

# 패칭에서의 VCR 지원 방법

조창식<sup>0</sup> 마평수 강지훈<sup>+</sup>  
한국전자통신연구원, 충남대학교<sup>+</sup>  
(cscho, pmah)@etri.re.kr, jhkang@cs.chungnam.ac.kr

## Supporting VCR Operation in Patching

Chang-Sik Cho<sup>0</sup> Pyeong-Soo Mah ji-Hoon Kang<sup>+</sup>  
Korean Electronics and Telecommunications Research Institute, ChungNam National University<sup>+</sup>

### 요 약

VOD 서비스에서 멀티캐스팅 기법을 적용하여 여러 클라이언트가 동일한 스트림을 공유함으로써 네트워크 대역폭을 절약하려는 연구가 활발하다. 패칭 방법은 기존에 전송되고 있는 멀티캐스팅 스트림을 공유하여 디스크에 임시로 저장하고, 별도의 채널을 생성하여 공유가 불가능한 초기 데이터 스트림을 수신하여 재생한다. 초기 데이터에 대한 재생이 끝나게 되면, 디스크에 저장된 데이터에 대한 재생을 수행한다. 패칭 방식은 네트워크 대역폭을 절약할 수 있는 효과와 더불어 클라이언트의 초기 대기시간을 최소화하여 True VOD 를 지원한다. 본 논문에서는 패칭 방식의 VOD 시스템에서 VCR 연산 지원 방식을 제시한다. 멀티캐스팅 환경에서의 VCR 연산은 멀티캐스트 채널에 대한 관리와 개별 클라이언트에 대한 세션 정보의 효율적인 관리를 전제로 하고 있다. 지원하는 종류로는 점프(임의위치 재생), 일시정지 및 일시정지 재개, 종료가 있다.

### 1. 서 론

ADSL 과 케이블 모뎀에 대한 기술이 발전함에 따라 VOD 서비스는 점차 중요한 위치를 차지하고 있으며, 홈쇼핑, 원격 교육, 디지털 라이브러리 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 비디오 스트림의 높은 네트워크 대역폭 요구를 해결하기 위해 스트림을 공유하는 멀티캐스팅 기법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2,3,4,5].

멀티캐스팅을 적용한 배칭[3]은 동일한 비디오를 요구하는 특정 시점까지의 클라이언트 요구를 큐에 저장하였다가 멀티캐스팅으로 한꺼번에 처리하는 방식이다. 배칭 방식은 각 클라이언트에 대하여 배칭 주기 동안의 서비스 지연이 불가피하다.

본 논문에서는 학교나 회사와 같은 중소 규모의 조직에서 교육용 VOD 시스템 구축을 목적으로 한다. 중소 규모의 클라이언트를 지원하기 위해서는 브로드캐스팅 보다 멀티캐스팅이 유리하다[4,5]. 배칭과 달리 패칭[1,2,4]에서는 기존의 멀티캐스팅 채널에서 공유 가능한 스트림만을 수신 받고, 별도의 채널을 사용하여 공유 불가능한 부분의 데이터에 대하여 즉각 수신하여 재생한다. 패칭 방식은 멀티캐스팅 방식을 사용하여 네트워크 비용을 줄이는 효과와 더불어, 개별 사용자에게 즉각적인 서비스 시작을 가능하게 하여 True VOD 를 지원한다. 또한 비인기 비디오에 대해서도 서버의 네트워크 자원을 절약할 수 있는 효과적인 방식이다.

VOD 서비스에서의 VCR 연산 지원은 서비스의 효율성을 높여준다. 서버는 멀티캐스팅 채널에 대한 관리와 더불어 개별 클라이언트 세션에 대한 관리를 필요로 한다. 본 논문에서는 패칭 기법에서의 VCR 연산을 지원하기 위한 방법을 제시한다. 지원하는 VCR 연산의 종류로는 재생, 일시정지, 정지, 점프(임의위치 재생), 종료가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 패칭 기법 및

용어에 대하여 설명하고, 3 절에서는 VCR 연산에 필요한 서버의 스케줄링 알고리즘을 설명한다.

