

융합 4casting



I. 융합 에세이

창조경제를 위한 융합연구의 틀

II. 융합연구 동향

생체모방 수처리 분리막 기술의 뜨거운 감자, 아쿠아포린(Aquaporin)

나노 기술과 계산과학의 융합, 연료전지용 고성능 저가 촉매

4P Medicine 기반 맞춤형 융합 의료 시스템

양쪽 귀 사이 1.4kg의 미래와 3.75×3.75cm² 중앙처리장치의 미래

과학 기술과 전시/공연 문화의 융합

III. 융합분석 리포트

나노 기술기반 글로벌 연구동향



융합 4 casting이란?

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



격려사 _ 미래창조과학부 이근재 국장 _____ 02
 발간사 _ 융합연구정책센터 윤석진 센터장 _____ 04



창조경제를 위한 융합연구의 틀 _____ 06
 이광렬, 김찬수 박사 _ 한국과학기술연구원 다원물질융합연구소
 문명운 박사 _ IT-NT 융합전문위원



생체모방 수처리 분리막 기술의 뜨거운 감자, 아쿠아포린(Aquaporin) _____ 09
 이승학 박사 _ NT 융합전문위원

나노 기술과 계산과학의 융합, 연료전지용 고성능 저가 촉매 _____ 11
 조은애 박사 _ NT 융합전문위원

4P Medicine 기반 맞춤형 융합 의료 시스템 _____ 13
 김영수 박사 _ BT-Cognitive Science 융합전문위원

양쪽 귀 사이 1.4kg의 미래와 3.75×3.75cm² 중앙처리장치의 미래 _____ 15
 정두석 박사 _ IT-NT 융합전문위원

과학 기술과 전시/공연 문화의 융합 _____ 18
 김익재 박사 _ IT 융합전문위원



나노 기술기반 글로벌 연구동향 _____ 28
 2013 MRS Spring Meeting & Exhibition 발표논문을 토대로
 백동수 박사 _ 융합연구정책센터 융합연구기획팀장

융합연구정책 허브를 꿈꾸며

전 세계적으로 고령화, 에너지·환경, 도시화와 같은 기존의 인류가 겪어보지 못했던 국가적·사회적 문제들이 발생하는 현실에서는 개별기술이 아닌 융합기술을 통한 사회문제해결이 필요하다는 인식이 확산됨에 따라 자연과학뿐만 아니라 인문·사회과학까지 범위를 넓힌 포괄적인 융합연구가 대두되었습니다.

또한 새 정부에서도 과학기술과 ICT 융복합에 의한 신성장동력을 모색하고 있는 시점에서 융합연구 활성화에 의한 미래설계가 그 어느 때 보다도 중요한 과제라 할 수 있습니다. 이에 국가성장을 위한 핵심이슈인 창조경제를 이끌고 신산업 창출에 기여할 국가 융합연구정책 및 전략 수립을 전담할 기관의 필요성이 그 어느 때 보다 크다고 생각합니다.

이미 21세기에 접어들면서부터 융합기술이 세계의 지속발전에 한 축을 담당하게 되리라는 전망 속에 선진국을 중심으로 혁신성, 개방성, 창조성에 기반한 과학의 융합을 통한 사회적 성과의 향상을 위한 지속적인 노력이 진행되고 있습니다. 이에 우리 정부도 과학기술 개발에 있어 추격형에서 선도형으로 탈바꿈하기 위해 관-산-학-연 간 융합을 통한 새로운 미래를 설계하고자 융합정책허브를 구축하기 위한 전략의 일환으로 융합연구정책센터 설립을 지원하기에 이르렀습니다.

앞으로 융합연구정책센터가 명실상부한 대한민국 융합연구정책의 싱크탱크로서 국가 주요 융합연구 정책의 기획 및 지원, 융합분야의 연구자·기업·정책전문가를 위한 맞춤형 종합정보제공, 융합연구 활성화 및 성과확산을 위한 융합연구 네트워크 허브 구축을 성공적으로 일궈낼 수 있기를 기대합니다.

이제 첫 걸음을 내딛는 융합기술 동향지 발간이 융합연구에 대한 국민적 공감대 형성에 큰 도움이 되기를 바라면서 역동적인 미래 대한민국을 만들어 가는데 일조할 수 있는 융합연구정책센터의 활약상을 기대합니다.

미래창조과학부
이근재 국장

얼마 전 출범한 새 정부의 창조경제는 과학기술 각 분야만이 아닌, 다양한 분야 간 결합을 통한 융합기술의 추구로써 비로소 가능하다고 할 수 있습니다.

이러한 융합기술은 정보통신기술(IT), 생명과학기술(BT), 나노기술(NT), 인지과학(CS, Cognitive Science) 등 첨단기술 간 또는 타 산업·학문 간 상승적 결합을 통해 새로운 창조적 가치를 창출함으로써 미래 경제, 사회, 문화의 변화를 주도할 분야로 주목받고 있습니다. 선진국은 지속적으로 발전 가능한 새로운 모델의 창출을 위해 적극적으로 융합기술 연구 및 융합인재 양성을 위한 지원을 아끼지 않고 있습니다.

이러한 흐름에 맞춰 우리나라 또한 67개의 사업을 구성하였으며, '12년 융합기술 R&D 정부투자자는 '11년 1조 7,628억원 대비 9.7% 증가한 1조 9,331억원을 기록하였습니다. 이를 통해 '12년 투자성과 중 논문의 경우 전년대비 5.1% 증가한 15,824건, 특허는 19.9% 증가한 8,439건으로 집계되었습니다.

2009년부터 시작된 국가융합기술 발전 기본계획을 발판으로 범부처 차원의 융합기술 발전을 위한 노력을 해왔습니다. 이제 광범위한 융합분야의 일관성과 지속성의 향상을 위해 융합정책 컨트롤 타워의 필요성에 따라 국가 융합연구 정책과 전략 방향 수립을 전담할 미래창조과학부의 '융합연구정책센터'가 국내 최고의 종합연구기관인 KIST에 설립되었습니다. 융합연구정책센터는 미래창조과학부의 융합연구 방향을 설정하고 관련 정책을 총괄 지원하는 막중한 역할을 수행할 예정입니다.

이제 국가 융합연구의 싱크탱크가 되고자 야심차게 시작한 융합연구정책센터가 세상에 존재를 알리는 첫 걸음으로서 융합연구동향지인 '융합 4 캐스팅'을 발간하게 되었습니다.

그간 미래창조과학부의 지원과 주변의 격려와 후원 속에 하루하루 성장해 가면서 미래 국가성장의 밑거름이 되고자 센터 구성원 모두가 힘차게 전진해 나갈 것을 약속드리며, 전문가뿐만 아니라 일반인과의 소통할 수 있는 알찬 융합 소식지가 되도록 노력하겠습니다.

계속적인 관심과 애정을 가지고 때로는 따끔한 질책을 때로는 따뜻한 격려를 부탁드립니다. 글로서 인사를 대함을 양해해 주시기 바랍니다.



융합연구정책센터
윤석진 센터장

창조경제를 위한 융합연구의 틀

이광렬 박사
김찬수 박사

한국과학기술연구원
다원물질융합연구소

문명운 박사

IT-NT 융합전문위원

인류가 발전해 나아가면서 여러 번의 도약이 있어왔고, 여기에는 효과적인 도구의 발명과 새로운 물질의 발견이 있었다. 돌이나 철 등의 소재나 바퀴와 같은 도구에서부터 실리콘 등 특수한 물질이나 인터넷과 같은 새로운 매체는 인류의 발전을 끊임없이 가속화하고 있다. 20세기를 거치면서 기초 기술이 상당히 발전된 상황에서 기술 간의 융합을 통해 새 기술을 창조하려는 노력이 진행되고 있으며, 특히 아이폰 등 인간이 상상해 온 것들을 구체적으로 실현해 내는 혁신성이 그 어느 때보다도 중요하게 여겨지고 있다. 최근 들어서는 이러한 과학기술 사이의 융합뿐만 아니라 창조적 융합(creative convergence)은 과학과 기술, 그리고 인문·사회과학·예술 분야까지 아우르고 있다.

새로이 출범한 박근혜 정부는 “융합(convergence)”과 “창조(creating)”를 국정 전반의 중요한 키워드로 택하였다. 따라서 이들 융합과 창조는 과학·기술계, 나아가 정치 및 경제 분야에까지 영향을 미치고 있을 뿐만 아니라 특히 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT)로 대변되는 정보통신 기술과 과학 기술의 창조적 융합은 새 정부의 핵심적 가치가 되었다. 박근혜 정부는 지금까지의 눈부신 우리나라의 경제발전은 선진국들을 벤치마킹하고 이를 추격하는 형태였지만 이제는 우리가 세계최고인 상품을 창조해 내고 최고의 자리에서 우리만의 독창적인 방향을 설정하여 나아가야 한다¹⁾고 제안하고 있다. 이미 우리나라는 다양하고 폭넓은 분야에서 선도적 위치에 있는 기술들을 보유하고 있고, 선도 기술은 창조적 융합을 통해 더욱 늘어나게 될 것이다. 이를 통해 국민행복을 위한 기술이 개발되고, 신 시장(new emerging market)이 창출되기를 기대하고 있다. 바로 창조는 독창적인 우리만의 기술을 일컫는 말이라고 할 수 있다.

우리나라는 창조적 기술로 국민행복을 이루어낸 역사를 가지고 있다. 그 중요한 예로서 한글을 꼽을 수 있다. 상호간의 소통과 문화의 교류에 혁신을 준 한글의 창제는 과학적인 창제 과정도 무척 중요하게 평가되고 있지만 국민의 생활에서 가장 절실한 언어 표현의 문제를 근본적으로 해결하고 사회와 문화의 통합과 발전을 이룰 수 있는 기본 틀을 제공했다. 즉, 국민 생활의 패러다임을 바꾸었다는 점에서 창조적 융합기술이다. 세계의 창조적 융합기술 사례로는 21세기 기술의 초석을 세운 애플의 아이폰(iphone), 구글의 안드로이드(android) 등이 있다. 이들은 하드웨어적인 기술을 바탕으로 고유한 소프트웨어를 엮고 나아가 콘텐츠까지 확보·공급·제작하는 방식까지 통합·통섭하는, 기술 간의 융합을 적극적으로 시도한 결과이다. 디자인을 혁신하고, 정보통신 기술을 기초로 융합을 구현하여, 생활의 증진과 행복의 확대를 나타내는 “스마트 라이프(smart life)”를 가능하게 하였다. 즉, 과학기술이 인문·사회 나아가 경제 등과 같은 분야와 접목될 때 새로운 패러다임을 구축하는 도약이 가능하다는 것을 보이고 있다.

지난 30여 년 동안 활발히 진행된 정보통신 기술은 인터넷과 사이버의 기반(基幹) (cyber infrastructure)을 구축하여 과학기술의 연구 방법에도 많은 변화를 만들어 왔다. 우리나라의 경

1) 댄 세노르(2010), *사울 싱어, 「창업 국가」*, 다올미디어, 서울, 2010.

우 반도체 기술과 접목되어 정보통신 기술을 급격히 발전시키고, 소재·기계·설계 등의 공학 뿐 아니라, 인문·사회·경제 문제의 이해와 해석을 위해서 정보통신(CT) 기술이 활발히 이용되고 있다. 더욱이 통신 및 인터넷과 같은 통신의 발전으로 소재·생체기반물질·DNA해석 자료·경영경제분석·언어분석 등 이루 셀 수 없는 다양한 분야의 기술과 연구 결과들이 축적되고 있으며, 이들을 적절히 분석함으로써 국민생활과 밀접한 사회·경제·복지 등과 연계되어 사회 전반의 비약적인 발전을 가져올 수 있다.

