

멀티캐스트 기반의 VOD 시스템에서 MPEG의 특성을 고려한 VCR 기능의 설계

이 작 형[†] · 정 인 범^{††}

요 약

VOD(Video On Demand) 시스템은 실시간으로 사용자의 요구를 받아들여 동영상 서비스를 제공하는 시스템으로서 크게 서비스를 제공하는 서버와 사용자의 요구를 처리하는 클라이언트로 구성된다. 하나의 서버에서 다수의 사용자에게 1:1로 서비스를 제공하기에는 네트워크 대역폭의 제약이 크기 때문에 이를 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되어왔다. 그 동안 제안된 다양한 멀티캐스트 기반의 VOD시스템들 중에서 Batching방식의 VOD시스템이 단순하면서도 네트워크 부하가 적은 것으로 알려져 있다. 하지만 Batching방식에 의한 VOD시스템에서는 VCR(Video Cassette Recorder)기능을 제공하기 어렵기 때문에 VOD시스템의 On-Demand 특성을 제대로 제공하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 대표적인 동영상 압축표준인 MPEG의 특성을 이용하여 VCR기능을 제공하기 위해 필요한 대역폭을 최소화하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 MPEG로 압축된 동영상에서 독립적 재생이 가능한 I픽처만 추출하여 빠른 재생을 위한 데이터를 별도로 구성한다. 이렇게 구성된 빠른 재생을 위한 데이터와 일반적인 재생을 위한 데이터 모두 Batching방식으로 멀티캐스팅으로 전송한다. 성능분석을 통하여 제안된 기법을 사용할 경우 클라이언트의 버퍼요구량과 네트워크 사용량을 줄이고 이와 더불어 CPU사용량도 줄어드는 것을 확인하였다.

키워드 : VOD, Batching, VCR, MPEG, I Picture

Design of VCR Functions With MPEG Characteristics for VOD based on Multicast

Joa Hyoung Lee[†] · In Bum Jung^{††}

ABSTRACT

VOD(Video On Demand) that provides streaming service according to the user's requirement in real time, consists of the video streaming server and the client system. Since it is very hard to apply the traditional server-client model that a server communicates with many clients through 1:1 connection to VOD system because it requires very high network bandwidth, many researches have been done to address this problem. Batching technique is one of VOD system based on Multicast that requires very small network bandwidth. However, the batching based VOD system has a limitation that it is very hard to provide VCR(Video Cassette Recorder) ability. In this paper, we propose a technique that reduces the required network bandwidth to provide VCR function by using the characteristic of MPEG, one of international video compression standard. In the proposed technique, a new video stream for VCR function is constructed with I pictures that is able to be decoded independently. The new video stream for VCR function is transmitted with the video stream for normal play together in Batching manner. The performance evaluation result shows that the proposed technique not only reduces the required network bandwidth and memory usage but also decreases the CPU usages.

Keywords : VOD, Batching, VCR, MPEG, I Picture

1. 서 론

최근 컴퓨터 기술이 빠르게 발전하고 널리 보급되면서 텍스트 위주로 작업을 하던 어플리케이션들의 비중이 낮아지

고 멀티미디어 데이터를 처리하는 어플리케이션들의 비중이 점차 증가하고 있는 추세이다[1]. 다양한 멀티미디어들 중에서 영화와 같은 동영상 멀티미디어를 다루는 프로그램들은 멀티미디어 응용 어플리케이션들 중에서 큰 비중을 차지하고 있으며 실생활에서 널리 사용되고 있다[2].

컴퓨터 기술의 발전과 더불어 급속하게 발전하는 네트워크 기술이 실생활에 보급되어 컴퓨터들이 독립적으로 존재하는 것이 아니라 서로 연결된 네트워크를 이루기 시작하면서 네트워크를 통한 멀티미디어 데이터의 교환이나 전송과

* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-D00424(100901)).

† 준 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

†† 종 신 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수(교신저자)

논문접수 : 2008년 6월 5일

수 정 일 : 1차 2009년 1월 16일

심사완료 : 2009년 1월 20일

같은 서비스들이 활성화되고 있는 추세이다[3, 4]. 네트워크와 동영상을 이용하는 대표적인 어플리케이션으로서 실시간으로 동영상 스트리밍 서비스를 제공하는 VOD (Video-On Demand)가 있다[5]. VOD 시스템은 실시간으로 사용자의 요구를 받아들여 동영상 서비스를 제공하는 시스템으로서 크게 서비스를 제공하는 서버와 사용자의 요구를 처리하는 클라이언트로 구성된다[6, 7].

VOD 서버와 클라이언트 설계시 다양한 요소들을 고려하여야 하는데 그 중에서도 서버와 클라이언트를 연결해주는 네트워크가 큰 비중을 차지한다[8]. 데이터양이 적은 텍스트에 비해 멀티미디어는 데이터양이 매우 방대하며 특히 VOD의 서비스 대상인 동영상의 경우 다른 멀티미디어 데이터보다도 훨씬 크기가 크다[9]. 방대한 크기의 동영상 데이터를 실시간으로 네트워크를 통해 전송시 많은 네트워크 대역폭을 필요로 하기 때문에 네트워크가 VOD시스템의 성능을 크게 좌우한다[10, 11].

