

융합 에세이

인문학과 예술로까지 더 넓어져야 할 융합

융합연구 기술동향

블랙 실리콘 기반의 근적외선 센서

환경오염원인자 추적에 위한 Environmental Forensics

모바일 바이오 인식 기술

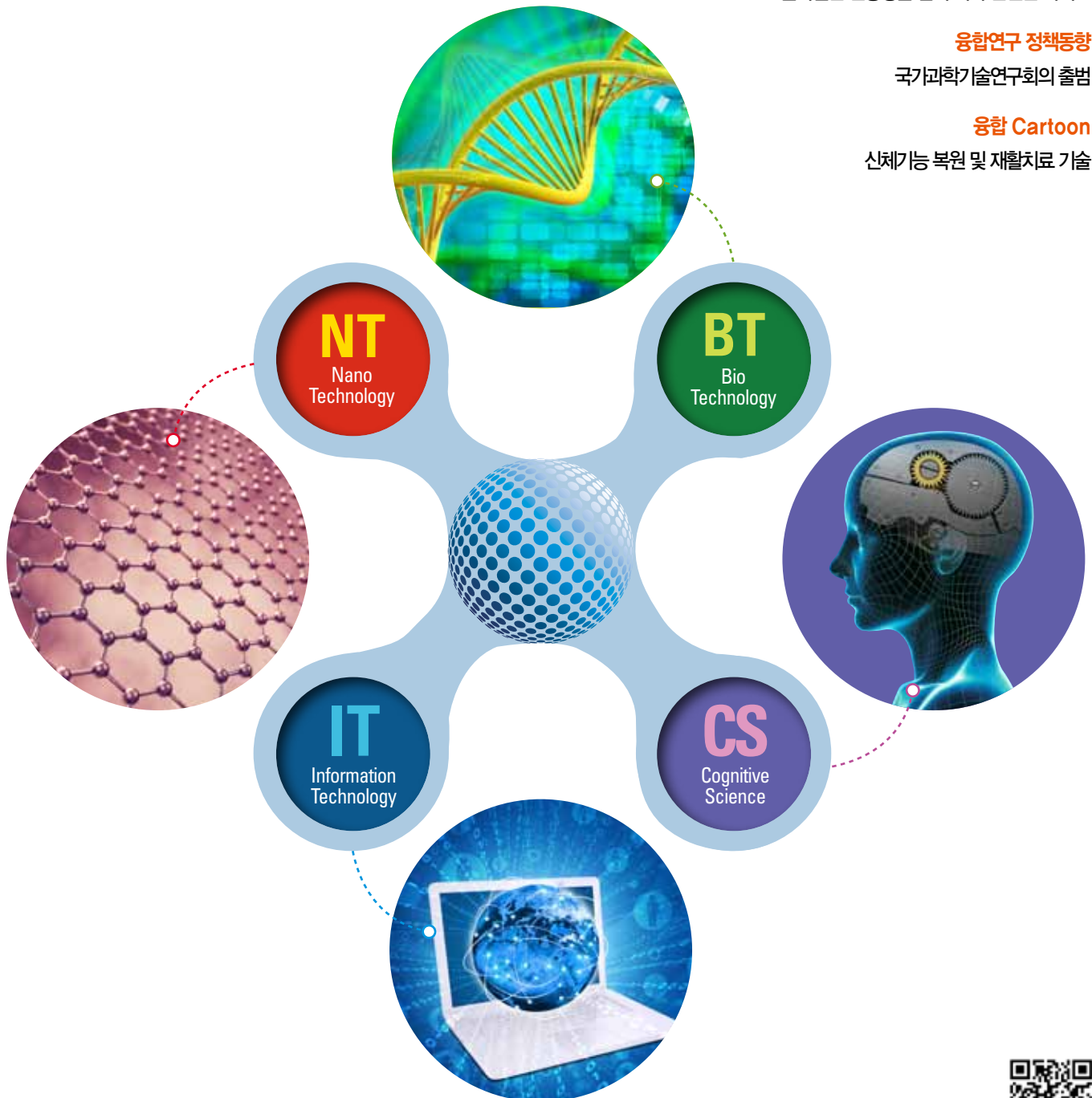
불확실한 변동성을 넘어 더욱 안전한 사회로

융합연구 정책동향

국가과학기술연구회의 출범

융합 Cartoon

신체기능 복원 및 재활치료 기술





융합4CASTING is?

융합의 대표적 4가지 분야(NT, BT, IT, CS)와 미래예측(Forecasting)의 합성어로서 인류의 행복과 사회적 성과의 향상을 위해 미래 창조적 가치를 창출할 수 있는 융합기술을 전망하고 관련 종합 정보를 제공하는 동향지입니다.

Contents

2014.09 Vol.16

Part 1 | 융합 에세이

- 02 인문학과 예술로까지 더 넓어져야 할 융합
이중원 · 서울시립대학교 철학과 교수

Part 2 | 융합연구 기술동향

- 07 **NT-IT 융합** 블랙 실리콘 기반의 근적외선 센서
김인호 · 한국과학기술연구원 전자재료연구센터
- 11 **NT 융합** 환경오염원인자 추적을 위한 Environmental Forensics
이승학 · 한국과학기술연구원 물자원순환연구단
- 14 **BT 융합** 모바일 바이오 인식 기술
김익재 · 한국과학기술연구원 영상미디어연구센터
- 19 **IT-NT 융합** 불확실한 변동성을 넘어 더욱 안전한 사회로
김찬수 · 한국과학기술연구원 계산과학연구단

Part 3 | 융합연구 정책동향

- 22 **BT-CS 융합** 국가과학기술연구회의 출범
김영수 · 한국과학기술연구원 뇌의약연구단

Part 4 | 융합 Cartoon

- 26 신체기능 복원 및 재활치료 기술

제16호 2014년 9월

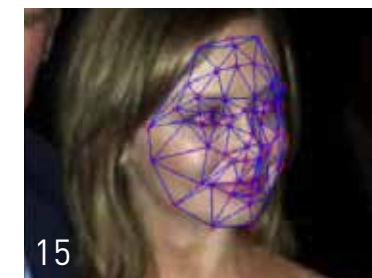
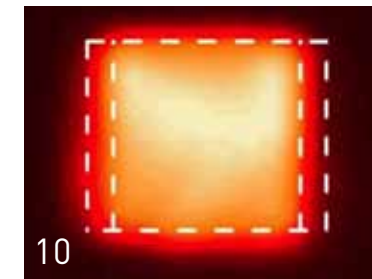
발행일 | 2014년 9월 1일

발행인 | 윤석진

발행처 | 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

주 소 | 136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5 한국과학기술연구원

전 화 | 02-958-4986 <http://crpc.kist.re.kr>



인문학과 예술로까지 더 넓어져야 할 융합

이중원 서울시립대학교 철학과 교수

융합에는 과학기술 영역 안에서의 융합 외에도 21세기 과학기술문명 사회를 이끌어갈 또 다른 융합이 존재한다. 바로 과학기술과 인문학·예술의 융합이다. 과학기술과 인문학·예술의 융합은 크게 두 가지 차원으로 나누어 살펴볼 수 있는데, 새로운 창의적 개발을 추구하는 생산적 융합과 과학기술 및 사회의 지속가능한 발전을 지향하는 매우 독특한 성찰적 융합이다.

이미 많은 사람들이 강조해 왔듯이 21세기 과학기술문명의 핵심 동력은 과학기술의 융합이다. 20세기 후반기가 기존의 과학기술이 담아내지 못했던 정보기술과 생명공학기술을 바탕으로 한 새로운 기술혁명의 시대였다면, 21세기는 나노기술 및 뇌과학 등 새로운 과학기술 분야의 지속적 등장과 더불어 이러한 기술들이 다양하게 융합하여 나노바이오 기술, 합성생물학, 신경공학, 로봇기술 등 새로운 유형의 다양한 복합기술들을 창조해 내는 융합혁명의 시대라 할 수 있다.

“

애플은 언제나 인문학과 기술의 교차로에 서 있었다. 우리가 아이패드를 만든 것은 애플이 항상 기술과 인문학의 갈림길에서 고민해 왔기 때문이다. 그 동안 사람들은 기술을 따라잡으려 애썼지만 사실은 반대로 기술이 사람을 찾아와야 한다.

”

하지만 융합에는 이러한 과학기술 영역 안에서의 융합 외에도 21세기 과학기술문명 사회를 이끌어갈 또 다른 융합이 존재한다. 바로 과학기술과 인문학·예술의 융합이다. 과학기술과 인문학·예술의 융합은 크게 두 가지 차원으로 나누어 살펴볼 수 있는데, 하나는 과학기술 간 융합처럼 새로운 창의적 개발을 추구하는 생산적 융합이고, 다른 하나는 과학기술 및 사회의 지속가능한 발전을 지향하는 매우 독특한 성찰적 융합이다.

우선 과학기술과 인문학·예술 간 생산적 융합부터 살펴보자. 과연 과학기술이 인문학 혹은 예술과 생산적으로 융합할 수 있을까.

2005년 스탠포드 대학 졸업식에서 스티브 잡스는 자신이 리드대학 시절 들었던 서예에 관한 수업을 언급하면서 “그때 세리프와 산세리프체, 활자체들 간 공간을 다양화하는 방법 등에 대해 배웠고 … (중략) … 과학적으로 도저히 분석할 수 없는 아름답고 유서 깊고 예술적인 서체에 매료됐다”고 술회했다. 그리고 “내가 서예수업을 듣지 않았다면 매킨토시에 복수서체 기능이나 자동자간맞춤기능은 없었을 것이고 맥을 모방한 윈도우 나아가 개인용

컴퓨터에서도 그런 기능은 실리지 못했을 것이다” 라고 강조하였다. 당시 스티브 잡스는 이 서체들을 온전히 반영하여 10년 후에 가장 아름답고 다양한 서체를 가진 매킨토시 컴퓨터를 탄생시켰기 때문이다. 대학시절 우연히 들었던 인문학·예술 강좌 하나가 애플을 대표하는 매킨토시 컴퓨터의 창의적 개발에 중요한 한 몫을 한 것이다.

이러한 성공 사례가 있어서일까, 스티브 잡스는 2010년 1월 아이패드를 세상에 처음 내놓는 자리에서도 정보기술과 인문학·예술 간 융합의 중요성을 재차 강조하였다.

그는 ‘LIBERAL ARTS (인문학)’라는 도로 표지판과

‘TECHNOLOGY(기술)’라는

도로 표지판이 함께 있는 교차로 그림을 보여주면서 “애플은 언제나 인문학과 기술의 교차로에 서 있었다. 우리가 아이패드를 만든 것은 애플이 항상 기술과 인문학의 갈림길에서 고민해 왔기 때문이다. 그 동안 사람들은 기술을 따라잡으려 애썼지만 사실은 반대로 기술이 사람을 찾아와야 한다”고 강조하였다. 우리의 삶의 양식 자체를 바꾸고 IT 산업 및 시장 등 경제구조 자체를 바꾸어 놓은, 융합의 대표적인 선도 사례인 아이패드 기술이



그림1 스티브 잡스가 ‘LIBERAL ARTS(인문학)’와 ‘TECHNOLOGY(기술)’라는 도로 표지판이 함께 있는 교차로 그림을 보여주며 정보기술과 인문학·예술 간 융합을 강조하고 있다.

사실은 인문학과와의 긴밀한 상호작용 속에서 탄생하였다는 것이다.

