

미국 연방정부의 정보통신기술 연구개발 동향 및 시사점

조 현 대, PhD.(선임연구원)
임 기 철, PhD.(책임연구원)

1. 서언

정보기술에 있어 혁명의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 이 혁명의 영향은 규모나 범위에 있어 "산업혁명"에 비교될 수 있다. 불과 몇 십 년 동안에 새롭게 개발된 연산과 통신 기술, 예컨대 인터넷 기술들이 우리의 생활과 사업하는 방식들을 변화시켜 왔으며, 과학적 연구들을 지원하고 촉진시켜 오고 있다 ([1]).

인터넷과 월드 와이드 웹 (world wide web, www)으로 상징되는 오늘날의 디지털 컴퓨팅 및 통신기술의 비약적인 발전은 미국연방정부의 컴퓨팅 및 네트워크 기술들에 대한 장기간의 투자와 연구 주도에 힘입은 바 크다¹⁾. 이 글은 오늘날의 디지털 기술개발의 촉진 및 확산의 기초가 되었고, 지금도 미래 디지털기술을 선도하기 위한 미국 연방정부의 디지털 연산 및 통신기술 개발동향과 특징들을 살펴보고, 그것들이 우리에게 주는 시사점들을 논의하고자 한다.

2 연산 및 네트워크 연구개발 활동들의 전개 과정과 배경

연산 및 네트워크 연구개발에 대한 투자는 오래 동안 미국 연방정부의 선호를 받아 왔는데, 1970년대에 고성능 연산을 위한 연방정부지원이 확대되었다. 연방정부기관들은 연산 연구를 위한 하부 구조로써 진보된 네트워크(advanced networks)들을 개발해 왔으며, 1980년대 초반 많은 연방정부기관들이 독립적인 연구개발 프로그램들을 개발했었다 ([1], [2]).

1979년에 연방 국방성이 출자하는 ARPANET에 가입하지 못했던 대학들이 독특한 연산 설비들을 원거리 이용할 수 있게 하기 위해 CSNET이 만들어 졌다. 비슷하게 미국연방과학재단(NSF)이 많은 연구대학들이 NSF가 새롭게 출자하여 만든 슈퍼컴퓨터센터에 고속 접속하는 것은 촉진하기 위해 1986년 NSFNET 구축이 시작되었다. 다양한 임무 특수적 응용을 위한 연산과 네트워크 기술의 중요성은 연방정부기관들간의 협력을 촉진하게 되었고, 이는 1980년대 후반 연방정부기관들로 하여금 진보된 기술들과 공유할 하부구조의 개발에 관한 연구들을 조정하게 하였다. 그 결과, 1991년 초, 부시 행정부에 의해 10여 개의 연방정부기관들이 참여하는 고성능 연산 및 통신 (High Performance Computing and Communications, HPCC) 프로그램이 성사되었다 ([2]).

1) 인터넷과 월드 와이드 웹의 생성, 발전에 관한 간략한 설명은 <부록 1>을 참조하십시오.

미국 대통령 산하 과학기술정책국 (Office of Science and Technology Policy, OSTP)이 조정하는 가운데 에너지성, 국립과학재단(NSF), 국방성, 국립항공우주국(NASA) 등이 주요 기관으로써 참여하였다. 그리고 당시 상원의원인 알 고어에 의해 1991년 “고성능 연산 법률” (High Performance Computing Act, HPCA)이 제안되었고, 동 법률은 HPCC를 위한 법률적 근거를 제공하면서 1991년 11월 의회에서 통과되었다²⁾ ([1], [2], [5]).

한편 1991년 HPCA에 의거하여 설립된 대통령정보기술자문위원회 (President’s Information Technology Advisory Committee, PITAC)는 고성능 연산에 관한 여러 가지 논제들을 살펴본 후, 1999년 2월 “정보기술연구: 우리의 미래에 투자” (Information Technology Research: An Investment in Our Future)라는 보고서를 공포하였다³⁾ ([1], [3], [4]).

PITAC는 정보기술에 있어 미국의 리더십은 경제성장, 교육, 연구, 환경 관리, 공공 보건, 국가안보 등을 촉진하는데 필수적 기초를 제공해야 한다고 지적하면서, 현재의 연구는 연방 정부 임무와 연계된 너무 단기적 문제에 초점을 맞추고 있으며, 따라서 정보기술에 있어 장기적 원론적 연구를 위한 지원이 소홀하다고 결론 내렸다 ([1], [3]). 미국 연방정부는 PITAC의 권고를 즉각 수용하고, 이를 정책에 반영하기 위해 “21세기를 위한 정보기술” (소위 IT²) 이니셔티브를 기획하였으며, 2000년 연방정부예산에 IT² 이니셔티브 추진을 위해 예산 3억 6,600만 불을 책정하여, 의회 승인을 요청하였다 (미국연방정부의 연구개발 예산규모에 대해서는 <부록 2>를 참조하시오). 이로써, IT² 이니셔티브가 새롭게 미국의 정보통신기술개발을 위한 주요 연구개발 프로그램으로 발족하게 되었다. ([1], [3], [5]).

3. IT²

3.1. 대통령 정보기술자문위원회 (PITASC)의 권고 내용

PITAC의 보고서, “정보기술연구: 우리 미래에 투자” (Information Technology research: An Investment in Our Future)는 다음과 같은 네 가지 연구영역들에 초점을 맞추고 있다 ([1], [5]). 첫째, 소프트웨어: 국가적으로 소프트웨어 수요가 생산능력을 초과하고 있고, 국가

2) HPCC와 HPCA의 네트워킹 연구 및 하부구조 요소들은 국가연구교육네트워크 (National Research and Education Network, NREN)으로 불려 졌다. NREN의 비전은 보다 진보되고, 상업화되는 국가정보하부구조 구축을 위한 보다 넓고 야심적인 새로운 비전을 발전시키는 동기를 제공하였으며, 이 새로운 비전은 클린턴 행정부의 기술정책의 기함(flagship) 된 NII (National Information Infrastructure)로 발전하게 되었다 ([2]). 본 글은 미국연방정부의 NII 이니셔티브에 대해서 논하지 않는다. NII 이니셔티브에 대한 보다 자세한 내용은 이 글의 참고문헌 [2]와 [4]를 참조하시오.

3) PITAC 보고서의 보다 자세한 내용은 이 글의 제3장과 참고문헌 [5]를 참조하시오.

가 의존하고 있는 소프트웨어들이 너무 연약할 뿐만 아니라, 신뢰할 수 있고 안정적인 소프트웨어를 구축하는 기술들이 불충분하다. 따라서 소프트웨어 연구를 절대적으로 강화할 필요가 있다.

