나노정책 보고서 2016-

미국의 나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호

미래 컴퓨팅

김민정, 강상규, 신광민, 정연진

2016. 03.

국가나노기술정책센터

머 리 말

최근 미국 구글사 계열, 인공지능(AI) 개발벤처 ‘딥마인드’(영국)의 바둑 소프트인 ‘알파고’와의 바둑대결로 인공지능에 대한 사회적 관심이 고조된 바 있습니다. 사실 미래 컴퓨팅은 미국을 비롯 중국, 일본 등 주요국들이 국가 차원의 경쟁에 돌입한 분야입니다. 미래 컴퓨팅을 향한 도전에서 나노기술이 핵심 요소로 파악되고 있습니다.

미국은 2014년 발간된 국가나노기술전략(NNI) 평가보고서에서 연방차원의 나노기술 관련 활동의 영향력을 보다 극대화하기 위해 그랜드 챌린지를 지정할 것을 권고한 바 있습니다. 2015년 6월 대중의 의견을 공모하고 100건이 넘는 의견을 심사하여 같은 해 10월 나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호로 미래 컴퓨팅을 지정하였습니다. 기존 컴퓨팅의 한계를 넘는 새로운 접근에 도전하기 위해 새로운 종류의 나노스케일 장치, 소재를 중요한 요소로 파악하고 있습니다. 기존의 접근 방식을 넘어선 도전이 질병문제, 노동문제, 안보 등 많은 문제들을 해결해 줄 것으로 기대하고 있습니다.

본 보고서는 미국의 나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호에 관하여 지금까지 발표된 내용들을 정리하였습니다. 본 프로그램의 핵심 내용 뿐 아니라 현황, 추진체계, 추진방법 등을 살펴봄으로써 향후 우리나라의 관련 정책 개발과 연구에 참고가 되기를 바랍니다.

2016. 3.

국가나노기술정책센터 소장 김재신

요 약

○ Grand Challenge는 오바마 대통령이 미국 혁신을 추진하는 전략중 하나

○ 특히 나노기술 분야 그랜드 챌린지 1호, ‘nanotechnology-Inspired Grand Callenge for Future Computing’은 야심적이고 목표달성 가능한 전략이며, nanoscience, nanotechnology, innovation을 통해 중요한 국가적, 지구적 문제들을 해결하는 전략

○ 2014년 10월에 발간된 국가나노기술전략(National Nanotechnology Initiative, NNI) 평가보고서에서 대통령 과학기술 자문위원회(the President’s Council of Advisors on Science and Technology; PCAST)는 연방차원의 나노기술 관련 활동의 영향력을 보다 극대화하기 위해 ‘그랜드 챌린지’를 지정할 것을 처음 언급함.

○ 2015년 6월 과학기술정책실(OSTP)는 NNI에 참여하고 있는 연방 기구들과 협의를 거쳐 정보요청서(RFI)를 작성하고 본 RFI를 통해 나노기술 기반 그랜드챌린지에 대한 미국 국민들의 제안 사항을 수렴함.

○ 접수된 100건 이상의 답변을 검토하여 2015년 10월 OSTP는 나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호 발표

○ 이는 오바마 행정부의 우선순위 중 다음 세 가지를 포함

- **the National Nanotechnology Initiative(NNI),**
- **the National Strategic Computing Initiative(NSCI),**
- **the Brain initiative**

○ 본 프로그램의 핵심요지는 데이터를 능동적으로 해석·이해하고, 이를 바탕으로 처음 대하는 문제도 해결하고, 인간 뇌의 에너지 효율을 가지고 작동하는 새로운 타입의 컴퓨터 개발임.

○ 전통적인 디지털 컴퓨팅을 진보시키는 일은 IT 혁명의 주요 동력이며 미국의 우선순위 과제 중 하나인데, 현재 기술은 센싱·문제해결력, 에너지 효율성 두 가지 측면에서 인간 뇌 기능에 훨씬 못 미침.

○ 많은 전문가들은 기본적으로 물리적 한계 때문에 트랜지스터 기술은 이 두 가지 성격을 매칭할 수 없다고 말하지만, 미국은 나노기술과 컴퓨터과학 계에서 지난 몇 십년간의 접근 방식을 넘어선 도전을 하도록 하여 급속한 혁신이 차세대에도 지속될 수 있도록 할 계획

○ 이 도전은 질병문제, 사람과 함께 안전하게 업무를 하는 로봇, 사이버 침입을 미리 알아내고 막는 일에 이르기까지 많은 문제를 해결할 것으로 기대함.

○ 이러한 도전이 성공하기 위해 정보를 저장하고 가공하는 기본 장치, 필요한 에너지 양에서 뿐 아니라 컴퓨터가 이미지, 소리, 패턴을 분석하는 방식, 데이터를 해석하고 학습하는 방식, 문제를 인지하고 해결하는 방식 등에서 혁신이 이루어져야 함.

○ 이러한 혁신은 대개 새로운 종류의 나노스케일 장치, 나노소재 등을 필요로 함.

○ 또한 최근 혁신적이고 전력을 작게 소비하는 센싱·컴퓨팅 기술-예를 들어 뉴로모픽, Magneto-electronic, analog system-의 쾌보는 neuroscience와 cognitive sciences의 획기적 진보이며 오늘 발표하는 그랜드 챌린지가 달성 가능한 목표임을 잘 보여줌.

○ 현재 미국 정부에서 본 그랜드 챌린지와 관련하여 추진하는 주요 프로그램은 다음과 같다.

주관 기관	프로그램 명
NSF	Expeditions in Computing, Robust Intelligence
국방부 (Semiconductor Research Corporation이 함께하는 공공-민간 프로그램)	Computational Cognition and Machine Intelligence, Nanoscale Computing Devices and Systems, DARPA SyDAPSE, DARPA UPSIDE,

	DARPA STARnet
IARPA	MICrONS

제1장 개요 및 추진경과

미국 NNI는 나노기반 그랜드 챌린지가 대통령의 “미국 혁신전략”의 중요한 일부로, 미국의 국가적 우선순위 과제 달성에 필요한 기술 혁신을 촉진하는 역할을 하게 될 것으로 기대하고 있다. 나노기술 기반 그랜드 챌린지는 야심차지만 충분히 달성 가능한 목표로 나노 과학, 나노기술 혁신을 통해 중요한 국가적 과제와 글로벌 과제들을 해결하고 국민들이 상상하는 바를 실현시킬 수 있을 것으로 보고 있다.

2014년 10월 NNI에 대한 평가를 통해, 미 대통령과학기술자문회의(President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)는 그랜드 챌린지를 파악하고, 선정하는 과정에 연구개발 주체들과 더불어 산업 분야 주체들을 참여시킴으로써 연방 나노기술 활동의 파급효과를 보다 극대화할 것을 권고하였다.

2015년 6월 OSTP는 NNI에 참여하고 있는 연방 기구들과의 협의를 거쳐 정보요청서(RFI)를 작성하였다. 본 RFI를 통해 나노기술 기반 그랜드 챌린지에 대한 미국 국민들의 제안 사항을 수렴하고자 했다. 접수된 100 건 이상의 답변을 검토하여 2015년 10월 20일 OSTP는 1차 그랜드챌린지를 발표하였는데, 본 챌린지에는 오바마 행정부의 3대 우선순위인 국가나노기술 이니셔티브(National Nanotechnology Initiative, NNI), 국가전략 컴퓨팅 이니셔티브(National Strategic Computing Initiative, NSCI), 브레인 이니셔티브(BRAIN initiative)가 포함되었다.

뉴로모픽 시스템, 자기전자 시스템, 아날로그 시스템을 포함해 에너지 효율이 높은 새로운 센싱 및 컴퓨테이션 방식을 개발하는 데 있어 최근 상당한 진전이 있었으며 이와 더불어 신경과학, 인지 과학 분야의 급격한 발전에 힘입어, 이제 이러한 야심찬 도전이 달성 가능할 수 있다는 믿음을 갖게 되었다. 연방 정부는 다음과 같은 다양한 프로그램들을 통해 이러한 기술 진보를 더욱 촉진하고 있다.

- NSF: “컴퓨팅 및 강력한 인텔리전스 구축을 위한 탐험(Expeditions in Computing and Robust Intelligence”
- 미 국방성: “계산 인지 및 기계 지능(Computational Cognition and Machine Intelligence)”, “나노컴퓨팅 기기 및 시스템(Nanoscale Computing Devices and Systems)”, “DARPA SyNAPSE”, “DARPA UPSIDE”, “DARPA STARnet (Semiconductor Research Corporation과의 공공-민간 파트너쉽 프로그램)”
- IARPA: “MICrONS”

나노기술 기반 그랜드챌린지 미래 컴퓨팅 분야는 데이터를 적극적으로 해석하고, 해석한 내용을 바탕으로 새로운 문제를 해결하고, 인간의 두뇌와 같은 에너지 효율을 가지고 운영하는 완전히 새로운 유형의 컴퓨터를 개발하는 것이 그 목표이다.

본 챌린지는 폰 뉴먼 아키텍처에 기반 한 전통적인 컴퓨팅을 넘어, 새로운 유형의 컴퓨팅을 추구한다.

IT 혁명을 이끌어온 주요 동인인 전통적인 디지털 컴퓨팅 기술을 발전시키는 일이 계속해서 국가적인 우선순위 과제이기는 하지만, 현재의 컴퓨팅 기술의 수준은 센싱 및 문제 해결 능력, 그리고 에너지 소비 문제에 있어서는 인간의 두뇌에는 훨씬 미치지 못한다. 많은 전문가들은 근본적인 물리적인 제약으로 인해 트랜지스터 기술이 이러한 인간 두뇌가 가지는 중요한 두 가지 특성을 달성하기는 어려울 것이라고 예측한다. 그러나 본 그랜드챌린지를 통해 다양한 분야의 과학자, 엔지니어들이 모여 폰 뉴먼 아키텍처에 기반 한 기존의 오래된 컴퓨팅 방식을 넘어 향후 10년 동안 전개될 급격한 혁신 로드맵을 제시할 수 있을 것이다.

본 챌린지를 달성하기 위해서는 정보를 저장하고 처리하는 기본적인 기기들에 있어서의 혁신이 필요할 뿐만 아니라 나아가 컴퓨터의 시각 정보, 음성정보, 패턴 분석 및 데이터 해석, 문제 파악 및 해결 방식 등에 있어서도 혁신이 필요하다. 인간의 두뇌는 상황 적응력이 뛰어난 동시에 백열등 보다 적은 양의 에너지를 소모하면서도 여러 복잡한 작업들을 수행할 수 있지만, 이는 전통적인 방식의 컴퓨터에게는 불가능한 일이다. 나노기술, 컴퓨터과학, 신경과학 분야의 혁신들을 접목함으로써, 새로운 방식으로 하드웨어와 소프트웨어를 개발할 수 있게 되면, 컴퓨터가 시각 정보와 음성 정보를 효율적으로 해석하고, 데이터의 패턴이나 비정상적인 데이터를 적극적으로 인지하고, 데이터로부터 배운 내용을 바탕으로 익숙하지 않은 문제들을 해결할 수 있게 될 것으로 기대하고 있다.

이러한 새로운 방식은 새로운 종류의 나노 기기 및 소재를 필요로 하게 될 것이며, 이들 나노 기기 및 소재는 3D 시스템으로 구현 가능할 것이다. 혁신적인 나노 기기 및 소재 개발을 위해서는 새로운 컴퓨터 아키텍처와의 긴밀한 조율이 필요하며, 동시에 인간 두뇌에 대한 보다 많은 이해가 필요하다. 10년 이상의 오랜 시간이 걸릴 수도 있겠지만, 우리를 둘러싸고 있는 엄청난 양의 데이터들을 우리가 필요할 때, 필요한 곳에서 유용한 정보로 탈바꿈시킬 수 있기 위해서는 혁신적인 컴퓨팅 역량을 구축하는 일은 필수적이다. 데이터를 효율적으로 해석하고, 그에 대응하는 것은 미국이 직면하고 있는 국가적 과제들을 해결하는 데 매우 중요하다. 질병에 대한 개인 맞춤형 치료법을 제공하는 일에서부터 첨단 로봇이 사람을 도와 함께 일하는 환경을 구현하고, 사이버 공격을 적극 파악해 이를 사전에 봉쇄하는 일에 이르기까지 다양한 과제들을 해결할 수 있을 것이다.

그랜드챌린지를 통해 가능한 일들:
- 미래의 산업 및 일자리를 창출;
- 인간과 인간을 둘러싼 세계에 대한 지식의 지평을 확대;
- 에너지, 의료, 교육, 환경, 국가안보, 글로벌 개발 관련 주요 도전과제 해결;
- 공공-민간 부문간 협력 방향을 제시하는 "북극성" 역할

제2장 '나노기술 기반 그랜드 챌리지 1호' 주요 내용

1. 프로그램의 주요 내용

○ "나노기술 기반 그랜드챌린지"의 의미

그랜드챌린지는 대통령의 "미국 혁신전략"의 중요한 일부로, 미국의 국가적 우선순위 과제 달성에 필요한 기술 혁신을 촉진하는 역할을 하게 될 것으로 기대하고 있다. 나노기술 기반 그랜드챌린지는 야심차지만 충분히 달성 가능한 목표로 나노 과학, 나노기술, 혁신을 통해 중요한 국가적 과제와 글로벌 과제들을 해결하고 국민들이 상상하는 바를 실현시킬 수 있을 것이다. 본 챌린지는 이러한 목표 달성을 위해 다양한 부문으로부터의 투자를 유도하는 한편, 새로운 발견을 촉진하고, 나아가 과학적 아이디어를 제품으로 상업화하는 데 필요한 여러 다양한 활동들을 연계하는 역할을 수행해야 한다.

