

# 비디오 서버의 VCR 기능을 지원하기 위한 SR 응용 및 시스템 재구성 알고리즘

최홍목\*, 홍재인\*, 박병수\*\*, 최명렬\*

\*한양대학교 전자전기제어계측공학과

\*\*상명대학교 컴퓨터정보통신 공학부

{chmook\*, monadic1979\*, choimy\*}@asic.hanyang.ac.kr, bpark\*\*@smuc.ac.kr

## An Applied SR And System Reconfiguration Algorithm To Support VCR Function Of Video Servers

Hong-Mook Choi\*, Jae-In Hong\*, Byoung-Soo Park\*\*, Myung-Ryul Choi\*

\*Dept. of EECI, Hanyang University

\*\*Dept. of Computer, Information and Telecommunications, Sangmyung University

### 요 약

본 논문에서는 비디오 서버의 startup latency를 줄이기 위한 replication 기술 및 VCR 기능을 지원하기 위한 기술의 개요에 대해서 설명하고 VCR 기능을 지원하기 위해 XPRS 파일에서 SR을 응용한 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 XPRS 파일에서 액세스 빈도에 따라 블록의 수를 다르게 하는 알고리즘으로 VOD 서비스의 효율성을 높여줄 수 있는 VCR 기능을 효율적으로 지원할 수 있다. 또한 SR과 SR 응용 알고리즘을 이용하여 시스템의 성능을 최적화할 수 있는 재구성 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 블록 skipping 기술을 지원하지 않기 때문에 향후 이 기술과 연계한 연구가 지속적으로 요구된다.

### 1. 서 론

최근 정보통신 분야의 기술적인 발전으로 VOD 서버는 중요한 위치를 차지하고 있으며, 엔터테인먼트 산업, 교육용 어플리케이션, 원격 화상회의, 전자 도서관 등 그 활용 범위가 광범위하다. 이러한 시스템에서 가장 중요한 것은 다중 요청을 처리하는 방법이다. 즉, 사용자들은 영화 등과 같은 객체를 요구하고, 적절한 지연시간 내에 볼 것을 기대한다. 사용자들은 요청이 도착한 시점부터 시스템이 디스크로부터 객체 읽기를 초기화하는 시간 간격인 지연시간 뿐만 아니라 중단과 지연(hiccup)이 발생하지 않는 디스플레이를 원한다. 이러한 문제는 기존의 replication 기술을 이용하여 해결할 수 있다.

사용자는 VOD 서비스 중에 FR(Fast-rewind), FF(Fast-forward) 등의 VCR 기능을 요구하는 경우가 있다. VOD 서비스에서 이러한 VCR 기능의 지원은 서비스의 효율성을 높여준다. 서버는 멀티캐스팅 채널에 대한 관리와 더불어 개별 클라이언트 세션에 대한 관리를 필요로 한다. 본 논문에서는 비디오 서버에서 VCR 기능을 지원하기 위한 방법인 SR 응용 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 startup latency를 줄이기 위한 replication에 대해서 설명하고, 3장에서는 VCR 기능을 지원하기 위한 기술에 대해서 소개한다. 4장에서는 startup latency와 hiccup을 줄이면서 VCR 기능을 지원하기 위한 SR 응용 알고리즘과 시스템 재구성에 대해서 다루었다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 계획에 대해서 논하였다.

### 2. Replication

시스템의 startup latency를 줄이기 위한 기술로 replication이 있다. Replication에는 데이터베이스의 전체 객체를 복제하는 FR(Full Replication), 실제 어플리케이션에서 각 객체마다 액세스 빈도가 다르다는 점을 감안해서 복제하는 방식으로 FR보다 저장 공간의 효율성이 높은 SR(Selective Replication)과 연속 미디어에서 객체의 크기와 어플리케이션의 이용 가능한 저장 공간이 제한되어 있다는 점을 고려하여 각 객체의 첫 번째 블록부터 일부만을 복제하는 방식인 PR(Partial Replication)이 있다[1, 2, 3]. 본 논문에서는 위의 세 가지 방식 중에서 VCR 기능을 효율적으로 지원하기 위해 SR을 응용한 알고리즘과 SR을 이용한 시스템 재구성 알고리즘을 제안한다. SR은 저장 공간의 큰 증가 없이 startup latency를 충분히 줄일 수 있는 기술이다. 이 기술에서는 사용자가 요구하는 액세스 빈도가 다르기 때문에 객체의 인스턴스 수를 결정하는 것이 가장 중요하다. 최적의 인스턴스 수를 결정하는 방법에는 해밀턴 방법, divisor 방법 등이 있다[4].