둘째, scalable 정보 하부구조: 정보하부구조에 대한 믿음이 날로 증가하고 있지만, 현재의 기술들은 추가적인 대규모 성장을 지원하는데 미흡하고, 또한 우리가 현재 알고 있는 것보다 복잡한 정보 시스템으로 안정적으로 확장할 수 없을 것 같다. 대규모로, 신뢰할 만하고, 안정적인 시스템을 어떻게 구축할 것인가를 학습하는 것은 많은 연구들을 요구한다.

셋째, high end computing: 하이 엔드 연산은 과학과 공학 연구를 위해, 그리고 국가 안보를 위해 매우 중요하며, 새로운 응용들을 탐사할 준비가 성숙되어 있다. 혁신적 연산기술과 구조연구, 그리고 하이엔드 컴퓨터의 성과를 개선할 소프트웨어 연구에 투자를 강화할 필요가 있다. 넷째, 경제, 사회, 그리고 노동력에 대한 시사점들: 정보기술의 경제 사회적 영향에 대한 연구들이 중요하며, 정보기술에 있어 국민들의 삶을 증대시키기 위한 연방정부의 주도적 노력이 확장될 필요가 있다.

이러한 논점들과 다른 필요한 논점들을 다루기 위해, PITAC는 연방정부가 장기적인 연구개발을 위한 전략적인 이니셔티브를 만들어서, 보다 장기적인 프로젝트들에 투자해야 하며, 또한 연구개발을 관리하고 조정하기 위한 효과적인 구조를 설립하고, 동 이니셔티브를 위해 2004년까지 연방정부 예산을 14억불까지 투입할 것을 권고하였다 (<표 1> 참조).

<표 1> 정보기술 연구개발을 위한 PITAC의 투자증대 권고 안 (단위: 백만 불)

영역 (\년도)	2000	2001	2002	2003	2004
소프트웨어	112	268	376	472	540
scalable 정보 하부구조	60	120	180	240	300
하이엔드 연구	180	205	240	270	300
하이엔드 획득	90	100	110	120	130
사회경제적	30	40	70	90	100
합계	472	733	976	1192	1370

* 원천: Committee on Science in the US House of Representatives (1999), "Hearing Charter on Information Technology for the 21st Century," Washington DC.

3.2. "IT² 이니셔티브"의 연구개발 분야들

미국 연방정부는 PITAC의 권고를 받아들여, "21세기를 위한 정보기술, 즉 IT²"라는 연

구개발 이니셔티브를 기획하고, 이를 위해 2000년 연방정부예산에 3억 6600만 불을 책정해 줄 것을 의회에 제안하였다⁴⁾ (미국 연방정부의 전체 및 정부기관별 연구개발 예산규모에 대해서는 <부록 2>을 참조하십시오). IT²는 다음과 같은 세 분야들에 대한 지원을 강화하고 있다: 첫째, 연산과 통신에 근본적인 진보를 이끌 장기 정보기술연구, 둘째, 소프트웨어, 네트워크, 슈퍼컴퓨터에 대한 연구와 이러한 연구들을 지원할 연구팀들에 대한 지원, 그리고 과학, 공학 및 국가안보를 위한 진보된 연산 연구. 이러한 연구와 지원들은 약품 개발에 필요한 시간의 단축, 보다 청정한 엔지의 설계, 더 높은 정확성을 가지는 허리케인 및 토네이도의 예측, 과학적 발견의 가속 등과 같은 응용들을 도울 것이다, 셋째, 대학에서 근로자들의 추가적인 훈련을 돕는 것을 포함한, 정보혁명의 경제적 사회적 시사점들에 대한 연구 ([3], [5]).

3.3. 연방정부기관들의 참여 실태

IT²에는 국립과학재단(NSF), 국방성, 에너지성, 국립우주항공국(NASA), 국립보건연구원(NIH), 국립해양대기관리국(NOAA) 등 6개 주요 연방정부기관들이 참여하고 있다 ([3]). <표 2>는 참여기관별 연구개발활동별 예산요청규모를 보여주고 있다 (미국 연방정부의 정부기관별 연구개발 예산규모 추이에 대해서는 <부록 2>을 참조하십시오).

(1) 국방성: 국방성의 참여는 주로 "DARPA" (Defence Advanced Research Projects Agency), "new ARDA" (Advanced Research and Development Activity), 그리고 "대학연구 이니셔티브" (University Research Initiative, URI) 프로그램을 통해 이루어지고 있다. 연구분야들은 자율적, 내재적 시스템, 그리고 깊게 네트워크된 시스템을 위한 소프트웨어 개발 등을 포함하고 있다.

(2) 에너지성: 에너지성은 "Scientific Simulation Initiative" (SSI)를 통해 참여한다. SSI의 주요 목적들은 테라 (10의 12승) 부동소수점연산 자원 (resources)들을 지구시스템 (예컨대, 기후 모델링), 연소 (combustion), 기초과학 (예컨대, 게놈 연구(genomics), 융합에너지, 재료 과학, 고 에너지 물리학, 지표하수 흐름)에 적용하고 응용하는 것이다.

(3) 국립항공우주국(NASA): NASA가 요청하고 있는 예산의 규모는 "기반적 정보기술연구"와 "진보적 연산"간에 거의 공평하게 나누어져 있다 (<표 2> 참조). "기반적 정보기술연구"에는 자동적 추론, 인간 중심적 연산, 자료 이해를 위한 지능시스템, 혁신적 연산 (예컨대, 양자 연산, 생물학 시스템들, 그리고 광학적 시스템들) 연구들이 포함되어 있다. "진보된 연산"을 구성하고 있는 요소는 지적 합성환경 (Intelligent Synthesis Environment) 이니셔티브, 빠른 합성과 모의실험 그리고 협동적 공학환경을 포함하는 기능적 요소들을 포함하고 있다.

4) IT² 이니셔티브는 동 이니셔티브에 대한 미국 의회의 승인 이후 다음 제4장에서 설명하고 있는 HPCC 연구개발프로그램들과 통합되어 조정, 이행될 것이다 ([5]).

(4) 국립보건연구원 (NIH): 국립보건원의 참여는 생물의학 연구자들의 요구를 만족시키기 위한 소프트웨어 및 알고리즘의 개발, 그리고 분자, 세포, 조직 및 전염병 체계의 모의실험 모형들의 개발, 그리고 뇌분자 해부연구 프로젝트 (Brain Molecular Anatomy Project)에 관한 지속적인 연구들에 초점을 맞추고 있다.

