

특집

정보통신기술과 전산유체역학

조금원^{*1} 박형우^{*2} 이상산^{*1}

Information Technology and Computational Fluid Dynamics

Kum Won Cho, Hyungwoo Park and Sangsan Lee

As IT(Information Technology) has been developing, an application engineering is advanced so quickly. Especially, CFD field that is influenced greatly by Computing Power is an outstanding example. In this paper, it says a research tendency of the KISTI Supercomputing Center that performs the CFD research based on IT. The representative researches are the National Grid Project, TeraCluster Construction and development and a supporting plan for Supercomputer users' parallelization.

Key Words: 전산유체역학(CFD), 그리드 컴퓨팅(Grid Computing), 클러스터 컴퓨터(Cluster Computer), 코드 병렬화(Code Parallelization)

1. 서 론

정보통신기술의 발달과 더불어 컴퓨터 성능은 급격히 향상되었으며, 이를 통해 순수과학 및 응용공학 분야가 크게 발전하였다. 그러나 아직도 국소지역에 있는 컴퓨터만으로 해결하기 어려운 연구주제들이 다수 존재하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 새로운 정보통신 기술이 필요하게 되었다. 더욱이, 과거에는 뛰어난 연구자 한사람에 의해 대부분의 문제가 해결되었지만 산업이 복잡해지고 제품 설계주기의 단축이 요구되는 현실에서는 숙련된 다수의 연구자가 협업을 수행하여야 하는 환경이 절실히 요구되고 있다. 이는 학제간 연구를 통해 자신이 가지고 있는 기술을 다른 연구자와 공유하게 된다.

이렇게 지역적으로 분산된 자원의 공동활용이

나 학제간 협업연구를 가능하게 하는 것이 그리드(Grid)이다. 그리드는 지역적으로 분산된 슈퍼컴퓨터나 클러스터를 고속의 네트워크로 연동하여 단일 시스템처럼 사용할 수 있도록 하는 것이며, 해석하는 문제에 따라 계산 그리드, 데이터 그리드, 액세스(Access) 그리드라 부르고 있다.

계산그리드는 전산유체역학과 같이 계산 집약적인 분야에 해당되며, 데이터 그리드는 수 페타(10^{15}) 바이트의 자료를 분산 저장하고 활용하는 연구분야에 해당하며, 대표적으로 바이오 분야이다. 그리고 액세스 그리드는 다수의 연구자가 가상현실 기반에서 동시에 협업연구를 수행하는 것으로 대표적인 활용사례로는 항공기 통합설계이다. 즉, 동체와 날개 등의 여러 부분을 분리하여 각자가 해석한 후 가상공간에서 이를 조합하는 연구를 수행하는 것이다. 이러한 연구가 현재 미국 NASA에서 활발히 진행되고 있다[1].

국내에서는 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 지난 수년간 관련 연구를 수행해오고 있으며[2], 지난 5월에 정보통신부로부터 국가 그리드 사업의 주

*1 정희원, 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터

*2 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터

관 기관으로 선정되었다. 향후 2002년부터 5년간 국가적 차원에서 관련 연구를 진행할 예정이다.

정보통신기술이 전산유체역학의 발전에 크게 기여한 분야 중의 하나가 클러스터 컴퓨터의 활용이다. 클러스터 컴퓨터는 COTS(Commodity Off The Shelf) 장비를 사용하여 가격대비 성능이 뛰어난 컴퓨팅 자원을 확보할 수 있게 해준다. KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서는 지난해 국내에서 처음으로 다양한 종류의 64 CPU를 갖는 클러스터를 구축하여 전산유체역학 분야에 대해 성능 시험을 수행하여 매우 긍정적인 결과를 얻을 수 있었으며[3], 금년에는 128 CPU를 갖는 클러스터 컴퓨터를 구축하여 성능시험을 할 예정이다.

그리드와 클러스터 컴퓨터 활용의 기반이 되는 기술이 병렬처리 기법이다. KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서는 금년에 새로운 슈퍼컴퓨터 도입과 더불어 그동안 개인이 사용하고 있던 코드의 병렬화를 지원하기 위해 IBM 기술지원인력과 공동으로 전반적인 지원을 할 예정이다.

앞에서 언급한 그리드, 테라클러스터 구축 그리고 병렬화 지원의 세 가지 사업을 원활히 수행하기 위해서 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터는 전산유체공학회와 밀접한 관계를 갖고 전산유체역학 분야 연구자들이 실질적 혜택을 받을 수 있도록 노력하고자 한다.

