

## P2P 클라우드 스토리지에서 비디오 전송을 위한 계층적 오버레이 구조

이 경진 · 김은삼\*  
홍익대학교 컴퓨터공학과

### A hierarchical overlay structure for video transmission in P2P cloud storage systems

Kyung-Jin Lee · Eunsam Kim\*

Department of Computer Engineering, Hongik University, Seoul 02044, Korea

#### [요 약]

기존 서버 기반의 클라우드 시스템에서의 높은 설치 및 유지비용 문제를 해결하기 위해 최근 P2P 클라우드 스토리지에 대한 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 비디오 전송을 위한 P2P 클라우드 스토리지 시스템에서 재생 품질을 향상시키는 계층적인 오버레이 구조를 제안한다. 이 구조에서는 현재 접속 중인 피어들의 유사성을 기반으로 피어들을 클러스터링해서 하나의 그룹을 생성한 후 각 그룹 내에서 물리적인 인접성을 고려해서 피어들을 지역별로 서브그룹으로 다시 구성한다. 따라서 특정 비디오에 대한 재생이 요청되면 지역성을 고려해서 소스 피어들을 선택하여 전송 지연 시간을 최소화할 수 있다. 마지막으로 실험을 통해서 본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조가 임의로 소스 피어를 선택하는 구조에 비해 성능이 우수하다는 것을 보인다.

#### [Abstract]

To address the problems caused by such high installation and maintenance cost in the conventional server-based cloud systems, researches on P2P cloud storages have been conducted recently. In this paper, we propose a hierachical overlay structure that can improve the playback quality in P2P cloud storage systems for video transmission. In this structure, after we make groups by clustering the participating peers based on their similarities, we construct subgroups by geographically dividing the peers belonging to a specific group considering the physical proximities among them. Therefore, when a request for video playback is issued, we can minimize the transmission delay by selecting the source peers depending on their locality. By simulations, we show that our proposed hierarchical overlay structure considering the peers' locality outperforms the structure where source peers are selected randomly.

**Key word** : P2P cloud storage, Hierarchical overlay structure, Video playback, Locality, Grouping

**색인어** : P2P 클라우드 스토리지, 계층적 오버레이 구조, 비디오 재생, 지역성, 그룹핑

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.1.133>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 12 October 2016; **Revised** 24 October 2016

**Accepted** 25 February 2017

**\*Corresponding Author; Eunsam Kim**

**Tel:** +82-02-320-3011

**E-mail:** eskim@hongik.ac.kr

## 1. 서론

최근 네트워크와 저장 장치 등의 컴퓨터 기술의 발전으로 클라우드 컴퓨팅이 등장하였다. 클라우드 컴퓨팅은 인터넷을 기반으로 IT 자원들을 서비스 형태로 제공하는 컴퓨팅 환경이다 [1,2,3,4]. 현재까지 대부분의 클라우드 컴퓨팅 기술들은 클라이언트/서버 구조를 기반으로 개발되었다. 따라서 서비스 제공자 입장에서는 막대한 IT 자원을 투입해서 대규모 데이터 센터를 구축해야 하며 유지보수 비용도 매우 높다.

이러한 설치 및 유지비용의 문제를 해결하기 위해 P2P (Peer-to-Peer) 클라우드 스토리지 시스템이 등장하였다[5]. P2P 클라우드 스토리지는 각 피어로부터 로컬 저장 공간의 일부를 기부 받아 인터넷 상의 가상의 저장 공간을 생성 한 후에 각 피어가 언제 어느 장치에서나 그 저장 공간에 접근하여 저장된 데이터에 접근할 수 있게 해주는 시스템이다. 즉, P2P 클라우드 스토리지 시스템에서는 서비스 제공자가 아닌 각 피어가 보유하고 있는 저장 공간을 이용하여 서비스를 제공하므로 서비스 확장에 대한 추가적인 비용이 발생하지 않는다.

한편 P2P 환경에서는 각 피어가 가입과 이탈을 반복하기 때문에 데이터의 가용성을 보장하기 위해 데이터를 중복해서 저장하는 기법들이 사용되어 왔다. 이 기법들에서는 데이터를 저장하고 있는 피어들의 일부가 특정 시점에 접속되어 있지 않더라도 접속 중인 피어들이 저장하고 있는 데이터만으로 원본 데이터를 확보할 수 있게 된다. P2P 클라우드 스토리지에서 데이터 중복을 제공하는 대표적인 방법은 복제(replication) 기법[6]과 erasure coding 기법[7,8]이다.

