

VOD상에서 VCR 기능 제공 방법 설계 및 구현

홍 명 준[†] · 박 호 균^{††} · 유 황 빈^{†††}

요 약

본 논문에서는 영화의 서비스 요구 빈도의 차이로 인하여 각 영화가 상대적으로 상이한 논리적 저장 장치 점유 비용을 가진다는 특징을 기반으로 대용량의 VOD 서버에서 FF(Fast Forward) 기능과 FR(Fast Reverse) 기능을 효율적으로 제공하기 위해 MPEG의 비트 스트림 구조와 프레임 특성을 분석하고, 그 특성을 이용하여 SDU(Separate Data Use) 방법과 EDU(Existing Data Use) 방법을 제안하고 구현하였다. 제안하는 방법은 각 영화의 서비스 요구 빈도에 따라 FF/FR 기능 제공 방법을 선택하여 적용함으로써 전체 영화에 대한 FF/FR 기능 제공 비용을 감소시킬 수 있다.

The Design and Implementation of Method for Providing VCR Functions in VOD

Myung Joon Hong[†] · Ho Kyun Park^{††} · Hwang Bin Ryou^{†††}

ABSTRACT

In this paper, based on the relative logical storage cost of each movie by the difference of service request probability, we propose and implement the SDU(Separate Data Use) method and the EDU(Existing Data Use) method to provide FF(Fast Forward) and FR(Fast Reverse) function in efficiently through analysing MPEG bit stream and frame characteristics. By selecting and applying the FF/FR function providing method based on the service request probability of movie, the proposed method can reduce the cost of FF/FR functions for total serviced movies.

1. 서 론

VOD(Video-On-Demand) 서비스는 기본적으로 통신망을 통한 비디오 대여 서비스라 할 수 있으며, 사용자는 원하는 시간에, 자유로운 조작을 통해 원하는 형태로 서비스를 제공받을 수 있는 대화형 서비스이다[1]. VOD 서비스가 갖는 가장 큰 특징은 대화형 서

비스가 가능하다는 것이며, VOD 서비스는 사용자에게 대화성을 제공하기 위해서 VCR 기능을 제공한다. 그러나 VCR 기능중 FF/FR 기능은 디스크 탐색 오버헤드, 다수의 사용자를 위한 디스크 스케줄링, 서버의 저장 장치와 수신측의 버퍼 용량 제한, MPEG 비디오의 프레임간 시간적 종속성, 네트워크 상의 대역폭 제한 등 많은 문제점을 가지고 있다[2].

VOD 서비스에서 서비스 대상인 영화 데이터를 제한된 공간과 시간 내에 실시간으로 처리하기 위해 여러 가지 압축 기술이 사용되는데, 그 중 가장 일반적인 방법이 MPEG(Moving Picture Expert Group)이

† 정 회 원: 한국컴퓨터주식회사 기술연구소

†† 정 회 원: 신홍전문대학 전자계산과

††† 정 회 원: 광운대학교 전자계산학과

논문접수: 1997년 2월 13일, 심사완료: 1997년 8월 30일

다. 그러나 MPEG 비디오 데이터는 일반적인 재생에는 적합하지만, 임의 프레임 재생을 위한 데이터 제어에는 부적합한 구조를 가지고 있다[3].

또한 서비스 대상이 되는 영화는 각기 상이한 서비스 요구 빈도를 가진다. 서비스 요구 빈도가 낮은 영화(cold movie)는 서비스 요구 빈도가 높은 영화(hot movie)에 비해 물리적으로 동일한 저장 장치 공간을 점유하여도, 상대적으로 높은 논리적 저장 장치 점유 비용을 가진다[4].

본 논문에서는 대용량의 VOD 서버에서 VCR 기능 중 FF 기능과 FR 기능을 효율적으로 제공하기 위해, 각 영화가 상대적으로 상이한 논리적 저장 장치 점유 비용을 가진다는 특징을 기반으로 MPEG 시스템의 비트 스트림 구조와 MPEG 비디오의 프레임 특성을 분석하고, 그 특성을 바탕으로 SDU(Separate Data Use) 방법과 EDU(Existing Data Use) 방법을 제안하고 구현하였으며, 각 영화에 대해서 FF/FR 기능 제공 방법을 선택하여 적용함으로써 전체 영화에 대한 VCR 기능 제공 비용을 절감할 수 있다.

2. VOD 시스템

2.1 VOD 시스템과 서비스 특성

VOD 시스템이란 사용자가 선택한 영화를 통신망을 통해서 서버로부터 전송받아 사용자의 요구에 따라 VCR 기능을 이용하여 대화형 서비스를 제공하는 시스템이다. VOD 시스템은 VOD 서버(VOD server), 대용량의 저장 장치, 광대역 기간 통신망(broadband backbone network), 액세스 망(access network), STB(Set-Top Box)등의 요소들로 구성된다[2].

VOD 서버는 VOD 시스템에서 가장 중요한 구성 요소이고, 서버는 대용량의 크기를 갖는 영화 데이터를 저장하고 연속적으로 전송하기 위해, 여러 가지 동영상 압축 기법 중에 가장 일반적인 MPEG으로 영화 데이터를 압축하고 디스크 배열(disk array)을 사용하여 압축된 데이터를 저장하며, 사용자에게 대화형 서비스를 제공하기 위한 VCR 기능 제공 방법도 포함한다[5].

광대역 기간 통신망과 액세스 망은 사용자와 서버 사이에 대용량의 데이터를 고속으로 전송해야 하는 고속선의 상호연결성을 제공하기 위해 각각의 네트

워크 요소들을 연결시키고 데이터의 전송, 교환, 경로 배정 및 네트워크 자원의 관리와 서비스 제어 등의 기능을 제공한다[10].