2. 국가 그리드 기본 계획과 전산유체역학

그리드 프로젝트를 수행하기 위해 필요한 4가지 요소(4As)가 있다. 4As는 Advanced User, Advanced Computer, Advanced Application, Advanced Network이다. KISTI 슈퍼컴퓨팅센터는 국가 그리드 사업을 수행하는데 있어서 응용연구에 가장 주안점을 두고 있다. 이것은 기존의 네트워크 환경에서 연구 가능한 핵심 응용 분야를 선택하고, 응용연구를 위한 미들웨어 기술을 개발하는 것이다. 이에 대한 개념도가 Fig. 1에 나타나 있다.

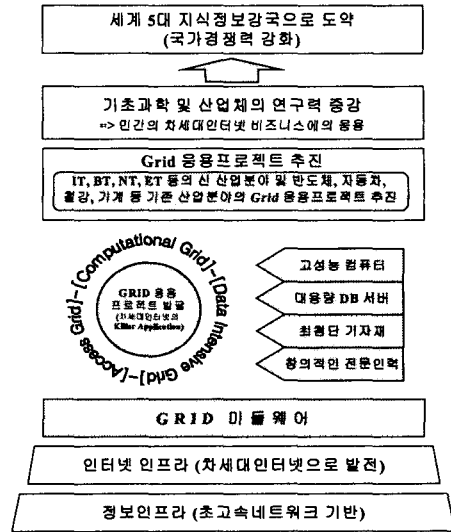


Fig. 1 National Grid Plan

국가 그리드 사업을 세부적으로 수행하고 관련 연구자간의 교류를 촉진하기 위해 그리드 포럼 코리아(<http://www.gridforumkorea.org>)가 지난 9월에 결성되었다. 그리드 포럼 코리아는 실제 연구를 수행하는 워킹 그룹이 중심이 되어 활동할 수 있도록 관련 정관을 제정하였으며, 현재 전산유체역학 그리드(CFD Grid) 워킹그룹(Fig. 2 참조)을 포함하여 12개로 구성되어있다.

전산유체역학 그리드 워킹 그룹은 KOREN/APII 테스트베드 환경에서 전산유체역학 연구를 수행하게 되며, 대학, 정부출연 연구소 그리고 산업체가 참여하고 있다. 향후 해외 기관의 연구자를 포함하여 국제 공동 연구를 수행하고자 한다.

전산유체역학 연구자들이 그리드 환경에서 전문 연구를 수행하는데 있어서 가장 어려운 부분은 미들웨어와 전산유체역학을 결합하는 부분이다. 관련하여 그리드 컴퓨팅을 수행하는데 필요한 미들웨어 기술을 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 담당하고 전산유체역학 연구자들은 자신이 수행하던 프로젝트 또는 특정 연구를 워킹그룹에 포함하여 서로 다른 연구자들 간에 협업연구를 수행하게 된다.

세계적으로 그리드 프로젝트를 수행하는 나라 및 연구소들은 그리드의 타당성을 검증하기 위한

핵심 응용연구로 전산유체역학을 활용하고 있다. 예로 Fig. 3와 같이 NASA IPG(Information Power Grid)[1]에서는 미국 전역의 슈퍼컴퓨터들과 가상현실 시스템을 활용하여 가상풍동환경을 구축하고 항공기 통합해석 및 설계를 수행하는 프로젝트를 진행 중에 있다.

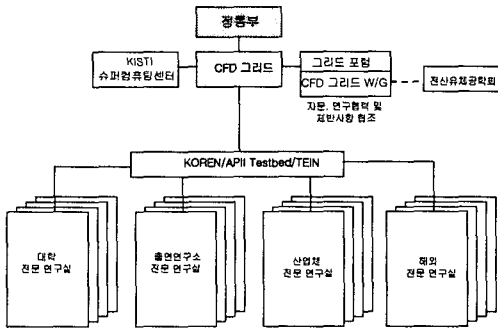


Fig. 2 CFD Grid Working Group

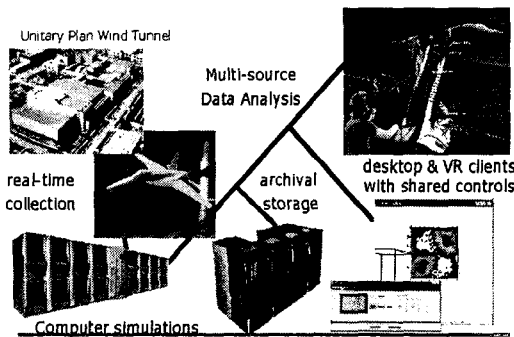


Fig. 3 Virtual Wind Tunnel

국내에서는 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터 중심으로 지난 수년간 전산유체역학을 활용하여 그리드 컴퓨팅을 수행해 오고 있으며, 1단계로 IBM, Compaq, Cray T3E 등의 이기종 슈퍼컴퓨터들을 연결하여 연구를 수행하였고, 2단계로 전국에 흩어져 있는 클러스터를 연결하여 그리드 컴퓨팅 연구를 진행 중에 있다.

