

## 빅데이터 처리를 위한 과학클라우드

강윤희(백석대학교)

### 차 례

1. 서론
2. 빅데이터 및 과학연구 진화
3. 빅데이터 관련 과학 프로젝트
4. MapReduce 플랫폼
5. 결론

### 1. 서론

빅데이터(Big Data)는 Web 2.0 시대 도래에 따른 모바일 장치와 SNS(Social Networking Service)의 이용 증가로 데이터양이 급증하면서 이슈화되고 있다. 가트너 그룹에 의해 전략적 빅데이터는 2013년 기업의 전략적 대응 10대 기술 및 트렌드로 선정되었으며 사회의 변화를 주도하고 우리의 삶의 많은 부분에 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다.

과학연구 분야에서 시뮬레이션 중심의 연구방법은 계속 및 센싱 장비의 도입으로 페타바이트(peta byte) 수준으로 데이터 폭발이 진행되고 있으며, 이 과정에서 데이터 중심으로 연구방법이 진화하고 있다[1,2]. 과학문제 해결은 이론기반의 실험에서 실험데이터 분석 연구로 전환되고 있으며, 이들 빅데이터 분석에 과학 클라우드(science cloud) 기반의 그리드 컴퓨팅(grid computing) 환경이 고려되고 있다[7,8,9,12,14].

본 고에서는 과학연구 분야의 빅데이터 문제와 응용에서 빅데이터를 처리하기 위한 주요 연구 프로젝트인 LHC, PolarGrid[1,2] 및 FutureGrid[6]를 소개하고 빅데이터 활용을 위한 주요 기술인 MapReduce 프레임워크를 기술한다. 특히 빅데이터 처리를 위한 MapReduce 프레임워크의 사실적 표준(De facto standard)으로 자리 잡은 Hadoop[5]은 분산 파일시스템인 HDFS와 MapReduce 프로그래밍 모델을 구현한 오픈소스 프로젝트로서 최근 과학 클라우드 프로젝트에서 활용되고 있다.

### 2. 빅데이터 및 과학연구 진화

최근 Web 2.0 및 SNS를 통한 데이터 생산 및 재생

산이 이루어지고 있으며, 정보기술에 발전으로 스마트폰, 센서 등이 일상화됨에 따라 정보의 종류와 양은 과거에 비해 기하급수적으로 증가하고 있다. 일례로 YouTube에서 1년 동안 upload 양은 2.5 페타 바이트 이상으로 데이터량의 증가 속도 역시 빠르다.

빅데이터는 기존의 방법이나 도구를 사용하여 데이터의 수집, 저장, 분석 및 관리가 어려운 방대한 정형 또는 비정형 데이터로 정의한다. 이러한 빅데이터는 데이터 다양성(variety), 데이터 크기(volume) 및 데이터 증가 속도(velocity)의 세가지특성을 갖는다. 데이터 다양성은 SNS 상의 다양한 텍스트, 이미지 및 동영상 자료 외에도 각종 센서에서 수집된 데이터로 인해 종류가 다양해지고 있음을 의미한다. 방대한 데이터 크기는 데이터 분석을 위해 MapReduce 기반의 분산 컴퓨팅 프레임워크를 활용한 클라우드 기술을 필요로 한다[3,4]. 또한 빠른 데이터의 증가에 따라 복잡한 이벤트 데이터에 대한 실시간에 가까운 처리를 위한 대규모 데이터 센터가 활용이 증가하고 있다[13].

데이터량의 급증에 따라 처리 속도의 한계, 플랫폼 확장의 어려움이 대두되고 있으며, 특히 Facebook, Twitter 및 미투데이 등 소셜 네트워크 서비스와 Flickr, YouTube 등 멀티미디어 서비스의 성장으로 인해 비정형 데이터의 증가는 기존 플랫폼을 통한 데이터 저장, 관리 및 분석의 제약점을 갖는다.

고에너지물리 연구 중 LHC 활용분야에서는 매년 15 페타바이트의 데이터가 영상의학 자료는 69 페타바이트의 데이터가 생산가 생산되고 있으며 대규모 시뮬레이션을 통해 생성되어지는 데이터 역시 매년 2배씩 증가되고 있다. 그러나 이들 데이터 중 12%만이 아카이빙

(archiving) 되고 25%만이 데이터로 공개되고 있다.

