

---

# 클라우드 환경에서 응용에 맞는 일관성의 적용

김치연\*

## An Adaptation of Consistency Criteria for Applications in the Cloud

Chi-Yeon Kim\*

### 요약

클라우드 컴퓨팅 환경에서는 기업이나 사용자가 실제로 소유하지 않은 컴퓨터 자원을 필요한 만큼 쓸 수 있다. 페이스북 북과 같은 웹 2.0 응용의 경우, 서비스의 최대 수요를 예측하기 힘들다. 하지만 클라우드 컴퓨팅을 이용하면 많은 비용을 들이지 않고 수요를 만족시킬 수 있기 때문에 점점 넓게 대중화되고 있다. 클라우드 컴퓨팅의 장점 중 하나는 고가용성의 제공이다. 비공유 구조인 클라우드 컴퓨팅에서 고가용성을 제공하기 위해서는 기존의 강한 일관성을 그대로 적용할 수 없다. 궁극적 일관성과 같이 전통적 일관성을 완화한 기준들이 제안되었고, 많은 응용들에서 채용되고 있다. 이 논문에서는 클라우드 컴퓨팅에서 적용가능한 다양한 일관성 기준들에 대하여 고찰하고, 클라우드 환경에서 수행되는 각 응용들에 적합한 일관성 기준에 대하여 논의한다.

### ABSTRACT

In cloud computing, a enterprise or a client can use resources of computers that they are not own them. In case of Web 2.0 applications, such as Facebook, it is difficult to predict the maximum popularity of the service. But, the cloud computing may give a solution about this problem without high cost, thus becomes wildly popular. One of the advantage of cloud computing is providing a high availability. To provide the availability when the cloud computing that has shared-nothing architecture, strict consistency is not well with cloud computing. So, some consistency was proposed including the eventual consistency that was weaken the traditional consistency and has been adopted to many cloud applications. In this paper, we observe various consistency criteria that can adjust to cloud computing and discuss about some consistency that can be adapted to many applications of cloud computing.

### 키워드

Cloud computing, Availability, Elasticity, Eventual consistency, Weak consistency  
클라우드 컴퓨팅, 가용성, 유연성, 궁극적 일관성, 약한 일관성

## 1. 서론

최근 스마트 폰이나 태블릿 PC와 같은 이동성과 컴퓨팅 능력을 가진 장치의 보급이 일반화됨에 따라, 데스크 탑이 아닌 이동 장치에서 수행 가능한 응용

프로그램들이 많이 개발되고 있다[1]. 특히, 구글의 검색 엔진이나 페이스북 북과 같은 응용들은 데스크 탑에서 뿐만 아니라 이동 장치에서도 수시로 수행된다. 이들 응용의 특징은 서비스의 수요를 예측하기 어렵다는데 있다. 즉, 특정 시간이나 순간에 시스템의 하드웨어와

---

\* 목포해양대학교 해양컴퓨터공학과(gegujang2@mmu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 06

심사(수정)일자 : 2012. 03. 19

게재확정일자 : 2012. 04. 07

소프트웨어가 처리할 수 있는 최대 부하를 넘어서는 서비스 요청이 발생할 수 있고, 이렇게 되면 고객의 요청은 지연되거나 무시되어 서비스의 질이 떨어지게 된다. 서비스 제공자의 입장에서 작업 부하의 변동폭이 큰 서비스의 질을 개선하는 한 가지 방법은 최대 부하에 맞도록 시스템 하드웨어나 소프트웨어를 준비하는 것이다. 하지만 이것은 물리적으로 많은 비용을 필요로 하고, 활용도가 떨어지기 때문에 좋은 대안이 아니다.

클라우드 컴퓨팅은 유틸리티 컴퓨팅처럼 기업이나 사용자가 실제로 소유하지 않은 소프트웨어나 플랫폼, 심지어 허부 구조까지도 필요한 만큼 동적으로 빌려 쓰고, 사용한 만큼 비용을 지불하는 방식을 사용한다 [2]. 따라서 앞서 언급한 작업 부하의 변동 폭이 큰 응용 프로그램의 서비스 질을 개선하는 좋은 방법이 될 수 있다. 클라우드 컴퓨팅은 새로운 패러다임이라기보다 과거의 그리드 컴퓨팅, 유틸리티 컴퓨팅, 병렬 처리 및 분산 시스템 등의 특징이 복합되어 있는 패러다임이라 할 수 있다.