(5) 국립해양대기관리국(NOAA): 소프트웨어, 하이엔드 연산 및 응용에 대한 연구들이 포함되어 있다. 이러한 분야들에서의 진보는 NOAA가 보다 나은 일상적인 기상, 허리케인, 토네이도, 그리고 계절적, 년 중 기후 예측을 하는데 도움을 줄 것이고, 또한 개선된 장기기후 모델을 만드는데도 도움을 줄 것이다.

<표 2> 연방정부기관별, 연구개발활동별 예산요청규모 (2000년도 계획수치, 단위: 백만 불)

구분(정부기관\활동)	기반적 정보기술연구	선도적 연산	윤리적, 법적 사회적 시사점 및 근로자 프로그램	합계
국방성	100	NA	NA	100
에너지성	6	62	2	70
NASA	18	19	1	38
NIH	2	2	2	6
NOAA	2	4	NA	6
NSF	100	36	10	146
합계	228	123	15	366

* 원천: Committee on Science in the US House of Representatives (1999), "Hearing Charter on Information Technology for the 21st Century," Washington DC.

(6) 국립과학재단(NSF): 다음과 같은 세 가지 넓은 영역들을 담당하고 있다. 첫째 영역인 "기반정보기술연구" (1억불 할당)는 no-surprise 소프트웨어, 인간-컴퓨터 상호작용 및 정보 관리, scalable 정보 하부구조, 그리고 하이엔드 연산을 테스트한다. 둘째 영역인 "테라 (10의 12승) 규모 연산하부구조" (3600만 달러 할당)는 연구 공동체에 5 테라 플롭 (flop) 성능을 제공하고자 한다. 셋째 영역인 "사회 및 근로자 이슈들" (1000만 달러 할당)은 사회적, 경제적, 윤리적, 법적인 면들에 있어 정보기술의 진보영향을 살펴본다.

3.4. 조직 및 관리

대통령 과학기술자문관에 보고하는 “선임관리팀”이 구성되어 이 프로그램을 감독한다. “선임관리팀”은 프로그램 목적의 설정과 감시, 연구과제의 할당, 철저한 연방정부차원의 조정의 확보, 그리고 재원의 공개적 할당의 보장 등을 수행한다. 주관 기관들에 의해 지명된 멤버들로 구성되는 “IT² 관계부처 합동 실무반” (IT² Inter-agency Working Group)이 “선임관리팀”에 보고한다. 과학재단(NSF)이 주관하는 합동 실무반은 모든 주요 정보기술분야들의 연구들을 감독한다. 또한 이 실무반은 IT² 프로그램 하에서 이루어지는 진보된 하부구조들을 개발하고 운영하는 일을 담당하며, 또한 경쟁적 구매, 부지선정, 새 컴퓨터의 가용성 (availability)을 확보하고, 연구팀들에게 합당한 시스템들의 가용성을 보장하는 일들을 담당한다 ([1]).

4. High Performance Computing and Communication 프로그램들

미국 연방정부는 HPCC 프로그램을 통해 컴퓨팅과 통신에 관한 범연방정부기관들 (multi-agency)이 수행하고 있는 연구들을 조정하고 있다 (HPCC는 과거 Computing, Information, and Communications R&D 프로그램으로 알려 졌었다). 조정된 HPCC 활동들은 “연방정보서비스·응용위원회” (Federal Information Services and Applications Council, FISAC)와 다음과 같은 다섯 가지 프로그램 영역들 (Programs Component Areas, PCAs)로 조직화되어 있다: 첫째, High End Computing and Computation (HECC), 둘째, 차세대 인터넷을 포함한 대규모 네트워킹 (Large Scale Networking, including the Next Generation Internet, LSN), 셋째, 고 신뢰 시스템 (High Confidence Systems, HCS), 넷째, 인간중심 시스템 (Human Centered Systems, HuCS), 그리고 다섯째, 교육훈련인력자원 (Education, Training, and Human Resources, ETHR)이 그것들이다 ([3]).

4.1. HECC

정부, 대학들, 산업계의 high end computing의 사용을 촉진하면서, high end computing에 있어 미국 리더십의 기반을 확보하기 위한 프로그램이다. HECC 연구자들은 첫째, 복잡한 물리적, 화학적, 생체학적 시스템들을 위한 연산 집약적 알고리즘들과 소프트웨어들을 개발하고 있으며, 둘째, 정보 집약적 과학과 공학의 응용, 그리고 셋째, 양자학적, 생체학적, 광학적 연산에 있어 진보된 개념들을 개발하고 있다. HECC 워킹그룹 (HECCWG)이 연산방식 (algorithm), 구조 (architecture), 구성요소 (components), 소프트웨어 및 high end 임무 응용을 포함하는 고성능 컴퓨터 연산 (computing) 및 사용조작 (computation)에 있어 미국의 리더십을 유지, 확장하는데 투입되는 연방정부의 연구개발노력들을 조정하고 있다. 또한 HECC 워

킹그룹은 HECC 연구개발에 있어 정부연구소, 대학, 산업들간 협력을 촉진하고 있다 ([3]).

4.2. 차세대 인터넷을 포함한 대규모 네트워킹 (LSN)

LSN 연구개발은 연방정부기관들의 임무요구들을 충족시키고, 인터넷의 미래성장을 가능하게 하는 기술들을 개발하기 위한 네트워킹 기술들, 서비스들, 그리고 성과들에 있어 미국의 리더십 확보를 지향하고 있다. LSN의 주요 연구개발 영역들은 고성능 초고속 네트워크들과 그러한 기술들을 필요로 하는 응용들을 위한 기술들을 포함한다. LSN 활동들은 하나의 워킹 그룹과 다음과 같은 네 개의 팀들에 의해 조정되고 있다 ([3]).

첫째, 합동 엔지니어링 팀 (Joint Engineering Team, JET): 에너지성의 "에너지 과학 네트워크" (Energy Science Network, ESnet), 국립항공우주관리소(NASA)의 "연구교육 네트워크" (Research and Education Network, NREN), 국립과학재단(NSF)의 "초고성능 주력 네트워크 서비스" (Very High Performance Backbone Network Services, vBNS) 및 국방성의 "국방 연구공학 네트워크" (Defense Research and Engineering Network, DREN)들로 구성되는 "연방정부기관 네트워크" (FedNets)과 "Abilence Network" (대학/산업 파트너십), 시카고에 근거하는 국제 네트워크인 "기술연구운송접속 포인트 (Technology and Research Transit Access Point, STAR TAP), 그리고 알래스카 및 하와이와 같은 지리적으로 분리한 주들간의 접속을 조정한다.

