韓國情報敎育學會論文誌
第2卷 第1號 pp.10~18.

클러스터드 VOD 서버에서 가변 비트율을 고려한 스트라이핑 정책

이 재 호 · 김 종 훈* · 안 유 정**

인천교육대학교 컴퓨터교육과*, 홍익대학교 컴퓨터공학과**

A Striping Strategy Considering Variable Bit Rate in Clustered VOD Servers

Jae-Ho Lee, Jong-Hoon Kim*, and You-Jung Ahn**

Inchon National University of Education*, Hongik University**

Abstract

In a VOD server, media data are usually encoded by VBR compression technique such as MPEG, therefore, media stream rates vary. We propose a striping strategy called VCS considering VBR compression in Clustered VOD servers. Simulation are conducted to evaluate and compare the new strategy with a known striping strategy. The results show that the VCS strategy improves the performance.

Ⅰ. 서 론

최근 오디오와 비디오 데이터를 처리할 수 있는 멀티미디어 워크스테이션이 출현되고 ATM[1]과 Myrinet[2]와 같은 초고속의 네트워크들이 개발됨에 따라 주문형 비디오 시스템이 제안되고 있다[3]. 주문형 비디오 시스템은 영화, 비디오 게임, 방송 프로그램 등 각종 영상물을 컴퓨터에 데이터 베이스화한 다음 일반 가입자들에게 네트워크를

통하여 원하는 멀티미디어 정보를 제공하는 시스템이다. 그러나 이와 같은 기술을 현실화하기 위해서는 대용량의 데이터를 디스크 기억장치에 효율적으로 저장하고 있다가 보다 많은 사용자들에게 그들이 원하는 서비스를 제공하는 주문형 비디오 서버 기술의 지원이 있어야 한다[4]. 이와 같은 지원을 위한 노력은 여러 방면에서 시도되고 있는데 디스크 배치 방법이 이에 해당된다.

주문형 비디오 시스템에서 취급하는 비디오, 오디오 데이터는 텍스트 데이터에 비해 크기가 매우 크므로 압축 기법에 의해 압축되어 저장 · 관리된다. 현재 영상 데이터를 압축하는 가장 대표적인 표준으로는 MPEG [5, 6]을 들 수 있다. MPEG 표준과 같은 압축 기법에 의해 압축된 영상 데이터들은 프레임 단위로 인코드되어 디스크 상에 저장되는데 영화의 종류에 따라 다양한 비트율을 나타낸다.

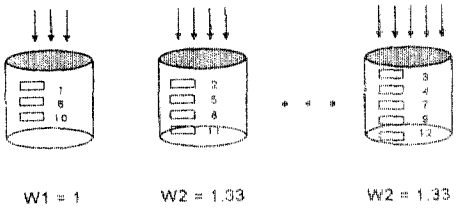
그러므로 본 논문에서는 가변 비트율을 지닌 압축된 데이터들의 특성과 이들이 저장될 디스크의 성능을 고려한 배치 정책을 제안하는데 특히 다수의 서버가 보유한 디스크들에 스트라이핑하는 것에 초점을 두었다. 본 연구에서는 클러스터드 주문형 비디오 서버 내의 다수의 디스크들을 성능별로 묶어 여러 디스크 그룹으로 구성하고 각 디스크 그룹마다 그 성능에 적합한 영상 데이터를 선택하여 저장한다. 이때 압축된 형태의 영상 데이터의 가변 비트율 특성을 고려하여 디스크 그룹을 선택한다. 제안한 정책의 효과를 검증하기 위해서 시뮬레이션을 통해 기존 스트라이핑 정책과의 성능을 비교한다. 성능 비교를 통해 본 논문에서 제안한 정책이 효율적인 성능을 나타내는 것을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 클러스터드 서버 환경에서 기존의 스트라이핑 정책들에 대해 살펴보고 3장에서 본 논문에서 제안한 스트라이핑 정책에 대해 설명하고 4장에서는 성능 평가를 위한 실험 환경을 기술하며 실험 결과와 분석 내용을 설명한다. 그리고 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

