

지식창출을 위한 공공 슈퍼컴퓨팅 전략

연구개발정보센터 책임연구원 이 정 희

1. 서론

그동안 단편적으로 논의해왔던 지식국가, 지식경영, 지식인프라 등 지식에 대한 관심과 논의가 근래에 들어와 더욱 활발하게 전개되고 있음을 본다. 이는 지식이 국가나 기업, 개인에 있어서 경쟁력의 원천이 되고 국민의 삶의 질을 향상시키는 주요 기반으로서 그 중요성이 더 크게 인식되고 있기 때문이라 생각된다.

이러한 인식을 바탕으로 국가적 차원에서의 지식기반을 효율적으로 구축, 운영하기 위해서는 각 분야별 동원 가능한 지식자원을 효과적으로 확보, 운용할 수 있는 전략이 요구된다. 이런 점에서 고성능 컴퓨팅 인프라인 슈퍼컴퓨터의 지식기반국가 구현을 위한 역할과 바람직한 슈퍼컴퓨팅 전략에 대한 본 논의는 매우 유익한 것이라 하겠다.

금년은 우리 나라에 슈퍼컴퓨터가 도입 된지 12년이 되는 해이다. 1988년과 1993년에 각각 당시 세계적 수준의 슈퍼컴퓨터 1, 2호기를 도입하여 기초과학분야에서 첨단산업분야에 이르기까지 활용범위를 확대. 응용 지원하여 왔으며 현재 3호기 도입을 추진 중에 있다. 이러한 과정에서 공공 슈퍼컴퓨팅 전략은 정보와 과학 기술의 한계에 도전하는 국가의 주요 지식기반 인프라 전략이라는데 대한 공감대가 널리 형성되고 있다. 이러한 점에서 국가적 차원에서 지식창출을 위한 공공 슈퍼컴퓨팅 전략 연구는 시의 적절한 주제라고 생각된다. 본 연구는 슈퍼컴퓨팅 기반 지식창출 및 공공 슈퍼컴퓨팅 전략 분석과 전략적 방향을 제시하는데 목적을 두고 수행되었다. 본 연구에서는 먼저, 현 KORDIC 슈퍼컴퓨팅센터를 중심으로 발전하여 온 공공 슈퍼컴퓨팅기반과 지식창출과의 관계 분석으로부터 출발하여 그 동안의 우리 나라 슈퍼컴퓨팅 전략의 역사적 분석을 행하였다. 이러한 분석결과를 토대로 바람직한 슈퍼컴퓨팅 발전방향과 전략을 지식창출의 관점에서 도출하고자 하였다. 앞으로 본 연구를 시작으로 국가적 차원에서의 지식기반 관련 공공 슈퍼컴퓨팅에 대

한 전략적 연구가 지속적으로 수행됨으로써 지식국가 건설을 위한 슈퍼컴퓨팅 정책 수립 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 지식창출의 중요성

1. 지식에 대한 기존 개념들

지식경영에서 다루는 지식이란, “기업을 활력 있게 만들고 새로운 가치를 창출할 수 있게 해주는 원천으로서 대차대조표 등에는 나타나지 않는 무형의 자산, 즉 연구개발력, 상상력, 판매력, 효율적인 생산능력 등과 같은 것”¹⁾으로 보고 있다. 이는 지식을 단순히 기존의 학문적 지식에만 한정하는 개념이 아니라 산업현장과 생활에 바로 연결하여 경쟁력을 높일 수 있는 실용적 개념으로 인식하는 관점이다. 지식과 비슷한 의미를 갖는 개념으로 정보가 있는데 이를 구분하여 사용하는 경우가 많다. 정보는 의미 있는 형태로 조직된 자료(data)를 가리키고 지식은 정보를 이용하여 부가가치를 높인 것으로 보고 있다.²⁾

지식은 그 특성에 따라 여러 가지로 분류가 제시되고 있지만 지식경영과 관련이 깊은 분류는 형식지(形識知)와 암묵지(暗默知)이다. 언어나 기호로 표현할 수 있는 지식을 형식지라 하고, 기호로 표시하기 어렵고 주로 사람에게 체화되어 있는 지식을 암묵지라고 한다. 형식지는 정보통신 기술을 통하여 효과적으로 창출, 유통, 관리될 수 있는데 비해, 암묵지는 사람들간의 직접적인 상호교류를 통하여 가장 효과적으로 창출된다.³⁾

이러한 지식 경영에서 다루는 지식의 관점들은 기본적으로 추구하고 있는 목표가 경쟁력 향상을 위한 지식이라는 점에서 정부 행정에서의 지식에 대한 관점과 크게 다르지 않은 것으로 볼 수 있다.

따라서 앞의 지식경영에서의 지식에 대한 정의에서 보았듯이 국가(정부)차원에서의 지식이란 “국가(정부)를 활력 있게 만들고 새로운 가치를 창출할 수 있게 해주는 원천으로서 예산결산서 등에는 나타나지 않는 무형의 자산, 즉 연구개발력, 상상력, 구매력, 효율적인 창조능력 등과 같은 것”⁴⁾으로 볼 수 있겠다. 이러한 지식은 지식의 유량(flow), 지식의 저장(stock), 지식의 질(quality) 등 세 가지 범주로 개념화 할 수 있다. 따라서 국가의 지식경쟁력은 각 부문별 상호작용을 확대하고 혁신적 지식활동을 지속시켜 국가의 지식능력과 국가지식을 배양하는 능력으로서 지식의 개념을 다음과 같은 공식으로 나타낼 수 있을 것이다. 국가의 지식 경쟁력=지식유량(flow)*지식저량(stock)*지식질(quality)⁵⁾

