

〈主 題〉

VOD 시스템을 위한 데이터 저장 기법

전용희 · 박영덕*

(대구효성가톨릭대학교, 한국전자통신연구원*)

□ 차 례 □

- | | |
|------------------------------|---|
| I. 서 론 | VI. RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks) |
| II. 비디오 서버 | VII. 비디오 서비스를 위한 디스크 시스템 |
| III. 데이터 배열 (Data Placement) | VIII. VCR기능을 지원하기 위한 저장 및 검색 방법 |
| IV. 블록(Block) 배열 정책 | IX. 결 론 |
| V. 저장 시스템 대안(Alternatives) | |

I. 서 론

최근에 들어서 VLSI 기술, 영상 처리 기술, 광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN) 기술의 발달로 통신망을 이용한 멀티미디어의 서비스가 가능하게 되었다. 이 멀티미디어 서비스의 대표적인 시스템으로 VOD(Video On Demand) 시스템이 개발되고 있다. 또한 VOD 관련 개발 업체가 중심이 되어 DAVIC(Digital Audio/Visual Council)이라는 표준화 기구를 설치하여, VOD 시스템의 국제 표준화를 추진하고 있다.

VOD 시스템은 사용자의 요구에 따라 요청된 서비스를 네트워크를 통하여 제공하고, 사용자가 네트워크를 이용하여 서비스를 제어할 수 있는 시스템이다. VOD 시스템은 비디오, 오디오, 그래픽 그리고 텍스트 등의 디지털 데이터를 개별적으로 혹은 결합된 멀티미디어 정보를 압축하여 비디오 서버에 저장하고, 사용자가 요청한 서비스를 통신망을 통하여 사용자에게 서비스를 제공하는 시스템으로 사용자는 프로그램 혹은 서비스를 선택, 제어할 수 있으며, 필요한 정보를 검색, 질의를 할 수 있는 양방향 대화형 서비스를 제공하는 시스템이다. 제공되는 서비스로는 Movie On Demand, Interactive Game, 홈 쇼핑, 전자 사진, 원격 교육 등이 있다.

VOD 시스템의 구성요소로는 비디오 서버, 네트워크, Set-Top Unit 그리고 응용 프로그래밍 등이 있다.

비디오 서버는 각종 정보를 저장·제공하는 시스템이고, 네트워크는 서로 다른 통신 방식을 연동하여 필요한 위치까지 정보를 전달하는 시스템이며, Set-Top Unit은 네트워크와의 접속 기능을 담당하고, 사용자 측내에 서비스 장비들과도 접속되며, 정보를 필요에 따라 제어하는 기능도 수행한다. 응용 프로그램은 VOD 시스템에서 수행되는 서비스를 지원하는 프로그램, 정보 데이터를 총칭한다. 이 중에서 비디오 서버 (혹은 미디어 서버)는 현재 전세계적으로 개발되고 있는 정보 전달망에서 하나의 중요한 구성품이다.

비디오 서버는 연속적인 스트림들의 프로그램물을 많은 시청자에게 동시에 전달한다는 점에서 종래의 화일 서버와는 차이가 있다. 비디오 서버의 내용물들은 통상적으로 하드 디스크에 저장이 된다, 그러므로 디스크 관리와 화일 구조는 종래의 화일 서버와는 틀리게 된다. 비록 압축된 비디오라 할지라도 많은 양의 디스크 저장 용량이 필요하기 때문에 소규모 비디오 서버도 수백 기가 바이트(GB)의 저장 용량이 필요하게 된다.

MPEG-2 스트림은 CBR(Constant Bit Rate) 혹은 VBR(Variable Bit Rate) 형태로 압축되어 저장될 수 있다. 멀티미디어 서버는 비디오 및 오디오 화일을 디스크상에 저장할 때 블록들로 분할해야 한다. 각 데이터 블록은 몇개의 물리적 디스크 블록들을 차지할 수 있다. 디스크 저장을 관리하는 기술들은 디스크상에 데이터 블록들을 최적으로 배열하고, 다중 디

스크의 사용, 추가적인 용량확보를 위한 제3의 저장 장치 추가 및 저장 계위를 구축하는 것을 포함한다.

한 화일의 블럭들은 저장 장치에서 연속적으로 혹은 분산시켜 저장할 수 있다. 연속적인 화일들은 구현이 간단하지만 단편화(fragmentation)되기 쉽다. 그리고 연속성을 유지하기 위하여 삽입(insertion) 및 삭제(deletion)동안 거대한 복사 오버헤드가 일어난다. 대조적으로, 분산 배열은 단편화 및 복사 오버헤드를 피할 수 있다. 일반적으로, 연속적인 배열은 주문형 비디오같은 읽기 전용(read-only) 시스템에 사용되고 읽기-쓰기 서버에는 사용되지 않는다.

본 고에서는 참고 문헌 조사 및 사례 연구 분석을 통하여 VOD 시스템에서의 데이터 저장을 위한 제반 기술 및 문제점들에 대하여 기술하였다. 데이터 저장에 관련되는 관련 기술들로는 다음과 같은 것이 있다: 데이터 배열(Data Placement) 기법, 블럭 배열 정책, 블럭 크기 결정 방안, 저장 시스템 대안, RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks) 구조, 비디오 서비스를 위한 디스크 시스템, 데이터 스트라이핑 기법 및 VCR 기능을 지원하기 위한 저장 방법.

II. 비디오 서버

1. 개요

비디오 시스템은 일반적으로 계산 능력보다는 입출력 및 저장 기능이 더 중요하게 여겨진다. 그러므로 비디오 서버 시스템은 기존의 화일 서버와는 다른 새로운 시스템 구조를 가지고 설계하여야 한다. 디지털 처리 기술, 고성능 컴퓨터, 경제적인 대용량 저장 장치 및 디지털 비디오 압축기술의 발달로 주문형 비디오 서버에 대한 개발이 가능해졌다.

비디오 서버는 네트워크를 통하여 클라이언트에 디지털화된 비디오 혹은 오디오 데이터의 스트림을 전달하는 장치로 VOD 시스템에서 중요한 요소이며, 멀티미디어 저장 및 관리, 그리고 클라이언트와의 인터페이스 제공의 목적을 가진다. 그러므로, 비디오 서버는 음성, 영상, 그래픽, 텍스트 및 이미지로 구성된 멀티미디어 정보를 저장 및 관리할 수 있어야 하며, 셋톱 박스와 같은 대화형 시스템을 구성하는 장비와의 인터페이스도 제공하여야 한다.

일반적으로 비압축된 영상은 약 270 Mbps 대역폭을 차지한다. 대부분의 경우 전달 데이터는 본래 프로

그램 자료의 압축된 형태이다. 압축(compression)을 사용하여 3Mbps 이상의 대역으로 압축한다. 사용되는 비디오/오디오 압축 방법은 MPEG-2 (분배용) 혹은 JPEG (방송 편집용)이다. 특히, 대화형 시스템에는 MPEG-2가 가장 적합한 압축표준으로 평가받고 있다. MPEG-2로 압축된 내용은 이진화일로 더 이상의 압축없이 직접 테이프나 디스크에 저장할 수 있다.

비디오 서버에는 메인프레임보다 더 큰 메모리가 사용되므로 비디오 서버의 가격은 디스크 드라이브의 가격에 의해 좌우된다. 예를 들어, 3Mbps 재생률(playback rate)로 90분짜리 영화는 약 1.98GB의 디스크 용량을 차지하게 된다.

비디오 서버의 주요 구성품으로는 하드 디스크 저장장치, 비디오 펌프 및 스트림 라우터가 있으며, 각 구성품의 기능 및 특징은 아래와 같다[1].