### 2. 패 칭

패칭에서는 처음으로 요청하는 클라이언트에 대해서는 멀티캐스팅 채널을 생성하고, 이때의 채널을 정규 채널이라 한다. 동일한 비디오를 요구하는 이후의 클라이언트의 요구는 정규 채널에서 공유하여 디스크에 저장하며, 공유가 불가능한 부분은 새로운 패칭 채널을 사용하여 즉시 서비스 가능하게 한다. 클라이언트는 패칭 채널에서 전송받은 데이터를 먼저 재생하고 이후 정규 채널에서 전송받은 디스크에 저장된 비디오 데이터를 재생하게 된다. 이때 클라이언트에서 패칭을 수행하는 구간을 패칭 구간(Patching Interval)이라 하고, 패칭 구간의 시간 길이를 패칭 길이(Patching Length)라 한다.

패칭에서 클라이언트는 최대 두개의 채널에서 동시에 스트림을 수신 받는다. 클라이언트는 동일 비디오에 대하여 정규 채널이 하나라도 존재하면 공유가 가능하다. 그러나 시간이 지남에 따라 공유 가능한 정규 스트림은 줄어들고 패칭 스트림의 길이가 커지기 때문에, 계속적인 패칭 채널의 할당은 오히려 네트워크 채널 사용 측면에서 비효율적이다. 따라서 패칭이 가능하더라도 정규 채널을 새로이 할당하여 이후 요청되는 클라이언트가 정규 스트림을 더 많이 공유하게 하는 것이 유리하다. 정규 채널에 대하여 새로운 정규 채널을 생성하는 것보다 기존 채널을 공유하는 것이 전체 채널 사용량을 줄일 수 있는 시점을 정규 채널의 패칭 가능 시간(Optimal Patching Enable Time)이라 한다.

특정 비디오  $i$  에 대하여 네트워크 대역폭 사용을 최소화 만드는 패칭 가능 범위  $T_i$  는 비디오에 대한 도착률  $\lambda_i$  와 비디오의 크기  $L_i$  에 따라 최적화된 값을 가지는 함수로 나타

난다.  $T_i$ 는  $\lambda_i$ 가 클수록 값이 작아지며,  $L_i$ 가 클수록 값이 커진다. 또한 패칭 가능 시간  $T_i$ 는 클라이언트 디스크에 저장되어야 할 최대 데이터의 양을 나타낸다. 클라이언트는 디스크 저장 공간을 넘는 데이터를 패칭할 수 없으므로, 디스크의 크기가  $T_i$ 보다 적게 되면,  $T_i$ 값은 디스크의 크기  $B(\min)$ 가 된다. Gao는 비슷한 방법으로 채널의 효용성을 나타내는 값을 제시하였는데[4], 본 논문에서는 정규 채널의 패칭 가능 범위에 Gao의 수식을 사용한다.

$$T_i = (\sqrt{2Li \cdot \lambda_i} - 1) / \lambda_i \quad (\text{if } T_i < B)$$

$$\text{else } T_i = B$$

위의  $T_i$ 를 적용할 경우 서버에서 필요로 하는 네트워크 대역폭은  $\sqrt{2Li \cdot \lambda_i} - 1$ 가 된다.

정규 채널에 대하여 정규 채널의 전송 위치에서 패칭 가능 시간까지의 구간을 패칭 가능 범위(Patching Enable Interval)라 한다. 또한 동일한 정규 채널의 스트림을 공유하는 클라이언트의 집합을 패칭 그룹(Patching Group)이라 한다. 즉 정규 채널의 패칭 가능 범위를 재생하고 있는 클라이언트들의 집합이다. 각각의 클라이언트들은 서로 다른 값의 패칭 길이를 가지고 있으며, 패칭 길이는 디스크에 저장될 데이터의 크기를 나타낸다.

정규 채널의 전송 위치(min)와 클라이언트의 재생 위치가 동일한 클라이언트 세션을 패칭 그룹의 주세션이라 한다. 부세션(Secondary Sessions)은 패칭 그룹 중에서 주세션과 가장 가까운 부분의 비디오를 재생하고 있는 세션들을 말한다. 부세션은 주세션이 VCR 연산을 수행하면서 주세션 자격을 상실할 경우 주세션이 된다.

### 3. 스케줄링 알고리즘

비디오 데이터에 대한 재생 소비율(playback rate)을 만족하는 네트워크 대역폭을 하나의 논리적 채널이라 한다. 논리적 채널은 비디오 데이터 전송과 제어 메시지 전송에 필요한 대역폭의 합이다. 비디오 서버가 C개의 논리적 채널을 가지고 있고, N개의 비디오를 서비스 한다고 가정한다. 또한 클라이언트는  $B(\min)$ 만큼의 비디오를 저장할 수 있는 디스크 저장 공간을 가지고 있다고 가정한다.