2. 지식 창출의 중요성

위에서 본 바와 같이 국가의 지식경쟁력은 기존의 지식유량과 지식저량 및 지식 질에 의하여 결정되기도 하지만, 새로운 지식의 생산, 창출에 크게 의존한다고 보아야 한다. 세계화에 따라 정부를 둘러싼 환경이 경쟁적이며 신속하게 변화하고 있으며 정부의 기능이 주어진 가치의 배분보다는 가치의 생산, 창출로 전환되는 한편 정부정책수단도 변모하고 있다. 이에 따라 정부의 목표와 수단을 재정립하는 것이 시대적 과제로 대두되고 있으며 지식의 체계적 활용과 지식창조를 기반으로 하는 지식화를 정보화와 연결, 지식흐름과 생산구조를 근본적으로 재 구조화하는 노력이 요구되고 있다. 지식국가는 지식이 잘 배양되도록 하는 국가이다. 지식시대의 국가 목표는 기존 가치의 효율적 배분에서 새로운 가치의 창출로 변화하여야 하며, 국가의 핵심기능도 규제와 개입에서 지원과 배양으로 전환해야 한다. 지식의 창출은 또한 지식의 질을 높이는 활동과 관련된다. 과학기술력의 향상은 지식탐구의 질에 의해서 결정되며 국가 산업경쟁력의 향상은 또한 기술혁신 지식의 질에 의해서 결정된다. 그리고 국가위기관리 능력은 위기관리지식의 질에 의해서 결정되고 정보화의 능력 또한 첨단 정보인프라의 질에 의해서 결정된다. 따라서 지식국가의 경쟁력을 향상시키기 위해서는 지식탐구, 기술혁신, 위기관리, 정보화 선도 등을 위한 새로운 지식을 지속적으로 창출할 수 있는 전략을 적극적으로 수립, 추진해 나가야 할 것이다. 정부차원에서 수립되어 추진되고 있는 지식기반사업으로서는 정통부의 CYBER KOREA 21⁶⁾, 교육부의 BK21⁷⁾, 과기부의 21세기 프론티어 연구사업⁸⁾, 산자부의 21세기를 대비한 과제⁹⁾ 등을 예로 들 수 있다.

III. 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출

1. 슈퍼컴퓨터의 정의 및 활용 분야

슈퍼컴퓨터의 정의에 대해서는 학문적, 이론적 측면보다는 실용적 전략적 차원에서 정의하는 것이 일반적이다. 그것은 슈퍼컴퓨터가 지니고 있는 성능이 고정 불변적인 것이 아니라 기술의 발전에 따라 항상 변하기 때문이다. 이러한 특징에 따라 슈퍼컴퓨터의 개념은 "당대의 가장 큰 컴퓨터군(群)"으로 정의된다.

세계적 권위를 가지고 있는 슈퍼컴퓨터 조사기관에서 LINPACK 프로그램의 수행 성능에 따른 척도인 Rmax를 기준으로 세계 상위 500위 권의 슈퍼컴퓨터를 발표하고 있는데¹⁰⁾ 일반적으로 슈퍼컴퓨터로 분류되려면 이 기준에 들어야 한다. 만약 금년 6월에 발표된 기준에 따라 슈퍼컴퓨터로 분류되었다 하더라도 6개월 후인 11월에 이 기준에 미달하면 슈퍼컴퓨터로서 자격을 상실하게 된다. 슈퍼컴퓨터는 처리속도와 아키텍처상으로 보아 고성능의 컴퓨터로서의 특징을 갖는다. 고속연산 성

능, 대규모 메모리와 대용량의 기억장치 등이 그것이다.

슈퍼컴퓨터는 또한 활용 유형에 따라 전용 슈퍼컴퓨터와 범용슈퍼컴퓨터로 분류되기도 한다. 기상예측, 통신서비스, 주민증전산화 등에 쓰이는 슈퍼컴퓨터는 전자의 예이며 대학교, 연구소, 산업계에서 공동으로 사용하는 슈퍼컴퓨터 대부분은 후자에 속한다.

슈퍼컴퓨터의 주요 활용분야로는 기상, 환경, 수자원, 자원탐사 등 공공 서비스 및 환경분야, 물리, 화학, 생물학, 수학 등 기초과학 분야, 기계, 항공, 우주, 자동차, 전자, 토목, 건축 등 공학분야, 약학, 의학, 유전공학 등 보건의학분야, 원자력 발전 및 설계, 원자로 안전성 분석 등 에너지 분야 등이 있으며 이들에 대한 활용 예에 대해서는 뒤에서 좀더 자세히 보기로 한다.

2. 기술환경의 변화와 슈퍼컴퓨팅¹⁾

앞으로 전개될 21세기 지식정보화 사회는 누구나, 언제나, 어디서나, 원하는 정보와 지식을 용이하게 얻을 수 있고 그것을 마음놓고 쓸 수 있는 이른바 시각화, 지능화, 개인화, 개방화, 대용량/초고속화, 국제화가 빠른 속도로 발전되어 갈 것으로 예상되며 이에 따른 슈퍼컴퓨팅 수요가 증대되어 갈 것으로 보인다.

시각화 또는 실감화란 인간의 오감을 생성하고 인식함으로써 인간으로 하여금 실제상황처럼 느낄 수 있도록 그리고 실제로 그곳에 있는 듯이 하여 주는 것을 말한다. 서로 다른 지역간에 영상정보를 주고 받음으로써 마치 한 장소에 있는 것처럼 현장감을 실현하고 인텔리전트 서비스나 각종 정보안내 서비스 등 풍부하고 다양한 정보를 자유로이 접근하게 될 것이다. 또한 음성 및 화상인식은 물론 얼굴의 표정이나 사람의 움직임 감지할 수 있는 동작인식 기술에 의한 다양한 서비스가 실현될 것이다.

지능화란 사람과 사람이 대화하는 듯한 사용환경의 제공, 사람의 생각과 감정까지 이해할 수 있는 기능들을 말하는 것으로 이러한 기능으로 선택의 자유도를 높이고 인간과 친숙한 서비스의 실현이 가능하게 될 것이다. 이와 관련된 기술로서는 지능형 Agent, 감정 Agent, 그리고 Multimodal 인식기술 등을 들 수 있다.

개인화란 언제, 어디서나, 즉 휴대성과 상시성이 강조되고 사용하기 쉬운 인터페이스를 지니고 있어야 하며 개개인의 특성에 맞게 하는 Customization을 들 수 있다. 개인화의 대표적인 예로서, 자체의 계산능력, WWW에 대한 정보접근 기능, 전자화폐 등의 개인관련 기능 등을 포함하게 된 개인 휴대 단말을 생각할 수 있으며 사용자는 이러한 기기를 통하여 언제 어디서나 자신의 취향에 맞는 정보를 취득할 수도, 작업을 할 수도 있을 것이다.

개방화란 불특정 다수의 개인 수준에서 자유롭고 균등한 정보이용 환경의 조성으

로서 특정벤더의 제품에 구애받지 않고 여러 곳에 분산된 정보와 애플리케이션에 대해서도 자유롭게 접근할 수 있음을 뜻한다. 이와 관련된 기본 기술들로 크라이언트 서버모델, 분산컴퓨팅, Info Pad 그리고 Java등을 들 수 있으며 이러한 기술들을 이용하여 원격교육, 원격의료 등의 응용이 가능하게 될 것이다.

대용량/초고속화란 대용량 정보의 저장 및 처리, 전송능력에 관련되는 것으로서 멀티미디어 정보 서버, 고성능 컴퓨터, Internet 등이 그 기본 기술이라고 할 수 있으며 대표적 응용분야로 주문형 비디오를 들 수 있다.

