

Ⅰ 대정부 건의문 Ⅰ

제16차 한·미 나노포럼 대정부 건의문: 휴먼인지 및 뇌 연구 관련 나노센서와 단일세포 레벨의 나노의약

미국 캘리포니아 주 샌디에고
University of California, San Diego
2019년 9월 24일 채택

21세기의 첫 10년은 제4차 산업 혁명의 빠른 진보에 따른 다양한 학제 간 연구 전략들이 추진되었으며, 특히 나노기술 기반 융합기술 및 광범위한 과학기술 분야에서의 응용이 중점 추진되었다. 새로운 기술 발전을 더욱 촉진시키기 위해, 미국의 국립과학재단(NSF)과 한국의 과학기술정보통신부(MSIT)는 ‘한·미 과학기술 공동위원회’의 권고사항(2002년 10월 31일, 한국 서울 개최)에 따라 ‘한·미 나노포럼’을 통해 나노기술 관련 정보 교류 및 나노기술 분야 협력을 위한 공동의 기반을 적극 모색해왔다.

한미 나노포럼은 양국 나노기술의 발전에 크게 기여하며, 출범 10여년 만에 상당히 성공적인 포럼으로 자리 잡게 되었다. 다양한 과학 연구 분야에서 시너지를 가져올 수 있는 융합의 개념, 최신동향을 파악하고, 비전을 제시하는 역할을 수행해왔다. 또한 파급효과가 큰 유망 나노기술 분야를 파악하는 등, 한·미 양국의 산업계와 연구계간 효과적인 네트워킹을 위한 공동의 장이 되어왔다. 본 포럼을 통해 추진된 다양한 협력 전략들이 바로 이러한 노력을 잘 보여주는 사례이며, 포럼을 조직함으로써 양국 간 첨단 기술 발전을 도모하는데 크게 기여하였다. 현재까지 한·미 나노포럼에 대한 홍보는 카네기멜론대학 웹사이트 (<http://www.cmu.edu/nanotechnology-forum/>)를 통해 이루어졌다.

제1차 포럼은 폭넓은 나노기술 연구 분야를 주제로 2003년 10월 14-18일 동안 NSF와 과학기술정보통신부(구 과학기술부)의 주최로 서울에서 개최되었다. 이후, 본 포럼은 지난 15년 동안 매년 한·미 양국으로 장소를 번갈아 개최해왔으며, 양측 조직위원들에 의해 선정된 다양한 주제들을 다루어왔다. 제2차 포럼은 나노제조 연구와 나노기술 영역의 전반적인 교육 프로그램 개발에 관한 것이었다. 제3차 포럼은 앞서 개최된 두 포럼에서 다루었던 수동 시스템과 달리 능동 디바이스와 시스템 연구에 중점을 두었다. 제4차 포럼은 지속가능한 에너지에 관한 것으로 에너지 분야 응용을 위한 소재 및 디바이스와 시스템 디자인을 주제로 다루었다. 제5차 포럼에서는 나노바이오기술을 주제로 나노기술의 환경, 건강, 안전과 관련해 헬스케어에서 발생 가능한 심각한 문제점을 극복할 수 있는 새로운 나노바이오소재, 제어 기술 및 통합 시스템의 발전을 중점적으로 다루었다. 제6차 포럼은 나노일렉트로닉스 및 바이오기술과의 융합을 포함한 통합적 응용 연구에 중점을 두었다. 제7차 포럼은 친환경적 나노에너지를 위한 재료 및 시스템을 논의하고,

