

지식하부구조로서 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 역할과 기능

송위진(과학기술정책연구원, 부연구위원)

I. 머리말

그 동안 ‘국가지원 슈퍼컴퓨터센터’¹⁾는 대학이나 연구소, 기업들에게 슈퍼컴퓨팅 자원과 슈퍼컴퓨터를 사용하는 데 필요한 지원서비스를 제공하는 조직이라는 관점에서 파악되어왔다. 이는 시장 메커니즘이 제대로 작동하지 않아 과소투자가 이루어지는 분야에 정부가 투자를 해야한다는 ‘시장실패(market failure)’론의 입장에서 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 역할을 접근하는 것이라고 할 수 있다. 기술개발과정에 필요한 자원이지만 많은 비용이 들고 또 그로부터 수익을 얻는 것이 어려워 민간의 투자가 이루어지지 않기 때문에 정부가 자원을 투입하여 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 운영을 지원해왔던 것이다.

그러나 최근에 컴퓨터 분야의 기술혁신이 활발히 이루어지면서 슈퍼컴퓨터의 가격이 내려가고, 또 인터넷과 전자상거래가 활성화되면서 경영 관련 데이터들의 수집, 저장, 처리 등이 중요하게 되면서 기업이나 공공 조직 등과 같은 수요 기관들이 자체적으로 슈퍼컴퓨터를 도입하는 경향이 나타나고 있다. 그리고 슈퍼컴퓨팅 자원을 공급하면서 슈퍼컴퓨터를 사용하는 데 필요한 지원 서비스와 관련 소프트웨어를 공급하는 슈퍼컴퓨팅 ASP(Application Service Provider) 기업도 등장해서 이제 슈퍼컴퓨팅 자원도 시장을 통해 구매될 수 있는 사유재로 전환되는 양상이 전개되고 있다.

이와 같은 환경의 변화는 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 위상과 역할을 새로운 관점에서 접근할 것을 요구하고 있다. 특히 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 공공 조직으로서 어떠한 공공서비스를 누구를 대상으로 제공해야 할 것인가를 새로운 관점에서 접근해야 할 필요가 있다.

이와 관련하여 최근에 ‘기술혁신론(innovation studies)’에서 이루어진 이론적·실증적 성과는 국가지원 슈퍼컴퓨터센터와 같은 하부구조적 역할을 하는 조직을 새로운 관점에서 바라보는 틀을 제시해주고 있다. 여기에서는 하부구조적 역할을 하는 조직과 기구들은 물리적 측면에서의 하부구조 역할만이 아니라 여러 기술혁신주체들에게 기술혁신에 필요한 지식과 능력(capability)을 공급해주고 공동으로 기술혁신을 추진해나가는 혁신체계의 또 다른 ‘주체’로서 파악된다. 하부구조 역할을 수행하는 조직은 국가혁신체계(National Innovation System)에서 지식을 창출, 확산, 활용하는 주요 주체로서 파악되는 것이다.

이 글의 목적은 혁신체계론에서 이루어진 성과들에 바탕해서 기술혁신주체들이 共用하는 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 역할을 새롭게 설정하고, 그러한 기능을 수행하기 위해서 검토해야 할 이슈들을 살펴보는 데 있다.

이를 위해 본 글에서는 물리적인 하부구조만이 아니라 새로운 지식을 창출하고 그 지식을 확산시키는 ‘지식하부구조(Knowledge Infrastructure)’의 관점에서 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 역할에 대

1) 여기서 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 공공자금으로 운영되면서 다른 기술혁신주체들도 공동으로 활용할 수 있는 공공·공용 슈퍼컴퓨터센터를 지칭한다. 따라서 민간이 전용으로 사용하고 있는 슈퍼컴퓨터센터나, 공공적인 목적으로 사용되지만 기상대, 행정자치부와 같이 특정 목적을 위해 사용되어 외부의 기술혁신주체들이 공용으로 활용할 수 없는 센터는 여기에 해당되지 않는다.

이러한 정의에 비추어보면 현재까지는 연구개발정보센터 산하 슈퍼컴퓨팅사업단이 유일한 국가지원 슈퍼컴퓨터센터라고 할 수 있다. 최근 슈퍼컴퓨터를 보유한 전북대, 서울대, 포항공대 등이 지역 슈퍼컴퓨터 공동활용센터들을 구축하는 사업을 추진하고 있는 바, 이러한 사업들이 완료되면 다수의 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 구축될 것이다.

한 논의를 정리하고 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 새로운 기능을 정의하는 데 제기될 수 있는 이슈들을 살펴보고자 한다.

II. 국가혁신체제, 지식하부구조, 국가지원 슈퍼컴퓨터센터

1. 기술혁신에 대한 새로운 접근: 국가혁신체제론

(1) 기술혁신능력

진화론적 접근 또는 혁신체계론(innovation system)에서 주장하고 있는 기술정책의 기본 방향은 기존의 기술정책들이 중점을 두어온 기술개발과 관련된 인력, 자금, 정보, 컴퓨팅 자원 등과 같은 '자원(resources)'의 공급을 넘어서, 기업, 연구소, 대학 등과 같은 기술혁신 주체들의 '기술혁신능력(innovating capability)'을 함양하는데 초점이 맞추어져 있다.