둘째, 네트워킹 연구 팀 (Networking Research Team, NRT): 연방정부기관들의 네트워크 연구프로그램들을 조정하고, 연방정부기관들간 네트워크 연구정보를 공유하며, 차세대인터넷 (NGI) 네트워킹 연구활동들을 지원한다. 또한 이 팀은 네트워크 연구정보의 확산, 그리고 최종 사용자들 및 응용개발자들간 조정을 촉진하기 위해 최종사용자들에게 최선을 다하는 서비스를 제공한다.

셋째, 고성능 네트워킹 응용 팀 (High Performance Networking Applications Team, HPNAT): 과학, 공학, 기후, 환경, 임상의학, 보건에 있어 고성능 네트워킹 응용들에 대한 연방정부의 연구개발 활동들을 조정한다.

넷째, 인터넷 보안 팀 (Internet Security Team, IST): 보안 시스템들을 위한 응용들과 공학적으로 필요한 것들을 위한 하나의 핵심적이고 집중된 센터로써 새롭게 출현하는 진보된 보안 기술들과 서비스들에 대한 시험과 실험을 촉진한다.

4.2.1. 차세대 인터넷 이니셔티브

인터넷을 "인쇄술 이후 인간의 의사소통에 있어서 가장 큰 변화"라고 홍보하면서, 미국 행정부는 1996년 선거유세 막바지에 "차세대 인터넷" (Next Generation Internet, NGI) 이니셔티브를 발표하였다 ([2]). 제안된 예산은 조정되어 투입되는 기존자금 5000만 불과 새롭

게 요구되어 투입되는 자금 5000만 달러로 구성되었다. 그리고 1991년에 만들어진 “고성능 연산 법” (HPCA)은 1998년 미국의 공화당 민주당의 양당적 지지를 받아 “차세대 인터넷 연구 법” (Next Generation Internet Research Act, NGIRA)으로 수정되었으며, “차세대 인터넷” (NGI) 이니셔티브는 이 법률에 의해 법적인 권위를 부여받았다 ([3]). LSN 워킹 그룹 아래서 조정되고 있는 NGI 이니셔티브는 다음과 같은 활동들을 전개하고 있다 ([3], [4]).

첫째, 진보된 네트워크 기술들을 위한 실험적 연구 (Experimental Research for Advanced Network Technologies): 네트워킹 기술들에 있어 기능을 추가하고 성능을 높이기 위한 연구 개발과 실험들을 수행한다. 이러한 연구개발과 실험들은 인공위성과 지구상의 요소들을 포함하는 혼성 네트워크, 인터넷 보안, wave division multiplexing (WDM)에 관한 인터넷 프로토콜 (IP), 그리고 이동 네트워크, multicast, 신뢰도 및 robustness 향상을 위한 네트워크 관리와 모형화, optical add-drop multiplexers, 서비스의 질, 그리고 이들과 관련된 시험과 평가 등을 포함하고 있다.

둘째, 차세대 네트워크 구조 (Next generation Network Fabric): 시스템 규모의 시험과 진보된 응용들을 개발하고 시연하기 위한 두 개의 시험대 (testbed)를 개발하고 있다. 100배속 테스트베드는 FedNets를 포함할 뿐만 아니라 약 130개 대학교들을 1997년의 인터넷보다 100배 빠른 속도의 성과를 가지는 연방정부 시설들과 연결시키는 것을 지향하고 있다. 2000년에는 25개 이상의 결합들이 기대되고 있다. 국방성의 선도연구프로젝트 에이전시 (DARPA)의 SuperNet, 즉 1000배속 테스트베드는 1997년의 인터넷보다 1000배 속도로 전국적으로 분포된 20여 사이트들의 연결을 도모하고 있다.

셋째, 혁신적 응용 (Revolutionary Applications): 기초과학, 위기관리, 교육, 환경, 연방정보시스템, 건강관리, 제조업에 있어서 혁신적 응용들을 개발하고 시연하며, 또한 그들 것을 가능하게 하는 기술들, 즉 협력기술들, 디지털 도서관들, 분산 연산, 프라이버시와 보안, 원격 조작과 모의실험을 개발한다.

차세대 인터넷 이니셔티브는 인터넷에 대한 연방정부 지원의 기념비적 성공을 구축하는 동시에 HPCC의 하부 요소인 NREN가 1991년에 추구한 것처럼 연방정부 투자전략의 재활성화를 추구하고 있다. 하지만 NGI는 상업적 사용을 위한 일반적인 기술들을 개발하고 시험함으로써 다목적 하부구조로서의 상업적 인터넷의 기능성과 용량을 보강하는데 있어 보다 단기적 문제들에 초점을 맞추고 있다. 이것은 산업계의 참여와 함께 연구대학들에 의해 최근에 추진되고 있는 “인터넷2” 이니셔티브와 종종 혼란을 유발하고 있다 (“인터넷2”는 대학들과 다른 연구 센터들간의 일상적인 인터넷 접속을 개선하는데 초점을 맞추고 있다) ([4]).

4.2.2. SC98 시연회

다음과 같은 NGI 및 NGI와 관련된 응용들이 1998년 올랜도에서 개최된 “SC98 supercomputing conference”에서 시연되고 전시되었다 ([3]): (a) 움직이는 뇌를 관찰하는 등

의 실시간 “기능 자기적 공진 영상 만들기” (functional Magnetic Resonance Imaging), (b) 지구 자료를 인공위성에서 탁상용 컴퓨터로 전송하는 “분산형상스프레드시트” (Distributed Image Spreadsheet), (c) 4차원 전자현미경사용으로 변화하는 생명을 보는 “원격접근 다영역적 현미경사용” (Remote Access Multidisciplinary Microscopy, RAMM), (d) 방송 뉴스 네비게이터, (e) 협력적 원격 로봇식 아크 용접, (f) “두 번째 웹” (second Web)에 관한 지구 시스템 탐색, (g) 통합디지털 도서관들과 재난구조작업을 위한 지리정보시스템인 “GeoWorlds,” (h) 인터넷 보안기술들의 시험과 측정, (i) 인터넷 프로토콜 (IP)인 QoS에 대한 시험과 측정, (j) 지리적으로 분산된 네트워킹, 연산, 저장을 관리, 측정하며, “STAR TAP”으로부터 접근 가능한 자원들을 화면에 나타내 주는 “iGrid”.