클러스터드 주문형 비디오 서버의 저장 시스템은 대규모의 디스크들이 디스크 배열의 형태로 구성되는 경향이 많은데, 전형적인 서버는 한 스트림에 의해 받은 작업 부하를 모든 디스크에 균등하게 분산하도록 데이터를 스트라이핑시키는 "all way" 스트라이핑 정책을 사용한다. 그러나 같은 스트라이핑 그룹내의 디스크들의 입출력 대역폭이나 저장 능력이 동일하다면 문제가 없지만 다를 경우, 지원 가능한 스트림의 수는 입출력 대역폭이 가장 낮은 디스크의 성능에 의해 제한되고, 그보다 성능이 높은 디스크들은 제한된 만큼 디스크 이용률이 저하된다. 이를 해결하기 위해 [7]에서는 "weighted striping"이라는 새로운 배치 기법을 제안하였다. 이 기법은 <그림 1>에서와 같이 디스크마다 성능을 기준으로 가중치를 계산하여 가중치 값에 비례하는 데이터 양을 디스크에 할당하도록 하는 스트라이핑 정책이다. 이 정책을 통해 디스크들은 각기 성능에 따라 작업 부하가 조절되므로 디스크 이용률을 더욱 높일 수 있게 되었고

그에 따라 기존의 배치 방법보다 더 많은 스트림들을 처리할 수 있게 되었다.



<그림 1> Weighted Striping 정책

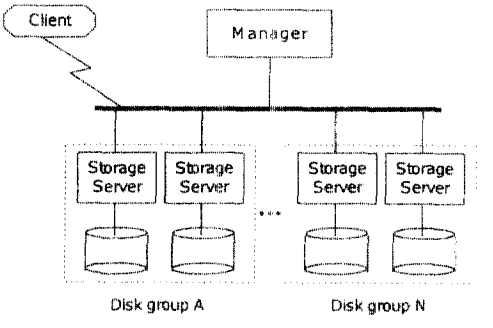
또 한 가지 고려해야 할 문제는 디스크 배열의 구조이다. 앞서 언급한 바와 같이 클러스터드 주문형 비디오 서버의 저장 시스템은 수십 내지 수백 개의 디스크들이 디스크 배열 형태로 구성된다. 기존의 배치 기법은 저장 시스템내의 모든 디스크들을 하나의 디스크 배열로 구성하는데, 이 기법에 따르면 한 디스크 배열을 구성하는 디스크 수가 적게는 수십 개에서부터 많게는 수백 개에 이르게 되므로 오히려 동시에 지원 가능한 스트림의 수를 떨어뜨릴 수 있다. 그래서 [8]에서는 하나의 디스크 배열에 디스크의 수를 어떻게 하느냐에 따라 나타나는 성능에 대한 연구를 하였다. 실험 결과에 의하면 총 디스크 수가 120일 때, 하나의 디스크 배열을 10개의 디스크로 구성하는 것이 가장 좋은 성능을 나타낸다. 따라서 하나의 디스크 배열을 구성하는 디스크 수가 많다고 꼭 좋은 결과를 내는 것이 아님을 알 수 있다.

Ⅲ. VBR을 고려한 스트라이핑 정책

본 장에서는 시스템 구조에 대해서 살펴보고 본 논문에서 제안한 스트라이핑 정책에 대해 살펴본다.

1. 시스템 구조

<그림 2>는 본 논문에서 가정하는 주문형 비디오 시스템의 구조를 나타낸 것으로 각 사용자를 클라이언트로 하고 서비스 제공자를 서버로 하는 클라이언트-서버 구조이다. 특히 서버는 저장 서버(storage server)와 관리자(manager)로 구성되어 있다. 저장 서버는 비디오 데이터를 검색하여 요청한 클라이언트에게 데이터를 보내주는 일을 담당하는 부분으로 디스크 효율을 높이기 위해 그룹화 하여 그룹내 다수의 디스크들에 스트라이핑하여 데이터를 저장하는데 구체적인 저장 방법은 뒤에서 언급한다. 관리자는 클라이언트의 요구들에 대한 관리와 처리를 하는 부분으로 요구에 대한 서비스가 가능한지를 검사하여 서비스를 지시하거나 큐잉하여 저장·관리한다.



<그림 2> 시스템의 구조

2. 가변 비트율을 고려한 스트라이핑 (VCS)

본 절에서는 본 논문에서 제안한 스트라이핑 정책을 설명하는데 우선 다수의 디스크를 그룹화하는 방법에 대해 살펴보고, 구성된 디스크 그룹에 데이터를 스트라이핑하는 방법으로 나누어 살펴본다.

