

디스크 배열로 구성된 VOD 서버에서 효율적인 VCR 기능 지원을 위한 참조 카운터 기반의 디스크 부하 균등 기법

권춘자[†] · 김근혜^{**} · 최황규^{***}

요 약

멀티미디어의 대표적인 응용분야인 VOD 시스템에서 사용자에게 효과적인 대화형 서비스를 제공하기 위해서는 고속 전진과 후진 서비스 등의 VCR 기능을 제공해야 한다. 지금까지 디스크 배열을 기반으로 하는 VOD 서버에서 이를 실현하는 방법으로써 세그먼트 인터리빙 기법이 주로 사용되고 있다. 그러나 세그먼트 인터리빙 기법은 일부 디스크에 대한 부하 편중 현상을 초래하여 사용자에게 대한 QoS의 보장이 어렵다는 단점을 가진다. 한편 이를 해결하기 위한 지금까지의 연구는 대부분 서로 다른 배속을 갖는 단일 사용자에 대한 경우가 대부분으로 같은 배속을 요청하는 여러 사용자들을 고려한 현실적인 경우에 대해서는 다시 부하 편중 현상이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 새로운 디스크 부하 균등 기법을 제안한다. 제안된 기법은 각 디스크마다 참조 카운터를 두고 이를 비교하여 상대적으로 참조 횟수가 적은 디스크를 우선적으로 선택함으로써 전체적인 디스크 부하의 균형을 이룬다. 시뮬레이션을 통한 성능 분석에서 제안된 기법은 기존의 방법들 보다 우수한 성능을 나타냄을 보인다.

A Disk Load Balancing Technique based on The Access Counter for Efficiently Providing VCR Functions in Disk Array Based VOD Servers

Chun Ja Kwon[†] · Geun Hye Kim^{**} and Hwang Kyu Choi^{***}

ABSTRACT

In a VOD system, it is desirable to provide the user with interactive VCR functions such as fast-forward and fast-backward. Typically, these functions can be implemented using the segment interleaving technique in disk array based VOD servers. But the segment interleaving may not ensure QoS of users because of the concentrated load within some disks. In this paper, we propose an efficient load balancing technique for evenly distributing the retrieval requests across the disks. The proposed technique maintains an access counter in each disk, which has the number of disk accesses. The fast-forward/backward can be achieved by choosing a segment to be accessed from the disk with the minimum number among the access counters. We conduct simulation experiments and then show that our proposed technique outperforms the previous ones.

Key words: 디스크 배열(disk array), VOD 서버(VOD server), VCR 기능(VCR function), MPEG, 부하균
등기법(load balancing technique)

접수일 : 2002년 2월 18일, 완료일 : 2002년 7월 9일
본 논문은 강원대학교 BK21 사업단 지원에 의한 연구 결과
의 일부임

[†] 한림정보산업대학 전산정보처리과 초빙교수

^{**} (주) 비씨카드 근무

^{***} 정희원, 강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수

1. 서 론

최근 저장 장치, 통신, 데이터 압축 기술의 발달로 가능해진 비디오, 오디오, 데이터, 그래픽 등 다양한 정보 표현 형태의 조합인 멀티미디어 응용 분야가 인터넷의 활용 증대에 따라 급속히 확산되고 있다. 특히 여러 종류의 멀티미디어 응용 분야 중 VOD (Video On Demand) 서비스는 기존의 TV나 유선 방송을 대체할 수 있는 획기적인 서비스 분야로 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며 여러 상용 제품들이 출현하여 널리 활용되고 있다[1]. VOD 서비스 사용자는 자신이 원하는 시간에 원하는 멀티미디어 정보를 인터넷이나 전용 통신망을 통하여 받아 보게 된다. 이때 VOD 서비스는 대용량 데이터의 실시간 처리와 많은 자원의 소비를 특징으로 하며, 대화형 사용자 서비스를 위한 삭제(delete), 갱신(update), 삽입(insert), 탐색(search) 등의 기능과 함께 재생(play), 후진재생(rewind), 고속 전/후진 재생(fast-forward/backward), 일시정지(pause), 정지(stop)와 같은 VCR 기능들을 지원해야 한다. 그러나 고속 후진이나 고속 전진 서비스 등과 같은 VCR 기능의 효율적인 지원을 위해서는 VOD 서버의 디스크 탐색 오버헤드, 다수 사용자를 위한 디스크 스케줄링, 서버의 저장 장치와 수신측의 버퍼 용량 제한, MPEG 압축 기법, 네트워크 상의 대역폭 제한 등 많은 문제점을 안고 있다[2].

VOD 서비스에서 서비스 대상인 비디오 데이터를 제한된 공간과 시간 내에서 실시간으로 처리하기 위해서는 여러 가지 압축 기술이 사용되는데 이들 중 MPEG (Moving Picture Expert Group)은 가장 일반적으로 사용되는 방법이다[3]. 그런데 MPEG 데이터 구조는 일반적인 정속 재생에는 적합하지만 임의의 프레임만을 선택하여 재생하기 위한 데이터 제어에는 부적합한 구조를 가지고 있다. 이에 따라 고속 재생 등의 VCR 기능 지원을 위하여 일반적으로 GOP (Group of Pictures)를 기본단위로 하는 세그먼트 인터리빙 방식을 사용한다. 그러나 세그먼트 인터리빙에 의한 고속 재생에서는 고속 재생의 정도와 VOD 서버가 보유하는 디스크 수에 따라 참조되는 디스크의 부하 편중 현상이 발생하여 특정 디스크에 부하가 집중되는 현상을 보일 수 있다[2,7-9]. 또한 VOD 시스템에서는 동시 발생하는 여러 요구를 병렬로 처리해야 하는 경우가 대부분이며, 이러한 부하 편중 현

상은 다른 서비스에도 영향을 미쳐 시스템의 전반적인 응답 속도를 저하시키고, 시스템의 서비스 질 (Quality of Service: QoS)을 보장할 수 없는 결과를 가져오게 된다[2][10-12].

