

기 타

국내외 CC-Grid 연구 현황

오 정 수 ohjs@sait.samsung.co.kr

삼성종합기술원 CSE Center High Performance Computing Technology Group 전문연구원

- I. 서 론
- II. 클러스터와 그리드
- III. CCGrid
- IV. 삼성종합기술원의 Alphall
- V. 결 론

본 원고에서는 국제 실험자들이 CCGRID'xy에 대한 소개를 통해 세계적 추세를 알아보고 국내 CCGrid를 위한 삼성종합기술원의 클러스터 소개 및 앞으로의 계획에 대해 지면을 할애하겠다. 효과적인 원고의 구성을 위하여 클러스터에 대한 전반적인 소개 후, CCGRID'xy 실험자들과 국내 CCGrid를 정리하겠으나, 본 원고가 그리드 특집호에 포함되는 만큼 그리드 일반에 대한 자세한 소개는 생략하기로 한다.

I. 서 론

현재 차세대 인터넷으로 거론되며 부각하고 있는 그리드(Grid) 컴퓨팅 환경 중에서도 “클러스터 컴퓨팅 그리드”(Cluster Computing Grid, 이하 CCGrid)에 대한 간략한 소개를 하고자 한다. 저작로 컴퓨터 구입이 가능해지고, 고속의 네트워크로 구성된 인터넷을 통해 컴퓨팅 파워의 연결이 가능해지면서, 우리의 컴퓨팅 환경은 많이 변화되었다. 이 중에서도, “클러스터 컴퓨팅”과 “글로벌 컴퓨팅”(그리드 컴퓨팅)이라는 두 가지 진보적 개념의 합체는, 연구/개발자들로 하여금 응용 프로그램의 구성과 실행 방법을 재검토하게 하였다.

클러스터와 그리드는 모두 좀더 효율적이고 경제적인 고성능 컴퓨팅을 위하여 진화되어 온 개념으로, 클러스터는 값싼, 상용화된 캡토넌트들을 연결하여 성능이 뛰어난 컴퓨터를 만드는 것이고, 그리드는 인터넷으로 연결된 컴퓨터 자원들을 더욱 효과적으로 활용하는 것을 기본 목적으로 한다.

이 두 기술의 만남은 테스크 탑 컴퓨터, 클러스터, 저장 시스템 등과 같이 지리적으로 분산된 자원들간의 다양한 연합을 가능하게 하였고, 분산된 자원들은 마치 하나의 통합된 단일 자원처럼 활용 가능하게 되었다. 그러나 아직 그리드 컴퓨팅은 개념을 정립해가는 단계로, 관련 연구원들과 개발자들이 짚어보아야 하는 문제점들이 산재해 있는 상황이다. 현재 전세계의 CCGrid는 클러스터 종류만을 연결하여 연구를 진행하는 형태보다는 기존 슈퍼컴 수준의 대형 고성능 컴퓨터와 그에 연결된 대형 클러스터를 연계하여 융용하고 있는 것이 보편적인 실정이다. 대학의 교내, 국가, 나아가 전세계로 분산되어 있는 다양한 클러스터들로 구성되는 클러스터 군단 그리드에 대한 연구도 더욱 활성화되어 가고 있다.

본 원고에서는 국제 실험자들이 CCGRID'xy에 대한 소개를 통해 세계적 추세를 알아보고 국내 CCGrid를 위한 삼성종합기술원의 클러스터 소개 및 앞으로의 계획에 대해 지면을 할애하겠다. 효과적인 원고의 구성

기 타

을 위하여 클러스터에 대한 전반적인 소개 후, COGRID'xy 실태자료와 국내 COGrid를 정리하겠습니다. 본 원고가 그리드 특집호에 포함되는 만큼 그리드 일반에 대한 자세한 소개는 생략하기로 합니다.

II. 클러스터와 그리드

1. 클러스터

1) 정의와 발전 과정

병렬 처리란 "하나의 작업을 처리하기 위하여 동시에 여러 개의 프로세서를 사용하여 작업의 처리 속도를 높이는 것"으로 정의된다. 병렬 처리 기법은 단일 프로세서 성능만으로는 불충분한 연구/개발의 계현성 극복을 목적으로 등장하였다. 이 병렬 처리, 즉 컴퓨팅 파워를 증강시키기 위하여, 운영 체제에서의 멀티 프로그래밍 지원, 베터형 컴퓨터, 공용 메모리형 컴퓨터, 초병렬 컴퓨터, NUMA 등, 더 우수한 성능을 얻기 위한 다양한 컴퓨터 구조의 변화 발전이 있었으나, 이렇게 일반적으로 슈퍼컴퓨터 혹은 고성능 컴퓨터라고 일컬어지는 컴퓨터들은 고가의 장비들로써 구입이나 사용이 용이하지 않았다.

