

# P2Prefix : P2P 캐싱 기반의 효율적인 브로드캐스트 스트리밍 기법<sup>☆</sup>

## P2Prefix : Efficient Broadcasting Streaming Scheme Based on P2P Caching

이 치 훈\*      최 영\*\*      최 황 규\*\*\*  
Chi Hun Lee    Young Choi    Hwang Kyu Choi

### 요 약

일반적인 VOD 시스템은 서버-클라이언트 구조로 되어 있다. 따라서 다수의 클라이언트의 요청이 있을 경우 서버에 부하가 집중되어 서버 시스템의 네트워크 대역폭의 한계로 인해 QoS가 보장된 VOD 서비스가 어렵다. 특히 다수의 클라이언트 요청으로 인한 네트워크 대역폭 요구량의 증가는 서버 시스템 자원 소모의 결정적인 요인이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 멀티캐스트, 브로드캐스트, P2P 등 많은 기법들이 연구되었다. 그중 브로드캐스트 기법은 추가적인 대역폭의 할당 없이 다수의 사용자에게 스트림을 전송할 수 있으므로 효과적이다. 하지만 브로드캐스트 기법은 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 브로드캐스트 기법의 문제점인 초기 서비스 지연시간을 P2P 기반의 캐싱 기법을 적용하여 제거하고, 이때 필요한 버퍼 공간을 최소화 할 수 있는 P2Prefix 브로드캐스트 기법을 제안한다.

### Abstract

A typical VOD service allows that a number of remote clients playback a desired video from a large collection of videos stored in one or more video servers. The main bottleneck for a VOD service is the network bandwidth connecting to the VOD server to the client due to the high bandwidth requirements. Many previous researches have shown that VOD server can be greatly improved through the use of multicast, broadcast, or P2P scheme. Broadcast is one of the most efficient techniques because it can transmit a stream to many users without additional network bandwidth. But the broadcast has long latency time. In order to overcome the drawback, in this paper, we propose P2Prefix broadcast scheme that can solve the service latency time, which is the problem of broadcast scheme, by using P2P caching as well as minimizing the client buffer requirement.

☞ Keyword : Multimedia streaming, Cache, VOD, Broadcast, Peer to Peer

## I. 서론

최근 미디어 콘텐츠 개발 기술의 발전 및 다양화로 멀티미디어를 기반으로 한 서비스가 널리 보급되고 있다. 그 중 대표적인 예가 실시간 주문형 비디오(VOD)로써 원격 교육, 화상 회의, 온라인

게임, 원격 진료, 디지털 비디오 등의 분야를 들 수 있다. 이러한 인터넷 VOD 기술들은 대부분이 클라이언트/서버 기반의 구조로 이루어져 있다. 따라서 시스템의 특성상 다수의 클라이언트가 서비스를 요청하면 부하가 서버에 집중되고, 또한 네트워크 대역폭 자원의 고갈로 인하여 서비스 제한을 초래하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 유선 네트워크 환경에서 패칭[10], 캐시, P2P, 브로드캐스트 등 많은 기법들이 연구되었다. 그 중 P2P 기법은 VOD 시스템의 특성상 다수의 요청에 따라 서버에 집중되는 부하를 클라이언트의 가용한 자원을 이용하여 문제점을 해결한 효과적인 기법

\* 준 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 졸업 (석사) pupurit@kangwon.ac.kr

\*\* 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정 ychoi@kangwon.ac.kr

\*\*\* 정 회 원 : 강원대학교 IT특성화학부대학 컴퓨터학부 교수 hkchoi@kangwon.ac.kr

[2007/03/13 투고 - 2007/03/22 심사 - 2007/04/03 완료]

☆ 본 논문은 강원대학교 정보통신연구소 지원 연구 결과의 일부임

이다. 또한 브로드캐스트 기법은 추가적인 대역폭의 할당 없이 다수의 VOD 사용자에게 미디어 스트림을 전송할 수 있는 효과적인 기법이다. 하지만 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위한 기법으로 Pyramid 브로드캐스트[3], Skyscraper 브로드캐스트 기법[3] 등이 제안되었는데, 이러한 기법들은 스트림을 저장하기 위해 많은 버퍼 공간을 필요로 할 뿐만 아니라, 데이터를 동시에 받기위해 적어도 두 개 이상의 브로드캐스트 채널의 대역폭을 요구하고 있다.

본 논문은 위의 연구들을 바탕으로 P2P(Peer-to-Peer) 캐싱 기반의 효율적인 브로드캐스트 스트리밍 기법인 P2Prefix 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안된 기법은 서버에서 Staggered 브로드캐스트[1] 기법을 사용하여 정규스트림을 전송하고, 프리픽스 스트림은 P2P 기법을 이용한 캐싱 기법을 적용하여 전송하였다. 브로드캐스트와 P2P 기법을 통해 스트림을 전송하므로 서버에 부하가 집중되는 현상을 줄이고 초기 서비스 지연시간을 제거하였다. 또한 다른 클라이언트에게 스트림을 전송한 후에는 버퍼를 비우므로 클라이언트의 평균 버퍼요구량 또한 줄었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구들을 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 P2prefix Broadcast 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안된 기법의 성능을 분석하고, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구과제로 구성되어 있다.

