

슈퍼컴퓨팅 사업의 경제적 효과 및 기술·사회적 효과 분석¹⁾

슈퍼컴퓨터 활용사례를 중심으로

이정희(mall@kponet.or.kr)
연구원정보센터 슈퍼컴퓨팅운영실 책임연구원

1. 서 론

II. 사회별 경제적 효과 및 기술·사회적 효과 분석

III. 결 론

I. 서 론

본 연구는 KORDIC 슈퍼컴퓨팅사업의 경제적 효과를 분석하기 위하여 슈퍼컴퓨팅사업에 대한 정부의 지원예산 및 인구비에 바탕어본 사업효과를 분석(분석기간 : 10년, 1997~1998)하고자 슈퍼컴퓨터공동활용, 석유팀사업과 분석, 기상예보, 원자력 안전성분석, 국산 자동차 제작 및 설계 등 5개의 슈퍼컴퓨터 활용사례를 중심으로 한 비용효과(B/C Analysis) 및 기술·사회적 효과를 분석한 것이다. 비용효과 분석기법은 비용(Cost) 비소와 효과(Benefit) 비소를 화폐적 가치로 산출하여 평가하는 기법이다 때문에 이를 정부 출연연구기관의 사업에 적용하는 대에는 저작이 따르기 미진이다. 그것은 조직의 성격이 비영리법인이고 연구책임이 항상 경제적 기준과 절차에 따라 이루어지는 것은 아니기 때문이다. 따라서 이 기법의 핵심적인 적용보다는 연구기관 및 사업별 특성에 맞추어 적합히 보완함으로써 바람직한 연구기관 사업의 비용효과분석 모형을 개발할 필요가 있다. 이런 광을 감안하여 본 연구에서는 광을 사회별로 개별적 특성에 따른 다양한 주경방법을 개발·작용하였다. 즉, 슈퍼컴퓨팅 사업의 경우에는 공동활용효과를 중심으로 분석하였으며 석유팀사 자료분석 사례는 시추비용 및 외화 절감액을 주경 방식하였다. 기상예보사례의 경우, 평균 10년간의 기상자료로 인한 자산회수력을 기준으로 주경하였다. 그리고 원자력 안전성 분석 사례는 학인호 재정권 횟수 감소에 의한 예상 비용 절감액을, 국산자동차 제작 및 설계사례에서는 자동차 제작비를 절감액을 주경하여 화폐가치를 산출하였다. 이러한 비용효과 추경방법 및 원자력

는 사회별 관련 인구보고서와 인구전 및 활동기준의 전문가 의견에 기반하였다. 본 연구에서는 이와 같은 경제적 효과분석과 함께 비경제적 가치인 기술적, 사회적 효과도 사회별로 분석되었으며 사회별 기술적, 사회적 파급효과를 분석함에 있어서도 관련 인구보고서와 인구전 및 활동기준의 전문가 의견을 활용하였다.

II. 사회별 경제적 효과 및 기술·사회적 효과 분석

1. 슈퍼컴퓨터 공동활용

가. 사업기초

1988년 9월, 슈퍼컴퓨터인 CRAY-29(CIPLOPS)가 국내에 처음으로 도입·설치됨에 따라 세계적으로 강력한 슈퍼컴퓨팅 파워를 국내 과학기술자들에게 제공함으로써 기초연구분야에는 물론 전산업분야의 핵심적인 발전을 이루할 수 있는 기틀을 구축하게 되었다. 1993년 11월에는 슈퍼컴퓨터 1호기의 보조상태로 2호기 CRAY C90이 도입 운영됨으로써 도입 당시 기준 세계 상위권 슈퍼컴퓨터센터로 성장하였다. 1997년 12월 기준, 전국적으로 230기 기준, 3,000여 명의 연구원이 연구현장과 연동하여 기초 및 첨단 음용연구에 활용하였다. 슈퍼컴퓨터 활용분야는 기상, 해양, 환경, 수자원, 차량탐사 등 물류서비스 및 환경분야, 물리, 화학, 생물학, 수학 등 기초과학분야, 기계, 항공, 우주, 자동차, 전자, 토목공학 등 공학분야, 약학, 의학, 유전공학 등 보건의학분야, 원자력 발전소 설계, 원자로 안전성 분석 등 에너지분야 등이다.