VCR 연산을 고려하지 않을 경우 세션이 공유하는 채널은 서비스 생성시에 설정되어, 서비스 종료까지 변경이 일어나지 않는다. 따라서 별도의 세션 정보를 가지지 않고, 서비스 생성시에 필요한 채널 정보만을 남겨주면 된다. 그러나 VCR 연산은 채널 정보와 세션 정보의 변경을 요구한다.

서버는 N개의 비디오 데이터에 대한 시간 길이, 도착률, 비디오에 할당된 채널수, 패칭 가능 범위 등의 정보를 관리한다. 또한 서비스하고 있는 채널에 대한 정보를 관리하는데, 채널 종류, 채널 시작 시간, 채널 상태 등을 포함한다. 클라이언트의 서비스 요청에 대하여 서버는 세션 정보를 생성한다. 세션의 주요 정보로는 정규 채널, 패칭 채널에 대한 ID, 패칭 길이, 버퍼 크기이다. 클라이언트의 서비스 요구는 세션의 채널 정보와 패칭 길이를 재조정 한다.

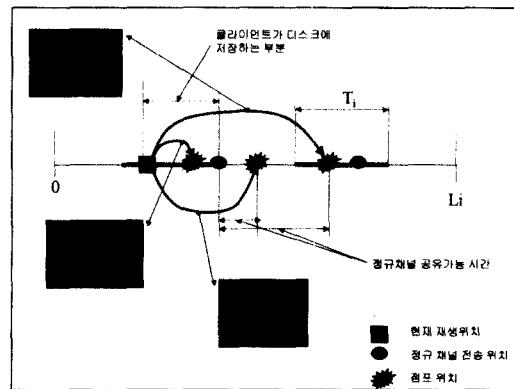
#### 3.1 점프(JUMP) 연산 알고리즘

점프는 비디오 재생 중에 클라이언트가 임의의 위치로 비디오 재생 위치를 이동할 때 사용된다. 정지(STOP) 연산은 클라이언트가 비디오에 대한 재생을 중지하고 비디오의 재생 위치를 처음으로 설정하는 연산으로, 정지 연산도 점프 연산으로 처리된다. 클라이언트는 세션 ID와 점프 위치를 넘겨주고 서버로부터 정규 채널, 패칭 채널, 패칭 길이, 대기 시간을 수신받는다. <그림 1>은 점프가 일어나는 경우를 그림으로 보여준다.

점프 연산을 지원하는 가장 간단한 방법으로는 점프 위치

보다 작으면서 점프위치와 가장 가까운 곳을 전송하고 있는 정규 채널을 검색하여 공유하는 것이다. 정규 채널만을 사용하여 점프 연산을 지원하면 채널의 추가 사용이 필요 없는 장점이 있지만, 서비스에 대한 대기 시간이 너무 길어지는 단점이 있다. 서비스에 필요한 대기 시간은 (점프 위치 - 공유할 정규 채널의 전송 위치)이며, 이때의 대기 시간을 정규 채널 공유 가능 시간(Regular Channel Sharable Time)이라 한다.

VCR 연산은 초기 서비스 세션 설정과는 달리 빠른 서비스를 요구한다. 따라서 채널의 추가적인 사용을 허용하더라도 대기 시간을 최소화하는 방식으로 진행된다. 채널이 사용 가능한 상태에서의 VCR 연산은 대기시간 없이 바로 서비스 가능하고, 채널이 전부 소진된 경우에는 가장 빠른 서비스가 가능한 방법을 적용한다.



<그림 1> 점프 연산 시나리오

점프 연산은 세가지 경우로 나누어 고려된다.

(1) 점프를 클라이언트의 디스크에 저장된 데이터로 처리할 수 있는지 검사한다. 패칭에서는 정규 채널에서 수신되는 데이터 일부를 항상 디스크에 저장하고 있다. 이 경우에는 정규 채널에 대한 변경은 없으며, 패칭 길이는 정규 채널의 전송 위치에서 점프 위치를 뺀 값으로 조정되고, 대기 시간은 없다.