동일한 수준의 데이터 가용성을 제공하기 위해 요구되는 저장 공간의 양은 erasure coding 기법이 복제 기법보다 작기 때문에 P2P 클라우드 스토리지에서는 주로 erasure coding 기법을 사용해 왔다. 하지만 erasure coding 기법은 데이터 재생을 위해 항상 일정 수 이상의 피어로부터 인코딩되어 있는 데이터를 전송받아서 디코딩을 해야 하므로 전송 스케줄에 대한 오버헤드가 크고 계산 복잡도가 높다. 따라서 데이터 전송 지연 시간이 길어진다는 단점이 있다. 반면 복제 기법에서는 원본과 동일한 복사본(replica)을 여러 피어가 저장하고 있기 때문에 피어들로부터 데이터를 전송받은 후 바로 재생할 수 있기 때문에 지연 시간이 상대적으로 짧다.

현재까지 분산 환경에서 데이터 가용성을 보장하기 위한 두 기법에 대한 여러 연구가 진행되어 왔고[9] P2P 클라우드 스토리지를 위해 두 기법을 통합한 하이브리드 데이터 중복 기법도 제안되었다[10,11,12]. 특정 중복 기법을 통해 데이터 가용성을 보장하려는 기존의 연구 달리 이 하이브리드 기법에서는 실시간 제약 조건을 가지는 비디오의 안정적인 재생에 초점을 맞추었다.

본 논문에서는 이와 같은 비디오 전송을 위한 P2P 클라우드 스토리지 시스템에서 재생 품질을 향상시키는 계층적인 오버레이 구조를 제안한다. 이 구조에서는 각 비디오에 대해 현재

접속 중인 피어들 중에서 그 비디오의 복사본이나 erasure coding을 위한 프래그먼트(fragment)를 저장하고 있는 피어들을 클러스터링해서 하나의 그룹을 생성한다. 또한 각 그룹 내에서 물리적인 인접성을 고려해서 피어들을 지역별로 서브그룹으로 다시 구성한다. 따라서 특정 비디오에 대한 재생이 요청되면 기본적으로 지역성을 고려해서 같은 서브그룹 내의 피어들을 우선적으로 선택하여 전송 지연 시간을 최소화할 수 있다.

마지막으로 실험을 통해서 본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조가 지역성을 전혀 고려하지 않고 임의로 소스 피어를 선택하는 구조에 비해 성능이 우수하다는 것을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 P2P 클라우드 스토리지 시스템에 대한 관련 연구에 대해 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 P2P 클라우드 스토리지에서 비디오 전송을 위한 계층적 오버레이 구조를 기술한다. 4장에서는 실험을 통해서 본 논문에서 제안하는 계층적 오버레이 구조와 임의로 소스 피어를 선택하는 구조의 성능을 비교 분석한다. 마지막 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

P2P 클라우드 스토리지는 기존 데이터 센터 기반의 클라우드 시스템 수준의 데이터 가용성을 보장하는 것이 필수적이다. 하지만 P2P 환경에서는 기존 클라우드 시스템과 달리 각 피어의 반복적인 가입과 이탈 동작 때문에 하나의 원본 데이터로 데이터 가용성을 보장하는 것이 힘들다. 따라서 복제 기법[13]과 erasure coding 기법[14,15]과 같이 동일한 데이터를 중복해서 저장함으로써 데이터의 가용성을 보장한다.