가. 하드 디스크 저장 장치

프로그램물을 저장하기 위한 저장 방법으로 통상적인 하드 디스크를 사용한다. 하드 디스크에 관련되는 기술은 비디오 서버에서 하나의 주요한 기술이다. 디스크의 결함 방지와 고속의 데이터 전달을 위해서 RAID 구조가 많이 사용되어 왔다. 그러나 RAID 구조는 저장 비용 측면에서 고가라는 단점이 있다.

대신에 데이터 스트라이핑(striping)이나 디스크 액세스 알고리즘을 개발해 사용할 수 있다. 데이터 스트라이핑은 동일한 배열상에 있는 여러 디스크에 데이터를 분산시켜 저장하는 기술이다. 스트라이핑 기술은 클라이언트들이 동일한 프로그램물을 동시에 접근하게 함으로써 처리력(throughput)을 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 그렇지만 이 기술이 실제로 사용되기 위해서는 해결해야 할 기술적인 문제들이 존재하며, 스트림 스케줄링도 복잡하게 된다.

그러므로, 디스크 액세스 알고리즘을 개발하는 것이 대화식(interactive) VOD 시스템의 개발을 위해서 필수적이다. 비디오 서버에서 디스크 메모리의 가격 비중이 크기 때문에 디스크 탐색(seek) 및 회전 지연(rotational latency)을 최소화하는 것이 필요하다. 적절한 디스크 스케줄링 알고리즘을 채택함으로써 read율을 최대화할 수 있을 것이다. 효율적인 디스크 스케줄링 알고리즘을 채택함으로써 비디오 서버의 전체적인 처리력을 증가시키고, 스트림당 낮은 비디오 서버의 비용을 제공할 수 있게 된다. 이것은 우리가 다루어야 할 또 다른 중요한 문제로써 본 고의 범위에서는 벗어난다.

나. 비디오 펌프

비디오 펌프는 디스크 데이터를 액세스한 후 서버 내의 스트림 라우터(즉, 내장된 ATM 교환기)로 보내기 전에 선입선출(FIFO) 버퍼에 저장한다. 버퍼 기억장치의 dimensioning과 적절한 전송 기법을 개발함으로써 비디오 펌프내의 선입선출(FIFO) 버퍼의 크기를 최소화할 수 있도록 하여야 하며 최대한의 스트림을 수용할 수 있도록 하여야 한다.

따라서 주문형 비디오 서버에서 MPEG-2 비트 스트림을 실시간으로 사용자에게 전달하는 최적의(optimal) 펌핑 알고리즘에 대하여 연구를 수행하는 것이 필요하다.

다. Stream Router

Stream Router는 비디오 서버에서 하나의 중요한 구성품이다. 대용량의 데이터가 전달되기 때문에 데이터 전달 능력이 큰 구조를 가져야 한다. Stream Router를 위해서는 고속의 버스 구조 혹은 스위치 구조를 사용할 수 있다. 클라이언트에게 전달되는 모든 트래픽이 Stream Router를 통해야 하기 때문에 비디오 서버 성능에 있어서 병목현상이 될 수 있다.

2. 비디오 서버의 기본적 특성

비디오 서버는 멀티미디어 데이터를 읽어내어 실시간 재생을 위하여 연속적으로 수요자에게 공급하여야 한다. 이와 같은 연속적인 매체(CM: continuous media)를 지원하기 위해서는 종전의 텍스트나 수치적 데이터를 서비스하는 서버와는 기본적으로 아래와 같은 차이가 존재한다[2].

(1) 실시간 저장 및 검색

비디오 서버는 프로그램물들의 연속적인 스트림들을 다수의 시청자에게 동시에 전달한다. 연속적인 실시간 데이터는 시간에 민감하다. 소스 자료는 통상적으로 하드 디스크에 저장되므로 종래의 화일 서버와는 다른 디스크 관리 및 화일 구조가 요구된다.

(2) 대용량의 저장 공간

비디오는 비록 압축되어도 많은 양의 디스크 저장 용량을 필요로 하므로 소규모의 비디오 서버라 할지라도 수백 GBytes의 저장을 필요로 한다.

(3) 고속의 데이터 전달률

스트림당 최소한 1.5Mbps(MPEG-1)의 데이

타 전달률이 필요하다.

가. 실시간 저장 및 검색

각 매체 스트림의 읽기는 각각 실시간 데이터 유통 진행되는 것을 보증해야 한다. 즉, 출력 장치의 starving(즉, underflow)을 방지하도록 디스크로부터 일정량의 데이터를 연속적으로 읽어야 한다.

실시간 프로세스(real-time process)란 주어진 시간 간격내에 처리의 결과를 전달하는 프로세스를 의미한다.

여기서 먼저 우리가 다루어야 할 문제들은 높은 처리력을 위한 디스크 스케줄링 기법이다. 현재까지 EDF(Earliest Deadline First), SCAN, SCAN-EDF, Round-robin, Grouped sweeping scheme(GSS) 등이 검토되고 있다[3-7]. 그리고 디스크 탐색 오버헤드 시간을 최소화하기 위한 최적의 블럭 크기를 결정해야 한다. 이 문제에 대하여는 본 고에서는 다루지 않는다.

나. 저장 관리

저장 관리는 디스크상에 데이터 블럭을 최적으로 위치시키는 것, 다수의 디스크 사용문제, 제 3의 저장 장치를 추가하는 문제 및 저장 계위를 구축하는 것들을 포함한다.

우리가 다루어야 할 기술적인 문제들로는 최적의 VOD 서비스를 위한 데이터 배열(data placement)(예를 들어, Contiguous, Constrained 및 Log-structure Placement), 데이터 스트라이핑, 버퍼 관리 및 VCR 기능을 어떻게 제공하는가 등이 있다[1].

다. 고속의 데이터 전달 능력

대량의 데이터를 고속으로 전달하는 능력이 필요하다. 해결해야 할 기술적인 문제들로는 ATM 망을 통한 MPEG-2 스트림의 효율적인 패킹 기법, 비디오 전송 알고리즘의 개발, 수락 제어(admission control) 등이 있다.

III. 데이터 배열 (Data Placement)

1. 연속적인 배열(Contiguous Placement)

연속적인 화일로부터 읽을 때는 데이터의 시작 부분에 디스크 헤드를 위치함으로써 단지 한번의 탐색(seek)이 요구된다. 주문형 비디오와 같은 읽기전용

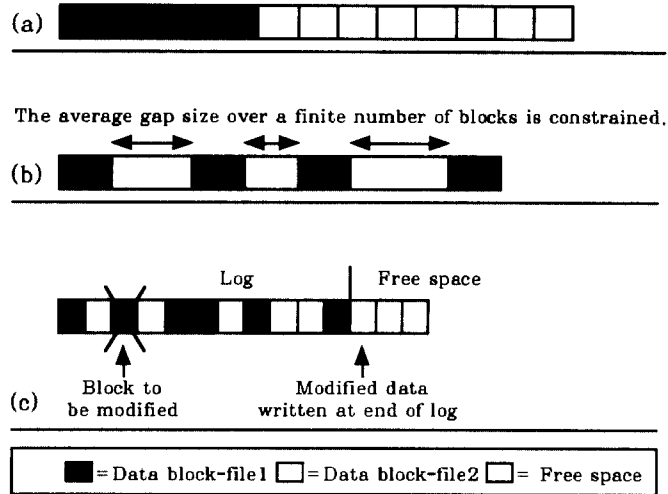


그림 1. 멀티미디어 저장을 위한 데이터 배열[1]

(read-only) 시스템에 유용하다. 그러나 읽기-쓰기 (read-write) 서버에는 부적합하다. (그림 1(a) 참조)
 실시간 검색은 보장된다. 그러나 데이터가 갱신, 삭제 및 추가될 때에는 심각한 오버헤드가 발생한다.

