저 전송률 비디오 부호화 환경에서 잔상 현상의 제거 기술에 관한 연구

*조용호, 이신욱, 장의선
한양대학교 정보통신 대학원
e-mail : *luxglory@dmlab.hanyang.ac.kr, esjang@hanyang.ac.kr*

Trailing Artifact Avoidance for Low Bit-Rate Video Coders

*Yong-Ho Cho, Sin-Wook Lee, Euee-Seon Jang
Graduate of Information and Communication Engineering
Hanyang University

Abstract

In this paper, we proposed that technique for reducing trailing artifact in MPEG-4 video. low bit-rate video is occured trailng artifact which remain part of moving object. Because MEMC doesn't work well in the degraded video. The proposed trailing artifact reduction approach has at its core three main steps. First step is to detect trailing artifact. Second step is applied intra block coding to remove trailing artifact. Finally, bit-rate control algorithm is used. Experimental result using an MPEG-4 based encoder indicate that the proposed method has overhead(bits) of about 2 percent and proposed method effective reduce or eliminate trailing artifact

I. 서론

오늘날 휴대폰 및 차량 수신기와 같은 모바일 장치에서 영상 및 오디오(AV: Audio and Video) 정보의 송수신은 영상 부호화 기술의 발달로 가능해 졌다. 모바일 기기와 같은 휴대 이동 단말기의 통신 전송률은 DMB(Digital Media Broadcast) 표준의 경우, 384kbps의 전송률을 지원하며[1], 무선이동 통신 기술인 3GPP2의 1xEV-DO는 144kbps의 저 전송률(low-bit rate)을 지원한다[2]. 이러한 저 전송률 통신 환경에서 동영상 서비스를 가능하도록 하기 위해 부호화기는 영상 데이터를 높은 비율로 압축하게 된다. 그러나 이로 인해 영상의 화질을 저하 시키는 여러 현상(Artifact)들이 발생하며, 이러한 현상을 해결하기 위한 노력은 계속 진행되고 있다.

저 전송률 통신 환경에서 영상 부호화 시 발생하는 문제점 중의 하나인 잔상 현상(Trailing Artifact)은 시공간적으로 움직이는 객체의 모습이 연속된 다음 영상까지 이어져 그림자와 같은 잔영이 보이는 현상을 말한다[3]. 객체의 잔상이 보이는 현상은 움직임 예측 및 보상(MEMC: Motion Estimation & Motion Compensation)을 사용하는 차분 영상(inter-frame)에서 주로 발생한다.

영상에서 객체의 움직임을 측정하기 위해서는 현재 영상과 부호화된 이전 영상이 필요하다. 그리고 움직임 예측은 부호화된 이전 메크로 블록(MB: Macro-Block) 휘도(luminance) 값과 현재 영상의 MB 휘도 값을 일정한 범위 안에서 비교하여 가장 적은 SAD(Sum of Absolute Difference)값을 갖는 움직임 벡터를 측정한다. 그런데 움직임 예측과정에서 이전 영상의 정보는 양자화 과정에 의해 휘도 정보가 손실되어 부정확한 움직임 예측 결과를 가져온다. 즉, 잔상 현상은 부호화기에서 재구성된 영상의 정보손실로 부정확한 움직임 벡터가 예측되는 경우 발생한다. 또한 정확한 움직임 벡터를 예측하더라도 차 영상(residual)의 정보 손실에 의해서 잔상현상은 발생한다.

[3]에서는, 부정확한 움직임 벡터(MV: Motion Vector)로 생기는 잔상현상을 해결하기 위해, 잔상현상이 현재 블록과 부호화된 블록의 경계 부근에서 오

차 값이 클 때 발생한다고 가정하고, 4x4 블록 단위로 움직임 벡터를 다시 검색하여 잔상현상을 해결하는 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법은 블록의 배경화면의 특성이 평탄하지 않으면 적용이 불가능하며, 문제 블록들의 움직임 예측을 다시 수행함으로써 복잡도가 증가하는 단점이 있다.