(2) 점프 위치에서 기존의 정규 채널을 공유할 수 있는지를 검사한다. 점프 위치가 패칭 가능 범위에 존재하는 정규 채널을 검색한다. 이 경우 현재 세션이 유일하게 사용하는 정규 채널 혹은 패칭 채널을 가지고 있는 경우 해당 채널을 삭제한다. 또한 세션이 기존의 정규 채널의 유일한 주세션이면, 기존 정규 채널을 부세션이 주세션이 될 때까지 전송을 일시 정지한다. 채널이 사용 가능한 시점에서는 점프 위치에서 검색된 정규 채널의 전송 위치를 패칭 구간으로 하는 새로운 패칭 채널을 생성한다. 패칭 길이는 (검색된 정규 채널의 전송 위치 - 점프 위치)가 되고, 대기 시간은 없다. 채널이 전부 소진된 상태에서는 정규 채널 공유 가능 시간, 패칭 채널 공유 가능 시간, 새로운 패칭 채널 생성 가능 시간 중에서 대기시간이 가장 적게 드는 방법으로 채널을 할당한다.

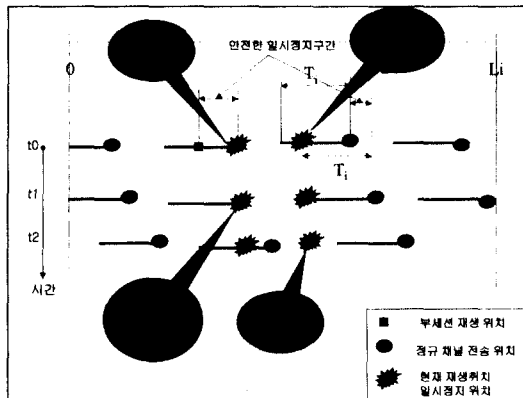
(3) 정규 채널의 공유가 불가능하면 새로운 정규 채널을 생성한다. 채널이 사용 가능한 상태에서는 대기시간이 없다. 채널이 전부 소진된 상태에서는 정규 채널이 생성 가능한 시간이 정규 채널 공유 가능 시간보다 클 경우, 채널 생성 대신 기존에 존재하는 정규 채널을 공유한다.

#### 3.2 PAUSE 연산 알고리즘

사용자가 비디오에 대한 재생을 일시 정지할 경우, 클라

이언트는 화면 상의 재생만 멈추고, 데이터를 수신하여 디스크에 저장하는 과정은 계속하게 된다. 따라서 일시 정지가 짧게 일어날 경우에 곧바로 디스크에 저장된 데이터를 재생할 수 있게 된다. 세션이 디스크에 저장된 데이터를 사용하여 채널의 변경 없이 재생을 재개할 수 있는 시간을 안전한 일시정지 시간(Stable Pausable Time)이라 한다. 일시 정지 시간이 길어지게 되어 기존의 정규 채널이나 패칭 채널을 공유할 수 없는 상태가 되면 점프 연산을 수행하여 새로운 정규 채널과 패칭 채널을 할당 받는다.

일시 정지를 위하여 클라이언트는 세션 ID 와 현재 재생 위치를 보내고 서버로부터 안전한 일시 정지 시간을 수신 받는다. 일시 정지는 새로운 채널의 생성이 없으므로 대기 시간이 없다.<그림 2>는 일시 정지의 예를 보여준다.



<그림 2> 일시 정지 시나리오

일시 정지를 위해 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 현재 세션이 채널에 참가하는 유일한 주세션이면 서버는 정규 채널의 전송을 중지시킨다. 전송 중지 시간은 (정규 채널의 전송 위치 - 부세션의 재생 위치)이다. 채널의 전송 중지는 채널을 공유하는 모든 세션들에 대하여 패칭 길이를 조정한다. 세션의 일시정지가 지속되어 부세션이 새로이 주세션의 자격을 획득하게 되면 멀티캐스팅 전송은 재개된다. 안전한 일시 정지 시간은 정규 채널의 전송 중지 시간이 되며, 클라이언트는 안전한 일시 정지 시간을 넘길 경우 일시 정지 명령을 서버에 다시 요청하게 된다. 이 경우 2의 과정이 이루어진다.

(2) 정규 채널만이 존재할 경우  $T_i$  값 만큼을 정규 채널로부터 수신하여 디스크에 저장한다. 현재 세션은 패칭 길이 만큼의 데이터를 이미 디스크에 저장해 두고 있다. 따라서 일시정지 상태에서 추가로 저장할 수 있는 데이터를 나타내는 안전한 일시 정지 시간은 (패칭 가능 범위  $T_i$  - 세션의 패칭 길이)이다.

