ‘제5회 과학기술예측조사’에서 도출된 267개 미래기술을 대상으로 융합성, 확산성 등에 대한 전문가 평가를¹⁾ 실시하고, 전문가 평가와 미래사회 중요도를 바탕으로 주요 융합기술을 선정했다.

최종 선정된 9개 융합기술²⁾에 대해서는 해당 분야 전문가들이 기술 개요, 2017년도 현안, 향후 전망 등에 대해 분석한 내용을 다음에서 자세하게 서술한다.

〈그림 4-1〉 주요 융합기술 선정 프로세스



1) 기간: 2017년 12월 1~13일(개방형 온라인 평가), 유효응답 수: 6039개(1976명 참여)

2) ① 파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템, ② 초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술, ③ 줄기세포를 이용한 바이오 인공 장기 기술, ④ 디지털 및 아날로그 컴퓨팅을 결합한 초저전력 반도체 기술, ⑤ 장거리 주행을 위한 고효율 고품량 전기자동차 배터리 기술, ⑥ 빅데이터 기반 자가진단 시스템, ⑦ 사이버테러 방지를 위한 실시간 자가방어체계 구축기술, ⑧ 원전사고 대응용 위험 작업 로봇, ⑨ 인간-기계 상호적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스

제1절

파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템

I. 기술 개요

영화에 나오는 차세대 교통수단

스파이 액션의 새로운 시대를 보여준 영화 ‘킹스맨 : 시크릿 에이전트’에 등장하는 차세대 교통수단을 눈여겨 본적이 있는가. 가진 것 없이 뒷골목을 전전해 왔지만, 가능성을 지닌 젊은 주인공이 양복점 지하 깊숙한 곳에서 ‘젠틀맨 스파이’로 스카우트되는 과정에 세상에서 가장 위험한 면접을 보러 이동하는 교통수단이 캡슐형 초고속 열차다.



영화 ‘킹스맨’에 등장하는 초고속 캡슐 트레인. © 20세기 폭스코리아

또 다른 SF 영화 중 하나인 ‘토털리콜’을 보면 주인공이 더폴(The Fall)이라는 이름의 특이한 이동수단을 타고 출퇴근하는 장면이 나온다. 더폴은 진공 상태의 튜브에서 움직이는 일종의 엘리베이터다. 환경오염으로 지구상에서 호주와 영국만이 인간이 살 수 있는 장소로 변하면서, 서로 지구 반대편에 있는 두 곳을 관통하여 오고 가는 기능을 한다.

비행기보다 빠른 초고속 열차

우리나라 고속열차인 KTX의 최고 속도는 시속 300km이고, 차세대 항공기인 보잉 드림라이너의 최고 속도도 시속 1000km 내외인 것으로 알려져 있다. 반면에 캡슐형 초고속 열차는 이보다 빠른 시속 1200km로 달릴 수 있다. 캡슐형 초고속 열차가 이처럼 어마어마한 속도를 낼 수 있는 비결은 공기 저항을 거의 받지 않는 진공터널과 캡슐형으로 생긴 열차에 있다. 진공터널은 어떤 저항도 없이 공중에 뜬 채로 달리게 만드는 역할을 한다. 마치 총알이 총열 안에서 날아가는 원리와 비슷하다. 이처럼 파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차의 기본 개념은 터널 내부를 진공 또는 아진공 상태로 만들어 열차가 달릴 때의 주행저항을 최소화해 비행기보다 빠르게 달릴 수 있게 하는 것이다.



파이프라인을 이용한 캡슐형 초고속 열차 시스템 개념도. © HTT

II. 2017년 주요 R&D 동향

해외의 연구개발

초고속 튜브 트레인은 앨런 머스크가 2012년 처음 구상한 것으로 알려져 있지만, 사실 본격적인 연구개발은 1990년대 이후에 이미 시작됐으며, 세계 각국에서 다양한 기술적인 시도가 이뤄져 왔다. 초고속 튜브 트레인의 최초 개념은 미국 교통성 철도관리국의 고속지상운송연구소(OHSGT) 주도 아래 진행된 튜브차량시스템(Tube Vehicle System, TVS)에 대한 연구(1966~1969)를 통해 도출됐다.

아직 시속 1000km 이상의 초고속 튜브 트레인은 상용화 개발이 이뤄지지 않았다. 2017년에는 진공관을 이용한 수송 시스템 ‘하이퍼루프’ 시험 시설이 미국의 네바다주 사막에 건설됐다. 버진하이퍼루프원사는 라스베이거스에서 북쪽으로 56km 떨어진 사막 한가운데에 직경 3.35m 강관을 536m에 걸쳐 설치해, 지금까지 다양한 속도 조건에서 시험운전 200회를 넘겼으며, 시속 386km까지 가속하는 시험에 성공한 바 있다. 미국의 HTT(Hyperloop Transportation Technology)사도 1,200억 원의 민간펀드를 통해 사업을 진행하고 있다. HTT는 프랑스 툴루즈에서 1km 길이의 추진 실험을 계획하고 있으며, 2020년 아랍에미리트 두바이는 알 가디어 지역



미국 네바다 사막에서 시험하고 있는 하이퍼루프. © Virgin Hyperloop One

과 알막툼 국제공항 간 10km 길이를 하이퍼루프 시스템으로 연결한다는 계약을 체결한 것으로 알려지고 있다. 또한 중국에서는 시속 4000km대의 아진공 튜브트레인을 개발하고 있는 것으로 보도되고 있다. 이 밖에도 독일, 일본, 유럽국가 등 10여 개 나라에서 초고속 진공튜브 자기부상열차 개발에 박차를 가하고 있다.

국내의 연구개발

국내에서는 한국철도기술연구원이 2007년부터 튜브운송기술 연구를 진행했다. 2011년에는 진공튜브열차를 52분의 1 크기 모형으로 만들어 0.2기압의 진공튜브 안에서 시속 700km까지 달리는 실험에 성공한 바 있다. 2016년부터는 한국철도기술연구원에서 미래철도기술개발을 위한 창의연구과제의 계속 사업으로 시속 1000km 이상의 속도로 아진공 튜브 가이드웨이를 주행하는 신개념 육상교통인 아음속 캡슐트레인의 핵심요소기술 개발하고 있다.

이 외에도 정부출연연구기관을 중심으로 인프라, 차량, 운행·통신, 운영·안전 분야에 대한 협동연구를 진행하고 있다. 철도연을 비롯해 한국건설기술연구원, 한국기계연구원, 한국전기연구원, 한국전자통신연구원, 울산과학기술원(UNIST), 한양대 등이 모여서 한국형 초고속 튜브트레인(Hyper Tube eXpress, HTX)을 해외의 경쟁자들보다 먼저 개발하기 위해 노력하고 있다.



한국형 초고속 튜브 트레인(HTX)의 상상도. © 한국철도기술연구원

III. 향후 전망

엘런 머스크의 주장대로 파이프라인 진공관은 지상의 전용선로가 반드시 필요하지 않으므로 전용선로 부지 매입비용은 저렴할 수 있다. 그러나 캡슐형 초고속 열차는 차체가 미세한 높이로 뜬 상태에서 초고속으로 좁은 터널 안쪽을 이동하기 때문에 동전만 한 물체조차 큰 위협이 될 수 있고, 진공을 유지하기 위한 기술적 난관이나 투자의 어려움 등이 예상되고 있다. 그럼에도 불구하고 목포와 제주, 한국과 중국, 일본을 잇는 해저터널 노선에 적용이 가능하며, 남북을 잇는 경우 한반도를 1시간 생활권으로 연결할 수 있다. 관련 기술을 선점할 경우 세계 각국의 교통사업에 주도적으로 참여할 수 있을 것으로 예상되고 있다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, (2017). 아음속 캡슐트레인 핵심기술개발 보고서.
2. 서울~부산 16분... 꿈의 열차 '하이퍼루프' 시대가 달려온다. (2018. 6. 22.). 대한전문건설신문. Retrieved from <http://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=105800>
3. 버진하이퍼루프원 홈페이지 Retrieved from <https://hyperloop-one.com>
4. HTT 홈페이지 Retrieved from <http://www.hyperloop.global>

※ 집필: 한국철도기술연구원 철도안전연구실 함영삼 수석연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제2절

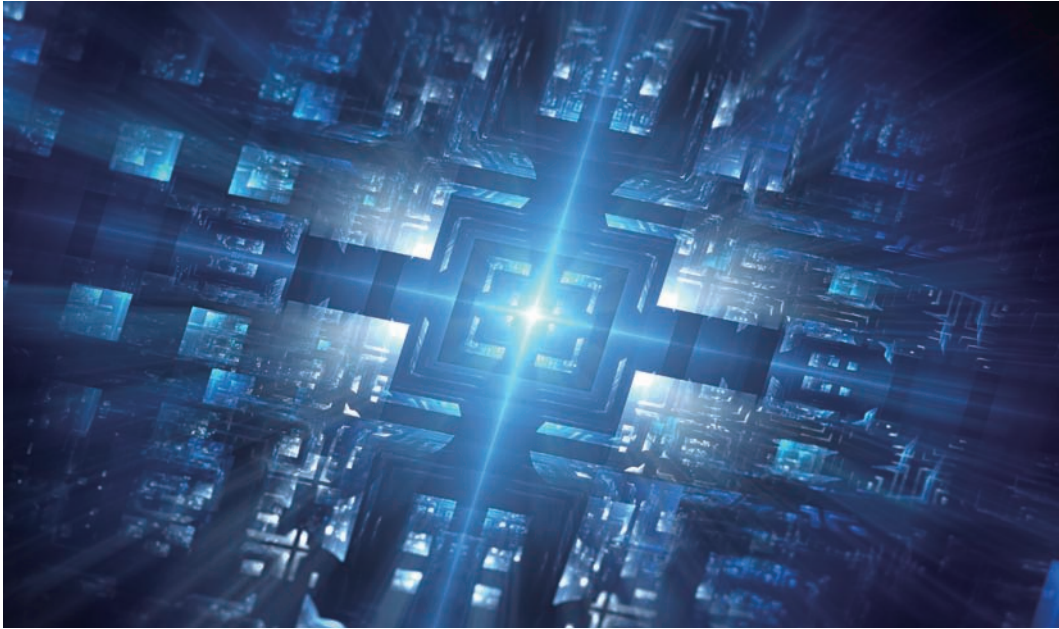
초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술

I. 기술 개요

4차 산업혁명과 양자정보

과학기술의 발전은 인류 생활 전반에 영향을 끼친다. 인류는 증기기관, 전기, 그리고 인터넷으로 대변되는 정보통신기술을 통해 세 차례의 산업혁명을 경험했다. 3차 산업혁명 시대가 종식되고 있는 21세기 현재 우리 인류는 4차 산업혁명을 준비하고 있다. 그렇다면 4차 산업혁명 시대가 만들어낼 미래와 이를 주도할 과학기술은 무엇일까. 4차 산업혁명 시대가 우리 삶에 가져올 혜택을 예측하는 것은 미래를 예측하는 것만큼 어려울지 모른다. 하지만 4차 산업혁명은 인공지능, 기계학습, 빅데이터, 사물인터넷 등의 기술에 의해 가속화되고, 이런 기술들의 융합을 통해 완성될 것이라고 예상되고 있다. 이와 같이 4차 산업혁명과 관련지어 언급되는 기술들은 초연결(hyper-connectivity) 또는 초지능(super-intelligence)을 지향하는 것을 특징으로 한다. 먼저 초연결은 사람과 사람, 사람과 기계, 기계와 기계, 말 그대로 모든 것이 연결돼 있는 개념을 지칭하며, 초지능은 인공지능 및 기계학습에 의해 인간을 뛰어넘는 지능을 뜻한다. 이런 개념들을 통한 일상에서의 혜택은 아직 멀게 느껴질 수 있지만, 최근 알파고와 이세돌의 바둑 대국을 통해 그러면 미래의 일은 아니라는 것을 알 수 있다.

초연결·초지능으로 대변되는 4차 산업혁명시대 기술을 주도하기 위해서는 통신과 정보처리연산에 패러다임 전환이 필요하다. 모든 것이 연결된 초연결사회에서는 강력한 보안통신기술이 요구될 것이며, 빅데이터 처리 및 기계학습을 통한 초지능은 무엇보다 강력한 연산능력이 요구될 것이다. 이런 두 관점에서 양자물리학(quantum physics)을 정보기술(IT)에 접목하는 양자정보(quantum information) 기술은 초연결사회에서 강력한 보안성을 제공하는 양자암호기술, 초지능사회에 필요한 강력한 연산능력을 제공하는 양자컴퓨팅 기술을 제공한다. 다음에서는 4차 산업혁명을 주도할 강력한 연산능력을 제공하는 양자컴퓨팅 기술을 간략히 소개하고 현재 기술 수준에 대한 주요 R&D 동향을 살펴본다.



양자정보 기술은 초연결·초지능사회의 바탕을 제공할 것이다. © shutterstock

양자컴퓨팅 기술

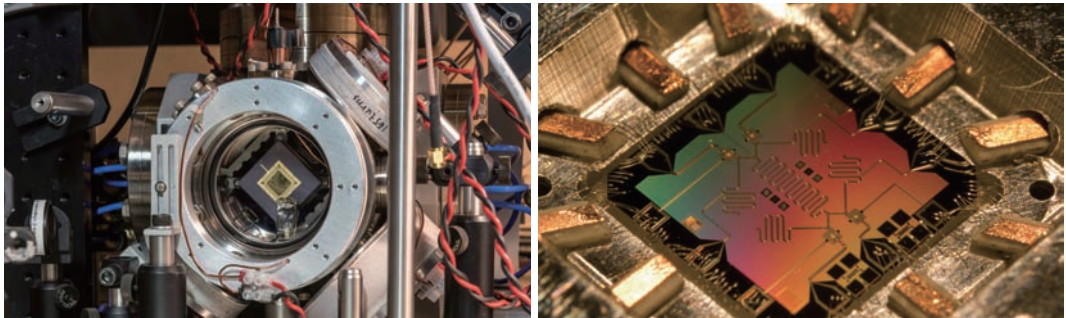
디지털 비트를 기반으로 하는 현재의 컴퓨팅 기술은 소자의 소형집적화를 통해 눈부시게 발전하며 20세기 정보화 사회를 이끌어 왔다. 그렇지만 현재의 반도체 공정기술이 수 나노미터(nm, 1nm=10억분의 1m) 규모에 달해 컴퓨팅 기술은 근본적으로 더 이상 소형집적화를 통한 성능 향상을 기대하기 어려운 상황에 이르렀다. 이에 따라 초고속 컴퓨팅을 위해서는 정보처리 패러다임 전환이 요구되며, 종래의 디지털 비트 기반 컴퓨팅에서 탈피할 필요성이 대두됐다. 양자컴퓨팅 기술은 기존 디지털 방식의 컴퓨팅과 근본적으로 다른 방식의 정보처리기술이다. 디지털 컴퓨터가 0 또는 1로 구성된 이분법으로 정보를 인코딩해 연산을 수행한다면, 양자컴퓨터는 디지털 큐빗(qubit)이라 불리는 양자비트(quantum bit)에 정보를 인코딩해 연산을 처리한다. 큐빗은 양자중첩(quantum superposition)과 양자얽힘(quantum entanglement)과 같은 양자물리학의 근본원리가 적용되어 방대한 용량의 연산 또는 기존의 디지털 컴퓨터로는 불가능한 연산이 가능하게 된다.

양자컴퓨터가 가져올 혁신만큼 양자컴퓨터를 실질적으로 구현하는 것은 기술적 난이도가 굉장히 높은 것으로 알려져 있다. 이는 20세기 양자물리학이 탐구했던 미시세계의 양자역학적 현상을 단순히 관측하고 이해하는 수준을 넘어서서, 양자역학적 특성을 보이는 큐빗을 생성·제어·측정할 수 있어야만 양자컴퓨팅 시대를 열 수 있기 때문이다. 양자컴퓨팅 연구는 양자물리

학에 바탕을 두고 있어 태생적으로 물리학의 영역이었지만, 현재는 큐비트의 생성·제어·측정 기술을 고도화하기 위해 물리학, 전자공학, 재료공학, 컴퓨터공학 등 다양한 분야의 융합연구가 필요하다.

II. 2017년 주요 R&D 동향

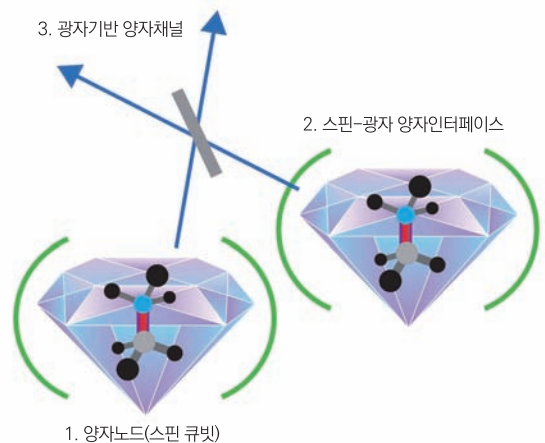
양자컴퓨팅 R&D 주요 플랫폼



단일물리계 양자컴퓨팅 플랫폼 가운데 이온트랩(왼쪽), 초전도체(오른쪽)를 이용한 예. © NQIT·UCSB

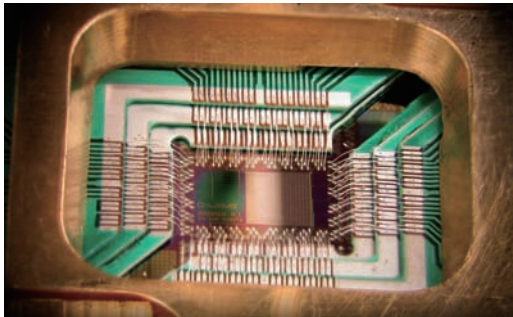
양자컴퓨팅을 위한 큐비트는 양자역학적 특성을 보여주는 물리계를 통해 구현할 수 있으며, 주로 이온트랩, 초전도체, 광자 등의 단일물리계를 이용한 방식에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 단일물리계 기반의 양자컴퓨팅 플랫폼은 제어 가능한 큐비트를 최대한 확보할 수 있지만, 대규모(*large-scale*) 양자컴퓨팅 확장 및 양자네트워크 연계 가능성은 미지수이다. 따라서 단일물리계 기반 플랫폼이 가지는 한계를 극복하고 대규모 양자컴퓨팅을 구현하기 위해 두 개의 큐비트 플랫폼을 융합하는 하이브리드 방식의 플랫폼 연구도 활발히 추진하는 중이다.

〈그림 4-2〉 하이브리드 양자컴퓨팅 플랫폼



양자우월성(quantum supremacy) 입증

양자컴퓨팅 R&D의 현재 화두는 단연 양자우월성(quantum supremacy)의 입증이다. 아직까지는 큐비트 기반의 양자컴퓨팅 방식이 기존 디지털 기반의 슈퍼컴퓨터보다 나은 성능을 정확히 보여준 바는 없다. 이때 일종의 성능지표 벤치마크로서 양자우월성이라는 표현을 사용한다. 이렇게 양자우월성이 입증된다고 실질적으로 양자컴퓨팅이 구현된다는 의미는 아니지만, 이는 중요한 마일스톤임에 틀림없다. 이론상 50여 개의 큐비트가 잘 제어된 양자컴퓨팅 플랫폼으로 이를 입증할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 현재 IBM, 구글, 인텔 등 글로벌 IT 기업들은 초전도체를 기반으로 50여 개 큐비트가 넘는 큐비트칩을 발표했다. 이를 바탕으로 양자우월성을 입증하기 위한 노력이 진행되고 있다.



캐나다의 디 웨이브 시스템스(D-Wave Systems, Inc.)가 개발한 128큐비트 양자 프로세서. 이를 이용해 최초의 양자 컴퓨터 '디 웨이브 원(D-Wave One)'을 개발했다.
© D-Wave Systems, Inc.



2017년 디 웨이브 시스템스가 2000큐비트로 구현해 새롭게 선보인 양자컴퓨터 '디 웨이브 2000Q(D-Wave 2000Q)'. © D-Wave Systems, Inc.

양자컴퓨터와 양자통신의 융합

초연결사회가 될 4차 산업혁명 시대에서 양자컴퓨터를 서로 연결해야 할 당위성은 굉장히 자연스럽다. 그렇지만 어려운 점은 양자컴퓨터는 양자통신망을 통해서만 연결할 수 있다는 것이다. 양자통신은 필연적으로 빛을 이용한 광자큐비트를 이용한다. 광자큐비트를 통해 양자통신망을 구성하고 이를 양자채널로 삼아 다른 큐비트시스템으로 이뤄진 양자컴퓨팅 플랫폼을 연결해 연산을 수행하는 것을 생각해 볼 수 있다. 이때 양자채널이 원거리에 있을 경우 일종의 분산형(distributed) 양자컴퓨팅 시스템이라고 볼 수 있다. 반면, 양자채널이 근거리에 있을 경우는 광자큐비트와 다른 큐비트의 하이브리드 방식의 양자컴퓨팅 플랫폼으로 생각할 수 있다. 이는 대규모 양자컴퓨팅을 위한 한 방법이 되기도 한다. 양자컴퓨터를 양자통신과 융합하는 것은 아직까지 시

기상조라고 여겨질 수 있지만, 이처럼 양자컴퓨터와 양자통신의 융합 연구는 양자우월성을 입증하는 다른 길을 제공하기도 해 활발히 진행되고 있다. 이런 맥락의 R&D는 주로 다이아몬드 스핀 큐비트, 이온트랩처럼 광자큐비트와 친화력이 높은 시스템을 위주로 추진되고 있다.

III. 향후 전망

양자컴퓨터가 건인할 4차 산업혁명 시대가 어떤 형태가 될지 정확히 예측하기는 어렵다. 마찬가지로 여러 플랫폼이 동시에 연구되고 있는 양자컴퓨팅 R&D의 최종 승자가 누가 될지 역시 현재로서는 미지수이다. 또한 다루기 어려운 양자시스템을 얼마나 잘 제어해 어느 정도 성능의 양자컴퓨터를 만들어낼지도 단언하기 어려울 것이다. 하지만 분명한 것은 양자컴퓨터는 빅데이터, 기계학습, 인공지능, 신약개발, 암호해독 등에 활용될 것이며 4차 산업혁명의 기반기술이 될 것이라는 점이다. 양자컴퓨팅 연구의 중요성은 미국, 유럽, 중국 등 주요 선진국들이 양자기술을 선점하기 위한 경쟁이 치열해지는 것으로부터도 간접적으로 알 수 있다. 또한 양자컴퓨팅 연구는 4차 산업혁명의 직접적 영향력뿐만 아니라 과학기술 전 분야에 대한 파급력이 있다. 양자컴퓨팅 연구는 물리학, 전자공학, 재료공학, 반도체공학 등 여러 분야의 노하우를 극한으로 요구한다. 양자컴퓨팅 연구를 구심점으로 여러 학문 분야의 융합연구가 활성화될 것으로 전망되며 또 이를 통해 여러 연구결과물이 파생되고 갖가지 혜택이 얻어질 것으로 기대된다.

참고문헌

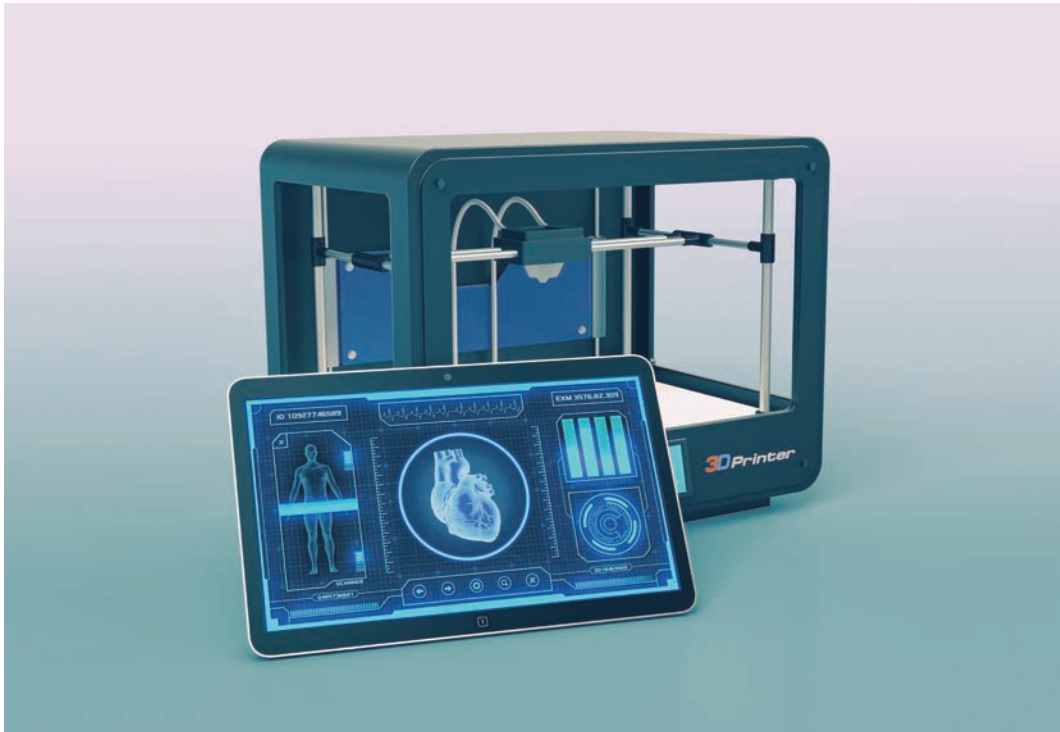
1. 문성욱. (2017). ICT 패러다임을 바꿀 양자통신, 양자컴퓨터의 부상. 제115회 한림원탁토론회 자료집.
2. 문성욱. (2018). 4차 산업혁명을 이끄는 양자컴퓨팅 기술. KIST 융합 Weekly Tip, 119.
3. 이효정, 최연경, 김기범. (2017). 양자정보통신 ICT의 새로운 미래. 삼성 KPMG 경제연구원.
4. Klaus Schwab. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.

