매크로블록의 활동성을 고려한 헤더정보의 오류 복원에 관한 연구

김종훈*

A Study on Error Resilience of Header Parameters considering the activity of macroblock

Jong-Hoon Kim*

이 논문은 2006년도 동양대학교 연구년 지원에 의해 연구되었음

요 약

MPEG-2의 비트열은 시퀀스 계층, GOP(group of pictures)계층, 픽쳐 계층 등으로 계층화되어 있다. 각 계층의 헤더 정보는 각 계층에 속한 그룹들의 공통된 속성들을 모아놓은 것이다. 따라서, 어떤 계층의 헤더 정보 오류는 그 계층에 속한 모든 그룹들의 복호화 과정을 오동작하게 하여 심각한 화질의 열화를 일으킨다.

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 비트스트림의 헤더정보에 오류가 발생할 경우 헤더 정보를 양자화된 DCT 계수에 반복적으로 삽입하여 전송함으로써 양자화된 DCT 계수에 삽입된 헤더 정보를 추출하고, 매크로블록의 활동성을 고려한 헤더 정보에 대한 오류를 복원하는 방법을 제안하였다. 제안된 매크로블록의 활동성을 고려한 헤더 정보에 대한 오류 복원 방법은 역 DCT 과정이 필요 없으므로 효율적으로 블록의 활동도를 판단할 수 있었고, 또 제안된 방법을 통하여 헤더 정보에서 오류가 발생하였을 경우 헤더 정보의 오류가 복원된다는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Any errors that are generated in the channels and networks distort the video quality and are propagated in both the spatial and temporal domains. In particular, header errors can result in serious visual degradation of the output video encoding/decoding schemes that can make an error resilient compressed bit-stream in error prone environments, such as mobile networks.

In this paper, we proposes an header error resilience method that consider the activity of macroblock in video bitstream syntex. The extract of header error repaetedly embeds the header parameters into the least significant bits(LSB) of the quantized DCT coefficients prior to VLC. Experimental results show that the proposed error resilience method restores good image quality despite the detected error on header parameters.

키워드

MPEG-2, GOP, Error resilience, ADVS, macroblock, bitstream syntex

* 동양대학교 정보통신공학부

접수일자 2008. 04. 07

I. 서 론

최근 정보통신의 급속한 발전으로 통신망을 통한 여러 정보 서비스가 개발 운용되고 있어서 전체 통신망 사용자와 그 정보의 양이 기하급수적으로 늘어나고 있는 추세이다. 따라서, 단순한 영상 및 음향 정보의 비디오 정보뿐만 아니라 여러 미디어가 결합된 멀티미디어 정보까지 제공할 수 있도록 하기 위하여 MPEG(Moving Picture Expert Group) 표준들이 만들어지게 되었다. 그 중에서 MPEG-2 표준안은 그 활용범위가 가장 넓어서 영상회의뿐만 아니라 HDTV를 바탕으로 한 Digital TV 방송의 표준안으로도 결정되어 사용되고 있다[1-5].

멀티미디어 데이터 압축 기술 중에 하나인 MPEG-2로 부호화 된 영상에서 발생하는 전송 오류는 화질의 열화를 가져오고, 시공간적으로 오류를 전파시킨다. 이러한 전송 오류 중에서 데이터 오류에 대한 검출, 은닉, 정정, 복원 연구는 활발하게 이루어져 왔지만, 헤더 정보의 오류에 대한 연구는 충분치 않는 실정이다. 비디오 비트열에서 헤더 정보의 오류는 복호화 과정 전체에 영향을 미치므로 데이터 정보의 오류와 달리 전체 영상에 심각한 화질의 열화를 일으킬 수 있다. 그러므로 헤더 정보에서의 오류를 복원하는 것은 데이터 정보에서 오류를 복원하는 것보다 더 중요하다[6-9].

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 비트스트림의 헤더정보에 오류가 발생할 경우 헤더 정보를 양자화된 DCT 계수에 반복적으로 삽입하여 전송함으로써 양자화된 DCT 계수에 삽입된 헤더 정보를 추출하고, 매크로블록의 활동성을 고려한 헤더 정보에 대한 오류를 복원하는 방법을 제안하였다.