(3) 정규 채널과 패칭 채널이 동시에 존재할 경우, 패칭 채널에서 패칭 길이 만큼을 수신하고, 정규 채널로부터 (패칭 가능 범위  $T_i$  - 패칭 길이)를 수신하는데, 안전한 일시 정지 시간은 정규 채널에서 수신하는 데이터 크기와 패칭 채널에서 수신하는 데이터 크기 중에서 작은 값이 된다

일시 정지 상태에서 재생을 재개하는 RESUME 을 위해서 클라이언트는 세션 ID 와 일시 정지 위치 `paused_position` 과 일시정지 한 시간 `pausedTime` 을 보내고 서버로부터 정규 채널, 패칭 채널, 패칭 길이, 대기 시간에 대한 정보를 받는다.

(1) 재생이 안전한 일시 정지 구간 전에 재개되면 채널의 변경은 이루어지지 않는다. 이 경우 새로운 채널의 생성이

없으므로 대기 시간은 없다.

(2) 안전한 일시 정지 구간을 넘어가면 일시 정지 위치 `paused_position` 에 대한 점프 연산을 수행한다. 점프 연산에 의해 얻어진 정규 채널, 패칭 채널, 패칭 길이, 대기 시간이 RESUME 연산의 값으로 클라이언트로 전송된다. 서버에서는 필요에 따라 점프 연산에 대한 채널의 삭제도 수행된다.

#### 4. 결 론

패칭 방식은 멀티캐스팅 방식을 사용하여 네트워크 비용을 줄이는 효과와 더불어 개별 사용자에게 초기 대기시간을 최소화하는 장점을 가지고 있다. 또한 비인기 비디오에 대해서도 서버의 네트워크의 자원을 절약할 수 있는 효과적인 방식이다.

VOD 서비스에서의 VCR 연산 지원은 서비스의 효용성을 높여준다. 멀티캐스팅 환경에서의 VCR 연산 지원은 기존의 유니캐스트 환경에서 보다 복잡하다. 멀티캐스팅은 여러 클라이언트가 동일한 채널을 공유하는 것이고, VCR 연산은 개별 클라이언트에 대한 연산이다. 따라서 공유하는 멀티캐스트 채널에 대한 정보와 각 클라이언트와 서버와의 관계인 세션 정보에 대한 효율적인 관리를 전제로 하고 있다. 본 논문에서는 패칭 기법에서의 VCR 연산을 지원하기 위한 방법을 제시한다. 지원하는 VCR 연산의 종류로는 재생, 일시정지, 정지, 점프(임의위치 재생), 종료가 있다.

본 논문의 실험을 위해 스트리밍 서버는 Linux 운영체제의 PC 서버에서, 클라이언트는 PC Windows 에서 구현하였다. 서비스 스트림은 MPEG-4[6,7] 비디오와 오디오가 다중화된 파일을 사용하였다. 논리적인 채널의 대역폭은 300kbps 를 사용하였다.

앞으로의 연구 방향으로는 되감기와 빨리 감기 연산을 지원하려고 한다. 또한 VCR 연산에서 멀티캐스팅 스트림의 공유를 더욱 극대화할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] K. A. Hua, Y. Cai, S. Sheu, " Patching: A Multicast Technique for True Video-on-Demand Services," Proc. ACM Multimedia ' 98, pp. 191-200, 1998.
- [2] Ying Cai, K. A. Hua, " An Efficient Bandwidth-Sharing Technique for True Video on Demand Systems," Proc. ACM Multimedia ' 99, 1999.
- [3] Asit Dan, D. Sitaram, P. Shahabuddin, " Dynamic Batching Policies for an On-Demand Video Server," Proc. ACM Multimedia ' 96, 1996.
- [4] L. Gao, D. Towsley, " Supplying Instantaneous Video-on-Demand Services Using Controlled Multicast", Proceedings of IEEE Multimedia Computing Systems ' 99, June 1999.
- [5] L. Gao, Z. L. Zhang, D. Towsley, " Catching and Selective Catching: Efficient Latency Reduction Techniques for Delivering Continuous Multimedia Streams," Proc. ACM Multimedia ' 99, 1999.
- [6] ISO/IEC, Information Technology-Coding of Audio-Visual Objects, IS 14496-1, July 2000.
- [7] IETF Working Group, " RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams," RFC 3016, 2000.