STB는 VOD 서버로부터 전송받은 비디오 정보를 사용자 디스플레이 장치에 재생하는 기능과 사용자의 요구를 서버에게 알려주는 기능을 수행하며, 사용자가 서버에게 제어신호를 전송할 수 있도록 사용자 인터페이스도 포함해야 한다. 또한 통신망 지터(jitter) 등으로 인한 지연으로부터 재생의 연속성을 보장하기 위한 버퍼(buffer)도 필요하다[1, 3].

〈표 2.1〉 전형적인 서비스 요구 빈도 분포
 〈Table 2.1〉 Typical Distributions of service request probability

집중도 (Skew level)	영화 클래스 (Movie class)	영화 범주 (Movie range)	서비스 요구 빈도
Low	1	1-10	0.5
	2	11-30	0.25
	3	31-100	0.15
	4	101-200	0.1
High	1	1-10	0.8
	2	11-30	0.15
	3	31-100	0.04
	4	101-200	0.01

VOD 서비스에서 서비스 대상이 되는 영화의 서비스 요구 빈도의 전형적인 분포는 〈표 2.1〉과 같다. 영화 클래스 1과 2에 속한 소수의 영화가 사용자의 서비스 요구 빈도의 대부분을 차지하고, 영화 클래스 3과 4에 속하는 나머지 대다수의 영화들은 아주 적은 서비스 요구 빈도를 나타낸다[6]. 이러한 경향은 서비스 요구 빈도의 집중도가 높은 경우에 더욱 두드러지게 나타나고, 서비스되는 영화의 수가 더욱 많아지는 경우에도 유사한 분포를 나타낸다. VOD 서비스는 이러한 서비스 요구 빈도의 특성을 가지고 있기 때문에, 서비스 요구 빈도가 낮은 영화들을 대용량의 저속 저장 장치에 저장하여 서비스하는 방법들도 연구되었다[1].

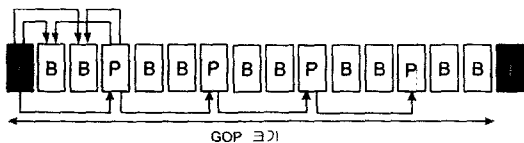
2.2 MPEG

2.2.1 MPEG의 정의와 특징

VOD 시스템에서 서비스 대상이 되는 영화 데이터는 일반 텍스트 데이터에 비해 대용량의 특성을 가진다. 이러한 방대한 크기의 비디오 데이터를 컴퓨터에 저장하여 서비스하기 위해, 1988년에 국제 표준 기관인 ISO와 IEC의 JTC 산하의 SC-29의 WG-11에서 디지털 비디오 데이터와 오디오 데이터 압축 표준인 MPEG을 제정하였다[7]. MPEG은 응용 분야와 사용 목적에 따라 MPEG-1에서 MPEG-4로 구분되고, 현재 MPEG-1이 가장 널리 사용되고 있다. MPEG-1은 동영상을 CD, DAT, HDD, OPTICAL DISK와 같은 매체에 저장하거나 전화선, ISDN, ATM, 위성통신 혹은 위성방송 채널을 통하여 전송할 필요성으로 인해 1.5Mbps 대역폭의 동영상 압축 표준을 제정되었다¹⁾.

2.2.2 MPEG 비디오

MPEG 비디오는 시간적 중복성(temporal redundancy)을 감소하기 위한 블록 기반 움직임 보상 기법과 공간적 중복성(spatial redundancy)을 감소시키기 위한 DCT(Discrete Cosine Transform) 압축 기법을 기반으로 한다. MPEG 비디오는 다수의 프레임(frame)으로 구성되어 있으며, 각 기준 프레임을 기준으로 이동 벡터만을 다음 프레임에 저장하기 때문에 높은 압축 효율을 가진다. MPEG 비디오는 (그림 2.1)과 같이 I, P, B 프레임으로 구성되고, 각 프레임은 움직임 보상을 위해 각각 0, 1, 2개의 참조 프레임을 필요로 한다[3].



(그림 2.1) MPEG 비디오 프레임
(Fig. 2.1) MPEG video frame

MPEG 비디오는 여러 개의 프레임이 모여서 구성된 GOP의 집합으로 구성되어 있고, GOP는 일반적인 재생뿐만 아니라 GOP 단위의 랜덤 액세스를 가능하게 한다. 또한 GOP 내의 각 프레임은 시간적 중복성을 감소하기 위한 블록 기반 움직임 보상 기법을

적용하기 때문에, 전송 순서(transmission order)와 재생 순서(display order)의 상이한 순서가 존재하고, 프레임 헤더 부분에 각 프레임의 재생 순서를 가리키는 재생 참조(temporal reference)값을 가지고 있다. 그러나 재생 순서상, GOP 내의 최초의 I 프레임 이전에 재생되는 B 프레임은 이전 GOP의 마지막 I 또는 P 프레임으로부터의 예측을 이용할 수 있기 때문에 GOP 내의 모든 프레임에 대한 독립적인 재생이 불확실하다. 이것은 MPEG이 랜덤 액세스 기능보다 압축 효율을 중요시하기 때문이다. 그래서 GOP 헤더에는 폐쇄 GOP 플래그(closed GOP flag)가 마련되어 있으며, 폐쇄 GOP 플래그가 1인 경우는 GOP 내의 모든 프레임을 독립적으로 재생할 수 있다[7].

