

Cooperative Video Streaming and Active Node Buffer Management Technique in Hybrid CDN/P2P Architecture

Jun Pyo Lee*

*Professor, Dept. of Smart IT, Osan University, Gyeonggi, Korea

[Abstract]

Recently, hybrid CDN/P2P video streaming architecture is specially designed and deployed to achieve the scalability of P2P networks and the desired low delay and high throughput of CDNs. In this paper, we propose a cooperative video streaming and active node buffer management technique in hybrid CDN/P2P architecture. The key idea of this streaming strategy is to minimize network latency such as jitter and packet loss and to maximize the QoS(quality of service) by effectively and efficiently utilizing the information sharing of file location in CDN's proxy server which is an end node located close to a user and P2P network. Through simulation, we show that the proposed cooperative video streaming and active node buffer management technique based on CDN and P2P network improves the performance of realtime video streaming compared to previous methods.

▶ **Key words:** Contents Delivery Network, Video Streaming, Networked Video, Network Architecture, Streaming Technique

[요 약]

본 논문에서는 새로운 미디어 관리 및 전송 운용에 적합한 네트워크 형태인 Hybrid CDN/P2P 아키텍처 기반 하에서 전송 지연과 패킷 손실을 최소화하는 동시에 안정적인 망 운용 정책을 제안한다. 또한 실시간으로 대용량, 고품질의 미디어를 효과적으로 전송하고 네트워크 품질을 향상시킬 수 있도록 하기 위해 전송 스케줄링과 사용자의 요구 패턴을 기반으로 한 끊임 없는 데이터 전송 그리고 이를 통한 트래픽 및 로드를 관리하는 방법을 함께 제안한다. 제안하는 영상 전송 기법의 효율성 및 적용 적합도를 검증하기 위해 수행된 실험결과에 따라 제안하는 방법이 기존에 제안된 방법에 비해 비교적 좋은 성능 평가가 이루어졌음을 확인하였다. 이는 프록시 서버 간의 협력적 운용 방법을 통해 보유 데이터 정보를 상호 공유하고 이를 통해 각 노드가 원하는 데이터를 전송받도록 하는 동시에 실행 버퍼 전송 기법을 통해 데이터 전송 과정에서 전달된 데이터의 재사용성을 높이고 있기 때문이다.

▶ **주제어:** 콘텐츠 전송 네트워크, 비디오 스트리밍, 네트워크 비디오, 네트워크 아키텍처, 스트리밍 기법

• First Author: Jun Pyo Lee, Corresponding Author: Jun Pyo Lee
*Jun Pyo Lee (junpyolee@osan.ac.kr), Dept. of Smart IT, Osan University
• Received: 2019. 10. 15, Revised: 2019. 11. 21, Accepted: 2019. 11. 21.

I. Introduction

누구나 원하는 비디오, 오디오 및 다양한 형태의 멀티미디어 콘텐츠를 인터넷 망을 통해 자유롭게 전송받고 활용할 수 있다. 특히, 최근에는 보다 높은 품질의 고화질 미디어에 대한 활용의 요구가 급속도로 증가하면서 유무선 네트워크 망을 어떻게 구성할 것인지에 대한 관심과 동시에 보다 효과적으로 미디어를 저장하고 전송할 수 있을지에 대한 집중적인 연구가 계속되고 있다. 기존에는 분산형의 네트워크 환경을 응용한 콘텐츠 전송 네트워크(CDN; Content Delivery Network)[1-5]과 다수의 사용자들이 서로의 서비스를 보다 자유롭게 활용할 수 있는 일대일 네트워크 (P2P; Peer to Peer) 방법[6-8]이 제안되었으며 이를 통해 제한된 전송 대역폭 및 입출력 대역폭의 한계를 극복하고 이와 동시에 원격지에서 전송되는 패킷(packet)들의 손실과 지연에 대한 문제점을 극복해 나가기 시작했다. 특히 사용자와 근거리에 위치하여 전체 네트워크의 트래픽을 효과적으로 감소시키기 위해 프록시 서버(proxy server)를 구축하고 해당 공간에 사용자가 빈번하게 요청하는 미디어만을 선별적으로 저장하여 서비스하는 콘텐츠 전송 네트워크의 경우 많은 미디어 제공업체와 연구소에서 집중적으로 연구되었으며 다양한 미디어 전송 기법이 제안되고 있다. 콘텐츠 전송 네트워크는 미디어의 지연에 매우 효과적인 방법이나 사용자들이 점차 높은 품질의 미디어를 요청하는 동시에 그 요청 빈도수가 폭발적으로 증가함에 따라 보다 효과적이고 보다 높은 수준의 알고리즘이 적용된 프록시 서버 운용 방법이 제안되어야 한다. 이와 같은 프록시 서버 운용 정책의 문제점을 극복하기 위해 최근에는 네트워크 상에 산재되어 존재하는 사용자의 저장 및 전송 기능을 적용한 복합형 미디어 전송망인 Hybrid CDN/P2P 아키텍처[9-13]가 연구되어 실제 네트워크에 활발하게 적용되어 운용되기 시작했다. 해당 네트워크는 원격지에 위치한 대용량의 콘텐츠 서버에게 미디어를 요청한 사용자의 요청을 근거리에 위치한 프록시 서버가 우선 전송받은 후 개별 컴퓨팅 노드(computing node)들에게 이를 재요청함으로써 지속적이고 안정적인 전송을 가능하게 하는 동시에 근거리에서 발생하는 급격한 트래픽의 증가를 효과적으로 분산시킴으로서 안정적인 네트워크 운용과 최적의 서비스 품질(QoS; Quality of Service) 가능하게 한다. 그러나 본 네트워크 역시 고도화된 네트워크 설계 및 구축 그리고 운용 알고리즘이 요구되며 이에 따라 매우 높은 운용비용 또한 요구된다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 기존의 문제점으로 제시되었던 사용자의 급격한 요청의 증가에 따른 데이터 재요청 예측 방법 및 전송 기법, 그리고 전송 지연을 최소화