효과적인 그랜드챌린지는 다음과 같은 특성을 지닌다 ("백악관 21세기 그랜드챌린지" 자료 참조):

• 객관적으로 측정 가능한 최종 목표가 있으며, 이 목표는 야심차지만 달성 가능한 목표임

• 성공적으로 챌린지를 완료하기 위해서는 기초적인 과학 지식, 툴, 인프라의 발전이 필요함

• 최종 목표를 달성해 가는 과정에서 달성 가능한 명확한 중간 목표가 있어야 함(측정 가능해야 하고 중간 목표 그 자체로도 가치가 있음)

• 일반적으로 협력이 활발하지 않은 분야들 간의 협력을 추진함. 이를 통해 다양한 기관들이 함께 협력하고 챌린지 해결을 위해 자원 및 정보를 공유하게 됨

• 단순한 발견에서부터 기초 과학, 엔지니어링 및 상업화에 이르기까지 다양한 층위의 노력이 요구됨 (예: 연구실에서 개발한 기술을 시장에 출시)

• 단일 기관 혹은 소수의 기관들이 수행하기에는 너무 큰 과제임

• 의사결정 주체들로 하여금 펀딩 및 필요한 자원을 제공하고, 여러 기관들로 하여금 상호 협력하고, 자원 및 정보를 공유하도록 만들 만큼 충분히 매력적인 챌린지임
.
• 일반 대중이 상상하는 바를 실현시켜줄 수 있음. 때문에 목표 달성을 위해 필요한 자원을 적극 제공하도록 유도할 수 있음.

나노과학기술이 상당한 잠재력을 지닌 분야이기는 하지만, 그렇다고 나노기술을 이용해 모든 그랜드챌린지를 해결할 수 있는 것은 아니다. 나노기술 기반 그랜드챌린지는 나노소재만이 가

지는 특성 등 나노과학기술의 장점을 활용, 해결책을 제시할 수 있는 분야의 도전과제라고 할 수 있다.

○ OSTP가 나노기술 기반 그랜드챌린지를 개발하고 있는 이유

국가나노기술 이니셔티브(National Nanotechnology Initiative, NNI)의 일환으로 과학자, 엔지니어, 교육자들은 나노 소재를 잘 파악하고 다룰 수 있는 능력을 배양, 궁극적으로 기술 및 산업 혁명을 이룰 수 있는 미래를 구현하고자 노력하고 있다. NNI 비전을 달성하고자 공동의 노력을 기울이는 과정에서 나노기술을 적극적으로 발견, 개발, 적용해 왔으며 이를 통해 다양한 국가적 과제들을 해결할 수 있다.

2014년 10월 NNI에 대한 평가를 통해, 미 대통령과학기술자문회의(President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)는 그랜드챌린지를 파악하고, 선정하는 과정에 연구개발 주체들과 더불어 산업 분야 주체들을 참여시킴으로써 연방 나노기술 활동의 파급효과를 보다 극대화할 것을 권고하였다. 2015년 6월 OSTP는 NNI에 참여하고 있는 연방기구들과의 협의를 거쳐 정보요청서(RFI)를 작성하였다. 본 RFI를 통해 나노기술 기반 그랜드챌린지에 대한 일반 국민들의 제안 사항을 수렴하고자 한다. 접수된 100 건 이상의 답변을 검토하여 2015년 10월 20일 OSTP는 1차 그랜드챌린지를 발표하였는데, 본 챌린지에서는 오바마 행정부의 3대 우선순위인 국가나노기술 이니셔티브(National Nanotechnology Initiative, NNI), 국가전략컴퓨팅 이니셔티브(National Strategic Computing Initiative, NSCI), 브레인 이니셔티브(BRAIN initiative)가 포함되었다.

○ 본 챌린지는 포상이 주어지는가?

아니다, 본 챌린지는 포상이 그 목적이 아니다. 본 챌린지는 "나노과학, 나노기술, 혁신을 넘어 중요한 국가적 과제와 글로벌 과제를 해결하고, 국민들의 상상을 현실화하고자 하는 야심차지만 성취가능한 목표"를 달성하고자 하는 그랜드챌린지이다("백악관 21세기 그랜드챌린지" kwfy 참조). 다만 본 챌린지가 목표로 하는 혁신적인 컴퓨팅 역량 구축이라는 최종의 목표로 나아가는 과정에서 중간 목표 달성을 독려하기 위해 관련 연방기관이나 비연방기관들이 자체적으로 포상 인센티브를 제공할 수는 있다. 연방정부가 포상을 지원하는 챌린지에 대한 정보는 www.challenge.gov를 방문하여 확인할 수 있다.

○ 본 챌린지는 새로운 국가적 이니셔티브인가? 본 챌린지와 발표문에서 언급한 다른 국가적 이니셔티브들(NNI, NSCI, BRAIN)들과 어떤 관계에 있는가?

본 챌린지는 NNI 하에서 추진하는 나노기술 기반 그랜드챌린지의 일환이다. 이는 나노소재 특성 등 나노과학기술의 장점을 십분 활용, 국가적 문제를 해결할 수 있다는 인식에 그 바탕을 두고 있다. 혁신적인 나노기술을 개발하기 위해서는 컴퓨터 아키텍처와의 긴밀한 조율이 필요하며 혁신적인 나노기술 개발 과정에서 인간두뇌에 대한 보다 많은 이해와 정보는 많은 도움이 될 것이다. 이처럼 본 챌린지는 NNI, NSCI, BRAIN 이니셔티브와 긴밀한 조율을 통해

추진될 계획이다.

○ 본 챌린지를 지원하기 위해 정부에서 새로운 추가 펀딩을 발표할 예정인지

현재로서는 추가 펀딩 계획은 없다. NNI, NSCI, BRAIN 이니셔티브 관련 여러 프로그램들을 통해, 현재에도 이미 상당한 연방 지원을 제공하고 있는 상태이다. 본 챌린지를 집중 지원하는 추가 펀딩을 논의하기 전에, 과학기술계는 향후 추진 방향에 대한 로드맵을 먼저 제시해야 한다. 예를 들어 현재 문제를 해결할 수 있는 가장 잠재력이 높은 나노기술 해결책이 무엇인지, 이러한 해결책을 마련하기 위해서는 어떤 중간 단계나 활동이 필요한지, 중간 성과를 평가하기 위해 어떤 평가 지표나 중간 목표 등을 상정해야 하는지가 아직은 명확하지 않은 상태이다. 향후 수 개월 동안, 연방 정부 기관, 학회 및 전문가 협회, 산업계 단체 및 비영리단체 등은 워크숍, 포럼 등을 통해 함께 모여 이러한 질문들에 대한 답을 찾아갈 것이다. 관련 연구개발 우선순위가 결정되게 되면, 그에 따라 연방 및 비연방 차원의 추가적 펀딩 기회도 자연히 발표하게 될 것이다.

2. 기술적인 주요 내용

○ 본 챌린지는 나노기술을 이용해 인간의 두뇌를 만들기 위한 것인가?

본 챌린지는 나노기술을 이용해 인간의 두뇌를 만들거나, 인간 두뇌 복제품을 만들려는 취지가 아니라 인간 두뇌와 같은 센싱 및 문제해결 능력, 오류 허용력(fault-tolerance)과 에너지 효율을 갖춘 컴퓨터를 구현하는 것이다. 본 챌린지의 궁극적인 목적은 시각정보, 음성정보를 효율적으로 해석하고, 데이터 패턴이나 비정상적 데이터를 찾아내고, 데이터로부터 얻은 정보를 이용 익숙하지 않은 문제들을 해결할 수 있는 컴퓨터를 구현하는 새로운 하드웨어 및 소프트웨어 아키텍처를 구축하는 것이다. **이를 위해서는 3D 시스템으로 구현된 새로운 나노기술 기기 및 소재가 필요하다. 이 과정에서 인간 두뇌에 대한 이해와 지식이 나노기술 혁신이나 관련 컴퓨터 과학 혁신에 도움은 되겠지만, 그렇다고 인간 두뇌가 가진 복잡한 해부학적 구조와 생물학적 기능을 복제하는 것이 궁극적인 목적은 아니다.**

○ 본 챌린지는 뉴로모픽 컴퓨팅을 개발하기 위한 것인가?

그랜드챌린지의 중요한 특징은 해결책으로 가는 로드맵을 정의해 놓지 않았다는 점이다. 새로운 저전력 센싱 및 컴퓨테이션 방식을 개발하는 과정에 상당 부분이 신경시스템의 신경생물학적 아키텍처에 기반한 접근방식을 활용하게 된다. 인간의 신경생물학적 특성 중 새로운 센싱 및 컴퓨테이션 방식에서 차용하고자 하는 특성으로는 오류 허용력, 에너지 효율성, 가소성(자극에 대한 반응 시 시냅스 연결 부위의 변화 양상) 등이 있다. 이러한 방식들 안에서도 트랜지스터 기반 방식, 멤리스터 기반 방식, 자기전자 기반 방식 등 다양한 형태가 존재한다. 자동차가 말이 달리는 것과 똑같이 달리지 않고, 비행기 날개가 새의 날개처럼 날개짓을 하지 않는 경우를 보아도 알 수 있듯 뉴로모픽 접근방식이 본 챌린지에 대한 최선의 해결책이 아닐 수도 있다. 나노기술, 컴퓨터과학, 신경과학 커뮤니티와 함께 모여 지혜를 모으게 되면, 완전

히 새로운 혁신적인 해결책이 등장할 수도 있을 것이다.

○ 본 챌린지는 “무어의 법칙”을 확대하게 될까요?

폰 뉴먼 아키텍처 기반의 트랜지스터 프로세서를 장착한 전통적인 디지털 컴퓨터는 지난 50년 간 눈부신 발전을 이룩했는데, 이러한 과거의 발전을 설명하는 다양한 경제 및 기술 트렌드 중의 하나가 무어의 법칙이다. 전통적인 컴퓨팅을 발전시키는 것이 여전히 국가적 우선순위 과제이기는 하지만, 근본적인 물리적 제약으로 인해 트랜지스터 기술은 센싱 및 문제해결 능력, 그리고 저전력 소비 등에 있어 인간두뇌에 미치지 못 할 것이라고 전문가들은 예측한다. 본 챌린지를 통해 나노기술 및 컴퓨터과학 분야의 전문가 집단들이 함께 모여 센싱 및 문제해결 능력과 저전력 소비라는 두 가지 특징에 있어 인간두뇌 수준의 성능을 갖춘 컴퓨터를 구축하고 프로그래밍 할 수 있는 새로운 접근방법을 모색하게 될 것이다. 저전력 작동과 같은 일부 기술 요건들이 중점 추진 사안은 아니라 하더라도 현재의 기술 수준을 향상시키는 데 있어 매우 중요하기 때문에 본 챌린지의 중점 연구개발 활동을 통해 기존 컴퓨팅 기술을 더욱 발전시켜 나아가는 데 기여할 수 있고, 또 반대로 기존 컴퓨팅 기술의 발전을 통해 본 챌린지의 연구개발 활동을 발전시켜 나아갈 수 있을 것이다.

○ 펀딩 기회

현재 가장 대표적인 펀딩 프로그램으로 NSF/SRC 공동 이니셔티브인 ‘에너지 효율적인 컴퓨팅: 기기에서부터 아키텍처에 이르기까지’가 있다.본 프로그램의 상세한 내용은 이 책의 부록으로 수록하였다.

제3장 관련 기관 활동

1. 연방 정부 기관의 관련 활동

미 국방부(Department of Defense, DoD): 미 국방부의 나노전자 기기 및 소재 관련 Community of Interest (CoI)인 Advanced Electronics Community of Interest (AE CoI)는 혁신적인 아키텍처와 새로운 나노기술 기반 전자 기기 및 소재를 융합한 혁신적인 미래 컴퓨팅 솔루션을 개발하고자 하는 본 챌린지에 지대한 관심을 가지고 있다. AE CoI는 독창적이고, 생산적이고, 다학제적인 커뮤니티를 형성하고자 하는 본 챌린지를 적극 지지함으로써 이와 관련한 기초적인 이해를 공고히 하고, 혁신적인 신기술 대안들과 기술 시연을 진행시킬 수 있을 것이다. 또한 AE CoI는 유망한 미래 방향을 제시함으로써, 국방부 내 과학, 공학 전문가 커뮤니티를 조율하는 데 있어서도 주도적인 역할을 담당하게 될 것이다.

미 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA): DARPA 역시 에너지를 거의 소모하지 않는 혁신적인 센싱 및 컴퓨팅 기술을 개발하고자 하는 본 챌린지의 목표에 널리 공감하고 있다. 그 동안의 진전 상황을 미루어볼 때, 본 챌린지의 목표는 충분히 달성가능한 목표라고 사료되는데, 이는 SyNAPSE, UPSIDE를 비롯, STARnet(Semiconductor Research Corporation과의 공공-민간 파트너쉽 프로그램) 등 최근 DARPA 프로그램의 성과에 힘입은 덕분이다. DARPA는 디지털 프로세싱 및 데이터 분석 분야에서 혁신적인 연구를 계속해서 지원할 것이며, 앞으로 나노기술, 컴퓨터과학, 신경과학 분야에서의 연구가 미래 DARPA 프로그램의 핵심 분야가 될 것으로 기대하고 있다.

