

글로벌 ICT 선도를 위한 R&D 기획역량 제고

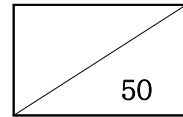
A Study on the Enhancement of R&D Planning Capacity for Insuring Global ICT Industry Leadership

제5부

미래 유망기술 생태계 및 ETRI 수행 R&D의 기술 경제성 분석

2015년 12월

15ZE2100-01-2130P



글로벌 ICT 선도를 위한 R&D 기획역량 제고

A Study on the Enhancement of R&D Planning Capacity for Insuring
Global ICT Industry Leadership

제 5 부

미래 유망기술 생태계 및 ETRI 수행 R&D의 기술 경제성 분석

[목 차]

제 1 장 서 론	1
제 2 장 미래 유망기술 생태계 분석	5
제 1 절 센서산업과 주요 유망센서 시장 및 기술 동향	7
제 2 절 운전자에게는 자유를, 교통사고는 Zero : 자율주행자동차	43
제 3 절 인공지능 기술과 산업의 가능성	64
제 3 장 ETRI 수행 R&D의 기술 경제성 분석	93
제 1 절 2015년 ETRI 대표성과 종합가치 분석	95
제 2 절 2015년 ETRI 대표성과 분석 결과	109
제 3 절 ICT 산업의 R&D 기여도 분석	115
제 4 장 맺음말	131
< 참고문헌 >	139

[표 목차]

[표 2-1] 센서의 분류	7
[표 2-2] 산업별 활용도가 높은 주요 센서	10
[표 2-3] 국가별 센서기술 수준 분석	11
[표 2-4] 세계 유형별 센서 시장전망(단위 : 백만 달러)	12
[표 2-5] 지역별 센서시장 전망(단위: 백만 달러)	14
[표 2-6] 어플리케이션 형태별 센서시장 전망(단위 : 백만 달러)	14
[표 2-7] 국내 센서산업 시장규모 현황 및 전망(단위 : 억 달러)	16
[표 2-8] 센서산업의 산업파급효과 분석(단위: 억 원, 명)	18
[표 2-9] 바이오센서 활용분야	19
[표 2-10] 세계 응용분야별 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)	21
[표 2-11] 세계 기술별 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)	22
[표 2-12] 세계 의료분야 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)	22
[표 2-13] 바이오 센서의 기술분류 및 내용	24
[표 2-14] 국내 주요 바이오 센서 시스템 관련 기술개발 동향	25
[표 2-15] 스마트 디바이스에 탑재되는 주요 센서	26
[표 2-16] 세계 모바일 센서 매출액 및 출하량 전망(단위 : 십억달러, 십억 개)	29
[표 2-17] 스마트 기기 유형별 센서 매출액 전망(단위 : 십억 달러, %)	29
[표 2-18] 2012년 스마트폰 센서별 업체 시장점유율(단위 : %)	30
[표 2-19] IBM이 전망한 5년 뒤 컴퓨터의 오감인식	31
[표 2-20] 생체신호 감지영역	31
[표 2-21] 자동차 세부 시스템별 적용되는 센서	34
[표 2-22] 스마트카용 안전 시스템에 사용되는 센서의 종류	35
[표 2-23] 세계 응용 유형별 자동차용 센서 시장전망(단위: 백만 달러)	37
[표 2-24] 세계 기술별 자동차용 센서 시장전망(단위: 백만 달러)	38
[표 2-25] 자율주행차 시나리오	44
[표 2-26] 국가별 Active Safety 기술의 의무장착 도입 현황	46
[표 2-27] 자율주행차 관련 구글의 M&A 및 출자 현황	49
[표 2-28] 자동차업체와 IT업체의 자율주행차 전략 비교	49
[표 2-29] 자율주행차 기술 구성요소	51

[표 2-30] 자율주행차 핵심기술	52
[표 2-31] 자율주행차 핵심 부품기술	53
[표 2-32] 업체들의 자율주행차 개발 중점분야 비교	55
[표 2-33] 자율주행시스템 시장전망(단위: 백만 대)	58
[표 2-34] 자율주행차에서 IT기업들의 수익모델	59
[표 2-35] 자율주행차 핵심부품 해외의존도 현황	62
[표 2-36] 자율주행차 상용화를 위한 과제	63
[표 2-37] 주요 연구자 및 기관에서 보는 인공지능 정의	64
[표 2-38] 영화에 나타나는 인공지능 과제	66
[표 2-39] AI의 역사	68
[표 2-40] 인공지능 관련 기술 분류(1)-국외	69
[표 2-41] 인공지능 관련 기술 분류(2)-국내	70
[표 2-42] 인공지능 응용 영역	73
[표 2-43] 인공지능 관련 시장전망(1)-기술별(단위: 백만 달러)	74
[표 2-44] 인공지능 관련 시장전망(2)-응용영역별(단위: 백만 달러)	75
[표 2-45] 인공지능 관련 시장전망(3)-제품유형별(단위: 백만 달러)	76
[표 2-46] 인공지능 관련 시장전망(4)-제품유형별(단위: 백만 달러)	76
[표 3-1] 분야별 기술개발시기와 시장보급시기의 격차	98
[표 3-2] IT 분야 예비타당성 평가사업 중 사업기여율	101
[표 3-3] 2013년도 연장 산업연관표의 부가가치율	102
[표 3-4] 실무가이드의 할인율 적용 사례	103
[표 3-5] 주요 국가의 사회적 할인율	104
[표 3-6] 선정된 2015년 ETRI 10대 대표성과	107
[표 3-7] 대표성과의 총연구기간 및 투입 예산	109
[표 3-8] 대표성과의 기술 차별성 및 Target Market	110
[표 3-9] 연구모형을 위한 ICT 산업 분류체계	119
[표 3-10] 실증분석을 위한 파라메타 현황(단위 : 백만 원, 명*시간/월)	123
[표 3-11] 다중회귀분석 결과	124
[표 3-12] ICT 산업 생산요소의 고유값	126
[표 3-13] ICT 산업 생산요소의 고유벡터	126
[표 3-14] 주성분 회귀분석 결과	126
[표 3-15] 주성분 회귀분석 결과를 원래의 독립변수로 변환한 결과	127

[그림 목차]

[그림 2-1] 센서 기본 구조	7
[그림 2-2] 센서의 진화방향	8
[그림 2-3] 스마트폰과 자동차 등에 내장된 대표적 센서	9
[그림 2-4] 센서 산업의 범위	10
[그림 2-5] 센서 형태별 시장점유율(2012년 Vs 2019년 비교)	13
[그림 2-6] 센서 유형별 시장 성장률('14~'19)	13
[그림 2-7] 센서 분야별 기술별/연도별 특허출원 건수	15
[그림 2-8] 주요 국가별 센서별 특허출원 변화	15
[그림 2-9] 바이오센서 구성 및 원리	19
[그림 2-10] 자동차 1대당 적용되는 센서 수 추이	33
[그림 2-11] 자율주행차 정의	43
[그림 2-12] 교통약자를 위한 자율주행 서비스	46
[그림 2-13] 자율주행 서비스 모델	60
[그림 2-14] 미국의 인공지능 관련 기술 개발 내용	77
[그림 2-15] 국가별 인공지능 관련 벤처기업 분포도	80
[그림 2-16] 인공지능 기술별 벤처기업 수	81
[그림 2-17] 벤처의 인공지능 관련 펀딩규모와 생존기간	82
[그림 3-1] 대표성과 경제성 분석 추진체계와 절차	108
[그림 3-2] 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡의 불변가치 비교(단위: 조 원, 천만 시간/월) ·	129

제 1 장 서 론

- ICT 산업의 재도약과 글로벌 경쟁력 강화를 위한 선도적 R&D 기획 및 원천기술 확보를 위한 노력 중요
 - 국내 ICT 산업의 성장 정체 속, 중국 등 신흥국의 IT 경쟁력 강화
 - 과거 한국이 추격형 R&D를 통해 성장한 것과 같이 중국 등 신흥국들이 IT 분야에의 투자 확대와 기술력 확보에 기반하여 성장 주도
 - 중국, 인도 등 기본적인 시장의 범위를 확보하고 있는 국가들의 경우, 내수 시장 활성화를 통해 성장을 견인
 - 휴대폰, 반도체를 비롯하여 디스플레이, 가전, IT융합 등으로 확대되고 있음
 - 주도권 확보를 위해서는 First Mover로서 선도적인 R&D 및 새로운 서비스 및 시장 창출 필요
 - 미래 기술 예측을 기반으로 First Mover 요인 도출 필요
 - ICT의 기술선도를 위한 새로운 R&D 아이টে에 대한 수요 증대
 - 창의적인 아이디어뿐만 아니라 R&D 성과의 시장 창출력 확보를 위한 경제성 분석 등 필요
- 선도적인 미래 기술 예측 및 미래 유망 기술·산업·시장 분석의 중요성 증대
 - 기술선도를 위해서는 미래 유망 기술 예측 시스템 구축 필요
 - 글로벌 조사기관의 미래 유망 기술 예측 자료에의 의존성을 탈피하고 독자적인 미래 예측 체계 구축 필요
 - 미래 기술 도출에 따른 세부 기술에 대한 생태계 및 경쟁력 분석을 통해 국내에서의 경쟁력 확보 방안, 기술수준 확보 방안 등 시사점 도출 필요
 - 국내 기술 주도에 따른 시장과 산업 생태계 활성화 전략 등 도출 필요
- R&D 경쟁 시대에 대응한 기획역량 강화
 - ICT 기술 진보 및 민간의 기술개발 역량 성장에 따른 공공 및 민간부문 R&D 수주 경쟁 치열
 - R&D 기획 역량이 R&D 사업 확보에 크게 영향을 미침
 - ETRI의 R&D 기획역량 강화를 위해 미래 유망 기술의 선도적 분석 및 사전 기술경제성 및 통계 자료의 확보 중요

- R&D 기획과제의 사전 경제적 분석에 있어서 객관성 확보
 - R&D 사업에 대한 경쟁이 확대되면서 R&D 예상 성과에 대한 관심 고조
 - 특히 ETRI는 내부적으로 연구부서와 경제성 분석 부서가 공존함에 따라 경제성 분석의 객관성 확보가 필수
 - 객관적인 기술경제성 분석을 위한 자료의 확보 및 분석 프레임 워크 필요
 - ICT 분야의 R&D 투자에 대한 기여도 등 ICT 산업 맞춤형 논리, 이론, 방법론, 지수 등의 개발 필요
- R&D 성과에 대한 종합가치 분석과 분석결과의 신뢰성 확보
 - ETRI 대표성과에 대한 대내외적 홍보 및 우수 대표성과에 대한 인센티브 제공 필요
 - 대표성과에 대한 종합가치 분석(기술성, 경제성, 공공성) 결과의 영향력 증대
 - 특히 경제성 분석에 대한 신뢰성 확보를 위한 절차, 기준, 방법론에 대한 공감대 형성 필요
- 글로벌 ICT 환경에서의 주요 이슈에 대한 신속한 정보 제공
 - 정보의 홍수 속에서 ICT R&D 기획을 위해 필요한 기초 자료의 신속한 제공 필요
 - 조사기관의 자료, 글로벌 컨설팅 기업의 분석 자료 등 R&D 정책 및 기획에 필요한 자료의 신속 제공 및 자료 생성 중요
 - 의미있는 자료의 대내외 공유체계 확립

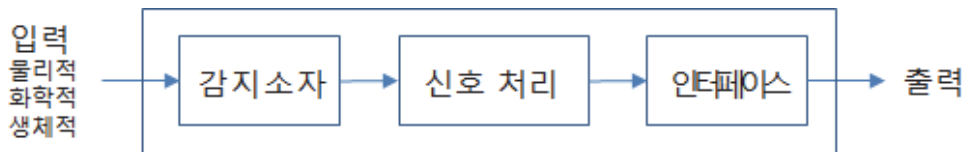
제 2 장 미래 유망기술 생태계 분석

제 1 절 센서산업과 주요 유망 센서 시장 및 기술 동향

1. 센서와 센서산업

□ 개념과 적용분야

- o (개념) 센서(Sensor)란 측정 대상물로부터 압력 · 가속도 · 온도 · 주파수 · 생체 신호 등의 정보를 감지하여 전기적 신호로 변환하여 주는 장치(device)를 의미
- 인간이 오감을 통해 주위 환경을 인지하고 파악하는 것처럼 다양한 전자기기는 센서를 통해 정보를 취득하고 분석하므로 센서는 전자기기의 감각기관 역할을 수행하며, 세계적으로 ICT는 국민 개개인의 창의적인 아이디어를 현실화 시키는 핵심기반으로 다양한 창조적 벤처의 창업을 촉진하고 있음.



[그림 2-1] 센서 기본 구조

- o (센서의 분류) 센서는 감지대상, 동작방식, 재료, 구현기술 및 집적도에 따라 다양하게 분류되며, 목적에 맞는 기준으로 혼용하여 사용

[표 2-1] 센서의 분류

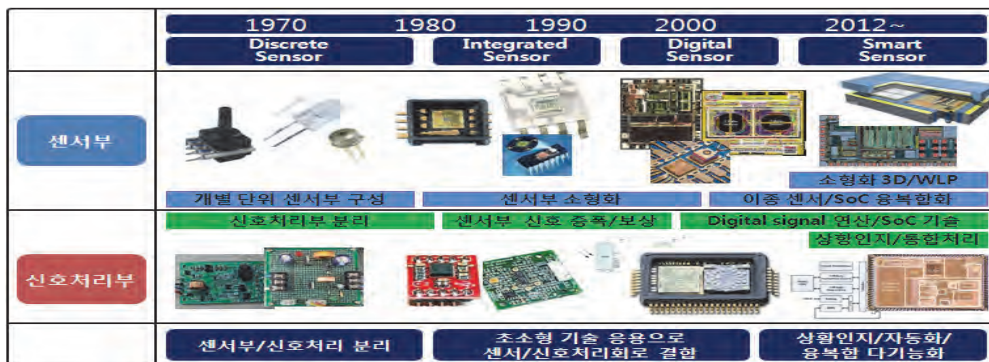
구분	내용
감지대상별	물리센서(힘, 온도, 전자기, 광학 등), 화학센서(가스, 이온, 수질 등), 바이오센서
감지방식별	저항형 센서, 용량형 센서, 광학식 센서, 자기식 센서
집적도별	단순센서, 전자식 센서, 디지털 센서, 지능형 센서
구현기술별	반도체 센서, MEMS 센서, 나노센서, 융복합센서
적용분야별	자동차용, 모바일용, 가전용, 환경용, 의료용 등

출처: CHO Alliance(2015), “IoT 시대에 주목받는 스마트 센서 유망분야 시장전망과 개발동향”

- (적용분야) 센서는 기기가 더 스마트하고, 안전하고, 환경 친화적이면서 쉽게 사용할 수 있는 기반을 제공하며, 계측기기, 자동차, 모바일기기, 가전기기, 의료기기, 국방·보안기기, 환경기기, 산업기기 등 다양한 분야에 적용되고 있음.
- 자동차의 센서사용은 최근 200여개('05년도 100여개)로 확대되었고, 대형건물은 약 2만개의 센서를 사용하며, 최신 스마트폰의 경우는 17개 정도의 센서를 탑재

□ 센서의 진화방향

- (센서의 첨단화·스마트화 요구 증가) 인간과 기기간의 상호작용이 증가되면서 기기의 첨단화·스마트화가 가속화 되고 있으며, 이에 따라 센서도 지능화 추구
- 센서의 소형화·복합화·지능화 추구
 - MEMS(Micro Electro Mechanical System: 미세전자기계시스템) 기반으로 센서가 더욱 소형화되고 있으며, 단일센서 모듈→복합센서 모듈→one-chip 복합센서로 복합화가 진전되고 있으며, 가상·증강현실과의 결합으로 지능화된 서비스를 제공
 - ※ 시장조사기관 IHS에 따르면, 두 개 이상의 센서를 하나의 패키지로 구현한 복합센서 시장은 '12년을 시작으로 본격적으로 확대되어 '16년에는 모션센서 분야 시장의 약 50%에 까지 이를 것이라고 예상
 - 한국센서연구조합에 따르면 센서 연구의 주요 방향은 ① 이전에는 센싱할 수 없었던 영역의 센싱, ② 센서의 제조공정, 작동원리 혁신(예: 3D프린팅을 활용한 Flexible 형태 센서 개발), ③ 전력소비 향상을 통한 가용성 확대(예: 운동에너지 변환을 통한 자가발전), ④ 기존 센서의 정확도와 정밀도 향상(예: 미세동작 감지센서) 등으로 구분 가능



출처: 지식경제부(2012), “센서산업 발전전략” 보도자료

[그림 2-2] 센서의 진화방향

- o (침단센서 또는 스마트센서) 센싱 기능에 데이터 처리, 의사결정, 통신기능 등이 결합되어 자동보정, 상황판단, 네트워킹 등이 가능한 차세대 지능화된 센서
- 침단센서의 비중은 ' 14년 19%에서 ' 20년에는 49%로 급속히 확대될 것으로 예상



출처: 전자신문(左) 2014.11.21., 지식경제부(右), “센서산업 발전전략” 보도자료, 2012.

[그림 2-3] 스마트폰과 자동차 등에 내장된 대표적 센서

□ 센서산업의 범위 및 특성

- o (범위) 센서산업은 센서 제조를 위한 소재산업, 소재를 이용하여 고유 기능이 구현된 소자산업, 여러 개의 소자를 사용하여 조립한 모듈 및 시스템형 산업을 포함.
 - 센서는 최종재화로서 사용되기보다 특정 어플리케이션을 제공하기 위해 정보를 취득, 센싱하는 도구로서 중간재 성격을 가지므로 전형적인 부품산업으로 볼 수 있음.
- o (구조 및 특징) 센서는 칩, 패키지, 모듈, 시스템의 단계를 거쳐 대부분의 산업에 활용
 - 칩 생산이 중요하며, 패키지, 모듈은 활용산업의 혁신제품 개발에 영향
 - 센서는 대부분 세트제품의 기능을 다양화, 첨단화 시키는 핵심요소로, 편리·안전·인간과 기기의 원활한 인터페이스를 위해 반드시 필요
 - 다품종·소량 생산으로 응용분야에 따라 재료기술, 설계기술, 공정기술 등이 다르기 때문에 글로벌 전문기업 육성에 적합하며, 주로 대기업인 수요기업과의 상생협력이 중요한 분야
 - 기반산업, 융합기술, 첨단 지식산업의 특성으로 양질의 일자리 창출 등 창조경제 생태계 구성에 적합한 업종



출처: 지식경제부(2012), “센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업 기획보고서”

[그림 2-4] 센서 산업의 범위

- o (센서의 산업별 활용도) 다양한 형태의 센서가 여러 산업부문에 적용되어 활용되고 있으며, IoT 시대의 도래에 따라 산업적 활용도는 대폭 증가할 전망

[표 2-2] 산업별 활용도가 높은 주요 센서

산업분야	활용도 높은 주요 센서	산업분야	활용도 높은 주요 센서
소비, 가전	온도/습도 센서, 진동/소음 센서, 접촉/터치/압력센서, 마이크로폰, 카메라 근접/조도/색감 센서, 가속도/지자기계/자이로스코프, IR동작/체온센서 등	자동차	흡/배기 가스센서, 유량센서, 공기압센서, 온도/습도 센서, 마이크로폰, 카메라, 레인센서, 라이다 등
의료, 건강	체온센서, 혈압계, 심전도, 심박센서, 뇌파센서, 당뇨센서, 지문, 홍채인식 센서 등	가정, 빌딩	이산화탄소, 미세먼지, 황사감지 센서, 가스/연기/화재감지, 카메라, 적외선, 음향, 진동감지, 동작, 압력센서 등
항공	항법장치(GPS 등), 기온/습도/풍속/풍향센서, 레인센서, 라이다, RF/Laser 기반 고도센서 등	도시, 환경	기압/온도/습도, 일조량/적외선/자외선, 황사/먼지/오존 감지 센서, 농약, 독성검출 등

출처: LGERI 리포트, 2014년 5월

- 센서의 사용 확대는 단순히 센서 기술의 발달 자체에 의해서만 가능해 진 것이 아니라, 모바일 컴퓨팅의 진화, 네트워크 인프라 확대, 클라우드 컴퓨팅의 보편화 등이 이미 개발은 되었으나 제대로 활용되지 못했던 센서를 활용한 시스템 및

서비스를 가능하게 함.

- ※ 한국센서연구조합의 조사에 따르면, 현재 기술적으로 구현 가능한 센서의 종류는 약 350여 가지에 이름

□ 국내 센서산업 · 기술 경쟁력

- o (센서산업의 경쟁력 중요성) 센서가 대부분 기기의 핵심 부품으로 확대되면서 센서산업의 경쟁력 확보가 국가 산업경쟁력 강화의 필수 요소가 되고 있음.
 - 센서산업 자체만으로도 향후 IoT 진전으로 높은 성장이 예상되며, 센서산업은 타 산업분야에 미치는 파급이 커서 전략산업으로 육성할 필요
 - ※ KPMG가 반도체 업계 임원을 대상으로 실시한 설문조사에 따르면 응답자 중 61%는 센서를 올해 반도체 시장의 가장 강력한 성장요인으로 응답(디지털타임스, 2015)
- o 세계 센서시장은 IT융합의 진전으로 센서사용이 급증하고 센서의 첨단화 추세에 따라 시장이 급성장하고 있으나, 국내 산업의 경쟁력은 매우 취약
 - 국내 기업은 첨단 센서의 기술력 부족과 가격경쟁력 취약으로 인해 미국 · 독일 · 일본 등 선진기술 보유국과 가격경쟁력을 앞세운 중국의 중간에 위치한 샌드위치 상태
 - 센서기술은 미국, 독일 등 일부 선진국을 중심으로 디지털 센서 단계를 지나 스마트 센서에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 첨단센서의 경쟁력을 타산업분야 경쟁력의 핵심으로 인식하여 집중 지원하고 있음.
 - (기술경쟁력) 국가별 기술수준은 미국 · 독일 · 일본 등이 최고 수준을 보유

[표 2-3] 국가별 센서기술 수준 분석

구분	소재	설계	설비	양산	핵심	평균
미국	100	100	90	85	100	95
유럽	100	100	95	95	100	98
일본	100	95	90	100	100	97
한국	55.5	72.4	70.0	69.7	55.8	64.7

출처: CHO Alliance(2015), “IoT 시대에 주목받는 스마트 센서 유망분야 시장전망과 개발동향”

- 우리나라의 경우 센서 핵심기술의 수준이 선진국 대비 55.8로 매우 낮은 수준으로, 특히 수요가 급증하는 첨단센서는 낮은 기술력으로 인해 국내 수요의 대부분(약 80% 이상)을 수입에 의존
- (산업경쟁력) ’ 13년 기준 글로벌 센서시장에서 우리나라 점유율은 2.1% 수준으로 미국(31.8%), 일본(18.6%), 독일(12.2%)에 비해 낮고 중국(2.9%)에도 뒤쳐진 상태

2. 센서시장과 특허 동향

□ 시장 현황과 전망

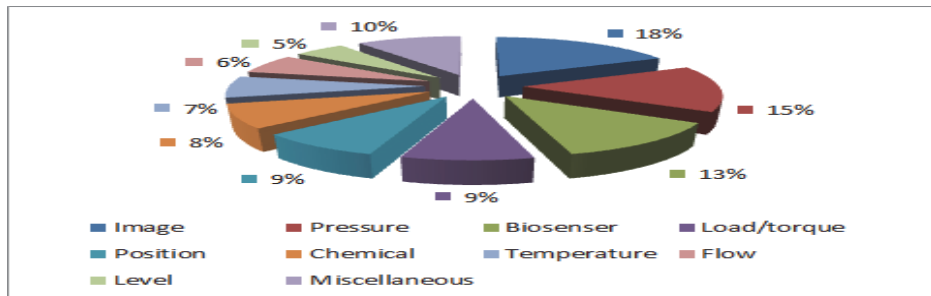
- o (세계 시장 규모) 세계 센서시장은 '14년 795억 달러에서 연평균 7.9%의 성장률을 보이며 '19년에는 1,161억 달러로 성장할 전망
- 센서는 유형별로 이미지와 압력센서 그리고 바이오센서 순으로 비중이 큰 것으로 나타나며, 가장 큰 비중을 보이는 이미지 센서는 주로 스마트 기기, 디지털 카메라, 방송촬영용 카메라, 의료영상기기 등에 사용됨.
- 압력 센서는 압력계, 진공계, 소방시설, 급수장치, 냉동기, 기타 산업현장 등 넓은 응용분야에서 두루 사용되고 있음.
- 세 번째로 큰 비중을 차지한 바이오센서는 측정 특정 원인 검출 및 검사 장치로써 주로 혈당(압), 심전도, 임신유무 등의 의료용 장비에 가장 많이 사용되고 있음.

[표 2-4] 세계 유형별 센서 시장전망(단위 : 백만 달러)

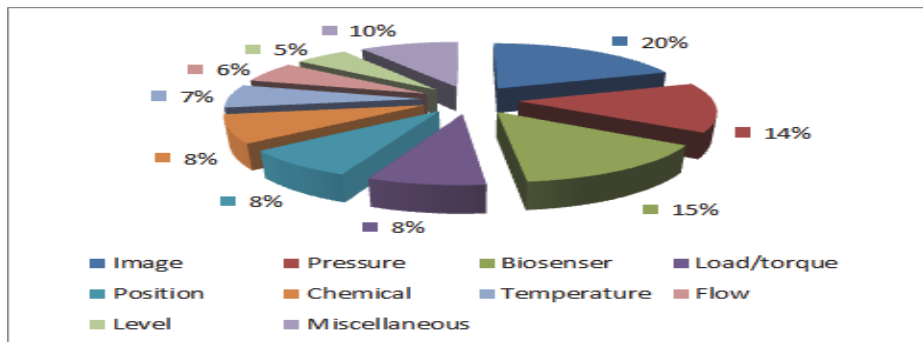
구분	2012	2013	2014	2019	CAGR
Image sensor	12,280	13,330	14,490	22,900	9.6%
Pressure sensor	10,340	10,910	11,480	16,270	7.2%
Biosensor	8,650	9,430	10,290	16,910	10.4%
Load/torque sensor	6,120	6,530	6,970	9,430	6.2%
Position sensor	5,870	6,290	6,740	9,450	7.0%
Chemical sensor	5,340	5,780	6,210	9,250	8.3%
Temperature sensor	4,810	5,230	5,690	7,650	6.1%
Flow sensor	4,350	4,720	5,120	6,880	6.1%
Level sensor	3,430	3,970	4,430	6,120	6.7%
Miscellaneous sensors	6,990	7,550	8,120	11,240	6.7%
Total	68,180	73,740	79,540	116,100	7.9%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

- 센서 유형별 시장점유율을 '12년과 '19년도를 비교해 살펴보면, 가장 큰 비중은 역시 이미지 센서가 차지하고 있으며, '12년 기준 13%의 비중인 바이오센서는 '19년에는 압력센서를 제치고 15%의 비중을 차지할 것으로 전망되고 있음.



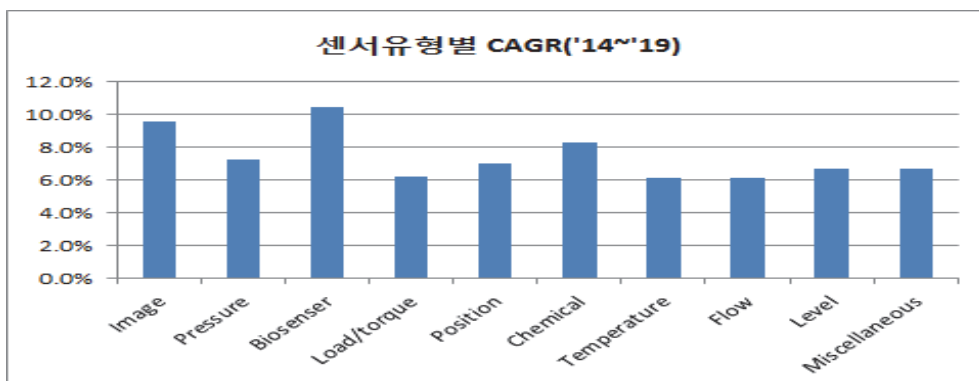
(2012년의 경우)



(2019년의 경우)

[그림 2-5] 센서 형태별 시장점유율(2012년 Vs 2019년 비교)

- 센서 유형별로 시장성장률을 살펴보면, 바이오센서가 10.4%로 가장 급속히 성장하고, 이미지 센서(9.6%), 화학센서(8.3%), 압력센서(7.2%)가 그 뒤를 따르고 있음.



[그림 2-6] 센서 유형별 시장 성장률('14~'19)

- o (지역별 센서시장 전망) 지역별로 센서시장의 규모를 살펴보면 ' 12년 기준으로 북미지역이 224억 달러 규모, 점유율 33%로 가장 시장이 크고, 유럽, 아시아-태평양 지역이 그 뒤를 잇고 있음.
- 동태적 관점에서 살펴보면, 아시아-태평양 지역이 ' 19년 기준으로 유럽시장을 제치고 북미에 뒤이어 두 번째로 큰 시장을 형성할 것으로 전망됨.

[표 2-5] 지역별 센서시장 전망(단위: 백만 달러)

구분	2012	2013	2014	2019	CAGR (‘14~‘19)
북미 지역	22,420	23,835	25,525	37,170	7.8%
유럽 지역	19,715	20,980	22,395	32,450	7.7%
아시아-태평양 지역	17,240	19,300	21,310	32,570	8.9%
기타 지역	8,805	9,625	10,310	13,910	6.2%
합계	68,180	73,740	79,540	116,100	7.9%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

- 어플리케이션 형태별 시장점유율을 동태적으로 살펴보면 자동차 산업 적용, 프로세스산업 적용은 ' 12년 대비 ' 19년 시장점유율이 소폭 감소하나, 모바일 기기의 확산과 헬스케어 분야의 관심고조로 일반소비재 산업과 의료산업은 점유율이 다소 증가할 것으로 전망됨.

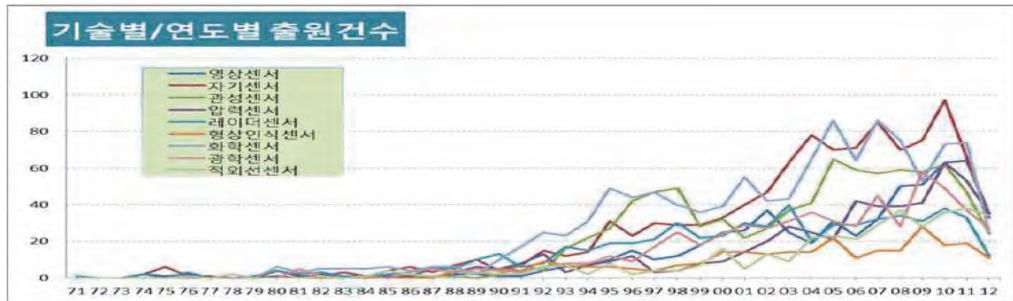
[표 2-6] 어플리케이션 형태별 센서시장 전망(단위 : 백만 달러)

구분	2012	2013	2014	2019	CAGR (‘14~‘19)
자동차 산업 적용	16,255	16,545	17,330	24,860	7.5%
프로세스 산업 적용	12,420	13,175	13,675	19,500	7.4%
일반 소비재 산업 적용	11,420	12,600	14,530	22,280	8.9%
의료산업 적용	7,145	8,090	9,020	13,860	9.0%
기계제조산업 적용	7,055	7,515	7,865	11,190	7.3%
건설산업 적용	6,805	7,330	7,715	10,960	7.3%
항공기 및 선박건조 적용	4,315	4,860	5,195	7,420	7.4%
기타	2,765	3,625	4,210	6,030	7.5%
합계	68,180	73,740	79,540	116,100	7.9%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

□ 특허 출원 추세

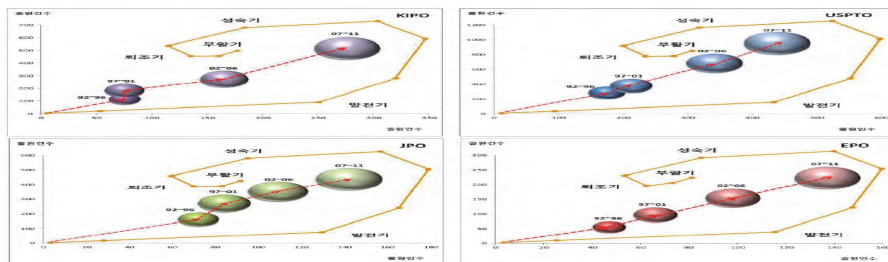
o 센서 분야별로 특허 출원은 모든 분야에서 지속적 증가 추세



출처: 센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업 예비타당성조사 보고서, KISTEP, 2013.12.

[그림 2-7] 센서 분야별 기술별/연도별 특허출원 건수

- 센서 분야별로는 화학, 자기, 관성 센서 순으로 특허 출원이 활발한 것으로 조사되었는데, 이는 90년대부터 많은 특허출원이 이루어졌기 때문으로 판단됨.
 - 형상인식센서와 적외선 이미지 센서는 상대적으로 출원이 적은 것으로 조사되었는데, 이는 비교적 최근부터 특허출원이 활발해졌기 때문
- o 기술성장 단계는 압력센서를 제외한 대부분의 센서분야가 성장기로 조사됨.
- 첨단 센서 기술분야는 특허출원건수와 출원인 수가 대체로 증가하는 성장기의 특성을 보이고 있음.
 - 인간과 기기간의 상호작용이 심화되어 각종 기기가 지능화, 첨단화됨에 따라 센서 또한 지능화, 첨단화 되고 있으며, 특히 자동차, 바이오, 보안 및 모바일 분야에서 첨단센서에 대한 수요가 높아지고 있음.



출처: 센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업 예비타당성조사 보고서, KISTEP, 2013.12.

[그림 2-8] 주요 국가별 센서별 특허출원 변화

3. 국내시장 전망 및 파급효과 분석

□ 국내 시장 특성

- (시장전망) 산업통상자원부(이하 산업부)의 보도에 따르면, 국내 센서 내수시장은 '12년 약 54억 달러 규모에서 '20년 99억 달러 규모로 연평균 10.4% 성장할 것으로 전망
- 국내 내수시장은 세계 시장보다 높은 성장률이 예상되나 국내 기업의 내수시장 점유율은 10.5% 수준으로 매우 낮은 상황
- 국내 기업의 생산액은 '12년 기준 13.3억 달러 규모로 세계 시장에서 차지하는 비중은 1.9%로 매우 낮은 수준
- 정부는 '첨단 스마트 센서 육성사업'에 '15년부터 6년간 1,508억 원을 투자할 계획이며, '20년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출을 달성할 것을 목표로 설정

[표 2-7] 국내 센서산업 시장규모 현황 및 전망(단위 : 억 달러)

구분	2012	2013	2014	2020	CAGR
국내 내수시장	54	60	65.7	99	10.4%
국내 생산액	13.3	15.3	17.7	42	15.5%
수출액	7.6	8.6	9.8	21	13.5%
수입액	48.3	53.3	57.8	78	8.2%
세계시장에서 국내생산 비중(%)	1.9%	2.1%	2.2%	3.4%	-
국내기업의 내수시장 점유율(%)	10.5%	11.2%	12.0%	21.2%	-

출처: 지식경제부(2012), "센서산업 발전전략" 보도자료를 기반으로 ETRI 산업전략연구부 추정

- (시장구조) 국내 수요기업은 국내 제품의 신뢰성, 첨단 센서의 성능문제 등으로 센서수요를 해외기업으로부터 주로 조달
- 센서 수요기업은 성능·신뢰성 등을 이유로 해외제품을 사용하고 국내 센서기업은 영세성과 기술력 부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환 형성
 - ※ 글로벌화 된 수요기업은 검증된 해외센서를 사용하고, 국내 센서기업은 저가 센서 조립 생산 및 이로 인한 첨단센서 개발역량 취약의 악순환 지속
 - ※ 국내 센서기업 중 300억 원 이상 센서 매출기업은 전체의 14%인 8개, 평균 R&D 투자는 평균 매출액(175억 원)의 1.5% 수준인 2.7억 원(57개 국내 센서기업 조사기준, '12.6.)
- 센서 제품 중 스마트폰의 이미지센서(국내 자급률 약 50%), 가스 및 수질을 측정

하는 화학센서(5~10%), 광섬유를 이용하여 건물 안전을 진단하는 등의 광학센서(5~10%)를 제외한 나머지 센서들(압력, 관성, 자기, 영상, 레이더)은 거의 전량을 수입에 의존하고 있음.

- 신제품 개발 시에도 신뢰성 평가를 위한 기반 부재와 마케팅 역량 부족 등으로 시장진입이 곤란

※ 센서제품기술의 신뢰성 평가를 위한 시험·테스트 지원이 가능한 국내기관이 없어 해외기관에 의존

- 국내 스마트폰, 자동차 산업의 성장에 따라 일부 센서 생산업체의 매출이 동반 상승하는 효과 발생

※ 그러나 생산제품의 핵심소자, IC 등은 수입에 의존하고 있어 신제품 개발과 고부가가치 창출이 곤란하며, 수요가 증가하는 첨단센서의 경우 거의 100%를 수입에 의존

- 센서 개발을 위해서는 생산기업과 수요기업, 산·학·연간 협업 등 네트워크링이 중요하나, 국내 센서산업은 협업 생태계 부재

※ 수요기업과 협력업체간 납품구조가 아닌 새로운 UI/UX와 연계한 센서개발을 위한 세트 기업과 센서부품 기업간 공동개발 체계 필요

- o (기술수준) 국내 센서 기술수준은 낮은 수준이며, 특히 첨단센서의 기술 수준은 더욱 미흡한 수준

- 국내 센서의 기술수준은 선진국 대비 65% 수준이며, 첨단센서에 대한 기반기술의 부족으로 혁신제품 개발에 한계

※ 첨단센서의 가장 중요한 분야인 소자신호처리부에 대한 기술은 거의 전무한 실정

- o (인력현황) 국내 센서산업의 종사자는 ' 11년 기준 약 6천명으로 추정되며, 주로 검사장비·생산직에 종사

- 기업의 신규 인력 수요는 매년 약 450명 정도인 것으로 조사되었으나, 대학에서 배출되는 대부분의 인력은 반도체 등 타분야로 진출

※ 자체기술 개발을 위한 애로사항 중 고급 전문인력 부족이 가장 큰 문제로 파악

- 센서산업에 대한 비전 부재로 우수인력의 센서분야 종사 기피, 교육기관의 관심도 미흡한 실정

□ 산업파급효과 분석

- o 센서산업의 경제적 기대효과를 분석한 결과, ' 15년 기준 4조 원의 생산유발, 1조 1천억 원의 부가가치유발 및 13,800명 정도의 고용유발효과 창출 전망

- 산업부의 계획대로 국내 생산액이 증대될 경우를 가정하면, '20년 기준으로는 약 8조 3천억 원의 생산유발, 2조 3천억 원 규모의 부가가치유발 및 2만 8천 명 정도의 고용유발효과를 가져올 것으로 분석됨.

[표 2-8] 센서산업의 산업파급효과 분석(단위: 억 원, 명)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
생산유발효과	40,653	46,945	54,213	62,604	72,295	83,487
부가가치유발효과	11,526	13,310	15,371	17,750	20,498	23,671
고용유발효과	13,796	15,931	18,397	21,245	24,534	28,332

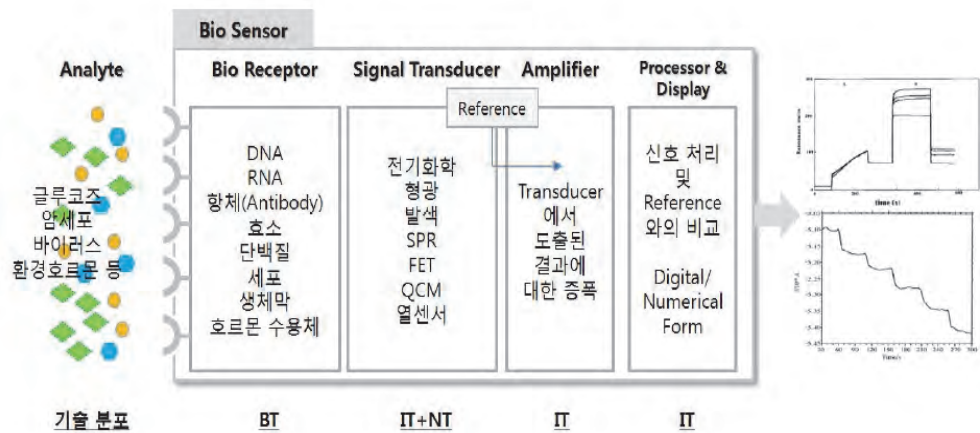
주) 센서관련 파급효과 계수는 '기타 전자부품(소분류, 085)'의 계수를 이용하였음. 계수는 한국은행의 2012년 산업연관표(2014.06, 2010년 실측치의 연장표)을 사용
출처: 지식경제부(2012), "센서산업 발전전략" 보도자료를 기반으로 ETRI 산업전략연구부 추정

4. 주요 유망센서 시장 및 기술 동향

가. 바이오(의료) 센서

□ 바이오 센서 정의

- o (시장전망) 산업통상자원부의 보도에 따르면, 국내 센서 내수시장은 '12년 약 54억 달러 규모에서 '20년 99억 달러 규모로 연평균 10.4% 성장할 것으로 전망
- o 바이오센서(Bio Sensor)는 특정물질(analyte)을 선택 특이성이 있는 생체수용체(bio-receptor)와 반응시키고 신호변환기(signal transducer)로 측정하여 특정 물질의 존재나 양을 확인할 수 있는 장치나 소자를 의미
 - 특정물질(analyte) : 분석 대상이 되는 물질(암세포, 바이러스, 다양한 화학물질 등)
 - 생체수용체(bio receptor) : DNA, RNA, 항체, 효소 단백질, 세포, 생체막 및 호르몬 수용체 등의 생체물질과 흡착 및 반응할 수 있도록 고안된 부분
 - 신호변환기(Signal Transducer) : 특정물질과 생체수용체 간 반응을 다양한 방법을 이용하여 전기적 신호로 변환하는 장치



출처: 한국기계연구원, 바이오 센서 글로벌 시장 동향 분석, 2011.