II. 기존의 방법들

2.1 MPEG-2의 비트 스트림 구조

MPEG-2 비디오 스트림은 그림 1과 같이 sequence header로 시작해서 하나 이상의 GOP(group of pictures)를 포함하고 마지막 end of sequence로 끝나게 된다. MPEG-1에서 추가된 헤더 정보는 sequence header뒤에 따라 오는 sequence extension, picture header뒤에 있는 picture coding extension, 그 밖의 여러 가지 확장 헤더들이다.

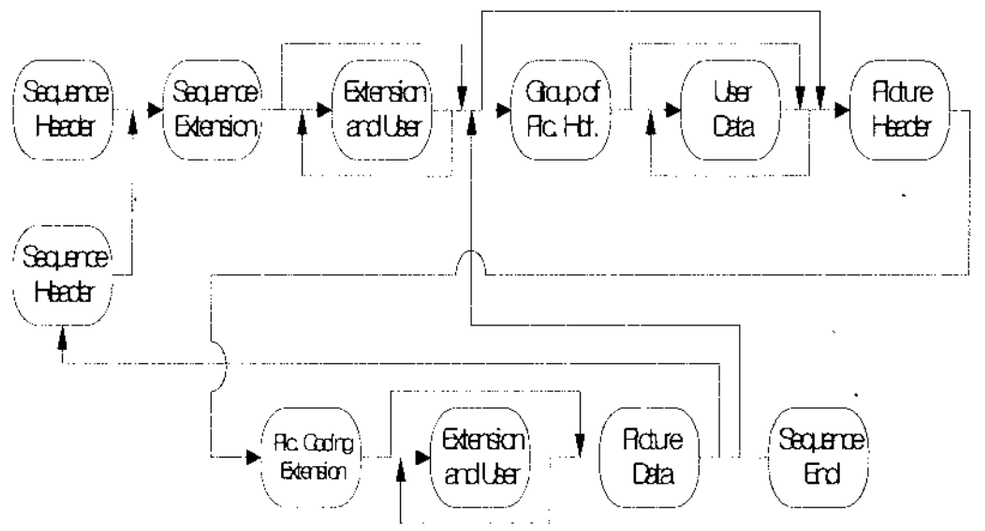

그림 1. MPEG-2 비트 스트림 구조
Fig. 1 Structure of MPEG-2 bit-stream

2.2 FDVS(Forward Dominant Vector Selection)

높은 비트율로 부호화되어 있는 비디오를 제한된 대역폭을 가지는 채널로 보낼 시에는 낮은 비트율로 트랜스 부호화하여야 한다. 비트율 변화 시 스킵되는 프레임이 발생하는데 이 스킵되는 프레임의 움직임 벡터를 얼마나 정확하게 추정하는가에 따라서 트랜스 부호화기의 성능이 결정된다. FDVS 방법은 현재 프레임의 매크로블록에서 움직임 벡터만큼 이동해 갔을 때 스킵된 프레임의 각 매크로블록과 얼마나 많이 겹치는 가를 따져서 가장 많이 겹치는 매크로블록의 움직임 벡터를 선택하는 방법이다. 다음 그림을 보면서 자세히 설명하도록 하겠다.

