

에이전트와 EOB를 이용한 효율적인 MPEG-2 스트리밍 전송에 관한 연구

김명진*, 이병래**

* **한국방송통신대학교 정보과학과
(webzealer, brlee)@knou.ac.kr

A Study on Efficient MPEG-2 Streaming Transmission Using the Agent and EOB

MyoungJin Kim*, Byeong Rae Lee*

**Dept of Computer Science, Korea National Open University

요 약

두 시스템간의 MPEG-2 데이터를 전송할 때 발생하는 여러 가지의 지연으로 인하여 데이터를 제때 생성하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 전송률을 제어하는 에이전트를 설계하고 네트워크 상태에 따라 MPEG-2의 스케일링 기법(시간적, 공간적 스케일링 기법)을 적용하여 전송률을 조절하는 전송률 제어방식을 제시한다. 특히 공간적 스케일링 기법에서는 충실도에 따라 그룹별로 계층화하는데 있어서 블록의 EOB 위치를 조정하여 MPEG-2 비디오 비트스트림을 네트워크 QoS에 따라 다양한 화질로 전송될 수 있도록 하고 있다.

1. 서론

MPEG은 비디오 신호의 공간적인 중복을 줄이기 위해서 이산여현 변환(DCT)을 실시하고 양자화 시킨다. 또한 시간적인 중복성을 줄이기 위해서 움직임 보상(Motion Compensation)을 시도하여 멀티미디어 데이터량을 줄인 후 이렇게 생성된 비디오 신호를 다시 가변장 부호화하여 압축한다. 이렇게 압축된 데이터를 시간과 공간적으로 계층적으로 코딩을 하면 시간적으로는 3단계, 공간적으로는 7단계로 각각 계층적 코딩이 가능하다. 시간과 공간을 함께 적용하면 21단계로 계층적 코딩이 되고 네트워크의 상태에 따라 스케일러블이 가능하다[3][4][5].

이렇게 압축된 MPEG 비디오는 현재의 인터넷의 미디어가 그렇듯 실시간으로 서비스되어야 하나 기존의 통신 프로토콜은 이를 만족시켜주지 못하고 있고, 기존의 방법에서는 네트워크 상태에 따라 프레임을 선택하여 보내는 방법이나 시간적 스케일링 방법을 사용하여 프레임들을 조절하는 방법[7]을 사용하여 이러한 문제를 해결하였지만, 이러한 방법들은 세분화되지 못하여 네트워크의 다양한 변화에 적용하지 못할 뿐만 아니라 데이터의 양이 큰 I 프레임의 경우 네트워크 QoS에 맞추어 보낼 수 없는 상황이 발생할 수 있게 된다.

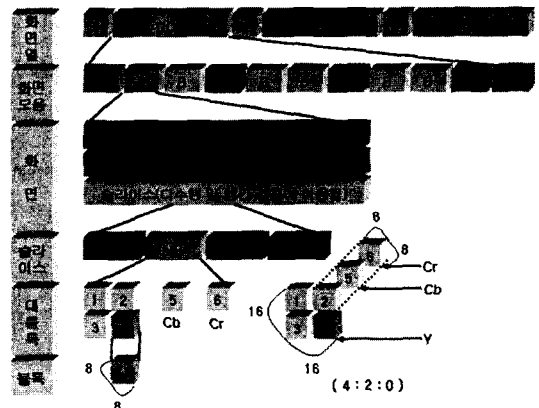
따라서 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 MPEG-2의 Video구조를 시간적, 공간적 스케일링 기법을 적용하여 비트스트림을 세분화하여 나누고 네트워크의 QoS 상태에 따라 전송률을 조절하는 전송률 제어방식을 제시한다. 본 논문은 2장에서 MPEG의 압축방식에서 블록의 EOB를 적용하는 방법을 기술하고, 3장에서는 시간적, 공

간적 스케일링을 적용한 MPEG 스케일링 기법을 기술한다. 4장에서는 전송률 제어기법을 제안하고 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. MPEG 압축에서의 블록 EOB 위치 제어

2.1 MPEG Video의 구조

MPEG 영상 데이터의 구조는 [그림 2-1]과 같이 시퀀스층(sequence), GOP층, 픽처층(picture), 슬라이스층(slice), 매크로블록층(macro block), 블록층(block)의 6개의 계층구조로 구성되어 있다.