그러나 최근, 프로세서들이 뛰어난 성능을 보유하고, 고속 네트워크 또한 널리 보급되면서, 단일 컴퓨터들을 네트워크로 연결하여 새로운 개념의 병렬 컴퓨터를 만드는 것이 가능하게 되었다. 이렇게 PC 또는 워크스테이션을 고속 네트워크로 연결하여 고성능 또는 고가용성을 얻을 수 있도록 하는 기술 또는 병렬 컴퓨터를 통칭하여 '클러스터'라고 부른다. 자유로운 뉴닝이 가능하고 강력한 네트워크 성능을 제공하는 리눅스라는 공개 운영 체계도 클러스터 확산을 가속화시켰다.

역사적으로 컴퓨터 클러스터링은 Digital VAX 플랫폼을 시초로 1980년대부터 다양한 형태로 만들어지기 시작했으나, 보통 최초의 클러스터로는 1994년 NASA의 Goddard Space Flight Center에서 구축한, 인텔 486 Mhz PC 16대를 10Mbps 이더넷으로 연결

하여 만든 Beowulf 클러스터가 지칭된다. 베어울프 클러스터란 일반 PC에 공개 운영 체제인 리눅스를 도입하고, 이더넷과 같은 LAN으로 여러 대의 컴퓨터를 연결하는 것으로, 이 NASA의 성공을 통해 클러스터와 병렬 처리가 더욱 널리 보급되는 계기가 되었다.

클러스터는 상용으로 시중에서 판매되는 장비를 이용하여 만들 수 있기 때문에, 적은 비용으로 높은 성능을 낼 수 있으며, 또한 추가 업그레이드가 쉽다는 확장성의 장점을 가지고 있다. 또한 적용 업무에 따라 수시로 컴퓨터를 연결하거나 분리해 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 안정성을 바탕으로 저비용 고성능 리눅스 공개 소프트웨어를 활용할 경우 손쉽게 슈퍼컴퓨팅 환경 구현도 가능하다.

그러나 클러스터는 관리와 프로그램의 어려움이 있다. 다수의 컴퓨터로 구성되기 때문에 많은 컴퓨터를 관리하고 계산 문제들을 해결하여야하는데, 현재 관리를 용이하게 해 줄해주는 많은 블들이 공개되어 있으나, 아직도 상대적으로 많은 노력이 필요하다. 또한 단일 프로세서상에서 수행되도록 작성된 프로그램의 경우, 클러스터를 비롯한 병렬 처리 컴퓨터에서 활용되기 위해서는 프로그램을 병렬화하는 과정이 필요하다. 프로그램을 직접 병렬화하는 데에는 많은 노력과 시간이 필요하다.

2) 앞으로의 전망

클러스터는 고성능 컴퓨팅 분야에 처음 등장한 이후로 여러 가지 장점들에 힘입어 급속한 속도로 발전하고 있다. 클러스터 컴퓨팅은 시스템 디자이너, 네트워크 개발자, 프로그램 개발 언어 디자이너, 표준화 팀, 알고리즘 개발자, 대학원생과 교수진들을 포함하는 산업계와 학계의 주요 연구 주제로 이미 떠올랐다. 클러스터는 슈퍼컴퓨터로써 첨단 공학/기초 과학/유전자 해석/기상 관측 등 각종 연구 개발 분야에서 지금까지 초대형 슈퍼컴퓨터 영역으로 인식되어온 고가의 슈퍼컴퓨터 시장을 급속히 점식해 나갈 것이다. 아울러 컴퓨팅 자원으로써의 클러스터 사용은 기초 과학과 공학 분야에 국한되지 않고, 수익이 가능한 비즈니스 분야에서

도 활용 범위가 더욱 넓어지게 될 것이다. 더욱이 2005년 정도에는 클러스터가 최첨단 컴퓨팅 구조로 가장 널리 사용될 것으로 전망되고 있다.