클라우드 컴퓨팅은 인터넷 기술을 활용하여 다수의 고객들에게 높은 수준의 확장성을 가진 IT 자원들을 서비스로 제공하는 분산 컴퓨팅(distributed computing)이다. 클라우드 컴퓨팅 사용자는 인터넷에 연결된 단말을 통해 대용량의 컴퓨터 집합에 접속하여 응용, 스토리지, OS 등 필요한 IT 자원을 필요한 시점에서 요구 자원을 제공받아 이를 기반으로 비용을 지불하는 데이터 센터(data center) 모델이다.

최근 멀티코어 및 GPU 기반 시스템의 보급에 따라 데이터 센터 기반 클라우드 컴퓨팅 환경에서는 실시간 대용량 데이터 처리가 가능해지고 있으며 인터넷 분야의 데이터센터 모델이 과학분야 연구에 적용되고 있다 [4,10,11]. 데이터 센터 기반 클라우드 컴퓨팅 구축은 대용량 데이터 분석 결과를 활용한 독자적인 연구를 가능하게 하며, 이들 연구들은 공통적으로 연구그룹간의 협력 및 융합 연구의 형태를 보이고 있다.

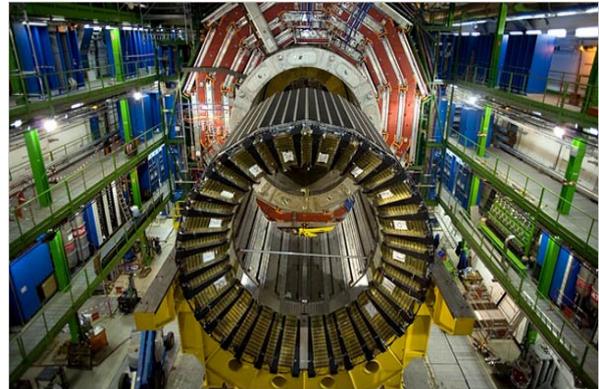
### 3. 빅데이터 관련 과학 프로젝트

이 절에서는 빅데이터와 관련된 과학 프로젝트인 LHC, PolarGrid, FutureGrid 를 살펴본다. 이들 프로젝트에서는 공통적으로 과학문제 해결을 위해 대용량의 데이터의 분석에 빅데이터 처리기술이 활용되고 있으며, 이들 프로젝트에서 클라우드 기반 분산 컴퓨팅 및 스토리지 자원의 이용은 중요한 부분을 차지하고 있다.

#### 3.1 LHC

과학문제는 이론기반 실험에서 데이터 분석 연구로 전환되고 있으며 과학데이터 실험에서 대용량 데이터처리를 위한 컴퓨팅 환경은 과학연구를 근본적으로 변화시키고 있다[7]. 이에 따라 생산되어진 데이터의 관리(manage), 가시화(visualize) 및 분석(analyze)을 포함한 과학데이터 처리를 위한 데이터팜 시스템의 구축 역시 더욱 중요한 과제로 여기고 있다[1-2][4]. 예를 들어 그림 1의 LHC(Large Hadron Collider) 에서 생성되어진 데이터는 매년 15 페타 바이트로 전 세계 약 8000명의 연구자에 의해 분석된다.

LHC의 생성 데이터의 크기는 단일 기관내에 유지할 수 있는 범위 이상으로 생성자료를 유지하기 위한 데이터그리드 환경이 전 세계적으로 구축되어 있다.



▶▶ 그림 1. CERN의 LHC

#### 3.2 PolarGrid 프로젝트

PolarGrid는 NSF 과제인 CReSIS(Center for Remote Sensing of Ice Sheets)와 극지분야 협력 연구과제로서 진행되었다[2]. 인디애나 대학교에서 수행한 PolarGrid 프로젝트는 측정 장치를 통한 극지의 빙하에 대한 원시자료의 수집, 극지 베이스 스테이션(base station)에서 수집한 원시자료의 가공을 통해 노이즈를 제거하기 위해 병렬 컴퓨팅 자원을 활용하는 프레임워크를 사용한다 [1][2]. 이를 통해 극지 빙하의 손실이 미대륙의 해수면 상승 및 지구온난화에 미치는 영향을 분석하였다.