### 3. VCR 기능을 지원하기 위한 기술의 개요

VCR 기능을 지원하기 위한 비디오 클립은 그림 1과 같이 정규 클립과 XPRS(exPResS) 클립으로 구성되어 있다. XPRS 클립은 특정한 속도 인자와 방향으로 이루어져 있으며 디스플레이가 진행되고 있을 때 사용자가 FF와 같은 VCR 기능 이용을 원한다면 시스템은 정규 클립에서

원하는 XPRS 클립으로 전환된다. 다른 클립으로 전환하기 위해서는 각 클립에서 적절한 위치로 점프하기 위한 방법이 제공되어야 한다. 이러한 기능을 제공하기 위해 다른 클립으로 점프하는 위치를 가리키는 RAP(Random Access Points) 개념을 도입한다.

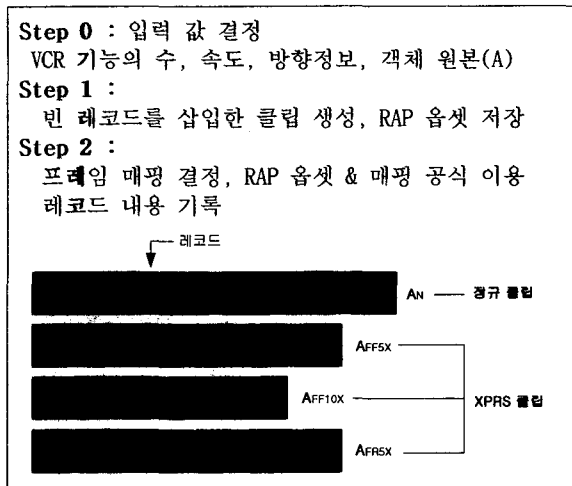


그림 1. 비디오 클립의 구성 및 RAP 매핑 삽입 과정

VCR 기능을 지원하기 위한 2가지 중요한 사항은 다음과 같다. 첫째, VCR 기능을 지원하기 위해 관련 정보로 구성된 RAP 매핑을 클립의 프레임 사이에 삽입한다. 둘째, 다른 클립으로의 전환을 정확하게 수행하기 위해 PM(Presentation Manager)은 사용자가 VCR 기능을 이용할 때 요구에 따라 삽입된 매핑을 해석하는 기능을 담당한다.

그림 1은 RAP 매핑을 삽입하는 3단계의 과정을 나타내고 있다. 지원할 수 있는 VCR 기능의 수와 속도 등을 결정 후 1단계에서는 빈 레코드가 삽입된 클립을 생성하고, 각 클립의 어느 부분에 빈 레코드가 삽입되어 있는지 등의 정보가 있는 RAP 읍셋을 저장하고 이 읍셋에 대한 정보를 저장하는 ROA(RAP Offset Array) 파일을 생성한다. 2단계에서는 ROA 파일에 저장된 읍셋 정보와 매핑 공식을 이용하여 다른 클립으로 전환시 어느 위치로 점프해야 하는지 등의 정보를 빈 레코드에 저장한다. 이 레코드의 정보를 이용하여 다른 클립으로 전환시 원하는 위치를 쉽게 찾을 수 있다[5].

사용자가 정규 클립이 디스플레이되고 있을 때 VCR 기능을 원할 경우 PM은 레코드에서 RAP 위치 교환 정보를 확인 후 정규클립의 프레임과 같은 위치에 해당하는 XPRS 클립의 위치로 전환된다. 이 파일에서 디스플레이가 진행되다가 사용자가 다시 정규 클립으로의 전환을 원하면 다시 PM은 레코드에서 RAP 위치 교환 정보를 확인 후 정규 클립으로 전환하게 된다.

#### 4. SR 응용 알고리즘 및 시스템 재구성

##### 4.1 SR 응용 알고리즘

SR 응용 알고리즘은 기존의 SR과 유사한 방식으로

VCR 기능을 지원하기 위해 만든 XPRS 클립에서 적용할 수 있는 알고리즘이다. SR은 저장공간의 효율성을 높이기 위해 액세스 빈도에 따라 각 객체의 인스턴스 수를 결정하는 것으로 정규 클립에서만 생각한 replication 방식이다. 정규 클립의 모든 블록은 액세스 빈도가 거의 일정하다. 하지만 XPRS 클립의 경우 사용자가 원하는 부분의 블록만을 이용하기 때문에 블록마다 액세스 빈도가 다르다. 즉, 기존의 SR을 XPRS 클립에 그대로 적용할 경우 저장공간의 효율이 떨어질 수 있다. AFF5X 클립이 10개의 블록(AFF5X0~AFF5X9)으로 이루어져 있다고 하자. 사용자는 이 10개의 블록에 대한 VCR 기능을 모두 원하지는 않을 것이다. 즉, 객체 전체를 5배 빠르게 보지는 않을 것이다. 기존의 SR 알고리즘을 응용하여 이 10개의 블록 중 AFF5X2의 액세스 빈도가 높고 AFF5X0의 액세스 빈도가 낮을 경우 AFF5X0 보다는 AFF5X2 블록을 많이 복제하는 방식이 SR 응용 알고리즘이다. 다시 말하면 N개의 객체가 있을 경우 각 객체에 대한 인스턴스의 수는 기존의 SR 알고리즘을 그대로 적용하고, 객체의 블록에 대한 인스턴스의 수는 SR 응용 알고리즘을 적용하는 것이다.