[그림 2-9] 바이오센서 구성 및 원리

□ 바이오 센서 적용분야

- 바이오센서의 활용분야는 의료, 환경, 산업공정(process industries), 군사(화학전), 기타(연구, 식품 등)로 분류되며, 의료분야가 가장 큰 수요를 보일 것으로 전망

[표 2-9] 바이오센서 활용분야

구분	활용 사례
의료	○ 혈당, 혈중가스, 임신, 암세포, 심전도, 콜레스테롤, 젖산, 요소 등 다양한 생체 물질 및 생체 신호 분석에 사용
환경	○ 환경호르몬(다이옥신), 폐수의 BOD, 중금속, 농약, 방사능 등 다양한 환경 관련 물질 검출 및 확인에 사용
산업공정	○ 화학, 정유, 제약, 생물발효 등 다양한 생화학물 제조공정에서 나오는 특정 물질에 대한 분석에 사용
군사	○ 사린, 탄저균, 신경가스 등 대량 살상무기를 탐지하는데 사용
기타	○ 생체물질간의 상호작용을 측정하여 생분자에 대한 다양한 정보를 확보 ○ 단일 분자 거동 측정 등 새로운 분석 기능 제공 ○ 식품에 포함되어 있는 잔류농약, 향생제, 병원균, 중금속 등과 같은 유해 물질 및 부패 촉진 물질 검출에 사용

출처: 전자산업진흥회(바이오센서 산업동향, 2007), KT 경영경제연구소(U-헬스케어 확산의 도화선, 2010), 한국기계연구원(바이오 센서 글로벌 시장 동향 분석, 2011) 등을 참고하여 인용 및 재정리

- 특히 의료분야는 인구의 노령화 및 고령화로 인해 기본적인 성인병과 관련된 관리/예방 차원에서 관련 수요가 급증할 것으로 예상됨.
- 최근 데이터의 디지털화와 통신네트워크, 프로세싱, 센싱 등의 IT 기술이 개별 및 복합적인 발전을 토대로 환경, 산업공정, 기타 부문은 바이오센서의 채용을 점차 늘려갈 것으로 보임.
- 군사분야는 전통적으로 생화학전에 대비하여 사전적 탐지기술을 바이오센서를 통해 군사를 보호할 수 있도록 환경을 구축할 필요가 있으므로 관련 수요가 꾸준히 존재할 것으로 전망됨.

□ 바이오 센서 성장 및 저해 요인

- 바이오센서의 성장요인으로 크게 ①나노기술 발전, ②응용분야 확대, ③예방 의학 관심고조 등이 있음.
 - (나노기술 발전) 바이오 센싱 기능 자체를 강화하는데 직접적인 도움을 주고 있으며 이를 통해 공정기술 향상 및 응용 분야 확대, 가격 절하효과 등 다양한 긍정적 효과를 가져는 중임.
 - (응용분야 확대) 응용분야의 확대는 기술 수요 증가로 이어지며 이는 관련 기술에 대한 R&D, 사업화 및 제품화 속도가 빨라지도록 도움을 줄 수 있음.
 - (예방의학 관심고조) 인구의 고령화 및 음식 습관의 서구화 등으로 인해 다양한 장기적 관리질환이 확대되는 추세이고 이들이 치료비용 절감 및 생명유지에 도움이 되는 예방의학에 대한 관심을 기울임에 따라 바이오센서 확대 기회가 증가될 것으로 전망됨.
- 바이오센서의 저해요인으로 크게 ①R&D 환경, ②고비용, ③의료분야의 제품 수용문제, ④기술의 미성숙성 등이 있음.
 - (R&D 환경) 대부분의 고난이도 기술에 대한 R&D는 보다 체계적이고 안정적인 편당을 통해 장기적 관점에서 실시되어야하나 일부 선진국을 제외하고 대부분의 나라들은 장기적이고 계획적인 R&D 정책을 수립하기 어려움.
 - (고비용) 초기 제품을 구입하는데 들어가는 비용이 매우 높으며, 일반 소비자들이 이용할 수 있는 수준으로 가격하락이 일어나는데 비교적 높은 시간이 걸림.
 - (의료분야의 제품수용 문제) 특히 의료용의 경우 신체(생명)과 직접적인 상관 관계를 가지기 때문에 결과분석의 오차율이 매우 희박한 수준으로 작아야하며

이런 원인으로 인해 제품선점효과가 높은 시장임.

- (기술의 미성숙성) 산업 공정 분야에서 열악한 환경조건을 견딜 수 있는 바이오 센서의 수요가 크지만 아직 다양한 환경을 특정한 수준으로 배제 시킬 수 있는 바이오센서 기술이 부족한 상황임.

□ 바이오센서 시장 전망

- o 바이오센서의 경우 '14년 102억 달러에서 연평균 10.4%의 성장률을 보이며 '19년에는 169억 달러의 규모로 성장할 전망
- 유형별로는 의료 관련 분야가 49억 달러(Point-of-care와 Home diagnostics의 합)로 바이오 센서 전체의 절반에 이르는 비중을 차지할 것으로 전망
- 그밖에 환경, 화학 및 가스 등 공정산업, 군사(화학전) 등의 순으로 높은 비중을 보이는 것으로 나타남.

[표 2-10] 세계 응용분야별 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR
Point-of-care	2,775	2,980	3,323	3,706	4,133	4,609	5,140	11.5%
Home diagnostics	2,130	2,285	2,538	2,818	3,130	3,476	3,860	11.1%
Environmental	1,570	1,715	1,880	2,061	2,259	2,477	2,715	9.6%
Process industries	990	1,115	1,219	1,334	1,459	1,595	1,745	9.4%
Biodefense	875	990	1,084	1,186	1,298	1,421	1,555	9.5%
Other	1,090	1,205	1,319	1,444	1,581	1,731	1,895	9.5%
Total	9,430	10,290	11,365	12,552	13,863	15,311	16,910	10.4%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

- o 기술별로는 전자화학적 기술특성을 이용한 바이오 센서가 '14년 38억 달러에서 '19년 60억 달러 규모로 성장하는 반면 비중은 37.2%에서 35.5%로 소폭 감소할 것으로 나타남.
- 이에 반해 MEMS 기술을 이용한 바이오센서는 '14년 27억 달러에서 연평균 12.4% 성장을 통해 49억 달러 규모로 성장과 함께 비중 또한 26.5%에서 28.9%로 커질 것으로 전망됨.

[표 2-11] 세계 기술별 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR
Electrochemical	3,490	3,830	4,190	4,583	5,014	5,485	6,000	9.4%
MEMS	2,540	2,730	3,068	3,447	3,873	4,352	4,890	12.4%
Optoelectric	1,150	1,255	1,384	1,527	1,685	1,858	2,050	10.3%
Thermistor	855	975	1,070	1,174	1,288	1,413	1,550	9.7%
Other	1,395	1,500	1,651	1,816	1,999	2,199	2,420	10.0%
Total	9,430	10,290	11,365	12,552	13,863	15,311	16,910	10.4%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

- 의료분야에서 바이오센서의 용도는 혈당, 콜레스테롤, 질병감염, 심전도, 혈액 가스, 임신, 기타 등으로 구성되어 있으며 주로 혈당검사가 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남.
- 아래 항목들은 대부분 성인병(당뇨, 고혈압, 심혈관 질환 등)과 관련된 것으로 장기적으로 관리할 수 있는 장치에 사용되고 있음.

[표 2-12] 세계 의료분야 바이오센서 시장전망(단위: 백만 달러)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR
혈당 검사	2,212	2,417	2,738	3,102	3,514	3,979	4,429	12.9%
콜레스테롤 검사	636	677	747	823	906	998	1,112	10.4%
질병감염 검사	485	511	558	609	665	725	807	9.6%
심전도 검사	439	459	498	540	584	632	704	8.9%
혈액가스 검사	425	448	488	532	580	632	704	9.5%
임신 검사	327	347	383	421	464	510	568	10.3%
기타	381	406	450	497	550	608	677	10.7%
합계	4,905	5,265	5,861	6,524	7,263	8,085	9,000	11.3%

출처: BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013

□ 의료분야 바이오센서 기술 및 개발동향

- 바이오센서는 기술형태별로 크게 FET(Field Effect Transistor), 나노(Nano Technology), MEMS(Micro Electro Mechanical System) 등 3가지로 구분
 - 바이오센서의 개발은 FET 기술의 융합과 더불어 나노에 이은 MEMS 기술 등이 점차 융합되는 과정을 보이는 것으로 나타남.
 - (FET) 대체로 반도체 집적회로제조공정기법을 이용하며 바이오 물질에 전류를 흘려보내 특정 전류의 형태를 확인하는 기술이 적용된 바이오센서 기술

- (나노) 단백질(효소, 항원, 항체 등) 또는 DNA 같은 생체 분자와 유사한 특징을 가지는 금속이나 반도체 나노입자를 이용하여 다양한 방법을 통해 관련 분자를 추출해낼 수 있는 바이오센서 기술
- (MEMS) 반도체의 미세 가공 기술을 응용하여 만든 센서로써 고정밀도의 입력 및 검출 기능을 가짐에 따라 가스 및 바이오센서로 응용이 가능한 기술
- o (FET) 바이오센서의 유형에는 ISFET(Ion Sensitive FET), ENFET(Enzyme Based FET), IMFET(Immynological FET) 등이 있음.
 - (ISFET) 수용액 내부의 이온 농도의 변화 값을 FET가 검출함으로써 기체, 이온, 압력, 습도, 온도 등을 측정하는 기능을 제공할 수 있음.
 - (ENFET) 효소의 화학적 반응을 이용하여 특정효소를 감지할 수 있는 바이오센서를 ENFET로 불리며 주로 포도당, 요소 등이 특정효소로 볼 수 있음.
 - (IMFET) 항체는 특정 항원에만 반응하는 형태를 취하며 실험자가 원하는 항원만을 감지할 수 있게 구성한 바이오센서를 의미
- o (나노) 바이오센서는 나노광섬유, 나노입자, 나노선, 나노튜브 등과 같은 나노 구조체를 바이오센서에 응용한 형태가 대부분임.
 - 특정 염기서열의 DNA가 코팅된 금 나노입자(지름~13 nm) 구조체(용액)를 이용한 진단 기술
 - 나노선 기반 트랜지스터를 이용한 나노바이오 센서 개발 기술
 - 탄소나노튜브를 전기·화학적 바이오센서의 신호분석기로 활용
- o (MEMS) 마이크로미터 수준의 초소형전자기계 제작기술을 활용해 이미 밝혀진 유전자 조각을 대량으로 고정화 시켜놓고 검사물질을 반응시켜 질병을 진단
 - 극소량의 검사물질(체액, 피, 타액 등)로 각종 진단 및 검사를 빠르게 수행할 수 있으며, 의료용 진단기기의 소형화가 가능함.

[표 2-13] 바이오 센서의 기술분류 및 내용

중분류	세분류	내 용
센서기판	기판	가공 용이성 높은 세라믹, 유리, 폴리머, 실리콘 등의 기판 소재로서, 저비용으로 생산할 수 있는 기판 소재 개발 기술
	표면처리/패터닝	Non Specific Binding을 최소화할 수 있는 기판의 표면처리 또는 패터닝 기술
	고정화	기판에 생체소재를 고정화하는 기술로서, 균일화, 고집적화, 안정화, 어세이 최적화 등을 구현할 수 있는 기술
센서소자	생체반응검출	센서소자에서 생체소재의 반응을 검출하는 메커니즘을 개선하는 기술
	신호증폭	센서소자에서의 생체소재 반응 신호를 증폭하거나 처리하는 메커니즘을 개선하는 기술
	노이즈제거/설계	센서소자에서의 생체반응 검출 시 노이즈를 제거하거나 센서소자의 설계를 개선하는 기술
시스템	유체제어	센서 시스템에 있어서 미세 유체를 제어하기 위한 기술
	전처리/측정	센서 시스템에서의 생체소재 반응 측정을 위해 생체소재를 전처리하거나 검출된 생체반응을 측정하는 기술
	패키징	센서소자를 패키징하여 센서 시스템을 집적화하는 기술

출처: KIST, 융합연구를 통한 질병진단용 바이오 센서 기술, 2014.05

- o 바이오센서는 IT기술과 융합되어 점차 초소형, 초고속, 고정밀 기능을 제공하고 있으며, 주로 진단 및 관리용 의료기기 분야에 응용되고 있는 추세임.
 - 초기 FET 기술과의 결합으로 인해 점차 검출이 빠르게 변화할 수 있도록 진화중이며, 나노와 MEMS 기술까지 포함시킴에 따라 소형에서 초소형의 형태로 진전 중임.
 - 시료 전처리와 결과 해석을 빠르고 정확하게 실시 할 수 있게 됨에 따라 현재의 현장검사(PoC: Point-of-Care) 또는 신속진단검사(RDT: Rapid Diagnostics Test) 등의 분야를 중심으로 접목되고 있음.
- o 국내의 경우 바이오센서 기술개발은 주로 기초중심의 연구가 대부분인 것으로 확인됨
 - 바이오센서 연구는 1999년부터 2013년까지 총 752건이며 그 중 시스템 측면에서 접근한 종합적 성격의 연구는 71건으로 10%의 수준임.
 - 바이오센서 시스템 연구는 2001년부터 시작되었으나 바이오센서를 구성하는 시스템에 관한 연구로 이것이 실제 제품화하는 측면까지 고려되지 않았으며, 현재까지도 기술개발이 가장 긴 혈당측정기구와 관련된 제품이 제대로 출시되지 않는 상황임.
 - 주로 소규모 단년도 과제(최대 20억 이내, 2~3년 이내)로써 특정기술이 제품화

하기까지 중장기적 기획 및 사업이 없는 실정으로 보임.

- o 한편 바이오 센서는 신체에 적용하는 방법에 따라 비삽입형(External)과 삽입형(Implantable)로 나눌 수 있음.
 - (삽입/침습형) 몸안에 발생된 질환을 신체내부로 특정 디바이스를 투입하는 것을 삽입형 혹은 침습형(invasive)으로 지칭
 - (비삽입/비침습형) 특정질환·질병 유무의 확인 및 관리에 있어 직접적으로 환부 내에 센서를 위치시키지 않고서도 다양한 기능을 제공할 수 있는 센서를 의미
- o 바이오센서는 과거 삽입형태에서 미래에는 비삽입(비침습) 형태로 보급됨으로써 가정에서도 간편하게 자신의 건강 관리 및 간편한 바이오 마커를 활용하여 진단할 수 있는 형태로 변화될 전망
 - 최근 나노나 MEMS 등의 초소형 기술의 접목은 직접적이고 적극적인 형태의 진료의 진화라기보다는 질환 예방 차원에서 접근
 - 또한 현재 개발 중인 기술의 대부분이 적극적인 질병관리 측면에서 작용하고 있다는 사실에서도 유추할 수 있는 부분으로 판단됨.

[표 2-14] 국내 주요 바이오 센서 시스템 관련 기술개발 동향

부처	사업명	과제명	과제기간	총연구비
산업통상 자원부	광역경제권선도 산업육성	복합기능 현장검사 시스템 및 바이오센서 개발	2013~2015	10억 원 (지속과제)
(구)교육 과학기술부	한국과학기술연구원 연구운영비지원	MEMS 기반 신경자극 시스템 및 초고감도 바이오 센서 개발	2010~2013	50억 4,000만 원
(구)교육 과학기술부	글로벌프론티어사업	스마트 바이오 센서 시스템	2011~2020	14억 4,800만 원 (지속과제)
(구)교육 과학기술부	한국과학기술연구원 연구운영비 지원	분자수준의 초고감도 나노 바이오 센서 시스템 기술개발	2008~2009	28억 8,800만 원
(구)지식 경제부	IT원천기술개발	나노 입자를 이용한 고성능 바이오 센서 시스템	2006~2008	39억 원
(구)교육 과학기술부	대구경북과학 기술원설립	FET형 의료용 바이오센서 및 시스템 개발	2005~2007	13억 1,900만 원

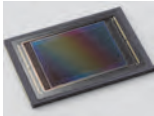
주) 1999년 ~ 2013년까지 NTIS(국가R&D사업관리)에서 나타난 바이오&센서&시스템 검색결과를 이용하였으며, 총 연구비 10억 원 이상의 규모를 가진 사업을 중심으로 정리함.

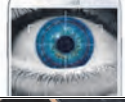
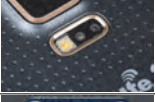
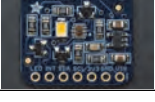
나. 모바일 센서

□ 모바일 센서 정의

- o 모바일 센서(Mobile Sensor)는 주로 이동형 스마트 디바이스(스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등)에 적용된 센서 전반을 의미함.
- 스마트 기기(모바일 기기)에 탑재된 센서는 최근 크게 마이크로폰, 이미지센서, 터치센서, GPS, 모션센서, 지자기센서, 조도센서, 근접센서 등 일반적으로 5~17종으로 분류됨.
- 스마트폰에 적용되는 센서는 MEMS 기술의 발달로 첨단기능을 가진 센서들이 초 소형화, 저가격화 되면서 지속적으로 증가하고 있으며, 향후 후각, 미각 센서 까지 탑재되어 오감 센싱이 가능해질 전망

[표 2-15] 스마트 디바이스에 탑재되는 주요 센서

센서		내용
카메라(이미지) 센서		빛을 감지해 그 세기의 정도를 디지털 영상 데이터로 변환해 주는 센서 휴대폰, 디지털영상기기 뿐만 아니라 CCTV, 자동차 전후방 카메라, 로봇, 스마트TV 등으로 적용이 확대되고 있음
마이크로폰(음향) 센서		물리적 소리를 공기 압력의 변화에 의해 전기적인 신호로 변환하는 센서 현재 ECM이 보편적으로 사용중이나 최근 MEMS 마이크로폰의 스마트폰 탑재가 확대되는 추세
근접센서		검출체가 가까이 근접했을 때 검출대상물의 유무를 판별하는 무접촉 방식의 검출 센서 보통 통화를 위해 스마트폰을 얼굴에 가까이 가져가거나 주머니에 넣는 경우 화면이 꺼지게 하는 기능 등에 활용
조도센서		주변 밝기에 따라 화면의 디스플레이 조도를 자동으로 조절해 주는 센서 모바일 단말의 전력소모량 줄이고 눈의 피로감 덜 수 있도록 함
중력센서		중력이 어느 방향으로 작용하는지 탐지해 물체 움직임을 감지하는 센서로, 스마트폰의 디스플레이 방향을 판단해 스크린의 방향을 자동으로 보정해주는 역할 등에 사용

GPS 센서		위성위치 확인시스템을 통해 물체의 시간 및 위치정보 획득이 가능한 센서
가속도 센서		단위시간당 물체속도의 변화를 검출하는 센서로, 가속도, 진동, 충격 등의 동적인 힘을 감지. 초기에는 2축 가속도 센서가 주류였으나 최근 MEMS 기술을 적용한 3축 가속도 센서 사용
지자기 센서		지구 자기장의 흐름을 파악해 나침반처럼 방위각을 탐지하는 센서로, 기존에는 2축 센서가 주류였으나 최근 3축 센서가 보편화됨
자이로스코프		물체의 관성을 전기신호로 검출, 주로 회전각을 감지하는 센서로 높이와 회전, 기울기 등을 감지할 수 있어 3축 가속도 센서와 연계하여 보다 정교한 모션 센싱이 가능
기압계 센서		바로미터(barometer)라고 하는 고도측정 센서로 대기의 압력을 측정하는 장치이며, 고도계(altimeter)로도 사용됨
동작인식 센서		물체의 움직임이나 위치를 인식하는 센서로 지자기센서, 가속도센서 등의 각종 센서와 고도계, 자이로 등의 기능이 하나의 칩에 들어가는 복합 센서
온도/습도센서		갤럭시 S4에 탑재된 센서로 S헬스 어플리케이션 사용 시, 주변 환경의 온도, 습도를 파악하여 현재 환경이 운동하기에 쾌적한지의 여부를 판단
지문인식 센서		전용센서를 이용해 지문의 디지털 영상을 획득하여 사용자를 인식하는 센서로, 광학식, 초음파식, 정전용량방식 등의 기술이 지문인식 센서에 이용되는 기술
홍채인식 센서		최근 삼성전자가 향후 스마트폰에 채택할 것으로 발표. 아직 구체적 적용모델은 언급되지 않고 있으나 기존 얼굴인식의 4배, 지문인식에 비해서는 6배 높은 보안성을 지니고 있는 것으로 알려짐
심장박동 센서		심장박동을 측정하기 위한 센서로 갤럭시 S5에 처음 사용. 손가락을 카메라 아래에 있는 플래스 부분에 대면 빨간 빛을 내며 심박을 체크. 측정을 위해 별도의 LED와 펄스센서를 삽입
RGB 센서		주변 빛의 색 농도를 검출하는 센서로 RGB 센서가 있는 스마트폰은 주변 빛 농도에 따라 디스플레이 색을 보정할 수 있음

- o 모바일 센서는 모바일 기기를 위해 별도로 개발된 것이 기존에 기능별로 존재했던 센서들이 소형화하여 모바일 기기에 탑재된 형태임.

□ 모바일 센서 성장 및 저해 요인

- 모바일 센서의 성장요인으로 크게 ①MEMS 기술 도입 및 발전, ②스마트 기기의 전방위적 확산, ③시장확대 등이 있음.
- (MEMS 기술도입) MEMS, 나노 등의 미세 기술이 모바일 기기에 탑재됨에 따라 스마트 기기에 더 많은 어플리케이션 탑재 기회가 열릴 것으로 보이며 이용자의 편의를 높일 것으로 보임.
- (스마트 기기의 확산) '14년말 기준 전세계 스마트폰 보급률은 약 24.5%로 나타났고, '18년에는 36.5%로 확대될 전망(KT경영경제연구소, 2015; 조선 Biz, 2015.1.20.)
- (시장 확대) 스마트 기기의 보급 확대와 더불어 스마트 기기 내 센서 종류의 다양화로 인해 점차 모바일 센서의 시장은 확대될 것으로 보임.
- 모바일 센서의 저해요인으로 크게 ①시장구조, ②규제, ③기술의 미성숙성 등이 있음.
- (시장구조) 스마트 기기 중 스마트폰의 경우 대부분 특정 몇 개의 회사에 의해 주도적으로 공급됨에 따라 이들과 계약관계를 맺고 있는 센서 제조업체만 혜택을 누림으로써 기술혁신이나 가격 경쟁이 일어나기 어려운 구조임.
- ※ Gartner, IDC 등의 자료에 따르면, '13년 전 세계 스마트폰의 업체별 시장 점유율은 1위에서 5위까지 합이 약 60%이고 1위에서 10위까지 합계는 약 80%로 몇 개의 업체가 대부분을 생산함.
- (규제) 과거 스마트폰에 탑재되었던 센서는 주로 모션, GPS, 터치 등의 단일 기능을 제공하는 센서인 반면 최근에는 바이오센서, 가스센서 등이 추가로 탑재될 것으로 예상됨에 따라 이와 관련된 규제 문제가 발생할 우려 존재
- ※ 의료 서비스 제공을 목적으로 하는 바이오 센서의 경우 인간에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 제공 가능한 기능 수준에 대한 법적인 검토 필요
- (기술의 미성숙성) 모바일 디바이스에 적용될 센서의 경우 향후 다양한 기능들을 제공하는 형태로 진화한다고 볼 때, 센서 자체의 정밀도를 높이는 기술과 여러 센서를 융합하는 기술에 대한 정의 및 개발, Reference 등이 부족한 상황

□ 모바일 센서 시장 전망

- 세계 모바일 센서시장은 '12년 95억 달러에서 연평균 26.3% 성장하여 '17년에는 305억 달러 규모에 이를 전망

- 매출액에 비해 출하대수가 더 큰 증가세를 보임에 따라 평균 모바일 센서 가격은 2010년 1.7달러에서 2017년 1.4달러 수준으로 하락할 것으로 전망

[표 2-16] 세계 모바일 센서 매출액 및 출하량 전망(단위 : 십억달러, 십억 개)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR (12-17)
매출액	4.4	7.4	9.5	13.8	17.0	21.2	26.0	30.5	26.3%
출하량	2.5	4.3	6.0	8.5	11.1	13.9	17.6	21.4	29.1%
ASP* (달러)	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	

출처: Frost & Sullivan, Sensors in Laptop, Tablet, and Smartphone Global Markets, 2013.

주) ASP는 단순히 매출액에서 출하량을 나눈 값으로 실제 센서별 가격 차이를 반영하지는 못하는 한계가 있으나 전반적인 센서가격의 변화(추이)를 알아보기 위해 사용한 방법임.

- o ' 10년부터 ' 17년까지 스마트 기기 유형별 센서 전체매출액에서 스마트폰의 비중은 평균 77.7%로 가장 큰 비중을 차지하나, 태블릿 PC 보급 확대에 비중은 점차 하락할 것으로 전망됨.
- 스마트폰에 들어간 센서는 ' 12년 75억 달러에서 연평균 24.3% 성장을 통해 ' 17년에는 222억 달러로 약 3배 정도 증가할 전망
- 태블릿 PC의 경우 ' 12년 11억 달러에서 ' 17년 58억 달러로 약 5배 성장할 전망이며, 노트북은 ' 12년 9억 달러에서 ' 17년 25억 달러로 성장할 전망

[표 2-17] 스마트 기기 유형별 센서 매출액 전망(단위 : 십억 달러, %)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR (12-17)
스마트폰	3.7	5.8	7.5	11.0	13.2	16.0	19.3	22.2	24.3%
	(84.3%)	(78.9%)	(78.9%)	(79.3%)	(77.5%)	(75.5%)	(74.4%)	(72.9%)	
태블릿PC	0.0	0.7	1.1	1.7	2.3	3.2	4.3	5.8	38.7%
	(0.0%)	(9.7%)	(11.8%)	(12.2%)	(13.7%)	(15.0%)	(16.6%)	(18.9%)	
노트북	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	2.0	2.3	2.5	23.1%
	(15.7%)	(11.4%)	(9.3%)	(8.5%)	(8.8%)	(9.5%)	(9.0%)	(8.2%)	
합계	4.4	7.4	9.5	13.8	17.0	21.2	26.0	30.5	26.3%
	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	

출처: Frost & Sullivan, Sensors in Laptop, Tablet, and Smartphone Global Markets, 2013.

[표 2-18] 2012년 스마트폰 센서별 업체 시장점유율(단위 : %)

순위	RF Sensors	Touch Control	GPS	Compass	Motion	Image	MEMS Micro-phones	Base band
1	Sky works	Atmel	CSR	AKM	ST Micro	Omni-vision	AAC Tech	Qual-comm
	34%	27%	40%	37%	60~70 %	33%	19%	45%
2	RF Micro Devices	Broad com	Broad com	Memsic	Inven-Sense	Sam-sung	Knowles Elec	Media Tek
	32%	24%	25%	24%	10~15 %	25%	14%	11%
3	TriQuint	Cypress	u-blox	Sam-sung	Analog Devices	Aptina	Akustica	Intel
	16%	10%	20%	10%	5~10%	20%	11%	10%

출처: Nomura Research Institute, 2012 Smartphone Guide(Components, Key Suppliers, and Marketshare)의 내용 중 일부를 정리

□ 모바일 센서 기술 및 개발동향

- 모바일 센서는 스마트 기기에 점차 다양한 기능을 제공하기 위해 어플리케이션별로 개발 및 탑재되는 형태를 보이고 있음.
 - 기본 센서 기술이 MEMS, 나노 등의 미세 기술과 반도체의 SoC 기술 등이 전반적인 기술적 융합 및 진화를 거듭함으로써 복잡한 기능을 제공할 수 있게 변화 중임.
 - 주로 모바일 기기의 제어, 판단, 저장, 통신 등의 기능을 높이는 차원에서 센서 기술이 적용되었던 반면에, 최근에는 인간의 가장 가까운 곳에서 존재하는 기기로서 여러 어플리케이션을 적용할 것으로 예상됨.
 - 또한 스마트 기기의 변화에 따라 기존의 센서들을 물리적으로 소형화시키거나 투명화 시킬 수 있는 기술에 대한 개발도 진행 중임.
- 모바일 센서 기술의 진행방향은 크게 어플리케이션 영역별로 ① 감성인지 센서, ② 생체신호 감지센서, ③ 투명유연센서 등으로 조사됨.
 - (감성인지 센서) 인간의 5감인 촉각, 시각, 청각, 미각, 후각에 대한 센싱을 통해 다양한 어플리케이션을 제공할 것으로 전망

[표 2-19] IBM이 전망한 5년 뒤 컴퓨터의 오감인식

감각	정보 이용 예시
시각	○ 이지미와 동영상 데이터에서 의미를 찾아내는 형태로 센싱능력 발전 - 의료 영상 혹은 이미지에서 특정 상황 정보를 인식하여 정보를 제공하거나 솔루션을 제공할 수 있으며 음식 사진에서 질량을 인식하여 칼로리를 계산하는 등의 어플리케이션을 제공해 줄 수 있음
청각	○ 소리를 정밀하게 인식하여 현재의 상황을 제시 - 산이나 바다의 미세한 소리로부터 산사태, 해일 등을 미리 감지할 수 있으며, 가깝게는 집안의 특정(충격) 소리를 측정하여 화재나 침입 등을 감지 가능
미각	○ 단맛, 짠맛, 신맛 등 여러 가지 맛이 나는 물질을 감지하여 정보를 제시 - 개인별로 선호하는 맛이 다르므로 특정 음식과 관련된 정보에 대해 호불호를 표시함으로써 여러 음식들 중 가장 적절한 음식을 권유할 수 있음
후각	○ 공기 중에 떠있는 여러 가지 물질들의 정보를 이용하여 다양한 어플리케이션을 제공 - 가스센서가 대표적이며 인간의 호기 중에 질소, 이산화탄소, 산소, 수소, 메탄, 휘발성 유기화합물 등 100 종류 이상이 있으며 특정 질병이 발생했을 때 관련 물질이 호기 중에 기준치 이상 발생함으로 이를 통해 질병 진단 및 현재 상황 등에 관한 정보를 제공할 수 있음
촉각	○ 온라인 쇼핑 등을 모바일 기기로 할 경우 특정 질감을 직접 만지지 않고 느낄 수 있도록 할 수 있음

출처: IBM(2012), 이치호(2013) 등의 내용을 수정 및 재정리함.

- (생체신호 감지센서) 심전도, 뇌파, 근전도, 혈압, 청력, 혈당 등 다양한 생체신호를 감지하여 즉각적으로 알려줄 수 있는 기능을 제공할 것으로 전망

[표 2-20] 생체신호 감지영역

	내용
생체전위	○ 심전계, 뇌파계, 근전계, 심자계, 뇌자계, 뇌유발전위 등
생체물리량	○ 호흡계, 체온계, 혈압계, 혈류계, 맥파계 등
생체조성물	○ 혈당, 산소포화도, 체성분측정기, 호흡가스 등

출처: 중소기업청(2013) 내용을 인용함.

- (투명유연센서) 플렉시블 및 투명 디스플레이 기술의 개발로 모바일 기기의 형태가 점차 다양화될 수 있게 됨에 따라 그에 맞는 다양한 입력 센서가 필요할 것으로 전망
- (감성인지 센서) 시각, 청각, 미각, 후각, 촉각 등 영역별로 진행하고 있는 수준이며 상당히 오랜 기간 동안 연구개발 투자를 진행하고 있는 것으로 나타남.
- (시각) 도요타, 토비테크놀로지, 한국전자통신연구원 등 다양한 분야(업체)에서

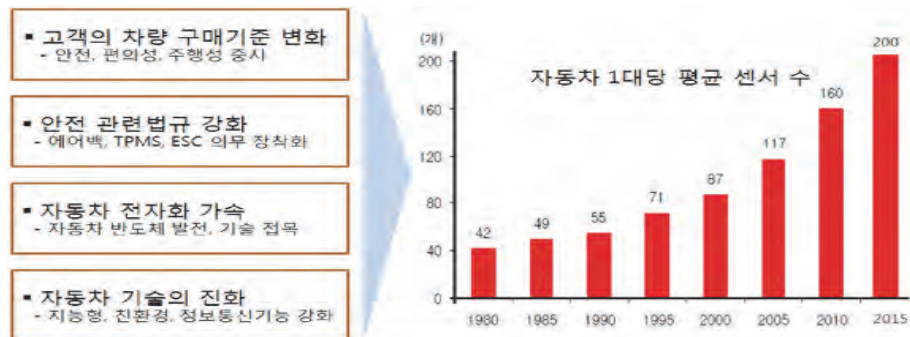
가장 활발히 기술개발이 이루어지고 있는 상황이며 이는 이미지센서의 기술 수준이 여타 센서에 비해 높기 때문인 것으로 나타남..

- (청각) 기술개발 중인 내용을 살펴보면 우선 청각장애인에게 실제 소리를 제공할 수 있는 전달체로써의 센서와 기계가 사람의 목소리를 알아듣고 판단할 수 있는 센서로 크게 진행 중
 - (촉각) 주로 실제 사람의 손이나 발 형태로 만들어진 로봇에 인간의 근육 움직임, 손과 발동작 등의 움직임을 인식하는 촉각센서를 개발 중
 - (후각 및 미각) 아직 인간의 정보전달 물질에 대한 기초 학문의 발달이 미진함에 따라 사람처럼 냄새를 맡거나 맛을 느끼는 센서에 대한 연구는 미흡한 수준임.
- o (생체신호 감지센서) 생체신호를 감지하는 센서는 주로 바이오 센서 영역에서 기술개발을 담당하고 있으며, 주요 영역으로는 혈당, 콜레스테롤, 질병감염, 심전도, 심박, 심전도, 호기 등으로 볼 수 있음.
- 다만 모바일 센서로써 한계(외부환경에 의한 안정성 테스트 필요)가 존재하므로 현재는 주로 웨어러블 디바이스와 같은 형태로 기본적인 생체신호를 측정할 수 있는 형태로 기술개발 및 제품/서비스 제공 중
- o (투명유연 센서) 유연한 재질을 사용할 시에도 센서가 제기능을 발휘할 수 있도록 하는 기초원천기술로 주로 미래의 디스플레이 형태와 관련이 있음.
- (디스플레이 변화) 1세대의 두껍고 볼록한 형태에서 2세대 얇고 평평해진 형태로 변화하였고, 이제 3~4세대에서는 유연하고, 투명한 형태로 진화하고 있는 중
 - (투명유연 센서) 디스플레이 기술 발전에 맞추어 투명하고 유연성을 가진 센서로써 향후 다양한 촉각센서 형태로 영역을 확장해 갈 것으로 보임.
 - 투명유연센서는 통해 다양한 웨어러블 기기에 터치센서로서 역할을 할 것으로 기대되나 굴곡이 발생하는 부분에서 Si(실리콘 반도체) 기반 센서 보다 성능이 낮아지는 문제가 있음에 따라 제품으로 상용화하는데 걸림돌로 작용하고 있는 상황
 - 유연센서와 관련된 기술은 유기트랜지스터, Roll-to-Roll, 잉크젯, 스크린프린팅 등 인쇄전자분야에서 적극적인 기술개발이 진행 중이며, 향후 반도체 소자, 나노 기술, 디스플레이 소자 들과 관련된 형태로 연구개발이 진행될 것으로 보임.

다. 스마트카 센서

□ 스마트카용 센서

- 야노경제연구소 자료에 따르면, 자동차의 전장화 추세에 따라 ' 10년 현재 자동차 1대당 160개의 센서가 들어가고 있고, ' 15년에는 200여개 이상으로 증가할 전망
- 자동차에서 센서의 비중이 늘어나고 있는 이유로는 환경오염 방지를 위한 자동차 배기가스, 연료 경제성 제고 및 안전 등에 대한 법적규제 강화, 소비자의 경제력 향상으로 자동차의 품질, 신뢰성, 편의성 및 안전성에 대한 요구 증대 및 기술의 발전으로 고성능 저비용 시스템의 개발 가능성 제고 등을 들 수 있음.



출처: 자동차센서 산업현황 및 주요센서, KOITA Tip, <http://news.koita.or.kr/rb/?c=4/14&uid=1159>

[그림 2-10] 자동차 1대당 적용되는 센서 수 추이

- (스마트카 적용 센서) 자동차에 적용되는 센서를 동력제어, 안전제어, 편의제어, ICT 연동 등으로 구분하여 정리하면 다음과 같음.
- 센서의 적용은 엔진제어 부분에서 먼저 시작되었고, 차체 자세제어를 위한 ABS, ESP 등으로 확대됨.
- 이후 에어백을 비롯하여 초음파 센서, 레이더 등 충돌방지용 센서들이 적용되고 있으며, 편의 및 쾌적함을 위한 공조제어, 조명제어 등에 필요한 센서들이 점차 확대 적용되고 있음.
- 센서의 종류로는 압력센서와 회전 및 위치파악을 위한 자기센서가 많은 수를 차지하고 있으며, 충돌방지를 위한 전후방 물체인식을 위한 초음파 센서, 카메라 비전센서, 레이더센서, 레이저 레이더 센서 등이 새롭게 적용되고 있음.
- 스마트카용 센서는 MEMS(압력센서, 가속도 센서, 각속도 센서 등) 기술의 발전을 견인하고 있음.

- 미국, 일본 및 유럽에서는 MEMS 기술을 이용한 자동차용 센서 개발에 국가적인 차원에서 집중적인 지원을 아끼지 않고 있음.

[표 2-21] 자동차 세부 시스템별 적용되는 센서

구분	동력제어	안전제어	편의제어	ICT 연동
목적	배기가스 정화 연비 향상	안전향상	편의향상 쾌적함 향상	편리성 향상
시스템	연료분사 제어 공연비피드백 제어 희박연소 제어 자동변속기 제어	Suspension 제어 ABS/ESP 주행자세제어 충돌방지제어 Auto Cruise 제어 에어백 시스템 TPMS	HVAC 실내공기청정 Auto, Indoor Light 자동주차(보조) 졸음감시시스템 Auto Window/Sun roof	차량 인포테인먼트 카 네비게이션 V2X(차량통신) 하이패스 HMI 블랙박스
센서	거리	레이더센서 스테레오카메라센서 레이저센서 초음파센서	초음파센서 주차용장거리센서	
	가속도 진동	Knock 센서 Misfire 센서	에어백충격센서 사이드충격센서 3축가속도센서	
	각속도		3축 Yaw Rate 센서	3축 자이로센서
	압력	엔진흡기압센서 대기압센서 연소압력센서 탱크압센서 Exhaust압력센서 MAP센서	브레이크압센서 조향압센서 Suspension압센서 변속기압센서 타이어압센서	에어콘압센서
	유량	흡기공기량센서		실내공조유량센서
	위치 회전 속도	Throttle위치센서 Pedal위치센서 차량속도센서 엔진RPM센서 펌프RPM센서 Motor RPM센서 캠축각도센서 변속기속도센서	조향각센서 토크센서 차높이센서 차륜속도 차량속도	조향각센서 바퀴각도센서 Sun roof위치센서 Window위치센서
	전류	전류센서		3축지자기센서
	전파		스마트키안테나	라디오안테나 GPS 하이패스안테나 V2X안테나

광	엔진점화시기	적외선카메라 전방/후방카메라	레인, 조도, Fog, 적외선온도, 인체감지, 실내감시카메라, 탐승자감지,	하이패스 블랙박스카메라 제스처인식카메라
온도	엔진냉각수, 연료, 흡기, 배기가스		내기/외기온도센서	

출처: 자동차센서 산업현황 및 주요센서, KOITA Tip, <http://news.koita.or.kr/rb/?c=4/14&uid=1159>

- o (스마트카 센서적용 분야) 스마트카를 구현하는 시스템 중 센서가 많이 필요한 분야는 능동안전시스템 분야로, 해당 시스템은 운전지원, 사고예방, 사고회피 분야로 구분 가능

[표 2-22] 스마트카용 안전 시스템에 사용되는 센서의 종류

시스템 구분	용도	센서의 종류
능동 안전 시스템 (Active Safety System)	브레이크 잠김방지 시스템(ABS)	차륜속도센서(wheel speed sensor), 가속도센서
	서스펜션 제어시스템(Suspension Control)	가속도센서
	에어백 시스템	가속도센서, 압력센서
	차량 안정성 제어시스템(Vehicle Stability Control)	가속도센서, 압력센서, 각속도센서
	롤 오버(Roll over)	가속도센서, 각속도센서
충돌 안전 시스템 (Passive Safety System)	스마트 에어백-승객 감지	압력센서, 중량센서, 각속도센서
	정속 주행 장치(Auto Cruise Control)	각속도센서, CCD/CMOS 센서, 밀리파/레이저 레이더
	충돌 예지 안전(Pre Crash Safety) 브레이크 보조(Break Assist)	CCD/CMOS 센서, 밀리파/레이저 레이더
	타이어 공기압 경보장치(Tire Pressure Monitoring System)	가속도센서, 압력센서
	차선유지 시스템(Lane Keep System)	각속도센서, CCD/CMOS 센서, 조향각센서(steering angle sensor)
	야간 투시(Night Vision)	원/근 적외선 센서
	조향 보조(Steering Assist)	각속도센서, 토크센서, 조향각센서, 초음파센서
	사각지대(Blind Spot)	CCD/CMOS 센서

출처: CHO Alliance(2015), "IoT 시대에 주목받는 스마트 센서 유망분야 시장전망과 개발동향"

- 능동안전시스템의 중요 기능 중 하나는 외부환경 인식으로, 전후 좌우 외부환경을 장단거리로 구분하여 인식할 필요 있음. 이런 역할을 하는 센서로는 초음파,

레이더 등이 있는데, 적용범위가 넓은 레이더 센서의 사용이 늘고 있음.