미 에너지성(Department of Energy, DOE): 미 에너지성은 과학국(Office of Science) 내 첨단과학 컴퓨팅연구(Advanced Scientific Computing Research) 프로그램 사무국과 에너지기초과학(Basic Energy Sciences) 프로그램 사무국을 통해 첨단 소재 및 컴퓨팅 연구 분야의 기회들을 평가함으로써 무어의 법칙과 신경-생물학적 아키텍처를 넘어서는 새로운 자기 구현력(Self-reconfigurable)을 지닌 컴퓨팅 아키텍처 개발을 지원하고 있다. 에너지성은 스터디그룹, 워크숍 등 다양한 행사들을 기획, 추진함으로써 뉴로모픽 컴퓨팅, 새로운 컴퓨터 아키텍처 및 관련 소재 연구 분야의 전문가들이 모여 관련 분야에서의 새로운 잠재적인 연구 기회에 대해 의견을 나눌 수 있는 장을 제공하고자 한다. 그 일환으로 에너지성은 첫 번째 이벤트로 전문가 스터디그룹 라운드테이블회의를 2015년 10월 29-30일에 개최할 예정이며, 2016년에는 보다 큰 규모의 워크숍 개최를 기획하고 있다.

미 정보고등연구계획활동(Intelligence Advanced Research Projects Activity, IARPA): 본 챌린지에서 추진하고 있는 역량들은 일부 IARPA 연구 분야에 있어서도 핵심적인 분야들이다. 본 챌린지를 지원하고자 IARPA는 2016년 1월에 워크숍 개최를 추진 중에 있다. 본 워크숍에서는 뉴로모픽 엔지니어링 커뮤니티의 리더들뿐만 아니라 실험신경과학, 이론신경과학, 컴퓨테이셔널 신경과학 분야의 리더들이 함께 모여 신경컴퓨팅 분야의 최신 경향 활용 전략을 논의함으로써, 미래의 뉴로모픽 시스템 역량을 발전시키는데 기여하게 될 것이다. 워크숍 참가자들은 외피 회로와 피질 회로의 구조와 기능을 밝히는 최신 데이터와 그 분석기법 측면에서

현 시점에서의 뉴로모픽 하드웨어와 소프트웨어의 강점 및 약점에 대해 의견을 교환하게 될 것이다. 워크숍을 통해 참가자들은 뉴로모픽 컴퓨터 역량을 발전시키는 데 가장 유용한 구체적인 연구 프로젝트를 파악하게 될 것이다. 이와 관련한 세부 사항은 자료가 공개되는 대로 www.iarpa.gov에 업로드할 예정이다.

미 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST): NIST는 이 분야에서 몇몇 내부 연구 프로그램을 추진해오고 있다. 혁신적 컴퓨팅 시스템에 필요한 나노전자 기기의 경우는 비선형적이고 독특한 소재로 이루어져 있어 계측이라는 측면에서 상당한 도전과제를 안겨준다. 본 프로젝트를 지원하고자 NIST는 전자특성화 방식 개발, 물리적, 화학적 구조물에 대한 나노 이미징 기법 개발, 인공시냅시스의 구조-기능 관계 구축 등의 과제를 기 추진 중에 있다. 이들 과제의 성과는 NIST 나노과학기술센터(Center for Nanoscale Science and Technology) 사용자 시스템을 통해 다른 참가자들에게 공개될 예정이다. 첨단 소재와 제작 방식을 채택하고자 하는 설계자들은 검증된 예측 모델, 소재 데이타베이스, 첨단 인포메틱스 방식 등 소재게놈이니셔티브(Materials Genome Initiative)를 위해 개발한 툴 및 자원들을 활용할 수 있다.

미 국립과학재단(National Science Foundation, NSF): NSF는 NSF 내 여러 조직들을 아울러 가장 기회가 많은 분야가 어디인지, 어떤 다학제적 협력 연구가 필요한지를 파악할 예정이다. Engineering (ENG) 담당국, Computer & Information Science & Engineering (CISE) 담당국, Mathematical & Physical Sciences (MPS) 담당국, Biological Sciences (BIO) 담당국은 새로운 컨셉, 기기 아키텍처, 소프트웨어 개발 관련 연구를 수행함으로써, 인간의 뇌와 같은 컴퓨팅을 구현할 수 있는 새로운 솔루션을 탐색, 개발하고자 한다. 현재 NSF가 진행 중에 있는 프로그램으로는 ENG 담당국의 전자, 포토닉스, 자장 기기 프로그램(Electronics, Photonics, and Magnetic Devices), MPS 담당국의 전자, 포토닉 소재 프로그램(Electronic and Photonic Materials), CISE, ENG, SBE 담당국의 신경 및 인지 시스템 이해를 위한 통합전략 프로그램(Integrative Strategies for Understanding Neural and Cognitive Systems) 등이 있다. ENG담당국과 CISE 담당국은 나노전자연구(Nanoelectronics Research) 이니셔티브를 지원하기 위한 일환으로 미 반도체연구협회(Semiconductor Research Corporation, SRC)와의 협력을 지속해 나아갈 예정이다. 본 이니셔티브는 현재의 기술적 한계를 넘어서는 새로운 컴퓨팅을 가능하게 해 주는 새로운 기기 개발을 그 목표로 하고 있다. 한편 NSF의 지원 및 반도체산업협회, SRC의 후원을 받아 작성한 "IT 혁신 재부팅(Rebooting the IT Revolution)"이라는 제하의 2015 보고서에는 본 챌린지와 관련한 여러 문제들이 잘 요약되어 있다.

2. 기타 기관의 관련 활동

컴퓨팅커뮤니티컨소시움(Computing Community Consortium, CCC): CCC는 연구 비전을 명확히 전달하고 홍보하는 일련의 활동들을 통해 혁신적이고 파급효과가 큰 컴퓨팅 관련 연구를 촉진시키는 역할을 수행한다. 데이터 및 컴퓨팅 융합(Convergence of Data and Computing) CCC 테스크포스팀이 빅데이타, 고성능컴퓨팅, HPC의 미래 등 관련 분야의 다양한 활동들을 주도하고 있다. 본 테스크포스팀은 최근 "차세대컴퓨팅을 위한 기회와 도전(Opportunities and Challenges for Next Generation Computing)"이라는 제목의 백서를 출간, 에너지 소모는 줄이면서 컴퓨팅 성능은 크게 개선되는 새로운 컴퓨팅 기술이 어떤 잠재적 기회들을 가져다 줄 것인지를 설명하는 동시에 이러한 목표를 달성하기 위한 실행 방안들을 제안하였다. 에너지 소모는 줄되, 성능이 개선될 경우, 컴퓨팅은 새로운 과학 검색엔진 개발, 인간참여형(human-in-the-loop) 시스템에 대한 이해 제고, 극한기후상황 모니터링 및 예측, 소재 및 화학의 양자 효과 이해 등 다양한 사회적 이슈들에 중대한 영향을 미치게 될 것이다. 한편 본 챌린지와 관련해 CCC는 "컴퓨팅의 새로운 시대와 인간 두뇌(A New Age of Computing and the Brain)"라는 제목의 워크숍 보고서를 공개했다. 본 보고서는 인간 두뇌의 구조와 기능을 이해하는 과정에서 직면하게 되는 어려움들을 소개하면서 새로운 알고리즘 혹은 시스템 구성이 컴퓨팅 자체를 어떻게 급진적으로 변화시킬 수 있는지에 대해 잘 보여주고 있다. CCC는 본 챌린지와 관련한 이들 활동 및 기타 관련 활동 등을 지속해 나아갈 계획이다. 추가적인 정보가 필요한 경우, 담당자인 Ann Drobnis에게 문의하기 바란다.

고든 앤 베티 무어 재단 (Gordon and Betty Moore Foundation): 고든 앤 베티 무어 재단은 기초 과학을 지원하며 특히 본 챌린지와 관련이 있는 두 개 이니셔티브를 지원한다. 그 첫 번째는 "양자시스템의 새로운 현상 이니셔티브(Emergent Phenomena in Quantum Systems Initiative, EPiQS)"로 본 이니셔티브를 통해 양자기계효과가 그 특성을 결정짓게 되는 소재들에는 무엇이 있는지 이를 파악하고 이해하는 새로운 연구 방식을 찾고자 한다. 이들 소재들은 미래 컴퓨팅 기기의 기초가 될 수 있다. 두 번째 이니셔티브는 "데이터 기반 발견 이니셔티브(Data-Driven Discovery Initiative, DDD)'로 많은 과학기술 분야에서 데이터가 넘쳐나고 있어 이들 데이터에서 중요한 과학적 통찰을 이끌어내기 위해서는 새로운 접근방법이 필요하다는 인식에서 출발하였다. 본 나노기술 기반 그랜드챌린지의 성공은 곧 본 이니셔티브의 목표 달성을 의미한다. 이러한 시너지를 감안, 당 재단은 챌린지 관련 워크숍 비용 지원을 고려해볼 계획이다.

IBM Research: 70년 동안 IBM Research는 현대 정보기술 산업의 근간이 된 기초 기술들을 개발함으로써, 과학기술 분야의 선두주자로서 그 역할을 성공적으로 수행해왔다. IBM Research는 기초 과학 연구개발 철학을 꾸준히 지켜왔으며, 세계 최초로 인간의 두뇌를 닮은 SyNAPSE 프로세서 개발 등을 통해 지속적으로 물리학과 나노기술의 영역을 확장하는 데 일조해왔다. IBM은 본 챌린지를 지지하며, 인지컴퓨팅 및 뉴로모픽 컴퓨팅 분야에 대한 지속적인 투자와 더불어 대학, 정부기관 및 산업계가 참여하는 역동적인 관련 생태계와의 협력을 통해 NNI가 이러한 비전을 달성할 수 있도록 지원을 아끼지 않을 계획이다.

미 전기전자기술자협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE): IEEE는 "컴퓨팅 재부팅 이니셔티브(Rebooting Computing Initiative)"를 통해 물리적 기기에서부터 컴퓨터 아키텍처, 소프트웨어, 알고리즘에 이르기까지 다양한 층위의 컴퓨팅 기술 관련 전문가들을 참여시키고 있다. 본 이니셔티브의 목적은 CMOS 기반 클래식 컴퓨팅의 에너지 비효율성으로 인해 2015년에 사실상 중단되다시피 한 컴퓨팅 성능 개선에 다시 도전하는 것이다. IEEE는 "Rebooting Computing 정상회의"에서 논의한대로 폭발적인 성장 잠재력을 지닌 새로운 컴퓨팅 기술에 투자를 하고 있다. 반도체 국제 기술로드(International Technology

Roadmap for Semiconductors) 2.0과의 전략적 파트너쉽을 통해 IEEE는 미래의 유망한 뉴로모픽 컴퓨팅, 스토캐스틱 컴퓨팅 및 기타 적정 방식의 컴퓨팅 등을 집중 지원하고 있다. 이들 컴퓨팅 방식은 에너지 효율이 확연히 높은 새로운 컴퓨팅 성능을 제공한다. 본 이니셔티브의 목적은 나노기술 기반 그랜드챌린지와도 직접적으로 연관이 있는데, 이러한 연관성은 IEEE가 최근에 작성한 "Sensible Machines"라는 제목의 보고서 (OSTP의 요청에 따라 IEEE가 OSTP에 제출)에 잘 설명되어 있다. 추가적인 정보가 필요한 경우, 담당인 Tom Conte에게 연락하기 바란다.

캐블리재단(Kavli Foundation): 캐블리재단은 "브레인 이니셔티브(BRAIN Initiative)"의 일환으로 캐블리 미래 심포지움(Kavli Future Symposium)을 통해 오랜 동안 나노과학, 신경과학, 컴퓨테이션 부문간의 협력을 지원해 오고 있다. 재단은 본 챌린지를 신경과학과 나노과학의 미래 융합 방향을 잘 보여주는 좋은 사례로 인식, 워크숍과 과학자들에 대한 초기 펀딩 등을 통해 본 챌린지를 지원할 계획이다. 내년 개최를 목표로 이미 일련의 워크숍이 기획 단계에 들어갔는데, 워크숍을 통해 다양한 분야의 과학자들이 한 자리에 모여 본 챌린지의 파급효과를 높일 수 있도록 힘을 모을 계획이다.

미 반도체연구협회(Semiconductor Research Corporation, SRC): SRC는 반도체 소재, 제작 기술에서부터 회로 설계 및 시스템 설계에 이르기까지 다양한 "반도체" 기술 관련 연구를 재정적으로 지원한다. 또한 SRC 나노전자 연구 이니셔티브(SRC Nanoelectronics Research Initiative, NRI)를 통해 무어의 법칙을 넘어서는 수준의 성능을 지원하는 기기 기술을 연구 중에 있다. SRC 회원사들은 최근 에너지 소모는 낮으면서 성능은 더 우수한 새로운 컴퓨팅 기술을 개발하기 위한 연구 프로그램에 착수하였다. "커넥티비티 제한 컴퓨팅에 있어 에너지 및 성능(Energy and Performance in Connectivity Constrained Computing, EP3C)"이라는 제하의 본 프로그램은 신소재 연구에서부터 폰 뉴먼(von Neumann) 접근방법을 넘어서는 새로운 아키텍처 구축 등에 이르기까지 다양한 연구 분야를 망라하고 있다.