클라우드란 ‘온라인 상의 컴퓨팅 자원’으로, 대규모 데이터가 저장된 데이터 센터의 하드웨어와 소프트웨어를 의미한다[3]. 클라우드 컴퓨팅 환경은 데이터 서비스 모델과 배포 모델로 분류할 수 있다. 데이터 서비스 모델은 인터넷에 접속 가능한 사용자라면 누구나 사용할 수 있는 공용 클라우드와 특정 기업이나 특정 사용자만을 대상으로 하는 사설 클라우, 그리고 두 가지 성격을 동시에 가진 복합 클라우드로 분류할 수 있다[3][4].

배포 모델은 SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service) 등으로 분류할 수 있다[4]. 이 중 SaaS의 형태가 가장 널리 적용되고 있으며, 아마존의 AWS, 구글의 AppEngine, 그리고 마이크로소프트사의 Azure등이 대표적인 예이다[5]. 클라우드 컴퓨팅이 일반화될수록 기존의 소프트웨어 개발 회사들이 서비스 회사로 변화하고 있으며, 아마존이나 구글 같은 소프트웨어 개발과 비교적 관련 없는 기업들이 클라우드 컴퓨팅 환경을 주도해 나가고 있다.

클라우드 컴퓨팅 환경은 다양한 구조를 가질 수 있지만 기본적인 구성요소인 데이터 센터의 구조는 그림 1과 같다. 그림 1은 단위 데이터 센터의 구조를

보여주는데 구성 요소로는 클라이언트, 웹 서버와 응용 서버, 그리고 데이터베이스 서버를 포함하는 서버층, 그리고 저장장치로 구성된다[5]. 데이터 센터 안에는 여러 개의 클러스터가 존재하고, 각 클러스터에는 다수의 서버로 구성된 랙이 있다. 각 데이터 센터들은 인터넷 망을 연결됨으로써 클라우드 컴퓨팅 환경을 구성하게 된다.

클라우드 컴퓨팅 환경이 과거의 컴퓨팅 환경과 구별되는 특징들은 분산/병렬처리, 확장성, 유연성, 높은 가용성과 낮은 지연, 다양한 수준의 QoS 등이다[6]. 최근 가상화 등 클라우드의 핵심 기술들에 대한 연구가 활발한 가운데, 클라우드가 활성화되기 위해 선결되어야 할 문제점과 고려사항에 대한 연구도 활발하다. 구체적인 문제점들로는 서비스 가용성과 데이터 기밀성, 전송 지연과 같은 기술적인 측면에서의 고려 사항과 안정성, 데이터 보안성, 정보 유출에 대한 이용자 측면에서의 고려 사항 등이 있다[3][4].

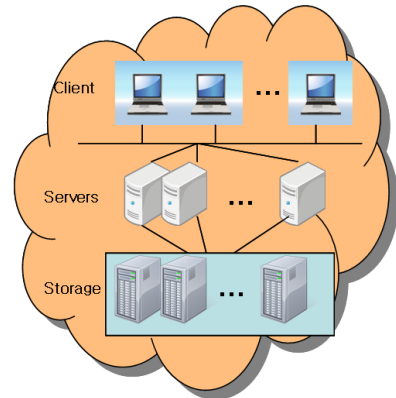


그림 1. 데이터 센터의 구조  
Fig. 1 Architecture of data center

이 논문에서는 클라우드 컴퓨팅 환경의 다양한 이슈 중 데이터 일관성에 관해 다루고자 한다. 클라우드 환경에서 데이터 일관성을 유지하기 위해 고려해야 할 사항과 다양한 응용에서 데이터 일관성을 유지하기 위해 고려해야 할 사항들을 분석한다.

클라우드 컴퓨팅 환경에서 반드시 달성해야 할 목표는 데이터 가용성(availability)과 유연성(elasticity)이다[7][8]. 가용성은 사용자가 서비스를 요청하는 시점에서 데이터의 늘 접근이 가능해야 하는 특성이다.