할 수 있는 대한 보다 높은 수준의 방법론이 지속적으로 요구된다고 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 새로운 미디어 관리 및 전송 운용에 적합한 네트워크 형태인 Hybrid CDN/P2P 아키텍처 기반 하에서 전송 지연과 패킷 손실을 최소화하는 동시에 안정적인 망 운용 정책을 제안한다. 또한 전송 스케줄링과 사용자의 요구 패턴을 기반으로 한 끊임없는 데이터 전송 그리고 이를 통한 트래픽 및 로드(load)를 관리하는 방법을 함께 제안함으로써 실시간으로 대용량, 고품질의 미디어를 효과적으로 전송하고 네트워크 품질을 향상시킬 수 있도록 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존의 연구 방법에 대해 논의하고 3장에서는 제안하는 방법에 대해 기술한다. 또한 4장에서는 수행된 실험을 통해 제안하는 방법의 효율성을 분석한 후 5장에서 결론을 제시한다.

II. Related Works

현재 다양한 상업적인 회사에 의해 구축된 망을 통해 서비스되는 미디어의 전송 목적으로 적극적으로 활용되고 있는 콘텐츠 전송 네트워크는 지속적으로 그 운영 방법이 고도화되어가고 있다. 특징적으로 사용자 노드들의 근거리에 프록시 서버를 배치하여 해당 서버의 저장 공간에 사용자 요청 데이터를 선별적으로 저장하는 동시에 신속한 전송을 목적으로 디자인된 알고리즘을 통해 데이터를 관리하고 전송하는 망 구축 형태와 그 운용 방법이다. 망 구축 시 하나의 프록시 서버에는 수많은 지역 컴퓨팅 노드들이 가입되어 있으며 다수의 노드들의 미디어 요청은 항상 해당 서버에서 관리하여 서비스된다. 만일 해당 서버에 사용자의 요청 데이터가 존재하지 않을 경우 불가피하게 원격지의 대용량 서버에게 다시 데이터를 요청해야함에 따라 네트워크 트래픽과 초기 지연과 지터(jitter) 시간 등 전송 지연이 증가하게 되며 이와 같은 원격지 요청이 증가할 경우 콘텐츠 전송 네트워크의 효율성과 서비스 품질은 급격히 감소하게 되므로 프록시 서버의 운용 정책의 효율성 및 고도화는 해당 네트워크 운용에 매우 중요한 요소가 된다. 뿐만 아니라 많은 사용자 노드들을 관리하는 방법과 노드들이 요청한 데이터를 프록시 서버에 선별적으로 저장하고 이를 최단 시간 내 전송하는 방법이 요구된다. 그림 1은 콘텐츠 전송 네트워크에서의 사용자 요청과 이에 대한 응답을 수행하는 전형적인 실시간 데이터 전송 운용 메커니즘을 보인다[14].

