

# 클라우드 서비스를 위한 대규모 클러스터 관리 기술 개발

Development of Large-scale Cluster Management Technology for Cloud Services

클라우드 컴퓨팅 특집

김창수 (C.S. Kim)      SW서비스연구팀 선임연구원  
 김학영 (H.Y. Kim)      SW서비스연구팀 책임연구원  
 남궁한 (G.H. Nam)      인터넷플랫폼연구부 부장

목 차

- .....
- I . 서론
  - II . 클라우드 서비스
  - III . 클라우드 서비스를 위한 대규모 클러스터 관리 기술 개발
  - IV . 결론

현재 전 세계적으로 클라우드 컴퓨팅이라는 새로운 컴퓨팅 패러다임에 대한 관심이 고조되고 있다. 본 고에서는 이러한 클라우드 컴퓨팅에서 제공하는 서비스들이 어떤 것들이 있는지 살펴보고, 이러한 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공을 위해 필요한 다양한 기술들 중 가장 기반이 되는 대규모 클러스터 관리 시스템으로서 2007년부터 현재까지 한국전자통신연구원, 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅연구원이 공동연구로 개발하고 있는 시스템에 대하여 기술한다.

## I. 서론

최근 들어 전 세계적으로 클라우드 컴퓨팅이 새로운 컴퓨팅 패러다임으로서 뜨거운 반향을 불러일으키고 있다. 클라우드 컴퓨팅에 대한 정의는 여러 기관에 따라 다양한 방식으로 정의되고 있으나 그 기본 배경은 거의 유사하다. 즉, IT를 위해 필요한 모든 것을 인터넷을 통해 서비스로서 제공받는 컴퓨팅 패러다임을 클라우드 컴퓨팅이라 칭하고 있다. 인터넷을 통상적으로 구름으로 표현하던 것을 상기하여 인터넷을 통해 모든 것을 얻는다는 의미인 것이다. 클라우드 컴퓨팅 환경에서는 직접 IT 자원을 보유하고 유지 관리하기 위하여 필요한 비용, 장소, 인력의 문제를 비용의 문제로 단순화 해준다.

클라우드 컴퓨팅 서비스는 2006년 아마존이 컴퓨팅 환경을 서비스로 제공하는 EC2 서비스와 스토리지를 서비스로 제공하는 S3 서비스를 시작으로 이후 구글의 AppEngine, 마이크로소프트의 Azure 등 많은 클라우드 컴퓨팅 서비스가 출시되고 있다.

이러한 클라우드 서비스를 제공하는 환경은 모두 공통적으로 분산 컴퓨팅 플랫폼을 기본 인프라로서 활용하고 있다. 따라서 분산 컴퓨팅 플랫폼을 얼마나 잘 구축하고 운영하는가가 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공자의 성공을 뒷받침할 가장 큰 능력이라 할

수 있다. (그림 1)은 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공을 위한 기본 구성도를 나타낸다[1]. 이 구성도에서 클러스터 관리 부분은 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하는 기본적인 컴퓨터들을 클러스터로 서로 묶고 이들을 관리하며 분산 컴퓨팅 플랫폼을 구성하고 있는 또 다른 부분인 분산 데이터베이스, 분산 파일 시스템, 분산 컴퓨팅 부분에 자원관리, 부하분산, 프로비저닝 기능을 제공함을 보여주고 있다.

한국전자통신연구원은 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅연구원과 공동으로 2007년부터 ‘저비용 대규모 클러스터 관리 시스템(GLORY-CL)’을 개발하고 있다.

GLORY-CL은 저비용의 PC급 서버들을 최대 1만 대까지 서로 묶어 클러스터를 구축하고 필요한 곳에 적시에 컴퓨팅 자원을 할당함으로써 클라우드

