

논문 2015-52-1-6

스트리밍 세션에서 선택적 VoD 서비스 제공을 위한 향상된 피어-투-피어 스트리밍 프로토콜

(Enhanced Peer-to-Peer Streaming Protocol to Provide The Selective
VoD Service in Live Streaming Session)

이 선 우*, 조 성 현**

(Seonwoo Yi and Sunghyun Cho[©])

요 약

본 논문은 PPSP(Peer-to-Peer Streaming Protocol) 에서 지나간 화면에 대한 선택적 VoD 서비스를 제공하는 방안을 제안한다. 스트리밍 세션 도중 VoD 서비스를 제공하기 위해 각 피어는 이미 시청한 비디오 스트리밍 데이터를 저장한다. VoD 서비스 제공을 위한 피어의 부하를 줄이기 위해 비디오 스트리밍 데이터를 저장할 때 프레임 별로 저장 방법을 제안한다. 또한 자료 전송 속도 증대 및 네트워크 부하 감소를 위해 동일 네트워크를 고려한 피어간 스트리밍 데이터 교환 방법을 제안한다. 성능 분석을 위해 NS-3를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 프레임별 저장기법을 통해 기존 P2P 스트리밍 프로토콜 대비 오버헤드가 3배 감소하였고 동일 네트워크를 고려한 전송기법을 통해 기존 프로토콜 대비 평균 전송 속도가 약 50% 향상되었음을 보인다.

Abstract

We propose a method to provide a selective VoD service during live streaming sessions. In the proposed method, each peer joined the live streaming session receives video stream packets with P2P manner and stores the packets to provide a VoD service. To mitigate the overhead of each peer node to store the video stream packets, the proposed scheme categorizes peers into three different groups based on their link types. To increase data gathering speed and reduce the network load, we also proposes the P2P transmission scheme within the same AP network for the peers with Wi-Fi link. To evaluate the performance of the proposed method, we implement computer simulator using NS-3. Simulation results show that the proposed method reduces the overhead about 66% and increases the P2P data gathering speed about 50% compared to the conventional schemes.

Keywords : Peer-to-Peer Streaming Protocol, Streaming, VoD, Access Point

*학생회원, ** 평생회원, 한양대학교 ERICA 컴퓨터공학과

(Department of Computer Science and Engineering, ERICA, Hanyang University)

© Corresponding Author (E-mail: chopro@hanyang.ac.kr)

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.
[14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술 개발]

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 ICT/SW장의연구과정사업의 연구결과로 수행되었음
(NIPA-2014-H0502-14-3020)

접수일자: 2014년12월12일, 수정일자: 2014년12월16일, 게재확정: 2014년12월26일

I. 서 론

스트리밍 서비스는 크게 Live 스트리밍 방식과 VoD 스트리밍 방식으로 나눌 수 있다. Live 스트리밍의 경우 사용자는 지나간 화면을 돌려 볼 수 없다. 이러한 문제점 해결을 위해 IP TV 및 CABLE TV에서는 서버에 지나간 영상을 실시간으로 백업하면서 사용자에게 VoD 서비스를 제공하고 있다. 그러나 이러한 방식은 서버의 부담을 줄이고자 하는 피어-투-피어 (Peer-to-Peer: P2P) 스트리밍 서비스 목적에 적합하지 않다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Live 스트리밍 이용 피어들을 이용한 P2P기반 VoD 서비스를 제안한다. 그러나 피어가 VoD 서비스를 독립적으로 다른 피어들에게 제공하기 위해서는 데이터 저장 및 추가적인 대역폭 점유 등의 부담이 증가된다. 이를 최소화하기 위해 제안하는 프로토콜에서는 비디오 프레임 고려한 피어 선택방식을 제안한다. 또한 VoD 서비스 제공을 위한 추가적인 대역폭 점유 문제를 완화하기 위해 Wi-Fi 네트워크 접속 피어들에 대해 동일 AP 상에서의 스트리밍 데이터 교환방식을 제안한다.

II. 관련 연구

피어-투-피어 스트리밍 프로토콜 (Peer-to-Peer Streaming Protocol: PPSP)은 Server-to-Client 방식에서 벗어나 P2P를 이용하여 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 프로토콜이다. 본 절에서는 대표적인 상용 PPSP의 특징을 고찰하고, IETF PPSP 표준의 최신동향에 대해 기술한다.