※ 집필: KIST 양자정보연구단 문성욱 단장

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제3절 줄기세포를 이용한 바이오 인공장기 기술

I. 기술 개요

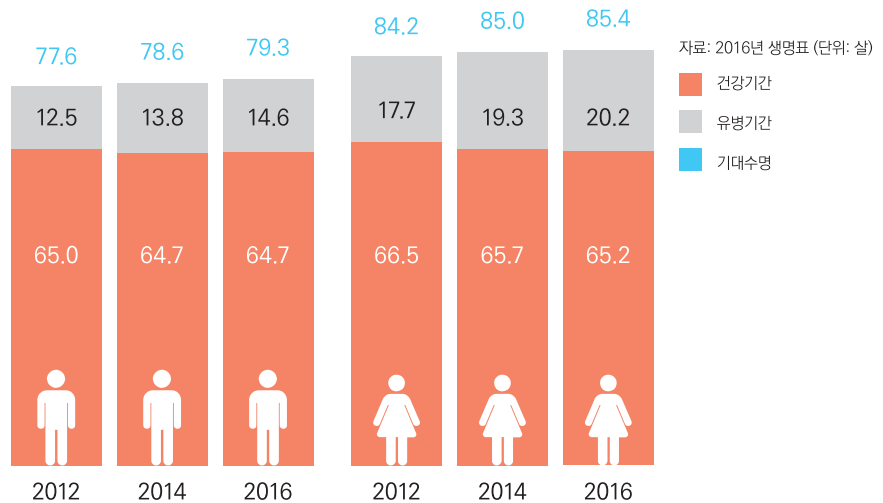


머지않아 3D 프린터로 인공장기를 만들어낼 수 있을 것이다. © shutterstock

‘건강 100세 시대’라는 슬로건을 내건 보건정책이나 연구개발을 통해, 건강한 노후에 대한 기대가 점점 커지고 있다. 우리나라를 비롯한 많은 국가에서는 생활 및 환경 수준이 높아지고 의학의 발달로 고령화 사회로 진행되고 있다. 2016년 통계청 생명표에 따르면, 전 세계적 인구의 기대수명이 지속적으로 증가해 왔지만, 건강수명은 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 이에 따라 고령화로 인해 노령 환자가 크게 늘고 있어 난치질환자 수가 증가하고 있지만, 적절한 약물 치료로서는 한계가 있고, 근본적인 치료를 위해 손상된 조직이나 장기를 복원하거나 대체하는 의료 기술의 필요성이 지속적으로 논의돼 왔다.

인공장기는 일반적으로 체외 및 체내에서 손상된 조직과 장기의 기능을 대체하거나 보조하는 의료기기를 의미한다. 대표적인 인공장기는 인공심장, 인공심폐장치, 인공간 등으로 근본적으로는 복잡한 생체 내 장기를 대체해 치료하기 위한 것이지만, 현재는 장기이식을 받으려고 대기하는 동안 생명을 연장하는 목적으로 사용되고 있다. 생체 내에 이식해 사용하는 여러 가지 대체장기 또는 대체조직도 인공장기에 포함된다. 여기에는 인공혈관, 인공판, 인공골두, 인공망막 등이 있다.

〈그림 4-3〉 성별 건강수명과 기대수명



현재 인공장기 기술은 생체를 완전하게 대체하거나 복원할 수 있는 수준도 아니고, 내구성의 한계는 물론, 면역이나 약물복용과 같은 생물학적 반응에 대한 대응이 부족한 한계를 갖고 있다. 생물학적으로 완전한 조직 혹은 장기를 재생하기 위한 연구는 1990년대 말부터 활발하게 진행돼 왔다. 특히 2000년대 초반에 줄기세포 연구가 탄력을 받고, 실제 임상에서 성공 가능성이 보이면서 줄기세포 기반의 바이오 인공장기에 대한 연구는 탄력을 받기 시작했다. 아울러 4차 산업혁명 주도기술인 3D 프린팅 기술의 접목으로 바이오 인공장기 기술은 계속 진화하고 있다. 다음에서는 줄기세포를 기반으로 한 바이오 인공장기에 대한 최근 연구 발전 동향과 향후 전망을 기술하고자 한다.

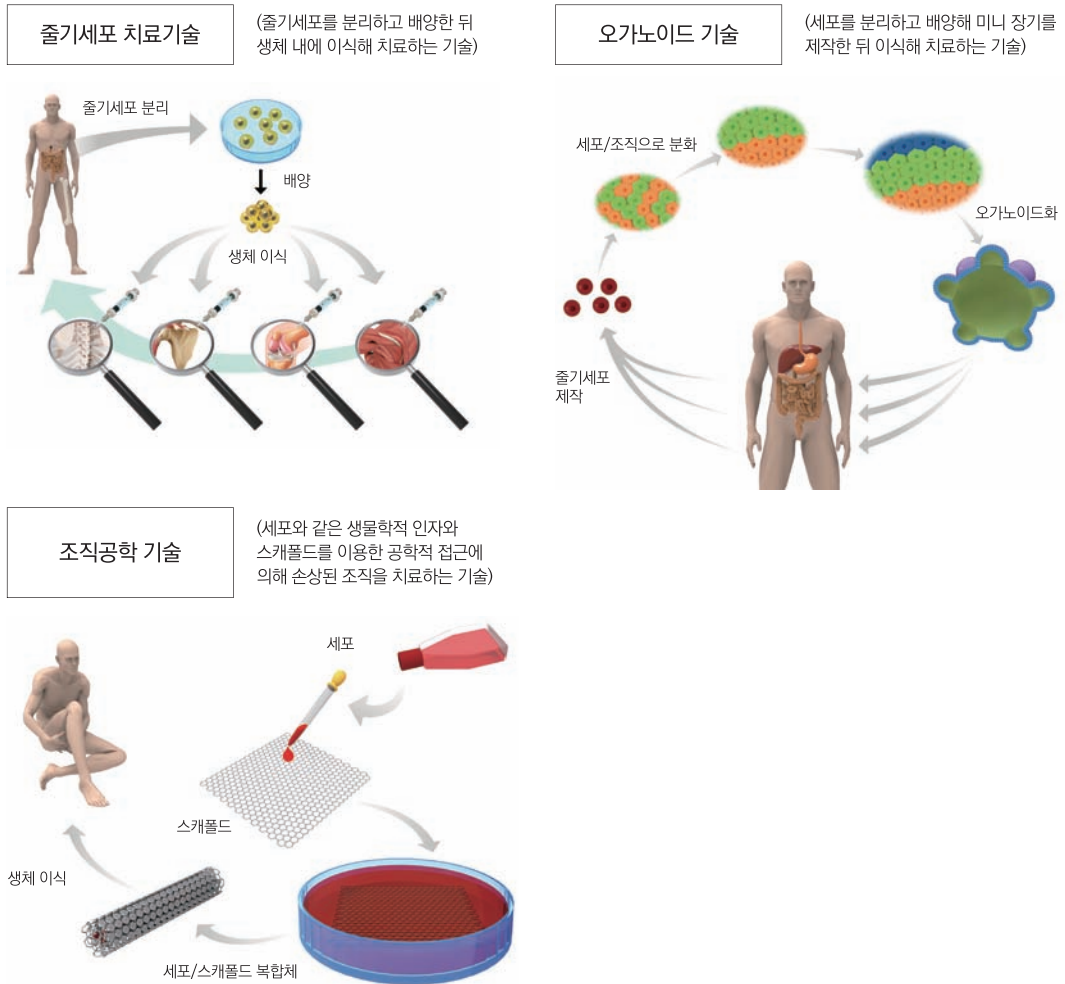
II. 2017년 주요 R&D 동향

줄기세포 기술의 활용

바이오 인공장기의 근간 기술은 조직공학기술이라고 볼 수 있다. 조직공학은 1993년 <사이언스>지에서 ‘생물학의 원리와 공학적 원리를 이용해 손상된 조직 및 장기를 복원하는 기술’이라고 개념을 잘 정의했다. 초기 조직공학 연구는 주로 공학적인 측면에서 활발했다. 세포공급에 한계가 있었기 때문이다. 이에 2000년대 초반부터 실체가 과학적으로 입증되고 그 치료효과도 알려지기 시작한 줄기세포가 해결사로 등장했다. 줄기세포는 종류에 따라 성체줄기세포, 배아줄기세포, 역분화·교차분화줄기세포로 나눌 수 있는데, 줄기세포 연구는 생명공학 및 의료기술에 새로운 지평을 열었다. 줄기세포는 바이오 인공장기의 핵심요소이기도 하지만, 그 자체로서 줄기세포치료제 혹은 조직공학제제로 상용화가 가능한 수준에 와 있다. 현재 안전성 및 윤리적인 이유로 대부분의 줄기세포 치료제는 성체줄기세포를 활용하는 것이다. 하지만 배아줄기세포와 역분화·교차분화줄기세포는 성체줄기세포에 비해 공급관리가 유리하고 분화조절 능력이 우수해 중요한 세포원으로 활용될 수 있을 것이다. 다만 배아줄기세포와 역분화·교차분화줄기세포는 특성을 예측하기가 럭비공처럼 다소 힘들어, 아직 안전성과 관련된 연구가 많이 진행돼야 한다. 이런 안전성의 문제만 해결된다면 줄기세포는 조직공학, 바이오 인공장치와 같은 분야에 중요한 세포원으로 활용될 수 있을 것이다.

미국을 비롯해 많은 주요 국가들이 배아줄기세포를 중심으로 연구를 진행할 때인 2006년 일본의 야마나가 신야 교수팀이 역분화줄기세포 기술을 발표했다. 역분화줄기세포는 환자의 피부세포에 줄기세포 유도 유전자를 삽입해 줄기세포를 만드는 기술이다. 2018년 6월 9일 일본 오사카대 연구팀이 역분화줄기세포로 분화시킨 심근세포를 시트 형태로 제작해, 일본 후생성으로부터 처음으로 임상승인을 받았는데, 이 임상 결과에 따라 바이오 인공장치 기술의 활용 가능성에 이목이 집중될 수 있다. 줄기세포 기술은 유전자치료 기술 및 조직공학 기술의 융합으로 바이오 인공장기를 이용해 유전성 희귀난치질환의 치료도 가능하다. 2017년 수포성 표피박리증이라는 유전성 희귀난치 질환을 치료하고자 인공피부를 이식한 임상연구가 보고된 바 있다. 이는 유전자 편집 기술로 질환 원인 유전자를 제거해 정상적인 조직·장기를 복원하고 치료하는 방식이다. 특정한 장기에 유전적인 결함이 있다면, 그 부분을 보완한 인공장기를 개발할 수 있을 것이다. 이와 같이 바이오 인공장치 기술이 개발된다면 첨단 바이오 기술 간의 융합을 통해 다양한 질환을 치료하기 위한 솔루션을 제공할 수 있을 것이다.

〈그림 4-4〉 줄기세포를 활용한 치료 기술

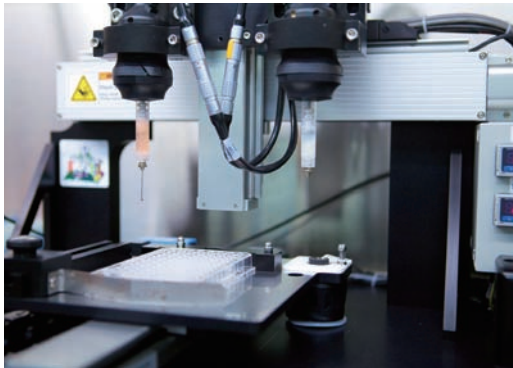


조직·장기 제작 기술

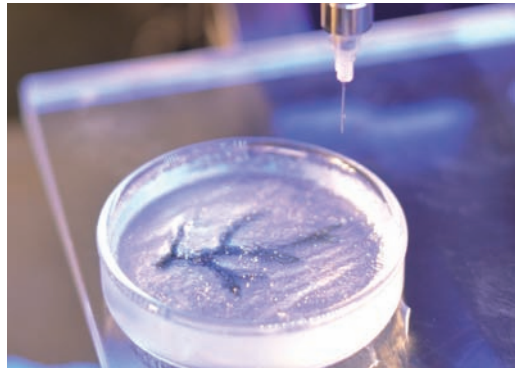
바이오 인공장기는 궁극적으로 세포를 3차원의 인공조직·장기 구조로 구현하는 기술이 필요하다. 2006년 미국 웨이크 포레스트 의과대학의 안토니 아탈라 교수 연구팀은 자가세포 기반의 인공방광을 개발해 임상에 성공했다고 보고했다. 비록 복잡한 고품격 장기를 대체하는 수준의 성공은 아니었지만, 지지체(scaffold)에 세포를 파종하고 배양한 바이오 인공장기의 임상 성공이라는 점에서 큰 의미가 있는 연구 결과이다. 이와 비슷한 시기에 잉크젯 프린팅 기술을 응용해 살아 있는 세포를 프린팅하는 바이오 프린팅 기술이 처음으로 특허로 등록됐다. 그 후 10여 년 동안 바이오 프린팅을 이용한 연구는 많은 결과가 보고되고 있지만, 개념연구에서 벗어나지 못하

는 수준이고, 실용화를 위한 기술적인 진보가 더딘 것으로 보인다.

한편 미국의 바이오벤처 오가노보(Organovo)에서는 간세포, 혈관세포, 간주변세포를 프린팅해 미니 인공간을 제작하고 약물평가기술에 사용하고 있다. 여기에서 사용된 바이오 프린팅 기술은 제조 공정의 자동화를 달성하는 수준이고, 실제로 조직이나 장기를 제작할 수 있는 생산 기술에는 미치지 못한다. 그럼에도 간 기능을 발휘할 수 있는 시스템의 개발이라는 점에서 많은 관심을 받고 기술 투자가 되고 있다. 바이오 프린팅에 필요한 핵심기술에 대해서는 기계공학자, 세포·소재 공학자, 이식을 담당하는 임상의 사이의 깊은 고민이 필요하다. 특히 간이나 심장과 같은 복잡한 고형장기를 프린팅해 생산하는 조직·장기 제작 기술은 기술적인 난제를 갖고 있다. 다양한 플라스틱 소재를 이용해 적정한 해상도 내에서 프린팅이 가능하고, 모형 인공장기는 기술적으로 제작 가능하지만, 이런 기술은 세포와 생체 이식이 가능한 소재를 일정 해상도를 갖고 바이오 인공장기로 프린팅하는 기술로는 연계될 수 없다.



미국의 오가노보에서 개발한 3D 바이오프린터 '노보젠 MMX(NovoGen MMX)'. © Organovo·Tech Crunch

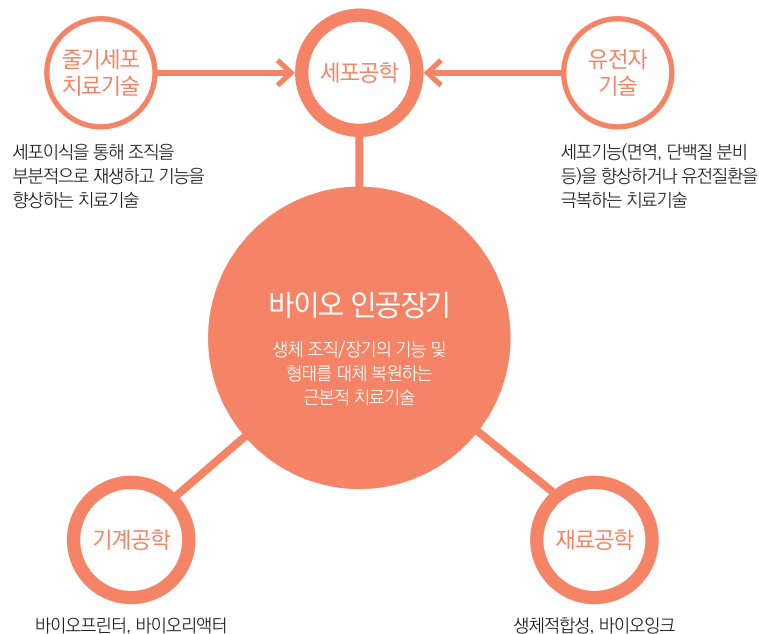


바이오프린터로 만들어진 심장동맥. © Carnegie Mellon University

궁극적으로 바이오 프린팅이 바이오 인공장기의 개발까지 이어지기 위해서는 공정, 프린터, 소재를 아우르는 융·복합적인 연구가 필요하다. 현재까지 대부분의 연구는 프린터에 맞춰서 소재를 합성하거나 가공해 사용했다. 실제 환자에 적용하거나 상용화에 부적합한 소재를 활용한 경우라서 기술적 장애를 극복하는 연구가 필요하다. 임상에 적용이 가능한 소재에 적합한 프린터의 개발도 필요하다. 기계공학자와 임상연구자 기반의 생분해성 플라스틱 소재를 이용한 의료용 프린팅과는 달리, 연구자와의 융합연구를 통해 소재 및 세포에 대한 특성을 반영하여 조직 및 장기를 제작할 수 있는 맞춤형 프린터를 개발해야 한다. 향후 기계공학자와 세포·소재 공학

자의 요구를 반영한 융합연구가 수행된다면, 신개념의 프린터 및 공정기술의 개발이 가능하다. 대부분 지지체 개발에 집중하지만, 소재의 특성에 맞는 세밀한 프린팅 공정기술을 개발하고 이에 맞는 맞춤형 프린터를 개발해야 한다. 예를 들어 세포는 높은 프린팅 압력을 견디는 것이 쉽지 않다. 하지만 프린팅 후 형태를 유지하기 위해서는 탄성을 갖는 소재가 필요하고, 프린팅 시에는 탄성을 고려해 노즐이나 디스펜서와 같은 맞춤형 장비를 설계해야 하는 식으로 좀 더 기계적인 연구가 필요하다.

〈그림 4-5〉 바이오 인공장기: 초거대 융합기술



최근 오가노이드 연구도 이목이 집중되고 있다. 오가노이드는 크기나 기능적으로 제한돼 있는 세포 혹은 조직 유래의 미니 장기 유사체라고 할 수 있다. 역분화줄기세포 혹은 배아줄기세포를 발생공학적으로 조직 형태로 분화해 배양하는 것이다. 오가노이드 장기는 아직 허가 등의 문제로 당장 치료현장에서 사용할 수 없지만, 질환이나 약물을 탐색하는 도구로 국내외에서 활발하게 연구되고 있다. 오가노이드 연구에서 줄기세포의 3차원 분화배양기술 및 조직화 기술이 발전한다면, 이는 바이오 인공장기를 개발하는 데 많은 정보를 제공해 줄 것이다.

III. 향후 전망

자동차 부품을 교환하는 것처럼 안전하고 손쉽게 손상된 장기를 대체할 수 있는 바이오 인공장기가 개발된다면, 어떠한 의료 기술보다 파급력이 있을 것이고, 건강복지 및 생명윤리와 관련된 사회·문화적인 패러다임에 큰 변화가 올 것으로 예상된다. 하지만 이런 의료기술의 혜택을 언제 받을 수 있을지 쉽게 예측하기 어렵다. 생명공학, 재료공학, 기계 분야, 의료 분야를 다 아우르는 높은 기술적 난이도를 요구하고, 또 면역을 포함한 기초연구, 이식기술과 같은 응용연구 등의 초거대 융합연구가 이뤄져야 한다. 나아가 제도 및 규제와의 융합도 필요하다. 이런 초거대 융합연구를 포함해 향후 바이오 인공장기의 상용화를 위해 필요한 연구를 제안하고자 한다.

첫째, 바이오 인공장기를 의료 현장에서 사용하기 위해서는 임상시험이 가장 큰 장애가 될 수 있다. 약물을 비롯한 모든 치료제는 임상이라는 난관을 통과해야 하지만, 특히 장기를 대체하기 위한 바이오 인공장기의 경우 환자의 생명과도 직결되기 때문에 안전성 문제를 극복해야 한다. 동물실험의 비임상 연구결과를 바탕으로 임상 성공 가능성을 어느 정도 예측할 수 있을까. 치료적 위험도가 큰, 복잡한 고형 인공장기의 임상연구에는 동물모델 개발 등 다양한 시뮬레이션을 통해 임상을 예측할 수 있는 기술 개발이 필요할 것이다. 조급하게 성과 위주로 근거가 부족한 이식처럼 무분별하게 시도하는 임상시험은 바이오 인공장기 기술 발전에 장애가 될 수 있다.

둘째, 세포나 조직을 생산하는 시스템의 자동화도 필요하다. 과거에는 세포나 조직을 배양하는 기술이 기계에 의한 자동화보다 섬세한 수작업을 해내는 전문기술 의존도가 높은 기술 분야로 인식돼 왔다. 하지만 세포 기반의 바이오 인공장기를 상용화하려면, 먼저 각 요소기술(세포, 소재, 제작)을 실용화하고 표준화하기 위한 자동화가 전제돼야 한다. 이미 전 세계적으로 로봇기술을 활용한 자동화 시스템에서 줄기세포를 대량 생산하거나, 자동화 생산 및 관리 시스템의 사업화를 시도하고 있다. 바이오 인공장기는 치료적 위험도가 높기 때문에 표준화된 기술 및 관리가 가능한 기술의 개발이 필요한데, 이는 허가를 비롯한 상용화를 위한 전제조건이라 할 수 있다.

장기에 따라서는 수년 내에 임상이 가능하고 상용화가 가능한 기술이 있지만, 전 세계적으로 바이오 인공장기 기술은 아직 실용화적인 측면에서 초기 단계라고 할 수 있다. 제대로 된 검증은 거치고 안정적이고 표준화된 기술을 개발해 경쟁력을 확보하는 것이 성공의 관건이라고 볼 수 있다. 시행착오를 거치는 사례연구보다는 원인을 규명하고 문제를 해결하는 연구, 상용화에 필요한 기술을 선점하는 연구에 초점을 맞춰서 선택과 집중한다면, 바이오 인공장기의 상용화 분야에서 국가 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Atala, A. et. al. (2006). The Lancet, 367, 1241-1246.
 2. Hirsch, T. et. al. (2017). Nature, 551, 327-332.
 3. Lancaster, M. A. & Knoblich, J. A. (2014). Science, 345, 1247125
 4. Langer, R. & Vacanti J. P. (1993). Science, 260, 920-926.
 5. Takahashi, K. & Yamanaka, S. (2006). Cell, 126, 663-676.
 6. Boland, T. et. al. (2006). US2004237822
 7. 阪大 iPS 心筋利用を正式承認 世界初の臨床研究、厚労省へ実施申請. (2018. 3. 9). The Sankei Shimbun. Retrieved from <http://www.sankei.com/west/news/180309/wst1803090071-n1.html>
 8. https://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney
 9. <https://organovo.com/tissues-services/exvive3d-human-tissue-models-services-research/exvive3d-liver-tissue-performance/>
-

※ 집필: KIST 생체재료연구단 김상현 책임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

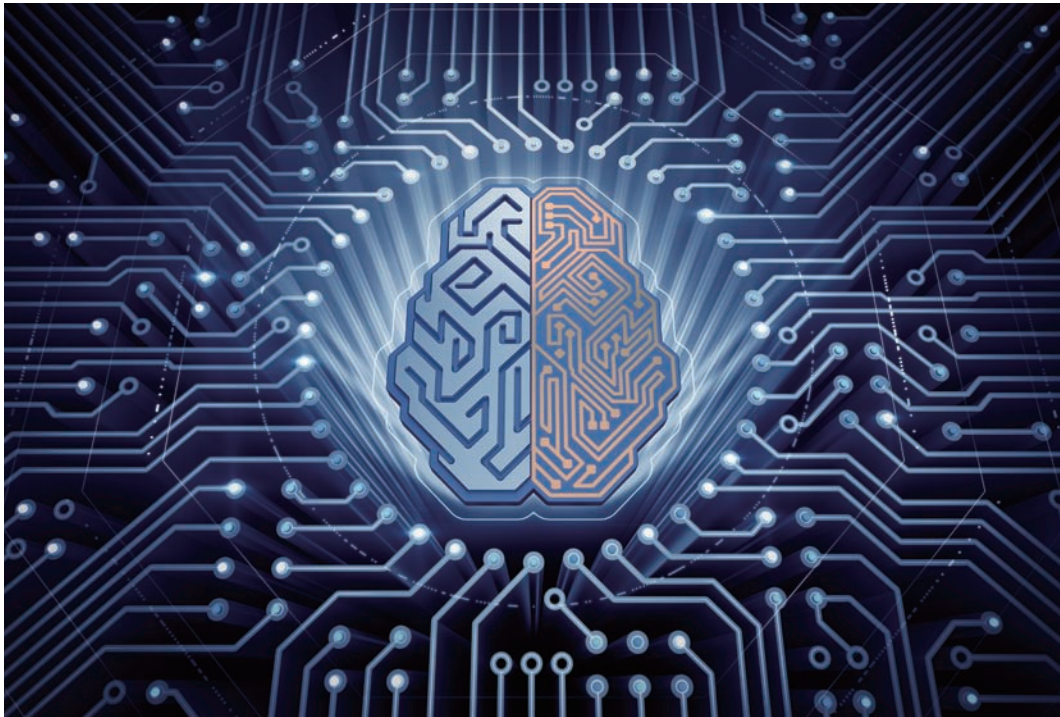
제4절

디지털 및 아날로그 컴퓨팅을 결합한 초저전력 반도체 기술

I. 기술 개요

디지털 컴퓨팅을 이용한 인공지능의 구현

2016년 알파고의 등장은 일반 대중에게 인공지능의 능력을 각인시키는 획기적인 사건이었다. 인간의 고유 영역으로 여겨지는 부분이 점차 인공지능도 가능한 분야로 인식되는 전환점이었다. 최근의 인공지능은 인간 뇌의 구조와 연산 과정에서 영감을 얻은 심층 신경망을 이용해 구현한다. 이를 소프트웨어적으로 구현해 기존 폰노이만 방식의 컴퓨터에서 정보를 처리한다. 따라서 여전히 알파고를 실행시키기 위해서는 1MW 정도의 에너지가 소비되는데, 이는 인간이 소비하는 에너지보다 5만 배 정도 더 많은 수치이다. 인간의 뇌는 인지, 학습, 판단 등의 고차원적인 기



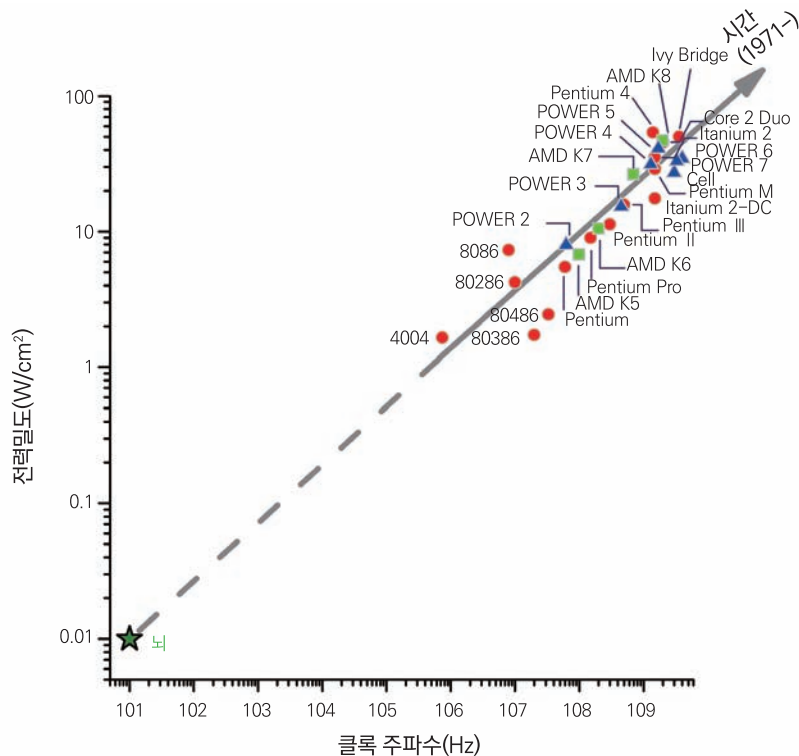
인간 뇌의 동작 원리를 모방한 뉴로모픽 컴퓨팅으로 전력 소모를 줄이기 위한 노력이 한창이다. © shutterstock

능을 병렬로 처리하면서도 20W의 파워만 소비한다고 알려져 있다. 이처럼 전력 소비 측면에서 효율적인 인간 뇌를 모사하는 방식으로 컴퓨팅 패러다임을 전환하기 위한 연구가 요구된다.