2. 제한적인 배열(Constrained Placement)

계속되는 파일 블록들 사이의 거리가 제한된다. 여기서 거리(separation)는 유한 순서 블록들의 평균을 취한 것이다. 종래의 파일 시스템같이 블록 크기가 작을 때 특별히 적합하다. (그림 1(b) 참조)

제한적인 배열의 한 형태로 Pattern 배열이 있다. 이 배열에서는 한 스트림의 연속적인 블록들간의 분리가 한 미디어 블록의 재생 기간을 초과하지 않는다. 연속적인 기법의 단점이 부과됨이 없이 적절한 검색이 보장된다. 그러나 두 개 이상의 스트림이 디스크에서 합성(merge)될 때 복잡성이 커지게 된다.

3. 통나무 구조 배열(Log-structure Placement)

데이터 블록들을 수정할 때 모든 스트림에 대한 기록(write) 작업은 큰 이웃하는 자유 공간에서 순차적으로 수행된다. 레코딩시 커다란 성능 개선을 가져온다. 그러나 재생 성능에는 어떠한 개선도 보장하지 않는다. 그리고 수정된 블록들이 위치를 변경할 수도

있기 때문에 구현하기가 더욱 복잡하다. 광범위한 편집(editing)을 지원하는 멀티미디어 서버에 가장 적합하다. VOD 서버와 같은 주로 읽기 전용인 시스템에서는 부적절하다. (그림 1(c) 참조)

4. 임의의 배열(Random Placement)

데이터 위치에 어떠한 제한도 적용되지 않기 때문에 데이터는 디스크 상의 임의의 위치에 저장된다. 데이터를 갱신하는 오버헤드는 감소하지만 실시간 요구조건은 위반될 수 있다.

IV. 블록(Block) 배열 정책

1. 블록 크기 결정

충분히 큰 블록 크기를 선택하여 각 라운드에서 하나의 블록을 읽음으로써 디스크 처리력을 상당 부분 개선하여 디스크에 의하여 서브되는 스트림수를 증가할 수 있다. 더우기 어떤 화일 시스템이든지 각 미디어 블록에 대한 인덱스를 유지해야 하기 때문에 큰 블록 크기는 또한 인덱스 유지를 위한 오버헤드를 감소시킨다. 그러나 버퍼 요구 크기가 증대된다.

예로서, 디스크 탐색 시간 오버헤드를 줄이기 위해 현재의 자기(magnetic) 디스크 기술(헤드 탐색 및 지

연 시간: 10-50 ms, 처리율: 약 5MB/s)을 고려하여 하나의 자기 디스크로부터 64KB 이상을 액세스할 것을 제안하고 있다. RAID 3인 경우에는 1MB 이상을 제안하고 있다[8].

미디어 블럭 크기의 시스템 파라미터에 대한 의존은 아래와 같이 분류할 수 있다.

- 클라이언트 수에 의존
- 데이터 율 요구사항에 의존

클라이언트의 데이터 율 요구사항의 증가로 서버는

- (1) 각 라운드 동안 각 클라이언트들에 의하여 접근되는 디스크들의 수를 고정 값으로 유지하면서 미디어 블럭 크기를 증가하거나,
- (2) 각 라운드동안 접근되는 디스크들의 수를 증가 혹은 두가지 방법 모두를 사용할 수 있다.

- 디스크 어레이 특성에 의존

- (1) 어레이에 있는 디스크들의 수를 증가하는 효과: 어레이내의 디스크들의 수 증가로 인한 데이터 전달률의 증가를 이용하기 위하여 서버는 미디어 스트림들을 더 작은 크기의 미디어 블럭들로 분할해야 한다.
- (2) 디스크 성능 특성 향상의 효과: 트랙 밀도 혹은 회전 속도 증가

2. 블럭 배열 정책(Block Placement Policy)

MPEG-2 스트림이 VBR로 압축될 때 블럭 배열 정책은 다음과 같다[9].

가. 고정 크기(Fixed-Size) 블럭 배열 정책

이 방법에서는 비디오 스트림들의 저장을 위하여 고정된 크기의 블럭들로 분할한다. 그러므로 가변 비트 율을 수용하기 위하여 하나의 라운드동안 각 클라이언트를 위하여 변하는 수의 블럭들을 접근할 필요가 있다. 미디어 블럭 크기는 가장 부하가 많이 걸리는 디스크의 예상 서비스 시간을 최소화할 수 있도록 결정하여야 한다. 블럭들의 집합은 언더플로우(underflow) 라운드에서 미리 읽어(read-ahead) 온다.

[10]에서는 각 사용자를 위하여 동일 크기의 단위로 데이터를 저장하고 검색하는 방법을 CDL(constant data length)이라고 하였다. CDL 단위로 저장하고 각 라운드에서 각 사용자를 위하여 가변 수의 단위들을 검색하는 방법을 혼합(hybrid) 기법으로 분류하고 있다.

나. 가변 크기(Variable-Size) 블럭 배열 정책

이 방법에서는 비디오 스트림들의 저장을 위하여 가변 크기의 블럭들로 분할한다. 따라서 하나의 라운드동안 각 클라이언트를 위하여 고정된 수의 블럭들을 접근할 필요가 있다. 이와 유사한 방법으로 [10]에서는 여러개의 인접 디스크 블럭들로 구성된 정확히 하나의 가변-길이 단위를 검색하는 기법을 CTL(constant time length)이라고 하였다.

이 배열 정책의 가장 큰 장점은 재생률 요구사항에 관계없이 디스크로부터의 각개의 비디오 스트림의 검색은 잠금 방식(lock-step)으로 수행된다는 것이다. 즉, 각 클라이언트는 매 라운드동안 정확히 하나의 디스크를 접근하고 어레이(array)상에 있는 연속적인 디스크들은 계속되는 라운드동안 동일한 집합의 클라이언트들에 의하여 접근된다.

이 정책의 주요한 제한요소는 가변 크기 미디어 블럭들을 할당하고 할당해지하는데 있어서의 본질적인 복잡성과 높은 구현 오버헤드에 있다.

다. 비교

미리 읽어 오기(read-ahead) 기술과 병행한 고정 크기 블럭 배열 정책은 가변 크기 블럭 배열 정책을 채택하고 있는 서버와 동일한 수의 클라이언트들을 서비스할 수 있다. 가변 크기 블럭 배열은 저장 관리의 복잡도를 증가시키는 반면, 고정 크기 정책은 버퍼 공간 요구사항을 증가시킨다. [10]에서도 CDL 방법이 큰 버퍼 사용을 초래하여 혼합정책의 사용을 권고하고 있다.

그러므로, 가변 크기 블럭 배열 정책은 저장 공간 관리의 복잡도가 문제되지 않는 주로 읽기 전용 환경(예를 들어, 주문형 비디오 시스템)을 위한 멀티미디어 저장 서버에 대하여 적합하다. [10]에서도 읽기 전용인 시스템에 대하여는 CTL 기법이 사용자당 가장 낮은 비용이 드는것을 보여주고 있다. 그러나, 멀티미디어 객체들의 빈번한 생성, 수정 및 삭제를 포함하는 환경(예를 들어 통합 멀티미디어 화일 시스템)에서는 고정 크기 블럭 배열 정책이 바람직하다.