1. 대표 상용 PPSP

가. Tribler

Tribler는 BitTorrent 프로토콜을 기반으로 스트리밍 서비스를 제공하는 PPSP이다^[1]. Live와 VoD 서비스를 각각 지원하며 파일다운로드 또한 지원한다. Tribler는 버디 캐스트 프로토콜을 사용하여 피어의 취향을 파악한 뒤 영상들을 추천하는 기능을 갖고 있다. 버디 캐스트 프로토콜은 피어가 이미 본 동영상의 리스트들을 수집한다. 그 후 특정 피어가 동영상을 시청하고자 하면 해당 피어의 시청목록과 수집된 리스트간의 유사도를

계산하여 추천리스트를 내어준다. 만약에 유사도가 비슷한 피어들이 있다면 이는 취향이 비슷하다고 볼 수 있다. Tribler는 이렇게 파악된 취향을 고려해 피어에게 서로 유사한 피어 리스트를 제공한다.

나. PPLive

PPLive는 Live TV방송을 IPTV의 형태로 사용자에게 제공해주는 서비스이다^[2]. PPLive는 Channel List Server와 Peer List Root Server 등 두 개의 서버로 운영된다. 피어는 먼저 Channel List Server에 접속하여 Channel을 업데이트 한다. 그 후 Peer List Root Server에 접속하여 동일 Channel을 시청중인 피어들의 목록을 받아온다. 각 피어는 이렇게 한 Swarm안에 있는 피어들에게 Video Chunk를 서로 요청하며 공유 및 시청을 하게 된다.

다. Octoshape

Octoshape는 TV방송을 Live 스트리밍 형태로 제공하는 PPSP이다^[3]. Octoshape는 서버-클라이언트 모델을 유지하면서 동시에 P2P 환경을 이용한다. 총 4개의 스트리밍 라인을 유지한다. 이중 한 개의 라인은 서버로부터 특정 사용자에게 데이터를 전송하는 고정 스트리밍 라인으로 사용하고, 나머지 세 개의 라인은 P2P 방식으로 피어들에게 데이터를 전송하는데 사용된다. Octoshape는 할당된 세 개의 P2P 피어가 동시에 이탈하는 최악의 경우 화질은 보장받지 못하지만 최소한 끊김 없는 재생을 유지할 수 있는 장점이 있다.

라. Zattoo

Zattoo는 위성방송을 라이브 스트리밍 형태로 제공하는 PPSP이다^[4]. 스트리밍 서비스를 위해 TCP로 피어 관리 및 기타 신호체계를 위한 통신을 구성하고 UDP로 실제 데이터 스트리밍을 전송한다. 피어관리는 랑데부 (Rendezvous)서버가 담당하는데 피어 리스트를 사용자에게 공급할 때 IP를 비교하여 최대한 비슷한 지역의 피어 목록을 줄 수 있도록 한다. 이를 통해 PPSP로 인한 네트워크 부하 감소에 우수한 효과를 보인다.

2. IETF PPSP 표준

PPSP 표준은 현존하는 P2P Streaming 서비스를 통합하여 기존의 Open Issue와 문제들을 해결하기 위해

IETF(Internet Engineering Task Force)에서 정의하고 있다¹⁵⁻¹⁶⁾. 현재도 표준화 작업이 진행 중이며 Live 와 VoD 서비스를 둘 다 지원한다. 전체적인 서비스 시나리오는 다음과 같다. 먼저 피어가 동영상 콘텐츠에 접근하면 Tracker는 해당 콘텐츠를 보유하고 있는 피어들의 집합(Swarm)을 제공한다. 피어는 제공받은 피어 리스트상의 피어들에게 스트리밍 데이터를 제공받거나 제공한다. 다운받은 스트리밍 데이터가 일정부분이 모이게 되면 재생버퍼로 해당 데이터를 옮겨 재생을 하게 된다. 만일 서비스 도중 Swarm을 떠나게 되면 Tracker에 등록된 자신을 지워야 하고, 비정상적인 경우에는 Tracker가 이를 감지 후에 리스트에서 제거한다.

