

# 지능정보사회를 대비한 안전관리체계 리모델링에 관한 연구 - 기술 중심으로

제2권

A Research on Remodeling of Safety Management System  
for Intelligent Information Society - Focused on Technology

송지환 / 서영희

2018.04.

이 보고서는 2017년도 과학기술정보통신부 정보통신·방송연구  
개발사업의 연구결과로서 보고서 내용은 연구자의 견해이며,  
과학기술정보통신부의 공식입장과 다를 수 있습니다.

# 제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

이 보고서를 『지능정보사회를 대비한 안전관리체계 리모델링에 관한 연구 - 기술 중심으로』의 연구결과보고서로 제출합니다.

2017년 12월

연구기관 : 소프트웨어정책연구소

총괄책임자 : 송지환

참여연구원 : 서영희

연구자문 : 고려대학교 강승모 교수

경희대학교 윤근영 교수

# 목 차

요 약 문 .....	i
Summary .....	xi
제1장 서론 .....	1
제1절 연구의 배경 및 목적 .....	1
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
제2절 연구의 구성 및 방법 .....	3
1. 연구의 구성 .....	3
2. 연구의 방법 .....	3
제2장 교통안전 : 자율주행차와 안전 .....	5
제1절 개요 .....	5
1. 자율주행차 배경 .....	5
2. 자율주행차의 특징 .....	7
제2절 시장 및 정책 동향 .....	10
1. 시장 동향 .....	11
2. 정책 동향 .....	19
제3절 요소 기술 .....	29
1. 환경인식 기술 .....	29
2. 측위 기술 .....	40
3. V2X .....	54
제4절 안전 관련 현안 및 시사점 .....	74
1. 안전 관련 현안 .....	75
2. 시사점 .....	81

<b>제3장 시설물안전 : 스마트 빌딩과 안전</b>	<b>91</b>
제1절 개요	91
1. 스마트 빌딩의 정의 및 사례	91
2. 건물 자동화와 스마트 빌딩	98
제2절 시장 및 정책 동향	104
1. 시장 동향	104
2. 정책 동향	108
제3절 요소 기술	112
1. 스마트 빌딩의 통신	117
2. 스마트 빌딩의 신기술	126
제4절 안전 관련 현안 및 시사점	126
1. 안전 관련 현안	126
2. 시사점	132
<b>제4장 사회기반안전(금융) : 블록체인과 안전</b>	<b>134</b>
제1절 개요	134
1. 블록체인의 개념	134
2. 블록체인의 특징	136
3. 암호화폐로서의 블록체인	142
제2절 시장 및 정책 동향	143
1. 시장 동향	143
2. 정책 동향	150
제3절 요소 기술	156
1. 암호기술	156
2. P2P 네트워크 기술	168
제4절 안전 관련 현안 및 시사점	176
1. 안전 관련 현안	176
2. 시사점	190
<b>제5장 결론</b>	<b>195</b>

## 표 목 차

<표 2-1> 소비자 선호 상위 10대 기술 .....	7
<표 2-2> NATHA & SAE 자율주행차 레벨 .....	8
<표 2-3> 향후 영국의 자율주행차 파생산업 (2030년 전망) .....	10
<표 2-4> 주요 조사기관별 자율주행 자동차 시장규모 및 생산규모 전망 .....	12
<표 2-5> ICT 기업별 자율주행 기술개발 현황 .....	15
<표 2-6> 2015년 자동차 산업 실적 .....	16
<표 2-7> 자동차 등록 대수 및 증감률 .....	16
<표 2-8> 청년 및 노년층의 자동차 보유수 현황 .....	17
<표 2-9> 국내 자율주행기술 비교 .....	18
<표 2-10> 자율주행자동차 임시운행 허가기준(미국, 영국) .....	22
<표 2-11> ADAS 안전기준 적용현황 .....	26
<표 2-12> 자율주행차 상용화 지원 방안 .....	28
<표 2-13> 기술별 활용 센서 .....	34
<표 2-14> 글로벌 주요 System Integrator의 센서 별 개발 현황 .....	37
<표 2-15> GPS 위치 정확도 감소의 유발 요인 .....	43
<표 2-16> GPS 및 GLONASS 비교 .....	44
<표 2-17> 정밀지도의 주요 역할 .....	49
<표 2-18> 수치지형도와 정밀도로지도의 차이점 .....	51
<표 2-19> 수치지형도와 정밀도로지도의 차이점 .....	52
<표 2-20> DSRC 및 WAVE 비교 .....	52
<표 2-21> 국내 ITS 기술 (서비스) .....	56
<표 2-22> ITS와 C-ITS 차이점 .....	59
<표 2-23> 자율주행 로드맵의 3단계 Milestone .....	63
<표 2-24> 스마트자율 협력주행 도로시스템 개발 .....	65

<표 2-25> 자율주행 안전성 평가기술 .....	66
<표 2-26> C-ITS 핵심 서비스 .....	67
<표 2-27> 차세대 C-ITS 기본계획 .....	68
<표 2-28> V2X관련 기술 및 시범 .....	69
<표 2-29> K-City 도로구성 .....	70
<표 2-30> K-City 평가환경 .....	71
<표 2-31> K-City 및 해외 유사시설 비교 .....	71
<표 2-32> K-City 내 구축 예정 실도로 평가환경 및 항목 .....	72
<표 2-33> V2X 주요 국가 개발 동향 .....	74
<표 2-34> 2016년 테슬라 모델S 화재 사고 .....	81
<표 2-35> 공통기준 기반 나라별 규제 및 보험제도 .....	83
<표 4-1> 블록체인 종류 비교 .....	139
<표 4-2> 블록체인 기술의 단계별 발전 방향 .....	139
<표 4-3> 미국 주정부의 블록체인 도입 내용 .....	151
<표 4-4> MD-SHA 패밀리 알고리즘 비교 .....	162
<표 4-5> SHA-256 예시 .....	163
<표 4-6> 암호학적 해시함수는 입력값이 조금만 바뀌어도 결과값이 완전히 달라짐 ...	163
<표 4-7> P2P 네트워크와 서버-클라이언트 네트워크 구성도 비교 .....	169
<표 4-8> 대표적인 암호화폐 도난 사고 요약 .....	178
<표 4-9> 암호화폐 관련 국내 다단계 사기 범죄혐의 일람 .....	183
<표 4-10> ICO에 대한 각국의 규제 현황 (2017년 10월 현재) .....	185

## 그 립 목 차

[그림 2-1] 차량 자율화 기술에 대한 미국 소비자들의 관심도(2014 vs 2016) .....	6
[그림 2-2] 향후 영국의 자율주행차 파생산업 .....	10
[그림 2-3] 자율주행차 시장 점유율 및 매출액 전망 .....	11
[그림 2-4] 자율주행차 개발 협력 관계도 .....	13
[그림 2-5] 자율주행테스트를 허가한 미국의 주(과랑색) .....	20
[그림 2-6] 영국 자율주행차 로드맵 .....	23
[그림 2-7] 독일 자율주행차 로드맵 .....	24
[그림 2-8] 네덜란드 자율주행차 로드맵 .....	25
[그림 2-9] ADAS용 센서 디바이스 세계 시장 전망 .....	29
[그림 2-10] ADAS 시스템 구성 .....	30
[그림 2-11] 불보 자율주행차 인지 시스템 .....	31
[그림 2-12] 주변환경 인식 센서의 종류 및 인식범위 .....	31
[그림 2-13] 카메라 인지 프로세스 .....	32
[그림 2-14] Radar 인지 프로세스 .....	33
[그림 2-15] Laser 인지 프로세스 .....	33
[그림 2-16] Ultrasonic Sensor 인지 프로세스 .....	34
[그림 2-17] ADAS용 센서기술 적용 사이클 .....	35
[그림 2-18] Mono / .....	36
[그림 2-19] Mono Camera / .....	36
[그림 2-20] Night Vision용 적외선 센서 수요 예측 .....	37
[그림 2-21] Night Vision 시장규모 예측 .....	37
[그림 2-22] 보쉬(Bosch)의 Connected Mobility 예시 - 주차 시 .....	38
[그림 2-23] 컨티넨탈의 3단계 자율주행 솔루션 .....	39
[그림 2-24] 항법시스템 개요도 .....	41

[그림 2-25] 측위 기술 시스템 기술 동향 .....	43
[그림 2-26] GPS/INS를 이용한 융합항법 주행시험 .....	44
[그림 2-27] 다양한 센서융합 시스템 성능 비교 .....	45
[그림 2-28] 협력(Cooperative) 항법 시스템 .....	46
[그림 2-29] GNSS/DR 약결합 항법 시스템 구성의 예시 .....	47
[그림 2-30] Google 자율주행차 .....	48
[그림 2-31] 정밀 지도 (예시) .....	50
[그림 2-32] 고정밀 전자지도 형상(예시) .....	50
[그림 2-33] 자율주행 프로세스와 V2X 통신, 정밀 지도의 필요성 .....	53
[그림 2-34] V2X 통신 기술 예시 .....	55
[그림 2-35] V2X 통신 기술 종류 .....	56
[그림 2-36] Euro NCAP의 자율주행차 테스트 시나리오 .....	60
[그림 2-37] 유럽 ERTRAC의 자율주행 상용화 로드맵 .....	61
[그림 2-38] 유럽 각 분야별 자율주행 로드맵 및 Milestone .....	63
[그림 2-39] 미국 M-City .....	64
[그림 2-40] C-ITS 주요 서비스 구성 .....	68
[그림 2-41] 자율주행 실험도시 K-City .....	70
[그림 2-42] 판교 제로시티 자율주행 시험운행단지 .....	73
[그림 2-43] 구글 자율주행차 사고 .....	77
[그림 2-44] 자전거 운전자의 수신호 감지 .....	78
[그림 2-45] 테슬라 자율주행차 차량사고 경위 .....	79
[그림 2-46] 테슬라 사고차량 .....	80
[그림 2-47] 테슬라가 제공한 충돌 사고율 데이터 .....	80
[그림 2-48] 자율주행차에 대한 편익과 우려 .....	84
[그림 2-49] UART vs CAN .....	85

[그림 2-50] 자율주행을 위한 V2X 통신환경에서의 보안 위협 .....	86
[그림 2-51] 사이버 보안 취약 .....	86
[그림 2-52] 지프 체로키 구조 다이어그램 .....	88
[그림 3-1] 스마트 빌딩의 발전 단계 .....	94
[그림 3-2] 스마트 빌딩의 특징 .....	95
[그림 3-3] The Edge 빌딩 .....	97
[그림 3-4] Pennzoil Place 빌딩 .....	98
[그림 3-5] 건물자동화시스템과 IT 기술 .....	99
[그림 3-6] 전형적인 건물자동화시스템의 시스템 아키텍트 .....	100
[그림 3-7] 스마트 빌딩의 네트워크 구조 .....	101
[그림 3-8] 스마트 빌딩 건물자동화 시스템의 기능 .....	102
[그림 3-9] 전 세계 스마트 홈 시장 전망 .....	104
[그림 3-10] 스마트홈의 기술 전망 .....	105
[그림 3-11] 미국 스마트홈의 시장 분포 .....	106
[그림 3-12] IBM Cognitive Buildings .....	107
[그림 3-13] 삼성전자 b.IoT 스마트 빌딩 통합 관리 .....	108
[그림 3-14] 미국 GSA의 Smart building 운영 정책 .....	109
[그림 3-15] 유럽 연합의 환경 정책과 스마트 빌딩 .....	111
[그림 3-16] BACnet의 계층 구조 .....	113
[그림 3-17] BACnet과 인터넷 연결 .....	114
[그림 3-18] ZigBee의 무선 통신 네트워크 구조 .....	116
[그림 3-19] BACnet - ZigBee 통합 통신 네트워크 .....	116
[그림 3-20] 스마트 빌딩의 주요 시스템 및 기술 .....	118
[그림 3-21] 건축물의 빅데이터 .....	119
[그림 3-22] 구글 네스트 플랫폼 .....	120

[그림 3-23] 다이킨 인텔 스마트 게이트웨이 .....	121
[그림 3-24] BuildingIQ의 기기 패턴분석 서비스 .....	122
[그림 3-25] 건축물 에너지 통합관리시스템의 개념도 .....	123
[그림 3-26] 건물일체형 태양광발전의 전기생산량 예측 .....	124
[그림 3-27] Deep learning 기반 고장예지진단 .....	125
[그림 3-28] 딥러닝 기반 고장예지진단 사례 .....	126
[그림 3-29] 출입제어 시스템의 구성요소 .....	127
[그림 3-30] 환상형 화재 패널 구성 .....	129
[그림 3-31] 화재수신기의 종류별 계통도 .....	130
[그림 3-32] 공기조화 설비 연계 피난 유도신호 작동 .....	131
[그림 4-33] 제3의 신뢰기관 vs 블록체인 관리체계 .....	135
[그림 4-34] 비트코인 거래 동작 방식 .....	136
[그림 4-35] 스마트 계약의 예시 .....	141
[그림 4-36] Emerging 기술 하이프 사이클, 2017 .....	143
[그림 4-37] 블록체인 사업 부가가치, 2017-2030 .....	144
[그림 4-38] ICO의 자금 확보 절차 .....	145
[그림 4-39] ICO를 수행한 135개 신생기업 .....	146
[그림 4-40] Propy의 부동산 거래 앱 .....	148
[그림 4-41] 블록체인 협의회 체계 .....	154
[그림 4-42] 은행권 블록체인 컨소시엄 체계 .....	155
[그림 4-43] 은행권 블록체인 컨소시엄 체계 .....	155
[그림 4-44] 해시 함수 예시, 모든 문자열 입력값을 00부터 15까지 매핑해주는 해시 함수 .....	158
[그림 4-45] Google과 CWI 암스테르담 연구소는 같은 SHA-1 값을 갖는 서로 다 른 PDF 문서를 생성하여 웹사이트에 공개 .....	161

[그림 4-46] 연결리스트(linked list) 예시 .....	164
[그림 4-47] 해시 포인터(hash pointer) 예시 .....	165
[그림 4-48] 비대칭키 암호화 방식 설명 .....	166
[그림 4-49] 전자서명에서 개인키와 공개키 .....	167
[그림 4-50] 비트코인 P2P 네트워크의 모든 노드는 블록체인 전체를 가짐 .....	170
[그림 4-51] 비트코인 블록체인의 크기 변화 .....	171
[그림 4-52] 비트코인 P2P 네트워크 노드 현황 (2017년 12월 현재) .....	171
[그림 4-53] 비트코인 블록 생성 보상 반감기 그래프 .....	172
[그림 4-54] 앞에 0의 개수가 많아질수록 경우의 수는 기하급수로 늘어남 .....	173
[그림 4-55] 비트코인 블록 생성 시 풀어야 하는 문제 .....	174
[그림 4-56] 최근 3개월간 난이도 변화 추세 (2017년 12월 기준) .....	175
[그림 4-57] 암호화폐 거래소 거래량 순위 .....	177
[그림 4-58] 비트코인의 거래 과정 .....	181
[그림 4-59] 블룸버그 TV 생방송 중에 비트코인 소유자의 개인키가 노출되어 해 당 비트코인 도난당함 .....	182
[그림 4-60] The DAO의 운영 구조 .....	189

## 수 식 목 차

[수식 4-1] 비트코인 난이도 결정 수식(개념) .....	179
-----------------------------------	-----

## 요 약 문

### 1. 제 목 : 지능정보사회를 대비한 안전관리체계 리모델링에 관한 연구 - 기술 중심으로

### 2. 연구 목적 및 필요성

#### (1) 추진 배경

- 지능정보 기술을 통한 지능정보 사회의 도래
  - 새로운 알고리즘 개발과 하드웨어의 비약적인 성능 향상으로 인해 최근 인공지능 기술이 빠르게 발전하고 있음
  - 인터넷, 클라우드, IoT 등의 기술을 바탕으로 수집된 방대한 데이터 역시 인공지능 기술 발전의 주요한 ‘에너지원’ 으로 사용되고 있음
  - 이러한 신기술이 기반이 되는 사회가 ‘지능정보사회’ 이며 기반이 되는 기술들을 ‘지능정보기술’ 이라고 명명하고 있음
  - 지능정보사회는 경제, 사회, 일상의 삶 등 모든 분야에 지능정보기술이 보편적으로 활용되어 새로운 가치를 창출하고 있음
- 지능정보사회의 도래로 그간의 사회 변화보다 큰 변혁이 있을 것으로 전망
  - 최근 세 차례의 산업혁명 역시 지금까지 존재하지 않았던 새로운 일자리를 만들어 기존 일자리를 대체시키는 등 우리 사회를 상당 부분 변화 시킴
  - 지능정보사회는 일자리의 근본까지 변화시키는 파급력을 가지고 있으며 기계가 인간의 고유 영역이었던 ‘판단 영역’ 까지 넘보고 있음
  - 이러한 변화가 본질적이고 전면적인 만큼 사회의 안전을 확보하기 위해 새로운 ‘틀(frame)’ 이 요구됨
- 특히 지능정보사회로의 패러다임 변화로 국민 안전에 파급력이 클 것으로 예상하는 분야에 대한 교통안전, 시설물 안전, 사회기반 안전(금융)의 체계(틀) 변화에 대한 연구가 필요
  - 교통안전 분야는 자율주행차의 등장으로 거버넌스, 법제도 등 지금까지의 안전관리체계 모든 부분의 변화가 필요한 실정으로 자율주행차의 요

소 기술은 주변을 인식하는 환경 인식 기술에서부터 정확한 위치를 파악하는 측위 기술, 주변 자동차나 인프라와 통신하는 V2X 기술 등으로 지능정보기술의 거의 모든 영역에 해당되므로 하나의 부품 고장이나 인공지능의 잘못된 판단은 큰 사고로 이어질 수밖에 없음

- 시설물 안전분야에서는 스마트 빌딩이 등장하여 각종 센서와 빅데이터 기술은 빌딩 내 각종 데이터를 수집할 수 있게 되었고 이를 분석하여 적절한 의사결정을 내릴 수 있게 되었으나 센서의 오동작이나 네트워크의 단절 혹은 해킹은 빌딩 안전에 영향을 줄 수 있음
- 블록체인 기술의 등장은 금융 분야의 사회기반 안전에 대한 체계의 재설계를 요구하고 있으며 최근 블록체인 기반 암호화폐의 높은 관심으로 이를 이용한 사기 등이 발생하여 큰 피해가 발생하고 있으므로 블록체인 기술을 금융 분야에서 안전하게 활용하기 위한 연구가 요구됨
- 인공지능, IoT, 클라우드, 빅데이터 등 다양한 신기술이 사회의 혁신을 이끄는 지능정보사회를 미리 대비하기 위해서는 국민의 안전을 확보하는 새로운 안전관리체계 구축이 밀바탕 되어야 하며, 이러한 안전관리체계 구축을 위해서는 기반이 되는 기술에 대한 이해가 필요할 뿐만 아니라 요소 기술과 안전과의 관계에 대한 연구가 필요한 상황임

## (2) 연구의 목적

- 지능정보사회의 도래로 기존의 안전관리체계는 새로운 지능정보기술로 인한 사회 변화를 적극적으로 반영하지 못하고 있다는 지적을 받는 실정으로 기존 안전관리체계의 개선 방안을 연구하기에 앞서 이러한 변화를 가져온 새로운 기술에 대한 깊이 있는 이해와 안전과의 관계를 분석하는 연구가 선행되어야 함
- 이에 이 연구에서는 지능정보사회의 변화 요구에 따라 국민의 안전을 확보하고 강화하는데 파급효과가 클 것으로 예상하는 교통안전, 시설물 안전, 사회기반 안전(금융) 분야를 대상으로 새롭게 등장한 신기술에 대한 시장 및 정책 동향, 요소 기술에 대한 이해와 안전과의 관계를 제시하고자 함

## 3. 연구의 구성 및 방법

## (1) 연구의 구성

- 이 연구보고서는 총 5장으로 구성됨
  - 제1장은 서론 부분으로 이 연구를 수행한 연구의 필요성 및 목적을 서술하고, 연구의 구성과 방법에 대해 서술함
  - 제2장부터 제4장까지는 총 4절로 구성되어 있으며 교통안전 분야, 시설물 안전 분야, 사회기반 안전(금융) 분야에서의 신기술인 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인 기술 각각에 대한 특징과 시장 및 정책 동향, 각 요소 기술에 대해 소개하고 해당 기술과 관련된 안전 현안을 정리하고 이를 바탕으로 시사점을 도출함
  - 제5장에서는 제2장부터 제4장까지의 현안과 시사점을 중심으로 기술 발전과 함께 고려되어야 할 안전 사항에 대해 정리함

## (2) 연구의 방법

- 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인의 요소 기술을 중심으로 폭넓은 조사를 수행함
  - 국내외의 정책문서, 정책보고서, 연구보고서, 학술논문 등 문헌연구를 중심으로 해당 기술 분야의 활용 현황과 각국의 정책 및 국내 현황에 대해 조사를 수행함
- 국내 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인 기술의 전문가 및 전담기관의 담당자와의 인터뷰 등을 통해 연구보고서의 적실성을 높임
  - 인터뷰 및 자문회의 등을 수행하고 이를 반영함으로써 문헌 중심의 연구가 갖는 문제점을 제거함

## 4. 연구 내용 및 결과

### 1) 교통안전 : 자율주행차와 안전

#### (1) 자율주행차의 개념과 특징

- 자율주행차는 2025년부터는 사람의 개입 없이 독립적으로 운행이 가능할 것이라 예측되며, 다양한 사회·경제적 효과의 창출이 예상됨
  - 미국자동차공학회(SAE)는 자율주행자동차의 발전 단계를 0단계에서 5단

계까지 총 6단계로 정의하고 5단계가 ‘완전 자율주행’ 형태로서 단계가 올라갈수록 차량의 제어권이 운전자에서 차량으로 이전되는 형태로 분류함

- 자율주행차의 등장으로 인해 교통사고의 극감과 차량 운행비 감소, 병목 현상 및 교통 체증 완화, 가속이나 감속 등 불필요한 위험 운전 행동을 억제함으로써 대기환경오염의 경감 등 많은 기대효과가 존재

## (2) 시장 및 정책 동향

### ○ 시장 동향

- 완전 자율주행차의 시장 규모는 2025년에 60만대 수준에 도달할 것이며 이후 2035년에는 2,100만대 수준으로 대폭 증가할 것으로 예상됨
- 자율주행차의 시장규모가 2020년 1,890달러에서 2035년 1조 1,520달러까지 크게 증가할 것이며, 2035년 자율주행기술이 탑재된 자동차의 비중이 75%를 차지할 것이라 예상
- 주요 글로벌 자동차 제조업체 및 IT업체, 부품업체 등 다양한 산업 분야가 자율주행차 시장에서의 경쟁력 확보를 위해 업체 간 인수 및 합병 등 적극적인 투자를 진행하고 있음
- 국내에서도 2010년부터 현대·기아자동차를 중심으로 연구가 진행되고 있고, SAE기준 자율주행 레벨 3~4단계까지 개발되었으며, 완성차 기업뿐만 아니라 대학교 및 IT연구소, 부품 업체에서도 연구개발을 진행 중

### ○ 정책 동향

- 정부의 적극적인 개입을 통한 임시 운행제도 마련 및 법적 규제 근거 정비를 통해 국제 표준에 맞는 평가 절차를 구축해야 하고 교통사고 발생 시 책임 및 보험 등의 문제에서 정부의 역할이 매우 중요함
- (미국) 연방 및 주정부의 적극적인 지원을 통해 자율주행차 및 교통시스템 개발을 진행하고 있고, V2V 통신기능 의무화 및 21개 주에서 자율주행차 시험운행에 관한 법률을 입법화하는 등 선도적인 대응을 하고 있음
- (유럽) 친환경적인 CO2 배출감소를 위한 자율주행차 기술 개발에 착수하였고 EU 집행위원회 주도로 대형 프로젝트를 진행하고 있음
- (영국) 2020년까지 자율주행차 관련 운전 및 규제 완화계획을 발표하고 자율주행차의 도로주행을 목표로 4개 도시에서 시험 운전을 시행 중
- (독일) 2015년 자율주행기술에 관한 안전기준 정립 방안 수립 및 안전기

준 제·개정을 추진하고 있고, 2016년부터는 아우토반 A9구간에서 자율주행차의 시험운행을 공식적으로 허가하여 2020년 후반까지 5단계의 자율주행차 개발을 목표로 정책을 추진하고 있음

- (한국) 2018년을 목표로 자율주행차 실험도시인 ‘K-City’ 조기 구축과 2020년까지 검사 리콜 및 사고 시 책임배분 보험 제도를 마련하고 ‘운전자’를 전제하고 있는 도로 교통법령 정비 추진을 계획하고 있음

### (3) 요소 기술

- 환경인식 기술은 차량 주행 관련 주변 교통 정보를 빠르게 수집하며 이를 해석 및 의사결정을 신속히 실행하는 데 사용됨
  - 자동차용 센서를 통한 환경인식 기술은 차량 및 신호등 등 주행 중 외부 환경에 대한 데이터를 수집 및 분석하는 중요한 역할을 수행함
  - ADAS(Advanced Driver Assistance System)는 차량 내·외부의 탑재된 각종 센서들이 안전과 위험회피를 목적으로 운전자를 지원하는 첨단보조 시스템으로 크게 카메라, 레이더, 레이저, 초음파 센서로 구분 가능
- 측위 기술은 주변 환경 인식의 개선을 위한 기술로써 정밀한 자동차 위치를 추정하면 최적의 제어로 안전성 향상 및 연비 절감 효과가 있음
  - 측위 기술 중 현재는 GNSS(Global Navigation Satellite System)기반 GPS(Global Positioning System), GLONASS(Global Navigation Satellite System) 등 위성 항법 시스템을 활용하는 전파항법(Radio Navigation)방식이 두루 사용되고 있음
- V2X 기술은 차량 주행 중 유/무선망을 이용하여 다른 차량 및 도로 등 인프라가 구축된 사물과 서로 교통 상황 등의 정보를 교환하는 데 사용됨
  - V2V(Vehicle to Vehicle), V2I(Vehicle to Infrastructure), V2N(Vehicle to Nomadic Device), V2P(Vehicle to Pedestrian) 등을 총칭함
  - 최근에는 전세계적으로 자율주행을 위한 차량용 센서 기반 자율주행 기술을 넘어 사회 인프라까지 고려한 V2X 기반 자율주행 기술의 개발 및 상용화를 진행하고 있음

### (4) 안전 관련 현안 및 시사점

- 2016년 2월 구글의 자율주행차 사고 및 2016년 5월 테슬라 모델S 사망 사고 등 자율주행차 사고가 발생하면서 안전이 중요한 과제로 부상하였으며

해당 사례의 분석을 통해 향후 연구 방향의 제시가 필요

- (구글) 자율주행차는 시범 운행 중 모래 주머니를 피하려다 옆 차선에서 주행 중인 버스와 충돌하는 사고가 발생하였으며 개선방안으로서 자율주행 기능 알고리즘을 사람의 운전습관을 모방하도록 변경함
- (테슬라) 테슬라의 SW에 자동차 제어의 기능을 부분적으로 위임하는 자율주행모드 ‘오토파일럿(Auto Pilot)’ 기능은 주변 환경의 인식 오류로 한 이용자가 주행 중 사망하는 사고가 발생하였으며 이후 레이더를 물체 인식의 주요 수단으로 변경함
- 구글과 테슬라의 사고를 전후로 각국은 자율주행차 안전을 목표로 기준을 마련하고 관련 제도를 정비하는 등 대응책을 마련하고 있음
- 자율주행차는 기존 차량보다 더 많은 전자·통신 기능을 내장하여 해킹하기 쉬운 보안 취약점 및 오작동의 위험들이 증가하고 있으므로 이에 대한 보안적, 기술적 측면의 개선 노력이 필요
  - 자동차에서의 보안은 사람의 생명과 직결되며 향후 개발에 꼭 고려해야 할 사항으로 기획 및 개발 단계에서부터 보안성 확보를 위한 노력 필요
  - 돌발 상황을 인지한 뒤에 앞으로 벌어질 상황을 예측하여 제일 나은 선택을 하는 인공지능 기반의 의사 결정 체계의 고도화가 필요함

## 2) 시설물안전 : 스마트빌딩과 안전

### (1) 스마트 빌딩의 정의와 특징

- 스마트 빌딩은 IT 기술을 통해 건물시스템을 제어하여 성능을 최적화하며, 건물의 사용자에게 쾌적하고 안전하며 건강한 환경을 제공함
  - 스마트 빌딩은 초기 투자비의 회수 비용이 짧고, 건물의 세입자를 쉽게 구할 수 있는 등 경제적이며, 건물의 냉난방 및 조명 비용을 최대 50% 까지 감소하는 등 에너지 절약적인 특성이 있음
  - 재실자의 생산성을 향상하며, 건축물로부터 발생하는 온실가스의 양을 감축시킬 수 있는 등 많은 장점이 있음

### (2) 시장 및 정책 동향

- 시장 동향
  - 스마트 빌딩의 서비스 시장 규모는 전 세계적으로 2015년 130억 불에서

2020년 320억 불로 연간 22%의 성장을 할 것으로 예측됨

- 스마트 빌딩에서 IoT(Internet of Things) 기기는 IoT 설치에 따른 보조금 지급, 이미 설치된 건물자동화시스템과의 연계 등으로 건물의 에너지 소비를 감축할 수 있어서 IoT 관련 기기 및 서비스가 시장을 선도할 것으로 전망
- 스마트 시장규모가 커지는 것을 대비하여 IBM은 IBM Cognitive Building solution을 개발하고 있으며 삼성전자에서도 스마트 빌딩 통합 관리 솔루션인 b.IoT를 개발하는 등 스마트 빌딩 시장에 상대적으로 관심이 적었던 대형 전자 및 IT 회사에서도 시장 선점을 위한 기술을 개발 중
- 정책 동향
  - 미국은 총무부를 중심으로 건물의 에너지 소비 감소, 건물 관리의 효율 향상과 건물 사용자의 만족도 향상을 목표로 스마트 빌딩 정책을 운용하고 있음
  - 유럽은 스마트 빌딩의 활성화를 위한 재정적인 지원과 더불어 범유럽 연구 과제인 Horizon 2020 프로그램<sup>1)</sup>을 통하여 스마트 빌딩의 연구 및 기술 개발을 적극적으로 지원함
  - 우리나라는 국가 차원에서 스마트빌딩의 구현을 위하여 ICT 및 IoT와 연계된 건물에너지관리시스템의 개발을 지원하고 있음

### (3) 요소 기술

- 스마트 빌딩은 다수의 서로 다른 제조사와 다양한 장비가 사용되며 이러한 장비를 하나로 통합 제어하기 위해서는 공통의 언어를 사용한 데이터의 송수신이 필수적이며 대표적인 통신방법은 BACnet과 Zigbee가 있음
  - BACnet은 개방형 표준 프로토콜로써 객체 지향 개념이 적용된 시스템 상호간의 운영성이 보장되는 특징을 가지고 있음
  - Zigbee는 사물통신 및 무선 센서 네트워크에 둔 기술로써 조명, 냉난방 및 방재의 통합 관리가 무선으로 가능하며, 이를 통한 에너지 절감과 더불어 설비 기기들의 개보수 및 확장이 쉬운 장점이 있음
- 스마트 빌딩의 주요 구성 요소와 기술은 건물 자동화 시스템, 냉난방공조 시스템, 조명 시스템, 엘리베이터, 방재 시스템, 방범 시스템과 통신 시스

1) Horizon 2020 프로그램은 2014년부터 2020년까지 7년 동안 약 786억 유로를 투자하는 유럽연합의 연구혁신 프로그램으로 유럽의 글로벌 경쟁력을 강화하고 지식기반 경제 활성화를 목적으로 한다.

- 템으로 구분되며 최근 빅데이터 기술과 인공지능 기술이 주목받고 있음
- 건물에서 발생하는 방대한 양의 데이터를 실시간으로 수집하고 분석하여 실시간 전력 수요 동향 파악 및 사용자의 이용패턴을 활용한 최적의 실내 환경을 제공하는 서비스에 적용하고 있음
- 인공지능 기반의 빅데이터 기술의 응용으로써 특히 스마트 빌딩의 건물 에너지 및 설비 제어 분야에 예측제어, 고장예지진단 등을 위해 적용되고 있음

#### (4) 안전 관련 현안 및 시사점

- 스마트 빌딩은 주요 제어시스템과 IoT 기기는 서로 연동이 되어 있어 IoT에 대한 보안이 매우 중요하며 외부 해킹에 대한 선제 대응이 필요함
- IoT 환경에서 발생할 수 있는 보안 위협요소는 단말 분실 및 물리적 파괴, 무선신호 교란, 정보 유출, 데이터 변조 등이 있음
- 특히 통신 네트워크의 보안이 중요하며 스마트 빌딩에서 많이 사용되는 ZigBee는 단말 성능이 경량화되어 고도의 암호화가 어려운 측면이 있으며 모든 통신구간에 대한 암호화가 이루어지는 것이 아니므로 이에 대한 대책이 필수적임
- 건물 사용자의 생명을 보호하고 안전을 확보하기 위해서는 방재 시스템과 다른 건물자동화 시스템과의 통합 및 상호 운용성의 향상이 요구됨
- 스마트 빌딩의 사이버 위협에 따른 사회적 부작용이 최소화될 수 있도록 외부 해킹 공격에 대한 시스템의 파괴, 오작동, 개인 정보 유출 등에 대한 선제 대응이 필요함

### 3) 사회기반안전(금융) : 블록체인과 안전

#### (1) 블록체인의 개념과 특징

- 블록체인이란 거래 내용을 저장한 블록을 특정한 서버가 아닌 모든 구성원이 네트워크를 통해 분산 저장하고 일정 시간마다 암호화 후 체인 형태로 연결하여 저장하는 기술로써 제3자의 신뢰 없이 이중 거래를 차단하여 확실하고 안전한 거래를 보장함
- 공인된 제3의 중개기관에 대한 의존성이 높은 분야에 블록체인을 적용하면 효율성이 높아지고, 중앙 서버가 아닌 분산 저장방식으로 인한 보

안성 및 투명성 제고 등의 장점을 가지고 있어 금융 분야에서 주목받고 있음

- 블록체인은 가장 먼저 비트코인과 같은 공개(public) 형태에서 확장성과 효율성을 보완한 개인(private) 블록체인으로 발전하였으며 향후 산업간 융합과 사회 기반구조로써 확산되어 활용될 것으로 보임

## (2) 시장 및 정책 동향

### ○ 시장 동향

- 블록체인 기술은 2020년 연간 성장률 120%를 기록하고 시장 규모는 2030년 3,400조 원 규모에 달할 것으로 예측됨
- 은행 및 증권, 대출, 자산 관련 분야에서 블록체인 기술을 활용한 다양한 서비스를 출시하거나 출시에 대한 계획을 수립하고 있으며 IT서비스 업계에서도 금융/증권/자산 관리 분야 등을 중심으로 블록체인의 상용화 및 연구 개발에 적극적으로 나서고 있음

### ○ 정책 동향

- 미국, 일본 등 주요국은 금융 분야의 컨소시엄과 협의체를 발족하여 나라별 실정에 맞도록 산업체와 정부의 협력을 통해 발전하고자 노력하고 있음
- 국내에서도 금융권 블록체인 협의회를 발족하여 은행 및 금융투자업권 컨소시엄 간 소통을 강화하고 정보 공유 및 제도 개선사항 등을 검토하고 있음

## (3) 요소 기술

### ○ 암호기술로부터 블록체인의 신뢰성과 투명성이라는 특성이 확보됨

- 암호기술 중 암호학적 해시함수(cryptography hash function)는 데이터가 변조되었는지를 확인하는 역할을 수행함
- 전자서명(digital signature)은 데이터가 실제 주인(owner)에 의해 작성되거나 수정되었는지를 증명함

### ○ P2P 네트워크를 통해 블록체인이 네트워크의 여러 노드에 분산 저장됨에 따라 변조는 더욱 어려워지고 투명성이 제고됨

## (4) 안전 관련 현안 및 시사점

- 블록체인의 활용 과정에서 많은 혼란과 피해가 발생하고 있으며, 대표적인 금융 분야의 사고 사례를 중심으로 안전 관련 현안을 도출함
  - 최근 암호화폐의 가치 급상승으로 암호화폐 탈취를 목적으로 한 거래소 해킹 사고가 다수 발생하고 있으며 블록체인 기반의 새로운 투자방식인 ICO를 이용한 투자사기는 또 다른 선의의 피해자를 양산하고 있음
  - 익명성을 보장하는 블록체인의 특성과는 달리 암호화폐를 법정화폐로 교환할 때 의도치 않게 발생하는 개인정보 침해도 문제가 되며, 불법 자금 거래 등 부정 거래 가능성도 존재함, 또한 블록체인을 이용한 스마트 계약 역시 여러 취약점으로 인해 큰 피해가 발생하고 있음
- 블록체인 활용에 따른 안전 관련 현안 분석을 통한 시사점 도출
  - 각종 사고 사례를 살펴본 결과, 문제의 원인은 블록체인 자체라기보다는 이를 활용하는데 있어 낮은 보안 의식, 관련 정책 부재 및 미흡, 기술력 부족 등이 문제라고 볼 수 있음
  - 블록체인 기술이 가지는 다양한 가능성이 발현될 수 있도록 해외 각국의 가상통화 및 ICO에 관한 정책변화를 적극 모니터링하면서 국내에 적합한 정책을 구사해 나가는 것이 필요
  - 암호화폐 거래소의 서버 해킹 등으로 개인키가 유출될 수 있으므로 PC, USB 등의 지갑을 암호화하여 안전하게 보관하는 것이 필요하며, 암호화폐 관련 사업자 역시 보안의식 제고와 함께 시스템 보안 조치 및 인증 절차를 강화할 필요가 있음
  - 스마트 계약에 대한 보안 수준은 개발자의 역량에 좌우되므로 배포 이전에 코드 리뷰 및 단위테스트 등의 검증방식을 통해 충분한 검토 필요
  - 암호화폐를 이용한 불법 거래의 경우, 이상 금융거래 탐지 시스템의 방식을 참조하여 접속정보, 거래내용 등을 종합적으로 분석하여 의심거래를 탐지하고 차단하기 위한 연구 수행이 필요함

## 5. 기대 효과

- 3가지 분야에서의 지능정보기술의 도입 현황과 요소 기술 분석 및 안전 관련 현안을 도출하여 이후 법·제도 측면과 행정 관리 측면에서의 개선 방안 및 정책과제에 기초 자료로 활용하고자 함

## Summary

In this report, we have selected the areas of traffic safety, facility safety, and social infrastructure (finance) safety that are expected to change significantly due to the new technologies. The selected field requires an overall revision from law system to administration management through the emergence of new technologies. The trends of market and policy on autonomous vehicle, smart building, and blockchain technology which have a great influence on each safety field are studied, and the element technology constituting each technology was also analyzed. Finally, We research the cases of accidents in each field and derive implications based on them.

It is expected that autonomous vehicles will be able to operate independently from 2025 without human intervention. The market size is expected to increase dramatically to reach 600,000 units, which will increase to 21 million units by 2035. In order to commercialize autonomous vehicles, it is important to research and develop companies. Moreover, it is necessary to establish evaluation procedures according to international standards by provision of temporary driving system through government intervention and improvement of legal regulatory basis. In addition, the role of the government is very important in terms of liability and insurance when a traffic accident occurs.

Autonomous vehicles consist of key technologies such as environmental awareness, positioning, and V2X technologies. Environmental awareness technology is used to quickly collect traffic information related to driving and to quickly analyze and make decisions. Positioning technology is an essential element in estimating precise vehicle location. Through this, it is possible to improve safety and reduce fuel consumption by enhancing perception of surrounding environment and optimal control considering surrounding terrain. Finally, the V2X is used to exchange information such as traffic and other objects such as other vehicles and road infrastructure (roads, etc.) using a wired / wireless network while driving.

We have studied the limitations of technology development through the case studies of Google and Tesla which are developing autonomous vehicles. Especially, as autonomous vehicles are developed, more electronic and communication functions are built up than existing vehicles. Therefore, there are increasing risks of security vulnerabilities and malfunctions that are easy to hack. In response, countermeasures against security threats should be spurred along with R&D. Finally, it is necessary to upgrade the artificial intelligence based decision making system which makes the best choice by predicting the future situation after recognizing the unexpected situation.

The concept of smart building appeared in the 1980s, but it has started to attract attention recently due to the development of IoT. The service market of Smart Building is estimated to grow 22% annually from \$ 13 billion in 2015 to \$ 32 billion in 2020 worldwide. In the Smart Building, IoT (Internet of Things) equipment is expected to lead the market by providing subsidies for IoT installation and linking with the already installed building automation system to reduce energy consumption of buildings. Thus, major overseas countries including Korea are actively pursuing smart buildings.

Smart buildings use many different manufacturers and various equipment. In order to integrate these devices together, it is essential to send and receive data using a common language. BACnet and ZigBee are used as typical communication technologies. In addition, building automation systems of smart buildings, air conditioning systems, lighting systems, elevators, disaster prevention systems, and crime prevention systems are major technologies. Artificial intelligence based big data application technology is applied especially for building energy and facility control of smart buildings for predictive control and fault diagnosis.

Security of IoT is very important because main control system and IoT devices are interconnected. Security threats that can occur in IoT environments include loss of terminal devices and physical destruction, radio signal disturbance, information leakage, and data tampering. In addition, the security

of communication networks is especially important in smart buildings. ZigBee, which is widely used in smart buildings, has a lightweight terminal performance so that it is difficult to encrypt data with high level security. Therefore, it is necessary to take countermeasures against ZigBee because encryption is not performed for all communication sections of ZigBee.

The blockchain technology can be expected to be highly effective when applied to areas where reliance on third party intermediaries is high, as in existing financial services. In particular, it has attracted attention in various fields due to advantages such as reliability and transparency due to a distributed storage method instead of a central server. The blockchain technology is expected to reach 120% annual growth rate in 2020 and the market size to reach 3,400 trillion won in 2030. The United States, Japan, and other major countries have established a consortium in the field of finance, and are working to develop them in cooperation with industries and governments to meet the needs of each country.

The element technology of blockchain is cryptographic and P2P network technologies. The characteristics of reliability and transparency of the blockchain are secured from the cryptographic technique. In particular, the cryptographic hash function among the cryptographic techniques serves to confirm whether the data has been tampered with, and the digital signature proves whether the data has been created or modified by the actual owner. In addition, the P2P network becomes more difficult to manipulate and transparency increases as the blockchain is distributed and stored in various nodes of the network.

There are various problems in the use of the financial sector of the blockchain technology. Recently, there has been a recent hacking accident on the exchange for the purpose of dealing with the cryptocurrency with the surge in the value of the cryptocurrency. Investment fraud using ICO, a new blockchain-based investment scheme, is producing another victim. Unlike the characteristics of a blockchain that guarantees anonymity, privacy information

infringement, which occurs unintentionally when exchanging cryptocurrency for legal denomination, becomes a problem. In addition, there is a high possibility of fraudulent transactions such as illegal fund transactions. Smart transactions using blockchains also suffered a great deal of damage due to multiple vulnerabilities. In all cases of accidents, to apply to financial sector, main problems are low security consciousness, lack of relevant policy and insufficiency of technology, and lack of technical ability rather than the problem of the blockchain.

We have examined new technologies in traffic safety, facility safety, and social infrastructure (finance) safety, which are expected to have a significant impact on securing and strengthening public safety through the advent of intelligent information society. It is expected that it will be used as basic data for improvement plan and policy task in aspect of law and institution in the related field and administration management in the future.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	1
Chapter 2. Traffic Safety: Autonomous Vehicle and Safety .....	5
Chapter 3. Facility Safety: Smart Building and Safety .....	94
Chapter 4. Social Infrastructure (Finance) Safety: Blockchain and Safety .....	138
Chapter 5. Conclusion .....	199

# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구의 배경

최근 인공지능 기술이 빠르게 발전하고 있다. 이러한 발전에는 새로운 알고리즘의 개발과 하드웨어 성능의 비약적인 향상이 주요했다. 또한, 인터넷, 클라우드, IoT 등의 기술을 바탕으로 수집된 방대한 데이터 역시 인공지능 기술 발전의 주요한 ‘에너지원’으로 사용되고 있다. 우리는 이러한 신기술들이 기반이 되는 사회를 ‘지능정보사회’라 부르고 있으며, 이러한 기술을 ‘지능정보기술’이라 명명하고 있다. 지능정보사회는 경제, 사회, 일상의 삶 등 모든 분야에 지능정보기술이 보편적으로 활용되어 새로운 가치를 창출하고 있다.

지능정보사회의 도래로 그간의 사회 변화와는 다른 엄청난 크기의 변혁이 있을 거로 전망하고 있다. 최근 200여 년 동안 세 차례의 산업혁명 역시 지금까지 존재하지 않았던 새로운 일자리를 만들어 기존 일자리를 대체시키는 등 우리 사회를 상당 부분 변화시켰다. 그러나, 지능정보사회는 일자리의 근본까지 변화시키는 파급력을 가지고 있다. 즉, 기계가 인간의 고유 영역이었던 ‘판단 영역’까지 넘보고 있다. 이제는 이러한 변화가 본질적이고 전면적인 만큼 사회의 안전을 확보하기 위해 새로운 ‘틀(frame)’이 요구되고 있다.

특히 지능정보사회로의 패러다임 변화로 국민 안전에 파급력이 클 것으로 예상하는 교통안전, 시설물 안전, 사회기반 안전(금융)의 체계(틀) 변화에 대한 고민이 필요하다. 이러한 고민에 앞서 해당 안전 분야에 지대한 영향을 주는 자율주행차, 스마트빌딩, 블록체인 기술에 대한 깊이 있는 이해와 안전에 어떤 영향을 주는지에 대한 연구가 필요한 시점이다.

자율주행차의 등장은 교통안전 분야에 큰 영향을 가져올 것으로 예상된다. 즉, 거버넌스, 법제도 등 지금까지의 안전관리체계 모든 부분의 변화가 필요한 실정이다. 이러한 자율주행차의 요소 기술은 주변을 인식하는 환경 인식 기술에서부터 정확한 위치를 파악하는 측위 기술, 주변 자동차나 인프라와 통신하는

V2X 기술 등으로 지능정보기술의 거의 모든 영역에 해당한다. 따라서, 하나의 부품 고장이나 인공지능의 잘못된 판단은 큰 사고로 이어질 수밖에 없다.

스마트 빌딩의 등장은 시설물 안전에도 영향을 주고 있다. 스마트 빌딩에 대한 이론은 이미 90년대에 나왔지만 최근 지능정보기술의 발달로 인해 스마트 빌딩이 다시금 조명을 받고 있다. 각종 센서와 빅데이터 기술은 빌딩 내 각종 데이터를 수집할 수 있게 되었고 이를 분석하여 적절한 의사결정을 내릴 수 있게 되었다. 또한, 네트워크 기술의 발달은 빌딩 내 모든 사물 간 통신이 자유롭게 이루어지고 필요한 액션(action)이 네트워크를 통해 전달된다. 따라서, 센서의 오동작이나 네트워크의 단절 혹은 해킹은 빌딩 안전에 영향을 줄 수 있다.

블록체인 기술의 등장은 금융 분야의 사회기반 안전에 대한 체계의 재설계를 요구하고 있다. 기존 은행 등 금융 분야의 사회기반 안전은 중앙집권적인 형태의 안전관리체계에 최적화되어 있다. 그러나, 블록체인 기술은 이러한 중앙집권적인 체계를 완전히 부정하는 분산된 개념을 선보였다. 특히, 최근 블록체인 기반 암호화폐의 높은 관심으로 이를 이용한 사기 등이 발생하여 큰 피해가 발생하고 있다. 따라서, 블록체인 기술을 금융 분야에서 안전하게 활용하기 위한 연구가 필요하다.

인공지능, IoT, 클라우드, 빅데이터 등 다양한 신기술이 사회의 혁신을 이끄는 지능정보사회를 미리 대비하기 위해서는 국민의 안전을 확보하는 새로운 안전관리체계 구축이 밀바탕 되어야 한다. 이러한 안전관리체계 구축을 위해서는 기반이 되는 기술에 대한 이해가 필요하며, 요소 기술과 안전과의 관계에 대한 연구가 필요하다.

## 2. 연구의 목적

상기에서 살펴본 바와 같이 지능정보사회의 도래로 기존 안전관리체계를 개선해야 하는 압력에 직면해 있다. 즉, 기존의 안전관리체계가 새로운 지능정보기술로 인한 사회 변화를 적극적으로 반영하지 못하고 있다는 지적을 받는 실정이다. 법·제도적인 측면과 행정관리 측면에서의 기존 안전관리체계의 개선 방안을 연구하기에 앞서 이러한 변화를 가져온 새로운 기술에 대한 깊이 있는 이해가 절실하다. 또한, 이러한 기술과 안전과의 관계를 분석한 연구가 선행되어야

한다.

이 연구에서는 지능정보사회의 변화 요구에 따라 국민의 안전을 확보하고 강화하는데 파급효과가 클 것으로 예상하는 교통안전, 시설물 안전, 사회기반 안전(금융) 분야를 대상으로 새롭게 등장한 신기술에 대한 시장 및 정책 동향, 요소 기술에 대한 이해와 안전과의 관계를 제시하고자 한다. 향후 연구로는 교통안전, 시설물 안전, 사회기반 안전 분야 이외의 분야로 연구 분야의 확대가 필요하다.

## 제2절 연구의 구성 및 방법

### 1. 연구의 구성

이 보고서는 총 5장으로 구성된다.

제1장에서는 서론으로서, 본연구의 배경, 필요성, 연구의 목적 등이 기술된다.

제2장부터 제4장까지는 교통안전 분야, 시설물 안전 분야, 사회기반 안전(금융) 분야에서의 신기술인 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인 기술 각각에 대해 시장 및 정책 동향에 대해 살펴보고 요소 기술에 대해 알아본다. 또한, 해당 기술과 관련된 안전 현안을 정리하고 이를 바탕으로 시사점을 도출한다.

제5장에서는 제3장부터 제4장까지의 현안과 시사점을 중심으로 기술 발전과 함께 고려되어야 할 안전 사항에 대해 정리하고자 한다.

### 2. 연구의 방법

지능정보사회를 대비한 안전관리체계의 리모델링 방안을 도출하는 협동 연구의 목적을 달성하기 위해, 이 연구에서는 우선 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인의 요소 기술을 중심으로 폭넓은 조사를 수행하였다. 기본적으로는 문헌연구를 중심으로 해당 기술 분야의 활용 현황과 각국의 정책 및 국내 현황에 대해 조사를 수행한다. 국내외의 정책문서, 정책보고서, 연구보고서, 학술논문 등이 주된 대상이다. 둘째, 국내 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인 기술의 전문가 및 전담기관의 담당자와의 인터뷰 등을 통해 연구보고서의 적실성을 높인다. 인

터뷰 및 자문회의 등을 수행하고, 이를 반영함으로써 문헌 중심의 연구가 가지는 문제점을 제거하고자 한다.

## 제2장 교통안전 : 자율주행차와 안전

교통안전 분야에서는 자율주행차와 관련된 기술을 중심으로 국내외 시장 동향과 정책 동향을 살펴보고 관련 요소 기술을 3가지로 구분하여 소개한다. 첫 번째는 첨단운전지원시스템(ADAS), 카메라, 레이더, 라이다와 같은 환경인식기술이고 두 번째는 주변 환경 인식의 개선을 위한 GPS와 같은 측위기술이다. 세 번째는 차량 주행 중 다른 차량 및 도로 등과 네트워크를 통한 상호 통신으로 정보를 공유하는 V2X(Vehicle to Everythings) 기술에 대해 소개한다. 제4절에서는 자율주행차 사고 사례를 분석을 통해 향후 교통 분야의 안전 확보를 위한 시사점을 도출하고자 한다.

### 제1절 개요

#### 1. 자율주행차 배경

자동차 산업은 향후 10~20년의 자율주행차 기술 혁신이 지난 100여 년간 이뤄진 일반 자동차의 기술 변화보다 더 큰 상황에 직면해있으며, 자율주행차는 자율주행 시스템 기술의 발전으로 전 세계적인 큰 이슈로 급부상하고 있다.

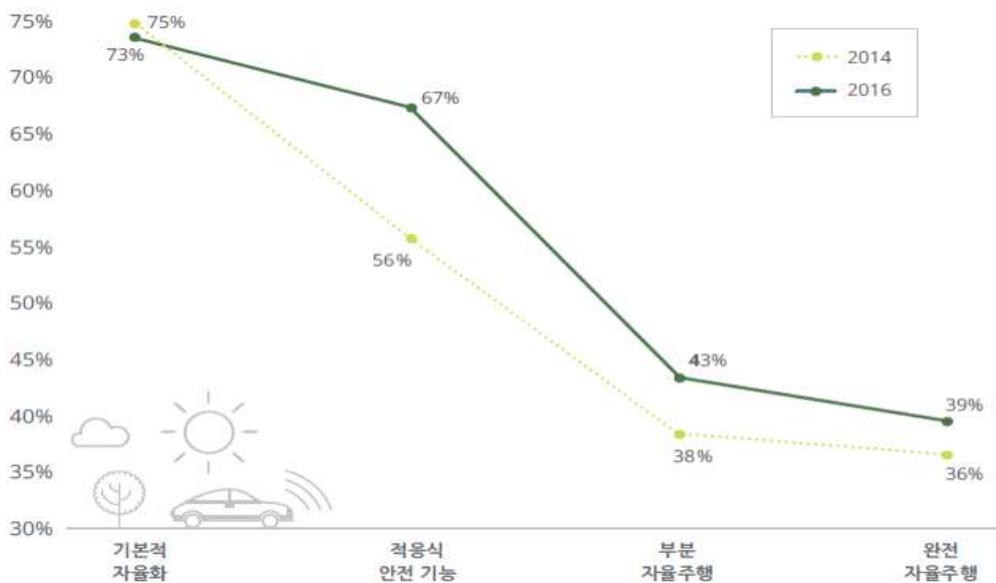
미국의 구글 자동차는 2016년 총 50여대의 자율주행차가 도로를 활보하고 있으며, 국내의 경우에도 2017년 국토부로부터 임시자율주행 허가를 취득하여 총 20대의 자율주행차를 보유중이다. 국내외의 주요 자동차 제조업체들은 2017년 미국 자동차공학회(SAE) 기준 자율주행 레벨 3~4단계의 자율주행자동차를 출시하고 있으며, 업체 대부분은 2020년 자율주행차 상용화 계획 및 2030년에 자율주행 레벨 5단계의 기술개발을 목표로 하고 있다. 자율주행 시스템 기술의 발전은 향후 교통 정체의 완화 및 환경부하의 경감 등 수많은 기대효과를 창출할 것이라 예상된다.

그러나 2016년 2월 구글의 자율주행차 사고 및 2016년 5월 테슬라 모델S 사망 사고 등 자율주행차 사고 사례가 많이 발생하면서 중요한 과제로 ‘안전’이 새로 떠올랐다. 현재 많은 자동차 제조업체들이 자율주행차를 연구 및 기술의 개발에 박차를 가함에도 불구하고 시판에 대해서는 조심스러운 입장을 취하고

있는데, 그 이유는 자율주행차 사고는 곧 운전자 및 상대방의 안전과 직결되기 때문이다.

또한 Deloitte의 설문조사에서 2014년 대비 2016년 차량 자율화 기술에 대한 미국 소비자들의 관심도는 점점 증가하고 있으며, 설문 대상 32개의 자율주행차 기술 가운데 미국 소비자들이 선정한 상위 10위권 중 대부분은 자율주행 안전성 관련 기술<sup>2)</sup>이었다. 최근의 발표된 다른 보고서들에서도 안전관련 기술들이 최상위권을 차지<sup>3)</sup>했으며, 미국자동차협회의 2016년 자동차 기술 설문 조사에서 응답자의 41%는 차로 이탈 경고시스템(Lane Departure Warning System, LDWS)를 최고의 첨단 기술로 지목<sup>4)</sup>했다. 이와 같이 안전에 관한 중요성이 제고되는 만큼 사고의 원인이 되는 요인을 다각도로 검토하고 사고의 예방 및 대처 방안 마련이 필요한 상황이다.

[그림 2-1] 차량 자율화 기술에 대한 미국 소비자들의 관심도(2014 vs 2016)



출처 : Deloitte, 자율주행차를 향한 경주, 2016

\* 표본수 : 2014년 1,913명, 2016년 1,722명

2) Deloitte, 글로벌 자동차 고객 조사(자동차 혁신 기술에 대한 인식 및 수용도), 2016.

3) 미시간주 교통국(Michigan Department of Transportation)이 연결되고 자율화된 차량 기술에 대한 대중 인식 조사 결과, 2016.05.

4) 미국자동차협회의, 자동차 기술 설문 조사, 2016.

<표 2-1> 소비자 선호 상위 10대 기술

설명	카테고리	미국	독일	일본	한국	중국	인도
도로상의 물체 인식 및 충돌 회피	안전성	1	1	1	2	1	1
위험한 운전 상황을 운전자에게 알림	안전성	2	3	4	3	3	4
위험한 운전 상황으로부터 운전자 차단	안전성	3	2	2	1	2	2
의료 응급상황 또는 사고 시 조치 실행	안전성	4	4	3	4	4	3
진단 및 정비 필요 알림 전송	연결성	5	14	12	5	6	5
도난 차량 원격 작동 정지	사이버 보안	6	13	8	14	8	8
연비 개선 지원	연비	7	5	6	11	12	7
차량 간 및 인프라와 통신 가능	연결성	8	10	5	9	5	11
차량 시스템 해킹 방지	사이버 보안	9	15	19	17	22	13
무단 접속 제한을 통한 도난 방지	사이버 보안	10	7	16	20	18	10

출처 : Deloitte, 글로벌 자동차 고객 조사(자동차 혁신 기술에 대한 인식 및 수용도), 2016.

## 2. 자율주행차의 특징

전 세계적으로 주요국들은 자율주행차의 분류기준을 만들어 참고하고 있으며, 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)은 ‘자율주행자동차 가이드라인’ (0단계에서 4단계, 총 5단계)을 제시한 바 있다.

또한 미국자동차공학회(SAE)는 자율주행자동차의 발전 단계를 0단계에서 5단계까지 총 6단계로 정의하며 단계가 올라갈수록 차량의 제어권이 운전자에서 차량으로 이전되는 형태로 분류했다. 1~2단계는 첨단 운전자 지원 시스템(Advanced Driver Assistance Systems) 및 기초적인 군집주행이 가능하며, 3단계는 기초 수준의 고속도로 자율주행(차간거리 유지, 차선유지 및 변경 등)이 가능하다. 또한 4단계에서는 기초적인 수준의 물류 및 대중교통 서비스 지원이 가능 및 5단계에서는 사람이 운전 가능한 모든 도로와 환경적 조건에서의 완전한 자동화가 가능하다. 기존의 NHTSA와 SAE의 가이드라인은 차이가 있었으나, 2016년 9월 NHTSA는 2013년의 제시된 기존의 공식 분류 시스템을 폐기하고 SAE 표준을 채택하였다.

<표 2-2> NATHA & SAE 자율주행차 레벨

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
정의	No-Automation (완전수동)	Driver Assistance (운전자 보조)	Partial Automation (부분 자율주행)	Conditional Automation (조건부 자율주행)	High Automation (고도 자율주행)	Full Automation (완전 자율주행)
특징	운전자가 항상 운전 조작 및 책임(시스템에 의한 개입 또는 경고 이용가능)	운전자가 나머지 모든 동적 운전 임무를 수행 하리라는 기대하에 특정 주행모드에 대해 주행환경 정보를 이용한 일부 운전보조시스템(조향 또는 가감속) 작동	운전자가 나머지 모든 동적 운전 임무를 수행하리라는 기대하에 특정 주행모드에 대해 주행환경 정보를 이용한 1개 이상의 운전보조시스템(조향 및 가감속) 작동	운전자가 긴급상황에 대한 개입요구에 적절히 개입하리라는 기대하에 특정 주행모드에서 자율주행시스템이 모든 주행 조작	운전자가 긴급상황에 대한 개입요구에 적절히 개입하지 못하더라도 특정 주행모드에서 자율주행시스템이 모든 주행 조작	모든 도로 및 환경조건에서 상시 자율주행시스템에 의한 동적 운전 임무수행
제어(조향, 가감속 등)	운전자	운전자/차량	차량	차량	차량	차량
운전 환경감시	운전자	운전자	운전자	차량	차량	차량
비상상황 개입	운전자	운전자	운전자	운전자	차량	차량
자율주행 모드	없음	일부	일부	일부	일부	모든 주행

출처 : 자율주행자동차의 도로관련법상 운전자 개념 수정과 책임에 관한 시론, 2017

자율주행차가 미래 자동차 산업의 가장 큰 이슈라는 것에는 의심의 여지가 없으며 자율주행차 도입에 따른 수많은 사회적 기대효과 창출이 예상된다. 도로 교통 분야 측면에서 바라보면 기대효과의 첫 번째는 교통사고의 극감이다. 도로 교통공단의 2009년 통계와 미국 도로교통안전국(NHTSA)의 2010년 통계를 확인해보면 교통사고의 94%는 운전자의 부주의(전방 주시 태만, 졸음운전 등)에 의한 사고라는 점이 명시<sup>5)</sup>되어 있다. 자율주행차의 도입은 안전성 확보를 목적으로 사고요인 중 가장 높은 비율을 차지하는 인적 요인에 기인하는 교통사고 감소에 획기적으로 기여한다. 동시에 자율주행 시스템이 도입되면 차량 운행비(차

5) 한국자동차산업협회(Kama)웹 저널, 2017, VOL. 338

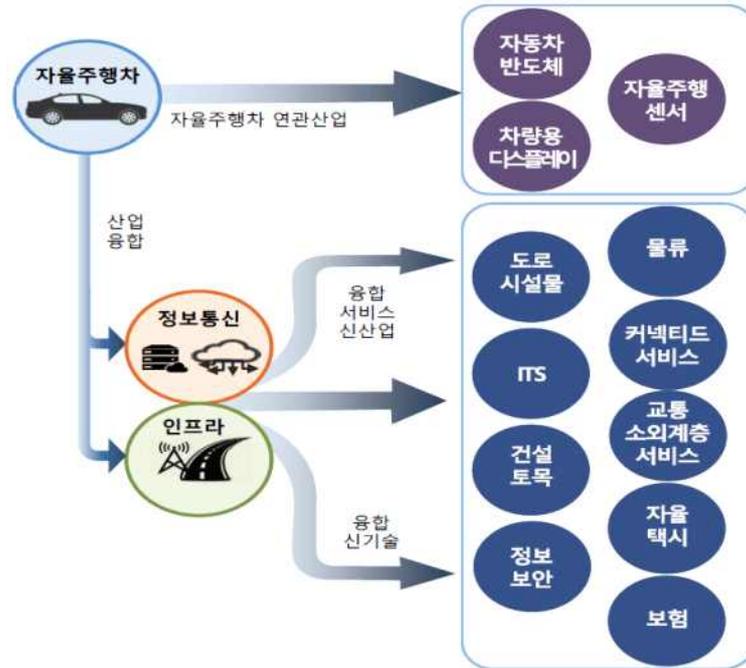
량의 감가상각, 보험, 유류, 주차, 유지비용 등으로 구성)의 비용이 대폭 줄어들어 교통비용을 절감하는 효과도 기대할 수 있다. 또한 현재 국내에서는 자동요금징수(ETC)의 활용으로 현재 요금소 정체를 해소하고 있으며 상습 정체구간(인터체인지 합류부, 터널 입구부 등) 자율주행의 도입으로 최적의 주행환경을 구축, 병목 현상 및 교통 체증 완화 등 여러 해결책을 제공한다.

환경 분야 측면에서는 도심 지역의 경우 산업 발전이 가속화되고 있으며 특히 화석연료 기반의 차량의 배기가스 배출로 인한 환경오염이 심각한 사회문제로 자리 잡고 있다. 자율주행 기술의 도입은 교통 체증 및 불필요한 위험 운전 행동(가속/감속 등)을 억제함으로써 대기환경오염의 경감효과를 기대할 수 있다.

또한 국내는 고령화사회(2018), 초고령화사회(2026)로 진입중이다. 고령운전자 교통사고는 최근 5년간 총 9,467건이 증가했으며 그에 따른 사망자수도 2011년 605명에서 2015년 815명으로 증가했다. 자율주행의 실현으로 교통 취약계층의 교통문제를 해결 및 이동을 지원하는 효과를 기대할 수 있다. 또한 자율주행차의 도입은 차세대에 단순히 운전에만 집중해야만 하는 도로 공간이 아닌 새로운 사회문화 및 복지 공간의 의미로 확장되었다. 또한 자율주행차가 최종 단계(SAE Level : 5, NHTSA : 4)에 도달할 경우, 운전자는 운전 외기타 업무를 할 수 있을 것이다. 이는 통행 시간을 활용하여 생산성 향상에 기여할 수 있음을 보여준다.

향후 다양한 산업과의 융합으로 자율주행차 관련 파생산업을 통해 국익에 기여하는 효과 외에도 에너지 효율, 운전 쾌적성의 향상 등 다양한 효과가 기대될 전망이다.

[그림 2-2] 향후 영국의 자율주행차 파생산업



출처 : 자동차부품연구원, 자율주행차 산업생태계 조성방안, 2016

<표 2-3> 향후 영국의 자율주행차 파생산업 (2030년 전망)

효과 유형	내 용
소비자 파급효과 (58조원)	- 커넥티비티/자유시간 증가로 인한 추가 일 가치 (29조원) - 여행 및 노동의 효율성 증대로 인한 가치(22조원) - 기타 (보험료 감소, 연료비 감소 및 주차료 감소 등 7조원)
생산 파급효과 (3조원)	- 자율주행차 수요 증가로 생산증가 효과
거시적 파급효과 (23조원)	- 여행·물류 비용 절감, 교역량 증가, 보험수익률의 향상 - 디지털, 광고, 미디어, 인터넷 판매업 성장 - ICT, 전기전자 등 서비스 산업 성장 - 도시공간 효율화, 에너지 효율 증가, 부동산 상승
과세 파급효과 (3조원)	- 일자리 및 생산량 증가로 인한 증세효과 - 간접적 파급효과로 인한 증세효과
안전 가치 (3조원)	- 교통사고의 94%가 운전자 요인, 2030년 절반 감소
비용 상승 (-11조원)	- 인프라 투자 및 도로 유지비용 상승
총 74조원인 반면 한국은 37.7조로 영국 경제의 51% 예상	

출처 : KPMG, 2030년 전망, 2015

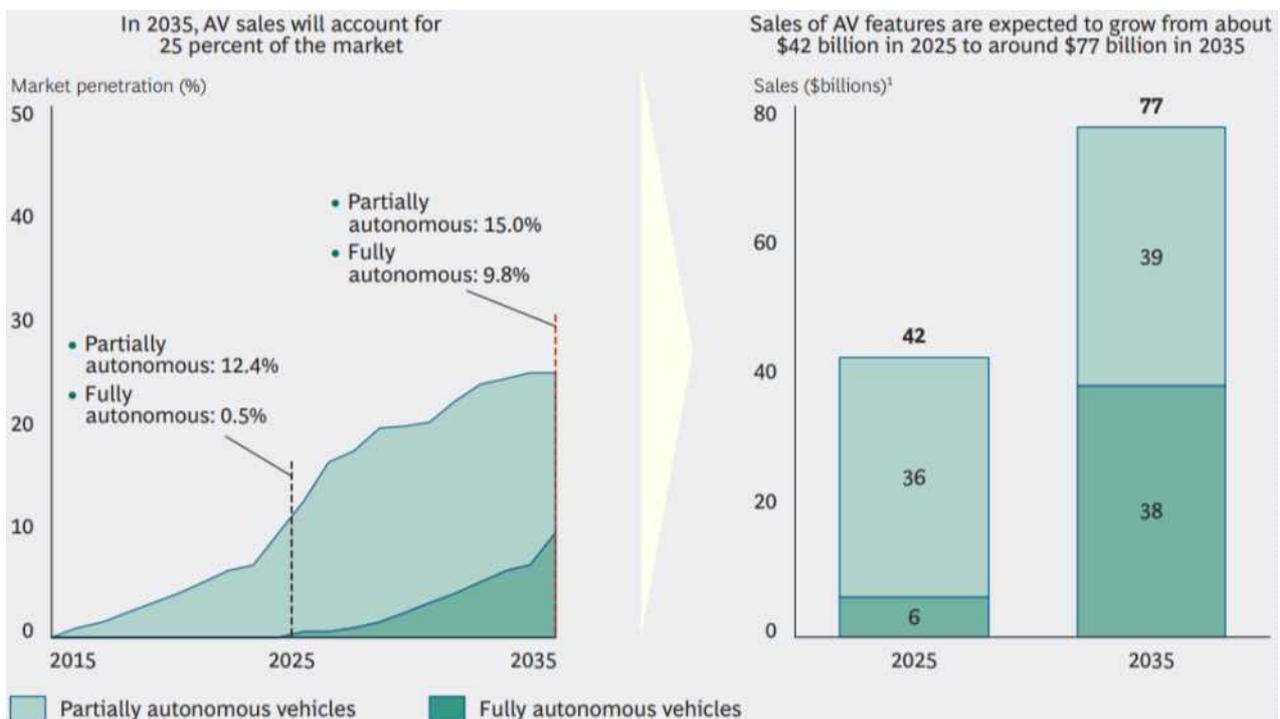
## 제2절 시장 및 정책 동향

## 1. 시장 동향

### 가. 해외 시장 동향

주요 글로벌 조사기관인 IHS Automotive는 대략 2025년부터 ‘완전 자율주행차’의 보급 및 시장 규모가 대폭 증가하여 60만대 수준에 도달 할 것이며, 이후 2035년에는 2,100만대 수준으로 늘어날 것으로 예상<sup>6)</sup>하고 있다. 구체적인 전망은 기관별로 조금씩 차이를 보이지만 2020년에서 2025년 사이에 NHTSA 3단계의 차량이 보급될 것으로 전망한다.

[그림 2-3] 자율주행차 시장 점유율 및 매출액 전망



자료: BCG analysis, Revolution in the driver's seat, 2015.04.

보스턴 컨설팅 그룹에 의하면, 자율주행차 시장 규모는 2025년에는 420억 달러까지 증가하며 2035년에는 770억 달러로 10여 년간 대폭 상승할 것으로 예상하며 2035년의 자율주행차의 생산 규모는 전체의 25% 규모로 총 3,000만대 중 완전 자동주행 자율주행차는 1,200만대, 부분 자율주행차는 1,800만대에 이를 것

6) IHS Markit, IHS Clarifies Autonomous Vehicle Sales Forecast, 2016.06.

으로 전망<sup>7)</sup>하고 있다.

미국 시장조사 업체 Navigant Research는 세계 3대 시장(북미, 유럽, 아시아)을 대상으로 자율주행차의 시장규모가 2020년 1,890달러에서 2035년 1조 1,520달러까지 크게 증가할 것이며, 2035년 자율주행기술이 탑재된 자동차의 비중이 75%를 차지할 것이라 예상했다.

<표 2-4> 주요 조사기관별 자율주행 자동차 시장규모 및 생산규모 전망

출처	자율주행자동차 시장규모	자율주행자동차 생산규모	비고
보스턴컨설팅그룹	2025년 420억 달러, 2035년 770억 달러	2035년 완전 자동주행 자율주행차 1,200만대, 부분주행 자율주행차 1,800만대	2035년에는 자율주행자동차의 전세계 판매량이 25% 전망
Navigant Research(2013)	2020년 1,890억 달러, 2035년 1조1,520억 달러		2035년에는 자율주행기술이 탑재된 자동차 비중이 75% 전망
IHS		자율주행차 판매 2025년 60만대, 2035년 2,100만대	2025년 후 연간 43% 급성장 전망
IHS 오토모티브(2014)		NHTSA Level 4 이상 무인 자동차 2025년 23만대, 2035년에는 118만대	CAGR 18%
맥킨지	스마트카 시장규모 2014년 140억 달러, 2020년 2,000억 달러		
아노경제연구소		자율주행자동차 2030년 6,500만대	
골드만 삭스	2015년 약 30억 달러, 2025년 960억 달러, 2035년 2,900억 달러		
ABI 리서치	스마트카(ADAS System) 2013년 2조 3,000억 달러, 2020년 26조 달러	자율주행차 2024년 110만대, 2035년 4,200만대	스마트카 CAGR 41% 2030년 자율주행자동차 공유서비스 사용자 4억명
한국자동차산업협회		2024년 110만대, 2035년 4,200만대	2035년 누적 판매량 1억 7,600만대
현대경제연구원		2030년 1억대	

출처 : 한국정보화진흥원, 각 사, 유진투자증권, 신정부출범과 4차산업혁명, 2017.05 (재인용)

미국 연구기관 리씽크엑스<sup>8)</sup>는 지난 5월 발간한 보고서를 통해 2020년부터 2030년까지 2억 4700만대에서 4400만 대로 미국 내 총 자동차 수가 약 80% 감소할 것이며, 신차 판매량은 1800만 대에서 560만 대로 감소할 것이라 분석했다. 또한 자율주행차 보급이 증가함에 따른 시장의 변화로 자율주행차의 공유서비스가 확산됨과 동시에 서비스를 이용한 운송비의 절감 효과도 클 것이라 예상했다. 차량유지 비용, 에너지 가격, 금융과 보험비용 등의 운송비가 낮아지면 1마일 당 운송비는 신차 구매 시 4~10배, 기존 차량 이용 시 2~4배 저렴할 것으로 분석했다. 이러한 운송비의 감소로 가구당 연간 5600달러의 운송비가 절약되므로 이를 통해 2030년에는 연 1조 달러의 미국 연 가계 수입과 GDP가 증가할 전망이다. 이러한 급격한 수요의 감소는 중고차 시장과 신차 판매량에도 영향을

7) Navigant Research(2013), 한국정보화진흥원, 자율주행 자동차산업의 빛장을 열다(2017) (재인용)

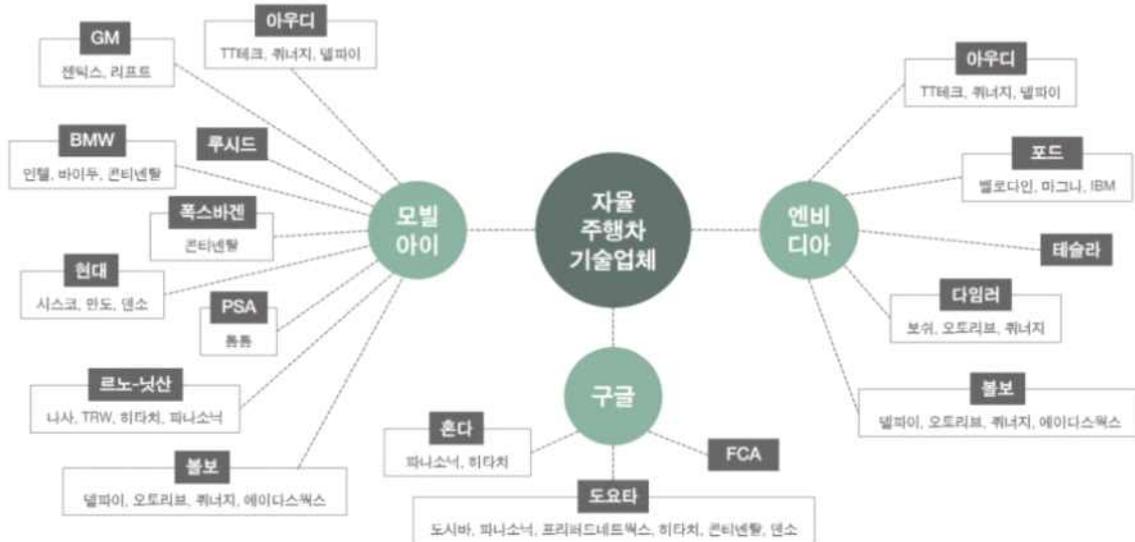
8) James Arbib & Tony Seba, Rethinking Transportation 2020-2030, RethinkX, 2017. 5.