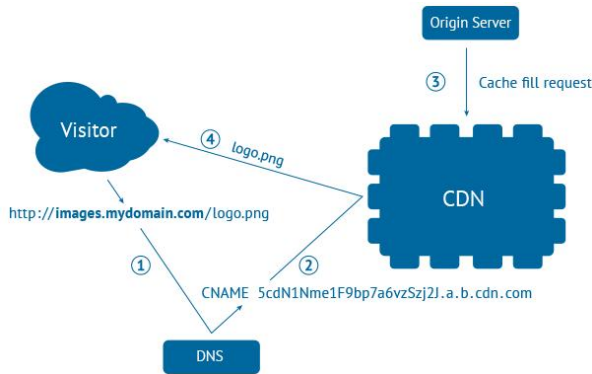


Fig. 1. Realtime data transferring mechanism using Content Distribution Network

그림 1에서, 사용자(visitor)의 요청은 사용자가 가장 근접되고 일련의 네트워크 그룹으로 한정지어진 콘텐츠 전송 네트워크에서의 프록시 서버가 응답하게 되며 해당 서버는 요청된 콘텐츠를 전송한다. 만일 프록시 서버의 저장 공간에서의 요청된 콘텐츠의 탐색에 실패할 경우 원 데이터를 보유하고 있는 대용량의 콘텐츠 집중 서버(contents origin server)에게 요청하여 사용자에게 전송하는 동시에 필요 시 이를 프록시 서버의 저장 공간에 저장하게 된다. 콘텐츠 전송 네트워크에서 프록시 서버에 데이터를 선별적으로 저장하여 사용자에게 서비스하는 방식에 따라 정적 캐싱(static caching)과 동적 캐싱(dynamic caching)으로 분류할 수 있다. 정적 캐싱의 경우 사용자의 요청이 없어도 원격지의 콘텐츠 집중 서버에 있는 콘텐츠를 운영자가 미리 프록시 서버의 저장 공간인 캐시(cache)에 요청하여 복사한다. 사용자가 프록시 서버에 접속하여 콘텐츠를 요청하면 그 콘텐츠는 항상 프록시 서버의 캐시에 저장되어 있다고 가정한다. 미리 저장되어 있지 않은 데이터의 경우 이를 캐시에 저장할 수 있는 방법이 제공되지 않아 특정 콘텐츠의 즉시 서비스 불가능 상태인 캐시 불일치(cache miss)가 지속적으로 발생하게 된다. 이와 같은 방법은 상대적으로 적은 수의 콘텐츠를 운용하는 초기 CDN에서 주로 사용하는 방식이며 운용 방법이 단순하나 초기에 특정 콘텐츠 선별 방식이 전체 네트워크 성능에 주요한 영향을 미치게 되며 사용자의 변화하는 요청 패턴 또는 집중적으로 요청되는 콘텐츠를 실시간으로 반영하여 서비스하는 것이 불가능하다는 단점을 가진다. 동적 캐싱의 경우 최초 프록시 서버의 저장 공간인 캐시에는 사용자 요청 콘텐츠가 없다고 가정한다. 사용자가 콘텐츠를 요청하면 해당 콘텐츠가 있는지 확인하고, 없으면 원격지의 콘텐츠 집중 서버로부터 다운로드 받아 사용자에게 전달하며 이후 동일 콘텐츠를 요청 받으면 저장된 콘텐츠를 사용자에게 전달한다. 이 방식은 현재 Akamai, Amazon과 같은 Global

CDN 업체, 그리고 Cisco나 ALU의 통신사업자 CDN 장비 솔루션에서 활용되고 있으며 운용 방법이 다소 복잡하나 실시간으로 변화하는 사용자의 요청에 대응하여 주로 요청되거나 요청될 가능성이 높은 콘텐츠를 저장하여 서비스할 수 있다는 장점을 가진다.

콘텐츠 전송 네트워크에서 보다 효율적인 전송을 위해 실시간 변환 코딩(transcoding) 기법과 프리페칭(prefetching) 기법이 제안되어 활용되었다. 실시간 변환 코딩의 경우 네트워크 송수신 구간의 대역폭과 입출력 대역폭을 실시간으로 측정하고 이에 적합한 크기의 데이터로 변환시킴으로서 네트워크 자원의 효율성과 전송 서비스 품질을 유지시키는 방법이다. 또한 Cheng Huang et al.[15]은 제안하는 프리페칭 기법을 통해 사용자가 미리 요청될 데이터 리스트를 예측하는 동시에 이를 저장하고 있는 서버에 미리 요청함으로써 순간적으로 발생하는 높은 로드를 감소시키고 대역폭의 효과적인 활용을 가능하게 함으로써 초기 지연 시간 및 지터 시간을 감소시켜 실시간 콘텐츠 활용을 가능하게 하였다.

현재와 같은 분산 환경에서 네트워크 상에 산재하는 컴퓨팅 단말들을 활용하는 자율적 P2P 네트워크는 한정된 자원의 효율적인 활용과 빠른 응답 및 전송과정의 있어서의 효율성을 보장할 수 있으며 각 단말들이 트래픽과 자원을 할당해 부하를 분산시켜줄 수 있다. 특히 대용량의 콘텐츠를 실시간으로 요청하고 소비하는 패턴을 가지는 경우 근거리에서 충분히 확보된 대역폭을 활용하여 단말 간 콘텐츠를 주고받을 수 있는 환경의 구축은 매우 중요한 요소이다. 그러나 콘텐츠 전송 네트워크와는 구별되게 콘텐츠를 전송하는 주체인 각 단말은 원하는 시기에 네트워크에서 탈퇴하거나 또는 가입 과정이 이루어짐으로 인해 자원의 위치 정보 및 전송 가능성을 확인하는데 많은 시간이 요구된다. 이와 함께 전송 대기열에 위치한 데이터를 보유하고 있는 단말 또는 이를 중계하는 단말의 네트워크 탈퇴 시에 새로운 단말을 탐색하고 이를 연계하는 과정에 불가피한 전송 지연과 끊김이 빈번하게 발생할 수 있다는 단점을 가지고 있어 이를 위한 신뢰성 높은 운영 정책이 요구된다. 특히 중계 단말의 네트워크 탈퇴로 인한 특정 단말들의 고립 현상(Isolation)을 회피하기 위한 우회 단말 탐색 및 우회 라우팅 경로 설정 등 P2P 네트워크를 적극적으로 활용하기 위한 방법이 요구된다. 뿐만 아니라 네트워크 및 단말의 입출력 대역폭의 상호 불균형으로 인해 발생하는 네트워크 지연을 방지하고 서비스 품질을 유지하기 위해 단말 간 로드 균형을 지속적으로 유지시키는 방법 역시 요구된다.