그림 2는 극지환경의 정보측정 및 수집을 위한 장치를 보인 것으로 이 장치는 극지 빙하의 두께와 해수면 상승 상관관계 연구를 위한 원시데이터 수집에 사용된다. PolarGrid 프로젝트가 진행되기 전에는 대부분 극지 빙하의 두께는 항공기의 레이더를 사용하여 측정함으로써 제한적인 측정량과 높은 수집비용의 문제점이 있다.



▶▶ 그림 2. 극지분야 자료 수집 장치

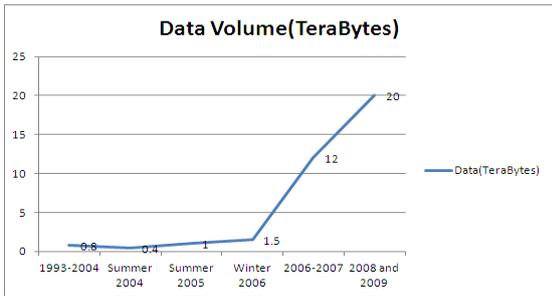
현재 수집 자료는 극지에 설치된 베이스 스테이션에서 이루어지며, 근접 실시간데이터 분석 수행을 위해 64코어 클러스터를 사용한다. 클러스터를 통해 하루에 8-12

시간 동안 600 G바이트에서 1 T바이트 정보에 대한 분석이 이루어진다. 그림 3은 극지 베이스 스테이션의 클러스터를 보인 것이다.



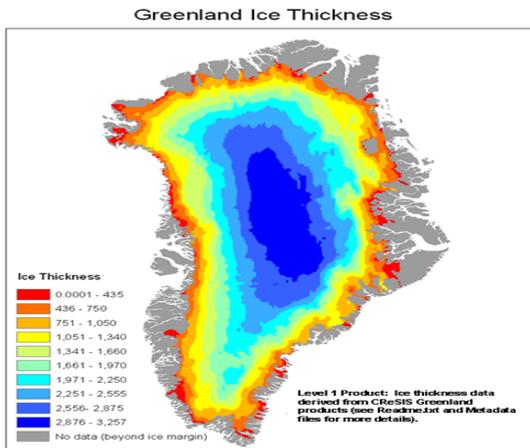
▶▶ 그림 3. 베이스 스테이션에 설치된 클러스터

PolarGrid 프로젝트의 수행을 통해 2008년 이후 수집되어진 극지자료의 데이터 양은 그림 4와 같이 급속히 증가되고 있음을 확인할 수 있다.



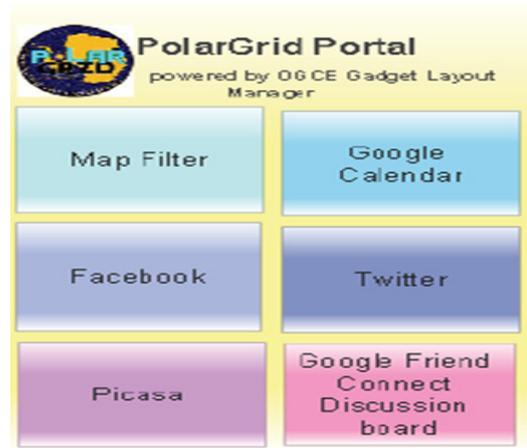
▶▶ 그림 4. 극지역 내 수집된 자료량의 증가

수집된 영상의 활용을 위해서는 Hidden Markov 방법을 사용한 이미지의 노이즈 제거 알고리즘이 후처리 과정에서 수행한다. 그림 5는 노이즈 제거 후 지리적 위치의 빙하두께 정보를 제공하는 서비스를 보인 것이다.