기술혁신능력이란 혁신주체들이 조직 내·외부의 자금, 인력, 지식, 정보 등과 같은 '자원들을 통합하여 새로운 자원들을 창출해낼 수 있는 능력'을 말한다. 아무리 훌륭한 인력과 많은 자금, 지식들이 있어도 그것들을 효과적으로 조직할 수 있는 기술혁신능력이 없다면 혁신주체들이 경쟁우위를 확보해나가는 데에는 어려움이 있게 된다.²⁾ 반대로 기술혁신능력이 있으면 초기에 자원확보에 어려움이 있더라도 새로운 자원을 창출할 수 있는 능력을 가지고 있기 때문에 장기적으로 경쟁우위를 지닐 수 있게 된다.

이러한 관점에 서게 되면 기술정책의 경우에도 기술개발주체들에게 여러 가지 지원책을 통해 자원을 공급하는 것을 넘어서 그 자원들을 효과적으로 활용할 수 있는 기술혁신능력을 확충하는 것이 중요하게 된다. 혁신주체들에게 물고기를 직접 공급해주는 것보다는 물고기를 잡는 법을 가르쳐주는 것이 더 좋은 정책이라는 것이다.³⁾

2) 특정 시기에 어떤 조직이 우월한 자원들을 가지고 있어 다른 조직과 비교할 때, 경쟁우위에 있어도 기술혁신능력이 없을 때에는 그 우위를 유지하는 데 문제가 생길 수 있다. 비록 자원은 부족하지만 기술혁신능력을 가지고 있는 경쟁조직이 기술혁신을 통해 새로운 자원을 창출함으로써 기존에 우위에 있었던 기업을 추월할 수 있기 때문이다.

3) 기술혁신주체들이 기술혁신능력을 확충하도록 하는 정책을 입안하고 집행하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 대다수의 정책이 자금과 사람, 또는 지식 등 어떠한 자원을 공급하든 지원해주는 자와 지원 받는 자 사이에 일방적인(unidirectional) 관계에서 이루어져 왔기 때문이다. 더 많은 지식과 경험을 가지고 있는 지원자가 지식과 경험, 능력이 떨어지는 중소기업과 같은 피지원자를 지도·지원한다는 선형적 관점이 그 동안 지배적이었기 때문이다. 그러나 기술공급자들은 실제로 기술사용자들이 기술개발활동을 수행하는 맥락을 잘 모르는 경우가 많기 때문에 기술수요자들에게 실제로 도움이 되는 기술을 공급하는 것은 상당히 어렵다.

(2) 상호작용적 학습

혁신체제론에서 기술혁신은 시스템적 성격을 지니고 있다고 본다. 즉 기술혁신은 혁신주체가 개별적으로 가지고 있는 지식과 기술에만 의존해서 이루어지는 것이 아니라 전체로서 시스템을 이루고 있는 다른 조직들과의 상호작용을 통해 이루어지는 것이다. 개별 기업의 입장에서 볼 때 기술혁신은 기술개발조직이 가지고 있는 기술지식과 공급자 기업, 수요자 기업, 대학, 연구소 등과 같은 다른 조직들이 가지고 있는 기술지식의 통합을 통해 이루어진다. 따라서 내부의 기술지식과 외부의 기술지식이 통합될 수 있는 계기가 마련되는 혁신주체들의 상호작용이 기술혁신과정에서 핵심적인 중요성을 지니게 된다.

여기서 특히 중요한 것은 혁신주체들간의 상호작용이 가져오는 효과이다. 기업과 대학의 상호작용, 기업과 연구소의 상호작용, 대학과 연구소의 상호작용은 자원인 '기술지식'의 창출만이 아니라 각 혁신주체들의 '기술혁신능력'을 향상시키는 결과를 가져온다. 상호작용이 원활히 이루어지면 공동기술개발 컨소시엄 등과 같은 틀을 통해 훌륭한 기술개발 결과가 산출됨과 동시에 공동기술개발에 참여했던 혁신주체들의 기술혁신능력도 향상된다.

그 이유는 상호작용적 학습이란 혁신주체들이 기술개발과 관련된 문제해결과정에 공동으로 참여하여 문제를 어떻게 인식하며 그 문제에 해결할 수 있는 대안을 어떻게 찾으며, 그것을 현실에서 어떻게 구현할 것인가를 학습하는 것이기 때문이다. 이것은 상대적으로 지식이나 자원이 많은 조직이 다른 조직을 대상으로 해서 문제점이 이것이고 이 문제를 해결하기 위해서는 이 대안을 채택해야한다고 일방적으로 지도하는 학습과 근본적인 차이가 있다.

일방적인 학습과정에서는 열위에 있는 조직은 왜 그런 문제가 생겼는지, 어떻게 그 문제를 발견하고 해결할 것인지에 대한 지식을 획득하기 어렵다. 반대로 상호작용적 학습의 경우에는 '지식수준이 열위에 있는 조직'은 우위에 있는 조직과의 상호작용을 통해 대안에 대한 지식뿐만 아니라 문제와 대안을 찾고 집행하는 과정과 관련된 지식을 학습하게 된다. 이 과정적 지식은 열위에 있는 조직이 앞으로 기술혁신을 수행하는 데 활용할 수 있는 중요한 자산이 된다.