그리고 위에서 언급한 기술들의 서비스 범위가 국경을 초월하여 전 지구촌으로 확대되어 가는 글로벌화 양상을 띠게 될 것이다.

이와 같은 미래의 기술환경은 고도의 멀티미디어 데이터 처리와 대용량, 초고속 정보처리가 핵심으로 슈퍼컴퓨팅을 통한 지식 창출 활동의 필요성이 그만큼 더 증대되고 있다는 것을 의미한다.

3. 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출 사례12)

가. 슈퍼컴퓨팅과 첨단 과학기술력 고도화

과학 및 공학 기술의 한계에 도전하는 슈퍼컴퓨팅 기반 지식의 창출은 첨단 과학기술력의 고도화를 위한 슈퍼컴퓨터 활용의 대표적 사례가 된다. 이 분야에서는 원자와 분자 등 극소규모, 우주와 지구 등 초대규모, 기후변화 등 초저속, 광속 등 초고속, 원자력 등 고위험도 문제에 대한 해결 지식 등이 중심이며 국내에서 수행된 관련 연구(1998)를 통하여 규명된 물리적 현상들의 예로서는 탄소나노튜브의 전자적 구조, 신약설계에 필요한 생체거대분자 상호작용 이론, 다 원자 분자 이온 분해 동력학 이론, 생리분자의 전자전달 현상에 관한 양자역학, 단백질 구조형상, 실리콘내의 산소원자 이동, 한반도 기후의 장기예보, 초고속반도체 공정 이론 등이 있다.

나. 슈퍼컴퓨팅과 기술혁신

슈퍼컴퓨터는 또한 산업계 제품개발시의 애로사항을 해결하기 위한 지식과 슈퍼컴퓨터를 이용한 고기능, 고정밀도 및 고신뢰도 첨단제품 설계. 개발에 관한 지식을 창출하는데 활용된다. 자동차, 항공, 조선, 신약설계, 신물질 개발, 원전설계 등 전 산업분야에 걸쳐 고기능, 고정밀도 및 고신뢰도가 요구되는 첨단제품 설계의 개발시간 단축과 비용 절감, 그리고 현장시험과 제품개발과정에서의 위험요소 및 환경공해 최소화 등에 관한 지식을 창출한다. 1998년도 국내에서 개발한 산업경쟁력 강화기술 지식창출 예로는 3단형 과학로켓, 액체 추진엔진, 전기자동차 개발, 차량충돌 시험, 고속전철시스템 엔지니어링 등이 있다.

다. 슈퍼컴퓨팅과 위기관리

슈퍼컴퓨터는 또한 위기관리를 위한 핵심기술 및 관련 지식정보를 적시에 제공함으로써 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 정보를 창출하는 지식공장으로서의 역할을 수행한다. 예를 들면, 장마, 홍수, 태풍 및 가뭄, 집중호우 등 일기예보에 관한 지식, 대기 중 온실 기체의 증가, 오존층 파괴, 지구 온난화, 산성비 등 환경오염 및 기후 변화 예측에 관한 지식, 원전사고예방 및 불의 사고 대처 기술 등 원자력 안전성 해석 및 예측에 관한 지식, 가스관, 케이블 등 지하매설물 탐사에 관한 지식 등이 있다. 또한 농산물의 작황예측, 수산물의 분포 및 어획고 예측을 통한 농수산물의 무기화 대처 능력의 강화, 원격탐사 능력을 이용한 적국의 무기 및 군사배치 현황 파악, 3차원 지도제작을 통한 종합적 국토변화에 대한 관측 및 예측, 지하탐사를 통한 적군 침입예방 등에 관한 국가위기관리에 관한 지식창출 등도 이 분야의 대표적인 예가 된다.

라. 슈퍼컴퓨팅과 정보화기술선도

슈퍼컴퓨터는 또한 국가 첨단정보인프라 구축을 위한 초고속 컴퓨팅의 입출력 정보저장, 시각, 가상환경 구축 및 고성능 전산망 기술개발 서비스 등, 정보화 기술 선도를 위한 지식을 창출하는데 활용된다. 국가메타컴퓨팅 인프라, 차세대 네트워크 응용 테스트베드, 첨단전문지식 정보시스템 등의 구축 및 고도화 사업 등이 대표적인 예가 된다. 현재 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단에서 추진중인 사업으로는 고성능 네트워킹기술연구의 일환으로 수행한 안전한 네이밍서비스 기술, 정보망 응용 서비스 관리기술, 초고속응용기술지원사업 등이 있다.

(표1) 슈퍼컴퓨터기반 지식창출 예

구분	지식창출예
지식탐구	국가첨단과학기술력 향상 - 극소규모(원자 및 분자), 초대규모(우주 및 지구), 초광속(광속), 초저속(기후변화), 고위험도(원자력) 문제해답 제시
기술혁신	국가산업경쟁력 강화 - 고기능, 고정밀도 및 고신뢰도 첨단제품 설계의 개발 시간과 비용절감
위기관리	재난으로부터 국민의 생명과 재산보호 - 기후변화, 원자력 안전성, 지진 및 해일예측, 환경오염 예측 및 해석
정보화기술선도	국가 첨단정보인프라 구축 - 초고속의 컴퓨팅, 정보저장, 시각, 가상 환경 구축 및 고성능전산망 기술개발 서비스

IV. 슈퍼컴퓨팅 전략분석

1. 외국의 사례

가. 미국

미국은 세계적으로 컴퓨팅과 전산망 분야의 기술적 리더쉽(Technical Leadership in the world)을 확보하기 위하여 거국적 차원에서 HPCC(High Performance Computing and Communications) 프로그램을 입안 추진하고 있다. 1992년부터 5년 단위 계속사업으로 수행하고 있는 이 프로그램¹³⁾은 정부주도로 수행하는 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출 대형 프로그램으로서의 성격을 갖는다. 계획집행의 실효성을 확보하기 위하여 관련 입법(HPC Act)¹⁴⁾하에 추진하고 있는 이 프로그램은 매년 약 10억불의 방대한 예산을 투입하여 NSF(National Science Foundation), ARPA(Advanced Research Projects Agency), NIST(National Institutes of Standards and Technology), NIH(National Institutes of Health) 등 최고 수준의 연구능력을 갖춘 10여개 기관이 공동으로 참여하고 있다. 고성능 컴퓨팅시스템(HPCS), 연구교육망(NREN), 첨단 소프트웨어기술 및 알고리즘(ASTA), 정보하부구조 기술과 응용(IITA), 기초연구와 인력자원(BRHR) 등 5가지 요소로 구성된 이 프로그램은 슈퍼컴퓨터 및 초고속 통신망을 활용하여 미래의 경쟁력을 위한 "거대과제(Grand Challenge)"와 "국가 도전과제(National Challenge)"에 대한 해결에 관한 지식을 탐구함은 물론이고 컴퓨터과학 교육의 강화를 통한 기술저변의 확대를 꾀하고 있다. 이 프로그램은 또한 백악관 과학기술위원회(NSTC) 산하 별도의 조직을 구성, 국가적 차원의 기획, 예산, 집행 및 평가 조정체계를 구축하여 연방정부의 선도적 역할과 함께 NII와 HPCC 프로그램을 연계시키고, 국가경쟁력 강화와 국민 복지향상을 위한 지식창출을 강화하고 있다.