서버와 클라이언트간에 1:1로 설정된 채널을 통해 데이터를 전송하는 유니캐스트 방식의 경우 안정적인 서비스를 제공할 수 있으며 다양한 VCR기능을 쉽게 구현할 수 있지만 클라이언트의 수가 증가하면서 네트워크 사용량도 비례하여 증가하여 네트워크가 성능향상의 걸림돌이 되는 단점이 있다 [12,13,14,15]. 이에 반해 멀티캐스트 방식의 경우에는 VCR기능을 위해 많은 메모리 공간을 필요로 한다[16, 17, 18]. 본 연구에서는 클라이언트에서의 버퍼 요구량을 줄이면서 VCR 기능을 제공하기 위한 방안으로서 주기적으로 멀티캐스팅되는 일반적인 동영상 데이터들 처럼 VCR기능을 위한 데이터들도 주기적으로 멀티캐스팅하는 방식을 제안하고자 한다. 이 경우 네트워크에 부하가 증가하지만 클라이언트에 버퍼공간을 추가하지 않으면서 VCR기능을 제공하는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VOD시스템과 Batching기법 등에 관하여 알아보고 3장에서는 이러한 Batching기법에서 VCR기능을 제공하기 위한 제안기법을 설명한다. 4장에서 제안 기법에 대한 성능평가를 하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

VOD시스템은 크게 TVOD(True VOD)와 NVOD(Near VOD)로 구분된다. TVOD는 유니캐스트 방식을 사용하여 사용자에게 VCR기능과 같은 다양한 부가적인 서비스를 제공한다. 이 경우 서비스되는 사용자의 수가 증가하면서 네트워크의 부하도 비례하여 증가하는 단점이 있다. NVOD는 멀티캐스트 방식을 기반으로 하여 사용자별로 VCR과 같은 기능을 제공하기 어려운 단점이 있지만 네트워크 부하를 크게 줄여주는 장점이 크게 부각된다[1, 2, 3].

VOD시스템에서 멀티캐스트 방식이 적용 가능한 것은 사용자들이 특정시간대에 집중적으로 서비스를 요청하며 사용자들의 요구가 소수의 인기있는 동영상으로 집중되기 때문이다. 사용자들은 일반적으로 평일 저녁시간대나 주말에 집

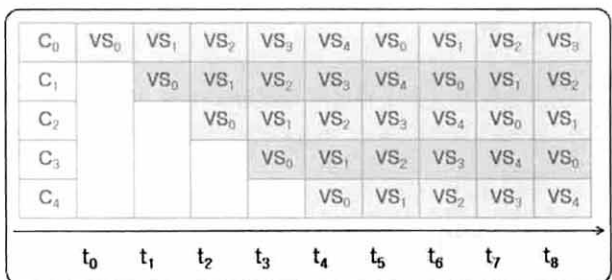
중적으로 서비스를 이용하며 포아송 분포에 따라 서버에 접속하는 것으로 알려져 있다. 서버에 접속하는 사용자들은 다수의 동영상들 중에서 극소수의 인기있는 동영상을 집중적으로 요구하며 이는 Zipf의 법칙을 따르는 것으로 간주된다[1]. 결론적으로 사용자들의 요구는 특정시간대에 특정 동영상으로 집중되는 것이다. 집중되는 다수의 사용자들을 그룹으로 묶어서 집중되는 그룹별로 채널을 할당하여 동영상 데이터를 멀티캐스팅 하게 되면 네트워크 자원을 크게 줄일 수 있게 된다[4,5].

Batching방식은 멀티캐스트를 기반으로 하는 대표적인 VOD시스템 방식으로 동일한 동영상에 대한 사용자들의 요구를 그룹화하여 그룹별로 채널을 할당하여 서비스를 제공한다. Batching 방식의 단점으로 지적되는 서비스 지연시간을 줄이기 위해 Patching방식과 같은 다양한 방안이 제시되어 왔지만 동영상의 시작부분을 사용자별로 별도로 전송하므로 서버에 부하가 가중되는 문제점이 있다[6, 7].

정적 스케줄링 방식에서는 (그림 1)에서 보듯이 일정한 주기로 새로운 채널을 할당하여 서비스를 제공한다. 이 경우 사용자가 대기하여야 하는 최대 대기시간을 미리 알 수 있어 사용자가 서비스 요청을 중단하는 확률을 낮출 수 있다.

멀티캐스트 기반의 VOD시스템의 단점들 중 하나로 VCR기능의 구현이 어렵다는 것이 지적된다. 많은 연구들이 클라이언트의 버퍼를 이용하여 VCR기능을 제공하는 방안을 제시하고 있으나 이 경우 클라이언트에 추가적인 버퍼공간이 필요하다는 단점이 있다[8, 9, 10].

Batching 기반의 VOD시스템에서 VCR기능을 제공하기 위한 방안으로 Active Buffer기법이 제안되었으며 이를 개선하는 연구들이 있다[11,12]. Active Buffer기법에서는 VCR기능을 제공하기 위해 한번에 3개의 세그먼트를 수신하도록 한다[20,21]. 예로 현재 n번째 세그먼트를 재생한다면 n, n+1 그리고 n+2 번째 세그먼트를 동시에 수신하여 버퍼에 저장한다. n번째 세그먼트의 재생이 끝나면 n번째 세그먼트를 버퍼에 저장해두고 n+3번째 세그먼트를 수신한다. 따라서 버퍼에는 최소 세 개의 세그먼트가 존재하며 VCR기능 사용시 앞뒤에 있는 세그먼트들을 재생하도록 한다. 이를 통하여 다른 채널로 이동하면서 발생하는 지연을 줄일 수 있다. 하지만 동시에 3개의 세그먼트를 수신하기 때문에 필요한 네트워크 대역폭이 증가하며 여러 개의 세그먼트를 저장하기 위한 메모리 공간도 늘어나는 단점이 있다[19, 21].