해밀턴 방법 또는 divisor 방법에 의해 결정된 객체 A의 최적의 인스턴스 수를 X라고 하면 그 객체의 각 블록에 대한 초기 인스턴스 수 Y는 다음과 같다.

$$Y = cX \quad -- (1)$$

여기서 c는 초기 XPRS 클립의 인스턴스 계수로서 관리자에 의해 임의로 결정되는 값이다. 이 초기 인스턴스 수 Y는 각 블록에 대한 액세스 빈도에 따라 해밀턴 방법 또는 divisor 방법을 적용하여 결정된다. 이 과정은 시스템 재구성에서 자세하게 다루어진다.

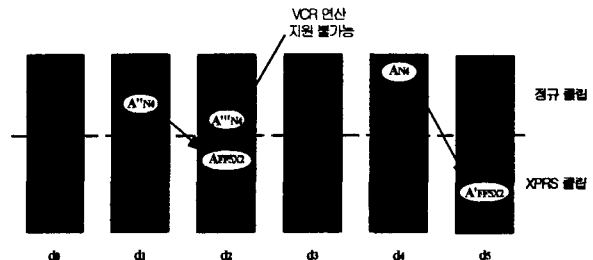


그림 2. VCR 기능 지원시의 hiccup 발생

그림 2는 저장 공간의 비효율적인 사용으로 인해 VCR 기능 지원시 hiccup이 발생하는 경우를 보여주고 있다. 기존의 SR 알고리즘을 적용한 비디오 클립이 4개의 인스턴스를 갖고 있는 정규 클립 AN과 2개의 인스턴스를 갖고 있는 XPRS 클립 AFF5X으로 구성되어 있고, 이 인스턴스들은 d0~d5의 디스크에 저장되어 있다고 하자. 그림에서 AFF5X0 블록의 액세스 빈도는 상대적으로 낮고 AFF5X2 블록의 액세스 빈도는 높을 때 저장 공간이 비효율적으로 사용되는 경우를 볼 수 있다. 정규 클립의 AN4에 해당하는 FF5X 클립이 AFF5X2라면 AN4를 이용하는 4명의 사용자중 3명이 FF5X의 VCR 기능을 원할 경우 hiccup이 발생할 수 있다. 즉, 한 명의 사용자는

VCR 기능 지원을 원할때 startup latency가 길어지는 불편함을 느끼게 될 것이다. 만일 이 경우에 SR 응용 알고리즘을 이용하였다면 상대적으로 액세스 빈도가 낮은  $A_{FF5X0}$  블록은 하나의 인스턴스, 액세스 빈도가 상대적으로 높은  $A_{FF5X2}$ 는 3개의 인스턴스를 갖도록 했을 것이다. 이처럼 SR 응용 알고리즘은 저장 공간을 효율적으로 이용할 수 있다.

**4.2 시스템 재구성**

주기적으로 액세스 빈도에 따라 객체의 인스턴스 수와 데이터 배치를 재구성하는 과정은 시스템의 성능을 최적화할 수 있다. 이러한 시스템의 재구성 과정은 그림 3과 같이 7단계로 이루어진다. 객체는  $N$ 개 ( $0 \leq A < N$ ,  $A$ 는 객체 리스트)가 있고, 객체  $A$ 는  $R(A)$ 개 ( $0 \leq B < R(A)$ ,  $B$ 는 객체  $A$ 의 블록 리스트)의 블록을 갖고 있다고 하자. 0단계는 시스템 구성 초기 단계로서 객체의 액세스 빈도를 정확하게 예측할 수 없기 때문에 객체  $A$ 의 예상 인기도 등에 따라 관리자에 의해 임의로 주어진다. 1단계는 시스템 재구성에 필요한 정보인 객체  $A$ 의 액세스 빈도  $F_A$ 와 그 객체  $A$ 의 각 블록의 액세스 빈도  $f_B$ 를 획득하는 과정이다. 시스템 구성 초기에 1단계에서는 0단계의 값  $F_A$ 를 이용한다. 2단계에서는 1단계의  $F$ 를 이용하여 객체  $A$ 의 최적의 인스턴스 수를 결정한다. 여기서 결정된 객체  $A$ 의 인스턴스 수를  $X$ 라 하면 그 객체의 각 블록에 대한 초기 인스턴스 수는 식 (1)에 의해 결정된다. 초기 시스템 구성 이후에는 각 블록의 액세스 빈도  $f_B$ 와 인스턴스 수는 6단계에서 1단계로 리턴되는  $f_B'$ 의 값에 의해 결정된다.

```

Step 0 : Informations of initial access frequency
Step 1 : for( $0 \leq A < N$ )
            $F_A$ 
           for( $0 \leq B < R(A)$ )
                $f_B$ 
Step 2 : Calculate # of instances (A, B)
Step 3 : Determine data placement
Step 4 : if(changes in access frequency)
           Goto step 5
           else(no changes in access frequency)
               Move initial stage of step 4
Step 5 : if(  $P > W$  )
           Goto step 6
           else(  $P < W$  )
               Return to step 4
Step 6 : Calculate new access frequency ( $F_A'$ ,  $f_B'$ )
           Output  $F_A'$ ,  $f_B'$ 
           Return to step 1
* Forced reconfiguration → Goto step 6
    
```