43. HCS (High Confidence Systems)

HCS 연구개발은 높은 수준의 연산 및 통신시스템의 가용성, 신뢰성, 안전성, 보안성, 생존성을 예측 가능하게 확보하기 위한 기술들을 개발하고 있다. 재무관리, 건강관리, 제조업, 동력 (전력, 천연가스, 핵 동력), 그리고 운송 하부구조를 지원하기 위해 정보하부구조에 대한 의존도가 점차 높아지게 됨에 따라 이러한 기술들이 더욱 필요하게 되고 있다.

HCS 활동들은 적극적인 네트워크 방어, 안전한 네트워크 관리, 네트워크 보안 엔지니어링, 암호작성 및 해독법, 안전한 통신 등에 관한 국가보안원 (National Security Agency)의 일들, 정보 생존성에 관한 DARPA의 일들, NSF의 연산 및 통신 연구들, NIST-NSA의 “국가정보 보장 파트너십” (National Information Assurance Partnership), 그리고 환자기록 보호 및 원격의료에 관한 협동적 기술들에 관한 NIH 연구들을 포함하고 있다. HCS 워킹 그룹이 이론적 기반들, 도구들과 기법들, 엔지니어링과 실험들, 그리고 파일럿과 시연들을 위한 안건들을 준비하고 있다 ([3]).

44. HuCS (Human Centered Systems)

HuCS의 연구분야들을 다음과 같다 ([3]). 첫째, 지식창고들과 정보 에이전트들: 범부처 “Digital Libraries Initiative Phase II,” “National Library of Medicine’s (NLM’s) Visible Human and Unified Medical Language System” (UMLS) 프로젝트, 그리고 battlefield awareness를 위한 정보추출을 지원하는 “DARPA’s Text, Radio, Video, and Speech” 프로그램 등을 포함하고 있다. 둘째, 복수 양식의 (multi-modal) 인간-컴퓨터 인터페이스: NSF’s “Speech, Text, Image, and Multimedia Advanced Technology Effort” (STIMULATE), 그리고 NIST, DARPA, NASA에서 개발하고 있는 타민족 언어 인식 기술들을 포함하고 있다.

셋째, 다국적 언어 기술들: NSF, DARPA 그리고 미국의 다른 기관들과 국제기구들에 의해 개발되고 있는 스페인 언어 인터페이스 등을 포함하고 있다. 넷째, 보편적 접근: NSF, 문

교성 (DOE)과 몇 개의 미국 기업들 및 유럽연합 (European Commission)에 의해 후원되고 있는 모든 사람들에게 인터넷 접속성을 보장하기 위한 "Web Accessibility Initiative," 그리고 에너지성의 "National Institute on Disability and Rehabilitation Research"를 포함하고 있다.

다섯째, 시각화 가상현실, 로봇식 도구들: "Virtual Los Angeles," NSF의 대규모 도시환경을 위한 실시간 시각화 시스템, NSF의 로봇식 외과수술, NASA의 "software scalpel" 및 전산화된 유방암 암 진단 도구들, 그리고 국립해양대기관리국의 "Virtual World" 등을 포함하고 있다. 여섯째, 협동들: 에너지성의 "Material Micro-characterization Collaboratory" (MMC)와 국립표준기술연구원의 "System Integration for Manufacturing Applications"를 포함하고 있다.

이러한 HuCS 연구개발들은 인간, 연산 시스템, 그리고 정보 자원들간 상호작용을 개선하는데 초점을 맞추고 있다. HuCS에 대한 연방정부의 투자는 과학자들, 의사들, 공학자들, 교육자들, 학생들, 근로자들, 그리고 생물의학, 국방, 제조업, 교육, 도서관과학, 법률, 기상예측, 위기대응 등의 영역에서 일반대중들에 혜택을 줄 것이다.

45. ETHR (Education, Training, and Human Resources)

ETHR 연구개발은 K-12로부터 대학졸업 후 교육 및 평생학습을 통하여 일반 대중들이 연산, 통신, 그리고 정보기술들을 습득할 수 있도록 하는 교육과 훈련들을 지원한다. ETHR은 소프트웨어 학습 도구들의 개발, 교육과 학습의 모형화, 인식과정에 관한 연구, 혁신적 기술들과 응용들의 시연들을 촉진하고 있다. ETHR의 활동들은 국립과학재단의 "시스템에 있어 학습과 지능연구," 에너지성의 "Computational Science Graduate Fellowships," NIH/NLM의 생의학적 정보과학 훈련 보조금, 그리고 NASA에 수집된 방대한 자료들을 사용하기 위한 NASA의 "Learning Technologies Projects" 등을 포함하고 있다 ([3]).

46. 관련 조직들과 예산

46.1. FISAC (Federal Information Service and Applications Council)

FISAC는 부분적으로 혹은 완전히 HPCC 예산 범위밖에 있는 연방정부기관들의 임무들을 지원하기 위해 그들에게 양방향 통신 채널들을 제공함으로써 HPCC 기술들을 연방정보 시스템들과 서비스들에 적용하는 것을 돕고 있다. HPCC 연구개발 프로그램들은 자신들의 연구 의제들, 우선 순위들, 그리고 결과들에 관한 정보를 확산시키기 위해서 FISAC를 활용하고 있으며, 이에 대해 FISAC는 피트백을 제공하는 한편, 연방적 응용들에 의해 제기되는 연구들을 확인하고 도출한다 ([3]).

FISAC는 연방 통계수집확산을 위한 "FedStats," "위기관리를 위한 정보기술" (Information Technologies for Crises anagement), "NGI Applications," "Universal Access Teams," 그리고 국립과학재단의 "Digital Government" 프로그램과 "Federal Web Consortium"과 연계된 FISAC의 연락조직을 통하여 일을 한다. 위기 관리 및 연방통계 연구에 대한 안건들은 국가연구협의회 (National Research Council)의 컴퓨터과학 및 통신 이사회 (Computer Science and Telecommunications Board)에 의해 개최되고 NSF가 후원하는 워크숍을 통해 개발되고 있다.

연방통계를 수집하고 확산하는 70여 개의 연방정부기관들로 들어가는 출입구인 FedStats 웹사이트 (www.fedstats.gov)는 미국 대통령 산하 관리예산국(Office of Management and Budget, OMB)이 의장을 맡고 있는 "통계정책에 관한 관계부처 협의회" (Inter-agency Council on Statistical Policy)에 의해 자금 지원을 받고 있다. "Universal Access Team"은 General Services Administration's Accessible Technology 워킹 그룹을 흡수 통합한 바 있다 ([3]).