1호기의 예산절감효과는 3,747억 원(919.9시간×1년) 43,683억 원, 2호기의 절감효과는 6,530억 원 43,533시간(384시간×1년) 63,179억 원으로 1,2호기의 총 공동활용효과는 10,277억 원에 달하는 것으로 분석되었다.

나. 경제적 효과

슈퍼컴퓨터의 공동활용에 따른 경제적 효과는 1호기 5년(1980~1982), 2호기 5년(1983~1987) 총 10년간에 걸쳐 슈퍼컴퓨터 사용기준의 수료를 충족하기 위한 차세대 슈퍼컴퓨터를 도입 운영할 경우 대비 공동활용 시스템의 투자효과 분석결과의 합산에 의해 산출되었다.

1호기의 경우는 92년도, 2호기의 경우는 97년도를 기준으로 각각 해당 연도 사용기준에 1일 최대 CPU 이용시간(회)당량을 합한 총비용과 슈퍼컴퓨터의 1일 재생 가능한 CPU 총비용과의 비율을 산정하여 기종별 도입·설치·유지비를 합산한 긍적액을 곱하여 공동활용 효과를 산출하였다. 이러한 방법으로 분석한 결과 1호기의 예산절감효과는 3,747억 원([1919.9시간 /96시간×1]) × 43,683억 원, 2호기의 절감효과는 6,530억 원 ([4,353시간/384시간×1]) × 63,179억 원으로 1,2호기의 총 공동활용효과는 10,277억 원에 달하는 것으로 분석되었다.⁹⁾

다. 기술적·사회적 효과

슈퍼컴퓨터 공동활용에 따른 기술적 효과로서 첫번째로 볼 수 있는 것은 기초과학 전용에 기여한 점이다. 1992년부터 1997년까지 발표된 600여 편의 국내외 논문 중 이중에 분야 SCI급 논문발표 건수는 기속 증가세로 1992년도 34편에서 1997년도 244편으로 부상하는 대기여하였다. 이밖에 기초 및 첨단과학 분야 슈퍼컴퓨터 사용자에게 인간 8만 명 이상의 인구분석을 지원함으로서 국내 기초과학 연구활성화를 위한 속전 속결 역할을 하였다. 둘째로 볼 수 있는 것은 청단산업기술개발에 대한 기여이다. 슈퍼컴퓨터를 활용하여 개발한 첨단기술 개발의 대표적 사례로서는 반도체, 자동차 및 항공기 설계, 고성능 TV 및 낭장고 설계, B형 칸막이 방역 및 항암제, 알미늄 합금 등 강량 복합소재 개발 등을 들 수 있다. 셋째, 국가 위기 관리 및 환경 기술 분야에 대한 공헌이다. 이 분야에 활용된 주요 사례로서 원자력발전소 사고예방 및 불의의 사고시 대응기술, 대기

및 해양도입, 차전 및 해양방지 등 판강기술, 인공위성 데이터 및 양상차폐에 의한 3차원 지도 재작 등을 국토 종합개발을 위한 기본 데이터 구축 등을 들 수 있다. 한편 사회적 효과로서는 기상·예보·항상·원자력 발전소 사고예방을 통한 국민의 생명과 재산보호, 슈퍼컴퓨터를 이용하여 원자재품을 살계 및 자작원으로서 국내외 사용자에 대해 신뢰성 제공 및 기업의 외장 강화 등을 들 수 있다.

