Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 9, pp. 35-42, September 2018
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.09.035

Optimal Video Streaming Based on Delivery Information Sharing in Hybrid CDN/P2P Architecture

Jun Pyo Lee*, Won Joo Lee**, Kang-Ho Lee***

Abstract

In this paper, we propose an optimal streaming service method based on Hybrid CDN/P2P architecture. Recently, video streaming utilizes a CDN (Content Delivery Network) operation technique based on a Proxy Server, which is an end node located close to a user. However, since CDN has a fixed network traffic bandwidth and data information exchange among CDNs in the network is not smooth, it is difficult to guarantee traffic congestion and quality of image service. In the hybrid CDN/P2P network, a data selection technique is used to select only the data that is expected to be continuously requested among all the data in order to guarantee the QoS of the user who utilizes the limited bandwidth efficiently. In order to search user requested data, this technique effectively retrieves the storage information of the constituent nodes of CDN and P2P, and stores the new image information and calculates the deletion priority based on the request possibility as needed. Therefore, the streaming service scheme proposed in this paper can effectively improve the quality of the video streaming service on the network.

▸Keyword: Contents Delivery Network, Video Streaming, Networked Video, Network Architecture

I. Introduction

현재 지속적으로 발전하고 있는 유무선 네트워크 전송 기술은 다양한 요구를 가지고 있는 인터넷 상에 산재된 수없이 많은 사용자들에게 실시간 미디어의 활용을 가능하도록 하고 있다. 특히 인터넷 상에서 높은 품질의 미디어를 자유롭게 활용하고자 하는 사용자가 폭발적으로 증가함에 보다 최적의 서비스를 제공하기 위한 다양한 방법이 도출되었으며 주로 새로운 네트워크의 구조를 제안하여 활용하거나 또는 스트리밍 미디어의 파일 수준에서의 저장 알고리즘을 새롭게 제시하였다. 이미 다양한 연구소와 기업에서 CDN(Content Delivery Network) 또는 P2P 기법[1-6]을 연구하고 이를 실 네트워크 환경에 사용자들에게 적용하여 서비스하고 있다. 다양한 방법으로 응용되고 있는 CDN은 인터넷에서 대용량인 영상의 스트리밍 또는 파일 다운로드 시에 발생되는 트래픽 증가로 사용자들에 대한 전송속도가 감소되지 않도록 하는 네트워크 구성 및 운용 방법이다. 네트워크의 주요 지점에 설치된 영상 저장 공간인 프록시 서버(Proxy Server)에 사용자들이 주로 요청할 것으로 가능성이 계산된 영상만을 미리 선별하여 저장한 후 해당 데이터가 근거리의 사용자에 의해 요청될 때 이를 전송하여 초기 전송 시에 발생되는 지연시간을 최소화한다. 이후 사용자가 지속적으로 영상을 요청을 할 경우 프록시 서버는 해당 데이터가 저장된 원거리 미디어 서버의 저장 공간을 탐색하여 데이터를 전송받는 구조를 가진다. 따라서 전송에 소요되는 시간과 트래픽 집중 그리고 전송과정에서 발생 가능한 데이터 손실을 줄이는 동시에 사용자에게 보다 빠르고 안정적으로 영상을 전송함으로써 최적의 QoS(Quality of Service)를 유지하도록 한다. CDN은 서비스를 제공하는 서버와 서비스를 요청하는 클라이

• First Author: Jun Pyo Lee, Corresponding Author: Won Joo Lee
*Jun Pyo Lee (junpyolee@osan.ac.kr), Dept. of Smart IT, Osan University.
**Won Joo Lee (wonjoo2@inhatc.ac.kr), Dept. of Computer Science, Inha Technical College.
***Kang-Ho Lee (lkh@knuw.ac.kr), Dept. of Computer Information Security, Korea National University of Welfare.
• Received: 2018. 08. 01, Revised: 2018. 08. 25, Accepted: 2018. 09. 01.

언트의 분리형 구조를 기반으로 하고 있으며 다수의 클라이언트에게 안정적인 서비스를 공정하게 제공하기 위해 대역폭이 큰 네트워크 및 저장 장비가 요구됨에 따라 네트워크 구축 시 높은 수준의 비용이 발생하게 되는 단점을 가진다. 이와 함께 구축된 CDN을 운용하는 방식의 효율성을 항상 보장해야 함으로 인해 변화하는 네트워크 환경에 최적화된 서비스 운용 방식이 지속적으로 요구된다. CDN의 경우 고정된 트래픽 대역폭을 이용하여 사용자에게 서비스를 제공한다. 따라서 사용자의 요청이 지속적이고 특정 시점에 급격하게 발생할 때 이를 효과적으로 해결하기는 불가능하다는 단점을 가진다.

CDN과 함께 네트워크를 기반으로 사용자들 간에 데이터의 전송과 저장을 자유롭게 할 수 있도록 하여 서버 구축 및 운용 비용과 사용자의 요청에 의해 발생되는 네트워크 트래픽을 효과적으로 분산시키기 위해 분산 병렬형 네트워크인 P2P (Peer to Peer)가 제안되어 활발하게 활용되고 있다. P2P는 수평적인 연결망을 통해 네트워크에 연결되어 있는 사용자 들이 자신의 저장 장치에 저장하고 있는 영상 데이터와 데이터 리스트를 서로 자유롭게 확인하여 요청하고 전송받을 수 있는 열린 방식의 공유 기반 컴퓨팅 방식이다. 최근에는 CDN과 P2P(Peer to Peer)의 장점을 결합한 복합형 CDN/P2P(Hybrid CDN/ P2P) 아키텍처가 연구되어 활발하게 활용되기 시작했다[7-11]. 이를 통해 시스템의 안정성과 효율성을 극대화시키는 것이 가능하나 그 구조가 복잡하고 근본적인 데이터 탐색 방식과 저장 방식에 기존 방식과는 차이가 있어 전체 시스템 운용에 활용되는 새로운 최적 운용 알고리즘이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 최근 주목받고 있는 네트워크 데이터 전송 기술의 기반이 되고 있는 복합형 CDN/P2P 아키텍처 기반의 스트리밍 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 영상 데이터의 네트워크 내 탐색 기법과 효과적인 데이터 저장을 위한 파일 구조를 제안하며 이를 통해 네트워크에 연결된 다수의 사용자들은 빠른 시간 내에 데이터가 저장된 위치를 탐색하고 영상을 스트리밍 함으로서 전체적인 트래픽(traffic)과 로드(load)를 균형 있게 유지하는 동시에 네트워크 서비스 품질을 효과적으로 향상시킨다.