V. 저장 시스템 대안(Alternatives)

1. 전부 디스크 기초(Entirely disk-based)

가. 디스크 배열(Disk Arrays)

디스크 배열 집합안의 디스크들은 중심축 동기화(spindle synchronized)되며 lock-step 병행 모드로 동작된다. 접근이 병행해서 이루어지기 때문에 논리적 및 물리적 블록들은 동일한 접근 시간을 가진다. 그러므로, 전달률(transfer rate)은 포함되는 드라이브의 수에 의하여 실제적으로 증가된다.

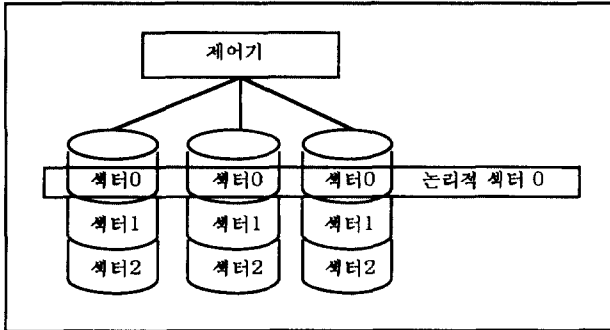


그림 2. 디스크 배열에서 병렬적으로 액세스되는 스트라이프 데이터

나. Disk Farms

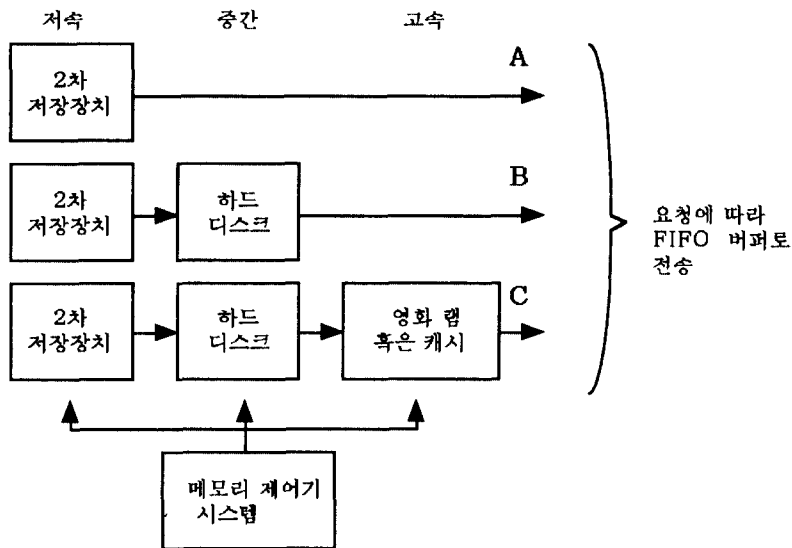
Disk Farm은 호스트의 표준 입출력 인터페이스에 일반적으로 부착된 단순한 디스크들의 집합체로서 통상적으로 패리티 정보를 유지하지 않고 데이터 스트라이핑은 있을 수도 혹은 없을 수도 있다.

2. 계층적 저장 계위

어떤 비디오 서비스든지 시청자들의 프로그램물은 비디오 서버내의 저장 소스로부터 올 것이다. 일반적으로 저장 계위는 그림 3과 같이 3가지 계위로 나눌 수 있다.

1. Offline 저장: 이 저장 구조는 낮은 접근 속도를 가지지만 대용량의 저장 공간을 가지고 있다. 테이프, 팹 주크 박스(jukebox)가 여기에 속한다.
2. 하드 디스크: 이 저장 구조는 중간 접근 속도를 가지고 적당한 데이터 윌에서 경제적이다. 일반적으로 많이 사용되는 저장 장치이다.
3. RAM: 빠른 접근 속도를 가지지만 비싸다. 그러므로 "인기 영화(Hot Movie)"나 캐시용으로 사용할 수 있고 대역폭 스무딩(smoothing)을 위하여 사용할 수 있다.

A의 경우가 가장 간단하며, 이 경우에는 다른 시청자가 동시에 시청할 것을 동의하지 않으면 단지 하나의 클라이언트만이 이 프로그램물을 시청할 수 있다. 이 방법은 거의 혹은 전혀 대화성(interactivity)을 제공해주지 않는다. B의 그림은 대화성을 좀더 허용한다. 시청될 프로그램은 먼저 2차 저장 장치로부터 디스크로 적재된다. 디스크 자원의 사용을 관리할 메모



(그림 3. 저장 계위(memory hierarchy) 구조)

리 제어가 필요하다. 디스크를 적절히 관리함으로써 많은 시청자들에게 하나의 프로그램을 공유하도록 할 수 있다. 그러므로 방법 B가 방법 A보다는 메모리 사용 및 대화성 측면에서 더욱 효율적이다. 마지막으로 방법 C가 있다. 이 방법에서는 빠른 DRAM이 저장 계위속에 놓인다. 이 메모리는 다양한 목적으로 사용이 가능하다. 첫째는 영화 전체를 저장하기 위해서 사용할 수 있다. 이것은 다수의 클라이언트들이 동일한 "인기 영화"를 시청한다면 효과적일 수 있다.

B가 대부분의 비디오 서버 설계에서 사용될 가장 일반적이고 실제적인 방법이다

VI. RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)

1988년에 RAID는 캘리포니아 대학교 버클리 분교의 연구진들에 의하여 제안되었다. 이것은 자기 디스크 구동장치의 수명이 유한하여 시스템에 중복도(redundancy)를 추가할 필요에 의하여 제기되었다. 이러한 디스크 구동장치들은 마치 하나의 저장 시스템으로 간주하여 데이터를 처리하며 이렇게 함으로써 데이터 처리속도, 데이터 중복성 등의 이점을 가져오게 하기 위하여 만든 것이다. 서로 다른 구동장치들을 하나로 묶은 것을 어레이(array)라고 하며, RAID는 표준화된 어레이를 의미한다. RAID 배열은 현재까지 6개 내지 7개 배열(configurations)이 정의되었다[11].

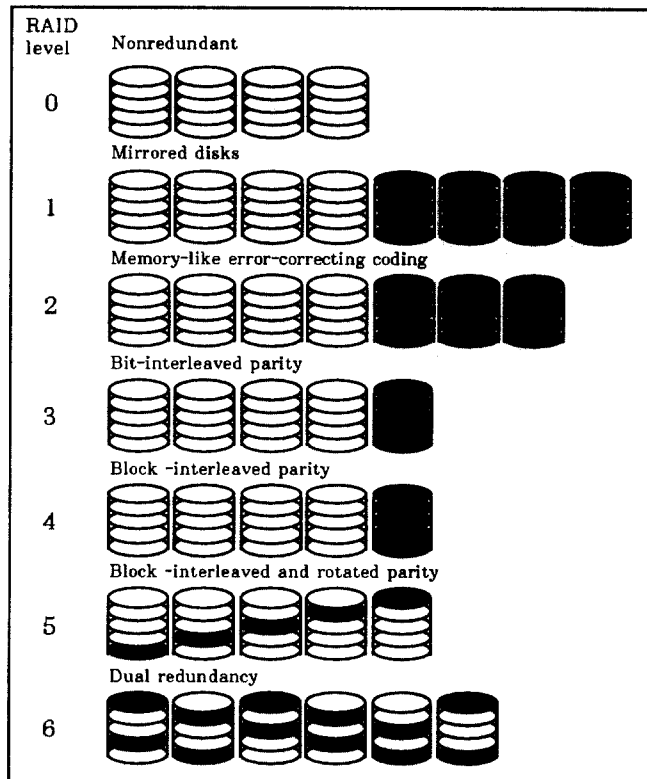


그림 4. RAID 레벨

1. RAID 레벨 0

JBOD(Just-a-bunch-of-disks)로 nonredundant 배열 구조이다. RAID 0은 다른 등급에서 제공되는 데이터 중복성을 지원하지 않는다.

