

서울대학교 항공우주공학과 항공우주구조연구실

대담: 김철호 | E-mail: aaseto@hpcnet.nk.kr
KISTI 슈퍼컴퓨팅 응용실



인터넷 슈퍼컴퓨팅 실험장

항공우주 분야는 연구에 있어 컴퓨터를 가장 일찍, 적극적으로 활용한 분야의 하나로서 서울대학교 항공우주공학과 항공우주구조연구실 역시 항공우주 구조물의 정밀한 해석을 위해 컴퓨터를 가장 적극적으로 활용해 오고 있다. 특히 지금은 일반화된 분산대역 병렬 처리 시스템이 국내에 본격적으로 도입되기 이전부터 이러한 환경에서의 병렬처리 구현에 큰 관심을 갖고 많은 연구를 진행해 왔으며 최근에는 이를 더욱 확장한 개인인 인터넷 슈퍼컴퓨팅을 이용한 초대형 고정밀 유한요소 구조해석 기법연구로 국가지정 연구실로 지정되어 이 분야의 연구에 더욱 박차를 가하고 있다. 이 연구실을 이끌고 있는 김승호 교수를 찾아 서울대학교 항공우주구조연구실의 현황과 슈퍼컴퓨팅에 대한 의견을 들어보았다.



현재 항공우주연구실이 주로 관심을 가지고 연구하는 내용은 어떤 것이 있습니까?

본 연구실의 주 연구분야는 슈퍼컴퓨팅 기술을 이용한 초대형 고정밀 구조해석 기법연구 및 응용에 관한

연구며, 특히 '인터넷 슈퍼컴퓨팅'이나 Piggyback 슈퍼컴퓨팅과 같은 새로운 형태의 슈퍼컴퓨팅 구현에 관한 연구도 활발하게 추진하고 있습니다. 인터넷 슈퍼컴퓨팅이라는 것은 인터넷에 연결되어 있는 많은 컴퓨터들의 계산능력을 활용하여 네트워크상에 가상 슈퍼컴퓨터 시스템을 구현하는 기술을 말합니다. 최근에 급격하게 증가한 PC(개인용 컴퓨터)의 성능은 슈퍼컴퓨터를 구성하는 마이크로 프로세서들에 비해 결코 떨어지지 않으며, 대부분의 PC들이 인터넷으로 서로 데이터를 주고받을 수 있게 되었습니다. 기업체나 연구실의 이러한 PC들이 활용되지 않는 퇴근시간 이후에는 PC들을 서로 연결하여 인터넷 슈퍼컴퓨팅에 활용할 수 있을 것입니다. 그리고 PC뿐만 아니라 기존의 슈퍼컴퓨터와 최근에 널리 활용되고 있는 클러스터 시스템들도 이용하여 하나의 거대한 슈퍼컴퓨터를 구현할 수 있으므로 GRID Computing이나 Meta Computing을 포함한다고 볼 수 있으며, 인터넷 슈퍼컴퓨팅을 위해 개발된 MPI에 기반한 병렬프로그래밍은 전용 슈퍼컴퓨터나 클러스터 시스템에서도 효율적으로 사용될 수 있습니다. 현재, 이 기술을 사용하여 구현한 64 CPU 시스템인 InterSup I을 통하여 개발된 각종 구조해석

이러한 다양한 연구활동은 인터넷상의 가상 슈퍼컴퓨터 시스템인 **VirSup III(1024 CPU)**에서 정적 해석인 경우에 1억 개 미지수 수준, 동적 해석인 경우에 1000만 미지수 수준, 비선형 해석인 경우에는 500만 개 미지수 수준의 문제를 10시간 이내로 수행한다는 최종 목표 아래 추진되고 있습니다.

