

2014년도 15대 국가 융합기술 수준조사

2014. 10



미래창조과학부 융합연구정책센터 KIST

요약문

I. 기술수준평가 개요

- ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’ 상의 15대 국가 전략 융합기술*에 대한 핵심 융합기술을 선정하고, 국내 융합기술 수준을 진단

〈15대 국가 전략 융합기술〉

- 경제발전 : ①빅데이터, ②차세대 반도체, ③융합형 콘텐츠, ④스마트 자동차, ⑤융합서비스 로봇, ⑥첨단 생산시스템, ⑦차세대 다기능 소재
- 국민행복 : ⑧건강관리 서비스, ⑨유전체 정보 이용 및 신약개발, ⑩신체기능 복원 및 재활, ⑪온실가스 저감 및 관리, ⑫오염물질 제어 및 처리, ⑬신재생 에너지, ⑭식량 자원 보존 및 식품 안전성 평가, ⑮재난재해 예측·대응

- 융합기술수준평가 결과는 ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’ 기술 수준 향상의 목표 달성 여부를 파악하고 발전방안 제시에 활용

〈2012년 기술수준평가와 2012년 융합기술수준평가 비교〉

구분	2012년 기술수준평가	2014년 융합기술수준평가
평가 대상기술	제3차 과학기술기본계획('13~'17) 상 120개 국가전략기술	창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략의 15대 국가 전략 융합기술 (융합성 및 융합의 필요성이 높은 기술을 대상으로 핵심 융합기술 선정평가)
향후 계획	120개 국가전략기술에 대한 기술수준 발전정도를 지속적으로 점검	선정된 핵심 융합기술에 대한 융합기술수준을 지속적으로 점검하고 발전방안 수립
수행기관	한국과학기술기획평가원	융합연구정책센터

II. 추진체계

- 15대 국가 전략 융합기술 분야별 전문가로 융합기술수준평가위원회를 구성하여 융합기술수준평가를 수행
 - (융합기술수준평가위원회) 핵심 융합기술 선정, 기술트리를 구축하고 기술 동향 조사분석을 통해 융합기술수준을 평가
 - (융합연구정책센터) 융합기술수준평가 총괄지원반으로서 분과별 전문가 선정하고 융합기술수준평가 방법론 연구

III. 평가방법 및 내용

- (평가방법) 상대적 기술수준 분석을 통해 최고기술보유국 대비 국내 기술 수준을 비교하여 융합기술수준평가
- (융합기술수준 평가내용)
 - ① 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - ② 기술개발의 필요성 및 국내외 동향분석
 - ③ 15대 융합기술수준평가(최고기술보유국, 국내 기술수준 평가)
 - ④ 기술확보 및 추격방안 분석

IV. 기술수준평가 결과

- 2014 융합기술수준평가 결과, 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 13개 분야에서 융합기술수준이 낮은 것으로 분석
 - ‘차세대 다기능 소재’와 ‘유전체 정보 이용 및 신약개발’ 분야는 120개 국가 전략기술 대상 기술수준 대비 융합기술수준이 높았으나, 이를 제외한 나머지 분야의 융합기술수준은 대체적으로 낮은 것으로 평가
- 15대 국가 전략 융합기술 전 분야의 융합기술수준은 42.0~83.8%로 평균 66.6%이며, 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 평균 11.2% 낮음

- 15대 분야 중 최고기술보유국 대비 기술수준이 가장 높은 분야는 ‘차세대 반도체’ 분야(83.8%)이며, ‘오염물질 제어 및 처리(42.0%)’와 ‘신체기능 복원 및 재활(51.0%)’ 등은 융합기술수준이 상대적으로 낮은 것으로 조사

〈융합기술수준평가결과〉

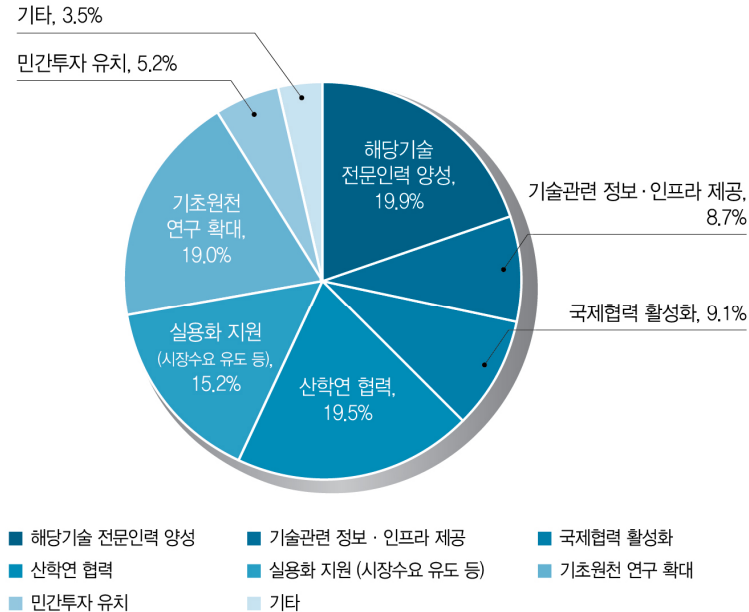
(단위: %)

구분	빅데이터	차세대 반도체	융합형 콘텐츠	스마트 자동차	융합 서비스 로봇	첨단 생산 시스템	차세대 다기능 소재	건강관리 서비스	유전체 정보 이용 및 신약개발	신체기능 복원 및 재활	온실가스 저감 및 관리	오염물질 제어 및 처리	신재생 에너지	식량자원 보존 및 식품 안전성 평가	재난재해 예측대응	평균
2012 기술 수준평가*	78.0	86.7	80.3	78.3	75.0	82.1	77.4	83.9	71.8	70.8	76.9	79.0	75.9	78.1	72.3	77.8
2014 융합기술 수준평가	52.5	83.8	60.0	68.3	68.0	61.7	83.3	80.9	82.5	51.0	62.5	42.0	73.0	62.0	67.2	66.6
기술 격차	-25.5	-2.9	-20.3	-10.0	-7.0	-20.4	5.9	-3.0	10.7	-19.8	-14.4	-37.0	-2.9	-16.1	-5.1	-11.2

* : 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2012년 기술수준평가, 2013

- 국내 융합기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 필수요건에 대해 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력 양성’이 필요하다는 응답이 전체의 19.9%로 가장 높게 나타남
- 융합기술수준 향상을 위해서는 융합 전문인력 및 다양한 분야(산학연) 협력을 통한 융합생태계를 구축하는 것이 중요한 것으로 분석

〈최고기술 추격 및 확보를 위한 필수요건〉



V. 결론 및 시사점

- 2014 융합기술수준평가의 주요 목적은 핵심 융합기술 선정 및 기술트리를 구축하고, 융합기술수준을 평가함으로써 국가 융합기술의 발전방안 및 전략을 수립에 기여
- 2012년 기술수준평가(KISTEP)와는 달리 융합성 및 융합의 필요성을 기준으로 핵심 융합기술을 선정하여 융합기술에 대한 기술수준을 평가
- 융합기술수준평가 결과 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 융합기술수준이 낮은 것으로 분석되어 융합기술수준 향상을 위한 다각적 노력 필요
- 향후 평가의 객관성 및 신뢰성을 제고하기 위한 융합기술수준평가의 개선방안 마련 필요
 - 기존 전문가 합의에 의한 융합기술수준 평가방식과 더불어 논문특허 점유율, 논문특허 영향력 지수 외 국가 융합기술의 양적·질적 수준을 나타낼 수 있는 다양한 지표 개발 필요

I. 기술수준평가 개요	1
II. 추진일정 및 체계	3
III. 평가방법 및 내용	6
IV. 융합기술수준평가 결과	10
V. 기술분야별 주요 내용	18
1. 빅데이터	18
2. 차세대 반도체	31
3. 융합형 콘텐츠	42
4. 스마트 자동차	52
5. 융합서비스 로봇	69
6. 첨단 생산시스템	81
7. 차세대 다기능 소재	93
8. 건강관리 서비스	108
9. 유전체 정보 이용 및 신약 개발	118
10. 신체기능 복원 및 재활	128
11. 온실가스 저감 및 관리	140
12. 오염물질 제어 및 처리	150
13. 신재생 에너지	168
14. 식량자원 보존 및 식품안전성 평가	185
15. 재난·재해 예측·대응 기술	197
VI. 결론 및 시사점	211
부임	
1. 기술분야별 융합기술수준평가 작성지침	215
2. 2012 기술수준평가(120개 국가전략기술)	368
3. 융합기술수준평가 전문가위원회 명단	370

I. 기술수준평가 개요

■ 개요

- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 15대 국가 전략 융합기술별* 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’에 제시된 15대 국가 전략 융합 기술 분야를 기준으로 융합성 및 기술개발의 필요성 등을 평가하여 핵심 융합 기술 선정
- * ①빅데이터, ②차세대 반도체, ③융합형 콘텐츠, ④스마트 자동차, ⑤융합서비스 로봇, ⑥첨단 생산 시스템, ⑦차세대 다기능 소재, ⑧건강관리 서비스, ⑨유전체 정보 이용 및 신약개발, ⑩신체기능 복원 및 재활, ⑪온실가스 저감 및 관리, ⑫오염물질 제어 및 처리, ⑬신재생 에너지, ⑭식량자원 보존 및 식품 안전성 평가, ⑮재난·재해 예측·대응
- 제3차 과학기술기본계획(‘13~’17) 상 120개 국가전략기술을 대상으로 한 ‘2012년 기술수준평가’와는 달리 융합의 필요성이 높은 기술을 기준으로 핵심 융합기술 선정

〈2012년 기술수준평가와 2012년 융합기술수준평가 비교〉

구분	2012년 기술수준평가	2014년 융합기술수준평가
평가 대상기술	● 제3차 과학기술기본계획(‘13~’17) 상 120개 국가전략기술	● 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전 전략의 15대 국가 전략 융합기술 (융합성 및 융합의 필요성이 높은 기술을 대상으로 핵심 융합기술 선정평가)
향후 계획	● 120개 국가전략기술에 대한 기술수준 발전 정도를 지속적으로 점검	● 선정된 핵심 융합기술에 대한 융합기술 수준을 지속적으로 점검하고 발전방안 수립
수행기관	● 한국과학기술기획평가원	● 융합연구정책센터

- 핵심 융합기술별 기술트리를 구축하여 향후 유망 융합기술 발굴 및 사업기획을 위한 기초자료로 활용

- 핵심 융합기술에 대한 기술수준을 평가하고, 우리나라 융합기술의 기술수준을 진단 및 발전추이 파악
 - 융합기술수준평가는 분야별 최고기술보유국 대비 상대적 기술수준 및 국내외 연구개발 동향비교를 통해 국내 융합기술수준을 진단
 - 기술분야별 전문가 합의에 의한 방법으로 융합기술수준평가를 수행
 - 융합기술수준평가 결과는 ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’ 목표 달성 여부 파악에 활용
- ※ 국내 융합기술수준 : ('12년) 70~80% → ('18년) 80~90%

II. 추진일정 및 체계

■ 추진일정

● 전문가 구성 및 융합기술 후보군 도출(7월)

- (전문가 구성) ‘2012년 기술수준평가위원회’, ‘국가중점과학기술 전략로드맵 수립추진단’ 및 ‘2013년 융합기술수준평가위원회’를 중심으로 전문가 풀 구성
- (융합기술 후보군 도출) 국가중점과학기술 전략로드맵 상 세부기술을 토대로 15대 분야별 융합기술 후보군 도출
- (작성지침 수립) 융합기술수준조사의 편의성을 제고하기 위해 핵심 융합기술별 정의 및 범위, 국내외 기술동향 및 융합기술수준분석을 위한 작성지침 수립

● 융합기술 선정 및 기술트리 구축(7월 중순)

- 전문가위원회* 개최

* 1차 후보군과 추가적으로 전문가가 제안하는 융합기술을 종합하고 적절성 평가를 통한 분야별 핵심 융합기술 최종 선정하고, 기술트리 구축

● 기초분석 및 기술수준평가 수행(8월)

- 선정된 핵심 융합기술에 대한 기술정의 및 범위 설정
- 융합기술에 대한 국내외 기술동향 및 정책·산업동향 분석
- 기초분석 결과를 바탕으로 최고기술보유국 대비 국내 기술수준(%), 기술확보 및 추격방안 등 융합기술수준평가 수행

● 종합분석 및 보고서 발간(9월)

- 기술별 기술트리, 국내외 동향분석, 기술수준평가 결과를 바탕으로 통계처리 및 종합분석 수행

※ 1차 수행된 기술수준 평가결과를 바탕으로 전문가 간 합의를 통한 기술수준 최종 확정

- 15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술평가 보고서 발간

〈 추진 일정 〉

구분	주요 내용
① 전문가 위촉	▶ 15대 분야별 전문가 선정 ▶ 이메일 송부 및 핵심 융합기술 선정방법 설명
② 위원 위촉 수락	▶ ‘핵심 융합기술 선정 및 융합기술수준평가’ 참여 여부를 회신
③ 전문가위원회 개최	▶ (경제성장 7개 기술) 7월 23일(수) 옐타워 ▶ (국민행복 8개 기술) 7월 24일(목) 옐타워 – 분과장 선출 : 전문가 간 의견 조율 및 향후 작성지침 작성방안 논의 – 1차 후보군을 토대로 핵심 융합기술 추가 및 최종적으로 핵심 융합기술(안) 도출 – 핵심 융합기술 선정에 따른 기술트리 구축
④ 작성지침 작성	▶ 분과별 융합기술수준평가 양식 작성 (한글파일-작성지침 참고) ▶ 작성파일은 분과장에게 제출
⑤ 의견수렴 및 협의	▶ 분과장은 작성지침 양식 취합 ▶ 의견수렴이 필요한 부분(요소기술명, 동향분석, 기술수준 평가(안) 등)에 대해서는 의견 조율
⑥ 분과별 작성지침 최종완료	▶ 분과장은 최종적으로 합의된 융합기술수준평가 결과를 융합 연구정책센터로 송부
⑦ 보고서 작성	▶ 분과별 보고서 취합 및 총괄 보고서 작성

■ 추진체계

- (융합기술수준평가위원회) 15대 기술분야별 전문가로 구성
 - 기술분야별 3~4인씩 총 54인으로 과학기술전문가 선정
 - 융합기술수준평가위원회는 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축, 국내외 기술 동향 조사분석 및 융합기술수준평가 수행
- (융합연구정책센터) 융합기술수준평가 총괄지원반으로서 분과별 전문가 선정 및 융합기술수준평가 방법론 연구

〈 융합기술수준평가 추진체계 〉



Ⅲ. 평가방법 및 내용

■ 평가대상 기술

- ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’에 제시된 15대 국가 전략 융합기술 분야

〈15대 국가 전략 융합기술 분야〉

구 분		기 술 분 야	
경제성장	고성장 스마트 기술	① 빅데이터	② 차세대 반도체
		③ 융합형 콘텐츠	④ 스마트 자동차
	성장주도 융합기술	⑤ 융합서비스 로봇	⑥ 첨단 생산시스템
		⑦ 차세대 다기능 소재	
국민행복	건강한 삶	⑧ 건강관리 서비스	⑨ 유전체 정보 이용 및 신약개발
		⑩ 신체기능 복원 및 재활	
	지속가능한 청정 생활환경	⑪ 온실가스 저감 및 관리	⑫ 오염물질 제어 및 처리
		⑬ 신재생 에너지	
	걱정없는 안전사회	⑭ 식량자원 보존 및 식품 안전성 평가	⑮ 재난·재해 예측·대응

■ 평가방법

- 기존 기술수준평가의 전문가 합의방식을 활용하여 최고 기술보유국 대비 국내 기술수준과 향후 최고기술을 확보·추격하기 위한 요건 등을 조사
 - ‘창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략’ 상 15대 기술 분야를 준용하되 분야별 핵심 융합기술을 선정
 - 최고기술보유국과 국내의 현 융합기술수준 및 기술수준 변화정도의 비교와 함께 상대적인 기술수준 분석

① 융합기술 후보군 도출

- 핵심 융합기술 선정을 위한 후보군 도출을 위해 ①국가중점과학기술 전략로드맵 상 전략기술에 대한 융합기술 여부를 판단하고, ②전문가위원회에서 추가로 제안하는 기술을 종합하여 융합기술 후보군 확정
 - 국가중점과학기술 전략로드맵에 제시된 핵심기술을 대상으로 15대 분야별 핵심 융합기술로서 적합성·적절성 여부를 판단하여 1차 후보군 도출
 - 추가적으로 분야별 전문가가 제안하는 융합기술을 1차 후보군에 포함하여 핵심 융합기술로 선정하여 2차 후보군으로 확정

② 핵심 융합기술 선정

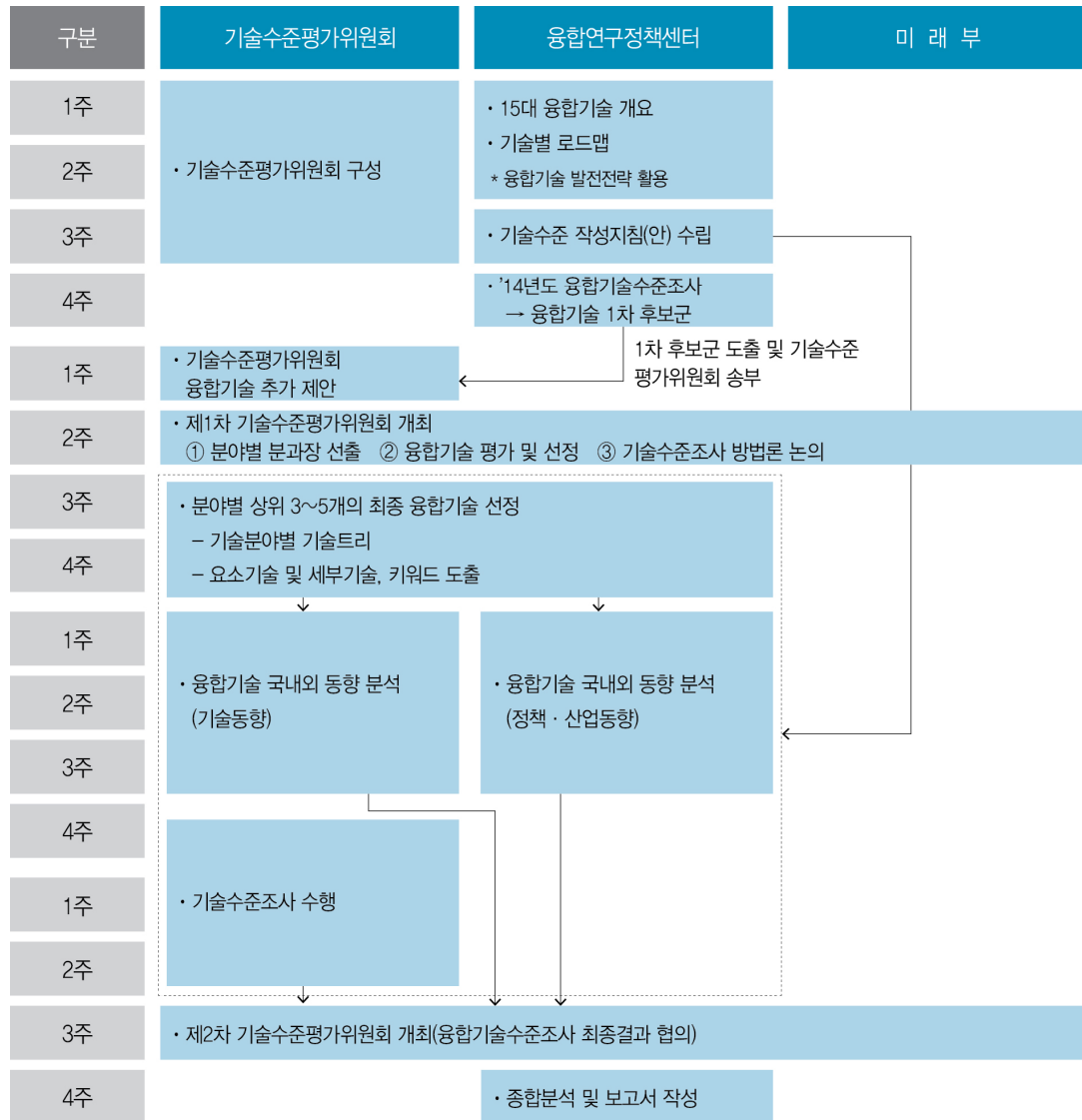
- 2차 후보군을 대상으로 융합성, 기술성, 시장성, 사회성 등을 평가하여 경제·사회·기술적 파급효과 클 것으로 예상되는 기술을 최종 핵심 융합기술로 확정

③ 기술트리 및 기초분석 수행

- (기술트리) 선정된 핵심 융합기술을 대상으로 기술트리를 도출하고, 기술별 정의 및 범위 설정. 향후 유망 융합기술 분석을 위한 주요 키워드 도출
- (기초분석) 핵심 융합기술 선정사유 및 선정된 핵심 융합기술에 대한 국내외 동향조사·분석하여 기술별 주요 내용을 파악하고, 융합기술수준 평가의 근거 자료로 활용

④ 융합기술수준평가 수행

- (융합기술수준평가) 기술분야별 전문가로 하여금 세계최고 기술수준 대비 국내 기술수준을 평가하게 하고, 기술격차 주요 요인 및 기술수준 향상을 위한 정부의 역할 등을 조사
- (최종 협의) 1차적으로 평가된 융합기술수준조사 결과(안)를 취합하여, 전문가 간 합의를 통해 최종 융합기술수준 확정



■ 주요 내용

● 핵심 융합기술 선정

- 핵심 융합기술로의 선정 사유
- 기술정의 및 범위

● 기술트리 구축

- 핵심 융합기술별 요소기술
- 요소기술별 세부내용

● 국내외 기술산업동향 분석

- 국내외 기술동향
- 적용산업(분야) 및 기대효과
- 시사점

● 기술수준평가

- 최고 기술 보유국
- 국내 기술수준 평가

● 기술수준평가 결과를 바탕으로 기술확보 및 추격방안 도출

IV. 융합기술수준평가 결과

구분	기술분야	핵심융합기술	최고기술보유국	국내 기술수준 (%)
경제 발전	1. 빅데이터	1-1. 빅데이터 인프라 기술	미국	70
		1-2. 빅데이터 분석 기술	미국	50
		1-3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	미국, 영국	40
		1-4. 빅데이터 융합 서비스 기술	미국	50
		평균값		52.5
	2. 차세대 반도체	2-1. 나노 양자소자 기술	미국, 일본	90
		2-2. 소자융합 및 집적기술	미국	85
		2-3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	미국	80
		2-4. 인지기반 지능형 반도체 기술	미국, EU	80
		평균값		83.8
	3. 융합형 콘텐츠	3-1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	미국, 독일	60
		3-2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	미국, 일본, 독일	50
		3-3. 실시간 가상증강현실형 개인화 휴대 단말 기술	미국, 일본, 독일	70
		평균값		60.0
	4. 스마트 자동차	4-1. 환경센서기술	유럽, 일본	70
		4-2. 차량용 통신 보안기술	미국, 유럽	60
		4-3. 차세대 HMI 기술	미국, 유럽	70
		4-4. 운전지원서비스 기술	유럽, 일본	90
		4-5. 커넥티드 서비스 기술	미국	70
		4-6. 자율주행기술	미국, 유럽, 일본	50
		평균값		68.3
	5. 융합 서비스 로봇	5-1. 생체대상 초정밀 조작 기술	미국	60
		5-2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	미국, EU	70
		5-3. 원격제어 공통 요소기술	미국	80

구분	기술분야	핵심융합기술	최고기술보유국	국내 기술수준 (%)
국민 행복		5-4. 미래형 무인항공기 개발기술	미국, 이스라엘	70
		5-5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	미국, EU	60
		평균값		68.0
	6. 첨단 생산 시스템	6-1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	미국, 독일, 이스라엘, 일본	75
		6-2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	미국, EU(독일), 일본	40
		6-3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	일본, 미국, 유럽	70
		평균값		61.7
	7. 차세대 다기능 소재	7-1. 플렉서블 IT 소재기술	미국, 일본, 영국, 독일	85
		7-2. 에너지 고효율 소재기술	미국, 독일	80
		7-3. 인체 동기형 생체 소재	미국, 일본, 스위스	85
		평균값		83.3
	8. 건강관리 서비스	8-1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	미국	75
		8-2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	미국	75
		8-3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	미국	85
		8-4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	미국	88.6
		평균값		80.9
	9. 유전체 정보 이용 및 신약개발	9-1. 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술	미국, 영국	80
		9-2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	미국, 유럽	80
		9-3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술	미국	85
		9-4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	미국, 유럽	85
		평균값		82.5
	10. 신체기능 복원 및 재활	10-1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	미국	50
		10-2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	미국, 북유럽 (네덜란드, 독일, 스위스 등)	10

구분	기술분야	핵심융합기술	최고기술보유국	국내 기술수준 (%)
		10-3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	미국	80
		10-4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	미국	40
		10-5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	미국, 독일	75
		평균값		51.0
	11. 온실가스 저감 및 관리	11-1. Zero Emission 플랫폼 기술	미국, 일본	70
		11-2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	미국, 독일	60
		11-3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술	미국, 유럽	70
		11-4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술	미국, 유럽	50
		평균값		62.5
	12. 오염물질 제어 및 처리	12-1. 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술	일본, 벨기에	20
		12-2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	미국, 영국, 독일, 일본 등	20
		12-3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	독일, 프랑스, 미국, 캐나다, 일본, 중국	65
		12-4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	미국, EU, 일본	65
		12-5. 대기환경 관리 융복합기술	미국, 독일, 일본	40
		평균값		42.0
	13. 신재생 에너지	13-1. 하이브리드 열원이용 Trigenation 네트워크 시스템	독일, 미국, 일본	65
		13-2. 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술	미국	76
		13-3. 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술	미국, 프랑스	70
		13-4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	독일, 덴마크, 일본	70
		13-5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	영국, 덴마크, 노르웨이, 미국	84
		평균값		73.0

구분	기술분야	핵심융합기술	최고기술보유국	국내 기술수준 (%)
	14. 식량자원 보존 및 식품 안전성 평가	14-1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	미국, 일본, 독일	50
		14-2. BIT융합 식이-후생유전정보의 체내 분자 네트워크 분석 기술	유럽, 미국	60
		14-3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	미국, 네덜란드, 일본	60
		14-4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	미국	70
		14-5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	미국	70
		평균값		
	15. 재난·재해 예측·대응	15-1. 통합적 자연재해 대응 기술 개발	미국	72
		15-2. 자연재해 복합 피해 평가 기술 개발	미국	70
		15-3. 사회공간 복합재난 대응기술	미국	74
		15-4. 재난 대응 LVC(Live Virtual Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	미국	50
		15-5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제 시스템	미국	70
		평균값		

■ 기술수준평가 결과분석

- ◆ 2014 융합기술수준평가 결과, 120개 국가전략기술을 대상으로 한 기술수준평가 (2012년 기술수준평가(KISTEP)) 대비 13개 분야에서 기술수준이 낮은 것으로 분석
 - ‘차세대 다기능 소재’와 ‘유전체 정보 이용 및 신약개발’ 분야는 2012년 기술수준평가 (KISTEP) 대비 융합기술수준이 높았으나, 이를 제외한 나머지 분야의 융합기술수준은 대체적으로 낮은 것으로 조사
- ◆ 15대 국가 전략 융합기술 전 분야의 융합기술수준은 42.0~83.8%로 평균 66.6%이며, 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 평균 11.2% 낮음

- 120개 국가전략기술을 대상으로 한 2012년 기술수준평가(KISTEP)*와 2014년 융합기술수준평가를 비교한 결과, 국내 융합기술수준은 15대 기술분야 중 13개 분야에서 2012년 기술수준평가(KISTEP)보다 낮은 것으로 평가

* 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2012년 기술수준평가, 2013

- 융합기술수준평가 분석결과 분야별 기술수준이 42.0~83.8% 사이에 분포하며 15대 국가 전략 융합기술 전 분야의 기술수준 평균은 66.6%로 나타남

※ 2012년 기술수준평가(120개 국가전략기술): 평균 77.8%(70.8~86.7%)

- 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 평균 11.2% 낮은 것으로 분석

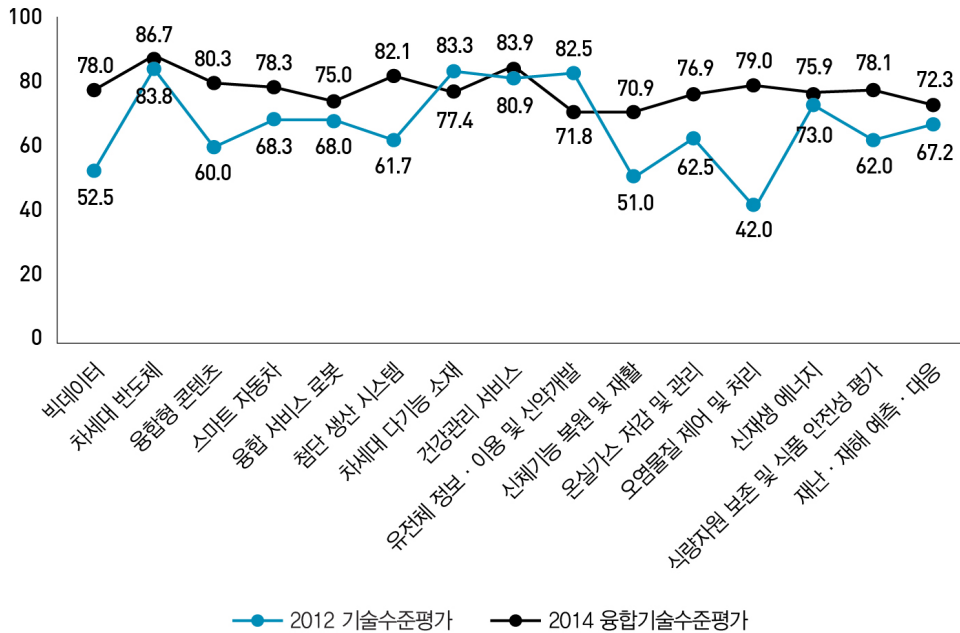
〈표 20 . 융합기술수준평가결과〉

(단위: %)

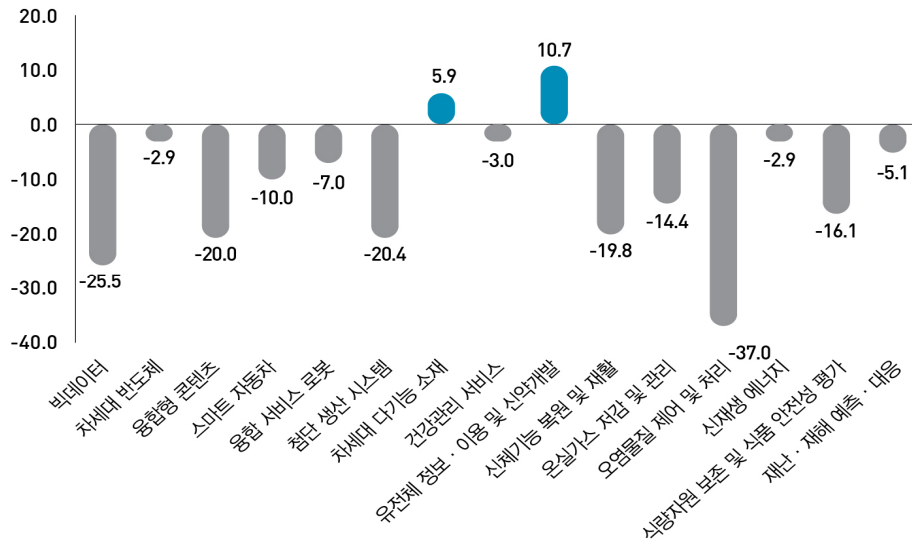
구분	빅데이터	차세대 반도체	융합형 콘텐츠	스마트 자동차	융합 서비스 로봇	첨단 생산 시스템	차세대 다기능 소재	건강관리 서비스	유전체 정보 이용 및 신약개발	신체기능 복원 및 재활	온실가스 저감 및 관리	오염물질 제어 및 처리	신재생 에너지	식량자원 보존 및 식품 안전성 평가	재난재해 예측대응	평균
2012 기술 수준평가*	78.0	86.7	80.3	78.3	75.0	82.1	77.4	83.9	71.8	70.8	76.9	79.0	75.9	78.1	72.3	77.8
2014 융합기술 수준평가	52.5	83.8	60.0	68.3	68.0	61.7	83.3	80.9	82.5	51.0	62.5	42.0	73.0	62.0	67.2	66.6
기술 격차	-25.5	-2.9	-20.3	-10.0	-7.0	-20.4	5.9	-3.0	10.7	-19.8	-14.4	-37.0	-2.9	-16.1	-5.1	-11.2

*: 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2012년 기술수준평가, 2013

- 15대 분야 중 최고기술국 대비 기술수준이 가장 높은 분야는 ‘차세대 반도체’ 분야(83.8%)이며, ‘오염물질 제어 및 처리(42.0%)’와 ‘신체기능 복원 및 재활(51.0%)’ 등은 융합기술수준이 상대적으로 낮은 것으로 평가



- ‘차세대 다기능 소재’와 ‘유전체 정보 이용 및 신약개발’ 분야는 2012년 기술수준 평가(KISTEP) 대비 융합기술수준이 높았으나, 이를 제외한 나머지 분야의 융합 기술수준은 낮은 것으로 분석
 - ‘오염물질 제어 및 처리’ 분야의 핵심 융합기술로써 ‘이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 기술’의 경우 미국에서는 정부주도 상용화 사업이 활발히 추진 중이지만 국내에서는 본격적인 연구가 진행되기 이전 상태임. ‘초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술’ 또한 도입기 수준에 머무름
 - ‘신체기능 복원 및 재활’ 분야의 핵심 융합기술로써 ‘뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술’의 경우 미국, 유럽을 중심으로 기존 재활장치 위주에서 뇌기능성을 포함한 재활 매커니즘 연구로 확대 추진하고 있는 반면, 국내에서는 여전히 기기 개발에만 초점을 맞추고 있음

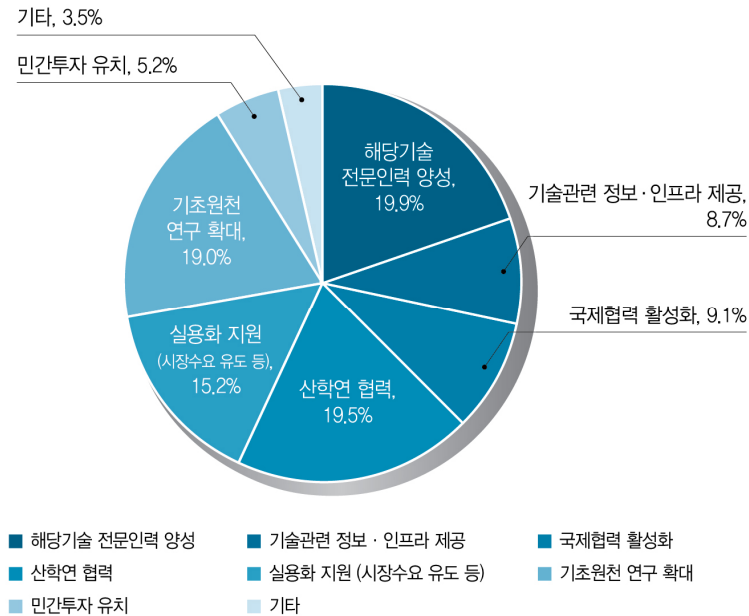


■ 최고기술을 확보 및 추격을 위한 필수요건

● 국내 융합기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 필수요건에 대해 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력 양성’이 필요하다는 응답이 전체의 19.9%로 가장 높게 나타남

- ‘산학연 협력’(19.5%), ‘기초원천 연구확대(19.0%)’ 등의 순으로 나타났으나, 응답결과 전체적으로 비슷한 분포를 나타나는 것으로 보아 융합기술수준 향상을 위해서는 다각적인 지원이 필요할 것으로 보임
- 이외에도 국가 주도의 기술개발 및 R&D 투자확대, 법·제도 개선 등이 필요하다는 기타 의견이 제시됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	46	19.9
기술관련 정보·인프라 제공	20	8.7
국제협력 활성화	21	9.1
산학연 협력	45	19.5
실용화 지원(시장수요 유도 등)	35	15.2
기초원천 연구확대	44	19.0
민간투자유치	12	5.2
기타	8	3.5
합계	231	100.0



- 일반적으로 기술수준 향상을 위해서는 ‘연구비 확대*’가 무엇보다 중요하지만, 이와 더불어 융합기술수준 향상을 위해서는 융합 전문인력 및 다양한 분야 (산학연) 협력을 통한 융합생태계를 구축하는 것이 중요한 것으로 분석

* 2012년 기술수준평가(KISTEP) 정부 중점 추진 필요 정책 : 연구비 확대 > 인력양성 및 유치 > 인프라 구축 > 국내협력 촉진 > 국제협력 촉진 > 법·제도 개선 순

V. 기술분야별 주요 내용

1 빅데이터

■ 핵심 융합기술

- 빅데이터 기술 분야에서의 핵심 융합기술로써 ‘빅데이터 인프라 기술’, ‘빅데이터 분석 기술’, ‘빅데이터 SW 플랫폼 기술’, ‘빅데이터 융합 서비스 기술’이 선정

■ 선정사유

① 빅데이터 인프라 기술

- 인간 중심의 스마트 서비스를 위해서는 빅데이터 분석, 빅데이터 처리 인프라 핵심 기술이 필요하고 지능형 초연결 서비스가 가능한 빅데이터 인프라 기술 개발을 통한 해외 기술경쟁력 확보가 시급
- 데이터의 창조적 활용을 위해서는 경제활동의 촉매역할을 하는 다양한 신서비스 창출의 기반인 빅데이터 인프라 기술이 필요

② 빅데이터 분석 기술

- 최근 사회문제로 급증하고 있는 국가 재난상황 및 안전문제 해결을 위한 빅데이터 분석 기술 필요
- 공공데이터와 기업자료 연계 빅데이터 분석을 통한 의미기반의 분석 기술 확보와 산업경쟁력 강화
- 빅데이터 분석 기술개발을 통해 빅데이터 분석기법을 활용하는 창업 활동이 가능하며, 데이터 중심의 분석 전문가 양성을 통한 일자리 창출 가능
- 사물인터넷 정보와 빅데이터 분석기술의 접목 필요

③ 빅데이터 SW 플랫폼 기술

- 현재 대부분의 빅데이터 분석이 특정 플랫폼에 의존적임
- 개발되는 빅데이터 인프라를 기반으로 빅데이터 처리를 위한 SW 플랫폼 기술이 필요하고, 다양한 빅데이터 분석 기술을 빅데이터 인프라에서 개발 및 구동시킬 수 있는 SW환경 필요
- 또한 다양한 다중 도메인에서 발생하는 빅데이터의 보다 용이한 융합 분석을 위한 공유 및 유통을 위한 SW 플랫폼 필요

④ 빅데이터 융합 서비스 기술

- 빅데이터 기술은 기술 중심이 아닌, 서비스 중심적 접근이 필요하며, 빅데이터로부터 새로운 가치 창출을 위한 다양한 서비스 발굴 노력이 중요
- 단일 도메인이 아닌 다양한 도메인의 융합한 서비스 기술 필요

■ 기술정의 및 범위

① 빅데이터 인프라 기술

- (정의) 고성능 컴퓨팅 인프라 기술, 대용량 클라우드 인프라 기술
- (범위) 빅데이터 분석 및 처리를 위한 고성능 컴퓨팅 기술, 분산된 데이터 리소스와 대규모 데이터를 수집·저장 및 이를 관리하기 위한 클라우드 기술

② 빅데이터 분석 기술

- (정의) 정형 데이터마이닝, 비정형 데이터마이닝, 빅데이터 시각화 기술
- (범위) 분류 및 군집분석 기법, 텍스트 마이닝 및 사회연결망분석, 시공간 빅데이터 연계 정보 분석, 빅데이터 분석결과 이해 편의를 위한 시각화 및 대쉬보드 기술

③ 빅데이터 SW 플랫폼 기술

- (정의) 데이터 공유/유통 플랫폼 기술, 클라우드 컴퓨팅 기술, 분산 저장/처리 기술

- (범위) 컴퓨팅 자원을 모아두고 언제 어디서든 빌려 쓸 수 있는 클라우드 컴퓨팅 기술, 실시간 빅데이터 처리를 위한 데이터 분산저장 및 분산처리를 위한 SW 기술, 빅데이터 융합/공유/유통을 위한 표준화된 API를 가진 SW플랫폼 기술

④ 빅데이터 융합 서비스 기술

- (정의) 빅데이터 기반 지능형 개인화 서비스 기술, 빅데이터 기반 시스템 최적화 기술, 빅데이터 기반 실시간 예측 서비스 기술, 빅데이터 창의 융합 서비스 기술
- (범위) 빅데이터를 기반으로 거시 패턴분석 및 미래전망, 위험징후, 이상 신호, 이슈 등 특정 이벤트의 사전 및 실시간 대응 지원, 상황인지, 개인화, 지능화 서비스(시장, 평판, 트렌드, 신용, 취향 분석), 의료정보, 자동차정보, 건물정보, 환경정보 등과의 결합을 통한 새로운 가치창출

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 빅데이터 인프라 기술	1-1. 고성능 컴퓨팅 인프라 기술	▶ 매니코어 프로세스 기술 ▶ 고성능 컴퓨팅 기술 ▶ 고속 대규모 연결망 기술
	1-2. 대용량 클라우드 인프라 기술	▶ 클라우드 인프라 서비스 기술 ▶ 클라우드 인프라 관리 기술
2. 빅데이터 분석 기술	2-1. 데이터 마이닝 분석 기술	▶ 정형 데이터마이닝(분류 방법, 회귀분석, 군집분석) 기법 ▶ 비정형 데이터마이닝(텍스트마이닝, 사회 연결망분석, 공간정보 분석, 이미지/음성/동영상 분석) 기술 ▶ 빅데이터마이닝 자동최적화기술
	2-2. 데이터 표현 및 시각화 기술	▶ 그래픽기반 데이터시각화 기술 ▶ 빅데이터 대쉬보드 기술 ▶ 시공간데이터 시각화 표현기법
3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	3-1. 빅데이터 수집 및 처리 플랫폼 기술	▶ 빅데이터 분산 수집/저장/처리 SW 플랫폼 기술
	3-2. 빅데이터 기반 서비스 플랫폼 기술	▶ 클라우드 컴퓨팅 플랫폼 기술 ▶ 빅데이터 공유/유통 플랫폼 기술
4. 빅데이터 융합 서비스 기술	4-1. 다중 도메인 융합 데이터분석 서비스 기술	▶ 빅데이터기반 지능형 개인화 서비스 기술 ▶ 빅데이터기반 시스템 최적화 기술
	4-2. 융합 데이터 분석 기반 예측 서비스 기술	▶ 빅데이터기반 실시간 예측 서비스 기술 ▶ 빅데이터 창의 융합 서비스 기술

■ 기술동향

① 빅데이터 인프라 기술

국내 기술동향

- 국내에서는 고성능 컴퓨터 기술, 클라우드 기술, 분산 컴퓨팅 기술 등 빅데이터 인프라 관련 핵심요소 개발을 통해 기술 경쟁력을 강화하고 있음
 - 그러나 고성능 컴퓨팅 인프라 및 클라우드 인프라 기술의 경우 국내 기업의 기술 경쟁력 부족으로 소수의 중소기업 중심으로 시장에 진입하고 있음
 - 최근 들어 클라우드 컴퓨팅 분야는 국내의 클라우드 인프라 확산 정책에 맞추어 핵심 기술들이 개발되고 있음
 - 국내 기업 및 연구소를 통해 초고성능 컴퓨팅 기술 및 클라우드 관련 기술이 핵심요소별로 경쟁력 우위를 확보하기 위한 개발 프로젝트가 진행 중임

국외 기술동향

- 미국 국가경쟁력위원회는 국가의 경쟁력을 계산능력으로 정의하고 있으며, IBM, HP, Cray 등을 중심으로 엑사급 슈퍼컴퓨터 개발을 진행
- 중국에서는 정부주도 하에 고성능 컴퓨팅 시스템 기술의 독립을 위해 '83년부터 지속적으로 개발을 추진하여 슈퍼컴 Top1을 달성하기도 하였고, 일본은 국가 과학기술회 주관으로 페타급 슈퍼컴 개발을 진행
- EU는 PRACE 컨소시엄을 통해 세계적 수준의 HPC 개발을 추진하고 있으며, 인도에서는 첨단산업 육성을 위해 지속적으로 슈퍼컴 개발을 추진
- 한편 구글, 아마존은 웹기반 서비스 시장에서 IT 인프라 시장으로 영역을 확대하고 있으며 자사의 플랫폼 상에서 PC 플랫폼을 웹상에서 재현하는 기술을 개발
- Citrix, VMWare, MS, Oracle 등은 클라우드 가상화 서비스를 위한 솔루션 제공하고 있으며 전세계 인프라 시장의 대부분을 차지

② 빅데이터 분석 기술

국내 기술동향

- 통신사, 카드사, 검색서비스 회사, 대형 의료기관 등에서 시공간 빅데이터 분석, 비즈니스 시장 분석에 관한 파일럿 프로젝트 진행 중
 - Oracle, IBM, SAP, EMC, MS 등 글로벌 솔루션 기업들이 국내 업체 및 학계와 제휴하여 빅데이터 분석기술 확보하고 분석 시장에 진출하여 경쟁 무대 형성
- 국가 차원에서 빅데이터 활용을 위한 범정부적 데이터 연계 및 정부-민간 데이터 융합을 진행하고 있으며 빅데이터 분석결과의 활용과 개인정보 보호 및 활용의 융합방안을 논의 중에 있음
 - 공공데이터포털 'data.go.kr' 운영을 통한 공공정보의 개방 및 공유를 통하여 분석활동 지원
 - 그러나 국내 기업들은 분석 결과의 효율성 입증에 느리고, 개인정보 보호 등의 문제로 향후 빅데이터 분석시장의 전망이 불투명하다고 인식하여, 대규모 빅데이터 분석 프로젝트보다는 파일럿 분석 정도에 머무르고 있음
 - 또한 현업에서 분석요구는 많으나 분석 인력과 데이터 자체가 부족한 상황

국외 기술동향

- 국가별로 재난재해 방지·안전을 위협하는 테러 감지, 질병 등의 위기관리를 위한 선제적 대응방법으로 빅데이터 분석의 중요성이 커지고 있으며, 이에 따른 시스템 구축 프로젝트 수행
 - Google, Facebook, Oracle, SAS, IBM, SAP, EMC, Teradata 등의 글로벌 기업들은 개인 및 기업정보 수집 및 분석을 통해 빅데이터 분석 시장을 선점하기 위해서 데이터 분석을 중심으로 조직을 개편하고 분석역량 강화 및 기술 개발에 주력

- 미국에서는 국토안보부를 중심으로 테러 및 범죄예방, 사전 감지를 위해 범정부적으로 빅데이터 수집, 분석 및 예측시스템 구축을 시도
 - 정부, 기업 및 과학기술 분야가 서로 연계하여 빅데이터 분석을 통한 사회 인프라 구축과 R&D 투자를 통한 부가가치를 창출을 목적으로 하고 있음

③ 빅데이터 SW 플랫폼 기술

국내 기술동향

- 국내에서는 클라우드 기술, 분산 컴퓨팅 기술, 지능화 기술 관련 오픈소스 및 핵심 요소기술 제공을 통하여 국가의 빅데이터 SW 플랫폼 기술 분야의 경쟁력을 강화하고 있음
- 국내 대표적인 포털기업(네이버, 다음 등)에서는 대용량 스토리지와 다양한 소셜 빅데이터의 융합 및 분석을 위한 빅데이터 SW 플랫폼 개발 프로젝트가 진행 중
- 또한, 국가 차원에서 빅데이터 융합 및 공유를 통한 부가적 가치 창출을 위해 공공기관에서 수집한 데이터나 도로·교통 데이터를 오픈 API형태로 개방하는 공공데이터포털을 운영 중
 - 그러나 국내에서 빅데이터 처리를 위해 주로 사용되는 플랫폼의 경우 외산 종속적으로, 국내 환경에 적합한 플랫폼의 개발이 필요
 - 이와 더불어 빅데이터의 융합·공유 및 유통을 위한 오픈데이터 정책을 지원할 수 있는 플랫폼이 필요

국외 기술동향

- 데이터 통합 소프트웨어 및 데이터베이스 관리 시스템 등을 개발하여 비즈니스 또는 분석 소프트웨어에 적극적으로 활용하고 있음
- Intel, MapR, EMC, Oracle, SAP 등 대기업을 중심으로 Hadoop과 같은 오픈소스 기반의 MapReduce 분산데이터 처리 프레임워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음

- 영국에서는 자국에서 발표하는 모든 정보의 데이터를 보관하는 플랫폼 ‘CKAN’을 오픈 소스로 개방함으로써 데이터 공유를 지원하고 있으며, 공공데이터 개방을 추진하고 있는 미국, 영국 등은 공공 데이터 관련 플랫폼 기술 및 서비스 분야를 선도
- 다만 현재 다양한 빅데이터를 공유만 할 수 있는 수준이며, 이를 서로 다른 플랫폼에서도 자유롭게 사용하기 위한 빅데이터 융합기술 개발 연구는 초기 단계임

④ 빅데이터 융합 서비스 기술

국내 기술동향

- 국민건강보험관리공단이 다음소프트와 공동으로 건강보험 빅데이터를 분석하여 질병 예측모델을 개발하고, 국민건강을 종합적으로 관리하기 위한 ‘국민건강 주의 예보 서비스’ 플랫폼을 개발
- 와이즈넷, 트렌드믹스, 메조미디어 등의 국내 기업들은 소셜 데이터 수집 및 분석을 통해, 상품 및 콘텐츠에 대한 마케팅 지원 서비스를 제공
- 서울시, 대구시 등은 교통량, 통화량, 승하차 지역 조사 등으로 구축된 빅데이터 분석을 통해 대중교통 이용 수요와 버스 공급 필요 지역을 도출하고, 이를 공공 서비스 제공에 활용

국외 기술동향

- 주요국은 기 구축된 보건 의료 공공데이터의 공개를 통해 임상 의료 연구 및 질병 예방에 활용하여 의료 발전과 복리후생을 추구
- 미국, 중국, 인도에서는 영화, 드라마, 음악, 게임과 같은 콘텐츠에 대한 사용자들의 이용 이력 및 피드백, 소셜 데이터 등으로 이루어진 빅데이터를 통해 마케팅 및 흥행 예측뿐만 아니라, 콘텐츠의 기획 및 제작을 위해 활용
- 일본 국토교통성은 차량 소유 정보, 차량 위치 및 속도 정보, 사고 및 정비 이력 정보를 활용하여 도로 통행 정보 수집, 자동차 사고 관리 등에 활용

- 구글은 검색엔진 이용자의 검색활동 정보를 수집하여 독감 관련 주제를 검색하는 빈도를 확인함으로써 시간·지역별 독감 유행정보를 제공한 사례가 있으며, 미국 LA 경찰은 범죄 관련 업무를 효과적으로 수행하기 위하여 범죄예측 서비스(predPol)를 개발
 - 수년간의 과거 범죄 데이터들을 분석하고 패턴을 파악함으로써, 범죄 발생률이 가장 높은 시간 및 지역 예측을 통한 범죄를 예방 대응책을 마련

■ 적용분야 및 기대효과

① 빅데이터 인프라 기술

- 빅데이터 고성능 컴퓨팅 인프라 산업의 발전으로 대용량 빅데이터를 고속, 실시간으로 처리를 할 수 있는 컴퓨팅 인프라를 통해 모든 융합서비스를 제공하는 기반 인프라로 활용가능함
- 클라우드 컴퓨팅 인프라 산업은 언제 어디서든 사용자의 상황에 맞는 서비스를 클라우드를 통해 제공함으로써 공공서비스뿐만 아니라 기업, 개인에게 스마트한 서비스를 제공하는 발판을 제공
- 또한 빅데이터 인프라는 보이지 않는 컴퓨팅 인프라를 언제 어디서든 사용자의 요구에 맞게 제공함으로써 인간 삶의 질을 향상시키는 스마트 사회를 견인할 것으로 기대

② 빅데이터 분석 기술

- 의료 빅데이터 분석으로 맞춤형 질병치료와 효율적인 환자 케어 수행가능하고, 공공 자료 빅데이터 활용을 통한 재난안전 사전 감지, 문화관광산업 활성화 및 교통 최적화, 지역상권 활성화에 기여
- 기업에서는 통신, 카드, 검색엔진사와의 공공데이터 연계를 통한 민간 산업 활성화 및 국가 경쟁력 강화
- 분석 관련 창업 지원 및 산학연 협동과정 등 데이터 중심의 분석 전문가 인력 양성 프로그램을 통한 일자리 창출에 기여

③ 빅데이터 SW 플랫폼 기술

- 빅데이터 실시간 분산 처리·분석 플랫폼 산업의 발전으로 실시간 빅데이터 분석 플랫폼을 통해 고객의 행동을 실시간으로 예측하고 대처방안을 마련하여 기업 경쟁력을 강화 및 생산성 향상과 비즈니스 혁신이 가능
- 타 분야의 산업, 기업 간 데이터 연계를 통하여 기업 생산성 극대화, 공공서비스 품질 향상 및 IT 융합산업 발전에 기여
- 빅데이터 실시간 처리 및 공유·융합·유통 관련 플랫폼 개발 전문 인력양성을 통해 국내 소프트웨어 산업의 내수 활성화, 정부의 빅데이터 시장 투자확대 및 국가 경쟁력을 제고

④ 빅데이터 융합 서비스 기술

- (보건 의료) 질병 예방·관리 및 맞춤형 의료 서비스 제공을 위한 보건의료 빅데이터 서비스를 제공할 수 있으며, 의료기관 내부조직간, 의료 기관간 데이터, 플랫폼, 서비스의 연계 및 통합이 가능
- (콘텐츠) 다양한 빅데이터의 융합적 분석을 통해 흥행 콘텐츠 개발을 위한 지능형 예측 서비스를 제공할 수 있고 소셜 빅데이터 분석을 통해 개인화 콘텐츠 마케팅을 위한 기반 정보 제공
- (공공기관) 범정부 차원의 데이터 연계 및 융합정보를 활용하여 국유재산 무단 점유현황 파악, 주민등록 위장 전출입 방지 및 지방세 관리 효율화, 범죄 예방 등 국가적 행정업무를 효율적으로 진행

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 빅데이터 인프라 기술	미국	70%	● 우리나라의 초고성능 컴퓨팅 기술은 주로 글로벌 기업의 HW 기반으로 시스템이 구축되고 있으며, 관련 SW 역시 대부분 국내 기술이 열악한 상태임(60%). 또한 언제 어디서든 사용자에게 서비스를 제공하는 클라우드 인프라 기술은 최근 기술 개발을 통해 국제적 수준에 근접하고 있으나(80%), 빅데이터 처리를 위한 인프라로 활용되고 있지 못함(70%) ● 국내에서는 클라우드 인프라의 구축이 급속히 진행되고 있어 다양한 솔루션이 등장하고 있음(80%). 그러나 아직까지 글로벌 클라우드 솔루션에 비해 많이 기술적으로 뒤지고 있어 주요 핵심 분야에서의 기술 연구가 지속적으로 진행되어야 함
2. 빅데이터 분석 기술	미국	50%	● 빅데이터 분석 기법 및 활용방법에 대한 이론적 이해도는 국제적 수준(90%)이지만, 현업분석 IT 시장에서의 SW활용도는 국내 자체 개발된 분석 SW보다는 외산에 의존하고 있음(30%). 구체적으로는 분석 SW로서 R과 같은 공개 SW와 외산 SW인 SAS, SPSS 와 이 씨마이너, 사이럼, 다음소프트, 골든플래닛, 코리아와이즈넷과 같은 국내 중소기업의 상용 SW가 있으나 대부분의 기업들은 활용성이 입증된 비싼 외산에 의존하고 있으며, 일부 국내 중소기업에서만 비용적인 측면에서 국산 SW를 사용하고 있음 ● 또한 아직까지 국내 기술은 공공데이터나 기업자체 보유 데이터, SNS 텍스트 분석하는 정도이고, 공공데이터와 기업 자료, SNS 자료를 연계하여 다양한 종류의 빅데이터 분석활용에 대한 기술은 없고(30%), 분석 인력도 매우 부족함(10%)
3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	미국, 영국	40%	● 우리나라 빅데이터 SW플랫폼 기술은 주로 저장기술에 집중되어 있으며, 상당수가 국외의 솔루션에 의존하고 있는 상황임(40%). 또한 데이터를 일괄적으로 처리 및 분석하는 기술은 국제적 수준에 근접해 있으나(70%), 빅데이터 실시간 처리를 위한 SW플랫폼 기술 수준은 아직 초기단계 수준(20%) ● 국내에서는 방대한 양의 공공데이터를 배포하고 있으나, 해당 데이터의 자유로운 재사용 및 재배포를 다소 제한하고 있음(30%). 또한 아직까지 국내에서는 개방된 공공데이터를 융합하여 양질의 데이터 생산과 유통을 위한 플랫폼 기술은 없으며, 이를 위한 표준화 기술 연구 또한 진행되고 있지 않음(20%)

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
4. 빅데이터 융합 서비스 기술	미국	50%	● 국내에서는 보건의료, 콘텐츠, 공공기관 등 다양한 분야에서 빅데이터의 활용을 통한 서비스들이 제공되고 있지만(70%), 국외에 비하여 제공 내용(50%) 및 활용(50%)이 부족한 실정임. 실제 대한상공회의소에서 국내 기업 500여개를 대상으로 빅데이터 활용 현황을 조사한 결과, 활용 기업은 7.5%에 불과하며, 활용내용도 대부분 마케팅(47.3%, 복수응답) 및 관리/운영(41.9%)에 초점이 맞추어져 있음 ● 또한 국내에서는 기존 빅데이터의 분석을 통한 서비스의 활용이 주를 이루지만, 국외에서는 기존 빅데이터의 분석을 기반으로 하여 미래에 발생 가능한 상황이나 사건을 예측하여 선제적인 의사결정을 지원하는 서비스로의 발전(40%)이 이루어지고 있음
평균	-	52.5%	

■ 시사점

① 빅데이터 인프라 기술

- 빅데이터를 통해 스마트 사회가 진행되고 있으며 이중 IT의 근간이 될 수 있는 인프라 기술의 기반기술에 대한 연구·개발이 시급
- ‘고성능 컴퓨터 계산 기술’이 국가 경쟁력의 주요 지표로 인식되고 있으며, 언제 어디서든 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 빅데이터 인프라가 미래사회의 중요한 사회간접자본으로 자리매김
- 그러나 빅데이터 인프라에 대한 핵심 원천기술은 해외 솔루션에 의존하고 있기 때문에 기술경쟁력 확보방안 마련 필요

② 빅데이터 분석 기술

- 국내 빅데이터 관련 기업들은 데이터를 관리하는 수준이며 분석 시장은 아직 까지 초기단계임. 또한 고도화된 빅데이터 분석기법을 활용하는 외국기업들의 분석SW에 대한 의존도가 높음
- 따라서 국제 경쟁력 강화를 위하여 중장기적으로 국내 분석시장 활성화를 위한 국산 분석 SW 개발 창업활동 대한 지원과 분석인력 양성이 필수적임

③ 빅데이터 SW 플랫폼 기술

- 실시간 빅데이터 처리 기술 및 빅데이터의 가치를 효과적으로 활용하기 위한 빅데이터 융합·공유기술에 대한 관심이 급증하고 있으나, 대다수의 국내 SW 플랫폼은 해외에 의존하고 있음
- 실시간 빅데이터 처리 및 분석이 가능하고, 다양한 빅데이터의 융합을 통해 정보 공유화가 가능한 빅데이터 소프트웨어 플랫폼 기술개발 노력이 필요

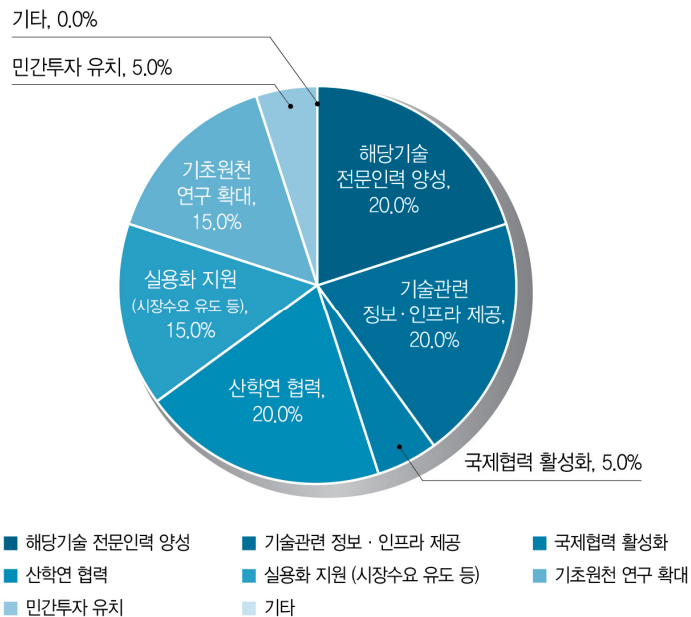
④ 빅데이터 융합 서비스 기술

- 데이터 공개수준이 높아지고 있는 동시에 이들 데이터를 통해 개인 식별을 가능케 하는 기술적 도구가 발달하면서 프라이버시 침해에 대한 우려가 커지고 있는 실정임. 따라서 데이터 암호화, 해킹 방지 등의 개인정보 보안 기술 개발 및 인식 개선을 통한 조치가 필요
- 현재까지의 국내 빅데이터 관련 서비스는 빅데이터 분석을 통한 관련 정보의 서비스 제공 정도에 머무르고 있으나, 향후 빅데이터의 새로운 가치 창출을 위해서는 다중 도메인 융합을 통한 빅데이터 분석 서비스, 개인화 지능형 예측 서비스 등 다양한 서비스의 발굴이 필요
- 국내의 경우 정부 데이터 수집을 위한 인프라는 구축이 완료되었으며, 공공 데이터 개방 포털사이트를 구축하는 등 적극적인 정책 전개를 실시 중이지만, 실질적인 효과를 창출을 위해서는 개방 데이터 품질 관리 및 홍보를 위한 별도의 정책수립이 필요

■ 최고기술 확보·추격방안

- 빅데이터 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, '전문인력 양성', '정보 인프라 구축' 및 '산학연 협력'이 중요하다는 응답이 각각 20%로 높은 비중을 차지하는 것으로 분석됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	4	20.0%
기술관련 정보·인프라 제공	4	20.0%
국제협력 활성화	1	5.0%
산학연 협력	4	20.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	3	15.0%
기초원천 연구확대	3	15.0%
민간투자유치	1	15.0%
기타	0	0.0%
합계	20	100.0%



2

차세대 반도체

■ 핵심 융합기술

- 차세대 반도체 분야에서의 핵심 융합기술로써 ‘나노 양자소자 기술’, ‘소자융합 및 집적기술’, ‘에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술’, ‘인지기반 지능형 반도체 기술’이 선정

■ 선정사유

① 나노 양자소자 기술

- 기존 CMOS 기반 반도체의 소형화가 물리적 한계에 봉착함에 따라, 양자현상을 이용한 신소자와 bottom-up 방식의 저차원 나노소자 제작이 필요

② 소자융합 및 집적기술

- 초고속, 고집적, 저전력을 위한 소자 융합기술 및 칩 내/외부 연결 기술이 필요

③ 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술

- IoT, 5G 이동통신, 웨어러블 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅 등에 필요한 초저전력 초고속 신호 및 데이터 처리 반도체 설계 기술개발이 중요

④ 인지기반 지능형 반도체 기술

- 학습 기반 인지기능 등 인간과 유사하게 판단, 행동 가능한 지능형 IT 제품 요구에 의해 인지기반 지능형 반도체 기술이 필요

■ 기술정의 및 범위

① 나노 양자소자 기술

- (정의) 저차원(1D/2D) 나노 채널 제작 및 양자 현상 제어기술
- (범위) 저차원 채널 소자, 양자현상을 이용한 소자, 유기 트랜지스터 등 신개념을 스위칭 소자 제작 및 제어 기술

② 소자융합 및 집적기술

- (정의) 테라(1조)급 소자 집적이 가능한 2D/3D 초고집적 기술 및 금속 기반 상호연결을 증가하는 광전융합 칩 내/외부 연결 기술
- (범위) 메모리/로직/RF/아날로그/MEMS 싱글 칩 집적 기술, 기존 소자/신소자 결합 차세대 융합 반도체 집적 기술 및 광전융합 인터커넥션 기술

③ 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술

- (정의) 테라(1조) bps(bits/sec) 급 신호/정보 처리 및 기존 대비 10배 이상의 에너지 효율을 갖는 반도체 기술
- (범위) IoT, 5G를 포함한 차세대 유무선 통신용 신호 정보처리 알고리즘 및 회로 기술, 에너지 하베스팅, 무선전력 전송을 포함하는 에너지 관리 기술 및 발열 관리 기술

④ 인지기반 지능형 반도체 기술

- (정의) 능동 인식 및 인간 지능/신경 회로 모방 등을 이용해 기존 폰 노이만 (Von Neumann) 컴퓨팅 구조를 증가하는 정보처리 반도체 설계 기술
- (범위) 대규모 병렬처리 연산 및 온칩 네트워크 기술, 인간 지능 모방 컴퓨팅 프로세서 설계 기술 및 능동 인식 센서 시스템 및 정보 전달 연결망 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 나노 양자소자 기술	1-1. 저차원 채널 설계 및 제작기술	▶ 나노선, 그래핀과 같은 저차원 소재의 제작과 특성제어 기술
	1-2. 양자현상을 이용한 정보처리 및 저장기술	▶ 나노사이즈에서 일어나는 저차원 효과나 스핀전달 등 양자 물리학적 현상을 이용한 메모리 및 로직소자
	1-3. 분자 및 유기 전자 소자 기술	▶ 분자 트랜지스터, 산화물 트랜지스터, 바이오 물질을 이용한 유기물 기반 전자소자
2. 소자융합 및 집적기술	2-1. 화합물반도체-실리콘 융합기술	▶ 비실리콘 소재(초고속 III-V족 등)를 실리콘에 성장 또는 접합하여 가격을 낮추거나 다기능 소자를 구현하기 위한 기술
	2-2. 고집적화를 위한 3D 소자기술	▶ Fin-FET이나 수직 구조 Flash 등 3D 소자구조를 통해 집적도를 높이는 기술 ▶ TSV (Through-Silicon-Via) 등을 이용한 3차원 칩 수직 적층 기술 ▶ 패키지 수준의 칩 집적 기술
	2-3. 나노 포토닉스 광전 융합 인터랙션 기술	▶ 나노 실리콘 포토닉스 공정 및 소자를 이용한 칩 간 또는 칩 내부간의 광전 융합 상호 연결 기술
3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	3-1. 특정 용도 신호 처리 가속기 기술	▶ 에너지 고효율성과 유연성을 고려한 어플리케이션 가속 HW/SW 설계 기술
	3-2. 극저전력 커넥티비티 SoC 기술	▶ IoT 등 에너지 효율을 극대화가 필요한 무선 연결 통신용 SoC 설계 기술
	3-3. 시스템 수준의 에너지/열 관리 기술	▶ 에너지 하베스팅, 무선 전력 전송을 포함한 시스템 수준의 에너지 및 열 관리 기술
4. 인지기반 지능형 반도체 기술	4-1. 컴퓨팅 코어 어레이 및 온칩네트워킹 기술	▶ 대규모 이종 멀티 코어 (CPU, GPU, DSP, ASIC 등) 어레이 아키텍처 ▶ 메모리 계층 구조 및 메모리-프로세서 아키텍처 ▶ 네트워크-온-칩 기술
	4-2. 멀티쓰레드 기반 신경망 회로 기술	▶ 멀티쓰레딩 매니 코어 구현 및 코어간 효율적인 데이터 송수신을 위한 신경망 기반 회로 기술
	4-3. 인공지능 반도체 기술	▶ 인지 및 판단 기능을 갖춘 컴퓨팅 코어 병렬 처리 HW/SW 기술 및 eco-system ▶ 스케일러블한 초저전력 비동기 컴퓨팅 회로 기술

■ 기술동향

① 나노 양자소자 기술

국내 기술동향

- 기존 실리콘 공정의 소형화 이슈는 나노선, 그래핀을 통해 해결하려고 하며 삼성 및 주요 대학에서 상용화를 위한 2차원 대면적 제작방법 연구 중
 - 스핀토크 등 양자현상을 이용한 메모리는 삼성, SK하이닉스, KIST 등에서 연구 중이며 상용화 직전에 있으나 양자현상을 이용한 로직소자는 초기단계임
 - 유기전자소자는 대학 등을 중심으로 소규모 연구로 진행됨

국외 기술동향

- 미국과 EU를 중심으로 그래핀을 이용한 전자소자, 투명전극 및 성장방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며(맨체스터대, 콜럼비아대, IBM), 새로운 2차원 소재도 개발 중
- 전자의 양자적 특성인 전하와 스핀을 이용한 전자소자가 미국의 IBM, 일본의 동북대와 도시바 프랑스의 Spintec을 중심으로 연구 중이며 메모리 분야의 상용화 추진
- DNA나 분자를 이용한 트랜지스터 개발(스탠포드대, IBM, HP)과 이를 이용한 기존 무기소자와의 결합기술 등에 대한 연구가 진행

② 소자융합 및 집적기술

국내 기술동향

- 주요 반도체 대기업과 대학이 공동으로 차세대 반도체 에피 성장을 위한 요소 기술 개발을 추진하고 있으며, 기존 반도체의 소형화를 위한 다중게이트, 3차원 수직구조 등에 관한 연구는 대형 반도체 회사를 중심으로 실제 공정에 적용 중

- 칩 간 또는 칩 내(Off-chip/On-chip) 광 인터커넥트 분야는 미래부에서 전략 기술로 지정되어 있으나 아직까지는 초기 연구단계임

국외 기술동향

- 인텔에서 2020년 예정으로 실리콘기반 화합물 반도체소자 상용화를 목표로 연구 중에서 있으며, 누설전류 제어를 위한 Fully depleted SOI 공정 등이 ST 마이크로, IBM, Soitec에서 진행 중
- 인텔, IBM, HP 등은 칩 내에서의 3차원 광네트워크에 대한 연구가 활발히 추진 중

③ 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술

국내 기술동향

- 사물인터넷 기술이 차세대 IT 성장동력으로 인식되고 있으며 이를 위해 수많은 사물 단말에 대한 대용량 신호처리 기술개발 필요성 대두
- 국내에서는 2020년 5G 이동통신이 실용화될 예정이며 기존 대비 단말의 수, 전송 속도, 접속 지연 등의 면에서 획기적인 개선이 기대되고 있으나 이를 위한 반도체 기술개발은 미미한 수준

국외 기술동향

- 구글은 사물인터넷 기술을 선점하기 위해 ‘네스트랩’을 인수하였으며 이를 태내 사물인터넷을 위한 홈 기지국으로 사용할 예정
- 사물인터넷 확산 후 넓은 지역에서 많은 사물단말의 접속을 지원하기 위해 3GPP/IEEE 표준화 단체에서는 관련 통신 규격 표준화를 진행 중
- NTV(Near-threshold voltage) 회로 설계 기술 등을 이용한 극저전압 회로 설계 기술이 인텔, TI 및 미국 대학을 중심으로 이루어지고 있음

④ 인지기반 지능형 반도체 기술

국내 기술동향

- ADChips, KAIST 등은 중저가 MCU 시장을 위한 코어 기술개발을 추진 중
- ETRI는 최근 1GHz급 CPU 코어 및 SDK(SW Development Kit) 개발을 완료하고 산업계 확산 추진

국외 기술동향

- 지능형 인지 및 판단을 위한 프로세서로써 미국, EU의 학계를 중심으로 매니코어 연구가 진행 중이나 개념 정립기에 있음
 - 미국 인텔사는 고성능 프로세서 시장을 사실상 독점하고 있으나 1.2GHz에서 1W급의 전력소모량을 보이고 있어 TDP(Thermal Design Power) 유지는 가능하나, 32개 이상의 매니코어 확장은 불가
 - ARM은 ARMv8 아키텍처에서는 64-bit 데이터 구조를 구현하여 서버시장을 목표로 하고 있으므로 서버시장에서의 전력효율성은 우수할 것으로 예상되나 Intel과의 시장 경쟁에서 우위를 점하기는 역부족
 - IBM은 최근 센싱과 패턴 인식에 적합한 Neurosynaptic 칩의 개발을 발표하였는데, 동 칩은 54억개의 트랜지스터, 4,096개의 신경망 코어간의 온칩네트워크를 집적하면서도 소비전력은 70mW에 불과

■ 적용분야 및 기대효과

① 나노 양자소자 기술

- 나노선과 그래핀은 10nm급 이하 전자소자를 위한 기존 전자소재의 대체 소재로 이용가능하고 양자현상을 이용한 전자소자는 메모리와 로직분야에 사용가능
- 분자나 DNA를 이용하여 트랜지스터에 활용하면 자기배열 등을 이용하여 저장소자에도 응용가능

② 소자융합 및 집적기술

- 화합물 반도체 소자와 실리콘 기반기술과의 결합은 비용절약과 성능향상 측면에서 영향력이 클 것으로 예상되며, 광 인터커넥트 기술은 저전력, 다기능 소자분야에 응용가능
- 다중게이트 로직, 수직 메모리 소자는 현재 상용화 수준에 도달하여 저전력, 고집적, 고성능화에 기여하고 있으며 향후 CMOS기반 반도체 산업 성장에 중요한 역할을 담당할 것으로 예상
- TSV 또는 패키지를 이용한 3차원 수직 적층 기술은 소자 미세화 기술 한계를 극복할 수 있는 비용 효율적 집적기술로 매우 유망

③ 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술

- 에너지 고효율 신호처리 반도체 개발은 ICT시스템 산업의 경쟁력의 핵심요소로 IoT, 웨어러블 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅 등 ICT 융합 신산업 자생력 및 수익성 확보에 크게 기여
- 사물인터넷과 기가급 개인 모바일통신을 위한 반도체 기술을 통해 다수의 개체에서 발생하는 대용량 신호를 효율적으로 처리가 가능해져 사물 인터넷을 비롯한 통신 분야에 기여가 가능
- 에너지 하베스팅, 무선 전력 전송, 에너지/발열 관리 기술은 현재 모바일 기기 뿐 아니라 인프라 시스템에도 적용될 수 있으며, 글로벌 친환경 규제에 대응하고 시스템의 저가격, 소형화를 증진시킬 수 있음

④ 인지기반 지능형 반도체 기술

- 인지기반 지능형 반도체 기술은 국내 SW-부품 융합산업의 기술 경쟁력 강화 및 신산업 창조, 산업혁신을 위한 핵심 기술
- 동 기술개발을 통해 자율주행 자동차, 인간형 로봇, 빅데이터 등의 과학기술 및 의료 분야의 인지·판단형 지능형 컴퓨팅 산업에서의 기술 주도권 확립
- 미래형 컴퓨팅 기술인 저전력 매니코어 컴퓨팅 기술의 우위를 선점하여 산업 주도 및 신산업 혁신을 통한 사회발전 도모

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술포유국	기술수준조사	평가근거
1. 나노 양자소자 기술	미국, 일본	90%	▶ 차세대 메모리소자 관련기술과 그래핀 소재 기술은 선진국과 유사한 수준이나 양자 및 분자 소자 설계나 신소재개발 분야는 2-3년 간의 격차 존재
2. 소자융합 및 집적기술	미국	85%	▶ 고집적 공정 관련기술은 세계적 수준이나 광인터커넥트나 실리콘과 화합물 반도체 융합기술은 초보 단계임
3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	미국	80%	▶ 상용화 수준에서 최고기술포유국인 미국과 상당한 격차가 있음
4. 인지기반 지능형 반도체 기술	미국, EU	80%	▶ 미국(Intel, IBM MIT), EU(BSC 등)과 비교하였을 때 CPU코어 및 저전력 기술 보유, 신기술 및 산업화 능력 부족
평균	-	83.8%	

■ 시사점

① 나노 양자소자 기술

- 10nm이하에서 현재 CMOS 소자가 물리적 한계에 접근할 것으로 보이며 전자의 양자현상을 이용한 다기능소자의 상용화와 유/무기 하이브리드 소자의 출현 가능성도 예상됨

② 소자융합 및 집적기술

- 평면적인 직접화의 한계로 3차원적인 공정이 이미 연구되고 적용 중이며, 융합 소자를 위해 실리콘 위에 화합물 반도체성장기술, 칩 간/ 칩 내에서의 고속/저전력 인터페이스기술의 중요성이 높아짐

③ 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술

- 에너지 고효율 대용량 신호처리 반도체 기술개발을 통해 ICT 산업 생태계의 근간이 되는 부품산업을 육성하고, 차세대 유망 ICT 융복합 산업의 수익성 향상을 도모할 수 있음

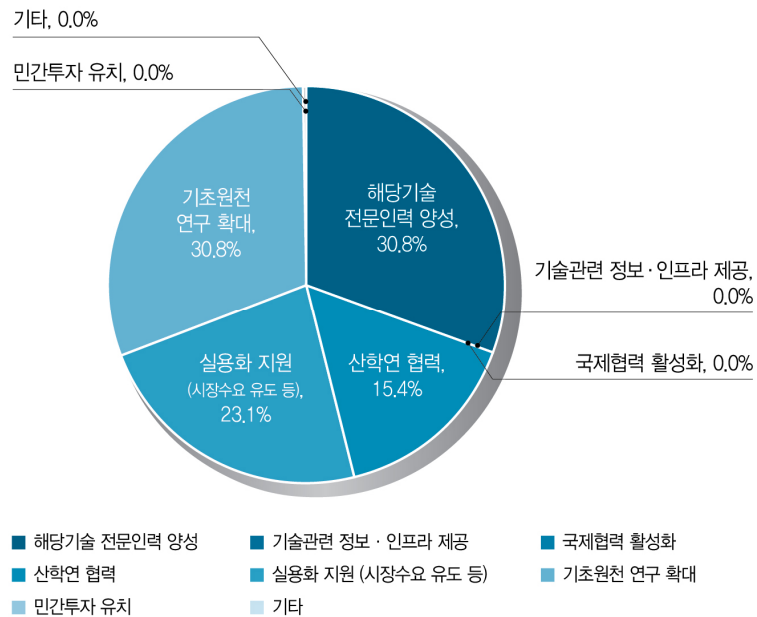
④ 인지기반 지능형 반도체 기술

- 지능형 반도체를 개발을 위해서는 매니코어 CPU, OS, SW환경 기술 및 TDP (Thermal Design Power) 실현을 위한 저전력, 고성능의 컴퓨팅이 핵심기술이라 할 수 있음
 - 매니코어를 위한 독창적, 혁신적인 초저전력 CPU 설계 및 OS 기술 개발 및 신경망 회로 및 코어 어레이 기술의 신기술 개발 노력 필요

■ 최고기술 확보·추격방안

- 차세대 반도체 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력 양성’ 및 ‘기초원천 연구확대’가 중요하다는 응답이 각각 30.8%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 분석됨
 - 신시장 유도 등을 통한 실용화 지원의 필요성도 23.1% 비중으로 높게 나타남

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	4	30.8%
기술관련 정보·인프라 제공	0	0.0%
국제협력 활성화	0	0.0%
산학연 협력	2	15.4%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	3	23.1%
기초원천 연구확대	4	30.8%
민간투자유치	0	0.0%
기타	0	0.0%
합계	13	100.0%



3

융합형 콘텐츠

■ 핵심 융합기술

- 융합형 콘텐츠 분야에서의 핵심 융합기술로써 ‘VR 기반 초실감 콘텐츠 기술’, ‘홀로그래픽 콘텐츠 기술’, ‘실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술’이 선정

■ 선정사유

① VR 기반 초실감 콘텐츠 기술

- 극실사 3D 영상은 물론, 후각·촉각·미각을 지원하는 초실감 콘텐츠 기술로써, 사용자의 감각을 자극하여 더욱 실감적인 다감각 체험형 콘텐츠 기술을 통해 교육, 의료, 방송, 관광 등 다양한 융합형 콘텐츠 서비스 시장 창출을 견인

② 홀로그래픽 콘텐츠 기술

- 실감 콘텐츠 구현을 위한 핵심 기술이며 차세대 3D 디지털 콘텐츠 시장의 동인임. 주요 기술 선진국들이 전략적 기술개발을 추진 중인 고난이도의 차세대 원천 기술로 중요

③ 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술

- 융합 콘텐츠 구현에 있어서 실시간 가상 및 증강 현실형 개인화 휴대 단말 기술은 사용자에게 실감적이고 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 제공을 위한 핵심 기술이며, 차세대 개인화 휴대 단말 수요 증대가 예상

■ 기술정의 및 범위

① VR 기반 초실감 콘텐츠 기술

- (정의) 극사실적인 3D 콘텐츠와 현장감 있는 다감각 재현을 통해 가상과 현실을 구별할 수 없는 수준의 경험을 제공하는 콘텐츠 구현 기술

- (범위) 극사실적인 3D 콘텐츠 생성 및 렌더링, 다감각(후각, 미각, 촉각 등)의 사실적인 렌더링, 자연스러운 체험을 위한 인터랙션 기술

② 홀로그래픽 콘텐츠 기술

- (정의) 프린지패턴을 기록 및 재현하는 디지털 홀로그래픽 기술을 이용하여 실감 3D 콘텐츠를 구현하는 기술
- (범위) 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 생성, 복원, 제작 기술 및 사용자 인터랙션 및 사용자 관점의 최적화 기술

③ 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술

- (정의) 실시간 가상·증강현실을 위한 대용량 감성 데이터 수집/처리/가시화 기술로서 사용자에게 실감적인 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 구현 기술
- (범위) 생체 및 환경 센서를 통한 데이터 수집 기술, 고품질 스트리밍 연결 기술 및 대용량 감성 데이터 처리 및 실감적 표현 정보 서비스 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	1-1. 극사실적인 3D 콘텐츠 모델링 및 렌더링 기술	▶ 극사실적인 가상 휴먼 모델링/렌더링 기술 ▶ 고속/고정밀/고밀도 마커리스 동체 추적 기술 ▶ 극사실적인 임의 시점 확장형 콘텐츠 제작 기술
	1-2. 객체간의 자연스러운 상호작용 기술(Organic UI)	▶ 소비자 감성 인식 기반 Natural UI 기술 ▶ Device-free UX/UI 가상화 기술
	1-3. 실감 극대화를 위한 후각/미각/촉각 렌더링 기술	▶ 다양한 촉감/미각/후각 표현을 위한 모델링/렌더링 기술 ▶ 다감각(시각/청각/미각/후각/촉감) 연동 저작 기술
2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	2-1. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 제작 기술	▶ 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 생성 및 복원 엔진 기술 ▶ 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 합성 및 편집 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
3. 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술		▶ 디지털 홀로그래픽 매니지먼트 프로세스 구축 및 시뮬레이션 기술
	2-2. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 상호작용 기술	▶ 디지털 홀로그래픽 공간 정보 인식 기술 ▶ 디지털 홀로그래픽 공간 정보 정합 기술
	2-3. 디지털 홀로그래피 사용자 최적화기술	▶ 정성 분석 기반 주관적 화질 평가 기술 ▶ 수학적 모델 기반 화질 분석 및 평가 기술
	3-1. 생체 및 환경 센서, 3D 영상 처리 기술	▶ 생물학적 요소를 색, 형광, 전기적 신호 등의 유용한 신호로 변환시켜주는 생체 센서 기술 ▶ 정보 및 에너지를 물리적, 화학적, 생물학적 수단을 통해 검출하는 환경 센서 기술 ▶ 3D 영상기술 기반 디지털 영상이 현실 속으로 표현되고, 전달되어 상호작용을 제공하는 기술
	3-2. 근거리/고품질 스트리밍 연결 기술	▶ 개인화 휴대단말 수요의 증가에 따른 근거리 영상 및 음성신호 센싱 및 처리기술 ▶ 음성/영상 정보를 기존 멀티미디어 서비스보다 더욱 고품질로 연결하는 기술 ▶ 실시간 가상·증강현실을 위한 대용량 감성 데이터 처리 기술
	3-3. 감성 처리 및 가시화 기술	▶ 다양한 기관으로부터의 데이터를 통해 인간의 감성을 사실적으로 획득하여 분석, 처리하여 사용자에게 실감적인 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 기술

■ 기술동향

① VR 기반 초실감 콘텐츠 기술

국내 기술동향

- 국내에서는 '03년 이후 최근까지 3D 시장의 확대로 3D 영상 및 특수오감 효과 획득 기술개발이 활발
- 실감 영상 콘텐츠 기술과 관련하여 기술 선도국인 일본, 미국과는 기술적 격차를 보이긴 하지만 그 차이가 크지는 않음

국외 기술동향

- 완전 몰입형 오감체험 기술을 실현하기 위한 기술개발이 활발히 진행
- 구글은 Project Glass를 시연하고, '13년 시험서비스를 추진하여 실감공간을 위한 디스플레이 기술의 실현 가능성을 검증
- Oculus VR는 완전 몰입형 HMD(Head-Mounted Display)인 Oculus Rift의 개발자 버전을 '13년에 출시하여 완전 몰입형 콘텐츠 분야의 기술적 전환점을 마련 중
- MIT 미디어랩은 360Hz로 작동하는 3개의 LCD패널을 겹친 뒤 각각 패널을 독립적으로 작동시켜 입체영상을 구현하여 다양한 시점에서 3D 영상을 구현할 수 있고, 화면이 어두워지는 단점을 개선하는 신기술을 소개
- 프랑스 테마파크 Futuroscope에서는 편광안경에 의한 입체영상과 이에 맞추어 움직이는 유압식 전동 의자로 이루어진 다이나믹 영화로 관객들에게 4D 테마파크 콘텐츠를 제공
- 캐나다의 SimEX-lwerks, 이스라엘의 Simnoa는 움직임, 바람, 진동, 물뿌리기, 냄새 등의 추가효과를 체험할 수 있는 극장형 좌석을 개발하여 각국의 4D 영화관에 공급
- 시·청각 등 개별 감각 중심으로 연구가 진행되어 왔으나, 최근 미국, 일본, 유럽 선진국 등에서 인지, ICT, 생리학, 감성과학 등 다양한 기술, 학문 분야 간 통합·융합화가 진행되는 양상

② 홀로그래픽 콘텐츠 기술

국내 기술동향

- 국내의 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 처리 기술수준은 세계 최고 대비 40% 수준이며, 독일과의 기술격차는 5.0년임
 - 그러나 최근 기술개발이 집중적으로 이루어지고 정부 지원의지도 강력하여 빠른 시간 내에 기술격차를 좁혀나갈 수 있을 것으로 예상

국외 기술동향

- 홀로그래피 기술 등 차세대 영상 콘텐츠 기술은 미국, 유럽, 일본을 중심으로 이론 및 실험 측면에서 상당한 발전 중
- 독일 SeeReal는 '07년 세계 최초로 20인치 홀로그래픽 프로토타입 디스플레이 장치인 'VISIO20'을 개발하였고 영국 QinetiQ는 고해상도 홀로그램 입체영상을 재생할 수 있는 디스플레이 시스템을 개발
- 스위스 Lyncee Tec.는 세포에 대한 디지털 홀로그램으로부터 3차원 정보 추출 및 컴퓨터 그래픽 모델을 만들 수 있는 홀로그래픽 현미경을 개발
- 미국 Zebra Imaging, 유럽 Geola 등은 이미 홀로그래픽 프린터를 개발하였으며, 제작된 홀로그래픽 콘텐츠는 건축, 군사, 교육을 비롯한 다양한 전시 및 문화, 예술 등에 활용
 - 미국의 Zebra Imaging은 펄스레이저 기술과 roll-fed 필름을 이용하여 A1 사이즈의 컬러 홀로그램을 3시간 내에 프린트할 수 있는 'holographic imager' 제품을 상용화하여 판매 중
- 미국 MIT, 일본 NHK·ART, 독일의 HHI 등을 중심으로 기술개발이 진행되고 있으며, 독일 SeeReal에서는 20인치급 Sub-홀로그램 디스플레이 시연을 통하여 실용화 가능성 제시
- 디지털 홀로그래피 CGH 기술의 경우, 상용화 수준의 전자식 홀로그래픽 (Electro-Holography)디스플레이의 실현은 아직 요원한 현실

③ 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술

국내 기술동향

- 국내 감성 UX·UI 기술수준은 세계 최고 대비 82.2% 수준이며, 미국과의 기술 격차는 1.8년을 보임
- 휴대단말기 하드웨어는 핸드폰 기술을 중심으로 세계 최고 수준을 유지하고

있으며, 이를 바탕으로 생체신호 측정 등 다양한 센서를 활용하는 방향으로 기술개발 추진

- 다만 휴대단말기 기술이 일부 대기업의 하드웨어 기술에 의존하는 측면이 있어 이를 활용하는 광범위한 실감 콘텐츠 생태계로 확대 노력 필요

국외 기술동향

- 콘텐츠-사용자 간 감성적 체험을 극대화하는 UI·UX 기술의 부상
- 미국의 마이크로소프트가 'Xbox Kinect' 개발에 따른 휴먼 모션 인식 기술의 성공을 시작으로 정확한 손가락 모션 인식 기술을 위한 립 모션사의 '립모션 센서'와 같은 상용화 진행
- 미국의 카네기 멜론 대학에서는 가까운 거리의 깊이 정보 획득이 가능한 Depth Camera와 웨어러블 시스템을 접목하여 손가락의 움직임으로 실공간의 모든 표면에 나타난 가상 객체와 상호작용이 가능한 Omnitouch 기술을 개발
- Minority report에 기술 자문을 했던 미국 소재 회사 oblong은 영화에서와 같이 장갑을 착용하고 대형 스크린 앞에서 제스처를 통해 대규모 데이터를 직관적으로 조작할 수 있는 제스처 검출 UI 개발
- Affectiva는 손목밴드를 통해 피부온도, 3축 모션 정보를 수집하여 감성 상태를 수집하는 Q-Sensor와 사용자의 얼굴 표정을 인식하는 Affdex 제품을 통해 감성측정기 시장을 선도