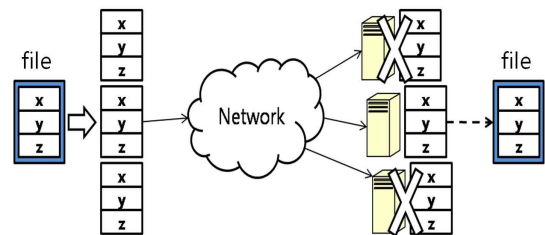


그림 1.  $k = 3$  일 때 복제 기법의 동작 예

Fig. 1. An example of replication operation when  $k = 3$

복제 기법에서는 원본 데이터에 대해  $k$ 개의 복사본을 다른 피어들이 복사하여 저장하기 때문에  $k-1$ 개의 피어들이 이탈 되더라도 원본 데이터를 확보할 수 있다. (그림 1)은  $k = 3$ 일 때 복제 기법이 동작하는 방식을 나타내며 원본 데이터의 3 배 크기에 해당하는 저장 공간이 필요하다는 것을 알 수 있다. 하지만 동일한 저장 공간으로는 erasure coding 기법보다 상대적으로 낮은 수준의 데이터 가용성을 제공한다.

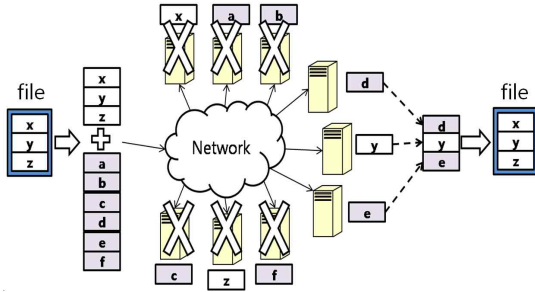


그림 2.  $s = 3, r = 6$ 일 때 erasure coding 기법의 동작 예  
 Fig. 2 An example of erasure coding's operation when  $s = 3, r = 6$

Erasure coding 기법은 네트워크 환경에서 데이터 전송할 때 에러가 발생하는 경우 해당 데이터를 복원하기 위해 사용하는 코딩 기법이다. 원본 데이터 블록을  $s$  개의 프래그먼트로 나누고  $r$  개의 프래그먼트를 추가로 인코딩한 후 피어들에게 분산하여 저장하게 한다.  $s+r$  개의 프래그먼트들 중에서  $s$  개만 확보하여 디코딩하면 원본 데이터를 다시 복원할 수 있게 된다. (그림 2)는  $s = 3$ 이고  $r = 6$ 인 경우의 erasure coding 기법을 나타낸다. (그림 1)의 복제 기법과 마찬가지로 이 기법도 저장 공간은 원본 데이터의 3 배가 필요하지만 동일한 저장 공간으로 복제 기법보다 높은 수준의 데이터 가용성을 제공할 수 있다. 하지만 여러 피어로부터 프래그먼트를 전송받아서 디코딩해야 하므로 높은 스케줄링과 계산 오버헤드로 인해 데이터 전송 지연 시간이 길어지다는 단점이 있다.

이와 같이 현재까지 P2P 클라우드 스토리지에 대한 연구는 가용성(availability)을 보장하기 위해 데이터를 효율적으로 분산하고 중복해서 저장하는 기술에 집중되어 왔고 실시간 제약 조건이 있는 비디오의 안정적인 재생 기능은 고려하지 못했다. 더구나 P2P 클라우드 스토리지에서 비디오 전송을 위한 오버레이 구조에 대한 연구는 전혀 없었다.

### III. P2P 클라우드 스토리지에서 계층적 오버레이 구조

이 장에서는 효율적인 비디오 전송을 위한 P2P 클라우드 스토리지 구조[12]와 본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조에 대해서 설명한다.

#### 3-1 P2P 클라우드 스토리지 구조

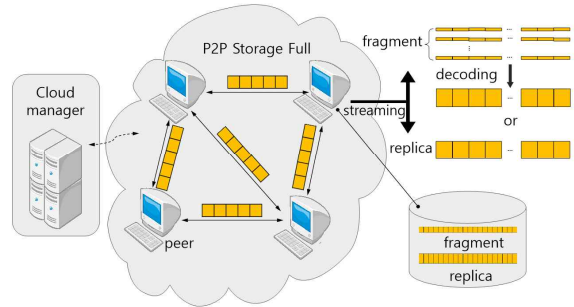


그림 3. P2P 클라우드 스토리지의 구조  
 Fig. 3. The structure of P2P cloud storage

본 논문에서 P2P 클라우드 스토리지는 (그림 3)과 같이 피어, P2P 스토리지 풀(P2P Storage Pool) 및 클라우드 관리자(Cloud Manager)로 구성된다.