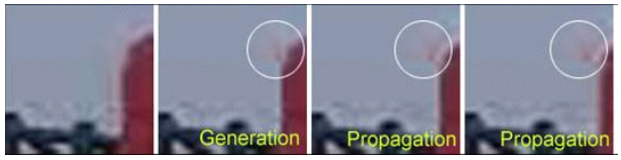
[4]에서는, MB의 MSE(Mean Square Error) 오차 값을 이용하여 잔상 현상을 검출하는 방법을 적용하였다. MB의 오차는 현재 MB와 부호화된 MB간 색조 값의 차이를 의미한다. 색조 값의 차이로 잔상 현상을 검출하는 방법은 잔상 블록뿐만 아니라 색조 값의 차이가 큰 일반 블록도 다수 검출되는 단점이 있었다. 또한 색조 정보가 적은 블록에서는 잔상이 검출되지 않는다. 위의 연구에서 검출된 잔상 블록은 인트라 부호화로 제거하였다. 인트라 부호화는 인터 부호화에 비해 비트량이 많이 소요되는 단점이 있지만, 잔상 현상은 제거할 수 있었다. 그러나 잔상 블록의 인트라 부호화로 증가된 비트량은 검출된 잔상 블록의 수에 따라 통신의 전송 폭을 초과할 수도 있는 단점이 있다

본 논문에서는 저 전송률 비디오 부호화 시 발생하는 잔상 현상을 부호화기에서 제거하거나 최소화 시키는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 잔상현상 제거 방법은 2가지 단계로 나뉜다. 첫 번째 단계는 잔상현상이 발생하는 블록을 검출하고, 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 선택된 블록을 기준 값(threshold)에 따라 인트라 부호화하여 잔상 현상을 해결하는 방법을 제시한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 잔상 현상 블록의 정의와 검출 방법을 기술한다. 제안한 알고리즘의 효율성은 3장에서 실험을 통해 보이고 4장에서는 논문의 결론을 담았다.

II. 제안하는 잔상 해결 방법

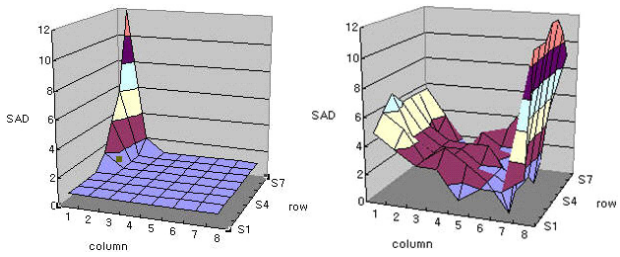
2.1 잔상 블록(trailing artifact) 정의

MEMC와 DCT 및 양자화 오류인해 발생하는 잔상 현상은 블록의 모서리와 외곽(boundary) 부분에 주로 발생한다. 현재 영상과 참조 영상의 오차 값은 DCT와 양자화 과정을 통해 부호화된다. 이 과정에서 QP의 크기에 따라 차 영상 정보가 손실되는데, 이 손실된 정보는 MEMC 오류와 결합되어 잔상 현상 블록을 만들어 낸다. 그림. 1에서는 연속된 영상에서 발생한 잔상 현상의 예를 보여준다. T+1 영상에 잔상이 발생하고, 그 후 연속된 영상에서 잔상이 계속 이어짐을 볼 수 있다. 그림. 2에서는 그림. 1과 같이 잔상이 발생하는 블록의 색조 특성을 도시화였다.



<T frame> <T+1 frame> <T+2 frame> <T+3 frame>

<그림. 1 잔상 현상의 예 >



< 그림. 2 잔상 블록의 화소 특성 >

2.2 잔상 블록 검출 방법

차 영상의 세기 특성을 기반으로 잔상 블록을 검출하기 위하여 본 논문에서는 평탄 MSE 검출 방법과 최대 평균 MSE 검출 방법을 제안한다. 위의 두 검출 방법은 현재 영상과 부호화한 현재 영상 오차 값을 기반으로 한다. 블록의 현재 색조 블록의 정보를 X(i)라 하고, 부호화된 색조 블록의 정보를 $\bar{X}(i)$라고 했을 때, 두 정보의 MSE 차이를 Err(i)라고 한다. 8X8 블록 크기의 *Err(i)* 계산 식은 수식. 1과 같다.