현재와 미래의 에너지 기술 부문의 과제에 있어 나노기술 융합을 통한 해결책을 제시하였다. 이 포럼은 21세기의 첫 10년(NANO1) 동안 광범위한 과학기술 분야에서의 나노기술 융합의 출현을 기록하는 발전과 피드백과정을 통해 막을 내렸다. 2011년, 지속가능한 나노기술 융합에 관한 제8차 포럼은 다음 10년(NANO2) 전 세계 인구 증가에 따라 직면한 심각한 문제점들을 해결하기 위한 나노기술의 새로운 시작을 알렸다. 미래 지속가능한 나노기술, 특히 물 재생 및 담수화, 온실가스 포획 및 변환, 그리고 지속가능한 자원을 중점적으로 친환경적 기술을 강조하였다. 제9차 포럼은 나노과학의 기초, 지속가능성, 그리고 차세대 나노기술 제품을 위한 최신 응용 분야와 같이 꼭 해결해야 할 폭넓은 사회적 과제들에 관해 나노과학기술 융합을 통한 응용 방향을 모색하는데 중점을 두었다. 제10차 포럼에서는 차세대 나노기술 제품 및 그 과정을 위한 로드맵을 계획하였다. 제11차 포럼에서는 나노제조, 나노복합소재, 그리고 나노인포매틱스 등에 대한 새로운 패러다임을 제시하였다. 이 포럼에서는 고강도/경량화 스마트 나노복합소재 개발을 위한 혁신적이고 지속가능한 나노제조기술의 개발 및 나노인포매틱스를 통한 나노제조기술의 관리 등을 현안 주제로 다룸으로써, 나노기술을 현실화할 수 있는 기회를 제공하였다. 이러한 나노제조기술들을 통해 항공우주, 자동차, 에너지, 환경, 정보, 전력산업 등 현존하는 다양한 산업에서 차세대 고성능 제품 생산 및 새로운 산업 개발에 있어 패러다임의 전환을 이룰 수 있을 것이다. 제12차 포럼에서는 2D 소재 분야의 나노과학 융합, 수처리 관련 기술 분야의 새로운 패러다임을 위한 로드맵 제시를 중점 의제로 다루었다. 이 과정에서 수자원 관련 주제에 응용할 수 있는 나노기술 및 기능성 나노소재 등 다양한 기술적인 개선 방안에 대한 중점 검토가 이루어졌다. 제13차 포럼에서는 뉴로모픽 컴퓨팅, 지속가능한 수자원 및 에너지를 주제로, 제14차 포럼에서는 나노센서 기반 사물인터넷과 뉴로모픽 컴퓨팅을 주제로 나노기술 및 기능성 나노소재 응용을 위한 다양한 기술적인 개선 방안에 대한 검토를 통해 나노과학 융합의 새로운 패러다임을 위한 로드맵 제시를 중점 의제로 다루었다. 제15차 포럼에서는 나노센서 기반 사물인터넷 주제 관련 지속 협력뿐만 아니라, 단일세포 레벨의 나노의약 분야의 새로운 패러다임 구상에 중점을 두었으며, 처음으로 국내 최대의 나노기술 행사인 '나노코리아 2018'의 위성 세션으로 진행하여, 많은 나노기술 연구자와 일반 대중의 참여를 증진시켰다.

이번 제16차 포럼은 2019년 9월 23&24일 미국 캘리포니아 주 University of California, San Diego에서 개최되었으며, 발표자 38명을 포함한 나노기술 분야의 저명 과학자 및 정책 입안자 60명이 참가했다. 이번 포럼에서는 휴먼인지 및 뇌 연구 관련 나노센서와 단일세포 레벨의 나노의약 분야 발전을 통한 나노기술의 실현에 중점을 두었다. 단일세포 레벨의 나노의약 주제는 작년에 이어 올해 한 번 더 그 주제를 다루어 협력의 지속성을 강조하였다.

나노융합기술 관련 논의를 확장하여, 제17차 포럼은 2020년 9월 21&22일, 한국 대전에서 개최될 예정이다. 제17차 포럼의 새로운 주제로는 나노기술과 인공지능의 융합 연구 관련 주제를 다루는 것으로 잠정적으로 결정하였다. 또한, 제16차 포럼의 연속 주제인 휴먼인지 및 뇌 연구 관련 나노센서 주제는 지속하여 한·미 양국 연구자들 간의 협력을 더욱 촉진시키고자 한다. 실제로 이전 포럼의 주제였던 뉴로모픽 컴퓨팅(13, 14차 포럼 주제), 나노센서 기반 사물인터넷(14, 15차 포럼 주제), 그리고 단일세포 레벨의 나노의약(15, 16차 포럼 주제)은 한 주제를 두 번의 포럼에서 연속적으로 다룸으로써 큰 협력 성과를 거두었다.