2. 석유팀사 자료분석

가. 연구기법

한국석유개발공사, 시스템동학연구소, 계원연구소에서 1990년부터 97년까지 10년간 슈퍼컴퓨터를 활용한 석유팀사리로 분석 연구가 수행되어 왔다. 국내 대륙붕에서 획득한 탄성파 층토를 분석하여 대륙붕 하부의 차하구조를 밝히고 석유 및 천연가스 차원 탐사를 위한 시추지 선정과 국내 탄성파 탐사자료 차환을 위한 표준변수 및 표준화하여 순서를 확립하였다.

나. 경제적 효과

슈퍼컴퓨터를 활용한 석유팀사 차관차분석¹⁰⁾을 기반으로 경제적 효과는 시추비율의 결합액과 석유팀사 차관의 국내 전산차폐에 의한 외화 절감액을 기준으로 산출할 수 있다. 관련 연구진에 의하면 먼저 시추비율의 경우, 품제의 난간 3회의 시추회수는 슈퍼컴퓨터를 활용함으로서 1회만으로 동일한 효과를 기대할 수 있어 인간 2회의 시추비율을 결합할 수 있게 되었다.

1회당 시추비용은 100억 원으로 10년간에 걸쳐 소모되는 일반적 시추비용 3,000억 원(3회/년 1회)에서 슈퍼컴퓨터를 활용한 시추비용 1,000억 원(1회/년 1회)을 차감한 2,000억 원을 결감한 것으로 추정된다. (일반적 시추 : 3회/년 100억 원/시추 10년 = 3,000억 원, 슈퍼컴퓨터를 활용한 시추 : 1회/년 100억 원/시추 10년 = 1,000억 원, 시추비율 결감액 = 2,000억 원). 한편 석유팀사 차관의 국내 전산차폐에 의한 결감액은 1회당 외주제작 비용이 150만 불이므로 10년간에 걸쳐 136억 원에 달하는 것으로 산출된다. 1160만불/회 1회

1공당 사주비용은 100억 원으로 10년간에 걸쳐 소요되는 일반적 사주비용 3,000억 원(연 3회)에서 슈퍼컴퓨터를 활용한 사주비용 1,000억 원(년 1회)을 차감한 2,000억 원을 절감한 것으로 추정된다.

/년 1년 900만~136억 원*

다. 기술·사회적 효과

본 연구 수행으로 국내 석유당사기술 커뮤니티에 기여하였으며 대량 컴퓨터를 통한 컴퓨터 수행시간 2년을 4개월로 단축할 수 있게 되었다.

그리고 대류형 석유당사 커뮤니티의 국내 차별화를 통하여 대류형 주요 자원 내국 등 국가 기밀의 해외유출을 방지할 수 있게 되었으며 차이구조에 관한 상세정보를 제공함으로써 외국 유전체계와 관련한 투자지역 선정 및 사주 후보지 결정에 기여하였다.

3. 기상예보 정확도 향상

가. 연구기초

1988년부터 1997년까지 기상청, 서울대, 인세대 공동으로 슈퍼컴퓨터를 활용하여 한국 기후 및 지형에 맞는 일기예보용 수치예보 모델(국지 예보모델, 중규모 모델, 기후모델 등을 기반, 이를 아울한 단기(2~9일)는 물론 중기(1주~1개월) 및 장기(수개월~수년) 일기예보 수치예보 향상으로서 일기예보 정확도를 5% 이상 향상시켰다.

나. 경제적 효과

일기예보 정확도 향상을 통한 경제적 효과는 최근 10년간의 기상재해로 인한 재산피해액을 기준으로 산출할 수 있다. 기상청 관계인이 제공한 정보에 의하면 일기예보 향상으로 인한 재산피해 감소액은 약 10%에 달하는 것으로 보고 있다. 이 기준으로 보면, 1993년부터 1992년까지 10년간에 걸쳐 실제 발생한 기상재해로 인한 재산피해액은 10년간 총 3만 9,000억 원으로 등 피해액의 10%에 해당하는 3,800억 원의 재산피해액을 감소한 것으로 추정된다. 이것은 단지 경제적인 효과에 대한 것이며 기상재해로 인한 사망, 실종 등 인명 피해를 감안한다면 슈퍼컴퓨터의 활용효과는 국민의 재산보호에 국한하지 않고 국민의 생명을 보호하는 국가의 기본기능인 위기관리능력 향상에 크게 기여한 것으로 평가된다.*