2. 그리드

네트워크 컴퓨팅은 슈퍼컴퓨터, 저장 시스템, 데이터 지원, 특장 종류의 디바이스와 같은 지리적으로 분산된 다양한 자원간의 클러스터링 혹은 연결을 뜻하고, 이러한 분산 자원들은 물리적인 위치 또는 접근 차원에 상관없이, 저렴하게 마치 하나의 통합된 단일 자원처럼 활용될 수 있으며, 나아가 이것이 바로 그리드로 널리 알려지게 되었다.

현재 그리드 관련한 주요 연구로는 그리드 미들웨어와 블켓, 분산 자원의 관리와 스케줄링, 그리드 보안과 정보 서비스, 그리드 시스템의 성능 측정/분석과 모델링, 인터넷 기반의 컴퓨팅 모델 분야 등을 꼽을 수가 있고, 그리드를 활용한 응용 분야로는 계산 과학, 계산 경제학 등을 포함하여, 과학용/공학용/상업용에 이르기까지 광범위한 범위에서 검토가 이루어지고 있다.

3. SC2001을 통해 본 그리드와 클러스터의 현황

그리드에 대한 전세계의 관심은 SC2001(Super Computing 2001, <http://www.supercomp.org>)의 Gordon Bell prize에서 여실히 보여졌다 (<http://www.sc2001.org/PR-20011115.shtml>). SC는 고성능 네트워크와 컴퓨팅, 그리고 계산 과학 분야의 연구자/산업체 종사자들을 위한 대표적인 국제 학회로서, 매년 3개 분야의 가장 뛰어난 업적에 대해 Gordon Bell Prize를 수여한다. Gordon Bell Prize는 상금 기부자인 Gordon Bell의 이름을 따 만들어진 상으로 3개 분야는 "The Best Peak Computer Performance", "The Best Performance/Price Ratio" 분야와 Special Category 분야이다.

이 중 2001년도 Special Category 분야는 "Supporting Efficient Execution in Heterogeneous

Distributed Computing Environments with Cactus and Globus"라는 제목의 논문이 수상하였다. 이 논문의 내용은 단일 컴퓨터가 제공할 수 있는 고성능을 요구하는 물리학 분야의 Grand Challenge 문제인 중력과 관련 시뮬레이션을 다수의 슈퍼컴퓨터 성능을 활용하여 연구한 결과로, 2001년 초에 연구가 시작되었다. 컴퓨팅 지원으로는 미국 일리노이의 "National Center for Supercomputing Applications"의 SGI Origin 2000 480 프로세서와 샌디에고 슈퍼 컴퓨팅 센터의 IBM SP2 1024개 프로세서가 연결된 가장 슈퍼컴퓨터를 활용하였다.

한번, "The Best Performance/Price Ratio" 부문에서는 서울대 김승조 교수팀의 "Impact Locating on Aircraft Structure using Low-Cost Clusters"가 수상하였는데, 이 논문에서는 서울대의 64개 펜타음 PC 클러스터를 사용하여, 비행기의 충격침에 대한 구조 해석 연구를 보고하였다. 여기서는 월등히 우수한 가격대비 성능을 발표하였는데, 1 Mflops당 24.6 cent (24.6 cent/Mflops)의 경비가 소요되었다고 한다. 서울대의 클러스터 역시 협의의 그리드인 캠퍼스 그리드 차원으로 검토되고 있는 것으로 알려지고 있다.

또한 SC2001에서는 SC Global (<http://www-fp.mcs.anl.gov/scglobal/>)이라는 행사를 열었다. SC Global에서는 전세계의 관련자들이 '고성능 컴퓨팅과 고속 통신의 사회/기술적 영향'이라는 그리드 관련 주제를 가지고 모임을 가졌다. 특별히 이 행사에서는 그리드 기술을 적용하여, 개최지었던 Denver의 컨벤션 센터와 다른 슈퍼컴 헌터들을 연결해 보이기도 하였다.

III. CCGRID

1. 국제 CCGRID xy 실포지움

1) 성격과 역사

CCGRID xy 실포지움 (<http://www.cgrid.org>)은 "An Equal Opportunity Global Conference"라는 비전을 내걸고, 클러스터와 그리드 컴퓨팅 분야의 최신

연구 성과와 기술 발전을 공유하기 위해 구성된 국제 포럼이다. 1997년부터 2000년까지 4년간 미국에서 개최된 CC-TEA (Cluster Computing - Technologies, Environments and Applications) 과 중국 북경에서 개최되었던 HPCAsia2000의 Asia-Pacific International Cluster Computing이 통합되어, 2001년부터 CCGGrid 심포지움으로 거듭나게 되었으며, IEEE를 비롯하여, CS (IEEE Computer Society), TFCC (IEEE Task Force on Cluster Computing), ACM (Association for Computing Machinery), SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics) 와 다수의 정부 기관, 산업체, 기업체의 후원을 받고 있다. 심포지움에서는 전세계의 최근 연구 동향을 발표하고 관련 활동들을 보고하도록 하며, 주요 기술 분야의 대가들에게 Keynote speech 시간을 주어 미래 기술과 연구 결과, 응용에 이르는 논제들을 소개하고 협의하는 등을 하고 있다.