■ 적용분야 및 기대효과

① VR 기반 초실감 콘텐츠 기술

- 극사실적 영상 기술과 다감각과 결합된 콘텐츠 기술은 게임, 영화, 애니메이션, 가상현실, 전시, 공연 등 영상 기반 콘텐츠 전반에 걸쳐 보다 널리 적용될 것으로 기대
- 실감 영상 콘텐츠 기술은 의료, 교육, 국방, 자동차 등 IT와 타 산업 사이의 융합 분야에 핵심적인 기술로 활용가능할 것으로 예상

- 시각 정보뿐만 아니라 청각, 촉각, 후각, 미각 등과 함께 공감각적 콘텐츠로서 보다 실감적인 콘텐츠를 제공하여, 미래 콘텐츠 산업의 핵심 역할을 할 것으로 기대

② 홀로그래픽 콘텐츠 기술

- 현재 유사 홀로그래피는 상당한 부분 상품화가 진행되어 전시, 공연 분야를 중심으로 널리 활용
- 연구개발 중에 있는 상대적으로 작은 크기의 홀로그램은 예술 전시, 상품 전시 등의 분야를 중심으로 본격적인 실용화가 진행될 것으로 예상
- 디지털 홀로그래피는 3차원 형상을 가상으로 완벽하게 재생할 수 있는 기술로서 앞으로 가상현실과 관련된 전 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대

③ 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술

- 개인휴대 단말기는 핸드폰, 태블릿을 기반으로 글래스, 시계, 신발, 옷 등의 웨어러블 기기까지 영역이 확장되고 있음
- 동 분야의 콘텐츠 기술은 고속화된 네트워크를 통한 소통 및 공유, 다양한 센서 데이터의 수집 및 활용, 개인 데이터 분석을 통한 맞춤형 콘텐츠 제공 등의 방향으로 발전하고 있어서 개인 사용자를 위한 광범위한 콘텐츠 생태계에서 활용될 것임
 - 구체적으로는 SNS, 게임, 스포츠, 건강 등을 포함한 개인 생활 전반에서 그 역할이 확대될 것으로 전망

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	미국, 독일	60%	▶ 실감 영상 콘텐츠의 가시화, 정합 기술은 보유하고 있으나, 실감 체험 극대화를 위한 극사실 휴먼 모델링 및 다감각 체험 기술은 아직 연구 초기 단계임을 고려함. 향후 영화, 의료, 방송, 관광 등 다양한 분야의 융합형 콘텐츠로의 적용을 위해서는 원천기술의 확보가 필요한 상황임
2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	미국, 일본, 독일	50%	▶ 핵심 성능 지표인 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 처리속도 및 지원해상도에 있어 선진국 대비 50% 수준임
3. 실시간 가상·증강 현실형 개인화 휴대 단말기술	미국, 일본, 독일	70%	▶ 핵심 성능지표인 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술은 감성센서/신호처리/가시화 기술 수준에 있어서 선진국 대비 70% 수준임
평균	—	60.0%	

■ 시사점

① VR 기반 초실감 콘텐츠 기술

- 세계 디지털 콘텐츠 시장 규모는 '12년 1.6조 달러에서 '16년 2.1조 달러로 크게 확대되고 있으며 점차 실감성을 극대화한 고품질의 체험형 콘텐츠로 진화 중이나 국내 시장은 이에 대한 대비가 미흡
- 국제적 수준의 3D 콘텐츠 제작 기술을 보유하고 있으나, 오감 기반의 실감 콘텐츠 원천기술은 부족한 상황
 - 시청각 중심 콘텐츠 기술에서 오감 기술이 결합된 완전 몰입형, 체험형 및 Tele-presence형 등 다양한 형태의 콘텐츠 원천기술 개발 필요
- 기술적 우위를 점하고 있는 3D 콘텐츠 제작 기술을 활용하여 세계 시장에서의 실감 콘텐츠 점유율을 제고하고 국제 기술공조를 통해 기술력 향상 및 시장 진입장벽 제거 필요

- 시공간의 제약을 벗어나 가상과 현실이 융합된 콘텐츠 서비스가 생활전반에서 활용되고, 사용자가 가상현실 공간에서 실재하는 느낌을 제시하는 서비스가 확대될 것으로 전망
- 다만 실감 콘텐츠의 과도한 사용으로 개인의 일상생활에 지장이 생기는 중독적 형태를 사회적으로 예방할 수 있도록 제도적으로 장치 마련 필요
- 콘텐츠 소비에 관련한 개인정보를 기반으로 맞춤형 광고 및 서비스가 이루어 질 것으로 예상되나, 사용자 정보가 기업의 자산으로 인식되고 기업이 향후 빅브라더가 될 가능성이 높으므로 이에 대한 법, 제도적 보완책도 마련 필요

② 홀로그래픽 콘텐츠 기술

- 3D 디스플레이를 비롯한 컴퓨터 그래픽 분야와 음향 분야는 세계적인 수준이지만, 홀로그램을 비롯한 오감과 복합감각 분야는 미국 및 일본 등에 비해 개발 초기 상태
- 홀로그램 분야는 기술격차가 있지만, 기술 선진국의 수준도 아직 성숙기에 이르기에는 먼 측면이 있어 집중적인 기술개발을 통해 홀로그램을 국내 대표적인 영상 콘텐츠로 만들 수 있을 가능성이 큼

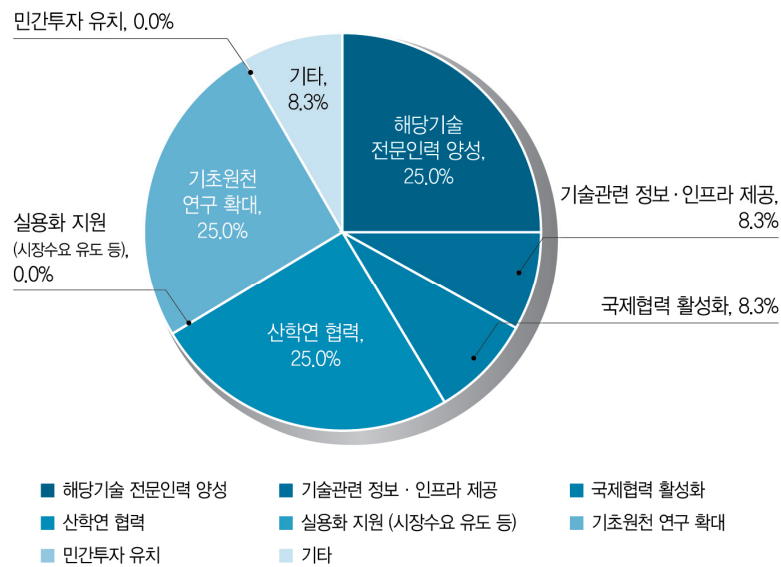
③ 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술

- 스마트 기기의 다양성은 세계적으로 모바일 미디어 확산의 기폭제가 되었으며, 향후에도 스마트폰 확산과 애플리케이션 증대로 모바일 미디어의 위상이 증대될 것으로 예상
- 단기간에 수익 창출이 가능한 모바일 콘텐츠 기술개발에 대한 중점 투자 필요
- 사람의 생각과 감정을 읽어 게임 속 액션 동작으로 연결시켜 주거나, 생각과 감정에 대응하는 콘텐츠를 연동하는 기술 등으로 개발될 것으로 전망
- 소셜 네트워크 및 네트워크 기반의 콘텐츠를 통해 상호 감성의 공감을 이룰 수 있는 콘텐츠 등이 개발될 것으로 예상

■ 최고기술 확보·추격방안

- 융합형 콘텐츠 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력 양성’, ‘산학연 협력’ 및 ‘기초원천 연구 확대’가 중요하다는 응답이 각각 25.0%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 분석됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	3	25.0%
기술관련 정보·인프라 제공	1	8.3%
국제협력 활성화	1	8.3%
산학연 협력	3	25.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	0	0.0%
기초원천 연구확대	3	25.0%
민간투자유치	0	0.0%
기타	1	8.3%
합계	12	100.0%



4 스마트 자동차

■ 핵심 융합기술

- 스마트 자동차 분야에서의 핵심 융합기술로써 ‘환경센서 기술’, ‘차량용 통신보안 기술’, ‘차세대 HVI 기술’, ‘운전지원 서비스 기술’, ‘커넥티드 서비스 기술’, ‘자율주행 기술’이 선정

■ 선정사유

① 환경센서 기술

- 주변상황을 감지하는 각종 차량용 센서(레이다, 영상, 레이더, 초음파, 적외선 등)를 이용하여 위험 상황으로부터 운전자 및 차량을 보호하고, 교통사고 및 피해를 경감하기 위한 핵심 분야

② 차량용 통신보안 기술

- 차량 간 교통안전 또는 차량 내부 제어 정보를 보내는 통신기술 및 인증된 사용자가 보낸 정보의 신뢰성을 보장하는 기술로서 미래 교통안전 및 자동차 내 소프트웨어 안전 전반에 영향을 끼침

③ 차세대 HVI 기술

- 실도로 운행시 운전자와 차량 내 기기와의 소통, 운전자의 상태, 동작 및 기기 조작 의도를 예측하고 차량환경과 시스템의 최적설계 관점에서 중요한 분야

④ 운전지원 서비스 기술

- 환경센서 또는 V2X 통신 등을 통해 자동차 주변상황을 인식하여 운전자에게 위험을 경고하거나 자동차 스스로 제어가 가능한 시스템으로 최근 자동차 부품 업체의 글로벌 경쟁력 강화에 중요

⑤ 커넥티드 서비스 기술

- 차량의 편의성, 모바일 오피스, 인포테인먼트 구현을 위한 기술로서 이동통신, 차량통신, 차량용 스마트 단말 등 산업간 협력을 이끄는 융복합 기술의 핵심 분야

⑥ 자율주행 기술

- 정해진 구간에서 운전자의 조작없이 자동차 스스로 목적지까지 주행할 수 있는 기술로 교통사고의 획기적인 절감과 운전자의 운전부담 저감이 가능한 복지 교통사회 실현에 필요한 미래 성장동력으로 중요

■ 기술정의 및 범위

① 환경센서 기술

- (정의) 전방차량이나 보행자 등을 감지해 내고 감지된 물체로부터의 거리, 상대 속도, 각도, 물체의 종류 등 관련 정보를 추출해 내는 기술
- (범위) 일정 주파수대를 이용하여 물체를 감지하는 레이더와 라이다, 물체로부터의 가시광선과 적외선을 감지하는 영상센서, 초음파를 이용한 초음파 센서를 포함

② 차량용 통신보안 기술

- (정의) 차량 내외부 통신을 가능하게 하는 통신 기술 및 이를 통하여 전송되는 메시지에 대한 인증 및 데이터 무결성, 기밀성, 프라이버시 보호, 부인 봉쇄, 가용을 보장하는 기술
- (범위) 차량내부 통신기술, 차량과 차량 및 인프라와 통신을 위한 기술, 차량 통신망을 통하여 전송되는 데이터 보안 기술

③ 차세대 HMI 기술

- (정의) 운전자가 보다 효율적인 방법으로 자동차와 효율적으로 소통(interaction)할 수 있도록 지원하는 시스템으로 스위치, 음성 등의 input과 logic 및 output으로 구성

- (범위) HMI 기술로는 운전자에게 주행정보를 알려주거나 도움을 주는 운전지원 서비스와 차내정보시스템(IVIS)을 포함

④ 운전지원 서비스 기술

- (정의) 환경센서(영상, 레이다, 라이다 등)를 이용하여 차량주변의 접근차량 및 보행자를 인식하고 주행속도에 따른 충돌위험도가 낮은 경우에는 경보장치로 운전자에게 알리고, 충돌위험도가 높은 경우에는 브레이크를 감속하여 충돌 사고를 방지하여 사고를 방지할 수 있으며, 긴급제동제어를 하고 충돌이 불가피하다고 판단되는 경우에는 제동과 조향을 통합적으로 제어하여 충돌 사고를 회피하는 기술
- (범위) 교통사고 발생 전후의 차량 안전성과 2차 피해 경감을 최대화하기 위하여 수동장치(에어백, 안전벨트, 액티브헤드레스트 등)와 능동새시장치(제동, 조향, 현가)를 통합·제어하는 기술, 다양한 날씨조건에 적응하여 최적으로 차량의 안정성을 확보하기 위하여 새시를 능동적으로 제어할 수 있는 기술, 사고위험 물과의 충돌을 회피하기 위하여 장애물을 식별하고 차량의 종횡방향을 통합적으로 제어하는 기술

⑤ 커넥티드 서비스 기술

- (정의) 차량통신 및 이동통신망을 통한 클라우드 모빌리티 기술을 통한 차량 내 인포테인먼트 서비스 및 안전 지향 서비스를 제공하는 기술
- (범위) 차량 운행의 편의를 위한 지능형 교통 시스템, 클라우드 기반 인카 서비스, 차량 운행 정보의 가공을 위한 빅데이터 기술, 스마트폰 차량 연계 서비스 기술을 포함

⑥ 자율주행 기술

- (정의) 차량 스스로 주변 환경을 인식하고 위험을 판단, 주행경로를 계획하여 운전자 주행조작을 최소화하며 스스로 안전주행이 가능한 자동운전 기술
- (범위) 기존의 차간거리제어, 차선유지지원 등과 같은 운전지원 기술에 내비게이션의 디지털 맵 정보를 추가하여 기존의 성능을 향상 시키거나 특정한 도로

구간에서 부분적으로 자율주행을 보조하는 기술, 주차지역 내의 장애물과 주차 가능공간을 인식하고 주차를 자동으로 수행하여 운전자의 주차조작을 보조하는 기술, 환경센서를 바탕으로 하는 운전지원서비스에 차량 간과 차량-인프라 통신정보를 통합하는 시스템으로 주행안전성과 편의성 극대화 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 환경센서 기술	1-1. 레이더	● 전파(주파수: 24GHz, 77~79GHz)를 이용하여 다양한 주행환경 상에서 물체를 감지하여 종방향 속성정보(종방향 상대거리, 상대속도 등)를 추출하는 기술
	1-2. 라이다	● 빛이나 레이저(250nm~10μm)를 이용하여 다양한 주행환경 상에서 물체를 감지하여 종방향 속성정보(종방향 상대거리, 상대속도 등) 및 공간정보(부피, 형상 등)를 추출하는 기술
	1-3. 영상센서	● 물체로부터 반사된 가시광선 또는 적외선 이미지 정보로 변경한 후 영상처리를 통해 물체를 감지하는 기술
	1-4. 초음파 센서	● 40~60kHz의 초음파를 이용하여 물체를 감지하며 감지거리가 짧아 저속주행이나 주차시의 접촉사고 예방을 위한 기술
2. 차량용 통신 보안 기술	2-1. IVN(in-vehicle network)	● 차량 내 ECU(Electric Control Unit) 사이의 통신 네트워크로써 대표적인 표준으로 CAN, FlexRay 등이 있음 ● 신뢰성이 최우선시되며 환경센서 및 V2X 기술 등과의 연계를 통해 다양한 서비스를 구축할 수 있음
	2-2. V2X	● 스마트자동차의 요소기술들과 연계하여 안전/편의 서비스를 제공 가능한 지능형교통 시스템으로 발전할 수 있는 필수 요소 기술 ● V2V(차량 간 통신), V2I(차량-인프라 간 통신), V2N(차량-스마트기기 간 통신) 등의 형태가 있음
	2-3. 데이터 보안	● 운전자의 사생활 보호와 V2X 및 빅데이터의 악용을 막기 위한 데이터 암호화 및 메시지 인증 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
3. 차세대 HMI 기술	3-1. 햅틱	④ 자동차의 HMI에서 입력장치로서 버튼과 터치 스크린 등을 통해 촉각과 힘, 운동감을 느끼게 하는 기술
	3-2. 음성 인식	④ 마이크를 통해 입력받은 음성을 컴퓨터가 분석하고 특징을 추출해 미리 입력된 단어나 문장에 연결시켜 문자 혹은 명령어로 변환하는 기술로 인식률을 높이기 위한 연구가 진행 중
	3-3. 영상기술	④ 사람의 손/팔 동작을 인식하는 기술로서, 3차원 인체기관 모델링 혹은 2차원 손 영역 검출 및 추적 기술을 이용하여 휴먼의 의사를 알아내는 기술
4. 운전지원 서비스 기술	4-1. 사고예방 기술	④ 차선이탈경보 및 억제, (전방/후방/측방)접근차량 경보, 교차로 충돌방지, Active Night Vision, 운전자상태 감시, 졸음운전 방지, 통합형 생체인식 융합, 보행자 사고 예방, Traffic Signal Alert, V2I 연계 합류/분기점 사고예방, V2V 연계 교차로 대향차 충돌방지 기술
	4-2. 주행지원 기술	④ 차선유지 지원, 차간거리 제어, 곡선로 속도 제안, 차선변경 지원, 협로주행 지원, All Around View, 스마트 카메라 기반 멀티/3D 뷰 주차 지원, Intelligent Front Lighting, V2I 연계 사고지역 정보제공, V2V 연계 협조제어 기술
	4-3. 충돌예방 및 회피	④ 긴급제동, (종/횡방향) 통합 충돌회피, Intelligent Roll Control, Weather Reactive Chassis Control, 급발진 상태 감지 및 방지, V2V 연계 차량간 충돌회피 기술
5. 커넥티드 서비스 기술	5-1. Connected-ITS	④ 하나의 독립적인 스마트자동차에서 통신 네트워킹 기술을 접목하여 스마트자동차 및 인프라 등이 연계되어 협력적인 서비스가 가능한 지능형 교통 시스템
	5-2. 빅데이터 및 클라우드 서비스	④ 스마트자동차로부터 수집된 방대한 실시간 교통 정보의 가공 및 처리 ④ 수집된 빅데이터를 처리하여 운전자가 원하는 정보를 제공하며 모바일 오피스 구현이 가능한 클라우드 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	5-3. 스마트폰 연계 서비스	스마트폰으로 자동차의 상태를 원격으로 조회하고 제어할 수 있는 기술
6. 자율주행 기술	6-1. 주행경로 생성 및 경로추종 제어 기술	- 주행차량이 자동으로 주변장애물과의 충돌 위험도를 판단하고 장애물이 없을 시에는 주행지도 기반의 가상경로 생성을 하고 장애물이 있을 시에는 충돌회피를 위한 회피경로를 생성하는 기술 - 생성된 경로를 주행차량이 따라갈 수 있도록 차량의 구동, 제동, 조향장치로써 차량모션을 제어하는 기술
	6-2. 정밀측위 및 동적맵 설계 기술	- 차량의 위치를 추정하기 위한 위성신호와 더불어 주행 환경 및 공간정보를 이용하여 환경에 구애 받지 않고 정확하고 강인한 위치 측위 기술 - 디지털 맵에 차량정보, 도로정보, 환경센서정보를 시공간으로 정렬하는 기술
	6-3. 차량보안 및 Safe Reliability 설계 기술	- 차량전장품과 네트워크를 통하여 전달되는 정보의 위조, 변조, 유출, 무단 침입 등을 비롯한 각종 불법행위로부터 차량정보를 안전하게 보호하는 기술 - 자율주행자동차의 고신뢰성 확보를 위하여 설계, 개발, 평가 전주기에 기능안전성 확보 및 중복 설계하는 기술

■ 기술동향

① 환경센서 기술

국내 기술동향

- 차량용 레이더 센서는 대부분 수입에 의존하고 있으며 모비스와 만도에서 현재 국산화 개발 중
- 영상센서를 제외한 대부분의 환경센서의 경우 수입 의존도가 높으며 중소기업 중심의 산업 영세영역에서 기술 수준이 선진기업에 열세

- 현대모비스, 무리기술, 자동차부품연구원, 한양대학교가 공동으로 원거리 및 근거리 감지용 3D Flash LIDAR 기술 개발
- 현대모비스가 주차지원용 초음파 센서의 국산화에 성공하여 양산 중이나 자동 주차용 장거리 초음파 센서는 아직까지 해외기술에 의존

국외 기술동향

- Bosch는 기존 레이더 센서 기술에 SoC, 다운사이징 등 최적화 기술을 접목하여 글로벌 시장의 제품 경쟁력을 강화 중
- Mobileye는 영상센서로 보행자, 차량, 차선을 동시에 인식하는 제품을 상용화 하였으며 최근에는 영상과 레이더 통합정보로 보행자, 차량, 신호등 인식이 가능한 C2-Series를 상용화 성공
- 대표적인 멀티 레이어 방식의 라이더 센서는 IBEO사의 LUX 시리즈이며, 최대 8개의 레이어를 활용하여 높은 수준의 검지 성능을 확보
 - ※ IBEO 사의 멀티 레이어 라이더는 이미 여러 자율주행 차량에 장착되어 성능을 입증 받은 바 있음
- Valeo는 자동주차지원용 장거리 초음파 센서의 양산에 성공하여 글로벌 시장을 주도

② 차량용 통신보안 기술

국내 기술동향

- ETRI가 Vehicle Multi-hop Communication('07~'11)을 추진하였고, 국토교통부 스마트하이웨이 프로젝트 수행 중('07~'14)

국외 기술동향

- 미국 VII(Vehicle Infrastructure Integration) ('04~'17)
 - IntelliDrive(DOT, '03~'10)

- Connected Vehicle(DOT, '11~'13) : Safety Pilot
- VSC-1('02~'05), VSC-2('06~'09)
- 유럽 EU Frame Work Program ('04~'17)
 - CVIS('06~'10, 500억원) : V2X Platform
 - Safe Spot('06~'10) : VANET, Positioning, Map
 - Coopers('06~'10) : Road Safety
 - Drive C2X('11~'13) : 7개국 테스트베드, SimTD 등
- 일본 ASV, Energy-ITS Project
 - VICS & DSRC ('00~)
 - SmartWay21 ('08~'10)
 - 700MHz V2V ('08~)
 - Energy-ITS (METI, '08~'12) : energy saving ITS

③ 차세대 HVI 기술

국내 기술동향

- HMC에서는 '2013 CES'에서 애플의 음성인식 SW '시리'를 접목한 인포테인먼트 시스템인 BlueLink 확장버전을 선보임
- 대화형 음성인식 시스템이 '13년 하반기부터 장착되어 음성으로 목적지를 말하면 목적지 위치를 내비게이션으로 전송해주는 기술 개발
- iOS6가 탑재된 아이폰 사용자는 시리를 통해 오디오 등 차량기능을 작동 (시리에게 요청하는 것만으로 다양한 조작을 대신함)
- DSM용 카메라를 활용한 얼굴, 제스처 인식 통합기술 및 차량환경에서의 운전자 중심의 UX 개발을 통한 상용화 기술개발

국외 기술동향

- EU에서는 HMI 가이드라인 및 표준 개발과 함께 ADAS와 차량정보 시스템 (IVIS) 및 노매딕 디바이스의 안전하고 효율적인 통합을 위해 필요한 HMI 기술과 방법론을 개발 중
- 북미에서는 운전자 주의분산으로 인한 교통사고 감소를 위해 적응형 운전자 인터페이스 개발 추진
- 포드가 컴퓨텍스 2013을 통해 싱크 앱 링크를 소개(인포테인먼트 플랫폼으로 음성명령을 통해 자동차에 내장된 인포테인먼트를 원하는 대로 제어할 수 있으며 음악을 감상하거나 내비게이션 지도 확인, 위성항법장치(GPS) 및 긴급 출동 서비스 제공)
- OEM : 음성인식 기반 인포테인먼트 및 바디(공조, 조명) 제어, 햅틱 시트, HUD, 증강현실, Connectivity(스마트폰 연동), 생체신호를 이용한 혈당 및 혈압 모니터링, 음성, 제스처, 모션 인식, 영상 기반 운전부주의/졸음/기분 파악

④ 운전지원 서비스 기술

국내 기술동향

- 완성차 업체 및 부품업체(대기업)를 중심으로 선제적 수준의 신기술 적용과 공격적 R&D, 업체간 M&A 등을 통해 적극적인 시장진출을 모색 중
 - 현대, 기아자동차가 중심이 되어 다양한 운전지원서비스의 실용화/상용화를 추진 중에 있으며 완성차 업체의 신기술 적용능력은 해외 선진업체와 비슷한 수준이나 부품단위의 설계 기술은 선진국에 비해 기술격차가 존재

국외 기술동향

- 교통사고 방지 및 피해를 최소화하는 ‘안전’과 각종 편의 기능을 제공하고 탑승자의 만족을 극대화시키는 ‘편의’ 중심 개발 중

- EU 및 개별정부의 활발한 지원 하에 CHAUFFEUR, KONVOI, HAVEit, SARTRE와 같은 다수의 프로젝트가 실시되고 있음
- 일본에서는 교통혼잡 완화 및 교통사고와 사상자수 감소, 교통난으로 인한 환경오염 등 지속적으로 증가하는 교통문제를 혁신적으로 해결하기 위해 범국가적 추진체제로 확대 중
- 미국은 현재 정부주도의 정책에서 점차 민간 주도로 이양되는 추세이나, 관련 기술 개발, 표준화 연구활동에 자금 기부 등 연방정부가 강력하게 관여 중

⑤ 커넥티드 서비스 기술

국내 기술동향

- 현대자동차는 운전자에게 실시간으로 날씨정보, 음성으로 문자메시지 전송 서비스, 네비게이션 연동 서비스와 차량 문 개폐 및 시동 서비스 제공하고 있으며, 멀티미디어와 네비게이션, 텔레매틱스, 차량의 공조정보와 운행정보 제공
- 기아자동차는 음성인식으로 오디오, 미디어기기 작동이 가능한 UVO를 MS와 공동 개발
- 르노 삼성자동차의 경우 네비게이션과 원격제어, 도난방지와 긴급구조 통신, 자동차 원격점침 등의 기능이 가능한 모바일 텔레매틱스와 자동차 문개폐 기능, 조명 및 시트 조정가능한 스마트 엔트리 시스템 제공

국외 기술동향

- GM에서는 타 업체차량에 부착가능한 OnStar, OnStar 기반의 인포테인먼트 시스템을 개발하였고 스마트폰의 다양한 서비스를 차량 내 음성인식 시스템과 연결. 자사 제품군 내의 인포테인먼트 시스템을 통합하여 독자적인 차량플랫폼 구축 계획
- Ford社는 앱 프로그램 개발자 프로그램을 실시함으로써 자동차 전용 애플리케이션 개발, 배포·지원하고 있으며, 전기자동차 전용 애플리케이션 및 자동차의 배터리 수명, 주행거리 측정 등의 기능개발 추진

- Chrysler는 911call, 원격시동 및 도어락/언락, wifi 핫스팟, 음성인식 기능 및 터치스크린 인터페이스를 가진 인포테인먼트 시스템 개발

⑥ 자율주행 기술

국내 기술동향

- 현대자동차만이 선행연구 개발비 일부로 해외 선진부품을 이용하여 자율주행 기능을 구현 중이나, 상용화 기술개발은 미흡(세계 최초로 민간 주도의 자율주행 자동차 경진대회 수행 중)
 - 중소·중견 부품업체는 자율주행 핵심부품에 대한 투자 전무

국외 기술동향

- 미국의 경우 승용차 및 대형차의 자율주행 기술 확보를 위한 PATH (California Partners for Advanced Transportation Technology)와 DARPA(방위고등연구계획국) 주도의 경진대회 등이 대표적임
- EU 및 개별 정부의 활발한 지원 하에 CHAUFFEUR, KONVOI, HAVEit, SARTRE와 같은 다수의 프로젝트가 실시되고 있음
- 일본 국토교통성은 2020년 실현을 목표로 고속도로 자동운전시스템(Auto Pilot System) 도입 추진을 위한 위원회를 설치하여 토론회를 운영 중

■ 적용분야 및 기대효과

① 환경센서 기술

- 환경센서 기술은 자동차 및 자동차 부품산업, 군수산업, 차량용 스마트 단말산업, 도로교통 산업 및 게임산업 등에 적용 가능
 - 스마트자동차 중심의 기술 구축은 자동차산업 뿐만 아니라 군수산업으로의 파급효과가 큼

- 동 기술의 개발로 교통사고 및 도로정체로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄일 수 있음

② 차량용 통신보안 기술

- 차량용 통신보안 기술은 자동차산업, 이동통신산업, 차량용 스마트단말산업, 자동차부품산업, 도로교통산업 및 SW 솔루션산업 등에 활용 가능
- 스마트자동차 간 정보교환 및 교통관제 센터의 실시간 모니터링 시스템 구축으로 교통사고 및 도로정체로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄일 수 있음

③ 차세대 HVI 기술

- 자동차산업, 이동통신산업, 자동차부품산업, 도로교통산업, SW 솔루션 산업, 게임 산업, 등에 적용 가능
- 자동차 간 정보교환 및 운전가의 모니터링 시스템 구축으로 교통사고로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄일 수 있으며 고감성 서비스 구현과 제품의 차별화 가능

④ 운전지원 서비스 기술

- 자동차산업, 자동차부품산업, 방산산업, 건설장비산업, 신개념 모빌리티 등에 적용 가능
- 고안전 융합기술 기반 자동차산업(특히 부품산업)의 고부가가치화 실현을 위한 신성장 및 신서비스 창출이 가능
 - Frost & Sullivan 자료에 따르면 교통사고 유형 분석결과 전방, 종횡방향의 교통사고가 전체의 약 70%를 차지하며 동 기술의 도입으로 교통사고의 40% 이상 절감 가능

⑤ 커넥티드 서비스 기술

- 동 기술은 자동차산업, 통신산업, 자동차부품산업 및 통신장비산업 등에 활용 가능

- 네트워크의 진화와 다양한 차량용 앱을 통해 자동차 내 엔터테인먼트 강화뿐만 아니라 운전자의 운행정보 분석, 차량제어 및 관리 서비스, 실시간 교통정보를 이용한 운행경로 제공 등을 제공하며 운전자 및 탑승자의 편의성 및 안정성 강화에 기여

⑥ 자율주행 기술

- 자율주행 기술개발로 자동차 및 자동차부품산업, 로봇산업, 방산산업, 농기계산업, 건설장비산업, 신개념 모빌리티 등에 적용 가능
- 자동차와 ICT 융합을 기반으로 중소·중견기업 주도의 미래 성장동력을 창출하여 국내 자동차산업의 구조 고도화
- 고령자, 교통사고 등 사회복지·안전 관련 사회이슈 해결에 기여하여 국가차원의 편익을 제공

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 환경센서기술	유럽, 일본	70%	▶ 일본의 경우 센서의 핵심기술인 소재산업이 과거 50여년 전부터 지속적인 연구로 세계적인 위치를 점유하고 있으며 미국과 유럽에서도 관련시장을 선점하기 위해 2000년 초부터 정부 차원에서 스마트 자동차 육성에 나서고 있음. 이에 비해 국내에서는 관련기술의 연구개발 및 원천기술의 확보가 활발히 이루어지고 있지 않은 실정임. 국내 자동차업계 및 정부에서도 차량용 반도체 센서 개발에 대한 연구개발의 필요성 및 중요성을 인식하고 현재 대부분 수입에 의존하고 있는 차량용 MEMS 센서 칩, 모듈, 시스템에 대한 국산화 및 원천기술 확보가 시급한 상황이므로 기술수준을 낮게 평가함
2. 차량용 통신 보안기술	미국, 유럽	60%	▶ 미국에서는 차량통신 시스템을 법적으로 모든 차량에 장착시키게 하는 법안을 추진하고 있음. 차량통신 국제표준 주파수 5.9GHz 대역을 국내에서는 다른 용도로 사용하고 있어 관련분야 발전에 저해가 되고 있음. 해외 선진업체에 비해 국내 자동차업체의 소극적인 대응

핵심 융합기술명	최고기술포유국	기술수준조사	평가근거
3. 차세대 HMI 기술	미국, 유럽	70%	▶ 미국과 유럽에서는 관련시장을 선점하기 위해 2000년대 초부터 정부차원에서 스마트자동차 육성에 나섰으며 유럽의 경우 이미 HMI 관련 가이드라인과 표준을 추진하고 있음. 이에 비해 국내에서는 정부뿐만 아니라 자동차업체 및 연구소의 늦은 대응과 낮은 기술력, 사업화 경험이 부족한 상황으로 국내 기술수준을 낮게 평가함
4. 운전지원 서비스 기술	유럽, 일본	90%	▶ 해외 선진업체와의 기술격차를 좁혀가고 있으나, 아직까지는 기술개발 및 양산속도와 핵심기술의 내재화 측면에서 부족(특히, 양산 확산단계로 성능 및 가격경쟁력이 미흡하며 SW, 전자제어 등에 대한 기술역량 부족)하여 빠른 추격자 입장으로 판단되므로 국내 기술수준을 조금 낮게 평가함
5. 커넥티드 서비스 기술	미국	70%	▶ 미국과 유럽에서는 관련시장을 선점하기 위해 2000년대 초반부터 정부 차원에서 스마트자동차 육성에 나섰으며 민간 차원의 자동차부품업체와 ICT업체 간 협력도 활발하지만, 우리나라는 올해 2월 미래 성장동력으로 선정되는 등 정부 차원의 육성/지원이 늦은데다 기술력과 사업화 경험이 부족하기에 스마트자동차 시장 활성화를 위한 산학연관 협력이 절실한 상황이기 때문에 국내 기술수준을 낮게 평가함
6. 자율주행기술	미국, 유럽, 일본	50%	▶ 해외에서는 1990년대 후반부터 정부 주도로 자율주행 관련기술 경쟁력을 강화하기 위하여 장기적으로 집중지원을 하고 있으며 특히 미국, 유럽, 일본은 자율주행을 소비자 안전명목의 기술장벽으로 활용하여 자국 자동차산업 경쟁력 강화 중이나 국내는 산학연관 협력이 저조하고 부품업체의 기술 내재화가 미흡하여 국내 기술수준을 낮게 평가함
평균	—	68.3%	

■ 시사점

① 환경센서 기술

- 자동차 주행보조시스템(ADAS)의 핵심인 레이더, 라이다, 카메라, 초음파 센서 등 고사양 센서인식 기술로 하드웨어부터 소프트웨어까지의 전 개발과정의 최적화가 필요하며 신뢰성 있는 안전품질의 확보가 중요
 - 그러나 국내 센서기술은 세계의 기술과 비교하여 매우 낮은 상황이며 이에 대한 중요성을 인식하고 지속적이고 체계적인 기술개발이 필요
- 정부의 원천기술 R&D에 대한 지속적인 투자와 함께 산학연의 공동 R&D 및 적극적인 상용화 노력이 필요

② 차량용 통신보안 기술

- 국내에서는 V2X 통신에 비하여 차량용 통신보안 기술에 대한 연구개발이 상대적으로 매우 부족한 실정이고 보안이 확립되지 않은 상태에서의 차량 통신 시스템 상용화는 불가능하므로 IVN(In Vehicle Network), V2X(Vehicle to Infrastructure, Vehicle, Nomadic) 기술을 기반으로 한 데이터 보안 기술에 대한 연구개발이 시급

③ 차세대 HVI 기술

- 국내에서는 차량 내 기기를 이용한 운전자 상태, 동작 및 기기조작 의도 예측 분야의 연구가 부족하고 차량환경에서의 사용 적합성에 대한 검증 및 체계화된 HVI 평가 프로세스가 부족
- 또한 실도로 주행환경 및 차량 시스템 통합/최적설계 관점의 상용화 기술 확보가 미비

④ 운전지원 서비스 기술

- 미국, 유럽, 일본 등 자동차 선진국들은 운전지원서비스 관련 시장의 조기선점을 위해 관련 기술개발에 집중하고 있으며 우리나라에서도 이에 대응하기 위한 기술역량 확보와 연관 산업 간의 유기적 협력이 시급히 요구되고 있음

- 현재, 운전자지원서비스 기술은 운전자에게 외부의 위험상황을 경고하고 관련 영상 정보를 제공하는 수준이나, 차량을 능동적으로 제어할 수 있는 안전주행으로 발전하여 궁극적으로는 자율주행으로 진화할 것으로 전망

⑤ 커넥티드 서비스 기술

- 지금까지 커넥티드카의 관련 장비 및 플랫폼의 표준화가 이루어지지 않아 호환성의 문제로 표준 기반의 플랫폼 개발이 필요
- 또한 자동차를 통신망에 연결함으로써 역으로 외부에서 자동차에 침입할 수 있어 해킹으로 인한 범죄가 발생할 수 있으므로 보안성 강화에 대한 대비책이 필요

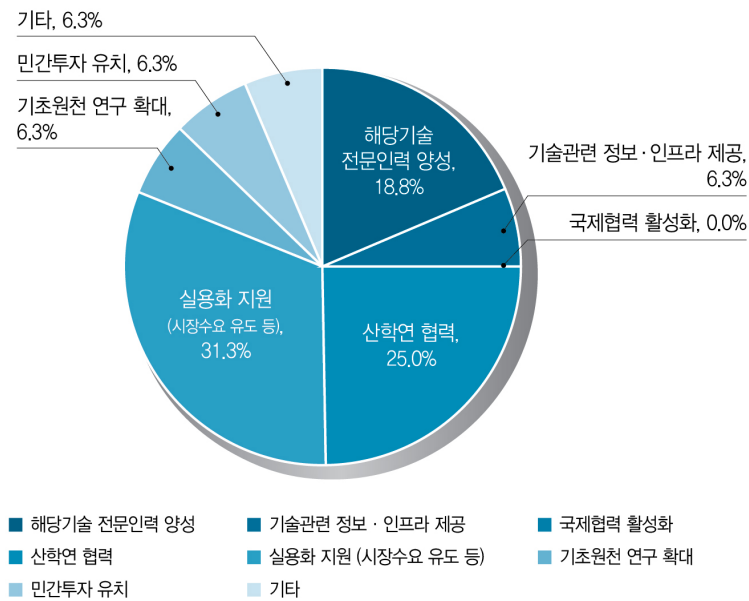
⑥ 자율주행 기술

- 자율주행 기술이 실현되어 보급이 확대되기 위해서는 운전자 수용성, 사회적·산업적 수용성을 동시에 만족해야 하므로 적기 실용화 관점에서 관련기술을 허가하기 위한 제도적(예, 표준화, 주파수 할당) 및 법적(안전규제, 인센티브) 정비가 필요
- 글로벌 시장의 환경변화에 능동적·선제적으로 대응하기 위해서는 범국가적인 차원에서 R&D 지원사업이 유기적으로 진행될 수 있는 정책기반 마련 필요

■ 최고기술 확보·추격방안

- 스마트 자동차 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘실용화 지원(시장수요 유도 등)’이 31.3%로 가장 높은 비중을 차지하였고, ‘산학연 협력(25.0%)’, ‘해당기술 전문인력 양성(18.8%)’의 순서로 나타남
 - 이외에도 ‘차량용 통신 보안기술’의 경우 ‘법제화’가 필요하다는 기타 의견이 제시됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	3	18.8%
기술관련 정보·인프라 제공	1	6.3%
국제협력 활성화	0	0.0%
산학연 협력	4	25.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	5	31.3%
기초원천 연구확대	1	6.3%
민간투자유치	1	6.3%
기타	1	6.3%
합계	16	100.0%



5

융합서비스 로봇

■ 핵심 융합기술

- 융합서비스 로봇 분야의 핵심 융합기술로써 ‘생체대상 초정밀 조작 기술’, ‘수중 환경 센싱 및 수중작업 기술’, ‘원격제어 공통 요소기술’, ‘미래형 무인항공기 개발기술’, ‘다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술’이 선정

■ 선정사유

① 생체대상 초정밀 조작 기술

- 의학과 로봇의 대표적 융합기술로 선진국을 중심으로 상용화 성공 및 산업화 확대 중

② 수중환경 센싱 및 수중작업 기술

- 수심 500m 밑 가스 및 원유 개발, 채굴·분리·이송하는 산업이 2020년에는 1,307억 달러 규모로 성장할 것으로 전망되며 동 기술은 해양건설 및 유지보수에 해양로봇은 핵심장비로 활용

③ 원격제어 공통 요소기술

- 인간의 지능과 로봇의 장점을 활용할 수 있는 기술로 국방, 해양, 농업 및 수술로봇 등 다양한 로봇 분야의 공통 핵심기술

④ 미래형 무인항공기 개발기술

- 미래 무인항공기 기술은 고효율/고성능/친환경 첨단항공기술의 발전뿐만 아니라, 정보통신 보안기술, 통신기술, 항행 및 제어 기술의 동반 발전이 가능하며, 국가경쟁력의 척도가 될 수 있는 기술로서 미래 산업 발전을 위한 핵심기술이며 국가적 투자와 개발 노력이 필요

⑤ 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술

- 인간에게 위험하거나 비효율적인 상황이나 도심의 빌딩 숲 환경에서, 또는 실내 등과 같이 제한된 협소공간에서의 비행임무 수행을 가능케 하는 저가의 다목적 소형 드론의 경우 효용성이 높기 때문에 전세계적으로 다양한 분야에서 수요가 급증
 - 다목적 소형 드론의 실현을 위해서는 ‘지능형 자율비행제어’ 기술이 핵심 기술이며, 동 기술의 확보를 통하여 드론의 효용성이 다양화·극대화 가능
 - 따라서 우리나라가 무인항공기 선진국 대열에 합류하기 위한 시급한 과제임과 동시에 로봇틱스, 제어, 통신, 컴퓨터 등의 다양한 기술이 융합되어 우주탐사, 공장 자동화, 탐색/구조 등의 다양한 공공 목적에 활용이 가능한 기술적 중요도가 매우 높은 기반기술 분야
- 한편 현재 국내의 기술수준은 미비하나 향후 기술개발 방향 및 투자전망에 비추어 보았을 때, 향후 5년 이내에 선진국과 10% 정도로 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단

■ 기술정의 및 범위

① 생체대상 초정밀 조작 기술

- (정의) 생체를 정밀하게 관찰하고 조작하기 위한 시스템 구성을 위한 일련의 기술
- (범위) 영상처리/제어/기구설계/사용자인터페이스/시스템통합 기술

② 수중환경 센싱 및 수중작업 기술

- (정의) 밀도가 높은 전도성 유체 속에서 움직이는 수중로봇이 필수적으로 극복해야하는 핵심기술
- (범위) 내압수밀 기술, 동유체력 제어기술, 수중 통신 기술 및 수중 센싱 기술

③ 원격제어 공통 요소기술

- (정의) 인간의 지능과 로봇의 장점을 활용할 수 있는 기술
- (범위) 시간지연 대응기술, 임장감 제공기술, 조작용이성 기술

④ 미래형 무인항공기 개발기술

- (정의) 미래 본격적 무인기수요에 대비한 고성능/고효율/친환경/안전 비행을 위한 첨단무인비행체 개발기술
- (범위) 고성능/고효율 무인기 플랫폼 설계기술, 유인기/무인기 혼합비행체(OPV) 개발기술, 고효율/친환경 무인기 추진동력 기술 및 무인기 항공안전 및 인증 기술

⑤ 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술

- (정의) 기존 실기 규모의 무인항공기로는 수행하기 어려웠던 도심의 빌딩 숲, 재난지역의 초근접 감시, 빌딩 내부 등의 열악한 비행환경에서의 임무수행을 위한 다목적 소형 드론의 지능형 유도항법제어 기술
- (범위) RTOS 기반의 통합 비행제어컴퓨터 기술, 실내외 비행을 센서 융합 통합 항법시스템 기술, One-Click Auto Mission을 위한 제어 및 알고리즘 설계 기술, Fail-Safe를 위한 고장 허용 제어법칙 재구성 알고리즘 설계 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 생체대상 초정밀 조작 기술	1-1. 최소침습형 고자유도 정밀 메니플레이터/ 초소형 마이크로 로봇 기술	● 최소침습형 수술용 고자유도 정밀 소형 메니플레이터 설계/제작 기술
	1-2. 생체 움직임 보상을 통한 영상 안정화 기술	● 정밀 조작을 위해 생체의 움직임을 측정하고 보상하는 기술
	1-3. 생체 정밀 조작을 위한 힘반영 원격 제어 기술	● 비강체인 생체를 정교하게 조작하기 위한 원격 힘제어 기술
	1-4. 수술 로봇용 마스터 인터페이스 기술	● 수술 로봇을 원격 제어하기 위한 마스터 장치 및 사용자 인터페이스 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	2-1. 내압수밀기술	- 경량 내압용기 소재 및 구조설계 기술 - 회전 축계 내압 방수 기술 - 유적식 압력보상 기술
	2-2. 유체력 모델링 및 제어기술	- 다물체에 작용하는 유체력 모델링 기술 - 유체력을 이용한 추진기술 - 유체력 최적화 기술
	2-3. 수중통신기술	- 초음파 무선 통신 기술 - 광/레이저 무선통신 기술 - 수중 네트워크 기술
	2-4. 수중측위 및 탐지 기술	- 초음파/관성 센서 융합 항법기술 - 고해상도 초음파 해저 맵핑기술 - 멀티빔/초음파 카메라 기술
3. 원격제어 공통 요소기술	3-1. Shared Autonomy 원격제어 기술	- Local autonomy 설계기술 - 원격프로그래밍 기술 - Local autonomy 출력과 작업자 명령 조합 기술 - 다중 이종로봇간의 원격협업 기술
	3-2. Multi-modal Feedback 기술	- 다중센서정보 융합 및 동기화 기술 - 다시점 환경 재구성 기술 - VR+AR 기반 원격지 환경정보 해석/전달 기술 - 힘/촉각 피드백 기술
	3-3. Human Interface 기술	- 직관적/egocentric 명령전달기술 - 다중명령 조합 기술 - 작업자 명령의도파악 기술
4. 미래형 무인항공기 개발기술	4-1. 고성능/고효율 무인기 플랫폼 설계기술	- 능동 공탄성제어기술 - MEMS 기반 능동 공력/형상 유동제어기술 - 센서기반 스마트기체구조기술 - 고신뢰도 형상설계 및 Virtual Test 기술
	4-2. 유인기/무인기 혼합비행체 (OPV, Optional Piloted Vehicle) 개발기술	- 유인기 조종시스템 무인화기술 - OPV 형상설계 및 해석기술 - 유무인혼용기 조종석설계기술
	4-3. 고효율/친환경 무인기 추진 동력 기술	- 피스톤엔진, 터빈엔진, 전기모터 및 태양광/연료전지 추진기관 개발기술 - 고효율 흡입구설계기술
	4-4. 무인기 항공안전 및 인증 기술	- 무인기 감항인증기술 - 인증을 고려한 무인기 설계기술 - 인증절차에 따른 무인기 시험인증기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	5-1. RTOS 기반의 통합 비행제어 컴퓨터 개발 기술	- RTOS 기반의 임베디드 비행제어 컴퓨터 HW/SW 최적화(경량화, 저전력, 고신뢰성) 설계기술 - 비행 임무 SW 모듈화 및 멀티태스킹/실시간 처리기술
	5-2 실내외 비행을 위한 GPS/관성 센서/비전센서 융합 통합항법 시스템 개발 기술	- GPS/Inertial/Vision/Sonic/Pressure센서 융합 정밀항법 필터 설계 - 비행환경에 적응적인 Calibration/Compensation 로직 - 소형/경량 시스템 HW 설계
	5-3. One-Click Auto Mission을 위한 제어 알고리즘 설계 기술	- 자동 이/착륙, 장애물 충돌회피, Path 자동 추적 설계 - 외란(환경조건)에 강건한 유도항법제어 알고리즘 설계 - Operator 개입을 최소화 하는 자율 비행 로직 구현 - 드론의 Health Monitoring 체계 설계 - 통합 비행 성능 검증을 위한 지상 시뮬레이터 설계 기술
	5-4 Fail-Safe를 위한 고장 허용 제어법칙 재구성 알고리즘 설계 기술	- 시스템 고장 시 안전 착지 로직 구현 - 비행체 결함, 분리, 복구의 프로세스 설계

■ 기술동향

① 생체대상 초정밀 조작 기술

국내 기술동향

- 학계를 중심으로 다양한 수술로봇에 대한 요소기술 연구가 주도되고 있으며, 점차 수술 시스템 상용화 개발이 늘어나는 추이
 - 일부 기업체를 중심으로 상용화 로봇 개발 시도 중

국외 기술동향

- 1999년 출시된 대표적 상용화 수술 로봇인 다빈치 시스템이 전세계 수술로봇 시장을 주도
 - 이외에도 다양한 수술로봇(미국 MAKOpasty, CyberKnife 등)이 산업화되어 사용

② 수중환경 센싱 및 수중작업 기술

국내 기술동향

- 국내 수중로봇 제조 시장은 아직 초기단계로 '11년 기준 28억 규모로, 해양로봇 개발은 한국해양과학기술원 중심으로 진행되고 있으며 대부분 해양수산부 투자에 의해 진행 중
 - 최근 해양수산부에서 '수중건설로봇사업단' 발족 및 삼성중공업 등 국내 Big 3 중공업에서 서브시 플랜트 발전을 위해 해양로봇에 대한 R&D 투자를 가속

국외 기술동향

- 미국은 Perry Slingsby, Shilling Robotics 등 ROV 전문제작 업체와 로봇팔 전문업체에서 완제품 및 주문제작 방식 사업 추진
- 영국은 석유·가스 등 해저자원 개발, 케이블/파이프라인 매설 및 유지보수를 포함한 수중 시공작업, 해난구조, 과학탐사 등 다양한 분야에서 세계 최고 기술 수준 보유

③ 원격제어 공통 요소기술

국내 기술동향

- 원격기술은 고령화 시대의 원격농업, 원격생산, 원격 바다농장 등의 잠재시장

뿐 아니라 현재의 수요시장인 해양 플랜트, 원전 해체 분야에 활용가능하여 독자적인 기술확보가 중요

- 국내에서는 최근 시공간 상의 장애를 극복하는 기술들이 확립, 일부는 개발 중이며 바로 시장에 투입 가능한 실용적 핵심기술로 부상
- 통신지연을 극복하는 다양한 한국형 원격제어기법 개발, Manipulator, 이동 로봇, 다중 비행 로봇 등의 Shared 원격제어 연구 선도적 수행, 조작마스터와 복잡한 로봇팔을 매핑해주는 Re-targeting 기술 및 다시점 3차원 기술을 개발 중

국외 기술동향

- 미국에서는 원격조작기술을 토대로 무인정찰로봇 Predator, Drone, 원격유도탄 Smart Bomb, 정찰로봇 Pack-bot을 실전에 배치하고 있고, 심해 해양로봇(100조원 시장 예상)을 개발하는 한편, 원격수술로봇을 실험하는 등 실용적인 원격 기술 응용에 적극적인 투자가 이루어짐
- 일본은 후쿠시마 원전사태를 계기로 재난재해 투입용 원격기술개발을 시도하고 있으며, Tele Farm을 비롯한 원격농업, 산업적 적용을 개척 중
- 유럽도 DLR, TUM, Twente대 등에서 원격제어 요소기술에 대한 연구가 ARCAS나 AIRobots 과제와 같은 대형 EU 협력과제로 활발히 진행되고 있으며, CEA LIST와 AREVA에서 방사선 환경에서 유지보수 작업을 위한 원격 제어 시스템을 구축하는 등 원격기술개발에 적극적

④ 미래형 무인항공기 개발기술

국내 기술동향

- 국내의 무인기 관련 기술은 주로 군용무인기 위주로 개발되어 왔으며 선진국의 기보유 무인기를 모방하는 단계의 개발이 주로 이루어짐
- 무인기 비행체보다는 탑재체, 무선통신 등 분야의 기술이 위주이고, 무인기 정찰 임무를 위한 장기체공, 항공안전, 고효율 엔진, 고고도 공력특성 등 미래 핵심 분야에 대한 연구가 미약한 실정

국외 기술동향

- 중고도, 고고도 등 다양한 무인기에 대한 기술개발이 이루어져 왔으며 특히 여러 동력원을 이용한 장기체공형 무인기 개발과 고도의 항공안전, 고효율, 고성능 및 친환경 무인기 비행체 기술개발 추진

⑤ 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술

국내 기술동향

- 최근 정부에서 정보통신기술 기반 재해재난 대응체계 구축의 계획안을 발표 하면서 소형 드론의 공공분야에서의 도입 가능성이 매우 높아지고 있음
- 한편 이에 소요되는 지능형 자율비행제어 기술과 관련하여 일부 실험적 수준의 학회 발표는 있기는 하나 괄목할만한 성공사례는 전무하며 연구개발의 필요성에 대비해 볼 때 규모면에서 매우 취약

국외 기술동향

- 최근 항공선진국에서는 성숙단계로 접어든 기존 실기 규모의 무인항공기 개발로부터 향후 폭발적인 상업적 수요가 예상되는 소형 지능형 자율 드론에 대한 연구개발로 그 무게중심이 전환되고 있는 추세
 - 특히 기동성, 수직 이/착륙(VTOL) 기능에서 현저한 장점을 갖는 멀티로터형 드론 개발에 대한 연구를 가속화 하고 있으며, 이에 소요되는 초소형, 고정밀, 지능형이 요구되는 항법 유도제어 핵심 기술을 중심으로 실용화 연구개발에 전력

■ 적용분야 및 기대효과

① 생체대상 초정밀 조작 기술

- 지속적인 증가 추세에 있는 수술로봇 산업에 활용가능하므로 성공적인 수술로봇 개발은 막대한 경제적 효과가 예상

※ 다비치를 공급하는 미국 인튜이티브 서지컬의 1년 매출만 약 2조 5000억원 수준임

② 수중환경 센싱 및 수중작업 기술

- 해양 구조물 및 해양에너지 수요 증가에 따라 해양로봇(ROV/AUV) 시장은 '10년 기준 1.6조에서 2021년 3.5조로 커질 것으로 전망(연평균 증가율 8.3%)

③ 원격제어 공통 요소기술

- 한국 내 수요기업이 있는 해양플랜트 및 원전해체 분야의 원격 작업기술을 우선적으로 집중·공략하여 심해저산업 및 원전해체 분야에서 세계적 우위를 선점
 - 국방, 농업으로 응용분야를 확대하여 일자리 창출에 기여

④ 미래형 무인항공기 개발기술

- 국내에서도 무인기 관련기술수준이 성숙되고 있음에 따라 차세대 신성장 동력 산업으로 발전할 것으로 기대
 - 세계 무인기 시장은 '13년 7.6조원에서 '22년 13조원으로 연평균 약 6% 이상 성장할 것이며, 특히 민수부분이 큰 비중을 차지할 것으로 예상되어 친환경/고효율/안전에 관련된 기술개발이 필요
- 민간무인기제작, 운영분야의 활성화 및 운용인력, 고용창출, 유인기 분야의 관련 산업발전 및 신개념 운송체계 구축을 통한 물류, 항공, 교통, 정보통신 산업에 광범위하게 적용되며 신규 산업분야를 창출할 것으로 예상

⑤ 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술

- 인간을 대신해 더럽고(Dirty), 위험하고(Dangerous), 힘든(Difficult) 3D 작업에 동원할 수 있기 때문에 세계적으로 소형 드론에 대한 민수(民需)가 급증
- 재난재해 지역은 물론 방사능에 오염된 곳, 화생방 위험 지역 등에도 투입 가능하고 혹한이나 혹서 등 기후 조건이나 시간대의 영향을 받지 않아 전천후로 활용가능
- 기상 관측을 비롯해 농업·임업 분야, 해안 경비, 재난 구조, 교통상황 관리, 방송촬영 등에 활용 중이며, 용도는 더욱 증대

- 인터넷이나 인공위성처럼 최초에는 군사적 목적에 의해 개발되었으나, 민간 부문으로 확산되며 시장이 확대된 사례처럼 민간 영역에서도 유용하게 사용되면서 폭발적인 성장이 예상

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 생체대상 조정밀 조작 기술	미국	60%	● 각 요소기술 수준에 있어서는 80~90% 이상의 높은 기술 수준을 가지고 있다고 추정되나, 완성된 시스템으로서의 통합기술은 50% 이하로 추정
2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	미국, EU	70%	—
3. 원격제어 공통 요소기술	미국	80%	—
4. 미래형 무인항공기 개발기술	미국, 이스라엘	70%	—
5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	미국, EU	60%	● 지능형 자율비행제어의 핵심기술(자동조종장치 기술, 유도 기술, 항법 기술)의 취약
평균	—	68.0%	

■ 시사점

① 생체대상 조정밀 조작 기술

- 수술로봇의 유용성이 입증되어, 세계적으로 수술 로봇의 시장의 매년 가파른 성장을 하고 있음
- 후발주자로서 기존 세계 수술로봇 시장의 틈새를 노릴 수 있는 핵심 기술을 발굴하고 이를 위한 꾸준한 연구 개발이 필요
 - 학계를 중심으로 확보된 요소기술을 통합하여 상용화 제품 수준까지 개발할 수 있는 대형 연구지원이 필요

② 수중환경 센싱 및 수중작업 기술

- 해양로봇은 해양산업의 하나의 장비로써 세계 및 국내의 주요 해양구조물 건설 및 플랜트와 연계한 해양로봇 R&D 투자가 필요
 - 산업부와 해수부의 다부처 협력 형태로 추진 필요

③ 원격제어 공통 요소기술

- 원격 기술은 로봇 관련 전분야에 걸쳐 활용이 가능한 핵심 요소기술로써 작업 능력 확장 및 증대를 위한 핵심기술 개발 필요

④ 미래형 무인항공기 개발기술

- 미래 무인항공기 기술은 고효율/고성능/친환경 첨단항공기술의 발전뿐만 아니라, 정보통신 보안기술, 통신기술, 항행 및 제어 기술의 동반 발전이 가능
 - 국가경쟁력의 척도가 될 수 있는 기술로서 미래 산업발전을 위한 핵심기술 이기 때문에 정부의 적극적인 투자와 개발 노력이 필요

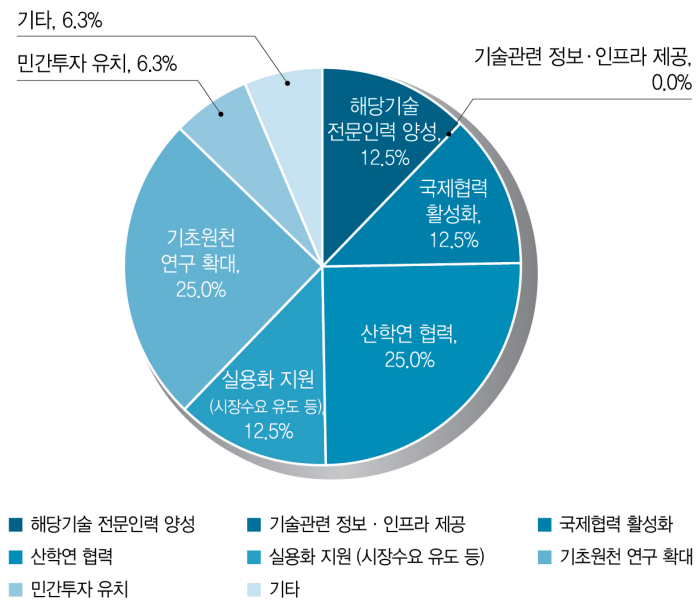
⑤ 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술

- 인명 손실 가능성이 없고, 생산단가가 낮으며, 교육이 쉽고, 활용도가 높은 소형 드론은 우리의 생활과 밀접한 분야에서 미래의 산업분야로 자리를 잡아가고 있고 점차 드론의 기술적 진화와 보급이 확대되고 있는 추세

■ 최고기술 확보·추격방안

- 융합서비스 로봇 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘산학연 협력’과 ‘기초원천 연구확대’가 필요하다는 의견이 각각 25.0%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 조사

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	2	12.5%
기술관련 정보·인프라 제공	0	0.0%
국제협력 활성화	2	12.5%
산학연 협력	4	25.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	2	12.5%
기초원천 연구확대	4	25.0%
민간투자유치	1	6.3%
기타	1	6.3%
합계	16	100.0%



6

첨단 생산시스템

■ 핵심 융합기술

- 첨단 생산시스템 분야의 핵심 융합기술로써 ‘3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술’, ‘클라우드 기반 미래 공장 구현 기술’, ‘신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술’이 선정

■ 선정사유

① 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술

- 해외 주요국에서 3D 프린팅 기술을 국가 제조업 혁신을 위한 핵심 기술로 간주하고 정부차원에서의 중장기적인 지원이 시도되고 있음
- 동 기술개발로 국내 제조업 전반에 큰 파급효과가 기대되며 창의적 아이디어를 통한 신시장 창출 예상
- 맞춤형 다품종 소량생산체제에 맞는 미래형 제조업 패러다임 변화
- 창의적 아이디어 보유 벤처·중소·중견기업이 글로벌 전문기업으로 성장할 수 있는 생태계 마련 필요

② 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술

- 최근 미국, 유럽, 일본 등의 제조 선진국에서는 FoF(Factory of the Future), 인터스트리 4.0, 스마트팩토리 등 제조혁신을 달성하기 위한 국가적인 프로그램을 추진하고 있음
- 미래 공장의 경우, 생산성 향상, 품질개선 등 기존 제조업의 목표를 포함하고 있으며, 인간중심, 환경, 에너지 등 미래의 삶을 고려하는 다양한 요구사항이 반영되고 있음
- 미래 공장을 구현하기 위한 IoTs, CPS, 클라우드 플랫폼, 빅데이터, 가상현실

등의 ICT와 센서, Embedded S/W, PLM, MES 등의 엔지니어링 기반기술이 중요한 산업으로 부각되고 있음

- 미래 공장을 구현하기 위한 기술의 성숙(미래 공장 공급산업)을 통하여 시장의 수요확대(미래공장 수요산업)를 이루는 생태계 조성 필요
- 국내에서도 이에 대응하는 국가 주도 프로그램(제조혁신 3.0)을 준비하고 있음

③ 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술

- 국가 산업발전 핵심 원동력인 제조업 육성을 위해 생산시스템 첨단장비 및 공정의 운영성능 향상을 위해 임베디드 SW의 지능화 필요
- 제조 현장의 원격 제어를 위한 제조 공정의 무인 자동화 및 로봇 관련 산업 기술은 필수적인 기반 기술임
- 친환경 첨단제조가공시스템은 자동차, 조선, 반도체 및 디스플레이 산업 등 국가 수출주력산업의 제조기술을 담당하는 핵심 기반산업임

■ 기술정의 및 범위

① 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술

- (정의) 디지털 디자인 데이터를 사용하여 레이어를 적층하는 방식으로(Additive Manufacturing) 3차원의 부품을 제조하는 프로세스를 기반으로 다품종 소량 생산에 적용하며 ICT융합을 통한 제조 서비스 구현
- (범위) 대량생산에 편중되었던 제조업이 최근 맞춤형 소량생산과 단축된 납기를 요함에 따라 디지털 디자인 데이터에서 3차원 형상의 제품을 즉시 제조할 수 있는 3D 프린팅 생산기술, 제품의 복잡도 및 생산량과 관계없이 재료대비 생산 비용이 일정하고 제품대신 디지털 도면을 유통하여 원격제도가 가능함에 따라 차세대 맞춤형 제조기술

② 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술

- (정의) 공장을 구성하고 있는 핵심요소인 수평적인 가치사슬기술(고객수요-제품

설계-공정설계-제품생산)과 수직적인 플랫폼 기술(센서-제어기술-MES-ERP)의 통합을 통하여 미래 공장을 위한 플랫폼 구현

- (범위) 고객수요-제품설계-공정설계-제품생산의 가치사슬 각 단계를 지원하기 위한 통합 서비스/플랫폼 기술, 제조 데이터 획득을 위한 IoTs 기반 센싱기술, 산업용 PC기반 제어기술, 생산성 및 에너지 관리를 위한 MES 기술, 빅데이터 응용 기술 등 수직적인 통합 플랫폼 기술, 클라우드 기반 수직-수평 통합/서비스 플랫폼 기술

③ 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술

- (정의) 제조 현장의 모든 리소스들의 지능화 및 스마트화를 위한 자동화 관련 기술로 생산품목의 변경, 기술개발 등으로 인해 생산시스템을 변경해야 할 경우 변화된 환경에 손쉽게 적응가능한 자동화 생산시스템 기술
- (범위) 산업자동화용 임베디드 SW 기술*, 제조공정 무인화 및 로봇기술**, 첨단 제조·가공 장비 기술***

* 제조현장의 모든 리소스 지능화 및 스마트화를 위한 자동화 SW 기술

** 생산품목에 대한 유연한 대응을 위하여 첨단 공정 무인화 및 로봇기술을 통해 제조현장의 원격제어 및 인간-로봇, 로봇-로봇 협업 플랫폼 통합기술

*** 자동차, 조선, 반도체 및 디스플레이 산업 등 우리나라 수출주력산업의 생산 장비를 공급하는 핵심 기반산업으로 전통 생산방식을 탈피한 첨단 High-End 가공 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	1-1. 디지털 제조 소프트웨어 개발 기술	● 고정밀 3D 입체 스캐닝 기술 ● 3D 모델 저작환경 구현 기술 ● 저작환경과 연동 가능한 통합시뮬레이션 기술 개발
	1-2. 적층방식별 공정장비 시스템 개발기술	● 초고속 3D 프린터 기술 ● 초정밀 3D 반도체 프린터 기술 ● 대형/대면적 3D 프린터 기술 ● 레이저 파워 정밀 제어 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	1-3. 3D 프린팅용 소재 개발기술	▶ 금속 분말 소재 기술 ▶ 유무기 복합소재 기술 ▶ 전자소자용 프린팅 소재 기술 ▶ 생체 소자용 프린팅 소재 기술
	1-4. ICT융합 서비스 시스템 개발 기술	▶ 인터넷과 SNS등을 통해 소셜 매뉴팩처링 서비스 기술 ▶ 온라인에서 3D 데이터파일 마켓플레이스 (marketplace, 시장) 구축기술
2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	2-1. 제조 엔지니어링 클라우드 서비스플랫폼 개발 기술	▶ 제조 클라우드 인프라 기술 (가상화 등) ▶ 제조 클라우드 서비스 기술 ▶ 제조 클라우드 플랫폼 기술
	2-2. 증강제조 개발 기술	▶ 설비/공정 및 인적자원 고려 통합 시뮬레이션 기술 ▶ 제품설계-공정설계 지원 증강제조 기술 ▶ 증강제조 모니터링 기술 ▶ 증강제조 H/W 및 가상현실 S/W 기술
	2-3. 제조 응용 빅데이터 적용 개발 기술	▶ 제조지식 디지털화 및 데이터마트 구축 기술 ▶ 제조 기반 빅데이터 분석 및 서비스 플랫폼 기술 ▶ 산업별 응용 템플릿 구축 기술
	2-4. Shop Floor 데이터 획득용 Smart Controller 개발기술(IoTs 실현 기반연구)	▶ 스마트 센서 기술 ▶ 스마트 컨트롤러 기술 및 적용기술 ▶ 미들웨어 플랫폼 기술 ▶ MES/FEMS 등 공정관리 플랫폼 기술
3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	3-1. 산업자동화용 임베디드 SW 기술개발	▶ 임베디드 운영체제 기술 ▶ 임베디드 미들웨어 기술 ▶ 임베디드 응용 SW 기술 ▶ 임베디드 개발도구 기술 ▶ FA 통합 플랫폼 기술
	3-2. 제조공정 무인화 및 로봇 기술 개발	▶ 원격제어 및 고장진단 기술 ▶ 다중 정밀 매니플레이션 기술 ▶ 인간-로봇, 로봇-로봇 협업 기술 ▶ 로봇 플랫폼 및 시스템 통합기술 ▶ 고령화 대비 적응형 자동화 기술
	3-3. 친환경 첨단 제조·가공 시스템 기술개발	▶ ICT융합 가공시스템 기술 ▶ 고속/복합 및 대형가공시스템 기술 ▶ 초미세/하이브리드 가공시스템 기술 ▶ Eco-가공시스템 기술 ▶ 시스템 결함분석을 통한 고장예방 및 재설계 기술 ▶ 시스템 재사용 기술 및 비파괴 해체 기술

■ 기술동향

① 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술

국내 기술동향

- 국내 3D 프린팅 기술 활용수요는 증가하고 있으나 제품 개발은 미약하며, 특화 연구는 전무한 상황
- 산업용 3D 프린터는 시제품의 개발주기 단축, 맞춤형 의료기기, 수술연습용 도구 제작에 활용이 시작됨
- 실제 산업용 3D 프린터를 개발·판매하는 기업은 캐리마, 인스텍 등에 불과함
 - 캐리마는 광조형 기술의 원천특허를 보유, 30여년간 쾌속조형 기법을 개발
 - 인스텍은 고출력 레이저빔을 이용하여 금속분말을 적층하는 DMT(Laser-aided Direct Metal Tooling) 원천기술을 독자적으로 개발
- 포항공대와 한국기계연구원에서는 3D 바이오 프린터를 이용하여 생체 조직 재생을 위한 쾌속조형 기반 3차원 세포 프린팅 기술개발 연구를 수행

국외 기술동향

- 현재 3D 프린팅 산업 및 기술은 미국이 선도적이나, 유럽과 아시아의 추격이 잇따르고 있으며, 최근 20년간 국가별 특허는 미국(33%), 유럽(18%), 중국(11%) 순
 - 3D 프린팅을 이용하여 100시간 가까이 걸리던 삼쌍둥이 분리수술을 22시간으로 단축하는데 성공('02. 미국 캘리포니아주립대 의대)
 - 3D 프린터를 이용하여 모래알 크기의 리튬이온 배터리를 제작('13.6, 미국 하버드대)
 - 3D 프린터로 제작한 알루미늄소재 무인비행기 Salsa(날개 1.5m, 최고시속 160km)의 시험비행을 성공('11.7, 영국 사우스햄턴대)

② 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술

국내 기술동향

- 국내 스마트팩토리 분야는 중저가 장비 위주의 개발로 지능형 생산장비 및 패키지 시스템 기술이 부족하여 해외 의존도가 매우 높고, 요소 부품업체와 시스템 업체 간의 협력체계가 미비
- 컨트롤러, 서보모터/드라이브 등 핵심부품, High-End의 장비, 유연생산을 위한 운용솔루션 등 스마트공장 핵심요소의 대부분은 독일, 일본 등 선진업체에서 도입
 - 특히, 자동차, 반도체 등 대규모 제조라인 구축은 대부분 턴키방식으로 이루어지는데 국내 스마트공장 공급산업으로 대응이 되지 않아 해외 선진업체로부터 패키지 형태로 수입
- 국내 스마트공장 공급산업의 높은 해외 의존도로는 수직계열화 되어있는 스마트공장 산업 분야의 가치사슬을 약화시키고 결국 제조업의 경쟁력 약화로 귀결

국외 기술동향

- 제조회경 디지털화·글로벌화에 따라 네트워크 기술을 이용한 분산형 생산시스템으로 다양한 제품요구 및 고능률화 요구에 대응
- 다품종 대응을 위해 신속한 시스템 셋업이 가능한 수요 맞춤형 스마트공장의 공급 경쟁 가속화되고 있음
- 주요 수요 제조업의 생산성 배가 및 다양한 제품생산을 위한 유연성 요구 증대로 스마트공장 분야 선진기업은 초고속화, 다기능·복합화, 초정밀화, 고유연·지능화의 글로벌 트렌드를 창출하고 있음
- 국가 차원의 장기적인 정책을 수립하고 스마트공장 산업에 집중적인 투자
- 제조산업의 경쟁력이 국가 경제의 핵심으로 인식하고 제조분야의 비전 제시 및 체계적인 R&D 지원 추진 중

- 특히, 중소기업 육성·지원 및 가치사슬 강화를 통한 고용창출 전략을 수립하여 자국 제조산업의 지배력 확대에 연계되고 있음

③ 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술

국내 기술동향

- 국산 임베디드 SW 플랫폼은 외산 솔루션이 주도하고 있어 제품의 가격 경쟁력 및 기술 주도를 위한 핵심기술 격차 존재
- 국가 주력산업인 IT제조업, LED/태양광 등 녹색기술산업, 자동차 조선 등 전통 제조산업의 기반이 되는 제조로봇 및 응용시스템 기술개발이 진행
- 첨단 제조·가공 시스템 기술 분야에서는 고속·고정밀화, 다기능·복합화, 유연화·지능화, 소형화(컴팩트화) 등 고부가가치 핵심 기반기술 분야에서 선진국과의 기술격차 확대
- 국내 기업의 공정 및 시스템 설계, 제어 능력은 어느 정도 향상되었으나, 고부가가치 시스템의 핵심 요소부품 및 모듈의 수입의존도는 개선되지 못하고 있음

국외 기술동향

- 세계적으로 임베디드 SW 플랫폼의 중요성이 강조되고 있으며, 다양한 산업 제품군 고도화 및 고부가가치 서비스 제공을 위한 공통기반 플랫폼을 개발하여 활용
- 생산로봇이 인간과 공존하면서 인간의 부족한 역량을 보완해주기 위한 지능화 기술이 연구되고 있으며 생산시스템 운영에 있어 인간의 간섭을 최소화할 수 있는 수준의 로봇 시스템 개발의 연구 진행
- 첨단 제조·가공 시스템 기술분야에서는 독일을 중심으로 한 유럽과 일본의 선진기업들을 중심으로 ICT 융합 및 다공정 융복합 가공 시스템 등이 개발·소개되고 있으며, 난삭재 가공 및 초미세/하이브리드 시스템 부분도 핵심 원천 기술을 바탕으로 유럽 및 선진사가 주도

- 또한, 최근 항공 및 에너지 등의 대형 제조/가공 사업에 있어, 중국의 시장 확대와 더불어 기술개발이 활발히 진행되고 있으며, 일부 분야에서는 세계 최고 수준에 접근

■ 적용분야 및 기대효과

① 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술

- 케익이나 떡을 만드는 것에서부터 달 표면에 집짓는 프로젝트 그리고 사람의 팔에 직접 문신을 그리기까지 최근, 3D 프린터의 활용 가능성에 국내외적으로 많은 사람들이 큰 관심을 보이고 있음
- 얼마 전까지만 해도 주로 시제품 제작에 응용되던 것이 보석류, 완구류, 패션 및 엔터테인먼트 산업과 기술적 난이도가 높은 자동차, 항공/우주, 방위산업 및 의료기기 등 다양한 분야의 제품 개발에 활용되고 있음
- 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술은 제품 설계, 제작 및 성능평가를 위한 공통 규격으로 활용이 가능하며, 프린팅 Low-level H/W 제어기술과 OS를 적용한 최종 3D Printer 제품은 해당기술의 이전을 통한 사업화로 이익창출이 가능
- 3D 프린팅의 비약적 발전을 가져오고 있는 오픈 소스나 인터넷을 통한 온라인 마켓플레이스의 발전과 함께 프로젝트 ‘아라’와 같은 사용자 중심의 제조 환경은 앞으로의 제조산업 전반에 걸쳐 큰 변화를 가져올 것으로 기대
- 3D 프린팅은 단순한 제조 공정 이상으로 발전하고 있으며, 특히 사물인터넷이나 빅데이터 등의 ICT 기술과의 시너지 효과가 일어나고 있으며 여기에 개인화 및 맞춤형 소비 패턴을 충족시킬 수 있는 최적의 수단으로 인식

② 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술

- 스마트공장 공급산업과 스마트공장 수요산업의 동반 성장을 통한 국가경쟁력 확보
- 스마트공장을 구축하기 위한 산업인 공급산업으로는 PLM, PDM, MES, CAD, IoTs, CPS, 가상현실 등의 소프트웨어 산업과 센서, 컨트롤러, 네트워크, 디바이스 등의 기반 공장자동화 산업영역인 H/W 산업 육성 가능

- 스마트공장 관련 기술을 적용하기 위한 수요산업으로는 플랜트, 발전, 식품/제약 등 프로세스 산업과 자동차, 항공, 기계, 부품 등 이산공정 산업 등 전 산업에 적용가능
- 스마트공장 공급산업과 수요산업의 육성을 통하여 향후 부가가치가 높은 엔지니어링 산업의 점유율 확대가 예상되며, 국내에 기 확보되어 있는 제조기술을 포함한 플랜트 수출이 가능할 것으로 판단

③ 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술

- 국내 임베디드 SW 시장규모는 약 10조 4천억의 시장 형성. 산업별로 정보가전, 통신장비, 차량전장, 산업자동화 분야에 적용되고 있으며 임베디드 SW 핵심 기술은 비IT 전통산업의 경쟁력 강화에 결정적 역할을 할 것이며 IT 산업 생산성 강화가 기대
- 국가 신성장동력 산업에서 요구하는 핵심 제조장비 국산화 개발에 기여함으로써 제조 경쟁력 유지에 절대적으로 기여할 것으로 기대되며 연간 1조원 규모의 제조로봇 신규시장 창출
- 지능형가공시스템, 초정밀 미세가공 시스템, 신기술융합공정시스템의 고도화를 통해 자동차, 조선, 항공, 반도체 등 주력산업의 부품생산의 고품질화를 도모하며 신성장산업에서 요구되는 미세화, 초박형화 제품 응용 가능

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	미국, 독일, 이스라엘, 일본	75%	▶ 프린터 제작 지적 재산권의 수 및 ICT 결합 수준, 그리고 프린팅을 위한 소재 개발 수준을 고려시 해당 기술 수준은 75% 정도임
2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	미국, EU(독일), 일본	40%	▶ 엔지니어링 소프트웨어 기술의 경우, 독일, 프랑스 대비 30%에 해당되며, 센서, PLC, 로봇 등의 하드웨어 기술의 경우, 요소기술은 확보되어 있으나 통합 및 서비스 기술이 선진 제조국가 대비 50%에 해당
3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	일본, 미국, 유럽	70%	▶ 국외 최고수준의 장비 Spec 및 정밀도로 보았을 때, 국내 기업의 해당 기술수준이 70%에 해당
평균	—	61.7%	

■ 시사점

① 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술

- 3D 프린팅 기술은 공급자가 제품의 사양을 결정하고 생산하여 시장에 공급하는 현재의 산업 구조에서 수요자가 구매할 제품의 사양을 결정하고 맞춤형으로 생산하는 산업 구조로 변화하는 생산기술의 메가트렌드를 선도 기술
- 미국, 유럽, 일본 및 중국 등 주요 국가에서는 3D 프린팅 기반 스마트 제조 시장 및 기술을 선점하기 위해 관련 법령의 정비 및 전폭적인 산학연계 연구를 진행
- 소셜 매뉴팩처링을 위한 제조 기술로써 창의적인 아이디어를 구현하기 위해서는 3D 프린팅 기술의 혁신적인 발전이 선행되어야 하며, 다양한 질감을 가지는 소재, 빠른 적층 속도뿐만 아니라 크기의 한계가 극복되어야 함
- 기존의 제조업의 확장이 아닌 SNS와 예술 등과 융합하여 신시장을 창출하기 위해서는 무엇보다도 3D 프린터가 단순한 제조를 위한 장비 개념을 넘어서야 하며, 디자인 제작 툴과 네트워크와의 연계를 위한 소프트웨어에 대한 기술적 요구에 대응할 수 있어야 함

② 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술

- 국내 제조산업의 경우, 제품기술(자동차, 핸드폰, 조선, 플랜트 등) 위주로 정부 정책이 수립되고 있으며, 엔지니어링 산업의 경우 무형적인 산업으로 정부 투자 및 중요도가 상당히 떨어지고 있음
- 엔지니어링 산업의 경우 모든 공학기술의 융합을 통해 구현이 가능한 산업으로 글로벌 선진기업의 Follow-up이 쉽지는 않으나, 부가가치 창출 측면에서는 해당 산업의 육성이 절실히 요구
 - 글로벌 기업: 지멘스, 다쏘, Rockwell, ABB, GE, 미쓰비씨 등 유럽, 미국, 일본 기업이 대부분을 점유

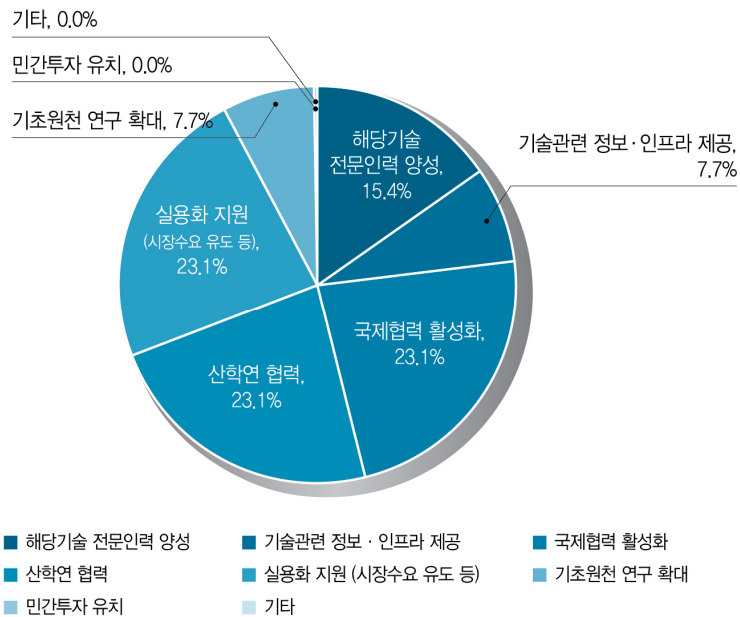
③ 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술

- 군사, 항공, 자동차, 조선 등 산업분야에 임베디드 SW 융합을 통한 전통산업의 기술경쟁력 향상
- 중소기업 제조환경에 첨단 제조로봇을 적용하여 작업환경개선, 산업폐기물 배출 및 에너지 소모량을 저감함으로써 저탄소 녹색성장에 기여
- 미래 수요전인 산업인 자동차·항공분야의 친환경 대응 및 연비 저감 관점으로, 고경도 난삭재 가공, 초대형 엔진, 풍력부품 등에 대응한 시스템 공급초점으로 빠르게 이관될 것이며, 이에 대응한 공정·장비 기술이 도입기에서 시장 활성화 단계로 발전할 전망

■ 최고기술 확보·추격방안

- 첨단 생산시스템 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘국제협력 활성화’, ‘산학연 협력’ 및 ‘실용화 지원(시장수요 유도 등)’이 필요하다는 의견이 각각 23.1%로 높은 비중을 차지

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	2	15.4%
기술관련 정보·인프라 제공	1	7.7%
국제협력 활성화	3	23.1%
산학연 협력	3	23.1%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	3	23.1%
기초원천 연구확대	1	7.7%
민간투자유치	0	0.0%
기타	0	0.0%
합계	13	100.0%



7 차세대 다기능 소재

■ 핵심 융합기술

- 차세대 다기능 소재 분야의 핵심 융합기술로써 ‘플렉서블 IT 소재기술’, ‘에너지 고효율 소재기술’, ‘인체 동기형 생체 소재’가 선정

■ 선정사유

① 플렉서블 IT 소재기술

- 휴대폰 및 테블릿 PC로 대표되는 모바일 IT 기기는 정보화 사회로 급속하게 진입하면서 기존의 휴대에서 착용하는 웨어러블 IT 기기 분야로까지 발전
- 웨어러블 IT 기기는 접거나(foldable), 신축(stretchable)이 가능한 유연 디스플레이 소재기술, 유연 스마트 센서 소재기술을 결합하는 융합소재기술로써 웨어러블 PC, 웨어러블 휴대폰 등의 IT 기기와 스마트 센서를 융합하여 로봇, 의료, 환경, 자동차 등의 다양한 분야에서 응용범위가 넓음

② 에너지 고효율 소재기술

- 에너지 하베스팅 기술은 휴대용 전자기기의 새로운 개념 전원 기술로 USN, 바이오전자, 웨어러블 전자기기, 스마트 의류, U-헬스, 국방 산업 등 다양한 분야에서 현재 배터리 사용시간 및 크기의 문제를 해결하여 응용분야의 확대 및 IT 기기의 박형화, 스마트기기의 UX 기능 확대를 촉진시킬 것으로 예상

③ 인체 동기형 생체 소재

- 고령인구 증가 및 서구화된 식단 등으로 암, 심혈관계 질환과 같은 대표적인 성인병뿐만 아니라 뼈 기능 장애에 따른 많은 노인성 질환이 증가할 것으로 예상되고 인적·물적 교류 증가에 따른 조류독감, 구제역, 수인성 질환 등 감염성 질환이 세계적으로 증가하고 있는 추세

- 질 높은 삶을 추구하는 시대적 조류에 따라 환자 개개인별 손상 및 질병에 적합한 구조와 기능을 갖춘 생체 소재의 개발과 빠른 조직 재생을 위한 임플란트 기술에 대한 요구가 급증하고 있으며, 신속·정확한 질병 진단이 가능한 지능형 생체소재 통합 시스템의 개발이 요구

■ 기술정의 및 범위

① 플렉서블 IT 소재기술

- (정의) 경박단소 및 유연하여 휴대가 가능한 다양한 기능을 가진 소자들을 융합하여 내장하는 플렉서블 웨어러블 IT 기기의 핵심소재 기술로써 미래 유망성이 매우 높음
- (범위) 종이처럼 얇고 유연하나 기판을 활용하여 손상없이 휘거나 구부릴 수 있는 디스플레이/센서 등을 구현할 수 있는 소재/공정/설계/패키징/장비 기술

② 에너지 고효율 소재기술

- (정의) 사람의 움직임, 진동, 열 및 전자파 등 버려지는 에너지를 활용하여 전기 에너지를 생성해 낼 수 있는 친환경 에너지 소자로서 열전 발전 소자, 압전 발전 소자 등이 있음
 - 최근 나노 기술을 활용하여 보다 높은 특성의 열전, 압전 발전 소자의 개발이 이루어지고 있으며 기존 배터리의 한계를 극복할 수 있는 새로운 전원 기술로 부각되고 있음
- (범위) 에너지 하베스팅 기술은 주위에 버려지는 에너지 진동, 열, 빛, 바람, 조력, 전자파 등을 전기 에너지로 변환하는 기술 전부를 포함
 - 그러나 일반적으로 태양 전지, 풍력 발전, 조력 발전 등은 신재생 에너지로 분류되며, 유연 에너지 하베스팅 기술은 복합 소재 및 나노 기술을 활용하여 진동, 열 등의 에너지를 전기 에너지로 변환하는 유연 압전, 열전 에너지 하베스팅 기술 및 이에 의해 생산된 전력을 저장하는 유연 에너지 저장 소자 기술을 포함

③ 인체 동기형 생체 소재

- (정의) 인체 동기형 생체 소재는 생체친화성과 고기능성을 포함한 지능형 소재로서 고령화 사회 진입에 따른 삶의 질 및 건강에 대한 관심 증대와 함께 미래 LOHAS 생활을 가능하게 하는 소재
- (범위) 인체 동기형 생체 소재는 체내 적용을 위한 약물전달체, 조영제, 기능성 임플란트 소재와 체외에서 감염성질환 및 성인병을 진단할 수 있는 진단 소재로 구분

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 플렉서블 IT 소재기술	1-1. 유연 디스플레이 기술	▶ 유연 디스플레이 용 용액공정 소자 구현 기술 ▶ 유/무기 합성 및 양자점 기술 ▶ 유연 디스플레이 소재 기술 ▶ 유연 공정 장비 기술
	1-2. 유연 스마트 센서 기술	▶ 유연 오감(촉각, 시각, 청각, 미각, 후각) 센서용 소재 기술 ▶ 오감 센서를 IT 기기에 융합한 스마트 IT 소재/시스템 기술 ▶ 유연 환경 센서 소재기술 ▶ 유연 바이오센서(생체신호, 질병진단) 소재 기술
	1-3. 유연 투명전극 기술	▶ 그래핀 투명전극 소재 기술 ▶ 탄소나노튜브 투명전극 소재 기술 ▶ 금속 나노와이어 투명전극 소재 기술 ▶ 전도성 고분자 투명전극 소재 기술 ▶ 유연 금속 메쉬 기술 ▶ 스트레처블(Stretchable) 전자 소재 기술
2. 에너지 고효율 소재기술	2-1. 유연 에너지 변환 소재	▶ 폴리머 에너지 변환 (열전, 압전) 기능성 소재 기술 ▶ 산화물-폴리머 에너지 변환 (열전, 압전) 기능성 컴포지트 소재 기술 ▶ 그래핀 전극 기술 ▶ CNT 전극 기술 ▶ 금속 나노와이어 컴포지트 전극 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	2-2. 유연 에너지 저장 소재	▶ 산화물-폴리머 컴포지트 양극 소재 ▶ CNT 기반 음극 소재 ▶ 폴리머 컴포지트 음극 소재 ▶ 폴리머 전해질 ▶ 유연 전도체 소재
	2-3. 에너지 하베스팅 섬유 소재	▶ 기능성 섬유 방사 공정 기술 ▶ 기능성 섬유 코팅 기술 ▶ 다중 소재 섬유 공정 기술 ▶ 직조, 편조 등 직물화 기술
3. 인체 동기형 생체 소재	3-1. 인체 친화형 조직재생 소재	▶ 생체친화도를 높이기 위한 생체활성 복합 코팅 기술 ▶ 빠른 조직재생이 가능한 자가치료형 임플란트 소재 기술 ▶ 감염 억제를 위한 항균성 소재 개발 기술
	3-2. U-Health를 위한 스마트진단용 소재	▶ 감염성질환 및 병원균 초고속 진단용 자성입자 개발 기술 ▶ 심근경색 및 각종 암 표지자 신속정확 진단용 고감도 나노 복합소재 기술 ▶ 질병 조기진단용 분자진단 소재 기술
	3-3. 테라그노시스용 나노메디컬 소재	▶ 당뇨 테라그노시스용 지능형 세라믹 통합 시스템 개발 기술 ▶ 인체 이식 가능한 융합형 생체연료전지 개발 기술 ▶ 질병의 진단과 치료가 동시에 가능한 다기능성 나노조영제 개발 기술