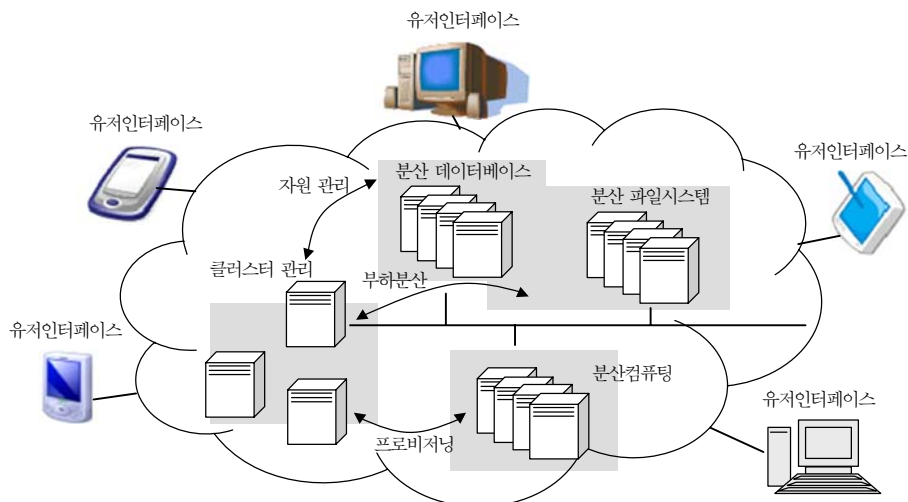
### ● 용어해설 ●

**분산 컴퓨팅:** 여러 컴퓨터들의 처리 능력을 이용하여 거대한 문제를 해결하는 컴퓨팅 모델

**클러스터:** 많은 양의 계산을 하거나 데이터를 저장하기 위해 여러 대의 컴퓨터를 하나로 묶어 놓은 것

**부하분산:** 컴퓨터 네트워크 기술의 일종으로 여러 컴퓨터 자원에게 작업을 나누어 주는 것을 말함

**프로비저닝:** 원하는 자원을 제공하는 것



(그림 1) 클라우드 컴퓨팅 서비스 구성도[1]

컴퓨팅 서비스를 제공하는 기본 인프라를 책임지는 역할을 수행하고 있다.

본 고에서는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하는 각 유형들을 살펴보고 이들이 공통적으로 활용하고 있는 분산 컴퓨팅 플랫폼으로서의 대규모 클러스터 관리 시스템인 GLORY-CL에 대하여 살펴본다.

## II. 클라우드 서비스

클라우드 컴퓨팅 환경에서 제공되는 서비스는 IaaS, PaaS, SaaS 등을 포함하여 하드웨어, 네트워크, 스토리지, 웹 기반 서비스, 애플리케이션 공통 API 등 IT 환경 전반에서 요구되는 모든 것을 포함한다. 이러한 점 때문에 클라우드 서비스를 EaaS라 부르기도 한다. <표 1>은 클라우드 서비스의 시장 유형에 따른 서비스 사례와 그에 대한 주요 사업자 현황을 나타내고 있다[2].

웹 기반 서비스들은 클라우드 컴퓨팅이 출현하기 이전부터 인터넷을 기반으로 대규모 사용자에게 제공되는 서비스이다. 이러한 서비스들은 대규모 사용자를 지원해야 하기 때문에 서비스 제공자 입장에서 모든 사용자가 끊임없이 서비스를 제공받도록 하기 위해 클러스터 시스템을 활용해 왔다. 특히 특정

시점에 많은 사용자가 동시에 서비스를 요청하는 경우에도 끊임이나 서비스 제공에 지연이 발생하지 않도록 하기 위한 기술이 매우 중요하다.

일반 사용자를 대상으로 하는 웹 기반 서비스를 확장하여 일반 사용자뿐만 아니라 기업에서 활용도가 높은 office 애플리케이션이나 협업 소프트웨어 등을 웹을 통해 서비스로 제공하는 SaaS 형태의 소프트웨어가 등장하기 시작했다. 대표적인 서비스가 세일즈포스닷컴의 CRM 소프트웨어와 구글의 구글 Docs, 구글 캘린더 등이다. SaaS 형태의 클라우드 서비스 역시 전 세계에 존재하는 대규모 사용자로부터 발생하는 서비스 요청을 지원해야 한다. 이 역시 웹 기반 서비스처럼 대규모 클러스터 시스템을 통해 이러한 요구사항을 충족해야 한다. 특히, 구글의 경우 일반적인 PC급의 시스템을 활용하여 기존의 시스템들이 제공해왔던 대규모 확장성을 훨씬 뛰어넘는 자신만의 플랫폼을 새로이 구축함으로써 세계 최고의 대규모성을 자랑하게 되었다.

한편, 아마존은 과거 세계 최대의 온라인 서점을 운영하면서 얻은 대규모 컴퓨팅 운영 능력과 컴퓨팅 자산을 가지고 있으면서 남는 IT 자원을 대상으로 비즈니스를 수행할 방법을 찾는 도중, 그들의 자산을 일반인을 대상으로 렌탈하는 서비스를 생각하게 된다. 이것이 아마존의 EC2 및 S3 서비스이다.

<표 1> 시장 유형별 서비스 유형과 주요 사업자 서비스

시장 유형	제공 서비스 사례	주요 사업자 서비스
소비자 시장	웹기반 서비스 - 인터넷 기반 서비스 (Blog, Wiki, Social Service)	- 구글 - Myspace.com
	SW 서비스 (SaaS) - Office 생산성 애플리케이션 - 협업 솔루션 - 기타 클라이언트 애플리케이션	- 구글 Apps for Your Domain - MS Office Live - IBM Bluehouse
IT 구매자 시장 (클라우드 인프라)	애플리케이션 컴포넌트 서비스 - 서비스나 애플리케이션 개발을 위한 API와 웹기반 SW 모듈(애플리케이션 레이어 수준)	- 아마존 Flexible Payment API - 구글 Calendar API - 세일즈포스닷컴 AppExchange API
	SW 플랫폼 서비스 (PaaS) - 신규 애플리케이션 개발을 위한 개발 플랫폼(미들웨어 레이어 수준) * Hosted App Platform Server, Hosted DB * Hosted Data 관리, Message Queue 등	- 아마존 Simple DB, Simple Storage Service(S3), Simple Queue Service - 구글 App Engine - MS SQL Server Data Service - 세일즈포스닷컴 force.com
	가상 인프라 서비스 - 가상 서버, 가상 스토리지, 가상 네트워크 - 시스템 관리	- 아마존 Elastic Compute Cloud(EC2)