2) OCGRID2001 결과

제 1회인 "COGRID2001"이 2001년 5월 호주 브리즈번에서 개최되었다. 그리드에 대한 관심을 반영하듯 산업계의 많은 후원 속에서 전개된 "COGRID2001"에서는, 심포지움 미전, 주제, 운영위원회 발표, 특별 프로그램과 행사, 후원사, 차기 학회지 선정 등이 거론되었다. 이 모임에는 총 28개국, 165명 이상의 관계자가 참석하였으며, 학회와 산업계의 6개 keynote speech, 2명의 초청 연사 강연, 4편의 산업체 발표 등으로 진행되었다. 130여편의 접수 논문들 중, 4번의 심사를 거쳐 선별된 최종 45편의 기술 논문이 발표되었고, 또한 '그리드 컴퓨팅을 위한 인터넷', '에이전트 기반의 클러스터와 그리드 컴퓨팅', '클러스터 상에서의 문서 공유 메모리' 등을 포함하여 7개 분과별 워크샵이 운영되었다.

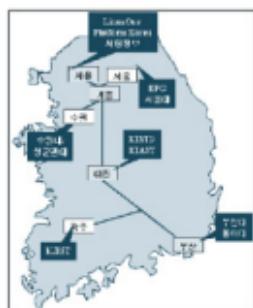
제 2회인 "COGRID2002"가 올해 5월, 독일 베를린에서 개최될 것이며, 제 3회 학회인 2003년 개최지는 일본으로 결정되었다. 아시아 지역의 그리드 연구에 가장 많은 관심을 보이고 있으며 APGrid (Asia Pacific

Grid, <http://www.apgrid.org>) 형성을 주도하고 있는 일본의 개최 계안이 채택되었는데, RWCP (Real World Computing Partnership)와 NEC가 2001년 대규모 클러스터를 구축하여 이미 그린드 관련 연구를 시작하였고, WGCC (Workshop on Grid and Cluster Computing) 등 클러스터의 그린드 관련 여러 국제 학회를 성공리에 진행하면서 미국과 유럽, 아시아 지역의 연구망을 확보하였다는 점이 인정을 받았다. 한편, 2004년의 학회는 스페인 또는 스위스에서 진행될 것으로 예상되고 있다.

2. 국내 CCGrid 현황

지난 2001년 10월 서울 조선호텔에서 개최된 “2001GridForumKorea”에서는 GFK를 창립하고 의장 추대의 회칙을 결정하였으며, 총 15개의 워킹 그룹을 발족하였다. 이 중 OCGrid 워킹 그룹으로는 삼성중합기술원과 부산대, 그리고 KISTI, 포스테일라, 수원대, SKC&C, 세리팀, 글로비스 등이 함께 연구 주제를 논의하였다. OCGrid 워킹 그룹의 목표는 국내 OCGrid 연구 활성화를 통해 내 규모 시뮬레이션 해석을 수행하고, 이 결과의 적/간접적인 실용성 증대에 있다.

COGrid 워크
킹 그룹의 참
여 기관들은
클러스터를 적
절 구축하여
보유하고 있거



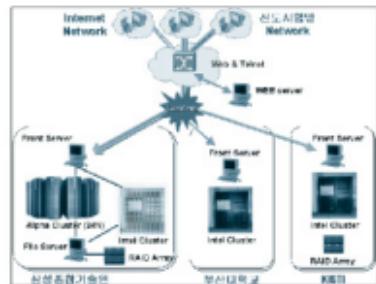
〈그림 1〉 국내 DOGrid 맵

나. 클러스터 관련 업체들로서, 국내 클러스터 분야의 선두적 위치를 확보하고 있는 곳들이다.

3. 삼성종합기술원의 COGrid 연구

삼성종합기술원은 COGrid 연구를 위하여, 2002년에는 선도 시험망을 통해 국가 차원의 기반 연구에 동참하고, 2003년부터는 국내의 COGrid망을 활용한 응용 연구 활동을 계획하고 있다. 삼성종합기술원의 향후 일정을 짧게 소개하겠다.