그림 3. 시스템 재구성 알고리즘

3단계에서는 2단계에서 결정된 인스턴스 개수를 이용하여 데이터 배치를 결정한다[2, 3]. 4단계에서는 객체 및 블록의 액세스 빈도  $F_A$ ,  $f_B$ 의 변화 유무를 점검하여 변화가 있을 시에는 5단계를 수행하게 된다. 5단계는 시스템의 재구성 여부를 결정하는 단계로 재구성을 할 경우 발

생하는 시스템의 성능 향상  $P$ 와 재구성시의 오버헤드로 인해 낭비되는 디스크 대역폭  $W$ 를 고려하여 시스템 재구성 여부를 결정한다. 시스템 재구성이 결정되면 6단계를 수행하게 되고 그렇지 않을 경우에는 4단계로 리턴하게 된다. 6단계에서는 강제 재구성 등을 고려하여 새로운 액세스 빈도인  $F_A'$ 와  $f_B'$ 를 계산하고 그 값을 1단계로 리턴하게 된다. 이 7가지 단계의 과정은 주기적으로 계속 반복된다. 관리자에 의한 새로운 객체 추가 및 기존의 객체 삭제시에는 기존의 액세스 빈도에 변화가 없더라도 6단계의 새로운 액세스 빈도를 계산하고 리턴해주는 과정이 반드시 수행된다. 블록의 액세스 빈도 계산은  $PM$ 에 의해 사용자가 VCR 기능을 사용할 때 매핑을 해석하는 과정에서 이루어진다.

**5. 결론 및 향후 연구 방향**

본 논문에서는 비디오 서버에서 startup latency를 줄이기 위한 replication 기술 및 VCR 기능을 지원하기 위한 기술의 개요에 대해서 설명하였다. 그리고 VCR 기능을 지원하기 위해 XPRS 파일에서 SR을 응용한 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 XPRS 파일에서 액세스 빈도에 따라 블록의 수를 다르게 하는 알고리즘으로 VOD 서비스의 효율성을 높여줄 수 있는 VCR 기능을 효율적으로 지원할 수 있다. 또한 SR과 SR 응용 알고리즘을 이용하여 시스템의 성능을 최적화하기 위한 재구성 과정 알고리즘을 제시했다. 향후 제시한 알고리즘에 대해서 통계적 데이터를 이용한 시뮬레이션을 통해 SR 알고리즘과 시스템 재구성 알고리즘에 대한 효율성을 분석하는 것이 요구된다. 또한 본 논문에서 제안한 알고리즘은 블록 skipping 기술을 지원하지 않기 때문에 향후 이 기술과 연계한 연구가 지속적으로 요구된다.

**참고문헌**

- [1] 최홍목, 박병수, 최명렬. "Hiccup-free 디스플레이를 위한 CM 서버상의 부분복제를 이용한 슬롯 예약 알고리즘" 2002년도 한국정보과학회 봄 학술발표논문집. 2002. 445-447페이지
- [2] S.H. Kim. "Replication Techniques to Minimize the Startup Latency of Continuous Media Servers." In Proceedings of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2001), July 2001.
- [3] S. Ghandeharizadeh, S. H. Kim, W. Shi, R. Zimmermann. "On Minimizing Startup Latency in Scalable Continuous Media Servers." In the Proceedings of Multimedia Computing and Networking Conference, Feb. 1997.
- [4] T.Ibaraki and N. Katoh. Resource Allocation Problems - Algorithmic Approaches. The MIT Press, 1988.
- [5] S. Ghandeharizadeh, R. Zimmermann, S. H. Kim, W. Shi, J. Al-Marri. "Scalable Video Browsing Techniques for Intranet Video Servers." In the Proceedings of the 7th Workshop on Information Technologies and Systems, Dec. 1997.