<자료>: 포레스터 리서치 수정, 2008[1]

EC2는 컴퓨팅 자원을 사용자가 원하는 만큼 지원해주는 서비스로서 자원의 동적 활용을 위해 가상화 기술을 활용하고 있다. 유사하게 S3 서비스는 스토리지를 대상으로 가상 스토리지를 제공하는 서비스이다. 아마존의 인프라로서의 서비스는 사용자가 원하는 만큼의 자원을 제공하기 위해 자원을 물리적 단위가 아닌 가상화된 단위로 관리한다. 그러나 이러한 컴퓨팅 자원들을 관리하는 방법은 물리 자원 대신 가상 자원을 다룬다는 점을 제외하고는 일반 클러스터 관리와 유사하다.

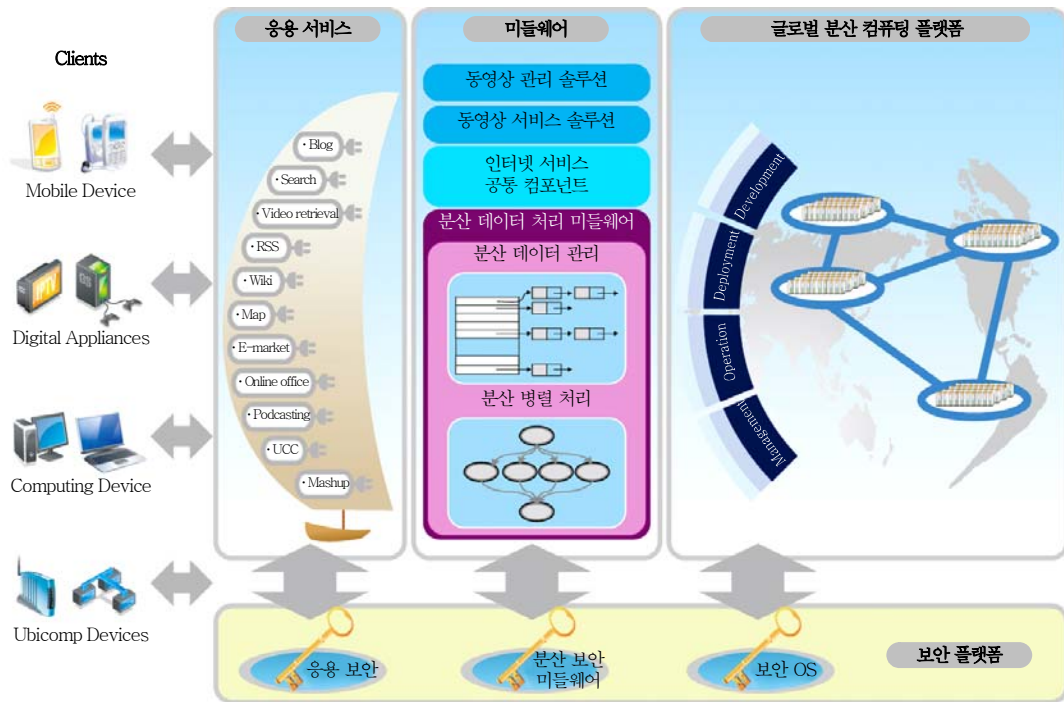
SaaS 서비스는 몇몇 업체들이 개발한 소프트웨어를 서비스화 했다는 점에서 서비스의 다양성 측면에서 부족함이 있으며 개방, 공유, 참여를 기치로 하고 있는 Web 2.0 시대의 개념을 충분히 지원할 수 없다. 이에 따라 특정 업체에서 제공하는 소프트웨어뿐만 아니라 사용자들이 참여하여 새로운 서비스를 창출하고 이러한 서비스를 개방하고 공유함으로써 새로운 서비스를 창출할 수 있는 클라우드 서비스에 대한 요구가 있어 왔다. 이러한 요구들을 충족시키고자 새로운 클라우드 서비스 형태인 PaaS 서비스가 출현하게 된다. PaaS 서비스는 IT 구매자가 PaaS 서비스를 구매하여 활용한 결과로 새로운 서비스를 생성하여 다시 비즈니스를 수행할 수 있는 서비스 생태계를 형성하게 된다. PaaS 서비스에는 SaaS 서비스로 제공되던 서비스들을 API화 하여 제공하는 것으로부터 출발하여 지불 서비스, 인증 서비스 등 모든 서비스에서 사용되는 공통 애플리케이션 라이브러리로 확장된다. 이와 더불어 미들웨어나 시스템 소프트웨어 플랫폼 레벨에서 다양한 기능을 제공함으로써 서비스 개발을 용이하게 할 수 있는 데이터 관리 서비스(아마존의 Simple DB, 구글의 BigTable, MS의 SQL Server Service 등), 스토리지 서비스(아마존의 S3, 구글 파일 시스템 등), 메시지 서비스(아마존의 Simple Queue 등), 분산 처리 서비스(구글 MapReduce 등) 등의 서비스가 추가되었다. 이 외에도 개발 생산성을 향상시키기 위한 애플리케이션 컨테이너 서비스나 개발 환경 등을 제공하기도 한다. 이러한 서비스들을 통해 새로운

클라우드 서비스가 개발되면 개발된 서비스들을 호스팅하여 운영할 수 있는 운영환경 역시 PaaS 서비스의 중요 기능이라 할 수 있다. 여기서 서비스 호스팅 및 운영 환경은 해당 서비스의 현재 자원 활용 상태에 따라 자동으로 확장성이 보장되는 형태를 취하고 있다.