미치므로 2024년 이후에는 개인 차량 판매는 사라질 것으로 예상했다.

반면에 보스턴 컨설팅 그룹<sup>9)</sup>은 2021년까지 차량의 공유는 확산될 것으로 예상하나 자율주행 기술의 발달로 인한 무인 차량 출현의 경우, 차량 공유에 지출되는 비용은 오히려 감소하여 신차 판매량에 미치는 영향은 오히려 미미할 것으로 예측했다.

주요 자동차 제조업체 및 IT업체는 현재 자율주행차 시장의 경쟁력 확보를 위해 기술 개발 및 기업의 인수 합병 등 적극적인 투자를 하고 있는 상황이다. 또한 효율적인 자율주행차 개발을 목표로 IT, 통신, 자동차 부품 등의 다른 산업군의 선도 업체들과 협력중이다. 자율주행 기술은 크게 고정밀 지도, 센서 및 인공지능(AD) 등으로 구분하며, 주로 완성차 업체가 핵심 기술의 확보를 위해 ICT 업계와 협력 발전 방향을 모색 중이다. 자율주행차의 선도 기술 보유국을 중심으로 시장 동향 및 향후 상용화 계획을 업계별로 분류하여 기술하였다.

[그림 2-4] 자율주행차 개발 협력 관계도



출처 : 최솔지, 자율주행자동차의 현주소, 그리고 향후 비즈니스 기회, 2017.03. (레이몬드제임스리서치, 인사이터스 가공)

해외 ICT업체 중 하나인 구글은 자동차 업계와의 제휴를 확대하였다. 구글은 2009년부터 자율주행차 개발 계획을 발표했으며, 자동차 제조업체인 도요타의

9) 로봇신문, “2030년 미국 자율주행차 비율 전체의 25% 예상”, 2017.04 (재인용)

자동차 모델 PRIUS를 대상으로 카메라, 인공지능 소프트웨어, GPS 등의 각종 센서를 이용하여 처음으로 자율주행자동차 초기 버전을 만들었다. 또한 미국 최초로 면허를 획득(네바다주)했으며 2012년 SAE 기준 자율주행 3단계에 돌입하였다. 또한 구글 무인 자동차 프로젝트팀은 Lexus를 개조하여 2014년 최초로 시내주행에 성공했다. 이 해에 알파고를 개발한 딥마인드 창업자들은 구글에 ‘군사적 목적으로는 기술을 사용하지 않을 것’이라는 조건을 내걸고 구글에게 회사를 매각하였다. 2016년 자율주행트럭 배송 특허를 취득하였으며, 구글의 모기업 알파벳은 ‘Waymo’라는 타이틀을 내걸고 자율주행차 프로젝트를 위해 따로 자회사를 독립시킴으로써 상용화에 한걸음 다가갔다. 2017년 디트로이트 모터쇼의 연설을 통해 SAE 5단계 수준에 도달하는 완전 자율주행차를 2020년까지 상용화하겠다는 계획을 내비쳤다. 현재는 최장거리의 시범 운행 거리를 기록, 모든 자율주행 프로젝트 경쟁 기업과 비교해 가장 많은 데이터를 보유하고 있는 것으로 평가된다. Waymo는 구글의 계열사로 자동차 제조업체인 도요타, 혼다 등과 함께 자율주행차를 개발 중에 있으며 자율주행 관련 선두권 기술을 보유하고 있다. 세계 최초로 완전자율주행을 시연하였으며, 2017년 자율주행차 시범 서비스를 시작했다. 다만 고정밀지도 등을 보유하고 있는 데이터가 인공지능(AD)대비 비용 지출이 높아, 대안으로 5세대 이동통신이 대두되고 있다.

미국의 실리콘밸리를 기반으로 한, 주요 자동차 제조업체 중 하나인 Tesla는 2015년 Model S/IX에 Auto Pilot(Autosteer, Autopark 등의 기능)을 탑재하였으며, Autosteer는 고 수준의 차선 이탈방지 시스템이다. 이 기능은 차선 내에서 감속, 커브에 맞춰 핸들 조작 등을 자동으로 실시하나 표지나 신호등의 인식 및 확인이 불가하기 때문에 주로 고속도로에서의 이용이 상정된다. 2016년 완전 자율주행용 HW를 전 차종에 탑재한다고 발표하였다. 2016년 10월 기준 ‘Auto Pilot 모드’ 주행 거리가 약 3.5억Km에 이르며, 2017년 말까지 미국 동서 횡단(LA - NA) 자율주행 시험 계획을 발표했다.

GM(General Motors Corporation)은 2016년 1월, 차량 공유 회사인 리프트(Lyft)와 자율주행 택시 사업을 협력하기로 했으며, 차량 공유 서비스인 ‘메이븐’이 미시간 주에서 시작되었다. 2016년 말 Chevrolet Bolt 차량으로 자율운행 자동차 시험운행을 계획했으며, 자율주행차 기술 개발 벤처기업인 Cruise Automation을 인수하였다. 또한 IBM AI 솔루션 Watson과 제휴 및 Onstar와 왓슨

을 결합한 Onstar Go를 차량에 탑재해 운전행태를 분석중이다. GM은 2017년부터 Cruise Automation의 자율주행 시스템을 차량의 옵션으로 장착할 예정이며, 2018년까지 자율주행전기차인 볼트를 1000대 생산 후 실험을 실시한다고 발표했다.

Ford는 2016년, 2021년부터는 완전 자율주행차 단계의 자동차 생산 및 본격적인 시험에 돌입할 예정이며 2025년에는 자율주행차 판매를 시작할 것이라 발표했다. 또한 5년 이내에 무인 택시 사업을 계획했으며, 2016, 17년에 각각 AI 신생기업인 Saips(이스라엘)과 Argo(Google & Uber)를 인수했다.

일본의 주요 자동차 제조업체인 도요타는 2015년 자율주행차로 약 5.5km의 구간을 시험 주행 하였으며, 구글의 AI총괄 제임스 커프너 박사의 영입 및 대대적인 투자를 하였다. 또한 2017년에는 미국 자회사가 SAE기준 레벨4의 자율주행 실험차량을 개발하였으며, 향후 2020년까지 고속도로의 환경에서 주행 가능한 완전 자율주행차를 시판할 예정이다.

<표 2-5> ICT 기업별 자율주행 기술개발 현황

ICT 기업	엔비디아	- 인공지능(AI) 자율주행 컴퓨터 드라이브 PX2 탑재, BB8 자동차 공개 - 자동차 부품공급업체 ZF와 협력, 상용차용 자율주행 컴퓨터 2018년 양산 예정 - 지도업체 히어(독일) 및 젠린(일본)과 자율주행차 지도 솔루션 개발 협력
	모빌아이	- 기존 테슬라 오토 파일럿 시스템 공급업체였으나, 2016년 사고 이후 공급 중단 - 델파이 및 인텔과 협력하여 2019년까지 자율주행 시스템 개발, 완성차 업체에 납품 예정
	애플	- 지도업체 히어 협력, 자율주행용 고화질 실시간 지도 개발 - 2014년 자율주행차 시도, 다임러 및 BMW와 협상 결렬
	우버	- 볼보(Volvo) 협력, 2021년까지 완전 자율주행차 공동개발 - 향후 완전 자율주행차를 이용한 무인택시, 무인트럭 사업 운영 계획
	바이두	- 인공지능(AI) 운전자 보조 프로그램 탑재 자율주행차 개발 - 2018년 상업용 자율주행차 출시 예정, 2021년 양산화 계획
	네이버	- 국내 중소기업과 협력, 도요타 개조 차량으로 자율주행 시스템 시험 - 향후 카쉐어링 사업 등록을 통한 무인택시 서비스 구상

출처 : 최술지, 자율주행자동차의 현주소, 그리고 향후 비즈니스 기회, 2017.03 (인사이터스 가공)

## 나. 국내 시장 동향

지난 2015년 국내에서는 자율주행 기술의 개발과 상용화를 위해 향후 2020

년 부분 자율주행이 가능한 차량을 상용화할 것이라는 ‘자율주행차 상용화 지원 방안’ 이 발표됐으며, 일반 운전자 외에도 교통 취약계층(장애인, 고령자 등), 군사용, 상업용 등 다양하게 활용될 것으로 예상하고 있다. 국내 자동차 시장을 살펴보면 2015년 자동차 산업 실적에서 생산과 국내 판매 시장은 증가하였으나, 수출 부문에서는 다소 감소한 것을 확인할 수 있다.

<표 2-6> 2015년 자동차 산업 실적

(단위 : 천대, 억불, %)

구 분	2013년		2014년		2015년(잠정)	
		증감률		증감률		증감률
생 산	4,521	-0.9	4,525	0.1	4,556	0.7
수 출	3,089	-2.6	3,063	-0.8	2,976	-2.8
(금액)	486	3.0	489	0.6	458	-6.4
차부품수출(금액)	261	6.0	266	2.1	255	-4.1
국내 판매	1,540	-0.1	1,661	7.9	1,833	10.4
국산차	1,382	-2.0	1,446	4.6	1,558	7.7
수입차	158	20.4	215	36.1	275	27.9

출처 : 산업통상자원부 보도자료, 2016.01

또한 국내 자동차 판매량에서의 수출 비중은 2013년과 2015년 각각 68.3%와 65.3%를 기록하며 3% 가량 감소하였다. 국내 자동차 등록 대수에 있어서는 2002년 약 1,395만대에서 시작하여 2015년 차량 등록대수가 약 2,100만대에 육박함을 확인가능 하며, 이로 인해 등록 대수는 꾸준히 증가함을 알 수 있으며 차량 1대당 인구수는 2.46명으로 추정되고 있다. 반면 자동차 등록대수 증가율은 2002년 전년대비 8%의 증가율을 보이나 2015년은 4.3%로 점차 감소 경향을 보인다. 이는 국내 일반 자동차 보급이 포화 상태로 돌입했다고 볼 수 있다.

<표 2-7> 자동차 등록 대수 및 증감률

연 도	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
대수 (만대)	1,395	1,459	1,493	1,540	1,590	1,643	1,679	1,733	1,794	1,844	1,887	1,940	2,012	2,099
증가 (천대)	1,035	637	347	463	499	533	366	531	616	496	434	530	717	872
증가율 (%)	8.0	4.6	2.4	3.1	3.2	3.4	2.2	3.2	3.6	2.8	2.3	2.8	3.7	4.3

출처 : 국토교통부, “자동차 통계자료”, 2016.01.

또한 연령별로 자동차 보유 현황을 살펴보면 표 2-8과 같이 청년 대비 고령자의 자동차 보유수는 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 청년층의 자동차 보유수는 2011년에 비해 2014년 약 16만대 정도가 감소하였으나, 노년층의 자동차 보유수는 약 18만대 정도가 증가하였다.

<표 2-8> 청년 및 노년층의 자동차 보유수 현황

연령대	연도	2011	2012	2013	2014
20-30대	합계	4,039,339	3,938,799	3,869,763	3,872,914
	남	3,005,195	2,918,925	2,858,441	2,853,120
	녀	1,034,144	1,019,874	1,011,322	1,019,794
70 이상	합계	698,841	761,070	823,861	880,957
	남	537,352	590,346	645,006	696,309
	녀	161,489	170,724	178,855	184,648

출처 : 한국교통연구원, 「자동차 차종분류기준 개선방안 연구」, 2015

이를 토대로 청년층의 대중교통 이용량 및 노년층의 자동차 이용량이 증가하고 있음을 판단할 수 있으며, 한국교통연구원 KTDM 수단별 분담률을 참고해보면 2002년부터 청년층의 대중교통 통행량은 자동차 통행량을 추월한 것으로 확인할 수 있다.

국내 자동차 내수시장의 수입차 시장 규모가 확대되고 있는 추세이며, 주요 자동차 제조업체의 친환경 자동차의 상용화를 위한 노력으로 전기 자동차 및 하이브리드 자동차의 보급이 증가하고 있다. 또한 노년층의 승용차 이용량이 증가함에 따라 향후에는 안전할 뿐만 아니라 운행조작이 쉽고 간편한 자동차의 수요가 늘어날 것으로 전망된다.

지금까지 기술한 국내 자동차 시장의 현황을 종합하면, 국내에서의 자동차 수요가 증가했고 수입차 및 고령자의 자동차 통행량이 증가하였으며, 국내 자동차 판매량 중의 경우, 수출 비중이 높고, 자동차 보급은 포화되고 있는 추세이다. 그러므로 세계적으로 확대되고 있는 자율주행차 시장에서의 경쟁력 확보를

위한 노력이 필요하다. 또한 해외에서는 주요 자동차 제조업체 및 IT업체, 부품 업체 등 다양한 산업 분야가 자율주행차 시장에서의 경쟁력 확보를 위해 업체 간 인수 및 합병, 기술의 개발 경쟁 등 적극적인 투자를 하고 있는 실정이다. 국내 기업들도 세계 자율주행차 시장의 경쟁력 강화를 목표로 자율주행 기술의 실험도시 구축 및 안전 가이드라인 설정 등 적극적인 지원 및 노력이 필요하다.

국내 기업 현황을 살펴보면 2010년부터 현대·기아자동차를 중심으로 연구가 진행되었다. 현재는 SAE기준에서 자율주행 레벨 3~4단계까지 개발되었으며, 완성차 기업뿐만 아니라 대학교 및 IT연구소, 부품 업체 등에서도 연구 개발이 활발하게 진행 중이다.

<표 2-9> 국내 자율주행기술 비교

구분	현대·기아차	서울대학교	네이버랩스
기술수준	레벨 4	레벨 3	레벨 3
적용기술	카메라, 센서	카메라, 센서	카메라, 딥러닝
커넥티드	2018년 상용	미정	미정
특징	미국 네바다주 자율주행 면허 취득	국내최초 일반도로 자율주행 면허 취득	국내 IT업계 최초 자율주행차 개발

출처 : IPNOMICS, (<http://www.ipnomics.co.kr/?p=61303>), 2017.04.

현대 자동차는 미래형 자율주행차를 개발 및 핵심 부품의 원천 기술의 확보를 목표로 총 13조 3000억 원을 투자할 예정이며, 2018년까지 친환경 기술 등 개발에 박차를 가하기 위해 약 7300여 명의 R&D인력을 채용할 예정이다. 또한 2015년 말에 고속도로 주행 시 운전자의 안정성 향상을 위해 적용된 고속도로 주행지원 시스템(Highway Driving Assist, HDA)을 대폭 생산하였으며 2020년에는 혼잡구간에서 카메라, 레이더, 라이다 등 센서를 활용하여 전방 차량과의 간격을 유지하는 TJA(Traffic Jam Assist)의 상용화를 목표로 하고 있다. 그러나 AI(인공지능)부문에서는 아직까지는 제휴나 협력을 맺기 보다는 독자적인 개발에 주력 중이다.

국내 자동차 부품업체중 현대모비스는 2016년 처음으로 국내 자율주행차 임시운행 허가를 취득했다. 2019년에 양산을 준비 중이며, 2020년과 2022년에는 각각 레벨3 이상의 자율주행기술의 개발 및 상용화를 목표로 하고 있다. 이에

뒤이어 LG이노텍, 세코닉스, 엠씨넥스 등 전자 부품 업체들도 핵심 센서 기술을 개발하고 있다.

2017년에는 국내 ICT업체에서 네이버가 처음으로 자율주행차 임시운행 허가를 받음과 동시에 자체개발 중인 자율주행 차량을 최초로 공개했다. 또한 머지않아 자율주행차를 대상으로 딥러닝 및 음성인식 기술 등을 이식할 계획이다.

## 2. 정책 동향

### 가. 해외 정책 동향

전 세계적으로 자율주행차가 급부상하고 있으며, 그에 따른 정책 및 인프라, 규제 등이 이목을 끌고 있다. 현 정책은 인간의 운전을 전제로 다루고 있기 때문에, 법적인 주체가 아닌 인공지능 및 소프트웨어 시스템 등 컴퓨터로 발생한 사고의 책임 해결을 위해서 많은 논의와 분석이 필요하다. 또한 자율주행차의 상용화를 위해서는 기업의 연구·개발도 중요하지만 정부의 적극적인 개입을 통한 임시 운행제도 마련하고 법적 규제 근거를 정비하여 국제 표준에 맞는 평가 절차를 구축해야 한다. 또한 교통사고 발생 시 책임 및 보험 등의 문제에 있어서도 정부의 역할이 매우 중요하다.

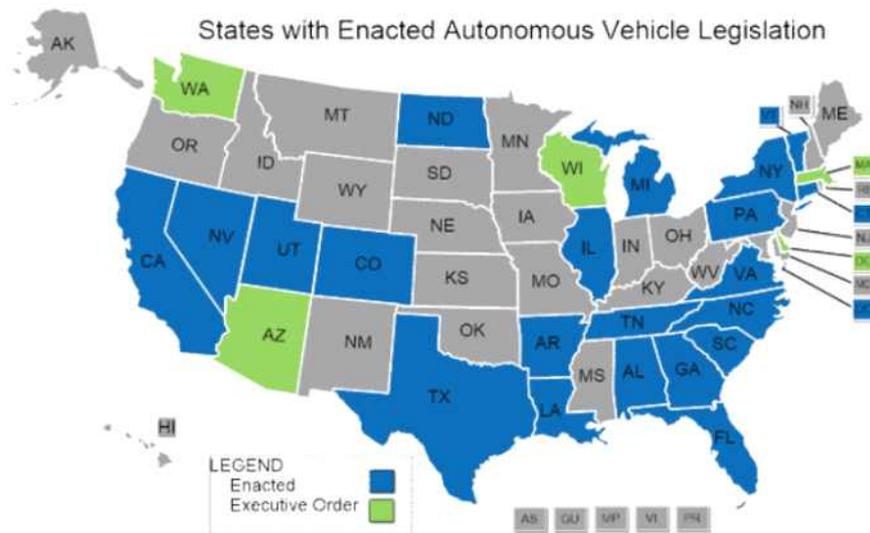
#### 1) 미국

미국은 자율주행차 관련하여 선도적인 대응을 하고 있다. 자율주행차 및 교통시스템 개발을 위해 교통부(DOT), 국방부(DOD), 과학재단(NSF)등을 통해 연방 정부 및 주정부 지원을 하고 있다. 2013년 5월 미국 NHTSA는 “Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”의 발표를 통해 자율주행차 관련 정책의 방향을 제시하였으며, 자율주행차의 V2V 통신기능 의무화 및 보안기준을 법률로 규정 중에 있다.

또한 자율주행차의 취약 분야인 사이버 보안에 관한 대응책으로 조직을 개편하였으며, 업계와 정보 공유 및 분석을 위해 ISAC(Information Sharing and Analysis Center) 활동 지원을 추진함으로써 사이버 보안을 공동으로 해결하기 위한 대응체계를 강화하였다.

지난 10년 동안 미국 교통부는 막대한 정부 예산(약 5,500억 원)을 투입하여 V2V기술의 개발에 공헌하였고, NHTSA의 주최로 미국 정부가 자율주행차에 대한 정책 시행 및 다양한 제도 연구를 추진 중이다. 또한 미국의 주정부들은 자율주행 장치의 안전성 검증을 위하여 2011년 6월 네바다 주를 시작으로 각 주에 자율주행차의 시험운행에 관한 법률규정을 입법화하는 등 정부 차원에서 시험운행을 지원중이다. 2017년 10월 기준으로 총 21개주(캘리포니아, 미시간, 테네시 등)와 워싱턴 D.C가 자체 법규를 보유하고 있다.

[그림 2-5] 자율주행테스트를 허가한 미국의 주(파랑색)



출처 : National Conference of State Legislatures, 2017.10.

## 2) 유럽

유럽의 정책 동향을 살펴보면 ‘도쿄의정서’를 토대로 친환경적인 CO2 배출감소를 위해 자율주행차 기술 개발에 착수하였고 EU 주도 및 유럽 국가 개별의 연구로 구분되어 진행 중이다. EU 집행위원회(European Commission, EC) 주도의 연구는 정보통신총국(DG-CONNECT)<sup>10)</sup> 및 연구혁신총국(DG-RTD)<sup>11)</sup>에 의해 자율주행차 기술개발을 위한 대형 프로젝트가 진행 중이며 자율주행차 관련 R&D를 1987년부터 PROMETHEUS in the EUREKA 프로젝트를 기점으로 2016년

10) EC 산하 정보통신총국 (Directorate-general for Communications Networks, Content and Technology), ICT분야 정책 수행은 커뮤니케이션 네트워크 콘텐츠·기술 총국이 담당

11) 연구혁신총국 (Directorate-General for Research and Innovation), 총국의 R&D관련 정책을 총괄 관리

COMPANION 프로젝트까지 다양하게 지원하고 있다. 또한 안정성 강화를 위한 로드맵을 구축하고 2014년 UN 도로교통 비엔나 협약의 수정으로 72개국에서 자율주행차의 시험 주행 및 상용화가 가능해졌다. 이후 자율주행차 안전 기준에 대한 논의를 시작하여 2014년 자동차기준 국제협약체(UN / ECE / WP29, 약 60 개국)가 참여하여 자율조향 장치 기준 마련방안에 대해 논의하였다. 2015년에는 자율주행차 안전기준 개정 방안 도출을 목표로 IG-ITS / AD(Informal Group on ITS / Automated Driving)을 결성하고, 안전성관련 가이드라인 개발을 추진하기로 결정하였다.

### 3) 영국

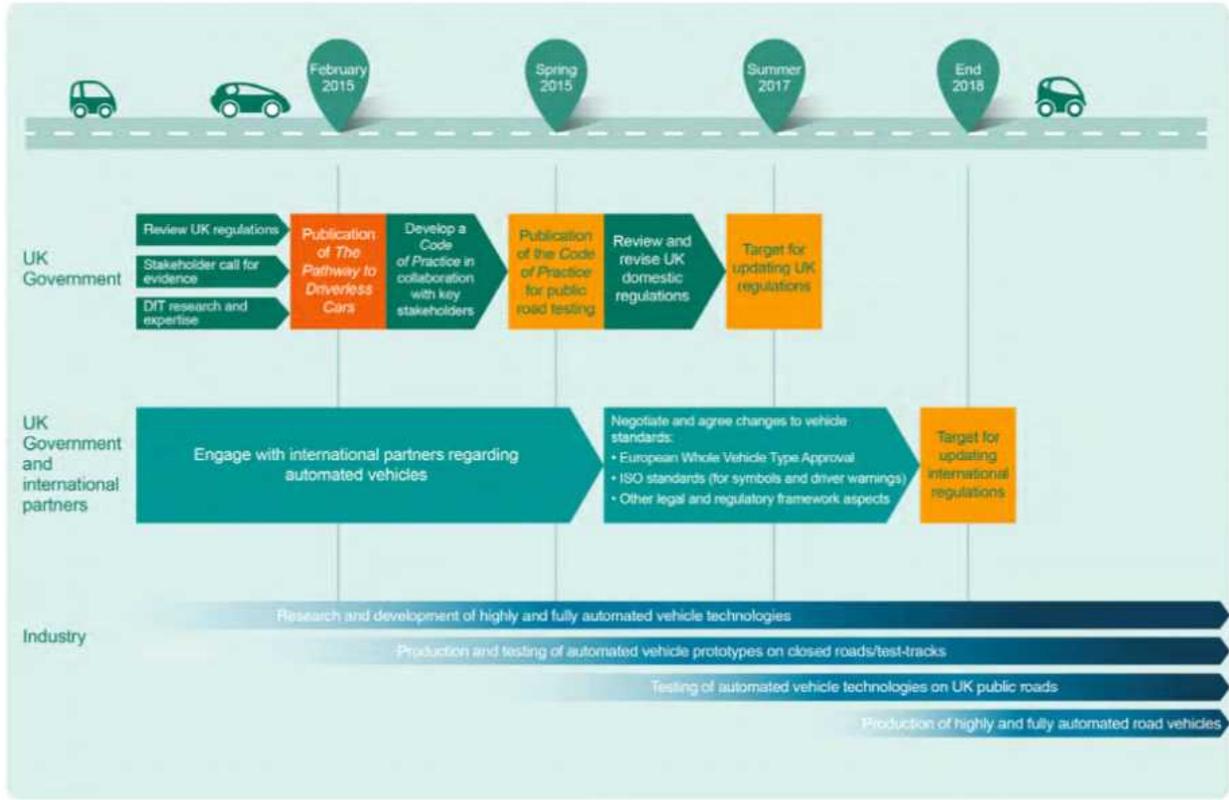
영국은 2012년부터 로봇법 프로젝트를 통해 로봇관련 법적·윤리적 이슈에 관한 연구를 진행 및 로봇규제 가이드라인을 도출하였고 2014년 기술전략이사회(Technology Strategy Board, TSB)는 영국의 산업혁신 로드맵을 발표했다. 또한 향후 10년간 세계에서 가장 기술선점 경쟁이 심화될 분야중 하나로 자율주행차 분야를 선정하였다. 2013년에는 자율주행차의 주행가능 도로 기준을 사유도로뿐만 아니라 공공도로로 확대하였고 2015년부터 자율주행차의 상용화를 위해 도로주행 시험을 개시하였다. 영국은 2020년까지 자율주행차 관련 운전 및 규제 완화계획을 발표하고 자율주행차의 도로주행을 목표로 4개 도시(그리니치, 브리스틀, 코번트리, 밀턴케인즈)에서 시험운전을 시행 중이다.

<표 2-10> 자율주행자동차 임시운행 허가기준(미국, 영국)

구분	대상	미국		영국
		네바다주	캘리포니아주	
일반기준	대상차종	트레일러, 모터사이클, 4.5t 초과 자동차 제외	트레일러, 모터사이클, 4.5t 초과 자동차 제외	모든 자동차
	주요장치	FMVSS 준수	FMVSS 준수	차량구조 및 사용규정 (자국법), 도로교통법규 준수
	보험가입	5M\$ 보험증권 제시	5M\$ 보험증권 제시	적절한 보험 소지
	사전 시험주행	10,000 마일 사전주행 (16,000km)	충분한 사전주행 필요 (마일리지 기준 없음)	폐쇄도로 등에서 충분한 시험주행 (마일리지 기준 없음)
	식별표식 부착	자율차 전용 임시운행 번호판 부착	자율차 전용 임시운행 번호판 부착	없음
설치기준	모드선택	○	○	○
	표시장치	○	○	○
	고장감지	○	○	○
	경고장치	○	○	○
	운전자우선 자동전환	○	○	○
	추가 안전장치	없음	없음	없음
	운행기록장치	사고 30초전 센서데이터 기록(Read-only) 및 보유(3년)	사고 30초전 센서데이터 기록(Read-only) 및 보유(3년)	차량장치 작동 기록
영상기록장치	없음	없음	영상 및 음성기록 설치 가능	
운행기준	탑승인원	2인 탑승	없음	없음
	기상환경	허가신청 시 기상환경 및 도로조건 준수	없음	없음
	허가취소	○	○	없음
	사고발생 보고	사고 및 교통법규단속 (10일 이내)	사고 (10일 이내)	사고조사서 협조 및 관련기관 제출
	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>•운행실적 기록 및 보고서 제출</li> <li>•엄격한 운전자 면허 요건</li> <li>•별도 운전자 훈련 프로그램 이수</li> <li>•소유권 이전 금지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•운행실적 기록 및 보고서 제출</li> <li>•엄격한 운전자 면허 요건</li> <li>•별도 운전자 훈련 프로그램 이수</li> <li>•소유권 이전 금지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•운전자 등 적절한 트레이닝 이수</li> <li>•개인정보 데이터 보호</li> <li>•비인가 접근 보호(사이버보안)</li> <li>•시험단체의 자율차 기대효과 홍보</li> </ul>

출처 : 민경찬, 이명수, 자율주행자동차의 국내외 임시운행허가 및 안전기준 개발 동향, 2015

[그림 2-6] 영국 자율주행차 로드맵

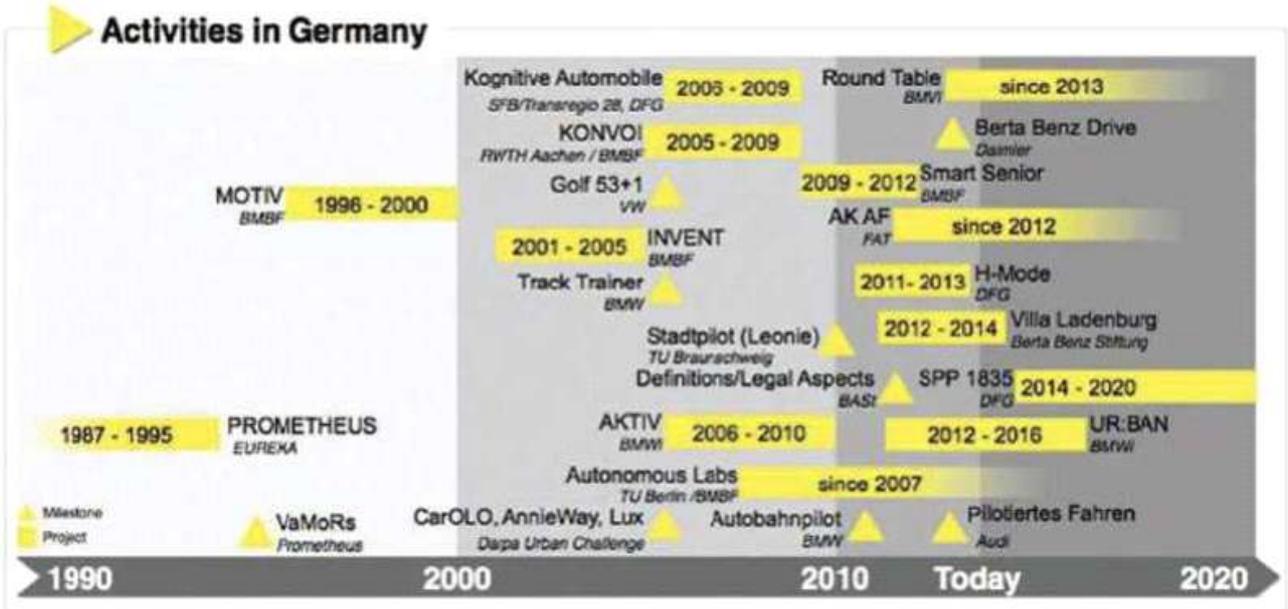


출처 : Department for Transport, The Pathway to Driverless Cars, 2015.02

#### 4) 독일

독일은 2015년 자율주행기술에 관한 안전기준 정립 방안 수립 및 안전기준 제·개정을 추진 중이다. 2016년부터는 아우토반 A9구간에서 자율주행차의 시험운행을 정부 차원에서 공식적으로 허가함으로써 2020년대 후반까지 완전 자율주행차의 개발을 목표로 박차를 가하고 있다.

[그림 2-7] 독일 자율주행차 로드맵

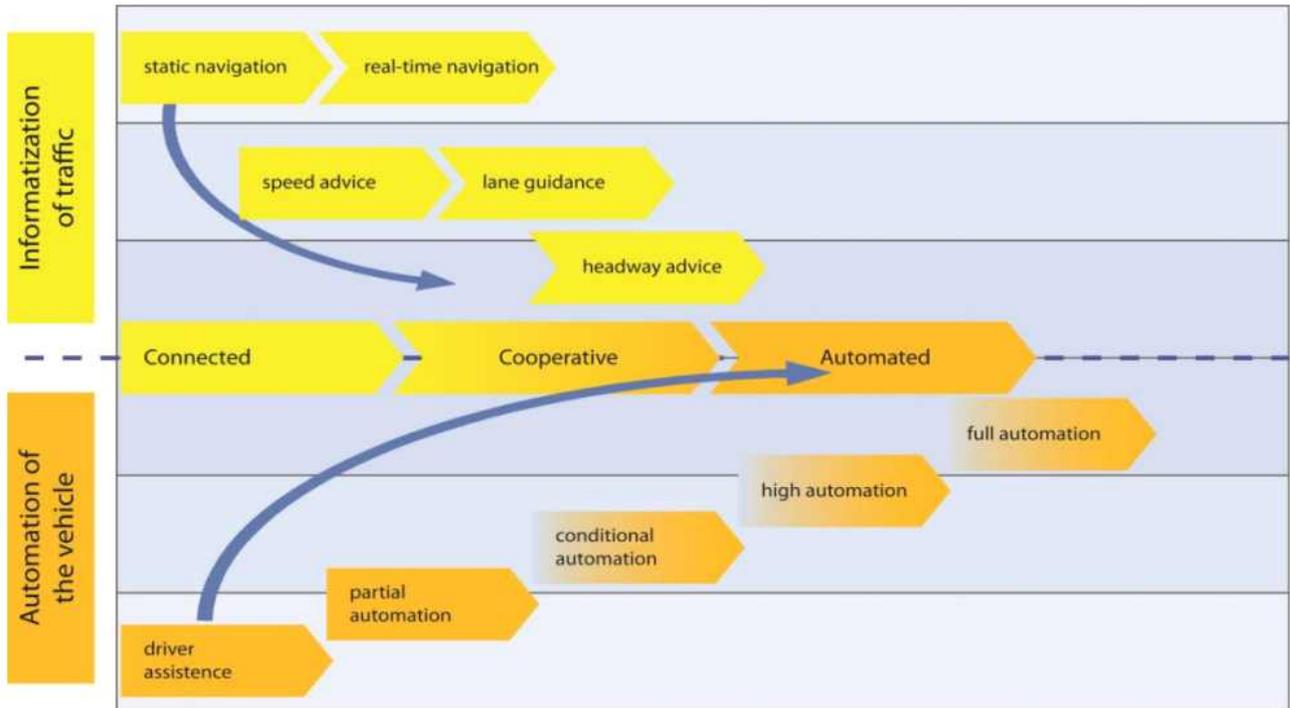


출처 : 한국교통연구원 연구보고서, 2016.04.

### 5) 네덜란드

해운의 중심에 있으며 물류 관련 연구에 관심이 점차 확대되고 있는 네덜란드는 자율주행차 관련 법·제도 규제 개선 방안을 마련을 목표로 사회기반 시설 및 환경부 장관과 해외 주요 자동차 제조업체 대표들과의 업무 회의를 추진하였다. 이 회의를 통해 자율주행차 개발 진행 상황에 대한 정보 수집 및 유럽 전체의 자율주행차 협력 촉진 등에 주력할 수 있었다. 또한 2014년 자국 내에서 자율주행자동차가 다닐 수 있는 지역과 도로를 확정 및 발표하였고 2015년 네덜란드 사회기반시설 및 환경부, 도로교통청은 자율주행차의 공공도로에서의 시험주행을 할 수 있도록 규정을 개정하면서 자율주행차 개발에 노력중이다. 또한 2019년에는 자율주행 트럭 또한 도로 주행을 허용할 예정이다.

[그림 2-8] 네덜란드 자율주행차 로드맵



출처 : Declaration of Amsterdam, Cooperation in the field of connected and automated driving, 2016.04

## 6) 프랑스

프랑스는 2014년 미래를 이끌 새로운 산업 기술로 선정된 34개 분야에 자율주행차를 포함시키고 기술개발을 추진하였으나 더 명확한 미래 산업의 형태로의 정립을 위해 2016년 9대 유망산업 중 하나로 자율주행차를 재선정하였다.

### 나. 국내 정책 동향

기술 선진국인 미국, 유럽에 비해 국내의 자율주행차의 기술 수준은 평균 약 4.6년의 격차를 보이며 위치추적 기능, 경로 계획(Path Planning) 능력, 주변 환경 인지능력, 자동차 제어기술 등 총 4가지 핵심 기술 중 주변 환경 인지능력을 제외한 나머지 3가지 기술은 세계 선진국과 비슷한 수준에 도달했다고 평가받고 있다. 그러나 자율주행차의 완성을 위해서는 다양한 산업의 융·복합을 통한 개발이 필요하나 국내 R&D는 자동차와 도로, ICT 기술 등을 부처별로 독립적으로 추진 중인 실정이다. 산업통상자원부는 자동차선변경시스템 등 자율주행 기술개발은 진행 중이나 부품산업 기반조성의 부족 및 제도적, 정책적 문제 등으로 상

용화 계획에 차질이 생기고 있다. 또한 현행 자동차관리법에서는 자율주행차의 일반도로 운행이 금지였으나, 산업 발전을 목표로 2014년 미래부(현 과기정통부)와 국토부 등은 자율주행차 운행을 위한 규제를 개선하였다. 현재 국내는 첨단 운전자보조시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)안전기준을 적용하고 있으며 현황은 표 2-11과 같다.

<표 2-11> ADAS 안전기준 적용현황

장치명	적용대상				현행기준	적용시점	
	승용	승합	화물	특수		기존차	신차
ESC	0	0	0	0	신설	2015.11	2012.11
		4.5톤 이하					
ABS	0	0	0	0	- 승합: 경형승합제외 - 화물.특수: 3.5톤초과	2015.11	2012.8.16
	-						
BAS	0	0	0	0	신설	2015.11	2012.8.16
		3.5톤 이하					
SLD		0	3.5톤 초과		- 승합: 10톤 이상 - 화물.특수: 16톤 이상 또는 최대적재량 8톤 이상	- 승합: 4.5톤 이하: 2013.8.16., 5톤 초과 10톤 미만: 2012.8.16., 10톤 이상: 2012.2.15 - 화물.특수: 3.5톤 초과 16톤 미만: 2012.8.16., 16톤 이상: 2012.2.15	
TPMS	0	0	0	0	신설	2015.11	2013.11
		3.5톤 이하					

출처 : 자동차안전연구원, 자율주행차 법제도 개선방향 및 해외 규제동향, 2015.03.

정부는 13개 미래성장 동력(9대 전략사업+4대 기반사업)중 1순위로 ‘스마트(자율주행) 자동차’를 선정하였으며, 2014년 3개의 자율주행차 관련부처(미래부(현 과기정통부), 산업부, 국토부)의 공동 추진으로 미래성장 동력을 본격적으로 추진하기 위한 발대식을 개최하였다. 또한 미래성장 동력의 체계적 실천계획을 위해 「미래성장동력 실행계획」을 수립 및 확정했다.

스마트 자동차의 종합실천계획을 목적으로 추진단장의 주도하에 미래부(현 과기정통부), 산자부, 국토부 3개 정부 부처의 TF를 구성하여 실행계획을 수립하였으며 스마트(자율주행) 자동차의 기술 확보를 위한 2020년 핵심제품 및 서비스로 8개 분야를 선정하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- ① 주행차로 및 차간거리유지 서비스
- ② 교통체증 저속구간 자동운전지원 서비스

- ③ 다차로 차선변경 서비스
- ④ 합류로 및 분기로 주행지원 서비스
- ⑤ 전용주차장에서의 자동주차 서비스
- ⑥ Last 마일존 근거리 교통 서비스
- ⑦ 스마트 자율 협력주행 도로시스템
- ⑧ 클라우드 센터 기반 스마트 자동차 서비스

또한 ‘글로벌 스마트자동차 산업 3대강국 실현’을 목표로 4개(R&D·사업화, 인력, 인프라, 법·제도)의 분야에서는 다음과 같은 추진 전략을 갖고 있다.

R&D·사업화 분야를 통해 자율주행차 개발을 위한 자동차-ICT-첨단도로 융합을 위한 사업모델 창출 및 글로벌 시장을 선점하고, 스마트 자동차 분야 관련 전문 인력을 양성하며, 자율주행차의 성능 및 안전기준을 위한 테스트 베드를 구축하고, 상용화를 위한 안전기준 등 법적 제도 정비 및 국제화를 추진한다.

스마트(자율주행) 자동차는 현재 기반구축(2014~2015), R&D/인프라/표준화(2016~2019), 산업 및 서비스 활성화(2020~2022) 3단계의 R&D 실행계획을 가지고 있으며, 이에 따라 국토부는 2014년 자율주행 기술개발 및 도입 활성화를 목적으로 국토교통 중장기 R&D를 수립과 동시에 10대 중점 프로젝트(Value Creator 2.0)에서 “자율주행도로”를 선정하였다.

국내 ITS 시장은 급격한 성장(교통정보, 하이패스 등)을 했음에도 불구하고 차세대 지능형 교통 시스템(C-ITS)의 개발은 아직 미흡하며 자율주행차의 기술개발 및 양산 속도는 부족하다. 이를 위해 국토교통 R&D중장기 전략은 차량과 차량 간, 차량과 도로 간의 통신 및 위치정보 데이터를 효율적으로 관리함으로써 안전성 확보와 동시에 교통 체증이 없는 자율주행도로의 구현을 목표로 하고 있다.

또한 정부는 2015년 5월에 열린 제3차 규제개선장관회의에서 자율주행 상용화와 국내 산업 활성화를 위한 ‘자율주행차 상용화 지원방안’을 발표한 바 있으며, 자율주행차 시험 운영을 위한 법제화를 통해 시험 운영 허가 요건에 충족

하는 경우 시험운행 실도로 지정 및, 일반도로 테스트 환경을 제공 중에 있다. ‘자율주행차 상용화 지원방안’ 을 통해 2018년 일부 레벨3 평창 올림픽 시험운행 및 2020년 레벨3(부분자율)일부 상용화 계획은 해외 대비 국내의 자율주행 기술 개발의 격차를 줄일 계획이다.

<표 2-12> 자율주행차 상용화 지원 방안

연도	2015년	2018년	2020년
목표	범 정부 지원체계 구축	일부레벨3 평창올림픽 시험운행	레벨3(부분자율) 일부 상용화
정부지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험운행               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행차 법규정 반영</li> <li>- 허가요건 마련</li> <li>- 실증지구 지정 착수</li> <li>- 자율정차 장착 허용</li> <li>- 보험상품개발</li> </ul> </li> <li>• 인프라 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS 오차 개선</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인프라 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험노선 정밀 수치 지형도</li> <li>- GPS 보정정보 송출</li> <li>- 고속도로 테스트베드 구축</li> <li>- 차량간 주파수 배분</li> </ul> </li> <li>• 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해킹보안 자동차 기준 반영</li> <li>- 캠퍼스 운행시험</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상용화 지원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동차기준, 보험상품, 리콜·검사제도</li> </ul> </li> <li>• 인프라 구축(전국)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차선정보 제공</li> <li>- V2I 지원도로 확대</li> </ul> </li> <li>• 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실험도시 구축</li> <li>- 실도로상 C-ITS 연계</li> </ul> </li> </ul>
이벤트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고속도로 주행지원 시스템 (일부 레벨2) 상용화</li> <li>• 레벨 3 개발 착수(원성차)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관람객 등 셔틀버스 제공 (안전성, 가능성 검증)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율주행차 생산·판매</li> </ul>

출처 : 관계부처 합동, “자율주행차 상용화 지원방안”, 제3차 규제개혁장관회의, 2015

2017년 11월에는 관계부처 합동으로 ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획’ 을 통해 자율주행차의 글로벌 경쟁 심화에 대응하기 위해 2020년 고속도로 준자율주행차 상용화(레벨3: 고속도로 등 자율주행, 돌발상황 시 운전자 개입)로 교통문제를 해결하고, 고령자·장애인 등 교통약자 배려 및 자동차 신시장을 선도하기 위한 정책을 수립하였다. 2017년부터 2022년까지 고해상도 카메라, 레이더, 라이다 등 9대 핵심부품, 자율주행 SW, 통신 및 보안 등 자율주행차 핵심기술을 개발하고 2018년을 목표로 세계 최고 수준의 테스트베드 ‘K-City’<sup>12)</sup> 조기 구축과 자율주행을 지원한다. 또한 2020년까지 검사 리콜 및 사고 시 책임배분 보험 제도를 마련하고 ‘운전자’ 를 전제하고 있는 도로 교통 법령 정비 추진을 계획하고 있다.

12) 경기 화성에 32만㎡ 규모로 고속도로, 도심, 교외 등 5개 실제 환경을 재현한 ‘실험도시’

### 제3절 요소 기술

#### 1. 환경인식 기술

##### 가. 기술 개요

자동차용 센서는 차량 주행 관련 주변 교통 정보를 빠르게 수집하며, 이를 해석하고 의사결정을 신속히 실행하기 위한 자율주행차의 핵심 기술로 자리 잡고 있다. 또한 주행 중 주변 환경에 대한 정확한 인지가 불가능하다면 자율주행 시스템 자체가 불가능하다고 말할 수 있을 만큼 중요하며 과거에 단순히 차량의 주행상황 등을 측정하기 위한 목적과는 다르게 최근에는 차량 및 신호등 등 주행 중 외부 환경에 대한 데이터를 수집/분석하는 역할을 한다.

##### 1) 첨단운전지원시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)

최근에는 완성차 제조업체 및 부품업체뿐만 아니라 IT업체도 첨단운전지원시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)개발에 주력하고 있으며 해외 자율주행차의 선도국들은 교통으로 인한 사고를 줄이기 위해 안전 규제를 강화하는 등의 노력을 하고 있다. 또한 그에 따른 외부 환경을 인지해야하는 자율주행 센서 시스템은 현재 핵심 사업으로 급부상하고 있다.

[그림 2-9] ADAS용 센서 디바이스 세계 시장 전망



출처 : 국토교통부, 인공지능 기반 미래도로 구축 방안 연구, 2016.12.

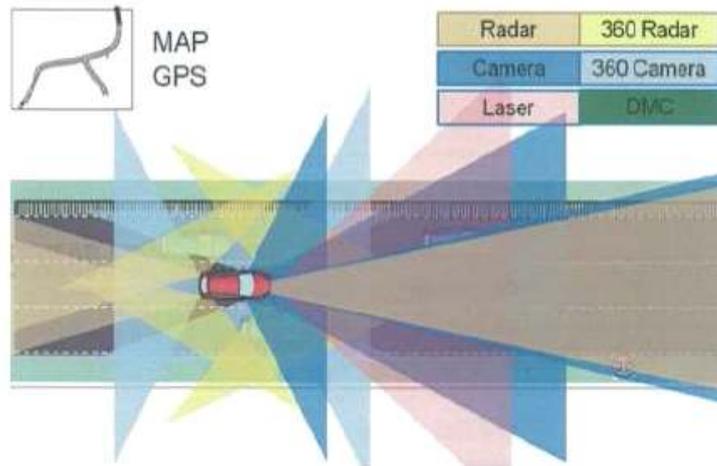
ADAS라 함은 차량 내·외부의 탑재된 각종 센서들이 안전과 위험회피를 목적으로 운전자를 지원하는 첨단보조 시스템이다. 초기에는 차량에 잠재 위험 발생 시, 단순한 경고로 운전자의 전방 주시를 유도하는 기술적이고 수동적인 경고에 불과했으나, 최근에는 능동적인 간섭 기술로 발전하고 있다. 이 기술은 자율주행을 위한 필수적 과정으로 최근에는 ADAS 센서와의 융합이 활발해졌으며, 향후에는 정교한 기능의 구현을 예상하고 있다.

[그림 2-10] ADAS 시스템 구성



출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015.05.

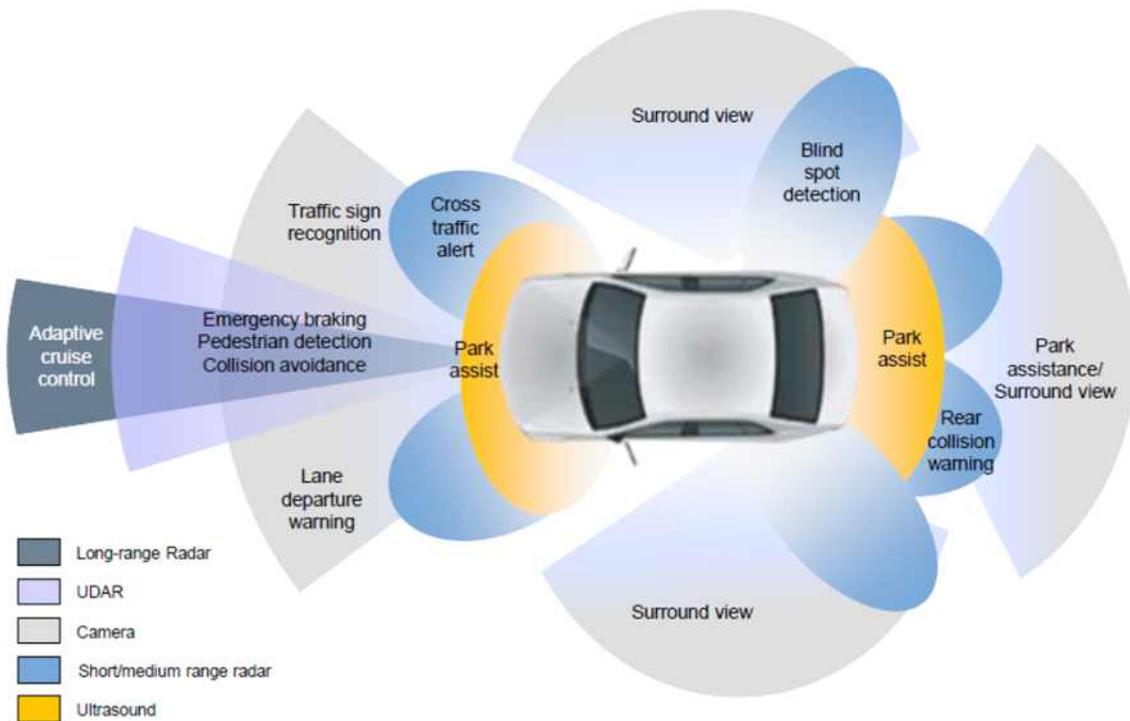
[그림 2-11] 불보 자율주행차 인지 시스템



출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015.05.

ADAS용 센서는 크게 카메라(Camera), 레이더(Radar), 레이저(Laser), 초음파 센서(Ultrasonic)로 나뉜다.

[그림 2-12] 주변환경 인식 센서의 종류 및 인식범위



출처 : Texas Instruments “Making cars safer through technology innovation”

## 2) 카메라 기술

카메라(Camera)는 정밀도면에서 레이저와 라이다보다 떨어지며 날씨와 시간의 영향을 받는 반면 형태의 인식은 가능하다는 점에서 주목받고 있다. 물체 식별이 관건인 자율주행에서 카메라는 중요한 역할을 하며, 기술의 발전 방향은 ① 미리 픽셀수를 늘려 해상도를 높이거나 ② back-side illumination기술 기반 민감도를 높이며 ③ 인식의 범위를 늘리는 방향으로 크게 3가지로 나눌 수 있다. 현재는 국내 자동차부품업체 뿐만 아니라 삼성전기, 세코닉스 등의 회사들도 국내 차량용 카메라 시장에 적극 참여중이다. 그림 2-13는 camera인지를 통해 대상에 대한 판단 및 제어를 하는 과정을 나타낸다.

[그림 2-13] 카메라 인지 프로세스

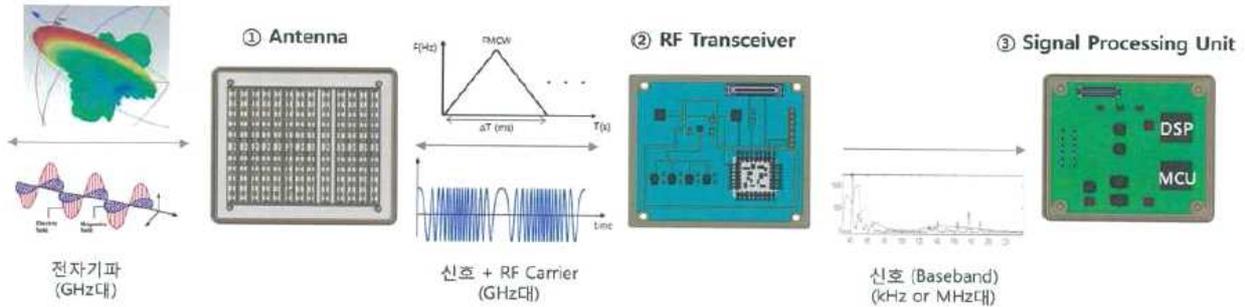


출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015. 05.

## 3) 레이더(Radar)

레이더(Radar) 센서는 물체 방향으로 전자기파(radio waves)를 발사 후 반사되는 신호를 분석하여 거리, 높이, 속도 등의 주변정보를 얻는다. 자동긴급제동, 전·후방 충돌경보 등 ADAS에 사용되는 자율주행 기초의 센서로 날씨와 시간의 영향을 덜 받는다는 장점이 있다. 우천이나 폭설과 같은 기상악화 시에나 야간에 감지 및 장거리 탐지도 가능하다. 과거 24GHz 레이더(Short Range Radar)에서 최대 250m거리까지 탐지가 가능한 77GHz레이더(LRR, Long Range Radar)로 기술이 개발 중이다. 가격이 비싸며 형태 인식이 불가능하다는 단점이 있었으나 단가의 하락 및 형태(보행자) 인식이 가능한 레이더의 출시로 사용이 증가하고 있다.

[그림 2-14] Radar 인지 프로세스

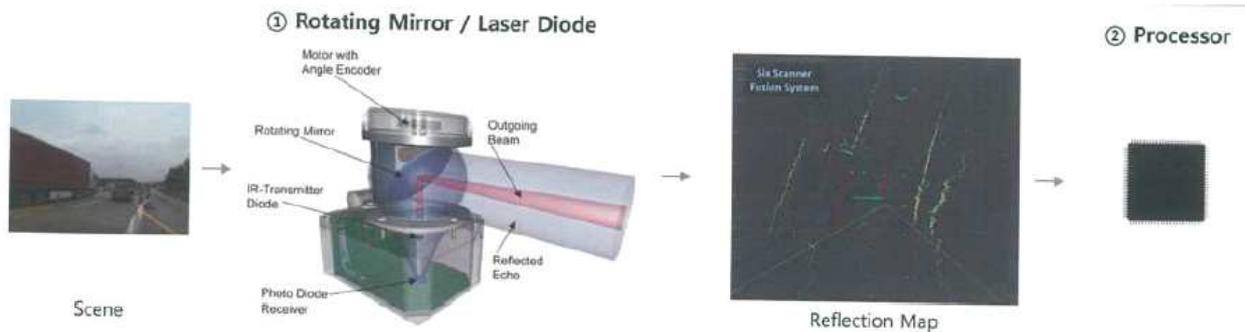


출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015.05.

#### 4) 레이저(Laser)

에너지 파동의 변화를 해석해 주변 사물을 인식하는 장치로서 긴 상용화 역사를 가지고 있으며 가격이 저렴하다. 또한 적외선 이용시 야간에도 물체의 식별이 가능하다. 그러나 레이더(Radar)에 비해 인식거리가 짧으며(20~50m) 날씨의 영향이 크며 형태 인식이 어렵다는 단점이 있다. 그림 2-15은 레이저 빔이 초고속 회전거울에 반사되면서 조밀한 간격으로 일정 범위에서 스캐닝 하는 과정이다.

[그림 2-15] Laser 인지 프로세스



출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015.05.

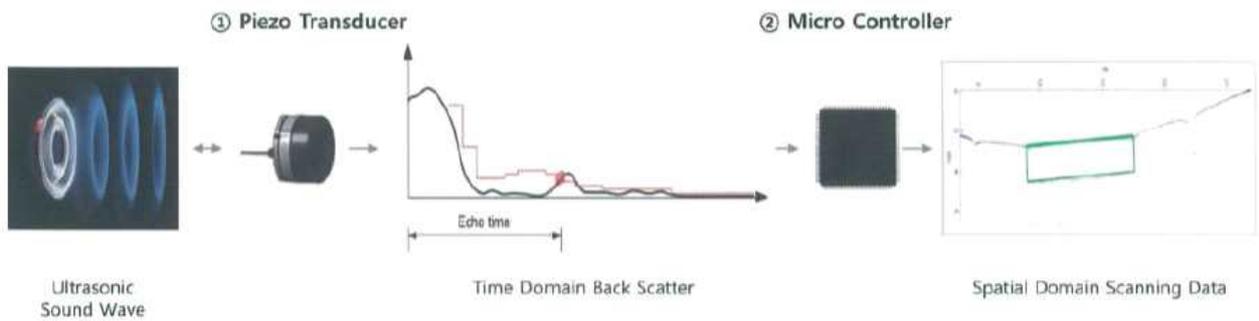
현재 자율주행은 대부분 레이저 시스템(Lidar)에 의존하고 있으며, 레이저의 스캐너 방식을 활용, 측정하여 3차원 영상을 만드는 기술이다. 라이다 기술을 활용한 사례는 구글의 무인자동차를 예로 들 수 있다. 현재 라이다 기술은 벨로다인(Velodyne)의 독점적 기술로서 가격이 비싸다는 단점이 있었으나, 2015년 구글이 자체 라이다 기술 개발 중임을 밝혔으며, 성능이 유사한 퀴너지(Quanergy)

라이다의 가격이 벨로다인의 1/3인 점을 고려해보면 중저가 라이다 기술의 확산을 예상할 수 있다.

### 5) 초음파(Ultrasonic Sensor)

초음파(Ultrasonic Sensor)는 간단함과 동시에 저렴하다는 장점을 갖춘 센서로서 가청 주파수 영역 밖인(20KHz 이상)음파를 발사한 뒤 반사되어 돌아오는 신호를 감지 및 시간을 측정하여 거리를 계산한다. 음파의 빛 대비 느려 상대속도 측정 과정에 문제가 있고, 측정 거리(3~4m)로 짧은 이유로 주로 정차 시 혹은 저속 주행 시에 활용된다. 단거리 장애물에 대한 인식률이 좋아 현재는 후방감지시스템에 폭넓게 사용되며 자동주차시스템 및 도난방지시스템에도 사용된다. 그림 2-16은 초음파를 인지 및 판단, 제어 하는 과정을 보여준다.

[그림 2-16] Ultrasonic Sensor 인지 프로세스



출처 : 만도, 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다, 2015.05.

<표 2-13> 기술별 활용 센서

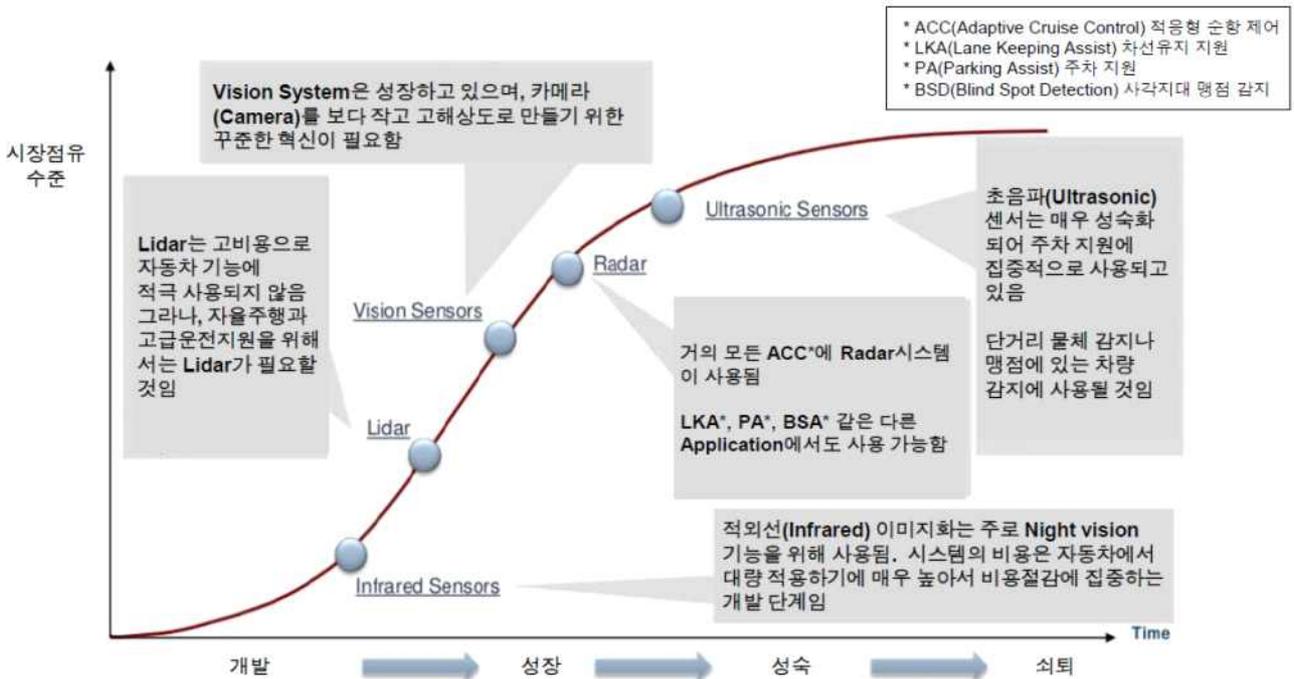
주요기능	카메라	레이더	레이저	초음파
전방추돌방지	○	○	○	
차선이탈방지	○	○		
사각지대감지	○	○	○	○
차간거리조절		○	○	
주차지원	○	○	○	○

출처 : 한국투자증권, 자동차/IT, 2016.05.

## 나. 기술 현황

ADAS용 센서 관련 시장 및 기술 동향을 살펴보면 다음과 같다.

[그림 2-17] ADAS용 센서기술 적용 사이클



출처 : Frost & Sullivan Analysis, Advances in Sensors for Automotive Driver Assistance Systems, 2013

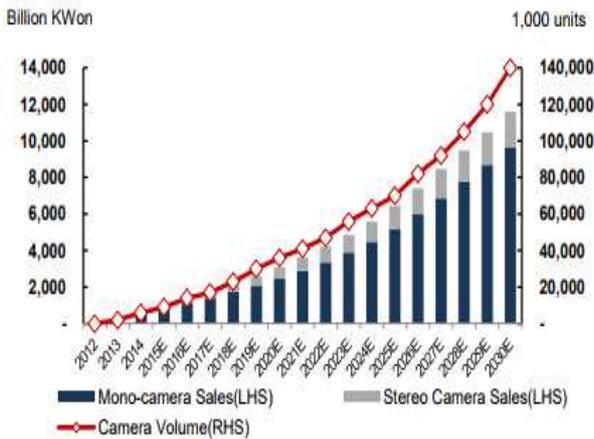
카메라(Camera) 센서는 Mobileye의 단일 칩 시스템(System-on-chip)인 EyeQ3을 이용하여 많은 주요 완성차 제조업체들이 야간 및 상대적으로 먼 거리의 인식에 사용 가능한 기술(Mono camera)을 적용하기 시작했다. 또한 Delphi와 Continental사의 RACam 및 MFL과 같이 카메라 중심의 센서를 융합(Millimeter-wave Radar 또는 Laser Radar 조합하거나 하나의 Unit에 통합)하여 모듈을 개발 중이다.

2016년 Europe NCAP(New car Assessment Program, 신차 안전도 평가)규정에서 주요 완성차 제조업체들이 2017~2018년 모델에 특정 환경(고속도로 등)을 고려한 자율주행 능력의 확보를 목표로 함과 동시에 카메라 센서는 확대될 것이라 예상된다.

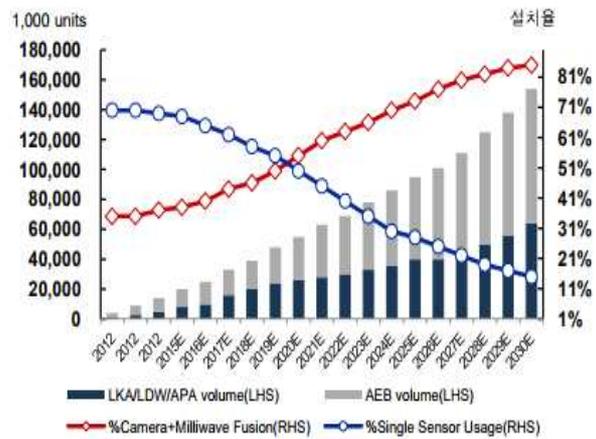
또한 행인인식 기능의 추가로 인하여 차선이탈경보(LDW), 차로이탈보조(LKA) 및 자율주차 보조장치(APA) 시스템들이 많이 적용될 것이며, 이런 ADAS 어플리케이션의 이용이 확대된다면 정확한 형태 인식이 가능한 카메라 능력에 대한 중요성이 증가할 전망이다.

현재 카메라 센서는 2가지 형태(Mono·Stereo Camera)이며 모노 카메라 시스템 시장은 밀리미터파 Radar와의 융합의 증가로 장기간 확대될 것으로 예상된다. 그림 2-18와 2-19은 2가지 형태(Mono·Stereo Camera) 및 융합된 형태의 카메라를 수요를 예측한 내용이다.

[그림 2-18] Mono / Stereo Camera 센서 수요예측



[그림 2-19] Mono Camera / 밀리미터파 Radar 수요예측



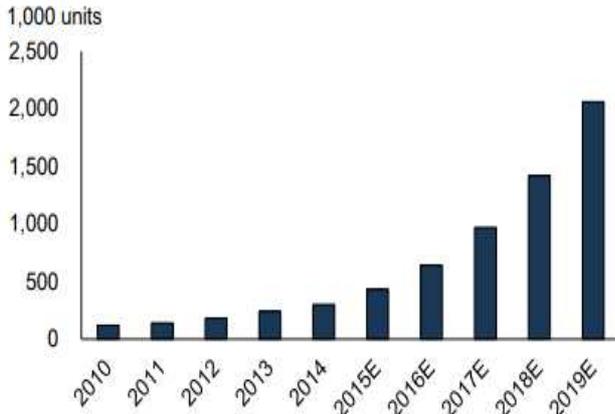
출처 : 한국소재부품투자기관협의회, 글로벌 M&A 유망분야 타겟리서치 “잠재 타겟기업 발굴(1단계)”, 2016.

또한 적외선(Infrared)은 Night Vision System 필요성의 증가로, ADAS개발의 필수인 적외선(Infrared) 센서의 수요가 증가할 것으로 예상된다.

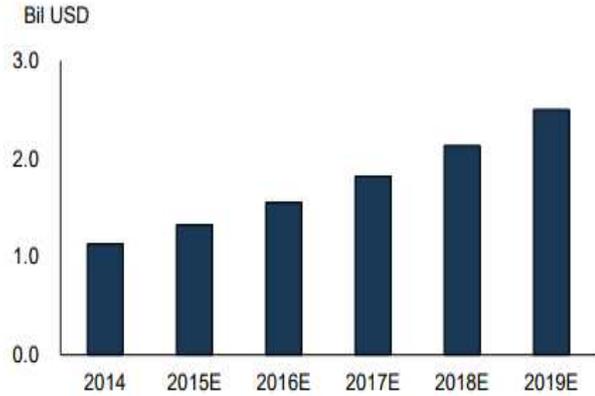
카메라 센서를 이용함에도 야간에 정보의 획득이 쉽지 않은 경우 적외선센서는 운전자에게 정확한 정보 제공을 목표로 Night Vision System에 활용되고 있다. Night Vision System은 기상 악조건에서의 열악한 운전상황에서 운전자의 시야 확보를 위한 역할을 수행하며 대체로 높은 가격으로 Luxury 차종 중 일부에만 활용 중이다.

최근에는 Night Vision System 적용의 확대로 생산물량이 증가 및 단가의 하락으로 가격부담이 점차 완화되고 있으며 향후 ADAS 시스템 개발의 핵심 센서로서 수요의 확대가 예상된다.

[그림 2-20] Night Vision용 적외선 센서 수요 예측



[그림 2-21] Night Vision 시장규모 예측



출처 : 한국소재부품투자기관협의회, 글로벌 M&A 유망분야 타겟리서치 “잠재 타겟기업 발굴(1단계)”, 2016.

현재 국내의 경우에는 초음파(Ultrasonic)센서를 제외한 다른 모든 센서를 수입 중이며, ADAS 사용되는 센서의 모듈은 보통 소수의 업체가 독점하고 있으므로, 특정 업체 관련 의존도를 떨어뜨리기 위해 신호처리(인지)기술의 확보 및 첨단 센서 기술 개발이 필요하다. 표 2-14는 세계 각국의 Vision, Radar 등 센서들의 개발된 현황을 나타낸다.

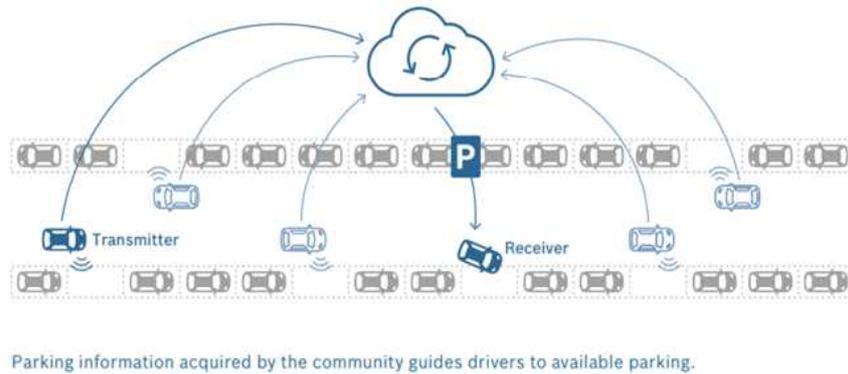
<표 2-14> 글로벌 주요 System Integrator의 센서 별 개발 현황

Supplier	Vision		Radar			Night Vision		Potential Market		
	Mono	Stereo	77 Radar	24 NB Radar	25 UWB Radar	Far Infrared	Near Infrared	Rear View	Surround View	Stability Control
Autoliv	●	●	●	●	●	●				●
Continental	●	●	●	●	●			●	●	●
Bosch	●	●	●				●	●	●	●
Delphi	●		●					●		
Magna	●							●	●	
Valeo	●			●				●	●	
Denso	●		●				●	●	●	●
Gentex	●									
Hella				●				●		
Calsonic										
TRW	●		●	●						●
Takata	●	●								

출처 : 한국소재부품투자기관협의회, 글로벌 M&A 유망분야 타겟리서치 “잠재 타겟기업 발굴(1단계)”, 2016.

대형 부품업체들 중 자동차 supply chain중 1st tier 부품 업체 중 하나인 독일의 보쉬(Bosch)는 2015년 출범한 Ko-HAF(Cooperative Highly Automated Driving) 프로젝트에서 차량 주변의 정보 취득 및 중앙 서버 통신 이용 차량의 자기위치 인식 등에 대한 연구 개발을 진행 중이다. 보쉬의 강점인 센서와 카메라 기술을 중심으로 ADAS의 자율주행 개발로 확장하고 있다. 아직은 부품 중심의 개발 전략이나 연구개발의 범위를 소프트웨어 영역으로 넓히고 있으며, 소프트웨어 기술에도 투자를 시작했지만 다른 IT주요 업체(구글, 모빌아이 등)의 소프트웨어 및 관련 하드웨어 기술 수준에는 도달하지 못했다는 결론이다. 그림 2-22은 주차시 보쉬의 Connected Mobility를 예시로 보여주고 있으며, 커뮤니티로부터 얻은 주차 정보를 운전자에게 주차가 가능한 지역을 안내해주는 상황을 보여준다.

[그림 2-22] 보쉬(Bosch)의 Connected Mobility 예시 - 주차 시



출처 : Bosch, 한국투자증권, 자율주행, 열린 업계와 그 frenemies, 2016.05.

대형 부품업체 중 하나인 컨티넨탈(Continental)도 독자적으로 자율주행 시스템 구축개발에 돌입했으며, 2012년 네바다 주에서 최초로 자율주행차 운행 허가를 받았다. 또한 Advanced Scientific Concepts의 사업부 인수를 통해 이전에 취약 부문인 3차원 고해상도 레이저 센서(Hi-Res 3D Flash LiDAR) 부분을 보완한 사례가 있다.

센서 뿐만 아니라 자율주행 핵심 알고리즘 구축에도 IT업체 못지않은 경쟁력(전체 205,000명 임직원 중 소프트웨어 엔지니어 12,000명 보유)을 보유하고 있

으며, 각 단계별로 필요한 제품을 공급한다.(Sense-Plan-Act 3단계로 구성) 이를 통하여 주요 자동차 OEM업체들에게 향후 2025년 완전 자율주행 솔루션 제공을 목표로 하고 있다.

[그림 2-23] 컨티넨탈의 3단계 자율주행 솔루션



출처 : 한국투자증권, KIAT, 유럽의 자율주행자동차 기술 및 정책 동향, 2017.04

또한 일본 자동차 부품 업체 덴소는 독자적인 기술개발 보다는 도요타 제조 업체와의 협업에서 주요 역할을 담당할 가능성이 높으며 2015년부터 자율주행 기술개발에 본격 합류하였다. 현재 자율주행의 기본 단계인 ADAS 기술 중 센서 분야에 가장 많은 노력을 쏟고 있다.

2016년 산발된 자율주행 R&D 조직을 부서를 ‘ADAS추진부’ 로 새로 통합 했으며 R&D 부문 강점인 밀리파 레이더(Milliwave Radar) 및 화상센서(Image Sensor) 기술 사업을 확대할 예정이다. 그리고 자율주행에 필요한 화상인식 기술

개발 목표 독일에 신설 회사를 설립함으로써 FICOSA International(스페인)과의 제휴를 해지 및 독자적인 기술개발 체제로 전환하였다.