먼저 삼성종합기술원은 알파 리눅스 클러스터인 Alpha11의 24 프로세서를 2002년 1월부터 선도 시험망을 통해 제공하고, 2002년 5월까지는 KISTI, 부산대 등과의 연동을 완료할 계획이다. 2002년 8월까지의 1단계 연구에서는 인터넷을 통한 web, telnet, 자원의 실시간 사용도 (status) 모니터링, 가이드 제공 등을 완료하여, 사용자들이 인터넷을 통해 컴퓨팅 자원의 사용량을 직접 살펴보고, 가용 클러스터 자원에 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 지원할 예정이다.



(그림 2) 1단계 연구 구성도

차기 2단계 연구 원료 시기인 2003년 2월까지는 Alpha11에 그리드 미들웨어를 탑재하여 실제 그리드 컴퓨팅을 수행할 수 있는 환경을 조성하고, 국가 COGrid 망을 통한 응용 해석 연구를 진행할 계획이다. 이 연구 환경은 실질적인 국내 그리드 컴퓨팅 자원의 기반이 되어 국내 그리드 활용과 구현의 문제점을 분석하고, 보다 발전된 그리드 컴퓨팅 환경을 제안할 수 있는 바탕이 되어줄 것으로 기대된다.

4. COGrid 응용 전망

향후 전자, 물리, 기상, 유체, 열 역학 해석 등의 다양한 분야에 대한 COGrid 연구가 진행될 것은 자명하지만, 현재 COGrid를 통한 비즈니스 모델이 산업계 분야에 직접 적용된 사례 보고는 없다. 그러나 인터넷이 일반 실생활에 자리잡아 엄청난 변화와 발전을 이끌었던 것처럼, 그리드와 COGrid의 활용도 벅지 않아 일상 속으로 파고들 것이다.

일례를 들어 기후 해석이나 해양 시뮬레이션 등 대단위의 컴퓨팅 파워를 필요로 하는 연구를 COGrid와 연계하여 진행한다면, 이전에는 미처 해석하지 못했던 기상과 재해를 예측할 수 있게 된다. 이 결과로 농수산물 생산과 재배 및 수확 적정 시기 등을 미리 계획할 수 있고, 또한 태풍, 죽우/죽설/죽염/한파와 같은 기후 예측을 통해 자연 재해를 훨씬 효과적으로 대처해 낼 수 있다. 나아가 농수산물 관련 주식, 기상 변화를 고려한 여행 상품 개발과 같은 사업 계획 등, 우리의 일상과 경제 생활 곳곳에서 많은 영향력을 끼치게 될 것이다.

IV. 삼성종합기술원의 Alpha11

1. 현황

Alpha11 알파 리눅스 클러스터 (<http://www.alpha11.com>)는 계산 과학과 공학 분야의 고성능 컴퓨팅 환경이다.



(그림 3) Alpha11

컴퓨팅 지원을 목적으로, 2000년 9월 삼성 종합기술원 CSE center에 의해 총 128개의 프로세서로 구축되었다. 총 128개 중 64개는 2000년 11월부터 2001년 12월까지의 기간 동안 국내외 학계 및 산업체에 무상 공개 지원되었다. 이 기간 동안 56개 기관, 88명의 사용자가 Alpha11을 사용하여 연구를 진행하였고, 평균 72% 사용율을 기록하였다. 이러한 봉계는 국내외의 컴퓨팅 지원의 필요성을 여실히 반영하는 결과로 볼 수 있다. Alpha11은 2000년 9월 26일 기준으로 세계 슈

이러한 환경 인자로는 병렬 compiler, debugger, 성능 해석 도구, Math Library 등이 있는데, Alpha11 상에서의 compiler로는 알파 프로세서에 최적화되어 있는 커맥 compiler, Math Library로는 커맥의 Math Library(CPML)를 사용하면 보다 나은 병렬 성능을 얻을 수 있다. 또한 각 프로세서를 연결하고 있는 내부 네트워크는 bandwidth가 넓은 Myrinet NIC를 사용할 때 더 우수한 컴퓨팅 성능을 펼칠 수 있다.

또한 Alpha11에는 클러스터의 가장 큰 단점인 관리의 어려움을 해결하기 위해 자체 개발한 AlphaVet, NodeStatus, PBSAccount 등의 관리용 블이 탑재되어 있다.