46.2. PITAC (President's Information Technology Advisory Committee)

대통령 정보기술자문위원회 (PITAC)는 1991년 제정된 HPC 법에 근거하여 1997년 2월 행정명령에 의해 설립되었다. 1999년 2월, 두 번째 2년 임기를 위해 갱신된 이 위원회는 26 명의 학계와 산업계의 지도자들로 구성되어 있다. 이들은 HPCC, 정보기술, 그리고 차세대 인터넷 연구개발에 있어 연방정부의 역할에 대한 독립적인 평가를 대통령에게 제공하고 있다 (PITAC가 1999년 2월 발간한 보고서와 그와 관련된 내용들은 제3장을 참조하십시오).

46.3. National Coordination Office for Computing, Information, and Communications (NCO/CIC,)

NCO는 "CIC 연구개발 하부위원회," "PITAC," 그리고 IT² 이니셔티브의 개발과 연관된 활동들을 지원함으로써, 범부처 연방정보기술연구개발의 조정을 보장하기 위해 백악관의 과학기술정책실 (OSTP)이 책임지고 있다. NCO는 범부처 기획, 예산, 평가 기록들의 준비를 촉진하고 있다. NCO의 디렉터는 CIC 연구개발 하부위원회 의장인 OSTP의 디렉터에게 보고하고 있다.

NCO는 HPCC 및 PITAC 활동들에 관해 기술적, 프로그램적 정보 교환을 위해 미국의회, 그리고 연방, 주, 지방 조직들, 또한 학계, 산업계, 전문직업단체들, 외국 조직들, 기타 조직들을 위한 핵심 접촉창구 역할을 한다. NCO는 의회 증언, 그리고 HPCC, NGI, NCO의 출판물들, 그리고 PITAC 출판물들과 회의 자료들을 포함하는 웹, 인쇄 그리고 비디오 자료들을 통해 매년 수천 건에 달하는 질문들에 응답하고 있다.

46.4. HPCC 연구개발 예산 및 조정

<표 3>은 2000년도 정보기술 연구개발을 위한 미국 연방정부의 예산규모를 보여주고 있다. 제안된 2000년도 HPCC 연구개발 예산은 14억 6,200만 불이며, 1999년도 예산 13억 1400만 불 (추정치) 대비 11% 증가된 것이다. HPCC 연구개발 프로그램들은 CIC 연구개발에 관한 하부위원회 (Subcommittee on CIC R&D)에 의해 조정되고 있다. 이 하부위원회는 대통령 산하의 국가과학기술협의회 (NSTC)의 기술위원회에 보고하고 있다. 이 하부위원회는 다섯 개의 PCA (Program Component Areas) 워킹 그룹들과 워킹 그룹들 산하의 팀들을 통해 일을 하고 있다 ([3]), 2000년도 HPCC, IT², 그리고 ASCI를 포함한 전반적인 정보기술연구를 위해, 미국 연방정부는 전년 대비 39% 증가한 18억 2800만 불을 요청하였다. ASCI를 제외할 경우, 이 분야에 대한 연방정부의 총 요구액은 1999년도 대비 54.8%가 증가된 것이다 (<표 3> 참조).

<표 3> 연방정부기관별 HPCC 및 IT2 투자현황
(1999년도 실적수치, 2000년도 계획수치, 단위: 백만 불)

구분(재정 연도) (정부기관\프로그램)	1999		2000	
	HPCC	HPCC	IT2(신규)	합계
DARPA	168	207	100	307
NSF	301	314	146	460
DOE-Civillian	126	116	70	186
DOE-ASCI	484	543	0	543
NASA	93	136	38	174
NIH	111	115	6	121
DoC	27	27	6	33
EPA	4	4	0	4
합계	1314	1462	366	1828
(ASCI 제외)	830	919	366	1285

6. 특징 및 시사점

기술 및 연구개발에 있어 민간기업 및 정부 역할의 역사적 진화과정, 정부의 행동주의, 민간기업들의 연구개발 역량, 정부의 전통적인 기술정책, 의회 및 연구개발 전문가 공동체들의 과학기술정책에 대한 개입 및 영향력 등 여러 가지 면들에 있어 한국은 미국과 많은 차이가 있다 ([11]). 따라서 미국연방정부의 연구개발정책 및 기술정책을 무비판적으로 한국에 적용하는 것은 바람직하지 않을 수 있다. 하지만 일단 앞서가고 있는 그들의 정보기술에 대한 연구개발동향을 살펴보고, 그것들의 특징과 한국에 대한 시사점들을 논하는 것은 정보기술개발에 대한 정부의 정책수립 및 개선에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 민간기업들에게도 유익한 정보가 될 수 있다.

본 글을 통해 살펴본 바에 의하면, 미국연방정부의 연산 및 네트워크 기술에 대한 연구개발 활동들은 다음과 같은 특징들을 지니고 있다. 이러한 특징들은 바로 우리에게 주는 시사점들이기도 하다. 첫째, 미국연방정부가 정보통신기술의 진보에 있어 세계적 리더십을 지속적으로 확보하고자 하는 의지를 강력하게 가지고 있다는 점이다. 이는 정보통신기술에 대해 기존의 범정부적인 강력한 연구개발 프로그램들을 가지고 있음에도 불구하고, IT²라는 연구개발 이니셔티브를 새롭게 기획하여, 2000년도부터 이를 추가적으로 추진하고자 하는 연방정부의 노력을 통해서도 잘 알 수 있다.

둘째, 연산 및 네트워크 기술 등 정보통신기술개발에 있어 장기적 연구개발이 필요한 분야에 투자를 강화하고 있다. 일반적으로 그러하듯이 이러한 움직임은 정보기술 연구개발에 있어 민간기업들의 단기적, 상업적 연구개발 치중을 강력히 보완할 것이다. 셋째, 정보통신기술 연구개발에 대한 연방정부의 투입 예산이 획기적으로 증대하고 있다는 점이다. 그 동안 미국연방정부예산 전체의 증가율과 비교해 볼 때 이러한 정보기술에 대한 연구개발 예산증가 비율과 규모는 놀라울 정도이다 (<표 3>과 <부록 2>을 참조하시오).

넷째, 정보기술에 대한 체계적이고 범 정부기관(multi-agency)적인 연구개발 프로그램을 운영하면서 필요한 여러 가지 자문 및 관리기구들과 정책조정 메커니즘을 확보하고 발전시키고 있다는 점이다. 미국과 같이 분권적이고, 개인주의적 문화를 가지고 있는 국가에서 이렇게 중요한 정보통신기술의 발전을 위해서 범정부적인 연구개발 프로그램들과 이의 효율적 운영과 조정을 위해 범정부적인 자문, 기획, 관리 기구들과 정책조정 메커니즘을 가지고 있다는 것은 우리에게 시사하는 바 크다. 상대적으로 덜 개인주의적인 문화와 중앙집권적이며 상대적으로 강력한 대통령 중심적 권력구조를 가지고 있는 우리나라에서 정부연구개발사업들의 기획, 투자, 집행, 평가에 있어 종합조정 문제가 항상 제기되는 것은 아이러니컬한 점이다.