II. Related Works

P2P는 다수의 구성 노드를 활용하여 데이터의 공유를 위한 분산 환경을 구축하는데 효과적이며 네트워크를 구축하거나 이를 위한 복잡한 운용 방법을 활용하지 않아도 되는 동시에 멀티 스트리밍 기법을 통해 다수의 사용자들에게 동시 전송이 쉽게 이루어 질 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 서로 상이한 대역폭을 가지는 P2P의 각 노드들은 데이터 전송과 수신 과정에서 적절한 QoS를 보장하기 어렵다는 단점을 가진다. 또한 구성 노드는 특징적으로 네트워크로의 가입과 이탈이 매우 빈번하게 발생하므로 전송 과정에서의 중단 또는 전송 리스트에서의 탈락이 예상될 수 있으며 두 노드를 연결하는 중계 노드의 탈락 시 일시적인 노드의 고립 현상(Isolation)이 발생할 수 있다. 따라서 P2P 간의 데이터 전송 과정에서 주기적인 데이터 저장 노드 탐색 및 전송 리스트의 빠른 갱신 과정이 요구되며 우회 노드의 탐색 또한 전송과정에서 이루어져야 한다.

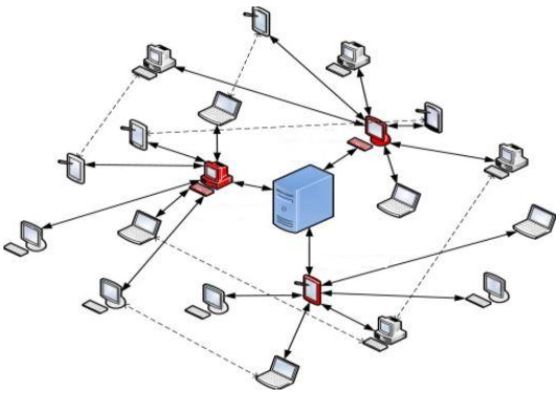


Fig. 1. Streaming using P2P architecture

그림 1은 산재되어 있는 노드 간에 자유로운 연결을 통해 데이터 전송이 이루어지는 P2P 아키텍처를 보인다[12]. 사용자와 근거리에 위치한 서버를 통해 요청된 데이터를 빠르고 안정적으로 전송하기 위한 목적으로 제안된 CDN은 현재에도 지속적인 연구를 통해 성능 향상의 제안이 지속적으로 이루어지고 있으며 다양한 상업 목적의 영상 전송 응용 분야에서 높은 사용성과 효율을 보장하고 있다. 이를 통해 네트워크상에 산재하여 위치한 영상의 탐색 시간을 효과적으로 줄여주는 동시에 원거리 전송 과정에서 발생하는 지연시간 및 데이터 손실 등의 문제를 해결하고 있다. 그러나 사용자에게 직접 서비스하는 근거리 서버의 선별적인 영상 데이터 저장 방법과 저장된 영상 데이터의 탐색 시간을 최소화하는 동시에 입출력 대역폭의 안정적인 유지 방법에 대한 효과적인 방법이 요구되며 영상 전송의 효율성을 위해 미디어 처리 기법에 대한 새로운 제안이 필요하다. 특히 초기 지연 시간 및 지터 시간을 효과적으로 감소시키기 위해 사용자가 요청하는 영상 데이터를 선택했을 때 즉시 전송하기 위한 선택적 저장 기법과 입출력 대역폭을 기반으로 한 영상의 실시간 변환 코딩(transcoding) 그리고 끊김 없는 영상 전송을 가능하게 하기 위해 프리패칭(prefetching) 기법이 제안되었다. 이와 같은 프리패칭의 경우 영상 데이터의 선형적 연속 요청 가능성을 계산하여 다음 데이터 블록을 미리 요청함으로서 지터 시간을 최소화한다. 이전의 연구 결과로서 Cheng Huang et al[13]는 요청이 예상되는 영상 데이터를 미리 가져오는 프리패칭 기법 기반의 노드를 활용하여 서버의 대역폭을 효과적으로 줄이는 방법을 제안하여 높은 성능을 보임을 확인하였다.

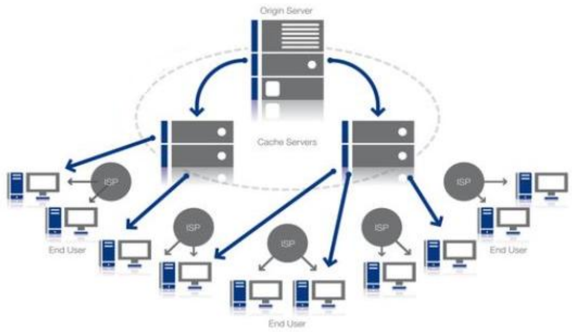
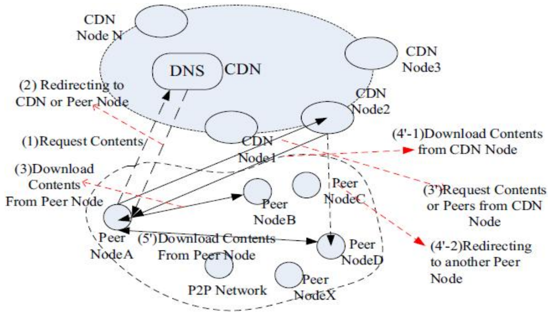
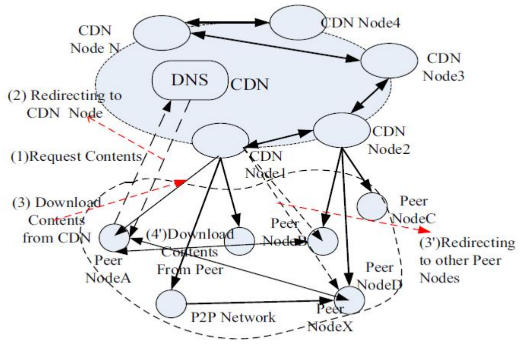


