

DMB 환경에서 멀티미디어 동영상의 화면 떨림 현상 분석

임종민 강동욱 정경훈

국민대학교 전자공학부

limjongmini@hotmail.com dwkang@kookmin.ac.kr khjung@kookmin.ac.kr

The Analysis of Flickering Artifact of Multimedia Video in DMB Environment

Lim Jong-Min, Kang Dong-Wook, Jung Kyeong-Hoon

Kookmin University, School of Electrical Engineering

요약

멀티미디어 동영상의 부호화 알고리즘은 기본적으로 손실 부호화(lossy coding)이기 때문에 압축된 동영상에는 불가피하게 화질의 열화가 포함된다. 압축의 정도가 심하지 않거나 압축을 하더라도 영상이 단순하고 움직임이 적은 경우에는 이러한 열화의 영향이 인간의 눈에는 보이지 않지만, 압축률이 너무 높거나 원본 영상에 포함된 움직임이 복잡하거나 공간적으로 세밀한 영역이 많은 경우에는 손실이 심하여 시각적으로 거슬리는 다양한 잡음이 발생한다. 화면 떨림(flickering)은 시간 영역에서의 대표적인 부호화 잡음으로서 프레임율(frame rate)이 너무 낮은 경우에 움직임이 자연스럽게 않고 불연속적으로 튀거나 부호화 비트율(bit rate)을 제어하기 위해서 양자화 파라미터를 변동하는 과정에서 연속되는 프레임들의 화질에 차이를 보이면서 나타나는 현상이다. 본 논문에서는 DMB 환경에서 사용되는 주기적으로 I 프레임이 삽입되는 GOP(Group of Picture) 구조에서 화면 떨림 현상의 원인을 파악하고 멀티미디어 동영상의 시공간적 특성에 따라 특징적으로 나타나는 화면 떨림 현상을 분석한다. 실험 영상으로서 시공간적으로 다양한 특성을 보이며 H.264/AVC 방식으로 부호화된 10개의 동영상을 선택하였으며, 양자화 파라미터를 낮은 화질의 영상에서부터 높은 화질의 영상까지 변화시키면서 화면 떨림 현상의 존재 여부 및 정도를 살펴보았다. 실험의 결과로 화면 떨림 현상은 영상의 화질이 너무 좋거나 너무 나쁘지 않은 중간 영역에서 중요하게 고려해야 할 부호화 잡음이며, 프레임 내의 세밀함의 정도, 움직임의 정도, 객체의 크기, 카메라의 움직임 등에 영향을 받음을 알 수 있다.

1. 서론

IPTV(Internet Protocol TV) 및 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등 멀티미디어 동영상 서비스의 상용화 및 활성화를 위해서는 서비스 품질과 관련된 요소들을 명확하게 정의하고 이를 측정하고 평가하는 기술의 중요성이 강조된다. 직접적으로는 서비스 품질에 문제가 발생한 경우 이의 원인을 파악하고 대처하기 위해서 필요하며, 비즈니스 측면에서도 멀티미디어 서비스 사업자, 네트워크 사업자, 그리고 최종 이용자 사이에서 제공되는 서비스 품질이 SLA(Service Level Agreement)에 의해서 정해진 수준을 만족하는 지에 대한 평가 결과가 모니터링 될 필요가 있다.[1]

동영상의 품질 평가 기준으로서 PSNR(Peak-to-peak Signal to Noise Ratio)이 일반적으로 사용되지만 이 값은 사람이 인지하는 화질 평가와는 상당한 차이를 보이기 때문에 화질을 평가하는 절대적인 기준으로 생각하기에 곤란하다. 따라서 국제적인 표준화 단체인 ITU(International Telecommunication Union)와 VQEG(Video Quality Expert)을 중심으로 블록형, 문개짐, 물결형 잡음 등과 같은 공간적 열화와 거짓에지, 움직임 불일치, 색상 불일치 등의 시간적 열화에 대해서 멀티미디어 동영상의 객관적 화질 측정 방법에 대한 연구가 진행 중이다.