지금까지 대표적인 상용 PPSP와 IETF PPSP 표준을 살펴보았다. 그러나 기존 기술에서는 Live 스트리밍 서비스를 제공하면서 동시에 해당 Video 콘텐츠를 VoD로 서비스 할 수 있는 방법은 제시되지 않았다. 서버에서 제공되는 Video 콘텐츠를 실시간으로 저장하면서 제공할 순 있지만 이는 P2P기술과는 거리가 멀다. 제안하는 알고리즘은 P2P 프로토콜을 사용하는 각 피어들을 이용하여 새로운 VoD 서비스를 제공한다.

III. 본 론

본 절에서는 VoD 서비스를 추가적으로 제공할 때 피어들이 받는 부담을 완화하고 효율적인 피어선택 방법을 통해 향상된 PPSP 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 크게 프레임 별 피어할당 기법과 동일 AP 네트워크를 고려한 피어선택 기법으로 구성된다. 프레임 별 피어할당 기법은 피어들이 스트리밍 데이터를 저장하게 되면서 추가적으로 갖게 되는 트래픽 적인 문제를 해결하기 위해 스트리밍 동영상을 프레임별로 나눠 각 피어에게 할당한 방식을 추가한 PPSP 프로토콜이다. 동일 AP 네트워크를 고려한 피어선택 기법은 제안하는 PPSP 프로토콜의 추가적인 대역폭 점유 문제를 완화하기 위해 동일 AP 네트워크에 속해있는 피어들을 피어 리스트 안에 포함시키는 방식을 제안한다.

1. Live 스트리밍 서비스 간 VoD 제공 방법

앞서 소개한 PPSP 프로토콜들은 Live 및 VoD 스트리밍 서비스를 제공해주지만 Live 서비스를 제공하면서 동시에 동일 콘텐츠에 대한 VoD 서비스는 제공되고 있

지 않다. 앞서 언급했듯이 IPTV 및 CABLE TV의 ‘되감기’와 같은 기능이 해당 요구를 충족시킬 수 있다. 그러나 이는 서버저장 방식이므로 서버의 부담을 줄이고자 하는 스트리밍 P2P 기술에는 효과적이지 못하다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 제안하는 것이 Live 스트리밍 서비스 간 동일 비디오에 대한 VoD 서비스를 제공하는 방법이다. 그러나 Live 스트리밍을 제공받으면서 동시에 VoD서비스를 제공하는 것은 또 다른 부담을 피어에게 안겨주는 것이다. 피어의 추가적인 부담을 줄이고자 제안하는 방식에서는 다음과 같은 방법을 적용한다. 피어는 비디오 스트림을 저장하게 되는데, 이때 비디오 스트림은 I, P 그리고 B 프레임으로 나눌 수 있다. 동일 프레임을 많은 피어들이 중복적으로 저장하는 것 보다는 콘텐츠를 프레임단위로 나눠서 서로 다른 피어에 저장한다면 피어의 부담을 덜 수 있다. 이렇게 프레임 별로 나뉜 피어들을 GoP(Group of Pictures)단위로 묶어서 VoD 서비스를 제공하는 것이 제안하는 프로토콜의 핵심이다.

그러나 이 또한 피어별로 각자가 가용한 대역폭 및 전송속도가 다르기 때문에 랜덤하게 프레임을 배정할 순 없다. 제안하는 프로토콜에서는 피어 분류 방법을 통해 해당문제를 해결하고자 한다. 피어를 크게 분류한다면 다음 과같이 세 가지로 구분할 수 있을 것이다.

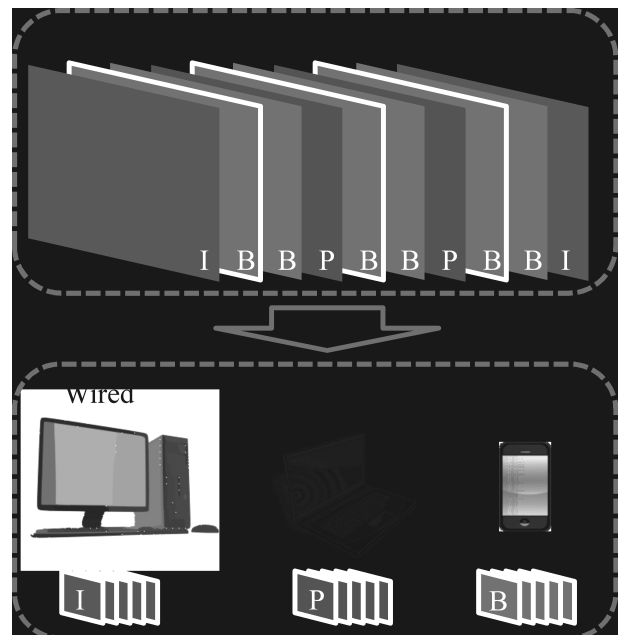


그림 1. 피어 분류를 통한 프레임 할당
Fig. 1. Frame allocation via peer categorization.