Fig. 2. Streaming using content delivery network

그림 2는 다수의 사용자와 지역적으로 근거리에 위치한 서버를 통해 요청된 미디어를 전송하며 해당 서버에 요청 데이터가 저장되어 있지 않을 경우 원거리에 위치한 대용량 서버를 통해 데이터를 전송받는 것을 보인다. 영상 전송에 있어 최신의 트렌드는 복합형 CDN/P2P 구조를 통해 CDN과 P2P의 장점만을 활용하여 사용자의 요구에 적합한 수준의 영상을 제공하는 것이며 사용자와의 근거리 영상 서버와 노드 각각을 효과적으로 운용하는 방법과 관련된 연구가 지속적으로 제안되고 있다. 이와 관련하여 현재 다양한 연구를 통해 복합형 CDN/P2P 구조를 운용하는 방식이 제안되고 있다. ZhiHui Lu[9]은 확장 가능하고 신뢰성 있는 실시간 영상 서비스를 위해 다양한 복합형 CDN/P2P 구조를 연구하고 이를 제시하였다. 제시된 대표적이고 표준화된 두 아키텍처 모델은 그림 3과 같으며 CDN과 P2P를 활용한 스트리밍 데이터 요청과 전송과 관련된 상세한 운용 시나리오는 표 1과 같다.



(a) Type 1 architecture



(b) Type 2 architecture

Fig. 3. Hybrid CDN/P2P architecture for transmitting the requested video data

Table 1. Video transmitting scenarios using hybrid CDN/P2P architecture

Type 1	Type 2
(1) Request contents	(1) Request contents
(2) Redirecting to CDN or Peer Node	(2) Redirecting to CDN Node
(3) Download Contents from Peer Node	(3) Download Contents from CDN
(3') Request Contents or Peer from CDN Node	(3') Redirecting to another Peer Nodes
(4'-1) Download Contents from CDN Node	(4'-1) Download Contents from Peer Nodes
(4'-2) Redirecting to another Peer Node	-
(5') Download Contents from Peer Node	-

*Dongyan Xu et al.*은 CDN과 P2P 기반의 스트리밍 배포 시스템을 하나로 통합하여 저비용으로 고품질의 영상을 제공하는 복합형 아키텍처[14]를 제시하였으며 이는 네트워크에 위치한 노드 중 일부가 과도하게 서비스하지 않도록 스트리밍의 가용성에 있어 공정함을 유지하였다. 이와 같은 형태의 복합형 CDN/P2P 구조를 통한 영상 데이터 전송 기술은 네트워크상에서 영상을 전송하는 것을 주로 하는 사업 업체 및 관련 분야가 급속하게 성장하면서 함께 발전하였다. 비즈니스 업체들은 P2P 파일 배포 소프트웨어와 종단 서버의 전역 네트워크와 백엔드 운용 시스템을 결합하여 사용자에게 서비스한다. 이와 같은 서비스를 하는 주요 업체 중 Akamai는 지속적인 연구 개발을 통해 복합형 전송 네트워크와 P2P 네트워크에 대한 개방형 특허를 제출하였으며 해당 특허에서는 CDN 서버에 대한 사용자의 요청을 직접적으로 처리하기 위한 할당 시스템(mapping system), 다수의 노드의 CDN과의 연관 체계, 그리고 P2P 네트워크에서 임의의 노드가 또 다른 노드의 위치를 확인하는 메커니즘을 포함하고 있다. 이와 같은 방법을 통해 네트워크에 위치한 어느 노드도 CDN 서버 또는 노드들로부터 끊김없이 영상 데이터를 전송받을 수 있다. VeriSign, CacheLogic, Grid Networks, Internap 및 and Joost 업체들도 자신들만의 고유한 복합형 CDN/P2P 구조를 활용하여 고도화된 서비스를 제공하고 있다. 특히 네트워크 솔루션을 제공하는 Cisco는 가정용 네트워크 제품에 Grid Networks 업체의 P2P 소프트웨어를 포함하여 사용자들에게 제공하고 있으며 사용자들은 가정에서도 간단한 조작을 통해 원하는 데이터를 쉽게 다운로드 받거나 전송하는 것이 가능하게 되었다.

기존 연구[13]에서는 영상 스트리밍 서비스 업체인 Akami와 Limelight의 복합형 CDN/P2P 구조를 결합하여 높은 성능의 서비스 체계를 구축하였으며 특히 CDN의 네트워크 형상(topology)들의 최적 연결을 위한 측정 방법을 제안하였다. *Hai Jiang et al.*[15]는 CDN 과 P2P의 상호보완을 통해 성능을 향상시키는 복합형 CDN/P2P 구조를 제안하였으며 특히 광대역 환경에서 대규모의 영상 배포 과정의 효율성을 향상시키는 연구를 진행하였다. 이 연구를 통해 복합형 CDN/P2P 구조는 다운로드 시간과 서비스 가용 능력 그리고 시스템 확장의 유연성

을 나타낼 수 있음을 증명하였다. Duyen Hoa HA et al. [16]은 최적화된 실시간 스트리밍에 초점이 맞추어진 새로운 복합형 CDN/P2P 솔루션을 제안하였으며 주로 CDN과 P2P간의 최적 대역폭 균형을 유지하기 위해 P2P 노드에 실행 버퍼(playing buffer)을 효과적으로 운용하는 것을 보인다. 이 연구의 중심 아이디어는 CDN 우선 영역과 P2P 우선 영역의 두 부분으로 실행 버퍼를 분리시키는 것이다. 이에 따라 실행시간에 CDN 우선 영역과 P2P 우선 영역에 있어 사용자에게 서비스해야하나 존재하지 않는 데이터는 각각 CDN 서버와 다른 P2P 노드를 통해 전송받는 구조를 활용한다. 이렇게 두 부분의 분리된 두 영역의 버퍼를 활용함으로써 CDN 서버들의 성능적 우위와 영상을 배포하는 P2P 노드들의 저비용 서비스 구조의 장점을 활용할 수 있게 된다.