뉴로모픽 공학의 대두

폰노이만 방식의 기존 디지털 컴퓨팅은 전력 소모 한계에 다다르고 있다. 단지 디바이스를 더 작게 만들어서 전력 소모를 적게 만드는 방법으로는 전력 소모를 줄이는 데 한계가 있으므로, 컴퓨팅의 패러다임 자체를 바꾸고자 하는 시도가 필요하다. 이를 위해 제안된 많은 방법 중 하나가 뉴로모픽 컴퓨팅이다. 뉴로모픽 컴퓨팅은 인간 뇌의 동작 원리를 모사함에 있어서 하드웨어의 구성 자체도 뇌의 구조와 유사하게 모방하는 것이 특징이다. 지난 20여 년간 많은 과학자가 뉴로모픽 컴퓨팅에서 필요한 구성요소 기술을 연구했다. 특히 연산의 기본 유닛이 되는 뉴런과 시냅스의 설계 방법에 대한 연구가 많이 진행됐다. 최근에는 이런 결과를 바탕으로 대규모 뉴런과 시냅스를 하나의 칩에 집적한 연구결과물들이 발표되고 있다.

〈그림 4-6〉 폰노이만 방식 컴퓨터의 전력 소모 트렌드



출처 : Merolla et al., 2014

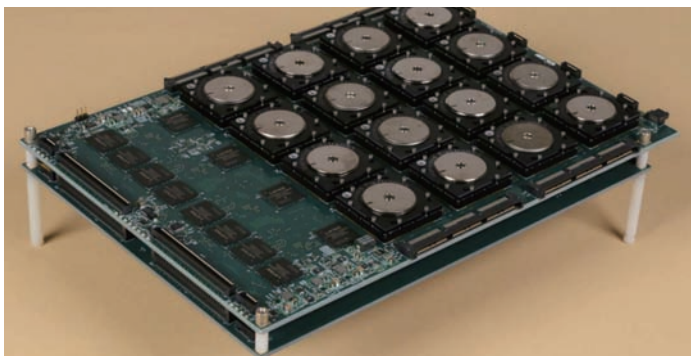
아날로그 뉴로모픽 컴퓨팅

현재 많은 뉴로모픽 칩들은 디지털 시스템에 기반을 두고 설계되고 있다. 하지만 이는 구현의 신뢰성 때문이며, 궁극적으로는 뉴로모픽 컴퓨팅에서 아날로그 컴퓨팅을 추구한다. 이를 위해 뉴로모픽 컴퓨팅에서 가장 중요한 요소 중의 하나인 시냅스를 아날로그 메모리로 구현하고자 하는 많은 연구가 활발히 진행 중이다. 아날로그 시냅스는 단일 소자를 이용해 현재 시냅스 구현에 필요한 많은 메모리 셀을 대체할 수 있으며 이 효과로 집적도를 획기적으로 높일 수 있다는 장점이 있다.

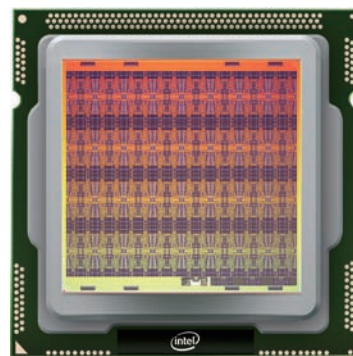
II. 2017년 주요 R&D 동향

디지털 뉴로모픽 시스템

미국 방위고등연구계획국(DARPA)은 2008년부터 SyNAPSE 프로젝트를 수행했는데, 그 결과물로 2014년 IBM에서는 100만 개의 뉴런을 하나의 칩에 집적한 디지털 기반 뉴로모픽 칩 ‘트루노스(TrueNorth)’를 발표했다. 이를 이용해 실시간으로 다양한 객체를 인식하는 것을 데모로 보여주었으며, 무엇보다 중요한 것은 기존의 심층 신경망을 기반으로 구현한 객체 인식보다 전력 소모(시냅스 이벤트(synaptic event)당 26pJ(피코줄, 1pJ=10⁻¹²J))를 획기적으로 줄였다는 데 의미가 있다. 하지만 트루노스는 실시간 학습 기능을 구현하지 못하며 제한적인 추론 능력만 가진 것이 한계로 지적됐다. 이에 인텔에서는 2017년 학습 기능이 추가된 로이히(Loihi)라는 대규모 뉴로모픽 칩을 발표했다. 인텔에서는 로이히 칩을 사용하기 위한 응용프로그램 인터페이스(API)를 함께 제공해 일반 연구자들이 로이히 칩으로 알고리즘을 구현할 수 있는 기회를 준다.

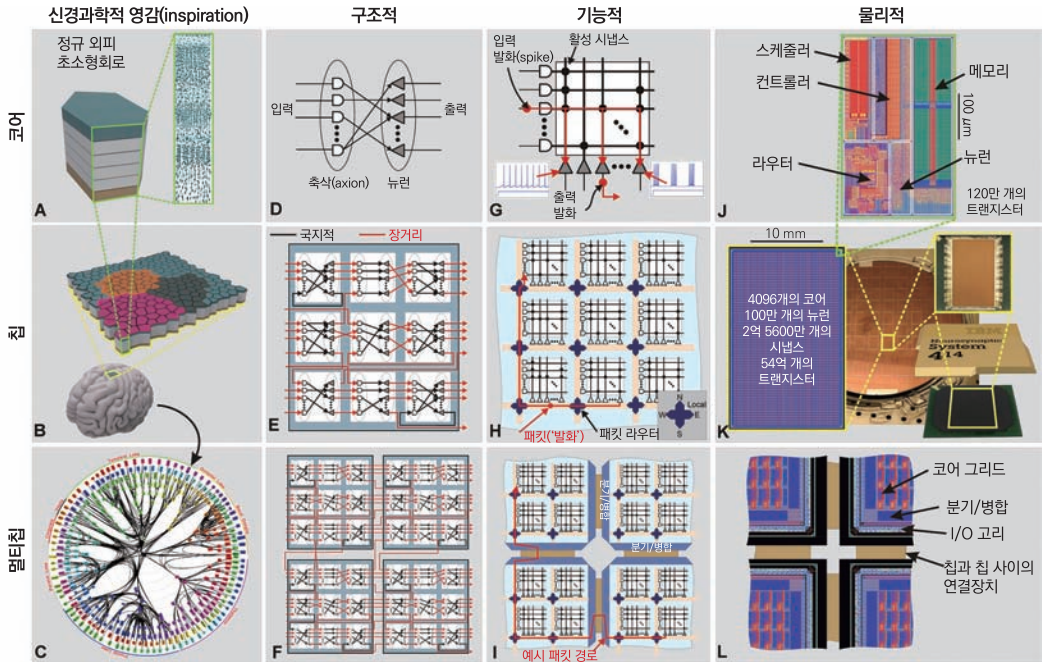


IBM의 뉴로모픽 칩 ‘트루노스’. © DARPA



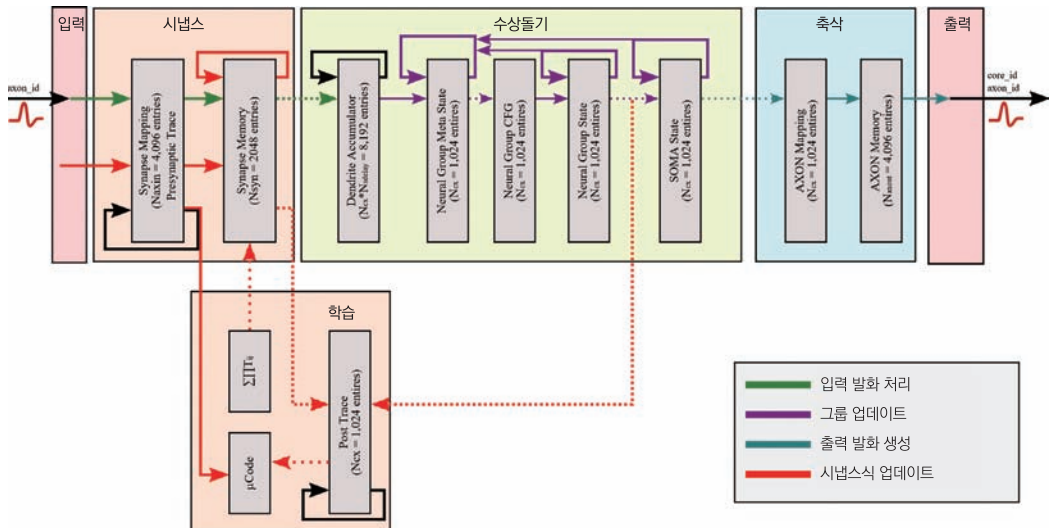
인텔의 뉴로모픽 칩 ‘로이히’. © Intel

〈그림 4-7〉 트루노스 칩의 작동원리



출처: Merolla et al., 2014

〈그림 4-8〉 로이히 칩의 온라인 학습 구현을 위한 코어 구성도

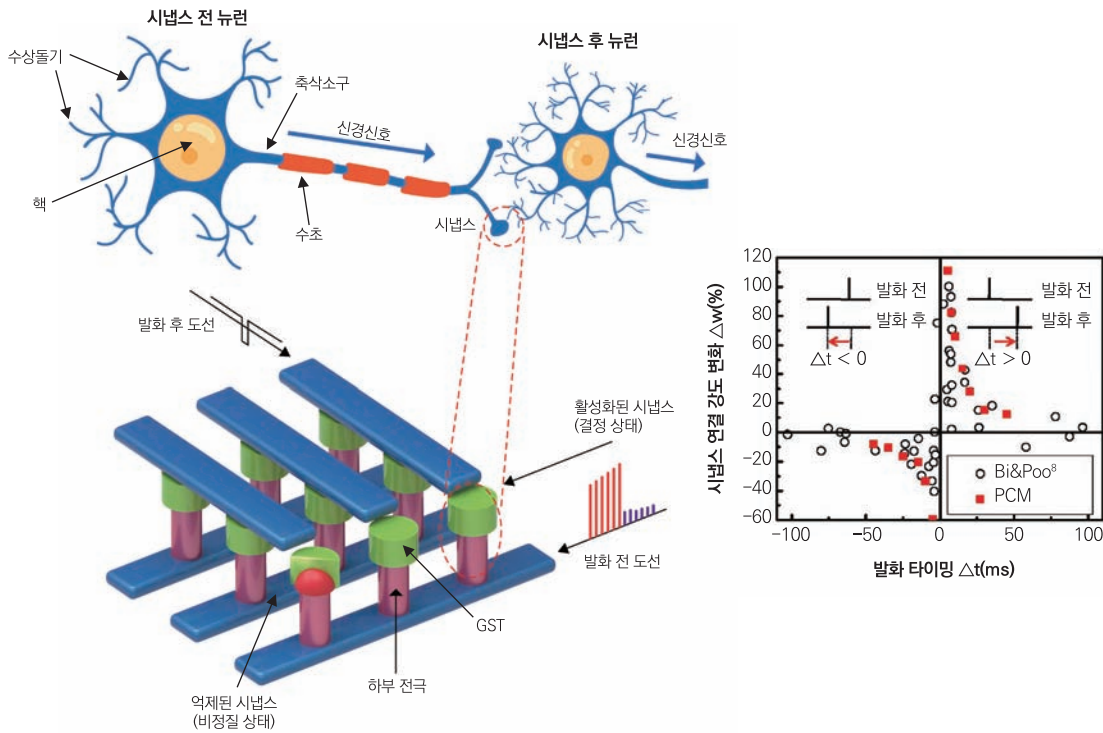


출처: Davies et al., 2018

아날로그 메모리를 이용한 시냅스 구현

뉴로모픽 컴퓨팅에서 시냅스는 정보의 저장과 처리를 동시에 하는 메모리 소자이다. 이를 물리적으로 구현하기 위해서는 다단계 메모리 소자를 개발해야 한다. 또한 시냅스는 인가되는 입력에 따른 정보의 값이 바뀌는 학습을 하기 용이해야 한다. 이를 구현하기 위해 RRAM(Resistive RAM), PCM(Phase-Change Memory), FeRAM(Ferroelectric RAM)처럼 다양한 형태의 아날로그 비휘발성 메모리 소자들을 연구하고 있다. 이런 소자들의 장점은 2개의 터미널을 이용해 크로스바 어레이 형태로 만들기 쉬우며 이를 통해 기존 방식에 비해 집적도를 획기적으로 높일 수 있다는 것이다. 또한 소자에 인가하는 전압으로만 소자의 특성을 변화시킬 수 있기 때문에 시냅스 학습에도 용이할 것으로 기대된다. 하지만 여전히 소자들의 제작 신뢰성 문제로 인해 집적도를 높인 시스템 수준에서 데모는 어려운 점이 존재한다. IBM에서 최근에 이런 신뢰성 문제를 해결했는데, 하드웨어-소프트웨어 보조 시스템을 이용하고 PCM으로 구성된 시냅스 어레이를 통해 학습을 구현하며 객체 인식 알고리즘을 수행하는 연구 결과를 발표했다(Ambrogio et al. 2018).

〈그림 4-9〉 상변환 물질을 이용한 시냅스 구현 및 학습 방법



출처 : Kuzum et al., 2011

III. 향후 전망

뉴로모픽 컴퓨팅을 구현하기 위해서는 다양한 분야의 연구 결과가 필요하다. 뇌의 동작 원리에 대한 이해를 바탕으로 컴퓨팅 패러다임을 정의하는 것은 물론이고 시스템 설계 및 단위 소자 공정의 발전도 동반돼야 한다. 아직은 각 분야의 연구 결과가 융합되지 못하는 경향이 존재한다. 향후에는 복잡적이고 다양한 분야의 결과물들이 융합되어 진정한 뉴로모픽 컴퓨팅을 위한 하드웨어 구성 요소가 개발되는 방향으로 연구가 진행될 것으로 보인다. 예를 들어 디지털 뉴런 칩 위에 아날로그 시냅스를 3D로 적층한 하이브리드 형태의 뉴로모픽 하드웨어들이 설계될 것이며, 이를 통해 에너지 효율 측면에서 인간 뇌의 시냅스 계산 효율에 가까운 하드웨어 시스템에 근접할 것으로 예상된다. 또한 런 하드웨어 구성 요소의 발전에 힘입어 이를 활용한 컴퓨팅 알고리즘에 대한 연구도 속도를 낼 것으로 전망된다.

참고문헌

1. Ambrogio et al. (2018). Equivalent-accuracy accelerated neural-network training using analogue memory. *Nature*, 558, 60-67.
2. Davies et al. (2018). Loihi: A neuromorphic manycore processor with on-chip learning. *IEEE Micro*, 38, 82-99
3. Kuzum et al. (2011). Nanoelectronic programmable synapses based on phase change materials for brain-inspired computing. *ACS Nano Letters*, 12, 2179-2186.
4. Merolla et al. (2014). A million spiking-neuron integrated circuit with a scalable communication network and interface. *Science*, 345, 668-673.

※ 집필: KIST 전자재료연구단 박종길 선임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

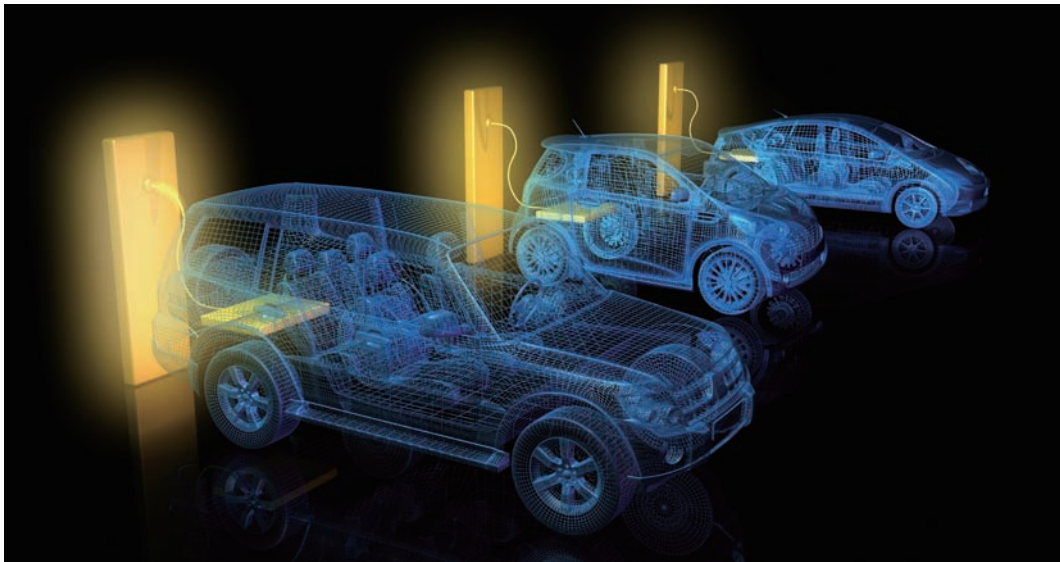
제5절

장거리 주행을 위한 고효율 고용량 전기자동차 배터리 기술

I. 기술 개요

전기자동차의 장거리 주행에 필요한 세 가지

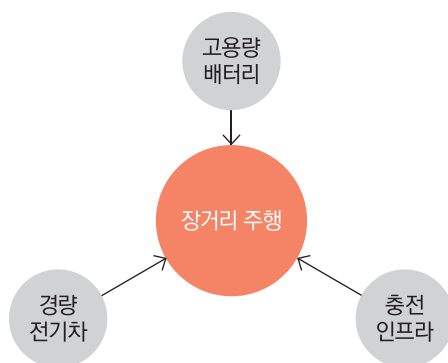
2018년 초를 장식했던 국제전자제품박람회(CES)와 북미 오토쇼의 핵심은 인공지능과 전기자동차가 아닐까 한다. 그런 면에서 인공지능과 전기자동차가 결합한 형태의 자율주행차가 점점 탄력을 받고 있다. 최근 몇몇 사고에 따른 장애가 있지만, 이미 가속화되고 있는 전기자동차의 개발 경쟁은 메가트렌드로 자리 잡았으며, 개발 경쟁의 핵심은 바로 배터리라고 해도 과언이 아니다. 배터리에 저장하는 에너지의 크기를 나타내는 단위는 무게당 또는 부피당 저장하는 전기량 인데(Wh/kg, Wh/l), 우리나라 정부는 250Wh/kg을 기준으로 하여 국가핵심기술 여부를 판단하고 있다. 한국 최초 '전기차 모터쇼'로 불리는 'EV 트렌드 코리아 2018'에서 다양한 국내외 전기차가 선보였다. 전기자동차의 성공 요인은 저가화, 1회 충전 주행거리 연장, 충전 인프라 확충에 달려 있다.



전기자동차의 장거리 주행에는 고효율·고용량 배터리가 필요하다. © shutterstock

전기자동차의 장거리 주행은 세 가지를 고려해야 한다. 첫째는 전기자동차에 탑재되는 배터리, 둘째는 배터리를 탑재하는 전기자동차, 셋째는 전기자동차를 충전하는 충전소다. 전기자동차의 장거리 주행은 많은 에너지를 요구하므로, 당연히 에너지를 많이 저장할 수 있는 고에너지밀도의 배터리가 필요하다. 또한 에너지를 효율적으로 사용하기 위해 경량의 차체와 높은 효율의 전장 시스템을 갖춘 전기자동차를 설계하고 제작하며, 이런 전기자동차를 쉽게 충전할 수 있는 인프라를 확보해야 한다.

〈그림 4-10〉 전기자동차의 장거리 주행을 위한 3대 요소

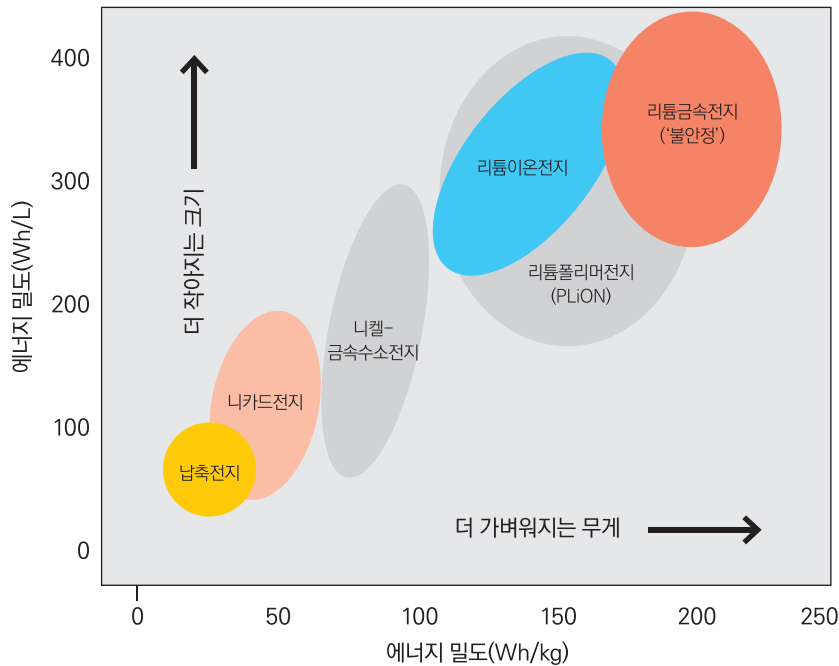


고효율·고용량 리튬이온전지 개발해야

스마트폰, 자동차, 청소기, 리모컨 같은 문명의 이기를 살펴보면, 배터리를 사용하고 있는 것이 꽤나 된다. 21세기 들어오면서 커다란 관심을 끌고 있는 전기자동차는 이미 100년 전에 한차례 유행했던 차종이다. 수많은 오물과 냄새를 피우는 마차를 대신한 전기자동차는 내연기관 자동차가 등장하기 전까지는 잘나가던 차였다. 헨리 포드가 부인에게 전기자동차를 선물했다거나 토머스 에디슨이 자신이 소유한 전기자동차의 성능을 높이려고 10여 년에 걸쳐 배터리를 개발했다는 이야기가 전설처럼 남아 있다. 1865년 프랑스 물리학자 가스통 플랑테가 개발한 납축전지를 비롯하여 최근까지 니카드전지, 니켈-금속수소전지, 리튬이온전지 등이 등장했는데, 이 가운데 무게 및 부피당 에너지를 가장 많이 담을 수 있는 전지는 바로 리튬이온전지이다. 따라서 비싼 가격을 제외하면, 전기자동차의 장거리 주행에 적합한 배터리는 리튬이온전지일 수밖에 없다.

우선 전기자동차와 관련된 고효율·고용량의 리튬이온전지는 반복 사용수명이 길고, 에너지를 많이 저장하는 전지이다. 이차전지는 충전과 방전을 반복하면서 저장하는 에너지의 별다른 손실 없이 수백 회 이상 사용하는 것인데, 매일 한 번씩 충·방전해 전기자동차를 10년간 사

〈그림 4-11〉 상용 이차전지의 에너지 밀도 비교



용한다면, 3600회(365×10) 이상의 충·방전이 가능하면서, 처음 저장했던 에너지의 80% 수준을 유지하는 조건을 충족해야 한다. 리튬이온전지는 양극 물질에 있는 리튬이 충전 과정에서 음극으로 이동하고 반대로 방전 과정에서는 양극으로 이동하는데, 각각 양극과 음극으로 이동해 유입되는 리튬의 양이 별다른 손실 없이 잘 유지돼야 전기자동차용 전지로 사용할 수 있다. 고용량 리튬이온전지는 양극과 음극에 저장하는 에너지의 양이 큰 리튬이온전지를 뜻하는데, 단위 무게 또는 단위 부피당 에너지밀도가 큰 양극 및 음극 소재를 사용하거나, 집전체 단위 면적당 코팅하는 밀도가 클수록, 또 활물질의 비중이 높을수록 고용량 리튬이온전지의 제조가 가능하다. 그러나 에너지밀도가 증가함에 따라 충·방전속도 특성이 저하되거나 전지 열화가 빨리 일어날 수 있으므로, 이를 개선하기 위한 다양한 노하우가 회사별로 개발되고 있다.