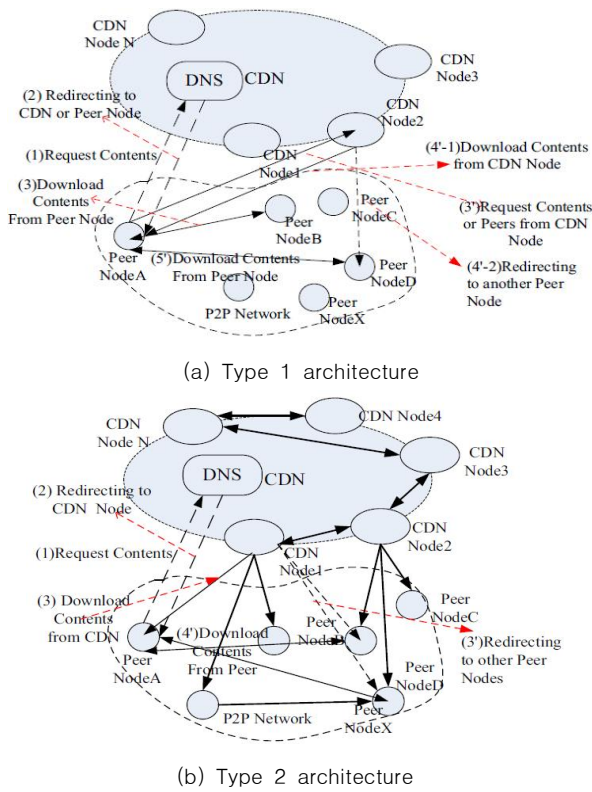


Fig. 2. Hybrid CDN/P2P architecture for transmitting the requested video data

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	-

보다 최근에는 위에서 제시한 콘텐츠 전송 네트워크와 P2P의 장점을 결합한 네트워크인 복합형 CDN/P2P 네트워크 (hybrid CDN/P2P network)가 활용되기 시작하였다. Zhihui Lu. et al.[11], Dongyan Xy et al.[16], Duyen Hoa HA et al.[17] 그리고 Hai Jiang et al.[6] 등에 의해 수행된 다양한 선행 연구를 통해 해당 네트워크의 신뢰성 높은 효율적 활용 기법이 수많은 비즈니스 업체에 적용되어 활용되기에 이르렀으며 이를 통해 대표적이고 표준화된 두 아키텍처 모델이 정립되었다. 그림 2는 복합

형 CDN/P2P 네트워크의 두 가지 대표적 모델을 보인다. 또한 표 1은 제시된 두 가지 대표적 모델의 운용 방식을 나타낸다.

유무선 네트워크의 구축 기술이 급속하게 발전하고 네트워크상에서 언제 어디서나 원하는 고품질, 고화질의 콘텐츠를 선택하여 활용하고자 하는 사용자의 수가 폭발적으로 증가하는 추세와 함께 새로운 콘텐츠 전송 환경인 복합형 CDN/P2P 아키텍처는 다양한 콘텐츠를 네트워크 상에서 서비스하는 Akamai, Limelight, VeriSign, CacheLogic, Grid Networks, Internap 및 Joost 등의 업체에 의해 급속하게 발전되었다. 또한 각 기업에서 제공되어지고 있는 특화된 솔루션의 고도화로 누구나 손쉽게 콘텐츠를 활용하기에 이르렀다. 또한 다양한 연구를 통해 현존하는 네트워크 환경에서 고품질, 대용량 콘텐츠의 실시간 전송의 효율성을 향상시키는 방법이 제안되었으며 수많은 콘텐츠 제공 비즈니스 업체들이 이를 기반으로 활발한 운영이 진행되고 있다. 그러나 여전히 실시간 전송에 따라 발생하는 여러 문제점을 극복하지 못하고 있으며 그 운용에 있어 복잡하고 고도화된 알고리즘의 일반화된 적용이 어렵다는 한계를 가지고 있다. 본 논문에서는 아래와 같은 주제에 대해 연구하고 이에 대한 효과적인 방법을 제시한다. 첫째는 다수의 단말과 이를 관리하는 다수의 콘텐츠 전송 네트워크와의 연관 체계 구축과 사용자 요청 처리를 위한 할당 시스템(mapping system) 운용 방법이며, 둘째는 콘텐츠 전송 네트워크 단위로 사용자와 근거리에 위치한 다수 프록시 서버 및 프록시 서버 간 협력 운용 방법이다. 셋째는 단말 간 콘텐츠 데이터 스케줄링 및 고립 단말을 연결하기 위한 우회 단말 탐색 및 우회 라우팅 경로 설정 방법, 지연과 끊김 없이 데이터를 연속화하여 전달할 수 있는 방법, 그리고 마지막으로 P2P 노드에서의 사용자에게 전달되어질 데이터들의 메모리 공간인 실행 노드 버퍼 운용 방법(active node buffer management)이다. 이에 본 논문에서는 이와 같은 복합형 CDN/P2P 아키텍처를 기반으로 전송 서비스 품질을 보다 향상시키는 동시에 네트워크의 로드를 효과적으로 경감시켜 대용량의 콘텐츠를 실시간으로 전송하도록 하기 위해 위에서 제시된 문제점을 해결하는 협력적 CDN/P2P 운용 기법을 제안한다.

III. The Proposed Scheme

본 논문에서는 전송의 효율성과 품질을 보장하기 위해 복합형 CDN/P2P 아키텍처를 기반으로 하는 협력적 운용 방식을 제안한다. 특히 다수의 단말 간의 전송과 프

록서 서버 간의 데이터 전송 메커니즘을 제안하는 동시에 가입과 탈퇴가 빈번하게 발생하는 P2P의 특징을 고려하여 우회 단말 탐색과 라우팅 경로 설정 방법을 통해 끊임 없는 전송을 가능하게 하며 초기 지연에 따른 품질 저하를 회피하기 위한 실행 노드 버퍼 운용 방법을 제안한다.

