

웹컴퓨팅을 이용한 병렬 분산 MPEG-2 인코더의 설계 및 오버헤드 분석

석종인, 장주욱

서강대학교 전자공학과 컴퓨터 구조 연구실

jjiseok@eeca1.sogang.ac.kr, jjjang@ccs.sogang.ac.kr

Design and Overhead Analysis of A Parallel MPEG-2 Encoder using Web Computing

Jong-In Seok, Ju-Wook Jang

jjiseok@eeca1.sogang.ac.kr, jjjang@ccs.sogang.ac.kr

요약

소프트웨어로 실시간 구현이 어려운 MPEG-1, MPEG-2 인코딩을 LAN이나 전용선에서 클러스터 컴퓨터나 병렬 처리로 구현한 연구가 있어 왔다. 네트워크의 대역폭이 증가하고 라우터가 고속화됨에 따라 본 논문에서는 MPEG-2인코딩을 WAN으로 확장하는 기법을 제안하고 실험을 통하여 속도 개선 효과를 입증하였다.

1. 서론

MPEG-2 비디오 인코딩[1]은 표준화된 범용 압축 알고리즘으로, MPEG-1 비디오 인코딩을 개선시키면서 옵션들을 마련하여 응용분야에 따라 이들을 적절히 선택 사용하도록 하고 있다. 현재의 디지털 전송 기술은 17-20Mbps으로 부호화된 데이터가 하나의 6MHz의 채널로 전송이 되고 있다. 이런 전송이 필요한 HDTV는 기존의 NTSC 보다도 대략 6배의 전송 대역폭이 필요하다. 이를 해결 하기 위해 압축율이 높고 응용 범위가 넓은 MPEG-2를 채택하고 있다.

MPEG-2 인코딩의 문제점은 표1 에서와 같이 다양한 압축 방식으로 인하여 MPEG-2의 인코딩 시간은 MPEG-1보다 약 2배정도 걸린다. HDTV에 주로 사용되는 1440×1152 정도의 크기의 1초분의 동영상(60 frame)을 팬티엄II-333MHz에서 인코딩 하는데도 30분 정도의 시간이 걸리게 된다.

본 논문은 한국과학재단의 특정기초연구 (과제번호: 97-0102-02-01-3) 지원을 받았음

본 논문에서는 소형 컴퓨터로 이루어진 인터넷 환경을 이용하여 MPEG-2 인코더를 효율적으로 분산 병렬화하여 인코딩 시간을 단축하였다. 본 논문을 통해서 구현된 WAN을 이용한 병렬 분산 환경은 인터넷상에 존재하는 유휴 컴퓨팅 자원들을 이용하여 다양한 종류의 응용문제들을 효율적인 수행을 가능하게 할 것이며, 차세대 표준 분산 병렬 컴퓨팅 환경의 개발에 많은 도움을 줄 것이다.

병렬 혹은 분산처리를 통한 MPEG-1 와 MPEG-2의 인코딩에 대한 시도가 있어왔다. 버클리 대학은 NOW (Network of Workstation)에서 MPEG-1 인코딩 속도 개선에 대한 시도로 8개의 프로세서로 구현하여 7.5배의 성능 향상을 보였다. [1] 코넬 대학의 분산처리 시스템의 40개의 워크스테이션을 이용한 MPEG-1 의 병렬 처리하여 40개의 서버로 19배 정도의 성능 향상을 얻었다.[3] Hong Kong 대학에서는 MPEG-2를 프레임 단위로 병렬 처리하여 330개의 프로세서의 사용으로 250배 정도의 인코딩 성능 향상을 보였다. [2] 그러나 이들 연구는 전용의 고속 시스템 버스를 사용하거나 LAN을 기반으로 한 것이어서 WAN을 기반으로 하는 본 연구와 근본적으로 다르다.

그러나, 전용 버스는 고가의 병렬 처리 컴퓨터로 일반인의 접근이 어려운 단점이 있다. LAN을 이용할 경우 LAN으로 연결된 컴퓨팅 자원만 이용 할 수 있어 다른 서브넷에 있는 컴퓨팅 자원을 이용하기 어렵다. 본 논문에서 제안하는 WAN을 이용한 병렬처리 방식을 이용하면 인터넷상에 분포되어 있는 유휴 컴퓨팅 자원의 효율적인 자원 관리가 가능하다.

