2

기술 분야
미래전략
Technology

KAIST Future Strategy 2020

산업 지형 변화에 따른 국가 R&D 패러다임 전환

4차 산업혁명의 물결은 인간과 기계의 잠재력을 극대화하는 제반 기술 혁신에서 출발하여, 그 발전의 속도와 범위, 경제·사회 시스템에 미치는 영향의 측면에서 산업 지형에 큰 변화를 가져올 전망이다. 농경사회, 산업사회 그리고 정보사회로 이어진 인류의 발전은 기술 진보에 의한 것이었다. 미래 또한 기술 혁신으로 이루어질 것이다. 이런 관점에서 보면, 4차 산업혁명의 도래와 함께 선두권 다툼이 시작된 세계적인 기술 경쟁 속에서 연구개발 전략은 더욱 중요하다.

특히 우리나라는 인구 감소에 따른 생산력 저하와 ICT 발달에서 기인하는 사회 구조의 변화 등의 현안 과제를 떠안고 있다. 결국, 이러한 문제들을 해결하고 국가의 미래 성장 동력을 확보하기 위해서는 R&D 전략을 재점검하고 혁신하는 노력이 절실하다. R&D는 축적된 지식을 바탕으로 현재의 기술적 난제들을 풀어가는 과정의 연속이며, 곧 미래를

만들어가는 과정이다.

R&D의 목표

미래 메가트렌드 중 R&D와 직접 관련이 있는 것은 인구 구조 변화, 에너지·자원 고갈, 기후 변화 및 환경 문제, 과학 기술의 발달과 융복합화 등이다. R&D를 통한 기술 혁신으로 미래 메가트렌드에 얼마나 잘 대처하느냐에 대한민국의 미래가 달려 있다.

패러다임 전환이 필요한 R&D

국민이 국내외에서 벌어들인 총소득을 인구로 나눈 통계인 우리나라 1인당 국민총소득은 1953년 67달러에 불과했던 데에서 2006년 2만 달러를 돌파하고, 2017년에는 3만 달러를 넘어섰다. 압축 성장이 가능했던 사회경제적 배경 중심에는 수출 주력, 중화학공업 우선, 과학 기술 우대, 추격자 전략 등의 정책과 전략이 있었다.

R&D 분야에서도 이러한 전략은 유효했다. 1962년 '제1차 과학기술 진흥 5개년 계획'이 발표될 당시 우리나라 총 R&D 투자는 12억 원에 불과했다. 이는 GDP 대비 0.25% 규모였다. 그러나 2016년 GDP 대비 R&D 투자 비중은 4.24%로 세계 2위를 기록하며 이스라엘과 최상위를 다투는 수준이다.

R&D에 대한 집중적인 투자는 우리나라의 위상을 높이는 데 주요한 영향을 끼쳤다. 하지만 복지 수요나 경제 상황 등을 고려할 때 앞으로는 지금까지와 같은 증가가 쉽지 않을 전망이다. 정부 R&D비의 추이를 보

면 증가율의 감소세가 뚜렷하게 나타나고 있는데, 2010년까지 10% 이상이던 증가율은 2016년 0.7%, 2017년 2.4%, 2018년 1.1%였다. 물가 상승을 고려할 경우 사실상 정체 또는 감소하고 있다고 볼 수 있다.

한편 GDP 대비 투자 규모나 외형적 성과와 달리 실제로 국민이 체감하는 연구 성과가 높지 않은 것도 사실이다. 현안 과제들을 해결하고 국민의 삶을 개선하는 데에 그동안의 연구 성과가 얼마나 기여해왔는가에 대한 문제의식이기도 하다. 경제 분야 곳곳에서는 이미 추격형 전략의 한계가 여실히 드러나고 있으며 선도형 전략으로의 전환이 요구되고 있다.

세계 유수 기관들이 발표한 미래 사회에 대한 다양한 전망을 종합해보면 사회 갈등의 심화, 인구 구조의 변화, 문화적 다양성 증가, 에너지·자원의 고갈, 기후 변화 및 환경 문제 심화, 과학 기술의 발달과 융복합화, 중국의 부상 등으로 요약된다.

우리나라는 여기에 덧붙여 저출산과 고령화 추세가 그 어느 나라보다도 빠르고, 남북 분단의 문제와 통일을 고려해야 하는 특수한 상황에 놓여 있다. 이는 모두 위기 요인이 될 수 있다. 위기를 기회로 만드는 지혜를 발휘해야 하고 그 핵심에는 IT 기술과 융합 기술을 기반으로 한 혁신이 자리해야 한다.

과학 기술의 R&D 과제

2050년 우리나라 인구는 통일이 되지 않은 상태에서 4,200만 명으로 2019년 6월 기준 약 5,171만 명보다 적을 것이다. 2026년에는 65세 이상 고령 인구가 전체의 20%를 넘은 초고령사회가 될 것으로 예측되나, 최근 추세라면 초고령사회 진입 시기도 앞당겨질 것이며 2045년에

35%를 돌파할 것으로 예측된다. 인구 감소는 구매력 감소, 시장 감소, 일자리 감소, 경쟁력 저하로 이어진다. 또 고령화는 생산성의 저하, 복지 및 의료 비용 증가 등을 불러온다. 이를 해결하기 위해서는 로봇, 첨단제조, 정보통신, 바이오융합, 맞춤형 의료 등의 기술 혁신이 필요하다.

에너지 부족 문제도 심각하다. 전력 수요 증가, 화석 에너지 고갈, 중국의 급격한 산업화는 자원이 부족한 우리에게 에너지 안보 위협으로까지 발전할 수 있다. 특히 원자력 발전을 두고 존폐가 논의되고 있는 과정에서 대체 에너지, 재생 에너지 등 신에너지원 연구와 개발도 더 적극적으로 추진되어야 한다.

구체적으로 기술 혁신을 통해 실현해야 할 대한민국의 모습을 제시하면, 지속 가능한 건강장수사회, 신에너지 수급 체계 확보를 통한 에너지 독립 국가, 정보·기술의 초연결 글로벌 혁신 네트워크 중심 국가로 요약해볼 수 있다.

우선 지속 가능한 건강장수사회는 저출산, 고령화, 인구 감소로 수반되는 생산력 감소를 해소하고 지속 가능한 스마트 제조·생산 시스템을 갖춘 사회라고 볼 수 있다. 고령 인구가 건강하고 행복한 생활을 영위할 수 있는 사회 시스템을 구축해야 하는 것이다. 에너지 독립 국가가 되기 위해서는 신에너지원을 확보하고 이를 안정적이고 효율적으로 공급할 수 있는 제로 에너지 빌딩 및 에너지 네트워크를 구축해야 한다. 태양광 발전, 조력 발전, 해양, 풍력 및 스마트그리드와 같이 친환경적이고 지속 가능한 에너지 비중을 확대해나가야 한다. 미래 가치와 잠재적 위험을 동시에 갖는 원자력 발전에 대한 논의도 충분한 시간을 갖고 합리적으로 풀어야 한다.

미래를 위한 R&D 전략 원칙

실용화 기술 혁신의 중심은 민간이 주도하고, 정부는 공공분야와 기초 연구 분야 및 전략 산업 분야의 R&D 투자를 확대해 상호보완적 전략을 추진해나가야 한다. R&D에 대한 적절한 투자와 지원이 있어야 미래 기술을 선도하거나 추격이 가능하다. 또 출연연 및 공공 R&D는 새로운 지식과 산업의 출현을 가능하게 만드는 토대로서 혁신 생태계 전체를 새로운 방향으로 이끄는 역할을 담당해야 한다.

기초 융합 연구에 '선택과 집중'

선택과 집중은 자원이 부족한 우리나라에서는 불가결한 전략이다. 그간의 R&D 투자도 전체 60% 이상을 '산업 생산 및 기술 분야'에 투자할 수밖에 없었다. 기초 및 원천 기술의 토대가 취약하게 되었다는 비판은 있으나, 한정된 자원을 효율적으로 활용해 주력 산업을 육성해야 하는 한국적 상황에서는 최선의 선택이었다. 그러나 정부는 '선택과 집중'을 하되, 선택된 분야의 기초 연구를 촉진하는 역할을 해야 한다. 미국의 대표적인 기초 연구 지원 기관인 국립과학재단National Science Foundation은 정부의 전체 R&D 예산 중 약 15%를 기초 연구에 투자하고 있으며, 새로운 분야를 창출할 만한 아이디어가 주도하는 변혁적 연구를 강조하고 있다. 우리나라도 스마트 지능형 ICT에 관심을 기울이되 원천 기술 연구에 집중함으로써 미래 기술을 선점해야 한다. 이 과정에서 정부와 민간 부문의 역할을 나누어 상호보완해가는 지혜가 필요하다.

도전 연구, 질적 평가, 자율 연구로의 개혁

최근 10여 년 동안 많은 투자에도 불구하고 R&D 성과가 미흡하다는 비판이 적잖다. 이러한 문제의 원인은 크게 세 가지다. 따라서 이러한 문제의 해결이 곧 미래전략 수립의 원칙이 되어야 한다.

첫째, 연구자들의 도전 정신 부족이다. 연구는 해보지 않은 것에 대한 도전이다. 그런데 한국의 연구는 90% 이상이 성공으로 기록된다. 이는 너무 쉬운 것에 도전하고 있다는 뜻이기도 하다. 정부는 실패를 용인해주는 분위기를 만들고, 연구자는 과감하게 도전해야 한다. 둘째, 연구 평가 제도를 바꾸어야 한다. 논문과 특허 건수 중심의 양적 평가를 지양하고 질적 평가로의 전환이 필요하다. 연구가 실제로 어떤 결과를 창출했느냐는 것보다 논문의 수로 평가를 하면 파괴력이 있는 큰 결과는 나오기 힘들다. 셋째, 정부의 간섭을 줄여야 한다. 최근 눈에 띄는 연구 결과가 나오지 않는다는 사회적인 압력이 있다. 이에 정부는 조급하게 실적을 내놓으라고 독촉을 한다. 대형 장기 연구도 빨리 가시적인 성과를 보여주지 않으면 중단될 위험에 놓인다. 독촉하게 되면 단기 성과를 목표로 하게 되고, 단기 성과를 내다 보면 최종적으로 큰 결과는 나오지 않는다. 악순환이 계속되는 것이다.

실행 전략

큰 성과가 없다고 비판해도, R&D는 대한민국의 미래를 밝혀주는 등불이다. 일부에서는 결과가 나오지 않는 R&D 분야에 대한 투자 축소는 당연하다고 말하는 사람도 있다. 이러한 시각은 위험하다. 연구 제도와

환경을 개선해 좋은 결과가 나오게 해야 한다. 연구를 축소해버리면 우리의 미래는 누가 밝혀주겠는가.

정부는 원천 기술 연구, 민간은 기술의 상용화 연구

- R&D의 효율성을 높이기 위해 정부와 민간의 역할 구분
- 정부는 민간 차원에서 시도하기 어려운 기초 연구와 파급 효과가 큰 원천 기술 연구, 글로벌 지식재산권 확보
- 민간 부문에서는 기술의 실용화, 상용화, 사업화
- 출연 연구기관들은 중소기업 기술 지원이 아니라 민간에서 할 수 없는 기초 및 원천, 공공 연구에 몰두
- 대기업에 대한 R&D 지원 규모는 축소, 중소기업과 벤처기업에 대한 지원 확대
- 대학과 출연연에서 확보된 글로벌 지식재산권의 기술 이전 및 공동 상용화를 위한 개방형 혁신 연구개발 확대

평가 체계 다양화로 도전적인 연구문화 장려

- 논문 수와 국내외 특허 등록 건수는 꾸준히 증가했으나, 기술 사업화 실적은 저조. 이러한 역설적 상황을 개선하기 위해서는 연구 평가 제도 개선 필요
- 연구 분야에 따라 양적 지표와 질적 수준 평가를 교차하는 평가 체계 다양화
- 연구와 개별 사업 특성을 반영한 질적 지표의 개발 및 전문가 정성 평가 확대
- 과제 평가 시 중간·연차 평가 폐지 및 간소화

- 실패를 용인하는 평가를 통해 독창적이고 도전적인 연구 우선 지원
- 연구 아이디어의 우수성, 신진 연구자들의 독창성 등을 고려하는 과제 선정 및 지원

개방형 혁신 생태계 구축

- '실험실에서 시장으로Lab to Market' 슬로건을 내세우며, 실험실에 머물러 있는 기초 연구 성과들을 빠르게 시장으로 이전해 가치를 창출할 수 있도록 미국 등 선진국의 생태계 현황 파악
- 기술 개발 속도가 빨라지면서 기업 단독의 R&D로 상용화에 도달하기까지는 많은 시간과 비용 소요. 따라서 산-학, 산-연 개방형 협업 연구개발 생태계를 통해 대학과 연구소는 글로벌 지식재산권을 확보하고 기업들은 이러한 연구 성과를 효과적으로 연계 활용하는 방안 확대
- 국가과학기술지식정보서비스와 국가기술은행 등의 특허 기술 정보 DB 개선과 민간 이용 효율 활성화를 통한 개방형 연구개발 혁신 생태계 구축 강화

파급 효과를 지닌 군사 기술 연구 추진

- 군사·우주 분야는 기술 자체가 중요한 경우가 많아 도전적 연구 추진 경향. 그러나 경제성 문제로 민간에서 추진하기는 어려운 부분
- 미래 전쟁은 인간보다 로봇이 싸우는 전쟁으로 기술 패러다임이 전환될 전망
- 지식재산권 문제의 재점검 필요. 현재 정부 투자를 받아 개발한 군사 관련 지식 재산은 민간이 소유하지 못하게 되어, 기술이 개발되

어도 특허를 출원하지 않고 흐지부지되는 상황. 민간 소유를 인정해 특허 관리의 동기부여

- 정보 보안이 필요하지 않은 기술 분야는 민간으로 확대, 활용하는 스핀 오프spin-off 방식의 민군 기술 개발 추진
- ICT 융합 등 민간이 앞서 있는 기술 분야는 이를 국방 기술에 적용하는 스핀 온spin-on 방식의 연구 및 기술 개발 확대