(그림 1) Batching 기법을 이용한 VOD서비스

3. VCR기능의 설계

본 논문에서는 동영상 표준인 MPEG-2로 인코딩된 비디오를 멀티캐스트 기반으로 VOD서비스를 제공하는 VOD시스템에서 VCR기능을 제공하기 위한 기법을 제안한다. 우선 MPEG-2의 특성을 살펴보고 이를 바탕으로 VCR기능을 제공하는 방안에 대하여 살펴본다.

3.1 MPEG-2의 특징

MPEG-2로 인코딩된 Video Sequence는 픽처들을 모아놓은 GOP(Group Of Picture)로 이루어지며 GOP내에는 세가지 픽처 종류 - I, P, 그리고 B픽처 - 가 섞여 있다. I픽처는 독립적으로 재생이 가능하며 다른 프레임들의 참조대상이 된다. P픽처는 I픽처를 참조하며 B픽처의 참조대상이 된다. B픽처는 I픽처와 P픽처를 참조하여 디코딩된다. (그림 2)는 MPEG-2의 구성을 보여준다.

3.2 채널 구성

본 논문에서는 GOP내에서 독립적으로 재생가능한 I픽처만을 모아 빠른 재생을 위한 채널로 제공하여 VCR기능을 제공한다. I픽처는 독립적으로 재생이 가능하기 때문에 VCR기능을 위해 중간에 이동이 가능하다.

본 논문에서는 빠른 재생 제공시 I픽처의 구성을 위한 두가지 방식을 제안한다. 첫 번째는 VCI (VCR with Compacted I Frames)로 배속이 증가할수록 I픽처의 수도 증가시키는 기법이다. (그림 3)에서 보듯이 1배속에서 초당 2개의 I픽처가 제공될 경우 배속이 증가하면 4, 6, 8, 10 개

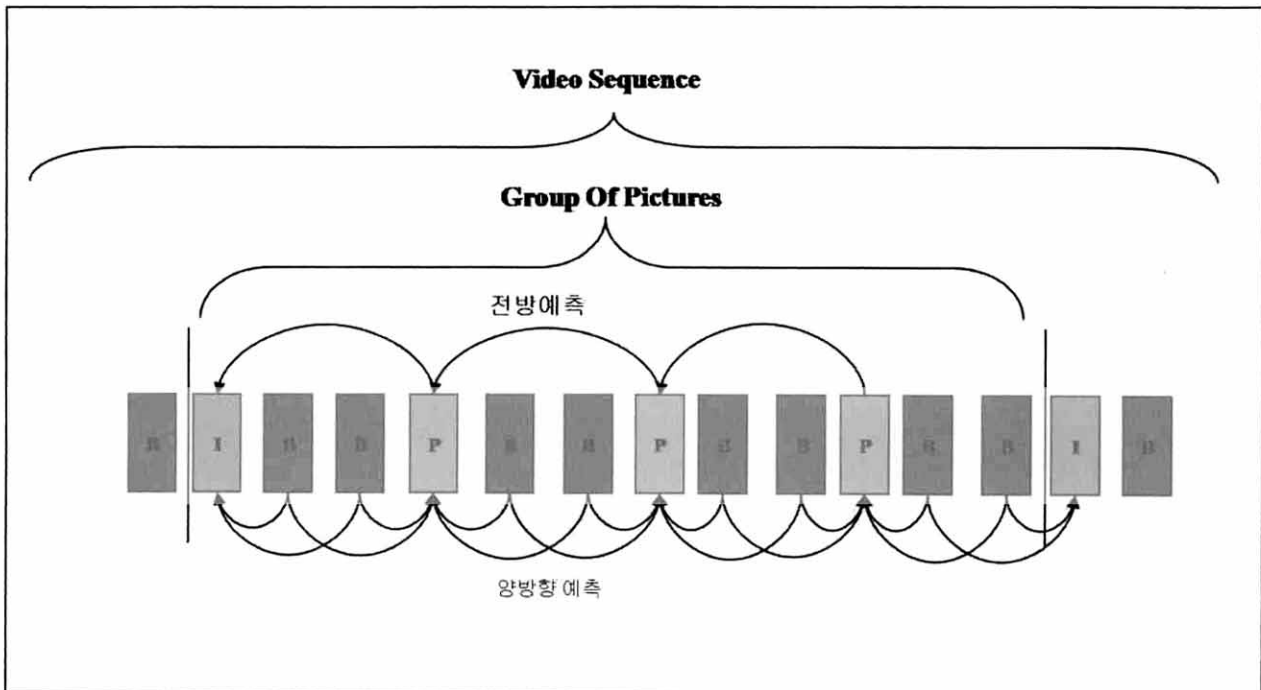
의 I픽처가 제공된다.

VCI기법에서는 배속이 증가할수록 픽처의 수가 증가하기 때문에 필요한 네트워크 대역폭과 메모리량이 배속에 비례하여 증가하는 단점이 있다. 하지만 모든 픽처를 수신하는 기존 방식들에 비해 VCI는 I픽처만 수신하기 때문에 기존방식들에 비해 적은 양의 대역폭과 메모리를 필요로 한다. 실험에서 메모리 사용량과 네트워크 대역폭 사용량 비교를 통해 VCI기법이 기존방식에 비해 월등히 적은 자원을 사용한다는 것을 보인다.

두 번째 방식은 VSI(VCR with Strided I Frames)기법으로 배속이 증가하면 I픽처를 늘리는 것이 아니라 I픽처를 건너뛰는 방식이다. (그림 4)에서 보듯이 기본 1배속에서는 초당 2개의 I픽처가 전송된다. 2배속으로 속도가 증가하면 초당 4개의 I픽처가 제공된다. 이때 제공되는 I픽처는 2, 4, 6, 8, 순으로 하나씩을 건너뛴다. 3배속이 되면 2개의 I픽처를 건너뛴다. VSI기법에서는 중간의 픽처들을 건너뛰고 뒤의 픽처들을 빠르게 전송함으로써 VCR기능을 제공한다.