또한 NSF산하 vBNS(very high speed Backbone Network System)프로그램의 일환으로 100개 기관을 대상으로 155 Mbps급 초고속컴퓨팅 서비스를 개발하고 이를 바탕으로 한 NII 응용서비스 체계 구축, 그리고 대학을 중심으로 하는 Internet2 프로젝트를 추진하고 있다.

특히 NII 비전¹⁵⁾을 구현하기 위하여 재택근무(Homing from Work), 원격 오락, 정보 및 쇼핑(Home Entertainment, Information and Shopping), 지능형 교통시스템(Intelligent Transportation Systems), 원격교육(Middle School from Home), 원격의료(Telemedicine), 정부서비스(Government Services), 법률서비스(Law Enforcement) 등 10개의 가상 시나리오를 설정하고 이를 구현하기 위한 기술개발 및 응용서비스 프로그램을 수행하고 있다. 이 과정에서

미국의 슈퍼컴퓨터센터가 첨단과학기술과 지식창출의 중심적 역할을 담당하고 있다.

2) EU

미국이 고성능 정보통신 프로그램 즉, HPCC를 선도하면서 고성능 컴퓨터와 정보통신 기술이 과학기술 분야 뿐만 아니라 경제적으로도 커다란 도움을 줄 수 있다는 공감대가 전세계적으로 형성되었고 많은 국가들이 선제권을 장악하기 위하여 무제한 경쟁에 돌입하기 시작했다. 특히 1995년에 HPCC 프로그램이 미국의 민간기술의 하부구조, 전자도서관, 교육 기능 및 평생교육, 에너지, 환경, 국민건강 보건, 제조기술, 국가안보, 그리고 정부의 정보전달 등 전반적인 국제경쟁력 향상에 핵심적인 역할을 할 것으로 평가됨에 따라 유럽 연합국(EU)들이 이에 대응하고 나섰다. EU 국가의 산업적, 과학적 경쟁력을 키우고 국민의 생활 수준을 향상시키는 핵심기술 발전을 위한 고성능 컴퓨팅 및 전산망(HPCN, High Performance Computing and Networking)프로그램이 그것이다. 이 프로그램은 EU가 미국과의 지식경쟁에서 뒤떨어지지 않아야겠다는 강력한 의지하에 형성된 것으로 이에 투입되는 예산은 5년간(1994-1998)에 걸쳐 매년 2억5백만불에 달한다.

3) 일본

세계적으로 미국의 HPCC 프로그램에 의한 지식경쟁의 주도권을 장악한 것에 대응하여, 일본에서도 정부 주도하에 일본형 슈퍼컴퓨팅 기반 지식창출 프로그램의 일환으로 IMNet(Inter-Ministry Research Information Network)을 구축, 운영하고 있다. IMNet은 일본의 운수성, 과학기술청, 건설성, 우정성, 그리고 우주개발사업단을 연결하여 조직되었으며, 각 성 산하의 연구소를 연결하는 고성능 전산망이다. 운수성 산하의 전자항법연구소, 과학기술청 산하의 항공우주기술연구소, 건설성 산하의 국토지리원, 우정성산하의 통신종합연구소, 우주개발사업단 등을 주축으로 국가주도사업을 공동 추진하고 있다. 이 프로그램을 통해서 국립 슈퍼컴퓨터센터와 공공기관 및 산. 학. 연을 연결하는 고성능컴퓨팅 및 정보서비스기반을 제공하고 있다.

2. 국내 슈퍼컴퓨팅 발전과정¹⁶⁾

가. 초기 도입. 운영단계

'67년 6월, KIST 전산실로 출범한 당시 과학기술처 산하 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단은 주무부처인 과학기술처와 경제기획원의 예산심의과정을 거쳐 '88년, '93년도에 각각 국내 최초로 세계수준의 슈퍼컴퓨터 1, 2호기를 도입. 운영함으로써 새로운 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출 시대를 열어왔다. '88년까지 가동한 컴퓨터

시스템으로는 CYBER 170-835(2MW, 3MIPS), AS/XL V50(32MB, 15.8MIPS), IBM 3083JX (32MB, 8.4MIPS), VAX11/750(6MB) 등이었으나 '88년 8월에 슈퍼컴퓨터 CRAY 2S (128MW, 2GFLOPS)가 국내에서 처음 설치됨에 따라 당시 전세계적으로 강력한 컴퓨팅기반 지식창출환경을 갖추어 기초연구분야 지식탐구는 물론 전 산업분야에 걸쳐 획기적 기술혁신 지식 창출 기반을 제공하게 된 것이다. CYBER 960-31과 VAX II가 설치되어 기존의 호스트 시스템과 함께 CRAY-2S의 FEP 역할을 하게 되었으며 다수의 워크스테이션과 정전기식 Plotter가 도입되고 각 분야의 고급소프트웨어를 설치함으로써 총체적으로 컴퓨팅 파워의 공동 지식창출센터로서의 역할을 수행하게 되었다. 특히 '90년 5월에는 서울 홍능에서 대덕연구단지로의 이전을 계기로 국내 첨단과학연구의 첨병이라 할 수 있는 대덕연구단지의 각 출연 연구기관, 대학, 산업체 연구소등 산.학.연의 지식창출을 위한 전산자원 공동 활용센터로서의 기능을 더욱 효율적으로 수행할 수 있게 되었다. 당시 슈퍼컴퓨터 센터내 각각의 시스템들은 Hyperchannel이나 Ethernet로 연결되어 있어서 대량의 Data를 고속으로 전송이 가능하며 외부 사용자들은 전용선, Dial-up 서비스, 연구망 등을 통하여 슈퍼컴퓨터 네트워크 내의 여러 시스템들을 빠르고 용이하게 사용할 수 있게 되었다.