## II. 관련연구

### 2.1 브로드캐스트 기법

브로드캐스트를 통한 스트리밍 기법은 비디오 전체를 여러 개의 세그먼트로 나누고 그 세그먼트를 각각의 채널을 통해 주기적으로 전송하는 기법이다. 따라서 다수의 사용자에게 추가적인 대역폭 할당 없이 미디어 스트림을 전송할 수 있으

므로 서버의 대역폭 요구량이 적다는 장점이 있지만, 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 즉 어느 시점에 스트림을 요청한 사용자는 첫 번째 세그먼트의 전송을 시작하는 채널을 기다려 그 채널의 첫 번째 세그먼트부터 스트림을 수신해야 하기 때문에 최대 첫 번째 세그먼트 크기만큼의 초기 서비스 지연시간이 존재한다. 이런 단점을 보완하기 위해 표1과 같이 Pyramid[3], Skyscraper[2], Harmonic[6] 브로드캐스트 기법 등 다양한 기법들이 연구되었다.

(표1) 주기적 브로드캐스트 기법의 클라이언트에 대한 시스템 자원 요구

Solution	Caching space	Bandwidth
Staggered[1]	0% of video	$1 \times \text{consumption-rate}$
Skyscraper[2]	10% of video	$2 \times \text{consumption-rate}$
Pyramid[3]	75% of video	$\geq 4 \times \text{consumption-rate}$
Permutation-based[4]	20% of video	$\geq 2 \times \text{consumption-rate}$
Pagoda[5]	45% of video	$\geq 5 \times \text{consumption-rate}$
Harmonic[6]	40% of video	$\geq 5 \times \text{consumption-rate}$

### 2.2 Peer-to-Peer 기법

P2P 미디어 스트리밍 기법은 다수의 클라이언트 시스템을 이용하여 전체 시스템의 용량을 증가시켜 서버에 집중되는 부하를 줄이는데 효과적인 기법이다. P2P 기법에서 각 클라이언트는 캐시서버와 클라이언트로써의 두 가지 역할을 한다.

P2P 미디어 스트리밍 기법에서 각 클라이언트들은 서버로부터 전송받은 스트림을 일정 부분 버퍼링 하였다가 늦게 요청한 클라이언트들에게 전송한다. 그중 가장 대표적인 기법으로는 P2Cast [11]와 P2VoD[12] 기법이 있다. P2Cast 기법은 일정시간 동안(threshold :  $T$ ) 요청한 클라이언트들을 하나의 세션으로 정하고, 각 세션의 클라이언트들은 트리구조를 이루어 서버로부터 전송받은 기본 스트림을 늦게 요청한 클라이언트들에게 재전송한다. 이때 늦게 요청하여 같은 세션의 클라이언

트들로부터 전송 받을 수 없는 프리픽스 스트림은 서버로부터 추가적으로 패칭 채널을 통해 전송받는다. P2Cast에서 클라이언트들이 트리를 이루는 단위인 세션은 시간(threshold :  $T$ )에 의해 생성되기 때문에 클라이언트의 요청이 증가할수록 세션도 증가하게 되고, 결국 서버로부터 전송되는 기본 스트림 및 프리픽스 스트림 또한 증가하게 된다. P2VoD 기법 또한 서버로부터 전송받은 스트림을 일정부분 버퍼링 했다가 이후에 요청한 클라이언트들에게 재전송하는 것은 P2Cast 기법과 같다. 하지만 P2Cast 기법과는 달리 시간이 아닌 클라이언트의 버퍼공간을 기준으로 다수의 클라이언트들은 계층적으로 그룹을 이루고, 각 그룹의 클라이언트들은 선형 구조를 이루어 스트림을 재전송한다. 또한 늦게 요청하여 그룹으로부터 프리픽스 스트림을 전송받지 못하는 클라이언트가 발생하는 경우 패칭 채널을 통해 서버로부터 스트림을 전송받는 P2Cast 기법과는 달리 새로운 세션을 생성해서 위와 같은 동작을 반복한다.

두 기법 모두 클라이언트가 스트림의 일정부분을 저장하였다가 그 스트림을 재전송하는 기법을 사용하기 때문에 클라이언트의 버퍼 한계로 인해 시간이 지남에 따라 자신의 버퍼에 있는 스트림을 새로운 스트림으로 교체하여 버퍼링해야 한다. 따라서 요청 간격이 크면 클라이언트 버퍼에 저장되어 있는 스트림으로 재전송할 수 없는 경우가 발생하게 되고, 이는 결국 서버의 추가전송이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 각 그룹을 이루는 클라이언트들이 일정량의 스트림을 나누어 지속적으로 저장, 재전송함으로써 요청 간격이 큰 경우에도 서버로부터 추가의 재전송이 필요 없는 P2Prefix 브로드캐스트 기법을 제안한다.

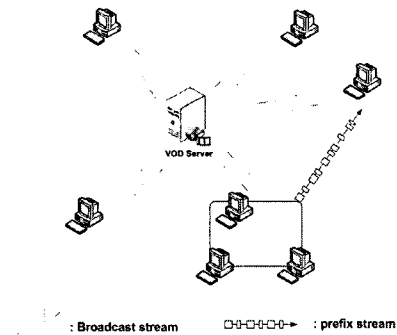
### III. P2Prefix Broadcast 기법

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 P2prefix Broadcast 에 대해 설명한다. 이를 위하여 먼저 P2prefix Broadcast 에 대한 전반적인 개요를 설명

하고, 클라이언트의 참여에 따른 스트림 전송과정을 정규스트림과 프리픽스 스트림에 대해 각각 나누어 설명한 후 마지막으로 클라이언트 이탈에 따른 스트림 복구 과정에 대해 설명한다.