이러한 디스크 배열 기반의 VOD 서버에서 VCR 기능 지원 시 발생하는 부하 편중 현상을 감소시키기 위하여 지금까지 연구된 방법으로는 라운드 로빈 기법, 세그먼트 샘플링 기법, 세그먼트 배치 기법[2], 소수 라운드 로빈 배치 기법[14] 등이 있다. 지금까지 연구된 이들 기법에서는 기본 가정으로써 하나의 비디오에 대하여 주어진 배속을 요청하는 사용자가 한 명인 경우만을 고려하였다[2][13-15]. 그러나 현실적인 VOD 서비스에서는 다수의 사용자가 하나 또는 여러 개의 비디오를 동시에 접근하는 경우가 대부분이며, 또한 하나의 비디오에 대해서도 주어진 몇 가지 배속 중에서 선택된 동일 배속으로 접근하는 경우가 일반적이다. 즉, 지금까지의 기법들에서는 하나의 비디오에 대하여 주어진 배속에 대한 단일 사용자의 경우 비교적 효과적인 부하 균형을 이룰 수 있으나, 여러 명의 사용자가 동일 배속을 요청했을 경우에는 약간의 부하 편중현상이 여러 명의 사용자에게 의한 누적 현상으로 인하여 부하의 균형이 깨지는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 여러 개의 비디오에 대한 다수 사용자의 동시 접근과 동일 배속을 갖는 다수 사용자에 대한 경우를 고려한 새로운 부하 균등 기법이 필요하다.

본 논문에서는 디스크 배열 기반의 VOD 시스템에서 VCR 기능 지원 시 여러 개의 비디오에 대한 다수 사용자에 대한 동시 접근과 동일 배속을 갖는 다수 사용자에 대한 동시 서비스의 경우에도 우수한 성능을 나타낼 수 있는 새로운 부하 균등 기법을 제안한다. 제안된 기법은 디스크마다 참조 횟수를 기록할 수 있는 카운터를 유지하여 고속 재생 시 이 카운터 값을 고려하여 참조될 세그먼트가 저장되어 있는 디스크를 선택한다. 즉, 다음에 참조될 디스크의 참조 카운터가 일정 범위 내에 있는 인접 디스크 보다 큰 경우 이들 디스크 중 제일 작은 카운터 값을 갖는 디스크를 선택하도록 하여 부하 편중을 감소시킨다. 이 카운터 값은 모든 사용자들의 서비스에 동시에 적용될 수 있으므로 동일 배속을 갖는 다수 사용자와 여러 비디오에 대한 다수 사용자 서비스에 대하여 부하의 균형을 이룰 수 있다.

본 논문은 먼저 2장에서 VOD 서버의 VCR 기능 지원과 관련된 최근의 연구들을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 디스크 참조 횟수를 고려한 새로운 고속 재생 기법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안된 기법에 대한 성능을 시뮬레이션을 통하여 비교 분석하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

VOD 서버에서 VCR 기능 지원을 위한 MPEG 비디오의 고속 재생은 디스크와 같은 시스템 자원의 소비가 일부 사용자에게 집중되어 다른 사용자에게 대한 시스템 응답 속도에 영향을 미친다. 따라서 일부 서비스의 시간 제약을 보장할 수 없는 경우가 발생하여 서비스의 질이 저하되는 직접적인 원인 중 하나가 된다. 최근 이러한 VCR 기능의 영향을 최소화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 대표적인 방법이 세그먼트 혹은 GOP 단위의 고속 재생 방법인 세그먼트 샘플링 기법이다. 본 장에서는 이러한 세그먼트 단위의 고속 재생 방법을 기반으로 하는 디스크 부하 균등 기법에 대한 지금까지의 연구 결과에 대하여 기술한다[2][7-15].

2.1 라운드 로빈(Round Robin) 기법

라운드 로빈 기법은 디스크 상에 세그먼트들을 차례로 순환하여 배치하고, 이를 고속 재생의 배속에 따라 일정 디스크 수 만큼씩 건너뛰면서 재생하는 방법이다. 이 기법은 부하의 편중에 대한 고려를 하지 않은 가장 구현이 간편하고 단순한 방법으로, VOD 서버가 보유하고 있는 디스크 수와 서비스할 고속 재생의 정도에 따라 일부 디스크만 참조하기 때문에 몇몇 디스크에 부하가 편중되는 현상을 보일 수 있다.

표 1은 라운드 로빈 기법으로 3, 4, 6배속의 고속 재생을 수행할 때 일부 디스크에 부하가 편중되는 예를 보인 것이다. 여기서, D_n 은 디스크 배열에서 각 디스크의 번호를 나타내며, 그 아래 행의 숫자는 각 디스크에 배치된 MPEG GOP 단위의 세그먼트 번호를 표시한다. 세그먼트 번호 위의 첨자는 해당 고속 재생 시에 참조되는 세그먼트를 나타낸다. 표 1에서 음영으로 표시된 항은 부하가 편중되는 디스크를 나타낸다[13].