지금까지 살펴본 클라우드 서비스 유형을 살펴보면 각각의 서비스 유형은 나름대로의 필요성을 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 공통적으로 모든 서비스 유형들은 그 기반 플랫폼으로서 클러스터 관리 시스템이 필요함을 알 수 있다. 웹 기반 서비스 및 SaaS 서비스의 경우 대규모 사용자의 서비스 요청에 대응하기 위해 클러스터 시스템을 활용하게 되며 이때 사용되는 주요 기술로는 여러 사용자로부터의 서비스 요청을 자원 사용 현황에 기반하여 적절한 시스템으로 부하를 분배해주는 로드 밸런싱 및 부하 분산 기술이다. IaaS 서비스의 경우 주로 가상화 기능을 활용하지만 물리 자원을 기반으로 가상화된 가상 자원을 관리하는 것은 역시 클러스터 관리 시스템의 역할이 된다. 마지막으로 PaaS 서비스의 경우 다양한 서비스 개발 지원 서비스를 통해 개발된 서비스를 호스팅하고 운영하는 환경에서 각 서비스의 자원 활용 상태와 클러스터 시스템의 현재 상태를 기반으로 최상의 자원 활용성과 확장성, 서비스 안정성을 제공하는 것은 역시 클러스터 관리 시스템의 몫이라 할 수 있다.

### Ⅲ. 클라우드 서비스를 위한 대규모 클러스터 관리 기술 개발

한국전자통신연구원은 2007년부터 저가 서버의 클러스터링을 통한 저비용 고효율 대용량 시스템 구축에 초점을 맞춘 글로벌 인터넷 서비스의 제공을 위한 기반 시스템 플랫폼인 '저비용 대규모 글로벌 인터넷 서비스 솔루션(GLORY)'을 개발하고 있다. (그림 2)는 GLORY의 개념도를 나타낸다. GLORY는 저가의 PC급 서버들을 클러스터링하여 대규모



(그림 2) 저비용 대규모 글로벌 인터넷 서비스 솔루션 개념도

분산 플랫폼을 구축하고 클러스터 관리, 운영, 서비스 배포 등을 수행하는 클러스터 관리 시스템, 클러스터 관리 시스템을 기반으로 상위에서 구축되는 분산 데이터 관리 시스템, 분산 파일 시스템, 분산 병렬처리 시스템 및 분산 보안 시스템으로 구성된다. 이러한 기반 시스템 플랫폼을 통해 기업은 경쟁력 있는 서비스를 제공할 수 있다. 본 고에서는 GLORY의 다양한 구성요소들 중 대규모 클러스터 관리 시스템인 GLORY-CL에 대하여 기술한다.

### 1. 대규모 클러스터 관리 시스템 (GLORY-CL) 요구사항

저비용 대규모 시스템을 통해 무정지 서비스를 구축하기 위해서는 무엇보다 클러스터를 구성하는 노드의 오류를 일상적인 일로 받아들일 수 있는 구성이 필요하다. 즉, 개별 노드의 오류로 인한 서버 장애는 언제든지 일어날 수 있는 일이며, 이러한 장애가 발생하더라도 전체 서비스에는 영향을 미치지 않는 구성이 필요하다. 대규모 확장성의 제공을 위해

서는 클러스터를 구성하는 노드의 추가 삭제가 용이해야 하고, 많은 수(일반적으로 1만 단위 이상)의 노드를 관리할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 또한 관리 비용의 절감을 위해 각 노드의 상태를 자동 모니터링 할 수 있어야 하고 노드 장애 발생시 이에 대처하는 작업이 자동으로 수행되어야 한다. 즉, 관리자의 서버 정비를 배치 처리로 수행할 수 있는 시스템을 구축해야 한다.

GLORY-CL은 대규모 클러스터 시스템의 구성 및 자동 관리 기능을 제공하여 온라인 확장성 및 가용성을 제공하고 일반적인 데이터 센터에서의 서버 활용률인 5~20%를 60% 이상의 활용률로 대폭 확장하여 노드 수를 절반 가까이 감소시키는 것을 주요 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위한 요구사항들은 다음과 같다.

- 클러스터에 노드를 동적으로 추가/삭제 및 자동적으로 활용할 수 있어야 한다.
- 클러스터는 최대 10,000대 규모의 확장성을 제공해야 한다.