[그림2-1] MPEG 비디오 구조

최상위 단계인 시퀀스층은 일련의 같은 속성을 갖는 화면 그룹으로 일련의 코딩된 픽처로 구성되며 화면의 크기, 화면률, 비트율, 버퍼크기 등을 설정한다. GOP층은 I 픽처

층에서 다음 I 픽처층까지의 픽처들의 묶음이다. 각 픽처는 슬라이스, 매크로 블록, 그리고 블록의 단계로 세분화된다. 픽처층은 한 장의 화면이 갖는 특성을 나타내며, 슬라이스층은 임의로 구성된 매크로 블록의 모음, 매크로 블록층은 16*16화소로 움직임 보상을 하는 기본 단위이다. 매크로 블록은 이동 보상 코딩의 단위로 이용되며, 2x2개의 밝기정보(luminance)블록과 이에 상응하는 색상정보(chrominance) 블록의 집합으로 구성되고 블록층은 8*8의 픽셀 배열이며 변환 코딩(transform coding)의 단위로 이용된다.

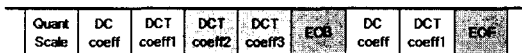
2.2 블록(Block)의 부호화

MPEG 비디오 구조의 최하위층인 블록은 실질적인 압축이 이루어지는 층으로 8x8의 픽셀 배열 요소들이며 DCT의 단위와 DCT의 입력이 된다. 8x8 픽셀의 블록들은 2차원 DCT 변환을 이용하여 양자화되고 변환된 계수는 [그림2-2]에 나타나 있는 것과 같은 순서로, 저주파성분으로부터 이차원적으로 고주파쪽으로 지그재그 주사되어 일차원 데이터로 나열된다. 그 다음 0계수의 연속(RUN)과 그에 이어지는 0 아닌 계수의 레벨(LEVEL) 조합에 대해서는 [표2-1][2]에 나타나 있는 것과 같이 발생빈도에 따른 가변장부호를 사용하여 부호화가 이루어진다. 발생빈도가 낮은 조합에 대해서는 ESCAPE 부호와 조합된 20비트의 고정장부호가 사용된다. 단, 인트라 블록의 경우 최초의 계수(DC 성분)는 직선양자화에 대응하는 8비트 고정장부호가 사용된다. 이처럼 블록층은 필요한 DCT계수를 포함하고 EOB(End of Block)로 종료된다[그림2-2][2].

Variable length code	Run	Level
10	End of Block	
1s	0	1
11s	0	1
011s	1	1
0100 s	0	2
0101 s	2	1
0010 1s	0	3
0011 1s	3	1
0011 0s	4	1
0001 10s	1	2
0001 11s	5	1
0001 01s	6	1
...

[표2-1] DCT coefficients Table zero

※코드 뒤의 s값 : 양수이면 0이, 음수이면 1



[그림2-2] 블록의 DCT 계수(EOB)

계수의 VLC가 64개 있을 때도 EOB를 부가한다. 인트라 DC는 특별 취급되어진 독자적인 VLC를 사용한다. 그 이외의 것은 통상의 이차원 VLC에 의해 표현된다. CBP에 의해 그냥 뛰어넘은 블록은 블록 층 자체가 없기 때문에 스킵되지만, 블록층이 존재하는 비인트라 블록의 최초

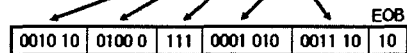
의 계수에서 VLC 표현으로 런=0, 레벨=1(DC계수)은 발생 확률이 높기 때문에 EOB와 중복된 부호를 허용한다. 즉, 블록의 최초의 계수에 EOB가 나타나는 일은 없음을 이용하여, 런=0, 레벨=1의 DC 계수에 짧은 부호를 이용할 수 있어, 부호화 효율이 향상된다.



[그림2-3] 변환계수의 부호화의 예

[그림2-3]은 변환계수의 부호화의 예를 나타낸 것으로 지그스캔에 의해 [표2-1]값을 참조하면 런, 레벨 값은 다음과 같이 됨을 알 수 있다.

(런,레벨) = (0,3) (0,2) (0,-1) (6,1) (3,1)



이 논문에서는 비트스트림을 전송할 때에 네트워크의 QoS가 좋지 않아 수신측에서 정상적인 재생을 하지 못하는 것보다 화질이 떨어지더라도 네트워크 QoS에 맞는 비트스트림을 전송받아 자연스러운 재생이 이루어질 수 있도록 4장에서 제안하는 에이전트에서 네트워크의 QoS에 따라 EOB의 위치를 조정하여 보낼 수 있도록 구현하였다. 이 EOB의 위치를 조정하는 단계는 3장 충실도 스케일링에서 제안하였다.