이번 제16차 포럼의 권고사항:

■ Sub-group 1: 휴먼인지 및 뇌 연구 관련 나노센서

● 논의사항

상호 관심분야 및 주요 도전과제(Challenges):

1. 단일 세포(Single Cells)

- 생물 독성, 안정성 및 바이오파울링(biofouling)*의 제어 등을 고려한 단일 세포 복조(interrogation)** 센서 기술 개발
 - 특성분석 기술의 표준화가 중요

* 다양한 생물학적 요인에 의해 소재의 표면에 단백질 및 미생물, 식물성 조직의 침착 등이 이루어지는 현상

** 전자기파(빛) 신호를 전기신호로 바꾸는 것

- 복조(광학, 전기, 자기 및 음향)를 위해 단일 세포 해상도로 모니터링 하는 다중접근 방식 추구
- 세포 유형별 복조를 위한 새로운 기술의 확장
- 단일 세포 센서 기술의 스케일업
 - 확장 기술의 다중 및 대규모 데이터 세트의 경우, 정보를 올바르게 해석하고 합성하기 위해 기계학습과 타 분야의 접근 방식을 융합하여 활용하는 것이 중요
- 인공 및 개별 '유기'신경 간의 인터페이스로 신경 손상을 신속하게 복구한 후 화학적·생물학적 접근방식을 보완하고, 인공 신경을 사용하여 최소한의 에너지로 소프트 로보틱스를 제어

2. 온전한 뇌(Intact Brains)

- 임상 및 과학 연구 등의 넓은 응용 범위와 최소한의 침습성 등을 위한 다중 채널 분산 무선 시스템 개발
- 혈액-뇌 장벽(Blood-Brain Barrier)을 넘어서기 위한 음향/초음파 등을 활용할 수 있는 소형 기술 추구
 - DARPA의 경우, 비 침습적 뇌 매핑 관련 프로그램에 1억 달러 투자를 시작하였으며, 다양한 소규모 프로젝트를 통해 위험을 줄이고 혁신 가능성을 높이려 함
- 한 예로, 쉽게 접근 가능한 MRI를 활용한 자기 형태의 나노기술과의 융합 시도 가능

3. 웨어러블(Wearables)

- 휴먼머신 인터페이스용 웨어러블 센서의 최적화 및 개선
 - 모발제거, 전력 및 대역폭(bandwidth) 등의 이슈를 해결하기 위해 인쇄 전자제품, 자기조립, IC 설계, 에너지 하베스팅 및 저장 등의 기술 개선 필요
 - 웨어러블 디바이스에서 데이터 프로세싱/기계학습을 포함하고 중요한 데이터만 클라우드에 업로드 하면 위 문제의 일부 개선 가능(다 분야 접근 필요)
 - 기계 제어를 위해 착용 가능한 더 높은 공간 특이성 개발(전기/전자 외에 다른 접근 방식과의 융합 가능)
 - 민감하고 전기화학적으로 안정적인 구강 내 웨어러블 및 섭취 가능한 디바이스의 개발
 - 피부 웨어러블 및 피부 내 이식 가능한 디바이스의 통합

● 권고(안)

- 공동연구를 위한 자금 지원 필요
- 협업 및 아이디어 교환 촉진을 위한 소규모 한·미 심포지엄 개최 제안
- 포스터 세션을 포럼 첫째 날 저녁으로 옮기는 등 더 많은 토의 시간 배분 제안
- 협업의 로지스틱스(과제 소유권, 지적 재산권 이슈, MOU 등 상호협력을 촉진시킬 수 있는 방법을 포함)에 관한 논의 필요

■ Sub-group 2: 단일세포 레벨의 나노의학

● 논의사항

주요 도전과제(Challenges):