2.2.3 MPEG 시스템

MPEG 시스템은 임의의 수의 MPEG 비디오와 MPEG 오디오의 부호화된 비트열과 그 밖의 비트열을 묶어 동기를 맞추면서 다중화하여 하나의 비트열을 구성하며, 비디오와 오디오를 패킷 단위의 비트열로 분할하고, 헤더 등의 부가 정보를 붙여서 시분할 전송하는 패킷(packet)에 의한 다중 방식을 사용한다.

MPEG 시스템은 팩 계층(pack layer)과 패킷 계층(packet layer)으로 구성된다. 팩은 일반적으로 복수의 패킷으로 구성되어 있고, 첫 번째 팩에는 시스템 헤더(system header)를 포함하고 있으며, 비트열 전체의 개요를 기술하는 정보 그룹을 포함한다. 패킷 계층은 패킷 시작 코드로 시작되고 24비트의 고정값 부분과 스트림 식별 부분으로 구성된다. 스트림 식별 부분은 각 패킷의 종별을 구분하고, 패킷 시작 코드 이후에 패킷 길이, 비트 제어 코드가 이어진다.

따라서, 비디오 품질을 저하시키지 않으면서도 요구되는 대역폭과 디스크 오버헤드를 최소화시킬 수 있는 기법이 요구된다. 본 논문에서는 영화의 인기도에 따라 달리 적용할 수 있는 MPEG 기반의 효율적인 VCR 기능제공 기법들을 제안한다.

3. VCR 기능 제공 방법

3.1 VCR 기능의 특징과 기존의 방법

1. 본 논문에서 이하 MPEG-1을 MPEG으로 기술한다.

VOD 서비스에서 기본적으로 제공하는 VCR 기능으로는 재생, 정지, FF(Fast Forward), FR(Fast Reverse) 기능 등이 있으며, MPEG의 특성과 시스템 자원의 제한으로 인해 FF 기능과 FR 기능을 제공하는데 많은 문제가 존재하고, 그러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔다[2, 9].

일반적으로 FF/FR 기능과 같은 VCR 기능을 제공하는 방법은 (그림 3.1)과 같이 독립적인 재생이 가능한 I 프레임만을 전송하여 재생하는 방법과 임의의 재생이 가능한 GOP 단위로 건너뛰어서 재생하는 방법이 연구되었다[5, 8]. 그러나 GOP 단위로 건너뛰어 재생하는 방법은 프레임의 연속성이 GOP 크기에 종속적이기 때문에 GOP의 크기가 클 경우, FF/FR 기능 동작 중에 재생되는 프레임의 연속성이 저하되는 단점이 있으며, I 프레임만을 재생하는 방법은 MPEG 압축 기법으로 인한 특성으로 인해 상대적으로 많은 대역폭을 필요로 할뿐만 아니라, 해당 I 프레임을 검색하기 위한 디스크 오버헤드를 수반한다. 또한 I 프레임만을 전송하는 방법의 디스크 오버헤드를 감소

시키기 위해 I 프레임만으로 별도의 데이터를 생성하여 FF/FR 기능을 서비스하는 방법도 많은 대역폭을 필요로 하며, 별도의 데이터에 대한 저장 장치 공간을 필요로 한다.

이외에도 MPEG 프레임을 재배열하여 FF/FR 기능을 제공하는 방법도 연구되었지만 MPEG 비디오만을 고려한 방법이기 때문에 실제 서비스로의 직접적이 적용이 어렵고, 프레임 처리 비용 상승한다는 단점이 있다[9].

본 논문에서는 이러한 단점을 극복할 수 있는 효과적인 VCR 제공 방법 두 가지를 제안한다. 이 방법은 영화의 인기도에 따라 선택적으로 사용될 수 있도록 하여 서비스 효율을 극대화시킨다.

3.2 SDU 방법

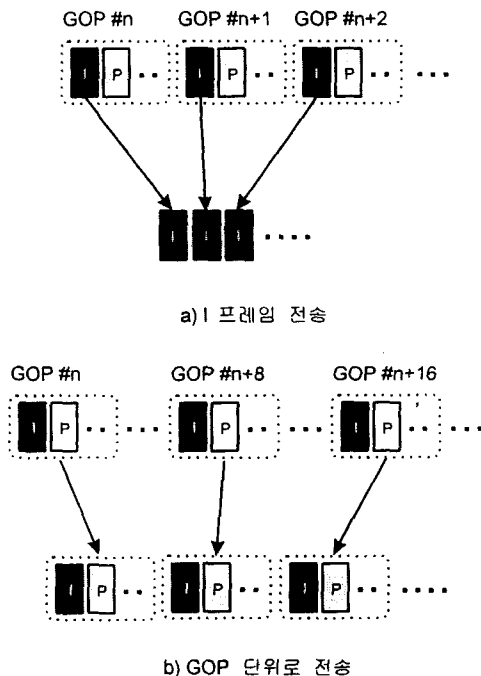
SDU(Separate Data Use) 방법은 서비스 요구 빈도가 높은 영화(hot movie)에 대해서 FF/FR 기능을 제공하는 방법이다. 이 방법은 FF/FR 기능을 위한 별도의 VCR 데이터를 준비하고, 사용자 FF/FR 기능 요구시 기존의 영화 데이터 대신에 VCR 데이터를 전송하여 서비스하며, VCR 데이터를 영화 데이터의 비트율과 프레임율을 만족하도록 생성하여 FF/FR 기능 제공시 추가의 대역폭을 필요로 하지 않는다. 즉, FF/FR 기능을 위해서 생성된 프레임들에 대해 일반 재생율을 갖도록 재구성하기 때문에 고속전진 및 후진시 요구되는 대역폭이 기존의 방법과 같이 상승되지 않는다. 또한 FF/FR 모드(FF/FR mode)와 재생 모드(play mode)로의 자유로 전환을 위해서 모드 전환표(MCT: Mode Change Table)를 작성한다.