WAN을 이용할 경우 라우터에서의 지연이 지연시간에 더해진다. 본 논문에서 TCP 전송 실험을 LAN과 라

우터 한개를 포함하는 소규모의 WAN에서 행한 결과 1500 바이트 이하의 메시지 전송에서 차이가 1ms이하임을 확인하였다.(그림6) 따라서 라우터에서의 지연이 대부분의 병렬 분산처리 응용에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 이 같은 현상은 라우터의 고속화, 고성능화에 따라 더욱 뚜렷해져, LAN과 소규모 WAN에서의 지연 시간 차이는 점점 줄어들 것으로 예상된다.

또한, WAN의 경우 LAN보다 유휴 대역폭이 증가하여 데이터 전송이 빨라질 수 있다는 관찰이 본 논문의 연구 동기가 되었다. 그림1에서 B의 유휴 대역폭을 가지는 LAN 에서 4개의 호스트가 각각 1:1 통신을 한다고 가정하면 가능한 연결의 수는 $4C_2=12$ 이다. 이 경우 한 연결이 사용 가능한 유휴대역폭은 B/12이고, 그림 2에서와 같은 WAN에서는 하나의 연결이 사용 가능한 대역폭이 B/10이 된다. 같은 서브넷으로 연결된 두 개의 호스트 사이의 통신은 라우터를 지나지 않아 다른 쪽 서브넷의 대역폭을 사용하지 않기 때문이다. 따라서 하나의 서브넷을 통과하는 연결은 각각 10개이다. 물론 라우터에 의한 영향이 없다고 가정했을 경우이다. 정해진 하나의 호스트가 나머지에 데이터를 배분할 경우는 LAN 환경이 낫겠지만 임의의 호스트가 다른 호스트들에게 분배하는 경우, 또는 수행도중 잔여 작업을 재분배할 때는 제안된 WAN 병렬 분산 처리가 대역폭 면에서 유리하다.

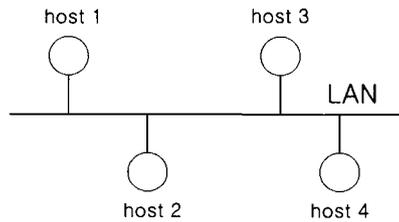


그림 1 LAN에서 병렬 분산 처리 (기존 연구)

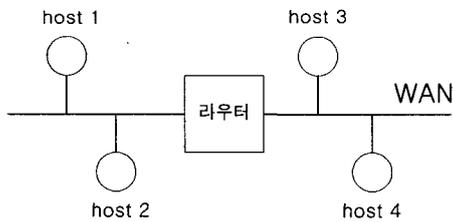


그림 2 WAN에서의 병렬 분산 처리 (제안된 방식)

본 논문의 구성을 보면 2장에서는 MPEG-2 인코딩의 병렬 분산처리에 대한 기본 이론 및 관련 연구에 대해서

알아보고, 3장에서는 제안된 시스템의 설계 및 구현에 대해 설명한다. 4장에서는 구현 결과를 분석하고, 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해서 설명한다.

2. 관련 연구

MPEG-1, MPEG-2의 영상 인코딩 작업시 많은 계산량으로 인하여 표 1과 그림 3에서와 같이 인코딩 작업시 많은 시간이 걸린다. 펜티엄II-333MHz에서도 실시간 수행이 어려운 정도이고, 특히 MPEG-2의 경우는 현재의 333MHz의 속도의 120배정도의 속력향상이 있어야만 CIF크기의 영상의 실시간 인코딩이 가능하다. 기존의 연구에서 이와 같은 MPEG-1와 MPEG-2의 인코딩 작업 속도의 향상을 위하여 병렬 혹은 분산을 통한 인코딩의 성능향상의 시도가 있었다. 일반적인 MPEG-1 및 MPEG-2의 병렬 처리는 다음과 같은 매크로 블럭 수준, 슬라이스 수준, 프레임 수준, GOP 수준의 4가지 수준에서 병렬 처리가 이루어지고 GOP는 완전 독립처리인 수준이므로 병렬 처리시 네트워크를 통한 정보 교환이 가장 적은 형편이고, 시스템 버스보다 느린 전송망을 이용한 병렬 분산 처리시에는 주로 GOP단위로 병렬 처리를 수행한다. 그러나, 기존의 연구는 주로 병렬 분산처리를 LAN에서 수행하였다.