배속이 증가함에 따라 필요한 네트워크 대역폭과 메모리 사용량도 증가하는 VCI기법과 달리 VSI기법에서는 배속에 상관없이 일정한 양의 네트워크 대역폭과 메모리를 사용한다. 따라서 사용할 수 있는 자원이 제한적인 경우에 적합하다.

(그림 5)는 기존의 Batching 기법에 VCR재생을 위한 채널을 추가한 것을 보여준다. 기존 방식들에서는 일반재생에서 VCR기능을 선택하면 다른 채널들로 이동하면서 빠른 버퍼링을 통하여 VCR기능을 제공하였다. 하지만 본 논문에서는 일반재생을 위한 채널(CN, Channel for Normal play)과 VCR기능을 위한 채널(CV, Channel for VCR play)을 별도



(그림 2) MPEG의 구성

일반채널	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}	t_{13}	t_{14}	t_{15}
1배속	I_1					I_2					I_3				
2배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
3배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
4배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
5배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}

(그림 3) VCI기법에서의 픽처 구성

일반채널	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}	t_{13}	t_{14}	t_{15}
1배속	I_1					I_2					I_3				
2배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
3배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
4배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
5배속	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}

(그림 4) VSI기법에서의 픽처 구성

VCI 채널 관련 채널들 (CN)	CN ₀	NVS ₀	NVS ₁	NVS ₂	NVS ₃	NVS ₄
	CN ₁		NVS ₀	NVS ₁	NVS ₂	NVS ₃
	CN ₂			NVS ₀	NVS ₁	NVS ₂
	CN ₃				NVS ₀	NVS ₁
	CN ₄					NVS ₀
VCR 채널 관련 채널들 (CV)	CV ₂	V ₂ VS ₀	V ₂ VS ₁	V ₂ VS ₂	V ₂ VS ₃	V ₂ VS ₄
	CV ₃	V ₃ VS ₀				
	CV ₄					
	CV ₅					

(그림 5) VCR을 위한 두 종류의 채널

로 제공하여 VCR기능 선택시 VCR채널로 이동하도록 하여 서비스를 받도록 한다. VCR채널은 위에서 설명한 VCI기법이나 VSI기법에서 제공하고자 하는 배속을 선택하여 해당 스트림을 Batching기법으로 여러 채널에 전송하는 것이다. (그림 5)는 VCR기능을 위한 두종류의 CN과 CV 채널을 보여준다.

3.3 채널 상태

VCR기능을 제공하기 위해서는 각 채널에서 전송되고 있는 비디오 세그먼트(VS, Video Segment)의 번호를 알 필요가 있다. 그래야만이 사용자가 원하는 세그먼트가 있는 채널을 찾아서 해당 채널로부터 데이터를 수신할 수 있기 때문이다.

3.3.1 CN채널

길이가 L인 비디오를 위해 K(0, 1, 2 ...,K-1)개의 CN채널

이 할당되어 있는 경우에 CN 채널의 첫 번째 채널 CN₀이 t₀에 전송된다면 CN_k채널의 시작시간은 t_k = t₀ + k*s 이 된다. 여기서 s는 $\frac{L}{K}$ 이다. 이를 바탕으로 CN_k 채널에서 t시점에 전송되는 세그먼트 (NVS, Normal play Video Segment)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$NVS(t,k) = \left\lfloor \frac{[t - (t_0 + k*s)] \bmod L}{s} \right\rfloor$$

세그먼트 내에서의 오프셋은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} offset(t,k) &= [t - (t_0 + k*s)] \bmod s \\ &= (t - t_0) \bmod s \end{aligned}$$

t시점에 NVS_j를 다운로드할 수 있는 CN채널은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CN(t, NVS_j) = \left(\left\lfloor \frac{(t - t_0)}{s} \right\rfloor - j \right) \bmod K$$

3.3.2 CV채널

길이가 L인 비디오를 위해 N(2, 3, 4, ...,N)개의 CV채널이 할당되어 있는 경우에 CV_n 채널에서 t시점에 전송되는 세그먼트 (V_nVS, VCR play Video Segment in n CV channel)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_n VS(t,n) = \left\lfloor \frac{[t - t_0] \bmod L_n}{S_n} \right\rfloor$$

여기서 L_n은 n배속 채널(CV_n)에서 전송되는 VCR용 비디오 파일의 길이로 L_n = $\frac{L}{n}$ 이며 S_n = $\frac{L_n}{K}$ 이다.

t시점에 VVS_j를 다운로드할 수 있는 CV채널은 t시점에 전송중인 세그먼트V_nVS와 VVS_j 사이의 시간차가 가장 짧은 채널이다. CV_n 채널에서 t시점에 두 세그먼트 V_nVS와 VVS_j 간의 시간차(TDSC_n, Time Difference of Segment in Channel n)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TDSC_n(t,j) = \begin{cases} (j - V_n VS(t,n)) * S_n, & j > V_n VS(t,n) \\ ((j + K + 1) - V_n VS(t,n)) * S_n, & j < V_n VS(t,n) \end{cases}$$

t시점에 VVS_j를 다운로드할 수 있는 CV채널은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CV(t, VVS_j) = \text{MIN}(TDSC_n(t,j)), (n = 2,3,4, \dots, N)$$