범용 기술 확보와 집중적 연구

- 독과점 경쟁력을 확보할 수 있도록 국제 표준을 염두에 둔 디지털 기술 혁신 필요
- 4차 산업혁명의 초기 물결이 안정적으로 자리를 잡으면 제조업 혁신과 같은 차원을 넘어 시장을 주도할 바이오 산업 육성 필요
- 바이오 관련 산업은 뇌 인지공학을 중심으로 재편 가능성 큼. 따라서 바이오연구, 뇌연구, 인지과학연구 등 뇌인지 분야 선도 전략 시급

고령화 사회에 대응하는 기술

- 건강한 장수사회는 고령자가 건강하고 행복한 삶을 살 수 있는 시스템을 갖춘 사회
- 생명공학과 의료 기술의 융합, 수명 연장과 장수 과학의 혁신을 통해 만들어지는 시스템 사회
- 원격 질병 관리 및 치료, 모바일 헬스 애플리케이션, 개 맞춤형 치료제 등의 기술 개발

에너지원을 확보하는 기술

- 세계적으로 대체 에너지, 신재생 에너지 등 새로운 에너지원 개발 경쟁 심화
- 에너지 수입국인 우리는 태양광 발전, 조력 발전, 풍력 발전 등 대체 에너지 개발 시급
- 전력 저장 시스템 기술 개발 및 혁신 필요
- 에너지원 확보와 함께 지속 가능한 에너지 네트워크 구축
- 중국, 러시아, 일본, 북한 등과의 에너지 네트워크 구축

4차 산업혁명을 움직이는 동력, 빅데이터

빅데이터는 다른 첨단 디지털 기술의 바탕이다. 가령 빅데이터 수집과 분석 기술이 없었다면 인공지능의 귀환도 어려웠을 것이다. 개인 맞춤형 정보 제공도 빅데이터 없이는 불가능하다. 2019년 4월 우리나라가 세계 최초로 상용화에 성공한 5세대 이동통신, 즉 5G에 쏠린 관심도 가상·증강현실, 자율주행 등 다른 첨단 기술을 추동할 수 있는 빅데이터 처리 속도와 용량이 4세대 이동통신 LTE보다 훨씬 빠르고 많기 때문이다. 이렇듯, 새로운 기술 혁신의 현상 뒤에는 빅데이터가 있다.

4차 산업혁명의 추동력

인공지능이 빅데이터를 통한 학습 없이 제대로 가동될 수 있을까? 수백억 개가 넘는 디바이스가 센서로 연결되고 그 센서들에서 쏟아질 엄청난 데이터들을 관리할 기술 없이 사물인터넷이 제대로 작동할 수 있을까? 빅데이터는 이처럼 4차 산업혁명의 현상으로 나타나는 결과물들을 움직이는 중요한 동력이다.

빅데이터의 본질

글로벌 시장조사 업체 IDC 자료에 따르면 2016년에 생성된 데이터는 16ZB(제타바이트)로 하루에 482억 GB(기가바이트), 초당 56만 GB의 데이터가 만들어졌고, 세계 데이터는 매년 30%씩 증가해 2025년에는 180ZB에 이를 전망이다. 1ZB는 1조 1천억 GB로 고화질 영화 약 5천억 편에 해당하는 분량이다. 데이터의 원천은 크게 내장형 칩과 웨어러블 센서, 소셜미디어, 웹사이트, 조사 문서 등에서 취합한 빅데이터로 나뉜다. IDC는 2025년에는 전체 생성 데이터의 25%가 실시간으로 수집되고, 실시간 데이터의 대부분은 IoT 센서와 관련될 것으로 예상했다. 가트너는 네트워크와 연결되는 사물의 수가 2017년 64억 개에서 2020년에는 204억 개까지 늘어날 것으로 내다봤다. 연결된 사물 수가 많아질수록 데이터의 양은 더욱 늘어난다. 그리고 이러한 빅데이터의 80%는 비정형 데이터이다. 비정형 데이터는 비구조적 데이터로서 수치화하기 어려운 트위터, 이메일, 문서, 첨부파일, 메모, 이미지, 오디오, 동영상과 같은 데이터들을 말한다.

빅데이터 시대 이전의 데이터들은 분절돼 있었다. 회계 시스템, 공장

자동화 시스템, 그룹웨어 등 개별 시스템이 존재하고 데이터는 개별적인 시스템을 보조적으로 지원하는 방식이었다. 물론 개별 시스템에 속한 데이터들을 연결할 방법은 있었는데 이를 가능하게 하려면 별도의 연동 프로젝트를 통해 개별 시스템 간의 데이터를 연결해야 했다. 반면, 빅데이터 시대에서는 데이터가 중심이 되고 애플리케이션과 알고리즘이 보조 수단이 된다. 과거와 달리 데이터가 분절되어있는 것이 아니라 합쳐진 하나의 형태로 존재하고, 애플리케이션과 알고리즘은 이러한 빅데이터에 붙어서 필요한 데이터를 활용하는 방식이다.

활용을 위한 빅데이터 처리 과정

이러한 빅데이터의 처리 프로세스는 수집collect, 정제refine, 전달deliver의 3단계를 거친다. 수집이란, 데이터 확보 과정이다. 적절하면서 일정 규모 이상이 되는 데이터를 확보하는 것은 매우 중요하다. 정제는 확보된 데이터를 중복 제거와 압축 그리고 분류를 거쳐 분석이 가능한 양질의 데이터로 변환시키는 과정이다. 전달은 최종적인 단계로서 분석 결과를 시각적 혹은 수치적 형태로 이해하기 쉽게 전달하는 과정이다. 이러한 빅데이터 처리 절차를 거쳐 축적되고 합쳐진 어마어마한 양의 데이터에 고도화된 알고리즘과 강화된 컴퓨팅 파워가 결합하면서 이전에는 보지 못했던 패턴들이 빅데이터의 심연에서 드러나게 되었다. 그 결과 인간의 능력을 뛰어넘는 예측이 가능하게 된 것이다.

인공지능과 빅데이터

빅데이터가 주목받는 이유는 활용 가치가 높기 때문이다. 무한대로 생성되는 데이터 속에서 의미 있는 정보를 뽑아내고 분석해 적절히 활

용하는 것이 빅데이터 산업의 핵심이다. 최근 인공지능 기술이 발전하면서 빅데이터 산업도 빠르게 성장하고 있다. 인공지능 연구는 오랜 역사를 지니고 있다. 2차 세계대전 때 독일군 암호를 해독하기 위해 지금의 컴퓨터와 같은 기계 장치를 만들어 낸 앨런 튜링부터 1956년 다트머스 대학 회의에서 '인공지능'이라는 말을 처음 사용하고 인공지능 프로그램 언어 개발에 노력한 존 매카시 등 여러 선구자가 있었다.

그럼에도 불구하고 미국, 일본 등 국가 차원에서 진행되던 인공지능 연구와 유명 학교들에서 진행하던 연구들이 실패하거나 성과를 내지 못하면서 1980년대 전후로 소위 '인공지능의 겨울AI winter'이 시작된다. 그 결과 인공지능은 아주 오랜 시간이 지난 뒤에야 가능할 것으로 여겨졌다. 하지만 현존 기술로는 가능할 것 같지 않았던 인공지능 기술이 2016년 알파고로 그 실체를 충격적으로 드러냈다. 가히 인공지능의 귀환이라고 할 만하다.

그렇긴 하지만 알파고에 사용된 알고리즘인 심층 신경망 기술Convolutional Neural Network은 전혀 새로운 것이 아니라, 1960년대 마빈 민스키가 최초로 개발한 신경망 시뮬레이터Stochastic Neural Analogy Reinforcement Computer로부터 발전된 것이다. 그러면 이전에는 가능하지 않았던 인공지능이 어떻게 지금은 가능하게 되었을까? 그것은 빅데이터와 고도화된 알고리즘 그리고 이를 뒷받침하는 컴퓨팅 파워의 발전 때문이다.

기존 알고리즘의 경우에는 데이터가 늘어나다가 어느 선에 이르면 성능이 동일 수준으로 유지되는 것과 달리, 인공지능 알고리즘은 데이터가 늘어남에 따라서 성능이 지속적으로 증가한다. 이것을 딥러닝이라고 부른다. 인공지능을 가능하게 한 핵심 요소다. 인공지능은 인간의 지

능을 컴퓨터로 구현하는 것을 말하고, 머신러닝(기계학습)은 이러한 인공지능을 위해 컴퓨터로 모델링하는 모든 행위를 말한다. 딥러닝은 머신러닝 기법 가운데 특히 인공 신경망 기법을 기반으로 해 학습의 정밀도를 높이는 알고리즘이다. 이러한 복잡한 러닝(학습) 기법들은 이전에는 처리할 수 없었던 대용량의 데이터를 처리할 수가 있게 만들었다. 이때부터 빅데이터라는 용어가 출현한 셈이다. 바둑의 알파고, 의료 분야의 왓슨, 금융의 켄쇼 등 많은 영역에서 이미 인간의 능력을 뛰어넘는 인공지능은 모두 빅데이터 수준의 데이터로 학습을 거쳤다는 공통점을 가지고 있다. 고도화된 알고리즘과 컴퓨팅 파워만으로는 가능하지 않고 빅데이터가 결합돼야 인공지능도 가동되는 것이다.

빅데이터를 활용해 기존 시장을 파괴하는 선도 기업

빅데이터 시대 선도 기업들의 사례를 살펴보면 빅데이터의 발전 방향을 가늠해볼 수 있다. 아마존은 온라인 쇼핑뿐만 아니라 음성인식 인공지능, 클라우드 시장 등 IT 산업의 전 영역에서 놀라운 성과를 내고 있다. 특히 클라우드 분야에서는 마이크로소프트, 구글, IBM, 오라클 등 후발 주자들과 격차가 큰 압도적 1위를 유지하고 있다. 아마존은 2016년에 자사 핵심 경쟁력인 추천 알고리즘을 깃허브GitHub라는 개발자 커뮤니티에 모두 공개했다. 이제 아마존의 추천 알고리즘은 누구나 활용할 수 있게 되었다. 4차 산업혁명을 선도하는 기업들은 모두 기존 산업의 영역을 일정 부분 잠식하는 파괴적인 속성을 지니고 있다. 이러

한 기존 산업 잠식의 가장 큰 동력은 빅데이터 활용 능력이다.

사례 1: 에어비앤비

숙박 공유 업체인 에어비앤비는 이러한 현상을 보여주는 대표적인 기업이다. 대표적인 글로벌 호텔 체인 힐튼호텔그룹의 시가총액을 넘어서는 가치를 평가받고 있다. 2008년에 설립되어 이제 10년을 겨우 넘긴 회사가 100년 된 최고의 호텔그룹 가치를 추월한 것이다. 더 놀라운 점은 부동산 자산 하나도 없이 '숙박 공유'라는 개념으로 세계 최고 호텔그룹의 가치를 넘어서게 된 것이다. 기존의 호텔업계는 정부로부터 많은 규제를 받는다. 소방법, 건축물, 보건위생, 직원 교육 등 많은 부분에서 규제를 받고 또 호텔의 청결과 경쟁력을 유지하기 위해서 큰 비용과 시간을 들이고 있다. 반면에 에어비앤비와 같은 기업은 데이터를 중심으로 이 같은 문제들을 상당 부분 해결한다. 고객과 숙박 임대자 사이의 상호 평가 시스템을 통해 규제나 특별한 장치 없이도 어느 정도 이상의 질적 수준이 유지되도록 하는 것이다.

사례 2: 넷플릭스

넷플릭스 역시 마찬가지 경우다. 사용자의 영화 성향 데이터 등 축적된 빅데이터에 기반을 둔 추천 알고리즘을 활용한다. 수백만 편의 영화 목록 중에서 사용자가 보고 싶은 영화를 적절하게 찾아 제공함으로써 미디어 경쟁에서 앞서 나가고 있다. 스트리밍 서비스를 통해 3천만 명 이상 시청자들의 행동을 관찰하고 이에 기반한 빅데이터 분석을 통해, 시청자가 원하는 맞춤형 콘텐츠인 〈하우스 오브 카드〉라는 드라마를 제작해 성공한 것이 대표적인 사례다.

사례 3: 테슬라

테슬라 자동차의 가장 큰 혁신은 에너지원이 전기로 바뀐 것이 아니라, 빅데이터를 활용하는 소프트웨어 기술을 사용한다는 점이다. 테슬라는 운전자의 모든 데이터를 테슬라 서버로 전송받는다. 이러한 데이터를 활용해 기존 제품의 성능을 업그레이드하고 다음 제품을 설계한다. 테슬라 자동차는 소프트웨어 자동 업그레이드를 통해 자동차의 성능까지 개선하는 방식을 적용하고 있다.

사례 4: 텐센트

중국 빅데이터 산업을 주도하는 기업은 텐센트다.[49] 중국 국가통계국은 텐센트와 함께 빅데이터 수집·처리·분석·탐색 기술을 개발하는 중이다. 텐센트의 인터넷 전문 은행 위뱅크는 빅데이터를 이용해 고객이 모바일 메신저 등으로 대출 신청을 하면 2.4초 만에 대출 심사를 완료하고 40초 만에 대출금을 입금해주는 상품도 개발했다. 빅데이터 산업은 중국 지역 경제에 획기적 전환을 가져오고 있다. 텐센트가 빅데이터 센터를 설립한 중국 구이저우성 구이양은 중국 내에서 가장 빈곤한 지역이었다. 구이저우성은 2010년까지 중국 32개 성 가운데 1인당 GDP가 최하위였다. 2014년 빅데이터 특화구로 지정되면서 구이양의 변화가 시작됐다. 알리바바와 텐센트 등 중국 기업은 물론 구글, 인텔 등 글로벌 IT기업들도 구이양의 빅데이터 산업에 투자했다. 현재 구이저우성은 '빅데이터 수도首都'로 통하며 급격하게 성장하고 있다.