이들 SRC 프로그램들이 공통적으로 추구하는 목표는 모바일 기기에서부터 클라우드 컴퓨팅에 이르기까지 다양한 형태의 애플리케이션을 지원할 수 있는 새로운 컴퓨팅 패러다임을 구축하는 것으로, 이와 더불어 컴퓨팅 전력 소비 효율의 대대적 개선 또한 중요한 목표이다. 또한 동일한 플랫폼 상에서 다양한 인풋과 분석을 바탕으로 종합적인 결과를 도출하고 예측할 수 있는 예측 능력을 갖춘 컴퓨터 시스템을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 컴퓨팅 성능 개선 및 에너지 효율 향상에 초점을 맞추고 있는 본 나노기술 기반 그랜드챌린지는 NRI와 EP3C 프로그램과 동일한 목표를 추구하고 있다고 볼 수 있다. SRC는 컴퓨팅 에너지 효율 관련 워크숍 결과를 정리한 보고서를 최근에 출간했는데, 이 보고서에서는 기기 및 아키텍처 수준에서의 관련 연구 기회를 요약, 제시하고 있다.

또 다른 관련 분야에서는 NIST 첨단제조기술컨소시움(Advanced Manufacturing Technology Consortia)의 지원을 받아 SRC는 "반도체합성생물학컨소시움(Semiconductor Synthetic Biology consortium, SemiSynBio)"을 구축 중에 있다. 본 컨소시움은 반도체산업이 직면한 이슈들에 대해 새로운 시각을 가지고 접근하기 위한 로드맵을 개발하는 것이 그 목표로, 합성생물학과 반도체기술 간의 시너지에 집중함으로써 보다 다양한 산업 분야에 대해

새롭고 혁신적인 해결책을 제시하고자 한다. SemiSynBio 로드맵을 통해 본 챌린지를 달성하는 데 기본이 되는 기술과 밀접한 관련이 있는 분야에서의 목표 대상 기술과 연구 니즈를 파악하게 될 것이다. 추가적인 정보는 담당자인 Celia Merzbacher에게 연락하기 바란다.

제4장 결론 및 시사점

○ 미국은 2000년 국가나노기술전략(NNI) 수립 이후 나노분야 정부 투자에서 세계 선두를 기록해왔으며 이러한 투자를 가시화하려는 노력이 본격화되는 움직임 중 하나가 최근 발표된 나노기술 기반 그랜드 챌린지(Nanotechnology-Inspired Grand Challenge for Future Computing)라고 할 수 있음.

○ 미국의 나노기술 정책은 기술개발보다 구체적이고 현실적인 목표 지향적으로 변모하고 있음.

○ 미래컴퓨팅 분야는 최근 미국 뿐 아니라 중국 일본 등에서도 정부차원의 경쟁에 돌입하고 있는 추세임.

○ 현재 컴퓨팅 기술은 인간 뇌의 센싱·문제해결력과 에너지 효율성 모두 만족시키는데 한계가 있으며 나노기술, 컴퓨터 과학, 신경과학 분야의 혁신들을 접목함으로써 기존의 접근 방식을 넘어선 도전을 국가차원에서 중요한 과제로 파악하고 추동 중임.

○ 10년 이상의 오랜 시간이 걸릴 수 있지만, 우리를 둘러싸고 있는 엄청난 양의 데이터를 우리가 필요할 때, 필요한 곳에서 유용한 정보로 탈바꿈시키기 위해서는 혁신적인 컴퓨팅 역량을 구축하는 일이 필수적이라고 파악하고 있음.

○ 이러한 도전은 질병문제, 사람과 함께 안전하게 업무를 보는 로봇, 사이버 침입을 미리 알아내고 막는 일에 이르기까지 많은 문제를 해결할 것으로 기대하고 있음.

○ 위와 같은 미래 컴퓨팅을 향한 도전은 새로운 종류의 나노 기기 및 소재가 핵심 요소라고 파악함.

○ 최근 뉴로모픽, Magneto-electronic, analog system 등 혁신적으로 전력을 적게 소비하는 센싱·컴퓨팅 기술은 neuroscience, cognitive science의 획기적인 진보이며 나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호가 달성 가능한 목표임을 잘 보여주는 사례로 언급됨.

○ 세계 주요국의 이와 같은 움직임을 지속적으로 파악하고 우리나라 또한 미래 컴퓨팅 분야에 대한 전략과 대응 방안 강구가 요구됨.

참고 문헌

http://www.nano.gov
https://www.whitehouse.gov/blog/2015/10/15/nanotechnology-inspired-grand-challenge-future-computing

관련 주요 정보처

1. 관련 최근 워크숍 보고서 및 백서

뉴로모픽 컴퓨팅: 소재 연구에서부터 시스템 아키텍처 라운드테이블에 이르기까지 (DOE, 2016)
Neuromorphic Computing: From Materials Research to Systems Architecture Roundtable (DOE, 2016)

OSTP 나노기술 기반 그랜드 챌린지: 지각력을 갖춘 기계 (IEEE, 2015)
OSTP Nanotechnology-Inspired Grand Challenge: Sensible Machines (IEEE, 2015)

차세대 컴퓨팅의 기회 및 도전 (CCC, 2015)
Opportunities and Challenges for Next Generation Computing (Computing Community Consortium, 2015)

"컴퓨팅 에너지 효율 제고 워크숍" 관련 NSF 제출 보고서 (SRC, 2015)
Report to the National Science Foundation on "The Workshop for Energy Efficient Computing" (Semiconductor Research Corporation, 2015)

IT 혁명 재부팅: 행동 촉구 (반도체산업협회 및 SRC, 2015)
Rebooting the IT Revolution: A Call to Action (Semiconductor Industry Association and Semiconductor Research Corporation, 2015)

새로운 시대의 컴퓨팅, 그리고 인간 두뇌: CCC 브레인 워크숍 보고서 (CCC, 2014)
A New Age of Computing and the Brain: Report of the CCC Brain Workshop (Computing Community Consortium, 2014)

RCS 2: 제2차 Rebooting Computing Summit 요약 보고서 (IEEE, 2014)
RCS 2: 2nd Rebooting Computing Summit Summary Report (IEEE, 2014)

RCS 3: 제3차 Rebooting Computing Summit "컴퓨팅 구조에 대한 새로운 사고" 요약 보고서 (IEEE, 2014)
RCS 3: 3rd Rebooting Computing Summit "Rethinking Structures of Computing" Summary Report (IEEE, 2014)

Rebooting Computing - 행사 개요 (IEEE, 2013)
Rebooting Computing Summit--Event Summary (IEEE, 2013)

2. 그랜드 챌린지 지원을 위한 회의 및 워크숍

다음 목록은 참고용으로 일부 회의의 경우 일반에 공개되지 않을 수 있으며 참가를 위해서는 등록비가 필요할 수도 있음.

ASCR/BES 뉴로모픽 컴퓨팅 스터디 그룹 라운드테이블 토의
장소: 메릴랜드 게이더스버그
일시: 2015년 10월 29-30일

2015 IEDM (포커스 세션 - 폰 뉴먼 컴퓨팅을 넘어)
장소: 워싱턴 DC
일시: 2015년 12월 7-9일

IEEE Rebooting Computing Summit 4 (RCS 4)
장소: 워싱턴 DC
일시: 2015년 12월 9-11일

OSA 광학 컴퓨팅 인큐베이터
장소: 워싱턴 DC
일시: 2015년 12월 9-11일

에너지 고효율 이미지 인식 기술에 있어서의 도전(Low-Power Image Recognition Challenge, LPIRC) 2016
장소: 텍사스 오스틴
일시: 2016년 6월 5-9일

뉴모로픽 컴퓨팅 워크숍: 아키텍처 - 모델 - 애플리케이션
장소: 테네시 오크리지
일시: 2016년 6월 29일 - 7월 1일

본 그랜드챌린지를 통해 해결하고자 하는 문제들 중 일부는 최근 NSF가 지원하고 반도체산업협회와 SRC가 후원하여 작성한 보고서와 IEEE와 CCC가 발간한 백서에도 잘 설명되어 있다. 향후 수 개월 동안, 연방 정부 기관, 학회 및 전문가 협회, 산업계 단체 및 비영리단체 등은 워크숍, 포럼 등을 통해 함께 모여 그랜드챌린지에 대응하기 위한 최선의 로드맵을 결정하게 될 것이다. 우선 먼저 에너지성의 스터디그룹 라운드테이블이 다음 주로 예정되어 있다. 기관별 활동 내용에 대한 정보나 다른 관련 자료들은 이번에 새로 구축한 그랜드챌린지 포털 nano.gov에서 찾아볼 수 있다.

부록> 프로그램 명 : 에너지 효율적인 컴퓨팅 - 기기에서부터 아키텍처에 이르기까지

※ 본 프로그램은 '나노기술 기반 그랜드 챌린지 1호 : 미래 컴퓨팅' 관련 대표적 펀딩 프로그램으로 미래 컴퓨팅 관련 사업에 관하여 많은 정보를 줄 것으로 생각하여 상세한 프로그램 내용을 부록으로 제시함.

I. 서론

NSF의 Computer & Information Science & Engineering (CISE) 담당국 내 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기초 Division(CCF)과 Engineering (ENG) 담당국 내 전자, 커뮤니케이션, 사이버 시스템 Division(ECCS)는 SRC의 글로벌연구협력단(Global Research Collaboration, GRC), 나노전자연구 이니셔티브(Nanoelectronics Research Initiative, NRI) 프로그램과의 파트너쉽 구축을 통해, 다양한 분야에 적용 가능한 새로운 에너지 고효율 컴퓨팅 방식을 개발하기 위한 혁신적 연구를 지원하고 있다.

이러한 공동 연구 노력은 국가전략컴퓨팅 이니셔티브, 미래 컴퓨팅 분야 나노기술 기반 그랜드챌린지 등 다수 기관이 참여하는 국가적 차원의 이니셔티브 및 우선순위 과제와도 잘 부합한다.

유비쿼터스 컴퓨팅의 영향을 받는 다양한 산업 분야에서 공히 공감하는 사실은 방대한 양의 데이터를 처리, 조작, 저장, 발송하는데 엄청난 양의 에너지가 필요하기 때문에 미래의 컴퓨팅 성능 개선이 제약을 받고 있다는 것이다. 다양한 애플리케이션 플랫폼에 따라 이러한 성능과 에너지 소비간의 트레이드오프 관계가 다를 수 있겠지만, 그간의 점진적 개선 방식으로는 이제 더 이상 문제를 해결할 수 없는 수준에까지 이르렀다는 데 대해서는 공통의 인식이 형성되고 있다.

또한 컴퓨터 인프라가 처리해야 하는 데이터의 양이 폭발적으로 증가하고 있는데, 그 이유는 셀 수 없이 많은 출처로부터 나오는 데이터가 구조화되어 있지 않기 때문이다. 또한 전통적인 컴퓨팅 아키텍처와 프로그래밍 플랫폼은 이러한 방대한 양의 데이터를 효과적, 효율적으로 처리할 수 없으며 데이터를 실행가능한 정보로 전환하기에 역부족이다.

이러한 도전과제들이 지금처럼 복잡하고 중요했던 적은 일찍이 없었다. 이러한 도전과제들을 해결하기 위해서는 새로운 컴퓨팅 패러다임을 시급히 구축해야 하는데, 이를 위해서는 연구 활동의 운영 효율을 제고하고 그 성공 가능성을 높일 수 있도록 조직적이고 체계적인 연구 협력이 필요하다. 종합적인 해결책을 파악하여 이를 성공적으로 실행하기 위해 연구자들은 이제 총체적이고 협력적인 접근방법을 채택해야 할 것이다.

이에 여러 분야의 연구진이 공동 참여하고 다음과 같은 연구 목표들을 담은 다학제적 공동 연구 제안서 제출을 요청하는 바이다:

(1) 범용 컴퓨팅 시스템에 있어 최고의 에너지 효율을 달성하기 위한 획기적이고 혁신적인 시스템 아키텍처, 회로 마이크로아키텍처, 관련 기기 및 접속 기술 개발
(2) 에너지 고효율 컴퓨터가 가진 공학적 한계를 극복할 수 있는 혁신적인 기기 컨셉 및 관련 회로와 아키텍처 개발.

이들 연구 목표들에 대한 보다 자세한 내용은 본 제안 요청의 프로그램 설명 섹션에 정리되어 있다.

모든 제안서는 무선 기기에서부터 데이터 센터에 이르기까지 다양한 애플리케이션 플랫폼을 모두 커버할 수 있을 만큼의 충분한 확장성과 더불어 장기적으로 정보기술 생태계의 다양한 변화에 대한 지속가능성을 가진 해결책을 제시할 수 있어야 한다.