2.2 세그먼트 샘플링(Segment Sampling) 기법

세그먼트 샘플링 기법은 디스크 상의 세그먼트 배치를 라운드 로빈 기법과 동일하게 하고 재생하는 순서만 변화시키는 방법이다. 즉, 주어진 배속으로 다음 세그먼트를 참조할 때 이전에 접근했던 디스크를 다시 접근하게 되면 임시로 배속을 변화시켜 참조할 디스크의 바로 이전 또는 이후의 디스크 내에 있는 세그먼트를 접근하는 기법이다[2]. 이때 모든 디스크가 각각 한번씩 참조되는 순환 주기를 라운드라 하며, 이 라운드를 주기로 하나의 디스크가 중복 참조되는 경우가 발생하면 바로 이전 또는 바로 이후 디스크를 교대로 하여 참조한다. 여기서, 라운드는 사용자들이 요청한 각각의 고속 재생 배속과 동일하다.

표 2는 3배속 고속 재생에서 디스크의 참조 순서를 보인 것으로서, 첫번째 라운드에서 동일 디스크의 참조가 발생하면 바로 다음 디스크를 참조함으로써 그 순간은 4배속의 고속 재생 서비스를 하고, 다음 라운드에서는 동일 디스크의 참조가 발생하면 바로 이전 디스크를 참조하여 그 순간은 2배속의 고속 재생 서비스를 한다. 그러나 세그먼트 샘플링 기법은 다른 관련 연구에서와 마찬가지로 고속 재생의 처리가 하나의 비디오에 대하여 단일 사용자 서비스만을 고려한 것으로, VOD 시스템의 경우 다수의 사용자

표 1. 라운드 로빈 기법의 고속 재생 예

디스크 번호	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8
1	$1^{3,4,6}$	2	3	4^3	5^4	6	$7^{3,6}$	8	9^4
2	10^3	11	12	$13^{3,4,6}$	14	15	16^3	17^4	18
3	$19^{3,6}$	20	21^4	22^3	23	24	$25^{3,4,6}$	26	27
4	28^3	29^4	30	$31^{3,6}$	32	33^4	34^3	35	36
참조횟수 합계	7	1	1	7	1	1	7	1	1

표 2. 세그먼트 샘플링 기법의 고속 재생 예

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1st round	1 ³	2	3	4 ³	5	6	7 ³	8	9
	10	11 ³	12	13	14 ³	15	16	17 ³	18
	19	20	21 ³	22	23	24 ³	25	26	27 ³
2nd round	28	29	30 ³	31	32	33 ³	34	35	36 ³
	37	38 ³	39	40	41 ³	42	43	44 ³	45
	46 ³	47	48	49 ³	50	51	52 ³	53	54

표 3. (4, 5, 6)배속 동시 서비스 시 세그먼트 샘플링 기법의 디스크 참조

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1	1 ^{4,5,6}	2	3	4	5 ⁴	6 ⁵	7 ⁶	8	9 ⁴
2	10	11 ⁵	12	13 ^{4,6}	14	15	16 ⁵	17 ⁴	18
3	19	20 ⁶	21 ^{4,5}	22	23	24	25 ⁴	26 ^{5,6}	27
4	28	29 ⁴	30	31 ⁵	32 ⁶	33 ⁴	34	35	36 ⁵
5	37 ⁴	38	39 ⁶	40	41 ^{4,5}	42	43	44	45 ^{4,6}
6	46 ⁵	47	48	49 ⁴	50	51 ^{5,6}	52	53 ⁴	54
참조횟수 합계	5	3	3	4	4	4	3	4	4

가 여러 개의 비디오에 대하여 동시에 고속재생을 요구하는 경우가 많으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 본 논문에서 제안하는 새로운 세그먼트 접근 기법은 세그먼트 샘플링 기법의 이와 같은 단점을 개선한 방법으로 여러 개의 비디오에 대하여 동시에 고속 재생을 요구하는 경우에도 부하의 균형을 이룰 수 있는 방법이다.

표 3은 4, 5, 6배속 고속 재생을 연속적으로 요구하였을 때 참조하는 디스크 변화를 보인 것으로, 비교적 고른 디스크 참조를 보이거나 D₀가 다른 디스크에 비해 최대 2번의 참조 횟수 차이를 나타낸다.

2.3 세그먼트 배치(Segment Placement) 기법

세그먼트 배치 기법은 세그먼트 샘플링 기법과 달리 고속 재생시 세그먼트를 참조하는 순서와 간격은 일정하게 유지하는 대신에 디스크 배열에 저장하는 방법을 변화시켜 부하 균형을 이루는 방법이다[2]. 세그먼트 배치 기법은 표 4에서와 같이 세그먼트들이 전체 디스크에 대해 순환적으로 배치되는 한 주기를 단위로 한 주기마다 한번씩 순환이동(shift-rotate)시켜 고속 재생시 반복 참조되는 디스크의 부하를 분산시키는 방법이다. 여기서, 순환이동의 횟수

가 디스크 수와 같아져 세그먼트 배치 순서가 다시 처음으로 돌아가는 시점을 라운드라 하며, 이는 디스크의 수와 동일하다. 표 4는 106개의 세그먼트에 대하여 3, 4배속 서비스를 연속으로 수행할 때 디스크 참조 횟수의 변화를 보인 것으로 일부 디스크에 부하의 편중이 발생함을 볼 수 있다.

2.4 소수 라운드 로빈 배치(Prime Round Robin Placement) 기법

소수 라운드 로빈 배치 기법은 임의 속도의 고속 탐색에 대한 특정 디스크의 병목 현상을 해소하기 위해 제안된 기법으로 탐색 속도에 따라 디스크들 중 일부 디스크만을 참조하는 기법이다. 즉, 현재 시스템이 보유하는 디스크의 수보다 작으며 가장 인접한 소수를 택하여 이를 가상 디스크 수로 하고, 선택된 디스크 내에서 라운드 로빈 정책에 따라 세그먼트를 배치한다[14]. 따라서 고속 재생의 정도에 따라 N개의 디스크 중 일부 디스크만이 참조 될 수 있다.