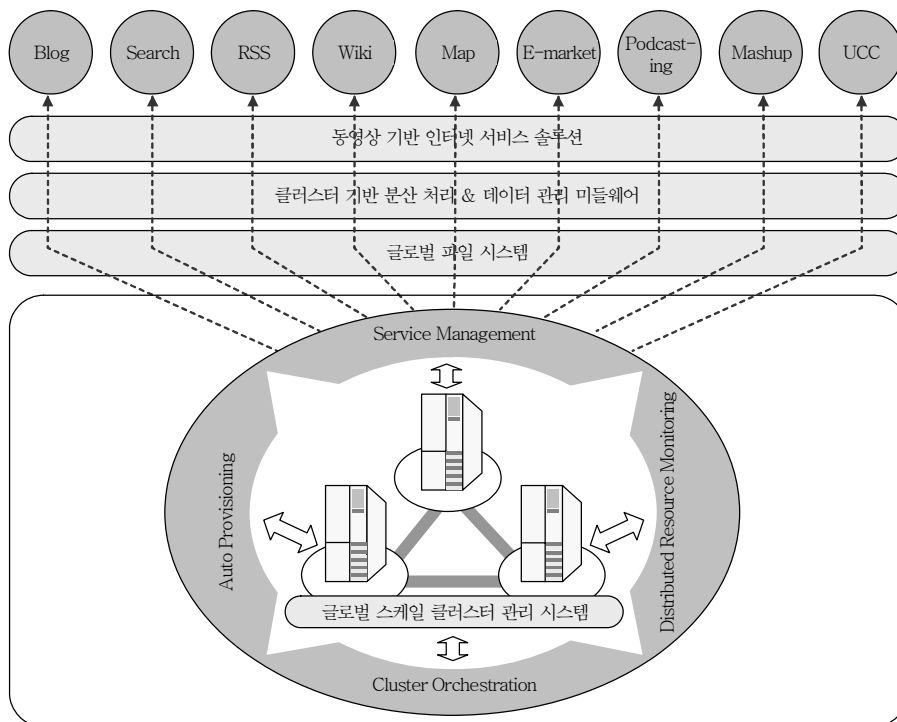
- 분산 컴퓨팅 환경에서 사용자의 폭발적인 증가에 대처할 수 있는 서비스 확장성을 제공해야 한다.
- 부하가 높은 노드의 서비스들을 다른 노드들에 재분배/재구성 할 수 있어야 한다.
- 시스템 장애 탐지, 치유, 감시 등 시스템 장애 관리기능을 제공하여야 한다.
- 관리자의 개입을 최소화하고 자동으로 OS와 소프트웨어가 배포되어야 한다.
- 관리 소프트웨어를 통한 소프트웨어의 원격 설치, 실행, 삭제가 가능하여야 한다.
- 클러스터에 속한 노드들의 aliveness를 관리하고 필요시 클러스터를 자동으로 재구성해야 한다.
- 클러스터에서 제공되는 노드의 부하를 모니터 할 수 있어야 한다.
- 시스템 상태를 모니터링 할 수 있는 사용하기 편리한 관리 도구를 지원해야 한다.
- 시스템 자원에 대한 구성, 상태관리를 제공하여야 하며, 지속적인 모니터링을 통하여 시스템의 과부하를 방지하여야 한다.

- 클러스터 내의 다른 분산 컴퓨팅 플랫폼을 위한 구성요소를 지원해야 한다.

## 2. 대규모 클러스터 관리 시스템 (GLORY-CL) 기능 블록 설계

GLORY-CL은 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 다음과 같은 설계 목표를 가진다.

- 높은 확장성: 사용자의 폭발적인 증가에 따른 처리 능력 증가와 지속적인 응용의 데이터 증가에 대처할 수 있는 서버 추가/확장 및 이를 통한 스토리지의 추가/확장이 가능한 시스템, 저비용 보급형 서버를 활용하여 총 소유비용을 최소화 하는 시스템, 10,000 노드급 글로벌 클러스터 구성이 가능한 시스템
- 높은 활용률 및 관리 비용의 최소화: 관리자의 개입을 최소화 할 수 있는 자동화된 시스템, 시스템 자원에 대한 지속적인 모니터링을 통해 안정적인 서비스를 지원하는 시스템, 서비스를 수



(그림 3) GLORY-CL 블록 구성도

행하는 각 서버의 높은 활용률을 통해 전체 서버 수를 감축할 수 있는 시스템

- 고가용성 제공 및 무정지 서비스: 부하가 높거나 장애가 발생한 노드의 서비스들을 다른 노드에 재분배/재구성/재실행할 수 있는 시스템, 서버의 고장이 감지되면 이에 대처할 수 있는 기능이 제공되는 시스템

GLORY-CL은 위의 설계 목표를 위해 (그림 3) 과 같이 네 가지 블록인 클러스터 구성 및 운용관리 (cluster orchestration), 자동 프로비저닝(provisioning), 분산 자원 모니터링(monitring), 서비스 관리로 구성된다.

