

# 비선형 편집기를 위한 디스크 어레이

김 경호, 이 영무, 박 규호

E-mail:kyhkim@core.kaist.ac.kr

한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 컴퓨터 공학 연구실

## A Disk Array for Nonlinear Editing System

Kyung Ho Kim, Young Moo Lee, Kyu Ho park

E-mail:kyhkim@core.kaist.ac.kr

Computer Engineering Laboratory, Electrical Engineering Department  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

본 논문에서는 비선형 편집기를 위해 구현한 디스크 어레이의 구조[1][2][3]에서 편집할 영상의 특성에 따라 최적의 시스템을 구현하는 방법을 성능 분석에 의해 제시한다. 비선형 편집기를 위한 디스크 어레이는 여러 노드로 구성되어 영상의 종류에 따라 확장성이 용이하며 각 노드는 2개의 SCSI버스에 14개의 디스크가 연결 가능하다. 이러한 구조의 시스템에서 디스크의 개수 및 노드의 수를 이용한 SCSI버스의 성능 분석 모델을 제시한다. 성능 분석은 노드 수 및 디스크의 개수에 따라 SCSI버스의 대역폭 및 디스크들의 검색 속도 비교 후 느린 부분을 찾도록 한다. 주어진 요구에 맞는 시스템을 설계하기 위해 성능 분석 모델을 이용한 최적의 자원을 갖는 비선형 편집 시스템 구현 방법을 제시하며 이를 이용한 무압축 NTSC 비선형 편집기의 설계 및 구현 예를 보인다.

## 1. 개 요

비선형 편집기는 고화질의 영상을 실시간 저장 및 임의의 순서로 편집된 저장된 프레임의 검색하는 기능을 갖는 장치로서 고속 및 고용량의 저장장치를 필요로 한다. NTSC급의 영상을 저장하기 위해서는 대략 100 Giga Bytes의 이 필요하며 33 ms에 900 KBytes 크기의 프레임을 임의의 검색할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 이미 구현한 비선형 편집기를 위한 디스크 어레이[1][2][3]의 성능 분석에 의해 최적의 자원을 갖는 디스크 어레이의 구현 방법을 소개한다. 전체 시스템의 성능은 각 노드의 SCSI버스 성능에 의해 얻을 수 있으며 각 SCSI버스에서의 성능은 디스크의 개수 및 전송 크기에 따라 버스의 성능을 얻을

수 있다.

제한된 비선형 편집기는 그림 1과 같은 구조를 가지며 전체 시스템을 관찰 할 수 있는 호스트와 저장 노드들로 구성된다. 호스트에는 편집 시스템을 위한 파일 시스템이 있으며 호스트에서 편집된 내용을 재생하기 위해 영상의 주소를 실시간으로 각 노드의 노드 제어기에 보낸다. 각 노드는 호스트에서 받은 주소를 디스크들의 주소로 변환하여 디스크에서 임의의 영상을 모니터 쪽으로 실시간 전송을 한다. 우리의 제안은 여러 디스크 제어 노드에서 수집된 데이터를 고속 데이터 버스를 통하여 파이프라인방식으로 출력 할수 있도록 한 것을 특징으로 한다.

## 2. 시스템 설계

방송용 편집기에서 다루는 영상은 수 MB/s에서 수백 MB/s 이상의 다양한 대역폭을 필요로 하기 때문에 이들을 저장, 편집해야 하고 임의의 프레임 재생해야 하기 때문에 저장 시스템의 대역폭 및 용량을 수용하는데 있어서 유연성이 있어야 한다. 이런 기능을 갖도록 하기 위해서는 시스템이 데이터를 병렬 처리하여야 하며 영상의 종류에 따라 유연하게 처리 방식의 변화가 가능하여야 한다.

병렬처리에 참여하는 각 노드는 노드를 제어할 수 있는 노드 제어기와 두개의 SCSI 채널을 갖으며 SCSI 채널에는 다수의 디스크가 연

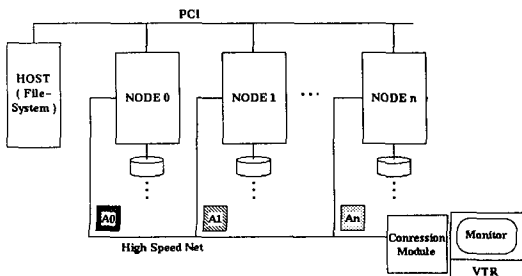


그림 1 비선형 편집시스템의 구조

결될 수 있다. 노드 제어기는 SCSI제어기를 관할하여 디스크의 데이터를 SCSI채널을 통해서 받아서 High Speed Net 인터페이스로 데이터를 입출력하고 이것은 다시 모니터 또는 녹화기로 입출력 된다. Net 인터페이스 모듈은 버퍼를 가지고 있는데 이것의 크기가 Net을 이용한 파이프라인 방식의 병렬처리를 위해, SCSI채널에 연결된 디스크의 수와 각 디스크가 전송하는 데이터의 크기(chunk\_size)와 함께 성능을 결정하는 중요한 변수가 된다.