다섯째, 소프트웨어에 대한 연구개발을 매우 강조하고 있다. 이는 미국의 우수한 정보통신기술 기반적 기업들, 예컨대 인텔과 같은 회사도 하드웨어적 기업에서 소프트웨어적 기업으로 변신하고자 하는 노력을 매우 강화하고 있다는 점에서 정보통신기술 및 산업에 있어

미래의 경쟁력은 소프트웨어 기술개발력에 의해 좌우될 것이라는 점을 우리에게 암시하고 있다.

여섯째, 미국연방정부가 정보통신기술진흥을 위한 정부연구개발 프로그램들을 추진함에 있어 정보통신에 대한 전문인력 양성과 평생교육 측면에서 일반인들의 정보통신기술의 습득 및 적응도 강조하고 있다. 이는 정보통신기술의 급진적 발전에 비해 전문인력의 공급이 수요를 따르지 못하고 있고, 또한 일반인들이 급속히 변하는 정보통신기술에 적응하지 못하고 있는 것을 보완하기 위한 정부의 긴요한 역할과 노력이라는 점을 알 수 있다.

일곱째, 정보통신기술과 관련된 매우 다양한 분야에서 연방정부의 연구개발 과제들이 기획되고 추진되고 있다. 이는 정보통신기술 분야에 속하는 다양한 전문가들의 상이한 연구개발 욕구 충족에 부응하는 동시에 소외되기 쉬운 관련 기술 및 사회 분야의 발전을 동시에 고려하고 있다. 또한 정보통신기술에 대한 연구개발뿐만 아니라 정보통신기술의 경제적, 사회적, 법적 문제들에 대한 영향 연구 등 사회과학적, 정책적 연구도 병행하고 있다.

미국연방정부의 정보통신기술 연구개발사업들 및 정책들에 있어 상기와 같은 특징들은 우리 정부도 한 번쯤 의미해 볼만한 것이라고 사료된다. 인터넷 기술이 군사적, 학술적 목적, 즉 공공기술 진흥 측면에서 개발되기 시작하여, 오늘날 산업적, 상업적으로 크게 성공을 거두고 있고, 전세계적으로 디지털 경제발전을 자극하고 있는 동시에 미국의 세계적 경제기술 우위를 보장하는데 매우 큰 역할을 하고 있는 것에서 알 수 있듯이, 정부의 정보통신기술의 진흥은 정부고유의 역할인 공공기술을 부흥하는 동시에 민간기업들의 산업기술개발을 지원하는 성격을 동시에 가지고 있다. 또한 신 경제를 견인하고 국가경쟁력을 좌우하는 정보통신기술 진흥에 정부의 역할을 소홀히 할 수 없다. 따라서 정보통신기술개발에 대한 한국정부지원은 보다 강화되어야 할 것이다.

WTO 체제의 정착 등과 더불어 지적되고 있는 정보통신 기술이라는 특정기술에 대한 한국 정부의 직접적인 과다한 투지지원이 국제적으로 문제가 될 수 있다는 논의도 있지만 이는 정보통신기술의 중요성을 고려할 때 주의 깊게 살펴보아야 할 논의이다. 즉 특정 정부부처(예컨대 정보통신부)가 특정한 정부연구개발사업의 형태(예컨대 정보통신연구개발사업)로 개발 및 상업화를 위한 연구개발과제들에 과도하게 투자하는 것은 국제사회에 쉽게 노출되어 문제점으로 지적되기 쉽다. 따라서 정보통신기술개발에 대한 한국정부지원과 연구개발사업들은 보다 전략화 되어야 할 것이다.

위에서 살펴본 정보통신기술에 대한 미국연방정부의 연구개발사업들의 특징과 시사점들을 고려하는 동시에 여러 부처들이 동시에 참여하는 범정부적인 연구개발 프로그램들을 개발, 발전시키며, 다양한 연구개발주체(대학, 정부연구소, 기업들)들이 참여하면서, 소프트웨어의 개발과 보다 장기적인 연구개발 과제들에 대한 지원을 강화하는 것이 바람직할 것이다. 장기적 과제들에 대한 지원강화는 자연히 기초 및 응용연구의 비중을 높이게 될 것이다.

<참고문헌>

1. Committee on Science in the US House of Representatives (1999), "Hearing Charter on Information Technology for the 21st Century," Washington DC.
2. Kahin Brian (1998), "Beyond the National Information Infrastructure Initiative," in (eds) Branscomb and Keller, Investing in Innovation: Creating a Research and Innovation Policy that Works, The MIT Press, Cambridge.
3. National Science and Technology Council (1999), Information Technology Frontiers for a New Millennium, Arlington, Virginia.
4. Kahin Brian (1997), "The US National Information Infrastructure initiative: The Market, the Web, and the virtual Project," in (eds) Kahin and Wilson, National Information Infrastructure Initiatives, The MIT Press, Cambridge
5. President's Information Technology Advisory Committee (1999), Information Technology research: Investing in Our Future, Arlington, Virginia.
6. American Association for the Advancement of Science (2000), Substantial Increases Proposed for Federal R&D in FY 2001: AAAS Preliminary Analysis of R&D in the FY 2001 Budget.
7. National Academy Press (1999), "President's Budget Would Cut FY 2000 R&D Spending by \$1 Billion," Issues in Science and Technology, Spring.
8. National Science Board (1998), Science and Engineering Indicators 1998, National Science Foundation, Arlington Virginia.
9. Keen, P. (1995), Every Manager's Guide to Information Technology, Harvard Business School Press, Boston.
10. Cerf, V. G. (1997), "Computer Networking: Global Infrastructure for the 21st Century," in Computing research Association, Computing research: Driving Information Technology and the Information Industry Forward
11. Arnsden and Cho (2000), Differences in National R&D Systems between Early and Late Industrializer, Working Paper, MIT.