먼저 AlphaVet은, 클러스터 군단의 모니터링을 목적으로 개발되었다. 따라서 클러스터링된 각각의 컴퓨터들을 통합

〈그림 1〉 Alpha11 기본 사양

구 분	비 고
기기형	Alpha11
프로세서	Alpha 21264-667Mhz
이론적 최고 성능	64비트 프로세서
메모리	170.7Gflops
HDD	256MB
Board	9.1GB
운영체계	UP2000
병렬인터페이스	리눅스 레드햇
Compiler	MPI
Compiler	컴파 / egcs
Math Library	C / Fortran
NIC	CPML
	Fast Ethernet / Myrinet
	100Mbps / 1.2 Gbps

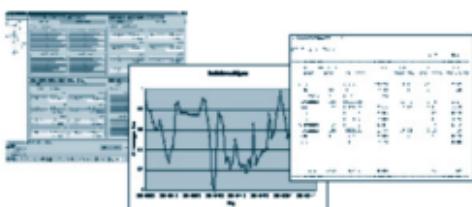
폐 컴퓨터 133대, 2001년 3월 29일 기준으로 클러스터 부문 세계 13위에 등재되어 있다. 2002년 1월, 선도 시험망에 연결된 24 프로세서를 공개하여 그리드 연구에 동참할 예정이다.

2. 구성 및 운영 환경

본 원고에서는 복별히 대용량 컴퓨팅 작업에 영향을 미치는 항목들을 중심으로 Alpha11의 사양과, 대규모 클러스터의 운영을 위해 사용되고 있는 몇 가지 개발 블을 소개하겠다.

일반적으로 병렬 처리 컴퓨터를 사용하여 병렬 성능을 최대화하기 위해서는 좋은 소프트웨어 환경도 중요하다.

하여 실시간 모니터링을 할 수 있다. 경고음과 이메일을 통해 상황 변화에 대한 실시간 통보 기능이 구현되어 있으며, GUI는 자바로 개발되었다. NodeStatus는 클러스터 상에서 개별 컴퓨터의 작업량 문서를 통한 통계 자료를 산출해낸다. 지정된 기동 기간 동안의 각 컴퓨



〈그림 4〉 AlphaVet, NodeStatus와 PBSAccount

퓨터 상태 변이가 기록되어, 실패율이 높은 컴퓨터를 추출하고 MTBF (Mean Time Between Failure)를 계산해 낼 수 있다. 또한 시간에 따른 전체 시스템의 작업량 현황을 분석하여, 월단위, 주단위, 일단위등의 가동률, 사용률 등의 통계 분석을 지원하여 준다. 이 블을 통해 대규모 시스템에서, 다수 사용자를 위한 혁신화된 운영이 가능하다. 마지막으로, 공개 소스인 PBS 큐잉 시스템의 로그 분석을 기반으로 개발된 PBSAccount는 사용자의 사용 경향을 분석하여 준다.

V. 결 론

본 원고에서는 COGrid의 연구 동향을 살펴 보기 위해, 클러스터를 소개하고, 그리드 환경에 대해서 간단히 언급하였다. 세부 주제인 COGrid에 보다 초점을 두고자 COGrid의 국제적인 대표 포럼이라 할 수 있는

COGRID'xy에 대해 살펴 보고, 국내의 COGrid 일반 현황과 삼성중합기술원의 연구 참여 계획에 대해서도 정리하였다. 그러나 앞서 밝힌 바와 같이 클러스터를 활용한 그리드 컴퓨팅에 대한 관심이 고조되고 있는 것은 확실하지만, 클러스터 군단, 즉 클러스터만을 연결한 컴퓨팅 환경보다는 그리드 컴퓨팅에 활용되는 여러 분산 자원의 하나로 클러스터가 포함되어 연구/용용되고 있는 것이 현재의 실정이다. 따라서 앞으로의 클러스터 연구 발전 방향과 그리드의 발전은 서로간 밀맞추어 나가는 형태로 진행될 것으로 예상할 수 있다. 특히 COGrid의 연구 성과가 국가 기술 경쟁력 평가의 기준이 될 것으로 전망된다. 디뱅스럽게도 아직은 전세계적으로 그리드 연구를 다같이 시작하는 초기 단계이므로, 이러한 흐름에 뒤지지 않고 앞서 나아갈 수 있도록 국내에서도 더 많은 관심과 연구가 진행되기를 바란다.