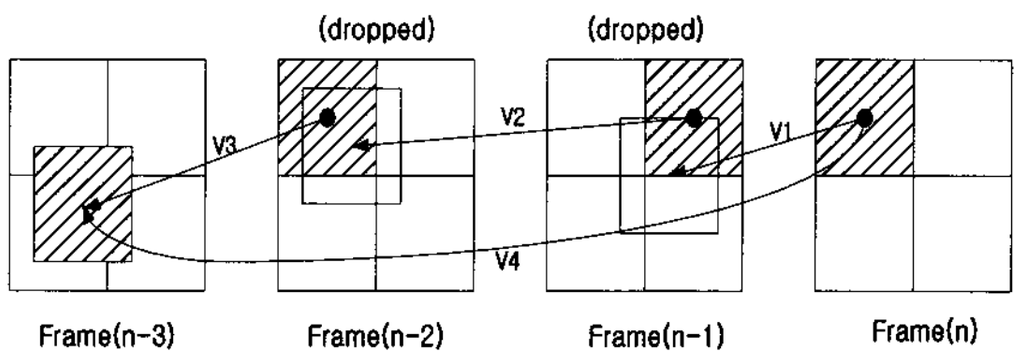

그림 2. 스킵된 매크로블록에서의 움직임 추정
Fig. 2 Motion estimation in skipped macroblock

그림 2에서 Frame(n)은 현재 프레임, Frame (n-3)은 이전 프레임이고 Frame(n-1)과 Frame (n-2)는 스킵된 프레임이다. 현재 프레임의 첫 번째 매크로블록의 움직임 벡터 V_1만큼 Frame (n-1)로 이동해 갔을 때 Frame(n-1)의 두 번째 매크로블록과 가장 많이 겹치게 된다.

여기서 이 두 번째 매크로 블록의 움직임 벡터 V_2를 선택하여 Frame(n-2)로 이동해가고 다시 여기서 가장 많이 겹치는 첫 번째 매크로블록의 움직임 벡터 V_3를

선택하게 된다. 결국 현재 프레임 Frame(n)에서 이전 프레임 Frame(n-3)으로 이동해갈 때 움직임벡터는 $V_4 = V_1 + V_2 + V_3$가 되는 것이다. 그리고 Frame(n-3)에서 (-1, 1)의 탐색 영역으로 Frame(n)의 첫 번째 매크로블록과 SAD가 가장 작은 부분을 찾는다.

2.3 ADVS(Activity Dominant Vector Selection)

중간에 스킵된 프레임의 움직임 벡터를 정확히 찾기 위해 FDVS에서는 단순히 가장 많이 겹치는 매크로블록의 움직임 벡터를 선택하였는데 여기에 활동성의 의미를 부여한 방법이 ADVS이다. 활동성의 척도는 DCT된 값 중에서 Nonzero AC coefficient의 개수를 사용한다.

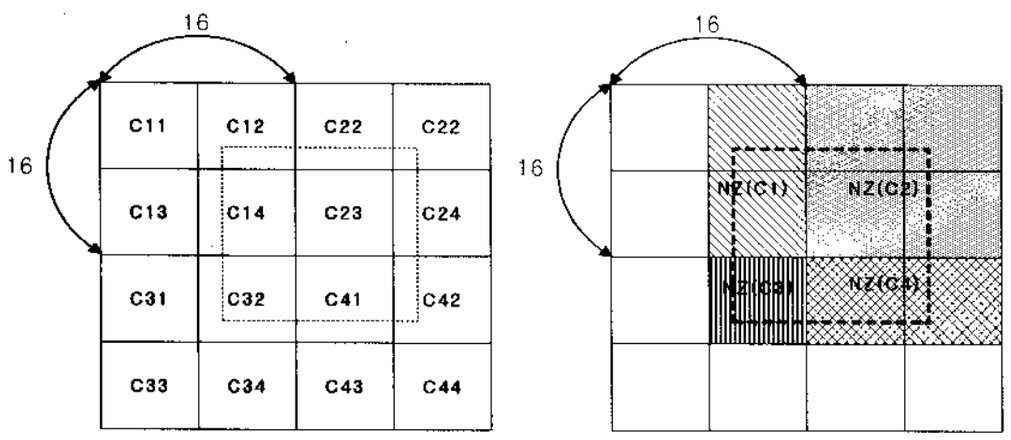

그림 3. ADVS 알고리즘
Fig. 3 ADVS algorithm

그림 3은 가운데 스킵된 프레임이다. 프레임은 4개의 매크로블록, 각 매크로블록은 4개의 블록으로 구성된다고 가정한다.

C_{ij} : i번째 매크로블록의 j번째 블록

$(i, j = 1, 2, 3, 4)$

현재 프레임에서 움직임 벡터만큼 이동해 왔을 때 점선 부분으로 표현한다. 이 매크로블록은 스킵된 프레임의 각각의 매크로블록과 겹쳐지게 되는데 겹치는 부분을 살펴보면 두 번째 그림과 같이 된다. 여기서 블록 단위로 Nonzero AC coefficient의 개수를 조사하여 가장 활동성이 많은 매크로블록의 움직임 벡터를 선택한다. 나머지 과정은 FDVS방법과 거의 동일하다.