한편 '기술지식이 우위에 있었던 조직'들도 상호작용적 학습을 통해 기술혁신능력을 향상시키게 된다. 특정 문제가 발생되는 맥락과 그 해결과정을 열위에 있는 기업과 공유함으로써 새로운 과정적 지식을 획득하게 된다.

이러한 관점은 기술정책에 대해서도 새로운 시야를 제공해준다. 기존의 기술정책들이 주로 혁신주체들을 대상으로 그들이 기술개발활동을 원활히 수행할 수 있도록 자금, 인력, 지식과 정보와 같은 자원을 공급하는 데 초점을 맞추었다면 시스템적 관점에서 접근하는 기술정책에서는 혁신주체들간의 '상호작용적 학습(interactive learning)'을 촉진하여 기술혁신능력을 함양하는 데 정책의 포커스가 놓여진다.

(3) 국가지원 슈퍼컴퓨터센터에 대한 함의

혁신체제론의 관점에서 본다면 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 우리나라 국가혁신체제를 구성하는 한 요소로서 민간분야에 기술지식의 창출과 확산을 담당하는 공공부문의 조직이다. 따라서 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 역할은 다른 혁신주체들 즉 대학, 연구소, 기업들의 기술혁신능력의 향상이라는 목표와 그것을 달성하기 위한 효과적인 수단인 상호작용적 학습의 추진이라는 관점에서 접근해야 한다.

이러한 관점에서 본다면 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 '슈퍼컴퓨팅 자원, 슈퍼컴퓨팅 사용과 관련된

‘단순 서비스’의 형태로 다른 혁신주체들에게 ‘자원’을 공급해주는 것만이 아니라 대학, 연구소, 기업 타 슈퍼컴퓨터센터 등과 같은 혁신주체들의 기술혁신능력을 향상시키는 것을 목표로 해야 한다. 즉 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 기업과 대학들이 슈퍼컴퓨팅 자원을 활용하면서 문제를 발견하고 그것을 해결하는 과정에 대한 학습 기회를 제공해서 다른 혁신주체들의 지식수준과 ‘기술혁신능력’을 향상시키는 역할을 수행해야 한다.

여러 혁신주체들의 기술혁신능력을 향상시키기 위해서는 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 운영은 다른 혁신주체들과 상호작용적 학습을 추진할 수 있는 방식으로 이루어져야 한다. 이것을 효과적으로 추진하려면 슈퍼컴퓨터라는 물리적인 장비만이 아니라 그것을 여러 분야의 연구개발분야에서 효과적으로 활용하는 데 필요한 지식 및 전산을 활용한 연구방법에 대한 전문적인 지식을 확보하고 있어야 한다.

2. 지식하부구조

(1) 전통적인 하부구조

전통적으로는 하부구조는 사회간접자본으로서 파악되어왔다. 사회간접자본은 ‘자연독점성(natural monopoly)’과 ‘외부효과(externality)’를 지니고 있다. 하부구조는 철도망이나 도로망, 통신망에서 볼 수 있는 바와 같이 초기에 엄청난 투자를 필요로 한다. 동시에 복잡한 구조를 가지고 있는 하부구조가 제대로 기능하기 위해서는 하부구조를 구성하는 요소들의 조정이 이루어져야 한다. 이렇게 되지 않는다면 하부구조는 하부구조로서의 기능을 할 수 없다.

이러한 점들을 하부구조가 지니고 있는 불가분성(indivisibility)라고 한다. 불가분성으로 인해 하부구조는 초기에 여러 경쟁하는 업체들에 의해서 제공된다고 하여도 시간이 지나면 자연스럽게 독점적인 사업자에 의해 공급될 수밖에 없게 된다. 즉 하부구조는 자연독점성을 지니고 있는 것이다. 이렇게 독점적 사업자에 의해 재화와 서비스가 공급되면 사회의 후생은 감소하게 된다. 여기에서 하부구조에 대한 정부개입의 근거가 생긴다.

하부구조에 대한 투자는 외부경제 효과를 가져오기 때문에 개별 기업들은 하부구조에 대한 투자로부터 나오는 수익을 완전히 전유할 수 없게 되며 그것들은 사회적 수익(social returns)으로 나타나게 된다. 하부구조의 사용자들은 하부구조 투자자에게 정당한 비용을 지불하지 않고서도 재화와 서비스를 이용할 수 있는 것이다. 이로 인해 시장에 맡겨 놓았을 때, 하부구조에 대한 투자가 제대로 이루어질 수 없게 된다. 여기에서 또 하부구조의 공급에 대한 정부개입의 근거가 형성된다.