본 논문에서는 이와 같은 복합형 CDN/P2P 아키텍처의 구조적 장점을 바탕으로 사용자들에게 효과적으로 고품질, 저지연을 유지하는 동시에 실시간으로 높은 품질의 영상을 스트리밍하는 방법을 제안한다.

III. The Proposed Scheme

본 논문은 복합형 CDN/P2P 아키텍처를 기반으로 사용자의 근거리에 위치한 서버를 활용한 스트리밍 방식의 CDN과 비교적 간단한 운용 방식을 통한 개방형 구조를 가지는 P2P의 장점을 활용한 영상 전송 서비스 방법을 제안한다. 효과적인 영상 전송을 위해 네트워크상에서 영상 데이터의 저장 및 저장 위치 지정 그리고 사용자가 원하는 영상 데이터를 산재된 노드에서 탐색하는 방식을 제안한다. 또한 CDN 서버의 저장 공간을 효율적으로 운영함으로서 사용자로의 전송 서비스 품질을 높이기 위한 저장 공간 확보 기법에 대해서 제안한다.

1. Delivery Information Sharing in CDN/P2P Architecture

제안하는 복합형 CDN/P2P 아키텍처에서 사용자가 요청한 영상의 탐색과 전송은 그룹화된 P2P 노드들의 그룹 내에 자유롭게 이루어지도록 한다. 각 노드들은 타 노드의 네트워크 가입 여부 및 저장 데이터의 정보를 서로 공유하며 해당 정보를 지속적으로 갱신함으로써 사용자가 요구하는 영상의 네트워크 내 탐색시간을 효율적으로 줄이도록 한다. 또한 네트워크에 산재된 사용자 요청 영상 데이터의 전송 가능 노드 및 데이터 목록을 실시간으로 제작함으로서 전송 시점에서의 탐색 지연을 최소화한다. 또한 전송과정에서 발생하는 네트워크 탈락과 이에 따른 전송 영상의 재탐색 시간 및 전송 지연을 낮추는 동시에 전송 과정 중 특정 노드에서 집중적으로 발생될 수 있는 네트워크 대역폭의 효율적 사용을 가능하게 함으로서 전체적인 전송의 효율성을 높인다.

즉, 그림 4와 같이 데이터를 요청하고자 활성화된 노드 3은 그룹 내 근거리에 위치한 노드를 탐색하여 받고자 하는 데이터 패킷이 저장된 노드의 위치를 확인하고 대역폭의 유휴 수준이 가장 높은 노드를 선택한 후 데이터 전송 전 전체 전송 리스트를 작성하여 원하는 데이터를 전송받는다. P2P노드는 전송 과정에서 노드의 네트워크에서의 탈퇴가 자유롭다는 특징을 가진다. 따라서 실 전송 과정에서 이와 같은 탈퇴가 발생함으로써 활성화된 노드는 원하는 데이터를 정확한 시점에 받지 못하는 상황이 발생될 수 있다. 따라서 전송이 시작되면 주기적으로 각 노드의 네트워크 가입 상태를 지속적으로 확인하고 만일 노드 2와 같이 네트워크 탈퇴가 발생할 경우 전송 가능한 노드의 리스트 갱신을 통해 해당 데이터를 전송받는다. 이 때 P2P 노드들 간의 영상 데이터 요청 및 전송이 특정 노드에 집중적으로 발생할 경우 전송에 소요되는 지연시간을 측정한다.

초기 전송 지연 시간 및 지터 시간이 CDN의 단말 노드를 통해 전송되는 시간을 초과할 경우 P2P 망을 이용한 전송에서 CDN을 활용한 전송 기법으로 전환하여 영상 전송을 시도한다. 특히 대역폭을 소비시키는 노드를 대상으로 영상 전송 스케줄을 확인하고 기 작성된 영상 데이터 목록을 CDN 단말 노드에 저장된 데이터로 교체하여 전송함으로써 대역폭의 지나친 소비와 이로 인한 전송 품질의 하락을 회피한다.

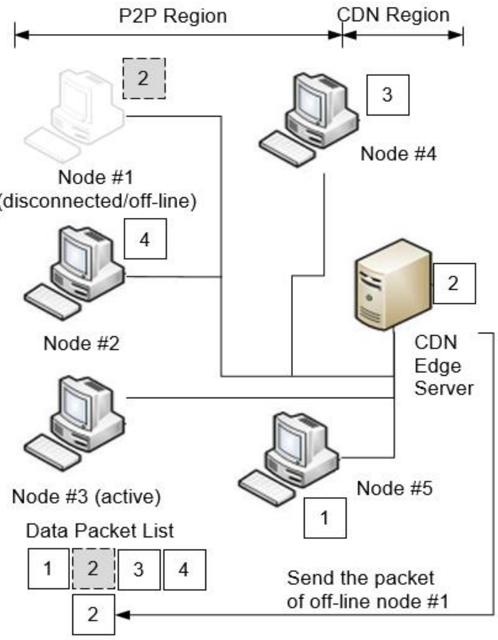


Fig. 4. Data list based delivery technique using P2P and CDN Edge server

2. Memory Allocation Method of CDN Edge Server

CDN 단말노드는 P2P 노드가 요청한 데이터를 중심으로 저장하고 이를 최단시간 내에 서비스 한다. 저장된 데이터는 시간이 지남에 따라 요청이 증가하거나 감소하는 등 요청 패턴이 변화한다. 본 논문에서는 이와 같은 사용자의 변화하는 요청 패