## 2. 측위 기술

### 가. 기술 개요

자율주행차와 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)에 있어서 정밀한 자동차 위치를 추정하는 고정밀 측위 기술은 핵심 기술 중 하나이다. 자차의 위치 추정이 가능하면 이를 통한 주변 환경 인식의 개선 및 주변 지형을 고려한 최적의 제어로 안전성 향상 및 연비 절감 효과를 볼 수 있으나, 고정밀 측위 기술의 상용화 측면에서 고가의 장비와 센서를 활용하고 있어 충분한 연구가 필요하다.

측위 기술 중 현재는 GNSS(Global Navigation Satellite System)기반 GPS(Global Positioning System), GLONASS(Global Navigation Satellite System) 등의 위성 항법 시스템을 활용하는 전파항법(Radio Navigation)방식이 두루 사용되고 있다. GNSS(Global Navigation Satellite System)는 다수의 위성을 이용해 각국(미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽의 GALILEO, 일본의 GZSS 등)의 위성 측위 시스템들을 통칭한 항법 시스템으로 3차원 위치·시각 정보를 전 지구적으로 제공하는 시스템을 의미하며 현재는 GPS, GLONASS가 가장 활발하게 서비스를 제공하고 있다. 이러한 위성항법(Satellite navigation) 측위 시스템은 전 세계적으로 활용 범위가 넓어지고 있으며 다양한 분야(민간, 항공기, 선박, 군 관련 등)에 사용되고 있다. 아래 2-24는 현존하는 항법 시스템의 간략한 개요도를 나타낸다.

[그림 2-24] 항법시스템 개요도



출처 : 국립해양측위정보원, GNSS 일반, 2016.05.(최종 수정일)

이 전파항법 방식은 관성항법장치(Inertial Navigation System, INS)와는 달리 지구상의 절대적인 위치를 계산하며 시간이 경과해도 오차가 누적되지 않는 장점이 있으나, 단시간의 항법 오차는 큰 단점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해 관성측정장치(Inertial Measurement Unit, IMU)등을 활용한다.

이를 관성항법 방식이라 하며 장점은 폭우나 폭설과 같은 악천후에도 전파 방해의 영향을 받지 않으며 주행거리가 짧을 경우 정밀한 상대 위치를 제공하나, 장거리 이동시 오차가 누적되면서 지속적으로 증가하는 한계가 있다. 이러한 단점을 상호 보완하기 위해 최근에는 GPS/INS 등의 센서 융합 기반 정밀 측위에 대한 연구가 진행 중이다. GPS/INS 통합 항법 시스템은 GPS와 INS의 장점만을 취합한 시스템으로서 여러 개의 안테나를 이용한 자세 측정용 GPS수신기와 INS를 통합하면 항체의 자세 오차와 자이로 센서의 오차를 정확히 보상할 수 있어 양 수신기의 단점을 최소화 할 수 있는 형태로 개발되고 있다.

또한 지상파 항법 또한 바다는 지표가 드물고, 암초 등의 위험요소가 많은 관계로 오래전부터 항법시스템이 발달해왔으며, 선박 운항에도 GPS가 도입됨으로써 정확성이 높아졌으나 이 위성항법 시스템은 지상에서 장거리(약 2만 200km)의 인공위성에서 신호를 송출하는 과정에서 신호가 미약해 다른 신호에

의해 간섭될 수 있는 치명적인 단점<sup>13)</sup>을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 ‘지상파항법시스템’의 원리를 활용해 시스템을 추가 및 개발하려는 노력을 해왔으며, 지상파항법시스템중 하나인 Loran-C가 주로 사용되었다. 그러나 오차 범위(최대 460m)가 큰 단점이 가지고 있다는 점에서 국내는 현재 안정적이고 정밀한 시간정보 제공을 보유한 새로운 버전의 eLoran 기술 개발을 추진 중이며, 2019년까지 개발을 완료 및 2020년부터 시범 서비스를 제공할 계획에 있다.

추측항법 기술은 GPS를 사용하기 전 수 천년부터 항해사들이 이용해온 방법으로 항구의 위치를 기준으로 배가 진행한 거리와 방향을 측정하여 현 위치를 추정하는 방식을 뜻한다. 최근에는 차량용 내비게이션과 접목되어 GPS위성 전파가 단절되는 지하공간, 터널 등과 GPS전파가 왜곡·손실되는 도심 지역에서 GPS를 보조하는 개념으로 현 위치를 추정하는데 이용되고 있다. 대부분의 추측항법 시스템은 차량의 차속계 정보 및 자이로 센서를 이용하여 위치를 도출, 추측항법은 위치를 알고 있는 기준점에서 속도 및 방향각을 이용하여 차량의 새로운 위치를 계산하는 방식으로 위치를 계산한다.

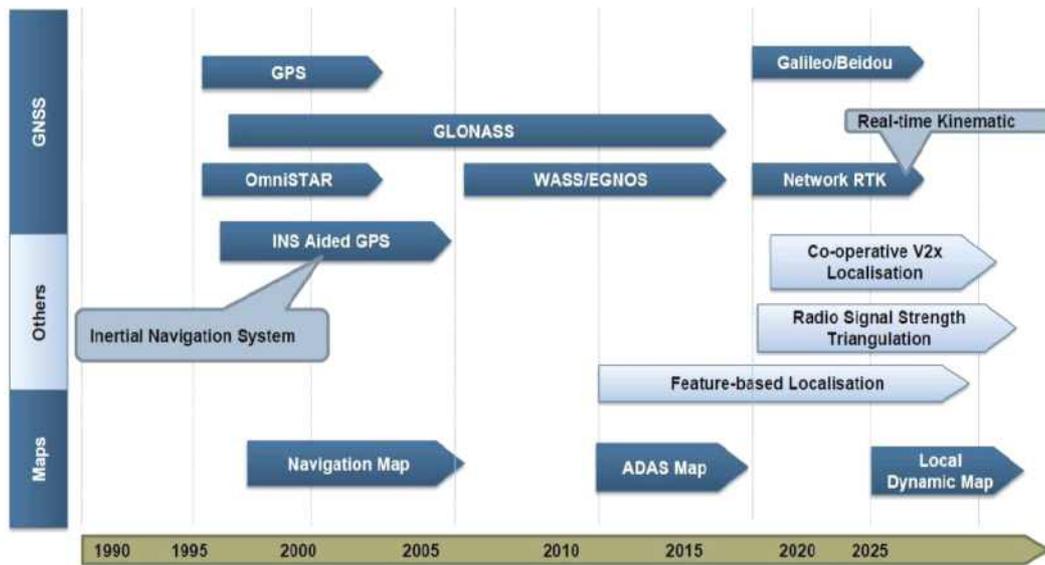
## 나. 기술 현황

### 1) 위성 항법시스템

GPS(Global Positioning System)은 미국정부가 1970년대 특정 대상체 위치를 측정하기 위해 군사적 목적으로 개발된 시스템으로서 현재는 민간인 신호(GPS L1 주파수 C/A 신호) 개방으로 전 세계에서 가장 널리 사용되고 있는 위성 항법 시스템이다. 초기 민간 신호에는 고의 오차로 인하여 정확도(민간용 GPS수신기 오차는 100m)에 있어 한계가 있었으나 2000년대 미국 정부의 고의 오차 성분 제거를 통해 민간용 신호의 정확도(민간용 GPS수신기 오차는 20m이내)가 향상되었다. 또한 GPS성능 향상을 위한 A-GPS(Assisted-GPS)기술로 인하여 핸드폰, 네비게이션 등 GPS기반 상품 및 서비스가 보편적으로 상용화되는 계기가 되었다. 그림 2-25은 과거 GPS를 단점 개선을 목표로 시작하여 향후 지역 동적 지도(Local Dynamic Map)까지의 기술 동향 개요도를 나타낸다.

13) 파이낸셜 뉴스, “선박 전파교란, 우리 기술로 막는다”, 해양수산부 차관, 2017.08.

[그림 2-25] 측위 기술 시스템 기술 동향



출처 : KATECH(이재관), 자율주행의 개발동향과 대응방안, 2014

GPS의 위치 정확도 감소의 유발 요인을 크게 결정적(Deterministic)오차와 불규칙적(Random)오차, 기하학적(Geometric) 등의 요인으로 분류가 가능하며 표 2-15와 같다.

<표 2-15> GPS 위치 정확도 감소의 유발 요인

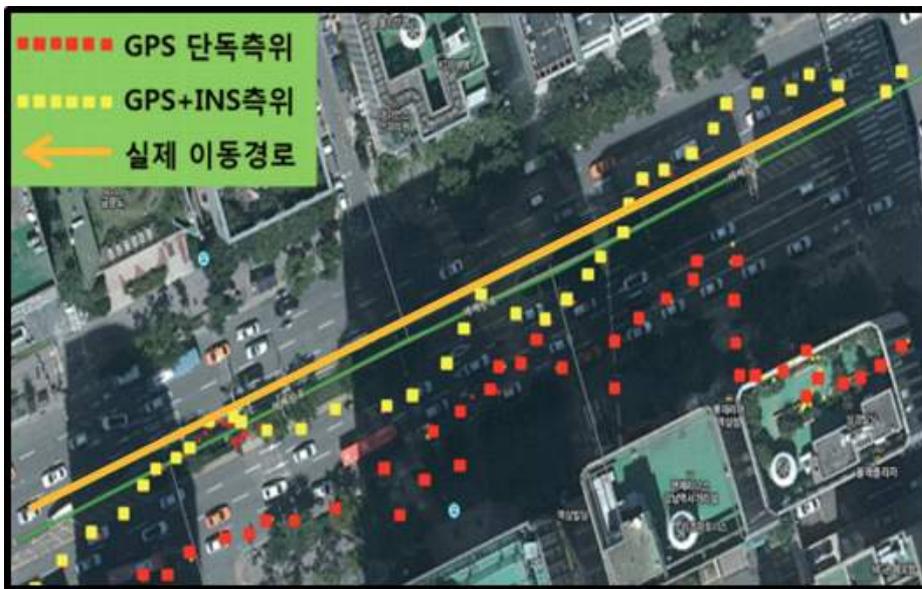
분 류	내 용
결정적 오차	- 오차의 크기 및 변화를 이론상에서 일정 부분의 모델링(Modeling)이 가능한 오차 성분 - 위성 시계의 오차, 위성 궤도의 오차, 대기권의 전자기연 등
불규칙적 오차	- 시·공간의 불규칙적인 이유로 이론적·경험적 예측이 불가능한 오차 성분 - 수신기 내부 잡음 및 난반사(Scattering), 다중경로(Multipath), 외부신호에 의한 간섭(Interference) 등의 오차 성분 해당
기하학적 요인	- GPS 위성들의 기하학적 배치에 의한 오차 증폭 요인

출처 : Auto Journal, GPS/GNSS 기반 자동차 측위 및 항법 기술, 2015.06

GPS의 활용 범위 확대 및 개발에 따라 서비스 시장은 정확하고 신뢰성 있는 측위 기술의 확보를 요구하고 있으며 위와 같은 다양한 오차들을 고려한 정확도 향상 목표의 기술들이 연구되었다. 대표적으로 결정적 오차 보정을 통한 기술인 DGPS(Differential GPS)를 들 수 있으며 이는 GPS의 정확도(오차의 3m이내) 향

상 목적의 민간 기술로 자리잡았다. DGPS 외 A-GPS(미국 퀄컴)기술과 고감도 GPS(미국 서프, 현 브로드컴)의 기술 또한 정확도 및 가용성을 확대시켜 GPS의 시장성 확보에 기여했다. 또한 GPS의 기술적 한계를 극복하기 위해 GPS외에도 다양한 측위 기술을 융합한 기술이 최근 개발되고 있는 중이다. 그림 2-26을 살펴보면 GPS 단독 측위보다 GPS+INS 측위 사용 시 더 정교한 실제 경로를 파악 가능하다.

[그림 2-26] GPS/INS를 이용한 융합항법 주행시험



출처 : Auto Journal, GPS/GNSS 기반 자동차 측위 및 항법 기술, 2015.06.

또한 GLONASS(Global Navigation Satellite System)는 러시아가 미국의 GPS의 견제를 목적으로 독자적으로 개발한 위성항법시스템으로서, GPS와 동일하게 총 24개의 위성을 이용한 전 지구적 위치 측위 시스템이다. 표 2-16는 GPS 및 GLONASS의 주요 제원을 비교 자료이다.

<표 2-16> GPS 및 GLONASS 비교

구 분	GPS	GLONASS
위성수	24개, 4개X6궤도	24개, 8개X3궤도
주기	11시간 58분	11시간 15분
고도	약 20,200Km	약 19,300Km

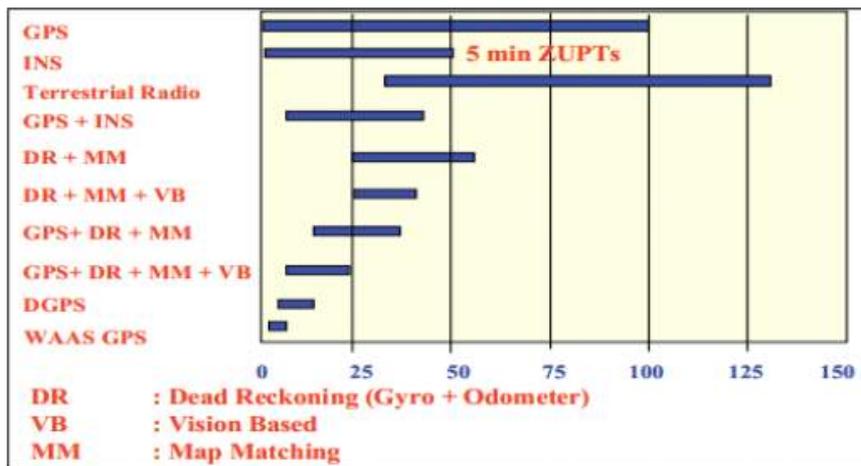
속도	50bps	50bps
경사각	55°	64.8°
주파수	1575.42MHz	1602.5625MHz-1615.5MHz
PN코드	1.023MHz	0.51MHz
측지계	WGS-84	SGS-90

출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.07.

최근 Multi-GNSS(GPS, GLONASS 및 GALILEO의 공존)를 수신하는 위성 항법 시스템이 많이 상용화 되어 있으며 일정 부분 위치 정확도를 높이는 것은 가능하나 위성 수신 불가 지역 등의 환경에서는 여전히 불안정성인 요소로 남아있다.

과거부터 다양한 오차 요인과 제약조건으로 다양한 센서들을 이용한 측위시스템 관련 연구가 진행되었으며, 센서융합 (Sensor Fusion)기술은 추측항법시스템(Dead Reckoning, DR), 고정밀 전자지도 등으로 나뉜다. 그림 2-27은 센서 융합 시스템들의 성능을 비교한 내용이다.

[그림 2-27] 다양한 센서융합 시스템 성능 비교

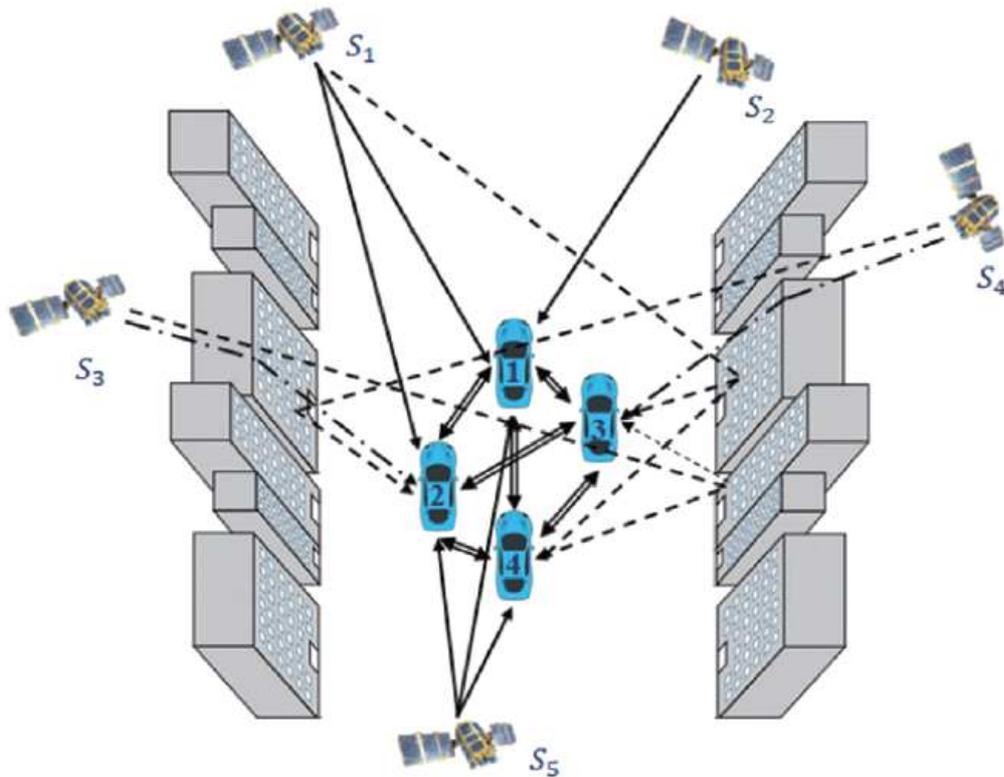


출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.07.

종합해보면, GPS는 미약한 지상에서의 수신 신호로 다른 전파의 간섭의 영향이 크며, WIFI는 흔히 공유기(Access Point, AP)의 개수와 설치 간격 등에 측위 정확도가 크게 좌우된다. 또한 LOS(Line of Sight)는 건물 밀집 지역이나 실

내 등의 환경에서 신호 수신에 쉽지는 않다는 단점들이 있는 등의 다양한 측위 센서 각각의 측정치를 파악 후 효과적으로 활용하여 높은 정확도 및 신뢰도를 얻기 위한 센서 융합 기술의 개발은 향후에도 지속적으로 이루어져야 한다. 2009년부터 H-SPAWN<sup>14)</sup> 기술이 소개되었으며, 주변 자동차와의 협력을 통해 GPS 음영지역에 위치한 자동차 및 충분한 수의 GPS 신호를 인지하지 못한 자동차의 정확한 위치를 얻는 것이 가능해졌다. 최근에는 그림 2-28와 같이 H-SPAWN 기술이 도심 GPS 난반사 및 다중경로 원인의 정확도가 감소하는 것을 효과적으로 방지하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[그림 2-28] 협력(Cooperative) 항법 시스템



출처 : Auto Journal, GPS/GNSS 기반 자동차 측위 및 항법 기술, 2015.06.

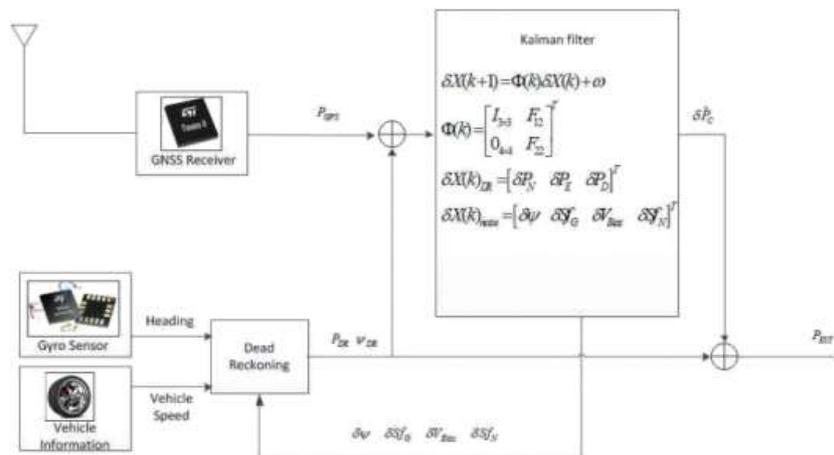
## 2) 추측항법시스템

14) 자동차 무선 네트워크 상에서 무선 신호를 이용하여 얻어진 차량 간 상대 거리 측정을 GPS 측정 정보와 융합 후 주변 자동차들의 위치 정확도를 비교적 간단한 계산으로 극대화하는 기술을 뜻함

DR구성 방법은 두 가지로 강결합 방식(Tightly-Coupled)와 약결합 방식(Loosely-Coupled)로 나뉘며 내용은 다음과 같다. 강결합 방식은 코드 의사거리와 반송파 의사 거리를 사용하며, 수신되는 위성이 적어도 센서의 오차 보정이 가능해 DR센서 계수 오차율을 낮출 수 있다는 장점이 있으나 수신하는 위성의 개수가 늘어나면 방정식 차수의 증가로 계산량 또한 증가하는 단점이 있다. 약결합 방식은 측정치로 DR 및 GNSS 항법 방정식을 이용하는 융합 방식으로서 간단한 구조로 강결합 방식 대비 계산량이 적으며 센서에 대한 보상이 비교적 쉽다.

그러나 DR의 핵심 장치인 IMU(Inertial Measurement Unit)은 시간에 대한 관성 오차가 생기며, 관성 오차가 적은 고정밀 IMU는 단가가 높아 상업적으로 적용하기에는 어려움이 있다. 이러한 이유로 현재 흔히 볼 수 있는 관성항법시스템의 IMU는 저렴하며, 시간에 따른 관성 오차의 누적량이 증가하며 자동차 측위의 정확도에 있어서 악영향을 미치는 단점이 있다. 아래 2-29은 GNSS/DR 중에서도 약결합에 관한 항법 시스템 구성의 예시이다.

[그림 2-29] GNSS/DR 약결합 항법 시스템 구성의 예시



출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.07.

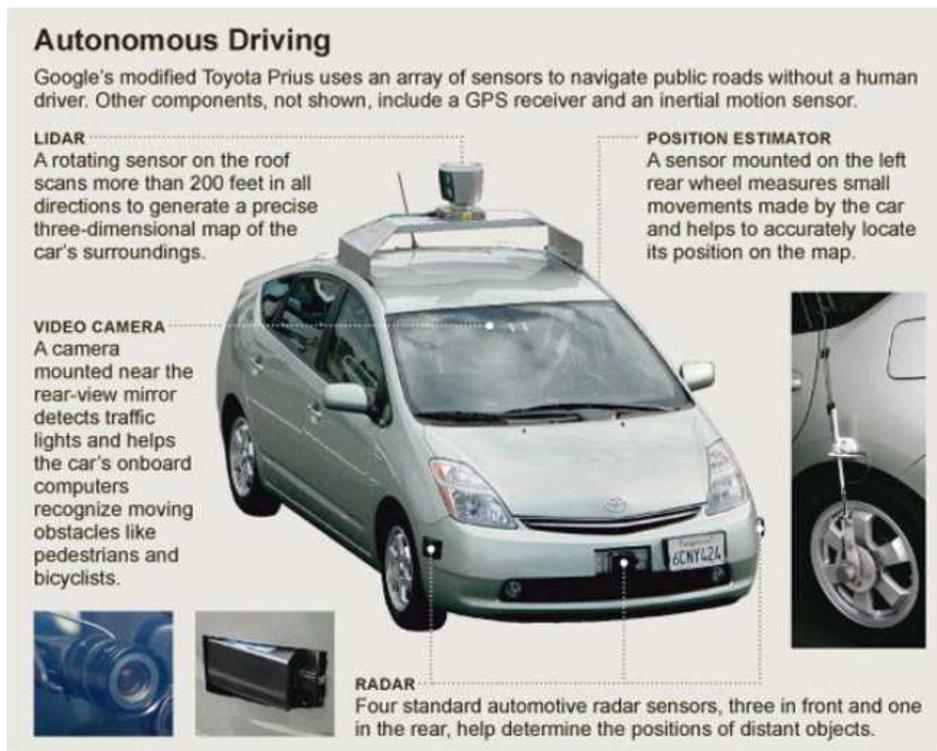
### 3) 복합 센서 시스템

GNSS 및 DR 시스템에 다양한 센서를 융합 및 차량의 위치정보를 결정하는

방법에 대한 연구 또한 많이 이뤄지고 있으며, Landmark 정보의 3차원 인지 정보가 포함되어 있다면 차량의 위치정보 결정에 도움이 될 수 있다. GNSS/DR 과 Vision, Lidar, Radar 등 다양한 복합 센서 정보와의 활용이 가능하며, 최근에는 가격 및 활용도 면에서 고려했을 때 뛰어난 Vision센서를 이용하는 방법이 중요해지고 있다.

Vision센서를 결합하는 기술은 카메라를 통해 외부 환경(신호등, 교통표지판 등)의 인식 및 고정밀지도상 절대 좌표와 비교 과정을 거쳐 주기적으로 시간에 따른 위치 오차를 보정할 수 있다는 장점이 있으며 경제적으로도 뛰어나다. 안개나 폭우 등 악천후의 경우 센서 사용이 제한되는 단점을 극복하기 위해 Lidar 및 Radar 센서 등을 추가하는 연구가 최근 진행되고 있다. 한 가지 사례로, Google의 시범운영중인 자율주행차는 GPS기반 항법 시스템뿐만 아니라 고가의 Lidar센서를 이용하여 주행경로 상의 고 정밀지도를 구축 및 이를 이용하여 차량에 위치정보를 제공함으로써 차량의 자율주행에 도움을 주고 있다.

[그림 2-30] Google 자율주행차



출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.08.

이는 한 센서에 의존하여 정밀한 위치를 측정하는 것은 어려우나, 복합 센서 시스템의 융합으로 다양한 상황에서도 정밀 측위가 가능할 것이라 예상한다.

#### 4) 고정밀 전자지도

자율주행차나 ADAS의 구현에 있어서 측위 기술은 핵심 기술이나 기존의 위성 항법 시스템만 의존해서는 정확한 자차 위치를 계산하는데 사실상 불가능하다. 이에 대한 한계를 극복하기 위해 고정밀 지도와 GPS, 라이다, 카메라 등의 센서의 융합이 필요하며, 미리 저장된 지도 위치정보와 센서로부터 측정된 객체(Object)의 거리를 비교 후 자차 위치를 보정하는 세션 퓨전 측위(Sensor Fusion Positioning)기술이 연구·개발되고 있다.

또한 정밀 측위를 위해 고가의 Lidar 센서를 부착하여 측위에 활용하는 것은 경제적 효율이 떨어지므로 국내외적으로 이를 보완하기 위한 측위용 위치 참조점을 3차원 지도 형태로 구축하는 프로젝트가 진행 중이다.

<표 2-17> 정밀지도의 주요 역할

역 할	내 용
센서의 제한된 인식 범위 보완	- 센서의 한정된 인식 범위(최대 200m)를 보완하고 수 Km 이상의 정보 예측
환경 영향에 따른 센서 기능 보완	- 센서 인식이 불가능한 환경에서 정밀지도 차선 정보를 이용하여 주행 차선 유지 가능
센서 객체 인식 성능 향상	- 센서가 감지해야 하는 영역을 지도 정보를 이용하여 축소함으로써 연산 속도와 인식을 향상

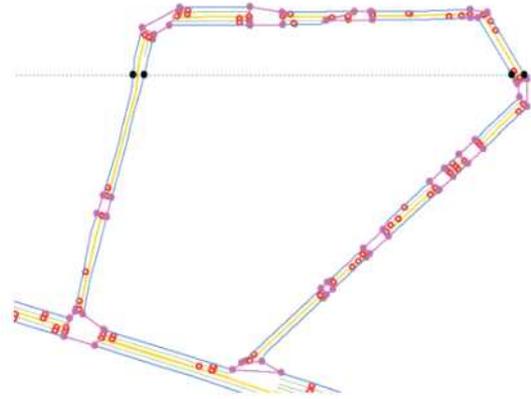
출처 : 현대엠엔소프트 블로그, 자율주행 지원을 위한 고정밀지도 기술 동향, 2017.11.

아래의 그림 2-31와 2-32은 정밀 지도 및 고정밀 전자지도 형상 예시이다.

[그림 2-31] 정밀 지도 (예시)



[그림 2-32] 고정밀 전자지도 형상(예시)



출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.07.

국내의 경우 내비게이션(현대자동차그룹)과 모바일 맵핑 시스템(현대엠엔소프트)을 이용 및 산업통상자원부의 지원을 받아 ‘GPS-DR, 영상 및 도로정보를 융합한 횡방향 정밀도 20cm 이내의 저가형 정밀 측위 시스템 개발’ 센서 융합 기반 정밀 측위 과제를 수행했다. 표 2-18을 통해 기존에 이용한 수치지형도와 정밀도로지도의 차이점을 확인할 수 있다.

<표 2-18> 수치지형도와 정밀도로지도의 차이점

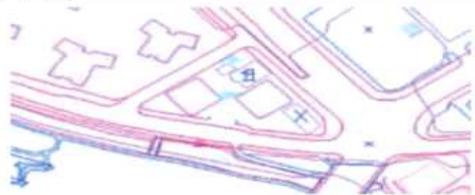
구분	기존 수치지형도	정밀도로지도
지도		
방법	항공사진 측량	Mobile Mapping System (MMS)
용도	- 항법지도(Navigation用)은 도로 단위의 정보, 경로 탐색/안내 정보 제공 - 국토, 도시관리, 건설, 토목, 행정, 인터넷 지도, 내비지도 등	- 자율주행차 연구·개발 및 상용화, 도로관리, 정밀 내비지도 개발 등 - 자율주행을 위해 차선(Lane) 단위 정보 제공
특징	- 2차원 전자지도 + 정적인 정보 제공 + 고정된 지형지물의 위치 등	- 3차원 전자지도 + 정적 + 동적인 정보 제공 + 도로 교차, 차선 나비 등의 도로환경 및 교통상황
정확도	(1/5천) 평면 : ±3.5m / 수직 : ±1.67m (1/1천) 평면 : ±0.7m / 수직 : ±0.33m	평면 : ±0.25m / 수직 : ±0.25m
자율주행차 지원정보	차선 : × 차로중심선 : × 규제선 : × 도로경계 : ○ 도로중심선 : △ 교통표지 : △ (도심지, 위치정보) 노면표지 : ×	차선 : ○ 차로중심선 : ○ 규제선 : ○ 도로경계 : ○ 도로중심선 : △ (필요시) 교통표지 : ○(위치 + 속성정보) 노면표지 : ○(위치 + 속성정보)

출처 : Ktb투자증권, 자율주행의 핵심: 정밀 지도, 2017.

### 5) ITS 연동기술

지능형 교통 시스템(ITS)는 자동차의 자율주행에 따른 충돌회피, 교차로 충돌 방지 등의 다양한 서비스 제공으로 안전과 에너지 효율성 극대화를 목표로 하며, 이러한 서비스를 보다 정확함과 동시에 안정적으로 제공해야한다. 이를 위해서 노변 기지국(Road Side Equipment, RSE) 설치 및 주행 차량을 대상으로 정밀한 차량 위치 인식 기술이 필요하다. 앞서 기술한 항법 시스템만으로 악천후 및 위성 수신 불가 지역 등 모든 상황에서 정확한 위치를 인식하는 것은 굉장히 어려운 일이다. 이를 도로 주변에 설치된 노변 기지국 및 V2I(차량간의 통신 기술)를 통한 측위 기술이 해결책을 제시할 것이다.

<표 2-19> 수치지형도와 정밀도로지도의 차이점

구분	기존 수치지형도	정밀도로지도
지도		
방법	항공사진 측량	Mobile Mapping System (MMS)
용도	- 형법지도(Navigation用)은 도로 단위의 정보, 경로 탐색/안내 정보 제공 - 국토, 도시관리, 건설, 토목, 행정, 인터넷 지도, 내비지도 등	- 자율주행차 연구·개발 및 상용화, 도로관리, 정밀 내비지도 개발 등 - 자율주행을 위해 차선(Lane) 단위 정보 제공
특징	- 2차원 전자지도 * 정적인 정보 제공 * 고정된 지형지물의 위치 등	- 3차원 전자지도 * 정적 + 동적인 정보 제공 * 도로 고저, 차선 너비 등의 도로환경 및 교통상황
정확도	(1/5천) 평면 : ±3.5m / 수직 : ±1.67m (1/1천) 평면 : ±0.7m / 수직 : ±0.33m	평면 : ±0.25m / 수직 : ±0.25m
자율주행차 지원정보	차선 : × 차로중심선 : × 규제선 : × 도로경계 : ○ 도로중심선 : △ 교통표지 : △ (도심지, 위치정보) 노면표지 : ×	차선 : ○ 차로중심선 : ○ 규제선 : ○ 도로경계 : ○ 도로중심선 : △ (필요시) 교통표지 : ○(위치 + 속성정보) 노면표지 : ○(위치 + 속성정보)

출처 : Ktb투자증권, 자율주행의 핵심: 정밀 지도, 2017

표 2-20는 V2X 통신의 대표적인 DSRC(Dedicated Short Range Communication)과 WAVE(Wireless Access for Vehicular Environment) 방식의 특징 및 차이점을 보여준다. DSRC는 근거리 전용통신, WAVE는 차량 환경에서의 무선 접근 방식을 의미한다.

<표 2-20> DSRC 및 WAVE 비교

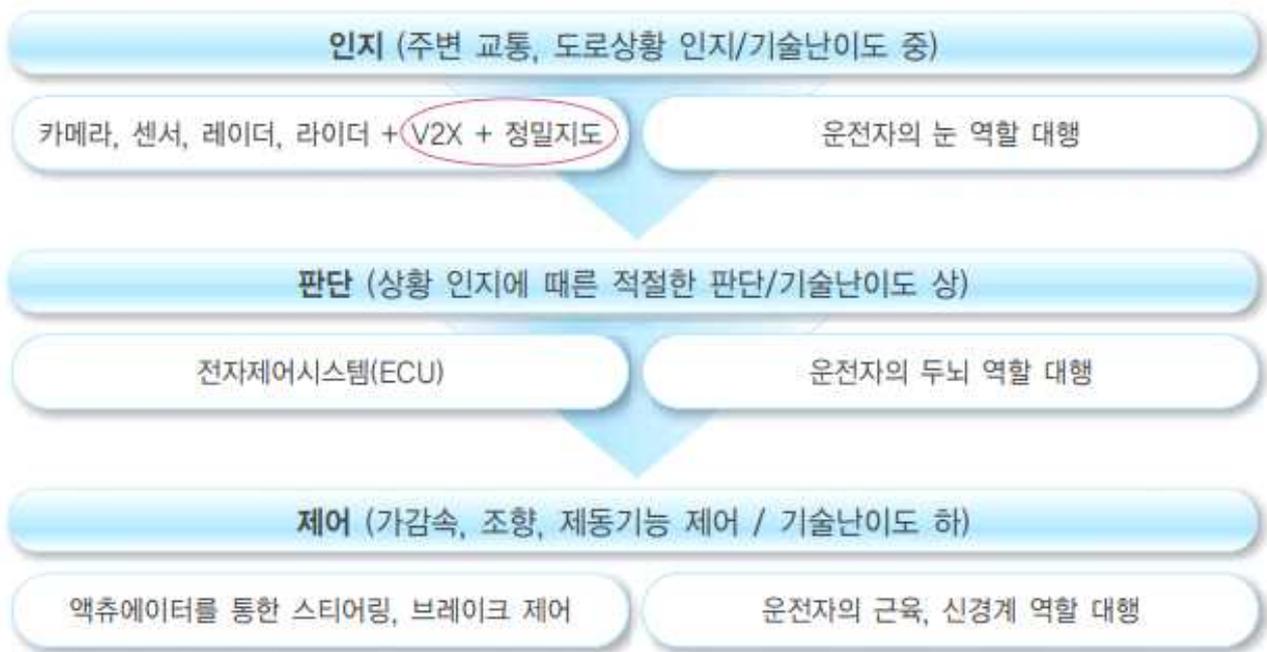
항목	DSRC	WAVE
주파수	5.8GHz	5.850~5.925GHz
대역폭	10MHz	10MHz
최대지원속도	160Km/h	200Km/h
최대통신반경	100m	1,000m

출처 : 현대엠엔소프트, 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 2015.08.

위에서 언급했듯이, 기존 위성 항법 시스템은 환경적 측면에 따라 오차에 미

치는 영향이 크므로 자차 위치를 계산하는 과정에서 정확도가 많이 감소한다. 이의 대안으로 GPS 및 관성 측정 장치(IMU) 등의 센서와 고정밀 지도간의 융합을 통해 미리 저장된 지도 위치 정보를 비교 및 차량의 위치를 정밀하게 보정하는 센서 퓨전 측위(Sensor Fusion Positioning, SFP) 기술이 널리 연구되고 있다. 그러나 위성 항법과 관성 항법 시스템 간의 결합으로 위성 수신이 불가능한 지역에서 위치 추적이 가능해졌으나 관성 오차가 이동거리 및 시간에 따라 누적되는 문제점이 있다. 또한 센서의 높은 가격으로 일반 제품에 적용하기 쉽지 않은 문제점이 있는데, 이러한 문제점을 위한 해결 방안으로 사회기반 인프라(도로 정보, 시설물 속성 등) 및 절대 좌표 정보를 포함하는 고정밀지도의 필요성이 증가하고 있다. 그림 2-33는 차량 및 사회기반 인프라 시설 간의 통신(V2X)과 비전 센서(카메라 등), 정밀 지도의 필요성을 나타낸다.

[그림 2-33] 자율주행 프로세스와 V2X 통신, 정밀 지도의 필요성



출처 : Ktb투자증권, 자율주행의 핵심: 정밀 지도, 2017

과학기술정보통신부는 2017년 6월 독자 GNSS개발을 위한 기획 연구를 완료하고 2040년까지 GNSS를 구축하는데 드는 비용을 2조 3천억원 정도로 추정하고 있다. 2017년 12월까지 수립하기로 한 제3차 우주개발진흥 기본계획에 GNSS 구축계획 반영여부를 검토하고 있다. GNSS 구축과 별개로 주요국들은 GPS 정보에

서 오차를 보정해 정확한 정보를 생산한 뒤 이를 정지궤도 위성을 통해 다시 방송하는 위성기반보강항법시스템(SBAS, Satellite Based Augmentation System)에도 경쟁을 벌이고 있으며 미국·유럽·일본 등은 SBAS를 운영 중이나 국내의 경우, 2014년부터 한국형 위성기반 위성항법 보강시스템 개발을 착수하여 2020년까지 일반 서비스, 2022년에는 항공 서비스를 시작할 예정이다.

네비게이션(현대자동차그룹)과 모바일 맵핑 시스템(현대엠엔소프트)을 이용 및 산업통상자원부의 지원을 받아 ‘GPS-DR, 영상 및 도로정보를 융합한 횡방향 정밀도 20cm 이내의 저가형 정밀 측위 시스템 개발’ 센서 융합기발 정밀 측위 과제를 수행하기도 했다.

### 3. V2X

#### 가. 기술 개요

도로 위의 자동차는 항상 위험이 존재하고 있으며, 세계보건기구 (WHO)는 도로 인프라 시설이 개선되고 있음에도 불구하고 매년 전 세계에서 교통사고로 인한 125만 명의 인명 손실이 발생한다고 발표했다. 자동차는 인명과 직접적으로 결부되어 있으므로 자율주행차의 개발에 있어서 교통 사고율 감소를 위한 대책이 시급하다. 이러한 부분들을 고려하기 위해 다양한 시도를 한 결과 ESP(Electronic Stability Program, 전자식 차체자세제어장치)와 ABS(Anti-lock Brake System, 잠김 방지 브레이크 시스템) 등과 같이 전자장비들을 유기적으로 통제하는 최상위의 안전 시스템들이 산출물이라고 볼 수 있다. 또한 최근 국내에서 이슈가 된 양재 IC부근과 봉평 터널에서의 버스 사고원인은 운전자의 졸음 운전으로 규명된 바 있는데, 이에 대한 대책으로 주목받고 있는 졸음운전 방지나 전방 주시 태만을 줄이기 위한 HUD 네비게이션 도입 등 사용자 인터페이스 측면의 방안이 등장하고 있다.

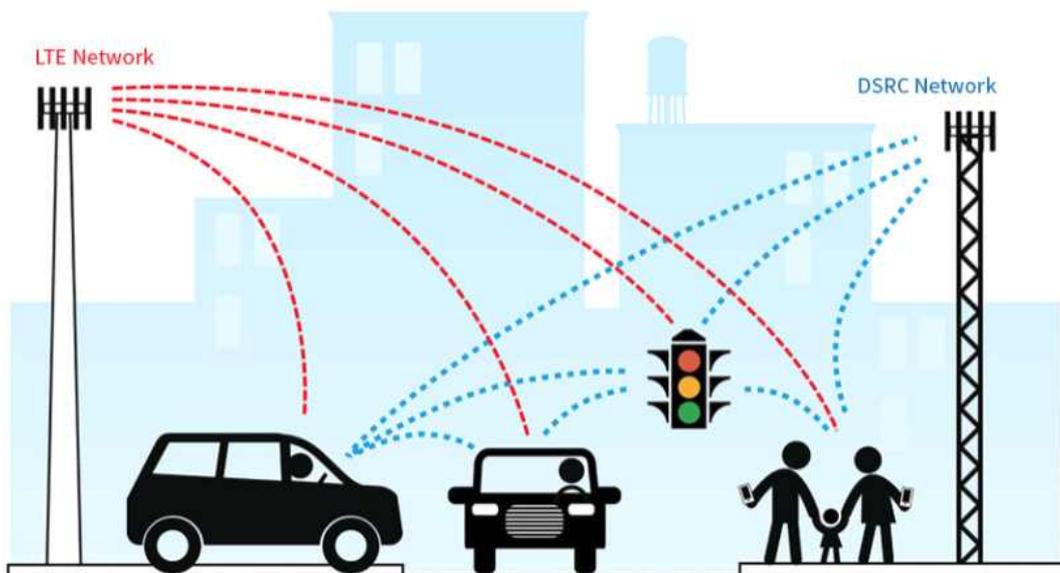
그러나 위와 같은 방안은 특정 서비스를 도입한 차량과 운전자를 대상으로만 적용되는 것으로, 실제 상황을 실시간으로 완벽하게 고려하여 정보를 제공하는 것은 불가능하다. 즉, 아무리 차량 자체 내 센서(Sensor)가 훌륭하다 하더라도 자율주행 기술을 100% 도입하기에는 한계가 있다. 이러한 이유로 양방향(Two-Way)으로 상호 통신을 하며 교통정보를 공유 할 수 있는 V2X(Vehicle to

Everything)가 부각되고 있다.

### 1) V2X

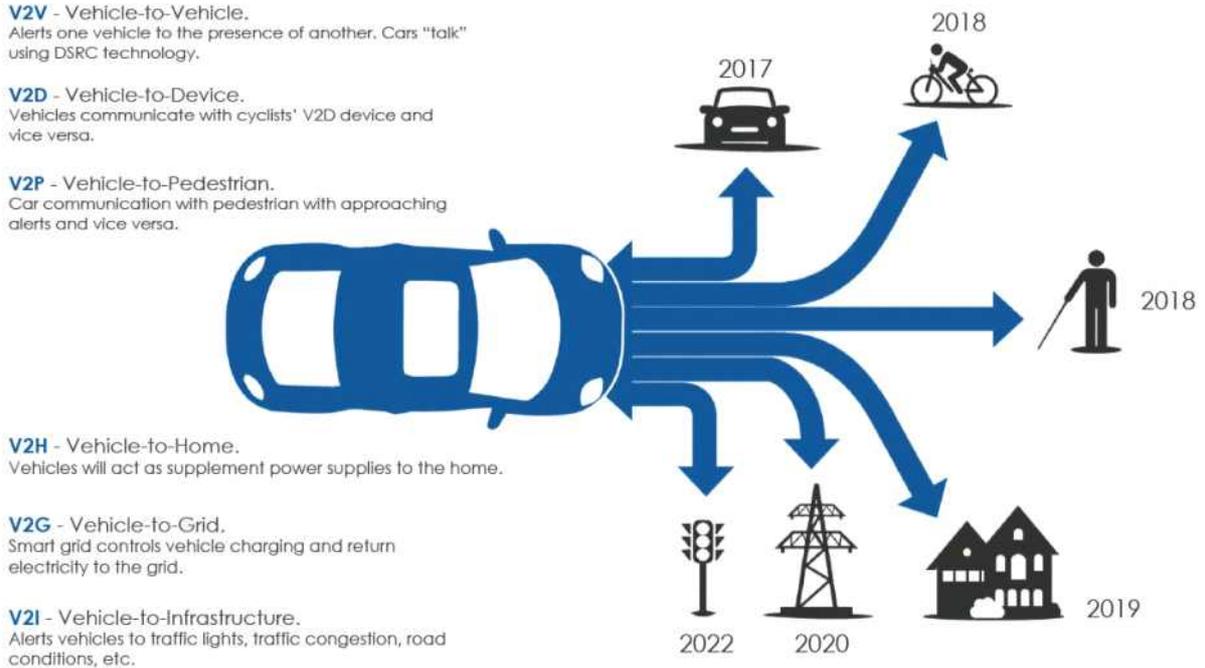
V2X라 함은 차량 주행 중 유/무선망을 이용하여 다른 차량 및 도로 등 인프라가 구축된 사물과 상호적으로 교통 상황 등의 유위험 정보를 교환하는 통신 기술을 의미하며, V2V(Vehicle to Vehicle), V2I(Vehicle to Infrastructure), V2N(Vehicle to Nomadic Device), V2P(Vehicle to Pedestrian) 등을 총칭한다. 또한 미국의 전기·전자 기술자 협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)에서 표준화된 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 통신 기술로 차량이 빠른 속도로 이동하는 전파 환경에서 V2V 및 V2I의 패킷 프레임을 짧은 시간(100m/sec) 내에 주고받을 수 있는 기술을 V2X 통신기술이라 한다. 이는 교통 정보(전방 교통정보, 추돌 가능성 등)를 교환하고 인지할 수 있다는 점에서 교통사고를 미연에 방지 및 교통의 흐름을 원활하게 유도할 것으로 전망된다.

[그림 2-34] V2X 통신 기술 예시



출처 : Kama 웹 저널, 사물인터넷(IoT)과 자동차의 미래, Vol. 335, 2017

[그림 2-35] V2X 통신 기술 종류



출처 : MAHBUBUL ALAM, Vehicle-to-Everything Technology Will Be a Life Saver, 2016.05.

## 2) ITS

ITS(Intelligent Transport System)은 지능형 교통체계를 의미하며, 교통, 전자, 통신 등의 다양한 첨단 기술을 도로, 차량 및 화물 등의 교통체계의 구성요소에 접목하여 실시간으로 교통정보를 수집, 관리 및 제공한다. 또한 이를 활용하여 교통 체계의 운영 및 관리를 자동화하며 교통의 효율성 및 안정성을 향상시키는 교통체계를 의미하기도 한다. 버스 정류장의 버스 도착 안내 시스템, 네비게이션의 실시간 교통정보, 하이패스 등이 실생활에서 접할 수 있는 ITS이다. 국내의 국가교통정보센터(National Transport Information Center)는 ITS를 표 2-21과 같이 분류했다.

<표 2-21> 국내 ITS 기술 (서비스)

개발 분야	이용자 서비스	내용	세부 서비스
교통관리 최적화	교통류 관리 서비스	도시부도로와 지방부도로를 통행하는 모든 차량의 교통 흐름을 제어하고 교통상황에 대한 실시간 정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 교통 제어</li> <li>- 철도건널목 신호 연계</li> <li>- 교통 제어성 정보제공</li> <li>- 광역 교통류 제어</li> <li>- 고속도로 교통류 제어</li> </ul>

	돌발 상황 관리 서비스	도로상에서 발생하는 모든 돌발 상황 즉 교통사고, 차량 사고, 비정상적 혼잡 등을 인지 후 대응 및 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 돌발 상황 탐지</li> <li>- 돌발 상황 대응조치</li> <li>- 긴급차량 운행관리 지원</li> </ul>
	자동 교통단속 서비스	무인감시카메라 및 주행 차량 자동인식 기술을 활용하여 속도위반, 신호위반 등 각종 법규 위반 차량을 자동 단속 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 교통 제어</li> <li>- 차선 위반 차량 단속</li> <li>- 과적차량 단속</li> <li>- 버스 전용차선 위반 차량 단속</li> <li>- 신호위반 차량 단속</li> </ul>
교통정보 유통 활성화	교통정보 관리 및 제공 서비스	ITS의 공간 단위인 대도시를 중심으로 한 각 권역 별 교통정보 센터에서 이루어지는 모든 활동을 포함. 즉, 권역 교통정보 센터는 교통정보 제공의 중심으로서 자체적으로 정보를 수집하고 모든 공공기관에서 수집된 정보를 통합 및 관리하는 정보의 연계 기능을 함	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본 교통정보 제공</li> <li>- 교통정보 연계</li> </ul>
여행자 정보 고급화	부가정보 관리 및 제공 서비스	민간 정보제공업자는 권역 교통정보센터를 통해 필요한 각종 기초 정보를 얻음. 이들은 이 기초정보를 다시 가공, 추가로 다양한 정보를 창출하여 사용자(통행자)에게 정보를 유료로 제공.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여행자 정보 제공</li> <li>- 주행 안내</li> <li>- 자전거 경로 안내</li> <li>- 출발 전 여행정보 제공</li> <li>- 주차장 정보 제공</li> <li>- 장애인 경로 안내</li> <li>- 운전 중 교통정보 제공</li> <li>- 보행자 경로 연계</li> <li>- 기타 부가정보 제공</li> </ul>
대중교통 활성화	대중교통 정보 제공 서비스	노변에 설치된 차량 위치 확인 장비(비콘)나 인공위성(GPS)를 활용하여 버스 등 대중교통차량의 위치정보를 확인하고 이 정보를 대중교통정보 센터나 운수회사가 수신하여 분석 과정을 거쳐 가공한 정보를 운행하는 대중교통차량에 교통상황 정보 및 운행정보를 제공.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시내버스 정보 제공</li> <li>- 고속버스 정보 제공</li> <li>- 시외버스 정보 제공</li> </ul>
	대중교통정보 관리 서비스	운수회사는 인공위성, 무선통신망 기술을 활용하여 실시간으로 차량 운행정보(차량 위치, 승객 수, 사고정보, 정차 여부 등)를 수집 및 운행 상황을 파악.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시내버스 운행 관리</li> <li>- 좌석 예약 관리</li> <li>- 대중교통 시설 관리</li> <li>- 고속버스 운행 관리</li> <li>- 환승 요금 관리</li> <li>- 시외버스 운행 관리</li> <li>- 대중교통안전 관리</li> </ul>
화물 운송 효율화	물류정보관리 서비스	화물차량에 대한 정보는 인공위성과 차량 내 단말장치, 유무선 통신기기 등을 통해 수집되며 센터 내에서 DB화되고,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 화물 추적 관리</li> <li>- 화물차량 안전 관리 지원</li> <li>- 화물 운행 관리</li> </ul>

		유용한 정보로 분석 및 가공되어 화물 차량 운전자에게 제공	- 화물차량 경로 안내
	위험물 차량 관리 서비스	차량 내 단말장치, 차내 안전감지장치와 인공위성, 유무선 통신 등을 통해 위험 화물 및 위험물 적재 차량에 대한 실시간 추적, 관리를 가능하게 함.	- 위험물 사고처리 서비스 - 위험물 관리 - 위험물 차량 경로 안내 및 관리
	화물 전자행정 서비스	화물 전자통관과 화물 전자 행정 서비스(전자문서교환(EDI)서비스, 물류 정보 제공 서비스)가 있음.	- 화물 전자 통과 - 화물 전자 행정
차량 및 도로 첨단화	안전운전 지원	도로상의 위험 상황을 노변 장치 및 차량 자체의 자동제어기술을 통해 제어함으로써 안전운전을 지원. 즉, 사고 발생 시 자동 경보나 차량 전부향, 측방 충돌, 교차로에서의 충돌 등을 자동으로 제어하여 예방.	- 사고 발생 자동 경보 - 차량 전부향 충돌 예방 - 차량 측방 충돌 예방 - 교차로 충돌 예방 - 청도 건널목 안전 관리 - 감속도로 구간 안전 관리 - 차량 안전 자동 진단 - 보행자 안전지원 - 장애인 안전지원 - 운전자 시계 향상 - 위험운전 방지
	자동 안전 지원	도로 시스템과 차량의 자동화로 차량은 부분적 자동주행 단계에서 완전 자동주행으로 발전, 이는 차로 이탈 및 차량 간격을 자동으로 제어하여 교통사고의 감소를 통해 안전성이 향상됨.	- 차량 간격 제어 - 자동 조향을 통한 자동 운전 - 군집 운행

출처 : 국가교통정보센터, ITS 기술

이러한 ITS는 국민 교통 편의증진 및 교통 안전을 위한 새로운 교통정책 방향을 모색 및 가까운 미래에 ITS를 통해 언제 어디서나 편리하고 안전 교통을 구현하기 위해 구축이 필요하다.

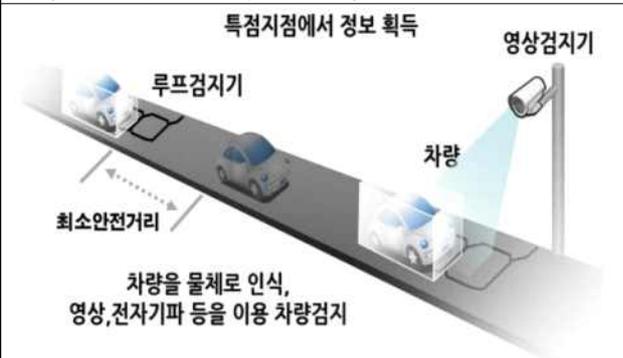
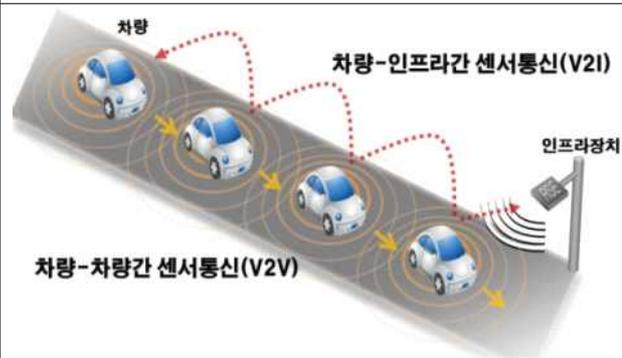
### 3) C-ITS

C-ITS(Cooperative-intelligent Transport System)는 교통시스템의 구성요소(교통수단 및 시설)간 상호 연계를 통해 주변 교통 상황과 사고 위험정보를 차량 주행 중 운전자에게 실시간으로 제공하는 시스템이다. 교통시스템 구성 요소간 연계 및 융합을 기반으로 구성 요소간 기술의 발전은 교통시스템의 지속적인 진화를 의미하며, 교통사고 특성상, 기대효과 또한 분명하며, 교통사고 예방으로

인한 혼잡 감소에도 기여<sup>15)</sup>한다.

표 2-22는 현(現) ITS 와 C-ITS의 차이점을 보여준다.

<표 2-22> ITS와 C-ITS 차이점

현(現) ITS	C-ITS
도로와 차량 간 분리	도로, 차량, 운전자 및 보행자 간 연결
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통정보의 수집/제공 장치가 설치된 특정 지점 및 구간 지점에 차량 통과 시 정적 서비스 제공</li> <li>- 도로와 차량 간, 차량과 차량 간 교통정보의 양방향 수집 및 제공이 어려움</li> <li>- 운전자 인지반응의 한계로 교통사고 시 신속한 대응의 한계 → 사후 관리 중심</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량이 주행하면서 도로 인프라 및 다른 차량과 끊임 없이 상호 통신, 동적 서비스 제공</li> <li>- 현장에서 V2I, V2V, V2P 양방향 연계에 기초한 다양한 협업(co-work) 서비스 가능 → 사전 대응 및 예방, 회피 중심</li> </ul>
<p>특정지점에서 정보 획득</p> 	

출처 : 한국교통연구원, C-ITS의 교통안전과 법제도 개선방향, 강경표, 2015.06.

## 나. 기술 현황

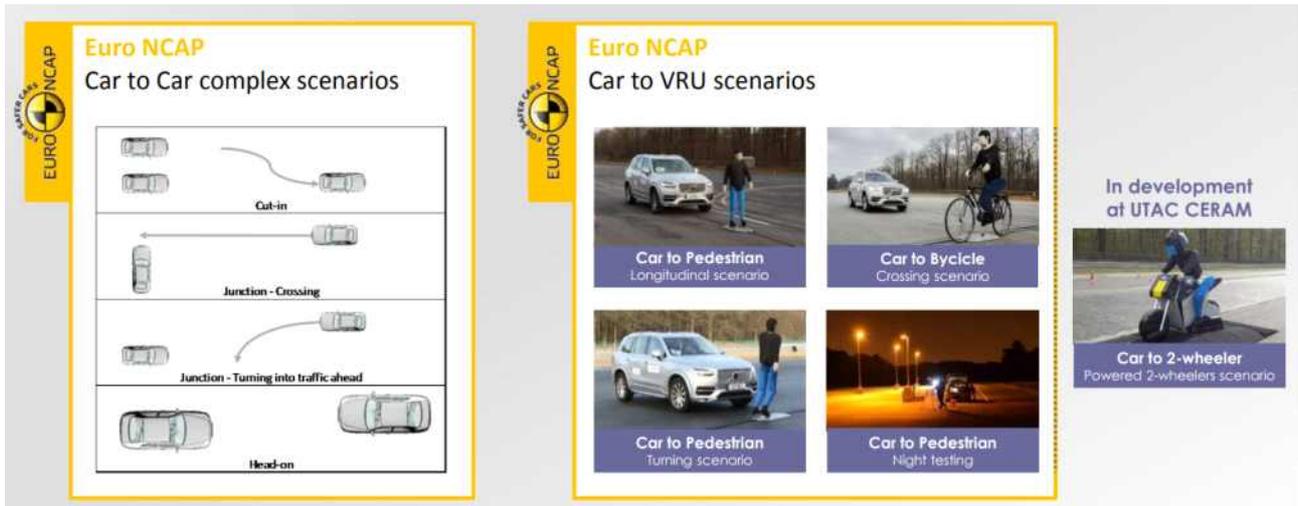
최근에는 정보통신 기술의 발달과 차량을 제어하는 자동차 관련 기술의 발달로 예측 불가능한 사고의 예방이 가능해지면서, 해외 주요 선진국에서 Connected Vehicle, C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems) 등 대규모 프로젝트를 진행해왔으며, 실제 도로환경을 조성하여 연구개발의 결과 도출 및 시험을 목적으로 R&D사업을 추진 중이다. V2I기술은 주로 V2V통신 기술과 연계하여 ITS 및 C-ITS시스템, 인프라 위주 도로 시스템에 활용된다. 이에 따른 국내·외 V2X 기술(자율주행, C-ITS)의 연구 방향을 살펴보고자 한다.

먼저 해외의 자율주행도로 지원 기술과 관련한 연구를 살펴보면 유럽 Euro

15) 한국교통연구원, C-ITS의 교통안전과 법제도 개선방향, 강경표, 2015.06.

NCAP(The European New Car Assessment Programme)에서는 그림 2-36과 같이 자율주행 승인을 위한 테스트 시나리오를 개발 및 시험 중이다. 여기서 테스트 시나리오는 합류, 터널부 등과 같이 인지가 어려운 구간에서 발생할 수 있는 다양한 교통 상황에 대해 테스트 하는 것을 의미한다.

[그림 2-36] Euro NCAP의 자율주행차 테스트 시나리오



출처 : Alain Piperno, UTAC CERAM, 2016.11

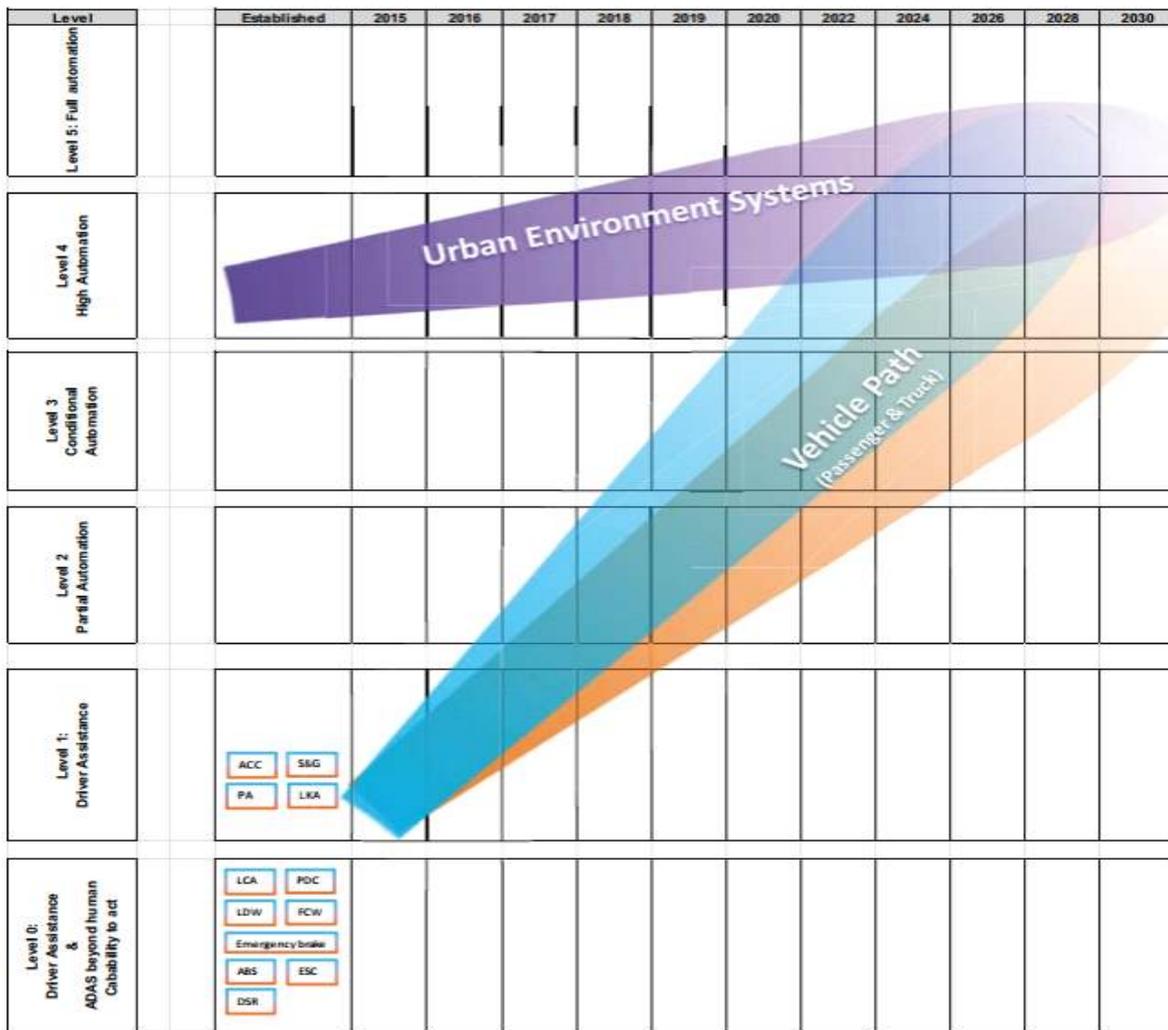
또한 유럽 국제 공동 R&D 프로젝트(Horizon2020)에서는 “Automated Road Transport” 프로그램을 통해서 유럽의 가장 수준 높은 자율주행차를 사용하고 시험하기 위한 연구를 진행 중이다. 해당 연구에는 법적 책임 및 보안, 디지털 인프라 등을 포함하고 있으며 기술 개발로는 환경 인식 기술, HMI(Human-Machine Interface) 등이 있다.

자율주행도로와 더불어 해외 주요국의 C-ITS 관련 기술의 연구동향을 살펴 보면 미국 교통부(US-DOT) 산하의 연구 혁신 기술청(Research & Innovative Technology Administration, RITA)의 주도로 미국 ITS 프로그램을 추진하고 있다. 혁신 기술청 내에서는 현재 “ITS Joint Program Office(JPO)”가 주관이 되어 Connected Vehicle과 자율주행을 통합하는 장기적 실행 계획에 의해 자율주행차 관련 R&D를 수행하고 있다. 또한 향후의 C-ITS 기술 개발 이후의 상용화를 위해 법제화, 표준화, 국제 협력 등을 추진하는데 노력중이다. TMR(Transparency Market Research)사의 2016-2424년 글로벌 산업 시장 분석 보고서에 의하면 향후 대중교통 분야와 자율주행 분야에서 급격한 성장이 있을 것으로 예상하고 있

다.

NHTSA는 2013년 자율주행차와 관련(“Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”를 발표)하여 구체적인 정책방향을 제시하였다. 발표 내용에서는 자율주행 단계(Level 1~4)에 대한 연구 및 개발에 관한 내용과 동시에 2020년 말까지 부분 자율주행차 시스템(Partially automated vehicle system)의 도입의 뜻을 내비쳤다. 또한 미국연방교통부(US DOT)는 ITS JPO(Joint Program Office)를 통해 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System, ITS)의 개발하였다. 또한 ITS JPO에는 장기적인 자율주행 계획이 수립되었다.

[그림 2-37] 유럽 ERTRAC의 자율주행 상용화 로드맵



출처 : Automated Driving Roadmap, ERTRAC, 2015.07.

유럽 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory Council)에서도 미국과 마찬가지로 자율주행 로드맵을 개발하였으며, 2030년까지 총 6단계(Level 0~5)로 구분하고 있다.

영국은 교통부·기업혁신기술부의 공동 추진으로 자율주행차·스마트카 센터를 설립하였으며 2015년에는 자율주행차 운행 기준 수립 및 2천만 파운드 상당의 해당 연구 개발계획을 발표하였다. 또한 2020년 자율주행차량 도로 주행을 목표로 자율주행차의 시험 운전 및 규제에 대한 완화계획을 발표하는 등 자율주행차의 활성화를 위한 정책적 R&D추진 노력이 강화되고 있다.

싱가포르와 MIT 공동연구기술팀(Singapore-MIT Alliance for Research and Technology, SMART)은 주문형 무인 택시(on-demand driverless taxi)와 자율주행 공유차량(shared autonomous vehicle)의 도로 운행 테스트를 시행중이며, 교통부 문 조사관인 에밀리오 프레졸리는 “이 기술을 통해 카셰어링이 승용차의 편의성 확보와 더불어 대중교통만큼의 광범위하게 유지되는 효과를 얻을 수 있다”라고 강조했다.

개발사인 뉴토노미(nuTonomy)는 싱가포르의 첨단산업기지 원노스(One-north) 지역에서 시험운행이 진행되었으며 이후 2018년 싱가포르 전 지역 대상으로 무인택시를 운행할 계획을 가지고 있다. 또한 Smart팀은 2014년 이미 싱가포르의 관광객을 대상으로 무인 자동차 탑승 체험 기회를 제공한 사례가 있으나, 예약 서비스 차원의 문제가 발생했었다. 원노스 지역에서의 테스트는 이러한 유형의 서비스 문제의 개선에 초점을 두고 있다. 싱가포르의 정부는 공유네트워크로 인한 광범위한 사회적 혜택에 높은 관심이 있으며, 싱가포르 도로에서 최초의 무인 택시가 제한적으로 시험 운행을 개시하였다.

유럽에서는 EPoSS(European Technology Platform on Smart Intergration)에서 자율주행차 기술개발을 위해 차량, 데이터, 표준화 등의 문제뿐만 아니라 인프라 측면을 고려하여 통합 로드맵을 개발하였으며, “R&D-데모-상용화” 3단계의 마일스톤으로 정의 및 제시하였다.

<표 2-23> 자율주행 로드맵의 3단계 Milestone

마일스톤	시기	대상도로	교통상황	기술명 및 자율주행 시나리오
Milestone 1	2020년	주차장, 자동차 전용도로 (motorway)	저속 및 복잡하지 않은 주행환경	Traffic jam chauffeur (차선변경 포함)
				highway chauffeur
Milestone 2	2025년	자동차 전용도로 (motorway)	중, 고속	higher AD highway autopilot A→B 구간 자율주행 / 운전자 자유도 제공
				동물충돌회피 철길건널목 주행
Milestone 3	2030년	도심 (city)	복잡한 교통환경	highly AD(driverless 지향기술혁명) 지역 / 도시별 자율주행기술 요구사양 상이

자료: KEIT, PD Issue Report, 유럽의 자율주행 자동차 기술 로드맵(EPoSS, ERTRAC) 분석, 2015.12.

[그림 2-38] 유럽 각 분야별 자율주행 로드맵 및 Milestone



출처 : European Roadmap Smart Systems for Automated Driving, EPoSS(European Technology Platform on Smart Integration), 2015.

앞서 기술한 자율주행차 관련 기술개발의 동향을 살펴보면, 세계적으로 자율주행을 위한 차량용 센서 기반 자율주행 기술을 넘어 사회 인프라까지 고려한 V2X 기반 자율주행 기술의 개발 및 상용화에 관심을 쏟고 있다.

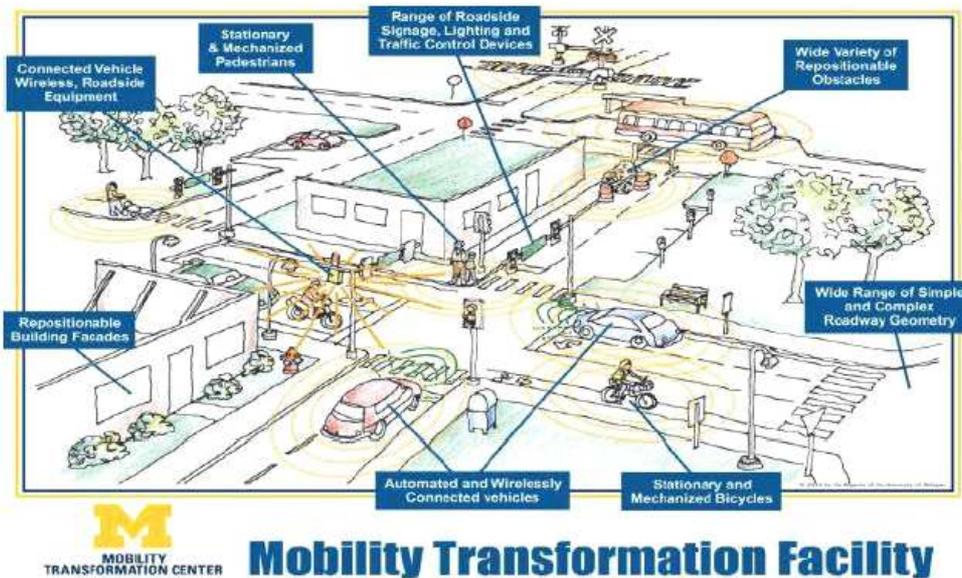
유럽에서 2009년부터 2012년까지 진행되었던 군집주행 관련 연구개발 사업

인 SARTRE(Safe Road Trains for the Environments)프로젝트는 안전과 친환경 기술력을 갖춘 볼보 및 스웨덴 기술연구소 등 7개의 기관이 참여하여 성공적으로 완료하였다. 또한 2012년 스웨덴에서 진행된 테스트에서도 군집주행에 성공한 사례가 있다.

한편 미국 교통부에서도 향후의 자율주행차 실용화 단계의 대비를 위해 정책 및 규제 개선 중에 있으며, 미국 공공기관과 벤츠, 도요타, 현대 등 8개의 자동차 제조업체는 CAMP-VSC3(Crash Avoidance Metrics Partnership Vehicle Safety Communication 3)컨소시엄을 통해 자동차의 V2V 보안 기능 및 신차 장착 여부를 실증평가 및 검토 중이며 해외에서는 고안전 자동차 정책을 추진 중이다.

또한 자율주행의 기술 개발 외에 테스트에 대한 플랫폼 구축(테스트베드)의 중요성도 중요하며 각국에서는 이를 인식하고 자체적으로 개발에 돌입했다. 미국에서는 2013년 미시간 주 자율주행차 시험 주행 법안이 통과 후 미국 공공기관과 여러 관련 단체들은 실도로 주행 전 자율주행 차량과 시스템을 평가하기 위한 목적으로 테스트베드를 구축(M-city)하였다.

[그림 2-39] 미국 M-City



출처 : <http://www.mtc.umich.edu/test-facility>

스웨덴에서도 ASTAZero(Active Safety Test Area and Zero)의 자율주행 실험

시설을 갖추고 있으며, 스웨덴 교통국, TSS(Test Site Sweden, 스웨덴 국립교통 연구소(VTI), 볼보 등 다양한 재정 지원 단체로 협업하고 있다. ASTAZero는 도로안전에 대한 실증 실험 시설로써 V2V, V2I, 운전자 행태 실험 등에 대한 종합적인 실험이 진행되고 있다.

네덜란드 또한 V2X등 ITS 시스템의 효과를 검증하기 위한 DITCM(Dutch Integrated Test-side Cooperative Mobility)시험장을 보유하고 있으며, 이는 총 8km(고속도로구간 6km, 도시부 2km)의 실도로 구간이며 헬몬드와 아인트호벤의 두 도시를 연결하는 A270 및 N270사이의 도로에 구성되어 있다.

국내에서는 자율주행 도로 지원 기술개발 사업으로 한국도로공사 주관 기준의 교통 문제를 해결하기 위한 미래형 고속도로 연구 사업인 “스마트 하이웨이 R&D사업” (2007 ~ 2014)과 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 사업” (2015 ~ 2020)이 현재 개발 완료 및 진행 단계에 있다.

<표 2-24> 스마트자율 협력주행 도로시스템 개발

자율주행 차량	자율주행 차량연계 협력주행 실증기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량 도로시설 자동차 인식성능 향상 기술 개발</li> <li>- 고정밀 복합 측위 기술 개발</li> <li>- 도로교통·차량주행정보, 고정밀 복합측위 기술, 통신 등을 통합 및 주행상황 판단 기술 개발</li> </ul>
도로 인프라	자율협력주행 도로 기반시설 고도화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로교통 상황정보 수집·가공 기술 개발</li> <li>- 상시연결 및 보안 확보 도로교통 정보 쌍방향 V2X 통신 시스템 개발</li> <li>- 자율협력주행 지원 동적전자지도(Local Dynamic Map) 기술 개발</li> <li>- 자율협력주행 지원 도로시설 개선 연구</li> </ul>
	자율협력주행 도로시스템 테스트베드 구축·평가 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율협력주행 테스트 베드(비공용/공용도로)구축 및 운영</li> <li>- 복합측위정보 통합 차량제어기술 개발</li> </ul>
	자율협력주행 도로시스템 운영·관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율협력주행 도로시스템 효과 분석 연구</li> <li>- 자율협력주행 도로시스템 실용화를 위한 법·제도 관련 제·개정 연구</li> </ul>

출처 : 한국도로공사, 2015

스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 사업은 정부출연금 약 275억 원을 투입하여 자율주행차 상용화 지원 방안 마련 및 안전하고 편리한 자율주행 환경 구현을 2020년으로 목표로 진행 중이다. 또한 자율주행 시험구간(고속도로/국도

시험노선 선정 및 K-city 구축 등)선정 및 기능별로 지원 기술을 실증했으며 아래와 같다.