II. 프로그램 설명

기기, 회로 마이크로아키텍처, 시스템 아키텍처에 있어 원천적이고 혁신적인 연구를 위해 다학제적 공동 연구 제안서를 요청하는 바이다. 제안자는 미래의 데이터 집약적인 컴퓨팅 시스템에 있어 에너지 낭비를 최소화하는 동시에 시스템 성능을 극대화할 수 있는 종합적인 접근방법을 찾기 위해 노력해야 한다. 문제에 대한 종합적인 해결책을 찾기 위해서는 애플리케이션 소프트웨어를 같이 최적화 하는 것이 필요한데, 본 제안 요청서는 이를 위해 소프트웨어 아키텍처가 아니라 어떤 소재, 기기, 회로, 시스템 하드웨어 아키텍처가 필요한지를 파악하고, 이를 시연하는 데 그 초점이 맞추어져 있다.

이러한 기본 틀 내에서 제안서는 다음의 두 가지 연구 트랙의 하나 혹은 둘 다를 상정해야 하고, 상정한 트랙 내에서 중점 추진할 목표를 종합적으로 제시해야 한다. 앞서 언급했듯이 본 프로그램의 주요 목적이 다음 카테고리 중 하나 혹은 둘을 아우르는 다학제적 공동 연구 노력을(Type I 제안서) 지원하는 것이기는 하지만, 관련 연구 분야의 일부 소규모 노력들에 (Type II 제안서) 대해서도 지원할 수 있다.

1. 범용 컴퓨팅 시스템에 있어 최고의 에너지 효율을 달성하기 위한 획기적이고 혁신적인 시스템 아키텍처, 회로 마이크로아키텍처, 관련 기기 및 접속 기술 개발

본 프로그램의 일환으로 추진하는 혁신적인 시스템 아키텍처와 회로 마이크로 아키텍처 개발을 위한 공동 다학제적 제안서는 데이터 전송 시 에너지 소모가 크고 데이터 전송 지연이 빈번히 일어나는 기존 기술의 한계를 극복하고 더불어 새로이 확장가능하고 지속가능한 컴퓨팅 패러다임을 구현할 수 있어야 한다.

제안서에서는 전통적인 CMOS 아키텍처를 사용하고 있는 고성능컴퓨팅(HPC)에 비견할 수 있을 정도로 전송 건당 에너지 소모를 현재의 100배 이상으로 줄이는 것을 최종 목표로 상정해야 한다. 예를 들면, 구체적인 목표 달성 지표로 표현하자면 “시스템 성능을 1

Giga-MAC/s/nW 이상으로 고도화”하는 목표를 상정할 수 있다 (MAC = multiply and accumulate operations).

전반적인 시스템 에너지 낭비를 획기적으로 줄여줄 수 있는 플라즈모닉 접속기술, 포토닉 접속 기술, 테라헤르츠 접속 기술 혹은 다른 관련 접속 기술도 제안서 심사 과정에서 심사위원들의 주요 관심 대상이다. Point-to-Point 연결을 넘어 기능까지도 담보해주는 접속 기술과 이러한 접속 기술을 구현하는 아키텍처 역시도 관심 대상이다.

또한 제안서에는 동일한 물리적 플랫폼상에서의 알고리즘 프로그래밍을 위해 실제 경험치와 예측가능한 기능을 한데 결합하는 접근방법을 포함시킬 것을 적극 권장하는 바이다. 공통 플랫폼 상에서 프로그래밍 가능한 부분 중 경험치 부분(예; ‘energy-to-solution’)과 에너지 효율 및 성능 부문에 있어서의 성과를 구체적으로 측정할 수 있는 측정 지표도 제안해야 한다.

제안서에서 제시하는 연구 사례로는 다음과 같은 디지털 아키텍처 혹은 디지털-아날로그 하이브리드 아키텍처도 포함 가능하다.
- 레저보아 컴퓨팅(reservoir computing) 및 기타 신경학적 접근방식 등을 포함하는 인간두뇌를 참고한 비불식(non-Boolean) 아키텍처
- 스토캐스틱, 근사(approximate), 메모리 중심 혹은 통합 로직 메모리
- 학습 및 예측 능력을 갖춤으로써 전반적인 시스템 성능은 높여주면서도 작동 건당 최소 에너지 수준을 달성할 수 있는 완전히 새로운 이종(heterogeneous) 아키텍처

이상의 제안 연구 범위 내에서 예상되는 성능을 물리적으로 입증할 수 있는 새로운 설계안을 포함시킨 제안서는 심사 과정에서 우선 고려 대상이 된다.

"스프린팅(Sprinting)" 아키텍처의 경우는 전반적인 시스템 성능에 핵심이 되는 작동을 가속화하고자 시스템의 일부분에서는 평균 에너지 낭비 한계치를 넘어서도록 허용하고 있다. 다만 에너지-성능 트레이트오프에 있어 대대적인 개선을 가져올 수 있는 새로운 스프린팅 아키텍처라면, 이 또한 제안서에 포함시킬 것을 권장하는 바이다.

한편 다음 분야에서의 점진적 연구는 본 프로그램의 중점 추진 대상 연구 주제가 아님을 밝혀둔다(다음은 일부 예시임).:

- 기존 범용 컴퓨팅 플랫폼 아키텍처의 점진적 확장
- 전반적인 에너지 효율은 획기적으로 개선할 수 있더라도 범용 컴퓨팅의 기능 및 성능의 대대적 개선을 저해하는 시스템
- 목표로 하는 미래의 애플리케이션에 필요한 안정성과 물리적 요건을 경제적으로 지원할 수 없는 시스템 아케틱처
- 다양한 애플리케이션 기반을 충분히 지원할 수 없을 정도로 확장성이 부족한 시스템 아키텍처 (고성능 무선 기기에서부터 데이터센터에 이르기까지 다양한 애플리케이션 니즈를

지원하는 공통의 기본 플랫폼을 구현할 수 없는 경우)

2. 에너지 고효율 컴퓨터가 가진 공학적 한계를 극복할 수 있는 혁신적인 기기 컨셉 및 관련 회로와 아키텍처 개발.

정보 처리, 저장, 전송 과정에서 발생하는 에너지 유실을 10배~100배 정도 줄일 수 있는 새로운 기기 컨셉을 시연하고자 하는 제안서는 우선고려 대상이 된다. 제안서에는 소재 특성 최적화에서부터 적합한 회로 및 아키텍처 개발 등 기기 컨셉 시연에 핵심이 되는 다학제적 연구 이슈들이 포함되어야 한다. 예를 들면 새로운 스위치를 개발하고자 할 경우, 이 스위치는 기존의 전통적인 트랜지스터와 특성이 상당히 다를 수 있다. 기기 특성과 최적 회로 아키텍처 간의 상호 작용 관계는 디지털 회로뿐만 아니라 아날로그, 메모리, 통신 및 기타 특정 기능을 포함하는 회로 아키텍처에 대한 재검토가 필요하다는 것을 반증한다. 디지털/아날로그/메모리 기능을 결합한 기기는 새로운 정보 처리 아키텍처에 특히 적합할 수 있다. 제안서에서 제시하는 아키텍처는 하나 혹은 몇몇의 특정 기능에 맞추어져 있기보다는 다양한 기능들을 커버할 수 있어야 한다.

디지털 스위칭에 있어 새로운 메커니즘 역시도 관심 대상으로, 다양한 스위칭 시스템에 대한 심층적인 탐색도 흥미로운 주제 분야이다. 예를 들면, 아주 낮은 전압에서 작동하는 “Steep slope” 기기를 구현하기 위해서는 페이즈 트랜지션(phase transition) 게이팅 연구가 하나의 잠재적 주제가 될 수 있다. 관련 페이즈 트랜지션에는 금속절연체 트랜지션, 엑시톤(excitonic) 전자 콘덴세이트(condensate) 등의 다양한 전자 콘덴세이트와 다양한 구조의 트랜지션이 포함된다. 저전력 스위칭 관련 또 다른 유망 메커니즘으로는 트래스덕션(transduction)이 있다. 외부 전압 상태를 내부 자화상태(magnetic state)로 변환시키는 자장전자기기가 바로 이러한 컨셉을 구현한 예이다. 그렇다고 트래스덕션을 자장전자시스템에만 제한할 필요는 없다..

에너지 효율과 더불어, 스위칭 속도 역시 소재 및 기기 컨셉을 선택하는 데 있어 중요한 기준이다. 예를 들면, 대부분의 나노자성 기기는 자장 세차(magnetic precession) 방식으로 스위칭이 되는데, 자장 세차 방식은 현재까지 살펴본 모든 강자성(ferromagnetic) 시스템에서는 오히려 속도가 느려지는 편이다. 반강자성(antiferromagnetic) 혹은 페리 자성(ferromagnetic) 소재의 자장 세차 스위칭은 10배~100배 정도 속도가 빨라질 수 있다. 다른 새로운 물리적 시스템 역시도 속도가 빨라질 수 있다. 예를 들면 원리상으로는 전자집합상태를 1피코초 보다 빠른 시간 안에(sub-picosecond) 스위칭할 수도 있다.

보다 일반적으로 말해 자성이나 전압 등의 변수 이외에 다양한 컴퓨테이션 상태 변수에 기반한 기기들을 구현하게 되면, 새로운 많은 가능성이 열릴 수 있다.

에너지 효율 문제를 해결하는 데 있어 그 동안 상대적으로 관심을 덜 받았던 또 다른 방식은 에너지 절감형 회로에 있어 단열스위칭(adiabatically-switched) 기기를 접목하는 것이다. 이들 회로의 경우, 진동파(oscillation wave) 혹은 진행파(propagating wave) 단계

가 디지털 상태를 나타낼 수 있으며, 기기와 접속부위가 비산일적인(non-dissipative) 회로로 구성되어야 한다. 나노포토닉(nanophotonic) 진동 시스템, 플라즈모닉(plasmonic) 진동 시스템, 스핀파(spinwave) 진동 시스템 혹은 다른 약감쇠 진동 시스템이 이러한 접근방식에 적절할 수 있다. 이와 관련한 제안서에서는 패이즈 오차(phase error)와 진폭오차(amplitude error)를 조정하는 메커니즘 등 특정 엔지니어링 솔루션에 필요한 구성요소들을 모두 언급해주어야 한다.

패턴 인식에 활용되는 비불식(non-Boolean) 컴퓨테이션용으로 여러 쌍의 발진기로 이루어진 네트워크에 대한 탐색도 이루어졌다. 이와 관련한 잠재적 기술 접근방법으로는 나노전자기계식 발진기, 나노플라스모닉 발진기, 나노자장 발진기 등이 포함된다. 이와 관련하여 제안서에서는 기기, 회로, 아키텍처 등 다양한 기기와 환경 변화 상황에서도 안정적 작동을 담보할 수 있는 엔지니어링 솔루션에 필요한 구성요소들을 모두 언급해주어야 한다.

새로운 기기 컨셉에 적합한 회로와 전체적인 아키텍처를 탐색, 공동 개발하는 과정에서 일부 새로운 기기 컨셉의 경우는 아키텍쳐 부분에 훨씬 더 주안점을 두어야 하는 경우도 있을 수 있다. 예를 들면, 비휘발성(non-volatile) 로직과 메모리 기능을 결합하는 이력(hysteretic) 기기의 경우는 기존 아키텍처의(마이크로프로세서의 파워 게이팅, FPGA(field programmable gate arrays) 로직 재구현) 성능을 개선할 수 있을 뿐 아니라 이보다 더 중요하게는 새로운 아키텍처(메모리 컴퓨팅, 뉴로모픽 시스템 내 접속 등)를 구동시키는 역할을 할 수 있다는 점이다. 또 다른 예로는 최근 몇 년 동안 선형 및 비선형 포토닉 기기의 소형화 및 에너지 효율 제고에 있어 상당한 진전이 있었다는 점이다. 이러한 기술적 진전이 현재 진행 중인 금속 와이어의 광접속 교체에 크게 영향을 주지 않을 수도 있지만 새로운 컴퓨팅 아키텍처를 구현하는 데는 크게 영향을 미칠 수도 있다. 즉 “네트워크 내” 컴퓨팅이 하나의 가능한 미래 방향이 될 수 있다. 일반적으로 기기 특성 및 아키텍처는 진동(에너지 절감) 시스템과 서로 밀접하게 엮여 있을 확률이 높다. 핵심적인 기기 특성을 기기 연결로부터 분리할 수 없기 때문일 것이다. 비불 컴퓨테이션의 경우, 바로 이러한 특징들에 따라 어떤 최적의 아키텍처와 유용한 알고리즘을 선택할 것이지 결정하게 될 것이다.

상기의 예들 이외에도 제안자는 아키텍처 관련 연구에 있어 새로운 기기 컨셉을 이용해 에너지 효율을 10배~100배 향상 시킬 수 있는 분야를 제시할 것을 권고한다. 연구 주제로는 이질적 시스템 아키텍처, 데이터 전송을 최소화하는 아키텍처, 뉴로모픽 아키텍처, 확률론적(stochastic) 컴퓨팅과 근사치(approximate) 컴퓨팅에 대한 새로운 접근방법 등 다양한 아키텍처 관련 연구 주제를 상정할 수 있다.