이외에도 기술과 인문학이 융합한 사례들은 무수히 많다. 가령 미국 메사추세츠 공과대학(MIT)에 있는 미디어랩 연구소에서는 인간과 컴퓨터 간의 상호작용을 중심으로 현재 25개 연구 그룹에서 약 350개의 프로젝트들이 진행 중에 있는데, 대부분 인문학, 미디어·문화·예술, 정보통신기술,

컴퓨터·디지털기술 등이 융합한 분야들이다. 가령 유비쿼터스 기술에 바탕 한 ‘생각하는 사물들(Things That Think)’ 프로젝트라든가, 인간의 주변 환경을 인식하고 사용자의 목적과 감정 상태를 알아내도록 돕는 ‘지능적 물체(Intelligent Objects)’ 프로젝트, 인간의 감성을 표현하는 로봇 프로젝트 등은 인문학과 기술 융합의 좋은 사례들이다.

이러한 생산적 융합과 함께 우리가 결코 간과해서는 안 될 또 다른 융합이 있다. 바로 과학기술과 미래

사회의 지속가능한 발전을 보장하는데 필요한 인문학에 바탕한 성찰적 융합이다. ‘지속가능한 발전(Sustainable Development)’이라는 말은 1987년 유엔에서 채택한 보고서인 ‘우리의 미래(브룬트란트 보고서)’에서 처음 사용되었는데, “미래 세대가 그들 스스로의 필요를 충족시킬 수 있도록 하는 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 필요를 충족시키는 발전”을 의미하고 있다. 다시 말해 자연이 허용하는 범위 안에서 현재와 미래 세대의 필요와 욕구를 동시에 충족시킬 수 있도록 하기 위해



“

첨단 과학기술의 개발 단계에서부터 새로운 산업의 육성 및 경제발전에 대한 고려 외에 생명 존중 등 다양한 인간적 가치들, 환경 보존을 포함한 다양한 윤리적 문제들, 프라이버시 보호 등 다양한 법적 문제들, 위험 기술에 대한 사회적 통제 및 관리 문제 등이 함께 고려될 필요가 있다. 한마디로 사회 발전의 주 동력원인 과학기술 자체의 지속가능한 발전이 요청되고 있는 것이다. 이를 위해 첨단 과학기술에 대한 인문적 성찰이 필요하다.

”

오늘의 자원 이용 및 투자 방향, 과학기술의 발전, 그리고 사회 제도의 변화가 서로 조화를 이루도록 해야 함을 함축하고 있다.

19세기 산업혁명 이래로 급속하게 발전해 온 과학기술문명은 20세기 후반에 이르러 자연 환경의 파괴, 다양한 인간적 가치들의 붕괴와 혼란, 위험 사회로의 진입 등 부작용을 낳고 있다. 20세기 후반에 본격적으로 발달하기 시작한 새로운 첨단기술, 즉 생명공학기술, 나노기술, 로봇기술 등의 등장도 양적으로나 질적인 측면에서 인간의 삶에 급격한 변화를 초래하고 있다. 삶의 질에 대한 혁신적인 개선이 있지만, 다른 한편으로 다양한 사회적·윤리적·법적인 쟁점들을 동시에 야기하고 있다. 가령 생명공학기술의 경우 20세기 후반까지만 해도 인간의 유전자 지도를 밝히는 게놈 프로젝트와 유전자 재조합 기술을 통한 분자적 수준에서의 처리 기술이 중심이었지만, 불과 몇 년 사이에 포유류의

복제, 줄기세포(Stem Cell)의 제작 및 활용, 세포 및 바이러스 나이가 단백질 및 기관의 인공적 합성, 생명체와 기계의 유기적 결합 등 새로운 영역으로 빠르게 확장되고 있다. 특히 뇌과학이나 신경공학의 발전은 인간의 의식에 대한 과학적 규명, 각종 뇌 질환 치료, 신경계를 활용한 효율적인 사회 관리 또는 경영 시스템 구축 등 새로운 차원의 혁신을 가져오겠지만, 다른 한편으로 인간 의식에 대한 통제 가능성이라는 우려를 낳기도 한다. 한마디로 윤리적으로나 종교적으로 매우 민감한 문제를 안고 있는 영역으로 급속히 확대되고 있다.

또 나노기술의 발전은 나노물질, 인공세포, 유전자 칩, 새로운 구조 화합물 등 새로운 물질세계에 대한 구성과 인간 생활의 물질적 토대에 대한 새로운 재편이라는 혁신적인 의미를 지닌다. 하지만 자연과 비친화적인 신물질의 등장이라든가, 나노물질의 독성에 따른 인체 및 생명체에 대한 위해성이라든가, 미세 칩을 활용한 인간에 대한 효율적인 관리 및 통제라든가, 유전자 수준의 개인 생체 정보 수집에 따른 프라이버시 문제와 같은 다양한 생태적·사회적·윤리적 문제들도 동시에 배태하고 있다. 실제로 최근에 EU나 미국 등지에서는 대부분의 기능성 나노물질들이 일반적으로 독성을 띠고 있는 까닭에, 이를 사용한 다양한 기능성 나노제품들에 대한 법적 규제를 강화하고 있다.

로봇기술의 경우도 마찬가지다. 산업용 로봇이 아닌 일상적인 삶의 필요한 일들을 대신해 줄 생활 로봇의 등장, 더 나아가 인간의 지능과 감성을 갖춘 휴머노이드의 등장은 일상생활의 일대 혁명을 가져올 것이지만, 동시에 치유가 아니라 인간의 능력 증강을 목적으로 하는 인간과 기계의 결합 등 기계와 인간의

Part 2 | 융합연구 기술동향

블랙 실리콘 기반의 근적외선 센서

김인호 한국과학기술연구원 전자재료연구센터

수년 전부터 후방산란 엑스선 이미징 시스템과 함께 밀리미터 파기반의 테라헤르츠 시스템은 테라헤르츠 전자기파의 우수한 투과성을 이용하여 공항이나 보안이 중요한 곳에 설치되어 위험물을 감지하는 기기로 이용되고 있다. 그러나 테라헤르츠 시스템의 장치비용이 고가라는 점이 상업적 응용으로 확대되는 것을 상당히 제한하고 있다.

테라헤르츠 시스템의 대안 기술로 최근 근적외선(NIR) 또는 단파장 적외선(SWIR)을 이용하는 기술이 대두되고 있다. NIR은 파장 1100 nm 이하의 적외선, SWIR은 파장 1100~1800 nm 대역의 적외선을 지칭한다. 이 파장대역의 빛은 지구의 대기환경에서 주야간에

배경복사로 존재하기 때문에 특별한 경우를 제외하고 광원없이 적외선 디텍터만을 이용하여 위험물 감지 뿐 아니라 의료, 상품의 품질검사, 국방 분야 등 다양한 곳에서 광센서로 응용될 수 있다는 장점이 있다. 그림1은 적외선의 투과성을 이용하여 종이상자 내의 플라스틱과 금속성 물건을 감지하는 예를 보여주고 있다.

대표적으로 적외선 감지를 위해 사용되는 재료계로 파장대역에 따라 InGaAs, HgCdTe, Ge가 이용되고 있으나, 이러한 재료들은 고가의 재료비용,



그림1 플라스틱과 금속성 물건(상단 왼쪽)이 내부에 포장된 콤팩트 디스크 종이상자 사진(상단 오른쪽)¹⁾

최근 적외선 응용분야에서 유망한 재료로 실리콘이 대두되고 있다. 실리콘은 값싸고 안정성이 우수하며 관련 공정기술이 충분히 성숙되어 있다. 이러한 요소들과 함께 가시광선 파장대역에서 높은 양자 효율을 보이는 점 덕분에 실리콘은 광센서와 이미징 분야에서 독보적인 지위를 유지하고 있다.

Part 1 | 융합 에세이

관계, 로봇을 생산하는 자와 사용하는 자가 지켜야 할 윤리, 로봇의 위협으로부터의 안전 등 수많은 윤리적·법적·사회적 문제들을 던져주고 있다. 이러한 21세기 첨단 과학기술들에 공통적으로 나타나는 특징이 있다면, 그것들이 만들어내는 영향력이 긍정적인 측면에서건 부정적인 측면에서건 과거의 기술들과는 비교도 되지 않을 만큼 혁신적이고 충격적이라는 점이다. 따라서 첨단 과학기술의 개발 단계에서부터 새로운 산업의 육성 및 경제발전에 대한 고려 외에, 생명 존중 등 다양한 인간적 가치들, 환경 보존을 포함한 다양한 윤리적 문제들, 프라이버시 보호 등 다양한 법적 문제들, 위험 기술에 대한 사회적 통제 및 관리 문제 등이 함께 고려될 필요가 있다. 한마디로 사회발전의 주 동력원인 과학기술 자체의 지속가능한 발전이 요청되고 있는 것이다. 이를 위해 첨단 과학기술에 대한 인문적 성찰이 필요하다. 다시 말해 성찰적 차원에서 과학기술과 인문학의 융합이 필요하다.

이러한 성찰을 오늘날 첨단 과학기술에 대한 ‘윤리적·법적·사회적 영향(ELSI, Ethical, Legal, Societal Implication)’ 연구라고 일컫는다. ELSI 연구는 20세기 말 인간의 유전자 지도를 작성한 게놈프로젝트 당시 처음으로 수행되었는데, 21세기 들어와 나노기술, 뇌 과학, 생명복제 및 합성 기술, 로봇기술 영역 등으로 점차 확산되고 있다. ELSI 연구는 과학기술의 발전이 인간의 건강한 삶과 조화를 이루도록 부정적인 영향을 최소화하는 방향으로 과학기술의 지속가능한 발전을 도모하려는데 그 목적이 있다. 그런 까닭에 기술개발 과정에 ELSI 연구가 병행될 필요가 있다. 수많은 노력과 자본을 투자해 개발한 첨단 기술이 뒤늦게 심각한 부정적 영향을 야기한다고 밝혀짐으로써

아깝게 사장되는 일이 일어나지 말아야 하기 때문이다. 하나의 예를 제시하는 것으로 글을 마무리하고자 한다. 일본에서 로봇강아지가 한동안 큰 인기를 끌다가 지금은 거의 시들해졌는데, 그 배경 가운데 하나가 로봇강아지를 키우는 가정에서 5세 미만의 아동의 경우 폭력성이 증가한다는 어떤 아동심리학자의 연구 때문이다. 아동이 로봇강아지를 때려도 로봇강아지가 생명체로서의 기본적인 자기 방어 행동을 하지 않기에, 생명체와 유사한 로봇강아지를 때려도 괜찮다고 계속 생각하게 된다는 것이다. 이 일로 로봇강아지 기술 및 관련 산업은 큰 타격을 입을 수 있으며, 이는 매우 안타까운 일이다.