Wired, Wireless 그리고 Mobile이 있다.

그림 1처럼 세 가지로 분류된 피어에 위에서 언급한 각 프레임은 I, P 그리고 B 순서대로 할당해서 저장한다면 각 피어들이 VoD 서비스 제공을 위한 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 또한 이는 피어의 이탈(Churn)을 고려하여 비교적 안정적인 wired 피어에 가장 중요한 I 프레임을 할당하고, Mobile 피어처럼 이탈이 빈번한 피어에게는 B프레임을 할당하여 패킷 손실로 인한 피해를 줄이는 모델을 구현하였다.

2. 동일 네트워크 피어를 이용한 선택적 VoD 제공 방법

본 논문에서는 무선 액세스 구간에서 Wi-Fi를 이용하는 단말에 한하여 동일 AP 네트워크를 고려한 최적 피어 선택 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 AP를 이용하는 인프라 스트럭처 네트워크 환경에서 자동으로 동일 스트리밍 서비스를 시청하는 피어를 인식하게 한다. 그리고 해당 피어를 P2P 스트리밍 피어 List안에 포함시킨다. 이러한 방법을 통해 전체 네트워크 상 트래픽 증가를 최소화하고 피어 간 데이터 교환 속도를 높이는 효과를 낼 수 있다. 세부적인 절차는 다음과 같다. 먼저 스트리밍 서비스를 제공받기 위해 서버에 접속을 한다. 특정 채널 혹은 콘텐츠에 접속하면 Tracker 기능을 수행하는 서버가 해당 피어에게 피어 List를 전송한다. 이후 피어는 제공된 List의 피어들에게 Chunk를 요청하여 일정구간이 다운로드 되면 재생을 시작한다. 이때 피어는 네트워크상에 F: F: F: F 패킷을 보내 동일 PPSP를 사용 중인 피어를 탐색한다. AP 네트워크상에 해당 패킷이 퍼지게 되면 동일 PPSP를 이용 중인 피어들은 자신의 IP와 PPSP 상 ID를 실어서 다시 F: F: F: F로 보낸다. 동일 네트워크 상 피어의 응답 메시지를 받게 되면 해당 피어들을 자신의 피어 List에 추가 한 뒤 우선순위를 둔다. 이와 같이 인접 피어를 추가하게 되면 데이터 교환 속도에서 이득을 볼 수 있을 뿐만 아니라 전체적인 PPSP 네트워크가 발생시키는 트래픽을 감소시키는 결과를 가져올 수 있다.

IV. 성능 평가

1. 프레임 별 피어할당 효율성 비교

앞서 분류한 피어별 프레임의 중요성을 고려한 할당

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

Parameter	Value
영상길이	6분 30초
영상 포맷	MPEG-4
프레임 정보 추출 프로그램	FFmpeg 2.5

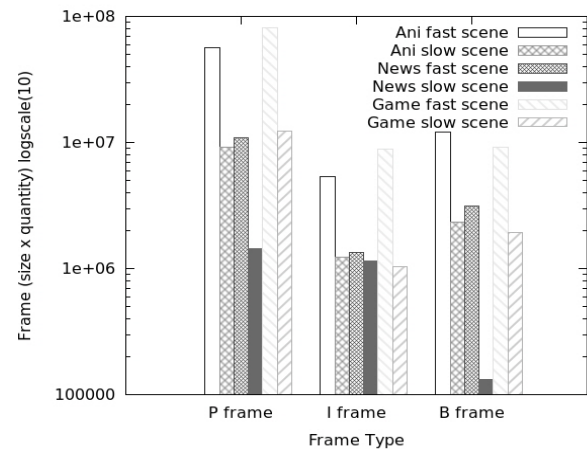


그림 2. 프레임 별 피어 할당 효율성 비교

Fig. 2. Comparison of peer assignment efficiency.