2. RAID 레벨 1

하나의 배열내의 각 디스크에 대하여 백업 디스크를 가지고 있으며, Disk Mirroring 배열을 가지고 있다. 그러므로 디스크에 에러가 발생한 경우에도 다른 디스크의 데이터를 사용할 수 있게 된다. 중복 기록에 의해 전체 용량의 1/2밖에 사용하지 못하게 된다. 또한 읽기의 경우는 2배 속도를 가지지만, 쓰기의 경우는 중복기록으로 속도가 느리게 되고 고가이다.

3. RAID 레벨 2

해밍(Hamming) 에러 수정 코드를 사용하여 패리티 데이터 부호화를 도입하고 있다. 실제적인 이용이 아닌, 단지 학술적(academic) 흥미를 지니고 있다.

4. RAID 레벨 3

실제 의미를 지니는 첫 RAID 레벨이다. 다수의 디스크 상에 데이터를 스트라이프하기 위하여 비트-혹은 바이트-인터리브된 데이터 기록 방법이 사용된다. 패리티 데이터는 별도의 디스크 구동장치에 기록된다.

한개의 디스크 요구를 여러개의 디스크가 함께 행해서 동작하는 스트라이프 요구로 변환한다.

일련의 디스크를 하나의 배열내의 패리티 집단으로 연결하는 데에 있어서 각각의 독립적인 중심축(spindle)을 동기화하는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써 동일한 물리적 섹터들이 모든 디스크상에서 동일향 방향을 가질 수 있기 때문이다.

요약하면 동기화된 중심축과 사상 함수로 레벨 3이 다수의 디스크상에 병행으로 수행함으로써 디스크 I/O 동작을 가속시킬 수 있다.

5. RAID 레벨 4

액세스되는 가장 작은 데이터의 단위는 섹터라는 사실에서 이 구조는 섹터가 인터리브된다. 그리고 패리티도 또한 섹터별로 기록된다. 하나의 섹터를 읽는 것은 한 순간에 어레이 내의 하나의 디스크를 포함한다. 스트라이핑이 큰 데이터 블록에 대하여 성능을 개선시킬 수 있다.

6. RAID 레벨 5: Block-interleaved parity and

rotated parity

RAID 레벨 3과 4에서 모든 기록 작업은 하나의 패리티 디스크를 접근해야 하기 때문에 병목 현상이 발생하기 쉽게 된다. 각 디스크는 배열내에 있는 모든 디스크에 걸쳐 패리티 섹터를 회전시킴으로써 데이터와 패리티를 동시에 포함하고 있다.

7. RAID 레벨 6: Dual redundancy

RAID 레벨 5의 개념을 더욱 정교하고 역동적인 사상 함수를 가지고 확장하였다. 역동적인 hot sparing이 결함 허용(fault tolerance)을 대비해 사용된다.

RAID에 대한 사실들을 요약하면 다음과 같다.

- 1). RAID 제품은 싼 것이 아니다. JBOD보다 더 많은 하드웨어 부품을 포함한다.
- 2). RAID는 그것의 결함 허용과 손실된 데이터를 역동적으로 재구성하기 위하여 정당화된 것이지만 경비 및 성능에 의한 것이 아니라는 사실이다. 실제 RAID 제품들이 심각한 성능 장애요인에 직면하고 있다. RAID 설계자들은 스트라이핑을 대신하는 다른 방법들을 찾으려고 애쓰고 있다.
- 3). RAID 제품 개발이 복잡성에 의하여 장애를 받고 있다. 서류상으로 용이하지만 실제로 구현하는 것은 복잡하다.

이상의 사실들 때문에 디스크 제작자들 사이에서 RAID의 I의 의미가 "inexpensive"에서 "independent"로 변화하였다.

VII. 비디오 서비스를 위한 디스크 시스템

1. 작업 부하(Workload)의 특성화(Characterization)

비디오 서버를 위한 저장 설계를 논하기 전에 우리는 먼저 서버가 지원할 작업 부하를 특성화해야 한다 [12]. 그러나 불행히도 이 응용을 위한 작업 부하에 관해 이용할 수 있는 신뢰성있는 정보가 거의 없다. 또한 실제적인 접근 형태를 예측하는 것도 매우 어렵다. 작업 부하 측정과 신뢰성있는 예측이 없는 가운데에서는 저장 시스템 설계자는 작업 부하에 대한 "최상의 추측" (best guess) 평가를 할 필요가 있게 된다. 다음의 표 1은 대표적인 작업 부하 특성을 보여준다.

표 1. 스트림당 3 Mbps의 목표 데이터 유휴 MPEG-2 압축 기법을 가진 비디오 서비스를 위한 대표적인 작업 부하 특성

스트림 당 처리력	3 Mbps
프레임 유휴	30 / 초
대표적 영화 길이	100 분
대표적 영화 저장 용량	2.2 GB
접근의 국부성	Zipf의 법칙에 의한 분배

비디오 스토어 대여 형태에 기초하여 비디오 서버에서의 영화에 대한 접근도 작은 수의 영화에만 대부분의 접근이 이루어지는 아주 국부적 (highly localized)인 형태가 될 것으로 전망하고 있다. 이 국부성(locality)을 특성화하기 위하여 Zipf의 법칙을 사용하였다. Zipf의 법칙은 M영화중에서 n번째 인기있는 영화를 선택할 확률은 C/n이며, 여기서 C는 아래와 같이 계산된다.

$$C = 1/(1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/M) \quad (1)$$

예를 들어, 10편의 영화중에서 가장 인기있는 영화를 선택할 확률은 34%이고, 그 다음은 17%, 가장 낮은 순위의 영화를 선택할 확률은 가장 인기있는 영화를 선택할 확률의 1/10인 3.4%가 된다. 그러므로, 현재 영화 비디오 대여 사업과 유사하게 VOD 환경에서의 영화 요구도 작은 수의 hot movie에 대해서 행해지는 아주 국부적일 것으로 예측하고 있다. 이러한 점에서 어떤 디스크 배열상에서 자주 접근되는 영화를 복제하여 저장하는 방법이 필요한 VOD 서비스를 제공하기 위한 필수적인 접근 방법으로 제안되고 있다. [13]에서는 VOD 환경에서의 디스크 배열에 대한 높은 데이터 이용률을 지원하기 위하여 RMD(rotational mirrored declustering)를 제안하였다. 이 방법은 지원할 수 있는 처리력을 증가하기 위하여 다수개의 복사를 다른 디스크 배열에 저장한다는 점에서 mirrored declustering과 유사하며 회전식으로 (rotated) 데이터를 배열한다.

2. 디스크당 한편의 영화(One Movie Per Disk)

디스크의 현재 세대는 대략 한편의 영화 저장을 위하여 동일한 저장 용량(예를 들어, 2.25 GB)을 가

지고 있다. 이것은 one-movie-per-disk 스킴 구현을 용이하게 한다. 디스크 용량이 증가함에 따라, 이 기법은 각 디스크에 여러개의 영화를 배치시킬 것이다. One-movie-per-disk 기법에서 발생할 수 있는 한가지 문제점은 어떤 영화가 다른 영화들보다 더 인기있는 경우 존재한다. 이러한 인기있는 영화는 디스크 시스템에서 "핫스팟" 혹은 병목현상을 야기시킬 것이다.

이 기법의 장점으로는 fast-forward 및 rewind같은 VCR 동작이 이런 환경에서 지원되기 쉽다는 것이다. 그것은 디스크는 원래 임의-접근 매체이고 적절한 디스크 섹터에 대한 탐색 스케줄이 간단하기 때문이다. 또한 실패한(failed) 디스크의 취급도 용이하다.

