# 무선 네트워크 상에서 MPEG 스트리밍을 위한 적응적 QoS 필터

최당우 · 박홍성
강원대학교 제어계측공학과

# Adaptive QoS Filter for MPEG Streaming in Wireless Network

Dang Woo Choi · Hong Seong Park
Dept. of Control and Instrument Engineering, Kangwon Nat'l University
E-mail : kurze@control.kangwon.ac.kr, hspark@cc.kangwon.ac.kr

**요 약**

본 논문에서는 낮은 대역폭의 무선 네트워크상에서 MPEG 스트리밍을 위한 방법으로, DCT 계수의 제거에 기반한 QoS 필터링 방법과 매크로 블록상의 움직임 벡터와 인트라 블록의 비율을 고려한 영상분석을 통하여 분석된 내용에 가장 알맞는 필터의 선택과 필터의 적용 수준을 네트워크의 상태에 따라 결정하여 대역폭을 만족시킬 수 있는 비트레이트의 조절로서 원활한 스트리밍을 가능하게 하며 영상분석을 통하여 영상의 품질을 높여 고품질의 영상 멀티미디어 서비스와 최소한의 부하를 줄 수 있는 설계로서 서버운용시 그 효율을 높일 수 있도록 한다.

## 1. 서론

개인용 통신기기와 PDA와 같은 무선기술이 적용될 수 있는 기기들의 폭넓은 보급에 따라 무선 네트워크는 그 중요성과 시장의 크기가 현재 기존의 유선에 비하여 결코 작지 않다. 또한 CDMA 2000, 블루투스 등의 새로운 기술의 출현으로 인하여 무선 네트워크의 대표적인 취약점이라고 할 수 있는 낮은 대역폭의 문제가 많이 해결되어 동영상과 같은 멀티미디어의 서비스를 무선네트워크 상에서 할 수 있는 방안이 연구, 시도되고 있다.

멀티미디어 서비스는 MPEG과 같은 서버의 대용량 압축 데이터를 네트워크 전송하여 실시간으로 재생하는 스트리밍(Streaming) 기술이 대표적이다. 이미 MPEG 스트리밍에 대하여는 그 어느 것보다도 많은 연구가 있었고 계속되고 있다. 대부분의 연구의 초점은 로컬 상태가 아닌 네트워크라는 특수한 상황을 고려하여 그 대역폭을 줄이는 데 초점이 맞추어져 있었다. MPEG 데이터의 크기는 스트리밍 서비스에 있어서 감당하기 힘들 정도로 거대하여 그 크기를 줄이기 위한 많은 노력이 있었다.

스트리밍을 위한 MPEG 동영상의 크기감소의 노력으로 픽쳐(Picture)의 삭제로부터 재양자화(Requantization) 등의 기술이 있었으나 그 초점이 대역폭의 조절에 맞추어 있어 원하는 결과는 얻을 수 있었지만 다수의 클라이언트를 관리하여야 하는 서버의 특성상 해당 처리의 과도한 부하문제와 영상의 특성에 관계없는 용량 감소 방법에 따른 영상의 품질 악화의 문제가 있었다.

본 논문에서는 스트리밍 서버상의 최소한의 부하와 제한된 대역폭에서 끊김 없는 동영상의 재생, 용량감소 대비 영상의 품질의 향상을 그 목적으로 하여 QoS 필터링 방법과 영상의 분석 방법을 통한 영상의 품질 향상 방법을 제안한다.

논문의 구성은 2장에서 제안된 QoS 필터링 방법에 대하여 기술하고, 3장에서는 영상의 분석 방법을 제안하며, 4장은 영상의 분석과 QoS 필터링을 통한 결과 영상의 품질과 대역폭과 비트레이트의 결과로서 그 유효성을 보인다. 5장은 결론으로서 본 논문을 정리하여 끝마친다.

## 2. QoS 필터(Quality of Service Filter)

### 2.1 요약

본 논문에서의 QoS 필터는 DCT(Discrete Cosine Transform)계수에 기반하고 있다. DCT는 MPEG 압축의 기본연산으로서 DCT후의 계수(Coefficient)가 양자화(Quantizaton)후 허프만 부호화(Huffman Coding)된다. 필터는 그림 1과 같이 MPEG 픽처(Picture)별 매크로 블록(Macro Block)의 종류에 따라 적용이 된다.