사례 5: 바이두

2014년 4월 24일 바이두는 '빅데이터 엔진大數據引擎' 플랫폼 개방을

선언하고 빅데이터 저장, 처리 및 분석 서비스를 제공하기 시작했다.[50] 같은 해 8월에는 유엔UN, United Nations과 손잡고 '빅데이터 연합 실험실'을 설립, 글로벌 문제 해결에 빅데이터 기술을 활용한 선례를 남겼다. 최근에는 딥러닝, 뉴럴 네트워크 등 인공지능 핵심 기술을 기존 주력 사업 검색 엔진에 도입, 서비스 업그레이드에 속도를 내고 있다. 현재 바이두는 빅데이터 저장 분석, 마케팅, 비즈니스 분석 등 다양한 빅데이터 서비스를 제공한다. 주요 서비스로는 바이두 여론 API, 바이두 고객 분석, 바이두 지수 등이 있다.

빅데이터 선도 기업들의 공통점

숙박 공유 업체 에어비앤비의 창업자들은 숙박업계 종사자가 아니었다. 디자인스쿨을 졸업한 이들로 숙박업계와는 전혀 인연이 없는 사람들이었다. 테슬라의 일론 머스크 역시 자동차업계 종사자가 아니다. 아마존의 제프 베조스 역시 출판업계와 아무 상관이 없는 사람이었다. 우버와 넷플릭스 역시 마찬가지다. 이런 사람들이 철옹성과 같은 기존 업계의 최강자들을 물리치고 시장의 판도를 새롭게 만들어나가고 있다.

이와 같은 4차 산업혁명 선도 기업들의 공통점은, 데이터를 기반으로 회사가 운영되고, 데이터를 통해 새로운 기능을 추가하고 하드웨어 역량보다 소프트웨어 역량을 핵심 경쟁력으로 활용한다는 점이다. 미국 제조업의 자존심인 GE의 선언도 이러한 변화를 그대로 보여준다. GE는 2016년에 서비스업 중심의 소프트웨어 기업으로 재탄생하겠다고 선언한 바 있다. 그러면서 내놓은 것이 GE의 산업용 운영체제인 '프레딕스'다. GE는 그동안 팔아왔던 엔진과 기계, 헬스케어 제품의 유지 관리와 컨설팅·금융서비스를 통합한 솔루션 패키지 사업으로 돈을 벌어

들이겠다는 계획이다. 또 산업별로 핵심적인 부분에서 1%를 절약하는 '1%의 힘'이라는 캐치프레이즈를 제시했다. 세계 항공 산업에서 생산을 1% 효율화하면 이익은 6%나 증가한다. 엔진에 부착된 센서와 산업용 IoT를 통해 다양한 데이터를 실시간으로 분석하는 '프레딕스'로 이를 실현할 수 있다고 강조한다.

빅데이터와 개인정보 보호

우리나라에서는 규제가 빅데이터 기술의 축적에 큰 장벽이 되고 있다. 사전규제 방식을 적용하는 우리와 달리 미국과 일본은 사후규제 방식을 사용한다. 규제의 목적은 개인정보 보호다. 디지털 시대에 있어서 개인정보 보호의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 여기서 따져볼 부분은 그 실효성이다. 우리나라는 사전규제 방식을 적용하지만 국민 상당수의 주민등록번호를 비롯한 개인정보가 이미 해킹이 되어 돌아다니고 있다. 실상은 사전규제 방식에서 실질적으로 개인정보 보호가 이루어지고 있지 않다는 것이다.

미국과 일본의 사후규제 방식

사후규제라고 해서 사전규제보다 개인정보 보호가 소홀하게 이루어지는 것이 결코 아니다. 사후규제 방식은 빅데이터 활용에 있어서 비식별 정보를 부정하게 사용하는 등 규정을 어긴 점이 사후에 발견되면 강도 높은 처벌을 내린다. 오히려 이러한 방식이 개인정보 보호에 훨씬 실효성이 있다. 사후규제 방식을 도입하고 있는 미국과 일본에서 개인정

보 보호가 훨씬 더 잘 이루어지는 것을 보면 알 수 있다. 미국은 개인정보 수집 및 처리에 관하여 우편, 전자우편 등을 통해 정보 주체에게 알리고, 이에 대해 정보 주체가 공식적으로 이의를 제기하지 않으면 개인정보의 활용이 허용되는 방식이다. 일본은 2015년 개정된 정보보호법[51]에서 개인정보 및 프라이버시는 실질적으로 보호하면서, 빅데이터 활성화 등 개인정보의 이용 및 유통을 촉진하기 위해 개인정보를 가공해 식별 가능성을 낮춘 정보를 제공할 때에는 본인 동의를 요구하지 않도록 했다. 물론 개인정보를 오용하면 벌을 강하게 내린다.

유럽의 개인정보 보호

유럽연합의 개인정보보호법GDPR, General Data Protection Regulations이 2018년 5월 25일부터 시행에 들어갔다. GDPR에는 전문Recital 173개, 본문Chapter 11장, 조항Article 99개라는 방대한 개인정보 관련 항목들이 포함돼 있다. 유럽연합의 개인정보를 취급하는 사업자는 데이터 흐름을 파악해 GDPR 맞춤형 IT 시스템을 갖춰야 한다는 것이 핵심이다. 정보업계는 GDPR을 '인터넷이 생긴 이후 가장 강력한 개인정보 보호 규정'이라고 평가한다. 사실상 전 세계 대부분의 IT 업체들이 법 적용을 받기 때문이다. GDPR은 프랑스, 독일 같은 유럽 내 거주자 개인정보를 처리하는 기업이면 전 세계 어디에 있든 상관없이 적용되는 법이다. 또 기업의 개인정보 유출처럼 법을 위반할 경우 중대성이나 의도성 같은 11가지 기준을 고려해 '일반 위반'과 '중대한 위반'으로 나누고, 이에 상응하는 처벌을 받게 된다. 일반 위반의 경우 위반 기업의 전 세계 연간 매출액 2%나 1천만 유로 중 높은 금액을 과징금으로 낸다. 중대한 위반의 경우 위반 기업의 전 세계 연간 매출액 4%나 2천만 유로 중 높은 금액

을 과징금으로 내야 한다.

한국의 사전규제 방식

우리나라는 개인정보보호법 제2조 1항에 따라서 비식별 정보의 이용이 사실상 금지가 되어 있다. 이 조항에 따르면 개인정보란 "생존하는 개인에 관한 정보로서 성명, 주민등록번호 등에 의하여 특정 개인을 알아볼 수 있는 부호, 문자, 음성, 음향 및 영상 등의 정보(해당 정보만으로는 개인을 알아볼 수 없어도 다른 정보와 쉽게 결합하여 알아볼 수 있는 경우에는 그 정보를 포함한다)"를 말한다. 여기서 문제는 괄호 안의 내용이다. 이 내용이 굉장히 모호해서 사용자의 주민등록번호나 성명 같은 개인정보가 드러나지 않도록 비식별화한 내용도 사전 동의를 받아야 하는 것으로 해석될 소지가 많다. 실제로 법원 판례에 따르면 비식별 정보도 사전 동의 없이 활용하여 처벌받은 사례가[52] 있다.

이러한 사전규제 방식의 형식적 규제 강화는 실질적인 개인정보 보호 없이 빅데이터 관련 산업의 경쟁력 약화만 초래할 수 있다. 비식별화된 정보를 불법적으로 사용할 경우 엄격한 사후 처벌을 통해 시장의 질서를 바로잡을 수 있다. 따라서 사전규제 방식의 기존 법제도 개정에 대한 사회적 합의가 필요하다.

빅데이터 산업 발전 방안

우리나라에서는 빅데이터 기술을 이미 확보된 기술로 생각하거나 빅데이터에 의해 가능하게 된 현상에만 관심을 가지는 경향이 있다. 4차

산업혁명 시대에는 데이터를 제대로 활용하는 국가와 그렇지 못한 국가의 경쟁으로 구분될 수 있을 것이다.

규제 혁신을 통한 데이터 경제 환경 조성

- 빅데이터를 활용한 다양한 연구와 실험은 산업 활성화를 위해 필수적인 과정. 그러나 비식별화된 정보도 수백, 수천만 명의 동의를 사전에 받아야 한다면 사실상 활용 불가능한 실정
- 개인정보가 보호되면서 동시에 정보들이 활용될 수 있는 법적 환경 마련
- 식별자를 삭제한 개인정보의 경우 목적 외의 이용과 제3자 제공에 있어서 본인의 동의가 불필요하거나 사후 동의하는 방식으로 개정해 투명성 및 예측 가능성 제고
- 구글이나 아마존, 페이스북은 비식별 데이터 거래를 통해 많은 데이터를 확보하고 활용해 수준 높은 시스템 구축. 이러한 다른 국가 상황을 고려하면서 규제 정책 논의

소프트웨어 제값 주고 사기

- 빅데이터와 알고리즘 기술은 결국 소프트웨어 산업의 영역
- 소프트웨어 기업이 이윤을 확보하면서 성장할 수 있는 산업적 기반 필요
- 기업의 직원 수와 관계없이 사용하는 '사이트 라이선스' 개념 등 기업용 소프트웨어 시장의 잘못된 관행 개선
- 공공기관의 저가 발주 등 소프트웨어 산업의 열악한 환경 개선

최고데이터책임자 신설

- 효율적인 데이터 관리를 위해 최고데이터책임자(CDO, Chief Data Officer 혹은 Chief Digital Officer) 역할 신설
- 최고데이터책임자는 기업과 기관이 보유하고 있는 데이터를 파악·분류하고 처리하며, 데이터의 잠재적인 가치를 실현해 이를 성공적으로 활용할 수 있도록 컨트롤타워 역할
- 데이터 활용과 관련해서도 사일로 효과라고 불리기도 하는 부처 간 장벽 해소

공공데이터 개방과 활용 확대

- 공공데이터는 실시간으로 갱신되어 상호운용성이 높은 오픈 응용 프로그래밍 인터페이스API가 적고 재가공해 사용해야 하는 문서형태(HWP·DOC·XLS 등)가 대부분임
- 공공데이터 개방·활용을 위해 오픈 API 형태의 공공데이터 확대
- 수요를 중심으로 공공데이터 개방
- 민간의 연계 활용 지원

빅데이터 기술 연구

- 데이터의 수집부터 정제, 전달에 이르는 기술적 노하우 축적 시급
- 빅데이터 기술 연구가 핵심이라는 인식 아래 기술 연구 환경을 조성해야 함

미래 국가경쟁력의 촉매가 될 인공지능

4차 산업혁명의 특징은 빅데이터를 바탕으로 인간의 인지 능력을 뛰어넘는 초지능성을 구현하는 것이다. 이를 위해 가장 중요한 것은 하루에도 수없이 쏟아지는 정보를 효과적으로 구축하고, 이를 이용한 학습을 통해 주어진 문제를 해결하는 인공지능 기술이다.

인공지능을 재조명하다

인공지능이라는 용어가 처음 등장한 1956년 이래, 인공지능 연구는 관심기와 침체기가 반복되는 부침을 거듭해왔다. 인간의 상상은 공상과학소설이나 영화로 끝없이 이어졌지만, 현실은 이를 따라가지 못했다.

이처럼 인공지능이 새로운 개념이나 기술이 아님에도 불구하고 최근 들어 다시 재조명되는 이유는, 바로 딥러닝이라고 불리는 심층 신경망 학습 기법과 이를 가능하게 만든 하드웨어의 발전 및 대용량 데이터 때문이다.

신경망을 기반으로 한 인식 기술은 1990년대 후반부터 꾸준히 연구되었으나, 작은 영상(예를 들어, 32×32픽셀 크기)의 필기체 문자를 인식하기 위한 신경망을 학습하는 데만도 2~3일이 소요되어 실제 적용이 어려웠다. 그러나 최근 병렬 처리에 매우 뛰어난 성능을 보이는 그래픽 처리 장치인 GPU에서 급속한 발전이 이뤄졌고, 가격 하락으로 단시간 내 대용량 데이터 학습이 가능해졌다. 이를 바탕으로 신경망 계층을 더욱 깊이 만들 수 있게 되어 복잡한 영상 및 음성 인식 성능이 비약적으로 향상되었다. 또 다양한 분야에서 지속적으로 대용량 데이터가 발생하고 이를 구축 및 유지, 보수하는 기술이 발전해 인공지능 기술의 활용도가 더욱 확대되고 있다.

인공지능의 활용 현황

페이스북은 2013년에 심층 신경망 학습 기술을 기반으로 얼굴 인식 성능을 인간 수준의 97% 이상으로 끌어 올려 관련 업계에서 화제를 모았다. 최근에는 그 성능이 99%에 육박하는 것으로 학계에 보고되었다. 이와 같은 심층 신경망 학습 기술로 인해 기존에 구현이 어려웠던 많은 기술들의 실현 가능성이 커지자 산업계에서는 이를 이용한 다양한 신사업 시도가 이어지고 있다. 특히 인공지능 기술은 자율주행으로 대표

되는 무인 이동체 산업, 고성능 진단을 기반으로 한 의료 산업, 생체인식 기술 및 로봇 기반의 개인 서비스, 유통 산업에서 획기적으로 변화를 일으킬 것으로 전망된다.

자율주행 · 무인 이동체 분야

자율주행에서의 핵심은 다양한 센서로부터 획득한 정보를 해석해 주어진 장면을 이해하는 기술이라고 할 수 있는데, 이는 심층 신경망 학습을 통해 가능하다. 자율주행 기술은 자율화된 수준에 따라 크게 5단계(Level 0~4)로 나뉘는데, 한국은 차선 유지 등의 적응형 자율주행이 가능한 2단계 수준에 와 있고, 테슬라는 위급한 경우 운전자가 개입하는 3단계 수준의 자율주행 상용화를 준비하고 있다. 또 구글의 자율주행차 부문 자회사인 웨이모는 애리조나주 피닉스에서 완전 자율주행 기술(Level 4)을 이용한 차량 호출을 시험 중이다. 인텔도 운전자 지원 시스템 분야에서 독보적 기업인 모빌아이를 17조 원에 인수하는 등 시장 선점에 노력을 쏟고 있다.

특히 자율주행차 R&D 전문가들이 가장 많이 이용하는 키티와 같이 라이다LiDAR 센서와 일반 카메라로 촬영한 대용량 영상 데이터를 무상으로 제공하는 곳이 많아지면서 단일 영상만을 이용한 3차원 깊이 지도 생성 등 다양한 솔루션이 개발되고 있다. 현대자동차도 빅데이터를 이용한 커넥티드 카 개발을 위해 대역폭 확대 등 관련 R&D에 투자하고 있다. 이는 자율주행차뿐 아니라 드론 등 다양한 무인 이동체에 폭넓게 적용되어 일상 생활에도 많은 변화를 가져올 것으로 예측된다.