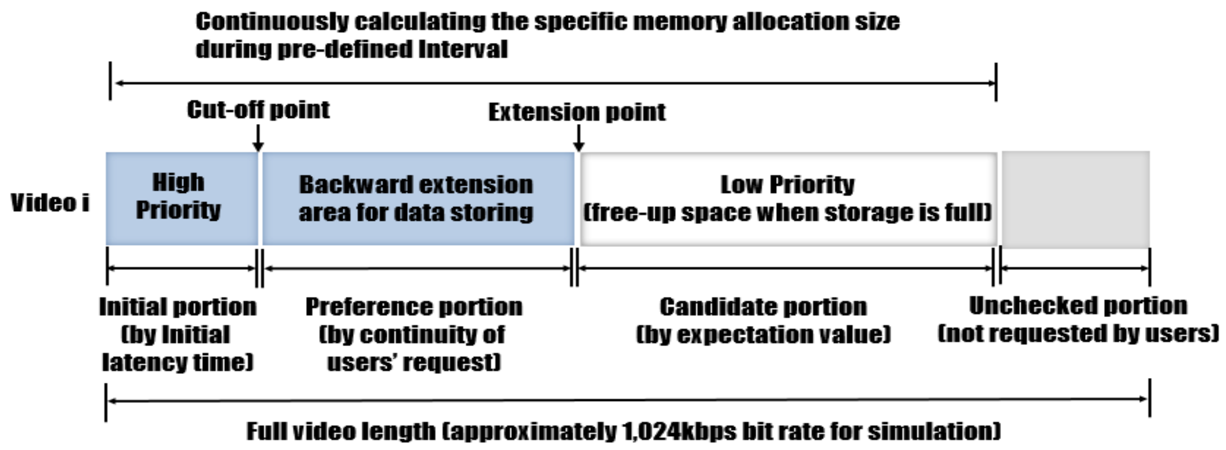


Fig. 5. Memory allocation for initial, preference, and candidate portion

턴을 예측하여 CDN 단말노드의 저장 공간을 그림 5와 같이 분할하여 효율적으로 활용하는 방법을 제안한다.

사용자에 의해 선형적으로 접근하여 소비되는 영상 데이터의 특성을 반영하여 영상의 시작 부분은 가장 높은 우선순위로 저장 공간에 저장하도록 한다. 이때 각 영상의 시작부분 데이터의 분할 지점(cut-off point)은 CDN 단말노드에서 P2P 노드로 전송되는데 소요되는 평균 시간에 해당하는 데이터 부분으로 규정한다. 영상의 시작 부분 이후의 데이터에 대해서는 각 영상에 대한 사용자의 요청 패턴에 의해 결정되도록 한다. 이를 위해 본 논문에서는 영상 별 사용자의 요청 가능성을 예측하기 위해 비교적 계산 복잡도가 낮은 회귀 분석법(linear regression)을 활용하고 이에 사용되는 파라미터 추정을 위해 최소제곱법(least square method)을 활용한다. 이를 위해 설정된 임의의 시간 간격에서 발생한 사용자의 참조 횟수 정보를 활용하고 최종 추정회귀 분석곡선(fitted regression slope)을 구하도록 한다. 산출된 추정회귀선을 활용하여 다음 시간 간격에서 발생되는 사용자의 참조 가능 수준을 확인할 수 있다.

임의의 영상에 대한 전송 서비스가 시작될 때 일반적으로 사용자의 요청 빈도수가 일정 시간동안 지속적으로 증가하는 패턴을 보이게 된다. 따라서 임의의 영상이 CDN 서버에서 사용자로 전송되는 초기 시간에는 요청이 비교적 증가 추이를 보이므로 1차원 직선의 모델을 추정하여 이후 사용자의 요청을 예측하며 일정한 시간이 지난 이후에는 최대 요청 빈도수가 포화되는 경향을 보임으로 2차원 곡선을 추정하여 실제 서비스 과정에서의 사용자 요청 패턴을 모사한다. 최소제곱법은 시간에 따른 사용자의 요청 패턴을 확인하기 위해 측정된 모델의 파라미터를 구하는 방법으로서, 데이터와의 추정오차(residuals)의 합을 최소화하도록 모델의 파라미터를 구하도록 한다. 시간 축에서 사용자의 요청 빈도수로 관측된 데이터 (x_1, y_1), (x_2, y_2) ..., (x_n, y_n)를 활용하여 계산된 추정 모델을 f(x)라고 할 때 사용자에게 영상 전송 서비스 과정에서 관측된 데이터 분포가 f(x)와 완벽하게 일치하지 않는 데이터들의 오차를 갖게된다. 따라서 해당 오차를 최소화하는 최적의 f(x)를 예측하도록 하는데 활용되는 데이터 (xi, yi)의 추정 오차는 ri = yi - f(xi)로 한다. 여기서, yi는 사용자에게 영상 전송을 수행하는 과정에서 관측된 값이고 f(xi)는 추정된 모델에 따른 값을 의미한다. 최소제곱법 계산을 위해 아래 식 (1)을 각각의 모델 파라미터들로 편미분한 후에 그 결과를 0으로 하여 식을 계산한다. 영상 전송 초기 시간에서 추정된 f(x) = ax + b인 직선의 경우 식을 a, b로 각각 편미분하고 그 결과를 0으로 하여 다음의 식 (2)를 산출한다.

$$\frac{\partial}{\partial a}\sum_{i=1}^{n} r_i^2 = \sum_{i=1}^{n} 2(y_i - ax_i - b)(-x_i) = 0$$
$$\frac{\partial}{\partial b}\sum_{i=1}^{n} r_i^2 = \sum_{i=1}^{n} 2(y_i - ax_i - b)(-1) = 0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