클라우드 컴퓨팅 환경은 필요에 따라 규모의 확장과 수축이 가능하여 늘 변화할 수 있으므로 규모의 변화에 상관없이 가용성을 보장하는 것은 중요하다. 유연성은 자원이 필요할 때마다 원하는만큼 빌려쓰는 성질이다. 여기에 추가하여, 데이터 측면에서 달성되어야 할 중요한 특징은 데이터 일관성이다. 클라우드 컴퓨팅이 갖는 고유의 특성으로 인하여 기존의 분산 데이터베이스 시스템에서 사용하던 일관성 기준을 그대로 적용할 수 없기 때문에 클라우드 환경에 적합한 일관성 기준이 필요하다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 클라우드 컴퓨팅 환경에서 데이터 가용성과 일관성을 다룬 기존의 연구들에 대하여 살펴보고, 3장에서는 클라우드 환경의 다양한 응용에 적용할 일관성 기준의 선택 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 제안하는 방법의 효율성에 대하여 기술하며, 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

## II. 관련 연구

이 장에서는 기존의 분산 시스템과 클라우드 컴퓨팅 환경에서 데이터의 가용성과 일관성을 다룬 연구들에 대하여 기술한다.

클라우드 환경의 분산된 각 노드들은 네트워크로 연결되어 있다. 네트워크로 연결된 노드를 가진 분산 시스템에서는 통신 장애로 인한 분할이 언제든지 발생할 수 있다. [9]에서는 분할이 발생할 수 있는 분산 환경에서 가용성과 일관성을 동시에 제공하기 어렵다는 CAP (Consistency, Availability, Partition-Tolerant) 이론을 제안하였다. 전통적인 데이터베이스 시스템에서 사용되는 강한 일관성과 높은 가용성을 동시에 제공하기 어렵다는 의미이다. 강한 일관성을 유지하려면 사용자의 요구가 지연되거나 종종 거절되기도 한다. 하지만 클라우드 컴퓨팅에서 달성해야 할 첫 번째 목표는 고가용성이다. 따라서 클라우드 컴퓨팅에서는 가용성을 위해 일관성을 완화해야 할 필요가 생기게 된다. 하지만 기존의 분산 시스템에서 사용되던 강한 일관성을 완화하게 되면, 트랜잭션의 ACID 특성 또한 유지하기 어렵게 된다. 이 연구에서는 비동기적 모델과 부분 동기적 모델에서 분할이 존재할 때 가용성과 일관성의 실현가능성에 대

해 다루었다.

[10]에서는 클라이언트-서버구조에서 적용할 수 있는 다양한 일관성 기준에 대하여 기술하였다. 전통적인 기준인 강한 일관성부터 클라우드 환경에 적용할 수 있는 완화된 일관성들을 기술하였다. 클라우드 환경에 효율적인 일관성 기준은 전통적인 환경에서 사용하는 기준과는 달라야 한다. CAP 이론에서도 언급한 바와 같이 클라우드 환경의 가장 큰 특징은 유연한 확장성과 고가용성을 제공하는 것이기 때문에 이를 위해서는 강한 일관성을 제공할 수 없기 때문이다[11][12][13]. 표 1에 다양한 일관성 기준들을 정리하였다. 이들 기준 중 클라우드 환경에서 가장 많이 활용되는 완화된 일관성은 궁극적 일관성이다. 아마존의 SimpleDB와 S3, 구글의 BigTable 등에서 궁극적 일관성을 사용하고 있다.

[5]에서는 클라우드 컴퓨팅의 기반이 될 수 있는 다섯 가지 분산 데이터베이스 구조에 대하여 다루었다. 이 연구에서 분류한 데이터베이스 구조는 서버와 데이터베이스로 구성된 가장 전형적인 구조에서부터 데이터베이스를 분할한 구조, 중복이 존재하는 구조, 클라우드 컴퓨팅에 가장 가까운 분산 제어 구조, 마지막으로 캐시를 사용하는 구조로 분산시스템이 발전해 온 구조를 모두 나열하고 있다. 이 연구에서 기술한 중복과 분산 제어, 캐싱 구조 등은 클라우드에서도 적용 가능하다.