#### 3.1 P2prefix Broadcast 기법의 개요

그림1은 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법에 대한 전체 시스템 구성도 이다. 그림1에 나타난 바와 같이 P2prefix Broadcast 시스템은 VOD 서버와 다수의 클라이언트로 구성된 P2prefix 그룹으로 구성된다. 클라이언트는 캐싱을 수행하기 위한 저장 공간을 가지고 있다. 클라이언트는 서버로부터 브로드캐스트를 통해 미디어 스트림을 전송받는 동시에 프리픽스 스트림은 P2prefix 그룹으로부터 전송받는다.



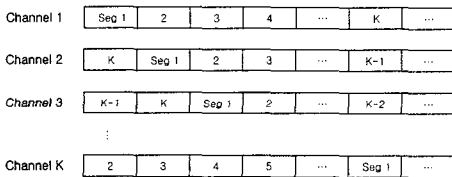
(그림1) P2prefix Broadcast 시스템 구성도

#### 3.2 P2prefix Broadcast 기법

- 1) 정규스트림: Staggered Broadcast를 이용한 전송  
P2prefix Broadcast 기법에서 서버는 브로드캐스트를 통해 미디어스트림을 전송한다. 브로드캐스트 기법은 불특정 다수의 사용자에게 추가적인 대역폭의 할당 없이 미디어 스트림을 전송할 수 있으므로 서버의 대역폭 요구량을 줄일 수 있다.  
반면 주기적 브로드캐스트는 표1에서 보는 바와 같이 다소의 캐싱 공간과 대역폭을 요구한다. Staggered 브로드캐스트를 제외한 모든 주기적 브

로드캐스트 기술은 데이터를 동시에 받기 위해 적어도 두 개 이상의 브로드캐스트 채널과 캐싱을 위한 얼마간의 기억장소를 클라이언트에게 요구하고 있다. 따라서 단지 하나의 채널에만 조인하게 되고, 추가적인 버퍼 공간이 필요 없는 Staggered 브로드캐스트 기법[1]을 사용한다.

그림2는 Staggered 브로드캐스트의 기본 동작 방식을 나타내는 그림이다. Staggered 브로드캐스트는 그림에서 보는바와 같이 각 미디어 스트림을 동일한 크기의 K개의 세그먼트로 나눈 뒤 각각의 세그먼트를 하나의 세그먼트 차이를 두고 할당된 K개의 채널을 통해 전송한다. 따라서 전송속도를 r이라고 할 때 서버의 총 대역폭 요구량은  $K \times r$  이 되며 세그먼트의 개수에 따라 할당해야 하는 채널의 수가 결정되므로 서버의 총 대역폭 요구량은 K에 비례하여 증가한다.



(그림2) Staggered 브로드캐스트

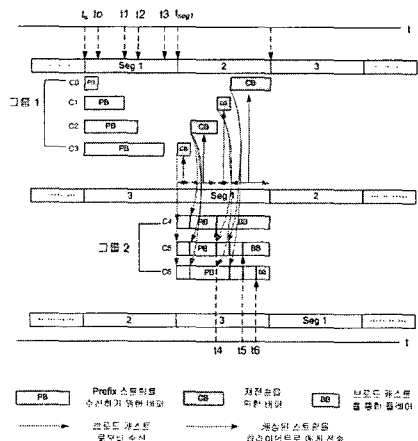
Staggered 브로드캐스트 기법은 세그먼트 하나가 클라이언트의 재생속도와 같은 속도로 전송되므로 클라이언트는 캐싱을 위한 추가적인 버퍼가 필요 없을 뿐만 아니라 클라이언트는 원하는 시점에 세그먼트1을 전송하고 있는 채널을 통해 채널의 변경 없이 미디어 스트림을 전송받을 수 있는 장점이 있다.

하지만 Staggered 브로드캐스트는 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 만약 클라이언트가 미디어 스트림을 요청한 시점에 서버가 이미 세그먼트1을 전송 중에 있다면 클라이언트는 세그먼트1의 프리픽스 스트림은 전송 받을 수 없으므로 세그먼트1의 처음부터 스트림이 전송되는 채널을 기다려 그 채널을 통해 미디어 스트림을

전송받아야 한다. 최악의 경우 하나의 세그먼트 크기만큼 초기 서비스 지연시간이 생길 수 있다. 만약 비디오의 길이가 120 분일 경우 12개의 세그먼트로 나눈다고 하면 최악의 경우 10분의 초기 서비스 지연시간이 생긴다. 이러한 초기 서비스 지연시간을 줄이기 위해 각 세그먼트를 작게 나눌 수도 있지만 그럴 경우 세그먼트의 수가 많아지고 그렇게 되면 각 세그먼트를 전송해야 하는 채널의 수도 증가하기 때문에 전체적으로 서버의 대역폭 요구량이 증가하게 된다. 또한 세그먼트를 작게 나눈다 하더라도 하나의 세그먼트만큼의 초기 서비스 지연시간은 존재하므로 True VOD 서비스를 지원하지 못한다.

따라서 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법에서는 이러한 초기 서비스 지연시간을 P2P의 기법을 응용한 캐싱 기법을 적용하여 해결하고 이때 필요한 버퍼 요구량을 최소화 하고자한다. 클라이언트는 미디어 스트림을 요청한 시점부터는 서버로부터 브로드캐스트를 통하여 전송받은 스트림을 버퍼에 저장하고 동시에 프리픽스 스트림은 클라이언트들의 캐싱 된 스트림을 전송받아 플레이함으로써 True VOD 서비스를 가능하도록 하였다.