SDU 방법을 적용하기 위해서는 우선 영화의 서비스 요구 빈도를 계산해야 한다. 전형적인 VOD 서비스에서 N명의 사용자가 K편의 영화를 저장하고 있는 서버에 접속하고, 24시간동안 서비스되는 영화의 수는 변하지 않는다고 가정하면, 영화의 서비스 요구 빈도는 다음 식 (3.1)과 같은 벡터로 정의될 수 있다.

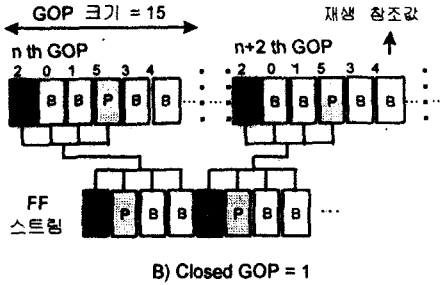
$$P = [p_1, p_2, \dots, p_K], \quad \sum_{i=1}^K p_i = 1 \quad (3.1)$$

단, p_1, p_2, \dots, p_k = 각 영화의 요구빈도

본 논문에서는 영화의 서비스 요구 빈도를 계산하



(그림 3.1) 기존의 FF 기능 제공 방법
(Fig. 3.1) Previous FF function providing method



(그림 3.5) EDU(2, 4) 방법에서 세그먼트 구성
(Fig. 3.5) Segment construction in EDU(2, 4)

$$U_{GOP} = R_{frame} \times \frac{N_{jump_GOP}}{N_{sel_frame}} \quad (3.5)$$

$$N_{frame_FF/FR} = U_{GOP} \times \frac{N_{frame_GOP}}{S_{FF/FR}} \quad (3.6)$$

초당 전송되는 세그먼트의 수는 식 (3.7)과 같이 구해지고, 세그먼트 내의 프레임 수는 식 (3.8)을 만족해야 한다.

$$N_{seg} = \frac{R_{frame}}{N_{sel_frame}} \quad (3.7)$$

$$R_{frame} = N_{seg} \times N_{seg_frame} \quad (3.8)$$

GOP의 특성에 따라 프레임 선택 정책이 결정되면, 이전에 MPEG 비디오 데이터를 검색한 정보와 프레임 선택 정책에 따른 프레임 선택 패턴을 결정하여 MPEG 시스템 계층에 대응시킨 후, VCR 테이블(VCR table)을 작성한다. 이후에 사용자로부터 FF/FR 기능 요청이 들어오면, VCR 테이블을 참조하여 해당 세그먼트만을 전송함으로써 서비스한다.

사용자 입장에서 보면 FF/FR 기능의 품질은 전송되는 프레임의 시각적인 연속성으로 결정된다. FF/FR 기능중 최적의 프레임 연속성은 매 $S_{FF/FR}$ 번째의 프레임을 선택하여 전송하였을 때 나타난다. 그러나 EDU 방법은 기존의 영화 데이터를 이용하여 VCR 기능을 제공하기 때문에, MPEG 프레임간의 시간적 종속성으로 인해 최적의 연속성을 제공할 수 없다. EDU의 각 방법에서 FF/FR 기능의 품질을 결정하는 프레임

연속성은 다음과 같이 U_{GOP} 당 최적의 프레임 위치 ($P_i^{opt_frame}$, 매 $S_{FF/FR}$ 프레임 위치)에서 선택된 프레임 위치 ($P_i^{sel_frame}$)의 차의 평균 값으로 결정된다. 따라서 프레임의 연속성(σ)은 식 (3.9)와 같이 구해지고, σ 이 적을수록 FF/FR 기능 제공시 선택되어 전송되는 프레임의 연속성이 우수하다는 것을 의미한다.

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^R (P_i^{sel_frame} - P_i^{opt_frame})}{R_{frame}} \quad (3.9)$$

EDU 방법의 특징은 가변 FF/FR 기능 속도를 제공할 수 있다는 점이다. EDU 방법은 기존의 영화 데이터를 이용하기 때문에, N_{jump_GOP} , N_{sel_frame} 을 요구되는 속도에 따라 설정하고, 해당 속도에 대한 SFS 정책을 적용한 VCR 테이블을 작성하여 서비스할 수 있다. 가변 FF/FR 속도 제공시 $S_{FF/FR}$ 은 식 (3.10)과 같이 결정된다.

$$S_{FF/FR} = \frac{N_{frame_GOP} \times N_{jump_GOP}}{N_{sel_frame}} \quad (3.10)$$

즉, 가변 FF/FR 기능 속도 제공은 MPEG 스트림 내에서 선택되어지는 GOP의 수(N_{frame_GOP})와 건너뛰어지는 GOP의 수(N_{jump_GOP}) 그리고 여기서 선택되는 실제 프레임의 수(N_{sel_frame})에 의해 결정되는 것이다. 예를 들면 10개의 프레임이 하나의 GOP를 구성하는 어떤 MPEG 스트림이 있을 때, 8배속의 속도를 만들기 위해서는 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$8 = \frac{10 \times x}{y} \Rightarrow x : y = 4 : 5$$

따라서, x와 y를 4대 5의 비율로 선택함으로써 8배속을 구현할 수 있다. 단, 스트림의 연속성을 극대화시키기 위해서는 x를 4로 y를 5로 고정시키는 것이 가장 효과적이다. 결국, 원하는 배속이 결정되면 (N_{jump_GOP})와 N_{sel_frame} 를 조절하여 그 속도를 구현할 수 있는 것이다.