<부 록>

<부록 1> 인터넷의 略史⁵⁾

인터넷은 “월드 와이드 웹 (World Wide Web),” “전자메일 (e-mail),” “유즈넷 뉴스그룹 (Usenet newsgroups)” 등과 같은 다양한 하부 네트워크들과 응용들을 위한 메타 네트워크 (meta-network)이다. 1969년 네 개의 접속점들 (nodes)로 시작된 “ARPANET”이 인터넷의 초석을 이루었다. ARPANET는 미국 국방성의 “Advanced Research Projects Agency”에 의해 창시되었으며, “패킷 스위칭”이라고 불린 그 당시 새로운 전기통신기술에 기반을 두고 있었다. ARPANET는 대학들과 연구소들간 정보와 데이터의 교환을 위한 매개물로서 매우 번창하였다.

더욱이, 이것은 현재의 인터넷과 여러 형태의 상업적 통신들의 표준이 된 UNIX 운영체계를 가지는 분산형 통신 프로토콜인 TCP/IP의 개발을 자극하였다. 1970년대 말 경, ARPANET는 수백 개의 컴퓨터 접속점들을 대표하게 되었고, 인공위성 기술에 근거하고 있는 하나의 네트워크를 포함한 여러 개의 분리된 컴퓨터 네트워크들을 통합하게 되었다.

현재와 같은 진정한 인터넷은 미국 국립과학재단 (NSF)이 후원한 “CSNET”과 그 이후 슈퍼컴퓨팅 센터들과 연결하기 위해 NSF가 자금 지원한 고속 네트워크인 “NSFNET”으로부터 초래되었다. 1990년 NSFNET는 ARPANET를 대체하였고, 대학들을 주력 (backbone) 네트워크에 연결하는 다양한 지역 네트워크들을 포함하기 위해 확대되었다. 비록 아무런 기획, 통제, 관리 및 보안이 없었지만 보다 적은 규모의 많은 수의 네트워크들이 NSFNET에 연결되었다. 1994년 초, 상업적 네트워크들이 널리 퍼지기 시작했는데, 모든 네트워크들에 등록된 모든 사용자들의 거의 반수가 상업적 실체들이었다. 또한 NSFNET에 의해 전달되는 정보의 양과 종류가 점차 확대되었다.

두 가지 연관된 사건들이 인터넷의 특질을 극적으로 재형성시켰다. 하나는 유럽분자연구센터 (European Center for Particle Research, CERN)의 과학자들이 “World Wide Web”을 개발하여, 1990년 실험적 형태로 이것을 도입한 것이다. 두 번째는, 1993년 일리노이 대학 소재 NSF의 국립슈퍼컴퓨팅응용센터의 한 프로그래머 팀이 웹을 탐색하기 위한 그래픽 (hypermedia) 브라우저인 Mosaic을 도입한 것이다. Mosaic은 인터넷상에서 공짜로 얻을 수 있었기 때문에 Mosaic을 통한 웹 사용이 급속히 증가하였다. 1993년에서 1996년 사이 매년 웹 사용자의 수가 배로 증가하였으며, 1997년에는 웹 사용자가 전 세계적으로 6900만 명으로 추산되었었다. 상업적 웹 브라우저 소프트웨어의 리더인 넷스케이프는 1997년 중반에 매주

5) 본 내용은 “National Science Board (1998), Science and Engineering Indicators 1998, National Science Foundation, Arlington Virginia”의 제8장을 참고한 것이다. 인터넷에 대한 더 많은 정보는 Keen (1995) 및 Cerf (1997)를 참조하시오.

약 60만 명의 새로운 사용자들이 넷스케이프의 소프트웨어를 사용하고 있다고 보고한 바 있다. 또한 미국은 다른 국가들과 비교해 볼 때 핀란드를 제외하고 사용자당 더 많은 인터넷 서버들을 가지고 있다.

1995년 네트워크의 운영과 관리를 유지하기 위한 충분히 많은 상업적 인터넷 서비스 공급자들, 웹 브라우저들, 그리고 탐색 엔진들 (search engines)에 생김에 따라 NSFNET은 해제되었다. 인터넷은 현재 완전히 민영화되었다. ARPANET에서 NSFNET 그리고 인터넷으로 변형 발전된 후 진화의 다음 단계는 모든 공적인 네트워크들과 교육 및 연구 기관들에게 오늘날 보다 더 빠른 속도로 서로 연결할 수 있도록 해주는 전기통신 하부구조인 "정보 초고속도로 (information superhighway)"가 될 것이다. 처음에 미국 연방정부의 "National Infrastructure Initiative"에 의해 촉진되었고, 현재에는 "Next Generation Internet Initiative"에 의해 촉진되고 있는 새로운 정보 초고속도로는 더욱 빠르고 보다 기능적인 정보통신 네트워크가 될 것이다.

<부록 2> 미국 연방정부기관별 연구개발예산 추이 (단위: 백만 달러, %)

	1998년	1999년	2000년	2001년
증감율	(실적치)	(실적치)	(추정치)	(계획치) 대비
2000년				
○ 국방성	37,569	38,850	38,719	38,640
-0.2				
- 과학기술 (6.1-6.3)	7,712	7,574	8,397	7,543
-10.2				
- 기타 국방성 연구개발	29,857	31,276	30,322	31,097
26				
○ 보건인력서비스 성	13,842	15,797	18,063	18,998
5.2				
- 국립보건연구원(NHI)	13,110	15,008	17,141	18,133
5.8				
○ 국립항공우주국(NASA)	9,751	9,715	9,753	10,035
29				
○ 에너지성	6,351	6,992	7,091	7,655
8.0				
○ 국립과학재단	2,501	2,702	2,903	3,464
19.3				
○ 농업성	1,561	1,645	1,773	1,828
3.1				
○ 상무성	1,091	1,084	1,073	1,152
7.4				
- 국립해양대기관리국(NOAA)	581	593	591	594
0.5				
- 국립표준기술연구원(NIST)	503	465	458	501
9.4				
○ 내무성	472	500	584	590
1.0				
○ 운송성	590	786	585	733

25.3				
○ 환경보호국(EPA)	636	670	648	679
4.8				
○ 기타	1,515	1,601	1,552	1,561
0.6				
<hr/>				
합계	75,878	80,342	82,744	85,335
3.1				
<hr/>				
○ 국방	40,571	42,049	41,994	42,060
0.2				
○ 비국방	35,306	38,293	40,750	43,275
6.2				
<hr/>				
○ 기초연구	15,522	17,468	19,027	20,328
6.8				
○ 응용연구	15,460	15,915	17,193	18,026
4.8				
○ 개발	42,600	44,302	44,071	44,323
0.6				
○ 연구개발 시설 및 기자재	2,296	2,657	2,453	2,658
8.4				
<hr/>				

* 원천: American Association for the Advancement of Science, based on OMB data for R&D for FY 2000, agency budget justification, and information from agency budget offices. 참고문헌 [6], [7]에서 재인용.