전기자동차의 경량화 및 충전 인프라 확충

많은 사람이 배터리가 좋아져서 스마트폰 사용시간이 옛날보다 늘었다고 한다. 그래서 가끔은 배터리에 대한 칭찬을 듣게 되는데, 사실 여기에는 다른 요소가 하나 있다. 바로 스마트폰 회로에 사용되는 수많은 부품과 소프트웨어의 저전력 소모이다. 예를 들면 저전력소모 부품을 사용

하거나 통신 중계기가 드문 장소에서 연결 기능을 잠시 중단한다. 전기자동차의 주행거리를 늘이는 또 다른 방법은 바로 전기자동차의 무게를 줄이거나, 공간을 많이 확보해 더 많은 배터리를 탑재하는 것이다. 그러나 배터리를 더 탑재하는 것은 비용과 무게가 증가하므로 가벼운 소재를 채택한 차량의 경량화가 더 바람직하다.

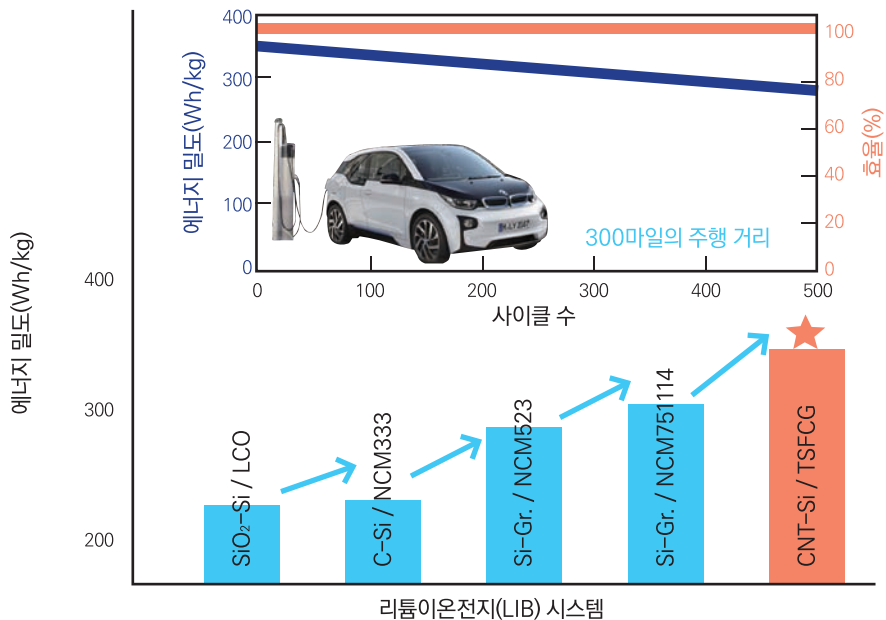
한편 충전 인프라가 전기자동차의 장거리 주행에 직접 연관된다고 말하기는 어렵겠지만, 충전 인프라가 증가하면, 많은 전기자동차 운전자가 안심하고 장거리 주행에 나설 수 있을 것이다. 이와 함께 급속 충전이 가능한 배터리 개발도 추진되고 있다.

II. 2017년 주요 R&D 동향

리튬이온전지의 고용량화는 전지 설계부터

리튬이온전지의 고용량화는 전지에 더 많은 에너지를 담을 수 있다는 뜻이다. 주어진 공간에 얼마나 많은 전지를 넣을 것인가, 얼마나 두껍게 전극을 만들 것인가, 얼마나 높은 전압으로 충전할 것인가, 양극과 음극에 어떤 소재를 사용할 것인가는 전지 설계과정에서 정해진다. 물론 설계한 대로 실제 용량이 나오는 것이 더 중요함은 재론의 여지가 없다. 여기에서는 주로 고용량

〈그림 4-12〉 고니켈계 양극과 실리콘계 음극을 적용한 리튬이온전지의 에너지밀도



양극과 음극 소재에 대한 동향을 살펴본다.

고용량 양극소재는 니켈계, 음극소재는 실리콘계가 대세

1991년 일본 소니에서 양산에 성공한 리튬이온전지의 양극 소재는 리튬코발트산화물인 LiCoO_2 로 이론적 에너지밀도는 270mAh/g 이나 리튬이 절반 이상 빠지면 구조변화가 일어나서 절반 정도인 대략 135mAh/g 의 에너지밀도를 사용할 수 있다. LiMn_2O_4 , LiFePO_4 등의 소재가 나왔으나, 에너지밀도가 $110\sim 130\text{mAh/g}$ 으로 낮아서 활발히 이용되지 않고 있다. 테슬라 자동차에 장착된 전지에 쓰이는 $\text{NCA}(\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.05}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2)$ 와 최근 주요 양극 소재로 등장한 $\text{NMC}(\text{LiNi}_{1-x}\text{Mn}_{1-x-y}\text{Co}_{1-x-y-z}\text{O}_2)$ 가 $170\sim 200\text{mAh/g}$ 의 에너지밀도를 갖는 고용량 소재인데, 이 소재에서 니켈함량을 높이기 위한 많은 연구개발이 진행되고 있다.

2017년 대표적인 뉴스는 2017년 8월 말 SK이노베이션에서 NMC-811 양극 소재를 전지에 적용하는 데 성공했다는 것이다. NMC-811은 니켈함량이 80%이며 $190\sim 200\text{mAh/g}$ 의 높은 용량을 나타내는 소재로 전기자동차의 장거리 주행용 핵심소재로 간주된다.

최근에는 니켈이 더 많이 함유된 소재를 개발하기 위한 연구가 계속 진행되고 있다. NCA를 활용한 원통형 전지를 사용한 테슬라는 그동안 18650 크기의 전지를 사용해왔으나 21700이라는 더 큰 형태의 원통형 전지로 바꾼 것으로 알려졌다. 21700은 2017년에 가장 주목받은 전지로 에너지밀도가 18650에 비해 30~40% 증가한 전지 팩에 사용하는 전지의 개수를 줄여서, 장치와 관리의 용이성을 제공할 뿐 아니라 전지 팩의 가격 하락에도 기여할 수 있을 것이다.

한편 리튬이온전지의 음극은 흑연계 탄소 소재로 370mAh/g 의 에너지밀도를 가진다. 이를 극복하기 위해 많은 금속산화물 소재가 제안됐으나, 최근 실리콘 소재가 등장해 리튬이온전지 음극에 적용되면서 에너지밀도가 높아지고 있다. 그러나 실리콘 적용량이 5% 수준으로 미흡한 실정인데, 그 양이 많아지면 에너지밀도는 높아지지만, 부피팽창 등에 의한 전지 열화가 그만큼 빨리 일어나기 때문에 첨가량을 원하는 만큼 올리지 못하고 있다. 이 문제를 개선하기 위해 그래핀 소재와 혼합한다거나 좀 더 강력한 바인더를 사용하는 등의 연구가 진행되고 있으나, 소형 전지에 국한해 쓰이고 있다.

차세대 리튬이온전지

전기자동차용 배터리에 사용하는 리튬이온전지의 에너지밀도 한계는 250Wh/kg 으로 예상된다. 이 한계를 극복하려는 연구개발이 일본에서 2005년 시작됐으며, 미국은 2017년 에너지부(DOE) 지원으로 ‘배터리(Battery) 500’ 프로그램을 만들어 차세대 전지 개발을 지원하고 있다. 차

세대 전지는 전해액을 이동하는 주된 이온이 리튬인 리튬계와 리튬이온이 아닌 비리튬계로 분류할 수 있다. 장거리 주행에는 현재 리튬계 전지시스템이 유리한데, 리튬금속이온전지, 리튬-황전지, 전고체리튬이차전지, 리튬-공기전지 등이 이에 속한다. 전지의 4대 구성요소인 양극, 음극, 전해액, 분리막의 상용화 여부에 따르면, 아무래도 리튬금속이온전지와 전고체전지가 가장 빨리 상용화되어 시장에 선보일 수 있을 것으로 보이지만, 리튬금속 표면에 생성되는 리튬 덴드라이트를 적절히 제어하고 가격 상승요인을 얼마만큼 줄이느냐가 쟁점이 될 것이다.

〈표 4-1〉 차세대 이차전지의 종류 및 상용화 가능성

전지 종류	상용화 정도				주요 제조사 및 개발사
	양극	음극	분리막	전해액	
리튬이온전지	◎	◎	◎	◎	LG화학, 삼성SDI, 파나소닉, CATL(Contemporary Amperex Technology Co. Limited)
리튬금속전지	◎	○	◎	△	솔리드에너지(SolidEnergy)
전고체전지	○	○	-	△	도요타, 블루 솔루션(Blue Solutions), 시오(Seoo), 삭티(Sakti)
리튬황전지	△	○	○	○	시온 파워(Sion Power), 옥시스에너지(OxisEnergy)
리튬공기전지	△	○	○	△	IBM

◎ 상용 제품 ○ 준상용 제품 △ 미상용 제품

III. 향후 전망

장거리 주행용 전기자동차 배터리는 당장은 기존 리튬이온전지의 에너지밀도를 올리기 위한 기술 개발에 집중할 것이며, 소재는 고용량 양극 및 음극 소재, 분리막 및 전해질 중심의 개발을 통해 안전하면서도 에너지 저장량을 높일 수 있는 핵심요소기술이 나타날 것이다. 또한 장기적으로 리튬이온전지의 이론적 한계를 뛰어넘는 새로운 차세대 전지의 개발이 속속 이뤄질 것이다. 장거리 주행에 필수적인 에너지밀도를 올리기 위해서는 삼성분계 소재 중심으로 니켈함량을 높인 양극 소재와 실리콘 함량을 높인 고용량 음극 소재 개발, 특정 성분의 전해액에서 음극 이동을 줄이는 동시에 안정성을 높인 분리막 개발, 고안정성 전해액 개발이 더욱 활기차게 진행될 것이다. 아울러 가격을 낮추기 위해 코발트 양을 줄인 양극과 안정성을 높인 분리막과 전해액 개발도 진행될 것이다.

이 시점에서, 지난 6월 17~22일에 일본 교토에서 열린 제19차 IMLB(International Meeting on Lithium Batteries) 학회에서 발표됐던 사항 가운데 전고체전해질 전지에 대한 부분을 언급할 필요가 있다. 전고체리튬전지는 도요타 자동차를 중심으로 강력하게 개발이 추진되고 있는데, 전고체전해질의 낮은 이온전도도가 상당 부분 해소됨으로써, 안전성으로 차별화하면서 고전압화와 리튬 음극 사용을 통해 더 큰 에너지밀도를 구현하는 방향으로 개발이 진행될 것이다. 또한 전극-전해질 계면을 밀착화하기 위한 하이브리드 전해질 기술 등이 우선 개발되고 있으며, 궁극적으로 유연하고 균일한 계면을 제공하는 전고체전해질 전지 시스템은 고체전해질 외에는 대부분 현재 상용화돼 있는 전극 소재를 사용하기 때문에 경쟁적인 개발이 이뤄질 것이다.

궁극적으로 좀 더 많은 에너지를 저장하면서 안전한 고에너지밀도의 리튬이온전지가 전기자동차의 주행거리를 지속적으로 늘릴 것이다. 기존 리튬이온전지의 고급화와 함께 차세대 전지에 대한 지속적인 개발을 통해 주행거리를 더 연장할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 힘 좋고 주행거리 길고 ... 'SUV 전기차' 시대 성큼. (2018. 4. 13). 중앙일보. Retrieved from <http://news.joins.com/article/22532179>
2. Lee, J. H. et al. (2016). Energy Environ. Sci, 9, 2152-2158.
3. Tarascon, J. M. & Armand, M. (2001). Nature, 414, 359-367.
4. <https://www.dnkpowers.com/teslas-mass-production-21700-battery/>
5. <http://www.imlb2018.org/>

※ 집필: KIST 에너지저장연구단 조원일 책임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제6절 빅데이터 기반 자가진단 시스템

I. 기술 개요

빅데이터란 기존의 관리·분석 체계로는 감당하기 어려운 막대한 데이터 집합과 이를 해결하기 위한 플랫폼, 분석 기법 등을 포괄하고 있다. 빅데이터는 데이터의 특성에 따라 4가지 속성을 갖고 있다. ‘가치’(값진 이익을 제공하는 데이터), ‘속도’(통상 60GBps 이상), ‘볼륨’(100TB 이상), ‘다양성’(여러 소스의 데이터)’이 여기에 해당된다.

다음에서 다루는 빅데이터 기반 자가진단 시스템은 각종 센서로 고장 및 생산성 저하를 파악하고 그 원인을 분석하기 위한 인공지능 기술, 인공지능의 판단을 수행할 수 있는 물리적·사



빅데이터 기반 자가진단 시스템은 ICT 기반의 센서로 모니터링한 수많은 데이터(빅데이터)를 분석해 고장, 생산성 저하 등의 원인을 진단하는 인공지능 시스템이다. © shutterstock

이버적 복구 시스템 기술 등을 융합한다. 즉 빅데이터 기반 자가진단 시스템은 이를 통해 장기간 고장, 생산성 저하 등에 대한 원인을 분석하고자 빅데이터를 학습하고, ICT 기반 센서를 활용해 실시간으로 모니터링한 데이터를 기반으로 시스템 고장과 성능을 진단하는 인공지능 시스템이라 정의한다.

빅데이터 분석 기술의 발전

최근 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등과 같은 ICT는 4차 산업혁명을 주도할 주요 기술로 인식되고 있다. 4차 산업혁명 시기의 산업 생태계는 초연결 네트워크를 통해 방대한 빅데이터를 생성하고 인공지능이 빅데이터에 대한 딥러닝 기술을 토대로 적절한 판단과 자율제어를 수행함으로써 초지능적인 제품 생산 및 서비스를 제공한다. 사물인터넷(IoT)은 사물 간의 관계를 기반으로 인간의 개입 없이 자율적으로 반응하고 수집된 데이터와 정보를 상호 교환한다. 이런 사물인터넷을 통해 생성하는 막대한 양의 데이터는 클라우드로 저장되고 빅데이터 및 인공지능 기술에 의해 분석되며 물리적 시스템의 상황을 예측하는 데 활용된다. 이와 같이 다양한 응용 분야에서 데이터 분석의 기반 기술로서 활용할 수 있는 빅데이터 분석의 핵심 기술은 다음과 같다.

먼저 연관성 규칙 학습(association rule learning)은 대용량 데이터베이스 내의 다양한 변수로부터 흥미 있는 주제의 관련성, 즉 연관성 규칙을 찾기 위한 기술로서 잠재적 규칙을 만들어내고 테스트하는 일련의 알고리즘으로 구성된다. 분류(classification)는 이미 분별된 데이터를 포함하는 학습데이터 세트를 기반으로 새로운 데이터가 속해 있는 카테고리를 식별할 수 있는 데이터 마이닝의 기술 중 하나이다. 군집화(cluster analysis)는 유사성에 대한 특성 등이 사전에 알려져 있지 않은 상태에서 유사한 개체들의 작은 그룹으로 분할하기 위한 통계적 방법이다. 예를 들면 타겟 마케팅을 위해 고객을 자기 유사성(self-similarity)에 따른 그룹으로 나누는 데 사용된다.

데이터 융합 및 통합(fusion & integration)은 단일소스에서 분석한 결과보다 더 정확하고 효율적인 통찰력을 얻기 위해 다중 소스로부터 데이터를 통합하고 분석하는 기술이며, 데이터 마이닝(data mining)은 데이터베이스 관리와 통계 및 기계학습 방법을 결합해 대용량 데이터 세트에서 특정 패턴을 추출하는 기술이다. 앙상블 학습(ensemble learning)은 기계 학습의 분류 방법을 통해 여러 개의 분류기(classifier)를 생성하고 그것들의 예측을 결합함으로써 새로운 가설(hypothesis)을 학습하는 방법이다. 유전 알고리즘(genetic algorithm)은 자연 세계의 진화과정에 기초한 계산 모델로서 최적화 문제를 해결하는 기법이다. 끝으로 시각화(visualization)는 데이터 분석의 결과를 표현하고 이해의 수준을 향상하기 위해 이미지, 다이어그램, 애니메이션 등에 사용되는 기술이다.

빅데이터 활용 사례

먼저 제조업 분야의 사례를 보자. 미국의 GE는 모든 제조설비에 센서를 부착해 대량의 운전 데이터를 얻고 이 데이터를 실시간으로 클라우드로 전송해서 빅데이터를 분석하며, 실제 설비의 고장을 사전에 예측해 고장 수리 시점을 결정한다.

독일의 지멘스(Siemens)는 지능형 공장이라는 시스템 컨트롤러 생산 공장을 운영하고 있다. 모든 제품과 개별 부품까지 바코드나 RFID 등을 부착해 실시간으로 상태를 파악할 수 있는 사물인터넷 시스템을 구축했으며, 어느 지점에서 어떤 부품이 잘못됐는지를 실시간으로 확인할 수 있다.



인도 푸네에 위치한, GE의 최신 기술이 적용된 '생각하는 공장(Brilliant Factory)'. © GE



지멘스 암베르크 공장 내 모든 기계장치는 기계 이상과 불량품 생산을 감지하는 1000여 개의 센서와 스캐너가 설치돼 있다. © Siemens

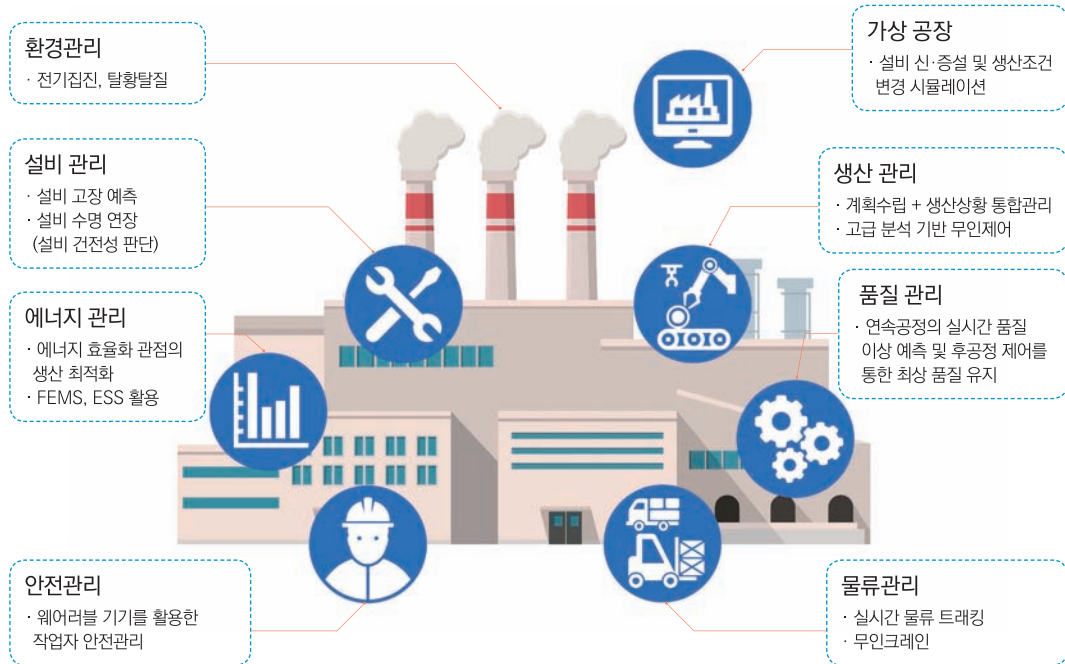
국내의 경우 포스코가 광양제철소에 스마트 팩토리를 구축했다. 즉 설비, 품질, 조업, 안전, 에너지 등의 다섯 가지 분야에서 빅데이터를 분석해 문제가 발생하기 전에 이를 예측하고 선제적인 대응을 할 수 있는 시스템을 갖추었다.

에너지 분야의 사례도 있다. 두산 중공업은 발전소의 이슈 사항을 접수하고 모니터링해 실시간 데이터 관리를 수행하고 있다. 방대한 양의 빅데이터를 분석해 부품을 교체하거나 기술적인 문제를 처리하는 것은 물론이고, 심각한 문제에 대한 원인을 분석해 이에 대한 해결 방안을 마련하기 위한 최적화 서비스를 제공한다.

구글은 데이터센터 서버와 기타 장비들의 사용시간과 에너지 사용량에 대한 방대한 분량의 데이터를 분석해 데이터센터의 성능과 에너지 사용량을 최적의 상태로 운영하고 있으며, 인공지능 기술을 접목해 다양한 분야에서 에너지 절감효과를 보여주고 있다.

끝으로 정보 보안의 사례를 보자. IBM은 큐레이더(QRadar)라는 올인원(all-in-one) 솔루션을

〈그림 4-13〉 광양제철소의 스마트팩토리 시스템



공장 내 모든 상황이 한눈에 모니터링되고, 빅데이터를 통한 정보 분석으로 작업자의 개입 없이 자동으로 제어되는 똑똑한 공장을 만든다.

적용해 다양한 소스를 수집하고 네트워크 및 응용 계층의 행위를 분석하고 있다. 이를 통해 넷플로(NetFlow) 데이터 처리와 소스로부터 수집된 모든 이벤트를 포함하는 정밀 분석까지 가능하며, 기업 내부 시스템에 대한 신종 바이러스의 침투, 정보유출 및 위변조 등과 같은 보안사고에 대한 해결책을 제시하고 있다.

HP는 보안 및 위험 정보를 수집하고 분석·평가하기 위한 통합보안관제 제품(ArcSight SIEM 플랫폼)을 출시해 기업 이벤트 정보를 수집하고 분석·관리한다. 각종 센서로부터 수집한 이벤트 정보를 효율적인 검색, 상호 연관성 분석, 통계 보고를 위해 하나의 구조체 형식으로 정규화하는 기능을 제공한다.

II. 2017년 주요 R&D 동향

국외 기술 동향

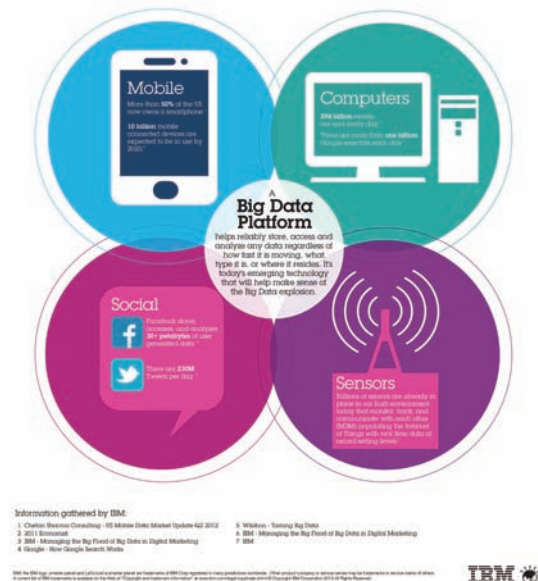
국외에서는 지능형 위협을 분석하고자 네트워크 및 시스템 보안 제품군을 통합한 보안 이벤트 정보 관리기술을 제공하고 있으며, 이를 바탕으로 빅데이터 처리기술을 활용한 지능형 보안 기술에 대한 연구가 본격화되고 있다. HP, 맥아피, IBM, RSA, EMC 등 글로벌 정보보호 기업을 중심으로 ‘보안정보 이벤트 관리(SIEM)’ 시스템 위주의 로그관리 시스템이 출시되고 있다. 특히 빅데이터 분석 기술을 활용해 내부자 행위 분석 기술에 대한 연구 및 제품 개발이 본격화됐다. 스플렁크(Splunk)를 비롯한 SIEM 선두주자들은 보안 인텔리전스용 빅데이터 분석 기술을 도입해 새로운 공격 위협에 대응하기 위한 새로운 기술로 활용하고 있다.

상용화된 빅데이터처리 플랫폼으로는 다음과 같은 사례가 있다. IBM이 하둡, Hbase 등의 오픈 소스 컴포넌트를 기반으로 운용되는 이동(in motion) 및 저장(at rest) 빅데이터 분석 엔진을 제공하고 있으며, SAP 역시 기존의 Sybase와 함께 하둡을 빅데이터 처리 프레임워크에 포함하고 있고, MS의 스트림인사이트(StreamInsight) 플랫폼은 SQL 서버를 기반으로 하고 있다.

빅데이터를 활용한 데이터 보안 분야에서는 데이터의 내용 분석에 따른 개인정보 유출 및 침해에 대한 연구가 진행되고 있으며, ISO/IEC 29100(Privacy Framework)에서 프라이버시를 강화하기 위한 방법으로 비식별 기술을 제시하고 있다. 비식별화 방법은 정형 비식별화, 보장형 비식별화, 통계적 비식별화, 기능적 비식별화의 4가지로 분류했는데, 비식별 처리에 따른 위험과 정보 유용성 관점에서 정리하고 있다. 특히 미국 상무부 산하의 표준화 기구인 미국표준기술연구소(NIST)

Big Data: Making the World go Round

Big Data is growing and moving fast from a variety of sources; are you keeping up?



IBM은 이미 2013년 혁신적인 빅데이터 플랫폼 기술을 발표했다. 이를 통해 빅데이터를 기존보다 25배 빠르게 처리하고, 빅데이터 처리용 소프트웨어 하둡은 10분 내에 설치할 수 있다. © IBM

에서 비식별화에 대한 20년간의 논의를 정리해 ‘개인 식별 정보의 비식별 처리’에 대한 가이드를 발표했다. 2016년 12월에 NIST는 ‘공공데이터에 대한 비식별 처리’ 가이드를 추가로 발간하며, 공공정보 분야에서 비식별화에 대한 연구를 진행하고 있다.

국내 기술 동향

국내에서는 정부의 공공정보 공개 방침에 따라 다양한 공공정보가 공개되고 있으나 일부 개인 정보 및 개인정보 유출 가능성이 있는 데이터도 드러나고 있다. 이로 인해 비식별 및 오용·남용·탐지용 참조 모니터에 대한 표준화 및 기술 개발의 필요성이 대두되고 있다.