총 3단계 [1단계 : 핵심요소 기술 개발(2015~2017), 2단계 : 테스트 베드 구축 및 실증(2017~2019), 3단계 : 실용화 및 표준화(2019~2020) 목표]로 나뉘며, 경부·영동 고속도로에 자율협력주행 테스트 베드(2017)를 구축하였다. 교통안전공단 주관 자율주행 안정성 평가 기술 및 테스트 베드 개발 사업(2016~2019)과 연계하여 K-city구축 및 시범운영단지 지정을 추진하였다. 시범운영단지는 경기 성남(판교제로시티), 대구 달성(국가산업단지 및 테크노폴리스)로 지정 및 지역 내 주행 관련 안전 및 서비스 실증을 추진 중이다.

<표 2-25> 자율주행 안전성 평가기술

전용도로 자율주행 안전성능 평가기술	- 고속주행이 가능한 전용도로 환경에서 합류, 분기 및 차선변경 등 여러 상황 인지·판단 및 제어 관련 안전주행 여부 확인 및 평가 기술
자율주차 안전성능 평가기술	- 자율주차(Valet Parking) 기능이 구비된 자율주행차의 인지·판단 및 제어 관련 기능 안전 수행 여부 확인 및 평가 기술
고장안전성능 평가기술	- 자율주행차에 탑재된 인지·판단 및 제어 기능의 고장을 대비하여 개발 단계 시스템 안전설계 여부를 사전에 확인 및 판단 평가 기술
통신보안 안전성능 평가기술	- V2X 환경 및 외부 해킹 시도에 대비한 자율주행차 내부 통신 시스템 안전성 확인 및 평가 기술

출처 : 국토교통부 보도자료 “자율주행차 상용화 대비 연구개발 지원 강화”, 2016.08.10.

또한 국내 C-ITS 기술의 동향을 살펴보면 국토교통부는 C-ITS기본계획의 수립에 앞서 2013년 15개의 핵심 서비스를 규정하였으며 그 내용은 표 2-26와 같다. (C-ITS 서비스 구성도 포함)

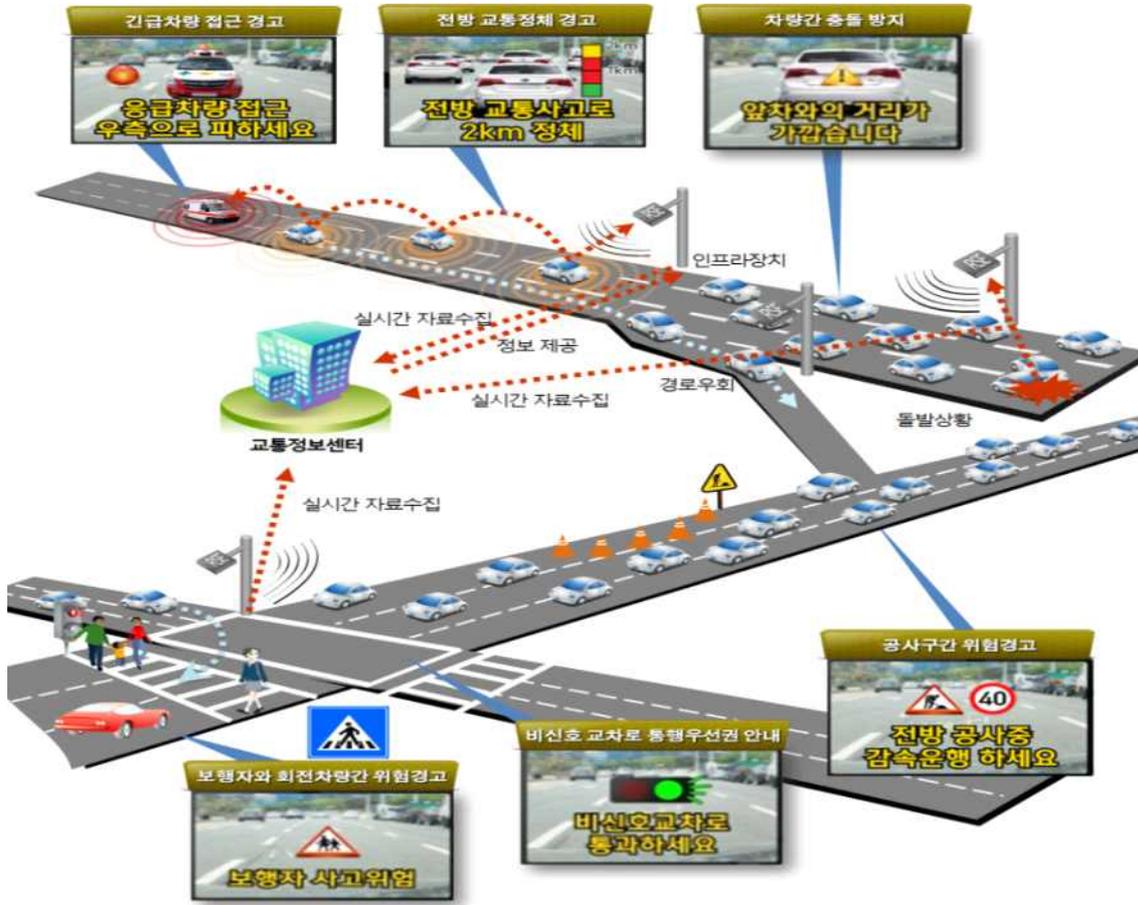
<표 2-26> C-ITS 핵심 서비스

분 야	핵심 기능	세부내용
기본정보 수집 및 제공	위치기반 차량데이터 수집	- 차량 상태·위치·운행정보를 실시간 송신하고 센터 서버에 저장
	위치기반 교통정보 제공	- 센터에서 가공된 소통정보 등 위치기반의 교통정보를 차량 단말기에 제공
	스마트 통행료 징수	- 정차하지 않고 기존 속도를 유지하면서 통행료 지불
안전(주의) 운전지원	도로 위험구간 정보 제공	- 잠재적 위험 및 돌발 상황 감지 및 경고
	노면상태 및 기상정보 제공	- 국지적 위험을 끼치는 노면·기상에 대한 상황정보 및 안전 운행 정보 제공
	도로 작업구간 주행 지원	- 차량 주행 중인 도로상의 공사·청소 등 상황정보 및 안전운행 정보 제공
교차로 안전 통행지원	교차로 신호위반 위험경고	- 교차로 통과 차량에게 신호현시정보 가공을 통한 사고발생·신호위반 예방
	우회전 안전 운행 지원	- 우회전 시 교차로 접근 차량 미인지로 발생하는 충돌사고 예방
대중교통 안전지원	버스 운행관리	- 버스 운행정보 수집으로 실시간 버스운행 관리를 통한 서비스 품질 및 안정성 증대
	옐로우버스 운행 안내	- 옐로우버스 승·하차 위치 및 운행상황을 주변 차량에 전파 후 주의 운전을 유도
보행자 상시 Care	스쿨존·실버존 안전운전 지원	- 스쿨존·실버존 진입 차량에게 제한속도 안내 및 실시간 안전정보 제공
	보행자 충돌방지 경고	- 교차로 또는 도로구간 주행 시 횡단보도 보행자 및 자전거 유무 감지 후 진입차량 경고
차량 간 사고예방	차량추돌방지 지원	- 전방차량 속도·사고 등 차량상황을 실시간으로 수집·통보해 2차사고 예방
	긴급차량 접근경고	- 긴급상황 시 구난·구조 현장 도착시간의 단축을 위해 긴급 차량 주행상황을 전방차량에 전달
	차량 긴급상황 경고	- 차량의 고장·사고 시 위험정보 전달로 후방차량 직접·2차 사고 예방

출처 : Ktb투자증권, 자동차/부품 (Overweight), 2017.01.

C-ITS 관련 시범사업 기본계획 및 V2X 관련 기술 연구 동향은 표 2-27과 같다.

[그림 2-40] C-ITS 주요 서비스 구성



출처 : 국토교통부 보도자료, 2014.11.

<표 2-27> 차세대 C-ITS 기본계획

기간	계획
단기 (2014~2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국 고속도로 스마트 하이웨이 전면화·V2I안전 서비스 규격화</li> <li>- 차량단말기 10% 보급</li> <li>- 기본형 차량 단말기(안전정보·하이패스) 보급</li> <li>- 구축률 4%(고속도로 68%)</li> </ul>
중기 (2021~2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대도시권 V2I확대 및 V2V 안전서비스 도입</li> <li>- 차량단말기 50% 보급</li> <li>- 차량제어 연계</li> <li>- 사업용 차량 단말 의무장착 검토</li> <li>- 구축률 18%(고속도로 100%, 국도 16%, 도시부 12%)</li> </ul>
장기 (2026~2030)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중소도시권 V2I확대 및 V2V 안전서비스 도입</li> <li>- 차량단말기 70% 보급</li> <li>- 비사업용 차량 단말 의무장착 검토</li> <li>- 자율주행 기반 조성</li> <li>- 구축률 30%(고속도로 100%, 국도 67%, 도시부 17%)</li> </ul>

출처 : 국토교통부, 한국도로공사, 2014

U-Transportation 기반기술 개발(2006~2012)은 시간·공간의 제약 없이 교통 정보를 수집, 가공 처리 및 제공할 수 있는 교통 환경을 구축하여 실시간 교통 상황에 대응을 목표로 하고 있으며 V2I 및 무선 통신시스템 및 운영기술이 주요 연구내용이다. 또한 스마트 하이웨이 R&D(2007~2014)사업에서는 V2I와 V2V 간 양방향 통신을 통한 차량 안전 서비스 제공 통신기술을 개발했다. 최근에 완료된 C-ITS 시범사업은(2014~2017)은 79개소에 통신 인프라를 구축하고 15개 핵심 기능 구현을 분석하였다. (국토교통부, 2016) 또한 V2X 관련 기술은 표 2-28과 같다.

<표 2-28> V2X관련 기술 및 시범

기술	주요 내용
WAVE	- 전용주파수 대역 5.855~5.925 GHz, WAVE단말기, 기지국, GPS, ECU 키트로 구성
차량 간(V2V) 통신	- 사고 및 응급 상황을 전파, 자동제어 기술과 연계한 군집 주행을 지원
차량-기지국(V2I) 통신	- 구조 요청 송·수신 및 교통정보를 수집 및 제공
돌발상황 자동검지	- 영상카메라 정보 수집 및 레이더 검지 후 정보를 전송 및 감지 제어기의 위치 정보를 전송 → CCTV 자동 추적의 과정 거침
다차로 톨링	- 레이더 검지기 차량 진입 감지 후 WAVE통신을 통해 위반 차량의 촬영 장치 차량번호를 인식 및 차종 분류장치로 차종을 구분 → 차로 제어와 단말기 간 통신으로 요금을 자동 결제

출처 : 한국과학기술원, 2016

한국교통연구원은 미래 C-ITS 연구 개발 [차량-도로-보행자 연계·융합 기반 실시간 자동제어 및 안전기술 개발(2017~2020) 및 고속 자율군집주행 및 초고속 스마트 자율주행 기술 개발(2020~2030)]계획을 도출하였으며 “자율주행 자동차 실도로 평가환경 구축 상세기획 연구 보고서”에서는 본격적으로 자율주행 차량 평가 및 인증에 대한 근거를 마련하였다.

국내에서는 K-city, 대구 달성·수성 일대 시범운행단지 등 자율주행 및 C-ITS 실증을 위한 시험시설이 구축되었다. K-city는 미국 미시건 대학교 인근에 설립된 세계 최초의 자율주행차 실험도시(M-city)를 벤치마킹하였으며 실도로 및 시가지 상황을 반영하고 있다. 2016년 교통안전공단의 주관으로 진행된 자율주행차 안전성 평가기술 및 테스트베드 개발 R&D사업의 일환으로 안전한 자율주행을 위한 인프라를 구축했다. 교통안전공단의 자동차 안전연구원 주행시험장(경기도 화성시)내 기존 ITS 시험도로를 확장했다.

[그림 2-41] 자율주행 실험도시 K-City



출처 : TS교통안전공단, 국토교통부 보도자료 재인용, 2016.08.10.

자율주행차의 상용화를 목적으로 구축 일정(3단계)은 자동차 전용도로(2017) 및 도심부 등 전체구간(2018) 순으로 단계적으로 구축이 계획되었으며, 기존의 ITS 시험로·고속주회로·조향 성능로 개량 및 확장 후 도심부·커뮤니티부·자율주차시설·자동차전용도로·교외도로로 재편성 하였다. 표 2-29은 K-city 도로 구성 및 평가환경에 관한 내용이다.

<표 2-29> K-City 도로구성

도로구성	재현환경 및 시험기술
도심부	- 건물면·신호교차로·버스전용차로 등 도심부 환경을 묘사
커뮤니티부 및 자율주차시설	- 전용주차장 및 노견 직각·평행·사선 자율주차 환경을 묘사 - 보행자 및 자전거 이용자 접근성을 중심으로 커뮤니티 환경을 묘사
자동차전용도로	- 고속도로 자율주행 환경을 묘사
교외도로	- 통신 인프라가 부족한 국도 및 지방도의 환경을 묘사 - 능동 조향장치의 고속 수행 안전성 시험

출처 : 국토교통부 보도자료, 2016.08., 재정리

<표 2-30> K-City 평가환경

평가환경	구성요소
도시환경	- 어린이 보호구역 - 보행자 및 자전거 도로, 버스 전용차로 등
교통환경	- 신호등·표지판·터널·요금소 등
통신환경	- 도로변 통신 단말·관제센터·검지기 등

출처 : 국토교통부 보도자료, 2016.08.10.

<표 2-31> K-City 및 해외 유사시설 비교

구분	K-City	Nice City(중국)	일본
구축년도	2018년	2016년	2016년
운영기관	자동차안전연구원 (KATRI)	상해국제 기차성유한공사	일본자동차연구소 (JARI)
구축비용	약 100억원	-	약 372억원
특징	- 14개 (ITS 등) 시험로 운영 - 자율주행차 연속 주행시험 가능 - 5개 교통환경 구축 (도심부, 커뮤니티부 등)	- 자딩 자동차 парк(통지대 자딩캠퍼스) 시험도로 15km구성 - 스마트 커넥티드 차량에 29종의 테스트 환경 제공 - 2019년 대규모 스마트· 커넥티드 자동차 종합도 시 시범지역으로 확대할 예정	- 빌딩 모형, 도로, 무선통신 교란 장비 등으로 구성 - 일본자동차연구소(JARI) 관 할 구역 내 별도의 실험 도시 구축

출처 : 국토교통부 보도자료, 2016.08.10.

<표 2-32> K-City 내 구축 예정 실도로 평가환경 및 항목

구 분		평가 항목	K-City 자동차 안전 연구원
평가 환경			
도심	3/4지 신호교차로	- 신호 인지·예측·판단·제어	○
	보행자 횡단보도	- 비자율주행차와의 상호작용	○
	빌딩면	- 도심 건물로 인한 통신 음영 발생 영향 평가	▲(가건물)
	버스·택시 정류장	- 버스 전용차로 인지 및 영향 평가	▲
	버스 전용차로	- 버스·택시 정차 및 출발시 상충 발생 상황평가	▲
커뮤니티	비신호교차로	- 보행자·자전거 이용자·저속 및 소형 이동	○
	벽돌블록보도	- 보조수단 등 인지·이동·예측·판단·제어	○
	보도 연석	- 보행자 충돌 경보 제공	▲
	자전거·보행자도로	- 보행자 충돌 경보 제공	▲
	School Zone	- 직각·평행·사선 주차 기능 평가 및 자율 발렛	▲
	과속방지턱	파킹 주차 기능 평가	○(노건, 자율주차)
교외지역	자갈길·비포장도로	- 교외지역 도로환경 인지 및 판단	○
	경사·곡선도로	- 도로 기하구조 인지·판단·제어 기능	○
	정지교차로	- 낙하물 등 장애물·공사도로 인지 및 거동	○
	가로수길	- 가로수로 인한 시인성 저하, 통신음영 발생	▲
	공사도로	영향 평가	▲
	지하도 및 터널	- 회전교차로 인지·차량 간 우선순위를 결정, 상충발생 상황 평가	▲
	회전교차로	- 회전교차로 인지·차량 간 우선순위를 결정, 상충발생 상황 평가	○
자동차 전용도로	고속도로	- 고속주행환경에서의 인지·판단·제어 기능	○
	합류·분류부	- 자동차전용도로에서 차간거리 및 차선유지 여부 평가	○
	가드레일	- 톨게이트 인지·통과 가능 여부, 차량 간 상충발생 상황평가	▲
	톨게이트	- 톨게이트 인지·통과 가능 여부, 차량 간 상충발생 상황평가	▲
	중앙분리대·소음방지 벽	- 소음방지벽·중앙분리대로 인한 통신음영 발생상황 평가	▲
도로 시설물	신호등·가로등· 도로표지판·포트홀	- 신호·도로표지판·조명 인지·판단·제어	○
	V2X 통신	- 노이즈(노면 및 선형 불량)의 인지·예측·판단·제어	
		- V2X 통신 송·수신	

출처 : 국토교통부 보도자료, 2016.08.10.

※ ▲ : K-City로 구축 예정

국토교통부는 자율주행차 규제혁신 방안에 의거 판교 창조 경제벨리를 시범 운행구역으로 선정 및 자율주행·비 자율주행 일반차량 일반 차량 공용 시험구 축 지역을 조성할 예정이다. 2018년까지 2~4 차선 규모(총연장 4km)의 자율주행

노선을 단계적으로 구축중이며, 연구기관·기업과의 협업으로 C-ITS(정밀지도·V2X) 기반시설을 설치할 예정이다. 또한 중앙관제센터 도입을 통해 교통 상황 데이터 전송 및 교통 상황 관리를 목표로 하고 있다.

[그림 2-42] 판교 제로시티 자율주행 시험운행단지



출처 : Cnb news, 경기도 판교제로시티, 자율주행자동차 시범 운행단지 지정된다, 2016.05.

또한 국토교통부는 대구 달성·수성 일대 시범운행단지(해당 구간 98.3km의 정밀지도 구축 예정)를 구축하였으며, 지능형 자동차 부품시험장(2014년 설립) 중심 무선통신망(WAVE)을 이용한 지능형 주행 시험 및 관련 시험의 실증 환경의 구축을 추진 중이다. 주행시험로는 등관로, ITS 고속주회로, 원선회로 등으로 구성되어 있다.

한국건설기술연구원은 국토교통과학기술진흥원 R&D 연구를 통해 기상환경 재현 도로교통 성능평가 실험시설(경기도 연천군)을 구축하고 있다. 이는 기상상태 악화(폭우, 폭설, 안개 등)와 도로의 악영향(야간조명, 도로소음 등)을 예방하기 위한 도로 시설성능 및 교통안전 향상을 목표로 하며 도로안전시설의 성능규격 기준 검토 및 기준 정립을 위한 실증 실험 시설이다.

표 2-33의 내용은 국내·외 주요 국가의 V2X 개발 동향이다.

〈표 2-33〉 V2X 주요 국가 개발 동향

주요 동향	
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 교통부(DOT)와 VIIC(Vehicle Infrastructure Integration)컨소시엄 주도 V2X통신 환경 구축을 위한 IntelliDrive 프로젝트를 진행</li> <li>- DOT와 미시간대학교 교통연구소(University of Michigan Transportation Research Institute, UMTRI)주도 V2X 무선통신 시스템 구축 및 운전자 수용성 평가의 목적으로 하는 교통안전 시범 프로젝트 추진</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽의 자동차 주요 업체들은 ICT기술 안정성 확보를 위한 주행 환경 조성 목적의 PReVENT 프로젝트 내 서브 프로젝트 WILLWARN(Wireless Local Danger Warning)을 수행 (2004~2009)</li> <li>- European Commission Information Society Technologies의 주체로 차량과 도로상의 인프라를 활용함으로써 안전한 교통 시스템 구축을 목표로 하는 SAFESPOT 프로젝트 수행</li> <li>- Audi, BMW 등 6개 자조업체가 중심이 되어 결성한 C2C-CC(Car to Car Communication Consortium)에서 V2X통신 어플리케이션 및 시스템 규격을 검토</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 TV 방송으로 전환 후 V2X기술을 위한 700MHz대역의 주파수 추가 확보</li> <li>- 자동차 제조업체(혼다)는 V2V 통신 기술 개발을 목표로 첨단 안전자동차 프로젝트 ASV-3(Advanced Safety Vehicle)를 추진</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트하이웨이 구현 목표 IEEE 802.11P WAVE 기술 기반 V2X통신 기술 개발(차선 이탈 예방 기술, 장애물 발생 경고 기술 등이 고려)</li> <li>- 5G, V2X 등 기술의 공동 연구 및 개발을 위해 SK텔레콤·퀄컴 MOU체결</li> <li>- ETRI에서 고속 이동 차량과의 ITS서비스를 위한 V2X통신 기술을 연구하여 국내 표준 도출을 목표로 선정</li> </ul>

출처 : 한국과학기술원, 인공지능 기반 미래도로 구축방안 연구, 2016.12.

#### 제4절 안전 관련 현안 및 시사점

과거부터 지금까지 자동차의 기술 개발은 물리적인 혁신을 거듭함과 동시에 기술 범주가 가상적인 부분까지 확대되면서 자동차 시장은 유례없이 빠르게 변하고 있다. 구글, 우버와 같은 자동차 주요업체들은 각자의 자율주행 알고리즘 및 보유 기술 개발 등에 집중하고 있으며, 중국의 BAT(Baidu, Alibaba, Tencent) 등이 그 뒤를 거세게 쫓고 있다. 또한 주요 자동차 완성업체인 벤츠, BMW 역시 자율주행차 시장에서의 경쟁력 확보를 위해 각자의 핵심 기술을 바탕으로 협력

체계를 구축하고 있으며 정부 차원에서의 정책적, 경제적으로 지원 및 투자도 활발히 이루어지고 있다.

그러나 자율주행차 시장에서의 치열한 경쟁 속에서 근본적인 이슈에 대해 검토가 필요하다. 최근 주요 자동차 업체인 구글 및 테슬라 자율주행차의 대표적인 사고 사례의 분석을 통해 기술 개발에 따른 한계와 그에 따른 법·정책적 현안 및 안전 관련 이슈를 면밀하게 검토 후 향후 연구 방향을 제시하는 과정이 필요한 시점이다.

## 1. 안전 관련 현안

자율주행 기술은 아직까지 기상 악조건(폭설, 폭우 등)에서는 약점을 보이고 있으며, 사고·공사로 인한 우회로 등 특별한 도로 환경에서도 적응이 덜 된 상태이다. 따라서 현재 발생했던 자율주행차의 사고 사례를 자세히 살펴보고 그 원인과 개선 방안에 대해 면밀히 분석하여 앞으로의 기술 발전의 방향성을 제시할 필요가 있다. 먼저 구글의 자율주행차는 3D 도로지도가 마련되어 있지 않은 지역 및 긴급 상황 등에서 ‘매뉴얼 모드’의 주행이 필요하며 이는 총 운행거리 중 약 20%에 차지하고 있으므로 미완성 상태라고 볼 수 있다. 또한 테슬라의 자율주행모드(Auto pilot)기능의 주변 환경 인식 오류로 한 이용자가 주행 중 사망사고를 당하면서 자율주행 관련 기존의 정책 및 관련 법규의 부족함을 확인할 수 있었다. 편의성 및 안전성의 확보 목적으로 제조된 차량 내·외부 모든 주행 및 특이사항을 모니터링 하는 시스템의 특성상 사생활 침해의 우려가 있으며, 기술의 발전에 따른 해킹이나 SW오류로 인한 사고에 대한 고려 역시 필요하다. 그러므로 현재까지 발생하였던 구글과 테슬라의 사고 사례에 대해 보다 자세한 내용을 살펴보고 그에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

### 가. 구글 사례 분석

구글의 자율주행차 총책임자 크리스 엡슨 역시 현재의 자율주행 기술의 한계에 대해서 인정한 바 있으며, 향후 몇 년 내에 해결을 목표로 하고 있다. 구글 자율주행차 사고 사례에서도 확인할 수 있듯이 사람의 수신호 인지 및 사물의 유형구분(예, 돌 vs. 종이박스)에 대해서는 아직 극복해야 할 대상이며, 이 파트에서는 기술적 측면에서의 안전 관련 이슈에 대해 기술할 것이다.

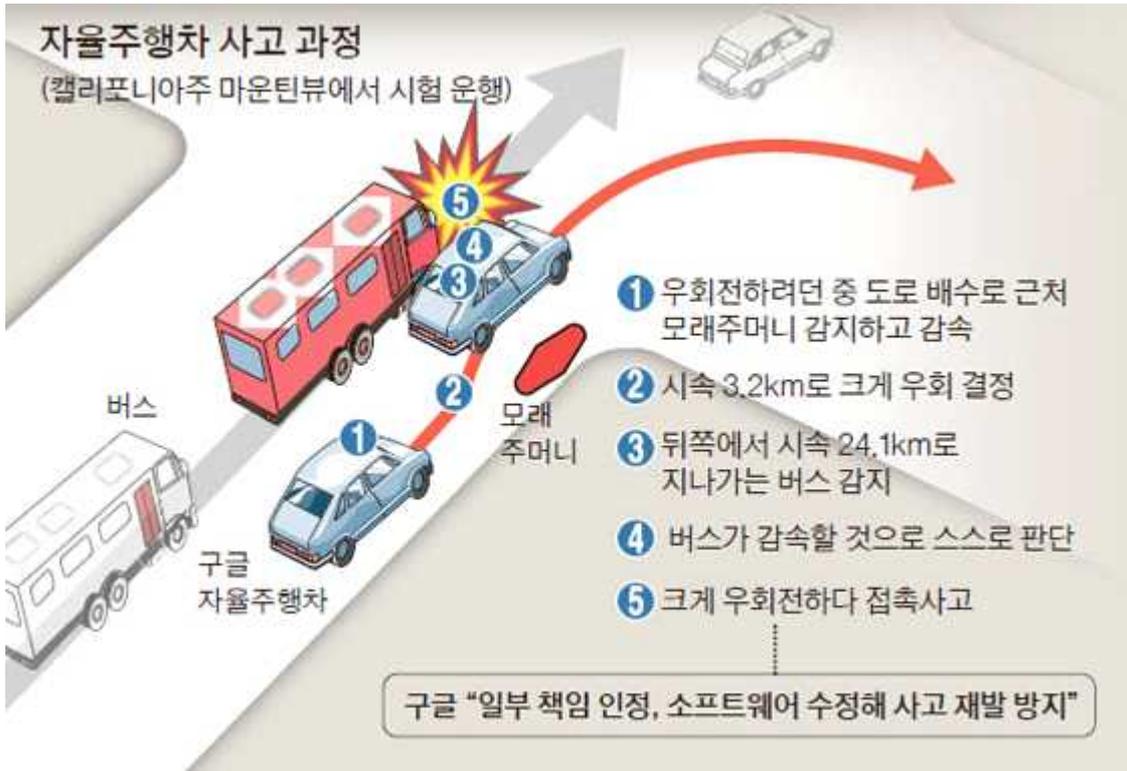
자율주행차 기술은 각각의 한계를 가지고 있으며, 이는 안전과 직결되는 가장 중요한 사항이다. 한계로서 가장 먼저 손꼽을 수 있는 것은 자율주행 지원 센서라고 볼 수 있다. ADAS용 Lidar, Radar 등의 센서는 Laser 및 신호 재전송(replay attack)으로 쉽게 공격이 가능하다. 또한 GPS 등의 위치 인식 기술은 간섭 및 스푸핑(Spoofing)에 취약하여 쉽게 불능(disable)상태에 직면하며, 도심 환경에서는 신호의 난반사가 심해 수 십 미터에서 수 백 미터까지의 오차가 발생할 수 있다. DGPS(Differential GPS)로도 보완이 불가능 하며 이는 두 수신기 공유의 공통의 오차를 서로 상쇄시킴으로써 보다 정밀한 데이터를 얻기 위한 기술을 의미한다.

카메라(Camera)는 날씨와 조도에 따라 성능에 급격한 변화가 발생하며, INS(Inertial Navigation System)는 음파에 의해 심하게 오작동 가능성이 있는 특성을 가지고 있다.

또한 악의적인 공격으로 안전성에 문제가 생길 수 있다. 자율주행 센서에 대해 전파 교란(Jamming) 및 스푸핑(Spoofing) 공격을 받게 되면 강력한 방해 전파로 정보 수신 불가 및 통신 서비스는 일시적으로 마비되며 이러한 공격은 쉽게 만들어 낼 수 있다. 이와 같은 공격을 받을 경우 심각한 인명 사고를 초래할 수 있으며, 주변 환경의 정보를 수신하는 과정에서 오류 정보를 획득하거나 해킹(Hacking)을 당하는 경우 또한 인명 사고를 발생시킨다. 자동차가 센서 공격이나 해킹 등을 당했을 때, 이를 방어·인지 능력은 현재 기술로는 미비한 실정이다. 교통안전 보장을 위해서는 협력형태의 교통정보 제공 및 사이버 안전 보장 등의 지원 기술이 필요하다.

구글 자율주행차의 사고는 2016년 미국 캘리포니아 주에서 렉서스(RX450h)를 개조해 만든 자율주행차와 버스 간 가벼운 접촉 사고였다.

[그림 2-43] 구글 자율주행차 사고



출처 : 중앙일보, 구글 자율차 'Sorry' ...330만Km 주행 첫 판단 미스 사고, 2016.03.

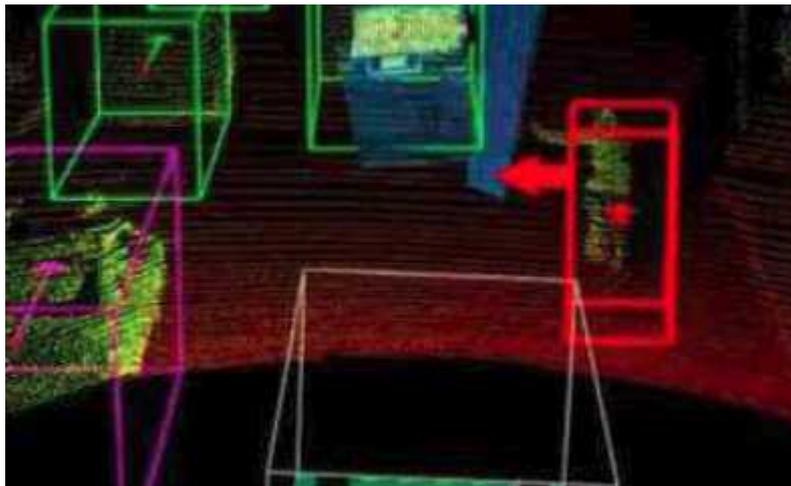
사고의 경위는 다음과 같다. 구글 자율주행차가 우회전을 위해 우측 연석 쪽으로 접근 후 모래주머니를 인지하였다. 인지 후 전방의 모래주머니를 회피하기 위해 왼쪽으로 차선을 변경하는 과정에서 옆 차선에서 주행 중인 시영버스와 사고가 발생했다. 사고의 원인은 시영 버스가 감속할 것이라는 자율주행 차량의 판단과는 다르게 주행속도를 그대로 유지하여 충돌이 발생했다. 구글은 자율주행 차량의 도로 교통법을 엄정하게 지켜 도로의 흐름을 방해한다는 잦은 지적을 받기도 하였으며 버스가 양보하지 않을 수 있다는 점을 S/W에 주입 및 수정이 필요하다고 인지하였다. 개선방안으로서 자율주행 기능 알고리즘을 사람의 운전 습관을 모방하도록 변경하였다.

이전부터 구글은 자율주행차 시험 주행 관련 안전성에 대한 다각도의 테스트를 수행해왔으며, 최근 6년간 자율주행차로 322만 km를 주행해 총 17건의 사고를 겪었으나, 구글의 자율주행차의 잘못으로 일어난 사고는 1건이 전부이다. 그러나 상용화되기에는 아직 기술적으로 결함이 있다는 여론을 조성하였다.

이번 사고를 통해 구글은 자율주행차 시험 운행이 지니고 있는 위험성을 인정하였으며 그와 동시에 위험 상황 및 안전성 확보를 위한 노력은 계속 진행 중이다. 자율주행 시험운행을 통해 인공지능(AI)기반 교통 흐름 및 예측 불가능한 상황 등에 운전 하는 방법을 학습중이며, 안전에 이상이 있을 경우 수동 모드로 전환하여 위험을 방지하고 있다.

현재까지 시험 중인 자율주행 누적 주행거리는 약 200만 마일(약 322만 km), 수동 모드 약 120만 마일을 돌파했고 현재 기술 완성도는 90%이며 나머지 10%는 향후 3년 안에 해결 계획을 내세웠다. 그러나 시험운행 중 38% 가량이 수동 모드를 사용한 점은 아직까지는 자율주행의 개발 및 위험 상황에 필요성을 부각시킨다. 현재까지 자율주행차는 인간의 약 300년 간 운전 경험을 보유하고 있으며, 자전거 운전 등 위험 상황을 통한 테스트 중임을 강조했다. 그림 2-44은 구글의 자율주행차는 자체 알고리즘(Algorithm)을 통한 분석으로 전방의 자전거 운전자의 수신호 감지가 가능함을 보여준다.

[그림 2-44] 자전거 운전자의 수신호 감지



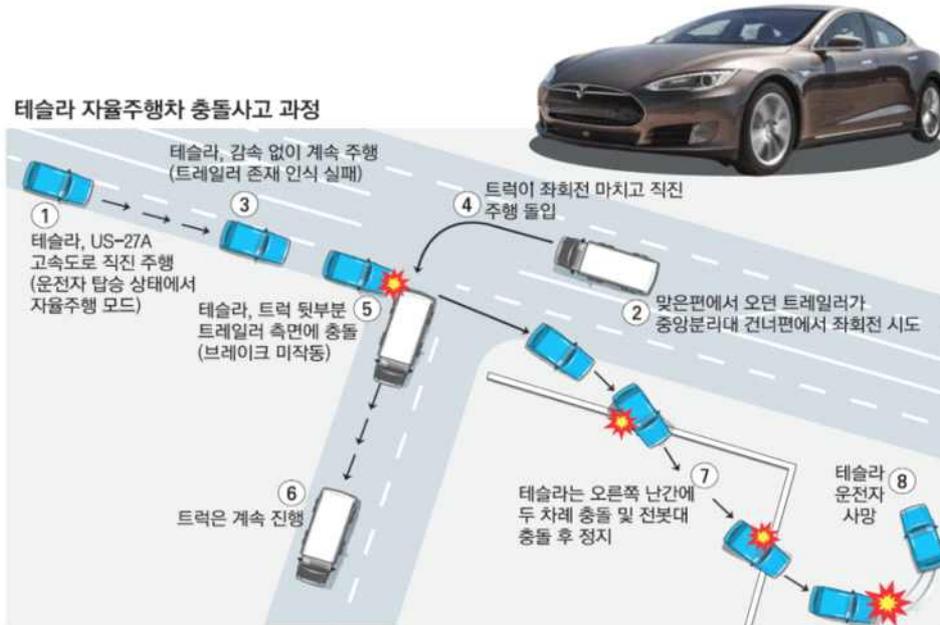
출처 : Google Self-Driving Car Project Monthly Report, 2016.6

#### 나. 테슬라 사례 분석

구글의 사고 발생년도와 같은 해(2016), 미국 플로리다 주 고속도로에서 테슬라의 모델 S는 자율주행 중 운전자 첫 사망 사고를 일으켰다. SW에 자동차 제어의 기능을 부분적으로 위임하는 자율주행모드 ‘오토파일럿(Auto Pilot)’ 기능

은 주변 환경의 인식 부족으로 대형트레일러와 해당 차량과의 충돌로 확인되었다.

[그림 2-45] 테슬라 자율주행차 차량사고 경위



출처 : 매일경제, 자율주행 첫 사망사고 충격...센서만으론 한계 드러낸 무인차, 2016.07.

테슬라 측은 사고 원인에 대해 충돌 사고 당시 차량의 자율주행 센서가 햇빛을 정면으로 받는 역광 상태에서 트레일러의 백색 옆면을 하늘로 착각한 채 인식하지 못했던 것으로 밝혔다. 또한 오토파일럿(Auto Pilot)기능을 사용하면 자동으로 차선 유지 및 차로 변경이 가능하며 교통 혼잡 구간에서는 능동형 트래픽 크루즈 컨트롤을 이용한 속도 조절 등이 가능하기 때문에 차선을 올바르게 인식하는 것이 중요하다. 또한 테슬라 측은 자율주행모드(Auto Pilot) 기능 사용구간에서는 운전자의 전방 주시 의무를 지켜야 한다고 강조했다.

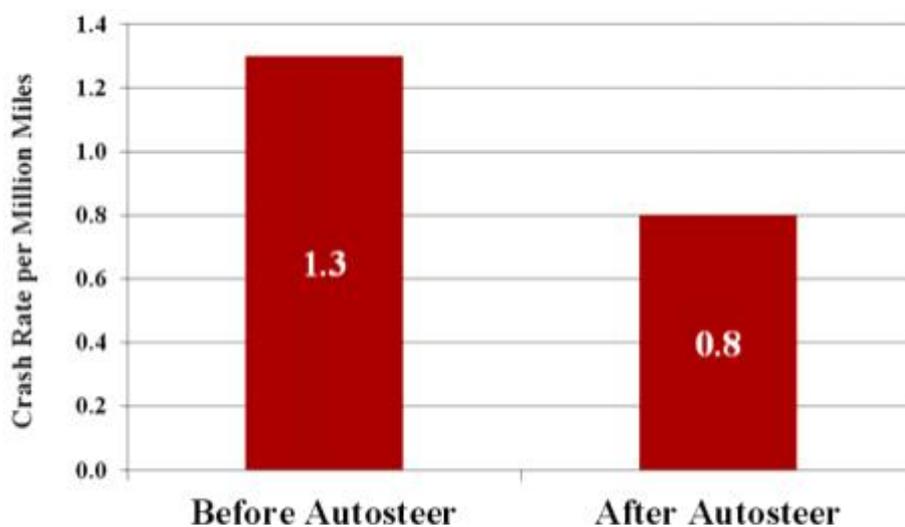
[그림 2-46] 테슬라 사고차량



출처 : The New York Times, Tesla Self-Driving System Faulted by safety Agency in Crash, 2017.09.

그러나 미국 도로교통안전국(NHTSA)는 사고의 원인을 조사한 결과 모델 S 세단과 모델 X 크로스오버 SUV의 SW(Automatic Emergency Braking, Autopilot 등)관련 안전 결함을 찾을 수 없다고 발표 후 조사가 종결되었으며 테슬라 제공 충돌 사고율 데이터를 포함한 연방 조사 결과 자율주행(Autopilot)모드로 주행한 자동차의 충돌 위험이 오히려 약 40%가량 감소한다고 밝혔다.

[그림 2-47] 테슬라가 제공한 충돌 사고율 데이터



출처 : NHTSA, Automatic vehicle control systems, 2017.01.

또한 미국 연방교통안전위원회(National Transportation Safety Board, NTSB)의 충돌 사건에 대한 상세 예비 조사 보고서 결과를 통해 모델 S의 속도가 과속

(74mph)중 이었으며, 충돌 당시 자율주행모드와 차량 인식 크루즈 컨트롤 기능이 사용되었다고 발표했다. NHTSA는 여러 차량 시스템의 데이터 분석 결과 자율주행(Autopilot)에 대해서는 안전문제가 발견되지 않았다는 결론을 도출했으며, 안전 관련 결함이 존재하지 않는다는 증명은 하지 못했으나, 사건을 계속 모니터링 및 향후 필요한 조치 경고 의견을 나타냈다.

테슬라 사고 이후 삼진 아웃(자율주행 중 운전자에게 경고를 통해 1시간 이내 3차례 무시했을 경우, 자율주행 시스템이 강제로 해제)전략을 통해 운전자의 몰입도의 필요성을 극대화 및 레이더를 물체 인식의 주된 수단으로 변경함으로써 안전을 강조하는 방식으로 자율주행 방식을 변경하였다.

테슬라는 아직 증명되지 않은 원인으로 모델 S 화재 사고 등 관련 사고가 여러 나라에서 발생되었으며 정리를 하면 표 2-34과 같다.

<표 2-34> 2016년 테슬라 모델S 화재 사고

시 기	지 역	내 용
2016.01	노르웨이	- 전기 자동차 급속 충전소에서 충전 플러그를 소켓 접촉 시 스파크가 튀면서 화재 발생
2016.02	캐나다	- 비충전 상태에서 화재 발생
2016.08	프랑스	- 시승 행사 도중 화재 사고 발생
	중국	- 자율주행 운행 중 발생한 두 번째 사고로 고속도로에 불법 주차된 차량과 충돌
2016.09	네덜란드	- 사망 사고 발생, 그러나 자율주행 기능 미사용
2016.11	미국	- 시내를 달리던 중 차량이 나무와 건물을 들이받아 사고가 났으며 운전자와 탑승객 2명이 사망 - 화재로 인해 차량에 탑재된 대용량 배터리가 연쇄 폭발을 일으켰으며 완전히 불타 사고 원인을 알기 어려우나 자율주행(Autopilot)중 사고를 일으켰을 가능성이 높은 것으로 추정

출처 : SPRi, 자동차 산업의 SW안전 이슈와 해결과제, 2017.02.

향후 자율주행차의 조기 상용화를 위해 경제성, 소비자의 인식전환, 안전성 입증과 관련된 기술 및 법·정책제도의 개선이 필요하며 자율주행차 확산 속도는 앞서 말한 현안들의 개선 정도에 따라 좌우될 것이다.

## 2. 시사점

구글과 테슬라의 사고를 전후로 자율주행차 안전을 목표로 각 국의 대응 및 제도 정비를 본격화하고 있다. 유럽 국가 중 네덜란드는 테슬라의 자율주행 기능을 차량 내 장착을 허가한 반면 독일 연방자동차위원회는 테슬라 자율주행 (AutoPilot)기능이 불완전한 시험 버전 (Beta-phase version)이라는 이유로 차량 내 적용을 허가하지 않고 개선의 필요성을 강조했다.

또한 한국, 일본 및 유럽은 유엔 전문가회의(2016.7.10)에서는 차량 추월 및 차선 합류 등이 가능한 자율주행차 운행 공통기준 제정 논의를 하였으며, 2018년 중으로 운전자가 핸들 조작을 하지 않고 차선 변경 및 추월을 할 수 있는 차량 조건 등과 같은 기준을 만들어 국가별로 채택할 예정이라고 밝혔다. 논의된 공통 기준은 다음과 같다.

- ① 자율주행 차량의 추월은 고속도로에서만 허용
- ② 대인·대물 사고 발생 시 책임은 차량 운전석 탑승자
- ③ 기계보다 인간의 조작을 우선순위로 배치
- ④ 운전자 졸음운전 방지 장치 의무 탑재화
- ⑤ 운전자의 반응이 없을 경우 안전 장소에 정차 등

전문가 회의에서 미국과는 별도의 글로벌 공통 기준 마련에 나섰으며 비교적 기술의 도입이 미흡한 한국·일본·독일에 유리할 것으로 전망된다. 미국은 현재 자율주행차가 일반도로에서의 운행이 가능할 정도 수준의 기술을 보유한 반면 독일 및 일본은 SW기술 측면에서 상대적으로 미흡한 상태이며, 유엔 전문가 회의 참여국 대상 자체적인 안전·주행 기준을 만들게 되면 비관세장벽이 만들어질 수도 있으므로 미국 자율주행차 시장의 진입에 제한이 생길 가능성도 있다. 또한 각 국에서는 안전성을 강조한 규제를 마련 중이며 일본 및 영국의 경우 차량 보험 측면으로도 자율주행 사고를 대비하고 있다.

<표 2-35> 공통기준 기반 나라별 규제 및 보험제도

나라	주요 내용
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 게임업체 'DeNA'가 'EZ10'(프랑스 기업 '이지마일'이 개발한 전기 자율주행차)을 도입하여 도쿄 인근 지바시의 쇼핑센터에서 일본 최초로 자율주행 버스 운영을 예정</li> <li>- 일본 통신업체 NTT도코모와의 제휴로 공용도로에서 자율주행을 목표</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본 손해보험협회(보험사 26개로 구성)는 자율주행차에 적합한 자동차 보험 구성을 위한 보고서 작성</li> <li>- 자율주행 기술 4단계로 분류하여 보험을 적용하는 방법 고안</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 영국 자동차보험 회사 아드리안 플럭스(Adrian Flux)는 자율주행차 전용 보험 개발 및 트리니티 레인 보험에 제공</li> <li>- 보험은 기존의 자동차 보험(SW가 해킹당하거나 구조적 결함으로 인한 오작동의 경우 발생하는 손해 등)에 자율주행 시 발생할 수 있는 사고에 대한 보장을 추가한 형태</li> <li>- 2017년 출시된 테슬라 모델에 우선 적용</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이두와 우전의 한 여행사가 자율주행차 여행 프로그램 구성을 목표로 계약 체결(2016)</li> <li>- 우전시를 여행하는 관광객 대상 호텔과 관광명소 사이 자율주행차 이용 기회 제공</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내는 국토교통부에서 조건에 충족하는 차량을 대상으로 자율주행차 임시운행 허가증 및 번호판을 부여 후 테스트 진행</li> <li>- 주요 안전운행 충족 요건 : 운전자 우선모드 자동 전환기능, 전방충돌 방지기능, 기능고장 자동감지기능 등</li> <li>- 고속도로 1개 구간(서울~신간~호법 41km), 국도 5개 구간 (수원~화성~평택 61km, 수원~용인 40km, 용인~안성 88km, 고양~파주 85km, 광주~용인~성남 45km)등에서 운행 가능</li> </ul>

출처 : 글로벌 과학기술정책 서비스, 테슬라 자율주행자동차 사고 後...국가별 제도정비 본격화, 2016.08.

향후 국내는 운행기준을 기반으로 안전성을 강화한 규제 마련도 중요하지만 일본·영국의 사례와 같이 자율주행 운행 시 발생하는 사고 대책에 대한 보험 제도의 마련이 시급하다.

또한 자율주행의 차량 도입에 따른 안전 관련기술 한계 및 문제점으로 최근 이슈화 되는 사생활 침해 및 보안 문제를 들 수 있다. 국토연구원이 수도권 거주 시민 대상(20대 이상) 으로 자율주행차 소비자 관점 의식 및 기능 선호도 조사 결과는 그림 2-48과 같다.

[그림 2-48] 자율주행차에 대한 편익과 우려



출처 : 전자신문 Etnews, 소비자, 자율주행차 시스템오류,해킹 우려...운전피로 감소 기대치 높아, 2017.02.

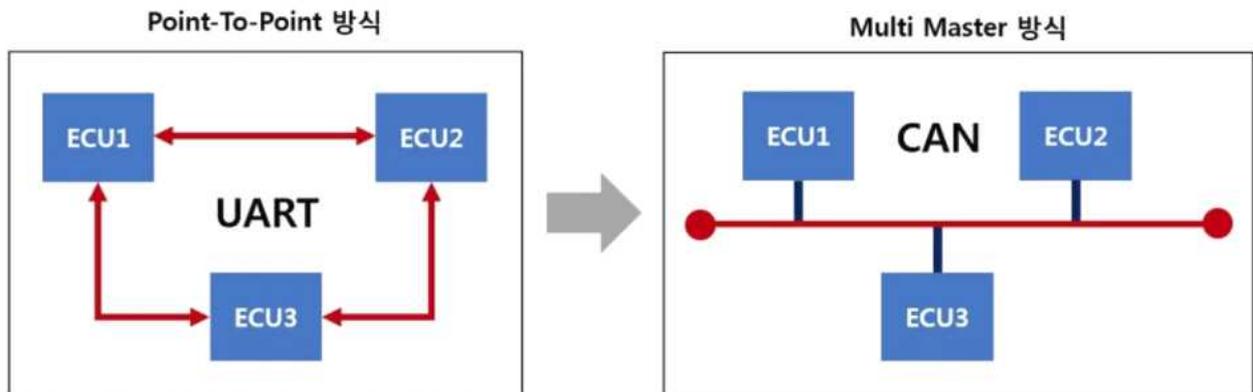
일반인들 기준 자율주행차 시스템 오류에 의한 사고와 컴퓨터 해커 등 시스템의 보안을 가장 우려하는 것으로 확인된다.

현재까지 공식적으로 확인되거나 보고된 자동차 관련 해킹 침해 사고는 없지만, 각 국의 많은 연구원들의 수많은 연구 및 실험에 걸쳐 차량 내 컴퓨터 시스템이 해킹 가능함을 증명했으며 자동차 업계 및 ICT업체는 이를 방지하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

자동차는 크게 구동부, 전자제어장치(Electronic Control Unit, ECU), 인포테인먼트(Infotainment) 시스템으로 구분된다. ECU는 차량 내부 네트워크에서 자동차의 다양한 장치(기기)를 제어하는 역할을 하며 초기에는 UART방식, 즉 일대일(Point-To-Point)방식으로 ECU를 연결하였다. 그러나 이러한 방식은 서로 다른 모듈간의 통신 과정에서 많은 라인이 필요하다는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 배선의 증가로 인한 무게 증가 및 유지 보수 문제 등을 초래했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 등장한 것이 CAN(Controller Area Network)이며, CAN컨트롤러를 통해 ECU간 정보의 전송 및 교환이 이루어진다. CAN은 다수의 CAN 디바이스가 서로 통신할 수 있는 안정적인 네트워크(다중 통신 방식, Multi Master 방식)를 제공하며 CAN컨트롤러는 전기적으로 제어되는 다양한 부품들의 컴퓨터의 고속도로의 역할을 하며 CAN에 진입이 가능하다면 각 시스템을 제어

하는 전자 메시지를 추적 후, 변형된 메시지를 전송하여 변속기, 브레이크 등 핵심 부품을 원격으로 제어하는 것 또한 가능하다. 이는 외부 공격자가 CAN에 진입해 ECU영역을 장악하게 되면 자동차의 급발진 및 브레이크 페달의 무력화 조작이 가능하다는 의미를 내포한다.

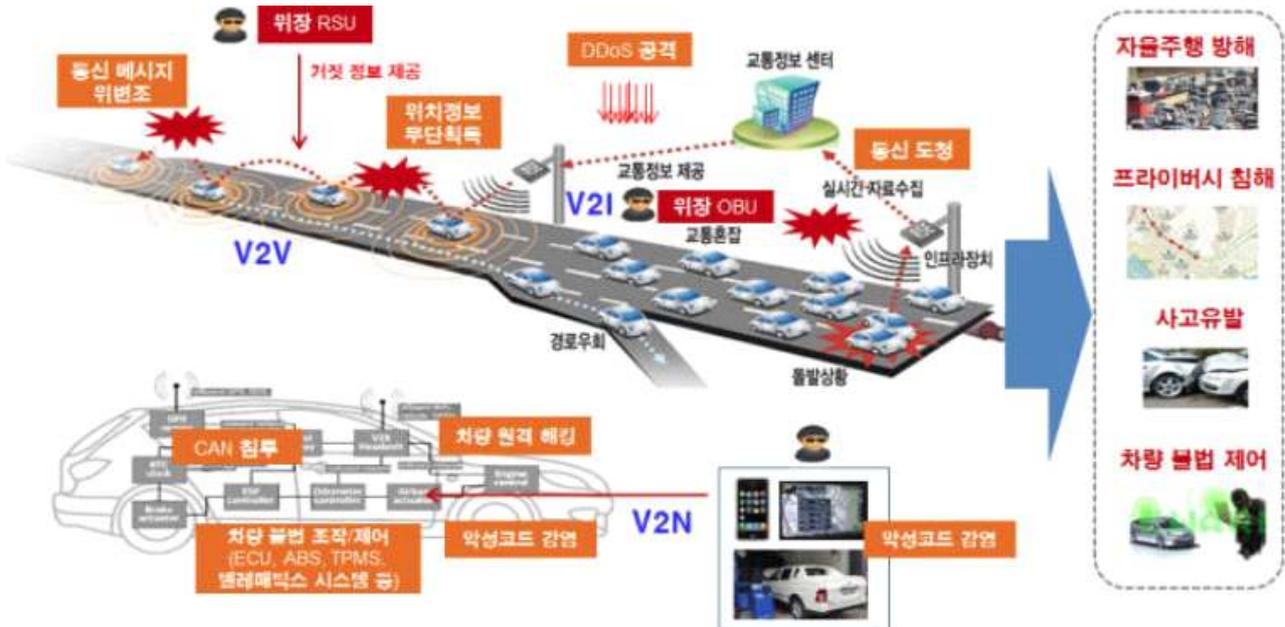
[그림 2-49] UART vs CAN



출처 : 페스카로(FESCARO), 자동차 보안기술 연구소 블로그, 2016.10.

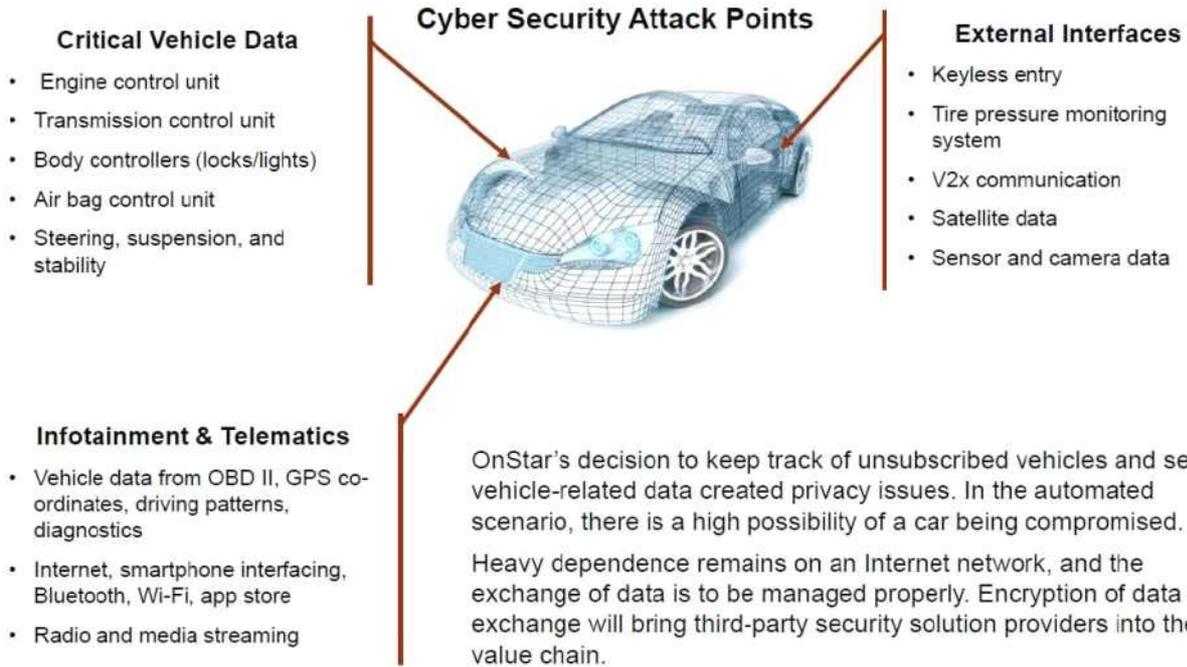
또한 공격자는 인포테인먼트(Information + entertainment의 통합)시스템을 통해 차량의 내부 시스템에 접근이 가능하다. 블루투스를 이용하여 충분히 검증되지 않은 파일들을 다운 받는 경우 내부 시스템에 악영향을 끼치는 악성코드의 설치 위험이 있으며, 차량 내 AVN(Audio, Video, Navigation)시스템도 공격의 대상이 될 수 있다. 펌웨어(CD등), GPS 및 위성 라디오 채널을 통해서도 쉽게 해킹이 가능하다. 그림 2-50는 V2X 통신 중 다양한 사회 인프라로부터 해킹이 가능함을 확인할 수 있다. 또한 차 내,외부 통신망을 활용한 사이버 해킹에 대한 보안 취약점을 알 수 있다.

[그림 2-50] 자율주행을 위한 V2X 통신환경에서의 보안 위협



출처 : 전자신문 Etnews, 한국정보인증, 자율주행차량 통합보안기술 개발, 2016.05.

[그림 2-51] 사이버 보안 취약



출처 : KATECH(이재관), 자율주행의 개발동향과 대응방안, 2014

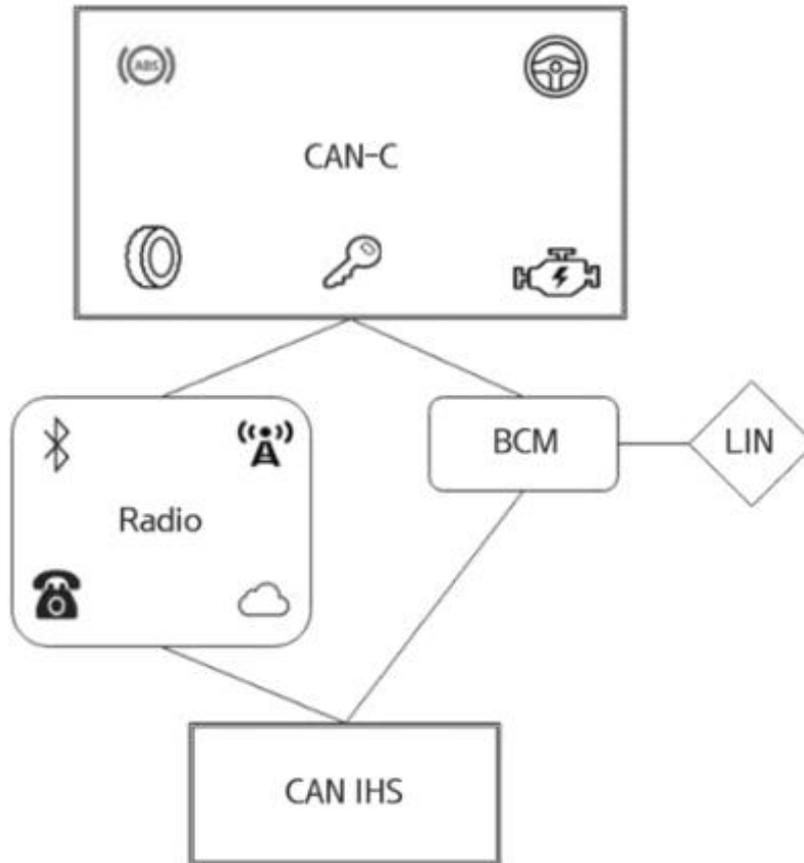
매년 세계 정보 보안 컨퍼런스 ‘블랙햇(BlackHat)과 ‘데프콘(DEFCON)’ 이 개최되면서 해킹에 대한 대응 방안 논의 및 매년 자율주행차 관련 보안에 대한

취약점이 보고되고 있다.

2013년 데프콘 컨퍼런스에서 트위터 보안 엔지니어인 찰리 밀러(Charlie Miller)와 보안 서비스 IO액티브 크리스 발라섹(Chris Valasek)은 노트북을 이용해 도요타와 포드사의 자동차를 해킹해 조작한 사례가 있다. 10개월 동안의 해킹 방법 연구 결과로, 자동차에 사용되는 각종 센서들을 직·간접적으로 조작하는 방법을 이용했으며 GPS, 카메라, 라이다(Lidar) 등 수많은 센서에 의지해 주행하는 과정에서 정상 신호를 가로채어 데이터를 변조하여 전달하는 방식을 택했다.

또한 2015년 블랙햇 컨퍼런스에서 찰리밀러와 크리스 발라섹은 지프 체로키 차량을 원격 해킹하였다. 이들은 모바일 데이터 연결을 통한 차량 인포테인먼트 시스템(UConnect)을 해킹하여 브레이크와 운전대 등 핵심 부품을 자유롭게 조작하는데 성공했으며, 이로 인해 피아트 크라이슬러 오토모빌스(FCA)는 문제점 수정을 위해 해당 지프사의 차량을 리콜했다. 이러한 사건은 미국 의회가 자동차 내부 사이버 보안 연방 기준을 추진하자는 내용의 법안을 발의하는 계기가 되었다. 그림 2-52는 지프 체로키 차량의 구조를 나타내며, 두 해커는 2014년 지프 체로키가 보안에 취약한 사실을 발견한 바 있다.

[그림 2-52] 지프 체로키 구조 다이어그램



출처 : Etnews, 자동차 해킹한 찰리 밀러 “위협성 인지하고 대처해야”, 2015.09.

최근 자율주행차가 개발됨에 따라 기존 차량에 비해 더 많은 전자·통신 기능을 내장하고 있으며 이에 따라 해킹하기 쉬운 보안 취약점 및 오작동의 위험들이 증가하고 있다. 이에 대응하여 유럽, 미국 등 주요 자동차 선도국에서는 보안위협에 대한 대응책과 더불어 연구 개발에 박차를 가하고 있다.

또한 지난 2015년 국내 미래창조 과학부는 안전한 정보통신기술(ICT) 융합 서비스에 필요한 보안기술을 개발 및 시범 적용하는 ‘융합보안 시범사업’을 과제로 교통, 금융 등에 관련된 5개 과제를 선정하였다. 자율주행차 보안 관련 펜타시큐리티시스템이 교통 분야의 ‘C-ITS’, 소프트웨어 개발 및 보안 업체 시피에스가 ‘교통신호제어기 관련 보안기술’ 개발을 각각 진행 중이다.

자율주행차의 상용화는 기관마다 다르나 대략 5~10년으로 예상하고 있다. 종합해보면 현재 화두가 되고 있는 자율주행차 중에서도 크게 기술적, 보안적 두 가지 측면에서 안전에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 앞서 언급한 구글의 사고에

서는 기술적 측면에서 발생한 사고라 볼 수 있다. 현재까지 자율주행차가 없는 이유는 노선을 유지하거나, 장애물 피하기 등 어느 정도 기술적인 부분이 해결되었다고 볼 수 있으나 돌발적인 상황까지 고려하는 부분에 있어서는 기술적으로 보완되어야 한다. 최근 알파고(구글 내의 인공지능 기술 개발업체인 구글 딥마인드로부터 만들어진 시스템)라는 AI(Artificial Intelligence, 인공지능)와 같이 발생한 돌발 상황을 인지한 뒤에 향후에 벌어질 상황을 미리 예측해 최선의 선택을 하는 의사 결정 체계가 필요하다. 이는 기술적 측면에서 향후의 방향을 제시한다.

또한 보안적 측면에서는 지금까지 발생한 자율주행차 해킹 사고는 아직 없으나 보안은 사람의 생명과 직결되며 향후 개발에 꼭 고려해야 할 사항 중 하나이다. 2017년 5월 12일부터 등장한 랜섬웨어 멀웨어 툴인 워너크라이(WannaCry)로 인해 영국에서는 국민보건서비스(NHS, 건강보험공단) 산하 48곳의 병원에서 컴퓨터와 전화 교환 시스템이 작동이 중단되어 진료에 차질이 생긴바 있으며, 독일에서는 철도 시스템이, 브라질에서는 사회보장 제도 시스템이 멈춘바 있다. 또한 영국 자동차 생산 공장인 닛산 선더랜드 공장의 가동에도 영향을 미쳤으며 슬로베니아의 르노 공장 또한 피해<sup>16)</sup>를 입었다. 이로 인해 단순히 서버나 앱 등 일반적인 IT시스템만을 해킹하는 과거와는 다르게 현재는 사물인터넷 등 네트워크 연결된 모든 기기를 정치적, 금전적 목적으로 해킹하는 점을 짐작할 수 있다. 현재는 네트워크로 모든 것이 연결되는 ‘초연결 사회’로서 이와 같은 기술의 발전은 자율주행차 또한 해킹의 위협에서 자유롭지 않으며 오동작 및 인명 피해로까지 이어질 수 있음을 확인 할 수 있다. 이와 같이 다양한 특성을 가진 기기가 상호 연결되는 IoT(Internet of Things, 사물 인터넷) 환경에서는 PC 중심의 기존 환경과는 달리 해커가 노릴만한 침투 경로와 공격 방법이 다양화 될 수 있을 뿐만 아니라 신속하게 공격을 인지하거나 대응하기 쉽지 않다. 다시 말해 기획 및 개발 단계에서부터 IoT 보안성 확보를 위한 노력이 필요하다. 또한 자율주행차에서 지원되는 보안 및 다수의 소프트웨어를 선제적으로 개발할 필요가 있으며 이는 새로운 시장을 확보 할 수 있는 좋은 계기가 될 것이다.

현재의 자율주행차 수준으로는 안심하고 탑승하는 것에 무리가 있다는 판단이 전반적이며 자율 주행에 대한 편익이 많은 반면 안전성의 미확보로 생명에

16) 한국경제, 자율주행차,스마트공장...해커들의 ‘새로운 먹잇감’, 2017.07.

위협이 될 수 있는 우려의 시선도 있다. 향후의 ‘무사고’와 ‘안전’을 목표로 기술적, 보안적 측면의 개선 및 문제 해결에 대한 노력이 시급하다.

## 제3장 시설물안전 : 스마트 빌딩과 안전

### 제1절 개요

#### 1. 스마트 빌딩의 정의 및 사례

##### 가. 스마트 빌딩의 정의

스마트 빌딩 혹은 인텔리전트 빌딩이란 용어는 1984년 미국 코네티컷주 하트포터의 시티 플레이스 건물의 특징을 설명하면서 처음 등장하였다. 이후 스마트 빌딩에 대한 관심이 증가함에 따라 다양한 개념 정의가 이루어졌다. 1990년 Powell의 정의<sup>17)</sup>에 따르면 스마트 빌딩은 건물의 실내 환경을 완전히 제어할 수 있으며, 냉방, 난방, 조명, 방재, 방범, 통신 및 승강기 등의 제어가 중앙 컴퓨터에 의하여 이루어지는 건물로 정의되었다.

이후 기술의 지속적인 발전에 따라 2000년대에는 스마트 빌딩의 정의는 건물 사용자를 중심으로 이루어지게 된다. 즉 스마트 빌딩은 공간, 사람, 시스템 및 관리의 지속적인 상호작용을 통하여 건물의 재실자에게 경제적이고 생산적인 환경을 제공하는 건물로 정의된다<sup>18)</sup>.

2010년대 이후의 건물의 제어가 점차 자동화됨에 따라 건물의 관리를 위한 정보 처리가 중요하게 인식되었다. 이를 반영하여 최근에는 스마트 빌딩은 IT 기술을 이용하여 건물을 구성하고 있는 하부 시스템의 유기적인 제어로 건물의 성능을 최적화하며, 건물의 사용자에게 쾌적하고 안전하며 건강한 환경을 제공하고, 나아가 스마트 그리드 시스템과 연계되어 건물의 수 생애 기간 동안에 지속적으로 발전할 수 있는 건물로 정의하고 있다<sup>19)</sup>.

2010년대 초반 Wang은 스마트 빌딩 정의의 역사적인 발전을 기반으로 스마

17) Powell, J.A., "Intelligent design teams design intelligent buildings", Habitat International, Vol. 14 Nos 2/3, pp. 83-94., 1990.

18) Everett, R., "The 'building colleges for the future' program. Delivering a green and intelligent building agenda", New Review of Information Networking, Vol. 14 No. 1, pp. 3-20., 2008

19) A.H. Buckman M. Mayfield Stephen B.M. Beck, "What is a Smart Building?", Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 3 Iss 2 pp. 92 - 109, 2014.

트 빌딩을 아래와 같은 세 가지 접근 방식으로 정의하였다<sup>20)21)</sup>.

- 성능 기반 정의 (Performance-based definition)
- 서비스 기반 정의 (Services-based definition)
- 시스템 기반 정의 (System-based definition)

유럽 인텔리전트 빌딩 그룹 (European Intelligent Building Group)과 미국의 인텔리전트 빌딩 연구소 (Intelligent Building Institute)에 따르면 스마트 빌딩은 건물의 사용자에게 최적의 실내환경을 제공하고, 동시에 건물의 에너지 소비를 최소화하며, 건물의 수 생애 기간의 총비용이 최소화하는 건물이다. 성능 기반의 접근 방식 스마트 빌딩은 건물에 사용된 기술보다는 건물의 실내환경, 쾌적, 에너지 소비 등과 같은 건물의 성능을 최적화하여 건물 사용자의 요구사항을 충족시키는데 주안점을 두고 있다.

일본 인텔리전트 빌딩 연구소(Japanese Intelligent Building Institute)에서는 서비스 기반 접근 방식으로 스마트 빌딩을 정의하고 있으며, 스마트 빌딩은 빌딩 자동화, 사무자동화, 통신의 기능을 갖추어야 한다. 특히, 스마트 빌딩은 정보의 송수신과 효율적인 관리가 가능하여야 하며 특히 사회적인 환경 변화와 복잡한 업무의 요구사항에 맞춰 빠르고 유연한 대처가 가능하다<sup>22)</sup>.

마지막으로 시스템 기반의 접근 방식은 스마트 빌딩이 갖추어야 할 기술 요소를 구체적으로 정의하고 있는데, 대표적인 정의는 중국 스마트 빌딩 설계 기준 (Chinese IB Design Standard)이 있다. 이 기준에 따르면 스마트 빌딩은 빌딩 자동화, 사무 자동화, 통신 네트워크, 구조, 시스템, 서비스 및 관리의 통합 운용 시스템을 갖추어야 하며, 또한 사용자들의 안전을 보장해야 한다.

이처럼 스마트 빌딩은 첨단 기술 및 정보 통신 시스템을 이용하여 최소의 비용으로 건물의 환경과 건물 성능을 최적으로 유지하며, 재실자들의 안전과 쾌적함을 향상함으로써 건물 사용자의 생산성을 높일 수 있다.

---

20) Shengwei Wang, Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, 2010.

21) Abdul Salam Darwith, Sustainable Green Smart Buildings: Future Energy, ISESCO Journal of Science and Technology, Vol.12, No.21

22) 김광우, 인텔지전트 빌딩과 BA 시스템, 공기조화냉동공학, 제3호, 1999.

## 나. 스마트 빌딩의 발전

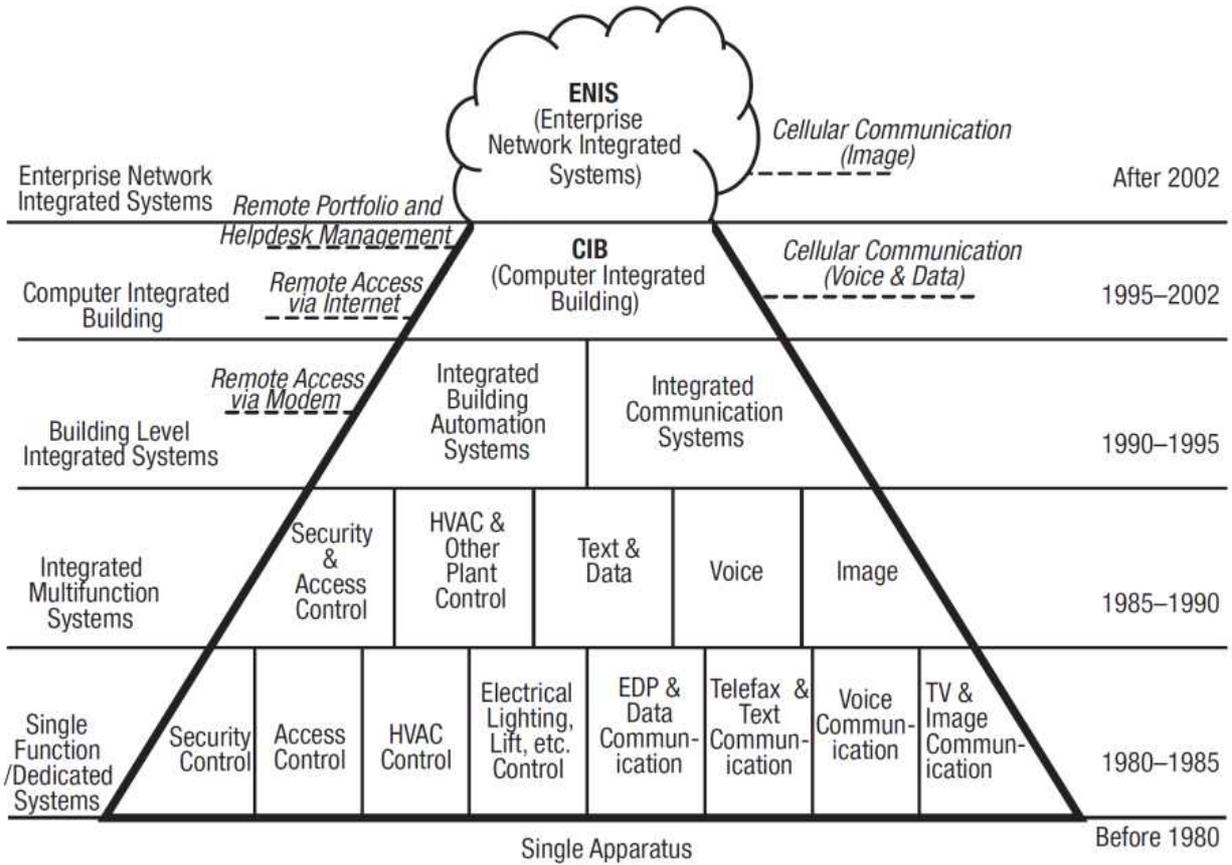
1980년 이전에는 스마트 빌딩의 개념이 구체화 되지 않았으나, 1980년대 이후에는 개별 시스템 수준의 자동화가 이루어지기 시작했다. 구체적으로 보안 관리, 출입제어, 냉난방시스템 제어, 조명 제어, 방화 제어 등의 건물자동화 시스템과 통신 자동화 시스템이 시스템 군별로 관리가 되었다. 다음 단계의 발전에서는 유사한 기능을 지닌 시스템들이 통합되었다. 즉, 출입과 보안 시스템이 통합되었으며, 건물의 냉난방 환기 시스템도 통합관리가 가능하게 되었다<sup>23)</sup>.