본 논문에서는 초기의 1차원 직선의 모델에서 임의의 시간 이후 영상의 사용자 요청 빈도수 추이를 증가, 유지, 감소의 2차원 곡선으로 근사한다고 가정한다. 즉, 관측된 데이터 (x_1, y_1), (x_2, y_2) ..., (x_n, y_n)를 2차원 곡선으로 인 $f(x) = ax^2 + bx + c$로 근사하며 식 (2)의 행렬식을 이용하여 계산에 소요되는 복잡도를 낮추어 빠르게 처리될 수 있도록 한다.

$$\begin{pmatrix} x_1^2 & x_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^2 & x_n & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

위 행렬식을 최소제곱법으로 계산하여 구한 해를 X' = [a' b' c']T라 할 때, AX'은 추정된 모델에 따른 값, B - AX'은 이 모델에 대한 추정 오차를 나타낸다. 본 논문에서 활용된 최소자승법은 관찰 데이터 중에 군집화 된 데이터 분포에서의 중심에서 거리가 비교적 먼 외곽 데이터(outlier)의 빈도가 지속적으로 증가할 경우 적합한 추정 모델을 계산하기 어렵다. 따라서 외곽 데이터가 존재하는 경우를 위해 RANSAC(Random Sample Consensus), LMedS, M-estimator 등과 같은 강건한(robust)한 파라미터 추정 방법을 사용한다. Robust한 파라미터 추정

방법들 중 일반적인 방법은 RANSAC이지만 서비스 되는 전체 영상에서 이와 같은 외곽 데이터의 경우는 영상 전송과정에 비율이 높지 않게 나타나는 것을 가정하여 본 논문에서는 M-estimator를 사용한다. 이와 같이 설정된 모델을 통해 각 영상의 사용자 요청 가능성을 확인하는 것이 가능하다.

최적의 환경에서 실험을 진행하기 위해 본 논문에서는 초기 1차원 직선에서 영상의 사용자 요청 빈도수 추이를 증가, 유지, 감소의 2차원 곡선으로 변화되어 그래프가 근사한다고 가정하였다, 본 논문에서는 보다 실제와 유사하고 정확한 실험을 위해 임의의 영상이 CDN 서버의 저장 공간에 저장된 후 시험 종료 시간까지의 전체 시간에서 초기 20%까지의 시간 동안에는 1차원의 직선의 그래프를 그 이후는 곡선이 그래프를 추정하여 활용하여 결과를 산출하였다..

본 논문에서는 요청된 영상 내 데이터 패킷을 저장하는 최대 위치 지점(extension point)를 지정하기 위해 영상을 구성하는 각 패킷이 사용자에 의해 임의의 시간 간격 내 요청된 참조 수를 계산한 후 이를 대상으로 일차 미분하여 계산된 값을 사용한다. 이때 급격하게 기울기 값이 감소하는 지점을 지역 최소값(local minimum)으로 지정하여 해당 위치를 최대 위치 지점으로 정한다.

3. Memory Management Method for Low Free-up Frequency

사용자가 요청의 빈도수가 증가하고 서비스되는 영상의 수 역시 함께 급격하게 증가함에 따라 특히 CDN을 구성하는 서버의 저장 공간의 활용도가 높아지게 된다. 이때 효율적인 공간 관리 정책은 CDN 서버의 효율성을 측정하는 주요 요인이 된다. 사용자가 주로 요청하거나 향후 요청할 것으로 예상되는 영상 데이터만을 선별적으로 저장하고 요청이 급감하는 데이터에 대해 공간 확보를 위해 삭제함으로서 저장과 삭제의 반복을 통한 사용자의 전송 서비스 품질의 저하를 최소화하여야 한다. 특히 지나친 삭제와 저장은 이를 처리하기 위한 데이터의 탐색 시간을 증가시키고 저장 공간 관리에 소요되는 시간이 증가하므로 서비스 지연을 회피하기 어렵다.

이를 위해 본 논문에서는 P2P의 저장 공간은 네트워크에 가입과 탈퇴가 빈번하게 발생하므로 각 노드의 저장 공간은 자유롭게 관리될 수 있도록 하는 동시에 CDN을 구성하는 서버의 저장 공간은 할당된 메모리 공간의 우선순위와 사용자에 의해 요청된 패턴에 의해 산출된 모델을 통해 저장과 삭제가 결정된다. 임의의 시간 간격에서 CDN 서버의 저장 공간이 부족할 경우, 추정된 1, 2차 모델을 통해 현재의 시간 간격에서 가장 요청 가능성이 낮은 데이터를 선별한다. 또한 유사한 요청 가능성이 판별될 경우 그래프의 증가 및 감소 추이를 확인하여 감소를 보이는 데이터를 우선하여 삭제하도록 한다. 새로운 데이터의 저장이 요구될 때 해당 데이터가 우선순위가 높은 초기 부분일 경우 조건 없이 저장하고 그 이후의 데이터일 경우는 가장 삭제 우선순위가 높은 데이터와 비교하여 요청가능성이 낮은 경우 저장하지 않거나 가능성이 높은 경우 저장 공간 확보 후 저장하도록 한다. 이를 통해 이후의 시간 간격에서의 공간 확보를 위한 삭제 횟수를 최소화 할 수 있도록 하는 동시에 영상 데이터의 초기 부분을 지속적으로 저장할 수 있도록 함으로써 초기 지연시간을 최소화하고 서비스 품질은 최대화하도록 한다.