의료 산업

IBM의 인공지능 왓슨은 암 영상에 대한 대용량 학습을 통해 국내 가천대학교 길병원에서 진단을 수행하고 있으며 이에 대한 환자의 만족도가 매우 높다. 이에 많은 주요 병원들이 앞다퉈 인공지능 기술을 도입하는데 힘쓰고 있으며, 관련 스타트업 기업도 활발히 생겨나고 있다.

국내 스타트업 루닛과 부노는 엑스레이 영상부터 병리학 영상까지 다양한 의료 영상에 대한 학습을 바탕으로 암이나 종양 같은 병변 영역을 확률 지도로 표시해주는 시스템을 개발했다. 최근에는 저화질 엑스레이 영상을 기반으로 치아 관련 질병을 판단하는 알고리즘 개발에도 많은 기업이 연구를 진행하고 있다.

인공지능과 다양한 서비스의 융합

아마존의 음성인식 스피커 에코는 '알렉사'라고 하는 음성인식 인공지능 플랫폼을 탑재한 것으로, 사용자의 음성 명령을 끊임없이 학습하고 인식 성능을 꾸준히 향상시키고 있다. 포드는 싱크3 차량 운행 시스템에 알렉사를 탑재해 사용자가 음성 명령만으로 해당 기능을 사용할 수 있게 했으며, 현대자동차 또한 차량 원격 제어 서비스인 블루링크 시스템에 알렉사를 적용하고 있다. 음성인식 기반 스피커 제품은 스마트홈 시나리오에서도 허브 역할을 할 것으로 기대되며, LG전자에서 이미 스마트 냉장고에 알렉사를 탑재했다.

아마존은 2015년부터 알렉사 SDK(Software Development Kit, 소프트웨어 개발 키트)를 공개함으로써 서드파티가 개발한 연동 앱을 1만 개 이상 확보하는 등 관련 생태계를 선점하는 전략을 가장 먼저 수립했다. 이후 애플의 시리, 구글의 구글 어시스턴트, 마이크로소프트의 코타나 등 음

성인식 인공지능 플랫폼이 공개되면서 경쟁이 심화되고 있다. 국내에서도 SK텔레콤이 누구, KT가 기가지니, 네이버가 클로바, 카카오가 카카오미니 등 인공지능 스피커를 출시하면서 경쟁에 합류하고 있다. 앞으로 이 분야는 음성인식 성능, 자연어 처리 능력, 대화의 품질(인간의 의도 인식, 에피소드 기억 활용 기술 등) 경쟁으로 발전하며 선택과 도태가 이루어질 것으로 보인다.

인공지능 산업 생태계 조성의 선두주자인 아마존은 더 나아가 무인 마트 아마존고를 선보였다. 아마존고는 시범 운영을 거쳐 2018년 미국 시애틀에서 1호점을 연 이래, 시카고, 샌프란시스코 등지에서 매장 수를 늘려가고 있다. 오프라인 매장인 아마존고는 스마트폰 앱을 통해 회원가입을 한 이용자가 계산대에서 줄 설 필요 없이 상품을 골라 매장을 나서면 자동 센서 인식으로 결제가 처리되는, 계산대 없는 마트다. 아마존은 또 홀푸드를 약 15조 원에 인수해 무인 마트 사업에 박차를 가하고 있다.

주요 국가들은 어떻게 대응하고 있나

인공지능 기술로 인해 산업 전 분야에서 많은 변화가 예상되는 만큼 국가별 대응 방안도 다양하다.

미국

인공지능 원천 기술 확보를 위해 2013년 백악관을 중심으로 정부 차원에서 '브레인 이니셔티브 정책'을 수립하고 인간의 뇌를 중심으로 체

계적인 인공지능 기술 개발을 추진하고 있다. 이를 위해 대통령 산하 과학기술정책국Office of Science and Technology Policy은 향후 10년 동안 30억 달러 규모로 예산 투자를 확대하고 기술 개발과 산업화를 동시에 진행하고 있다. 이 예산은 기초 연구에 주로 투자되고 나머지는 디바이스 연구, 뇌 이미지 분석을 위한 초미니 현미경과 시스템 개발, 뇌 시뮬레이션과 같은 IT 분야 연구에 투입되고 있다.

일본

인공지능의 발전 가능성과 사회에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고 국제 경쟁력 강화 대책 마련을 위해 2015년 연구회를 출범시켰다. 이 연구회에는 뇌 정보통신, 사회 지知 해석, 혁신적 네트워크, 인공지능, 인지심리학 분야 등 공학을 비롯해 다양한 영역의 전문가가 참여한다. 또 인공지능 R&D를 기반으로 한 실용화와 기초 연구 간의 선순환을 위해 2015년 인공지능연구센터를 설립했다. 일본의 인공지능 R&D 투자는 연간 7,500만 달러 규모로 미국에 열세를 보여왔지만, 2016년부터 예산을 확대하고 본격적으로 관련 기술 개발에 참여하고 있다. 또한, 정부가 주도하는 통합혁신전략추진회를 통해 매년 인공지능 인재 25만 명 육성 등의 'AI 종합 전략'을 시행하고 있다.

유럽

뇌에 대한 종합적인 연구를 통해 인간 행동의 근원에 대한 이해와 뇌 관련 질환의 치료법 획득, 혁신적인 ICT 기술 개발 등이 가능할 것으로 예측한다. 향후 신기술 분야를 주도하기 위해 ICT 기반의 뇌 연구를 주요한 전략 분야로 선정하고, 이를 위한 R&D 플랫폼 구축을 위해 '인간

뇌 연구 프로젝트HBP, Human Brain Project'를 추진하고 있다. HBP는 신경과학, 의학, 애플리케이션 개발, ICT 플랫폼 개발, 수학적인 모델 개발, 데이터 생성 등으로 구성되어 있다. 인간 두뇌의 인지 형태 기반의 지식 처리를 위한 HBP는 10년간 약 10억 유로를 투입해 데이터와 지식의 통합을 구현하고 뇌에 대한 이해, 뇌 질병에 대한 치료 방법 개발 및 뇌의 운동을 모사하는 프로그램 기술을 준비할 것으로 알려졌다.

중국

급격히 성장하고 있는 자국 IT기업(바이두, 알리바바, 텐센트 등)을 중심으로 인공지능 전문가를 적극적으로 영입하고 있으며, 인공지능 기술에서 가장 중요한 학습 데이터 축적을 위해 체계적인 시스템을 구축하고 있다. 특히 중국 정부는 2016년부터 인공지능 연구 프로젝트인 '차이나 브레인China Brain'을 통해 범국가적 지원 아래 인공지능 개발을 추진하면서 인공지능 최강국을 목표로 하고 있다. 이 프로젝트는 국립 연구기관과 기업에 산재한 연구를 통합 관리하면서 효율적인 시스템을 구축하는 것 등을 포함한다. 이와 같은 노력으로 중국은 2017년 인공지능 관련 기업 수와 지식재산권 수 기준으로 미국에 이어 세계 2대 강국으로 발돋움하였다.

우리의 대응 전략과 방향

4차 산업혁명은 인공지능 기술로 인해 점점 우리 일상 생활의 일부분으로 다가오고 있다. 그러나 국내 대비 상황은 아직 부족한 부분이 많

다. 인공지능 분야에서 뒤처지지 않기 위해서는 신속한 대응이 이어져야 한다.

양질의 데이터 구축 및 관리

- 심층 신경망의 인식 성능 제고를 위해 양질의 데이터를 수집하고 가공하는 기술 필요
- 각 분야에서 발생하는 빅데이터 서버 구축 및 유지, 보수 기술 필요
- 각 분야의 핵심 주체가 영상, 음성, 신호 패턴 등의 정보를 통합적으로 축적하고 관리하는 것이 중요
- 데이터 수집, 빅데이터 처리, 클라우드 컴퓨팅 등 단계별 지원체제 확립으로 인공지능 기술의 효과 극대화
- 정부 차원에서 대용량의 표준 데이터베이스 확보 및 고성능 컴퓨팅 자원 체계 구축
- 고가의 슈퍼컴퓨터를 보유할 수 없는 중소·중견기업에 저렴한 비용으로 인공지능을 개발할 수 있는 여건 제공

소프트웨어 및 빅데이터에 대한 인식 개선

- 정해진 사양에 맞춰 생산하는 제조업과 달리 소프트웨어의 알고리즘 정립에는 많은 시간이 투입된다는 것에 대한 이해 필요
- 대용량 데이터 구축과 학습에 많은 시간이 소요되므로 개발 과정을 이해하고 개발을 장려하는 분위기 조성
- 대용량 데이터를 효과적으로 수집하고 이를 정해진 규격에 맞게 가공, 유지 및 보수하는 작업은 알고리즘 개발 못지않게 매우 중요하기 때문에 이에 대한 인식 개선 필요

- 스마트폰 외에 의료, 가전, 전자장비 등 인공지능 기술이 적용될 수 있는 분야 확산

문제 해결력을 갖춘 인재 양성

- 소프트웨어 기술과 데이터를 분석하는 기술에 대한 체계적 교육
- 한 가지 기술에 대한 특화된 능력보다는 필요한 기술을 적절히 활용할 수 있도록 소프트웨어 구조 설계와 오픈소스 활용 능력 배양
- 주어진 문제를 효과적으로 해결하는 방법을 생각해내기 위해서는 단순 암기에서 벗어나 관련 배경 지식을 기반으로 절차를 수립하는 과정이 중요. 따라서 이러한 절차를 수립하기 위한 수단으로 사용되는 프로그래밍(코딩) 교육이 필수

장기적인 로드맵 구축

- 재생산성을 증대하기 위해 개발 결과를 공유하는 관련 생태계 조성
- 각 분야의 빅데이터를 효과적으로 구축 및 공유해 다양한 솔루션이 확산될 수 있는 시스템 필요
- 인공지능 관련 산업의 확산은 기존 일자리 감소, 윤리적 문제 등 사회적으로 많은 갈등을 유발할 것이므로 다양한 이슈를 고려해 미래를 설계하는 전략 병행
- 교육을 통해 인공지능 기술에 대한 막연한 두려움을 해소하는 한편, 제도 마련으로 사회적 부작용 최소화

진화하는 블록체인의 분권적 기술 시스템

비트코인 등 암호화폐의 가치 등락이 현실 세계의 주요 관심 사항이라면, 디지털 공간에서는 블록체인 기반의 신경제 생태계 개발이 활발하다. 2025년쯤에는 블록체인 기반의 자산이 GDP의 10% 정도를 차지할 것이라는 예상도 있다. 따라서 기존의 경제 생태계와 다른 새로운 디지털 경제의 안착을 위해서는 산업계는 물론 이용자와 정부 등 생태계 구성원들의 건전한 이해와 수용이 필요하다.

블록체인의 특성과 기술 경쟁

블록체인은 안전하고 정의로운 디지털 경제를 구축하는 데 최적의 대안으로 인식되지만, 아직은 일부 서비스가 제공됨에도 불구하고 개발

단계에 머물러 있다. 비트코인 등장 이후, 이더리움, 리플 등 다양한 암호화폐들이 출시되면서 분산원장, 암호통화 지갑, 합의 알고리즘, 영지식 증명Zero Knowledge Proof 등의 블록체인 기술이 진화하는 상황이다.

블록체인의 기술적 방식

일반적인 블록체인은 거래 정보를 기록한 원장ledger을 모든 구성원node이 각자 분산 보관하는 방식이다. 새로운 거래가 발생할 때 암호 방식으로 장부를 똑같이 업데이트하기에 개념적으로는 익명성과 보안성이 강력한 디지털 공공장부 또는 분산원장distributed ledger이라 말할 수 있다. 금융 자산 거래 시 이용자가 현금, 유가증권, 지식재산 등을 주고받는 모든 행위 과정에서 중앙 기관의 인증 및 승인을 통해 이루어진다.

반면에 블록체인은 중앙은행이나 관리 기관 없이 다수의 참여자(채굴자, 검증자, 거래자)가 보고 있는 가운데 P2P 기반의 분산 구조에서 거래가 이루어진다. 비트코인이 나오기 이전에는 P2P에서 구동되는 분권적 금융 거래 시스템이 불가능했는데, 그 이유는 신뢰성을 담보하는 중앙 기관 없이는 이중지불을 방지하거나 장부의 무결성을 유지할 수 없었기 때문이다. 그러나 블록체인의 작업증명Proof of Work 방식과 분산장부 기술 등으로 문제를 해결해 이제는 안전한 거래를 실현할 수 있게 되었다.

블록체인의 기술적 구분

블록체인은 기본적으로 누구나 참여할 수 있는 구조이지만 다양한 지식재산 거래의 효율성을 위해 암호·합의 알고리즘 기술이 업그레이드된 혼합형(하이브리드·반허가) 블록체인도 증가하는 추세다. 블록체인 종류는 합의성, 익명성, 불역성, 확장성 정도에 따라 구분되고, 거버넌스

| 표 2 | 블록체인 기술의 구분

구분		합의성 Consensus	익명성 Anonymity	불역성 Immutability	확장성 Scalability
공공	무허가형	PoW	높음	높음	낮음
	허가형	PoS	높음	보통	보통
	무허가형	FBA	보통	보통	보통
사설	허가형	PBFT	낮음	낮음	높음

• PoW(Proof of Work), PoS(Proof of Stake), FBA(Federated Byzantine Agreement), PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerance)

주체에 따른 공공 및 사설 블록체인, 증명자·이용자의 참여에 따른 무허가형 및 허가형으로 나뉘지만, 실제로는 활용 형태에 따라 매우 다양하게 나타나고 있다. 특히 합의 알고리즘의 경우, 작업증명 방식과 지분증명 방식이 널리 적용되었으나, 탈중앙화, 거버넌스, 전력 소모, 처리 속도, 보안의 이유로 이를 변형시킨 DPoS(Delegated Proof of Stake), PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerance) 등의 방식이 계속 개발되고 있다. 이밖에 ZNP(Zero Knowledge Proof) 이용도 늘고 있다.