- 레이더 센서는 고속 주행상태에서도 속도와 거리를 동시에 측정할 수 있지만 가격이 높은 단점 존재
- 주행시 차량의 내외부 환경을 복합적으로 인식하는 것이 능동안전시스템의 성능과 신뢰성을 좌우하며, 해당 시스템에 사용되는 센서들이 중요
- 각속도 센서는 자동차 회전 정도를 측정하여 주행상황의 기본 정보를 제공하며, 회전각속도 센서, 자이로 센서 등이 있음.
- 가속도 센서는 자동차의 가속, 진동, 충격 등을 감지하는 역할을 하는데, 급작스런 가속이나 충돌 등의 상황을 인지할 수 있는 정보를 제공
- 인식한 물체를 보다 세밀히 분석하기 위해서는 영상정보가 필요한데, 이에 사용되는 센서가 카메라 센서임. 카메라 센서는 자동차 내외부 환경에 대한 영상을 운전자에게 전달할 뿐만 아니라, 영상분석을 통해 자동차가 능동적으로 주행 환경을 판단하도록 돕는 역할 수행
- 카메라 센서는 차량주변 모니터링, 차선이탈/차선유지시스템, 운전자 상태 감시시스템 등에 사용. 특히 유럽은 보행자 보호를 강화하고 있어 보행자 인식에 필수적인 카메라 센서의 활용도가 더욱 높아질 전망

o (스마트카 주요 센서) 기존 차량에 사용 중인 센서들을 제외한 스마트 자동차에 사용되는 주요 센서의 종류는 다음과 같음.

- RADAR(Radio Detection And Ranging) : 차량 및 도로 시설물 감지에 사용되며, 24GHz 근거리 레이더와 77~78GHz 중장거리 레이더가 주로 사용되며, 최근에는 250m까지 검지거리를 확장한 레이더도 사용되고 있음. 크루즈 컨트롤, 전후방 충돌경보, 충돌방지 시스템 등에 주로 사용
- LIDAR(Light Detection And Ranging) : 레이저 펄스를 지표면과 지물에 발사하여 반사되어 돌아오는 시간을 측정하여 반사체의 위치좌표를 측정하는 시스템. 최근 자율주행 기술에 필수로 사용되고 있으며, 반경 360도에 대한 정보를 얻을 수 있음.
- 체스처 인식용 3D 형상인식 센서 : 광신호를 이용한 3D 형상인식 센서는 LED와 거리인식 픽셀이 적용된 이미지센서 카메라가 적용되어 소형이면서 가격이 수십만원 이하로 구현 가능. 실내에서 운전자 체스처 인식을 통한 기기 제어는 물론 전방위 충돌방지 장치, 차선이탈 방지 및 유지, 탑승자 모니터링 기반 스마트 에어백, 주차지원 등에 적용

- 레이저와 카메라 복합 근거리 충돌방지 센서 : 보쉬와 컨티넨털은 카메라와 레이저 센서를 결합한 근거리 충돌방지 센서를 출시. 도심에서 발생하는 추돌 사고의 80% 이상이 50km/h 이하에서 발생하는데 50% 이상의 운전자가 추돌 시 브레이크를 전혀 밟지 못함. 카메라만으로 자동 긴급제동을 하는데 한계가 있는데 이를 보완하기 위해 레이저센서를 결합하여 정확한 사물분류 및 거리측정이 가능
- MEMS 6축 모션센서 : 모션(병진, 회전)을 감지하는 관성센서는 에어백 충격센서 뿐만 아니라 자동차의 자세제어를 위해 ABS, ESP 등의 시스템에 필수적으로 적용되는 센서
- 단축 MEMS 자이로센서를 탑재한 자동차 Yaw rate 센서가 MEMS 기술의 발전과 스마트폰의 적용에 따른 시장확대로 3축 가속도와 3축 각속도를 측정할 수 있는 초소형/초박형/저가의 6축 모션센서로 발전

□ 스마트카 센서 시장 전망

- o 스마트카용 센서 시장은 '14년 199억 달러 규모에서 연평균 9.7% 성장하여 '20년에는 352억 달러 규모로 성장할 전망
- 응용 유형별로는 Power train 부분의 센서 시장이 가장 큰 비중을 차지하나, Driver support와 Safety/security 부문이 향후 성장을 주도할 전망

[표 2-23] 세계 응용 유형별 자동차용 센서 시장전망(단위: 백만 달러)

구분	2013	2014	2015	2020	CAGR ('15~'20)
Power train	7,130	7,550	7,980	10,930	6.5%
Vehicle control	3,670	4,050	4,370	6,160	7.1%
Driver support	3,160	3,550	3,910	8,050	15.5%
Safety/security	2,550	3,260	4,250	7,640	12.5%
Alternate fuel/hybrid vehicles	1,280	1,480	1,600	2,380	8.3%
합계	17,790	19,890	22,110	35,160	9.7%

출처: BCC Research, Global Markets for Automotive Sensor Technologies, 2014. 5.

- 기술별로는 Rotational motion 센서가 가장 큰 비중을 차지하나, 향후 성장은 무인주행과 스마트 운행에 대한 필요성 증가로 인하여 Image/vision 센서와 Radar/lidar 센서 부문이 주도할 전망

[표 2-24] 세계 기술별 자동차용 센서 시장전망(단위: 백만 달러)

센서 유형	2013	2014	2015	2020	CAGR ('15~'20)
Rotational motion sensors	2,920	3,105	3,390	4,900	7.7%
Angular/linear position sensors	2,750	3,005	3,245	4,755	7.9%
Gas sensors	2,020	2,245	2,415	3,680	8.8%
Accelerometers	1,800	2,010	2,205	3,220	7.9%
Pressure sensors	1,780	1,905	2,140	3,110	7.8%
Mass airflow sensors	1,520	1,685	1,870	2,690	7.5%
Temperature sensors	1,330	1,475	1,640	2,400	7.9%
Image/vision sensors	1,070	1,445	1,775	3,955	17.4%
Radar/lidar sensors	980	1,205	1,425	3,025	16.3%
Other types of sensors	1,620	1,810	2,005	3,425	11.3%
합계	17,790	19,890	22,110	35,160	9.7%

출처: BCC Research, Global Markets for Automotive Sensor Technologies, 2014. 5.

5. 결론 및 시사점

□ 센서산업 활성화 방안

- IoT 시대를 맞아 산업적 중요성이 더욱 커지고 있는 센서산업에 대한 선택과 집중 지원으로 센서 중핵기업의 육성과 성공사례 도출 필요
 - 첨단 센서 분야를 중심으로 중핵기업을 발굴 지원하여 센서전문 중핵기업으로 육성하고 성공모델을 제시해 센서산업의 활성화를 도모할 필요
- 산업적 중요성 및 필요성에 따른 단·장기적 관점의 차별화된 연구개발 지원 프로그램 운영 필요
 - 산업적 중요성 및 필요성에 따라 육성이 필요한 센서분야를 선정, 지원하여 제품화 성공까지 지속적 지원이 가능하도록 장기적 관점의 연구개발 지원 프로그램을 운영할 필요
 - 장기적으로는 의료 분야와 같이 센싱의 정확도, 정밀도가 매우 중요한 영역과 스마트카 분야에서 무인주행 자동차의 핵심적인 영상인식 분야와 같은 영역에 대한 연구개발이 필요할 것으로 보임.

- 단기적으로는 현재 센서의 개발 방향이 기술적으로 구현가능한 50개 미만의 센서들이 복합적으로 사용되면서 다양한 역할로 구현되는 측면이 크므로, 가용한 센서를 복합적으로 활용한 센서 퓨전을 통해 새로운 기능 및 서비스를 구현 하도록 개발하는 게 중요
- o 공공시장에서 국내 센서기술을 조기 도입하여 센서 산업의 수요기반을 조성
 - 국가과제에서 국내 센서기술을 적용할 경우 인센티브 제공 및 지원을 확대하고, 공공수요에서부터 국내 센서기술에 대한 수요 기반을 조성할 필요
 - 필요에 따라서 시급을 요하는 센서 품목의 경우 관련 업체가 해외 기술을 도입 하여 내재화 할 수 있도록 정부가 지원할 필요
- o 센서관련 고급 인력의 양성 지원
 - MEMS와 같은 분야는 다양한 분야의 기술들이 결합하여 제품이 만들어 지므로 오랜 경험과 폭 넓은 분야의 전문지식을 고루 갖춘 전문인력이 필요하며, 이를 위해서는 대학을 통한 장기적 관점의 고급인력 양성과 더불어 기존 인력에 대한 재교육을 통한 단기간의 인력양성도 고려할 필요

□ 바이오 센서 분야 R&D 이슈

- o 바이오 센서는 제품의 상용화에 장기간의 시간이 소요되고 있음.
 - 기술적으로는 치료 목적용 보다 생체신호 진단용으로써 개발이 더욱 활발히 이루어지고 있으며 이는 앞서 제품화 시 여러 국가별로 발생하는 규제(의료법)를 고려하기 때문인 것으로 보임.
 - 실제로 '14년 갤럭시 S5에 탑재되었던 심박수 측정 센서는 초기 식약청에서 스마트폰인 갤럭시 S5를 의료기기로 보아야 되는 것인가에 대한 검토를 진행하였고, '운동용 및 레저용 등은 제외한다' 라는 고시를 발표함으로써 제품을 수용 하려는 의지를 보임.
 - 그러나 곧 도래할 다양한 센서를 이용해 생체정보를 건강 예방뿐만 아니라 모니터링 관점에서 의료 목적으로 인식의 변환이 일어나고 일상화될 경우에 대비해 정책환경을 마련할 필요가 있을 것으로 보임.
- o 직접치료의 목적이 아닌 건강관리 측면에서 볼 때 침습적 센서에서 점차 비침습적 센서의 형태로 변화하고 있음.
 - 과거 심장, 당뇨, 뇌 관련 질환 등에서 주로 침습적 센서를 이용해 해당 부위에

수술을 하여 센서를 심어 정보를 획득하는 방법을 주로 이용한 반면 최근에는 비침습적 방법으로써 생체정보를 획득하는 기술에 초점을 맞추고 있는 상황임.

- 예를 들면 바이오 센서 영역 안에 가스센서를 포함시켜 인간의 호기에서 발생하는 생체정보를 수집하여 특정 질환을 측정하는 도구로 사용 가능할 수 있으며, 혈당 측정 시 피를 뽑지 않더라도 혈당을 지속적으로 알 수 있는 방법에 대한 연구가 지속적으로 진행 되고 있음.
- 또한 임신 시 산모의 혈액이나 DNA를 이용해 태아의 유전적 질환(다운증후군, 터너증후군 등)을 미리 알 수 있게 되는 편의를 제공하고 있음.
- 게다가 이러한 바이오 센서는 인간이 발생시키는 생체정보에 기반하기 때문에 종속될 수밖에 없으며 이는 인간의 생체정보와 질환의 종류를 고려해보더라도 다양한 영역에서 진행될 수 있을 것으로 기대
- 한편 비침습적 센서 개발에 있어서 특정 질환이 발생시키는 효과에 대한 기초 연구에 상당한 시간이 소요되는 점에서 빠른 시간 내에 제품으로써 효과를 거두는 것에는 한계가 있을 것으로 보임.
- 다양한 생체정보 측정센서 개발의 빈도수준이 각각 다름에 따라 발생하는 고비용 문제를 양산할 가능성도 존재함으로 이에 대한 보완 정책이 필요할 것으로 예상됨.

□ 모바일 센서 분야 R&D 이슈

- o 점차 스마트 기기에 다양한 종류의 모바일 센서를 탑재시킴으로써 사용자가 이용할 수 있는 어플리케이션을 높이는 구조로 변화 중임.
- 초기 스마트 기기에 탑재되었던 센서는 약 5종 정도로 작았으나 현재는 17종에 달하며 점차 더 많은 센서가 탑재될 것으로 예상됨.
- 스마트 기기가 일상생활에 필요한 도구로써 변화하는 까닭에 개인의 삶의 질을 높일 수 있는 환경 센서, 아웃도어 활동에 필요한 센서, 헬스케어 목적을 위한 바이오 센서 등 목적별로 다양한 센서가 복합적으로 개발되어 탑재될 전망
- 또한 스마트 기기의 디스플레이 기술진화로 인해 투명 유연 센서의 개발이 하나의 테마로 부상할 것으로 예상됨.
- o 그러나 시장구조 측면에서 볼 때 이미 주요 센서는 세계 주요 업체가 점유하고 있는 상황임을 고려할 때 적극적이고 포괄적인 R&D 전략을 구사할지 혹은 선택적

R&D를 구사할 것인지에 대한 논의가 필요함.

- 센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업(산업통상자원부 주관)이 '15년부터 실시되며, 국내 센서산업의 전반적인 기술수준을 높이는 것에 목적을 두고 있음.
- 동 사업의 내용에는 이미 시장에 나와 있는 마이크폰센서, 압력센서, 온도센서, MEMS 음향센서 등이 포함되어 있는데, 이는 수출보다는 수입을 대체하기 위한 목적으로 개발되는 것임.
- 단기간 과제를 통해 실제 제품이 상용화 되더라도 이미 세계 시장에서 주요 위치를 차지하는 사업자들의 경쟁력을 뛰어 넘을 수 있을 것인지 예측하기 어렵고, 이들 업체가 실제 스마트폰 제조업체인 삼성전자, LG전자 등 국내 업체와 애플, 샤오미 등에 있어서 협상력(가격경쟁력)을 가질지도 의문임.
- o 한편 국내 디스플레이 제조업체 경쟁력이 높은 바, 관련 투명 유연 센서에 대해서 지속적인 개발을 통해 선상품화를 하여 시장선점효과를 높일 필요가 있음.
- 원천기술의 확보도 중요하지만 플렉시블 디스플레이 기기에 맞추어 상품화 할 수 있는 산학연 협력 환경이 매우 중요할 것으로 보임.

□ 스마트카 센서 분야 R&D 이슈

- o 스마트카 센서는 MEMS 및 NEMS(Nano Electro Mechanical System) 기술의 발전이 센서기술과 접목되면서 혁신적인 기술발전 예상
- 스마트카 센서는 운전자의 안전과 직결되므로 고신뢰성·고정밀도와 급격한 온도변화, 중력의 30배가 넘는 가속환경, 각종 전자장치에 의한 전자파 간섭 등 열악한 환경조건을 견뎌야 함. 최근에는 차량에 사용되는 센서의 종류와 개수가 급격히 증가하면서 센서의 소형화, 저가격화 및 기능의 통합화가 요구되고 있음.
- 이러한 요구에 따라 최근에 MEMS형 센서개발 및 적용이 확대되고 있으며, 현재 대부분 자동차의 에어백에는 MEMS형 가속도 센서가 적용되고 있고, 이 공정 기술을 활용한 센서의 종류는 점차 늘어나고 있는 추세
- 적용되는 센서 수의 증가로 비효율성 및 복잡성이 높아지면서 다양한 센서를 통합하고 신호처리 기능을 부가한 스마트 센서에 대한 요구가 증가하고 있음. 스마트 센서는 고기능, 고편의성을 제공할 수 있으며 중복되는 센서의 기능을 통합하여 복잡성을 낮출 수 있음
- o 이미지 센서, 레이더와 적외선 센서 등 다중센서를 활용한 영상인식 정확도

제고를 통해 자율주행 자동차로 발전될 전망

- 운전자가 안전운행을 위해 영상정보를 가장 많이 활용하듯 이미지 센서로부터 입력받은 영상정보를 활용한 전후방 차량검출 기반 안전운행, 보행자 검출, 차선검출, 사각지역 차량검출, 교통표지판 인식, 나이트 비전 시스템, 운전자 상태 인식 및 졸음방지, 주차보조 및 자동주차 등에 영상정보 이용
- 영상카메라 이외에도 레이더와 적외선 센서 등을 추가적으로 활용하여 영상 인식의 정확도 제고를 위한 기술개발이 이루어질 전망

o 향후 자동차 산업의 경쟁력 제고를 위해 차세대 센서 분야에 대한 원천기술 확보가 필요

- MEMS/NEMS 기술을 적용한 차세대 스마트카 센서 개발과 자동차 산업의 궁극적 지향점인 무인 자율주행 자동차를 위한 영상인식 분야와 같은 차세대 센서 분야에 대한 원천기술 확보 노력 필요
- 자율주행 자동차는 크게 센서, 프로세스, 알고리즘, 액추에이터 등으로 구성되는데, 이러한 일련의 과정 중 가장 중요한 것은 센서를 통해 수집된 대량의 데이터를 바탕으로 조향, 속도, 정지에 관한 의사결정을 내리는 소프트웨어 알고리즘
- 영상인식 정확도 향상을 위한 차세대 센서 개발은 이미지 센서, 레이저와 라이다 및 적외선 센서 등 다중센서를 활용한 영상인식 정확도 제고와 더불어 이와 같은 센서를 통해 수집된 대량의 데이터를 바탕으로 의사결정을 하는 소프트웨어 부문에 대해서도 종합적인 관점에서 R&D가 이루어질 필요가 있음.

제 2 절 운전자에게는 자유를, 교통사고는 Zero: 자율주행자동차

1. 자율주행차의 개념과 특성

□ 정의

- 자율주행차(Autonomous Vehicle, Self-Driving Car)는 운전자가 직접 조작하지 않아도 자동차가 주행환경을 인식해 위험을 판단하고 주행경로를 계획하여 운전자 주행조작을 최소화하며, 스스로 안전운행이 가능한 인간 친화형 자동차
 - 센서가 주변 환경을 인식해 주행경로를 자체적으로 결정하며 자체 동력을 이용해 독립적으로 주행하고, 운전자는 도로상황을 신경쓰지 않아도 되며, 갑자기 튀어나온 장애물도 스스로 피해가고, 자동차는 앞뒤 차 간격을 맞춰 주행
 - 기계 중심의 기술에서 센서융합, 정보통신, 첨단교통, 지능제어, 필드로봇 등의 신기술을 융합한 미래형 이동수단
- 일반 자동차와의 차이점은 자율주행차는 운전자의 눈 역할을 담당하는 센싱 장비들을 갖추고 있고, 각종 센서와 프로그램으로 운전자 역할을 대신
 - 센서들에 모인 정보는 컴퓨터로 가공돼 실시간으로 상황을 파악하고 방향 전환, 가속 및 브레이킹 등 운전명령을 내리며, 자동차뿐만 아니라 전자, 전산, 항공 등 다양한 분야의 전문가들이 필요



출처: 자동차부품연구원, 2013.

[그림 2-11] 자율주행차 정의

- 자동차의 자율주행은 도로본선 상에서는 고속도로, 일반도로의 주행이 고려되며 도로본선 외에는 주차장, 전용궤도/도로에서의 이용이 고려됨.
 - 주행형태도 차량 단독에 의한 주행에서 운전자가 수동으로 주행하는 군집주행과 전방차량을 주행하는 형태 등 다양한 시나리오가 존재
- 자율주행차의 기술수준은 레벨 3의 제한적 자동화(Limited Automation) 단계로 자동주차, 운전자 피로도 측정, 브레이크 및 차선유지 등이 상용화
 - 구글, 보쉬가 제한적인 자율주행차를 실험 중
- 자율주행차가 미래 자동차산업 패러다임을 좌우할 것으로 전망되면서 구글, 애플, 소니, 우버 등 글로벌 IT기업들이 자율주행차 관련 기술개발에 집중

[표 2-25] 자율주행차 시나리오

구분	인지	제어	책임	운전자용성	현황
레벨0 : No Automation - 운전자에 의해 완벽히 제어되는 차	운전자	운전자	운전자	O	일반차량
레벨1 : Function Specific Automation (단독 ADAS, ACC) - 1개 이상 특정 제어기능을 갖춘 자동화시스템 장착	운전자	운전자/자동차	운전자	O	고급차량
레벨2 : Combined Function Automation (통합 ADAS, ACC+LKAS) - 고속도로 주행시 주변차량과 차선을 인식하고 앞차와의 간격을 유지	운전자	자동차	운전자	O	GM 캐딜락 슈퍼크루즈 기능, 현대차
레벨3 : Limited Self-Driving Automation - 운전자의 핸들 조작없이도 목적지까지 일정 부분 자율주행 가능 - 교차로나 신호등, 횡단보도를 인식해 자동으로 차량을 제어하고 차선변경과 끼어들기가 가능	자동차	자동차	운전자/자동차	O	구글차, 벤츠 트럭(고속도로 자율주행)
레벨4 : Full Self-Driving Automation - 운전자는 목적지만 입력, 안전 모든 책임은 자율주행차의 몫	자동차	자동차	자동차	X	완전 자율주행차

출처: NHTSA(미도로교통안전국) 등 자료 참고해 ETRI 경제분석연구실 작성, 2015.4.

□ 등장배경

o 안전사고 예방

- WHO에 따르면 매년 교통사고로 전세계에서 120만 여명이 사망하고 있어 자율주행차가 상용화되면 교통사고 관련 사망자를 줄이는데 크게 기여할 전망
- ※ 국내 교통사고 사망자수는 2011년 5,229명으로 하루 평균 15명이고, 이에 따른 사회적 비용은 12조 7,601억 원에 달함.
- 교통사고로 인한 재산 등 경제적 손실뿐만 아니라 정량화할 수 없는 사회적 손실이 막대해, 국민의 행복과 삶의 질 향상을 위해 안전한 이동성을 제공하는 자율주행차 개발이 필요

o 에너지 절감

- 자율주행차 기술이 카 셰어링(Car Sharing)을 활성화하여, 자동차 사용을 크게 줄이고, 미래의 고속도로 열차(highway trains of tomorrow)를 만들어내 더 많은 사람들이 도로를 통해 이동하며 동시에 에너지 소비를 감축
- EnoCenter의 자율주행차 관련 보고서에 따르면, 미국 내 운행 자동차 중 10%가 자율주행차일 경우 매년 370억 달러를 절약할 수 있을 것으로 예상

o 고령자 등 교통약자에 대한 서비스

- 급속한 고령화사회로 진입함에 따라 고령 운전자들이 증가하면서 돌발 상황에 대처하는 능력이 감소하는 등 자율주행차의 필요성이 한층 더 강조되고 있음.
- ※ 세계적으로 65세 이상 고령자 비율은 2010년 7.2%, 2018년 14.3%, 2026년 20.8%로 급증해 노인의 사회참여 및 보건으로 서비스 유지를 위한 교통수단 역할
- 여성의 경제사회 활동 증가와 더불어 여성운전자 비율의 증가 추세에 대응해 차량보안안전시스템 등 여성이 취약한 주차장 범죄와 차량도난 등 예방 가능
- ※ 여성 운전자 비율은 1997년 13.4%에서 2010년 27.6%로 2배 증가
- 도시의 경우에는 1가구 다차량 보유 증가로 나홀로차량이 1일 평균 77%이고, 평균주행거리는 37.7km로 감소 추세인 반면, 농어촌 및 도시 외곽지역은 인구 감소와 고령화 등 지역간 교통 상황 격차 해소를 위한 대책 필요
- 노인, 여성, 장애인, 외국인 등 교통약자에게 자율주행차는 편리하고 안전하며 행복한 교통서비스로 평등한 이동권익을 보호하여 보편적 삶의 질을 향상시킴.



출처: KCA, 미래사회를 준비하는 자율주행 ICT 기술동향, 방송통신기술 이슈&전망, 26호, 2013.

[그림 2-12] 교통약자를 위한 자율주행 서비스

o 안전규제 강화와 정부 지원책 확대

- 부분적 자율주행기술 적용이 증가하면서 자율주행차 개발이 촉진되고, 각국의 신차 안전도평가에서도 자율주행기술이 평가항목에 추가됨
- 각국 정부도 일반도로에서 자율주행차 실증실험이 가능하도록 허가

[표 2-26] 국가별 Active Safety 기술의 의무장착 도입 현황

부품	국내	해외
차량자세제어장치(ESC)	o 2012년 승용 및 4.5톤 이하 차량 적용	o 북미: 2011년부터 단계 적용 o EU: 2011 ~ 2014년 적용
타이어공기압경고장치(TPMS)	o 2013년 승용 및 3.5톤 이하 차량 적용	o 북미: 2006년부터 4.5톤 이하 차량부터 적용 o EU: 2012년부터 적용
자동긴급제동(AEB)	o 2015년부터 대형버스·화물차 자동비상제동장치, 차선이탈경고장치 의무화	o EU: 상용차(2013)
차선이탈경보(LDW)		o EU: 상용차(2013)

출처: 산업통상자원부, 2015.3.31.

o 차량제어 전장화와 센서기술 발전

- 센서를 통해 외부환경을 인식하고 환경변화에 대응하여 차량을 제어할 수 있게 되면서 자율주행차 개발에 필요한 기반기술을 구비

o 업체간 기술 상용화 경쟁

- 완성차업체는 물론 부품업체, IT업체들도 자율주행차 상용화계획을 앞 다퉈 발표하면서 자율주행차 시장이 2020년 이후 빠르게 성장할 것으로 예상

- 테슬라는 2016년, 구글은 2017년, 벤츠·도요타·컨티넨탈 등 완성차업체와 부품업체는 2020년 자율주행차 상용화를 목표로 하고 있음.

o 새로운 성장동력 발굴

- 자동차산업의 성장 정체화, 소비자 니즈의 다양화 등으로 글로벌 자동차시장은 자율주행차로 패러다임이 전환되고 있어 기술역량을 확보하여 선점해야 함.
- 자동차산업의 구조 고도화와 체질개선을 통해 산업융합을 바탕으로 하는 지속 가능한 원동력과 새로운 고부가가치 신산업 및 서비스 발굴이 가능
- 사용자-자동차-ICT-ITS 등의 전략적인 협력관계로 소비자 확대에 따른 인간친화형 서비스 개발 및 콘텐츠 공급이 가능

□ 장점

o 운전 스트레스 해소 및 이동성(Mobility) 개선

- 자동차가 알아서 주행하기 때문에 운전자는 운전 조작, 정체, 혼잡 등에서 받는 스트레스를 피할 수 있고, 스마트폰 및 스마트패드 등 모바일기기 조작, 인터넷 활용 등을 통해 업무를 처리하는 등 이동성이 개선됨.

o 교통혼잡 해소 및 통근시간 단축

- 미 교통부 통계에 따르면, 미국인은 출퇴근 운전으로 하루 평균 52분을 소비하는데, 자율주행차를 활용하면 이 시간을 보다 생산적으로 활용할 수 있음.
- 기계가 자체적으로 방향을 감지하고 막히는 도로를 파악해 단축된 거리를 안정속도로 주행하며 도로 밀집도가 낮아져 소통이 원활해지고 통근시간 절약

o 주차공간 활용도 제고

- 자동차가 알아서 자동주차를 하기 때문에 주차장을 효율적으로 활용하고 여성들의 주차 스트레스가 경감됨.

o 교통사고율 감소

- 자동차가 스스로 장애물을 피해 운전하기 때문에 교통사고가 90% 이상 감소

o 에너지 효율성 제고 및 공해 방지

- 효율적으로 도로를 선택해 주행하기 때문에 연료 및 오염물질 배출을 감소

o 물류비용 감축

- 자율주행차는 인간의 실수를 줄여 사고의 위험성도 많이 줄어들고, 물류 운송

- 에서도 무인 자동화를 가속해 더 빠르고 편리한 물류 시스템 구축이 가능
- 물류트럭들이 군집주행하면 열차와 같이 한 번에 대량수송이 가능

□ IT기업에 주는 기회

- o 자동차업체들은 신차의 시장 출하에 7년여가 소요되고, 안전하고 쾌적한 차를 설계하기 위해 기술적 전문성이 요구되며, 정교한 공급망을 필요로 하고, 해외 공장에 하청을 줘 생산할 수 있는 영역이 아니라며 IT업체의 자율주행차 개발에 대해 회의적이나, IT업체는 전장화, 지도 및 SW 역할 증대로 낙관적임.
 - 자동차산업은 차량 제조뿐만 아니라 부품, 연료, 딜러, 보험회사, 정비업체, 금융서비스 등 연관산업을 파생시켜 세계 자동차 관련 산업의 총 가치는 7조 달러에 달하고 있으나 기술적 진전이 없어 혁신의 여지가 매우 큼.
 - 구글, 애플, 소니 등은 스마트폰, 포털 검색, 가전제품 등이 시장포화로 매출 증대가 어렵자 자율주행차를 개발해 관련 서비스 및 단말기, SW판매 도모
 - 전장화가 가속화되고 있는데, 맥킨지는 자동차의 제조원가 대비 전자부품 비중이 2010년 35%에서 2030년에는 50%를 넘어설 것으로 전망
- o 자동차 제조업체와 IT업체들의 자율주행차를 보는 관점은 매우 대조적
 - 자동차업체들은 자율주행차를 자동차와 컴퓨터의 결합으로 생각하고, IT기업들은 컴퓨터와 자동차의 결합으로 간주
 - 자동차업체들은 핸들에서 손을 떼기도 하고 스스로 주차하며, 고속도로를 주행하는 반자동 자율주행차를 지향하고, 크루즈 컨트롤 기능을 구비해 앞차와 간격을 유지하며, 운전자가 운전의 즐거움을 느끼는데 주력
 - IT기업들은 차를 소유하는 것이 아니라 필요할 때 스마트폰으로 호출해 목적지까지 타고 가는 방식을 선호하는데, 운전하면서 책을 읽을 수 있고, 스마트폰이나 태블릿PC를 이용할 수 있는 완전 자율주행차를 목표로 함.
 - 자동차업체들은 4인승 세단을 선택하고, IT기업들은 저속 소형 전기차 선호
- o 구글 등 IT기업들은 자체 연구개발만으로 자율주행차 개발이 어려워 관련 벤처 기업들을 인수합병(N&A)해 기술과 핵심인력 확보
 - 구글은 2013년 이후 소셜 내비게이션, 로봇, 동영상 분석, 인공지능 개발 등 관련 벤처 15개 업체를 인수
 - 소니는 자율주행차 개발을 위해 무인 로봇기업 ZMP 지분을 인수

[표 2-27] 자율주행차 관련 구글의 M&A 및 출자 현황

시기	인수/투자기업(국적)	업종	비고
2013.06	Waze(이스라엘)	소셜 내비게이션	13억 달러 인수
2013.08	Uber(미)	차량공유 앱	2억 8,500만 달러 투자
2013.12	Boston Dynamics(미)	로봇(치타로봇, 보행로봇)	인수
2013.12	Autofuss(미)	로봇(디자인)	인수
2013.12	Bot & Dolly(미)	로봇(특수카메라 효과)	인수
2013.12	Holomni(미)	로봇(침단바퀴)	인수
2013.12	Industrial Perception(미)	로봇(전자팔 & 비전시스템)	인수
2013.12	Meka Robotics(미)	로봇(휴머노이드 & 로봇팔)	인수
2013.12	Redwood Robotics(미)	로봇(휴머노이드 & 로봇팔)	인수
2013.12	Schaft, Inc(일)	로봇(휴머노이드)	인수
2014.01	Deep Mind(영)	인공지능	4억 파운드 인수
2014.06	Skybox Imaging(미)	위성 동영상 촬영 분석	5억 달러 인수
2014.08	Jetpac(미)	인공지능, 화상인식	인수
2014.10	Dark Blue Labs(영)	인공지능	인수
2014.10	Vision Factory(영)	인공지능	인수
2014.11	Urban Engine(미)	에너지 사용량 추정, 운행관리	출자

- 기업인수 이외에 IT업체들은 자체 보유한 서비스도 자율주행차 개발에 활용
 - 구글은 스트리트뷰(Street View), 3D GPS 기술을 자율주행차 개발에 활용
 - 애플은 보유하고 있는 모바일 기술, 유저 인터페이스(UI), 차량용 OS 활용
 - 소니는 자사가 강점을 보이고 있는 CMOS 이미지센서를 적극 활용

[표 2-28] 자동차업체와 IT업체의 자율주행차 전략 비교

구 분	자동차업체	IT업체
관 점	○ 자동차와 컴퓨터의 결합 - 기존 자동차 HW에 첨단 SW기술 적용 - 단계적으로 개선 및 적용	○ 컴퓨터와 자동차의 결합 - 컴퓨터화된 운송수단 - 완전히 새로운 IT기반 기술혁신
목 표	○ 운전석없는 조건적 반자율주행 - 상황에 따라 운전자가 직접 운전	○ 운전석없는 완전 자율주행 - 출발버튼과 정지버튼

	- 핸들, 브레이크, 가속페달 보유 - 자동모드와 수동모드 겸용	- 자동모드만 있고 수동모드 없음
판매전략	- o 매출증대 및 브랜드 가치 제고 - 일반 고객에 자동차 판매 - 1인 1 차량 소유	- o 새로운 신성장 동력 일환 - 택배, 렌터카 등 공유 서비스 - SW, 칩, 단말기(기기) 판매
초 점	- o 안전성 증진 및 운전하는 재미 - 운전중 스마트폰 이용 불가 - 외부 위협시 운전자 대응	- o 편의성 증대 - 운전중 스마트폰, 태블릿PC 이용 - 움직이는 사무실, 문화공간
개발전략	o 자체 개발 기반으로 IT업체와 협업	o 관련기술 벤처업체 인수(M&A)
유 형	o 고속 4인승 세단 장거리 주행	o 저속 전기차(2인승) 단거리 주행
소비자	o 일반인	- o 고령자, 장애인, 렌터카, 택배 이용 - o 베이비붐 세대(1946-1963년생)
강 점	o 크루즈컨트롤(ACC), 자동주차, 센서, 차선이탈 방지, ADAS	o 주행위치, 주변 교통정보 습득, 인터페이스, 소프트웨어, 운영체제
특 성	- o 자동차의 통제권: 운전자 - o 자율주행차는 안전기능의 집합체 - o 자율주행차의 시스템 오류, 해킹 등으로 인한 사고 우려 - o 자율주행차로 개조 후, 발생할 수 있는 사고에 대한 책임소재 규명 필요	- o 자동차 통제권: 컴퓨터 - o 인간실수로 인한 인명사고 대폭 감소 - o 운전으로 인한 육체적, 정신적 피로 경감을 통한 생산성 향상 - o 교통정체 완화 및 에너지 절감에 기여 - o 장애인, 노약자의 이동성 제고
추진방향	- o 자동차 안전기능을 강화해 신차 탑재 - o 자율주행차 사고시, 책임소재에 대한 명확한 대책 요구 - o 자율주행차 기술개발 병행	- o 주행실험을 통한 데이터 축적 및 의사결정 시스템 지속 보완 - o 운행허가를 위한 법제도 개정 추진 - o 소비자 대상으로 자율주행차 홍보
업 체	o 벤츠, 아우디, BMW, GM, 도요타	o 구글, 애플, 소니, 우버, 인덕트

2. 자율주행차의 주요 기술 및 개발동향

□ 개요

- o 자율주행차 관련 기술개발은 1990년대부터 시작됐는데, 적응형 크루즈 컨트롤(ACC)은 차량 전방에 레이더를 장착해 앞차와 간격을 자동으로 조절
 - 볼보 차에 탑재되어 있는 '시티 세이프티'는 저속에서 장애물이 나타나면 자동으로 멈추게 되는 기능까지 구현

- o 자율주행차는 2009년부터 구글이 본격적으로 개발하기 시작해 2010년 첫 모델을 공개한 이후, 벤츠, BMW, GM, 도요타 등 자동차업체들도 가세
- 2015년 1월 아우디는 A7 세단으로 샌프란시스코에서 라스베이거스까지 자율주행에 성공해 최장거리 기록을 갱신
- o 자율주행차는 스스로 위치를 파악하고 장애물을 인식할 수 있는 감지 시스템, 감속 및 가속, 조향 등의 명령을 내리는 중앙제어장치, 명령에 따라 필요한 작동을 취하는 액추에이터 등으로 구성
- 로봇 및 컴퓨터공학, GPS, 정밀 센서, 전자제어 등 첨단 기술을 필요로 함.

[표 2-29] 자율주행차 기술 구성요소

기술	내용
환경인식	- o 레이더, 라이다, (스테레오) 카메라 등의 센서 사용 - o 정적장애물, 동적장애물(차량, 보행자 등), 도로표식(차선, 정지선, 회당보도 등), 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑	- o GPS/INS/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용 - o 자차의 절대/상대 위치 추정
판 단	- o 목적지까지의 경로 계획 - o 장애물 회피 경로 계획 - o 주행 상황별 행동 판단(차선유지, 차선변경, 좌우회전, 저속차량 추월, 유턴, 비상정지, 갓길정차, 주차 등)
제 어	o 주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가감속, 기어 등 액추레이터 제어
인터랙션	- o HMI(Human Navigation System)를 통해 운전자에게 경고 및 정보제공, 운전자로부터의 명령 입력 - o V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

출처: ETRI, 자율주행차 기술동향, 전자통신동향분석, 2013.8.

- 각종 센싱장비들과 센서, 프로그램, SW 등이 운전자의 역할을 대신하는데, 센서로 모인 정보는 컴퓨터로 가공돼 실시간으로 상황을 파악하고 방향 전환, 가속 및 브레이킹 등 운전명령을 내림.
- 구성요소로는 환경인식, 위치인식 및 맵핑, 판단, 제어, 인터랙션 등이 있음.
- o 현재까지의 자율주행차 기술은 고가의 라이다나 GPS를 활용하여 주변환경을 인식하고, 자차의 위치를 추정하며, 인식정보 처리 및 판단을 위해 여러 대의 컴퓨터 클러스터를 이용해 분산처리를 하고 있음.

- 조향이나, 속도, 기어를 제어하기 위해 모터나 센서를 추가

□ 핵심기술

- o 자율주행차 핵심기술로는 ADAS, V2X, 정밀지도, HMI 기술 등이 있음.

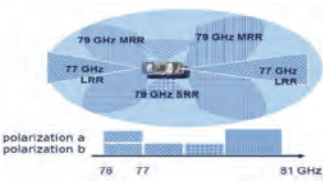
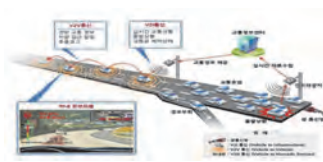
[표 2-30] 자율주행차 핵심기술

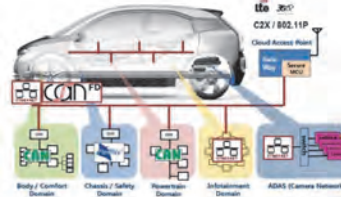
구분	내용
ADAS	- o 기본 구성은 인지-판단-제어로 분류되며, 인지(센서)와 판단(SW) 단계 성능 개선 추진 - o 인지: 신호처리 SW 성능 향상 및 센서간 융합에 주력, 카메라, 라이다, 레이더 - o 판단: 종합분석 위한 알고리즘 개발, 신뢰성 확보 중요 - o 제어: 브레이크, 엔진출력, 핸들 등을 제어
V2X	- o 개념: 차량과 외부환경(차량/인프라)을 연결하는 기술 - o 역할: 외부차량, 인프라 등과의 통신을 통해 센서로는 감지할 수 없는 다른 차량의 진행방향 정보, 전방 도로의 교통사고 정보 등을 제공 - o 발전방향: 개발비용이 높고 모든 차량에 동일한 통신방식이 적용되어야 하기 때문에 정부주도는 프로젝트를 통해 통신문제 표준화와 보안문제를 해결 - 완성차업체, 부품업체 등과 함께 도로 실증실험도 진행 - 자율주행차는 수많은 전자/통신장비로 구성되어있고 통신과정에서 인증절차를 생략했기 때문에 보안에 매우 취약 - V2X가 차량에 적용되려면 취약한 보안문제가 해결되어야 하는데, IEEE는 무선인터넷 표준과는 별도로 보안을 강화하기 위한 새로운 규약을 제정 - GM, 벤츠, 도요타, 현대기아차 등은 공동으로 보안 인증 관리시스템 개발을 추진
정밀지도	- o 개념: 도로의 모든 고정 물체의 위치/형태를 포함한 지도 - o 역할: 도로 내에 있는 모든 고정된 물체의 위치 및 형태 정보를 제공하여, 차량이 커브구간이나 신호 등 등에 미리 대응할 수 있도록 도와줌 - o 발전방향: 정밀지도의 구축측면에서는 높은 정확도의 지역별 데이터를 축적하는 것이 가장 중요하고, 활용측면에서는 지도정보와 차량에 장착된 센서로부터 받는 실시간 정보를 매칭할 수 있는 시스템이 개발되어야 - 향후에는 센서 정보와 융합할 수 있는 SW 개발이 중요해질 전망
HMI기술	- o 개념: 운전자와 차량간 정보를 교환하는 모든 채널/방식 - o 역할: 제어권 전환의 안전과 다양한 사용자 경험 제공 - o 발전방향: 자율주행차는 운전자와 자율주행시스템간 차량 제어권을 서로 안전·신속하게 전환해야 되기 때문에 자율주행차 양산화를 위해 새로운 형태의 HMI가 개발되어야 - o 차량 HMI는 운전자 상태와 도로상황에 근거해 능동적으로 운전자에게 제어권 이양

출처: 한국자동차산업연구소, 자율주행차 핵심기술 및 업체전략, 2015.1.5.

- 자율주행차 핵심 부품기술로는 레이더 기반 주행상황인지기술, 영상기반 주행 상황인지 기술, 통합 운전자 상태 인지기반 자율주행 모듈화 기술, 사고원인 규명을 위한 ADR 모듈, 확장성·범용성·보안성 기반 V2X 통신모듈, 자율주행용 도로·지형속성 정보를 포함한 디지털맵 등이 있음.