3.4 버퍼링

VCR기능 중에서 이전으로 돌아가는 Fast Rewind기능은

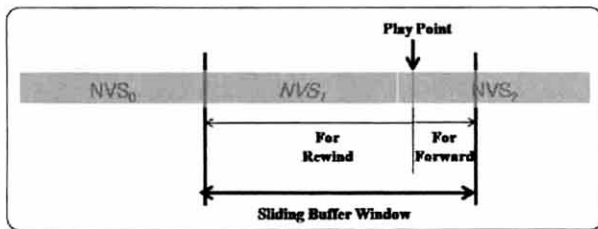
현재 재생중인 세그먼트보다 하나 이전의 세그먼트를 필요로 한다. 현재 n번째 세그먼트를 재생중인 상태에서 Fast Rewind를 실행하면 n-1번째 세그먼트를 수신하여야 한다. 이를 위해서 CN채널에서 CV채널로 이동하여 n-1번째 세그먼트를 수신하는 동안에 지연이 발생할 수 있다. Rewind기능의 특성상 세그먼트를 모두 수신한 후에 재생이 이루어져야 하기 때문이다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 재생한 세그먼트들 중 제일 나중의 세그먼트를 버퍼에 저장한다(그림 6).

CV채널에서 제일 긴 세그먼트는 CV2에 속하는 세그먼트들이다. 길이가 L인 비디오가 K개의 채널에서 서비스 될 경우 CV채널에서 최대 세그먼트의 길이(MSL, Max Segment Length)는 $MSL = \frac{L}{2K} = \frac{s}{2}$ 이다. $\frac{s}{2}$ 길이의 세그먼트를 수신하는 동안에 Fast Rewind 기능을 제공하기 위해서는 최소 s만큼의 NVS가 필요하다. 따라서 s단위로 버퍼에 저장하면 지연없이 Rewind 서비스를 제공할 수 있다. (그림 7)은 Sliding Window에 기반한 버퍼의 동작을 보여준다.

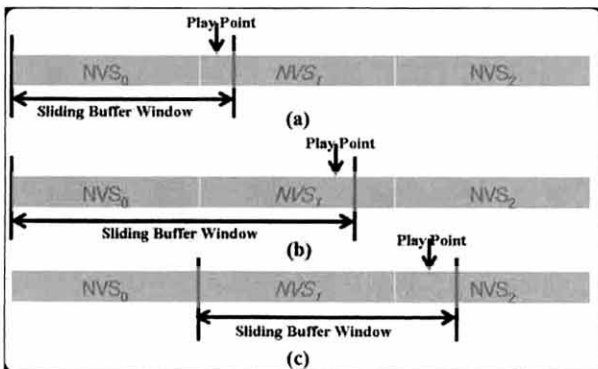
3.5 채널이동

일반재생을 하던 사용자가 VCR기능을 선택하면 CN채널에서 적당한 CV채널을 찾아 이동하여야 한다. 사용자가 비디오를 보는 위치인 p가 속하는 세그먼트 playNVS는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$playNVS(p) = \left\lfloor \frac{p}{s} \right\rfloor$$



(그림 6) 버퍼관리



(그림 7) 버퍼의 동작

이 정보를 이용하여 CV채널에서 다음 세그먼트를 수신할 수 있는 CV채널을 찾는다.

Fast Forward인 경우 CV(t, playNVS(p+1))세그먼트를 전송할 채널을 찾아 이동하며 Fast Rewind인 경우에는 CV(t, playNVS(p)-2)세그먼트를 전송할 채널을 찾아 이동한다. Forward인 경우 버퍼에 앞으로 재생할 데이터가 일부 저장되어 있으므로 이를 재생하는 동안에 다음 세그먼트를 수신하여 이어서 재생하면 되기 때문에 +1을 한 세그먼트를 수신하여야 한다. 이에 반해 Rewind의 경우 3.4절에서 언급한 버퍼링 때문에 -2 차이나는 세그먼트를 찾아서 이동한다. (그림 7)에서 보듯이 클라이언트는 현재 재생중인 세그먼트의 바로 전 세그먼트를 버퍼에 저장하고 있기 때문에 해당 세그먼트를 새로이 수신할 필요는 없다. 따라서 Rewind의 경우 -2를 한 세그먼트를 수신하여야 한다. VCR 기능을 이용하다가 일반재생으로 돌아가고자 하는 경우에는 반대의 과정을 거친다.

4. 실험결과

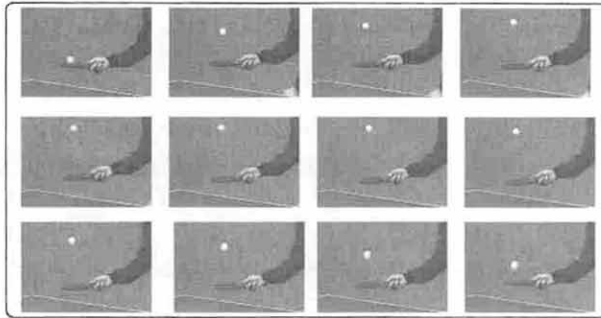
본 논문에서 제안한 VCR기능의 성능을 측정하기 위해 표1에 명시된 비디오 데이터를 이용하여 Active Buffer기법과 성능을 비교하였다.