한편 다음 분야에서의 연구는 본 프로그램의 중점 추진 대상 연구 주제가 아님을 밝혀둔다(다음은 일부 예시임):

- 로직 및 메모리용 기존 상용화 기기의 성능을 점진적으로 확장시켜주는 소재 및 기기 컨셉

- 에너지 절감형 회로와 아키텍처를 구현하기 위한 CMOS 기반 접근방법
- 기존 프로젝트나 연구 기관에서 이미 중점 연구 과제로 추진 중에 있는 기기 컨셉. 단 제안하는 연구가 현재 진행 중인 연구보다 획기적으로 앞서 나아가는 연구인 경우는 제안 가능
- 특정한 하나 혹은 몇몇 기능에 맞추어져 고도로 전문화된 회로 아키텍처 ("가속회로"). 단 이들 회로가 보다 범용적인 기능을 수행하는 하이브리드 시스템에 경제적으로 통합될 수 있는 경우는 제안 가능
- 양자컴퓨팅을 위한 기기 및 아키텍처. 단 반전통적인 체제를 탐색하는 제안서나(소규모 양자 상태를 이용해 상태변수를 다수 제시하는 경우) 혹은 전통적인 제한 범위 내에서 달성가능한 양자컴퓨팅의 일부 특성을 탐색하는 경우는 제안 가능

III. 선정 정보

예상 선정 유형: 계속 그랜트 혹은 표준 그랜트

예상 선정 제안서 수: 4-8개

개별 프로젝트는 NSF와 SRC의 공동 펀딩 지원을 받게 되지만, NSF와 SRC는 각각 별도의 펀딩 재원을 운용한다. 즉 개별 프로젝트에 대해 NSF는 NSF 그랜트를 통해 지원하고, SRC는 SRC 계약 혹은 SRC 그랜트를 통해 개별적으로 지원을 한다. 펀드 가용성 및 제안서 우수성 여부에 따라 2-4개의 다학제공동 (Type I) 어워드와 2-4개의 개별 혹은 소규모 (Type II) 어워드가 제공된다.

예상 펀딩 금액: $4,000,000

본 제안 요청에 대한 총 펀딩 금액은 펀드 가용도 여부에 따라 달라지겠지만 최대 연간 4백만 달러 규모이다. 따라서 3년 동안 연간 80만달러~160만 달러 규모에 이르는 다학제공동 (Type I) 프로젝트는 2~4건, 연간 10만~20만 달러 규모의 개별 혹은 소규모 (Type II) 프로젝트2-4건을 지원하게 될 것이다.

전체 프로그램 예산, 선정 제안서 수, 평균 펀딩 금액 및 기간 등은 펀드 가용 여부에 따라 달라질 수 있다.

IV. 제안 자격 관련 정보

제안서 제출 자격:

제안서 제출 자격은 다음과 같다.:

대학 - 미국 내 캠퍼스가 있는 공인 2~4년제 대학(커뮤니티칼리지 포함). 이들 대학들은 교육기관이라고도 명명함.

PI 자격: 제한 혹은 제약 없음.

기관 당 제안서 수 제한: 제한 혹은 제약 없음.

PI 혹은 공동 PI 1인당 제안서 수 제한: 1건

연구자는 본 제안 요청에 따라 제안하는 1건의 제안서에 대해서만 PI 혹은 공동 PI로 참여할 수 있다. PI 혹은 공동 PI로 참여하면서 1개 이상의 제안서를 제출하는 경우, 가장 먼저 제출하는 제안서만 접수하고, 나머지 제안서는 검토를 하지 않고 반송된다. 이는 모든 경우에 예외 없이 적용된다.

본 제안 요청에 따라 제안서를 제출할 경우, 제안서는 현재 NSF가 심사 중에 있는 다른 제안서의 내용과 동일하거나 상당 부분 유사해서는 안 된다.

V. 제안서 작성 및 제출 안내

제안서 최종본 안내: 제안자는 본 프로그램 제안 요청에 대한 제안서를 Grants.gov 혹은 NSF FastLane 시스템을 통해 제출할 수 있다.

FastLane을 통해 제안서 최종본 제출: 제안서는 NSF 그랜트 제안서 지침(NSF Grant Proposal Guide, GPG)에 포함된 일반적인 가이드라인에 따라 작성, 제출해야 한다. GPG 전문(全文)은 NSF 웹사이트를 (http://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=gpg)참조하기 바란다. GPG 인쇄본은 NSF Publications Clearinghouse (전화: (703) 292-7827 혹은 이메일: nsfpubs@nsf.gov)에서 입수가능하다. 제안자는 제안서 겉표지에 본 프로그램 제안 요청 번호를 반드시 기재해야 한다. 제안서에 맞는 적절한 프로세싱 가이드라인의 적용을 받기 위해서는 제안 요청 번호 기재는 매우 중요하다. 제안 요청 번호를 누락할 경우 프로세싱이 지연될 수 있다.

Grants.gov를 통해 제안서 최종본 제출: 제안서는 "NSF Grants.org 신청 지침: Grants.gov를 통한 NSF신청서 작성 및 제출 지침)"에 따라 작성, 제출해야 한다. 본 지침의 전문(全文)은 Grants.gov 웹사이트를 참조 바란다.
http://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=grantsgovguide
Application Guide 사본 및 신청서 양식 패키지는 Grant.gov 사이트의 "신청" 탭을 클릭한 후 "신청 1단계: 신청 패키지 및 안내 다운로드" 링크를 클릭하고 NSF 철자 없이 프로그램 제안 요청 번호만 입력한 후 "패키지 다운로드" 버튼을 클릭한다. 지침 인쇄본은

NSF Publications Clearinghouse (전화: (703) 292-7827 혹은 이메일: nsfpubs@nsf.gov)에서 입수가능하다

온라인 제안서 작성 및 제출에 있어 상기 두 가지 방법 중 어떤 방법을 택할 것인지를 결정할 때, 다음 사항에 유의하시오.

공동 제안서: 여러 기관들이 각각 별도의 제안서를 제출, 이를 합해 공동 제안서의 형태로 제출하고자 하는 경우, 모든 제안서는 NSF FastLane 시스템을 통해 제출해야 한다. 공동 제안서와 관련한 추가적인 정보는 GPG 2장 섹션 D.5를 참조하시오.

제안서 목차 항목에 관한 내용은 GPG 2장 섹션 C.2를 참조하시오. 본 제안 요청서의 제안서 작성 안내가 GPG 안내 내용과 일부 다를 수도 있음에 유의하시오.

제안서의 제목은 E2CDA로 시작하고 이어 콜론을 찍고, 유형을(Type I 혹은 Type II) 기입한 후 다시 콜론을 찍고 프로젝트 제목을 명기하시오. 예를 들면 Type I의 경우 "E2CDA: Type I: 제목"의 형태가 된다. 공동 제안서의(다수 기관에서 개별적으로 제출하는 제안서를 합해 공동 제안서가 되는 경우) 경우, 모든 참여 기관들이 동일한 제목을 기입해야 하며 제목 앞에 "공동연구"라는 문구를 추가로 삽입한다. 따라서 공동 제안서의 제목은 예를 들면 "E2CDA: Type II: 공동 연구: 제목"의 형태가 된다.

예산:

본 프로그램에 선정되어 SRC로부터 펀딩을 받는 수령자 혹은 수령 기관은 "SRC 그랜트 수령자 연례 심사 회의"에 참석해, 연구 성과를 SRC 회원사 기업 대표들과 회의에 참석한 다른 이해관련 당사자들에게 보고해야 하며, 그 성과에 따라 연구비 지원 예산을 배분 받게 된다.

추가 서류:

동의서:

본 프로그램 펀딩 지원 대상 후보로 심사를 받기 위해서는 제안서에는 제안 기관(들)의 동의서가 포함되어야 한다. 동의서에서는 NSF가 SRC와 제안서 내용 및 관련 정보를 공유하고, 제안서에 대한 심사를 SRC와 공동 진행하는 데 대해 동의해야 한다. 본 동의서를 작성 후 FastLane 혹은 Grants.gov의 부속 서류 섹션에 업로드해야 한다. 동의서가 누락된 제안서는 심사 단계로 가기 전에 반송된다.

연구결과 실행을 차단하는 배타적 배경(Background) 지적재산권(IP) 개방:

모든 제안서에는 연구 결과를 실행할 수 있는 자유를 차단할 것으로 예상되는 배타적 배

경 지적재산권을 개방하겠다는 지적재산권 개방 의향서가 첨부되어야 한다. NSF/SRC 공동 펀딩의 직접적인 결과물로 나오는 IP를 활용할 수 있는 로열티 없는 비배타적 라이선스 권리를 SRC가 가지게 되기는 하지만, SRC는 SRC계약을 수여하기 전에 배타적 차단 IP와 관련한 이슈를 먼저 해결해야 한다. 예를 들면, 연구 결과 실행을 차단하는 배타적 IP에 대한 라이선스 권리를 협상할 수도 있다. NSF 펀딩은 배타적 IP 문제 해결 여부에 따라 변하는 것은 아니며 SRC 펀딩이건 NSF 펀딩이건 다른 편 기관에 펀딩 의무를 부과하지는 않는다..

산업계 참여:

대학과 기업이 참여하는 제안서의 경우, 제안자는 산업계로부터 1명 이상의 공동 PI의참여를 확인하는 확인서를 제안서에 첨부시켜야 한다. 본 확인서에는 산업계와 대학의 파트너들간 협력 계획, 산업계 연구 인력들의 투입 시간 및 업무 내용 등을 명시하고, 작성한 확인서는 FastLane 혹은 Grants.gov의 부속서류 섹션에 업로드한다.

B. 예산 정보

비용 분담 요건: 자발적인 비용 분담 약속을 제안서에 포함시키는 것은 금지되어 있음.

기타 예산 관련 제한:

프로젝트에 중요한 전문지식을 제공하는 외국 대학 소속 연구자들은 공동 PI 혹은 선임 연구원 자격으로 참여할 수 있지만, NSF 혹은 SRC에 재정 지원을 요청할 자격은 없다. 이들 전문가들에 대한 인건비와 급여를 요구할 수 없으므로 예산 섹션 A항목에 포함시켜서는 안 된다. 이를 위해서는 NSF 예산 양식에 들어가서 "삭제" 버튼을 클릭하면 된다. 다만 제안서 겉표지에는 이들 전문가들의 이름을 명시하고, 이들의 프로젝트 내에서의 역할은 제안서의 "설비, 장비 및 기타 자원" 섹션에서 설명해야 한다.

산업계 혹은 정부와의 시너지를 위한 협력 혹은 파트너쉽은 필요한 경우 허용한다. 다만 이 경우에도 이들 기관들에 대해 NSF 혹은 SRC 펀드를 제공하지는 않는다.

예산 작성 안내:

FastLane 혹은 Grants.gov를 통해 NSF에 제출하는 제안서에는 NSF 표준 양식에 맞추어 전체 프로젝트에 대한 예산을 작성, 포함시켜야 한다. 선정 대상 예비 후보가 되면 PI는 NSF와 SRC에 수정 예산을 제출해 달라는 요청을 받을 수도 있다. NSF/SRC 공동 펀딩 대상 제안서인 경우, NSF에 제출하는 수정 예산안에는 NSF 표준 양식에 맞추어 NSF 부담 부분을 명확히 명시하고 더불어 NSF펀딩으로는 어떤 활동을 수행하는지, 또 SRC 펀딩으로는 어떤 활동을 수행하는지를 상세하게 구분하여 작성한다.

C. 마감일

제안서 최종본 마감일 (제안자 현지 시간 기준 오후 5시): 2016년 3월 28일

D. FastLane/Grants.gov을 통한 제안서 제출 관련 요건

FastLane을 통해 제안서를 제출하는 경우: FastLane를 통해 제안서를 작성, 제출하는 경우,
https://www.fastlane.nsf.gov/a1/newstan.htm에 게재된 제안서 작성 및 제출 세부 안내 사항을 참조 바란다. FastLane 이용자 지원이 필요한 경우, FastLane 헬프데스크로 전화하거나 (전화: 1-800-673-6188) 이메일 (fastlane@nsf.gov)을 발송, 지원을 받을 수 있다. FastLane 헬프데스크는 FastLane 시스템 이용과 관련한 일반적인 기술적인 질문에 응대한다. 본 프로그램 제안 요청과 관련한 구체적인 질문은 본 제안 요청서 Section VIII에 나와 있는 NSF 프로그램 담당자(들)에게 문의 바란다.

Grants.gov를 통해 제안서를 제출하는 경우: Grants.gov 를 처음 이용하는 경우라면, 먼저 각 기관은 기관 프로파일 생성을 위한 등록 절차를 거쳐야 한다. 일단 등록이 되면 지원자의 소속 기관이 Grants.gov 웹사이트 상에서 연방 정부 그랜트를 신청할 수 있다. Grants.gov 이용에 관한 종합적인 정보는 Grants.gov 신청자를 위한 참고자료 웹사이트인 http://www.grants.gov/web/grants/applicants.html에 모두 게재되어 있다. 또한 NSF Grants.gov 신청 지침 (Section V.A항에 관련 링크 제시)에는 Grants.gov를 통한 제안서 작성 방법이 자세히 설명되어 있다. Grants.gov 이용자 지원이 필요한 경우는 Grants.gov Contact Center로 전화나(전화번호: 1-800-518-4726) 이메일을 발송(이메일: support@grants.gov)지원을 받을 수 있다. Grants.gov Contact Center는 Grants.gov 이용과 관련한 일반적인 기술적인 질문에 응대한다. 본 프로그램 제안 요청과 관련한 구체적인 질문은 본 제안 요청서 Section VIII에 나와 있는 NSF 프로그램 담당자(들)에게 문의 바란다.