알고리즘의 병렬화 연구와 검증이 수행되고 있습니다. InterSup I의 성능을 살펴보면, 작년말 서울대학교 본부전산원에 설치된 IBM SP Nighthawk-II 슈퍼컴퓨터 (2000년 11월 현재 Top500 List 세계 114위, Power3 375Mhz 144개)에서 32CPU를 이용하여 7시간 21분(Elapsed time)이 소요된 270만 미지수 수준의 구조해석 문제를 InterSup I에서 역시 32CPU를 이용했을 경우, 8시간 40분 만에 풀 수 있었습니다. InterSup I에서는 IBM SP와 같은 초고속 네트워크가 아닌 일반 인터넷으로 연결(Ethernet card 사용)되었다는 점을 생각하면 대단히 우수한 결과라고 볼 수 있을 것입니다. 이러한 뛰어난 계산능력은 PC와 인터넷을 이용하더라도, 뛰어난 병렬 알고리즘을 사용한다면 충분히 슈퍼컴퓨팅 파워를 구현할 수 있다는 것을 입증하는 좋은 예라고 볼 수 있을 것입니다. 본 연구실에서는 구조해석 알고리즘 개발연구뿐만 아니라, PC와 Linux 시스템을 이용한 성능 최적화 기법 연구와 최종 목표인 1024 CPU 시스템인 VirSup III 시스템을 구성하기 위한 안정성 및 실용성 향상에 관한 연구가 함께 진행되고 있습니다.

구조해석 알고리즘의 병렬화에 관한 연구는 정적 구조해석, 동적 구조해석, 비선형 구조해석 및 유한요소 개발과 요소 생성에 관한 연구로 세분화하여 추진하고 있으며, 이러한 여러 가지 각종 병렬 구조해석 기법 연구의 결과들을 IpSAP(Internet Parallel Structural Analysis Program) 개발이라는 목표 아래, 체계적으로 통합하고 있습니다. 그리고 개발된 인터넷 슈퍼컴퓨팅 기술과 초대형 구조해석 기술을 적용한 실제적인 응용에 관한 연구도 활발히 진행되고 있습니다. 구조물의 충격에 의한 소리를 고정밀 시뮬레이션을 통해 구현함으로써 새로운 형태의 비파괴검사법을 개발하고 있으며, 지능구조물을 이용한 평면스피커의 개발도 활발하게 진행되고 있습니다. 그리고 여러 가지 다양한 비선형 효과들 고려하기 위한 방법 및 병렬화에 관한 연구, 구조물의 파괴 및 손상에 관한 연구도 추진되고 있습니다.

이러한 다양한 연구활동은 인터넷상의 가상 슈퍼컴

퓨터 시스템인 VirSup III(1024 CPU)에서 정적 해석인 경우에 1억 개 미지수 수준, 동적 해석인 경우에 1000만 미지수 수준, 비선형 해석인 경우에는 500만 개 미지수 수준의 문제를 10시간 이내로 수행한다는 최종 목표 아래 추진되고 있습니다. 구조물의 해석기술에 관해서는 본 연구실이 이미 세계적인 수준에 도달했다고 자부하고 있으며, 초대형 고정밀 구조해석 분야도 그 영역을 넓혀서 세계적인 경쟁력을 갖추어나가고 있는 과정이라고 볼 수 있습니다. 현재 세계적으로 구조해석 분야에서 추진되고 있는 슈퍼컴퓨팅 관련 연구들 (Phantom Works-미국, SALINAS Project-미국, ADVENTURE Project-일본 등)은 슈퍼컴퓨터를 활용하여 추진되고 있는 반면, 본 연구실에서는 슈퍼컴퓨터가 아닌, VirSup III와 같은 인터넷 슈퍼컴퓨팅 시스템을 활용한 가상 슈퍼컴퓨터 시스템을 활용하고 있다는 점에서 독자성이 있다고 볼 수 있습니다.



구조해석 분야의 연구에 있어
슈퍼컴퓨팅의 필요성에 대하여
알려주세요.