미국 버클리 대학의 병렬처리 시스템인 NOW상에서의 병렬처리의 시스템 MPEG-1 및 MPEG-2 [1]을 이용한 인코딩 성능 향상의 시도가 있었다. 이 시스템의 특징은 LAN을 이용해서 GOP단위로 병렬 처리를 수행한 시스템이고, 전송 원본 데이터의 감소를 위해 원본 영상을 JPEG등의 영상 압축 후 전송하여 전송 데이터의 양의 감소 시켰고 패널티 프레임을 이용하여 부하 분배의 효율성을 높였다. 이 시스템에서는 8개의 프로세서를 사용하여 7.5배의 성능 향상을 보였다. 이 시스템의 문제점은 LAN에서 수행하여 WAN의 컴퓨터에서는 수행하지 못하는 단점이 있다.

미국 코넬 대학의 LAN에 연결된 40개의 워크스테이션을 이용한 MPEG-1의 병렬 처리에 대한 시도[3]가 있었다. 이 시스템의 특징은 병렬 처리 이후의 인코딩 서버들의 유휴시간을 정량적으로 분석하였고 서버의 개수가 증가하여도 성능향상의 선형적으로 증가하지 않음을 보였다. 이 시스템은 40개의 서버의 사용으로 19배 정도의 성능 향상이 있었다.

Hong Kong 대학[2]에서는 MPEG-2 인코딩의 입력 영상을 프레임 단위로 나누어 DCT 및 모션 벡터 검색을 시스템 버스를 병렬 처리하였다. 이 시스템에서는 300개의 프로세서의 사용으로 250배 정도의 속도 개선을 보였다. 이 시스템은 고속 전용 시스템 버스를 사

용하였고 WAN에서의 사용을 불가능하다.

	MPEG-2 인코딩 time (sec)		MPEG-1 인코딩 time (sec)	
	1 GOP= 1 frame	1 GOP= 12 frame	1 GOP= 1 frame	1 GOP= 12 frame
CIF (325×288)	27.80 sec	40.150 sec	13.7 sec	27.03 sec
MAIN (704×480)	52.780 sec	167.90 sec	불가	불가

표 1 MPEG-1 과 MPEG-2 인코더 시간 비교
(팬티엄-333MHz:64M)

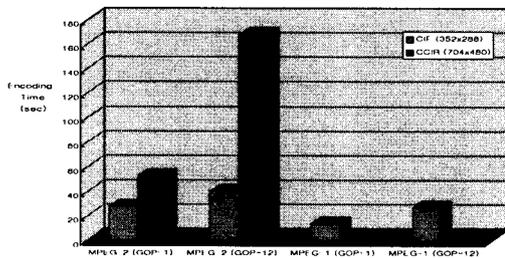


그림 3 MPEG-1 vs MPEG-2
인코더의 시간 비교

3. 제안된 WAN에서의 MPEG-2 병렬분산부호화

3.1 시스템의 구성 및 동작 구조

이론상으로 병렬 인코더를 이용하면 단일 서버에서 인코딩 할 경우 보다 인코딩 서버의 수만큼 처리 속도가 선형적으로 증가하게 된다. 기존의 병렬 인코더들은 단일 버스에서 동작하거나 LAN에서만 동작하였다. WAN에서 구현될 병렬 분산 시스템의 성능 테스트를 위해 TCP/IP를 사용하는 프로토콜위에 병렬 분산 MPEG-2 인코더를 설계 한다. 현재의 WAN은 속도 향상으로 인하여 라우터 1-2개 정도의 거리에서는 10Mbps의 네트워크 전송속도를 가지는 대역폭의 확보가 가능하다. 본 시스템은 헤더 데이터 전송과 FTP 서버를 이용한 Disk I/O가 모두 IP를 이용하여 이루어진다. 제안된 시스템(그림2)에서는 팬티엄 120과 팬티엄-II 400을 이용하여 클라이언트와 서버를 구성하였으며 팬티엄-II 400에 FTP서버를 설치하였다. 두 컴퓨터를 이용하여 클라이언트와 서버의 역할을 교체하면서 수행하였다. 클라이언트와 FTP서버는 반드시 동일 시스템에 설치되는 것은 아니고 별도의 일반 FTP서버를 마련 할 수도 있다

병렬 분산 MPEG-2 인코더의 클라이언트와 서버의 구조는 다음과 같다. 먼저 클라이언트에서 사용 가능한 서버를 등록하여 서버의 수와 서버의 성능을 이용하여 인코딩 작업을 배분하면 각 서버에서 인코딩을 수행하게 된다. 본 시스템에서는 작업을 GOP단위로 배분하면 클라이언트와 서버간의 통신량을 최소로 한다. GOP 같은 독립 단위가 아닌 매크로 블록이나 슬라이스 단위로 작업을 배분하여 클라이언트와 서버, 서버와 서버간의 인코딩 데이터의 송수신이 많아지게 된다. 본 시스템에서는 클라이언트와 서버간의 양이 적은 부호화 옵션 데이터는 TCP를 이용하고 양이 많은 Disk I/O는 FTP를 이용한다. .