3. MPEG 스케일링

하나의 MPEG 비디오 비트스트림을 QoS에 따라 다양한 화질로 전송될 수 있도록 다중 레이어로 분리하여 세부 비트스트림으로 나누는 과정을 미디어 스케일링 분할이라 한다. 이와 같이 미디어 스케일링 분할과정을 통하여 나누어진 세부 비트스트림을 스케일러블 미디어 객체라 부른다.[5] MPEG 비디오 스트림을 스케일러블 미디어 객체로 분할하는 방법은 크게 프레임의 전송률을 조정하기 위한 시간적 스케일링 방법과 프레임의 화질을 조정하는 충실도 스케일링 방법으로 구분할 수 있다.

3.1 시간적 스케일링

시간적 스케일링(Temporal Scaling)은 주어진 시간에 전송되는 비디오 프레임의 수를 조절함으로써 전송되는 데이터의 양을 QoS에 맞게 조절하는 방식으로 프레임 전송률 조정기법이라고도 한다.

하나의 MPEG 비디오 파일은 I-픽처, P-픽처 및 B-픽처의 세 개의 표현구조로 나누어진다[그림3-1]. 하나의 픽처는 하나의 프레임과 같은 의미이다. MPEG 비디오 파일

의 픽처 층을 시간적 스케일링 과정으로 적용하면 픽처 타입(I, P, B 픽처)에 따라 3개의 계층(TL1, TL2, TL3)으로 나눈 다음, 네트워크의 QoS가 충분하면 3개 레이어를 모두 전송하고 QoS가 낮아지면 3개의 레이어 중 일부만을 전송하여 전송률을 QoS에 맞춰 조절할 수 있게 된다.

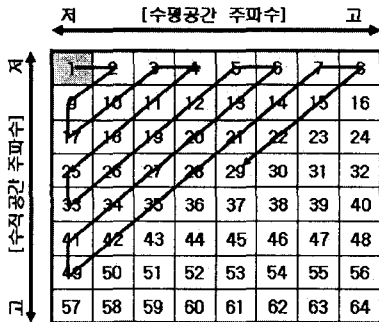


[그림3-1] GOP의 구조

기존의 논문에서 발표된 실험결과에 의하면 MPEG 비디오마다 약간의 차이는 있지만 TL1이 차지하는 비율은 대략 25% 내외이고, TL2의 비율은 35% 내외이며 TL3는 대략 40% 정도임을 알 수 있었다. 따라서 통신망 대역폭이 압축된 MPEG을 재생하는데 평균적으로 필요한 1.5Mbps의 25% 정도라면 TL1만을 이용하여 서비스하고, 대역폭이 60% 정도를 상회한다면 TL1과 TL2를 병합하여 서비스하며, 대역폭이 1.5Mbps 이상이 나온다면 모든 레이어를 병합한 후 서비스하면 된다.[4]

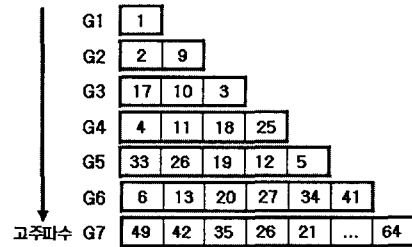
3.2 충실도 스케일링

충실도 스케일링은 MPEG 비디오 문법 구조의 최하위 층인 블록을 코딩할 때에 산출된 DCT 계수를 조정함으로써 화질을 다양하게 계층화하는 미디어 스케일링 기법이다. 블록은 DCT를 수행하는 단위로서 8*8 픽셀 크기를 가지며, DCT 변환 후에는 하나의 DC와 63개의 AC로 이루어진다[그림3-2].



[그림3-2] 블록 DCT 계수

[그림3-2]와 같이 2차원 블록을 변환한 64개의 1차원 DCT 계수는 스캐닝 과정을 통하여 1차원 계수열로 변환한다. 64개의 1차원 DCT 계수는 7개의 계수 그룹 G1~G7로 분할하였으며 이 계수 그룹들은 순서 있는 집합(ordered set)인 S의 부분집합으로써 각각 하나의 계층을 이룬다[그림3-3]. 화면내(공간적) 상관도가 높은 상태 즉 그림의 변화가 거의 없을수록 공간주파수가 낮다고 말하고, Gj의 I값 즉, 낮은 차수의 그룹일수록 저주파 성향을 띤다.