은 P2P 서비스의 특징인 불규칙한 피어 이탈 및 피어 자체의 성능을 고려하여 끊임 없는 재생을 지향하는 스트리밍 서비스에 매우 효율적이다. 해당 평가를 위해 동일한 재생시간과 품질의 동영상을 준비했다. 두 영상은 내용은 비슷하나 화면전환 속도 및 화면 내의 물체의 이동빈도가 상이하다. 서로 다른 화면전환속도를 보이는 두 영상은 I, B, P 프레임 별로 나눠서 분포도 및 용량을 통해 영상 별 특징을 살펴보았다. 표 1은 해당 비교를 위한 시뮬레이션 파라미터를 나열한 것이다. 표 1과 같은 조건으로 다음과 프레임 별 피어 할당 효율성을 프레임전환이 빠른 영상과 느린 영상을 애니메이션, 뉴스, 게임 세 가지 범주로 분류하여 그림 2과 같이 비교하였다. 그림 2를 보면 I 프레임과 B 프레임이 대체적으로 비슷한 사이즈를 갖고 있는 걸 볼 수 있다. 그러나 이는 프레임 개수 곱하기 개당 크기를 한 결과이다.

위와 같은 조건으로 다음과 프레임 별 피어 할당 효율성을 프레임전환이 빠른 영상과 느린 영상을 애니메이션, 뉴스, 게임 세 가지 범주로 분류하여 그림 2과 같이 비교하였다. 아래 그림 2를 보면 I 프레임과 B 프

레이미 대체적으로 비슷한 사이즈를 갖고 있는 걸 볼 수 있다. 그러나 이는 프레임 개수 곱하기 개당 크기를 한 결과이다.

보통 I 프레임의 크기는 B 프레임보다 작게는 10배에서 크게는 20배까지 차이가 난다. 그러므로 하나의 I 프레임을 잃는 것은 영상재생에 있어서 치명적인 부분이다. 그러나 수많은 B 프레임 중 한 개를 잃어버린다고 해도 자연스러운 영상재생에는 큰 영향을 끼치지 않는다. 이는 위 그림 2 에서 보다시피 빠른 영상의 경우 정적인 영상보다 P프레임과 B프레임의 개수가 많아 좀 더 효과적이다. 때문에 I 프레임에 Wired 피어를 할당하는 것과 B 프레임을 Mobile 피어에 할당하는 것은 피어 이탈(Churn)을 고려할 때 매우 효율적이다.

2. 내부네트워크를 고려한 피어선택이 데이터 전송 속도에 끼치는 영향에 대한 비교

해당 평가를 위해 Network Simulator 3(NS-3)를 통해 토폴로지를 생성한 뒤 내부 네트워크와 외부네트워크의 프레임 별 데이터 전송속도를 측정하였다. 그리고 각 프레임 별로 외부네트워크와 중간네트워크 사이에 라우터를 3, 6, 9, 12개를 넣어 홉 수에 따른 외부네트워크와의 차이를 비교하였다. 그림 3에서는 3개의 라우터를 사용한 토폴로지를 예시로 보여주고 있다.

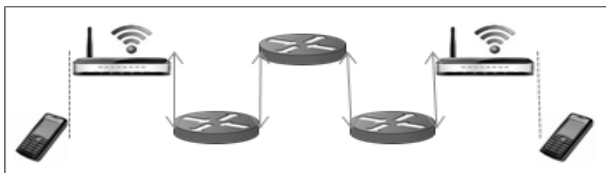


그림 3. 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 3. Simulation topology.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameters.

Parameter	Values
노드 간 전송 프로토콜	P2P
전송 속도	5 Mbps
프레임 크기	I : 1024 Kbyte B : 171 Kbyte P : 512 Kbyte
AP 당 노드 개수	10
백본 라우터 개수	3, 6, 9, 12
라우터 큐 크기	Infinite

평가를 위해 I: P: B 의 비율을 MPEG-4 동영상 평균 비율인 1:2:6으로 해서 비교하였다. NS-3에서의 평가를 위한 어플리케이션은 UDP-ECHO 모델을 사용하였으며, 해당 프레임을 담은 패킷이 네트워크를 따라 이동 후 돌아오는데 까지 걸리는 시간을 측정하였다. 표 2는 성능분석을 위한 시뮬레이션 파라미터를 보이고 있다. 표 2를 참조하여 내부 네트워크에서 데이터를 받아들 때와 외부 네트워크에서 데이터를 받아들 때의 차이를 프레임 별로 비교하였다.