이처럼 미래창조과학의 실현을 위해서 반드시 견지해야 할 학문적 시각은 융합임에 틀림이 없고, 이는 창조적이어서야 한다는 점에 초점이 모아진다. 이러한 창조적 융합을 구체적으로 실현하는 방법의 핵심에는 계산과학(computational science)이 있다. 계산과학은 수학(mathematics)을 바탕으로 하고 있지만, 대용량 계산을 가능케 하는 컴퓨터공학(computer science), 많은 입자들의 상호작용을 계산하는 통계물리학(statistical physics), 주어진 물리적 상태의 에너지적 안정성을 판단하는 물리화학(physical chemistry), 입자들 사이의 최적화 전략을 연구하는 최적화 이론(optimization theory), 각각의 소통을 기술하는 정보학(information theory), 이들에게 실측 자료를 부여하는 빅데이터 과학(big data analysis)과, 이들 결과를 해석할 수 있는 각각의 학문적 분야들²⁾이 총 집결된 융합과학이다.

일례로 재료 분야에서 계산과학이 어떻게 적용되고 있는가를 살펴보면 앞서 말한 도식과 크게 다르지 않다. 기존에 실험을 위주로 진행해왔던 재료 합성 및 물성 실험은 이제 계산과학과 그에 기반한 전산모사(computer simulation)에 기초하여 새로운 재료[新物質]를 설계하고 구조를 해석하는 데에서 시작하고 있다. 백악관의 선도로 진행되고 있는 미국의 Material Genome Initiative(MGI)³⁾는 신소재와 신소자의 연구를 위해서는 계산과학을 통한 설계 도구(design tool)의 중요성을 지적하고 있다. 설계부터 다양한 분야를 섭렵할 수 있는 도구로서 계산과학을 창조적 발견과 발명의 선두에 세우고 있다. 이를 기초로 재료의 설계부터 재료 관련 시스템의 선진적 연구를 제안했으며 현재 적극적으로 수행하는 실정이다. 이러한 접근은 창조적 융합을 담보하고 있는 계산과학의 본령(本領)을 잘 반영한 것이다.

계산과학은 비단 나노·생명공학·반도체 등 NBS(Nano·Bio·Silicon) 산업과 같은 첨단 과학과 재료 분야에서만 창조적 융합을 이끌고 있는 것은 아니다. 거시경제 모사, 사회현상 해석, 법 해석 등에서도 계산과학의 활동은 두드러진다. 경제학으로 권위 있는 학교인 시카고대학교(University of Chicago)는 국립아르곤연구소(Argonne National Lab.)의 도움을 받아 계산과학을 통한 계산경제학 연구팀을 설립하였다.⁴⁾ 수학과 계산에 강점이 있는 MIT대학 역시 마찬가지다.⁵⁾ 객관적이고 효과적인 경제 분석 및 모사 도구를 연구하고, 나아가 정책 혹은 정치에 편이(偏向, biased)되지 않고 국민행복 증진 및 일자리 확충과 같은 정확한 목표를 구현할 수 있는 정책을 개발하고 있다. 법률 혹은 경영학, 마케팅과 같은 분야에 있어서도 계산과학은 그 존재감을 발휘하고 있다. 어떠한 법을 만드는가 혹은 마케팅 전략을 어떻게 기획하는가에 따라 사람들의 행동 양식이 달라지게 되는가⁶⁾를 전산모사하는 것이다.

2) 여기에서는 재료공학, 경제학, 생물학 등 계산과학이 적용되는 분야를 망라한다.
3) <http://www.whitehouse.gov/mgi>.
4) <http://ice.uchicago.edu>.
5) <http://mitsloan.mit.edu/faculty/research/computational.php>.
6) <http://www.amazon.com/Cultivating-Conscience-Good-Laws-People>.

한국과학기술연구원(KIST)은 재료 분야에 중심을 두고 많은 전산모사를 진행해왔다. 나아가 각각의 모사 결과로부터 재료를 해석하고 실제 신소재를 만들어내는 다양한 성과들을 거두고 있다. 특정한 재료를 구성하는 물리적·화학적 성질을 전자나 원자 수준으로부터 유추하는 계산과학적 방법이 그 근간에 있다. 이 기반 기술을 숙성시킨 KIST는 앞서 설명한 시카고대학이나 MIT의 방식을 쫓아 인간의 사회와 경제 현상 등을 설명하는 연구도 병행하고 있다. 하나의 원자를 한 사람에 대응할 수 있고, 원자들 사이의 관계식은 사람들 사이의 상호작용에 상응한다. 이를 통해 창발(創發, emergence)로서 드러나는 사회 및 경제 현상을 설명하고 있다. 수도권과 전국의 사회 통계, 교통 통계, 인구 통계, 행동 자료 등을 수집 하여 질병(신종플루 혹은 구제역) 해당 전파 현상을 전산모사하고, 한국은행이나 옥스퍼드 대학 등과 함께 거시 금융경제의 안정성(financial stability)을 평가하는 연구를 진행하고 있다. 계산과학이 국민의 행복을 증진시킬 수 있는 창조적 방향을 설정하는 융합기술임을 여실히 드러내고 있다.

이처럼 정보통신 기술과 수학을 근간으로 하고 있는 계산과학은 자연과학과 경제·사회·인문·예술의 만남을 더욱 가속화한다. 기술을 다루는 정책적 측면으로 참고할 만한 사례로 융합연구를 선도하고 있는 유럽에 눈을 돌릴 수 있다. 유럽에서는 'EU Framework-7'이라는 이름으로 다양한 과제로 융합연구 분야를 지원하고 있는데, 그 중 한 꼭지를 차지하고 있는 것이 '사회과학 및 경제학'과 같은 분야이다. 해당 분야는 계산과학, 전산학과 경제학, 그리고 금융공학 등의 분야를 두루 망라하는, 융·복합 기술이다. 또한 'EU Framework-6'에서도 '지속가능 발전(sustainable development)'이라는 영역을 통해 이와 같은 융합 성격의 과제를 여럿 지원한 바가 있다. 특히 이탈리아 Genova 연구팀과 물리학 전공자, 계산과학 전공자 등이 참여했던 알고리즘 중심 거시 경제 시뮬레이션은 그 좋은 예이다.

이러한 선진 연구 기관에서의 연구 기획의 성공 사례와 국내 연구진의 융합연구를 살펴볼 때, 계산과학과 같은 정보통신 기반 융합기술은 연구 개발(R&D) 전반의 창조적 융합을 선도할 수 있다. 이에 따라 이종 영역별 학문의 경계를 허물고 융합연구의 기틀을 마련하는 것이 급선무이다. ICT 융합기술과 계산과학이라는 틀로서 "창조적 융합"을 이루어낸다면, 국민의 행복을 증진하고 동시에 첨단과학 기술을 발전시킬 수 있는 근간을 마련할 수 있다.

생체모방 수처리 분리막 기술의 뜨거운 감자, 아쿠아포린 Aquaporin

이승학 박사
NT 융합전문위원

FEW, 사전적 의미로 '적은, 부족한'의 뜻을 가지고 있다. 하지만 최근에는 인류의 생존을 위해 확보해야 할 가장 중요한 세 가지 자원, 식량(Food), 에너지(Energy), 물(Water)을 가리키는 말로 사용된다. 특히, 물은 전 세계 모든 나라들이 최우선적으로 확보해야 할 가장 민감한 자원으로 인식되고 있다. 이러한 물 자원의 안정적 확보를 위한 과학기술 분야의 노력 중 가장 주목할 만한 것이 해수담수화기술이다.

해수담수화기술은 바닷물을 우리가 사용할 수 있는 물로 만드는 기술이다. 이 분야에서 가장 대표적인 기술이 막(membrane)분리 기술인데, 이는 막을 이용해 바닷물 속에 포함된 불순물(염분 등)을 거르는 방법이다. 막분리 기술의 성공적인 적용은 쉽게 예상할 수 있는 바와 같이 핵심 부품인 막에 있다. 막이 하는 역할은 물을 잘 통과시키면서도 바닷물 속에 있는 불순물은 적절히 거르는 것인데, 안타깝게도 물을 잘 통과시키자면 성긴 막이 필요하고 불순물을 거르자면 정반대의 촘촘한 막을 사용해야 하는 문제가 있다. 최근 해수담수화 막분리 기술로 가장 널리 활용되는 역삼투 공정용(Reverse Osmosis, RO) 막은 불순물을 거르는 효과를 높이는 대신 물이 통과할 수 있는 효율을 낮춘 막이라 할 수 있다. 이 때문에 막을 통해 많은 양의 물을 빨리 통과시키기 위해 압력을 가하는 것이 일반적인데, 이러한 운전형태는 많은 비용을 발생시키는 문제가 있다.

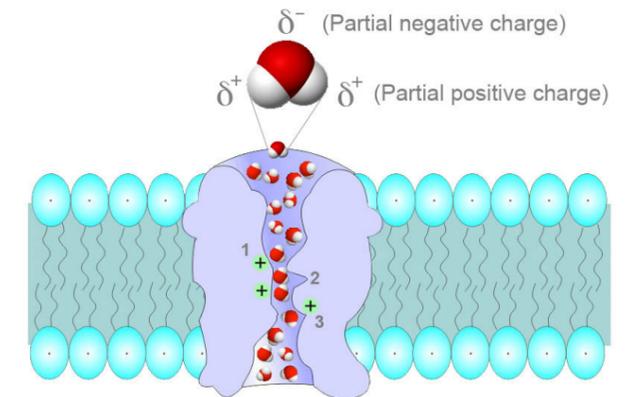


그림1. Aquaporin 개념도⁷⁾

이에, 불순물을 효과적으로 거르면서도 물은 잘 흘릴 수 있는 막을 개발하기 위해 많은 과학 기술자들이 연구를 거듭해 왔다. 이와 관련하여 최근 가장 뜨거운 관심을 모으고 있는 것

⁷⁾ <http://askabiologist.asu.edu/venom/protein-channels>.

이 아쿠아포린(Aquaporin)이다. 아쿠아포린이란 물만 선택적으로 통과시키는 생체 내 단백질로, 세포막에 물이 다닐 수 있는 길목 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 1992년 Peter Agre라는 과학자가 Aquaporin-1(CHIP28)을 발견하면서 세상에 알려졌고, 이 발견으로 그는 2003년 노벨화학상을 수상하였다. 이를 수처리용 막에 적용하면, 불순물 제거와 빠른 처리수량 확보라는 두 마리 토끼를 한꺼번에 잡는 것이 가능해진다. 즉, 촘촘한 막의 중간 중간에 아쿠아포린을 끼워 넣어 불순물을 잘 거르면서도 물은 쉽게 통과시키는 막을 만들 수 있는 것이다. 사람들의 많은 관심에도 불구하고, 아쿠아포린을 이용한 막 제조 기술은 전 세계적으로 매우 초보적인 단계에 있으며, Aquaporin A/S (2005 설립), Danfoss AquaZ (2006 설립)의 기업과 University of Illinois, National University of Singapore 등 일부 대학 연구진들에 의해 개발연구가 수행 중이다.

아쿠아포린을 이용한 막 제조 기술이 초보단계에 있다는 것은 생물학 및 생물공학 분야에 높은 기술력을 보유하고 있는 우리나라가 아쿠아포린을 환경 기술에 효과적으로 융합함으로써, 2015년 기준 250억불(Elsevier Advanced Technology, 2005) 규모로 예상되는 세계 분리막 시장에서 선도적 위치를 차지할 수 있는 좋은 기회를 의미한다고 볼 수 있다.

나노 기술과 계산과학의 융합, 연료전지용 고성능 저가 촉매

—
조은애 박사
•
NT 융합전문위원

전 세계적으로 자동차산업이 당면한 과제는 화석에너지의 고갈과 온실가스 배출 저감이다. 이전까지는 연비를 화두로 배기량 다운사이징이나 차체 경량화 등을 통한 현실적인 해결 방안에 주목하였으나, 미국과 유럽에서 자동차의 이산화탄소(CO₂) 배출을 규제하는 법안을 발표하면서 친환경 차에 관심이 집중되고 있다.