하부구조는 ‘자연독점성’과 ‘외부효과’로 인해 나타나는 시장실패를 보정하기 위해 정부가 그 공급과 운영에 개입하게 되는 공공재적인 재화와 서비스를 지칭한다. 정부는 공기업 설립하여 재화와 서비스를 공급하는 방식, 또는 독점적인 민간기업을 통해 공급을 하되 재화와 서비스의 가격을 직접적으로 규제하는 방식 등을 통해 개입하게 된다. 그리고 이러한 방식으로 공급되는 하부구조는 최종 제품이나 서비스의 성격에 상관없이 경제의 모든 측면에 영향을 미친다.

이 하부구조는 ‘물리적 하부구조’와 무형적 하부구조인 ‘보편적 지식’으로 나누어 볼 수 있다. 교통망이나 통신망과 같은 것들을 물리적 하부구조라고 한다면 기초연구 또는 교육 등은 무형적 하부구조라고 할 수 있다. 정부는 도로나 철도, 통신망을 공급·운영하거나 교육이나 기초연구활동을 지원하여 보편적인 지식을 공급함으로써 민간부문의 경제활동에서 필요한 생산요소 비용을 감소시키는 활동을 수행

하게 된다.

(2) 지식하부구조

지식하부구조는 경제의 하부구조이지만 기존의 철도, 도로, 통신망과 같은 전통적인 하부구조와는 성격이 다르다. Justman과 Teubal(1995)은 지식하부구조를 “둘이나 그 이상의 기업들이나 사용자 조직들에게 여러 응용 효과를 지니고 있는 부문별로 특화(specific)된 능력(capabilities)”으로 정의하고 있다. 지식하부구조는 전통적인 하부구조와 비교해 볼 때 다음과 같은 특성들을 지니고 있다.

지식하부구조는 ‘능력’의 형태를 띠고 있다. 능력은 기본적으로 지식의 형태로 존재하게 된다. 그러나 이 지식은 기초연구 또는 교과서나 설계도와 같은 형식화된 지식(articulated knowledge)만을 지칭하는 것이 아니라 공식언어로는 제대로 표현되지 않는 암묵적인 지식(tacit knowledge)까지도 포괄하고 있다.

암묵적인 지식은 일반적으로 기업 특수적(firm-specific) 성격을 지니고 있거나 산업 특수적인(industry-specific) 성격을 지니고 있다. 암묵적인 지식은 공동의 경험을 지닌 사람들이나 조직들 사이에 공유되는 지식이기 때문이다. 이러한 측면에서 보았을 때, 능력으로서 존재하는 지식하부구조는 특정 산업이나 영역에서 국지성(locality)을 지니고 있다고 파악된다.

지식하부구조는 전통적인 하부구조와는 달리 경제의 모든 측면에 효과를 미치는 것이 아니라 경제의 특정 영역 내지는 특정 산업에 한정된 효과를 미친다. 따라서 전 경제 차원에서 공공재적인 역할을 하는 것이 아니라 특정 산업이나 특정 영역에서 공공재 역할을 한다.

그렇지만 특정 산업이나 영역에서는 공공재 역할을 하고 있기 때문에 지식하부구조는 그 영역이나 산업 내에서는 특정기업의 사유재 형태가 아니라 ‘기본적(genetic)’ 성격을 지니고 있다. 따라서 지식하부구조는 그 산업이나 영역에서 ‘전경쟁적인(precompetitive)’ 성격을 지니고 있다.

지식하부구조는 영역별 국지성을 지니고 있으며 그곳의 구체적인 활동과 관련되어 있는 능력이기 때문에 기초연구나 교육기관을 통한 공식적인 교육을 통해서 그 능력을 공급하는 데에는 많은 어려움이 존재한다. 이러한 점에서 지식하부구조는 대학이나 기초 과학연구소보다는 실제적인 특정 영역에서 재화와 서비스를 생산하는 업체나 그와 관련한 연구소 등과 같은 기관에서 축적된 능력에 기반하게 된다.

전통적인 하부구조에서는 표준화된 제품의 생산과 공급이라는 측면에서 규모의 경제(economies of scale)가 중요하지만 지식하부구조에서는 범위의 경제(economies of scope)가 중요하다. 즉 지식하부구조에서는 관련 조직들이 여러 가지 방식으로 활용할 수 있는 다양한 전문화된 능력들을 확보하는 것이 매우 중요하다. 따라서 전통적인 하부구조에서는 폭 넓은 전화망, 도로망의 지리적 분포 등이 중요하지만 지식하부구조에서는 특정 산업에서의 기업들이 사용할 수 있는 다양한 능력(예를 들어 시험평가 능력, 품질관리 능력, 공통기반기술 등)의 확보가 중요해진다.

4) 원어로는 Technology Infrastructure라고 표현되는 데, 이 글에서는 지식하부구조로 번역하였다. 기술하부구조로 번역했을 때에는 지식과 능력보다는 물리적기술력 측면이 강조되어 전통적인 하부구조와 차별화가 어렵기 때문이다. 여기서 지식은 암묵적인 내용까지 포괄하는 것으로서 명시적 성격을 띠는 정보(information)와도 차이가 있다. 지식은 정보를 처리할 수 있는 능력으로서 파악한다(Dosi, 1988).

(3) 지식하부구조의 종류

Justman과 Teubal(1995)은 지식하부구조를 '기본 지식하부구조'(basic technology infrastructure)와 '고도 지식하부구조'(advanced technology infrastructure)의 2개의 유형으로 구분하고 있다.