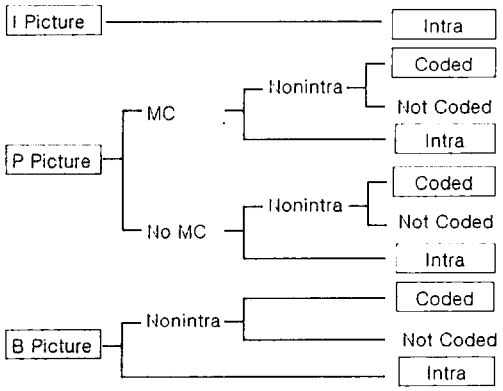


그림 1. Filter의 적용범위

그림 1에서 알 수 있듯이 I,P,B 픽처에서 DCT 계수를 가지는 모든 매크로 블럭에 적용되며 I 픽처의 인트라 블록과 P,B의 인트라블럭, 부호화된 블럭(Coded Block)으로 나뉘어 각기 다른 필터와 필터 적용 수준을 매개변수로 적용될 수 있다.

### 2.2 필터의 종류

본 논문에 사용된 필터의 목적은 DCT 계수의 제거로서 MPEG 데이터의 비트레이트를 낮추는 것이며 또한 그 과정이 최소한의 부하만으로 이루어져 스트리밍에 적합하게 설계가 되어야 한다.

본 논문에서는 위의 목적에 맞는 2가지 필터를 제안한다.

#### 2.2.1 LPF(Limit Pass Filter)

그림 1에 해당되는 매크로 블럭에서 부호화된 DCT 계수를 원하는 개수 이상의 경우에 모두 제거하는 필터로서 급격한 화면변화나 빠른 제어가 필요할 경우 사용하는 방법으로서 각 매크로 블럭의 DCT 계수의 수에 상관없이 적용되므로 그 수에 따른 결과의 변화가 없다. 그러므로 원하는 만큼의 제거된 효과를 즉각적으로 얻을 수 있으며 상대적으로 화면의 품질은 낮아지게 된다.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1101000/00001100/00001100/01000/01000/01000/
110/110/110/110/001000100/10)

⇒ (1101000/00001100/00001100/01000/10)

그림 2. LPF의 사용예

그림 2는 LPF의 예로서 최초의 매크로 블럭은 지그재그스캔(ZigZagScan) 으로서 {8,4,4,2,2,2,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1}의 DCT 계수를 가지고 있었으며 매개변수값(Parameter) 4의 LPF를 적용한 경우 최초 4개의 DCT 계수{8,4,4,2}를 제외한 나머지 {2,2,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1}는 모두 제거되었다. 이로 인하여 그림 2의 중간에 위치한 표와 같이 부호화된 매크로 블럭의 데이터가 그림 2의 아래에 위치한 표와 같이 줄어들어 모두 31비트의 감소가 있었다.

#### 2.2.2 MDPF(Multi Divider Pass Filter)

MDPF는 LPF와 달리 그 매개변수로서 비율을 가지게 된다. 즉, 매크로 블럭의 DCT 계수의 수가 많다면 좀 더 많은 수의 DCT 계수를 제거하며 그 반대인 경우 상대적으로 적은 수의 DCT 계수를 제거하게 되어 감소한 용량 대비 화질을 높이는 방법이다.

이 방법은 영상의 분석 후 평범한 영상에 대하여 일정량의 감소를 계속 일으키며 영상의 특성상 민감하게 반응할 수 있는 부분에 화질의 저하를 막기 위하여 사용하게 된다.

그림 3은 MDPF의 예로서 그림 2와 같은 데이터의 매크로 블럭이며 이때 매개변수는 ½이다.