특히, 슈퍼컴퓨터를 국가기간전산망(연구전산망) 중앙 전산기로 활용함으로써 대학 및 연구기관의 연구생산성 향상, 산업체의 신기술 개발 등 국내 슈퍼컴퓨팅 기반 지식창출 저변확대와 국가경쟁력 향상에 크게 기여하였다.

나. 이용확산단계

슈퍼컴퓨터 1호기 CRAY 2S가 포화상태에 이르게 되어 1호기 도입 5년만인 '93년 11월에 다시 CPU성능 16 GFLOPS, Main Memory 4 배, 디스크 용량 203GB의 약 10배 정도 향상된 성능의 슈퍼컴퓨터 2호기 CRAY C90시스템으로 교체 운영하게 되었다. 이로써 SERI 슈퍼컴퓨터센터는 슈퍼컴퓨팅 파워면에서 당시 기준 세계 20위권의 슈퍼컴퓨터센터로서 성장하였으며 고성능전산망 분야에서도 '91년 미국의 NSFNET과 국제전용링크 개통을 계기로 유럽의 EuroPaNet, 일본의 IMNet과의 연동을 통한 국제협력 개시로 세계적 수준의 지식창출 근간망으로서의 환경을 갖추게 되었다. 그러나 '96년, 정부방침에 따라 정보통신부 산하로 이관된 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단은 '98년, 포화상태에 도달한 슈퍼컴퓨터 2호기 대체를 위한 3호기 도입을 추진하였으나 IMF 외환위기로 인한 소요예산의 급증으로 사업추진이 유보되었다. 이로써 '98년 6월 현재, 우리의 국가슈퍼컴퓨팅기반은 미국의 1/165, 일본의 1/30 수준으로 후퇴하게 되었다.¹⁷⁾

'99년, 출연법¹⁸⁾에 따라 국가슈퍼컴퓨팅사업 시행주체의 소속은 정보통신부로부터

국무총리실 산하 산업기술연구회 소속의 ETRI 슈퍼컴퓨터센터로 바뀌게 되었으며, 그후 다시 과학기술인프라로서 유사기능을 가진 공공기술연구회 소속의 KORDIC으로 통합되었다. 이로써 지식창출 기능상 지식정보의 생산(슈퍼컴퓨터), 지식정보의 운송(연구전산망), 지식정보의 유통(과학기술정보) 등 3요소간의 구조적 통합을 통한 Total 지식창출서비스 기반을 갖추게 되었다. ETRI로부터 KORDIC으로의 슈퍼컴퓨팅 기능 및 조직 이관결정건은 국무총리실의 부처간 조정의제로 다루어졌다. 이는 슈퍼컴퓨팅 기능에 대한 중요도가 부처수준에서 범부처적 수준으로 강화되었음을 의미하는 것이라 하겠다.

2. 발전과정상의 전략분석

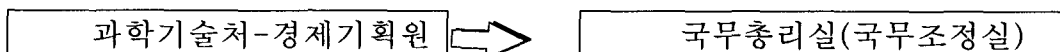
가. 정책결정체계

그 동안의 슈퍼컴퓨터 도입. 운영은 정부의 예산과정과 같은 절차에 따라 이루어졌다. 그러나 '99. 9월 슈퍼컴퓨터센터의 KORDIC으로의 조직이관과정에서는 국무총리실 산하 관련 이사회 결의 후 국무조정실장 주재하의 관계부처 차관회의를 거쳐 국무총리의 재가를 받아 정부차원의 최종결정을 득함으로써 실질적으로 범부처적 정책결정 절차를 밟았다. 이는 슈퍼컴퓨팅의 중요성에 대한 인식이 높아짐에 따라 슈퍼컴퓨팅 정책결정체계가 부처수준에서 사실상 국무총리실로 상향 조정되었음을 뜻하는 것이라고 보겠다.

o 슈퍼컴퓨팅 정책결정체계

(슈퍼컴퓨터 도입결정)

(슈퍼컴퓨터센터의 조직이관결정)



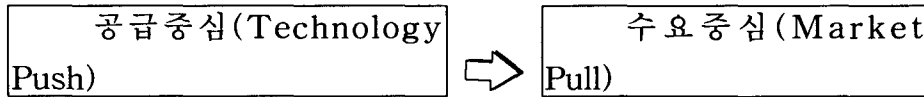
(1988년, 1호기 및 1993년, 2호기 도입) (2000년, 3호기 도입 추진)

나. 수급전략

우리 나라의 슈퍼컴퓨팅 전략은 공급중심 슈퍼컴퓨팅(Technology Push Supercomputing)으로부터 수요중심 슈퍼컴퓨팅(Market Pull Supercomputing)으로 전환해 가는 특징을 보여주고 있다. 그동안 시스템공학연구소 슈퍼컴퓨터는 대학, 연구소, 정부부처, 산업계 등의 공동 슈컴퓨팅센터로서의 역할을 수행하여 왔다. 초기 도입 및 이용확산이 이루어진 상황의 변화에 따라 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단은 응용기술 및 수요중심의 자원 배분 전략을 도입하고 있다. 그 동안 기아자동차, 현대자동차, 기상청 등의 전용 슈퍼컴퓨터의 도입은 분야별 수요중심의 독자적 슈퍼컴퓨터를 독립적으로 도입. 운영하게 되었으며 이는 슈퍼컴퓨터의 도입초기 공동활용시스템을 사용한 경험을 바탕으로 점진적인 슈퍼컴

퓨팅 도입환경을 구축한 것으로 슈퍼컴퓨팅 운영에 따른 기술적, 경제적 시행착오를 최소화하기 위한 바람직한 전략으로 평가된다. 이 과정에서 SERI가 슈퍼컴퓨터 도입, 운영, 기술지원 등 중요한 역할을 담당하여 왔다.