'기본 지식하부구조'는 중저 수준의 기술을 가지고 기술개발활동을 수행하는 중소기업의 조직들과 기업들을 지원하는 지식하부구조라고 할 수 있다. 이를 통해 디자인 관련 서비스 새로운 생산 기술에 관한 정보, 제품의 시험 분석 서비스, 환경문제 해결책과 관련된 기술 서비스가 제공된다. 이들 지식들은 주로 이미 다른 나라나 타 지역에서 활용되고 있거나 관련 조직이 확보하고 있는 지식으로서 특정 지역이나 특정 산업에서 기술 센터(technology center)등을 통해 공급된다.

'고도 지식하부구조'는 첨단 산업분야의 기술혁신을 추진하는 과정에서 필요한 능력과 지식이라고 할 수 있다. 이것은 다른 곳에 존재하지 않거나, 존재하고 있어도 획득하기 어려운 능력들로서 관련 조직들의 공동 작업을 통해 창출되어야만 하는 능력이다.

이러한 지식하부구조는 일본의 VLSI 프로젝트나 미국의 반도체 기술개발 컨소시엄인 SEMATECH와 같은 관련 기업들이 참여하는 공동 연구개발 사업들을 통해 주로 공급된다. '기본 지식하부구조'와 '고도 지식하부구조'의 차이는 기본적으로 지식하부구조가 공급하는 능력이 이미 존재하고 있거나 아니면 관련 조직들에 의해 창출되어야 하는가에 있다. 이러한 이유로 해서 하부구조의 성격에 따라 정부의 개입방식도 달라지게 된다.

기본 지식하부구조의 경우에 정부는 이미 존재하는 기술을 도입하여 확산시키거나 기술의 도입을 지원해주는 매개체적 역할을 한다고 한다(예를 들어 ISO 9000의 획득을 지원해주거나 TQM기법의 도입을 지원해주는 것). 고도 지식하부구조의 경우에는 관련 조직들이 공동으로 필요한 기술을 창출할 수 있도록 지원해주는 역할을 담당하게 된다.

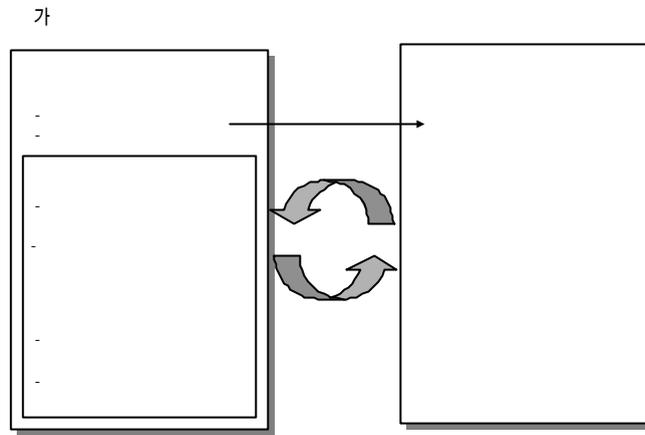
이러한 관점에서 보았을 때 슈퍼컴퓨터센터는 슈퍼컴퓨팅자원과 지원서비스라는 전통적인 하부구조로서의 역할과, 슈퍼컴퓨팅의 운영 및 활용과 관련된 특화된 분야의 지식을 축적하고 공급해주는 기본/고도 지식하부구조의 역할을 동시에 수행할 수 있다. 즉 슈퍼컴퓨터를 운영·관리하고 그것을 활용한 사용자들의 연구를 전문적으로 지원하는 과정에서 축적된 능력과 지식, 그리고 슈퍼컴퓨터를 활용해서 다른 조직들과 공동연구를 수행하여 축적한 능력과 지식을 공급하는 하부구조로서의 역할을 할 수 있다.

3. 종합

혁신체제론의 관점에서 보았을 때, 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 우리나라 국가혁신체제의 시스템을 구성하는 한 요소이며 계산과학과 고도컴퓨터 활용 연구·개발과 관련된 지식하부구조의 형성과 발전에 중요한 역할을 하는 조직이라고 할 수 있다. 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 역할은 1) 사용자들인 기술개발주체들 즉 대학, 연구소, 기업들에게 슈퍼컴퓨팅 관련 '자원' 공급과 함께 지식하부구조의 기능을 담당하는 조직으로서 특화된 능력인 '지식'을 공급하고, 2) 사용자들과의 상호작용적 학습을 통해 사용자의 '기술혁신능력'을 향상시켜 기술혁신성과를 제고시키는 것이라고 할 수 있다⁵⁾

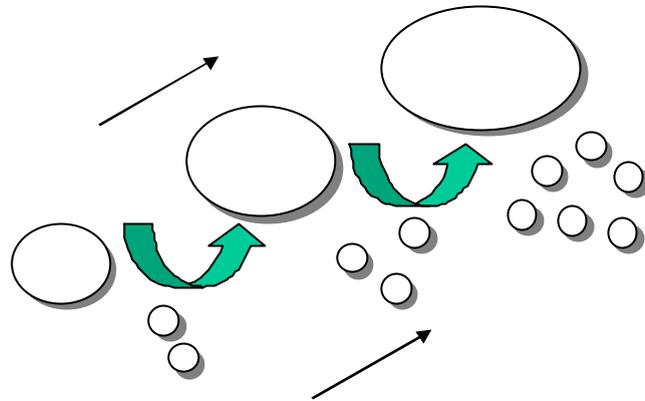
5) 이것은 결국 자원과 지식하부구조의 공급자인 국가지원 슈퍼컴퓨터센터 자신의 문제 해결 능력(기술혁신능력)을 향상시키는 결과를 가져온다.