IV. Simulation Results

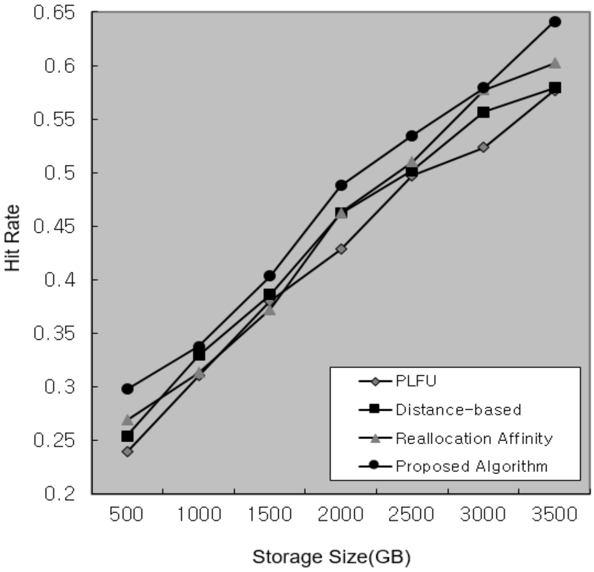
본 논문에서 제안하는 복합형 CDN/P2P 아키텍처에서 제안하는 영상 전송 기법의 효과도 검증을 위해 기존의 알고리즘 [17-19]과 성능 평가를 수행하였으며 이를 위해 대용량 저장 장치 서버의 저장 공간 크기 변화에 따른 블록 적중률을 비교하였다. 이때 실제 네트워크 환경에서 발생되는 사용자의 요청 패턴을 고려하기 위해 0.271의 값을 가지는 Zipf. 분포 기반의 사용자 요청 패턴을 가정하고 실험을 수행하였다.

Table 2. Simulation Parameter

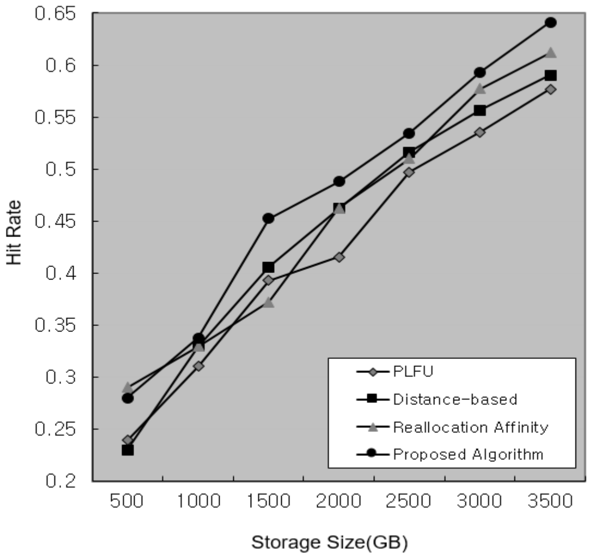
Parameter	Value
Testing time	180 hours
Number of videos	12,000 files
Data size of a video	654.7 MB
Interval Size	10min.
Bit-rate	2,048Kbps
Block play time	5 second
User request time	4,800/9,600 per minutes
User request pattern	Zipf Distribution(θ=0.271)
Storage size of CDN edge server	500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 GB
Storage size of P2P node	1~2 GB

표 2는 실험을 위해 활용된 환경 변수이다. 2048kbps로 인코딩된 12,000개의 대용량 파일을 활용하였으며 4,800회와 9,600회의 접근 횟수를 가정하였다. CDN에 위치하여 사용자에게 서비스하는 데이터 저장 공간은 500GB에서 최대 3500GB까지 수치를 증가시키며 실험을 진행하였으며 P2P의 각 노드는 1~2GB 범위에서 임의의 값을 가진다.

그림 6에서와 같이 수행된 블록 적중률 실험을 통해 본 논문에서 제안하는 영상 관리 기법은 기존의 방법에 비해 비교적 좋은 성능을 보이는 것을 확인하였다. 이는 사용자와 근거리에 위치한 CDN 노드 또는 Peer가 주로 요청되는 영상 데이터만을 저장하고 해당 영상 요청 시에 사용자에게 신속하게 전송하는 동시에 전송 서비스 품질에 영향을 미치는 초기 지연시간을 최소화하는 동시에 원거리 전송에 따른 데이터 손실을 효과적으로 감소시킨다는 것을 의미한다.



(a) Request frequency : 4,800



(b) Request frequency : 9,600

Fig. 6. Simulation results based block hit rate

V. Conclusions

네트워크를 기반으로 영상을 언제 어디서나 활용하고자 하는 사용자들의 요구가 폭발적으로 증가하고 고압축 저손실의 차세대 영상 압축 표준 재정과 이를 기반으로 한 영상 기술의 급속한 성장에 따라 보다 높은 품질의 영상을 활용할 수 있도록 하는 다양한 비디오 스트리밍(streaming) 기술 역시 지속적으로 발전하고 있다. 비디오 스트리밍 기술을 사용하여 사용자는 실시간으로 원하는 비디오에 접근하여 사용하는 것이 가능하다. 그러나 인터넷에서 제공하는 멀티미디어 데이터 서비스의 품질과 속도에 대한 만족도는 크게 개선되지 않고 있다. 이에 따라 최근에는 CDN과 P2P(Peer to Peer)의 장점을 결합한 복합형의 CDN/P2P는 시스템의 안정성과 데이터 전송의 효율성을 극대화시키기 위한 목적으로 활용되고 있다. 그러나 시스템 구조의 복잡성로 인해 저지연의 영상 전송을 보장하는 최적의 운용 방법이 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 전송 정보를 망 전체에 효과적으로 공유하는 최적의 복합형CDN/P2P 아키텍처와 운용 방법을 제안하였다 특히. 복합형 CDN/P2P망에서 제한된 대역폭을 효율적으로 활용하는 사용자의 QoS를 보장하기 위해서 요청되고 전송되는 데이터가 많은 사용자들에 의해 반복적으로 활용되어야 하므로 전체 데이터들 중 향후 지속적으로 요청되고 소비될 것으로 기대되는 데이터만을 선별하는 데이터 선별 기법을 제안하였다. 제안하는 영상 전송 기법을 통해 지속적으로 증가하는 네트워크상에서의 영상 스트리밍 서비스의 품질을 효과적으로 향상시키는 것이 가능할 것으로 기대한다.