■ 기술동향

① 플렉서블 IT 소재기술

국내 기술동향

- ▶ 플렉서블 디스플레이 분야의 국가 R&D는 '02년부터 지원되기 시작하였으며 '13년 이동통신 발전정책에서 지속적으로 지원 중

- 플렉서블 디스플레이의 핵심재료인 유기소재, 무기소재 및 공정장비에 대한 독자적 원천기술 연구와 IP 확보가 미흡한 상황임
- 플렉서블 디스플레이 소재 및 장비 국산화율이 매우 낮으며 본격적인 시장이 형성되지 않은 상태로 원천 소재, 공정, 장비기술 등의 경쟁력 강화에 집중할 필요가 있음
- 국내 센서 기술수준도 낮으며, 수요가 급증하고 있는 유연 스마트 센서의 기술 수준은 더욱 낮은 실정
 - 특히, 스마트 센서의 가장 중요한 분야인 소자·신호처리부(아날로그 방식)에 대한 기술은 더욱 낮은 실정임
- 지식경제부는 '12년 '센서산업 발전전략' 발표
 - 7개 핵심소자(자기센서, 압력센서, 관성센서, 영상센서, 레이더센서, 화학 및 광학센서)와 2개 기반기술 지원
 - 또한 7대 산업 분야(자동차, 모바일, 로봇, 보안, 바이오·의료, 환경, USN)에 필요한 미래 유망 센서를 60개 선정 및 지원
- 전도성고분자나 탄소나노섬유 등의 전도성 나노입자를 포함하고 있는 투명전극소재의 경우 플라스틱 기판과의 접착력과 열팽창이나 변형에 대한 전도도의 안정성이 우수하여 많은 연구가 이루어지고 있음
- 탄소나노튜브, 그래핀, 은 나노와이어 등의 재료를 이용하여 잉크를 제조하고 이를 코팅하는 기술을 개발하고 있으며 ITO를 대체할 투명전도성 필름/터치패널 제조 기술을 개발

국외 기술동향

- 미국, 일본, 유럽 등의 선진국을 중심으로 AMOLED, 양자점 소재, 플렉서블 디스플레이 등의 미래 시장 선점 및 차세대 기술 확보를 위한 경쟁이 치열
- 센서기술은 미국, 독일 등 일부 선진국을 중심으로 디지털 센서 단계를 지나 스마트 센서에 대한 연구가 활발하게 진행

- 집적센서의 양산('90년대 중반) 이후 반도체 및 MEMS 등의 제조기술이 접목되면서 본격적으로 첨단센서 개발이 활발하게 진행
- 미국은 국방부를 중심으로 FDC(Flexible Display Center)를 아리조나 주립대 연구단지 내에 설립. '04년부터 5년간 4370만 달러를 지원하였으며, 추가로 5000만 달러를 투자
- 일본에서는 차세대 연구개발을 위해 정부 차원의 R&D 지원과 관리가 이루어지는 NEDO(New Energy And Industrial Technology Development Organization)를 구축하여 플렉서블 디스플레이 R&D 프로젝트 운영
- 도쿄대 Someya 그룹을 중심으로 인쇄 유기 트랜지스터 등을 이용한 센서, 액추에이터 등을 개발하고 있으며 이와 관련된 신축성 매트릭스 소재, 전도성 소재 등을 개발
- NEDO 및 JST/CREST, KAKENHI 등에서 투자하였으며, 대일본인쇄, RIKEN, AIST 외 5~6개 기업이 참여 중이고 도요타에서는 얼굴 표정 인식 센서 개발
- 유럽에서는 FlexDis 프로젝트를 통해 캠브리지 대학, 독일 슈트가르트 대학, 노키아 연구소, 필립스 연구센터, 프랑스 톰슨 및 STMicroelectronics 등에서 플렉서블 디스플레이 기술개발
- STELLA, SHIFT 프로젝트를 통해 헬스케어, 웰니스, 기능성 섬유에 응용을 위한 대면적 스트레처블 일렉트로닉스 및 관련 소재 패키징 기술을 개발 중에 있으며 스트레처블 전도체를 가진 기판 소재를 기반으로 전자부품, 센서, 액추에이터, 디스플레이, 스위치 등을 집적하는 기술 개발도 진행 중

② 에너지 고효율 소재기술

국내 기술동향

- 다양한 전방 산업의 에너지 하베스팅 기술 수요에 비해 에너지 하베스팅 제품 출시가 늦어지고 있어 더욱 활발한 기술 개발이 중소기업 위주로 이루어져야 할 것으로 전망

- 지난 10년간 운동, 진동, 유체 흐름 등의 에너지를 이용한 에너지 수확 장치 개발에 많은 연구가 진행
 - 한국기계연구원, 한국과학기술연구원, 서강대, 경북대 등 출연연 및 대학을 중심으로 연구가 이루어지고 있으며 주로 에너지 변환 압전 소재 및 소자 개발이 활발히 이루어짐
- 그러나 아직까지 실용성, 경제성, 타당성에 많은 취약점을 안고 있음
 - 진동 에너지 하베스팅에 대한 구체적 응용대상 선정이 미흡한 단계이며, 여전히 많은 적용 기술이 경쟁하고 있음
 - 특히 유연 압전 하베스팅 기술에 대한 관심도는 급증하고 있으나 아직 초기 개발 단계이고, 최근 마찰 전기를 이용한 발전 기술이 개발되어 많은 관심을 가지고 있음
- 열전발전에 대한 국내의 연구는 아직 선진국 수준에 도달하지 못함
 - 열전발전에 대한 국내 연구는 1990년대 초 한국과학기술연구원(KIST)에서 시작하였으나 열전발전 시스템에 대한 본격적인 연구는 '96년도부터 전기연구소를 주축으로 시작되었으며 Bi/Te, Pb/Te계 열전변환 재료, 열전발전 모듈, 보일러 폐열을 열원으로 이용한 1kW급 열전발전 시스템을 개발
 - 개발된 열전발전 시스템의 효율은 1~3%정도로서 아직까지는 미흡한 상태
 - 현재 국내에서 열전발전에 대한 연구를 수행하고 있는 곳은 한국전기연구원(KERI)를 비롯하여 한국과학기술연구원(KIST), 한국에너지기술연구소(KAERI), 포항산업과학기술연구원(RIST) 등의 연구기관과 홍익대학교, 서울대학교, 충남대학교, 인천대학교, 인하대학교, 아주대학교, 울산대학교 등이 있으며 열전 재료와 관련된 기업으로는 써모텍, 제펠 등이 있음
- 제조기술에서 module이나 시스템을 제작하는 기술은 선진국에 비해 다소 뒤쳐짐
 - 현재 대기업의 경우 선행연구 수준에 머무르는 있으며, 유연 열전 하베스팅 기술은 초기 개발단계 수준
- 유연전지기술의 경우 아직까지 국외 수준에 미치지 못하고 있으나 세계 1위의 반도체, LCD 생산 등을 기반으로 박막 공정에 관한 경험과 노하우가 풍부하여

신속하게 공정 개발을 할 수 있는 강점을 가지고 있으며, 전통적으로 강한 진공 기술을 바탕으로 본격적인 연구개발이 이루어질 경우 수년 내에 기술격차를 극복할 것으로 사료

- 웨어러블 기술의 필요성에 따라, GS칼텍스, 현대중공업, 삼성전자 등에서 관련 기술개발에 박차를 가하고 있으며, 연구실 수준을 넘어 양산 체계로 진입하고 있음
- 에너지 하베스팅 섬유 기술은 아직 초기 연구단계인 슈퍼커패시터 섬유 제조 기술을 제외한 압전 하베스팅 섬유, 열전 하베스팅 섬유, 이차전지 섬유 등에 관한 기술에 대한 연구결과는 거의 전무한 실정. 최근 관련 기술에 대한 관심이 급증하고 있음

국외 기술동향

- 해외 선진업체의 경우 최근 열전, 압전 에너지 하베스팅 제품을 속속 출시하고 있는 반면, 국내는 상용화 제품이 아직 이루어지지 못하는 실정
- 자동차의 진동 및 엔진열, 공장, 발전소 등의 폐열, 건축물, 도로 등의 진동을 활용한 에너지 하베스팅 기술 등이 선진 기술업체 중심으로 개발
 - Texas Instrument는 에너지 하베스팅 컨버터를 출시하였는데, 이는 USN, 모니터링 시스템, 모바일 악세사리 등과 같은 애플리케이션의 무배터리 전원을 가능하게 하는 것으로 에너지 하베스팅에 필수적으로 필요한 후방 회로 기술
- 인간의 운동에너지를 이용한 에너지 수확 장치, 건물 자동화를 위한 무선 센서 구동에 활용하는 에너지 수확 장치, 유체흐름을 이용한 전력 생산 등이 개발
- 미국 Georgia Tech. Zhong Lin Wang 교수를 중심으로 다양한 나노 압전 하베스팅, 마찰 발전에 대한 다양한 연구 결과가 발표
- 현재 연구되는 열전나노 박막 기술에는 quantum well, quantum dot, nano wire 등이 존재함. 한편 이러한 신소재의 연구뿐만 아니라 기존의 소재들도 조성이 다른 2종 또는 수종의 열전소재를 연속적으로 접합하는 경사기능화 기술 등을 적용함으로써, 그 성능을 크게 향상

- 이러한 다양한 열전반도체 신소재 기술의 발달로 최근 외국의 열전 반도체의 효율이 거의 태양전지 효율에 육박해 가고 있어, 열전기술의 대량 상업화가 가능해지고 있음
- 그러나 유연 열전 하베스팅에 관한 기술개발은 아직 초기 단계에 머무르고 있음
- 최근 세계 최고 수준인 미국의 박막전지 회사들이 본격적으로 설비 투자에 집중
 - Biophan, Cymbet, Enable, IPC, Excellatron, Front Edge Technology, Infinite Power Solution, ITN, NanoEner, NEC, Oak Ridge Micro Energy, Planar Energy Devices, Solicore and Ultralife 등의 회사들이 세계 각국에서 전고상 박막전지에 대한 연구가 진행 중이며, 미국 정부 과제를 통해 Army, Navy, DARPA, Enable IPC 등과 함께 공동 연구를 수행 중
- 유연 박막 전지에 관한 기술은 최근 매우 활발히 연구 결과가 발표되고 있으나 아직 상용화에는 크게 못 미치고 있는 실정
- 섬유기반 에너지 하베스팅에 관한 기술은 국내 기술수준과 마찬가지로 섬유 슈퍼커패시터를 제외하고는 초기 연구단계 수준

③ 인체 동기형 생체 소재

국내 기술동향

- 유·무기 복합체로 구성된 골이식재의 유기물은 콜라겐 등의 세포외 기질과 BMP(bone morphogenetic protein)-2 등 성장인자가 주요 대상이며, 최근에는 연구개발 동향 및 가격 등의 요인으로 BMP-2를 함유한 골이식재가 집중적으로 개발
- 한스바이오메드의 경우 탈회된 골기질(DBM: Demineralized Bone Matrix)의 강한 혼합물로써 간엽세포(Mesenchymal cell)의 증식과 골형성 세포(Osteoblast)의 분화를 빠르게 촉진함으로써 정상적인 골형성 과정을 통해 신생골의 성장을 촉진하는 제품을 개발

- 오스코텍의 경우 이중골 표면에 칼슘포스페이트를 1차 코팅 후 열처리를 거친 제품을 다시 한 번 2차 코팅하는 이중 코팅 방식을 적용함으로써 신생골 형성 유도 및 TGF- β , IGF 등 성장인자를 유도하여 간엽세포를 조골세포로 분화시키고 파골세포를 활성화하여 이식재를 흡수를 돕는 제품을 개발
- 유·무기 복합체로 구성된 치과용 골이식재의 유기물은 콜라겐 등의 세포외 기질과 BMP-2 등 성장인자가 주요 대상이며, 최근에는 연구 개발 동향 및 가격 등의 요인으로 BMP-2를 함유한 치과용 골이식재가 집중적으로 개발
- 코웰메디, 셀루메드는 재조합 제2형 인간골형성단백질(rhBMP-2)을 함유, 골전도성과 골유도성을 함께 지닌 자가골을 대체할 수 있는 골이식재 개발
- 최근 국내 업체들은 활발한 기술개발로 골형성 단백질 융합 골이식재, 자가치아 골이식재에 대한 원천기술 확보가 이루어지고 있으나 국산화 및 해외시장 진출을 위해서는 충분한 임상자료 확보를 통한 안전성 검증과 더불어 차세대 골이식재 개발을 위한 연구 필요
- 나노엔텍과 소수의 생물공학 벤처기업에서 미세유체제어 소자를 개발 중이지만 세라믹소재가 아닌 플라스틱 기반 소재 활용
- 삼성종합기술원에서는 LOC (Lab-on-a-Chip) 형태의 바이오칩을 개발 중에 있으나 바이오컨텐츠를 중심으로 DNA칩 개발이 주를 이루고 세라믹소재 이용은 아직 보고되지 않음

■ 적용분야 및 기대효과

① 플렉서블 IT 소재기술

- 디스플레이 산업, 센서 산업, 자동차 산업, 웨어러블 컴퓨터 산업, IT 모바일기기 산업, 로봇산업, 헬스케어, 환경 산업 등에 적용 가능
- 유연 디스플레이 부품
 - 휴대형 : 휴대폰에 플렉서블 디스플레이를 채용하여 신개념 휴대폰 개발 (Mobile phone, e-Book, e-Newspaper, Wearable Display)
 - 고정형 : 기존의 디스플레이 평면·사각 형태에서 탈피하여 공간을 효율적으로 활용 가능(TV, Living Display, Automobile Display)

- 대면적 광고형 : Roll-to-Roll 생산이 가능하며 광고용, 정보전달용 디스플레이로 응용(Signature & Public, Transportation Information)

● 유연 스마트 센서 부품

- 유연한 기판에 제작되어서 물리, 화학, 바이오 센서로 인체 및 로봇 등에 적용
- 물리센서 : 압력, 온도, UV, IR 등을 측정하기 위한 센서
- 화학센서 : 대기 오염, 실내 공기 및 수질 검사 등을 위한 센서
- 바이오센서 : 신체 상태 및 건강 상태를 측정하기 위한 센서

● 빅데이터 활용 스마트 센서

- 건물의 내강도 진단, 농기계 및 건설기계 모니터링(Yanmar), 인간 수면상태 모니터링, 음성인식(Google), 환경 진단 등

② 에너지 고효율 소재기술

● 에너지 고효율 소재기술 개발을 통해 다양한 분야에 활용 가능

- 모바일 기기 및 웨어러블 기기용 주 또는 보조 전원
- 바이오 센서 및 반영구적 인공장기의 전원 장치
- 자동차 및 전기 자동차의 보조 전원
- 센서 네트워크 반영구적 독립 전원
- 에너지 의류, 플렉서블 전원

③ 인체 동기형 생체 소재

● 조직재생용 임플란트, 질병 진단용 바이오센서 등에 적용 가능

● 삶의 질 향상을 위한 스마트 진단·치료용 인체 동기형 생체 소재의 개발로 글로벌 바이오산업에 참여할 뿐만 아니라 국민 복지에 향상을 위해 크게 기여할 것으로 기대

- (경제적) 수입에 의존하던 진단용 세라믹 소재 국산화, 관련 소재와 제품의 수출 및 산업 활성화

- (사회적) 고령 노인의 건강한 삶을 보장하고, 나아가 보편적 복지 향상, 조기 진단에 따른 국민 의료비용 절감 기대
- (기술적) 경질 바이오 세라믹 소재 기술 및 바이오 활성 세라믹 소재 기술 확보, 다양한 형상 가공이 가능한 세라믹 소재 및 가공 기술개발과 고감도 질병 진단이 가능한 다기능성 나노세라믹 기술 확보

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 플렉서블 IT 소재 기술	미국, 일본, 영국, 독일	85%	▶ (디스플레이 분야) 유리기판 제조공정 기술은 세계 최고 수준이나 소재, 장비, 유연 기판 공정기술 등 원천기술이 미흡하여 세계최고 기술수준 보유국 대비 90%로 평가 ▶ 지식경제부는 2012년 12월 '센서산업발전전략'에서 국내 센서 기술을 최고 기술수준 보유 국가 대비 65%로 평가 ▶ 유연 투명전극 분야는 최고 기술수준 보유 국가 대비 90%로 평가 ▶ 유연 디스플레이 기술, 유연 스마트 센서 기술, 유연 투명전극 기술을 종합하면 최고기술수준 보유국가 대비 85%로 평가
2. 에너지 고효율 소재기술	미국, 독일	80%	▶ 유연 압전 및 열전 에너지 하베스팅과 유연 2차 전지기술의 연구개발 결과와 국내 연구개발 결과를 비교할 때 거의 동일 수준임. 다만 기술 다양성 측면에서 다소 부족
3. 인체 동기형 생체 소재	미국, 일본, 스위스	85%	▶ (조직재생 소재) 선진국의 고내구성, 생체안정성 등 고부가가치형 임플란트 기술에 못 미치고 있음 ▶ (진단 소재) Roche, J&J 등 선진 대기업의 기술 개발 수준에 비하여 기술력이 떨어짐
평균	-	83.3%	

■ 시사점

① 플렉서블 IT 소재기술

- 융합 웨어러블 제품에 특화된 유연 디스플레이 기술 및 유연 스마트 센서기술은 다품종 소량생산에 적합할 수 있도록 기술적 장벽과 투자 장벽을 제거하는 선행 연구와 정책이 요구
- 유연 디스플레이 및 유연 스마트 센서, 유연 투명전극 기술을 확보하기 위해서는 기초 분야에 대한 꾸준한 지원과 파급효과가 큰 기술에 대한 선별 지원을 통해 압축 성장이 필요
- 또한, 개별 산업의 트렌드를 파악한 후 핵심부품으로 부상할 기술을 선제적으로 개발하여 시장 선점이 중요
- 유연 디스플레이 기술, 유연 스마트 센서 기술 등은 인공지능, 빅데이터 등과 접목하여 새로운 활용분야를 발굴하고 인간과 기계 간 소통방식에 대한 새로운 관점의 연구·개발 필요

② 에너지 고효율 소재기술

- 모바일 및 웨어러블 기기 출현에 따라 현재 배터리 기술의 사용 시간, 크기 등의 한계를 극복할 수 있는 새로운 전원 기술의 필요성 증대
 - 주위의 버려지는 진동, 움직임, 열 등으로부터 에너지를 수확하여 전기에너지로 변환하고 이를 저장하여 사용할 수 있는 에너지 하베스팅 기술의 중요성 대두
- 나노기술 발전으로 압전, 마찰, 열전, 2차전지 등 소재 기술이 진일보 하고 있으며 새로운 섬유 형태의 에너지 하베스팅 소재 기술이 부각
- 유연 에너지 하베스팅과 관련된 프로토타입 제품 출시 지연에 따라 직접적인 응용이 늦어지고 있으며 관련 기술에 대한 장기 신뢰성 검증 필요
- 유연 에너지 하베스팅 기술은 기술 개념 정립기로서 다양한 기술적 기회가 많고 응용분야 도출에 의한 조기 상품화가 필요한 시점

- 전세계적으로 아직 기술 도입 단계로서 기술선점에 많은 기회가 내재된 기술
이므로 발전가능성이 높음

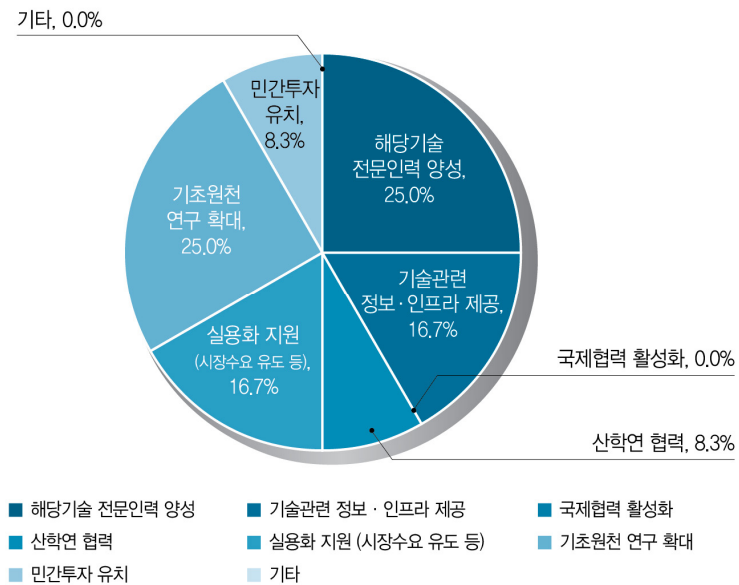
③ 인체 동기형 생체 소재

- 고령화 사회 도래와 함께 골절, 관절염 등의 뼈 관련 질환 증가와 미래 삶의 질 향상을 위한 필요성의 인식으로 미래산업으로서 생체조직 재생 분야는 시장성과 경제성이 향상
- 자성나노기술을 이용한 바이오 질환 진단/검지 기술은 사용의 편리함과 진단 시간의 획기적 단축을 통한 고속처리(high- throughput)를 가능하게 하여 실시간으로 다량의 시료처리를 요구하는 바이오 분야에서는 획기적인 기술로 자리 매김하고 있음
- 이러한 미래사회의 흐름으로 보아 인체 동기형 생체 소재의 수요가 계속 증가할 것으로 예상되고 미래 고부가가치 산업의 핵심 키워드로 인식

■ 최고기술 확보·추격방안

- 차세대 다기능 소재 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력’, ‘기초원천 연구 확대’가 필요하다는 의견이 각각 25.0%로 높은 비중을 차지
 - ‘기술 관련 정보·인프라 제공’ 및 ‘실용화 지원(시장수요 유도 등)’의 필요성도 각각 16.7% 비중으로 나타남

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	3	25.0%
기술관련 정보·인프라 제공	2	16.7%
국제협력 활성화	0	0.0%
산학연 협력	1	8.3%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	2	16.7%
기초원천 연구확대	3	25.0%
민간투자유치	1	8.3%
기타	0	0.0%
합계	12	100.0%



8

건강관리 서비스

■ 핵심 융합기술

- 건강관리 서비스 분야의 핵심 융합기술로써 ‘비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술’, ‘맞춤형 진단 및 현장진단 기술’, ‘개방형 건강관리 플랫폼 기술’, ‘맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술’이 선정

■ 선정사유

① 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술

- 저렴하고 신속하며 반복이 쉬운 진단에 있어 방사선동위원소 및 조영제의 투여나 뇌척수액 및 혈액의 반복적 채취와 같이 침습적이고 환자에게 고통과 위험을 유발하는 방법은 치명적 한계가 존재
 - 특히 원격 진료는 환자 스스로 손쉽게 건강 데이터 산출을 위한 측정 방법이 제공되어야 하기 때문에 비침습/무구속/무자각 측정법의 개발은 필수

② 맞춤형 진단 및 현장진단 기술

- 질병의 모니터링이나 조기진단을 위해 유전정보나 질병에 대한 바이오마커를 이용하여 현장에서 바로 질병을 진단하는 기술개발이 최근 활발히 이루어지고 있으며, 진단 정보의 원격 전송이 가능하여 다양한 원격 건강관리 서비스에 활용될 수 있어 핵심 융합기술로 선정

③ 개방형 건강관리 플랫폼 기술

- 정보통신기술의 발전으로 개인의 건강정보를 축적하고 분석하여 다양한 건강 관리서비스를 제공해주는 ICT 기반의 건강관리 서비스에 대한 요구가 증대되고 있으며, 특히 다양한 서비스 제공이 가능한 개방형 플랫폼에 대한 기술개발이 요구되고 있어 핵심 융합기술로 선정

④ 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술

- 현재 대도시에 집중되어 있는 의료서비스의 시간적, 공간적 한계를 극복하고 환자의 개인적인 특성을 고려한 환자 실시간 모니터링, 맞춤형 원격진료 및 원격치료를 제공하기 위한 미래 지향적 기술로써 질병예방 및 치료에 적용될 수 있는 신개념의 의료서비스 창출이 가능

■ 기술정의 및 범위

① 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술

- (정의) 주사바늘, 조영제, 영상장비(MRI, CT 등)와 같이 환자에게 고통(자각), 위험(침습) 및 불편함(구속)을 동반하는 진단법에서 벗어나 자유롭게 손쉽게 건강정보를 측정할 수 있는 기술
- (범위) 인체이식 장비, 웨어러블 디바이스, 생체시료 분석 장비, 베드사이드 진단 장비, U-헬스 측정기기

② 맞춤형 진단 및 현장진단 기술

- (정의) 유전정보나 질병에 대한 바이오마커를 검출할 수 있는 바이오센서/칩을 이용하여 현장에서 질병을 바로 진단하는 기술
- (범위) DNA 칩, 단백질 칩, 현장진단 바이오센서/칩

③ 개방형 건강관리 플랫폼 기술

- (정의) 개인 건강기록을 구축하고 공유·활용·분석하여 다양한 건강관리서비스를 제공할 수 있는 개방형 플랫폼 기술
- (범위) 개인 건강 레코드 구축/공유/활용 기술, 건강 빅데이터 분석 기술, 모바일 건강관리 서비스 플랫폼 기술

④ 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술

- (정의) 원격시스템에 의한 환자 실시간 모니터링, 진단 및 관리와 원격의료시스템에 의한 맞춤형 원격진료 및 원격치료를 목적으로 하는 실시간 원격진료 및 치료 시스템

- (범위) 원격시스템에 의한 환자의 실시간 모니터링, 실시간 진단 및 실시간 관리, 생명-의료 빅데이터 기반 환자의 맞춤형 진단, 원격의료시스템에 의한 환자의 원격진단 및 원격치료

기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	1-1. 비침습 자가건강진단 기술	▶ 비침습성 추출 생체시료(노, 머리카락, 타액, 눈물 등) 측정/분석 기술 ▶ 간소화 약침습성 생체시료(혈액, 뇌척수액) 추출 기술
	1-2. 무구속 생체신호 측정 기술	▶ 전기적 비접촉 생체 신호 측정 기술 ▶ 신체 접촉용 임피던스 센서 ▶ 활동 모니터링 및 일상성 추출 기술
	1-3. 무자각 생활정보 패턴 측정 기술	▶ 웨어러블 디바이스(옷, 시계, 안경 등) ▶ U-헬스 기능성 생활용품(가전제품, 가구, 주택, 자동차 탑재 센서)
	1-4. 인체 이식형 생체신호 측정 기술	▶ 생체적합 바이오칩/센서 ▶ 무선 인체 삽입 센서 ▶ 원격 신호 전달 장치 ▶ 무전원 센서
2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	2-1. 유전정보 기반 맞춤형 진단 기술	▶ 맞춤형 질병진단이 가능한 DNA 유전정보 기반 질병진단 칩/센서 기술
	2-2. 현장진단 바이오칩/센서 기술	▶ 혈액/소변/타액 등의 질병 바이오마커 농도를 현장에서 바로 측정할 수 있는 바이오칩/센서 기술
3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	3-1. 개인 건강 레코드 구축/공유/활용 기술	▶ 개인 건강 정보를 레코드로 구축하고, 공유하며 활용하기 위한 기술로 개인 건강 레코드의 표준화, 개인 건강 레코드의 교류 등의 기술을 포함
	3-2. 건강 빅데이터 분석 기술	▶ 건강관련 코호트 빅데이터 분석기술 ▶ 축적된 개인 건강정보의 빅 데이터 분석을 통한 개인 건강 추이 예측 기술
	3-3. 모바일 건강관리 서비스 플랫폼 기술	▶ 표준 기반 건강정보 수집/활용 인터페이스 기술 ▶ 서비스를 위한 개방형 API 기술
4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	4-1. 원격 건강 모니터링 기술	▶ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 모니터링 ▶ 실시간 모니터링에 의한 실시간 진단

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	4-2. 맞춤형 원격진료기술	▶ 생명-의료 빅데이터 기반 환자의 맞춤형 진단 ▶ 원격의료시스템에 의한 환자의 원격진단-원격상담, 원격병리진단, 원격방사선진단 등
	4-3. 맞춤형 원격치료기술	▶ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 관리-원격간호, 원격처방, 원격재활 등 ▶ 원격의료시스템에 의한 맞춤형 원격 치료-원격 심장치료, 원격 정신치료, 원격 방사선치료, 원격 피부치료, 원격치과질환 치료, 원격수술 등

■ 기술동향

① 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술

국내 기술동향

- 삼성전자, LG전자 등과 몇 개의 중소기업에서 운동정보와 심박수 등 생체신호를 측정할 수 있는 웨어러블 기기를 개발
- 서울대, 부산대, ETRI 등에서 패치형 생체신호 측정기술에 대한 연구를 진행 중
- 비침습 혈당측정기술과 호흡가스를 이용한 질병진단 기술 등 비침습 측정기술에 대한 연구가 연구소와 대학을 중심으로 진행 중

국외 기술동향

- 나이키, 핏빗 등에서 손목착용형 운동정보 측정기기를 개발하여 출시
- 미국 일리노이 대학에서는 피부 부착 패치형 생체신호 모니터링 기술에 대한 연구를 진행
- 독일 괴테대학에서는 광음향 기술을 이용한 비침습 혈당 측정기술에 대한 임상 실험을 진행

- 이스라엘에서는 호흡가스 분석을 통한 폐암 등 질병진단 기술에 대한 기술 개발을 진행하였으며, 기업을 통해 사업화를 추진 중

② 맞춤형 진단 및 현장진단 기술

국내 기술동향

- 반도체 기술을 이용한 FET 바이오센서 등 현장진단을 위한 바이오센서 연구가 대학, 연구소, 기업 등에서 활발히 진행 중
- 캔틸레버 바이오센서에 대한 연구를 KIST, ETRI, KETI 등 연구소에서 연구를 진행 중

국외 기술동향

- 독일의 Bruker Daltonics에서 질량분석 바이오센서를 상용화하였으며, 프랑스 Biome AnagnosTec와의 협업으로 질량분석 바이오센서를 개발
- 미국의 Radox에서 Biochip assay 기술을 이용한 심근경색 바이오센서를 개발하였으며, 독일의 Trimedis, 일본의 DS Pharma에서도 RapiCheck, CardioDetect 등 바이오센서를 개발
- 독일 Fischer Analysen Instrumente GmbH에서 요소호기검사장비를 개발하였으며, 미국 Otsuka America Pharmaceutical, Inc에서 BreathTek UBT kit, 중국 Shenzhen Zhonghe Headway bio-Sci & Tech Co. Ltd에서 H. Pylori Detector 등 바이오센서를 상용화 중

③ 개방형 건강관리 플랫폼 기술

국내 기술동향

- 삼성에서 싸미라는 건강관리 플랫폼을 공개하였으며, 기어 핏 등 건강정보 측정기기와 연동을 통해 건강관리 서비스를 제공

- 유헬스 플랫폼 등 다양한 건강관리 서비스 플랫폼이 개발되어 시범서비스가 진행

국외 기술동향

- 애플에서는 헬스킷이라는 건강관리 플랫폼을 공개하였는데, 헬스킷은 건강관리 및 운동 앱에서 수집된 건강 데이터를 하나의 데이터 베이스에서 통합관리하고 헬스 앱에서 이를 활용할 수 있게 해주는 플랫폼
- 구글에서는 구글핏이라는 건강관리 플랫폼을 공개하였는데, 구글핏은 기기에서 생성된 데이터를 구글핏으로 보낼 수 있고 이를 다른 앱이 접근해 활용할 수 있도록 하며, 데이터 공유 여부를 사용자가 직접 통제할 수 있는 건강 데이터 관리 플랫폼
- 마이크로소프트에서는 HealthVault라는 개인건강기록 통합 관리 플랫폼을 운영. 병원과의 연계로 통해 사용자 개인의 진료기록을 통합 관리할 수 있는 환경을 제공

④ 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술

국내 기술동향

- 국내의 경우 지역 환자들의 개선된 의료서비스 요구 등에 의해 원격의료 서비스를 위한 사업을 추진해 왔으며 '15년에는 관련 시행계획을 수립

국외 기술동향

- 미국, EU 등 다수의 국가에서 '맞춤형 원격 건강관리 서비스'와 관련하여 다양한 사업을 추진 중
- 일반 분야 원격의료서비스(간호, 처방, 재활 등), 전문분야 원격의료서비스(응급 의학, 정신과, 방사선과, 병리과, 피부과, 치과, 청각학 안과 등), 원격수술 등의 분야에서 시행하거나 준비하고 있음

■ 적용분야 및 기대효과

① 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술

- 유헬스, 모바일 헬스케어 등 원격 건강관리 서비스 및 자가 질병진단을 위해 활용 가능
- 최근에는 글로벌 IT기업들이 차세대 성장동력으로 삼고 있는 헬스케어 서비스 분야의 신산업 창출 가능
- 나아가 평생 건강관리를 통한 국민의 의료복지 서비스 개선에 기여

② 맞춤형 진단 및 현장진단 기술

- 동 기술개발을 통해 현장진단 및 가정용 자가 진단이 가능하고, 병원에서도 신속진단 기대
 - 시장이 크게 확대될 것으로 예상되는 현장진단 및 자가진단 시장에 대응할 수 있는 바이오센서 신산업 창출
 - 신속진단 및 자가진단을 통해 질병 조기진단이 가능해져 국민의 의료복지 수준 향상에 기여

③ 개방형 건강관리 플랫폼 기술

- 유헬스, 모바일 헬스케어 등 원격 건강관리 서비스 산업에 적용 가능
- 건강관리 플랫폼은 애플, 구글, 마이크로소프트, 삼성 등이 헬스케어 생태계 장악을 위해 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 분야로 새로운 성장동력 창출이 가능
- 건강관리 플랫폼 기반의 국민 평생 건강관리 실현을 통해 건강한 삶을 통한 의료복지 수준 향상 기대

④ 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술

- 원격병원(telehospital/clinic), 텔레홈(telehome)에서 활용 가능
- 특히 원격의료서비스 세계 시장규모는 '11년 116억 달러에서 '16년 273억 달러*로

크게 성장할 것으로 기대되며 이를 통해 신산업 창출 및 국민 의료 서비스 개선에 이바지

* BCC Research report

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	미국	75	▶ 국내외 기술개발 동향에 근거하여 산정
2. 맞춤형 진단 및 현장 진단 기술	미국	75	▶ 국내외 기술개발 동향에 근거하여 산정
3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	미국	85	▶ 국내외 기술개발 동향에 근거하여 산정
4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	미국	88.6	▶ 2012년 기술수준평가(120개 국가전략기술)에 근거하여 산정
평균	—	80.9%	

■ 시사점

① 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술

- 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술은 유헬스, 모바일 헬스케어 등 최근 주목을 받고 있는 ICT 기반 건강관리 서비스의 활성화를 위한 핵심기술
 - 국내에서도 기술개발 노력이 진행 중이나, 의료기기법 등 관련 법 제도의 미비로 활성화에 걸림돌로 작용

② 맞춤형 진단 및 현장진단 기술

- 21세기 메가트렌드는 질환의 조기 진단, 예방, 예후, 예측, 진단-치료의 융합 추세 등 개인별 맞춤의료가 핵심 키워드
- 바이오센서 분야는 맞춤의료시대에 필수불가결한 도구

- 바이오센서 부문의 핵심부품, 소재, 시스템 개발에 대한 지속적 투자와 범부처 지원체계를 통해 생태계를 구축하고 새로운 사업모델이 조기 정착될 수 있도록 법적·제도적 지원이 필요

③ 개방형 건강관리 플랫폼 기술

- 건강관리 플랫폼은 경쟁이 치열하게 벌어질 것으로 보이는 분야로 기술 및 시장 선점을 통한 생태계 장악이 매우 중요
- 건강관리 플랫폼은 다양한 서비스 창출이 가능하도록 개방형 구조로 개발되어야 하며, 서비스 사업자가 손쉽게 참여할 수 있는 생태계를 조성

④ 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술

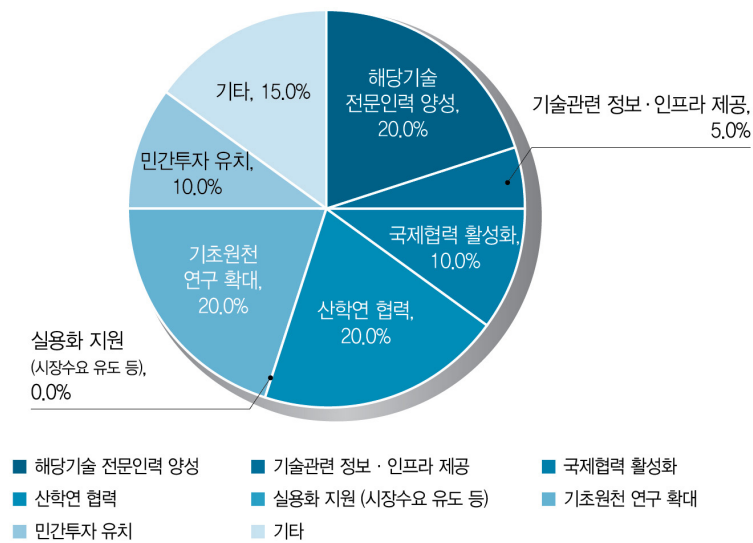
- 원격의료서비스는 지역(특히 산간 및 농촌 지역, 섬)에 위치한 환자의 의료 서비스 혜택, 감염 및 병원방문의 최소화, 의료비 절감 등의 장점을 가지고 있으나 환자와 의사의 면담 부족, 비전문가 또는 정보시스템에 의한 오류, 즉시 치료의 어려움 등의 단점을 가지고 있음

※ 관련법 : 원격의료 면허

■ 최고기술 확보·추격방안

- 건강관리 서비스 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력’, ‘산학연 협력’ 및 ‘기초원천 연구 확대’가 필요하다는 의견이 각각 20.0%로 높은 비중을 차지
 - 이외에도 법·제도적 개선이 필요하다는 기타 의견으로 제시됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	4	20.0%
기술관련 정보·인프라 제공	1	5.0%
국제협력 활성화	2	10.0%
산학연 협력	4	20.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	0	0.0%
기초원천 연구확대	4	20.0%
민간투자유치	2	10.0%
기타	3	15.0%
합계	20	100.0%



9

유전체 정보 이용 및 신약 개발

■ 핵심 융합기술

- 유전체 정보 이용 및 신약 개발 분야의 핵심 융합기술로써 ‘질병유전체정보 대량 생산 및 처리기술’, ‘Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술’, ‘바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술’, ‘유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술’이 선정

■ 선정사유

① 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술

- 복합질병에 있어서 유전변이와 질병(분류, 발생과 치료)의 연관성이 활발하게 연구되고 있으며, 민족특이성에 따른 국가 고유의 정보 대량생산 기술과 정보 처리가 필요

② Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술

- 대량의 유전체정보를 이용한 기존 약품의 새로운 용도로의 신약 등록과 특허 완료된 바이오신약의 개발기술 가속화가 필요

③ 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술

- 분자레벨의 진단과 약물 적합성 검사가 가능한 유의성 있는 RNA, DNA, 단백질 마커 및 시스템 개발로 산업적 생산을 유도

④ 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술

- 광범위한 질병 연관 연구의 통합적 분석을 통하여 질병을 예측하고 개인 맞춤형 약을 가능하게 하는 표적신약 개발에 응용

■ 기술정의 및 범위

① 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술

- (정의) 유전체 및 전사체의 멘델리안 및 비멘델리안 유전 질병의 유전정보 데이터베이스와 분석기술
- (범위) 질병 집단연관연구 및 질병가계연구 기술, 유전체 대량서열분석 기술 및 생물정보분석 기술

② Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술

- (정의) 기존 의약품의 새로운 용도 신약 등록과 특허완료 바이오신약의 개발가속화 기술
- (범위) 약물표적 및 후보발굴 기술, 신약개발을 위하여 바이오에세이, 동물실험을 포함한 전임상기술, 임상 1,2,3상 기술

③ 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술

- (정의) 유전체 바이오마커에 의한 분자레벨의 진단과 약물적합성 검사 기술
- (범위) 유전체 바이오마커 개발기술, 바이오칩 기술, 분자진단기술, 바이오에세이 기술

④ 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술

- (정의) 유전체정보에 의한 질병을 예측하고 표적화할 수 있는 신약개발기술
- (범위) 유전체질병 데이터베이스 기술, 바이오칩 기술, 환자별 표적신약개발 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 질병유전체 정보 대량생산 및 처리기술	1-1. 생물정보학 기술	▶ 유전체, 전사체, 단백질체, 패스웨이 정보의 데이터베이스 및 분석 ▶ 변이와 진화를 반영한 계층분석과 집단유전학 분석
	1-2. 차세대시퀀싱 기술	▶ 대량유전체정보를 단시간에 대량생산할 수 있는 차세대시퀀싱 플랫폼 ▶ 대량의 정보를 인덱스화하고 분석하는 자동화 분석파이프라인 구축
	1-3. 유전체기능 고속분석기술	▶ 대용량 유전체정보로부터 질병과 연관된 변이와 유전체기능, 패스웨이를 계산 ▶ 여러 생물정보 데이터베이스를 연결하는 그래픽 분석툴 개발
2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	2-1. 시스템생물학 기술	▶ 유전체, 전사체, 단백질체의 생명현상을 패스웨이로 연결하고 생명현상을 설명 ▶ 중요한 질병 또는 대사회로에 대한 식견을 주고 이를 수정하거나 치환할 수 있는 신약 개발 단서를 제공
	2-2. 비교유전체학 기술	▶ 계통발생학을 포함한 진화론적 유전체정보 분석 ▶ 신약개발에서 필요한 바이오에세이, 동물 실험, 인체실험 정보 제공
	2-3. 타겟활성 및 작용기전 연구 기술	▶ 기존의 신약타겟에 대한 데이터 분석 ▶ 유전체정보를 바탕으로 in-vitro 및 in-vivo 실험을 수행하여 새로운 작용기전 도출
	2-4. 지노믹스 기술	▶ 유전체, 전사체, 후성체를 포함한 정보생산 및 구조분석 ▶ 분자에세이 및 모델동물 실험에 의한 유전체 기능연구
	2-5. 유전체·단백체구조학 기술	▶ 유전체, 단백질체 연구를 통한 세포의 구조적 기능연구
3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술	3-1. 바이오칩 기술	▶ 생물정보학에서 제공하는 콘텐츠의 바이오마커 생산 혹은 주문 ▶ 바이오마커를 기관위에 집적하고 시료와 반응시켜 스캔분석하는 제반 활동
	3-2. 분자진단기술	▶ 바이오마커에 의한 분자레벨에서 변이, 결합, 질병 등을 판단
	3-3. 바이오에세이기술	▶ 신약개발을 촉진하기 위하여 세포, 모델 동물에서 신약후보의 ADME/Tox 등을 측정

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	4-1. 유전체구조 기술	▶ 대량의 유전체정보로부터 세포 내 유전체, 전사체, 후성체의 구조를 분석하고 이를 기능과 연관시키는 연구
	4-2. 바이오칩기술	▶ 생물정보학에서 제공하는 콘텐츠의 바이오 마커 생산 혹은 주문 ▶ 바이오마커를 기판위에 집적하고 시료와 반응시켜 스캔분석하는 제반 활동
	4-3. 동물모델개발기술	▶ 효율적인 신약 스크리닝을 위한 유전학적 적합한 동물모델 개발
	4-4. 환자별 표적신약개발기술	▶ 대량의 유전체정보 분석에 의한 개인맞춤 질병 예측 ▶ 유전체정보에 의하여 획기적으로 유효성을 높이고 독성을 낮출 수 있는 표적신약 개발

■ 기술동향

① 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술

국내 기술동향

- 한국인 유전체 서열분석, 질병(신체적) 연관 코호트 분석 등에서 많은 질병유전체정보 생산이 보건원과 산업체를 중심으로 이루어지고 있고, 소정의 세계적인 성과도 이룸
- 생물정보학적 기술 축적 및 데이터베이스 기술수준도 높은 편
- 유전체정보 대량생산의 특성상 한국의 한정된 연구자원의 할당으로 인한 선진국과의 차이는 더욱 벌어지고 있는 중

국외 기술동향

- 3세대 유전체서열 분석기기가 이미 완료되었으며, 2세대 유전체서열 분석기기는 연구소, 산업체에서 일반화되었다고 볼 수 있음
- 국가적인 질병코호트 연구사업의 진행으로 질적·양적인 측면에서 유전체 정보 생산의 주도권이 중국을 포함한 선진국에 집중화

② Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술

국내 기술동향

- 국내에서는 몇 건의 신약개발 성공사례를 가지고 있으며, 기초 신약개발에서 동물스크리닝까지의 높은 기술을 보유
- 특허완료된 신약(예, 비아그라)의 재생산과 바이오시밀러 분야는 국내 제약 업계와 삼성그룹 등에서 산업화를 위한 연구역량을 확대
- 신약개발 경험과 자금력 부족으로 drug repositioning 분야는 약간 뒤쳐져 있음

국외 기술동향

- 대형 제약회사뿐만 아니라 연구소, 대학, 회사에서 drug repositioning 및 바이오시밀러의 FDA 등록을 위한 광범위한 연구를 수행
- 최근 신약 FDA 등록 수 저하를 만회하기 위한 새로운 시도로써 drug repositioning 및 개인맞춤약에 대한 많은 연구를 수행
- 단위기관별, 제약회사별로 이루어지는 Drug repositioning에 대한 한계를 극복하기 위해 산관학 협력 사업을 정부 주도적으로 진행

③ 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술

국내 기술동향

- 자궁경부암을 일으킬 수 있는 HPV 바이러스 바이오칩이 한국식약청의 허가를 받은 것을 시작으로 질병진단 바이오칩 연구가 활발하게 진행
- 유전체, 단백질체 바이오 마커에 의한 진단 및 약물 적합성 검사기술은 많은 부분이 아직까지 연구 초기단계에서 진행

국외 기술동향

- 유전체, 단백질 바이오마커칩이 대량생산, 상용화 단계에 있음
- 분자진단 및 약물 적합성 검사를 Lab-on-a-chip개념으로 소형화하고자 하는 구체적인 연구가 진행 중

④ 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술

국내 기술동향

- 한국인 특유의 유전체 변이를 찾기 위한 코호트 연구가 보건원을 중심으로 시작되었고, 질적·양적 성과를 창출하고 있음
- 개인/집단을 유전체정보에 의한 분류를 실시하여 신약개발에서 유효성을 높이고자 하는 표적신약 기술이 연구 초기단계에 있음

국외 기술동향

- 방대한 코호트 연구와 전장유전체 정보를 축적하여, 질병을 예측하고 클러스터링 하는 데이터베이스가 발달하였고 신약개발연구에 사용되고 있음
- 개인맞춤약을 목표로 한 대용량 유전체정보 확보와 분석이 진행 중

■ 적용분야 및 기대효과

① 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술

- 유전체서열 분석기기 및 관련 연구기자재와 시약 생산 사업과 데이터분석을 위한 컴퓨터와 소프트웨어 개발 산업 적용 가능
- 대량의 유전체정보를 이용하여 신약 및 의과학 중개연구에서 필요한 기반기술 로써의 발전이 필요

② Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술

- 동 기술은 신약창출 제약회사, Contract Research Organization(CRO)등 FDA 허가 실험/등록대행 회사 및 임상시험 실시 병원에서 활용 가능
- 국내에서는 아이디어 단계에서부터 임상3상까지 하기에 경험부족 및 연구비의 압박이 있었으나, 대량의 유전체정보 및 약물에 의한 대사회로 및 대사체 분석 정보(약물 메커니즘)를 이용한 drug repositioning 및 바이오시밀러 개발기술은 신약개발을 위한 기간 단축뿐만 아니라, 약물의 안정성이나 약동학과 관련된 위험성을 낮출 수 있는 장점이 있어 비교적 쉬운 신약 등록이 가능할 것으로 기대

③ 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술

- 진단칩을 만드는 제약의료회사, 신약개발에서 초기·전임상단계 CRO 및 제약회사 등에서 동 기술 활용 가능
- 바이오칩에 의한 신약개발의 간소화와 진단기법의 단순화는 새로운 산업의 창출이 가능하고, 수출산업의 발전을 가져올 수 있을 것으로 기대

④ 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술

- 제약회사의 유효성을 높인 신약개발이 가능하고 차세대서열분석기기 및 분석 소프트웨어 회사, 개인맞춤형 신약, 질병예측 의료 및 보험회사에서 활용 가능
- 동 기술의 개발로 방대한 유전체정보와 코호트 연구에 의한 국민의 질병없는 삶의 질 향상에 기여할 수 있음

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술	미국, 영국	80	▶ 차세대 유전체서열생산 기술은 현재 3세대 서열분석기가 나왔을 정도로 기술의 변화가 크고 발전 속도도 빠름. 정부의 한정된 유전체분야 연구지원으로 인하여 선진국과의 기술차이가 오히려 벌어지고 있는 중이며 현재 중국보다도 낮은 실정임
2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	미국, 유럽	80	▶ 특허완료된 신약의 재생산과 바이오시밀러는 국내 제약업체와 삼성그룹 등에서 연구역량을 확대하고 있음. 그러나 drug repositioning의 경우 신약개발 연구 여건이 충분하지 않고 국내 제약사들의 검증된 보유 약물이 적어 drug repositioning의 기반이 약함
3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물적합성 검사기술	미국	85	▶ 한국은 바이오마커 분자진단 분야에서 지속적으로 발전을 하고 있으며, 꾸준한 기초원천 연구 확대로 멀지 않은 미래에 기술차이를 극복할 수 있을 것임
4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	미국, 유럽	85	▶ 유전체 기반 확충과 함께 개인(집단) 맞춤약의 발전은 이미 정해져 있는 의약의 발전단계이며, 한국의 유전체기술 및 신약개발기술 각각의 국내 기술 수준에 비해 두 기술간 융합은 초기단계 수준임
평균	—	82.5%	

■ 시사점

① 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술

- 유전체정보 대량생산 기술에서는 생산량이 중요하며, 국가의 투자 노력과 연구비 규모에 따라 한국의 기술수준도 비약적으로 발전할 수 있는 분야
- 선진국 사례를 살펴보면, 유전체정보 대량생산 기술은 생물학과 의학을 포함한 필수 기초원천기술이 되었으며 국가적 차원에서 전폭적인 투자와 전문가 양성을 위한 교육이 절대적으로 필요

② Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술

- 신약개발 환경변화에 따라 drug repositioning은 새로운 사업 전략으로 제약산업의 발전을 도모할 수 있음
- 국내 질병유전체 대량정보를 이용한 신약개발의 틈새시장을 공략할 수 있으며 성공적인 기술개발을 위해서 오픈 이노베이션 인프라 구축이 필수적

③ 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술

- 축적된 유전체정보를 활용한 진단 및 치료제 개발의 가능성이 높고, 신약개발 기간 단축을 비롯한 의료 신제품 개발에 있어 중요한 기술이라 판단

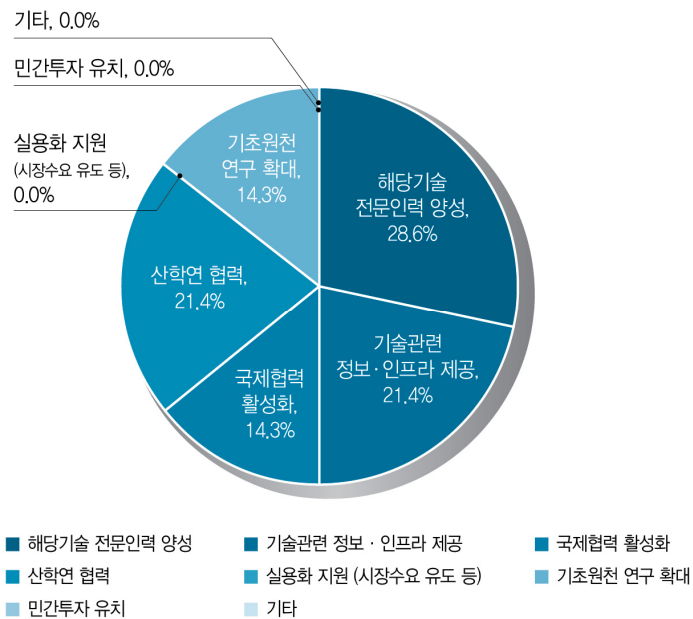
④ 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술

- 축적된 코호트 및 개인 유전체정보의 축적 연구가 필요하며, 이를 신약연구와 연계시켜 부가가치 창출 기대
- 난치병과 성인병 등 고통에 시달리는 국민에게 더욱 효용성 있는 신약개발 가능

■ 최고기술 확보·추격방안

- 유전체 정보 이용 및 신약 개발 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘해당기술 전문인력’이 필요하다는 의견이 28.6%로 가장 높은 비중을 차지
- ‘기술 관련 정보·인프라 제공’ 및 ‘산학연 협력’의 필요성도 각각 21.4% 비중을 차지

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	4	28.6%
기술관련 정보·인프라 제공	3	21.4%
국제협력 활성화	2	14.3%
산학연 협력	3	21.4%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	0	0.0%
기초원천 연구확대	2	14.3%
민간투자유치	0	0.0%
기타	0	0.0%
합계	14	100.0%



10

신체기능 복원 및 재활

■ 핵심 융합기술

- 신체기능 복원 및 재활 분야의 핵심 융합기술로써 ‘유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술’, ‘뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술’, ‘비장애인 수준의 ADL*이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술’, ‘3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술’, ‘가상현실 기반의 원격 재활 기술’이 선정

* ADL(activities of daily living): 일상생활수행능력(예: 옷입기, 식사하기, 치솔질하기, 전화 받기, 글씨쓰기 등)

■ 선정사유

① 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술

- 최근 보급되고 있는 다자유도 외골격형 재활장치의 낮은 경제성과 무겁고 휴대가 어려워 일상생활 중에 활용이 어렵다는 근본적인 문제를 해결하는 미래의 재활 보조기술로 예상

② 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술

- 재활의학에서 궁극적으로 추구하고자 하는 환자 맞춤형 최적 재활방법을 제공하는 체계적인 기술이 필요

③ 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술

- 고령화 사회에 대비하여 증가하는 퇴행성 신경장애 환자들을 비롯하여 노약자, 장애인에게 비장애인 수준의 자립적인 일상생활이 가능하도록 하는 로봇 시스템의 활용이 필요

④ 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술

- 3D 프린팅 기술은 새로운 산업분야로 급부상하고 있으며 인공 의족, 의수와

같은 개인의 신체적 조건에 최적화된 첨단 보철 기술을 통해 보건산업 분야의 새로운 사업 모델을 창출할 것으로 기대

⑤ 가상현실 기반의 원격 재활 기술

- 인터넷 통신 기술, 다양한 재활 콘텐츠를 제공하기 위한 가상현실 기술, 재활 치료 및 평가기술을 결합한 미래형 융합 재활기술로써 원격지에 위치한 환자에게 재활치료 서비스를 제공하기 위한 분야에서 응용범위가 넓음

■ 기술정의 및 범위

① 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술

- (정의) 휴대성, 유연성이 뛰어나 착용하고 일상생활이 가능하며 동작 측정 및 근력보조가 가능한 재활 보조 장치
- (범위) 외골격 구조물 없이 근력보조를 가해주는 구동기술, 인체에 착용시 부피 증가가 최소인 동작 및 생체신호 측정 센서기술

② 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술

- (정의) 뇌기능성, 운동기능성을 종합적으로 평가하여 사용자마다 최적의 재활 프로그램을 제공하는 기술
- (범위) 뇌파측정 및 신호처리 기술, 뇌기능성, 운동기능성이 포함된 종합 평가 기술, 평가정보를 피드백하여 환자 맞춤형 재활 프로그램을 제공하는 기술

③ 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술

- (정의) 자립적인 일상생활이 가능하게 하는 신체의 근력을 보조하는 기계/전기/생명/뇌과학/IT 융합기술
- (범위) 생체신호 기반의 동작의도 분석 기술, 착용성이 강조된 소재 및 동력 전달 메커니즘 디자인 기술, 착용성이 강조된 웨어러블 생체신호 및 동작 분석 장치 디자인 기술, 근력보조 로봇시스템을 이용한 개인 맞춤형 재활 치료 기술

④ 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술

- (정의) 다품종 소량 생산에 적합한 3D 프린팅을 이용해 사용자의 신체적 조건에 최적화된 맞춤형 보철을 제공하고 기존의 인공 의수, 의족의 비대칭성을 개선하는 기술
- (범위) 인체 분절의 형상 정보획득과 모델링을 위한 3D 스캐닝 기술, 3D 형상과 인체공학을 이용한 인공 의족·의수 설계 기술, 3D 프린터로 제작된 인공 보철의 동작의도 감지 및 제어기능 향상을 위한 인체 신경망 연결 기술

⑤ 가상현실 기반의 원격 재활 기술

- (정의) 병원에서 충분한 치료를 받지 못하고 퇴원하거나 치료를 위해 통원이 불편한 환자가 집에서 재활 치료를 받을 수 있도록 하는 기술
- (범위) 흥미 유발 및 몰입감 증진을 위한 재활 치료 및 평가용 가상현실 구현 기술, 인지재활 및 운동재활 콘텐츠 구현 기술, 인지 및 운동 능력 평가 기술, 재활 치료 및 평가용 원격 시스템 구현 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	1-1. 인체 착용성이 뛰어난 유연한 소재기술	▶ 정량적 착용성 평가기술 정립 ▶ 착용성이 뛰어난 센서 및 구동기에 활용되는 최적의 유연한 소재 설계 개발
	1-2. 와이어를 이용한 동력전달 및 관절 구동기술	▶ 착용성이 뛰어난 소재를 사용하고, 인체관절의 동작범위를 제한하지 않으면서 외골격 구조물없이 유연한 형태로 관절에 동력을 전달하는 구동 방법 및 구동기
	1-3. 피부밀착형 센서의 동작 측정 및 보정기술	▶ 착용성이 뛰어난 유연한 소재를 사용하고 센서자체의 부피를 최소화하면서 관절의 운동을 측정하는 센서개발 및 신호 보정기술 ▶ 피부에 접촉하여 각종 생체신호(근전도, 뇌파 등)를 측정하는 센서 및 신호처리 기술
	1-4. Soft exoskeleton을 이용한 재활 및 검진 기술	▶ 착용성이 뛰어난 유연한 의복형태의 구동기, 측정장치를 이용한 재활훈련 및 검진작업 구현 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	2-1. 뇌활성화 측정 기술	▶ 휴대성이 뛰어난 뇌파 및 뇌혈류량 측정센서 및 신호처리
	2-2. 뇌기능성, 운동능력이 포함된 총체적 검진 기술	▶ 뇌신호, 신체동작 데이터를 종합하여 재활의 효율성을 평가하는 검진기술
	2-3. 환자 맞춤형 최적 재활 프로그램 설계 기술	▶ 사용자의 생체신호 평가를 피드백하여 최적 재활프로그램 제공
	2-4. 사용자 편의성이 뛰어난 재활 기기 인터페이스 기술	▶ 일반 사용자의 접근성, 사용성이 뛰어난 사용자 인터페이스 설계기술
3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	3-1. 생체신호 기반의 동작의도 분석 기술	▶ 근력보조 장치를 비장애인 수준으로 작동할 수 있는 생체신호 기반 동작의도 분석 알고리즘
	3-2. 착용성이 강조된 소재 및 동력 전달 메커니즘 디자인 기술	▶ 몸에 부착하여 일상생활에서 불편함을 느끼거나, 부담감을 일으키지 않고, 동력전달이 가능한 메커니즘 최적화와 디자인 기술
	3-3. 착용성이 강조된 웨어러블 생체신호 및 동작 분석 장치 디자인 기술	▶ 근력보조 시스템을 손쉽게 착용하고 벗을 수 있고, 미용적인 측면이 강조된 디자인 기술(예: 기존의 생체신호 측정 장치는 옷을 벗고 착용하는 등의 착탈에 문제와 재활치료 장비처럼 보이는 등의 디자인상의 문제가 있음)
	3-4. 근력보조 로봇시스템을 이용한 개인 맞춤형 재활 치료 기술	▶ 근력의 상태와 근력 보조 정도를 개인 맞춤형으로 가능하게 하여 근력보조 뿐만 아니라 재활치료가 가능하게 하는 알고리즘 및 시스템 운영 기술
4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	4-1. 인체분절 형상 3D 스캐닝 기술	▶ 인공 보철 중 인공 의족, 의수 제작을 위해 상지 또는 하지 분절의 크기, 형태, 색깔과 더불어 깊이 정보까지 포함하는 3차원 형상 정보 획득을 위한 스캐닝 기술
	4-2. 스캔된 3D 형상을 반영한 인공 의족, 의수 제작 기술	▶ 3D 스캐닝 데이터를 이용한 절단 부위 특성과 압력 분포 분석 기술 ▶ 압력이 집중되는 부위에 이종의 재료를 통한 압력 분산을 위해 다종 재료의 혼합 기술 및 경량화 고내구성 소재 제조 기술
	4-3. 신경망 연결을 통한 동작의도 감지 기술	▶ 3D 프린터로 제작된 인공 의족, 의수의 기능 부여를 위해 동작 센서, 힘 센서 등을 이용한 동작의도를 감지하는 기술
	4-4. 동작의도에 따른 의족, 의수 제어 기술	▶ 감지된 동작의도에 따라 일정한 동작을 수행하는 제어 기술 ▶ 관절의 동적 메커니즘 분석을 통해 동작 범위 설정을 위한 설계 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	5-1. 재활 치료 및 평가용 가상현실 구현 기술	▶ 재활 치료 과정에 필요한 환자의 동작, 치료 도구의 인터페이스, 재활 치료 의 진행 상황을 현실적이고 실시간으로 표시하는 가상현실 기술
	5-2. 인지재활 및 운동재활 콘텐츠 구현 기술	▶ 뇌졸중으로 인한 운동 및 인지재활 장애 치료, 작업치료, 물리치료 등의 재활 콘텐츠를 컴퓨터 기반으로 구현하는 재활 자동화 기술
	5-3. 인지 및 운동 능력 평가 기술	▶ 신경정신질환, 언어질환, 작업치료, 물리치료 등 다양한 분야에서 활용할 수 있는 인지 및 운동 능력 평가 기술
	5-4. 재활 치료 및 평가용 원격 시스템 구현 기술	▶ 재활 상태를 실시간으로 모니터링하여 환자에게 피드백하고, 재활 치료 경과에 따른 환자의 성취도를 제공하고, 치료사가 재활 콘텐츠의 난이도를 조절할 수 있는 기술

■ 기술동향

① 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술

국내 기술동향

- 생체모사형 외건형 손재활장치, 와이어 구동을 이용한 손 작업보조 장치 등 소형의 유연한 장치에 대한 기초 개발 연구가 진행 중
- stretchable electronics를 활용한 피부밀착형 동작 감지 센서기술, 소형 근전도 측정센서 기술 등이 연구실 수준의 초기단계로 개발
 - 다만 상품화를 위한 신뢰도 검증 등이 고려된 기술 고도화 필요

국외 기술동향

- 외골격 장치를 사용하지 않고 와이어 구동을 이용한 상지 재활 장치, 하지 재활 장치에 대한 개발 및 MEMS 기술을 이용한 피부밀착형 stretchable sensor 등이 개발
 - 그러나 초기 연구단계이며 상품화를 위해 기술 고도화 및 신뢰성 검증 필요

② 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술

국내 기술동향

- 뇌파를 이용한 사용자 인터페이스 기술, 재활 운동기능 평가기술 등에 대한 연구를 수행하고 있으나 기존의 연구를 답습하는 수준

국외 기술동향

- 뇌기능 파악, 재활훈련 시 뇌가소성 연구 및 총체적 재활의 동기부여 프로그램 개발 등 관련 연구의 필요성을 인지하고 활발한 연구가 진행 중

③ 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술

국내 기술동향

- 상지와 관련된 근력 보조 시스템이 연구실 수준에서 개발되고 있으나, 재활 운동 기능에서 크게 벗어나지 못하였을 뿐만 아니라, 일상생활에 사용하기에 불편한 정도의 시스템 운영 기술 수준임
 - 그러나 국외에 비하여 기술수준이 떨어진다고 볼 수 없음

국외 기술동향

- 상지와 관련된 근력보조 시스템은 국내와 마찬가지로 연구실 수준에서 기술개발 중
- 하지의 보행과 관련한 ADL이 가능한 근력 보조 시스템이 존재하나, 생체신호를 안정적으로 운영하는 기술은 현재 연구실 수준에서 개발 중

④ 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술

국내 기술동향

- 사용자, 환자에게 적합한 맞춤형 안경, 보청기, 치과 교정기 또는 신체의 일부를 3D 프린터로 제작하는 사례가 증가하고 있지만, 의료산업 전용의 3D 프린팅 기술은 미비한 상태
- 우리나라는 세계 최고수준의 ICT 인프라를 보유하고 있으며 우수한 인재의 보건의료분야 선호 등 3D 프린팅 기술을 이용한 보건산업 활용에서 경쟁우위를 가짐

국외 기술동향

- 미국, 유럽, 중국 등 주요 선진국은 3D 프린팅기술이 국가 미래 신성장동력 산업으로 성장할 것을 예견하고 국가 차원에서 지원 및 육성
- 의료분야에서 구강 보철물과 보청기 등에 대한 사업화가 이미 진행 중이며, 인공귀와 인공장기에 대한 연구, 저가의 의족 및 의수 제작에 대한 오픈 프로젝트 및 클라우드 펀딩을 통한 사업화 등이 시도

⑤ 가상현실 기반의 원격 재활 기술

국내 기술동향

- 정부 주도 하에 IT기술과 재활기술을 접목한 재활의료기기 분야에 대한 연구가 진행
- 손동작 재활용 손목구동 보조장치, 센서 스플린트를 활용한 원격재활 서비스, 3차원 동작인식카메라 키넥트를 이용한 가상현실을 기반으로 뇌졸중 재활프로그램 등 다양한 연구가 진행 중이며, 몇몇 기업에 의한 원격재활과 관련된 상용화가 시도 중

국외 기술동향

- 원격재활 관련 인프라와 시장이 형성되어 장비의 사용이 활성화되고 있음
- 자동화된 재활도구, 상지재활로봇, 데이터 글로벌, 마네킨 형태의 마스터-슬레이브 로봇, MEMS 센서 기반의 동작 추적, 영상 기반의 동작 추적 등을 가상현실과 결합해 원격재활을 제공하는 연구가 진행되어 왔으며 다수의 기업에 의해 상용화가 진행 중

■ 적용분야 및 기대효과

① 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술

- 가정용/휴대형 재활 기기 산업, 원격재활 기기와 가상현실 게임/엔터테인먼트 관련 산업에 활용 가능
- 착용이 간편하고 일상생활에 사용가능한 생활보조 및 재활 장치로 활용할 수 있으므로 재활훈련의 빈도가 높아 재활치료 효과가 향상되어 회복률이 높을 것으로 기대
- 현실감 있는 가상현실을 구현하여 게임/엔터테인먼트 산업을 활성화 시킬 수 있을 것으로 기대

② 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술

- 재활 의료기기 산업, 홈헬스케어 산업, 재활 의학 분야의 발전에 기여
- 환자의 회복을 극대화하여 사회복귀 가능성 향상, 의료비용 절감 등 국가적인 기여도가 높음

③ 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술

- 고령화 사회를 대비하여 증가하는 퇴행성 신경장애 환자들을 비롯하여 노약자/장애인에게 비장애인 수준의 자립적인 일상생활이 가능하도록 하는 개인형 근력 보조시스템 개발할 수 있고 이를 통한 신규시장 창출 기대

- 재활 기기 시장 및 생체신호 기술을 활용한 뇌신경기기 인터페이스 시장으로 적용 가능

④ 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술

- 가용원료가 확대됨에 따라 보건산업 분야에서도 의료비용 절감, 개인 맞춤형 의료제품에 대한 풍부한 잠재수요가 기대
- 3D 프린터를 이용한 신체 구조에 최적화된 저가의 개인 맞춤형 인공 보철 산업 활성화
- 보건산업의 3차원 영상, CAD, 3D 프린터를 운영할 소프트웨어 및 하드웨어 전문가에 대한 고급인력 일자리 창출 기대

⑤ 가상현실 기반의 원격 재활 기술

- 원격지에 위치한 환자에게 재활치료 서비스를 제공하는 기술로서, 재활치료의 패러다임 변화 기대
- 병원에서 충분한 치료를 받지 못하고 퇴원하거나 치료를 위해 통원이 불편한 환자에게 지속적인 재활 치료를 제공하고 이에 따른 재활 서비스 시장을 창출
- 가상현실과 인터페이스하기 위한 기술로 기존의 재활도구 시장에 자동화 수요를 창출할 수 있을 것으로 기대

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	미국	50%	② 와이어 구동방식, 공압 구동방식 등 두가지 이상의 다양한 구동방식에 대한 개발이 이루어진 반면, 국내에서는 와이어 구동에 대한 연구만 이루어짐
2. 뇌기능성 향상을 위한 환자맞춤형 최적재활기술	미국, 북유럽 (네덜란드, 독일, 스위스 등)	10%	② 미국, 북유럽 국가에서는 최근 재활장치 위주의 연구 개발 투자에서 뇌기능성이 포함된 재활 메커니즘에 대한 연구의 필요성을 감지하고 활발한 연구가 이루어지는 반면, 우리나라에서는 여전히 기기 개발에만 관심이 높음

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	미국	80%	- 기술수준에서는 국내외 차이가 거의 없다고 보여지나, 본 기술을 활용할 수 있는 국내 기업이 전무하고, 임상실험 승인요건 등의 법적 문제개선이 필요함 - 특히, 상지와 관련된 기술은 연구실 수준에서 비슷하다고 보여지나, 하지와 관련해서는 미국에서 이미 상용화 제품이 나온 단계 이므로 기술격차가 앞으로 심화될 것으로 예상(미국은 상지 관련 기술은 현재 연구실 수준에 그치고 있으나 하지 관련 시장이 이미 창출되고 있음)
4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	미국	40%	3D 프린터를 이용한 인공 보철 제작을 위한 국내의 3D 프린팅 관련 기술 보유 업체는 소수의 중소기업에 불과하여 대부분 유명 해외 기업의 제품을 선호하고 정부 지원 정책이 미비한 실정임
5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	미국, 독일	75%	- 미국의 경우 상호작용에 필요한 기기, 재활컨텐츠, 인지 및 운동 능력 평가 기술 측면에서 우수함. 상용화 측면에서도 다양한 제품이 사용되고 있음 - 독일과 네덜란드를 포함하는 유럽의 경우 상호작용 방법, 재활컨텐츠 제공 측면에서 우수함
평균	-	51.0%	

■ 시사점

① 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술

- 세계적으로 아직 성숙되지 않은 기술을 선점하여 관련 분야의 국가 이미지를 높이고 브랜드 가치를 높일 수 있을 것으로 기대
 - 미개척 시장을 선점한다면 높은 이윤을 창출할 수 있을 것임

② 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술

- 선진국을 뒤쫓아가는 연구가 아닌 세계적 연구의 주된 흐름에 합류할 수 있도록 노력 필요

③ 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술

- 새로운 연구 분야로 국내와 국외의 기술수준이 거의 차이가 없다고 판단되며, 향후 1~2년이 신시장을 창출할 수 있는 최적의 기회라고 판단

④ 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술

- 3D 프린팅 기법을 적용한 맞춤형 의료용 착용구 제작을 위한 기반기술은 의공학, 기계공학, 화학 등을 아우르는 융합기술
- 인공 의수, 의족, 뼈, 장기, 기타 조직 등 다품종 소량 생산 능력이 중요한 바이오·의료 분야에서는 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대

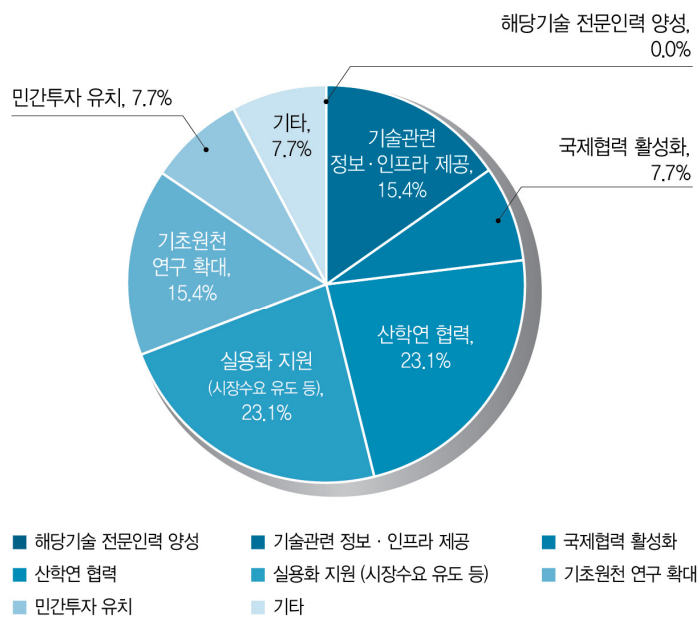
⑤ 가상현실 기반의 원격 재활 기술

- 가상현실 기반의 원격재활 기술은 의공학, 기계공학, 재활공학, 정보통신공학, 재활의학 등의 이종 학문이 융합된 기술로서 보건의료산업 분야의 핵심 융합 기술에 해당
- 원격재활 기술이 실용화되기 위해서는 치료효과, 재활컨텐츠 수준, 몰입도, 가격 등이 중요한 요소임. 특히, 상호작용에 사용되는 디바이스의 경우 다양한 가격과 기능의 스펙트럼을 갖는 사양을 제공할 필요가 있음

■ 최고기술 확보·추격방안

- 신체기능 복원 및 재활 기술이 최고기술을 추격 및 확보하기 위한 요건에 대한 설문한 결과, ‘산학연 협력’과 ‘실용화 지원(시장수요 유도 등)’이 필요하다는 의견이 각각 23.1%로 가장 높은 비중을 차지
 - 이외에도 정부지원 확대가 필요하다는 기타 의견으로 제시됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	0	0.0
기술관련 정보·인프라 제공	2	15.4
국제협력 활성화	1	7.7
산학연 협력	3	23.1
실용화 지원(시장수요 유도 등)	3	23.1
기초원천 연구확대	2	15.4
민간투자유치	1	7.7
기타	1	7.7
합계	13	100.0%



11

온실가스 저감 및 관리

■ 핵심 융합기술

- 온실가스 저감 및 관리 분야의 핵심 융합기술로써 ‘Zero Emission 플랫폼 기술’, ‘산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술’, ‘신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술’, ‘연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술’이 선정

■ 선정사유

① Zero Emission 플랫폼 기술

- 미래의 에너지생산플랜트는 기술의 융합을 통해 이산화탄소를 포함한 모든 오염물을 거의 제로상태까지 제거한 청정, 고효율 및 물사용이 적은 에너지생산 플랜트를 위한 혁신기술이 필요

② 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술

- 이온전도성 분리막 및 전이금속계 분리막 기술을 바탕으로 분리와 반응을 결합한 기술을 개발하면 에너지 효율 향상 및 청정공정 기술로 CCS, 소형열병합, 반응 분리공정 등 다양한 분야에서 적용범위가 넓음

③ 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술

- 자연계는 이산화탄소를 효율적으로 순환하는 시스템을 구성하고 있음. 신재생 에너지로부터 생산된 전기 및 수소를 활용하고 전자의 전달시스템과 미생물, 화학적/생물학적 촉매 또는 효소로 직접 CO₂를 전환하는 것이 가능

④ 연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술

- 이원화되어 있는 WGS 반응과 분리막을 융합하여 하나의 반응기에서 처리함으로써 공정의 경제성 확보

■ 기술정의 및 범위

① Zero Emission 플랫폼 기술

- (정의) 미래의 화력발전 및 에너지생산시스템은 이산화탄소를 포함한 모든 오염 물질을 제거한 무배출을 달성하고 물질약까지 고려한 기술
- (범위) CO₂, SO_x, NO_x 동시제거에 의한 near zero emissions 기술, IGFC와 CCS 통합에 의한 zero emission energy plant, 신재생(폐기물, 바이오) 및 미활용 에너지 통합 CCUS 기술, Water & energy saving CCUS 기술

② 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술

- (정의) 분리막과 반응기를 결합함으로써, 분리와 반응을 단위공정 하나로 결합하여 전체 공정을 단순화하고 반응효율을 높이하고자 하는 기술
 - 연소전, 산소연소 이산화탄소 포집 기술공정 및 다양한 산업공정의 적용성이 매우 높음
- (범위) 이온전도성 세라믹 분리막 및 전이금속계 수소 분리막을 이용한 산소 및 수소 제조기술, 산소 분리기술과 연소를 통합한 단일 공정 기술
 - 수소 및 산소 분리기술을 적용한 연소전 포집 기술, 열병합 발전 및 다양한 연소로에 적합한 분리막 탑재 통합 공정 개발

③ 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술

- (정의) 신재생에너지로의 태양광, 미생물 화학적·생물학적 촉매, 또는 효소 등을 활용하여 CO₂를 유용한 연료 및 물질로 전환
- (범위) NADH 재생기술에 의한 CO₂ 전환, 전자전달체 기반의 CO₂ 전환 융합 기술, 광을 이용한 natural RC소재기반의 CO₂ 전환, artificial RC소재기반의 이산화탄소 전환, NBT 융복합시스템에 의한 이산화탄소의 수소화에 의한 연료 제조, 이산화탄소로부터 C₂+의 제조기술

④ 연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술

- (정의) 유동층 분리막 반응기를 이용한 연소전 이산화탄소 포집 및 고순도 수소 생산 동시공정 개발
- (범위) 반응기 내부 분리막 모듈 적용을 위한 hydrodynamic 해석 및 반응기 설계, 고온/고압에서 안정적 운전 및 마모손실 최소화를 위한 운전조건 결정, 열추출을 위한 공정 개선 및 시스템 운전매뉴얼 도출

기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. Zero Emission 플랫폼 기술	1-1. CO ₂ , SO _x , NO _x 동시제거에 의한 near zero emissions 기술	▶ 습식 CO₂ 및 탈황탈질 동시제거 기술 ▶ CO₂, SO_x, NO_x Single stage Removal Novel Process
	1-2. Zero emission energy 생산 plant	▶ 합성가스 제조기술 ▶ 합성가스로부터 오염물의 정밀 정제 기술 ▶ 합성가스로부터 CO₂ 제거 기술 ▶ 합성가스활용 전기생산기술(Solid fuel 연료 전지, Chemical looping 기술) ▶ 합성가스로부터 오염물 무배출 연료전환 기술
	1-3. 신재생(폐기물, 바이오) 및 미활용에너지 통합 CCUS 기술	▶ 폐기물연소와 CCUS의 통합 ▶ 바이오 CCUS ▶ 미활용에너지 통합 CCUS
	1-4. Water-energy saving CCUS 기술	▶ 물-에너지-CO₂ Nexus ▶ 물 및 에너지 절약 CCUS 기술
2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	2-1. 전이금속계 탈 Pd 수소 분리막 (Hydrogen Transport Membrane, HTM) 기술	▶ 투과도 및 선택도가 높은 전이금속계 수소 분리막 개발을 통해 기존 팔라듐 분리막 대비 가격경쟁력을 높여 상용화 가능
	2-2. CO ₂ 내성이 있는 중저온 구동형 이온전도성 분리막(Oxygen Transport Membrane, OTM) 기술	▶ 중저온에서 우수한 산소 투과성을 보이고, 장기간 이산화탄소 분위기에서 안정한 이온 전도성 세라믹 신조성 분리막 개발
	2-3. OTM, HTM을 적용한 분리막 반응기 기술	▶ 산소분리막을 통해 산소를 공급하면서 탄화수소의 부분산화를 일으켜 합성가스를 제조하고 동시에 수소분리막을 이용하여 수소를 분리하는 단일반응기 개발 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	2-4. OTM을 적용한 산소연소 CO ₂ 포집기술	▶ 산소분리막으로 공기로부터 산소를 제조하고 분리된 산소를 연소기로 재순환하는 이산화탄소로 이송하여 순산소 연소시키는 산소연소 CO₂ 포집 기술
	2-5. OTM 및 HTM을 적용한 연소전 CO ₂ 포집기술	▶ 산소 분리막을 이용하여 부분산화공정으로 탄화수소를 합성가스로 제조하고 이 합성가스를 수증기개질 반응으로 이산화탄소와 수소로 전환한 후 수소를 수소 분리막으로 분리하여 수소를 생산하면서 동시에 CO₂를 포집하는 기술
3. 신재생 에너지를 활용한 이산화탄소전환 융합기술	3-1. 신재생에너지의 전기를 활용한 NADH 재생기술에 의한 CO ₂ 전환기술	▶ 전기화학적 NADH 재생산 ▶ 효소에 대한 inhibition이 없는 전자전달체의 개발 ▶ NADH dependent 혁신적 효소개발 ▶ 태양전지활용 이산화탄소전환 NBT 시스템 개발
	3-2. 신재생에너지의 전기를 활용한 전자전달체 기반의 CO ₂ 전환 융합기술	▶ 직접 전자전달에 의해 이산화탄소전환이 가능한 호기성 미생물의 개발 ▶ 호기성조건에서 전자전달이 가능한 효율적인 전자전달체의 개발 ▶ 전극에서 직접 미생물의 전자전달이 가능한 미생물의 고정화전극개발
	3-3. 광을 이용한 natural RC소재 기반의 이산화탄소 전환기술	▶ 안정화된 natural RC소재의 분리 및 추출 ▶ natural RC소재의 광여기의 해석 ▶ 산화 및 환원소재의 개발 ▶ natural RC소재와 산화/환원소재의 linkage
	3-4. 이산화탄소의 효율적 광전환을 위한 artificial RC소재기반의 이산화탄소 전환기술	▶ 안정화된 artificial RC 나노소재의 조립 ▶ 고선택성 환원촉매의 개발 ▶ 핵심소재의 나노조립기술 ▶ 고효율 광전환 시스템의 개발
	3-5. NBT 융복합시스템에 의한 이산화탄소의 수소화반응	▶ 직접 이산화탄소의 수소화가 가능한 미생물의 탐색, 발굴 및 metabolic engineering: higher alcohol, ▶ Diesel Fuel ▶ 전기화학적 수소의 생산 및 이를 이용한 미생물 또는 화학적/생물학적 촉매에 의한 수소화반응의 시스템개발 ▶ 수소화에 의한 SNG 생산기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술	3-6. NBT 복합시스템에 의한 이산화탄소로부터 C ₂ 이상의 제조기술 개발	▶ formate 또는 acetate로부터 butanol의 합성이 가능한 미생물의 엔지니어링 ▶ CO₂의 수소화에 의한 formate의 합성 ▶ CO₂의 수소화에 의한 acetate의 합성
	4-1. 고투과 대면적 팔라듐계 치밀 복합막 대량 생산기술	▶ 혁신 무전해도금법을 이용한 튜브형 분리막 대면적화 (길이 1 m) 및 생산비용 최소화를 통한 고효율 분리막 대량생산조건 최적화 ▶ 유동층 반응기에 적합한 내마모 및 투과 향상 이원기능층 도입 ▶ 유동층 반응기 구성을 위한 고효율/내구성 분리막 모듈 기술 확보
	4-2. 유동층 반응기에 적합한 촉매 제조기술	▶ 유동층에 적합한 촉매 내마모성 향상 ▶ 300~400℃ 중고온 운전을 위한 고효율 WGS 촉매조성 확보
	4-3. 유동층 반응기 고온-고압 운전 및 열추출 기술	▶ 고온/고압에서 안정적 운전 및 마모손실 최소화를 위한 운전조건 결정 ▶ 열추출을 위한 공정 개선 및 시스템 운전 메뉴얼 도출

■ 기술동향

① Zero Emission 플랫폼 기술

국내 기술동향

- 온실가스 저감 및 관리 기술은 CO₂ 포집 및 저장인 CCS 기술과 Non-CO₂ 처리 기술 분야에서 핵심기술 개발이 폭넓게 이루어지고 있음
- CCS 기술과 다른 분야가 융합된 연구의 경우 아직까지 특화된 연구 프로그램이 없음

국외 기술동향

- CCS 기술개발은 포집비용의 저감과 저장 안정성 확보를 위한 핵심 원천기술

개발의 방향과 대규모 시범화 프로젝트에 의한 기술의 신뢰성 및 경제성 검증의 방향으로 이루어지고 있음

- CO₂를 활용하여 전환하는 혁신 아이디어의 발굴을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있음

② 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술

국내 기술동향

- 고순도 순산소를 제공하는 공정의 핵심기술인 산소이온전도성 분리막(Oxygen Transport, Membrane, OTM)은 700℃ 이상의 고온에서 작동하는 세라믹 분리막으로, 분리막 양면에 산소 분압차를 유지해 주면 산소만 선택적으로 투과되기 때문에 추가적인 설비 없이 고순도의 산소를 제조할 수 있음
- 국내의 경우 영동화력의 100MW급 순산소 연소 기술 개발의 일환으로 ASU(air separation unit)로 심냉법을 사용하는 연구가 일부 진행되었으나 OTM을 이용한 연구는 연소기 통합연구는 진행된 바 없음
- CDRS 사업으로 OTM에 대한 모듈화 연구는 수행되어 산소제조 기술을 실증하였으나 아직도 100% CO₂에 대한 내성이 높은 중저온 구동형 분리막 기술은 개발되지 않았으며 전세계적으로도 이에 대한 연구를 추진 중에 있는 실정

국외 기술동향

- Air product & chemical Inc.(APCI)는 Electric Power Research Institute, Inc.(EPRI)와 함께 산소연소, IGCC 및 다른 첨단 발전시스템용 세라믹 분리막 공정개발에 대한 양해각서를 체결하여 공정 상용화를 추진 중
 - 독일의 Fraunhofer, RWTH Aachen, Julich, 연구소에서는 이온 전도성 Ba-Sr-Co-Fe-O계 산화물 세라믹 소재를 이용하여 튜브형 산소 분리막 모듈 연구가 활발히 진행되고 있고 최대 300개의 튜브를 장착 할 수 있는 모듈의 실증 테스트를 하고 있음

- 연소전 CO₂ 포집 적용 IGCC 발전소의 효율을 높이기 위해 선진국들은 연소전 CO₂ 포집과 더불어 Polygeneration(고순도 수소를 생산하여 발전, 화학연료, 수송 연료 등 활용)이 가능한 수소분리막(HTM) 기술에 집중적인 기술개발 투자를 하고 있음
- 분리막을 이용한 H₂ 제조 및 CO₂ 포집 관련 DOE/NETL 프로젝트는 '11년 34개 과제로 '08년 18개에 비해 크게 증가하였으며, 현재 Pd 계열 및 비귀금속 분리막 소재 개발과 함께 벤치 또는 파일럿 규모 실증을 통한 공정격상 연구가 활발하게 진행 중
- 그러나 Pd계 분리막 소재는 고가이고, 매장량의 대부분이 남아프리카와 러시아에 집중되어 있으며 Pd 채광업체가 전세계적으로 10개 미만이기 때문에 낮은 경제성 및 향후 자원안보 문제를 안고 있음
 - 따라서 팔라듐에서 탈피한 비귀금속계 특히 전이금속계 수소 분리막 연구가 '10년 이후 급격히 증가하고 있음

③ 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술

국내 기술동향

- 신재생에너지로부터 NT 시스템에 의해 이산화탄소로부터 CO 및 formate에 대한 전환연구는 인공광합성센터에서 수행되어 왔으나 주로 프로톤 및 전자수송에 치우침
- NT 시스템에 대한 연구의 경우 대학 및 국책연구소에서 자체연구비에 의한 연구기반은 확립
- NBT에 의한 융합연구는 기초연구 수준으로 특화된 연구 프로그램이 없음

국외 기술동향

- 미국 등에서는 NT 시스템뿐만 아니라 NBT 시스템에 대한 연구가 DOE 및 Alpha-E 등에서 활발히 수행

- 최근, 광뿐만 아니라 신재생에너지기반의 전기/프로톤기반의 NBT 시스템에 대한 연구가 확산
 - 특히, 이산화탄소수소화, 아세테이트 및 포메이트를 활용한 부탄올 및 디젤 융합성을 위한 미생물의 개발연구가 활발
- 이산화탄소 기반 SNG 생산 상용화 공정 개발(Audi사 & Clariant사: 'e-gas plant', 100만톤/년 규모)

④ 연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술

- DOE/NETL에서는 '06년부터 분리막을 이용한 H₂ 제조 및 CO₂ 포집관련 다양한 프로젝트를 수행 중이며,
 - 기존 연구결과를 바탕으로 pre-commercial 규모 실증이 가능한 연구과제 4개를 선정하여 Praxair, United Technologies Research Center, Western Research Institute 및 Worcester Polytechnic Institute에 스케일업 연구를 지원
- 유럽은 ECN, SINTEF를 비롯하여 8개 기관이 참여하여 CACHET project를 통하여 전력효율 50% 이상을 목표로 NGCC(천연가스복합발전)와 IGCC(석탄가스화 복합발전)용 분리막을 이용한 연소전 이산화탄소 포집기술 개발을 진행 중

■ 적용분야 및 기대효과

① Zero Emission 플랫폼 기술

- 발전분야, 화합물로부터 연료생산분야, 에너지 생산 분야에 적용 가능
- 기후변화 대응을 위하여 이산화탄소 및 오염물을 무배출하는 미래의 에너지 생산플랜트로 대체될 것임
- CCUS 기술이 타 에너지 기술과 융합하고 에너지절약-CO₂ 저감-물질약을 동시에 달성하는 혁신기술개발을 통해 신시장 창출

② 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술

- OTM 기술을 바탕으로 한 산소 제조 공정은 합성가스 생산과 연료전지의 수소 공급용 분리막 및 연소로, 소각로 등에 활용될 수 있을 것으로 기대되며, NO_x를 원천적으로 배제할 수 있기 때문에 청정 공정으로 파급효과는 클 것으로 판단
- 산소분리막과 함께 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 기술은 현재까지 대규모 실증이 적용된 바 없는 신기술로서, 산소연소 포집 기술, 연소전 포집 기술에 활용하여 높은 경제성을 얻을 수 있음
- 또한 반응분리 동시 공정으로 산소분리막을 이용한 부분산화 공정과 촉매 및 수소분리막을 이용한 수소 생산 기술은 평형전화율을 높이고 공정규모를 줄일 수 있어 운전비용과 설치비용을 동시에 저감할 수 있는 신기술로서 산업계에 파급 효과가 매우 큼

③ 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술

- 국내의 미생물을 활용한 유용한자원에 대한 상업화 공정은 대상, CJ제일제당 등에서 수행되며 이 경우 미생물의 성장 및 반응과정에서 막대한 양의 이산화탄소가 발생
 - 공정과 연계하여 동 기술개발이 적용될 경우 이산화탄소의 저감 및 공정 효율화가 가능해짐
- 이산화탄소로터 부탄올 및 디젤유 등의 합성을 위한 미생물의 개발은 세계적으로 매우 중요한 기술임
 - 이 때 glucose를 주로 사용하여 대량의 이산화탄소를 방출하는데 이를 이산화탄소로 대체하는 기술의 개발은 에너지 및 환경측면에서 그 파급효과가 매우 큼
- 단기적으로 바이오매스로부터 화학제품 및 연료의 제조기술 개발이 수행되고 있으나 동 기술은 궁극적으로 자연에너지와 이산화탄소/물로부터 유용한 제품을 제조하는 환경순환적 기술로서 경제성의 확보 시 탄소배출이 제로인 화학인프라의 구축이 가능해짐