1. Cooperative CDN/P2P Architecture

제안하는 그림 3의 CDN/P2P 아키텍처는 P2P의 노드 간 협력 및 콘텐츠 전송 네트워크에서 전송의 중심이 되는 프록시 서버 간의 협력적 운용 방법을 통해 보유 데이터 정보를 상호 공유하고 이를 통해 각 노드가 원하는 데이터를 전송받도록 함으로써 원격지에서 전송되는 데이터의 요구량을 최소화하는데 목적이 있다.

다수의 가입자를 관리하는 프록시 서버는 주기적으로 노드의 가입 상태와 가용 대역폭, 전송 지연 시간 그리고 보유하고 있는 콘텐츠 데이터를 확인하기 위해 노드 정보 패킷 (node information packet; NIP)을 각 노드에게 전송한다. 점검 패킷을 전송받은 각 노드 역시 해당 노드 정보 패킷을 이용하여 자신을 기준으로 타 노드의 활용 정보를 확인하고 이를 주기적으로 업데이트 한다. 이때 임의의 시간 간격동안 가입 상태를 유지하고 있는 시간을 기준으로 노드를 정렬하고 이를 전송이 가능한 유효 노드로 정한다. 각 노드는 이와 같은 유효 노드의 신뢰성을 바탕으로 전송을 진행한다.

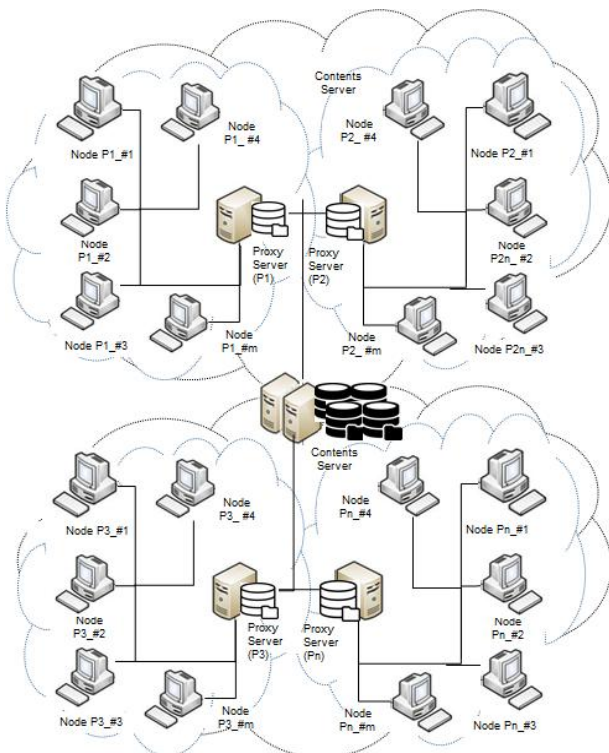


Fig. 3. Cooperative CDN/P2P architecture

데이터를 요청하는 노드는 자신이 보유하고 있는 정보 패킷을 활용하여 데이터를 요청하고 이를 전송받게 된다. 노드가 요청하는 데이터가 네트워크에 산재된 노드들에 분산되어 저장되어 있으므로 전송 리스트를 생성하여 순차적으로 데이터를 전송받게 된다. 이때 전송리스트는 전송 가능한 노드인 유효 노드를 기준으로 생성하게 된다. 전송 과정에서 전송 리스트에 포함된 노드의 또는 중계 단말의 탈퇴로 인한 고립 현상을 회피하기 위한 우회 단말 탐색 및 우회 라우팅 경로 설정이 요구되며 이를 위해 노드 정보 패킷 및 대안 노드를 사용한다. 아래는 이와 같은 노드 간 데이터 전송을 수행하는 방법을 단계별로 기술한다.

- Step 1. 노드가 위치한 CDN 프록시 서버에서 최 지연시간을 가지는 임의의 노드를 선정
- Step 2. 프록시 서버에서 노드 정보 패킷 생성하여 선정된 노드에게 전송
 - Node Information Packet(NIP) = {group_ID, node_ID, video_Info, valid state, # of invalid, delay info}
 - video_Info = {video_ID, packet_ID, play time, data size, index info},
 - # of invalid: 이전 시간 간격(α interval) 동안 발생한 노드의 네트워크 탈퇴 횟수
- Step 3. 네트워크 내에 구성된 각 노드로 NIP 배포
- Step 4. 가입상태 유무 및 전송 지연 시간 한계치를 기반으로 한 탐색 노드 범위 설정
 - 전송 지연 시간 한계치 : 이전 시간 간격동안 발생한 한 노드 간 데이터 전송 과정에서 발생한 전체 지연시간의 95% 수준으로 설정
- Step 5. 임의의 시간 간격동안 데이터 전송 가능 노드를 식별하고 이를 다음의 유효노드로 설정
- Step 6. 데이터 탐색과 전송을 위한 전송 리스트 생성, 이때 각 노드의 # of invalid 가 최소화되는 경로 생성
- Step 7. 전송과정에서 전송 불가 노드 발생을 대처하기 위해 고립현상 회피를 수행하는 우회 단말 탐색 및 전송 우회 라우팅 경로(대안 경로) 설정

노드가 요청한 데이터가 산재된 노드들에 없거나 또는 프록시 서버로부터 전송받는 지연시간을 초과하여 탐색이 요구될 때 해당 노드는 프록시 서버를 통해 직접 전송받는다. 만일 프록시 서버에도 요청 데이터가 없을 경우 협력 프록시 서버에게 해당 데이터를 요구한다. 이를 위해 각 프록시 서버는 자신의 프록시 서버 정보 패킷(proxy

server information packet; PSIP)을 생성하여 인접한 프록시 서버 또는 해당 서버 그룹에 존재하는 노드들로부터 데이터를 전송받는다. 임의의 시간 간격동안 협력 노드의 연결은 원격지 서버로부터 데이터를 전송받는데 요구되는 시간보다 적은 지연시간 내 전송 가능한 프록시 서버로 한정하며 최대 전송 가능 프록시의 수는 실험을 통해 결정되었다. 아래는 본 논문에서 활용하는 프록시 서버를 활용한 협력적 데이터 전송과정을 기술한다.