REFERENCES

[1] Khaitiyakun. N., Sanguankotchakorn. T., and Tunpan. A., "Data dissemination on MANET using content delivery network (CDN) technique," Proc. of IEEE Int. Conf. on Information Networking, pp. 502-506, 2014.

[2] Sang-Hoon Lee and Ghi-Geun Han, "An Improvement of the P2P Streaming Network Topology Algorithm Using Link Information," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol 17, No. 5, pp. 49-57, May 2012.

[3] Papagianni. C., Leivadeas. A., and Papavassiliou. S., "A Cloud-Oriented Content Delivery Network Paradigm: Modeling and Assessment," IEEE Trans. on Dependable and Secure Computing, Vol. 10, Issue 5, pp. 287-300, Feb. 2013.

[4] Munaretto. D., Giust. F., Kunzmann. G., and Zorzi. M., "Performance Analysis of Dynamic Adaptive Video Streaming over Mobile Content Delivery Networks," Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications, pp. 1053-1058, 2014.

[5] Chong-Deuk Lee, "Segment-based Buffer Management for Multi-level Streaming Service in the Proxy System," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 11, pp. 135-142, Nov. 2010.

[6] Hoai Son Nguyen, Thanh Dat Nguyen, Thi Hue Pham, "SMAV: A Solution for Multiple-attribute Search on DHT-based P2P Network," Proc. of Int. Conf. on Advanced Technologies for Communic ations, pp. 187-190, 2009.

[7] Thinh Nguyen Kim, Seil Jeon, and Younghan Kim, “A CDN-P2P Hybrid Architecture with Content/Location Awareness for Live Streaming Service Networks,” Proc. of IEEE 15th Int. Symp. on Consumer Electronics, pp. 438-441, 2011.

[8] Seongho Cho, Joonho Cho, and Sung-Jae Shin, "Playback Latency Reduction for Internet Live Video Services in CDN-P2P Hybrid Architecture,” Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications, pp. 1-5, 2010.

[9] ZhiHui Lu, XiaoHong Gao, SiJia Huang, and Yi Huang, "Scalable and Reliable Live Streaming Service through Coordinating CDN and P2P,“ Proc. of IEEE Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems,, pp. 581-588, 2011.

[10] Jung-ll Namgung, Soo-Young Shin, Soo-Hyun Park, Lee-Sub Lee, and Dongwon Jeong, "Self-organizing P2P Overlay Network Applying Dynamic Landmark Mechanism for Contents Delivery Network,” Proc. of Int. Conf. on Software Engineering Research, Management and Applications, pp. 317-324, 2005.

[11] Oh-ishi. T., Sakai. K., Iwata. T., and Kurokawa. A., “The Deployment of Cache Servers in P2P Networks for Improved Performance in Content-Delivery,” Proc. of Int. Conf. on Peer-to-Peer Computing, pp. 23-30, 2003.

[12] Ye Wang and Yang Richard Yang, “An Analysis and Comparison of CDN-P2P Hybrid Content Delivery System and Model,” Journal of Communications. Vol. 7, No. 3, Mar. 2012.

[13] Cheng Huang, Angela Wang, Jin Li, Keith W. Ross, “Understanding Hybrid CDN-P2P: Why Limelight Needs its Own Red Swoosh, ACM New York, pp.75-80, May 2008.

[14] Dongyan Xu, Sunil Suresh Kulkarni, Catherine Rosen berg, Heung-Keung Chai, “Analysis of a CDN–P2P Hybrid Architecture for Cost-effective Sreaming Media Distribution,” Springer Multimedia Systems, Vol. 11, Issue 4, pp.383–399, Mar. 2006.

[15] Hai Jiang, Jun Li, Zhongcheng Li, et al, “Efficient Large Scale Content Distribution with Combination of CDN and P2P Networks,” International Journal of Hybrid Information Technology Vol.2, No.2, pp. 13-24, Apr. 2009

[16] Duyen Hoa HA, Thomas Silverton, Olivier Fourmaux, “A Novel Hybrid CDN-P2P Mechanism for Effective Realtime Media Streaming,” *https://www-npa.lip6.fr/~fourmaux/Stages/HA.ACM_Rapport.pdf*

[17] Kuan-Sheng Hsueh and Sheng-De Wang, "A Packet-Based Caching Proxy with Loss Recovery for Video Streaming," Proc. of 2002 Pacific Rim Int. Symp. on Dependable Computing, pp. 185-190, Dec. 2002.

[18] Songqing Chen, Bo Shen, Wee. S, and Xiaodong Zhang, "Segment-based Streaming Media Proxy: Modeling and Optimization," IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 8, pp. 243-256, Apr. 2006.

[19] Christian Spielvogel and Laszlo Boszormenyi, "Quality-of-Service based Video Replication," Proc. of Int. Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization, pp. 21-26, Dec. 2007.

Authors

Jun Pyo Lee received the Ph.D. degree in Computer Science and Engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 2009. Dr. Lee joined the faculty of the Department of Smart IT at Osan University, Gyeong-Gi, Korea, in 2017. He is currently a Professor in the Department of Smart IT, Osan University. He is interested in image processing, multimedia system, computer vision, distributed computing, and convergence education.

Won Joo Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Hanyang University, Korea, in 1989, 1991 and 2004, respectively. Dr. Lee joined the faculty of the Department of Computer Science at Inha Technical College, Incheon, Korea, in 2008, where he has served as the Director of the Department of Computer Science. He is currently a Professor in the Department of Computer Science, Inha Technical College. He has also served as the Vice-president of The Korean Society of Computer Information. He is interested in parallel computing, internet and mobile computing, and cloud computing.

Kang-Ho Lee received the M.S. and Ph.D. degrees in Electronic Engineering from Chungang University, Korea, in 1986 and 1991, respectively. Dr. Lee joined the faculty of the Department of Dept. of Computer Information Security, Korea National University of Welfare, Pyeongtaek, Korea, in 2003, He has also served as the President of The Korean Society of Computer Information. He is interested in information security and digital image processing.