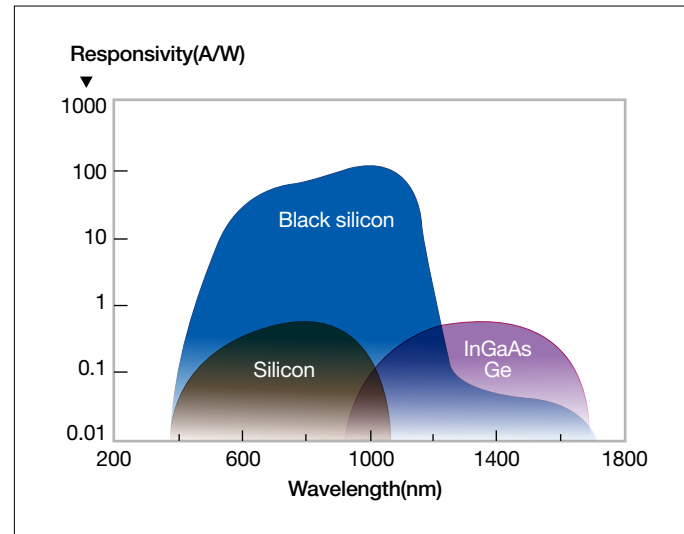


그림2 블랙실리콘의 광응답 특성은 NIR에서 기존의 실리콘, InGaAs의 성능을 상회할 수 있음²⁾

상대적으로 낮은 소자 신뢰성, 저온 동작을 위한 냉각장치 필요 등의 이유로 저비용, 고성능 재료계 발굴에 대한 꾸준한 연구가 진행되고 있다. 최근 이러한 적외선 응용분야에서 유망한 재료로 실리콘이 대두되고 있다. 실리콘은 값싸고 안정성이 우수하며 관련 공정기술이 충분히 성숙되어 있다. 이러한 요소들과 함께 가시광선 파장대역에서 높은 양자 효율을 보이는 점 덕분에 실리콘은 광센서와 이미징 분야에서 독보적인 지위를 유지하고 있다. 그러나 이러한 실리콘은 밴드갭이 1.1 eV인 이유로 근본적으로 NIR 대역에서 낮은 양자효율, SWIR 대역에서 무반응성을 보여 적외선 대역의 광센서 적용엔 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 실리콘 기반 공정기술을 이용한 저비용, 대면적화 기술 등의 장점을 기반으로 실리콘의 적외선 감지능력을 향상시키기 위한 시도들이 진행되고 있다. 이렇게 적외선 파장대역에서 광응답특성을 높인 실리콘을 특별히 블랙 실리콘이라고 부른다.

적외선 파장대역에서 우수한 광응답특성을 보이는 것으로 알려져 있고, 이러한 기술을 이용한 CMOS 적외선 센서의 상업화에 대한 연구가 진행되고 있다.

레이저를 이용 도펀트를 과잉 도핑하는 방법을 실리콘의 광응답특성을 적외선 영역까지 확장하는 방법을 레이저 하이퍼 도핑법이라 부른다. 이는 실리콘의 전도대(Conduction band)와 가전자대 (Valence band) 사이에 미드갭 레벨의 불순물을 용해도 이상으로 과잉 도핑하는 것이다. 나노초 이하의 짧은 펄스의 레이저가 조사되는 경우 실리콘의 표면은 급속히 용해되었다가 다시 응고가 일어난다. 보통 레이저를 조사하기 전에 임플란트법을 이용하여 불순물로 강제로 과잉도핑하여 두게 된다. 이렇게 임플란트로 강제 도핑되어 있는 실리콘은 물리적으로 손상을 받아 있는 상태이기 때문에 이대로 사용할 수 없고 고온 열처리를 해야 한다. 하이퍼 도핑을 위해 많이

그림2는 미국 SiOnyx社에서 개발한 블랙 실리콘의 광응답특성을 일반적인 실리콘, InGaAs, Ge와 함께 파장의 함수로 도시한 것이다. 블랙 실리콘의 광응답특성을 1800 nm 또는 그 이상까지도 확장할 수 있을 것으로 보이며, 이를 실현하기 위해 다양한 기술들이 시도되고 있다. 이 중 대표적인 기술이 바로 펄스 레이저를 이용하는 것이다. 일반적인 실리콘을 SF₆ 분위기 내에서 펄스 레이저를 조사하는 경우 순간적으로 실리콘 표면이 녹으면서 고농도의 황의 도핑효과가 나타나게 된다. 이러한 실리콘은

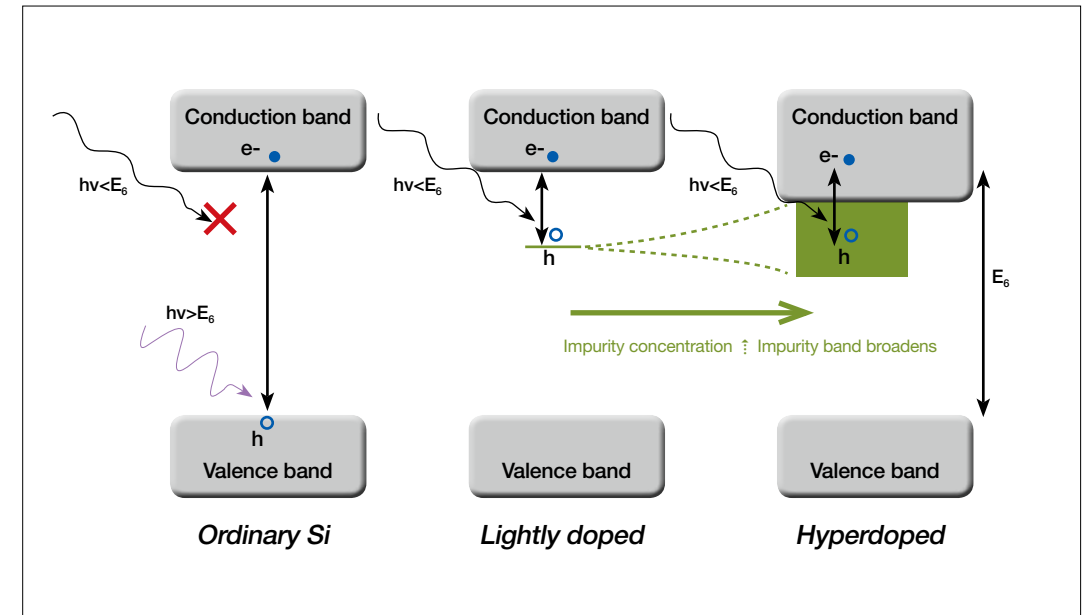


그림3 실리콘의 밴드구조의 개략도 (좌) 도핑 전의 실리콘 (중앙) 낮은 농도로 도핑된 경우 (우) 용해도 이상으로 과잉 도핑된 경우³⁾

이용되는 불순물은 황과 같은 칼코겐 원소이다. 이러한 원소는 과잉도핑을 유도하기 용이한 편이나, 그림3과 같이 불순물의 에너지대역이 전도대와 너무 가까운 곳에서 형성된다. 이렇게 불순물 에너지대역이 전도대에 너무 가깝게 위치해 있을 경우 광흡수 파장대역은 크게 확장되는 반면, 광전 응답특성은 크게 향상되지 않는다. 이는 흡수된 광자에 의해 높은 에너지 대역으로 여기되는 대부분의 전하가 이미 페르미 준위 이상에 위치해 있어 전도도의 향상에 기여하지 못하기 때문이다. 이러한 이유로 칼코겐 원소를 이용한 하이퍼 도핑 시 실리콘의 광흡수를 장파장 적외선 영역까지 확장할 수 있으나, 양자효율의 증가는 미미하게 된다.

이러한 문제를 해결할 수 있는 방법 중 하나로 실리콘 밴드갭의 중앙에 불순물 대역을 형성하는 것이다.

이러한 요건을 만족하는 불순물로 대부분의 전이 금속원소를 들 수 있다. 그러나 실제로 레이저 하이퍼 도핑법으로 전이금속원소를 실리콘에 도핑하는데 많은 문제가 있다는 것이 알려져 있다. 그 이유는 실리콘에서 대부분의 전이금속들의 표면 확산

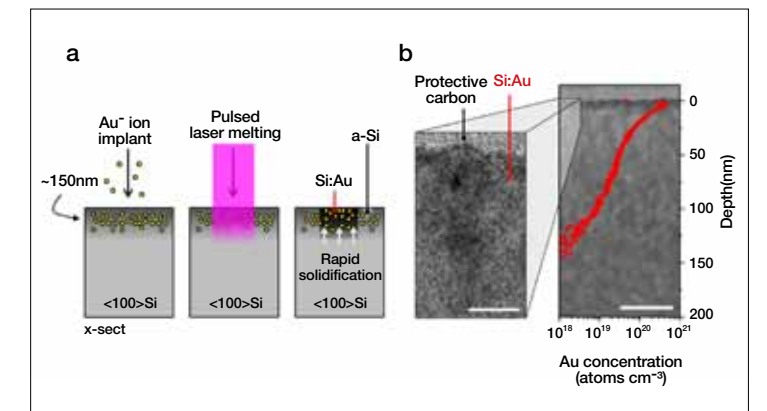


그림4 하이퍼 도핑 공정 과정. 금을 이온 임플란트 방법을 이용 도핑, 펄스 레이저를 이용 고속 용해 및 응고, 하이퍼 도핑된 실리콘의 단면 TEM 사진과 도핑 프로파일⁴⁾

Part 2 | 융합연구 기술동향

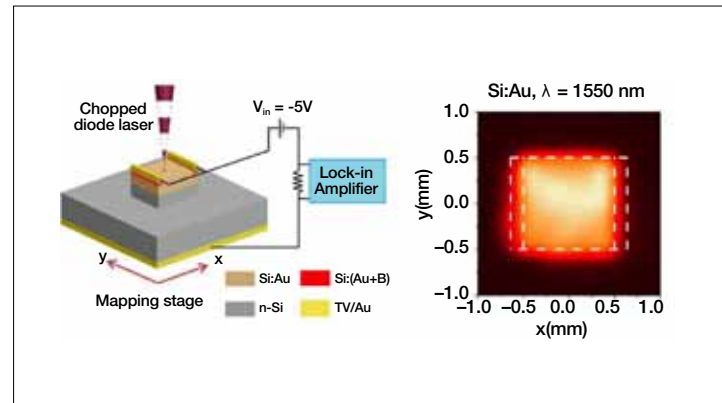


그림5 (좌) 외부양자효율을 측정하기 위한 셋업 (우) 1550nm 파장에서 금 이온으로 하이퍼 도핑된 실리콘의 위치에 따른 외부양자효율 맵⁵⁾

“

블랙 실리콘 기반의 고성능 저원가 적외선 이미지 센서는 실리콘의 하이퍼 도핑 기술, 광소자 아키텍처링 기술, 소자 공정기술, 광 포집 기술, 이미지 신호 처리 기술 등 다양한 분야의 기술이 융합되어야 구현이 가능한 기술이다. 이러한 기술이 실현될 경우 의료, 보안, 국방 등 다양한 분야에서 높은 파급 효과를 줄 것으로 기대된다.

”

속도가 칼코젠 원소에 비해 10배에서 1000배까지 높다는 것이다. 이는 고온 열처리시 응고 속도가 느릴 경우에는 강제로 도핑되어 있던 대부분의 도펀트 원소들이 표면으로 빠져 나가게 되어 하이퍼 도핑 효과를 상실하게 되는 것을 의미한다. 따라서 하이퍼 도핑 효과를 얻기 위해서는 도펀트가 표면으로 빠져나가기 전에 응고가 끝날 수 있을 정도의 빠른 응고속도가 필요하다. 최근 미국 MIT 연구그룹은 1550 nm Nd:YAG 레이저를 이용하는

경우가 엑시머 레이저를 이용하는 경우에 비해 실리콘의 응고 속도를 높일 수 있고, 금원소를 10^{19} #/cm^3 이상, 150 nm 두께로 하이퍼 도핑할 수 있음을 보고했다. (그림4)

이러한 방법으로 제조한 실리콘의 적외선 광전응답 특성이 2200 nm까지 확장되는 것을 보였다. 그림5는 1550 nm에서 외부양자효율 맵을 보여 주고 있다. 1550 nm 파장에서 최대 외부양자효율은 10^{-4} 이 얻어졌다. 이러한 수치는 아직 제품으로 응용하기엔 낮은 수치이나, 다양한 방법을 통해 성능은 개선될 것으로 기대된다. 외부 양자효율을 개선시킬 수 있는 대표적인 방법으로 하이퍼 도핑층내 금 이온의 농도를 높이는 방법, 하이퍼 도핑층의 두께를 두껍게 하는 방법, 디바이스 아키텍처를 변경하는 방법, 광흡수 증폭을 위한 광포집 장치를 도입하는 방법 등이 있을 것으로 예상된다.