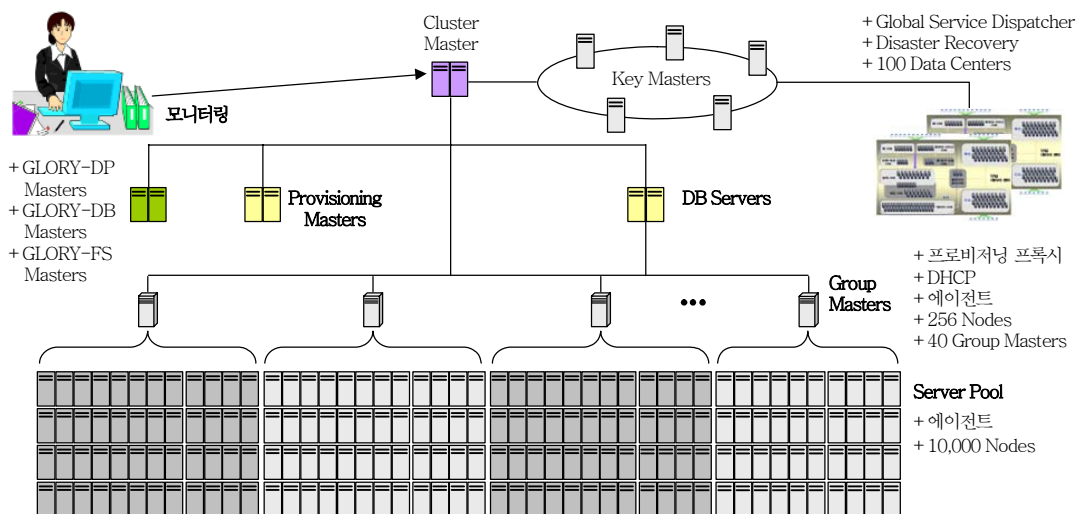
클러스터 구성 및 운용관리는 대규모 클러스터를 위한 확장성의 제공을 위해 클러스터를 구성하는 노드의 추가 및 삭제를 용이하게 수행할 수 있는 기능을 제공하고, 많은 수(일반적으로 1만 단위 이상)의 노드를 쉽고 빠르게 구축 및 관리할 수 있는 기능을 제공한다. 또한 클러스터 내의 각 노드들에 대해 분산 자원 모니터링 정보를 바탕으로 다양한 역할을 적절히 부여하는 자원 관리 기능을 수행하며 클러스터 운용중 발생할 수 있는 노드 장애를 감지하고 대처하는 기능을 제공한다.

자동 프로비저닝은 대규모 클러스터의 구축 및 동적 노드 추가, 삭제를 지원하고 모니터링 결과에

따라 각 노드의 역할 및 구성을 동적으로 변경 관리하기 위해서 요구되는 소프트웨어 및 운영체제를 제공하는 기능을 지원한다. 자동 프로비저닝은 이미지 방식과 스트리밍 방식을 함께 지원한다.

분산 자원 모니터링은 관리 비용의 절감을 위해 각 노드의 상태를 자동 모니터링 하기 위한 기능을 제공한다. 클러스터 시스템의 다른 기능들은 분산 자원 모니터링 기능을 통해 각 노드의 장애를 탐지하면 이에 자동으로 대처하여 관리자의 서버 정비를 배치 처리로 수행할 수 있는 시스템을 구축할 수 있게 한다. 또한 각 노드에서 수행되는 응용 서비스나 GLORY 내의 다른 분산 컴퓨팅 플랫폼 소프트웨어에 대한 모니터링도 제공한다. 각 노드에서 수행되어야 할 모니터링 기능은 동적으로 추가/제거될 수 있다.

서비스 관리에서는 클러스터 시스템에서 운영하는 여러 서비스의 상태를 관리하고, 운영중인 서비스에 대해서는 외부 부하에 따라 서비스 노드를 자동으로 추가 또는 삭제하여 동적 서비스 재배치를 수행함으로써 클러스터 시스템의 서비스 가동률을 높이고 전체적인 효율을 높여 준다. 또한, 모니터링 시스템을 통하여 제공되는 정보를 바탕으로 서비스 장애 노드를 교체함으로써 서비스의 연속성을 보장해 주는 기능도 제공한다.



(그림 4) 클러스터 노드 구성도

클러스터를 실제 구성하는 경우 각 노드의 물리적 구성도는 (그림 4)와 같다. 각 노드는 일정 규모(보통 250여 대의 서버넷 단위)로 그룹화 되어 하나의 그룹을 형성하며 각 그룹은 하나의 그룹 마스터를 갖는다. 이러한 그룹들은 전체 클러스터를 관리하는 클러스터 마스터에 의해 다시 그룹화되는 계층적 구조를 통해 하나의 데이터 센터급 클러스터를 구성한다. GLORY-CL은 하나의 데이터 센터 당 최대 1만 대의 노드 규모를 지원한다. 따라서 40개의 그룹을 관리하게 된다.