먼저 피어는 자신의 로컬 저장 장치의 일부 공간을 P2P 클라우드 스토리지에 기부하면 언제 어느 장치에서나 자신이 클라우드 스토리지에 명시적으로 저장한 데이터에 접근할 수 있게 된다. 이러한 비디오 데이터를 재생하기 위해서는 P2P 스토리지 풀에 중복 저장되어 있는 데이터 중 일부를 전송받아야 한다. 이때 복제 기법에 의해 생성된 복사본 데이터를 전송받는 경우에는 전송받는 즉시 바로 재생이 가능하다. 반면 erasure coding 기법에 의해 인코딩된 프래그먼트들을 전송받는 경우에는 각 원본 데이터 블록에 대해 일정 수의 프래그먼트를 전송받아서 디코딩한 후 재생할 수 있다.

P2P 스토리지 풀은 클라우드에 참가한 각 피어가 기부한 저장 공간을 하나로 통합해서 구성한 가상의 스토리지이다. 이러한 P2P 스토리지 풀에서는 피어들이 메시 기반의 오버레이 구조로 서로 연결되게 된다.

클라우드 관리자는 P2P 클라우드 스토리지의 모든 정보를 관리한다. 각 피어의 접속 상태 및 다른 피어들과의 연결 상태, 그룹 및 서브그룹 정보, 각 비디오의 중복 데이터 저장 위치 정보 등을 관리한다. 각 피어가 비디오를 새로 저장하거나 재생 요청하는 경우에는 해당 비디오 데이터에 대한 메타 데이터 정보를 이용하여 중복 저장할 피어 혹은 재생을 위해 데이터를 전송해 줄 피어를 결정한다.

또한 본 논문에서는 데이터를 중복할 때 복제 기법의 성능과 erasure coding 기법의 저장 공간 효율성을 모두 활용할 수 있도록 두 기법을 동시에 사용한다. 즉, P2P 클라우드 스토리지에 복사본과 프래그먼트를 혼합하여 절반씩 동일하게 적용하여 데이터를 생성한 후 분산 저장한다. 만일 원본 데이터의  $a$  개의 중복 정도를 유지하려면 복제 기법으로  $\lfloor a/2 \rfloor$  개의 복사본을 생성하고 erasure coding 기법에서  $r = (\lfloor a/2 \rfloor - 1) \times s$  가 되도록 인코딩을 수행한 후 피어들에 분산 저장한다.

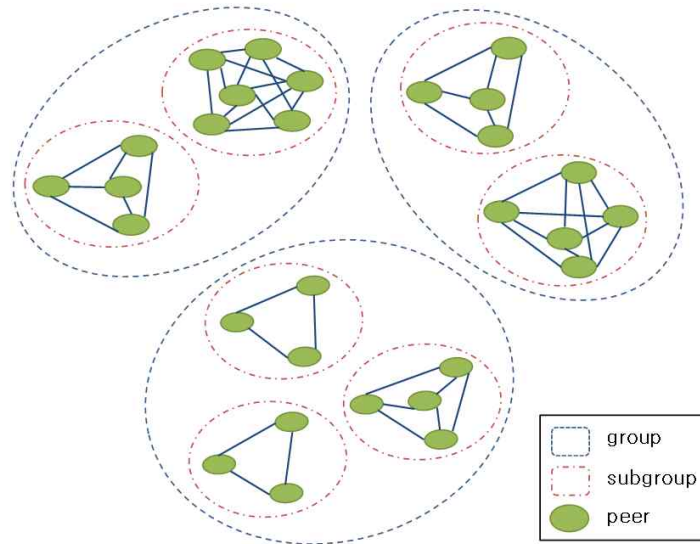


그림 4. P2P 클라우드 스토리지의 계층적인 오버레이 구조  
 Fig. 4. A hierarchical overlay structure of P2P cloud storage

**3-2 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조**

데이터 전송을 위한 피어들의 오버레이 네트워크를 구성할 때 물리적인 피어들 간의 거리나 지연 시간을 고려하지 않으면 백본 네트워크에 불필요한 트래픽을 유발하여 데이터의 전송 지연 시간을 증가시키는 문제를 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 각 피어의 위치 정보를 기반으로 지역성을 반영하여 데이터 전송 시간을 최소화할 수 있도록 P2P 클라우드 스토리지에 적합한 계층적인 오버레이 네트워크를 구성한다.