그림 4, 5, 6 에서 볼 수 있듯이 내부 네트워크에서의 데이터 교환은 일정한 속도를 보여주고 있지만 외부네트워크에서의 데이터 교환은 라우터 수에 관계없이 홉 수가 늘어날수록 상당부분 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 패킷 당 TTL(Time To Live)최대 값이 IPv4 기준 8비트인 255임을 고려해본다면 효율적인 피어 선택만으

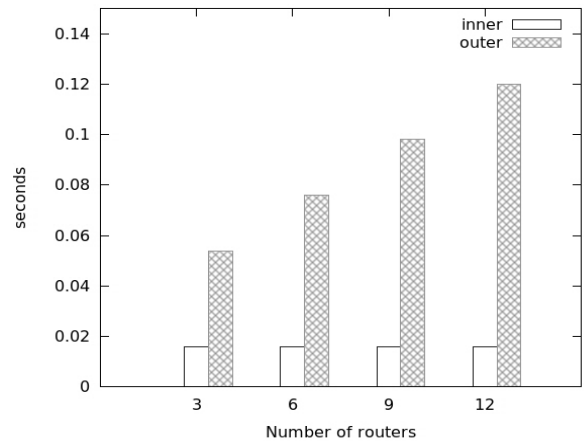


그림 4. I 프레임 비교 그림
Fig. 4. I frame comparison.

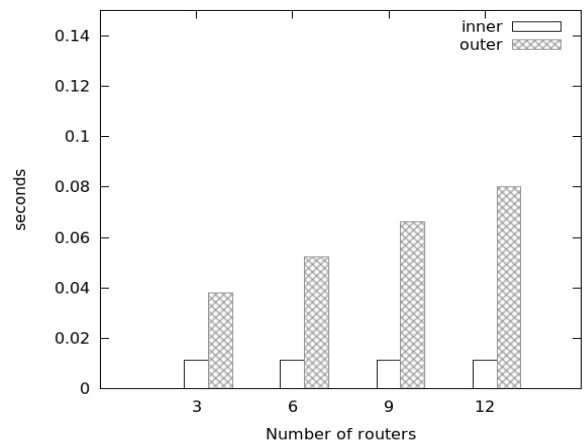


그림 5. B 프레임 비교 그림
Fig. 5. B frame comparison.

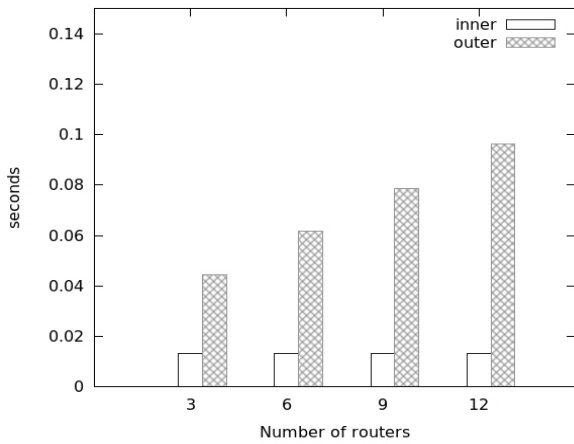


그림 6. P 프레임 비교 그림
 Fig. 6. P frame comparison.

로도 QoS에 큰 차이를 낼 수 있게 된다.

3. GoP(Group of Pictures) 구성을 위한 상이한 네트워크를 고려한 프레임 할당 비교

상기 평가를 위해 I, B, P 프레임 중 한 종류의 프레임이 외부네트워크에 속해 있다고 가정하고 해당 프레임이 전체 GoP 다운로드에 끼치는 영향에 대하여 비교하였다.

그림 7 부터 그림 9 까지는 모든 프레임이 내부 네트워크 피어에 할당되어 있는 경우와 각각 I, B 그리고 P프레임이 외부 네트워크 피어에 할당되어 있는 경우의 차이를 보여주고 있다. 각 실험은 비교를 명확하게 하기 위해 동시 다운로드가 아닌 순차 다운로드를 적용하여 비교하였다. 각 실험결과에서 보이는 바와 같이