S = { G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 }
[그림3-3] 계층화(그룹)

7개의 계층으로 구분된 각 그룹 G1 ~ G7은 네트워크 QoS에 따라 2장에서 제시한 EOB의 위치를 조정하여 화질을 결정하게 된다. 그룹의 계수는 임의로 정할 수 있으나, 이는 다양한 MPEG 비디오를 화질 단위로 분할한 후 실험하여 화질 변화의 정도를 육안으로 판단한 기준으로 분리하였다. QoS에 따른 미디어 스케일러블리티를 위해서는 화질보다는 데이터 양을 기준으로 분할해야 하지만, DCT블록은 화면의 화질을 나타내는 기준이므로 이 방법을 채택하였다.

3.1절에서 제시한 시간적 스케일링의 3단계와 충실도 스케일링의 7단계를 적용하면 21단계로써 네트워크의 QoS에 좀 더 세분화하여 데이터를 보낼 수 있게 된다.

4. 제안하는 전송률 제어 기법과 실험결과

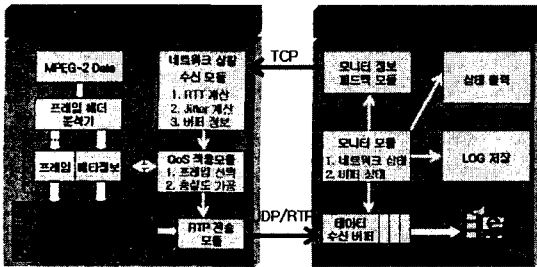
4.1 전송률을 제어하는 에이전트

본 논문에서는 가변적 전송속도 환경 속에서 좀 더 효율적인 동영상의 실시간 전송을 위해 네트워크를 감시하는 에이전트를 두고, 이 에이전트의 제어에 의해 네트워크의 속도에 따라 영상을 가공하여 보내는 방법을 제안한다. 감시 에이전트는 RTCP의 RR(Receiver Report : 수신자 보고)[그림4-1] 패킷중에서 시간에 대한 정보를 담고 있는 비트를 캡처하여, 서버와 사용자간에 데이터를 주고받는 시간을 측정하게 된다.

v = '2'	RC	PT = '201'	RTCP 패킷의 길이 (Length)
발신지 SSRC(SSRC of sender)			
SSRC.1(SSRC of first source)			
손실비(fraction lost)		누적 손실패킷수	
최대 수신 순서 번호(Extended highest sequence number received)			
도착 지연변이(Interarrival jitter)			
마지막 SR(LSR: last SR)			
마지막 SR 이후의 지연(DLSR: delay since last SR)			
SSRC.2(SSRC of second source)			
프로파일과 관련된 확장 정보(profile-specific extensions)			

[그림4-1] RR(Receive Report) 패킷

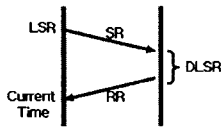
네트워크의 상태가 파악이 되면 감시 에이전트는 효과적인 영상의 전송을 위하여 네트워크 속도에 맞추어 동영상 가공하도록 지시한다[그림4-2].



[그림 4-2] 전송률 제어 에이전트

4.2 네트워크 지연시간 계산

네트워크를 지연하는 요소로는 여러 가지가 있지만, 대표적인 요소로는 RTT값과 Jitter값을 들 수 있다. 우선 네트워크 속도를 측정하기 위해서는 RR패킷의 LSR과 DLSR 필드의 정보를 이용하여 네트워크의 왕복 지연 시간을 계산한다.[그림4-3].



[그림4-3] 왕복지연시간

즉, 송신자가 수신자에게 SR패킷을 보낸 시각을 LSR, 수신자가 송신자에게 RR패킷을 보낼 때까지의 지연시간을 DLSR, 그리고 송신자가 RR패킷을 받은 시각을 Current Time이라고 했을 때, 송신자가 SR패킷을 보내서 RR패킷을 받는데 까지 걸리는 시간은 RTT이다.

$$RTT = Current Time - DLSR - LSR$$

여기에서 SR패킷의 크기를 SRSize라 하고 RR패킷의 크기를 RRRSize라 하면 네트워크의 전송속도는 TS가 된다.