2) 프리픽스 스트림 : P2P와 캐싱을 사용한 전송



(그림3) P2prefix Broadcast 구조 및 동작

그림3은 본 논문이 제안한 P2prefix Broadcast 기법의 전반적인 구조 및 동작을 나타낸 그림이다. 그룹은 세그먼트1이 전송되는 시간 안에 미디어 스트림을 요청한 클라이언트들을 의미하며 캐시 버퍼를 사용하여 다른 클라이언트 그룹에게 프리픽스 스트림을 전송한다.

P2prefix Broadcast 기법에서 클라이언트는 다음과 같이 세 개의 버퍼를 가지고 있다.

- Prefix 버퍼: 그림3에서 PB로 표현하였으며 이 버퍼는 세그먼트1의 전송이 시작된 시점부터 클라이언트가 미디어 스트림을 요청한 시점까지의 미디어 스트림을 저장하는 버퍼를 말한다. 그러므로 prefix 버퍼 크기는 세그먼트1의 전송 시작 시점을 기준으로 클라이언트가 요청한 시간까지 브로드캐스트를 통해 이미 전송된 데이터의 양을 의미한다. 클라이언트는 이 버퍼에 클라이언트로부터 프리픽스 스트림을 전송 받아 플레이 하며 플레이된 버퍼는 비워지고 캐시 버퍼나 브로드캐스트 버퍼로 사용된다. 따라서 클라이언트는 VOD 서비스를 종료할 때까지 최소한 Prefix 버퍼 크기만큼 저장 공간이 필요하다.
- 캐시 버퍼: 그림3에서 CB로 표현된 이 버퍼는 세그먼트2를 전송받고 있는 그룹이 동시에 다른 채널을 통해 브로드캐스트로 전송되는 세그먼트1의 미디어스트림을 저장하는 데 사용된다. 이 버퍼의 미디어 스트림은 세그먼트1이 전송되기 시작한 시점 이후에 요청한 클라이언트에게 프리픽스 스트림으로 전송된다. 캐시 버퍼는 전송 받는 그룹이 더 이상 없을 경우 비워지며 전체 서비스를 받는 동안 그룹은 캐시 버퍼를 한번만 사용한다. 그 후 다른 그룹(세그먼트2를 지나는 그룹)의 클라이언트가 자신의 캐시 버퍼를 사용하여 다른 그룹(세그먼트1이 전송되기 시작한 시점 이후에 요청한 그룹)에게 프리픽스 스트림을 서비스 한다.
- 브로드캐스트 버퍼: 클라이언트는 다른 클라이언트로부터 프리픽스 스트림을 전송받아 플레이 하는 동시에 서버로부터 브로드캐스트를 통해 전송되는 미디어 스트림을 저장해야 한다. 이 미디어 스트림을 저장하는 버퍼가 브로드캐스트 버퍼이며 그림3에서 BB로 표현하였다.

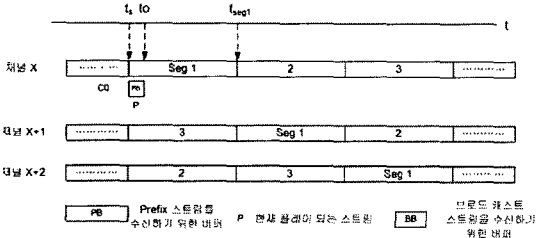
Prefix 버퍼의 크기는 세그먼트1이 전송되기 시작한 시점부터 클라이언트가 미디어 스트림을 요청한 시점까지 전송된 미디어 스트림의 크기로 정해진다. 하지만 캐시 버퍼의 크기는 그렇게 정해지지 않는다.

먼저 그룹의 마지막 클라이언트는 세그먼트1의 크기와 자신의 Prefix 버퍼 크기 차이만큼의 크기를 갖는다. 그림3에서 클라이언트 C3는  $t_{seq1} - t_3$  만큼의 캐시 버퍼 크기를 갖는다. 그룹의 처음 클라이언트는 그룹의 두 번째 클라이언트가 캐시 버퍼를 저장 한 후부터 세그먼트1의 끝까지 미디어 스트림을 저장한다. 그림3에서 C0의 캐시 버퍼의 크기는  $t_1 - t_5$  만큼의 크기를 갖는다. 그룹의 처음과 마지막을 제외한 중간에 미디어 스트림을 요구한 클라이언트는 다음 클라이언트가 미디어 스트림을 요구한 시점과 자신이 미디어 스트림을 요구한 시점의 차이만큼 미디어 스트림을 연속으로 저장한다. 그림3에서 클라이언트 C2는  $t_3 - t_2$  만큼, C1은  $t_2 - t_1$  만큼의 캐시 버퍼 크기를 갖는다.

그림3에서 보는 바와 같이 본 논문은 캐시 버퍼를 사용하여 다른 그룹에게 프리픽스 스트림을 전송함으로써 초기 서비스 지연 없이 VOD 서비스를 할 수 있다. 또한 캐시 버퍼는 세그먼트1을 분할하여 저장할 뿐만 아니라 다른 그룹의 클라이언트들에게 전송 후 비워지기 때문에 각 클라이언트는 버퍼 공간이 적게 요구 된다.