- 공학과 의학 분야 간의 괴리 및 의사소통의 장벽
 - 한국의 협업 문화의 특성 상, 기관의 구성에 따른 하향식 접근 방식으로 인해 연구소와 타 기관의 공동연구자들 간(다양한 분야의 배경지식을 가진 전문가들 간, 예를 들어 엔지니어와 의사 간)의 의사소통이 어려움
 - 미국 코넬 대학교의 경우, 공대와 의대 사이의 물리적 접근거리가 멀어, 공대생들은 의대에서 장기간 머물다가 공대로 다시 돌아감
- 죽음의 계곡을 넘기 위한 기업 지원 필요
 - 한국의 경우 나노의학 분야의 죽음의 계곡은 기업 연결고리가 부족하여 발생하나, 최근 바이오 의학 분야에 정부의 지원으로 과학자와 투자자 사이의 체계적인 상호작용을 통해 스타트업 회사 설립에 기여하는 등의 문화 변화
 - NSF의 펀딩 메커니즘은 SBIR*, I-Corps**(\$50k), PFI***(\$600k) 프로그램을 통해 지원
 - * SBIR(Small Business Innovation Research): 중소기업 혁신연구 프로그램으로, 중소기업의 기술개발을 유도하고 개발된 기술의 상업화를 지원
 - ** I-Corps(Innovation Corps): NSF가 지원한 연구 프로그램 결과가 상업화로 이어질 수 있도록 기업이 정신을 육성하는 프로그램으로, 기술사업화 및 창업을 위한 중단기간의 기업가정신고취 커리큘럼의 개발 및 보급
 - *** PFI(Partnerships for Innovation): NSF가 지원하는 과학 및 공학 분야 연구자들의 기술개발 및 기술이전 등을 위한 기업과의 파트너십을 촉진
- 기술 상용화를 위한 투자 부족 및 긴 리딩 타임
 - 한국의 중소기업 보조금은 기술 상업화를 위해 부족한 수준
 - 협력 태도가 중요(존중과 인내)
 - 자본 자금, 공간, 협업, 의사소통의 격차
 - 한국 성균관대의 경우 삼성에서 지원하나, IP 문제 해결 필요
 - 기술 상용화, 특히 생체 의료 기기의 개발에는 더욱 긴 리딩 타임이 필요(높은 장벽)

● 권고(안)

• 트레이닝 프로그램 및 펀딩 메커니즘 제안

- 한 명의 대학원생이 두 명의 멘토를 두는 트레이닝 프로그램 제안
- 여러 분야를 하나로 묶어 임상자에게 연구를 장려하는 트레이닝 프로그램 제안
- 포럼 종료 시 예산요구서 작성을 위한 부트캠프와 그 중 한 개를 선정하는 보상 제안
- (포럼 형식 관련) ① 포럼 주제 소개 차원에서 포스터 세션을 주제 세션보다 우선적으로 시작하는 것을 제안, ② 포럼 및 그룹 토의 전에 상호 연구자 간 협업 탐색의 시간을 갖는 것을 제안

• 교환학생 프로그램 제안

- NSF 펀딩의 장학금 제도와 비슷한 Whitaker International Program 참고
(<https://www.whitaker.org/>)
- 한국 교환학생을 위한 지원이 더욱 필요(타 국가를 방문하는 미국 교환학생을 위한 NSF의 예산은 충분함)
- NSF의 INTERN* 프로그램이나, International School of Nanomedicine**을 모티브로 한·미 나노의학 학교를 고려

* INTERN(Non-Academic Research Internships for Graduate Students): 대학원생을 위한 비학술 연구 인턴십 프로그램(<https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18102/nsf18102.jsp> 참고)

** International School of Nanomedicine: 나노의학 분야 신진 과학자들 간의 네트워킹을 장려하여 국제적 수준의 최첨단 역량 제공을 위한 프로그램
(<https://nanomib.wixsite.com/nanomedicineschool> 참고)

• 기업 참여 촉진 필요

- 한국의 경우 명확한 규제 지침과 미국 FDA의 빠른 승인 필요
- NSF↔FDA 파트너십 프로그램(보조금) 참고: FDA 연구실에서 초기 테스트가 가능
(<https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18556/nsf18556.htm> 참고)
- 한국의 신진 연구자들에게 기술 상용화 및 기업 연계 활동을 장려하는 방안 모색