$$TS = ((SRSize + RRRSize) \times 2) / RTT$$

두 번째로 [그림4-1]의 도착 지연변이(Interarrival Jitter)값의 경우 32비트 필드로, TimeStamp 단위로 측정되고 비호출 정수로 표현되는 RTP 데이터 패킷 도착 시간 간의 통계적 가변성의 측정값을 나타낸다. Si가 패킷 i로부터 RTP TimeStamp이고 Ri가 패킷 i의 RTP TimeStamp 단위로 측정된 도착 시간일 때, 패킷 i와 j의 지터 D는 $D(i, j) = (Rj - Ri) - (Sj - Si) = (Rj - Sj) - (Ri - Si)$ 와 같이 표현되고, 도착간 지터 $J = J + (|D(i-1, i) - J|)16$ 으로 정의된다. 여기서 1/16은 Gain Parameter로 적당한 수렴 속도를 보장하면서 좋은 소음 감쇄율을 보장한다.

4.3 동영상 전송 시험 결과

본 절에서는 앞서 제시한 시간적 스케일링 방법과 총실도 스케일링에서 EOB를 적용하여 설계된 에이전트를 기반으로 테스트를 하였으며 네트워크 지연시간을 가지기 위하여 동일한 허브를 사용하는 컴퓨터 두 대 사이의 파일 전송 테스트(3GB 파일 전송 : 5분정도 소요, 영화 1편(352x240) 네트워크 공유 재생 : 45분)을 하였다.

MPEG 프레임 전송 패턴(M=3, GOP=12)

레벨	프레임률 (frame/s)	전송패턴(2GOP)	
		1GOP	2GOP
3레벨(TL3) (600KB)	24 (40%)	IBBPBBPBBPBB	IBBPBBPBBPBB
2레벨(TL2) (525KB)	8 (35%)	I--P--P--P--	I--P--P--P--
1레벨(TL1) (375KB)	2 (25%)	I-----	

위와 같이 구성된 MPEG 데이터는 QoS가 가장 좋은 네트워크 상태에서는 가장 높은 3레벨의 데이터를 전송하고 QoS가 가장 낮은 상태에서는 프레임 우선순위가 가장 높은 I프레임만을 보내어 네트워크 QoS에 따른 전송량 조절이 가능하였다. 그러나, 실질적으로 충실도 스케일링 적용에 있어서 네트워크의 QoS가 아주 좋지 않을 때(3% 이하 : 30KB)는 I프레임만이 적용되는 것을 볼 수 있었으며 영상의 재생에 있어서 끊김이 없었음을 확인하였다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 3장에서 제안한 스케일링 방법 21단계와 2장에서 제안한 충실도 스케일링 방법의 부호화 방법으로 EOB를 활용하였으며, 동적으로 변하는 네트워크의 QoS 요구사항에 적합하게 전송 데이터의 발생률을 조정하는 에이전트를 구현하여 네트워크의 QoS가 아주 나쁜 상태에서도 끊김없이 재생됨을 실험을 통해 확인하였다.

향후 연구과제로는 I프레임의 손실된 충실도를 네트워크의 QoS가 좋을 때 미처 전송하지 못하였던 부분들을 함께 전송하여 B, P 프레임 중에서 I 프레임을 참조할 때 화질저하가 생기지 않도록 하는 연구이다.

참고문헌

- [1] International Standard ISO/IEC 13818-1:2000(E), Second Edition, 2000-12-01
- [2] International Standard ISO/IEC 13818-2:2000(E), Second Edition, 2000-12-15
- [3] Jun Sato, Kiji Hashimoto, "Compressed Video Transmission Protocol Considering Dynamic QoS Control", IEEE, 1998
- [4] 유오중, 김두현, 우관중, "통신망 대역폭 변화에 적용하는 MPEG 데이터의 QoS 필터링 기법과 스케일러를 전송 기법", 멀티미디어학회 논문지 제3권 제5호, 2000.10
- [5] 김형철, "QoS 적용형 MPEG 비디오의 미디어 스케일링 방안 고찰", 멀티미디어학회지, Vol.3, No.1, pp.89-113, 1999
- [6] 박준호, "재생 프레임률 변화를 통한 전송률 제어 알고리즘", 전남대학교, 2002.2
- [7] 이주현, "에이전트를 이용한 효율적인 MPEG 스트리밍 전송에 관한 연구", 경원대학교, 2000.12
- [8] Ingo Busse, "Dynamic QoS control of multimedia applications based on RTP," Computer Communications, vol 19, pp.49-58, 1996
- [9] Schulzrinne, Casner, Frederick, and Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application", RFC 1889, Feb. 1996
- [10] Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control", RFC 1890, Jan. 1996