- Step 1. 프록시 서버 정보 패킷 생성
 - Proxy Server Information Packet(PSIP) = {proxy_id, adjacent proxy info, delay info}
- Step 2. $TPS_{adj} < TRS$ 일 경우 탐색 가능 프록시 서버 범위로 선정
 - TPS_{adj} : 인접 프록시 서버로부터의 전송 지연 시간
 - TRS : 원격지 서버로부터의 전송 지연 시간
- Step 3. 탐색 가능 프록시 서버 간 NIP 공유
- Step 4. 임의의 시간 간격($\alpha_{interval}$) 종료 후 프록시 서버 정보 패킷의 브로드캐스팅 및 이를 통한 데이터 저장 정보 갱신

2. Active Node Buffer Management

데이터 전송 과정에서 전달된 데이터의 재사용성을 높이기 위해 본 논문에서는 그림 4와 같이 네트워크에 산재된 노드의 저장 공간에서 수행되는 실행 버퍼 전송 기법을 활용한다.

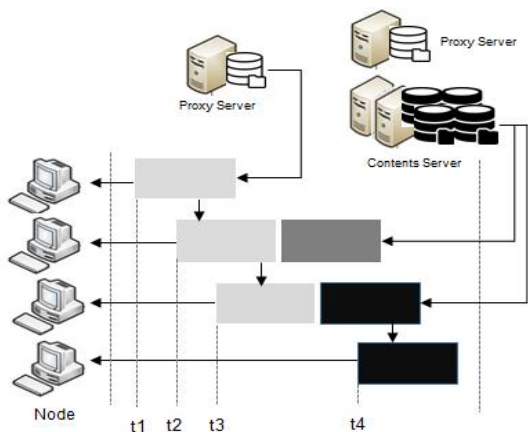


Fig. 4. Active buffer management technique

각 노드는 자신이 소속된 네트워크 내에서 공유된 저장 정보를 활용하여 최단시간 내 데이터를 탐색하여 활용하는 것이 가능하다. 만일 노드의 탈퇴 상태나 저장 데이터 탐색에 실패할 경우 가장 근거리의 위치한 프록시 서버로

부터 데이터를 요청하여 전송받도록 한다. 전송 과정에서 타 노드의 동일 데이터 전송 요청이 있을 경우 초기 요청 노드는 해당 데이터를 연계하여 이후 노드에게 전송하게 되며 이후 노드는 프록시 서버가 전송하는 데이터를 동시에 전송받게 된다. 만일 자신이 속한 프록시 서버와 협력 관계의 프록시 서버에게 이를 요청하게 되며 협력 프록시 관계를 탐색하여 요청 데이터 탐색에 실패할 경우 이를 원격지 서버를 통해 전송받게 된다.

통상적으로 프록시 서버에 저장되는 데이터의 특징과 동일하게 노드에 저장되는 데이터 역시 전체 데이터 중 앞부분인 프리픽스(prefix) 부분에 해당된다. 이는 사용자의 데이터 요청 패턴이 주로 영상의 앞부분에 집중되기 때문이다. 각 노드는 여유 저장 공간을 활용하여 이를 저장하게 되며 전송 가능한 노드 탐색 범위는 네트워크 내 데이터 탐색 시간과 프록시 서버로부터의 전송 지연시간을 동시에 고려한 알고리즘을 통해 결정된다. 제안하는 활성화 노드 버퍼를 활용한 데이터 전송 방법은 아래와 같이 보인다.

- 가정: 초기 노드(N_{init})의 인접 노드(N_{adj})에 의한 초기 데이터 전송 실패 (P2P를 통한 데이터 탐색 실패)
- Step 1. N_{init} 에 의한 프록시 서버로의 데이터 요구
- Step 2. 프록시 서버에 대한 N_{init} 로의 데이터 전송 시작
- Step 3. 신규 노드(N_{new})의 동일 데이터 요청될 경우,
 - (1) 전송되고 있는 N_{init} 의 메모리 버퍼를 이용한 데이터 전송
 - (2) 미리 정의된 시간간격 종료 후 N_{init} 의 활성화된 메모리 버퍼 데이터의 정의된 전송 대기 시간 간격 ($\lambda_{interval}$) 동안 유지 또는 저장
- Step 4. 프록시 서버의 동기화 설정을 통한 노드 정보 패킷(NIP) 업데이트

본 논문에서 노드의 데이터 저장은 이전 시간 간격($\alpha_{interval}$)동안 사용자에게 의해 발생한 요청 선호도를 통해 결정된다. 즉, 이전 시간 간격 동안 요청이 빈번한 데이터는 저장하고 이를 위한 저장 공간 확보가 필요할 경우에는 가장 적은 요청 선호도를 나타내는 데이터를 우선 삭제하도록 하는 α -LRF 정책을 이용한다. 프리픽스의 크기 결정은 프록시 서버의 경우 이전 시간 간격동안 콘텐츠 집중 서버와의 데이터 전송과정에서의 발생한 평균 지연시간을 활용하며, 노드의 경우 노드 간 데이터 전송 과정에서 발생한 평균 지연시간의 해당되는 데이터로 한다.