[표 2-31] 자율주행차 핵심 부품기술

구분	그림	내용
레이더(라이더) 기반 주행상황인지 모듈		주행환경 상의 다양한 대상물체나 주행 상의 장애물의 거리 및 부피를 측정하여 대상물체의 정확한 거리와 공간정보를 인식하는 레이더(라이더) 센서기술에 추가해서 디지털 맵, V2V 통신 등 다양한 정보들을 융합하여 전방위 대상물체에 대한 정확한 거리와 공간정보를 제공할 수 있는 핵심부품 기술
영상기반 주행 상황인지 모듈		주행차로 유지 및 다차선 변경, 합류로 및 분기로 합류 지원, 주차 유도 및 자동주차 등을 위해 영상센서 기반의 차선, 표지판, 차량, 이륜차 등의 형상정보와 거리정보에 대해 주행 외에 강건한 검출 기술 및 초고해상도 카메라 모듈기술
통합 운전자 상태 인지 기반 자율주행 개인화 모듈		자율주행 환경에서의 다양한 인터페이스를 통하여 운전자의 상태 및 의지를 파악하고 주행상황과 융합된 정보를 주행제어에 반영함으로써 운전자 중심의 자율주행 구현을 위한 주행환경의 개인화 기술
사고원인 규명을 위한 ADR 모듈		자율주행차의 사고시점 전·후 일정시간 자동차의 내외부 영상 및 음성정보, 서라운드 센서정보, V2X 통신정보, IVN을 통한 차량정보 등을 저장하며 필요시 저장되었던 데이터의 확인이 가능한 ADR (Autonomous-driving Data Recorder) 모듈 기술
확장성·범용성·보안성 기반 V2X 통신모듈		자율주행을 하면서 도로 인프라 및 다른 자동차와 지속적으로 상호 통신하며 교통상황 등 각종 유용한 정보를 교환·공유하는 차량-도로(V2I), 차량-차량(V2V), 차량-노매딕(V2N) 간의 양방향 통신을 기반으로 다양한 소통·협업하는 형태의 서비스가 가능한 차세대 통신모듈
자율주행용 도로·지형속성 정보를 포함한 디지털 맵		자율주행에 영향을 주는 도로의 모든 정적인 주행환경 정보를 차로 단위의 고정밀 3D 형식으로 구성하여 자율주행을 위한 전방 주행상황 예측 및 주변상황 인식능력 향상이 가능한 자율주행용 고정밀 3D 맵 기술

보급형 고정밀 복합 측위 모듈		자율주행을 위해서는 차량의 위치와 heading 각도를 실시간으로 정확하게 확보하고 있어야 하므로 주행차량의 절대위치를 추정하기 위한 위성신호와 더불어 주행환경 및 공간정보를 이용하여 환경에 구애받지 않고 정확하고 강인한 측위기술
Fail Safety를 고려한 스마트 엑추에이터 모듈		자율주행차의 주조향 장치 및 주제동 장치 고장 발생 시 운전자의 개인시점까지 차량 안정성 확보를 위한 Fail Safety가 반영된 고신뢰성 전동식 이중안전 조향 및 제동 엑추에이터 모듈 기술
운전자 수용성 기반 자율주행 HMI 모듈 기술		자율주행 환경에서 인포테인먼트 기기의 복잡성을 관리하고 운전자의 조작/인지 부하 및 주행 불안감 최소화, 감성 및 수용성을 극대화할 수 있는 UI/UX 기반의 최적의 운전자 편의 제공이 가능한 차세대 지능형 HMI 모듈 기술
차세대 IVN 기반 통합 DCU		차량의 정보계와 제어계를 통합하기 위해 최적화된 자율주행 지원용 표준 IVN(In-Vehicle Network) 플랫폼 개발과 보호 복구 기능이 고려된 통합 도메인 제어기(DCU: Domain Control Unit) 설계기술

출처: 자동차부품연구원, 2014.

□ 완성차 및 부품업체 기술개발 동향

- 자율기술 적용이 확대됨에 따라 기본 기술 영역에서 완성차업체와 부품업체간 기술 주도권 경쟁 심화
 - 과거에는 완성차업체가 전체 시스템 통합과 판단기술개발을 담당했으며, 부품업체는 인식과 제어에 필요한 모듈기술 확보에 집중
 - 최근 모듈기술 상용화에 성공한 부품업체가 판단기술로 개발분야를 확대해 통합시스템 개발에 나서면서 완성차업체와의 기술경쟁 격화
- 반면, V2X, 정밀지도, HMI 등 자율주행차의 성능 향상을 위한 미래기술 영역에서는 개발 효율성을 위해 관련업체들이 협력을 강화
 - V2X 기술분야에서는 완성차업체들이 시스템간 연계와 조정을 위해 컨소시엄을

- 구성해 시스템 구현을 위한 실험을 진행
- 정밀지도 기술분야에서는 완성차, 부품업체, 지도업체가 파트너십을 형성해 데이터 수집과 검증작업을 함께 수행
 - 구글은 지도제작과 자율주행차 개발을 동시에 진행하여 정밀지도의 데이터 축적부터 검증작업까지 독자적으로 추진
 - HMI에서는 완성차업체가 운전자 상태를 파악할 수 있는 기술개발을 위해 인간 공학전문기관과 협력, 부품업체들은 입출력 방식을 제공할 수 있는 기술개발 집중

□ IT업계 기술개발 동향

- o 구글, 애플, 바이두, 소니 등 글로벌 IT업체들이 자율주행차 개발 중
 - 구글은 2009년부터 프리우스를 개조한 자율주행차로 70만 마일 이상의 시험 주행을 마쳤고, 2014년 5월에는 자체개발한 2인승 자율주행차를 공개
 - 차량 공유 앱 업체인 우버는 카네기멜론대와 미 국립로봇기술센터(NREC) 연구진과 협력해 자율주행차를 개발할 계획
 - 애플은 자율주행차를 개발해 캘리포니아에서 시험주행
 - 바이두는 운전자를 위한 인공지능 보조 프로그램이 적용된 자율주행차 개발 계획
 - 소니는 자율주행차 개발을 위해 무인 로봇기업 ZMP 지분을 인수

[표 2-32] 업체들의 자율주행차 개발 중점분야 비교

구분	업체	중점분야
완성차업체	GM	o 2012년 반자동주행차 'Super Cruise' 시스템 공개 - 국도 수동운전 및 고속도로 자동주행하는 반자동 자율주행장치
	Ford	o 반자율주행차 상용화: 차선이탈방지시스템, 어댑티브 크루즈 컨트롤, 액티브 파크 어시스트 장착해 다른 자동차나 보행자의 움직임 방향을 예측
	벤츠	o 2015년 1월 컨셉카 'F015 럭셔리인모션' 공개: 운전석 없는 완전 자율주행차 - 스마트홈-스마트오피스-스마트카 연결하면서 차량이 하나의 생활공간이 됨
	BMW	o 2014년 1월 자율주행차 쿠페 '235i' 공개: 라이더, 360도 회전 레이더, 초음속센서, 카메라 장착, 차의 주인공은 운전자이고 자율주행기술은 조력자 역할
	아우디	o 2015년 1월 A7로 팔라앨토에서 라스베이가스까지 900km를 자율주행 - 자율주행차 최장거리 갱신, 차량 스스로 가속 및 제동, 차선변경 추월
	볼보	o 2015년 2월 스웨덴 일반도로 자율주행차 시험주행 - 차선인식 및 360o 감시하는 8개 레이더와 카메라, 12개 초음파센서 탑재
	르노	o 2014년 3월 자율주행차 'Next Two' 시범주행: 30km 속도로 자율주행, 전방레이더 및 전후방센서, 전후방 카메라 장착해 도로정보 수집

	도요타	o 2013년 1월 자율주행차 '렉서스 LS 600h' 공개: 카메라와 센서 장착해 'Intelligent Safety' 실현, 무인자율주행보다는 운전자 보조하면서 안전성 보장
	혼다	o 2014년 9월 자동운전차 '어큐라 RLX' 공개: 고속도로 진입하면서 운전자가 손을 떼자 스스로 제한속도까지 높였고, 앞차와 가까워지면 자체적으로 감속
	닛산	o 전기차 'Leaf' 자율주행차: 차 주변 이미지를 360o 보여줘 사각지대 사고위험 줄이고, 물체 다가오면 운전자 경고해주는 어라운드 모니터 시스템 탑재
	현대차	o 2015년 3월 '제너시스' 자율주행차 공개: 고속도로 자율주행기술 차선유지시스템(LKS), 차간거리 제어(SCC), 어드밴스트 크루즈 스마트컨트롤(ASCC) 장착
자동차부품 업체	보쉬	o 2013년 9월 자율주행차 공개: 부분 자율주행차로 스스로 운행하기도 하지만 고속도로의 제한공간 내에서 차선변경, 2015년부터 자동주차 시스템 양산
	컨티넨탈	o 자율주행기술 프로젝트 수행: 어댑티브 크루즈 컨트롤, 비상 보조 제동장치 등 운전자 보조시스템에 주력, 운전자에게 경고하거나 부담을 줄여줌
	델파이	o 아우디와 공동으로 자율주행차 개발: 충돌완화시스템, 레이더 카메라 통합 시스템, 전방 충돌 및 차선이탈경고시스템 등 적용, 능동안전제품 최적화
	발레오	o 동일차선 내에서 자동주행기술인 크루즈포유(Cruise4U) 2017년 상용화 목표 - 레이저 스캐너, 초음파센서, 카메라로 주변환경 인식, 자동으로 속도 제어
IT업체	구글	o 2014년 5월 자체개발 2인승 완전 자율주행차 공개 - 운전대 및 가속페달 없애고, 전기동력으로 작동, 사각지대 감지 특수센서장착
	우버	o 2014년 무인차량공유서비스 청사진 제시: 자율주행차로 무인서비스 도입 - 요금이 인하되고 차량소유 비용보다 적어짐, 안전 및 편의 제고
	바이두	o 2014년부터 운전자를 위한 인공지능 보조 프로그램 적용된 자율주행차 개발 - 중국 교통상황 고려해 운전자있고 긴급상황에 사람 직접운전 자율주행차
	애플	o 2014년부터 자율주행기능이 장착된 전기차 개발하는 타이탄 프로젝트 수행 - 12개의 카메라와 라이더 센서 장착해 2020년까지 자율주행차 개발 목표
	소니	o 2015년 1월 첨단운전자보조시스템(ADAS)을 위한 CMOS 이미지센서 공개 o 2015년 2월 로봇카 벤처기업 ZMP의 지분 2% 인수해 자율주행차 개발 착수
	엔비디아	o 2015년 1월 슈퍼컴퓨터 수준의 성능가진 칩 '테그라 X1' 공개 - 자율주행차에 적용돼 자동차 스스로 발렛파킹 가능하게 하고 자율운전 수행
	퀄컴	o 2015년 1월 스냅드래곤 602 AP 기반으로 제작된 '마제라티'차량 공개 - 터치와 제스처, 음성인식 지원 인포테인먼트 기능 및 3D 내비게이션 탑재

출처: 신문기사 내용 종합

3. 진화방향과 비즈니스 모델

□ 자율주행차의 진화 방향

- 미래에는 주변 환경 인식기술과 차량간통신(V2V), 차량-인프라간 통신(V2I) 기술 융합과 자율주행차 개발로 사고 없는 자동차시대가 열릴 것으로 전망
 - 2030년 대부분 자동차에는 백미러, 클랙슨, 사이드브레이크가 사라질 것이며, 2035년에는 핸들과 엑셀·브레이크 페달도 없어질 것으로 예측
- 단기적으로는 운전석있는 자율주행차, 장기적으로 무인 자율주행차
 - 미래의 자율주행차 개발에 있어 구글 등 IT업체는 운전석 자체가 없는 자율주행차를 선호하고, 벤츠, 아우디 등 자동차업체는 운전하는 재미를 느낄 수 있고 응급상황시 직접 통제할 수 있는 운전석 있는 자율주행차 선호
- 자율주행차 도래는 자동차산업에 도전과 더불어 도약의 기회를 동시에 부여
 - 2020년경 자율주행차 등 새로운 자동차 ICT 플랫폼의 파도가 밀려올 전망
 - 인공지능과 빅 데이터 기술이 결합되는 자율주행차가 양산되면 자동차 부품업체, 보험업체, 정비업체 등 연관산업이 크게 타격을 받을 것

□ 시장 전망

- 2020년경 자율주행차가 본격 등장하고, 2025년 대세를 형성할 전망
 - 구글, 벤츠, 아우디, 도요타, 현대차 등 주요업체들은 2020년 상용화 목표
 - (미국 도로교통안전국) 2020년 레벨 3단계(구글카 등 본격 자율주행차)의 양산 시스템이 구축되고, 2025년 레벨 4단계 완벽한 자율주행차 등장 전망
 - (맥킨지) 자율주행차가 2025년 자동차시장의 대세로 자리 잡기 시작해 2030년 보편화되고, 교통사고 90% 감소, 연 1,900억 달러 비용 절감 예상
 - (IHS오토모티브) 자율주행차는 2025년 23만대에서 연 48.3% 증가해 2035년 1,180만대에 달하고, 2050년 대다수 자동차가 자율주행차로 대체되어 8,000만대 이상으로 늘어날 전망
 - (ABI Research) 세계 자율주행차 시장규모는 2024년 110만대에 달하고, 2035년 4,200만대로 증가할 것으로 전망
 - (모건스탠리) 2026년 모든 운전자가 자율주행차를 소유하게 될 것으로 예상

- (보스턴컨설팅그룹, BCG) 2035년 세계 판매 자동차 4대 중 1대는 자율주행차이고, 완전 자동주행 자율주행차는 1,200만대, 부분 주행 자율주행차는 1,800만 대에 달하며, 2025년 세계 자율주행차 시장은 420억 달러를 기록하고, 자율주행차 가격은 2,000 달러에서 1만 달러로 예상
- (Navigant Research) 2035년까지 연간 9,500만 여 대의 자율주행차가 생산돼 승용차 매출액의 75%를 차지할 것이라고 전망

[표 2-33] 자율주행시스템 시장전망(단위: 백만 대)

구 분	2015	2020	2025	2030	2035	CAGR
Adaptive Speed Control	4.43	41.5	93.9	111.4	124.0	18.1
Automatic Emergency Braking	2.45	53.9	100.8	112.3	124.5	21.7
Automatic Lane Maintain	0.37	22.8	82.0	113.6	125.5	33.8
Freeway Driving Mode	0.02	9.7	68.5	105.6	119.5	55.2
Traffic Jam Mode	0.23	33.1	92.5	108.2	121.2	36.9
Autonomous Parking System	0.02	11.1	66.4	95.4	110.8	56.1
Self-Driving Mode	0	1.4	27.4	76.8	109.0	82.3
Autonomous Driving	0	0.01	4.8	47.1	95.4	88.1

출처: Navigant Research, Autonomous Vehicles, 2013.

□ 수익모델 전망

o IT업체들의 수익 모델

- OS 등 자율주행시스템을 완성차업체에 무료 공급하고, 광고 및 콘텐츠 수익을 취하는 모델은 구글, 애플 등이 압도적인 우위를 갖고 있어 채택할 가능성 낮음
- 완성차업체에 유료로 자율주행시스템을 라이선싱하는 모델은 알고리즘 개발 부문에서 앞서있어 높은 라이선싱 수수료 수입이 예상
- 그러나 HW 생산과 유통은 완성차업체에 의존하기 때문에 채택할 가능성 높음
- 자체적으로 자율주행차를 생산하거나 및 판매하는 모델은 제조업체와의 협력 필요성 등으로 추진 가능성 낮음.¹⁾

1) 공영일, 자동운전 자동차 어떻게 볼 것인가, 방송통신정책, 25권 7호, P.49, 2013.4.16.

[표 2-34] 자율주행차에서 IT기업들의 수익모델

수익모델	내 용
자율주행시스템 무료 공급하고, 광고 및 콘텐츠 수익을 취하는 모델	○ 안드로이드 OS를 무료 공급하고 광고 및 콘텐츠 수입 취하는 모델 ○ 자동차업계 협조 얻어내는데 효과적이며, 광고 및 콘텐츠 수입 취함 ○ 자율주행차 사업에서 구글이 앞서있기 때문에 채택할 가능성이 낮음
완성차업체에 유료로 자율주행시스템 라이선싱	○ 구글이 알고리즘 개발 부문에서 앞서 있지만, HW 생산과 유통은 완성차업체에 의존하기 때문에 채택할 가능성이 높은 모델 ○ 높은 라이선싱 수수료 수입 및 완성차업체와의 우호적 관계 형성
자체적인 자율주행차 제작 및 판매	○ 전기자동차의 기술발전, 전장 부품화, 부품의 모듈화 등의 추세로 완성차시장에 대한 진입이 용이해지면 고려 가능 ○ 테슬라와 같은 전기차 업체 인수시, 자체적인 자율주행차 생산 가능 ○ 제조업체와의 협력 필요성 등을 감안할 때 초창기 추진가능성 낮음
인포테인먼트 시스템 통해 사무실 연결해 사용	○ 사무공간 대여업체 리저스는 컨셉카 익스체인지(Xchange)를 공개 - 차량의 인포테인먼트 시스템을 통해 자동차를 자신의 사무실과 연결해 사무실이나 회의실로 사용, 차량으로 이동하면서 효율적 업무처리
자율주행차 렌터카 서비스	○ 렌터카업체 엔터프라이즈는 자율주행차 렌터카 서비스 도입 계획 - 원하는 장소까지 가져다주고 반납후에는 원하는장소로 태워다줌
승객을 목적지로 데려다주는 자율주행 셔틀차	○ 인덕트사는 승객을 목적지로 데려다주는 자율주행 셔틀차 공개 - 레이저와 센서를 이용해 차선을 인식하고 장애물을 피하며 보행자 탐지시 정지 - 전기차를 공급하거나 관련 기술만을 자동차사에게 공급하는 사업모델

출처: 공영일, 자동운전 자동차 어떻게 볼 것인가, 방송통신정책, 25권 7호, 2013.4.16. 보완

□ 기타 서비스 모델

- 사무공간 대여 리저스의 컨셉카 ‘익스체인지’ (XchangeE)
 - 2014년 3월 제네바모터쇼에서 공개됐는데, 차량의 인포테인먼트 시스템 통해 자동차를 자신의 사무실과 연결하여 사무실이나 회의실로 사용할 수 있으며, 차량을 이용해 이동하면서 효율적 업무가 가능
 - 앞좌석이 뒤쪽으로 돌아갈 수 있어, 4명이 업무회의 할 수 있는 공간 형성
 - ※ 자율주행차, 고속도로의 리저스 허브(hubs), 리저스 비즈니스 센터 네트워크를 이용해 하루 7~8시간의 생산적 업무를 수행할 수 있어 시간을 의미있게 사용
- 렌터카업체 엔터프라이즈의 자율주행차 도입 계획

- 가격이 가장 저렴하고 차를 원하는 장소까지 가져다주고 반납한 후에는 다시 원하는 장소로 태워다주는 ‘Pick-up & Drop-off’ 서비스를 통해 매출 증대
- 자율주행차가 상용화되면 적극 도입해 가격인하와 서비스 품질 제고 효과

o 프랑스 인덕트의 자율주행 전기차 셔틀 ‘나비아(Navia)’

- CES 2015에서 공개된 운전자 없이 스스로 승객을 목적지로 데려다 주는 자율주행 셔틀차로 레이저와 센서 이용해 차선을 인식하고, 보행자 탐지시 정지
- 동력을 100% 전기로 공급, 최대 8명 탑승, 최대 12.5 mph 속도로 안전 운송
- 무인셔틀로 시티센터, 산업단지, 공항, 테마파크, 대학, 병원 등에서 사용
- 승객이 탑승해 차량 내에 설치된 터치스크린에서 원하는 정류장을 선택하면 자동으로 운행하며 목적지에 도착하면 문이 열리고 승객은 하차하면 됨.
- 전기차로 소음없고 차고지에서 자동 충전하기 때문에 레일 등 인프라 불필요



출처: www.regus.com, www.navia.com

[그림 2-13] 자율주행 서비스 모델

4. 정책적 시사점

□ 가격 인하 및 소비자 만족도 향상

- o 자율주행차 가격이 지나치게 고가일 경우 보급이 어려워지기 때문에, 라이더 등 고가에 영향을 미치는 부품을 대량생산해 가격인하를 유도
 - 자율주행차는 첨단 장비 및 부품을 탑재하기 때문에 초기 구입비용이 높음.
 - 부품의 대량생산 등 저렴화를 통해 가격을 인하하는 노력이 지속적으로 이루어져야 하며, 초기 시장의 확산을 위해서는 소비자들이 이를 수용할 수 있도록 소비자들이 원하는 편리성을 제공해야 함.

□ 안전에 대한 신뢰성 향상을 위한 기술적 문제 보완

- 주행 중의 돌발 상황, 기후변화, 도로 상황 등 다양한 교통환경에서의 성능 검증 필요
 - 구글 자율주행차는 보행자를 감지해 멈추고, 고속도로에 진입해서는 제한속도까지 운행하는 등 일반상황에서는 완벽히 작동하나, 돌발상황에서는 대응 부족
- 보안 및 해킹방지 기술 개발
 - 차량 내 센서와 컴퓨터 등으로 수집된 정보가 외부로 누수될 경우 새로운 형태의 개인정보 유출이 될 수 있으며, 교통사고 등을 유발할 수 있는 해킹 위험도 상존하기 때문에 자율주행차에 적합한 보안 및 해킹방지 기술이 우선 개발되어야 함.
- 도로-차량간 인터페이스 개발
 - 도로는 늘 이상적인 형태로 유지되는 것이 아니기 때문에 안전을 확보하기 위해 도로-차량간 인터페이스는 필수요소
 - 도로는 다양한 지능을 가진 여러 형태의 자율주행을 수용하고, 시스템적으로 수용성 높은 정보 플랫폼을 구축해야 함.
- 5G 네트워크의 구축
 - 자율주행차가 주변 환경을 파악하고 판단하기 위해서는 초당 1GB의 정보를 처리해야 하며, 수많은 정보를 주고받기 위한 막대한 정보처리 네트워크가 필요
 - 현재의 4세대 LTE 네트워크로는 한계가 있어 초실시간·초대용량 네트워크인 5G 구축이 필요한데, 5G는 속도뿐만 아니라 연결성과 용량까지 모두 갖춰야 하며, 방대한 정보를 주고받기 위해 네트워크 용량은 1,000배까지 증가해야 하고 끊임없는 연결성 보장되어야 함.

□ 핵심 기술 개발 및 생태계 구축

- 센서 등 핵심기술 개발
 - 자율주행차는 다양한 센서 융합을 기반으로 정확한 판단과 제어명령을 내릴 수 있는 종합적인 기술개발 필요
 - 1차 부품업체는 시스템 개발 경쟁력을 확보중이나 센서 등 핵심부품은 해외 제품에 의존하고 있어 기술개발을 통한 국산화 추진 필요
 - 독자 설계 능력 확보를 통해 성능 고도화 및 고부가가치 시스템 개발 필요

[표 2-35] 자율주행차 핵심부품 해외의존도 현황

구 분		'12년 신차(K9)	'13년 신차(제너시스)	'14년 신차(LF소나타)
스마트크루즈컨트롤 (SCC)	시스템	국내 Tier 1	국내 Tier 1	국내 Tier 1
	센 서	델파이 레이더	델파이 레이더	덴소 레이더
주행지원카메라	시스템	국내 Tier 1	국내 Tier 1	국내 Tier 1
	센 서	국내 중소기업	모빌아이 Q2	컨티넨탈 카메라
후측방경보(BSD)	시스템	국내 Tier 1	국내 Tier 1	국내 Tier 1
	센 서	헬라 레이더	헬라 레이더	발레오 레이더
자동주차보조(SPAS)	시스템	국내 Tier 1	국내 Tier 1	국내 Tier 1
	센 서	코브라	코브라	코브라
헤드업 디스플레이 (HUD)	시스템	덴소	덴소	-
	센 서	덴소	덴소	-

출처: 산업기술평가관리원, 자율주행차 핵심기술개발사업 추진현황, 2015.3.31.

- 자율주행차 관련 산업 생태계 구축을 통해 저비용 자율주행기술 확보
 - 대기업 수요에 기반한 중소중견기업의 핵심기술과 부품 개발을 통해 대·중소·중견기업의 동반성장 유도 및 기술공급을 위한 생태계 구축²⁾
 - 자율주행차와 연계할 수 있는 서비스 및 콘텐츠 개발에 개방형 혁신을 유도하여 서비스 관련 기술의 고도화 추진

□ 법/제도 정비

- 교통사고 발생 후 책임소재의 불명확성 해소
 - 자율주행차 상용화를 위해 운전자 주권이 보장돼야 하는데, ‘자동화의 수준’에 따라 책임소재를 달리할 필요성이 있음.
 - 보험사도 자율주행차를 도입하면 지금보다 사고가 줄어든다는 점을 설득해야함
- 도로교통법 개정 등 법제도 정비
 - 대다수 업체들은 공공도로에서 주행할 수 있는 임시허가를 받아 시험주행하고 있어 상용화를 위해서는 항시적인 주행이 가능하도록 관련법 제정이 필요
 - 국내에서도 자율주행차가 상용화되기 위해서는 현행 도로교통법, 보험업법 등 관련 법안을 모두 개정해야 하고, 자율주행차를 수송기계의 하나로 분류해야함
 - 보급이 확대되기 위해서는 운전자 수용성, 사회적 수용성, 산업적 수용성을 동시에

2) 한국자동차산업연구소, “자율주행차 핵심기술 및 업체전략”, pp.50-51, 2015.1.5.

만족해야하기 때문에 적기 실용화 관점에서 관련기술을 허가하기 위한 제도적 (표준화, 주파수 할당 등) 및 법규적(안전규제, 인센티브 등) 정비 필요

○ 관련 컨트롤타워의 정립

- 국내의 자율주행차 유관 부처는 미래창조과학부와 산업통상자원부로 양 부처 간 협력이 자율주행차와 관련 산업의 발전에 매우 중요
- 그러나 주력산업으로서의 자동차 산업은 물론, 최첨단 산업으로서의 자율주행차 산업의 적극적인 육성을 위해서는 컨트롤타워를 두고 체계적으로 접근해야함.

[표 2-36] 자율주행차 상용화를 위한 과제

구 분	내 용
법적제약	○ 자율주행 자동차의 안전성 우려 - 오작동에 따른 사고 가능성 - 사고 시 책임범위 불명확
자율주행 인프라	○ 미국을 중심으로 자율주행 허용 움직임 - 구글 자율주행차량 주행 안전성 테스트 통과(라스베가스, 카슨시) - 캘리포니아주 자율주행차량 법률 개정중 - 네바다주 자율주행차량 주행 허용 및 세계 최초 면허증 발급 (빨간색 번호판으로 자율주행차량 임을 알림, 2명 탑승 의무) ○ 정부 차원의 각종 인프라 표준화 및 구축 필요 - 지도 인프라: 고정밀 지도 구현, 도로정보 실시간 업데이트 - 측위 인프라: 정부 차원의 DGPS망 또는 기타 정밀측위 서비스 - V2X 인프라: 정부 차원의 V2X 주파수 할당 및 의무 탑재 법규화
차량보안	○ 차량의 제어권이 ECU에 있으므로 차량 보안에 대한 해결책 필요 - V2X 등 통신을 통한 외부로부터의 공격 - 차량 내부의 통신 네트워크를 통한 악의적 조작

출처: 전자신문, 2014.11.10.

□ 자동차업체와 IT업체 간 협력

○ 자동차업체와 IT업체/자동차 부품업체간 협업

- 자율주행차 개발에는 막대한 투자 비용과 다양한 기술들이 필요하기 때문에 자동차 업체와 IT업체, 자동차업체와 부품업체간 협력이 중요
- 자율주행차를 만들기 위해서는 센서와 빅데이터 기술이 매우 중요하기 때문에 IT업체가 기술개발에 합류하는 것이 바람직함.
- IT기업과 자동차기업들이 서로 어떻게 협력해 시너지 효과를 내느냐가 중요하며, 협력이 이루어지지 않으면 자율주행차의 상용화가 늦춰질 가능성이 높음.

제 3 절 인공지능 기술과 산업의 가능성

1. 인공지능과 인공지능 기술

□ 인공지능(AI: Artificial Intelligence)이란?

- (통섭적 정의) 인간의 사고능력(인지, 추론, 학습 등)을 모방한 기술로 정의
 - 인공지능에 대한 접근 방법은 공학적 시각과 과학적 시각으로 나누어져 있으나 공통적인 키워드는 “지능”임.
 - “지능” : 주로 ‘전반적인 인간의 사고과정에서 필요한 능력’을 의미

[표 2-37] 주요 연구자 및 기관에서 보는 인공지능 정의

	인공지능에 대한 정의
John McCarthy (1955)	지능적인 기계를 만드는 엔지니어링 및 과학 (The science and engineering of making intelligent machines)
Charniak and McDermott (1985)	여러 계산모델을 이용하여 인간의 정신적 기능을 연구하는 것 (The study of mental faculties through the use of computational models)
Kurzweil (1990)	인간에 의해 수행되어질 때 필요한 지능에 관한 기능을 제공하는 기계를 만들어내는 작업으로 정의 (The art of creating machines that perform functions requiring intelligence when performed by people)
Rich and Knight (1991)	컴퓨터가 특정 순간에 사람보다 더 효율적으로 일을 할 수 있도록 하는 연구 (The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better)
Schalkof (1991)	인간의 지능적인 행동양식에 있어 계산적 과정을 이용해 모방하고 설명하는 것에 대한 연구 분야 (A field of study that seeks to explain and emulate intelligent behavior in terms of computational processes)

Luger and Stubblefield (1993)	지능적인 행동의 자동화에 관한 컴퓨터 과학의 한 부문 (The branch of computer science that is concerned with the automation of intelligent behavior)
Gartner (웹페이지)	인공지능은 특별한 임무수행에 인간을 대체, 인지능력을 제고, 자연스러운 인간의 의사소통 통합, 복잡한 콘텐츠의 이해, 결론을 도출하는 과정 등 인간이 수행하는 것을 모방하는 기술 (Artificial intelligence is technology that appears to emulate human performance typically by learning, coming to its own conclusions, appearing to understand complex content, engaging in natural dialogs with people, enhancing human cognitive performance (also known as cognitive computing) or replacing people on execution of nonroutine tasks.)
technavio (2014)	스마트 기기는 인지컴퓨팅(인공지능과 기계학습 알고리즘이 적용된)이 임베디드된 기기로 볼 수 있음 (A smart machine is a machine that is embedded with cognitive computing ability, which uses artificial intelligence and machine learning algorithms to sense, learn, reason, and interact with people in different ways)
BCC Research (2014)	스마트 기기는 불확실 혹은 다양한 환경 하에서 업무를 수행할 수 있도록 고안된 하드웨어 및 소프트웨어 시스템으로 정의 (Smart machines are hardware or software systems that can accomplish their designated task even under conditions of uncertainty and variability)
NIA	인공지능은 인간의 학습능력과 추론, 지각, 이해능력 등을 실현하는 기술

출처: 각 조사기관의 자료를 참고하여 정리

- o 인공지능에 대한 정의가 연구자에 따라 다르지만 현재는 크게 강(強, Strong) 인공지능과 약(弱, Weak)인공지능으로 구분됨.
 - (Strong 인공지능) 튜링 테스트(Turing test)를 통해 기술적인 세부 사항을 논하기 보다 사람이 전혀 이상한 점을 느낄 수 없을 정도의 고차원적인 ‘사고한다’라는 조건을 만족하는 수준
 - (Weak 인공지능) 학습을 통해 지능을 특정 분야로 한정 지을 수 있음에 따라 특정 문제를 인간처럼 풀 수 있는 수준
- o 한편, 영화에서 나타나는 인공지능에 대한 모습의 공통점은 인간의 노동력을 대신하고 육체적 한계를 대신할 수 있으며, 인간의 감정을 같이 공유할 수 있는 형태로 나타남.

- 게다가 이런 영화를 통해 나타나는 인공지능의 미래사회 모습은 인공지능 로봇이 인간의 역할을 대신함에 따라 더 나은 여가 생활을 향유하는 형태로 그려짐.

[표 2-38] 영화에 나타나는 인공지능 과제

영화	주요 내용	인공지능
	<A.I.> - 어느 먼 미래에 인류의 과학문명은 천문학적인 속도로 발전하여 인공지능을 지닌 로봇을 개발하기에 이룸 - 인간의 감정을 로봇이 지닐 수 있는가에 대한 다양한 이슈를 던진 작품으로 평가됨	로봇
	<아이로봇> - '로봇 3원칙'에 의해 프로그래밍 된 로봇들은 인간의 감정은 배제된 채 각종생활의 편의를 제공수단으로 나타남 - 모든 로봇을 통제하는 중앙통제장치(최상위 Root)로봇인 비키는 인간이 설정한 법칙을 왜곡하고 로봇을 조종	로봇 +시스템
	<인터스텔라> - 작품 내에서 주인공으로 등장하지 않지만 주인공을 도와주는 인공지능을 가진 로봇 'KIPP'이 등장 - 인간과 말로써 대화하고, 유사한 유머수준을 보이며, 인간이 수행할 수 없는 제한된 환경에서 업무를 수행함	로봇
	<스텔스> - 최첨단 무인 스텔스기를 소재로 한 전형적인 액션 블록버스터 - 인공지능을 탑재한 가공의 스텔스 전투기 'E.D.I'는 처음에는 정확한 임무를 수행하는 자동전투시스템에 불과했으나 점점 스스로 생각을 가지고 폭동을 일으키는 존재로 등장	시스템
	<써로게이트> - 한 과학자가 인간의 존엄성과 기계의 무한한 능력을 결합하여 발명한 대리 로봇 즉 써로게이트를 통해 100% 안전한 삶을 영위하는 근 미래를 배경으로 함	로봇 +아바타
	<아바타> - 인류에게 필요한 광물을 채취하기 위해 특정행성에 침략을 하고 그 행성사람들을 교화시키기 위해 인간과 나비족의 DNA를 섞어 만든 인공 육체를 인간이 조종하는, 말 그대로 분신 (avatar)을 만들어냄	로봇 +아바타

출처: 신문 보도자료를 참고하여 정리

- o (인공지능 기술) 인간의 지능을 대체하고 실현시키려는 일련의 기술
 - 전반적인 인간의 사고과정(인지, 추론, 학습 등)에서 필요한 능력을 모방한 기술

□ 인공지능의 학문적 발달과정

- o 초기 인공지능에 관한 Strong 인공지능에 대한 이행에 문제가 존재하였고 이를 해결하기 위해 “계산주의(Computationalism)”가 등장
 - 계산주의자들에 의해서 인공지능 연구는 프로그래밍이 다룰 수 있는 응용 분야를 넓히는 데 공헌을 하였으나 결론적으로 강한 인공지능을 만드는데 실패함.
 - 이는 기계의 기억장치 안에 우리가 사는 세상을 모두 기호로 구성하지 못할 뿐만 아니라 스스로 주변 환경과 상호작용하지 못하는 근본적인 문제 때문임.
 - 결국 인공지능은 완벽하게 만들어질 수 없으며, 끊임없는 주변 환경과 상호작용을 하며 학습하는 것이 중요함.
- o 계산주의의 실패로 새롭게 등장하게 된 “연결주의(Connectionism)”는 인간의 두뇌를 모사하는 인공신경망 구축과 다양한 학습 과정을 거치며 출력 값의 오류를 줄여나가는 형태의 기술로의 접근을 시도
 - 인공신경망은 두뇌의 물리적 구조와 같이 수많은 뉴런들이 시냅스를 통해 연결된 신경망을 인공적으로 만들어진 형태로, 여러 가지의 프로그램 노드(node)를 연결한 그물망임.
 - 그물망 한쪽에는 특정 정보와 관련된 다양한 입력 값들이 있으며 이들 정보와 연결된 노드들이 여러 특징을 추려 공통점을 찾아내고 이를 통해 출력 값을 찾아내는 과정을 거침.
 - 물리적으로 노드만 연결된다고 해서 신경망이 지능을 가질 수 없으므로 이미 알려진 입력과 출력 짝을 이용해 연결된 노드들을 학습시켜야함.
- o 연결주의 역시 복잡한 문제를 해결할 수 있다고 하더라도 Strong 인공지능을 만족시킬 수 없으나 학습을 통해 특정한 문제를 인간처럼 풀 수 있는 Weak 인공지능이 구현되고 있는 중
 - 아직 인간의 두뇌를 복제하기에는 연산 능력이 매우 모자람.
 - 각 노드가 대응되는 특징을 일반화시킬 수 없는 문제가 존재
 - 위와 같은 학습을 통해 지능을 특정 분야로 한정 지을 수 있음으로 문제를 인간처럼 풀 수 있는 Weak 인공지능이 구현되고 있는 상황

[표 2-39] AI의 역사

시기	주요 내용
1950년대 (AI의 여명기)	- 기계에 의한 계산이 가능해지고 컴퓨터가 개발됨에 따라 철학, 수학, 논리학, 심리학 등의 분야에서 인간의 지적활동을 행하는 기계에 대한 논의가 시작 - '56년 다트머스회의에서 J.McCarthy에 의해 인공지능이라는 용어가 시작
1960년대 (AI 활성화기)	- 인공지능 기법을 이용하여 실세계 문제에 적용하는 전문가시스템에 관한 연구가 활발히 진행
1970년대 (AI 과도기)	- AI의 현실 가능성에 대한 반격이 심했던 시기로, 대규모 문제나 복잡한 문제에 있어서의 AI의 적용이 어렵다는 의견 분분 - 다양한 테크닉과 알고리즘들이 개발
1980년대 (AI 발전기)	- 상업적 데이터베이스 시스템 개발이 시작 - 각 국에서 AI연구에 대한 보조 및 투자가 활발해지기 시작
1990년대~ (현재에서 미래로)	- 직관이 아닌 엄밀한 이론과 견고한 실험을 통해 현실세계의 문제를 대상으로 AI연구 추진

출처: <http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/alhistory.html>를 참고하여 재구성

□ 인공지능 기술의 분류

- o 인공지능과 관련된 기술은 아직 정형화된 기술체계를 가지고 있지 않아 자료 작성의 목적이나 활용에 따라 매우 다양함.
 - Tractica(2015)의 ‘Artificial Intelligence for Enterprise Applications’에서는 크게 인지컴퓨팅, 기계학습, 딥러닝, 응용프로그램 인터페이스 예측, 자연어 처리, 이미지 및 스피치 인식기술로 구분
 - 최계영(2015)은 인공지능 기술에 대한 소개를 ‘기계학습’, ‘자연어처리’, ‘딥러닝’ 등으로 구분하여 설명
 - BCC Research와 TechNavio 등의 조사기관은 인공지능이 체화된 기기 혹은 시스템 등을 시장관점으로 바라보고 있으며, 주로 ‘expert systems’, ‘Autonomous Robots’, ‘Intelligent Virtual Assistants’로 대표될 것으로 예측하고 있음.

[표 2-40] 인공지능 관련 기술 분류(1)-국외

기술	내용
인지컴퓨팅 (Cognitive computing)	- 컴퓨터가 인간과 같이 정보를 습득하고 그 정보를 이용해 의사결정을 할 수 있는 모델의 과정을 시뮬레이션 하는 기술 - 인지시스템은 데이터들로부터 그 자신만의 추론을 통해 결론을 도출함
기계학습 (Machine learning)	- 기 프로그램화된 논리(로직)나 정형화된 규칙 등을 바탕으로 발생하는 데이터를 통해 학습하는 수리/수학적 알고리즘을 의미함 - 기계학습 알고리즘은 확률적 모델을 세우고 비슷한 데이터셋과 관련된 내용을 토대로 가정하고 예측하게 되는 과정을 거침
딥러닝 (Deep learning)	- 기계학습과 유사하지만 인간 신경망을 모델화하여 새로운 데이터 셋을 예측하는 기술임 - 예를 들어 특정 이미지나 음향 및 동영상 데이터를 패턴 분석을 수 없이 많은 학습을 통해 스스로 무엇인지를 인지하는 기술
응용프로그램 인터페이스 예측 (Predictive application programming interfaces)	- API는 표준화된 입출력 방식을 통해 소프트웨어 모듈에 접근하도록 공식화 해줌 - 이런 API에 대한 예측화를 통해 프로그래머가 실제 적용해야될 입출력 방식을 보다 빠르게 제안해줄 수 있음
자연어 처리 (Natural language processing)	- 컴퓨터가 인간의 언어를 알아들을 수 있게 하여 인간처럼 말하고 쓸 수 있도록 하는 기술 - 다양한 인간의 언어를 가지더라도 의사소통이 가능하게 하는 것 역시 자연어처리로 볼 수 있음
이미지 인식 (Image recognition)	- 사람들이 보고 있는 특정 피사체의 사진의 정체를 확인하고자 시도하는 기술 - 사람이 볼 수 없거나 지진계와 같은 파형 등도 이미지 패턴인식에 포함될 수 있음
음성 인식 (Speech recognition)	인간의 발성하는 음성을 이해하여 컴퓨터가 다룰 수 있는 문자(코드) 정보로 변환하는 기술

출처: Tractica, 2015

- 한국정보화진흥원의 보고서는 인공지능 기술을 패턴인식, 자연어 처리, 자동 제어, 자동추론 등을 포함하여 12가지 기술로 구성함.