이기종 컴퓨터를 연동시키는 미들웨어 소프트웨어는 ANL(Argonne National Lab.)에서 개발한 Globus[4]를 활용하고 있다. 그리드 테스트베드는 전북대, 부산동명정보대, 숭실대, 천안대 등이 연결되어 있다.

KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서는 일반연구자들이 그리드 컴퓨팅을 보다 쉽게 활용할 수 있도록 Web 기반 시스템을 구축하였다. Fig. 4에 이를 나타내었으며, 그림에서 구축된 테스트베드를 선택하면 각 시스템에서 활용할 수 있는 CPU 수 및 관련 정보를 얻을 수 있다.

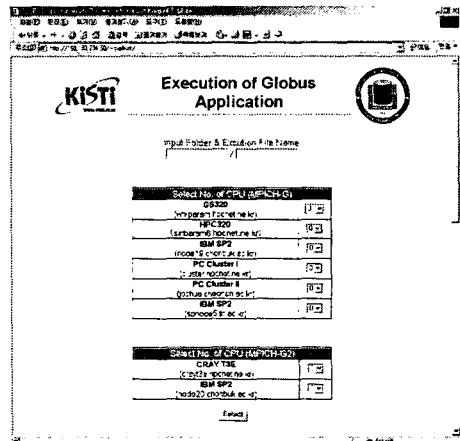


Fig. 4 Web Based Grid Computing

위에서 언급된 테스트 베드를 활용하여 Fig.5와 같이 대전 KISTI와 전북대 간의 그리드 컴퓨팅을 수행하였다. 결과로 16개의 CPU를 사용할 경우 Fig. 6에서 보듯이 9배 정도의 성능향상을 얻을 수 있었다[5]. 이 결과는 매우 고무적인 것으로 향후 전산유체역학을 활용한 그리드 컴퓨팅 연구의 가능성을 보여준 것이다.

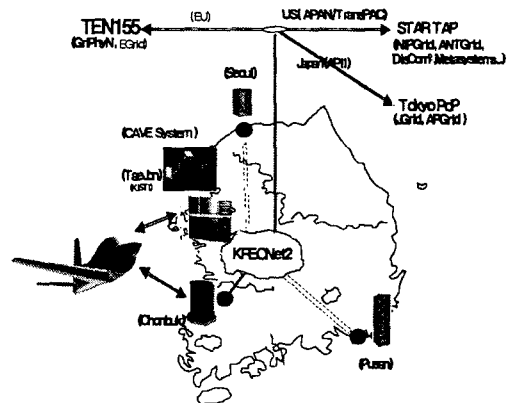


Fig. 5 Testbed: KISTI, Chonbuk

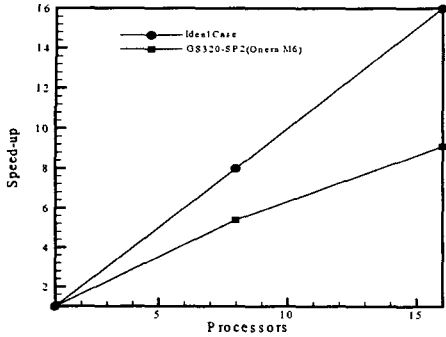


Fig. 6 Speed Up(Grid Computing)

2. 테라클러스터 개발

COTS 기반의 클러스터 컴퓨터는 가격대비 성능이 매우 우수하여 다양한 분야에서 활용되고 있다. KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 1999년 말부터 추진해온 클러스터 컴퓨터 구축에 대한 내용은 크게 두 가지 이다.



Fig. 7 Cluster System(64 CPUs)

첫째는 CPU, 보드 그리고 네트워크 등을 시험하여 가격대비 성능이 가장 우수한 테라급 클러스터를 구축하는 것이다. 이를 위해 지난해 다양한 종류의 시스템에 대해 클러스터를 구축하고 성능을 시험하였다[3]. Fig. 7에 대표적 시스템을 나타내고 있으며, 관련하여 참여한 업체 및 특성을 Table 1에 나

타나 있다.