Ⅲ. 본 론

3.1 헤더 정보를 삽입할 DCT 계수의 위치

DCT와 양자화를 거친 한 개의 블록은 64개의 DCT 계수로 이루어지고, 이 64개의 DCT 계수 중에서 한 개의 DCT 계수를 선택하여 헤더 정보의 한 비트를 LSB 부호화를 이용하여 삽입한다. 그리고, 헤더 정보가 삽입된 계수 다음의 '0'이 아닌 모든 계수들은 식 (1)에 따라 전송한다[1].

$$v_i' = \begin{cases} v_i - 1 & \text{if } (i > T \,\&\, i = \text{odd} \,\&\, v_i = \text{even}) \\ & \quad \text{or } (i > T \,\&\, i = \text{even} \,\&\, v_i = \text{odd}) \\ v_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 v_i'는 수정된 DCT 계수, v_i는 현재의 DCT 계수, T는 헤더 정보가 삽입되는 DCT 계수의 위치, i는 DCT 계수의 위치를 나타낸다.

이와 같이 수행함으로써 헤더 정보가 삽입된 DCT 계수 다음의 데이터들에서는 오류 검출이 가능해지고, 따라서 이 데이터들에서 오류가 검출되지 않는다면 헤더 정보가 삽입된 블록에서 오류가 발생할 확률이 작아짐으로 헤더 정보가 삽입된 DCT 계수에서도 오류가 발생할 확률이 줄어들게 된다. 즉, 추출되는 헤더 정보의 신뢰도가 높아지게 되는 것이다. 여기서 T가 작아질수록 헤더 정보가 삽입된 DCT 계수에서 추출되는 헤더 정보의 신뢰도를 더욱 증가시킬 수 있다. 그러나, 헤더 정보를 삽입하는 위치가 저주파 영역으로 갈수록 PSNR은 떨어지게 되므로 T에 따른 PSNR의 감소량에 대한 실험을 해 본 결과, 블록의 첫 번째 AC 계수에 삽입하더라도 PSNR은 0.3% 떨어짐을 확인하였다. 따라서, 실험에서는 첫 번째 AC 계수에 헤더 정보의 비트들을 삽입하였다.

3.2 매크로블록의 활동성에 따른 방법

트랜스 부호화에서 사용할 수 있는 중간 정보로는 움직임 벡터, 매크로블록 타입, DCT 계수, 양자화 파라미터 등이 있다. 이러한 것들 중에서 매크로블록의 활동도를 나타내는 요인으로는 움직임 벡터와 DCT 계수 등이 있다. 블록의 활동도는 공간 영역에서 블록내의 기울기나 에너지를 계산해서 특성화할 수 있다. 본 방법에서는 매크로블록의 DCT 계수 중에서 Nonzero AC coefficient

의 개수를 사용해서 블록의 활동도를 계산한다. 이 방법은 역 DCT 과정이 필요 없으므로 효율적으로 블록의 활동도를 판단할 수 있다. 매크로블록의 Nonzero AC coefficient의 개수가 적정 수준보다 작은 값을 가진다면 그 매크로블록은 활동성이 적은 것이라고 가정할 수 있고, 이러한 매크로블록들은 기저 움직임 벡터와 트랜스 부호화기에서 움직임 추정 후에 찾아낸 움직임 벡터는 거의 비슷하게 된다. 그러므로 이러한 매크로블록들은 FDVS나 ADVS처럼 중간에 스킵된 프레임의 움직임 벡터를 구하는 과정을 거치지 않고 기저 움직임 벡터를 그대로 사용하고 (-1, 1)의 탐색 영역만 거치면 영상의 화질에는 영향을 미치지 않게 된다. 기저 움직임 벡터를 재사용하면 움직임 추정 부분을 거치지 않게 되어 계산량 감소는 물론이고 수행시간 또한 감소하게 된다. 또한 이 방법에서는 움직임 추정시 기존의 ADVS 방법과는 조금 다른 방법을 사용한다.