먼저 (그림 4)에서와 같이 각 비디오에 대해 현재 접속 중인 피어들 중에서 그 비디오의 복사본이나 프래그먼트를 저장하고 있는 피어들을 클러스터링해서 하나의 그룹을 생성한다. 또한 각 그룹 내에서 물리적인 인접성을 고려해서 피어들을 지역별로 서브그룹으로 다시 구성한다.

시스템에서 미리 설정한 서브그룹의 최대피어 수보다 서브그룹 내 피어 수가 크게 되면 클라우드 관리자는 해당 서브그룹을 분할한다. 이때 피어들이 서로 ping 메시지를 주고 받은 후 RTT(Round Trip Time)값이 서로 가장 큰 두 피어를 선택한 후 두 피어와 RTT값이 가장 작은, 즉 서로 네트워크 전송 지연 시간이 가장 짧은 피어들을 각각 순서대로 해당 서브그룹에 포함시킨다. 반대로 물리적으로 인접한 두 서브그룹의 피어 수의 합이 시스템이 미리 설정한 서브그룹의 최대피어 수보다 작게 되면 두 서브그룹을 합병한다.

이러한 계층적인 오버레이 구조를 구성한 후 각 피어가 비디오 재생을 요청할 때 복사본을 전송하는 경우에는 해당 비디오 복사본을 저장하고 있으면서 현재 접속되어 있는 피어들 중에서 하나를 선정해야 한다. 또한 erasure coding 기법에 의한 데이터를 전송하는 경우에는 각 데이터 블록에 속한 프래그먼트

를 저장하고 있으면서 현재 접속되어 있는 피어의 수가  $s$  개 이상이면 그 중에서  $s$  개의 프래그먼트를 선택해야 한다. 이때 본 논문에서 제안하는 계층적 오버레이 구조에서는 기본적으로 지역성을 고려해서 같은 서브그룹 내의 피어들을 우선적으로 선택한다. 하지만 같은 서브그룹 내에서 피어의 수가 부족하다면 지역적으로 가까운 서브그룹에 속한 피어를 선택한다. 즉, 요청 피어의 위치를 고려하여 해당 서브그룹 내에서 소스 피어들을 선정함으로써 네트워크 지연 시간을 최소화한다. 또한 그룹핑 구조를 지역성을 고려해서 피어의 가입과 이탈 시에 지속적으로 유지하기 때문에 재생 요청 시 신속하게 최적의 소스 피어를 선정할 수 있게 된다.

**IV. 성능평가**

**4-1 실험 환경**

본 연구에서는 성능 평가를 위해 P2P 네트워크 프로토콜 시뮬레이터인 PeerSim을 사용하였다. PeerSim은 가상의 네트워크 토폴로지를 제공하여 피어 간의 데이터 전송 성능을 측정할 수 있게 해준다. 본 실험에서는 이러한 PeerSim을 사용하여 P2P 클라우드 스토리지를 구성하였고 총 시뮬레이션 시간은 24000초이다.

각 피어가 기부한 저장 공간에는 비디오 영상 1개를 저장할 수 있도록 설정하였다. 백본 네트워크 대역폭은 10Gbps로 설정하였고 일반 피어들의 네트워크 대역폭 비율은 10Mbps는 20%, 20Mbps는 20%, 50Mbps는 50% 그리고 100Mbps가 10%로 설정하였다. 피어들의 평균 업로드 대역폭은 2.5Mbps로 설

정하였다. 또한 저장된 비디오의 종류는 20개, 각 비디오의 재생률은 720Kbps, 청크 크기는 30kbyte로 설정하였다. 한편 각 피어의 평균 접속 지속 시간과 평균 이탈 지속 시간을 각각 1000초와 500초로 설정하였다.