수소연료전지차는 가솔린이나 디젤 등 석유연료 대신 수소를 이용해 구동된다. 수소와 가습된 공기(산소)를 연료전지에 공급하여 화학반응을 일으키면 전기가 발생하고, 이 전기를 모터에 전달하면 자동차가 움직이는 구조다. 수소연료전지차는 수소의 화학 에너지를 전기 에너지로 직접 변환한다는 점에서 내연기관보다 고효율 기관으로 평가받고 있다. 배기관을 통해 배기 가스 없이 물만 배출되기 때문에 차세대 친환경 차 대표 주자로 주목받고 있다.

이에 따라 현대차를 비롯해 벤츠, BMW, 도요타 등 내로라하는 자동차 업체들은 이미 1990년대부터 수소연료전지차 개발에 막대한 비용과 인력을 투입해 왔다. 2013년 1월 현대자동차는 세계 최초로 수소연료전지차 양산을 시작하여 덴마크 등 유럽에 수출하고 있고, 도요타는 2015년 수소연료전지차를 시판할 계획이다.

현대자동차의 투싼 ix 수소연료전지차는 1회 수소 충전으로 최대 594km까지 주행이 가능하다. 수소 충전에는 5분 정도가 소요된다. 또한 가솔린 기준으로 환산했을 때 27.8km/l (NEDC 유럽 연비 시험 기준, The New European Driving Cycle)의 고연비를 실현했으며, 영하 20도 이하의 날씨에도 탁월한 저온 시동 기술력을 확보하는 등 세계 최고 수준의 효율성을 갖췄다.



그림1. 현대 자동차의 투싼 ix 수소연료전지차

그러나 시장 확대를 위해서는 넘어야 할 산이 많다. 대당 1억 원을 웃도는 높은 가격이 가장 큰 걸림돌이다. 내연기관의 엔진에 해당하는 부분을 수소연료전지차의 경우 연료전지스택(stack)이라 부른다. 스택에서 전기를 생산하기 위해 수소는 수소탱크에서, 산소는 에어필터를 거쳐 외부 공기에서 공급된다. 또한 스택을 구동하기 위해 가습기, 전원분배장치, 컨버터, 전기

모터 등 전기를 발생시키고 자동차의 각 부위에 동력을 전달하는 핵심 부품 수백여 종이 필요하다.

수소연료전지차 가격의 가장 큰 비중을 차지하는 것이 연료전지스택이다. 연료전지스택은 고분자막, 나노 크기의 촉매입자와 탄소재료, 그리고 분리판이라 불리는 얇은 금속판으로 구성되는데, 백금 촉매가의 가격 저감에서 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 현재 자동차 한 대에 백금이 약 70g 정도 사용되어 백금 가격만 600만원 정도이다.

최근 KIST에서 원자크기의 값싼 전이금속(코어)의 바깥쪽에 촉매 기능을 하는 백금(셸)을 코팅하는 '코어-셸' 구조의 촉매를 개발하였다.⁸⁾ 이 기술을 적용하면 연료전지차의 백금 사용량을 20g 수준으로 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 백금 사용량 저감을 위해 나노 구조를 조절하여 백금 자체의 활성을 증가시키거나, 백금과 전이금속 합금 형태의 촉매를 개발하거나, 원자수준의 백금코팅 기술인 '코어-셸' 구조의 촉매를 개발하는 연구가 진행되어 왔다. 기존의 '코어-셸' 촉매 제조 기술은 균일한 코팅 층을 형성하기 위해 안정제나 분산제 등을 사용하고 있는데 이러한 안정제나 분산제는 촉매의 반응성에 악영향을 주며, 코어 입자의 표면에 백금코팅 층을 형성할 때 방해가 되기 때문에 화학적 처리나 열처리를 통한 제거가 필요하다. 그러나 화학적 처리나 열처리 과정에서 핵심 입자가 응집되거나 형태가 망가질 수 있고, 백금코팅 층의 경우에도 입자의 응집이 일어나거나 코팅 층의 붕괴가 발생할 수 있어 전극촉매의 활성이 떨어지는 문제가 발생한다. KIST에서 개발한 '코어-셸' 촉매는 안정제 제거를 위해 행해지던 열처리 또는 화학적 처리공정이 필요 없어 공정이 단순하여 백금 사용량 저감과 동시에 공정 비용도 절감할 수 있으며, 기존의 백금 촉매에 비해 우수한 성능과 수명을 갖는다.

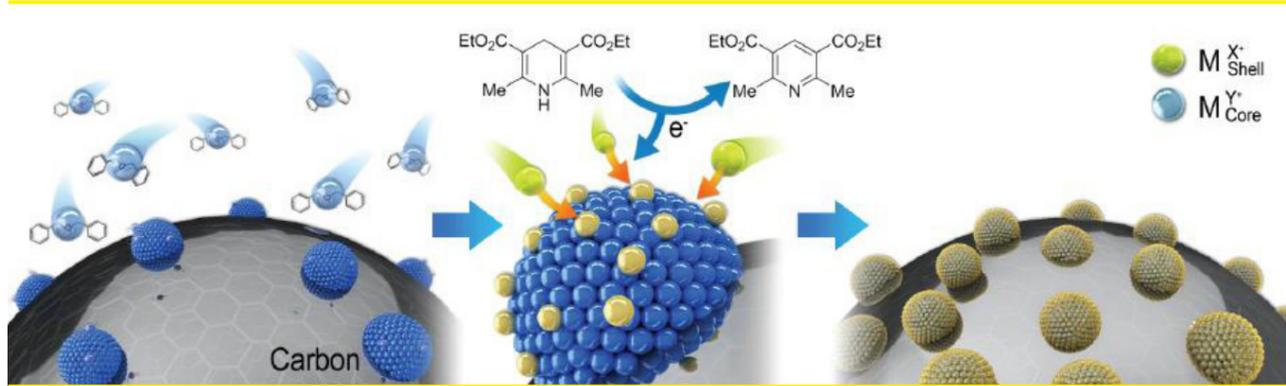


그림2. KIST에서 개발한 '코어-셸' 촉매 제조 과정 모식도

이번 연구는 촉매합성과 설계 부문으로 나누어 진행되었으며 촉매합성연구는 KIST 연료전지연구센터에서, 촉매설계연구는 전자재료연구센터에서 주도적으로 수행하였다.

8) Hwang et al, (2013), Scientific Reports, 3, 1309:1 - 1309:7, 2013.

4P Medicine 기반 맞춤형 융합 의료 시스템

김영수 박사

BT-Cognitive Science 융합전문위원

1 필요성

- 현재 현대의학은 발병 후 환자가 병원에 찾아와 치료하는 “대응(수동)”에서 “예방(능동)”으로 그 본질을 변화시키고자 하는 의료시스템 혁신의 시기에 있다.
- 미국과 유럽 등 의료 기술 선진국에서는 이미 신개념 의료 시스템 (4P Medicine 및 Precision Medicine)의 구현에 의해 능동적 의료가 시도되고 있다. 이들 국가는 향후 10-20년 이내에 의료 혁신의 가능성을 예측하고 관련 기술 및 시스템 구축에 집중하고 있다.

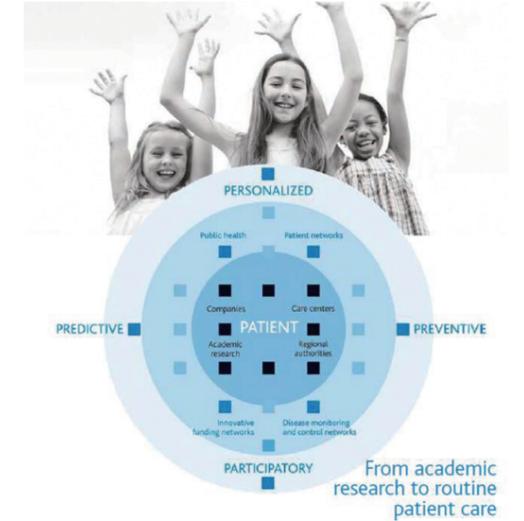


그림1. 신개념 4P 의료 시스템

2 신개념 융합 의료 시스템 4P Medicine

- 4P Medicine(Predictive, Preventive, Personalized, Participatory)은 개별 환자의 질병에 대하여 발병 전부터 발병 후까지 전 주기적 접근에 초점을 맞추어 예방, 진단 및 치료를 수행하는 시스템으로서 생물학 중심의 의료시스템이다.
- 발병 후 치료라는 수동적인 개념에서, ‘발병 전에는 질병의 예방, 발병 후에는 조기 진단 및 치료’를 위한 능동적이고 지속적인 클리닉 개념을 통합한다.
- 예측, 예방, 맞춤 및 통합 의료(Predictive, Preventive, Personalized, Participatory)

3 4P Medicine의 혁신성

- 질환의 조기진단을 통한 환자 치료의 수월성 증대 및 비용 절감
- 환자의 질환 단계별 그룹화를 통한 최적 치료법 선택
- 맞춤 및 조기 처방에 의한 약물 부작용 경감
- 맞춤형 신약 개발의 새로운 타겟 제시
- 신약 임상 시험의 시간, 비용 및 실패율 절감
- 의료의 중심을 치료에서 예방으로, 질환에서 웰빙으로 변화

4 국내외 기술 동향

- 2012년 11월 세계 경제 포럼에서 "Preparing for Precision Medicine"을 발표하며 4P Medicine의 필요성을 제시했다.
- 미국인 과학자 Lee Hood에 의하여 2010년 개념이 정립된 4P Medicine은 현재 Systems Biology를 중심으로 미국과 유럽의 몇몇 기관에서 연구가 진행 중이다.
- 국내는 서울대병원, 아산병원, 삼성의료원 등에서 깊은 관심을 보이고 있으나 아직까지 4P Medicine 관련 연구는 보고된 바가 없다.

5 파급효과

- 질병의 발병 이전부터 발병 이후까지 전 주기적 질환 관리 및 질병 단계별 맞춤 치료법을 위한 플랫폼 원천 기술의 개발은 의료계, 산업계 등 다방면에서 국가 성장의 원동력이 될 것이다.
- 세계적으로 질병 단계별 맞춤 통합 플랫폼 기술은 전무후무한 상태이며 그 자체로 신규성이 뛰어나 논문발표, 특허 산출 및 원천 기술 확보가 예상된다.
- 4P Medicine 플랫폼 기술은 다양한 질환의 진단 및 치료에 적용 가능한 원천 기술로서 기술의 응용성이 뛰어나고 이는 다양한 산업화로 이어질 가능성이 크다.

양쪽 귀 사이 1.4kg의 미래와 3.75×3.75cm² 중앙처리장치의 미래

정두석 박사
• IT-NT 융합전문위원

1 연구개요

최근 오바마 미국 대통령은 양쪽 귀 사이 1.4kg에 미래가 있음을 언급하며 인간 뇌 지도를 이용한 난치성 뇌질환 치료제를 개발하는 뇌 프로젝트(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, BRAIN)의 청사진을 제시하였다. 미국이 뇌 과학 및 그와 관련된 기술을 차세대 성장 동력으로 생각하고 있음을 보여주는 대목이다.

모든 사람에게 뇌가 있다면 컴퓨터에는 뇌에 해당하는 중앙처리장치(Central Process Unit, CPU)가 있다. 중앙처리장치는 기본적인 약속에 근거한 계산을 매우 빠르고 정확하게 수행할 수 있지만, 뇌와는 달리 적응, 학습, 창조 등의 고차원적인 기능 구현이 불가능하다.

중앙처리장치를 비롯한 메모리 기술은 국내 S社, H社등이 전 세계 시장을 주도하고 있으며 실제로 국내 산업의 근간에 해당하는 기술이다. 최근 중앙처리장치의 속도 개선, 메모리의 집적도 개선 등의 어려움이 불거지고 있으며 따라서 이를 포함하는 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT) 분야의 새로운 성장 동력의 필요성을 비단 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 절감하고 있는 상황이다.