[14]에서는 클라우드 환경에서 수행되는 구체적 응용에 적용되는 일관성 기준과 적용 방법에 대하여 기술하였다. 클라우드 컴퓨팅의 응용 분야를 3개의 카테고리로 구분하고, 가용성과 일관성을 유지하기 위한 방법을 제안하였다. 카테고리 A는 은행 계정 시스템과 같이 일관성의 위배가 큰 패널티를 가져오는 경우로, 가장 강한 일관성인 직렬성(serializability)이 적용되어야 한다. 카테고리 C는 고객의 구매 선호도나 로깅 데이터와 같이 임시적인 비일관성이 발생하더라도 큰 문제가 되지 않는 경우로, 강한 일관성보다 완화된 세션 일관성을 적용할 수 있음을 보였다. 상품의 재고 수량(또는 비행기 좌석 예약)과 같은 데이터는 그 수량이 많을 때는 어느 정도의 비일관성이 문제되지 않으나, 재고 수량이 0에 가까워지면 초과 판매를 하지 않기 위해서 강한 일관성을 적용해야 한다. 따라서 데이터가 세션 일관성과 직렬성이라는 두 개의 일관성 기준을 필요에 따라 적절하게 사용할 수 있는 데이터를 카테고리 B로

분류하였다.

표 1. 다양한 일관성 기준들  
Table 1. Various consistency criteria

일관성 기준	설 명
strong	갱신이 완료된 후에는 반드시 갱신된 값을 판독한다.
weak	갱신 후 연속된 접근이 반드시 갱신된 값을 반환함을 보장할 수 없다. 갱신이 완전히 반영될 때까지 비일관적 원도우가 존재한다.
eventual	약한 일관성의 변형으로, 객체에 대해 새로운 갱신이 없다면 궁극적으로 모든 접근은 가장 최근의 값을 반환할 것을 보장한다.
casual	데이터를 갱신한 프로세스와 통신하는 프로세스는 갱신된 값을 접근하고, 캐주얼 관계가 없는 프로세스가 접근하는 값은 궁극적 일관성에 따른다.
read-your-write	캐주얼 일관성의 특별한 경우로, 갱신한 이후에는 항상 갱신된 값만 접근해야 하며, 절대 이전 값을 볼 수 없다.
session	read-your-write의 실용적 버전으로, 하나의 세션 안에서 read-your-write 일관성을 보장한다.
monotonic read	특정한 값을 한 번 접근한 프로세스의 연속적인 접근은 절대 이전 값을 접근할 수 없다.
monotonic write	동일 프로세스에 의한 기록은 직렬화되는 것을 보장한다.

### III. 일관성 기준의 적용

이 장에서는 클라우드 환경에서 데이터 일관성과 관련된 데이터의 특징과 다양한 응용에서 필요한 일관성 기준에 대하여 기술한다.

#### 3.1. 클라우드 환경에서 데이터 관리의 특징

##### 1) 넓은 지역에 분산, 중복된 데이터

기존의 분산 데이터베이스 시스템과 마찬가지로 클라우드 환경의 데이터도 분산, 중복되어 있으나, 클라

우드 환경의 데이터 저장소는 전세계적으로 넓은 지역에 걸쳐 분산되어 있다[15]. 아마존의 SimpleDB는 미국 동부와 서부, 아일랜드, 그리고 싱가포르에 4개의 데이터 저장소를 가지고 있고, 이들 데이터들은 일반적으로 3~4개의 노드에 중복 저장되어 있다.

##### 2) 데이터의 크기

클라우드의 스토리지 대표 서비스 중 하나인 아마존의 S3의 경우 허용되는 데이터(객체)의 크기는 1B~5G이다. S3에서 각 객체는 버킷과 연관되어 다루어진다.

##### 3) 많은 읽기 연산

현재까지 클라우드 환경에서 수행되는 대부분의 응용들은 데이터를 읽기 위한 접근이 대부분이거나 읽기 전용으로 구성되어 있다. 읽기 연산의 높은 비중은 클라우드 환경에서 중복 관리나 일관성 기준의 채택에 영향을 미칠 수 있다.