블록체인 기술의 특징과 한계

기술적 측면에서 보면 블록체인은 컴퓨터 프로그램의 암호 기술을 이용해 설계한 블록에 다양한 정보를 담아 체인처럼 연결한 것이다. 비트코인은 이를 실제 구현한 대표적인 사례다. 비트코인은 안전한 해시 알고리즘SHA, Secure Hash Algorithm 중의 하나인 SHA256[53] 방식으로 다수의 참여자가 작업증명을 통해 블록체인을 만든 것이다. 이를 암호화폐라 부

르며, 새로운 블록이 생성될 때마다 보상(12.5BTC)이 주어진다. 한편 블록체인상의 거래란 특정 정보의 입력과 출력을 말하며, 주소를 통해 이동하는 형태로 구성된다. 개별 거래를 구별하기 위해 TXID(Transaction ID) 또는 TxHash를 부여하고 거래 시 발행되는 해시값을 통해 송수신 주소, 수량, 시간 등을 확인할 수 있다. 그리고 UTXO(Unspent Transaction Output)란 자신에게 보내진 거래 출력 중에 아직 다른 지갑에 전송되지 않은 미사용 데이터 구조를 말하며, 블록체인 지갑 주소에서 잔액의 개념이다.

합의 알고리즘 방식이 블록체인의 성격과 용도를 규정하기 때문에 어떤 형식을 띠고 있는지에 따라 장단점도 달라진다. 블록체인의 합의 알고리즘은 무허가형인 PoW에서 출발했지만, 채굴 전력 소모와 담합 가능성의 문제점이 발생해 현재는 PoS와 대표자에게 합의 권한을 위임하는 DPoS 등으로 관심이 집중되고 있다. 최근에는 양자컴퓨터의 해킹을 방지하는 양자 해시 암호Quantum Hash Cryptography 기술이 등장하고 있다.

블록체인 미래전략

포브스 기술위원회는[54] 기후 변화, 빈곤, 투표, 건강 관리 등 사회 문제 해결을 위한 기술로 블록체인을 대안으로 제시하며 초신뢰 사회 구축에 매우 적합한 기술로 평가하고 있다. 특히 블록체인으로 초신뢰를 구축할 수 있는 분야는 개인정보 유출, 저작권 침해, 포털·소셜미디어 불신, 원산지 변조, 금융 비용 부담, 미터링 불편, 자산 관리 불안, 투표·세금 조작 등 여덟가지로 요약되며, 그에 따른 문제 정의, 해결 방안, 문제

| 표 3 | 블록체인 합의 알고리즘의 특징과 한계

구분	특징	한계
PoW (BTC, ETH 등)	• 탈중앙화를 반영해 민주주의 실현 • 누구나 참여, 각 노드의 연산 능력으로 증명하고 새로운 블록을 생성 • 이더리움은 Casper PoS+PBFT 도입 예정	• 거래 처리 속도가 느리고 참여 노드의 연산 능력 보유에 따라 중앙화 가능 • 개별 노드 연산 능력 증명을 통해 컴퓨팅 자원의 전력 소모 과다
PoS (QTUM 등)	• 소유 지분량에 비례하여 블록 생성 권한을 부여받을 확률을 높이는 방식 • 지분증명에 고가의 하드웨어 칩이 필요하지 않고, 전기 에너지도 절약	• PoW 전력소모 단점을 보완했지만, 지분량에 의한 중앙화 우려(소수 지배) • 보유 지분에 비례한 보상으로 '부익부 빈익빈' 초래 가능
DPoS (EOS 등)	• PoS 방식에서 투표를 통해 대리인을 선출하고 선출된 소수 대리인에게 블록 생성 권한을 부여 • 빠른 합의 속도와 낮은 거래 비용	• 위임받은 대리인이 공개되기 때문에 해커들의 공격에 노출되어 보안 위협 • 지분을 위임받은 대리인들의 수가 제한되어 탈중앙화에 한계
OPoS (ADA 등)	• PoS 문제점인 그라인딩 공격(Grinding Attack)을 방어하기 위해 코인토싱(coin tossing) 프로토콜을 사용해 합의 • 지분 독점을 막기 위해 랜덤성 추가	• 랜덤성으로 인해 블록 생성 주기가 불확실하고 다소 느린 전송 속도 • 하드웨어 보안 모듈인 HSM(SGX 등)을 사용하므로 업체의 의존적 구조
PBFT (NEO, IBM 등)	• 비잔틴 노드(악의적 노드)가 어느 정도 존재해도 다수결에 의해 합의 가능 • 의사결정이 완료된 뒤에 블록을 생성, 최종 확정성과 성능 문제 해결	• 노드 증가에 따라 통신량이 증대해 성능 감소, 수십 개의 노드가 한계 • 노드 수가 늘어나면 복잡도가 증가해 확장성 및 합의성 도출 어려움
Tendermint (DPoS+PBFT)	• 가장 지분이 많은 n(101)개 노드 간의 투표로 새 블록을 합의하여 생성 • 미리 정해진 순서대로 새 블록 제안 • 노드 보유지분에 비례한 투표권한 행사	• 블록체인 노드가 예측 가능해 특정 대상 공격에 취약한 구조 • 모든 노드가 합의에 참여하기 때문에 과다한 통신 비용 발생
PoET (EdenChain 등)	• 신뢰할 수 있는 보안 모듈을 기반으로 블록을 생성하는 리더를 랜덤으로 선정 • 다수의 노드가 참여하고 보안 명령을 사용하여 안정성과 무작위성 확보	• 인텔의 독점적인 시스템을 활용해 중앙화 우려 및 신속 대응 한계 • 합의 알고리즘을 전적으로 인텔의 보안 모듈인 SGX의 CPU에 의존

해결 연구개발, 영향 및 효과는 〈그림 8〉과 같다.

또 블록체인 개발을 성공적으로 추진하기 위해서는 국가의 중장기적인 로드맵이 필요하다. 입법, 사법, 행정부 및 산업계가 머리를 맞대고 수요자 중심의 정책을 수립하는 게 급선무다. 우수 스타트업을 발굴·지원하기 위한 공공펀드를 확충해야 하며 강력한 세제 지원 등의 정책이 필요하다. 그러나 정부와 공공기관의 역할에는 한계가 있으므로 민간 산업체 주도의 경제 생태계가 조성되어야 한다. 분야별 실천 과제를 정리하면 다음과 같다.

지속적인 R&D 추진

- 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 블록체인 인증 플랫폼·앱 개발
- IoT와 연계한 원산지 증명 시스템 및 인식 장치 개발
- 블록체인 기반의 초신뢰 플랫폼 및 서비스 개발
- 블록체인 기반의 공공 부문 전자문서 유통 관리 시스템 개발
- 가치 산정에 기반한 블록체인 디지털 자산 거래 시스템 개발
- 블록체인 기술을 적용한 국세 징수 시스템 및 암호 인증 개발
- 부정선거를 방지하는 선거 투표 시스템 및 결과 분석 툴 개발
- 개인정보 보호가 강화된 블록체인 기반의 자율 미터링 플랫폼 개발
- P2P 기반의 분산장부 금융(은행, 주식 등) 거래 시스템 솔루션 개발
- 핀테크 및 암호화폐와 연계한 디지털 거래용 K-암호화폐 개발

법제도 개선

- 암호화폐 기능에 대한 법적 위상 정립

| 그림 8 | 블록체인 초신뢰 사회 문제 정의, 해결 방안과 R&D 영향 및 효과

블록체인 활용

- 암호화폐 분야 Crytocurrencies
- 공공 보안 분야 Public-Security
- 산업 응용 분야 Industrial-Applications
- 거래 결제 분야 Transaction & Payments

블록체인 특성

- 합의성
- 익명성
- 불역성
- 확장성

사회 문제 정의		해결 방안			문제 해결 R&D : ICT			
문제 분야	초신뢰 사회 문제 정의	법·제도	문화·복지	ICT R&D	네트워크	단말기기	SW서비스	블록체인
❶ 개인정보 유출	개인 민감 정보, 의료 등	●	●	◐	★★	★★	★★★	★★
❷ 저작권 침해	글, 사진, 음악, 영상 등	●	◐	●	★	★	★★★	★★★
❸ 포털·소셜미디어 불신	어뷰징, 허위 댓글 등	◐	◐	●	★★	★★	★★★	★★
❹ 원산지 위변조	생산자, 날짜, 장소 등	◐	○	◐	★	★	★	★★
❺ 금융 비용 부담	거래, 송금, 결제 등	◐	○	◐	★	★	★★	★★
❻ 미터링 불편	전기, 가스, 수도 검침 등	○	◐	◐	★	★★	★★★	★★
❼ 자산 관리 불안	신원, 금융, 자산, 인증 등	◐	○	◐	★★	★★	★★	★★★
❽ 투표, 세금 조작	투표 조작, 세금 포탈 등	◐	◐	●	★★	★	★★	★★★

영향 및 효과	
사이버 분야	블록체인 영향 및 효과
❶ 개인정보 유출	개인정보 보호, 유출 금지
❷ 저작권 침해	디지털 가치, 권리 강화
❸ 포털·소셜미디어 불신	어뷰징, 허위, 가짜 근절
❹ 원산지 위조·변조	신뢰 거래, 안전한 유통
❺ 금융비용 부담	수수료 절감, 편리한 금융
❻ 미터링 불편	검침 정확, 사용 편리
❼ 자산관리 불안	신원 확인, 자산 안전
❽ 투표, 세금 조작	공정 투표, 세수 확대

BLOCK CHAIN

문제 해결 R&D : 블록체인

알고리즘	플랫폼	콘텐츠	서비스

- A. 블록체인 시스템 개발
- B. 알고리즘 플랫폼 개발
- C. 콘텐츠 서비스 개발
- D. 블록체인 ICT 융복합 개발
- E. 블록체인 초학제적 연구

- 암호화폐 사용·거래에 대한 조세 및 수수료 부과 제도 도입과 법제도 마련
- 전자증권 제도 실행을 위한 블록체인 기술 적용 규정 마련
- 블록체인 금융 거래 사고 분쟁 조정 체계 수립

인프라 구축

- 중앙 기관 없는 P2P 기반의 공공 블록체인 금융 인프라 구축
- 글로벌 유통의 암호화폐 거래소 및 공용 플랫폼 구축
- IaaS-PaaS-BaaS-SaaS 연계 거래 인증 시스템 구축
- 분야별 블록체인 표준화 및 협업 환경 구축

인력 양성

- 블록체인 기술, 암호화폐 채굴, 거래 인증 분야 전문 인력 양성
- 디지털 포렌식 기반의 암호화폐 불법 거래 탐지 수사관 양성
- 블록체인 기반의 비즈니스 모델 및 사회관계 컨설팅 인력 양성

다가오는 인간 친화적 자율주행차 시대

이제 자동차는 단순한 이동 수단이 아니다. 스스로 주변 환경을 인지해 운전자의 안전 주행을 지원하고, 나아가 이동 공간이 아니라 생활 공간 또는 사무 공간으로서도 활용될 전망이다. 궁극적으로 운전자의 조작 없이 자동차가 스스로 안전한 경로로 주행하고, 탑승자에게는 인프라나 다른 사물과 연결된 환경을 제공해줄 '인간 친화적 자동차 시대'가 다가오고 있다. 바로 자율주행차 시대로의 전환이다. 다만, 장밋빛 기술적 가능성을 현실화하기 위해서는 여러 안전성 문제를 해결하고 사회적 논의가 전제되어야 한다.

자율주행차의 기술 개발 동향

대다수 교통 사고가 사람의 실수로 발생하는 데 반해, 자율주행차는 차량의 첨단 센서를 통해 교통 상황을 인지하고 내장 컴퓨터가 빠른 속도로 위험을 감지하며 스스로 주행을 제어함으로써 교통 사고를 방지한다.

자율주행차는 기술 개발 수준과 사회적 수용에 따라 자동화 단계를 분류할 수 있는데, 미국 도로교통안전국은 운전자의 주행 조작 개입 정도에 따라 5단계(레벨 0~4)로 구분한다. 현재 레벨 3 수준의 자율주행이 기술적으로 가능하며, 5G의 상용화는 완전 자율주행을 가능하게 할 것으로 기대되고 있다. 그러나 기술적 한계만이 아니라 인프라 구축과 사고 발생 시 법적 책임이나 보험 문제 등 풀어야 할 과제가 산적해 있다.

그럼에도 불구하고, 보스턴 컨설팅 그룹, ABI리서치, 네비건트 리서치 등의 발표에 따르면 2025년을 기점으로 부분자율 주행 수준의 자율주행차 시장이 확장될 전망이다. 자율주행차 시장 확대 전망에 맞춰 폭스바겐, GM, 토요타, 현대자동차 등 기존 자동차 업체들은 자율주행차 개발에 박차를 가하고 있다. 자동차업체뿐만 아니라 구글, 애플, 엔비디아, 우버 등 IT 기업들도 자율주행차와 자율주행 기반 모빌리티 서비스 개발에 한창이다. 국내서도 자동차 업체뿐 아니라 이동통신 업체, IT 기업, 무인 시스템 전문 기업 등이 자율주행차 개발을 진행하고 있으며, 자율주행 기술의 주도권을 두고 업체 간 경쟁이 치열해지고 있다.