중앙처리장치, 메모리 분야 연구자의 오랜 염원은 뇌처럼 작용할 수 있는 중앙처리장치의 개발이다. 개발 시도는 이미 오래 전부터 진행되어 왔지만 정보통신기술 분야의 비주류 기술로 해외 일부 연구자가 주도하였다. 하지만 앞서 언급한 ICT 분야 新성장 동력의 필요성, 뇌 과학 분야 연구의 필요성에 대한 절감 등으로 인한 본 연구 분위기 조성은 전 세계적으로 조속히 이루어지고 있으며 그 결과로 최근 미국 국방부 고등연구계획국(Defence Advanced Research Projects Agency, DARPA)은 뇌처럼 작용하는 중앙처리장치 개발을 포함하는 뇌 모사기술(Neuromorphic engineering) 분야에 연구비를 집중 투자하고 있다.

2 주요내용 (기술적 특징)

현재 뇌 모사기술 관련 연구개발은 복잡한 뇌의 기본 구성성분인 신경세포(뉴런)와 신경세포간의 접촉부에 위치한 시냅스 모사에 초점을 맞추고 있다. 즉 아직 저차원 모사기술 확보 단계에 현재 연구개발 단계가 위치하고 있다. 신경세포의 대표적인 특성으로 입력자극이 특정 역치 이상이 될 경우 자체적으로 활동전위를 생성하고, 이 활동전위는 뇌 네트워크를 구성하는 신경세포간의 정보교환을 위한 핵심 '언어'에 해당한다. 인공 신경세포는 실제 신경세포의 활동전위 생성현상을 모사할 수 있다. 최근 미국 Hewlett-Packard社는 Mott 절연체를 이용하여 수 나노미터 수준으로 소형화가 가능하며 상온에서 동작 가능한 인공신경세포를 개발하여 Nature Materials紙에 보고한 바 있다. Mott 절연체란 인가전압의 크기가 역치 이상이 될 경우 급격히 전기전도도가 커지고, 반대로 인가전압이 줄어들 경우 기존의 전기전도도를 회복하여 급격히 전기전도도가 작아지는 현상을 보이는 재료이다.

그림 1

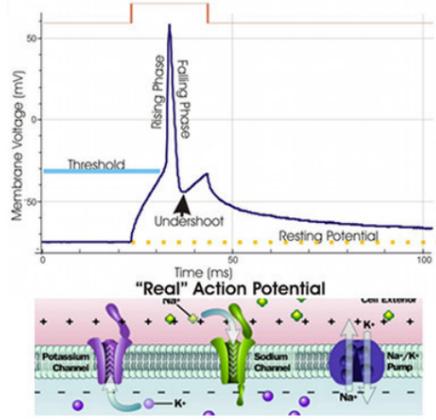


그림 2

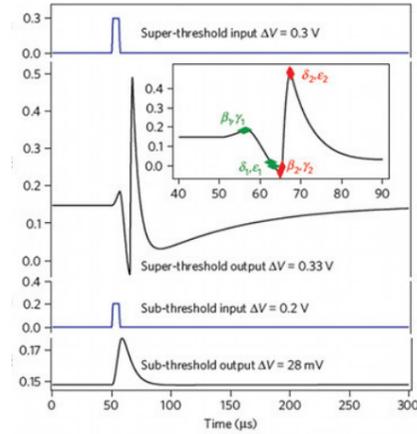


그림1. 실제 신경세포의 활동전위 생성기구 및 활동전위의 형태

그림2. Mott 절연체를 이용하여 구현한 인공 신경세포의 활동전위 생성

화학 시냅스의 경우 신경세포 간 상호작용 정도를 결정하는 역할을 한다. 앞서 설명한 활동전위가 하나의 신경세포에서 생성된 경우 이 활동전위는 시냅스를 통과하여 인접 신경세포에 전달되며 시냅스는 활동전위 전달 정도를 결정하게 된다. 인공 시냅스의 경우 활동전위의 전달 정도를 전기전도도로 구현을 하며 인공 시냅스의 전기전도도가 클 경우 활동전위의 전달이 수월하며 반대로 전기전도도가 낮을 경우 활동전위 전달이 어렵게 된다. 인공 시냅스 재료로 고체 이온·전자 복합전도체가 있다. 이온의 분포를 외부인가전압을 이용해 조절하며 이온분포에 따라 전체 전기전도도가 달라지는 현상을 보인다. 뿐만 아니라 시냅스의 기억, 학습기능은 시냅스의 상태변화가 반영구적으로 지속됨에 기인함으로 인공 시냅스 역시 반영구적 상태변화를 동반해야 하고 이 역시 이온분포에 따른 준 안정적 상변화 현상을 이용하여 구현 가능성이 최근 보고되고 있다.

이상은 저차원 수준의 뇌 모사기술에 해당하며 기본 구성요소 모사 수준 이상의 네트워크 모사는 현재 이루어지지 않고 있는 실정이다. 고차원 수준의 뇌 모사기술의 어려움은 모사의 대상인 뇌에 대한 충분한 이해의 부족에 기인하고 있다. 즉, 기본 구성요소 모사 수준 이상의 기술 개발을 위해서 인지과학, 뇌 생리학, 생화학, 전산과학, 재료공학, 전자공학 등의 다학제간 융합연구가 절실히 필요한 현실이다. 일례로 기본 구성요소를 배열하여 특정 인공 신경세포 네트워크를 만드는 경우 실제 뇌의 신경세포 네트워크의 구성, 신경세포 간 상호작용의 종류 등의 이해가 필수적이다. 그리고 구성된 네트워크의 통합적인 동작은 고차원 네트워크 수준의 집합적 거동을 분석해야 하는데 이는 전산과학 분야의 좋은 연구주제가 될 수 있다.

3 주요내용 (활용처 및 활용방안)

뇌 모사기술의 핵심 활용처로 크게 세 가지를 꼽을 수 있다. 하나는 사람의 뇌처럼 동작이 가능한 중앙처리장치의 개발이다. 실리콘 위에 반도체 공정을 이용하여 인공 뇌를 개발할 수

있다면 공상과학영화의 단골 주제인 인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 구현이 가능하다. 하지만 현재의 기술수준을 고려할 때 인공지능은 단시일 내 구현이 어려울 것으로 예상되며 장기적으로 체계적인 융합연구를 통해 구현 가능할 것으로 예상된다.

또 다른 활용 처로 실제 뇌와 뇌 모사기술을 이용해서 실리콘 위에 구현한 인공 뇌 사이의 정보교환이 있다. 앞서 언급한 바와 같이 뇌의 신경세포 간 '공식 언어'는 활동전위이다. 활동전위의 다양한 형태로 전달되는 뇌 정보를 인공 뇌가 이해를 할 수 있다면 그리고 이 정보를 받아서 인공 뇌 상에 저장할 수 있다면 양쪽 귀 사이 1.4kg의 미지의 세계에 대한 이해를 앞당길 수 있을 것으로 예상된다.

마지막으로 인공 뇌와 실제 뇌 사이의 비교연구를 통한 실제 뇌 동작에 대한 이해를 앞당길 수 있을 것이다. 복잡한 신경세포 네트워크로 구성된 뇌는 그 자체를 네트워크 수준에서 이해하기에 매우 큰 어려움이 있다. 이 경우 거시적으로 뇌와 유사하게 작동하는 인공 뇌를 이용하여 고차원 뇌 작용을 이해할 수 있을 것으로 예상하며 궁극적으로 상보적인 연구개발이 가능할 것이다.

4 기대효과

앞서 설명한 기술이 상용화 될 경우 자가 학습이 가능한 컴퓨터의 등장 가능성이 가능하며 사람의 도움 없이 스스로 동작이 가능한 다양한 전자, 기계제품이 등장할 것으로 예상된다. 예를 들면 무인자동차, 스스로 문제를 해결할 수 있는 창의적인 컴퓨터 등의 구현이 가능할 것이다. 뿐만 아니라 사람 뇌와 인공 뇌의 상호 정보전달이 가능함으로 뇌의 정보를 전자기기에 저장할 수 있으며 반대로 전자기기에 저장된 정보를 사람 뇌에 저장할 수 있는 시대가 도래 할 것으로 예상된다. 그리고 실제 뇌의 동작원리에 대한 규명을 촉진할 수 있을 것으로 예상함으로 알츠하이머, 간질, 치매 등의 각종 뇌질환의 치료가 가능할 것이다.

5 시사점

고령화 사회를 대비하여 사람을 위한 기술의 중요성이 날로 증가하고 있는 현 시대에 뇌, 인공 뇌의 비교연구를 통한 뇌, 인공 뇌에 적용 가능한 기술개발의 파급효과는 막대할 것으로 예상된다. 인체 내에 여전히 미지의 세계로 남아있는 뇌 연구는 시대의 흐름 상 반드시 필요하며 인지과학, 뇌 생리학 주도의 "고전적인 뇌 연구 방법론"을 탈피한 "다양한 학제 간 융합에 근거한 새로운 형태의 방법론"의 적용은 뇌에 대한 이해뿐만 아니라 그에 관련된 다양한 연구 분야의 상보적 진보가 가능케 할 것으로 예상함으로 그 영향력은 매우 클 것으로 짐작할 수 있다.

국외에서는 새로운 방법론에 근거한 뇌 연구의 필요성을 진작 인식하여 다양한 대형 연구 프로그램을 운영하고 있다. 예를 들면 앞서 언급한 미국 DARPA 주도의 SYNAPSE 프로그램, 유럽연합의 FET(Future & Emerging Technologies) 프로그램 등의 지원을 통해 IBM, Hewlett-Packard, Caltech, ETH Zurich, INE(Institute of Neuromorphic Engineering) 등 연구기관에서 활발히 연구를 수행하고 있다. 하지만 국내에는 유사한 연구 프로그램이 부족한 현실이며 현재 해외의 선형연구기관들이 우리가 도달하지 못할 정도의 기술적 수월성을 보유하고 있지는 않은 것으로 보이는 바 정부지원 하 수년 내에 선형연구기관 대비 국내연구기관의 수월성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

과학 기술과 전시/공연 문화의 융합

김익재 박사
IT 융합전문위원

1 선정 사유

아날로그의 감성을 지향하는 예술 문화와 디지털을 배경으로 하고 이성의 논리를 근간에 두고 있는 과학 기술, 특히 첨단 미디어 기술 이렇게 상반된 성격의 두 분야지만 오늘날 예술 문화는 과학 기술을 접목함으로써 새로운 혁신을 이루고 있다. 오늘날 예술 문화의 가치는 과거처럼 정적으로 완성된 미의 기준이 아니라, 끊임없이 움직이며 새로운 질서를 만드는 과정에 있다고 볼 수 있다. 이와 같은 예술 문화의 혁신은 과학 기술이 가지는 혁신과 비슷한 방식으로 이루어지기에, 최근 들어 예술 문화 분야가 과학 기술의 도움을 받으며, 이전과 크게 다른 모습으로 발전되고 있고, 새로운 가치를 창출하고 있어 융합 연구의 좋은 사례로 선정하였다. 최근 들어 미디어 아트라는 예술과 과학 기술의 접목을 통해서 더욱 융합의 필요성을 확대하고 있다. 과학 기술과 예술 분야의 융합은 좁게는 디지털로의 문화재 복원으로부터 영화, 영상, 애니메이션 등의 문화 산업에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있다. 그 중에서 첨단 전시 및 공연에서의 과학 기술과 예술 문화의 융합을 추구하는 연구에 대한 관심이 증대되고 있다. 첨단 미디어 연구와 관련해서 세계를 리딩하고 있는 대표적 연구 그룹인 미국 MIT Media Lab에서도 Opera of the Future라는 연구 그룹이 존재하며, 이 그룹에서는 공연 예술 분야에서의 새로운 연구를 활발히 진행하고 있다.