3. 데이터 스트라이핑(Data Striping)

전체 멀티미디어 화일이 하나의 디스크 상에 저장된다면, 그 화일에 대한 동시 접근 수는 디스크 처리력에 의하여 제한된다. 그렇다고 동일한 내용의 화일을 다수개로 다른 디스크 상에 복제하여 유지하는 것은 추가적인 저장 공간이 필요하기 때문에 비싸게 된다. 더 효과적인 접근 방법은 멀티미디어 화일을 다수개의 디스크에 걸쳐서 분산시키는 것이다. 비디오를 다수의 디스크상에 배열하는 기법은 부하를 균일하게 여러개의 디스크로 분포시키기 위하여 아주 중요하다. 이렇게 함으로써 디스크 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있다. 이 분산시키는 방법에 data striping(혹은 data interleaving)이라는 기술이 사용된다.

Data Striping은 연속적인 자료를 다수의 디바이스에 걸쳐 인터리빙을 시킴으로써 매우 높은 데이터 처리력을 제공하기 위하여 통상적으로 사용되는 기술이다. 많은 사람들에 의하여 동시에 시청되는 시청물에 대하여 필요한 처리력을 제공하기 위한 비디오 서버에서 유용하다[14,15].

높은 이용률을 가진 것과 낮은 이용률을 가진 내용을 혼합하기 위해서 사용되고, 또한 저장 공간과 대역폭을 최대한 사용하기 위하여 다수의 디바이스에 분포시키기 위하여 사용된다. RAID 기법에서도 데이터가 각 디스크에 걸쳐 스트라이프되었다.

가. 독립적인 디스크

스트라이핑이 없는 구조이다. 부하를 디스크 상에 골고루 분산시키기 위한 부하 균형 혹은 데이터 분배가 중요하다(그림 5(a) 참조).

나. Fine-grained striping

배열내의 모든 N 디스크가 각 접근 블록의 한 부분을 보유하고 있다(그림 5(b) 참조). 디스크의 수와 스트라이프 단위 크기는 일반적으로 그것을 곱한 값이 가장 작은 접근가능한 데이터 단위를 골고루 분할하도록 결정된다. 가장 흔한 스트라이프 단위 크기는 한 비트, 한 바이트 및 한 디스크 섹터 (512 바이트의 크기가 자주 사용됨)가 있다.

모든 디스크가 동일한 부하를 받기 때문에 부하가 완전히 균형을 이루게 된다.

유효 전달률(effective transfer rate)은 각 디스크가 요청된 데이터의 1/N 씩 전달하기 때문에, 각 디스크 전달률의 N배로 접근한다. 그러나 액세스 시간중 액세스 암 위치에 소요되는 구성요소(positioning components)-탐색시간 및 회전 시간-는 증가하거나 혹은 (디스크가 동기화되면) 영향받지 않는다. 모든 N 디스크가 매 요구시 동작하기 때문에, 단지 하나의 요청이 한번에 서비스될 수 있다. 이런 한계때문에 fine-grained 스트라이핑은 전달시간이 서비스 시간을 지배하는 환경에만 통상적으로 제한된다.

다. Coarse-grained striping

모든 디스크가 요청시마다 협동할 필요는 없다. 별도의 디스크가 작은 요구를 동시에 취급하도록 허용하면서 큰 요구에 대하여는 데이터 전달 병행성을 이

용한다. 최소한의 유지보수로 높은 성능을 제공할 수 있는 잠재력을 가진다(그림 5(c) 참조).

라. 분석

coarse-grained 스트라이핑 접근이 fine-grained 스트라이핑 접근보다 디스크 접근당 더 낮은 지연 오버헤드를 야기하기 때문에 coarse-grained 스트라이핑을 사용하는 비디오 서버의 경비가 fine-grained 스트라이핑을 사용하는 것보다 더 작게 된다.

자동적인 부하 균형을 제공하기 위하여 인기있는(hot) 화일은 그것의 구성 블록들을 다수개의 디스크에 분포시키게 되는 경향이 있을 것이다. 그렇게 함으로써 그 데이터에 대한 요구를 분산시킬 수 있다.

실제로, IBM Almaden, Microsoft 및 Starlight Networks 같은 다수의 상용 비디오 서버 제품 및 프로토타입들도 역시 데이터를 스트라이프하고 있다. 이들중 어떤 시스템은 영화 블록들을 분배하기 위하여 해싱(hashing) 함수를 사용하고 있다. 이렇게 함으로써 보다 좋은 디스크 부하 균형을 제공하고 비디오 프레임들에 대한 재생 데드라인을 놓치는 확률이 낮도록 설계된다.

디스크 배열 및 디스크 팜의 스트라이프된 영화 배열에 대한 주요한 어려운 점은 one-movie-per-disk 배열에서보다 더욱 복잡한 스케줄링이 필요하다는 것이다. 이것은 정상 요구시, VCR같은 동작시, 디스크 실

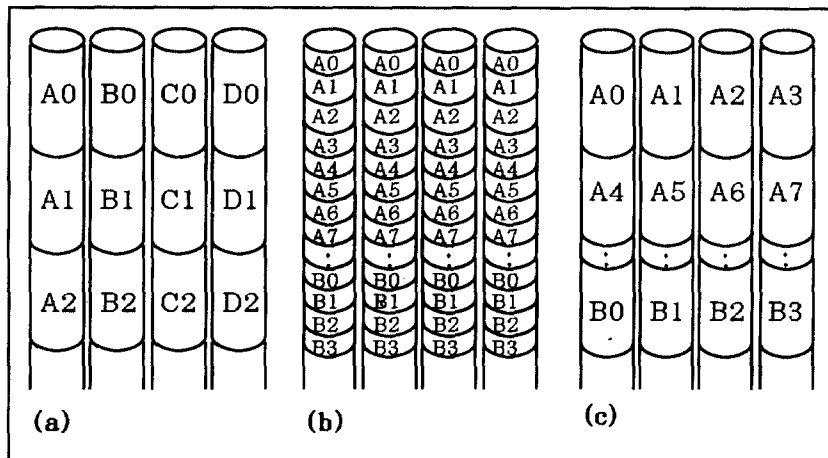


그림 5. 대안적 데이터 분포

패시 모두 해당된다. 특히, 정상 동작동안 클라이언트가 한 영화를 보고자 할 때 영화 재생은 그 영화의 첫 부분을 포함하고 있는 디스크상에 열린 스케줄링 간격이 있을 때까지 기다려야 한다. 만약 시스템이 고부하가 된다면 이 지연은 아주 크게 된다.

요약하면, one-movie-per-disk의 경우 인기 영화는 전체 성능을 제한하는 핫 스팟을 야기시킨다. 영화 요청의 형태를 반영하는 인기 영화의 복제가 경제적이고 효율적인 성능에 필수적이다. 스트라이프된 기법에 대하여, 스트라이프된 비디오 서버는 큰 디스크 이용률과 부하 균등을 가져오고, one-movie-per-disk 배열보다 많은 수의 스트림들을 지원할 수 있다는 것이 발견되었다. 소용량의 디스크 팜의 경우 스트라이프 시스템에서의 복제는 불필요하고 전체 디스크 팜은 완전히 사용될 수 있다. 대용량의 스트라이프 디스크 팜의 경우, 비디오 스트림들을 개시하는데 긴 지연을 피하기 위하여 복제가 필요하다. 마지막으로, 가까운 장래에 대부분의 비디오 서버들은 영화를 완전히 디스크상에만 저장할 것으로 전망된다.