④ 연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술

- 저비용 CO₂ 분리회수 및 고효율 청정 석탄 발전에 대한 요구 증가 및 고유가에 따른 IGCC 설비와 가스화기 수요가 전세계적으로 증가하고 있어 기술개발 성공 시 막대한 경제적 이익 예상
- 고온 공정이므로 습식 회수기술에 비해 발전효율 감소 최소화가 가능하고, 기존 SEWGS 공정에 비해 적은 반응기 개수, 간단한 공정 실증 가능
- 고압 CO₂ 및 저압 스팀 불필요, 열손실, CO₂ 수송저장을 위한 재압축 등 불필요하며 별도의 CO₂ 분리설비도 필요 없음(고농도 CO₂ 원천분리, sequestration ready)
- 국내 기술진이 보유하고 있는 고온가압순환유동층 기술의 적용으로 선진국과의 기술격차 극복 가능
- CO₂ 회수기술 관련 분야의 기술발전을 획기적으로 향상시키는 계기될 것이며, 흡수제/촉매/유동층공정 국내기술력 강화 및 국제화 가능

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. Zero Emission 플랫폼 기술	미국, 일본	70%	▶ 국내 CCS의 여러 분야에서 핵심 원천기술을 보유하고 있음 ▶ 통합 및 융합연구는 아직 시도되지 않음 ▶ 동시제거, 물-CO₂-에너지의 상관관계를 고려한 최적화 연구도 시도되지 않았음
2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	미국, 독일	60%	▶ 미국 : Air product & Chemical, Praxair / 독일 : Julich 연구소 ▶ 국외 산소 분리막 실증 규모 대비 국내 규모 기준 ▶ 국외 산소투과량 대비 국내 산소 투과량 ▶ 국외 수소 실증 규모 대비 국내 규모 비교
3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술	미국, 유럽	70%	-
4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술	미국, 유럽	50%	▶ 국내 유동층 공정기술의 경우 세계 최고수준을 보이고 있음. 특히 고온-고압 순환유동층 공정의 경우 독보적인 위치를 차지하고 있음 ▶ 고투과 대면적 팔라듐계 치밀 복합막 제조기술을 보유하고 있으나 대량생산기술 개발 필요 ▶ 또한, 분리막과 유동층의 융합 실증이 이루어진 적이 없어 연구개발 필요
평균	-	62.5%	

■ 시사점

① Zero Emission 플랫폼 기술

- CO₂를 포함한 모든 오염물이 제거된 zero emission 기술은 화석연료를 사용하여 에너지를 획득하는 시스템에서 최종의 목표
- 미래 에너지생산플랜트는 무배출, 고효율의 양방향으로 지향
- CCS를 다른 신재생에너지원과 융합하는 것은 negative CO₂ 배출효과가 있음
- 미래의 물 문제, 에너지 문제, 이산화탄소를 포함한 환경문제는 상호 연계하여 통합적 해결이 필요
- 융합분야는 선진국에서도 초기 단계의 기술로서 연구에 대한 투자를 집중할 경우 기술선도가 가능

② 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술

- 파급효과가 높고 적용분야도 넓기 때문에 미국과 유럽에서는 보다 높은 효율을 갖는 산소분리막, 수소분리막 및 적용 공정개발을 다양하게 추진하고 있으며, 국내에서도 이에 대한 연구를 지속적으로 추진해야 한다고 사료

③ 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술

- 동 기술은 장기적인 관점에서 에너지환경분야의 미래 성장동력원이 되는 기술로써 선진국 진입의 매우 중요한 디딤돌이 될 수 있는 분야라고 판단
- 특히, 화석자원이 없는 우리나라에서는 미래의 중요한 에너지원일 뿐 아니라 화학자원을 자립화 할 수 있는 기회가 되는 기술분야
- 국내 NT, BT 기반의 기술은 선진국에 비해 뒤쳐지지 않은 수준이며 융합분야는 선진국에서도 초기단계의 기술로서 지금부터 연구에 투자를 집중할 경우 선진국과 대등한 수준으로 발전할 수 있는 분야로 투자가 시급한 분야

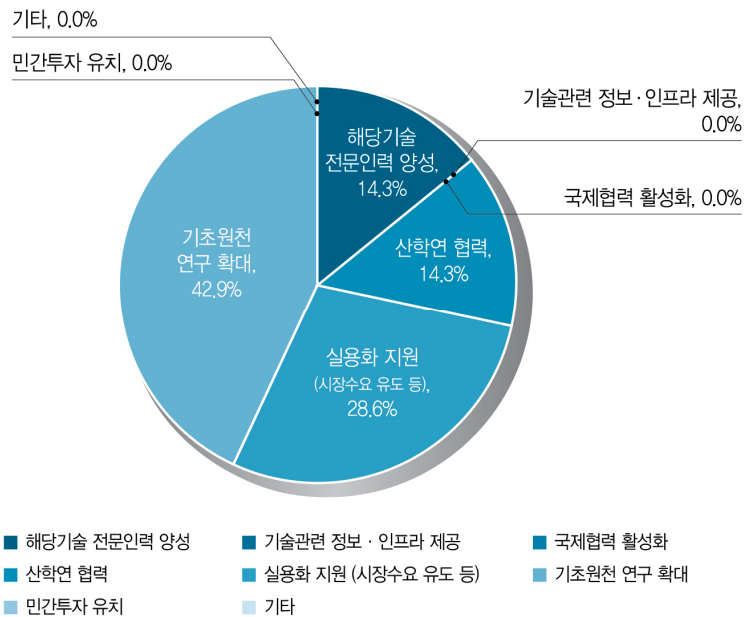
④ 연소 전 CO₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술

- 분리막 적용 유동층 MEWGS(Membrane Enhanced Water Gas Shift) 공정개발을 통한 WGS 효율 극대화 및 한국형 고유 소재 및 공정기술 확보
- 상온/고효율 무전해도금법을 이용한 튜브형 분리막 대면적화 및 대량생산기술 개발
- 선진기술 벤치마킹을 통한 기술격차에 대한 단기간 추격

■ 최고기술 확보·추격방안

- 온실가스 저감 및 관리 기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 요건에 대한 설문조사 결과, ‘기초원천 연구 확대’가 필요하다는 의견이 42.9%로 가장 높은 비중을 차지하였고, ‘실용화 지원(28.6%)’ 순으로 조사됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	1	14.3%
기술관련 정보·인프라 제공	0	0.0%
국제협력 활성화	0	0.0%
산학연 협력	1	14.3%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	2	28.6%
기초원천 연구확대	3	42.9%
민간투자유치	0	0.0%
기타	0	0.0%
합계	7	100.0%



12 오염물질 제어 및 처리

■ 핵심 융합기술

- 오염물질 제어 및 처리 분야의 핵심 융합기술로써 ‘폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, ’귀금속 회수 융복합기술’, ‘이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술’, ‘초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술’, ‘토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술’, ‘대기환경 관리 융복합기술’이 선정

■ 선정사유

① 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술

- 현재 폐전자기기로부터 재활용공정에서 함유되어 있는 VOCs 및 중금속성분에 대한 고려가 미미하여, 2차오염 등의 피해가 유발될 수 있음
- 전자기기로부터 재활용공정이 향후 Zero-Emission을 지향하는 바, 이에 독성 유기물질의 적절한 처리와 중금속 성분의 안전한 회수를 위해 융복합기술의 개발이 필요

② 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술

- 지구온난화로 인한 온실가스 감축은 주요 국제회의 최우선 의제로 부상하고 있으며 ‘20년 이후 설비보급의 본격화와 함께 세계 시장규모는 연간 140조원으로 급성장 예상
- 최근 이산화탄소를 단순 포집·저장하는 Carbon Capture and Storage(CCS) 대신 미국, 유럽 등을 중심으로 고부가가치의 원료나 친환경적인 연료로 재활용하는 Carbon Capture and Utilization(CCU)이 급부상 중이기 때문에 기존의 재활용 분야와 이산화탄소 포집 분야를 융복합하는 미래 친환경 기술개발이 필요

③ 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술

- 유해 조류의 만연으로 수환경 및 수자원관리의 고도화와 함께 처리가 어려운 난분해성 및 복합 오염물질의 증가로 융복합기술에 의한 초고도 수질제어 융복합기술의 개발이 필요
- 에너지 및 자원고갈로 인한 수질오염제어 시설로부터 신재생에너지 및 유용물질의 확보를 위한 융복합 기술개발 필요

④ 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술

- 환경에 대한 관심 증대에 맞춰 정화과정 후 안심하고 사용할 수 있는 국민체감형 정화·검증기술과 인체 및 생태 위해성 평가기술과의 융복합 필요
- 생태계 관리는 민간 부분에서의 투자가 적합하지 않는 분야로 정부주도의 투자와 사업진행이 요구되는 공공기반 기술분야로서 기존 기술의 한계성에 따라 융복합기술의 개발이 필요

⑤ 대기환경 관리 융복합기술

- '14년 초 WHO 보고서에 따르면, 대기오염이 환경오염 중에서는 가장 큰 건강 위해 요인이라고 발표
- 우리나라는 산업화가 매우 활발히 진행되고 있는 중국과 인접해 있어 우리나라 대기환경 관리가 매우 시급하고 복잡한 양상을 띠고 있음. 특히, 국민건강에 대한 관심과 인식이 높아지면서 대기환경관리에 대한 다양한 기술의 융복합이 요구

■ 기술정의 및 범위

① 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술

- (정의) 재활용공정에서 발생할 수 있는 환경적 오염요소를 제거, 무해화하고 회수하는 융복합기술
- (범위) 환경오염 유발 유기물질의 제거·무해화기술, 저함량 중금속성분의 회수·재활용 및 관리기술

② 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술

- (정의) 화석연료 사용에서 배출되는 이산화탄소를 재활용하여 고부가가치의 원료나 친환경적인 연료의 원료적용 관련 융복합기술
- (범위) 이산화탄소 흡입을 통한 화학제품 제조용 첨단축매 기술, 이산화탄소의 생물학적 고정 및 인공광합성을 위한 나노테크놀로지 기술, 생체모방적(Biomimetic) 이산화탄소 전환에 의한 광물탄산화를 위한 미생물 및 효소 활용 기술

③ 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술

- (정의) 건강하고 안전한 수환경 조성을 위한 초고도 처리 기술 및 수질제어 시스템으로부터 고품질 에너지·유용자원의 회수 융복합기술
- (범위) 융복합 기술을 사용한 고품질의 수질을 얻기 위한 초고도 처리 기술, 수질제어 시설 및 수환경으로부터 융복합기술을 활용한 고품질의 에너지 및 유용자원을 회수하는 기술

④ 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술

- (정의) 토양, 지하수 및 생태계로 배출되는 다양한 물질의 거동 및 위해성을 평가·예측하고 이를 저감·관리하여 오염물질로 인한 피해를 최소화하는 융복합기술
- (범위) 토양·지하수 오염물질 제거 및 관리를 위한 융합기술, 생태계를 각종 교란요인으로부터 보호하고, 생태 보전·복원 및 관리 전반을 효율적으로 관리하는 기술

⑤ 대기환경 관리 융복합기술

- (정의) 맑고 건강한 대기환경 조성을 위한 대기오염물질 관리 융복합 기술
- (범위) 대기질을 인간의 건강 및 복지에 유익한 수준으로 개선하기 위한 대기 오염 물질 제어 및 관리 융합 기술, 대기 오염물질의 건강영향 평가 융합기술, 장거리 이동 대기오염물질 관리 융합기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 폐전자기기 함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술	1-1. 유기계 독성물질 제거 및 변환 기술	▶ 발암성 고분자 유기물(PVC 등) 분리 및 무해화 기술 ▶ 재활용공정 사용 독성 유무기 용매의 분리 및 무해화 기술 ▶ 유기계 독성물질 회수 및 재활용기술
	1-2. 중금속성분 농축 및 회수기술	▶ 폐전자기기에 함유되어 있는 저품위 중금속 성분 분리/회수 기술 ▶ 중금속성분의 고순도 원료소재화 기술
	1-3. Zero-emission형 금속회수 공정기술	▶ 폐전자기기 부품별 해체/분리 기술 ▶ 폐전자기기 부품별 성분회수 최적화 기술 ▶ 폐전자기기 재활용 공정 후 부산물 극저감 Total Recycling 기술
2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	2-1. 이산화탄소 삽입을 통한 화학 제품 원료화 기술	▶ 이산화탄소 삽입(Insertion)을 통한 카보네이트(Carbonate) 계열 화학제품 제조기술 ▶ 이산화탄소를 재활용한 2차 전지 및 연료 전지용 폴리우레탄 전구체 제조 기술
	2-2. 이산화탄소를 재활용한 재생/ 바이오 연료 제조 기술	▶ 이산화탄소의 생물학적 고정 기술 ▶ 연료 전환을 위한 인공광합성(Artificial photosynthesis) 기술
	2-3. 이산화탄소의 광물탄산화를 통한 건축재료 제조기술	▶ 생체모방적(Biomimetic) 이산화탄소 전환 방식을 통한 광물탄산화 기술 ▶ 탄산화 과정에서 발생하는 발열반응 열회수 장치 개발 ▶ 슬래그 또는 석탄재 등의 공정부산물을 활용한 시멘트 제조기술
3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	3-1. 수생태계 잔류 영양염류 및 유해 오염물질 제거기술	▶ 수생태계 잔류영양염류 제거 기술 ▶ 수생태계 잔류 유해 오염물질 제거기술
	3-2. 하폐수 초고도 처리 융합기술	▶ 하폐수 미량오염물질 제거 기술 ▶ 유해 조류 저감을 위한 초고도 인, 질소 제거 기술 ▶ 하폐수 재이용시스템 기술
	3-3. 수질오염관리 기반 에너지 생산 융합기술	▶ 에너지 생산형 하수처리 공정 기술 ▶ 지능형 정수 플랜트 기술 ▶ 산업 폐수에서 에너지 회수기술
	3-4. 수생태, 수처리로부터 유용자원 회수 융합기술	▶ 축산폐수 고도처리 및 자원회수 기술 ▶ 수생태, 수처리로부터 고품질 유용자원 회수 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	4-1. 지중환경 영향물질 제어 관리 융합기술	▶ 오염된 토양 및 지하수를 효과적으로 정화하기 위한 융합최적화 기술 ▶ 정화과정 이후 뒤따르는 2차 오염의 발생을 최대한 억제하고 재오염 가능성에 효과적으로 대응하기 위한 오염지역 사후관리 기술
	4-2. 토양·지하수 기원 조류 유발 물질 차단 융합기술	▶ 토양 및 지하수 기원의 녹조 및 적조 유발 오염물질 이동 및 확산 차단기술 ▶ 녹조 및 적조 유발을 억제하기 위한 토양 자원 및 지하대수층 보전 기술
	4-3. 국내외 이머징 오염물질 대응 융합기술	▶ 산업현장에서 사용되는 유독 화학물질 및 중금속에 대한 노출 관리, 응급대응 및 효과적인 정화 기술 ▶ 다이옥신 및 벤조피렌 등의 환경호르몬의 발생 억제 기술
	4-4. 생태계 교란물질 모니터링 및 저감관리 융합기술	▶ 생태계 기능 및 종 다양성의 교란을 유발할 수 있는 화학물질 모니터링 및 특성화 기술 ▶ 화학물질의 오염농도를 저감시키기 위한 생태계 기능 발굴 및 강화 기술
5. 대기환경 관리 융복합기술	5-1. 미세먼지 및 초미세먼지 제어 및 관리 융합기술	▶ 미세먼지 및 초미세먼지 통합 관리 시스템 기반 융합기술 ▶ 미세먼지 및 초미세먼지 모니터링 및 건강 영향 평가 융합기술 ▶ 미세먼지 및 초미세먼지 제어 융합기술
	5-2. 유해대기오염물질 제어 및 관리 융합 기술	▶ 유해대기오염물질 모니터링 및 위해성 평가 융합기술 ▶ 유해대기오염물질 배출원 관리 기반 융합 기술 ▶ 유해대기오염물질 제어 융복합기술
	5-3. 질소산화물(NOx) 관리 고도화 융합 기술	▶ NOx 모니터링·평가 융합기술 ▶ NOx 배출원 관리 기반 융합기술 ▶ NOx 고도처리 융합기술
	5-4. 친환경 이동오염원 관리 융합 기술	▶ 저배기·저탄소 융합기술 ▶ 친환경 이동오염원 보급 확산 융합기술 ▶ 친환경 이동오염원 핵심 기반 융합기술

■ 기술동향

① 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술

국내 기술동향

- 폐전자기기로부터 유용금속 회수기술은 함유금속양이 많은 부품이나 금, 은 등 귀금속이 포함되어 있는 일부 부품을 대상으로 기술개발 및 사업화가 진행되고 있음
- 함유 금속양이 적은 minor 성분 및 가격이 낮은 중금속의 경우는 재활용공정의 2차 부산물로 발생되고 있음
- 폐전자기기를 구성하는 전체 부품에 대한 재활용기술 및 공정은 아직 상용화 되어 있지 않음

국외 기술동향

- 재활용기술 선진국인 일본, 벨기에 등에서도 동 기술에 대한 기술개발을 진행하고 있으나, 아직까지 상용화 공정은 미확립된 상황
 - 특히, 전자기기에 함유되어 있는 유기계 독성물질에 대한 기술개발은 전무한 상황

② 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술

국내 기술동향

- 폐자원을 간접적으로 재활용하여 이산화탄소를 저감하는 기술 또는 이산화탄소를 재활용하는 기술에 대하여 소수의 과제가 진행 중
 - (남부발전) 이산화탄소를 발생열을 이용한 작물성장 촉진 기술 및 미세조류 배양 기술개발 중

- (서부발전) 발전소에서 석탄 연소 중 발생하는 황산화물(SO_x)을 제거하는 과정에서 생산되는 부산물인 탈황석고에 암모니아와 배기가스인 이산화탄소를 반응시켜 석회석과 황산암모늄을 생산하는 기술을 개발 중
 - ※ 석회석은 탈황설비 내에서 황산화물과 반응하는 촉매로 사용되고 황산암모늄은 비료 원료로 사용 가능
- (포스코) 철강슬래그를 활용하여 해중립 조성을 통한 이산화탄소 분리·포집 기술개발(해양수산부와 연계, '07~'12)

국외 기술동향

- CCU 분야의 기술개발에 대하여 미국, 유럽 등 선진국은 범정부 차원에서 지원하고 있으며, 특히 세계적인 화학기업들이 환경문제와 新수익창출 측면에서 적극적인 연구개발 투자 중
 - (미국) 오바마 대통령은 청정에너지 분야 중 인공광합성을 통해 이산화탄소를 연료로 전환하는 기술을 첫 번째로 언급(2011년판 아폴로 계획)
 - (Bayer) 석탄발전소에서 배출되는 이산화탄소를 포집해 폴리우레탄 전구체를 생산하는 'Dream Production' 프로젝트를 추진
 - (BASF) 광촉매 과정을 통해 태양에너지로 이산화탄소를 물과 반응시켜 메탄올을 생산하는 'Solar2Fuel' 프로젝트를 추진
 - (미쯔이케미컬) 석유화학플랜트에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여 수소와 반응시켜 메탄올을 생산하는 기술을 개발해 파일럿 테스트를 완료

③ 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술

국내 기술동향

- 국내 수질제어 기술 및 수질오염제어 공정의 에너지, 자원회수 분야의 특허건수는 지속적으로 증가하는 양상
- 수질제어 분야에서 '처리 및 공정' 분야가 특허건수/연구논문의 감소로 퇴조기로 분석되며 미국이 부활기로 분석된 것과 대조적

- 처리공정으로부터 에너지, 자원회수 기술, 고도 정수처리 기술, 초고도처리 시스템 기술의 경우 특허건수가 증가

국외 기술동향

- 수질제어 기술분야 기술수준은 선진국 대비 60~70%, 기술격차는 5년 수준으로 평가
- 특허 기술경쟁력 및 학연의 연구력은 미국, 일본 캐나다, 독일에 필적하는 비교적 우수한 수준이나 기업의 연구수준은 주요 선진국에 비해 낮은 편임
- 우리나라는 특허 활용도 및 특허집중도에서 상위권이나 특허경쟁력, 특허영향력, 특허 시장력에서 뒤쳐져 있음

④ 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술

국내 기술동향

- 2000년대 중반까지 국내 토양·지하수 정화 기술은 해외기술을 습득하여 적용하는 단계로서 최고 선진국 대비 약 50%에 불과한 기술수준
 - 현재 선진국에서 집중적으로 추진 중인 고효율, 저에너지 기반 녹색정화기술 개발은 개념 정립단계 수준
- 우리나라는 환경현황 파악에서 생태계 구조와 기능 변화 예측기술로 변화하는 단계이며 생태계 복원기술 및 특정 분류군의 복원기술 개발 위주로 기술이 개발되고 있고, 하천복원 기술, 생태통로 조성 등과 같은 세부 기술들이 다수 개발되었으나 대상에 적용할 복원기술을 올바르게 결정하기 위한 소프트웨어 기술과 유지·관리 기술의 수준이 미흡

국외 기술동향

- 미국은 토양·지하수 오염관리를 위한 다양한 기술을 개발하여 현장에 적용 중
- EU는 기본적으로 유해폐기물 매립에 의한 토양·지하수 오염 정화, 안전한 지하수 자원 확보를 위한 사전예방 등을 중심으로 추진 중

- 일본은 생물정화 기술 사업화를 위한 기술개발을 집중 추진
- 세계 각국은 생물다양성 보전을 위한 생태계 관측·예측·평가 기술과 생태계 및 야생동식물 관리·보전기술 개발에 관심이 고조되어 있으며, 다양한 생태계 변형 예방 및 복원기술을 개발 및 생물주권 확보를 위한 외래종 관리 및 구제 기술 개발에 집중

⑤ 대기환경 관리 융복합기술

국내 기술동향

- 국내 대기질 개선기술 분야의 기술개발 단계는 발전기 단계
 - 미세입자 처리 및 관리 분야의 기술은 미국과 한국 모두 특허전수의 증가 추세에 있었으나 2007~2009년 구간에서 소폭 감소하는 추세를 보이며 성숙기의 단계에 있는 것으로 판단
 - 환경부 주도의 대기오염물질 정밀 분석기술, 관리기반 기술 개발이 추진 중이며 이를 통해 대기정책목표 조기 달성을 목표
 - ‘VOCs, 악취 및 HAPs 저감’ 기술에 대한 연구가 지속적으로 증가하고 있으며 향후 선진국과의 기술개발 경쟁이 예상
 - ‘미세입자처리 및 관리’ 기술은 2000년대 초반 이후 동일한 수준
 - ’15년부터 ‘2단계 수도권 대기환경관리 기본법’이 시행될 예정으로 오존과 초미세먼지(PM2.5) 기준이 신설되며 미세먼지 기준이 강화될 것임으로 이에 대한 제어 및 관리 기술이 요구

국외 기술동향

- 세계 대기오염관리 시장의 규모는 ’09년 415억 달러 규모로 지속적 성장이 예상되며 ’16년까지 연 2.7%의 성장률이 예측
 - 대기오염관리 시장에서 질소산화물(NOx) 처리 분야가 전체의 36%를 차지하고 전기집진 분야가 28%로 두 번째로 큰 시장을 형성

- 개발도상국을 중심으로 대기오염 관리 산업시장이 성장할 것이며, 특히 아시아·태평양 지역 시장은 2016년 북미를 제치고 가장 큰 시장이 될 전망
- 중동지역을 중심으로 대기오염방지 플랜트 시장이 활성화

■ 적용분야 및 기대효과

① 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수 융복합기술

- 재활용산업 및 환경산업, 수질 및 토양정화산업에서 활용 가능
- 처리대상 물질상태 또한 액상, 고상에 공통적으로 적용 가능

② 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술

- 이산화탄소와 재활용 연계 기술개발을 통하여 화학제품, 재생/바이오 연료, 건축 재료 분야의 산업에 적용 가능
 - (화학제품) 촉매 화학적 방법을 통하여 이산화탄소를 재활용하여 초산, 폴리 카보네이트 등 화학제품 생산하는 내용으로 현재 상용화에 가장 근접
 - (재생/바이오 연료) 미세조류 등의 생물을 이용한 바이오연료 생산 및 인공 광합성을 통한 메탄올 등 재생연료 생산하는 내용으로 파급력 가장 큼
 - (건축재료) 자연모사를 통하여 칼슘염, 마그네슘염 등과 반응을 통하여 이산화탄소를 광물형태로 변환시켜 시멘트 등 건축재료 생산
- CCS(Carbon Capture and Storage)의 한계사항을 극복하고 환경문제 해결과 새로운 수익창출을 동시에 달성 가능
 - (화학제품) 이산화탄소를 화학제품의 원료로 재활용할 경우, 이산화탄소 배출 저감 뿐 아니라 석유 원료 사용량도 함께 저감
 - (재생/바이오 연료) 미세조류를 통한 바이오매스 1톤 당 이산화탄소 0.5톤의 순 감축효과가 발생
 - (건축재료) 영국 Novacem의 이산화탄소를 활용한 시멘트 생산기술은 기존 공정 대비 1톤 당 이산화탄소 1.5톤의 감축효과 발생

③ 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술

- 수질제어 기술은 시장규모 '16년 2000억 달러 이상으로 성장할 전망인 세계 물산업 시장에서 경쟁력 향상에 기여
- 특히 수자원·수환경 관리의 통합화 및 광역화가 진행되는 시점에서 수질제어의 초고도 기술이 활용되어 물산업 시장이 확장될 것으로 예상
- 수질제어 및 용수 산업에서 에너지 자원회수 기술과의 융합으로 높은 성장률을 보일 것으로 예상되는 물산업의 활성화에 기여

④ 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술

- 지속적으로 성장하는 토양·지하수 정화시장(2030년 300억달러 이상)과 생태계 복원시장(2020년 650억 달러 수준)에 적극적인 진출 필요
- 동유럽과 라틴아메리카, 아시아 등의 개발도상국이 오염물질 정화기술의 큰 시장을 새로이 형성할 것으로 예상
- 생태계 관측 및 모니터링, 생물종 복원 등과 관련된 구체적이고 전문화된 사업화에 적용 가능

⑤ 대기환경 관리 융복합기술

- 대기오염관리 시장에서 질소산화물(NOx) 처리 분야가 전체의 36%를 차지하였고, 초미세먼지 관리 분야가 두 번째로 큰 시장을 형성
- 개발도상국을 중심으로 대기오염 관리 산업시장이 성장하고 있으며, 특히 아시아·태평양 지역 시장은 '16년 북미를 제치고 가장 큰 시장이 될 전망
- 중동지역을 중심으로 대기오염방지 플랜트 시장이 활성화

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 폐전자기기함유 독성물질 제어형 회유금속, 귀금속 회수기술 개발	일본, 벨기에	20%	본 연구내용에 투자되고 있는 연구개발 사업수 혹은 연구개발비를 근거로 평가
2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	미국, 영국, 독일, 일본 등	20%	- 미국 로렌스 버클리 국립연구소와 캘리포니아 공대를 중심으로 인공광합성공동연구센터(JCAP, Jonit Center for Artificial Photosynthesis)를 설립하여 미국 에너지부의 지원하에 2015년까지 프로토타입 개발 완료, 2020년까지 상용화를 목표로 이산화탄소를 연료로 전환하는 기술을 개발 중 - 아직 국내에서는 본격적인 연구가 진행 전이기 때문에 20% 이하로 판단
3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	독일, 프랑스, 미국, 캐나다, 일본, 중국	65%	초고도 수질제어 기술 및 수질 오염물질 제거 과정에서 에너지, 자원 회수 융복합 기술은 도입기로 선진국에 비해서 65%수준에 있음
4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융합기술	미국, EU, 일본	65%	토양·지하수 정화 기술 분야의 기술수준이 선진국 대비 50% 수준이며, 생태계 보전기술 분야가 80% 수준
5. 대기환경 관리 융복합기술	미국, 독일, 일본	40%	유해대기 오염물질 제어 및 관리와 친환경 이동오염원 관리 융합기술은 50% 수준이지만 미세먼지 및 초미세먼지 제어 및 관리와 질소산화물 관리 고도화 융합기술은 30% 수준
평균	-	42.0%	

■ 시사점

① 폐전자기기함유 독성물질 제어형 회유금속, 귀금속 회수 융복합기술

- 재활용기술과 환경기술은 목적에서 차이를 가지지만 대상물질에 대해서는 공통점을 가지게 됨
- 따라서, 환경적 측면을 고려한 재활용기술의 개발이 폐전자기기 재활용의 궁극적인 기술개발 목표라고 할 수 있음

② 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술

- CCU 기술은 기존의 CCS 대비 입지에 대한 제약 조건이 적어서 유리
 - CCS는 기술적 측면에서는 가시적인 성과를 보이고 있으나 저장장소가 제한적이고 지역 주민 및 정부의 이해관계 문제로 추진의 어려움 존재
- CCU 기술은 다양한 방식으로 이산화탄소 배출원에 접목되어 활용될 수 있어 발전, 제철, 화학, 시멘트 등 많은 산업분야에서 채택될 가능성 높음
 - 특히 해외 화학기업들이 미래 환경규제 강화에 대응하여 혁신적 CCU 기술 개발을 주도
- 상업적인 해결을 위해서는 나노촉매, 나노분리막 등의 나노테크놀로지 기술발전, 인공광합성 기술, 미생물이나 효소를 활용하는 반응속도 기술 향상 등이 필요

③ 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술

- 국내 초고도 하폐수 처리 분야의 특허건수는 전반적으로 증가 추세이지만, 수자원 확보기술 및 관리기술의 연구가 필요
- 수질 제어 및 에너지, 자원회수 기술의 경우 수환경, 수자원 및 에너지 자원 수요 증가에 따른 정화·자원 회수 시장 확대가 예측되며 이에 대비할 필요가 있음
 - 기술적 차별화를 통한 새로운 물산업 구조에 대응할 필요
 - 선진국 대비 60~70% 수준의 물산업 기술수준은 핵심기술로 갈수록 격차가 더욱 확대되는 양상이며 이에 따라 정책적인 지원이 필요함

④ 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술

- 국내 오염 관리시장은 점차 고부가가치 지역의 정화를 통한 환경산업의 다양화가 진행 중
- 국외 오염 관리시장의 규모는 전 분야에 걸쳐 지속적인 성장이 예상되며 환경 법규의 변화로 신규시장이 창출되는 등의 변화가 전망

- 환경기준의 강화와 신설에 따른 고도 정화기술에 대한 수요도 증가할 것으로 전망

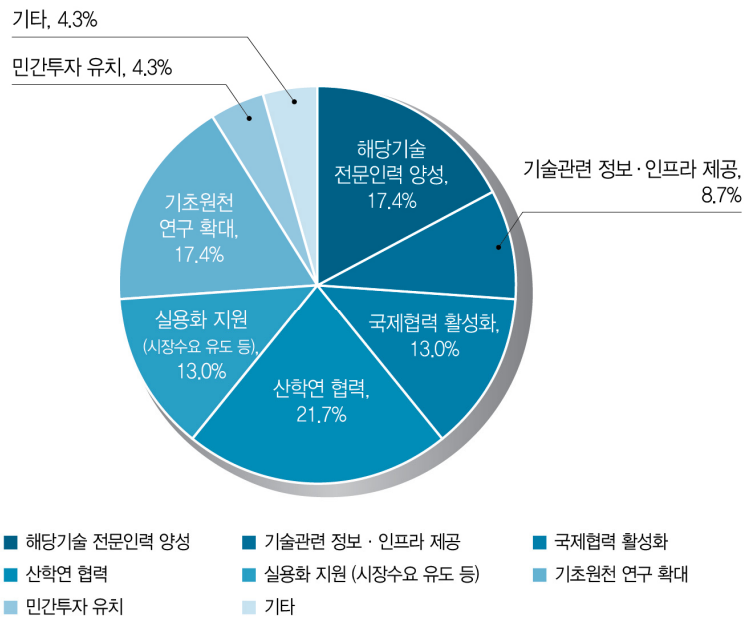
⑤ 대기환경 관리 융복합기술

- 국내 대기질 개선 기술 분야의 기술개발 단계는 발전기 단계
 - 대기 오염 제어 및 관리 기술과 관련하여 오염발생원별, 주체별 기술개발이 필요
- 대기질 개선을 위한 공공투자의 확대 및 관련 산업을 촉진할 필요
 - 기존 사업의 효율성 검토 및 사후관리와 사후 활용 전반에 걸친 검토필요
 - 각 사업체가 보유하고 있는 기술을 객관적으로 평가하여 효율적인 활용을 위한 방안을 마련할 필요

■ 최고기술 확보·추격방안

- 오염물질 제어 및 처리 기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 요건에 대한 설문조사 결과, '산학업 협력'이 필요하다는 의견이 21.7%로 가장 높은 비중을 차지하였고, '해당기술 전문인력 양성'과 '기초원천 연구 확대'가 각각 17.4% 순으로 조사됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	4	17.4%
기술관련 정보·인프라 제공	2	8.7%
국제협력 활성화	3	13.0%
산학연 협력	5	21.7%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	3	13.0%
기초원천 연구확대	4	17.4%
민간투자유치	1	4.3%
기타	1	4.3%
합계	23	100.0%



13 신재생 에너지

■ 핵심 융합기술

- 신재생 에너지 분야의 핵심 융합기술로써 ‘하이브리드 열원이용 Trigeneneration 네트워크 시스템’, ‘바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술’, ‘신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술’, ‘수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템’, ‘해양에너지 복합발전단지 조성기술’이 선정

■ 선정사유

① 하이브리드 열원이용 Trigeneneration 네트워크 시스템

- 신재생에너지의 다양한 열원을 융합하여 냉열, 온열 및 전기를 생산할 수 있는 Trigeneneration 시스템의 고성능화를 구축하는 기술
- 지역에 부존하는 지열, 온도차에너지(하천수, 해수, 하수처리수, 발전소온배수, 공장배열 등) 및 태양열 등의 최적 융합을 통한 냉난방 및 전기 공급으로 지속 가능한 국민의 청정 생활환경 개선에 큰 역할을 할 수가 있음
- 단위지역의 냉난방 및 전기 공급을 위한 열/전기 스마트 그리드화를 통한 네트워크를 구축하여 에너지 자립화 및 효율화 추진

② 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술

- 생산된 바이오매스의 모든 부분을 부가가치화하여 폐기물 발생을 최소화하고 자원활용 효율을 극대화하는 기술
- 목·초본계 식물, 해조류, 미세조류 등 바이오매스의 종류에 상관없이 범용 가능한 바이오리파이너지 기술을 개발
- 바이오에너지 강국으로 나아가기 위해 필수적으로 확보해야 할 기술인 동시에 진정한 바이오기반 경제를 이끌어갈 필수 기술

③ 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술

- 화석연료의 실제적인 대체를 위해서는 현재 상용화된 실리콘 태양전지의 효율 (20% 이상)과 유사하거나, 높으면서도 저가로 생산가능한 태양전지 기술이 요구
- 현재 실리콘 대비 1/3의 생산단가로 17.9%의 효율을 달성한 페로브스카이트 계열 염료감응전지의 구조적인 연구가 필요

④ 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템

- 연료전지와 전기분해의 양방향 운전을 통하여 신재생 에너지가 가지는 출력 불안정의 문제를 해결하고 수요에 맞추어 전력을 안정적으로 공급할 수 있는 융합기술
- CO₂와 H₂O를 동시에 전기분해하여 신재생에너지원에서 생산되는 잉여전력을 합성연료의 형태로 저장함으로써 에너지 및 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 융합기술

⑤ 해양에너지 복합발전단지 조성기술

- 조력, 조류 및 파력 등 국내 연근해의 풍부한 해양에너지 자원의 효율적 개발 및 이용을 위한 핵심기술
- 발전량 제어의 어려움 및 낮은 경제성 등 기존 해양에너지 개발의 문제를 해소하여 고품질 전력의 경제적 생산을 위한 핵심기술
- 해양에너지 건설비용 절감 및 발전효율·이용률 향상을 위한 핵심기술

■ 기술정의 및 범위

① 하이브리드 열원이용 Trigeneneration 네트워크 시스템

- (정의) 건물의 냉난방을 위한 히트펌프의 열원으로 지열 및 온도차에너지(하천수, 해수, 하수처리수, 발전소온배수, 공장배열 등) 등을 융합하여 냉열 및 온열을 생산하는 기술

- 저온도차발전의 열원으로 40~100℃ 이내의 지열, 태양열, 발전소온배수, 공장 배열 등을 이용하고, 냉각수는 해수(해양심층수 포함), 하천수, 하수처리수 등을 사용하는 융합기술로서 발전플랜트의 고성능화를 구축하는 기술
- Trigenation 시스템으로 생산된 열/전기의 스마트 그리드화를 통한 단위지역의 네트워크화 융합기술
- (범위) 하이브리드 열원 대용량 취배수 설비, 자동여과 및 세정, 저온도차 열회수 기술, 저온열원 대용량 열에너지변환 기술, 심부지열 탐사, 대심도 시추기 개발 및 시추 엔지니어링 기술, 저온도차발전 플랜트 설계/시공/운전 기술, 열/전기 스마트 그리드를 위한 통합제어기술 및 단위지역 네트워크화 융합기술

② 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술

- (정의) 다양한 바이오매스 또는 그들의 혼합물로부터 단백질, 지질, 탄수화물, 핵산 등 물질별로 정제(refinery)하거나, 다양한 유용물질(바이오 플라스틱, 고단백 사료, 생리활성물질, 식재료 등)을 분리, 생산하는 기술
- (범위) 바이오매스 생산 증진 및 에너지효율 개량 기술, 지속가능한 바이오매스 생산/수확/건조 기술, 통합 바이오매스 전처리 및 전환 기술, 물성별 분리를 위한 통합 바이오매스 분별화 기술, 혼합 바이오매스 이용 다양한 바이오에너지 동시 생산 기술, 혼합 바이오매스 유래 원료물질 동시 생산 기술

③ 신소재 기반 저비용 고효율 태양전지 기술

- (정의) 저렴한 유기물과 무기물로 화학적으로 쉽게 합성되는 소재를 이용하면서도 실리콘 태양 전지와 유사한 효율로 고효율 동작이 가능한 기술로써, 미래 태양 전지 기술로 유망성이 매우 높음
- (범위) 신소재 유기물 합성/태양전지 구조개선 및 기존 실리콘 기술 결합을 통한 고효율, 저비용, 안전성 추구

④ 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템

- (정의) 고체산화물 연료전지를 이용한 고효율 발전 기술과 고온 전기 분해를 이용한 대용량 수소 생산, 저장 및 합성연료 생산 시스템의 융합 기술

- (범위) 단전지/스택 소재 및 시스템 구성 기술, 열/유체 이동 제어 기술, 연료 전지/전기분해 순환 운전기술, 합성가스/합성연료 제조용 촉매 기술

⑤ 해양에너지 복합발전단지 조성기술

- (정의) 조력, 조류, 파력, 온도차 등의 다양한 해양에너지를 해양환경 조건에 따라 다양한 형태로 복합발전(hybrid generation)하고, 생산된 전기를 저장(energy storage) 및 이용하며, 또한 발전단지를 복합 활용하기 위하여 해양에너지 복합 발전단지(hybrid ocean energy farm)를 조성하는 기술
- (범위) 효율적 복합발전단지 조성을 위한 해양환경 특성 및 부존량 평가 기술, 해양에너지 복합발전단지 최적설계 및 건설기술, 수산 및 담수화 등 활용기술, 에너지 저장 등 최적화 기술, 운영 및 관리기술 등을 포함

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 하이브리드 열원이용 Trigenation 네트워크 시스템	1-1. 온도차에너지 취수 및 열회수 기술	● 온도차에너지 대용량 취배수설비 기술 ● 수열원 자동여과 및 열교환기 세정 기술 ● 저온도차 열교환 기술 ● 저비용 시공 지중열이용 기술 ● 중온수 태양열 집열기술 ● 하이브리드 열원 융합 기술
	1-2. 고성능 대용량 열에너지변환 시스템 기술	● 저온열원 대용량 히트펌프 기술 ● 다단/캐스케이드/탠덤 히트펌프 융합 기술 ● 고온/고성능 터보압축기 기술 ● 열구동 흡수식/흡착식 냉열생산 기술
	1-3. 심부지열 탐사 및 대규모 시추기술	● 심부지열자원 조사 및 탐사 기술 ● 대규모/대심도 시추기 개발 기술 ● 경사시추 엔지니어링 기술 ● 인공 지열 저류층 생성 기술 ● 심부지열 시추 모니터링 기술
	1-4. 저온도차발전 플랜트 고성능화 기술	● 저온도차발전 플랜트 사이클 해석 기술 ● 저온도차발전 플랜트 터빈 설계/제작 기술 ● 바이너리 열교환 및 파울링 저감 기술 ● 온도차발전 플랜트 설계/시공/운전 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	1-5. 열/전기 스마트 그리드 기술	- Trigeneration 시스템 통합제어기술 - 열/전기의 스마트 그리드 기술 - 단위지역 건물의 BEMS 기술 - Trigeneration 네트워크화 융합기술
2. 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술	2-1. 초본계, 조류계 바이오매스 및 에너지효율 개량기술	- 시스템생물학과 무세포 발현 시스템을 통한 “in silico to in vitro” 광합성 및 물질합성 대사과정 설계 기술 - C4계 작물의 광합성 대사를 C3 식물 및 조류로 도입하는 기술 - 광방호 혹은 광호흡으로 인한 광합성 효율의 손실 복구 기술 - 자연에너지만을 이용한 (인위적인 에너지 사용없는) 바이오리파이너지 공정의 에너지 효율을 개량하는 스마트 공정기술
	2-2. 초본계, 조류계 바이오매스 공정 기술(대량배양/수확/건조)	- 폐자원을 바이오매스 생산 가능한 영양원으로 분해할 수 있는 미생물 및 폐자원을 전처리없이 이용하여 유용산물로 전환할 수 있는 미생물 개발 및 개량 - 기상 변화에 따라 자동적으로 배양기 운전 조건을 조절할 수 있는 능동적 바이오매스 대량 배양 기술 - 바이오매스의 조성 및 수분함량을 측정하여 후속 공정에 최적화된 건조 상태로 각종 공정에서 발생하는 폐열을 이용해 가공하는 스마트 건조 기술 - 바이오리파이너지 공정에서 배출되는 폐수, 이산화탄소를 이용한 무배출 바이오매스 생산 기술
	2-3. 다양한 바이오매스 통합 전처리 및 전환 기술	- 나노물질을 이용한 초본계, 조류계 통합 바이오매스 분쇄, 혼합 기술 - 생화학 물질들이 변질되지 않는 혼합 바이오매스의 비파괴적 액화 기술 - 바이오매스의 황, 단백질, 핵산 함량에 영향을 받지 않는 촉매 전처리 기술 - 바이오매스의 전처리 및 전환 기술별 최적 공정 조건 자동화 탐색 기술 - 자동화 바이오매스 조성 분석 및 최적 전처리/전환 공정 선정/적용 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	2-4. 통합 바이오매스 분별화 기술 (탄수화물, 지질, 단백질, DNA 등 성분별 분리)	▶ 전처리/전환을 마친 통합 바이오매스로부터 각각 다른 생화학물질을 밀도, 분자량, 작용기, 친수성 등의 차이를 이용하여 세가지 이상의 물질을 연쇄적으로 분리하여 생산할 수 있는 기술
	2-5. 바이오매스 유래 바이오에너지 (연료, 열, 전기) 생산기술	▶ 전분, 글리코겐 및 리그닌, 알긴산과 같은 셀룰로오스계 탄수화물을 모두 사용하여 알코올 생산이 가능한 균주 개발 ▶ 지질을 축적하지 않고 외부로 방출하는 미생물 및 방출 지질 회수 공정 개발 ▶ 촉매의 나노화, 고정화를 통한 반영구적, 연속식 바이오에너지 전환 기술 ▶ 바이오매스 조성에 따른 최대 생산 가능 바이오에너지 종류 선정 및 최적 공정 적용이 자동으로 이루어지는 스마트 바이오에너지 생산기술
	2-6. 바이오피드스탁 (유용물질, 재료, 사료 등) 생산기술	▶ 분별화된 바이오매스의 각 부분으로부터 각종 고분자물질 생산용 단위체, 단백질, 불포화지방산 등 유용물질을 분리·정제하는 기술 ▶ 생화학물질이 제거된 처리물로부터 희토류, 금, 인산 등 미량의 유용무기물을 분리하는 기술 ▶ 추출되지 않은 잔여물에서 잠재적 생리활성물질, 고분자합성 전구체물질 등 추가 유용물질 탐색 및 추출 기술
3. 신소재 기반 저비용 고효율 태양전지 기술	3-1. 태양전지용 페로브스카이트 나노융합 소재 기술	▶ 결정성 향상 기술 개발 ▶ 저독성/장기안정성 페로브스카이트 소재개발
	3-2. 신소재 기반 태양전지용 신개념 구조/제작공정 기술	▶ 신개념 구조 개발 ▶ 대면적/플렉서블 공정 기술 ▶ 실리콘 탠덤 기술 ▶ 장기안정성 해결 ▶ 저비용 흡전도체 소재개발

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	4-1. 고온 연료전지 기반 고효율 에너지 전환 기술	▶ 세라믹 멤브레인/전극 소재 및 공정 기술 ▶ 집전/밀봉 및 스택 제조 기술 ▶ 시스템 구성 및 운전 기술
	4-2. 고온 전기분해를 이용한 고효율, 대용량 수소 제조 기술	▶ 수전해용 촉매 기술 ▶ 고내구성 전극 소재 기술 ▶ 수증기/수소 순환 기술
	4-3. 연료전지-전기분해 양방향 순환운전 기술	▶ 열적 자립 운전 기술 ▶ 수증기/연료 분배 기술 ▶ 전기 부하 순환 기술
	4-4. 대용량 수소에너지 저장 기술	▶ 고순도 수소 분리 기술 ▶ 전기분해 가압 운전 기술 ▶ 수소 압축 기술
	4-5. 동시전기분해를 이용한 CO ₂ 전환 및 합성연료 제조 기술	▶ CO₂ 분해용 촉매 기술 ▶ 합성가스 조성 제어 기술 ▶ 합성가스-합성연료 전환 기술
5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	5-1. 해양환경 특성 및 부존량 평가 기술	▶ 해양환경특성 조사 및 분석 기술 ▶ 해양환경특성 모델링 기술 ▶ 조력, 조류, 파력, 해상풍력, 해수온도차, 염도차 등 해양에너지 부존량 평가기술
	5-2. 해양에너지 복합발전단지 최적설계/건설기술	▶ 복합발전을 위한 에너지원별 최적배치 및 단지설계기술 ▶ 복합발전을 위한 구조물 최적설계기술 ▶ 복합발전용 터빈 및 발전기 설계, 제작기술 ▶ 초대형 복합발전단지 건설기술
	5-3. 복합발전단지 수산 및 담수화 등 활용기술	▶ 가두리 양식장 조성 및 활용기술 ▶ 해양심층수 담수화 및 활용기술 ▶ 관광 및 교육, 해상관측 연계기술 ▶ 해역 복합이용기술
	5-4. 복합발전단지 최적화 기술 (에너지 저장/활용, 전력 변환/계통 연계, 환경영향평가 등)	▶ 압축공기, 해수양수, 배터리 등을 이용한 에너지 저장 및 활용기술 ▶ 육상전력과 연계를 위한 전력변환 및 계통연계기술 ▶ 발전단지 환경영향 조사/분석/평가 및 저감 기술
	5-5. 복합발전단지 운영 및 관리 기술(최적운영, ICT 기반 모니터링 등)	▶ 해양에너지 전력 생산 및 유지관리를 위한 최적운영기술 ▶ 복합발전단지 건설 중 및 운영 중 안전성 확보 및 최적운영을 위한 ICT 기반 모니터링 기술(SCADA/CMS 등) ▶ 복합발전단지 구난체계 구축 연구 ▶ 복합발전단지 유지보수 로봇개발

■ 기술동향

① 하이브리드 열원이용 Trigeration 네트워크 시스템

국내 기술동향

- 2010년 광역에너지 네트워크 기술개발은 주로 산업단지의 배열이용 지역열공급을 수행하였으나 실증 운전은 이루어지지 않음
- 개별적으로 저온 열원을 이용한 히트펌프, 온도차발전에 대한 연구가 수행된 바 있으나 하이브리드 열원을 융합한 대규모 실증운전은 미흡
- 전기에 대한 스마트 그리드, 열에너지 네트워크가 별도로 수행된 바 있으나 Trigeration 열/전기 스마트 그리드에 대한 연구는 미흡

국외 기술동향

- 북유럽, 독일, 덴마크 등에서는 신재생에너지를 융합한 열/전기 네트워크의 지역 열공급 시스템 도입이 널리 상용화되고 있음
- 호주 시드니에서는 ‘Sustainable Sydney 2030’로 Trigeration 마스터 플랜을 내세워 온실가스 감축 및 청정생활환경 추진
- 일본은 온도차에너지를 이용한 지역열공급으로 도심의 열섬화 방지 및 온실가스 감축에 기여

② 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술

국내 기술동향

- 비식용 바이오매스인 미세조류, 해조류, 억새, 벼짚, 폐목재 등을 이용한 한국형 바이오매스 및 바이오 연료 생산기술 개발이 활발하게 이루어지고 있으나 아직 실증 생산수준의 연구는 미비

- 새로운 바이오매스 전처리 및 전환기술, 바이오소재 생산 기술도 활발히 개발되고 있으나 한 종류의 바이오매스로부터 한 두 종류의 물질만 생산이 가능한 수준에 머무르고 있음
- 여러 종류의 바이오매스를 통합적으로 전처리, 전환하는 기술과 혼합 바이오매스 전환물로부터 다양한 유용물질을 최대한 분리, 생산할 수 있는 통합 바이오리파이너지 기술개발의 필요성은 대두되고 있으나 실질적인 연구는 이루어지지 않음

국외 기술동향

- 미국과 유럽, 중국을 중심으로 당 발효와 지질의 transesterfication 반응으로 바이오알코올이나 바이오디젤을 생산하는 기술에서 열수액화, 열분해, 효소 분해 기술들을 사용하여 하이드로카본 연료를 생산하는 기술개발로 연구 추세가 옮겨가고 있음
- 통합 바이오리파이너지 기술개발을 위한 기초연구가 활발하게 이루어지고 있으며
 - 미국과 중국은 특히 초본·목질계 바이오매스 이용 바이오리파이너지 기술, 유럽은 조류계 바이오매스 이용 바이오리파이너지 기술개발이 활발
- 미국에서만 25개의 크고 작은 규모의 바이오리파이너지 기술개발 프로젝트가 진행 중이며, 바이오케미컬의 파일럿 및 실증 생산이 이루어진 바 있음
 - 유럽, 호주, 중국, 일본, 인도에서도 많은 기업들이 참여하여 파일럿 플랜트 규모의 연구가 이루어지고 있음

③ 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술

국내 기술동향

- 국내 기관의 최근 연구가 2년 연속 ‘美 재생에너지 효율 기록’ 부분에 연속 등재되는 등 효율 향상 부분에 집중하여 연구가 추진

- 그러나 고효율 달성을 위해 원천특허가 걸려있으며 고가인 물질(그램당 백만원)을 홀전도체로의 사용을 전제하고 있어, 실제 상용화 진행에는 무리가 있음

국외 기술동향

- 에콜 폴리테크니크의 Michael Grätzel 교수에 의해 기술이 소개되었으며, '12년부터 본격적으로 연구되기 시작
 - 효율 향상 부분뿐만 아니라, Pb제거 염료 이용, 저비용 홀전도체 개발, AI계 이용 등을 통한 장기안정성 및 가격요소절감 기술들이 다양하게 개발

④ 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템

국내 기술동향

- 고체 산화물 연료전지의 경우 1990년대부터 KIST, KIER, 한전, 미코, 포스코, 쌍용 등에서 활발히 연구를 수행
 - 일부 단전지 제조기술과 요소부품 제조기술은 기업체 기술이전 단계에 접어들었으나 핵심기술 측면에서 선진국 대비 85% 수준
- 고온전기분해에 대한 연구는 2000년대 들어 시작되었으며, 아직까지 스택 구성 요소 및 운전조건에 대한 이해가 매우 부족한 상황

국외 기술동향

- 미국 DOE는 Nuclear Hydrogen Initiative 프로그램을 통하여 원자력 발전소의 잉여전력과 열을 이용한 고온전기분해에 대한 연구를 지원
- Ceramtec과 Versa Power 등의 기업에서는 고온 가역 연료전지 운전 시 고체 산화물 연료전지 스택의 성능과 안정성을 평가기술을 수행
- European Commission은 RHELHY, HI2H2, ADEL 등의 프로그램을 통하여 고온전기분해 연구를 지원해 왔으며, 최근 독일의 Julich 연구소에서 고체산화물 연료전지와 고온전기분해의 순환운전 결과를 보고

⑤ 해양에너지 복합발전단지 조성기술

국내 기술동향

- 해양에너지 복합발전기술 및 발전단지 조성을 위한 기획연구가 수행된 바 있으며, 동 기획을 바탕으로 현재 ‘10MW급 파력-해상풍력 복합발전 기술개발’ 연구를 수행 중
- 일부 연구소 및 대학에서 해양에너지와 해상풍력을 연계한 복합발전 및 활용을 위한 다양한 아이디어 및 시화호 조력발전소 조지를 활용한 다양한 활용 방안 등을 제시한 바 있음

국외 기술동향

- 영국 등에서 해양에너지 복합발전 및 활용, 양수발전에 의한 일정 전력공급 등을 위한 에너지섬(Energy Island)에 대한 아이디어가 제시된 바 있음
- 영국과 네덜란드에서 조류/조력 발전, 해상풍력발전, 해수온도차 발전, 해상태양광 발전 등이 결합된 초대형 복합해양에너지 플랜트에 대한 기획이 진행된 바 있음
- 덴마크 Poseidon, 영국 WaveTreader, 노르웨이 W2-Power 프로젝트 등에서 파력-해상풍력 복합발전 연구를 진행

■ 적용분야 및 기대효과

① 하이브리드 열원이용 Trigeneneration 네트워크 시스템

- 신재생에너지를 융합한 열/전기 생산으로 집단에너지 공급사업에 적용 가능하며, 도심의 온실가스감축으로 인한 열섬화 방지 및 청정생활환경을 지속가능
- 저온도차발전 기술의 상용화로 보다 낮은 지열, 태양열 및 공장배열 등의 활용도가 커짐으로 인한 분산발전산업이 확대

- Trigenation 열/전기 스마트 그리드 및 네트워크를 통한 에너지이용 효율 증대 기대
- 열교환기, 히트펌프, 저온발전 터빈 등 기계산업 육성 및 수출산업으로 성장 발전

② 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술

- 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술이 개발되면 수송용 연료뿐만 아니라 화학물 원료, 생리활성물질, 식품 원료 등도 동시에 생산이 가능해져 석유 기반 산업 및 식품, 화장품, 의약품 산업에도 효과를 미칠 수 있음
 - '14년 현재 우리나라에서는 디젤 연료에 2%의 바이오디젤을 혼합하여 사용하고 있지만 대부분의 바이오디젤 원료가 수입되고 있는 실정인데 수입되는 바이오디젤 원료를 대체하고 나아가 2% 이상의 수송연료를 대체하는 것을 목표
 - 생화학물질로 수입되고 있는 석유 유래 화학물질의 대체가 가능
 - 부산물의 생산으로 얻어지는 추가 수익을 통해 바이오연료 생산의 경제성을 향상 효과
 - 개별 바이오리파이너리 기술이 주류인 국제 시장에서 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술로 새로운 시장 개척 및 선점 가능

③ 신소재 기반 저비용 고효율 태양전지 기술

- 동 기술은 현존하는 태양전지 전 분야에 적용 가능하고, 1/3 가격으로 기존 대비 유사한 효율의 태양전지 생산 가능
- 기존 실리콘 기반 태양전지와 탠덤 형태로 양립 가능
- 기존 태양전지 대비 고효율 작동으로 인한 넓은 적용범위
- 플렉서블 태양전지 생산이 용이하여, 차세대 모바일 장치 및 곡면 대면적 표면에도 설치가 가능

④ 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템

- 대용량 전력의 분산 공급에서 수요자 위주 맞춤형 전력 수급형태의 패러다임 전환으로 불균등한 전력 분배 문제점을 해결할 수 있는 신재생 융합에너지 산업
- 본격적인 신재생에너지 시장이 마련되는 시점에 있어서 관련 소재 및 부품 기술에 대한 수출 및 로열티 수입을 발생시키고 신규 산업 형성 및 고용창출 효과 기대
- 신개념 미래 발전기술 개발로 응용성이 풍부하여 발전시스템 관련 산업을 육성하고 분산전원 발전 사업을 위한 전문 엔지니어링업체에 기술이전 및 산업화를 촉진

⑤ 해양에너지 복합발전단지 조성기술

- 해양에너지 복합발전단지 조성을 위하여 기계, 전기, 전자, 제어, 조선, 토목, 화학, 재료, 생물, 생태, 수질, 해양 등의 광범위한 다학제간 기술개발이 필요하며, 따라서 이들과 관련된 연관 산업 분야인 기계, 전기, 조선, 토목, 해양 등의 산업 분야에서의 참여가 가능
- 산업과 관련하여 해양에너지 복합발전단지 조성기술은 기계, 전기, 조선, 토목, 해양 등의 분야에서 참여함으로써 이러한 분야의 수많은 종사자들에게 새로운 기회를 제공할 수 있을 것으로 기대
- 해양에너지 발전시스템의 경제성을 향상시킨 복합발전단지 조성기술 성공시 세계시장을 선도하는 신산업 창출에 기여
- 정부에서 추진 중인 2035년 신재생에너지 11% 공급 계획에 기여

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 하이브리드 열원 이용 Trigenation 네트워크시스템	독일, 미국, 일본	65%	② 수열원이용 냉난방분야는 약 80% 기술수준에 도달 하였지만 저온도차발전은 아직 초기단계로서 50% 미만의 기술을 보유
2. 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술	미국	76%	② ‘바이오매스에너지 연구개발사업 기획을 위한 연구, 생명공학정책연구센터, 2008’ 참고하여 융합기술수 준평가
3. 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술	미국, 프랑스	70%	② 효율 부분에서 정량적 최고치의 경우 이미 세계 수 준에 도달해 있음. 그러나, 상용화 가능한 가격 경쟁력을 가지는 기술분야에선 연구가 전무함. 또한, 연구분야가 효율성 향상에 편중되어 있어 상용화 진행을 위한 전문인력 양성 및 연구 다양성 확대에 제한요소가 되고 있음
4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	독일, 덴마크, 일본	70%	② 고온 연료전지 및 전기분해 기술의 경우 국내에서는 산업화에 필요한 성능은 80%, 안정성은 60% 수준에 해당
5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	영국, 덴마크, 노르웨이, 미국	84%	② 해양에너지 분야의 경우 최고기술보유국 대비 기초 연구, 응용·개발연구에서 각각 77.7%, 80.2%, 전체적 으로 79% 수준으로 평가(KISTEP, 2012)된 바 있으며, 이러한 해양에너지 분야 기술 수준과 국내 조선 및 토목기술 수준을 반영할 때 84% 수준으로 평가할 수 있음
평균	-	73.0%	

■ 시사점

① 하이브리드 열원이용 Trigenation 네트워크 시스템

- 저온으로 인하여 활용도가 낮은 신재생에너지의 다양한 열원을 융합하여 대규모의 지역에너지 열/전기 네트워크를 구축함으로써 청정생활환경 지속이 가능하게 되어 신재생에너지 산업 발전에 크게 기여
 - 특히 저온도차발전은 40~100℃ 정도의 지열, 태양열, 발전소 온배수, 공장배열 등을 열원으로 이용하기 때문에 그동안 사용된 열에너지를 전기에너지로 변환 시킬 수 있는 기회를 가져올 수 있음

② 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술

- 국내·외에서 모두 활발하게 바이오리파이너리 관련 기술들이 개발되고 있으나 개별적 바이오매스에서 한 두 종류의 물질을 생산하는데 그침
- 아직 개발되지 않은 여러 종류의 바이오매스를 생산하여 통합적으로 처리, 전환, 분별하여 다양한 유용물질을 생산할 수 있는 통합 바이오리파이너리 기술을 개발하여 원천기술을 선점할 경우, 새로운 시장의 개척에 따른 파급효과는 천문학적임

③ 신소재 기반 저비용 고효율 태양전지 기술

- 연구 방향 다변화, 기술 전체에 대한 종합적인 연구가 필요
- 향후 5년 이내 액체형 연료감응형 태양전지 시장의 완전 대체, 10년 이내 실리콘 기반 태양전지의 대체가 기대

④ 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템

- 기존 화학적 이산화탄소 전환 기술의 한계를 극복한 차세대 고효율 전기화학적 전환의 원천기술을 확보할 경우 막대한 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 국가 차원의 에너지, 환경 산업으로 발전 가능
- 체계적인 산업 인프라 육성을 통한 국내 소재 및 부품 업체들의 참여 유도 및 기술 경쟁력 제고가 요구

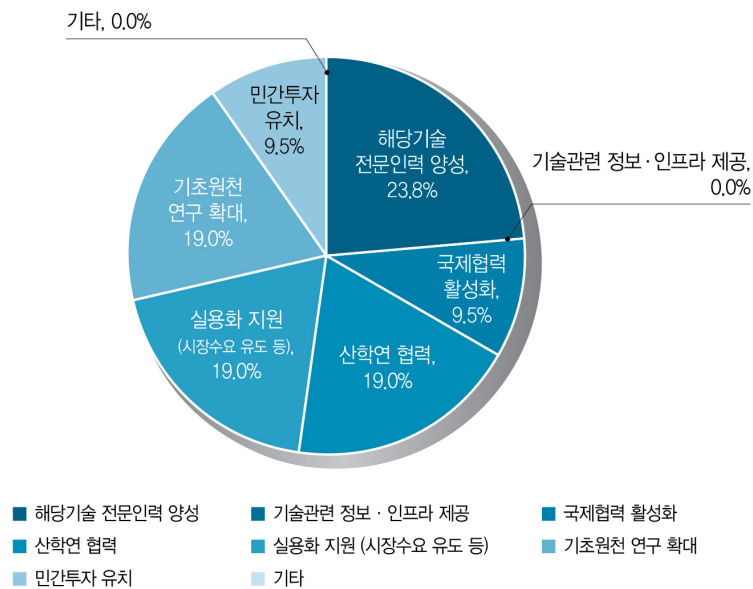
⑤ 해양에너지 복합발전단지 조성기술

- 해양에너지 복합발전단지 조성 분야는 국내외를 막론하고 현재 시도되고 있는 해상풍력-파력 복합발전기술을 제외하면 뚜렷한 연구 성과가 없는 분야임
- 기존 해양에너지 개발에 있어 난제인 경제성 확보, 해양환경 영향 저감, 전력 품질 향상 등에 크게 기여할 수 있는 기술이나, 이를 위한 연구개발비 확보 어려움으로 사업으로 연결되고 있지 못함
- 국내의 뛰어난 조선, 전기, 토목 분야 기술력을 활용한다면 세계 시장을 선점할 수 있는 블루오션으로 정부의 적극적 투자와 민간부분의 참여가 중요

■ 최고기술 확보·추격방안

- 신재생 에너지 기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 요건에 대한 설문조사 결과, ‘해당기술 전문인력 양성’이 필요하다는 의견이 23.8%로 가장 높은 비중을 차지
- ‘산학연 협력’, ‘실용화 지원’ 및 ‘기초원천 연구확대’의 필요성도 각각 19.0% 순으로 조사됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	5	23.8%
기술관련 정보·인프라 제공	0	0.0%
국제협력 활성화	2	9.5%
산학연 협력	4	19.0%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	4	19.0%
기초원천 연구확대	4	19.0%
민간투자유치	2	9.5%
기타	0	0.0%
합계	21	100.0%



14 식량자원 보존 및 식품안전성 평가

■ 핵심 융합기술

- 식량자원 보존 및 식품안전성 평가 분야의 핵심 융합기술로써 ‘식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술’, ‘BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자 네트워크 분석 기술’, ‘Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술’, ‘빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술’, ‘통합적 식품생산 공정의 스마트 품질관리 기술’이 선정

■ 선정사유

① 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술

- 식품의 맛 신호는 ‘식품’이라는 외부정보의 체내유입 여부 판단의 핵심요소로 체내 맛 신호인지 기작의 과학적 이해를 통해 식품의 부가가치 향상 가능
- 맛 신호를 인지하는 ‘미각’은 구강 말초조직에 발현된 맛 수용체를 시작으로 신경 전달, 뇌 중추인지에 이르는 일련의 시스템으로 작동되므로 분자생물학, 신경학, 유전학 등의 기술융합을 통해 기능 및 작용 이해 가능

② BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술

- 생명공학, 영양정보학기술(nutra-informatics)을 융합하여 식품섭취에 의한 건강 유지와 체내 항상성 유지 기능을 이해하는 식이-후성적 유전자정보 네트워크를 제시하여 식품의 질병예방기능을 규명함으로써 질병 치료적 접근에서 사전예방으로의 패러다임 전환 가능

③ Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술

- Systems biology 기반 영양/기능성 구명을 통한 새로운 전통적 가치창출 및 기능 유전체 확보로 전통발효식품의 지속 성장, 부가가치 제고 및 바이오 신소재 개발 가능

④ 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술

- 식품 안전과 관련된 다종의 정형/비정형 데이터에 대한 빅데이터 분석기술과 식품안전관리의 핵심기술인 위해평가 및 소통기술을 접목한 미래형 융합기술로서 집단적 식품안전사고의 사전예방적 관리 필요

⑤ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술

- ICT, 바이오기술, 센싱기술 등 u-IT/BT 기술을 식품에 융합한 미래형 식품 시스템으로서 식품안전과 식품품질을 동시에 확보하는 것이 가능

■ 기술정의 및 범위

① 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술

- (정의) 식품성분과 구강 및 비 구강 미각수용체 간 상호작용 및 체내 생리작용 구명을 통한 미각시스템 조절기술로 건전한 신체기능 구현
- (범위) 식품의 구강 및 비 구강 미각 수용체 세포내 신호전달, 식품성분과 비 구강 미각수용체 생리작용 상관성 및 조절기술, 미각시스템 신호전달의 다각적 조절 기술

② BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술

- (정의) 식이섭취에 의한 건강유지기능과 후성적 유전자 변형에 관한 체내 네트워크 분석
- (범위) 식이를 중심으로 하는 노화, 생활습관병 등의 질병/건강상태와 후성유전정보 확보, 인체 내 식이와 후성유전정보 간 체내 분자 네트워크 분석기술 (공개정보 포함)

③ Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술

- (정의) Meta-omics 정보 기반 전통발효식품의 영양 기능적 우수성 및 안전성 해석

- (범위) Meta-omics 정보 확보 및 bioinformatics 분석을 통한 전통식품의 과학적 기반 마련 기술, 기능 유전체 확보 및 응용을 통한 영양 기능성 전통발효식품 발굴/보전기술

④ 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술

- (정의) 식품위해평가와 소통기술에 빅데이터 분석기술을 접목하여, 신종 위해 인자에 대한 집단적 식품안전사고의 사전예방적 관리 도모
- (범위) 식품안전성 확보를 위한 위해평가 및 소통기술과 빅데이터 분석 접목기술, 신종 위해인자에 대한 위해평가 기술, 식품의 생산-판매 전 과정의 추적기술, 소비자 인식에 기반한 과학적 위해소통 기술

⑤ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술

- (정의) 식품의 원료 및 생산, 유통 단계에 적용가능한 IT, 바이오, 센싱기술이 융복합된 스마트 품질관리로써 식품안전과 식품품질의 동시 확보
- (범위) 식품 생산단계에서의 원료 감별기술, 식품 생산, 유통 단계의 위해요소 (신속) 검출 및 저감화기술, u-IT/BT 기반 센싱 및 관리기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	1-1. 구강 미각수용체 세포내 신호 조절 기술	● 미각수용체(GPCRs 및 TRPs) 과발현 세포계 내 식품성분-수용체 상호작용 및 조절 연구
	1-2. 비 구강 미각수용체 생리작용 조절 기술	● 비 구강 체내조직 발현 미각수용체 활성화 식품성분 및 체내 생리작용 조절 연구
	1-3. 미각신호 조절 기술	● 식품 metabolite 및 다감각 활용 미각신호 조절 기술과 섭식행동 조절 연구
2. BIT융합 식이-후성유전정 보의 체내 분자네트워크 분석 기술	2-1. 가역적 유전정보 변형 확인 및 해석기술	● 식이에 의한 가역적 후성유전정보 확보와 체내기능의 생리학적 해석
	2-2. 식이-후성유전정보, 질병발생의 상관성 검증기술	● 식이에 의한 질병발생, 후성유전 정보, 체내 대사와의 상관성 검증
	2-3. 식이-후성유전정보 분자네트 워크 분석기술	● 영양정보학에 의한 식이와 후성적 유전정보 간의 정보 통합 및 분자네트워크 분석

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	3-1. 전통발효식품 systems biology 해석기술	▶ Nutrigenomics, proteomics, metabolomics 등 오믹스 기술과 bioinformatics에 기반한 전통발효식품의 우수성 및 안전성 예측
	3-2. 전통식품 생물자원 보존 활용 기술	▶ 기능 유전체 발굴, 이를 활용한 생물소재화 및 전통발효식품 유래 생물자원 보존/활용 기술
	3-3. 차세대 기능성 바이오식품화 기술	▶ 건강/장수 기능성 바이오 식품 소재화 기술
4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	4-1. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 기술	▶ 식품 안전 관련 정형/비정형 빅데이터 분석 기술을 접목하여 생물학적, 화학적, 물리학적 위해인자의 식품위해정도를 종합적으로 평가
	4-2. Food traceability 기술	▶ ICT 기술을 접목하여 식품의 생산에서부터 유통, 판매에 이르기 까지 모든 과정을 소비자와 안전관리자가 확인할 수 있도록 각 단계의 품질, 안전 정보를 추적 관리
	4-3. 소비자 위험인식 기반 위해소통 기술	▶ 위해정보의 소통 대상, social data 등을 분석하여 인구집단별 위험인식 지도 매핑 등 위해소통을 위한 기반을 제공하고 이해관계자간에 위해 정보 및 의견을 효율적으로 교환
5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	5-1. 식중독균 신속검출 기술	▶ 현장에서 식중독균을 신속하게 검출할 수 있는 물리 기반 검출 센서나 분자진단 융합 기술 ▶ 식품에서 식중독균을 분리, 농축, 배양하여 단시간 내 검출한계까지 증폭시키는 기술 및 검출한계 극복 기술
	5-2. 이물 및 원료감별 기술	▶ 식품원료에 존재하는 농약, 이물을 검출하는 물리화학적 센서기술 ▶ 식품원료의 위변조 및 원산지 판별을 위한 IT 기반 기술
	5-3. IT 기반 품질관리 기술	▶ ICT, 바이오기술, 센싱기술 등 u-IT/BT 기술을 식품 품질관리에 융합한 미래형 식품시스템 활용기술 ▶ 제조공정의 정밀운영을 위한 IT융합 CCP(Critical Control Point) 관리기술 ▶ U-품질센싱 기술 및 이력관리, 물류관리를 위한 RFID/USN 기술

■ 기술동향

① 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술

국내 기술동향

- 연세대 치대 구강생물학 교실(문석준 교수 연구팀)은 국내 미각분야 최고 기술 보유팀으로 초파리 미각수용체를 이용하여 유전학적, 행동학적, 전기생리학적 연구를 통한 수용체의 작용기전 등 기초연구 진행

국외 기술동향

- Monell Chemical Senses Center(philadelphia, PA, USA)은 세계 유일, 최초 (1968년 이래)의 미각, 후각분야 비영리 전문연구기관으로 관련 기초연구 전 분야에서 세계를 선도
- Senomyx Company(San Diego, CA, USA)은 미각수용체 관련 분자생물학적 최고 기술을 보유한 flavor ingredient 개발회사(1999년 이래)로 특히 감칠맛, 단맛 및 짭맛 소재의 상업적 활용에 독보적 기술 보유

② BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술

국내 기술동향

- 암, 발생, 줄기세포 분화 등 임상 적용을 염두에 둔 연구들이 진행되고 있으며 바이오마커 발굴 및 질병 치료목적의 연구가 진행
- (국립암센터, 카톨릭의대, 연세대, 계명대) 암조직에서 DNA 메틸화 변화 연구, (한국생명공학연구원) 발생 과정 중 후성유전학적 변화와 암세포에서의 후성유전학적 변이에 의해 기능이 소실되는 타겟유전자 발굴, (KIST) 후성유전체와 뇌질환과의 상관성 연구 추진 중
- 민간기업에서는 주로 병원이나 연구자들을 위한 진단기술 활용 서비스와 관련한 연구개발 추진

국외 기술동향

- 후성유전학은 EU, 미국을 중심으로 기초, 임상에 걸쳐 많은 연구들이 진행되고 있음. 특히 임상에서는 암 등 질병 관련 조기진단, 치료, 약물 개발에 초점을 두어 연구가 진행
- 후성유전체 지도의 생산 기반이 될 모든 요소들을 통합하는 인포메틱스 및 분석 자원은 NCBI, NHLBI, EBI, NBDC 등이 잘 알려져 있음

③ Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술

국내 기술동향

- 전통발효식품 metagenome 및 metabolome 분석기술은 도입단계에 있으며, 전통 발효식품 유래 유용 유전체 확보기술은 시작 단계, 전통발효식품의 기능성 평가는 전임상시험 단계 수준

국외 기술동향

- (구미 선진국) 고유 발효식품에 대한 균주 개발과 기능성 물질탐색 및 증진, 표준화 등에 대한 연구를 지속적으로 진행해 오고 있으며
 - 최근에는 오믹스 기술을 활용하여 게놈, 트랜스크립토姆, 프로테옴, 메타볼로姆 등의 해독으로 보다 근원적인 해석을 시도하고 새로운 균주개발 등을 통하여 자국 전통발효식품 부가가치 제고에 역량을 집중
- (일본) 전통 발효식품의 고품질화를 위해 기능적 우수성, 안전성, 고품질화 등을 위한 연구를 지속적으로 수행

④ 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술

- 빅데이터를 이용하여 위해평가와 위해소통 등 식품안전 관련 연구에 사용된 사례는 국내외에 아직까지 알려진 바가 없으나,

- 미국, 유럽, 싱가포르 등의 국가에서 빅데이터를 통해 고객 맞춤형 서비스 제공, 국가 안보, 의료 과학 기술의 선진화, 복지사회 구현을 위해 다양한 방면으로 활용되고 있음
- 네덜란드의 경우 가축에 센서를 부착하여 움직임, 건강, 기후 등의 데이터를 종합적으로 분석함으로써 효율적 가축 사육에 활용한 바 있음

⑤ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술

국내 기술동향

- (바이오메드랩) 자궁경부암 원인균인 HPV 진단용 DNA칩 개발, (바이오코아) 인체백혈구 항원(HLA) 유전자형 진단칩을 국내 최초 개발, (디지털지노믹스) 급성 백혈병 조기 감별 및 진단용 DNA칩 시제품 개발, (삼성 SDS) U-Health Care 사업의 일환으로 가정용 비데 장착용 소변검사기 개발 및 시험 운영
- DNA칩, 단백질칩, 랩온칩 기술이 활발히 개발되고 있으나 아직까지 식품에 존재하는 식중독세균 검출을 신속하게 검출하는 기술은 미비
- RFID 등 IT 기술을 기반으로 한 식품 품질관리 기술개발은 초기단계

국외 기술동향

- (Affymetrix) 생물체 유전자정보 판독을 위한 DNA칩 세계 최초개발, (Nanogen) DNA의 전하성질을 이용한 DNA칩인 'NanoChip 400' 개발, (Ciba) 1980년대부터 부패하기 쉬운 식품의 신선도를 한 눈에 확인할 수 있는 시간-온도 변화 지시계(TTIs) 개발, (3M) 식품의 신선도 확인용도의 다양한 TTI 제품 생산 판매
- MEMS 기반 가스센싱 품질관리 센서, USN 기반의 HACCP 관리용 시스템 개발 등 다양한 기술이 개발되고 있음

■ 적용분야 및 기대효과

① 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술

- 노화, 위절제술 등의 의학적 처방으로 유발된 맛 신호 인지 변화 개선 방안 도출을 통한 국민건강 및 삶의 질 개선
- 소금, 설탕 등의 과다섭취를 인한 신체 부작용 최소화를 위한 식품 flavor 증강 신소재 기술개발로 고부가가치 신소재 산업 분야 창출
- 미각인지시스템 기반 국민 생애 전주기별 건전 식이모델 구축을 통한 국가 의료비 절감 기대

② BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술

- 식품 및 유전정보를 활용한 IT 기반의 비즈니스 모델 개발과 미래 맞춤형식품으로 산업화 가능
- 후성유전체 조절 식품자료 DB 구축에 따른 식품과학의 핵심기술 기반 구축 및 네트워크 지도를 이용한 질병 치료 및 예방에 대한 선택, 특성화 방안 제시
- 영양후성유전체와 건강의 상관성 제시로 식생활의 중요성과 차세대를 위한 식생활 개선안 제안과 대국민 홍보

③ Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술

- Omics 정보를 기반으로 건강 기능적 가치창출을 통해 전통발효식품의 계승 및 발전과 지속성장을 도모하고 건강, 장수 이미지의 전통발효식품 브랜드 창출
- 전통 발효식품 유래 신규 기능성 유전체 발굴을 통해 소비자 맞춤형 전통 발효 식품 및 바이오 신소재 생산에 활용
- 전통 발효식품은 약 3000종의 미생물과 70~100만개의 유전자가 존재하는 농생물자원의 보고로서 토착미생물의 국유화를 통해 외국 생물자원 이용에 따른 로열티 1조 5천억원의 대체효과 기대

※ 현재 국내 바이오산업 시장의 외국생물자원 이용율은 70% 수준

④ 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술

- 빅데이터에 기반한 위해평가 및 소통 기술은 식품에서 정량적으로 오염수준을 확인하고, 식품체인에서 위해인자의 운명을 예측하며, 인간의 건강과 연관된 위해를 추정하는 정부 차원의 식품안전관리 체계뿐만 아니라 식품산업체 등 현장에서 실시간 변화 상황에도 적용 가능하도록 기술개발이 이루어질 것으로 전망

⑤ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술

- 식품안전 확보를 위한 진단, 식품 위변조 판별 및 원산지 판별 진단, IT 기반 품질관리 시스템 구축
- 식품 생산, 유통 및 최종 소비지에서의 식중독세균 판정과 불량식품 근절 및 수입 검역에 활용
- 식품산업에 적용하여 안전 식품 생산 및 효율성 증대에 활용

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	미국, 일본, 독일	50%	▶ Monell Chemical Senses Center에서는 50여년에 걸쳐 미각 연구분야의 종합적 인프라를 구축하고 있으며 Senomyx Company는 미각수용체를 활용한 최첨단 기술을 확보하고 주요 식품회사들을 상대로 flavor 증강제를 개발 판매하고 있음 ▶ 종합적 기술수준은 약 50%로 추정되나 우리나라 고유 식량자원에 대한 맛 인지 연구분야에서 우위 확보 가능
2. BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술	유럽, 미국	60%	▶ 국내외적으로 식이와 후성유전정보 체내 네트워크 연구는 초기단계에 머물러 있으므로 장기적 투자가 필요한 분야. 그러나 유전체 연구는 성숙기에 접어들고 있어서 축적된 기술노하우 적용 가능
3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	미국, 네덜란드, 일본	60%	▶ 종균개발 및 quality control 기술, 50% 수준 ▶ NGS 분석 및 대사체 분석 기술, 70% 수준 ▶ 생체 효능 검증을 위한 모델동물 제작 및 메카니즘 규명 기술, 50% 수준

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	미국	70%	▶ 식품안전관리를 위해 정량적 위해평가기술이 적용되고 있으나 정부차원의 안전관리에 접목되고 있는 수준이며 생산단계의 안전성 확보를 위한 산업체 활용은 이루어지고 있지 않음. 또한 방대한 데이터의 분석을 활용한 빅데이터 기술과의 접목도 이루어지지 않고 있으며, 위해소통에 대해 적극적인 시스템이 충분하지 않은 실정임
5. 통합적 식품생산 공정의 스마트 품질관리 기술	미국	70%	▶ 물리화학적 및 분자기반 위해인자 검출기술 및 IT 기반 센싱 및 관리기술 수준이 70%에 해당함
평균	—	62.0%	

■ 시사점

① 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술

- 맛 수용체의 실체가 유전학적, 분자생물학적 수준에서 밝혀진 것은 10여 년에 지나지 않을 뿐 아니라 관련 기초기술을 확보한 연구팀은 매우 드물어, 경쟁력이 있는 연구결과 확보 가능성이 매우 높음
- 지속적인 식품의 고부가가치화를 위해서는 국가 고유의 식문화를 바탕으로 하는 식품섭취 유발 요인인 맛 신호체계에 대한 이해가 동반되어야 함

② BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술

- 국민행복을 위한 식품연구로서 안전성을 확보한 식품과 건강하고 기능을 갖는 식품연구가 필요한 시점
 - 융합기술의 시대를 맞아 식이를 중심으로 하는 BT와 IT융합기술에 의한 식이-유전정보 간 체내 네트워크의 이해를 통하여 식품의 미래 기술제시와 연구영역 확보 필요
- 식품섭취에 의한 후성적 유전자 변형은 차세대로 유전되어 후세대 건강에 큰 영향을 미치므로 현세대 및 차세대 먹거리 연구에 중요성 시사

③ Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술

- 한국 전통발효식품의 건강, 장수 이미지 부각을 통한 브랜드 제고방안으로 기능성과 품질을 우선한 과학적 우수성과 고품질화의 기반이 되는 오믹스 정보 및 이의 활용기술 확보 시급

④ 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술

- 식품의 안전성 확보를 위한 위해분석의 전 단계(위해평가, 위해관리 및 위해소통)에 빅데이터로 대별되는 정보공학의 접목으로 사전 예방적이며 타겟 집중적인 효율적 안전관리가 가능할 것으로 판단
- 식중독 등 식품안전사고의 글로벌화, 집단화 경향으로 신종 위해인자의 국가간, 지역간 이동에 대한 정보, 위험성 정보 등을 신속하게 수집 분석하며 이를 바탕으로 한 사전적 대응이 가능
- 식품의 전 단계(생산-유통-소비단계)에 대한 위험요소의 관리를 위해 식품추적 기술과 이 과정에서 수집되는 빅데이터의 분석 기술을 통해 효율적인 식품안전 관리가 가능하며 소비자 대상 위해소통에 직간접적으로 활용 가능
- 소비자에 대한 효율적인 위해소통의 방안으로 인구집단별 위험인식 지도 등 과학적 기반을 제공함으로써 이해관계자간 위해 정보 및 의견을 효율적으로 교환할 수 있을 것으로 전망

⑤ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술

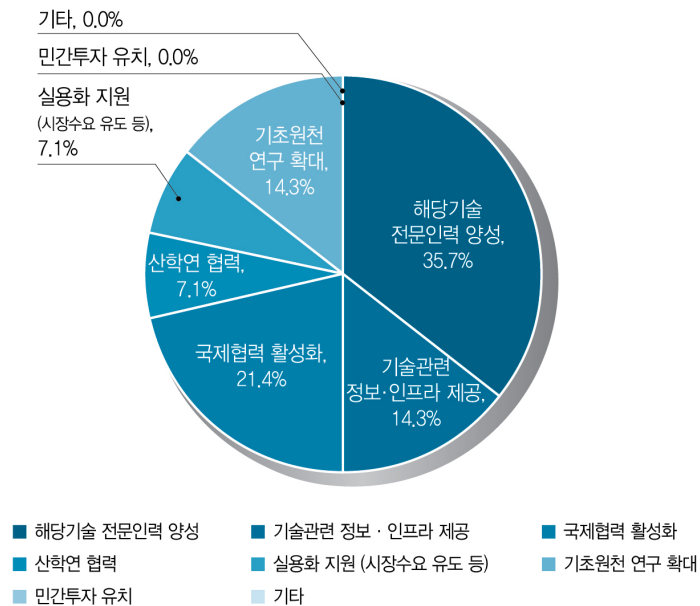
- 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술은 원료의 식중독균 판별, 위변조 판정, 원산지 판별기술 및 IT 기술을 활용한 생산공정에서의 효율성 증대, 식품 안전 확보가 가능한 통합적 미래 융합기술로 활용가치가 높을 것으로 판단

■ 최고기술 확보·추격방안

- 식량자원 보존 및 식품안전성 평가 기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 요건에 대한 설문조사 결과, '해당기술 전문인력 양성'이 필요하다는 의견이 35.7%로 가장 높은 비중을 차지

- ‘국제협력 활성화(21.4%), ’기술 관련 정보·인프라 제공(14.3%) 및 기초원천 연구 확대(14.3%)’의 필요성 순으로 조사됨

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	5	35.7
기술관련 정보·인프라 제공	2	14.3
국제협력 활성화	3	21.4
산학연 협력	1	7.1
실용화 지원(시장수요 유도 등)	1	7.1
기초원천 연구확대	2	14.3
민간투자유치	0	0.0
기타	0	0.0
합계	14	100.0%



15 재난·재해 예측·대응

■ 핵심 융합기술

- 재난·재해 예측·대응 분야의 핵심 융합기술로써 ‘통합적 자연재해 대응 기술’, ‘자연재해 복합 피해 평가 기술’, ‘사회공간 복합재난 대응 기술’, ‘재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술’, ‘국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템’이 선정

■ 선정사유

① 통합적 자연재해 대응 기술

- 자연재해 유형에 따른 재해 유발요인의 차별성에 대해 통합적 대응 기술은 공통 대응 기술개발 효율의 극대화할 수 있는 융합적 재난 대응 방안으로 중요

② 자연재해 복합 피해 평가 기술

- 시공간적 연계성을 갖는 자연재해 유발요인과 파급요인의 복합적 피해 사슬을 규명함으로써 극한 국가 재난 시나리오의 피해 예측 모형 (CAT)을 개발하고, 이에 따른 국가 방재 로드맵 구축이 필요

③ 사회공간 복합재난 대응 기술

- 재난정보 통합관리에 대한 IT 기술과 사고자 및 대응자에 대한 NT 기술, 피난자에 대한 CS 기술을 결합한 융합기술로 국가재난 피해저감 분야의 포괄적 융합 기술

④ 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술

- 고위험, 고비용, 재현성 한계로 실제 훈련이 어렵고 복잡한 고난도의 재난상황 대응 훈련을 위해 가상상황 모의 및 컴퓨터 모델링 기술을 활용하여 훈련수준을

고도화하고 대응장비 및 체계를 개선할 필요가 있음(빌딩 및 지하시설 화재, 산불, 해난사고, 화생방 및 화학폭발 사고, 홍수, 테러, 환경오염 등의 대규모/복합적 재난상황)

- 군사 훈련 및 실험 분야에서 실용화되고 있는 LVC M&S 기술을 재난 훈련 및 실험용으로 응용하여 고난도 대규모 재난대응 및 실험을 개선할 필요가 있으며 이를 위한 핵심 기반기술의 개발이 필요

⑤ 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템

- 전력망, 통신망, 에너지망, 수자원망, 도로망, 주거시설, 금융망 등의 국가 핵심 인프라는 개별기관 및 기업별로 운영, 통제하고 있으나 전국적으로 산재된 구성 요소의 정보 및 상황이 통합·관리되지 않아 대규모 복합재난이 발생하는 경우 통합적 파악 및 조정·대응이 어려움
- 이를 위해 국가 핵심 인프라의 정보와 상태를 통합하고 재난상황 시 통합적으로 상황파악, 피해평가, 연쇄 및 확산 예측, 조정할 수 있는 통합 관제체계가 필요하며 이를 위한 핵심 기반기술의 개발이 필요

■ 기술정의 및 범위

① 통합적 자연재해 대응 기술

- (정의) 복합 자연재해 관측 및 분석을 통한 지리공간 연계 피해 예측 기술과 재해유형 통합형 대응 체계 개발
- (범위) 복합 자연재해 관측 및 분석 기술, 지리공간 연계 피해 예측 기술, 재해 유형 통합형 대응 체계 개발

② 자연재해 복합 피해 평가 기술

- (정의) 재해피해를 중장기 추적 분석하고, 인문-사회-경제적 피해 분석을 통하여 복합적 극한 재난 피해 모형(CAT) 개발
- (범위) 재해피해 중장기 추적 분석 기술, 인문-사회-경제적 피해 분석 기술, 전국적 CAT 모형 개발

③ 사회공간 복합재난 대응 기술

- (정의) 대공간/다중이용 시설 등에 대한 복합재난에 대한 1, 2차 재난 피해자와 사고대응자(소방관 등)의 안전성 향상 기술
- (범위) 재난 통신 및 구조 장비 통합 운용 기술, 방재, 소방 장비 관련 성능 및 안전성 향상 기술, 난연 및 구조물 안전성 향상 소재 기술

④ 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S Modeling & Simulation) 기술

- (정의) Live 훈련 시스템 : 구조 및 대응팀의 실기동 훈련 상황을 감지하고 통제하기 위한 정보시스템 기술
- Virtual 훈련 모델/시스템 : 재난상황의 가상적 물리환경, 구조대상자, 구조자간의 상호작용을 위한 가상환경상의 훈련시스템
- Constructive 훈련 모델 : 컴퓨터상의 대피, 구조, 통제를 위한 재난상황 시뮬레이션모델
- LVC 통합 훈련시스템 : LVC 각 요소들이 보완적으로 연동, 통합하여 재난상황 훈련 및 실험, 통제, 분석
- (범위) Live 훈련을 위한 센서, 유무선 통신, 현장 지휘 통제, 정보 종합 및 관제 기술, Virtual 훈련을 위한 가상재난 상황 구조활동 시뮬레이터 기술(주요 재난 유형별), Constructive 훈련을 위한 컴퓨터상의 재난상황 시뮬레이션 및 Serious Game 기술, LVC 통합 합성환경 및 종합 통제를 위한 분산된 훈련모델/체계간의 연동 기술, 연동표준, 합성환경구현, 가시화, 분석, 지휘통제 기술

⑤ 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템

- (정의) 핵심 인프라별 구성요소의 핵심 정보 및 상태를 공유하여 통합적인 모니터링, 피해집계, 피해확산 예측, 대비·대응분석, 통제를 위한 통합체계 개발을 위한 핵심 기반기술
- (범위) 핵심 인프라별 구성요소의 재난대비대응 관점의 핵심 정보 및 상태의 객체 모델, 데이터 표준 및 통합 DB 구축, 핵심 인프라별 구성요소 객체 정보