(그림 8)은 일반재생과 2배속 빠른 재생을 하였을 경우에 사용자에게 보여지는 이미지 예시이다. 2배속의 경우 12개 마다 하나씩만 재생하는 것으로 비디오의 전체적인 흐름을 이해하는데 지장이 없는 것으로 판단되어 3.2절에서 제안한 기법이 실제로 적용 가능함을 알 수 있다. 3.2절에서 제안한 두가지 기법- VCI 기법과 VSI기법 -들은 구성방식이 다르며 서로 다른 특성을 지닌다. VCI기법은 빠른 재생을 위한 배속이 증가하면 이에 비례하여 재생되는 I픽처의 수를 증가시키기 때문에 (그림 8)의 (b)에 사용자에게 보여지는 이미지들의 재생속도가 빨라진다. 이에 반해 VSI기법에서는 배속이 빨라질수록 I픽처를 건너뛰기 때문에 사용자에게 보여지는 화면 간에 차이가 커질 수 있다. 하지만 네트워크 대역폭과 메모리 사용량들이 적기 때문에 클라이언트의 사양이 낮은 경우 적합할 수 있다.

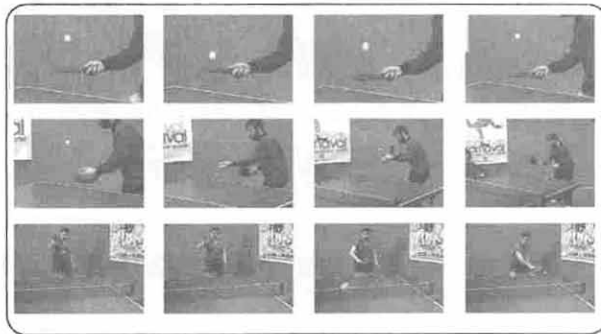
(그림 9)는 사용된 비디오에 저장된 세가지 픽처타입 - I, P, B - 과 GOP의 평균 크기와 전체 크기를 보여준다. (그림 9)의 (a)에서 보듯이 I픽처의 크기는 다른 픽처들에 비해 크지만 여러 픽처들을 모아 놓은 GOP에 비해서는 크기가 매우 작은 것을 알 수 있다. 기존 방식들에서는 일반재생과 VCR 재생에서 모두 GOP를 사용하였지만 본 논문에서는 VCR 재

<표 1> 실험용 비디오 데이터

Encoder	MPEG-2
Picture Resolution	1290x720
# of Pictures in GOP	12
# of B Picture in GOP	2
Picture Rate	24



(a) 일반재생



(b) 2배속 빠른 재생

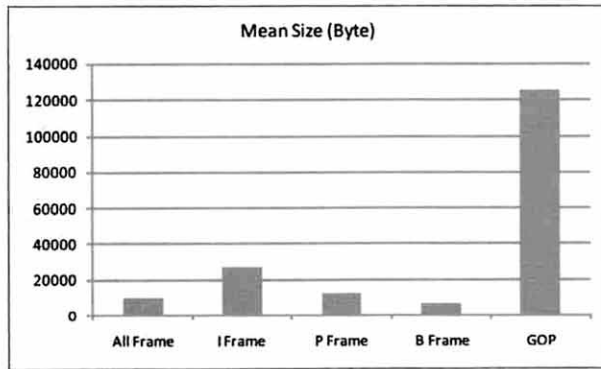
(그림 8) 일반재생과 빠른 재생에 따른 영상 차이

생시 I픽처만 사용하기 때문에 부하가 많이 줄어든다.

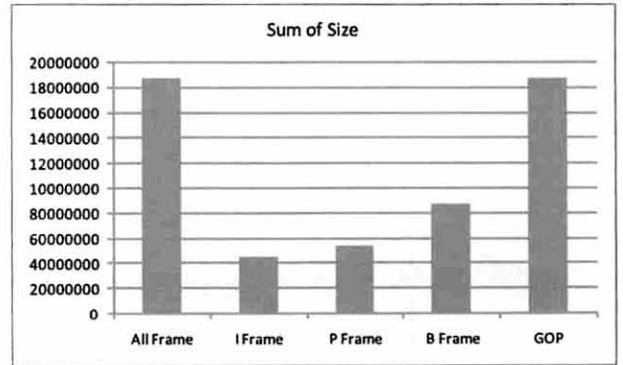
(그림 10)은 VCR기능을 위해 필요한 네트워크 수신량과 메모리 사용량을 보여준다. 비교 대상인 Active Buffer의 경우 VCR재생을 위해 기본적으로 3개의 세그먼트를 동시에 수신한다. Active Buffer논문에서는 2배속인 경우만 고려하였으나 본 논문에서는 다양한 배속을 제공하기 때문에 3배속 이상은 n 배속 * 3개의 세그먼트로 계산하였다. Active Buffer기법에서는 네트워크 수신량과 메모리 사용량이 배속에 비례하여 증가하여 빠른 배속 기능을 제공하기 어려울 수 있다.

이에 반해 본 논문에서 제안하는 기법들은 매우 낮은 네트워크 수신량과 메모리를 사용하고 있다. 3.2절에서 제안한 VSI기법과 VCI기법에 따라 네트워크 수신량과 메모리 사용량에 차이가 남을 볼 수 있다. VCI기법의 경우에는 배속이 빨라지면 재생하는 I픽처의 수를 증가시키기 때문에 네트워크 수신량과 메모리 사용량이 배속에 비례하여 증가한다. 한편 VSI기법에서는 배속이 빨라지면 I픽처를 건너뛰기 때문에 서비스되는 I픽처의 수는 변하지 않는다. 따라서 배속이 증가하더라도 네트워크 수신량과 메모리 사용량은 변하지 않는다. 하지만 배속이 빨라질수록 건너뛰는 픽처들이 많아지기 때문에 화면에 끊김현상이 심해지는 단점이 있다.