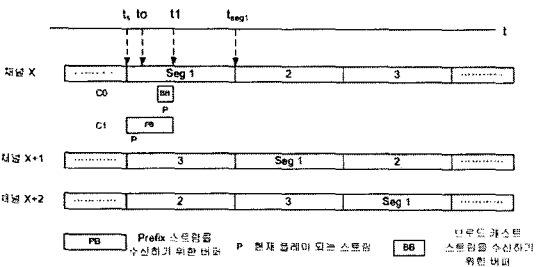
그림4는 클라이언트 C0가 시간  $t_0$ 에 미디어 스트림을 요구했을 때의 그림이다. C0는 세그먼트1의 전송시작 시점인  $t_s$  이후에 미디어 스트림을 요청했다. 따라서  $t_s$ 에서  $t_0$ 까지의 미디어 스트림은 다른 클라이언트를 통해 전송받아 재생하고

요청 시점인  $t_0$ 부터의 브로드캐스트로 전송되는 스트림은 자신의 브로드캐스트 버퍼에 저장한다.



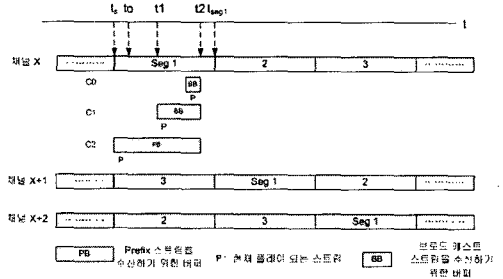
(그림4) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 1

그림5는 그림4의 2초 뒤인  $t_1$  시점에 클라이언트 C1이 미디어 스트림을 요청했을 때의 그림이다. 클라이언트 C0은 PB의 재생을 마치고 브로드캐스트 스트림을 전송받는 동시에 자신의 BB안의 스트림을 재생한다. 클라이언트 C1은  $t_1$  시점에 미디어 스트림을 요청하였으므로  $t_0$ 에서  $t_1$ 까지의 스트림은 다른 그룹의 클라이언트를 통해 전송받아 재생하는 동시에 브로드캐스트 되는 스트림은 자신의 BB에 저장한다.



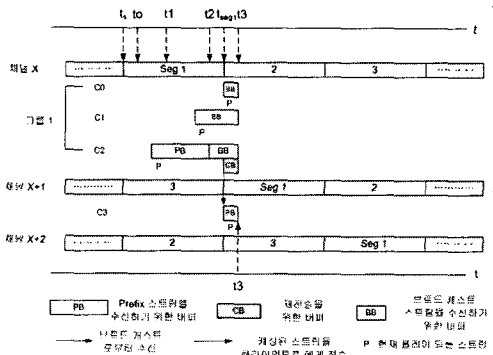
(그림5) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 2

그림6은 그림5의 3초 뒤인  $t_2$  시점에 클라이언트 C2가 미디어 스트림을 요구했을 때의 그림이다. C1은 PB에 의한 재생을 마치고 자신의 BB를 사용하여 미디어 스트림을 재생한다. C2 또한  $t_0$ 부터  $t_2$ 까지의 프리픽스 스트림은 다른 그룹의 클라이언트로부터 전송받아 플레이하는 동시에  $t_2$  시점부터는 브로드캐스트를 통해 전송되는 스트림을 자신의 BB에 저장한다.



(그림6) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 3

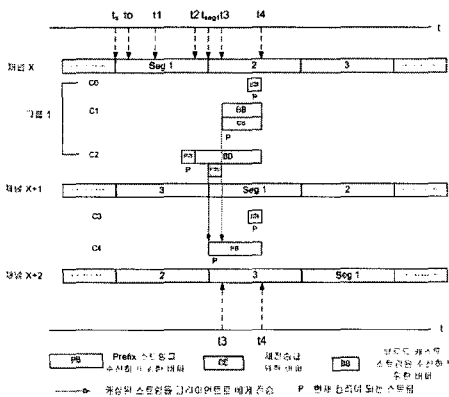
그림7은 그림6에서 2초 지난 뒤 그림이다. 세 그룹의 1의 전송이 완료되는 시점인  $t_{seg1}$  이후에는 클라이언트들은 그룹을 종결하고 CB를 사용하여 다른 채널을 통해 전송되는 세그먼트1의 스트림을 나누어 저장하기 시작한다. 먼저 클라이언트 C2는 그룹의 마지막 클라이언트이므로 자신이 스트림을 요청한 시점( $t_2$ )부터  $t_{seg1}$ 까지의 차이에 해당하는 만큼의 세그먼트1의 스트림을 저장한다. 클라이언트 C3는 C2로부터 프리픽스 스트림을 전송받아 플레이하는 동시에 브로드캐스트 되는 세그먼트1의 스트림을 자신의 BB에 저장한다.



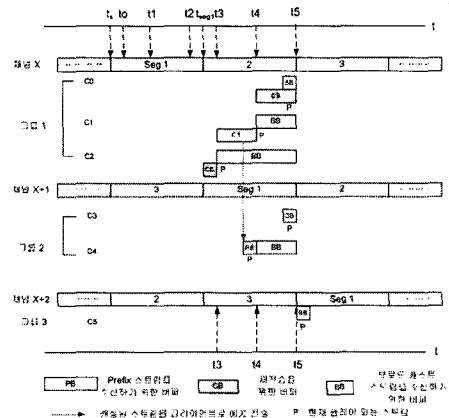
(그림7) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 4

그림8은 그림7의 3초 뒤에 클라이언트 C4가 스트림을 요청했을 때의 그림이다. C1은 C2가 CB를 사용하여 세그먼트 1을 저장한 이후부터 미디어 스트림을 저장한다. 저장하는 스트림의 양은 C1이 스트림을 요청한 시점과 C2가 스트림을 요청한 시점의 차이만큼 저장한다. 즉  $t_2-t_1$  동안

전송된 스트림의 양이 C1의 CB 크기가 된다. C3는 C2로부터 프리픽스 부분을 모두 전송 받아 재생하였으므로 자신의 BB를 사용하여 스트림을 재생한다. t4에 미디어 스트림을 요청한 클라이언트 C4는 C2와 C1의 CB로부터 프리픽스 스트림을 전송받아 플레이 하며 동시에 브로드캐스트 되는 스트림은 자신의 BB에 저장한다.