3.4 각 방법의 비용과 선택 방법

3.4.1 SDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용

SDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용은 VCR 데이터에 대한 저장 장치 점유 비용과 VCR 데이터로 이동시 발생하는 디스크 오버헤드 비용으로 인해 결정

된다. VCR 데이터는 기존의 프레임율과 비트율을 만족하면서 생성되기 때문에 FF/FR 기능의 속도가 SFF/FR라고 하고 영화 i 의 크기가 S_{play_data} 라고 하면, VCR 데이터의 크기(S_{VCR_data})는 식 (3.11)과 같다.

$$S_{VCR_data} = \frac{S_{play_data}}{S_{FF/FR}} \quad (3.11)$$

그러나, VCR 데이터에 대한 저장 장치 점유 비용은 각 영화의 서비스 요구 빈도에 따라서 상대적으로 다르다. 서비스 제공자 입장에서 보면 서비스 요구 빈도가 높은 영화는 서비스 요구 빈도가 낮은 영화와 동일한 물리적인 저장 장치를 점유하더라도, 각 영화의 상대적인 저장 장치 점유 비용은 상이하다. 즉, 서비스 요구 빈도가 낮은 영화일수록 더욱 높은 저장 장치 점유 비용을 가진다. 마찬가지로 각각의 영화에 대한 VCR 데이터도 영화의 서비스 요구 빈도에 따라 상대적인 저장 장치 점유 비용을 가진다. 따라서 영화 i 에 대한 VCR 데이터에 대한 상대 저장 장치 비용($C_{storage}$)은 식 (3.12)와 같다.

$$C_{storage} = \alpha \times \frac{S_{VCR_data}}{p_i \times S_{play_data}} \quad (\text{단, } \alpha \text{는 저장 상수}) \quad (3.12)$$

SDU 방법의 디스크 오버헤드 비용(C_{switch})은 다음과 같이 계산된다. 평균 디스크 탐색 지연 시간을 T_{avg_seek} 이라 하고 평균 디스크 회전 지연 시간을 T_{avg_rot} 이라 하고 한명의 사용자를 서비스할 때 발생하는 디스크 오버헤드 시간을 T_{play} 이라 하면, 재생 모드에서 FF/FR 모드로의 전환시 발생하는 디스크 헤드 전환 시간(T_{switch})과 C_{switch} 는 식 (3.13), (3.14)와 같이 계산된다.

$$T_{switch} = 2 \times (T_{avg_seek} + T_{avg_rot}) \quad (3.13)$$

$$C_{switch} = \frac{T_{switch} - T_{play}}{T_{play}} \quad (3.14)$$

따라서 영화 i 에 대한 SDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용(C_{SDU})은 식 (3.15)와 같이 구해진다.

$$C_{SDU} = C_{storage} + C_{switch} \quad (3.15)$$

3.4.2 EDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용

EDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용은 추가로 사용되는 대역폭 비용과 추가로 요구되는 디스크 오버헤드 비용으로 결정된다. EDU 방법에 의해 추가로 사용되는 대역폭은 영화 i 에 대해서 초당 전송되는 세그먼트 크기의 합으로 구해지고, 각 세그먼트의 크기($B(i)$)는 세그먼트를 구성하고 있는 프레임의 크기의 합으로 구해진다. 각 EDU(M, N) 방법의 각 세그먼트를 구성하는 I 프레임의 개수, P 프레임의 개수, B 프레임의 개수를 N_I , N_P , N_B 라고 하고, 선택되는 I 프레임, P 프레임, B 프레임의 크기를 S_I^I , S_I^P , S_I^B 라 하고, 영화 데이터의 비트율이 R_{bit} 라고 할 때, $B(i)$ 와 FF/FR 기능 동작시 초당 추가로 요구되는 대역폭(B_{over})은 식 (3.16), (3.17)과 같이 구해진다.

$$B(i) = \sum_{j=1}^{N_I} S_j^I + \sum_{k=1}^{N_P} S_k^P + \sum_{l=1}^{N_B} S_l^B \quad (3.16)$$

$$B_{over} = \sum_{i=1}^{N_M} \dot{B}(i) - R_{bit} \quad (3.17)$$

따라서, 추가로 사용되는 대역폭 비용, C_{band} 는 식 (3.18)과 같이 구해진다.

$$C_{band} = \frac{B_{over}}{R_{bit}} \quad (3.18)$$

추가로 요구되는 디스크 오버헤드의 비용은 디스크 탐색 지연 시간(seek latency)과 회전 지연 시간(rotation latency)으로 결정된다.

EDU 방법에서 영화 데이터의 세그먼트를 N_{seg} 만큼 전송하기 위한 세그먼트 탐색 시간(T_{seg})은 (그림 3.8)과 같이 각 세그먼트의 위치로 디스크 헤드를 움직이는데 소요되는 시간의 합이다. i 세그먼트에서 $i+1$ 세그먼트로의 디스크 헤드 이동시간을 $T^{seek}(i, i+1)$ 이라 할 때, 초당 소요되는 디스크 오버헤드 시간(T_{over})은 식 (3.19)와 같이 구해진다.

$$T_{over} = \sum_{i=1}^{N_M} T^{seek}(i, i+1) \quad (3.19)$$

사용자가 재생시 요구되는 디스크 탐색 지연 시간과 디스크 회전 지연 시간의 합을 T_{play} 라 하면, T_{play} 는 한 번의 디스크 탐색 지연 시간과 한 번의 디스크 회전 지연 시간으로 구성된다. 따라서 추가로 요구되는 디스크 오버헤드의 단위 비용(C_{disk})은 식 (3.20)과

같다.

$$C_{disk} = \frac{T_{over} - T_{play}}{T_{play}} \quad (3.20)$$

결국 식 (3.21)과 같이, 영화 i 에 대한 EDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용(CEDU)은 다음과 같다.

$$C_{EDU} = C_{band} + C_{disk} \quad (3.21)$$

따라서, SDU 방법과 EDU 방법은 서비스되는 영화의 인기도에 따라 선택적으로 적용될 수 있으며, 이러한 정책은 서비스 비용을 최소화 시킬 수 있는 가능성을 제공한다. <표 3.2>에서는 두 가지 제안하는 방법과 기존의 방법에 대한 특성을 요약하고 있다.