부호화 잡음 가운데 화면 떨림(flickering) 현상은 시간적 영역에

서 발생하는 대표적인 잡음이다. 이에 관한 기존의 연구는 크게 전체 시퀀스를 인트라(intra) 프레임 기반으로 부호화한 경우에 대한 방법과 주기적으로 인트라 프레임을 삽입하는 구조로 부호화한 경우에 대한 방식으로 구분된다.

전자의 방법 가운데, Becker 및 Leontaris 등은 화면의 떨림을 측정하기 위해서 웨이블릿(wavelet)에 기반을 둔 방법을 사용하였으며[2-3], Fan은 동영상 시퀀스 전체가 H.264/AVC의 인트라 모드로 부호화된 경우에 연속적인 I 프레임들 사이에서 인트라 예측 모드가 사용될 때 발생하는 차이를 측정하는 방법을 사용하였다[4].

후자의 방법으로서, Sakaida 및 Chun 등은 I 프레임이 주기적으로 삽입된 시퀀스에서 I 프레임에서 발생하는 화면 떨림 현상을 줄이기 위해서 양자화의 크기, 인트라 예측 차이, 인터 모드에서의 스킵 모드 등의 조건을 RD 비용함수(Rate-Distortion cost function)에 추가하는 방법을 제안하였다[5-6]. 그리고 Chono 등은 DQ(Detented Quantization)하는 스위칭 방법을 제안하였는데, 이 방법에서는 현재 인트라 MB(Macroblock)의 부호화 과정에서 DCT 계수를 양자화 함에 있어서 원본 영상을 사용하는 경우에 발생하는 계수 P 또는 B 프레임을 참조하는 경우에 발생하는 계수를 비교하여 둘 중 하나를 선택함으로써 화면 떨림 현상을 감소시킨다[7]. 한편 Yang 등은 H.264/AVC를 사용하여 주기적으로 I 프레임이 삽입된 GOP(Group of Picture) 구조로 부호화할 때, I 프레

임과 이전 프레임 사이의 차이로서 화면 떨림의 정도를 측정하고 이를 제거하는 방법을 제안하였다[8].

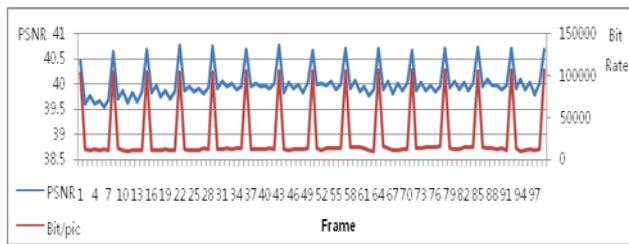
이들 기존의 연구에서는 사람의 인지적 화질에 가장 큰 영향을 미치는 것이 I 프레임에 존재하는 화면 떨림 현상이라는 사실에 따라 이를 줄이기 위한 다양한 방법을 제안하였는데, 실제로 사람이 인지하는 화면 떨림 현상 자체에 대한 분석의 수준은 상대적으로 미흡하였다.

본 논문에서는 주기적으로 I 프레임이 삽입되는 GOP(Group of Picture) 구조에서 화면 떨림 현상의 근본적인 원인을 파악하고 멀티미디어 동영상의 시공간적 특성에 따라 특징적으로 나타나는 화면 떨림 현상에 미치는 영향을 분석한다.

2. 화면 떨림 현상의 원인

화면 떨림 현상은 부호화된 프레임과 프레임 사이에 존재하는 시간적인 화질의 차이가 시각적으로 인식되면서 발생한다. 일단 프레임율(frame rate)이 너무 낮은 경우에는 인접한 프레임 사이에서 움직임이 자연스럽게 않고 불연속적으로 튀는 현상이 발생할 수 있다. 하지만 프레임 율이 충분하다고 하더라도 멀티미디어 동영상 시퀀스의 부호화 과정에서는 발생하는 비트율을 조절하기 위해서 양자화 파라미터를 변경하기 때문에 프레임 마다 할당하는 데이터량이 변동하며 한 프레임 내에서도 영역 별로 차이를 보이기도 한다. 이는 결국 부호화된 영상의 품질이 일정하지 않다는 것을 의미한다. 화면 떨림의 입장에서는 전체 프레임의 평균 화질이 낮더라도 화질의 변동이 없는 편이, 평균이 높고 변동이 심한 경우 보다 더 유리하다.