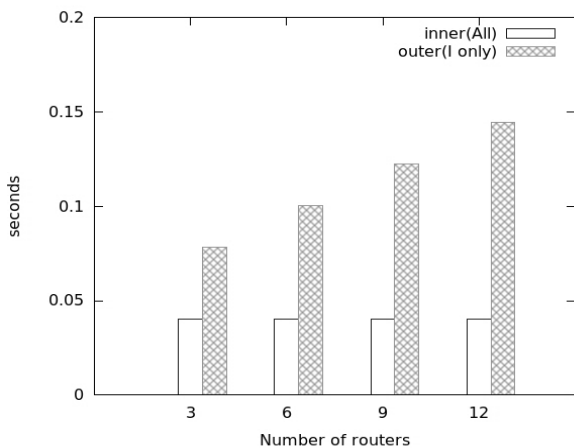


그림 7. I 프레임 외부 할당 상황
 Fig. 7. I frame outer assignment case.

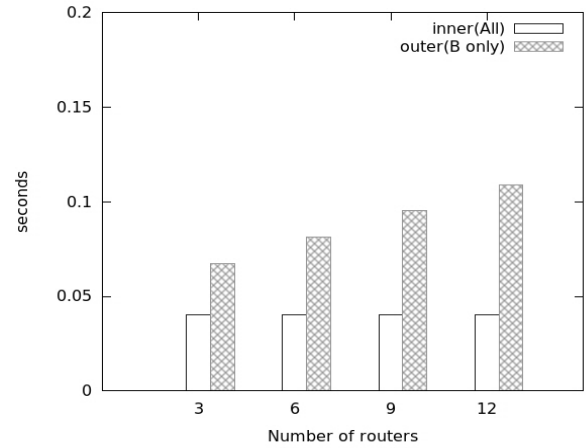


그림 8. B 프레임 외부 할당 상황
 Fig. 8. B frame outer assignment case.

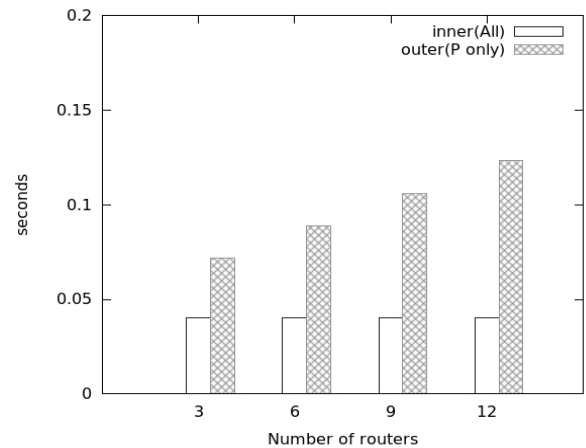


그림 9. P 프레임 외부 할당 상황
 Fig. 9. P frame outer assignment case.

내부 네트워크 피어 할당과 외부 네트워크 피어 할당의 차이는 홉 수에 비례하여 증가한다. 특히 그림 7을 살펴보면 I 프레임이 외부 네트워크 피어에 할당될 때 중간 홉 수가 12개일 경우 다운로드 시간이 내부 할당과 비교하여 약 3배 정도가 더 걸리는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

제안된 동일 AP 네트워크를 고려한 선택적 VoD 제공기술은 지하철 및 버스 등과 같이 스마트 기기 사용빈도와 밀집도가 높은 곳에서 높은 효율을 보일 수 있다. P2P 데이터교환의 맹점인 피어이탈을 프레임 분할 할당방식으로 대처하였기 때문에 모바일 피어 등의 잦

은 이탈에도 유동적으로 대처할 수 있다. 또한 수많은 디바이스들이 밀집되어 있는 상황에서 내부네트워크의 피어를 이용한다면 P2P 사용으로 인한 외부적인 트래픽 부하 문제를 해결할 수 있다. 이는 새로운 PPSP 뿐만 아니라 이미 구현된 솔루션에도 적용하여 최적의 피어선택 알고리즘의 한 방법으로 사용될 수 있다.