1990년대에는 건물자동화 시스템과 통신 시스템이 통합되었으며, 모뎀을 활용한 전화통신 네트워크를 이용하여 원격 제어도 가능하였다. 또한, 통합 네트워크와 인터넷 프로토콜을 이용한 통신이 가능해짐에 따라 건물 수준의 통합 제어가 가능하게 되었다. 2000년대에 들어서는 엔터프라이즈 네트워크 통합 시스템(Enterprise network integrated system)이 등장함에 따라 건물의 각종 시스템이 개별 건물이 아니라 건물군 수준에서 통합할 수 있게 되었다. 특히 정보기술의 발전으로 인터넷을 이용한 웹서비스 및 원격 건물 관리가 시작되었다 (그림 3-1).

---

23) Cabriel Fantana, Stefan A. Oae, Evolution of smart buildings, Proceedings of the 2013 International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development, 2013.

[그림 3-1] 스마트 빌딩의 발전 단계



출처 : Shengwei Wang, Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, 2010.

이와 같은 발전으로 인하여 스마트 빌딩은 초기 투자비의 회수 비용이 짧고, 건물의 세입자를 쉽게 구할 수 있는 등 경제적이며, 건물의 냉난방 및 조명 비용을 최대 50%까지 감소하는 등 에너지 절약적이고, 재실자들의 생산성을 향상하며, 건축물로부터 발생하는 온실가스의 양을 감축시킬 수 있는 등 많은 장점이 있다 (그림 3-2). 즉, 스마트 빌딩은 자본 비용을 24% 절감할 수 있으며, 부수적으로 공간에 대한 임대 수익을 증가시킬 수 있는 등 경제적인 효과가 있다. 또한, 건물의 운영 면에서도 에너지 비용을 10~20%까지 절감하는 등 효율적이며, 건물 사용자의 생산성을 증가시키는 등 효과도 있다. 특히, 스마트 빌딩은 지속가능한 건물의 운영 및 설계로 인하여 온실가스의 배출량을 약 15% 감축하는 등 실질적으로 지구 환경의 보호 효과도 지니고 있다.

[그림 3-2] 스마트 빌딩의 특징

<i>The four Es</i>	<i>Examples</i>
Economic	Reduction of 24% capital cost (Bowen, 2005) Return on Investment (ROI) of 10 years (Kelly, 2008) Command more rent (Burr, 2008)
Efficient	Reduction of 36% in running costs (Bowen, 2005) Energy bills reduced by 20% (Johnson, 2007) Lighting control reductions of some 30–40% (Ratcliff, 2008) Identity and Access Management strategy paid for out of efficiency gains (Tizard and Mockford, 2008) Energy cost savings between 10% and 50% (Shapiro, 2009)
Effective	Small productivity gain (0.1–2.0%) large effect (Woods, 1989; Clements-Croome, 2000b, 2005) Reducing temperature – higher productivity – 1.8% for every 1°C (Niemelä et al., 2001, 2002; Wargocki et al., 2006) Increase in quality of learning as a result of higher productivity (Everett, 2009; Bako Biro et al., 2007, 2008; Clements-Croome et al., 2008; Wargocki and Wyon, 2007) 0.5% productivity increase pays back within 1.6 years (Wyon, 1996) 17% improvement in productivity – RAE (McDougall et al., 2002) Increased rents by 2–6% (Eichholtz, Kok and Quigley, 2009) Occupancy rates 4.1% higher (Burr, 2008) Higher income growth over 10 years (Baue, 2006)
Efficacious	Sustainable environmental approach (Edwards, 2002) Carbon saving strategies (Carbon Trust, 2002) 15% reduction in global carbon emissions (Thomas, 2009) Focusing on quality of learning (Everett, 2009)

출처 : Derek Clements-Croome, Intelligent buildings – An introduction, EarthScan, 2014.

최근 스마트 빌딩은 ICT를 기반으로 설비 시스템 기기 간의 연결성(Machine to machine connectivity)과 사용자와 시스템 간의 연결성(User to machine connectivity)이 강조되는 경향을 보이고 있다<sup>24)</sup>. 스마트 빌딩의 이러한 연결성은 사용자의 재실 패턴에 따라 건물의 기기를 효율적으로 운전할 수 있게 한다. 스마트 빌딩은 건물 사용자의 건물 재실 패턴을 파악하고 이에 따른 기기를 운전함으로써 에너지 비용을 절감할 수 있다. 예를 들어 미국 맨해튼에 위치한 뉴욕

24) Building Efficiency Initiative, What is a smart building?, 2011

타임스 건물은 스마트 센서를 설치하여 이를 기반으로 조명 시스템을 운전함으로써 조명에너지의 70%를 절감하였다<sup>25)</sup>. 또한, 전기 단가의 변동에 따른 기기의 최적 제어로 에너지 비용을 절감하는 수요 대응 제어 (Demand response control) 기술도 스마트 빌딩의 능동적 그리드 연결성으로 인하여 가능하다. 이처럼 스마트 빌딩은 ICT를 기반으로 건물 내에서의 연결성에서 벗어나 스마트 시티의 주요 요소로 점차 그 기능이 확대되고 있다.

#### 다. 스마트 빌딩의 사례

이번 절에서는 ICT 기술이 건물의 설계에서부터 완공 후 운영 단계에서까지 중요한 요소로 작용하고 있는 스마트 빌딩의 대표적인 사례에 대해 살펴보겠다.

##### 1) The Edge 빌딩

2016년 BREEAM의 오피스 신축 건물 부분의 대상으로 선정된 The Edge 빌딩(그림 3-3)은 전체면적인 40,000m<sup>2</sup>로 네덜란드의 암스테르담에 있다. The Edge 빌딩은 IoT를 이용하여 30,000개의 스마트 센서가 BMS (Building Management System)에 연결되어 건물의 설비시스템을 제어하고 있다. 스마트 센서는 재실유무, 광도, 습도와 온도를 실시간으로 측정하고 이를 반영하여 시스템의 효율을 극대화하고 있다. 특히 IoT와 연동되는 BMS 시스템은 스마트 센서의 정보를 바탕으로 건물의 20m<sup>2</sup>로 나누어 냉난방, 환기 및 조명에 대한 개별 제어를 하고 있다.

또한, 건물의 근무자들은 스마트폰을 통하여 건물과 연결되어 있다. BMS는 스마트 폰 정보를 통하여 더욱 정밀한 위치 기반의 개별 제어를 하며, 근무자들은 모바일 앱을 이용하여 주차 공간이나 사용 가능한 근무 공간을 찾을 수 있고, 실의 온도와 조명의 밝기를 조절할 수도 있다. 이러한 근무자들의 건물 사용 패턴은 앱에 기록이 되며 또한 건물 사용 패턴에 대한 에너지 사용량을 보여주기도 한다. IoT 기반의 스마트 BMS의 적용으로 The Edge 빌딩은 일반적인 오피스 건물과 비교하여 단지 30%의 전기 에너지를 소비하고 있다.

---

25) Braendrecht, A., The future is now: five smart building features transforming today's workplace, Forbes, 2017.

[그림 3-3] The Edge 빌딩



출처 : BRE, BREEAM Award 2016 Winner, The Edge, Amsterdam, 2016.

## 2) Pennzoil Place 빌딩

Pennzoil Place 빌딩(그림 3-4)은 기존 건물을 IoT 기반의 BMS로 업그레이드 하여 스마트 빌딩으로 변신시킨 성공적인 사례이다. 미국 휴스턴에 위치한 Pennzoil Place 건물은 원래 1975년에 완공되었다. 건물의 유효 전체면적은 140,000m<sup>2</sup> 달하며 37개의 회사가 입주한 대규모 건물이다. 건물의 냉난방 시스템, 경비 시스템, CCTV 등의 설비시스템에 설치된 센서만 95,000개의 달하는 등 기존의 BMS만으로는 건물의 효율적으로 운영하는 것에 한계가 있었다.

이에 건물주는 IoT를 적용하여 건물 사용자, 설비 시스템과 BMS를 연결하는 개보수를 실시하여 38년 된 건물을 스마트 빌딩으로 변신시키게 된다. 개보수 후 IoT 기반의 모니터링 및 BMS는 95,000개의 센서를 실시간으로 감시할 수 있게 되었으며, 건물 관리자는 냉난방, 조명 및 각종 설비 시스템을 휴대용 태블릿에서 제어할 수 있게 되었다. 또한, 공간의 재실 패턴과 연동한 자동 제어 기능은 조명, 환기 및 냉난방 시스템의 에너지 효율을 증가시켰다. 그 결과 건물의 연간 에너지 비용이 32% 감소하게 되었다. 2014년 Pennzoil Place 빌딩은 제16회 상업용 건물의 디지털 혁신상을 수여하게 된다.

[그림 3-4] Pennzoil Place 빌딩



출처 : CISCO,Property management firm creates energy-efficient smart buildings, 2015.

## 2. 건물 자동화와 스마트 빌딩

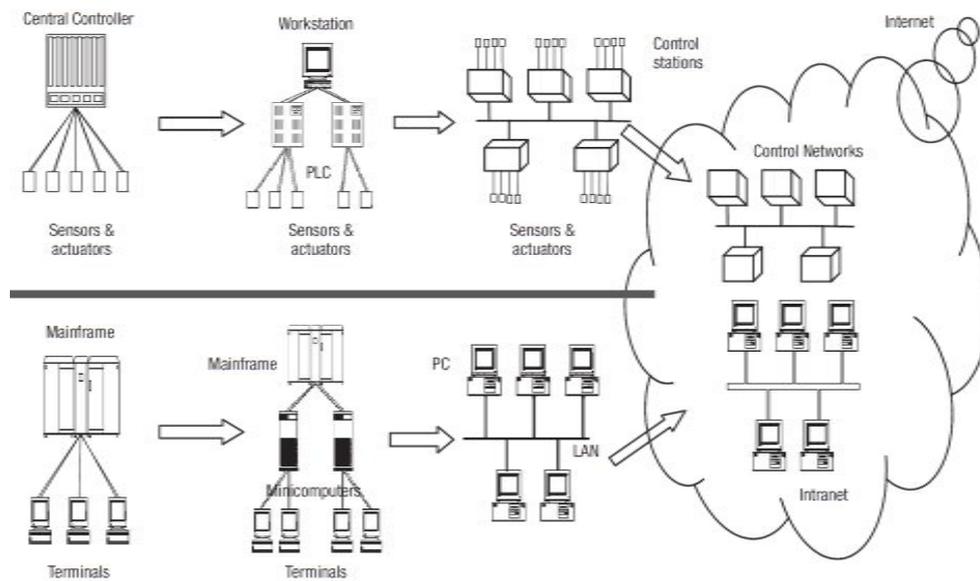
### 가. 건물자동제어 시스템의 발전

스마트 빌딩은 설비 시스템, ICT 인프라 및 제어 인프라로 구성되어 있다<sup>26)</sup>. 설비 시스템은 건물의 운영과 관련된 요소로 냉난방, 조명, 엘리베이터, 급배수, 전기, 방재 시스템 등으로 구성된다. ICT 인프라는 스마트 빌딩 내의 통신과 데이터와 관련된 모든 하드웨어 및 소프트웨어로 구성된다. 마지막으로 제어 인프라는 스마트 빌딩의 핵심요소로 일반적으로 건물자동화시스템(Building Automation System)에 의해 구현되며, 컴퓨터를 활용한 다양한 범주의 시스템을

26) International Telecommunication Unit (ITU), Intelligent sustainable buildings for sustainable cities, ITU, 2015.

제어한다. 일반적으로 냉난방 시스템, 전기 시스템, 조명, 방화, 안전 및 승강기 시스템들은 건물자동화 시스템에 의하여 통합 모니터링, 관리 및 제어가 이루어진다. 그림 3-5에서 보이는 것처럼 건물자동화시스템의 발전은 IT 기술은 건물의 제어에 적용하여 가능하게 된다.

[그림 3-5] 건물자동화시스템과 IT 기술

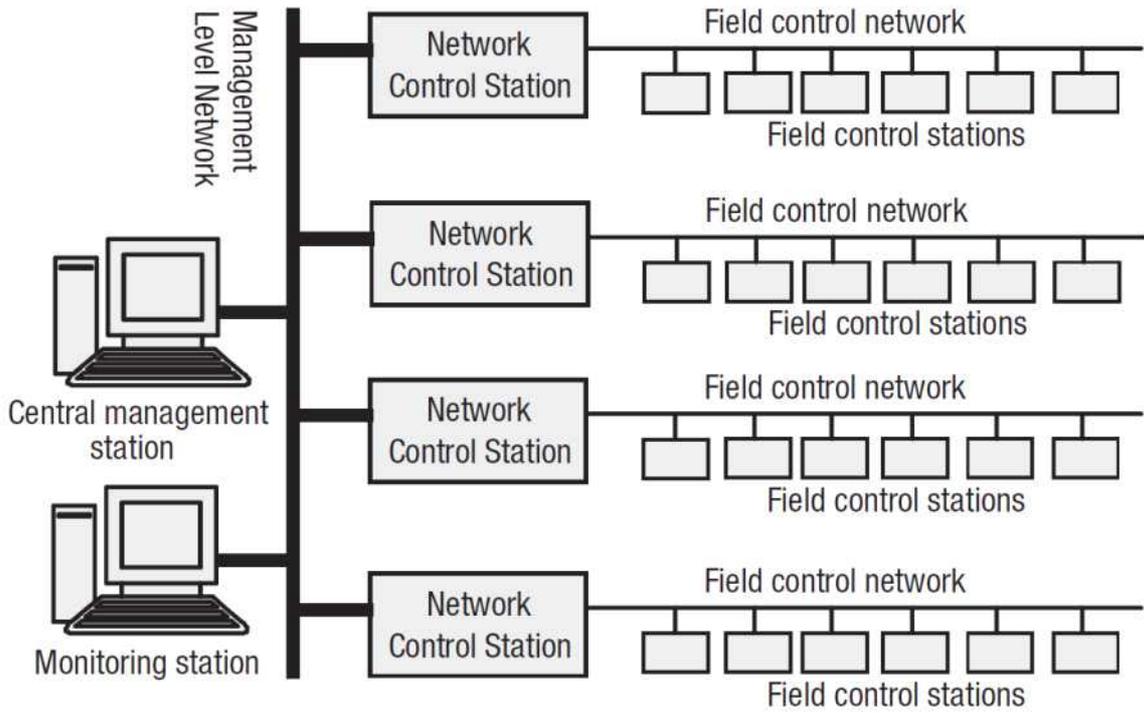


출처 : Wong, J.K.W, and Wang, S.W. Intelligent building research: a review, Automation in Construction, 14(1), 2005.

건물자동화시스템의 전형적인 시스템 아키텍트는 여러 개의 네트워크 제어 기기로 구성이 된다. 컨트롤 기기는 건물의 설비 시스템을 감지기, 탐지기, 작동기를 이용하여 제어하며, 네트워크 제어 기기는 개별 제어기기를 통합하여 통합 관리 네트워크로 연결된다. 통합 관리 네트워크는 일반적으로 이더넷 (Ethernet)<sup>27)</sup>을 기반으로 구성된다 (그림 3-6).

27) 이더넷은 근거리 통신망 (Local Area Network)에 적용되는 컴퓨터 통신 기술의 하나로 IEEE 802.3에 따라 규정되며, 대용량의 데이터를 1 Gbps (Gigabit)의 빠른 속도로 처리할 수 있다.

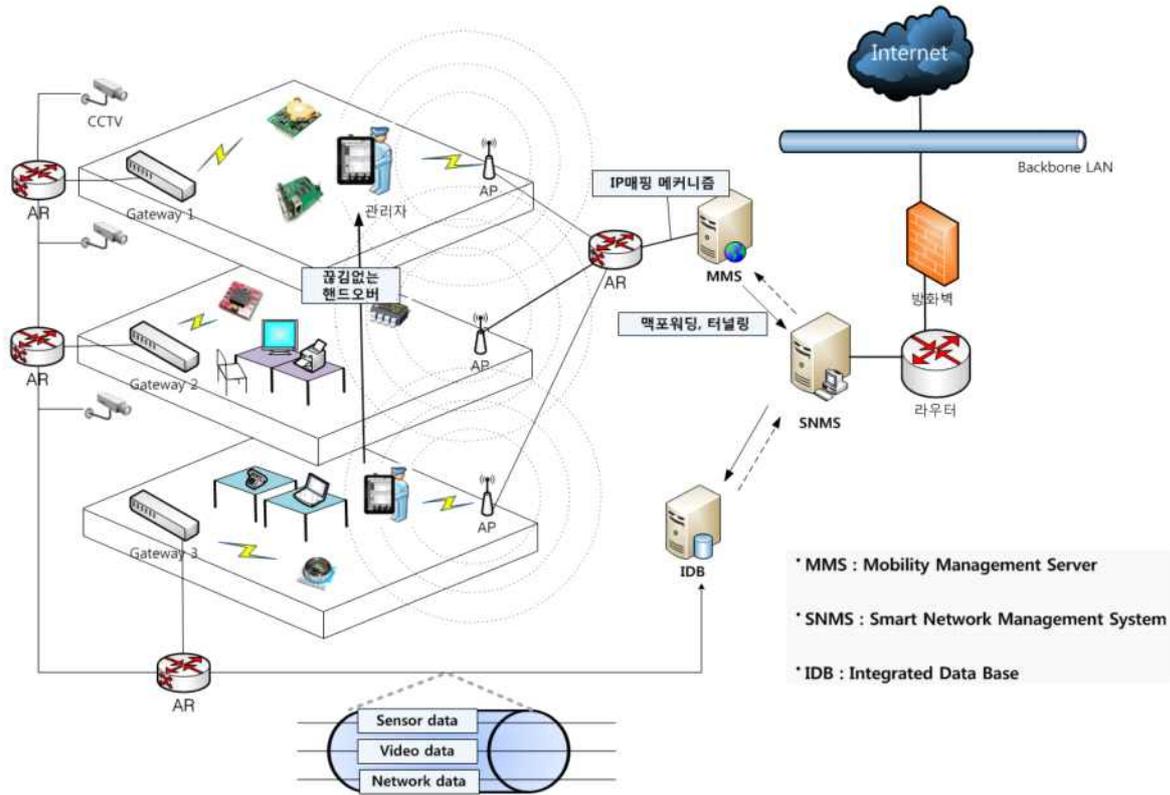
[그림 3-6] 전형적인 건물자동화시스템의 시스템 아키텍트



출처 : Wong, J.K.W, and Wang, S.W. Intelligent building research: a review, Automation in Construction, 14(1), 2005.

즉, 스마트 빌딩은 IT의 핵심 기술이 건축 분야와 융합된 새로운 건물로써 건물의 사용자, 건물 관리자, 또한 건물의 운영 및 설비 시스템 간의 정보의 교환이 자유로운 특징을 지니고 있다. 건물 내에서는 실내 환경을 계측하는 센서와 건물의 안전 관리를 위한 CCTV 등을 포함한 장비들이 설치된다. 이러한 기기에서 수집되는 정보는 네트워크 제어 기기를 통하여 통합 제어 기기에 전달되게 된다 (그림 3-7).

[그림 3-7] 스마트 빌딩의 네트워크 구조



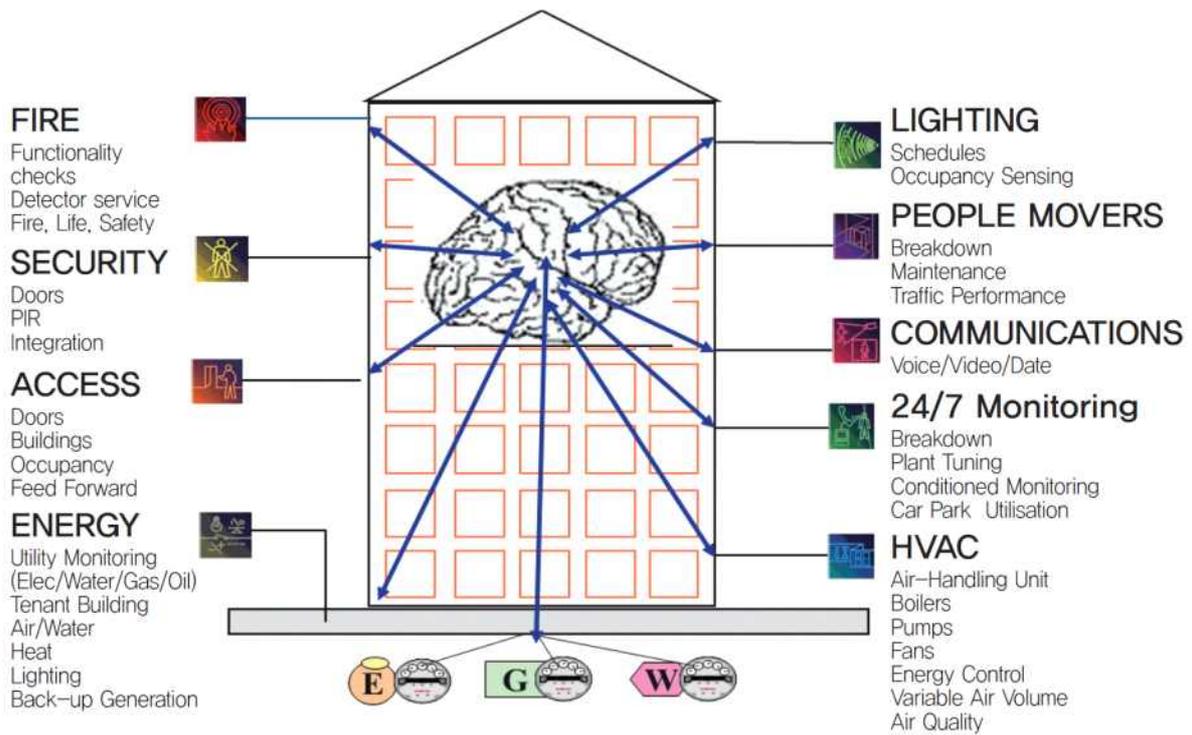
출처 : 유성모, 손우진, 이경근, 스마트 빌딩에서 스마트 네트워크 관리 시스템의 구현 KNOM Review, 14(2), Derek Clements-Croome, Intelligent buildings - An introduction, EarthScan, 2014.

## 나. 건물자동화시스템의 기능

### 1) 건물자동제어 시스템

건물자동화 시스템은 크게 설비기기의 제어, 에너지 관리, 위험 관리, 정보 처리, 시설물 관리, 성능 검침 및 분석의 기능을 수행한다. 스마트 빌딩의 건물 자동제어 시스템은 건물의 기계설비, 전기설비, 통신설비, 조명설비 등의 관리와 제어와 더불어 화재안전, 보안, 출입감시에 대한 기능을 하고 있다 (그림 3-8).

[그림 3-8] 스마트 빌딩 건물자동화 시스템의 기능



출처 : 이태원, 개방형 에너지관리시스템(EMS) 운영체계, 설비저널 45(10), 2016.

건물자동제어 시스템은 디지털 직접 제어 (Direct Digital Control: DDC) 기능을 갖춘 개별 제어 기기가 널리 사용됨에 따라 전통적인 아날로그 방식에서 디지털 제어 방식으로 전환되게 된다. 건물자동제어 시스템은 크게 로컬 제어와 에너지 관리제어로 구분된다. 로컬제어는 다시 시퀀스 제어 (sequencing control)와 프로세스 제어 (process control)로 나눌 수 있다. 시퀀스 제어는 설비기기의 사용 여부와 적용 순서를 결정하는 것으로 대표적으로 건물의 부하에 따른 냉동기의 대수제어 및 펌프의 제어가 있다. 프로세스 제어는 측정 변수와 외란의 상태에 따라 설비기기의 사용 목적에 맞게 제어 변수를 조정하는 것으로 대표적으로 건물의 온도 제어, 유량 제어, 정압제어 등이 있다.

## 2) 에너지 관리제어

에너지 관리제어는 건물자동화 시스템의 대표적인 기능으로 건물이 사용하는 에너지를 감소시키는 동시에 건물의 기능과 쾌적한 실내환경을 유지한다. 건물자동화시스템의 에너지 관리제어는 크게 두 가지 방식으로 이루어진다. 첫째 방

식인 최적 기동/정지 제어는 설비 기기의 시작과 정지를 최적 시간에 따라 결정하는 것이고, 두 번째 방식인 최적제어 (Optimal control)은 기기를 에너지 절약적인 조건으로 운전하는 것이다.

최적 제어는 가동 범위 내에서 제어 변수의 값을 체계적으로 설정함으로써 설비 시스템의 기능을 최대화하는 것을 목표로 한다. 예를 들어 건물공조제어시스템에서 최적 제어시스템은 실내외 조건변화와 기기 및 건축물의 특성을 고려하여 최저의 비용으로 쾌적한 실내 조건을 제공하도록 기기를 제어한다.

### 3) 안전 관리 기능

건물자동화시스템의 실내의 상태를 상시로 모니터링하고 있어, 화재나 연기가 발생하는 경우 즉각적으로 반응할 수 있어, 방화시스템과 연계된 건물자동화시스템의 건물 사용자의 안전을 더욱 확보할 수 있다. 화재가 발생한 것이 감지되면 건물자동화시스템은 즉각적으로 방화문을 차단하고 건물공조시스템의 풍압을 조절함으로써 화재가 더 이상 퍼지지 않도록 하며, 스프링클러 등 소방시스템이 즉각적으로 작동한다.

### 4) 고장감지 기능

고장예지감지와 자동화 커미셔닝<sup>28)</sup>은 건물자동화 시스템의 주요 기능 중 하나이다. 이 기능은 기기들의 효과적인 정비를 가능하게 하여 기기의 수명 연장과 효율적인 운전을 가능하게 하여 운전비용을 감소시키는 효과가 있다. 이와 같은 스마트 정비는 건물자동화시스템을 통하여 건물 및 기기의 운용 정보를 획득하고 이를 자동으로 분석함으로써 가능하게 된다. 특히 IT 기술의 발달로 인하여 실시간 고장예지감지 즉, 기기가 운전 중일 때 즉각적으로 운전 데이터를 자동으로 분석하여 급격한 기기 효율을 검지하고 이상 요소를 도출하는 것이 가능하게 되었다.

---

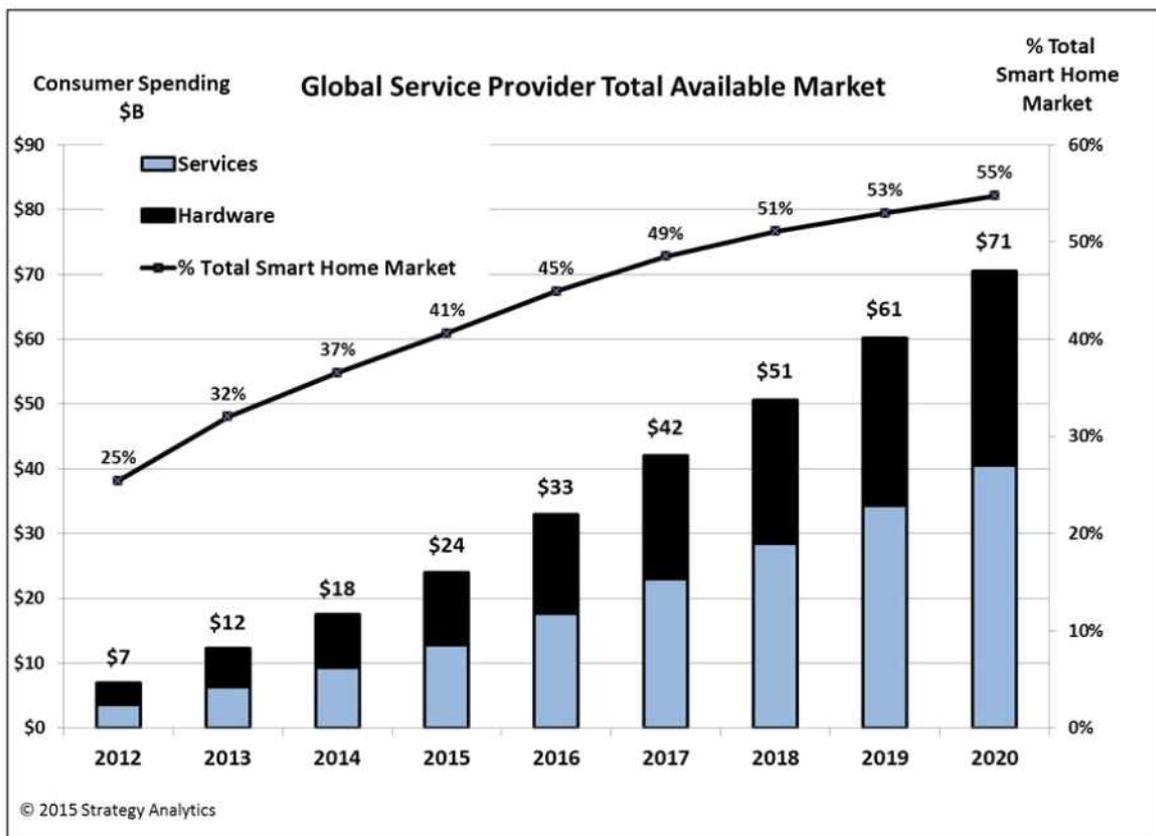
28) 커미셔닝이란 건물의 완공 후 건축 설비 시스템이 설계도서에서 지정한 성능 조건을 충족시키는지 확인하고 설계도서의 요구조건을 충족하도록 기기를 조정하는 것을 말한다.

## 제2절 시장 및 정책 동향

### 1. 시장 동향

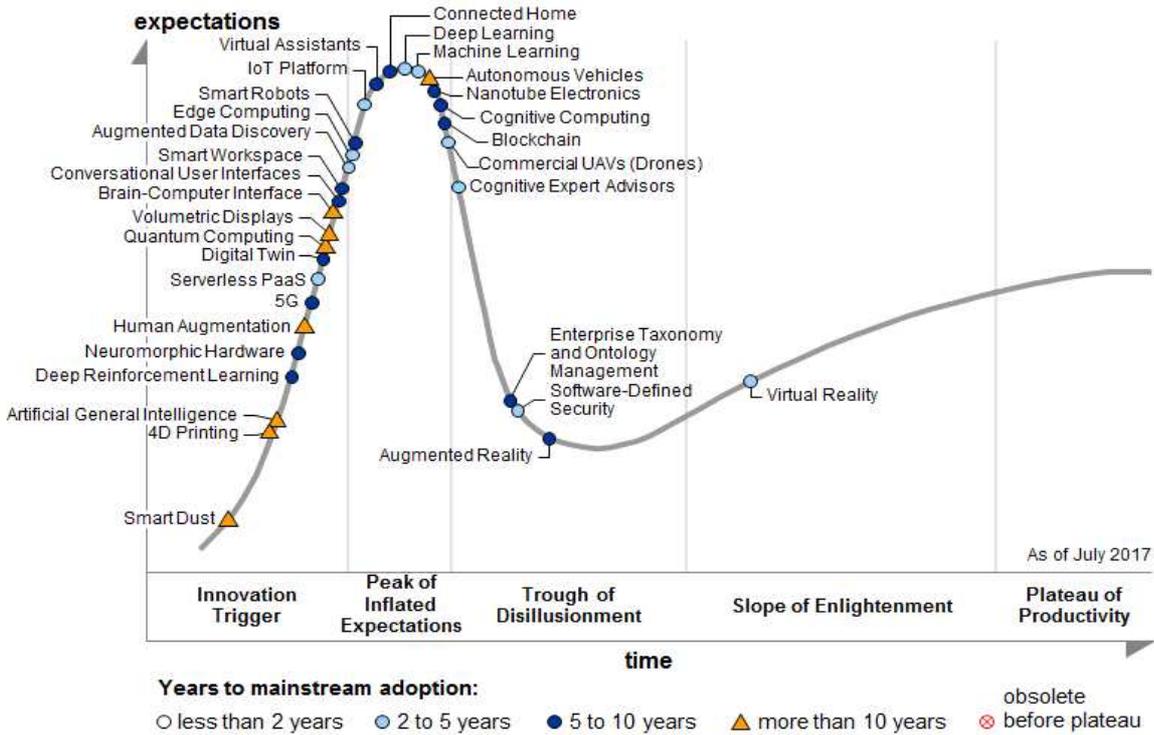
시장조사 기관인 스트레티지 애널리틱스의 2015년 시장 전망 (그림 3-9)에 따르면 스마트 홈의 시장 규모는 2020년까지 약 130억 불에 달할 것으로 예상하고 있으며, 특히 하드웨어가 시장에 차지하는 비중에 비교하여 소프트웨어 및 서비스를 공급 업체가 전체 시장에서 차지하는 규모가 증가할 것으로 예측되고 있다. 또한, 스마트 홈은 가트너가 2017년 발표한 미래 시장 선도 기술로 선정되었으며 특히 딥 러닝 기술과 더불어 가장 시장의 기대가 높은 것으로 나타났다 (그림 3-10).

[그림 3-9] 전 세계 스마트 홈 시장 전망



출처 : William Ablondi, The global service provide smart home opprotunity, Strategy Analytics, 2015.

[그림 3-10] 스마트홈의 기술 전망

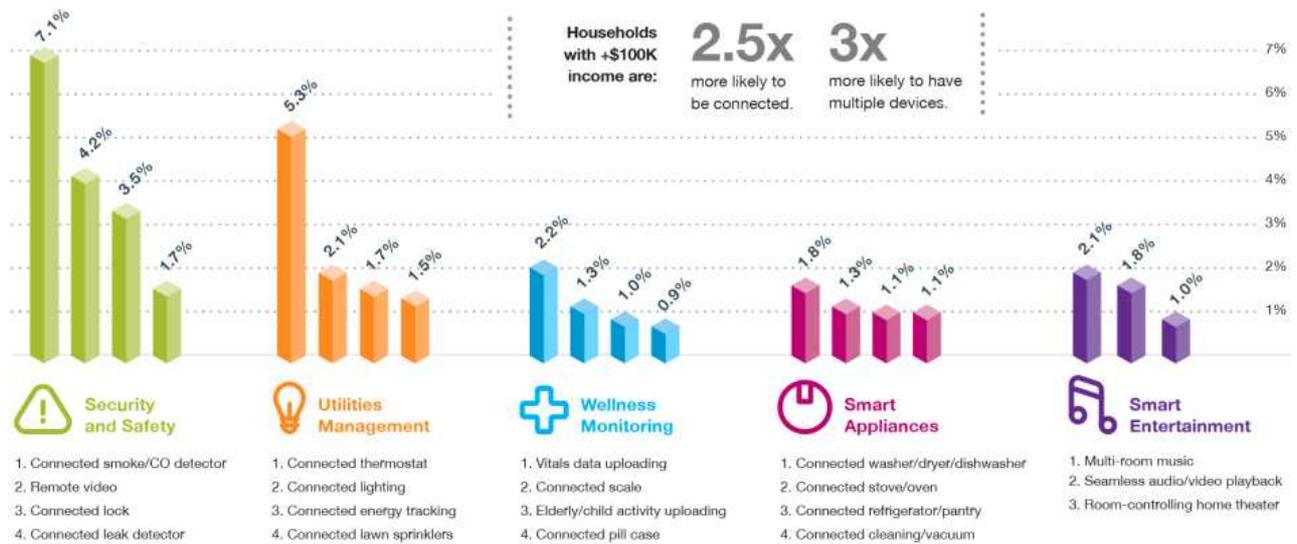


출처 : Gartner, Gartner Hype Cycle 2017, 2017.

컨설팅 회사인 McKinsey의 조사에 따르면 미국의 스마트홈 규모는 2015년 170만 가구에서 2017년 290만 가구로 연간 31%의 증가율을 보이며, 앞으로도 시장 규모는 더욱 증가할 것으로 예측되었다 (그림 3-11)<sup>29)</sup>. 또한, McKinsey의 2017년 소비자 조사에 따르면 약 16%의 인구가 이미 스마트홈 기기를 가지고 있는 것으로 나타났다. 특히 소비자들은 안전 및 방재와 관련된 스마트홈 기기의 구매의사가 높으며 실제 판매된 스마트홈 기기 중 방재 및 보완과 관련된 제품이 가장 높은 것으로 나타났다.

29) McKinsey & Company, There's no place like a connected home, McKinsey & Company, 2017.

[그림 3-11] 미국 스마트홈의 시장 분포



출처 : McKinsey & Company, The connected home market, McKinsey & Company, 2017.

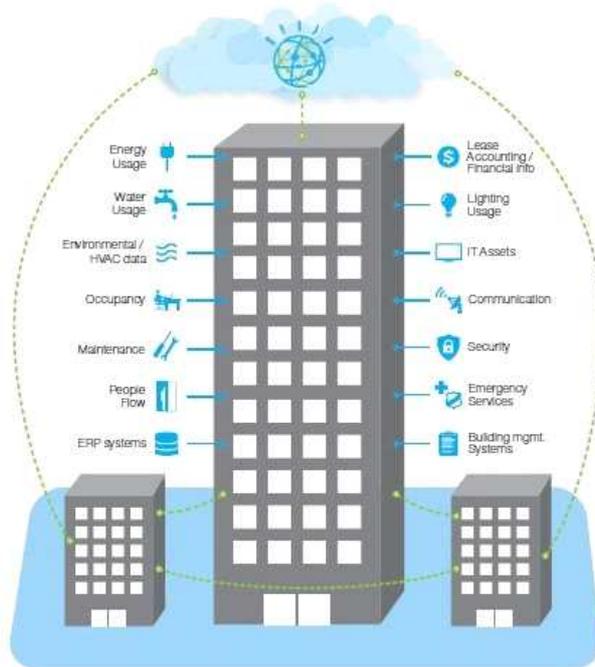
상업용 건물에 대한 스마트 빌딩의 시장도 전망이 밝은 것으로 나타났다. Memoori의 전망에 따르면 스마트 빌딩의 서비스 시장 규모는 전 세계적으로 2015년 130억 불에서 2020년 320억 불로 연간 22%의 성장을 할 것으로 예측되었다.<sup>30)</sup> 스마트 빌딩에서 IoT 기기는 IoT 설치에 따른 보조금 지급, 이미 설치된 건물자동화시스템과의 연계 등으로 건물의 에너지 소비를 감축할 수 있어서 IoT 관련 기기 및 서비스가 시장을 선도할 것을 예측된다. Gartner에 따르면 대형 건물은 IoT의 설치로 인하여 건물의 에너지 효율 및 건물 관리 비용을 약 30% 절감할 수 있는 것으로 나타났으며, 전 세계적으로 상업용 건물에 설치된 IoT의 기기의 숫자는 2017년 730만 개에서 2018년에는 1,070만 개에 달할 것으로 예상하였다.<sup>31)</sup>

국외에서는 IBM은 IBM Cognitive Building solution을 개발하여 Building Information Model (BIM)을 이용하여 건물의 운영 데이터 정보를 가시화하고, 건물의 사용 패턴을 학습하며, 일기예보 정보와 연동하여 Watson IoT 플랫폼을 통하여 최적의 건물 제어가 이루어지는 서비스를 보급하고 있다 (그림 3-12). IBM의 솔루션은 최적화와 자동화를 통하여 건물을 효율적으로 관리하고, 공간 운영과 실의 관리를 효과적이고 쾌적하고자 하고 있다.

30) Memoori, Big data for smart buildings 2015 to 2020, 2015.

31) Gartner, Gartner says smart cities will use 1.6 billion connected things in 2016, 2015.12.

[그림 3-12] IBM Cognitive Buildings



출처 : IBM, Cognitive Buildings, IBM, 2017.

국내에서는 삼성전자에서 스마트 빌딩 통합 관리 솔루션인 b.IoT를 개발하였으며, 공조설비, 조명, 전력 및 필드 디바이스, CCTV, 온습도 센서, 웨어러블 기기 및 신재생 시스템을 IoT 및 스마트 컨트롤러로 연동하여 빌딩 내 효율성 및 운영 최적화를 절감시켜주는 솔루션을 제공하고 있다 (그림 3-13).

[그림 3-13] 삼성전자 b.IoT 스마트 빌딩 통합 관리



출처 : 삼성전자, b.IoT 솔루션, 2017.

이처럼 산업계에서는 스마트 빌딩의 시장이 폭발적으로 증가할 것으로 예측하며, 스마트 빌딩 시장에 상대적으로 관심이 적었던 대형 전자 및 IT 회사에서도 시장 선점을 위한 기술 개발을 적극적으로 하는 실정이다.

## 2. 정책 동향

우리나라는 국가 차원에서 스마트빌딩의 구현을 위하여 ICT 및 IoT와 연계된 건물에너지관리시스템의 개발을 지원함으로써 정부 주도로 스마트 빌딩의 구현을 적극적으로 지원하고 있다.

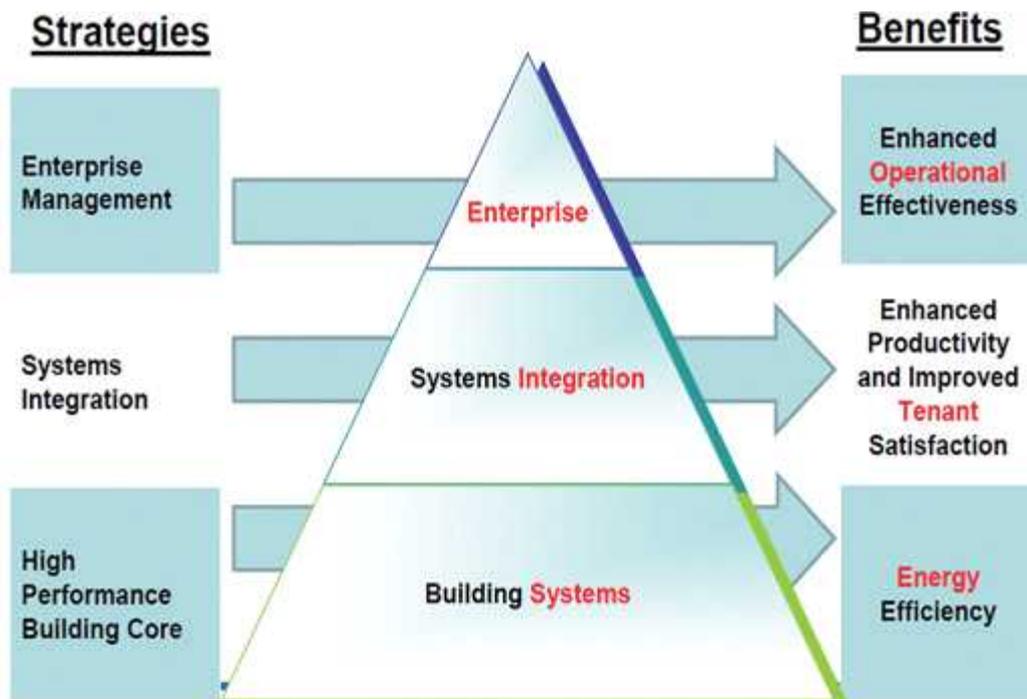
국토교통부는 장기 주택종합계획에서 에너지 절약적이고 환경 친화적인 주거 환경의 조성을 위하여 ICT를 활용한 스마트홈 보급 확대 정책을 공표하여 미래형 주택공급을 유도하고 있으며, 구체적으로 이동통신, 원격제어 보안 등 관련 첨단 기술을 융합한 스마트홈 보급을 위한 지원을 확대하고 있다. 이를 위하여 미래형 스마트홈 기술개발사업에 대한 연구를 2017년에 착수하였으며, 해당 연구 과제를 통해 ICT 융합 공동주택의 관리 및 운영과 재해 및 재난 대응형 스마트 안전 주택 기술을 개발하고 있다.

2015년 6월, 미래창조과학부(현 과학기술정보통신부)에서는 ICT와 타 산업과의 융합을 촉진하기 위한 K-ICT 사물인터넷 융합 실증 사업을 착수하여 개방형 스마트 홈 기술개발 및 실증을 진행하고 있다. 다양한 스마트 홈 제품 및 서비스가 호환되는 개방형 API 개발 및 테스트 하우스의 구축을 통하여 기술개발 및 검증을 진행하고 있다.

산업통상자원부에서는 미래산업 선도 기술개발사업의 목적으로 K-MEG 과제를 지원하여 스마트 그린 빌딩의 에너지 생산과 사용을 효율적으로 운영하여 제로 에너지 건물을 구현할 수 있는 체계적 솔루션을 구축하여 실제 건물에 적용할 수 있도록 하고 있다.

미국은 총무부(GSA: General Services Administration)를 중심으로 건물의 에너지 소비 감소, 건물 관리의 효율 향상과 건물 사용자의 만족도 향상을 목표로 스마트 빌딩 정책을 운용하고 있다. GSA의 스마트 빌딩 추진 정책은 특히 일반적인 전력망계의 기능에 지능적인 부가 기능이 포함된 스마트 미터링의 설치 및 운영을 강조하고 있다.

[그림 3-14] 미국 GSA의 Smart building 운영 정책



GSA 발표자료, "Integration of SMART BUILDINGS Technology in GSA PBS", 2010

출처 : 이태원, 개방형 에너지관리시스템(EMS) 운영체계, 설비저널 45(10), 2016.

미국의 에너지성(Department of Energy)에서는 스마트 빌딩의 건물에서 설비 기기들의 통신 모듈의 표준화, 호환성, 에너지 절감을 위한 디멘드 제어 기술의 개발 및 검증에 지원하고 있다. 이를 통하여 스마트 빌딩과 스마트 그리드를 연계하여 기존의 전력망을 개선하고, 건물의 에너지 소비의 절감을 도모하고 있다.

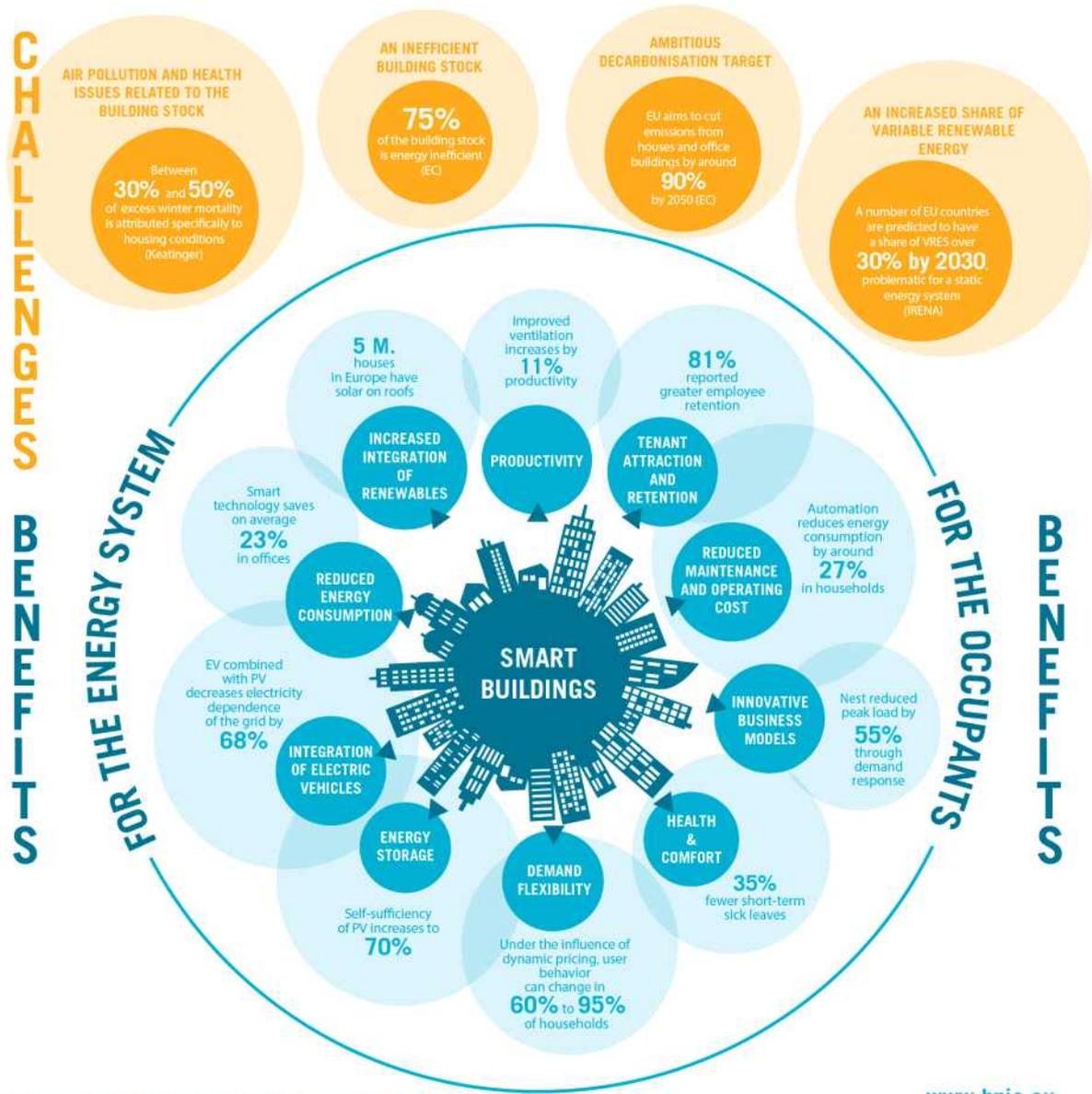
유럽은 EU의 EPBD (Energy Performance of Building Directive)를 중심으로 스마트 빌딩 정책을 추진하고 있다. 특히 스마트 빌딩의 활성화를 위한 재정적인 지원과 더불어 범유럽 연구 과제인 Horizon 2020 프로그램<sup>32)</sup>을 통하여 스마트 빌딩의 연구 및 기술 개발에 대한 지원도 적극적으로 하고 있다. 특히, 스마트 빌딩이 갖춰야 할 특징을 첫째, 스마트 그리드와 연계하여 건물의 에너지 공급과 에너지 소비가 유연화되고, 둘째, 건물이 신재생에너지 및 에너지 저장 장치 등을 이용하여 에너지 공급의 자율성을 확보하며, 마지막으로 건물 사용자의 건강 및 안전을 적극적으로 확보하는 것으로 정의하였다.<sup>33)</sup> 특히, 유럽 연합의 건물 부분의 환경 정책 즉, 2050년까지 건물부분의 탄소배출을 90% 감축시키고, 신재생에너지 사용량을 2030년까지 30% 증가시키는 것을 달성하기 위하여 스마트 빌딩 정책을 적극적으로 추진하고 있다 (그림 3-15). 유럽 연합은 스마트 빌딩을 통해 5백만 가구에 PV를 설치하고, 오피스 건물의 에너지 소비를 23% 감소시킬 뿐만 아니라 최대 전력 부하를 55% 감소시키려고 계획하고 있다. 또한, 스마트 빌딩을 통하여 실내 환경을 향상해 근무 효율을 11% 증가시키고, 질병으로 인한 병가를 35% 감소시키는 등의 목표를 세우고 있다.

---

32) Horizon 2020 프로그램은 2014년부터 2020년까지 7년 동안 약 786억 유로를 투자하는 유럽연합의 연구혁신 프로그램으로 유럽의 글로벌 경쟁력을 강화하고 지식기반 경제 활성화를 목적으로 한다.

33) Frances Bean et al., Opening the door to smart buildings, Building Performance Institute Europe, 2017.

[그림 3-15] 유럽 연합의 환경 정책과 스마트 빌딩



출처 : BPIE, Smart Buildings, Beyond the buzzword, Building Performance Institute Europe, 2017.

위에서 살펴본 바와 같이 우리나라를 포함한 선진국에서는 건물로부터 발생하는 온실가스 배출량을 감축시키고, 건물의 경제성을 향상하며, 건물 재실자의 건강을 향상할 수 있는 스마트 빌딩의 보급 확대를 위하여 정부 차원의 활성화 정책을 추진하고 있으며, 스마트 빌딩의 기술 개발을 위한 연구도 정부주도로 적극적으로 지원하고 있다.

## 제3절 요소 기술

### 1. 스마트 빌딩의 통신

건물 규모의 근거리 통신망(LAN: Local Area Network)에서 사용되는 통신 방법에는 IEEE 802.3 규정에 따른 Ethernet, ANSI 878.1 표준인 ARCnet, Echelon 회사가 처음 개발하여 ANSI/EIA 709.1로 발전된 LonTalk와 ISO 16484-5의 규격인 BACnet이 대표적이다. 이중 BACnet은 건축설비분야에 가장 널리 사용되고 있는 산업계의 표준이며, 개별 기기 레벨과 통합 제어 레벨의 호환성 및 통합이 유리하다. 또한, 최근에는 무선 통신을 기반으로 한 센서 및 건물 자동화 시스템의 개발 및 보급이 이루어지고 있다. 이에 이번 장에서는 스마트 빌딩의 대표적인 통신방법인 BACnet과 Zigbee에 대하여 살펴본다.

#### 가. BACnet의 특징

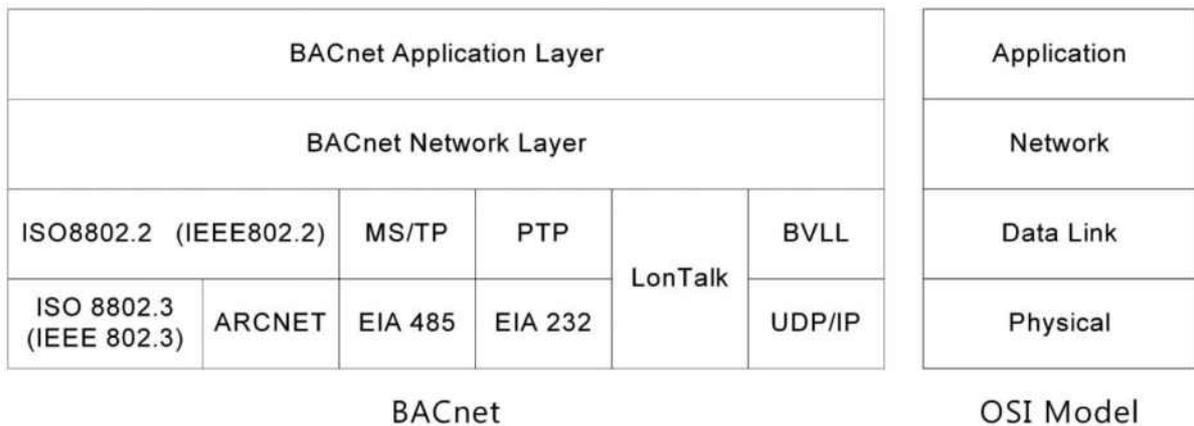
스마트 빌딩은 다수의 서로 다른 제조사와 다양한 장비가 사용되며 이러한 장비를 하나로 통합 제어하기 위해서는 공통의 언어를 사용한 데이터의 송수신이 필수적이다. 이를 위하여 미국냉동공조학회(ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서는 1995년 BACnet(Building Automation and Control network)를 발표하였으며, 이후 ISO 국제 표준으로도 채택되었다.

BACnet은 미국냉동공조학회의 자동제어 관련 업계가 중심이 되어 구축한 개방형 표준 프로토콜이며, 객체 지향 개념이 적용된 시스템 상호간의 운영성이 보장되는 특징을 가지고 있다. BACnet은 OSI (Open Systems Interconnection)의 7개 계층(물리층, 데이터링크층, 네트워크층, 세션층, 프리젠테이션층, 어플리케이션층)과 비교하여 4개의 계층(물리층, 네트워크층, 데이터링크층, 어플리케이션층)으로 단순화하였다(그림 3-16).

BACnet에 기기들은 표준화된 21개의 통신 객체로 정의되어 시스템 개발의 유연성을 확보하고, 서로 다른 제조업체에서 만든 제품 간에도 원활한 통신이 가능하게 되었다<sup>34</sup>. 물리계층은 데이터를 전기적인 신호로 변환하여 장비들을

물리적으로 연결해주는 역할을 한다. 데이터 링크 계층은 메시지의 노드 주소를 할당하며, 매체 접속 제어 기능을 담당한다. 네트워크 계층은 여러 개의 LAN(Local Area Network)로 구성되어 있는 경우, 각 네트워크 간의 통신이 가능하도록 한다.

[그림 3-16] BACnet의 계층 구조

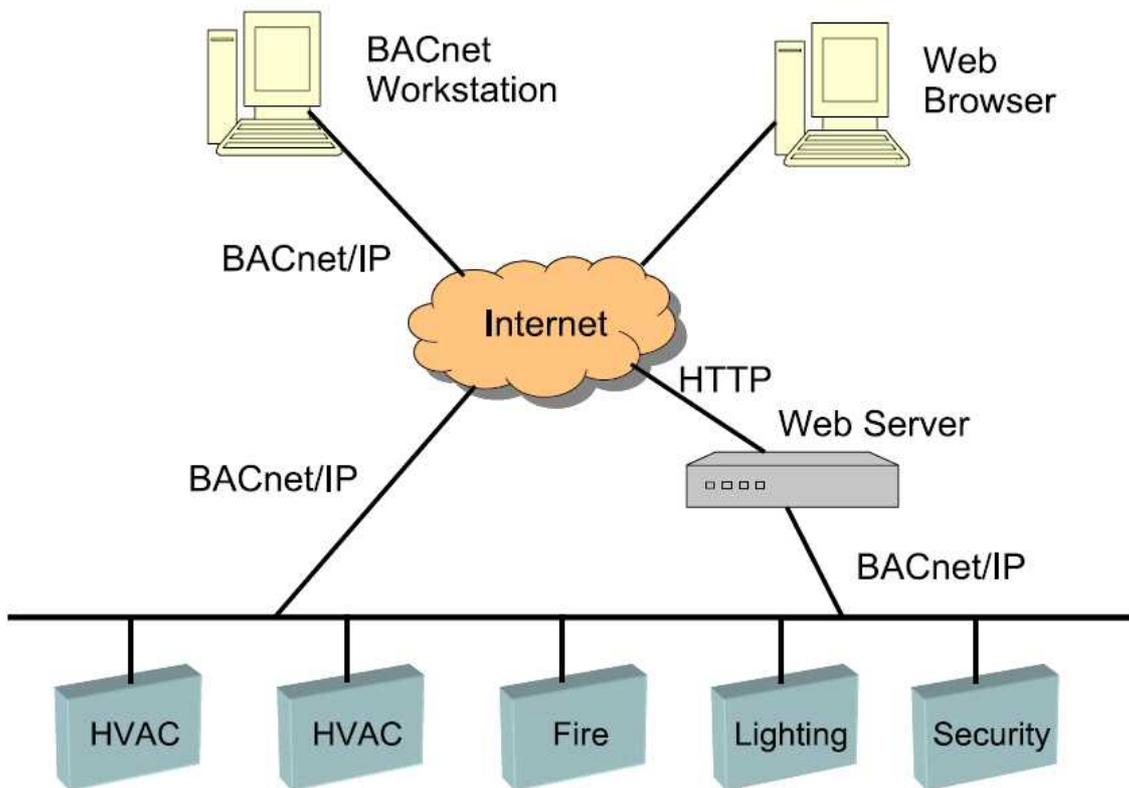


출처 : 홍승호, 김세환, 빌딩자동화 통신망의 기술동향, 건축환경설비 5(3), 2011.

BACnet의 특징 중의 하나는 인터넷과의 연결이 쉽다는 것이다. BACnet은 BACnet Virtual Link Layer(BVLL)를 이용하여 BACnet 기기와 Internet Protocol (IP) 기기의 통신을 IP 신호로 가능하게 한다. IANSI/ASHRAE 135-2001에 규정된 BACnet/IP 통신 기준에 따라 BACnet 신호를 주고받는 개별 기기들은 어디서라도 IP 네트워크에 연결할 수 있다. 즉, 이러한 기능으로 인하여 인터넷이 연결된 곳이라면 어디에서라도 시스템에 쉽게 접속할 수 있게 된다(그림 3-17).

34) 편재범, 개방형 표준 프로토콜인 BACnet에 대한 고찰, 설비저널, 32(9), 2003.

[그림 3-17] BACnet과 인터넷 연결



출처 : Shengwei Wang et al., Investigation on intelligent building standard communication protocols and application of IT technologies, Automation in Construction 13, 2004.

#### 나. ZigBee의 특징

무선 통신 제어 기술은 건물 자동화 시스템의 설치에 따른 경제적 물리적 한계를 극복할 수 있는 새로운 장을 열고 있다. 또한, 이러한 무선 통신 자동화 시스템은 건물의 성능을 향상하고 운전 비용을 감축할 수 있는 것으로 알려져 있다. 무선 통신 기반의 시스템은 적용이 용이성, 비용의 감소, 네트워크의 확장성, 유연한 시스템의 설계 및 설치 등의 특징을 지니고 있다.

이러한 무선 통신 기술은 ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth 등이 있으며, 이 중 건물 자동화 시스템에 대표적으로 쓰이는 ZigBee 시스템에 대하여 살펴보고자 한다. Wi-Fi는 모든 기기가 고유의 IP 주소를 갖는 이더넷 연결 상의 TCP/IP 통신에 주로 사용되기에 건물자동제어에서와 같이 개별 기기와 제어장치의 통신량이 많지 않은 경우에는 Wi-Fi의 사용은 적합하지 않다. 즉, Wi-Fi가 AP를 기반으로

한 무선 인터넷 및 파일 전송에 중심을 두었다면 ZigBee는 사물통신 및 무선 센서 네트워크에 둔 기술이다<sup>35)</sup>. ZigBee의 통신 네트워크 구성은 Star구조, Mesh 구조 및 Cluster 구조가 있다. ZigBee는 저전력 소비와 65,500개에 이르는 큰 네트워크 노드 수를 가지는 장점을 가지며, IEEE 802.15.4의 표준을 따르고 있다 (그림 3-18).

ZigBee는 LED 조명제어의 무선 컨트롤에 본격적으로 사용되면서 시장규모가 커지고 있으며, 스마트 빌딩 분야에서는 스마트 에너지와 M2M 분야에 응용되고 있다. 특히 ZigBee 건물 자동화 표준은 ZigBee와 BACnet의 시스템 구성에 대한 프로토콜을 제공하고 있으며, 미국 그린빌딩협회의 LEED 인증<sup>36)</sup>에도 반영되고 있다.

BACnet과 ZigBee의 네트워크 구성 방법은 BACnet과 ZigBee가 별도의 네트워크를 구축하는 방법(MSTP: Master Slave token passing)과 ZigBee가 BACnet의 무선 통신 기능을 담당하는 방법이 있다 (그림 3-19).

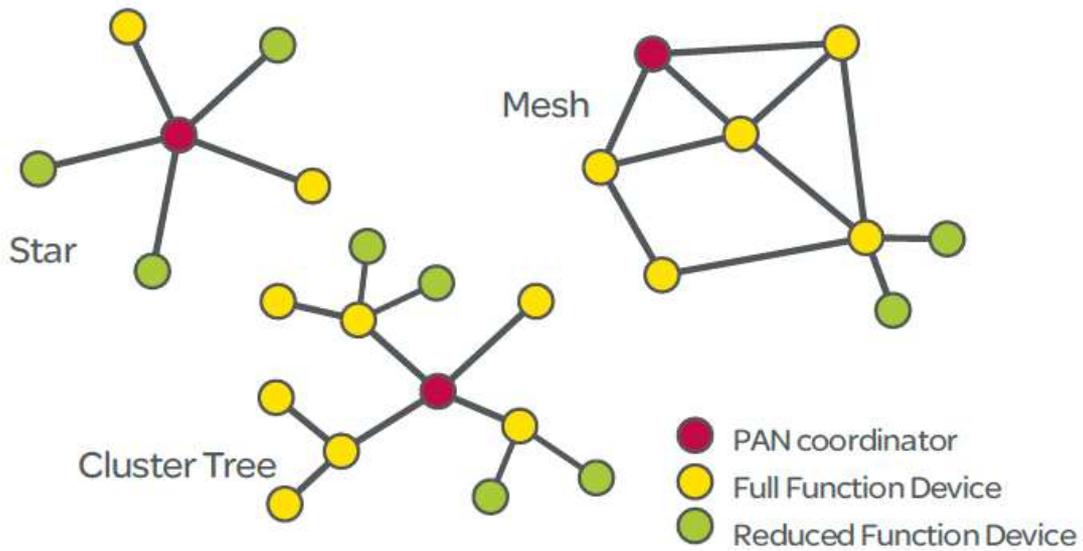
이러한 ZigBee 통신 기술은 조명, 냉난방 및 방재의 통합 관리가 무선으로 가능하며, 이를 통한 에너지 절감과 더불어 설비 기기들의 개보수 및 확장이 쉬운 장점이 있다. ZigBee 방식은 Schneider, Johnson Controls, Phillips 등과 같은 세계 유수의 업체에서 채택되었으며, 국내에서는 포스코 건설에서 국내 건설사에서는 최초로 아파트 세대 내에서 ZigBee 방식의 무선 네트워크 환경을 구축하여 무선 통합 제어를 하고 있다.

---

35) 왕성호, ZigBee의 기술 및 응용, 정보와 통신, 30(6), 2013.

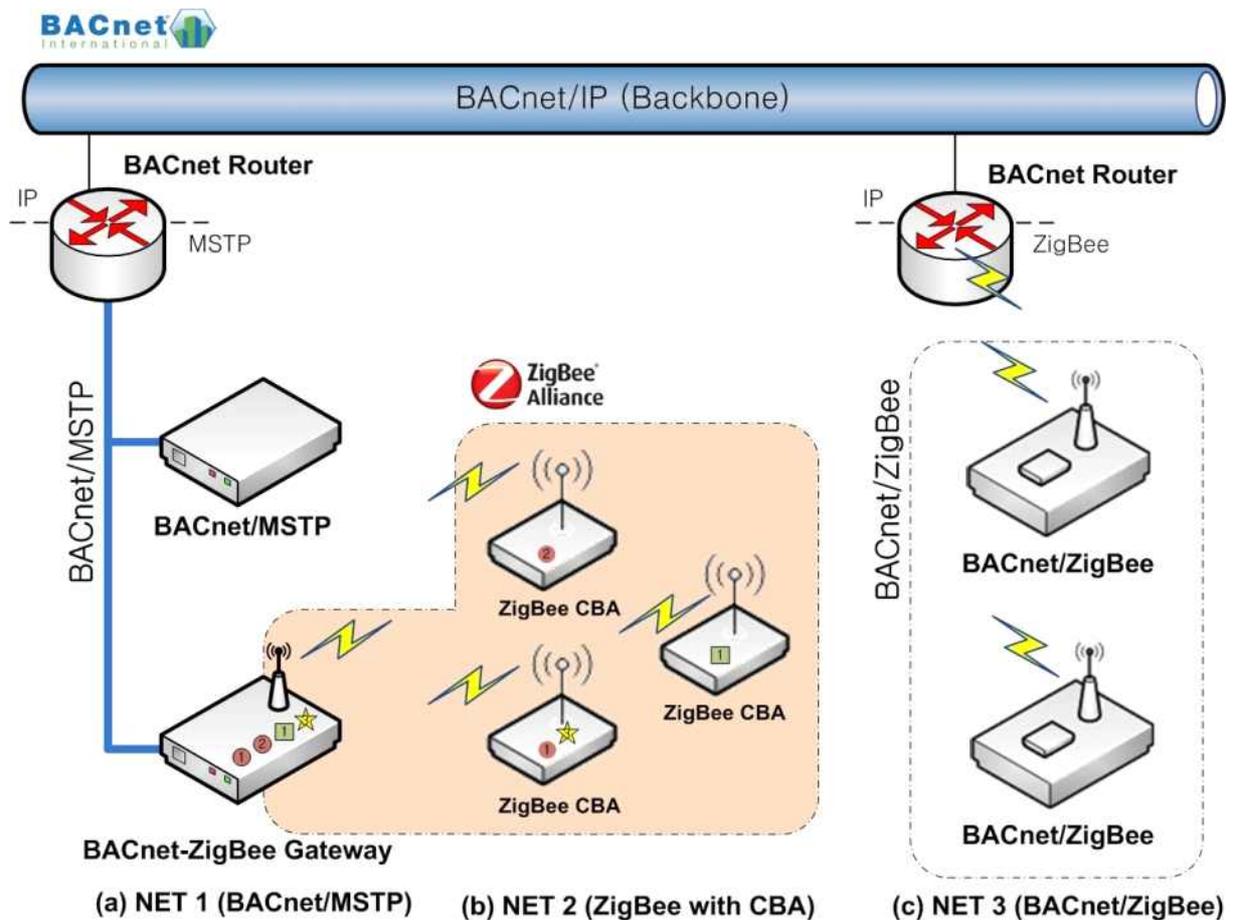
36) Leadership in Energy and Environment Design의 약자로 미국그린빌딩협회 (US Green Building Council)가 개발하여 시행 중인 친환경건축물인증제도로 6가지 평가 분야인 지속가능한 토지, 효율적인 수자원 이용, 건물에너지 절약, 친환경 자재, 실내 쾌적 환경에 대하여 건축물의 친환경성을 평가하는 제도이다.

[그림 3-18] ZigBee의 무선 통신 네트워크 구조



출처 : Schneider, Zigbee - Setting standards for energy-efficient control networks Schneider.

[그림 3-19] BACnet - ZigBee 통합 통신 네트워크



출처 : Seok Cheol Park et al., Implementation of a BACnet-ZigBee gateway, IEEE 2010. 2010.

## 2. 스마트 빌딩의 신기술

스마트 빌딩의 주요 구성 요소와 기술은 건물 자동화 시스템, 냉난방공조시스템, 조명 시스템, 엘리베이터, 방재 시스템, 방범 시스템과 통신 시스템으로 구분할 수 있다(그림 3-20). 건물자동화 시스템은 통신 규격으로 주로 BACnet을 사용하며, 최근에는 인터넷을 통한 원격 제어가 가능하다. 냉난방공조시스템은 효율적인 시스템의 운영을 위하여 야간환기, 엔탈피 제어<sup>37)</sup>, 외기보상제어, 냉난방 플랜트 대수 제어 등을 적용한다. 구성 요소로는 공기조화기, 보일러, 냉동기, 온도, 압력, 유량 센서 등이 있다. 냉난방공조시스템은 재실자의 인원을 자동으로 파악하여 공실여부를 판단하고, 사용되지 않는 공간에 대해서는 건물관리자가 공조를 일시적으로 제한하는 기능이 가능해졌다. 조명시스템은 실의 사용여부에 따른 조명의 제어 등이 인터넷 기반으로 가능하다. 스마트 빌딩의 방범 및 방재 시스템은 출입제어기, 감시용 CCTV, 침입 방지 기능을 갖추고 있으며, 이러한 기능이 원격으로 중앙에서 인터넷 기반으로 가능하다.

---

37) 엔탈피 제어는 건축물의 냉방에 적용되는 방법으로써, 실내 공기와 실외 공기의 엔탈피를 비교하여 실외 공기의 엔탈피가 낮은 경우에는 냉동기를 가동하지 않고 환기 시스템만을 운전하여 실외 공기를 실내로 공급하여 건축물을 냉방하는 방법을 말한다.

[그림 3-20] 스마트 빌딩의 주요 시스템 및 기술

Intelligent building systems	Software/program	Hardware/device	Recent development
BAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Standard Protocol (i.e. BACnet, LonWorks, etc.)</li> <li>■ Direct Digital Control (DDC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Network control units, operator workstations, network expansion units, application specific controllers and sensor system, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Use of Web-enabled devices for the building automation system which allows remote building control and monitoring by interaction of the central BAS workstation with the remote dial-up system via modem.</li> </ul>
HVAC system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Software program such as Duty Cycle Program, Unoccupied Period Program, Chillers Optimum Start-stop Program, Unoccupied Night Purge Program, Enthalpy Program, Load Reset Program, Zero-energy Band Program and Heating/cooling Plant Efficiency Program; and</li> <li>■ Other specific programs for HVAC operation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Air handling unit (AHU) controller; distributed controller; fully air-conditioned variable air-volume system (VAV) controller, centralized chiller plant; heating/cooling elements located across the occupancy zones of the floor; and other devices such as pressure, temperature, flow sensors, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Computer vision system (allows counting of number of residents within an air-conditioned space and informs the control system of the distribution of the residents)</li> <li>■ Internet-based HVAC system allows authorized users keep close contact with the BAS wherever the user is</li> </ul>
Lighting system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Occupied–unoccupied lighting control program (time-based lighting control program); and other specific programs for lighting control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Charge-coupled device (CCD) cameras, intelligent lighting controller (ILC)/lighting management system controller, motion detectors, light sensor, and other device such as touch switch, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Internet-based lighting system</li> </ul>
Vertical transportation system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Specific programs for lift operation and monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lift sensors and passenger detectors, neural network-based controller, and other devices such as CCD camera, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Advanced drives and artificial intelligence based supervisory control</li> <li>■ Computer vision technologies have been used in intelligent building in counting the number of passengers and to aid lift control</li> </ul>
Fire protection system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Specific programs for fire protection and detection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Intelligent fire controller (IFC), fully addressable automatic fire alarm and detector (sensor) system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sophisticated fire alarm systems which include stand-alone intelligent fire alarms and intelligent initiating circuit sensors</li> </ul>
Security system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Specific programs for security protection, detection and safety system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Intelligent Access Controller (IAC);</li> <li>■ CCTV surveillance, e-Card access, motion detectors, intruder alarm system and special presence detection sensors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Internet-based security system</li> </ul>
Communication system	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Private automatic branch exchanges (PABX), integrated service digital network (ISDN), local area network (LAN) and Internet system, and other software program enabling remote building control and monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Traditional telephone systems; aerials, transmission cables, amplifiers, mixers, splitters, repeat amplifiers, attenuators and final TV outlets; and dish antennas for satellite communication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Use of Web-enabled devices which allows remote building control and monitoring</li> </ul>

출처 : J.K.W. Wong et al., Intelligent building research: a review, Automation in Construction, 14, 2005.

## 가. 빅데이터와 스마트빌딩

스마트 빌딩의 최신 관심사 중의 하나는 바로 빅데이터 기술의 응용이다. 스마트 빌딩은 특히 건물의 운전 정보, 즉 실내외 온도, 습도, CO2, 기기 운전 스케줄 및 가동시간 등에 대한 방대한 데이터가 발생하며, 최근에는 IT 기술의 발전으로 저장이 쉬워졌다. 특히, 무선 통신 네트워크 및 통신 속도의 발달과 오픈 소스 형태의 소프트웨어가 발전함에 따라 실시간으로 방대한 데이터의 수집, 저장 및 분석이 가능해졌다.

건축물은 특히 건물의 기본정보 즉, 건물용도, 준공연도, 건물 설계도, 기계, 전기 설비 등의 데이터가 있으며 또한 실시간 정보, 즉 계측기를 이용한 건축물에 대한 환경 및 기기에 대한 방대한 데이터가 존재한다. 건물 빅데이터를 활용한 사례로는 대표적으로 영국의 전력회사의 센트리카의 전력 수요 억제 및 사용량 분산 사례가 있다 (그림 3-21). 센트리카는 영국의 가정에 스마트 미터기를 설치하고, 이 미터기를 이용하여 건물 에너지 사용에 대한 빅데이터를 구축하고 이를 분석하여 피크 타임의 실시간 전력 수요 동향 및 이에 따른 요금정책을 설정한 바 있다.