및 상태의 SCADA 연동 실시간 갱신과 공유 기술, 핵심 인프라 종합관제를 위한 통합적 가시화·모니터링·관제 기술, 피해집계·피해확산 예측·취약성 분석·대비대응 최적화를 위한 모의분석 기술, 관련 통신 및 보안 기술

■ 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1. 통합적 자연재해 대응 기술	1-1. 복합 자연재해 관측 및 분석 기술	④ 개별 및 복합적으로 발생하는 자연재해 현상에 대해 관측·분석하고 결과 자료를 공유하기 위한 첨단시스템 구축
	1-2. 지리공간 연계 피해 예측 기술	④ 자연재해의 시공간 연계성을 분석하고 이에 따른 피해 사슬을 규명함
	1-3. 재해유형 통합형 대응 체계 개발	④ 자연재해 공통의 대응 요소를 분석하고 비용 대비 효과도 제고된 대응 시스템 및 실제 적용 체계 구축
2. 자연재해 복합 피해 평가 기술	2-1. 재해피해 중장기 추적 분석 기술	④ 자연재해의 직접 피해로부터 파급된 간접적 피해를 중장기 동안 조사 분석하여 구조적/사회적 취약 요소 규명
	2-2. 인문-사회-경제적 피해 분석 기술	④ 자연재해의 물리적 피해로 인한 인문적-사회적 피해 조사 방안을 개발하고, 파급 경제 피해 예측 모형을 개발함
	2-3. 전구적 CAT 모형 개발	④ 극한 자연재해에 의한 직간접 피해 모형을 개발하고 국가 재난 시나리오를 구축하여 국가 방재 로드맵 개발
3. 사회공간 복합재난 대응 기술	3-1. 대공간/지하공간/다중이용시설 안전체계 선진화기술	④ 대심도, 초고층 및 다중이용 대공간 화재 전파 및 화재 위험성 저감을 위한 소재의 성능지표, 화재성상, 진압체계 및 대응 절차 수립 기술.
	3-2. 스마트 재난/방호 장비 구축	④ 고위험 상황 대비 방호 시스템구축 기술. 위험 물질 및 대응 기술에 대한 통합적 대응기술, 피해자 생존성 향상 및 대응자의 효율적 구난 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4. 재난 대응 LVC(Live Virtual Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	4-1. 재난훈련 Live 시뮬레이션 기술 (Live Model)	- 실기동 재난대응 훈련시 대피자, 구조대상자, 구조자, 구조장비/차량/선박 등의 위치 및 상태, 상호작용 결과, 재난환경 등을 실시간으로 모니터링하고 가상 재난상황 요소를 제어하기 위한 기술 - 재난상황 실감성을 높이기 위한 환경제어 액추에이터, 상태 및 상황 감지를 위한 센서, 훈련지휘통제 장비, 감지 및 통제를 위한 유무선 통신, 정보통합/가시화/분석을 위한 기술(예: 빌딩 또는 구조물 내 화재상황 모의훈련, 해난 구조 상황 모의훈련, 테러 대응 구출 및 진압 훈련)
	4-2. 재난상황 가상 시뮬레이터 (Virtual Simulator) 기술 (Virtual Model)	주요 재난상황의 물리적 환경을 컴퓨터 가시화, 구조물 및 액추에이터, 모의 구조 장비 등으로 재현하여 대피 및 구조 대상자, 구조자, 진압 및 구조 장비가 상호작용을 통해 대피, 구조, 상황 진압/제거 훈련을 위한 모의설비 및 관련 기술 (예: 복잡한 구조물내 화재상황, 선박내 대피 및 구조 상황을 모의하여 가사)
	4-3. 재난 대피 및 구조 컴퓨터 시뮬레이션 기술 (Constructive Model)	대규모 재난상황의 대피, 구조 상황을 컴퓨터내에서 3차원 게임으로 모의하고 지휘통제에 의해 게이머가 입력하여 대피, 구조 훈련하는 기술(예: 복잡한 구조물내 화재 및 폭발시 대피자, 구조자의 대피 대응 훈련)
	4-4. 재난상황 합성환경 모델링 기술	주요 재난별 물리적 환경(3차원 지형 및 구조물, 수중 및 대기 환경, 기상, 화생방 확산 등)을 컴퓨터로 현실감 높게 모델링, 모사하는 기술
	4-5. 실제 훈련(Live), 가상 물리환경 훈련(Virtual), 컴퓨터모의 훈련 (C)의 통합적 재난 훈련 기술	- 지역/위치적으로 분산된 L, V, C 모델 요소를 재난상황 합성환경에서 통합적으로 인터넷을 통해 연동하여 훈련의 효과를 극대화하는 기술 - 모델간의 연동을 위한 데이터 및 모델 표준화, 미들웨어 응용, 연동 애플리케이션 구조 등

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템	5-1. GIS연동 핵심인프라 구성요소 통합 객체모델 및 DB	● 핵심인프라별 구성요소의 재난대비대응 관점의 핵심 정보 및 상태, GIS상의 위치, 연결관계, 장애모델(Failure Model), 상호의존/피해확산 방식 등을포함한 객체 모델 및 데이터베이스 설계 및 구현 기술, 관련 데이터 및 객체 표준화, 통합/분산 DB, 객체 정보 공유 기술
	5-2. 핵심인프라 상태 공유/협업 및 모니터링 플랫폼	● 핵심인프라별 구성요소 객체 정보 및 상태의 SCADA 연동 실시간 갱신과 공유 기술 ● 핵심인프라 종합관제를 위한 통합적 가시화, 모니터링, 관제 기술 ● 관련 통신 및 보안 기술
	5-3. 핵심인프라 의존성 및 연쇄 장애 분석 모델	● 인프라 간의 상호의존에 의한 피해확산 예측, 피해집계, 취약성 분석, 대비대응 최적화를 위한 모의분석 기술

■ 기술동향

① 통합적 자연재해 대응 기술

국내 기술동향

- 자연재해 예·경보 모형의 선정과 적용 및 활용에서 IT/ST를 활용한 자연재해 예보, 국가 자연재해 관리시스템 구축 등으로 고도화
- 국지성, 돌발성 특성을 지니는 경우가 빈번히 발생하기 때문에, 지역적 특성이나 재해에 민감한 요소들에 대한 정량적인 분석 수행
- 최근 자연재해는 복합적 요소에 의해 발생하는 경향이 있어 이를 총체적으로 모니터링 및 예측하는 연구가 활발히 진행 중
 - 이를 위해 기상-해양-위성 간 자료공유 시스템의 구축 및 예·경보 시스템과 연계되는 방향으로 진행되고 있음

국외 기술동향

- 미국 지질조사국의 경우 관측망의 평가지침 마련을 통한 관측망 최적화와 원격 탐사방법의 적극적인 활용을 위한 지상관측망과의 연계 운영기술 개발
- 동아시아 권역의 태풍 재해 경감을 위한 UN 태풍위원회의 태풍 재해정보시스템의 경우 한국이 주도적으로 참여하여 개발·운영

② 자연재해 복합 피해 평가 기술

국내 기술동향

- 위성영상과 GIS자료를 사용하여 산사태 발생 의미지역을 추정하거나 SAR interferometry를 이용하여 지각의 미소한 이동을 지속적으로 분석하여 자연재해가 발생할 가능성이 있는 지역을 예측하는 연구
- 기상자료의 재해석을 통해 태풍 및 강풍의 위해성과 정량적 위험도 평가기술 개발
- 미래 거대 재해로 화산 등의 재해에 대한 위험도 예측 기술 개발

국외 기술동향

- 미국의 경우 HAZUS-MH와 같이 복합적 자연재해의 위험도를 체계적인 평가 시스템을 개발하여 운용 중
- 호주의 경우 지질조사국을 중심으로 도시지역 자연재난 취약성 평가를 수행하여 피해 평가를 수행
- 뉴질랜드는 지진, 화산 등 지질재해에 대하여 복합 피해 평가 기술을 개발하여 실제 운용

③ 사회공간 복합재난 대응 기술

국내 기술동향

- 재난재해 안전분야는 ‘2012 국가전략 기술수준’ 분석에 따른 10대 기술분야에 속하나 타 기술분야의 기술력 대비 9위 수준이며 관련 논문 및 특허의 국제 점유율은 각 1.8%, 6.5%에 불과
- 소방 방재 분야는 실증화 실험을 위한 국가 기반구축은 진행되고 있으며, 해외 요소기술의 국내 응용 및 통합 이에 따른 관련 원천기술 개발은 성장기에 도입 되고 있는 실정
 - 사회적 파급력과 고부가가치의 융합기술 개발에 대한 필요성은 인지하고 있으나 가시적 성과물은 미흡

국외 기술동향

- 국제과학위원회(ICSU)와 유엔무역개발협의회(UNCTAD) 등은 재난의 복합화 대형화에 따른 대비, 대응, 복구 및 위험관리에 대하여 자연과학에서 인문학까지 다학제간 통합적 연구를 수행
- 미국 NIST를 중심으로 NT 융합기술을 도입한 원천적 화재 안전성 향상 소재 개발, 이에 따른 안전성 향상 평가/진압 및 관련 응용분야 확대에 관한 통합기술 개발이 두드러짐

④ 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S (Modeling & Simulation) 기술

국내 기술동향

- 지역별 재난대책본부별로 Live 훈련 위주로 실시하고 있으며, 최근 가상현실 (Virtual Reality)을 활용한 현장 대응 소방관들의 구조 훈련 시뮬레이터를 세계 최초로 개발(기계연구원, 2012년)

- 그러나 다양한 고난도 재난상황에 대한 LVC 요소모델의 지속적 개발과 통합 훈련 기술이 필요

국외 기술동향

- 미국의 경우 가상현실을 활용한 재난 훈련 시뮬레이터는 물론 지휘 및 통제 훈련을 위한 Constructive 시뮬레이션 모델도 다양하고 상당한 수준으로 발전되어 있음(화재진압, 대규모 기름유출, 테러 등)
 - 이러한 요소들을 통합하는 LVC 통합 훈련 구조도 위기관리 및 재난대응(Crisis Management and Disaster Response)국 등에서 개발하고 있으나 초기 기술개발단계 수준
- 스페인 발렌시아 공과대학(Polytechnic University of Valencia)에서 LVC 요소들을 통합한 재난 대응 훈련 시스템(LVCTE, LVC Training Environment)을 개발 중

⑤ 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템

국내 기술동향

- 국토부, 소방방재청 등의 지원 하에 ‘개별재난의 대비 대응에 대한 연구’, 미래부·연구재단 지원으로 ‘사회핵심 인프라 상호작용 모델링기술’에 대한 연구 등이 추진되었으나,
 - 재난상황 시 국가 인프라 간 통합적 모니터링, 정보공유, 지휘통제를 위한 기술 및 시스템에 대한 연구는 미흡
- 각 인프라 담당기관별로도 Risk Management에 대한 조직, 기능 및 업무가 개발, 체계화되지 않으며 특히 인프라 간의 재난 영향에 대해서는 업무 식별이 되지 않음

■ 적용분야 및 기대효과

① 통합적 자연재해 대응 기술

- 현상 예측이나 피해 평가에 관한 기법, 모델 및 결과 등의 종합정보를 공개하여 소통 기반의 공공·민간 실용적 수요 창출 유도
- 기초부터 응용까지 공개되는 정보의 전문분야별 이해 관점에 따라, 자연재해 유인들 간의 시공간적 차별성 및 경향적 유사성에 관한 차별 기술 또는 융합 기술 분야의 창출 확대
- 정부와 공공시설에 대한 자연재해 모니터링·예측 및 경보대응 대상으로서의 기본적 제도 개정·보완 추진

② 자연재해 복합 피해 평가 기술

- 주요 자연재해 유형별 전문가 집단 간의 동북아 광역 또는 글로벌 수준의 국제 협의체 구성 및 연구개발사업 기반 지식과 정보 공유체계 지속 유지
- 미래대응형 자연재해 조기경보 및 신속대응 정보실용 인프라
- 현상 예측이나 피해 평가에 관한 기법, 모델, 결과 등의 종합 정보를 공개하여 소통 기반의 공공 및 민간 실용적 수요 창출 유도

③ 사회공간 복합재난 대응 기술

- 소방방재 관련 국내 산업은 중소기업 위주 해외기술 추격형 형태로 구성되어 있으므로 국내의 융합 원천기술 개발시 강소기업형태의 신산업 분야를 개척 가능
- 관련 기술은 국가적 안전도 향상과 더불어 국제적 재난사고의 지원을 통한 국가 브랜드의 위상 향상 가능

④ 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술

- 민·관·군의 통합방위지원 훈련과 통합 및 연계하여 대규모 국가 재난에 대비한 모의훈련 시스템으로 발전 가능

- 고층 및 복합공간 화재 및 폭발, 대형 해난사고, 대형 산불, 화생방 사고 및 테러, 대규모 홍수 등에 대응훈련에 활용 가능

⑤ '국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템

- 전력, 통신, 에너지, 수자원, 도로 및 교통, 금융 등의 핵심인프라 들의 재난관리 및 리스크관리 관점에서 통합적 데이터, 정보의 공유, 종합 관제를 위한 시스템 개발에 적용

※ 국가안전처 등에서 개발 및 운영 필요

- 예를 들어 슈퍼태풍, 대형 폭발사고 등에 의해 특정지역이 피해를 입은 경우 관련 인프라의 피해상황을 실시간으로 파악하고, 피해확산을 예측하여 통합적으로 대응 가능

■ 기술수준조사

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
1. 통합적 자연재해 대응 기술	미국	72%	▶ 다양한 자연재해에 대해 HAZUS-MH와 같이 통합적 위해 평가 대응방안 기술 보유
2. 자연재해 복합 피해 평가 기술	미국	70%	▶ 다양한 자연재해에 대해 HAZUS-MH와 같이 통합적 위해 평가 대응방안 기술 보유
3. 사회공간 복합재난 대응 기술	미국	74%	▶ 2012년 국가기술수준 평가결과, 재난재해안전분야 기술수준은 72%였으며, 이후 국내의 실험형 평가 관련 기반 인프라 구축 및 관련 기술 향상이 존재
4. 재난대응 LVC (LiveVirtualConstructive) 통합훈련 M&S(Modeling&Simulation) 기술	미국	50%	▶ Live와 Virtual 시뮬레이션을 활용한 구조 및 현장대응 요원 훈련에 대한 기술수준은 높으나, 중앙재난대책 본부의 통제훈련을 위한 기술(Constructive 시뮬레이션 활용 등)의 수준은 낮으며, LVC 각 요소들에 대한 통합 기술은 부재

핵심 융합기술명	최고기술 보유국	기술수준 조사	평가근거
5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템	미국	70%	▶ 미국은 국토안보부를 중심으로 재난의 핵심인프라의 통합적 관리, 모델링 및 분석 등을 위한 기술개발을 진행하고 있으나 우리나라는 아직 이러한 노력이 미흡하고 인프라들의 통합적 리스크관리의 개념이 정립되어 있지 않음
평균	—	67.2%	

■ 시사점

① 통합적 자연재해 대응 기술

- 자연재해 관련 시장은 발생 피해의 최소화라는 목표를 지역이나 국가 차원에서 현실적 환경을 고려하여 달성하는 과정에서 주로 공공 수준으로 창출 및 발전
- 다양한 재해 모니터링 및 통합적 정보 교환기구 설립이 필요하고, 더불어 자연 재해 산업 및 시장 규모의 재해석 필요

② 자연재해 복합 피해 평가 기술

- 법령이나 제도의 도입이나 개선 토대의 공공 수준 수요 확대에 따라 민간 차원의 연구개발이나 시장 발전도 수반되며, 이에 따라 개발된 기술을 토대로 국외 기술수출 및 이전 가능
- 선진국형 자연재해 보험제도의 도입과 보험 가입율 및 재해 보상율의 동반 상승을 위한 정부와 민간업자와의 협조체계 필요성 대두

③ 사회공간 복합재난 대응 기술

- 국내의 경우 관련 분야는 기술추격형 기초연구 정부투자의 비율을 높이 유지 함으로써 관련 기술주도형 국가로 전환하기 위하여, 국가 주도 형태의 관련 기술의 육성 정책이 필요

④ 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술

- 재난 및 사고의 규모가 대형화, 복잡화하고 있는 추세이나 관련 기관별 훈련과 장비 등이 분산되어 통합적 훈련은 어려운 실정
- 군의 전투훈련을 위한 LVC 통합 M&S 기술을 재난대응훈련에 응용하면 고난도 대규모 재난훈련의 수준을 크게 개선 가능

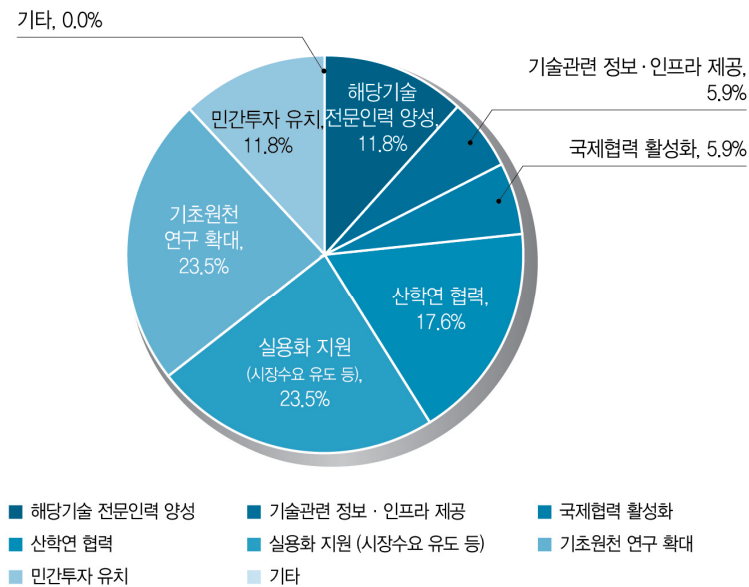
⑤ ‘국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템

- 핵심인프라가 대형 자연재해 및 자체장애에 취약하고 공간적, 기능적으로 상호 연계되어 있어 피해가 대규모로 연쇄·확산될 수 있으며 국민의 생존과 산업에 심각한 위협이 될 수 있음
 - 특히, 남북대치 상황으로 인해 테러, 국지전 등의 위협이 상존하므로 정부차원의 종합적 관제 체계를 갖추는 것이 시급함. 동 기술은 이러한 시스템 개발, 구축을 위한 핵심기반 기술로써 중요
- 동 기술개발과 함께 해당 시스템 구축사업을 정부에서 추진한다면 각 인프라 담당 기관, 기업별 리스크관리 업무·기능 및 조직도 대폭 개선될 것으로 기대

■ 최고기술 확보·추격방안

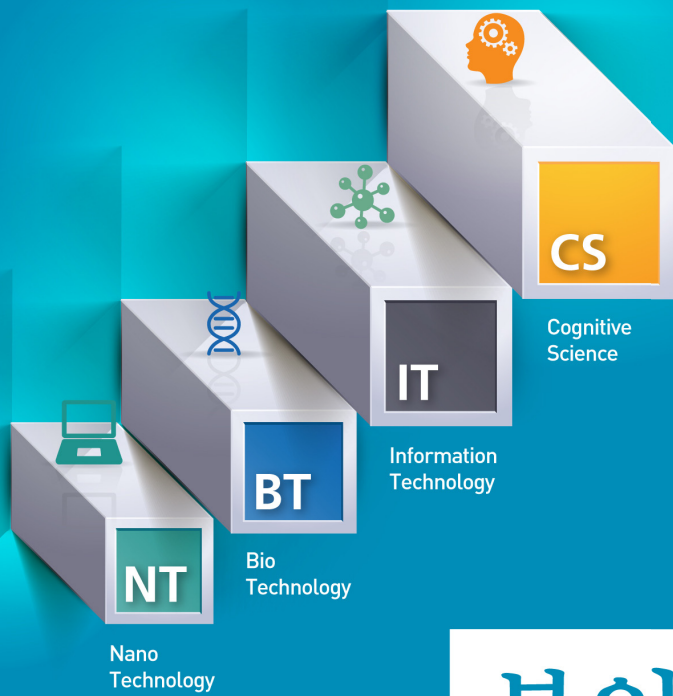
- 재난·재해 예측·대응 기술이 최고기술을 추격·확보하기 위한 요건에 대한 설문조사 결과, ‘실용화 지원(시장수요 유도 등)’과 ‘기초원천 연구확대’가 필요하다는 의견이 각각 23.5%로 가장 높은 비중을 차지

구분	빈도	백분율
해당기술 전문인력 양성	2	11.8%
기술관련 정보·인프라 제공	1	5.9%
국제협력 활성화	1	5.9%
산학연 협력	3	17.6%
실용화 지원(시장수요 유도 등)	4	23.5%
기초원천 연구확대	4	23.5%
민간투자유치	2	11.8%
기타	0	0.0%
합계	17	100.0%



VI. 결론 및 시사점

- 2014 융합기술수준평가의 주요 목적은 핵심 융합기술 선정하고 기술트리를 구축하여, 융합기술수준을 평가함으로써 국가 융합기술의 발전방안 및 전략을 수립에 기여
 - 2012년 기술수준평가(KISTEP)와는 달리 융합성 및 융합의 필요성을 기준으로 핵심 융합기술을 선정하여 융합기술에 대한 기술수준을 평가함으로써 2012년 기술수준평가(KISTEP)와 차별화
 - 궁극적으로 선정된 핵심 융합기술에 대한 지속적인 모니터링을 통한 향후 유망 융합기술 발굴과 신규 융합 R&D사업의 기초자료로 활용하여 국가 융합 기술 발전방안 및 전략 수립에 기여
- 융합기술수준평가 결과 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 기술수준이 낮은 것으로 분석되어 융합기술수준 향상을 위한 다각적 노력 필요
 - 평가 분석결과 15대 국가 전략 융합기술 전 분야의 융합기술수준은 평균 66.6%로 분야별 기술수준이 42.0~83.8% 사이에 분포하였으며, 이는 2012년 기술수준평가(KISTEP) 대비 평균 11.2% 정도 낮은 것으로 조사
 - 국내 융합기술이 최고 기술을 추격 및 확보하기 위해서는 융합 전문인력 양성 및 산학연 협력을 기반으로 다양한 분야 간 연구 활성화를 통한 융합생태계를 구축하는 것이 중요
- 평가의 객관성 및 신뢰성을 제고하기 위한 융합기술수준평가의 개선방안 마련 필요
 - 기존 전문가 합의에 의한 융합기술수준 평가방식과 더불어 논문·특허 점유율, 논문·특허 영향력 지수 외 국가 융합기술의 양적·질적 수준을 나타낼 수 있는 다양한 지표 개발 필요
 - 국가 융합기술의 기술수준에 대한 객관적인 평가를 지속적으로 수행하여, 기술 및 분야 맞춤형 기술개발 전략의 수립은 물론 중장기 국가융합기술 발전 기본 계획 수립 등에 활용함으로써 국가 정책의 효과성과 효율성을 강화



2014년도
15대 국가 융합기술 수준조사

붙임

1. 기술분야별 융합기술수준평가 작성지침
2. 2012 기술수준평가(120개 국가전략기술)
3. 융합기술수준평가 전문가위원회 명단

붙임 1. 기술분야별 융합기술수준평가 작성지침

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	김성운(한국전자통신연구원 책임연구원) / 분과장
	이영섭(동국대학교 교수)
	이지형(성균관대학교 교수)

1. 개요

기술분야	1. 빅데이터 기술
------	------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
1-1. 빅데이터 인프라 기술	□ 인간 중심의 스마트 서비스를 위해서는 빅데이터 분석, 빅데이터 처리 인프라 핵심 기술 필요 □ 지능형 초연결 서비스가 가능한 빅데이터 인프라 기술을 통해 해외 기술경쟁력 확보가 시급함 □ 데이터의 창조적 활용을 통해 경제 활동의 촉매역할을 하는 다양한 신서비스 창출의 기반인 빅데이터 인프라 기술 필요
1-2. 빅데이터 분석 기술	□ 국가재난상황 및 안전문제 해결을 위한 빅데이터 분석 기술 필요 □ 공공데이터와 기업자료의 연계 빅데이터 분석을 통한 의미기반의 분석 기술 확보와 산업경쟁력 강화 필요 □ 빅데이터 분석기법 활용하는 창업 활동 지원 □ 데이터중심의 분석전문가양성을 통한 일자리 창출 필요 □ 사물인터넷 정보와 빅데이터 분석기술의 접목 필요
1-3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	□ 현재 대부분의 빅데이터 분석이 특정 플랫폼에 의존적임 □ 개발되는 빅데이터 인프라를 기반으로 빅데이터 처리를 위한 SW 플랫폼 기술의 확보 필요 □ 개발되는 다양한 빅데이터 분석 기술을 빅데이터 인프라에서 개발/구동시킬 수 있는 SW환경 필요 □ 다양한 다중 도메인에서 발생하는 빅데이터의 보다 용이한 융합 분석을 위한 공유/유통을 위한 SW 플랫폼 필요
1-4. 빅데이터 융합 서비스 기술	□ 빅데이터 기술은 기술 중심이 아닌, 서비스 중심적 접근이 필요 □ 빅데이터로부터 새로운 가치 창출을 위한 다양한 서비스 발굴 필요 □ 단일 도메인이 아닌 다양한 도메인의 융합한 서비스 기술 필요

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
1-1. 빅데이터 인프라 기술	□ 고성능 컴퓨팅 인프라 기술 □ 대용량 클라우드 인프라 기술	□ 빅데이터 분석 및 처리를 위한 고성능 컴퓨팅 기술 □ 분산된 데이터 리소스와 대규모 데이터를 수집, 저장, 관리하기 위한 클라우드 기술
1-2. 빅데이터 분석 기술	□ 정형 데이터마이닝 □ 비정형 데이터마이닝 □ 빅데이터 시각화 기술	□ 분류 및 군집분석 기법 □ 텍스트 마이닝 및 사회연결망분석 □ 시공간 빅데이터 연계 정보 분석 □ 빅데이터 분석결과 이해 편의를 위한 시각화 및 대쉬보드 기술
1-3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	□ 데이터 공유/유통 플랫폼 기술 □ 클라우드 컴퓨팅 기술 □ 분산 저장/처리 기술	□ 컴퓨팅 자원을 모아두고 언제 어디서든 빌려 쓸 수 있는 클라우드 컴퓨팅 기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
		▣ 실시간 빅데이터 처리를 위한 데이터 분산저장 및 분산처리를 위한 SW기술 ▣ 빅데이터융합/공유/유통을 위한 표준화된 API를 가진 SW플랫폼 기술
1-4. 빅데이터 융합 서비스 기술	▣ 빅데이터기반 지능형 개인화 서비스 기술 ▣ 빅데이터기반 시스템 최적화 기술 ▣ 빅데이터기반 실시간 예측 서비스 기술 ▣ 빅데이터 창의 융합 서비스 기술	▣ 빅데이터를 기반으로 거시 패턴분석 및 미래전망 ▣ 위험징후, 이상 신호, 이슈 등 특정 이벤트의 사전 및 실시간 대응 지원 ▣ 상황인지, 개인화, 지능화 서비스 (시장, 평판, 트렌드, 신용, 취향 분석) ▣ 의료정보, 자동차정보, 건물정보, 환경정보 등과의 결합을 통한 새로운 가치창출

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
1-1. 빅데이터 인프라 기술	1-1-1. 고성능 컴퓨팅 인프라 기술	▣ 매니코어 프로세스 기술 ▣ 고성능 컴퓨팅 기술 ▣ 고속 대규모 연결망 기술
	1-1-2. 대용량 클라우드 인프라 기술	▣ 클라우드 인프라 서비스 기술 ▣ 클라우드 인프라 관리 기술
1-2. 빅데이터 분석 기술	1-2-1. 데이터 마이닝 분석 기술	▣ 정형 데이터마이닝(분류 방법, 회귀분석, 군집분석) 기법 ▣ 비정형 데이터마이닝(텍스트마이닝, 사회연결망 분석, 공간정보 분석, 이미지/음성/동영상 분석) 기술 ▣ 빅데이터마이닝 자동최적화기술
	1-2-2. 데이터 표현 및 시각화 기술	▣ 그래픽기반 데이터시각화 기술 ▣ 빅데이터 대쉬보드 기술 ▣ 시공간데이터 시각화 표현기법
1-3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술	1-3-1. 빅데이터 수집 및 처리 플랫폼 기술	▣ 빅데이터 분산 수집/저장/처리 SW 플랫폼 기술
	1-3-2. 빅데이터 기반 서비스 플랫폼 기술	▣ 클라우드 컴퓨팅 플랫폼 기술 ▣ 빅데이터 공유/유통 플랫폼 기술
1-4. 빅데이터 융합 서비스 기술	1-4-1. 다중 도메인 융합 데이터분석 서비스 기술	▣ 빅데이터기반 지능형 개인화 서비스 기술 ▣ 빅데이터기반 시스템 최적화 기술
	1-4-2. 융합 데이터 분석 기반 예측 서비스 기술	▣ 빅데이터기반 실시간 예측 서비스 기술 ▣ 빅데이터 창의 융합 서비스 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	1-1. 빅데이터 인프라 기술
	(국내) □ 국내에서는 고성능컴퓨터기술, 클라우드기술, 분산컴퓨팅기술 등 빅데이터 인프라 관련 주요 핵심요소 개발을 통하여 빅데이터 인프라 기술 분야의 경쟁력을 강화하고 있음 □ 국내 고성능 컴퓨팅 인프라 및 클라우드 인프라 기술 개발은 국내 기업의 기술 경쟁력 부족으로 몇몇 중소기업 중심으로 시장에 진입하고 있음 □ 최근 들어 클라우드 컴퓨팅 분야는 국내의 클라우드 인프라 확산 정책에 맞추어 핵심기술들이 개발되고 있음 □ 그러나 국내 기업 및 연구소를 통해 초고성능 컴퓨팅 기술 및 클라우드 관련 기술이 핵심요소별로 경쟁력 우위를 가지기 위한 개발 프로젝트가 진행 중임
국내외 기술동향	(국외) □ 미국 국가경쟁력위원회는 국가의 경쟁력을 계산능력으로 정의하고 있으며, IBM, HP, Cray 등을 중심으로 엑사급 슈퍼컴퓨터 개발을 진행하고 있음 □ 중국은 정부 주도하에 고성능컴퓨팅시스템 기술 독립을 위해 1983년부터 지속적으로 개발을 추진하여 슈퍼컴 Top1을 달성하기도 하였음. 일본은 국가과학기술회 주관으로 페타급 슈퍼컴 개발을 진행함 □ EU는 PRACE 콘소시움을 통해 세계적 수준의 HPC 개발을 여러 국가들이 모여서 HPC 개발을 추진하고 있으며, 인도는 첨단산업 육성을 위해 지속적으로 슈퍼컴 개발을 추진함 □ 구글, 아마존은 웹기반 서비스 시장에서 점차 IT 인프라 시장으로 영역을 확대하고 있으며 자사의 플랫폼 상에서 PC 플랫폼을 웹상에서 재현하는 기술 개발함 □ Citrix, VMWare, MS, Oracle 등은 클라우드 가상화 서비스를 위한 솔루션 제공하고 있으며 전세계 인프라 시장을 거의 대부분을 차지하고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 빅데이터 고성능 컴퓨팅 인프라 산업 : 대용량의 빅데이터를 고속, 실시간으로 처리를 할 수 있는 컴퓨팅 인프라는 모든 융합서비스를 제공하는 기반 인프라로 활용됨 □ 클라우드 컴퓨팅 인프라 산업 : 언제 어디서든 사용자의 상황에 맞는 서비스를 클라우드를 통해 제공함으로써 공공 서비스 뿐 아니라 기업, 개인에게 스마트한 서비스를 제공하는 발판을 제공함 □ 빅데이터 인프라는 보이지 않는 컴퓨팅 인프라를 언제 어디서든 사용자의 요구에 맞게 제공함으로써 인간 삶의 질을 향상시키는 스마트 사회를 견인할 것으로 기대됨
시사점	□ 빅데이터를 통해 스마트 사회가 진행되고 있으며 이중 IT의 근간이 될 수 있는 인프라 기술의 기반 기술에 대한 연구/개발이 시급한 실정임 □ 고성능 컴퓨터 계산 기술이 국가 경쟁력의 주요 지표로 인식되고 있으며, 언제 어디서든 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 빅데이터 인프라가 미래 사회의 중요한 사회간접자본임을 알 수 있음 □ 그러나 빅데이터 인프라에 대한 핵심 원천 기술의 경쟁력 부족으로 인하여 대부분 해외 솔루션에 의존하고 있는 실정임

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국	
	국내 기술수준	(70)%	
	평가근거	□ 우리나라의 초고성능 컴퓨팅 기술은 주로 글로벌 기업의 HW 기반으로 시스템이 구축되고 있으며, 관련 SW 역시 대부분 국내 기술이 열악한 상태임(60%). 또한 언제 어디서든 사용자에게 서비스를 제공하는 클라우드 인프라 기술은 최근 기술 개발을 통해 국제적 수준에 근접하고 있으나(80%), 빅데이터 처리를 위한 인프라로 활용되고 있지 못함(70%) □ 국내에서는 클라우드 인프라의 구축이 급속히 진행되고 있어 다양한 솔루션이 등장하고 있음(80%). 그러나 아직까지 글로벌 클라우드 솔루션에 비해 많이 기술적으로 뒤지고 있어 주요 핵심 분야에서의 기술 연구가 지속적으로 진행되어야 함	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원(시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	1-2. 빅데이터 분석 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국내 기업 중 통신사, 카드사, 검색서비스 회사, 대형의료기관 등에서 시공간 빅데이터 분석, 비즈니스시장 분석에 관한 파일럿 프로젝트 진행 중 □ Oracle, IBM, SAP, EMC, MS 등 글로벌 솔루션 기업들이 국내 업체 및 학계와 제휴하여 빅데이터 분석기술 확보와 분석 시장에 진출하여 경쟁 무대 형성 □ 국가적 차원에서 빅데이터 활용 추진하고 있음 □ 범 정부적 데이터 연계 및 정부/민간 데이터 융합을 진행함 □ 빅데이터 분석 결과 활용과 개인정보 보호/활용의 융합방안 논의 □ 공공데이터포털 data.go.kr 운영을 통한 공공정보의 개방 공유를 통하여 분석 활동 지원 □ 그러나 국내 기업들은 분석 결과의 효율성 입증에 느리고, 개인정보 보호등의 이슈로 향후 빅데이터 분석시장의 전망이 불투명하다고 인식하여, 대규모 빅데이터 분석 프로젝트보다는 파일럿 분석 정도에 머무르고 있음 □ 또한 현업에서 분석 요구는 많으나 분석 인력과 데이터 자체가 부족한 상황 (국외) □ 국가별로 재난재해 방자, 안전을 위협하는 테러 감지, 질병 등의 위기 관리를 위한 선제적 대응방법으로 빅데이터 분석의 중요성 제시 및 시스템 구축 프로젝트 수행 □ Google, Facebook, Oracle, SAS, IBM, SAP, EMC, Teradata 등의 글로벌 기업들은 개인정보 시장과 기업정보 수집 및 분석을 통하여 빅데이터 분석 시장을 선점하고 주도권을 잡기위해 데이터 분석 중심으로 조직을 개편하고 분석 역량 강화 및 기술 개발 주력하고 있음 □ 미국 정부는 국토안보부를 중심으로 테러 및 범죄 예방 및 사전 감지를 위해서 범 정부적으로 빅데이터 수집, 분석, 예측시스템 구축 시도함 □ 정부/기업/제조/과학 분야가 서로 연계하여 빅데이터 분석을 통한 사회 인프라 구축과 R&D 투자를 통한 부가가치를 창출하고자 하고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 의료건강 의료빅데이터 분석으로 맞춤형 질병치료와 효율적인 환자 케어 수행 가능 □ 공공 행정부문 공공 자료 빅데이터활용을 통한 재난 안전 사전 감지, 문 화관광산업활성화, 교통 최적화, 지역상권 활성화에 기여 □ 기업 통신, 카드, 검색 엔진사들과 공공데이터 연계를 통한 민간 산업 활성화 및 국가 경쟁력 강화 □ 분석 관련 창업 지원 및 산학연 협동과정등 데이터 중심의 분석 전문가 인력 양성 프로그램을 통한 일자리 창출에 기여
시사점	□ 국내 빅데이터 관련 기업들은 빅데이터 데이터 관리하는 수준이며 분석 시장은 아직 초기 단계임 □ 고도화된 빅데이터 분석기법을 활용하는 외국기업들의 분석SW에 대한 의존도가 높음 □ 따라서 국제경쟁력강화를 위하여 중장기적으로 국내 분석시장 활성화를 위한 국산 분석 SW 개발 창업활동 대한 지원과 분석인력 양성이 필수적임

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국	
	국내 기술수준	(50)%	
	평가근거	▣ 빅데이터 분석 기법 및 활용방법에 대한 이론적 이해도는 국제적 수준(90%)이지만, 현업분석 IT 시장에서의 SW활용도는 국내 자체 개발된 분석 SW 보다는 외산에 의존하고 있음(30%). 구체적으로는, 분석 SW로서 R과 같은 공개 SW와 외산 SW인 SAS, SPSS 와 이씨마이너, 사이럼, 다음소프트, 골든플래닛, 코리아와이즈넷 같은 국내 중소 기업의 상용 SW가 있으나 대부분의 기업들은 활용성이 입증된 비싼 외산에 의존하고 있으며, 일부 국내 중소기업에서만 비용적인 측면에서 국산 SW를 사용하고 있음. ▣ 또한, 아직까지 국내기술은 공공데이터나 기업자체보유 데이터, SNS 텍스트 분석하는 정도이고, 공공데이터와 기업 자료, SNS 자료를 연계하여 다양한 종류의 빅데이터 분석 활용에 대한 기술은 없음(30%). 또한 분석 인력도 아주 부족함(10%).	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요조건	■① 해당기술 전문인력 양성	■⑤ 실용화 지원(시장수요 유도 등)
		■② 기술 관련 정보·인프라 제공	■⑥ 기초원천 연구 확대
		▣③ 국제협력 활성화	▣⑦ 민간투자 유치
		■④ 산학연 협력	▣⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	1-3. 빅데이터 SW 플랫폼 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국내에서는 클라우드기술, 분산컴퓨팅기술, 지능화기술 관련 오픈소스 및 핵심요소 기술 제공을 통하여 국가의 빅데이터 SW 플랫폼 기술 분야의 경쟁력을 강화하고 있음 □ 국내 대표적인 포털기업(네이버, 다음 등)에서는 대용량 스토리지와 다양한 소셜 빅데이터의 융합 및 분석을 위한 빅데이터 SW 플랫폼 개발 프로젝트가 진행 중임 □ 또한, 국가차원에서 빅데이터 융합 및 공유를 통한 부가적 가치 창출을 위하여, 공공기관에서 수집한 데이터나 도로/교통 데이터를 오픈 API형태로 개방하는 공공데이터 포털을 운영 중임 □ 그러나, 국내에서 빅데이터 처리를 위해 주로 사용되는 플랫폼은 외산 종속적으로, 국내 환경에 적합한 플랫폼의 개발이 필요함 □ 이와 더불어 우리나라의 빅데이터의 융합/공유/유통을 위한 오픈데이터 정책을 지원할 수 있는 플랫폼이 필요함 (국외) □ 국외에서는 데이터 통합 소프트웨어 및 데이터베이스 관리 시스템 등을 개발하여, 비즈니스 또는 분석 소프트웨어에 적극적으로 활용하고 있음 □ Intel, MapR, EMC, Oracle, SAP 등 대기업을 중심으로 Hadoop과 같은 오픈소스 기반의 MapReduce 분산데이터 처리 프레임워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음 □ 영국의 경우 자국에서 발표하는 모든 정보의 데이터를 보관하는 플랫폼 'CKAN'을 오픈소스로 개방함으로써 데이터 공유를 지원함 □ 앞서 공공데이터 개방을 추진하고 있는 미국, 영국 등은 공공 데이터 관련 플랫폼 기술 및 서비스 분야를 선도 중임 □ 또한 현재 다양한 빅데이터를 공유할 수 있는 수준이며, 이를 서로 다른 플랫폼에서도 자유롭게 사용하기 위한 빅데이터 융합 기술 개발 연구는 초기 단계임
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 빅데이터 실시간 분산 처리/분석 플랫폼 산업 : 실시간 빅데이터 분석 플랫폼을 통해 고객의 행동을 실시간으로 예측하고 대처방안을 마련해 기업경쟁력을 강화시키고, 생산성 향상과 비즈니스 혁신이 가능함 □ 개방형 빅데이터 플랫폼 산업 : 서로 다른 분야의 산업, 기업간 데이터 연계를 통하여 기업의 생산성 극대화, 공공 서비스 품질 향상 및 IT 융합산업의 발전에 기여함 □ 빅데이터 실시간 처리 및 공유/융합/유통 관련 플랫폼 개발 전문 인력 양성을 통해 국내 소프트웨어 산업의 내수 활성화, 정부의 빅데이터 시장 투자 확대 및 국가적 경쟁력을 제고함
시사점	□ 실시간 빅데이터 처리 기술 및 빅데이터의 가치를 효과적으로 활용하기 위한 빅데이터 융합/공유 기술에 대한 관심이 급증하고 있음 □ 그러나 대다수의 국내 SW플랫폼은 국외의 솔루션에 의존하고 있음 □ 실시간 빅데이터 처리 및 분석이 가능하고, 다양한 빅데이터의 융합을 통해 정보 공유화가 가능한 빅데이터 소프트웨어 플랫폼 기술 개발이 필수적임

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 영국	
	국내 기술수준	(40)%	
	평가근거	□ 우리나라의 빅데이터 SW플랫폼 기술은 주로 저장기술에 집중되어 있으며, 상당수가 국외의 솔루션에 의존하고 있는 상황임(40%). 또한 데이터를 일괄적으로 처리 및 분석하는 기술은 국제적 수준에 근접해 있으나(70%), 빅데이터 실시간 처리를 위한 SW플랫폼 기술 수준은 아직 초기 단계 수준임(20%) □ 국내에서는 방대한 양의 공공데이터를 배포하고 있으나, 해당 데이터의 자유로운 재사용 및 재배포를 다소 제한하고 있음(30%). 또한 아직까지 국내에서는 개방된 공공데이터를 융합하여 양질의 데이터 생산과 유통을 위한 플랫폼 기술은 없으며, 이를 위한 표준화 기술 연구 또한 진행되고 있지 않음(20%)	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필요요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원(시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	1-4. 빅데이터 융합 서비스 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국민건강보험관리공단은 다음소프트와 함께 건강보험 빅데이터를 분석하여 질병 예측모델을 개발하고, 종합적으로 국민 건강을 관리하기 위한 ‘국민건강 주의 예보 서비스’ 플랫폼을 개발함 □ 와이즈넷, 트렌드믹스, 메조미디어 등의 국내 기업들은 소셜 데이터 수집 및 분석을 통해, 상품 및 콘텐츠에 대한 마케팅 지원 서비스를 제공함 □ 서울시, 대구시 등은 교통량, 통화량, 승하차 지역 조사 등으로 구축된 빅데이터 분석을 통해 대중교통 이용 수요와 버스 공급 필요 지역을 도출하고, 이를 공공서비스 제공에 활용함 (국외) □ 주요국은 이미 구축된 보건의로 공공 데이터의 공개를 통해 임상 의료연구/질병 예방에 활용하여 의료 발전과 사회 후생증가를 추구하고 있음 □ 미국, 중국, 인도에서는 영화, 드라마, 음악, 게임과 같은 콘텐츠에 대한 사용자들의 이용 이력 및 피드백, 소셜 데이터 등으로 이루어진 빅데이터를 통해 마케팅 및 흥행 예측뿐만 아니라, 콘텐츠의 기획 및 제작을 위해 활용하고 있음 □ 일본 국토교통성은 차량 소유 정보, 차량 위치/속도 정보 및 사고/정비 이력 정보를 활용하여 도로 통행 정보 수집, 자동차 사고 관리 등에 활용하고 있음 □ Google은 검색엔진 이용자의 검색 활동 정보를 수집하여 독감 관련 주제를 검색하는 빈도를 확인함으로써 시간/지역별 독감 유행정보를 제공함 □ 미국 LA 경찰은 범죄 관련 업무를 효과적으로 수행하기 위하여 범죄예측 서비스(predPol)를 개발함. 수년간의 과거 범죄 데이터들을 분석하고 패턴을 파악함으로써, 범죄 발생률이 가장 높은 시간 및 지역 예측을 통한 범죄를 예방 대응책을 마련함
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 보건 의료 분야 질병 예방·관리 및 맞춤형 의료 서비스 제공을 위한 보건의로 빅데이터 서비스를 제공할 수 있음. 또한 의료기관 내부조직간, 의료 기관간 데이터, 플랫폼, 서비스의 연계 및 통합이 가능함 □ 콘텐츠 분야 다양한 빅데이터의 융합적 분석을 통해 흥행 콘텐츠 개발을 위한 지능형 예측 서비스를 제공할 수 있음. 또한 소셜 빅데이터 분석을 통해 개인화 콘텐츠 마케팅을 위한 기반 정보를 제공할 수 있음 □ 국가 공공 기관 : 범 정부 차원의 데이터 연계 및 융합 정보를 활용하여 국유재산 무단 점유현황 파악, 주민등록 위장 전출입 방지 및 지방세 관리의 효율화, 범죄 예방 등 국가 행정 업무를 효율적으로 진행할 수 있음
시사점	□ 데이터 공개 수준이 높아지고 있는 동시에 이들 데이터를 통해 개인 식별을 가능케 하는 기술적 도구가 발달하면서 프라이버시 침해에 대한 우려가 커지고 있는 실정임. 따라서 데이터 암호화, 해킹 방지 등의 개인정보 보안 기술 개발 및 인식 개선을 통한 조치가 필요함 □ 현재까지의 국내 빅데이터 관련 서비스는 빅데이터 분석을 통한 관련 정보 제공 서비스 제공 정도에 머무르고 있음. 빅데이터의 새로운 가치 창출을 위해서는 다중 도메인 융합을 통한 빅데이터 분석 서비스, 개인화 지능형 예측 서비스 등 다양한 서비스의 발굴이 필요함 □ 국내의 경우 정부 데이터 수집을 위한 인프라는 이미 구축이 완료 되었으며, 공공 데이터 개방 포털 사이트를 구축하는 등 적극적인 정책 전개를 실시 중. 하지만 실질적인 효과를 창출을 위해서는 개방 데이터 품질 관리 및 홍보를 위한 별도의 정책 수립이 필요함

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국	
	국내 기술수준	(50)%	
	평가근거	□ 국내에서는 보건 의료 분야, 콘텐츠 분야, 국가 공공 기관 분야 등 다양한 분야에서 빅데이터의 활용을 통한 서비스들이 제공되고 있지만(70%), 국외에 비하여 제공 내용(50%) 및 활용(50%)이 부족한 실정임. 실제 대한상공회의소에서 국내 기업 500여개를 대상으로 빅데이터 활용 현황을 조사한 결과, 활용 기업은 7.5%에 불과하며, 활용 내용 또한 대부분 마케팅(47.3%, 복수응답) 및 관리/운영(41.9%)에 초점이 맞추어져 있음 □ 또한, 국내에서는 기존 빅데이터의 분석을 통한 서비스의 활용이 주를 이루지만, 국외에서는 기존 빅데이터의 분석을 기반으로 하여 미래에 발생 가능한 상황이나 사건을 예측하여 선제적인 의사결정을 지원하는 서비스로의 발전(40%)이 이루어지고 있음	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	■ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	한태희(성균관대학교 교수) / 분과장
	구현철(한국과학기술연구원 책임연구원)
	엄낙웅(한국전자통신연구원 부장)

1. 개요

기술분야	2. 차세대 반도체 기술
------	---------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
2-1. 나노 양자 소자 기술	□ 기존 CMOS 기반 반도체의 소형화가 물리적 한계에 봉착함에 따라, 양자 현상을 이용한 신소자와 bottom-up 방식의 저차원 나노 소자 제작이 필요
2-2. 소자융합 및 집적기술	□ 초고속, 고집적, 저전력을 위한 소자 융합기술 및 칩 내/외부 연결 기술이 필요함

핵심 융합기술명	선정사유
2-3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	□ IoT, 5G 이동통신, 웨어러블 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅 등에 필요한 초저전력 초고속 신호/데이터 처리 반도체 설계 기술이 필요함
2-4. 인지기반 지능형 반도체 기술	□ 학습 기반 인지 기능 등 인간과 유사하게 판단, 행동 가능한 지능형 IT 제품 요구에 의해 인지기반 지능형 반도체 기술 필요

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
2-1. 나노 양자소자 기술	□ 저차원(1D/2D) 나노 채널 제작 및 양자 현상 제어기술	□ 저차원 채널 소자, 양자현상을 이용한 소자, 유기 트랜지스터 등 신개념을 스위칭 소자 제작 및 제어 기술
2-2. 소자융합 및 집적기술	□ 테라(1조)급 소자 집적이 가능한 2D/3D 초고집적 기술 및 금속 기반 상호 연결을 증가하는 광전융합 칩 내/외부 연결 기술	□ 메모리/로직/RF/아날로그/MEMS 싱글 칩 집적 기술 □ 기존소자/신소자 결합 차세대 융합 반도체 집적 기술 □ 광전융합 인터커넥션 기술
2-3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	□ 테라(1조) bps(bits/sec) 급 신호/정보 처리 및 기존 대비 10배 이상의 에너지 효율을 갖는 반도체 기술	□ IoT, 5G를 포함한 차세대 유무선 통신용 신호 정보처리 알고리즘 및 회로 기술 □ 에너지 하베스팅, 무선전력 전송을 포함하는 에너지 관리 기술, 발열 관리 기술
2-4. 인지기반 지능형 반도체 기술	□ 능동 인식 및 인간 지능/신경 회로 모방 등을 이용해 기존 폰 노이만(Von Neumann) 컴퓨팅 구조를 증가하는 정보처리 반도체 설계 기술	□ 대규모 병렬처리 연산 및 온칩 네트워크 기술 □ 인간 지능 모방 컴퓨팅 프로세서 설계 기술 □ 능동 인식 센서 시스템 및 정보 전달 연결망 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
2-1. 나노 양자소자 기술	2-1-1. 저차원 채널 설계 및 제작기술	□ 나노선, 그래핀과 같은 저차원 소재의 제작과 특성제어 기술
	2-1-2. 양자현상을 이용한 정보처리 및 저장기술	□ 나노사이즈에서 일어나는 저차원 효과나 스핀 전달 등 양자 물리학적 현상을 이용한 메모리 및 로직소자
	2-1-3. 분자 및 유기 전자 소자 기술	□ 분자 트랜지스터, 산화물 트랜지스터, 바이오 물질을 이용한 유기물 기반 전자소자
2-2. 소자융합 및 집적기술	2-2-1. 화합물반도체-실리콘 융합기술	□ 비실리콘 소재(초고속 III-V족 등)를 실리콘에 성장 또는 접합하여 가격을 낮추거나 다기능 소자를 구현하기 위한 기술
	2-2-2. 고집적화를 위한 3D 소자기술	□ Fin-FET이나 수직 구조 Flash 등 3D 소자 구조를 통해 집적도를 높이는 기술 □ TSV (Through-Silicon-Via) 등을 이용한 3차원 칩 수직 적층 기술 □ 패키지 수준의 칩 집적 기술
	2-2-3. 나노 포토닉스 광전 융합 인터커넥션 기술	□ 나노 실리콘 포토닉스 공정 및 소자를 이용한 칩 간 또는 칩 내부간의 광전 융합 상호 연결 기술
2-3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	2-3-1. 특정 용도 신호 처리 가속기 기술	□ 에너지 고효율성과 유연성을 고려한 어플리케이션 가속 HW/SW 설계 기술
	2-3-2. 극저전력 커넥티비티 SoC 기술	□ IoT 등 에너지 효율을 극대화가 필요한 무선 연결 통신용 SoC 설계 기술
	2-3-3. 시스템 수준의 에너지/열 관리 기술	□ 에너지 하베스팅, 무선 전력 전송을 포함한 시스템 수준의 에너지 및 열 관리 기술
2-4. 인지기반 지능형 반도체 기술	2-4-1. 컴퓨팅 코어 어레이 및 온칩네트워크 기술	□ 대규모 이종 멀티 코어 (CPU, GPU, DSP, ASIP 등) 어레이 아키텍처 □ 메모리 계층 구조 및 메모리-프로세서 아키텍처 □ 네트워크-온-칩 기술
	2-4-2. 멀티쓰레드 기반 신경망 회로 기술	□ 멀티쓰레딩 매니 코어 구현 및 코어간 효율적인 데이터 송수신을 위한 신경망 기반 회로 기술
	2-4-3. 인공지능 반도체 기술	□ 인지 및 판단 기능을 갖춘 컴퓨팅 코어 병렬 처리 HW/SW 기술 및 eco-system □ 스케일러블한 초저전력 비동기 컴퓨팅 회로 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	2-1. 나노 양자소자 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 기존 실리콘 공정의 소형화 이슈는 나노선, 그래핀을 통해 해결하려고 하며 삼성 및 주요 대학에서 상용화를 위한 2차원 대면적 제작방법 연구 중 □ 스핀토크 등 양자현상을 이용한 메모리는 삼성, SK하이닉스, KIST 등에서 연구 중이며 상업화 직전에 있으나 양자현상을 이용한 로직소자는 초기단계임 □ 유기전자소자는 대학 등을 중심으로 소규모 연구로 진행됨	
	(국외) □ 미국, EU를 중심으로 그래핀을 이용한 전자소자, 투명전극 및 성장방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 (맨체스터대, 콜럼비아대, IBM), 새로운 2차원 소재도 개발중 □ 전자의 양자적 특성인 전하와 스핀을 이용한 전자소자가 미국의 IBM, 일본의 동북대와 도시바 프랑스의 Spintec을 중심으로 연구 중이며 메모리 분야의 상용화가 임박함. □ DNA나 분자를 이용한 트랜지스터 개발과 (스탠포드대, IBM, HP), 이를 이용한 기존 무기소자와의 결합기술 등에 대한 연구가 진행됨	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 나노선과 그래핀은 10 nm 급 이하 전자소자를 위한 기존 전자소재의 대체 소재로 이용 가능함 □ 양자현상을 이용한 전자소자는 메모리와 로직분야에 사용가능 □ 분자나 DNA를 이용하여 트랜지스터에 이용가능하면 자기배열 등을 이용하여 저장 소자에도 응용가능	
시사점	□ 10 nm이하에서 현재 CMOS 소자가 물리적 한계에 접근할 것으로 보이며 전자의 양자현상을 이용한 다기능소자의 상용화가 예상되며 유/무기 하이브리드 소자의 출현가능성도 예상됨.	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본
	국내 기술수준	(90)%
	평가근거	□ 차세대 메모리소자 관련기술과 그래핀 소재 기술은 선진국과 유사한 수준이나 양자 및 분자 소자 설계나 신소재개발 분야는 2-3년 간의 격차 존재
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 ■ ④ 산학연 협력 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	2-2. 소자융합 및 집적기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 주요 반도체 대기업과 대학이 공동으로 차세대 반도체 에피 성장을 위한 요소기술 개발 중 □ 기존반도체의 소형화를 위한 다중게이트, 3차원 수직구조 등에 관한 연구는 대형 반도체 회사를 중심으로 진행 중이며 실제공정에 적용 중 □ 칩 간 또는 칩 내(Off-chip/On-chip) 광 인터커넥트 분야는 미래부에서 전략기술로 지정되어 있으나 아직 초기 연구단계임.	
	(국외) □ 인텔에서 2020년 예정으로 실리콘기반 화합물 반도체소자 상용화를 목표로 연구 중 □ 누설전류 제어를 위한 Fully depleted SOI 공정 등이 ST 마이크로, IBM, Soitec에서 진행 중 □ 인텔, IBM, HP 등은 칩 내에서의 3차원 광네트워크에 대한 활발한 연구가 시작됨	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 화합물 반도체 소자와 실리콘 기반기술과의 결합은 비용절약과 성능향상 측면에서 큰 임팩트가 있을 것으로 예상되며, 광 인터커넥트 기술은 저전력, 다기능 소자분야에 응용가능 □ 다중게이트 로직, 수직 메모리 소자는 현재 상용화 수준에 도달하여 저전력, 고집적, 고성능화에 기여하고 있으며 향후 CMOS기반 반도체 산업 성장에 지대한 역할을 담당할 것으로 예상 □ TSV 또는 패키지를 이용한 3차원 수직 적층 기술은 소자 미세화 기술 한계를 극복할 비용 효율적 집적 기술로 매우 유망함	
시사점	□ 평면적인 직접화의 한계로 3차원적인 공정이 이미 연구되고 적용중이며, 융합소자를 위해 실리콘 위에 화합물 반도체성장기술, 칩 간 / 칩 내에서의 고속/저전력 인터페이스기술의 중요성이 높아짐	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(85)%
	평가근거	□ 고집적 공정 관련기술은 세계적 수준이나 광인터커넥트나 실리콘과 화합물 반도체 융합기술은 초보단계임
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 □ ④ 산학연 협력 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	2-3. 에너지 고효율 대용량 신호 처리 반도체 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 사물인터넷 기술이 차세대 IT 성장 동력으로 인식 되고 있으며 이를 위해 수많은 사물 단말에 대한 대용량 신호처리 기술 개발 필요성 대두 □ 국내에서는 2020년 5G 이동통신이 실용화 예정이며 기존대비 단말의 수, 전송 속도, 접속 지연 등의 면에서 획기적인 개선이 기대되고 있으나 이를 위한 반도체 기술 개발은 미미한 수준임	
	(국외) □ 구글은 사물인터넷 기술의 선점위해 “네스트랩”을 인수하였으며 이를 맥내 사물인터넷을 위한 홈 기지국으로 사용 예정 □ 사물인터넷 확산 후 넓은 지역에서 많은 사물단말들의 접속을 지원하기 위해 3GPP/IEEE 표준화 단체에서는 관련 통신 규격 표준화를 진행 중 □ NTV (Near-threshold voltage) 회로 설계 기술 등을 이용한 극저전압 회로 설계 기술 개발이 인텔, TI 및 미국 대학을 중심으로 이루어지고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 에너지 고효율 신호처리 반도체 개발은 ICT시스템 산업의 경쟁력의 핵심 요소로 IoT, 웨어러블 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅 등 ICT 융합 신산업 자생력 확보와 수익성에 크게 기여할 것으로 예상됨 □ 사물인터넷과 가가급 개인 모바일통신을 위한 반도체 기술을 통해 다수의 개체에서 발생하는 대용량 신호를 효율적으로 처리가 가능해져 사물 인터넷을 비롯한 통신 분야에 기여가 가능함 □ 에너지 하베스팅, 무선 전력 전송, 에너지/발열 관리 기술은 현재 모바일 기기 뿐 아니라 인프라 시스템에도 적용될 수 있으며, 글로벌 친환경 규제에 대응하고 시스템의 저가격, 소형화를 증진시킬 수 있음	
시사점	□ 에너지 고효율 대용량 신호처리 반도체 기술 개발을 통해 ICT 산업 생태계의 근간이 되는 부품 사업을 육성하고, 차세대 유망 ICT 융복합 산업의 수익성 향상을 도모할 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(80)%
	평가근거	□ 상용화 수준에서 미국과 상당한 격차가 있음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 ■ ④ 산학연 협력 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	2-4. 인지기반 지능형 반도체 기술	
국내외 기술동향	(국내) - ADChips, KAIST 등은 중저가 MCU 시장을 위한 코어 기술 개발 - ETRI는 최근 1GHz급 CPU 코어 및 SDK(SW Development Kit) 개발을 완료하고 산업계 확산 추진	
	(국외) - 지능형 인지 및 판단을 위한 프로세서로서 미국, EU의 학계를 중심으로 매니코어 연구가 진행 중이나 개념 정립기에 있음 - 미국 인텔사는 고성능 프로세서 시장을 사실상 독점하고 있으나 1.2GHz에서 1W급의 전력소모량을 보이고 있어 TDP(Thermal Design Power)의 유지는 가능하나, 32개 이상의 매니코어 확장은 불가 - ARM은 ARMv8 아키텍처에서는 64-bit 데이터 구조를 구현하여 서버시장을 목표로 하고 있으므로 서버시장에서의 전력효율성은 우수할 것으로 예상되나 Intel과의 시장 경쟁에서 우위를 점하기는 역부족 - IBM은 최근 센싱과 패턴 인식에 적합한 Neurosynaptic 칩의 개발을 발표하였는데, 이 칩은 54억개의 트랜지스터, 4,096개의 신경망 코어간의 온칩네트워크를 집적하면서도 소비전력은 70mW에 불과	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	- 인지기반 지능형 반도체 기술은 국내 SW-부품 융합산업의 기술 경쟁력 강화 및 신산업 창조, 산업혁신을 위한 원천, 핵심 기술 - 자율주행 자동차, 인간형 로봇, 빅데이터, 과학기술 및 의료 등 인지, 판단형의 지능형 컴퓨팅을 요하는 산업에서의 기술 주도권 확립 - 미래형 컴퓨팅 기술인 저전력 매니코어 컴퓨팅 기술의 우위를 선점하여 산업주도 및 신산업 혁신을 통한 사회발전 도모	
시사점	- 지능형 반도체를 위해서는 매니코어 CPU, OS, SW환경 기술 및 TDP (Thermal Design Power) 실현을 위한 저전력, 고성능의 컴퓨팅이 핵심기술 - 매니코어를 위한 독창적, 혁신적인 초저전력 CPU 설계 및 OS 기술 개발 필요 - 신경망 회로 및 코어 어레이 기술의 신기술 개발 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국(Intel, IBM MIT), EU(BSC 등)
	국내 기술수준	(80)%
	평가근거	□ CPU코어 및 저전력 기술 보유, 신기술 및 산업화 능력 부족
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추적을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 □ ④ 산학연 협력 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	김동호(송실대학교 교수) / 분과장
	김익재(한국과학기술연구원 선임연구원)
	이대현(한국산업기술대학교 교수)
	이인환(한국전자통신연구원 실장)

1. 개요

기술분야	3. 융합형 콘텐츠 기술
------	---------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
3-1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	□ 극실사 3D 영상은 물론, 후각/촉각/미각을 지원하는 초실감 콘텐츠 기술로써, 사용자의 감각을 자극하여 더 실감적인 다감각 체험형 콘텐츠를 통해 교육, 의료, 방송, 관광 등 다양한 융합형 콘텐츠 서비스 시장 창출을 견인하는 기술이므로 선정함

핵심 융합기술명	선정사유
3-2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	□ 실감콘텐츠구현을 위한 핵심 기술이며 차세대 3D 디지털 콘텐츠 시장의 동인임. 주요 기술 선진국들이 전략적 기술 개발을 추진 중인 고난이도의 차세대 원천 기술임
3-3. 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술	□ 융합콘텐츠구현에 있어서 실시간 가상·증강 현실형 개인화 휴대 단말 기술은 사용자에게 실감적이고 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 제공을 위한 핵심 기술이며, 차세대 개인화 휴대 단말 수요 증대가 예상됨

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
3-1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	□ 극사실적인 3D 콘텐츠와 현장감 있는 다감각 재현을 통해, 가상과 현실을 구별할 수 없는 수준의 경험을 제공하는 콘텐츠 구현 기술	□ 극사실적인 3D 콘텐츠 생성 및 렌더링 □ 다감각(후각/미각/촉각 등)의 사실적인 렌더링 □ 자연스러운 체험을 위한 인터랙션 기술
3-2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	□ 프린지패턴을 기록 및 재현하는 디지털 홀로그래픽 기술을 이용하여 실감 3D 콘텐츠를 구현하는 기술	□ 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 생성, 복원, 제작 기술 □ 사용자 인터랙션 및 사용자 관점의 최적화 기술
3-3. 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술	□ 실시간 가상·증강현실을 위한 대용량 감성 데이터 수집/처리/가시화 기술로서 사용자에게 실감적인 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 구현 기술	□ 생체 및 환경 센서를 통한 데이터 수집 기술 □ 고품질 스트리밍 연결 기술 □ 대용량 감성 데이터 처리 및 실감적 표현 정보 서비스 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
3-1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술	3-1-1. 극사실적인 3D 콘텐츠 모델링 및 렌더링 기술	□ 극사실적인 가상 휴먼 모델링/렌더링 기술 □ 고속/고정밀/고밀도 마커리스 동체 추적 기술 □ 극사실적인 임의 시점 확장형 콘텐츠 제작 기술
	3-1-2. 객체간의 자연스러운 상호작용 기술 (Organic UI)	□ 소비자 감성 인식 기반 Natural UI 기술 □ Device-free UX/UI 가상화 기술
	3-1-3. 실감 극대화를 위한 후각/미각/촉각 렌더링 기술	□ 다양한 촉감/미각/후각 표현을 위한 모델링/렌더링 기술 □ 다감각(시각/청각/미각/후각/촉감) 연동 저작 기술
3-2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	3-2-1. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 제작 기술	□ 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 생성 및 복원 엔진 기술 □ 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 합성 및 편집 기술 □ 디지털 홀로그래픽 매니지먼트 프로세스 구축 및 시뮬레이션 기술
	3-2-2. 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 상호작용 기술	□ 디지털 홀로그래픽 공간 정보 인식 기술 □ 디지털 홀로그래픽 공간 정보 정합 기술
	3-2-3. 디지털 홀로그래피 사용자 최적화기술	□ 정성 분석 기반 주관적 화질 평가 기술 □ 수학적 모델 기반 화질 분석 및 평가 기술
3-3. 실시간 가상·증강현실형 개인화 휴대 단말 기술	3-3-1. 생체 및 환경 센서, 3D 영상 처리 기술	□ 생물학적 요소를 색, 형광, 전기적 신호 등의 유용한 신호로 변환시켜주는 생체 센서 기술 □ 정보 및 에너지를 물리적, 화학적, 생물학적 수단을 통해 검출하는 환경 센서 기술 □ 3D영상기술 기반 디지털 영상이 현실 속으로 표현되고, 전달되어 상호작용을 제공하는 기술
	3-3-2. 근거리/고품질 스트리밍 연결 기술	□ 개인화 휴대단말 수요의 증가에 따른 근거리 영상 및 음성신호 센싱 및 처리기술 □ 음성/영상 정보를 기존 멀티미디어 서비스보다 더욱 고품질로 연결하는 기술 □ 실시간 가상·증강현실을 위한 대용량 감성 데이터 처리 기술
	3-3-3. 감성 처리 및 가시화 기술	□ 다양한 기관으로부터의 데이터를 통해 인간의 감성을 사실적으로 획득하여 분석, 처리하여 사용자에게 실감적인 현장감을 느끼도록 표현하는 정보 서비스 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	3-1. VR 기반 초실감 콘텐츠 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국내에서 2003년도 이후 최근까지 3D 시장의 확대로 3D 영상 및 특수오감 효과 획득 기술 개발이 활발 □ 실감 영상 콘텐츠 기술 관련하여 기술 선도국인 일본, 미국과는 기술적 차이를 보이나 그 차이가 크지 않음 (국외) □ 완전 몰입형 오감체험 기술을 실현하기 위한 기술개발이 활발히 진행 □ 구글은 Project Glass를 시연하고, 2013년 시험서비스를 추진하여 실감공간을 위한 디스플레이 기술의 실현 가능성을 검증 □ Oculus VR는 완전 몰입형 HMD(Head-Mounted Display)인 Oculus Rift의 개발자 버전을 2013년에 출시하여 완전 몰입형 콘텐츠 분야의 기술적 전환점을 마련 중 □ MIT 미디어랩은 360Hz로 작동하는 3개의 LCD패널을 겹친 뒤 각각 패널을 독립적으로 작동 시켜 입체영상을 구현하여 다양한 시점에서 3D 영상을 구현할 수 있고, 화면이 어두워지는 단점을 개선하는 신기술을 소개 □ 프랑스 테마파크 Futuroscope에서는 관광안전에 의한 입체영상과 이에 맞추어 움직이는 유압식 전동 의자로 이루어진 다이나믹 영화로 관객들에게 4D 테마파크 콘텐츠를 제공 □ 캐나다의 SimEX-lwerks, 이스라엘의 Simnoa는 움직임, 바람, 진동, 물뿌리기, 냄새 등의 추가효과를 체험할 수 있는 극장형 좌석을 개발하여 각국의 4D 영화관에 공급 □ 시·청각 등 개별 감각 중심으로 연구가 진행되어 왔으나, 최근 미국, 일본, 유럽 선진국 등에서 인지, ICT, 생리학, 감성과학 등 다양한 기술, 학문분야간의 통합, 융합화가 진행되는 양상
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 극사실적 영상 기술과 다감각과 결합된 콘텐츠 기술은 게임, 영화, 애니메이션, 가상현실, 전시, 공연 등 영상 기반 콘텐츠 전반에 걸쳐 보다 널리 적용될 것으로 기대 □ 실감 영상 콘텐츠 기술은 의료, 교육, 국방, 자동차 등 IT와 타 산업 사이의 융합 분야에 핵심적인 기술로 자리잡을 것으로 예상 □ 시각 정보뿐만 아니라 청각, 촉각, 후각, 미각 등과 함께 공감각적 콘텐츠로서 보다 실감적인 콘텐츠를 제공하여, 미래 콘텐츠 산업의 핵심 역할을 할 것으로 기대
시사점	□ 세계 디지털 콘텐츠 시장 규모는 2012년 1,6조달러에서 2016년 2,1조달러로 크게 확대되고 있으며 점차 실감성을 극대화한 고품질의 체험형 콘텐츠로 진화 중이나 국내 시장은 이에 대한 대비 미흡 □ 국제적인 수준의 3D 콘텐츠 제작 기술을 보유하고 있으나, 오감 기반의 실감 콘텐츠 원천 기술은 부족한 상황 □ 시청각 중심의 콘텐츠 기술에서 오감 기술이 결합된 완전 몰입형, 체험형 및 Tele-presence형 등 다양한 형태의 콘텐츠 원천기술 개발 필요 □ 기술적 우위를 점하고 있는 3D 콘텐츠 제작 기술을 활용하여 세계 시장에서의 실감 콘텐츠 점유율을 제고하고, 국제 기술 공조를 통해 기술력 향상 및 시장 진입 장벽 제거할 필요 □ 시공간의 제약을 벗어나 가상과 현실이 융합된 콘텐츠 서비스가 생활전반에서 활용되고, 사용자가 가상현실 공간에서 실재하는 느낌을 제시하는 서비스가 확대될 것으로 전망 □ 실감 콘텐츠의 과도한 사용으로 개인의 일상생활에 지장이 생기는 중독적 형태를 사회적으로 예방할 수 있도록 제도적으로 장치 마련 필요

	□ 콘텐츠 소비에 관련한 개인 정보를 기반으로 맞춤형 광고 및 서비스가 이루어 질 것으로 예상되나, 그러한 사용자 정보가 기업의 자산으로 인식되고 그러한 기업이 향후 빅브라더가 될 가능성이 높으므로 이에 대한 법, 제도적 보완책도 마련 필요		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 독일	
	국내 기술수준	(60)%	
	평가근거	□ 실감 영상 콘텐츠의 가시화, 정합 기술은 보유하고 있으나, 실감 체험 극대화를 위한 극사실 휴먼 모델링 및 다감각 체험 기술은 아직 연구 초기 단계임을 고려함. 향후 영화, 의료, 방송, 관광 등 다양한 분야의 융합형 콘텐츠로의 적용을 위해서는 원천 기술의 확보가 필요한 상황임	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	3-2. 홀로그래픽 콘텐츠 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 국내의 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 처리 기술수준은 세계 최고 대비 40% 수준이며, 독일과의 기술격차는 5.0년임 □ 그러나 최근 기술개발이 집중적으로 이루어지고 있고, 정부의 지원의지도 강력하여 빠른 시간 내에 기술격차를 좁혀나갈 수 있을 것으로 예상 (국외) □ 홀로그래피 기술 등 차세대 영상 콘텐츠 기술은 미국, 유럽, 일본을 중심으로 이론 및 실험 측면에서 상당한 발전 중 □ 독일 SeeReal는 2007년 세계 최초로 20인치 홀로그래픽 프로토타입 디스플레이 장치인 'VISIO20'을 개발, 영국 QinetiQ는 고해상도 홀로그램 입체영상을 재생할 수 있는 디스플레이 시스템 개발 □ 스위스 Lyncee Tec는 세포에 대한 디지털 홀로그램으로부터 3차원 정보 추출 및 컴퓨터 그래픽 모델을 만들 수 있는 홀로그래픽 현미경을 개발 □ 미국 Zebra Imaging, 유럽 Geola 등은 이미 홀로그래픽 프린터를 개발했으며, 제작된 홀로그래픽 콘텐츠는 건축, 군사, 교육을 비롯한 다양한 전시 및 문화, 예술 등에 활용 □ 미국의 Zebra Imaging은 펄스레이저 기술과 roll-fed 필름을 이용하여 A1 사이즈의 컬러 홀로그램을 3시간 내에 프린트할 수 있는 'holographic imager' 제품을 상용화해서 판매 중 □ 미국의 MIT, 일본의 NHK·ART, 독일의 HH 등을 중심으로 진행되고 있으며, 독일 SeeReal에서는 20인치급 Sub-홀로그램 디스플레이 시연을 통하여 실용화 가능성 제시 □ 디지털 홀로그래피, CGH 기술의 경우, 상용화 수준의 전자식 홀로그래픽(Electro-Holography) 디스플레이의 실현은 아직 요원한 현실	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 현재 유사 홀로그래피는 상당한 부분 상품화가 진행되어, 전시, 공연 분야를 중심으로 널리 활용 □ 현재 연구개발되고 있는 상대적으로 작은 크기의 홀로그램은 예술 전시, 상품 전시 등의 분야를 중심으로 본격적인 실용화가 진행될 것으로 예상 □ 디지털 홀로그래피는 3차원 형상을 가상으로 완벽하게 재생할 수 있는 기술로서 앞으로 가상현실과 관련된 전 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대	
시사점	□ 3D 디스플레이를 비롯한 컴퓨터 그래픽 분야와 음향 분야는 세계적인 수준이지만, 홀로그램을 비롯한 오감과 복합 감각 분야는 미국 및 일본 등에 비해 개발 초기 상태 □ 홀로그램 분야는 기술 격차가 있긴 하나, 기술 선진국의 수준도 아직 성숙기에 이르기에는 먼 측면이 있어 집중적인 기술개발을 통해 홀로그램을 우리나라의 대표적인 영상 콘텐츠로 만들 수 있을 가능성이 큼	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 독일
	국내 기술수준	(50)%
	평가근거	□ 핵심 성능 지표인 디지털 홀로그래픽 콘텐츠의 처리속도 및 지원해상도에 있어 선진국 대비 50% 수준임.

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	■ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	3-3. 실시간 가상증강현실형 개인화 휴대 단말 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국내 감성 UX·UI 기술수준은 세계 최고 대비 82.2% 수준이며, 미국과의 기술격차는 1.8년을 보임 □ 휴대단말기 하드웨어는 핸드폰 기술을 중심으로 세계 최고 수준을 유지하고 있으며, 이를 바탕으로 생체신호 측정 등 다양한 센서를 활용하는 방향으로 기술개발 □ 휴대단말기 기술이 일부 대기업의 하드웨어 기술에 의존하는 측면이 있어 이를 활용하는 광범위한 실감 콘텐츠 생태계로 확대해 나갈 필요 (국외) □ 콘텐츠-사용자 간 감성적 체험을 극대화하는 UI·UX 기술의 부상 □ 미국의 마이크로소프트가 'Xbox Kinect' 개발에 따른 휴먼 모션 인식 기술을 성공한 것을 필두로 정확한 손가락 모션 인식 기술을 위한 립 모션사의 '립모션 센서'와 같은 상용화 진행 □ 미국의 카네기 멜론 대학에서는 가까운 거리의 깊이 정보 획득이 가능한 Depth Camera와 웨어러블 시스템을 접목하여 손가락의 움직임으로 실공간의 모든 표면에 나타난 가상 객체와 상호작용이 가능한 Omnitouch 기술을 개발 □ Minority report에 기술 자문을 했던 미국 소재 회사 oblong은 영화에서와 같이 장갑을 착용하고 대형 스크린 앞에서 제스처를 통해 대규모 데이터를 직관적으로 조작할 수 있는 제스처 검출 UI 개발 □ Affectiva는 손목밴드를 통해 피부온도, 3축 모션 정보를 수집하여 감성 상태를 수집하는 Q-Sensor와 사용자의 얼굴 표정을 인식하는 Affdex 제품을 통해 감성측정기 시장을 선도
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 개인휴대 단말기는 핸드폰, 태블릿을 기반으로 글래스, 시계, 신발, 옷 등의 웨어러블 기기까지 그 영역이 확장되고 있음 □ 이 분야의 콘텐츠기술은 고속화된 네트워크를 통한 소통 및 공유, 다양한 센서 데이터의 수집 및 활용, 개인 데이터 분석을 통한 맞춤형 콘텐츠 제공 등의 방향으로 발전하고 있어서 개인 사용자를 위한 광범위한 콘텐츠 생태계에서 활용될 것임 □ 구체적으로는 SNS, 게임, 스포츠, 건강 등을 포함한 개인 생활 전반에서 그 역할이 확대될 것으로 전망
시사점	□ 스마트 기기의 다양성은 세계적으로 모바일 미디어 확산의 기폭제가 되었으며, 향후에도 스마트폰 확산과 애플리케이션 증대로 모바일 미디어의 위상이 증대될 것으로 예상 □ 단기간에 수익 창출이 가능한 모바일 콘텐츠 기술개발에 중점 투자 필요 □ 사람의 생각과 감정을 읽어 들어 게임 속 액션 동작으로 연결시켜주거나, 생각과 감정에 대응하는 콘텐츠를 연동하는 기술 등으로 개발될 것으로 전망 □ 소셜 네트워크 및 네트워크 기반의 콘텐츠를 통해 상호 감성의 공감을 이룰 수 있는 콘텐츠 등이 개발될 것으로 예상

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 독일	
	국내 기술수준	(70)%	
	평가근거	□ 핵심 성능 지표인 실시간 가상.증강현실형 개인화 휴대 단말 기술은 감성센서/ 신호처리/가시화 기술수준에 있어서 선진국 대비 70% 수준임.	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	한동석(한동대학교 교수) / 분과장
	이재관(자동차부품연구원 본부장)
	이성욱(국민대학교 교수)

1. 개요

기술분야	4. 스마트자동차 기술
------	--------------

- 자동차 분야는 기계 중심에서 전기전자, 정보통신, 서비스를 접목해 운전자의 안전을 향상시키고 차량의 편의기능을 확보·확대하는 방향으로 진화
- 스마트자동차는 기계 중심의 자동차 기술에 전기전자, 정보통신 기술을 융복합하여 교통사고를 획기적으로 저감(안전)하고 탑승자의 만족을 극대화(편의) 시키는 자동차
 - (안전) 자동차의 상태와 주변 상황을 인식하는 센서(카메라, Radar, Lidar, 초음파 등)와 도로상태 및 교통정보를 제공하는 인프라(V2V, V2I 등)와의 융합을 통해 자동차를 능동적으로 제어함으로써 안전도를 높이고 교통사고를 획기적으로 저감

- (편의) 자동차가 각종 스마트 디바이스(스마트폰, 태블릿 등)와 통신 인프라(LTE, NFC 등)와 연계되어 운행에 필요한 정보나 일상생활 관련 정보 등을 자동차 내·외부에서 쉽게 소통함으로써 탑승자의 만족을 극대화

2. 선정사유

- (교통사고 피해경감 및 예방기술 적용 확대) ICT와 전자제어기술을 적용하여 차량 결함, 사고예방 및 회피, 충돌 등의 위험상황으로부터 운전자 및 탑승자를 보호하여 교통사고와 피해를 획기적으로 저감
- (자동차의 전자화·정보화·지능화·고도화·통합화) 차량의 전장화와 ICT 융합화에 따라 전기전자, 정보통신, 서비스 기술을 접목한 스마트자동차 개발 및 보급이 가속화될 것으로 전망
 - 자동차-무선통신-노변 인프라간의 연결성 강화를 통해 차량은 기존의 이동수단 개념을 넘어 스마트폰의 뒤를 잇는 차세대 모바일 플랫폼으로 진화될 전망
 - ECU 증가와 시스템 복잡화에 따른 차량내 소프트웨어 품질문제 방지 및 표준화·범용화를 위해 소프트웨어·하드웨어 플랫폼 개발을 위한 엔지니어링 아키텍처 및 전자플랫폼 기술역량이 강화
 - 멀티미디어 스트리밍, 기기 간 데이터 통신 등 여러 패턴의 트래픽 유발과 무선 데이터의 폭증문제가 예상되면서 이를 체계적으로 해결하는 기술이 필요

핵심 융합기술명	선정사유
4-1. 환경센서 기술	□ 주변상황을 감지하는 각종 차량용 센서(레이다, 영상, 레이더, 초음파, 적외선 등)를 이용해 위험 상황으로부터 운전자 및 차량을 보호하고, 교통사고 및 피해를 경감하기 위한 핵심분야
4-2. 차량용 통신보안 기술	□ 차량간 교통안전 또는 차량 내부 제어 정보를 보내는 통신 기술 및 인증된 사용자가 보낸 정보의 신뢰성을 보장하는 기술로서 미래 교통안전 및 자동차 내 소프트웨어 안전 전반에 영향을 끼치는 분야
4-3. 차세대 HMI 기술	□ 실도로 운행시 운전자와 차량 내 기기와의 소통, 운전자의 상태, 동작 및 기기 조작 의도를 예측하고 차량환경과 시스템의 최적설계 관점에 중요한 분야
4-4. 운전지원 서비스 기술	□ 환경센서 또는 V2X 통신 등을 통해 자동차 주변상황을 인식하여 운전자에게 위험을 경고하거나 자동차 스스로 제어가 가능한 시스템으로 최근 자동차 부품업체의 글로벌 경쟁력 강화에 중요한 핵심분야
4-5. 커넥티드 서비스 기술	□ 차량의 편의성, 모바일 오피스, 인포테인먼트 구현을 위한 기술로서 이동통신, 차량통신, 차량용 스마트 단말 등 산업간 초협력을 이끄는 융복합 기술의 핵심분야
4-6. 자율주행 기술	□ 정해진 구간에서 운전자의 조작없이 자동차 스스로 목적지까지 주행할 수 있는 기술로 교통사고의 획기적인 절감과 운전자의 운전부담 저감이 가능한 복지교통사회 실현에 필요한 미래성장동력 분야

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
4-1. 환경센서 기술	전방차량이나 보행자 등을 감지해 내고 감지된 물체로부터의 거리, 상대 속도, 각도, 물체의 종류 등 관련 정보를 추출해 내는 기술	일정 주파수대를 이용하여 물체를 감지하는 레이더와 라이다. 물체로부터의 가시광선과 적외선을 감지하는 영상센서, 초음파를 이용한 초음파 센서를 포함
4-2. 차량용 통신보안 기술	차량 내외부 통신을 가능하게 하는 통신 기술 및 이를 통하여 전송되는 메시지에 대한 인증 및 데이터 무결성, 기밀성, 프라이버시 보호, 부인 봉쇄, 가용을 보장하는 기술	차량내부 통신기술, 차량과 차량 및 인프라와 통신을 위한 기술, 차량 통신망을 통하여 전송되는 데이터 보안 기술을 포함
4-3. 차세대 HMI 기술	운전자가 보다 효율적인 방법으로 자동차와 효율적으로 소통(interaction) 할 수 있도록 지원하는 시스템으로 스위치, 음성 등의 input과 logic, 그리고 output으로 구성	HMI 기술로는 운전자에게 주행 정보를 알려주거나 도움을 주는 운전지원서비스와 차내정보 시스템 (IMS)을 포함
4-4. 운전지원 서비스 기술	환경센서(레이더, 영상, 라이다 등)를 이용하여 차량주변의 접근차량 및 보행자를 인식하고 주행속도에 따른 충돌위험도가 낮은 경우에는 경보장치로 운전자에게 알리고 충돌위험도가 높은 경우에는 브레이크를 감속하여 충돌사고를 방지하여 사고를 방지할 수 있으면 긴급제동제어를 하고 충돌이 불가피하다고 판단되는 경우에는 제동과 조향을 통합적으로 제어하여 충돌 사고를 회피하는 기술	교통사고 발생 전후의 차량 안전성과 2차 피해 감감을 최대화하기 위하여 수동장치(에어백, 안전벨트, 액티브 헤드레스트 등)와 능동새시장치(제동, 조향, 현가)를 통합제어하는 기술, 다양한 날씨조건에 적응하여 최적으로 차량의 안정성을 확보하기 위하여 새시를 능동적으로 제어할 수 있는 기술, 사고위험물과의 충돌을 회피하기 위하여 장애물을 식별하고 차량의 종횡방향을 통합적으로 제어하는 기술을 포함
4-5. 커넥티드 서비스 기술	차량통신 및 이동통신망을 통한 클라우드 모빌리티 기술을 통한 차량내 인포테인먼트 서비스 및 안전 지향 서비스를 제공하는 기술	차량 운행의 편의를 위한 지능형 교통 시스템, 클라우드 기반 인카 서비스, 차량 운행 정보의 가공을 위한 빅데이터 기술, 스마트폰 차량 연계 서비스 기술을 포함
4-6. 자율주행 기술	차량 스스로 주변환경을 인식, 위험을 판단, 주행경로를 계획하여 운전자 주행 조작을 최소화하며 스스로 안전 주행이 가능한 자동운전 기술	기존의 차간거리제어, 차선유지 지원 등과 같은 운전지원 기술에 내비게이션의 디지털 맵 정보를 추가하여 기존의 성능을 향상 시키거나 특정한 도로구간에서 부분적으로 자율주행을 보조하는 기술, 주차 지역내의 장애물과 주차 가능공간을 인식하고 주차를 자동으로 수행하여 운전자의 주차조작을 보조하는 기술, 영상, 레이더, 라이다 등의 환경센서를 바탕으로 하는 운전지원 서비스에 차량간과 차량-인프라 통신정보를 통합하는 시스템으로 주행안전성과 편의성을 극대화하는 기술을 포함

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
4-1. 환경센서 기술	4-1-1. 레이더	□ 전파(주파수 : 24GHz, 77~79GHz)를 이용하여 다양한 주행환경 상에서 물체를 감지하여 종방향 속성정보(종방향 상대거리, 상대속도 등)를 추출하는 기술
	4-1-2. 라이다	□ 빛이나 레이저(250nm~10μm)를 이용하여 다양한 주행환경 상에서 물체를 감지하여 종방향 속성정보(종방향 상대거리, 상대속도 등) 및 공간정보(부피, 형상 등)를 추출하는 기술
	4-1-3. 영상센서	□ 물체로부터 반사된 가시광선 또는 적외선 이미지 정보로 변경한 후 영상처리를 통해 물체를 감지하는 기술
	4-1-4. 초음파 센서	□ 40~60kHz의 초음파를 이용하여 물체를 감지하며 감지거리가 짧아 저속주행이나 주차시의 접촉사고 예방을 위한 기술
4-2. 차량용 통신 보안 기술	4-2-1. IVN(in-vehicle network)	□ 차량 내 ECU(Electric Control Unit) 사이의 통신 네트워크로써 대표적인 표준으로 CAN, FlexRay 등이 있음 □ 신뢰성이 최우선시되며 환경센서 및 V2X 기술 등과의 연계를 통해 다양한 서비스를 구축할 수 있음
	4-2-2. V2X	□ 스마트자동차의 요소 기술들과 연계하여 안전/편의 서비스 제공 가능한 지능형교통 시스템으로 발전할 수 있는 필수 요소 기술 □ V2V(차량 간 통신), V2I(차량-인프라 간 통신), V2N(차량-스마트기기 간 통신) 등의 형태가 있음
	4-2-3. 데이터 보안	□ 운전자의 사생활 보호와 V2X 및 빅데이터의 악용을 막기 위한 데이터 암호화 및 메시지 인증 기술
4-3. 차세대 HMI 기술	4-3-1. 햅틱	□ 자동차의 HMI에서 입력장치로서 버튼과 터치 스크린 등을 통해 촉각과 힘, 운동감을 느끼게 하는 기술
	4-3-2. 음성 인식	□ 마이크를 통해 입력받은 음성을 컴퓨터가 분석하고 특징을 추출해 미리 입력된 단어나 문장에 연결시켜 문자 혹은 명령어로 변환하는 기술로 인식률을 높이기 위한 연구가 진행 중
	4-3-3. 영상기술	□ 사람의 손/팔 동작을 인식하는 기술로서, 3차원 인체기관 모델링 혹은 2차원 손 영역 검출 및 추적 기술을 이용해 휴먼의 의사를 알아내는 기술
4-4. 운전지원 서비스 기술	4-4-1. 사고예방 기술	□ 차선이탈경보 및 억제, (전방/후방/측방) 접근차량 경보, 교차로 충돌방지, Active Night Vision, 운전자상태 감시, 졸음운전 방지, 통합형 생체인식