다. 기술·사회적 효과

일기예보용 수치예보 모델 및 태풍예보모델을 개발하여 일기예보 정확도를 70%에서 80%로 향상시켰으며 1993년도 9월 베라태풍, 1991년 9월 미아미열대풍의 진로를 정확하게 추적한 바 있다. 동시에 국내 한강의 대형 모임 척선도 예측모델을 개발하여 한강관련 기술향상에 기여하였다. 기상예보 향상을 통한 저류 및 인명 피해 감소 효과로서 인평군 사망·실종 30명, 아현면 1명당 피해 감소, 인평군 칭수면 1만 명·정보에 달하는 피해면적을 감소한 것으로 추정되어 아현면, 의류, 농산물 등의 재산상황 조정 등 기상정보의 산업체 이용국면화를 통한 효율적인 상품생산 개혁 수립 및 수급조절이 가능하게 되었다. 물론 아니라 국제 방의 모순을 파괴, 치구·온난화 문제 등 국제구호 협약 문제에 각국 대처할 수 있게 된 점도 주요 성과의 하나로 기록할 수 있을 것이다.

4. 원자력 안전성 분석

가. 연구기초

원자력연구소, 안전기술원, 한국원전연료 등 3기 기관에서 원자력 안전성 분석 관련 연구 수행을 위하여 1991년도부터 97년까지 7년간에 걸쳐 슈퍼컴퓨터를 계속 사용하였다. 그 동안의 주요 연구내용을 보면 한국원자로(아너로)의 Chiraneay 냉각해석, 영광 원자력발전소 3, 4호기 갑인개동 설계검증, 한국형 원전연료의 고유도밀 개발, 고리 원자력발전소 3, 4호기 증기판 파열로 인한 중대사고 해석, 원자력 발전소의 안전성 실증실험 연구 등이다.

나. 경제적 효과

본 연구 결과의 주요 경제적 효과는 핵연료 재장전 회수 감소에 의한 비용 절감액을 기준으로 산출할 수 있다. 원자력연구소 관련 연구진에 의하면 인천 핵연료 재장전 회수는 6회로서 7년간 예산될 감액은 882억 원에 달하는 것으로 분석된다. 핵연료 재장전 1회의 비용이 100만 불이므로 경제적 효과는 882억 원(100만 불/회 50회 7,900원~882억 원)이다.

1983년부터 1992년까지 10년간에 걸쳐 실제 발생한 가상재해로 인한 재산피해액은 10년간 총 3만 8000억 원으로 동 폐매액의 10%에 해당하는 3800억 원의 재산피해를 감소한 것으로 추정된다.

다. 기술·시스템 효과

본 연구 수행으로 인한 주요 성과 중의 하나는 한국형 원전안전 고유보안 기술을 개발했다는 점이다. 성능이 좋고 값싼 원전안전을 기반으로 IAEA의 인증획득을 위한 기술을 확보되었고 한국형 원자로의 낭각 해석 기술과 원자로의 디인크 자동화를 위한 수치해산 기술을 확보(수치해산 실험시 100만 볼트의 비용소요)할 수 있게 된 점도 큰 성과로 보여진다. 국내 14곳에 달하는 원자로 및 관계시설의 설계안전·분석·평가기술의 개발로 국내 원전의 불시경지 진수를 감소시킬 수 있게 된 점도 두드러진 성과라 하겠다.

이 연구수행으로 원자력발전소 사고 예방과 불의 사고시 대처방안 수립을 통한 인명 및 재산보호방안을 강구할 수 있게 된 점은 국가 위기관리 차원의 큰 성과로 기록할 수 있겠다(외국의 예로서 1979년 3월, 미국의 TMI(Three Mile Island) 원자력 발전소 사고로 주변에 방사성 물질이 방출되어 주민들이 대피한 바 있으며 1986년 4월, 소련의 체르노빌 원자력발전소 사고에서 원자로와 건물이 파손되고 방사성 물질이 외부로 방출된 바 있어 이 분야에 대한 연구는 국가 위기관리 차원에서 주요 연구의 하나로 다루고 있음).