4. 구현 결과

4.1 병렬 분산 MPEG-2 인코더의 시간 정보 분석

본 Parallel Distributed MPEG-2 인코더 시스템에서는 분산 인코더에 의한 통신 오버헤드의 측정이 가능하다. 여기서 오버헤드는 순수한 MPEG-2 인코딩 작업 이외의 작업을 말한다.

① 분산 MPEG-2 인코더의 시간 정보의 분석

본 실험에서 제작된 분산 MPEG-2 인코더에서의 시간 지연(latency)는 아래 그림4과 표2에서와 같은 4가지 단계에 의해 이루어진다. 본 실험은 팬티엄-120과 팬티엄 II-400에서의 로컬 인코딩 서버와 원격 인코딩 서버에 대한 실험으로 10Mbps의 전송망을 사용하였다. 원본 영상은 CIF 12 Frame을 1 GOP로 하여 인코딩을 한 결과이다. 그림5의 실험 결과에서 컴퓨팅의 파워가 높을수록 인코딩 시간 이외의 요인의 비중이 높아지는 것을 알 수 있다. 그리고, 주목 할 점은 같은 서버를 사용한 경우 로컬 FTP서버에서 파일 수신과 10Mbps이더넷을 이용한 FTP서버에서의 파일 수신시간이 거의 같다는 점이고 이는 비교적 근거리 WAN시스템이라면 FTP를 이용하여 파일 전송하는 데 큰 무리가 없음을 알 수 있다.

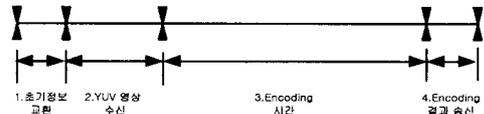


그림 4 Timing 정보

그림 6 은 랜과 라우터 1개의 경로의 거리의 호스트간의 패킷 전송 속도를 측정 한 것이다. 아래의 결과에서 라우터 1개의 경로의 거리의 호스트에 데이터를 전송하는데도 랜에서의 경우 보다 최고 1ms 정도의 지연 시간만이 발생한다. 이것을 대역폭으로 계산하면 1Mbps

의 차이를 보이게 되고 이것은 MPEG-2의 1 GOP당 필 인코딩 서버의 사용을 U_i 은 아래 식(1)와 같다.
 요한 2Mbps의 전송에는 충분한 정도이다.

	1. 초기 정보 교환	2. YUV 영상 수신	3. 인코딩 시간	4. 결과 송신
PII-120 로컬 서버	0.160	5.100	63.600	1.400
C(PII333) → S(P120)	0.110	5.110	63.880	0.429
PII-400 로컬 서버	0.170	3.500	13.320	0.235
C(PII233) → S(PII400)	0.170	3.520	12.410	0.500
평균시간	0.153	4.308	38.303	0.641

$$U_i = \frac{C_i}{C_i + W_i} \quad \text{식 (1)}$$

즉, W_i (Idle time)를 감소하는 것이 서버의 사용률 (Utilization)을 높일 수 있다. W_i 의 감소를 위해 작업을 일시에 배분하는 등의 로드 배분 방식을 이용하면 되지만 서버의 상태에 Dynamic 하게 적용하지 못하므로 서버의 속도 차이로 인하여 부하 분해의 문제가 발생한다. 이를 위해 인코딩작업이외에 주기적으로 부하정보를 교환하는 작업이 필요하게 된다.