2016년 정부는 가이드라인 형태로 개발해 정형 데이터의 비식별화 기술과 공공정보 공개에서 어떤 비식별화 기술을 사용하는 것이 좋은지를 권고하고 있다. 현재 금융보안원구원과 한국인터넷진흥원(KISA)에서는 금융정보의 비식별화 기술 및 가이드라인을 개발하고, 서로 다른 데이터를 결합하는 서비스에서 개인정보 유출에 대한 다양한 가이드라인을 만들고 있다.

또한 빅데이터 처리 플랫폼을 활용한 정보 및 로그 수집·저장·검색 기술은 통합보안관리시스템(ESM)이나 보안관제 프로젝트를 통한 솔루션 형태로 도입되어 사용되고 있다. 해당 기술은 전문 보안관제업체가 제공하는 서비스 형태(ASP)로 제공되고 있다. 국산 솔루션은 로그 관리 도구에서 출발해 빅데이터 기술을 적용한 SIEM 솔루션으로 발전하고 있다. SIEM 기술은 방화벽, IDS/IPS, 안티바이러스 등의 보안장비와 서버, 네트워크 장비 등으로부터 통계 정보, 보안 이벤트 정보를 가져와서 이들 정보 간의 연관성을 분석해 보안 상황 인지, 신속한 사고 대응과 로그 관리를 수행한다.

III. 향후 전망

다양한 응용 분야로 활용되는 빅데이터 분석 기술이 IT 분야 최대 이슈로 등장했다. 빅데이터는 데이터 용량에 따른 분류가 아니라 기존의 데이터베이스 처리방식으로 해결할 수 없는 데이터의 세트로 정의하고, 이런 데이터를 처리할 수 있는 기술이나 역량을 보유한 기업이나 국가가 미래에 경쟁력을 갖게 될 것으로 예측된다. 빅데이터를 활용한 보안 분석(big data security analytics)은 데이터 분석 기술의 고도화 측면에서 기존에 해결하지 못한 공격위협을 분석할 수 있게 만들 것으로 보인다. 네트워크 경계망 보안을 우회하는 사이버 공격능력이 향상됨에 따라, 지능형 보안 시스템으로 보안 상관관계를 분석하기 위해서는 빅데이터를 활용한 보안 분석 기술이 먼저

개발될 필요가 있다.

4차 산업혁명에 대한 중요성이 인식됨에 따라 데이터 수집, 처리, 분석을 통해 의미 있는 정보와 지식을 생성하는 빅데이터 기술이 기업의 새로운 경쟁 우위로 부각되고 있다. 제조업체의 32%는 빅데이터와 IoT의 결합을 통해 공급망의 성능을 개선하고 수익을 증대할 것으로 예상된다. 4차 산업혁명의 발전은 빅데이터 기술의 적용 확대를 의미하며 전체 데이터에서 활용 가능한 데이터의 비중도 2013년 22%에서 2020년 37%로 높아질 것으로 전망된다. 또한 IoT, 클라우드와의 빅데이터 연계가 이뤄지면서 빅데이터 산업 활성화에 더 기여할 것으로 분석된다. 4차 산업혁명은 초연결, 초융합, 초지능화 등의 특성을 갖고 있다. 데이터 공유를 통해 과거에는 상상할 수 없었던 이종 기술 및 산업 간에 다양한 결합이 일어나고, 이를 통해 새로운 기술 및 산업이 출현해 초융합 환경을 조성한다. 또한 4차 산업혁명은 인공지능과 빅데이터의 연계 및 융합으로 인해 기술 및 산업구조가 초지능화될 것이다.

참고문헌

1. 강필성. (2015). 사물인터넷과 빅데이터 분석 기반의 스마트 공장 구현 사례 및 시사점. NEAR & Future Monthly, 20, 25-35
2. 한국정보화진흥원. (2016). 2015년 BIGDATA 시장현황 조사.
3. Nicolett, M. & Kavanagh, K. M. (2012). Critical Capabilities for Security Information and Event Management. Gartner Group.
4. <http://www8.hp.com/us/en/software/solutions/>

※ 집필: 한국전자통신연구원 정보보호연구본부 김종현 책임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제7절

사이버테러 방지를 위한 실시간 자가 방어 체계 구축 기술

I. 기술 개요

정보보안 솔루션 및 제품은 끊임없이 연구·개발되고 있음에도 불구하고 최근까지 사이버공격은 지속적으로 발생하고 있다. 특히 최근 국내외적으로 발생된 주요 사이버공격 사례를 보면, 한수원 해킹 사고(2014년), 우크라이나 대규모 정전 사태(2015년), 군 인트라넷 해킹 사고(2016년)와 같이 사이버공간에서의 보안위협은 국가 기반시설을 대상으로 하는 공격이 늘어나고 있으며, 막대한 경제적 피해와 사회적인 혼란을 유발해 국민생명과 국가안보에 직결된다.

제4차 산업혁명이 불러온 초연결사회는 모든 기기가 네트워크로 연결돼 있어, 사이버공격을 받으면 상상을 초월하는 피해를 가져올 것으로 예상된다. 예를 들어 자율주행 자동차, 스마

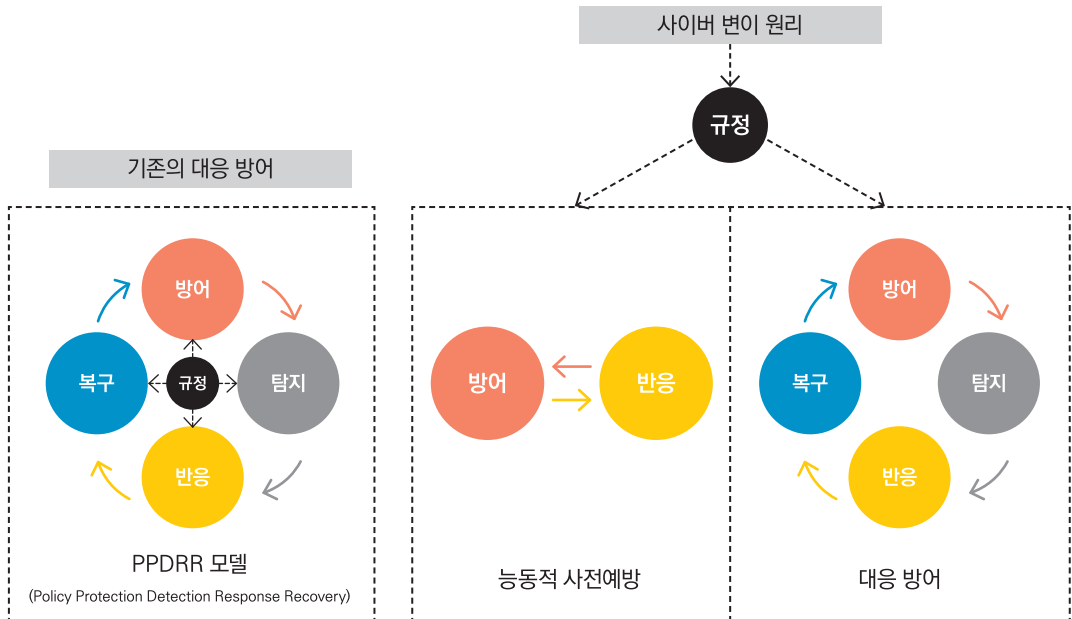


최근 지능화되는 사이버테러를 막기 위해서는 자가변이 기술, 자가면역 기술 같은 자가 방어 기술을 개발해야 한다.

© shutterstock

트 시티, 스마트그리드처럼 4차 산업혁명에서 대표적인 서비스들에 대해 악의적인 조작을 가하면, 교통, 전력과 같은 주요 기반시설의 시스템, 그리고 집과 가전, 자동차처럼 연결돼 있는 모든 것이 공격 대상이 된다.

〈그림 4-14〉 사이버 공격 대응 체계 변화



기존 정보보안 제품으로는 지능형 지속 위협(Advanced Persistent Threat, APT)처럼 날로 지능화된 사이버공격을 막기에 한계가 있다. 방어 시스템은 몇 개가 존재하는지도 모르는 IT 인프라의 취약점에 일일이 대응해야 하는 반면, 공격자는 알려지지 않은 취약점 하나만 찾으면 IT 인프라를 무력화시킬 수 있다. 또한 방어 시스템은 공격자가 언제, 어떤 경로로 어떤 목적을 갖고 공격하는지를 모르는 상황에서 가능한 모든 공격수단에 대해 수동적으로 방어할 수밖에 없다. 이처럼 방어자는 공격자와의 정보 불균형으로 인해 불리할 수밖에 없는데, 방어시스템을 획기적으로 개선하고자 사이버 공격 대응 모델이 변화하고 있다(그림 4-14). 규정(Policy), 방어(Protection), 탐지(Detection), 반응(Response), 복구(Recovery)로 구성되는 수동적인 기존 방어 모델(PPDRR)의 한계를 극복하기 위해서 사이버 공격이 발생하지 않은 상황에서도 능동적으로 사전예방을 할 수 있는 체계(active defense)와 협력하는 사이버 공격 대응 모델(reactive defence)로 변화하고 있다.

지능화되는 사이버 위협에 사전 대응력을 강화하기 위한 기술은 사이버 자가 방어 기술이

다. 핵심 연구주제는 사이버 공격을 사전에 예방하고자 공격 대상이 스스로 변이해 공격 복잡도를 높이는 사이버 자가변이 기술과, 머신러닝 등 지능형 기술을 활용해 시스템 내의 잠재적 취약점을 자동으로 인지하고 패치하는 사이버 자가면역(self-immune) 기술이다.

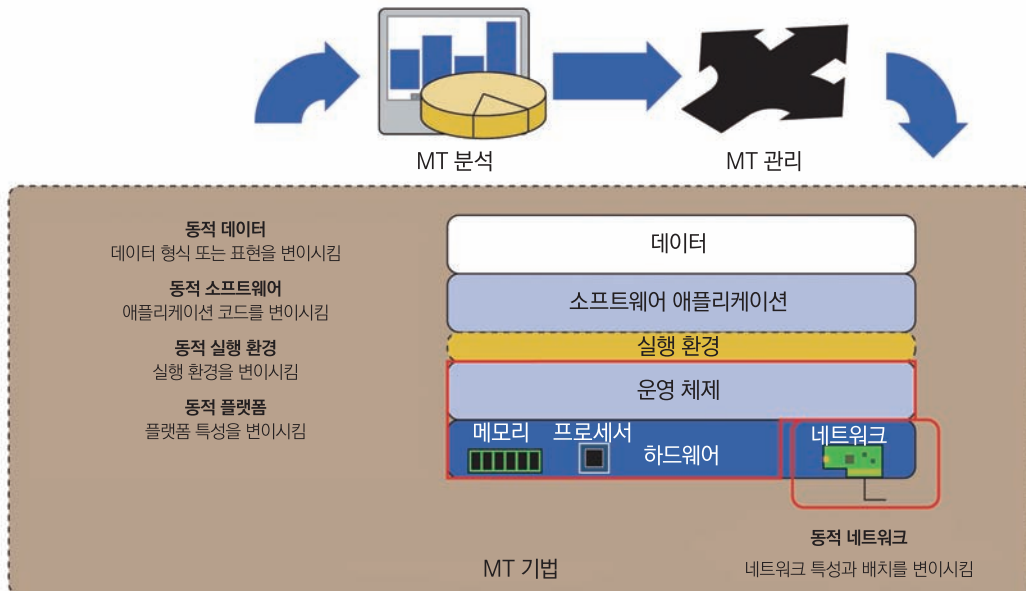
II. 2017년 주요 R&D 동향

사이버 자가변이 기술

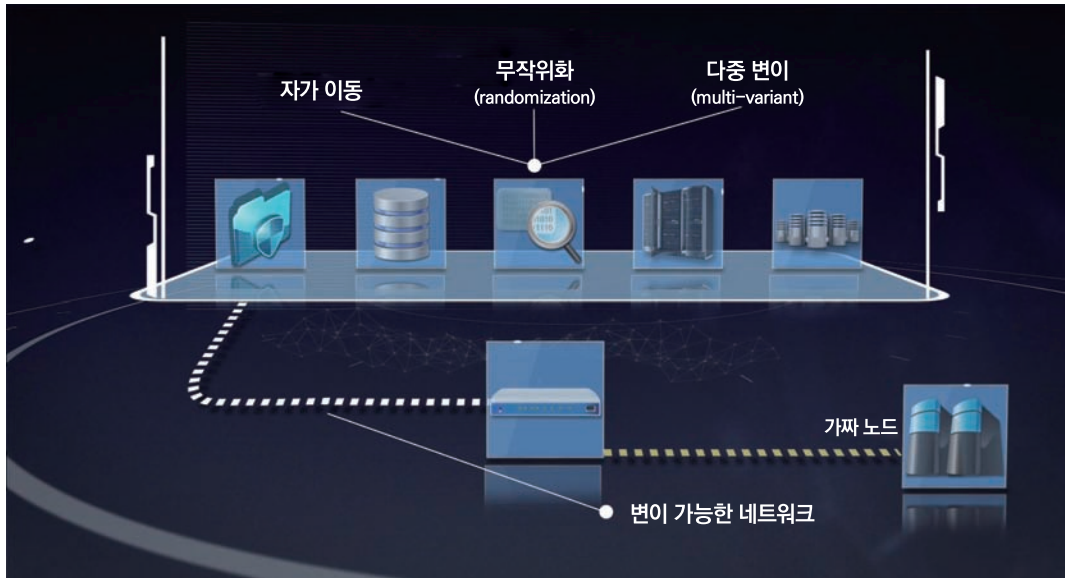
공격 대상이 스스로 변이해 공격 복잡도를 높이는 사이버 자가변이 기술은 MTD(Moving Target Defense)라는 키워드로 연구가 진행되고 있다. MTD는 지능화되고 있는 사이버 공격에 능동적으로 대응하기 위한 혁신적인 보안 전략으로서 미국 백악관이 2011년에 발표한 ‘사이버보안 연구개발 전략’ 중 가장 주목받았던 연구 분야이다. 실제로 미국 매사추세츠공대(MIT) 링컨랩에서는 이동(moving)시켜야 할 대상(target)으로 네트워크, 소프트웨어, 플랫폼, 실행환경(execution environment), 데이터의 5가지를 정의하고 있다.

MTD 영역에서 가장 활발하게 연구가 진행되고 있는 분야는 네트워크 IP 주소와 포트를 변이시키는 네트워크 주소 이동 기술이다. 예를 들어 공격자가 어느 시점에 공격목표 서버의 IP

〈그림 4-15〉 MTD 대상 요소기술



〈그림 4-16〉 MTD 개념도



주소를 획득했다가 실제로 공격을 시도할 시점에는 공격목표 서버의 IP 주소가 다른 것으로 변하여 공격자가 공격목표를 다시 찾아야 하는 상황을 발생시키는 것이다.

대부분의 네트워크 주소 이동 기술은 SDN 컨트롤러나 변이 게이트웨이(mutation gateway)를 통해 보호 대상 호스트의 실제 IP와 가상 IP를 매핑해서 외부에는 실제 IP를 은닉하고 가상 IP만 공개하도록 한다. 이때 외부에 공개되는 가상 IP를 주기적으로 변이시킴으로써 네트워크 주소 이동 기술을 구현했다.

최근에는 가상 IP를 사용하는 기존의 연구들과는 다르게 보호 대상 호스트의 실제 IP를 랜덤하게 변경하는 기법이 연구되고 있다. 실제 IP를 변경할 때 발생할 수 있는 서비스의 중단을 극복하기 위한 연구도 포함된다.

또한 공격자에게 불확실성과 복잡성을 증가시켜 공격의 비용이 증가되도록 하는 기술로 디셉션 보안(deception security) 기술이 연구되고 있다. 디셉션 보안 기술의 대표 기업인 일루시브 네트워크(Illusive Networks), 피델리스(Fidelis), 트랩엑스 시큐리티(TrapX Security)에서는 금융, 원격감시 제어시스템(SCADA), 헬스 케어, 법률 등 다양한 분야에 맞춤형 솔루션을 제공하고 있다.

사이버 자가면역 기술

사이버 자가면역 기술은 시스템에 내재된 소프트웨어 보안 취약점을 자동으로 탐색하고 원인을

분석해 자동으로 패치를 생성하고 안전하게 배포하는 기술이다. 취약점 탐색은 주로 보안 전문가의 분석에 의해 이뤄지고 있기 때문에 기하급수적으로 발생하는 보안 취약성 및 대상 소프트웨어(오픈 소스 등)에 대한 분석 및 패치 대응이 늦어지고 있다. 최근 자동 탐색을 확률 기반(베이지안 추정 등) 기법에서 머신러닝 기법으로의 전환이 시도되고 있으나 초기 단계이다.

먼저 기계가 해킹을 자동화해 취약점을 찾고 공격 가능성을 확인하고자 미국 방위고등연구계획국(DARPA)에서는 ‘데프콘 CTF 24’의 부대 행사로 사이버 그랜드 챌린지(Cyber Grand Challenge, CGC)를 개최했다. CGC는 컴퓨터끼리 겨루는 해킹대회로, 자동으로 보안 취약점을 찾아 공격하고 사람의 도움 없이 방어 패치를 수행한다. 다만 CGC에서는 동적분석(dynamic analysis), 정적 분석(static analysis), 기호실행(symbolic execution), 제약 해결(constraint solving), 데이터 흐름 추적(data flow tracking), 퍼즈 테스트(fuzz testing) 등 취약점 분석기술이 사용됐다. 이는 인공지능 기술의 활용이라기보다는 기존 취약점 분석 기술의 자동화에 의미를 둘 수 있다.

최근 머신러닝(machine learning) 기술을 적용한 취약점 탐지 연구가 활발히 진행되고 있다. 취약점 분석에서 가장 활발히 연구를 진행하고 있는 마이크로소프트에서는 RNN(Recurrent Neural Network) 모델을 이용해 PDF 파일에서 자동으로 취약점을 찾는 연구를 진행했으며, 강화학습을 자동 퍼징에 활용한 연구결과를 발표했다. 또한 퍼징 도구로 높은 평가를 받는 AFL(American Fuzzy Lop)에 결합해 사용할 수 있는 머신러닝 기반의 퍼징 방법을 다양한 학습 모델과 함께 제안했다.



미국 방위고등연구계획국에서 개최한 사이버 그랜드 챌린지(CGC)에 참가한 인공지능 머신. © DARPA

III. 향후 전망

사이버위협 사전·사후에 대응하기 위한 지능형 침해대응 기술, 시공간 위협 인지의 지능형 도시 감시 기술, 초연결 위협에 대응하는 고신뢰 IoT 보안 인프라 및 기계가 스스로 대응하는 자율 해킹 방어 기술이 실현될 것이다. 이는 인공지능, 머신러닝 기술을 활용한 능동보안 기술의 연구·개발이 필수적으로 요구되며, 능동적·예방적 사이버 자가 방어 체계가 완벽하게 구현되는 것을 의미한다.

사이버 자가변이 관점에서는 변이 대상이 되는 네트워크, 소프트웨어, 플랫폼, 실행환경, 데이터의 각 요소가 능동적으로 변이해 공격자에게 공격 복잡도를 증가시킬 뿐만 아니라, 사이버

〈그림 4-17〉 사이버 킬 체인인 침입 킬 체인(intrusion kill chain)의 구성과 공격 수행 단계



출처: Lockheed Martin

킬 체인(cyber kill chain)을 구성하는 각 단계를 차단하는 능동적 사전 보안 기술이 실현될 것이다.

사이버 자가면역 관점에서는 AI 기반의 공격·방어 프로그램(fully automated system)이 개발될 것이라고 전망할 수 있다. 예를 들어 사이버 면역시스템(cyber immune system)이 상용화되어 훨씬 뛰어난 능동 보안을 실현할 것으로 예측된다. 이는 의사결정부터 분석 방법 학습 같은 면역계 특징이 그대로 반영돼 있는데, 다양성과 자치성을 가진 AI를 바탕으로 학습 및 기억을 통해 취약점을 도출하고 자동으로 패치하는 방식이다.

사이버 공격 방어 기술이 발전함과 동시에 공격 기술 또한 날로 지능화·고도화되고 있다. 따라서 공격자와 방어자의 치열한 공방전이 지속될 것이다. 능동적인 자가 방어 기술이 발전하면 공격자와 방어자가 동등한 입장에서 창과 방패의 게임을 할 수 있는 환경이 만들어질 것이다.

참고문헌

1. Cai, G. et al. (2016). Moving target defense: state of the art and characteristics. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 17, 1122-1153.
2. Jafarian, J. H. et al. (2012). Openflow random host mutation: transparent moving target defense using software defined networking. *Proceedings of the first workshop on Hot topics in software defined networks*, 127-132. New York, NY: ACM.
3. Jafarian, J. H. et al. (2015). An Effective Address Mutation Approach for Disrupting Reconnaissance Attacks. *IEEE Transactions on Information Forensics*, 10, 2562-2577.
4. Okhravi, H. et al. (2014). Finding focus in the blur of moving-target techniques. *IEEE Security & Privacy*, 12, 16-26.
5. Park, K. M. et al. (2017). Trends in Network Address Moving Technology. *ETRI Electronics and Telecommunication Trends*, 32.
6. Park, K. M. et al. (2018). Secure Cyber Deception Architecture and Decoy Injection to Mitigate the Insider Threat. *Symmetry*, 10, 1-16.
7. Sun, J. & Sun, K. (2016). DESIR: Decoy-enhanced seamless IP randomization. *Proceedings of the IEEE ONFOCOM 2016*.
8. Illusive Networks "Deception Management System Solution Brief" Retrieved from <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/725085/DMS-SB-2017-Feb.pdf?t=1486664447905>
9. Fidelis security White Paper Retrieved from <https://www.fidelissecurity.com/resources/applying-deception-mechanisms-detecting-cyber-attacks>
10. TrapX "Product Brief - DeceptionGrid 6.1"
11. 2017 - Godefroid - ASE - Learn&fuzz: Machine learning for input fuzzing.
12. 2018 - Böttinger - arXiv preprint - Deep Reinforcement Fuzzing
13. 2017 - Rajpal - arXiv preprint - Not all bytes are equal: Neural byte sieve for fuzzing

※ 집필: 한국전자통신연구원 정보보호연구본부 문대성 선임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제8절 원전사고 대응용 위험 작업 로봇

I. 기술 개요

연구 배경 및 필요성

2011년 3월 11일 일본에서 발생한 도호쿠 대지진은 지진의 진동과 쓰나미로 많은 인명 및 재산 피해를 발생시킨 자연 재난이었다. 일본 정부는 현재까지도 피해를 복구하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 당시 발생한 후쿠시마 원자력 발전소 사고는 지금까지도 사고의 규모 파악 및 수습 방법을 구체화하는 데 많은 어려움이 있다. 이런 원자력 발전소의 사고는 사후 피해를 최소화하기 위해 사고를 초기에 수습할 수 있는 기술 개발이 필수적이며, 원자력 발전소의 환경 특성상 로봇을 이용한 무인 시스템을 구축할 필요가 있다.



2013년 4월 17일 국제원자력기구(IAEA) 전문가들이 후쿠시마 원자력 발전소를 해체할 계획을 검토하고자 현장을 방문했다. 원전 해체 과정에 로봇의 역할이 기대된다. © IAEA



원전 사고 현장에서 방사선량을 모니터링할 목적으로 개발된 로봇 '사쿠라'. © fuRo

주요 핵심 기술

인간이 접근해 작업할 수 없는 위험 지역에서 로봇이 임무를 수행해야 하는 원전 사고에 대응하기 위한 핵심 기술은 다음과 같이 분류할 수 있다. 즉 극한 환경 극복기술, 비평탄 지면 이동기술, 위험작업을 위한 조작기술, 위험작업 관제기술이 있다.

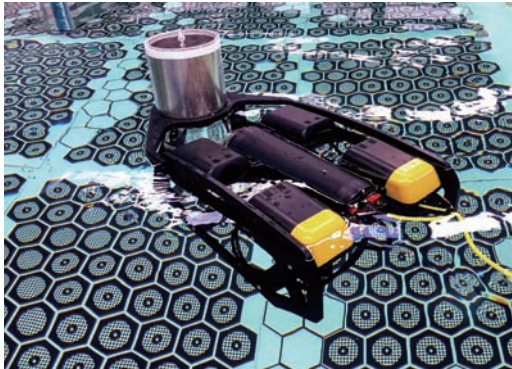
〈표 4-2〉 원전 사고 대응 로봇 핵심기술

핵심 기술	내용
극한 환경 극복 기술	원자력 발전소의 고온·고방사선 환경에서 목표 수명 기간 동안 신뢰성 있는 운영이 가능해야 함.
비평탄 지면 이동 기술	원자력 발전소 내부의 복잡하고 다양한 장애물이 있는 환경에서도 신뢰성 있는 이동이 가능해야 함.
위험작업을 위한 조작 기술	사고에 대응하기 위한 스위치 온오프 제어, 위험물 위치 이동 및 밸브 개폐와 같은 조작 작업을 신뢰성 있게 수행할 수 있는 로봇팔 개발 기술이 필요함
위험작업 관제 기술	안전 지역에서 위험작업 로봇을 안전하게 조작하기 위한 다양한 관제 기능으로 구성된 원격 조작 시스템 구축이 필요함

II. 2017년 주요 R&D 동향

원자력 발전소의 신뢰성을 확보하기 위한 유지보수 로봇 시스템 개발

최근 원자력 발전소의 신뢰성을 확보하기 위한 유지보수 로봇 시스템을 개발하고 이와 관련한 표준을 만들고자 노력하고 있다. 먼저 국제표준기구 ‘국제전기기술위원회(IEC)’의 제안으로 ‘원자력·방사선응용을 위한 이동 무인 자동화시스템 국제표준 개발 워킹그룹’이 2018년 4월 신설됐다. 이 워킹그룹은 후쿠시마 원전 사고 이후 비상시 사람 대신 원자력시설에 투입해 고방사선 극한 환경에서 작업해야 하는 원자력 로봇의 안전, 성능 기준을 개발하기 위해 마련됐다.