블랙 실리콘 기반의 고성능 저원가 적외선 이미지 센서는 앞에서 언급하였듯이 실리콘의 하이퍼 도핑 기술, 광소자 아키텍처링 기술, 소자 공정기술, 광 포집 기술, 이미지 신호 처리 기술 등 다양한 분야의 기술이 융합되어야 구현이 가능한 기술이다. 이러한 기술이 실현될 경우 의료, 보안, 국방 등 다양한 분야에서 높은 파급 효과를 줄 것으로 기대된다.

- 1) Overton(2009), Photonics Applied: Homeland Security, LaserFocusWorld
- 2) SiOnyx
- 3) Warrender(2014), How to produce infrared optoelectronic silicon, SPIE Newsroom
- 4) Mailoa et al.(2014), Nature Communications, 5, p.3011
- 5) Warrender(2014), How to produce infrared optoelectronic silicon, SPIE Newsroom

환경오염원인자 추적을 위한 Environmental Forensics

이승학 한국과학기술연구원 물자원순환연구단

환경수사학에서는 환경오염과 관련된 분쟁이 발생할 경우 이에 대한 책임소재를 명확히 할 수 있는 법적으로 유효한 조사방법을 연구한다. 국내에서는 관련 연구가 매우 제한적으로 이루어지고 있으나, 해외에서는 2000년부터 관련 주제를 다루는 국제학회를 매년 개최하고 있다. 환경보전 및 복원에 대한 사회적 관심이 증대됨에 따라 앞으로 환경수사학의 필요성은 더욱 강조될 것으로 전망된다.

지금까지 대부분의 환경오염조사는 오염의 정도가 얼마인지, 오염에 대한 정화활동이 필요한지, 정화활동을 시작한다면 그 효과가 어떻게 나타나고 있는지 판단하기 위해 수행되어 왔다. 최근에는 효과적인 정화전략을 수립하고, 특히 정화 책임이 있는 오염 원인자(Source)를 판별하기 위한 목적으로 환경오염조사가 이루어지고 있는데, 이와 관련된 독립된 학문분야를 환경수사학(Environmental Forensics)이라고 한다. 이 분야에서는 법의학과 유사하게 환경오염과 관련된 분쟁이 발생할 경우 이에 대한 책임소재를 명확히 할 수 있는, 법적으로 유효한 조사방법을 연구한다. 국내에서는 관련 연구가 매우 제한적으로 이루어지고 있으나, 해외에서는 이미 2000년부터 International Society of Environmental Forensics를 중심으로 관련 주제를 다루는 국제학회를 매년 개최하고 있으며, ‘Environmental Forensics’ 국제학술지를 연 4회 발행하고 있다.

여러 종류의 오염물질 중 환경수사학 분야에서

지금까지 가장 활발하게 다루고 있는 환경오염물질은 유류(Oil)이다. 최근 발생한 국내의 유류오염사고로 해양환경의 경우 1989년 알래스카에서 일어난 세계 최악의 기름 유출사건인 Exxon Valdez를 비롯해, 2007년 태안반도 인근에서 발생한 허베이 스피리트호 원유 유출사고를 들 수 있으며, 토양 및 지하수 환경의 경우 용산 미군부대 인근에서 확인된 녹사평역 유류오염사건을 들 수 있다. 사고 초기

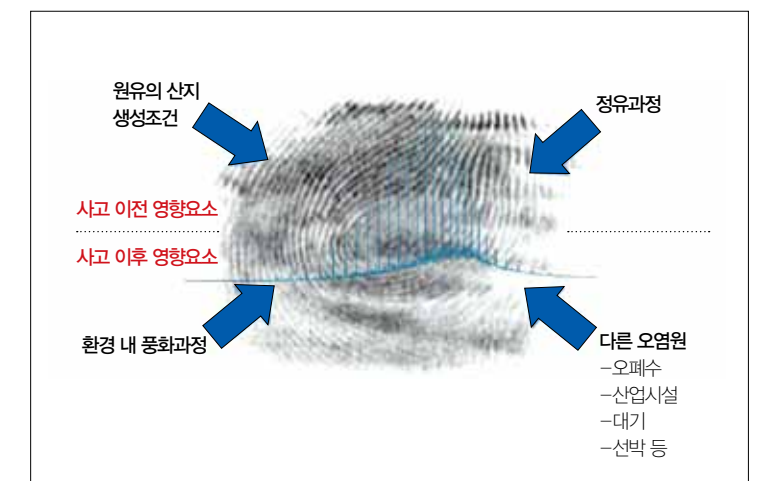


그림1 환경내 발견되는 유류의 화학적 조성에 영향을 미치는 요소들¹⁾

단계에는 환경계로 유출된 오염물의 육안식별이 가능하기 때문에 책임소재에 대한 분쟁의 소지가 적으나, 사건 경과시간이 상당하거나 해당 사건의 영향을 미미하게 받는 지역의 경우 오염 원인자를 판별하기 위해서는 과학적인 접근방법이 필요하다. 지금까지 사고 사례에서 오염원인자를 파악하기 위해(또는 해당사고가 주변지역에 미친 영향을 규명하기 위해) 사용한 대표적인 방법은 환경시료의 가스크로마토그래프(Gas Chromatography, GC) 분석결과(Peak Pattern)와 혐의유(Suspect) 시료의 분석결과를 비교하는 것으로, 소위 유지문 기법(Hydrocarbon Fingerprinting)이라는 것이다. 유지문 기법에서는 일차적으로 불꽃이온검출기(GC-FID)를 이용해 포화탄화수소를 중심으로 크로마토그램의 양상을 비교하고, 이후 질량분석기



그림2 환경수사학 분야에서 지금까지 가장 활발하게 다루고 있는 환경오염물질은 유류(Oil)이다.

“

환경보전 및 복원에 대한 사회적 관심이 증대됨에 따라 앞으로 환경수사학의 필요성은 더욱 강조될 것으로 전망된다. 특히 오염원인자가 정화책임 지게 하는 현재의 법령을 고려할 때 오염원판별 기술의 고도화는 환경정화시장의 활성화를 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

”

(GC-MS)를 이용하여 바이오마커 등을 포함한 유류 내 특정성분을 비교함으로써 환경시료와 혐의유 사이의 유사성을 비교해 오염원인자를 판별했다. 최근에는 유류 내 포함된 탄소 또는 수소동위 원소를 활용하여 오염원인자 뿐만 아니라 오염 경과시간을 추정하는 연구도 진행되고 있다. 하지만 환경계에서 발견된 유류오염의 원인자를 조사할 때 가장 신중하게 고려해야 할 사항은 유류오염물질의 환경 내 풍화(Weathering)이다. 유류오염물은 환경계로 누출됨과 동시에 휘발(Volatilization), 미생물 분해(Biodegradation), 희석(Dissolution)의 과정을 거치는데, 이는 유류의 유지문 형상을 변화시키며 특정성분의 검출을 불가능하게 하기도 한다.

특히 풍화현상은 노출된 환경조건(예: 온도, 습도, 바람세기 등)에 따라 그 영향정도가 달라지므로 오염원인자 판별을 위한 해석 시 적절히 고려되어야 한다.

환경보전 및 복원에 대한 사회적 관심이 증대됨에 따라 앞으로 환경수사학의 필요성은 더욱 강조될 것으로 전망된다. 특히 오염원인자가 정화책임을 지게 하는 현재의 법령을 고려할 때 오염원판별 기술의 고도화는 환경정화시장의 활성화를 촉진할 수 있을 것으로 기대된다. 해당기술의 법적효력과

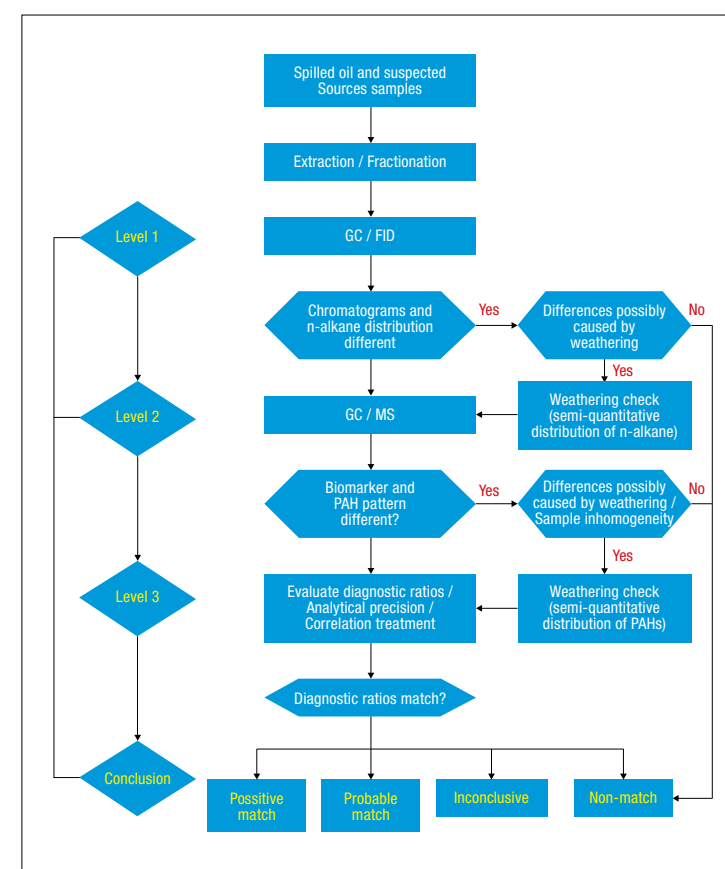


그림3 유류누출 오염원 판별의 일반적인 의사결정 과정¹⁾

관련된 오염원 판별의 정확도는 관련 연구가 진행되고 환경수사학에 활용되는 분석기술과 장비가 고도화됨에 따라 지속적으로 발전할 것으로 기대된다.

1) 임운혁(2008), 유지문기법 통한 과학적 법적자료로 환경분쟁해결, 과학과 기술, 한국과학기술단체총연합회, 2월호
 • 이진용(2007), 유류오염 원인자 추적을 위한 법환경학적 조사방법에 대한 고찰, 지질학회지 제43권 제3호, 369-380
 • Darling et al.(2002), Improved standardized methodology for oil spill fingerprinting, Environmental Forensics, Vol. 3, 263-278

Part 2 | 융합연구 기술동향

모바일 바이오 인식 기술

김익재 한국과학기술연구원 영상미디어연구센터

열쇠, 신분증, 전자키를 넘어서는 모바일 바이오 인식 기술의 시대가 성큼 다가왔다. 스마트폰을 중심으로 각종 정보기술 기기가 하나로 통합되고 있지만 개인 정보 위·변조에 따른 정보 유출 피해는 매년 발생하고 있다. 최근 안전행정부 통계에 의하면 개인정보 불법 유출로 인한 연간 피해 규모가 4조원을 넘어섰다.

바이오 인식은 지문, 홍채 등의 생체 정보를 통해 기능을 수행한다. 이 경우 타인의 도용이나 복제에 의해 사용될 수 없고 분실의 위험성 또한 없어 개인 정보 불법 유출로 인한 피해를 막을 수 있다는 점에서 각광받고 있다. 현재까지 개발된 바이오 인식 시스템은 신체 일부의 데이터를 획득하는 방법에 따라 분류할 수 있다.