표 5는 소수 라운드 로빈 배치 기법을 적용한 고속 재생 탐색 과정을 살펴본 예로서 3, 4배속 서비스에 대해 일부 디스크에 부하 편중이 발생함을 볼 수 있다. 또한 소수 라운드 배치 기법은 VOD 서버의 대부

표 4. 세그먼트 배치 기법

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1st round	1 ^{3,4}	2	3	4 ³	5 ⁴	6	7 ³	8	9 ⁴
	18	10 ³	11	12	13 ^{3,4}	14	15	16 ³	17 ⁴
	26	27	19 ³	20	21 ⁴	22 ³	23	24	25 ^{3,4}
	34 ³	35	36	28 ³	29 ⁴	30	31 ³	32	33 ⁴
	42	43 ³	44	45 ⁴	37 ^{3,4}	38	39	40 ³	41 ⁴
	50	51	52 ³	53 ⁴	54	46 ³	47	48	49 ^{3,4}
	58 ³	59	60	61 ^{3,4}	62	63	55 ³	56	57 ⁴
	66	67 ³	68	69 ⁴	70 ³	71	72	64 ³	65 ⁴
	74	75	76 ³	77 ⁴	78	79 ³	80	81 ⁴	73 ^{3,4}
2nd round	82 ³	83	84	85 ^{3,4}	86	87	88 ³	89 ⁴	90
	99	91 ³	92	93 ⁴	94 ³	95	96	97 ^{3,4}	98
	107	108	100 ³	101 ⁴	102	103 ³	104	105 ⁴	106 ³
								
참조횟수 합계	5	4	4	12	9	4	4	8	13

표 5. 소수 라운드 로빈 배치 기법

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
세그먼트 번호(S ₀)	0 ^{3,4}	7	14	1	2	3 ³	4 ⁴	5	6 ³
	21 ³	28 ⁴	...	8 ⁴	9 ³	10	11	12 ^{3,4}	13
	...	...	...	15 ³	16 ⁴	17	18 ³	19	20 ⁴
	...	...	...	22	23	24 ^{3,4}	25	26	27 ³
세그먼트 번호(S ₁)	4 ⁴	5	6 ³	0 ^{3,4}	7	14	1	2	3 ³
	11	12 ^{3,4}	13	...	...	...	8 ⁴	9 ³	10
	18 ³	19	20 ⁴	21 ³	28 ⁴	...	15 ³	16 ⁴	17
	25	26	27 ³	...	...	...	22	23	24 ^{3,4}
	32 ⁴	33 ³	34	...	...	...	29	30 ³	31

참조횟수 합계	6	4	3	5	4	3	5	6	6

분 연산이 정속 재생이라는 점과 인기 있는 비디오나 특정 시간에 사용자 요구가 집중되는 비디오의 경우를 고려하면 디스크 공간 이용률 측면에서의 문제뿐만 아니라 시스템이 제공하는 디스크 대역폭을 충분히 활용하지 못하는 문제도 발생하게 된다[13].

3. 제안된 세그먼트 접근 기법

VCR 기능 지원 기법 중에서 대표적인 세그먼트 샘플링 기법을 포함한 대부분의 방법들은 기본 가정

으로써 하나의 비디오에 대하여 주어진 배속을 요청하는 사용자가 한 명인 경우만을 고려하였다[2,13-15]. 그러나 현실적인 VOD 서비스에서는 다수의 사용자가 하나 또는 여러 개의 비디오를 동시에 접근하는 경우가 대부분이며, 또한 하나의 비디오에 대해서도 주어진 몇 가지 배속 중에서 선택된 동일 배속으로 접근하는 경우가 일반적이다.

즉, 지금까지의 기법들에서는 하나의 비디오에 대하여 주어진 배속에 대한 단일 사용자의 경우 비교적 효과적인 부하 균형을 이룰 수 있으나, 여러 명의 사

용자가 동일 배속을 요청했을 경우에는 모든 사용자가 동일한 디스크 접근 패턴을 가지므로 약간의 부하 편중현상이 여러 명의 사용자에게 의한 누적 현상으로 인하여 부하의 균형이 깨지는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들어, 하나의 비디오에 대하여 3배속 사용자가 한 명일 때, 임의의 두 디스크에 대한 참조 횟수가 각각 2, 3인 경우에 동일 배속 사용자의 수가 2배로 증가하면 디스크 참조 횟수는 각각 4, 6으로 증가하여 참조 횟수 편차가 사용자 수에 비례하여 증가함을 알 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 여러 개의 비디오에 대한 다수 사용자의 동시 접근과 동일 배속을 갖는 다수 사용자에게 대한 경우를 고려한 새로운 부하 균형 기법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 단점을 개선한 기법으로서 각 디스크 참조 카운터를 두어 부하를 분산하는 방식의 새로운 세그먼트 접근 기법을 제안한다.