즉, 매크로 블럭의 데이터의 전체 수를 계산하여 그 수의 ½만큼을 통과시키는 것이다. 여기서 데이터의

수는 11개이며(run은 제외한다) 여기서 ½인 5개만을 사용하게 된다. 다른 예로 하나의 매크로블럭의 DCT 계수의 수가 2개였다면 1개의 DCT 계수만이 통과된다.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1101000/00001100/00001100/01000/01000/01000/
110/110/110/110/001000100/10)

⇒ (1101000/00001100/00001100/01000/
01000/10)

그림 3. MDPF 사용예

그림 3에서 최초의 61비트 데이터는 필터를 거친 후 35비트로 26비트의 감소의 효과를 얻을 수 있다.

## 3. 영상 분석

영상 분석은 현재 재생되는 영상의 특성을 찾아내는 것으로 필터의 선택과 필터의 적용수준을 나타내는 매개변수를 결정하기 위한 근거가 된다.

### 3.1 *smv, dmv, pI*

영상 분석을 위하여 결정되어야 하는 값은 *smv*, *dmv*, *pI*로서 *smv*는 움직임 벡터(Motion Vector)의 평균 크기, *dmv*는 움직임 벡터의 방향 일관성을 결정하며, *pI*는 P,B 픽쳐에서의 인트라 블록(Intra Block)의 차지비율이다.

$$smv = \frac{\sum(f-code\ of\ MB\ with\ MV)}{Total\ Nmber\ of\ MB\ with\ MV}$$

$$dmv = \frac{4}{7} \times \frac{|\sum hsv|}{Total\ Number\ of\ MB\ with\ MV} + \frac{3}{7} \times \frac{|\sum vsv|}{Total\ Number\ of\ MB\ with\ MV}$$

$$pI = \frac{Total\ Nmber\ of\ Intra\ Coded\ Block}{Total\ Number\ of\ MB}$$

그림 4. *smv*, *dmv*, *pI*

움직임 벡터의 평균크기 *smv*는 매크로 블럭에서 움직임 벡터가 존재하는 경우 합산이 되며, 이 경우 실제 움직임 벡터를 추출하는 것이 아닌 움직임 벡터의 범위를 의미하는 Forward/Backward f-code (1993 ISO/IEC, Range of motion vectors in half-pel and integer pel resolution[487])만을 계산하여 부하를 적게 주며 처리의 효율성을 높였다.

움직임 벡터의 방향 일관성 값인 *dmv*는 역시 매크로 블럭에서 움직임 벡터가 존재하는 경우를 대상으로 부호 비트만으로서 전체 프레임에서의 움직임 벡터들의 방향성이 얼마나 일관적인지를 가늠하기 위하여 사용하며 픽쳐에서 움직임 보상(Motion Compensation)에 의존하는 비율이 높을 경우 정확한 움직임 벡터의 크기 변화를 추정하기 위하여 사용된다.

또한 *dmv*을 참조하여 방향성이 반대인 두 영역의 움직임 벡터값의 상쇄로 인한 오판을 방지한다.

*pI*는 인트라 블럭의 차지비율로서 하나의 픽쳐상에서 인트라 부호화(Intra Coded)된 매크로 블럭이 하나의 픽쳐 전체의 매크로 블럭에서 차지하는 비율로서 역시 위의 *smv*를 추출하는 동시에 계산이 될 수 있다.

### 3.2 영상 추정

본 논문에서 사용한 테스트 영상은 쉽게 구할 수 있는 파이널 판타지 10의 프로모션 비디오이며 많은 변화와 빠른 움직임이 있는 영상이 대부분이며 그 사이사이의 정적인 화면에서는 움직임이 거의 없는 특징을 가지고 있다.

(30F/S, Total 5115 Frame, GOP 18, Runtime 2:50)

테스트 영상으로 *smv*, *dmv*, *pI*를 추출하여 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

*pI*는 I-픽쳐는 모두 인트라 블럭이므로 100%의 값을 가지게 되며 P-픽쳐의 경우 *pI*가 13% 미만인 경우가 전체의 반을 차지하고 있으며 10%~70%까지 고른 분포를 보이고 있는 특성을 보인다.

이는 P-픽쳐가 순방향 움직임 벡터(Forward Motion Vector)만을 가지는 특성으로 미루어 볼 때 *pI*를 통한 영상의 분석이 과거영상으로부터 현재영상까지의 변화를 쉽게 추정할 수 있도록 한다.