2 첨단 미디어 기술을 활용한 전시 및 공연 기술에 대한 연구 배경

가. 전시 및 공연 기술의 발달 과정

- 디지털 미디어 기술 발달에 힘입어 전시 및 공연 산업에 새로운 기술 적용이 가속화되고 있다.
 - 공연에서의 첨단 기술 활용은 홀로그램, 모션 캡처, 증강현실 등과 같이 전에 없던 새로운 기술의 고안과 기존에 존재했던 기술의 고도화로 구분된다.
- 역사적으로 볼 때 공연예술에서의 기술 도입은 오래 전부터 진행되어 왔다.
 - 고대 그리스 및 로마 시대에는 공연에 적합한 공연장과 무대를 제작하는 등 건축 기술 측면에서의 발달이 나타났다.
 - 중세 이후부터 무대 이동 장치나 조명 등 본격적인 기술 활용이 시작됐으나 당시에는 장치를 대부분 사람이 직접 조작해야 했다.
 - 근대에 접어들면서 기계 공학의 발달로 무대장치를 사람의 손이 아닌 기계의 힘으로 제어할 수 있게 되었다.
 - 이후 각종 특수효과(불꽃, 분수, 안개 등) 장치가 공연의 볼거리를 증가시켰으며 최근에는 CG 영상 등 디지털 미디어를 공연에 도입하는 사례가 증가하는 추세이다.

나. 첨단 미디어 기술의 도입 효과

- 전시 및 공연에 첨단 기술이 활용되는 이유는 다양한 무대효과 구현을 위함으로서
 - 제한적인 공연 무대에서 첨단 기술은 관객의 상상을 충족시키는 데 효과적인 수단이다.
 - 구체적인 사례로는 영상을 활용한 신속한 장면 전환, 대규모 폭포와 같은 무대 특수효과, 디지털 합성음악과 홀로그램 영상으로 구현된 감각 효과 등이 있다.
- 특히 디지털 영상 기술의 경우 저렴한 비용으로 즉각적인 효과를 기대할 수 있어 소규모 실험극 등에서 적극적으로 활용되는 경향이 있다.
 - 장면의 전환에 따라 하드웨어적인 무대 설비를 교체할 필요가 없고 컴퓨터 그래픽 등 최신 미디어 기술로 처리하기에, 신속하고 효율적인 무대효과 구현이 가능하다.
 - 상설극장이 없는 중소 공연단체의 경우 대규모 무대장치 설치에 따른 부담이 크기 때문에 이를 디지털 기술로 대체하려는 경향이 있다.⁹⁾

3 기술적 특징

기술 요소	특징	사 례
영상 기술	비디오, CG 등 영상 기술 활용으로 전시 및 공연에서의 시각 효과를 극대화한다. 특히 프로젝션 기법을 도입하여 고정된 무대에 동적인 요소를 부각하여 무대 설비에서의 효율성을 제고할 수 있다.	NPR, 비디오 아트, 3D 홀로그램, 프로젝션 매핑, 증강현실 기술 등
실시간 인터랙션 기술	공연자와 무대, 전시 및 공연에서 관객의 상호작용을 이끌어내는 기술. 주로 센서 인식 기술, 네트워크 기술, 멀티 터치, 비접촉 동작인식 등이 활용된다. 이를 통하여 관람객들의 몰입감을 증대시킬 수 있고 체험 학습 효과도 향상시킬 수 있다.	키넥트 등을 활용한 비접촉 모션 캡처를 이용한 키넥트 아트, 멀티 터치 기술을 활용한 전시 기술 등
디스플레이 기술	관객들의 몰입감 증대를 위해 대화면, 360도 입체 영상을 표현하기 위한 디스플레이 기술	Multi-tiled 디스플레이, Circle Vision, See-Thru 디스플레이 등

표 1. 디지털 미디어 기술 활용한 첨단 전시 및 공연 기술의 요소별 특징 및 사례

가. 영상 기술

- Non Photo Realistic Rendering
컴퓨터 그래픽스 렌더링 기법의 한 장르로서 현실 세계의 실재감을 사실적인 이미지로 생

9) 한국콘텐츠진흥원(2011), CT 심층 리포트, 첨단 공연 기술의 동향과 사례, 2011, 8.

성하는 '사실적 렌더링(Photorealistic Rendering)'과 대조되는 개념으로 현실 세계의 사실감을 표현하는데 중점을 두지 않고 인간이 가진 감성적인 부분을 자유롭게 표현하는데 기반을 두어 다양하고 독특한 효과를 보여주는 비사실적 이미지 구현을 위해 개발된 것이 '비사실적 렌더링(Non-Photorealistic Rendering, NPR)' 기법이다. NPR 기법에는 표현 스타일에 따라 크게 5가지로 분류할 수 있는데, 연필이나 펜을 이용하여 전체적인 out-line과 명암을 표현해 내는 기법인 'Hatching Rendering', 3D를 사용하여 유화나 수묵화의 느낌을 내는 'Painterly Rendering', 3D 영상에 만화와 같은 느낌으로 표현해내는 'Cartoon Rendering', 동양 전통 회화를 표현하는 '수묵화 렌더링' 기법을 들 수 있다.

제안하는 콘텐츠에서 사용하고자 하는 수묵화 기법은 먹을 사용해 그리기보다 물이 화선지에 잘 스며들고 번지는 효과를 이용하여 작가들의 생각을 표현 하는 기법으로 그림을 표현하는 방법과 사용하는 도구 및 재료에 의해 다양한 특징을 갖는다. 이러한 특징들이 컴퓨터를 이용한 동양화의 표현을 더욱 복잡하게 만드는 요소이다. 특히 본 전시는 표현하고자 하는 것이 각자 성석이라는 특정 대상이 정해져있는 사안으로, 기존에 나와 있는 수묵화 렌더링 기법들을 사용해서는 각자 성석만의 느낌을 살리지 못한다. 이에 각자 성석만의 톤을 살리는 새로운 수묵화 NPR 기법의 개발이 요구된다.

그림1

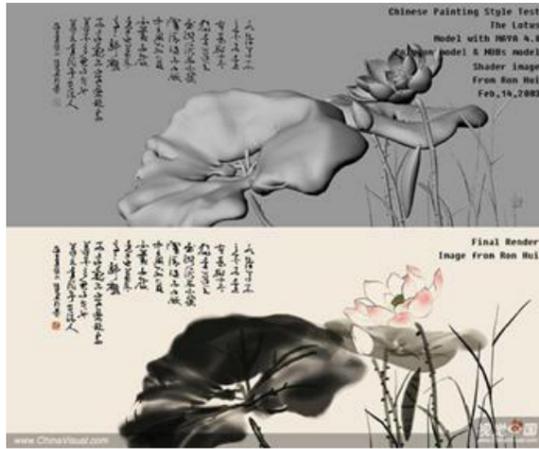


그림1. 수묵화 기법을 사용한 첨단 미디어 아트
그림2. 동적 NPR 기술을 적용한 첨단 전시 사례 (상하이 엑스포, 청명상하도)



그림2

● Spatial Augmented Reality

공간증강현실(Spatial Augmented Reality)이란 기존의 증강현실 기술에 프로젝터를 이용하여 실세계 사물의 표면에 정보, 콘텐츠, 사용자 인터페이스 등을 직접 투사하는 기술로 현실객체에 가상정보를 결합시키기 위한 다양한 방법 중 한 가지 형태로 프로젝션 기반 증강현실이라고도 불린다. 앞서 소개되었던 증강현실 기술은 다음 그림과 같이 현실세계에 컴퓨터가 생성한 정보를 추가하는 방식에 따라 'Spatial AR'과 'See-through AR'로 나뉜다. 여기서 사용되는 'Spatial AR' 기술은 디지털 프로젝터를 통해 현실공간에 직접 디지털 영

상정보를 표시하는 형태로 최근에는 'See-through AR'처럼 단순히 모니터 화면상에 표현되는 증강현실에 비해 실사물에 직접 가상의 콘텐츠를 적합하게 보여줌으로써 사용자의 몰입을 극대화하는 차세대 증강현실 기술로 각광받고 있다.

- 공간증강현실(SAR) 예시

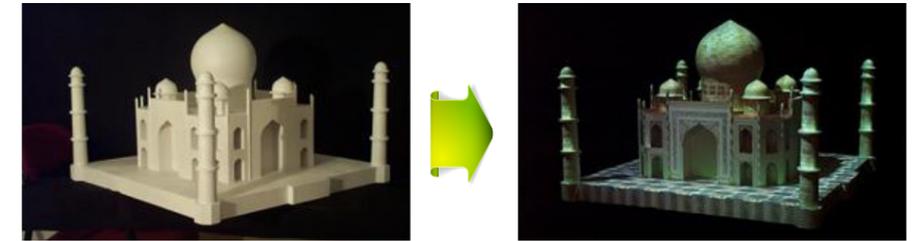


그림3. 한 가지 물체 위에 구현된 공간증강 예시

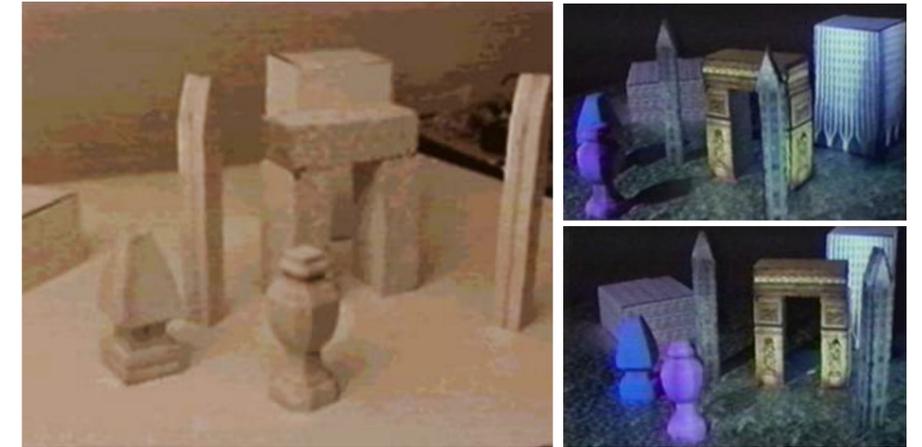
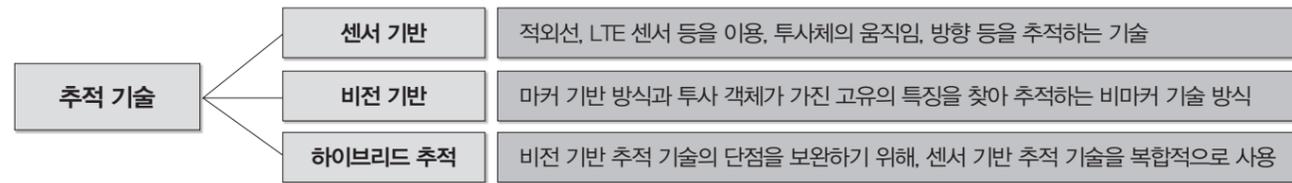


그림4. 여러 물체 위에 구현된 공간증강현실 기술 예시

- 공간증강현실(SAR) 주요 기술

공간증강현실의 주요 기술로는 왜곡된 영상 및 광학 등을 보정하는 출력보정 기술, 추적된 객체에 가상의 그래픽 영상을 일치시키는 추적 및 정합 기술, 상호작용 및 사용자 인터페이스 기술 등이 있다.

- (1) 출력보정 기술 : 기하학적 왜곡된 영상보정, 주변 조명환경에 따른 왜곡된 컬러의 광학 보상, 영상 투사면이 직교가 아닐 경우 발생하는 Out-of-focus 상태의 포커스 보정 기술
- (2) 추적 및 정합 기술 : 투사체 및 객체의 위치를 계속적으로 추적하고 추적된 객체에 가상의 그래픽 영상을 정확하게 일치시키는 정합 기술



(3) 상호작용 및 사용자 인터페이스 기술 : 사용자가 프로젝션된 가상의 디지털 콘텐츠를 다루기 위해서 사람과 컴퓨터 간의 상호작용이 이루어져야 하며, 이를 위한 기술로는 실감형, 협업, 하이브리드 증강현실 등이 있다. 실감형 인터페이스 방식은 프로젝션 기반 증강현실을 위한 상호작용에 적합하며, 현재 실감형 도구를 이용한 방식에서 맨손 (bear hands)을 이용한 방식으로 발전하고 있다.