멀티미디어 동영상 시퀀스를 부호화하면서 발생하는 비트율과 PSNR의 전형적인 모습을 <그림 1>에 나타내었다. 대부분의 부호화 방식에서는 I 프레임이 주기적으로 삽입되는 GOP 구조를 채택하고 있기 때문에, I 프레임이 발생할 때 마다 비트율과 PSNR이 동시에 증가하는 것을 볼 수 있다.



<그림 1> 프레임당 비트율과 PSNR.

비록 PSNR이라는 지표가 인간의 시각적인 화질을 그대로 반영하지 않기는 하지만 화질이 등락한다는 것을 그림을 통해 확인할 수 있다. 여기서 특히 문제가 되는 것은 새로운 GOP가 시작되면서 I 프레임이 삽입되는 순간이다. 이전 GOP의 P 또는 B 프레임은 절대적인 화질은 I 프레임에 비해 상대적으로 낮지만 시간적으로 화질의 변동은 거의 발생하지 않기 때문에 화면 떨림 현상은 거의 나타나지 않는다. 하지만 새로 I 프레임이 삽입되면 비트도 많이 할당되고 화질도 갑자기 향상되면서 오히려 인간의 시각에 거슬리게 되는 것이다.



<그림 2> 주기적인 I 프레임 구조에서 화면 떨림 현상의 발생.

한편 화면 떨림 현상은 동영상의 시공간적인 특성에 따라서도 많은 영향을 받는다. 예를 들어 배경의 움직임은 거의 없이 객체가 이동하는 경우에 화면 떨림 현상은 움직임이 있는 객체보다는 배경 영역에서 더 발견하기 쉽다. 이는 인간의 시각 특성이 동적인 움직임에 훨씬 더 민감하기 때문에 움직임이 있는 영역에서의 밝기 변화에는 쉽게 인지하지 못하게 때문이다. 즉 화면 떨림 현상은 부호화 대상 동영상의 공간적 특성 및 시간적 특성에 따라 마스크(masking)되는 효과가 있다.

3. 동영상의 시공간 특성과 화면 떨림 현상

(1) 실험 영상

본 실험에서는 한국방송공사(KBS)와 한국통신(KT)에서 제공하는 다양한 종류의 DMB 영상들을 100 프레임 단위로 잘라서 사용하였다. 실험에 사용한 영상을 <그림 3>에 나타내었다. 장르별로는 뉴스, 일기예보, 드라마, 게임, 스포츠, 다큐멘터리 등이 포함되었고 각 동영상은 화면의 복잡도, 객체 크기, 움직임 정도, 카메라 파라미터 등의 측면에서 다양한 특성을 가지고 있다.



(a) field

(b) game



(c) news



(d) weather



(e) mold



(f) plain



<그림 3> 실험영상.

다음의 [표 1]에서는 각 동영상 시퀀스가 가지고 있는 특성을 공간 특성, 객체 크기, 시간 특성, 그리고 카메라 파라미터 등 네 가지 측면에서 살펴본 결과를 정리하였다. 실험 영상 가운데 시퀀스 도중에 장면 전환(scene change)가 존재하는 세 개의 영상에 대해서는 장면 단위로 특성을 분류하였다.

[표 1] 실험영상에 대한 특성 분석

No	영상 종류	프레임 번호	공간 특성	객체 크기	시간 특성	카메라 파라미터
1	field	100	세밀	없음	전체적 불규칙적 많은움직임	없음
2	game	100	세밀	작음	부분적 불규칙적 중간움직임	없음
3	mold	1-26	세밀	보통	정지	없음
		27-85	보통	큼	정지	없음
		86-99	보통	큼	정지	없음
4	weather	100	단순	보통	중간움직임	없음
5	news	100	단순	보통	적은움직임	없음
6	plain	100	세밀	없음	많은움직임	단방향 panning
7	drama	0-56	세밀	보통	많은움직임	zoom-in
		57-100	보통	없음	중간움직임	zoom-in
8	wave	100	단순	큼	부분적 불규칙적 많은움직임	없음
9	sport	1-56	세밀	보통	전체적 불규칙적 많은움직임	양방향 panning, zoom-in
		57-99	세밀	큼	부분적 불규칙적 중간움직임	양방향 panning
10	fish	100	세밀	큼	부분적 불규칙적 많은움직임	없음