##### 4) 비공유 구조

클라우드 컴퓨팅을 구성하는 노드들은 비공유 구조로 연결되어 있다. 비공유 구조란 대규모의 노드를 가진 시스템에 적합한 구조로, 로컬 디스크와 주기억 장치를 가진 독립적인 장치들을 고속의 LAN으로 연결한 구조이다[15][16]. 이 구조를 응용하면 노드들을 몇 개의 파티션으로 분할하여 병렬 처리를 수행하면 높은 성능을 얻을 수 있다. 이 구조가 클라우드에 적합한 이유는 수시로 규모를 확장하거나 수축하기 쉽기 때문이다. 하지만 이로 인해 트랜잭션의 ACID 특성을 유지하기 어렵고, 잠금 기법이나 2단계 완료 프로토콜처럼 많은 메시지 교환이 요구되는 제어 방법은 사용하기 어렵다. IBM의 DB2 등 많은 상용 데이터베이스 시스템에서 비공유 구조를 채택하고 있다.

#### 3.2. 응용에 따른 일관성의 적용

클라우드 응용에서 효율적인 일관성 기준을 찾기 위하여 데이터와 응용의 특징에 따라 몇 가지로 분류하였다. 일반적으로 가장 많이 적용되는 궁극적 일관성과 그보다 강한 read-your-write, monotonic read의 다양한 적용 방법에 대해 기술한다.

궁극적 일관성과 read-your-write의 차이점은, 데

이터를 접근하는 동안 수행되는 스레드나 프로세스의 수에 따라 다르다[11]. 하나의 스레드 안에서 데이터를 접근할 때, 가장 최신의 갱신이 판독과 같은 스레드에 존재한다면 반드시 새로운 값이 판독되어야 한다. 하지만 궁극적 일관성은 이 조건을 만족하지 못한다.

monotonic read에서는 연속하는 판독 연산이 적어도 이전에 접근한 데이터보다 최신의 데이터를 접근해야 한다. 이는 다수의 데이터 요소들을 접근할 때 유용하다. read-your-write와 마찬가지로 궁극적 일관성은 monotonic read를 만족하지 못한다. 따라서 read-your-write와 monotonic read는 궁극적 일관성보다 강한 일관성이다.

#### 1) 단일 일관성 적용

현재까지 실현된 클라우드 응용의 대부분은 웹에 기반하고 있다. 웹 상점의 경우, 상품의 재고량이나 사용자의 선호도, 사용자의 계정 관련 정보나 로깅 정보 등 다양한 데이터가 존재한다. 이 중, 사용자 선호도나 로깅 정보 등은 일시적인 비일관성을 허용할 수 있으므로, 궁극적 일관성과 같은 완화된 일관성이 적용가능하다.

단일 일관성을 적용한다 하더라도 웹 2.0의 블로그나 페이스북, 트위터 등의 응용에서는 궁극적 일관성보다 강한 일관성 기준을 적용해야 한다. 빠르게 결과를 반영해야 하고 정확한 순서로 반영하는 것이 필요하기 때문이다. 그런 관점에서 구글 Docs와 같이 협업 프로그램을 통한 데이터 편집도 강한 일관성을 적용하는 것이 필요하다.

#### 2) 동적 일관성 적용

하나의 데이터나 응용에 두 개 이상의 일관성이 동적으로 적용되어야 하는 경우이다.

##### - 데이터에 따른 동적 일관성의 적용

위에서 언급한 웹 상점의 예에서, 상품의 재고 정보는 남은 수량이 충분한 경우에는 완화된 일관성을 적용해도 크게 문제가 되지 않는다. 하지만 재고가 일정 수량 아래로 감소한다면 초과 판매를 하지 않기 위해서 일관성을 상향 조정하는 것이 필요하다. 특정 상품 X에 대한 재고량 데이터는 재고가 충분할 때와 그렇지 않을 때 적용해야 할 일관성 기준이 달라야 한다는 의미이다. 이 때 일관성 기준을 동적으로 스위

칭하는 기준은 데이터의 값(재고량)이 될 수 있고, 경제 값은 응용에 따라 동적으로 결정될 수 있다. 동일한 원리의 적용은 비행기 좌석 판매와 같은 전통적인 데이터베이스 응용이 클라우드 환경에 적용되었을 때 도 마찬가지이다.