표 2 분산 MPEG-2 인코딩 서버에서의 Timing 분석 (단위 sec: C=클라이언트 : S=서버)

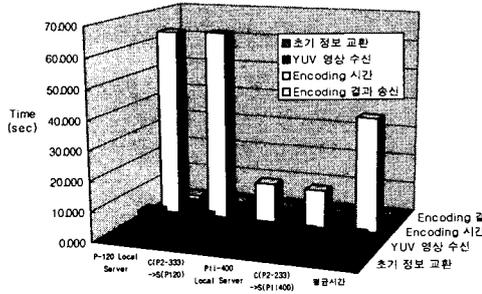


그림 5 분산 인코더의 오버헤드 비교

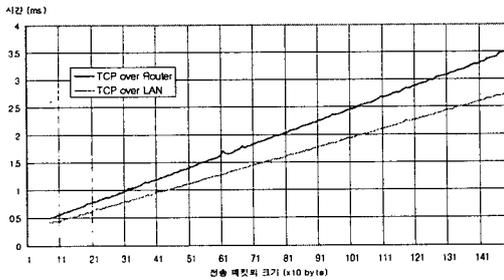


그림 6 LAN에서의 TCP와 라우터 1개를 통과한 WAN에서의 TCP에 대한 지연 시간 비교

② 병렬 분산 MPEG-2 인코더의 연속 프로세스 전송 시 시간 정보의 분석

위의 ①에서는 인코딩할 작업을 1번만 전송하였으나 10번에 나누어서 작업할 데이터를 전송할 경우 그림5과 같이 작업과 작업 시간 사이에 Idle 시간이 발생하게 된다. 그림7에서 C_i 는 Computing 시간이고 W_i 는 작업과 작업할 데이터 정보를 받는 사이의 Idle time이다. 실제

그림 8은 실제 10개의 GOP 작업을 배분하여 분산 인코딩을 수행한 결과이다. 아래의 결과에서 인코딩의 작업 속도는 CPU의 속도에 비례함을 알 수 있다. 분산 인코더와 로컬 인코더의 속도차이를 비교한 것 그림 9이다. 주목할 점은 P-120에서 발생한 오버헤드(=인코딩 작업이외의 시간)은 PII-400과 같지 않다는 점이다. 실제 결과는 P-120에서가 PII-400에서 보다 많은 오버헤드가 발생했고 이는 네트워크 카드에서의 처리속도도 CPU에 의존적이므로 분산 시스템에 따른 오버헤드가 CPU의 속도가 빠를수록 적어지기 때문이다.

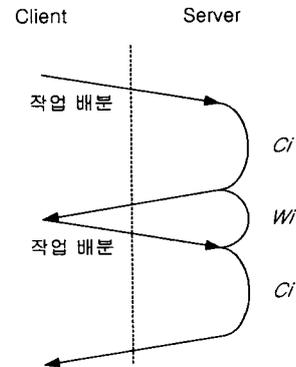


그림 7 Idle time의 발생

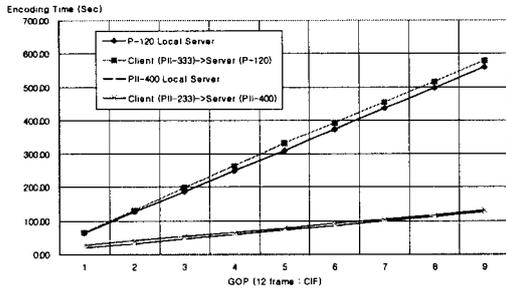


그림 8 Distributed Encoder의 성능 비교

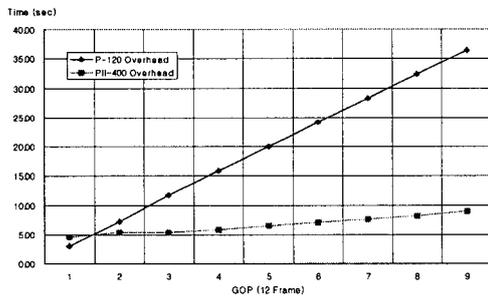


그림 9 각 서버의 overhead 의 비교

그림 10은 Encoder 서버가 2개인 경우의 병렬 분산 MPEG-2 인코딩의 성능향상의 결과이다. 그림 12은 인코딩 작업 시간을 2개의 서버에서 수행할 경우 인코딩에 의한 작업량은 1/2로 되므로 인코딩 시간을 1/2로 된다. 아래의 그림에 11서 서버를 2개만 사용해도 병렬 분산 MPEG-2 인코딩 시간이 약 1/2정도로 줄어들음을 알 수 있다. 그러나, 실제의 경우에는 인코딩 서버의 수가 많아지면 파일 전송에 따르는 오버헤드인 FTP서버의 병목 현상등으로 성능 향상이 선형적으로는 증가하지는 않을 것이다.