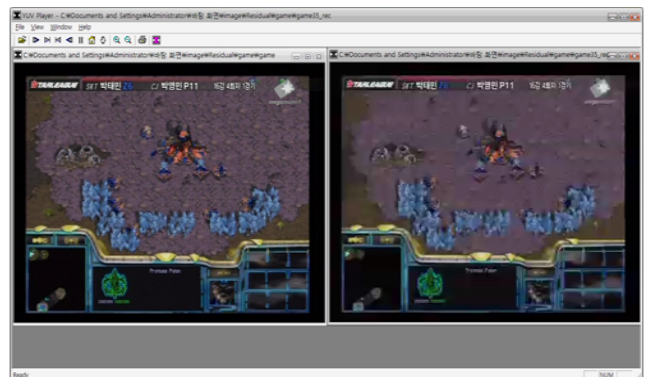
(2) 실험 환경

[표 2]에서는 실험 과정에서 H.264/AVC 부호화를 위해 사용한 주요 파라미터들을 정리하였다. 코덱으로는 JM16.0 version[9]을 사용하였으며, 화면 떨림을 관찰하기 위해 CBR(Constant BitRate) 방식으로 부호화하였다. 각 동영상에 대해서 양자화 파라미터 QP의 값을 15에서부터 45까지 변화시켜 가면서 높은 품질의 영상에서부터 낮은 품질의 영상까지 이르기까지 넓은 범위의 화질로 부호화하였다.

[표 2] 동영상 부호화 파라미터

Image Format	320x240(4:2:0)
Sequence	Frame 100
FrameRate	30.0
GOP Structure	7
I-Picture Period	7
B-Picture	Not used
Entropy coding method	CAVLC (Context-based Adaptive Variable Length Code)
RD-optimized mode decision	used
Profile	baseline
bitRate	CBR(Constant Bitrate)
NumberBFrames	Not used

주관적인 평가를 위해 <그림 4>와 같이 Visual Studio 2008 MFC Application으로 개발한 YUV Player를 이용하여 각 영상의 원본 영상과 부호화하여 처리한 영상을 동시에 관찰하였다. 실험의 진행은 주관적 화질 평가 방법인 ITU-T의 P.910 ACR(Absolute Category Rating)[10]을 따라 실험을 진행하였다.



<그림 4> YUV 플레이어 (좌: 원본영상, 우: 비교영상)

4. 실험 결과 분석

부호화 과정에서 QP를 변경해가면서 관찰한 결과를 이 결과를 다음 [표 3]에 나타내었다. sport와 fish를 제외한 나머지 동영상에 대해서 모두 화면 떨림 현상을 관찰할 수 있었는데, 이 두 동영상의 경우는 공간적으로는 움직임이 있는 객체의 크기가 크고 시간적으로는 움직임이 활발한 특성을 가지고 있다. 이러한 영상에서 객체는 움직임으로 인한 마스킹 효과 때문에 화면 떨림을 관찰하기 힘들고, 배경의 경우도 크기가 큰 객체가 움직이면서 나타났다가 사라지는 영역이 계속 바뀌기 때문에 세밀한 변화가 시각적으로 눈에 띄지 않는다.