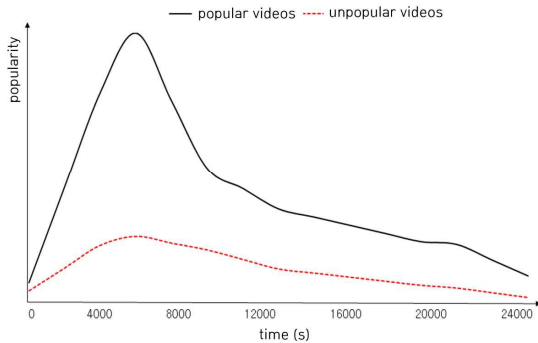


그림 5. 시간 별 인기 비디오와 비인기 비디오의 인기도 변화  
Fig. 5. Popularity change of popular and unpopular videos according to elapsed time

(그림 5)는 시간 별 인기 비디오와 비인기 비디오의 인기도의 변화를 나타낸 그래프이다. 본 실험에서는 이러한 비디오의 인기도 변화에 따라 피어들의 재생 요청 패턴을 결정하였다. 실험에서는 인기 비디오와 비인기 비디오의 비율을 2대8로 설정하였다.

본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조의 성능이 데이터의 중복 정도와 참여하는 피어 수에 따른 변화를 보이기 위해 여러 실험 파라미터를 사용하였다. 즉, 각 원본 비디오 데이터의 중복 정도, 즉, 복사본의 수는 20개, 28개 및 36개로 변경하면서 실험을 수행하였고 클라우드에 참여하는 총 피어 수는 1,200, 2,400, 4,800개로 변경하면서 실험하였다.

이와 같은 P2P 클라우드 스토리지 실험 환경을 구성한 후 본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조와 지역성을 전혀 고려하지 않고 임의로 소스 피어를 선택하는 구조에 대해 재생 연속성을 비교 분석한다.

#### 4-2 실험 결과

(그림 6)은 P2P 클라우드 스토리지에서 각 비디오의 복사본 수가 20개인 경우에 본 논문에서 제안하는 지역성을 고려한 계층적 오버레이 구조와 임의로 소스 피어를 선택하는 구조의 재생연속성을 나타낸다.

먼저 그림에서 보듯이 본 논문에서 제안한 계층적 오버레이 구조의 재생 연속성이 참여 피어 수에 관계없이 항상 높다는 것을 알 수 있다. 즉, 계층적 오버레이 구조가 임의로 소스 피어를 선택하는 구조에 비해 전체 평균 2.3%만큼 재생 연속성이 높았고 참여 피어수가 1200개, 2400개 및 4800개의 경우에는 각각 2.5%, 2.1% 및 2.1%만큼 높았다. 이것은 계층적 오버레이 구

조에서 각 비디오별로 피어들을 그룹핑하고 다시 지역성을 반영하여 서브그룹을 구성하였기 때문에 같은 서브그룹에 있는 피어들을 소스 피어로 선택할 가능성이 높기 때문이다. 다시 말해서 지역적으로 인접해서 데이터를 전송하는데 소요되는 지연 시간이 짧기 때문이다. 또 다른 이유는 그룹핑을 기반으로 계층적 오버레이 구조를 구성하기 때문에 재생을 요청한 피어가 속한 그룹에 있는 피어들을 먼저 소스 피어로 고려하기 때문에 초기에 최적의 피어를 선정하기 위한 추가적인 오버헤드를 크게 줄일 수 있다는 것이다.

또한 (그림 6)을 통해 참여 피어 수가 증가할수록 재생 연속성이 증가하는 것을 알 수 있다. 임의로 소스 피어를 선택하는 구조와 계층적 오버레이 구조는 참여 피어 수가 1200개인 경우에 비해 2400개인 경우에 각각 1.0%와 0.6%만큼 재생 연속성이 증가하였다. 또한 4800개인 경우에는 1200개인 경우에 비해 두 구조에서 각각 1.2%와 0.8%만큼 증가하였다. 이것은 참여하는 피어 수가 많아짐에 따라 전체 시스템의 업로드 대역폭이 증가했기 때문이다. 하지만 P2P 클라우드 스토리지에 저장된 각 비디오의 복사본 수는 모든 참여 피어 수에서 동일하기 때문에 성능 향상의 폭이 상대적으로 크지 않았다.