○ 슈퍼컴퓨팅 수급전략



* 1988. SERI 슈퍼컴퓨터 도입- 공공부문 주도하에 기업체 등 수요확산

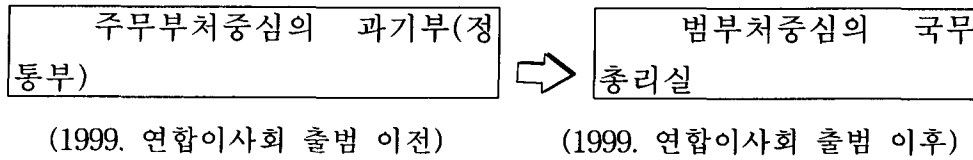
다. 정책조정 메카니즘

우리 나라의 슈퍼컴퓨팅 정책 조정메카니즘은 독자적 조정체계를 구축함이 없이 정부의 과학기술 부문 예산심의과정의 일환으로 이루어져 왔다. 1988년, '93년도에 각각 도입된 1호기, 2호기의 경우 SERI에서 제안하고 주무부처인 당시 과학기술처의 기술적 타당성 검토를 거쳐, 경제기획원의 예산심의과정을 통해서 최종 확정되는 절차를 거쳐 도입되었다. 정부 예산 확정에 따른 슈퍼컴퓨터의 도입은 SERI에 의하여 자율적으로 집행되었으며 SERI에서는 산. 학. 연. 관 등 분야별 전문가로 슈퍼컴퓨터도입심의위원회를 구성하여 기술적, 경제적 타당성 검토를 거쳐 슈퍼컴퓨터를 도입하였다. 그후 '96년, SERI가 과학기술처로부터 정보통신부 산하로 이관됨에 따라 SERI에서는 '97년, 정부예산절차에 따라 주무부처인 정보통신부에 3호기의 도입을 제안하였으나 유보되고 말았다. 이는 주무부처의 의지에 따라 범부처적으로 사용되고 있는 슈퍼컴퓨터의 도입이 좌절되었으며 이 과정에서 이해관계 부처인 과학기술부, 교육부 등과 협의가 이루어지지 않았던 것으로 알려졌다. 이로 인하여 2호기 슈퍼컴퓨터의 연평균 CPU 사용률이 '97년 평균 92.4%, '98년 평균 97.1%로 '97년에 이미 CPU 포화상태에 이르게 되었고 도입당시 기준 세계 20위 권에서 500위권 밖으로 후퇴하는 결과를 초래하게 되었다. 슈퍼컴퓨팅 기능이 '99년 10월, 국무총리실 산하 공공기술연구회 KORDIC으로 이관되는 과정에서는 국무총리실 주관하에 관련부처 및 기관의 의견 조정절차를 취하게 됨으로써 슈퍼컴퓨팅 정책문제가 단일부처 문제로부터 범부처적 문제로 격상하게 되었음을 의미한다 하겠다.

현재 추진되고 있는 2000년 말의 3호기 도입은 주무부처인 국무총리실 산하의 공공기술연구회의 및 주무부처인 국무총리실의 검토를 거쳐 추진된 것으로 주무부처 검토라는 측면에서는 다를 바 없으나 국무총리실의 범부처적 조정기능을 거치는 것이므로 이 역시 그 위상이 격상된 것으로 볼 수 있다. 앞서서도 보았듯이 미국의 경우, 관련법에 따라 백악관을 중심으로 한 범부처적 추진체계의 구축 및 입법절차를 통한 예산을 확보하기 때문에 법적, 제도적 측면에서 실효성 있는 슈퍼컴퓨팅

정책을 추진하고 있음을 교훈으로 삼아야 할 것 같다.

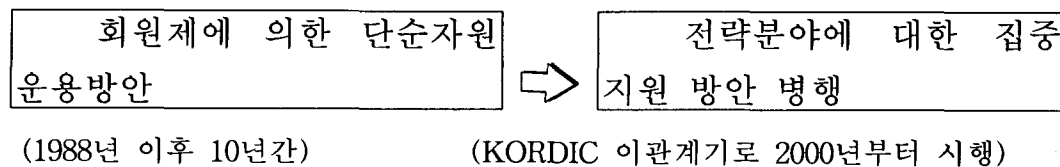
o 정책조정메카니즘



라. 슈퍼컴퓨팅 자원운영

슈퍼컴퓨팅 자원의 운영은 사용료와 연계된다. 대체로 사용료 제도는 무료사용, 평균비용, 한계비용, 회원제도 등이 활용된다. 무료사용료 제도는 국가가 운영비를 부담한다는 전제하에 이용자에게 무상으로 자원을 제공하는 제도이며, 평균비용 제도는 평균비용곡선과 수요곡선이 만나는 점에서 사용료가 결정되고 이를 통하여 이용자 수를 조정하는 제도이다. 그리고 한계비용제도는 수요곡선과 한계비용곡선이 만나는 점에서 가격을 정하고 이용자를 제한하는 제도로서 이 제도는 초기투자비용을 일종의 매몰비용으로 인식하고 한계비용만 이용자에게 부담하는 제도이다. 회원제는 일정한 금액의 회비를 정하여 이용자에게 부담토록 하는 방안으로 위원회 제도를 보완하면서 이용자들을 선별하는 제도이다. 그 동안 슈퍼컴퓨팅 자원은 모든 사용기관에 대하여 사용목적에 관계없이 연회비를 지불한 회원에게 일정한도의 CPU 시간을 사용토록 하는 요금체계를 운영함으로써 슈퍼컴퓨팅 수요확대에 공헌하여 왔다. 그러나 지금까지의 단순자원배분 방안은 그 동안의 확산된 저변과 사업효율을 고려하여 KORDIC 이관을 계기로 2000년부터는 전략적 육성분야를 선정하여 이에 대한 집중지원 및 전문기술 지원체제를 도입. 이의 본격적인 시행을 준비하고 있다.

o 슈퍼컴퓨팅 자원운영



마. 슈퍼컴퓨팅센터의 위상

그 동안의 조직상의 위상은 '88년, 제 1호기 슈퍼컴퓨터 도입 이후 1995년까지 8년간 과학기술처 산하 KIST/SERI의 하부조직으로 존속하다가 '96년도에는 SERI의 주무부처가 정보통신부로 이관됨에 따라 ETRI/SERI의 하부조직으로 그 소속이

변경되었다. '99년도에 연합이사회 체제 출범에 따라 국무총리실 산하 산업기술이사회 소속 ETRI의 하부조직으로 소속이 변경되었으며 10월 1일부로 공공기술연구회 산하 KORDIC으로 이관되었다.

슈퍼컴퓨터센터의 KORDIC으로의 이관과정에서 검토된 고려요인은 산학연관을 연계하는 각 기관에 대한 공정한 이용기회 보장, 슈퍼컴퓨터센터와 동질적인 국가 지식인프라 구축기관으로서의 기능의 동질성, 사용자 중심의 특화된 공공서비스를 통한 통합의 시너지 효과 극대화, 국가 5대 기간전산망의 하나인 연구전산망을 통한 슈퍼컴퓨터 이용으로 자원활용의 경제성 확보 등이었다. 슈퍼컴퓨터센터의 이관으로 정보의 생산(슈퍼컴퓨터), 운송(연구망), 유통(과학기술 정보)의 3 요소간의 구조적 통합을 통한 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출체제 구축이 가능하게 되었다.