2000년도에 Table 1과 같이 구축된 클러스터에 대해 압축성 문제를 해석한 결과를 Fig. 8, 9에 나타내었으며 매우 좋은 병렬성능을 얻었다. Fig. 9에서 C1, C3, C4는 병렬화 방법을, UP2000은 시스템 보드를 나타낸다. 자세한 내용은 참고

문헌[6]에 나타나 있다.

둘째로 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 수행 중인 클러스터 관련 연구는 목적형 최적 클러스터 컴퓨터를 개발하는 것이다. 목적형 최적 클러스터란 특정 문제를 해석하기 위해 CPU, 보드, 네트워크 등을 새롭게 설계 및 제작하는 것을 의미한다.

Table. 1 Properties of System Architecture

CPU 종류	네트워크	CPU 수	협력사
466MHz EV6 알파	Fast Ethernet	64	Linux1, 컴팩코리아
667MHz EV6 알파	Myrinet	64	Zion, 삼성전자, 삼성물산
667MHz P-III 인텔	SCI	16	Scali/Dolphin
667MHz P-III 인텔	Myrinet	16	삼성물산

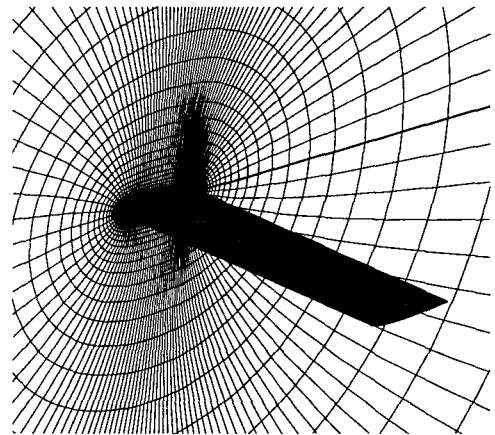


Fig. 8 Grid system of infinite 3D Wing

많은 전산유체역학 연구자들은 초대형 문제를 해결하기 위해 다중격자 기법과 같은 수치기법을 개발하여 성능을 개선하고자 노력하고 있다. 이것은 주어진 컴퓨터를 고정시키고 수치 알고리즘을 개선하는 것으로 대략 10~20%의 성능 향상을

인는다.

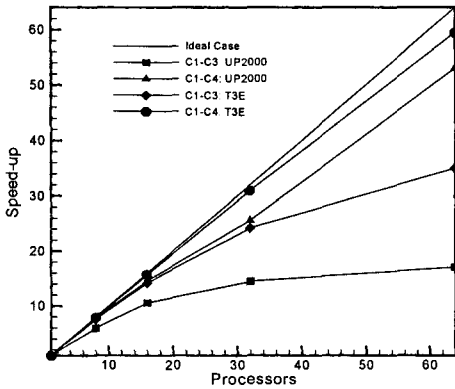


Fig. 9 Speed up(Cluster Computing)

이와는 별개로 수치 알고리즘은 고정시켜 놓고 컴퓨터의 성능을 개선하는 연구가 진행되고 있다. 현재 컴퓨터의 성능은 18개월에 2배 정도로 성능이 발전하고 있으며, 특히, 특정 알고리즘(예로 Block Tri-diagonal matrix를 해석)에 대한 전용 수치 가속기를 개발하여 클러스터 컴퓨터를 구축한다면 매우 놀라운 성능을 보일 것이다. Fig. 10은 이의 개념을 이용하여 구축한 항공기 해석 전용 시스템으로 현재 기반연구가 진행되고 있다.

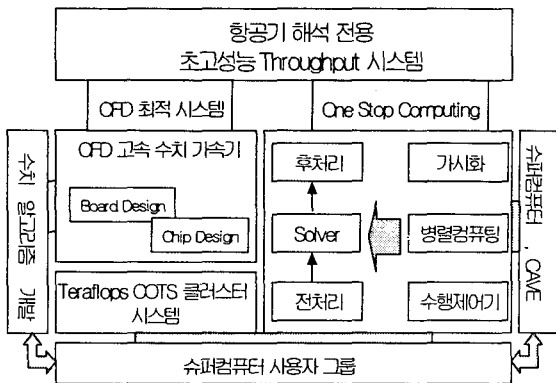


Fig. 10 Application optimized cluster system

KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서는 위에서 언급된 두 가지 클러스터 구축에 대한 연구를 진행 중에 있으며, 많은 클러스터 및 전산유체역학 연구자들

과 협력을 수행하고자 한다. 더불어 국내외의 클러스터 시스템을 연결하여 활용하는 클러스터 그리드를 구축 중에 있으며 그리드 포럼 코리아에서 워킹그룹으로 활동할 예정이다. 클러스터 워킹 그룹에는 삼성중기원, 부산대학교 등이 참여하고 있다.