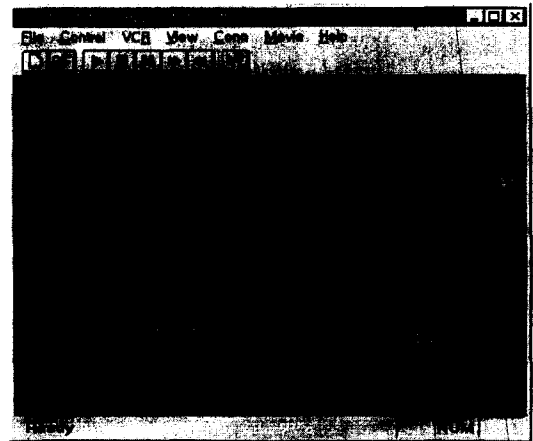
3.4.3 VCR 기능 제공 방법 선택

각 영화에 대해서 FF/FR 기능 제공 방법을 선택하기 위해서는 먼저 앞에서 구한 SDU 방법과 EDU 방법의 FF/FR 기능 제공 비용을 기준으로 각 방법의 FF/FR 기능 제공 비용을 비교함으로써 보다 낮은 비용을 나타내는 방법을 선택한다. 이처럼 서비스되는 모든 영화에 대해서 한가지 방법만으로 FF/FR 기능을 지원하던 기존의 방법과는 달리 영화의 서비스 요구 빈도에 따라서 FF/FR 기능 제공 방법을 선택하여

적용함으로써 기존 FF/FR 서비스의 단점을 개선하고, 제안한 SDU 방법과 EDU 방법의 상호 단점을 보완하면서 전체 영화에 대한 FF/FR 기능 제공 비용을 감소시킬 수 있다.

4. 구현 및 성능 평가

본 논문에서는 10Base-T 이더넷으로 구성된 LAN 상에서의 구현을 통해 제안하는 방법이 VOD 서비스



(그림 4.1) STB 프로그램 실행 예
(Fig. 4.1) Example of STB program execution

<표 3.2> 제안한 방법과 기존 방법의 특성 비교
<Table 3.2> Characteristic comparison of proposed scheme and previous scheme

구분	제안 방법		기존 방법	
	EDU 방법	SDU 방법	I 프레임 방식	GOP 방식
사용 미디어	기존 미디어	별도 미디어	별도 미디어	기존 미디어
적용 방법	선택적 프레임 재생	프레임 추출 및 재구성	I 프레임 추출	GOP단위 재생
추가저장공간 오버헤드	없음	보통 (일반 재생용)	많음 (I 프레임 재생)	없음
디스크 오버헤드	많음	적음	적음	많음
서비스 비용	가변 (SFS에 종속적)	적음 (인기도에 종속적)	많음	적음
프레임시퀀스 연속성	보통	우수	보통	나쁨

에 직접적으로 적용이 가능하다는 것을 보였다. VOD 서버는 SunOS 4.1.3 환경에서 구현하였고, 서비스 대상이 되는 MPEG 시스템 데이터와 VCR 데이터를 포함하며, STB 부분은 (그림 4.1)과 같이 Windows 95 상에서 구현하였고 서버로부터 전송된 MPEG 시스템 데이터를 실시간으로 재생하기 위해 Sigma Design 사의 RealMagic MPEG 카드를 사용하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 제안하는 방법에 대한 시뮬레이션을 통해 성능 평가를 수행하였다. 시뮬레이션을 위해 사용된 영화는 모두 다섯개(M1..M5)이며, 각 영화는 모두 같은 수직, 수평크기 그리고 같은 프레임율 및 프레임 전송순서를 갖는다. 또한 각 영화의 폐쇄 GOP 플래그는 모두 0이며, GOP의 크기는 모두 15로 동일하다. 그리고, 시뮬레이션의 공정성과 신뢰성을 높이기 위해 I, B, P 프레임의 크기는 모두 프레임 평균 크기를 사용하였으며, 다양한 비트율을 가진 샘플 데이터를 선택하였다(표 4.1). 그리고 사용된 디스크 파라미터는 디스크의 전송율(transfer rate), 탐색 시간(seek time), 트랙(track)과 실린더(cylinder)의 크기, 실린더의 스위칭 시간등이다(표 4.2).