자율주행과 자율협력주행

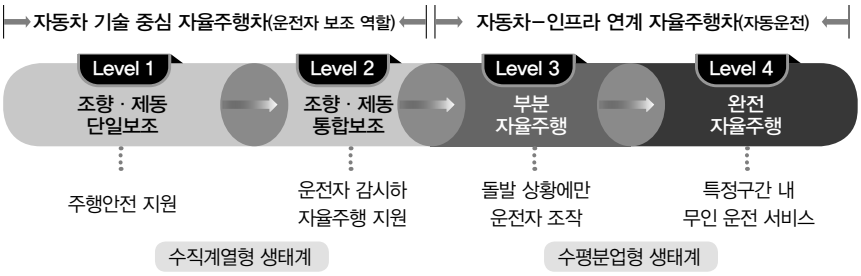
'Autonomous(혹은 Automated) Vehicle'이라 불리는 자율주행차는

기본적으로 차량의 환경 센서로 상황을 인지하며 스스로 주행한다. 다만, 자율주행차의 환경 센서에는 전방에 장애물이나 센서의 시야를 벗어난 상황을 인지하지 못한다는 한계가 있다. 즉, 센서는 사람의 눈과 같아서 보이지 않는 것은 보지 못한다. 이러한 환경 센서 기반 자율주행 기술의 한계를 극복하고 V2X(vehicle-to-everything) 무선통신 기술 및 정밀도로지도 등을 이용해 자율주행차가 직접 탐지하지 못하는 상황에 대한 정보와 도로교통 인프라 정보를 공유하는 '자율협력주행'이 최근 주목받고 있다. 이에 따라 자율주행차의 눈과 귀의 역할을 하는 환경 센서뿐만 아니라 자율주행에 적합한 수준의 고속·저지연 차량 무선통신 기술과 도로교통 정보를 디지털화한 정밀도로지도에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

자율주행 셔틀 및 상용차

승용차 위주의 자율주행차 외에 자율주행 셔틀과 같은 대중교통 차량과 자율주행 트럭에 대한 연구도 마찬가지로 원활히 진행되고 있다. 유럽에서는 시티모빌CityMobil과 같은 실증 프로젝트를 통해 나브야, 이지

| 그림 9 | 자율주행차의 자동화 레벨



• 자료: 미국 도로교통안전국

마일, 로보소프트 등 자율주행 셔틀 개발 스타트업을 지원하고, 자율주행 셔틀의 상용화 기반을 마련하고 있다. 실제 프랑스 리옹과 네덜란드 로테르담, 그리스 트리칼라 등지에서는 자율주행 셔틀을 운영하고 있다. 자율주행 트럭은 기술적 측면에서 제동 거리 및 차량 환경 센서의 탐지 거리가 훨씬 길어야 하는 어려움이 있지만, 물류 비용 절감(인건비 및 에너지 비용 절감) 효과를 통해 수익성을 개선시켜준다. 이에 따라 다임러, 스카니아 등의 자동차 업체들과 오토 같은 물류 기업들이 자율주행 트럭 개발에 투자를 확대하고 있다.

안전한 자율주행 시대를 위한 미래전략

자율주행차 및 자율주행 기술 기반 모빌리티 서비스에 대한 기대가 높아지고 있고, 자율주행차의 상용화를 위한 투자가 확대되고 있음에도 자율주행차의 안전성에 대한 우려가 꾸준히 제기되고 있다. 자율주행차와 관련된 사고도 끊임없이 보고된다. 이에 기대만큼이나 안전에 대한 불안도 커지고 있다. 가령, 2017년에 개봉한 영화 〈분노의 질주: 더 익스트림〉을 보면, 테러 조직이 주인공을 잡기 위해 도시 내 자율주행차들을 해킹해 원격으로 조종하는 장면이 나온다. 비록 영화 속 한 장면이지만, 자율주행 시대에 발생할 수 있는 안전과 보안의 문제를 그대로 보여준다. 이러한 사이버 보안 문제를 비롯해 안전한 자율주행 시대를 위한 미래전략 과제를 살펴보고자 한다.

디지털 도로교통 인프라 구축

- 자율주행차의 인식 범위는 약 200미터에 불과, 따라서 자율주행차의 센서로 인지할 수 없는 상황을 인지하기 위해서는 인프라에서 검지한 정보를 공유하는 디지털 도로교통 인프라 필요
- 차량과 차량, 차량과 인프라, 차량과 보행자 등 도로 교통 객체 간 정보 공유를 가능케 하는 차량 무선통신 기술과 노드, 링크, 곡률, 구배 등 도로 선형 정보와 차선, 노면 정보, 표지 정보, 시설물 정보, 기상 정보 등이 포함된 정밀도로지도 등이 대표적 디지털 인프라 시스템
- 정밀도로지도는 실시간으로 변환하는 도로 상태 정보 및 교통 정보, 돌발 상황 등이 포함된 동적지도의 형태로 활용 가능
- 도심보다 교통 상황이 단순한 고속도로를 시작으로 디지털 인프라를 확대 구축
- SOC 예산을 디지털 인프라 구축에 투입하는 등의 재원 조달 방안 마련

고속 · 저지연 차량 무선 통신 기술의 확보

- 차량 무선 통신 기술은 차량과 차량, 차량과 인프라, 차량과 보행자 등을 연결해 위험 상황을 미리 공유하고 안전을 확보하는 디지털 인프라의 핵심 기술
- 차량 무선 통신 기술은 5.9기가헤르츠 극초단파의 근거리 전용 통신 기술을 고도화한 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 통신을 주로 사용해 첨단 교통 체계에서의 주요 안전 서비스 지원
- 정보 전달을 넘어 자율주행차가 서로 일정한 간격을 유지하며 운행

하는 군집주행과 차량이 서로 충돌 없이 교차하도록 차량을 관제하는 등의 차세대 첨단 교통 체계를 지원하기 위해서는 현재 상용화된 차량 전용 무선 통신 기술의 혁신 필요

- WAVE 중심의 차량 전용 통신망과 이동통신 사업자의 V2X망(Cellular V2X, C-V2X)이 전국의 모든 도로망에 구축되기 힘든 현실을 고려해 연구개발이 이뤄지고 있는 연동통신 기술Hybrid V2X의 개발 가속화
- 차세대 차량 무선 통신 기술의 상용화를 위해 정부와 이동통신 사업자의 투자가 확보되어야 하므로, 기술 신뢰성뿐만 아니라 자율주행 서비스의 공공성과 수익성을 모두 담보하는 기술 생태계 마련 및 비즈니스 모델 개발

자율주행차 테스트 시설 확보

- 기본적인 성능 시험과 실도로에서 발생 가능한 안전 시나리오 테스트 필요
- 미국 미시간주립대학교에 2015년 구축된 M-City는 약 4만 평 규모(약 8킬로미터 주행로)로, 신호 및 비신호 교차로, 접근 제한 고속도로, 주차 공간, 지하도, 빌딩 면 등을 갖추고 있고 대학, 연구기관, 기업 등이 포함된 회원사들이 정기 멤버십을 통해 활용하고 있음
- 영국에 호리바 마이라 자율주행차 주행 시험장이 있으며, 차량의 성능 및 안전성, 편의성 등의 종합적인 평가를 위해 약 104만 평 규모로 운영됨
- 한국교통안전공단 자동차안전연구원에 마련된 K-City는 대표적인 국내 자율주행차 주행 시험장 및 실험시설로 고속주행 도로, 도심

부 도로, 교외 도로, 커뮤니티 부도로, 자율주차 시설 등을 구비. 이 밖에 현대모비스, 자동차부품연구원, 한국건설기술연구원에서 다양한 목적의 주행 시험장 운영. 그러나 종합적이고 다양한 도로교통 환경에서 자율주행차를 테스트하기 위해서는 지속적인 시설 개선 및 테스트 시설의 확대 필요

- 자율주행 기술은 승용차 외에도 대중교통 차량과 트럭 같은 상용차에도 빠르게 적용되고 있으므로, 차체 크기와 주행 특성이 다른 대중교통 차량과 상용차를 모두 실험할 수 있는 규모의 실험 환경 구축
- 대중교통 차량과 상용차의 테스트를 위해서는 충분한 최소 평면 곡선 반지름이 적용된 곡선 구간과 함께 충분한 길이의 직선 주행 구간 필요
- 자율주행차는 차량의 환경 센서뿐만 아니라 첨단 인프라로부터 수집된 정보를 활용할 수 있어야 하므로, 실험 시설 초기 구축부터 ICT와 빅데이터, 인공지능 등의 기술을 융복합한 실험이 가능하도록 디지털 인프라를 구축

복잡한 도로 환경 개선과 도로 시설의 유지 관리

- 안전성을 담보하기 위해서는 자율주행차의 환경 센서 성능 향상과 자율주행 인공지능 알고리즘의 개발뿐만 아니라 복잡한 교통 환경의 개선 및 도로 시설 유지 관리와 같은 기존 도로 환경 개선 노력 병행
- 모호하고 예측 불가능한 도로 상황은 자율주행 판단 시스템의 구현을 방해하는 최대 요소임. 따라서 복잡한 도로교통 환경을 단순화하고 표준화하는 노력과 함께 도로교통 시설이 훼손되었을 경우 이

를 정밀도로지도에 즉각적으로 반영하거나 훼손된 시설을 신속히 복구하는 등의 관리 체계 확립

법제도 정비

- 자율주행차 관련법은 자동차 분야, 도로교통 분야, 개인정보 보호 분야로 구분하여 정비
- 자동차 분야에서는 자율주행차의 정의와 분류, 운행과 허가, 안전 기준 등 검토
- 도로교통 분야에서는 자율주행차의 상용화 시대를 대비해 도로 부속 시설의 안전 설치 기준, 운전자의 면허, 운전의무, 도로교통 규칙 등에 대한 검토 필요
- 개인정보 보호 분야에서는 개인정보의 이용과 허용 범위 등에 관한 법체계 정리
- 자율주행차 사고 발생 시 책임 소재에 대한 부분과 자율주행차 기반 서비스 제공 시 사업자 면허 및 관리 부분 등 기계가 운전하는 자동차라는 새로운 패러다임에 맞춘 법제도 마련

사이버 보안을 위한 기술적 · 정책적 준비

- 차량의 제어 신호를 공격자가 원하는 신호로 위조해 원하는 대로 움직이게 하거나, 센서 정보를 막아 교통 상황 인지를 불가능하게 하는 해킹 위험 존재
- 자율주행 기술 수준이 높은 차량일수록 사람보다 시스템의 역할이 커지고, 이는 곧 해킹의 위험도 커질 수 있음을 의미
- 주행 중 창문이 열리고 백미러가 접히거나 오디오 볼륨이 높아지는

등 주행 외의 기능에 대한 해킹 위험과 불편함 증대. 즉, 자율주행차의 사이버 보안 문제는 주행 및 편의 기능을 포함한 전 영역에 해당

- 해킹 방지 보안 기능에 대한 차량의 안전 기준 제정
- 해킹을 대비한 차량 제조사의 책임 문제와 공격자의 처벌 문제 정립
- 차량 해킹 시 차량의 사이버 보안 및 복구 기능 탑재 등의 정책적 준비 병행

첨단 기술의 꿈을 실은 드론

아마존은 자율주행 드론으로 소포를 배달하고, 우버는 드론을 이용해 햄버거를 배달한다. 이 모두 꿈이 아니라 현실이다. 처음에는 군사용 목적으로 등장한 드론이, 최근 비약적으로 발전하며 활용 영역을 넓혀가고 있다. 특히 초소형 컴퓨터, 정밀 센서, 경량 리튬 배터리, 고성능 모터 등 첨단 IT 기술의 혁신과 더불어 드론의 성능과 활용도도 계속해서 커지고 있다.

드론 개발, 어디에서 어디로 가는가

무인항공기는 1차 세계대전이 한창이던 1910년대에 관련 연구가 시작되었으며, 1918년 미국에서 폭탄을 탑재한 일회용 무인 비행기 '케터

링 버그'를 개발한 것이 드론 개발의 시초가 되었다. 1982년 이스라엘과 레바논 전쟁에서 군사용 드론이 본격적으로 사용되면서 드론 기술 개발이 적극적으로 추진되었다. 하지만 일상에 드론이 활발히 보급된 것은 2010년대부터인데, 이는 IT 기술에 힘입은 바 크다.

드론은 카메라, 센서, 통신 시스템 등이 탑재돼 있으며 무선 전파로 조종되는 무인항공기UAV, Unmanned Aerial Vehicle다. 사전에 입력된 프로그램에 따라 무선전파 유도로 비행 조종이 가능한 비행기나 헬리콥터 모양의 무인기를 총칭한다. 비행 가능한 플랫폼에 자동 비행을 가능하게 하는 비행 제어 장치가 부착되어 탑재된 카메라 등을 통해 다양한 임무를 수행할 수 있다.

벌이 웅웅거리듯 소리를 낸다고 하여 '드론'이라고 불리는 이것은 기체뿐만 아니라 지상 조종 장비, 통신 장비 등이 하나의 체계로 어우러진다는 관점에 따라 무인항공 시스템UAS, Unmanned Aircraft System이라고 불리기도 한다. 무인항공 시스템은 조종사가 없이 자율비행이 가능한 무인항공기와 원격에서 조종사가 반드시 조종해야 하는 무인항공기로 나뉘는데, 조종사가 없는 자율 무인항공기의 경우 법적인 책임 소재에 대한 논란 등이 있어 유엔 산하 국제민간항공기구International Civil Aviation Organization에서는 원격 조종 항공 시스템Remotely Piloted Aircraft System에 한해서 국제 비행을 허용한다.

드론의 확산

초창기 드론은 군사용으로 개발되어 공군의 미사일 폭격 연습 대상으로 쓰였는데, 점차 정찰기와 공격기로 용도가 확장되었다. 이런 군사용 드론은 항공기처럼 고정 형태의 날개를 가지고 있으며, 그 크기도 경량

항공기부터 대형 항공기에 이르기까지 다양하다. 최근에는 전기 모터와 배터리 등의 성능 향상 및 경량화에 힘입어 다수의 프로펠러로 구동되는 멀티콥터형 소형 드론이 개발되었다. 이에 따라 DHL, 아마존, 구글 등 민간 글로벌 기업들이 상업적으로 다양한 분야에서 이를 활용한다.

농업용으로는 살충제 및 비료 살포뿐 아니라 원격 농장 관리 등에 활용된다. 정보통신용으로는 여러 개의 드론을 이용해 무선으로 인터넷을 중계relay한 다음, 인터넷이 안 되는 지역에 인터넷 서비스를 제공하는 기술이 개발되고 있다. 재해 관측용으로는 지리적 한계나 안전상의 이유로 가지 못했던 장소에 드론을 자유롭게 접근시키고, 태풍 등 기상 변화와 환경 오염의 정도를 실시간 감시하며, 고속도로 운행 상황 확인 등 교통상황 관측에도 활용이 확대되고 있다.[55] 군사용 드론 시장은 미국의 군수 기업들(보잉, 제너럴 아토믹스, 록히드 마틴 등)이 장악하고 있다. 취미 소비자용 드론 시장은 중국의 DJI가 약 70%에 달하는 시장 점유율을 기록하고 있다.