[표 3] 실험 영상의 화면 떨림 현상 존재 여부

No	영상종류	QP Range	화면 떨림
1	field	25-32	O
2	game	25-32	O
3	mold	25-32	O
4	weather	25-32	O
5	news	25-32	O
6	plain	25-32	O
7	drama	25-32	O
8	wave	25-32	O
9	sport	-	X
10	fish	-	X

관련 동영상의 특성과 상관없이 QP의 값이 너무 높거나 너무 낮으면 화면 떨림 현상은 두드러지지 않음을 확인할 수 있었다. 이 이유는 QP 값이 충분히 낮아서 부호화 영상의 품질이 일정 수준을 넘게 되면 비록 화질의 사소한 등락이 있더라도 시각적으로 인지되기 힘들고, 반대로 QP값이 너무 높아서 양자화의 크기가 커지게 되면 화면 떨림 보다는 블록화, 뭉개짐, 물결형 잡음 등 다른 화질 열화 요인이 시각적으로 훨씬 많은 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

또한 동영상이 공간적으로 세밀한 경우에는 단순한 경우에 비해 시각적으로 거슬리는 화면 떨림 현상이 나타날 가능성이 줄어든다. 즉 복잡한 객체와 단순한 배경이 혼합된 경우에 화면 떨림 현상은 배경 영역에서 관찰되기 쉽다.

그리고 panning, zooming, tilting 등 카메라 파라미터에 따라서도 동영상에는 움직임이 나타나는데, 카메라의 여러 가지 효과가 복합적으로 포함된 경우에는 움직임의 복잡도가 증가하기 때문에 동영상의 다른 특성과 관계없이 화면 떨림 현상이 마스킹 되는 경향이 있다.

5. 결론

멀티미디어 동영상의 부호화 과정에서 발생하는 화면 떨림 현상

은 DMB 및 IPTV 서비스를 안정적으로 제공하기 위해서 중요하게 분석될 필요가 있는 부호화 잡음이다. 본 논문에서는 DMB 환경에서와 같이 주기적으로 I 프레임이 삽입되는 GOP 구조하에서 화면 떨림 현상이 발생하는 원인을 분석하고, 동영상의 시공간적인 특성에 따라 인간이 시각적으로 인지되는 화면 떨림 현상의 마스킹 효과에 대해서 살펴보았다.

화면 떨림 현상은 부호화된 영상의 화질이 너무 좋거나 너무 나쁘지 않은 중간 영역에서 중요하게 고려해야 할 부호화 잡음이며, 프레임 내의 공간적 세밀함의 정도, 움직임의 정도, 객체의 크기, 카메라의 움직임 등에 영향을 받음을 확인할 수 있었다. 본 논문의 분석 결과는 DMB 및 IPTV 멀티미디어 서비스 환경에서 동영상의 품질 측정을 위한 FR(Full Reference) 및 NR(No Reference) 방식의 객관적 평가 기준을 개발하는 데 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 정경훈 외 '멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구', 방송통신위원회, 2008년.
- [2] Becker, A, Chan, W, Poulouin, D. 'Flicker reduction in intraframe codecs', Proceedings of Data Compression Conference, pp.252-261, 2004.
- [3] A. Leontaris, Y. Tonomura, and T. Nakachi "Rate control for flicker artifact suppression in motion JPEG2000," Proceedings of Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 2, pp.41-44, May 2006.
- [4] X. Fan, W. Gao, Y. Lu, and D. Zhao, "Flickering reduction in all Intra frame coding", JVT-E070, Joint Video Team of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG Meeting, Oct. 2002.
- [5] S. Sakaida, K. Iguchi, S. Gohshi, and Y. Fujita, "Adaptive quantization control for reducing flicker of AVC/H.264 intra frames," in Proc. Picture Coding Symposium, Dec. 2004.
- [6] S. S. Chun, H.-J. Ryu, and S. Sull, "Flicker reduction in Intra coded frames of H.264/AVC", Proceedings of International Conference on Image Processing, pp.2025-2028, Oct. 2006.
- [7] K. Chono, Y. Senda, and Y. Miyamoto, "Detented quantization suppress flicker artifacts in periodically inserted Intra-coded pictures in H.264 video coding", Proceedings of International Conference on Image Processing, pp.1713-1716, Oct. 2006.
- [8] Hua Yang, Jill M. Boyce, and Alan Stein, "Effective flicker removal from periodic intra frames and accurate flicker measurement," Proceedings of International Conference on Image Processing, pp.2868-2871, Oct. 2008
- [9] JVT Reference Software : <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>
- [10] ITU-T P.910 'Subjective Video Quality Assessment Methods For Multimedia Application'