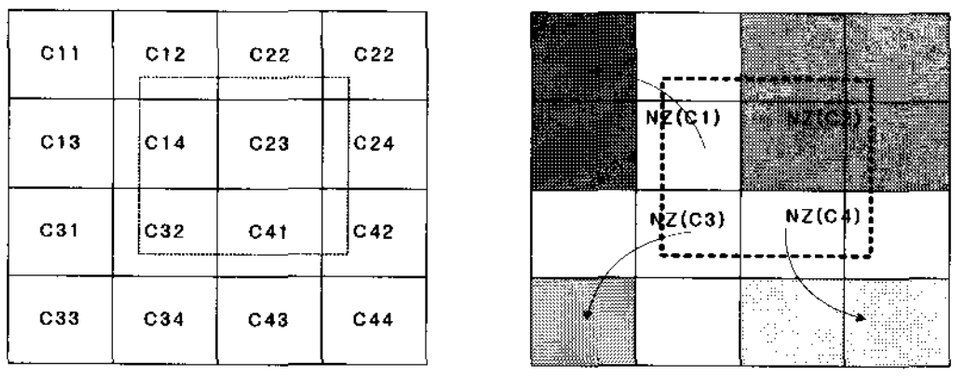

그림 7. 매크로블록의 활동도에 따른 방법
Fig. 4 Method by the activity of mcroblock

기존의 ADVS 방법에서는 현재의 프레임에서 움직임 벡터만큼 이동해 온 매크로블록이 스킵된 프레임의 각각의 매크로블록과 겹치는 부분의 블록의 Nonzero AC coefficient 개수를 비교해서 가장 큰 부분의 움직임 벡터를 선택하였다. 그러나 이 방법에서는 그림 4에서와 같이 스킵된 프레임의 매크로블록과 겹치는 부분의 블록의 Nonzero AC coefficient 개수를 비교하는 것이 아니라 개념을 달리하여 스킵된 프레임의 매크로블록과 겹치는 현재 프레임의 각각의 블록들을 그와 같은 위치에 있는 부분의 Nonzero AC coefficient 개수를 비교하는 것이다.

VI. 실험 방법 및 결과

제안하는 방법을 실험하기 위해서 704 ×480의 Football 영상을 10 Mbits/s, 비월주사로 부호화하였다. 색차신호포맷은 4:2:0이며, 삽입되는 DCT 계수는 첫 번째 AC 계수로 하여 10번 반복하여 삽입하였다.

기존의 방법과 비교하기 위해 ADVS와 제안된 방법의 각 프레임에 대한 PSNR의 값을 그림 5에 나타내었다. 기저 움직임 벡터를 재사용하는 경우가 총 매크로블록의 거의 절반 이상이어도 PSNR은 거의 떨어지지 않는 것을 볼 수 있다. 제안된 매크로블록의 활동성에 따른 방법은 역 DCT 과정이 필요 없으므로 효율적으로 블록의 활동성을 판단할 수 있다.

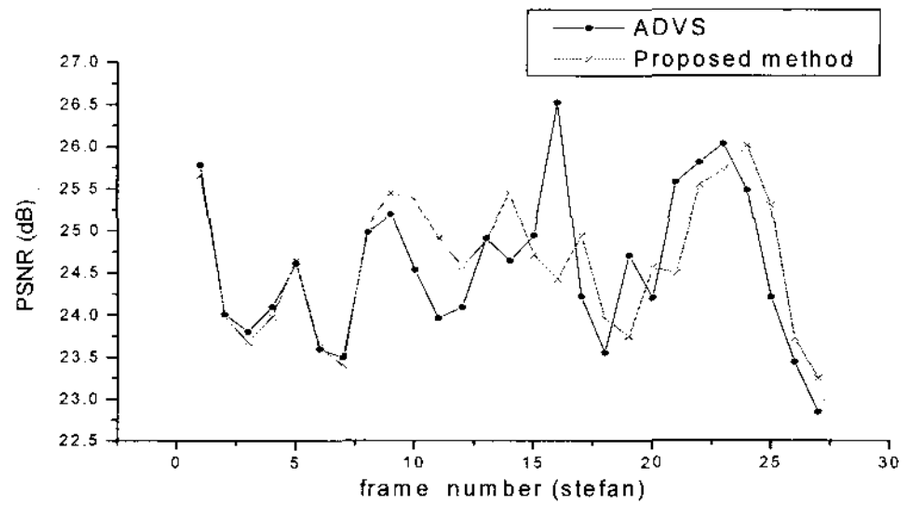

그림 8. football 영상의 화질 비교
Fig.5 Video quality comparision of football image

그림 6은 10 Mbits/s로 압축된 Football 영상에서 반복된 삽입 횟수에 따른 PSNR의 변화량에 대한 실험 결과로서, 반복 횟수가 증가할수록 PSNR이 감소한다는 것을 보여준다. 그러나, 헤더 정보를 10번 반복해서 삽입하더라도 PSNR은 2% 감소하므로, 실험에서는 절대적인 화질의 열화에 영향이 없도록 삽입하는 반복 횟수를 10번으로 하였다.