나. 인터랙션 기술

- 인터랙션 기술은 공연자와 무대, 공연과 관객의 상호작용을 촉진하기 위해 고안된 기술이다.
 - 상호작용성 구현을 위해서는 공연자의 움직임을 인식해야 하기 때문에 공연에서의 인터랙션 기술에는 동작과 음향을 인식하는 센서 기술이 쓰인다.
 - 또한 관객으로부터의 반응이나 피드백을 수집할 수 있는 네트워크 기술, 인터랙션을 구현하기 위한 인터랙티브 미디어 창작 기술이 활용된다.
- 센서나 카메라로부터 인식된 감각 정보는 전시 대상물 혹은 공연물과의 상호 작용을 유도 하여 실시간을 반영함으로써 사용자, 관객 등에서 몰입감을 증대시킬 수 있다.
 - 특히 동작 인식 기술은 영상 기술과의 결합이 두드러지는데, 공연자의 움직임과 상호작용하는 영상으로 극중 현장감을 높이는 효과를 거둘 수 있다.
 - 최근 들어 Kinect 등 깊이 정보 획득 카메라의 보급으로 투명 디스플레이 혹은 프로젝터와의 연계 기술 개발을 통해, 가상으로 실제 체험을 하는 것 이상의 효과를 올릴 수 있는 첨단 기술들이 연구 개발되어지고 있는 추세이다.
 - TableTop 디바이스를 이용하여 멀티 터치 및 객체 인식을 기반으로 한 인터랙션 기술은 최근 들어 매우 각광 받고 있는 기술로서, 다양한 전시 분야에 적극적으로 활용되고 있다.

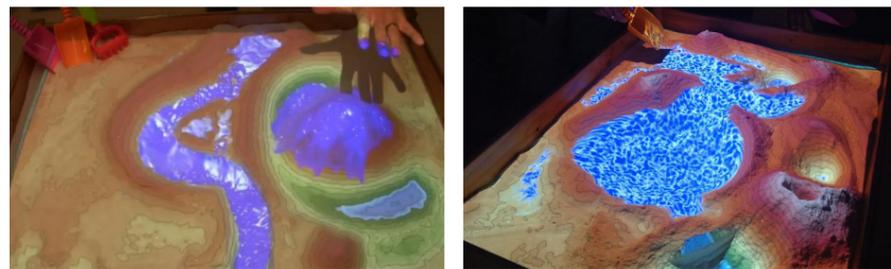


그림5. Augmented Reality Sandbox with Real-Time Water Flow Simulation



그림6. Microsoft's Holodesk

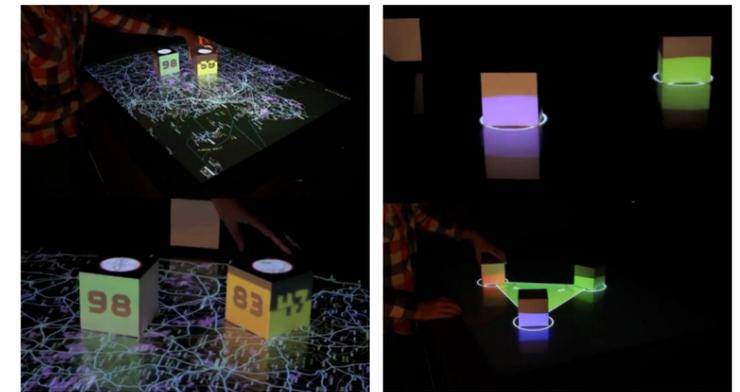


그림7. TableTop 기기에서의 멀티 터치 인터랙션 예시

다. 디스플레이 기술

- Geometry Correction

투영하고자 하는 표면이 평면의 스크린이 아닌 경우 표면의 굴곡에 관한 정보를 분석하여 투영하고자 하는 영상 자체를 변형하여 투영시킴으로써 표면의 굴곡을 보정하는 기법이다.

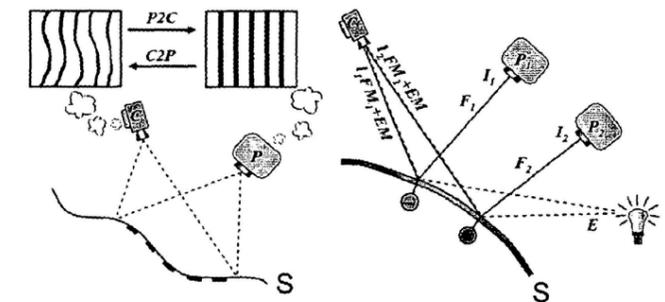


그림8. Geometry Correction 기술 개념도

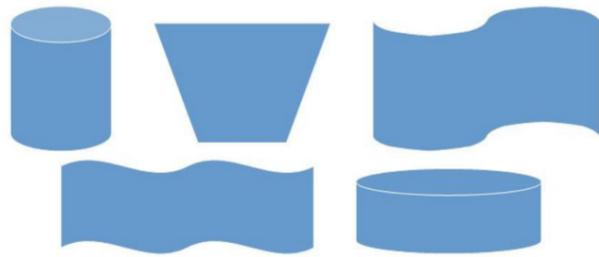


그림9. Curved Surface의 예



그림10. (좌)Projection 영역, (중)Geometry 정보 분석, (우)보정 후

• Edge Blending

하나의 큰 영상 즉 파노라마 영상을 여러 프로젝터를 통해 투영시킬 경우 하나의 영상을 분할하여 각 프로젝터에 투영시키게 된다. 이때 각각 분할된 영상 간 교차되는 구간에 프로젝터의 색상 차와 빛의 겹침 등의 요소로 부자연스러운 연결이 되면서 분할된 구간이 두드러지게 나타나는 현상이 발생된다. 이러한 문제점을 해결하여 하나의 자연스러운 파노라마 영상으로 만들어주는 기술을 Edge Blending 기술이라고 한다. Edge Blending 기법에는 다양한 기술들이 적용되고 있다. 가장 전통적인 방법으로는 선형 블렌딩(Linear Blending) 기술이 있으며 이보다 진보한 기술로는 Tri-Curve Blending 방법 등이 있다.

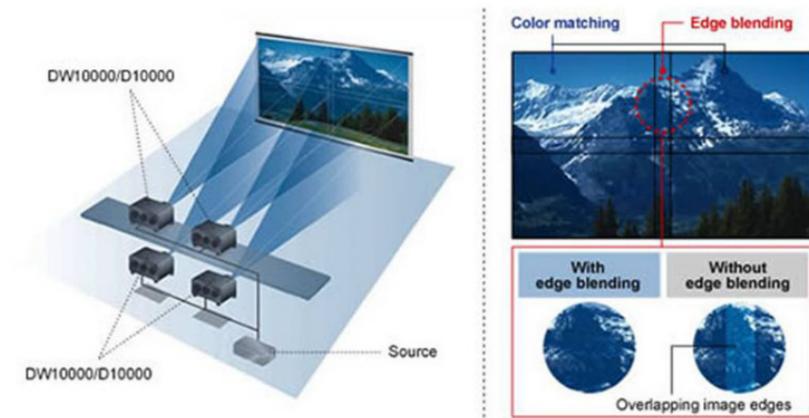


그림11. Multi-Screen System 및 Edge Blending 과 Color matching

• Multiple Display Handling

대 화면의 영상을 제어하기 위해 필요한 기술로 한 영상을 여러 개의 조각으로 분할하는 기술과 분할된 각각의 영상을 원하는 화면의 공간에 배치하여 투영할 수 있는 시스템이 요구된다. 영상의 사이즈와 분할개수에 따라 2가지 시스템으로 구성할 수 있다.

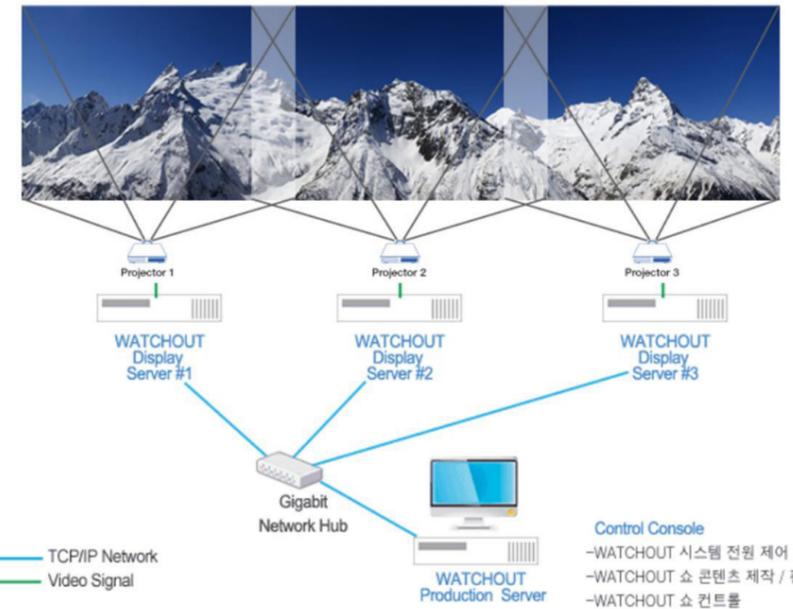


그림12. 네트워크 통신을 통한 멀티 채널 Projection

4 국내외 사례

- 디지로그 사물놀이 : 디지털과 전통 아날로그의 융합



그림13. 디스트릭트

- 한국의 전통 공연인 사물놀이에 첨단 디지털 홀로그램 기술이 가미되어 탄생한 '디지로그 사물놀이(죽은 나무 꽃피우기)(이하 디지로그 사물놀이)'는 아날로그적 감성과 디지털 기술이 융합된 공연이다.

- '디지로그 사물놀이'는 이어령 전 문화부 장관의 대본을 바탕으로 김덕수 사물놀이 연주자와 국수호 전통무용 안무가, 안숙선 가야금 연주자가 참여한 작품으로, 홀로그램 영상을 사용한 세계 최초의 4D 공연이다.
- 작품에 반영된 3D 홀로그램 영상은 디지털 디자인 기업인 디스트릭트(district)가 제작하였다.



그림14. Reactable 예시

- '리액테이블(Reactable)'은 원형 테이블 상에 블록 형태의 물체를 배치·조작하여 디지털 합성 음악을 연주하는 일종의 전자악기이다.
- '실물 도구 인터페이스(tangible user interface)'를 표방하는 '리액테이블'은 백라이트 테이블과 그 위에 배치하는 실물 블록 장치만을 이용한다.
- '리액테이블'은 특히 라이브 콘서트, 클럽 무대 등에서 DJ의 연주 퍼포먼스용 전자 악기로 좋은 반응을 얻고 있다.



그림15. 세계인도주의 날 행사(디스플레이실치) @ UNESCO



그림16. 세계인도주의 날 행사(콘텐츠) @ UNESCO



그림17. 세계인도주의 날 행사(실제 공연) @ UNESCO

5 기대효과

- 디지털 미디어 기술의 특징인 상호작용성, 복합성, 복제성이 공연의 속성을 변화시키며 새로운 전시 및 공연 형식의 태동을 예고하고 있다.
 - 디지털 기술의 복합성은 공연 구성 요소의 유기적인 결합을 가능하게 함으로써 전시 및 공연의 질을 한 차원 향상시키는 역할을 수행하다.
 - 첨단 전시 및 공연 기술을 독립적인 시스템으로 구조화한 후 다른 전시 및 공연들에도 적용 가능하기 때문에, 이를 활용한 공연 솔루션 상품 개발, 저작권 라이선스 모델 도입 등 새로운 수익 모델을 구축할 수 있다.¹⁰⁾
- 디지털 기술이 활용된 전시 및 공연은 디지털 미디어 기술과 전시 공연 문화 영역 간 협업을 촉진시키는 융합형 콘텐츠의 특성을 지니고 있다. 외국의 사례(태양의 서커스: 한해 매출액 8.5억 달러) 등을 통해서 융합형 콘텐츠를 기반으로 한 전시/공연은 엄청난 부가가치를 창출하고 있음을 확인할 수 있기에 이러한 융합으로 생산되어지는 창조적 결과물의 기대치는 매우 높다고 할 수 있다.
 - 첨단 전시 및 공연은 음향, 영상, 무대 디자인, 퍼포먼스와 같이 다양한 분야의 협업을 필요로 함으로 이를 아우를 수 있는 전시 플랫폼의 개발이 선행되어야 한다.
 - 새로운 미디어의 개발을 통해 전시 공연의 첨단화를 추구하기도 하지만, 동시에 새로운 미디어 플랫폼에 대한 연구 수요도 증대하고 있어서 미디어 아티스트와 IT 관련 연구자, 개발자들의 긴밀한 협업이 필요하다.