(그림 11)은 초당 재생되는 프레임수와 초당 CPU사용시

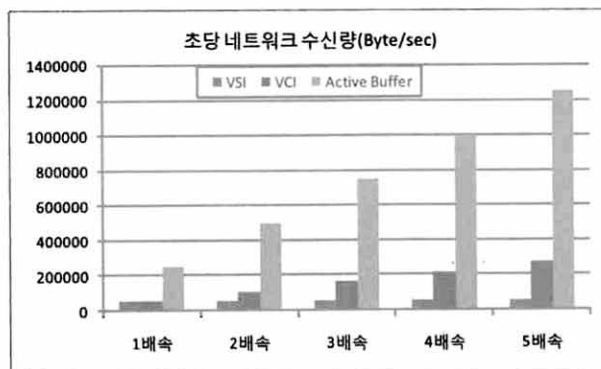


(a) 프레임 타입별 평균 크기

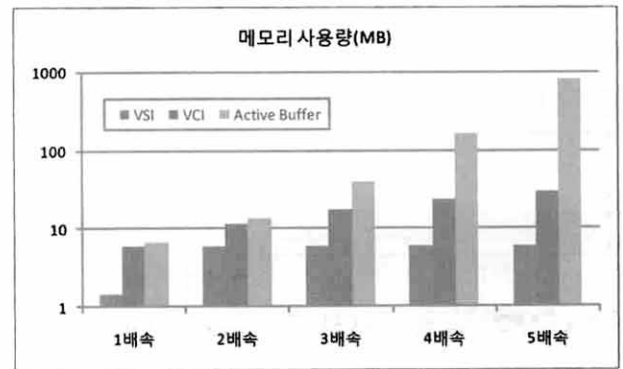


(b) 프레임 타입별 전체 크기

(그림 9) 프레임 타입별 평균 크기와 전체 크기

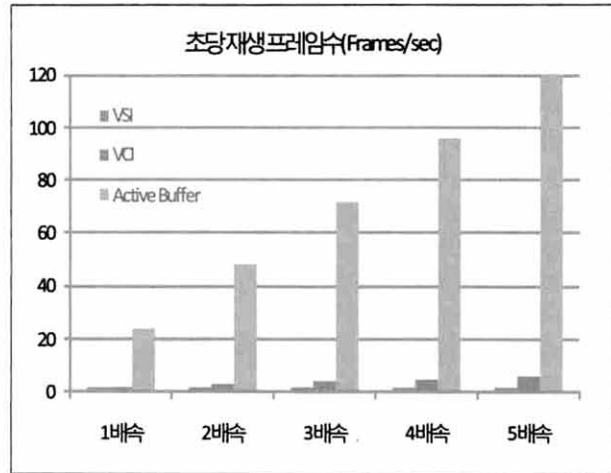
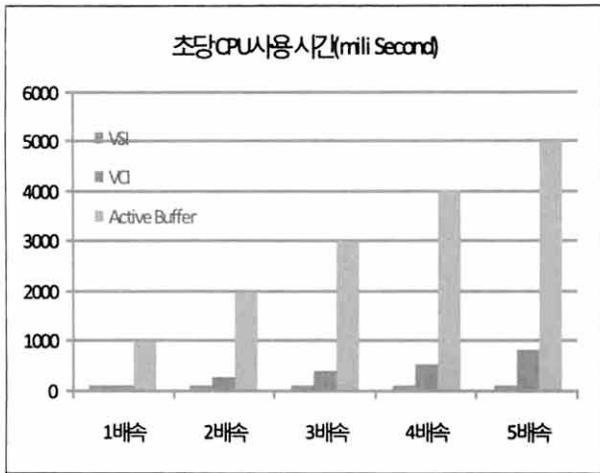


(a) 네트워크 수신량 비교



(b) 메모리 사용량 비교

(그림 10) 네트워크 사용량과 메모리 사용량 비교



(a) 초당 재생 프레임 수

(b) 초당 CPU 사용시간

(그림 11) 초당 재생 프레임 수와 초당 CPU 사용시간 비교

간을 보여준다. Active Buffer의 경우 GOP내에 있는 모든 프레임들을 재생하기 때문에 배속이 증가하면서 재생되는 프레임수도 증가하며 따라서 사용되는 CPU시간도 배속에 비례하여 증가한다. 하지만 본 논문에서 제안하는 기법의 경우 GOP내의 I픽처만 재생하기 때문에 Active Buffer에 비해 매우 적은 수의 프레임만을 재생한다. VCI기법은 2배속시에 2개의 I프레임만 재생하며 배속이 증가하면 배속에 비례하여 4, 6, 8, 10개의 프레임들이 재생된다. VSI기법에서는 모든 배속에서 2개의 프레임만이 재생된다. 따라서 CPU사용시간도 Active Buffer에 비해 매우 적은 것을 알 수 있다.

5. 결론

최근 컴퓨터 기술이 빠르게 발전하고 널리 보급되면서 각광받고 있는 VOD 시스템은 실시간으로 사용자의 요구를 받아들여 동영상 서비스를 제공하는 시스템으로서 크게 서비스를 제공하는 서버와 사용자의 요구를 처리하는 클라이언트로 구성된다. 하나의 서버에서 다수의 사용자에게 1:1로 서비스를 제공하기에는 네트워크 대역폭의 제약이 크기 때문에 이를 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되어왔다.