(1) 디스크들의 그룹화

본 연구에서는 클러스터드 주문형 비디오 서버 내의 대규모의 디스크 배열을 보다 작은 규모의, 독립된 여러 개의 디스크 배열로 분할한다. 이때 디스크 분할의 기준이 되는 값은 각 디스크들의 입출력 대역폭으로 이 값이 유사한 디스크들 끼리 우선 그룹화한다. 그러나 입출력 대역폭을 기준으로 한 전체 디스크들의 성능이 유사할 경우 다수의 디스크들이 어느 한 그룹으로 집중될 수 있으므로 한 그룹 내의 디스크의 수는 [8]에서 제시한 최적의 값을 기준으로 근사치가 되도록 한다. 그러므로 경우에 따라 각 그룹의 디스크의 수는 조금씩 다를 수 있다.

총 디스크의 수를 D, i 번째 디스크의 평균 탐색 시간을 $Seek_i$, 평균 회전 지연 시간를 Lat_i, 단위 데이터 전송시간을 Tf_i 라고 할때, 각 디스크들의 입출력 대역폭을 기준으로 한 가중치 W_i는 식 (1)과 같다.

$$W_i = \frac{1}{Seek_i + Lat_i + Tf_i} \qquad (1)$$

D 개의 디스크들에 대해 W_i 값($1 \le i \le D$)이 모두 구해지면 값이 가장 유사한 것들끼리 묶어 그룹화한다. 디스크 그룹화 과정에서 사용되는 기본 알고리즘은 <그림 3>과 같으며, 이때 사용되는 기호에 대한 정의는 <표 1>과 같다.

```
Group_number = 1
for i = 1 to D do
        W_i = 1 / (Seek_i + Lat_i + Tf_i)
sort W1, W2, W3, ···, WD by descending order
Current_group = 0
for i = 1 to D do
  for j = 1 to Group_number do until
                    Current_group = 0
  begin
     Current_group = j
     if Partition_group[j] = ϕ
       grouping Wi in Partition_group[j]
       add 1 to Group_number
     else
     begin
       for { Wj in Partiotion_group[j] }
          if |Wj - Wi| > ε
            Current_group = 0
            break
       if Current_group != 0
          grouping Wi in Partition_group[j]
          exit              // exit for j //
     end                  // else //
  end                   // for j //
end                   // for i //

for j = 1 to Group_number do
 if (Partition_group[j].size div
     Optimal_partition(D).size) ≥ 2
   Repartition Partition_group[j] by
    (Partition_group[j].size div
    Optimal_partition(D).size) groups
```

<그림 3> 디스크 그룹화 알고리즘

(2) 스트라이핑 방법

앞 절에서는 디스크들을 성능별로 그룹화하여 독립된 여러 개의 디스크 배열을 구성하였다. 본 절에서는 각 영상 압축

<표 1> 디스크 그룹화 과정에 필요한 기호 정의

- D : 디스크들의 총 수
- W_i : i 번째 디스크의 가중치
- Group_number : 디스크들의 그룹 수
- Partition_group[j] : j번째 디스크 그룹에 속하는 디스크들의 집합
- Partition_group[j].size : j번째 디스크 그룹의 디스크 수
- Optimal_partition(D).size : 디스크 배열의 크기가 D일 때 최적의 partition size

데이터에 적합한 성능을 갖는 디스크 배열을 선택하여 배치하는 방법을 제안한다.