$N_{SCSI}$ : 전체시스템의 SCSI 채널 수

$B_{Video}$ : 영상의 대역폭

$m$ : 최소 프레임 허용 갯수

$K$ : 영상의 초당 재생 프레임 수

위와 같은 파라미터가 주어질 때, 노드당 버퍼 크기는 프레임을 노드의 수로 나눈 만큼의 크기가  $m$ 개 저장 될 수 있어야 하며 이러한 크기가 디스크로부터 읽어 오는 데이터와 net으로 소모하는 데이터를 위해 두 배가 필요하므로 다음과 같다.

$$\frac{B_{Video} \cdot m \cdot 2}{K \cdot N_{SCSI}}$$

시스템 성능 분석을 위해서 다음의 파라미터를 추가로 정의할 때,

$n$ : SCSI 채널당 디스크 수

$B_{SCSI}$ : SCSI버스의 대역폭

$B_{Disk}$ : Disk Drive의 최소 대역폭

$L_{Seek}$ : Disk Seek Latency(worst case)

$L_{Rot}$ : Disk Rotational Latency(worst case)

$m$ 개의 프레임 조각을 디스크에서 메모리로 전송하는 동안 일어날 수 있는 디스크 헤드의 움직임은 최대 한번 일어난다. 따라서  $m$ 개의 프레임 조각을 전송하는데 걸리는 시간은 다음과 같다.

우선 SCSI 버스의 대역폭이 버스에 달려 있는 모든 디스크의 대역폭의 합보다 클 때 다음과 같은 식이 나온다.

$$L_{Seek} + L_{Rot} + \left( \frac{B_{Video}}{k \cdot N_{SCSI}} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{B_{Disk}} \right) \cdot m$$

, when  $\frac{1}{B_{SCSI}} < \frac{1}{B_{Disk} \cdot n}$  식 1

이것은 디스크 드라이브들의 대역폭의 합이 작기 때문에 가장 느린 쪽은 디스크 드라이브가 되기 때문이다. 따라서 하나의 디스크 드라이브의 전송시간을 전체 디스크 드라이브의 전송 시간을 알 수 있다. 여기에 디스크 드라이브의 seek time과 rotational time이 추가되면  $m$ 개의 프레임 전송하는데 필요한 시간을 구할 수 있다. 그러나 만약 디스크 드라이브의 수  $n$ 이 커져서 SCSI 버스의 속도에서 병목 현상을 보이게 되면 전체 전송 속도는 SCSI 버스의 전송 속도에 의해 좌우가 됨을 알 수가 있다. 그 경우 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\left( \frac{B_{Video}}{k \cdot N_{SCSI}} \cdot \frac{1}{B_{SCSI}} \right) \cdot m$$

, when  $\frac{1}{B_{SCSI}} > \frac{1}{n \cdot B_{Disk}} + (L_{Seek} + L_{Rot}) \frac{K \cdot N_{SCSI}}{B_{Video}}$  식 2

즉  $m$ 개의 프레임 전송할 때 모두 SCSI의 대역폭을 전송을 하는데 시간을 구하면 된다. 그러나, 위의 두 경우의 중간 단계로 데이터를 디스크의 연속적인 구간을 검색할 때는 SCSI 버스가 병목 현상을 보이지만 Seek time과 Rotational Time에 의해 디스크 드라이브에서 가장 느리게 되는 구간이 있다.

그 구간은 다음과 같은 식으로 표현이 된다.

$$\frac{B_{Video}}{k \cdot N_{SCSI}} \cdot \frac{1}{B_{SCSI}} \cdot (m-1) + (L_{Seek} + L_{Rot}) + \frac{B_{Video}}{k \cdot N_{SCSI}} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{B_{Disk}}$$

, when  $\frac{1}{n \cdot B_{Disk}} < \frac{1}{B_{SCSI}} < \frac{1}{n \cdot B_{Disk}} + (L_{Seek} + L_{Rot}) \frac{K \cdot N_{SCSI}}{B_{Video}}$  식 3

즉  $m-1$  프레임 전송할 때는 SCSI 버스에서의 전송속도를 구하면 되지만, 1 프레임 전송할 때만 디스크 드라이브의 전송 시간을 구하는 것이다.

