

클라우드 기반 과학데이터 그리드 테스트베드 설계

강윤희*

*백석대학교 정보통신학부

e-mail:yhkang@bu.ac.kr

Design of Cloud based Grid Test-bed for Handling Science Dataset

Yun-Hee Kang*

*Div. of Information Communication, BaekseokUniversity

요 약

이 논문에서는 그리드 환경에서 과학응용을 효율적으로 수행시키기 위해 클라우드 기반의 동적자원 프로비저닝 기술을 그리드 응용에 적용하기 위한 테스트베드 설계를 기술한다. 이를 위해 클라우드 기반 그리드 테스트베드 구축을 위한 요구사항 및 응용 아키텍처 설계를 요약한 후 가상화 자원을 이용하는 과학데이터 그리드 플랫폼을 대용량 데이터 처리에 적합하도록 최적화하고, 그 방안을 제시한다. 설계된 테스트베드는 그리드 환경 고도화를 위한 접근 방법으로 계산 자원 제공을 위해 클라우드 기술을 활용하도록 한다.

1. 서론

최근 과학데이터 연구수행 환경의 변화는 계측 센싱 장치 및 대규모 시뮬레이션의 발전으로 페타 바이트 수준의 데이터 생성이 이루어졌으며 이에 따라 데이터 중심으로 빠르게 진화하고 있다. 특히, 고에너지 물리, 기후 변화 예측, 뇌과학, 천체물리 등의 다양한 연구분야에서, 시뮬레이션 중심의 연구방법은 데이터 중심으로 연구방법이 진화하고 있다.

대용량 데이터의 분석은 시뮬레이션 수행 시 거대 계산자원이 요구되고 있으며, 사설, 커뮤니티 및 공공 클라우드를 활용한 Sky Computing의 연구가 진행되고 있다 [4,7]. 또한 연구자를 위한 다양한 계산연구를 위해 MPI, MapReduce, Iterative MapReduce 등의 플랫폼이 개발되고 있으며, 이들 연구자의 활용 응용에 따른 개발환경 제시가 필요하다[2]. 예를 들어 DNA염기서열의 경우 클라우드 기반의 MapReduce의 활용의 결과로서 CloudBlast[5]의 개발이 진행되고 있다.

이 논문에서는 이를 위해 클라우드 기반 그리드 테스트베드 구축을 위한 요구사항 및 응용 아키텍처 설계를 요약한 후 가상화 자원을 이용하는 그리드 기반의 플랫폼을 대용량 데이터 처리에 적합하도록 최적화하고, 그 방안을 제시한다. 설계된 테스트베드는 그리드 환경 고도화를 위한 접근 방법으로 그리드 컴퓨팅 환경의 자원으로 클라우드 기술을 활용하도록 한다.

2. 관련연구

본 절에서는 과학데이터 처리를 위한 프로젝트인 FutureGrid와 XSEDE를 살펴본다.

FutureGrid는 과학 클라우드로서 분산, 클라우드 컴퓨팅 환경에서 과학응용을 수행하기 위한 다양한 수준의 소프트웨어 스택 개발을 목적으로 한다[6]. FutureGrid는 가상화(Virtualization) 환경에서 과학기술 응용 및 미들웨어 개발을 위한 분산 테스트 베드로서 사용되고 있다. 이를 위해 FutureGrid는 컴퓨팅 자원 및 스토리지 가상화 기술을 사용한다. 최근 데이터 센터 기반 과학 클라우드 컴퓨팅 환경 및 멀티코어 및 GPU 기반 시스템의 보급에 따라 실시간 대용량 데이터 처리가 가능해지고 있다.

TeraGrid의 후속 연구인 XSEDE 프로젝트는 다양한 과학 응용과 이를 위한 데이터 그리드 기술이 적용되고 있다 [8]. XSEDE의 클라우드 통합 연구팀은 어떻게 클라우드가 연구 및 교육 분야에서 사용하는 것이 효과적인가를 알기 위해서 클라우드 사용자 활용도 조사를 수행하였으며, 통합된 디지털 자원과 서비스의 통합으로 과학자가 상호작용으로 계산 자원, 데이터 및 지식 공유가 될 수 있는 단일의 가상 시스템으로 연구 생산성을 증진하는 것을 목적으로 하고 있다.

3. 클라우드 기반 그리드 테스트베드

3.1 요구사항 분석

다음은 고에너지물리(High Energy Physics, HEP) 응용 연구자들의 사용자 환경 분석 내용을 기술한 것이다.