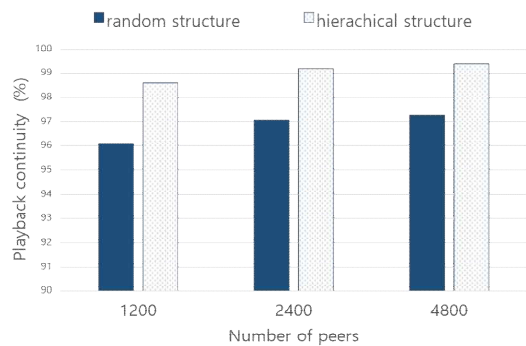


그림 6. 복사본 수가 20인 경우 두 기법의 재생 연속성 비교  
Fig. 6. Comparison of two schemes in terms of playback continuity when the number of replica is 20

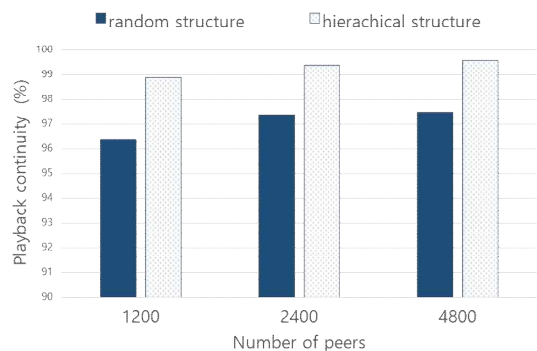


그림 7. 복사본 수가 28인 경우 두 기법의 재생 연속성 비교  
Fig. 7. Comparison of two schemes in terms of playback continuity when the number of replica is 28

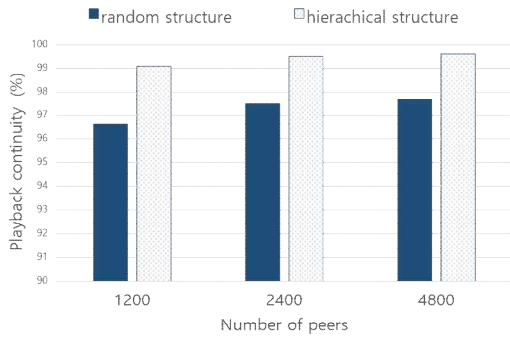


그림 8. 복사본 수가 36인 경우 두 기법의 재생 연속성 비교  
 Fig. 8. Comparison of two schemes in terms of playback continuity when the number of replica is 36

(그림 7)과 (그림 8)은 각 비디오의 복사본 수가 28개와 36개로 증가할 때 본 논문에서 제안하는 계층적 오버레이 구조와 임의로 소스 피어를 선택하는 구조의 재생연속성을 나타낸다.

실험 결과를 통해 복사본의 수가 증가할수록 재생 연속성이 높아진다는 것을 알 수 있다. 각 비디오의 복사본 수가 28개인 경우에는 20개인 경우에 비해 임의로 소스 피어를 선택하는 구조와 계층적 오버레이 구조의 재생 연속성이 각각 0.3%와 0.2% 향상되었다. 또한 복사본 수가 36개인 경우에는 20개인 경우에 비해 두 구조에서 각각 0.5%와 0.3%만큼 재생 연속성이 증가하였다. 하지만 복사본의 수가 증가한 비율에 비해 재생 연속성이 증가한 양이 상대적으로 작다는 것을 알 수 있다. 이것은 본 실험에서는 각 비디오에 대해 비디오 재생을 요청하는 수가 20개의 복사본으로도 지원할 수 있는 수준이기 때문이다. 각 비디오에 대한 재생 요청 수가 증가한다면 그만큼 재생 연속성의 차이도 더 커질 것으로 예상된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 비디오 전송을 위한 P2P 클라우드 스토리지 시스템에서 재생 연속성을 높이는 지역성을 고려한 계층적인 오버레이 구조를 제안하였다. 이 구조에서는 각 비디오에 대해 현재 접속 중인 피어들 중에서 그 비디오의 복사본을 저장하고 있는 피어들을 클러스터링해서 하나의 그룹을 생성하고 다시 각 그룹 별로 물리적인 인접성을 기반으로 피어들을 서브그룹으로 나눈다. 따라서 비디오 데이터를 전송해 주는 소스 피어들을 계층적인 오버레이 구조를 이용하여 지역성을 기반으로 선택하기 때문에 전송 지연 시간을 크게 줄일 수 있었다. 또한 실험을 통해서 본 논문에서 제안하는 계층적 오버레이 구조가 임의로 소스 피어를 선택하는 구조에 비해 재생 연속성이 높다는 것을 보였다.