▶▶ 그림 5. 극지역의 GIS 서비스 예

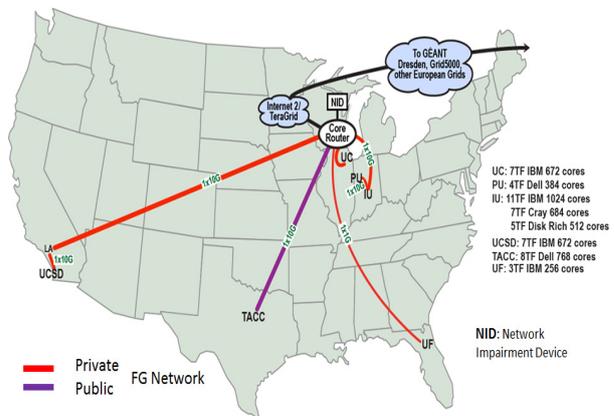
PolarGrid 포털은 Web 2.0 기반의 웹환경인 Google 캘린더, Google 맵과 Facebook 및 Twitter 등의 SNS 서비스와의 연동 기능을 제공하고 있다. 그림 6은 PolarGrid의 사용자 포털을 보인 것이다. PolarGrid 포털은 극지분야의 연구그룹간의 다양한 정보 제공 및 연구결과에 대한 공유를 위한 공간을 제공하고 있으며 학문간 교차연구의 기회를 제공하고 있다.



▶▶ 그림 6. PolarGrid의 사용자 포털

### 3.3 FutureGrid프로젝트

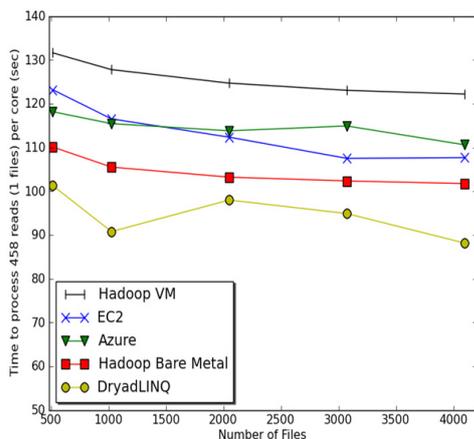
FutureGrid는 과학 클라우드로서 분산, 클라우드 컴퓨팅 환경에서 과학응용을 수행하기 위한 다양한 수준의 소프트웨어 스택 개발을 목적으로 한다[6]. FutureGrid는 TeraGrid 프로젝트의 일부로서 인디애나 대학을 중심으로 미국 및 유럽의 7개 대학 및 3개의 연구센터가 공동으로 수행하고 있다. 그림 7은 FutureGrid 주요 참여기관의 네트워크 연결을 보인 것이다.



▶▶ 그림 7. FutureGrid의 네트워크 연결

FutureGrid는 가상화(virtualization) 환경에서 과학 기술 응용 및 미들웨어 개발을 위한 분산 테스트 베드로서 사용되고 있다. FutureGrid는 데이터 센터 간에 고성능 멀티코어컴퓨팅 자원 및 대용량 스토리지를 고속의 네트워크 환경으로 운영할 수 있는 환경을 제공한다. 이를 위해 FutureGrid는 컴퓨팅 자원 및 스토리지 가상화 기술을 사용한다[9-11]. 사용자는 자원에 대해 자체 운영환경(bare metal) 또는 가상머신(virtual machine) 기반으로 하드웨어 형상을 구성한 후 실험 환경의 재현을 위한 완전한 제어를 가능하게 한다. FuturGrid 내의 가상화 자원의 관리를 위해서는 Eucalyptus, Nimbus, OpenNebula 등을 사용한다.

그림 8은 FutureGrid 환경에서의 바이오인포매틱스(Bioinformatics) 응용 성능평가의 수행 결과를 보인 것으로 실제 및 가상 자원에서의 성능평가 시험 및 MapReduce 기반 도구를 활용한 응용 수행을 보인 것이다.