##### - 응용의 문맥에 따른 동적 일관성의 적용

온라인 경매의 경우, 경매 마감시간이 가까워질수록 정확한 낙찰가를 유지하는 것이 중요하다. 따라서 온라인 경매의 경우에는 시간에 따라 경매 시스템에서 접근하는 데이터에 대한 일관성 기준이 달라질 수 있다. 즉, 동일한 데이터라 할지라도 경매 초기에 적용하는 일관성 기준과 마감 시간 부근에 적용하는 일관성 기준은 달라질 수 있다. 마감 시간에 가까워질수록 비일관적인 윈도우가 발생하지 않아야 한다. 이 경우는 일관성을 동적으로 스위칭하는 기준은 응용에 따라 달라진다. 경매 시스템의 경우에는 시간이 스위칭의 기준이 될 수 있다. 동적으로 스위칭되는 일관성 기준은 궁극적 일관성에서, read-your-write로, 또는 monotonic read등으로 조합될 수 있다.

## V. 분석

클라우드 환경에서 고려해야 할 첫 번째 항목은 고가용성의 제공이다. 이를 위해서는 전통적인 환경에서 사용하던 강한 일관성의 완화가 필요하게 되었다.

클라우드 컴퓨팅 환경에서 적용할 일관성의 강도에 따라 성능과 비용이 결정되게 된다. 제약이 강할수록 성능은 저하되고 비용은 증가한다. 궁극적 일관성보다는 read-your-write나 monotonic read를 적용할 때 비용과 시간이 더 필요하다. 하지만 최근의 연구들에서는 완화된 궁극적 일관성 보다 강한 일관성의 필요에 대하여 언급하고 있고, 클라우드 환경의 여러 응용들이 궁극적 일관성 보다는 강한 일관성을 필요로 하는 응용이 많음을 알 수 있다. 이 때 응용 전체나 데이터에 대해 한 종류의 강한 일관성을 적용하는 것 보다는 컨텍스트나 의미에 따라 완화된 일관성과 강한 일관성을 동적으로 적용하는 것이 효율적이다.

데이터별로 달성해야 할 일관성 기준을 명세하는 것도 방법이다. 즉, 데이터 항목 x는 궁극적 일관성으로 접근하고, y는 read-your-write로 접근하도록 설

정하는 것도 방법이다. 이렇게 되면 하나의 응용에서 일관성 기준이 다른 여러 데이터를 접근하게 된다. 웹 응용의 재고량의 데이터를 보면, 데이터의 값에 따라 일관성이 달라질 뿐, 데이터 자체에 일관성 기준을 달리하는 것은 효율이 떨어진다. 또한 많은 응용들을 살펴보면 하나의 데이터라 할지라도 데이터 값이나 시간에 의해 다른 일관성으로 스위칭 되는 것이 더 효율적이라는 것을 알 수 있다.

## VI. 결론

클라우드 컴퓨팅은 기존의 분산 중복 데이터베이스 시스템이 진화한 환경이다. 현재 여러 가지 다양한 응용들이 개발되고 있으며, 가상화 기술 등 핵심 기술들에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

이 논문에서는 클라우드 컴퓨팅 환경에서 다루어지는 데이터의 특성과 일관성의 측면을 고찰하였다. 아직 충분한 연구가 진행되지 않은 클라우드 환경의 데이터 관리를 위해, 기 제안된 일관성 기준들을 분석하고, 클라우드 환경에서 수행가능한 다양한 응용들에 적합한 일관성 기준을 고찰하였다.

현재까지 클라우드 컴퓨팅 환경에서 가장 일반적으로 받아들여지는 일관성은 궁극적 일관성이다. 하지만 일관성을 완화했을 때 발생하는 여러 문제점들을 지적하는 연구도 많은 만큼, 고가용성이 중요한 클라우드 환경이라 할지라도 적절한 강도를 가진 일관성 기준을 적용하는 것이 필요하다. 따라서 일반적으로 많이 사용되는 궁극적 일관성과 세션 일관성, read-your-write, monotonic-read등의 일관성을 적절히 적용하는 방법이 필요하다.