현재까지 가장 많이 사용되는 방법은 신체 일부의 영상(Image)을 획득해 특징을 추출 비교하는 것으로 지문인식, 얼굴인식, 망막인식, 홍채인식, 정맥인식, 장문인식 등이 이에 속하며, 음성(화자)인식은 사람의 음성을 이용하는 방법을 사용한다. 이 중에서 지문인식은 가격 대비 높은 효율성과 편리성으로 주목 받아 왔다. 그 결과 애플은 세계적인 지문인식



그림1 생체 인식 기술²⁾

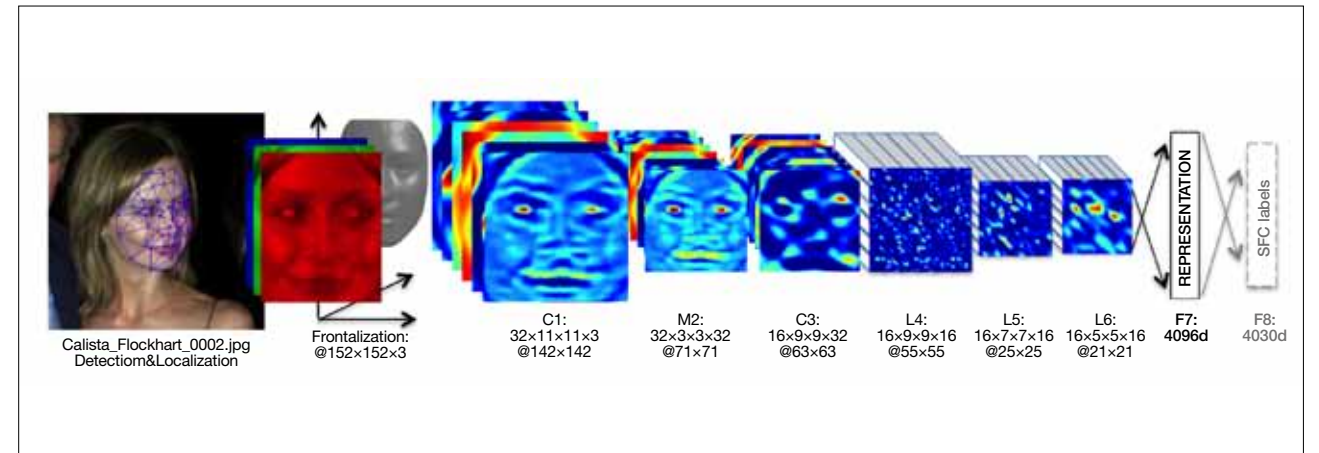


그림2 Deepface의 흐름도³⁾

회사인 Authentic사를 인수하고,¹⁾ 작년 9월 출시한 ‘아이폰5S’에서 지문인식 기술을 활용한 잠금 해제 버튼을 탑재해 큰 인기를 얻었다. 이후 대만 HTC의 스마트폰 ‘원’ 역시 지문 인식 기능을 실었다. 팬택은 자사 고유의 지문 인식 기술을 활용한 ‘시크릿’ 시리즈 스마트폰을 올 하반기에 잇따라 내놓기도 했다. 스마트폰은 다수의 사용자를 대상으로 하지 않기에 지문 인식을 적용하기에 좋은 대상이다. 하지만 일반적인 용도로 다수의 사용자들이 사용하는 장소에 지문 인식을 적용할 경우에는 범죄 수사에 활용되는 네거티브 이미지로 인한 채취 거부율, 물리적 접촉에 따른 위생 및 접촉식 방식으로 본을 뜨는 방식에 따른 위조 문제 등이 지적되고 있다.

삼성의 대표적인 스마트폰 ‘갤럭시’ 시리즈에서는 지문 인식 기술뿐만 아니라 홍채 인식 기술까지 포함될 것이라는 기대가 높아지고 있다. 이러한 홍채 인식 기술은 IriScan사가 상용화한 입력기와 Daugman 교수가 개발한 알고리즘으로 얻은 인식 결과를 통계적으로 분석한 결과 오인식율은 1/1,200,000으로서 현재까지 알려진 어느 생체인식

기술보다 높은 정확도를 보여주고 있다. 또한 지문 인식기와 달리 직접 접촉을 하지 않고도 인식이 가능한 장점으로 지문 인식이 가진 위생 문제도 해결할 수 있다. 하지만 이러한 높은 인식 정확도의 이면에는 모바일에 사용되기에 조금은 두꺼운 홍채인식용 카메라 등 장비 가격이 높다는 단점이 있다.

이에, 얼굴인식과 정맥인식 방식이 대체용으로 각광받고 있다. 얼굴인식 기술은 비용과 사용자의 편리성 측면에서 장점을 극대화한 방안이다. 기존 보안용 카메라에 관련 소프트웨어만 설치하면 즉시 사용이 가능하며, 기계에 손 또는 눈을 접촉할 필요없이 단순히 기계 옆을 지나가면 신원인증이 된다. 하지만 이 또한 변장과 모방이나 얼굴 포즈, 획득된 얼굴 영상의 화질에 따라 인식의 취약성을 드러내고 있다. 하지만 최근 Facebook은 컴퓨터 비전 분야의 최고 학회 ‘CVPR’에서 발표한 ‘DeepFace’ 논문에서 기존의 얼굴 인식의 단점을 향상시켜 LFW 데이터베이스 기준으로 기존 High Dimensional LBP 방식의 95.17%에서 더욱 향상된 97.0% 수준까지 인식이 가능해짐을 밝혔다.

이는 사람이 인식을 하는 97.53% 수준에 육박하는 수준이다.³⁾

또 다른 방식으로 주목받는 기술로 정맥 인식 기술이 있다. 정맥 인식 기술은 사람마다 다른 손목이나 손등 등의 정맥 모양을 적외선 투사로 추출해 신분을 확인한다. 특수 카메라로 적외선 열 촬영을 통해 수집한 정맥의 패턴을 메모리 내에 등록된 사용자의 정맥패턴과 비교한다. 사람의 정맥은 수정과 복제가 거의 불가능하므로 보안의 신뢰도가 우수하다는 장점이 있다. 또한 기존 기술보다 편리하고 거부감이 적은 점에서 주목 받고 있으며, 이러한 점에서 정맥인식 기술은 각국이 치열한 기술 경쟁 중이다. 그 동안 우리나라 기술이 국제표준화기구(ISO)의 심사를 통과하고 국제표준으로 지정되는 등 세계 시장을 주도해왔다. 하지만 최근 일본에서는 본인 거부율(등록된 사람을 거부)이 0.1%, 타인 수용 비율(등록되지 않은 사람을 승낙)이 0.0001%에 달하는 기술을 만들었다. 실제로 은행 현금지급기(ATM)에 적용 중이며, 일본 후지쓰는 작년 말에 자사 노트북 중 손바닥 정맥 인식 기능을 처음으로 탑재한 '셀시우스 H730'을 공개하였고, 노트북에 장착된 적외선 스캔 시스템을 사용해 정맥을 촬영해 미리 등록한 사용자 정맥만 인식해 노트북 잠금을 풀어준다. 인식에 걸리는 시간은 0.01초이며 성공률은 99.99%에 이른다고 한다. 하지만 정맥 인식 장비가 모바일에 적용하기에는 여전히 크고 비싸다는 단점이 있다.

또 다른 바이오 인식 기술로는 망막에 있는 실핏줄 패턴을 비교하는 망막 인식 기술이 있다. 하지만 이 기술은 인식의 정확도에도 불구하고 사용상의 불편함과 거부감으로 널리 사용되지 못할 것으로 예상되고 있다.

바이오 인식에서의 신원 확인은 현재 획득한 생체 데이터에서 추출된 특징과 기존 데이터베이스에 등록된 특징과의 일치 정도에 따라 확률적으로 결정되기 때문에 어느 정도 잘못 인식되는 경우(오인식)가 발생하게 된다. 이러한 오인식율은 동일인을 타인으로 잘못 판단할 확률, FRR(False Reject Rate)과 타인을 동일인으로 잘못 인식하는 확률, FAR(False Accept Rate)로 구분되며, 일반적으로 이 두 가지 확률이 같아지도록 기준 값을 설정하였을 때의 오인식율을 EER(Equal Error Rate) 라고 하여 이 값을 여러 생체인식 시스템의 상대적인 신뢰도로 사용하게 된다. 그러나 최근에서야 주목받고 있는 대부분의 생체인식 시스템이 아직 상용화 초기 단계에 있고 신체 일부의 특징이 인종, 환경, 나이, 직업 등에 따라 현저히 다르기 때문에 현재까지는 생체인식 시스템의 정확한 오인식율은 잘 알려져 있지 않다.

오인식율을 줄이기 위한 방법으로 많은 연구가 이루어지고 있지만 융합 시대에 걸맞게 두 가지 이상의 서로 다른 바이오 인식 기술을 접목하는 방법이 유망할 것으로 보인다. 가령 얼굴 인식 기술의

“

얼굴인식과 정맥인식 방식이 대체용으로 각광받고 있다. 얼굴인식 기술은 비용과 사용자의 편리성 측면에서 장점을 극대화한 방안이다. 기존 보안용 카메라에 관련 소프트웨어만 설치하면 즉시 사용이 가능하며 기계에 손 또는 눈을 접촉할 필요없이 단순히 기계 옆을 지나가면 신원인증이 된다.

”

장점인 비접촉식 다수 동시 인식 처리를 한다면 추가로 지문 인식을 통해서 통과된 사람에 한해 인식 테스트를 하는 방식이다. 이 경우 인증 경우의 수가 증대되므로 보안성은 증대되며, 인식오류도 줄어 들 수 있는 장점을 가질 수 있다. 하지만 여러 단계를 거쳐야 하는 부담이 있기에 이러한 문제점을 해결해야 할 숙제는 여전히 남아 있다.

최근에 발표된 바이오 인식 기술과 서비스 융합 시 정보보호 연구 및 표준화 동향 보고서⁴⁾에 따르면 최근 바이오 인식 기술을 탑재하여 출시되는 스마트폰의 증가 추세를 볼 때 모바일 환경에서 바이오 인식 기술을 적용한 서비스를 위해서는 구체적인 법 개정과 표준화 등이 뒷받침되어야 한다고 한다. 세계적으로 불법 복제 및 누출이 어려운 바이오 인증에 대한 관심이 높아지는 추세이고 정부 주도로 공공분야 내 바이오 인증 도입(전자여권, 출입국 시스템 등)이 활발해짐에 따라 정책적 측면에서의 제한적 요소는 없는 것으로 판단되지만, 바이오 정보가 유출될 경우 자유롭게 폐기하거나 새롭게 갱신할 수 없어 지속적인 개인정보의 침해가 발생할 수 있으며, 개인 정보를 개인이 아닌 타 기관에 보관하는 방식이기 때문에 엄격한 법/규제가 따를 것으로 보인다. 바이오인식 보안 기술의 확산을 위해서는 다음과 같은 것들이 선결되어야 한다고 한다.

첫째, 바이오인식 정보는 기 제정된 '개인정보보호법'이나 'ISO 24745' 국제 표준에서도 개인을 식별할 수 있는 개인정보로 분류되는 바, 이와 관련된 프라이버시 보호 및 정보 보안을 위한 취득, 저장, 전송, 이용 각 단계별로 이에 상응하는 기술적이고 관리적인 보호조치가 필요하다.

둘째, 바이오 인식 기술 자체가 가지는 인식 성능에 대한 고려가 필요하다. 바이오인식 시스템의 경우 타인을 본인으로 인식하는 오류나 본인을 타인으로 인식하는 경우의 오류를 생각할 수 있는데, 이러한 오류가 본 기술을 적용하는데 따른 경제적 비용 및 서비스의 질을 결정지을 수 있다. 바이오인식 기술을 적용함에 있어서 특정 기법 예를 들어 지문인식을 사용하는 경우, 개인이 가지는 지문의 품질로 인하여 근본적으로 지문인식이 사용되기 어려운 경우도 있으며, 위조지문 등의 악의적인 시스템 공격에 대한 대책도 있어야 한다.