위의 세 식은  $m$ 개의 프레임 전송하기 위한 시간이다. 따라서 두 개의 메모리 모듈에서 net과 전송을 하고 있는 메모리의 데이터 전송이 끝나기 전에 디스크 I/O의 진행을 끝을 내야 한다.  $m$ 개의 프레임 전송하는데 걸리는 시간은  $\frac{m}{k}$  초가 되기 때문에 위의 모든 식은 이 시간보다 작아야 한다. 또한 전체 디스크의 수는  $n \times N_{SCSI}$  이고 전체 노드 수는  $\frac{N_{SCSI}}{2}$ 가 된다. 여기서 위의 세 부등식을 갖는 식에서  $n \times N_{SCSI}$  값이 최소가 되도록 한다.

그림 2는 식 1, 2, 3을  $\frac{m}{k}$  과 부등식을 이용해 최적의 디스크 수와 노드 수를 얻기 위해 나타낸 그래프이다. 그림 2에서 영역 1, 2, 3, 은 각각 식 1, 2, 3과  $\frac{m}{k}$ 의 등호관계에 의해 생긴 영역이 좁은 선이며 그래프에서 어두운 부분은 식의 부등호를 나타내고 있다. 그림 2의 굵은 선과 영역은 사용하려는 영상의 종류와 디스크 드라이브의 종류 그리고 임의의 프레임의 재생 시 허용하는 연속하는 최소의 프레임 수에 따라 그래프의 모양이 달라지지만 모양은 같은 형태를 유지한다. 영역 1에서는 식 1의 등호를 이루는 부분이  $n \times N_{SCSI} = Constant$ 의 형태를 취하고 있다. 이것은 이 영역에서는 SCSI 채널에서 성능의 병목현상이 디스크에서 생

기기 때문에 SCSI버스의 디스크의 개수에 관계없이 전체 디스크의 수가 같으면 항상 같은 성능을 보임을 알 수 있다. 그러나 영역 2, 3은 SCSI채널의 성능은 SCSI 버스에 의해 좌우되므로 채널의 디스크의 수가 많아지더라도 채널의 성능은 크게 변하지 않기 때문에 전체 시스템의 입장에서는 노드수가 같을 때 디스크의 수가 늘더라도 성능은 큰 변화가 없다는 것을 알 수가 있다.

그래프를 통해 최적의 시스템을 구현하기 위해서는  $n \times N_{SCSI} = I$ ,  $I$ 는 정수}의 그래프가 어두운 영역을 지나는 부분에서 최소값을 구해야 한다. 그림 2에서는  $n \times N_{SCSI} = a$ 와

$n \times N_{SCSI} = a - 1$  의 그래프가 그려져 있다.  $n \times N_{SCSI} = a$  그래프는 어두운 영역을 지나고 있으나  $n \times N_{SCSI} = a - 1$  그래프는 그렇지 않기 때문에 이 시스템에 필요한 총 디스크의 수는  $a$  가 된