▶▶ 그림 8. FutureGrid 테스트베드에서의 응용성능 비교

## 4. MapReduce 플랫폼

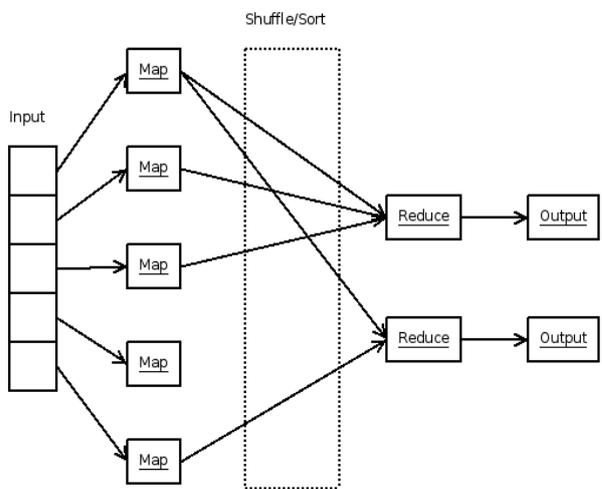
### 4.1 MapReduce 프로그래밍 모델 개요

MapReduce는 프로그래머로부터 시스템 수준의 세부 사항을 숨길 수 있는 추상화를 제공한다. 이는 독립적인 작업으로 대량의 데이터 집합을 병렬 및 분산처리를 할 수 있도록 한다[3-4].

MapReduce 프로그래밍 모델은 Lisp 및 ML과 같은 함수 프로그래밍에 기반을 두고 있다. key-value의 쌍은 MapReduce의 기본 자료구조를 구성하며, key와 value는 정수, 실수, 문자열, 바이트열 또는 임의의 복잡

한 자료구조로서 정의될 수 있다. MapReduce 프로그램은 Map과 Reduce의 함수로 이루어진다.

Map 함수는 주어진 블록의 데이터를 읽고 (key1, value1) 응용 처리를 수행한 후 기본 자료구조인 key-value의 쌍인 (key2, value2)의 리스트를 생성한다. Reduce 함수는 동일한 중간 key와 관련된 모든 값을 key-value의 쌍인 (key2, list(value2))으로 입력받아 새로운 key-value 쌍인 (key3, value3)의 리스트를 출력한다. 이 과정에서는 중간 값에 대한 shuffle과 sort를 통한 그룹핑을 수행한다.

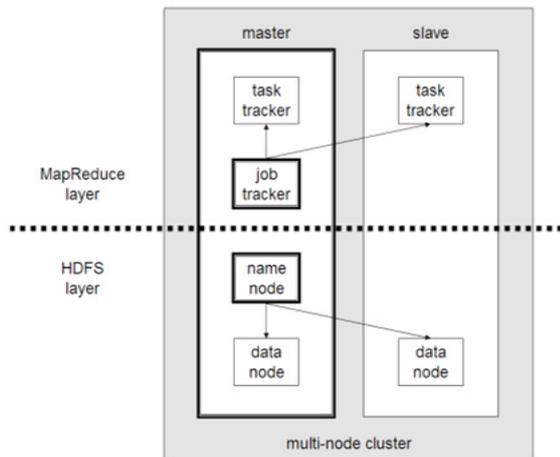


▶▶ 그림 9. MapReduce 처리 흐름

그림 9는 MapReduce 처리흐름을 보인 것으로 입력 데이터는 MapReduce 작업을 위해 특정한 크기의 작은 블록으로 파티션 한 후 특정한 크기로 나누어진 데이터 블록을 배포한다. 이후 Map함수와 Reduce함수의 수행을 위한 Mapper 태스크와 Reducer 태스크가 독립적으로 시작하며 Mapper 태스크와 Reducer 태스크는 데이터를 병렬적으로 처리한다.

### 4.2 MapReduce 프레임워크 Hadoop

Hadoop[5]은 MapReduce 기반 오픈 소스 소프트웨어 기반의 미들웨어로서 Yahoo, Facebook, Amazon, IBM, NexR 등 많은 기업들에서 클라우드 컴퓨팅 플랫폼으로 활용되고 있다. Hadoop은 크게 분산 파일 시스템인 HDFS와 분산 프로그래밍 모델인 MapReduce의 두 가지 구성요소로 이루어진다. 그림 10은 Hadoop의 전체 아키텍처를 보인것이다.