현재 영상 데이터를 압축하는 가장 대표적인 표준으로는 MPEG을 들 수 있다. MPEG 표준과 같이 가변 비트율 압축 기법에 의해 압축된 영상 데이터들은 프레임 단위로 인코드되어 디스크 상에 저장된다. 이 프레임들은 I 프레임, P 프레임, B 프레임으로 구성되며 매 작면마다 이 프레임들의 크기는 모두 다르다[5]. 특히 축구나 자동차 경기와 같은 스포츠 영상 데이터들일 경우에는 압축률이 낮아 다른 영상들과 비교해 프레임의 평균적인 크기가 큰 편이며, 스포츠나 뉴스, 액션 영화 등과 같이 움직임이 빠르거나 장면의 변화가 많은 영상일 경우에는 일반 영화들보다 평균 비트율이나 peak 비트율이 높다[6]. 이와 같이 다양한 크기를 갖는 프레임들을 디스크 상에 저장할 때 고려해야 할 기본 사항으로는 스트라이핑 단위의 크기와 이들의 배치 방법이라고 볼 수 있다. 스트라이핑 단위 블록의 크기는 고정적이거나 가변적일 수 있는데, 양쪽 모두 장단점을 지닌다. 먼저 스트라이핑시 고정적 크기의 단위 블록을 사용하는 경우에는 블록마다 동일한 byte 크기를 가지므로 구현이 쉬우며 특히 자료 수정이 빈번히 일어나는 경우 용이하다는 장점을 가지고 있다. 반면 가변적 크기의 단위 블록에는 고정된 수의 프레임들이 저장되는데, 이 경우 탐색 시간과 회전 지연상의 과부하가 있을 수 있으나 load balancing 정책을 사용할 수 있다. 앞 절에서 제시한 디스크 배열 환경에서 어느 쪽의 블록을 선택할 것인가는 또 하나의 연구 과제가 될 수 있으나 이에 대한 비교는 앞으로의 연구 과제로 남기고 본 연구에서는 고정 크기 블록을 사용한다.

다음에는 본 연구의 주된 관심인 영상 압축 데이터에 대한 배치 정책에 대해 기술한다. 기본 개념은 peak시와 평균 비트율이 높은 데이터일수록 디스크들의 가중치 W_i이 높은 디스크 배열에 배치하는 것이다. 저장하려는 영상 압축 데이터들의 총 수가 N이라고 할 때, 이 데이터들의 압축 과정에서 얻어지는 peak 비트율과 평균 비트율을 기준으로 그 값이 클수록 높은 우선 순위를 부여하고 우선 순위가 높은 영상 데이터부터 그에 맞는 디스크 배열을 선택하도록 한다. 이 과정을 위한 기본 알고리즘은 <그림 4>와 같다. 이 알고리즘은 각 영상 데이터들을 peak시의 비트율과 평균 비트율이 높을수록 우선순위를 높게하여 성능이 높은 디스크 배열에 할당한다. 이를 위해 영상 데이터마다 peak 비트율과 각 디스크 배열의 단위 시간 동안의 검색 및 전송량을 비교하여 할당 가능 여부를 결정한다. 이 알고리즘에서 사용된 각 기호에 대한 정의는 <

```
Sort video file v1, v2, v3, ··· vN
   by peak bit rate & mean bit rate
completed_group_no = 0

for k 1 to N do
 for i = completed_group_no+1 to
    Group_number do
 begin
      Pi
    if Σ USij ≥ VSk
      j=1
    begin
       for j = 1 to Pi do
            DCijk = Seekij + Latij + Tfij X Sk
                          Pi X Sk
       if Pbrk ≤ ------------------
                        max DCijk
                          j
         begin
            place kth encoded video data in
              ith disk array
            exit      // exit  for j loop //
         end      //  inner if  //
      end         //  outer if  //
    end       //  for i  //
   end       //  for k  //
```

<그림 4> 스트라이핑 알고리즘

표 2>와 같다.

Ⅳ. 실 험

1. 실험 방법 및 환경

본 장에서는 앞에서 제안한 스트라이핑 정책을 평가하기 위해 압축된 비디오 데이터와 디스크 배열에 적용하여 모의 실험을 수행한다.

실험에서 사용되는 영상 데이터로는 [6]에서 제공한 MPEG-1으로 압축된 15개의 영상 데이터들로, 이 데이터들을 분류해 보면 4편의 영화와 3편의 스포츠 경기, 2

<표 2> 스트라이핑에 필요한 기호 정의

· S_k - 우선순위 k 번째 영상 데이터의 스트라이핑 단위 크기
· VS_k - 우선순위 k 번째 영상 데이터의 총 크기
· Pbr_k - 우선순위 k 번째 영상 데이터의 peak bit rate
· P_i - i번째 디스크 그룹을 구성하는 디스크 수
· DC_{ijk} - i번째 디스크 그룹내의 j번째 디스크에서 k 번째 영상 데이터의 스트라이핑 단위 블록을 검색, 전송하는데 걸리는 시간
· completed_group_no - 할당이 끝난 디스크 그룹
· US_{ij} - i번째 디스크 그룹내의 j 번째 디스크에서 사용가능한 블록의 크기