향후에는 클라우드 컴퓨팅에서의 중복 관리에 대해서 다루고자 한다. 클라우드 컴퓨팅 환경에서 응용들이 기록 연산을 많이 포함하고 있지는 않지만, 여러 노드에 중복된 데이터들은 낮은 비율의 갱신이라 하더라도 클라우드 컴퓨팅 환경의 제약을 고려한 중복 관리 방법을 필요로 한다. 이를 위한 노드 구조의 중복 관리 알고리즘에 대해 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 이태웅, 손철수, 김원중, "스마트 폰에서 인터넷 사이트 정보 재가공에 대한 연구", 한국전자통신학회논문지, 6권, 2호, pp. 319- 324, 2011.
- [2] 박경욱, 김경욱, 반경진, 김응곤, "클라우드 기반 센서 데이터 관리 시스템 설계 및 구현", 한국전자통신학회논문지, 5권, 6호, pp. 672~677, 2010.
- [3] Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Owenski, Gunho Lee, David Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, and Matei Zaharia, "A View of Cloud Computing", Communications of the ACM, Vol. 53, No. 4, April 2010.
- [4] 테이코 산업 연구소, "클라우드 컴퓨팅, 차세대 컴퓨팅 기술/시장 동향과 사업 전략", 테이코 산업 연구소, pp. 25-27, 2010.
- [5] D. Kossmann, T. Kraska, S. Loesing, "An Evaluation of Alternative Architectures for Transaction Processing in the Cloud", In ACM International Conference on Management of Data, pp. 579-590, 2009.
- [6] 이경하, 최현식, 정연돈, "클라우드 컴퓨팅에서의 대용량 데이터 처리와 관리 기법에 관한 조사", 한국정보과학회, 데이터베이스, 38권, 2호 pp. 104-125, 2011.
- [7] D. Adabi, "Data management in the cloud : Limitations and Opportunities", <http://sites.computer.org/debull/A09mar/abadi.pdf>, 2009.
- [8] J. E. Armendariz, N. I. Ruiz-Fuertes, "Transaction Consistency in the Cloud : Old Paradigms Revisited", Technical Report 2010-4, University of California, Santa Barbara, UCSB, Mar. 2010.
- [9] S. Gilbert, N. Lynch, "Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services", SIGACT News, Vol. 33, No. 2, pp. 51-59, 2002.
- [10] W. Vogels, "Eventually Consistent", Communication ACM, Vol. 52, No. 1, pp. 40-44, 2009.
- [11] Hiroshi Wada, Alan Fekete, Liang Zhao, Kevin Lee, and Anna Liu. "Data consistency properties and the trade-offs in commercial cloud storages: The consumers perspective", In 5th Biennial Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR), pp. 134-143, Asilomar, CA, USA, January 2011.
- [12] D. Florescu and D. Kossmann, "Rethinking

- Cost and Performance of Database Systems", SIGMOD Rec., Vol. 38, No.1, pp.43-48, 2009.
- [13] C. Binnig, D. Kossmann, "How is the whether tomorrow? towards a benchmark for the cloud", In Proceedings of DBTest, pp. 1-6, 2009.
- [14] T. Kraska, M. Hentschel, G. Alonso, D. Kossmann, "Consistency Rationing in the Cloud : Pay only when it matters", International Conference on Very Large DataBases, August 2009.
- [15] A. Pavlo, E. Paulson, A. Sasin, D. J. Adabi, D. J. DeWitt, S. Madden, and M. Stonebraker, "A Comparison of Approaches to Large-scale Data Analysis", In Proceedings of SIGMOD, pp. 165-278, 2009.
- [16] M. Stonebraker, "The Case for Shared Nothing", IEEE Data Eng. Bulletin, Vol. 9, No. 1, pp. 4-9, 1986.

### 저자 소개



#### 김치연(Chi-Yeon Kim)

1992년 전남대학교 전산통계학과  
졸업 (이학사)

1994년 전남대학교 대학원 전산통  
계학과 졸업(이학석사)

1999년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학  
박사)

2002년~현재 목포해양대학교 해양컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, 전자상거래