IV. Simulation Results

본 논문에서 제안하는 Hybrid 유형의 CDN/P2P 구조에서 적용되는 영상 전송 기법의 효율성 및 적용 적합도를 검증하기 위해 기존의 알고리즘인 PLFU, Distance-based, Reallocation Affinity 기법[18-20]과의 성능 검증을 시행하였다.

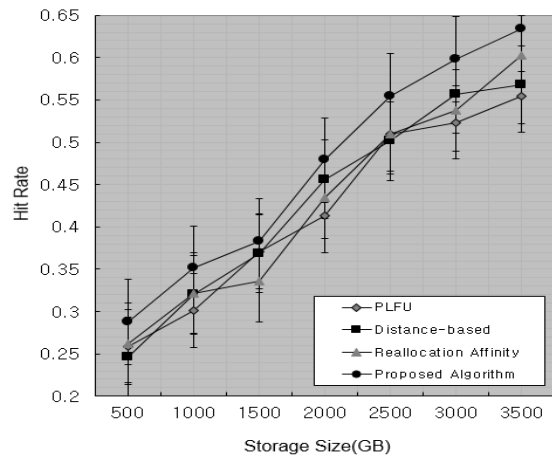
전체 성능에 가장 큰 영향을 미치는 CDN의 프록시 서버에서의 데이터 패킷 적중률을 기반으로 하였다. 이때 프록시 서버의 저장 공간을 500GB에서 3,500GB까지 500GB 단위로 증가시킴으로서 다양한 저장 공간의 변화 하에서 실험이 시행되었으며 P2P를 구성하는 노드의 저장 공간 크기는 1~2GB로 모든 노드가 무작위의 크기를 가지는 것으로 설정하였다. 실 환경의 모의를 위해 영상 파일에 대한 사용자의 요청 패턴을 Zipf. 분포($\theta=0.271$)를 따르도록 하였다. 수행된 전체 실험 시간은 180시간으로 하였으며 12,000개의 파일을 대상으로 각 영상 크기는 654.7Mbytes로 모두 동일한 크기를 가지도록 하였다. 본 논문의 효율성을 검증하기 위해 실행된 상세 시험 조건은 표 2와 같다.

Table 2. Simulation Parameters

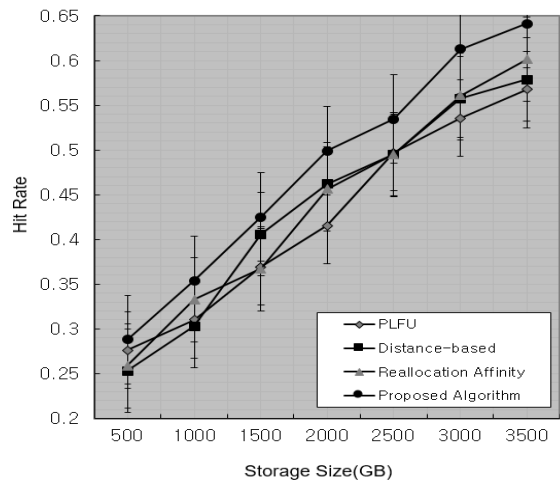
Parameter	Value
Testing time	180 hours
Number of proxy servers	10
Number of nodes in CDN	50~100
Number of videos	12,000 files
Data size of a video	654.7 MB
Bit-rate	2,048Kbps
Block play time	5 second
User request time	4,800/9,600 per minutes
User request pattern	Zipf. Distribution ($\theta=0.271$)
Storage size of CDN edge server	500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 GB
Storage size of P2P node	1~2 GByte
Replacement method	α -LRF
Predefined interval (α interval)	15min
Transmission delay (λ interval)	15~30sec.

본 논문에서는 사용자의 요청을 분당 4,800회와 9,600회의 두 가지로 하여 데이터 패킷의 적중률 실험을 수행하였다. 그림 5의 (a)와 (b)의 실험결과와 같이 프록시 서버의 저장 공간을 변경하며 실행된 실험결과에 따라 제안하는 방법이 기존에 제안된 방법에 비해 비교적 좋은 성능 평가가 이루어졌음을 확인할 수 있다. 이는 네트워크의 기반이 되고 있는 협력적 CDN/P2P 아키텍처가 P2P의 노드

간 협력 및 콘텐츠 전송 네트워크에서 전송의 중심이 되는 프록시 서버 간의 협력적 운용 방법을 통해 보유 데이터 정보를 상호 공유하고 이를 통해 각 노드가 원하는 데이터를 전송받도록 함으로써 원격지에서 전송되는 데이터의 요구량을 최소화하도록 하기 때문이다. 또한 데이터 전송 과정에서 전달된 데이터의 재사용성을 높이기 위해 네트워크에 산재된 노드의 저장 공간에서 수행되는 실행 버퍼 전송 기법을 활용하고 있기 때문이다. 특히 P2P 노드의 탈퇴 상태나 저장 데이터 탐색에 실패할 경우 가장 근거리에 위치한 프록시 서버로부터 데이터를 요청하여 전송받도록 하는 동시에 전송 과정에서 타 노드의 동일 데이터 전송 요청이 있을 경우 초기 요청 노드는 해당 데이터를 연계하여 이후 노드에게 전송하고 이후 노드는 프록시 서버가 전송하는 데이터를 동시에 전송받게 함으로서 네트워크 자원을 효율적으로 활용할 수 있도록 하였기 때문이다.