[그림 3-21] 건축물의 빅데이터

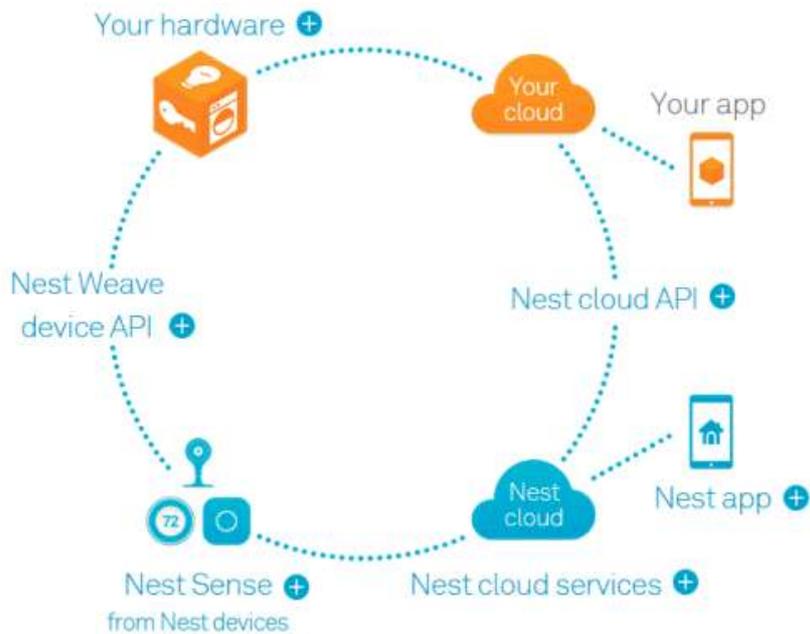


출처 : 홍구표, 김병선, 공조기 이력데이터와 인공지능망을 이용한 급기온도 예측, 그린빌딩, 한국그린빌딩협회의, 18(2), 2017.

구글 (Google)은 스마트 온도조절기인 네스트를 통하여 사용자 패턴과 기기 운전데이터를 클라우드에 저장하고, 빅데이터 기술을 통하여 사용자들에게 제공하고 있다 (그림 3-22). 서비스의 내용은 사용자의 이용 패턴을 바탕으로 최적

실내온도를 제공하고, 사용자가 건물에 도착하기 전에 미리 냉난방을 가동하는 것을 포함한다.

[그림 3-22] 구글 네스트 플랫폼



출처 : 김석우, 빅데이터 기반 HVAC 에너지 분석 기술 동향, 설비저널, 45(1), 2016.

특히, 세계 최대 공조업체 중 하나인 일본의 다이킨은 빅데이터 및 클라우드 기술에 대해 구글의 네스트와 협력을 통하여 온도조절기 라인업에 편입시켰다 (그림 3-23). 또한, 다이킨은 인텔과도 협력을 통하여 태블릿 PC 기반의 모바일 관리 및 데이터 수집 서비스를 제공하고 있다.

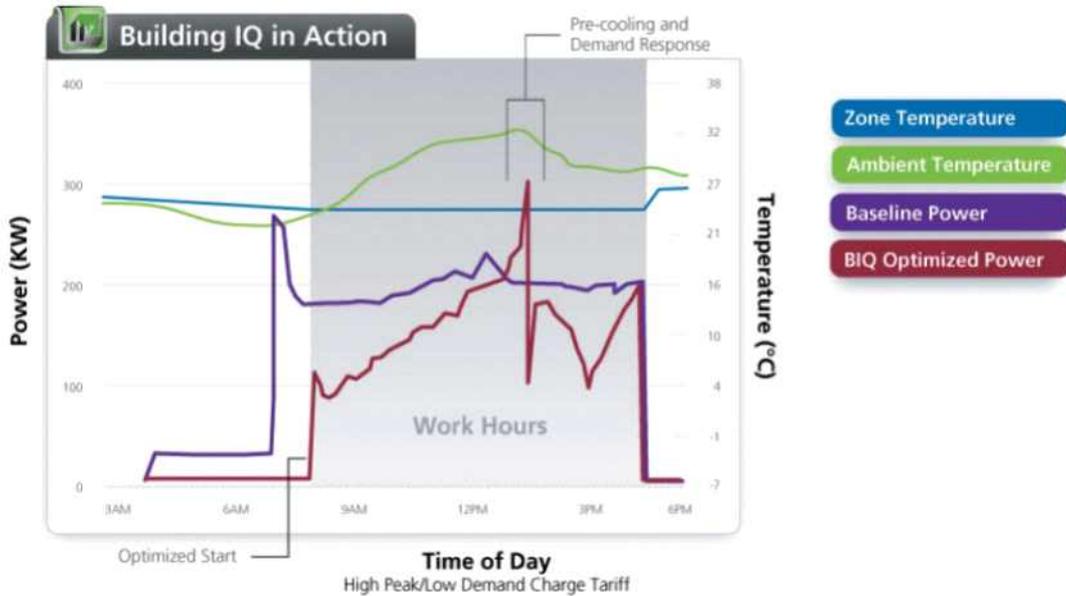
[그림 3-23] 다이킨 인텔 스마트 게이트웨이



출처 : 김석우, 빅데이터 기반 HVAC 에너지 분석 기술 동향, 설비저널, 45(1), 2016.

또한, BuildingIQ 회사는 건물의 빅데이터와 클라우드 기반 분석을 통하여 건물의 에너지 절감에 대한 서비스를 상용화한 대표적인 기업이다. 특히, 방대한 건물 데이터를 분석하고 건물 운영의 최적화 서비스를 제공하는 독자적인 데이터 구축 플랫폼과 공조 서비스를 보유하고 있다. 그림 3-24는 BuildingIQ사의 기기 패턴 분석 서비스가 적용된 건물의 설정온도 제어와 에너지 소비량의 관계를 보여주고 있다. 고정된 설정온도를 적용하는 일반적인 방법에 비교하여 건물 사용 데이터를 기반으로 미리 냉방기기를 운전하거나 (Pre-cooling), 전기단가의 변화에 따른 냉방기기의 운전을 적용함으로써 일일 에너지 소비 및 피크 부하를 줄이는 것을 알 수 있다.

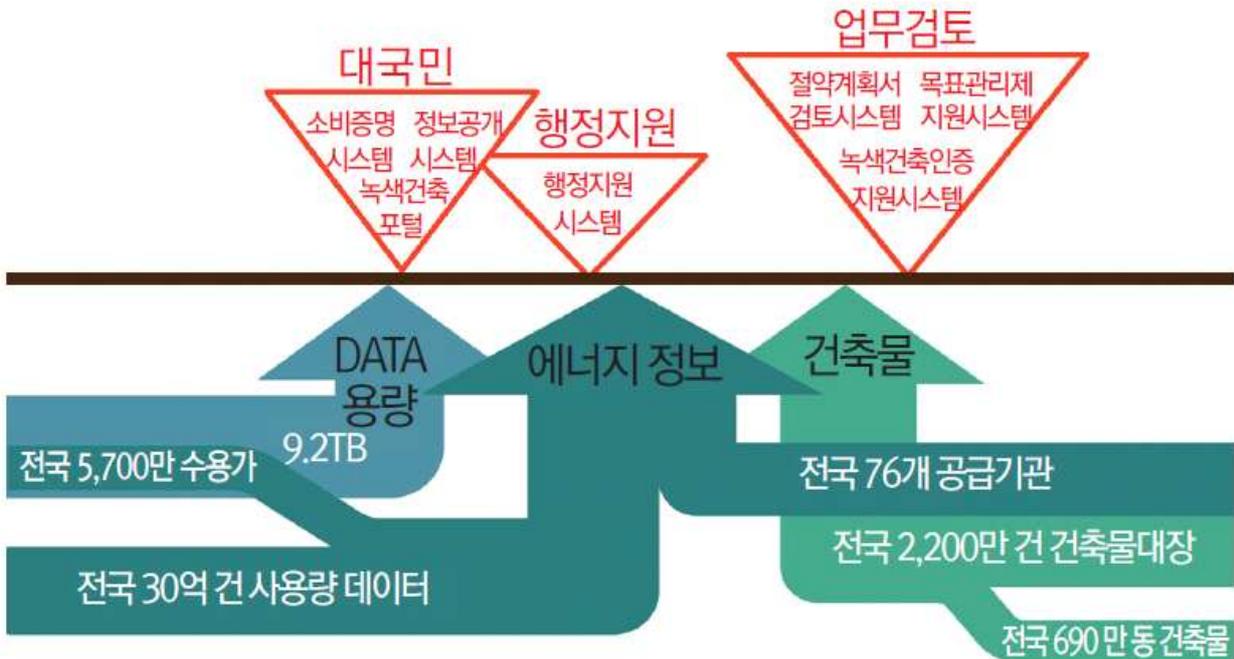
[그림 3-24] BuildingIQ의 기기 패턴분석 서비스



출처 : 김석우, 빅데이터 기반 HVAC 에너지 분석 기술 동향, 설비저널, 45(1), 2016.

우리나라에서는 스마트 빌딩을 구현하기 위하여 정부주도로 에너지관리시스템의 개발을 적극적으로 지원하고 있다. 건물에너지관리시스템의 KS규격을 제정하였으며, 건축물 에너지 및 온실가스 정보체계 운영기관이 한국 감정원에서는 건물의 에너지월별 월간 사용량에 대한 데이터의 수집 및 저장이 이루어지고 있다. 국토교통부는 건축물 에너지 통합관리시스템(NBEIMS: National Building Energy Integrated Management System)을 구축하여 건축물대장에 등록된 모든 건물에 대한 에너지 소비량을 저장하고 정보를 공개하고 있다. 또한, 이를 활용하여 건물 특성 데이터, 기후데이터, 건물 운영 데이터를 바탕으로 한 서비스 개발도 진행 중인 등 앞으로 건축물의 빅데이터 기반의 스마트 빌딩 설계 및 운영은 더욱 가속화될 전망이다.

[그림 3-25] 건축물 에너지 통합관리시스템의 개념도



출처 : 김동일, 이병호, 윤종돈, 빅데이터 이용 건물에너지의 소비량 분석 및 활용 방안, 설비저널, 46(10), 2017.

### 나. 인공지능과 스마트빌딩

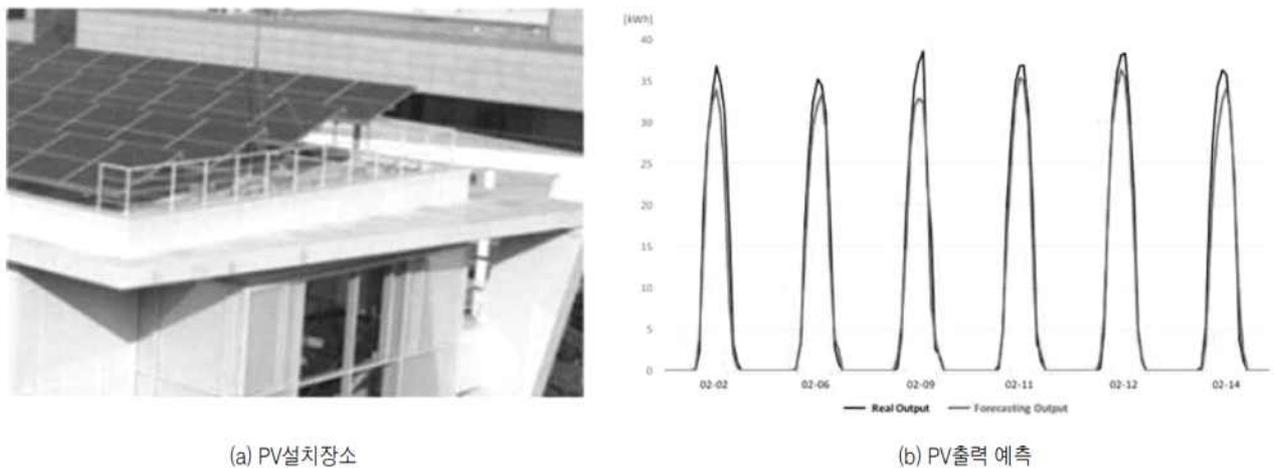
스마트 빌딩의 최신 관심사 중의 하나는 바로 인공지능 기술의 응용이다. 스마트 빌딩은 건물 운전과 관련된 다양한 형태의 대량 데이터에 대한 접근 및 저장할 수 있다. 특히, 무선 통신 네트워크 및 통신 속도의 발달과 오픈 소스 형태의 소프트웨어가 발전함에 따라 실시간으로 방대한 데이터의 수집, 저장 및 분석이 가능해졌다.

최근 급속도의 발전하고 있는 IoT 기기는 특히 스마트 빌딩의 보급과 발달에 기여하고 있다. IoT 센서 및 기기들은 기기 간의 데이터 공유는 물론 다른 정보 시스템들로의 데이터 송수신이 가능하여 기존에 불가능했던 데이터 기반의 효율적인 건물자동화관리가 가능해졌다.

인공지능 기반의 빅데이터 응용 기술은 특히 스마트 빌딩의 건물에너지 및 설비 제어 분야에 적용되고 있다. 대표적인 인공지능의 응용분야는 예측제어 (Predictive control), 고장예지진단(Fault Detection and Diagnostics)이 있다. 예측

제어는 미래의 스마트 빌딩의 에너지 소비 및 신재생에너지의 생산량을 예측하고 이를 반영하여 건물의 에너지 관리를 하는 것을 말한다. 인공지능망을 이용한 경우, 태양광발전의 신재생에너지 예측 및 건물 에너지 소비량을 정확도 90% 이상으로 예측이 가능한 것으로 알려져 있다 (그림 3-26).

[그림 3-26] 건물일체형 태양광발전의 전기생산량 예측

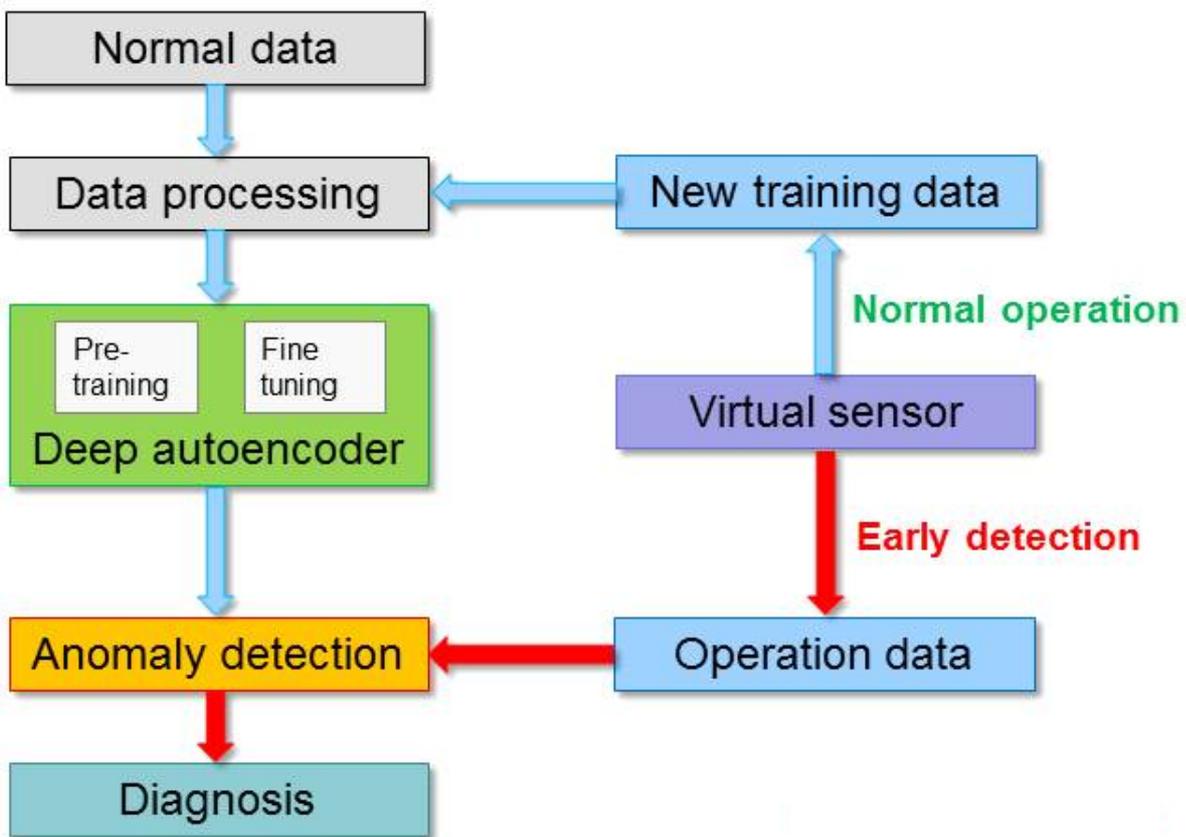


출처 : 채영태, Machine Learning: 건물에너지, 설비진단, 그리고 최적화, 그린빌딩, 한국그린빌딩협회의회, 18(2), 2017.

고장예지진단은 건축설비시스템의 고장 발생이나 시스템의 에너지 효율 감소를 예측하고, 효율 감소의 원인을 밝혀내고 이에 대한 대처를 미리 함으로써 건물을 에너지 효율적으로 관리할 수 있게 해준다. 특히, 건물 냉난방 시스템에 대한 고장예지진단은 건축물의 에너지 소비량을 약 40% 감소시킬 수 있는 등 매우 중요한 분야라고 할 수 있다. 고장예지진단은 크게 모형기반 방법과 데이터기반 방법으로 구분할 수 있다. 모형기반 방법은 대상 시스템에 대한 선행 지식이 있는 경우 적용할 수 있는 방법으로 열원 및 공조 시스템은 일반적으로 에너지보존 법칙 및 질량보존 법칙을 기반으로 모델을 만든다. 반면 데이터기반 방법은 축적된 운전데이터가 충분한 경우, 통계 분석 및 기계학습 (Machine learning) 기법을 적용한다. 인공지능망(Artificial Neural Networks)은 특히 고장예지진단에 많이 활용되는 블랙박스 기법의 한 예이다. 특히, 최근에는 인공지능망을 기반으로 한 기계 학습 기술로 다중의 은닉층 (Hidden layers)을 가진 딥러닝 기법이 고장예지진단에 시도되고 있다 (그림 3-27). 대표적인 사례는 바로 결함 예측 (Early detection: Prognostics), 결함 원인 도출 (Diagnosis)와 개선 방

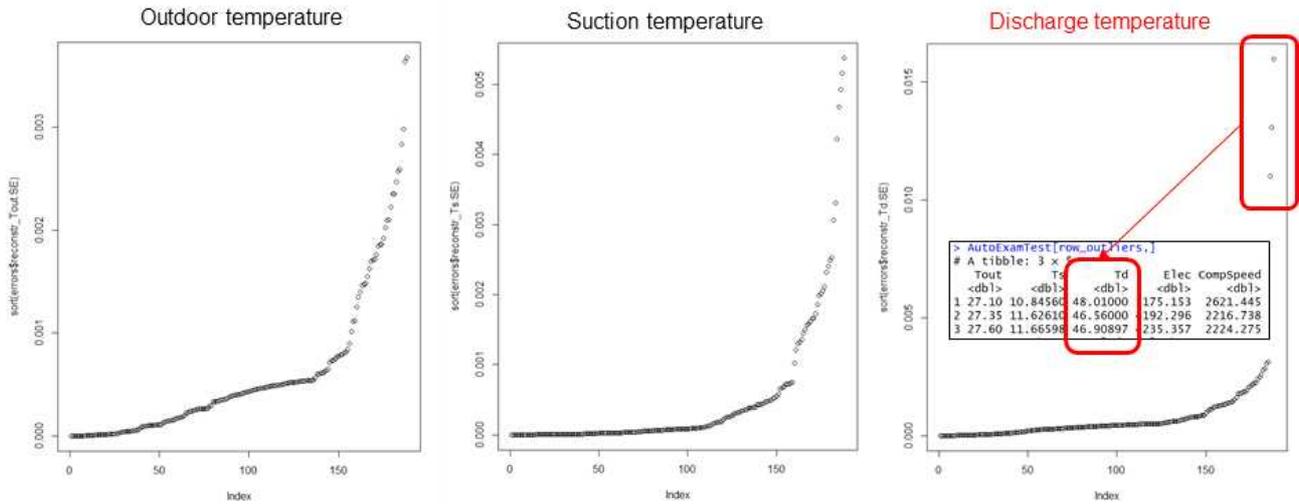
안 추천(Advice)으로 구성되는 Deep FDD이다. 그림 3-27은 중소형 건물에서 많이 사용되는 시스템 에어컨을 대상으로 Deep FDD를 적용한 사례로, Deep FDD를 사용하여 에어컨의 고장을 판단하고, 고장의 원인을 도출한 예를 보여주고 있다. 이러한 딥러닝 기법은 스마트 빌딩의 핵심 기술로 발전할 것으로 예상된다.

[그림 3-27] Deep learning 기반 고장예지진단



출처 : 윤근영, 딥 러닝을 이용한 고장예지진단:Deep FDD, 그린빌딩, 한국그린빌딩협회, 18(2), 2017.

[그림 3-28] 딥러닝 기반 고장예지진단 사례



출처 : 윤근영, 딥 러닝을 이용한 고장예지진단:Deep FDD, 그린빌딩, 한국그린빌딩협회의, 18(2), 2017.

## 제4절 안전 관련 현안 및 시사점

### 1. 안전 관련 현안

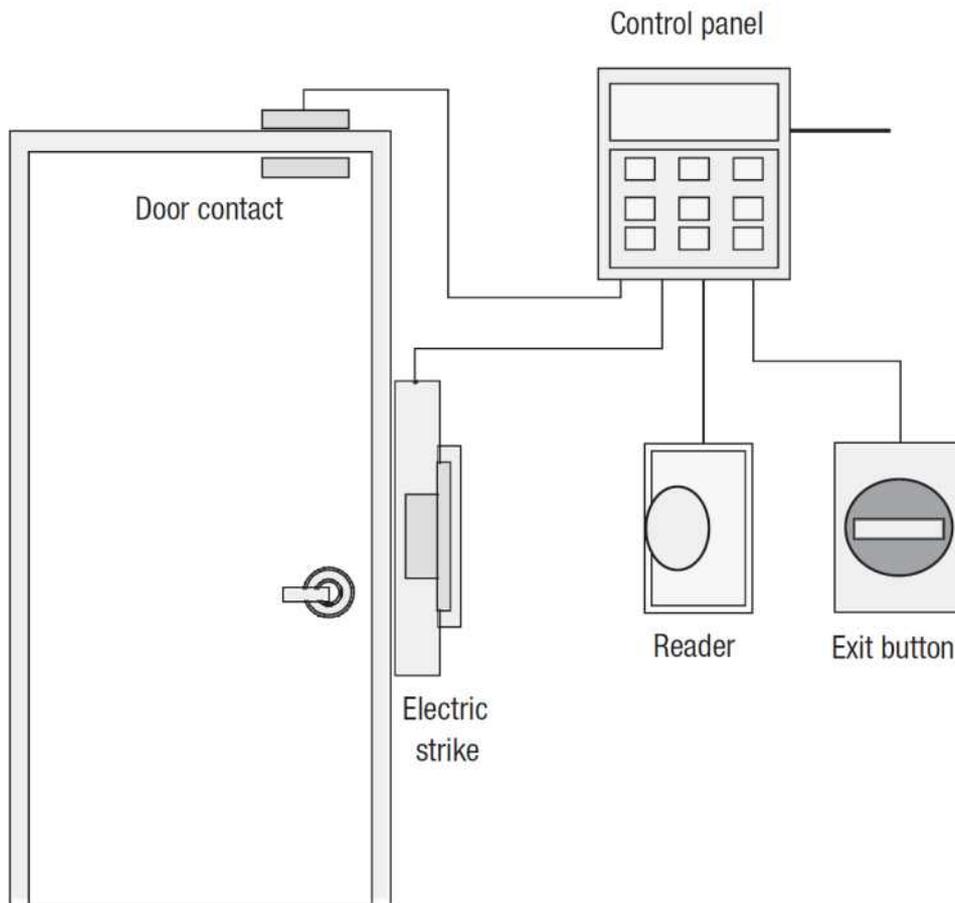
#### 가. 출입제어 및 침입방지 시스템

스마트 빌딩은 건물에 설치된 IP 네트워크와 연동하여 출입제어 시스템을 구축하게 된다. 출입제어 시스템은 크게 비밀번호 입력, 인식카드, 생체정보 방식이 있으며, 그림 3-29와 같은 기본 구조를 갖는다. 인식카드 방식 중 스마트 카드는 암호화된 메모리와 마이크로 프로세서로 구성된 칩이 내장되어 있어, 스마트 카드가 개인 인식 암호와 정보를 저장하고 기록 할 수 있는 일종의 초소형 컴퓨터 기능을 한다. 스마트 카드의 종류에는 접촉식 및 비접촉식이 있으며, 비접촉의 거리가 10cm 이내의 비접촉식 스마트 카드가 많이 사용된다. 비접촉식 스마트 카드는 특히 고도의 보완이 요구되는 시설에 적합하며 지문 등과 같은 사용자의 생체정보를 입력할 수 있다는 장점이 있다.

침입방지 시스템은 주위 경계, 공간 경계, 특정 공간 경계로 구분된다. 주위 경계는 창문, 문 등 건물의 개구부에 전자식 접촉 센서를 설치하는 가장 간단한 구조를 지니고 있다 (그림 3-29). 공간 경계는 주위 경계 시스템과 일반적으로

같이 사용되며, PIR (Passive infrared detector), 초음파 감지기 등의 종류가 있다. 특정 공간 경계는 특별히 보호해야 할 장치나 제품 등을 감시하는 것으로 접근 감지기나 전기 진동 감지기 등이 사용된다.

[그림 3-29] 출입제어 시스템의 구성요소



출처 : Shengwei Wang, Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, 2010.

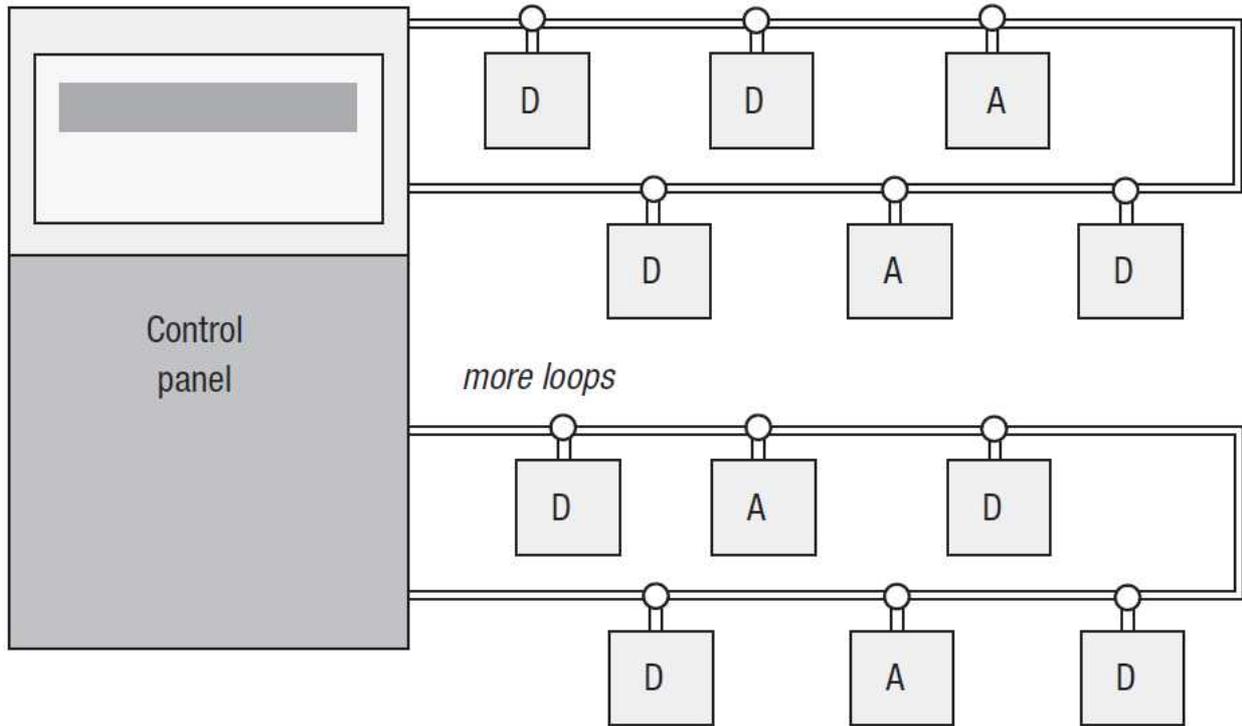
## 나. 방재 시스템

화재경보기는 연소와 관련된 실내 공기 환경의 변화를 감지하여 화재 발생을 감지하는 것이다. 화재경보기는 건물 사용자에게 화재 발생을 알리고, 소방 당국에 신고하며, 화재와 연기의 전파를 막는 방화 시스템을 작동하는 기능을 한다. 화재경보기는 열감지, 연기감지, 연소감지, 분자 감지 방식이 있다. 열 감지기는 화재의 발생 여부를 주위 온도의 변화를 감지하여 판단한다. 온도변화 감지방식

은 분당 실의 온도가 8도 이상 상승하는 경우 화재로 판단하며, 고정 온도 감지 방식은 실의 온도가 58도 이상인 경우 화재로 판단한다. 연기 감지기는 이온화 연기 감지, 광전자 연기 감지기, 일산화탄소 감지기 방식이 있다. 이온화 연기 감지기는 공기를 음극과 양극 전자로 이온화하는 소량의 방사능 물질을 포함한다. 광전자 연기 감지기의 핵심은 바로 광센서이다. 일반적으로 광센서는 적외선 LED로 구성되며, 연소로 인한 연기가 없는 경우 빛은 감지기를 직선으로 통과하게 되며, 연기가 발생한 경우 빛의 굴절을 감지하여 감지기가 작동하게 된다. 연소 감지기는 자외선 감지, 적외선 감지 및 자외선/적외선 통합 감지 방식이 있다. 자외선 감지 방식은 화재의 발생 여부를 3~4초 이내에 감지할 수 있는 특징이 있다.

화재경보제어패널은 화재감지기의 상태를 모니터링하고, 화재감지기로부터 정보를 받아 화재 발생 유무를 판단하며, 정해진 프로토콜에 따라 방재를 위한 기능을 수행한다. 스마트 빌딩에서는 네트워크 기반의 화재 패널이 주로 사용된다. 네트워크 기반의 화재 패널은 LAN을 이용하여 감지장치 (D: Detector)와 작동장치 (A:Actuator)의 제어를 한다 (그림 3-30). 대표적인 감지장치로는 열감지기, 연기감지기, 화염감지기가 있다. 감지 장치를 통해 화재가 발생한 것으로 판단이 되면, 스프링클러와 같은 작동장치를 통해 화재를 진압하게 된다. 건물에 설치된 모든 감지 장치와 작동장치는 네트워크상의 개별 주소를 부여받아서 화재 제어 패널이 건물상의 어느 부분에 화재가 발생하였는지 판단할 수 있다. 제어 패널과 감지 장치는 선형이나 환상형 구성으로 연결되는 것이 일반적이다. 일반적으로 한 개의 환상 회로에는 32개 미만의 화재 감지 장치가 연결되어야 하며 제어 패널은 최소 10초 한 번씩 감지장치를 모니터링 해야 한다.

[그림 3-30] 환상형 화재 패널 구성



Shengwei Wang, Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, 2010.

#### 다. 지능형 통합 건물관리시스템의 도입

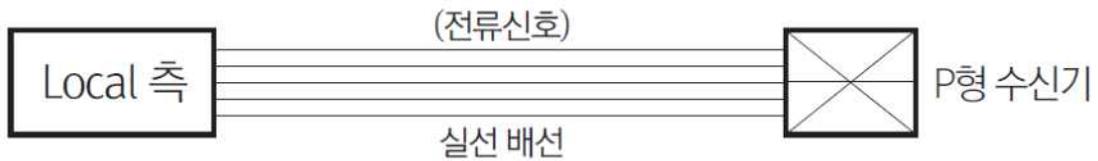
건물의 안전에 있어서 방재시스템은 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 현재 방재시스템은 소방전용으로 구축되어 있어 건물의 다른 관리시스템과는 다른 프로토콜로 구성되어 있다. 그림 3-31에서 볼 수 있는 것처럼 중계기를 중심으로 고유의 프로토콜이 적용된 이 방식은 LAN 기반의 데이터 통신할 수 없다.<sup>38)</sup> 따라서, 건물 사용자의 생명을 보호하고 안전을 확보하기 위해서는 방재 시스템과 다른 건물자동화 시스템과의 통합 및 상호 운용성을 향상하는 것이 요구된다.

스마트 빌딩에서는 화재 탐지시스템과 건물에너지관리시스템이 통합 관리되는 것이 필수적이다. 예를 들어 공기조화기 설비와 피난 유도 신호가 연계되는 경우, 공조 설비를 이용하여 화재발생 여부를 판단하고, 이에 맞추어 건물에 피난 유도신호를 발생시킬 수 있다. 또한, 화재 시에는 공기조화설비가 화재진압의 역할을 할 수 있다. 화재시에는 공기조화기가 화재의 요소인 열 및 공기 중의

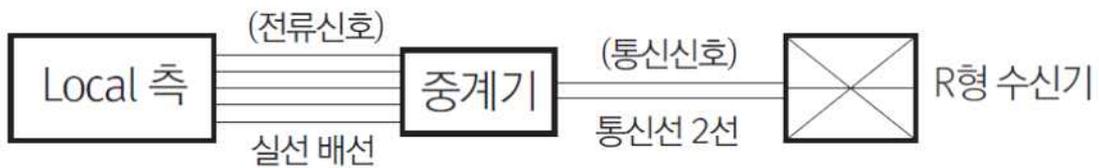
38) 이태원, 황지현, 지능형 건물설비 통합관리 체계의 구축 방안, 설비저널, 46(10), 2017.

산소를 제어함으로써 소방설비의 질식이나 냉각 기능을 수행할 수도 있다.<sup>39)</sup> 또한, 개방형 통합 시스템의 운영되는 경우 화재가 발생한 경우, 건물 재실자의 스마트폰으로 화재 상황과 피난 안내 등이 가능하다.

[그림 3-31] 화재수신기의 종류별 계통도



(a) P형 화재수신기 계통도

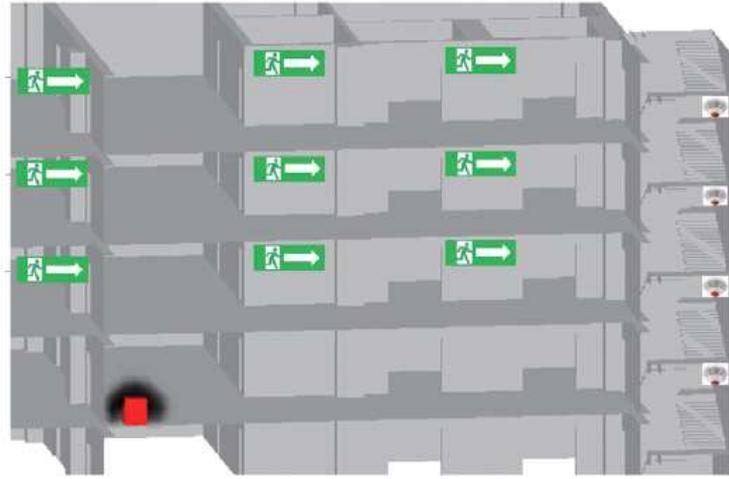


(b) R형 화재수신기 계통도

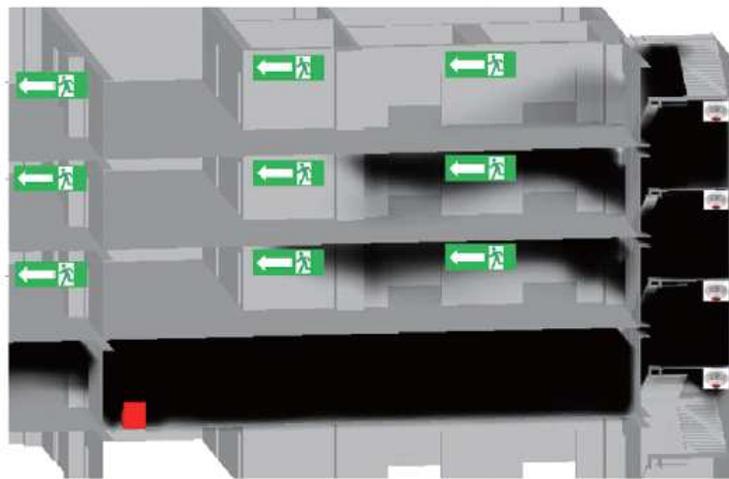
이태원, 황지현, 지능형 건물설비 통합관리 체계의 구축 방안, 설비저널, 46(10), 2017.

39) 이태원, 황지현, 지능형 건물설비 통합관리 체계의 구축 방안, 설비저널, 46(10), 2017.

[그림 3-32] 공기조화 설비 연계 피난 유도신호 작동



(a) 화재 발생 직전의 유도신호



(b) 화재 발생 후의 유도신호

이태원, 황지현, 지능형 건물설비 통합관리 체계의 구축 방안, 설비저널, 46(10), 2017.

### 라. IoT 기기의 안전성 확보

IoT 기기는 스마트 홈이나 스마트 빌딩의 주요 제어시스템과 연동이 되어 있어 IoT에 대한 보안의 중요성을 날로 커지고 있다. 보안업체인 프루프포인트(Proofpoint)는 해킹 툴이 스마트 홈 네트워크를 감염시켜 75만 개 이상의 스팸 메일이 발송된 것을 발견한 바 있다.<sup>40)</sup> IoT환경에서 발생할 수 있는 보안 위협

40) 장현수, 김현진, 손태식, Industrial IoT 환경의 사이버보안 이슈 연구, 정보보호학회지 25(5), 2015.

요소는 단말 분실 및 물리적 파괴, 무선신호 교란, 정보 유출, 데이터 변조 등이 있다.<sup>41)</sup> 스마트 빌딩에서는 특히 통신 네트워크의 보안이 중요하다. 스마트 빌딩에서 많이 사용되는 ZigBee는 단말 성능이 경량화되어 고도의 암호화가 어려운 측면이 있으며, ZigBee의 모든 통신구간에 대한 암호화가 이루어지는 것이 아니므로 이에 대한 대책이 필수적이다. 또한, Wi-Fi 방식은 사용자 단말과 AP 간 통신에 있어 암호화와 인증이 필요하다. 최근 연구에 따르면 특히 경량 IoT 보안 게이트웨이와 무인 원격 보안관리 서버 기술이 필요한 것으로 나타났다.<sup>42)</sup> 또한 IoT의 보안 관점에서는 소비 전력을 줄일 수 있는 경량화 암호의 개발도 매우 중요하다.

## 2. 시사점

1980년대 초에 처음으로 등장한 스마트 빌딩은 건축물의 하부 구조인 공간, 사람, 설비 시스템과 관리의 유기적인 상호작용을 통하여 재실자에게 쾌적한 환경을 경제적이고 환경 친화적인 방법으로 제공하는 건축물로 정의된다. 스마트 빌딩은 ICT 기술이 본격적으로 적용되기 시작하면서 비약적인 발전을 하게 된다. 스마트 빌딩의 핵심 요소인 건물자동제어 시스템에 ICT 기술이 적용됨에 따라 스마트 빌딩에서 생산되는 다양한 형태의 데이터를 실시간으로 모니터링하고, 이를 바탕으로 건물의 사용자 및 시스템의 특성이 반영된 데이터 기반의 예측 제어가 가능하게 되었다. 이에 따라서 스마트 빌딩은 일반 건물 대비 에너지 소비량이 약 20% 감소함과 동시에 건물 사용자에게 쾌적하고 건강한 환경을 제공하여 건물 재실자의 생산성도 증대시키는 것으로 알려져 있다.

스마트 빌딩의 전 세계 시장 규모는 2015년 130억불에서 2020년 320억 불로 연간 22%씩 성장할 것으로 예측되는 등 미래 시장을 선도할 기술이다. 이에 따라 우리나라를 포함한 선진 각국에서는 스마트 빌딩의 보급 확대를 위한 정부 차원의 활성화 정책과 관련 기술 개발을 적극적으로 지원하고 있다. 또한, 세계 굴지의 IT기업인 IBM, Google 및 삼성전자 등은 인공지능 기반의 빅데이터 응용 기술을 건물자동화시스템에 적용하여 발빠르게 시장을 선점하고 있다.

41) 김동희, 윤석용, 이용필, IoT 서비스를 위한 보안, 한국통신학회지, 30(8), 2013.

42) 김정녀, 진승현, 초연결 환경에서 보안위협 대응을 위한 사물인터넷(IoT) 보안 기술 연구, 한국통신학회지, 34(3), 2017.

스마트 빌딩은 안전한 사회의 구축과 관련된 기회와 위기를 동시에 지니고 있다. 예를 들어 스마트 빌딩의 IoT 기반 통신 시스템은 화재 탐지와 진압 설비와 공기조화설비 시스템의 유기적 연계가 가능하게 하여 화재를 조기에 감지하고 진화할 수 있다. 또한, 건물 사용자의 스마트 폰과의 통신을 통하여 화재 발생 시 위치 파악과 맞춤형 피난 안내도 가능하게 하는 등 스마트 빌딩은 더욱 안전한 환경을 제공한다.

반면, 스마트 빌딩에 광범위하게 사용되는 IoT 기기들은 건축물의 주요 제어 시스템과 연동이 되어 있어 IoT 기기에 대한 보안이 매우 중요하다. IoT 환경의 보안 위협은 기기 손실 및 물리적 파괴, 신호 교란, 정보 유출, 데이터의 변조, 기기의 오작동 유발 등 다양하다. 이에 따라 스마트 빌딩의 통신 네트워크의 보안을 위한 경량화된 암호화 통신 및 보안 관리 서비스 기술이 안전을 지키기 위한 필수요소가 된다.

정부는 제4차 산업혁명의 신산업 플랫폼으로 스마트 시티를 선정하고 글로벌 건설 시장의 아젠다를 선점하고자 노력하고 있다. 우리나라는 도시화의 진행률이 이미 90% 이상이 진행되어 있어, 스마트 시티의 보급은 정체된 도시의 회복력을 향상하고 지속적인 도시 개발이 가능한 새로운 비즈니스 기회를 도출할 것으로 예상된다. 스마트 빌딩은 스마트 시티 생태계의 근간으로 시장에서 차지하는 중요성과 경제 효과가 더욱 증가할 것으로 전망된다.

앞으로 글로벌 스마트 빌딩 시장을 선점하기 위해서는 산업 주도권을 획득하기 위한 적극적인 정책지원이 필요하다. IoT 및 인공지능 기반의 새로운 건물자동화시스템의 기술 개발을 정부 차원의 연구 지원, 스마트 빌딩 IT 서비스 관련 기업에 대한 세제 지원 및 인센티브 제공도 중요하다. 또한, 스마트 빌딩의 사이버 위협에 따른 사회적 부작용이 최소화될 수 있도록 외부 해킹 공격에 대한 시스템의 파괴, 오작동, 개인 정보 유출 등에 대한 선제적 대응이 필요한 시점이다.

## 제4장 사회기반안전(금융) : 블록체인과 안전

### 제1절 개요

사회기반 안전 분야에서는 미래 혁신 기술로 주목받고 있는 블록체인의 등장  
에 따른 금융 분야의 변화를 중심으로 살펴보고자 한다. 먼저 블록체인의 개념  
을 살펴보고 블록체인 종류를 세 가지로 구분하여 각각의 특징을 설명한 뒤 블  
록체인의 발전 방향을 3단계로 나누어서 설명한다. 그리고 가상 화폐로서의 블  
록체인의 장·단점을 구분하여 소개한다. 이를 통해 신뢰성과 투명성을 바탕으  
로 한 블록체인 기술이 사회기반 안전에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한  
다.

#### 1. 블록체인의 개념

블록체인이란 거래(transaction) 내용을 저장한 블록을 특정한 서버가 아닌 모  
든 구성원(peer 또는 node)이 네트워크를 통해 분산 저장하고 일정 시간마다 암  
호화 후 체인 형태로 연결하여 저장하는 기술이다. 이를 통해 제3자의 신뢰 없  
이 이중 거래를 차단하여 확실하고 안전한 거래를 보장한다. 공인된 제3의 중개  
기관에 대한 의존성이 높은 분야에 블록체인을 적용하면 효율성이 높아지고, 중  
앙 서버가 아닌 분산 저장방식으로 인한 보안성 및 투명성 제고 등의 장점으로  
다양한 분야에서 주목받고 있다.

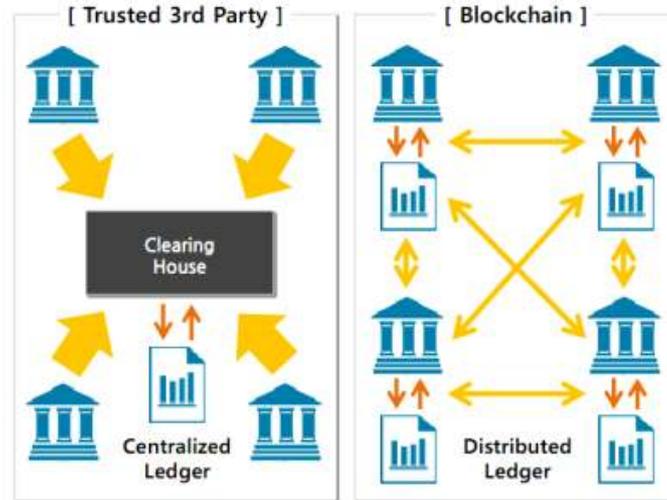
블록체인은 2009년 개발된 비트코인의 기반 기술로 중개자 없이 암호화 기  
술과 P2P(peer-to-peer) 기반 분산 원장 등을 통해 안전한 거래를 가능하게 한  
다. 2008년 10월 사토시 나카모토라는 가명을 가진 개발자의 논문에 의해 소개  
되었으며 2009년 1월에 실제 구현된 프로그램이 공개되었다. 비트코인(bitcoin)은  
암호화 기술과 P2P 분산 네트워크 기반 이전 거래에 활용되지 않았다는 것을  
증명하는 타임스탬프 서버<sup>43)</sup> 개념을 이용하여 이중 지불 문제를 해결하여 제3의  
신뢰기관 없이 개인 간 직접거래가 가능하다. 비트코인은 암호화폐<sup>44)</sup> 시장 규모

43) 타임스탬프 서버란 사토시 나카모토의 논문에서 설명된 내용으로 블록의 헤더 부분에 timestamp를 포  
함하고 블록 헤더의 해시값을 네트워크에 널리 공개하여 거래의 생성 시간을 입증하는 것

44) 암호화폐(cryptocurrency) : 거래를 보호하고 추가 통화 생성을 제어하기 위해 암호화 기술을 활용하여

1위로 2017년 12월 15일 기준<sup>45)</sup>, 시가총액은 약 2,947억 달러(321조 3천억 원), 하루 거래량은 약 157억 달러(17조 원) 수준에 달하고 있다.

[그림 4-33] 제3의 신뢰기관 vs 블록체인 관리체계



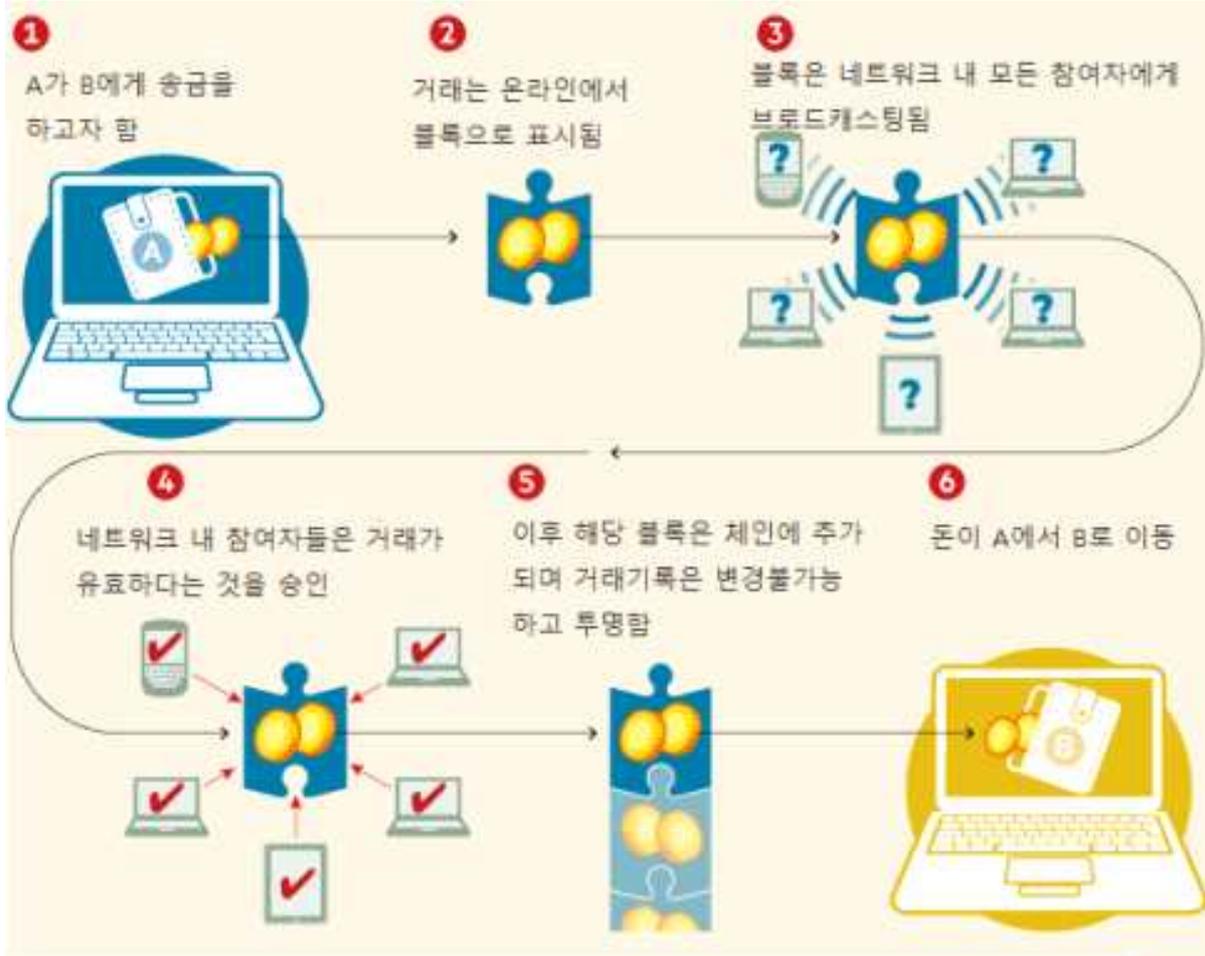
출처 : The Fintech 2.0 Paper, Santander, 2015

블록을 추가하기 위해서는 각 노드 간 합의 알고리즘을 통해 원장에 기록될 데이터를 검증(validate)하는 과정과 이후 생성된 블록의 유효성을 확인하는 단계가 필요하다. 신뢰할 수 있는 블록을 생성하기 위해 채굴(mining)이라는 과정이 필요하고 비트코인은 작업증명(PoW)방식을 활용하여 채굴에 성공하면 보상이 주어진다. 인증되지 않은 참여자들에 의한 공격 가능성이 존재하는 상황에서 유효한 블록임을 인증하고 합의하는 과정에 다소 긴 시간(약 10분)이 소요된다. 생성된 후보 블록은 네트워크 내 참여자들에게 전송되어 유효성 검증을 거쳐 이전 블록과 연결된다.

동작하도록 설계된 디지털 자산

45) CoinMarketCap, <https://coinmarketcap.com/>, 2017.12. 검색 기준

[그림 4-34] 비트코인 거래 동작 방식



출처 : WEF, “All you need to know about blockchain, explained simply” , 2016.06.

## 2. 블록체인의 특징

### 가. 블록체인의 종류

블록체인 종류는 크게 세 가지 형태로 분류할 수 있다. 이는 공개(public) 블록체인과 개인(private) 블록체인 그리고 컨소시엄(consortium 또는 hybrid) 블록체인이다.

#### 1) 공개(public) 블록체인

공개 블록체인은 누구나 네트워크에 접근하여 거래내용을 검색, 생성, 검증할 수 있으며 경제적 보상을 동반한 작업증명(PoW)이나 지분증명(Proof of

Stake, PoS)방식의 검증을 거친다. 이러한 검증방식은 사실상 위변조가 불가능하므로 거래의 신뢰성을 보장할 수 있다. 대표적인 활용 예는 현재 블록체인 기술 중 가장 성공적인 비즈니스 사례인 비트코인이 있으며 이더리움도 공개 블록체인에 속한다. PoS는 소유한 지분(stake)에 따라 다음 블록의 생성자가 지정되는 방식으로 지분이 많은 경우 더 유리하다. 공개 블록체인은 아래와 같은 특징<sup>46)</sup>을 가진다.

### ① 원장 무결성 확보

공개 블록체인은 분산 장부의 무결성을 확보하기 위해 모든 참여자가 같은 원장을 저장하고 변경이 있을 때마다 수정하며 새로운 블록의 추가가 확정되면 되돌릴 수 없는 비가역성을 가진다.

### ② 참여자 간 합의

공개 블록체인은 참여자들 간 거래 내역에 대한 정당성을 검증하여 증명하기 위한 합의 과정이 필요하다. 공개 블록체인과 개인 블록체인은 서로 다른 합의 알고리즘으로 수행될 수 있다. 위에서 설명한 것과 같이 비트코인은 PoW라는 작업증명 방식을 사용하고 개인 블록체인인 리플의 경우, 리플 합의 알고리즘(RPCA : Ripple Protocol Consensus Algorithm)을 이용하여 Ripple 합의 장부(RCL, Ripple Consensus Ledger)에 거래를 기록하는 방식으로 동작한다.

### ③ 화폐 발행 정책

암호화폐를 가지고 있는 블록체인(예, 비트코인)에서는 새로운 코인의 생성에 대한 방법과 절차에 대한 정책을 만들고 시행해야 한다. 비트코인은 다수의 참여자가 합의된 문제를 풀고 이를 증명하면 새로운 화폐를 발행하여 소유할 수 있도록 보상한다. 비트코인은 화폐 발행 총량이 21,000,000 BTC로 정해져 있으며 대략 4년마다 발행량을 절반으로 줄이는 정책을 가지고 있다.

## 2) 개인 블록체인

46) 한국은행 금융결제국, 분장원장 기술의 현황 및 주요 이슈, 2016.12.

개인 블록체인은 한 기관이 모든 권한을 갖고 통제 가능하며 참여자를 식별 가능하고 거래 속도가 빠르며 네트워크 확장이 쉬운 특징을 가지고 있다. 즉, 개인 블록체인은 산업 적용을 위해 거래 처리 속도를 개선하고 허가받은 자만 참여하여 하나의 기관이 모든 권한을 관리 가능한 기업용 블록체인이라고 볼 수 있다. 공개 블록체인인 비트코인의 경우, 거래 처리 속도가 1초에 최대 7건<sup>47)</sup> 정도로 알려져 있다. 금융 분야에서는 초 당 수천 번이 넘는 이체 처리가 이루어지기 때문에 이러한 거래량과 속도를 비트코인으로 처리하기는 어렵다. 증권 분야에서는, 나스닥이 2015년 말에 나스닥이 개인 블록체인 기술을 활용한 비상장 주식거래 플랫폼인 링크시스템(Linq system)을 개발하여 거래 성립부터 결제까지 미국에서 3일, 유럽에서 2일에서 각 10분으로 단축<sup>48)</sup>하였다. 참여자가 적기 때문에 다수의 참여자에 의한 작업증명에서 확보되는 보안성이 떨어지고, 또한 내부자의 악의적 공격 등에 취약한 단점을 가지고 있으며 이에 대한 보완이 필요하다.

### 3) 컨소시엄 블록체인

컨소시엄 블록체인은 지정된 개인이나 단체가 참여 주체들 간 합의 절차를 검증하는 권한을 가지는 부분적 탈중앙화 시스템이다. 컨소시엄 블록체인의 대표적인 사례인 R3는 2015년 9월에 금융 분야에 적용할 블록체인 기술의 개발을 위해 골드만삭스 등 9개의 금융 기관과 함께 구성된 세계 최대의 글로벌 블록체인 컨소시엄이다. R3는 2017년 12월 기준으로 전 세계 100개 이상의 은행, 금융 기관, 규제 기관, 무역 협회, 전문 서비스 회사 등과 협력하여 청산 결제 거래비용 절감, 글로벌 네트워크 확보 등 금융 서비스 전용으로 설계된 분산 원장 플랫폼인 Corda를 개발하였다. 국내에서는 국민은행, 신한은행, 우리은행, 하나은행, 기업은행이 2016년에 R3에 가입하기도 하였다.

47)  $(1\text{MB}(\text{블록크기})/600\text{초}(\text{PoW}))/\text{약}260\text{바이트}(\text{Tx크기}) = \text{약} 7 \text{ TPS}$

48) 블록체인기술 금융분야 도입방안을 위한 연구, 금융위원회, 2016.06

<표 4-1> 블록체인 종류 비교

구분	공개 블록체인 (public Blockchain)	개인 블록체인 (private Blockchain)	컨소시엄 블록체인 (consortium Blockchain)
거버넌스	한번 정해진 법칙을 바꾸기 매우 어려움	중앙기관의 의사결정에 따라 변경 가능	컨소시엄 참여자들의 합의에 따라 변경 가능
데이터 접근	누구나 접근 가능	허가받은 사용자만 접근가능	허가받은 사용자만 접근가능
거래증명	알고리즘으로 동작(PoW, PoS), 익명의 거래 증명자	중앙기관에 의하여 거래증명이 이루어짐	사전에 합의된 규칙에 따라 거래검증, 인증된 거래 증명자 존재
암호화폐	필요	불필요	불필요
장점	안정성, 신뢰성, 익명성, 투명성 보장	- 높은 효율성과 확장성 - 처리속도 빠름 - 기업별 특징에 특화 가능	- 높은 효율성과 확장성 - 처리속도 빠름 - 민감 정보를 처리하는 역할 부여 가능
단점	- 확장성이 낮음 - 거래 속도 느림	- 보안성이 낮음	- 개입이 필요할 수 있음 - 투명성과 보안성이 낮음
활용 예	비트코인, 이더리움	나스닥 Linq	R3 CEV, 하이퍼레저

출처 : 금융보안원, 금융위원회, coindesk

## 나. 블록체인 발전 방향

블록체인 기술은 가장 먼저 비트코인과 같은 공개(public) 형태에서 확장성과 효율성을 보완한 개인(private) 블록체인으로 발전하였으며 향후 산업간 융합과 사회 기반구조로써 확산되어 활용될 것으로 보인다.

<표 4-2> 블록체인 기술의 단계별 발전 방향

세대	Blockchain 1.0	Blockchain 2.0	Blockchain 3.0
단계	도입기	발전기	확산기
시기	2009-2013	2013-2016	2017-2022
설명	공개 블록체인 (누구나 열람)	- 개인(기업형) 블록체인 등장 - 스마트 계약	산업과의 융합
활용 예	비트코인	나스닥 장외 주식거래, 이더리움	SCM, 에너지, 물류 등

출처 : SPRi, 블록체인(Blockchain) 기술의 산업적·사회적 활용 전망 및 시사점, 2017.09.

가장 먼저 도입기는 2009년부터 2013년에 이르는 시기로 비트코인이 소개된

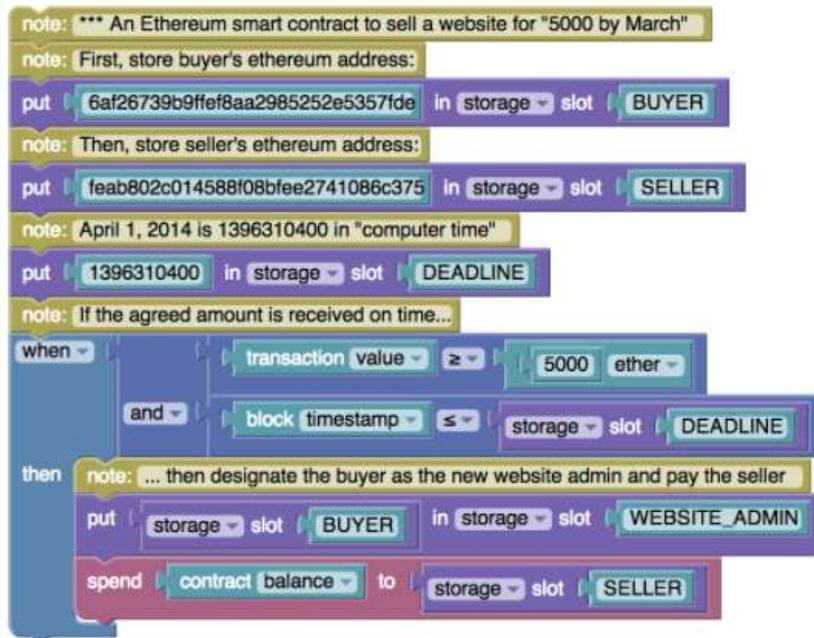
2009년 이후부터 공개 블록체인 기술을 활용하여 비트코인을 비롯한 수많은 암호화폐가 출현하였다. 2017년 8월 기준으로 1,057개의 암호화폐가 존재하고 전체 시가 총액은 1,376억 달러(한화 156조 원) 규모<sup>49)</sup>에 달한다. 상위 10개 암호화폐(비트코인, 이더리움, 리플, 비트코인 Cash, NEO 등)의 시가 총액이 전체의 87.4% 정도를 차지하고 있는 것이 특징이다.

블록체인의 발전기로 볼 수 있는 2014년부터 공개 블록체인의 단점을 개선한 개인 블록체인과 스마트 계약이 추가된 공개 블록체인(이더리움)이 등장하여 다양한 활용이 가능해졌다. 개인 블록체인은 모든 거래가 추적 가능한 개방성과 실시간, 대용량 처리가 어려운 공개 블록체인의 한계점을 개선하여 기업 내 플랫폼을 구축할 수 있게 한다. 블록체인 2.0으로 불릴 수 있는 발전기에 등장한 대표적인 블록체인은 이더리움으로 볼 수 있다. 이더리움은 이더(Ether)라는 암호화폐의 송금을 기록하고 스마트 계약과 분산 어플리케이션(Decentralized applications, 이하 Dapp)을 구현하기 위한 플랫폼으로 2014년에 비탈릭 부테린(Vitalik Buterin)에 의해 개발되었다. 이더리움 플랫폼에서는 튜링완전(turing-complete)<sup>50)</sup>한 프로그래밍 언어의 사용이 가능하다. 그러므로 개발자는 직접 계약 조건과 내용을 코딩하여 원칙적으로는 상상하는 모든 종류의 계약을 스마트 계약으로 표현할 수 있다는 의미와 같다. 스마트 계약의 개념은 1994년 미국의 전산학자인 닉 스자보(Nick Szabo)가 처음으로 사용한 것으로 알려져 있다. 닉 스자보는 프로그래밍 언어로 계약서를 작성하면 조건에 따라 계약 내용이 자동으로 실행될 수 있다고 주장했다. 스마트 계약은 그동안 기술적 제약으로 인해 주목받지 못하였으나 튜링완전 가상머신인 이더리움이 등장하여 구현이 가능하게 되었다. 런던대학의 클락(Clack) 박사는 스마트 계약을 자동화된, 집행 가능한 계약이며, 법적 권리 및 의무의 이행을 통해 시행 가능한 계약으로 정의하기도 하였다. 이는 일정한 조건을 만족하는 경우 거래가 자동으로 실행될 수 있도록 프로그래밍 된 자동화 계약시스템을 의미한다. 그림 4-3은 3월까지 웹사이트를 5,000이더에 판매하려는 이더리움의 스마트 계약의 예시이다.

49) CoinMarketCap, <https://coinmarketcap.com/>, 2017.9. 검색 기준

50) 튜링 완전이란 어떤 프로그래밍 언어나 추상 기계를 튜링 기계와 동일한 계산 능력을 가진다는 의미로 계산적인 문제를 프로그래밍 언어나 추상 기계로 풀 수 있다는 의미

[그림 4-35] 스마트 계약의 예시



자료: EtherScripter, What is Ethereum?

블록체인 3.0은 확산기로서 금융 산업을 포함한 전 산업의 경쟁력 제고를 위한 고성능, 고효율 블록체인이 확산되고 가속화되는 시기라고 할 수 있다. 리눅스재단의 오픈소스 과제인 하이퍼레저가 대표적인 활용 예제가 될 수 있으며 금융, 제조, 공급망(Supply Chain), IoT 등 산업 전반에서 범용 블록체인 기술을 발전시키기 위한 프레임워크<sup>51)</sup>로써 현재 1.0버전을 출시하였다. 하이퍼레저의 목표는 다양한 기업 및 산업에 활용을 목표로 신뢰할 수 있는 분산 원장을 제공하는 것이다. 기존 비트코인 방식의 작업 증명에서 효율성을 높이고 산업적 활용을 위한 확장 가능성을 높인 것이 장점이며 성능개선이 빠른 속도로 이루어지고 있다. 현재 하이퍼레저는 IBM, Intel, Accenture 등 글로벌 기업들이 다수 참여하여 금융, IoT, 공급망, 제조업 등 산업간 블록체인 기술을 확산시키기 위한 ‘범산업용 분산원장 표준화 과제(cross-industry open standard for distributed ledgers)’로서 발전하고 있다. 2016년 2월에 30개의 회원사로 시작한 하이퍼레저는 2017년 8월에는 총 149개 회원사 규모로 성장하고 있다. 글로벌 SW기업들은 하이퍼레저와 이더리움 과제에 적극적으로 참여하고 분야별 활용을 활성화하기 위한 협업 체제를 구축하고 있다.

51) Hyperledger Whitepaper

### 3. 암호화폐로서의 블록체인

암호화폐(cryptocurrency)란 암호화를 통해 거래를 보호하고, 추가적인 단위의 생성을 제어하며 자산의 교환을 검증하도록 설계된 디지털 자산<sup>52)</sup>을 의미한다. 암호화폐는 디지털 화폐<sup>53)</sup> 또는 가상 화폐의 하위 개념으로 분류되기도 한다. 암호화폐는 즉각적인 거래가 가능하며 국경을 넘는 소유권 이전을 허용한다. 아래는 암호화폐에 대한 장점과 단점에 대해 기술하였다.

#### 가. 장점

암호화폐를 활용하는 경우, 국가 간 간편한 지급이 가능하며 별도의 은행 계좌의 개설이나 신용카드를 발급하지 않아도 자금이체와 같은 거래가 가능하다. 또한 제3의 중개기관이 없으므로 기존의 금융 네트워크를 통한 자금의 거래보다 낮은 수수료로 거래가 가능하다. 특히 국가 간 송금의 경우, 결제가 승인되는 동시에 지급 및 청산이 완료되어 빠른 처리가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 본인의 이름이 아닌 고유의 식별번호를 통해 거래가 이루어지므로 높은 익명성을 가진다고 볼 수 있다.

#### 나. 단점

암호화폐는 기존 화폐에 비해 가격 변동성이 매우 크다. 정부의 정책이나 해킹 등의 사고나 언론 보도 등에 민감한 특징을 보이고 있다. 암호화폐 자체의 위조나 이중 사용은 기술적으로 어렵지만 암호화폐 거래소 해킹이나 개인지갑의 보안 관련 문제의 발생 가능성이 존재한다. 또한 거래가 익명으로 진행되고 은행 계좌가 불필요하며 보고의 의무가 존재하지 않으므로 탈세의 가능성이 높다. 이러한 익명성을 악용하여 자금 세탁, 탈세, 마약 및 무기 밀매 등 불법거래에 일부 활용 되는 사례가 발생하고 있으며 국내에서도 비트코인을 이용한 마약 밀수 사건이 적발(2017년 6월)되기도 하였고, 유사 암호화폐를 발행하여 불법 다단계 방식<sup>54)</sup>으로 판매하는 사기 범죄가 발생하고 있다.

52) wikipedia, Cryptocurrency

53) 디지털 자산(Digital Currency)는 기존의 물리적인 형태(동전이나 지폐)와는 달리 금전적인 가치가 디지털 형태로 저장되는 화폐를 지칭함

54) 아이뉴스24, '가짜 비트코인 가상화폐 유사수신 56건 적발', 2017.10.18.

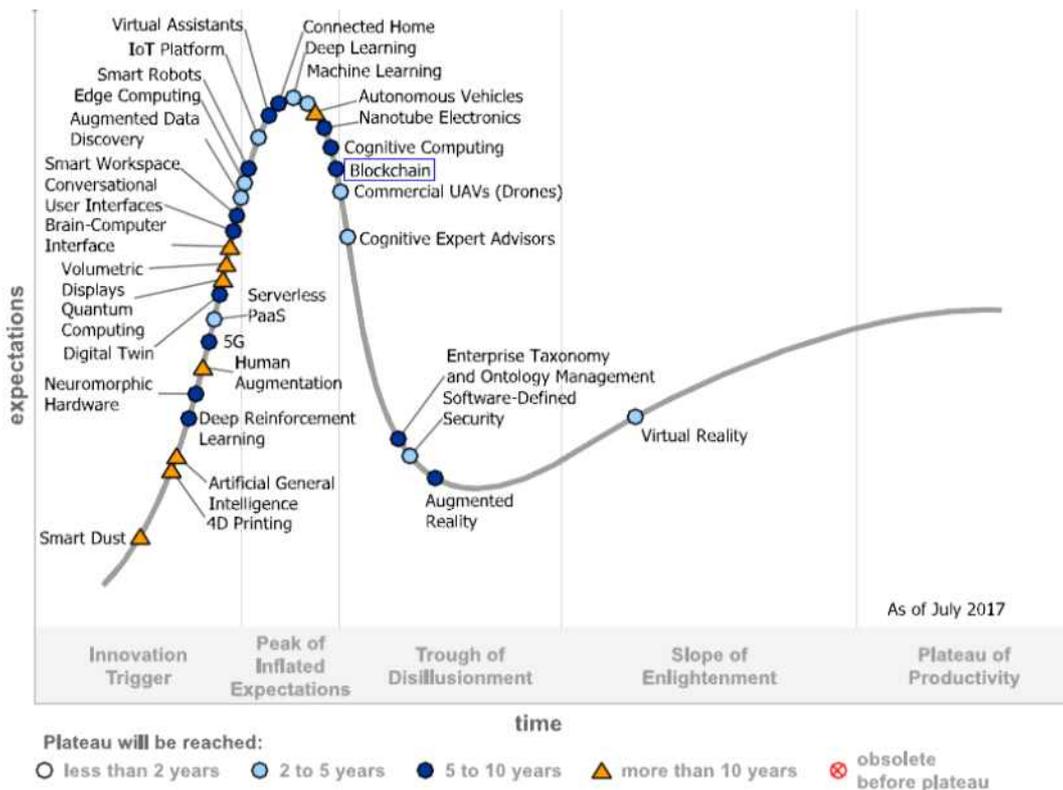
## 제2절 시장 및 정책 동향

### 1. 시장 동향

#### 가. 해외 시장 동향

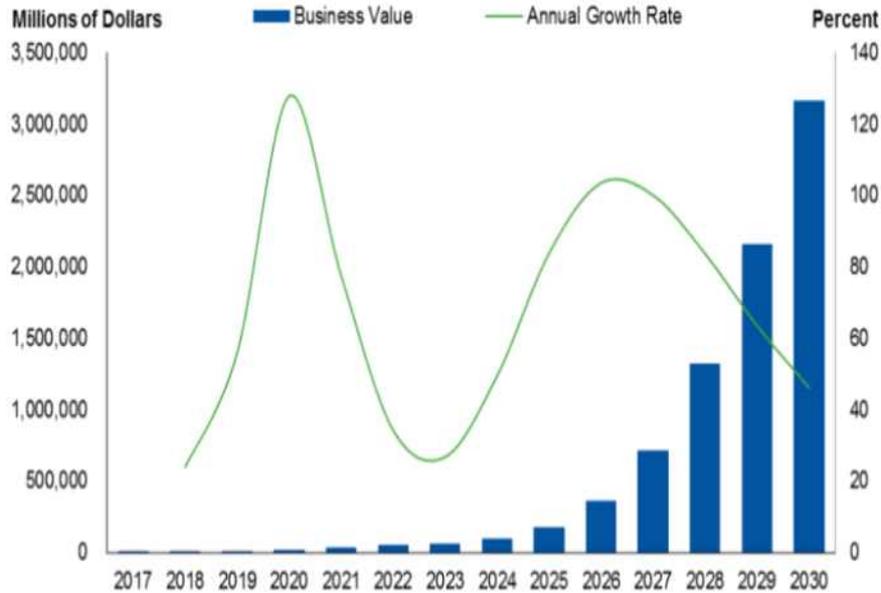
블록체인 기술은 미래 핵심 기술로써의 기대감이 점차 높아지고 있으며 향후 5년에서 10년 내 실제 적용 가능성이 높을 것으로 예측된다. 시장조사기관인 가트너의 블록체인 사업의 부가가치 분석에 의하면, 블록체인 기술은 2020년 연간 성장률 120%를 기록하고 시장 규모는 2030년에 3조 달러 규모(한화 3,400조)에 달할 것으로 예측된다. 또한 2017년 2월 기준으로 블록체인(blockchain)은 가트너에서 가장 많이 검색된 용어로 지난 12개월 동안 볼륨이 400% 증가하기도 하였다.

[그림 4-36] Emerging 기술 하이프 사이클, 2017



출처 : 가트너, 2017.07

[그림 4-37] 블록체인 사업 부가가치, 2017-2030



자료: 가트너, 2017.03.

세계경제포럼(WEF)은 2027년 기준 전 세계 GDP의 10%인 8조 달러가 블록체인 플랫폼에서 발생할 것으로 전망<sup>55)</sup>하였다. 또한 금융업계는 블록체인 기술로 인한 비용 절감 규모가 2022년 기준으로 약 200억 달러에 달할 것으로 기대<sup>56)</sup>하고 있다. 2017년 가트너가 선정한 Top 10 전략 기술에 블록체인이 포함<sup>57)</sup>되는 등 거래 데이터를 분산 저장하고 위·변조를 방지하여 신뢰를 보장하는 블록체인은 세상을 변화시킬 기술로 전망되고 있다. 금융업계 참가자 중 80%는 분산원장 기술이 업계를 변화시킬 것이며 2020년 내 도입될 것으로 예측<sup>58)</sup>하고 있다.