그러나 B-픽쳐의 경우 양방향 예측(Bi-Directional Prediction)을 사용하는 관계로 인트라 블럭의 수는 크게 줄어 5% 이내에 전체의 80%가 위치하게 된다. *pI*값이 5%를 넘어가는 경우는 B-픽쳐에서는 인트라 블럭이 많이 차지하는 특수한 경우로서 화면에 많은 변화가 있음을 알 수 있다.

B-픽처의 *pI*분포에서 0.1%이하는 전체의 45%를 차지하였다.

같은 방법으로 *smv*, *dmv*를 구했을 때 결과와 특성은 다음과 같다.

*smv*(P-픽처)는 0.0 인 경우가 전체의 24%, 1.0이하가 50%를 차지하였다. 전체의 80%가 2.0 이하에 속하여 있었으며 4.0을 넘는 값들도 적지만 있었다.

*smv*(B-픽처)는 0.0 인 경우가 전체의 40%를 차지하였으며 1.0이하에 전체의 70%가 속하여 있었지만 2.0이상부터는 *smv*(P-픽처)와 같은 분포를 보이고 있었다.

*dmv*는 P-픽처와 B-픽처 모두 평균값이 0.45 ~ 0.55 사이에 있었으며 그 분포는 정규분포를 따르고 있었다.

*smv*, *dmv*, *pI*에 따른 영상의 추정은 다음과같다.

① *smv* 1.0이하, *dmv* 0.7이상 : 움직임이 적은 영상
② *smv* 1.0~2.0, *dmv* 0.3~0.7 : 평균영상
③ *smv* 2.0이상, *dmv* 0.7이상 : 빠른 영상
④ *smv* 2.0이상, *dmv* 0.3이하 : 화면의 움직임이 양분되어 있는 영상
⑤ *pI* 30%(P-픽처), 5%(B-픽처) 이상 : 화면의 많은 변화가 있는 영상
⑥ *pI* 3%(P-픽처), 0.1%(B-픽처) 이하 : 화면의 변화가 거의 없는 영상

영상의 추정내용은 필터의 매개변수에 직접 반영하게 된다. 이 때 매개변수는 그림 5과 같이 정의 되어 있다.

| 수준 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5(Max) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LPF | 64 | 16 | 12 | 8 | 4 | 2 |
| MDPF | 1 | 2/3 | 1/2 | 1/3 | 1/4 | 1/5 |

그림 5. 필터의 매개변수

필터가 적용되는 방법은 최초 필터 적용 수준 0에서 시작하여 비트레이트와 클라이언트의 수신율에 따른 조정이 이루어지며 영상분석을 통한내용이 반영된다.

필터는 I-픽처의 인트라 블럭과 P,B-픽처의 인트라 블럭 그리고 부호화된 블럭으로 나뉘어서 영상의 특성에 따라 움직임이 많은 경우 부호화된 블럭의 필터 수준을 낮추고, 변화가 많은 경우 인트라 블록의 수준을 낮춘다.

그 정도에 따라 움직임이나 변화가 극심한 경우에는 LPF로서 상대적으로 영상 전체에서 크게 차지하지 않은 부분에는 필터 수준을 급상승시키며 그렇지 않은 경우에는 MDPF의 수준을 조정하여 화질의 향상을 시도한다.

## 4. 결과

테스트 환경은 다음과 같다.
LAN : 무선 랜
대역폭 : 80kb/s로 고정
영상 : 파이널 판타지 10 프로모션 비디오

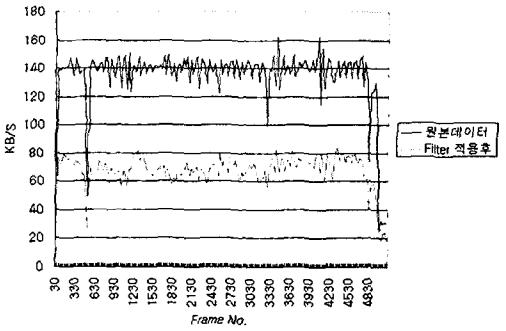


그림 6. 테스트 영상(80KB/S)

그림 6에서 필터의 적용 후 설정된 80 KB/S를 준수하는 결과를 얻을 수 있었다.