원자력연구원에서 개발한 핵연료 점검 로봇.
© 한국원자력연구원



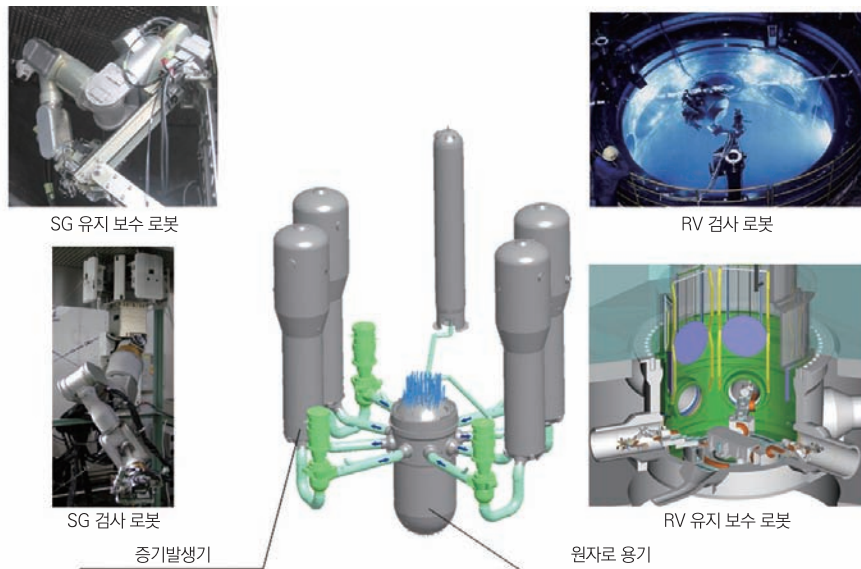
원자력연구원에서 개발한 무인 정찰 로봇.
© 한국원자력연구원

〈그림 4-18〉 한국원자력연구원에서 개발한 원자력 로봇 현황



또한 원자력 발전소는 전문 유지 인력이 접근하지 못하는 높은 온도, 수증 및 고방사선 수치로 인한 위험 지역이다. 이런 원자력 발전소에서 로봇 등을 활용한 원격 작업으로 유지보수를 수행하는 기술이 개발되고 있다.

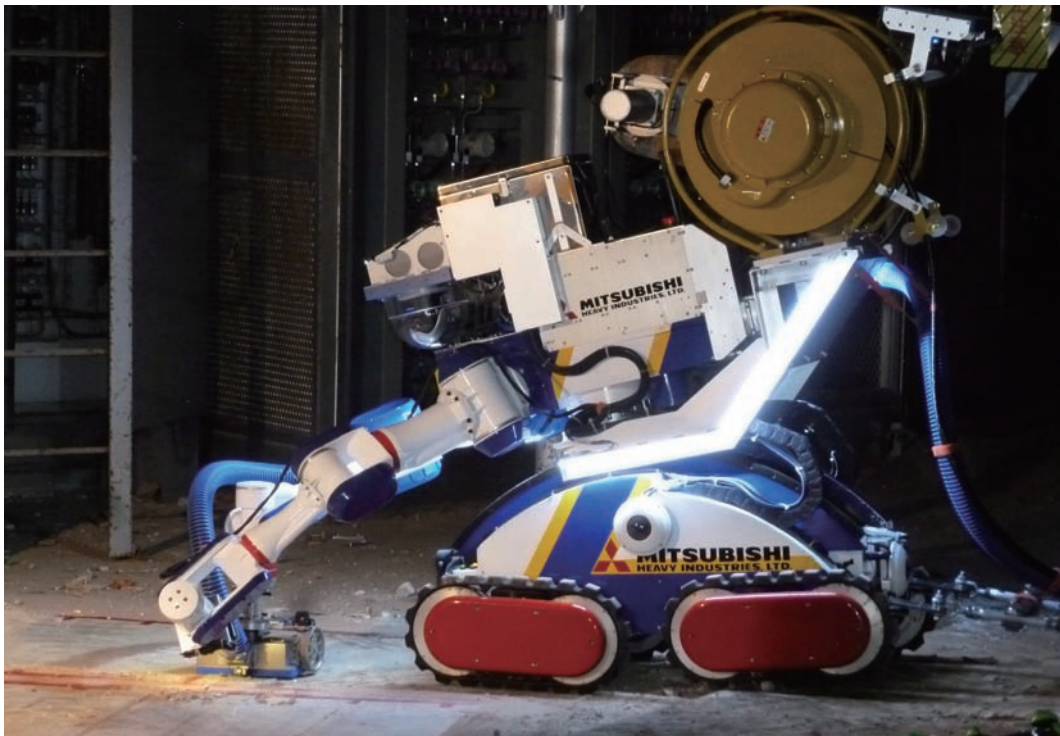
〈그림 4-19〉 미쓰비시중공업에서 개발한 원자력 발전소의 유지 보수 및 검사 로봇 현황



출처: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd

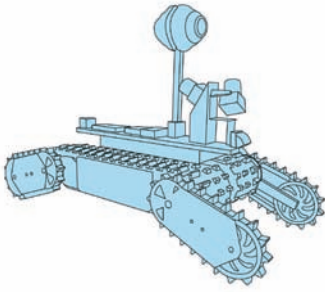
원자력 발전소 사고를 수습하기 위한 위험작업 로봇 시스템 개발

2011년 후쿠시마 발전소 사고 이후 일본 정부는 로봇을 활용해 현장 상태 파악 및 수습을 시도했으나, 고방사선, 고온 및 높은 습도 등의 극한 환경 문제로 인해 대부분의 로봇이 목표한 기능을 구현하지 못했다. 또한 사고 현장의 특성상 원자력 발전소의 극한 환경이 일반 정상 상태의 발전소와 달리 제어되지 못하고 있기 때문에 더욱더 극한인 상황에 처해 있다. 이런 상황을 수습하기 위해 일본 정부는 후쿠시마 사고 현장에 적용 가능한 수준의 위험 작업 로봇 시스템을 개발하고 있으며, 현재 실제 환경에서 시운전을 수행하고 있다.



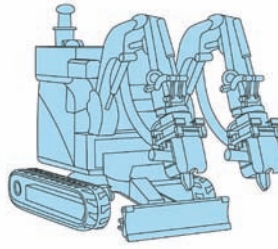
미쓰비시중공업에서 개발한 로봇이 후쿠시마 원전 사고 현장에서 오염물을 조사하고 있다. © IRID

〈그림 4-20〉 현재 개발 중이거나 시운전 중인 원자력 발전소 사고 수습 로봇



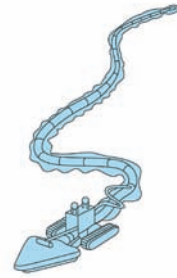
퀸스(Quince), 로즈메리(Rosemary), 사쿠라(Sakura)

지진 구조 로봇을 변형해 방사선 데이터 수집, 공중 방사선 입자의 표본 조사, 방사선량 모니터링 등을 수행함



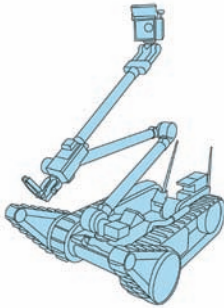
ASTACO-SoRa

2개의 로봇팔에 2.5톤의 굴착기가 장착된 로봇으로, 후쿠시마 원전 사고 지역의 원자로에서 금속 박판, 떨어진 배관, 콘크리트 덩어리, 질소 통 같은 잔해를 제거함



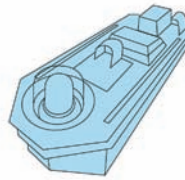
라쿤(Raccoon)

원자로의 바닥을 문질러 청소하는 로봇으로, 오염 제거 작업을 통해 방사선 수준을 낮추는 데 도움을 줌



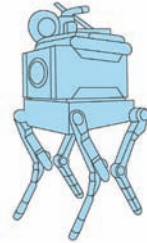
팩봇(Packbot) 510, 코브라(Kobra) 710

폭탄 처리와 같은 전쟁터 과업을 수행하기 위해 개발된 로봇으로, 시간당 5Sv 이상의 엄청난 방사선 수준을 견디고 초기에 핵연료 용융에 의해 가해진 피해를 잠깐 살펴봄



로봇 수상선(surface boat)

물 위와 아래에 카메라들이 장착된 길이 90cm의 로봇 배로, 방사선량계를 이용해 원자로의 감압 챔버(suppression chamber)에서 시간당 최고 2Sv의 방사선을 측정함



네발 달린 검사 로봇(quadruped inspection robot)

네발이 달려 움직일 수 있는 무게 65kg의 로봇으로, 계단을 올라갈 수 있고, 접근하기 곤란한 틈으로 들어갈 수 있음

III. 향후 전망

우리나라는 기존에 경제성을 우선하던 원전 중심의 에너지 정책을 안전과 환경을 중시하는 에너지 정책으로 전환해 경제 산업 전반의 에너지 체질을 변화시키는 정책을 수행하고 있다. 정부는 고리 1호기의 영구 정지에 따라 순차적으로 기존 원전을 정지하고 신규 건설 예정이던 원전 계획을 폐기하기로 했다.

탈원전 시대에 맞춰 안전한 원전 해체 및 폐로 기술을 확보할 필요가 있다. 원전 해체 산업

은 신규 원자력 발전소 건설 시장을 넘어서는 시장을 열 것으로 전망된다. 전 세계 원전 해체 시장은 440조 원으로 예측된다. 우리나라는 연구용 원자로를 해체한 경험은 있으나 상업 원전의 해체 경험은 없다. 산업통산자원부는 2030년까지 원전 해체 기술을 개발하는 데 6,163억 원을 투입할 계획이다.

안전하게 원전을 해체하려면 로봇 기술을 활용하는 것이 필수적이다. 작업자의 안전, 효율성 및 신뢰성을 보장하기 위해서는 로봇 기술을 이용한 원전 해체 관련 기술을 확보해야 한다. 현재 국내 기술로 달탐사 로버, 군용 로봇 및 서비스 로봇을 개발하고 있는데, 이를 활용하면 국내 기술로 원전 해체 로봇도 개발할 수 있다.

참고문헌

1. 원자력 로봇 표준, 우리가 세운다. (2018. 4. 11). 한국원자력연구원 보도자료.
2. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (2013). Robot Technologies of PWR for Nuclear Power Plant Maintenance, *E-Journal for PWR for Nuclear Power Plant Maintenance(EJAM)*, 5(1), NT54.
3. Hornyak, T. (Mar. 3, 2016). How robots are becoming critical players in nuclear disaster cleanup, *Science*. Retrieved from <http://www.sciencemag.org/news/2016/03/how-robots-are-becoming-critical-players-nuclear-disaster-cleanup>

※ 집필: KIST 의료로봇연구단 이우섭 선임연구원

*작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

제9절

인간-기계 상호 적응형 뇌-컴퓨터 인터페이스

I. 기술 개요

뇌-컴퓨터 인터페이스 기술

뇌-기계 인터페이스(Brain-Machine Interface, BMI)는 사람의 뇌 활동을 측정해 생각, 의도, 감정 등을 분석하고, 이런 정보를 명령으로 변환해 다양한 외부기기를 제어하거나 사용자의 의사, 의도를 외부에 전달하기 위한 기술을 말한다.

BMI 기술은 사용자의 생각만으로 주변 환경을 제어하거나 의사를 전달할 수 있기에, 물리적인 접촉이나 동작을 기반으로 하는 기존 인터페이스의 틀을 벗어난 새로운 차원의 인터페이스를 제공한다. 미국 매사추세츠공대(MIT)가 발행하는 MIT 테크놀로지 리뷰(MIT Technology



2012년 사지마비 환자 얀 소이어만(Jan Scheuermann)이 생각만으로 로봇팔을 움직여 초콜릿 바를 먹는 데 성공했다.
© UMPC

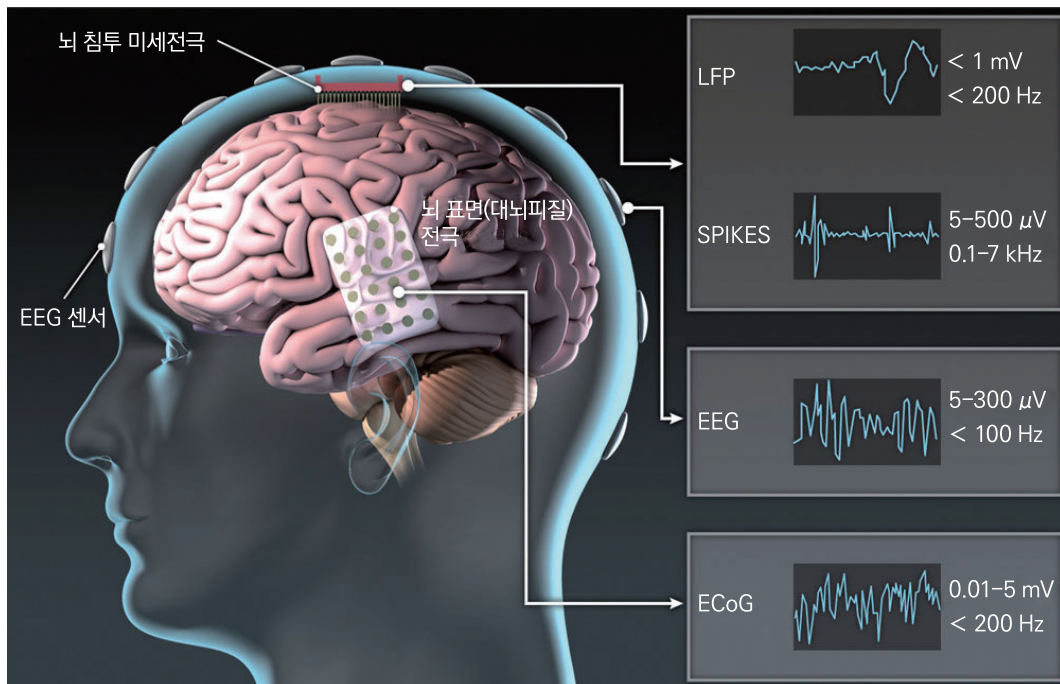
Review)와 세계경제포럼에서는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 10대 차세대 기술로 선정했으며, 뉴욕 타임스는 21세기 8대 신기술의 하나로 선정한 바 있다. 국내에서는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 향후 10년간 우리 생활을 크게 바꿀 10대 유망기술의 하나로 선정했다.

처음에는 BMI 기술이 사지마비 환자가 외부와 의사소통을 하기 위한 기술로 시작됐다. 이후 정신질환을 진단하고 치료하거나, 노약자와 장애인의 재활과 생활을 보조하는 기술로 확대되고 있다. 앞으로 BMI 기술은 인공지능과 IoT 기술 등과 융합되어 일상생활에서 사용되는 가전이나 원격 로봇 같은 주변 기기의 제어에도 널리 활용될 것이라고 기대된다.

뇌전도 측정

BMI 기술을 적용하려면 먼저 사람의 뇌 활동을 측정하는 과정이 매우 중요하다. 뇌 활동을 측정하기 위해 일반적으로 뇌의 전기적 반응인 뇌전도(electroencephalography, EEG)를 사용하지만, 연구 목적에 따라 뇌 활동에 따른 혈류량의 변화를 이미징하는 기능적 자기공명영상(fMRI)이나 기능적 근적외선 분광법(fNIRS)을 사용하기도 한다.

〈그림 4-21〉 BMI를 위한 비침습과 침습적 뇌 신호 측정



출처: Thakor, N. V., 2013

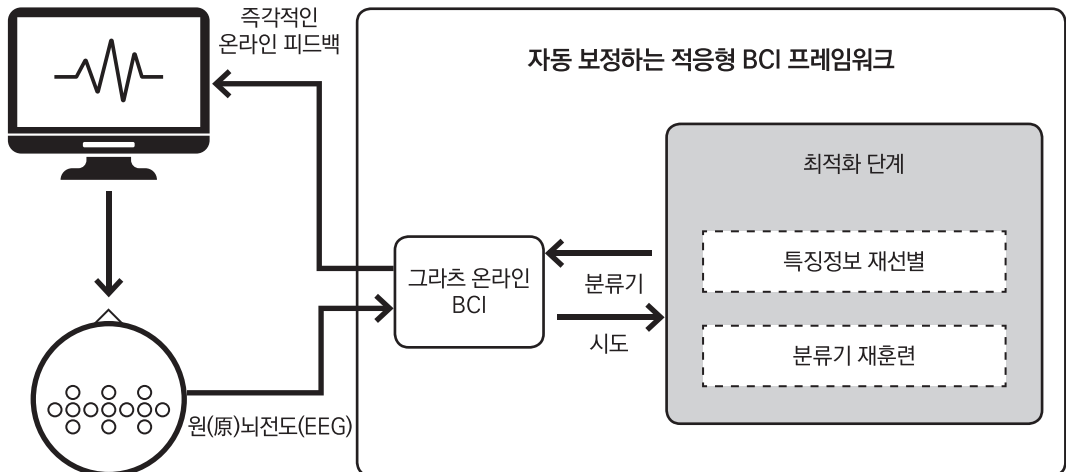
여기에서는 뇌전도(EEG) 기반의 BMI 기술을 중심으로 설명하고자 한다. 뇌전도의 측정 부위에 따라 침습형(invasive)과 비침습형(non-invasive)으로 나눌 수 있다(그림 4-21). 침습적 방식은 외과적 수술을 통해 두개골 속 대뇌피질 위에 설치하는 전극(ECoG)이나 대뇌피질에 마이크로칩(LFP)을 이식해 뇌파를 측정하는 방식이다. 침습 정도가 높아질수록 신호의 질과 시공간 해상도가 뛰어나다. 하지만 뇌 손상의 위험이 따르고 장기간 사용이 어려워 특정 환자를 대상으로 하는 연구에 사용되고 있다.

비침습적 방법은 수술이 불필요한데, 헤드셋 형태의 장비를 머리에 쓰고 간편하게 두피에서 뇌전도(scalp EEG)를 측정한다. 침습형에 비해 상대적으로 잡음이 심해 신호의 질은 떨어지나 사용법이 간편해 실용화가 용이한 것이 장점이다. 최근에는 습식 젤을 사용하지 않는 건식형 전극과 측정된 신호를 무선으로 전달하는 기술, 웨어러블 형태로 발전하면서 좀 더 대중화에 근접하고 있다.

인간-기계 상호적응형 기술

BMI 기술은 단방향으로 사람의 명령을 받아서 기계가 처리하는 것으로 끝나는 것이 아니라, 사용자의 뇌에서 나오는 신호를 실시간으로 해석하는 BMI 시스템과 해석의 결과를 피드백 받는 사용자가 뇌파 훈련을 통해 상호 적응함으로써 최적의 성능을 얻을 수 있다. BMI 시스템과 사용자가 훈련을 반복함으로써 점차 BMI 시스템의 성능을 높일 수 있다. 다음에서 두 가지 상호

〈그림 4-22〉 상호적응형 BCI 프레임워크 구조

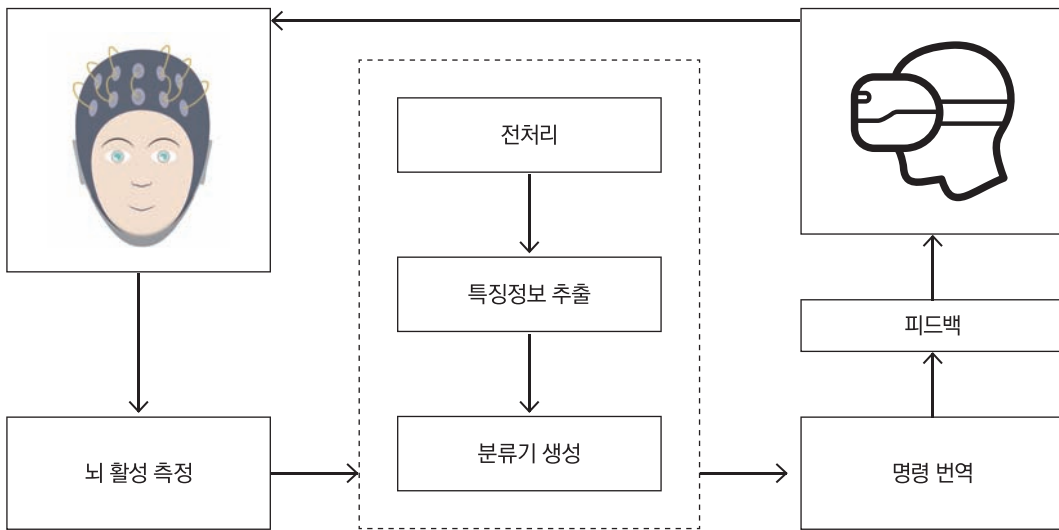


출처: Li, J. & Zhang, L., 2010

적응 과정을 설명한다.

먼저 BMI 시스템이 뇌전도를 해석하기 위한 학습과 훈련은 전처리, 특징정보 추출, 분류기 생성이라는 세 가지 과정으로 이루어진다(그림 4-23). 전처리 과정(EEG signal preprocessing)에서 잡음을 제거하고 채널을 선택하며, 주파수와 시간역도 선택한다. 특징정보 추출(feature extraction)은 시스템이 사용자의 의도나 상태를 예측하는 데 사용될 수 있는 정보를 추출하는 과정이다. 분류기 생성(classification) 과정에서는 추출된 정보로 의도와 상태를 분석하는 결과를 도출한다.

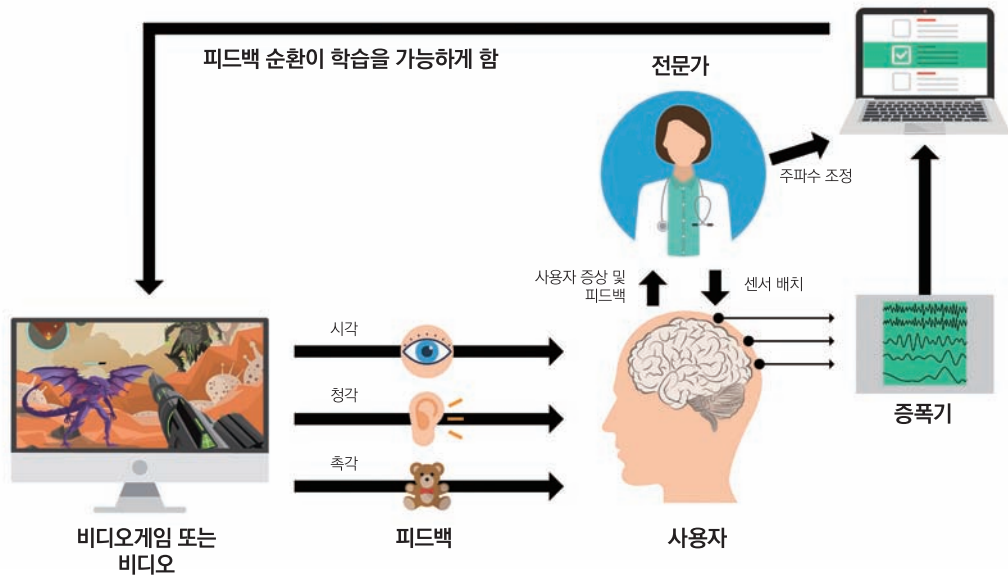
〈그림 4-23〉 BMI 시스템



출처: Li, S., 2017

BMI 시스템의 성능을 높이려면 앞서 설명한 시스템의 정교한 알고리즘이 필요하지만, 이것만으로는 충분하지 않다. 사용자가 BMI 시스템이 인식하기 쉬운 뇌전도 패턴을 생성하도록 학습돼야만 시스템의 성능을 높일 수 있다. 이를 위해서는 자기 자신의 현재 뇌전도를 시각, 청각, 촉각 등으로 알려주는 뉴로피드백(neurofeedback)을 통해 사용자가 BMI 시스템에 적합한 뇌전도를 생성할 수 있도록 훈련해야 한다. 뉴로피드백은 BMI 시스템의 성능을 높이기 위해서도 사용되지만, 집중력이나 인지능력을 향상하기 위해 특정 뇌파가 나오도록 훈련할 때도 사용된다(그림 4-24).

〈그림 4-24〉 뉴로피드백 개념



출처: BrainTrainUK(www.braintrainuk.com)

II. 2017년 주요 R&D 동향

환자에서 일반인을 위한 인터페이스

BMI 기술이 점차 일반인을 위한 인터페이스로 발전하고 있다. 미국 페이스북에서 증강현실 (Augmented Reality, AR) 장치를 통해 손가락 입력보다 더 빠른 분당 100단어를 입력할 수 있는 BMI 기술을 개발하는 중이라고 발표했다. 미국 미네소타대 연구팀에서는 생각만으로 드론과 로봇팔을 원하는 위치와 방향으로 제어할 수 있는 기술을 시연했다. 한편 뇌파를 통해 자신의 상태를 반영하여 명상이나 숙면을 유도하고 스트레스를 해소하는 제품이 일반인용 헬스케어 제품으로 판매되고 있다.

다음으로 미래의 BMI 기술을 선도하고 있는 연구를 살펴보자. 미국 버클리 캘리포니아대 (UC 버클리)의 잭 갤런트(Jack Gallant) 교수는 사람의 시각중추를 fMRI로 분석함으로써 사람이 보고 있는 것을 어느 정도 시각화하는 데 성공했으며, 향후 이를 이용해 꿈을 분석하는 연구로 발전시킬 계획이다. 미국 PCH 이노베이션(PCH Innovations)사에서는 뇌파를 통해 운전자의 인지를 실시간 모니터링하여 안전과 사용성을 증대하는 연구를 수행하고 있으며, 독일 베를린공대에서



페이스북에서 개발 중인 브레인 마우스(brain mouse). © Youtube



미국 UC 버클리 연구진이 사람의 시각중추를 fMRI로 분석해 사람이 본 것을 시각화하는 데 성공했다. © UC Berkeley

는 생각만으로 자율자동차를 운전하는 연구를 수행하고 있다.