10) 한국콘텐츠진흥원(2011), CT 심층 리포트, 첨단 공연 기술의 동향과 사례, 2011, 8.

나노 기술기반 글로벌 연구동향

2013 MRS Spring Meeting & Exhibition 발표논문을 토대로

백동수 박사
 융합연구정책센터
 융합연구기획팀장

I. 소재중심의 나노 기술 연구동향

1 개요

- 2013 Materials Research Society(MRS) 춘계 학술대회 및 전시회에서는 소재연구 분야에서 급증하고 있는 융합 학제적 연구 방향에 따라 글로벌 조직위원회에서 기술의 위상, 인기도, 선도성 등을 감안하여 그림1과 같이 에너지, 나노소재, 전자/포토닉스, 바이오소재, 일반 소재과학 등 5개의 핵심분야에 대해 총 56개 기술분과로 나누어 프로그램이 도출되었다.
- 학생 및 초급 기술자들을 위한 10개의 tutorial session이 운영되었으며, 125개 이상의 나노 기반 생산품 및 공정과 관련된 제조장비에 대한 전시회도 동시에 개최되었다.
- 특별 이벤트로서 에너지 소재 포럼, MRS 어워드 수상자들의 발표, 기술 혁신 포럼, Innovation and Entrepreneurial Excellence 등이 개최되어 미래 기술 및 사회 변화에 대한 전망, 산업의 발전 방향 등에 관한 발표와 토론이 진행되었다.

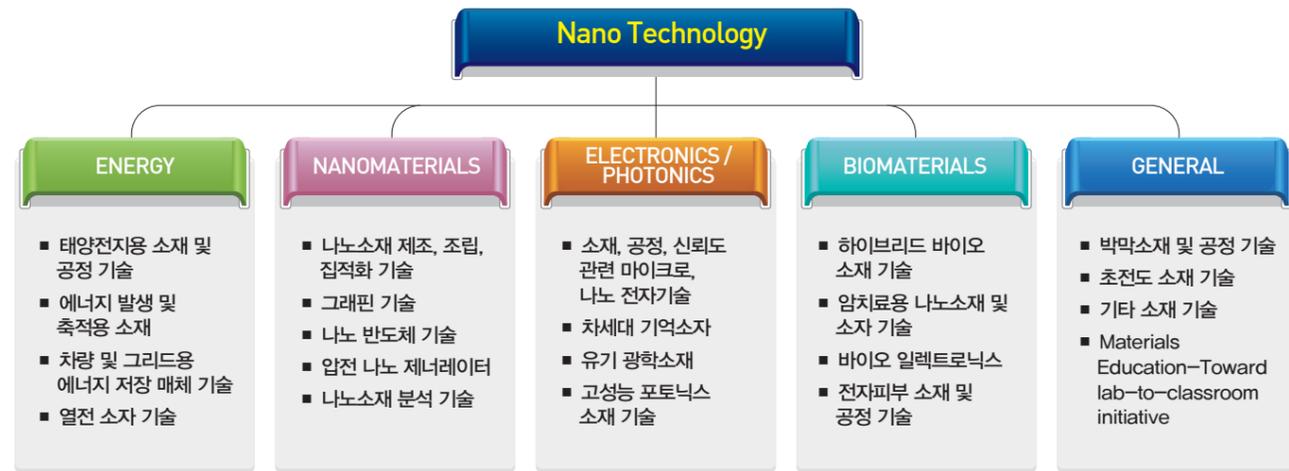


그림1. 소재중심 나노 기술의 최신 연구 분야

2 나노소재기반 연구동향

- 에너지 분야
 - 11개의 기술분과로 세분되어 총 1,398편의 논문이 발표되었다.

- 이 가운데 태양전지와 관련하여 소재, 공정, 상용화 기술에 관한 연구가 686편으로 에너지 관련 연구의 49%에 이를 정도로 매우 각광받고 있는 연구테마로서 차세대 에너지 원으로의 활용을 위한 연구가 세계 각국에서 활발히 수행되고 있음을 나타낸다.
- 에너지 분과 연구의 차 순위 연구테마는 자동차, 스마트 그리드, 휴대 정보기기용 이차전지와 관련된 나노소재 및 구조에 관한 연구로서 408편의 논문이 발표되어 전체의 29% 점유율을 나타낸다.
- 열의 입출관계를 이용한 소재로서 열전, magneto & electro-caloric 효과 소재 등에 관한 연구도 150편으로 약 10%의 점유율을 나타낼 정도로 최근 각광받고 있는 연구 분야로 나타난다.
- 기타 연구 분야로는 나노소재의 경우 그 크기가 매우 작아 분석하기 위한 다양한 방법 및 도구가 사용되므로 이에 대한 신뢰성 높은 측정 및 분석법에 대한 연구(약 6%)가 수행되고 있는 것으로 나타났다.

● 나노 소재 분야

- 14개의 기술분과로 구성되어 총 1,775편의 논문이 발표되어 가장 폭넓게 연구되고 있는 분야로 나타났다.
- 나노분말 및 결정체, quantum dot, 하이브리드 소재 등 다양한 나노구조체에 대한 제조, 조립, 집적화 공정, 특성 평가와 관련된 기술분야에 대한 논문이 440편으로 나노 기술 분과 내에서 약 25%의 점유율을 나타낸다.
- 차세대 반도체 소자로 유망한 그래핀 관련 기술에 대한 논문은 총 337편(약 19%)으로 단일 소재로는 매우 활발한 연구가 세계 각국에서 진행되고 있음을 보여준다.
- 나노구조 반도체 및 기능성 산화물과 같은 차세대 IT 기기에 적용 가능한 소재관련 기술도 약 15% 정도의 연구 빈도를 나타낸다.
- 그 외에도 측정기술, 나노소재의 열특성, 압전소재 및 나노발전기, 미세구조 측정기술 등 다양한 나노소재를 기반으로 응용, 특성평가에 관한 논문이 발표된다.

● 전자/포토닉스 분야

- 11개의 기술분과로 세분되어 총 896편의 논문이 발표되었다.
- Organic electronics와 plasmonics를 포함하는 optoelectronics 분야 논문이 각각 258, 129편(각각 28, 14%의 점유율)이 발표되어 이 분과에서 가장 높은 연구 집중도를 나타낸다.
- 반도체 공정기술, 메모리 소자, LED 소재 등 나노 기술과 전자공학 기술이 접목된 다양한 분야에서의 연구결과가 고르게 발표되어 전자/포토닉스 분야에 대한 연구는 미래의 응용범위가 폭넓게 분포되어 있음을 의미하는 것으로 해석된다.

● 바이오 소재 분야

- 9개의 기술분과로 세분되어 총 671편의 논문이 발표된다.
- 바이오 소재분야의 연구는 나노구조체를 이용한 다기능성 소재, 생체 조직용 소재, 약

물전달용 소재에 관한 연구가 주를 이루어 총 449편의 논문이 발표되어 점유율 67%로 매우 높은 빈도를 보였다.

- 전자피부와 같이 생체조직과 전자기기 인터페이스에 관련된 bioelectronics 연구도 새롭게 부각되기 시작하여 총 124편의 논문이 발표되었다.

● 일반 소재 분야

- 11개의 기술분과로 세분되어 총 652편의 논문이 발표된다.
- 일반소재분야는 나노에 기초한 소재의 특성 및 응용에 초점을 맞추고 있지는 않으나 응용분야는 나노소재분야와 중복되는 부분이 있다.
- 다양한 금속산화물을 활용한 공정 및 소재 구조와 관련된 연구 분야에서 총 158편의 논문이 발표되어 가장 높은 빈도를 나타내었다.
- TiO₂는 그 활용분야가 생체, 환경, 에너지 분야 등으로 매우 높아 단일 소재로는 탄소소재 다음으로 가장 많은 106편의 논문이 발표되었고, 초전도체와 관련된 연구도 지속적으로 진행되어 총 73편의 논문이 발표된다.
- MRS의 총 56개 기술분야 중 가장 독특한 분야는 Material education에 관한 것으로 대학, 연구소 등에서 소재와 관련된 교육 프로그램의 운영 실태와 그 효과를 나타낸 것으로 총 34편이 발표되었으며, 미국 30편, 영국 2편, 독일 1편, 그리스 1편으로 미국과 EU의 교육 실태에 관한 내용만 발표되었고 아시아권에서의 현황은 발표되지 않는다.

3 글로벌 연구동향 분석

- 2013 MRS Meeting에서 발표된 총 논문 수 5,392편 가운데 나노소재 및 에너지 소재관련 분야가 전체의 59%를 차지하여 소재분야 가운데 가장 유망한 연구 분야로 나타난다.

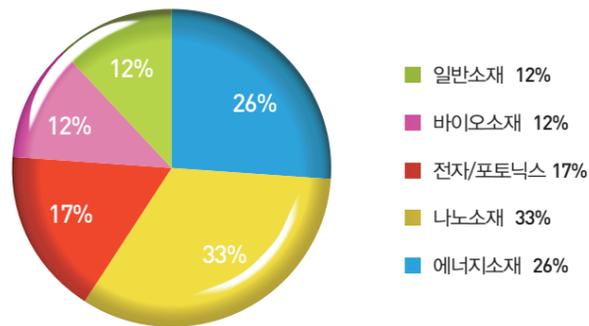


그림2. 2013 MRS Meeting에서 발표된 논문의 분야별 점유율

● 에너지 및 나노소재 분과의 연구동향

- 에너지 및 소재 분과에서의 세부기술 내용을 살펴보면 태양전지 및 배터리 관련 기술이 전체의 80%에 달할 정도로 많은 연구가 이루어지고 있으며, 열전소자와 관련된 연구도 급격히 상승하고 있는 경향을 나타낸다.
- MRS Meeting의 주된 연구 분야가 소재중심인 것을 고려한다면 나노소재분야의 논문이 가장 많았던 것은 당연한 결과로 생각되며, 세부기술내용도 나노구조체 제조, 공정과 관련된 연구 및 그래핀 소재 기술이 가장 관심 있는 연구 분야인 것으로 나타난다.