셋째, 바이오인식 단말기에서 추출되는 바이오인식 정보의 추출이나 저장단계와 같은 바이오인식 시스템의 운영에 있어서는 이미 제정되어 있는 TTA(한국정보통신기술협회)의 단체표준이나 ISO SC37(바이오인식)과 SC27(정보보호)에서 제정한 바이오인식 표준 포맷(Format)이나 운영 규정을 따라야만 상호운용성(Interoperability)을 유지할 수 있다. 특히 공인인증서의 사용자가 천만명 이상임을 고려할 때 등록 시나 본인인증 시에 사용되는 바이오인식 센서가 동일하지 않을 수 있기 때문에 이 때 발생할 수 있는 센서 간의 특성을 반영할 수 있는 상호운용성이 중요하다.

넷째, 이미 구축되어 있는 공개키 기반의 공인인증 체계와의 융합성을 고려해야 한다. 공인인증서에 바이오인식기술을 적용하기 위하여 기존의 공인인증체계에 큰 변경을 요구한다면 국내 금융 환경 상 시장 진입은 어려울 수밖에 없다. 따라서 실제 구현을 위해서는 기존의 공인인증 체계를 그대로 유지한 상태에서 바이오인식에 의한 본인인증을 사용자가 원하거나, 응용프로그램이

Part 2 | 융합연구 기술동향

“

기술적인 스마트폰 환경에서의 정보보호 방안과 더불어 바이오 인식 정보와 이와 연관된 개인 식별 정보가 결합하여 특정 서비스를 제공할 때에 발생할 수 있는 보안 위협을 분석하고 이에 대한 대응방안을 제시하는 것은 매우 중요한 문제이다.

”

요구하는 경우에 한해 부가적으로 적용 프로그램이 수행되는 Add-on 방식이어야 한다.

그러나 기술적인 스마트폰 환경에서의 정보보호 방안과 더불어 바이오 인식 정보와 이와 연관된 개인 식별 정보가 결합하여 특정 서비스를 제공할 때 발생할 수 있는 보안 위협을 분석하고 이에 대한 대응방안을 제시하는 것은 매우 중요한 문제이다. 이에 대한 각각의 응용 분야별 표준에 구체적인 구축방안이 없기 때문에 이에 대한 연구 및 표준화가 필요하다고 한다.

미국 바이오인식연구그룹인 IBG⁵⁾는 국외 바이오인식 시장 규모가 2009년 34억 2,200만 달러, 2010년 43억 5,690만 달러, 2011년 54억 2,360만 달러, 2014년 93억 6,890만 달러로 급성장할 것으로 전망하고 있다. 국내시장은 2000년 12월 정부차원에서 바이오인식 산업 육성계획을 수립하여 2001년 2월 한국바이오인식협의회를 구성했으며, 2013년 2월 현재 국내 업체는 20여개 수준으로 수출을 제외한 순수 국내시장의 기술별 바이오인식 시장에서 지문인식 매출이 414.8억원으로 전체 바이오인식 매출액의 89%

정도를 차지하고 있다. 그 다음으로는 얼굴인식이 37.7억원으로 8%, 홍채인식이 10.8억원으로 2%, 정맥인식이 1.8억원으로 0.4%를 차지하는 것으로 분석되며, 글로벌 바이오 인식 시장에서 국내 시장은 약 1%에 지나지 않는다.⁶⁾

현재 국내 바이오 인식 기술은 지문 인식 기술은 세계적 수준에 근접해 있지만, 여전히 얼굴 인식이나 다른 바이오 인식 기술은 여전히 차이가 크다. 따라서 거대한 세계 바이오 인식 시장을 개척하기 위해서는 새로운 융합을 통한 신기술 개발에 박차를 가해야 할 시점으로 판단된다.

1) Apple's Quiet Deal for AuthenTec, NewYork Times, 2012. 08. 01

2) 에스원

3) Y.Taigman et al.(2014), DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification, IEEE CVPR

4) 모바일 텔레바이오인식 보안기술 표준화 연구(2014), 한국인터넷진흥원

5) IBG: International Biometric Group

6) 모바일 바이오인식 신융합기술 및 표준화 동향(2013), 한국인터넷진흥원

불확실한 변동성을 넘어 더욱 안전한 사회로

김찬수 한국과학기술연구원 계산과학연구단

정부는 재난을 크게 세 가지로 분류하여 관리해왔다. 태풍, 홍수, 강풍 등을 포괄하는 자연재난과 화재, 붕괴, 폭발 등을 예로 하는 인적재난, 에너지, 통신 등의 사회기반시설 마비 혹은 금융 및 경제 인프라 등의 국가기반체계 마비 등을 예로 하는 사회적 재난 등이 있다. 즉 더욱 안전한 사회를 위해서는 사회적 재난을 고려하지 않을 수 없으며, 이를 위해서는 변동성과 확산효과 등을 간과하면 안된다.

2008년 금융위기는 미국뿐 아니라 세계 사회 전체의 위기였다. 이후 여러 가지 다른 삶의 방식들과 대안 철학들까지 급속하고 활발하게 논의되고 있다. 2009년 뉴욕에서 일어난 'We are the 99%: Occupy Wall Street' 운동¹⁾도 이러한 사회적 위기에서 촉발되었다.

우리나라 역시 이러한 영향에서 벗어날 수 없었다. 개인의 삶 하나하나, 일상의 크고 작은 결정들도 마찬가지로 걱정과 염려, 그리고 미래에 대한 고민을 더 많이 하게 되었다. 개인이 접근할 수 있는 정보의 범위가 다양해진 탓도 있지만, 금융위기라는 사회적 위기 혹은 사고(Accident)의 영향과 이에 수반되는 여러 변동성 때문이다. 1000조원에 육박하는 가계부채³⁾는 자연재해 혹은 재난 외에도 사회경제적 상황이 우리 사회의 '안전'에 얼마나 중요한 영향을 미치고 있는가를 가늠케 한다.

정부는 재난을 크게 세 가지로 분류하여 관리해 왔다. (2014년부터 인적재난이 사회적 재난으로

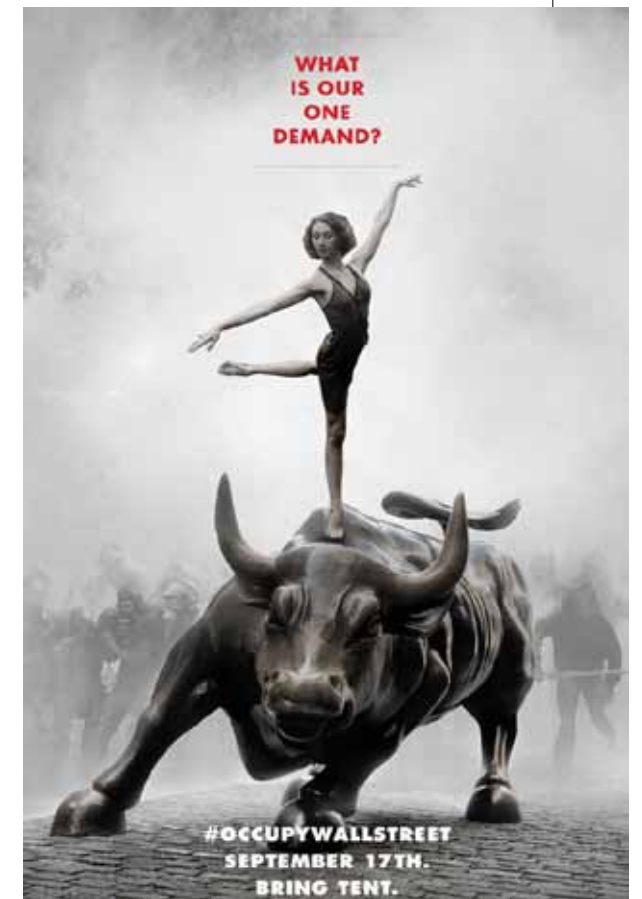


그림1 Occupy Wall Street 포스터²⁾

통합되어 관리되고 있다)^{5) 6)} 태풍, 홍수, 강풍, 해일, 지진 등을 포괄하는 자연재난과 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고 등을 예로 하는 인적재난 등이 있다. 에너지, 통신 등 사회기간시설의 마비 혹은 금융 및 경제 인프라 등 국가기반체제 마비 등을 예로 하는 사회적 재난이 세 번째이다.

즉 더욱 안전한 사회를 위해서는 사회적 재난을 고려하지 않을 수 없고, 이를 위해서는 변동성과 확산효과(Contagion) 등을 간과하면 안된다. 우선

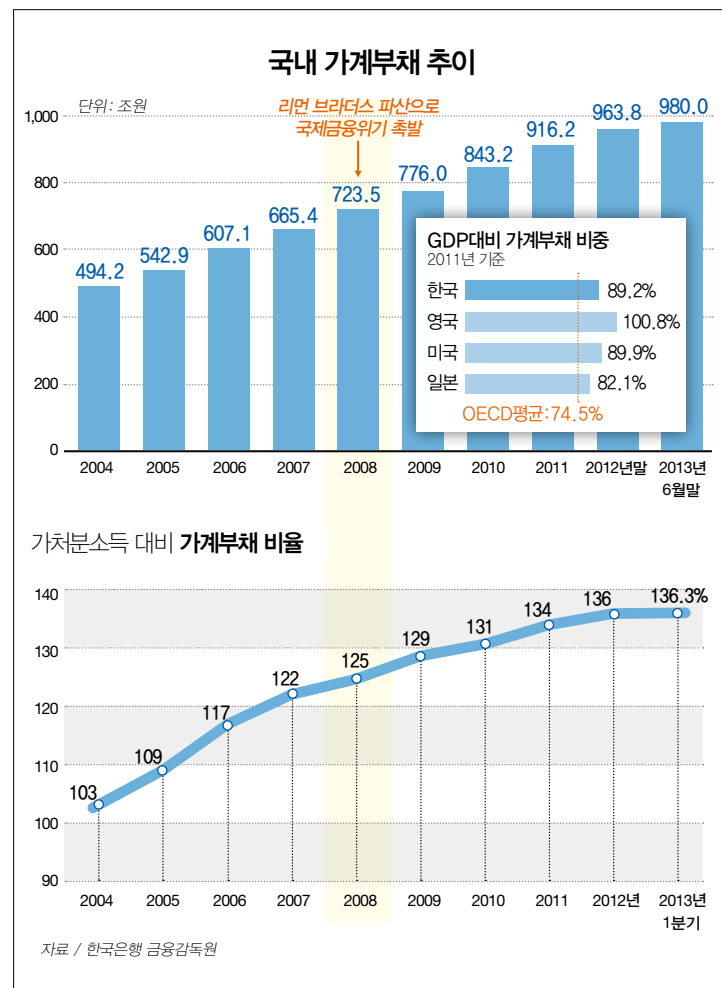


그림2 가계부채 시계열 자료 ⁴⁾

불확실 변동성이라 함은 어떻게 일이 전개될지 정확히 모르는 상황을 가정한다. 물론 이 경우 사회 구성원들은 이를 고려하여 다음의 행동을 하게 되나 상황적으로는 사회 불안전을 야기할 수 있는 불확실함이 존재하는 것이다.



그림3 경제의 Contagion 효과 ⁷⁾

사회 변화와 국민경제(거시경제)를 이해하고 다양한 정책의 영향 등을 이해하는데 다양한 학문적, 수리적 모형이 사용되었다. 그리고 이를 통한 여러 가지 사고 실험 등이 오랫동안 진행되어 왔다. 이러한 학문적 흐름에 경제적인 변동성(Volatility) 혹은 불확실성 (Uncertainty)과 전염 등이 소개(Introduced)되면 보다 실제적인(Practical) 계산방법이 요구된다.