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
		융합, 보행자 사고예방, Traffic Signal Alert, V2I 연계 합류/분기점 사고예방, V2V 연계 교차로 대향차 충돌방지 기술
	4-4-2. 주행지원 기술	□ 차선유지 지원, 차간거리 제어, 곡선로 속도 제안, 차선변경 지원, 협로주행 지원, All Around View, 스마트 카메라 기반 멀티/3D 뷰 주차 지원, Intelligent Front Lighting, V2I 연계 사고지역 정보제공, V2V 연계 협조제어 기술
	4-4-3. 충돌예방 및 회피	□ 긴급제동, (종/횡방향) 통합 충돌회피, Intelligent Roll Control, Weather Reactive Chassis Control, 급발진 상태 감지 및 방지, V2V 연계 차량간 충돌회피 기술
4-5. 커넥티드 서비스 기술	4-5-1. Connected-ITS	□ 하나의 독립적인 스마트자동차에서 통신 네트워킹 기술을 접목하여 스마트자동차 및 인프라 등이 연계되어 협력적인 서비스가 가능한 지능형 교통 시스템
	4-5-2. 빅데이터 및 클라우드 서비스	□ 스마트자동차로부터 수집된 방대한 실시간 교통 정보의 가공 및 처리 □ 수집된 빅데이터를 처리하여 운전자가 원하는 정보를 제공하며 모바일 오피스 구현이 가능한 클라우드 기술
	4-5-3. 스마트폰 연계 서비스	□ 스마트폰으로 자동차의 상태를 원격으로 조회하고 제어할 수 있는 기술
4-6. 자율주행 기술	4-6-1. 주행경로 생성 및 경로추종 제어 기술	□ 주행차량이 자동으로 주변장애물과의 충돌 위험도를 판단하고 장애물이 없을 시에는 주행 지도 기반의 가상경로 생성을 하고 장애물이 있을 시에는 충돌회피를 위한 회피경로를 생성하는 기술 □ 생성된 경로를 주행차량이 따라갈 수 있도록 차량의 구동, 제동, 조향장치로써 차량모션을 제어하는 기술
	4-6-2. 정밀측위 및 동적맵 설계 기술	□ 차량의 위치를 추정하기 위한 위성신호와 더불어 주행 환경 및 공간정보를 이용하여 환경에 구애 받지 않고 정확하고 강인한 위치 측위 기술 □ 디지털 맵에 차량정보, 도로정보, 환경센서 정보를 시공간으로 정렬하는 기술
	4-6-3. 차량보안 및 Safe Reliability 설계 기술	□ 차량전장품과 네트워크를 통하여 전달되는 정보의 위조, 변조, 유출, 무단 침입 등을 비롯한 각종 불법행위로부터 차량정보를 안전하게 보호하는 기술 □ 자율주행자동차의 고신뢰성 확보를 위하여 설계, 개발, 평가 전주기에 기능안전성 확보 및 중복 설계하는 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-1. 환경센서 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 차량용 레이더 센서는 대부분 수입에 의존하고 있으며 현대모비스와 만도에서 현재 국산화 개발 중 □ 영상센서를 제외한 거의 대부분의 환경센서 산업의 경우 수입 의존도가 높으며 중소기업 중심의 산업 영세영역에서 기술 수준이 선진기업에 열세 □ 현대모비스, 무리기술, 자동차부품연구원, 한양대학교가 공동으로 원거리 및 근거리 감지용 3D Flash LIDAR 기술 개발 □ 현대모비스가 주차지원용 초음파 센서의 국산화에 성공하여 양산 중이나 자동주차용 장거리 초음파 센서는 아직 해외기술에 의존 중	
	(국외) □ Bosch는 기존의 레이더 센서 기술에 SoC, 다운사이징 등 최적화 기술을 접목하여 글로벌 시장의 제품 경쟁력을 강화 중 □ Mobileye는 영상센서로 보행자, 차량, 차선을 동시에 인식하는 제품을 상용화하였으며 최근에는 영상과 레이더 통합정보로 보행자, 차량, 신호등 인식이 가능한 C2-Series를 상용화 성공 □ 대표적인 멀티 레이어 방식의 라이더 센서는 IBEO 사의 LUX 시리즈이며, 최대 8개의 레이어를 활용하여 높은 수준의 검지 성능을 확보 (IBEO 사의 멀티 레이어 라이더는 이미 여러 자율주행 차량에 장착되어 그 성능을 입증 받은 바 있음) □ Valeo는 자동주차지원용 장거리 초음파 센서의 양산에 성공하여 글로벌 시장을 주도 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 자동차부품산업, 군수산업, 차량용 스마트 단말산업, 도로교통 산업, 로봇산업, 게임산업 등 (기대효과) □ 교통사고 및 도로정체로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄임 □ 스마트자동차 중심의 기술 구축은 자동차산업 뿐만 아니라 군수산업으로의 파급효과가 큼	
시사점	□ ADAS의 핵심인 환경센서(레이더, 영상, 라이더, 초음파 등)는 고사양(다기능, 고성능) 기술역량으로 하드웨어부터 소프트웨어까지의 전 개발과정의 최적화가 필요하며 신뢰성 있는 안전품질의 확보가 중요한 기술로 요구됨 □ 그러나 우리나라의 센서기술은 세계의 기술과 비교하여 매우 낮은 상황이며 이에 대한 중요성을 인식하고 지속적이고 체계적인 기술개발이 필요함 □ 정부의 원천기술 R&D에 대한 지속적인 투자와 함께 산학연의 공동 R&D 및 적극적인 상용화 노력이 필요함	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	유럽, 일본
	국내 기술수준	(70)%

	평가근거	□ 일본의 경우 센서의 핵심기술인 소재산업이 과거 50여년 전부터 지속적인 연구로 세계적인 위치를 점유하고 있으며 미국과 유럽에서도 관련시장을 선점하기 위해 2000년초부터 정부 차원에서 스마트자동차 육성에 나서고 있음. 이에 비해 국내에서는 관련기술의 연구개발 및 원천기술의 확보가 활발히 이루어지고 있지 않은 실정임. 국내 자동차업계 및 정부에서도 차량용 반도체 센서 개발에 대한 연구개발의 필요성 및 중요성을 인식하고 현재 대부분 수입에 의존하고 있는 차량용 MEMS 센서 칩, 모듈, 시스템에 대한 국산화 및 원천기술 확보가 시급한 상황이므로 기술수준을 낮게 평가함	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 ■ ④ 산학연 협력 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()	

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-2. 차량용 통신보안 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ ETRI, Vehicle Multi-hop Communication (2007~2011) □ 국토교통부 스마트하이웨이 프로젝트 수행 중 (2007~2014)	
	(국외) □ 미국 VII(Vehicle Infrastructure Integration) (2004~2017) - IntelliDrive(DOT, 2003~2010) - Connected Vehicle(DOT, 2011~2013) : Safety Pilot - VSC-1(2002~2005), VSC-2(2006~2009) □ 유럽 EU Frame Work Program (2004~2017) - CVIS(2006~2010, 500억) : V2X Platform - Safe Spot(2006~2010) : VANET, Positioning, Map - Coopers(2006~2010) : Road Safety - Drive C2X(2011~2013) : 7개국 테스트베드, SimTD 등 □ 일본 ASV, Energy-ITS Project - VICS & DSRC (2000~) - SmartWay21 (2008~2010) - 700MHz V2V (2008~) - Energy-ITS (METI, 2008~2012) : energy saving ITS	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 이동통신산업, 차량용 스마트단말산업, 자동차부품산업, 도로교통산업, SW 솔루션산업 등 (기대효과) □ 스마트자동차 간의 정보교환 및 교통관제 센터에서의 실시간 모니터링 시스템 구축으로 교통사고 및 도로정체로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄일 수 있음	
시사점	□ 국내에서는 V2X 통신에 비하여 차량용 통신보안 기술에 대한 연구개발이 상대적으로 매우 부족한 실정이고 보안이 확립되지 않은 상태에서의 차량 통신 시스템 상용화는 불가능하므로 IVN(In Vehicle Network), V2X(Vehicle to Infrastructure, Vehicle, Nomadic) 기술을 기반으로 한 데이터 보안 기술에 대한 연구개발이 시급함	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽
	국내 기술수준	(60)%
	평가근거	□ 미국에서는 차량통신 시스템을 법적으로 모든 차량에 장착시키게 하는 법안을 추진하고 있음. 차량통신 국제표준 주파수 5.9GHz 대역을 국내에서는 다른 용도로 사용하고 있어 관련분야 발전에 저해가 되고 있음. 해외 선진업체에 비해 국내 자동차업체의 소극적인 대응

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	■ ⑦ 민간투자 유치
		□ ④ 산학연 협력	■ ⑧ 기타 (법제화)

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-3. 차세대 HMI 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ HMC에서는 '2013 CES' 에서 애플의 음성인식 SW '시리'를 접목한 인포테인먼트 시스템인 BlueLink 확장버전을 선보임 □ 대화형 음성인식 시스템이 2013년 하반기부터 장착되어 음성으로 목적지를 말하면 목적지 위치를 내비게이션으로 전송해주는 기술 □ iOS6가 탑재된 아이폰 사용자는 시리를 통해 오디오 등 차량기능을 작동(시리에게 요청하는 것만으로 다양한 조작을 대신함) □ DSM용 카메라를 활용한 얼굴 & 제스처 인식기능 통합 기술개발 □ 차량환경에서의 운전자 중심의 UX 개발을 통한 상용화 기술개발	
	(국외) □ EU는 HMI 가이드라인 및 표준 개발과 함께 ADAS와 차량정보 시스템(VIS) 및 노매딕 디바이스의 안전하고 효율적인 통합을 위해 필요한 HMI 기술과 방법론 개발 중 □ 북미는 운전자 주의분산으로 인한 교통사고 감소를 위한 적응형 운전자 인터페이스 개발 □ 포드가 컴퓨텍스 2013을 통해 싱크 앱 링크를 소개 (인포테인먼트 플랫폼으로 음성명령을 통해 자동차에 내장된 인포테인먼트를 원하는 대로 제어할 수 있으며 음악을 감상하거나 내비게이션 지도 확인, 위성항법장치(GPS) 및 긴급출동 서비스 제공) □ OEM : 음성인식 기반 인포테인먼트 및 바디(공조, 조명) 제어, 햅틱 시트, HUD, 증강현실, Connectivity(스마트폰 연동), 생체신호를 이용한 혈당 및 혈압 모니터링, 음성, 제스처, 모션 인식, 영상 기반 운전부주의/졸음/기분 파악	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 이동통신산업, 자동차부품산업, 도로교통산업, SW 솔루션 산업, 게임산업, 등 (기대효과) □ 자동차 간의 정보교환 및 운전가의 모니터링 시스템 구축으로 교통사고 로 인한 사회적 비용 지출을 획기적으로 줄일 수 있으며 고감성 서비스 구현과 제품의 차별화가 가능함	
시사점	□ 국내에서는 차량 내 기기를 이용한 운전자 상태, 동작 및 기기조작 의도 예측분야 연구가 부족하고 차량환경에서의 사용 적합성에 대한 검증 및 체계화된 HMI 평가 프로세스가 부족함 □ 실제로 주행환경 및 차량 시스템 통합/최적설계 관점의 상용화 기술 확보가 미비함	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 미국과 유럽에서는 관련시장을 선점하기 위해 2000년대 초부터 정부차원에서 스마트자동차 육성에 나섰으며 유럽의 경우 이미 HMI 관련 가이드라인과 표준을 추진하고 있음. 이에 비해 국내에서는 정부뿐만 아니라 자동차업체 및 연구소의 늦은 대응과 낮은 기술력, 사업화 경험이 부족한 상황이므로 국내 기술수준을 낮게 평가함

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을위한 필수요건	▣① 해당기술 전문인력 양성	■⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		▣② 기술 관련 정보·인프라 제공	▣⑥ 기초원천 연구 확대
		▣③ 국제협력 활성화	▣⑦ 민간투자 유치
		■④ 산학연 협력	▣⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-4. 운전지원서비스 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 완성차업체 및 부품업체(대기업)를 중심으로 선제적 수준의 신기술 적용과 공격적 R&D, 업체간 M&A 등을 통해 적극적인 시장진출을 모색 중 □ 현대기아자동차가 중심이 되어 다양한 운전지원서비스의 실용화/상용화를 추진 중에 있으며 완성차업체의 신기술 적용능력은 해외 선진업체와 비슷한 수준이나 부품단위의 설계 기술은 선진국에 비해 기술격차가 존재	
	(국외) 교통사고 방지 및 피해를 최소화하는 '안전'과 각종 편의 기능을 제공하고 탑승자의 만족을 극대화시키는 '편의' 중심으로 개발 중 □ 유럽 : EU 및 개별정부의 활발한 지원하에 CHAUFFEUR, KONVOI, HAVEit, SARTRE와 같은 다수의 프로젝트가 실시되고 있음 □ 일본 : 교통혼잡 완화 및 교통사고와 사상자수 감소, 교통난으로 인한 환경오염 등 지속적으로 증가하는 교통문제들을 혁신적으로 해결하기 위해 범국가적 추진체제로 확대 중 □ 미국 : 현재 정부 주도의 정책에서 점차적으로 민간 주도로 이양되는 추세이나, 관련기술 개발, 표준화 연구활동에 자금 기부 등 연방정부가 강력하게 관여 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 자동차부품산업, 방산산업, 건설장비산업, 신개념 모빌리티 등 (기대효과) □ 고안전 융합기술 기반 자동차산업(특히, 부품산업)의 고부가가치화 실현을 위한 신성장 및 신서비스 창출이 가능하고 Frost & Sullivan 자료에 따르면 교통사고 유형 분석결과 전방, 종·횡방향의 교통사고가 전체의 약 70%를 차지하며 본 기술의 도입으로 교통사고의 40% 이상 절감 가능함	
시사점	□ 미국, 유럽, 일본 등 자동차 선진국들은 운전지원서비스 관련시장의 조기선점을 위해 관련기술 개발에 집중하고 있으며 우리나라에서도 이에 대응하기 위한 기술역량 확보와 연관산업 간의 유기적 협력이 시급히 요구되고 있음 □ 현재, 운전지원서비스 기술은 운전자에게 외부의 위험상황을 경고하고 관련 영상정보를 제공하는 수준이나, 차량을 능동적으로 제어할 수 있는 안전주행으로 발전하여 궁극적으로는 자율주행으로 진화할 것으로 전망	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	유럽, 일본
	국내 기술수준	(90)%
	평가근거	□ 해외 선진업체와의 기술격차를 좁혀가고 있으나, 아직까지는 기술개발 및 양산속도와 핵심기술의 내재화 측면에서 부족(특히, 양산 확산단계로 성능 및 가격경쟁력이 미흡하며 SW, 전자제어 등에 대한 기술역량 부족)하여 빠른 추격자 입장으로 판단되므로 국내 기술수준을 조금 낮게 평가함

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		□ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-5. 커넥티드 서비스 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 현대자동차 - 운전자에게 실시간으로 날씨정보, 음성으로 문자메시지 전송 서비스 제공 - 네비게이션 연동 서비스와 차량 문 개폐 및 시동 서비스 제공 - 멀티미디어와 네비게이션, 텔레매틱스, 차량의 공조정보와 운행정보 제공 □ 기아자동차 - 음성인식으로 오디오, 미디어 기기 작동이 가능한 UVO를 MS와 공동 개발 □ 르노삼성자동차 - 네비게이션과 원격제어, 도난방지와 긴급구조 통신, 자동차 원격검침 등의 기능이 가능한 모바일 텔레매틱스 제공 - 자동차의 문 개폐 기능, 조명 및 시트 조정 가능 한 스마트 엔트리 시스템 제공	
	□ (국외) □ GM - 타 업체차량에 부착 가능한 OnStar 개발 - OnStar 기반의 인포테인먼트 시스템 개발 - 스마트폰의 다양한 서비스를 차량 내 음성인식 시스템과 연결 - 자사 제품군 내의 인포테인먼트 시스템을 통합하여 독자적인 차량플랫폼 구축계획 □ Ford - 앱 프로그램 개발자 프로그램을 실시함으로써 자동차 전용 애플리케이션 개발 및 배포 지원 - 전기자동차 전용 애플리케이션 개발 - 자동차의 배터리 수명, 주행거리 측정 등 여러 기능 개발 □ Chrysler - 911call, 원격시동 및 도어락/언락, wifi 핫스팟, 음성인식 기능 개발 - 터치스크린 인터페이스를 가진 인포테인먼트 시스템 개발	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 통신산업, 자동차부품산업, 통신장비산업 등 (기대효과) □ 네트워크의 진화와 다양한 차량용 앱을 통해 자동차 내 엔터테인먼트 강화뿐만 아니라 운전자의 운행정보 분석, 차량제어 및 관리 서비스, 실시간 교통정보를 이용한 운행경로 제공 등을 제공하며 운전자 및 탑승자의 편의성 및 안정성 강화에 기여함	
시사점	□ 지금까지 커넥티드카의 관련장비 및 플랫폼의 표준화가 이루어지지 않아 호환성의 문제의 우려성이 있어서 표준 기반의 플랫폼 개발이 필요함. 또한 자동차를 통신망에 연결함으로써 역으로 외부에서 자동차에 침입할 수 있어 해킹으로 인한 범죄가 발생 할 수 있음. 따라서 보안성 강화에 대한 대비책이 필요함	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(70)%

	평가근거 □ 미국과 유럽에서는 관련시장을 선점하기 위해 2000년대 초반부터 정부 차원에서 스마트자동차 육성에 나섰으며 민간 차원의 자동차부품업체와 ICT업체 간 협력도 활발하지만, 우리나라는 올해 2월 미래 성장동력으로 선정되는 등 정부 차원의 육성/지원이 늦은데다 기술력과 사업화 경험이 부족하기에 스마트자동차 시장 활성화를 위한 산학연관 협력이 절실한 상황이기 때문에 국내 기술수준을 낮게 평가함								
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요요건 <table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>□ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>□ ③ 국제협력 활성화</td><td>□ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>■ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table>	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대	□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치	■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()
■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)								
□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대								
□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치								
■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()								

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	4-6. 자율주행 기술								
국내외 기술동향	(국내) □ 현대자동차만이 선행연구 개발비 일부로 해외 선진부품을 이용하여 자율주행 기능을 구현 중이나, 상용화 기술개발은 미흡 (세계 최초로 민간 주도의 자율주행자동차 경진대회 수행 중) □ 중소·중견 부품업체는 자율주행 핵심부품에 대한 투자 전무								
	(국외) □ 미국 : 승용차 및 대형차의 자율주행 기술 확보를 위한 PATH(California Partners for Advanced Transportation TechNology)와 DARPA(방위고등연구계획국) 주도의 경진대회 등이 대표적임 □ 유럽 : EU 및 개별정부의 활발한 지원하에 CHAUFFEUR, KONVOI, HAVEit, SARTRE와 같은 다수의 프로젝트가 실시되고 있음 □ 일본 : 국토교통성은 2020년 실현을 목표로 고속도로 자동운전시스템(Auto Pilot System) 도입 추진을 위한 위원회를 설치하여 토론회를 운영 중								
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 또는 분야) □ 자동차산업, 로봇산업, 자동차부품산업, 방산산업, 농기계산업, 건설장비산업, 신개념 모빌리티 등 (기대효과) □ 자동차와 ICT 융합을 기반으로 중소·중견기업 주도의 미래 성장동력을 창출하여 국내 자동차산업의 구조를 고도화하고 고령자, 교통사고 등 사회복지·안전 관련 사회이슈 해결에 기여하여 국가차원의 편익을 제공에 기여함								
시사점	□ 자율주행 기술이 실현되어 보급이 확대되기 위해서는 운전자 수용성, 사회적 수용성, 산업적 수용성을 동시에 만족해야 하므로 적기 실용화 관점에서 관련기술을 허가하기 위한 제도적(예, 표준화, 주파수 할당) 및 법규적(예, 안전규제, 인센티브) 정비가 필요하며 글로벌시장의 환경변화에 능동적 및 선제적으로 대응하기 위해서는 범국가적인 차원에서 R&D 지원사업이 유기적으로 진행될 수 있는 정책기반 마련이 필요								
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽, 일본							
	국내 기술수준	(50)%							
	평가근거	□ 해외에서는 1990년대 후반부터 정부 주도로 자율주행 관련기술 경쟁력을 강화하기 위하여 장기적으로 집중지원을 하고 있으며 특히 미국, 유럽, 일본은 자율주행을 소비자 안전명목의 기술장벽으로 활용하여 자국 자동차산업 경쟁력 강화 중이나 국내는 산학연관 협력이 저조하고 부품 업체의 기술 내재화가 미흡하여 국내 기술수준을 낮게 평가함							
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	<table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>□ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>□ ③ 국제협력 활성화</td><td>□ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>■ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table>	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대	□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치	■ ④ 산학연 협력
■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)								
□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대								
□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치								
■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()								

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	박현섭(한국산업기술평가관리원 로봇PD) / 분과장
	이성온(한국과학기술연구원 선임연구원)
	이재우(건국대학교 교수)
	홍성경(세종대학교 교수)

1. 개요

기술분야	5. 융합서비스 로봇 기술
------	----------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
5-1. 생체대상 초정밀 조작 기술	□ 의학과 로봇의 대표적 융합 기술 □ 선진국을 중심으로 상용화 성공 및 산업화 확대 중
5-2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	□ 수심 500m 밑 가스·원유개발, 채굴·분리·이송하는 산업이 2020년엔 1,307억 달러 규모로 성장하리라 전망 □ 해양건설 및 유지보수에 해양로봇은 핵심장비 임

핵심 융합기술명	선정사유
5-3. 원격제어 공통 요소기술	□ 인간의 지능과 로봇의 장점을 활용할 수 있는 기술 □ 국방/해양/농업/수술로봇 등 다양한 로봇분야의 공통 핵심기술
5-4. 미래형 무인항공기 개발기술	□ 미래 무인항공기 기술은 고효율/고성능/친환경 첨단항공기술의 발전뿐만 아니라, 정보통신 보안기술, 통신기술, 항행 및 제어 기술의 동반 발전이 가능하며, 국가경쟁력의 척도가 될 수 있는 기술로서 미래 산업 발전을 위한 핵심기술이며 국가적 투자와 개발노력이 절실한 분야임.
5-5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	□ 인간에게 위험하거나 비효율적인 상황에서, 도심의 빌딩 숲 환경에서, 또는 심지어 실내 등과 같이 제한된 협소공간에서의 비행임무 수행을 가능케 하는 저가의 다목적 소형 드론의 효용성은 매우 높아 전세계적으로 다양한 분야에서 그 수요가 급증하고 있음. □ 이러한 다목적 소형 드론의 실현을 위해서는 '지능형 자율비행제어' 기술이 핵심기술이며, 이 기술의 확보를 통하여 드론의 효용성이 다양화/극대화 될 수 있음. □ 따라서 본 핵심기술은 우리나라가 무인항공기 선진국 대열에 합류하기 위한 시급한 과제임과 동시에 로봇틱스, 제어, 통신, 컴퓨터 등의 다양한 기술이 융합되어 우주탐사, 공장 자동화, 탐색/구조 등의 다양한 공공 목적에 활용이 가능한 기술적 중요도가 매우 높은 기반기술 분야임. □ 한편 현재의 국내의 기술수준은 미비하나 향후 기술개발 방향 및 투자전망에 비추어보았을 때, 향후 5년 이내에 선진국과 10% 정도로 격차를 줄일 수 있을 것으로 판단됨.

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
5-1. 생체대상 초정밀 조작 기술	□ 생체를 정밀하게 관찰하고 조작하기 위한 시스템 구성을 위한 일련의 기술	□ 영상처리/제어/기구설계/사용자 인터페이스 / 시스템 통합 기술
5-2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	□ 밀도가 높은 전도성 유체 속에서 움직이는 수중로봇이 필수적으로 극복해야하는 핵심기술	□ 내압수밀 기술 □ 동유체력 제어기술 □ 수중 통신 기술 □ 수중 센싱 기술
5-3. 원격제어 공통 요소기술	□ 인간의 지능과 로봇의 장점을 활용할 수 있는 기술	□ 시간지연 대응기술 □ 임장감 제공기술 □ 조작응이성 기술
5-4. 미래형 무인항공기 개발기술	□ 미래 본격적 무인기수요에 대비한 고성능/고효율/친환경/안전 비행을 위한 첨단무인비행체 개발기술	□ 고성능/고효율 무인기 플랫폼 설계기술 □ 유인기/무인기 혼합비행체 (OPV) 개발기술 □ 고효율/친환경 무인기 추진동력 기술 □ 무인기 항공안전 및 인증 기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
5-5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	기존 실기 규모의 무인항공기로는 수행하기 어려웠던 도심의 빌딩 숲, 재난지역의 초근접 감시, 빌딩 내부 등의 열악한 비행환경에서의 임무 수행을 위한 다목적 소형 드론의 지능형 유도항법제어 기술	- RTOS 기반의 통합 비행제어 컴퓨터 기술 - 실내외 비행을 센서 융합 통합항법시스템 기술 - One-Click Auto Mission을 위한 제어 - 알고리즘 설계 기술 - Fail-Safe를 위한 고장 허용 제어법칙 재구성 알고리즘 설계 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
5-1. 생체대상 초정밀 조작 기술	5-1-1. 최소침습형 고자유도 정밀 메니플레이터/ 초소형 마이크로로봇 기술	최소침습형 수술용 고자유도 정밀 소형 메니플레이터 설계/제작 기술
	5-1-2. 생체 움직임 보상을 통한 영상 안정화 기술	정밀 조작을 위해 생체의 움직임을 측정하고 보상하는 기술
	5-1-3. 생체 정밀 조작을 위한 힘반영 원격 제어 기술	비강체인 생체를 정교하게 조작하기 위한 원격 힘제어 기술
	5-1-4. 수술 로봇용 마스터 인터페이스 기술	수술 로봇을 원격 제어하기 위한 마스터 장치 및 사용자 인터페이스 기술
5-2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	5-2-1. 내압수밀기술	- 경량 내압용기 소재 및 구조설계 기술 - 회전 축계 내압 방수 기술 - 유적식 압력보상 기술
	5-2-2. 유체력 모델링 및 제어기술	- 다물체에 작용하는 유체력 모델링 기술 - 유체력을 이용한 추진기술 - 유체력 최적화 기술
	5-2-3. 수중통신기술	- 초음파 무선 통신 기술 - 광/레이저 무선통신 기술 - 수중 네트워크 기술
	5-2-4. 수중측위 및 탐지 기술	- 초음파/관성 센서 융합 항법기술 - 고해상도 초음파 해저 맵핑기술 - 멀티빔/초음파 카메라 기술
5-3. 원격제어 공통 요소기술	5-3-1. Shared Autonomy 원격제어 기술	- Local autonomy 설계기술 - 원격프로그래밍 기술 - Local autonomy 출력과 작업자 명령 조합기술 - 다중 이종로봇간의 원격협업 기술
	5-3-2. Multi-modal Feedback 기술	- 다중센서정보 융합 및 동기화 기술 - 다시점 환경 재구성 기술 - VR+AR 기반 원격지 환경정보 해석/전달 기술 - 힘/촉각 피드백 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	5-3-3. Human Interface 기술	- 직관적/egocentric 명령전달기술 - 다중명령 조합 기술 - 작업자 명령의도파악 기술
5-4. 미래형 무인항공기 개발기술	5-4-1. 고성능/고효율 무인기 플랫폼 설계기술	- 능동 공탄성제어기술 - MEMS 기반 능동 공력/형상 유동제어기술 - 센서기반 스마트기체구조기술 - 고신뢰도 형상설계 및 Virtual Test 기술
	5-4-2. 유인기/무인기 혼합비행체 (OPV, Optional Piloted Vehicle) 개발기술	- 유인기 조종시스템 무인화기술 - OPV 형상설계 및 해석기술 - 유무인혼용기 조종석설계기술
	5-4-3. 고효율/친환경 무인기 추진동력 기술	- 피스톤엔진, 터빈엔진, 전기모터 및 태양광/연료전지 추진기관 개발기술 - 고효율 흡입구설계기술
	5-4-4. 무인기 항공안전 및 인증 기술	- 무인기 감항인증기술 - 인증을 고려한 무인기 설계기술 - 인증절차에 따른 무인기 시험인증기술
5-5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	5-5-1. RTOS 기반의 통합 비행제어컴퓨터 개발 기술	- RTOS 기반의 임베디드 비행제어 컴퓨터 HW/SW 최적화(경량화, 저전력, 고신뢰성) 설계기술 - 비행 임무 SW 모듈화 및 멀티태스킹/실시간 처리기술
	5-5-2. 실내외 비행을 위한 GPS/관성센서/비전센서 융합 통합항법시스템 개발 기술	- GPS/Inertial/Vision/Sonic/Pressure센서 융합 정밀항법 필터 설계 - 비행환경에 적응적인 Calibration/Compensation 로직 - 소형/경량 시스템 HW 설계
	5-5-3. One-Click Auto Mission을 위한 제어 알고리즘 설계 기술	- 자동 이/착륙, 장애물 충돌회피, Path 자동추적 설계 - 외란(환경조건)에 강건한 유도항법제어 알고리즘 설계 - Operator 개입을 최소화 하는 자율 비행 로직 구현 - 드론의 Health Monitoring 체계 설계 - 통합 비행 성능 검증을 위한 지상 시뮬레이터 설계 기술
	5-5-4 Fail-Safe를 위한 고장 허용 제어법칙 재구성 알고리즘 설계 기술	- 시스템 고장 시 안전 착지 로직 구현 - 비행체 결함, 분리, 복구의 프로세스 설계

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	5-1. 생체대상 초정밀 조작 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 학계 중심으로 다양한 수술 로봇에 대한 요소 기술 연구가 주도되고 있으며, 점차 수술 시스템 상용화 개발이 늘어나는 추이 □ 일부 기업체를 중심으로 상용화 로봇 개발 시도 중	
	(국외) □ 1999년 출시된 대표적 상용화 수술 로봇인 다빈치 시스템이 전세계 수술로봇 시장을 주도하고 있음. 그 외 다양한 수술로봇 (미국 MAKOplasty, CyberKnife 등)이 산업화되어 사용되고 있음.	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 수술로봇 산업 (다빈치를 공급하는 미국 인튜이티브 서지컬의 1년 매출만 약 2조 5000억원임) □ 수술 로봇 산업은 이미 시장이 잘 형성되어 있고 계속 증가하는 추세 이므로 성공적인 수술로봇 개발은 막대한 경제적 효과가 예상됨	
시사점	□ 수술로봇의 유용성이 입증되어, 세계적으로 수술 로봇의 시장의 매년 가파른 성장을 하고 있음. □ 후발주자로서 기존의 세계 수술로봇 시장의 틈새를 노릴 수 있는 핵심 기술을 발굴하고 이를 위한 꾸준한 연구 개발이 필요함. □ 학계를 중심으로 확보된 요소기술을 통합하여 상용화 제품 수준까지 개발할 수 있는 대형 연구 지원이 필요.	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(60)%
	평가근거	□ 각 요소 기술 수준에 있어서는 80~90% 이상의 높은 기술 수준을 가지고 있다고 추정되나, 완성된 시스템으로서의 통합 기술은 50% 이하 수준으로 추정.
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추적을위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 □⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 □⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화 ■⑦ 민간투자 유치
		■④ 산학연 협력 ■⑧ 기타(대형 장기 연구 지원)

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	5-2. 수중환경 센싱 및 수중작업 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 국내 수중로봇 제조 시장은 아직 초기단계로 규모는 2011년 기준 28억 규모 □ 국내 해양로봇 개발은 한국해양과학기술원 중심으로 진행되고 있으며, 대부분 해양수산부 투자에 의해 진행 □ 최근 해양수산부에서 '수중건설로봇사업단' 발족 및 삼성중공업 등 국내 Big 3 중공업에서 서브시 플랜트 발전을 위해 해양로봇에 대한 R&D 투자를 가속	
	(국외) □ 미국은 Perry Slingsby, Shilling Robotics 등 ROV 전문제작업체와 로봇팔 전문업체에서 완제품 및 주문 제작 방식 사업 추진 □ 영국은 석유·가스 등 해저자원 개발, 케이블/파이프라인 매설 및 유지보수를 포함한 다양한 수중 시공 작업, 해난구조, 과학탐사 등 다양한 분야에서 세계 최고 수준	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 해양 구조물 및 해양에너지 수요증가에 따라 해양로봇(ROV/AUV) 시장 2010년 1.6조에서, 2021년 3.5조로 전망(연평균 증가율 8.3%)	
시사점	□ 해양로봇은 해양산업의 하나의 장비로써 세계 및 국내의 주요 해양구조물 건설 및 플랜트와 연계한 해양로봇 R&D투자 설정이 필요 □ 산업부와 해수부의 다부처 협력 형태로 추진 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국,EU
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	-
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 □⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■⑥ 기초원천 연구 확대
		■③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		□④ 산학연 협력 □⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	5-3. 원격제어 공통 요소기술	
국내외 기술동향	(국내) - 원격기술은 고령화시대의 원격농업, 원격생산, 원격 바다농장 등의 잠재시장뿐 아니라 현재의 수요 시장인 해양 플랜트, 원전 해체 분야에 활용 가능하여 한국의 독자적인 기술 확보가 중요 - 최근 시공간 상의 장애를 극복하는 기술들이 확립, 일부는 개발 중, 바로 시장에 투입 가능한 실용적 핵심기술로 부상 - 통신지연을 극복하는 다양한 한국형 원격제어 기법 개발, Manipulator, 이동 로봇, 다중 비행 로봇 등의 Shared 원격제어 연구 선도적 수행, 조작마스터와 복잡한 로봇팔을 매핑해주는 Re-targeting기술 및 다시점 3차원 기술을 개발 중	
	(국외) - 미국에서는 원격조작기술을 토대로 무인정찰로봇 Predator, Drone, 원격유도탄 Smart Bomb, 정찰로봇 Pack-bot을 실전에 배치하고 있고, 심해 해양로봇(100조원 시장 예상)을 개발하는 한편, 원격수술로봇을 실험하는 등 실용적인 원격기술 응용에 적극적인 투자가 이루어지고 있음 - 일본은 후쿠시마 원전사태를 계기로 재난재해 투입용 원격기술개발을 시도하고 있으며, Tele Farm을 비롯한 원격농업, 산업적 적용을 개척 중. - 유럽도 DLR, TUM, Twente대 등에서 원격제어 요소기술에 대한 연구가 ARCAS나 AIRobots 과제와 같은 대형 EU 협력과제로 활발히 진행되고 있으며, CEA LIST와 AREVA에서 방사선 환경에서 유지보수 작업을 위한 원격 제어 시스템을 구축하는 등 원격기술개발에 적극적임.	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	한국내 수요기업이 있는 해양플랜트 및 원전해체 분야의 원격 작업기술을 우선적으로 집중·공략하여, 심해저산업 및 원전해체 분야에서 세계적 우위를 선점하고, 국방, 농업으로 응용분야를 확대하여 일자리 창출에 기여	
시사점	원격 기술은 로봇 관련 분야에 걸쳐 활용이 가능한 핵심 요소기술로써 작업능력 확장/증대를 위한 3대 핵심기술 개발 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(80)%
	평가근거	-
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	① 해당기술 전문인력 양성 ② 기술 관련 정보인프라 제공 ③ 국제협력 활성화 ④ 산학연 협력 ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ⑥ 기초원천 연구 확대 ⑦ 민간투자 유치 ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	5-4. 미래형 무인항공기 개발기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 국내의 무인기 관련기술은 주로 군용무인기 위주로 개발되어 왔으며 선진국의 기보유 무인기를 모방하는 단계의 개발이 주로 이루어져왔고, 무인기 비행체 보다는 탑재체, 무선통신 등 분야의 기술이 위주임. 무인기 정찰임무를 위한 장기체공, 항공안전, 고효율 엔진, 고고도 공력특성 등 미래 핵심분야에 대한 연구가 미약한 실정임	
	(국외) □ 중고도, 고고도 등 다양한 무인기에 대한 기술개발이 이루어져 왔으며 특히 여러 동력원을 이용한 장기체공형 무인기 개발과 고도의 항공안전, 고효율, 고성능, 친환경 무인기 비행체 기술이 개발되고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 국내에서도 무인기 관련기술수준이 성숙되고 있음에 따라 차세대 신성장 동력산업으로 발전할 것으로 예측됨. 세계 무인기 시장은 2013년 7.6조원에서 2022년 13조원으로 연평균 약 6% 이상 성장할 것이며, 특히 민수부분이 큰 비중을 차지할 것으로 예상되어 친환경/고효율/안전에 관련된 기술의 개발이 필요함 □ 본 기술의 개발로 민간무인기제작, 운영분야의 활성화 및 운용인력, 고용창출, 유인기 분야의 관련산업 발전, 신개념 운송체계 구축을 통한 물류, 항공, 교통, 정보통신 산업에 광범위하게 적용되며 신규산업분야를 창출할 것으로 예상됨	
시사점	□ 미래 무인항공기 기술은 고효율/고성능/친환경 첨단항공기술의 발전뿐만 아니라, 정보통신 보안기술, 통신기술, 항행 및 제어 기술의 동반 발전이 가능하며, 국가경쟁력의 척도가 될 수 있는 기술로서 미래 산업 발전을 위한 핵심기술이며 국가적 투자와 개발노력이 절실한 분야임	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 이스라엘
	국내 기술수준	(70) %
	평가근거	-
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요조건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	5-5. 다목적 소형 드론의 지능형 자율비행제어 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 최근 정부에서 정보통신기술 기반 재해재난 대응체계 구축의 계획을 발표하면서 소형 드론의 공공분야에서의 도입 가능성이 매우 높아짐 □ 한편 이에 소요되는 지능형 자율비행제어기술과 관련하여 일부 실험적 수준의 학회 발표는 있기는 하나 괄목할만한 성공사례는 전무하며 연구개발의 필요성에 대비해 볼 때 규모면에서 매우 취약	
	(국외) □ 최근 항공선진국에서는 성숙단계로 접어든 기존 실기 규모의 무인항공기 개발로부터 향후 폭발적인 상업적 수요가 예상되는 소형 지능형 자율 드론에 대한 연구개발로 그 무게중심이 전환되고 있는 추세이며, 특히 기동성, 수직 이/착륙(VTOL) 기능에서 현저한 장점을 갖는 멀티로터형 드론 개발에 대한 연구를 가속화. 이에 소요되는 초소형, 고정밀, 지능형이 요구되는 항법 유도제어 핵심 기술을 중심으로 실용화 연구개발에 전력하고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 인간을 대신해 더럽고(Dirty), 위험하고(Dangerous), 힘든(Difficult) 3D 작업에 동원할 수 있기 때문에 세계적으로 소형 드론에 대한 민수(民需)가 급증 □ 재난재해 지역은 물론 방사능에 오염된 곳, 화생방 위험 지역 등에도 투입 가능하고 혹한이나 혹서 등 기후 조건이나 시간대의 영향을 받지 않아 전천후로 활용할 수 있다는 점이 장점 □ 지금도 기상 관측을 비롯해 농업·임업 분야, 해안 경비, 재난 구조, 교통상황 관리, 방송촬영 등에 활용 중이며, 그 용도는 더욱 늘어나고 있음 □ 인터넷이나 인공위성처럼 최초에 군사적 목적에 의해 개발했으나 민간 부문으로 확산되며 시장이 확대된 사례처럼 민간 영역에서도 유용하게 사용되면서 폭발적인 성장이 예상	
시사점	□ 인명 손실 가능성이 없고, 생산단가가 낮으며, 교육이 쉽고, 활용도가 높은 소형 드론은 우리의 생활과 밀접한 분야에서 미래의 산업분야로 자리를 잡아가고 있음 □ 이제 드론의 기술적 진화와 보급의 확대는 막을 수 없는 대세가 확실	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, EU
	국내 기술수준	(60)%
	평가근거	□ 지능형 자율비행제어의 핵심기술(자동조종장치 기술, 유도 기술, 항법 기술)의 취약
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	윤의성(한국과학기술연구원 책임연구원) / 분과장
	문명운(한국과학기술연구원 책임연구원)
	이낙규(한국생산기술연구원 박사)
	조용주(한국생산기술연구원 박사)

1. 개요

기술분야	6. 첨단 생산시스템 기술
------	----------------

- 첨단 생산시스템기술은 제조기술의 고도화 및 ICT와의 융합을 통하여, 공정시스템 성능을 극대화하고 생산성을 향상시키는 기술로 정의

〈 제조산업 생산성향상 기술 정의 및 목표 〉



- 제조시스템의 구축에 필수적인 기계기술은 메카트로닉스 시대 이후에 IT Machinery, 지능형로봇 시대를 거치면서 IT와의 융합이 가속화 중에 있으며, 네트워크화한 각종 기계·장비가 시스템 내부와 외부의 환경상태에 따라 변화하여 유연성, 안전성, 보수성에 우수한 자율적용 시스템 적용을 통해 첨단 생산시스템으로 기반을 갖추어 나가고 있음
- 지속적인 국내 제조 산업 발전을 위해서, 신속한 기술 추월을 통한 초일류 제품 생산을 위한 전략이 필요하며 소비자의 다양한 요구사항을 반영하는 산업의 메가트렌드 변화에 따라 다품종 소량생산의 개념을 3D프린팅 기술 접목을 통한 새로운 개념의 생산방식도 중요한 이슈로 부각
- 단순히 생산성 향상을 위한 도구로서의 인간이 아닌, 고급 기술력을 가진 제조혁신의 주체로서의 인간에 대한 재평가가 필요하며, 특히 개인특성 및 산업안전을 최우선 고려하는 생산 공정 운용이 필요하며 사용자 및 소비자의 필요에 따라 제품 개발 및 생산 관련 데이터, HW, SW를 관리하고 이들을 다차원적으로 활용하는 클라우드 기반의 엔지니어링 인프라 구축을 요구함

2. 선정 사유

핵심 융합기술명	선정사유
6-1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	□ 해외 주요국에서 3D프린팅 기술을 국가 제조업 혁신을 위한 핵심 기술로 간주하고 정부차원에서의 중장기적인 지원이 시도되고 있음 □ 국내 제조업 전반에 큰 파급효과가 기대되며 창의적 아이디어를 통한 신시장 창출 예상 □ 맞춤형 다품종 소량생산체제에 맞는 미래형 제조업 패러다임 변화 □ 창의적 아이디어 보유 벤처·중소·중견기업이 글로벌 전문기업으로 성장할 수 있는 생태계 마련 필요
6-2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	□ 최근 미국, 유럽, 일본 등 제조선진국에서는 FoF(Factory of the Future), 인더스트리 4.0, 스마트팩토리 등 제조혁신을 달성하기 위한 국가적인 프로그램을 추진하고 있음 □ 미래공장의 경우, 생산성 향상, 품질개선 등 기존 제조업의 목표를 포함하고 있으며, 인간중심, 환경, 에너지 등 미래의 삶을 고려하는 다양한 요구사항이 반영되고 있음 □ 미래공장을 구현하기 위한 IoTs, CPS, 클라우드 플랫폼, 빅데이터, 가상현실 등의 ICT와 센서, Embedded S/W, PLM, MES 등의 엔지니어링 기반기술이 중요한 산업으로 부각되고 있음 □ 미래공장을 구현하기 위한 기술의 성숙(미래공장 공급 산업)을 통하여 시장의 수요확대(미래공장 수요산업)를 이루는 생태계 조성 필요 □ 국내에서도 이에 대응하는 국가 주도 프로그램(제조혁신 3.0)을 준비하고 있음
6-3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	□ 국가 산업발전 핵심 원동력인 제조업 육성을 위해 생산시스템 첨단장비 및 공정의 운영성능 향상을 위해 임베디드 SW의 지능화 필요 □ 제조 현장의 원격 제어를 위한 제조 공정의 무인 자동화 및 로봇 관련 산업 기술은 필수적인 기반 기술임 □ 친환경 첨단제조가공시스템은 자동차, 조선, 반도체 및 디스플레이 산업 등 국가수출주력산업의 제조기술을 담당하는 핵심 기반산업임

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
6-1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	□ 디지털 디자인 데이터를 사용하여 레이어를 적층하는 방식으로(Additive Manufacturing) 3차원의 부품을 제조하는 프로세스를 기반으로 다품종 소량 생산에 적용하며 ICT융합을 통한 제조 서비스 구현	□ 대량생산에 편중되었던 제조업이 최근 맞춤형 소량생산과 단축된 납기를 요함에 따라 디지털 디자인 데이터에서 3차원 형상의 제품을 즉시 제조할 수 있는 3D 프린팅 생산기술 □ 제품의 복잡도 및 생산량과 관계없이 재료대비 생산비용이 일정하고, 제품대신 디지털 도면을 유통하여 원격제조가 가능함에 따라 차세대 맞춤형 제조기술
6-2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	□ 공장을 구성하고 있는 핵심요소인 수평적인 가치사슬기술(고객수요-제품 설계-공정설계-제품생산)과 수직적인 플랫폼 기술(센서-제어기술-MES-ERP)의 통합을 통하여 미래 공장을 위한 플랫폼 구현	□ 고객수요-제품설계-공정설계-제품생산의 가치사슬 각 단계를 지원하기 위한 통합 서비스/플랫폼 기술 □ 제조 데이터 획득을 위한 IoTs 기반 센싱기술, 산업용 PC기반 제어기술, 생산성 및 에너지 관리를 위한 MES 기술, 빅데이터 응용 기술 등 수직적인 통합 플랫폼 기술 □ 클라우드 기반 수직-수평 통합/서비스 플랫폼 기술
6-3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	□ 제조 현장의 모든 리소스들의 지능화 및 스마트화를 위한 자동화 관련 기술로서 생산품목의 변경, 기술개발 등으로 인해 생산시스템을 변경해야 할 경우, 변화된 환경에 손쉽게 적응 가능한 자동화 생산시스템 기술	□ 산업자동화용 임베디드 SW 기술: 제조현장의 모든 리소스 지능화 및 스마트화를 위한 자동화 SW 기술 □ 제조공정 무인화 및 로봇기술: 생산품목에 대한 유연한 대응을 위하여 첨단 공정의 무인화 및 로봇기술을 통해 제조현장의 원격제어 및 인간-로봇, 로봇-로봇 협업 플랫폼 통합 기술 □ 첨단 제조·가공 장비 기술: 자동차, 조선, 반도체 및 디스플레이 산업 등 우리나라 수출주력산업의 생산 장비를 공급하는 핵심 기반산업으로 전통 생산방식을 탈피한 첨단 High-End 가공 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
6-1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술	6-1-1. 디지털 제조 소프트웨어 개발기술	- 고정밀 3D 입체 스캐닝 기술 3D 모델 저작환경 구현 기술 - 저작환경과 연동 가능한 통합시뮬레이션 기술 개발
	6-1-2. 적층방식별 공정장비 시스템 개발기술	- 초고속 3D 프린터 기술 - 초정밀 3D 반도체 프린터 기술 - 대형/대면적 3D 프린터 기술 - 레이저 파워 정밀 제어 기술
	6-1-3. 3D 프린팅용 소재 개발기술	- 금속 분말 소재 기술 - 유무기 복합소재 기술 - 전자소자용 프린팅 소재 기술 - 생체 소자용 프린팅 소재 기술
	6-1-4. ICT융합 서비스 시스템 개발기술	- 인터넷과 SNS등을 통해 소셜 매뉴팩처링 서비스 기술 - 온라인에서 3D 데이터파일 마켓플레이스(marketplace, 시장) 구축기술
6-2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술	6-2-1. 제조 엔지니어링 클라우드 서비스플랫폼 개발 기술	- 제조 클라우드 인프라 기술 (가상화 등) - 제조 클라우드 서비스 기술 - 제조 클라우드 플랫폼 기술
	6-2-2. 증강제조 개발 기술	- 설비/공정 및 인적자원 고려 통합 시뮬레이션 기술 - 제품설계-공정설계 지원 증강제조 기술 - 증강제조 모니터링 기술 - 증강제조 H/W 및 가상현실 S/W 기술
	6-2-3. 제조 응용 빅데이터 적용 개발기술	- 제조지식 디지털화 및 데이터마트 구축 기술 - 제조 기반 빅데이터 분석 및 서비스 플랫폼 기술 - 산업별 응용 템플릿 구축 기술
	6-2-4. Shop Floor 데이터 획득용 Smart Controller 개발기술(IoTs 실현기반연구)	- 스마트 센서 기술 - 스마트 컨트롤러 기술 및 적용기술 - 미들웨어 플랫폼 기술 - MES/FEMS 등 공정관리 플랫폼 기술
6-3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술	6-3-1. 산업자동화용 임베디드 SW 기술개발	- 임베디드 운영체제 기술 - 임베디드 미들웨어 기술 - 임베디드 응용 SW 기술 - 임베디드 개발도구 기술 - FA 통합 플랫폼 기술
	6-3-2. 제조공정 무인화 및 로봇 기술 개발	- 원격제어 및 고장진단 기술 - 다중 정밀 매니플레이션 기술 - 인간-로봇, 로봇-로봇 협업 기술 - 로봇 플랫폼 및 시스템 통합기술 - 고령화 대비 적응형 자동화 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	6-3-3. 친환경 첨단 제조·가공 시스템 기술개발	□ ICT융합 가공시스템 기술 □ 고속/복합 및 대형가공시스템 기술 □ 초미세/하이브리드 가공시스템 기술 □ Eco-가공시스템 기술 □ 시스템 결함분석을 통한 고장예방 및 재설계 기술 □ 시스템 재사용 기술 및 비파괴 해체 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	6-1. 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 3D 프린팅 기술 활용 수요는 증가하고 있으나 제품 개발은 미약하며, 특허 연구는 거의 전무한 상황임 □ 산업용 3D 프린터는 시제품의 개발주기 단축, 맞춤형 의료기기, 수술연습용 도구 제작에 활용이 시작됨 □ 실제 산업용 3D 프린터를 개발·판매하는 기업은 캐리마, 인스텍 등에 불과함 □ 캐리마는 광조형 기술의 원천특허를 보유, 30여년간 쾌속조형 기법을 개발함 □ 인스텍은 고출력 레이저빔을 이용하여 금속분말을 적층하는 DMT(Laser-aided Direct Metal Tooling) 원천기술을 독자적으로 개발함 □ 포항공대와 한국기계연구원에서는 3D 바이오 프린터를 이용하여, 생체 조직 재생을 위한 쾌속조형 기반 3차원 세포 프린팅 기술 개발 연구를 수행하고 있음
	(국외) □ 현재 3D 프린팅 산업 및 기술은 미국이 선도적이나, 유럽과 아시아의 추격이 잇따르고 있으며, 최근 20년간 국가별 특허는 미국(33%), 유럽(18%), 중국(11%) 순 □ 3D 프린팅을 이용하여, 100시간 가까이 걸리던 삼성둥이 분리수술을 22시간으로 단축하는데 성공함('02, 미국 캘리포니아주립대 의대) □ 3D 프린터를 이용해 모래알 크기의 리튬이온 배터리를 제작함('13.6, 미국 하버드대) □ 3D 프린터로 제작한 알루미늄소재 무인비행기 Salsa(날개 1.5m, 최고시속 160km)의 시험비행을 성공함 (11.7, 영국 사우스햄턴대)
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 케익이나 떡을 만드는 것에서부터 달표면에 집짓는 프로젝트 그리고 사람의 팔에 직접 문신을 그리기까지 최근, 3D 프린터의 활용 가능성에 국내외적으로 많은 사람들이 큰 관심을 보이고 있음 □ 얼마 전까지만 해도 주로 시제품 제작에 응용되던 것이 보석류, 완구류, 패션 및 엔터테인먼트 산업과 기술적 난이도가 높은 자동차, 항공/우주, 방위산업, 및 의료기 등 다양한 산업 분야에서 제품 개발에 활용되고 있음 □ 3D 프린팅 기반 스마트 제조 기술은 제품 설계, 제작 및 성능평가를 위한 공통규격으로 활용이 가능하며, 프린팅 Low-level H/W 제어기술과 OS를 적용한 최종 3D Printer 제품은 해당기술의 이전을 통한 사업화로 이익창출이 가능함

	□ 3D 프린팅의 비약적 발전을 가져오고 있는 오픈 소스나 인터넷을 통한 온라인 마켓플레이스의 발전과 함께 프로젝트 아라와 같은 사용자 중심의 제조 환경은 앞으로의 제조 산업 전반에 걸쳐 큰 변화를 가져올 것으로 기대됨 □ 3D 프린팅은 단순한 제조 공정 이상으로 발전하고 있으며, 특히 사물인터넷이나 빅데이터 등의 ICT 기술과의 시너지가 일어나고 있으며 여기에 개인화 및 맞춤형 소비 패턴을 충족시킬 수 있는 최적의 수단으로 인식되고 있음																
시사점	□ 3D 프린팅 기술은 공급자가 제품의 사양을 결정하고 생산하여 시장에 공급하는 현재의 산업 구조에서 수요자가 구매할 제품의 사양을 결정하고 맞춤형으로 생산하는 산업 구조로 변화하는 생산기술의 메가트렌드를 선도할 기술임 □ 미국, 유럽, 일본 및 중국 등 주요 국가에서는 3D 프린팅 기반 스마트 제조 시장 및 기술을 선점하기 위해 관련 법령의 정비 및 전폭적인 산학연계 연구를 진행하고 있음 □ 소셜 매뉴팩처링을 위한 제조 기술로써 창의적인 아이디어를 구현하기 위해서는 3D 프린팅 기술의 혁신적인 발전이 선행되어야 할 것임. 다양한 질감을 가지는 소재, 빠른 적층 속도 뿐 아니라 크기의 한계가 많이 극복되어야 함 □ 기존의 제조업의 확장이 아닌 SNS와 예술 등과 융합하여 신시장을 창출하기 위해서는 무엇보다도 3D 프린터가 단순한 제조를 위한 장비 개념을 넘어서야 하며 디자인 저작 툴과 네트워크와의 연계를 위한 소프트웨어에 대한 기술적 요구에 대응할 수 있어야 할 것임																
기술수준조사	<table><tr><td>최고기술헌준 보유 국가</td><td>미국, 독일, 이스라엘, 일본</td></tr><tr><td>국내 기술수준</td><td>(75)%</td></tr><tr><td>평가근거</td><td>□ 프린터 제작 지적 재산권의 수 및 ICT 결합 수준, 그리고 프린팅을 위한 소재 개발 수준을 고려시 해당 기술 수준은 75% 정도임</td></tr><tr><td rowspan="4">우리나라가 해당 최고기술헌을 확보·추격을위한 필수요건</td><td><table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>■ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>■ ③ 국제협력 활성화</td><td>□ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>■ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table></td></tr></table>	최고기술헌준 보유 국가	미국, 독일, 이스라엘, 일본	국내 기술수준	(75)%	평가근거	□ 프린터 제작 지적 재산권의 수 및 ICT 결합 수준, 그리고 프린팅을 위한 소재 개발 수준을 고려시 해당 기술 수준은 75% 정도임	우리나라가 해당 최고기술헌을 확보·추격을위한 필수요건	<table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>■ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>■ ③ 국제협력 활성화</td><td>□ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>■ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table>	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대	■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치	■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()
	최고기술헌준 보유 국가	미국, 독일, 이스라엘, 일본															
	국내 기술수준	(75)%															
	평가근거	□ 프린터 제작 지적 재산권의 수 및 ICT 결합 수준, 그리고 프린팅을 위한 소재 개발 수준을 고려시 해당 기술 수준은 75% 정도임															
우리나라가 해당 최고기술헌을 확보·추격을위한 필수요건	<table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>■ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>■ ③ 국제협력 활성화</td><td>□ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>■ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table>	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대	■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치	■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()								
	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)															
	□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대															
	■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치															
■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()																

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	6-2. 클라우드 기반 미래 공장 구현 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 국내 스마트팩토리 분야는 중저가 장비 위주의 개발로 지능형 생산장비 및 패키지 시스템 기술이 부족하여 해외 의존도가 매우 높고, 요소 부품업체와 시스템 업체 간의 협력체계가 미비함 □ 컨트롤러, 서보모터/드라이브 등 핵심부품, High-End의 장비, 유연생산을 위한 운송솔루션 등 스마트공장 핵심요소의 대부분은 독일, 일본 등 선진업체에서 도입함 □ 특히, 자동차, 반도체 등 대규모 제조라인 구축은 대부분 턴키방식으로 이루어지는데 국내 스마트공장 공급산업으로 대응이 되지 않아 해외 선진업체로부터 패키지 형태로 수입함 □ 국내 스마트공장 공급산업의 높은 해외 의존도로는 수직계열화 되어있는 스마트공장 산업 분야의 가치사슬을 약화시키고 결국 제조업의 경쟁력 약화로 귀결
	(국외) □ 제조회강 디지털화글로벌화에 따라 네트워크 기술을 이용한 분산형 생산시스템으로 다양한 제품요구 대응 및 고 능률화 요구에 대응 □ 다품종 대응을 위해 신속한 시스템 셋업이 가능한 수요 맞춤형 스마트공장의 공급 경쟁 가속화되고 있음 □ 주요 수요 제조업의 생산성 배가 및 다양한 제품생산을 위한 유연성 요구 증대로 스마트공장 분야 선진기업은 초고속화, 다기능·복합화, 초정밀화, 고유연·지능화의 글로벌 트렌드를 창출하고 있음 □ 국가차원의 장기적인 정책을 수립하고 스마트공장 산업에 집중적인 투자 가 이루어지고 있음 □ 제조산업의 경쟁력이 국가경제의 핵심으로 인식하고 제조분야의 비전 제시 및 체계적인 R&D 지원 추진 중 □ 특히, 중소기업 육성·지원 및 가치사슬 강화를 통한 고용창출 전략을 수립하여 자국 제조산업의 지배력 확대에 연계되고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 스마트공장 공급산업과 스마트공장 수요산업의 동반 성장을 통한 국가경쟁력 확보 □ 스마트공장을 구축하기 위한 산업인 공급산업으로는 PLM, PDM, MES, CAD, IoTs, CPS, 가상현실 등의 소프트웨어 산업과 센서, 컨트롤러, 네트워크, 디바이스 등의 기반 공장자동화 산업영역인 H/W 산업의 육성이 가능함 □ 스마트공장 관련 기술을 적용하기 위한 수요산업으로는 플랜트, 발전, 식품/제약 등 프로세스 산업과 자동차, 항공, 기계, 부품 등 이산공정 산업 등 전 산업에 적용이 가능함 □ 스마트공장 공급산업과 수요산업의 육성을 통하여 향후 부가가치가 높은 엔지니어링 산업의 점유율 확대가 예상되며, 국내에 기 확보되어 있는 제조기술을 포함한 플랜트 수출이 가능할 것으로 판단됨
시사점	□ 국내 제조산업의 경우, 제품기술(자동차, 휴대폰, 조선, 플랜트 등) 위주로 정부 정책이 발굴되고 있으며, 엔지니어링 산업의 경우, 무형적인 산업으로 정부 투자 및 중요도가 상당히 떨어지고 있음 □ 엔지니어링 산업의 경우, 모든 공학기술의 융합을 통해 구현이 가능한 산업으로 글로벌 선진기업의 Follow-up이 쉽지는 않으나, 부가가치 창출 측면에서는 해당 산업의 육성이 절실히 요구되고 있음 - 글로벌 기업: 지멘스, 다쏘, Rockwell, ABB, GE, 미쓰비씨 등 유럽, 미국, 일본 기업이 대부분 점유하고 있음

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, EU(독일), 일본	
	국내 기술수준	40% (30 (소프트웨어)/ 50(하드웨어))%	
	평가근거	□ 엔지니어링 소프트웨어 기술의 경우, 독일, 프랑스 대비 30%에 해당되며, 센서, PLC, 로봇 등의 하드웨어 기술의 경우, 요소기술은 확보되어 있으나 통합 및 서비스 기술이 선진 제조국가 대비 50%에 해당	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	6-3. 신공정 융합 친환경 생산 공정 시스템 기술
	(국내) □ 국산 임베디드 SW 플랫폼은 외산 솔루션이 주도하고있어 제품의 가격 경쟁력 및 기술주도를 위한 핵심기술 격차 존재 □ 국가 주력산업인 IT제조업, LED/태양광 등 녹색기술산업, 자동차 조선 등 전통제조산업의 기반이 되는 제조로봇 및 응용시스템 기술개발이 진행 □ 첨단 제조·가공 시스템 기술 분야에서는 고속·고정밀화, 다기능·복합화, 유연화·지능화, 소형화(콤팩트화) 등 고부가가치 핵심 기반기술 분야에서 선진국과의 기술격차 확대되고 있음. 국내 기업의 공정 및 시스템 설계, 제어 능력은 어느정도 향상되었으나, 고부가가치 시스템의 핵심 요소부품 및 모듈의 수입의존도는 개선되지 못하고 있음
국내외 기술동향	(국외) □ 세계적으로 임베디드 SW 플랫폼의 중요성이 강조되고 있으며, 다양한 산업 제품군 고도화 및 고부가가치 서비스 제공을 위한 공동기반 플랫폼을 개발하여 활용하고 있음 □ 생산로봇이 인간과 공존하면서 인간의 부족한 역량을 보완해주기 위한 지능화 기술이 연구되고 있으며 생산시스템 운영에 있어 인간의 간섭을 최소화 할 수 있는 수준의 로봇 시스템 개발의 연구가 진행되고 있음 □ 첨단 제조·가공 시스템 기술분야에서는 독일을 중심으로 한 유럽 및 일본의 선진기업들을 중심으로 ICT 융합 및 다공정 융복합 가공 시스템 등이 개발·소개되고 있으며, 난삭재 가공 및 초미세/하이브리드 시스템 부분도 핵심 원천기술을 바탕으로 유럽 및 선진사가 주도 □ 또한, 최근 항공 및 에너지 등의 대형 제조/가공 사업에 있어, 중국의 시장확대와 더불어 기술의 개발이 활발히 진행되고 있으며, 일부 분야에서는 세계 최고 수준에 접근
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 국내 임베디드 SW 시장규모는 약 10조 4천억의 시장 형성, 산업별로는 정보가전, 통신장비, 차량전장, 산업자동화 분야에 적용되고 있으며 임베디드 SW 핵심기술은 비 IT 전통산업의 경쟁력 강화에 결정적 역할을 할것이며 IT 산업 생산성 강화가 기대 □ 국가 신성장동력산업에서 요구하는 핵심제조장비 국산화개발에 기여함으로써 제조경쟁력 유지에 절대적으로 기여할것으로 기대되며 연간 1조원 규모의 제조로봇 신규시장 창출이 기대 □ 지능형가공시스템, 초정밀 미세가공 시스템, 신기술융합공정시스템의 고도화를 통해 자동차, 조선, 항공, 반도체 등 주력산업의 부품생산의 고품질화를 도모하며 신성장 산업에서 요구되는 미세화, 초박형화 제품 응용이 가능
시사점	□ 군사, 항공, 자동차, 조선 등 산업분야에 임베디드 SW 융합을 통한 전통산업의 기술경쟁력을 한단계 상승 시킬 수 있음 □ 중소기업 제조환경에 첨단제조로봇을 적용하여 작업환경개선, 산업폐기물 배출 및 에너지 소모량을 저감함으로써 저탄소 녹색성장에 기여 □ 미래 수요견인 산업인 자동차·항공분야의 친환경 대응 및 연비 저감 관점으로, 고경도 난삭재 가공, 초대형 엔진, 풍력부품 등에 대응한 시스템 공급초점으로 빠르게 이관될 것이며, 이에 대응한 공정·장비 기술이 도입기에서 시장 활성화 단계로 발전할 전망

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	일본, 미국, 유럽	
	국내 기술수준	(70)%	
	평가근거	□ 국외 최고수준의 장비 Spec 및 정밀도로 보았을 때, 국내 기업의 해당 기술수준이 70%에 해당	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	이영진(한국세리믹기술원 책임연구원) / 분과장
	강종윤(한국과학기술연구원 책임연구원)
	김창교(순천향대학교 교수)

1. 개요

기술분야	7. 차세대 다기능 소재 기술
------	------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
7-1. 플렉서블 IT 소재기술	□ 휴대폰 및 태블릿 PC로 대표되는 모바일 IT 기기는 정보화 사회로 급속하게 진입하면서 기존의 휴대에서 착용하는 웨어러블 IT 기기 분야로까지 발전하고 있음. 웨어러블 IT 기기는 접거나(foldable), 신축(stretchable)이 가능한 유연 디스플레이 소재기술, 유연 스마트 센서 소재기술을 결합하는 융합소재기술로써 웨어러블 PC, 웨어러블 휴대폰 등의 IT 기기와 스마트 센서를 융합하여 로봇, 의료, 환경, 자동차 등의 다양한 분야에서 응용범위가 넓음

핵심 융합기술명	선정사유
7-2. 에너지 고효율 소재기술	□ 에너지 하베스팅 기술은 휴대용 전자기기의 새로운 개념 전원 기술로서 USN, 바이오전자, 웨어러블 전자기기, 스마트 의류, U-헬스, 국방 산업 등 다양한 분야에서 현재 배터리 사용 시간 및 크기의 문제를 해결하여 응용 분야의 확대 및 IT 기기의 박형화, 스마트기기의 UX 기능 확대를 촉진시킬 것으로 예상
7-3. 인체 동기형 생체 소재	□ 고령인구의 증가 및 서구화된 식단 등으로 암, 심혈관계 질환과 같은 대표적인 성인병뿐만 아니라 뼈 기능 장애에 따른 많은 노인성질환이 증가할 것으로 예상되고 인적·물적 교류 증가에 따른 조류독감, 구제역, 수인성질환 등 감염성 질환이 세계적으로 증가하고 있는 추세임. 질 높은 삶을 추구하는 시대적 조류에 따라 환자 개개인별 손상 및 질병에 적합한 구조와 기능을 갖춘 생체 소재의 개발과 빠른 조직 재생을 위한 임플란트 기술에 대한 요구가 급증하고 있으며, 또한 신속, 정확한 질병 진단이 가능한 지능형 생체소재 통합 시스템의 개발이 절실히 요구

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
7-1. 플렉서블 IT 소재기술	□ 경박단소 및 유연하여 휴대가 가능한 다양한 기능을 가진 소자들을 융합하여 내장하는 플렉서블 웨어러블 IT 기기의 핵심소재 기술로써 미래 유망성이 매우 높음	□ 종이처럼 얇고 유연하나 기판을 활용하여 손상없이 휘거나 구부릴 수 있는 디스플레이/센서 등을 구현할 수 있는 소재/공정/설계/패키징/장비 기술
7-2. 에너지 고효율 소재기술	□ 사람의 움직임, 진동, 열, 전자파 등 버려지는 에너지를 활용하여 전기 에너지를 생성해 낼 수 있는 친환경 에너지 소자로서 열전 발전 소자, 압전 발전 소자 등이 있으며 최근 나노 기술을 활용하여 보다 높은 특성의 열전, 압전 발전 소자의 개발이 이루어지고 있음. 기존 배터리의 한계를 극복할 수 있는 새로운 전원 기술로 부각되고 있음	□ 에너지 하베스팅 기술은 주위에 버려지는 에너지 진동, 열, 빛, 바람, 조력, 전자파 등을 전기 에너지로 변환하는 기술 전부를 포함하나 일반적으로 태양 전지, 풍력 발전, 조력 발전 등은 신재생 에너지로 분류되며, 유연 에너지 하베스팅 기술은 복합 소재 및 나노 기술을 활용하여 진동, 열 등의 에너지를 전기 에너지로 변환하는 유연 압전, 열전 에너지 하베스팅 기술 및 이에 의해 생산된 전력을 저장하는 유연 에너지 저장 소자 기술을 포함
7-3. 인체 동기형 생체 소재	□ 인체 동기형 생체 소재는 생체친화성과 고기능성을 포함한 지능형 소재로서 고령화사회 진입에 따른 삶의 질 및 건강에 대한 관심 증대와 함께 미래 LOHAS 생활을 가능하게 하는 소재로 정의될 수 있음	□ 인체 동기형 생체 소재는 체내 적용을 위한 약물전달체, 조영제, 기능성 임플란트 소재와 체외에서 감염성질환 및 성인병을 진단할 수 있는 진단소재로 구분

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
7-1. 플렉서블 IT 소재기술	7-1-1. 유연 디스플레이 기술	□ 유연 디스플레이 용 용액공정 소자 구현 기술 □ 유/무기 합성 및 양자점 기술 □ 유연 디스플레이 소재 기술 □ 유연 공정 장비 기술
	7-1-2. 유연 스마트 센서 기술	□ 유연 오감(촉각, 시각, 청각, 미각, 후각) 센서용 소재 기술 □ 오감 센서를 IT 기기에 융합한 스마트 IT 소재/시스템 기술 □ 유연 환경 센서 소재기술 □ 유연 바이오센서(생체신호, 질병진단) 소재기술
	7-1-3. 유연 투명전극 기술	□ 그래핀 투명전극 소재 기술 □ 탄소나노튜브 투명전극 소재 기술 □ 금속 나노와이어 투명전극 소재 기술 □ 전도성 고분자 투명전극 소재 기술 □ 유연 금속 메쉬 기술 □ 스트레처블(Stretchable) 전자 소재 기술
7-2. 에너지 고효율 소재기술	7-2-1. 유연 에너지 변환 소재	□ 폴리머 에너지 변환 (열전, 압전) 기능성 소재 기술 □ 산화물-폴리머 에너지 변환 (열전, 압전) 기능성 컴포지트 소재 기술 □ 그래핀 전극 기술 □ CNT 전극 기술 □ 금속 나노와이어 컴포지트 전극 기술
	7-2-2. 유연 에너지 저장 소재	□ 산화물-폴리머 컴포지트 양극 소재 □ CNT 기반 음극 소재 □ 폴리머 컴포지트 음극 소재 □ 폴리머 전해질 □ 유연 전도체 소재
	7-2-3. 에너지 하베스팅 섬유 소재	□ 기능성 섬유 방사 공정 기술 □ 기능성 섬유 코팅 기술 □ 다중 소재 섬유 공정 기술 □ 직조, 편조 등 직물화 기술
7-3. 인체 동기형 생체 소재	7-3-1. 인체 친화형 조직재생 소재	□ 생체친화도를 높이기 위한 생체활성 복합 코팅 기술 □ 빠른 조직재생이 가능한 자가치료형 임플란트 소재 기술 □ 감염 억제를 위한 항균성 소재 개발 기술
	7-3-2. U-Health를 위한 스마트진단용 소재	□ 감염성질환 및 병원균 초고속 진단용 자성입자 개발 기술 □ 심근경색 및 각종 암 표지자 신속정확 진단용 고감도 나노 복합소재 기술 □ 질병 조기진단용 분자진단 소재 기술
	7-3-3. 테라그노시스용 나노메디컬 소재	□ 당뇨 테라그노시스용 지능형 세라믹 통합시스템 개발 기술 □ 인체 이식 가능한 융합형 생체연료전지 개발 기술 □ 질병의 진단과 치료가 동시에 가능한 다기능성 나노조영제 개발 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	7-1. 플렉서블 IT 소재기술
국내외 기술동향	(국내) □ 플렉서블 디스플레이 분야의 국가 R&D는 2002년부터 지원되기 시작하였으며 2013년 이동통신 발전정책에서 지속적으로 지원 중 □ 플렉서블 디스플레이의 핵심재료인 유기소재, 무기소재 및 공정장비에 대한 독자적 원천기술 연구와 IP 확보가 미흡한 상황임 □ 플렉서블 디스플레이 소재 및 장비의 국산화율이 매우 낮으며 본격적인 시장이 형성되지 않은 상태로 원천 소재, 공정, 장비기술 등의 경쟁력 강화에 집중할 필요가 있음 □ 국내 센서 기술도 매우 낮은 실정이고 수요가 급증하고 있는 유연 스마트 센서의 기술 수준은 더욱더 낮은 실정임. 특히, 스마트 센서의 가장 중요한 분야인 소자·신호처리부(아날로그 방식)에 대한 기술은 더 낮은 실정임 □ 지식경제부는 2012년 “센서산업 발전전략” 발표 – 7개 핵심소재(자기센서, 압력센서, 관성센서, 영상센서, 레이더센서, 화학 및 광학센서)와 2개 기반 기술 지원 – 또한 7대 산업 분야 (자동차, 모바일, 로봇, 보안, 바이오·의료, 환경, USN)에 필요한 미래 유망 센서를 60개 선정·지원 □ 전도성고분자나 탄소나노섬유 등의 전도성 나노입자를 포함하고 있는 투명전극소재의 경우 플라스틱 기판과의 접착력과 열팽창이나 변형에 대한 전도도의 안정성이 우수하여 많은 연구가 이루어지고 있음 □ 탄소나노튜브, 그래핀, 은 나노와이어 등의 재료를 이용하여 잉크를 제조하고 이를 코팅하는 기술을 개발하고 있으며 ITO를 대체할 투명전도성 필름/터치패널 제조 기술을 개발하고 있음
	(국외) □ 미국, 일본, 유럽 등의 선진국을 중심으로 AMOLED, 양자점 소재, 플렉서블 디스플레이 등의 미래 시장 선점 및 차세대 기술 확보를 위한 경쟁이 치열함 □ 센서기술은 미국, 독일 등 일부 선진국을 중심으로 디지털 센서 단계를 지나 스마트 센서에 대한 연구가 활발하게 진행 – 집적센서의 양산('90년대 중반) 이후 반도체 및 MEMS 등의 제조기술이 접목되면서 본격적으로 첨단센서 개발이 활발하게 진행 □ (미국) 국방부를 중심으로 FDC(Flexible Display Center)를 아리조나 주립대 연구단지 내에 설립. 2004년부터 5년간 4370만 달러를 지원하였으며, 추가로 5000만 달러를 투자 □ (일본) 차세대 연구개발을 위해 정부 차원의 R&D 지원과 관리가 이루어지는 NEDO(New Energy And Industrial Technology Development Organization)를 구축하여 플렉서블 디스플레이 R&D 프로젝트 운영 □ (일본) 도쿄대 Someya 그룹을 중심으로 인쇄 유기 트랜지스터 등을 이용한 센서, 액추에이터 등을 개발하고 있으며, 이와 관련된 신축성 매트릭스 소재, 전도성 소재 등을 개발하고 있음. NEDO 및 JST/CREST, KAKENHI 등에서 투자하였으며, 대일본인쇄, RIKEN, AIST 외 5~6개 기업이 참여중이고 토요타에서는 얼굴 표정 인식 센서 개발 □ (유럽) FlexDis 프로젝트를 통해 캠브리지 대학, 독일의 슈트가르트 대학, 노키아 연구소, 필립스 연구센터, 프랑스의 톰슨 및 STMicroelectronics 등에서 플렉서블 디스플레이 기술 개발

	□ (유럽) STELLA, SHIFT 프로젝트를 통해 헬스케어, 웰니스, 기능성 섬유에 응용을 위한 대면적 스트레처블 일렉트로닉스 및 관련 소재 패키징 기술을 개발 중. 스트레처블 전도체를 가진 기판 소재를 기반으로 전자부품, 센서, 액추에이터, 디스플레이, 스위치 등을 집적하는 기술개발도 진행 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 적용산업 : 디스플레이 산업, 센서 산업, 자동차 산업, 웨어러블 컴퓨터 산업, IT 모바일기기 산업, 로봇산업, 헬스케어, 환경 산업 □ 유연 디스플레이 부품 – 휴대형 : 휴대폰에 플렉서블 디스플레이를 채용하여 신개념 휴대폰 개발 □ Mobile phone, e-Book, e-Newspaper, Wearable Display – 고정형 : 기존의 디스플레이 평면·사각 형태에서 탈피하여 공간을 효율적으로 활용 가능 □ TV, Living Display, Automobile Display – 대면적 광고형 : Roll-to-Roll 생산이 가능하며 광고용, 정보전달용 디스플레이로 응용 □ Signature & Public, Transportation Information □ 유연 스마트 센서 부품 : 유연한 기판에 제작되어서 물리, 화학, 바이오 센서로 인체 및 로봇 등에 적용 – 물리센서: 압력, 온도, UV, IR 등을 측정하기 위한 센서 – 화학센서: 대기 오염, 실내 공기 및 수질 검사 등을 위한 센서 – 바이오센서: 신체 상태 및 건강 상태를 측정하기 위한 센서 □ 빅데이터 활용 스마트 센서 – 건물의 내강도 진단, 농기계 및 건설기계 모니터링(Yanmar), 인간 수면상태 모니터링, 음성인식(Google), 환경 진단 등	
시사점	□ 융합 웨어러블 제품에 특화된 유연 디스플레이 기술 및 유연 스마트 센서기술은 다품종 소량 생산에 적합할 수 있도록 기술적 장벽과 투자 장벽을 제거하는 선행 연구와 정책이 요구 □ 유연 디스플레이 및 유연 스마트 센서, 유연 투명전극 기술을 확보하기 위해서는 기초 분야에 대한 꾸준한 지원과 파급효과가 큰 기술에 대한 선별 지원을 통해 압축 성장이 필요 □ 또한, 개별 산업의 트렌드를 파악한 후 핵심부품으로 부상할 기술을 선제 개발해 시장 선점이 필요 □ 유연 디스플레이 기술, 유연 스마트 센서 기술 등의 기술을 인공지능, 빅데이터 등과 접목해서 새로운 활용분야를 발굴하고 인간과 기계 간의 소통방식에 대한 새로운 관점의 연구·개발 추진이 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 영국, 독일
	국내 기술수준	(85)%
	평가근거	□ 디스플레이 분야 – 유리 기판 제조공정 기술은 세계 최고 수준이나 소재, 장비, 유연 기판 공정기술 등의 원천기술이 미흡하여 세계최고기술수준 보유 국가 대비 90%로 평가

		□ 지식경제부는 2012년 12월 “센서산업발전전략”에서 국내 센서 기술을 최고기술수준 보유 국가 대비 65%로 평가 □ 유연 투명전극 분야는 최고기술수준 보유 국가 대비 90%로 평가 □ 유연 디스플레이 기술, 유연 스마트 센서 기술, 유연 투명전극 기술을 종합하면 최고기술수준 보유국가 대비 85%로 평가함							
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	<table><tr><td>■ ① 해당기술 전문인력 양성</td><td>□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)</td></tr><tr><td>■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공</td><td>■ ⑥ 기초원천 연구 확대</td></tr><tr><td>□ ③ 국제협력 활성화</td><td>■ ⑦ 민간투자 유치</td></tr><tr><td>□ ④ 산학연 협력</td><td>□ ⑧ 기타()</td></tr></table>	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대	□ ③ 국제협력 활성화	■ ⑦ 민간투자 유치	□ ④ 산학연 협력
■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)								
■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대								
□ ③ 국제협력 활성화	■ ⑦ 민간투자 유치								
□ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()								

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	7-2. 에너지 고효율 소재기술
국내외 기술동향	(국내) □ 다양한 전방 산업의 에너지 하베스팅 기술 수요에 비해 에너지 하베스팅 제품 출시가 늦어지고 있어 더욱 활발한 기술 개발이 중소기업 위주로 이루어져야 할 것으로 전망 □ 지난 10년간 운동, 진동, 유체 흐름 등의 에너지원을 이용한 에너지 수확 장치 개발에 많은 연구가 이루어져왔음. 국내에서는 한국기계연구원, 한국과학기술연구원, 서강대, 경북대 등 출연연 및 대학을 중심으로 이분야에서 연구가 이루어지고 있으며 주로 에너지 변환 압전 소재 및 소자 개발이 활발히 이루어짐 □ 하지만 아직 실용성, 경제성, 타당성에 많은 취약점을 안고 있음. 진동 에너지 하베스팅에 대한 구체적 응용 대상 선정이 미흡한 단계임. 여전히 많은 적용 기술이 경쟁하고 있는 단계임. 특히 유연 압전 하베스팅 기술에 대한 관심도는 급증하고 있으나 아직 초기 개발 단계임. 최근 마찰 전기를 이용한 발전 기술이 개발되어 많은 관심을 가지고 있음 □ 열전발전에 대한 국내의 연구는 아직 선진국 수준에 도달하지 못함. 열전발전에 대한 국내 연구는 1990년대 초 한국과학기술연구원(KIST)에서 시작하였으나 열전발전 시스템에 대한 본격적인 연구는 1996년도부터 전기연구소를 주축으로 시작되었으며 Bi/Te, Pb/Te계 열전변환 재료, 열전발전 모듈, 보일러 폐열을 열원으로 이용한 1kW급 열전발전 시스템을 개발 □ 개발된 열전발전 시스템의 효율은 1~3%정도로써 아직까지는 미흡한 상태. 또한, 현재 국내에서 열전발전에 대한 연구를 수행하고 있는 곳은 한국전기연구원(KERI)를 비롯하여 한국과학기술연구원(KIST), 한국에너지기술연구소(KAERI), 포항산업과학기술연구원(RIST) 등의 연구기관과 홍익대학교, 서울대학교, 충남대학교, 인천대학교, 인하대학교, 아주대학교, 울산대학교 등이 있으며 열전재료와 관련 기업으로는 써모텍, 제펠 등이 있음 □ 제조기술에서 module이나 시스템을 제작하는 기술은 선진국에 비해 다소 뒤떨어져 있다. 현재 대기업의 경우 선행연구 수준에 머무르는 현실이다. 유연 열전 하베스팅 기술은 매우 초기 개발 단계에 머물고 있음 □ 유연전자기술은 아직 국외 수준에 못미치고 있으나 세계 1위의 반도체, LCD 생산 등을 기반으로 박막 공정에 관한 경험과 노하우가 풍부하여 신속하게 공정 개발을 할 수 있는 강점을 가지고 있으며, 전통적으로 강한 진공기술을 바탕으로 본격적인 연구 개발이 이루어질 경우 수년 내에 기술 격차를 극복할 것으로 사료 □ 웨어러블 기술의 필요성에 따라, GS칼텍스, 현대중공업, 삼성전자 등에서 관련 기술 개발에 박차를 가하고 있으면, 연구실 수준을 넘어 양산 체계로 진입단계에 있음 □ 에너지 하베스팅 섬유 기술은 아직 초기 연구 단계인 슈퍼커패시터 섬유 제조 기술을 제외한 압전 하베스팅 섬유, 열전 하베스팅 섬유, 이차전지 섬유 등에 관한 기술에 대한 연구 결과는 거의 전무한 실정임. 최근 관련 기술에 대한 관심이 급증 (국외) □ 해외 선진 업체의 경우, 최근 열전, 압전 에너지 하베스팅 제품을 속속 출시하고 있는 반면, 국내 업체의 경우 상용화 제품이 아직 이루어지지 못하는 실정 □ 자동차의 진동 및 엔진열, 공장, 발전소 등의 폐열, 건축물, 도로 등의 진동을 활용한 에너지 하베스팅 기술 등이 선진 기술 업체 중심으로 개발 □ Texas Instrument는 에너지 하베스팅 컨버터를 출시하였는데, 이는 USN, 모니터링 시스템, 모바일 악세사리 등과 같은 애플리케이션의 무배터리 전원을 가능케하는 것으로 에너지 하베스팅에 필수적으로 필요한 후방 회로 기술

	□ 인간의 운동에너지를 이용한 에너지 수확 장치 장치, 건물 자동화를 위한 무선 센서 구동에 활용하는 에너지 수확 장치, 유체흐름을 이용한 전력 생산 등이 개발 □ 미국 Georgia Tech, Zhong Lin Wang 교수를 중심으로 다양한 나노 압전 하베스팅, 마찰 발전에 대한 다양한 연구 결과가 속속 발표 □ 현재 연구되는 열전나노 박막 기술에는 quantum well, quantum dot, nano wire 등이 존재함. 한편 이러한 신소재의 연구뿐 아니라 기존의 소재들도 조성이 다른 2종 또는 수종의 열전소재를 연속적으로 접합하는 경사기능화 기술등을 적용함으로써, 그 성능을 크게 향상시키고 있음. 이러한 다양한 열전반도체 신소재 기술의 발달로 최근 외국의 열전 반도체의 효율이 거의 태양전지 효율에 육박해 가고 있어, 열전기술의 대량 상업화가 가시권에 들어오고 있음 □ 그러나 유연 열전 하베스팅에 관한 기술 개발은 아직 초기 단계 □ 최근 세계 최고 수준인 미국의 박막전지 회사들이 본격적으로 설비투자에 집중하고 있음. Biophan, Cymbet, Enable, IPC, Excellatron, Front Edge Technology, Infinite Power Solution, ITN, NanoEner, NEC, Oak Ridge Micro Energy, Planar Energy Devices, Solicore and Ultralife 등의 회사들이 세계 각국에서 전고상 박막전지에 대한 연구가 진행 중이며, 미국 정부 과제를 통해 Army, Navy, DARPA, Enable IPC 등과 함께 공동 연구를 수행 중 □ 유연 박막 전지에 관한 기술은 최근 매우 활발히 연구 결과가 발표되고 있으나 아직 상용화에는 크게 못미치고 있는 실정 □ 섬유기반 에너지 하베스팅에 관한 기술은 국내 기술 수준과 마찬가지로 섬유 슈퍼커패시터를 제외하곤 초기 연구 단계
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 모바일 기기 및 웨어러블 기기용 주 또는 보조 전원 □ 바이오 센서 및 반영구적 인공장기의 전원 장치 □ 자동차 및 전기 자동차의 보조 전원 □ 센서 네트워크 반영구적 독립 전원 □ 에너지 의류, 플렉서블 전원
시사점	□ 모바일 및 웨어러블 기기의 출현에 따라 현재 배터리 기술의 사용 시간, 크기 등의 한계를 극복할 수 있는 새로운 전원 기술의 필요성 증대. 주위의 버려지는 진동, 움직임, 열 등으로부터 에너지를 수확하여 전기에너지로 변환하고 이를 저장하여 사용할 수 있는 에너지 하베스팅 기술의 중요성 대두 □ 나노 기술 발전으로 압전, 마찰, 열전, 2차전지 등의 소재 기술이 진일보 하고 있음. 새로운 섬유 형태의 에너지 하베스팅 소재 기술이 부각 □ 유연 에너지 하베스팅과 관련된 프로토타입 제품 출시 지연에 따라 직접적인 응용이 늦어지고 있음. 관련 기술에 대한 장기 신뢰성 검증 필요 □ 유연 에너지 하베스팅 기술은 기술 개념 정립기로서 다양한 기술적 기회가 많음 □ 정확한 응용분야 도출에 의한 조기 상품화가 필요한 시점 □ 전세계적으로 아직 기술 도입 단계로서 기술 선점에 많은 기회가 내재된 기술

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 독일	
	국내 기술수준	(80)%	
	평가근거	□ 유연 압전 및 열전 에너지 하베스팅과 유연 2차 전지 기술의 연구 개발 결과와 국내 연구 개발 결과를 비교할 때 거의 동일 수준임. 단 기술 다양성 측면에서 다소 부족함	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요요건	☑① 해당기술 전문인력 양성	☑⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공	☑⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화	□⑦ 민간투자 유치
		☑④ 산학연 협력	□⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	7-3. 인체 동기형 생체 소재
국내외 기술동향	(국내) - 유·무기 복합체로 구성된 골이식재의 유기물은 콜라겐 등의 세포외 기질과 BMP-2 등 성장인자가 주요 대상이며, 최근에는 연구 개발 동향 및 가격 등의 요인으로 BMP-2를 함유한 골이식재가 집중적으로 개발 - 한스바이오메드의 경우 탈회된 골기질(DBM: Demineralized Bone Matrix)의 강한 혼합물로서 간엽세포(Mesenchymal cell)의 증식과 골형성 세포(Osteoblast)의 분화를 빠르게 촉진함으로써 정상적인 골형성 과정을 통한 신생골의 성장을 촉진하는 제품을 개발 - 오스코텍의 경우 이중골 표면에 칼슘포스페이트를 1차 코팅 후 열처리를 거친 제품을 다시 한 번 2차 코팅하는 이중 코팅 방식을 적용함으로써 신생골 형성 유도 및 TGF-β, IGF 등 성장인자를 유도하여 간엽세포를 조골세포로 분화시키고 파골세포를 활성화하여 이식재를 흡수를 돕는 제품을 개발 - 유·무기 복합체로 구성된 치과용 골이식재의 유기물은 콜라겐 등의 세포외 기질과 BMP(bone morphogenetic protein)-2 등 성장인자가 주요 대상이며, 최근에는 연구 개발 동향 및 가격 등의 요인으로 BMP-2를 함유한 치과용 골이식재가 집중적으로 개발되고 있음 - 코웰메디, 셀루메드는 재조합 제2형 인간골형성단백질(rhBMP-2)을 함유, 골전도성과 골유도성을 함께 지닌 자가골을 대체할 수 있는 골이식재를 개발 - 최근 국내 업체들은 활발한 기술 개발로 골형성 단백질 융합 골이식재, 자가치아 골이식재에 대한 원천 기술 확보가 이루어지고 있으나 국산화 및 해외 시장 진출을 위해서는 충분한 임상 자료 확보를 통한 안전성 검증과 더불어 차세대 골이식재 개발을 위한 꾸준한 연구가 반드시 필요 - 나노엔텍과 소수의 생물공학 벤처기업에서 미세유체제어 소자를 개발 중이지만 세라믹소재가 아닌 플라스틱 기반 소재 활용 - 삼성종합기술원에서는 LOC (Lab-on-a-Chip) 형태의 바이오칩을 개발 중에 있으나 바이오컨텐츠를 중심으로 DNA칩 개발이 주를 이루고 세라믹소재 이용은 아직 보고되지 않음 (국외) - Geistlich사의 경우 세라믹소재와 천연콜라겐 복합재료를 사용함으로써 조직 재생에 탁월한 효과를 보이는 골이식재 개발 - Advanced Tissue Science사의 경우 생체조직공학의 응용으로 미국 FDA의 승인을 받은 첫 제품(Dermagraft-TC)를 생산 - 미국 존슨앤존슨사의 경우 세라믹자성입자를 이용해 혈액내 암세포를 초고속으로 분석하는 진단 시스템 개발 (암 진단시간을 3시간→10분 이내) - Roche, Promega 사의 경우 자성세라믹소재를 이용한 실시간 체외진단용 DNA 키트 개발 (24시간→30분 이내, 자동화)
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업/분야) - 조직재생용 임플란트, 질병 진단용 바이오센서 등 (기대효과) - 삶의 질 향상을 위한 스마트진단·치료용 인체 동기형 생체 소재의 개발로 글로벌 바이오산업에 참여할 뿐 아니라 국민 복지에 향상을 위해 크게 기여할 것으로 예상