(그림8) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 5



(그림9) P2prefix Broadcast 동작 시나리오 6

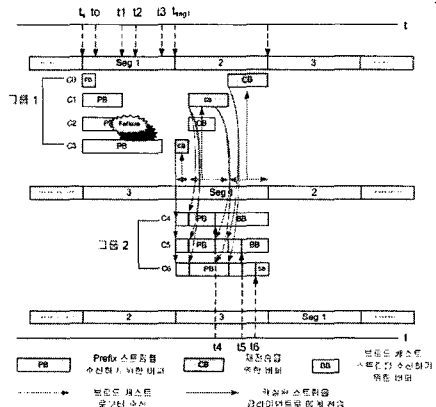
그림9는 그림8이 3초 지난 뒤 시간 t5에 클라이언트 C5가 미디어 스트림을 요청했을 때의 그림이다. t5는 채널 x+1이 세그먼트 1을 전송 완료한 시점이므로 그룹을 종료하고 C5를 선두로 새롭게 그룹을 시작한다. C0는 그룹의 첫 번째 클

라이언트이므로 C1이 CB를 통해 저장하고 남은 세그먼트의 나머지 모든 스트림을 자신의 CB에 저장한다. C4는 재생 시점의 스트림이 더 이상 C2의 CB에 존재하지 않으므로 C1의 CB로부터 스트림을 전송받아 재생한다. C5는 세그먼트1의 전송 시작 시점인 t5에 스트림을 요청하였으므로 버퍼링이 필요 없이(PB의 사용 없이) 스트림을 재생할 수 있다. 이후에 스트림을 요청한 클라이언트 또한 위와 동일한 과정을 통해 초기 서비스 지연 없이 True VOD 서비스를 받을 수 있다.

### 3.3. 클라이언트 이탈에 따른 복구

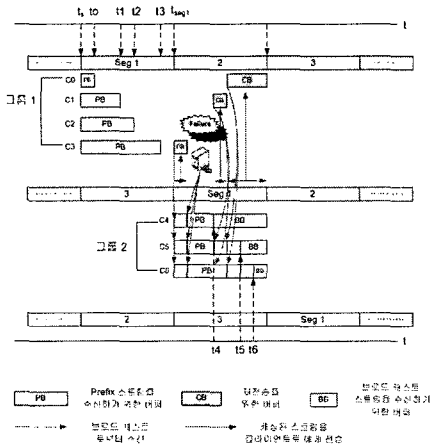
본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법은 세그먼트의 전송 중에 미디어 스트림을 요청한 클라이언트들을 하나의 그룹으로 정하고 그 그룹의 클라이언트들이 세그먼트1을 나누어 저장하여 다른 그룹의 클라이언트들에게 프리픽스 스트림을 전송한다. 이러한 P2P 캐싱 방식은 클라이언트의 불규칙한 행동에 의한 이탈이 발생한다.

따라서 P2prefix Broadcast 방식은 이러한 이탈에 대한 복구 과정을 필요로 한다. 클라이언트 이탈은 그룹이 종결되기 전에 이탈이 발생했을 경우와 그룹이 종결된 후 다른 그룹의 클라이언트에게 프리픽스 스트림을 전송 중에 이탈이 발생하는 경우로 나눌 수 있다.



(그림10) 그룹이 종결되기 전에 클라이언트A 이탈한 경우

먼저 전자의 경우 그림10과 같이 세그먼트1을 CB에 저장하기 전에 이탈이 발생하였기 때문에 그룹 내의 다른 클라이언트가 이탈한 클라이언트가 CB에 저장해야 하는 부분을 대신 저장하여 해결한다.



(그림11) 그룹이 종결된 후에 클라이언트가 이탈한 경우

후자의 경우는 그림11과 같이 그룹의 클라이언트들이 각각 CB에 해당하는 부분을 저장한 상태에서 이탈이 발생한 경우이므로 서버에서 추가적인 패칭 채널을 생성하여 전송함으로써 스트림을 복구한다.

#### IV. 성능평가

본 장에서는 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast의 성능을 평균 클라이언트 버퍼 요구량 위주로 분석하였다. 먼저 클라이언트의 평균 요청 간격과 브로드캐스트 채널수에 따라 P2prefix Broadcast 기법 자체만의 평균 클라이언트 버퍼 요구량을 비교하고 랜덤캐시 기법과 비교하여 평균 요청간격과 브로드캐스트 채널수에 따라 평균 클라이언트 버퍼 요구량을 비교한다.

P2prefix Broadcast 기법은 세그먼트1의 스트림을 그룹 내의 클라이언트들이 나누어 캐시 하는 기법인 반면 랜덤캐시 기법은 세그먼트1의 전체

스트림을 그룹 내의 클라이언트가 각각 캐시 하는 기법을 말한다. 성능평가에 사용되는 파라미터는 표.2와 같다.