가



한편 이러한 기능을 제대로 수행하기 위해서는 우선 기술발전의 흐름에 맞는 슈퍼컴퓨터의 지속적인 확보가 필요하며 또한 확보된 슈퍼컴퓨터의 운영 및 사용에 관한 임묵적·명시적 지식의 학습 및 축적이 이루어져야 한다. 그리고 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 보유하고 있는 자원과 지식이 효과적으로 다른 혁신주체들(기업, 대학, 연구소, 다른 슈퍼컴퓨터센터)에게 전달되고 그 과정에서 기술개발주체들의 기술혁신능력이 향상될 수 있는 '상호작용적 학습'을 수행할 수 있는 체계를 구축해야 한다.

이 상호작용적 학습을 통해 사용자 조직은 국가지원 슈퍼컴퓨터센터로부터 슈퍼컴퓨팅 자원과 관련 지식을 획득함과 동시에 슈퍼컴퓨터를 사용한 기술관련 문제해결 능력 즉 기술혁신능력을 향상시킬 수 있다. 동시에 슈퍼컴퓨터센터는 슈퍼컴퓨터 운영과 사용 및 문제해결과 관련된 새로운 지식을 획득할 수 있다. 이는 슈퍼컴퓨터센터 자체의 문제해결능력을 향상시키게 되는 바, 결국에는 다시 사용자들이 활용할 수 있는 지식하부구조를 확장시키는 결과를 가져오게 된다. 이를 통해 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 보유하고 있는 지식하부구조를 구성하는 지식과 사용자 조직이 가지고 있는 지식이 공진화(co-evolution)할 수 있게 되며, 이는 더 나아가 양 조직들간의 공진화(예를 들어 슈퍼컴퓨터를 활용한 연구를 수행하는 연구개발 공동체의 형성과 발전)를 가져올 수 있다.



III. 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 기능과 관련된 주요 이슈

다음에서는 현재 국가지원 슈퍼컴퓨터센터로서 운영되고 있는 연구개발정보센터의 슈퍼컴퓨팅사업단을 대상으로, 앞서 살펴보았던 혁신체계론적 시각과 지식하부구조론의 관점에서 제기될 수 있는 주요 이슈들을 살펴보기로 한다.

1. 자원의 공급

(1) 슈퍼컴퓨팅자원 할당 문제

사용자들에게 슈퍼컴퓨팅 자원을 효과적으로 할당하는 것은 오래 전부터 다루어져온 중요한 주제라고 할 수 있다. 자원할당문제는 컴퓨팅 자원의 배분문제를 넘어서 슈퍼컴퓨팅 응용과 관련된 지식의 축적 및 확산과 관련되어 있다. 자원할당이 이루어지는 방식은 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 지식하부구조를 구성하는 지식을 축적하고 그것을 사용자들에게 제공하는 방식에 큰 영향을 미친다.

1999년까지 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 슈퍼컴퓨팅 자원은 모든 사용자에게 동일한 요금체계에 입각하여 자원을 판매하는 방식으로 제공되었다. 이러한 슈퍼컴퓨팅 자원배분 방식은 시장(arm's length market)에서 슈퍼컴퓨팅 자원을 사고 파는 것처럼 자원을 배분하는 방식이다. 이와 같은 방식에서는 컴퓨팅 자원 공급자와 사용자 조직들이 가지고 있는 '지식의 교환'이 어려워진다. 다만 각 조직이 활동의 결과물인 '물건이나 서비스만이 교환'될 뿐이다. 즉 슈퍼컴퓨터센터는 슈퍼컴퓨터의 운영을 통해 슈퍼컴퓨팅 자원과 단순 서비스만 공급할 뿐이며 사용자는 그것에 대해서만 값을 치른다.

이와 같은 환경에서는 자원공급자인 슈퍼컴퓨터센터는 슈퍼컴퓨팅 응용과 관련된 지식을 축적할 수 있는 기회가 제한되고 또 축적된 지식마저도 사용자의 니드에 맞게 충실히 제공할 만한 인센티브가 없게 된다. 또한 사용자들은 슈퍼컴퓨터센터로부터 단순 지원서비스만의 지원을 받았기 때문에 연구성과

를 슈퍼컴퓨터센터와 공유하려는 의지가 있을 수 없다. 결국 슈퍼컴퓨터센터나 사용자 공히 슈퍼컴퓨팅 자원을 활용해서 좀 더 효과적인 연구활동을 수행할 수 있는 기회가 제한되고 상호작용적 학습을 통해 공통의 지식기반을 구축하는 데 어려움이 있게 된다.