〈표 4.1〉 샘플 MPEG 데이터 특성
 〈Table 4.1〉 Characteristics of sample MPEG data

구분	M1	M2	M3	M4	M5
비트율(Mbps)	0.972	1.024	1.136	1.241	1.432
I 프레임 평균 크기(KB)	9.539	12.698	9.167	10.977	12.435
P 프레임 평균 크기(KB)	5.337	6.649	8.007	7.198	7.833
B 프레임 평균 크기(KB)	2.985	2.489	2.981	3.771	4.572
수직크기(pixel)	352		수평크기(pixel)		240
Pel Aspect Ration	1.095		프레임율 (frame/s)		29.97
GOP내 프레임 수 (frame/GOP)	15		폐쇄 GOP 플래그		0
프레임 전송 순서	IBBPBBPBBPBBPBB				

〈표 4.2〉 디스크 성능표
 〈Table 4.2〉 Disk performance table

최대 데이터 전송율(maximum data transfer rate)	4.76MB/s
최대 탐색 시간(maximum seek time)	19ms
평균 탐색 시간(average seek time)	8ms
트랙 크기(track size)	40KB
실린더 크기(cylinder size)	760KB
단일 트랙 탐색 시간(single track seek time)	0.6ms
실린더 스위치 시간(cylinder switch time)	1.6ms

참고로 제안하는 방법과 기존의 FF/FR 기능 제공 방법을 비교하기 위해 I 프레임만을 전송하는 방법을 Method1, I 프레임만으로 별도의 데이터를 생성하여 서비스하는 방법을 Method2라고 하고, GOP 단위로 건너뛰어서 전송하는 방법을 Method3라고 표기한다.

4.2 성능 평가

EDU 방법과 Method1, Method3을 적용하여 FF/FR 기능을 제공할 경우, 각 방법의 초당 전송되는 세그먼트 수와 FF/FR 기능의 품질을 결정하는 평균 프레임 편차는 시뮬레이션 결과로부터 〈표 4.3〉과 같다.

〈표 4.3〉 각 방법의 프레임 편차
 〈Table 4.3〉 Frame deviation of each method

구분	제안 기법			기존 방법	
	EDU(1, 2)	EDU(2, 4)	EDU(4, 8)	Method1	Method3
N_{seg}	15.00	7.50	3.75	30.00	2.00
σ	3.50	10.03	23.10	116.00	49.23

즉, 여기서 알 수 있는 사실은 제안하는 방법(EDU)들이 전송되는 세그먼트 수가 비교적 적다는 것과 재생 연속성이 우수하다는 것이다. 그 이유는 앞서 설명한 바와 같이 선택되는 프레임들의 편차를 최소화시킬 수 있다는 것에서 비롯된다.

영화 M5에 대해서 각 방법의 구현을 통한 성능 측정값은 〈표 4.4〉와 같다. 구현을 통한 실제 데이터 측정값을 보면, SDU 방법이 Method1에 비해 재생되는 프레임 수가 많음에도 불구하고 데이터의 크기가 1%

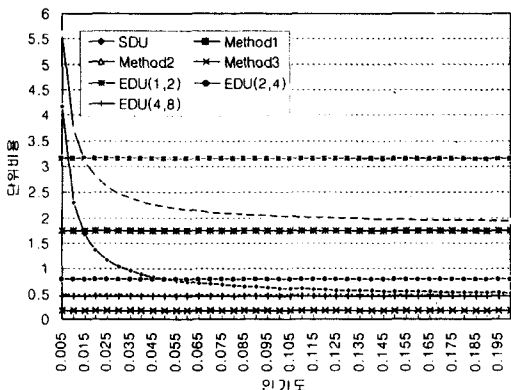
감소한다는 것을 알 수 있다. 또한 Method3의 방법인 경우에 있어 폐쇄 GOP 플래그가 설정되어 있지 않아 해당 B 프레임이 선택하지 않았기 때문에 FF/FR의 속도가 기준 8배속에 비해 높고, 비트율도 영화 데이터에 비해 상승함을 알 수 있다.

〈표 4.4〉 영화 M5에 대한 구현 성능 평가

〈Table 4.4〉 Implementation performance analysis for movie M5

구분	대상영화	제안 기법			기존 기법	
	M5	SDU	EDU(2, 4)	Method1	Method3	
데이터 크기(MB)	92.456	12.046	18.747	24.465	10.773	
데이터 크기율(%)	100	11.1	17.2	22.5	9.9	
프레임 수	18,788	2,347	2,504	1,252	2,041	
재생 시간(초)	626	78	83	41	68	
FF/FR 속도(배속)	1.000	8.027	7.542	15.269	9.206	
비트율(Mbps)	1.182	1.235	1.807	4.774	1.268	

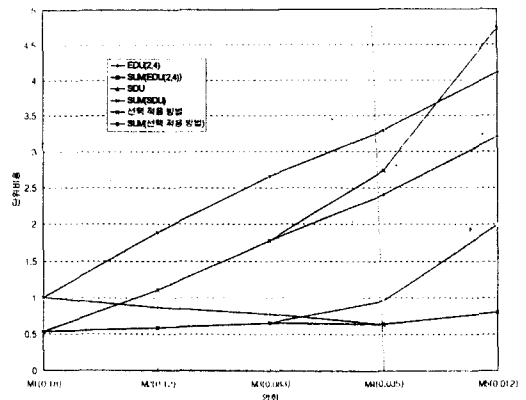
(그림 4.2)는 영화 M5에 대해서 서비스 요구 빈도를 변화시키면서 SDU 방법, EDU의 각 방법, Method1과 Method3의 FF/FR 기능 제공 단위 비용을 비교한 것이다. 제안하는 SDU 방법과 EDU 방법의 선택 여부를 결정하는 것은 각 방법의 FF/FR 기능 제공 비용이 교차하는 지점의 영화 서비스 요구 빈도가 분기점이 된다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 FF/



(그림 4.2) 영화 M5에 대한 각 방법의 FF/FR 기능 제공 비용 (Fig. 4.2) FF/FR providing cost of each method for movie M5

FR 기능 제공 방법의 분기점이 되는 영화의 서비스 요구 빈도는 약 0.045와 0.5 사이이다.