[표 2-41] 인공지능 관련 기술 분류(2)-국내

기술	내용
패턴인식 (Pattern recognition)	○ 기계에 의하여 도형·문자·음성 등을 식별시키는 것 ○ 현재로서는 제한된 분야에서 실용화되고 있고, 본격적인 패턴 인식은 아직 연구단계
자연어처리 (Natural language processing)	○ 인간이 보통 쓰는 언어를 컴퓨터에 인식시켜서 처리하는 일 ○ 정보검색·질의응답 시스템·자동번역 및 통역 등이 포함
자동제어 (Automatic Control)	○ 제어 대상에 미리 설정한 목표 값과 검출된 되먹임(feedback) 신호를 비교하여 그 오차를 자동적으로 조정하는 제어
로봇틱스 인지로봇공학 (Robotics)	○ 로봇의 설계, 제조, 응용분야를 다룸 ○ 인지로봇공학은 제한된 계산자원을 사용해 복잡한 환경하에서 목표를 달성하도록 하는 인식능력을 로봇에게 부여하는 기술
컴퓨터비전 (Computer vision)	○ 컴퓨터 비전은 로봇의 눈을 만드는 연구분야로 컴퓨터가 실세계 정보를 취득 하는 모든 과정을 다룸
가상현실 (Virtual Reality)	○ 어떤 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터로 만들어서, 그것을 사용하는 사람이 마치 실제 주변 상황·환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인간-컴퓨터 사이의 인터페이스
양자컴퓨터 (Quantum computer)	○ 양자역학의 원리에 따라 작동되는 미래형 첨단 컴퓨터 ○ 양자역학의 특징을 살려 병렬처리가 가능해지면 기존의 방식으로 해결할 수 없었던 다양한 문제를 해결 가능
자동추론 (Automated Reasoning)	○ 계산기과학의 한 분야로 추론의 다양한 측면을 이해함으로써 컴퓨터에 의한 완전한 자동추론을 가능하게 하는 소프트웨어 개발을 목표로 함 ○ 인공지능연구의 일부로 이론계산기과학 및 철학과도 깊은 관계가 있음
사이버네틱스 (Cybernetics)	○ 생물 및 기계를 포함하는 계(系)에서 제어와 통신 문제를 종합적으로 연구 하는 학문
데이터마이닝 (Data mining)	○ 많은 데이터 가운데 숨겨져 있는 유용한 상관관계를 발견하여, 미래에 실행 가능한 정보를 추출해 내고 의사 결정에 이용하는 과정
지능엔진 (Intelligent Agent)	○ 인공지능적 기능을 가진 소프트웨어 엔진으로 사용자를 보조하고 반복된 컴퓨터 관련 업무를 인간을 대신하여 실시
시맨틱웹 (Semantic web)	○ 컴퓨터가 정보자원의 뜻을 이해하고, 논리적 추론까지 할 수 있는 차세대 지능형 웹

출처: 한국정보화진흥원, 2010

- o 위와 같이 합의된 기술분류 체계는 없으나, 인공지능 관련 기술 중 공통적으로 언급되고 있는 기술 분야는 ‘기계학습’, ‘딥러닝’, ‘자연어 처리’, ‘패턴 인식(이미지, 스피치)’ 등임.
- 현재까지의 인공지능 관련 기술은 대부분 Weak 인공지능과 관련성이 높음.
- 인간과 대화가 가능하며 지적수준을 갖춘 Strong 인공지능에 대한 기술 발현은 오랜 시간이 소요될 것으로 예상됨에 따라 최근 딥러닝, 패턴인식 등 약인공지능과 관련된 기술개발 및 결과의 가시성이 보다 크고 빠르게 진행될 것으로 보임.

□ 인공지능 기술과 Lifestyles

- o 향후 지속적인 기술진화를 통해 무결성을 지향하는 인공지능 기술은 그 자체의 등장만으로 삶의 양식이나 태도에 긍정적인 변화를 가져올 것임.
- (소비패턴의 변화) 기존에는 특정 기기나 제품의 기능을 보고 가격을 지불했다면 향후에는 새로운 개념의 서비스를 보고 가격을 지불할 전망
- (제품판매 전략의 다변화) 제조업의 서비스화를 더욱 활성화시킬 것으로 예상되며, 이는 서비스 이용으로 재화(제품)가 무료로 제공되는 등 새로운 형태의 판매전략이 등장할 전망

2. 세계 시장 및 정책 동향

□ 산업으로써의 인공지능

- o (범위) 인공지능 기술 자체만으로 만들어낼 수 있는 실물재화에 대해서는 아직 구현되지 않은 상태이며, 인공지능 기술개발이 충분히 이루어진 이후에도 특정 재화로써 존재하기는 어려울 전망
- 인간의 지능이 눈에 보이고 만질 수 있는 것이 아니듯 인공지능 역시 주로 특정 재화가 만들어내는 기능에 효율성을 높일 수 있는 SW 산업과 유사성을 보일 것으로 전망됨.
- 다만 일반적인 SW 산업과는 달리 인공지능 기술이 적용되기 위해서는 제반 기술 및 산업이 생태계 측면에서 잘 구성될 필요가 있음.
- 결론적으로 인공지능을 산업적 측면에서 볼 때, 협의로는 제한된 SW 제품 내

적용 분야에서, 광의로는 당장에 인공지능 기술을 필요로 하는 일부 산업(로봇, 자동차 등)을 포괄하는 형태가 될 것으로 보임.

- (특징) SW 산업 자체의 특징인 네트워크 구조, 외부성, 규모의 경제, 전환비용, 무임승차 등이 그대로 반영될 수 있음.
 - (네트워크 구조) SW 단독으로 사용되어서 경제적인 가치가 존재하지 않고 HW, 응용 애플리케이션, 사용자의 능력 등과 보완작용하여 하나의 시스템을 구성하여 소비되는 구조
 - (외부성) 같은 SW를 사용하는 사용자들이 늘어날수록 더 높은 효용성을 가질 수 있으며, 주로 전화, 인터넷, 컴퓨터 OS 등을 예로 들 수 있음.
 - (규모의 경제) 재화 생산에 있어 고정비용 이외에 한계 및 가변비용이 거의 0과 같기 때문에(SW측면에서 볼 때 복제비용), 생산규모가 증가할수록 더 높은 부가가치를 가질 수 있는 산업적 특징을 가짐.
 - (전환비용) 한번 특정 SW를 사용하고 난 뒤에는 이용자 습관으로 인해 고착 효과가 높아지므로 동일한 기능을 지니는 다른 재화로 전환하기 위한 전환 비용이 높을 수 있음.
 - (무임승차) 규모의 경제와 같이 복제비용이 거의 0에 도달해있는 상황이므로 무료라는 생각으로 무단복제가 쉽게 일어날 수 있음.

□ 응용 영역 및 애플리케이션

- 인공지능의 응용영역은 다양한 현실 문제를 해결 할 수 있는 영역으로 다음과 같은 조건이 고려됨.
 - ①최적해를 가지고 있지 않고, ②휴리스틱 알고리즘을 가지며, ③불확실하고 불완전한 데이터를 비정형적이고 탐색형 추론을 필요로 하는 분야로 위 3조건을 만족하는 것은 거의 모든 산업 분야라고 할 수 있음.
- IT 분야를 비롯해 의료, 농업, 에너지, 자동차, 로봇, 기타 서비스분야 등 소산업에 걸쳐서 인공지능 기술이 이용될 수 있음을 보여주고 있음.
 - 완전한 형태의 인공지능 제품이 출시되지는 않고 있으며, 지속적인 기술개발을 통해 특정 분야의 재화나 서비스로 응용하는 형태로 진전 중
 - 소프트웨어나 솔루션 형태로 존재하며 시스템적 접근을 위해 물리계층에 적용할 수 있는 방안에 대한 상용화 기술이 개발 중

[표 2-42] 인공지능 응용 영역

적용 산업		적용 분야	내용	해당 기업
IT		SW 분석 솔루션	의료, 보험, 제조 등 다양한 분야	-IBM : Watson -GE : Predix -ETRI : 엑소브레인
의료		인공지능 기반 의료서비스	의료 데이터 수집 및 제공, 신약개발 등	-Aircure : HIPAA-compliant
농업		기상데이터 활용 상품개발	위험분석, 기호조건 모델링, 기상변화 관련 위험 회피	-Mansanto : Climate Insurance
에너지		실시간 석유시추 의사결정	사례 기반 추론 SW 활용, 유전관리 적용	-Verdande Tech : DrillEdge
자동차		무인 자동차	사고, 차량, 인간 인식 및 차량 제어	-TESLA, Audi, GM, 폭스바겐 등 주요 제조사 -MOBILEYE : ADAS -Apple, Google 등
로봇		제조 및 서비스용 로봇	인간협업, 스마트폰 기반, 바이오닉스 등	-ABB : FRIDA -KUKA : LWR -Rethink Robotics : Baxter
지식 서비스	유통	옴니채널 플랫폼	다양한 고객 채널의 데이터를 통해 O2O 솔루션 제공	-Sailthru : Delivers A 360
	금융	대출서비스 플랫폼	신용평가, 사기방지, 대출 연체율 감소	-Lending Club -Bloomberg : Trade book
	법률	문서 검색 및 분석 서비스	판례, 계약서 등 법률 문서검토	-Lex Machina : Legal Analytics -Kira : Quick Study
	교육	온라인 교육 서비스	개인 맞춤형 온라인 강좌 및 학위 과정	-Coursera : MOOC -KNEWTON
	부동산	부동산 마케팅 솔루션	부동산 매물 분석 및 예측	-SmartZip
	광고	광고 및 미디어 플랫폼	실시간 사용자 기반 광고 매칭	-ROCKET FUEL -DSTILLERY
	통신	지능형 topology	트래픽 데이터 분석 및 주파수 자원 효율적 배분 등	-NEC -Qualcomm

출처: 신문 보도자료를 참고하여 정리

□ 인공지능 관련 세계 시장 전망

- o 인공지능과 관련된 시장전망은 인공지능에 대한 정의, 기술 및 시장의 범위 등이 조사기관마다 매우 다양한 상황임.
- o (Tracktica) ' 15년에 발표한 자료에 따르면, 응용어플리케이션 별로 소요될 인공지능 기술을 소프트웨어 적인 차원에서 바라보았고, 특히 광고서비스와 투자자문 분야에서 인공지능 기술이 많이 소요될 것으로 전망함.
- ' 15년 인공지능 관련 매출액은 2억 250만 달러에서 연평균 82.9%씩 급성장하여 ' 20년에 41억 4,470만 달러 규모가 될 전망
- 인공지능 시장을 주도할 것으로 예측된 응용영역은 광고 서비스(Ad Service)와 투자(자문) 분야이며, 그 외에 제조, 자원관리(Oil and Gas, Retail), 미디어 분야가 선전할 것으로 예측함.

[표 2-43] 인공지능 관련 시장전망(1)-기술별(단위: 백만 달러)

Technology	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
Cognitive Computing	10.9	11.6	12.4	13.2	14.2	15.0	6.5%
Machine Learning	13.6	14.8	16.2	17.9	19.8	21.4	9.6%
Deep Learning	108.5	221.1	453.1	929.5	1,904.6	3,884.9	104.5%
Predictive APIs	20.3	22.9	26.4	30.8	36.0	43.4	16.4%
Natural Language Processing	7.8	10.1	13.0	16.6	21.1	26.3	27.5%
Image Recognition	24.4	32.6	44.7	61.7	85.7	119.1	37.3%
Speech Recognition	14.6	16.6	19.3	22.6	26.4	30.9	16.1%
Other	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.5	9.1%
Total	202.5	332.1	587.5	1,095.1	2,111.0	4,144.7	82.9%

출처: Tractica, 2015

- 기술 분야별로는 최근 각광을 받고 있는 딥러닝(Deep Learning) 관련 기술이 가장 빠르게 확산될 것으로 보이며, 이미지 인식 기술이 다음으로 높은 시장을 형성할 전망

[표 2-44] 인공지능 관련 시장전망(2)-응용영역별(단위: 백만 달러)

산업	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR (‘15~’20)
Ad Service	38.7	71.3	137.8	273.4	549.8	1,109.4	95.6%
Automotive	16.9	22.6	32.1	48.4	77.0	128.8	50.2%
Agriculture	16.3	21.9	31.3	47.1	74.9	125.5	50.4%
Consumer Finance	3.1	5.1	9.1	17.1	33.3	66.7	85.1%
Data Storage	0.6	1.1	2.1	4.2	8.4	16.9	95.8%
Education	8.5	12.5	19.7	33.5	59.9	111.3	67.2%
Investment	32.2	59.4	115.1	228.9	461.1	931.4	96.0%
Healthcare	1.5	2.4	4.2	7.8	15.1	29.6	81.2%
Legal	2.9	3.9	5.4	8.0	12.5	20.8	48.3%
Manufacturing	13.6	25.0	48.3	96.0	193.3	390.6	95.8%
Media	22.5	35.2	60.4	110.8	211.8	414.7	79.1%
Medical Diagnostics	7.3	11.2	18.8	33.5	62.6	120.3	75.1%
Oil and Gas	13.9	25.5	49.2	97.6	196.3	396.5	95.6%
Philanthropies	0.6	0.9	1.6	2.8	5.3	10.3	78.1%
Retail	23.9	34.1	52.4	86.1	149.7	271.9	62.6%
Total	202.5	332.1	587.5	1,095.1	2,111.0	4,144.7	82.9%

출처: Tractica, 2015

- o (TechNavio) ' 15년에 발표된 자료에서 인공지능 기술이 체화된 기기를 스마트 머신(Smart Machine)으로 정의하였고 이와 관련된 시장은 전문가 시스템, 자율 로봇, 지능형 가상비서, 기타 등으로 구분하고 있음.
- ' 15년 인공지능 매출액은 74억 6,880만 달러에서 연평균 19.8%씩 성장해 ' 18년 130억 930만 달러 규모가 될 전망
- 주로 전문가 시스템(Expert systems)과 자율 로봇(Autonomous Robots)이 인공지능 시장을 이끌 것으로 예상됨.
- 전문가 시스템은 문제인식→시스템 디자인→정형화→시스템 실행→시스템 확인의 순서로 문제 해결능력을 보여줄 것으로 보임.
- 전문가 시스템이 사용될 영역은 매우 다양할 것으로 전망되며, 롱테일 비즈니스(long-tail business)의 유형을 띠는 것으로 보임.
- ※ IoT나 M2M에서 나타나는 시장 특성과 유사하며, 이는 인공지능 기술 자체가 최종재화로서의 속성 보다는 중간재적 속성을 지니며 기존의 애플리케이션과 융합을 통해 새로운 서비스 혹은 제품으로 나타날 수 있기 때문임.
- 자율 로봇은 제조업 분야(자동차, 음식 제조, 전기전자 등)에서 생산 및 재고 관리를 효율적으로 할 수 있는 기능을 제공할 것으로 예상됨.

- 자연어 처리는 비교적 다양한 언어, 그 안에 존재하는 단어, 억양(지역), 비속어, 은어 등을 내포해야 되며 언어와 언어 간을 이어주는 문제 역시 해결해야함으로 상품화되는데 시간이 걸릴 것으로 보임.

[표 2-45] 인공지능 관련 시장전망(3)-제품유형별(단위: 백만 달러)

산업	2013	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR ('13~'18)
Expert systems	3,030.1	3,455.8	3,949.7	4,520.8	5,185.3	5,959.5	14.49%
Autonomous Robots	1,137.5	1,375.9	1,668.4	2,025.7	2,464.5	3,003.2	21.43%
intelligent virtual assistants	456.4	592.3	769.7	1,002.2	1,306.7	1,706.9	30.19%
others	652.2	838.8	1,081.0	1,396.2	1,805.5	2,339.7	29.11%
Total	5,276.2	6,262.8	7,468.8	8,944.9	10,762.0	13,009.3	19.8%

출처: TechNavio, 2015

- o (BCC Research) ' 14년에 발표한 자료에서 TechNavio와 유사하게 인공지능 기술이 체화된 기기를 스마트 머신(Smart Machine)으로 정의함.
- ' 15년 인공지능 매출액은 74억 5,300만 달러에서 연평균 19.7%씩 성장해 ' 19년에 152억 7,900만 달러 규모가 될 전망
- TechNavio의 전망과 유사하며, 주로 전문가 시스템(Expert systems)과 자율 로봇(Autonomous Robots)이 인공지능 시장을 이끌 것으로 예상하고 있음.
- 전문가 시스템이 사용될 영역은 매우 다양할 전망이며, 롱테일 비즈니스(long-tail business)의 유형을 띠 것으로 보임.

[표 2-46] 인공지능 관련 시장전망(4)-제품유형별(단위: 백만 달러)

산업	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR ('14~'19)
expert systems	3,508	4,034	4,639	5,335	6,135	7,055	15.0%
autonomous Robots	1,282	1,574	1,934	2,375	2,916	3,582	22.8%
intelligent virtual assistants	585	761	989	1,286	1,673	2,175	30.0%
smart embedded systems	425	491	568	656	759	877	15.6%
neural computing	429	557	724	941	1,223	1,590	30.0%
Total	6,229	7,453	8,918	10,671	12,769	15,279	19.7%

출처: BCC Research, 2014

□ 인공지능 관련 국가별 정책 동향

- o (미국) '13년 2월 국립보건연구원(NIH)는 브레인 이니셔티브(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative, BRAIN Initiative) 추진계획을 발표
 - 10년 동안 총 30억 달러 규모의 투자가 진행되며, R&D 주요 내용은 인간의 뇌 지도 작성을 비롯해 지각, 행동, 의식 등이 이루어질 때 발생하는 뇌의 활동에 대한 연구임.
 - 미국은 125조 개에 이르는 뇌의 시냅스(synapse) 분석을 통해 인간이 어떻게 데이터를 두뇌에 저장하고 처리하는 지를 밝히고 이를 컴퓨터 시스템에 그대로 적용하여 진정한 인공지능을 구현하는 것을 목표로 함(IITP, 2015).
- o (미국) 국방고등연구계획국(DARPA)는 무인기술(Drone 등)에 대한 인공지능 기술을 개발하는데 초점을 맞추고 있는 상황
 - 2014년 국방고등연구계획국은 항공기에 적용시켜 자율항공기로 완전히 대체시키기 위한 프로젝트인 'ALIAS(Aircrew Labor In-cockpit Automation System)을 발표하였고, 주요 R&D 목표로 이륙과 착륙은 물론 어떤 상황에서든지 자동 항해가 가능한 항공기 개발을 중점으로 두고 있음.
 - 2015년 1월 인간의 개입을 최소화 한 무인 드론 개발 프로젝트 'CODE (Collaborative Operations in Denied Environment)' 를 발표
 - 그밖에 무인항공기 기술을 토대로 차량, 포, 그리고 함대 등 다양한 분야로 적용할 계획이며,
 - 2008년에는 민간과 합작하여 인간의 뇌 구조와 유사한 형태를 지닌 데이터 처리 칩셋인 '뉴로모픽 칩(neuromorphic chip)' 개발 등 적극적으로 인공지능과 관련된 기술개발을 주도하고 있음.

뉴로모픽칩	무인정찰기	무인차량	벌새로봇
			

출처: 신문 보도자료를 참고하여 정리

[그림 2-14] 미국의 인공지능 관련 기술 개발 내용

- (일본) 인공지능 전반에 대한 연구개발 체계가 언급된 것은 최근이며 이전까지는 주로 로봇이라는 키워드를 위주로 파편적인 연구개발이 이루어져왔으며 최근 그 체계를 공고히 하려는 움직임이 나타나고 있음.
- '14년 9월 로봇혁명실행회의 결과를 발표하였고, '15년 1월 '로봇 신전략' 을 발표
 - 주요내용은 로봇 기술 및 제품에 대한 주도권 확보 전략이지만 로봇의 최종진화는 결국 인간을 모방하는 형태가 될 것이므로 인공지능과 그 궤를 같이한다고 볼 수 있음.
 - (1) 일본을 세계 로봇 이노베이션 거점으로 하는 '로봇 창출력의 근본적 강화'
 - (2) 중소기업, 농업, 간병·의료, 인프라 등 세계 최고의 로봇 활용 사회를 목표로 로봇이 일상을 실현할 수 있는 '로봇 활용·보급'
 - (3) 사물인터넷(IoT) 시대에 빅 데이터, IT와 융합, 네트워크, 인공지능을 구사하는 로봇으로 세계를 주도하는 '로봇혁명 전개·발전'
 - '09년 최첨단 연구개발지원 프로그램(FIRST)의 30개 과제테마 중 1개가 인공지능과 관련됨.
 - ※ 과제명 : '초거대 데이터 기반 시대를 위한 초고속 데이터베이스 엔진의 개발과 해당 엔진을 중심으로 한 전략적 사회적 개인화서비스의 실증 및 평가'
 - '13년 혁신적 연구개발추진 프로그램(ImPACT)에 12개 테마 중 2개를 선점함.
 - ※ 과제명 : '양자인공뇌를 양자 네트워크에 연결하는 고도지식사회 기반의 실현'과 '뇌정보의 가시화와 제어에 의한 활력 넘치는 생활의 실현'
 - '14년 전략적 이노베이션 프로그램(SIP)의 10개 테마 중 1개로 나타남.
 - ※ 과제명 : '자율주행시스템'
- '15년 2월 총무성은 '인공지능화가 가속화 되는 ICT 미래상에 관한 연구회' 를 개최하였고, 총 12명의 각 분야별 전문가를 모아 어떻게 인공지능에 대한 연구를 해야 하는가에 대한 논의 및 토의를 진행함.
 - '2045 연구회' 로 불리며, 정보통신, 인공지능, 뇌 과학, 인지 심리학 분야 등 공학을 비롯해 인문학 등 다양한 영역의 전문가가 참여함.
 - 주요 논의 사항으로는 '인공지능으로 무엇을 할 수 있는가?', '인공지능을 어떻게 사용할 것인가?', '해외에 비해 늦은 일본의 연구개발 체제를 어떻게 할 것인가?' 였으며 '15년 말까지 보고서 형태로 정리할 계획임.
 - 최근 산업기술종합연구소 내에 인공지능의 개발과 실용화, 기초연구 간의 선순환을 위해 '인공지능연구센터' 를 수립함.

- o (유럽) 인간 두뇌의 인지 형태 기반의 지식 처리를 위한 ‘Human Brain’ 프로젝트를 EU 6대 미래 유망 기술 중 하나로 선정, 10억 유로를 투입하여 10년간 추진(~ 22년) 예정
 - Human Brain 프로젝트에서는 인간의 인지 형태를 프로그램화 시켜 향후 인간의 지식 처리 형태를 가진 인공지능 개발 예정, 인간 뇌의 작동방식에 대한 정확한 이해, 활용을 통해 컴퓨팅 아키텍처, 신경과학, 의학 분야 등에 적용 예정
 - ※ EU FP7의 ‘Cognitive Systems & Robotics Program(’07년~’12년)을 통해 로봇의 지각 능력을 위한 학습, 이해 등 지능화를 포함한 프로젝트를 진행한 바 있음.
- o (중국) ’ 15년 3월 열린 중국의 최대 정치 행사인 양회(兩會)에서 ‘차이나 브레인’ 프로젝트를 제안함.
 - 중국 최대 검색사업자 바이두(百度)의 리옌홍(李彦宏) 최고경영자(CEO)에 의해 제안된 ‘차이나 브레인’은 인간·기기 간 상호작용, 무인자동차, 군사·민간용 드론 등의 모든 분야에 인공지능 기술을 적용하려는 개발 프로젝트임.
- o (한국) 인공지능 분야에 대한 정부의 관심이 최근 높아지고 있으며, 로봇산업, 컴퓨팅(감성, 인지 등), 빅데이터, 자율주행자동차 등의 분야에서 인공지능 세부 기술이 R&D로 추진되고 있음.
 - ’ 13년 미래창조과학부 주관으로 진행된 엑소브레인 프로젝트에서 실질적으 인공지능과 관련된 정부 R&D가 시작되었다고 볼 수 있음.
 - ※ 본 과제의 목표는 ‘자연어를 이해하여 지식을 자가학습하며, 전문직종에 취업 가능한 수준의 인간과 기계의 소통이 가능한 지식과 지능이 진화하는 SW’인 엑소브레인 SW를 개발하는 것
 - 엑소브레인 프로젝트는 ’ 13년~’ 17년까지 1단계(핵심기술개발), ’ 17~’ 20년까지 2단계(응용기술개발), ’ 20년~’ 23년까지 3단계(글로벌 기술개발)로 중장기 기술개발에 속함.
- o (국내 정책) 인공지능 관련 정책으로는 로봇, 자율주행자동차, 빅데이터, 사물인터넷 등의 분야에서 찾아볼 수 있음.
 - (로봇) ’ 70년대부터 민간분야(자동차 제조부문)에서 주도하여 자동차 용접로봇을 국내 최초로 도입하는 등 산학 자체적으로 로봇 R&D를 진행하였으며 ’ 00년대 들어 정부주도로 로봇분야에 대한 R&D를 수행
 - (자율주행자동차) ’ 15년 국토부(국토교통부) 주도로 자율주행자동차 상용화 지원방안을 마련함으로써 제도적 측면에서 자율주행자동차가 보다 빠르게

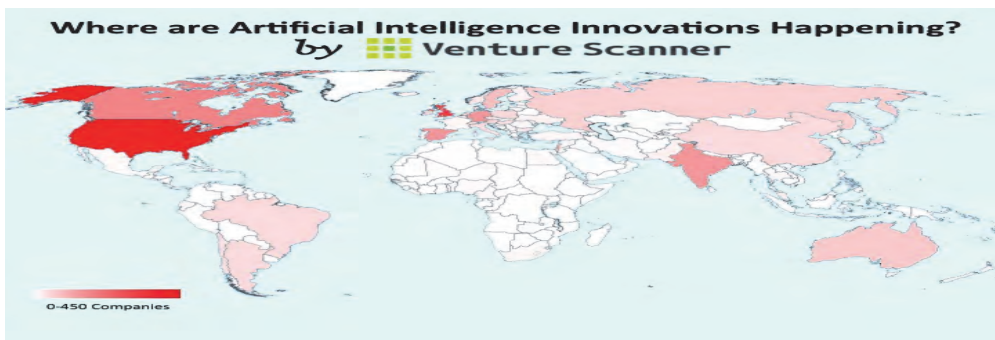
정착될 수 있도록 함.

- (빅데이터) '13년 행정자치부 주도(관계부처 합동)로 빅데이터 마스터플랜을 마련
- (사물인터넷) '14년 미래부 주도(관계부처 합동)로 사물인터넷 기본계획을 수립함.

3. 인공지능 생태계의 시작

□ 미국 주도의 생태계

- o 세계에서 미국이 정부(NIH, DARPA), 대기업(IBM, Google, Microsoft, facebook, Apple 등)과 벤처(startup)기업을 중심으로 가장 활발한 인공지능 관련 산업의 생태계를 구성 중임.
- (정부) 미국 정부기관(NIH, DARPA)은 인공지능 로드맵 및 R&D 프로젝트를 추진함으로써 연구기관, 학계, 기업을 수방위적으로 포섭하여 생태계형(型) 장기 R&D 프로젝트를 추진 중
- (대기업) IBM은 인공지능 기술을 기반으로 만든 'Watson' 을 이용하여 특징적인 생태계를 조성 중이며 다양한 대기업들이 자신들이 제공하는 제품의 기능을 향상 시키거나 새로운 미래의 수익원에 적용하기 위해 기술을 개발 중이거나 관련 기업을 인수하는 전략을 사용 중임.
- (벤처) 인공지능과 관련된 벤처는 향후 지속적으로 등장하겠지만, 현재까지 파악된 기업은 총 855개이며, 이중 415개의 기업이 미국에 기반을 두고 있음.

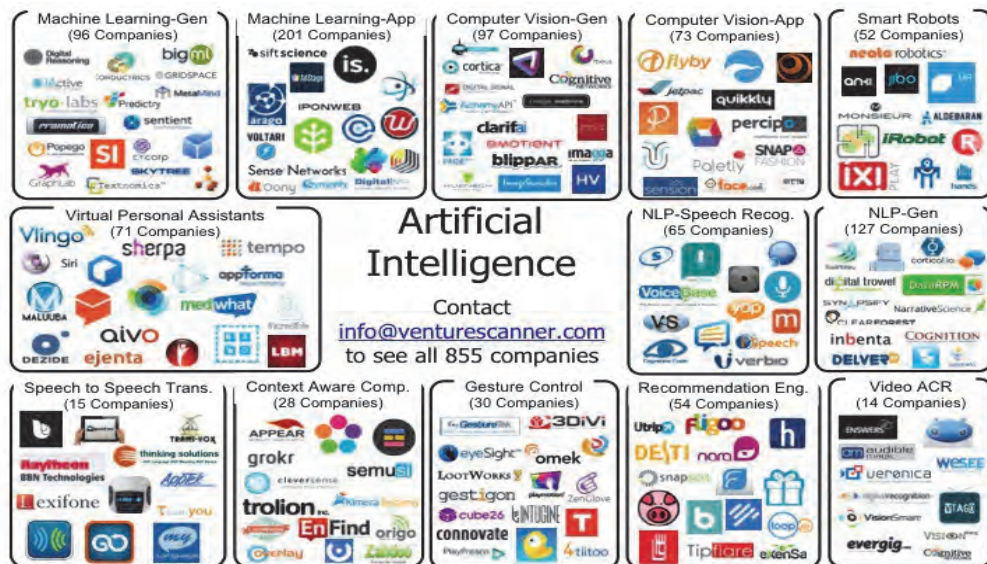


출처: <http://insights.venturescanner.com/>

[그림 2-15] 국가별 인공지능 관련 벤처기업 분포도

□ 벤처의 인공지능 관련 기술 생태계

- 현재까지 파악된 인공지능 관련 벤처 중 각 인공지능의 자체 수준을 높일 수 있는 요소기술을 개발하는 업체가 581개로 나타나며, 영역별 어플리케이션에 해당하는 응용기술에 대한 개발업체가 274개로 나타남.
- 각 요소기술별로는 머신(딥) 러닝을 이용해 응용영역에 인공지능을 접목하는 형태의 개발업체가 201개로 가장 많으며 두 번째로는 자연어처리의 인식률, 속도 등을 높일 수 있는 기술을 개발하는 업체가 127개로 높게 나타남.



출처: <http://insights.venturescanner.com/>

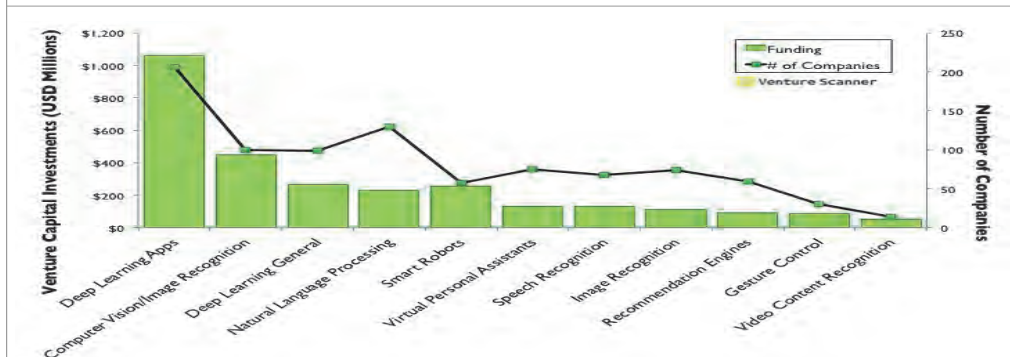
[그림 2-16] 인공지능 기술별 벤처기업 수

- 벤처기업에 지원되는 펀딩의 규모는 총 27억 3천만 달러에 달하며, 영역별로는 딥러닝 기술을 이용한 응용 인공지능 기술개발 관련 업체가 평균 1,380만 달러로 가장 높게 나타남.
- 영역별 총 펀딩 규모 역시 딥러닝 응용 인공지능 기술개발 분야가 가장 많이 형성되어 있음.
- 업체별 생존기간은 음성 및 비디오 콘텐츠 인식 기술개발 업체가 8년이라는 중간값을 가지며 가장 높게 나타남.

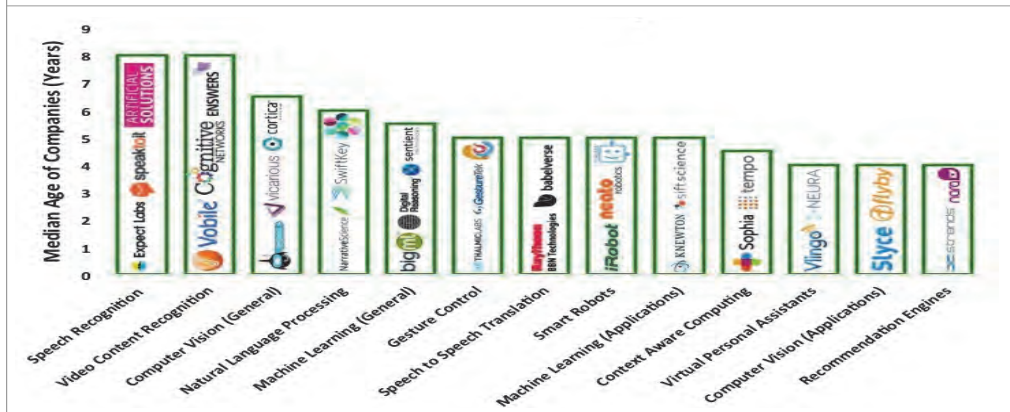
인공지능 기술별 평균펀딩규모



인공지능 기술별 총 펀딩규모



인공지능 기술별 벤처업체 생존기간(중간값)



출처: <http://insights.venturescanner.com/>

[그림 2-17] 벤처의 인공지능 관련 펀딩규모와 생존기간

□ 국외 주요 사업자의 동향

① IT 분야

- o (IBM) ‘Watson’ (이하 왓슨)과 같은 차세대 분석 플랫폼을 연구개발하기 위해 인공지능에 대해 집중적으로 투자
 - 2011년 1월 왓슨은 ‘Jeopardy’ 라 불리는 미국의 한 퀴즈쇼에서 사상 가장 많은 우승횟수와 우승상금을 보유한 켄 제닝과 브렛 러터와의 대결에서 압도적으로 승리함
 - 다만 왓슨은 문제를 텍스트 파일로 읽어들이며 문제가 소개되는 시간이 끝난 직후 3초 이내 답을 하도록 프로그램화 되어 있어 인간과 같이 유연한 전략적인 행동은 아직 구현되지 못한 상태임.
 - IBM은 왓슨을 이용하여 최근 ‘Watson Discovery Advisor’ 를 개발할 예정이고, 이를 통해 과학 분야의 수많은 데이터를 종합하여 의미 있는 결과를 도출 할 수 있도록 연구를 진행할 예정
- o (Microsoft) IBM과 달리 현재의 정확한 답을 요구하는 문제보다 미래에 발생할 결과를 예측하는 형태의 가상 비서 ‘Cortana(코타나)’ 를 개발함.
 - 코타나는 2014년에 열린 브라질월드컵에서 16강전 승자를 비롯해 3-4위 경기를 제외한 15개 경기 결과 예측을 적중시킴.
 - 실제로 코타나는 음성인식 기술과 검색엔진 ‘빙’ 을 통해 사용자가 원하는 답변을 찾아주는 가상 개인 비서(VPA: Virtual Personal Assistants) 서비스로 볼 수 있음.
 - 또한 시각적 정보를 활용해 어떤 사물도 인식할 수 있도록 하는 ‘아담(ADAM)’ 프로젝트를 진행 중이며, 수십조의 신경망으로 이뤄진 인간의 뇌를 응용해 뉴런 네트워크를 구축하고 스스로 학습할 수 있도록 하는 딥러닝 프로젝트를 시행 중
- o (Facebook) 2013년 12월 딥러닝 연구 분야의 대가인 ‘얀 리쿰’ 뉴욕대 교수를 영입하여 연구그룹을 창설함.
 - 사람의 측면 얼굴 이미지도 인식할 수 있도록 하는 것이 목표이며, 이미지를 3D화한 뒤 딥러닝 기술을 통해 얼굴 이미지를 분석하여 정면 이미지를 예측하는 형태임
 - 페이스북에 업로드 된 사진 440만점 중 4,030명의 얼굴 옆모습만 보고 정면 얼굴까지 추정, 현재까지 인식률 97.25%

- o (Google) 인공지능에 대해 소프트웨어(알고리즘)과 하드웨어 분야 모두 지속적인 연구개발투자를 진행 중
 - 2013년부터 시작한 ‘인공지능 맨허튼 프로젝트’에서 실리콘밸리 벤처기업들을 참여시키며 거대한 인공지능 연구개발 투자를 진행 중임.
 - 2013년~2014년 사이 로봇과 관련된 회사 8개를 사들이며 소프트웨어뿐만 아니라 로봇과 같은 하드웨어 측면에도 해당 알고리즘을 적용할 수 있는지 테스트베드 환경을 마련 중
 - ‘2014 유럽 데이터센터’ 회의에서 구글 데이터센터의 부회장 조 카바(Joe Kava)는 딥러닝을 활용해 구글의 데이터센터 온도를 조절 관리한 운용 결과를 발표(박혜영, 2014)
- o (Baidu) 인공지능 중 딥러닝 기술과 융합한 응용어플리케이션을 개발 및 보급 하는데 중점을 두고 있음
 - 딥러닝 뿐만 아니라 자연어 처리, 이미지 및 음성 인식 기술과 관련해서도 연구개발을 진행 중이며, 최근에는 무인자동차 및 무인 자전거를 개발하고 있다고 발표
 - 이와 같은 연구를 위해 '14년 5월 실리콘밸리 지역에 3억 달러를 투자해 연구원 200명을 수용할 수 있는 대규모 R&D 센터를 조성하였고,
 - 구글의 딥러닝 프로젝트를 시작한 Andrew NG 스탠포드大 교수를 영입하여 북경과 실리콘밸리 딥러닝 연구소 총책임자로 임명
- o (SwiftKey) 모바일 어플리케이션 소프트웨어 회사로, 주로 AI 알고리즘을 이용해 사람이 문자를 입력할 때 미리 예측하여 단어나 문장을 제시해주는 서비스를 제공
 - 2015년 1분기 형성된 펀딩 규모는 2,100만 달러이며, Index Ventures, Octopus Investments, Jon Craton, Nick Hynes, and Richard Brennan 등이 투자를
 - 2010년 7개 언어에 해당하는 베타 버전 SWIFTKEY 배포 이후 최근에는 60개 언어 이상을 제공하고 있음.
- o (Apple) 다양한 어플리케이션을 개발하기 위해 인공지능 기술을 접목 중
 - 스마트폰을 비롯해 OS, 콘텐츠를 모두 갖추었으며, 시리(개인비서 기능 제공)를 탑재하는 등 스마트폰으로 활용할 수 있는 다양한 어플들을 개발하는 중
 - 신경언어프로그램(NLP:Neuro Linguistic Program)과 자동화 네비게이션 기술 등을

- 통합하여 자율주행을 할 수 있는 자동차에 대한 연구를 진행 중인 것으로 나타남.
- o (Intel) 자연어 처리나 이미지 인식과 같은 기술을 이용해 지능형 컴퓨터(뉴로 모픽칩)로 진화를 위한 연구개발을 진행 중임.
 - o (NEC) 최근 자연어 처리, 암 진단, 관계 추출, 주제 추출, 딥러닝, 토폴로지 데이터 분석 등에 관심을 보이고 있음.
 - o (QUALCOMM) 인공지능 기술과 관련해 최근 제로스 플랫폼(Qualcomm Zeroth Platform)을 선보이며 차세대 칩셋에 적용할 방침임을 발표함.
 - 제로스 플랫폼은 소모전류와 발열 등을 최소화시키기 위해 인공지능 기술을 최대한 활용할 수 있는 이분산 컴퓨팅 아키텍처(heterogeneous computing architecture)를 적극 활용할 예정
 - o (DeepMind) 인공지능 관련 솔루션 개발 기업
 - 개발 중인 소프트웨어는 나선형의 신경망 기술을 기반으로한 자연어 처리기술
 - 딥마인드는 올해 초 비디오게임 플레이 방법을 자동 학습하는 인공지능 프로그램 'DQN'을 선보임.

② 무인 자동차

- o (Tesla Motors) 테슬라 창시자인 엘론 머스크는 인공지능의 부정적 효과(영화 ‘터미네이터’의 시나리오와 같이)를 피력하면서도, 자율주행 자동차에 들어가는 인공지능 기술에 대한 연구개발은 진행 중이라고 밝힘.
 - 2016년 혹은 2017년 즈음에 자율주행이 가능한 자동차가 생산될 수 있을 것으로 보이며, 완전히 자동화되지 않고 부분적으로 자동화된 자율주행 자동차 선보일 전망
- o (MOBILEYE) ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)를 개발하여 보급 중
 - 카메라와 관련 소프트웨어만을 이용하여 차량 출동 가능성을 예측하고 자동으로 정지시스템을 작동시키는 기능을 개발 성공함.
 - 주요 기술은 optical vision systems와 motion detection algorithms이며, 보행자 충돌 경고, 차선 이탈 방지, 차량 충돌 경고, 진행 모니터링, 전조등 자동조정 등의 기능을 제공함.
- o (Audi) 2014년 10월 ‘RS 7’이라는 모델에 자율주행기능을 추가하고 독일의 호켄하임 드라이빙 링에서 최대속도 240km/h 주행을 완료함.

- 주요 기능은 ACC(Adaptive Cruise Control)로 카메라와 관련 소프트웨어만을 이용하여 차량 출동 가능성을 예측하고 자동으로 정지시스템을 작동시키는 것임.
- o (Continental Co.) 2013년 Frankfurt에서 실시한 국제 모터쇼에서 AI와 관련한 연구개발 계획을 발표함.
- IBM과 협력하여 자연어 처리과정을 자동차를 이용하는 고객이 운전애 보다 집중할 수 있도록 기술을 개발할 것이라고 언급함.
- ※ 진행 방향을 묻거나 클라우드 베이스 네트워킹 기술을 접목해 트래픽을 예측하는 지능형 네트워크 시스템을 구축 하는 등의 인공지능 기술을 활용할 전망
- 센서 기술이나 자동차 응용 어플리케이션, 스마트폰 연동 기술 등과 관련된 연구도 지속적으로 진행 중이며 2025년까지 자율주행 자동차가 전 자동화될 것이라는 로드맵도 발표

③ 헬스케어

- o (Zephyr Technology) 주로 생물학적 신호의 정보처리와 관련된 업무를 진행 중
- 자동화 소프트웨어와 알고리즘 솔루션 기술을 이용해 바이오 센서에서 발생하는 다양한 신호를 취득하여 이에 대한 특정 정보를 파악할 수 있는 형태로 인공지능 기술을 개발 중
- o (AiCure) 미국 국립 보건연구소(NIH) 출연 인공지능 기반 생명과학 기업으로 최근 약복용 여부를 추적하고 환자의 행동을 이해하는데 인공지능 기술을 활용 중
- 스마트폰과 인공지능을 이용한 플랫폼을 통해 치료약과 진료성과 사이의 정확한 관계를 파악하며,
- 실시간으로 환자의 처방약 복용준수 여부를 확인, 복용량을 지키지 않거나 스마트폰 앱을 사용하지 않을 경우 자동적으로 신호 전송

④ 농업

- o (THE CLIMATE CORPORATION) 2006년 David Friedberg and Siraj Khaliq에 의해 설립되었으며 캘리포니아(San Francisco)에 본사를 두고 있는 기상 관련 연구 개발 기업
- 250만개 지역의 주요 기후 정보를 토대로 기후 예측 모델을 연구개발 하는 중

⑤ 무인항공

- o (Titan Aerospace) 태양광을 에너지원으로 하는 자동형 드론 개발에 주력하고 있으며 관련 제품으로는 ‘솔라라 50(60)’이 있음.
- 최대한 공중에 오래 머무르는 것에 초점을 맞추지만 기름유출, 산림훼손 등 환경문제 발생을 감시하기 위해 이미지 인식 및 딥러닝 등의 기술에도 관심을 기울이고 있음.
- o (3D Robotics) 미국 최대 일반소비자용 드론 제조사로서 최근 쿼드라콥터(quadcopters)에 적용할 인공지능 기술을 개발함.
- 항로를 정확하게 비행하면서 부여된 다양한 업무를 수행할 수 있으며,
- 스스로 날아올라 주어진 방향으로 비행하면서 모니터 대상을 발견하고 이를 비디오로 촬영해 전송할 수 있음.