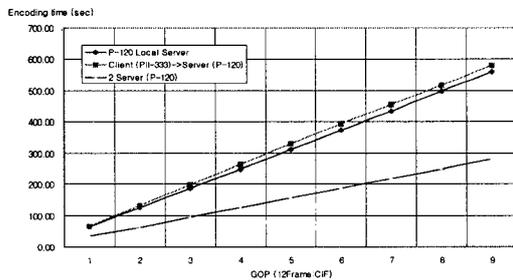


그림 10 Encoder 서버를 2개 사용시 Parallel Distributed Encoder의 성능향상

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 WAN을 이용한 병렬 분산 MPEG-2 인코더를 구현해보고 이에 따라 발생하는 오버헤드를 측정해 보았다. 실험 결과 발생하는 오버헤드는 인코딩 작업 이외의 시간인 초기 서버의 등록시 헤더 교환, 인코딩 작업의 분배, FTP 서버로부터의 파일 전송과 생성된 영상의 FTP 서버로의 송신등의 오버헤드가 발생한다. 그리고, 향후 분산되어 인코딩된 MPEG-2 영상의 재결합의 문제도 발생된다.

본 연구에서 인코딩 서버의 컴퓨팅 파워가 강하다면 네트워크의 오버헤드가 적게 발생하는 현상이 특징을 나타내었다. 이는 네트워크 카드에서의 데이터 처리도 CPU에 의존적이기 때문이고 향후 부하 분해에서 서버의 성능을 평가하는데 중요한 요인이 된다.

본 연구에서는 2개의 서버를 구현하여 실험하여서 다양한 서버로 발생하는 병목현상 및 성능의 선형적인 증가의 한계 범위를 측정하지는 못했다. 향후 실험에서는 다양한 성능을 가지는 다량의 인코딩서버에서 실험하여서 WAN을 이용한 병렬 분산 시스템에서의 부하 분해 및 UDP를 이용한 작은 데이터에 대한 성능 향상과 압축 전송 및 대역폭 확보 등을 통한 FTP에서의 소스 영상 전송시의 데이터량 감소를 통해서 WAN을 이용한 병렬처리시 프로토콜 차원에서의 오버헤드의 감소를 통해 성능 향상을 연구할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] Kevin L. Gong and Lawrence A. Rowe, "Parallel MPEG-1 Video Eocoding" U.C berkeley May. 1994.
- [2] Shahriar M. Akramullah, Ishfaq Ahmad, Ming L. Liou "A Data-Parallel Approach for Real-time MPEG-2 Video Eocoding" HongKong Univ. May. 1995.
- [3] Jeffery More, William Lee, Scott Dawson and Brian Smith "Optimal Parallel MPEG Eocoding" Cornell Univ. April. 1996.
- [4] Richard P. Martin, Amin M. Vahdat "Effects of Communcation Latency, Overhead, and bandwidth in a Cluster Architecture" U.C berkeley Univ. April. 1996.
- [5] T. Brecht, H. Sandhu, M. Shan, and J. Talbot, "ParaWeb: Towards World-Wide Supercomputing," in proc. Seventh ACM SIGOPS European Workshop, Connemara, Ireland, September 1996, pp. 181-188.

[6] V. Karamcheti and A. Chien, "Software Overhead in Messaging Layers: Where Does the Time Go?" In proc. ASPLOS-VI, California, October 5-7, 1994.

[7] Brian Quandt and Chaman L. Sabharwal "MPEG Video Encoding-Parallelization and Optimal Performance" SMPTE journal. June. 1996.

[8] Shahriar M. Akramullah, Ishfaq Ahmad, Ming L. Liou "Parallel MPEG-2 Encoder on ATM and Ethernet-Connected Workstation" HongKong Univ. May. 1995.

[9] Shahriar M. Akramullah, Ishfaq Ahmad, Ming L. Liou "Parallelization of MPEG-2 Video Encoder for Parallel and Distributed Computing System" HongKong Univ. May. 1995.

[10] Ke Shen, Lawrence A. Rowe and Edward J. Delp "A Parallel Implementation of an MPEG1 Encoder : Faster Than Real-Time" U.C. Berkeley May. 1994.

[11] Barry G. Haskell, Atul Puri and Atun N. Netravali "Digital Video: An Introduction to MPEG-2" ITP 1997.