(그림 4.3)은 시뮬레이션 대상인 각 영화의 서비스 요구 빈도가 각각 0.18, 0.12, 0.083, 0.035, 0.012라고 할 때, 각 영화에 대해서 한번씩의 FF/FR 기능을 제공할 때 초당 소요되는 FF/FR 기능 제공 단위 비용을 비교한 것이다. 여기서 알 수 있는 사실은 각 영화의 서비스 요구 빈도에 따라 FF/FR 기능 제공 방법인 SDU, EDU 방법 중 단일 방법을 적용하였을 때 보다 전체 FF/FR 기능 제공 비용 방법이 감소한다는 사실이다.



(그림 4.3) 각 영화의 FF/FR 기능 제공 비용 (Fig. 4.3) FF/FR providing cost of each movie

5. 결 론

본 논문에서는 대용량의 VOD 서버에서 VCR 기능 중에 FF/FR 기능을 효율적으로 제공하기 위한 방법을 제안하고 구현하였다. 제안하는 방법은 각 영화가 상대적인 저장 장치 점유 비용을 갖는다는 것을 근거로 하여, 영화의 서비스 요구 빈도 따라 FF/FR 기능 제공 방법을 선택하여 서비스함으로써 전체 영화에 대한 VCR 제공 기능을 감소시킬 수 있었다.

제안한 SDU 방법과 EDU 방법은 영화의 서비스 요구 빈도에 따라 선택하여 FF/FR 기능을 제공함으로써 각 방법의 단점을 상호 보완하고, 모든 영화에 대해서 한가지 FF/FR 기능 제공 방법을 적용했던 기존의 방법보다 전체 영화에 대한 FF/FR 기능 제공

비용을 감소시킬 수 있다. 이것은 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법이 대역폭과 저장 공간을 절감시킬 수 있으며(SDU 방법), 프레임의 연속성을 향상시킬 수 있음을(EDU 방법) 입증하였다. 또한, 모든 영화에 대해서, 단일 방법으로 FF/FR 기능을 서비스하던 기존의 방법 보다 각 영화의 서비스 요구 빈도에 따라 FF/FR 기능 제공 비용을 선택하여 적용함으로써 전체 영화에 대한 FF/FR 기능 제공 비용을 감소시킨다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구 과제로는 FF/FR 기능 제공시 디스크 오버헤드를 줄이기 위한 RAID 상에서의 데이터 스트라이핑 방법에 대한 연구와 FF/FR 기능을 고려한 디스크 스케줄링 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Wilem Verbiest, Kanieli Delodder, Henri Verhille, "Interactive Video On Demand", *IEEE Communications Magazine*, 1994, pp. 82-88.

[2] Prashant J. Shenoy and Harrick M. Vin, "Efficient Support for Scan Operation in Video servers", *Multimedia '95*, San Francisco, CA, USA, pp. 131-140.

[3] Pramod Pancha and Magda El Zarki, "MPEG Coding For Variable Bit Rate Video Transmission", *IEEE Communication Magazine*, May 1994, pp. 54-66.

[4] T.D.C. Little, D. Venkatesh, "Popularity-based assignment of movies to storage devices in a video-on-demand system", *Multimedia Systems*, (1995) 2: 280-287.

[5] Jayanta K. Dey-Sircar, James D. Salehi, James F. Kurose, Don Towsley, "Providing VCR Capabilities in Large-Scale Video Servers", *Multimedia '94*, San Francisco, CA, USA, pp. 25-32.

[6] Hatem Ghafir and Henry Chadwick, "Multimedia Servers-Design and Performance", *IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '94)*, pp. 886-890.

[7] ISO Coding of moving pictures and associated audio-for digital storage media at up to about 1.5

Mbits/s. *ISO Standard IS 11172*.

[8] Ming-Syan Chen, Dilip D. Kandlur, Philip S. Yu, "Storage and retrieval methods to support fully interactive playout in a disk-array-based video server", *Multimedia Systems* (1995) 3:126-135.

[9] H.J. Chen, A. Krishnamurthy, T.D.C Little and D. Venkatesh, "A Scalable Video-on-Demand Service for the Provision on VCR-Like Functions", *Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems*, May 1995, pp. 65-72.

[10] 이승윤, 박호균, 유황빈, "VOD상에서 프리젠테이션 방향성을 이용한 동적 캐싱 스케줄링 방법", *한국통신학회논문지 제20권 제9호*, 1995, pp. 2646-2657.

[11] Antoine N. Mourad, "Issues in the design of a storage server for video-on-demand", *Multimedia Systems* (1996) 4: 70-86.

홍 명 준

1995년 2월 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
 1997년 2월 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학석사)
 1997년 2월~현재 한국컴퓨터주식회사 기술연구소 연구원



관심분야: 멀티미디어 통신, MPEG, 주문형 비디오, B-ISDN

박 호 균

1983년 2월 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
 1989년 8월 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학석사)
 1993년 8월 광운대학교 전자계산학과 박사과정 수료



1992년 3월~현재 신홍전문대학 전자계산과 조교수
 관심분야: VOD, 멀티미디어 통신, 멀티캐스트

유 황 빈

1975년 2월 인하대학교 전자공학과(공학사)
1977년 7월 연세대학교 대학원(공학석사)
1989년 2월 경희대학교 대학원(공학박사)
1994년 2월~1995년 2월 美 UCSD 교환교수
1995년~1997년 광운대학교 전자계산소장
1981년~현재 광운대학교 전자계산학과 교수
1995년~현재 신기술 연구소 연구원
1997년~현재 광운대학교 도서관장
관심분야: ATM, B-ISDN, 멀티미디어 네트워크,
형 비디오