제안서 제출: 모든 서류 작성이 완료되면 제안자 소속 기관을 대표해 Authorized Organizational Representative (AOR) 담당자가 신청서를 Grants.gov에 제출하고 AOR 담당자는 신청한 펀딩 카테고리와 제안서를 접수 대상 기관(NSF 혹은 SRC)이 어디인지를 확인하다. 그런 다음 AOR 담당자는 제안서 접수 신청서에 서명하고 이를 Grants.gov에 제출한다. 완료된 신청서는 다음 단계 프로세싱을 위해 NSF FastLane 시스템으로 넘어간다.

FastLane을 통해 제안서를 제출한 경우는 제출 상태 확인을 위해 FastLane을 계속 이용할 것을 권고한다. Grants.gov를 통해 제출한 경우는 NSF에서 신청서를 접수, 확인할 때까지 AOR 담당자가 Grants.gov 상에서 신청 상황을 확인해야 한다. 단 제안자들이 NSF로부터 확인 이메일을 받은 후에는 신청서 상태를 확인하기 위해서는 Research.gov를 이용해야 한다.

VI. NSF 제안서 프로세싱 및 심사 절차

일단 NSF가 접수한 제안서는 확인을 위해 해당 NSF 프로그램에 배정을 하고, NSF의 요건을 충족한다고 확인이 되면 심사 단계로 넘어간다. 모든 제안서는 과학자, 엔지니어 혹은 교수 출신의 NSF 프로그램 담당관(NSF Program Officer)과 3-10명의 외부 전문가들이 임시 심사관이나 패널리스트 자격으로 면밀히 심사를 한다. 이들 심사위원들은 심사 프로세스 감독권을 가진 프로그램 담당관이 선발한다. 제안자들은 제안서를 심사할 수 있는 충분한 자격을 갖추었다고 판단되는 전문가들을 추천할 뿐만 아니라 제안서 심사를 맡지 않았으면 하는 사람들의 이름도 함께 제출할 수 있다. 프로그램 담당관들의 재량으로 제안자들의 이러한 의견을 심사위원 선정 과정에서 참고할 수도 있다. 물론 이러한 이름을 제출하는 것은 의무사항은 아니고 선택사항이다. 이 때 제안서에 대해 이해관계가 없는 사람들로 심사위원이 구성되도록 주의를 기울인다. 또한 프로그램 담당관은 제안서에 대한 최종 결정을 내리기 전에 현장 방문을 통해 의견을 수집할 수도 있다. NSF의 선임 전문가가 제안서 선정 여부에 대한 의견을 추가적으로 검토하게 된다. NSF 제안서 및 제안서 선정 프로세스(일정 포함) 전체를 보여주는 프로세스 흐름도는 GPG의 Exhibit III-1를 참조 바란다.

NSF의 심사 프로세스는 NSF 웹사이트에 잘 설명되어 있다.
http://www.nsf.gov/bfa/dias/policy/merit_review/.

제안자들은 NSF의 미션을 달성하는 데 있어 핵심이 되는 전략이 무엇인지를 잘 인지하고 있어야 한다. NSF의 핵심 전략은 “국가 미래를 위한 과학, 공학, 교육에 대한 투자: 2014-2018 NSF 전략(Investing in Science, Engineering, and Education for the Nation's Future: NSF Strategic Plan for 2014-2018)”에 잘 정리되어 있다. 이들 전략은 제안서 심사를 포함해 프로그램 기획 및 실행 과정 전반에 잘 반영되어 있다. NSF는 연구와 교육을 통합하고, NSF 프로그램, 프로젝트, 활동에 대한 참여 기회를 확대함으로써 미션을 성공적으로 수행하고 있다.

NSF의 미션 달성을 지원하는 전략 목표 중 하나가 NSF가 지원하고 있는 대학 및 연구기관들에서의 다양한 프로그램, 프로젝트 및 활동에 있어 연구와 교육을 접목하는 것이다. 이들 기관들은 과학, 기술, 공학, 수학(STEM) 분야의 인력들을 채용하고 훈련시켜 첨단 과학 분야 발전을 이끌고, 이들 인력들이 미국의 기술 기반 경제에 적극 참여하도록 유도해야 한다. NSF는 미국의 가장 창의적인 과학자, 기술자들이 주도하는 첨단 연구를 수행하도록 지원함으로써 미국의 국가 혁신 생태계에 기여하고 있다. 또한 NSF는 STEM 교수법 및 학습 관련 개선을 이끌어낼 수 있도록 STEM교육에 투자함으로써 강력한 STEM 인재 개발을 지원하고 있다.

NSF의 미션 달성을 위해서는 현재 STEM 분야에서 상대적으로 주목 받지 못하는 그룹,

기관, 지역에 대해 참여기회를 확대할 필요가 있다. 이는 과학, 공학 분야의 건전한 발전을 위해서도 반드시 필요한 부분이다. NSF는 다양성 원칙을 준수하며 다양성이야말로 NSF가 심사하고 지원하는 다양한 프로그램, 프로젝트, 활동의 중심 원칙임을 명확히 인식하고 있다.

A. 평가 원칙 및 기준

NSF는 모든 과학 및 공학 분야의 연구 및 교육 있어, 새로운 지식 및 혁신을 추구하고자 다양한 프로젝트에 투자하고 있다. 어떤 프로젝트를 지원할 것인지를 결정하기 위해 NSF는 프로젝트의 기술적인 측면뿐만 아니라 "과학적 진보 추구, 국가의 의료, 번영 및 복지 증진, 국가 안보 제고 등" NSF의 중요한 미션 달성에 기여할 수 있는 잠재력이 어느 정도인지를 종합적으로 평가하는 심사 프로세스를 운영하고 있다. NSF는 프로젝트 선정 과정에서 공정하고, 경쟁적이고, 투명한 심사 프로세스를 운영하고자 최선을 다한다.

1. 심사 원칙

심사 원칙은 PI와 PI 소속 기관들이 제안서를 작성하고 프로젝트를 관리하는 과정에서, 그리고 심사위원들이 제안서를 평가하고, NSF 프로그램 담당관들이 펀딩 후보로 제안서를 추천할지 여부를 결정할 때에도 모두 기준으로 삼고 있는 원칙들이다. NSF의 주된 임무가 기초 연구 및 교육을 지원, 그 우수성을 제고하는 것임을 고려, NSF는 다음 3가지 심사 원칙을 적용한다.:

모든 NSF 프로젝트는 우수한 수준의 프로젝트여야 하며 지식의 지평을 확대하는 데 기여할 수 있는 잠재력을 가지고 있어야 한다. 또한 NSF 프로젝트는 전체적으로 볼 때 사회적 목적을 달성하는 데 기여할 수 있어야 한다. 이러한 "종합적인 파급효과(Broader Impact)"는 연구 자체, 혹은 특정 연구 프로젝트와 직접적인 관련이 있는 활동 또는 프로젝트를 통해 지원을 받는 활동 에서도 나타날 수 있다. 프로젝트 활동들은 기존 방식이나 접근방법 혹은 새로운 혁신적인 방식이나 접근방법에 바탕을 둘 수 있는데 어느 쪽이 되었건 방법론적으로 그 근거가 확실해야 한다.

또 NSF 프로젝트에 대한 평가는 적절한 평가 지표에 기반을 두어 진행되어야 한다. 평가 시에는 종합적인 파급효과와 프로젝트 실행에 투입되는 자원간의 상관관계를 고려해야 한다. 만약 활동의 규모가 제한되어 있을 경우, 해당 활동의 효과성만을 개별적으로 평가하는 것은 의미가 없다. 따라서 이들 활동의 효과성을 평가하는 작업은 개별 프로젝트 단위보다는 보다 높은 차원에서 여러 프로젝트들을 연계하여 평가가 이루어져야 할 것이다.

세 번째 원칙은 특정 프로젝트들에 대한 종합적인 파급효과 평가가 총체적인 수준에서 이루어진다는 점이다. PI(들)는 펀딩을 받는 프로젝트에서 명시한 여러 활동들을 수행할 책임이 있다. 따라서 개별 프로젝트들의 경우, 프로젝트 목적을 명확히 진술하고, PI가 수행하게 될 구체적인 활동에 대한 설명하고, 이들 활동을 통해 예상되는 성과 혹은 결과에 대한

문서화 계획 등을 제안서에 포함시켜야 한다.

이상의 3가지 심사 원칙은 심사 지표의 기준이 되는 동시에 기준을 이용하여 실제 심사 업무를 진행하는 심사위원들이 심사 기준의 의도를 보다 잘 이해하도록 도와준다.

2. 심사 기준

모든 NSF 제안서는 NSB에서 승인한 2가지 심사 기준을 활용해 평가가 이루어진다. 그러나 일부 경우에는 NSF는 특정 프로그램 및 활동의 특정 목적에 집중하기 위해 필요에 따라 추가적인 기준을 적용할 수도 있다.

두 개 심사 기준은 다음과 같다. 이들 두 기준에 대해서는 심사 및 의사결정 과정에서 충분히 고려가 이루어지며 두 기준이 모두 필요하며 하나의 기준만으로 충분하지 않다. 따라서 제안자는 이들 두 개 기준을 모두 충족시켜야 한다. (제안서의 "프로젝트 설명" 부분을 작성할 때, GPG 2장 C.2.d.i.항의 추가 정보를 참고할 수 있음). 심사위원들에게는 제안서 심사에 앞서 GPG 2장 C.2.d.i.항을 포함한 평가 기준을 면밀히 검토할 것을 권고하고 있다.

NSF 제안서를 평가할 때, 심사위원들은 제안자가 무엇을 하고자 하는지, 왜 하고자 하는지, 어떻게 그것을 수행할 것인지, 성공여부를 어떻게 평가할 것인지, 프로젝트가 성공할 경우 어떤 효과를 기대할 수 있는지 등을 검토하게 된다. 이들 질문들은 제안서의 기술적인 측면뿐만 아니라 프로젝트가 종합적인 파급효과에 어떻게 기여할 수 있는지를 평가하는 데 모두 유용한 질문들이다. 이를 위해 심사위원들은 다음 두 가지 기준에 따라 모든 제안서를 평가하게 된다.:

지식적 우수성(Intellectual Merit): 지식적 우수성 기준은 지식을 발전시킬 잠재력을 평가하는 기준임.

종합적인 효과(Broader Impacts): 종합적인 효과 기준은 사회를 이롭게 하고 구체적인 사회적 성과를 달성하는 데 기여할 수 있는 잠재력이 있는지를 평가하는 기준임.

이상의 두 기준에 따라 심사를 하는 과정에서 다음 요소들을 고려한다.:

제안서의 활동이 해당 분야 내에서 혹은 여러 다양한 분야에 걸쳐 지식의 발전에 기여하고 (지식적 우수성) 사회를 이롭게 하고 구체적인 사회적 성과 달성에 기여할 수 있는(종합적인 효과) 잠재력을 지니고 있는가?

제안서의 활동들이 어느 정도 수준까지 창의적이고, 독창적이고 혁신적인 개념을 제안하고, 탐색하고 있나?

제안서의 활동을 수행하고자 하는 계획이 명확한 근거가 있고, 잘 조직되어 있나? 실행 계획에는 프로젝트 성과를 평가할 수 있는 메커니즘이 포함되어 있나?

제안서의 활동을 수행하게 될 개인, 팀 혹은 조직은 수행에 필요한 능력을 갖추고 있나?

PI는 제안서의 활동을 수행함에 있어 필요한 자원들을 (소속 기관에서 혹은 협업을 통해) 적절히 제공받도록 되어 있나?

"종합적인 파급효과(Broader Impact)"는 연구 자체, 혹은 특정 연구 프로젝트와 직접적인 관련이 있는 활동 또는 프로젝트를 통해 지원을 받는 활동에서도 나타날 수 있다. NSF는 지식을 발전시킬 수 있는지, 그리고 사회를 이롭게 하고 구체적인 사회적 성과를 달성하는데 기여할 수 있는지를 중요하게 여긴다. 이 때 말하는 사회적 성과의 예로는 여성, 장애인 및 사회적 소수집단의 STEM 부문에 대한 참여 확대, STE 교육 및 교사 개발 개선, 대중의 과학에 대한 인식 제고 및 참여 확대, 개인의 삶의 질 개선, 글로벌 경쟁력과 다양성을 갖춘 STEM 인재 양성, 대학, 산업계 및 기타 주체들간의 파트너쉽 확대, 미국의 경제적 경쟁력 제고, 연구 및 교육 인프라 개선 등을 들 수 있다.

필요한 경우 심사위원들이 "데이타관리계획"과 "박사후과정 연구원 멘토링 계획" 등도 평가할 수 있음을 주지할 필요가 있다.

B. 심사 및 선정 프로세스

본 제안 요청에 따라 제출하는 제안서는 패널 심사위원단의 심사를 거치게 된다.

심사위원들은 미 과학위원회(NSB)가 승인한 두 개 심사 기준을 활용, 제안서 심사를 진행하게 되며 필요한 경우 추가적인 프로그램 개별 기준을 적용할 수도 있다. 각 심사위원은 평가 점수 요약 및 해당 점수를 주게 된 근거 설명을 제시해야 한다. 제안서 심사 관리를 맡게 된 프로그램 담당관은 심사위원들의 의견을 반영, 심사의견서를 작성한다.