그 동안 제안된 다양한 멀티캐스트 기반의 VOD시스템들 중에서 Batching방식의 VOD시스템이 단순하면서 네트워크 부하가 적은 것으로 알려져 있다. 하지만 Batching방식에 의한 VOD시스템에서는 VCR기능을 제공하기 어렵기 때문에 VOD시스템의 On-Demand 특성을 제대로 제공하지 못하는 단점이 있었다. 본 논문에서는 대표적인 동영상 압축 표준인 MPEG의 특성을 이용하여 VCR기능을 제공하기 위해 필요한 대역폭을 최소화하는 두 가지 기법- VCI, VSI-을 제안하였다. 제안된 기법에서는 MPEG로 압축된 동영상에서 독립적 재생이 가능한 I픽처만 추출하여 빠른 재생을 위한 데이터를 별도로 구성하였다. 이렇게 구성된 빠른 재생을 위한 데이터와 일반적인 재생을 위한 데이터 모두

Batching방식으로 멀티캐스팅으로 전송하도록 하였다. 성능 분석을 통하여 제안된 기법을 사용할 경우 클라이언트의 버퍼요구량과 네트워크 사용량을 줄이고 이와 더불어 CPU사용량도 줄어드는 것을 확인하였다.

향후연구에서는 최근 서비스가 시작된 IPTV에서의 VCR 기능 구현에 관한 연구와 최신 코덱인 H.264에 기반한 VOD시스템에서의 VCR기능에 관한 연구를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] K.C. Almeroth, M.H. Ammar, "On the use of multicast delivery to provide a scalable and interactive video-on-demand service," IEEE Journal on Selected Areas in Communications vol.14, pp.1110-1122, 1996.
- [2] A. Dan, D. Sitaram, P. Shahabuddin, "Scheduling policies for an ondemand video server with batching," in Proceedings of ACM Multimedia, pp. 15-23, 1994,
- [3] A. Dan, P. Shahabuddin, D. Sitaram, D. Towsley, "Channel allocation under batching and VCR control in video-on-demand systems," Journal of Parallel and Distributed Computing Vol.30, pp. 168-179, 1995.
- [4] A. Dan, D. Sitaram, P. Shahabuddin, "Dynamic batching policies for an on-demand video server," Multimedia Systems Vol.4 pp. 112-121, 1996.
- [5] S.W. Carter, D.D.E. Long, "Improving video-on-demand server efficiency through stream tapping," in Proceedings of the Sixth International Conference on Computer communications and Networks (ICCCN '97), Las Vegas, NV, USA, pp. 200-207, 1997.
- [6] S.W. Carter, D.D.E. Long, "Improving bandwidth efficiency on video on-demand servers," Computer Networks Vol.20, pp.99-111,1999.
- [7] S.W. Carter, D.D.E. Long, J.-F. Paris, "An efficient

implementation of interactive video-on-demand," in Proceedings of the Eighth International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, San Francisco, CA, pp.172 - 179, 2000.

[8] K.A. Hua, Y. Cai, S. Sheu, "Patching: a multicast technique for true video-on-demand services," in Proceedings of the Sixth ACM Multimedia Conferences, pp.191-200, 1998.

[9] C.C Aggarwal, J.L. Wolf, P.S. Yu, "A permutation-based pyramid broadcasting scheme for video-on-demand systems," in IEEE Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp.118-126, 1996.

[10] T. Chiueh, C. Lu, "A periodic broadcasting approach to video-on demand service," International Society for Optical Engineering Vol.26, pp.162-169, 1995.

[11] Z. Fei, I. Kamel, S. Mukherjee, M.H. Ammar, "Providing interactive functions for staggered multicast near video-on-demand systems," in Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, vol.2, pp.949-953, 1999.

[12] L. Gao, J. Kurose, D. Towsley, "Efficient schemes for broadcasting popular videos," in International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video, pp.317-329, 1998.

[13] K.A. Hua, S. Sheu, "Skyscraper broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems," in ACM SIGCOMM'97, vol.27, pp.89-100, 1997.

[14] L.-S. Juhn, L.-M. Tseng, "Fast broadcasting for hot video access," in Real-Time Computing Systems and Applications, pp.237-243, 1997.

[15] L.-S. Juhn, L.-M. Tseng, "Harmonic broadcasting for video-on-demand service," IEEE Transactions on Broadcasting Vol.43, pp.268-271,1997.

[16] L.-S. Juhn, L.-M. Tseng, "Enhanced harmonic data broadcasting and receiving scheme for popular video service," IEEE Transactions on Consumer Electronics Vol.44, pp.343-346, 1998.

[17] L.-S. Juhn, L.-M. Tseng, "Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.44, pp.100-105, 1998.

[18] N. Kamiyama, V.O.K. Li, "An efficient deterministic bandwidth allocation method in interactive video-on-demand systems," in Proceedings of the 1998 Global communication Conference, vol. 2, pp.664-671, 1998.

[19] J.-F. Paris, "A simple low-bandwidth broadcasting protocol," Proceedings of the Eighth International Conference on Computer Communications and Networks (IC3N'99) Boston-Natick, MA, pp.118-123, 1999.

[20] J.-F. Paris, S.-W. Carter, D.-D. Long, "A hybrid broadcasting protocol for video on demand," in Multimedia

Computing and Networking, pp.317-326, 1999.

[21] Yu-Wei Chen, Yi-Ta Lee, "A broadcasting scheme with supporting VCR functions for near video-on-demand systems," Computer Communications, Vol. 29, pp.257-267, 2006.



이좌형

e-mail : jinnie4u@kangwon.ac.kr

2003년 강원대학교 정보통신공학과(공학사)

2005년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학석사)

2005년~현 재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사수료

관심분야: 멀티미디어 시스템, 센서 네트워크



정인범

e-mail : ibjung@kangwon.ac.kr

1985년 고려대학교 전자공학과(학사)

1985년~1995년 삼성전자 컴퓨터시스템사업부 선임연구원

1994년 한국과학기술원 정보통신공학과 (석사)

2000년 한국과학기술원 전산학과(박사)

2001년~현 재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수

관심분야: 운영체제, 멀티미디어 시스템, 센서네트워크