제안된 기법은 디스크마다 참조 횟수를 기록할 수 있는 카운터를 유지하여 고속 재생 시 이 카운터 값을 고려하여 참조될 세그먼트가 저장되어 있는 디스크를 선택한다. 즉, 각 세그먼트를 참조할 때마다 해당 디스크의 카운터 값을 증가시키고, 세그먼트를 참조할 때에는 다음에 접근될 디스크의 참조 카운터가 일정 범위 내에 있는 인접 디스크 보다 큰 경우 이들 디스크 중 제일 작은 카운터 값을 갖는 디스크를 선택하도록 하여 부하 편중을 감소시킨다. 이 카운터 값은 모든 사용자들의 서비스에 동시에 적용될 수 있으므로 다수 사용자에게 의한 여러 개의 서비스에 대하여 부하의 균형을 이룰 수 있다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 세그먼트 접근 알고리즘을 간단히 나타낸 것으로, 여기서 N은 디스크 수, M은 고속 재생을 위한 임의 배속, COUNT[N]은 N개 디스크 상의 참조 카운터를 나타내며, W는 M배속의 고속 재생시 디스크 상의 참조 카운터 값을 고려하여 배속을 임의 증감하기 위한 인접 디스크의 범위를 나타내는 참조 카운터 윈도우 크기를 말한다. 알고리즘은 먼저 현재 접근한 디스크(current_disk_no)에서 M배속 재생을 위한 디스크 번호(next_disk_no)을 정확하게 계산한 다음, $\pm W/2$ 범위에서 참조 카운터 값을 비교하여 최소값(min_count)을 찾는다. 그 다음에 이 카운터 값을 갖는 디스크(min_disk_no)를 찾아 카운터 값을 증가시키고 디스크 내의 세그먼트를 읽는다.

그림 2는 참조 카운터 윈도우 크기가 3인 경우 카운터 값을 고려하여 배속을 증가시키는 예를 그림으로 나타낸 것이다. 제안된 세그먼트 접근 기법은 고속 재생을 위해 참조할 세그먼트 디스크의 참조 횟수를 고려하여 동적으로 부하 균형을 이루게 함으로써 서비스 때마다 부하가 집중되는 디스크가 없고 각 디스크의 참조 횟수가 고르게 분포된다.

표 6은 본 논문에서 제안된 세그먼트 접근 기법을 적용한 예로 표 3의 세그먼트 샘플링 기법과 같은 조건인 4, 5, 6배속 연속 서비스시 디스크 참조 분포를 나타낸 것으로서, 세그먼트 샘플링 기법보다 더 균등한 디스크 참조 분포를 보인다.

```

int N;           /* 디스크 수 */
int M;           /* 고속 재생 배속 */
int W;           /* 참조 카운터 윈도우 크기 */
int COUNT[N];   /* 디스크 내의 접근 카운터 */

next_disk_no = (current_disk_no + M) % N;
min_count = MIN ( COUNT[next_disk_no - W/2] ~ COUNT[next_disk_no + W/2] );
min_disk_no = array index of min_count;
COUNT[min_disk_no] ++;

access the segment in the (min_disk_no)th disk;
    
```

그림 1. 제안된 세그먼트 접근 알고리즘

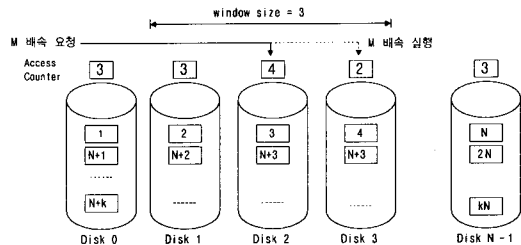


그림 2. 제안된 세그먼트 접근 기법의 예

4. 성능 분석

본 논문에서 제안된 새로운 세그먼트 접근 기법은 크게 두 가지 경우로 나뉘어 시뮬레이션을 통하여 그 성능이 분석되었다. 첫 번째로 서로 다른 배속

표 6. (4, 5, 6)배속 동시 서비스 시 제안된 세그먼트 접근 기법의 디스크 참조

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1	1 ^{4,5,6}	2	3	4	5 ⁴	6 ⁵	7 ⁶	8	9 ⁴
2	10	11	12	13 ⁴	14 ⁶	15	16 ⁵	17 ⁴	18
3	19	20 ⁶	21 ^{4,5}	22	23	24	25 ⁴	26 ^{5,6}	27
4	28	29 ⁴	30	31 ⁵	32 ⁶	33 ⁴	34	35	36 ^{4,5}
5	37	38 ⁶	39	40 ⁴	41 ⁵	42	43	44 ⁴	45 ⁶
6	47 ⁵	48	49 ⁴	50	51	52 ^{5,6}	53 ⁴	54	55
참조횟수 합계	4	4	3	3	4	4	4	4	4

을 갖는 각각의 단일 사용자들이 동시에 서비스되는 경우로 이는 대부분의 기존 성능 분석 연구에서 수행되어온 방법이다. 두 번째는 보다 현실적인 경우로서 동일한 배속을 갖는 여러 명의 사용자가 동시에 접근할 때의 성능 분석으로 이는 본 논문에서 제안한 기법의 장점을 보이기 위한 방법이다. 또한 보다 더 현실적인 상황으로는 위 두 가지 방법의 혼합 방법을 들 수 있으나 이에 대한 성능 분석 결과는 위 두 방법의 결과에서 쉽게 예측할 수 있으므로 설명을 생략하기로 한다.

4.1 다른 배속의 단일 사용자

서로 다른 배속을 갖는 단일 사용자들이 동시에 서비스되는 경우에 대한 성능 분석에서는 3명의 사용자가 동시에 세그먼트 참조 단위시간 간격으로 각각 3배속, 5배속, 7배속의 고속 재생 서비스를 요청한다고 가정한다. 이때 사용하는 디스크의 개수는 9개

로 총 90개의 세그먼트를 저장하고 있다고 가정한다.