현재 BMI 기술의 한계는 뇌신호를 쉽고 정확하게 측정하는 기술이 없다는 데 있다. 테슬라 회장인 일론 머스크가 최근에 인수한 스타트업 뉴럴링크(Nerualink)사가 뇌 신호를 읽고 자극을 줄 수 있는 초박형 메시 형태의 새로운 뇌 임플란트 기술인 뉴럴 레이스(Neural Lace) 기술을 개발했는데, 이 기술은 현재의 한계를 극복하고 일반인을 위한 BMI 기술을 발전시킬 새로운 전기를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

III. 향후 전망

BMI 기술은 환자와 장애인의 생활 및 이동 보조를 목적으로 개발됐지만, 최근에는 드론 제어, 로봇 제어, 일상 기기 제어 등 일반인 용도로 발전하고 있다. 향후 웨어러블 기기나 증강현실(AR) 장비를 통해 좀 더 편리한 방법으로 BMI 기술이 일상에 적용될 것으로 예상된다. 현재는 직접 뇌에 전극을 심는 침습적인(invasive) 방법이 사지마비 환자와 같은 제한적 범위에서 사용되고 있지만, 향후 뉴럴 레이스 같은 새로운 뇌 임플란트기술이 개발되어 일반인도 뇌의 기능을 향상시킬 목적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 마지막으로 BMI 기술이 일반화되면서 개인적인 생각이나 정보가 해킹될 위험에 대비해야 한다. 이 기술에 대해 윤리적 측면에서 어느 범위까지 허용할지를 놓고 사회적 논의가 필요하며, 뇌의 해킹을 방지하기 위한 제도적, 기술적 준비도 시작해야 할 것이다.

일론 머스크가 인수한 뉴럴링크사(www.neuralink.com)는 초박형 메시 형태의 '뉴럴 레이스'로 뇌신호를 정확하게 측정할 계획이다.



일론 머스크가 인수한 뉴럴링크사(www.neuralink.com)는 초박형 메시 형태의 '뉴럴 레이스'로 뇌신호를 정확하게 측정할 계획이다.

참고문헌

1. 미래창조과학부, 교육부, 산업통산자원부, 보건복지부. (2014). 뇌연구촉진실행계획.
2. 한국연구재단. (2017). 미래유망기술 프로그램, 뇌기능향상기술.
3. 한국인터넷진흥원. (2013). 인터넷 및 정보보호 10대 이슈 전망.
4. 조호현, 전성찬. (2012). 뇌전도 기반 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술. 한국통신학회지, 제29권 7호.
5. Li, J. & Zhang, L. (2010). Bilateral adaptation and neurofeedback for brain computer interface system. *Journal of Neuroscience Methods*, 193(2), 373-379.
6. Li, S. (2017). Brain-Based Computer Interfaces in Virtual Reality. *IEEE International Conference on CSCloud*.
7. Thakor, N. V. (2013). Translating the Brain-Machine Interface. *Science Translational Medicine*, 5(210), 210-2017.
8. Vidaurre, C. et al. (2006). A fully on-line adaptive BCI. *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*, 53(6), 1214-1219.
9. Wolpaw, J. & Wolpaw, E. W. (2012). Brain-Computer Interfaces, Principles and Practice. Oxford University Press.

※ 집필: KIST 바이오닉스연구단 김래현 책임연구원

* 작성된 기고문은 전문가의 견해로 작성됐으며, 발행기관의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

부록

융합연구정책센터는 융합연구 정책에 대한 '국가대표 싱크탱크'로서 미래융합포럼 개최, 융합연구 이슈 발굴 등을 수행해 왔다. 특히 2017년에는 교육기관, 연구소, 기업 간의 융합연구 협력 네트워크를 구축해 융합연구 허브 역할을 수행할 미래융합협의회를 발족시켰다.

-
1. 융합연구정책센터는?
 2. 2017년도 융합연구정책센터 주요활동
 3. 미래융합협의회



appendix

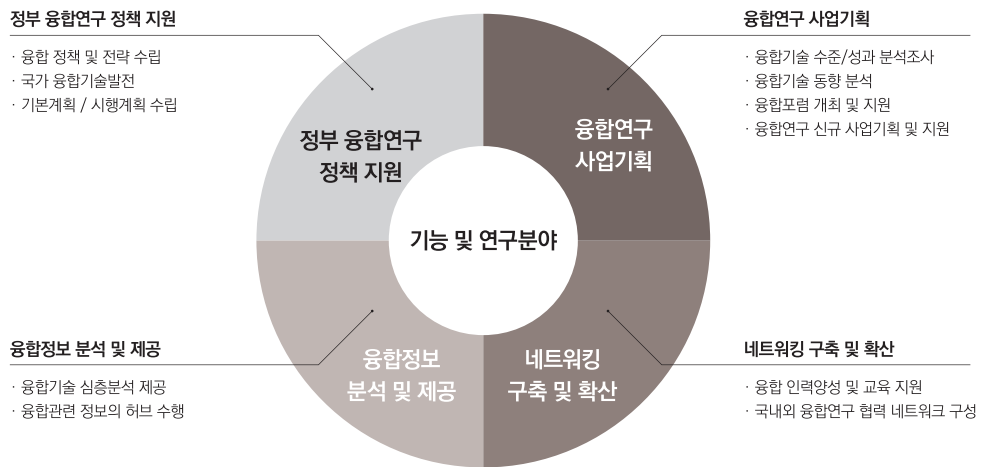
1. 융합연구정책센터는?

■ 설립배경

융합연구정책센터는 우리나라 융합연구 정책 및 전략 방향을 수립해 미래 성장동력을 확보하고 신산업을 창출하는 데 기여하는 시대적 사명 속에 2012년 12월 한국과학기술연구원(KIST)에 설립됐다. 설립 이후 융합기술발전전략 수립 지원(2014년)처럼 융합연구를 촉진하기 위한 다양한 활동을 통해 이제는 국가를 대표하는 명실상부한 융합연구 정책의 싱크탱크(think tank)로 거듭나고 있다.

■ 주요역할

융합연구정책센터는 정책지원, 사업기획, 정보 분석 및 제공, 네트워킹 구축 및 확산 등 4대 역할을 중심으로 융합연구 생태계를 조성하고 융합연구를 활성화하기 위한 국내 융합연구 문화를 확산하는 데 선도적인 역할을 수행하고 있다.



2. 2017년도 융합연구정책센터 주요활동

■ 과학기술과 인문사회 융합 방송

- 프로그램: MBC다큐프라임(2017년 2월 10일, MBC 방영)
- 주제: 다윈, 칸트를 만나다(과학기술과 인문사회의 융합)

○ 추진목적

- 과학기술·인문사회융합연구사업에 대한 공중과 방송을 기획해 신규 사업추진에 대한 국민적 공감대와 이해도를 높여 효과적 정책 근거 확보
- 신규 사업을 본격적으로 추진하기 위한 기반을 마련하고, 과학기술과 인문사회 등 타(他) 분야와의 융합R&D 활성화에 대한 대국민 인식 제고

- 주요 내용: 과학기술로 풀기 어려운 개인·사회의 문제에 대해 과학기술과 인문사회 등의 다양한 부문이 상호 융합함으로써 종합적인 솔루션을 제시할 수 있음을 대국민 대상으로 홍보



■ 2017 미래융합포럼

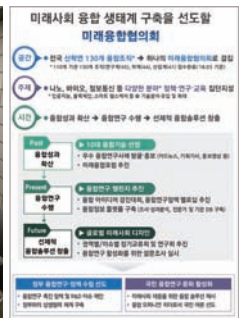
- 일시 및 장소: 2017년 10월 25일, JW메리어트 동대문스퀘어
- 주제: 새로운 미래사회, 융합에 길을 묻다
- 목적: 연구개발 융합을 활성화하기 위한 산·학·연 연구기관의 자발적·창의적 네트워크 구축 및 새로운 융합의 방향 모색
- 참석자 400여 명
 - 과기정통부 제1차관, 출연(연) 및 유관기관장(13명), 산·학·연 연구자, 학생, 교사, 일반인 등
- 주요 내용: 미래융합협의회 발대식, 산·학·연 교류, TED 방식의 강연(네이버 중계), 교사·학생 대상 융합교육 멘토링, 연구성과 전시 등



- ※ 온라인 생중계에 좀 더 많은 사람이 참여할 수 있도록 네이버 메인화면 하단에 10월 18~20일(행사 일주일 전) 상생배너 게시 활용 추진



- 주요 내용: 명칭 제정, 협의회 역할 및 기능, 추진방안 및 추진체계 등 향후 발전방안 논의



■ 2017 융합연구 이슈 발굴

- 분야: 융합연구 정책(주제 무관) 및 과학치안 분야
- 주요 활동: 2017 융합연구정책 펠로우십(Fellowship) 공모, 2017 융합연구 활성화 아이디어 공모전, 제3회 과학치안 아이디어 공모전
- 목적: 융합연구 분야의 연구를 장려하고 새로운 아이디어를 발굴하는 장 제공
- 참석자: 각각 신진연구자, 대학원(생), 일반 국민(청소년 포함) 및 경찰관



2017 융합연구정책
펠로우십(Fellowship) 공모 포스터



2017 융합연구 활성화
아이디어 공모전 포스터



제3회 과학치안
아이디어 공모전 포스터

■ 2017년도 발간물

- 융합연구리뷰 (월간지)

구분	주제	저자
Vol. 3 No. 1 (1월)	지진 피해 예측을 위한 지진재해도 평가	강태섭(부경대학교)
	지진방재를 위한 건축물 내진설계	김동관(연구조원구소)
Vol. 3 No. 2 (2월)	시스템 대사공학 기술	이상엽, 유승민(KAIST)
	스마트카 핵심 네트워크 기술	최지웅(DGIST)
Vol. 3 No. 3 (3월)	4세대 방사광 가속기 기술	고인수(포항공과대학교)
	장애인용 착용형 로봇 기술	공경철(서강대학교)
Vol. 3 No. 4 (4월)	3D 바이오 프린팅 기술	진송완, 윤원수(한국산업기술대학교)
	차세대 리튬이차전지 음극소재 제조 기술	장희동(한국지질자원연구원)

구분	주제	저자
Vol. 3 No. 5 (5월)	페로브스카이트 태양전지 융합기술	노준홍(고려대학교), 고민재(한양대학교)
	수처리를 위한 환경융합기술	이상협(KIST)
Vol. 3 No. 6 (6월)	음성인식 기술	김상훈(한국전자통신연구원)
	사이언스 월든 프로젝트	조재원(UNIST)
Vol. 3 No. 7 (7월)	차세대 바이오 전자코 기술	고휘진, 박태현(서울대학교)
	초미세구조 관찰 기술	장재범(성균관대학교)
Vol. 3 No. 8 (8월)	불면증 치료, 피톤치드 연구에서 답을 찾다	이창준, 우준성(KIST)
	R&D 빅데이터, 연구개발 경쟁력을 좌우한다	김찬수, 오정수, 이광렬(KIST)
Vol. 3 No. 9 (9월)	플라즈마 기술을 활용한 미세면지 저감기술	송영훈, 이재옥, 김관태, 이대훈, 조성권 (한국기계연구원)
	웨어러블 소자를 위한 생체모사 기반 점착 계면 기술	방창현(성균관대학교)
Vol. 3 No. 10 (10월)	자율주행자동차, 딥러닝 기술을 탑재하다	송봉섭(아주대학교), 정우영(대구경북과학기술원)
	도심 싱크홀 공포, IoT로 예방한다	이인환(한국전자통신연구원)
Vol. 3 No. 11 (11월)	자연모사를 이용한 4차 산업혁명 창의적 문제 해결 방법론	김선중(호모미미쿠스)
	탈진실시대 소셜미디어 역할에 관한 융합정책 연구	박인영(성균관대학교)
Vol. 3 No. 12 (12월)	전문문화, 현대 과학기술을 만나 부활을 꿈꾸다	도정만, 한호규(KIST)
	화학원료 이제 태양빛으로부터 만든다	민병권(KIST)

○ 융합위클리팁(주간지)

월	일	분류	제목
1월	2	산업	제조업과 ICT의 융합_4차 산업혁명
	9	산업	드론 시장 및 산업 동향
	16	산업	메탄 하이드레이트의 미래에너지 가능성 및 전망
	23	정책	4차 산업혁명기 융합R&D 전략
	30	정책	과학기술과 복지의 융합-사회문제해결형 과학기술 R&D
2월	6	산업	4차 산업혁명과 국내외 스마트공장 산업동향
	13	산업	유전체 기반 정밀의료 연구동향
	20	정책	에너지와 4차 산업기술의 융복합, 에너지4.0
	27	산업	다보스포럼 선정 10대 유망 기술
3월	6	정책	조류인플루엔자와 그 해결방안에 대한 제언
	13	산업	디지털 사이니지 시장 및 산업 동향
	20	산업	보험과 기술의 융합, 인슈어테크
	27	정책	양회를 통해 살펴본 중국의 '4차산업' 정책동향

월	일	분류	제목
4월	3	정책	우리나라 융합 R&D의 현황 및 전망
	10	산업	자동 통번역에 대한 국내외 기술 및 시장 동향
	17	정책	2017년도 범부처 융합기술 R&D 사업 투자분석
	24	산업	ICT 융합 의료산업 동향
5월	8	산업	국내외 우주산업 동향분석
	15	기술	기후변화대응을 위한 탄소자원화 기술
	22	산업	코스메슈티컬 산업동향
	29	정책	사용자 주도의 혁신 플랫폼, 리빙랩
6월	5	기술	홀로그래피 기술 및 시장 동향
	12	정책	2015년 국가융합기술 R&D 성과분석
	19	정책	2016년도 융합, 이슈와 진단
	26	정책	미래유망기술 예측 동향
7월	3	정책	국내외 바이오안보 정책 동향
	10	산업	국내외 문화기술(CT) 연구기관 현황
	17	정책	미세먼지 정책 및 R&D 투자 분석
	24	산업	소셜 로봇 산업동향
	31	기술	3D 바이오 프린팅 기술 동향
8월	7	정책	과학기술과 교육의 융합 시너지, 융합형 인재 교육
	14	산업	미래 건축산업의 주요 이슈
	21	정책	스마트시티의 개념과 정책동향
	28	정책	과학치안 관련 정책 및 R&D 투자 분석
9월	4	기술	모사현실을 통한 미래사회 탐색과 예측
	11	정책	국내외 혁신적 실패 정책 및 사례 조사
	18	산업	소외된 90%를 위한 융합기술, 적정기술 동향
	25	산업	정보통신과 전력망의 융합, 스마트그리드
10월	10	산업	지능형 가상 비서 서비스 산업동향
	16	산업	교육과 ICT의 융합, 에듀테크
	23	정책	자율주행자동차 기술개발의 특징 및 정책동향
	30	기술	세계경제포럼 선정 10대 유망기술
11월	6	기술	개인 맞춤형 임상시험이 가능한 오가노이드 기술
	13	정책	국내외 치매연구개발 정책동향
	20	산업	마이크로그리드 산업동향
	27	정책	고령화사회 대비 국내외 정책 동향

월	일	분류	제목
12월	4	정책	수소경제사회 준비를 위한 국내외 정책 동향
	11	산업	로봇과 비즈니스의 융합, 로봇 프로세스자동화(RPA)
	18	정책	공유경제 확산에 따른 융합 R&D 전략
	26	정책	양자(quantum)기술 시장 및 정책동향

○ 융합소식 뉴스레터

월	일	분류	제목	국내외
1월	2	기술	'종이 박테리아 배터리' 개발	국내
		정책	2017년도 미래부 연구개발사업 종합시행계획	
		정책	교통사고 골든타임 살릴 'e-Call'	
		산업	구글에 도전했던 사이아노젠(Cyanogen), 결국 자신이 죽다	해외
		산업	페이스북(Facebook)이 당신의 오프라인 생활을 아는 방법	
		기술	청력테스트, 뇌진탕 진단을 위한 필수 지표	
	9	정책	수목진료 체계 전문화, 나무의사 제도 신설	국내
		기술	대량 생산이 가능한 고전도성 유기투명전극소재 개발	
		기술	꿈의 양자컴퓨터, 올해 현실이 될까	
		산업	스마트 장비에 대한 노키아(Nokia)의 투자계획	해외
		산업	인텔(Intel)이 HERE의 지도 앱을 원하는 이유	
		기술	구글과 피아트 크라이슬러, 안드로이드 운영시스템 내장 자동차 개발	
	16	기술	그래핀으로 나노레이저의 컬러 자유자재로 바꾼다	국내
		기술	세포 골격 조절 단백질 작용 메커니즘 첫 규명	
		정책	역대 과학기술 관계장관 간담회	
		산업	기술 관련 기업, 자율주행 자동차에서 제조사보다 우위 선점	해외
		기술	피부세포로 만든 난자? 차세대 복제기술이 판도라의 상자라고 하는 이유	
		산업	콜센터와의 통화에서 회사가 당신의 소셜미디어 데이터를 사용하는 이유	
	23	정책	제4회 바이오특별위원회 개최	국내
		기술	통신 3사, AIBI서 진검승부	
		기술	지금 공항은 로봇에게 구매 중	
		산업	알렉사(Alexa), 아마존에 강력한 데이터 우위 선점	해외
		산업	Nest, 스마트홈 기기 유럽 4개 시장 진출	
		산업	구글(Google)의 다음 스마트워치에서 애플(Apple)의 '디지털 크라운' 도입	

월	일	분류	제목	국내외
2월	6	기술	새로운 물성을 가지는 흑연(AA) 구조체 개발	국내
		기술	준결정 구조 내 '빛의 정지' 발견	
		기술	입고 덮는 플라즈마 직물 개발	
		산업	테슬라(Tesla), 세계 최대 규모의 파워팩 배터리 저장 프로젝트 가동	해외
		기술	식물인간 환자와 의사소통할 수 있는 장비 개발	
		산업	페이스북 TV 셋톱박스용 앱 개발	
	13	정책	2017년 기후변화대응기술개발사업 시행계획 수립	국내
		기술	'값싼' 배기가스 처리 촉매 개발 성공	
		기술	인공지능 시대, '4진법 소자' 발견	
		정책	기업들, 트럼프의 반이민 행정명령에 반대	해외
		정책	이스라엘의 R&D 투자, 한국 앞질러	
		정책	덴마크, 실리콘밸리 대사(Silicon Valley Ambassador) 임명 계획	
	20	기술	다기능성 화이트 그래핀을 손쉽게 코팅한다	국내
		기술	뇌 신경 회로망, 이제 실험실에서 배양한다	
		산업	얼굴인식, 쌍둥이도 구별한다	
		산업	우량기업을 혈값에 매각한 애플의 비전은?	해외
		기술	신경 조절 가능한 의수/의족 이식 방법 개발	
		정책	세계 최악의 대기오염 국가, 인도	
	27	산업	30분 만에 개발 '햇빛, 쉬워요'	국내
		기술	내몸의 GPS, 공간과 상황을 인지하는 장소 세포의 메커니즘 규명	
		기술	레이저 기술로 '짜통' 잡는다	
		산업	로봇의 발달로 예상되는 일자리 리스크(risk)	해외
		산업	인도의 거대 전자상거래 회사 스텝딜, 600명 해고 계획 발표	
		정책	프랑스, 독수리로 드론 방어	
3월	6	정책	ICT 융합/기계 소재/공공 우주 투자 방향	국내
		기술	고온에도 빛이 줄지 않는 LED 형광체 최초 개발	
		기술	흑린 나노 소재로 초고속 광학스위치 구현한다	
		산업	디자인으로 단장한 보안 로봇	해외
		산업	SoftBank-WeWork, 유동적인 오피스공간 트렌드 창출	
		산업	노키아의 스마트하지 않지만 심플한 핸드폰	
	13	정책	융합시대 협업으로 혁신을 주도하다	국내
		정책	대규모 신규 국가연구개발사업에 대한 '기술성평가' 다양화 유연화 기대	
		산업	가상현실 판 뒤집을 무선 VR	

월	일	분류	제목	국내외
3월	13	기술	구글의 알고리즘, 가짜뉴스를 사실로 보도	해외
		산업	Nest, 새로운 3개의 스마트홈 장치 발매 준비 중	
		산업	알렉사, WebMD로 건강부문까지 확장	
	20	기술	뇌파 맵(map)으로 렘수면의 숨겨진 구조를 밝히다	국내
		기술	염증성 질환용 펩타이드 치료제 개발 성공	
		산업	'VR 엑스포 2017' 현장	
		기술	필리핀의 농업을 육성하는 2개의 청정기술 솔루션	해외
		기술	유전자 조작을 통한 말라리아 박멸 연구 진행	
		산업	아우디(Audi)가 자율주행 기술에 집중하는 이유	
	27	기술	몽골 전통 약용식물 '피뿌리풀'로 탁월한 '상처치유' 효과 입증	국내
		정책	新기술 대신 新가치 만들자	
		기술	'금나노입자', 통풍치료의 새로운 가능성 발견	
		기술	우리 뇌의 GPS 내비게이션	해외
		산업	우버(Uber)의 연이은 악재	
		산업	애플(Apple)의 증강현실 실현	
4월	3	정책	신규 기술경영센터(TMC) 4개 선정	국내
		산업	2017 스마트공장 자동화산업전 현장	
		기술	휘어지는 OLED 조명, '신문 찍어내듯 생산'	
		기술	엔비디아(Nvidia)의 딥러닝 칩, 의학 분야의 새로운 활력소로 부상	해외
		기술	부정확한 FBI 얼굴인식 프로그램의 확산	
		기술	향후 10년 이내, 무인트럭이 트럭 운전자를 대체할 것	
	10	기술	나노 크기의 구멍 뚫은 그래핀, 열전소재로 사용한다	국내
		기술	단백질 당화, 뇌 인지기능에 영향 미친다	
		산업	새로운 문화 기술 '스크린엑스'	
		기술	MIT Tech Review가 선정한 2017 10대 혁신기술	해외
		기술	아마존의 알렉사, 더 많은 위치정보를 요구	
		산업	자율주행 자동차 기술이 이야기하는 사회변화	
	17	정책	NTIS, 정부연구개발정보 개방서비스 본격 개시	국내
		기술	계면활성제 특성 폴리머 이용한 정밀 코팅기술 개발	
		산업	고령친화식품 시장의 현주소	
		기술	인간의 감정을 읽어내는 감정적 채팅기계	해외
		정책	트럼프, 그간 반대했던 해상풍력을 육성하기로	
		기술	스마트시티, 철저한 사이버보안이 필요	

월	일	분류	제목	국내외
4월	24	정책	4차 산업혁명 핵심기술 법제도 토론회	국내
		기술	단백질 당화, 뇌 인지기능에 영향 미친다	
		정책	자율차 함께 다닐 미래의 도로	
		기술	사막 지역에서 물을 만드는 방법	해외
		기술	페이스북(Facebook), '두뇌 일기'와 '피부로 듣기' 프로젝트 가동	
		산업	애플이 모바일 서비스에서 선두를 차지하는 이유	
5월	15	기술	KIST '고효율 제습기술', 신기술(NET) 선정	국내
		산업	스포츠에도 4차 산업혁명 물결이	
		기술	유도 결합형 플라즈마 기술로 고방열 플라스틱 저비용·고속 제조공정 개발	
		기술	뉴욕시 데이터를 활용한 노숙자 문제 해결 시도	해외
		산업	전임 미국정신건강 책임자, 구글(Google)을 떠나다	
		산업	아마존의 터치스크린 스마트 스피커로 시비서의 한계 극복하나	
	22	기술	수명 다한 탄소섬유로 고기능성 나노소재 만든다	국내
		기술	고속으로 제조 가능한 부착용 없애주는 분자밸브 나온다	
		산업	미래의 디지털 병원은 침대에서 원스톱 서비스 가능	
		산업	애플, 독자적인 콘텐츠 제작에 박차	해외
		정책	중국과 인도, 기후변화에 아이콘으로 부상	
		정책	신기술의 천국 샌프란시스코, 배달로봇은 코너로 몰다	
	29	정책	과학기술인 토론회	국내
		기술	다채로운 색상의 고안전성 창호용 태양전지 개발	
		산업	코엑스, 월드 IT 쇼 2017 현장	
		산업	2017년 Fast Tech 25 기업	해외
		기술	마이크로소프트(Microsoft), 자사 클라우드에 DNA 스토리지 방식 도입 계획	
		기술	강해진 알파고(AlphaGo), 세계랭킹 1위 바둑기사를 꺾다	
6월	5	기술	열전소자 장착한 고효율 태양전지 나온다	국내
		기술	우주 구조원리 규명하는 '액정 결함' 변이 관찰 성공	
		산업	스마트 원자로 개발, 어디까지 왔나?	
		산업	당신의 디지털 소울(digital soul)을 만드는 방법	해외
		기술	전문가가 예측하는 인공지능이 인간을 뛰어넘을 시기	
		기술	로봇 전문가가 염려하는 테슬라(Tesla)의 자동주행 기술	
	12	정책	한·러 과학기술혁신 협력 강화	국내
		기술	나노 주름에 물 한 방울, DNA 나노선 만든다	
		기술	'녹조 불안감'을 해소할 수 있는 안전한 수돗물 생산 정수공정 개발	