	□ (경제적) ①수입에 의존하던 진단용 세라믹 소재 국산화, ②관련 소재와 제품의 수출, ③관련 산업 활성화 □ (사회적) ①고령 노인의 건강한 삶 영위, ②보편적 복지 향상, ③조기 진단에 따른 국민 의료비용 절감 □ (기술적) ①경질 바이오 세라믹 소재 기술 습득, ②바이오 활성 세라믹 소재 기술 확보 ③다양한 형상 가공이 가능한 세라믹 소재 및 가공 기술 확보, ④고감도 질병 진단이 가능한 다기능성 나노세라믹 기술 확보																		
시사점	□ 오늘날 고령화 사회 도래와 함께 골절, 관절염 등의 뼈 관련 질환 증가와 미래 삶의 질 향상을 위한 필요성의 인식으로 미래산업으로서 생체조직 재생 분야는 시장성과 경제성이 전 세계적으로 부각되고 있음 □ 자성나노기술을 이용한 바이오 질환 진단/검지 기술은 사용의 편리함과 진단 시간의 획기적 단축을 통한 고속처리(high-throughput)를 가능케 하여 실시간으로 다량의 시료처리를 요구하는 바이오 분야에서는 획기적인 기술로 자리매김을 하고 있음 □ 이러한 미래사회의 흐름으로 보아 인체 동기형 생체 소재의 수요가 계속 증가할 것으로 예상되고 미래 고부가가치 산업의 핵심 키워드로 인식됨																		
기술수준조사	<table><tr><td>최고기술수준 보유 국가</td><td colspan="2">미국, 일본, 스위스</td></tr><tr><td>국내 기술수준</td><td colspan="2">(85)%</td></tr><tr><td>평가근거</td><td colspan="2"> □ 조직재생 소재 분야 - 선진국의 고내구성, 생체안정성 등 고부가가치형 임플란트 기술에 못 미치고 있음 □ 진단 소재 분야 - Roche, J&J 등 선진 대기업의 기술 개발 수준에 비하여 기술력이 떨어짐 </td></tr><tr><td rowspan="4">우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건</td><td> ■ ① 해당기술 전문인력 양성 </td><td> ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) </td></tr><tr><td> ■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 </td><td> ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 </td></tr><tr><td> □ ③ 국제협력 활성화 </td><td> □ ⑦ 민간투자 유치 </td></tr><tr><td> □ ④ 산학연 협력 </td><td> □ ⑧ 기타() </td></tr></table>	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 스위스		국내 기술수준	(85)%		평가근거	□ 조직재생 소재 분야 - 선진국의 고내구성, 생체안정성 등 고부가가치형 임플란트 기술에 못 미치고 있음 □ 진단 소재 분야 - Roche, J&J 등 선진 대기업의 기술 개발 수준에 비하여 기술력이 떨어짐		우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대	□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치	□ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()
	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 스위스																	
	국내 기술수준	(85)%																	
	평가근거	□ 조직재생 소재 분야 - 선진국의 고내구성, 생체안정성 등 고부가가치형 임플란트 기술에 못 미치고 있음 □ 진단 소재 분야 - Roche, J&J 등 선진 대기업의 기술 개발 수준에 비하여 기술력이 떨어짐																	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)																
■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공		■ ⑥ 기초원천 연구 확대																	
□ ③ 국제협력 활성화		□ ⑦ 민간투자 유치																	
□ ④ 산학연 협력		□ ⑧ 기타()																	

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	김승환(한국전자통신연구원 부장) / 분과장
	김영수(한국과학기술연구원 선임연구원)
	하권수(강원대학교 교수)

1. 개요

기술분야	8. 건강관리서비스
------	------------

2. 선정 사유

핵심 융합기술명	선정사유
8-1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	□ 저렴하고 신속하며 반복이 쉬운 진단에 있어 방사선동위원소 및 조영제의 투여나 뇌척수액 및 혈액의 반복적 채취와 같이 침습적이고 환자에게 고통과 위험을 유발하는 방법은 치명적 한계가 있음. 특히 원격 진료는 환자 스스로 손쉽게 건강 데이터 산출을 위한 측정 방법이 제공되어야 함. 따라서 비침습/무구속/무자각 측정법의 개발은 필수

핵심 융합기술명	선정사유
8-2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	▣ 질병의 모니터링이나 조기진단을 위해 유전정보나 질병에 대한 바이오마커를 이용하여 현장에서 바로 질병을 진단하는 기술개발이 최근 활발히 이루어지고 있으며, 진단 정보의 원격 전송이 가능하여 다양한 원격 건강관리 서비스에 활용될 수 있어 핵심 융합기술로 선정
8-3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	▣ 정보통신기술의 발전으로 개인의 건강정보를 축적하고 분석하여 다양한 건강관리서비스를 제공해 주는 ICT 기반의 건강관리 서비스에 대한 요구가 증대되고 있으며, 특히 다양한 서비스 제공이 가능한 개방형 플랫폼에 대한 기술 개발이 요구되고 있어 핵심 융합기술로 선정
8-4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	▣ 현재 대도시에 집중되어 있는 의료서비스의 시간적, 공간적 한계를 극복하고 환자의 개인적인 특성을 고려한 환자 실시간 모니터링, 맞춤형 원격진료 및 원격치료를 제공하기 위한 미래 지향적 기술로써 질병예방 및 치료에 적용될 수 있는 신개념의 의료서비스 창출이 가능

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
8-1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	▣ 주사바늘, 조영제, 영상장비(MRI, CT 등)와 같이 환자에게 고통(자각), 위험(침습) 및 불편함(구속)을 동반하는 진단법에서 벗어나 자유롭고 손쉽게 건강정보를 측정할 수 있는 기술	▣ 인체이식 장비 ▣ 웨어러블 디바이스 ▣ 생체시료 분석 장비 ▣ 베드사이드 진단 장비 ▣ U-헬스 측정 기기
8-2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	▣ 유전정보나 질병에 대한 바이오마커를 검출할 수 있는 바이오센서/칩을 이용하여 현장에서 질병을 바로 진단하는 기술	▣ DNA 칩 ▣ 단백질 칩 ▣ 현장진단 바이오센서/칩
8-3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	▣ 개인 건강 기록을 구축하고 공유, 활용하며, 분석하여 다양한 건강관리서비스를 제공할 수 있는 개방형 플랫폼 기술	▣ 개인 건강 레코드 구축/공유/활용 기술 ▣ 건강 빅데이터 분석 기술 ▣ 모바일 건강관리 서비스 플랫폼 기술
8-4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	▣ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 모니터링, 진단 및 관리와 원격의료 시스템에 의한 맞춤형 원격진료 및 원격치료를 목적으로 하는 실시간 원격진료 및 치료 시스템	▣ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 모니터링, 실시간 진단 및 실시간 관리 ▣ 생명-의료 빅데이터 기반 환자의 맞춤형 진단 ▣ 원격의료시스템에 의한 환자의 원격진단 및 원격치료

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
8-1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	8-1-1. 비침습 자가건강진단 기술	□ 비침습성 추출 생체시료(노, 머리카락, 타액, 눈물 등) 측정/분석 기술 □ 간소화 약침습성 생체시료(혈액, 뇌척수액) 추출 기술
	8-1-2. 무구속 생체신호 측정 기술	□ 전기적 비접촉 생체 신호 측정 기술 □ 신체 접촉용 임피던스 센서 □ 활동 모니터링 및 일상성 추출 기술
	8-1-3. 무자각 생활정보 패턴 측정 기술	□ 웨어러블 디바이스(옷, 시계, 안경 등) □ U-헬스 기능성 생활용품(가전제품, 가구, 주택, 자동차 탑재 센서)
	8-1-4. 인체 이식형 생체신호 측정 기술	□ 생체적합 바이오칩/센서 □ 무선 인체 삽입 센서 □ 원격 신호 전달 장치 □ 무전원 센서
8-2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	8-2-1. 유전정보 기반 맞춤형 진단 기술	□ 맞춤형 질병진단이 가능한 DNA 유전정보 기반 질병진단 칩/센서 기술
	8-2-2. 현장진단 바이오칩/센서 기술	□ 혈액/소변/타액 등의 질병 바이오마커 농도를 현장에서 바로 측정할 수 있는 바이오칩/센서 기술
8-3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	8-3-1. 개인 건강 레코드 구축/공유/활용 기술	□ 개인 건강 정보를 레코드로 구축하고, 공유하며 활용하기 위한 기술로 개인 건강 레코드의 표준화, 개인 건강 레코드의 교류 등의 기술을 포함
	8-3-2. 건강 빅데이터 분석 기술	□ 건강관련 코호트 빅 데이터 분석 기술 □ 축적된 개인 건강정보의 빅 데이터 분석을 통한 개인 건강추이 예측 기술
	8-3-3. 모바일 건강관리 서비스 플랫폼 기술	□ 표준 기반 건강정보 수집/활용 인터페이스 기술 □ 서비스를 위한 개방형 API 기술
8-4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	8-4-1. 원격 건강 모니터링 기술	□ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 모니터링 □ 실시간 모니터링에 의한 실시간 진단
	8-4-2. 맞춤형 원격진료기술	□ 생명-의료 빅데이터 기반 환자의 맞춤형 진단 □ 원격의료시스템에 의한 환자의 원격진단-원격상담, 원격병리진단, 원격방사선진단 등
	8-4-3. 맞춤형 원격치료기술	□ 원격시스템에 의한 환자의 실시간 관리-원격 간호, 원격처방, 원격재활 등 □ 원격의료시스템에 의한 맞춤형 원격 치료-원격 심장치료, 원격 정신치료, 원격 방사선치료, 원격 피부치료, 원격치과질환 치료, 원격수술 등

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	8-1. 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정 기술	
국내외 기술동향	(국외) □ 나이키, 핏빗 등에서 손목착용형 운동정보 측정 기기를 개발하여 출시 □ 미국 일리노이 대학에서는 피부 부착 패치형 생체신호 모니터링 기술에 대한 연구를 진행 □ 독일 괴테대학에서는 광음향 기술을 이용한 비침습 혈당 측정기술에 대한 임상실험을 진행 □ 이스라엘에서는 호흡가스 분석을 통한 폐암 등 질병진단 기술에 대한 기술개발을 진행하였으며, 기업을 통해 사업화를 추진 중	
	(국내) □ 삼성전자, LG전자 등과 몇 개의 중소기업에서 운동정보와 심박수 등 생체신호를 측정할 수 있는 웨어러블 기기를 개발 □ 서울대, 부산대, ETRI 등에서 패치형 생체신호 측정기술에 대한 연구를 진행 중 □ 비침습 혈당측정기술과 호흡가스를 이용한 질병진단 기술 등 비침습 측정기술에 대한 연구가 연구소와 대학을 중심으로 진행 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 분야) □ 유헬스, 모바일 헬스케어 등 원격 건강관리 서비스 □ 자가 질병진단 (기대효과) □ 최근 글로벌 IT기업들이 차세대 성장동력으로 삼고 있는 헬스케어 서비스 분야의 새로운 신산업 창출 가능 □ 평생 건강관리를 통한 국민의 의료복지 서비스 개선에 기여	
시사점	□ 비침습 무구속 무자각 건강정보 측정기술은 유헬스, 모바일 헬스케어 등 원격 최근 주목을 받고 있는 ICT 기반 건강관리 서비스의 활성화를 위한 핵심기술로 국내에서도 기술개발 노력이 진행 중이나, 의료기기법 등 관련 법 제도의 미비로 활성화에 걸림돌로 작용	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(75)%
	평가근거	□ 기술개발 동향에 근거하여 추정
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 ■ ⑧ 기타 (법, 제도 개선)

핵심 융합기술명	8-2. 맞춤형 진단 및 현장진단 기술	
국내외 기술동향	(국외) - 독일의 Bruker Daltonics에서 질량분석 바이오센서를 상용화하였으며, 프랑스의 Biome AnagnosTec과 협업으로 질량분석 바이오센서를 개발 - 미국의 Randox에서 Biochip assay 기술을 이용한 심근경색 바이오센서를 개발하였으며, 독일의 Trimedis, 일본의 DS Pharma에서도 RapiCheck, CardioDetect 등 바이오센서를 개발 - 독일 Fischer Analysen Instrumente GmbH에서 요소호기검사장비를 개발하였으며, 미국 Otsuka America Pharmaceutical, Inc에서 BreathTek UBT kit, 중국 Shenzhen Zhonghe Headway bio-Sci & Tech Co, Ltd에서 H. Pylori Detector 등 바이오센서를 상용화 중	
	(국내) - 반도체 기술을 이용한 FET 바이오센서 등 현장진단을 위한 바이오센서 연구가 대학, 연구소, 기업 등에서 활발히 진행 중 - 캔틸레버 바이오센서에 대한 연구를 KIST, ETRI, KETI 등 연구소에서 연구를 진행 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 분야) - 현장진단 및 가정용 자가 진단 - 병원의 신속진단 (기대효과) - 시장이 크게 확대될 것으로 예상되는 현장진단 및 자가진단 시장에 대응할 수 있는 바이오센서 신산업 창출 - 신속진단 및 자가진단을 통해 질병 조기진단이 가능해져 국민의 의료복지 수준 향상에 기여	
시사점	21세기 메가트렌드는 질환의 조기 진단, 예방, 예후, 예측, 진단-치료의 융합 추세 등 개인별 맞춤의료가 핵심 키워드 - 바이오센서 분야는 맞춤의료시대에 필수불가결한 도구 - 바이오센서 부문의 핵심 부품, 소재, 시스템 개발에 대한 지속적인 투자와 범부처 지원체계를 통해 생태계를 구축하고 새로운 사업모델이 조기 정착될 수 있도록 법적·제도적 지원이 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(75)%
	평가근거	기술개발 동향을 근거로 추정
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	① 해당기술 전문인력 양성 ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		② 기술 관련 정보·인프라 제공 ⑥ 기초원천 연구 확대
		③ 국제협력 활성화 ⑦ 민간투자 유치
		④ 산학연 협력 ⑧ 기타 (법, 제도 개선)

핵심 융합기술명	8-3. 개방형 건강관리 플랫폼 기술	
국내외 기술동향	(국외) □ 애플에서는 헬스킷이라는 건강관리 플랫폼을 공개하였는데, 헬스킷은 건강관리 및 운동 앱에서 수집된 건강 데이터를 하나의 데이터 베이스에서 통합관리하고 헬스 앱에서 이를 활용할 수 있게 해주는 플랫폼 □ 구글에서는 구글핏이라는 건강관리 플랫폼을 공개하였는데, 구글핏은 기기에서 생성된 데이터를 구글핏으로 보낼 수 있고 이를 다른 앱이 접근해 활용할 수 있도록 하며, 데이터 공유 여부를 사용자가 직접 통제할 수 있는 건강 데이터 관리 플랫폼 □ 마이크로소프트에서는 HealthVault라는 개인건강기록 통합 관리 플랫폼을 운영. 병원과의 연계를 통해 사용자 개인의 진료기록을 통합 관리할 수 있는 환경을 제공	
	(국내) □ 삼성에서 싸미라는 건강관리 플랫폼을 공개하였으며, 기어 핏 등 건강정보 측정기기와 연동을 통해 건강관리 서비스를 제공 □ 유헬스 플랫폼 등 다양한 건강관리 서비스 플랫폼이 개발되어 시범서비스가 진행됨	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 분야) □ 유헬스, 모바일 헬스케어 등 원격 건강관리 서비스 (기대효과) □ 건강관리 플랫폼은 애플, 구글, 마이크로소프트, 삼성 등이 헬스케어 생태계 장악을 위해 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 분야로 새로운 성장동력 창출이 가능 □ 건강관리 플랫폼 기반의 국민 평생 건강관리 실현을 통해 건강한 삶을 통한 의료복지 수준 향상	
시사점	□ 건강관리 플랫폼은 경쟁이 치열하게 벌어질 것으로 보이는 분야로 기술 및 시장 선점을 통한 생태계 장악이 매우 중요 □ 건강관리 플랫폼은 다양한 서비스 창출이 가능하도록 개방형 구조로 개발되어야 하며, 서비스 사업자가 손쉽게 참여할 수 있는 생태계를 조성	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(85)%
	평가근거	□ 기술개발 동향을 근거로 추정
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화 ■ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 ■ ⑧ 기타 (법, 제도 개선)

핵심 융합기술명	8-4. 맞춤형 원격 건강관리 서비스 기술	
국내외 기술동향	(국외) □ 미국, EU 등 다수의 국가에서 진행되고 있음. □ 일반분야 원격의료서비스(간호, 처방, 재활 등), 전문분야 원격의료서비스(응급의학, 정신과, 방사선과, 병리과, 피부과, 치과, 청각학 안과 등), 원격수술 등의 분야에서 시행하거나 준비하고 있음	
	(국내) □ 지역 환자들의 개선된 의료서비스 요구 등에 의해 그동안 원격의료 서비스를 위한 사업을 추진해 왔음. □ 2015년에 시행계획을 가지고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업 분야) □ 원격병원 (telehospital/clinic) □ 텔레홈 (telehome) □ 원격의료서비스 국제시장규모 (BCC Research report) - 2011년 : 116억\$ - 2016년 : 273억\$로 예상되고 있음 (기대효과) - 새로운 산업 창출 - 국민의 의료 서비스 개선	
시사점	□ 원격의료서비스는 지역(특히, 산간 및 농촌 지역, 섬)에 위치한 환자의 의료서비스 혜택, 감염 및 병원방문의 최소화, 의료비 절감 등의 장점을 가지고 있으나 환자와 의사의 면담 부족, 비전문가 또는 정보시스템에 의한 오류, 즉시 치료의 어려움 등의 단점을 가지고 있음 □ 관련법 : 원격의료 면허	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(88.6)%
	평가근거	□ 2012년 기술수준평가 (미래창조과학부)
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추진을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		■ ③ 국제협력 활성화 ■ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타 (법, 제도 개선)

5대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	김영주(한국생명공학연구원 박사) / 분과장
	이성종(한국연구재단 PO)
	차지영(가천대학교 교수)
	최수진(한국산업기술평가관리원 PD)

1. 개요

기술분야	9. 유전체정보 이용 및 신약 개발 기술
------	------------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
9-1. 질병유전체정보 대량생산 및 처리 기술	□ 복합질병에 있어서 유전변이와 질병 (분류, 발생과 치료)의 연관성이 잘 연구되고 있으며, 민족특이성에 따른 국가 고유의 정보 대량생산 기술과 정보처리가 필요

핵심 융합기술명	선정사유
9-2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	□ 대량의 유전체정보를 이용한 기존약품의 새로운 용도 신약 등록과 특허 완료된 바이오신약의 개발기술 가속화가 필요
9-3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술	□ 분자레벨의 진단과 약물 적합성 검사가 가능한 유의성 있는 RNA, DNA, 단백질 마커 및 그 시스템개발로 산업적 생산을 유도
9-4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	□ 광범위한 질병연관 연구의 통합적 분석을 통하여 질병을 예측하고 개인맞춤약을 가능케 하는 표적신약 개발에 응용

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
9-1. 질병유전체정보 대량생산 및 처리 기술	□ 유전체 및 전사체의 멘델리안 및 비멘델리안 유전 질병의 유전 정보 데이터베이스와 분석기술	□ 질병 집단연관연구 및 질병가계연구 기술 □ 유전체대량서열분석 기술 □ 생물정보분석 기술
9-2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	□ 기존약품의 새로운 용도 신약 등록과 특허완료 바이오신약의 개발가속화 기술	□ 약물표적 및 후보발굴 기술 □ 신약개발을 위하여 바이오에세이, 동물실험을 포함한 전임상기술 □ 임상 1,2,3상 기술
9-3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성검사 기술	□ 유전체 바이오마커에 의한 분자레벨의 진단과 약물 적합성 검사 기술	□ 유전체바이오마커 개발기술 □ 바이오칩 기술 □ 분자진단기술 □ 바이오에세이기술
9-4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	□ 유전체정보에 의한 질병을 예측하고 표적화할 수 있는 신약개발기술	□ 유전체질병 데이터베이스 기술 □ 바이오칩 기술 □ 환자별 표적신약개발 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
9-1. 질병 유전체 정보 대량생산 및 처리기술	9-1-1. 생물정보학 기술	□ 유전체, 전사체, 단백질체, 패스웨이 정보의 데이터베이스 및 분석 □ 변이와 진화를 반영한 계층분석과 집단유전학 분석
	9-1-2. 차세대시퀀싱 기술	□ 대량유전체정보를 단시간에 대량생산할 수 있는 차세대 시퀀싱 플랫폼 □ 대량의 정보를 인덱스화하고 분석하는 자동화 분석파이프라인 구축

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	9-1-3. 유전체기능 고속분석기술	□ 대용량 유전체정보로부터 질병과 연관된 변이와 유전체 기능, 패스웨이를 계산 □ 여러 생물정보 데이터베이스를 연결하는 그래픽 분석툴 개발
9-2. Drug repositioning과 바이오시밀러 개발기술	9-2-1. 시스템생물학 기술	□ 유전체, 전사체, 단백질체의 생명현상을 패스웨이로 연결하고 생명현상을 설명 □ 중요한 질병 또는 대사회로에 대한 식견을 주고 이를 수정하거나 치환할 수 있는 신약개발 단서를 제공
	9-2-2. 비교유전체학 기술	□ 계통발생학을 포함한 진화론적 유전체정보 분석 □ 신약개발에서 필요한 바이오에세이, 동물실험, 인체실험 정보 제공
	9-2-3. 타겟활성 및 작용기전 연구기술	□ 기존의 신약타겟에 대한 데이터 분석 □ 유전체정보를 바탕으로 in-vitro 및 in-vivo 실험을 수행하여 새로운 작용기전 도출
	9-2-4. 지노믹스 기술	□ 유전체, 전사체, 후성체를 포함한 정보생산 및 구조분석 □ 분자에세이 및 모델동물 실험에 의한 유전체 기능연구
	9-2-5. 유전체·단백체 구조학 기술	□ 유전체, 단백질체 연구를 통한 세포의 구조적 기능연구
9-3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술	9-3-1. 바이오칩 기술	□ 생물정보학에서 제공하는 콘텐츠의 바이오마커 생산 혹은 주문 □ 바이오마커를 기판위에 집적하고 시료와 반응시켜 스캔 분석하는 제반 활동
	9-3-2. 분자진단기술	□ 바이오마커에 의한 분자레벨에서 변이, 결합, 질병 등을 판단
	9-3-3. 바이오에세이 기술	□ 신약개발을 촉진하기 위하여 세포, 모델동물에서 신약 후보의 ADME/Tox 등을 측정
9-4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	9-4-1. 유전체구조 기술	□ 대량의 유전체정보로부터 세포 내 유전체, 전사체, 후성체의 구조를 분석하고 이를 기능과 연관시키는 연구
	9-4-2. 바이오칩기술	□ 생물정보학에서 제공하는 콘텐츠의 바이오마커 생산 혹은 주문 □ 바이오마커를 기판위에 집적하고 시료와 반응시켜 스캔 분석하는 제반 활동
	9-4-3. 동물모델 개발기술	□ 효율적인 신약 스크리닝을 위한 유전학적 적합한 동물모델 개발
	9-4-4. 환자별 표적신약 개발기술	□ 대량의 유전체정보 분석에 의한 개인맞춤 질병 예측 □ 유전체정보에 의하여 획기적으로 유효성을 높이고 독성을 낮출 수 있는 표적신약 개발

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	9-1. 질병유전체정보 대량생산 및 처리기술		
국내외 기술동향	(국내) □ 한국인의 유전체 서열분석, 질병 (신체적) 연관 코호트 분석 등에서 많은 질병유전체정보 생산이 보건원과 산업체를 중심으로 이루어지고 있고, 소정의 세계적인 성과도 이룸 □ 생물정보학적 기술 축적 및 데이터베이스 기술도 어느 수준 이상 도달함 □ 유전체정보 대량생산의 특성상 한국의 한정된 연구자원의 할당으로 인한 선진국과의 차이는 더 벌어지고 있는 중임		
	(국외) □ 3세대 유전체서열 분석기기가 이미 완료되었으며, 2세대 유전체서열 분석기기는 연구소/산업체에서 일반화 되었다고 볼 수 있음 □ 국가적인 질병코호트 연구사업의 진행으로 질적, 양적 면에서 유전체정보생산의 주도권이 중국을 포함한 선진국에 집중화되고 있음		
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 유전체서열 분석기기 및 관련 연구기자재와 시약 생산 사업 □ 데이터분석을 위한 컴퓨터와 소프트웨어 개발 산업 □ 기대효과 : 대량의 유전체정보를 이용하여 신약 및 의과학중개연구에서 필요한 기반기술로써 발전시켜야 함		
시사점	□ 유전체정보 대량생산 기술은 어느 정도 물량싸움이라고 볼 수 있으며, 국가의 투자 노력과 연구비 규모에 따라 한국의 기술수준도 비약적으로 발전할 수 있는 분야 □ 선진국의 예를 볼 때, 유전체정보 대량생산 기술은 생물학과 의학을 포함한 필수 기초원천기술이 되었음. 국가적인 큰 투자와 전문가 양성을 위한 교육이 절대적으로 필요		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 영국	
	국내 기술수준	(80)%	
	평가근거	□ 차세대 유전체서열생산 기술은 현재 3세대 서열분석기가 나왔을 정도로 기술의 변화가 크고 발전속도도 빠름. 정부의 한정된 유전체분야 연구 지원으로 인하여 선진국과의 기술차이가 오히려 벌어지고 있는 중이며 현재 중국보다도 낮은 실정임	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대
■ ③ 국제협력 활성화		□ ⑦ 민간투자 유치	
■ ④ 산학연 협력		□ ⑧ 기타()	

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	9-2. Drug repositioning(신약재창출)과 바이오시밀러 개발기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 몇 건의 신약개발 성공 사례를 가지고 있으며, 기초신약개발에서 동물스크리닝까지의 높은 기술을 보유하고 있음 □ 특허완료된 신약(예: 비아그라)의 재생산과 바이오시밀러 분야는 국내 제약업계와 삼성그룹 등에서 산업화를 위한 연구역량을 확대하고 있음 □ 신약개발 경험과 자금력 부족으로 drug repositioning 분야는 약간 뒤쳐져 있음	
	(국외) □ 대형 제약회사뿐만 아니라, 여러 연구소/대학/회사에서 drug repositioning 및 바이오시밀러의 FDA 등록을 위한 광범위한 연구를 수행하고 있음 □ 최근 신약의 FDA 등록 수 저하를 만회하기 위한 새로운 시도으로써 drug repositioning 및 개인맞춤약에 많은 연구를 수행 중 □ 단위기관별, 제약회사별로 이루어지는 Drug repositioning에 대한 한계를 극복하기 위해 산관학 협력 사업을 정부 주도적으로 진행	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 신약창출 제약회사 □ Contract Research Organization (CRO)등 FDA 허가 실험/등록대행 회사 □ 임상시험 실시 병원 □ 기대효과 : 한국에서 아이디어 단계에서부터 임상3상까지 하기에 경험부족 및 연구비의 압박이 있었으나, 대량의 유전체정보 및 약물에 의한 대사회로 및 대사체 분석 정보(약물 메커니즘)를 이용한 drug repositioning 및 바이오시밀러 개발기술은 신약개발을 위한 기간 단축뿐 아니라, 약물의 안정성이나 약동학과 관련된 위험성을 낮출 수 있는 장점이 있어 비교적 쉬운 신약 등록이 가능함	
시사점	□ 신약개발 환경 변화에 따라 drug repositioning은 새로운 사업 전략으로 제약산업의 발전을 도모할 수 있음 □ 국내 질병유전체 대량정보를 이용한 신약개발의 틈새시장을 공략할 수 있으며 성공적 기술개발을 위해서 오픈 이노베이션 인프라 구축이 필수적	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽
	국내 기술수준	(80)%
	평가근거	□ 특허완료된 신약의 재생산과 바이오시밀러는 국내 제약업계와 삼성그룹 등에서 연구역량을 확대하고 있음. 그러나 drug repositioning의 경우 신약개발 연구 여건이 충분하지 않고 국내 제약사들의 검증된 보유 약물이 적어 drug repositioning의 기반이 약함
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ③ 국제협력 활성화 ■ ④ 산학연 협력
		□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	9-3. 바이오마커에 의한 분자진단 및 약물 적합성 검사기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 자궁경부암을 일으킬 수 있는 HPV 바이러스 바이오칩이 한국식약청의 허가를 받은 것을 시작으로 질병진단 바이오칩 연구가 활발하게 진행됨 □ 유전체, 단백질 바이오 마커에 의한 진단 및 약물 적합성 검사기술은 많은 부분 아직 연구초기단계에서 진행되고 있음	
	(국외) □ 유전체, 단백질 바이오마커칩이 다양하게 대량생산 또는 상용화 단계에 있음 □ 분자진단 및 약물 적합성 검사를 Lab-on-a-chip개념으로 소형화하고자 하는 구체적인 연구가 진행 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 진단칩을 만드는 제약의료회사 □ 신약개발에서 초기 및 전임상단계 CRO 및 제약회사 □ 기대효과 : 바이오칩에 의한 신약개발의 간소화와 진단기법의 단순화는 새로운 산업의 창출이 가능하고, 수출산업의 발전을 가져올 수 있음	
시사점	□ 축적된 유전체정보를 활용한 진단 및 치료제 개발에 가능성이 많이 있음. □ 신약개발의 기간 단축을 비롯한 의료 신제품 개발에 중요한 기술임	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(85)%
	평가근거	□ 한국은 바이오마커 분자진단 분야에서 지속적으로 발전을 하고 있으며, 꾸준한 기초원천 연구 확대로 멀지 않은 미래에 기술차이를 극복할 수 있을 것임
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추진을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치
		□ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	9-4. 유전체기반 질병예측 및 표적신약 개발기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 한국인 특유의 유전체 변이를 찾기 위한 코호트 연구가 보건원을 중심으로 시작되었고, 질적 양적 성과를 얻고 있음 □ 개인/집단을 유전체정보에 의한 분류를 실시하여 신약개발에서 유효성을 높이고자 하는 표적신약 기술이 연구초기단계에 있음	
	(국외) □ 방대한 코호트 연구와 전장유전체 정보를 축적하여, 질병을 예측하고 클러스터링하는 데이터베이스가 잘 발달하고 신약개발연구에 사용되고 있음 □ 개인맞춤약을 목표로 한 대용량 유전체정보 확보와 분석이 진행 중임	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 제약회사의 유효성을 높인 신약개발 □ 차세대서열분석기기 및 분석 소프트웨어 회사 □ 개인맞춤형 신약 및 질병예측 의료 및 보험회사 □ 기대효과: 방대한 유전체정보와 코호트 연구에 의한 국민의 질병없는 삶의 질 향상에 기여할 수 있음	
시사점	□ 축적된 코호트 및 개인 유전체정보의 축적 연구가 필요하며, 이를 신약연구와 연계시켜 국부를 창출할 수 있음 □ 난치병과 성인병 등 고통에 시달리는 국민에게 더욱 효용성 있는 신약을 전달할 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽
	국내 기술수준	(85)%
	평가근거	□ 유전체 기반 확충과 함께 개인 (집단) 맞춤약의 발전은 이미 정해져 있는 의학의 발전단계이며, 한국의 유전체기술 및 신약개발기술 각각의 국내 기술 수준에 비해 두 기술간 융합은 초기단계 수준
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을위한 필요조건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	유문호(전북대학교 교수) / 분과장
	김기훈(한국과학기술연구원 선임연구원)
	박형순(한국과학기술원 교수)

1. 개요

기술분야	10. 신체기능 복원 및 재활 기술
------	---------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
10-1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	□ 최근 보급되고 있는 다자유도 외골격형 재활장치의 낮은 경제성, 무겁고 휴대가 어려워 일상생활중에 활용이 어렵다는 근본적인 문제를 해결하는 미래의 재활 보조기술로 예상
10-2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	□ 재활의학에서 궁극적으로 추구하고자 하는 환자 맞춤형 최적 재활방법을 제공하는 체계적인 기술이 필요

핵심 융합기술명	선정사유
10-3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	□ 고령화 사회를 대비하여 증가하는 퇴행성 신경장애 환자들을 비롯하여 노약자/장애인에게 비장애인 수준의 자립적인 일상생활이 가능하도록 하는 로봇 시스템의 활용이 필요 ※ ADL (activities of daily living): 일상생활수행능력 (예: 옷입기, 식사하기, 치솔질하기, 전화 받기, 글씨쓰기 등)
10-4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	□ 3D 프린팅 기술은 새로운 산업분야로 급부상하고 있으며 인공 의족, 의수와 같은 개인의 신체적 조건에 최적화된 첨단 보철 기술을 통해 보건산업 분야의 새로운 사업 모델을 창출할 것으로 기대
10-5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	□ 인터넷 통신 기술, 다양한 재활 콘텐츠를 제공하기 위한 가상현실 기술, 재활 치료 및 평가기술을 결합한 미래형 융합 재활 기술로서 원격지에 위치한 환자에게 재활치료 서비스를 제공하기 위한 분야에서 응용범위가 넓음

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
10-1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	□ 휴대성, 유연성이 뛰어나 착용하고 일상생활이 가능하며 동작측정 및 근력보조가 가능한 재활 보조 장치	□ 외골격 구조물 없이 근력 보조를 가해주는 구동기술 □ 인체에 착용시 부피증가가 최소인 동작 및 생체신호 측정 센서 기술
10-2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	□ 뇌기능성, 운동기능성을 종합적으로 평가하여 사용자마다 최적의 재활프로그램을 제공하는 기술	□ 뇌파측정 및 신호처리 기술 □ 뇌기능성, 운동기능성이 포함된 종합 평가기술 □ 평가정보를 피드백하여 환자 맞춤형 재활 프로그램을 제공하는 기술
10-3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	□ 자립적인 일상생활이 가능하게 하는 신체의 근력을 보조하는 기계/전기/생명/뇌과학/IT 융합 기술	□ 생체신호 기반의 동작의도 분석 기술 □ 착용성이 강조된 소재 및 동력 전달 메커니즘 디자인 기술 □ 착용성이 강조된 웨어러블 생체신호 및 동작 분석 장치 디자인 기술 □ 근력보조 로봇시스템을 이용한 개인 맞춤형 재활 치료 기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
10-4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	다품종 소량 생산에 적합한 3D 프린팅을 이용해 사용자의 신체적 조건에 최적화된 맞춤형 보철을 제공하고 기존의 인공 의수, 의족의 비대칭성을 개선하는 기술	- 인체 분절의 형상 정보획득과 모델링을 위한 3D 스캐닝 기술 3D 형상과 인체공학을 이용한 인공 의족, 의수 설계 기술 3D 프린터로 제작된 인공 보철의 동작의도 감지 및 제어기능 향상을 위한 인체 신경망 연결 기술
10-5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	병원에서 충분한 치료를 받지 못하고 퇴원하거나 치료를 위해 통원이 불편한 환자가 집에서 재활 치료를 받을 수 있도록 하는 기술	- 흥미 유발 및 몰입감 증진을 위한 재활 치료 및 평가용 가상현실 구현 기술 - 인지재활 및 운동재활 콘텐츠 구현 기술 - 인지 및 운동 능력 평가 기술 - 재활 치료 및 평가용 원격 시스템 구현 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
10-1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	10-1-1. 인체 착용성이 뛰어난 유연한 소재기술	- 정량적 착용성 평가기술 정립 - 착용성이 뛰어난 센서 및 구동기에 활용되는 최적의 유연한 소재 설계 개발
	10-1-2. 와이어를 이용한 동력전달 및 관절 구동기술	착용성이 뛰어난 소재를 사용하고, 인체관절의 동작범위를 제한하지 않으면서 외골격 구조물 없이 유연한 형태로 관절에 동력을 전달하는 구동 방법 및 구동기
	10-1-3. 피부밀착형 센서의 동작 측정 및 보정기술	- 착용성이 뛰어난 유연한 소재를 사용하고 센서 자체의 부피를 최소화하면서 관절의 운동을 측정하는 센서개발 및 신호 보정기술 - 피부에 접촉하여 각종 생체신호 (근전도, 뇌파 등)를 측정하는 센서 및 신호처리 기술
	10-1-4. Soft exoskeleton을 이용한 재활 및 검진 기술	착용성이 뛰어난 유연한 의복형태의 구동기, 측정장치를 이용한 재활훈련 및 검진작업 구현 기술
10-2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	10-2-1. 뇌활성화 측정 기술	휴대성이 뛰어난 뇌파 및 뇌혈류량 측정센서 및 신호처리
	10-2-2. 뇌기능성, 운동능력이 포함된 총체적 검진 기술	뇌신호, 신체동작 데이터를 종합하여 재활의 효율성을 평가하는 검진기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	10-2-3. 환자 맞춤형 최적 재활 프로그램 설계 기술	□ 사용자의 생체신호 평가를 피드백하여 최적 재활프로그램 제공
	10-2-4. 사용자 편의성이 뛰어난 재활기기 인터페이스 기술	□ 일반 사용자의 접근성, 사용성이 뛰어난 사용자 인터페이스 설계기술
10-3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술	10-3-1. 생체신호 기반의 동작의도 분석 기술	□ 근력보조 장치를 비장애인 수준으로 작동할 수 있는 생체신호 기반 동작의도 분석 알고리즘
	10-3-2. 착용성이 강조된 소재 및 동력 전달 메커니즘 디자인 기술	□ 몸에 부착하여 일상생활에서 불편함을 느끼거나, 부딪힘을 일으키지 않고, 동력전달이 가능한 메커니즘 최적화와 디자인 기술
	10-3-3. 착용성이 강조된 웨어러블 생체신호 및 동작 분석 장치 디자인 기술	□ 근력보조 시스템을 손쉽게 착용하고 벗을 수 있고, 미용적인 측면이 강조된 디자인 기술 (예: 기존의 생체신호 측정 장치는 옷을 벗고 착용하는 등의 착용에 문제와 재활치료 장비 처럼 보이는 등의 디자인상의 문제가 있음)
	10-3-4. 근력보조 로봇시스템을 이용한 개인 맞춤형 재활 치료 기술	□ 근력의 상태와 근력 보조 정도를 개인 맞춤형으로 가능하게 하여 근력보조 뿐만 아니라 재활치료가 가능하게 하는 알고리즘 및 시스템 운영 기술
10-4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	10-4-1. 인체분절 형상 3D 스캐닝 기술	□ 인공 보철 중 인공 의족, 의수 제작을 위해 상지 또는 하지 분절의 크기, 형태, 색깔과 더불어 깊이 정보까지 포함하는 3차원 형상 정보 획득을 위한 스캐닝 기술
	10-4-2. 스캔된 3D 형상을 반영한 인공 의족, 의수 제작 기술	□ 3D 스캐닝 데이터를 이용한 절단 부위 특성과 압력 분포 분석 기술 □ 압력이 집중되는 부위에 이종의 재료를 통한 압력 분산을 위해 다종 재료의 혼합 기술 및 경량화 고내구성 소재 제조 기술
	10-4-3. 신경망 연결을 통한 동작의도 감지 기술	□ 3D 프린터로 제작된 인공 의족, 의수의 기능 부여를 위해 동작 센서, 힘 센서 등을 이용한 동작의도를 감지하는 기술
	10-4-4. 동작의도에 따른 의족, 의수 제어 기술	□ 감지된 동작의도에 따라 일정한 동작을 수행하는 제어 기술 □ 관절의 동적 메커니즘 분석을 통해 동작 범위 설정을 위한 설계 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
10-5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	10-5-1. 재활 치료 및 평가용 가상현실 구현 기술	▣ 재활 치료 과정에 필요한 환자의 동작, 치료 도구의 인터페이스, 재활 치료 의 진행 상황을 현실적이고 실시간으로 표시하는 가상현실 기술
	10-5-2. 인지재활 및 운동재활 콘텐츠 구현 기술	▣ 뇌졸중으로 인한 운동 및 인지재활 장애 치료, 작업치료, 물리치료 등의 재활 콘텐츠를 컴퓨터 기반으로 구현하는 재활 자동화 기술
	10-5-3. 인지 및 운동 능력 평가 기술	▣ 신경정신질환, 언어질환, 작업치료, 물리치료 등 다양한 분야에서 활용할 수 있는 인지 및 운동 능력 평가 기술
	10-5-4. 재활 치료 및 평가용 원격 시스템 구현 기술	▣ 재활 상태를 실시간으로 모니터링하여 환자 에게 피드백하고, 재활 치료 경과에 따른 환자의 성취도를 제공하고, 치료사가 재활 콘텐츠의 난이도를 조절할 수 있는 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	10-1. 유연한 소재를 이용한 재활 및 보조 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 생체모사형 외건형 손재활장치, 와이어 구동을 이용한 손 작업보조 장치 등 소형의 유연한 장치에 대한 기초 개발 연구가 진행 중이며, stretchable electronics를 활용한 피부밀착형 동작 감지 센서기술, 소형 근전도 측정센서 기술 등이 연구실 수준의 초기단계로 개발되어 있음. 그렇지만, 상품화를 위한 신뢰도 검증 등이 고려된 기술의 고도화가 필요	
	(국외) □ 외골격 장치를 사용하지 않고 와이어 구동을 이용한 상지 재활 장치, 하지 재활장치에 대한 개발 및, MEMS기술을 이용한 피부밀착형 stretchable sensor 등이 개발되어 있으나 역시 초기 연구단계이며 상품화를 위해 기술고도화 및 신뢰성 검증이 필요	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 가정용/휴대형 재활 기기 산업, 원격재활 기기로 활용가능 □ 가상현실 게임/ 엔터테인먼트 관련 산업에 활용가능 □ 착용이 간편하고 일상생활에 활용가능한 생활보조 및 재활 장치로 활용 가능하므로 재활훈련의 빈도가 높아 재활치료 효과가 높으므로 회복률이 높을 것으로 기대 □ 현실감 있는 가상현실을 구현하여 게임/엔터테인먼트 산업을 활성화 시킬 수 있을 것으로 기대	
시사점	□ 세계적으로 아직 성숙되지 않은 기술을 선점하여 관련 분야의 국가 이미지를 높이고 브랜드 가치를 높일 수 있음 □ 시장을 먼저 선점하여 높은 이윤을 창출할 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(50)%
	평가근거	□ 와이어 구동방식, 공압 구동방식 등 두 가지 이상의 다양한 구동방식에 대한 개발이 이루어진 반면, 국내에는 와이어 구동 한 가지에 대한 연구만 이루어져있음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 ■⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		□④ 산학연 협력 □⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	10-2. 뇌기능성 향상을 위한 환자 맞춤형 최적 재활 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 뇌파를 이용한 사용자 인터페이스 기술, 재활 운동기능 평가기술 등에 대한 연구를 수행하고 있으나 기존의 연구들을 답습하는 수준임	
	(국외) □ 뇌기능 파악, 재활훈련시 뇌가소성 연구, 총체적 재활의 동기부여 프로그램 개발 등 관련 연구의 필요성을 인지하고 활발한 연구가 진행 중임	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 재활 의료기기 산업, 홈헬스케어 산업, 재활 의학 분야의 발전에 중요한 기여를 할 수 있고, 환자의 회복을 극대화하여 사회복귀 가능성 향상, 의료비용 절감등 국가적인 기여도가 높음	
시사점	□ 선진국을 뒤쫓아가는 연구가 아닌 세계적 연구의 주된 흐름에 합류할 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 북유럽 (네덜란드, 독일, 스위스 등)
	국내 기술수준	(10)%
	평가근거	□ 미국, 북유럽 국가에서는 최근 재활장치 위주의 연구개발 투자에서 뇌기능성이 포함된 재활 메커니즘에 대한 연구의 필요성을 감지하고 활발한 연구가 이루어지는 반면, 우리나라에서는 여전히 기기 개발에만 관심이 높음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 □⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■⑥ 기초원천 연구 확대 ■③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치 □④ 산학연 협력 □⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	10-3. 비장애인 수준의 ADL이 가능한 생체신호 기반 근력 보조 로봇 시스템 기술			
국내외 기술동향	(국내) □ 상지와 관련된 근력 보조 시스템이 연구실 수준에서 개발되고 있으나, 재활 운동 기능에서 크게 벗어나지 못하였을 뿐만 아니라, 일상생활에 사용하기에 불편한 정도의 시스템 운영 기술 수준임. 그러나, 국외에 비하여 기술수준이 떨어진다고 볼 수 없음			
	(국외) □ 상지와 관련된 근력보조 시스템은 국내와 마찬가지로 연구실 수준에서 개발되고 있음. 하지의 보행과 관련한 ADL이 가능한 근력 보조 시스템이 존재하나, 생체신호를 안정적으로 운영하는 기술은 현재 연구실 수준에서 개발 중			
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 고령화 사회를 대비하여 증가하는 퇴행성 신경장애 환자들을 비롯하여 노약자/장애인에게 비장애인 수준의 자립적인 일상생활이 가능하도록 하는 개인형 근력 보조시스템 (신규시장) □ 본 기술을 활용한 재활 기기 시장 □ 생체신호 기술을 활용한 뇌신경기기 인터페이스 시장			
시사점	□ 새로운 연구 분야로 국내와 국외의 기술 수준이 거의 차이가 없다고 판단되며, 향후 1-2년이 새로운 신규시장을 창출하는 최적의 기회라고 판단됨			
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국 (미국의 경우 상지관련 기술은 현재 연구실 수준에 그치고 있으나 하지 관련 시장이 미국에서 이미 창출되고 있음)		
	국내 기술수준	(80)%		
	평가근거	□ 기술수준에서는 국내외 차이가 거의 없다고 보여지나, 본 기술을 활용할 수 있는 국내 기업이 전무하고, 임상실험 승인요건 등의 법적 문제개선이 필요함. 특히, 상지와 관련된 기술은 연구실 수준에서 비슷하다고 보여지나, 하지와 관련해서는 미국에서 이미 상용화 제품이 나온 단계 이므로 기술격차가 앞으로 심화될 것으로 예상		
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	□ ⑥ 기초원천 연구 확대	
□ ③ 국제협력 활성화		□ ⑦ 민간투자 유치		
■ ④ 산학연 협력		□ ⑧ 기타()		

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	10-4. 3D 프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 첨단 보철 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 사용자 혹은 환자에게 적합한 맞춤형 안경, 보청기, 치과 교정기 또는 신체의 일부를 3D 프린터로 제작하는 사례가 증가하고 있지만, 의료산업 전용의 3D 프린팅 기술은 미비한 상태임. 우리나라는 세계 최고수준의 ICT 인프라를 보유하고 있으며 우수한 인재의 보건 의료분야 선호 등 3D 프린팅 기술을 이용한 보건산업 활용에서 경쟁우위를 지니고 있음	
	(국외) □ 미국, 유럽, 중국 등 주요 선진국은 3D 프린팅기술이 국가 미래 신성장동력 산업으로 성장할 것을 예견하고 국가 차원의 지원 및 육성하고 있음. 의료분야에서 구강 보철물과 보청기 등에 대한 사업화가 이미 진행 중이며, 인공귀와 인공장기에 대한 연구, 저가의 의족 및 의수 제작에 대한 오픈 프로젝트 및 클라우드 펀딩을 통한 사업화 등이 시도되고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 가공원료가 확대됨에 따라 보건산업 분야에서도 의료비용 절감, 개인 맞춤형 의료제품에 대한 풍부한 잠재수요가 기대됨 □ 3D 프린터를 이용한 신체 구조에 최적화된 저가의 개인 맞춤형 인공 보철 산업의 활성화가 기대됨 □ 보건산업의 3차원 영상, CAD, 3D 프린터를 운영할 소프트웨어 및 하드웨어 전문가에 대한 고급인력 일자리 창출이 기대됨	
시사점	□ 3D 프린팅 기법을 적용한 맞춤형 의료용 착용구 제작을 위한 기반 기술은 의공학, 기계공학, 화학 등을 아우르는 융합기술임 □ 인공 의수, 의족, 뼈, 장기, 기타 조직 등 다품종 소량 생산 능력이 중요한 바이오·의료 분야에서는 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대됨	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(40)%
	평가근거	□ 3D 프린터를 이용한 인공 보철 제작을 위한 국내의 3D 프린팅 관련 기술 보유 업체는 중소기업 몇 군데에 불과하여 대부분 유명 해외 기업의 제품을 선호하고 정부 지원 정책이 미비한 실정임
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 ■⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■② 기술 관련 정보·인프라 제공 □⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		■④ 산학연 협력 ■⑧ 기타 (정부 지원 확대)

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	10-5. 가상현실 기반의 원격 재활 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 정부 주도하에 IT기술과 재활기술을 접목한 재활의료기기 분야에 대한 연구가 진행됨. 손동작 재활용 손목구동 보조장치, 센서 스플린트를 활용한 원격재활 서비스, 3차원 동작인식카메라 키넥트를 이용한 가상현실을 기반으로 뇌졸중 재활프로그램 등 다양한 연구가 진행 중이며, 몇몇 기업에 의한 원격재활과 관련된 상용화가 시도 중	
	(국외) □ 원격재활 관련 인프라와 시장이 형성되어 장비의 사용이 활성화되고 있음. 자동화된 재활도구, 상지재활로봇, 데이터 글로벌, 마네킨 형태의 마스터-슬레이브 로봇, MEMS 센서 기반의 동작 추적, 영상 기반의 동작 추적 등을 가상현실과 결합해 원격재활을 제공하는 연구가 진행되어 왔으며 다수의 기업에 의해 상용화가 진행 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 원격지에 위치한 환자에게 재활치료 서비스를 제공하는 기술로서, 재활치료의 패러다임을 바꿀 수 있음 □ 병원에서 충분한 치료를 받지 못하고 퇴원하거나 치료를 위해 통원이 불편한 환자에게 지속적인 재활 치료를 제공하고 이에 따른 재활 서비스 시장을 창출 □ 가상현실과 인터페이스하기 위한 기술로서, 기존의 재활도구 시장에 자동화 수요를 창출할 수 있을 것으로 기대	
시사점	□ 가상현실 기반의 원격재활 기술은 의공학, 기계공학, 재활공학, 정보통신공학, 재활의학 등의 이종 학문이 융합된 기술로서 보건의료산업 분야의 핵심 융합기술에 해당 □ 원격재활 기술이 실용화되기 위해서는 치료효과, 재활컨텐츠 수준, 몰입도, 가격 등이 중요한 요소임. 특히, 상호작용에 사용되는 디바이스의 경우 다양한 가격과 기능의 스펙트럼을 갖는 사양을 제공할 필요가 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 독일
	국내 기술수준	(75)%
	평가근거	□ 미국의 경우 상호작용에 필요한 기기, 재활컨텐츠, 인지 및 운동 능력 평가 기술 측면에서 우수함. 상용화 측면에서도 다양한 제품이 사용되고 있음. 독일과 네덜란드를 포함하는 유럽의 경우 상호작용 방법, 재활컨텐츠 제공 측면에서 우수함.
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성
		□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		■ ② 기술 관련 정보인프라 제공
		□ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화
		■ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력
		□ ⑧ 기타(정부지원 확대)

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	이창근(한국에너지기술연구원 박사) / 분과장
	박용기(한국화학연구원 박사)
	박정훈(동국대학교 교수)

1. 개요

기술분야	11. 온실가스 저감 및 관리기술
------	--------------------

2. 선정사유

핵심기술명	선정사유
11-1. Zero Emission 플랫폼 기술	□ 미래의 에너지생산플랜트는 기술의 융합을 통해 이산화탄소를 포함한 모든 오염물을 거의 제로상태까지 제거한 청정, 고효율, 물사용이 적은 에너지생산플랜트를 위한 혁신기술이 필요
11-2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	□ 이온전도성 분리막 및 전이금속계 분리막 기술을 바탕으로 분리와 반응을 결합한 기술을 개발하면 에너지 효율 향상 및 청정공정 기술로써, CCS, 소형열병합, 반응분리공정 등 다양한 분야에서 적용범위가 넓음

핵심기술명	선정사유
11-3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술	□ 자연계는 이산화탄소를 효율적으로 순환하는 시스템을 구성하고 있음. 신재생에너지로부터 생산된 전기 및 수소를 활용하고 전자의 전달시스템과 미생물, 화학적/생물학적 촉매 또는 효소로 직접 CO ₂ 를 전환하는 것이 가능함.
11-4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매- 분리막 융합기술	□ 이원화 되어 있는 WGS 반응과 분리막을 융합하여 하나의 반응기에서 처리함으로써 공정의 경제성 확보

3.

핵심기술의 정의 및 범위

핵심기술명	기술 정의	기술 범위
11-1. Zero Emission 플랫폼 기술	□ 미래의 화력발전 및 에너지생산시스템은 이산화탄소를 포함한 모든 오염물질을 제거한 무배출을 달성하고 물질악까지를 고려한 기술	□ CO ₂ , SO _x , NO _x 동시제거에 의한 near zero emissions 기술 □ IGFC와 CCS 통합에 의한 zero emission energy plant □ 신재생(폐기물, 바이오) 및 미활용 에너지 통합 CCUS 기술 □ Water & energy saving CCUS 기술
11-2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	□ 분리막과 반응기를 결합함으로써, 분리와 반응을 단위공정 하나로 결합하여 전체공정을 단순화하고 반응 효율을 높이고자 하는 기술로써, 연소전, 산소 연소 이산화탄소 포집 기술공정 및 다양한 산업공정의 그 적용성이 매우 높음	□ 이온전도성 세라믹 분리막 및 전이금속계 수소 분리막을 이용한 산소 및 수소 제조기술, 산소 분리기술과 연소를 통합한 단일 공정 기술 - 수소 및 산소 분리기술을 적용한 연소전 포집 기술 열병합 발전 및 다양한 연소로에 적합한 분리막 탑재 통합 공정 개발
11-3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환	□ 신재생에너지로의 태양광, 미생물 화학적/ 생물학적 촉매, 또는 효소등을 활용하여 CO ₂ 를 유용한 연료 및 물질로 전환	□ NADH 재생기술에 의한 CO ₂ 전환 □ 전자전달체 기반의 CO ₂ 전환 융합기술 □ 광을 이용한 natural RC소재 기반의 CO ₂ 전환 □ artificial RC소재기반의 이산화탄소 전환 □ NBT 융복합시스템에 의한 이산화탄소의 수소화에 의한 연료 제조 □ 이산화탄소로부터 C2+의 제조 기술

핵심기술명	기술 정의	기술 범위
11-4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매- 분리막 융합기술	유동층 분리막 반응기를 이용한 연소전 이산화탄소 포집 및 고순도 수소 생산 동시공정 개발	- 반응기 내부 분리막 모듈 적용을 위한 hydrodynamic 해석 및 반응기 설계 - 고온/고압에서 안정적 운전 및 마모손실 최소화를 위한 운전 조건 결정 - 열추출을 위한 공정 개선 및 시스템 운전메뉴얼 도출

4. 기술트리

핵심기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
11-1. Zero Emission 플랫폼 기술	11-1-1. CO ₂ , SO _x , NO _x 동시제거에 의한 near zero emissions 기술	- 습식 CO₂ 및 탈황탈질 동시제거 기술 - CO₂, SO_x, NO_x Single stage Removal Novel Process
	11-1-2. Zero emission energy 생산 plant	- 합성가스 제조기술 - 합성가스로부터 오염물의 정밀 정제 기술 - 합성가스로부터 CO₂ 제거 기술 - 합성가스활용 전기생산기술 (Solid fuel 연료전지, Chemical looping 기술) - 합성가스로부터 오염물 무배출 연료 전환 기술
	11-1-3. 신재생(폐기물, 바이오) 및 미활용 에너지 통합 CCUS 기술	- 폐기물연소와 CCUS의 통합 - 바이오 CCUS - 미활용에너지 통합 CCUS
	11-1-4. Water-energy saving CCUS 기술	- 물-에너지-CO₂ Nexus - 물 및 에너지 절약 CCUS 기술
11-2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술	11-2-1. 전이금속계 탈 Pd 수소 분리막 (Hydrogen Transport Membrane, HTM)기술	투과도 및 선택도가 높은 전이금속계 수소 분리막 개발을 통해 기존 팔라듐 분리막 대비 가격경쟁력을 높여 상용화 가능
	11-2-2. CO ₂ 내성이 있는 중저온 구동형 이온전도성 분리막 (Oxygen Trans- port Membrane, OTM) 기술	중저온에서 우수한 산소 투과성을 보이고, 장기간 이산화탄소 분위기에서 안정한 이온전도성 세라믹 신조성 분리막 개발
	11-2-3. OTM, HTM을 적용한 분리막 반응기 기술	산소분리막을 통해 산소를 공급하면서 탄화수소의 부분산화를 일으켜 합성 가스를 제조하고 동시에 수소분리막을 이용하여 수소를 분리하는 단일반응기 개발 기술

핵심기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	11-2-4. OTM을 적용한 산소연소 CO ₂ 포집기술	□ 산소분리막으로 공기로부터 산소를 제조하고 분리된 산소를 연소기로 재순환하는 이산화탄소로 이송하여 순산소 연소시키는 산소연소 CO₂ 포집 기술
	11-2-5. OTM 및 HTM을 적용한 연소전 CO ₂ 포집기술	□ 산소 분리막을 이용하여 부분산화 공정으로 탄화수소를 합성가스로 제조하고 이 합성가스를 수증기개질 반응으로 이산화탄소와 수소로 전환한 후 수소를 수소 분리막으로 분리하여 수소를 생산하면서 동시에 CO₂를 포집하는 기술
11-3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술	11-3-1. 신재생에너지의 전기를 활용한 NADH 재생기술에 의한 CO ₂ 전환 기술	□ 전기화학적 NADH 재생산 □ 효소에 대한 inhibition이 없는 전자 전달체의 개발 □ NADH dependent 혁신적 효소개발 □ 태양전지활용 이산화탄소전환 NBT 시스템개발
	11-3-2. 신재생에너지의 전기를 활용한 전자전달체 기반의 CO ₂ 전환 융합 기술	□ 직접 전자전달에 의해 이산화탄소 전환이 가능한 호기성 미생물의 개발 □ 호기성조건에서 전자전달이 가능한 효율적인 전자전달체의 개발 □ 전극에서 직접 미생물로의 전자전달이 가능한 미생물의 고정화전극개발
	11-3-3. 광을 이용한 natural RC소재기반의 이산화탄소 전환기술	□ 안정화된 natural RC소재의 분리 및 추출 □ natural RC소재의 광여기의 해석 □ 산화 및 환원소재의 개발 □ natural RC소재와 산화/환원소재의 linkage
	11-3-4. 이산화탄소의 효율적 광전환을 위한 artificial RC소재기반의 이산화탄소 전환기술	□ 안정화된 artificial RC 나노소재의 조립 □ 고선택성 환원촉매의 개발 □ 핵심소재의 나노조립기술 □ 고효율 광전환 시스템의 개발
	11-3-5. NBT 융복합시스템에 의한 이산화 탄소의 수소화반응	□ 직접 이산화탄소의 수소화가 가능한 미생물의 탐색, 발굴 및 metabolic engineering: higher alcohol, □ Diesel Fuel □ 전기화학적 수소의 생산 및 이를 이용한 미생물 또는 화학적/생물학적 촉매에 의한 수소화반응의 시스템개발 □ 수소화에 의한 SNG 생산기술

핵심기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	11-3-6. NBT 복합시스템에 의한 이산화 탄소로부터 C2+의 제조기술개발	□ formate 또는 acetate로부터 butanol의 합성이 가능한 미생물의 엔지니어링 □ CO₂의 수소화에 의한 formate의 합성 □ CO₂의 수소화에 의한 acetate의 합성
11-4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술	11-4-1. 고투과 대면적 팔라듐계 치밀 복합막 대량 생산기술	□ 혁신 무전해도금법을 이용한 튜브형 분리막 대면적화 (길이 1 m) 및 생산비용 최소화를 통한 고효율 분리막 대량생산조건 최적화 □ 유동층 반응기에 적합한 내마모 및 투과향상 이원기능층 도입 □ 유동층 반응기 구성을 위한 고효율/내구성 분리막 모듈 기술 확보
	11-4-2. 유동층 반응기에 적합한 촉매 제조기술	□ 유동층에 적합한 촉매 내마모성 향상 □ 300-400℃ 중고온 운전을 위한 고효율 WGS 촉매조성 확보
	11-4-3. 유동층 반응기 고온-고압 운전 및 열추출 기술	□ 고온/고압에서 안정적 운전 및 마모 손실 최소화를 위한 운전조건 결정 □ 열추출을 위한 공정 개선 및 시스템 운전메뉴얼 도출

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	11-1. Zero Emission 플랫폼 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 온실가스 저감 및 관리 기술은 CO ₂ 포집 및 저장인 CCS 기술과 Non-CO ₂ 처리기술 분야에서 핵심기술 개발이 폭넓게 이루어지고 있음 □ CCS 기술과 다른 분야가 융합된 연구는 아직 특화된 연구 프로그램이 없음	
	(국외) □ CCS 기술개발의 방향은 포집비용의 저감과 저장기술은 저장 안정성 확보를 위한 핵심 원천기술개발의 방향과 대규모 시범화 프로젝트에 의한 기술의 신뢰성 및 경제성 검증의 방향으로 이루어지고 있음 □ CO ₂ 를 활용하여 전환하는 혁신 아이디어의 발굴을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 발전분야, 화합물로부터 연료생산분야, 에너지 생산 분야 □ 기후변화 대응을 위하여 이산화탄소 및 오염물을 무배출하는 미래의 에너지 생산플랜트로 대체될 것임 □ CCUS 기술이 타 에너지 기술과 융합하고 에너지절약-CO ₂ 저감-물질약을 동시에 달성하는 혁신기술개발을 통해 신시장 창출	
시사점	□ CO ₂ 를 포함한 모든 오염물이 제거된 zero emission 기술은 화석연료를 사용하여 에너지를 획득하는 시스템에서 최종의 목표 □ 미래 에너지생산플랜트는 무배출, 고효율의 양 방향으로 지향 □ CCS를 다른 신재생에너지원과 융합하는 것은 negative CO ₂ 배출효과가 있음 □ 미래의 물문제, 에너지문제, 이산화탄소를 포함한 환경문제는 상호 연계하여 통합적으로 해결해야 함 □ 융합분야는 선진국에서도 초기단계의 기술로서 지금 연구에 투자를 집중할 경우 기술선도가 가능한 분야임	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 국내 CCS의 여러 분야에서 핵심원천기술을 보유하고 있음 □ 통합 및 융합연구는 아직 시도되지 않았음 □ 동시제거, 물-CO ₂ -에너지의 상관관계를 고려한 최적화 연구는 아직 시도되지 않았음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ③ 국제협력 활성화 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ④ 산학연 협력 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	11-2. 산소와 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 신기술
국내외 기술동향	(국내) □ 고순도 순산소를 제공하는 공정의 핵심기술인 산소이온전도성 분리막(Oxygen Transport Membrane, OTM)은 700 °C 이상의 고온에서 작동하는 세라믹 분리막으로, 분리막 양면에 산소 분압차를 유지해 주면 산소만 선택적으로 투과되기 때문에 추가적인 설비 없이 고순도의 산소를 제조할 수 있음 □ 국내의 경우 영동화력의 100 MW급 순산소 연소 기술 개발의 일환으로 ASU(air separation unit)로 심냉법을 사용하는 연구가 일부 진행되었으나 OTM을 이용한 연구는 연소기 통합연구는 진행된 바 없음. □ CDRS 사업으로 OTM에 대한 모듈화 연구는 수행되어 산소제조 기술을 실증하였으나 아직도 100% CO₂에 대한 내성이 높은 중저온 구동형 분리막 기술은 개발되지 않았으며 전세계적으로도 이에 대한 연구를 추진 중에 있는 실정
	(국외) □ Air product & chemical Inc. (APCI)는 Electric Power Research Institute, Inc. (EPRI)와 함께 산소연소, IGCC 및 다른 첨단 발전시스템 용 세라믹 분리막 공정 개발에 대한 양해각서를 체결하여 공정 상용화를 추진중임. 독일의 Fraunhofer, RWTH Aachen, Julich, 연구소에서는 이온 전도성 Ba-Sr-Co-Fe-O 계 산화물 세라믹 소재를 이용하여 튜브형 산소 분리막 모듈 연구가 활발히 진행되고 있고 최대 300개의 튜브를 장착 할 수 있는 모듈의 실증 테스트를 추진하고 있음 □ 연소전 CO₂ 포집 적용 IGCC 발전소의 효율을 높이기 위해 선진국들은 연소전 CO₂ 포집과 더불어 Polygeneration (고순도 수소를 생산하여 발전, 화학연료, 수송연료 등 활용)이 가능한 수소분리막(HTM) 기술에 집중적인 기술개발 투자를 하고 있음 □ 분리막을 이용한 H₂ 제조 및 CO₂ 포집 관련 DOE/NETL 프로젝트는 2011년 34개 과제로 2008년 18개에 비해 크게 증가하였으며, 현재 Pd 계열 및 비귀금속 분리막 소재 개발과 함께 벤치 또는 파일럿 규모 실증을 통한 공정격상 연구가 활발하게 진행 중 □ 그러나 Pd계 분리막 소재는 고가일뿐만 아니라 매장량의 대부분이 남아프리카와 러시아에 집중되어 있으며, Pd 채광업체가 전 세계적으로 10개 미만이기 때문에 낮은 경제성 및 향후 자원안보 문제를 안고 있음. 따라서 팔라듐에서 탈피한 비귀금속계 특히 전이금속계 수소 분리막 연구가 2010년이후 급격히 증가하고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ OTM 기술을 바탕으로 한 산소 제조 공정은 합성가스 생산과 연료전지의 수소 공급용 분리막 및 연소로, 소각로 등에 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 NOx를 원천적으로 배제할 수 있기 때문에 청정 공정으로 그 파급효과는 클 것으로 판단 □ 산소분리막과 함께 수소분리막을 적용한 이산화탄소 포집 기술은 현재까지 대규모 실증이 적용된 바 없는 신기술로서, 산소연소 포집 기술, 연소전 포집 기술에 활용하여 높은 경제성을 얻을 수 있음 □ 또한 반응분리 동시 공정으로 산소분리막을 이용한 부분산화 공정과 촉매 및 수소분리막을 이용한 수소 생산 기술은 평형전화율을 높이고 공정규모를 줄일 수 있어 운전비용과 설치비용을 동시에 저감할 수 있는 신기술로서 산업계에 파급효과가 매우 큼

시사점	□ 파급효과가 높고 적용분야 또한 넓기 때문에 미국과 유럽에서는 보다 높은 효율을 갖는 산소분리막, 수소분리막 및 그 적용 공정 개발을 다양하게 추진하고 있으며, 국내에서도 이에 대한 연구를 지속적으로 추진해야 한다고 사료		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 독일 (미국 : Air product & Chemical, Praxair 독일 : Julich 연구소)	
	국내 기술수준	(60)%	
	평가근거	□ 국외 산소 분리막 실증 규모 대비 국내 규모 기준 □ 국외 산소투과량 대비 국내 산소 투과량 □ 국외 수소 실증 규모 대비 국내 규모 비교	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성	□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		□ ③ 국제협력 활성화	□ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력	□ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	11-3. 신재생에너지를 활용한 이산화탄소 전환 융합기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 신재생에너지로부터 NT시스템에 의해 이산화탄소로부터 CO 및 formate에 대한 전환연구는 인공광합성센터에서 수행해 왔으나 주로 프로톤 및 전자수송에 치우침 □ NT 시스템에 대한 연구는 각 대학 및 국책연구소에서 자체연구비에 의한 연구기반은 확립 □ NBT에 의한 융합연구는 기초연구수준으로 특화된 연구프로그램이 없음	
	(국외) □ 미국 등에서는 NT시스템뿐 아니라 NBT 시스템에 대한 연구가 DOE 및 Alpha-E등에서 활발히 수행 □ 최근, 광뿐만 아니라 신재생에너지기반의 전기/프로톤기반의 NBT시스템에 대한 연구가 확산됨. 특히, 이산화탄소수소화, 아세테이트 및 포메이트를 활용한 부탄올 및 디젤유합성을 위한 미생물의 개발연구가 활발 □ 이산화탄소 기반 SNG 생산 상용화 공정 개발(Audi사 & Clariant사: "e-gas plant", 100만톤/년 규모)	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 국내의 미생물을 활용한 유용한자원에 대한 상업화공정은 대상, CJ제일제당 등에서 수행되며 이 경우 미생물의 성장 및 반응과정에서 막대한 양의 이산화탄소가 발생됨. 이 공정과 연계하여 본 기술개발이 적용될 경우 이산화탄소의 저감 및 공정효율화가 가능해짐 □ 이산화탄소로부터 부탄올 및 디젤유 등의 합성을 위한 미생물의 개발은 세계적으로 매우 중요한 기술임. 이 때 glucose를 주로 사용하여 대량의 이산화탄소를 방출함. 이를 이산화탄소로 대체하는 기술의 개발은 에너지 및 환경측면에서 그 파급효과가 매우 큼 □ 단기적으로 바이오매스로부터 화학제품 및 연료의 제조기술개발이 수행되고 있으나 본 기술은 궁극적으로 자연에너지와 이산화탄소/물로부터 이들 유용한 제품을 제조하는 환경순환적 기술로서 경제성의 확보시 탄소배출이 제로인 화학인프라의 구축이 가능해짐	
시사점	□ 동 기술은 에너지환경분야의 과학계에서 수행하는 장기적인 관점에서 몇몇 남지않은 미래의 성장동력원이 되는 기술로서 선진국진입의 매우 중요한 디딤돌이 될 수 있는 분야임 □ 특히, 이 기술은 화석자원이 없는 우리나라로서는 미래의 중요한 에너지원일 뿐 아니라 화학자원을 자립화 할 수 있는 기회가 되는 중요한 기술분야 □ 우리나라의 NT 및 BT기반의 기술은 선진국에 비해 뒤처지지 않은 수준이며 이러한 융합분야는 선진국에서도 초기단계의 기술로서 지금 연구에 투자를 집중할 경우 선진국과 대등한 수준으로 발전할 수 있는 분야로 투자가 시급	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	-

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성	□⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공	■⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화	□⑦ 민간투자 유치
		□④ 산학연 협력	□⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	11-4. 연소 전 CO ₂ 회수를 위한 건식 촉매-분리막 융합기술		
국내외 기술동향	□ DOE/NETL에서는 2006년부터 분리막을 이용한 H₂ 제조 및 CO₂ 포집 관련 다양한 프로젝트를 수행 중이며, 기존 연구결과를 바탕으로 pre-commercial 규모 실증이 가능한 연구과제 4개를 선정하여 Praxair, United Technologies Research Center, Western Research Institute 및 Worcester Polytechnic Institute에 스케일업 연구를 지원하고 있음 □ 유럽은 ECN, SINTEF를 비롯하여 8개 기관이 참여하여 CACHET project를 통하여 전력효율 50% 이상을 목표로 NGCC(천연가스복합발전)와 IGCC(석탄가스화복합발전)용 분리막을 이용한 연소전 이산화탄소 포집기술 개발을 진행 중임.		
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 저비용 CO₂ 분리회수 및 고효율 청정 석탄 발전에 대한 요구 증가 및 고유가에 따른 IGCC 설비와 가스화기 수요가 전 세계적으로 증가하고 있어 기술 개발 성공 시 막대한 경제적 이익 예상 □ 고온 공정이므로 습식 회수기술에 비해 발전효율 감소 최소화 가능 □ 기존 SEWGS 공정에 비해 적은 반응기 개수, 간단한 공정 실증 가능 □ 고압 CO₂ 및 저압 스팀 불필요, 열손실, CO₂ 수송 저장을 위한 재압축 등 불필요 □ 별도의 CO₂ 분리설비 필요 없음(고농도 CO₂ 원천분리, sequestration ready) □ 국내 기술진이 보유하고 있는 고온가압순환유동층 기술 적용으로 선진국과의 기술격차 극복 가능 □ CO₂ 회수기술 관련 분야의 기술발전을 획기적으로 향상시키는 계기 □ 흡수제/촉매/유동층공정 국내기술력 강화 및 국제화 가능		
시사점	□ 분리막 적용 유동층 MEWGS (Membrane Enhanced Water Gas Shift) 공정 개발을 통한 WGS 효율 극대화 및 한국형 고온 소재 및 공정 기술 확보 □ 상온/고효율 무전해도금법을 이용한 튜브형 분리막 대면적화 및 대량생산기술 개발 □ 선진기술 벤치마킹을 통한 기술 격차 단기간 추격		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 유럽	
	국내 기술수준	(50)%	
	평가근거	□ 국내 유동층 공정기술의 경우 세계 최고수준을 보이고 있음. 특히 고온-고압 순환유동층 공정의 경우 독보적인 위치를 차지 □ 고투과 대면적 팔라듐계 치밀 복합막 제조기술을 보유하고 있으나 대량 생산기술 개발 필요 □ 또한, 분리막과 유동층의 융합 실증이 이루어진 적이 없어 연구개발 필요	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 ■⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)	
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 □⑥ 기초원천 연구 확대	
□③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치			
□④ 산학연 협력 □⑧ 기타()			

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	박재우(한양대학교 교수) / 분과장
	김석구(한국건설기술연구원 위원)
	박기영(건국대학교 교수)
	신호정(한국생산기술연구원 박사)
	이승묵(서울대학교 교수)
	이재령(강원대학교 교수)

1. 개요

기술분야	12. 오염물질 제어 및 처리 기술
------	---------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
12-1. 폐전자기기함유 독성물질 제어형 회유금속, 귀금속 회수 융복합기술	□ 현재 폐전자기기로부터 재활용공정에서 함유되어 있는 VOCs 및 중금속 성분에 대한 고려가 미미하여, 2차오염 등의 피해가 유발될 수 있음. □ 전자기기로부터 재활용공정이 향후 Zero-Emission을 지향하는 바, 이에 독성 유기물질의 적절한 처리와 중금속 성분의 안전한 회수를 위해 융복합기술의 개발이 필요함.
12-2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU (Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	□ 지구온난화로 인한 온실가스 감축은 주요 국제회의 최우선 의제로 부상하고 있으며 '20년 이후 설비보급의 본격화와 함께 세계 시장규모는 연 140조원으로 급성장 예상 □ 최근 이산화탄소를 단순 포집·저장하는 Carbon Capture and Storage(CCS) 대신 미국, 유럽 등을 중심으로 고부가가치의 원료나 친환경적인 연료로 재활용하는 Carbon Capture and Utilization(CCU)이 급부상 중이기 때문에 기존의 재활용 분야와 이산화탄소 포집 분야를 융복합하는 미래 친환경 기술개발이 필요
12-3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	□ 유해 조류의 만연으로 수환경 및 수자원관리의 고도화와 함께 처리가 어려운 난분해성 및 복합 오염물질의 증가로 융복합기술에 의한 초고도 수질제어 융복합기술의 개발이 필요 □ 에너지 및 자원고갈로 인한 수질오염제어 시설로부터 신재생에너지 및 유용물질의 확보를 위한 융복합기술의 개발이 필요
12-4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	□ 환경에 대한 관심 증대에 맞춰 정화과정 후 안심하고 사용할 수 있는 국민체감형 정화·검증기술과 인체 및 생태 위해성 평가 기술과의 융복합 필요 □ 생태계 관리는 민간 부분에서의 투자가 적합하지 않는 분야로 정부주도의 투자와 사업진행이 요구되는 공공 기반 기술 분야로서 기존 기술의 한계성에 따라 융복합기술의 개발이 필요
12-5. 대기환경 관리 융복합기술	□ 2014년 초에 WHO의 보고서에 따르면, 대기오염이 환경오염 중에서는 가장 큰 건강위해 요인이라고 발표 □ 우리나라는 산업화가 매우 활발히 진행되고 있는 중국과 인접해 있어 우리나라 대기환경 관리가 매우 시급하고 복잡한 양상을 띠고 있음. 특히, 국민건강에 대한 관심과 인식이 높아지면서 대기환경관리에 대한 다양한 기술의 융복합이 요구

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
12-1. 폐전자기기함유 독성물질 제어형 회유금속, 귀금속 회수 융복합기술	본 기술은 재활용공정에서 발생할 수 있는 환경적 오염요소를 제거, 무해화하고 회수하는 융복합기술	- 환경오염 유발 유기물질의 제거, 무해화기술 - 저함량 중금속성분의 회수, 재활용 및 관리기술
12-2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU (Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	화석연료 사용에서 배출되는 이산화탄소를 재활용하여 고부가가치의 원료나 친환경적인 연료의 원료적용관련 융복합기술	- 이산화탄소 흡입을 통한 화학제품 제조용 첨단촉매 기술 - 이산화탄소의 생물학적 고정 및 인공광합성을 위한 나노테크 놀로지 기술 - 생체모방적(Biomimetic) 이산화탄소 전환에 의한 광물탄산화를 위한 미생물 및 효소 활용 기술
12-3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	건강하고 안전한 수환경 조성을 위한 초고도 처리 기술 및 수질제어시스템으로부터 고품질 에너지·유용자원의 회수 융복합 기술	- 융복합 기술을 사용한 고품질의 수질을 얻기 위한 초고도 처리 기술 - 수질제어 시설 및 수환경으로부터 융복합기술을 활용한 고품질의 에너지 및 유용자원을 회수하는 기술
12-4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	토양, 지하수 및 생태계로 배출되는 다양한 물질의 거동 및 위해성을 평가·예측하고 이를 저감·관리하여 오염물질로 인한 피해를 최소화하는 융복합기술	- 토양·지하수 오염물질 제거 및 관리를 위한 융합 기술 - 생태계를 각종 교란요인으로 부터 보호하고, 생태 보전·복원 및 관리 전반을 효율적으로 관리하는 기술
12-5. 대기환경 관리 융복합기술	맑고 건강한 대기환경 조성을 위한 대기오염물질 관리 융복합 기술	- 대기질을 인간의 건강 및 복지에 유익한 수준으로 개선하기 위한 대기오염 물질 제어 및 관리 융합 기술 - 대기 오염물질의 건강영향 평가 융합기술 - 장거리 이동 대기오염물질 관리 융합기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
12-1. 폐전자기기함유 독성 물질 제어형 회유금속, 귀금속 회수 융복합 기술	12-1-1. 유기계 독성물질 제거 및 변환기술	- 발암성 고분자 유기물(PVC 등) 분리 및 무해화 기술 - 재활용공정 사용 독성 유무기 용매의 분리 및 무해화 기술 - 유기계 독성물질 회수 및 재활용기술
	12-1-2. 중금속성분 농축 및 회수기술	- 폐전자기기에 함유되어 있는 저품위 중금속 성분 분리/회수 기술 - 중금속성분의 고순도 원료소재화 기술
	12-1-3. Zero-emission형 금속회수 공정기술	- 폐전자기기 부품별 해체/분리 기술 - 폐전자기기 부품별 성분회수 최적화 기술 - 폐전자기기 재활용 공정 후 부산물 극저감 Total Recycling 기술
12-2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 융복합기술	12-2-1. 이산화탄소 삽입을 통한 화학제품 원료화 기술	- 이산화탄소 삽입(Insertion)을 통한 카보네이트(Carbonate) 계열 화학제품 제조기술 - 이산화탄소를 재활용한 2차 전지 및 연료 전지용 폴리우레탄 전구체 제조 기술
	12-2-2. 이산화탄소를 재활용한 재생/바이오 연료 제조 기술	- 이산화탄소의 생물학적 고정 기술 - 연료 전환을 위한 인공광합성(Artificial photosynthesis) 기술
	12-2-3. 이산화탄소의 광물탄산화를 통한 건축재료 제조기술	- 생체모방적(Biomimetic) 이산화탄소 전환 방식을 통한 광물탄산화 기술 - 탄산화 과정에서 발생하는 발열반응 열회수 장치 개발 - 슬래그 또는 석탄재 등의 공정부산물을 활용한 시멘트 제조기술
12-3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	12-3-1. 수생태계 잔류 영양염류 및 유해 오염물질 제거기술	- 수생태계 잔류영양염류 제거 기술 - 수생태계 잔류 유해 오염물질 제거기술
	12-3-2. 하폐수 초고도 처리 융합기술	- 하폐수 미량오염물질 제거 기술 - 유해 조류 저감을 위한 초고도 인, 질소 제거 기술 - 하폐수 재이용시스템 기술
	12-3-3. 수질오염관리 기반 에너지 생산 융합기술	- 에너지 생산형 하수처리 공정 기술 - 지능형 정수 플랜트 기술 - 산업 폐수에서 에너지 회수기술
	12-3-4. 수생태, 수처리로부터 유용자원 회수 융합기술	- 축산폐수 고도처리 및 자원회수 기술 - 수생태, 수처리로부터 고품질 유용자원 회수 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
12-4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	12-4-1. 지중환경 영향물질 제어 관리 융합기술	□ 오염된 토양 및 지하수를 효과적으로 정화하기 위한 융합최적화 기술 □ 정화과정 이후 뒤따르는 2차 오염의 발생을 최대한 억제하고 재오염 가능성에 효과적으로 대응하기 위한 오염지역 사후관리 기술
	12-4-2. 토양·지하수 기원 조류 유발물질 차단 융합기술	□ 토양 및 지하수 기원의 녹조 및 적조 유발 오염물질 이동 및 확산 차단기술 □ 녹조 및 적조 유발을 억제하기 위한 토양자원 및 지하대수층 보전 기술
	12-4-3. 국내외 이머징 오염물질 대응융합기술	□ 산업현장에서 사용되는 유독 화학물질 및 중금속에 대한 노출 관리, 응급대응 및 효과적인 정화 기술 □ 다이옥신 및 벤조피렌 등의 환경호르몬의 발생 억제 기술
	12-4-4. 생태계 교란물질 모니터링 및 저감관리 융합기술	□ 생태계 기능 및 종 다양성의 교란을 유발할 수 있는 화학물질 모니터링 및 특성화 기술 □ 화학물질의 오염농도를 저감시키기 위한 생태계 기능 발굴 및 강화 기술
12-5. 대기환경 관리 융복합기술	12-5-1. 미세먼지 및 초미세먼지 제어 및 관리 융합기술	□ 미세먼지 및 초미세먼지 통합 관리 시스템 기반 융합기술 □ 미세먼지 및 초미세먼지 모니터링 및 건강영향 평가 융합기술 □ 미세먼지 및 초미세먼지 제어 융합기술
	12-5-2. 유해대기오염물질 제어 및 관리 융합 기술	□ 유해대기오염물질 모니터링 및 위해성 평가 융합기술 □ 유해대기오염물질 배출원 관리 기반 융합기술 □ 유해대기오염물질 제어 융복합기술
	12-5-3. 질소산화물(NOx) 관리 고도화 융합 기술	□ NOx 모니터링·평가 융합기술 □ NOx 배출원 관리 기반 융합기술 □ NOx 고도처리 융합기술
	12-5-4. 친환경 이동오염원 관리 융합기술	□ 저배기·저탄소 융합기술 □ 친환경 이동오염원 보급 확산 융합기술 □ 친환경 이동오염원 핵심 기반 융합기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	12-1. 폐전자기기함유 독성물질 제어형 희유금속, 귀금속 회수기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 폐전자기기로부터 유용금속 회수기술은, 함유금속양이 많은 부품이나 금, 은 등 귀금속이 포함되어 있는 일부 부품을 대상으로 기술개발 및 사업화가 진행되고 있음 □ 함유 금속양이 적은 minor 성분 및 가격이 낮은 중금속의 경우는 재활용공정의 2차 부산물로 발생되고 있음 □ 폐전자기기를 구성하는 전체 부품에 대한 재활용기술 및 공정은 아직 상용화되어 있지 않음	
	(국외) □ 재활용기술 선진국인 일본, 벨기에 등에서도 이에 대한 기술개발을 진행하고 있으나, 아직까지 상용화공정은 미확립 상황임 □ 특히, 전자기기에 함유되어 있는 유기계 독성물질에 대한 기술개발은 전무한 상황임	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 재활용산업은 물론 환경산업에서도 활용이 가능함 □ 처리대상 물질상태 또한 액상, 고상에 공통적으로 적용 가능 □ 본 연구기술개발로 수질 및 토양정화산업에도 적용 가능	
시사점	□ 재활용기술과 환경기술은 목적에서 차이를 가지지만 대상물질에 대해서는 공통점을 가지게 됨 □ 따라서, 환경적 측면을 고려한 재활용기술의 개발이 폐전자기기 재활용의 궁극적인 기술개발 목표라고 할 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	일본, 벨기에
	국내 기술수준	(20)%
	평가근거	□ 본 연구내용에 투자되고 있는 연구개발 사업수 혹은 연구개발비를 근거로 평가함
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필요요건	□① 해당기술 전문인력 양성 □⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 □⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		□④ 산학연 협력 □⑧ 기타(국가주도의 기술개발 중심)

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	12-2. 이산화탄소 재활용 연계 CCU(Carbon Capture and Utilization) 고부가가치화 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 폐자원을 간접적으로 재활용하여 이산화탄소를 저감하는 기술 또는 이산화탄소를 재활용하는 기술에 대하여 소수의 과제가 진행 중 □ (남부발전) 이산화탄소를 발생열을 이용한 작물성장 촉진 기술 및 미세조류 배양 기술개발 중 □ (서부발전) 발전소에서 석탄 연소 중 발생하는 황산화물(SOx)을 제거하는 과정에서 생산되는 부산물인 탈황석고에 암모니아와 배기가스인 이산화탄소를 반응시켜 석회석과 황산암모늄을 생산하는 기술을 개발 중 * 석회석은 탈황설비 내에서 황산화물과 반응하는 촉매로 사용되고 황산암모늄은 비료 원료로 사용 가능 □ (포스코) 철강슬래그를 활용하여 해중립 조성을 통한 이산화탄소 분리·포집 기술개발 (해양수산부와 연계, 2007~2012)
	(국외) □ CCU 분야의 기술개발에 대하여 미국, 유럽 등의 선진 국가들은 범정부 차원에서 지원하고 있으며, 특히 세계적인 화학기업들이 환경문제와 신수익창출 측면에서 적극적인 연구개발 투자 중 □ (미국) 오바마 대통령은 청정에너지 분야 중 인공광합성을 통해 이산화탄소를 연료로 전환하는 기술을 첫 번째로 언급(2011년판 아폴로 계획) □ (Bayer) 석탄발전소에서 배출되는 이산화탄소를 포집해 폴리우레탄 전구체를 생산하는 'Dream Production' 프로젝트 추진 □ (BASF) 광촉매 과정을 통해 태양에너지로 이산화탄소를 물과 반응시켜 메탄올을 생산하는 'Solar2Fuel' 프로젝트를 추진 □ (미쓰이케미컬) 석유화학플랜트에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여 수소와 반응시켜 메탄올을 생산하는 기술을 개발해 파일럿 테스트를 완료
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용산업) □ 이산화탄소와 재활용 연계 기술개발을 통하여 화학제품, 재생/바이오 연료, 건축재료 분야의 산업과 적용 가능 □ (화학제품) 촉매 화학적 방법을 통하여 이산화탄소를 재활용하여 초산, 폴리카보네이트 등 화학제품 생산하는 내용으로 현재 상용화에 가장 근접 □ (재생/바이오 연료) 미세조류 등의 생물을 이용한 바이오연료 생산 및 인공 광합성을 통한 메탄올 등 재생연료 생산하는 내용으로 파급력 가장 큼. □ (건축재료) 자연모사를 통하여 칼슘염, 마그네슘염 등과 반응을 통하여 이산화탄소를 광물형태로 변환시켜 시멘트 등 건축 재료 생산 (기대효과) □ CCS(Carbon Capture and Storage)의 한계사항을 극복하고 환경문제 해결과 새로운 수익 창출을 동시에 달성 가능 □ (화학제품) 이산화탄소를 화학제품의 원료로 재활용할 경우, 이산화탄소 배출 저감 뿐 아니라 석유 원료 사용량도 함께 저감 □ (재생/바이오 연료) 미세조류를 통한 바이오매스 1톤 당 이산화탄소 0.5톤의 순 감축효과가 발생 □ (건축재료) 영국 Novacem의 이산화탄소를 활용한 시멘트 생산기술은 기존 공정 대비 1톤 당 이산화탄소 1.5톤의 감축효과 발생