- 연구자들은 실험을 위한 소프트웨어 패키지 구성이 필요하며, 공통적으로 사용하는 ROOT 프레임워크 제공이 요구됨
- 연구자의 데이터 처리를 위한 계산자원 크기는 데이터 크기에 의존하게 되므로, 연구자는 계산에 필요한 자원을 온디맨드 방식으로 제공 받기 원함
- 연구자는 자신이 필요한 작업을 처리하기 위한 자원을 할당받기 보다는 자신의 잡 스케줄러(Job Scheduler)에 제출하여 처리한 후 결과를 얻기 원함

3.2 그리드 테스트베드 아키텍처

다음은 그리드 환경 구축을 위해 클라우드 자원을 활용하는 경우 두 가지의 장점을 기술한 것이다.

- 연구자의 작업처리 환경을 적시에 제공할 수 있음
- 작업부하 처리에 필요한 가상환경 구축이 용이함

여기서는 클라우드 환경을 구성하기 위한 두가지 방법을 제시한다. 첫 번째는 온디맨드(on-demand) 기반으로 자원을 할당하는 방식이고 두 번째는 자원 풀(resource pool)을 구성하는 방식이다. <표 1>은 클라우드 컴퓨팅 자원의 활용에 대한 접근 방안을 요약한 것이다.

온디맨드 기반으로 자원을 제공하는 방안은 연구자에게 필요한 자원을 가상머신 형태로 공급하는 접근으로 사용자가 필요한 소프트웨어 패키지를 정의하면 이를 구성한 가상머신을 인스턴스로 제공한다. 이는 사용자에게 자원에 대한 전체권한(full privilege)을 제공하기 때문에 자원 활용의 융통성을 제공한다. 그러나 낮은 시스템 활용률(utilization) 문제를 가질 수 있다. 자원 풀 방안은 LSF, PBS, Condor 등과 같은 잡 스케줄러를 통해 예약된 자원 풀을 사용하여 연구자의 작업을 처리하는 방식으로 온디맨드 기반 자원제공 방안에 비해 자원의 활용률을 높일 수 있는 반면 요청 처리에 필요한 가용자원이 확보되지 않을 경우 작업 처리가 실패할 수 있는 문제점을 갖는다.

이러한 두 가지 방안의 효율적인 활용을 위해서는 응용의 특성과 작업부하(workload)에 대한 분석을 통해 최적의 온디맨드 기반 자원 제공 및 자원 풀 활용 정책 수립이 필요하다. 연구자가 실험에 필요한 계산 자원을 선택하

여 가상머신을 활용하는 경우에는 오버프로비전의 문제를 해결하기 위해 작업의 특성을 분석한 후 최적의 자원을 자동으로 제공할 수 있는 메커니즘이 필요하다.

추가적으로 그리드 응용프로그램 수행을 위해서는 그리드 데이터 팜(data farm)의 자원 및 해외 클라우드 기반 테스트베드의 공동 활용을 위한 상호운영성 평가가 필요하다.

<표 1> 클라우드 기반 그리드 고도화 방안

접근 방안	특징
온디맨드	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적으로 자원을 사용하는 경우에 활용에 적합 • 오버 프로비전(over-provision)으로 인해 자원의 효율이 낮아지는 문제가 있음
자원풀	<ul style="list-style-type: none"> • 자원 풀을 통한 자원요청 처리 • 작업 요청 처리를 위해 확보된(예약된) 자원을 요청 처리에 활용 • 요청 처리에 필요한 가용자원이 확보되지 않은 경우 작업 처리가 실패할 수 있음

3.3 HEP 테스트베드 구성

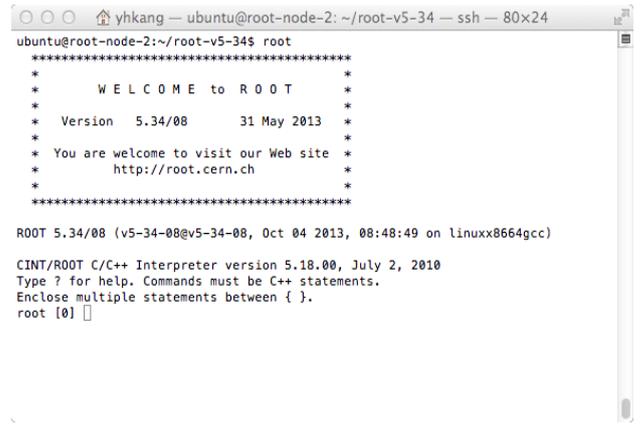
사적 클라우드 구성을 위해 클라우드 자원 프로비저닝 도구인 OpenStack 환경을 구성한다. 구성된 실험환경은 1개 제어 노드(controller node)를 구축하였다. 서버 2대에는 가상머신(Virtual Machine, VM)을 생성하기 위해 계산 노드(compute node)를 구축한다. VM은 8개 코어와 48G byte의 메모리를 갖는 2개의 계산노드에 생성한다.

ROOT는 HEP 분야 연구에서 광범위하게 활용되는 연구 프레임워크로써 데이터 처리를 위한 프로그램과 라이브러리로 구성되어 있다.