시뮬레이션 결과로서 표 7은 세그먼트 샘플링 기법을 적용하였을 때 각 디스크에 대한 참조 횟수의 분포를 나타낸 것이고, 표 8은 서비스 시간의 진행에 따른 각 디스크의 참조 횟수의 변화를 보인 것이다. 표 8에서 여러 명의 사용자가 각기 다른 배속으로 서비스 받기를 원할 때 세그먼트 샘플링 기법을 사용하면 매 시간마다 디스크 참조 횟수의 분포가 각 디스크에 균등하게 배분되지 못하는 약간의 부하 편중 현상이 발생함을 알 수 있다.

표 9는 세그먼트 샘플링 기법과 같은 조건을 적용하여 본 논문에서 제안하는 세그먼트 접근 기법에 대한 시뮬레이션 결과를 각 디스크의 참조 횟수 분포로 나타낸 것이다. 또한 표 10은 서비스 시간의 진행에 따른 각 디스크 참조 횟수의 변화를 보인 것이다. 세그먼트 샘플링 기법을 적용한 표 7과 표 8의 결과와 비교하여 볼 때 매 시간마다 디스크 참조 횟수가 좀

표 7. 세그먼트 샘플링 기법에서의 각 디스크 참조 분포와 횟수

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1	1 ^{3,5,7}	2	3	4 ³	5	6 ⁵	7 ³	8 ⁷	9
2	10	11 ^{3,5}	12	13	14 ³	15 ⁷	16 ⁵	17 ³	18
3	19	20	21 ^{3,5}	22 ⁷	23	24 ³	25	26 ⁵	27 ³
4	28	29 ⁷	30 ³	31 ⁵	32	33 ³	34	35	36 ^{3,5,7}
5	37	38 ³	39	40	41 ^{3,5}	42	43 ⁷	44 ³	45
6	46 ^{3,5}	47	48	49 ³	50 ⁷	51 ⁵	52 ³	53	54
7	55 ³	56 ⁵	57 ⁷	58 ³	59	60	61 ^{3,5}	62	63
8	64 ⁷	65 ³	66 ⁵	67	68 ³	69	70	71 ^{3,5,7}	72
9	73	74	75 ³	76 ⁵	77	78 ^{3,7}	79	80	81 ^{3,5}
10	82	83	84 ³	85 ⁷	86 ⁵	87 ³	88	89	90 ³
참조횟수 합계	7	6	7	7	6	8	6	7	7

표 8. 세그먼트 샘플링 기법의 시간 변화에 따른 디스크 참조 횟수

	...	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D ₀	...	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D ₁	...	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₂	...	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7
D ₃	...	4	4	4	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D ₄	...	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₅	...	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	8	8
D ₆	...	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₇	...	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
D ₈	...	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7

표 9. 제안된 세그먼트 접근 기법의 디스크 참조 분포와 횟수

디스크 번호	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈
1	1 ^{3,5,7}	2	3	4 ³	5	6 ⁵	7 ³	8 ⁷	9
2	10	11 ³	12 ⁵	13	14 ³	15 ⁷	16	17 ³	18 ⁵
3	19	20 ³	21	22 ⁷	23 ^{5,3}	24	25 ³	26	27 ⁵
4	28 ³	29	30 ⁷	31 ³	32	33 ⁵	34 ³	35	36
5	37	38 ^{7,3}	39 ⁵	40	41 ³	42	43	44 ^{5,3}	45 ⁷
6	46	47	48 ³	49 ⁵	50	51 ³	52 ⁷	53	54 ^{5,3}
7	55	56	57 ³	58	59 ⁷	60 ⁵	61 ³	62	63
8	64 ³	65 ⁵	66 ⁷	67 ³	68	69	70 ⁵	71 ³	72
9	73 ⁷	74 ³	75	76 ⁵	77 ³	78	79	80 ^{7,3}	81 ⁵
10	82	83 ³	84	85	86 ⁵	87 ^{7,3}	88	89	90 ³
참조횟수 합계	6	7	6	6	7	7	6	7	7

표 10. 제안된 세그먼트 접근 기법의 시간 변화에 따른 디스크 참조 횟수

	...	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D ₀	...	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₁	...	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7
D ₂	...	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₃	...	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₄	...	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
D ₅	...	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
D ₆	...	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D ₇	...	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7
D ₈	...	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7

더 균등하게 분포함을 보인다. 여기서 윈도우의 크기는 모든 배속에 대하여 동일하게 3으로 하였다.

4.2 동일 배속의 다수 사용자

동일한 배속을 갖는 여러 명의 사용자가 동시에

접근하는 경우에 대한 성능 분석에서는 3배속과 7배속에 대하여 각각 1명, 5명, 10명의 동시 사용자가 접근할 때 세그먼트 샘플링 기법과 본 논문이 제안한 기법에서의 디스크 참조 횟수를 비교하여 부하 균형을 분석한다. 이때 사용하는 디스크의 개수는 20개로

총 500개의 세그먼트를 저장하고 있다고 가정하며, 제안된 기법의 경우 윈도우의 크기는 모든 배속에 대하여 동일하게 5로 하였다.

그림 3은 3배속에 대하여 각각 동시 사용자가 1명, 5명, 10명일 때 세그먼트 샘플링 기법과 제안 기법의 디스크 참조 횟수를 비교한 그래프이다. 여기서 디스크 참조 횟수는 디스크 D₀에서 출발한 사용자들이 연속적인 3배속 재생으로 500개의 세그먼트를 모두 재생한 후에 각 디스크의 참조 횟수를 누적한 값이다. 그림 3의 결과에서 동일 배속을 갖는 사용자가 증가하면 세그먼트 샘플링 기법의 디스크 참조 횟수는 점차 증가함을 볼 수 있다. 이는 단일 사용자의 경우에 비교적 고른 부하 균형을 이루고 있으나 동일 배속의 사용자가 증가할수록 약간의 디스크간 접근 횟수 차이가 누적되어 결과적으로 부하의 불균형을 초래한다. 그러나 제안된 기법의 경우 각 사용자의 참조 횟수를 동적으로 계산하여 횟수가 적은 주변의 디스크를 선택함으로써 동일한 디스크를 정적으로 접근하는 세그먼트 샘플링의 경우와 비교하여 우수한 부하 균형을 이룰 수 있음을 볼 수 있다.