또한 최근에는 암호화폐 기반 자금조달이라는 새로운 기업 투자 방식인 ICO(Initial Coin Offering)가 등장하여 각광받고 있다. ICO(Initial Coin Offering)는 기업(일반적으로는 신생기업)이 기업 운영에 필요한 자금을 마련하기 위해 블록체인 기반으로 디지털 토큰을 판매하여 암호화폐 형태의 투자금을 확보하는 방식이다. 기업은 투자자에게 암호화폐를 받고 토큰을 제공하는데 이때 받은 암호화폐를 기업 운영에 사용하고 토큰 발행 내용을 블록체인에 기록하고 공개하여 투자에 대한 투명성과 신뢰성을 확보한다. 투자자는 보유하고 있는 토큰만큼 추

55) WEF, “Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact” , 2015.09.

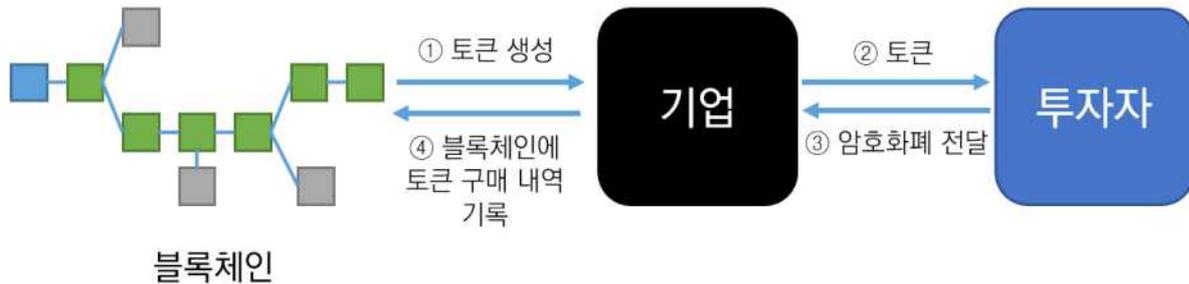
56) IDC, “Is the Future of Financial Services orgs in Blockchain?” , 2017.03.

57) Gartner, “Top 10 Strategic Technology Trends for 2017” , 2017.03.

58) Bain & Company, “Blockchain in Financial Markets: How to Gain an Edge” , 2017.02.

후 기업으로부터 보상이나 서비스를 받을 수 있으며 언제든지 보유한 토큰을 자유롭게 거래할 수 있다.

[그림 4-38] ICO의 자금 확보 절차



자료: SPRI, ICO(Initial Coin Offering) 동향 및 국내외 규제 현황, 2017.10.

암호화폐 기반 자금조달 방식이 기업의 지분을 주식시장에 상장하여 투자를 받는 기업공개 방식 IPO(Initial Public Offering)와 유사하여 이러한 자금 조달 방식이 ICO라고 불리게 되었다. IPO는 기업이 자금을 조달하기 위해 회사 지분을 증권형태로 발행하여 투자자에게 나누어주고 이를 주식시장에 상장하여 투자자들이 자유롭게 거래할 수 있게 하는 반면, ICO는 자금이 필요한 기업은 블록체인 기반의 토큰을 암호화폐를 받아 투자자에게 판매하고 토큰이 암호화폐 거래소에 상장되면 투자자들이 이를 자유롭게 사고 팔 수 있다.

그러나 ICO를 통해 투자를 진행하는 경우, 자금을 모집하는 신생기업에 대한 기술력과 가치 판단이 쉽지 않기 때문에 보다 신중한 판단이 필요하다. 일정 기간 영업 실적과 평균 매출액 등에 대한 기준<sup>59)</sup>을 만족해야 하는 IPO와는 달리 ICO는 기업정보를 백서(whitepaper) 형태로 공개하기만 하기 때문에 IPO보다 기업에 대한 가치를 평가할 객관화된 지표가 부족한 상황이다. 사업성이나 기술력이 검증되지 않은 기업이 ICO를 통해 자금을 모집한 이후 정상적인 기업 활동을 하지 않은 경우도 종종 발생하고 있으며 이러한 기업이 발행한 토큰은 가치를 인정받을 수 없어 투자자들의 손해로 이어지게 된다. 현재는 ICO를 통해 투자를 받고 기업 활동을 제대로 수행하지 않아도 법적 처벌 근거가 미흡한 상황이다. 암호화폐에 대한 법제도가 제대로 준비되어 있지 않기 때문에 투자 손실

59) 국내 코스피 시장에 상장하려면 3년 이상의 영업 실적, 3년 평균 700억 원 이상의 매출액, 1,000억 원 이상의 최근 매출액 등의 요건을 갖춰야 함

이나 사기가 발생하여도 제도적인 보호 장치가 없는 실정이다.

CB 인사이트의 분석에 의하면, 2014년 이후부터 2017년 9월까지 50만 달러 (한화 5억 5천만원) 규모 이상의 ICO를 수행한 135개의 신생기업이 존재하며 16개의 분야로 구분 가능하다. 그 중 ICO가 가장 많이 이루어진 분야는 “게임 및 겜블링” 과 “인프라 및 개발” 로 각각 18개, 15개의 신생기업이 존재하며 인프라 및 개발 부분에는 이더리움이 대표적인 사례라고 볼 수 있다.

[그림 4-39] ICO를 수행한 135개 신생기업



자료: CB Insights, 2017.09.

금융권 내에서 블록체인의 활용 가능 분야는 결제 및 송금, 증권 거래, 자산의 스마트 계약, 그리고 대출/투자/무역거래 분야 등이 존재한다. 결제 및 송금 분야의 경우, 기관 사이에서 신뢰가 필요한 업무로써 기존에는 많은 비용과 시간이 소요되었다. 예를 들면, 금융 기관 간 거래 시에는 청산기관이나 중앙은행을 통해서 거래를 하게 되는데 이 때 거래 보증을 위한 많은 비용이 발생하며 청산기관은 거래를 모아 주기적으로 청산을 하는 구조이기 때문에 거래의 즉시성이 보장되지 않는다. 이 때 블록체인을 활용한다면 신뢰를 위한 비용이 감소하고 청산 업무는 즉각 이루어 질 수 있다. 글로벌 금융결제 솔루션 기업인 Ripple은 블록체인 기술을 기반으로 한 지급결제 및 송금서비스를 통해 거래시간을 단축시켰으며, 저렴한 수수료비용으로 제공하고 있다. Ripple의 시스템은 향후 국제통화결제와 외환시장 분야에서도 활용될 것으로 전망된다. 2016년 싱가포르 금융 감독청(Monetary Authority of Singapore, MAS)은 블록체인 기술 관련 ‘Project Ubin’을 발표하였다. 싱가포르 금융감독원에 따르면<sup>60)</sup>, Ubin의 첫 번째 단계는 은행 간 블록체인 기술을 활용한 지불을 위한 개념증명 설계를 위한 것으로 2017년 초에 완료되었다. 다음 단계는 이더리움을 활용하여 주정부가 암호화폐를 발행하고 실제 거래를 수행하고 자산을 구매하는 것이라고 밝혔다.

증권 거래 분야에서는 미국을 중심으로 블록체인 기술을 활용한 장외주식, 파생상품 등이 거래되고 있으며 캐나다, 일본, 호주 등도 적극적으로 블록체인 활용을 추진 중이다. 미국의 나스닥 OMX그룹은 블록체인을 기반으로 장외주식 거래소를 만들어 기업 및 투자자들을 연결시킬 계획을 가지고 있으며 2015년부터 전문투자자용 장외시장인 ‘Nasdaq private market’에 블록체인 기술을 시범적으로 적용하여 실제 거래 시간을 3일에서 10분으로 단축시켰다. 캐나다의 토론토 증권거래소 및 영국 런던 증권거래소는 블록체인을 도입하기 위한 관련 워킹그룹을 조직하였고 일본 증권거래소 그룹은 일본 노무라 종합연구소, IBM과 협력하여 블록체인 기술의 실증 테스트를 위한 연구를 진행하고 있다. 호주의 증권거래소는 디지털 에셋 홀딩스(Digital Asset Holdings)라는 블록체인 스타트업의 지분의 5%(약 1500만 달러)를 취득하여 증권거래 체결 이후에 진행되는 거래 처리(Post-trade)에 블록체인 기술을 적용하는 프로젝트를 진행 중이다.

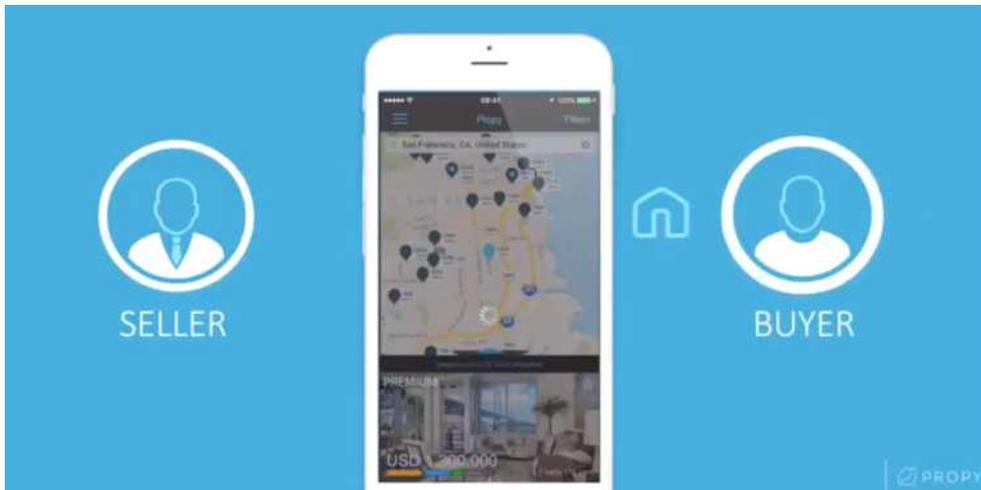
블록체인의 스마트 계약 기능을 활용하여 국경을 넘어 개인 간 부동산 거래

---

60) CNBC, Singapore aims to finish its own cryptocurrency trial next year, 2017.10.

를 할 수도 있다. 영국에 본사를 두고 있는 부동산 거래회사 Propy는 2016년 9월에 온라인으로 글로벌 부동산을 구매할 수 있도록 이더리움을 기반으로 프로젝트를 진행하였다. 스마트 계약을 통해 브로커, 구매자, 판매자 및 대리인/공증인이 지역 규정에 따라 기존 법적 프레임 워크 내에서 거래를 추적하고 승인하였다. Propy는 중국의 O2O(Online to Offline) 부동산 서비스 제공업체인 Leju Holdings Limited와 제휴<sup>61)</sup>하고 우크라이나 정부와 협력 관계를 형성<sup>62)</sup>하였으며 2017년 9월에는 ICO를 통해 1500만 달러(한화 약 170억 원)를 자금을 유치하기도 하였다.

[그림 4-40] Propy의 부동산 거래 앱



출처 : Propy 홈페이지

Propy는 신생기업을 중심으로 블록체인을 활용한 P2P 대출서비스를 개발하여 서비스를 제공하고자 하며 이러한 서비스를 통해 투자자와 대출자 사이의 투명성과 신뢰성의 향상이 기대된다. 미국의 샌프란시스코 기반의 P2P대출업체인 BTCjam은 클라우드 펀딩을 통해 비트코인을 대출해주고 해당 수익을 투자자에게 전달하는 서비스를 제공하고 있다.

## 나. 국내 시장 동향

국내에서도 은행 및 증권, 대출, 자산 관련 분야에서 블록체인 기술을 활용

61) ICO by Blockchain Real Estate Startup Propy Raises \$15 Million, Finance magnates, 2017.09.

62) Ukraine to Let Foreign Investors Buy Real Estate via Blockchain Technology, Finance magnates, 2017.08.

한 다양한 서비스를 출시하거나 출시에 대한 계획을 수립하고 있다. KB금융그룹은 2015년 9월 고객이 보유한 포인트리를 암호화폐인 비트코인으로 전환할 수 있는 「포인트리-비트코인 전환 서비스」를 통해 암호화폐 및 블록체인 시장에 진출<sup>63)</sup>하였으며 2016년 4월 핀테크 기업인 코인플러그와 협업하여 국내 최초로 비대면 실명확인정보를 블록체인에 기록하는 기술을 도입하기도 하였다. 블록체인 기술을 통해 신분증 스캔 정보, 기존 계좌의 이체내역, 공인인증서 등의 개인 정보를 안전하게 보관하면서, 데이터의 위변조 여부를 확인할 수 있다. 하나금융지주는 2016년 11월에 글로벌 블록체인 컨소시엄인 R3에서 국내 지급 결제와 인증 관련 프로젝트를 진행하여 기술 검증을 완료하였다고 밝혔다. KEB하나은행은 블록체인에 기반을 둔 글로벌 통합 결제 플랫폼을 2018년 5월 정도에 공개할 예정이다. 신한은행은 2017년 12월에 글로벌 결제 전문 기업 비자(VISA)의 해외 기업 송금 서비스인 VISA B2B 커넥트 시범사업에 국내 은행 최초로 참여하기도 하였다. 카카오뱅크의 경우 글로벌 금융 그룹인 씨티(Citi)와 세계 최대 P2P 송금업체인 트랜스퍼와이즈(TransferWise)와 업무협약을 체결하여 해외송금 분야의 개발을 추진하고 있다.

대출 분야에서는 국내 결제 대행업체인페이게이트(PayGate)가 핀테크 오픈뱅킹 플랫폼인 세이퍼트(Seyfert)를 통해 P2P 대출을 제공하고 있다.페이게이트는 2016년 8월에 부동산 핀테크 기업인 씨피핀테크와 기술교류 업무제휴 양해각서(MOU)를 맺고<sup>64)</sup> 협력 관계를 구축하였다.

국내 금융투자업계에서는 비상장주식 거래 부분에서 블록체인이 도입될 것으로 예상되며 한국거래소는 블록체인을 기반으로 플랫폼 개발에 착수하여 장외시장에의 도입을 먼저 검토한 뒤에 상장 주식거래에도 블록체인 기술을 도입할 계획을 가지고 있다. 또한 LG CNS는 블록체인 기술을 활용하여 P2P 장외 주식거래 서비스인 ‘B-트레이딩(B-Trading)’을 개발하고 거래의 완결성을 확보하는 서비스를 개발하고 있다.

삼성 SDS에서는 블록체인 업체인 블로코와 국내외 공동 사업추진 및 기술개발 시너지를 위한 전략적 MOU를 체결하였다. SDS는 개발 중인 삼성카드 블록체인 구축사업을 비롯해 송금, 인증, 지급결제 등 블록체인 관련 다양한 서비

63) KB금융 그룹, 보도자료, 2016.03.

64) 아이뉴스,페이게이트, 부동산 P2P 대출 씨피핀테크와 MOU, 2016.08.

스를 발굴하고 신사업을 적극 추진할 계획을 가지고 있다.

금융 업계뿐만 아니라 IT서비스 업계에서도 금융/증권/자산 관리 분야 등을 중심으로 블록체인의 상용화 및 연구 개발에 적극적으로 나서고 있음을 알 수 있다.

## 2. 정책 동향

### 가. 해외 정책 동향

먼저 해외의 정책 동향을 살펴보면, 미국, 일본 등 주요국은 금융 분야의 컨소시엄과 협의체를 발족하여 나라별 실정에 맞도록 산업체와 정부의 협력을 통해 발전하고자 노력하고 있다. 또한 해외 송금이나 증권과 관련한 다양한 금융 서비스를 개발하고 있으며, 자산거래 분야에 스마트 계약 기능을 도입하려는 노력과 함께 유통·물류, 공공서비스 등 여러 가지 분야에 블록체인을 도입하고자 하는 시도를 수행하고 있다.

#### 1) 미국

미국의 연방 및 주 정부는 블록체인 기술이 금융을 포함한 산업과 사회 서비스 등에 가져올 파급효과에 주목하고 기관 간 협력을 통해 해결하고자 노력하고 있다. 연방 정부는 IT기술을 활용한 공공 서비스 선진화 이니셔티브 구현하는 프로그램(AI, 블록체인, VR/AR 등이 존재)인 Emerging Citizen Technology 프로그램에서 블록체인을 활용하여 정부 서비스를 구현하기 위한 미국 연방 블록체인 프로그램 시작하였다. 2017년 7월에 Federal Blockchain Forum을 개최하여 연방정부 관리자 100명이 모여 이미 제출된 200건의 Use Case를 검토하고 제약 사항 및 해결방안을 논의하기도 하였다. 뿐만 아니라 표 4-3와 같이 주 정부의 블록체인 도입을 위한 움직임도 활발하게 진행되고 있다.

<표 4-3> 미국 주정부의 블록체인 도입 내용

주	내용
델라웨어	‘블록체인 이니셔티브(Blockchain Initiative)’추진 (2016.05.)
애리조나	‘애리조나주 전자거래법(Arizona Electronic Transactions Act)’을 개정하여 블록체인 기술 기반 서명, 계약 등 거래기록에 법률적 효력 인정 (2017.03.)
버몬트	‘버몬트주 증거법(Vermont Rules of Evidence)’를 제정하여 블록체인 기반 전자기록 인정 (1913 Blockchain enabling, 2016.05.)
일리노이	‘일리노이 블록체인 이니셔티브’발족 (2016.11.)

출처 : SPRi, 블록체인(Blockchain) 기술의 산업적·사회적 활용 전망 및 시사점, 2017

미국 증권거래위원회(Securities and Exchange Commission, SEC)는 블록체인 워킹그룹(Blockchain Working Group)을 발족하고 블록체인에 관한 규제 이슈가 발생할 때를 대비하여 위원회가 기술적 전문성을 가질 수 있도록 준비하고 있다. 미국 증권예탁결제원(Depository Trust and Clearing Corporation, DTCC)에서도 IBM과 금융 블록체인 신생기업인 Axoni 및 R3와 협력 관계를 유지하며 백서를 발표하고 블록체인 심포지움을 개최하는 등 블록체인 기술의 가능성을 인식하고 테스트를 수행하며 적극적인 검토를 시작하였다.

## 2) 중국

중화인민공화국의 중앙은행인 중국인민은행(Bank of People of Bank of China, PBoC)은 2017년 1월에 블록체인 기반의 가상화폐를 시험하였다. 또한 2017년 6월에는 블록체인 및 인공지능과 같은 신기술 개발을 적극적으로 추진할 계획으로 다섯 가지 목표를 제시<sup>65)</sup>하는 5개년 개발 계획을 발표하였다. 다섯 가지 목표는 세계 최고의 인프라 구축, 금융 분야의 혁신 촉진, 금융 산업의 표준화 전략 실행, 금융 네트워크 보안 시스템의 역량 및 관리 개선을 포함하고 있다.

중화인민공화국의 중앙은행인 중국인민은행(Bank of People of Bank of China, PBoC)은 2017년 1월, 중국 인민 은행은 블록체인 기반의 가상화폐를 테스트하였으며 2017년 6월에 5개년 개발 계획에 대한 새로운 세부 사항을 발표하였다. 이에 따르면 블록체인 및 인공지능과 같은 신기술 개발을 적극적으로 추진할 계획을 가지고 세계 최고의 인프라 구축, 금융 분야의 혁신 촉진, 금융 산업 표준화 전략 실행 및 금융 네트워크 보안 시스템의 역량 및 관리 개선과 같

65) coindesk, China's Central Bank Vows to Push for Blockchain in Five-Year Plan, 2017.06.

은 금융 기술 산업을 위한 다섯 가지 목표를 제시<sup>66)</sup>하고 있다.

또한 상하이 소재 비영리 연구소 완상 블록체인 연구소(Wansang Blockchain Labs)는 증권사, 증권거래소, 원자재거래소 등 11개 금융기관이 참여하는 차이나레저 얼라이언스(ChinaLedger Alliance)라는 블록체인 연합체를 구성<sup>67)</sup>하였다. 차이나레저는 중국의 법규제 안에서 적용이 가능한 분산원장 솔루션을 개발하고 연구할 계획을 밝혔으며 2017년 1월에 기술 사양 및 향후 동맹의 비전을 제공하는 최초의 백서<sup>68)</sup>를 발표하였다. 또 다른 컨소시엄으로는 평안은행, 텐센트 등 31개 중국 기업으로 구성된 셴젠(Shenzhen) 블록체인 컨소시엄이 있으며 증권거래, 무역 거래, 디지털 자산 관리 등 서비스 플랫폼을 연구 중이다.

### 3) 일본

일본 총무성은 2017년 6월에 블록체인을 활용하여 정부의 전자 신청시스템 쇄신<sup>69)</sup>하겠다고 밝혔다. 총무성은 물품조달, 공공사업 입찰 등 정보일원화를 위해 2018년 3월 실용화를 목표로 설정하고 2017년 4월부터 정부 입찰을 처리할 수 있도록 하는 실증 과제를 수행하고 있다.

2016년 10월에는 일본의 지역 금융 기관 및 인터넷 전용 은행을 포함한 42개 은행이 일본 은행 중앙 컨소시엄(“The Japan Bank Consortium to Central Provide Domestic and Cross-border Payment”)에 가입<sup>70)</sup>하였다. 이 컨소시엄은 금융 서비스 그룹 SBI(Strategic Business Innovator)와 분산원장 신생기업인 Ripple의 합작 투자로 시작되었으며 컨소시엄 내 협력을 통해 자국 및 외환 서비스를 통합하여 24시간 실시간 송금 인프라를 구축하겠다는 계획을 발표하였다.

### 4) 두바이

두바이는 2016년 12월에 국가적 차원에서 3가지 목표인 정부 효율성, 산업 창출과 국제 리더십을 달성하기 위해 블록체인 기술 도입 로드맵을 통해 블록체

66) coindesk, China's Central Bank Vows to Push for Blockchain in Five-Year Plan, 2017.06.

67) LG CNS, IT와 금융의 융합-블록체인이 금융산업에 미치는 영향, 2017.03.

68) Nasdaq, ChinaLedger White Paper Outlines Industry Blockchain Standards, 2017.01.

69) “Japan to Test Blockchain for Government Contract System”, coindesk, 2017.06.

70) “42 Banks Join Blockchain Consortium in Japan”, coindesk, 2016.11.

인 전략을 수립하였다. 비자 신청, 청구서 지불 및 라이선스 갱신 등의 매년 1억 개 이상 생산되는 문서를 디지털로 전환하고 이산화탄소 배출량을 절감하고 문서처리 시간을 단축하여 정부 효율성을 높이겠다고 밝혔다.

신산업 창출을 위해 2017년 5월에 ‘SDO(Smart Dubai Office) 블록체인 챌린지’ 개최하여 혁신적인 블록체인 신생기업을 발굴하기 위해 노력하였다. 이 대회에는 세계 15개국의 21개의 신생기업이 참가하였다. 1위는 태양열 거래소인 선 익스체인지(The Sun Exchange), 2위는 학위 정보를 블록체인을 활용하여 디지털로 발급하는 에듀체인(Educhain), 3위는 보석 및 고급 와인 등의 진품 확인 서비스를 제공하는 에버레저(Everledger)가 선정되었다. 수상 기업들은 ‘두바이 블록체인 전략(Dubai Blockchain Strategy)’에서 기여할 수 있는 기회를 얻고 시범 제품을 선보일 수 있는 후속 차원의 지원 제공받게 된다.

#### 5) 영국

영국은 2016년 1월에 Beyond Blockchain 계획을 발표하고 노동연금부(Department of Work and Pensions)는 블록체인을 사용하기 위한 시험을 시작하였다. 사기 방지, 핵심 인프라 보호 및 자산 등록 등과 같은 영역에서 블록체인 활용에 대한 연구를 수행하고 있다.

#### 6) 에스토니아

에스토니아는 사이버 보안 인프라와 전자 건강기록에 블록체인을 활용하여 국가적으로 블록체인 도입을 선도<sup>71)</sup>하고 있다. 정부 저장소에 저장된 데이터의 무결성을 보장하고 내부자 위협으로부터 데이터를 보호하기 위해 확장 가능한 KSI(Keyless Signature Infrastructure) 블록체인을 개발하였다.

#### 7) 러시아

러시아 정부는 2017년 10월에 첫 번째 블록체인 시범 프로젝트를 발표하였다. 프로젝트를 통해 러시아 연방 경제 개발부(Rosreestr)가 운영하는 재산 등록 부에서 정보를 확인하는 데 중점을 두고 2018년 1월부터 7월까지 시범 운영하고

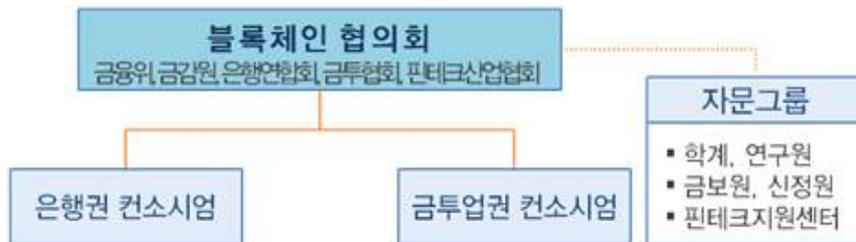
71) security and safety, healthcare, e-estonia(<https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/>)

8월까지 결과에 대한 평가를 수행할 예정<sup>72)</sup>이다. 국영 대출 기관인 VEB(Vnesheconombank)는 블록체인을 해당 국가의 공공 부문에 소개하기 위한 목적으로 블록체인 역량 센터 개설을 발표<sup>73)</sup>했다. 토지와 자산을 블록체인에 저장하는 프로젝트는 러시아, 조지아, 우크라이나 정부 역시 추진하고 있다.

## 나. 국내 정책 동향

금융권에서는 2016년 11월에 감독기구인 금융위원회와 금융감독원의 주도로 은행연합회, 금융투자 협회, 핀테크 산업협회가 참여하는 ‘블록체인 협의회’가 출범하였다. 이를 통해 블록체인 플랫폼의 상호호환성을 고려하여 초기 연구 단계부터 은행 및 금융투자업권 컨소시엄 간 소통을 강화하고 정보 공유 및 제도 개선사항 등을 검토하고자 한다. 자문그룹으로는 금융연구원, 핀테크지원센터, 금융보안원, 신용정보원과 전문가 등이 구성되었다.

[그림 4-41] 블록체인 협의회 체계



출처 : 금융위원회 보도자료, 2016.11.

금융권 블록체인 컨소시엄의 경우, 은행권과 금융 투자업권으로 각각 구성되었다. 은행권의 경우, 은행연합회 20개사 중 16개의 은행이 참여하고 금융보안원과 금융결제원에서 자문 및 기술을 지원한다. 우선 고객인증, 전자문서 검증 등에 대해 연구를 진행하고 추후 공동연구 분야를 추가 발굴할 예정이다.

72) “Russian Government Announces First Blockchain Project”, The moscow times, 2017.10.

73) “Russia’s Vnesheconombank Unveils New Blockchain Research Centre”, coindesk, 2017.08.

[그림 4-42] 은행권 블록체인 컨소시엄 체계



출처 : 금융위원회 보도자료, 2016.11.

금융투자업권 블록체인 컨소시엄은 NH, 미래에셋대우, 신한, 대신 등 20여 개 증권사가 참여하고 있으며 인증정보공유, 금융투자상품 청산결제 등에 대해 공동연구를 진행하고자 한다. 금융투자업권 컨소시엄은 현재 공인인증서를 블록체인 인증으로 대체하는 공동 사설 인증체계를 개발하고 있다. 블록체인을 활용한 인증 방식이 적용된다면 소비자는 별도의 보안 인증이나 인증서 등록 없이 한 번의 인증으로 여러 증권사를 손쉽게 이용이 가능할 것으로 보인다.

[그림 4-43] 은행권 블록체인 컨소시엄 체계



출처 : 금융위원회 보도자료, 2016.11.

또한 교보생명은 2017년 4월 정부가 주관하는 ‘사물인터넷(IoT) 활성화 기반 조성 블록체인 시범사업’ 사업자로 선정되어 블록체인 기술을 활용한 보험금 자동지급 서비스를 구현할 예정이다. 현재는 보험금을 수령하기 위해서 개인이 각종 증빙서류를 직접 발급받아 보험사에 제출해야 한다. 블록체인을 활용한다면 소비자가 진료를 받고 병원비를 지급할 때 보험 계약 여부와 증빙 서류를 확인 후 자동으로 보험금을 송금하는 것이 가능해질 것으로 보인다.

정부와 지자체를 중심으로 자산에 대한 전자계약 및 디지털 공공 서비스 분야에 블록체인을 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 행정자치부는 2017년 2월에 블록체인 기술을 전자정부에 도입하는 방안을 모색하기 위한 전자정부 정책토론회 개최하였다. 이 자리에서 전자투표, 전자계약, 부동산 등기, 전자 문서 관리 등 행정 서비스에 블록체인 도입 방안에 대해 논의되었다.

경기도는 2017년 따복공동체 주민제안 공모사업 심사에 블록체인을 도입하여 다양한 도정 업무에 도입하여 객관성과 투명성을 제고<sup>74)</sup>하였다. 사업안을 낸 주민이 직접 실시간 발표를 듣고 투표에 참여하여 공동체간의 담합, 조작투표, 소통의 부재 등 기존의 문제점을 보완하였다. 서울시의 경우, 청년수당 지급과 장안평 중고자동차 매매, 온라인 정책투표 시스템(엠보팅) 등 공공·행정서비스에 블록체인을 도입하려는 시도를 적극적으로 진행하고 있다. 청년수당을 신청하기 위해 청년들은 고용노동부, 건강보험공단에 직접 서류를 발급받아야 하나 블록체인 기술을 적용할 경우 청년들이 개인정보제공에 동의하면 서울시 서버가 각 기관의 개인정보를 한 번에 조회해 접수가 가능하다. 서류발급 확인 절차가 간소화되어 두 달 걸렸던 수당 지급 기간이 한 달 이내로 단축될 수 있다. 장안평 중고자동차 매매의 경우 중고차 판매업체·보험사·정비소가 블록체인 기술을 이용하면 사고 이력, 정비 이력, 주행거리를 위·변조할 수 없게 된다.

### 제3절 요소 기술

블록체인의 요소 기술은 크게 암호기술(cryptography)과 P2P 네트워크(peer-to-peer network) 기술로 구성된다. 이러한 요소 기술의 이론은 이미 수십 년 전에 정립되어 통신 암호화, 데이터 무결성 확인, 파일 분산 공유 시스템 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 블록체인 기술은 기존의 요소 기술의 특성을 극대화하여 ‘신뢰성(reliability)’ 과 ‘투명성(transparency)’ 이라는 특징을 확보하였다. 이번 절에서는 블록체인을 이해하는 데 필요한 요소 기술인 암호기술과 P2P 네트워크 기술에 관해 설명한다.

#### 1. 암호기술

74) “블록체인 국내 첫 도입, 직접민주주의 구현 나서는 경기도 ‘따복공동체’”, 뉴스조선, 2017.02.

블록체인 기술을 기반으로 하는 가상화폐를 암호화폐라 부를 정도로 암호기술은 블록체인의 핵심 요소 기술이다. 암호기술로부터 블록체인의 신뢰성과 투명성이라는 특성이 확보되었다고 말하는 것이 과언은 아니다. 특히, 암호기술 중 암호학적 해시함수(cryptography hash function)는 데이터가 변조되었는지를 확인하는 역할을 하고, 전자서명(digital signature)은 데이터가 실제 주인(owner)에 의해 작성되거나 수정되었는지를 증명한다.

사실 블록체인에서 사용하는 암호기술은 전체 암호기술 중 극히 일부에 해당한다. 암호기술에는 앞에서 언급한 암호학적 해시함수와 전자서명 이외에도 AES<sup>75)</sup>와 같은 대칭키 암호화 알고리즘, 주고받은 메시지가 변조되었는지 확인하는 MAC<sup>76)</sup>, 사용자의 암호로부터 키(key)를 생성하는 PBKDF2<sup>77)</sup>, RSA<sup>78)</sup>와 같은 개인키(private key)와 공개키(public key) 기반의 비대칭키 암호화 알고리즘, 공개키 기반 구조(PKI, Public Key Infrastructure) 등 매우 다양하다.

이 절에서는 블록체인에서 실제 사용되는 암호기술인 암호학적 해시함수와 전자서명에 대해 설명한다.

### 가. 암호학적 해시함수 (Cryptography Hash Function)

암호학적 해시함수를 설명하기에 앞서 ‘해시함수’에 대해 먼저 설명한다. 해시함수는 “임의의 길이의 입력값을 고정된(fixed) 길이의 결과값으로 매핑하는 함수”이다. 해시함수에 의해 계산된 결과값을 보통 ‘해시’ 혹은 ‘해시값’이라 부른다. 해시함수는 같은 입력에 대해 항상 같은 해시값을 만들어내기 때문에 해시값을 해당 입력의 ‘지문(fingerprint)’이라고도 말한다. 암호학에서는 긴 입력으로부터 짧고 일정한 길이의 값을 ‘소화(digest)하듯’ 출력하기 때문에 ‘메시지 다이제스트(message digest)’라고도 한다.

예를 들어, 전산학에서 많이 사용하는 ‘%’ 연산자를 이용하여 간단한 해시함수를 만들 수 있다. % 연산자는 ‘나머지 연산자’라고도 불린다. 즉, 정수

75) Advanced Encryption Standard의 약자로 미국표준기술연구소(NIST)에 의해 제정된 암호화 방식

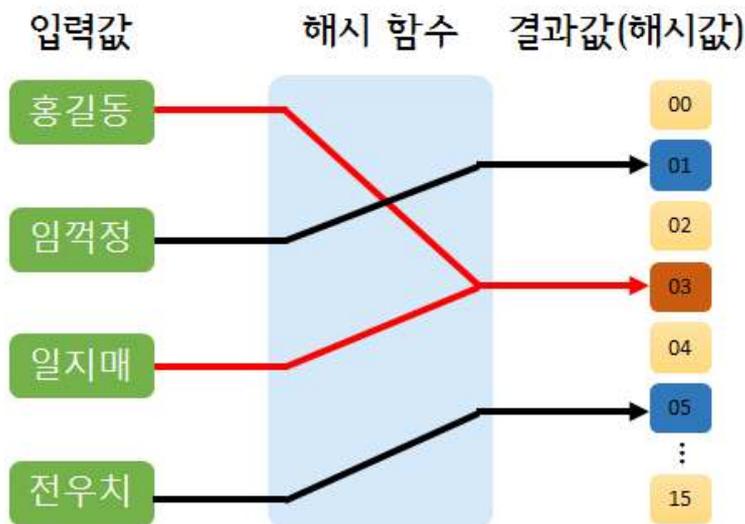
76) Message Authentication Code의 약자로 메시지의 변조를 확인하기 위해 사용되는 정보

77) Password-Based Key Derivation Function 2의 약자로 사용자가 입력한 패스워드로부터 안전한 키를 생성하는 표준 알고리즘

78) Ron Rivest, Adi Shamir, Leonard Adleman이 공동 개발한 비대칭 암호화 알고리즘으로 전자서명 등 많은 분야에서 사용

A와 B가 주어졌을 때, A를 B로 나눈 결과 중 나머지 값을 계산할 때 사용한다. 예를 들어,  $7 \% 5 = 2$ 가 된다. 나머지 연산자를 이용하여  $H(x) = x \% 5$  (단,  $x$ 는 양의 정수)와 같은 함수를 정의해 보자. 모든 양의 정수  $x$ 에 대해  $H(x)$ 는 0, 1, 2, 3, 4 중 하나의 값으로 매핑되기 때문에  $H(x)$ 는 해시함수라고 말할 수 있다.

[그림 4-44] 해시 함수 예시, 모든 문자열 입력값을 00부터 15까지 매핑해주는 해시 함수



해시함수에서 서로 다른 입력값에 대해 동일한 해시값이 나올 경우 이를 ‘충돌’이라 부른다. 그림 4-12는 모든 문자열 입력값에 대해 ‘00’부터 ‘15’까지 매핑해 주는 해시함수를 나타낸다. 즉, ‘홍길동’은 ‘03’으로, ‘임궽정’은 ‘01’으로 각각 매핑한다. 여기에서 ‘일지매’의 해시값이 ‘홍길동’의 해시값과 같은 ‘03’이다. 이 경우 ‘홍길동’과 ‘일지매’에 대해 충돌이 발생하였다고 말한다. 입력값의 범위(정의역)는 무제한이고 결과값의 범위(치역)는 일정하기 때문에 이론적으로 해시함수에서 충돌은 피할 수 없다.

해시함수를 실제 사용하려면 충돌이 발생할 가능성이 매우 낮아야 한다. 물론 결과값(해시값)으로부터 입력값이 쉽게 유추되어서는 안 된다. 앞에서 언급한 나머지 연산자( $\%$ )를 이용한 해시함수는 입력값의 범위가 한정된 경우 결과값으로부터 입력값을 비교적 쉽게 유추할 수 있다. 또한, 해시함수 알고리즘 자체가 쉽게 파악되어서도 안 된다. 나머지 연산자를 이용한 해시함수는 몇 개의 입력과 결과만 있으면 누구나 해시 알고리즘을 알아낼 수 있다. 바로 ‘암호학적 해

시함수'가 이러한 조건을 최대한 만족하도록 만들어졌다.

암호학적 해시함수는 다음 조건 모두를 만족하여야 한다.

- (1) 역상 저항성(pre-image resistance) : 주어진 해시값에 대해 이에 해당하는 어떠한 입력값도 찾기 힘들
- (2) 제2 역상 저항성(second pre-image resistance) : 주어진 입력값  $m_1$ 에 대해 같은 해시값을 갖는 입력값  $m_2$  ( $m_1 \neq m_2$ )를 찾기 힘들
- (3) 충돌 저항성(collision resistance) : 같은 해시값을 갖는 두 개의 서로 다른 입력값 쌍을 찾기 힘들

‘역상 저항성’은 해시값을 알고 있더라도 입력값을 찾기 매우 힘들어야 함을 의미이다. 이론상으로는 입력에 대한 모든 경우의 수에 대해 해시값을 계산하면 입력값을 찾을 수는 있다. 그러나, 실제 응용에서는 이러한 경우의 수를 모두 찾는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 해시값으로부터 입력값을 찾는 것은 사실 불가능하다. 앞에서 언급한 나머지 연산자 해시함수는 해시값이 주어졌을 때 입력값을 비교적 쉽게 찾을 수 있기 때문에 역상 저항성이 있다고 말하기 힘들다.

‘제2 역상 저항성’은 입력값이 주어지고 이로부터 해시값이 계산되었을 때 이와 동일한 해시값을 갖는 또 다른 입력값을 찾는 것이 거의 불가능한 특성을 말한다. 나머지 연산자 해시함수  $H(x) = x \% 5$ 의 경우  $x$ 가 7인 경우 해시값이 2이다. 해시값이 2인  $x$ 는 12, 17 등 쉽게 찾을 수 있기 때문에 제2 역상 저항성을 만족한다고 말할 수 없다. 암호학적 해시함수에서는 주어진 입력값과 그것의 해시값을 알더라도 동일한 해시값을 가지는 입력값을 찾는 것이 거의 불가능하다.

‘충돌 저항성’은 같은 해시값을 갖는 서로 다른 입력값을 찾는 것이 매우 어렵다는 특성을 갖는다. 제2 역상 저항성과 비슷해 보이지만 입력값이 주어지지 않고 임의로 선택할 수 있다는 점에서 다르다. 때에 따라 암호학적 해시함수의 조건으로 제2 역상 저항성까지만 언급하기도 하며, 좀 더 엄격하게 말할 때는 충돌 저항성까지 포함하기도 한다. 나머지 연산자 해시함수  $H(x)$ 는 해시값 2를 갖는 입력값 7, 12, 17 등을 쉽게 찾을 수 있기 때문에 충돌 저항성을 만족한

다고 볼 수 없다.

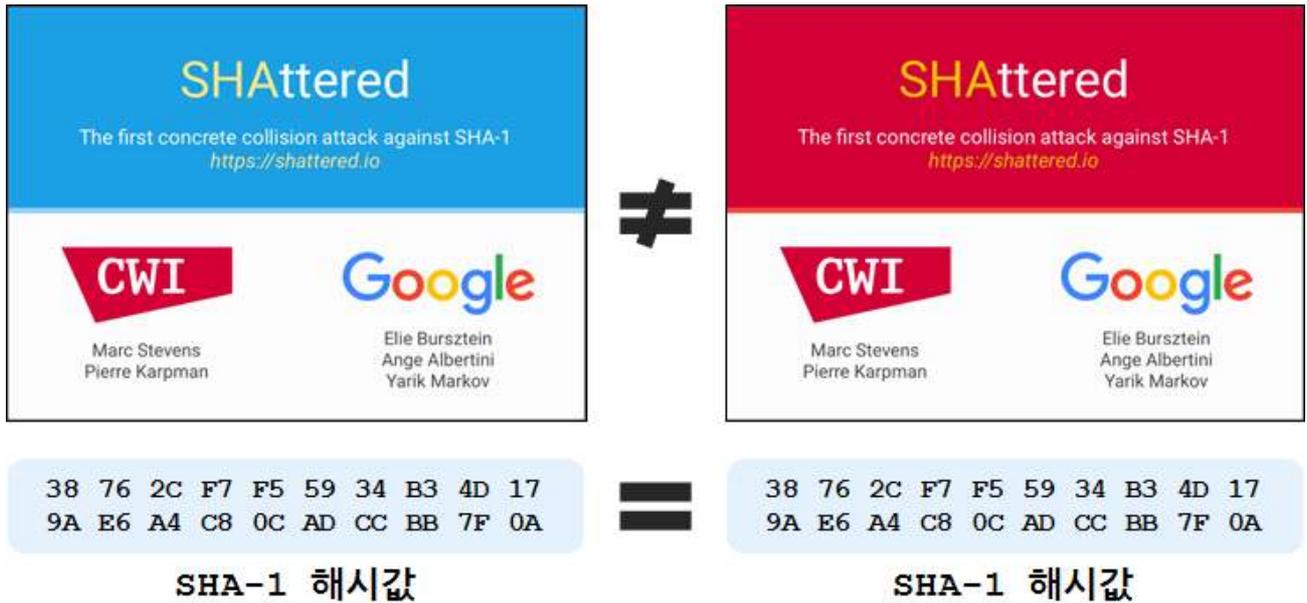
실제 암호학적 해시함수로는 ‘MD-SHA 패밀리(family)’가 대표적이다. 1990년 MD4의 등장으로 MD-SHA 패밀리 시작되었으나 보안 취약점 발견으로 2년 만에 MD5로 대체되었다. 그 후 MD5는 10년 이상 널리 사용되었으나, 2004년 중국의 대학 연구팀에 의해 깨져<sup>79)</sup> 퇴출당하였다. 실제 현업에서 보안에 영향을 주지 않는 분야에서 일부 사용될 뿐 그 이외 분야에서는 더는 사용되지 않는다.

MD5를 대체할 “안전한 해시 표준(Secure Hash Standard)”이라는 구호 아래 1993년 美 국립표준기술연구소(NIST)는 SHA-0 공개하였으나 보안 문제 발생으로 바로 폐기하고 1995년 SHA-1을 발표하였다. SHA-1은  $2^{80}$  정도의 계산 복잡도를 갖기 때문에 쉽게 깨지지 않을 것으로 믿어왔으나, 2005년부터 SHA-1의 복잡도를 낮추어 공격하는 방법이 줄지어 발표되고 컴퓨팅 성능이 빠르게 발전함에 따라, 결국 2011년 NIST는 공식적으로 SHA-1 사용을 제한(DEPRECATED)하였다. 그림 4-13에서와 같이 2017년 Google 연구팀과 CWI 암스테르담 연구소에 의해 SHA-1 충돌 공격이 처음으로 성공하면서 SHA-1도 깨지고 말았다.

---

79) Xiaoyun Wang and Hongbo Yu, How to Break MD5 and Other Hash Functions, EUROCRYPT (Ronald Cramer, ed.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 3494, Springer, 2005, pp. 19-35

[그림 4-45] Google과 CWI 암스테르담 연구소는 같은 SHA-1 값을 갖는 서로 다른 PDF 문서를 생성하여 웹사이트에 공개 (좌측 PDF는 파란색 배경, 반면 우측 PDF는 빨간색 배경, 그러나 SHA-1 값은 동일)



출처 : 구글 발표 내용 재구성

SHA-1의 취약성을 보완하여 SHA-224, SHA-256, SHA-384, SHA-512 등이 발표되고 이를 SHA-2라 부르고 있다. NIST는 SHA-2보다 좀 더 안전한 SHA-3를 공모하여 2012년 기존 알고리즘과는 전혀 다른 Keccak이라는 알고리즘을 SHA-3의 해시 알고리즘으로 선정하였고, 2015년 SHA-3를 공식 발표하였다.<sup>80)</sup> 표 4-29는 MD-SHA 패밀리 알고리즘의 해시크기, 보안 레벨 등을 비교하고 있다.

80)

<https://www.federalregister.gov/documents/2015/08/05/2015-19181/announcing-approval-of-federal-information-processing-standard-fips-202-sha-3-standard>

<표 4-4> MD-SHA 패밀리 알고리즘 비교

알고리즘		해시크기 (비트)	보안 레벨 <sup>81)</sup>	발표연도
MD5		128	충돌발견	1992
SHA-0		160	충돌발견	1993
SHA-1		160	충돌발견	1995
SHA-2	SHA-224	224	112	2001
	SHA-256	256	128	
	SHA-384	384	192	2001
	SHA-512	512	256	
	SHA-512/224	224	112	
	SHA-512/256	256	128	
SHA-3	SHA3-224	224	112	2015
	SHA3-256	256	128	
	SHA3-384	384	192	
	SHA3-512	512	256	
	SHAKE128	d (임의)	$\min(d/2, 128)$	2015
	SHAKE256	d (임의)	$\min(d/2, 256)$	

비트코인 등 블록체인 기술에서 주로 사용되는 SHA-256에 대해 좀 더 자세히 알아보자. SHA-256은 임의의 길이의 입력값을 받아 항상 256 비트의 길이의 결과값을 출력한다. 예를 들어, SHA-256 함수에 “I am a researcher in SPRi.” 라는 문장을 입력하게 되면 항상 표 4-5와 같은 결과값을 출력한다. SHA-256은 256자리의 이진수 값을 출력하는데 보통 64자리의 16진수로 표기한다.

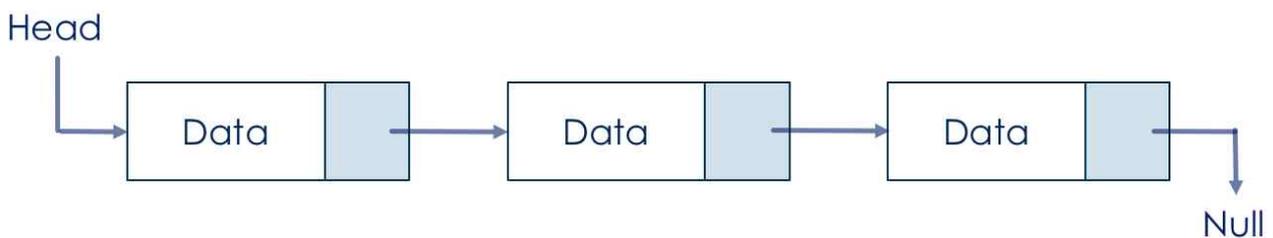
81) 컴퓨팅 성능에 따라 기준이 달라지지만 최근 기준으로는 112 이상이 안전하다고 봄



블록체인 기술에서 암호학적 해시함수는 여러 가지 목적으로 사용되지만 ‘해시 포인터(hash pointer)’로서 중요한 역할을 한다. 블록체인에서 해시 포인터는 블록과 블록을 서로 연결해 주는 역할과 블록이 변조 여부를 확인하는 역할도 수행한다. 즉, 해시 포인터는 블록의 무결성 유지에 중요한 역할을 수행한다.

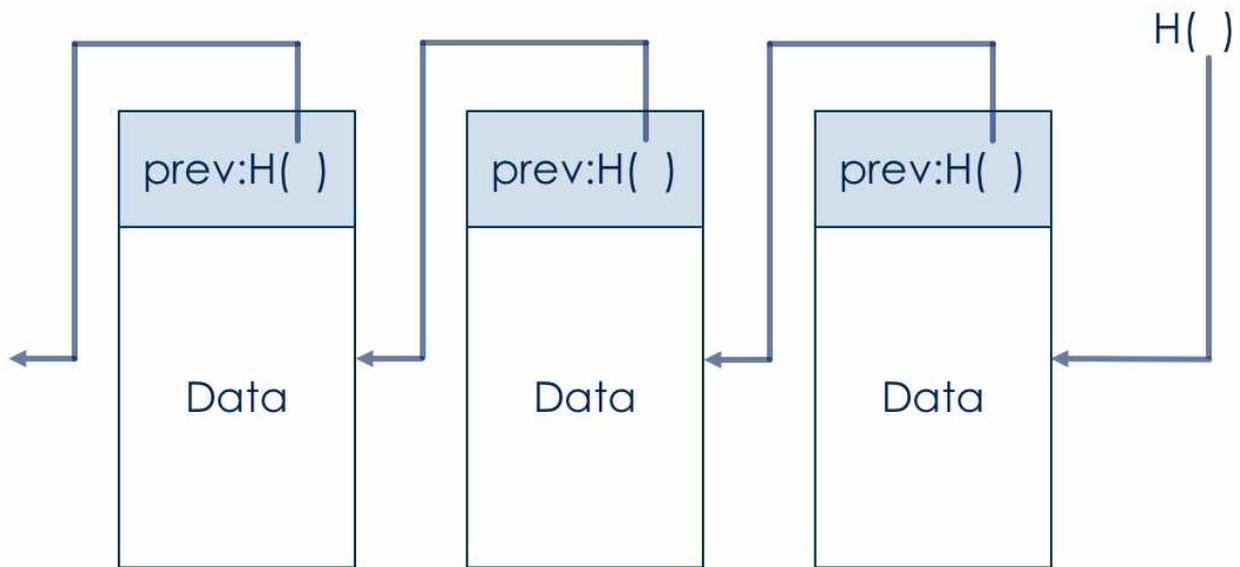
해시 포인터는 ‘연결리스트(linked list)’와 비슷한 성격을 가지고 있다. 연결리스트는 컴퓨터 메모리에 일련의 데이터를 저장할 때 사용하는 방법의 하나로 메모리에 데이터를 순차적으로 기록하지 않는 것이 특징이다. 즉, 그림 4-16에서와 같이 메모리의 임의 위치에 새로운 데이터를 저장하고 해당 메모리 주소를 이전 데이터의 꼬리에 기록해 놓는다. 이렇게 함으로써 가장 첫 번째 데이터의 주소만 알면 연결된 모든 데이터에 접근할 수 있게 된다.

[그림 4-46] 연결리스트(linked list) 예시



연결리스트와 마찬가지로 해시 포인터 역시 이전 데이터를 가리키는 역할을 한다. 그림 4-17에서 H0는 가리키고 있는 데이터 블록의 해시값을 나타낸다. 각 데이터 블록은 이전 데이터 블록의 해시값을 가지고 있기 때문에 가장 마지막 데이터 블록의 해시값만 알고 있으면 연결된 모든 데이터 블록을 찾을 수 있다.

[그림 4-47] 해시 포인터(hash pointer) 예시



해시 포인터는 연결성뿐만 아니라 연결된 데이터 블록의 변조도 알 수 있게 해 준다. 앞에서 설명했듯이 암호학적 해시함수는 입력값이 조금만 바뀌어도 해시값이 완전히 달라지는 특성을 갖는다. 이러한 특성으로 인해 연결된 데이터 블록의 어떤 값이라도 변경되면 해당 데이터 블록 이후로 연결된 모든 블록의 해시 포인터가 전부 바뀌게 된다. 따라서 가장 마지막 데이터 블록의 해시값만 알고 있으면 데이터 변조를 쉽게 알 수 있게 된다.

#### 나. 전자서명 (Digital Signature)

전자서명은 디지털 환경에서 누가 데이터를 작성하였고 다른 누군가에 의해 변조되지 않았음을 보장하는 데 주로 사용된다. 디지털 서명을 작성한 사람이 실제 누구인지를 증명하기 위해서는 인증서, PKI(Public Key Infrastructure) 등 보안과 인증이 강화된 개념의 설명이 필요하다. 하지만 이 절에서는 블록체인 기술에서 사용되는 전자서명 방식을 개념 위주로 간단하게 설명하겠다.

전자서명을 설명하기 위해서는 ‘비대칭키 암호화(asymmetric key encryption)’에 대해 알아야 한다. RSA와 같은 비대칭키 암호화에서는 암호화하는 키와 복호화하는 키가 서로 다르다. 즉, 그림 4-18과 같이 데이터를 암호화할 때 사용한 키는 복호화용으로는 사용할 수 없다. 따라서, 비대칭키 암호화

를 하려면 암호화키와 복호화키를 포함한 키쌍을 생성해야 한다. 참고로 암호화하는 키와 복호화하는 키가 동일한 암호화 방식을 ‘대칭키 암호화(symmetric key encryption)’ 방식이라 한다. 대칭키 암호화 방식에서는 동일한 키로 암호화와 복호화를 할 수 있다. 대표적인 대칭키 암호화 알고리즘으로는 AES 등이 있다.

[그림 4-48] 비대칭키 암호화 방식 설명



전자서명은 비대칭키 암호화의 특징을 응용해 디지털 환경에서 ‘서명(sign)’ 과 ‘확인(verify)’ 이라는 개념을 구현한 방법이다. 비대칭키 암호화를 위해서는 키쌍을 생성해야 한다. 전자서명에서는 생성된 키쌍에서 하나를 개인키(private key)라 하고 나머지 하나를 공개키(public key)라 부른다. 개념상으로는 키쌍 중 어느 키도 개인키나 공개키가 될 수 있지만, 실무에서는 서명 작업 보다는 확인 작업이 빈번하기 때문에 확인 작업 성능을 높이기 위해 키쌍 생성 때부터 용도를 구분하여 사용한다.

개인키는 전자서명 작업을 위해 다른 사람은 모르고 본인 혼자만 아는 키를

말한다. 반면 공개키는 확인 작업을 위해 사용되기 때문에 누구나 알 수 있는 키를 말한다. 처음 키쌍을 생성하고 개인키를 소유한 사람만 해당 개인키로 데이터를 암호화할 수 있다. 즉, 그림 4-19와 같이 소유한 사람이 개인키를 유출하지 않는 한 다른 사람은 개인키로 암호화할 수 없다. 물론 해당 개인키에 쌍으로 존재하는 공개키는 이미 알려져 있기 때문에 개인키로 암호화된 데이터를 누구나 복호화할 수 있다.

[그림 4-49] 전자서명에서 개인키와 공개키



전자서명에서 서명(sign)이란 개인키를 소유한 사람이 개인키로 데이터를 암호화하는 작업을 말한다. 해당 서명은 개인키를 소유한 사람만 할 수 있기 때문에 마치 서류에 실제 서명하는 것과 같다고 하여 서명 작업이라고 한다. 하지만 실제 서류는 서명을 받은 후에도 변조가 쉽기 때문에 공증 등의 추가 절차가 필요하다. 반면 전자서명은 개인키 유출만 없다면 다른 사람은 해당 개인키로 암호화할 수 없다. 따라서 전자서명된 데이터는 사실상 변조가 불가능하다.

전자서명에서 확인(verify)이란 공개키(서명 시 사용된 개인키의 짝)로 데이터

를 복호화하는 작업을 말한다. 개인키를 소유한 사람이 알려준 공개키로 서명된 데이터가 복호화된다면 해당 데이터는 틀림없이 소유한 사람이 전자서명 했다고 볼 수 있다. 이는 마치 실제 서류의 서명 진위를 확인하는 것과 비슷하다 하여 확인 작업이라고 부른다.

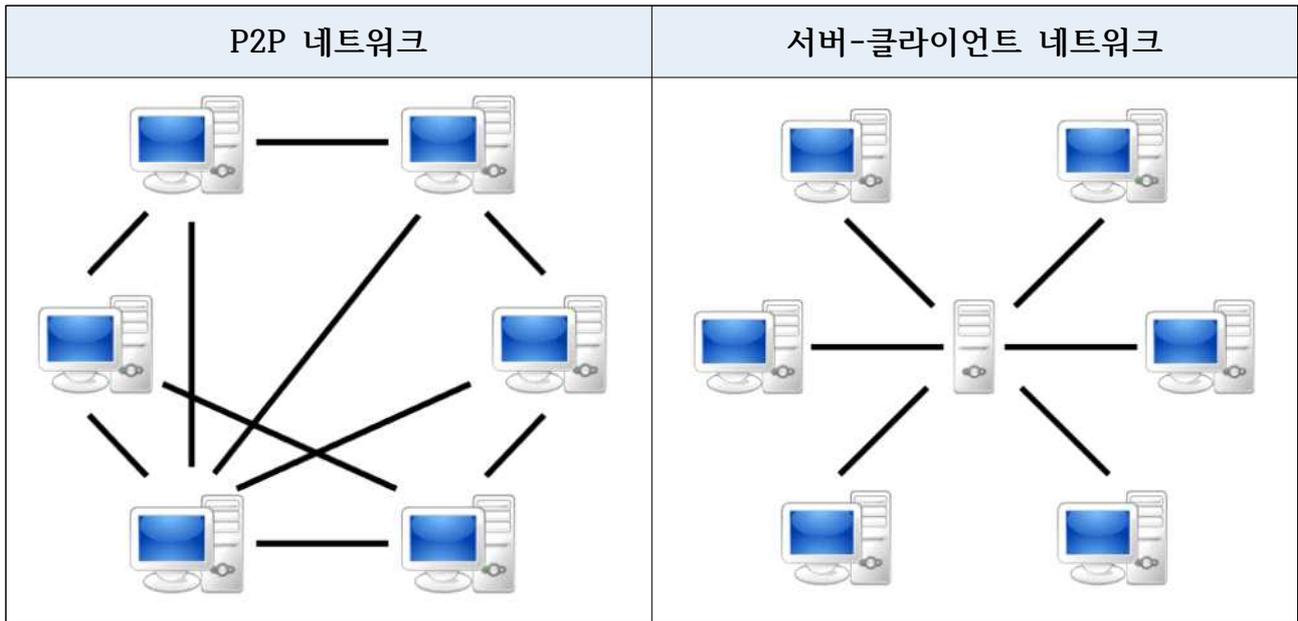
블록체인 기술을 제안한 비트코인에서 전자서명이 어떻게 사용되는지 알아보자. A와 B가 서로 거래를 한다고 가정하자. 즉, A는 인터넷을 통해 앱을 개발하여 판매하고 B는 A의 앱을 구매한다고 하자. 이 경우 B는 A의 공개키와 보내려고 하는 비트코인 금액을 거래 내역으로 작성하여 B의 개인키로 서명한다. 이 내용이 블록체인에 기록되면 거래는 성사된다. 왜냐하면, A뿐만 아니라 모든 사람은 B의 공개키를 알고 있기 때문에 B가 직접 거래 내역을 작성(서명)했다는 것을 확인할 수 있기 때문이다. 이렇게 전자서명을 이용함으로써 간단하게 거래가 성립된다.

## 2. P2P 네트워크 기술

### 가. 개념

Peer-to-peer(P2P) 네트워크는 분산된 환경에서 노드(node) 간 데이터를 효율적으로 공유하기 위한 기술이다. P2P 네트워크에서는 하나의 노드가 서버와 클라이언트 역할을 모두 수행한다. 즉, 노드는 필요한 데이터를 다른 노드로부터 받거나, 데이터를 소유한 노드는 이를 다른 노드에 전송한다. 참고로 서버-클라이언트 네트워크에서는 서버가 중앙에서 모든 데이터를 소유하고 있으며, 클라이언트는 필요한 데이터를 서버에 요청하여 받는다. 표 4-7은 P2P 네트워크와 서버-클라이언트 네트워크에서의 노드 구성 모습을 나타낸다.

<표 4-7> P2P 네트워크와 서버-클라이언트 네트워크 구성도 비교



출처 : Wikipedia

P2P 네트워크를 통해 파일을 공유하는 예를 들어보자. 파일 공유 P2P 네트워크에서 임의의 노드가 특정 파일이 필요한 경우 주변 노드에 해당 파일을 요청한다. 주변 노드 중 요청한 파일이 있는 경우 이를 요청한 노드에 전송한다. 만약 하나의 파일이 여러 노드에 존재하는 경우라면, 전송 성능 향상을 위해 파일을 여러 개의 부분으로 나누어 필요한 부분을 서로 다른 노드로부터 전송받는다. 이 경우 파일을 소유한 노드가 많을수록 전송 성능은 향상된다.

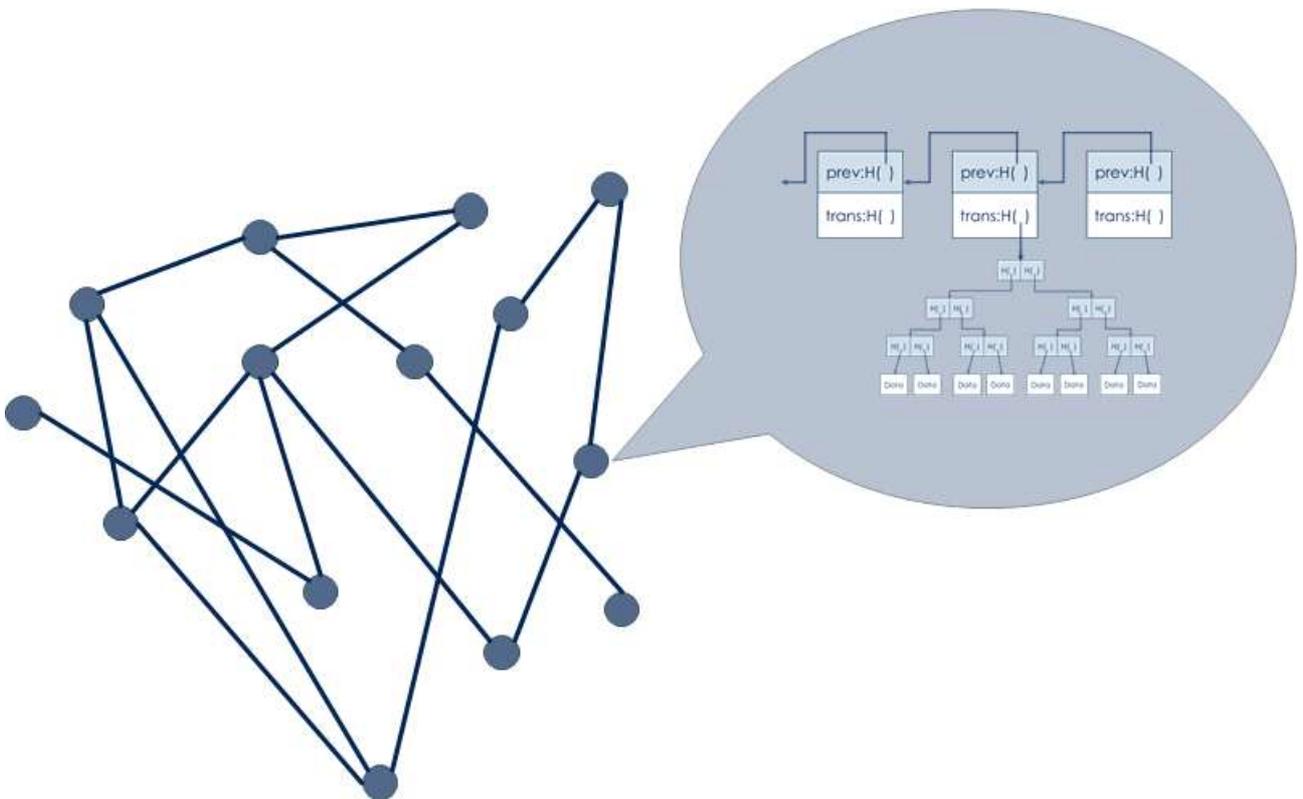
블록체인 기술에서 P2P 네트워크는 중요한 역할을 수행한다. 신뢰성과 투명성이라는 블록체인의 특성을 보장하기 위해서는 앞에서 설명한 암호기술과 더불어 P2P 네트워크 기술 역시 필요하다. 블록체인이 P2P 네트워크의 여러 노드에 분산 저장됨에 따라 변조는 더욱 어려워지고 투명성은 제고된다. 특히, 누구에게나 공개된 퍼블릭 블록체인의 경우 P2P 네트워크의 안정적인 구성이 더욱 중요해지고 있다. 비트코인과 같은 암호화폐 분야에서는 P2P 네트워크를 유지하기 위해 일정 보상(예, 코인 지급 등)이 이루어진다.

#### 나. 블록체인(비트코인)에서 P2P 네트워크

비트코인의 블록체인은 2009년 1월 3일 이후 발생한 모든 거래 내역을 가지

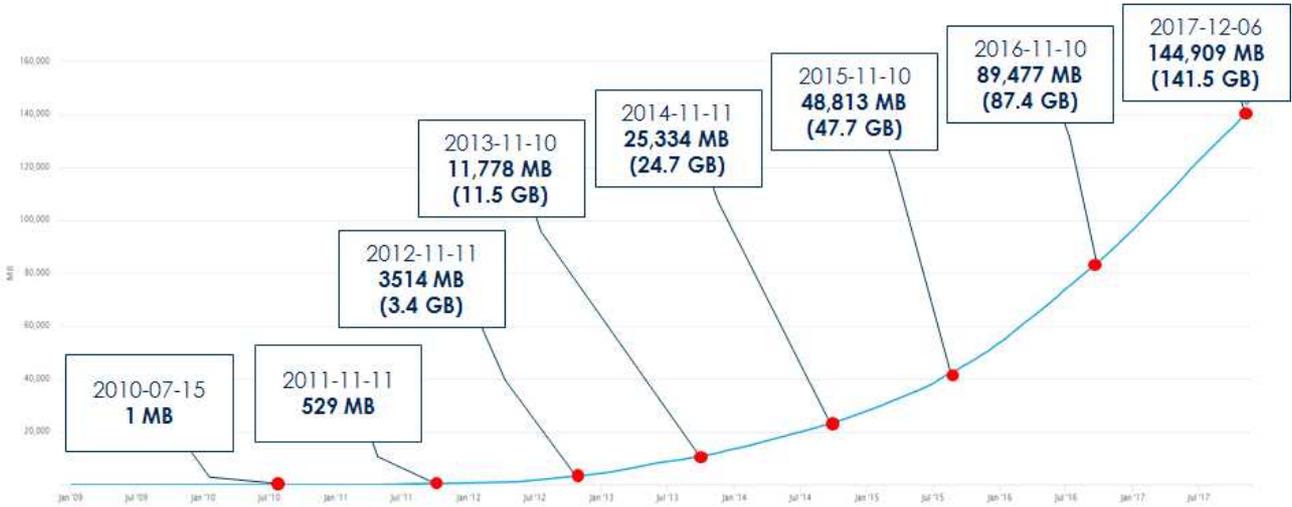
고 있다<sup>82)</sup>. 즉, 비트코인 P2P 네트워크에 참여하고 있는 모든 노드는 그림 4-22  
 에서와 같이 거래 내역을 기록한 블록체인을 모두 가지고 있다. 참고로 2017년  
 12월 현재 50만 개 정도의 블록이 생성되어 블록체인에 연결되었고 블록체인의  
 크기는 140GB에 육박하고 있다. 그림 4-23에서와 같이 비트코인 블록체인의 크  
 기는 빠르게 증가하고 있다.

[그림 4-50] 비트코인 P2P 네트워크의 모든 노드는 블록체인 전체를 가짐



82) 비트코인의 첫 번째 블록은 2009년 1월 3일 18시 15분 5초에 생성됨

[그림 4-51] 비트코인 블록체인의 크기 변화



출처 : blockchain.info의 내용을 재구성

비트코인 네트워크에 참여하는 노드의 개수는 2017년 12월 현재 그림 4-24와 같이 1만여 개 정도이다. 대부분의 노드가 북미와 유럽에 분포하고 있다. 이들 노드는 비트코인 네트워크가 유지될 수 있는 원동력이며 비트코인의 인기와 더불어 그 개수는 증가 추세이다.

[그림 4-52] 비트코인 P2P 네트워크 노드 현황 (2017년 12월 현재)

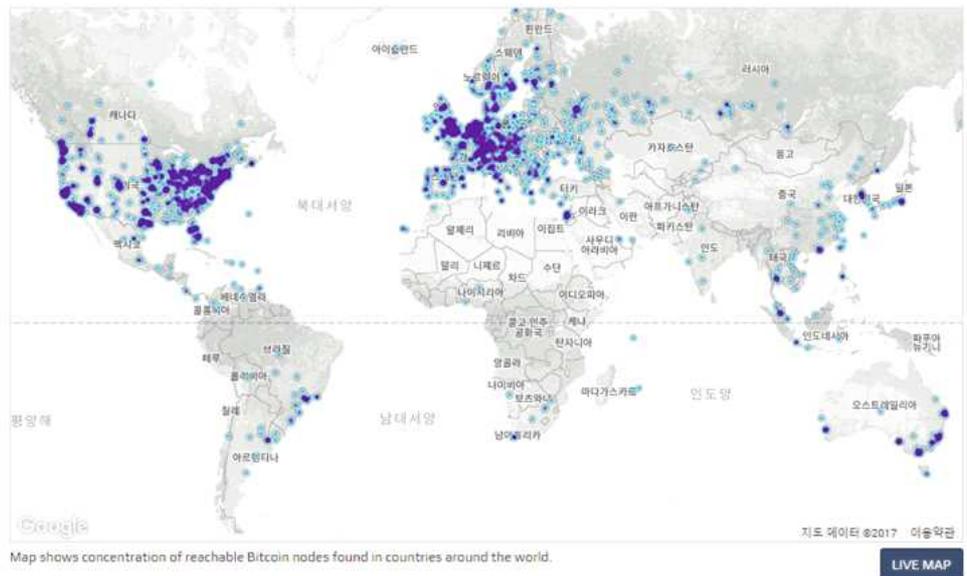
**GLOBAL BITCOIN NODES DISTRIBUTION**  
Reachable nodes as of Thu Dec 07 2017 19:27:13 GMT+0900 (대한민국 표준시).

**11381 NODES**  
24-hour charts >

Top 10 countries with their respective number of reachable nodes are as follow.

RANK	COUNTRY	NODES
1	United States	3110 (27.33%)
2	Germany	1906 (16.75%)
3	France	779 (6.84%)
4	China	734 (6.45%)
5	Netherlands	536 (4.71%)
6	Canada	482 (4.24%)
7	United Kingdom	432 (3.80%)
8	Russian Federation	406 (3.57%)
9	n/a	333 (2.93%)
10	Singapore	236 (2.07%)

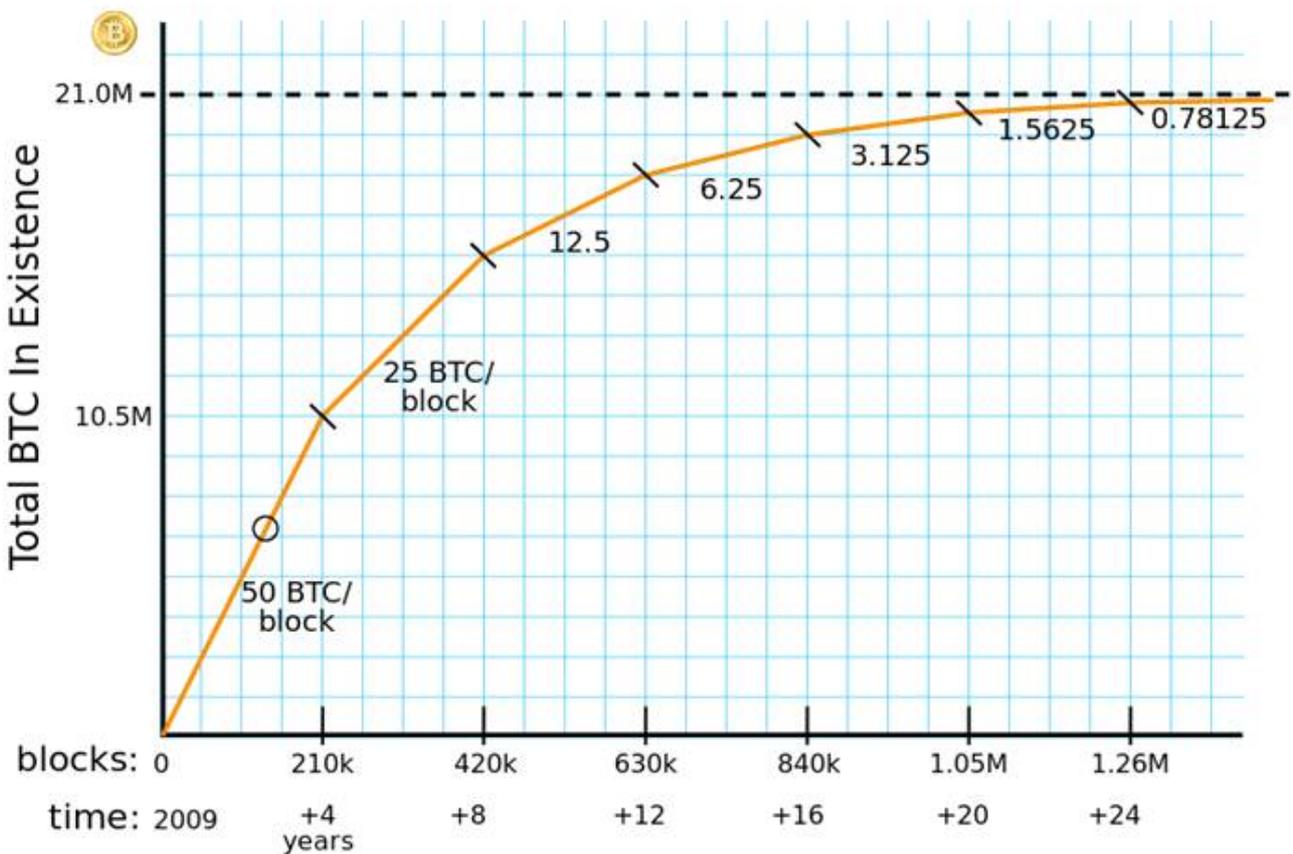
More (101) >



출처 : nitnodes.earn.com

비트코인에서는 네트워크 유지를 위해 네트워크에 참여한 노드에 보상이 주어진다. 노드는 비트코인 거래내역을 모아 블록을 생성하고 이를 블록체인에 추가하는 역할을 수행한다. 이때, 블록 생성 보상(reward)으로 12.5 BTC가 주어지고 해당 블록에 기록된 모든 거래의 수수료를 추가로 받는다. 참고로 2009년 당시 블록 생성 시 50BTC의 보상이 주어졌다. 이후 블록 생성 보상은 210,000 블록이 생성될 때마다 절반으로 감소한다. 평균 10분에 한 개의 블록이 생성되기 때문에 반감기는 대략 4년 정도가 된다. 자세한 반감기 그래프는 그림 4-25에서 보여주고 있다.