V. 슈퍼컴퓨팅 전략과제

1. 정책결정체계

정보, 지식사회의 진전에 따라 슈퍼컴퓨팅 정책이 국가적 중요 정책문제로 부상하고 있을 뿐 아니라 슈퍼컴퓨팅 정책문제의 성격 또한 다부처적 문제로서 보다 복잡하게 바뀌어 가고 있다. 즉, 종래에는 슈퍼컴퓨팅 문제가 한 두 부처 수준의 문제로 인식되어 왔으나 앞으로는 수요부처의 다양화에 따라 부처의 수준에서 다루기 어렵게 되었다. 따라서 범국가적 차원에서 슈퍼컴퓨팅 수요예측 및 확보전략을 강구하고 수요부문별 효과적인 자원할당과 부처간 정책조정 등 일관성 있게 추진할 수 있는 전략이 필요한 것으로 보인다. 이를 위한 정책결정체계로서 국무조정실 산하에 이해관계 부처 및 산학연 전문가로 범국가적 슈퍼컴퓨팅조정위원회를 설치, 운영하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 이 경우, 이를 실무적으로 뒷받침할 실무위원회와 사무국의 설치도 함께 검토되어야 할 것이다. 그리고 슈퍼컴퓨팅 기반 지식 지식창출 인프라로서의 슈퍼컴퓨팅 정책을 효과적으로 수행하기 위해서는 슈퍼컴퓨팅 기술, 시장 동향 분석, 주요 국가별 슈퍼컴퓨팅정책 분석, 장단기 슈퍼컴퓨팅 수급분석, 국가 슈퍼컴퓨팅 수급, 조정 체계 구축 지원, 전문가 세미나 개최, 국가 슈퍼컴퓨팅 발전방안 등의 전략적 과제를 국가적 차원에서 지속적으로 추진해 나갈 필요가 있다고 본다.

2. 투자전략

슈퍼컴퓨팅 사업은 지식기반국가를 위한 지식창출 극대화의 관점에서 전략적으로 수행되어야 한다고 본다. 이런 점에서 KORDIC을 중심으로 전국의 공공분야 고성능 전산 자원을 초고속망으로 연계하여 자원의 공동활용 및 협동연구가 가능한 특화된 과학기술 전용 체계로서 국가메타컴퓨팅센터를 구축, 운영하는 것이 바람직할 것이다. 이와 함께 각 전문 분야별, 조직별 수요에 맞는 슈퍼컴퓨팅 환경을 갖추어 나가는 이원적 투자전략이 강구되어야 할 것이다. 이 경우 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단을 중심으로 구축된 슈퍼컴퓨팅메타센터를 통한 공동이용 슈퍼컴퓨터의 활용을 기반으로 하여 전문분야별 수요증대에 따라 발전적으로 분리(Spin off)될 수 있도록 하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 장기적인 투자전략과 관련하여 전략적으로 수행되어야 할 과제로서는 범국가적 차원에서 과학기술용 초대형 슈퍼컴퓨터 및 특수기관별 자원 확보, 메타센터 구축 및 공동활용 전략 수립 등을 들 수 있을 것이다.

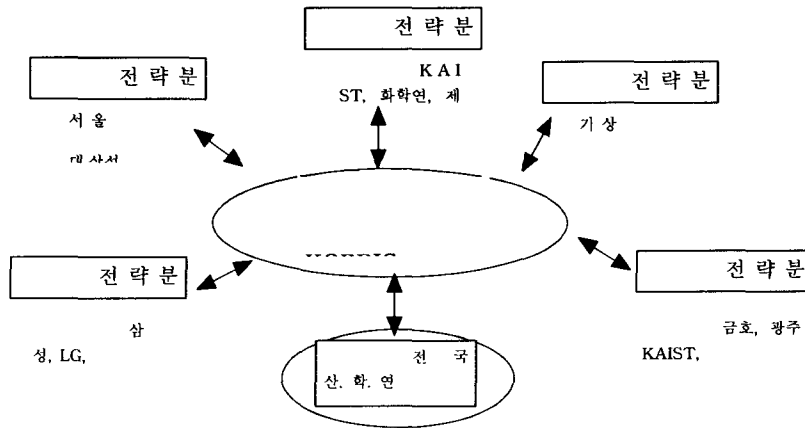
3. 자원운영전략

슈퍼컴퓨팅 자원은 지식창출 전략 차원에서 우선 순위에 따라 자원을 배분 운영하는 제도를 점진적으로 도입, 이를 적용하는 방안을 모색하는 것이 바람직하다고 본다. 현재 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단에서 추진하고 있는 전략적 자원할당제, 즉 국가적으로 지원 필요성이 있는 전략과제를 선정, 슈퍼컴퓨팅 자원을 무상 제공하고 활용기술을 집중 지원하는 전략적 자원 할당방안을 슈퍼컴퓨팅기반 지식창출 차원에서 매우 바람직한 제도로 보인다. 자원운영과 관련하여 전략적으로 풀어나가야 할 과제로서 범부처 슈퍼컴퓨팅조정위원회 및 자원할당위원회 구성 운영, 슈퍼컴퓨팅자원 운영백서(Supercomputing White Paper), 정보화 연계 방안, 슈퍼컴퓨팅 자원 운용, 평가모델 개발 및 적용 등을 들 수 있다.

4. 연구개발전략

지식기반 전략연구분야의 프로젝트 중심의 거대과제(Grand Challenge Project), 국가도전과제(National Challenge Project)와 같은 대형 프로젝트를 발굴 하고 그와 같은 국가적 과제의 효율적인 추진을 위하여 범국가적 수행체계를 갖추도록 하는 것이 바람직하다고 본다. 2000년부터 시행예정인 전략적 자원할당전략을 확대시키면서 국가과제로 발전시켜 이를 기반으로 범부처적 대형연구과제를 발굴하는 방안이 바람직하다. 또한 분야별 연구협의체를 연계한 가상공동연구실(아래 그림 참조)을 구현하여 분야별로 전국의 전문가들이 참여하는 공동연구체계를 구축 운영하도

록 한다. KORDIC 내부적으로는 전략분야별 연구개발 Coordinator 역할을 수행할 핵심 응용분야의 전문가를 확보하고 분야별 집중 기술지원을 하도록 한다.



(그림1) 가상공동연구실 운영 개념도

이를 실행하기 위한 전략적 과제로서는 범 국가적 슈퍼컴퓨팅 연구개발 과제 창출, 전문 분야별 연구협의체를 연계한 가상공동연구실 운영, 전문분야별 공동연구 체제 구축, 연구개발 Coordinator 역할 수행 전문가 확보, 슈퍼컴퓨팅 연구개발 성과 보급 방안 등을 예시할 수 있을 것이다.