마. 스트라이프 단위 크기의 선택

디스크 처리력은 물리적 블록 크기를 증가시킴으로써 개선될 수 있다. 그러나, 이것은 또한 논리적 블록 크기를 증가시켜 결과적으로 startup 지연을 길게 하고 스트림 당 버퍼 공간 요구사항을 확장시키게 된다. 전달 병행성과 접근 동시성 사이의 상호보완 관계(trade-off)는 스트라이프 단위 크기에 의하여 지배된다.

예로서 256 Kbytes의 블록 크기가 현재 디스크에

대하여 약 75%의 디스크 데이터 전달 효율성을 제공하기 때문에 적당한 범위에 있다고 제안하고 있다 [11]. 1.5 Mbps로 압축된 두 시간짜리 영화는 256Kbyte로 된 5,000개의 블록들을 포함하며 1.280 GByte의 저장공간이 소요된다.

사. 디스크에 대한 블록 할당

블록 할당 문제는 블록들을 디스크에 선형적으로 할당할 필요가 없다는 것을 인식하면 scatter 혹은 hashing 함수 문제가 된다.

1). Scan Permutation 알고리즘

디스크 상에 데이터를 스트라이프하기 위한 통상적인 접근 방식이다. 모든 데이터에 대하여 하나의 순열(permutation)을 사용하며 그 순열은 선형 순서 순환(linear order permutation)이다. 모든 디스크가 사용되고 난 후 동일한 순서가 반복된다.

2). Individual Permutation(IP) 알고리즘

저장된 각 영화에 대하여 디스크에 걸쳐서 고유의 순서를 선택한다. 스캔과 고정된 순환을 사용한다는 점에서 두 방법이 유사하다. 따라서 순환은 영화에 따라서 고정되며, 그러나 구동장치 번호에 따라서 순환적으로(cyclically) 반복된다.

각 영화의 작업 부하는 디스크에 걸쳐 다른 경로로 이동한다. 그리하여 골고루 균형된 I/O 부하가 잠시 후에 불균형이 될 수 있다. 이것은 지터를 제어하기 위하여 낮은 이용률을 요구하게 될 단기간의 변화(variability)를 야기할 수 있다.

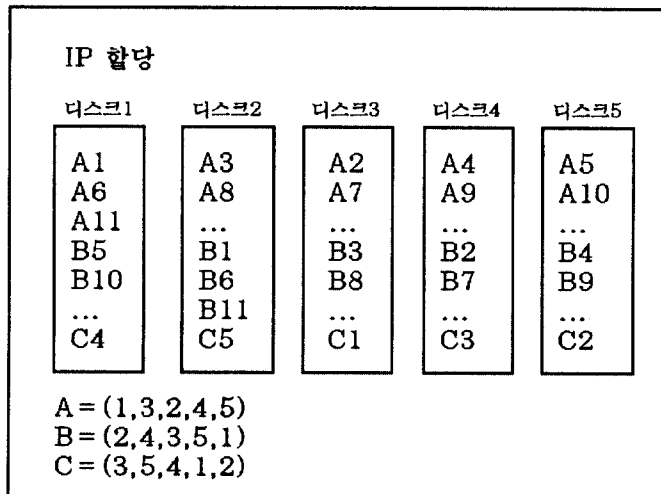


그림 6. IP 알고리즘

VIII. VCR 기능을 지원하기 위한 저장 및 검색 방법

1. MPEG 프레임 구조

MPEG 프레임은 아래와 같이 구성되어 있다.

가. I 프레임(intra coded frame): 이 프레임은 독립적으로 코드된다.

나. P 프레임(predictively coded frame): 이 프레임은 이전의 I/P 프레임과의 차이를 코드한다.

다. B 프레임(bidirectionally predictively coded frame): 이 프레임은 이전의 I/P 프레임과 다음의 I/P 프레임을 이용하여 보간법으로 원래의 프레임을 복원할 때 필요한 수정 항(correction term)을 코딩한다.

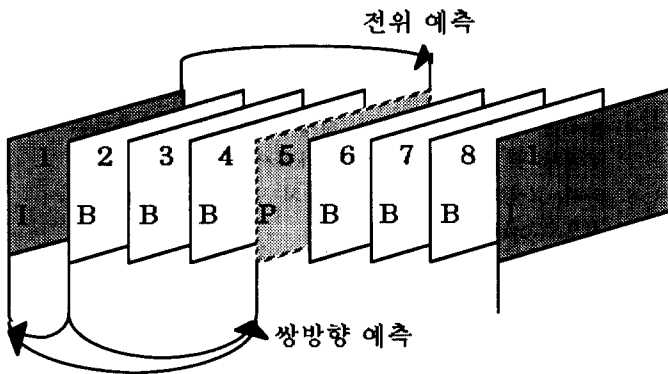


그림 7. MPEG 프레임 구조

위와 같은 프레임간의 의존성 때문에 P 프레임은 이전의 I/P 프레임 없이는 디코딩이 불가능하고, B 프레임은 이전과 다음의 I/P 프레임 없이는 디코딩이 불가능하다. 그러므로 FF(Fast Forward)와 FR(Fast Rewind) 기능을 제공하는 것이 어렵다.

2. 대화식 제어 기능

FF와 FR 동작은 다음의 한 방법에 의하여 구현될 수 있다[16].

- 1). 정상보다 높은 율로 미디어를 재생하거나
 - 2). 어떤 데이터를 건너 뛰면서 정상 율로 재생을 계속한다.
- 1)의 방법은 데이터 율을 상당히 증가시키기 때문에 직접적인 구현은 실제적이지 못하다. 2)의 방법도

MPEG-2 기법의 데이터간 의존성의 존재로 복잡하게 된다.

가. 데이터 건너뛰기(skipping)를 통한 FF

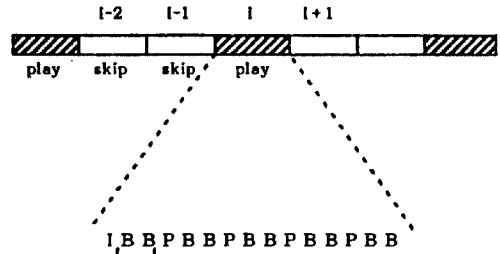


그림 8. MPEG 프레임에 대한 Fast-Forward 시퀀스

나. 데이터 건너뛰기를 통한 FR

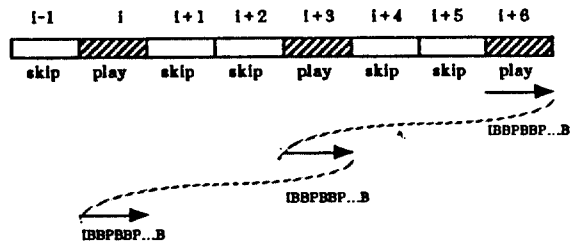


그림 9. MPEG 프레임에 대한 Fast-Rewind 시퀀스

상기 두 방법의 장점은 정상 재생과 FF/FR 모두가 똑같은 디스크 및 통신망 입출력 부하를 가지고, 시청자측에서는 모든 동작이 동일하게 디코딩된다는 것이다. 단점으로는 FR의 시각적 효과가 다소 어색하고, 비디오의 내용에 움직임이 많지 않은 경우에 적합하다.

다. (높게 압축된 (그리고 손실성)) D 프레임의 사용
MPEG-2는 비디오 브라우징을 지원하기 위하여 DCT의 DC 계수만으로 코딩한 D 프레임을 제공하고 있다. 이 D 프레임은 프레임간 의존성이 없기 때문에 FF/FR 동작동안 독립적으로 사용될 수 있다. FF 동작동안 정상 화질로부터 높게 압축된 화질로 교환을 한다. 특별한 저장 방법이나 화질 후처리가 필요없기 때문에 매력적인 방법이다. 그러나 추가적인 저장 공간이 소요되고 더우기 결과적인 출력은 높은 압축때문에 해상도가 떨어지게 된다.