REFERENCES

- [1] Pouwelse, J. A., Garbacki, P., Wang, J., Bakker, A., Yang, J., Iosup, A. and Sips, H. J., "TRIBLER: a social based peer to peer system", *In Proc. of Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol.20, no.2, pp.127-138, 2008.
- [2] Spoto, S., Gaeta, R., Grangetto, M. and Sereno, M., "Analysis of PPLive through active and passive measurements," *In Proc. of IEEE International Symposium in Parallel & Distributed Processing*, pp.1-7, May 2009.
- [3] Alstrup, S. and Rauhe, T., "Introducing Octoshape—a new technology for largescale streaming over the Internet", *IETE Technical Review*, vol.303, 2005.
- [4] Chang, H., Jamin, S. and Wang, W., "Live streaming performance of the Zattoo network", *In Proc of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference*, pp. 417-429, November 2009.
- [5] Bakker, P. A., "Peer-to-Peer Streaming Peer Protocol (PPSPP)", draft-ietf-ppsp-peer-protocol, vol.11, 2014.
- [6] Rui S. Cruz., "PPSP Tracker Protocol-Base Protocol (PPSP-TP/1.0)", draft-ietf-ppsp-base-tracker-protocol, vol.6, 2014.
- [7] Hei, X., Liang, C., Liang, J., Liu, Y. and Ross, K. W., "A measurement study of a large-scale P2P IPTV system", *IEEE Trans on Multimedia*, vol.9, no.8, pp.1672-1687, 2007.
- [8] Ansari, N., Liu, H., Shi, Y. Q. and Zhao, H., "On modeling MPEG video traffics", *Broadcasting, IEEE Transactions* vol.48, no.4, pp.337-347, 2002.
- [9] Tomar, S., "Converting video formats with FFmpeg", *Linux Journal*, vol.146, pp.10, 2006.
- [10] Racine, J., "gnuplot 4.0: a portable interactive plotting utility", *Journal of Applied Econometrics*, vol.21, no.1, pp.133-141, 2006.
- [11] Henderson, T. R., Lacage, M., Riley, G. F., Dowell, C. and Kopena, J. B., "Network simulations with the ns-3 simulator", *In Proc. of SIGCOMM demonstration*, 2008.
- [12] Zhang, Y., Zong, N., Camarillo, G., Seng, J. and Yang, R., "Problem statement of P2P streaming protocol (PPSP)", *IETF PPSP BoF*, 2008.
- [13] Magharei, N., Rejaie, R. and Guo, Y., "Mesh or multiple-tree: A comparative study of live p2p streaming approaches", *In Proc. of INFOCOM*, pp.1424-1432, May 2007.
- [14] Jiang, X., Dong, Y., Xu, D. and Bhargava, B., "GnuStream: a P2P media streaming system prototype", *In Proc. of ICME 2003*, vol. 2, pp.325-328, July 2003.
- [15] Zhou, Y., Chiu, D. M. and Lui, J. C., "A simple model for analyzing P2P streaming protocols", *In Proc. of IEEE International Conference on Network Protocols 2007*, pp.226-235, October 2007.
- [16] Hei, X., Liu, Y. and Ross, K. W., "IPTV over P2P streaming networks: the mesh-pull approach", *IEEE Communications Magazine*, vol.46, no.2, pp.86-92, 2008.
- [17] Wu, D., Liu, Y. and Ross, K. W., "Queuing network models for multi-channel P2P live streaming systems", *In Proc. of INFOCOM*, pp.73-81, April 2009.
- [18] Jurca, D., Chakareski, J., Wagner, J. P. and Frossard, P., "Enabling adaptive video streaming in P2P systems", *IEEE Communications Magazine*, vol.45, no.6, pp.108-114, 2007.
- [19] Zhao, B. Q., Lui, J. C. S. and Chiu, D. M., "Exploring the optimal chunk selection policy for data-driven P2P streaming systems", *In Proc. of IEEE International Conf. on Peer-to-Peer Computing 2009*, pp.271-280, september 2009.

저 자 소 개



이 선 우(학생회원)
2013년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학사.
2013년 3월~현재 한양대학교
컴퓨터공학과 공학석사
재학.

<주관심분야 : 피어-투-피어 스트리밍 서비스,
프로토콜 보안>



조 성 현(정회원)
1995년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학사.
1997년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학석사.
2001년 8월 한양대학교
컴퓨터공학과 공학박사.
2001년 9월~2006년 10월 삼성종합기술원 및
삼성전자정보통신연구소 전문연구원.
2006년 10월~2008년 2월 Stanford University,
Postdoctoral Visiting Scholar.
2009년 9월~2012년 8월 경상대학교
컴퓨터과학과 조교수.
2012년 9월~현재 한양대학교 컴퓨터공학과
부교수.

<주관심분야 : 차세대 이동통신 시스템, 차세대
무선랜 시스템, 자동차 통신, 무선네트워크 보안>