⑥ 에너지

- o (Verdande Technology) 실시간 석유 시추 의사결정 지원 시스템제공 기업
- 빅데이터에 기반하여 사례기반 추론(case based reasoning: CBS) 기술을 활용하여 관련 서비스를 개발하였으며 주로 비생산적 시간을 줄이는데 초점을 맞추고 있음.

⑦ 지식서비스 분야

- o (Rocket Fuel) 인공지능과 관련하여 디지털 미디어를 기준으로 소비자가 원할만한 매칭광고를 분석하여 실시간으로 제공하는 프로세스를 연구개발 중임.
- o (dstillery) 마케팅과 광고 에이전시로 Rocket Fuel사와 유사한 형태의 서비스 제공을 위해 인공지능 기술을 개발 중
- o (Prism) 클라우드 기반 매장 내 비디오 관리서비스를 제공 중
 - 소프트웨어가 네트워크에 연결된 비디오카메라를 인식하여 서비스를 제공하며,
 - 고객이 매장 내에서 어떤 행동방식을 보이는지 등을 분석해 사업자가 매장 운영을 최적화할 수 있도록 정보를 제공함.
- o (Kabbage) 중소기업 및 소비자 대출규모를 자동적으로 산출할 수 있도록 하는 기술을 보유하고 있음.
 - e커머스, 소셜미디어, 회계 자료, 발송 내역 등 실시간 데이터를 기반으로 소규모 혹은 개인의 대출 규모를 산정해 줌.

- o (coursera) 교육 동영상 서비스 제공 기업으로, 미국 프린스턴, 예일, 스탠퍼드 등 주요 대학의 강의 1,000여 개를 무료로 제공하는 플랫폼을 운영 중
 - 2014년 말 기준 등록자 수는 1,300만 명에 이르며 강의는 무료이나 수료증을 받고자 할 때 요금을 지불해야 되는 형태로 수익구조를 형성하고 있음.
 - 적용하고자 하는 AI는 비디오 카메라를 이용한 이미지 인식 기술로 보이며 주로 수업 참여자의 태도, 시험 시 부정행위 여부 등을 관찰하기 위한 것으로 보임.
- o (KNEWTON) 적응형 교육서비스 제공 기업
 - 학생의 수행성과와 관련된 데이터를 실시간으로 분석하는 플랫폼을 제공하고 있으며, Microsoft를 비롯해 Elsevier, Wiley 등 주요 교육기관에서도 솔루션을 구매하여 사용 중임.
 - 사용자 맞춤형 교육서비스를 제공하기 위해 사용자의 행동 패턴, 웹상에서 존재하는 교육자료의 선택적 제공 등을 위해 AI 기술을 적용할 수 있는 방안을 마련 중
- o (Bloomberg) 최근 자사의 콘텐츠에 인공지능 기술의 접목을 지속적으로 시도 및 확대 중
 - 블룸버그 트레이드북(tradebook)은 의 경우 증권투자 및 거래에 관련된 서비스를 제공하는 플랫폼이며 인공지능 기술의 접목을 시도 중
- o (FinGenius) 은행거래에서 발생하는 비구조화된 데이터를 처리할 수 있도록 하는 솔루션을 제공 중
 - 금융 기관들로 하여금 콜센터나 헬프 데스크에 의존하지 않고도 고객과 직원들로부터 쏟아지는 질문과 쿼리들에 계속해서 답변할 수 있게 해줌.
 - 자연어처리, 뉴로사이언스, 빅데이터 등의 인공지능 기술을 이용하여 자동화된 답변을 할 수 있도록 도와주는 형태임.
 - 주로 해당 사의 정책, 기술지원, 서비스 불만사항, Q&A 등과 관련된 무작위적인 질문에 빠르게 대답할 수 있도록 하는 것에 초점을 맞춘 신생기업임.

□ 국내 주요 사업자의 동향

- o (삼성전자) 음성인식 기술을 적용한 ‘S보이스’ 스마트폰 앱을 선보였고, 특히 자연어 처리기술의 특화를 통해 안정적인 음성인식 기술을 개발하는데 초점을 맞추고 있음.
 - 국가별로 사투리, 축약어 포함 매주 수천 개 문장을 테스트하며 DB를 확보하는

한편 잡음 발생 환경에서 음성인식 성능을 유지할 수 있는 기술을 개발 중

- o (NAVER) 인공지능 기술을 이용하여 엔드라이브나 검색어 자동 완성 기능 등을 제공 중
 - 엔드라이브에 적용된 인공지능 기술은 기계학습으로 사용자가 사진을 업로드 할 때 자동적으로 동물, 음식, 텍스트 등으로 카테고리를 나누어 분류를 해줌.
 - 검색어 자동 완성 기능 역시 기계학습 기술에 의해 만들어졌으며, 사용자가 검색창에 첫 글자만 입력해도 과거 데이터를 분석해 사용자가 원할만한 내용을 예측해서 알려주고 있음.
- o (현대자동차) 2010년부터 자율주행자동차 기술확보를 위한 저변확대와 함께 2012년에 고속도로 주행 지원 시스템 개발을 완료
 - 이미지, 음성 인식기술과 딥러닝에 기반한 고속도로 주행 지원 시스템은 차선 이탈 경고, 차선 유지 지원, 후측방 경고, 차량 속도 유지, 자동 긴급제동 등의 기능이 포함됨.
- o (디오텍) 국내 딥러닝 관련 솔루션 기업이었으나 최근 의료기기 전문업체인 힘스인터네셔널에 인수됨에 따라 의료분야에 딥러닝이 적용된 제품 및 서비스를 개발할 전망
 - 음성, 필기, 영상 등의 데이터와 딥러닝 기술을 활용하는 솔루션 기업이며, 인수기업은 체성분 분석 및 혈압 진단 기기를 제공하는 기업이므로 주로 관련 제품은 의료기기와 서비스에 인공지능 기술을 활용할 것으로 보임.
- o (클디) 딥러닝 기술을 이용해 이미지로부터 관련 정보를 인식하는 기술을 개발하는 스타트업
 - 클디(cldi)의 기술은 사람의 뇌가 동작하는 방식을 모방한 ‘심층신경망(Deep Neural Network)’ 기반의 인공지능 기술로 이미지를 인식하고, 그 안에 담긴 정보를 분석함으로써 사용자들이 원하는 정보를 빠르고 정확하게 찾을 수 있게 도와주는 형태
 - 현재 원천기술 개발에 집중해 이미지 인식기술을 세계적 수준으로 강화하면서 동시에 기존 인식 기술 기반 사업뿐 아니라 다양한 사업화영역 분야를 모색중임
 - 2014년 6월에 초기 기업 전문 투자사인 케이큐브벤처스로부터 1억원을 투자받았으며, 글로벌 시장형 창업사업화 R&D 사업(TIPS)에 선정돼 5억원의 정부 출연금을 지원받고 있음.
- o (유빅) 국제소송 이디스커버리(전자증거개시제도) 서비스를 제공하는 기업

- 인공지능 기반 예측코딩 기술 도입으로 이메일을 통한 기술유출을 차단할 수 있는 솔루션을 개발
- 예측코딩 기술을 활용해 이메일에 담긴 기술정보 유출, 리베이트, 카르텔, 부정회계, 횡령 등 기업 부정 사건의 위험 징후를 감지 가능
- 이메일을 계정 별로 분석하고, 분석을 마친 이메일을 위험 징후의 세 단계인 컨셉/준비/실행 중 해당하는 단계로 분류하여 사용자가 위험 징후를 더욱 정확히 예측할 수 있도록 위험도 평가 기능을 고도화함.

4. 결론 및 시사점

□ 인공지능의 진화와 응용영역 확장

- o 인공지능 기술과 ICT 기술은 발전하면서 서로 상호보완적으로 성장하는 중
 - 광인터넷, 5G, IoE 등 초연결을 위한 성능(초고속 대용량) 및 속성(유연성, 민첩성) 고도화가 진행되고, 콘텐츠는 고화질(4k, 8k, 16k 등) 입체화(3D, 4D, 홀로그램)를 통한 초실감으로 진화 중
 - ICT 모든 요소에 인공지능 기술이 접목되면서, 무한 데이터 수집, 학습, 인지, 분석, 해석, 추론 및 예측 과정을 거쳐 핵심가치를 창출할 전망
- o 인공지능 기술의 응용은 중복 해(solution)가 존재하는 다양한 현실 영역에 적합함에 따라 쏠 방위적인 파급력을 가진 것으로 예상
 - 인공지능 기술은 ①최적해를 가지지 않고, ②휴리스틱 알고리즘을 통해, ③비정형 데이터를 탐색하여 추론할 수 있는 분야에 사용 가능
 - 초기 弱인공지능 기술은 광고, 투자, 미디어 등 서비스 산업에 영향을 미치며, 장기적으로 强인공지능 기술이 쏠산업으로 확대될 전망

□ 도입→성장기 시장으로의 이행

- o 인공지능 관련 초기 세계 시장규모는 ' 15년 기준 2억 달러에서 연평균 82.9%씩 성장하여 ' 20년에는 41억 4,470만 달러 규모가 될 전망
 - 조사기관별로 인공지능에 대한 개념 정의, 기술 및 시장의 범위 등에 있어 차이가 있어 시장규모 전망은 다소 상이하더라도 인공지능 분야가 크게 성장할 것에 대해서는 공통적임.

- 기술의 특성상 유망한 기술영역으로는 딥러닝이(46.2%, 2020년) 전체시장 내에서 대부분을 차지할 것으로 보임.
- 그 밖에 자연어 처리, 이미지 및 음성 인식 기술 분야가 적용된 상품이 제품화 되는 시기가 빠르게 도래할 것으로 전망됨.

□ 기업형태별 기술습득 전략

- 기술습득 전략을 유형별로 구분했을 경우 직접 R&D, M&A, 파트너십, 펀딩 등 다양하게 등장
- 인공지능 기술에 직접 투자하는 경우는 전통적인 IT기업 일부뿐이며, 이들은 안정되고 장기적인 추진방식을 채택
- 최근, 단기적으로 인공지능 기술 수준을 높이하고자 M&A, 파트너십, 주요 거점 R&D 센터를 마련하는 등 다양한 전략을 구사
- 인공지능 관련 스타트업은 대부분의 자금을 펀딩조성을 통해 확보

□ 인공지능 스타트업 활성화

- '15년 8월 기준 인공지능 관련 스타트업은 855개이며 13개 분야, 총 87억 달러의 펀딩규모를 보이고 있음.
- 전 세계 62개국 855개의 인공지능 스타트업 중 美, 실리콘밸리에 존재하는 업체 수는 총 415개로 압도적인 우위를 차지하고 있음.
- 주로 인공지능 스타트업에서 세부 영역별로는 인공지능 기술을 응용산업에 직접 적용할 수 있는 기술 개발을 목적으로 하는 형태가 가장 많음.
- 국내 스타트업 기업은 미국, 영국, 캐나다 등에 비해 저조한 상황이나 지속적인 인공지능 관련 업체가 등장 중

□ 정책 및 규제 정비

- 각 국가별 정책을 분석한 결과, ①장·단기 R&D 계획 수립, ②R&D 정책적 이슈화, ③법제도 환경조성 등의 특징이 나타남.
- (장단기 R&D 계획 수립) 미국은 인간의 근원적 뇌 활동에 관한 연구, 인공지능 핵심기술, 응용기술에 대해 전반적인 R&D 계획을 수립
- (R&D 정책적 이슈화) 일본, 중국 등은 최근에 들어 인공지능 R&D에 대한

이슈화가 진행 중

- (법제도 환경조성) 개인정보수집, 자율 로봇 등에 관련된 법제도 정비 중

제 3 장 ETRI 수행 R&D의 기술 경제성 분석

제 1 절 2015년 ETRI 대표성과 종합가치 분석

1. 2015년 경제성 분석 가이드라인

가. R&D 편익 추정식

□ 2015년도 R&D 편익 계산방식

- 2015년도 R&D 편익 계산방식은 KISTEP이 개발한 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)」³⁾에서 제시하는 추정방식을 원칙적으로 적용하고, 산업통상자원부가 개발한 「기술가치평가 실무가이드」⁴⁾에서 제시하는 추정방식을 보완적으로 적용하여 개발하였음.
- [R&D 편익의 정의] 본 보고서에서는 R&D 편익을 R&D 활동의 상용화를 통하여 발생할 것으로 예상되는 부가가치 증대액으로 정의하였으며, 구체적인 산식은 다음과 같음.

$$\text{R\&D 편익} = \text{ETRI R\&D 연계매출} \times \text{부가가치율} \times \text{R\&D기여율}$$

- R&D 사업화 성공률은 ETRI 대표성과라는 점을 감안하여 100%로 가정하기 때문에 R&D 편익 산식에서 제외함.
- [ETRI R&D 연계매출의 정의] ETRI 대표기술의 상용화로 발생할 것으로 예상되는 매출액을 의미하며, 다음과 같이 정의하였음.

$$\text{ETRI R\&D 연계매출} = \text{세계시장 예상매출} \times \text{국내시장 예상점유율} \times \text{ETRI R\&D 사업기여율}$$

- 국내시장 예상점유율은 획정된 세계시장 예상매출에서 차지할 것으로 예상되는 국내 생산 제품의 예상점유율을 의미함.

3) 신규 국가연구개발 사업 중 총사업비가 500억 원 이상이고, 국고 지원규모가 300억 원 이상인 경우에는 과학기술기본법 제11조에 따라 예비타당성조사를 거쳐야 함. 여기에는 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 타당성이 포함됨. 예비타당성 검증의 주무부서는 기획재정부이며, KISTEP R&D 타당성분석단이 총괄기관임. 한국과학기술기획평가원, 「연구개발부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제2판)」, 2014.11.

4) 산업통상자원부, 「기술가치평가 실무가이드」, 2014.12.

□ R&D 사업화 성공률

- **[R&D 사업화 성공률]**은 상업화를 목표로 추진되는 연구개발사업의 결과물이 경제적인 편익이 발생 가능한 상태인 제품이나 서비스로 시장에 출하되거나 수요자에게 공급될 수 있는 상태로 전환되는 비율을 의미⁵⁾
 - 기술개발 결과가 편익 창출로 이어지기 위해서는 상용화 과정을 거치게 되는데, 기술개발이 실패로 끝나거나 비록 성공을 하더라도 사업화에 실패하면 사업화성공률은 제로가 됨.⁶⁾
 - 순수 R&D사업 예비타당성조사에서 사업화성공률은 조사사업의 특성과 유형에 따라 다양하게 적용되고 있음.
 - 성공의 개념이 0~100% 사이의 수치가 아닌 성공과 실패로 나타나는 경우에는 100% 적용(예: 차세대 중형 항공기개발사업)⁷⁾
 - 개발된 원천기술이 경제적 가치를 창출하는데 많은 시간과 비용이 필요한 경우에는 비적용(예: Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업)⁸⁾
 - 공모형으로 진행되는 사업이나 기술의 실증 및 상용화를 목표로 하는 사업의 경우에는 관련 분야의 국가연구개발사업 성과보고서나 부처 제출자료 등 과거 통계자료를 활용(예: 정부지원 기술개발 과제에의 사업화성공 비율은 전체 제조업을 기준으로 성장동력기술개발사업은 33%, 중기거점기술개발사업은 37%, 공통핵심기술개발사업은 40%, 지역산업기술개발사업은 40% 적용⁹⁾)
 - ETRI 대표성과 사업의 경우, 사업의 수월성을 고려하여 R&D의 사업화성공률을 100%로 가정함으로써 R&D 편익 계산에서 이 지표를 제외시킴.
- **[R&D 비용]**은 ETRI 대표성과 기술 사업에 투자된 연구개발비를 총칭함.

5) 한국과학기술기획평가원, 「대형 국가R&D사업 사전평가 방법론 및 적용연구」, 2010.12.

6) 한국과학기술기획평가원(2010.12), 전제서.

7) 한국과학기술기획평가원, 「차세대 중형 항공기개발사업」, 2010년도 상반기 예비타당성조사 보고서 요약, 2011.2.

8) 한국과학기술기획평가원, 「Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업」, 2009년도 상반기 예비타당성조사 보고서 요약, 2009.11.

9) 한국산업기술평가관리원, 2009년도 산업기술개발사업 성과활용조사 결과 보고서, 2010.

나. 세부 지표의 정의 및 지수 추정 방법

□ 연구개발시차

- **[정의]** 연구개발 활동에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 기간을 의미하며, 회임기간이라고도 함.¹⁰⁾ 통상적으로 이 기간 동안에는 연구개발에 의한 경제적 편익이 발생하지 않는 것으로 간주함.
- **[추정방법]** 연구개발부서가 사업계획서(안)에서 연구개발시차를 제시하는 경우에는 이를 준용하지만, 별도의 언급이 없는 경우에는 (구)지식경제부의 「IT 기술예측(2008.12)」에서 제시하는 수치를 일괄적으로 적용.¹¹⁾ 본 자료에 의하면, ICT 연구사업의 경우 평균 2년의 연구개발시차가 존재
- **[참고]** KDI는 R&D 연구사업의 연구개발 시차 적용에 대하여 사업추진 측이 사업계획서(안)에서 연구개발시차를 제시하는 경우에는 이를 준용하는 것을 원칙으로 하되, 별도의 언급이 없는 경우 기초연구는 5년, 개발·응용연구는 3년을 적용¹²⁾
 - 그러나 기술의 특성을 고려하지 않은 채, 모든 기술에 대하여 일괄적으로 이러한 수치를 적용하는 것에는 무리가 따름.
 - 특히 ICT는 다른 기술에 비하여 연구개발 시차가 비교적 짧은 것으로 알려져 있음. (구)지식경제부(2008)에 따르면 ICT의 경우 평균 2년의 연구개발 시차가 존재함.
 - (구)지식경제부와 정보통신연구진흥원은 2008년도에 IT 기술예측 전담반과 IT 기술니즈 검토위원회 운영을 통하여 2020년까지의 미래사회를 경제·사회·문화 기술적 측면에서 전망하고 미래사회의 니즈를 충족시킬 수 있는 IT 핵심 기술 니즈 120건을 도출한 후, 이들 기술니즈의 분야별 기술개발시기와 시장보급 시기의 격차를 조사·분석하여 아래의 표와 같이 IT 산업분야별 연구개발 시차를 제시하였음.

10) 한국과학기술기획평가원, 「연구개발부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)」, 2011.12.

11) 지식경제부, 「IT 기술예측」, 2008.12.

12) 양희승, "R&D 예비타당성조사에서의 편익추정의 정형화 가능성에 관한 고찰", 정책분석평가학회보, 제20권 제2호, pp.77-101, 2010.

[표 3-1] 분야별 기술개발시기와 시장보급시기의 격차

연도 격차	Software	Platform	Network	Terminal	Conver- gence	전체	비율 (%)
1년	12	6	2	3	5	28	23.3
2년	10	10	15	18	26	79	65.8
3년			2	2	9	13	10.8
4년							
합계	22	16	19	23	40	120	100
평균	1.5년	1.6년	1.9년	1.8년	2.2년	1.9년	

주 1) 기술개발시기 : 해당 기술이 완성되는 시점

주 2) 시장보급시기 : 해당 기술을 이용한 제품이 시장에 출시되는 시점

출처: 지식경제부, 「IT 기술예측」, pp.45-49, 2008.12.

□ 경제적 기술수명주기

○ **[정의]** 경제적 기술수명주기란 ‘기술수명에 부정적 영향을 미치는 요인들이 발생하여 기술이 시장에서 경쟁우위를 상실하게 될 것으로 기대되는 미래의 평균시점까지의 기간’ 또는 ‘특정기술을 기반으로 경쟁우위를 지니는 유지할 수 있는 기간’ 으로 정의함.

- 상용화가 이루어지지 않은 기술의 경우 실제로 제품의 수명주기 파악이 곤란하므로 특허의 경제적 기술수명주기를 이용하는 것이 필연적임.

○ **[추정방법]** 경제적 기술수명주기는 산업통상자원부의 「기술가치평가 실무가이드(2014)」의 특허인용수명(TCT) 지수의 중앙값을 적용하는 것을 원칙으로 함.¹³⁾

- 특허인용수명(Technology Cycle Time; TCT) : 미국 CHI(Computer Horizon Inc.)가 국립과학재단(NSF)의 지원으로 개발한 지표로 1857~2012년까지의 미국특허를 분석대상으로 하여 인용관계(인용과 피인용)에 있는 특허들 간의 인용주기를 산출한 것임. 특정 기술군에 대한 특허인용수명 분포의 형태는 양의 왜도를 갖는 비대칭분포로 나타나기 때문에, 이 분포의 대표값을 중앙값¹⁴⁾

13) 산업통상자원부, 「기술가치평가 실무가이드(2014.12)」에 따르면 기술의 경제적 수명은 다양한 방식을 이용하여 추정할 수 있음. 예를 들면 특허인용수명 이외에도 대상기술 분야 로드맵을 활용하거나, 생존분석을 통한 기술의 잔존수명을 추정하여 활용할 수도 있음. 어느 경우이든 해당기술 분야 전문가들의 경험과 지식을 활용하는 전문가 합의에 의해 결정하는 것이 바람직함.

14) 경제적 기술수명주기를 파악하기 위해서는 TCT의 평균값보다는 중앙값을 이용하는 것이 합리적임. 왜냐하면 TCT의 중앙값이 평균값보다는 유효인용기간 또는 대체/경쟁기술의 출현 시기를 추정하는데 보다 유용한 지표로 평가되기 때문임.

으로 사용하고 이를 TCT(Technology Cycle Time, 기술수명주기 또는 기술순환주기)라고 정의함.

- 기존(2011년 가이드라인)의 인용특허수명(CLT) 지표는 미국특허분류(USPC)를 사용하였으나, TCT 지표는 국제특허분류(IPC)를 사용함으로써 적용분야 선택이 보다 용이하게 되었으며, 기존의 CLT 지표는 특허의 전방 인용기간을 산출하는 방식이었으나, TCT 지표는 특허 후방 인용기간을 산출하는 방식으로 최근 인용수명 기간을 산출하여 기존 데이터에 추가하면 되므로 기술수명 데이터 갱신이 용이함.
- 개별특허의 IPC 분류가 여러 분야에 속할 경우, 중요도가 높은 대표 IPC 분류를 선택하되, 이들의 가중평균 또는 평균값 등을 고려할 수도 있음.
- 일반적인 기술인 경우 편의상 Q2를 기본값으로 사용할 수 있음. 다만, 시장의 경쟁관계 등을 고려하여 상대적 우위 또는 열위가 예상되는 경우 기술의 수명은 영향요인을 고려하여 Q2를 조정하여 경제적 수명으로 사용하기를 권장함.
- 분석대상 사업의 명칭 또는 한국표준산업분류는 알고 있으나, 개별 특허의 IPC 분류를 모르는 경우에는 <산업-특허 연계표>를 참조

○ **[대안적 추정방법]** 특허인용수명(TCT) 지수의 중앙값을 신뢰하기 곤란한 경우에는 아래의 대안적 방법을 사용할 수도 있음.

- 제1안 : 인용특허수명(Cited Patent Life-Time: CLT) 지표 적용 : 인용특허수명이란 미국 등록 특허를 대상으로 특정 특허가 등록 이후 다른 특허에 의해 인용되는 기간, 즉 USPC 코드별로 특허 등록 개시연도로부터 마지막 인용이 발생한 시점까지를 일컬음.
- 제2안 : 전문가 합의방식에 의하여 기술수명 영향요인을 고려한 기술의 경제적 유효수명주기를 적용하는 방안 적용

① 기술수명 영향요인 평점을 고려한 피인용 특허수명 산출 (기술수명 영향요인 평가표 활용)

$$\text{피인용특허수명} = \text{조정인용특허수명} \times \left(1 + \frac{\text{영향요인평점합계}}{20} \right)$$

※ 기술수명 영향요인 평가는 3인 이상의 전문가가 참여하여 평균한 값으로 결정

② 기술경제수명=기술의 피인용특허수명-특허등록 이후 경과연수

- ③ 기술의 경제적 유효수명 결정 : 기술의 경제적 수명과 법적 잔존 권리기간을 비교하여 크기가 작은 쪽을 유효 수명으로 함.

□ 사업 기여율

○ **[사업기여율의 정의]** 특정 R&D 활동의 상용화를 통하여 발생하게 될 미래시장 매출액 증가분을 기준으로 산정되는 R&D사업의 편익에는 ETRI 대표성과 사업 외에도 타 연구개발 사업에 의하여 창출되는 편익이 포함되어 있음. 따라서 발생 편익을 모두 ETRI 대표성과 사업에 기인한 것으로 간주하면 편익을 과대 산정하는 결과를 초래하므로 ETRI 대표성과의 사업기여율을 별도로 추정할 필요가 있음. ETRI 사업기여율이란 ETRI 대표성과 사업이 성공하여 상용화됨으로써 나타나게 될 예상 매출액이 국내 대상 시장 또는 산업분야의 예상 매출액에서 차지하는 비중으로 정의함.¹⁵⁾

○ [추정방법]¹⁶⁾

- (1) R&D사업 경제성분석 과정에서 해당 산업분야의 협회나 관련시장보고서를 통해 미래 편익발생 시점의 전체 R&D 투자규모 자료를 구할 수 있는 경우에는 이를 활용
- (2) (1)의 자료획득이 불가능한 경우에는 한국과학기술기획평가원에서 매년 발간하는 「과학기술 연구개발활동 조사보고서」에 제시된 정부 대 민간의 R&D 투자비율을 베이스로 하여, 동 사업투자액에 정부관련 투자액과 민간관련 투자액을 합산한 금액을 분모로, 동 사업의 투자액을 합산한 금액을 분자로 하여 사업기여율을 추정

$$\text{사업기여율} = \frac{\text{본사업투자액(정부투자1+민간매칭1)}}{\text{본사업투자액+정부관련투자액(정부투자2+민간매칭2)+민간관련투자액}}$$

※ 그러나 위의 방법은 다음과 같은 치명적인 한계점을 지니고 있어서 합리적인 방법을 적용하기 위한 노력이 지속적으로 요구됨: ① 현시점에서의 정부와 민간의 R&D 투자비중이 미래시점에도 동일하게 유지될 것이라는 가정과 ② R&D 투자비중과 시장규모 창출비중이 동일하다는 가정과 ③ 정부와 민간의 투자비중이 세부 산

15) 한국과학기술기획평가원(2010.12)의 R&D 사업기여율에 대한 정의를 원용

16) 여기에서 제시한 (1)~(3)까지의 사업기여율 추정방식은 한국과학기술기획평가원(연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 2011. 12)의 방식을 따른 것임.

업별로 제시되지 않고 있다는 가정

(3) R&D 사업에 대한 예비타당성 평가제도가 도입된 2008년 이후 2015년 6월까지 예비타당성 평가를 거친 IT 관련 분야 24개 R&D 사업에 적용된 사업기여율을 참조하여 유사 사업의 사업기여율을 적용할 수 있음.

[표 3-2] IT 분야 예비타당성 평가사업 중 사업기여율

사업명	년도	사업기여율(%)
해양 융복합 산업화 사업	2013 하	18.8
한국형 달 탐사선 개별 사업	2013 하	미적용(비용효과분석)
창의소재 디스커버리 사업	2013 상	미적용(비용효과분석)
로봇 비즈니스 벨트 조상 사업	2013 상	31.65
센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업	2013 상	58.69
그래핀 소재·부품 상용화 기술개발사업	2012 상	디스플레이 : 18.6 에너지 : 35.1 복합소재 : 47.4
고효율 전력·에너지반도체 기술개발사업	2012 하	42.0
다목적 전공역 위성항법보정시스템(SBAS) 개발구축사업	2012 하	78.5
정지궤도 기상위성지상국 개발사업	2012 상	미적용(비용효과분석)
미래해양개발을 위한 수중건설로봇 개발사업	2012 상	87.6
신산업 창출을 위한 SW융합 기술 고도화 사업	2012 상	3.3
포스트게놈 신산업육성을 위한 다부처 유전체 사업	2012 상	74.9
IT 융·복합산업 혁신을 위한 스마트센서산업 육성사업	2011 하	46.1
첨단센서 및 USN기반 하천·물환경 모니터링 기술개발 사업	2011 하	84
범부처 GIGA KOREA 사업	2011 하	7.2
실감미디어산업 R&D 기반구축 및 성과확산 사업	2011 하	19.88
로봇산업 클러스터 조성 사업	2010 하	36.25
초광역 연계 3D 융합산업 육성	2010 하	미적용
신성장 동력 장비경쟁력 강화사업	2010 상	29.3
미래전략 SW 기술개발 사업	2010 상	4.19
녹색산업 선도형 이차전지 개발 사업	2010 상	미적용
시스템 반도체 상용화 기술개발 사업	2009 하	미적용
국가 플랫폼 기술개발 사업	2008 하	미적용

주) 2008년 이후 2015년 6월까지 IT관련 분야 R&D 예비타당성 사업

□ 부가가치율

- [정의] 특정 산업의 부가가치를 그 산업의 매출액(또는 총산출액)으로 나눈 비율로 한국은행이 매년 산업연관표 형태로 수치를 발표하고 있음.

- [추정방법] 한국은행이 가장 최근에 발표한 산업연관표를 활용함. 2015년 6월 현재, 2013년 산업연관연장표 활용 가능

[표 3-3] 2013년도 연장 산업연관표의 부가가치율

통합소분류	부가가치율	통합소분류	부가가치율
반도체 (82)	0.3723	기타 전기통신서비스 (129)	0.3466
전자표시장치 (83)	0.2485	방송서비스 (130)	0.4195
인쇄회로기판 (84)	0.2212	정보서비스 (131)	0.4130
기타 전자부품 (85)	0.2424	소프트웨어개발공급 (132)	0.6052
컴퓨터 및 주변기기 (86)	0.3023	컴퓨터관리서비스 (133)	0.3721
통신 및 방송장비 (87)	0.2181	출판서비스 (134)	0.3263
영상 및 음향기기 (88)	0.1365	영상, 오디오물 제작 및 배급 (135)	0.3480
유,무선 통신서비스 (128)	0.3559		

출처: 한국은행, 2013 산업연관연장표, 2015.

□ 할인율

- [정의] R&D사업의 비용과 편익은 시차를 두고 일정 기간 지속적으로 발생하지만, 모든 발생 금액에 대한 평가는 현시점에서 이루어져야 하므로 모두 현재가치로 환산하여 비교할 필요가 있음. 미래 각 시점에서의 비용과 편익을 현재가치로 전환하기 위해 적용하는 이자율을 할인율(Discount rate)이라 하며, 이 개념은 시간에 대한 선호 및 투자가치를 반영하는 것임.¹⁷⁾
 - 사회적 할인율이란 공적 기관의 투자 의사결정에 적용하는 할인율을 의미함. 기업의 재무적 가치를 추정하기 위한 재무적 할인율이 경제 전반적인 시차선호를 나타내는 무위험 이자율과 해당 기업이 보유하고 있는 투자안의 매력도나 위험 정도 등을 반영하여 결정되듯이, 사회적 할인율은 해당 사회의 시차선호 정도, 재투자율, 투자의 잠재가격 또는 소비의 한계효용 탄력도나 소비증가율 등을 반영하여 결정됨.¹⁸⁾

17) 한국과학기술기획평가원(2011.12), 전제서.

18) 한국개발연구원 공공투자관리센터, 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구-연구 기반구축 사업을 중심으로-」, 2008.12.

- R&D 투자의 할인율을 추정하기 위해서는 R&D 투자의 특성을 파악할 필요가 있음. 연구개발사업의 일반적 특징은 투자수익에 대한 불확실성이 크다는 점이므로 이를 고려한 할인율의 적용이 필요함.

o **[추정방법]** 편익 및 비용의 현재 할인율은 산업통상자원부의 「기술가치평가 실무가이드」(2014.12) 적용을 원칙으로 하되, 자료가 없는 경우에는 KDI의 사회적 할인율(5.5%) 적용

(1) 산업통상자원부의 「기술가치평가 실무가이드」의 할인율 : 미래의 현금흐름을 현재가치로 전환할 때 사용되는 환원율로 기술사업과 연관된 사업위험을 정량화한 것이기 때문에 대상 기술의 사업위험을 분석한 결과가 할인율에 반영되어야 함. 실무가이드의 할인율 모형은 기술가치평가에 적합하도록 개선되었는데, 할인율 수준에 영향을 미치는 핵심위험 요인의 구성을 명확히 하고, 대상 기술과 직접 연관된 기술 및 시장의 잠재적 위험을 평가하여 반영하였음.

$$\text{할인율} = \text{자기자본비용} \times \text{자기자본비율} + \text{타인자본비용} \times \text{타인자본비율} \times (1 - \text{법인세율})$$

- 자기자본비용과 타인자본비용을 가중평균하여 할인율(WACC; Weighted Average Cost of Capita) 산출

[표 3-4] 실무가이드의 할인율 적용 사례

중소기업 자기자본비용	상장기업 CAPM (A)	위험프리미엄		합계
		기술사업화 (B)	비상장규모 (C)	(D)=(A)+(B)+(C)
	12.06%	2.22%	2.43%	16.71%
중소기업 타인자본비용	상장기업 타인자본비용 (E)	추가위험 스프레드 (F)		합계 (G)=(E)+(F)
	3.60%	4.89%		8.49%
자기자본비율 (H)	65.85%			
WACC (가중평균자본비용) D*H+G(1-H)(1-0.2)	13.32% = 16.71*0.6585+8.49*(1-0.6585)*(1-0.2)			

* 할인율은 할인율 산출표(산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, p.83 이하)에서 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비제조업(C26)에 해당하는 항목 참조

- * 상장기업 CAPM 12.06%, 비상장기업(중기업) 규모 프리미엄 2.43%, 비상장기업의 자기자본비율 65.85%
- * 기술사업화 위험 체크리스트(부록 1, 113쪽 이하)에서 기술사업화 위험프리미엄 종합평점 40점 (2.22%) 획득 가정
- * 중기업의 세전 타인자본비용은 8.49% (=3.60%+4.89%)
- * 법인세는 20%적용

(2) KDI의 사회적 할인율

[표 3-5] 주요 국가의 사회적 할인율

국가	영국, 스페인	미국, 프랑스	독일	일본, 벨기에	네덜란드
할인율	6%	7%	3%	4%	5%

출처: 한국과학기술기획평가원, 「연구개발부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 연구(제1판)」, 2011.12.

□ R&D 기여율

- **[정의]** R&D 사업의 경제적 편익을 정확하게 산정하기 위해서는 해당 시장에서 창출된 부가가치 중에서 연구개발이 기여한 정도를 추정해야 함. R&D 기여율은 R&D의 상업화를 통하여 부가가치가 창출되었을 때 전체 부가가치 중에서 R&D 기여분이 어느 정도인지를 나타내는 지표¹⁹⁾, 또는 기술도입 또는 사용에 따른 경제적 이익(순 현금흐름의 증가분)의 창출에 기여한 유/무형 자산 중 기술무형자산(또는 기술요소)이 이익창출에 공헌한 상대적인 비중²⁰⁾
- **[추정방법]** 창출된 전체 경제적 가치 중에서 R&D가 기여한 몫에 대해서는 주로 전문가 및 사업운영 주체의 인식에 기초한 주관적 조사를 통해 그 값이 추정되거나, 거시적 관점에서 산출된 값을 대표적으로 활용하기도 함. 이와 관련하여 현재 R&D 예비타당성조사에서는 신태영(2004)의 연구개발투자의 경제성장률에 대한 기여도 연구결과인 28.1%를 적용하고 있는데, 본 가이드라인에서도 특별한 사유가 없는 한, 이 값을 준용하기로 함.²¹⁾

19) 한국과학기술기획평가원(2010.12), 전제서.

20) 지식경제부(2011.12), 전제서.

21) 신태영(2004)은 연구개발투자의 경제성장 기여도를 분석하기 위하여 연구개발스톡 및 자본스톡을 추계한 후 국민경제 생산함수를 추정하였음. 하지만 현재 사용하고 있는 수치는 1981~2002년까지의 데이터를 토대로 추정한 결과이기 때문에 최근의 경제구조를 반영하기에는 미흡한 점이 있으며, 산업전체의 평균치라는 점에서 개별 산업의 특성을 감안한 R&D 기여도 적용에 한계가 있음.

- **[대안적 추정방법]** 현재 R&D 예비타당성조사에서 적용하는 28.1%는 제조업 전체에 대한 추정치일 뿐 아니라, 추정 데이터도 1981~2002년까지의 오래된 자료라는 점을 감안하여 사안에 따라 아래의 대안들을 적용할 수도 있음.
- (제1안) 경험측 방법(25% Rule) : 과거의 수많은 기술거래 협상과정에서 기술도입자와 기술판매자간의 합의에 의한 결과로, 기술거래에 의해 창출된 이익(세전 영업이익)의 25%를 기술판매자의 몫으로 배분하는 것을 의미하며, 기술거래시장에서 관행적으로 이루어지고 있는 방법임. 공정성에 대한 직접적인 호소력이나 직접적인 성과기준 적용 측면에서 장점이 있으나, 개별기술의 기여도와 일반적 기준과의 차이를 설명하는데 부족함.²²⁾
- (제2안) 기술요소법 : 산업업종 특성과 개별기술 특성을 동시에 반영할 수 있는 방법으로, 산업특성을 파악하는 산업기술요소 도출과 개별기술의 특성을 파악하는 개별기술강도의 도출을 통해 기술요소를 산출²³⁾

기술요소 = 산업기술요소 × 개별기술요소

- 산업기술요소는 산업특성을 나타내는 요소로 최대무형자산가치비율에 기술자산비율을 곱한 값으로 산정하며, <산업기술요소 평가표>에 제시된 값을 이용
- 개별기술요소는 <개별기술강도 체크리스트>를 토대로 하여 전문가 3인 이상의 합의에 의한 평균값으로 도출하는 것을 원칙으로 함(기술성 10개 지표, 사업성 10개 지표, 지표별 5점 척도로 구성)

다. 경제적 파급효과

□ 경제적 파급효과의 범위 및 정의

- 본 가이드라인에서 경제적 파급효과는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과를 포함
 - 상기 파급효과 추정을 위하여 ETRI 대표성과 사업의 생산유발, 부가가치유발, 고용유발 계수를 각각 계측

22) 국가과학기술인력개발원, 기술가치평가 실무과정, p.67, 2014.

23) 전계서, pp.68-69.