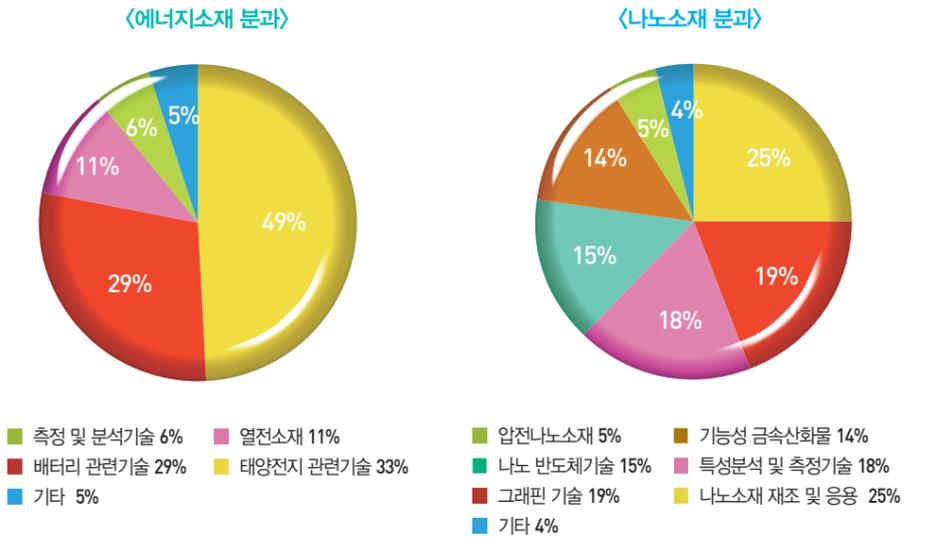


그림3. 에너지 소재 및 나노소재분과 세부기술 점유율

4 Hot Issue of 2013 MRS Meeting;

Materials for Electronics that can stretch, twist, fold, and flex

- (개요) MRS 중견연구자상을 수상한 John A. Roger(University of Illinois at Urbana-Champaign)의 연구성과
 - 생체는 부드럽고 곡선적인 반면 실리콘은 딱딱하고 평면적이어서 상호 양립하기 어렵기 때문에 이러한 부정합을 해소시키기 위한 전자시스템은 생체조직과 쉽게 집적화될 수 있는 소재에 관한 연구를 통해 새로운 기회를 창출할 수 있다.
 - 이러한 목적을 달성하기 위하여 심장, 뇌, 피부를 감싸고 있는 얇고 탄성이 큰 모니터링용 소자로부터 포유류와 절지동물의 시각 시스템으로부터 착안한 디지털 카메라에 이르기 까지 다양한 연구가 시도되고 있다.
 - 이러한 소자들은 건강상태를 모니터링하거나 장기들이 어떻게 동작하는가를 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있는 유용한 기구가 될 것으로 전망한다.
 - 초기 연구성과로서 동물의 뇌활동을 관찰하기 위해 실리콘 바늘(needle of glass embedded in Jello)을 동물의 뇌에 삽입하여 운동상태를 모니터링하는데 성공하였으나

이러한 성과도 장기적인 측면에서 해결책이 될 수 없다는 인식하에 지속적인 연구개발이 필요하다.

- (연구내용) 바이오조직과 양립할 수 있는 유연성 소재에 대한 연구
 - 부드럽고 유연하며 장기와의 결합이 가능한 생물학적 회로 시스템 설계 및 제작을 위한 연구가 진행되었다.
 - 이러한 목적을 달성하기 위한 회로구성 요소로 폴리머, 소형 분자 장기, 탄소기반 소재(나노튜브, 그래핀), 휘 수 있을 정도로 초미세 가공된 실리콘(두께 10nm, 힘강도 10^{-17} Nm) 등이 선정되었다.
 - 실리콘기반 소자의 유연성에 신축성을 부가하기 위하여 팽창과 수축의 원리를 이용하여 물결모양의 실리콘 리본형 나노구조체를 만들어 생체조직과의 인터페이스화를 연구한다.
 - 이러한 소재를 활용하여 장애인의 목소리를 이용하여 컴퓨터 커서를 움직이게 할 수 있거나 미식축구선수의 헬멧에 회로기구를 설치하여 충격을 모니터링할 수도 있으며 조산 신생아 케어에도 활용이 가능함을 보여준다.
 - 이와 같은 나노소자를 이용하여 뇌활동을 모니터링하기 위한 시도를 통하여 2016개의 트랜지스터를 포함한 288개 센서어레이를 갖춘 유연 회로 개발에 성공하고 간질 고통의 발작원인을 규명하고 문제가 되는 조직을 제거하는데 성공했다.



그림4. 생체 인터페이스용 유연 회로 기술

- (향후 연구과제) 나노기반 바이오 기술
 - 인공 망막을 만들 수 있는 소재 및 회로 개발
 - 신축성 있는 나노소재+전자공학+바이오 기술의 융합 기술 연구개발을 통한 인간 체감형 기술의 완성한다.



John A. Roger 약력

- 1988년 U of Texas at Austin 화학 및 물리학과에서 BA 및 BS 학위
- 1995년 MIT 물리화학에서 PhD 학위
- 2000~2002년 Bell 연구소 condensed matter physics research department Director
- 현재 U of Illinois at Urbana-Champaign Swanlund chair professor

5 시사점

- 융합 기술의 근간을 이루는 나노소재 분야에 관한 연구는 최근 환경, 에너지, IT, 바이오 기술과 크로스오버하여 다학제간 연구로 그 범위를 확대해 나가는 추세이다.
- 특히 소재관련 연구의 중심이 제조방법, 공정기술, 특성평가기술 등으로부터 타 기술과의 융합을 통해 인간 체감형 기술로 진화해 나가는 뚜렷한 경향이 나타나고 있다.
- 최근 융합 기술의 발전과 함께 과학 기술이 사회적으로 미치는 긍정적, 부정적 효과에 대한 이해와 고찰의 필요성이 크게 부각됨에 따라 나노소재 기술에 대한 교육을 통해 기술발전과 사회에 미치는 영향에 대한 폭넓은 이해를 구하기 위한 교육 프로그램이 활성화 되고 있다.
- (우리의 대응) 미래창조과학부의 분석에 따르면 소재분야에 대한 국내 연구 실적은 매우 우수한 것으로 평가되고 있으나 사업화로 이어지는 실적은 상대적으로 미흡한 것으로 평가되고 있어 원천기술개발로부터 상용화 기술 개발 및 사업화에 이르기까지 기술의 전 주 기별 맞춤형 R&D 네트워크 구축과 같은 활성화 방안이 구체화 될 필요가 있으며, 관련기술에 대한 미래 인재양성을 위한 내실 있는 교육 프로그램의 도출이 시급하다.

II. 나노 기술 발전을 위한 미국 내 기반시설 현황

1 개요

- 미국 내 나노 기술 발전을 위해 전미과학재단(NSF)의 지원 하에 나노스케일 과학, 공학, 기술 커뮤니티에 대한 요구를 충족시키고자 개방형 구조의 국가 나노 기술 기반시설 네트워크(National Nanotechnology Infrastructure Network, NNIN)를 구축했다.
- 나노과학 연구를 위한 소재 제조 및 합성, 특성분석, 설계, 시뮬레이션, 집적화를 위한 기반 시설을 미국 전역 14개 대학 내 설치하여 연구개발, 교육 및 훈련, 나노 기술의 사회 및 윤리적 영향 고찰 등에 관해 국가차원의 지원을 위한 기반시설 설치했다.
- 지역 센터별로 특성화 분야가 나뉘어져 있어 독자적인 융합 기술 개발 및 인력양성 프로그램을 추진한다.

2 NNIN의 주요 역할

- 나노스케일 영역에 해당하는 전 과학 기술 분야에 대한 연구를 지원한다.
 - Physics, optics, electronics, MEMS/NEMS, life science, chemistry and chemical nanotechnology, computational nanotechnology 등의 분야에 대한 연구사업을 지원한다.

- 나노 기술 개발을 위한 다양한 장비 및 공정시설 구축한다.
- 새로운 나노 기술에 의한 초기단계의 생산품을 상용화할 수 있는 상업화 및 소규모 사업 지원한다.

● **학부생을 위한 연구경험 프로그램**

- REU(Research Experience for Undergraduates) 프로그램을 통해 학부생들에게 나노 기술에 대한 연구를 경험할 수 있는 기회를 제공한다.
- 연간 90명의 학부생들은 14개의 지역 센터에 분산되어 10주간의 교육 및 연구과정을 통해 나노 기술의 다양성을 체득한다.
- 각 학생들은 교수 및 연구진에 참여하여 독자적인 연구테마에 대한 연구를 진행하고 그 결과를 세미나를 통해 발표한다.

● **교육 및 훈련 과정**

- 학생뿐만 아니라 일반인에게도 나노과학과 관련된 지식의 향상을 위해 다양한 프로그램을 지원한다.
- 연간 200회 이상의 이벤트를 통해 25,000명 이상에게 나노 기술 교육 프로그램 이수 기회를 제공한다.
- 연간 10,000회 이상의 이벤트를 통해 2,000명 이상의 사용자들에 대한 훈련 프로그램을 진행한다.

● **나노 기술의 사회적 윤리적 이슈에 대한 고찰**

- 과학 기술의 큰 사회적 파급력으로 인하여 연구개발의 의미에 대한 학습, 이해, 사회 및 윤리적 인식과 같은 부분에 있어서의 사회적 이슈를 검토하기 위한 노력을 수행한다.
- 나노 기술이 사회적으로 가져온 긍정적, 부정적 영향을 고찰하기 위한 나노 기술의 사회 및 윤리적 이슈(Social and Ethical Issues, SEI) 제도를 구축한다.
- NNIN 사용자들에 대한 교육 및 훈련과정에 SEI를 도입하여 기술자체뿐만 아니라 기술의 사회적 영향과 파급효과에 대한 이해를 향상시키고자 한다.

3 시사점

- 미국은 융합 기술의 모태를 나노 기술로 인식하고 1990년대 소재 기술을 기반으로 한 나노 과학의 응용분야를 2000년대 들어서면서부터 바이오, 에너지, 정보기술 등과의 융합을 통한 신기술 창출로 확대하고, 지속적인 발전을 위해 국가적 기반 시설을 미국 전역에 설치하고 연구, 교육, 사회적 이슈 등 다양한 영역에 대한 지원을 지속하고 있다.
- 연구개발뿐만 아니라 미래의 유능한 인재양성을 위한 창의적 교육 프로그램을 진행함으로써 지속적인 발전의 기틀을 구축하고 있으며, 신기술 출현에 대한 사회적 합의를 이끌어 내기 위한 노력도 병행한다.

- (대응방안) 국내 나노 기술도 최근 비약적으로 발전하고 있으며 이와 관련하여 나노랩, 융합대학원 등의 기반시설도 구축되어 있으나, 과학 기술 인력의 저변확대를 통한 인재 양성을 위한 미래지향적 프로그램이 미국에 비해 상대적으로 미흡한 편이어서 이에 대한 교육 및 훈련 프로그램의 활성화 및 내실화가 필요한 실정이다.

NNIN 지역 센터 및 특화분야

- The Cornell Nanoscale Facility at Cornell University; 나노 기술 전반
- The Stanford Nanofabrication Facility at Stanford University; 나노 기술 전반
- The Lurie Nanofabrication Facility at the University of Michigan; MEMS, Electronics, system integration, biology, computation, geoscience
- The Nanotechnology Research Center at the Georgia Institute of Technology; Biology, Integrated systems, electronics
- The Center for Nanotechnology at the University of Washington; Biology and life science, Nanotechnology for ocean observatories, social & ethical impact of NT
- The Penn State Nanofabrication Facility at the Pennsylvania State University; Chemical NT, materials integration, complex oxides
- Nanotech at the University of California at Santa Barbara; Optics, Physics
- The Nanofabrication Center at the University of Minnesota; Nanofabrication, energy
- The Microelectronics Research Center at University of Texas at Austin; Electronics, chemical NT, instrumentation for manufacturing
- The Center for Nanoscale Systems at Harvard University; chemical NT & computation
- The Howard Nanoscale Science and Engineering Facility at Howard University; Materials
- The Nano Research Facility at Washington University at St. Louis; Nanostructured materials, nanoparticles, nanotoxicology
- Nanofab at Arizona State University; Inorganic-organic interfaces, microfluidics, bioMEMS
- The Colorado Nanofabrication Laboratory at the University of Colorado at Boulder; Electronics, optoelectronics, MEMS, precision measurements, energy

융합
4casting

창간호 제1호 2013년 6월

발행일 2013년 6월 3일

발행인 윤석진

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

인쇄처 나모기획

주소 136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5 T. 02-958-4986

미래성장동력의 중심,
CONVERGING TECHNOLOGY



융합연구정책센터 KIST