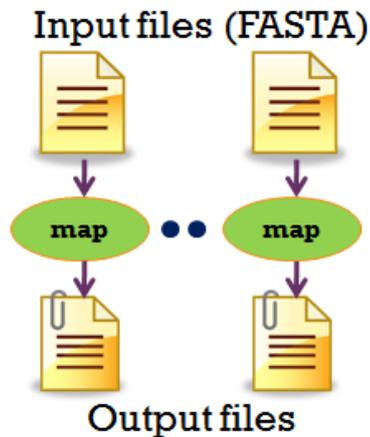
▶▶ 그림 10. Hadoop의 전체 아키텍처

Hadoop의 MapReduce 응용은 클라이언트가 수행하는 작업단위인 잡(Job)으로 구성된다. 잡은 입력 데이터, MapReduce 프로그램과 설정 정보로 구성된다. 또한 잡은 Map 태스크와 Reduce 태스크로 나누어 실행한다. 잡 실행 과정의 제어를 위해 하나의 잡 트래커(job tracker)와 다수의 태스크 트래커(task tracker)가 사용된다. 잡 트래커는 태스크 트래커들이 수행할 태스크를 스케줄링함으로써 시스템 전체에서 모든 잡이 수행되도록 조정한다. 태스크 트래커는 태스크를 수행하고 각 잡의 전체 결과를 잡 트래커에 보낸다. 이때 태스크가 실패하면, 잡 트래커는 그것을 다른 태스크 트래커에 다시 스케줄링한다. Hadoop 클러스터 구성은 네임노드와 잡 트래커가 통합된 마스터 노드와 태스크 트래커와 데이터노드의 슬레이브 노드로 나뉜다. Hadoop에서 마스터와 슬레이브 노드 사이의 제어정보는 RPC(Remote Procedure Call) 프로토콜이 전송을 위해 사용되며, 마스터와 클라이언트 사이의 통신 역시 RPC가 사용된다. 그리고 데이터노드와 클라이언트는 TCP 소켓을 통해 데이터를 전달한다. 마지막으로 MapReduce 과정에서 태스크 트래커는 Map 태스크의 결과를 Reduce 태스크로 전달하게 되는데 Hadoop은 이들 간의 통신을 위해 HTTP를 사용한다.

### 4.3 과학 연구분야 MapReduce 적용 사례

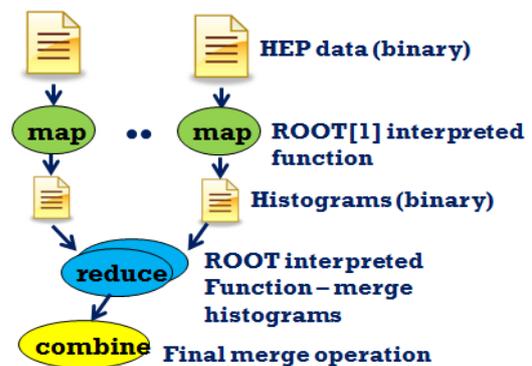
생물의 유전정보는 DNA 염기 서열로 구성된다. DNA 염기서열은 인간 게놈 프로젝트를 통해 2003년에 약 30억 개의 인간 유전자 서열이 분석이 되었고 이 유전자 분석을 통해 생물정보를 얻기 위한 기본자료로 사용되고

있다. 컴퓨터를 이용한 생명체 분석을 위한 연구분야에서도 지속적으로 증가되는 DNA 염기서열은 빅데이터는 주요한 문제로서 등장하였다. 현재 MapReduce 응용은 DNA 시퀀스 정보에서 특정 패턴을 검색하기 위해 검색 알고리즘을 병렬 및 분산 처리하기 위해 활용되고 있으며 과학클라우드에서 주요한 응용으로 이용되고 있다. 그림 11은 MapReduce의 데이터 처리 흐름을 보인 것이다.



▶▶ 그림 11. DNA 시퀀스 정보의 검색 응용

입자물리 실험의 검출기인 LHC에서 얻어진 물리적인 신호들은 컴퓨터에 의해서 디지털화 되어 파일(raw data file)에 저장된다. LHC 실험결과로 입자 실험의 규모는 점점 커지고 있다. ROOT 분석은 객체지향 개념을 도입하여 LHC의 생성자료의 분석을 위한 주요활용도구이다. 그림 12는 고에너지 물리(High Energy Physics) 분야에서 대표적인 데이터 분석 기법인 ROOT 분석을 MapReduce 를 활용하여 처리하는 흐름을 보인것이다.