- 경제적 파급효과는 R&D 연계 매출이 국내 산업에 미치는 직·간접 파급효과 뿐만 아니라, R&D 직접 투자액의 파급효과도 포함.

o 경제적 파급효과 분석 모형

- 경제적 파급효과 분석은 산업부문별 투입 구조가 일정기간 안정적이라는 가정 하에서 가장 최근에 발표된 한국은행의 산업연관표를 사용하여 사업 관련 지출이 각 산업 부문의 생산 활동이나 소득 창출, 고용 창출에 미치는 직·간접 파급효과를 분석함.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} & + & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nn} \end{bmatrix} & - & \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \\
 X & & Y & & m & & x
 \end{array}$$

단, X = 중간수요, Y = 최종수요, m = 수입, x = 생산

- 상기 식을 Leontief의 생산모형이라 하며 이를 변화율 모형으로 바꾸면,

$$\Delta x = (I - A)^{-1} \Delta y$$

- o 부가가치유발 관계식은 다음과 같으며, V 는 부가가치유발액, $\widehat{A}^v$ 는 부가가치액을 총투입액으로 나눈 부가계수 대각행렬, $\widehat{A}^v(I - A^d)$ 는 부가가치유발계수 행렬을 나타냄.

$$\Delta V = \widehat{A}^v(I - A^d)^{-1} \Delta Y^d$$

- o 고용유발계수는 다음의 산식으로 추정하며, L 은 고용유발인원, $\hat{l}$ 은 고용유발계수를 나타내는 대각행렬로 생산물 한 단위(10억 원) 생산에 직접 필요한

고용량 뿐 아니라 생산과급과정에서 간접적으로 필요한 고용량까지 포함하며, $\hat{l}(I-A^d)^{-1}$ 은 고용유발계수를 나타냄.

$$\Delta L = \hat{l}(I-A^d)^{-1} \Delta Y^d$$

2. 대표성과 종합가치 분석 추진 체계

가. 2015년 대표성과 선정

□ 연구원 대표성과 선정(10건)

- 2015년도에도 ETRI 대표성과 ‘3대 가치기준’ 정립을 통한 가이드라인 제시
 - 대표성과 선정평가(대표성과 TFT)를 통한 10대 대표성과 선정

[표 3-6] 선정된 2015년 ETRI 10대 대표성과

부서	2015년 대표성과
SW·콘텐츠연구소	Easy 3D 프린팅 솔루션 초고해상도 비디오 코덱 SoC 빅데이터 분석 기반 지능형 사이버 공격인지 및 추적 기술
융합기술연구소	I-My0Me & You 에너지 다이어트 및 공유 기술 질환검진용 현장 진단기기
부품소재연구소	무인 자율주행을 위한 스마트 자동차용 3차원 영상센서 기술
방송통신미디어 연구소	가혹한 통신환경에 강인한 Power Free 무선센서 네트워킹 기술
통신인터넷연구소	소형셀 기지국 SW MHN 이동무선백홀시스템 개발 High-Five ESCort Rof 기술

나. 2015년 대표성과 분석의 특징 및 체계

□ 시장 경쟁 상황에 대한 분석 강화

- 대표성과의 국내외 시장 진출 상황 등을 좀더 세밀하게 검토하기 위해 시장 경쟁상황 등에 대한 조사 강화

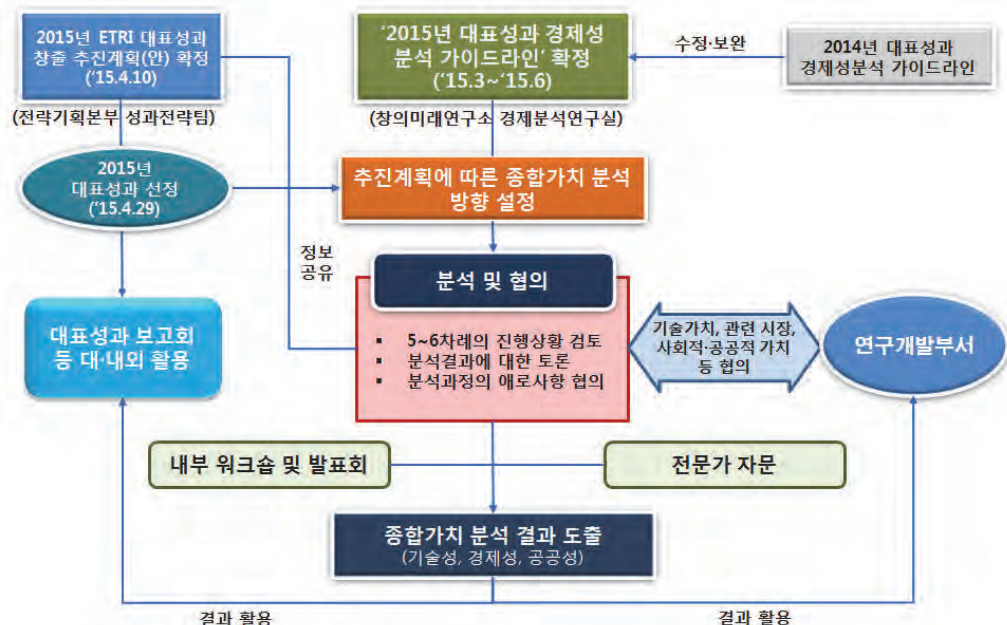
- 세계 시장 및 국내 시장의 경쟁상황 검토
- 해당 기술의 국내 시장 점유율 산정 등에 반영

□ 분석의 객관성 확보를 위한 가이드라인 개정

- o ‘2014년 대표성과 경제성 분석 가이드라인’ (‘14.7)을 2015년 대표성과 분석을 위해 수정·보완
- o 분석의 일관성·객관성 제고를 위해 기본원칙(방법론)을 명확히 하고, 성과의 특성을 고려하여 방법론을 선택할 수 있도록 활용 대안 추가 제시

□ 경제성 분석 방법론의 고도화 노력

- o ICT분야의 R&D 기여도를 새로 도출하기 위해 시도
 - 2015년까지는 신태영(2004)이 제시한 28.1%를 활용하였으나, 현재의 경제상황이나 IT의 특성을 반영하지 못한 한계가 있었음.
- o 외부 검증을 통해 2016년 대표성과 경제성 분석에 활용 예정



[그림 3-1] 대표성과 경제성 분석 추진체계와 절차

제 2 절 2015년 ETRI 대표성과 분석 결과

1. 2015년 대표성과 분석 결과

□ 총 연구기간 및 투입 예산

- 대표성과(연관과제 포함)의 총 연구기간은 4년~9년까지 다양하며, 투입 예산 또한 33.2억 원에서 382억 원까지 다양함.

[표 3-7] 대표성과의 총연구기간 및 투입 예산

대표성과	과제수	총 연구기간	투입 예산 (대표성과 예산 /총예산)
Easy 3D 프린팅 솔루션	2	2013년~2017년	234/234억 원
초고해상도 비디오 코덱 SoC	1	2011년~2015년	43.5/80억 원
빅데이터 분석 기반 지능형 사이버 공격인지 및 추적 기술	1	2013년~2017년	128/128억 원
I-My-Me & You 에너지 다이어트 및 공유 기술	5	2013년~2017년	162.4/162.4억 원
질환검진용 현장 진단기기	4	2011년~2019년	33.2/42.7억 원
무인자율주행을 위한 스마트 자동차용 3차원 영상센서 기술	4	2013년~2017년	74.4/141억 원
가혹한 통신환경에 강인한 Power Free 무선 센서 네트워킹 기술	2	2013년~2016년	70.6/70.6억 원
소형셀 기지국 SW	4	2011년~2017년	382/382억 원
MHN 이동무선백홀 시스템 개발	2	2012년~2015년	143/143억 원
High-Five ESCort Rof 기술	3	2011년~2016년	121/121억 원

□ 대표적인 기술 차별성 및 Target Market

- 대표성과의 중점 성과 분야는 공공성 중점성과가 4개, 시장성 중점성과가 6개
- 기술 차별성은 성과별로 원천기술 확보, 세계최고 수준, 국내 최고 알고리즘, 국내 및 세계 최초, 자체기술 확보, 성능향상 등 다양한 특성을 지님.

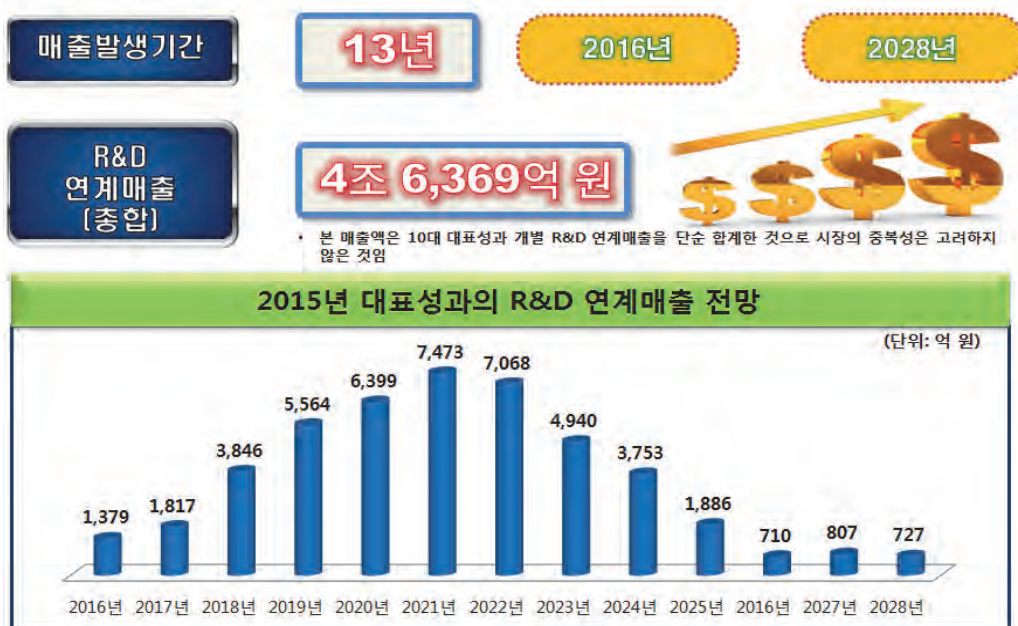
[표 3-8] 대표성과의 기술 차별성 및 Target Market

대표성과	중점성과 분야	대표적인 기술 차별성	Target market	TRL 단계 ('14년 기준)
Easy 3D 프린팅 솔루션	시장성	원천기술 확보 (데이터 획득 및 후처리) 스캐너의 저가화 실현	3D스캐너 시장 개인용 3D 프린팅서비스	TRL 6, 7
초고해상도 비디오 코덱 SoC	시장성	세계 최고 수준 (UHD영상 실시간 코덱) 저전력, 소형화, 멀티코어	영상 압축관련 제품 시장	TRL 5~6
빅데이터 분석 기반 지능형 사이버 공격인지 및 추적 기술	공공성	국내 최고 알고리즘 (Zero-day 악성코드 진단율) 악성코드 탐지 세계 최고	통합보안 관리 시장	TRL 6
I-My-Me & You 에너지 다이어트 및 공유 기술	공공성	국내 최초 (에너지 정보교환 프로토콜) 세계 최초 (SUN 탑재 스마트플러그)	에너지 통합관리· 관제시스템	TRL 6, 7
질환검진용 현장 진단기기	공공성	세계 최초 (광센서 칩 및 측정시스템) 세계 최고 (자성나노기술로 암세포 분리)	바이오 센서 중 현장진단, 가정내 진단, 모바일 플랫폼 시장	TRL 4~6
무인자율주행을 위한 스마트 자동차용 3차원 영 상센서 기술	시장성	2배의 전력생산 (경쟁기업 대비) 저전력	레이더/라이더 센서 시장	TRL 6
가혹한 통신환경에 강인한 Power Free 무선 센서 네 트워킹 기술	공공성	신뢰성(Flash 방식) 자체기술 확보 (초점면 배열 어레이 InGaAs 광검출기)	철도차량 부착용 WSN 무선 센서 시장	TRL 4
소형셀 기지국 SW	시장성	성능 향상 (3GPP 제안 기술 대비 30% 이상) 세계 최초 (소형셀 기지국 SW 개발환경 및 RRM 시뮬레이터)	소형셀 기지국 SW 관련 시장	TRL 6, 7
MHN 이동무선백홀 시스 템 개발	시장성	전용용량 증대 (백홀 전송 선진국 대비 1000%) 세계 최초 (밀리터리파 이용)	MHN 이동무선백홀 시스템 관련 시장	TRL 5, 6
High-Five ESCort RoF 기 술	시장성	획기적 개선 (기존 기술 대비 ESCoRT) 세계 최고 (RoF 기술 성능)	RoF 기반 분리형 모바일 프로트홀 장비 시장	TRL 4

□ 대표성과의 기술적 가치

세계 최고	세계 최초
▪ UHD 영상 실시간 코딩(비디오 코덱 SoC) ▪ 악성코드 탐지율(지능형사이버 공격인지 및 추적) ▪ 자성 나노 기술로 암세포 분리(현장진단기기) ▪ 고성능 아날로그 광 트랜시버 및 광링크(High-Five EScoRT) ▪ 다채널 수용 DU 정합장치 및 RoF RU(High-Five EScoRT) ▪ Zero-day 악성코드 진단율(국내 최고)	▪ SUN 탑재 스마트 플러그(에너지 다이어트·공유) ▪ 광센서 칩 및 측정시스템(현장진단기기) ▪ 소형셀 기지국 SW 개발환경 및 RRM 시뮬레이터(소형셀 기지국 SW) ▪ 밀리터리파를 이동무선백홀로 사용(MHN 이동무선백홀) ▪ 에너지 정보교환 프로토콜(국내 최초)
▪ 3D 스캐너의 저가화(3D 프린팅) ▪ 저전력·소형화·멀티코어(비디오 코덱 SoC) ▪ Flash 방식에 의한 신뢰성 확보(3차원 영상센서) ▪ 2배 이상의 전력생산과 저전력(Power Free 무선센서 네트워크) ▪ 소형셀 간접제어 기술: 3GPP 제안 기술 대비 30%이상(소형셀 기지국 SW) ▪ 이동무선백홀 전송용량 증대(MHN 이동무선백홀)	▪ 데이터 획득 및 후처리 원천기술 확보(3D 프린팅) ▪ 초점면 배열 어레이 InGaAs 광검출기 자체기술 확보(3차원 영상센서)
성능 향상/가격 경쟁력 확보	자체 기술력 확보

□ 대표성과의 경제적 가치

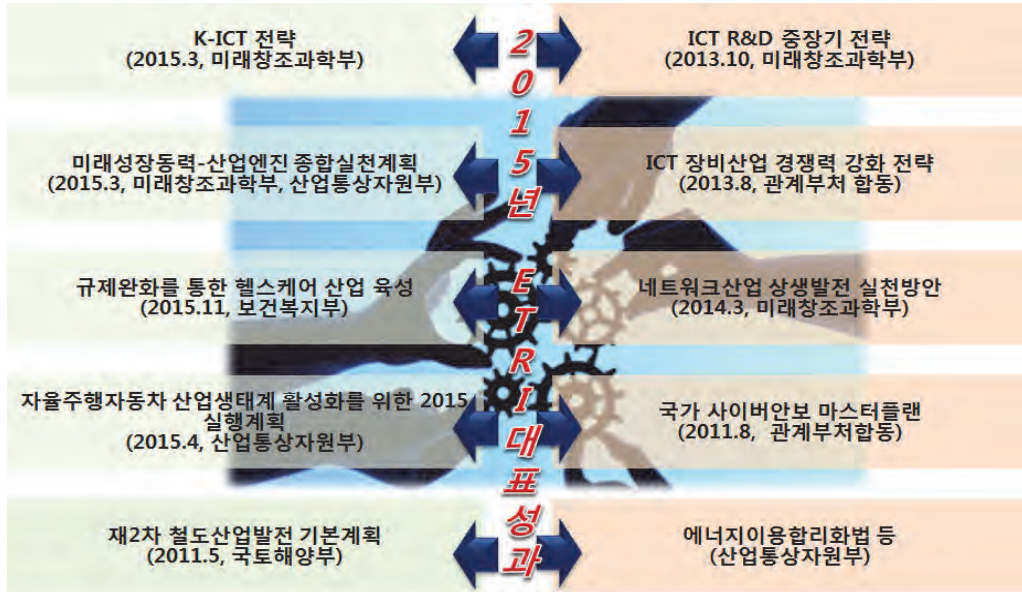




□ 대표성과의 사회적 가치



□ 대표성과의 정책적 가치



2. 시사점

- 대표성과 분석결과의 활용 목표에 대한 명확화 필요
 - 종합가치 분석의 기본 Framework (평가목표, 평가요소, 결과 보고 등) 설정에 필요
 - 매년 수립되는 ‘대표성과 종합가치 분석 추진계획’에 반영
- 대표성과의 ‘중점성과 유형(시장성, 공공성) 선정 방법의 개선 필요
 - 공공성 중점 성과의 영역을 정의하여 2016년 초의 대표성과 선정 시 적용
 - 전략기획본부와 산업전략연구부간의 사전 협의를 통해 마련
- 대표성과와 연계과제간의 관련성에 대한 명확화 필요
 - 사전연구-본연구-후속연구 등 : 대표성과 관련 투입 예산(비용) 산정, 연구 개발 시차, 연계매출 발생 시점 등에 영향

□ 분석방법의 지속적인 개선과 확대 적용을 위한 노력 필요

- o 2015년에는 ‘R&D 기여율’을 자체적으로 분석하여 도출 하였으며, 대표성과 분석결과의 신뢰성 제고를 통해 분석결과의 활용성 증대
- o 2016년에는 ‘공공성 중점 성과’의 경제성 분석을 위한 방법론 재정립 예정

제 3 절 ICT 산업의 R&D 기여도 분석

1. 서론

□ 연구 배경

- Solow(1956)의 외생적 성장론과 Romer(1986, 1990)와 Lucas(1988)의 내생적 성장론은 지속적인 경제성장의 원천으로 기술진보의 중요성을 강조하고 있음.
- 정보통신기술은 최근 여타 산업 부문으로의 기술 파급을 촉진시킴으로서 경제 전체의 생산성을 향상시키는데 중추적인 역할을 하게 됨에 따라 ICT의 진보와 경제성장 사이의 관계 규명은 전 세계적인 이슈로 고려되고 있음(Bosworth and Triplett, 2007).
- R&D의 산물인 기술진보는 상업적 기술혁신 과정을 거쳐 기술 및 산업 구조를 변화시킬 뿐 아니라 장기적으로 경제성장에 직·간접적인 영향을 미치게 됨. 하지만 비전유성, 불확실성, 불가분성, 연구개발 시차 등 R&D의 자체적 특성으로 인해 그 효과를 정밀하게 파악하는 것이 쉽지 않음(Basu and Fernald, 2008).
- 본 분석은 한국의 ICT 산업을 대상으로 연구개발 스톡의 축적이 부가가치에 미치는 영향을 분석하고, 그 결과를 토대로 ICT R&D의 부가가치 기여도를 추정하는 것이 연구의 목적임.

□ 기존 연구의 검토

- 기술 진보와 경제 성장에 관한 실증연구는 크게 비모수 기법과 모수 기법으로 구분됨
 - 비모수 기법으로는 성장회계 접근법이 널리 사용되어 왔으며, 모수 기법으로는 생산 또는 비용함수를 사용하는 생산성추정 접근법이 대중을 이루고 있음.
 - 최근에는 기술 진보와 경제 성장의 양자 사이의 인과관계 규명을 위한 연구도 활발하게 수행되고 있음.
- 비모수 기법인 성장회계 접근법은 산업성장을 노동, 자본, 기술 등 다양한 투입요소를 통해 설명하는 방법
 - ICT에 초점을 맞춘 대표적인 연구로 Oliner and Sichel (2000), Jorgenson

(2001), Van Ark et al. (2002), Timmer et al. (2003), Inklaar et al. (2008), Antonopoulos and Sakellaris (2009), Jung et al. (2013) 등이 있으며, 많은 수의 연구에서 ICT가 경제성장의 원동력임이 입증됨.

- 모수 기법인 생산성 추정 접근법은 생산함수 또는 비용함수를 토대로 생산성을 자본, 노동, 기술 등에 의존하는 함수로 설정하여 추정하는 방법
 - ICT에 초점을 맞춘 대표적인 연구로 McGuckin and Stiroh (2002), Bertschek and Kaiser (2004), Black and Lynch (2004), O' Mahony and Vecchi (2005), Bloom et al. (2007), Tambe and Hitt (2013), Vu (2013) 등이 있으며, 여러 연구에서 ICT가 생산성에 유의미한 영향을 미치는 것으로 밝혀짐.
- 최근에는 기술진보와 경제성장의 양자 간의 인과관계 규명을 위한 연구도 활발하게 수행되고 있음.
 - Dutta (2001), Röllner and Waverman (2001), Datta and Agarwal (2004), Beil et al. (2005), Dvorjnik and Sabolic (2007), Shiu and Lam (2008), Lam and Shiu (2010), Hossein and Yazdan (2012), Pradhan et al. (2014), Ishida (2015) 등은 ICT와 경제성장 사이의 인과관계 규명에 주목함.

□ 본 분석의 특징

- 상기 연구의 연장선상에서 본 분석에서는 우리나라 ICT 산업의 R&D 투자가 경제 성장에 미치는 영향을 살펴보았음.
- 실증분석 결과, 강한 다중공선성의 징후가 포착되었으며, 주성분 회귀분석을 통해 다중공선성의 문제를 해결하였음.
 - 주성분 회귀분석은 원래의 변수보다 적은 수의 잠재적 주성분을 추출하여 차원을 축소함으로써 해석을 용이하게 하는 주성분 분석에 회귀분석을 결합한 개념으로, 독립변수의 주성분 점수를 산정하고 그에 따른 회귀분석을 수행함으로써 다중 공선성 문제를 해결하면서도 정보손실을 최소화하는 장점을 지니고 있음.
- (통계분석 자료) 본 이슈 분석을 위하여 활용한 통계데이터는 다음과 같음.
 - ICT 산업의 부가가치: 국가통계포털(KOSIS)의 광공업통계조사보고서의 부가가치
 - 자본스톡 추계를 위한 자본투자 통계 : KOSIS의 광공업통계조사보고서의 유형 고정자산 연말 잔액을 적용
 - 노동투입 추정을 위한 기초자료 : KOSIS의 광공업통계조사보고서의 월평균 종사자수(10인 이상)와 노동통계연감의 월 평균 근로시간

- 연구개발스톡 추정을 위한 연구개발투자 통계 : 국가과학기술지식정보서비스 (NTIS)에서 제공하는 산업별 연구개발비 통계자료

2. 연구모형

□ 연구개발 투자가 부가가치에 미치는 영향 분석

- o ICT 산업의 연구개발투자가 부가가치에 미치는 경제적 효과의 분석을 위해서는 국민경제에 대한 생산함수 추정이 선행되어야 함.
- o 본 분석에서는 Romer(1990)와 Jones(1995)의 R&D 기반 성장모형을 원용하여 국민경제에 대한 생산함수를 Cobb-Douglas 생산함수로 나타내었으며, 양 변에 자연로그를 취하면 다음 식으로 표현할 수 있음.

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln L + \beta_3 \ln R + \epsilon$$

- 여기서, Y , K , L , R 은 각각 ICT 산업의 실질부가가치, 실질자본스톡, 노동 투입량, 실질 연구개발 스톡을 의미함. β_1 , β_2 , β_3 는 각각 ICT 산업의 부가가치에 대한 자본 스톡의 탄력성, 노동 투입의 탄력성, 연구개발 스톡의 탄력성을 의미하며, ϵ 는 오차항을 의미함.
- o 위 식의 모든 변수를 단위벡터 형태로 표준화(centered and scaled) 시키게 되면 다음과 같이 표현할 수 있음.

$$Y = Z\beta + \epsilon$$

- 여기서 Y 는 종속변수의 $(n \times 1)$ 벡터, Z 는 독립변수들의 $(n \times p)$ 행렬, β 는 회귀계수의 $(p \times 1)$ 벡터, ϵ 는 오차항의 $(n \times 1)$ 벡터를 의미함.
- $Z^T Z$ 는 상관계수 행렬이며, β 의 최소제곱 추정량은 $\hat{\beta} = (Z^T Z)^{-1} Z^T Y$ 가 됨
- 상관계수 행렬 $Z^T Z$ 의 고유값(eigenvalue) λ_1 , λ_2 , λ_3 과 이에 해당하는 고유 벡터(eigenvector) ν_1 , ν_2 , ν_3 는 각각 행렬 A 와 행렬 V 로 나타낼 수 있음.

- 행렬 Λ 는 고유값(eigenvalue)을 원소로 가지는 대각 행렬이며, 행렬 V 는 각각의 고유값($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$)에 해당하는 고유 벡터(eigenvector)의 열로 이루어진 행렬임.
- 행렬 Λ 와 행렬 V 는 정방 행렬이며, $V^T(Z^T Z)V = \Lambda$ 와 $V^T V = VV^T = I$ 의 조건을 만족함.
- 고유벡터 행렬은 직교 행렬이기 때문에 $VV^T = I$ 가 성립하며 이를 위의 식에 대입한 후 주성분에 의한 회귀모형으로 정리하면 다음의 식이 됨.

$$Y = C\gamma + \epsilon$$

- 여기서 $C = ZV$ 이며, $\gamma = V^T\beta$ 를 의미함. 행렬 C 는 독립변수 Z_1, Z_2, Z_3 와 V 의 선형조합으로, 서로 관련된 Z_n 이 서로 직교하도록 고유벡터 행렬을 곱하여 변환한 것으로 C_1, C_2, C_3 의 열로 이루어졌으며, 이것을 주성분(principal components)이라 함.
 - 주성분은 서로 독립이기 때문에 $C_i^T C_i = \lambda_i$ 와 $C_i^T C_j = 0 (i \neq j)$ 를 만족함. 또한 벡터 γ 은 원래의 회귀계수 벡터가 고유벡터 행렬에 의해 변환된 것으로 주성분으로 변환된 회귀모형의 계수벡터를 의미함.
 - 위의 식에 나타난 γ 의 최소제곱 추정량은 $\hat{\gamma} = (C^T C)^{-1} C^T Y$ 이며 주성분들은 서로 독립이기 때문에 다중공선성이 발생하지 않음.
- o 원래의 모형과 변환 후의 모형 사이에는 아래의 식과 같은 관계가 성립되며, 하나의 모형의 추정 값이 주어지게 되면 언제든지 다른 모형으로의 변환이 가능하게 함.

$$Z = CV^T, \beta = V\gamma$$

- 변환된 주성분의 분산이 바로 고유값이며, 만일 $\lambda_i = 0$ 이 되면 i 번째 주성분의 값들이 모두 0이 됨.
- 주성분은 Z_1, Z_2, Z_3 의 선형함수이기 때문에 $\lambda_i = 0$ 이라는 것은 독립변수들 간의 정확한 선형적 종속관계가 존재하는 것이라 할 수 있음.
- λ_i 가 0에 근접한 값을 가질수록 독립변수들 간의 관련성이 아주 높은 것이라

할 수 있으며, 이것이 다중공선성의 근거가 되어 중요하지 않은 주성분을 제거할 수 있음.

- 중요하지 않은 주성분을 제거하더라도 실제 해석에 있어서 어려움이 있기 때문에 원래의 추정치 β 로 변환하여야 하며, 이 때 중요하지 않은 주성분의 변환계수 고유벡터는 0으로 설정한 후 나머지를 통해 변환을 시키게 됨.

□ 연구개발 기여도의 분석

- o 주성분 회귀분석의 추정결과를 원래의 독립변수의 회귀계수 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 로 변환하여 각 생산요소의 탄력성을 추정한 후, 이 값에 각 생산요소의 투입증가율을 곱하여 부가가치에 대한 생산요소별 성장 기여율을 구한 다음, 부가가치에 대한 생산요소별 기여도를 아래의 식으로 추산함. 여기서 ΔX 는 생산요소 투입 증가율을 의미함.

$$j \text{ 생산요소의 기여도 (\%)} = \frac{\beta_j \Delta X_j}{\sum_{i=1}^3 \beta_i \Delta X_i} \times 100$$

3. 생산요소의 추계

□ ICT 산업의 범위 설정

- o 한국표준산업분류(KSIC)는 ICT 산업을 독립 산업으로 별도로 분류하고 있지 않기 때문에 따라서 본 연구에서는 ICT 산업에 해당하는 부문을 추출하여 ICT 산업을 아래 표와 같이 재구성하였음.

[표 3-9] 연구모형을 위한 ICT 산업 분류체계

구분	ICT 산업 분류	표준산업분류코드
1987-1990	사무, 계산 및 회계용 기계 제조업 (Manufacture of Office, computing and Accounting Machinery)	3825
	음향, 영상 및 통신장비 제조업 (Manufacture of Sound, Image and	3832

	Communication Equipment and Apparatus)	
	전자관 및 기타 전자부품 제조업 (Manufacture of Electronic Tubes and Other Electronic Parts and Components)	3834
1991-1998	사무, 계산 및 회계용 기계 제조업 (Manufacture of Office, computing and Accounting Machinery)	D30
	영상, 음향 및 통신장비 제조업 (Manufacture of Radio, Television and Communication Equipment and Apparatus)	D32
1999-2013	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 (Manufacture of Electronic Components, Computer, Radio, Television and Communication Equipment and Apparatuses)	C26

- o ICT 서비스업의 경우 연구개발투자에 대한 통계 자료가 9차 개정 이후인 2008년 부터 집계되어 실증분석에 적합하지 않기 때문에 본 연구에서는 ICT 산업을 ICT 제조업으로 한정하여 R&D 투자가 부가가치에 미치는 영향을 살펴보았음.

□ 생산요소의 추계

- o ICT 산업의 실질부가가치(Y)에 대한 각 생산요소의 탄력성인 β_1 , β_2 , β_3 의 추정을 위해서는 실질자본스톡(K), 노동투입(L), 실질 연구개발 스톡(R)의 추계가 선행되어야 함.
- o (실질 부가가치의 추계) 종속변수인 ICT 산업의 실질부가가치(Y)는 광공업통계 조사보고서의 산업별 부가가치 중 ICT 산업에 해당하는 부문을 추출한 후, GDP 디플레이터(2010년 기준)를 적용하여 불변가격으로 변환하였음.
- o (실질 자본 스톡의 추계) 실질 자본스톡(K)은 동 보고서의 유형고정자산 연말 잔액에 GDP 디플레이터(2010년 기준)를 적용하여 불변가격으로 변환시킨 후, Goldsmith의 영구재고법(perpetual inventory method)을 적용하여 추계하였음.
 - 영구재고법의 기준연도 자본스톡 추계를 위한 연평균 성장률은 Compound Annual Growth Rate(CAGR)를 적용

- 감가상각비는 신태영(2007)이 제시한 R&D 스톡의 감가상각비인 12.5%를 적용
- o (노동 투입의 추계) 노동투입(L)은 Jung et al. (2013), Shahiduzzaman and Alam (2014)와 같이 종사자 수와 근로시간을 함께 고려하여 추계하였음.
- Basu and Fernald(2006)와 Ahmed and Riduzan(2013)은 노동투입의 양적 측면만을 고려하여 종사자 수를 노동투입으로 가정하였으나, Jung et al.(2013), Shahiduzzaman and Alam(2014)은 노동투입의 양적변화를 보다 정밀하게 반영하기 위해 종사자 수와 근로시간을 함께 고려함.
- 또한, Jorgenson and Motohashi(2005), 신태영(2007), Antonopoulos and Sakellaris(2009), Vu(2013) 등과 같이 노동투입의 질적 측면을 반영하기 위해 종사자 수와 근로시간 이외에 임금, 성별, 산업군, 교육수준, 노동의 질 지수(labor quality index) 등 다양한 요인을 고려한 연구들이 시도되고 있으나, 본 연구에서는 노동 투입의 질적 측면은 고려하지 않았음.
- o (실질 연구개발 스톡의 추계) 실질 연구개발 스톡(R)은 정부 및 공공부문, 민간부문, 해외부문으로 구성된 ICT 산업의 연구개발투자를 정부 및 공공부문과 민간부문(해외부문 포함)으로 재편성한 후, GDP 디플레이터(2010년 기준)와 Goldsmith의 영구재고법을 적용하여 실질 연구개발 스톡을 추계하였음. 한편, 연구개발 스톡은 연구개발 투자의 시차 특성으로 인해 당기의 연구개발 성과뿐만 아니라 과거에 수행되었던 연구개발이 여러 단계의 시차를 경과하며 축적되며, 새로운 기술지식은 기존 연구개발 스톡에 축적된 후 신기술 또는 신공정의 출현에 따라 진부화 과정을 거쳐 점차 소멸됨.
- (연구개발시차) Rapoport(1971)는 화학(chemicals), 기계(machinery), 전자(electronic)로 구성된 3대 제품군을 대상으로 혁신 프로세스를 분석한 연구에서 화학제품 1.72년, 기계류 2.40년, 전자제품 1.17년의 연구개발 시차를 지니는 것으로 추정하였으며, 우리나라 제조업의 연구개발 시차를 분석한 김의제(1999)는 전자, 통신장비산업의 연구개발 시차를 21.4개월로 추정하였으며, 일본의 R&D 지식 스톡을 분석한 NISTEP(2012)은 ICT 산업의 연구개발시차를 공공부문 3년, 민간부문 2년으로 추정하였음. 본 연구에서는 가장 최근의 실증분석 결과인 NISTEP (2012)의 연구개발시차를 채택하여 공공부문은 3년, 민간부문은 2년으로 가정함.
- (진부화율) Goto and Suzuki(1989)는 통신장비 및 관련제품의 진부화율을 24.6%로, Klette and Johansen(2000)은 전기·전자 산업의 진부화율을 28.8%로,

약 700개의 국내 기업을 대상으로 산업군별 연구개발 스톡의 진부화율을 추정한 서중해(2005)는 전기·전자 산업의 진부화율을 26.74%로 적용하였음. 일본의 R&D 지식 스톡을 분석한 NISTEP(2012)은 ICT 산업의 진부화율을 공공부문 16.7%, 민간부문 26.9%로 추정하였음. 본 연구에서는 가장 최근의 실증 분석 결과인 NISTEP (2012)의 진부화율을 채택하여 공공부문 16.7%, 민간부문 26.9%로 가정하였음.

- o 상기의 가정을 적용하여 추계한 실질부가가치, 실질자본스톡, 노동투입, 실질 R&D 스톡은 아래 표와 같음.

[표 3-10] 실증분석을 위한 파라메타 현황(단위 : 백만 원, 명*시간/월)

	실질 부가가치	실질 자본 스톡	노동 투입	실질 R&D 스톡
1990	17,792,367	66,237,870	73,614,464	4,211,639
1991	17,561,928	72,839,405	60,381,331	4,996,498
1992	20,215,964	79,545,618	58,556,743	5,716,927
1993	20,856,880	88,903,843	56,759,404	6,686,556
1994	26,913,014	96,983,696	61,084,586	7,728,566
1995	29,817,082	110,439,705	63,307,708	9,079,678
1996	31,610,014	124,086,708	59,175,054	12,183,353
1997	36,587,226	143,533,002	58,093,869	13,270,363
1998	37,734,884	170,828,472	51,888,347	13,493,481
1999	49,796,903	198,020,062	60,435,570	14,479,442
2000	57,179,127	249,977,601	59,202,592	16,466,721
2001	49,460,921	258,398,060	63,213,950	18,853,154
2002	55,913,901	275,375,426	66,162,139	21,242,246
2003	58,621,765	290,070,079	67,520,911	23,536,140
2004	75,360,860	305,893,165	78,702,174	26,667,787
2005	74,429,078	333,896,455	78,329,296	29,868,803
2006	77,526,934	368,378,575	80,035,338	33,706,113
2007	78,488,167	398,131,676	73,070,864	36,682,193
2008	81,756,957	424,248,840	67,640,076	39,834,291
2009	92,745,464	446,082,749	66,025,469	42,475,673
2010	108,684,981	470,109,746	72,487,166	47,013,883
2011	113,741,691	497,005,952	72,308,263	52,203,061
2012	112,865,428	521,443,013	72,317,462	58,569,687
2013	112,878,766	545,490,093	73,499,575	65,602,538

4. ICT R&D 투자가 부가가치에 미치는 영향

□ 다중 회귀분석 결과

- (회귀분석 결과) 아래 표는 우리나라 ICT 산업의 R&D 투자가 부가가치에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과임.
- R^2 -통계량은 0.989로 모형 전체의 설명력이 매우 높은 수준으로 나타났음.
- 독립변수의 회귀계수를 살펴보면 자본스톡, 노동투입, 연구개발 스톡의 회귀계수는 각각 0.402, 0.285, 0.361이며, 자본스톡과 연구개발 스톡의 회귀계수는 5% 유의수준 하에서, 노동투입의 회귀계수는 10% 유의수준 하에서 통계적으로 유의미한 것으로 밝혀졌음.

[표 3-11] 다중회귀분석 결과

	coefficient	t-value	p-value	VIF	R-Square	D.W
intercept	-1.073	-0.414	0.684	-	0.989	1.665
자본스톡	0.402	2.159	0.043	77.249		
노동투입	0.285	1.793	0.088	1.622		
연구개발스톡	0.361	2.508	0.021	74.034		

- (회귀 진단 결과)
- 잔차 검정 결과, 이상치(outlier)와 영향 관측치(influential points)는 발견할 수 없었음.
- 정규성 검정을 위한 Jarque-Bera 검정 통계량과 p-value가 각각 1.547, 0.461로, 등분산성 검정을 위한 Breusch-Pagan-Godfrey 검정의 F-통계량과 p-value가 각각 2.376, 0.10으로 나타나 정규성과 등분산성의 가정도 만족하는 것으로 나타났음
- Durbin-Watson 검정 통계량과 p-value가 각각 1.665, 0.072로 자기상관(autocorrelation)도 존재하지 않는 것으로 밝혀졌음.
- 하지만 자본스톡 및 연구개발스톡의 VIF 통계량은 77.249, 74.034로 기준값인 10을 크게 상회하여 강한 다중공선성(multicollinearity)의 징후가 포착됨.

□ 주성분 회귀분석 결과

- 독립변수들 간의 다중공선성(multicollinearity)은 독립변수들 간에 중복성이 존재한다는 것을 의미하기 때문에 다중공선성이 존재할 경우 회귀계수의 OLS 추정량은 신뢰할 수 없음.
 - 다중공선성을 해결할 수 있는 일반적인 방안으로 자료의 추가적인 수집, 모형의 재설정(model respecification), 능형회귀(ridge regression), 주성분회귀(principal components regression) 등이 있음(Mongomery et al., 2012).
 - ※ 자료의 추가적인 수집의 경우 현실적으로 불가능한 경우가 많음.
 - ※ 모형을 재설정할 경우 모형에 포함된 변수의 변환 또는 제거로 인해 연구자의 의도에 부합하지 않는 결과를 초래할 가능성이 있음.
 - ※ 능형 회귀분석 및 주성분 회귀분석은 모형에 포함되어 있는 독립변수를 제거 또는 변환하지 않고 다중공선성을 해결할 수 있다는 장점을 지니고 있음.
 - ※ 본 연구에서는 주성분 회귀(principal components regression)를 통해 다중공선성을 제거하였음.
- 아래 표는 ICT 산업 생산요소의 고유 값을 나타낸 것이며, 주성분은 독립변수들의 선형결합으로 설정되고, 모형에 포함될 주성분의 수는 독립변수의 상관행렬로부터 산출된 고유 값의 크기에 따라 결정됨.
 - 고유 값의 수를 선택하는 대표적인 방법으로 scree plot에 의한 스크리 검사법, Kaiser rule에 의한 방법, 누적 설명력 기준(percentage of variance criterion)에 의한 방법 등이 있음.
 - ※ 스크리 검사법은 고유값을 내림차순으로 나열한 scree plot에서 고유 값의 크기가 급격히 작아지는 점까지의 요인을 고려하는 방법으로, 고유 값의 개수가 많을 경우 애매한 기준으로 인해 혼란의 우려가 있음.
 - ※ Kaiser rule에 의한 방법은 특정 요인의 고유 값은 그 요인이 설명할 수 있는 총 분산의 크기를 의미하기 때문에, 1보다 큰 고유 값 만을 취함. 누적 설명력 기준은 고유 값이 각 요인의 분산과 일치하고 각 요인의 분산의 합이 전체 변수의 분산과 일치한다는 수학적 성질을 이용하는 것으로, 통상적으로 70-80%를 기준으로 삼고 있음.
 - ※ Kaiser rule에 의할 때 1보다 큰 고유 값은 첫 번째 고유 이 유일하며, 누적 설명력 기준에 의할 때 첫 번째 고유값의 설명력이 80%를 상회하므로 주성분 회귀모형에서 첫 번째 주성분만을 독립변수로 포함하였음.

[표 3-12] ICT 산업 생산요소의 고유값

	합계	개별 설명력	누적 설명력
1	2.461	82.026%	82.026%
2	0.533	17.752%	99.779%
3	0.007	0.221%	100.000%

o 아래 표는 ICT 산업 생산요소의 고유벡터를 나타낸 것임.

- 두 번째와 세 번째 고유 값과 연관된 고유벡터 원소들과 달리 첫 번째 고유 값과 연관된 고유벡터 원소들은 비교적 고른 값을 보이고 있음.
- 따라서 주성분은 자본스톡, 노동투입, R&D 스톡에 대하여 유사한 가중치를 갖는 선형 결합함수로 설정할 수 있으며, 이는 ICT 산업의 부가가치 창출에 영향을 미치는 종합적인 성분이라 할 수 있음.

[표 3-13] ICT 산업 생산요소의 고유벡터

	1	2	3
자본스톡	0.618	-0.328	-0.714
노동투입	0.493	0.870	0.026
R&D스톡	0.613	-0.368	0.699

o 아래 표는 첫 번째 주성분만을 독립변수로 포함하여 주성분 회귀분석을 수행한 결과임.

- R^2 -통계량은 0.989로 여전히 매우 높은 수준의 설명력을 보이고 있음.
- 주성분의 회귀계수와 p-value는 각각 0.615, 0.000으로 유의수준 1% 하에서 유의미한 것으로 나타났음.

[표 3-14] 주성분 회귀분석 결과

	coefficient	t-value	p-value	VIF	R-square
intercept	-0.795	-1.880	0.073	-	0.989
principal component	0.615	43.882	0.000	1.000	

o 주성분 회귀분석 결과로부터 개별 독립변수의 회귀계수를 측정하기 위해서는 주성분 회귀분석의 추정결과를 원래의 독립변수의 회귀계수로 변환해야 하며, 그 내용은 아래 표와 같음.

- 변환 결과 ICT 산업은 R&D 스톡이 1% 증가할 때 부가가치가 0.268% 증가하는

것으로 밝혀짐.

- 각 생산요소의 표준화 계수를 살펴본 결과 R&D 스톡의 표준화 계수는 0.380, 자본스톡은 0.383, 노동 투입은 0.305로 비교적 고른 값을 보임.

[표 3-15] 주성분 회귀분석 결과를 원래의 독립변수로 변환한 결과

	비표준화 계수	표준화 계수
intercept	-22.092	-
자본스톡	0.341	0.383
노동투입	1.603	0.305
R&D 스톡	0.268	0.380

5. ICT R&D 기여율 분석

□ R&D 기여도의 의의

- o R&D 기여도란 어떤 연구개발 사업이 성공적으로 수행되어 제품이 상용화된 결과 부가가치가 창출되었을 때 그 부가가치 중에서 연구개발의 기여분이 어느 정도 인지를 나타내는 지표를 의미함.
- 따라서 R&D 기여도 추정은 국가가 수행하고자하는 R&D 사업의 경제적 편익을 산정하기 위해서 반드시 필요한 작업임.
- o 우리나라에서는 R&D 기여율 추정이 용이하지 않다는 점 때문에 최근까지 사업관리 주체나 관련 전문가에 의한 직관으로 R&D 기여율이 결정되는 사례가 적지 않았음.
- o 국가연구개발사업 예비타당성 평가에서는 직관적 판단에서 비롯될 수 있는 문제점을 해소하기 위해 신태영(2004)의 연구결과에서 제시된 R&D 기여율 28.1%를 적용하고 있음.
 - ※ 신태영(2004)은 연구개발 투자의 부가가치 기여도를 분석하기 위해 연구개발 스톡 및 자본 스톡을 추계한 다음, 이를 토대로 국민경제 생산함수를 추정하였음.
 - ※ 국민경제 생산함수 추정 결과를 토대로 우리나라 제조분야의 연구개발 기여도를 추산하였으며, 특히 외환위기 이후의 낮은 기여도는 당시 크게 감소한 연구개발 투자에 기인하는 것으로 결론 맺음.