계산과학연구단에서는 변동성 등을 도입한 계산 등을 천착하고 있다. 고차교란(Higher-order perturbation) 방법이 그것으로, 저차원교란 혹은 저차원 테일러 방법에서 다룰 수 없었던 변동성의 영향을 계산해내는 것이다. $\sqrt{26}$ 의 값을 구한다고 생각해보자. $\sqrt{26} = \sqrt{25 * (1+0.04)} = 5 * \sqrt{1.04} \approx 5 * 1.02 = 5.01$ 로 구할 수 있다. 즉 25에 약간의

값을 더함으로써 26의 제곱근의 값을 훨씬 쉬운 방식으로 구할 수 있다. 기존의 사회경제 모델(그림4)에 '화폐'와 관련된 변동성은 아래의 식과 같이 도입된다.

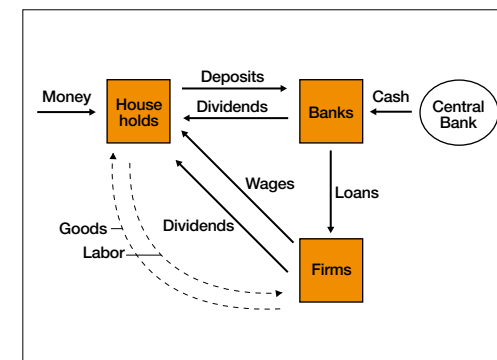


그림4 거시경제 모델링 개념지도 ⁸⁾

현재의 화폐공급변화율은 이전의 변화율에 영향을 받고, 여기에 x 라는 불확실 변동성이 소개된다.⁹⁾

$$\log m_t = p_m \log m_{t-1} + (1-p_m) \log \bar{m} + x_{\log m, t} \epsilon_{m, t}$$

이의 가시적 계산을 위해서 전술한 고차교란 계산법이 이용된다. 이를 통하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다. 불확실성이 존재하는 경우 생산(P)은

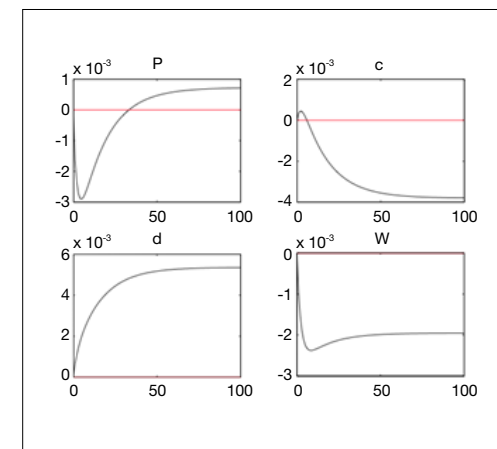


그림5 경제의 Contagion 효과 ¹⁰⁾

줄어들고 소비(c) 역시 감소한다. 저축(d)은 증가하게 되고 전반적으로 임금수준(W)은 떨어지는 것을 볼 수 있다.

이러한 결과는 불확실 변동성의 영향을 가시화하여 보여주게 된다. 즉, 안전행정부의 재난에 대한 정의의 균이 다시 언급하지 않더라도 사회의 재난으로 작용할 수 있는 경제적 불확실 변동성의 영향을 계산해 볼 수 있다.

현대 사회에서 경제적 변화는 사회적 안전에 중요한 부분을 차지하고 있다. 게다가 우리나라 현재 상황에서는 더욱 그 파급효과가 클 것으로 생각된다. 따라서 변동성에 의한 영향을 살펴보는 과정은 여러 논의에도 불구하고 안전한 사회를 구축하는데 어느 정도 도움을 줄 수 있을 것이다. 이러한 일을 가능케 하는 것은 사고실험으로서 모델링 및 시뮬레이션과 이의 수치화를 가능케 하는 계산방법의 도입이다. 계산과학연구단의 연구가 도움이 될 수 있을 것으로 기대하는 것도 같은 까닭에서이다.

1) 고병권(2012), 점거, 새로운 거변먼트, 그린비, 서울
 2) http://en.wikipedia.org/wiki/Occupy_Wall_Street
 3) 연합뉴스, KDI 가계부채 임계치 도달...비은행권·저소득층 점검 필요
 (<http://www.yonhapnews.co.kr/economy/2014/06/25/0301000000AKR20140625084000002.HTML>)
 4) 연합뉴스, 가계부채 1천조 육박...최대 불안요인
 (<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2013/09/05/0200000000AKR20130905166100002.HTML>)
 5) 안전행정부 안전관리본부 업무 안내
 (<http://www.mospa.go.kr/lrt/sub/a06/b05/correspondDisaster/screen.do>)
 6) 대한민국 정부 대표 블로그
 (<http://blog.daum.net/hellopolicy/6983549>)
 7) Kevin Kallaugh(1989), Baltimore Sun on Oct. 17
 8) 한국과학기술연구원 계산과학연구단
 9) 한국과학기술연구원 계산과학연구단
 10) 한국과학기술연구원 계산과학연구단

Part 3 | 융합연구 정책동향

국가과학기술연구회의 출범

김영수 한국과학기술연구원 뇌의약연구단

미래창조과학부는 지난 7월 30일 기존의 기초기술연구회와 산업기술연구회를 통합해 25개 정부출연연구기관의 지원 및 육성 업무를 총괄하는 국가과학기술연구회를 출범하였다.

개요

과학기술 분야 연구회는 1999년 출연연의 자율성과 독립성 보장, 연구기관 간 협력과 유기적 연결을 위해 도입되어 기초, 공공, 산업의 3개 연구회로 운영되다가 2008년 공공 연구회가 폐지되고 기초, 산업 연구회로 이원화되었다. 이후 지난 2013년 7월 「출연연의 개방형 협력 생태계 조성안」을 국무회의에서 확정하면서 연구회 기능을 ‘관리형’에서 ‘지원형’으로 전환하기 위하여 양 연구회를 통합해 단일 연구회를 설립·운영하는 과기정출연법 개정안이 발의되었고, 2014년 5월에 법안이 국회 본회의에서 통과되어 공포됨에 따라 통합 연구회의 설립이 본격적으로 추진되었다.

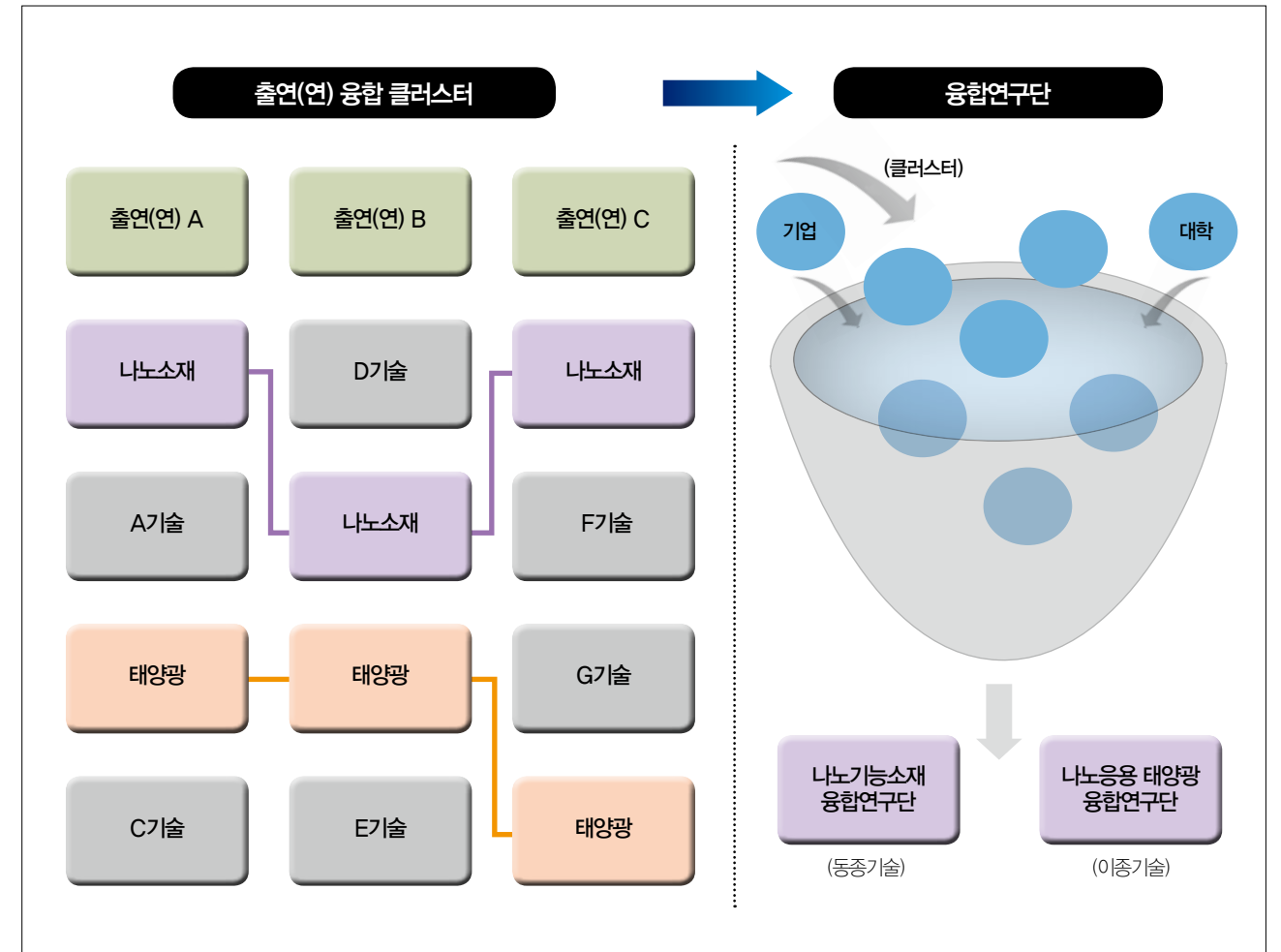
국가과학기술연구회(국과연)은 6월 30일 이사장과 선임직 이사 5명이 각각 대통령과 미래부장관으로부터 임명된 것을 시작으로 정관 인가 및 설립 등기를 마치고 공식 출범하였으며, 7월 1일 신임 이사장과 이사 10명(당연직 및 선임직 각 5명)이 참석하는 설립 이사회를 개최해 국과연 설립결과를 보고하고 기관의 안정적 운영과 업무의 시급성을 고려하여 연구회의 내부 규정과 소관기관 임원선임 관련 규정을 상정 및 의결한 바 있다.

양 연구회 체제에서 지적됐던 비효율적이면서 중복적인 업무 수행, 출연연 간 소통 및 협력 미흡, 개방형 협력 생태계 조성과제에 대한 적극적 대응 곤란 등의 문제점을 해소하기 위해 새로 출범한 통합 연구회는 공통 부서를 통합·재조정하고 정책기획 관련 부서를 신설하여 출연연이 자율과 책임성을 가지고 창조경제의 견인차 역할을 수행할 수 있도록 개방과 협력의 플랫폼으로서 △출연연 간 융합연구 활성화, △출연연별 고유임무 확립, △중소·중견 기업 R&D 전진기지화, △출연연 공통 애로사항 해결 등의 기능을 수행하게 된다.

출연연의 실질적 융합연구 촉진

국가과학기술연구회에서는 그동안 각 기관들 간에 단순 협동에 머물렀던 융합연구의 체계를 전면적으로 개편한다. 상시적으로 출연(연) 간 협업할 수 있는 융합 클러스터와 국민 행복에 기여하는 가시적인 성과 창출을 목표로 하는 프로젝트형 융합연구단을 적극 지원한다.