5. 연구기관 육성전략

슈퍼컴퓨팅센터는 새로운 지식을 창출하는 지식공장과 같은 역할을 담당한다. KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단을 중심으로 국가적 차원의 과학기술 인프라를 확충함으로써 지식창출 역량을 키워나갈 수 있도록 해야 할 것이다. 정보의 생산(슈퍼컴퓨터), 운송(연구전산망), 유통(과학기술정보)의 3요소간의 구조적 통합을 통하여 Total 서비스 지원, 기능간 정보의 융합화를 통하여 사용자를 선도하는 역할을 발전적으로 정립해나가야 할 것이다. 이를 위한 전략적 과제로서는 연구기관의 장기 비전 창출 및 발전전략 등을 들 수 있다.

6. 법률 및 제도

국가적 차원에서 지식창출을 촉진하기 위한 고성능컴퓨팅 인프라 구축 사업을 지속적으로 일관성 있게 추진하기 위해서는 이에 상응한 법적, 제도적 장치가 마련되어야 한다. 입법 방안으로서는 미국의 HPC법과 같은 단독법 체계, 또는 그 동안 논의하여 온 바 있는 과학기술기본법(안) 등에 기본적인 사항을 언급하고 이에 따른 별도의 시행령을 마련하는 방안 등이 있을 것이다. 관련 법안에 포함되어야 할 주요 내용으로는 국가지식기반 고성능컴퓨팅 수급정책, 범부처 공동활용 첨단 고성

능컴퓨팅 인프라 구축, 산학연관 협업을 통한 공동연구개발, 고성능컴퓨팅센터의 육성 등을 들 수 있다. 이와같은 관련 입법과 동시에 슈퍼컴퓨팅 전략, 슈퍼컴퓨팅 투자 및 자원 운용, 연구개발, 연구기관 육성 방안 등을 제도적 차원에서 지속적으로 검토하는 동시에 보다 새로운 제도를 발전적으로 도입해 나가야 할 것이다.

VI. 결론

1988년, 국내 최초로 도입된 슈퍼컴퓨터는 그 동안 우리 나라 정보화 구현에 필수적 인프라 구축 및 개발을 선도함으로써 과학기술 진흥 및 국민경제 발전의 견인차로서의 역할을 담당하여 왔다. 이러한 역할은 과학기술 지식탐구, 기술혁신, 국가위기관리, 정보화기술선도 활동을 중심으로 이루어져 왔다. 이러한 과정에서 슈퍼컴퓨터 활용에 따른 기술적 파급효과는 물론 20배 이상의 경제적 효과가 있는 것으로 분석된 바 있다¹⁹⁾. 그리고 특히 최근, 슈퍼컴퓨터센터를 국무총리실 산하 공공기술연구회 소속의 KORDIC으로 이관함으로써 범부처적 차원에서 지식정보의 생산, 지식정보의 운송, 지식정보의 유통 등 3요소간의 구조적 통합을 통한 Total 지식창출서비스 체제를 갖추게 되었다.

이 과정에서 범국가적 과학기술인프라로서의 슈퍼컴퓨팅의 중요성에 대한 인식이 새롭게 부각되었으며, 아울러 새로이 출범하는 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업단의 역할에 대한 기대도 그만큼 커지게 되었다.

본 논문에서 지식기반국가를 위한 공공 슈퍼컴퓨팅 전략에 대한 다각적인 논의를 시도한 이유중의 하나도 바로 이러한 새로운 기대에 부응하고자 하는 노력의 일환이라는 것을 밝히고자 한다.

본 논문에서는 슈퍼컴퓨팅 기반 지식창출환경을 효과적으로 구축하기 위하여 정책결정체계와 슈퍼컴퓨팅 투자전략, 자원운영전략, 연구개발전략, 연구기관육성전략, 법률 및 제도 등에 대한 전략방향을 제시하는 데 목적을 두고 수행된 것으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 첫째, 슈퍼컴퓨팅조정위원회의 설치.운영
- 둘째, 슈퍼컴퓨팅 메타센터의 구축
- 셋째, 기술 중심의 전략적 자원 배분 운영 방안의 확대실시.
- 넷째, 범부처적 슈퍼컴퓨팅 국가과제의 발굴,추진
- 다섯째, 지식공장으로서의 슈퍼컴퓨팅 연구기관의 육성
- 여섯째, 지식기반 고성능 인프라 구축을 위한 법적.제도적 장치

(주)

- 1) 노나카 이쿠지로, 지식경영, 나상익(역), 21세기 북스(1988). p.49
- 2) 김휘출, 지식의 저장과 공유의 주체로서 도서관 활용(제2회 지식경영학술 심포지엄 자료, 1999). p.93.
- 3) 김인수, 상계서. pp. 4-5.
- 4) 필자가 논리의 전개를 위하여 의도적으로 정의한 것임
- 5) 류상영, 지식국가로 가는 길(지식경영심포지엄 자료, 동아일보사 외,1999)
- 6) <http://mic.etr.re.kr/BroadDir/정책/vision1.htm>
- 7) <http://www.bk21.or.kr/htdocs/index.htm>
- 8) <http://www.most.go.kr>
- 9) <http://www.mocie.go.kr>
- 10) www.netlib/benchmark/top500html 참조
- 11) 이정희, 초고속 정보통신기반하에서의 슈퍼컴퓨터센터의 역할 및 발전방향(정책학회 춘계 학술대회 자료,1997), pp.202-205.
- 12) 1998년도 슈퍼컴퓨터센터 사업보고서(슈퍼컴퓨터센터,1999), pp. 10-71.
- 13) 1988년, HPCC 프로그램의 후속 프로그램으로 CIC프로그램 계속 추진
- 14) PL.102-94 The High Performance Computing Act of 1991
- 15) Vision of the NII ; Ten Scenarios Table of Contents, <http://www.cnri.restou.va.us:3000/xlwt/documents/scenarios/ScenToc2.html> 참조
- 16) 이정희, 국가주도 슈퍼컴퓨터센터의 역할과 B/C분석 및 발전방향(기술혁신학회지 제1권 제3호, 1998), pp. 403-404.
- 17) [ftp.uni-manheim.de/top500](ftp://ftp.uni-manheim.de/top500) 또는 www.netlib/benchmark/top500ps 참조
- 18) 정부 출연연구기관 등의 설립 · 운영 및 육성에 관한 법률 (법률 제 5733호)
- 19) 이정희, 전개논문(기술혁신학회지 제1권 제3호,1988), pp.407-404.