$$Err(i) = |x(i) - \bar{x}(i)|^2 \quad (0 \le i \le 64) \quad (1)$$

2.2.1 평탄 블록 MSE 검출 기법

평탄 블록 MSE 검출 기법은 현재 영상의 색조 블록 특성이 평탄(flat) 블록이면서, *Err(i)* 값의 크기가 임계 값(threshold) 이상일 경우 잔상 블록으로 검출하는 방법이다. 블록의 평탄화 정도는 현재 블록 내의 절대 오차 평균인 ∫flat 값이 2 이하일 경우, 그 블록은 평탄 블록으로 가정한다. 평탄한 블록의 예를 들면, 색상의 변화가 거의 없는 바다나 하늘같은 경우를 들 수 있다. 발생된 잔상 오류는 차 영상 정보의 분포가 규칙적인 평탄 블록일 경우, 현재 영상과 부호화한 현재 영상의 오류가 매우 큰 값을 가지는 성질이 있다. 이 경우 최대 오차 값이 임계 값, *δFlatMSE* 이상 일 경우 잔상 블록으로 선정한다.

평탄 블록 계산 함수인 ∫flat 은 수식. 2에 서술하였다. 수식 2에서 Current Chroma Block[u][v]는 현재 영상의 [0][0] 번째의 색조 값을 의미한다. 블록의 처음 영상 값과 다음 63개 화소 값의 절대 치의 평균을 구하여, 이 값이 2이하인 경우 평탄 블록으로 가정한다.

$$\int flat = \frac{1}{64}\sum_{u=1}^{7}\sum_{v=1}^{7} |CurrentChromaBlock[0][0] - CurrentCromaBlock[u][v]|$$

(2)

2.2.2 Skipped MSE 검출 기법

Skipped MSE 검출 기법은 블록의 특성이 Skipped 블록이면서 평균 MSE와 최대 MSE의 차이가 임계 값 이상일 경우, 잔상 블록으로 선정하는 검출하는 기법이다. 본 실험에 적용한 MPEG-4 부호화기의 Skipped 블록 선정 조건은 블록내의 MV가 0 이고, 양자화 계수가 모두 0일 경우 Skipped 블록으로 선정된다[4].

MSE는 수식.3에 기술하였고 ∫SkippedMSE 함수는 수식. 3에 기술하였다. MSE는 현재 화소 값과 이전의 화소 값의 차를 제곱하여, 그 합한 값을 제곱근(Root) 한 값이다. 그러나 본 연구에서는 계산의 편의를 위해 수식. 3과 같이 제곱근을 제거하여 사용하였다. MSE 방법을 사용하면, SAD에서 구별할 수 없는 오차 값의 분포가 큰 블록을 구분할 수 있다. 하지만 MSE는 제곱의 연산으로 인해 복잡도가 SAD에 비해 상대적으로 높다. ∫SkippedMSE는 Skipped MSE 검출 기법의 함수로서 이 값이 임계 값, $\delta SkippedMSE$ 이상일 경우 잔상 블록으로 선정한다.

$$AvgMSE = \frac{1}{64}\sum_{i=0}^{64} | x(i) - \hat{x}(i) |^2 \qquad (3)$$

$$\int SkippedMSE = | MAX_MSE - AvgMSE | \qquad (4)$$

2.3 잔상 블록 제거

2-2절의 방법들을 통하여 검출된 잔상을 제거하기 위하여 사용할 수 있는 방법은 다양하다. 예를 들어, [3]에서와 같이 검출된 블록에 대한 움직임 추정과 보정을 다시 해주는 방법, 수정된 오차 값을 따로 부호화하는 방법 등을 생각할 수 있다. 본 논문에서는 복호화기의 수정 없이 잔상을 제거 할 수 있는 인트라 블록 부호화를 제안한다. 제안하는 방법은 부호화기 측의 수정만을 필요로 하기 때문에 실용적인 효과를 갖는다. 하지만 인트라 부호화의 특징 상 비트양의 증가를 피할 수 없다

2.4 동적 인트라 블록 제어

동적 인트라 블록 제어 기법은 잔상 블록을 인트라 부호화로 제거할 때, 증가되는 비트량을 제어하기 위한 방법이다. 인트라 블록의 비트량은 인터 블록의 비트량에 비해 적어도 5배 이상의 비트가 더 요구된다. 이러한 비트량의 증가는 동영상의 전송을 위해 필요한 통신 대역폭을 초과할 수 있는 단점이 있다. 그래서 본 연구에서는 검출된 잔상 블록의 개수를 제어하는 임계 값 BT(Bit-rate Threshold)를 적용하였다.