라. 단지 I 프레임은 재생

MPEG은 GOP 구조를 가지고 있기 때문에, 예를 들어 GOP 크기가 15 프레임인 경우 정상 재생속도의 15배로 너무 빠르게 된다. I 프레임은 매우 크기 때문에 고정된 통신망 대역폭을 유지하기 위하여 프레임율이 상당부분 감소되어야 한다.

마. FF와 관계있는 혹은 관계없는 블록으로 분류하는 방법

정상 동작동안 두가지 형태의 블록이 모두 검색된다. 미디어 스트림은 블록들을 서버나 시청자 스테이션에서 재결합하여 재구성된다. FF 동작동안 단지 FF 블록들만 검색되어 전송된다. FF 동작동안 필요한 데이터율이 정상시보다 높게 된다.

바. 블록 건너뛰기

이 방법은 압축된 비디오의 프레임 간 의존성을 고려하여 세그먼트(segment)라 불리는 블록을 지능적으로 배열함으로써 이루어진다. 여기서 세그먼트란 비디오 스트림을 독립적으로 디코딩할 수 있는 프레임 그룹을 의미한다. 전체 비디오 세그먼트들이 FF 동작동안 건너뛰고 그리고 시청자는 갭을 가지고 정상적인 해상도로 볼 수 있게 된다. 그리하여 화면의 연속성이 현저하게 저하된다.

IX. 결 론

본 고에서는 VOD 시스템의 데이터 저장에 관련되는 여러가지 기법 및 문제점들에 대하여 기술하였다. 비디오 시스템은 일반적으로 계산 능력보다는 입출력 및 저장 기능이 더 중요하게 여겨진다. 프로그램물을 저장하기 위한 통상적인 저장 방법으로 하드 디스크를 사용하고 있다. 하드 디스크에 관련되는 기술은 비디오 서버에서 하나의 중요한 기술이다. 디스크의 결합 방지와 고속의 데이터 전달을 위해서 RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) 구조가 많이 사용되어 왔다. 그러나 RAID 구조는 저장 비용 측면에서 고가라는 단점이 있다. 대신에 데이터 스트라이핑(striping)이나 디스크 액세스 알고리즘을 개발해 사용할 수 있다. 데이터 스트라이핑은 동일한 배열상에 있는 여러 디스크에 데이터를 분산시켜 저장하는 기술이다. 스트라이핑 기술은 클라이언트들에게 동일한 프로그램물을 동시에 접근함으로써 처리력

(throughput)을 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 그렇지만 이 기술이 실제로 사용되기 위해서는 해결해야 할 기술적인 문제들이 존재하며, 스트림 스케줄링도 복잡하게 된다. 그러므로 VOD 스트림 데이터를 효율적으로 저장할 수 있는 새로운 데이터 저장 구조에 대한 추후 연구가 필요하다고 하겠다.

감사의글

본 연구는 HAN/B-ISDN 출연 초고속 정보통신 서비스 기반 기술 개발 과제로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Al Kovalick, The Fundamental Concepts of Video Servers, Hewlett Packard, 1994.
- [2] D. James Gemell, Harrick M. Vin, Dilip D. Kandlur, P. Venkat Rangan, Lawrence A. Rowe, "Multimedia Storage Servers: A Tutorial", IEEE Computer, May 1995, pp. 40-49.
- [3] Ralf Steinmetz and Klara Nahrstedt, Multimedia: Computing, Communications & Applications, Prentice-Hall(Series in Innovative Technology), 1995.
- [4] J. Peterson, A. Silberschatz, and P. Galvin, Operating System Concepts, 2nd ed., Addison-Wesley, 1985.
- [5] A.L. Narasimha Reddy and Jim Wyllie, "Disk scheduling in a multimedia I/O system", ACM Multimedia 93, pp. 225-233.
- [6] Mon-Song Chen, Pilip D. Kandlur & Philip S. Yu, "Optimization of the Grouped Sweeping Scheduling(GSS) with Heterogeneous an Multimedia Streams", ACM Multimedia 93, pp. 235-242.
- [7] Philip S. Yu, Mon-Song Chen, and Dilip D. Kandlur, "Grouped sweeping scheduling for DASD-based multimedia storage management", Multimedia Systems (1993) 1: 99-109.

- [8] Mitsuo Asai, Koichi Shibata, Masaru Igawa, Yunghee Kim, Mikiko Sato and Yoshihiro Takiyasu, "Essential Factors for Full-Interactive VOD Server: Video File System, Disk Scheduling, Network", Proc. Globecom' 95, May 1995, pp. 799-804.
- [9] Harrick M. Vin, Sriram S. Rao and Pawan Goyal, "Optimizing the Placement of Multimedia Objects on Disk Arrays", Proc. of Int. Conf. on Multimedia Computing & Systems, 1995, pp. 158-165.
- [10] Ed Chang and Avidesh Zakhor, "Cost Analyses for VBR Video Servers", IEEE Multimedia, Vol. 4, No. 3, pp. 56-71, February, 1997.
- [11] Mark B. Friedman, "RAID keeps going and going and...", IEEE SPECTRUM, April 1996, pp. 73-79.
- [12] Ann L. Chervenak et. al, "Choosing the Best Storage System for Video Service", Multimedia '95, pp. 109-119.
- [13] Ming-Syan Chen et al, "Using Rotational Mirrored Declustering for Replica Placement in a Disk-Array-Based Video Server", Multimedia'95, pp. 121-130.
- [14] Robert Flynn and William Tetzlaff, "Disk Striping and Block Replication Algorithms for Video File Servers", Proc. Multimedia' 96, Sep. 1996, pp. 590-597.
- [15] Banu Ozden, Rajeev Rastogi, Avi Silberschatz, "Disk Striping in Video Server Environments", Proc. Multimedia,'96, Sep. 1996, pp. 580-589.
- [16] Wu-chi Feng, Farnam Jahanian, Stuart Sechrest, "Providing VCR Functionality in a Constant Quality Video-On-Demand Transportation Service", Proc. MULTIMEDIA' 96, Sep 1996, pp. 127-135.

전 용 회

박 영 도

- 1978년 2월 : 고려대학교 전기공학과 졸업
- 1985년 9월 ~ 87년 8월 : 미국 플로리다공대 대학원 수학
- 1989년 8월 : 미국 노스캐롤라이나주립대 Elec. and Comp. Eng. 석사(MS)
- 1992년 12월 : 미국 노스캐롤라이나주립대 Elec. and Comp. Eng. 박사(Ph.D)
- 1978년 1월 ~ 78년 11월 : 삼성중공업(주) 근무
- 1978년 11월 ~ 85년 7월 : 한국전력기술(주) 근무
- 1989년 1월 ~ 92년 9월 : 미국 노스캐롤라이나주립대 부설 CCSP(Center For Comm. & Signal Processing) 연구원
- 1992년 10월 ~ 94년 2월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 1994년 3월 ~ 현재 : 대구효성가톨릭대학교 공과대학 전자정보공학부 조교수, 학부장

- 1984년 : 성균관대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : 성균관대학교 전자공학과 석사
- 1990년 : 성균관대학교 전자공학과 박사
- 1983년 ~ 85년 : 삼성전자 연구원
- 1994년 ~ 95년 : 일본 ATR 연구소 초빙연구원
- 1990년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
멀티미디어통신연구실장