편의 만화 영화, 2편의 TV 토크쇼, 뉴스, 코미디 프로 등으로 구성되는데 이들에 대한 자세한 사양은 <표 3>과 같다. 표에서 제시한 바와 같이 자동차 경주, 축구 경기와 같은 스포츠 종류는 움직임이 많아 압축률이 낮으며 그에 따라 평균 프레임 크기도 크고 peak시나 평균 비트율도 가장 높은 편이다. 그러나 Jurassic Park(dino)이나 The silence of the lambs (lambs) 와 같은 영화들은 움직임이나 화면 변화가 심하지 않아서 압축률도 크며, 그에 따라 peak시나 평균 비트율도 매우 낮다. 한편 영화라도 starwars와 같은 경우는 매우 다른데, 압축률이 비교적 낮고 평균 비트율도 낮지만 peak 비트율은 최고치를 나타낸다. 이와같은 현상은 영화의 어느 부분에선가 갑자기 작면 변화가 심하거나 움직임이 많아진다는 것을 의미한다.

앞에서 기술한 대로 본 연구에서는 데

<표 3> 모의실험에 사용된 영상 압축 데이터

제 목	압축률 X:1	평균프레임 크기(bits)	평균 비트율 (Mbps)	peak시 비트율 (Mbps)
asterix	119	22,348	0.59	1.85
atp(tennis)	121	21,890	0.55	1.58
dino(movie)	203	13,078	0.33	1.01
lambs(")	363	7,312	0.18	0.85
mr.bean	150	17,647	0.44	1.76
mtv	134	19,780	0.49	2.71
news	173	15,358	0.38	2.23
race	86	30,749	0.77	3.24
settop	305	6,031	0.15	0.27
simpsons	143	18,576	0.46	1.49
soccer	106	25,110	0.63	2.29
starwars	130	15,599	0.36	4.24
talk show1	183	14,537	0.36	1.00
talk show2	148	17,914	0.49	1.40
terminator	243	10,904	0.27	0.74

이터 스트라이핑시 고정 크기 블록을 사용하는데, 효율적인 블록의 크기는 각 비디오 데이터의 특성과 디스크 수에 따라 다를 수 있다. [8]에서는 지원가능한 클라이언트 수를 극대화하는 스트라이핑 단위 블록의 크기를 100~200 KB라 나타내고 있다. 따라서 본 실험에서는 실험의 대상이 되고 있는 15개의 비디오 데이터에 대해 각 peak 비트율과 평균 비트율을 고려하여 단위 블록의 크기를 정하되 이 데이터들이 저장될 디스크 수를 고려하여 그 범위를 100 - 200 KB 사이로 한정한다. 이와 같이 각 비디오 데이터마다 스트라이핑 블록의 크기가 정해지면 데이터들은 디스크 그룹화 과정을 먼저 거친 후 적합한 성능의 디스크 그룹에 할당된다.

모의 실험에서는 위의 영상 데이터들을 저장하기 위한 디스크들의 총 수를 10, 20, 30, 40, 50, 60으로 늘려가면서 이때마다 기존의 스트라이핑 정책과 새로 제안된 정책상에서의 지원가능한 최대 비디오 스트림 수를 구한다. 이때 클러스터드 주문형 비디오 서버를 구성하는 디스크 배열은 다음 <표 4>와 같이 네 종류의 디스크들로 구성된다고 가정한다.

<표 4> 디스크 배열을 구성하는 디스크의 종류

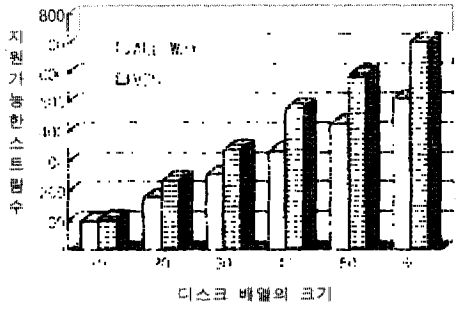
디스크 모델명	저장능력 (MB)	평균탐색 시간(ms)	평균 회전율 (ms)	단위데이터의 전송시간 (ms/KB)
Elite9	9090	11	5.56	0.144
Modalist	631	14	7.87	0.2
Hawk	1050	9	5.54	0.142
Barracuda1	2150	8	4.17	0.13