5. 국산 자동차 제작 및 설계

가. 연구개요

기아자동차, 대우자동차, 쌍용자동차, 서울대학교, 금호타이어, KAST, 모향공대, 고동기술연구원, LDG 중앙연구소, 생산기술연구원 등 10곳 기관에서 1989년부터 97년까지 8년간에 걸쳐 슈퍼컴퓨터를 중심으로 활용하여 자동차 제작 및 설계기술을 개발하였다. 기아 및 대우자동차에서는 신형 국산 자동차 제작시 슈퍼컴퓨터를 이용하여 차량 충돌 보의실험을 수행함으로써 자동차의 실제 차량충돌 시험회수를 줄일 수 있게 되었다. 그동안 신형 자동차 개발시에 필요로 하는 시작자는 200대였으나 슈퍼컴퓨터를 이용한 보의실험을 통하여 시작차 50대를 줄일 수 있게 되었다. 대우자동차에서는 차체 충돌시 습격안전성 검토를 위한 차체-

충격모델의 일체화식 기술을 개발하였으며 고동기술원에서는 앞륜마찰 차체용 판재성형 및 금형설계 기술을 개발하였다. 또한 생산기술연구원에서는 디젤 배기 가스 종합제어시스템 및 디젤 Particulate Filter 제작·제작기술을, 금호타이어에서는 승차감 및 조정 안전성이 우수한 타이어 기발, 사용대에서는 안티호흡을 높이기 위해 내연기관 연소실내의 3차원 연소현상 수치해석 및 단기동 엔진내의 난류회향 해석기술을 개발, KAIST에서는 자동차 경량화를 위한 차체용 복합재료 요소개발, 모향공대에서는 디젤기관의 설계 최적화를 위한 디젤기관의 3차원 해석 연구를 각각 수행하였다.

나. 경제적 효과

슈퍼컴퓨터를 활용한 국산 자동차 제작 및 설계기술의 개발효과는 신형차 제작시 시각차 제작비율 절감액을 기준으로 산출할 수 있다. 이러한 대이라는 실제 차동차 입기에서 확보 가능한 것으로 국내 차동차 입기에도 따르면 그동안 신형차 제작시 200대의 시각차가 소요되었으나 슈퍼컴퓨터를 활용함으로써 시각차 60대분을 감소할 수 있다. 기아차동차에서 개발한 세피아, 스모디지, 봄고차 등 27종과 대우차동차에서 개발한 누비파, 파노스, 레간자 등 27종 등 모두 5기기기에 대한 시각차 절감비용은 4,500억 원에 달하는 것으로 분석되었다. 시각차 대비 제작비용이 18% 원이므로 절감비용을 근본이 산출할 수 있다(시각차 절감비용 산출, 50대 18% 원/기기 67종 = 4,600억 원).

다. 기술·시스템 효과

차량충돌 보의실험시 대형컴퓨터 경우는 30일이 소요되었으나 슈퍼컴퓨터 이용시는 1.5일로 줄일 수 있게 되어 새로운 자동차 개발에 소요되는 기간을 증례의 5년에서 3년으로 단축시키게 되었다. 또한 슈퍼컴퓨터를 활용한 국산 자동차 제작 및 설계도 차량 충돌 보의실험 기술, 브레이스티 림퍼 설계기술, 고안전성 타이어 설계기술, 차체용 판재성형 및 금형설계 기술(경량화

기술·정책동향

이상의 5개 사례를 중심으로 분석한 슈퍼컴퓨터 활용의 경제적 효과는 2조 1594억 원으로 투자 대비 20배 이상의 경제적 효과를 나타내는 것으로 암증되었다.