수천만 자유도 이상의 초대형 고정밀 구조해석의 필요성에 대해서 구조해석 분야의 엔지니어들 중에서도 크게 공감하지 않는 엔지니어들이 많이 있을 것입니다. 아직도 현장에서 실제로 사용되는 수치해석 모델의 규모는 슈퍼컴퓨팅 능력을 필요로 할 만큼 크지 않고 그 결과 실험을 완전히 대체할 수 있을 만큼의 신뢰성 있는 계산 결과는 얻지 못하고 있어 그 활용에도 많은 제약이 따르고 있는 것이 사실입니다. 이것은 계산비용과 초대형 고정밀 해석에 필요한 기술 습득에 관한 저항감 및 Engineering 관점에서의 비효율성 문제 때문일 것입니다. 이러한 저항감을 극복하고 가능성을 보여주기 위해서는 현상이나 연구소 등에서 수행되고 있는 수준을 크게 뛰어넘는 수준의 해석을 수행할 필요가 있습니다. 동시에 이러한 계산을 추가적인 경제적인 비용을 크게 들이지 않고 낮은 비용으로 구현할 수 있어야 하

인터넷 슈퍼컴퓨팅 기술은 고가의 전용 슈퍼컴퓨팅 장비를 확보하는 일 못지 않게 중요한 일이며 앞으로 슈퍼컴퓨팅의 중요한 축을 이룰 것으로 생각합니다. 그러나 어떤 경우에만 슈퍼컴퓨팅에 있어 가장 중요한 것은 그것을 구현하는 소프트웨어 기술이라는 점은 틀림없는 사실입니다.

며, 해석결과가 바로 구조물의 최적설계 등에 활용될 수 있도록 적어도 10시간 이내에 수행될 수 있어야 한다고 봅니다. 이렇게 했을 때 현재의 설계과정을 슈퍼컴퓨팅을 이용한 수치 실험(Virtual Experiment)으로 보다 많은 부분을 대체함으로써 실제적인 비용절감 효과와 함께 보다 나은 설계결과를 얻을 수 있게 될 것입니다. 특히 우리 나라의 경우에는 이와 같이 슈퍼컴퓨팅 기술을 적극적으로 활용하는 방법이 아니고서는 경험을 통해 축적된 데이터에 많이 의존하는 이 분야의 특성상 선진국에 비해 상대적으로 떨어지는 항공기나 우주발사체와 같은 복합 대형 구조물의 설계기술을 선진국 수준으로 향상시키기가 매우 힘들다고 봅니다. 따라서 이러한 측면에서 구조해석 분야에서 슈퍼컴퓨팅 기술은 매우 중요한 의미를 지닌다고 하였습니다.



슈퍼컴퓨팅 기술의 바람직한 발전 방향에 대한 의견을 말씀해 주십시오.



최근에 등장하는 슈퍼컴퓨터의 구조를 살펴보면, 슈퍼컴퓨팅의 미래를 쉽게 짐작할 수 있습니다. 초고성능의 단일 프로세서 성능에 크게 의존하는 벡터형 슈퍼컴퓨터와는 다르게 고성능의 범용 마이크로 프로세서 수천 개를 초고속 네트워크로 연결한 것이 현재의 슈퍼컴퓨터의 기본구조라고 할 수 있을 것입니다. 따라서, 효율적인 병렬화 알고리즘을 활용하지 않고서는 제 아무리 슈퍼컴퓨터라 하더라도 그 이름에 걸맞은 성능을 얻을 수 없으므로 현재의 슈퍼컴퓨팅에 있어 가장 중요한 요소는 하드웨어보다도 오히려 효율적인 병렬 알고리즘과 그것을 구현한 소프트웨어가 될 것입니다. 물론, 궁극적으로는 이러한 병렬화가 OS나 컴파일러 레벨에서 완전히 자동적으로 이루어져야 할 것이고 그것이 슈퍼컴퓨팅 연구의 최종 목적이 될 수도 있겠지만 현재까지의 연구성과나 진척 상황을 고려해 볼 때, 이러한 완전 자동 병렬화는 앞으로도 상당히 어려운 것으로 보이고, 결국 소프트웨어 개발자들의 효율적인 병렬화를 위한 노력은 계속되어져야만 할 것입니다. 이런