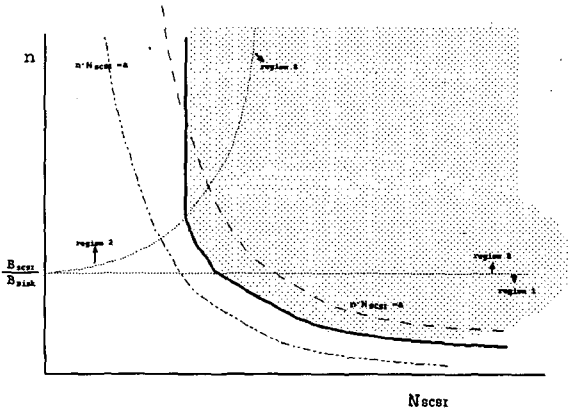


그림 2 식 1, 2, 3을 이용한 최적의 디스크 수와 노드 수를 구하는 그래프

다.  $a$  가 정해지면 다음으로는  $N_{SCSI}$  의 수를 구한다.  $N_{SCSI}$  는 작을수록 전체 노드의 수가 작게된다. 따라서 만족하는 영역에서  $N_{SCSI}$  가 가장 작은 정수를 이용해 시스템을 구현하면 최적의 시스템이 된다. 그러나, SCSI 채널 에 연결될 수 있는 디스크의 수는 한정되어 있기 때문에 구해진  $N_{SCSI}$  에 해당하는  $n$  값이 이 제한을 벗어나는지를 알아야 한다. 여기서  $N_{SCSI}$  의 값이 홀수가 되면 전체 노드 중에서 한 노드는 단일 SCSI 채널을 갖게 되며 메모리는 다른 노드의  $\frac{1}{2}$  크기로 구현이 이다. 위의 과정을 간단히 순서로 말하면 우선 식 1과  $\frac{m}{k}$  의 등식을 이용하여  $[n \times N_{SCSI}]$  의 값을 구한다. 그 값을 이용해  $N_{SCSI}$  이 작은 값을 갖는  $N_{SCSI}$  과  $n$  의 쌍을 식 1과 식 2, 식3에 대입하여  $\frac{m}{k}$  보다 작은 시간이 나오면 그 값으로 결정한다. 이때 구해진  $n$  값이 SCSI버스의 제한 개수를 넘게 되면  $N_{SCSI}$  값을 1 증가시키면서 식을 만족시킬 때까지 반복한다.

### 3. 사례 연구

제안된 시스템을 사용하여 비선형 편집기를 위한 디스크 어레이를 구현한 예는 다음과 같다.

사용한 디스크 드라이브는 SEAGATE사의 ST19171W 모델이며 NTSC영상을 사용하였다. 이때 사용되는 파라미터는 다음과 같다.

- $B_{SCSI} : 40MB/s$
- $B_{Disk} : 7.8MB/s$
- $L_{Seek} : 17ms$
- $L_{Rot} : 8.4ms$
- $m : 1$
- $B_{Video} : 27MB/s$
- $K : 30$

이때 식 1 과 으로부터  $\frac{m}{k}$  의 등호로부터  $[n \times N_{SCSI}] = 16$  를 구했다.  $n$  값이 7이상일 수 없기 때문에  $N_{SCSI} = 4$ 로 하였다. 이 경우에 노드 2개에 디스크 16개를 채널당 4개씩 연결함으로써 시스템을 완성하여 실제 성능이 나옴을 알 수 있었다.

### 4. 결론

본 논문에서는 비선형 편집기를 위해 구현한 디스크 어레이의 구조 [1][2][3]에서 편집할 영상의 특성에 따라 최적의 시스템을 구현하는 방법을 성능 분석에 의해 제시한다. 디스크 어레이의 구조는 2개의 SCSI 버스에 14개의 디스크가 연결 가능한 저장 노드로 구성되어 있다. 이러한 시스템의 성능은 개별 SCSI버스의 성능에 의해 결정되며, SCSI버스의 성능은 디스크의 개수 및 전송 크기에 SCSI버스 및 디스크들의 성능 병목 현상을 찾음으로써 얻어낼 수 있다. 이와 같은 분석을 이용하여 무압축 NTSC 영상의 편집 기능을 만족하면서 최적의 자원을 갖는 시스템을 구현하였다.

### 5. 참고 문헌

- [1] 김경호, 이창규, 백승훈, 여지희, 박규호, "HDTV 비선형 편집기를 위한 운영 소프트웨어", 인간과 컴퓨터 상호작용 연구회 회보 8권 1호, pp. 308-315, 1999.
- [2] Se Jeong Park, Y.M. Lee, K.H. Kim, Y.S. Kim, J.Y. Hwang, C.K. Lee, S.H. Baek, J.H. Y대, J.H. Lee, and K.H. Park, "A Video Disk Array for Uncompressed HDTV Signal", in Proceedings of International Workshop on HDTV '98, pp. 211-218, October, 1998.
- [3] 백승훈, 김경호, 박규호, "병렬 디스크 시스템의 모델링 및 모의 실험", in Proceedings of the 25th KISS Fall Conference, pp. 33-35, 1998.
- [4] C. Ruemmler and J. Wilkes, "An Introduction to disk drive modeling", IEEE Computer, vol.77, no.12, pp.1842-1858, December 1989.
- [5] F. Schmidt, The SCSI bus and IDE Interface. ADDISON-WESLEY, 1993.
- [6] P. V. Rangan and H. M. Vin, "Efficient storage techniques for digital continuous multimedia," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol.5, no.4, pp.564-573, August 1993.