GLORY-CL에 의해 관리되는 클러스터 내에는 특수 목적의 노드들이 존재한다. 우선 GLORY 플랫폼의 다른 분산 컴퓨팅 구성요소들(GLORY-FS, GLORY-DB, GLORY-DP)은 각각의 마스터 노드를 갖는다. 이들 마스터는 클러스터의 구성에 따라 하나 이상이 존재할 수 있다. 또한 클러스터 내에는 클러스터 내의 주요 정보들을 저장 관리하기 위한 키 마스터(key master) 그룹이 존재한다. 키 마스터 그룹은 보통 수 대의 노드들로 구성된다. 이외에 클러스터 내의 각 노드에 운영체제 및 소프트웨어를 제공할 프로비저닝 마스터/서버(들), 서비스의 부하 분배를 위한 LVS/L4 스위치들, 내부적인 정보 저장을 담당하는 DB 서버(들)이 존재한다.

1만 대급 규모의 데이터 센터의 범위를 넘어서는 경우에는 다중 데이터 센터의 형식을 취하게 된다. 다중 데이터 센터는 1만 대급 데이터 센터 여러 개가 서로 연결되는 형식이다. 이러한 경우 GLORY-CL은 광역 서비스 요청 분배를 수행하게 된다. GLORY-CL은 최대 100개의 데이터 센터까지 지원할 예정이다.

### 3. 클러스터 구성 및 운영관리 기능

클러스터 구성 및 운영관리 블록의 주 목적은 수천에서 수만 대의 저비용 보급형 서버(commodity server)들로 구성된 대규모 클러스터 환경을 관리자의 개입을 최소화하면서 빠른 시간 내에 구축 및 구성하고 용이한 노드의 추가/삭제를 통해 확장성을

지원할 수 있는 클러스터 시스템을 제공하는 것과, 글로벌 인터넷 운영환경에서 대규모의 사용자를 신속하고 효율적으로 지원하기 위하여 클러스터 규모의 확장, 특정 노드의 역할 변경 등 다양한 운용 환경에 대한 요구를 클러스터 운용중 자동 및 실시간으로 지원하는 것이다. 또한 관리 비용의 절감을 위한 분산 자원 모니터링의 성능 문제를 고려하여 클러스터의 구성을 계층적으로 구성할 수 있어야 하며, 빈번하게 발생할 수 있는 노드 장애 발생시 이에 자동으로 대처하는 시스템이 되어야 한다. 이와 같은 목적을 만족하기 위해 수행되는 기능은 다음과 같다.

- 일반 노드들의 계층적 초기 구성 자동화
- 노드들의 구성 및 운용방법 관리
- 클러스터 노드들의 장애 대처(failover)
- 임의 노드의 추가 및 삭제
- 원격 전원 제어 관리
- 타 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소의 마스터 선정 및 구동
- 타 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소의 마스터 후보 등록 및 삭제
- 타 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소의 마스터 노드 위치 정보 제공
- 타 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소의 마스터 노드 장애 대처
- 타 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소의 종류에 따른 pool 생성/삭제
- 현재 존재하는 pool에의 노드 할당 추가/삭제
- 현재 존재하는 pool의 목록 보기
- 개별 pool의 상세 정보 열람

GLORY 시스템에서 제공되는 분산 컴퓨팅 플랫폼의 구성 요소는 대용량 분산 스토리지 시스템인 GLORY-FS, 대규모 분산 데이터 관리 시스템인 GLORY-DB, 병렬처리 시스템인 GLORY-DP가 있다. 이러한 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소들은 자신이 활용할 노드들의 논리적 그룹을 형성하고 이를 바탕으로 각자의 기능을 수행하게 된다. 이를 위해



GLORY-CL은 각 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성요소가 요청하는 클러스터 자원을 적절하게 분배하고 관리하는 기능을 수행한다. 이를 위한 기능으로서 풀(pool) 관리를 수행하고 있다. 현재 클라우드 서비스가 급속히 성장하는 데 걸림돌이 되고 있는 다양한 제약사항 중에 보안성 문제가 가장 큰 문제로 부각되고 있다. 즉 사용자는 자신이 활용할 데이터가 다른 사용자들이 사용하는 데이터와 함께 저장되어 운영되는 상황을 우려하고 있다. 이러한 우려를 씻기 위해서는 기업별로 별도의 공간에 데이터를 수용하는 방법은 큰 이득을 제공할 수 있다. 이를 지원하기 위해 GLORY-CL은 단일 클러스터 내에 특정 분산 플랫폼 구성요소의 인스턴스를 여러 개 지원할 수 있도록 하고 있다.

#### 4. 자동 프로비저닝 기능

자동 프로비저닝은 수천에서 수만 대의 저비용 보급형 서버들로 구성된 대규모 클러스터 환경을 관리자의 개입을 최소화하면서 빠른 시간 내에 구성할 수 있도록 필요한 운영체제 및 시스템 구성요소를 위한 소프트웨어를 각 클러스터 구성 서버들에 제공하는 것과, 이미 구성된 대규모 클러스터 환경에서 다양한 사용자의 요구를 만족시키기 위하여 가변적으로 관리되어야 하는 다양한 서비스들을 동적으로 각 서버들에 제공하는 것이다. 이를 위해 제공되는 기능은 다음과 같다.