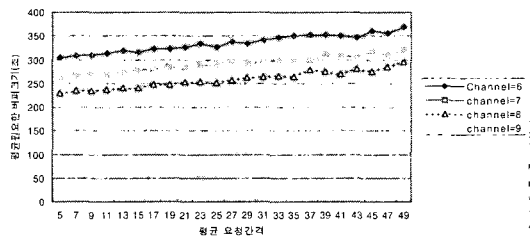
(표2) 성능평가 파라미터

파라미터	기본 값	변화량
비디오의 수	1	N/A
클라이언트 요청간격	5	50
비디오 길이  v  (분)	60	N/A
브로드캐스트 채널 수	6	6 - 10

클라이언트의 이탈은 없다는 가정 하에 표2에 나타난 파라미터를 사용하여 먼저 클라이언트의 요청 간격에 따른 버퍼 요구량을 비교하고 브로드캐스트 채널에 따른 클라이언트 버퍼 요구량을 비교하기로 한다.

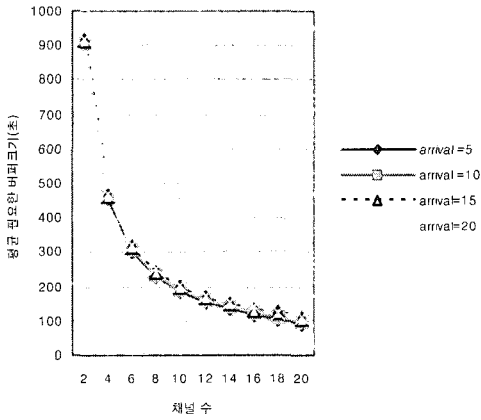
#### 4.1 P2prefix Broadcast 기법

그림12는 길이 60분의 비디오 스트림의 서비스 시 요청간격에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 평균 요청 간격이 크면 평균 클라이언트 버퍼 요구량은 증가하게 된다. 이유는 평균요청 간격 시간이 크게 되면 프리픽스를 저장하기 위한 공간이 증가하고, 요청간격에 해당하는 시간만큼의 CB에 캐시 해야 하는 스트림의 양도 증가하기 때문이다.



(그림12) 평균 요청간격에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량



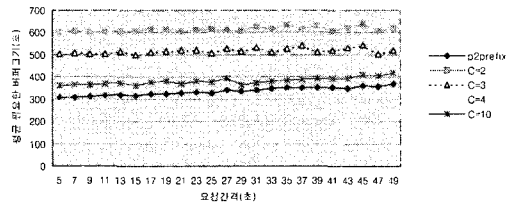


(그림13) 채널수에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량

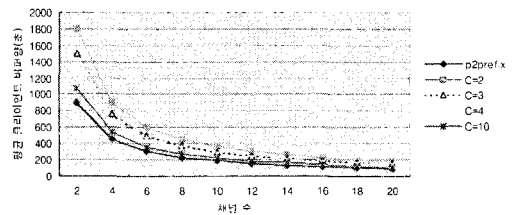
그림13은 브로드캐스트 채널수에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 채널이 증가함에 따라 평균 클라이언트 버퍼 요구량은 줄어들게 된다. 이유는 채널의 수가 증가함에 따라 세그먼트 1의 크기가 작아지기 때문에 프리픽스 스트림과 캐시 해야 하는 스트림의 양이 적어지기 때문이다.

#### 4.2 P2prefix Broadcast vs 랜덤캐시 기법

그림14는 브로드캐스트 채널을 6으로 고정하고 P2prefix Broadcast 기법과 랜덤캐시 기법을 클라이언트의 평균 요청 간격에 따라 비교한 그림이다. 그림에서 C는 그룹 내에서 세그먼트1의 전체 스트림을 캐시 하는 클라이언트의 발생 빈도 비율을 나타낸다. 예를 들어 C의 값이 2이면 각 그룹마다, 두 개의 클라이언트마다 하나의 클라이언트가 세그먼트1의 전체 스트림을 저장한다. 따라서 C의 값이 작을수록 평균 클라이언트 버퍼 요구량은 증가하게 된다. 그림에서 보는 바와 같이 P2prefix Broadcast 기법이 C의 값이 10인 경우의 랜덤 캐시 기법보다 평균 버퍼 요구량이 적은 것을 알 수 있다.



(그림14) 요청 간격에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량



(그림15) 채널수에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량

그림15는 클라이언트의 요청 간격 시간을 5초로 고정하고 P2prefix Broadcast 기법과 랜덤 캐시 기법을 브로드캐스트 채널수에 따른 평균 클라이언트 버퍼 요구량을 나타낸 그림이다. 그림15에서 보는 바와 같이 C의 값이 10인 랜덤 캐시 기법보다 P2prefix Broadcast 기법이 클라이언트 평균 버퍼 요구량이 적은 것을 알 수 있다.

#### V. 결론

VOD 서비스는 인터넷 속도의 향상과 무선 인터넷의 출현 등으로 화상회의나 실시간 스트리밍 서비스 등의 응용분야에 폭넓게 활용되고 있으며 다른 서비스 또한 점점 많아지고 있다. 그러나 미디어 데이터의 특성상 VOD 서버에 부하가 집중되는 현상과 많은 네트워크 대역폭을 필요로 한다는 점, 동시에 많은 사용자의 요청이 있을 경우 QoS가 보장된 VOD 서비스가 어려운 특성을 가지고 있다.