3. CFD 분야 코드의 병렬화 지원 계획

CFD 코드의 계산 성능을 높이는 방법으로 대략 3가지 방법이 주로 사용되고 있다. 첫째는 수치 알고리즘을 개선하는 방법이며, 둘째는 전산유체역학 해석만을 위한 초고성능 컴퓨터를 개발하는 것이며, 마지막으로 병렬 컴퓨터를 사용하기 위해 코드를 병렬화하는 것이다.

코드의 병렬화는 클러스터 컴퓨터를 사용하거나 그리드 컴퓨팅을 하기 위한 기본 조건이다. 더욱이, 현재 테라플롭스 이상의 성능을 발휘하는 컴퓨터는 모두 병렬 컴퓨터이다.

KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서는 지난 97년 CrayT3E 도입 이후 국내에 보급하기 시작한 병렬화 작업을 보다 체계적이고 폭넓게 지원하려는 계획을 금년에 수립하였다. 이것은 최근 도입하기로 결정된 IBM과의 국제협력 사항이며, 이를 IBM이 성실히 이행하기 위해 전산유체역학 분야 박사급 전문인력이 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에 일정기간 상주할 예정이다. IBM 전문가와 더불어 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터 내부 연구원이 병렬화 지원을 위해 관련 연구를 진행할 예정이다.

이러한 전산유체역학 코드의 병렬화 지원은 전산유체공학회와 적극적 협력을 통해 이루어질 것이며, 병렬화 기술 지원 대상 코드의 선정, 관련 기술 문서의 공동 작성 및 국내외 전문가 초청 세미나 개최 등을 계획하고 있다. 자세한 사항은 슈퍼컴퓨팅센터 홈페이지(<http://www.hpcnet.ne.kr>)에 지속적으로 게재될 예정이다.

4. 결 론

본 논문에서는 현재 국내외적으로 큰 관심을 보이는 정보통신기술과 응용공학의 결합(IT+전통산업)의 일부인 IT+전산유체역학 연구의 동향

과 이에 대해 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 수행중인 연구 사업들을 언급하였다.

KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 수행중인 IT+전산 유체역학 연구 사업은 크게 세 가지로 구분되며 그 내용은 다음과 같다.

- 국가 그리드 구축
- 테라클러스터 컴퓨터 개발
- 전산유체역학 분야 코드의 병렬화 지원

이중에서 국가 그리드 구축에 대한 제 1회 그리드 포럼 코리아(<http://www.gridforumkorea.org>)가 10월 25일 ~ 26일 서울 웨스틴 조선호텔에서 개최될 예정이다. 이 기간에 전산유체역학 그리드 워킹 그룹의 모임과 국내외 전산유체역학 그리드 연구 동향에 대한 발표가 있을 예정이다. 이러한 모든 사업은 슈퍼컴퓨터를 사용하는 연구자들과 함께 이루어 질 것이며, 관심있는 많은 연구자들의 참여를 희망하는 바이다.

참고문헌

- [1] <http://www.ipg.nasa.org>
- [2] 슈퍼컴퓨팅센터 사업보고서, 2000. 12.
- [3] 이상산외 7인, "Cray T3E 대안 및 응용분야 최적 테라클러스터 개발(1차년도)", 한국과학기술정보연구원 (KISTI) 슈퍼컴퓨팅센터 내부보고서, TR00-0410-001, (2000)
- [4] <http://www.globus.org>
- [5] 조금원, 장행진, 박형우, 이상산, "Grid Computing을 위한 CFD 코드의 성능 분석(테스트베드: KISTI - KISTI, KISTI-전북대)," KISTI 슈퍼컴퓨팅센터 기술문서 TR01-0412-003
- [6] 조금원, 홍정우, 이상산, "다양한 PC 클러스터 시스템 환경에서 CFD 코드의 성능 분석," 한국전산유체공학회지, 제 6권, 제 2호, pp.47~55, 2001