그림 4는 7배속에 대하여 각각 동시 사용자가 1명, 5명, 10명일 때 세그먼트 샘플링 기법과 제안 기법의 디스크 참조 횟수를 비교한 그래프이다. 그림 4의 결과에서도 동일 배속을 갖는 사용자가 증가하면 세그먼트 샘플링 기법의 디스크 참조 횟수는 점차 증가하지만 제안된 기법의 경우 우수한 부하 균형을 이룰 수 있음을 볼 수 있다.

4.3 참조 카운터 윈도우 크기에 따른 부하 균등 효과

참조 카운터 윈도우 크기의 변화에 따른 부하 균등 효과의 비교 분석하기 위한 성능 분석에서는 10명의 동시 사용자에 대한 7배속 재생의 경우 윈도우 크기를 각각 3, 5, 7로 했을 때 각 디스크에 대한 부하 균등 효과를 비교 분석한다. 그림 5는 제안된 기법의 세그먼트 선택 과정에서 참조 카운터 윈도우 크기에 따른 성능 변화를 보인 것으로 디스크의 개수는 20개로 500개의 세그먼트를 저장하고 있으며, 참조 윈도우의 크기는 사용자가 요청한 정확한 배속에 따라 접근되어야 할 디스크를 중심으로 참조 카운터를 비교할 디스크의 수를 의미한다. 그림 5에서 보는 바와 같이 윈도우 크기가 클수록 비교의 폭이 넓어 보다 적은 참조 횟수를 갖는 디스크에 접근하므로 더 우수

한 부하 균등 효과를 나타낸다. 그러나 넓은 범위의 윈도우 크기는 사용자가 요구한 고속 재생 배속에서 너무 멀어질 수 있으므로 실험에서는 윈도우 크기를 고속 재생 배속의 최대 50% 이내로 제한하였다. 또한 제안된 기법과 같은 조건하에서 세그먼트 샘플링 기법을 적용하여 얻은 실험 결과와 비교할 때 제안된 기법이 보다 높은 부하 균등 효과를 나타냄을 볼 수 있다.

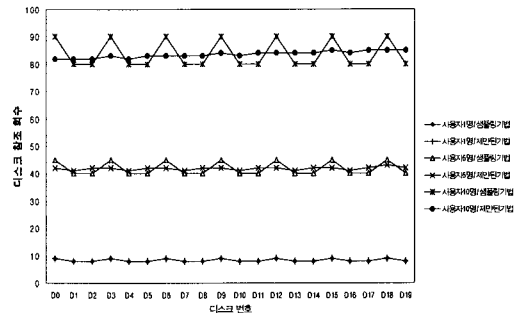


그림 3. 동일 배속에 대한 다수 사용자 서비스 시 디스크 참조 횟수 비교 (3배속인 경우)

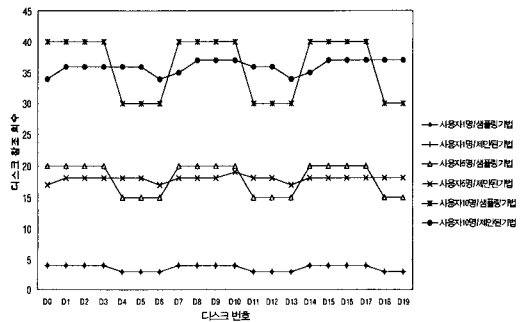


그림 4. 동일 배속에 대한 다수 사용자 서비스 시 디스크 참조 횟수 비교 (7배속인 경우)

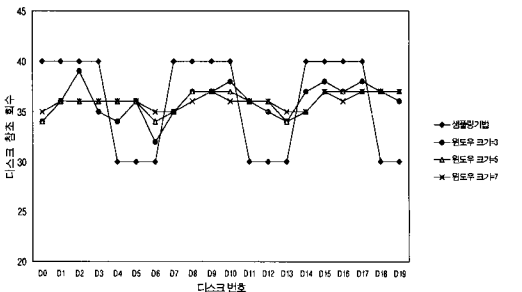


그림 5. 참조 카운터 윈도우 크기에 따른 부하 균등 효과 비교

5. 결 론

VOD 시스템에서 서비스 대상인 비디오 데이터를 제한된 공간과 시간 내에서 실시간으로 처리하기 위해 가장 일반적인 압축 방법인 MPEG을 사용한다. 그러나 MPEG 비디오 데이터는 일반적인 정속 재생에는 적합하지만 임의 프레임 재생을 위한 세그먼트 인터리빙 방식의 고속 재생에서는 고속 재생의 정도와 시스템이 보유하는 디스크 수에 따라 참조 디스크 편중 현상을 보일 수 있다. 또한 VOD 시스템에서는 동시 발생하는 여러 요구를 병렬로 처리해야 하는 경우가 대부분이므로 이러한 부하 편중 현상은 다른 서비스에도 영향을 미쳐 시스템의 전반적인 응답 속도를 저하시키고 시스템의 서비스 질(QoS)을 보장할 수 없는 결과를 가져온다는 단점을 갖는다.