2. 실험 결과

본 절에서는 앞에서 기술한 실험 환경을 두 가지 스트라이핑 정책에 적용한 결과를 보인다. 즉, 본 논문에서 제안한 비디오 데이터의 가변 비트율을 고려한 스트라이핑 정책(이하 VCS)과 모든 디스크들을 하나의 대형 디스크 배열로 구성하고 비디오 데이터들의 특성을 고려하지 않은 기존의 스트라이핑 정책(이하 ALL-WAY)을 실험을 통해 비교한다.

먼저 표 4에 소개된 각 디스크의 종류마다 입출력 대역폭을 기준으로 한 가중치를 구해보면 Elite9, Modalist, Hawk, Barracuda1의 순으로 각각 0.06, 0.045, 0.068, 0.082이 된다. 이 디스크들의 총 수

를 10, 20, 30, 40, 50, 60으로 늘려 가면서 그때마다 VCS, ALL-WAY 두 정책을 적용했을 때, 동시에 지원가능한 스트림 수를 구하면 <그림 5>와 같은 결과를 얻는다. 실험 결과에서 확인할 수 있듯이 가변 비트율을 고려한 정책이 더욱 많은 서비스를 제공하는 효율적인 정책임을 알 수 있다.



<그림 5> 정책에 따른 지원가능한 스트림수

V. 결 론

본 논문에서는 클러스터드 주문형 비디오 서버에서 동시에 지원가능한 스트림의 수를 최대화하기 위한 스트라이핑 정책을 제안하였다. 주문형 비디오 시스템에서 취급하는 비디오, 오디오 데이터는 크기가 매우 크므로 MPEG과 같은 압축 기법에 의해 압축되어 저장되는데 영화의 종류에 따라 다양한 비트율을 나타낸다. 그러므로 본 논문에서는 가변 비트율을 지닌 압축된 데이터들의 특성과 이들이 저장될 디스크의 성능을 고려한 배치 정책을 제안하였는데 특히 다수의 서버가 보유한 디스크들에 스트라이핑하는 것에 초점을 두었다.

제안한 스트라이핑 정책에서는 클러스터드 주문형 비디오 서버 내의 다수의 디스크들을 성능별로 묶어 여러 디스크 그룹으로 구성하고 각 디스크 그룹마다 그 성능에 적합한 영상 데이터를 선택하여 저장한다. 이때 압축된 형태의 영상 데이터의 가변 비트율 특성을 고려하여 디스크 그룹을 선택한다. 제안한 정책의 효과를 검증하기 위해서 시뮬레이션을 통해 기존 "all way" 스트라이핑 정책과의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안한 정책이 더욱 많은 스트림을 지원하는 것을 확인하였다.

참고 문헌

[1] D. E. McDysan and D. L. Spohn, *ATM: Theory and Application*, McGraw-Hill, 1995.

[2] N. J. Boden et al., "Myrinet: A Gigabit-per-Second Local Area Network," *IEEE Micro*, 15(1): 29-36, February 1995.

[3] A. Heybey, M. Sullivan, and P. England, "Calliope : A Distributed, Scalable Multimedia Server," In *Proceedings of the USENIX 1996 Annual Technical Conference*, January 1996.

[4] D. Gemmell, H. vin, D. Kandlur, P. Rangan, "Multimedia Storage Servers : A Tutorial and Survey," *IEEE Computer*, 1995.

[5] 정제창, *"최신 MPEG,"* 교보문고,

1997.

[6] O. Rose, "Statistical Properties of MPEG Video Traffic and Their Impact on Traffic Modeling in ATM Systems," *University of Wurzburg Research Report Series No. 101*, February 1995.

[7] Y. Wang, D. H. C. Du, "Weighted Striping in Multimedia Servers," In *Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems*, pages 102-109, June 1997.

[8] P. J. Shenoy, H. M. Vin, "Efficient Striping Techniques for Multimedia File Servers," *University of Texas at Austin, Technical Report CS-TR-96-27*, 1997.