융합 클러스터는 출연연별 임무를 중심으로 기관 간 협력분야를 도출하여 해당분야 연구자들로 구성된 협의체로, R&D 로드맵 구축에서 과제발굴까지

그림1 출연(연) 융합 클러스터 - 연구단 체계 개념도 ¹⁾

관련 분야 가상연구소 역할을 수행할 예정이다. 융합 클러스터의 유망 기술 분야와 발전 가능한 연구과제를 선별하여 융합연구단으로 발전시켜 나갈 계획이며, '14년에는 5개 내외의 융합 클러스터를 선정 및 운영할 계획이다. 융합연구단은 융합연구과제에 따라 출연연 우수인력이 결집하여 연구를 수행하고, 과제 수행 종료 후에는 원 소속기관으로 복귀하는 일몰형으로 운영된다. 국가과학기술연구회는 융합연구단을

약 100억 규모로 지원해 출연연의 실질적 융합의 선두 주체로 육성할 계획이다. 융합연구단의 가장 큰 특징은 출연연의 인력 등을 한 곳에 집중시키는 것으로, 참여 연구자에 대하여 복귀 후 주요사업 참여 우선 혜택 부여 등 다양한 인센티브를 제공할 계획이다. 융합연구단은 금년 2~4개 연구단 출범을 시작으로 '17년까지 20개 내외로 확대하여 출연연의 융합연구 패러다임 변화의 마중물로 쓰겠다는 계획인 것으로 분석된다.

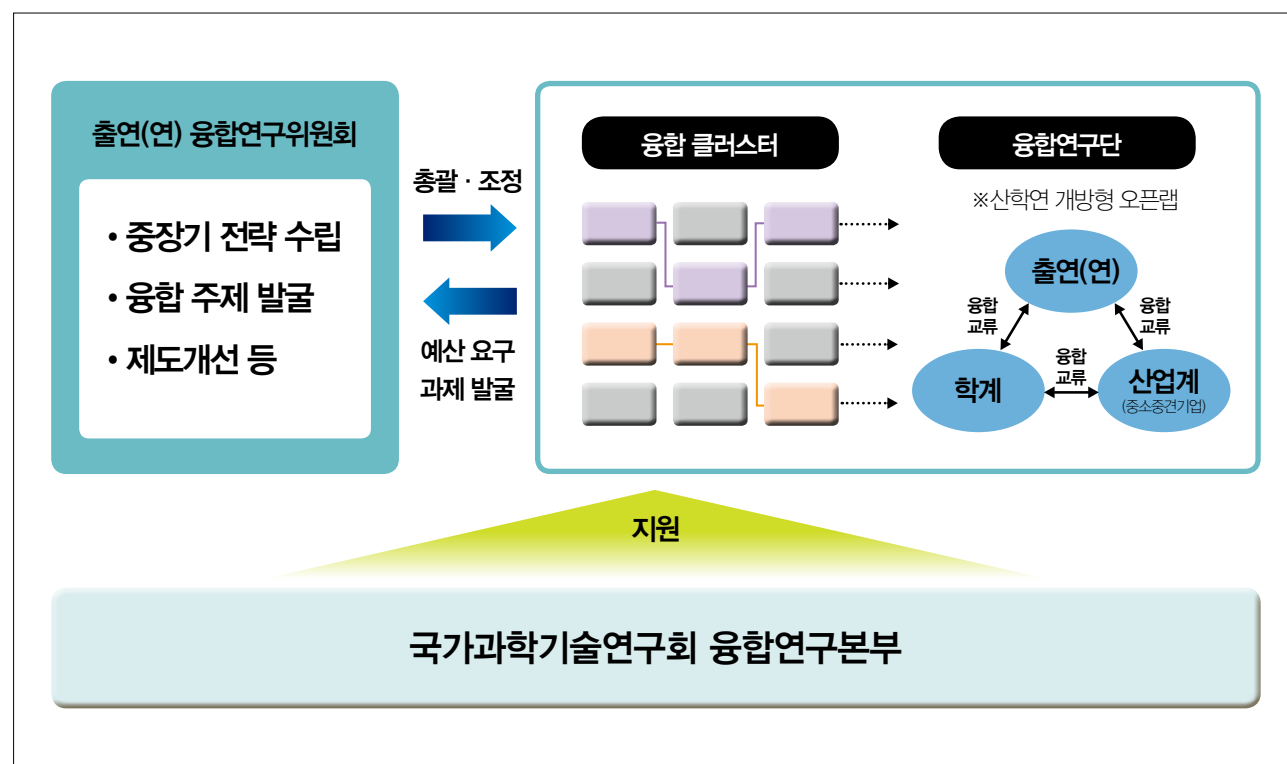


그림2 출연(연) 융합연구 추진체계¹⁾

국가과학기술연구회 산하에 출연연 융합연구 위원회를 구성·운영하여 융합연구를 총괄·조정한다. 융합 클러스터 및 융합연구단과의 지속적인 소통을 통해 출연연 융합연구를 활성화하는 환경과 문화를 조성해나갈 계획이다. 이번 로드맵에는 출연연을 기초·미래 선도형, 공공·인프라형, 산업화형으로 나누고, 투자 비중을 이에 맞게 조절하는 계획도 포함되어 있다. 기초·미래선도형인 한국천문연구원 등의 경우 산업화 관련 연구 비중을 0%로 줄인 대신, 기관 성격에 맞게 기초연구 비중을 2017년까지 70% 가까이 높일 예정이며, 한국생산기술연구원은 90%에 육박하는 산업화 관련 연구에 매진할 계획이다.

“

융합연구단은 융합연구과제에 따라 출연연 우수인력이 결집하여 연구를 수행하고, 과제 수행 종료 후에는 원 소속기관으로 복귀하는 일몰형으로 운영된다. 국가과학기술연구회는 융합연구단을 약 100억 규모로 지원해 출연연의 실질적 융합의 선두 주체로 육성할 계획이다.

”

민간 역량이 이미 충분한 수준에 도달한 분야는 민간에 일임하고 출연연은 기초연구에 더 초점을 둔다는 점도 명시되어 있다. 가령 한국전자통신연구원(ETRI)은 의료정보화 분야를 축소할 예정이며 한국과학기술연구원(KIST)은 신경병성 통증치료제 연구를 중단한다.

뿐만 아니라 연구 과제별로 구체적인 계획도 나왔다. KIST는 3년 내에 알츠하이머병을 조기 진단할 수 있는 고감도 센서 연구를 완료하며, 한국생명공학연구원은 천연물을 이용한 천식치료제를 3년 내에 개발할 예정이다. ETRI는 5~6년 내에 LTE 대비 100배 빠른 5G 통신인터넷 상용화 기술을 개발하는 과제를 맡았다.

출연연의 자체 임무정립

출연연 자체별로 국내외 환경 및 기관의 역량, 연구유형별 현 사업 포트폴리오를 분석했다. 이러한 분석 결과를 토대로 기관별 R&D 투자전략 및 포트폴리오 설정, 유형별 사업관리 방안, 핵심성과 목표를 제시하였다.

산·학·연 전문가로 구성된 임무재정립 위원회(분야별 전문위원회)에서 검토하여 수정·보완 방향을 제시하였다.

출연연별 임무정립 추진경과

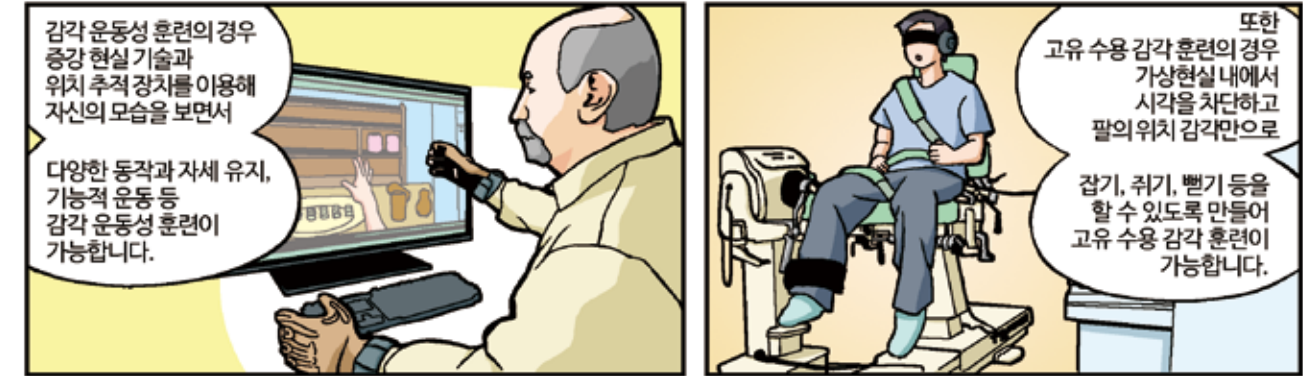
- 출연(연) 개방형 협력생태계 조성방안 마련('13.7.30)
- 출연(연)별 임무 재정립 가이드라인 마련('13.12.10)
- 기관별 임무 재정립(안) 작성('13.12.10~'14.2.28)
- (구)기초·산업기술연구회공동 임무재정립위원회 구성('14.3.12)
- 제1차 임무재정립 전문위원회('14.3.19~21) 및

임무재정립위원회 구성('14.3.25)

- 제1차 진단결과 통보 및 기관별 재정립(안) 보완('14.3.25~4.4)
- 제2차 임무재정립 전문위원회('14.4.9~4.15) 및 임무재정립위원회 운영('14.4.28)
- 제2차 진단결과 송부 및 기관별 재정립(안) 보완('14.4.28~5.16)
- 제3차 전문위원회 점검('14.5.20~5.22) 및 임무재정립위원회 운영('14.5.27)
- 제4차 임무재정립위원회 운영('14.7.14)
- 제5차 임무재정립위원회 운영('14.7.22)

1) 국가과학기술연구회 보도자료 (2014년 7월 31일)
• 연합뉴스 보도자료 (2014년 6월 29일)
(<http://www.yonhapnews.co.kr/economy/2014/06/29/0302000000AKR20140629022600017.HTML>)
• 동아사이언스 보도자료 (2014년 7월 30일)
(<http://www.dongascience.com/news/view/4924>)

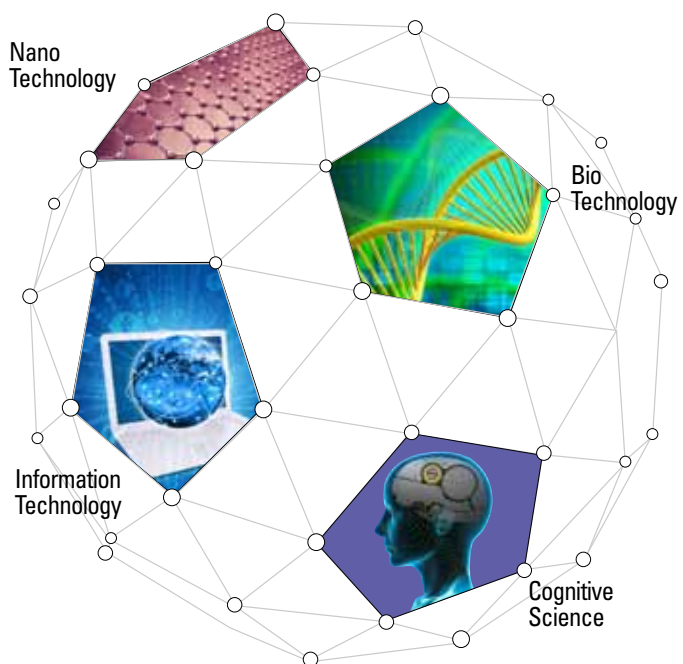
신체기능 복원 및 재활치료 기술





미래 성장동력의 중심
CONVERGING TECHNOLOGY





융합연구정책센터 **CRPC**

136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5 한국과학기술연구원
Tel. 02-958-4986 <http://crpc.kist.re.kr>