본 논문에서는 동시 발생하는 고속 재생 서비스 시 디스크 부하 편중 현상을 감소시키기 위해 디스크마다 참조 회수를 기록할 수 있는 카운터를 유지하고 고속 재생 시 이 카운터 값을 고려하여 참조될 세그먼트가 저장되어 있는 디스크를 선택하는 새로운 세그먼트 접근 기법을 제안하였다. 즉, 각 세그먼트를 참조할 때마다 해당 디스크의 카운터 값을 증가시키고, 세그먼트를 참조할 때에는 다음에 접근될 디스크의 참조 카운터가 일정 범위 내에 있는 인접 디스크보다 큰 경우 이들 디스크 중 제일 작은 카운터 값을 갖는 디스크를 선택하도록 하여 부하 편중을 감소시킨다. 시뮬레이션을 통한 성능분석 결과에서 제안된 기법은 매 시간마다 각 디스크의 부하가 균등함을 보였으며, 여러 개의 고속 재생 서비스가 동시에 수행되는 경우에도 동적인 부하 균등을 보여 기존의 세그먼트 샘플링 기법에 비하여 더 우수한 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] D. Wu, Y. T. Hou, W. Zhu, Y. Q. Zhang, and J. M. Peha, "Streaming Video Over the Internet: Approaches and Directions," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 11, No. 1 Feb. 2001.
- [2] M. Chen, D. D. Kandlur, P. S. Yu, "Support for Fully Interactive Playout in a Disk-Array-Based Video Server," *Proc. of ACM Multimedia '94*, New York, Oct. 1994.
- [3] D.L. Gall, "MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications," *Communication of the ACM*, Vol. 34, No. 4, 1991.
- [4] C.W. Lin, J. Youn, J. Zhou, M.T. Sun, and I. Sodagar, "MPEG video streaming with VCR functionality," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 11, No. 1, Feb. 2001.
- [5] P. Shenoy and H. M. Vin, "Efficient Support for Scan Operations in Video Servers," *Proc. of the Third ACM Conf. on Multimedia*, 1995.
- [6] P. S. Yu, J. L. Wolf, and H. Shachnai, "Design and Analysis of a Look-ahead Scheduling Scheme to Support Pause-Resume for Video-on-Demand Applications," *SPIE Proceedings*, Vol. 2417, 1995.
- [7] J. K. Dey-Sircar, J. D. Salehi, J. F. Kurose, and D. Towsley, "Providing VCR Capabilities in Large-Scale Video Servers," *ACM Multimedia '94*, 1994.
- [8] B. Ozden, A. Biliris, R. Rastogi, and A. Silberschatz, "A Disk-Based Storage Architecture for Movie on Demand Servers," *Information Systems*, Vol. 20, No. 6, 1995.
- [9] D. B. Andersen, "A Proposed Method for Creating VCR Functions using MPEG Streams," *Proc. of IEEE Data Engineering Conf.*, 1996.
- [10] W. W. F. Poon and K. T. Lo, "Design of Multicast Delivery for Providing VCR Functionality in Interactive Video-on-Demand Systems," *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 45, No. 1, pp. 141-148, 1999.
- [11] K. C. Almeroth and M. H. Ammar, "The Use of Multicast Delivery to Provide a Scalable and Interactive Video-on-Demand Service," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 14, No. 6, 1996.
- [12] J. R. Santos, R. R. Muntz, and B. Ribeiro-Neto, "Comparing Random Data Allocation and

Data Striping in Multimedia Servers," *Proc. ACM SIGMETRICS 2000 Int'l. Conf. on Measurement and Modeling of Computer Systems*, Santa Clara, CA, June 2000.

- [13] 이승용, 이호석, 홍성수, "VOD 서버에서 연속 매체의 고속 재생을 위한 디스크 부하 균형 정책," 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제5호, 1997년 5월.
- [14] 권택근, 이석호, "대화형 실시간 세션을 위한 연속 매체 저장 서버," 한국정보과학회 논문지, 제22권, 제3호, 1995년 3월.
- [15] 홍명준, 박호균, 유황빈, "VOD상에서 VCR기능 제공 방법 설계 및 구현," 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제10호, 1997년 10월.



권 춘 자

1986년 2월 한양대학교 전자공학과(학사)
 1991년 2월 한양대학교 전자계산학과(석사)
 1991년 4월 ~ 1994년 4월 산업기술정보원 연구원
 2000년 3월 ~ 현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정

2002년 3월 ~ 현재 한림정보산업대학 전산정보처리과 조빙교수

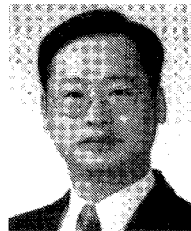
관심분야 : 멀티미디어 VOD 시스템, 데이터베이스 시스템, 클러스터 웹 서버 시스템 등



김 근 혜

1998년 2월 강원대학교 컴퓨터공학과(학사)
 2000년 2월 강원대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2000년 8월 ~ 2001년 8월 윤텔 근무
 2001년 9월 ~ 현재 (주) 비씨카드 근무

관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 정보검색, 인터넷 응용 등



최 황 규

1984년 2월 경북대학교 전자공학과(학사).
 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
 1989년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)
 1994년 7월 ~ 1995년 7월 Univ. of Florida Database R&D

Center 방문교수

1999년 3월 ~ 2001년 2월 강원대학교 전자계산소 소장
 1990년 3월 ~ 현재 강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수

2002년 8월 ~ 현재 Univ. of Minnesota 방문교수
 관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 클러스터 시스템, Intelligent Storage System 등