- ROOT의 주요 기능은 LHC에서 생성되는 대량의 데이터를 가지고 통계처리를 하거나 분포를 표현하고 커브 피팅 등을 하는 것임
- HEP 분야에서 ROOT는 CERN의 LHC에서 매년 생성되는 수 페타바이트 데이터의 분석에 필수적임
- ROOT의 장점 중 하나는 슈퍼컴퓨터에서부터 개인용 컴퓨터에 이르기 까지 다양한 플랫폼에서 사용가능하도록 개발되어 있음
- 분석도구를 병렬화하여 대량의 데이터도 병렬 컴퓨팅

자원에서 처리가 가능

가상머신은 네트워크 가상화를 위해 별도의 네트워크를 구성하여 운영한다. 가상 머신에 설치된 ROOT 의 활용을 위해서는 가상 머신에 공인 IP를 지정한 후 사용자가 ssh 를 통해 접속할 수 있도록 환경을 설정하여야 한다. 이 과정에서는 X 클라이언트 연결을 수행하여야 한다. <그림 1>은 수행된 ROOT 셸을 보인 것이다. 표 2는 계산노드 star.bu.ac.kr에서 ROOT 패키지를 설치한 후 구성된 이미지인 root-node를 사용하여 생성된 VM 인스턴스 m1.small과 m1.medium에서 실험수행 결과를 보인 것이다. m1.medium과 m1. small에서 모두 계산노드 자원인 물리서버에서 최소 97.5%에서 최대 99.3%의 성능을 얻을 수 있었다.



(그림 1) VM에서 수행되어진 ROOT 셸

<표 2> ROOT 벤치마크 성능평가 결과(star.bu.ac.kr)

벤치마크	벤치마크 실험 1 (star.bu.ac.kr)				
	물리 서버	ROOTMARK 값		성능비(%)	
		m1.medium	m1.small	m1.medium	m1.small
스트레스 테스트 (1000 이벤트)	2480.2	2426.7	2373.9	97.8	95.7
스트레스 테스트 (30 이벤트)	3637.1	3552.6	3585.9	97.7	98.6
피터(fitter) 스트레스 테스트: Minuit	4330.0	4282.8	4272.6	98.9	98.7
스트레스 스펙트럼	5307.3	5270.6	5198.6	99.3	98.0
선형 대수	3243.8	3219.5	3195.5	99.3	98.5
그래픽	2641.7	2582.3	2548.6	97.8	96.5
기하	5021.3	4985.7	4976.7	99.3	99.1
스트레스 HEPIX	3981.1	3886.1	3880.2	97.6	97.5

4. 결론

이 논문에서는 클라우드 기술이 적용된 그리드 컴퓨팅 환경의 적합성을 검증하고 HEP 분야의 응용환경인 ROOT를 구성한다. 이를 위해 클라우드 테스트베드 구축을 위한 그리드 연구동향 분석하였다. 설계된 그리드 플랫폼은 동적인 자원 프로비저닝을 통해 높은 확장성을 갖으며, 이에 대용량 데이터 처리를 위한 응용에 활용이 증가하고 있음을 관찰하였다.

참고문헌

[1] Guo, Z.(G.), R. Singh, and M. Pierce, "Building the PolarGrid Portal Using Web 2.0 and OpenSocial" The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC'09), Portland, OR, ACM Press, pp. 5, 11/20/2009.

[2] J. Dean and S. Ghemawat, "Mapreduce: Simplified Data Processing on Large Clusters," Communications of the Acm, Vol. 51, pp. 107-113, Jan., 2008.

[3] J. Ekanayake, et al., "MapReduce for Data Intensive Scientific Analyses," the 2008 Fourth IEEE International Conference on eScience 2008.

[4] M. Mahjoub, A. Mdhaffar, et al. "A Comparative Study of the Current Cloud Computing Technologies and Offers", IEEE First Symposium on Network Cloud Computing and Applications, pp. 131-134, Nov. 2011.

[5] Tony Hey and Anne Trefethe, "The Data Deluge: An e-Science Perspective," in Grid Computing - Making the Global Infrastructure a Reality, ed: Wiley, 2003.

[6] Laszewski, Geoffrey C. Fox, Fugang Wang, Andrew J. Younge, Archit Kulshrestha, Gregory G. Pike, Warren Smith, Jens Voekler, Renato J. Figueiredo, Jose Fortes et al., "Design of the FutureGrid Experiment Management Framework", GCE2010, 2010.

[7] Katarzyna Keahey, Mauricio Tsugawa, Andrea Matsunaga, Jose Fortes, "Sky Computing," IEEE Internet Computing, vol. 13, no. 5, pp. 43-51, September/October, 2009.

[8] "XSEDE - Extreme Science and Engineering Environment," 2012, Available: <http://www.xsede.org>.