관점에서 볼 때, 우리 나라의 경우는 병렬 알고리즘을 개발하고 검증해 볼 수 있는 환경이 선진국들에 비해서 상당히 열악하다고 볼 수 있습니다. 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅 센터와 몇몇 연구소 및 학교에 설치되어 있는 슈퍼컴퓨터들에 자유롭게 접속할 수 있는 사람은 아직도 그렇게 많지 않으며, 그렇다고 다른 선진국들처럼 슈퍼컴퓨터를 수십 대 구입하여 곳곳에 설치하여 사용하는 것도 그렇게 바람직하지는 않다고 봅니다. 또 최근에 관심을 끌고 있는 리눅스와 PC를 이용한 클러스터 시스템의 경우에도 구입 및 유지비용이 전용 슈퍼컴퓨터에 비해 비교적 저렴하지만 역시 계산 전용이라는 관점에서 따로 부자들 해야 하며, 하루가 다르게 향상되는 PC들의 성능을 볼 때 구입해서 1년 정도만 지나도 그 효용성 및 가치는 상당히 떨어지고 맙니다. 그래서 이

미 개인들이 사용하고 있는 PC들을 이용해서 병렬 컴퓨팅환경을 손쉽게 구현해 볼 수 있는 인터넷 슈퍼컴퓨팅 기술을 이용하면 병렬 알고리즘 개발에 관한 교육이나 수치실험 등을 추가적인 비용 없이 손쉽게 수행할 수 있으므로 병렬화에 대한 두려움이나 저항감을 줄일 수 있으며, 가상 슈퍼컴퓨터 시스템에서 병렬화 알고리즘을 구현해서 검증한 다음에는 언제든지 전용 슈퍼컴퓨터에 접속해서 뛰어난 성능을 얻을 수 있으므로 슈퍼컴퓨팅의 저변확대에 상당한 기여를 할 수 있을 것으로 보입니다. 결론적으로 이러한 인터넷 슈퍼컴퓨팅 기술은 고가의 전용 슈퍼컴퓨팅 장비를 확보하는 일 못지않게 중요한 일이며 앞으로 슈퍼컴퓨팅의 중요한 축을 이룰 것으로 생각합니다. 그러나 어떤 경우이든 슈퍼컴퓨팅에 있어 가장 중요한 것은 그것을 구현하는 소프트웨어 기술이라는 점은 틀림없는 사실입니다.



슈퍼컴퓨팅센터에 바라는 점이 있다면?

새로운 슈퍼컴퓨터를 도입하기로 결정된 것은 모두가 축하해 줄 일이라고 생각하며 국가의 과학기술 발전을 위해서도 바람직한 결정이었다고 생각합니다. 하지만 앞서도 언급한 것처럼 슈퍼컴퓨팅의 저변을 확대하기 위해서 중요한 것은 하드웨어뿐만 아니라 그것을 제대로 활용하기 위한 병렬처리 해석기술(소프트웨어



기술)이라는 점

을 다시 한 번 인식해 주시기를 바라며 그 전파를 위해 보다 많은 노력을 기울여 줄 것을 당부하는 바입니다. 또한 서울대학교 항공우주구조연구실과 상호보완적인 협력체제가 지속적으로 유지될 수 있기를 바랍니다. 국가적 차원으로는 단일 학교나 기업체, 연구소 등에서 갖출 수 없는 세계 최고 수준의 슈퍼컴퓨팅 자원의 확보와 일관된 정책 유지가 지켜져야 할 것이라고 생각합니다. 이번 슈퍼컴퓨터 도입을 계기로 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터가 하드웨어(슈퍼컴퓨터)나 소프트웨어(병렬처리 기술) 측면에서 모두 명실상부한 국가 중심 슈퍼컴퓨팅센터로서의 위상을 확립하게 되기를 기대합니다. **end**



김송조 교수는 1985년 미국 Univ. of Texas at Austin에서 응용역학으로 박사학위를 받고 1986년부터 서울대학교 항공우주공학 학과에서 교수로 재직중입니다. 현재 "초대형 고정밀 유한요소 구조 해석 기법연구"라는 주제로 국가 지정연구실로 지정된 서울대학교 항공우주구조연구실의 연구책임자를 맡고 계신다.