(a) Request frequency : 4,800/min.



(b) Request frequency : 9,600/min.

Fig. 5. Simulation results based block hit rate

V. Conclusions

현재 다양한 상업적인 회사에 의해 구축된 망을 통해 서비스되는 미디어의 전송 목적으로 적극적으로 활용되고 있는 콘텐츠 전송 네트워크 및 P2P 네트워크는 지속적으로 그 운영 방법이 고도화되어가고 있다. 이에 따라 운영 정책의 효율성 및 고도화는 해당 네트워크 운용에 매우 중요한 요소가 된다.

본 논문에서는 이와 같은 기존의 복합형 CDN/P2P 아키텍처를 기반으로 전송 서비스 품질을 보다 향상시키는 동시에 네트워크의 로드를 효과적으로 경감시켜 대용량의 콘텐츠를 실시간으로 전송하도록 하기 위해 제시되었던 데이터 전송 과정에서의 문제점을 해결하는 협력적 CDN/P2P 운용 기법을 제안하였다. 새로운 미디어 관리 및 전송 운용에 적합한 네트워크 형태인 협력적 CDN/P2P 아키텍처 기반 하에서 전송 지연과 패킷 손실을 최소화하는 동시에 안정적인 망 운용 정책을 제안하였다. 또한 전송 스케줄링과 사용자의 요구 패턴을 기반으로 한 끊임 없는 데이터 전송 그리고 이를 통한 트래픽 및 로드를 관리하는 방법을 함께 제안함으로써 실시간으로 대용량, 고품질의 미디어를 효과적으로 전송하고 네트워크 품질을 향상시킬 수 있도록 한다. 특히 다수의 단말과 이를 관리하는 다수의 콘텐츠 전송 네트워크와의 연관 체계 구축과 사용자 요청 처리를 위한 할당 시스템 운용 방법, 콘텐츠 전송 네트워크 단위로 사용자와 근거리의 위치한 다수 프록시 서버 및 프록시 서버 간 협력 운용 방법 그리고 단말 간 콘텐츠 데이터 스케줄링 및 고립 단말을 연결하기 위한 우회 단말 탐색 및 우회 라우팅 경로 설정 방법 및 지연과 끊임 없이 데이터를 연속화하여 전달할 수 있는 방법을 제안하였으며 또한 P2P 노드에서의 사용자에게 전달되어질 데이터들의 메모리 공간인 실행 버퍼 운용 방법을 함께 제시하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Osan University in 2018.

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. DOI: 10.1109/ICOIN.2014.6799732
- [2] Jie Ding and Ning Li, "A Distributed Adaptation Management Framework in Content Delivery Networks," Proc. of Int. Conf. on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, pp. 1-4, 2011. DOI: 10.1109/wicom.2011.6040622
- [3] Papagianni. C., Leivadreas. A., and Papavassiliou. S., "A Cloud-Oriented Content Delivery Network Paradigm: Modeling and Assessment," IEEE Trans. on Dependable and Secure Computing, pp. 287-300, Feb. 2013. DOI: 10.1109/TDSC.2013.12
- [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. DOI: 10.1109/ICC.2014.6883460
- [5] Al.Shayegi. M.H., Rajesh. S., Alsarraf. M. and Alsuwaid. R., "A Comparative Study on Replica Placement Algorithms for Content Delivery Networks", Proc. of Int. Conf. on Advances in Computing, Control and Telecommunication Technologies, pp. 140-142, 2010. DOI:10.1109/ACT.2010. 44
- [6] Hai Jiang, Jun Li, Zhongcheng Li, and Jing Liu, "Efficient hierarchical content distribution using P2P technology," Proc. of IEEE Int. Conf. on Networks, pp. 1-6, 2008. DOI: 10.1109/ICON.2008.4772628
- [7] Anitha. A., JayaKumari. J., and Mini, G.V. , "A survey of P2P overlays in various networks," Proc. of Int. Conf. on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies, pp. 277-281, 2011. DOI: 10.1109/ICSCCN.2011.6024559
- [8] 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 Communications, pp. 187-190, 2009. DOI: 10.1109/ATC.2009.5349557
- [9] 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. DOI: 10.1109/ISCE.2011.5973865
- [10] 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. DOI: 10.1109/ICC. 2010.5502573
- [11] 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. DOI: 10.1109/ICPADS.2011.113
- [12] Jung-Il Nangung, 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. DOI: 10.1109/SERA.2005.59
- [13] 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. DOI: 10.1109/PTP.2003.1231500
- [14] Akamai, CDN, <https://cdn.hosting.kr>
- [15] Cheng Huang, Chenjie Zhu, Yi Li, and Dejian Ye, "Dedicated Disk I/O Strategies for IPTV Live Streaming Servers Supporting Timeshift Functions," Proc. of Int. Conf. on Computer and Information Technology, 2007. DOI: 10.1109/CIT.2007.181
- [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.AC_M_Rapport.pdf.
- [17] 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.
- [18] 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, 2002. DOI: 10.1109/PRDC. 2002.1185637
- [19] 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. DOI: 10.1109/TMM.2005.864281
- [20] 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. DOI: 10.1109/SMAP.2007.17

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.