따라서 서버의 부하집중 문제와 네트워크 대역폭을 줄이기 위한 많은 연구가 진행되었으며, 브로드캐스트 기법, 패칭 기법, P2P 기법이 그중 가장 대표적인 기법이다. 특히 브로드캐스트 기법의

경우 대역폭의 추가 없이 다수의 클라이언트에게 동일한 대역폭을 사용하여 서비스 가능하다는 장점 있다. 그러나 브로드캐스트를 통한 스트리밍 서비스는 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 서비스 지연 시간을 없애고 클라이언트의 버퍼 요구량을 줄이기 위한 새로운 캐싱 기법인 P2prefix Broadcast 기법을 제안하였다.

P2prefix Broadcast 기법은 Stagger Broadcast 기법을 사용하여 정규 스트림을 전송하고 프리픽스 스트림에 대해서는 P2P 기법을 응용한 캐싱 기법을 적용함으로써 초기 서비스 지연시간을 제거했다. 또한 프리픽스 스트림에 대한 캐싱 기법에 있어서 요청시간 간격에 따라 세그먼트를 나누어 저장함으로써 클라이언트 평균 버퍼 요구량을 줄였다. 결과적으로 제안된 기법은 초기 서비스 지연 없이 적은 양의 버퍼와 네트워크 대역폭을 사용하여 VOD 서비스가 가능하도록 하였다.

## 참고 문헌

- [1] J. B. Kwon and H. Y. Heom. Providing vcr functionality in staggered video Broadcasting. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 48(1):41-48, 2002.
- [2] K. A. Hua, Y. Cai, and S. Sheu. Skyscraper Broadcasting: A new Broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems. In Proc. of the ACM SIGCOMM'97, pages 89-100, Cannes, France, September 1997.
- [3] S. Viswanathan and T. Imielinski. Metropolitan area video-on-demand service using pyramid Broadcasting. *ACM Multimedia systems Journal*, 4(4): 179-208, August 1996.
- [4] C.C Aggarwal, J. L. Wolf, and P. S. Yu. A permutation-based pyramid Broadcasting scheme for video-on-demand systems. In Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Multimedia Systems'96, pages 118-126, Hiroshima, Japan, June 1996.
- [5] J. F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long. A hybrid Broadcasting protocol for video on demand. In Proc. SPIE Conference on Multimedia Computing and Networking, pages 216-223, San Jose, USA, January 2000.
- [6] L. Juhn and L. Tseng. Harmonic Broadcasting for video-on-demand service. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 43(3):268-271, 1997.
- [7] L. Juhn and L. Tseng. Fast data Broadcasting and receiving scheme for popular video service. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 44(1):100-105, 1998.
- [8] Y. Guo, K. Suh, J. Kurose, D. Towsley : P2Cast: Peer-to-peer Patching Scheme for VoD Service. Proc. of the 12th World Wide Web Conference (WWW-03). Budapest, Hungary. May 2003.
- [9] T. Do, K. A. Hua, M. Tantaoui : P2VoD: Providing Fault Tolerant Video- on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment. Technical Report 2003, SEECS, UCF. <http://www.cs.ucf.edu/tdo/>.
- [10] K. A. Hua, Y. Cai, S. Sheu : Patching: A Multicast Technique for True Video-on-Demand Services. Proc. of ACM Multimedia, Bristol, U.K. Sep. 1998.
- [11] Y. Guo, K. Suh, and J. Kurose, D. Towsley, "P2Cast: Peer-to-Peer Patching Scheme for VoD Service," Proc. of the 12th World Wide Web Conference(WWW-03). Budapest, Hungary. May 2003.
- [12] T. Do, K. A. Hua, and M. Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault Tolerant Video- on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment," Technical Report 2003, SEECS, UCF. <http://www.cs.ucf.edu/tdo/>.
- [13] 이치훈, "VOD 시스템을 위한 P2P 캐싱 기반의 효율적인 브로드캐스트 스트리밍 기법", 강원대학교 석사논문 2007.

## ◎ 저 자 소개 ◎



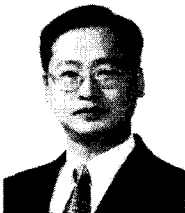
### 이 치 훈(Chi-Hun Lee)

2005년 2월 강원 대학교 전기전자정보통신 공학부 컴퓨터 전공 졸업 (학사)  
2007년 2월 강원 대학교 컴퓨터 정보통신 공학과 졸업(석사)  
관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 유비쿼터스 시스템 등  
E-mail : pupurit@kangwon.ac.kr



### 최 영(Choi Young)

1990년 2월 경남대학교 수학교육과 졸업(학사)  
1998년 8월 관동대학교 전자계산공학과 졸업(석사)  
2004년 8월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정  
2002년 3월~2007년 2월 동우대학 웹디자인 연구소 연구실장  
관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 유비쿼터스 시스템 등  
E-mail : ychoi@kangwon.ac.kr



### 최 황 규(Hwang-Kyu Choi)

1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)  
1986년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(석사)  
1989년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(박사)  
1994년 7월~1995년 7월 Univ. of Florida Database R&D Center 방문교수  
1999년 3월~2001년 2월 강원대학교 전자계산소 소장  
2002년 7월~2003년 8월 Univ. of Minnesota 방문교수  
1990년 3월~현재 강원대학교 IT특성화학부대학 컴퓨터학부 교수  
관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 유비쿼터스 시스템 등  
E-mail : hkchoi@kangwon.ac.kr