한편 국가 정책 차원에서 '드론 시대'를 선언한 미국의 행보도 눈여겨볼 부분이다. 2016년 미국 백악관의 과학기술정책실은 무인항공 시스템을 차세대 국가 전략 기술로 추진하겠다며 드론 관련 규제 완화 정책을 밝힌 바 있다. 여기에는 미연방항공청의 드론 규정을 개선하는 것도 포함된다. 이를테면 ①'가시권 내 비행'에서 '비가시권 비행'으로 완화하고, ②'한 명의 조종사가 한 대의 드론 운영'에서 '수백 대의 드론 운영'으로 확대하며, ③'사람 위를 날지 말 것'에서 '사람 위를 날아도 됨'으로, ④현행 고도 122미터를 전 공역으로 대폭 확대하여, 드론의 공역을 국가 공역 시스템National Airspace System으로 통합하는 것 등이 포함돼 있다. 하지만 소형 무인항공기에 대한 미연방항공청의 규정인 Part

107에는 아직 이와 같은 내용이 담겨 있지 않다. 미국 국제무인기협회는 향후 상업용 드론은 2025년까지 미국경제에 820억 달러의 경제 효과를 내고 약 10만 개의 일자리를 창출할 것으로 예상했다.[56]

글로벌 드론 특허 분석을 통한 기술 동향 예측

2012년부터 2016년 사이 미국 특허청에 등록된 드론, 무인항공기, 혹은 무인 항공 시스템 관련 글로벌 특허 130건에 대한 분석[57]은 앞으로의 기술적 동향을 예측할 수 있는 근거자료다.

이에 따르면 글로벌 드론 특허들은 ①사전에 비행 구역을 비행하면서 드론에 탑재된 GPS, 관성측정, 레이더, 라이다, 카메라, 마이크로폰, 초음파 등 센서들이 수집한 선행 정밀 지도와 선행 사물 데이터의 스마트 데이터와, 이를 바탕으로 실제 비행하면서 센서들이 실시간으로 수집한 지도와 데이터를 인공지능 센서 융합 알고리즘을 통해 비교 분석하여 충돌을 피하면서 경로를 따라 안전하게 비행하는 것, ②드론 사고가 났을 경우, 테러범이 납치했는지 인공지능 자율비행 장치가 판단을 잘못 내렸는지 시시비비를 따지기 위한 인공지능 블랙박스를 개발하는 것, ③15~30미터의 GPS 오차를 줄이기 위해 다른 센서들을 이용하거나, 배송 목적지를 정확히 찾아내는 것, ④드론 시대에 대비해 드론이 날 수 있는 도로 위의 회랑 등 도시 인프라가 새롭게 디자인되어야 한다는 것에 집중되어 있다.

기업별 특허 등록 건수를 보면, 중국의 DJI가 전체의 25%를 차지하고 있으며, 뒤를 이어 구글이 전체의 12%를 점유하고, 그 뒤를 이어 디즈니, IBM, 아마존 등이 올라 있다.

이러한 기술들은 몇 가지 특징을 내포하고 있는데, 그중 하나는 다양

한 융합 활용이다. 예를 들어 중국 DJI가 2016년 미국의 특허청에 제출한 '주인 차량 주위 환경을 모니터링하기 위해 차량 위에서 이착륙이 가능한 드론 도킹 시스템과 방법'이라는 특허출원서는 배송과 모니터링을 위해 한 조가 되는 드론과 자동차의 융합 모습을 보여준다. 미국의 배송 전문업체 UPS가 하이브리드 전기차 트럭과 드론을 연동해 화물을 운반하는 테스트를 했다고 보도[58]된 것도 이러한 융합 서비스 사례에 속한다. 한편, DJI는 R&D를 통한 스피드 혁신으로 무인기 제조 기술, 비행안전, 무선통신, 제어 시스템 등 민간 드론 방면에서 독보적 기술력을 확보하고 있다. 또 관련 글로벌 특허 출원 개수만도 1,500건 이상이고, 실제 특허 보유 개수도 400여 건에 달하는 것으로 알려져 있다.

국내 현황

우리나라의 경우 국방과학연구소 등을 중심으로 1980년대부터 무인항공기를 개발하고 있다. 또 항공우주연구원에서도 틸트로터tilt-rotor 항공기를 자체 기술로 개발하는 등 중대형 무인항공기의 경우 세계 7위 수준이라는 평가를 받은 바 있다. 하지만 2010년대부터 본격적으로 시작된 소형 무인기 분야에서는 중국에 열세를 면치 못하는 것이 현실이다.

사실 드론 관련 기술은 우리가 중국보다 앞서 있었지만, 국가가 주도적으로 개발한 기술을 민간이 활용해 산업화할 수 있는 환경이 마련되지 못하면서 기술 경쟁력에서도 밀리고 시장 주도권도 빼앗기게 되었다. 지난 2018년 평창동계올림픽 개막식을 빛냈던 1,218대의 드론 군집비행은 인텔이 담당했다. 우리나라도 2016년 같은 기술을 개발했지만, 각종 규제에 상용화가 더뎌진 탓에 경쟁에 밀렸기 때문이다.

정부는 물론 국내 드론업계를 육성하기 위해 수요 창출과 R&D 투자

를 확대하고 관련 인력을 양성하는 등 다양한 지원 정책을 펴고 있다. 국토교통부는 드론 산업 육성을 위해 수도권인 경기 화성을 시범 공역에 추가했다. 드론 시범 공역에서는 고도 제한이나 비가시권 비행 제한과 같은 규제를 적용받지 않고 드론 비즈니스 모델 실증을 할 수 있다. 활용 비즈니스 주요 분야를 꼽자면, 물품 수송, 산림 보호 및 산림 재해 감시, 시설물 안전 진단, 국토 조사 및 민생 순찰, 해안선 및 접경 지역 관리, 통신망 활용 무인기 제어, 촬영, 레저 스포츠, 광고 등이다.[59] 한편, 드론특별자유화구역, 드론 강소기업, 드론 첨단 기술 지정 등 혁신적인 드론 생태계 조성 근거 마련을 위한 '드론산업 육성 및 지원에 관한 법률안'이 2019년 4월 국회 본회의를 통과하기도 했다. 그 밖에도 5G 상용화와 더불어 상업용 드론 시장의 수요가 더 커질 것으로 전망된다.

전 세계 드론 개발 동향과 우리의 전략

이제 어떤 기술 하나만을 따로 떼어 개발하는 시대는 지났다. 융합의 시대가 도래하였기 때문이다. 드론과 자동차가 융합되고 드론과 로봇이 융합되고 있으며, 여기에 자율주행차 전용 도로가 보급되면 로봇이 물건을 자율주행차에 싣고 자율주행차가 옮기면 마지막으로 드론이 그것을 최종 배송지로 배달하는 시대가 올 것이다. 좀 더 진화한 형태의 드론인 개인형 항공기PAV, Personal Air Vehicle가 개발되면 현재의 교통 체계는 전면적으로 바뀔 가능성도 있다.

드론 산업 생태계 육성

- 드론 관련 규제를 부분 완화 차원에서 전면 완화 수준으로 확대
- 농업, 물류, 관측 분야에 주로 제한된 드론 산업의 범위를 확대하기 위해 기술 창업 활성화
- 기술 아이디어의 축적과 교류의 장 구축
- 창의적 아이디어 제시와 기술 창업, 인수합병의 선순환 여건 마련
- 규제 완화나 연구 지원과 같은 단편적 지원 정책을 넘어 상상력을 펼 수 있는 연구 환경부터 미래 도시 설계까지 다차원적 접근 필요

드론이 상용화되는 미래 도시의 인프라 디자인

- 드론이 날 수 있는 도로 인프라와 공중회랑 인프라 디자인
- 가로등, 교통신호등, 전봇대, 디스플레이 모니터, 빌딩, 교량 등을 활용하는 방안을 포함, 드론과의 통신을 위한 커뮤니케이션 스테이션 구축
- 아마존이 2016년 특허 등록한 '기존의 기지국·가로등·전선주·건물을 이용한 드론 도킹·관제 시스템과 차세대 우체통'을 비롯해 '공중 물류센터'를 활용한 낙하산 배송 등의 아이디어 이해 필요
- 비행하는 드론에 도로의 상태, 도로 주변의 빌딩, 확정된 회랑경로, 비행 금지 지역, 임시 착륙 지역, 도시 주민들에게 공급하는 각종 택배를 풀고 싸는 패키지 허브 지역, 드론의 고도 정보, 가로등의 고도 정보, 빌딩의 고도 정보 등 다양한 정보를 제공하는 방안 마련

디지털 어시스턴트로 활용 확대

- 미국의 스카이디오Skydio는 2015년 드론을 '하늘을 나는 디지털 어

시스턴트Flying Digital Assistant'라고 표현함

- 공간적으로 하늘 위뿐 아니라 수중, 지하, 인체로의 활용 방안 및 기술 개발
- 현재 활용 시도가 가장 많은 농업이나 물류뿐 아니라 다른 산업 분야로도 활용 확대
- 제품 성능, 소프트웨어, 사용자 인터페이스 등 다각도로 기술 개발
- 융합적 관점에서 소비자의 달라진 트렌드나 요구사항을 반영한 제품 개발

드론 상용화가 가져올 문제에 대한 선제적 대응

- 비약적으로 증가할 사생활 침해 문제 예측 및 대비
- 무분별한 촬영 등 악용 사례 예측 및 방지책 강구
- 화학물질이나 소형폭탄 운반 등의 사회적·국가적 테러 위협 대비
- 여러 나라에서 개발되고 있는 드론 대응용 방어 솔루션 참조
- 드론 사고를 예방하는 안전 체계 구축 및 관리 감독 시스템 마련

지능형 교통 체계
스마트 모빌리티

교통 부문에서도 인공지능, 클라우드, IoT 등 기술의 융복합을 통해 교통 체계의 효율성과 안전성 및 이용 편의성을 높이려는 다양한 시도가 이루어지고 있다.

특히 기후 변화와 고령화 등 사회 환경 변화에 대응하는 데 있어서 지속 가능한 교통 정책은 스마트 모빌리티로 모아지고 있다. 스마트 모빌리티 체계 안에서는 ICT 기반의 '차량-모바일의 융합 서비스'가 기본적으로 도로 네트워크 인프라와 무선통신 시스템으로 연결되기 때문에 차량, 교통 시설, 그리고 이용자 간의 연계가 가능해진다. 스마트 모빌리티가 자율주행 교통 체계, 전기차 교통 체계 그리고 통합 교통 체계를 토대로 한 이용자 중심의 맞춤형 교통 서비스라면, 스마트시티는 이런 교통 인프라가 실제로 구현되는 도시 모델이라고 할 수 있다.

스마트 모빌리티란 무엇인가

스마트 모빌리티를 구현하는 차량-ICT 네트워크는 정보 기술로 차량, 도로, 사람을 상호연계함으로써 똑똑하고, 편리하며, 친환경적인 교통 서비스를 제공한다. 기존 지능형 교통 체계Intelligent Transport Systems와는 달리 교통 수요자에 최적화된 교통 정보 서비스라고 할 수 있다.

이 네트워크에서는 단거리 전용 통신, 광대역 통신 등의 무선통신 기술, DMB 등 디지털 방송 기술을 통해 이용자-차량-도로 간 정보를 상호 유기적으로 연계하여 교통 이용자가 목적지까지 최적의 경로로 도착할 수 있도록 하는 스마트 통행 계획Smart Trip Planner을 제공하는 것이 가능하다. 스마트 통행 계획은 모든 교통수단을 실시간으로 연계하는 정보를 제공해 자가운전을 가급적 줄이고 대중교통이나 자전거를 이용하게 하거나 걷게 하는 통행 비서 역할을 할 수 있다.

차량-ICT 네트워크를 구성하는 요소는 크게 인프라, 차량, 정보센터, 정보 단말기다. 이렇게 연결된 유기적 관계는 곧 인간을 중심으로 결합된다. 교통정보연계센터에서는 복합 교통 수단과 통행자의 정보를 연계·통합해 교통 정보를 제공하는 것뿐만 아니라 도시의 탄소 배출 상황을 모니터링하며 실시간으로 도시의 수요 관리를 지원하게 된다.

최근 유럽에서 널리 퍼지고 있는 마스MaaS, Mobility as a Service로 대변되는 모빌리티 통합 서비스의 개념이 바로 스마트 모빌리티에 속한다. 예를 든다면 핀란드 벤처기업 마스 글로벌이 출시한 앱 '윔whim'이 신개념 모빌리티 서비스를 세계 최초로 적용한 사례다. 이 앱은 버스, 기차와 같은 대중교통은 물론 택시, 렌터카, 공유차량, 자전거까지 조합해 가장 저렴한 가격에 목적지까지 신속하게 도착할 수 있는 수단을 제공

한다.

일본에서는 자동차 기업 토요타가 가장 적극적으로 마스를 도입하고 있다. 스마트폰 앱 '마이 루트my route'를 출시해 대중교통, 자가용, 렌터카, 자전거 등을 묶어 하나의 서비스로 제공한다. 토요타는 또한 소프트뱅크와 제휴를 맺고 합작회사 모네 테크놀로지를 설립해 마스 사업을 본격적으로 추진하고 있다.

기존 대중교통으로는 원하는 시간에 출발지부터 목적지까지 '도어 투 도어Door to Door'로의 이동성이 보장되지 못하므로 자가용의 선호도가 높을 수밖에 없었다. 그러나 앞으로 공유 교통 시스템이 스마트 모빌리티 서비스에 통합되면 기존 대중교통으로 연결할 수 없던 라스트마일까지 연계되므로 자가용 이용만큼의 편리성을 얻게 된다. 또 개인 차량의 이용이나 비효율적인 차량 이용이 줄어 대기 오염 같은 사회적인 문제 해결에도 큰 도움이 될 것이다. 더 나아가 승용차의 수요 감소는 도로의 효율성을 높여 대중교통 흐름을 더 원활하게 하는 등 사회적인 비용을 낮추며, 여분의 주차 공간을 다른 용도로 활용할 수 있게 되어 도시 인프라 사용을 통한 부가가치도 높아질 것이다.