[그림 4-53] 비트코인 블록 생성 보상 반감기 그래프



출처 : Bitcoin not BOMB

비트코인 P2P 네트워크에 참여한 노드는 다음과 같은 역할을 수행한다. ① 다른 노드로부터 받은 기록되지 않은 트랜잭션을 mempool이라 불리는 임시 보

관소에 모아 블록 생성을 준비한다. 이때 트랜잭션이 유효하지 않은 경우 해당 트랜잭션은 버린다(drop). ② 블록 생성 준비가 끝나면 이전 블록의 해시값을 포함한 블록을 생성하는데 이때 특정 문제를 풀어야 한다. ③ 현재 난이도에 맞는 문제를 풀어 가장 먼저 블록을 생성하면 해당 블록을 P2P 네트워크에 전파한다. ④ P2P 네트워크에 참여하고 있는 노드는 다른 노드로부터 전파된 블록이 유효한 경우 자신이 가지고 있는 블록체인에 추가한다. ⑤ 최종적으로 블록을 생성한 노드는 블록생성 보상과 거래수수료를 받는다. 이 모든 과정을 ‘채굴(mining)’이라 부른다.

[그림 4-54] 앞에 0의 개수가 많아질수록 경우의 수는 기하급수로 늘어남

1010111010101011101010101010101010...	$2^0 = 1$
0010111010101011101010101010101010...	$2^1 = 2$
0010111010101011101010101010101010...	$2^2 = 4$
0000111010101011101010101010101010...	$2^3 = 8$
0000111010101011101010101010101010...	$2^4 = 16$
0000...0000001011101010101010101010...	$2^{72} =$
72개	4,722,366,482,869,645,213,696
⋮	
00000000000000000000000000000000...0000	$2^{256} =$
	1.1579208923731619542357098500869e+77

채굴 과정에서는 특정 조건을 만족하는 SHA-256 해시값을 찾아야 하는 ‘어려운 문제’를 풀어야 한다. 앞에서 설명했지만, 특정 SHA-256 값을 가지는 입력값을 찾는 것은 실제로는 거의 불가능하다. 따라서 특정 조건을 만족하는 SHA-256 값을 찾는 것으로 문제를 단순화시켰다. 즉, SHA-256 값 중 최소 앞에 몇 개의 0이 나와야 한다는 조건이다. 그림 4-26과 같이 앞에 나와야 하는 0의 개수가 많을수록 경우의 수가 많아지기 때문에 문제는 더욱 어려워진다. 예를 들어, 0이 72개만 앞에 존재해도 4,722,366,482,869,645,213,696번의 해시를 계산해야 문제를 풀 수 있다. 이는 슈퍼컴퓨터로도 이 문제를 풀기 위해서는 몇 십

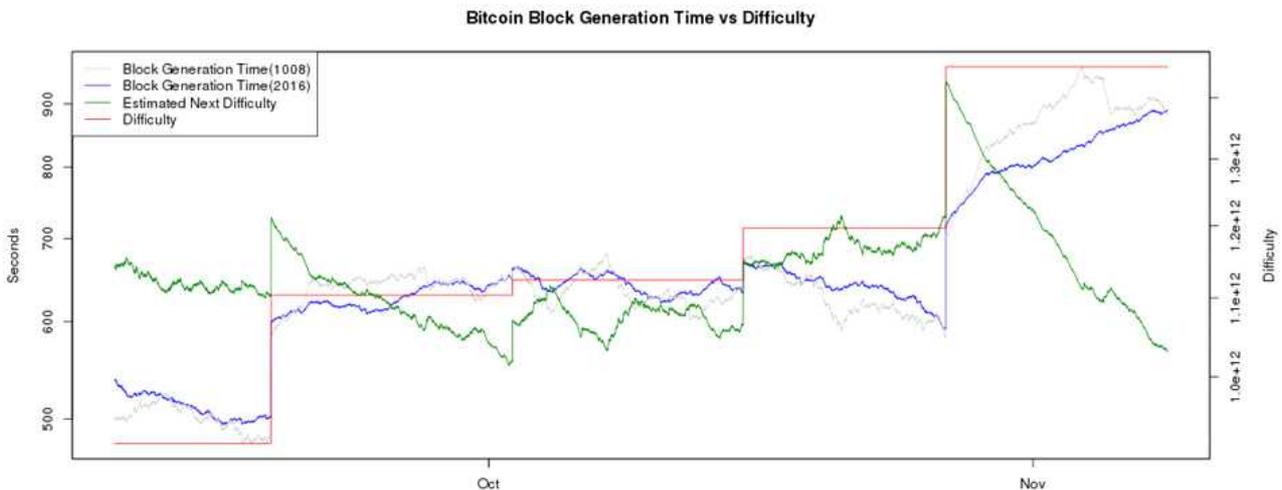


[수식 4-1] 비트코인 난이도 결정 수식(개념)

$$\text{다음난이도} = \frac{\text{이전난이도} \times 2,016 \times 10\text{분}}{\text{최근}2,016\text{개블록의채굴시간총합}}$$

블록 생성 난이도는 블록 생성 시간에 따라 동적으로 변화된다. 수식 4-1은 비트코인 블록 생성 시 적용되는 난이도를 계산하는 방법을 개념적으로 설명한다<sup>86)</sup>. 난이도는 블록 생성 시간을 평균 10분에 맞추기 위해서 지속해서 변한다. 즉, ‘최근 2,016개의 블록 생성 시간 총합’ 이 ‘이전 난이도 × 2,016 × 10분’ 보다 작다면 다음 난이도는 더 어려워진다. 반대의 경우에는 다음 난이도는 더 쉬워진다.

[그림 4-56] 최근 3개월간 난이도 변화 추세 (2017년 12월 기준)



출처 : blockchain.info

최근 비트코인의 가치가 급격히 상승하면서 블록 생성 보상을 받기 위해 다수의 고성능 컴퓨터가 채굴에 사용되고 있다. 이로 인해 비트코인 채굴 난이도 역시 급격히 어려워지고 있다. 수많은 그림 4-28은 최근 3개월간(2017년 12월 기준) 실제 난이도 변화를 보여주고 있다. 참고로 이 정도 난이도에서 채굴에 성공하려면 초당  $10^{19}$ 개의 해시를 계산할 수 있어야 한다.

86) 실제 난이도 계산 방법은 <https://en.bitcoin.it/wiki/Difficulty> 참고

## 제4절 안전 관련 현안 및 시사점

블록체인 기술의 등장은 지금까지의 금융에 대한 개념을 송두리째 변화시켰다. 기존 금융은 모든 거래가 중앙의 통제를 받는 방식이었다면, 블록체인 기술은 완전히 분산된 방식으로 금융의 개념을 바꾸고 있다. 블록체인 기반의 암호화폐는 누구의 간섭도 없이 거래를 진행할 수 있게 하고, 해외 송금 역시 비교적 저렴한 수수료로 단 몇 분 만에 가능케 한다. 기존 방식을 고수하던 금융 기관 역시 새로운 블록체인 기술을 도입하기 위해 온 힘을 다하고 있다.

블록체인의 수많은 장점에도 불구하고 금융 분야의 블록체인 활용에서 많은 혼란과 피해가 발생하고 있다. 이 절에서는 대표적인 사고 사례 등을 살펴보고 이를 바탕으로 법·제도 개선 및 거버넌스의 정비에 필요한 시사점을 도출한다.

### 1. 안전 관련 현안

블록체인 기술은 아직 발전 과정에 있는 기술이다. 이로 인해 금융 분야의 활용에서 여러 문제가 발생하고 있다. 최근 암호화폐의 가치 급상승으로 암호화폐 탈취를 목적으로 한 거래소 해킹 사고가 빈번히 발생하고 있다. 블록체인 기반의 새로운 투자방식인 ICO를 이용한 투자사기는 또 다른 선의의 피해자를 양산하고 있다. 익명성을 보장하는 블록체인의 특성과는 달리 암호화폐를 법정화폐로 교환할 때 의도치 않게 발생하는 개인정보 침해도 문제가 되고 있다. 또한, 불법 자금 거래 등 부정 거래 가능성도 높은 편이다. 마지막으로 블록체인을 이용한 스마트 계약 역시 여러 취약점으로 인해 큰 피해가 발생하였다.

#### 가. 암호화폐 거래소 해킹 사례 분석

2009년 암호화폐의 등장 이후 암호화폐 거래소의 대량 도난 사고가 발생하여 막대한 피해가 발생하고 있다. 특히, 비트코인, 이더리움 등 암호화폐의 가치가 크게 상승함에 따라 2017년 현재까지 50여 건의 크고 작은 거래소의 해킹 사고가 발생하였다. 여기서 암호화폐 거래소는 일정액의 수수료를 받고 법정화폐와 암호화폐 또는 암호화폐 간 거래를 연결해 주는 역할을 한다. 그림 4-29에서와 같이 2017년 7월 현재 전 세계적으로 100여 개의 가상화폐 거래소가 존재하며 하루 백만 개 이상의 가상화폐가 거래되고 있다.

[그림 4-57] 암호화폐 거래소 거래량 순위



출처 : <http://www.cionhills.com>, 2017년 7월 현재

암호화폐 거래소의 해킹은 고객의 개인키가 유출되어 발생한다. 많은 거래소가 고객의 편의를 위해 거래에 필요한 개인키를 보관해 주는 ‘지갑(wallet)’ 서비스를 제공한다. 비트코인과 같은 암호화폐 자체는 해킹이 거의 불가능하지만 거래소의 지갑에 보관된 개인키는 보안 정도에 따라 해커나 내부자에 의해 유출될 수 있다. 결국, 거래소의 암호화폐 도난 사고는 지갑에 보관 중인 고객의 개인키가 유출되어 소유자의 의사와는 상관없이 암호화폐가 누군가의 소유로 바뀔 경우가 대부분이다.

### 암호화폐 지갑 (Cryptocurrency Wallet)

- 암호화폐를 거래하기 위해서는 개인키(private key)와 공개키(public key)가 필요
  - 개인키는 거래의 서명을 위해 사용되며 공개키는 암호화폐를 받을 주소로 사용됨
- 암호화폐 지갑은 이러한 개인키와 공개키를 생성하고 관리해줌
  - 암호화폐 지갑은 암호화폐 네트워크에 거래(트랜잭션, transaction)를 알려주는 클라이언트 소프트웨어 역할을 수행하기도 함
- 지갑은 핫 월렛(hot wallet)과 콜드 월렛(cold wallet)으로 나뉨
  - 핫 월렛은 인터넷에 연결된 서버에 보관되어 고객이 언제든지 접근 가능
  - 콜드 월렛은 인터넷이 연결되지 않은 보관소에 저장되어 해커로부터 비교적 안전함

출처 : SPRI, 비트코인 거래소, 해커와 절도범으로부터 안전한가?, 2017. 7.

<표 4-8> 대표적인 암호화폐 도난 사고 요약

거래소	피해 규모 (암호화폐)	피해 규모 (당시시세, USD)	사고 발생 일시	비 고
Mt. Gox	850,000 BTC	474,000,000	2011년 후반부터 지속 발생	최대 규모의 비트코인 거래소 해킹 사례
BitStamp	18,866 BTC	5,000,000	2015. 1. 4.	Mt.Gox와 달리 보상 약속
BitFinex	119,756 BTC	72,000,000	2016. 8. 2.	Mt.Gox 이후 최대 피해 사례
Yapizon	3,831 BTC	5,000,000	2017. 4. 22.	국내 첫 피해 사례

출처 : 뉴스 기사 정리

암호화폐 거래소가 해킹되어 발생한 대표적인 암호화폐 도난 사고 사례는 표 4-9에서와 같이 정리할 수 있고 자세한 내용은 다음과 같다.

마운트 곱스(Mt. Gox) 사고는 암호화폐 거래소의 최초 해킹 사례이자 최대 피해 사례이다. 2010년 7월 제드 맥칼랩(Jed McCaleb)은 비트코인과 실제 통화 간 거래를 위해 마운트 곱스라는 웹사이트를 세계 최초로 개발하였다. 2014년 해킹으로 파산 신청하기 전까지 전 세계 비트코인 거래의 70~80%를 담당한 세계 최대의 비트코인 거래소였다. 2011년 3월 일본에 거주하는 프랑스인 개발자 마크 카펠레스(Mark Karpeles)가 마운트 곱스를 인수한 후, 같은 해 6월 첫 번째 해킹이 발생하여 875만 달러에 해당하는 계정이 영향을 받았다. 2014년 2월 두

번째 해킹으로 고객 비트코인 75만 개와 자사 비트코인 10만 개가 도난당해 당시 시세 4억 7,400만 달러 손실로 결국 일본 법원에 파산 신청하였다. 이후 2015년 8월 CEO인 마크 카펠레스는 사기, 횡령 등의 혐의로 구속되었다. 2015년 위즈섹(WizSec)의 조사 결과에 의하면 마운트 콕스가 잃어버린 비트코인은 2011년 후반부터 핫 월렛(hot wallet)에서 계속 도난당한 것으로 잠정 결론이 났다.

비트스탬프(BitStamp) 사고는 해킹으로 당시 시세로 500만 달러 상당의 비트코인이 도난당한 사례이다. 2011년 슬로베니아에서 설립된 비트스탬프는 2016년 거래량에서 세계 2위의 비트코인 거래소였다. 2015년 1월 4일 새벽 2시 26분경 해커는 ‘비트스탬프 해킹(BitStamp Hack)’이라는 메시지를 남기고 3,100개의 비트코인 탈취를 시작으로 2~3일 동안 총 18,866개의 비트코인을 훔쳐갔다. 이는 당시 대략 500만 달러 상당의 가치와 맞먹으며 비트스탬프가 소유한 전체 비트코인의 12%에 해당하였다. 비트코인이 고객의 핫 월렛에서 해커의 지갑으로 옮겨진 것을 비추어 보았을 때 핫 월렛의 개인키가 유출된 것으로 추정된다. 참고로, 인터넷망으로부터 분리되어 비트코인을 보관하는 콜드 월렛(cold wallet)에 저장된 비트코인은 피해가 없었다. 마운트 콕스와는 달리 해킹 발생 5일 후 서비스 정상화가 되었으며 고객의 잃어버린 비트코인에 대해서는 보상을 약속하였다.

비트피닉스(BitFinex) 사고는 마운트 콕스 사고 이후 최대 피해 사례로 기록되었다. 비트피닉스는 2014년 홍콩에서 설립된 이후 전체 비트코인 거래의 10% 이상을 담당하는 세계 최대의 비트코인 거래소 중 하나였다. 2016년 8월 2일 해킹 때문에 당시 시세로 7,200만 달러인 119,756 BTC가 빠져나갔다. 이는 비트피닉스가 관리하는 전체 비트코인의 36%에 해당한다. 2016년 8월 7일 비트피닉스는 자사의 모든 고객 자산을 36.067%만큼 일률적으로 감액 조치하였다고 발표하였다. 고객 자산에 대한 손실 부분은 당시 비트코인 시세에 맞게 BFX 토큰(1 BFX 토큰 = 1달러)을 제공하였다<sup>87)</sup>. 비트피닉스는 2017년 4월 고객에게 발행한 모든 BFX 토큰을 회수하여 고객의 손실을 모두 보상했다고 발표하였으나, 고객들은 비트코인의 가치가 급상승한 것을 고려한다면 이는 적절한 보상이 아니라고 주장하였다.

야피존(Yapizon) 사고는 국내에서 발생한 첫 번째 비트코인 거래소 해킹 사

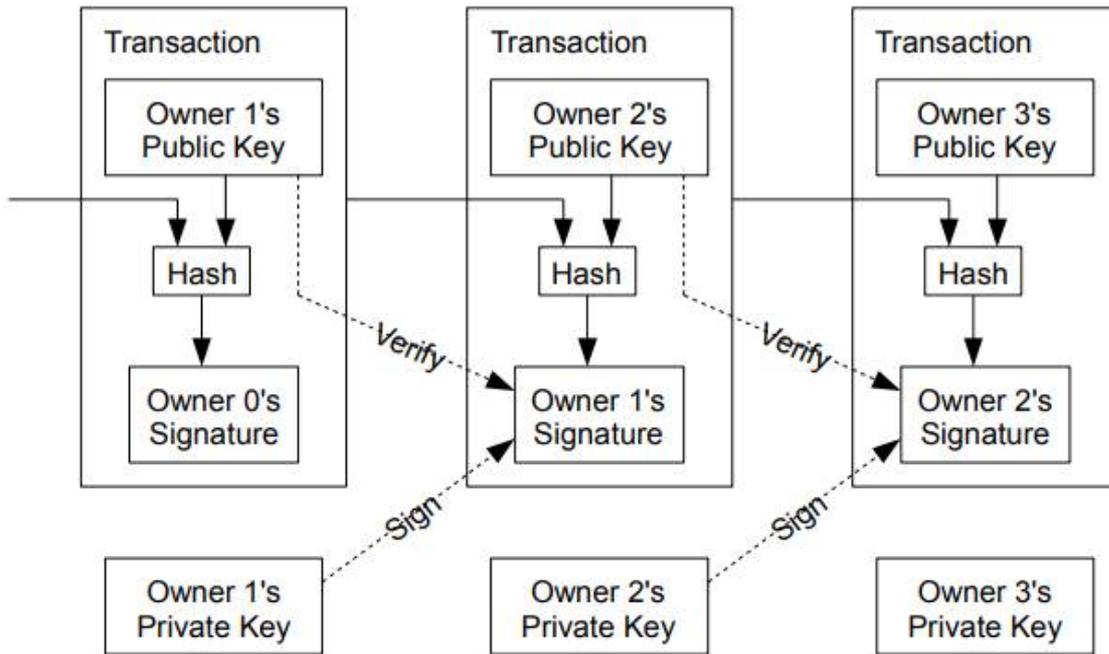
---

87) 100달러의 손실을 보았다면 100 BFX 토큰 제공

례로 55억 원의 피해가 발생하였다. 야피존은 2013년 국내에 설립된 비트코인 거래소였다. 2017년 4월 22일 토요일 새벽 2~3시 사이 야피존에서 관리하는 핫 월렛 4개가 유출되어 3,831 BTC가 빠져나가 약 55억 원의 손실이 발생하였다. 야피존은 손실분 37.08%를 모든 고객의 자산에서 일률 감액 조치하고 고객이 손해를 입은 부분에 대해서는 거래 수익이 발생하면 지급되는 ‘Fei’ 로 제공하겠다고 약속하였다. Fei는 거래수수료 수익이 발생해야만 의미가 있으므로 대량 유출 사고 이후 야피존이 얼마나 많은 수익을 낼 수 있는지가 피해 보상의 관건이 된다.

암호화폐의 소유권을 다른 사람에게 넘기기 위해서는 공개 분산원장에 소유권 이전에 대한 기록을 남기면 되며 이러한 기록을 트랜잭션(transaction)이라 부른다. 트랜잭션을 만들기 위해서는 암호화폐 소유자의 개인키와 소유권을 이전 받을 사람의 공개키가 필요하다. 그림 4-30에서와 같은 방법으로 A가 비트코인의 소유권을 B에게 넘기는 것은 거래 내용(A가 B에게 얼마를 넘기는데 대한 내용), B의 공개키, 직전 트랜잭션으로부터 하나의 해시(hash)값을 만들어 낸 후 이를 A의 개인키로 서명하는 것과 같다. 분산된 노드들의 검증과정(Proof of Work)을 통해 A에서 B로의 소유권 이전에 대한 트랜잭션이 A의 공개키로 확인(verify)되면 이를 분산 원장에 기록한다.

[그림 4-58] 비트코인의 거래 과정



출처 : Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.

암호화폐 소유자만 알고 있어야 하는 개인키가 유출되면 소유자의 의지와는 상관없이 타인에게 소유권이 넘어갈 수 있다. 2013년 12월 블룸버그TV 생방송 중, 화면에 개인키가 잠시 노출되어 ‘milkywaymasta’ 라는 가명을 쓰는 사람이 20달러 상당의 비트코인을 가로채 갔다. 블룸버그TV 사례와 같이 암호화폐 소유자의 개인키가 유출되면 해당 암호화폐의 소유자는 소유를 주장하기 어려워진다.

[그림 4-59] 블룸버그 TV 생방송 중에 비트코인 소유자의 개인키가 노출되어 해당 비트코인 도난당함



출처 : 블룸버그 TV

지금까지 사고 사례를 정리해 보면, PC나 스마트폰에 저장된 개인키가 악성 코드에 의해 유출되는 경우도 있지만, 대량 유출 사고는 암호화폐 거래소의 지갑에 저장된 고객의 개인키가 유출되어 발생한다. 즉, 암호화폐 거래소가 지갑에 저장된 고객의 개인키를 안전하게 보호하지 못해 해커의 공격이나 내부자의 소행으로 개인키가 유출되어 막대한 피해가 발생하게 된다.

#### 나. ICO 투자 사기 사례 분석

ICO(Initial Coin Offering)는 블록체인 기술을 이용하여 기술력 있는 스타트업에 투자하는 방식이다. 그러나 최근 ICO가 피싱(phishing), 신용사기(scam), 다단계 사기(Ponzi scheme)에 이용됨에 따라 투자자에게 피해를 주고 있다. 2017년 9월 캐나다의 유명 무료 모바일 메신저 앱인 ‘Kik19’의 ICO에서도 정체불명의 제삼자가 소셜미디어에 Kik의 ICO 참여 URL이라며 가짜 웹주소를 유포한 사례도 있었다. 미국 증권감독위원회는 투자자들에게 ‘치고 빠지기(pump and dump)’ 전략을 구사하는 사기꾼들을 주의할 것을 당부한 바 있다. 영국 금융

감독청도 ICO는 매우 위험하고 투기적인 투자이며 투자자 보호가 불가능하고, 합법적인 프로젝트들도 개발 정도가 매우 초기 단계이므로 경험 많은 투자자들도 신중히 해야 한다고 경고하였다.

국내에서도 2~3개의 ICO가 진행되었지만, 가상통화를 잘 모르는 투자자를 상대로 고수익을 약속하며 가상통화를 구입하도록 유도해 투자금을 받은 다단계 사기가 발생하였다. 표 4-10에서와 같이 암호화폐 관련 국내 다단계 사기가 적발되어 방문판매법과 유사수신행위법 위반에 의해 형사절차가 진행되고 있다.

<표 4-9> 암호화폐 관련 국내 다단계 사기 범죄혐의 일람

보도/적발시점	사건내용
2016.4.28. <sup>88)</sup>	2015년 3월 'A모바일'을 설립하여 개발한 암호화폐 'CM페이'를 구입하면 투자금으로 음식물 쓰레기 처리기 판매 사업에 재투자, 14주에 17%의 수익금을 돌려주겠다고 속이는 한편, 불법 다단계 방식으로 투자자를 모집해 전국의 피해자 2,587명으로부터 68억 원을 받음
2016.6.20. <sup>89)</sup>	2015. 9.경부터 2016. 1.경까지 서울 강남 소재의 'A코인' 본사 및 전국 지점에서 "A코인에서 만든 암호화폐를 구입하면 6개월 만에 5배의 수익을 보장한다"면서 외국은행 명의의 가짜 지급보증서도 발행하는 한편, 다른 투자자를 모집하면 많은 수당을 지급한다며 불법 다단계 방식으로 친척, 지인 등을 끌어들이게 하는 방식으로 전국의 피해자에게서 58억 원을 받음
2016.6.20.	2013. 3.경부터 2016. 4.경까지 안양 소재 'M사' 본사 및 전국 지점에서 "말레이시아의 M사 본사에서 만든 가상포인트를 구입하면 그 가치가 단기간에 수십 배 상승하여 고수익을 올릴 수 있다"라고 속이는 한편, 불법 다단계 방식으로 투자자를 모집해, 전국의 피해자로부터 100억 원을 받음
2016.7.27. <sup>90)</sup>	2015. 12.경부터 2016. 6.경까지 F사는 서울 및 전국 센터에서 "비트코인을 모방한 암호화폐인 'H비트코인'을 구입하면 그 가치가 3개월 만에 자동으로 8배 상승하여 7개월 만에 2배 이상의 고수익을 벌 수 있다"라고 속이는 한편, 불법 다단계 방식으로 투자자를 모집해, 전국의 피해자 12,000명으로부터 370억 원을 받음
2016.8.25. <sup>91)</sup>	2015년 1월 암호화폐 거래업체를 설립하고 '유니온플러스 코인'이라는 암호화폐를 개발해 투자자들에게 '구입하면 가치가 올랐을 때 투자금의 수십 배를 이익으로 얻을 수 있다'고 속여, 총 5,723명으로부터 94억 9500만 원을 받음
2017.6.22. <sup>92)</sup>	2014년 9월부터 2017년 3월까지 서울 등 전국 10여 곳에 비트코인 사무실을 차린 뒤 '홍콩 본사의 암호화폐는 10억 개로 한정되어 있어 가치가 단기간에 수십 배 올라 많은 돈을 벌 수 있다'고 속여, 불법 다단계 방식으로 전국의 피해자로부터 2천 회에 걸쳐 140억 원을 받음
2017.6. <sup>93)</sup>	가상통화인 '원코인'에 투자하면 최고 10배의 수익을 보장한다면서 다단계 방식으로 70억 원을 수신했던 원코인 판매업체의 그룹장 등 5명을 방문판매법 위반죄로 구속기소
2017.8.	가상통화 '헛지비트코인'을 구입하면 6~7개월 만에 2배 이상의 수익을 보장해준다고 속여 다단계 방식으로 피해자 35,000여 명으로부터 1500여억 원을 편취한 업체 대표를 사기죄 등으로 검거

88) 경기남부경찰청, 2016. 4. 28.자 “ ‘가상화폐’ 열풍에 편승한, 다단계 사기일당 검거” 보도자료 참고 <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/04/28/0200000000AKR20160428059000061.HTML>

89) 수원지방검찰청, 2016. 6. 20.자 “가짜 가상화폐 160억원 상당 판매, 불법 다단계 2개 업체 대표 등 5명 구속기소” 보도자료 참고

90) 수원지방검찰청, 2016. 7. 27.자 “가상화폐 이용 370억원대 다단계 사기업체 대표 구속기소” 보도자료 참고

91) <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/08/25/0200000000AKR20160825043700004.HTML>

ICO를 통해 자금을 모집하는 스타트업에 대한 기술력 정도와 미래 가치 판단이 쉽지 않기 때문에 투자 시 신중한 판단이 필요하다. 기업이 IPO(Initial Public Offering) 절차를 거치기 위해서는 일정 기간 영업 실적과 평균 매출액 등에 대한 기준<sup>94)</sup>을 만족해야 하나, ICO 상장은 백서(whitepaper)를 통해 기업 정보를 공개하기만 하면 된다. 이에 IPO보다 ICO 기반의 기업에 대한 가치를 평가할 객관화된 지표가 부족하여 투자 위험성이 높아 전문 투자자의 참여가 저조하다. ICO 기반으로 투자를 받는 기업에 대한 기술력이나 미래 가치에 대한 면밀한 분석 없이 암호화폐 열풍에 편승한 일반 투자자들의 “묻지마 투자”로 인해 손실 발생 가능성이 커지고 있다.

ICO 상장으로 자금만 모집하고 정상적인 기업 활동을 하지 않는 일부 부도덕한 기업에 대한 투자에 대해 주의도 필요하다. 사업성이나 기술력이 검증되지 않은 기업이 기업 가치가 높은 것처럼 포장하여 백서를 발간하고 ICO로 자금을 모집한 후에는 제대로 된 기업 활동을 하지 않는 경우가 종종 있다. 이러한 기업이 발행한 토큰은 암호화폐 거래소에서 거래가 잘 일어나지 않아 토큰의 가치를 인정받기 힘들어지기 때문에 투자자에게 손해를 입히게 된다. 기업의 최근 거래 내용이 없거나 시장에서의 인지도가 매우 낮은 경우 ICO 기반의 투자에 신중해야 한다.

ICO로 투자금을 받고 기업 활동을 제대로 하지 않아도 법적으로 처벌할 근거가 현재로서는 미흡하다. 아직은 암호화폐에 대한 법·체도가 제대로 준비되어 있지 못하기 때문에 투자자가 손실을 보거나 사기를 당해도 제도적으로 보호할 장치가 마땅히 없다. 더 나아가 암호화폐의 광풍과 함께 유사수신행위나 다단계 피해자가 늘고 있다.<sup>95)</sup>

중국에 이어 국내에서도 ICO가 전면 금지되었으나, 해외에서는 ICO가 증권형

92) <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/06/22/0200000000AKR20170622116600061.HTML>

93) 금융위원회 9월4일자 “「가상통화 관계기관 합동 TF」 개최 - 가상통화 현황 및 대응방향” 보도자료 참고

[https://www.fsc.go.kr/info/ntc\\_news\\_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=4&sch1=&sword=&r\\_url=&menu=7210100&no=32027](https://www.fsc.go.kr/info/ntc_news_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=4&sch1=&sword=&r_url=&menu=7210100&no=32027)

94) 국내 코스피 시장에 상장하려면 3년 이상의 영업 실적, 3년 평균 700억 원 이상의 매출액, 1,000억 원 이상의 최근 매출액 등의 요건을 갖춰야 함

95) ‘가짜 비트코인 가상화폐 유사수신행위 56건 적발’, 아이뉴스24, 2017.10.18.

인 경우 기존 법률을 적용하는 등 차이가 존재한다.

〈표 4-10〉 ICO에 대한 각국의 규제 현황 (2017년 10월 현재)

국가	규제 현황	비고
중국	2017년 9월 중국 금융감독원은 중국 내 모든 ICO를 전면 금지하고 기존의 ICO 수익금은 투자자에게 환급할 것을 요구	금지
미국	2017년 7월 미국 증권거래위원회(SEC)는 ICO에 연방 증권법 적용	규제
한국	2017년 9월 한국 금융위원회(FSC)는 모든 형태의 ICO 전면 금지	금지
홍콩	2017년 9월 홍콩 금융감독원(SFC)은 홍콩 증권법 대상이 될 수 있음을 발표	규제
싱가포르	2017년 8월 싱가포르 금융관리국(MAS)은 ICO에 증권선물법 적용	규제
스위스	2017년 9월 스위스 금융감독청(FINMA) 스위스 규정을 준수하는지 검토 예정	규제
아랍에미리트	2017년 9월 ICO 규제 발표 및 10월 관련 가이드라인 발표	규제
캐나다, 프랑스, 맨섬	ICO 규제 준비 중	규제
호주	2017년 9월 호주 증권투자위원회(ASIC)는 ICO에 대해 규제보다는 지원 방향 발표	지원

출처 : 언론 기사 재구성

중국은 2017년 8월 30일 중국인터넷금융협회가 ‘각종 ICO 명의의 투자유치 리스크 예방’이라는 지침에서 ICO를 통한 자금모집이 급증하면서 사회경제 질서를 어지럽히고 비교적 큰 리스크를 키우고 있다고 경고하였다. 이후 9월 4일 인민은행 공업정보화부 증권감독관리위원회 등 7개 부처는 신규 ICO를 통한 용자를 전면 금지하는 조치를 신속히 공표하였다.<sup>96)</sup>

미국은 2017년 7월 증권거래위원회(SEC)가 암호화폐 취급업자의 토큰 발행을 증권법상 증권 발행으로 보고 증권법 규제 적용을 발표하였다.<sup>97)</sup> 자금 조달 방식이 주식이나 증권의 성격을 띠고 있는 경우 미국 증권법 규제를 적용한다는 내용이다. 결국, ICO의 자금 조달 방식이 IPO와 유사하기 때문에 증권법 규제 적용을 피할 수 없을 것으로 보고 있다.

96) [http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2017/09/14/2017091400899.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/14/2017091400899.html)

97) ‘Report of Investigation Pursuant to Section 21(a) of the Securities Exchange Act of 1934: The DAO’, Securities and Exchange Commission, 2017.7.25.

한국은 2017년 9월 1일 가상통화 관계기관 합동 TF에서, 가상통화시장이 과열되면서 가상통화 투자를 빙자한 유사수신·다단계 등의 소비자 피해와 무분별한 가상통화 거래로 인한 금융시장에의 부정적 영향을 최소화하기 위한 사전적 대응방안이 제시<sup>98)</sup>된 데 이어, 9월 29일 증권발행 형식을 포함한 모든 형태의 ICO 금지 및 신용공여 금지 조치가 발표되었다.<sup>99)</sup>

#### 다. 개인정보 유출 및 부정 거래 사례 분석

암호화폐 거래소의 관리자의 미흡한 보안 의식으로 인해 대량의 개인정보 유출되거나 암호화폐를 활용한 부정 거래 사례가 발생하는 사례가 발생하고 있다. 2017년 6월, 국내 최대 가상화폐 거래소<sup>100)</sup>인 빗썸(Bithumb)에서 직원(비상임이사)의 PC가 해킹되어 고객 정보가 유출되는 사고가 발생하였다. 해커는 원격 제어형 악성코드가 포함된 이력서를 해당 직원에게 송부하였고, 이를 실행한 직원의 개인 PC가 감염되어 회원의 개인정보 31,506건<sup>101)</sup>이 유출되었다. 해커는 약 200만 번에 걸친 사전대입공격<sup>102)</sup>을 수행하여 이 중 4,981개 계정의 로그인에 성공하였고 그 중 266개의 계정에서 가상통화를 출금하기도 하였다. 방송통신위원회(이하 방통위) 조사 결과, 빗썸 거래소 운영회사인 비티씨코리아닷컴은 개인정보파일을 암호화 하지 않은 상태로 개인 PC에 보유하고 있었고, 백신 소프트웨어의 업데이트도 하지 않은 것으로 드러났다. 빗썸은 직원의 부주의에 대해 인정하고 유출피해자 및 금전적 피해가 발생한 고객에게 피해 보상을 하는 조치를 취했다. 방통위는 빗썸에게 개인정보 유출로 인한 과징금 4,350만원과 과태료 1500만원을 부과하였으며 이는 국내 가상화폐 거래소에 대한 첫 제재조치이다. 이번 사건으로 인해 암호화폐 관련 사업자의 보안의식 제고와 함께 시스템

98) 금융위원회 9월4일자 “「가상통화 관계기관 합동 TF」 개최 - 가상통화 현황 및 대응방향” 보도자료 참고

[https://www.fsc.go.kr/info/ntc\\_news\\_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=4&sch1=&sword=&r\\_url=&menu=7210100&no=32027](https://www.fsc.go.kr/info/ntc_news_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=4&sch1=&sword=&r_url=&menu=7210100&no=32027)

99) 금융위원회 9월 29일자 “[보도참고] 기관별 추진현황 점검을 위한 「가상통화 관계기관 합동TF」 개최” 보도참고자료 참고

[https://www.fsc.go.kr/info/ntc\\_news\\_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=2&sch1=&sword=&r\\_url=&menu=7210100&no=32085](https://www.fsc.go.kr/info/ntc_news_view.jsp?bbsid=BBS0030&page=2&sch1=&sword=&r_url=&menu=7210100&no=32085)

[http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2017/09/14/2017091400899.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/14/2017091400899.html)

100) MBN 뉴스, 국내 1위 가상화폐 거래소 '빗썸', 세계에서 1위, 2017.12.14.

101) 경양비즈, [http://biz.khan.co.kr/khan\\_art\\_view.html?artid=201712121929001&code=920501](http://biz.khan.co.kr/khan_art_view.html?artid=201712121929001&code=920501), 2017.12.12.

102) 사전 대입 공격이란 수십만 개의 단어가 수록되어 있는 사전을 컴퓨터에 자동 처리시켜 암호를 알아내거나 해독하는 공격법으로 기본적으로 패스워드 탐색의 수법으로 이용됨

보안 조치 및 인증절차를 강화할 필요가 있음을 알 수 있다.

공개 블록체인의 경우, 익명성을 보장하기 때문에 참여자 식별이 어려워 사기성 거래나 불법 자금 거래 등 비정상적인 거래를 사전에 차단하기 힘들다. 비정상 거래가 발생한 이후에 거래소 등에서 암호화폐를 다른 화폐로 교환할 때 사용된 암호화폐 계좌의 소유자를 식별하는 것은 가능하지만 불법 거래 시도를 미리 차단하는 것은 어려움이 존재한다. 10억 달러 이상의 마약이나 총기류 등을 불법 거래하는 사이트인 실크로드(SilkRoad)는 거래 시 미국 달러가 아닌 비트코인만을 결제 수단으로 이용<sup>103)</sup>하도록 제한하였다. 실제로 이 사이트에서는 마약 뿐만 아니라 악성 코드, 해킹 기술 판매 등 각종 범죄 활동에 비트코인을 활용하였다. 이에 미국 연방 수사국(FBI)은 2013년 10월에 실크로드 관리자를 체포하였고 사이트는 폐쇄되었다. 랜섬웨어(Ransomware)<sup>104)</sup> 공격자 역시 비트코인을 대가로 요구하며, 블록체인의 익명성을 악용하기도 한다. 전 세계를 흔든 랜섬웨어 공격인 워너크라이(WannaCry)의 경우도 지급 방식을 비트코인으로 요구했다. 국내에서도 2017년 6월에 웹호스팅 업체인 ‘나야나’가 랜섬웨어 악성코드에 감염되어 해커에게 13억 원 가량을 비트코인으로 지급하기로 협상한 사건<sup>105)</sup>이 발생하였다. 암호화폐에 대한 안정성 및 범죄의 위험이 커지자 블록체인협회는 2017년 12월에 암호화폐 거래에 관한 자율규제안을 발표<sup>106)</sup>하였다. 자율규제안은 가상계좌를 사기에 악용되거나 불법 용도에 이용하는 것을 방지하기 위해 본인 계좌 확인방식을 강화하고 1인 1계좌로 입출금 관리를 하는 내용을 포함하고 있다.

일반적으로 거래 정보에 대한 기밀성을 보장하는 개인 블록체인의 경우, 아직 문제가 된 사례는 없지만, 관리자에 의한 보안정책 위반이나 권한관리의 미흡 등의 문제로 개인정보 유출의 위험이 존재할 수 있다. 또한 개인 블록체인에서는 참여자 권한 관리와 같은 거버넌스 통제가 모든 참여자에게 동일하게 적용된다고 보장하기 어렵기 때문에 내부 관리자에 의한 권한 오남용 등으로 보안사고가 발생할 수 있는 가능성이 있다고 볼 수 있다.

103) 블록체인 활용 사례로 알아보는 금융권 적용 고려사항

104) 랜섬웨어는 컴퓨터 시스템을 감염시켜 접근을 제한하고 제한을 없애기 위한 댓가를 요구하는 악성 소프트웨어의 한 종류임

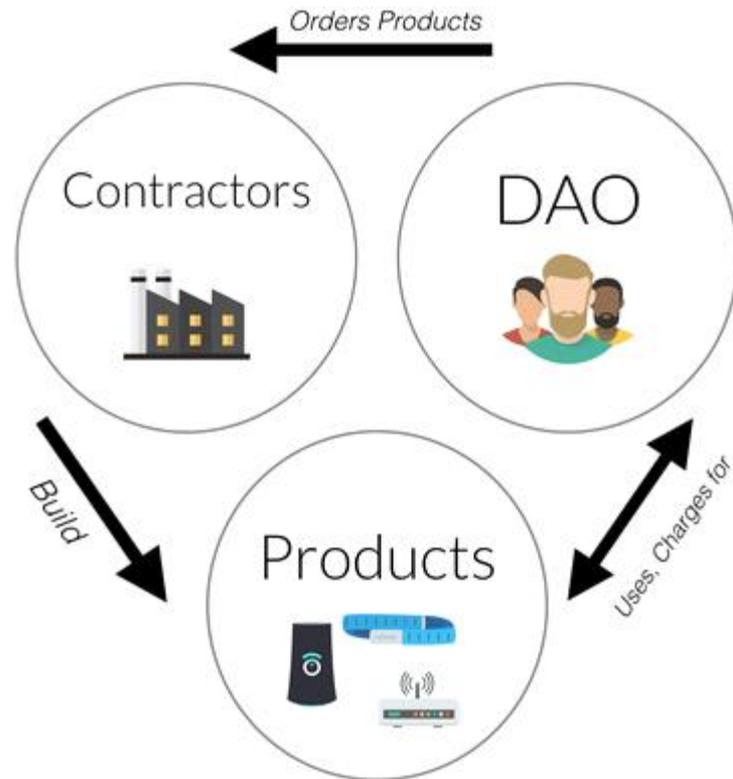
105) 조선pub, 랜섬웨어 피해 나아나, 해커 요구에 굴복... 13억 비트코인 지불키로, 2017.06.

106) IT 조선, 한국블록체인협회 자율규제안 발표...“불법화 정책 잘못된 것, 2017.12.15.

## 라. 스마트 계약 해킹 사례 분석

스마트 계약은 블록체인을 기반으로 금융거래나 부동산 계약 등 다양한 형태의 계약을 체결하고 자동으로 실행할 수 있는 기능을 제공한다. 스마트 계약은 이더리움 플랫폼의 특성인 튜링완전(turing-complete)한 프로그래밍 언어를 사용하여 직접 계약 조건과 내용을 코딩할 수 있다. 사실상 원하는 모든 종류의 계약을 구현할 수 있다는 장점을 가지나 오류가 발생할 가능성도 동시에 증가하였다고 볼 수 있다. 이러한 스마트 계약의 특성을 이용한 첫 번째 해킹 사례는 2016년 6월에 발생한 더 다오(The Dao)프로젝트의 이더 탈취 사건이다. 더 다오는 2016년 4월에 만들어진 이더리움 기반의 탈중앙화된 자율조직(Decentralized Autonomous Organization) 형태의 크라우드펀딩 프로젝트이다. 더 다오는 조직 운영을 위한 특정 주체는 없고 대신 가상화폐 이더(ETH)로 구매 가능한 다오 토큰(DAO Token)을 소유한 개개인의 투표로 운영된다. 이때 다오 토큰을 많이 소유할수록 더 많은 권한을 가질 수 있게 된다. 계약자(Contractor)의 제안서가 토큰 소유자의 일정 비율 이상의 투표를 받으면 해당 프로젝트는 승인되고 제품을 만들 수 있게 되고 DAO는 접근 권한을 얻는다.

[그림 4-60] The DAO의 운영 구조



출처 : Informational Report on The DAO, 2016.05.

이더리움의 스마트 계약 기능으로 개발된 더 다오는 클라우드 세일로 판매한 다오 토큰을 이더로 환급하는 로직에 재귀 호출 버그(recursive calling vulnerability)가 포함되었다. 해커는 이러한 오류를 이용하여 다오 토큰을 이더로 무한 환급하는 방법으로 당시 가치로 약 500억 원에 해당하는 360만 이더(ETH)를 탈취하였다. 해킹 직후 이더의 가치가 절반 가량으로 떨어졌고 결국 더 다오 프로젝트는 사실상 종료되었다.

또 다른 스마트 계약의 취약점에 의한 사례는 2017년 7월에 발생한 이더리움 플랫폼에서 동작하는 클라이언트인 패리티 지갑(Parity Wallet) 사건<sup>107)</sup>이다. 이는 이더리움 역사상 두 번째로 큰 이더 절도 사건으로 기록되었다. 패리티는 다중서명(Multi-Sig)<sup>108)</sup> 지갑의 취약점으로 인해 Edgeless 카지노, Aeternity,

107) <http://hackingdistributed.com/2017/07/22/deep-dive-parity-bug/> 참고

108) 다중서명(Multisignature, Multi-Sig) 지갑이란 여러 명의 지갑 소유자의 동의를 얻어 암호화 자산을 관리하도록 설계된 스마트 계약,

(<https://cointelegraph.com/news/parity-multisig-wallet-hacked-or-how-come>. 참고)

Swarm City의 3개의 ICO 프로젝트에서 153,037이더(약 3200만 달러 규모)를 도난당했다. 원래 지갑의 소유자를 지정하는 코드는 거래 생성자에 의해 제일 처음에만 실행되어야 하지만 패리티 지갑의 경우, 라이브러리로 작성한 해당 함수를 모든 사람이 언제든지 호출 가능한 문제점을 가지고 있었다. 이러한 취약점을 악용하여 해커는 해당 계약의 소유자를 해커의 주소로 변경하는 공격으로 토큰 세일 때 펀드 금액을 저장하는 다중서명 계약에서 대량의 이더를 탈취할 수 있었다. 살펴본 것과 같이 스마트 계약은 코드에 취약점이 존재할 가능성이 있으며 해당 취약점이 해커에 의해 악용된다면 막대한 금전적 손실이 발생하는 사고로 이어질 가능성이 매우 크다. 스마트 계약에 대한 보안 수준은 개발자 역량에 좌우되며 별도의 검증 기능은 존재하지 않는 것이 현재의 실정이다. 앞으로 스마트 거래에 대한 활용이 증가하게 되는 경우를 대비하여 이에 대한 충분한 검토가 필요한 상황이다.

## 2. 시사점

블록체인의 금융 적용에서 발생하는 문제로 암호화폐 거래소 해킹, ICO를 이용한 사기, 개인정보 유출과 부정 거래, 스마트 거래 해킹 등을 찾을 수 있었다. 모든 사고 사례에서 블록체인 자체의 문제이기 보다는 이를 금융 분야에 활용하는데 있어 낮은 보안 의식, 관련 정책 부재 및 미흡, 기술력 부족 등이 문제였다.

### 가. 암호화폐 거래소 해킹

암호화폐 거래소의 해킹은 대부분 낮은 보안 의식 때문에 발생하였다. 암호화폐 거래소의 지갑 서비스는 편리하지만, 서버 해킹으로 개인키가 유출될 수 있음을 주의하여야 한다. 서버가 아닌 PC나 USB 등에 지갑을 암호화하여 보관하는 것이 대량 도난 사고로부터 비트코인을 안전하게 보호하는 방법이다. 그러나 PC나 USB의 도난, 파손 등으로 개인키를 잃어버리는 경우 자신의 암호화폐를 영원히 사용할 수 없음을 주의해야 한다.

웹 기반의 지갑 서비스만 사용하는 경우 여러 사이트의 지갑 서비스에 비트코인을 분산하는 것이 안전하다. 서버가 해킹되어 하나의 지갑이 털려도 다른 서버의 지갑에 연결된 비트코인은 안전하므로 피해를 줄일 수 있다. 또한, 모든

거래 내용이 분산원장에 공개되기 때문에 대량의 암호화폐를 하나의 지갑에 연결하는 것은 위험하다. 가능하다면 암호화폐 거래 시 새로운 개인키/공개키를 매번 생성하여 최대한 분산시키는 것이 좋다.

마지막으로 개인키가 유출된 것 같다면 새로운 지갑을 생성하고 새 지갑으로 비트코인 즉시 이동해야 한다. 새로운 지갑으로 비트코인이 옮겨지면 유출된 이전 개인키로는 해커가 해당 비트코인을 탈취할 수 없게 된다.

## 나. ICO 사기

ICO는 기술력은 있으나 자금 조달이 어려운 스타트업이 전 세계 누구에게나 손쉽게 투자를 받을 수 있게 하는 암호화폐 기반의 새로운 투자 방법이다. 크라우드 펀딩, VC, IPO보다 투자 절차가 간단하고 비용이 적게 들지만, 일부 부도덕한 기업들의 신용 사기(scam), 다단계, 유사수신행위 등으로 투자자들에게 손해를 입히는 경우가 발생하고 있다. ICO 투자 시 해당 기업의 기술력과 미래 가치를 자세히 고려하여 손해가 발생하지 않도록 주의해야 한다.

현재 정부의 ICO 전면금지조치는 중국과 비슷하고 케이스 별로 증권법 적용을 공표한 미국 등과는 다른데, 여기에는 ICO로 인한 다단계 사기범죄에 대한 우려가 강하게 작용한 것으로 판단된다. 국내에서는 정상적인 ICO 보다는 다단계 사기에 해당하는 경우가 훨씬 많은 상황이어서 소비자 보호의 필요성이 더 중요하다. 한편으로는 ICO를 가장한 다단계 사기는 현행법으로도 충분히 처벌할 수 있어 ICO를 전면적으로 금지하는 것은 다른 국가들에 비해 국내의 블록체인 기술개발을 뒤처지게 만들 수 있다는 비판도 존재한다.<sup>109)</sup> 정부가 참고한 중국의 경우, 가상통화에 대한 규제체계를 마련하기 위해 일시적으로 ICO를 금지하고 가상통화 거래소를 폐쇄했다는 주장<sup>110)</sup>도 있어 향후 중국의 정책변화를 지켜볼 필요 있다.

블록체인 기술이 갖는 다양한 가능성이 발현될 수 있도록 해외 각국의 가상통화 및 ICO에 관한 정책변화를 적극 모니터링하면서 국내에 적합한 정책을 구사해 나가는 것이 필요하다.

109) <http://www.hani.co.kr/arti/815065.html>

110) 다음 URL을 참고

<https://techcrunch.com/2017/09/12/chinas-ico-ban-makes-more-sense-in-light-of-its-history-with-fintech/>

## 다. 개인정보 유출과 부정 거래 가능성

앞서 살펴본 사례와 같이 빗썸(2017.06.) 개인정보 유출사건, 야피존(2017.04.) 해킹 등으로 인해 가상화폐 거래소에 대한 정보 보안의 불안감이 높아지고 있다. 현재는 가상화폐 거래소의 경우, 일반적인 정보통신 판매사이트와 같은 기준으로 정보보안에 대한 규제를 받고 있다. 정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률(정보통신망법) 제47조에 정보보호 관리체계의 인증을 받아야 하는 대상자를 지정하고 있으나, 국내 가상화폐 거래소들은 대상에 포함되지 않았다. 이에 과기정통부는 업체들의 협조를 얻어 2017년 10월부터 암호화폐 거래의 90% 이상을 차지하는 3대 업체인 빗썸, 코인원, 코빗을 포함한 10개 업체에 대한 보안 점검을 시행<sup>111)</sup>했다. 대부분이 개인정보 암호화나 접근통제 장치 설치/운영 등의 관리적 보안이 이루어지지 않아 시정 권고를 받았다. 하지만 이행의 무는 없어 사실상 법적 효력은 없는 상태이다. 현재 권고된 내용의 시행 여부와 개인정보 유출 및 해킹을 방지하기 위한 의무사항 준수 여부를 지속적으로 관리 감독하는 역할이 강화되어야 할 뿐만 아니라 가상화폐 거래소 스스로 개인정보 유출이나 각종 해킹의 피해를 줄이기 위한 노력이 요구된다.

아직까지는 블록체인을 통한 부정거래나 자금세탁관련 거래 등 비정상적인 거래가 발생하여도 거래 취소 등의 대응이 어려우므로 사전에 탐지 및 차단하기 위한 노력도 필요하다. 이상금융거래 탐지 시스템(Fraud Detection System, FDS)의 방식을 참조하여 접속정보, 거래내용 등을 종합적으로 분석하여 불법 의심거래를 탐지하고 차단하기 위한 연구를 수행할 수 있다. EU 집행위원회의 경우, 공개키 기반구조(public key infrastructure, PKI)의 자금세탁방지 기술을 연구하여 거래소와 같은 블록체인의 문지기 역할을 수행할 주체에게 적용하고자 노력하고 있다.

또한 블록체인을 활용한 거래 관리에 대한 권한을 오남용 하지 않도록 조치가 필요하다. 먼저 참여자간 거래에 대해 관리자의 권한 자체를 구분하고 관리 체계 자체를 스마트 계약을 활용하여 프로그래밍하여 적용하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 내부 관리자가 관리 업무를 수행하는 경우, 개인서명을 통해 수행 내역을 식별할 수 있게 하는 등 통제 절차를 자체 수립하여 문제가 발생하

111) 연합뉴스, 가상화폐거래소 '보안 불안'...정부 뒤늦게 "규제강화"(종합2보), 2017.12.20.

면 신속히 대응하게 하는 등 신뢰구조를 만드는 것이 필요하다. 거래 기록의 경우는 지정된 보관 기간이 지난 경우에는 거래의 무결성 확인에 필요한 정보만 제외하고 개인 정보 침해가 우려되는 세부 거래 정보는 삭제할 수 있는 조치도 필요하다.

## 라. 스마트 계약에 대한 취약점

위의 두 가지 사례를 통해 스마트 계약은 다양한 거래를 할 수 있는 유용한 기능을 제공하기도 하지만 취약점으로 인한 위험성도 큰 상황임을 알 수 있다. 소프트웨어의 특성과 같이 계약이 복잡해질수록 결함의 발생 가능성이 높아질 수 있다. 스마트 계약의 보안 수준은 개발자의 역량에 의존하며 취약점으로 인한 피해가 발생하여도 법적인 보장을 받을 수 없다. 이더리움은 더 다오 사례에는 2017년 7월 20일 하드포크를 통해 피해를 되돌리고자 하였으나 패리티 지갑 사건으로 하드포크를 하지 않는다고 밝히기도 하였다. 현재는 스마트 계약에 대한 별도의 보안성 검증 절차가 존재하지 않아 스마트 계약의 활용이 증가하게 되면 문제의 심각성이 더욱 커질 수 있다. 악의적인 공격자가 스마트 계약 기능을 악용하여 악성 코드를 블록체인 플랫폼 내에서 저장하고 실행할 가능성도 있다. 뿐만 아니라 개인 간 스마트 계약이 이루어지는 경우, 계약이나 결제 불이행 등의 이슈가 발생해도 아직까지 법적인 보호조치나 발생 가능한 문제에 대한 대안이 없는 상태라고 볼 수 있다.

스마트 계약의 취약점을 보완하기 위해서 기술과 제도적 관점의 검토가 모두 필요하다. 먼저 기술적으로는 스마트 계약 코드를 배포하기 전에 코드리뷰를 통해 보안 취약점 존재 여부와 악성코드 감염 여부를 사전에 확인하는 과정이 필수적이다. 금전적 거래와 관련된 스마트 계약을 개발하는 경우에는 배포 전에 시간을 갖고 사전 코드 리뷰 및 단위 테스트(Unit Test)<sup>112)</sup> 등의 검증방식을 통해 충분한 검토가 이루어져야 할 것이다. 일반적으로 많이 사용되는 함수의 경우, 효과적이고 안전하게 구현될 수 있도록 표준 라이브러리로 개발/배포하여 검증된 스마트 계약 코드 사용을 권고할 수 있다. 또한 스마트 계약의 완결성을 제고할 수 있도록 코드의 취약성을 보완할 수 있는 스마트 계약 관련 가이드라인을 만들어 배포하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 그리고 제도적으로는 개

112) 컴퓨터 프로그래밍에서 소스 코드의 특정 모듈이 의도된 대로 정확히 작동하는지 검증하는 절차

인 간 스마트 계약에서 당사자 간 이슈가 존재하는 경우, 피해에 대한 법적인 보호조치를 마련하고 문제를 예방하기 위한 기존 법제도 개정을 위한 검토 역시 필요하다.

## 제5장 결론

인공지능, 빅데이터, IoT, 클라우드, 블록체인 등 새로운 기술의 발전과 등장으로 안전 전반에 큰 영향을 미치고 있다. 자율주행차의 등장은 기존 교통 안전 체계로 다루지 못하는 사례가 발생할 것으로 예상하며, 스마트 빌딩 등장 역시 기존 시설물 안전 관리체계로는 안전을 담보하지 못하는 부분이 생기고 있다. 특히, 블록체인의 등장은 금융 분야의 사회 기반 안전 체계의 혁신적인 변화를 요구하고 있다. 따라서 신기술로 인한 기존 안전관리체계의 종합적인 재검토가 필요한 시점이다.

이 보고서에서는 새로운 기술로 인해 변화가 클 것으로 예상하는 교통 안전, 시설물 안전, 사회기반(금융) 안전 분야를 선정하였다. 선정된 분야는 새로운 기술의 등장으로 법·제도에서부터 행정관리까지 전반적인 수정을 요구한다. 각 안전 분야에 지대한 영향을 주는 자율주행차, 스마트 빌딩, 블록체인 기술에 대한 특징과 시장 및 정책에 대한 동향을 조사하였고, 각 기술을 구성하는 요소 기술에 대해서도 분석하였다. 마지막으로 각 분야의 사고사례를 조사하여 이를 바탕으로 시사점을 도출하였다.

자율주행차는 2025년부터는 사람의 개입 없이 독립적으로 운행이 가능할 것이라 예상된다. 시장 규모도 대폭 증가하여 60만대 수준에 도달할 것이며 이후 2035년에는 2,100만대 수준으로 늘어날 것으로 예상된다. 자율주행차의 상용화를 위해서는 기업의 연구·개발도 중요하지만, 정부의 적극적인 개입을 통한 임시 운행제도 마련 및 법적 규제 근거 정비를 통하여 국제 표준에 맞는 평가 절차를 구축해야 한다. 또한, 교통사고 발생 시 책임 및 보험 등의 문제에서도 정부의 역할이 매우 중요하다.

자율주행차는 환경인식 기술과 측위 기술, V2X 기술 등이 핵심 요소 기술이다. 환경인식 기술은 차량 주행 관련 주변 교통 정보를 빠르게 수집하며 이를 해석 및 의사결정을 신속히 실행하는 데 사용된다. 측위 기술은 정밀한 자동차 위치를 추정하는 데 필수요소이다. 이를 통한 주변 환경 인식의 개선 및 주변 지형을 고려한 최적의 제어로 안전성 향상 및 연비 절감 효과를 볼 수 있다. 마지막으로 V2X는 차량 주행 중 유/무선망을 이용하여 다른 차량 및 도로 등 인

프라가 구축된 사물과 서로 교통 상황 등의 정보를 교환하는 데 사용된다.

자율주행차를 개발하고 있는 구글 및 테슬라의 대표적인 사고 사례를 통해 기술 개발에 따른 한계에 대해 알아보았다. 특히, 자율주행차가 개발됨에 따라 기존 차량보다 더 많은 전자·통신 기능을 내장하고 있으며 이에 따라 해킹하기 쉬운 보안 취약점 및 오작동의 위험들이 증가하고 있다. 이에 대응하여 보안위협에 대한 대응책과 더불어 연구 개발에 박차를 가해야 한다. 마지막으로 돌발 상황을 인지한 뒤에 앞으로 벌어질 상황을 예측해 제일 나은 선택을 하는 인공지능 기반의 의사 결정 체계의 고도화가 필요하다.

스마트 빌딩에 대한 개념은 1980년대에 등장하였지만, IoT 등의 발달로 최근 주목을 받기 시작했다. 스마트 빌딩의 서비스 시장 규모는 전 세계적으로 2015년 130억 불에서 2020년 320억 불로 연간 22%의 성장을 할 것으로 예측되었다. 스마트 빌딩에서 IoT 기기는 IoT 설치에 따른 보조금 지급, 이미 설치된 건물자동화시스템과의 연계 등으로 건물의 에너지 소비를 절감할 수 있어서 IoT 관련 기기 및 서비스가 시장을 선도할 것을 예측된다. 이에 우리나라를 포함해 해외 주요국들은 스마트 빌딩에 대한 적극적인 정책을 펴고 있다.

스마트 빌딩은 다수의 서로 다른 제조사와 다양한 장비가 사용되며 이러한 장비를 하나로 통합 제어하기 위해서는 공통의 언어를 사용한 데이터의 송수신이 필수적이다. BACnet과 ZigBee 등이 대표적인 통신 기술로 사용되고 있다. 이와 더불어 스마트 빌딩의 건물 자동화 시스템, 냉난방공조시스템, 조명 시스템, 엘리베이터, 방재 시스템, 방범 시스템 등이 주요 기술이다. 인공지능 기반의 빅데이터 응용 기술은 특히 스마트 빌딩의 건물에너지 및 설비 제어 분야에 예측 제어, 고장예지진단 등을 위해 적용되고 있다.

스마트 빌딩의 주요 제어시스템과 IoT 기기는 서로 연동이 되어 있어 IoT에 대한 보안이 매우 중요하다. IoT 환경에서 발생할 수 있는 보안 위협요소는 단말 분실 및 물리적 파괴, 무선신호 교란, 정보 유출, 데이터 변조 등이 있다. 또한, 스마트 빌딩에서는 특히 통신 네트워크의 보안이 중요하다. 스마트 빌딩에서 많이 사용되는 ZigBee는 단말 성능이 경량화되어 고도의 암호화가 어려운 측면이 있으며, ZigBee의 모든 통신구간에 대한 암호화가 이루어지는 것이 아니므로 이에 대한 대책이 필수적이다.

블록체인 기술은 기존 금융에서와 같이 공인된 제3의 중개기관에 대한 의존성이 높은 분야에 적용 시 높은 효율성을 기대할 수 있다. 특히, 중앙 서버가 아닌 분산 저장방식으로 인한 보안성 및 투명성 제고 등의 장점으로 다양한 분야에서 주목받고 있다. 블록체인 기술은 2020년 연간 성장률 120%를 기록하고 시장 규모는 2030년 3,400조 원 규모에 달할 것으로 예측된다. 미국, 일본 등 주요국은 금융 분야의 컨소시엄과 협의체를 발족하여 나라별 실정에 맞도록 산업체와 정부의 협력을 통해 발전하고자 노력하고 있다.

블록체인의 요소 기술은 암호기술과 P2P 네트워크 기술이다. 암호기술로부터 블록체인의 신뢰성과 투명성이라는 특성이 확보된다. 특히, 암호기술 중 암호학적 해시함수(cryptography hash function)는 데이터가 변조되었는지를 확인하는 역할을 하고, 전자서명(digital signature)은 데이터가 실제 주인(owner)에 의해 작성되거나 수정되었는지를 증명한다. 또한, P2P 네트워크는 블록체인이 네트워크의 여러 노드에 분산 저장됨에 따라 변조는 더욱 어려워지고 투명성은 제고된다.

블록체인 기술의 금융 분야 활용에서 여러 문제가 발생하고 있다. 최근 암호화폐의 가치 급상승으로 암호화폐 탈취를 목적으로 한 거래소 해킹 사고가 대표적이다. 블록체인 기반의 새로운 투자방식인 ICO를 이용한 투자사기는 또 다른 선의의 피해자를 양산하고 있다. 익명성을 보장하는 블록체인의 특성과는 달리 암호화폐를 법정화폐로 교환할 때 의도치 않게 발생하는 개인정보 침해도 문제가 되고 있다. 또한, 불법 자금 거래 등 부정 거래 가능성도 높은 편이다. 블록체인을 이용한 스마트 거래 역시 여러 취약점으로 인해 큰 피해가 발생하였다. 모든 사고 사례에서 블록체인 자체의 문제이기 보다는 이를 금융 분야에 활용하는 데 있어 낮은 보안 의식, 관련 정책 부재 및 미흡, 기술력 부족 등이 문제였다.

지금까지 지능정보사회의 도래로 국민의 안전을 확보하고 강화하는데 과급력이 클 것으로 예상하는 교통 안전, 시설물 안전, 사회기반 안전(금융) 분야의 신기술에 대해 알아보았다. 추후 관련 분야에서의 법·제도 측면과 행정 관리 측면에서의 개선방안 및 정책과제에 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

## 참고문헌

### < 국내 문헌 >

- 강경표 (2015), C-ITS의 교통안전과 법제도 개선방향, 한국교통연구원
- 관계부처 합동 (2015), “자율주행차 상용화 지원방안”, 제3차 규제개혁장관회의
- 관계부처 합동 (2017), “혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획”
- 국립해양측위정보원 (2016), GNSS 일반
- 국토교통부 (2016), 인공지능 기반 미래도로 구축 방안 연구
- 국토교통부 (2016), “자율주행 실험도시(K-City) 구축의 첫삽을 뜨다” 보도자료,  
2016.08.10.
- 국토교통부 (2016), “자율주행차 상용화 대비 연구개발 지원 강화” 보도자료,  
2016.08.10.
- 국토교통부 (2016), 자동차 통계자료, 2016.01.
- 국토교통부 (2016), 자율주행자동차 안정성평가기술개발 및 실도로 평가환경 구축  
상세기획 연구보고서
- 글로벌 과학기술정책 서비스 (2016), 테슬라 자율주행자동차 사고 後...국가별 제도  
정비 본격화
- 금융위원회 보도자료 (2016)
- 금융위원회 (2016), 블록체인기술 금융분야 도입방안을 위한 연구
- 김용훈 (2017), 자율주행자동차 개발 동향, 한국통신학회지(정보와통신) 제34권 제  
5호 pp.10-18.

델로이트 (2016), 글로벌 자동차 고객 조사(자동차 혁신 기술에 대한 인식 및 수용도)

델로이트 (2016), 자율주행차를 향한 경주

만도 (2015), 이베스트투자증권 리서치센터, 자동차에 전기가 흐른다

미국자동차협회(American Automobile Association, AAA) (2016), 자동차 기술 설문 조사

민경찬, 이명수 (2015), 자율주행자동차의 국내외 임시운행허가 및 안전기준 개발 동향

산업통상자원부 (2016) 보도자료, 2016.01.

서재규 외 (2015), 센서 융합 기반 자동차용 정밀 측위시스템, 한양대학교

소프트웨어정책연구소 (2017), 블록체인(Blockchain) 기술의 산업적·사회적 활용 전망 및 시사점

소프트웨어정책연구소 (2017), 자동차 산업의 SW안전 이슈와 해결과제

송유승 (2017), 스마트 자동차: 자율주행자동차 기술 동향, 한국전자통신연구원

오세윤 (2016), 라이다(LIDAR) 센서 기술 및 시장 동향, 정보통신기술진흥센터

유진투자증권 (2017), 신정부 출범과 4차 산업혁명

이동만 (2016), V2X 기술 동향, Future Internet Forum Newsletter 71호

이백진 외 (2016), 첨단인프라 기술발전과 국토 교통분야의 과제, 국토연구원

이베스트 (2015), 자동차에 전기가 흐른다

이세연 (2016), 국내외 차세대 ITS 기술 동향, 정보통신기술진흥센터

이승준 (2017), 자율주행자동차의 도로관련법상 운전자 개념 수정과 책임에 관한  
시론

이재관 (2016), 자율주행의 개발동향과 대응방안, 자동차부품연구원

이현숙 (2017), 자율주행자동차 기술개발의 특징 및 정책동향, 융합연구정책센터

자동차부품연구원 (2016), 자율주행차 산업생태계 조성방안

자동차안전연구원 (2015), 자율주행차 법제도 개선방향 및 해외 규제동향

정보통신산업진흥원 (2017), 국내·외 동향을 통해 살펴본 국내 자율주행차 산업  
의 개선점

정재승, 민정동 (2015), 자동차용 정밀 측위 기술 동향, 현대엠엔소프트

정책연구본부 융합정책연구부 (2014), V2X통신, 지능형교통시스템의 핵심 기술로  
부상

조성선 (2017), 자율주행차 최근 동향, 정보통신기술진흥센터 수석

중소기업청 (2016), 중소·중견 기업 기술로드맵 2017-2019 -차세대 자동차-

최술지 (2017), 자율주행자동차의 현주소, 그리고 향후 비즈니스 기회

최윤혁 (2016), 자율주행자동차 기술개발 및 서비스 동향, 한국도로공사

한국과학기술원 (2016), 인공지능 기반 미래도로 구축방안 연구

한국과학기술기획평가원 (2017), 미국 자율주행차 정책과 구글의 자율주행차 특허  
가 주는 시사점

한국교통연구원 (2015), 자동차 차종분류기준 개선방안 연구

한국산업기술진흥원 (2017), 유럽의 자율주행자동차 기술 및 정책 동향

한국산업기술진흥원 (2017), 자율주행 자동차 활성화를 위한 법제 개선방안 및 입  
법(안) 제안

한국산업기술평가관리원 (2015), PD Issue Report, 유럽의 자율주행 자동차 기술  
로드맵(EPoSS, ERTRAC) 분석

한국소재부품투자기관협의회 (2016), 글로벌 M&A 유망분야 타겟리서치 “잠재 타  
겟기업 발굴(1단계)”

한국자동차산업협회 (2017), 사물인터넷(IoT)과 자동차의 미래, Vol. 335

한국자동차산업협회 (2017), 웹 저널 VOL. 338

한국전자통신연구원 (2015), 자율주행 자동차 정책동향 - 전자통신동향분석

한국정보보호진흥원 (2007), EU의 정보보호 R&D 정책현황 및 시사점

한국정보화진흥원 (2017), 자율주행 자동차산업의 빛장을 열다

한국투자증권 (2016), 자동차/IT

황성기 외 (2003), 인터넷은 자유공간인가?: 사이버 공간의 규제와 표현의 자유, 커  
뮤니케이션북스

Auto Journal (2016), 자율주행 자동차의 통신보안 관련 동향 및 이슈

Auto Journal (2017), 자율주행, 진화를 앞둔 자동차 산업

Bosch (2016), 한국투자증권, 자율주행, 열린 업계와 그 frenemies

KPMG (2015), 2030년 전망

LG경제연구원 (2005), 대한민국 2010 트렌드, 한국경제신문사

### < 해외 문헌 >

Bain & Company (2017), Blockchain in Financial Markets: How to Gain an Edge

BCG analysis (2015), Revolution in the driver's seat

Department for Transport (2015), The Pathway to Driverless Cars

Declaration of Amsterdam (2016), Cooperation in the field of connected and automated driving

DeLong et al, (2002a). Introduction to the Symposium on Business Cycle. Journal of Economic Perspectives 13(2), pp.19 ~ 22.

ERTRAC (2015), Automated Driving Roadmap

European Roadmap Smart Systems for Automated Driving (2015), EPoSS(European Technology Platform on Smart Integration)

Frost & Sullivan Analysis (2013), Advances in Sensors for Automotive Driver Assistance Systems, pp.8

Gartner (2017), Forecast: Blockchain Business Value, Worldwide, 2017-2030

Gartner (2017), Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017

Gartner (2017), Top 10 Strategic Technology Trends for 2017

Google (2016), Google Self-Driving Car Project Monthly Report, 2016.06.

IDC (2017), Is the Future of Financial Services orgs in Blockchain?

IHS Markit (2016), IHS Clarifies Autonomous Vehicle Sales Forecast

James Arbib & Tony Seba (2017), Rethinking Transportation 2020-2030, RethinkX

NHTSA (2017), Automatic vehicle control systems, 2017.01.

Paul Green (2004), Driver Distraction, Telematics Design, and Workload Managers:  
Safety Issues and Solution, Standard ITS (2014) Vol.19

Santander (2015), The Fintech 2.0 Paper

Satoshi Nakamoto (2008), Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System

Texas Instruments (2017), Making cars safer through technology innovation

University of Michigan Transportation Research Institute

WEF (2016), All you need to know about blockchain, explained simply

WEF (2015), Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact

\_\_\_\_\_ (2002b). Do We Have a 'New' Macro- economy?. Innovation Policy &  
the Economy.

## < 기 타 >

뉴스조선 (2017), 블록체인 국내 첫 도입, 직접민주주의 구현 나서는 경기도 '따북  
공동체'

로봇신문 (2017), 2030년 미국 자율주행차 비율 전체의 25% 예상

매일경제 (2016), 자율주행 첫 사망사고 충격...센서만으론 한계 드러낸 무인차

아이뉴스24 (2017), ‘가짜 비트코인 가상화폐 유사수신 56건 적발’

오토 저널 (2015), GPS/GNSS 기반 자동차 측위 및 항법 기술

인사이더스 가공 (2017), 자율주행자동차의 현주소, 그리고 향후 비즈니스 기회

전자신문 (2015), 자동차 해킹한 찰리 밀러 “위험성 인지하고 대처해야”

전자신문 (2016), 한국정보인증, 자율주행차량 통합보안기술 개발

전자신문 (2017), 소비자, 자율주행차 시스템오류,해킹 우려...운전피로 감소 기대  
치 높아

중앙일보 (2016), 구글 자율차 ‘Sorry’ ...330만Km 주행 첫 판단 미스 사고

파이낸셜 뉴스 (2017), 선박 전파교란, 우리 기술로 막는다

페스카로(FESCARO) (2016), 자동차 보안기술 연구소 블로그

현대엠엔소프트 블로그 (2017), 자율주행 지원을 위한 고정밀지도 기술 동향

Alain Piperno (2016), UTAC CERAM

cnbNEWS (2016), 경기도 판교제로시티, 자율주행자동차 시범 운행단지 지정된다,  
2016.05.18.

coindesk (2016), 42 Banks Join Blockchain Consortium in Japan

coindesk (2017), China’s Central Bank Vows to Push for Blockchain in Five-Year  
Plan

coindesk (2017), Japan to Test Blockchain for Government Contract System

coindesk (2017), Russia's Vnesheconombank Unveils New Blockchain Research Centre

EtherScripter, What is Ethereum?

Finance magnates (2017), ICO by Blockchain Real Estate Startup Propy Raises \$15 Million

Finance magnates (2017), Ukraine to Let Foreign Investors Buy Real Estate via Blockchain Technology

IPNOMICS (2017), '현대차-네이버-서울대' 자율주행차 기술력 어디까지 왔나, <http://www.ipnomics.co.kr/?p=61303>

KB금융 그룹, 보도자료 (2016)

Ktb투자증권 (2017), 자동차/부품 (Overweight)

Ktb투자증권 (2017), 자율주행의 핵심: 정밀 지도

Mahbubul Alam (2016), Vehicle-to-Everything Technology Will Be a Life Saver

Mcity Test Facility, <http://www.mtc.umich.edu/test-facility>

Nasdaq (2017), ChinaLedger White Paper Outlines Industry Blockchain Standards

National Conference of State Legislatures (2017), AUTONOMOUS VEHICLES : SELF-DRIVING VEHICLES ENACTED LEGISLATION

security and safety, healthcare, e-stonia(<https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/>)

technocracy news (2017), China Embraces Blockchain For Taxation And Electronic Invoice Issuance

The New York Times (2017), Tesla Self-Driving System Faulted by safety Agency in Crash

The moscow times (2017), Russian Government Announces First Blockchain Project

## 주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.



[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서]는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제 4유형(출처표시-상업적이용금지-변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.  
(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.)