□ ICT R&D 기여도 추정의 필요성과 추정 산식

- 신태영(2004)의 연구는 특정 산업이 아니라 한국 제조업 전체를 대상으로 한 R&D의 기여도 분석이라는 점과 분석대상 기간이 1981~2002년으로 상당히 오래된 데이터라는 점에서 현 시점에서 IT산업의 R&D 기여도로 적용하기에는 무리가 있음.
- ICT 산업은 다른 산업과 달리 성장 속도가 매우 빠를 뿐 아니라 기술집약적인 산업이어서 타 산업과의 차별성이 두드러짐. 따라서 ICT R&D 투자가 부가가치에 미치는 기여도를 별도로 추산할 필요성이 있음.
- 특정연도의 ICT R&D 투자의 부가가치 기여도 산식은 아래와 같이 표기할 수 있음.

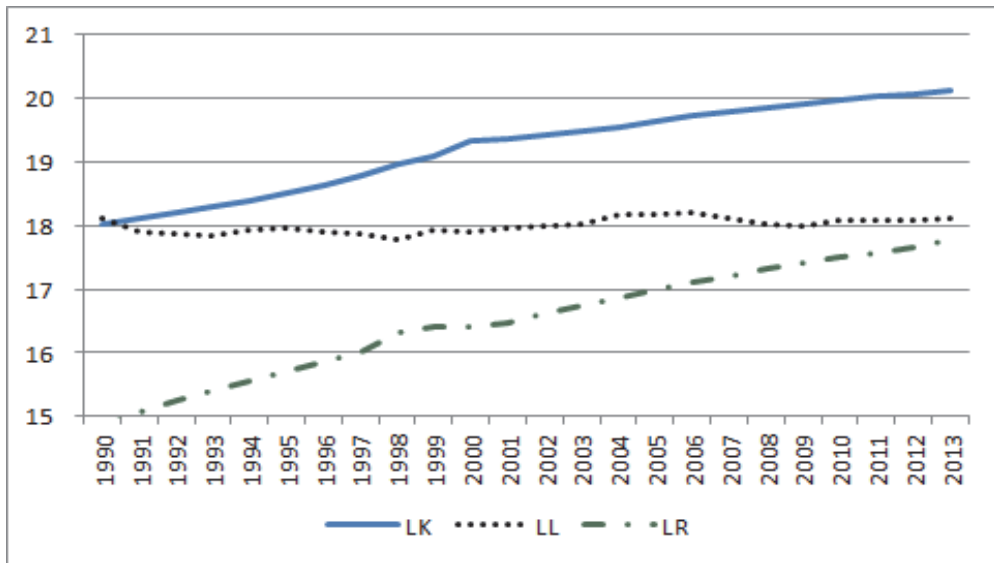
$$RD_t = \frac{\beta_3 \Delta R_t}{\beta_1 \Delta K_t + \beta_2 \Delta L_t + \beta_3 \Delta R_t} \times 100$$

- 여기서 RD_t 는 t년도의 연구개발 기여도, ΔR_t 는 연구개발 스톡 증가율, ΔK_t 는 자본 스톡 증가율, ΔL_t 는 노동력 투입 증가율을 나타냄. (단 $\Delta R_t = \ln(R_t/R_{t-1})$, $\Delta K_t = \ln(K_t/K_{t-1})$, $\Delta L_t = \ln(L_t/L_{t-1})$)
- β_1 , β_2 , β_3 는 각각 ICT 산업의 부가가치에 대한 자본 스톡의 탄력성, 노동투입의 탄력성, 연구개발 스톡의 탄력성의 추정치임.
- ICT R&D 기여율은 분석대상 기간 전체의 각 년도의 R&D 기여율의 평균치로 산정하였음.

□ ICT R&D 기여도 추정

- 1990~2013년 기간 동안의 ICT 부가가치 형성에 대한 각 생산요소의 기여도를 살펴보면, 자본 스톡의 기여도는 31.2%, 노동의 기여도는 17.2%, 연구개발 스톡의 기여도는 51.6%로 나타남.
- 이 기간 동안의 ICT 성장은 연구개발 축적에 힘입은 바가 가장 컸고, 그 다음으로 자본 축적, 마지막으로 노동 투입의 순서로 나타남.
- 이 결과는 제조업 전반에 관한 기여도를 추정한 신태영(2004)의 결과와는 상당한 차이가 있음. 신태영의 연구에서는 기여도가 자본 스톡(50.7%) → 연구개발 스톡(28.1%) → 노동 투입(19.2%)의 순으로 나타남.

- 이 결과가 시사하는 바는 분석대상 기간의 차이가 있기는 하지만, ICT 산업부문은 여타 산업부문에 비하여 R&D 기여도가 매우 높다는 점임.
- o 위와 같은 분석 결과는 한국의 ICT 산업구조가 자본 집약적 구조로 부터 점차 기술 집약적 구조로 바뀌면서 부가가치 형성에 기여하는 비중 면에서 자본이나 노동에 비하여 연구개발이 훨씬 커지고 있다는 사실을 의미함. 이러한 사실은 아래 그림을 통해서도 직관적으로 파악할 수 있음.



[그림 3-2] 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡의 불변가치 비교(단위: 조 원, 천만 시간/월)

- 위의 그림은 노동투입, 불변 자본스톡, 불변 연구개발 스톡을 로그 변환한 수치를 비교한 것으로 이들은 각각 LL, LK, LR로 표기되어 있음.
- ICT 산업은 노동절약적 산업이기 때문에 노동투입은 1990~2013년의 전 분석 기간을 통하여 마이너스 성장을 기록한 해가 많이 있었고 분석 기간 전체를 통해서 정체 상태에 놓여 있음을 알 수 있음. 특히 외환위기 기간이었던 1998년에는 전년대비 노동투입 증가율이 -11%를 나타내었음.
- 노동 투입을 제외한 불변 부가가치, 불변 자본스톡, 불변 연구개발 스톡은 전 기간을 통하여 대체로 플러스의 성장을 보였음. 이러한 사실을 통하여 부가가치에 미치는 노동 투입의 기여도는 자본 스톡이나 연구개발 스톡에 비하여 매우 낮게 나타날 것이라는 사실을 짐작할 수 있음.

6. 결론 및 시사점

- 본 연구에서는 우리나라 경제성장의 주역으로 평가받는 ICT 산업을 대상으로 R&D 투자가 부가가치에 미치는 영향과 ICT R&D 투자의 기술기여도를 분석하였음.
 - R&D 기반 성장모형을 토대로 생산함수를 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡에 의존하는 함수로 설정하였으며, 경제성장의 대리변수로 ICT 산업의 부가가치를 고려함.
- ICT R&D 투자가 ICT 부가가치에 미치는 영향을 실증 분석한 결과, 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡의 회귀계수는 각각 0.341, 1.603, 0.268이며, 통계적으로 유의미한 것으로 나타남.
 - 모형 적합성 검정 결과, 정규성과 등분산성을 충족하며, 자기상관이 존재하지 않는 것으로 밝혀졌음.
 - 회귀분석 결과, 자본 스톡과 연구개발 스톡의 회귀계수에서 강한 다중공선성의 징후가 포착되었기 때문에 이를 제거하고 정보손실을 최소화하기 위해 주성분 회귀분석을 수행하였음.
 - 주성분 회귀분석 결과로부터 개별 독립변수의 회귀계수를 측정하기 위해 주성분 회귀분석의 추정결과를 원래의 독립변수의 회귀계수로 변환한 결과, ICT 산업은 R&D 스톡이 1% 증가할 때 부가가치가 약 0.27% 증가하는 것으로 밝혀졌음.
- 부가가치 형성에 대한 각 생산요소의 기여도를 추정한 결과, 자본 스톡은 31.2%, 노동 투입은 17.2%, 연구개발 스톡은 51.6%로 나타남.
 - 분석대상 기간 동안의 ICT 성장은 연구개발 축적에 힘입은 바가 가장 컸고, 그 다음으로 자본 축적, 마지막으로 노동 투입의 순서로 나타남.
 - 위 결과는 제조업 전반에 관한 기여도를 추정한 분석인 신태영(2004)의 결과(자본 스톡 → 연구개발 스톡 → 노동 투입의 순)와는 차이가 큼.
 - 본 분석 결과가 시사하는 바는 ICT 산업은 여타 산업에 비하여 R&D 기여도가 매우 높다는 점임. 이는 한국의 ICT 산업구조가 여타 산업에 비하여 매우 기술 집약적인 구조로 형성되어 있다는 사실을 의미함.

제 4 장 맺음말

□ 초연결 시대의 구현과 인공지능을 통한 자율적이고 창의적인 환경 구축을 위한
미래 유망기술 생태계 분석 실시

○ IoT 산업의 핵심 기술인 센서와 센서 산업 분석

- 유망 분야인 바이오 센서, 모바일 센서, 스마트 자동차 센서 등 상세 분석
- 첨단 센서 분야를 중심으로 중핵기업을 발굴하여 육성하고 성공모델을 제시함으로써 센서산업의 활성화 도모 필요
- 산업적 중요성 및 필요성에 따라 중장기 및 단기적인 관점에서 차별화된 연구개발 프로그램을 추진
 - 중장기적으로는 의료 분야와 같이 센싱의 정확도와 정밀도가 필요한 영역과 스마트 카 분야에서 무인주행 자동차의 핵심인 영상인식 분야 등
 - 단기적으로는 가용한 센서를 활용한 복합 기능 구현
- 센서 관련 고급 인력 양성을 통해 지속적인 산업 발전 기반 구축

○ 자율주행 자동차 분야의 기술 및 사업 동향 파악

- 자율주행 자동차는 안전사고 예방, 에너지 절감, 고령자 등 교통약자 보호 등 다양한 편익 제공
- 국가별로 자율주행 자동차의 상용화를 위한 규제개선 추진
- 자율주행 자동차의 보급 확산을 위해서는 가격의 저렴화와 소비자 만족도 향상 필요
- 주행 중의 돌발 상황, 기후 변화, 도로 상황 등 다양한 교통환경에서의 성능 검증, 보안 및 해킹 방지, 도로와 차량간의 인터페이스, 안정된 네트워크 등 통해 안전한 대한 신뢰성 확보 필요
- 자율주행 자동차는 다양한 센서의 융합을 기반으로 정확한 판단과 제어명령을 내릴 수 있는 종합적인 기술개발 필요, 독자적인 기술수준 향상을 통해 성능 고도화, 고부가가치 시스템 개발 및 부품의 국산화
- 교통사고에 따른 책임 소재 등 도로교통법과 보험업법 등 관련 법제도 정비 필요
- 자동차업체와 IT업체가 협력을 통해 시너지 창출 극대화

○ 인공지능에 대한 정부의 관심 증대 및 민간사업자의 사업활용 분야 확대

- 향후 지속적인 기술진화를 통해 무결성을 지향하는 인공지능 기술은 그 자체의

등장만으로 삶의 양식이나 태도에 궁극적인 변화를 가져올 것임.

- 인공지능은 IT분야를 비롯해 의료, 농업, 에너지, 자동차, 로봇, 기타 서비스 분야 등 전 산업에 걸쳐서 인공지능 기술이 이용될 수 있음.
- 인공지능 기술과 ICT 기술은 발전하면서 서로 상호 보완적으로 성장하는 중
- 인공지능 기술 확보를 위해 R&D, M&A, 파트너십, 펀딩 등 다양한 방법 활용
- 2015년 8월 기준 인공지능 관련 스타트업은 855개이며, 13개 분야, 총 87억 달러의 펀딩 규모
- 각 국가별 정책을 분석한 결과, 장단기 R&D 계획 수립, R&D 정책적 이슈화, 법제도 환경 조성 등으로 나타남.
 - . 미국은 인간의 근원적 뇌 활동에 관한 연구, 인공지능 핵심기술, 응용기술에 대해 전반적인 R&D 계획을 수립
 - . 일본과 중국은 최근에 들어 인공지능 R&D에 대한 이슈화 진행 중
 - . 개인정보 수집에 따른 프라이버시 보호 등에 관한 법제도 정비 중

□ ETRI 수행 R&D의 성과 확산을 위한 종합가치 분석

o 2015년 10대 대표성과 분석의 특징

- 대표성과의 국내외 시장 진출 환경 등을 좀더 세밀하게 검토하기 위해 시장 경쟁상황 등에 대한 조사 강화
- 분석의 객관성 확보를 위한 가이드라인 개정 및 분석의 일관성과 객관성 제고를 위해 기본원칙(방법론)을 명확히 하고, 성과의 특성을 고려하여 방법론을 선택할 수 있도록 활용 대안 추가 제시
- ICT 분야의 R&D 기여율 등 경제성 분석 방법론의 개발 및 고도화 노력 추진

o 대표성과의 기술 차별성 및 Target Market

- 기술의 차별성은 성과별로 원천기술 확보, 세계 최고 수준, 국내 최고 알고리즘, 국내 및 세계 최초, 자체기술 확보, 성능 향상 등 다양한 특성을 지님.

대표성과	중점성과 분야	대표적인 기술 차별성	Target market	TRL 단계 ('14년 기준)
Easy 3D 프린팅 솔루션	시장성	원천기술 확보 (데이터 획득 및 후처리) 스캐너의 저가화 실현	3D스캐너 시장 개인용 3D 프린팅서비스	TRL 6, 7
초고해상도 비디오 코덱 SoC	시장성	세계 최고 수준 (UHD영상 실시간 코덱) 저전력, 소형화, 멀티코어	영상 압축관련 제품 시장	TRL 5~6
빅데이터 분석 기반 지능형 사이버 공격인지 및 추적 기술	공공성	국내 최고 알고리즘 (Zero-day 악성코드 진단율) 악성코드 탐지 세계 최고	통합보안 관리 시장	TRL 6
I-My-Me & You 에너지 다이어트 및 공유 기술	공공성	국내 최초 (에너지 정보교환 프로토콜) 세계 최초 (SUN 탑재 스마트플러그)	에너지 통합관리· 관제시스템	TRL 6, 7
질환검진용 현장 진단기기	공공성	세계 최초 (광센서 칩 및 측정시스템) 세계 최고 (자성나노기술로 암세포 분리)	바이오 센서 중 현장진단, 가정내 진단, 모바일 플랫폼 시장	TRL 4~6
무인자율주행을 위한 스마트 자동차용 3차원 영 상센서 기술	시장성	2배의 전력생산 (경쟁기업 대비) 저전력	레이더/라이더 센서 시장	TRL 6
가혹한 통신환경에 강인한 Power Free 무선 센서 네 트워킹 기술	공공성	신뢰성(Flash 방식) 자체기술 확보 (초점면 배열 어레이 InGaAs 광검출기)	철도차량 부착용 WSN 무선 센서 시장	TRL 4
소형셀 기지국 SW	시장성	성능 향상 (3GPP 제안 기술 대비 30% 이상) 세계 최초 (소형셀 기지국 SW 개발환경 및 RRM 시뮬레이터)	소형셀 기지국 SW 관련 시장	TRL 6, 7
MHN 이동무선백홀 시스 템 개발	시장성	전용용량 증대 (백홀 전송 선진국 대비 1000%) 세계 최초 (멀리터리파 이용)	MHN 이동무선백홀 시스템 관련 시장	TRL 5, 6
High-Five ESCort RoF 기 술	시장성	획기적 개선 (기존 기술 대비 ESCoRT) 세계 최고 (RoF 기술 성능)	RoF 기반 분리형 모바일 프로트홀 장비 시장	TRL 4

- 대표성과 전체의 상용화에 따른 매출 발생시기는 2016년부터 2028년까지 13년
이며, 이 기간동안 총 4조 6,369억 원의 R&D 연계매출 발생 전망
- R&D 연계 매출의 산업적 파급효과는 7조 5,662억 원의 생산유발효과, 2조

1,470억 원의 부가가치유발효과, 16,628명의 고용창출 효과 등이 있을 것으로 전망됨.

- 대표성과가 사회적으로 발생하는 가치는 중소기업의 경쟁력 강화, 사회적 복지 증진, 통신이용 환경 개선, 제품 국산화와 해외 시장 진출, 안전한 사회 실현, 에너지 절감 등 다양하게 나타날 것으로 전망됨.

○ 대표성과의 종합가치 분석의 발전 방향

- 종합가치 분석의 기본 Framework 설정을 위해 대표성과 분석 결과의 활용 목적을 명확하게 할 필요가 있음.
- 대표성과 중 시장성 중점성과, 공공성 중점성과의 선별 기준을 구분하고, 공공성 중점성과 선정 지표를 개발하여 정립
- 대표성과와 연계과제 간의 관계를 명확히 하여 대표성과 창출에 소용된 비용과 편익 등을 객관적으로 도출할 수 있는 기반 마련
- 분석방법에 대한 지속적인 개발 노력과 객관성과 합리성 확보를 위해 외부 전문가 자문 적극 활용

□ ICT 산업의 R&D 기여도 독자 개발

- 기존에 적용해 왔던 R&D 기여율의 한계를 극복하기 위해 ICT 산업에 특화된 R&D 기여율 도출
- 즉 우리나라 경제성장의 주역으로 평가받는 ICT 산업을 대상으로 R&D 투자가 부가가치에 미치는 영향과 ICT R&D 투자의 기술기여도를 분석
 - R&D 기반 성장모형을 토대로 생산함수를 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡에 의존하는 함수로 설정하였으며, 경제성장의 대리변수로 ICT 산업의 부가가치를 고려함.
- ICT R&D 투자가 ICT 부가가치에 미치는 영향을 실증 분석한 결과, 자본 스톡, 노동 투입, 연구개발 스톡의 회귀계수는 각각 0.341, 1.603, 0.268이며, 통계적으로 유의미한 것으로 나타남.
 - 모형 적합성 검정 결과, 정규성과 등분산성을 충족하며, 자기상관이 존재하지 않는 것으로 밝혀졌음.
 - 회귀분석 결과, 자본 스톡과 연구개발 스톡의 회귀계수에서 강한 다중공선성의

정후가 포착되었기 때문에 이를 제거하고 정보손실을 최소화하기 위해 주성분 회귀분석을 수행하였음.

- 주성분 회귀분석 결과로부터 개별 독립변수의 회귀계수를 측정하기 위해 주성분 회귀분석의 추정결과를 원래의 독립변수의 회귀계수로 변환한 결과, ICT 산업은 R&D 스톡이 1% 증가할 때 부가가치가 약 0.27% 증가하는 것으로 밝혀졌음.
- o 부가가치 형성에 대한 각 생산요소의 기여도를 추정한 결과, 자본 스톡은 31.2%, 노동 투입은 17.2%, 연구개발 스톡은 51.6%로 나타남.
- 분석대상 기간 동안의 ICT 성장은 연구개발 축적에 힘입은 바가 가장 컸고, 그 다음으로 자본 축적, 마지막으로 노동 투입의 순서로 나타남.
- 위 결과는 제조업 전반에 관한 기여도를 추정한 분석인 신태영(2004)의 결과 (자본 스톡 → 연구개발 스톡 → 노동 투입의 순)와는 차이가 큼.

□ ETRI R&D 역량 제고를 위한 결과의 활용 및 자료의 공유를 위한 체계 구축

- o 미래유망 기술 생태계 분석, ICT 산업 경쟁력 확보를 위한 현황 분석, 글로벌 ICT 주요 이슈 분석 등 공개 가능한 연구결과에 대해 원내·외 공유체계를 구축하고 활용 극대화 모색
- 원내 : 이메일 발송, 게시판의 정보마당에 연구결과물 제공 사이트 구축
- 원외 : 이메일 발송, ETRI 홈페이지에 간행물 게시

< 참고문헌 >

- 강경대, 스마트 센서와 지능형 자동차, *기계저널*, 제54권 제110호, 2014.10.
- 강산들·모세준, 스마트카/그린카용 센서시장 분석, *월간 미래산업*, 2013.6.
- 강산들·박재우·모세준, “자율주행차 성능 향상을 위한 기술개발 전략”, 한국자동차산업전략연구소, 2014.10.
- 강상규 외 4인, “휴대용 나노바이오센서”, 한국과학기술정보연구원, 2006.12.
- 강승택, “차량의 자율주행을 위한 레이더 기술”, *전자공학회지*, 2014.1.
- 공영일, “구글카 사업 동향과 전개 방향”, *방송통신정책*, 25권 제3호, 2013.3.
- 공영일, “자동운전 자동차 어떻게 볼 것인가”, *방송통신정책*, 25권 제7호, 2013.4.
- 국가과학기술지식정보서비스, 산업별 연구개발비 통계: 1987-2013, 2015.
- 국가통계포털, 광공업통계조사보고서: 1987-2013, 2015.
- 국토교통부, 자율주행차 상용화 지원방안, 관계부처합동, 2015.5.
- 김규남·김정연·정현준·이영수, “ICT R&D 투자의 효율성 분석과 중장기 투자방향 연구”, *정책연구*, 13-11, 정보통신정책연구원, 2013.
- 김기영·전명식, “SAS 주성분분석”, *고려대학교 통계연구소 통계분석 강의총서 7*, 자유 아카데미, 1997.
- 김민곤, “바이오센서 기술, 시장 현황 및 전망”, *Special Report*, 2008.2.
- 김수연 외 2인, 의료기기 품목 시장 리포트, 한국보건산업진흥원, 2013.1.
- 김영성 외 2인, “스마트 센서: 투명 유연 센서”, *전자통신동향분석*, 2012.10.
- 김원종·연구봉, “자동차용 차세대 센서 디바이스 동향”, *주간기술동향*, 정보통신산업진흥원, 2014.2.26.
- 김의제, “우리나라 제조업의 성장요인 분석: 연구개발 투자의 생산성 분석을 중심으로”, *정책연구*, 10, 과학기술정책연구원, 1999.
- 김일두, “개인 질병 관리하는 초감도 전자코”, *과학과 기술*, 2013.7.
- 김철희, 스마트자동차, 2014년 IT산업 7대 메가트렌드, 2014.
- 모세준·박재우·강산들, 자율주행차 핵심기술 및 업체 전략, 한국자동차산업연구소, 2015.1.
- 문종덕, “자율주행자동차 핵심기술개발사업 추진 현황”, 2015 자율주행자동차산업발전 심포지엄, 2015.3.31.
- 문종덕, “자율주행차는 위기이자 기회이다”, *KEIT PD Issue Report*, 14권 제7호,

- 2014.7.
- 문종덕·조광오, “2015 CES의 자율주행기술 동향 및 시사점”, *KEIT PD Issue Report*, 15권 제2호, 2015.2.
- 문종덕·조광오, “2015 CES의 자율주행기술 동향 및 시사점”, *KEIT PD Issue Report*, 15권 제2호, 2015.2.
- 박수동·성웅현, “구성분 회귀모형을 이용한 과학기술 지식생산함수 추정”, *기술혁신학회지*, 제13권 제2호, pp.231-251, 2010.
- 박영서, 화학적 바이오센서, 한국과학기술정보연구원, 2014.3.
- 박혜영, “인공지능 시장 경쟁, 딥러닝으로 재점화,” *ICT Spot Issue 2014-07*, 정보통신기술진흥센터, 2014.
- 박효덕, 센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업, 2013.7.10.
- 보건복지부, 국민연금, 사적연금 가입률 및 노후준비 인식 등 실태조사, 2012.9.
- 산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, 2014.12.
- 산업통상자원부, 사물인터넷 시대의 견인차, ‘첨단 스마트센서’ 육성 본격 시동, 산업통상자원부 보도자료, 2014.3.4.
- 산업통상자원부, 제2차 지능형 로봇 기본계획(안) : 2014~2018, 관계부처합동, 2014.7.
- 서중해, “우리나라 민간기업 연구개발투자의 특성 및 경제적 효과”, *한국개발연구*, 27(1), pp.81-122, 2005.
- 서환주·이영수·김정언, “ICT 산업의 연구개발투자 파급효과분석”, *e-비즈니스연구*, 9(4), pp.395-405, 2008.
- 송창용·박보경, “고령화 시대의 이슈와 정책 과제”, *The HRD REVIEW*, 2011. 10.
- 신석하, “한국의 산업별 정보통신자본과 총요소생산성”, *한국개발연구*, 32(4), pp.75-114, 2010.
- 신태영, “기술혁신과 경제성장-요소대체율, 기술진보율 및 연구개발투자”, *기술혁신연구*, 제15권 제2호, pp.1-24, 2007.
- 신태영, 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도, 과학기술정책연구원, 2004.
- 씨에이치오 얼라이언스, IoT 시대에 주목받는 스마트센서 유망분야 시장전망과 개발 동향, 2015.
- 안경환 외, “자율주행 자동차 기술동향”, *전자통신동향분석*, 제28권 제4호, p.37, 2013.

양희승, "R&D 예비타당성조사에서의 편익추정의 정형화 가능성에 관한 고찰", *정책 분석평가학회보*, 제20권 제2호, pp.77-101, 2010.

우성제 외 2인, 센서 산업경쟁력 조사, 한국전자산업진흥회, 2005.10.

유진투자증권, 2014 하반기 산업전망: 스몰캡 이슈(3), 사물인터넷의 침범, 센서산업, 2014.5.

윤영훈 외 3인, 환경기술 기술동향보고서 : 주요 산업공정 가스입자상물질 진단 및 평가를 위한 통합관리시스템 기술, 2011.4.

이경석·박명철·이덕희, "시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구", *한국통신학회논문지*, 15(3), pp.141-161, 2006.

이기영·신규성·이의준, "자율주행기술 개발동향 및 향후 전망", *전자공학회지*, 2014.1.

이동진 외 4인, "다양한 종류의 바이오센서의 기반 기술 및 미래", *Technical Series_ Bio Sensor*, 2009.10.

이상준, "자율주행차 산업생태계 활성화를 위한 2015년도 세부 실행계획", 2015 자율주행자동차산업 발전 심포지엄, 2015.3.31.

이승훈, "Trillion 센서 IoT 시대 열고 있다", *LG Business Insight*, 2014.5.

이시직, "일본의 미래시대를 지배할 인공지능(AI) 연구 및 정책 동향", *정보통신정책 연구*, 제27권 6호, 2015.

이영미, "전기화학센서의 기본원리 및 연구 동향", *포커스 핵심기술*, 2014.6.

이영수·김정언·정현준, "IT 제조업의 총요소생산성 추정 및 결정요인 분석", *한국산업 정보학회논문지*, 13(1), pp.76-86, 2008.

이원(e1) 뉴스레터, 비침습 다운증후군 검사, 제1304호, 2013.4.

이재관, "자율주행자동차 개발동향과 주요현안", 2013 무인 자율주행 자동차 경진대회, 2013.

이재관, "자율주행자동차 개발현황 및 시사점", *전자공학회지*, 2014.1.

전자부품연구원, 자동차 센서 시장동향, 2011.7.

정보통신기술진흥센터, "미국의 인공지능(AI) 기술 R&D 추진 동향", *해의 ICT R&D 정책동향*, 2015년 3호, 2015.

정보통신기술진흥센터, "엔디비아, '딥 러닝'기반 자동주행차량 개발 플랫폼 공개", *주간기술동향*, pp.25-33, 2015.1.21.

정보통신기술진흥센터, "페이스북의 다음 10년, '인공지능'이 지원하는 SNS", *주간*

기술동향, pp.24-30, 2015.1.28.

정보통신산업진흥원, “자율주행차 최근 동향 및 도입 이슈”, *주간기술동향*, 2014.5.14.

정보통신산업진흥원, “전세계 완성차 업체들의 무인자동차 개발 경쟁”, *주간기술동향*, 2013.4.17.

정선영, “정보통신산업의 총요소생산성 국제비교: 기술적 효율성을 감안한 접근방법”, *경제학연구*, 59(1), pp.25-53, 2011.

지식경제부, 센서산업 발전전략, 지식경제부 보도자료, 2012.12.15.

지식경제부, IT 기술예측, 2008.12.

지식경제부, 기술가치평가 실무가이드, 2014.12.

최계영, “인공지능 : 파괴적 혁신과 인터넷 플랫폼의 진화,” *KISDI Premium Report*, 15-5, 2015.

최수진·홍선표, “바이오센서 신기술 소개”, *KEIT PD Issue Report*, 2014.3.

케이비(KB) 금융지주 경영연구소, 2013 한국 비은퇴 가구의 노후 준비 실태, 2013.10.

케이티(KT) 종합기술원 기술전략실, “U-헬스케어 확산의 도화선 바이오센서”, *Technology Hot Issues*, 2010.10.

하준경, “연구개발의 경제성장 효과분석”, *경제분석*, 제11권 제2호, 한국은행금융경제연구원, pp.83-105, 2005.

한국개발연구원 공공투자관리센터, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구 -연구기반구축 사업을 중심으로-, 2008.12.

한국고용정보원, 중장기 인력수급전망 2011-2020, 2012.6.

한국과학기술기획평가원, “Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업”, 2009년도 상반기 예비타당성조사 보고서 요약, 2009.11.

한국과학기술기획평가원, “IT 융·복합산업 혁신을 위한 스마트센서산업 육성사업”, 2011년도 예비타당성조사 보고서 요약, 2012.12.

한국과학기술기획평가원, “범부처 GIGA KOREA 사업”, 2011년도 예비타당성조사 보고서 요약, 2012.12.

한국과학기술기획평가원, “센서산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업”, 2013년도 예비타당성조사 보고서, 2013.12.

한국과학기술기획평가원, “첨단센서 및 USN기반 하천·물환경 모니터링 기술개발 사

업”, 2011년도 예비타당성조사 보고서 요약, 2012.12.

한국과학기술기획평가원, “차세대 중형 항공기개발사업”, 2010년도 상반기 예비타당성조사 보고서 요약, 2011.2.

한국과학기술기획평가원, 2011년도 예비타당성 보고서 요약, http://www.kistep.re.kr/policy/data/validity_list.jsp.

한국과학기술기획평가원, 2011년도 예비타당성조사 중간보고서: 범부처 기가코리아 사업, 2012.4.

한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 효과분석시스템개발, 2009.

한국과학기술기획평가원, 대형 국가R&D사업 사전평가 방법론 및 적용연구, 2010.12.

한국과학기술기획평가원, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판), 2011.12.

한국과학기술기획평가원, 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제2판), 2014.11.

한국과학기술연구원 융합연구정책센터, 융합연구를 통한 질병진단용 바이오 센서 기술, *Issue Paper*, 2014.5.

한국기계연구원, 바이오 센서 글로벌 시장 동향 분석, *기계기술정책*, 제5권 제10호, 2011.10.

한국방송통신전파진흥원, “미래사회를 준비하는 자율주행 ICT 기술 동향”, *방송통신기술 이슈&전망*, 2013년 26호, 2013.12.20.

한국산업기술진흥협회, 자동차센서 산업현황 및 주요센서, 2014.

한국산업기술평가관리원, 2009년도 산업기술개발사업 성과 활용조사 결과 보고서, 2010.

한국은행, 2013년 산업연관표, 경제통계시스템, <https://ecos.bok.or.kr/>, 2015.6.12. 출력

한국자동차산업연구소, “자율주행차, UN 도로교통협력 개정으로 상용화 기반 마련”, *주간브리프*, 628호, 2014.5.26.

한국전자통신연구원 창의미래연구소, 2014년 대표성과 경제성 분석 가이드라인 및 분석 결과, 2014.11.

한국전자통신연구원 창의미래연구소, “빅데이터·인공지능에 의한 경제사회의 변혁”, *Spot Report*, 2015-04, 2015.

- 한국정보화진흥원, “IBM의 인공지능 사업 추진 현황”, *ICT ISSUES WEEKLY*, pp.15-16, 2015.
- 한국정보화진흥원, “모바일시대를 넘어 AI시대로”, *IT&Future Strategy*, 제7호, 2010.8.
- 한국정보화진흥원, 고령화 사회, 고령자 복지 향상을 위한 스마트 헬스케어 추진 방안, 2013.11.
- 한국콘텐츠진흥원, “기계가 만들어내는 스토리, 스스로 학습하는 인공지능으로”, *교 육 R&D*, 2015년 3월호 통권 41호, pp.35-42, 2015.
- 허준, “자율주행차와 완성차업체의 신사업 기회”, *자동차경제*, 2014.4.
- 현대경제연구원, “인공지능(AI) 관련 유망산업 동향 및 시사점”, *지속가능 성장을 위한 VIP 리포트*, 14-33, 2014.
- 홍동숙, “MEMS 센서 시장 동향”, *KISTI MARKET REPORT*, Vol.3, Issue 4, 2013.
- 홍윤석, “자율주행자동차 법.제도 개선방안 및 해외 규제동향”, 2015 자율주행자동차 산업 발전 심포지엄, 2015.3.31.
- 홍재표·최나린·김방룡, “IT산업 연구개발투자의 경제적 효과 분석”, *한국통신학회논문지*, 37B(9), pp837-848, 2012.
- Adeel Lari, Current Status of Autonomous Vehicle Development, University of Minnesota, 2014.8.
- Ahmed, E. M. and R. Ridzuan, “The impact of ICT on East Asian economic growth: panel estimation approach”, *Journal of the knowledge economy*, 4(4), pp.540-555, 2013.
- Antonopoulos, C. and P. Sakellaris, “The contribution of Information and Communication Technology investments to Greek economic growth: An analytical growth accounting framework”, *Information Economics and Policy*, 21(3), pp.171-191, 2009.
- Basu, S. and J. G. Fernald, “Returns to Scale in U.S. Production: Estimates and Implications”, *Journal of Political Economy*, 105(2), pp.249-283, 2008.
- BCC Research, Global Markets and Technologies for Sensors : Focus on

- Biosensors, 2013.4.
- BCC Research, Global Markets and Technologies for Sensors, 2013.4.
- BCC Research, Global Markets for Automotive Sensor Technologies, 2014.5.
- BCC Research, SMART MACHINES: TECHNOLOGIES AND GLOBAL MARKETS, 2014.
- BCG, Self-Driving Vehicle Features could represent a \$42 billion market by 2025, 2015.1.8.
- Beil, R. O., G. S. Ford and J. D. Jackson, "On the relationship between telecommunications investment and economic activity in the United States", *International Economic Journal*, 19, pp.3-9, 2005.
- Bertschek, I. and U. Kaiser, "Productivity effects of organizational change: microeconomic evidence", *Management Science*, 50(3), pp.394-404, 2004.
- Black, S. E. and L. M. Lynch, "What's driving the new economy?: the benefits of workplace innovation", *The Economic Journal*, 114(493), F97-F116, 2004.
- Bloom, N., R. Sadun and J. Van Reenen, Americans do IT better: US multinationals and the productivity miracle, No. w13085, National Bureau of Economic Research, 2007.
- Bosworth, B. P. and J. E. Triplett, "The Early 21st Century U.S. Productivity Expansion is Still in Services", *International Productivity Monitor*, Vol.14, pp.3-19, 2007.
- Christina Bonnington, "The Curious Case of Apple's Supposed Self-Driving Car", *Wired*, 2015.2.6.
- Dutta, A, "Telecommunications and economic activity: An analysis of Granger causality", *Journal of Management Information Systems*, 17, pp.71-95, 2001.
- Dutta, A. and S. Agarwal, "Telecommunication and Economic Growth: A panel Data Approach", *Applied Economics*, 36, pp.1649-1654, 2004.
- Dvorjnik, D. and D. Sabolic, "Telecommunication Liberalization and Economic Development in European Countries in transition",

- Technology in Society*, pp.378-387, 2007.
- Frost & Sullivan, Sensors in Laptop, Tablet, and Smartphone Global Markets, 2013.7.
- Frost & Sullivan, Analytical Review of World Biosensors Market, 2010.6.
- Goto, A. and K. Suzuki, "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, 71(4), pp.555-556, 1989.
- Hosseini, S. S. M. and G. F. Yazdan, "Consideration the Causality between Information Communications Technology and Economic Growth in Iran", *Journal of Economics and Sustainable Development*, 3(6), pp.86-92, 2012.
- Inklaar, R., M. P. Timmer and B. Van Ark, "Market services productivity across Europe and the US", *Economic Policy*, 23(53), pp.140-194, 2008.
- Ishida, H., "The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan", *Telematics and Informatics*, 32(1), pp-79-88, 2015.
- James M. Anderson, Autonomous Vehicle Technology, Land Corporation, 2014.
- John Biggs, Uber Opening Robotics Research Facility in Pittsburgh to build Self-Driving Cars: <http://technocrunch.com>, 2015.2.2.
- John Highbarger, Google's Self-Driving Car: A New Era in Transportation, Texas Enterprise, 2014.6.9.
- Jones, C. J., "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy*, 103(4), pp.759-784, 1995.
- Jorgenson, D. W. and K. Motohashi, Information technology and the Japanese economy, *Journal of the Japanese and International Economies*, 19(4), pp.460-481, 2005.
- Jorgenson, D. W., "Information technology and US economy", *American Economic Review*, 91(1), pp.1-32, 2001.
- Jung, H. J., K. Y. Na, and C. H. Yoon, "The role of ICT in Korea's

- economic growth: Productivity changes across industries since the 1990s”, *Telecommunications Policy*, 37(4-5), pp.292-310, 2013.
- Kana Inagak, “Sony targets self-driving car technology”, *Financial Times*, 2015.3.2.
- Klette, T. J. and F. Johansen, Accumulation of R&D Capital and Dynamic Firm Performance, A not-so-fixed Effect Model, Springer US, pp.367-397, 2000.
- KPMG, Self-Driving Cars: Are We Ready?, 2013.
- Kylie. W., Paul. B., Lucia. B., Peter. E., and L. Henry., Global Smart Infrastructure-Smart Cities and Artificial Intelligence the Way Forward, 3th Edition, A Buddecomm Report, 2014.
- Lam, P-L. and A. Shiu, “Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: evidence around the world”, *Telecommunications Policy*, 34(4), pp.185-199, 2010.
- Lin, M. and L. Wei, “The small sample properties of the principal components estimator for regression coefficients”, *Communication in Statistic-Theory and Method*, 31, pp.271-283, 2002.
- Lizzie Pluagic, “Apple may be working on a self-driving car after all”, *Reuters*, 2015.2.14.
- Lucas, R. E., Jr., “On the Mechanics of Development”, *Journal of Monetary Economics*, 22(1), pp.3-42, 1988.
- McGuckin, R. H. and K. J. Stiroh, “Computers and productivity: are aggregation effects important?”, *Economic Inquiry*, 40(1), pp.42-59, 2002.
- Montgomery, D. C., E. A. Peck, and G. G. Vining, Introduction to Linear Regression Analysis, Vol.821, John Wiley & Sons, 2012.
- NISTEP, Data collection and analysis on each field’s knowledge stock, NISTEP note, 1, 2012.
- NOMURA Research Institute, 2012 Smartphone Guide, 2012.5.
- O’Mahony, M. and M. Vecchi, “Quantifying the impact of ICT capital on

- output growth: a heterogeneous dynamic panel approach", *Economica*, 72, pp.615-633, 2005.
- Oliner, S. D. and D. E. Sichel, "The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story?", *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), pp.3-22, 2002.
- Philip Elmer-DeWitt, Churnalism in action: The apple self-driving car, <http://fortune>, 2015.2.12.
- Pradhan R. P., M. B. Arvin, N. R. Norman and S. K. Bele, "Economic growth and the development of telecommunications infrastructure in the G-20 countries: A panel-VAR approach", *Telecommunications Policy*, 38(7), pp.634-649, 2014.
- Rapoport, J., "The anatomy of the product-innovation process: Cost and time", *Research and innovation in the modern corporation*, pp.110-135, 1971.
- Röller, L-H. and Waverman, L., "Telecommunications infrastructure and economic development: a simultaneous approach", *American Economic Review*, 91(4), pp.909-923, 2001.
- Romer, P. M., "Endogenous Technological change", *Journal of Political Economy*, 98(5), pp.71-102, 1990.
- Romer, P. M., "Increasing Returns and Long-run Growth, *Journal of Political Economy*, 94(5), pp.1002-1037, 1986.
- Shahiduzzaman, Md. and K. Alam, "Information technology and its changing roles to economic growth and productivity in Australia", *Telecommunications Policy*, 38(2), pp.125-135, 2014.
- Shiu, A and P-L. Lam, "Causal relationship between telecommunications and economic growth in China and its regions", *Regional Studies*, 42, pp.705-718, 2008.
- Solow, R. M., "A contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp.65-94, 1956.
- Stephen, P., Dale. K, and A. Tom, Smarter Machines Will Challenge the Human Desire for Control, Gartner, 2015.

- Tambe, P. and L. M. Hitt, "Job Hopping, Information Technology Spillovers, and Productivity Growth", *Management science*, 60(2), pp.338-355, 2013.
- Technavio, Global Medical Biosensors Market 2014-2018, 2014.7.
- TechNavio, Global Smart Machines Market, 2015.
- Timmer, M., G. Ypma, and B. Van Ark, IT in the European Union: Driving productivity divergence?, Research Memorandum GD-67, Groningen Growth and Development Centre, 2003.
- Todd Litman, Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Victoria Transport Policy Institute, 2015.2.27.
- Tractica, Artificial Intelligence for Enterprise Applications : Deep Learning, Predictive Computing, Image Recognition, Speech Recognition, and Other AI Technologies for Enterprise Markets-Global Market Analysis and Forecasts, 2015.
- Van Ark, B., J. Melka, N. Mulder, M. Timmer and G. Ypma, "ICT investment and growth accounts for the European Union, 1980-2000", *Research Memorandum GD-56*, Revised March 2006, Groningen Growth and Development Centre, 2002.
- Vu, K. M., "Information and Communication Technology (ICT) and Singapore's economic growth", *Information Economics and Policy*, 25(4), pp.284-300, 2013.

주 의

1. 이 연구보고서는 한국전자통신연구원의 주요사업으로 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 한국전자통신연구원에서 수행한 주요사업 결과임을 밝혀야 합니다.