이러한 문제점들을 반영하여 국가지원 슈퍼컴퓨터센터는 1999년 후반부터 연구제안서를 접수 심사하여 우수한 과제를 선정해서 슈퍼컴퓨팅 자원과 차별화된 지원서비스를 공급하는 전략지원 프로그램을 운영하고 있다. 현재 이 프로그램은 시행초기이기 때문에 그것이 어떤 결과를 가져올지는 불확실하다. 그러나 자원을 전략적으로 배분한다고 해서 자연스럽게 슈퍼컴퓨터센터와 사용자간에 상호작용적 학습이 이루어져 각 조직에 지식이 축적되고 문제해결능력이 향상되는 것은 아니다.

(2) 분야별 자원할당 문제

슈퍼컴퓨팅 자원을 전략적으로 배분하는 경우 나타날 수 있는 문제는 분야별, 과제별 우선순위 선정이라고 할 수 있다. 어느 분야에 어느 정도의 자원을 배분해야 할지를 결정하기 위한 기준들과 절차에 대한 방침이 필요한 것이다.

이를 위해서는 우선 슈퍼컴퓨터 자원을 사용하는 각 분야의 발전 정도, 슈퍼컴퓨팅 자원 필요 정도, 현재 우리나라의 연구개발 수준 등과 같은 각 분야별 과학기술의 현황 및 발전 전망과 관련된 로드맵(road map)에 대한 지식이 필요하다. 동시에 형평성과 효율성을 고려한 자원배분 의사결정체계의 구축이 필요하다.

슈퍼컴퓨팅 자원의 전략적인 배분을 위해 필요한 지식, 과정, 체제는 그 자체가 중요한 지식과 과정이라고 할 수 있다. 이 의사결정체계의 효과적인 설계와 그 체제에서의 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 역할을 새롭게 정리하는 작업이 요구된다. 이와 함께 전략적으로 배분된 자원을 사용하는 사용자와 슈퍼컴퓨터센터간의 성과 배분 문제, 협력 및 지원 방식에 대한 방침도 명확히 정리되어야 할 것이다.

2. 기본 지식하부구조 구축

기본 하부구조의 구축은 슈퍼컴퓨터 운영과 관련된 지식, 슈퍼컴퓨팅 응용과 관련된 지식의 축적, 확산과 관련된 주제이다. 다음에서는 그것과 관련된 몇몇 이슈들을 다루어본다.

(1) 슈퍼컴퓨터센터 내에 지식하부구조 형성을 위한 플랫폼의 구축

슈퍼컴퓨터 운영 및 슈퍼컴퓨팅 응용과 관련된 지식을 축적·확산시키기 위해서는 슈퍼컴퓨터센터 내에 지속적으로 전문 지원업무를 담당하고 지식을 축적할 수 있는 플랫폼이 필요하다. 전문인력과 전문조직이 필요한 것이다. 이 플랫폼이 원활히 작동하기 위해서는 인력과 조직들이 슈퍼컴퓨터의 운영과 슈퍼컴퓨터 활용과 관련된 전문 지원활동을 통해 지속적으로 지식을 축적하고 이를 다시 서비스하는 선순환적인 구조를 갖출 수 있도록 인센티브 시스템이 구축되어야 할 것이다.

슈퍼컴퓨팅 관련 지식을 획득, 유지, 확산시키는 역할을 담당하는 플랫폼의 구축은 고가의 대형장비인 슈퍼컴퓨터의 효율적 활용을 촉진시키는 방안이 될 수 있다. 장비구매와 같은 하드웨어 측면에는 상

당한 예산이 지원되면서도 그것의 효율적 활용을 위한 소프트웨어적 측면에는 예산지원이 제한되는 측면은 이러한 측면에서 재검토되어야 할 것이다.

(2) 분야별 슈퍼컴퓨터 사용자 그룹 또는 기술공동체 구성

특정 분야별 사용자 그룹을 중심으로 기술공동체를 구성하고 '공동학습(collective learning)'을 촉진하는 활동은 지식하부구조의 발전과 개별 조직들의 기술혁신능력 향상에 매우 중요한 역할을 담당하게 될 것이다. 슈퍼컴퓨터센터와 각 연구자나 조직이 가지고 있는 지식들이 공유되면서 슈퍼컴퓨팅과 관련된 지식기반이 확대되고 문제해결 능력이 향상될 수 있기 때문이다. 이들은 타 분야와의 과학기술자원 경쟁에서도 슈퍼컴퓨팅 공동체의 중요한 정치적 지지자가 될 수 있다.

(3) 슈퍼컴퓨터센터들간의 지식네트워크 구축

국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 플랫폼을 구축하여 슈퍼컴퓨터의 운영과 슈퍼컴퓨팅 활용 지원과 관련된 지식을 축적하고 또 사용자 그룹을 형성하여 공동학습을 추진하는 경험에서 축적된 경험과 지식은, 여타 슈퍼컴퓨터센터가 슈퍼컴퓨터를 운영하고 사용자를 지원하는 데 효과적 지식자원으로서 활용될 수 있다. 더 나아가 슈퍼컴퓨터센터들간의 지식네트워크 형성은 슈퍼컴퓨팅 기술공동체의 확대·발전에 중요한 계기를 마련할 수 있을 것이다.