월	일	분류	제목	국내외
6월	12	기술	미래형 데스크톱(desktop)	해외
		산업	애플(Apple), 시리 기반의 스피커(Siri-enabled speaker)로 아마존과 구글에 도전장	
		산업	향후 드론 배달의 가능성을 보여준 구글의 드론 배달 프로젝트	
	19	기술	예쁜 꼬마선충이 항암제 독성 여부를 알려준다	국내
		기술	최초 문어발판 비밀 밝혀 물속에서 떼고 붙이는 패치 소재 개발	
		기술	가뭄 극복의 열쇠 된 '지하댐'	
		산업	당신의 입에 적합한 피트빗(Fitbit)	해외
		산업	애플(Apple), 자율주행기술 개발 공식 인정	
		산업	웨이모(Waymo)의 자율주행자동차 디자인 변화	
	26	정책	4차 산업혁명, 사람 중심으로 펼쳐져야	국내
		기술	저절로 춤추는 '무도병' 새로운 치료기전 찾아	
		기술	아토피 완화 위한 내장재는 '소나무'	
		산업	새로운 헬스 프로그램, 노키아 헬스 메이트(Nokia Health Mate) 앱 출시	해외
		산업	구글 클라우드(Google Cloud) 사업, 지구 반대편까지 확장	
		산업	홀푸드(Whole Foods) CEO, 직원들에게 아마존과의 합병 전달	
7월	3	기술	고효율 천연가스 연료전지 상용화 '눈앞'	국내
		기술	언어학습 관련 뇌 기능에 중요한 역할을 하는 뇌 속 유전자 찾아내	
		정책	한콘진, 이야기 산업 정책 세미나	
		기술	중국 전문가, AI로 인한 국제적 혼란 경고	해외
		산업	러시아 정부의 정식 등록 요청에 텔레그램(Telegram) 응답	
		기술	장애물도 피할 수 있는 파쿠르(Parkour) 로봇	
	10	기술	컴퓨터 시뮬레이션 기술로 전지의 화학반응 예측한다	국내
		정책	'4차 산업혁명과 ICT' 컨퍼런스 현장	
		정책	2017 대한민국과학기술연차대회 개최	
		산업	바이두(Baidu)의 자율주행자동차 실현을 위한 계획	해외
		정책	페이스북(Facebook), 미국의 개인정보 보호 소송에서 승리	
		기술	토요타의 홈 헬퍼(Toyota's Home Helper)로 경험하는 보조로봇의 미래	
	17	기술	극한 환경에서 초고강도를 발휘하는 최첨단 고엔트로피 합금 개발	국내
		산업	지능정보시대 우리가 준비해야 할 것은	
		기술	AI 스피커의 성공 비밀은?	
		산업	아이폰(iPhone)에 적용될 새로운 레이저센서의 가능성	해외
		기술	세계 최초의 AI와 대결한 게리 가스파로프 회고록 발간	
		정책	그리드 배터리, 천연가스 플랜트보다 더 저렴해질 것으로 예상	

월	일	분류	제목	국내외
7월	24	기술	터치스크린 방식을 이용한 도박성 게임 동물 모델 세계 최초 개발	국내
		산업	헬스케어, 서비스와 예방에 집중해라	
		기술	배터리 없이 구동하는 '종이접기' 로봇 개발	
		정책	엘론 머스크(Elon Musk), 미국 주지사들에게 AI에 대한 규제 촉구	해외
		산업	월스트리트(Wall Street), 헬스케어 회사들에 막대한 투자	
		산업	테슬라(Tesla), 에너지 저장 시스템 전쟁	
	31	정책	장관 과학기술계와의 격의 없는 소통 행보 시작	국내
		정책	전국과학관 '과학전문 해설사' 시대 본격 시작되다	
		산업	빅데이터 어떻게 활용해야 성공할까	
		정책	중국, 2030년까지 AI 분야의 세계 우위 선점 계획	해외
		산업	트럼프, 미국 내 애플(Apple) 대형공장 3개 건설 계획	
		기술	WEF(World Economic Forum) 선정 2017 10대 신기술	
8월	7	기술	韓 유전자가위 제공, 美 인간배아 유전자 변이 교정 성공	국내
		산업	한중 합작 콘텐츠 시장 공략	
		산업	쓰레기'벤처가 500만 달러 수출	
		기술	똑똑한 챗봇을 만들려면 제2 언어부터	해외
		산업	비트코인(Bitcoin) 지금 무엇을 하고 있나?	
		산업	페이스북(Facebook), 가짜뉴스와의 싸움	
	14	기술	신약개발 위한 빅데이터 기반 가상인체 시스템 개발	국내
		정책	과학기술 정책참여 사이트 '과학기술혁신플러스' 오픈	
		산업	ICT 기술 활용한 스마트 디바이스 쇼	
		기술	시각장애인을 돕는 스마트워치	해외
		기술	수면상태를 진단하는 새로운 방법	
		기술	생각을 제어하는 VR 게임 개발	
	21	기술	차세대 마이크로레이 신기술 개발	국내
		산업	글로벌 바이오스타트업 시장 개척하는 젊은 CEO들	
		기술	과학예술 융복합 전시 'GAS 2017' 현장	
		기술	AI, 일부 아프리카계 미국인 목소리 배제	해외
		산업	스마트워치와 VR의 상승세, 아직 스마트폰에는 못 미쳐	
		기술	스마트시티 구축을 위한 기술	
	29	기술	IT-BT 융합연구를 통한 간암 치료 효과 제고 방법 발견	국내
		기술	몸속 칼슘농도 측정하는 센서로 질병 조기 진단한다	
		정책	카이스트 10대 기술 선정	

월	일	분류	제목	국내외
8월	29	산업	아마존(Amazon)에 대항하기 위해 구글(Google)과 월마트(Walmart) 손잡다	해외
		산업	'시리아(Hey, Siri)'로 문을 열 수 있는 스마트 잠금장치	
		산업	CNN, 스냅챗(Snapchat)을 통한 데일리 뉴스 출시	
9월	4	정책	과기정통부, 지자체와 함께 지역 과학기술 혁신방안 논의	국내
		기술	전기를 스스로 생산하는 실 개발	
		기술	녹조, 어디서 발생했는지 다 보인다	
		산업	아마존(Amazon)과 마이크로소프트(Microsoft), AI 비서 제휴	해외
		산업	닌텐도(Nintendo), 자사 소셜네트워크 서비스 폐쇄	
		산업	당신의 표정을 읽는 차세대 이모티콘	
	11	기술	신개념 바이러스 검출기술로 조류인플루엔자(AI) 판별한다	국내
		기술	발전/발광이 모두 가능한 발광 전지 최초 개발	
		산업	물이 간직한 '열'로 에너지 만든다	
		기술	인간배아 편집기술, CRISPR 기술을 더 습득해야	해외
		기술	AI 기술, 천체물리 분석을 천만 배 빠르게 하다	
		기술	세계최대의 드론 회사, 보안문제 해결을 위해 노력	
	18	산업	소프트웨어 파워가 미래 경쟁력	국내
		정책	바이오경제 혁신정책 대토론회 개최	
		산업	굴뚝 오염물질, IoT로 자동 측정	
		기술	AI가 협상 마스터(master)?	해외
		산업	테슬라(Tesla), 10월 새로운 트럭 출시	
		정책	자율주행자동차에 대한 새로운 안전가이드 라인 발표 예정	
	25	기술	안정성을 유지하는 뇌의 비밀 밝힌다	국내
		기술	체온으로 웨어러블기기에 전원 공급	
		기술	전자레인지 원리로 간편히 제작한 로동 합금 촉매, 알칼리 연료전지 성능 향상시킨다	
		산업	구글(Google), 인도에 모바일지갑(Mobile Wallet) 출시 계획	해외
		산업	에어비앤비(Airbnb), 올림픽 공식 협력업체 되나	
		산업	헬스케어 데이터, 방대한 자료 요구?	
10월	16	정책	과기정통부, '지역혁신성장' 본격 시동	국내
		기술	손상된 척수, 주사형 젤(gel)로 재생한다	
		산업	'조용히 내 곁에', IoT 기술	
		정책	트럼프 행정부 규제 당국도 반독점 기업 반대	해외
		정책	운전자 없이 주행 가능한 자율주행자동차 주행 가능	
		산업	강력해진 전기버스	

월	일	분류	제목	국내외
10월	23	정책	범부처 R&D 제도혁신, 연구자가 직접 나선다	국내
		기술	리튬이온전지 대체할 고성능 소동이온전지 안티몬 복합소재 개발	
		정책	여성 과학자들은 왜 사라질까?	
		산업	AI 시장에서의 바이두(Baidu)의 포부	해외
		산업	애플(Apple) 의료 스타트업 크로소버 헬스(Crossover Health) 인수 시도	
		산업	애플(Apple)의 새로운 아이팟 스타일(iPod-style)의 자율주행자동차 하드웨어	
	30	기술	차세대 '리튬-황' 이차전지, 수명·성능 향상 기술 개발	국내
		기술	팽창 입자를 이용한 맞춤형 형태의 입자 제조 기술	
		정책	혁신성장동력 추진전략 마련	
		기술	의식을 가진 기계가 나올 수 있을까?	해외
		기술	소도시일수록 AI의 영향을 많이 받는다	
		정책	트럼프 행정부의 새로운 드론 프로그램	
11월	6	정책	과기정통부, 국책연구로 지원한 인공지능 기술 누구나 쓸 수 있게 개방한다	국내
		기술	차세대 '리튬-황' 이차전지, 수명·성능 향상 기술 개발	
		정책	한반도 미세먼지 베일을 벗겨라	
		기술	스타크래프트 대결에서는 아직 인간이 AI보다 우위	해외
		산업	페이스북(Facebook) 안전체크 기능, 뉴욕테러에 활약	
		기술	3D 프린트 스테인리스 스틸이 3배 더 강해졌다.	
	13	정책	4차 산업혁명 시대, 미래 인재상 알아본다	국내
		기술	2차원 新물질로 손쉽게 광대역의 극초단 레이저 발생시킨다	
		정책	과학자들, 대중과 함께 소통하다	
		정책	미래를 위해 가장 잘 준비된 10개의 도시	해외
		산업	구글(Google) 세일스포스(Salesforce) 클라우드 파트너십 체결	
		기술	인공지능을 만들 수 있는 인공지능	
	20	정책	인공지능 개발 윤리의식 중요성 높아져	국내
		기술	비누를 이용한 친환경 수성 반도체 잉크 개발	
		산업	4차 혁명 속 핵심산업 주도	
		정책	인류에게 '2차 경고'를 발행한 1만 5000명 과학자들이 말하는 인류를 구할 9가지 실천들	해외
		산업	빌 게이츠는 사막에 스마트시티를 건설하기 위해 수백만 달러를 투자	
		기술	세계를 뒤흔들 5가지 기술들	
	27	기술	전기 대신 열로 스핀전류를 얻는 소재기술 개발	국내
		기술	나노복합화를 통한 전극소재로 친환경, 저비용 소금 전지 만든다	
		산업	'대한민국 산업기술 R&D대전' 현장	

월	일	분류	제목	국내외
11월	27	정책	미 정부, 인터넷 공급자가 앱을 차단하고 고속 회선을 만들 수 있는 새로운 규정 제안	해외
		기술	유전자 치료법이 마약 중독 극복에 도움	
		산업	애플은 캐나다 증강현실 스타트업 기업을 3천만 달러에 매입	
12월	4	정책	안전한 연구활동을 위한 '대한민국 연구안전2.0' 수립	국내
		기술	전기자동차 급속 충전, 배터리 성능 저하의 원인 찾았다	
		산업	갑스 환자를 보고 떠올린 아이디어	
		기술	엘론 머스크, 빨간 테슬라 로드스터(Tesla Roadster)를 2018년 1월 화성으로 발사할 계획	해외
		기술	2020년에는 사라질 30가지 것들	
		기술	토요타, 연료전지 차량 추진을 위해 소 분뇨를 수소로 전환	
	11	정책	우수한 R&D 역량을 갖춘 기업연구소 본격 육성	국내
		기술	자외선 이용 반도체 기판에 다양한 나노패턴 제작 성공	
		기술	초고속 충·방전 가능한 전기자동차용 배터리 신소재 개발	
		산업	텐센트(Tencent) CEO 마화팅(Pony Ma)의 알리바바(Alibaba)에 대한 비평	해외
		기술	마이클 델, 킬러 인공지능과 기술 디스토피아에 대한 과장된 이야기를 믿지 않는다	
		정책	일반적인 인터넷 사용자에게 있어서의 인터넷 중립성 폐지의 의미	
	18	정책	4차 산업혁명 신사업 제도 정립 토론회	국내
		기술	암세포 장벽 분해하는 나노물질로 암 치료의 새로운 장 연다	
		기술	한국의 기후기술로 방글라데시 염수화 문제 해결	
		정책	'싸움은 끝나지 않았다': FCC의 인터넷망 중립성 폐지 투표가 끝난 후 인터넷 기업의 항의	해외
		산업	구글은 중국에서 AI 관련 큰 계획을 진행	
		기술	IoT를 위해 필요한 7가지 개성	

3. 미래융합협의회

■ 추진 배경

- R&D 역할 변화와 확대: 4차 산업혁명에 따른 기술혁신으로 국내외 산업 및 사회 전반의 패러다임 변화를 가져올 전망

- 과학기술 진보와 더불어 경제 발전 및 사회문제 해결을 위한 수단으로 연구영역 및 대상 확대

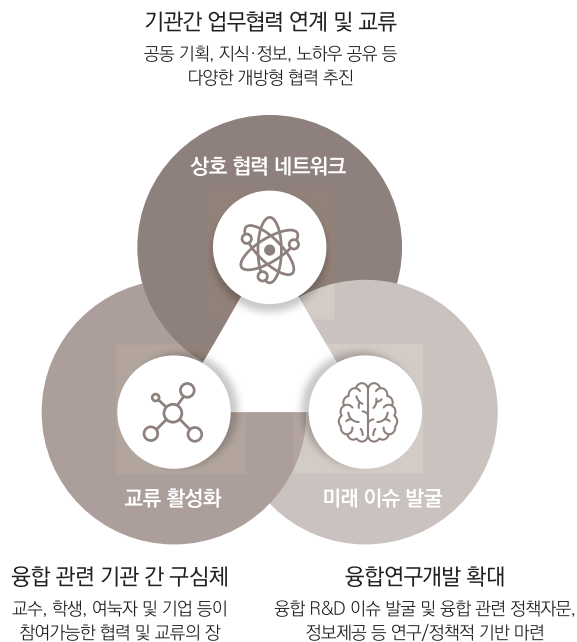
※ “과학기술혁신이 전 지구적 도전과제를 해결하기 위한 필수요소이고, 인류의 삶의 질 향상시킬 것”

(OECD 과기장관회의 대전선언문, 2015)

- 융합연구 가속화: 기술·산업 간의 경계가 모호해지고 첨단기술이 각 산업에 밀접하게 접목되면서 사회 모든 요소를 연결하고 통합해 나가는 융합연구에 대한 수요 증가
 - 문제 해결, 한계 극복, 미개척영역 발굴 등 신(新)가치 창출을 목적으로 하는 융합 관련 R&D* 지원이 확대되고 기술 중심에서 인문사회, 문화예술과의 융합으로 연구 형태 진화
 - * 정부 융합R&D 투자: 1.6조 원(2009년) → 3.4조 원(2016년)으로 연평균 11.3% 증가
- 융합 구심체 부재: 융합의 중요성이 확대됨에 따라 융합인력 양성 및 융합연구 수행을 목적으로 하는 기관들이 증가하고 있지만, 개별·독립적 운영으로 상호교류 및 협력활동은 미비
 - 융합 관련 기관 간 네트워크 및 협력체계에 기반한 융합연구 생태계 구축 필요

■ 미래융합협의회 개요

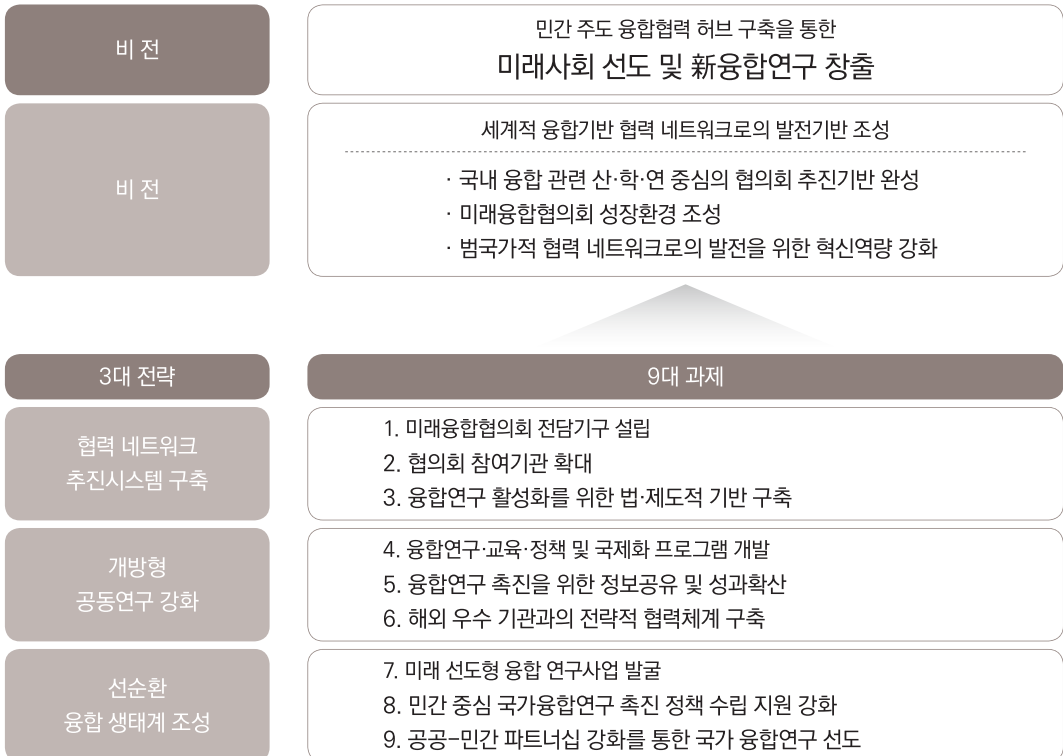
- 정의: 융합연구를 촉진하기 위한 자발적, 창의적, 민간 중심의 융합연구 협력 네트워크
- 역할: 융합연구 생태계의 기반을 구축하기 위해 ①기관 간 업무협력 연계 및 교류, ②융합 관련 기관 간 구심체, ③융합연구개발 확대 등 추진
- 주요 사업: ① 신규 융합연구 분야 발굴 및 융합연구개발 촉진, ② 융합연구를 활성화하기 위한 법·제도적 기반 구축, ③ 융합연구를 촉진하기 위한 정보공유 및 성과확산 ④ 신진 융합연구인력을 위한 교육지원 등



■ 추진경과

- 2015년 9월, 5개 융합교육·연구기관* 및 KIST 융합연구정책센터 중심으로 융합기관 간 교류 촉진 및 협력 필요성 논의
 - * 참여기관 : 서울대, 연세대, 고려대, 포스텍(POSTECH), KAIST, KIST
- 2016년 11월, 6개 기관* 간 MOU 체결 및 협의회 준비위원회 구성(운영위, 실무위)
 - * 고려대 KU-KIST융합대학원, 서울대 융합과학기술대학원, 연세대 글로벌융합기술원, KAIST EEWs 대학원, 포스텍 미래IT융합연구원, KIST융합연구정책센터
- 2017년 1월~11월, 운영위원회(4회) 및 실무위원회(14회) 개최
 - 협의회 명칭(미래융합협의회) 협의
 - 협의회 역할 및 기능, 추진방안 및 추진체계 등 논의
 - 참여기관 확대방안 및 향후 발전방안 등 논의
- 2017년 10월, 미래융합협의회 출범
 - 10월 25일 미래융합협의회 발대식 개최(과기부 이진규 차관, KIST 이병권 원장 외 400여 명 참석)
 - ※ 총 107개 기관 127개 조직, 즉 연구계 43개, 학계 43개, 산업계 41개 접수 완료(2017년 12월 기준)

■ 비전 및 추진 전략



■ 창립기관 현황

- 총 107개 기관 127개 조직(2017년 12월 31일 현재)
- 산업계 41개 기관, 41개 조직, 학계 32개 기관, 43개 조직, 연구계 34개 기관, 43개 조직

산업계

No.	기관명	융합조직명	No.	기관명	융합조직명
1	대선직물		22	주식회사 소프트에피	
2	비이제이실크		23	주식회사 젠텍스	연구개발부
3	서울아산병원	생명과학연구원	24	주식회사 트로닉스	
4	소프트웰스		25	(주)아이티엔베이직	기업부설연구소
5	스페클립스(주)	스페클립스(주) 부설연구소	26	(주)아크에이르	기업부설연구소
6	오스젠 주식회사	기술연구소	27	(주)에어비타	에어비타 기업부설연구소
7	우리해양(주)	우리해양사내연구소	28	(주)엔팩	기업부설연구소
8	웰트(주)		29	(주)유원	
9	유비온	교육공학연구소	30	(주)젬텍	기업부설연구소
10	인성엔프라(주)	기술연구소	31	(주)지오시스템리서치	부설연구소
11	(주)이산건설팅그룹		32	(주)캠트로스	융합소재연구소
12	(주)ZHT	R&D센터	33	(주)큐비엠	
13	(주)뉴월드마리타임		34	(주)플라즈맵	기업부설연구소
14	(주)라이트팜텍	(주)라이트팜텍 기업부설연구소	35	(주)하도FNC	기업부설연구소
15	(주)로투보	융합기술연구소	36	(주)해양기술ENG	
16	(주)바이오맥스	바이오맥스연구소	37	(주)환경과학기술	미래해양전략팀
17	(주)빌리언21	빌리언21부설연구소	38	(주)희송지오텍	기술연구소
18	(주)샤인바이오	연구&개발	39	코넷시스(주)	
19	(주)세기리텍	리사이클링 연구소	40	특허법인 지원	
20	(주)소프트로닉스	소프트로닉스 연구실	41	과학기술정책 플랫폼협동조합	미래정책실
21	(주)시공미디어	스마트교육연구소			

학계

No.	기관명	융합조직명
1	GIST	미래연구센터
2	GIST	융합기술원
3	KAIST	EEWS대학원
4	POSTECH	미래-IT융합연구원
5	POSTECH	나노융합기술원
6	건국대학교	KU융합과학기술원
7	경상대학교	융합과학기술대학원
8	경찰대학교	치안정책연구소
9	고려대학교	KU-KIST융합대학원
10	고려대학교	KU-MAGIC연구원
11	국민대학교	산학협력단
12	국민대학교	소프트웨어융합대학
13	국민대학교	인문기술융합학부
14	국민대학교	자동차융합대학
15	금강대학교	글로벌융합학부
16	금오공과대학교	KIT융합기술원
17	동국대학교	산학협력단
18	동국대학교	융합소프트웨어교육원
19	동신대학교	에너지융합대학
20	동아대학교	공과대학
21	동양대학교	국방과학기술대학
22	배재대학교	아펜젤러대학

No.	기관명	융합조직명
23	서강대학교	지식융합학부
24	서울대학교	차세대융합기술연구원
25	서울대학교	융합과학기술대학원
26	서울시립대학교	자유융합대학
27	성균관대학교	삼성융합의과학원
28	성균관대학교	성균융합원
29	연세대학교	글로벌융합기술원
30	연세대학교	미래융합연구원
31	영남대학교	기계IT대학
32	울산대학교	공과대학
33	인제대학교	BNIT융합대학
34	중앙대학교	미래융합원
35	중앙대학교	창의ICT공과대학
36	차의과대학교	융합과학대학
37	청운대학교	창의융합대학
38	한국교통대학교	글로벌융합대학원
39	한국산업기술대학교	산업기술경영대학원
40	한밭대학교	공과대학
41	한성대학교	IT공과대학
42	한양대학교	소프트웨어융합대학
43	호서대학교	과학기술융합대학

연구계

No.	기관명	융합조직명
1	ECO융합섬유연구원	연구개발실
2	K-water융합연구원	k-water융합연구원
3	건설기계부품연구원	융복합기술본부
4	과학기술정책연구원	기술규제연구센터
5	국가핵융합연구소	플라즈마기술연구센터
6	국립암센터 연구소	융합기술연구부
7	대경첨단의료산업진흥재단	전략기획본부
8	산업연구원	4차산업혁명연구부
9	선박해양플랜트연구소	정책연구실
10	세계김치연구소	연구개발본부
11	오송첨단의료산업진흥재단	전략기획본부
12	자동차부품연구원	융합부품연구본부
13	전자부품연구원	융합시스템연구본부
14	한국과학기술연구원	로봇미디어연구소
15	한국과학기술연구원	미래융합기술연구본부
16	한국과학기술연구원	융합연구정책센터
17	한국과학기술연구원	차세대반도체연구소
18	한국과학창의재단	과학문화진흥단
19	한국광기술원	조명융합연구본부
20	한국교육학술정보원	미래교육연구본부
21	한국기계연구원	연구기획조정본부
22	한국디자인진흥원	디자인전략연구소

No.	기관명	융합조직명
23	한국로봇융합연구원	제조로봇연구본부
24	한국생명공학연구원	미래연구정책본부
25	한국생명공학연구원	위해요소감지BNT연구단
26	한국생신기술연구원	청정생산시스템연구소
27	한국섬유소재연구원	스마트&에코소재연구본부
28	한국세라믹기술원	융합연구사업단
29	한국세라믹기술원	전자융합소재본부
30	한국식품연구원	기능성식품연구본부
31	한국식품연구원	대사영양연구본부
32	한국신발피혁연구원	산학연협력단
33	한국실크연구원	연구사업본부
34	한국정보화진흥원	ICT융합본부
35	한국지질자원연구원	미래정책부
36	한국지질자원연구원	전략기술연구본부
37	한국패션산업연구원	연구개발본부
38	한국항공우주연구원	무인이동체미래사업단
39	한국해양과학기술원	ICT융합연구단
40	한국해양과학기술원	전략개발실
41	한국화학연구원	융합화학연구본부
42	한국화학연구원	의약바이오연구본부
43	(재)전북문화콘텐츠 산업진흥원	정책기획팀

참여하신 분들

편찬위원회

위원장 김주선 KIST 융합연구정책센터 소장
위원 김영호 수원대학교 전자재료공학과 교수
서윤희 고려대학교 산업경영공학부 교수
임용재 한국연구재단 정보·융합기술 단장
박구선 오송첨단의료산업진흥재단 이사장

이슈선정위원회

김광무 참에지니어링 대표
김승혁 인터젠컨설팅 대표
강남우 숙명여자대학교 기계시스템공학부 교수
김지은 한양대학교 기술경영학과교수
박성민 포항공과대학교 창의IT융합공학과 교수
이철호 고려대학교 KU-KIST 융합대학원 교수
심정민 한국과학기술기획평가원 연구위원
정성영 한국전자통신연구원 연구위원

편집진

총괄 최수영 KIST 융합연구정책센터 융합정책팀 팀장
실무 김상식 KIST 융합연구정책센터 연구원
권민지 KIST 융합연구정책센터 연구원

2017년도 융합연구연감

발행처

한국과학기술연구원(KIST) 융합연구정책센터
Tel. 02-958-4983

홈페이지

crpc.kist.re.kr

편집·제작

동아에스앤씨 Tel. 02-332-6700

디자인

blackfinger