## 감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1D1A1A09917396)

## 참고문헌

- [1] Y. Chih-Chin and J. Huang, "The Era of Cloud Computer: Thru Bio-detecting and Open-Resources to Achieve Ubiquitous Devices," In Proc. of IEEE IS3C, pp. 8-11, 2012.
- [2] Q. Guan, C. Chiu, and S. Fu, "CDA: A Cloud Dependability Analysis Framework for Characterizing System Dependability in Cloud Computing Infrastructures", In Proc. of IEEE PRDC, pp. 11-20, 2012.
- [3] H. Choi and G. Kim, "A Performance Analysis of Mobile P2P Streaming Service on Wireless LAN Environments," Journal of Digital Contents Society, Vol.14, No.1, pp. 25-33, 2013.
- [4] U. Kashif, Z. Memon, A. Balouch, and J. Chandio, "Distributed trust protocol for IaaS Cloud Computing," In Proc. IEEE IBCAST, pp. 275-279, 2015.
- [5] O. Babaoglu, M. Marzolla, and M. Tamburini. "Design and implementation of a P2P Cloud system," ACM, Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing, pp. 412-417, 2012.
- [6] Z. Zhang, Q. Lian, S. Lin, W. Chen, Y. Chen, and C. Jin, "Bitvault: a highly reliable distributed data retention platform," In Proc. of ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol.41, No.2, pp. 27-36, 2007.
- [7] F. Wu, T. Qiu, Y. Chen, and G. Chen, "Redundancy schemes for high availability in DHTs," In Proc. of ISPA, pp. 990-1000, 2005.
- [8] A. Duminuco and E. Biersack, "Hierarchical codes: How to make erasure codes attractive for peer-to-peer storage systems." In Proc. IEEE Eighth International Conference on Peer-to-Peer Computing, pp. 89-98, 2008.
- [9] Z. Zhang, Q. Lian, S. Lin, W. Chen, Y. Chen, and C. Jin, "BitVault: A highly reliable distributed data retention platform." ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol.41, No.2, pp. 27-36, 2007.
- [10] O. Herrera and T. Znati, "Proactive repair redundancy algorithms for distributed storage in P2P networks", In Proc. of Biennial Symposium on QBSC, pp. 60-63, 2012.
- [11] R. Rodrigues and B. Liskov, "High Availability in DHTs : Erasure coding vs. Replication," In Proc. of International

Workshop on Peer-To-Peer Systems, Vol.3640, pp. 226-239, 2005.

- [12] J. Kim and E. Kim, "A Hybrid Data Redundancy Scheme for Video Streaming in P2P Cloud Storages," korea institute of Next Generation Computing, Vol.11, No.1, pp.16-24, 2015.
- [13] J. Cowling and B. Liskov, "Granola: low-overhead distributed transaction coordination," In Proc. of USENIX conference on Annual Technical , 2012
- [14] Z. Cheng, Z. Luan, Y. Meng, Y. Xu, D. Qian, A. Roy, N. Zhang, and G. Guan, "ERMS : An Elastic Replication Management System for HDFS," In Proc. of IEEE Cluster Computing Workshops, pp. 32-40, 2012
- [15] Y. Zhu, J. Lin, P. Lee, and Y. Xu, "Boosting Degraded Reads in Heterogeneous Erasure-Coded Storage Systems," In Proc. of IEEE Trans. on Computers, pp. 2145-2157, 2014.



**이 경 진** (Kyung-Jin Lee)

2015년 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 (공학학사)

2015년~현 재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사 과정

※관심분야 : P2P 스토리지, P2P 비디오 스트리밍 시스템, 분산 멀티미디어 시스템 등



**김 은 삼** (Eunsam Kim)

1994년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학학사)

1999년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

2005년 : Univ. of Florida 컴퓨터공학과 (공학박사)

1996년~2002년: LG전자 선임연구원

2006년~2007년: LG전자 책임연구원

2007년~현 재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 부교수

※관심분야 : 분산 멀티미디어 시스템, P2P 클라우드 시스템, 컴퓨터 저장시스템 등