- 이미지(image) 프로비저닝
- 소프트웨어 스트리밍 프로비저닝
- 소프트웨어 자동 configuration
- 확장성 지원을 위한 proxy 및 bittorrent 지원

#### 5. 분산 자원 모니터링 기능

클러스터를 구성하는 각 노드들의 상태를 상시적으로 모니터링 함으로써 대규모 사용자 및 클러스터 관리자에게 언제나 안정적인 서비스를 제공하는 것이 분산 자원 모니터링 기능의 주요 목적이다. 이를

통하여 클러스터의 규모가 대규모로 확장되더라도 관리자의 수를 최소화 할 수 있으며, 노드 장애 발생 시 자동으로 대처할 수 있는 클러스터 시스템을 구축할 수 있어 보다 안정적인 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 이러한 자동화된 관리를 통해 클러스터를 구성하는 각 서버 노드를 고비용의 특수 서버에서 저비용의 보급형 서버로 대체할 수 있게 하여 전체적인 클러스터 구성 및 운용비용을 절감할 수 있다. 분산 자원 모니터링의 기능은 다음과 같다.

- 노드의 aliveness 및 다양한 부하정보 수집
- 모니터링 대상 소프트웨어의 aliveness(프로세스 상태) 판별
- 모니터링 대상 프로세스별 자원 사용정보 수집
- 다단계 이상유무 감지 및 보고
- 통계 데이터 지원
- 모니터링 항목 동적 추가/제거

#### 6. 서비스 관리 기능

대규모 클러스터에서 운영되는 특정 서비스를 사용하는 사용자는 시간에 따라 매우 가변적인 사용량을 보여준다. GLORY-CL의 서비스 관리 블록은 최종 사용자에게 서비스를 제공하는 서비스 노드들의 부하를 기반으로 해당 서비스를 제공하는 노드의 수를 자동 또는 수동으로 재설정하는 기능을 제공함으로써 서비스의 동적 확장 및 축소를 지원하며, 이를 통해 서비스 노드들의 자원 활용률을 최대화하여 서비스 운영비용을 최소화 한다. 또한 특정 노드에서 수행되는 서비스에 장애가 발생한 경우, 해당 서비스 노드를 자동으로 제거하고 새로운 노드를 할당하여 서비스를 재개함으로써 서비스의 가용성을 보장한다. 특정 서비스를 제공하는 노드가 추가, 삭제되는 경우 해당 서비스를 위한 부하 분산을 담당하는 L4 스위치 또는 LVS 시스템의 설정도 변경되어야 하며 이러한 로드 밸런서(L4, LVS)의 설정 변경 기능도 제공한다. 서비스 관리 블록이 제공하는 기능은 다음과 같다.

- 서비스 부하에 따른 노드 규모 재설정
- L4, LVS 등의 로드밸런서 관리 및 설정
- 서비스의 추가/삭제/수정
- 서비스 소프트웨어 설치/제거 관리
- 서비스 상태 및 운용관리(시작/재시작/중지 포함)
- 서비스 장애 감지 및 자동 재구성

## IV. 결론

본 고에서는 2007년부터 한국전자통신연구원을 중심으로 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅연구원과 함께 공동연구로 진행한 대규모 클러스터 관리 시스템에 대하여 기술하였다. 대규모 클러스터 관리 시스템은 다양한 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하기 위한 기본 공통 플랫폼 기술로서 클라우드 컴퓨팅을 위한 핵심 기반 기술 확보와 클라우드 서비스 생태계 활성화를 위해 매우 큰 중요성을 가진다. 대규모 클러스터 관리 시스템을 바탕으로 가상화 기술, 서비스 개발 환경, 다양한 공통 미들웨어 및 애플리케이션 API를 확장해 나감으로써 다양한 형태의 클라우드 서비스 제공이 가능할 것이다. 대규모 클러스터 관리 시스템을 포함하고 있는 ‘저비용 대규모 글로벌 인터넷 서비스 솔루션(GLORY)’은 이러한 점에서 향후 클라우드 컴퓨팅 환경을 위한 초석이 될 것이다.

## 약어 정리

CRM	Customer Relationship Management
DB	DataBase
EaaS	Everything as a Service
EC2	Elastic Compute Cloud
GLORY	GLobal Resource management sYstem
GLORY-CL	GLobal Resource management sYstem-Cluster management system
GLORY-DB	GLobal Resource management sYstem-DataBase management system
GLORY-DP	GLobal Resource management sYstem-Distributed Parallel processing system
GLORY-FS	GLobal Resource management sYstem-File System
IaaS	Infrastructure as a Service
L4	Layer 4
LVS	Linux Virtual Server
PaaS	Platform as a Service
S3	Simple Storage Service
SaaS	Software as a Service

## 참고 문헌

- [1] 한국정보산업연합회, “클라우드 컴퓨팅 활성화를 위한 과제와 방안,” FKII ISSUE REPORT 2009-01, 2009년 3월.
- [2] 정제호, “클라우드 컴퓨팅의 현재와 미래, 그리고 시장전략,” 한국소프트웨어진흥원 소프트웨어(SW)인사이트 정책리포트, 2008년 10월.