BT는 전체 부호화할 영상 블록의 개수 중 몇 %를 인트라 부호화할 것인지를 결정하는 임계 값이다. 그리고 BT는 잔상 검출 방법의 임계 값인 $\delta FlatMSE$ 과 $\delta SkippedMSE$ 의 크기를 조절하는 역할도 함께 한다. 예를 들면, 320x240의 영상은 한 프레임 당 300개의 MB을 갖는다. 만약 BT의 값이 1%라면 부화기는 전체 300개의 MB 중 1%인 3개의 MB만이 인트라 블록으로 부호화가 가능하다.

III. 실험 결과

3.1 실험 환경

본 논문에서 사용된 부호화기와 복호화기는 MPEG-4 reference Microsoft v.2.4[5]을 사용하였다. 실험을 위하여 DDR512MB 메모리 환경의 Pentium 4 2.4GHz PC를 사용하였다. 제안한 비디오 부호화기의 복잡도를 측정은 3번의 평균 실행 시간으로 계산하였다. MPEG-4 비디오 부호화기 설정은 IPPP 인터 프레임 부호화를 선택하였고, I-VOP, P-VOP의 휘도, 색차 모두 QP 10로 설정하였다. 실험 영상은 객체의 움직임이 큰 MPEG 공식 실험 영상은 Coast, Stefan, Child, Bream를 사용하였다. 이 실험 영상은 YUV 4:2:0의 영상 포맷으로 CIF(352x288)와SIF(352x240) 해상도를 갖는다.

3.2 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 MPEG-4 비디오 부호화기에서 발생하는 잔상 현상을 제거하는 방법을 제안하였다. 본 절의 실험 결과는 잔상 검출 함수로 잔상 블록을 검출 한 후, 인트라 블록 부호화를 적용한 결과이다. 표. 1은 제안하는 방법들의 복잡도를 비교한 표이다. 표.1을 보면 기존의 비디오 코덱과 [4]에서 제안한 Bad-Block 잔상 제거 방법 그리고 제안한 잔상 제거 기능을 추가한 코덱의 수행 시간 차이를 나타내었다. 복잡도는 MPEG-4 reference 코덱 대비 약 4%의 복잡도가 증가하였음을 알 수 있다.

< 표.1 제안하는 코덱의 부호화 시간 비교 >

단위 : sec (FPS)

실험 영상	MPEG-4 reference codec	Bad-Block 잔상 제거	제안하는 MPEG-4 codec	증가율(%)
coast	1.09	1.10	1.11	1.83
stefan	1.41	1.42	1.45	4.96
child	1.44	1.47	1.47	2.08
bream	1.42	1.48	1.51	6.33
평균	**1.30**	**1.368**	**1.38**	**3.8**

표.2 는 QP 값 10에서 검출된 Bad 블록에 대하여 인트라 블록 부호화를 적용하여 증가한 비트양을 나타내는 표이다. 실험 결과, 평균 2.37 %의 증가율을 보였다. Intra block은 프레임 당 인트라 블록 부호화가 적용된 매크로 블록의 개수이다. 제안하는 방법을 사용하였을 때 프레임 당 평균 2개의 MB를 잔상 블록으로 검출하였다.