스마트 모빌리티 구현을 위한 기술적 요건

스마트 모빌리티를 구현하기 위해서는 차량과 도로, 차량과 차량 그리고 차량과 네트워크가 유기적으로 정보를 연계하도록 하는 디지털 인프라가 구축되어야 한다. V2X 통신 방식은 와이파이 기반의 근거리 전용 무선통신 방식과 이동통신 기술 기반의 C-V2X 방식으로 나뉜다.

이때 차량은 주행 중 통신 지연 없이 정보를 주고받을 수 있어야 하고, 통신의 안정성뿐 아니라 신뢰성과 보안성도 뒷받침되어야 한다. 따

라서 통신망과 노변기지국 등의 시설 구축, 차량 전용 단말기 보급 문제를 해결해야 하고, 보안 문제에도 대비해야 한다. 또 이동통신사 간 정보 연계나, 빅데이터 운영 관련 이해당사자 간 권한 조정, 모빌리티 사용으로 발생하는 통신요금 부과에 대한 차량 제작사 및 이용자와의 비용 문제 협의, 개인정보 보호 관련 법과 규제도 선제적으로 해결해야 할 문제다.

기존 인프라의 혁신도 필요하다. 도로 등 사회 기반 인프라는 이제 ICT와 빅데이터, 인공지능 기술이 융복합되도록 디지털 인프라로 전환되어야 한다. 단기적으로는 도로의 기하 구조와 도로표지 개선 등 물리적 인프라를 고도화해야 한다. 이를 기반으로 도로의 정밀지도를 구축해 주행 중인 차량을 정확하게 추적하도록 측위 기술을 융합하고, 차세대 지능형 교통 체계를 적용하는 정보통신 시설을 확충하면 디지털 인프라가 완성되는 것이다.

중장기적으로는 교통 빅데이터 분석으로 교통 안전을 관제하는 논리적 인프라 기술을 확보해야 한다. 이렇게 해야 우리도 스마트 모빌리티를 선도하는 국가 대열에 올라설 수 있다.

미래의 3차원 교통 네트워크

전 세계적으로 도시화가 빠르게 진행되고 인구밀도도 높아져 초고층 빌딩이 급속도로 확산되었다. 도시의 구조는 수평적 기반에서 수직적 기반으로 전환되었다. 이렇게 도시가 수직형 구조로 전환되면 시민들의 수직적인 공간 이동이 가능하도록 교통 인프라가 바뀌어야 한다. 수직

기반의 3차원 공간 교통 네트워크는 현재의 도로, 철도 등 수평 교통 인프라 기반에 지하, 지상, 공중의 입체화된 인프라 및 교통 수단을 새로이 포함하는 것이다. 특히 자율주행차, 수직이착륙 차량, 개인형 항공기, 드론 차량 등 새로운 교통수단들이 입체화된 공간에서 이동할 수 있도록 3D 교통 네트워크 기반의 인프라가 준비되어야 한다.

3D 교통 네트워크는 차량, 전자통신, 제어 시스템 등의 기술 발전 수준에 따라 다르게 나타날 것이다. 영화에서처럼 첨단 기술을 갖춘 모든 차량이 자체적으로 정적, 동적 장애물들을 피하면서 원하는 목적지까지 이동할 수 있다면, 이는 3차원 교통 네트워크의 궁극적인 모습이 될 것이다.

그러나 이를 구현하기 위해서는 단계적으로 모든 기술을 응용해야 하는데 그중 가장 중요한 것은 정보통신기술이다. 차량은 정보통신기술의 융합을 기반으로 차량과 차량 간의 연결, 차량과 교통 인프라 간의 연결이 가능하고, 지하-지상-공중을 모두 포함하는 3D 공간 구조의 인프라와 연계가 가능해야 한다. 수직·수평 수송 체계 기반의 3D 교통 네트워크에서는 기존의 고가도로나 케이블카 등 물리적인 인프라를 진공 튜브나 신개념의 교량, 터널 등으로 대체해야 한다. 이 경우 차량은 다양한 형태의 수직 이·착륙 차량으로 발전하거나 자기장 진공 튜브를 운행하는 무가선 모노레일 형태로 진화하며, 건물의 출발 지점과 도착 지점도 동적 수송에 따라 수직 또는 수평 이동이 가능하도록 운영될 것이다.

그러나 장기적으로는 이러한 구조물이 차량-ICT 및 인프라 융합 통신 네트워크 기반의 공간 구조로 바뀔 것으로 예측된다. 초고층 빌딩 간의 이동이 어떠한 형식으로 발전하게 될지는 아직 알 수 없지만, 도시의 공간 구조 변화에 따라 새로운 형태의 통행 수요가 발생할 것이고, 그러

한 통행 수요에 맞추기 위한 새로운 교통 시스템이 필요해질 것은 분명하다. 즉, 지표면에 기반을 두지 않은 3차원 공간상의 교통 시스템이 등장할 것이기에 이에 대비해서 미래의 3D 교통 네트워크에 대한 논의도 시작해야 한다.

새로운 인증·보안 기술 생체인식의 부상

지능정보 기술이 빠른 속도로 기존 산업과 서비스에 융합되고 있다. 이를 통해 우리는 더욱 편리한 환경에서 생활할 수 있지만, 지금보다 해킹이나 개인정보 유출의 위험에 더 많이 노출될 수도 있다. 이에 따라, 보안성과 편리성이 높은 생체인식 기술이 새로운 보안 기술의 대안으로 급부상하고 있다.

생체인식 기술과 보안

생체인식 기술은 자동화된 장치로 인간의 신체적, 행동적 특징을 추출해 개인을 식별하는 기술로, 바이오 인식 기술이나 바이오메트릭스라고 한다. 생체인식 기술은 센서로 획득할 수 있으며, 정량화가 쉽고, 사

람마다 변하지 않는 고유한 생체 특성이 있다는 점에서 활용도가 높아질 것이다. 특히 신체 정보를 이용한 인식 방법은 분실이나 망각의 위험이 없고 쉽게 복제할 수 없어, 신분증이나 암호코드와 같은 기존의 인증 방식을 대체하는 차세대 보안 산업의 핵심 기술로 주목받고 있다.

생체인식 방식

생체인식은 신체적 특징을 활용하는 방식과 행동적 특징을 활용하는 방식으로 구분된다. 현재 생체인식 기술은 모바일 뱅킹, 전자상거래, 핀테크 분야에서 적극적으로 도입되고 있다. 공인인증서 의무 사용이 폐지되고, 보안성이 강화된 새로운 인증 수단이 필요한 상황에서 생체인식 기술이 주목받고 있다.

- 신체적 특징을 활용하는 방식으로는 각 개인의 얼굴 모양과 얼굴 열상을 이용하는 안면인식을 비롯해 홍채인식, 지문인식, 망막인식, 정맥인식, 손모양인식 등이 있음
- 행동적 특징을 활용하는 방식으로는 음성인식을 비롯해 걸음걸이나 서명 등을 이용함
- 최근에는 생체인식의 정확도와 보안 능력을 높이기 위해 신체적 특징과 행동적 특징을 복합적으로 접목한 다중 생체인식 방법을 활용하고 있음
- 향후 지문, 심전도, 심박수 등 다중 생체 신호 인증 플랫폼이 개발되면 웨어러블 디바이스를 통한 생체신호 측정이 차세대 인증 기술이 될 가능성이 큼

생체인식 기술 현황

생체인식 기반 인증 방식은 ID와 패스워드를 입력하지 않아도 되고, 공인인증서를 소유하지 않아도 된다는 점에서 편리하다. 또 사용자의 신체 정보를 사용하기 때문에 복제가 어려워 보안성이 높다는 장점이 있다. 특히 생체인식용 센서가 소형화되면서 활용 분야가 빠르게 증대되고 있다.

하지만 생체인식 기술은 보안 위협으로부터 아직 완벽하지는 않다. 해킹을 통한 신원 도용 등의 문제점이 야기되고 있기 때문이다. 이에 따라 미국 국립기술표준원은 2015년 생체 정보 위변조 방지를 위한 표준 기술을 제정했고, 국내에서는 한국인터넷진흥원과 한국바이오인식협의회를 중심으로 관련 기술에 대한 국가 표준을 제정했고 생체인식 위변조 방지 기술을 개발하고 있다.

새로운 인증 기술의 필요성과 생체인식

지금까지 국내에서 새로운 인증 수단이 도입되지 못했던 이유는 정부의 공인인증서 사용 의무화 등의 관련 법규 때문이었다. 그러나 2015년에 전자 금융 거래 시 공인인증서의 사용 의무가 폐지되었다. 공인인증서 사용 강제 근거 규정이 개정되었다. 또 비대면 실명 확인 방식이 허용되었고, 금융회사들은 금융 보안 수단을 자율적으로 결정할 수 있게 되었다. 이에 따라 본인 인증, 거래 인증, 상호인증, 지급 결제 등에 다양한 인증 기술이 도입되고 있으며, 대표적인 예가 파이도FIDO, Fast Identity Online이다. 생체 인증은 보안성과 편리성을 동시에 갖는 장점이 있으나, 인증 과정에서 서버에 개인정보를 저장하는 서버형 운영 방식을 사용할 경우 해킹과 정보유출의 우려가 있다. 파이도는 지문, 홍채, 음성 등

| 표 4 | 생체인식 기술의 주요 활용처

활용 분야	세부 활용 분야	예시
보안 액세스 · 개인 인증	PC나 스마트폰 접근 권한	비밀번호를 대체한 본인 인증 수단. 아이폰의 FaceID 등
	모바일 결제	마스터카드의 셀피 페이는 모바일 사이트에서 신용카드로 결제할 때 얼굴 인식으로 본인 확인
	보안 분야의 출입 통제	지문, 홍채, 얼굴 인식 기술을 통한 출입 통제 및 근태 확인
	항공기 탑승	저가 항공사 젯블루는 탑승권의 대체 수단으로 얼굴 인식을 사용하는 실험을 진행. 탑승구에 셀프 탑승 단말을 마련해 승객의 얼굴과 여권 사진을 대조하는 방식
안전 보안	소매점	서점 등 소매 매장에서 절도를 방지하기 위한 목적으로 얼굴 인식 소프트웨어를 갖춘 방범 카메라 시스템 운용
	카지노	알려진 도박 사기범이나 범죄 조직원 등을 식별하기 위해 사용
	아파트	공동 현관에서 얼굴 인식 시스템으로 주민과 비주민을 식별하고, 개별 현관에서 거주자 확인
마케팅	전자간판	방문객의 성별과 연령대 등을 추정하여, 이에 따른 광고 제시. 향후 고객을 식별하고 구매 이력 및 기타 개인 정보 기반 타깃 광고
의료	기억 보조	스마트폰 기억 보조 앱을 통해 안면 실인증 환자 등에게 면회자의 성명 등을 알려주는 데 활용
	전자처방전	무인 시스템으로 환자 본인 인증 후, 전자 처방전 발급
	도박 의존증 치료	캐나다에서는 환자의 자가보고로 직접 등록한 얼굴 사진을 카지노에 제공한 후, 출입 통제

을 활용하는 생체 인증 시스템이면서, 인증 프로토콜과 인증 수단을 분리함으로써 보안을 강화하고 있다.

생체인식 기술의 시장 현황

전 세계 생체인식 기술의 시장 규모는 매년 큰 폭의 성장률을 보일 것이라는 전망에 이견이 없다. 마켓 리서치 퓨처의 2018년 보고서에 따르면, 생체인식 시스템 시장은 2023년까지 연평균 성장률 15% 수준으로, 약 330억 달러 규모로 커질 전망이다. IHS테크놀로지는 생체인식 기술 중 가장 널리 쓰이고 있는 지문인식 기술이 2015년 이후 출시된 스마트기기 대부분에 탑재되면서 2020년에는 170억 달러 규모로 성장할 것으로 내다봤다. 2016년 한국과학기술정보연구원은 국내 생체인식 기술의 시장 규모가 전 세계적인 추세와 마찬가지로 매년 약 15%씩 성장할 것으로 전망했다.

생체인식 시스템 시장의 주요 업체로는 SA(프랑스), NEC Corporation(일본), Fujitsu Ltd.(일본), BIO Key International, Precise Biometrics AB(스웨덴), Secunet Security Networks AG(독일), Thales SA(프랑스), Aware, Inc.(미국), Cognitec Systems GmbH(독일), Cross Match Technologies(미국) 등이 있다.

생체인식 기술 확산 과제

개인정보 보호에 대한 요구가 커질수록 생체인식 기술은 금융, 의료, 보안, 공공 등 다양한 부문에서 활용될 것이다. 그러나 편리함과 안정성을 높이기 위해서는 아직 지속적인 기술 혁신과 대응 전략이 필요하다. 미국 샌프란시스코에서는 2019년 5월 시민들의 사생활과 프라이버시 침해 이슈로 출입국과 항만을 제외하고는 법 집행 기관에서 얼굴 인식

기술을 사용하지 못하게 하는 조례안을 통과시켰다. 생체인식 기술의 활용 범위가 급속도로 확대되면서 기술 남용 우려도 커지고 있음을 보여준다.

- 신체 상태(노화, 체중의 변화, 건강 상태 등)에 따라 달라질 수 있는 점을 고려한 생체 정보 인식 기술 개선
- 사용자 경험, 인지공학 등 관련 기술의 R&D를 통해 생체 정보 등록에 대한 사용자의 심리적 거부감 및 불안감 해소
- 생체 정보 보호를 위한 기술·정책적 제도 마련
- 생체 정보 외부 탈취 시 도용을 방지하는 강화된 암호화 기술 개발
- 센서, 소자, 보안, 소프트웨어, 통신 등 다른 기술과의 융복합
- 전후방 산업과의 연계. 즉 모바일 인증, 지문 자동 식별 시스템 등 전방 산업과 홈 네트워크, 텔레매틱스 등 후방 산업과의 연결
- 복합 인증을 통한 인식의 정확도 및 안정성 제고
- 정부의 연구 지원과 관련 법규 및 제도 정비
- 개인 프라이버시 침해에 대한 대응 전략 수립