30% 달성), 자동차용 복합재료 흐소기술, 습차갑과 경량화 및 안전성 향상을 위한 기반기술을 확보할 수 있게 되었다. 그리고 디젤기관 설계 최적화 기술, 디젤기관 배기 가스 증합제어시스템 기술, 내연기관의 3차원 인소현상 수치해석 기술 등 인프라물을 기반으로써 고급융합차 제작을 위한 첨단기술을 확보하게 되었다. 이와 같은 일련의 자동차 제작 및 설계 관련 첨단기술 개발로 국산 자동차의 품질향상과 국제경쟁력을 제고하는데 기여하였다. 혼만·나바다 인연성이 높은 습용차 개발로 교통사고 및 인명피해를 감소시켰으며 슈퍼컴퓨터를 이용한 차체 설계·제작으로 국내외 소비자에게 신뢰감을 줄 수 있게 되었다. 이러한 결과로 고성능 고급 습용차 수출을 늘려 차량 수출국으로서의 위상을 점진적으로 높일 수 있게 되었다.

III. 결 론

이상의 5개 사례를 중심으로 분석한 슈퍼컴퓨터 활용의 경제적 효과는 2조 1594억 원(활용시작일 효과 : 슈퍼컴퓨터 공동활용→2조 277억 원, 석유당사자로 분석→8,135억 원, 기상예보정확도 향상→8,800억 원, 원자력안전성 분석→882억 원, 국산차제작 및 설계→4,500억 원)으로 투자 대비 20배 이상의 경제적 효과를 나타내는 것으로 입증되었다. 이들 사례

외에도 10년 동안 수행된 수많은 활용사례를 감안한다 면 슈퍼컴퓨팅 사업의 경제적 효과는 이보다 훨씬 더 큼 것으로 추정된다.

이 연구를 통해서 과학기술 전용과 국민의 재산 및 생명 보호, 국가 위기 관리, 정보화기술 선도 등 비경제적 가치로서 슈퍼컴퓨터 활용에 따른 기술·사회적 효과 또한 지대하다는 것도 확인되었다. 슈퍼컴퓨터 공동 활용 사례는 첨단과학기술정보인프라에서 국내 과학기술 및 정보화기술을 선도하여 있으며 신선판인 초 미세 단소재 제작의 기반 시대는 세계적 수준의 과학기술 지식창구에 기여한 성과의 하나임을 입증하고 있다. 석유당사자로 분석사례는 석유당사자 기관 차별화 및 국가 주요 차원관리 활동의 하나로, 기상예보 정확도 향상과 원자력 안전성 분석 연구는 국민의 생명과 재산 보호 및 국가 위기 관리 기능, 그리고 국산 차동차 설계 및 제작사례는 슈퍼컴퓨터를 활용한 기술적인 성과 중의 하나로 분석되었다. 이로써 슈퍼컴퓨팅 사업의 경제적 효과는 물론 기술·사회적 효과가 지대하다는 것이 입증된 것으로 판단되어 본 연구결과는 향후 슈퍼컴퓨팅정책 및 정부의 예산안의 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. ◉

주

- 1) 본논문은 기술혁신학회지 제13호(1998년 12월 pp. 402-418)에 게재된 일지의 논문 '국가 주도 슈퍼컴퓨터센터의 역할과 R&D 분석 및 평가방법'을 전문 부분을 보완 확장한 것이다.
- 2) 슈퍼컴퓨터의 1일 제공 가능한 CPU 총공량은 1호기의 경우 96시간(4GPU×24시간) 2호기의 경우 384(16GPU×24시간)이다. 그리고 1호기의 도입 운영비는 도입비 32302백만 원 운영비 11,381백만 원으로 43,683백만 원이며 2호기 도입 운영비는 도입비 40,840백만 원 운영비 22539백만 원으로 63,179백만 원이다.
- 3) 안분석, 시스템공학연구소 30년 경제적 효과분석연구 그려다하고 정책대안원(1998) p.103
- 4) 안분석, 산계서, p. 102
- 5) 안분석, 산계서, p. 102