▶▶ 그림 12. MapRduce 활용 ROOT 분석

## 5. 결론

본 고에서는 과학연구 분야의 빅데이터 문제와 응용에서의 빅데이터를 처리하기 위한 주요 연구 프로젝트인 LHC, PolarGrid, Futurgrid 프로젝트를 소개하고 빅데이터의 활용을 위해 등장한 기술인 MapReduce와 MapReduce를 활용한 빅 데이터를 분석하고 처리하기 위한 기법에 대해 소개하였다. PolarGrid 프로젝트의 결과를 통해 2008년 이후 수집되어진 극지자료의 데이터 양은 급속히 증가되고 있음을 확인할 수 있으며, 이를 자료의 처리를 HPC 환경이 사용되고 있다. 과학기술 환경 변화에 따라 데이터 센터 기반의 클라우드 컴퓨팅 환경, 멀티코어 및 GPU 기반 시스템의 보급에 따라 실시간 대용량 데이터 처리준비를 위한 과학 클라우드 구축이 요구되고 있다. 현재 과학 클라우드에는 유전자 정보인 DNA 분석 및 입자물리학의 LHC 센싱 데이터 분석에 활용되고 있으며 활용 분야는 지속적으로 증가하고 있다.

### 참고 문헌

- [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] Hayden, L., G. C. Fox, and A. Adade, "Implementing Cyberinfrastructure in Support of Greenland and Antarctic SAR Data Sets" 7th International Conference of the African Association of Remote Sensing of the Environment (AARSE)-2008, Accra, Ghana, 10/27/2008.
- [3] J. Dean and S. Ghemawat, "Mapreduce: Simplified Data Processing on Large Clusters," Communications of the Acm, Vol. 51, pp. 107-113, Jan., 2008.
- [4] J. Ekanayake, et al., "MapReduce for Data Intensive Scientific Analyses," the 2008 Fourth IEEE International Conference on eScience 2008.
- [5] Hadoop. <http://hadoop.apache.org/>
- [6] FutureGrid, FututrGrid Portal. Available: <https://portal.futuregrid.org/>
- [7] Yunhee Kang, Heeyeoul Choi, *An Empirical Study for Handling Scientific Datasets*, International Journal of Grid and Distributed computing, Vol 5, No 3, 2012
- [8] Yunhee Kang, Heeyeoul Choi, *MapReduce based Scientific Data Experiment Framework for Transforming Data Set*, NGCIT 2012,

- [9] Yunhee Kang, Geoffrey C. Fox, Performance Evaluation of MapReduce Applications on Cloud Computing Environment, FutureGrid Grid and Distributed Computing: International Conferences, GDC 2011.
- [10] 강윤희, FutureGrid 환경에서의 가상머신 모니터링 도구, 한국정보기술학회 논문지, Vol.9 No.5, PP. 185-191, 2011.
- [11] 강윤희, FutureGrid 클라우드 컴퓨팅 환경에서의 Twister 수행 MapReduce 응용 구성, 한국정보기술학회 논문지, Vol.9 No.4, PP. 147-154, 2011.
- [12] 강윤희, 공상환, 강 경우, 김백민, 장행진, 유성운, 양상블 기 후 시뮬레이션 지원을 위한 데이터팜 시스템 설계, 한국정보기술학회 논문지, 제 11권, 제 1호, PP. 159-167, 2013
- [13] 강윤희, u-City 시스템의 통합관리를 위한 메시징기반 소프트웨어 아키텍처, 제 10권, 제 7호, PP.171-177. 2012
- [14] 강윤희, 강명주, 고완기, MapReduce 기반 센싱데이터 처리에 관한 연구, 2012년도 융복합지식학회 하계종합학술발표회 논문집, 2012

### 저자 소개

#### ● 강 윤희(Yun-Hee Kang)

정회원



- 1989년 2월 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 8월 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학

부 조교수

<관심분야> : 클라우드컴퓨팅, 그리드컴퓨팅, 결합포용