슈퍼컴퓨팅 자원의 활용이 점점 분야별로 전문화되고 있기 때문에 특정 슈퍼컴퓨터센터가 모든 분야에 대한 전문성을 확보할 수 없는 바, '분화와 통합의 원칙' 하에 각 센터가 전문적인 능력을 가진 분야에 특화하고 그것을 통합하는 기능을 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 담당함으로써 물리적 네트워크, 지식네트워크의 허브 기능을 수행할 수 있을 것이다.

(4) 기업을 위한 지식하부구조 구축 활성화

국내 기업들의 경우 자체적으로 슈퍼컴퓨터를 구입하여 운영하고 있기 때문에 슈퍼컴퓨팅 자원만 가지고 이들에 대한 지원 서비스를 제공하는 것은 점점 어려워지고 있다. 따라서 이제 민간 기업체를 대상으로 한 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 역할에서, 슈퍼컴퓨팅 자원의 공급보다는 슈퍼컴퓨터센터가 보유한 슈퍼컴퓨팅 관련 지식(슈퍼컴퓨터 운영, 슈퍼컴퓨터사용, 슈퍼컴퓨터를 통한 연구개발 등)을 제공해주는 지식하부구조로서의 역할이 더욱 중요해지고 있다. 기업이 필요한 하는 지식과 노하우를 공급할 수 있는 지식하부구조를 구축하기 위해서는, 기업의 문제해결과정에 공동으로 참여하여 상호학습을 수행하는 공동연구개발 과제 수행이 도움이 될 수 있다.

3. 고도 지식하부구조 구축

지식하부구조를 구축하여 사용자들을 지원하기 위해서는, 자체의 자원을 이용한 슈퍼컴퓨팅 관련 선도 분야의 연구개발을 수행하여, 관련 분야에 대한 지식 축적 및 사용자 지원을 위한 전문성을 축적하

는 작업이 중요하다. 또한 여러 분야에서 기반으로 활용될 수 있는 전산과학분야의 주요 주제에 대해 대학과 연구소, 기업들과 공동연구개발을 추진함으로써 고도 하부구조적 지식을 창출하는 것이 필요하다.

이와 관련해서 또 슈퍼컴퓨터센터의 기본 임무인 사용자에 대한 자원공급과 서비스 지원의 부실해질 수 가능성도 있다는 문제가 제기될 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 고도 하부구조 구축활동의 일환인 자체 연구개발활동, 기본 하부구조 구축의 일환인 슈퍼컴퓨터 운영 및 활용에 대한 지식축적 및 확산, 전통적 하부구조로서의 역할인 슈퍼컴퓨팅 자원 및 서비스의 공급이 상승효과를 가져올 수 있는 연구과제를 선정하여 연구활동을 추진하고, 연구의 과정과 결과가 각 활동들간의 상호작용을 촉진할 수 있는 방식으로 추진될 수 있도록 조직 설계를 추진해야 할 것이다.

IV. 맺음말

정보통신분야에서 전개되고 있는 기술혁신과 민영화, 자유화의 바람은 정보통신 네트워크, 슈퍼컴퓨팅 자원 등과 같은 전통적 하부구조에 커다란 변화를 가져오고 있다. 과거에는 공공재적 성격을 지니고 있었기 때문에 정부부문을 통해 이들 하부구조가 공급되었지만 이제는 사유재의 형태로서 민간부문의 활동에 통해 설비와 서비스가 공급될 수 있게 되었기 때문이다. 이제 이들에게는 새로운 하부구조로서의 역할이 요구되고 있다. 그리고 그 역할을 제대로 수행했을 때에 공공부문의 자금이 지원될 수 있는 정당성을 확보할 수 있다.

이 글에서는 기술-경제환경의 변화에 대응하기 위해서 국가지원 슈퍼컴퓨터센터가 전통적인 하부구조의 역할을 넘어서 지식하부구조의 기능과 역할을 수행해야 한다는 관점을 제시하고 그 내용들을 소개하는데 중점을 두었다. 좀 더 구체적인 국가지원 슈퍼컴퓨터센터의 구조와 발전 방향에 대해서는 다루지 못하였다. 이를 종합적으로 다루기 위해서는 그 동안 수행해온 슈퍼컴퓨터센터의 활동에 대한 분석이 뒷받침되어야 할 것이다. 이는 차후의 작업으로 남겨두기로 한다.

<참고 문헌>

- Justman, M. and Teubal, M.(1995), "Technological Infrastructure Policy: Generating Capabilities and Building Markets", *Research Policy*, Vol. 24, No. 2.
- Montgomery, C.(1995), *Resource-Based and Evolutionary Theories of the Firm: Towards a Synthesis*, Kluwer Academic Publishers, London.
- Nonaka, I.(1991), "The Knowledge-Creating Company", *Harvard Business Review*, Nov.-Dec.
- Nelson, R.(1990), "Capitalism as an Engine of Progress", *Research Policy*, Vol. 19, No. 3.