시사점	□ CCU 기술은 기존의 CCS 대비 입지에 대한 제약 조건이 적어서 유리 - CCS는 기술측면에서는 가시적인 성과를 보이고 있으나 저장장소가 제한적이고 지역 주민 및 정부의 이해관계 문제로 추진의 어려움 존재 □ CCU 기술은 다양한 방식으로 이산화탄소 배출원에 접목되어 활용될 수 있어 발전, 제철, 화학, 시멘트 등 많은 산업분야에서 채택될 가능성 높음. - 특히 해외 화학기업들이 미래 환경규제 강화에 대응하여 혁신적 CCU 기술개발을 주도 □ 상업적인 해결을 위해서는 나노촉매, 나노분리막 등의 나노테크놀로지 기술발전, 인공광합성 기술, 미생물이나 효소를 활용하는 반응속도 기술 향상 등이 필요		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 영국, 독일, 일본 등	
	국내 기술수준	(20)% 이하	
	평가근거	□ 미국 로렌스 버클리 국립연구소와 캘리포니아 공대를 중심으로 인공광합성공동연구센터(JCAP, Joint Center for Artificial Photosynthesis)를 설립하여 미국 에너지성의 지원 하에 2015년까지 프로토타입 개발 완료, 2020년까지 상용화를 목표로 이산화탄소를 연료로 전환하는 기술을 개발 중(아직 국내에서는 본격적인 연구가 진행 전이기 때문에 20% 이하로 판단)	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	☒① 해당기술 전문인력 양성	□⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☒② 기술 관련 정보·인프라 제공	☒⑥ 기초원천 연구 확대
		☒③ 국제협력 활성화	□⑦ 민간투자 유치
		☒④ 산학연 협력	□⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	12-3. 초고도 수질제어 및 에너지, 자원 회수 융복합기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 국내 수질 제어 기술 및 수질오염제어 공정의 에너지, 자원회수 분야의 분야의 특허건수는 지속적으로 증가하는 양상 □ 수질제어 분야에서 '처리 및 공정' 분야가 특허건수/연구논문의 감소로 퇴조기로 분석되며 미국이 부활기로 분석된 것과 대조적이고, □ 처리공정으로부터 에너지, 자원회수 기술, 고도 정수처리 기술, 초고도처리 시스템 기술의 경우 특허건수가 증가	
	(국외) □ 수질제어 기술분야 기술수준은 선진국 대비 60~70%, 기술격차는 5년 수준으로 평가되고 있음 □ 특허 기술경쟁력 및 학연의 연구력은 미국, 일본 캐나다, 독일에 필적하는 비교적 우수한 수준이나 기업의 연구수준은 주요 선진국에 비해 낮은 편임 □ 우리나라는 특허 활용도 및 특허집중도에서 상위권이나 특허경쟁력, 특허영향력, 특허 시장력에서 뒤처져 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 수질제어 기술은 시장 규모 2016년 2000억 달러 이상으로 성장할 전망이다 세계 물산업 시장에서 경쟁력 향상에 기여 □ 특히 수자원·수환경 관리의 통합화 및 광역화가 진행되는 시점에서 수질제어의 초고도기술이 활용되어 물산업 시장이 확장될 것으로 예상 □ 수질제어 및 용수 산업에서 에너지 자원회수 기술과의 융합으로 높은 성장률을 보일 것으로 예상되는 물산업의 활성화에 기여	
시사점	□ 초고도 수질 제어 및 관리 기술 - 국내 초고도 하폐수 처리 분야의 특허건수는 전반적으로 증가추세 - 수자원 확보기술 및 관리기술의 연구가 필요 □ 수질 제어 및 에너지, 자원회수 기술 - 수환경, 수자원 및 에너지자원 수요 증가에 따른 정화·자원 회수 시장 확대가 예측되며 이에 대비할 필요가 있음 - 기술적 차별화를 통한 새로운 물산업 구조에 대응할 필요 - 선진국 대비 60~70% 수준의 물산업 기술수준은 핵심기술로 갈수록 격차가 더욱 확대되는 양상이며 이에 따라 정책적인 지원이 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	독일, 프랑스, 미국, 캐나다, 일본, 중국
	국내 기술수준	(65)%
	평가근거	□ 초고도 수질제어 기술 및 수질 오염물질 제거 과정에서 에너지, 자원 회수 융복합 기술은 도입기로 선진국에 비해서 65%수준에 있음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성
		☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐ ② 기술 관련 정보·인프라 제공
		☒ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☐ ③ 국제협력 활성화
		☐ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력
		☐ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	12-4. 토양·지하수 및 생태계 관리 융복합기술	
국내외 기술동향	(국내) 2000년대 중반까지 국내 토양·지하수 정화 기술은 해외기술을 습득하여 적용하는 단계로서 최고 선진국 대비 약 50%에 불과한 기술수준을 보이며, 현재 선진국에서 집중 추진 중인 고효율, 저에너지 기반 녹색정화기술 개발은 이제 개념 정립단계 - 우리나라는 환경현황 파악에서 생태계 구조와 기능 변화 예측기술로 변화하는 단계이며 생태계 복원기술 및 특정 분류군의 복원기술 개발 위주로 기술이 개발되고 있고, 하천복원 기술, 생태통로 조성 등과 같은 세부 기술들이 다수 개발되었으나 대상에 적용할 복원기술을 올바르게 결정하기 위한 소프트웨어 기술과 유지·관리 기술의 수준이 미흡 (국외) - 미국은 토양·지하수 오염관리를 위한 다양한 기술을 개발하여 현장에 적용중이고, EU는 기본적으로 유해폐기물 매립에 의한 토양·지하수 오염 정화, 안전한 지하수 자원 확보를 위한 사전예방 등을 중심으로 추진 중이며, 일본은 생물정화 기술 사업화를 위한 기술개발을 집중 추진 중임. - 세계 각국은 생물다양성 보전을 위한 생태계 관측·예측·평가 기술과 생태계 및 야생 동식물 관리·보전기술 개발에 관심이 고조되어 있으며, 다양한 생태계 변형 예방 및 복원기술을 개발 및 생물주권 확보를 위한 외래종 관리 및 구제기술 개발에 집중 중	
	적용산업 또는 분야 및 기대효과 - 지속적으로 성장하는 토양·지하수 정화시장(2030년 300억달러 이상)과 생태계 복원시장(2020년 650억 달러 수준)에 적극적인 진출 필요 - 동유럽과 라틴아메리카, 아시아 등의 개발도상국이 오염물질 정화기술의 큰 시장을 새로이 형성할 것으로 예상 - 우리나라는 생태복원관련 기업 및 기술 사업화의 존재는 확인되지만, 그 외 생태계 관측 및 모니터링, 생물종 복원 등과 관련된 구체적이고 전문화된 사업화에 적용 가능	
시사점	- 국내 오염 관리시장은 점차 고부가가치 지역의 정화를 통한 환경산업의 다양화가 진행 중 - 국외 오염 관리시장의 규모는 전 분야에 걸쳐 지속적인 성장이 예상되며 환경 법규의 변화로 신규 시장이 창출되는 등의 변화가 전망 - 환경기준의 강화와 신설에 따른 고도 정화기술에 대한 수요 역시 함께 증가할 것으로 전망	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, EU, 일본
	국내 기술수준	(65)%
	평가근거	토양·지하수 정화 기술 분야의 기술수준이 선진국 대비 50% 수준이며, 생태계 보전기술 분야가 80% 수준
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추적을 위한 필수요건	☒① 해당기술 전문인력 양성 ☒⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐② 기술 관련 정보·인프라 제공 ☒⑥ 기초원천 연구 확대
		☒③ 국제협력 활성화 ☐⑦ 민간투자 유치
		☒④ 산학연 협력 ☐⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	12-5. 대기환경 관리 융합기술	
국내외 기술동향	(국내) 국내 대기질 개선기술 분야의 기술개발 단계는 발전기 단계 □ 미세먼지 처리 및 관리 분야의 기술은 미국과 한국 모두 특허건수의 증가 추세에 있었으나 2007~2009년 구간에서 소폭 감소하는 추세를 보이며 성숙기의 단계에 있는 것으로 판단 □ 환경부 주도의 대기오염물질 정밀 분석기술, 관리기반 기술 개발이 추진 중이며 이를 통해 대기정책목표 조기 달성을 목표 □ 'VOCs, 악취 및 HAPs 저감' 기술에 대한 연구가 지속적으로 증가하고 있으며 향후 선진국과의 기술개발 경쟁이 예상 □ '미세입자처리 및 관리' 기술은 2000년대 초반 이후 동일한 수준 □ 2015년부터 "2단계 수도권 대기환경관리 기본법"이 시행될 예정으로 오존과 초미세먼지 (PM2.5) 기준이 신설되며 미세먼지 기준이 강화될 것임으로 이에 대한 제어 및 관리 기술이 요구됨 (국외) 세계 대기오염관리 시장의 규모는 2009년 415억 달러 규모로 지속적인 성장이 예상 □ 2016년까지 연 2.7%의 성장률이 예측 □ 대기오염관리 시장에서 질소산화물(NOx) 처리 분야가 전체의 36%를 차지 □ 전기집진 분야가 28%로 두 번째로 큰 시장을 형성 □ 개발도상국을 중심으로 대기오염 관리 산업시장이 성장 □ 특히 아시아·태평양 지역 시장은 2016년 북미를 제치고 가장 큰 시장이 될 전망 □ 중동지역을 중심으로 대기오염방지 플랜트 시장이 활성화	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 대기오염관리 시장에서 질소산화물(NOx) 처리 분야가 전체의 36%를 차지 □ 초미세먼지 관리 분야가 두 번째로 큰 시장을 형성 □ 개발도상국을 중심으로 대기오염 관리 산업시장이 성장 □ 특히 아시아·태평양 지역 시장은 2016년 북미를 제치고 가장 큰 시장이 될 전망 □ 중동지역을 중심으로 대기오염방지 플랜트 시장이 활성화	
시사점	□ 대기 오염 제어 및 관리 기술 - 국내 대기질 개선 기술 분야의 기술 개발 단계는 발전기 단계 - 오염발생원별, 주체별 기술개발이 필요 □ 대기질 개선을 위한 공공투자의 확대 및 관련 산업을 촉진할 필요 - 기존 사업의 효율성 검토 및 사후관리와 사후 활용 전반에 걸친 검토 필요 - 각 사업체가 보유하고 있는 기술을 객관적으로 평가하여 효율적인 활용을 위한 방안을 마련할 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 독일, 일본
	국내 기술수준	(40)%
	평가근거	□ 유해대기 오염물질 제어 및 관리와 친환경 이동오염원 관리 융합기술은 50% 수준이지만 미세먼지 및 초미세먼지 제어 및 관리와 질소산화물 관리 고도화 융합기술은 30% 수준

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성	☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☒ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	☐ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☒ ③ 국제협력 활성화	☒ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력	☐ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	장기창(한국에너지기술연구원 박사) / 분과장
	이철균(인하대학교 교수)
	최형욱(가천대학교 교수)
	김진상(한국과학기술연구원 책임연구원)
	이광수(한국해양과학기술원 박사)

1. 개요

기술분야	13. 신재생에너지 기술
------	---------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
13-1. 하이브리드 열원이용 Trigeration 네트워크 시스템	□ 신재생에너지의 다양한 열원을 융합하여 냉열, 온열 및 전기를 생산할 수 있는 Trigeration 시스템의 고성능화를 구축하는 기술 □ 지역에 부존하는 지열, 온도차에너지(하천수, 해수, 하수처리수, 발전소온배수, 공장배열 등) 및 태양열 등의 최적 융합을 통한 냉난방 및 전기 공급으로 지속가능한 국민의 청정 생활환경 개선에 큰 역할을 할 수가 있음. □ 단위지역의 냉난방 및 전기 공급을 위한 열/전기 스마트 그리드화를 통한 네트워크를 구축하여 에너지 자립화 및 효율화를 달성할 수가 있음.
13-2. 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술	□ 생산된 바이오매스의 모든 부분을 부가가치화하여 폐기물 발생을 최소화하고 자원활용효율을 극대화하는 기술 □ 목·초본계 식물, 해조류, 미세조류 등 바이오매스의 종류에 상관없이 범용 가능한 바이오리파이너리 기술을 개발 □ 바이오에너지 강국으로 나아가기 위해 필수적으로 확보해야 할 기술인 동시에 진정한 바이오기반 경제를 이끌어갈 필수 기술임.
13-3. 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술	□ 화석연료의 실제적인 대체를 위해서는 현재 상용화된 실리콘 태양전지의 효율(20% 이상)과 유사하거나, 높으면서도 저가로 생산가능한 태양전지 기술이 요구되며, 현재 실리콘 대비 1/3의 생산단가로 17.9%의 효율을 달성한 페로브스카이트 계열 염료감응전지의 구조적인 연구가 필요함.
13-4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	□ 연료전지와 전기분해의 양방향 운전을 통하여 신재생 에너지가 가지는 출력 불안정의 문제를 해결하고 수요에 맞추어 전력을 안정적으로 공급할 수 있는 융합 기술 □ CO₂와 H₂O를 동시에 전기분해하여 신재생에너지원에서 생산되는 잉여전력을 합성연료의 형태로 저장함으로 에너지 및 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 융합 기술
13-5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	□ 조력, 조류 및 파력 등 국내 연근해의 풍부한 해양에너지 자원의 효율적 개발 및 이용을 위한 핵심기술 □ 발전량 제어 어려움 및 낮은 경제성 등 기존 해양에너지 개발에 있어서의 문제를 해소하여 고품질 전력의 경제적 생산을 위한 핵심기술 □ 해양에너지 건설비용 절감 및 발전효율 및 이용률 향상을 위한 핵심기술

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
13-1. 하이브리드 열원이용 Trigeration 네트워크 시스템	□ 건물의 냉난방을 위한 히트펌프의 열원으로 지열 및 온도차에너지(하천수, 해수, 하수처리수, 발전소온배수, 공장배열 등) 등을 융합하여 냉열 및 온열을 생산하는 기술 □ 저온도차발전의 열원으로 40~ 100℃ 이내의 지열, 태양열, 발전소온배수,	□ 하이브리드 열원 대용량 취배수 설비, 자동여과 및 세정, 저온도차 열회수 기술 □ 저온열원 대용량 열에너지변환 기술 □ 심부지열 탐사, 대심도 시추기 개발 및 시추 엔지니어링 기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
	공장배열 등을 이용하고, 냉각수는 해수(해양심층수 포함), 하천수, 하수처리수 등을 사용하는 융합기술로서 발전플랜트의 고성능화를 구축하는 기술 □ Trigeration 시스템으로 생산된 열/전기의 스마트 그리드화를 통한 단위지역의 네트워크화 융합기술	□ 저온도차발전 플랜트 설계/시공/운전 기술 □ 열/전기 스마트 그리드를 위한 통합제어기술 및 단위지역 네트워크화 융합기술
13-2. 바이오매스 통합 바이오리파이너리 기술	□ 다양한 바이오매스 또는 그들의 혼합물로 부터 단백질, 지질, 탄수화물, 핵산 등 물질별로 정제(refinery)하거나, 다양한 유용물질(바이오 플라스틱, 고단백 사료, 생리활성물질, 식재료 등)을 분리, 생산하는 기술	□ 바이오매스 생산 증진 및 에너지 효율 개량 기술 □ 지속가능한 바이오매스 생산/수확/건조 기술 □ 통합 바이오매스 전처리 및 전환 기술 □ 물성별 분리를 위한 통합 바이오매스 분별화 기술 □ 혼합 바이오매스 이용 다양한 바이오에너지 동시 생산 기술 □ 혼합 바이오매스 유래 원료 물질 동시 생산 기술
13-3. 신소재 기반 저비용 고효율 태양전지 기술	□ 저렴한 유기물과 무기물로 화학적으로 쉽게 합성되는 소재를 이용하면서도 실리콘 태양 전지와 유사한 효율로 고효율 동작이 가능한 기술로써, 미래 태양전지 기술로 유망성이 매우 높음	□ 신소재 유기물 합성을 통한 고효율, 저비용, 안정성, 안정성 추구 □ 태양전지 구조 개선을 통한 고효율, 저비용, 안정성 추구 □ 기존 실리콘 기술 결합을 통한 고효율, 저비용 추구
13-4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	□ 고체산화물 연료전지를 이용한 고효율 발전 기술과 고온 전기 분해를 이용한 대용량 수소 생산, 저장 및 합성연료 생산 시스템의 융합 기술	□ 단전지 / 스택 소재 및 시스템 구성 기술 □ 열/유체 이동 제어 기술 □ 연료전지/전기분해 순환 운전기술 □ 합성가스/합성연료 제조용 촉매 기술
13-5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	□ 조력, 조류, 파력, 온도차 등의 다양한 해양에너지를 해양환경 조건에 따라 다양한 형태로 복합발전(hybrid generation) 하고, 생산된 전기를 저장(energy storage) 및 이용하며, 또한 발전단지를 복합 활용하기 위하여 해양에너지 복합발전 단지(hybrid ocean energy farm)를 조성하는 기술	□ 효율적 복합발전단지 조성을 위한 해양환경 특성 및 부존량 평가 기술, 해양에너지 복합발전 단지 최적설계 및 건설기술, 수산 및 담수화 등 활용기술, 에너지 저장 등 최적화 기술, 운영 및 관리기술 등을 포함

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
13-1. 하이브리드 열원이용 Trigeration 네트워크 시스템	13-1-1. 온도차에너지 취수 및 열회수 기술	- 온도차에너지 대용량 취배수설비 기술 - 수열원 자동여과 및 열교환기 세정 기술 - 저온도차 열교환 기술 - 저비용 시공 지중열이용 기술 - 중온수 태양열 집열기술 - 하이브리드 열원 융합 기술
	13-1-2. 고성능 대용량 열에너지변환 시스템 기술	- 저온열원 대용량 히트펌프 기술 - 다단/캐스케이드/탠덤 히트펌프 융합 기술 - 고온/고성능 터보압축기 기술 - 열구동 흡수식/흡착식 냉열생산 기술
	13-1-3. 심부지열 탐사 및 대규모 시추기술	- 심부지열자원 조사 및 탐사 기술 - 대구경/대심도 시추기 개발 기술 - 경사시추 엔지니어링 기술 - 인공 지열 저류층 생성 기술 - 심부지열 시추 모니터링 기술
	13-1-4. 저온도차발전 플랜트 고성능화 기술	- 저온도차발전 플랜트 사이클 해석 기술 - 저온도차발전 플랜트 터빈 설계/제작 기술 - 바이너리 열교환 및 파울링 저감 기술 - 온도차발전 플랜트 설계/시공/운전 기술
	13-1-5. 열/전기 스마트 그리드 기술	- Trigeration 시스템 통합제어기술 - 열/전기의 스마트 그리드 기술 - 단위지역 건물의 BEMS 기술 - Trigeration 네트워크화 융합기술
13-2. 바이오매스 통합 바이오피나이네리 기술	13-2-1. 초본계, 조류계 바이오매스 및 에너지효율 개량기술	- 시스템생물학과 무세포 발현 시스템을 통한 "in silico to in vitro" 광합성 및 물질합성 대사과정 설계 기술 - C4계 작물의 광합성 대사를 C3 식물 및 조류로 도입하는 기술 - 광방호 혹은 광호흡으로 인한 광합성 효율의 손실 복구 기술 - 자연에너지만을 이용한 (인위적인 에너지 사용없는) 바이오피나이네리 공정의 에너지 효율을 개량하는 스마트 공정기술
	13-2-2. 초본계, 조류계 바이오매스 공정 기술 (대량배양/수확/건조)	- 폐자원을 바이오매스 생산 가능한 영양원으로 분해할 수 있는 미생물 및 폐자원을 전처리 없이 이용하여 유용산물로 전환할 수 있는 미생물 개발 및 개량 - 기상 변화에 따라 자동적으로 배양기 운전 조건을 조절할 수 있는 능동적 바이오매스 대량 배양 기술 - 바이오매스의 조성 및 수분함량을 측정하여 후속 공정에 최적화된 건조 상태로 각종 공정에서 발생하는 폐열을 이용해 가공하는 스마트 건조

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
		기술 □ 바이오리파이너리 공정에서 배출되는 폐수, 이산화탄소를 이용한 무배출 바이오매스 생산 기술
	13-2-3. 다양한 바이오매스 통합 전처리 및 전환 기술	□ 나노물질을 이용한 초본계, 조류계 통합 바이오매스 분쇄, 혼합 기술 □ 생화학 물질들이 변질되지 않는 혼합 바이오매스의 비파괴적 액화 기술 □ 바이오매스의 황, 단백질, 핵산 함량에 영향을 받지 않는 촉매 전처리 기술 □ 바이오매스의 전처리 및 전환 기술 별 최적 공정 조건 자동화 탐색 기술 □ 자동화 바이오매스 조성 분석 및 최적 전처리/전환 공정 선정/적용 기술
	13-2-4. 통합 바이오매스 분별화 기술 (탄수화물, 지질, 단백질, DNA 등 성분별 분리)	□ 전처리/전환을 마친 통합 바이오매스로부터 각각 다른 생화학물질을 밀도, 분자량, 작용기, 친수성 등의 차이를 이용하여 세가지 이상의 물질을 연쇄적으로 분리하여 생산할 수 있는 기술
	13-2-5. 바이오매스 유래 바이오에너지 (연료, 열, 전기) 생산기술	□ 전분, 글리코겐 및 리그닌, 알긴산과 같은 셀룰로오스계 탄수화물을 모두 사용하여 알코올 생산이 가능한 균주 개발 □ 지질을 축적하지 않고 외부로 방출하는 미생물 및 방출 지질 회수 공정 개발 □ 촉매의 나노화, 고정화를 통한 반영구적, 연속식 바이오에너지 전환 기술 □ 바이오매스 조성에 따른 최대 생산 가능 바이오에너지 종류 선정 및 최적 공정 적용이 자동으로 이루어지는 스마트 바이오에너지 생산기술
	13-2-6. 바이오피드스탁 (유용물질, 재료, 사료 등) 생산기술	□ 분별화된 바이오매스의 각 부분으로부터 각종 고분자물질 생산용 단위체, 단백질, 불포화 지방산 등 유용물질을 분리·정제하는 기술 □ 생화학물질이 제거된 처리물로부터 희토류, 금, 인산 등 미량의 유용무기물을 분리하는 기술 □ 추출되지 않은 잔여물에서 잠재적 생리활성 물질, 고분자합성 전구체물질 등 추가 유용물질 탐색 및 추출 기술
13-3. 신소재 기반 저비용 고전압/고효율 태양전지 기술	13-3-1. 태양전지용 페로브스카이트 나노융합 소재 기술	□ 결정성 향상 기술 개발 □ 저독성/장기안정성 페로브스카이트 소재개발
	13-3-2. 신소재 기반 태양전지용 신개념 구조/제작공정 기술	□ 신개념 구조 개발 □ 대면적/플렉서블 공정 기술 □ 실리콘 탠덤 기술

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
		- 장기안정성 해결 - 저비용 흡전도체 소재개발
13-4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	13-4-1. 고온 연료전지 기반 고효율 에너지 전환 기술	- 세라믹 멤브레인/전극 소재 및 공정 기술 - 집전/밀봉 및 스택 제조 기술 - 시스템 구성 및 운전 기술
	13-4-2. 고온 전기분해를 이용한 고효율, 대용량 수소 제조 기술	- 수전해용 촉매 기술 - 고내구성 전극 소재 기술 - 수증기/수소 순환 기술
	13-4-3. 연료전지-전기분해 양방향 순환운전 기술	- 열적 자립 운전 기술 - 수증기/연료 분배 기술 - 전기 부하 순환 기술
	13-4-4. 대용량 수소에너지 저장 기술	- 고순도 수소 분리 기술 - 전기분해 가압 운전 기술 - 수소 압축 기술
	13-4-5. 동시전기분해를 이용한 CO ₂ 전환 및 합성연료 제조 기술	- CO₂ 분해용 촉매 기술 - 합성가스 조성 제어 기술 - 합성가스-합성연료 전환 기술
13-5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	13-5-1. 해양환경 특성 및 부존량 평가 기술	- 해양환경특성 조사 및 분석 기술 - 해양환경특성 모델링 기술 - 조력, 조류, 파력, 해상풍력, 해수온도차, 염도차 등 해양에너지 부존량 평가기술
	13-5-2. 해양에너지 복합발전단지 최적설계/건설기술	- 복합발전을 위한 에너지원별 최적배치 및 단지설계기술 - 복합발전을 위한 구조물 최적설계기술 - 복합발전용 터빈 및 발전기 설계, 제작기술 - 초대형 복합발전단지 건설기술
	13-5-3. 복합발전단지 수산 및 담수화 등 활용기술	- 가두리 양식장 조성 및 활용기술 - 해양심층수 담수화 및 활용기술 - 관광 및 교육, 해상관측 연계기술 - 해역 복합이용기술
	13-5-4. 복합발전단지 최적화 기술 (에너지 저장/활용, 전력 변환/계통 연계, 환경영향평가 등)	- 압축공기, 해수양수, 배터리 등을 이용한 에너지 저장 및 활용기술 - 육상전력과 연계하기 위한 전력변환 및 계통연계기술 - 발전단지 환경영향 조사/분석/평가 및 저감기술
	13-5-5. 복합발전단지 운영 및 관리기술 (최적운영, ICT 기반 모니터링 등)	- 해양에너지 전력 생산 및 유지관리를 위한 최적운영기술 - 복합발전단지 건설 중 및 운영 중 안전성 확보 및 최적운영을 위한 ICT 기반 모니터링 기술 (SCADA/CMS 등) - 복합발전단지 구난체계 구축 연구 - 복합발전단지 유지보수 로봇개발

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	13-1. 하이브리드 열원이용 Trigeration 네트워크 시스템	
국내외 기술동향	(국내) □ 2010년 광역에너지 네트워크 기술 개발은 주로 산업단지의 배열이용 지역열공급을 수행하였으나 실증운전은 이루어지지 않았음 □ 개별적으로 저온 열원을 이용한 히트펌프, 온도차발전에 대한 연구가 수행된 바 있으나 하이브리드 열원을 융합한 대규모 실증운전은 미흡 □ 전기에 대한 스마트 그리드, 열에너지 네트워크가 별도로 수행된 바 있으나 Trigeration 열/전기 스마트 그리드에 대한 연구는 미흡	
	(국외) □ 북유럽, 독일, 덴마크 등에서는 신재생에너지를 융합한 열/전기 네트워크의 지역열공급 시스템 도입이 널리 상용화 □ 호주 시드니에서는 “Sustainable Sydney 2030”로 Trigeration 마스터플랜을 내세워 온실가스감축 및 청정생활환경 지속을 추진 □ 일본은 온도차에너지를 이용한 지역열공급으로 도심의 열섬화 방지 및 온실가스 감축에 기여	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 신재생에너지를 융합한 열/전기 생산으로 집단에너지 공급사업에 적용가능하며, 도심의 온실가스감축으로 인한 열섬화 방지 및 청정생활환경을 지속할 수 있음 □ 저온도차발전 기술의 상용화로 인한 보다 낮은 지열, 태양열 및 공장배열 등의 활용도가 커짐으로 인한 분산발전산업이 확대 □ Trigeration 열/전기 스마트 그리드 및 네트워크를 통한 에너지이용 효율 증대를 가져옴 □ 열교환기, 히트펌프, 저온발전 터빈 등 기계산업 국내 육성 및 수출산업으로 성장 발전할 수 있음	
시사점	□ 저온으로 인하여 활용도가 낮은 신재생에너지의 다양한 열원을 융합하여 대규모의 지역에너지 열/전기를 네트워크 함으로 인한 청정생활환경 지속이 가능하게 됨으로써 신재생에너지 산업 발전에 크게 기여할 수가 있으며, 특히 저온도차발전은 40~100℃ 정도의 지열, 태양열, 발전소 온배수, 공장배열 등을 열원으로 이용하기 때문에 그동안 사용된 열에너지를 전기에너지로 변환시킬 수 있는 기회를 가져올 수 있음	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	독일, 미국, 일본
	국내 기술수준	(65)%
	평가근거	□ 수열원이용 냉난방분야는 약 80% 기술수준에 도달하였지만 저온도차발전은 아직 초기단계로서 50% 미만의 기술을 보유
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필요조건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성
		☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐ ② 기술 관련 정보·인프라 제공
		☒ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☐ ③ 국제협력 활성화
		☐ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력
		☐ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	13-2. 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술
국내외 기술동향	(국내) □ 비식용 바이오매스인 미세조류, 해조류, 역새, 볏짚, 폐목재 등을 이용한 한국형 바이오매스 및 바이오 연료 생산기술 개발이 활발하게 이루어지고 있으나 아직 실증 생산 수준의 연구는 미미 □ 새로운 바이오매스 전처리 및 전환기술, 바이오소재 생산 기술도 활발히 개발되고 있으나 한 종류의 바이오매스로부터 한 두 종류의 물질만 생산이 가능한 수준에 머물고 있음 □ 여러 종류의 바이오매스를 통합적으로 전처리, 전환하는 기술과 혼합 바이오매스 전환물로부터 다양한 유용물질을 최대한 분리, 생산할 수 있는 통합 바이오리파이너지 기술 개발 연구는 그 필요성은 대두되고 있으나 아직 전무 (국외) □ 미국과 유럽, 중국을 중심으로 당 발효와 지질의 transesterification 반응으로 바이오알코올이나 바이오디젤을 생산하는 기술에서 열수액화, 열분해, 효소 분해 기술들을 사용하여 하이드로 카본 연료를 생산하는 기술의 개발로 연구 추세가 옮겨가고 있음 □ 통합 바이오리파이너지 기술 개발을 위한 기초 연구들이 활발하게 이루어지고 있으며, 미국과 중국은 특히 초본·목질계 바이오매스 이용 바이오리파이너지 기술, 유럽은 조류계 바이오매스 이용 바이오리파이너지 기술의 개발이 활발 □ 미국에서만 25개의 크고 작은 규모의 바이오리파이너지 기술개발 프로젝트가 진행 중이며, 바이오케미컬의 파일럿 및 실증 생산이 이루어진 바 있음. 유럽, 호주, 중국, 일본, 인도에서도 많은 기업들이 참여하여 파일럿 플랜트 규모의 연구가 이루어지고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술이 개발되면 수송용 연료뿐만 아니라 화합물 원료, 생리활성물질, 식품 원료 등도 동시에 생산이 가능해져 석유 기반 산업 및 식품, 화장품, 의약품 산업에도 효과를 미칠 수 있음 - 2014년 현재 우리나라에서는 디젤 연료에 2%의 바이오디젤을 혼합하여 사용하고 있지만 대부분의 바이오디젤 원료가 수입되고 있는 실정인데 수입되는 바이오디젤 원료를 대체하고 나아가 2% 이상의 수송연료를 대체하는 것을 목표로 함 - 생화학물질로 수입되고 있는 석유 유래 화학물질의 대체가 가능 - 부산물의 생산으로 얻어지는 추가 수익을 통해 바이오연료 생산의 경제성을 향상 효과 - 개별 바이오리파이너지 기술이 주류인 국제 시장에서 바이오매스 통합 바이오리파이너지 기술로 새로운 시장 개척 및 선점 가능
시사점	□ 국내·외에서 모두 활발하게 바이오리파이너지 관련 기술들이 개발되고 있으나 개별적인 바이오매스에서 한 두 종류의 물질을 생산하는데 그치고 있음 □ 아직 개발이 안 되어 있는 여러 종류의 바이오매스를 생산하여 통합적으로 처리, 전환, 분별하여 다양한 유용물질을 생산할 수 있는 통합 바이오리파이너지 기술을 개발하여 원천기술 선점할 경우, 새로운 시장의 개척에 따른 파급효과는 천문학적임

기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국	
	국내 기술수준	(76)%	
	평가근거	□ 『바이오매스에너지 연구개발사업 기획을 위한 연구,생명공학정책연구센터, 2008』	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성	☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공	☒ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☒ ③ 국제협력 활성화	☒ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력	□⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	13-3. 신소재 기반 저비용 고효율 고전압/고효율 태양전지 기술	
국내외 기술동향	(국내)	□ 국내기관의 최근 연구들이 2년 연속 미국 재생에너지 효율 기록 부분에 연속 등재되는 등, 효율향상 부분에 집중하여 연구가 이뤄지고 있음 □ 그러나, 고효율 달성을 위해 원천 특허가 걸려있으며 고가인 물질(그램당 백만원)을 홀전도체로의 사용을 전제하고 있어, 실제 상용화 진행에는 무리가 있음
	(국외)	□ 에콜 폴리테크니크의 Michael Grätzel 교수에 의해 기술이 소개되었으며, 2012년부터 본격적으로 연구되기 시작함. 효율 향상 부분뿐만 아니라, Pb제거 염료 이용, 저비용 홀전도체 개발, Si계 이용 등을 통한장기안정성 및 가격요소절감 기술들이 다양하게 개발되고 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 현존하는 태양전지 전 분야에 적용 가능함. □ 1/3 의 가격으로 기존 대비 유사한 효율의 태양전지 생산 가능 □ 기존 실리콘 기반 태양전지와 탠덤 형태로 양립 가능 □ 기존 태양전지 대비 고전압 작동으로 인한 넓은 적용범위 □ 플렉서블 태양전지 생산이 용이하여, 차세대 모바일 장치 및 곡면 대면적 표면에도 설치가 가능함.	
시사점	□ 연구 방향 다변화 혹은 기술 전체에 대한 종합적인 연구가 필요함. □ 향후 5년 이내 액체형 연료감응형 태양전지 시장의 완전 대체, 향후 10년 이내 실리콘 기반 태양전지의 대체가 기대됨	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 프랑스
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 효율 부분에서 정량적 최고치의 경우 이미 세계 수준에 도달해 있음. 그러나 상용화 가능한 가격 경쟁력을 가지는 기술분야에서는 연구가 전무 □ 또한, 연구분야가 효율성 향상에 편중되어 있어, 상용화 진행을 위한 전문인력 양성 및 연구 다양성 확대에 제한요소가 되고 있음
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성 ☐ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ☒ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☐ ③ 국제협력 활성화 ☐ ⑦ 민간투자 유치
		☐ ④ 산학연 협력 ☐ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	13-4. 수소 기반 차세대 하이브리드 에너지 변환/저장/이용 시스템	
국내외 기술동향	(국내) □ 고체 산화물 연료전지의 경우 1990년대부터 KIST, KIER, 한전, 미코, 포스코, 쌍용 등에서 활발히 연구를 수행하여, 일부 단전지 제조기술과 요소부품 제조기술은 기업체 기술이전 단계에 접어들었으나 핵심기술 측면에서 국외 선진국 대비 85% 수준 □ 고온전기분해에 대한 연구는 2000년대 들어 시작되었으며, 아직까지 스택 구성요소 및 운전조건에 대한 이해가 매우 부족한 상황	
	(국외) □ 미국 DOE는 Nuclear Hydrogen Initiative 프로그램을 통하여 원자력 발전소의 잉여전력과 열을 이용한 고온전기분해에 대한 연구를 지원해 왔으며 Ceramtec과 Versa Power 등의 기업에서는 고온 가역 연료전지 운전 시 고체 산화물 연료전지 스택의 성능과 안정성을 평가기술을 수행 □ European Commission은 RHELHY, H₂H₂, ADEL 등의 프로그램을 통하여 고온전기분해 연구를 지원해 왔으며, 최근 독일의 Julich 연구소에서 고체산화물 연료전지와 고온전기분해의 순환운전 결과를 보고	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 대용량 전력의 분산 공급에서 수요자 위주의 맞춤형 전력 공급형태의 패러다임 전환으로 불균등한 전력 분배 문제점을 해결할 수 있는 신재생 융합에너지 산업 □ 본격적인 신재생에너지 시장이 마련되는 시점에 있어서 관련 소재 및 부품기술에 대한 수출 및 로열티 수입을 발생시키고 신규 산업 형성 및 고용 창출 효과 □ 신개념 미래 발전기술 개발로 응용성이 풍부하여 발전시스템 관련 산업을 육성하고 분산전원 발전 사업을 위한 전문 엔지니어링업체에 기술이전 및 산업화를 촉진	
시사점	□ 기존 화학적 이산화탄소 전환 기술의 한계를 극복한 차세대 고효율 전기화학적 전환의 원천기술을 확보할 경우 막대한 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 국가 차원의 에너지, 환경 산업으로 발전 □ 체계적인 산업 인프라 육성을 통한 국내 소재 및 부품 업체들의 참여 유도 및 기술적 경쟁력 제고가 요구	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	독일, 덴마크, 일본
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 고온 연료전지 및 전기분해 기술의 경우 국내에서는 산업화에 필요한 성능은 80%, 안정성은 60% 수준에 해당
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성
		☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐ ② 기술 관련 정보·인프라 제공
		☒ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☒ ③ 국제협력 활성화
		☐ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력
		☐ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	13-5. 해양에너지 복합발전단지 조성기술	
국내외 기술동향	(국내) □ 해양에너지 복합발전기술 및 발전단지 조성을 위한 기획연구가 수행된 바 있으며, 이 기획을 바탕으로 “10MW급 파력-해상풍력 복합발전 기술개발” 연구가 현재 수행 중 □ 일부 연구소 및 대학에서 해양에너지와 해상풍력을 연계한 복합발전 및 활용을 위한 다양한 아이디어 및 시화호 조력발전소 조지를 활용한 다양한 활용 방안 등을 제시한 바 있음	
	(국외) □ 영국 등에서 해양에너지 복합발전 및 활용, 양수발전에 의한 일정전력공급 등을 위한 에너지섬(Energy Island)에 대한 아이디어가 제시된 바 있음 □ 영국과 네덜란드에서 조류/조력 발전, 해상풍력발전, 해수온도차 발전, 해상태양광 발전 등이 결합된 초대형 복합해양에너지 플랜트에 대한 기획이 진행된 바 있음 □ 덴마크 Poseidon, 영국 WaveTreader, 노르웨이 W2-Power 프로젝트 등에서 파력-해상풍력 복합발전 연구를 진행	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 해양에너지 복합발전단지 조성을 위하여 기계, 전기, 전자, 제어, 조선, 토목, 화학, 재료, 생물, 생태, 수질, 해양 등의 광범위한 다학제간 기술개발이 필요하며, 따라서 이들과 관련된 연관 산업 분야인 기계, 전기, 조선, 토목, 해양 등의 산업분야에서의 참여가 가능 □ 산업과 관련하여 해양에너지 복합발전단지 조성기술은 기계, 전기, 조선, 토목, 해양 등의 분야에서 참여함으로써 이러한 분야의 수많은 종사자들에게 새로운 기회를 제공할 수 있을 것으로 기대 □ 해양에너지 발전시스템의 경제성을 향상시킨 복합발전단지 조성기술 성공 시 세계시장을 선도하는 신산업 창출에 기여 □ 정부에서 추진 중인 2035년 신재생에너지 11% 공급 계획에 기여	
시사점	□ 해양에너지 복합발전단지 조성 분야는 국내외를 막론하고 현재 시도되고 있는 해상풍력-파력 복합발전기술을 제외하면 뚜렷한 연구 성과가 없는 분야 □ 기존 해양에너지 개발에 있어 난제인 경제성 확보, 해양환경 영향 저감, 전력품질 향상 등에 크게 기여할 수 있는 기술이나, 이를 위한 연구개발비 확보 어려움으로 사업으로 연결되고 있지 못함 □ 국내의 뛰어난 조선, 전기, 토목 분야 기술력을 활용한다면 세계 시장을 선점할 수 있는 블루오션으로 정부의 적극적 투자와 민간부분의 참여가 중요한 시점	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	영국, 덴마크, 노르웨이, 미국
	국내 기술수준	84%
	평가근거	□ 해양에너지 분야의 경우 최고기술보유국 대비 기초연구, 응용·개발연구에서 각각 77.7%, 80.2%, 전체적으로 79% 수준으로 평가(KISTEP, 2012)된 바 있으며, 이러한 해양에너지 분야 기술 수준과 국내 조선 및 토목기술 수준을 반영할 때 84% 수준으로 평가할 수 있음

	우리나라가 해당 최고기술을 확보 ·추격을 위한 필수요건	☒ ① 해당기술 전문인력 양성	☒ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		☐ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	☐ ⑥ 기초원천 연구 확대
		☐ ③ 국제협력 활성화	☒ ⑦ 민간투자 유치
		☒ ④ 산학연 협력	☐ ⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
- 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
- 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	홍석인(한국식품연구원 실장) / 분과장
	오세욱(국민대학교 교수)
	오창환(세명대학교 교수)

1. 개요

기술분야	14. 식량자원 보존 및 식품안전성 평가 기술
------	---------------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
14-1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	□ 식품의 맛 신호는 '식품'이라는 외부정보의 체내유입 여부 판단의 핵심요소로 체내 맛 신호인지 기작의 과학적 이해를 통해 식품의 부가가치 향상 가능 □ 맛 신호를 인지하는 '미각'은 구강 말초조직에 발현된 맛 수용체를 시작으로 신경 전달, 뇌 중추인지에 이르는 일련의 시스템으로 작동되므로 분자생물학, 신경학, 유전학 등의 기술 융합을 통해 그 기능 및 작용 이해 가능

핵심 융합기술명	선정사유
14-2. BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술	□ 생명공학, 영양정보학기술(nutra-informatics)을 융합하여 식품섭취에 의한 건강유지와 체내 항상성 유지 기능을 이해하는 식이-후성적 유전자정보 네트워크를 제시함으로써 식품의 질병예방기능을 규명함으로써 질병 치료적 접근에서 사전예방으로의 패러다임 전환 가능
14-3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	□ Systems biology 기반 영양/기능성 구명을 통한 새로운 전통적 가치창출 및 기능 유전체 확보로 전통발효식품의 지속성장, 부가가치 제고 및 바이오 신소재 개발 가능
14-4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	□ 식품 안전 관련된 다종의 정형/비정형 데이터에 대한 빅데이터 분석기술과 식품안전관리의 핵심기술인 위해평가 및 소통기술을 접목한 미래형 융합기술로서 집단적 식품안전사고의 사전예방적 관리 필요
14-5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	□ ICT, 바이오기술, 센싱기술 등 u-IT/BT 기술을 식품에 융합한 미래형 식품시스템으로서 식품안전과 식품품질을 동시에 확보하는 것이 가능

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
14-1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	□ 식품성분과 구강 및 비 구강 미각 수용체 간 상호작용 및 체내 생리작용 구명을 통한 미각시스템 조절기술로 건전한 신체기능 구현	□ 식품의 구강 및 비 구강 미각 수용체 세포내 신호전달 □ 식품성분과 비 구강 미각 수용체 생리작용 상관성 및 조절기술 □ 미각시스템 신호전달의 다각적 조절기술
14-2. BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술	□ 식이섭취에 의한 건강유지기능과 후성적 유전자 변형에 관한 체내 네트워크 분석	□ 식이를 중심으로 하는 노화, 생활습관병 등의 질병/건강 상태와 후성유전정보 확보 □ 인체 내 식이와 후성유전정보 간 체내 분자 네트워크 분석기술 (공개정보 포함)
14-3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	□ Meta-omics 정보 기반 전통발효 식품의 영양 기능적 우수성 및 안전성 해석	□ Meta-omics 정보 확보 및 bioinformatics 분석을 통한 전통식품의 과학적 기반 마련 기술 □ 기능 유전체 확보 및 응용을 통한 영양 기능성 전통발효식품 발굴/보전기술
14-4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	□ 식품위해평가와 소통기술에 빅데이터 분석기술을 접목하여, 신종 위해인자에 대한 집단적 식품안전사고의 사전 예방적 관리 도모	□ 식품안전성 확보를 위한 위해평가 및 소통기술과 빅데이터 분석 접목기술 □ 신종 위해인자에 대한 위해평가 기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
		□ 식품의 생산-판매 전 과정의 추적기술 □ 소비자 인식에 기반한 과학적 위해소통 기술
14-5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	□ 식품의 원료 및 생산, 유통 단계에 적용 가능한 IT, 바이오, 센싱기술이 융복합된 스마트 품질관리로써 식품안전과 식품품질의 동시 확보	□ 식품 생산단계에서의 원료 감별 기술 □ 식품 생산, 유통 단계의 위해요소 (신속) 검출 및 저감화기술 □ u-IT/BT 기반 센싱 및 관리 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
14-1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	14-1-1. 구강 미각수용체 세포내 신호 조절 기술	□ 미각수용체(GPCRs 및 TRPs) 과발현 세포계 내 식품성분-수용체 상호작용 및 조절 연구
	14-1-2. 비 구강 미각수용체 생리작용 조절 기술	□ 비 구강 체내조직 발현 미각수용체 활성화 식품성분 및 체내 생리작용 조절 연구
	14-1-3. 미각신호 조절 기술	□ 식품 metabolite 및 다감각 활용 미각신호조절 기술과 섭식행동 조절 연구
14-2. BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술	14-2-1. 가역적 유전정보 변형 확인 및 해석기술	□ 식이에 의한 가역적 후성유전정보 확보와 체내기능의 생리학적 해석
	14-2-2. 식이-후성유전정보, 질병발생의 상관성 검증기술	□ 식이에 의한 질병발생, 후성유전 정보, 체내 대사와의 상관성 검증
	14-2-3. 식이-후성유전정보 분자네트워크 분석기술	□ 영양정보학에 의한 식이와 후성적 유전정보간의 정보 통합 및 분자네트워크 분석
14-3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	14-3-1. 전통발효식품 systems biology 해석기술	□ Nutrigenomics, proteomics, metabolomics 등 오믹스 기술과 bioinformatics에 기반한 전통 발효식품의 우수성 및 안전성 예측
	14-3-2. 전통식품 생물자원 보존 활용 기술	□ 기능 유전체 발굴, 이를 활용한 생물소재화 및 전통발효식품 유래 생물자원 보존/활용 기술
	14-3-3. 차세대 기능성 바이오식품화 기술	□ 건강/장수 기능성 바이오 식품 소재화 기술
14-4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통	14-4-1. 빅데이터 기반 식품안전 위해평가 기술	□ 식품 안전 관련 정형/비정형 빅데이터 분석 기술을 접목하여 생물학적, 화학적, 물리학적 위해인자의 식품위해정도를 종합적으로 평가

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
기술	14-4-2. Food traceability 기술	ICT 기술을 접목하여 식품의 생산에서부터 유통, 판매에 이르기 까지 모든 과정을 소비자와 안전관리자가 확인할 수 있도록 각 단계의 품질, 안전 정보를 추적 관리
	14-4-3. 소비자 위험인식 기반 위해소통 기술	위해정보의 소통 대상, social data 등을 분석하여 인구집단별 위험인식 지도 매핑 등 위해소통을 위한 기반을 제공하고 이해 관계자간에 위해 정보 및 의견을 효율적으로 교환
14-5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	14-5-1. 식중독균 신속검출 기술	- 현장에서 식중독균을 신속하게 검출할 수 있는 물리 기반 검출 센서나 분자진단 융합기술 - 식품에서 식중독균을 분리, 농축, 배양하여 단시간 내 검출한계까지 증폭시키는 기술 및 검출한계 극복 기술
	14-5-2. 이물 및 원료감별 기술	- 식품원료에 존재하는 농약, 이물을 검출하는 물리화학적 센서기술 - 식품원료의 위변조 및 원산지 판별을 위한 IT 기반 기술
	14-5-3. IT 기반 품질관리 기술	- ICT, 바이오기술, 센싱기술 등 u-IT/BT 기술을 식품 품질관리에 융합한 미래형 식품시스템 활용기술 - 제조공정의 정밀운동을 위한 IT융합 CCP(Critical Control Point) 관리기술 - U-품질센싱 기술 및 이력관리, 물류관리를 위한 RFID/USN 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	14-1. 식품의 맛 신호-미각수용체 및 뇌 인지 조절 기술	
국내외 기술동향	(국내)	연세대 치대 구강생물학 교실(문석준 교수 연구팀): 국내 미각분야 최고 기술 보유 팀으로 초파리 미각수용체를 이용하여 유전학적, 행동학적, 전기생리학적 연구를 통한 수용체의 작용기전 등 기초연구 진행
	(국외)	- Monell Chemical Senses Center (philadelphia, PA, USA): 세계 유일, 최초 (1968년 이래)의 미각, 후각분야 비영리 전문연구기관으로 관련 기초연구 전 분야에서 세계를 선도 - Senomyx Company (San Diego, CA, USA): 미각수용체 관련 분자생물학적 최고 기술을 보유한 flavor ingredient 개발회사(1999년 이래)로 특히 감칠맛, 단맛, 짭맛 소재의 상업적 활용에 독보적 기술 보유
적용산업 또는 분야 및 기대효과	- 노화 또는 위절제술 등의 의학적 처방으로 유발된 맛 신호 인지 변화 개선 방안 도출을 통한 국민건강 및 삶의 질 개선 - 소금, 설탕 등의 과다섭취를 인한 신체 부작용 최소화를 위한 식품 flavor 증강 신소재 기술 개발로 고부가가치 신소재 산업 분야 창출 - 미각인지시스템 기반 국민 생애 전주기별 건전 식이모델 구축을 통한 국가 의료비 절감	
시사점	- 맛 수용체의 실체가 유전학적, 분자생물학적 수준에서 밝혀진 것은 10여 년에 지나지 않을 뿐 아니라, 관련 기초기술을 확보한 연구팀은 매우 드물어, 경쟁력이 있는 연구결과 확보 가능성이 매우 높음 - 지속적인 식품의 고부가가치화를 위해서는 국가 고유의 식문화를 바탕으로 하는 식품섭취 유발 요인인 맛 신호체계에 대한 이해가 동반되어야 함	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 일본, 독일
	국내 기술수준	(50)%
	평가근거	- Monell Chemical Senses Center에서는 50여년에 걸쳐 미각 연구분야의 종합적 인프라를 구축하고 있으며 Senomyx Company는 미각수용체를 활용한 최첨단 기술을 확보하고 주요 식품회사들을 상대로 flavor 증강제를 개발 판매하고 있음 - 종합적 기술수준은 약 50%로 추정되나 우리 국가 고유 식량자원에 대한 맛 인지 연구분야에서 우위 확보 가능
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	① 해당기술 전문인력 양성 ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		② 기술 관련 정보·인프라 제공 ⑥ 기초원천 연구 확대
		③ 국제협력 활성화 ⑦ 민간투자 유치
		④ 산학연 협력 ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	14-2. BIT융합 식이-후성유전정보의 체내 분자네트워크 분석 기술	
국내외 기술동향	(국내)	□ 암, 발생, 줄기세포 분화 등 임상 적용을 염두에 둔 연구들이 진행되고 있으며 바이오마커 발굴 및 질병 치료목적의 연구가 진행되고 있음 □ (국립암센터, 카톨릭의대, 연세대, 계명대) 암조직에서 DNA 메틸화 변화 연구, (한국생명공학연구원) 발생 과정 중 후성유전학적 변화와 암세포에서의 후성유전학적 변이에 의해 기능이 소실되는 타겟유전자 발굴, (KIST) 후성유전체와 뇌질환과의 상관성 연구, (민간기업) 주로 병원이나 연구자들을 위한 진단기술 활용 서비스
	(국외)	□ EU, 미국을 중심으로 후성유전학은 기초, 임상에 걸쳐 많은 연구들이 진행되고 있음. 특히 임상에서는 암 등 질병관련 조기진단, 치료, 약물 개발에 초점을 두어 연구가 진행되고 있음 □ 후성유전체 지도의 생산 기반이 될 모든 요소들을 통합하는 인포메틱스 및 분석 자원은 NCBI, NHLBI, EBI, NBDC 등이 잘 알려져 있음
적용산업 또는 분야 및 기대효과	(적용 산업 및 분야)	□ 식품 및 유전정보를 활용한 IT기반의 비즈니스 모델 개발과 미래 맞춤형식품으로 산업화 가능
	(기대효과)	□ 후성유전체 조절 식품자료 DB 구축에 따른 식품과학의 핵심기술 기반 구축 및 네트워크 지도를 이용한 질병 치료 및 예방에 대한 선택, 특성화 방안 제시 □ 영양후성유전체와 건강의 상관성 제시로 식생활의 중요성과 차세대를 위한 식생활 개선안 제안과 대국민 홍보
시사점	□ 국민행복을 위한 식품연구로서 안전성을 확보한 식품과 건강하고 기능을 갖는 식품연구가 필요한 시점. 융합기술의 시대를 맞아 식이를 중심으로 하는 BT와 IT융합기술에 의한 식이-유전정보 간 체내 네트워크의 이해를 통하여 식품의 미래 기술제시와 연구영역 확보 필요 □ 식품섭취에 의한 후성적 유전자 변형은 차세대로 유전되어 후세대 건강에 큰 영향을 미치므로 현재 및 차세대 먹거리 연구에 중요성 시사	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	유럽, 미국
	국내 기술수준	(60)%
	평가근거	□ 국내외적으로 식이와 후성유전정보 체내 네트워크 연구는 초기단계에 머물러 있으므로 장기적 투자가 필요한 분야. 그러나 유전체 연구는 성숙기에 접어들고 있어서 축적된 기술노하우 적용 가능
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ③ 국제협력 활성화 □ ④ 산학연 협력
		□ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	14-3. Systems biology 활용 차세대 영양 기능성 전통 발효식품 기술	
국내외 기술동향	(국내) ▣ 전통발효식품 metagenome 및 metabolome 분석, 도입단계 ▣ 전통발효식품 유래 유용 유전체 확보, 시작단계 ▣ 전통발효식품의 기능성 평가, 전임상시험 단계	
	(국외) ▣ (구미 선진국) 고유 발효식품에 대한 균주개발과 기능성 물질탐색 및 증진, 표준화 등에 대해 연구를 지속적으로 진행해 오고 있으며 최근에는 오믹스 기술을 활용하여 계놈, 트랜스크립토姆, 프로테오姆, 메타볼로姆 등의 해독으로 보다 근원적인 해석을 시도하고 새로운 균주개발 등을 통하여 자국 전통발효식품의 부가가치 제고에 역량을 집중 ▣ (일본) 전통발효식품의 고품질화를 위해 기능적 우수성, 안전성, 고품질화 등 연구 지속적 수행	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	▣ Omics 정보를 기반 한 건강 기능적 가치창출을 통해 전통발효식품의 계승/발전과 지속성장을 도모하고 건강/장수 이미지의 전통발효식품 브랜드 창출 ▣ 전통발효식품 유래 신규 기능성 유전체 발굴을 통해 소비자 맞춤형 전통발효 식품 및 바이오 신소재 생산에 활용 ▣ 전통발효식품은 약 3000종의 미생물과 70-100만개의 유전자가 존재하는 농생물자원의 보고로서 한국 토착미생물의 국유화를 통해 외국생물자원 이용에 따른 로열티 1조 5천억원의 대체효과 기대(국내 바이오산업 시장의 외국생물자원 이용율 현재 70%)	
시사점	▣ 한국 전통발효식품의 건강/장수 이미지 부각을 통한 브랜드 제고방안으로 기능성과 품질을 우선한 과학적 우수성과 고품질화의 기반이 되는 오믹스 정보 및 이의 활용기술 확보 시급	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국, 네덜란드, 일본
	국내 기술수준	(60)%
	평가근거	▣ 종균개발 및 quality control 기술, 50% 수준 ▣ NGS 분석 및 대사체 분석 기술, 70% 수준 ▣ 생체 효능 검증을 위한 모델동물 제작 및 메카니즘 규명 기술, 50% 수준
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ▣ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		▣ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ⑥ 기초원천 연구 확대
		▣ ③ 국제협력 활성화 ▣ ⑦ 민간투자 유치
		■ ④ 산학연 협력 ▣ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	14-4. 빅데이터 기반 식품안전 위해 평가 및 소통 기술	
국내외 기술동향	□ 빅데이터를 이용하여 위해평가와 위해소통 등 식품안전 관련 연구에 사용된 사례는 국내외에 아직까지 알려진 바가 없으나 미국, 유럽, 싱가포르 등의 국가에서 빅데이터를 통해 고객 맞춤형 서비스 제공, 국가 안보, 의료 과학 기술의 선진화, 복지사회 구현을 위해 다양한 방면으로 활용되고 있음 □ 네덜란드의 경우 가축에 센서를 부착하여 움직임, 건강, 기후 등의 데이터를 종합적으로 분석함으로써 효율적인 가축 사육에 활용한 바 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 빅데이터에 기반한 위해평가 및 소통 기술은 식품에서 정량적으로 오염수준을 확인하고, 식품체인에서 위해인자의 운명을 예측하며, 인간의 건강과 연관된 위해를 추정하는 정부 차원의 식품안전관리 체계뿐만 아니라 식품산업체 등 현장에서 실시간 변화 상황에도 적용 가능한 기술을 추구하는 방향으로 기술개발이 이루어질 것으로 전망	
시사점	□ 식품의 안전성 확보를 위한 위해분석의 전 단계(위해평가, 위해관리 및 위해소통)에 빅데이터로 대별되는 정보공학의 접목으로 사전 예방적이며 타겟 집중적인 효율적인 안전관리가 가능할 것으로 판단됨 □ 식중독 등 식품안전사고의 글로벌화, 집단화 경향으로 신종 위해인자의 국가간 또는 지역간 이동에 대한 정보, 위험성 정보 등을 신속하게 수집 분석하며 이를 바탕으로 한 사전적 대응이 가능할 것으로 생각됨 □ 식품의 생산-유통-소비단계를 망라하는 전 단계에 대한 위험요소의 관리를 위해 식품추적기술과 이 과정에서 수집되는 빅데이터의 분석 기술을 통해 효율적인 식품안전관리가 가능하며 소비자 대상 위해소통에 직간접적으로 활용 가능할 것으로 전망됨 □ 소비자에 대한 효율적인 위해소통의 방안으로 인구집단별 위험인식 지도 등 과학적 기반을 제공함으로써 이해관계자간에 위해 정보 및 의견을 효율적으로 교환할 수 있을 것으로 전망됨	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 식품안전관리를 위해 정량적 위해평가기술이 적용되고 있으나 정부 차원의 안전관리에 접목되고 있는 수준이며 생산단계의 안전성 확보를 위한 산업체 활용은 이루어지고 있지 않음. 또한 방대한 데이터의 분석을 활용한 빅데이터 기술과의 접목도 이루어지지 않고 있으며, 위해소통에 대해 적극적인 시스템이 충분하지 않은 실정임
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	◆① 해당기술 전문인력 양성 □⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		◆② 기술 관련 정보·인프라 제공 □⑥ 기초원천 연구 확대
		◆③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		□④ 산학연 협력 □⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	14-5. 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술	
국내외 기술동향	(국내) □ (바이오메드랩) 자궁경부암 원인균인 HPV 진단용 DNA칩 개발, (바이오코아) 인체백혈구 항원(HLA) 유전자형 진단칩을 국내 최초 개발, (디지털지노믹스) 급성 백혈병 조기 감별 및 진단용 DNA칩 시제품 개발, (삼성 SDS) U-Health Care 사업의 일환으로 가정용 비대장착용 소변검사기 개발 및 시험 운영 □ DNA칩, 단백질칩, 랩온칩 기술이 활발히 개발되고 있으나 아직까지 식품에 존재하는 식중독세균 검출을 신속하게 검출하는 기술 미비 □ RFID 등 IT 기술을 기반으로 한 식품 품질관리 기술 개발은 초기단계	
	(국외) □ (Affymetrix) 생물체 유전자정보 판독을 위한 DNA칩 세계 최초개발, (Nanogen) DNA의 전하성질을 이용한 DNA칩인 'NanoChip 400' 개발, (Ciba) 1980년대부터 부패하기 쉬운 식품의 신선도를 한 눈에 확인할 수 있는 시간-온도 변화 지시계(TTIs) 개발, (3M) 식품의 신선도 확인용도의 다양한 TTI 제품 생산 판매 □ MEMS 기반 가스센싱 품질관리 센서, USN 기반의 HACCP 관리용 시스템 개발 등 다양한 기술이 개발되고 있음	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 식품안전 확보를 위한 진단, 식품 위변조 판별 및 원산지 판별 진단, IT 기반 품질관리 시스템 구축 □ 식품 생산, 유통 및 최종 소비지에서의 식중독세균 판정과 불량식품 근절 및 수입 검역에 활용 □ 식품산업에 적용하여 안전 식품 생산 및 효율성 증대에 활용	
시사점	□ 통합적 식품생산공정의 스마트 품질관리 기술은 원료의 식중독균 판별, 위변조 판정, 원산지 판별기술 및 IT 기술을 활용한 생산공정에서의 효율성 증대, 식품안전 확보가 가능한 통합적 미래 융합기술로 판단됨	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 물리화학적 및 분자기반 위해인자 검출기술 및 IT 기반 센싱 및 관리기술 수준이 70%에 해당함
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	◆① 해당기술 전문인력 양성 □② 기술 관련 정보·인프라 제공 □③ 국제협력 활성화 □④ 산학연 협력 ◆⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □⑥ 기초원천 연구 확대 □⑦ 민간투자 유치 □⑧ 기타()

15대 국가 전략 융합기술별 핵심 융합기술 선정연구 작성지침

- * 목 적 : 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 국가 융합기술의 개발역량을 제고하기 위해 향후 기술개발이 필요한 세부 융합기술을 선정
 - 핵심 융합기술을 지속적으로 관리하고 기술별 주요 내용 및 R&D 성과를 평가함으로써 국가 융합기술 개발전략 수립의 근거자료로 활용
- * 내 용 : 핵심 융합기술 선정 및 기술트리 구축
 - 15대 국가 전략 융합기술별 세부 융합기술 선정
 - 융합기술별 기술트리 구축
 - 기술정의 및 범위, 국내외 동향분석
 - 최고 기술수준국 대비 국내 기술수준조사
- * 방 법 : 전문가 합의에 의한 방법으로 핵심 융합기술 선정연구를 수행

〈작성자 인적사항〉

성 명(소 속)	이태억(한국과학기술원 교수) / 분과장
	이승수(충북대학교 교수)
	최정윤(한국건설생활환경시험연구원 책임연구원)

1. 개요

기술분야	15. 재난·재해 예측·대응 기술
------	--------------------

2. 선정사유

핵심 융합기술명	선정사유
15-1. 통합적 자연재해 대응 기술 개발	□ 자연재해 유형에 따른 재해 유발 요인의 차별성에 대해 통합적 대응 기술은 공통 대응 기술 개발 효율의 극대화를 기할 수 있는 융합적 재난 대응 방안임
15-2. 자연재해 복합 피해 평가 기술 개발	□ 시공간적 연계성을 갖는 자연재해 유발 요인과 파급 요인의 복합적 피해 사슬을 규명함으로써 극한 국가 재난 시나리오의 피해 예측 모형(CAT)을 개발하고, 이에 따른 국가 방재 로드맵 구축이 필요함

핵심 융합기술명	선정사유
15-3. 사회공간 복합재난 대응기술	재난정보 통합관리에 대한 IT기술과 사고자 및 대응자에 대한 NT 기술, 피난자에 대한 CS 기술을 결합한 융합기술로 국가재난 피해저감 분야의 포괄적 융합 기술임
15-4. 재난 대응 LVC(Live, Virtual & Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	- 고위험, 고비용, 재현성 한계로 실제 훈련이 어려운 복잡한 고난도 재난상황의 대응 훈련을 위해 가상상황 모의 및 컴퓨터 모델링 기술을 활용하여 훈련수준을 고도화하고 대응 장비 및 체계를 개선할 필요가 있음. (빌딩 및 지하시설 화재, 산불, 해난사고, 화생방 및 화학폭발 사고, 홍수, 테러, 환경오염 등의 대규모/복합적 재난상황) - 군사 훈련 및 실험 분야에서 실용화되고 있는 LVC M&S 기술을 재난 훈련 및 실험용으로 응용하여 고난도 대규모 재난 대응 및 실험을 개선할 필요가 있으며 이를 위한 핵심기반기술의 개발이 필요함.
15-5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템	- 전력망, 통신망, 에너지망, 수자원망, 도로망, 주거시설, 금융망 등의 국가 핵심 인프라들은 개별 기관 및 기업별로 운영, 통제하고 있으나 전국적으로 산재된 구성요소들의 정보 및 상황이 통합 관리되지 않아 대규모 복합재난이 발생하는 경우 통합적 파악 및 조정, 대응이 어려움. - 이를 위해 국가핵심인프라들의 정보와 상태를 통합하고 재난상황시 통합적으로 상황파악, 피해평가, 연쇄 및 확산 예측, 조정할 수 있는 통합 관제 체계가 필요하며 이를 위한 핵심 기반 기술의 개발이 필요함.

3. 핵심 융합기술의 정의 및 범위

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
15-1. 통합적 자연재해 대응 기술 개발	복합 자연재해 관측 및 분석을 통한 지리공간 연계 피해 예측 기술과 재해 유형 통합형 대응 체계 개발	- 복합 자연재해 관측 및 분석 기술 - 지리공간 연계 피해 예측 기술 - 재해유형 통합형 대응 체계 개발
15-2. 자연재해 복합 피해 평가 기술 개발	재해피해를 중장기 추적 분석하고, 인문-사회-경제적 피해 분석을 통하여 복합적 극한 재난 피해 모형 (CAT) 개발	- 재해피해 중장기 추적 분석 기술 - 인문-사회-경제적 피해 분석 기술 - 전구적 CAT 모형 개발
15-3. 사회공간 복합재난 대응기술	대공간/다중이용 시설등에 대한 복합 재난에 대한 1,2차 재난 피해자와 사고 대응자(소방관등)의 안전성 향상 기술	- 재난 통신 및 구조 장비 통합 운용 기술 - 방재, 소방 장비 관련 성능 및 안전성 향상 기술 - 난연 및 구조물 안전성 향상 소재기술

핵심 융합기술명	기술 정의	기술 범위
15-4. 재난 대응 LVC(Live Virtual Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	□ Live 훈련 시스템: 구조 및 대응팀의 실시간 훈련 상황을 감지하고 통제하기 위한 정보시스템 기술 □ Virtual 훈련 모델/시스템: 재난상황의 가상적 물리환경, 구조대상자, 구조자간의 상호작용을 위한 가상환경상의 훈련시스템 □ Constructive 훈련 모델: 컴퓨터상의 대피, 구조, 통제를 위한 재난상황 시뮬레이션모델 □ LVC 통합 훈련시스템: LVC 각 요소들이 보완적으로 연동, 통합하여 재난상황 훈련 및 실험, 통제, 분석	□ Live 훈련을 위한 센서, 유무선 통신, 현장 지휘 통제, 정보 종합 및 관제 기술 □ Virtual 훈련을 위한 가상재난 상황 구조활동 시뮬레이터 기술 (주요 재난유형별) □ Constructive 훈련을 위한 컴퓨터상의 재난상황 시뮬레이션 및 Serious Game 기술 □ LVC 통합 합성환경 및 종합 통제를 위한 분산된 훈련모델/체계간의 연동 기술, 연동표준, 합성환경구현, 가시화, 분석, 지휘통제 기술
15-5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템	□ 핵심인프라별 구성요소의 핵심 정보 및 상태를 공유하여 통합적인 모니터링, 피해집계, 피해확산 예측, 대비 대응 분석, 통제를 위한 통합체계 개발을 위한 핵심기반기술	□ 핵심인프라별 구성요소의 재난 대비대응 관점의 핵심 정보 및 상태의 객체 모델, 데이터 표준, 통합 DB 구축 □ 핵심인프라별 구성요소 객체 정보 및 상태의 SCADA 연동 실시간 갱신과 공유 기술 □ 핵심인프라 종합관제를 위한 통합적 가시화, 모니터링, 관제 기술 □ 피해집계, 피해확산 예측, 취약성 분석, 대비대응 최적화를 위한 모의분석 기술 □ 관련 통신 및 보안 기술

4. 기술트리

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
15-1. 통합적 자연재해 대응 기술 개발	15-1-1. 복합 자연재해 관측 및 분석 기술	▣ 개별 및 복합적으로 발생하는 자연재해 현상에 대해 관측 · 분석하고 결과 자료를 공유하기 위한 첨단시스템 구축
	15-1-2. 지리공간 연계 피해 예측 기술	▣ 자연재해의 시공간 연계성을 분석하고 이에 따른 피해 사슬을 규명함
	15-1-3. 재해유형 통합형 대응 체계 개발	▣ 자연재해 공통의 대응 요소를 분석하고 비용 대비 효과도 제고된 대응 시스템 및 실제 적용 체계 구축
15-2. 자연재해 복합 피해 평가 기술 개발	15-2-1. 재해피해 중장기 추적 분석 기술	▣ 자연재해의 직접 피해로부터 파급된 간접적 피해를 중장기 동안 조사 분석하여 구조적/사회적 취약 요소 규명
	15-2-2. 인문-사회-경제적 피해 분석 기술	▣ 자연재해의 물리적 피해로 인한 인문적-사회적 피해 조사 방안을 개발하고, 파급 경제 피해 예측 모형을 개발함
	15-2-3. 전구적 CAT 모형 개발	▣ 극한 자연재해에 의한 직간접 피해 모형을 개발하고 국가 재난 시나리오를 구축하여 국가 방재 로드맵 개발
15-3. 사회공간 복합재난 대응기술	15-3-1. 대공간/지하공간/다중이용시설 안전체계 선진화기술	▣ 대심도, 초고층 및 다중이용 대공간 화재전파 및 화재 위험성 저감을 위한 소재의 성능지표, 화재성상, 진압체계 및 대응 절차 수립 기술.
	15-3-2. 스마트 재난/방호 장비 구축	▣ 고위험 상황 대비 방호 시스템구축 기술. 위험 물질 및 대응 기술에 대한 통합적 대응기술, 피해자 생존성 향상 및 대응자의 효율적 구난 기술
15-4. 재난 대응 LVC(Live Virtual Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	15-4-1. 재난훈련 Live 시뮬레이션 기술 (Live Model)	▣ 실기동 재난대응 훈련시 대피자, 구조대상자, 구조자, 구조장비/차량/선박 등의 위치 및 상태, 상호작용 결과, 재난환경 등을 실시간으로 모니터링하고 가상 재난상황 요소를 제어하기 위한 기술 - 재난상황 실감성을 높이기 위한 환경제어 액추에이터, 상태 및 상황 감지를 위한 센서, 훈련지휘통제 장비, 감지 및 통제를 위한 유무선 통신, 정보통합/가시화/분석을 위한 기술 - 예: 빌딩 또는 구조물 내 화재상황 모의훈련, 해난 구조 상황 모의훈련, 테러 대응 구출 및 진압 훈련

핵심 융합기술명	요소기술명	요소기술의 세부내용
	15-4-2. 재난상황 가상 시뮬레이터(Virtual Simulator) 기술(Virtual Model)	주요 재난상황의 물리적 환경을 컴퓨터 가상화, 구조물 및 액추에이터, 모의 구조장비 등으로 재현하여 대피 및 구조 대상자, 구조자, 진압 및 구조 장비가 상호작용을 통해 대피, 구조, 상황 진압/제거 훈련을 위한 모의설비 및 관련 기술 (예: 복잡한 구조물내 화재상황, 선박내 대피 및 구조상황을 모의하여 가상)
	15-4-3. 재난 대피 및 구조 컴퓨터 시뮬레이션 기술(Constructive Model)	- 대규모 재난상황의 대피, 구조 상황을 컴퓨터 내에서 3차원 게임으로 모의하고 지휘통제에 의해 게이머가 입력하여 대피, 구조 훈련하는 기술 - 예: 복잡한 구조물내 화재 및 폭발시 대피자, 구조자의 대피 대응 훈련
	15-4-4. 재난상황 합성환경 모델링 기술	주요 재난별 물리적 환경(3차원 지형 및 구조물, 수중 및 대기 환경, 기상, 화생방 확산 등)을 컴퓨터로 현실감 높게 모델링, 모사하는 기술
	15-4-5. 실제 훈련(Live), 가상 물리환경 훈련(Virtual), 컴퓨터모의 훈련(C)의 통합적 재난 훈련 기술	- 지역/위치적으로 분산된 L, V, C 모델 요소를 재난상황 합성환경에서 통합적으로 인터넷을 통해 연동하여 훈련의 효과를 극대화하는 기술 - 모델간의 연동을 위한 데이터 및 모델 표준화, 미들웨어 응용, 연동 애플리케이션 구조 등
15-5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템	15-5-1. GIS연동 핵심인프라 구성요소 통합 객체모델 및 DB	핵심인프라별 구성요소의 재난대비대응 관점의 핵심 정보 및 상태, GIS상의 위치, 연결관계, 장애모델(Failure Model), 상호의존/피해확산 방식 등을포함한 객체 모델 및 데이터베이스 설계 및 구현 기술, 관련 데이터 및 객체 표준화, 통합/분산 DB, 객체 정보공유 기술
	15-5-2. 핵심인프라 상태 공유/협업 및 모니터링 플랫폼	- 핵심인프라별 구성요소 객체 정보 및 상태의 SCADA 연동 실시간 갱신과 공유 기술 - 핵심인프라 종합관제를 위한 통합적 가상화, 모니터링, 관제 기술 - 관련 통신 및 보안 기술
	15-5-3. 핵심인프라 의존성 및 연쇄장애 분석 모델	인프라들간의 상호의존에 의한 피해확산 예측, 피해집계, 취약성 분석, 대비대응 최적화를 위한 모의분석 기술

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	15-1. 통합적 자연재해 대응 기술 개발	
국내외 기술동향	(국내) □ 자연재해 예·경보 모형의 선정과 적용 및 활용에서 IT/ST를 활용한 자연재해예보, 국가 자연재해관리시스템 구축 등으로 고도화 □ 국지성, 돌발성 특성을 지니는 경우가 빈번히 발생하기 때문에, 지역적 특성이나 재해에 민감한 요소들에 대한 정량적인 분석 □ 최근의 자연재해는 복합적 요소에 의해 발생하는 경향이 있어 이를 총체적으로 모니터링 및 예측하는 연구가 활발히 진행되고 있음. 이를 위해 기상-해양-위성 간 자료공유 시스템의 구축 및 예경보 시스템과 연계되는 방향으로 진행되고 있음	
	(국외) □ 미국지질조사국의 경우 관측망의 평가지침 마련을 통한 관측망 최적화와 원격탐사방법의 적극적 활용을 위한 지상관측망과의 연계 운영 기술 개발 □ 동아시아 권역의 태풍 재해 경감을 위한 UN 태풍위원회의 태풍 재해정보시스템이 우리나라 주도로 개발되어 운용됨	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 현상 예측이나 피해 평가에 관한 기법, 모델, 결과 등의 종합 정보를 공개하여 소통 기반의 공공 및 민간 실용적 수요 창출 유도 □ 기초부터 응용까지 공개되는 정보의 전문 분야별 이해 관점에 따라, 자연재해 유인들 간의 시공간적 차별성 및 경향적 유사성에 관한 차별 기술 또는 융합 기술 분야들의 창출 확대 □ 정부와 공공 시설에 대한 자연재해 모니터링·예측·경보대응 대상으로서의 기본적 제도 개정·보완 추진	
시사점	□ 자연재해 관련 시장은 발생 피해의 최소화라는 목표를 지역이나 국가 차원에서 현실적 환경을 고려하여 달성하는 과정에서 주로 공공 수준으로 창출 및 발전 □ 다양한 재해 모니터링 및 통합적 정보 교환 기구 설립 필요 □ 자연재해 산업 및 시장 규모의 재해석 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(72)%
	평가근거	□ 다양한 자연재해에 대해 HAZUS-MH와 같이 통합적 위해 평가가 대응 방안 기술 보유
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 ■ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 □ ③ 국제협력 활성화 □ ④ 산학연 협력 □ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ■ ⑥ 기초원천 연구 확대 □ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	15-2. 자연재해 복합 피해 평가 기술 개발	
국내외 기술동향	(국내) □ 위성영상과 GIS자료를 사용하여 산사태 발생 의미지역을 추정하거나 SAR interferometry를 이용하여 지각의 미소한 이동을 지속적으로 분석하여 자연재해가 발생할 가능성이 있는 지역을 예측하는 연구 □ 기상자료의 재해석을 통해 태풍 및 강풍의 위해성과 정량적 위험도 평가 기술 개발 □ 미래 거대 재해로서 화산 등의 재해에 대한 위험도 예측 기술 개발	
	(국외) □ 미국의 경우 HAZUS-MH와 같이 복합적 자연재해의 위험도를 체계적인 평가 시스템을 개발하여 운용 중 □ 호주의 경우 지질조사국을 중심으로 도시지역 자연재난 취약성 평가를 수행하여 피해 평가를 수행 □ 뉴질랜드의 경우, 지진, 화산 등 지질재해에 대하여 복합 피해 평가 기술을 개발하여 실제 운용 중	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 주요 자연재해 유형별 전문가 집단들 간의 동북아 광역 또는 글로벌 수준의 국제 협의체 구성 및 연구개발 사업 기반의 지식과 정보 공유체계 지속 유지 □ 미래대응형 자연재해 조기경보 및 신속대응 정보실용 인프라 □ 현상 예측이나 피해 평가에 관한 기법, 모델, 결과 등의 종합 정보를 공개하여 소통 기반의 공공 및 민간 실용적 수요 창출 유도	
시사점	□ 법령이나 제도의 도입이나 개선 토대의 공공 수준 수요 확대에 따라 민간 차원의 연구개발이나 시장 발전도 수반되며, 이에 따라 개발된 기술을 토대로 국외 기술 수출 및 이전 가능 □ 선진국형 자연재해 보험제도의 도입과 보험 가입율 및 재해 보상율의 동반 상승을 위한 정부와 민간업자와의 협조체계 필요성 대두	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(70)%
	평가근거	□ 다양한 자연재해에 대해 HAZUS-MH와 같이 통합적 위해 평가 대응 방안 기술 보유
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	■ ① 해당기술 전문인력 양성 □ ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■ ③ 국제협력 활성화 □ ④ 산학연 협력 ■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) □ ⑥ 기초원천 연구 확대 ■ ⑦ 민간투자 유치 □ ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	15-3. 사회공간 복합재난 대응기술	
국내외 기술동향	(국내) - 재난 재해 안전분야는 2012 국가전략 기술수준 분석에 따른 10대 기술분야에 속하나 타 기술분야의 기술력 대비 9위 수준이며 관련 논문 및 특허의 국제 점유율은 각 1.8%, 6.5%에 불과 - 소방 방재 분야는 실증화 실험을 위한 국가 기반구축은 진행되고 있음. 해외 요소기술의 국내 응용 및 통합에 따른 관련 원천 기술개발은 성장기에 도입되고 있는 실정임. 사회적 파급력과 고부가가치의 융합기술 개발에 대한 필요성은 인지하고 있으나 가시적 성과물은 미흡	
	(국외) - 국제과학위원회 (ICSU)와 유엔무역개발협회(UNTAD)등은 재난의 복합화 대형화에 따른 대비, 대응, 복구 및 위험관리에 대하여 자연과학에서 인문학까지 다학제간 통합적 연구를 수행하고 있음 - 미국 NIST를 중심으로 NT 융합기술을 도입한 원천적 화재 안전성 향상 소재 개발, 이에 따른 안전성 향상 평가/ 진압, 및 관련 응용 분야 확대에 관한 통합 기술개발이 두드러짐	
적용산업 또는 분야 및 기대효과	- 소방 방재 관련 국내 산업은 중소기업 위주 해외기술 추격형 형태로 구성되어 있음. 국내의 융합 원천 기술 개발시 강소기업형태의 신산업 분야를 개척 가능 - 관련 기술은 국가적 안전도 향상과 더불어 국제적 재난 사고의 지원을 통한 국가 브랜드의 위상향상도 도모 가능	
시사점	국내의 경우 관련 분야는 기술 추격형 정부투자 기초연구투자의 비율을 높이 유지함으로써 관련 기술 주도형 국가로 전환하기 위하여 국가주도 형태의 관련 기술의 육성 정책이 필요	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(74)%
	평가근거	2012년 국가기술수준 평가 재난재해 안전분야 기술수준은 72%였음. 이후 국내의 실대형 평가 관련 기반 인프라 구축 및 관련 기술 향상이 존재
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	① 해당기술 전문인력 양성 ② 기술 관련 정보·인프라 제공 ③ 국제협력 활성화 ④ 산학연 협력 ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등) ⑥ 기초원천 연구 확대 ⑦ 민간투자 유치 ⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	15-4. 재난 대응 LVC(Live Virtual Constructive) 통합 훈련 M&S(Modeling & Simulation) 기술	
국내외 기술동향	(국내)	□ 각 지역별 재난대책본부 별로 Live 훈련 위주로 실시하고 있으며, 최근 가상현실(Virtual Reality)을 활용한 현장 대응 소방관들의 구조 훈련 시뮬레이터를 세계 최초로 개발 (기계연구원, 2012년) □ 그러나, 다양한 고난도 재난상황에 대한 LVC 요소모델의 지속적 개발과 통합훈련 기술이 필요
	(국외)	□ 미국의 경우 가상현실을 활용한 재난 훈련 시뮬레이터는 물론 지휘 및 통제 훈련을 위한 Constructive 시뮬레이션 모델도 다양하고 상당한 수준으로 발전되어 있음 (화재진압, 대규모 기름유출, 테러 등등). 이러한 요소들을 통합하는 LVC 통합 훈련 구조도 위기관리 및 재난대응(Crisis Management and Disaster Response)국 등에서 개발하고 있으나 세계적인 초기 기술개발단계임 □ 스페인 발렌시아 공과대학 (Polytechnic University of Valencia)에서 LVC 요소들을 통합한 재난 대응 훈련 시스템 (LVCTE, LVC Training Environment)을 개발 중
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 민·관·군의 통합방위지원 훈련과 통합 및 연계하여 대규모 국가 재난에 대비한 모의훈련 시스템으로 발전 가능 - 고층 및 복합공간 화재 및 폭발, 대형 해난사고, 대형 산불, 화생방 사고 및 테러, 대규모 홍수 등에 대응훈련에 활용 가능	
시사점	□ 재난 및 사고의 규모가 대형화, 복잡화하고 있는 추세이나 관련 기관별 훈련과 장비등이 분산되어 통합적 훈련은 어려운 실정임 □ 군의 전투훈련을 위한 LVC 통합 M&S 기술을 재난대응훈련에 응용하면 고난도 대규모 재난훈련의 수준을 크게 개선 가능	
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국
	국내 기술수준	(50)%
	평가근거	□ Live와 Virtual 시뮬레이션을 활용한 구조 및 현장대응 요원 훈련에 대한 기술수준은 높으나, 중앙재난대책본부의 통제훈련을 위한 기술 (Constructive 시뮬레이션 활용 등)의 수준은 낮으며, LVC 각 요소들에 대한 통합 기술은 부재함
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□① 해당기술 전문인력 양성 ■⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□② 기술 관련 정보·인프라 제공 ■⑥ 기초원천 연구 확대
		□③ 국제협력 활성화 □⑦ 민간투자 유치
		■④ 산학연 협력 □⑧ 기타()

5. 국내외 동향분석 및 기술수준조사

핵심 융합기술명	15-5. 국가인프라 재난 대응 통합 DB 및 관제시스템		
국내외 기술동향	(국내) □ 국토해양부, 소방방재청 등에서 지원하여 개별재난의 대비 대응에 대한 연구, 미래부/연구재단 지원의 “사회핵심 인프라 상호작용 모델링기술”에 대한 연구 등이 다수 있으나 재난상황시 국가 인프라간의 통합적 모니터링, 정보공유, 지휘통제를 위한 기술 및 시스템에 대한 연구는 미흡 □ 각 인프라 담당기관별로도 Risk Management에 대한 조직, 기능 및 업무가 개발, 체계화되지 않으며 특히 인프라간의 재난 영향에 대해서는 업무 식별이 되지 않음		
	(국외) □ 개발 재난 대비대응, 모델링, 분석 기술은 발전하고 있으며 핵심 인프라 간의 의존성에 대한 관심은 높아지고 있으나 아직 통합적 모니터링 및 관리체계에 대한 기술은 미흡함. GIS상에 관련 인프라 정보를 표현하는 기술은 다수 개발되었으나 위치 정보 이상의 기능적 연결, 피해 확산, 상태 등의 정보를 종합, 공유, 관제하는 기술 및 시스템이 필요		
적용산업 또는 분야 및 기대효과	□ 전력, 통신, 에너지, 수자원, 도로 및 교통, 금융 등의 핵심인프라 들의 재난관리 및 리스크관리 관점에서 통합적 데이터, 정보의 공유, 종합 관제를 위한 시스템 개발에 적용(국가안전처 등에서 개발, 운영되어야 함) － 예를 들어 슈퍼태풍, 대형 폭발 사고 등에 의해 특정 지역이 피해를 입은 경우 관련 인프라의 피해상황을 실시간으로 파악하고, 피해확산을 예측하여 통합적으로 대응 가능		
시사점	□ 핵심인프라가 대형 자연재해 및 자체장애에 취약하고 공간적, 기능적으로 상호 연계되어 있어 피해가 대규모로 연쇄, 확산될 수 있으며 국민의 생존과 산업에 심각한 위협이 될 수 있음. 특히, 남북대치 상황으로 인해 테러, 국지전 등의 위협이 상존하기 때문에 정부차원의 종합적 관제 체계를 갖추는 것이 시급. 본 기술은 이러한 시스템 개발, 구축을 위한 핵심기반 기술을 개발하는 것임 □ 본 기술개발과 함께 해당 시스템 구축사업을 정부에서 추진하면 각 인프라 담당 기관/기업별 리스크관리 업무/기능/조직도 대폭 개선 가능.		
기술수준조사	최고기술수준 보유 국가	미국	
	국내 기술수준	(70)%	
	평가근거	□ 미국은 국토안보부를 중심으로 재난의 핵심인프라의 통합적 관리, 모델링 및 분석 등을 위한 기술개발을 진행하고 있으나 우리나라는 아직 이러한 노력이 미흡하고 인프라들의 통합적 리스크관리의 개념이 정립되어 있지 않음	
	우리나라가 해당 최고기술을 확보·추격을 위한 필수요건	□ ① 해당기술 전문인력 양성	■ ⑤ 실용화 지원 (시장수요 유도 등)
		□ ② 기술 관련 정보·인프라 제공	■ ⑥ 기초원천 연구 확대
□ ③ 국제협력 활성화		■ ⑦ 민간투자 유치	
■ ④ 산학연 협력		□ ⑧ 기타()	

붙임 2. 2012 기술수준평가(120개 국가전략기술)

- 2012년 기술수준평가 대상 120개 국가전략기술 중 융합성 및 융합의 필요성을 기준으로 15대 국가 전략 융합기술에 해당하는 전략기술을 새롭게 선정하여 기술수준을 비교

분야	전략기술명	기술수준(%)
빅데이터	지식기반 빅데이터 활용기술	76.7
	데이터 분산처리 시스템 기술	79.3
	평균값	78.0
차세대 반도체	초고집적 반도체 공정 및 장비기술	91.7
	초고속 반도체디바이스 기술	87.0
	친환경 조절전형 반도체 회로기술	81.3
	평균값	86.7
융합형 콘텐츠	가상·증강현실기술	79.4
	감성인지 및 처리기술	78.7
	실감형 감성 콘텐츠기술	82.8
	평균값	80.3
스마트 자동차	스마트 자동차기술	78.3
	평균값	78.3
융합서비스 로봇	서비스로봇기술(진단·치료분야 등)	73.2
	서비스 로봇기술	77.9
	서비스 로봇기술(건설)	74.3
	미래형 유인 항공기기술	71.0
	지능형 무인 비행체기술	78.7
	평균값	75.0
첨단 생산시스템	생산시스템 생산성 향상기술	82.1
	평균값	82.1
차세대 다기능 소재	기능성 유기 소재기술	75.3
	친환경 바이오소재기술	77.3
	첨단소재기술(무기·탄소)	80.1
	생체적합 재료 개발기술	76.7
	평균값	77.4
건강관리 서비스	모바일 원격진료기술	88.6
	건강관리 서비스 기술	79.2
	평균값	83.9

분야	전략기술명	기술수준(%)
유전체 정보이용 및 신약개발	맞춤형 신약개발기술	70.8
	바이오마커 개발기술	73.2
	유전체정보를 이용한 질환원인 규명기술	71.3
	평균값	71.8
신체기능 복원 및 재활	신체기능 복원기기기술	73.8
	재활치료기술	67.7
	평균값	70.8
온실가스 저감 및 관리	이산화탄소포집·저장·이용기술	78.0
	Non-CO ₂ 온실가스 저감기술	77.1
	온실가스 감축 통합관리기술	75.6
	평균값	76.9
오염물질 제어 및 처리	오염물질 제어 및 처리기술(수질, 대기 등)	73.9
	유용 폐자원 재활용 기술	84.1
	평균값	79.0
신재생 에너지	열에너지 네트워크 기술	84.5
	바이오 에너지 기술	70.7
	지열기술	64.2
	태양에너지기술	80.8
	수소에너지기술	76.0
	해양에너지기술	79.0
	평균값	75.9
식량자원 보존 및 식품안전성 평가	식량자원 보존 및 식품가치 창출기술	80.0
	식품안전성평가·향상기술	76.2
	평균값	78.1
재난·재해 예측·대응	자연재해 모니터링·예측·대응기술	72.9
	재난 정보통신 체계기술	77.3
	사회적 복합재난 예측·대응기술	66.7
	평균값	72.3

출처: 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2012년 기술수준평가, 2013

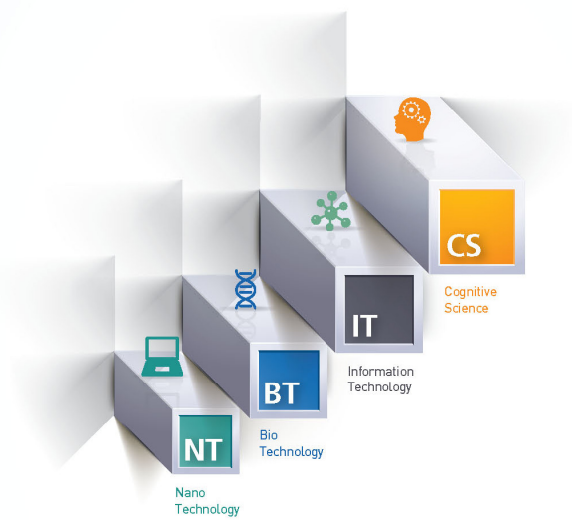
붙임 3. 융합기술수준평가 전문가위원회 명단

순번	분야	성명	소속	비고
1	빅데이터	김성운	한국전자통신연구원	분과장
2	빅데이터	이영섭	동국대학교	
3	빅데이터	이지형	성균관대학교	
4	차세대 반도체	한태희	성균관대학교	분과장
5	차세대 반도체	구현철	한국과학기술연구원	
6	차세대 반도체	엄낙웅	한국전자통신연구원	
7	융합형 콘텐츠	김동호	송실대학교	분과장
8	융합형 콘텐츠	이대현	한국산업기술대학교	
9	융합형 콘텐츠	김익재	한국과학기술연구원	
10	융합형 콘텐츠	이인환	한국전자통신연구원	
11	스마트 자동차	한동석	경북대학교	분과장
12	스마트 자동차	이재관	자동차부품연구원	
13	스마트 자동차	이성욱	국민대학교	
14	융합서비스 로봇	박현섭	한국산업기술평가관리원	분과장
15	융합서비스 로봇	홍성경	세종대학교	
16	융합서비스 로봇	이성온	한국과학기술연구원	
17	융합서비스 로봇	이재우	건국대학교	
18	첨단 생산시스템	윤의성	한국과학기술연구원	분과장
19	첨단 생산시스템	이낙규	한국생산기술연구원	
20	첨단 생산시스템	조용주	한국생산기술연구원	
21	첨단 생산시스템	문명운	한국과학기술연구원	
22	차세대 다기능 소재	이영진	한국세리믹기술원	분과장
23	차세대 다기능 소재	강종윤	한국과학기술연구원	
24	차세대 다기능 소재	김창교	순천향대학교	
25	건강관리 서비스	김승환	한국전자통신연구원	분과장
26	건강관리 서비스	김영수	한국과학기술연구원	
27	건강관리 서비스	하권수	강원대학교	
28	유전체 정보이용 및 신약개발	김영주	한국생명공학연구원	분과장
29	유전체 정보이용 및 신약개발	이성종	한국연구재단	
30	유전체 정보이용 및 신약개발	최수진	한국산업기술평가관리원	
31	유전체 정보이용 및 신약개발	차지영	가천대학교	
32	신체기능 복원 및 재활	유문호	전북대학교	분과장
33	신체기능 복원 및 재활	박형순	한국과학기술원	

순번	분야	성명	소속	비고
34	신체기능 복원 및 재활	김기훈	한국과학기술연구원	
35	온실가스 저감 및 관리	이창근	한국에너지기술연구원	분과장
36	온실가스 저감 및 관리	박정훈	동국대학교	
37	온실가스 저감 및 관리	박용기	한국화학연구원	
38	오염물질 제어 및 처리	박재우	한양대학교	분과장
39	오염물질 제어 및 처리	박기영	건국대학교	
40	오염물질 제어 및 처리	이승목	서울대학교	
41	오염물질 제어 및 처리	이재령	강원대학교	
42	오염물질 제어 및 처리	김석구	한국건설기술연구원	
43	오염물질 제어 및 처리	신호정	한국생산기술연구원	
44	신재생 에너지	장기창	한국에너지기술연구원	분과장
45	신재생 에너지	이광수	한국해양과학기술원	
46	신재생 에너지	이철균	인하대학교	
47	신재생 에너지	최형욱	가천대학교	
48	신재생 에너지	김진상	한국과학기술연구원	
49	식량자원 보존 및 식품안전성 평가	홍석인	한국식품연구원	분과장
50	식량자원 보존 및 식품안전성 평가	오창환	세명대학교	
51	식량자원 보존 및 식품안전성 평가	오세욱	국민대학교	
52	재난·재해 예측·대응	이태억	한국과학기술원	분과장
53	재난·재해 예측·대응	이승수	충북대학교	
54	재난·재해 예측·대응	최정윤	한국건설생활환경시험연구원	

2014년도 15대 국가 융합기술 수준조사

발 행 2014년 10월
발 행 처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터
주 소 136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
전 화 02-958-6411
팩 스 02-958-4989



미래창조과학부 융합연구정책센터 **KIST**