< 표. 2 제안하는 코덱의 비트 증가율 >

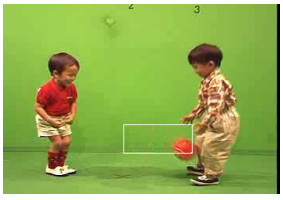
단위 : Kbps (30 frame/sec)				
실험 영상	MPEG-4 codec	Bad-Block 잔상 제거	제안하는 MPEG-4 codec	증가율(%)
coast	1.32	1.98	1.64	1.24
stefan	2.31	17.87	2.35	1.17
child	1.12	4.72	1.72	3.25
bream	1.18	2.48	2.10	6.28
평균	**1.41**	**6.24**	**1.96**	**2.37**

그림. 3은 "child' 테스트 영상에서의 잔상을 제거한 부분이다. 그림. 3에서 잔상은 붉은 색 공을 따라 발생한다. 3-(a)는 reference 코덱에서 발생하는 잔상 부분, 3-(b)는 bad-block 잔상 제거 기법 적용 결과, 그리고 3-(c)는 제안한 잔상 제거 기법의 결과를 볼 수 있다. Bad-block 기법에 비해 제안한 기법은 잔상을 검출 및 제거함을 볼 수 있다.

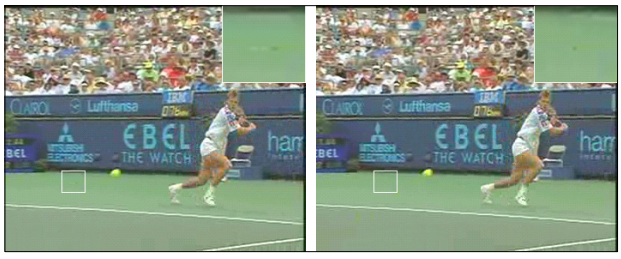
그림. 4는 "Stefan" 실험 영상에서 테니스공의 궤적을 따라 남은 잔상을 상당부분 제거한 것을 볼 수 있다.

< 그림.3-(a) reference codec >

< 그림.3-(b) bad-block 기법>



< 그림. 3-(c) 제안한 기법 >



< 그림. 3 실험 영상 Stefan 잔상제거 영상 >

Ⅳ. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 저화질의 영상에서 생기는 잔상 현상을 제거하는 방법을 제안한다. 잔상 현상이 MEMC 오류와 DCT 및 양자화 오류로 의해 발생하는 것을 밝히고, 3가지 단계로 문제를 해결하였다. 잔상 블록의 정의와 잔상 현상 검출 방법 그리고 인트라 블록 부호화를 통해 잔상 현상을 제거하였다. 실험 결과 BT 조건을 1%로 했을 경우, 비트량이 2%내외로 증가하긴 했지만 잔상을 효과적으로 검출하여 제거함을 알 수 있다.

잔상 제거 방법에서 가장 중요한 부분은 잔상 블록을 효과적으로 검출하는 방법이다. 것이다. 평탄 블록 MSE 기법과 Skipped 블록 MSE 기법을 사용하여 잔상 블록을 검출하였으나 영상마다 QP 값에 따른 화질 열화 정도가 다르기 때문에 잔상 검출 방법의 threshold 값을 조절하는 것이 쉽지 않았다. 또한 주관적인 영상의 화질로 잔상 현상의 제거 유무를 확인하지만, 객관적인 기준의 확립과 정의도 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] Telecommunications Technology Association (TTA), "Standard for Satellite Digital Media Broadcasting Transmitter/Receiver Interface," TTA.KO-07.0027, 2004

[2] Third Generation Partnership Project 2(3GPP2), "Physical Layer Standard for CDMAcdma2000 Spread Spectrum Systems, Revision D,"3GPP2 C.S0002-D Version 1.0, 13 Feb. 2004.

[3] Foued Ben Amara, Ali Jerbi, Au and Faouzi Kossentini, "Trailing Aartifact Aavoidance for Llow Bbit-Rrate Bblock-based Vvideo Ccoders," IEEE Combinations and Signals, vol.135, pp.87-90, March 2004

[5] 원종우, "MPEG-4 인코더의 잔상 제거 기술," 한양대학교 정보통신 대학원, Dec, 2004

[4] ISO/IEC 14496-1, "Information technology Coding of Audio-Visual Objects: Systems, " International Standard, 1999

[5] MPEG homepage, http:// mpeg.nist.gov