이때의 평균전송률은 원본의 경우 134.4 KB/S 이며 필터 적용후의 평균전송률은 67.3 KB/S의 결과를 얻었다.

그림 7. 필터를 사용하지 않은 영상( I )

그림 8. 대역폭을 맞추기 위한 일방적인 필터(Ⅰ)

그림 10. 필터를 사용하지 않은 영상(Ⅱ)

그림 9. 본 논문에서 사용한 적응적 필터(Ⅰ)

그림 11. 대역폭을 맞추기 위한 일방적인 필터(Ⅱ)

그림 7에서 보면 원 영상의 비트레이트는 145.4kb/S 임을 알 수 있고 일방적인 필터(그림 8)와 영상분석을 통한 필터(그림 9)을 볼 때 70kb/S 이하로 조정이 되었다. 영상은 정지된 화면에서 많은 변화가 있는 경우로 그림 9의 필터에서 598 프레임은 B 프레임이였으며 $smv$=0.0, $dmv$=0.0, $pI$=0.17(17%)로서 많은 변화와 느린 영상에 해당되었으며 MDPF 필터가 선택되었다. 그 결과로 비슷한 비트레이트의 영상특성을 고려하지 않은 필터와 달리 용량 감소 대비 영상의 품질에서 뛰어난 면을 보이고 있다.

그림 10,11,12는 빠른 움직임을 갖는 영상이다. 필터를 사용하지 않은 원래의 영상(그림 10)에서도 정확하게 모든 부분이 표현되지 않을 정도의 움직임을 가지고 있었다. 그림 11은 일방적인 필터의 적용 결과이며 움직임이 많은 영상의 특성을 고려하지 않고 인트라 블럭의 필터의 적용 수준이 낮은 상태로 움직임이 제대로 표현되지 못하였다. 비트레이트는 127.3KB/S에서 67.3KB으로 감소됨을 볼 수 있다.

그림 12. 본 논문에서 사용한 적응적 필터(II)

영상 분석결과 프레임 3402는 B 프레임으로서 smv=3.7 ,dmv=0.80, pI=0.052(5.2%)로서 방향성이 같은 많은 움직임이 있고 또한 많은 변화가 함께 있었다. 하지만 영상의 특성상 인트라 블럭이 영상의 품질에 영향을 미치는 부분이 매우 적어 그 차이를 그림 11과 비교하여 알아보기 힘들다. 대신 부호화된 블럭에 대한 필터 적용 수준을 낮추어 같은 비트레이트에서 좀 더 세밀하게 표현할 수 있었다.

## 5. 결론

MPEG 압축의 특성과 영상의 내용을 간단한 처리로서 추정하여 대역폭의 감소와 함께 영상의 품질을 동시에 얻을 수 있는 QoS 필터를 제안하였다. 최대한 동영상이라는 특성을 유지하면서 원본 영상의 손실을 최대한 억제하면서 평균 전송률은 ⅓정도까지 가능하였다. 물론 영상 품질의 저하 현상이 일어났으나 끊김이 없었으며 대부분의 경우 화면의 글자를 식별할 수 있었다.

또한 영상의 분석과 필터의 적용과정을 최대한 간단한 알고리즘으로 고려하여 하나의 서버에서 다중 클라이언트를 사용한 경우에도 느려짐 없이 모두 처리할 수 있었다.

## [참고문헌]

[1]Techniques & Standards for Image · Video & Audio Coding, K. R. RAO, J. J. HWANG,

[2] D. J. Le Gall, "MPEG: A Video compression standard for multimedia applications", Commun. of the ACM, vol. 34, pp.47-58, April 1991

[3] D. J. Le Gall, "The MPEG video compression algorithm", Signal Process : Image Commun., Vol 4, Apr. 1992

[4] ISO/IEC JTC1/SC2/WG11, A proposal for MPEG video report, by Brian Astle, coded representation of picture and audio information, April 15, 1991

[5] ISO/IEC 11172 Information Technology:coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s, Part 1 : Systems; Part 2: Video; Part 4 : Conformance Testing, 1993