NSF는 NSF 표준 및 절차에 따라 제출된 제안서에 대한 심사 과정을 관리하고 수행한다. NSF와 SRC의 프로그램 담당관들로 구성되는 공동실무그룹(Joint Working Group, JWG)이 심사 및 선정 여부에 관한 종합 의견을 조율, 도출한다. NSF와 SRC 프로그램 담당관들은 필요시 제안서 및 제안서 심사 결과에 관한 관련 정보를 공유한다. JWG는 적절한 펀딩 수준에서 선정 대상 제안서를 추천하게 된다.

제안서의 과학기술적인 측면을 심사하고, 적절한 관련 요소들을 고려하여, NSF 프로그램 담당관들은 담당 Division 디렉터에게 제안서를 거절할 것인지 선정할 것인지에 대한 의견을 전달한다. NSF는 모든 제안자들에게 제안서 제출 후 6개월 내에 제안서의 수락 여부를 통보할 수 있도록 최선의 노력을 기울이고 있다. 제안서 규모가 크거나 복잡한 프로젝트인 경우, 혹은 신규 제안자인 경우에는 심사 및 프로세싱에 더 많은 시간이 걸릴 수 있다. 기준이 되는 시점은 제안서 마감일, 제안서 접수일 중 늦은 날짜를 기점으로 프로그램 담당관의 심사 의견서에 따라 Division 디렉터가 의사결정을 하는 시점을 심사 종료 시점으로 삼는다.

프로그램 승인이 나면 펀딩 대상으로 추천을 받은 제안서는 그랜트 및 계약 부서(Division of Grants and Agreements)로 보내져, 다시 한 번 사업적, 재무적, 정책적으로 어떤 파급효과를 가져다 줄 것인지에 대한 검토를 진행한다. 이러한 행정적 검토가 끝나면, 그랜트 및 계약 담당관(Grants and Agreements Officers)이 그랜트 혹은 계약을 진행, 발행한다. 이 때 제안자는 그랜트 및 계약 담당관만이 NSF를 대신해 그랜트 혹은 계약을 진행할 수 있으며 펀드 비용을 승인할 수 있음을 주지해야 한다. NSF 프로그램 담당관과 기술적인 문제나 예산 문제를 협의하는 과정에서 이루어진 커뮤니케이션은 NSF가 공식적으로 약속한 사항이라고 볼 수 없다. NSF 그랜트 및 계약 담당관이 서명한 그랜트 혹은 계약 없이 PI 개인 혹은 PI 기관이 임의로 금전적 혹은 개인적 약속을 하는 경우, 이는 온전히 PI 개인 혹은 PI 기관이 리스크를 지는 부분임을 명심해야 한다.

선정 혹은 거절 여부가 결정이 되면 PI는 제안서에 대한 피드백을 받게 된다. 어떤 경우에도 심사 관련 문서는 비공개를 원칙으로 한다. 프로그램 담당관은 심사위원의 이름이나 심사위원이 누구인지를 알 수 있는 정보를 제외한 상태로 심사위원들의 심사 코멘트를 담은 심사의견서 사본을 PI와 프로젝트 디렉터에게 제공하며 이와 더불어 제안자에게 선정 혹은 거절에 대한 구체적인 설명 혹은 이유를 제공한다.

VII. 선정 운영 정보

A. 선정 통보

그랜트 및 계약 담당 부서(Division of Grants and Agreements. Organizations)의 그랜트 담당관(Grants Officer)이 제안 기관에 선정 사실을 통보한다. 제안서가 탈락된 기관에 대해서는 담당 NSF 프로그램 측에서 최대한 빠른 시간 내에 제안서 탈락 통보를 한다. 심사위원의 이름 등 신분 관련 정보를 제외한 심사 의견서 사본을 PI에게 발송한다 (심사 프로세스 관련 추가 정보는 Section VI.B.항 참조)

B. 선정 요건

NSF 펀딩을 받는 프로젝트로 선정이 되기 위해서는 다음 요건을 충족해야 한다: (1) 선정에 관한 관련 조항 및 수정 조항 등이 포함한 선정 통지서; (2) NSF 가 지원을 결정한 기준이 되는 비용항목별로 금액이 표시된 예산 (아니면 제안 예산 중 승인된 부분과 승인되지 않은 부분을 구분해서 명시); (3) 선정 통보 시 근거가 된 제안서; (4) 그랜트 일반 요건(Grant General Conditions, GC-1)* 혹은 연구조건 및 요건(Research Terms and

Conditions)* 등 해당 선정 요건; (5) 선정 통보 시 참고 및 반영했던 발표문 혹은 기타 NSF 발행 자료. 공동 연구 계약의 경우는 NSF 공동연구 재무운영 조건 및 요건(NSF Cooperative Agreement Financial and Administrative Terms and Conditions, CA-FATC)과 해당 프로그램 조건 및 요건 (Programmatic Terms and Conditions)에 따른다. NSF 선정 통지서는 NSF 그랜트 및 계약 담당관이 전자 서명 한 후 이메일로 제안 기관에 발송한다.

* 이상의 문서들은 NSF 웹사이트에서 http://www.nsf.gov/awards/managing/award_conditions.jsp?org=NSF엑세스 가능하다. 인쇄본은 NSF Publications Clearinghouse (전화: (703) 292-7827 혹은 이메일: nsfpubs@nsf.gov)에서 입수가능하다

NSF 선정 요건 및 NSF 선정 운영 관련 추가 정보는NSF 선정운영지침(NSF Award & Administration Guide, AAG) 2장에 정리되어 있으며 본 지침은 NSF 웹사이트에 게재되어 있다. http://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=aag.

특별 선정 요건

개별 프로젝트는 NSF와 SRC의 공동 펀딩 지원을 받게 되지만, NSF와 SRC는 각각 별도의 펀딩 재원을 운용한다. 즉 개별 프로젝트에 대해 NSF는 NSF 그랜트를 통해 지원하고, SRC는 SRC 계약 혹은 SRC 그랜트를 통해 개별적으로 지원을 한다. 선정된 개별 프로젝트에 대한 NSF와 SRC의 펀딩 규모는 양 기관의 프로그램 전체 펀딩 규모에 비례하여 결정된다. 기본적인 수준의 지원 이외에 각 기관은 교육 혹은 개발 등과 같은 특수한 목적의 프로젝트인 경우 상대 기관에 추가 펀딩 제공을 요청하지 않고 자체적으로 프로젝트를 지원할 수도 있다. NSF/SRC 펀딩 프로젝트로 선정될 경우 펀딩 기간은 1-3년이 된다.

SRC 계약이 포함되는 공동 혹은 개별 그랜트나 계약의 경우는 발간물, 특허권 등을 포함하는 IP 에 관한 합의서를 함께 제출해야 한다. 이 때 합의서는 그랜트 수령 기관과 SRC가 공동 서명해야 한다. SRC 계약의 경우 SRC 펀딩을 받아 수행한 연구 결과로 나온 IP에 대해서는 모든 SRC 구성원들이 결과물을 로열티 없이 사용할 수 있는 비배타적 사용권리를 가진다. 배타적 IP 관련 모든 이슈는 SRC 계약 선정 이전에 해결해야 한다.

C. 보고 요건

다년 그랜트인 경우 (표준 그랜트와 지속 그랜트 모두 포함), PI는 해당 프로그램 담당관에게 늦어도 현 예산 회기 종료 90일 이전에 연례 프로젝트 보고서를 제출해야 한다. (일부 프로그램 혹은 그랜트의 경우 이보다 더 빈번히 프로젝트 보고서를 제출해야 하는 경우도 있음). 그랜트 종료 후 늦어도 120일 이내에 PI는 최종 프로젝트 보고서와 더불어 일반 공개용 프로젝트 성과 보고서를 제출해야 한다.

상기 프로젝트 최종 보고서와 성과 보고서를 제출하지 않을 경우, 향후 제안서를 제출할 때 혹은 현재 해당 PI와 공동 PI의 이름으로 선정 여부를 심사 혹은 결정 중에 있는 제안서에 대해 심사 및 프로세싱이 지연될 수 있다. PI는 제출해야 하는 보고서의 양식을 사전에 확인, 필요한 데이터를 미리 확보하도록 유의한다.

PI는 NSF의 온라인 프로젝트 보고 시스템을 이용해야 하는데, 본 시스템은 Research.gov를 통해 이용가능하고, 연례 보고서 및 최종 보고서의 작성 및 제출 시 이를 이용할 수 있다. 보고서에는 프로젝트 성과, 프로젝트 참여 인력(개인 및 기관), 발간자료, 기타 구체적인 프로젝트 결과물 및 파급효과 등을 상세히 명시해야 한다. Research.gov 를 통해 보고서를 제출한다는 것은 제출된 보고서 내용의 정확성과 완결성을 PI가 확인했음을 의미한다. 프로젝트 성과 보고서 역시 Research.gov을 이용 작성, 제출 가능하다. 성과 보고서는 일반 시민들을 대상으로 한 프로젝트 소개 자료이므로 프로젝트의 성격과 성과를 간략히 요약 제시해야 한다. 성과 보고서는 PI가 제출하는 내용 그대로 가감 없이 NSF 웹사이트에 게재된다.

NSF 보고 요건에 대한 추가 정보 및 NSF 제안서 선정 운영 관련 중요 정보는 NSF 선정운영지침(NSF Award & Administration Guide, AAG) 2장에 정리되어 있으며 본 지침은 NSF 웹사이트에 게재되어 있다. http://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=aag.

NSF와 SRC는 개별적으로 각 기관의 가이드라인에 따라 연구비 그랜트 및 계약을 관리하고 있다. 그랜트 및 계약 수령자는 NSF 절차에 따라 Research.gov를 통해 NSF에 연례 프로젝트 보고서를 제출해야 한다. 그랜트 및 계약 수령자는 SRC의 절차에 따라 SRC에도 연례보고서를 제출해야 한다.

SRC는 연례 심사를 진행하며, 프로그램 및 프로젝트 진도 모니터링을 위해 특정 진도 보고서를 요구할 수 있다. SRC는 연구 및 심사 과정에 산업계를 체계적으로 참여시키고자 노력하며, 연례 심사 활동을 조직하고 집행한다.

본 프로그램에 선정되어 SRC로부터 펀딩을 받는 수령자 혹은 수령 기관은 “SRC 그랜트 수령자 연례 심사 회의”에 참석해, 연구 성과를 SRC 회원사 기업 대표들과 회의에 참석한 다른 이해관련 당사자들에게 보고해야 하며, 그 성과에 따라 연구비 지원 예산 배분을 받게 된다. 각 회의 개최 30일 전에 PI는 SRC에 연구 결과에 대한 파워포인트 발표 자료를 SRC 웹사이트에 게재, 제출해야 한다.

VIII. 기관별 담당자

아래 정보는 자료 발간 시점의 정보로 이후 추가적인 변경 사항은 프로그램 웹사이트를

참조 바란다.

프로그램 관련 일반 문의는 다음 담당자들에게 연락 바란다:

Sankar Basu, Program Director, Computing & Communication Foundations Division, NSF, 전화: (703) 292-7843, 이메일: sabasu@nsf.gov
Dimitris Pavlidis, Program Director, Electrical, Communications & Cyber Systems Division, NSF, 전화: (703) 292-2216, 이메일: dpavlidi@nsf.gov
Thomas Theis, Executive Director, Nanoelectronic Research Initiative, Semiconductor Research Corporation, 전화: (914) 945-2244, 이메일: thomas.theis@src.org
Jonathan Candelaria, Program Director, Semiconductor Research Corporation, 전화: (919) 941-9482, 이메일: jon.candelaria@src.org

FastLane 이용 관련 문의:
FastLane 헬프데스크 (전화: 1-800-673-6188, 이메일: fastlane@nsf.gov)

Grants.gov 이용 관련 문의:
Grants.gov Contact Center: Authorized Organizational Representative (AOR) 담당자가 신청서 접수 후 48시간 내에 Grants.gov로부터 확인 메시지를 받지 못했을 때는 다음 연락처로 문의 바란다(전화: 1-800-518-4726; 이메일: support@grants.gov).

IX. 기타 정보

NSF 웹사이트는 NSF 담당국(담당자 연락처 포함), 프로그램, 펀딩 관련 가장 종합적인 정보 제공 소스이다. 잠재적 제안자들은 본 웹사이트를 적극 활용할 것을 권고하는 바이다. 또한 “NSF 업데이트”라는 정보 배포 시스템이 있는데, 이 시스템을 통해 잠재적 제안자 및 관심이 있는 개인 및 기관들은 신규 NSF 펀딩 기회, NSF펀딩 관련 자료, 제안서와 선정 정책 및 절차 변경 내용, 계획되어 있는 NSF 그랜트 컨퍼런스 등에 관한 정보를 받아 볼 수 있다. 시스템 가입자들은 이메일이나 사용자의 웹브라우저를 통해 새로운 발간물이 나올 때마다 가입자들의 관심 분야에 맞는 정보를 제공하게 된다. “NSF 업데이트”는 NSF 웹사이트에서 이용가능하다.

Grants.gov는 연방 정부 전 기관에 걸쳐 어떤 그랜트 기회가 있는지를 검색할 수 있는 추가적인 온라인 검색 기능을 제공한다. 이 검색 기능을 이용, NSF 펀딩 기회도 검색, 엑세스할 수 있다. Grants.gov 추가 정보는 http://www.grants.gov를 이용하기 바란다.