그리고 헤더 정보에서 오류가 발생하면 영상에 어떤 영향을 끼치는지를 확인하기 위해서 11번째(I), 50번째(P), 72번째(B) 픽쳐의 헤더 정보에 단일 비트 오류(one bit error)를 삽입하였다.

그림 7(a)는 양자화된 DCT 계수가 지그재그 스캔 방식으로 부호화되어 전송될 때, 전송 오류로 인하여 alternate scan으로 복호화될 경우에 대한 화질의 열화를 보여주고 있고, 7(b)는 인트라 DC 정밀도 헤더 정보에 의하여 인트라 DC가 8 비트로 부호화되어 전송될 때, 전송

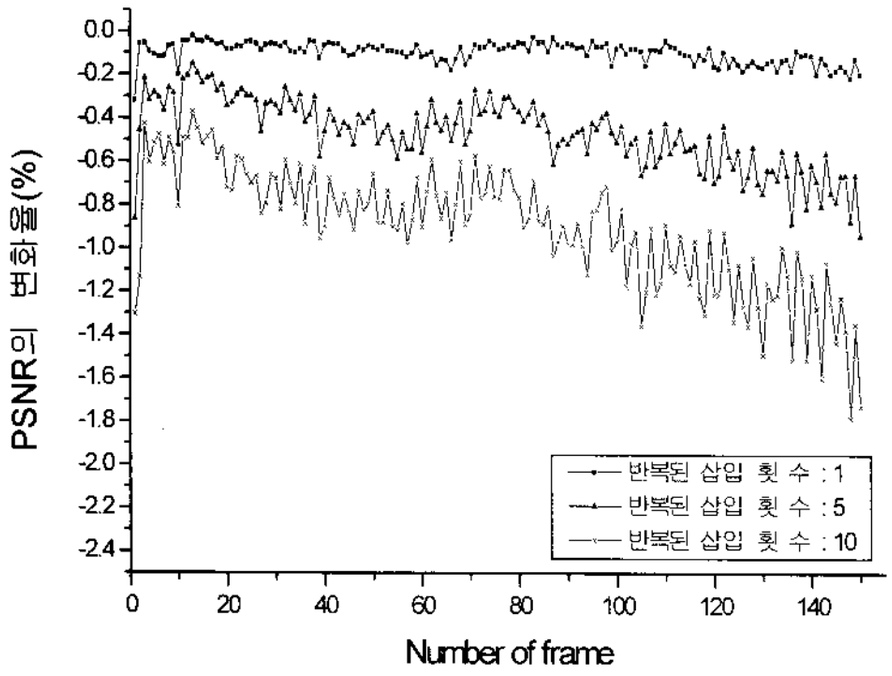

그림 6. 10 Mbits/s로 압축된 football 영상에서 반복된 삽입 횟수에 따른 PSNR의 변화율
Fig. 6 ΔPSNR according to the no. of repeated embeddings in 10 Mb/s compressed football image

(a)

(b)

그림 7. (a) alternate scan (b) intra DC precision 헤더 정보의 오류로 인한 화질의 열화가 발생한 영상
Fig. 7 (a) alternate scan (b) Visually degradated image by error on intra DC precision header parameters

오류로 인하여 9 비트로 인트라 DC가 복호화될 경우에 대한 화질의 열화를 보여주고 있다.

헤더 정보에서 오류가 발생하면 오류가 발생한 픽쳐뿐만 아니라 픽쳐의 부호화 특성(I, P, B)에 따라 그 영향이 GOP단위까지 전파되면서 화질에 심각한 열화를 발생시키게 된다.

그러나, 제안한 방법에 의해 부호화를 하여 전송한다면 헤더 정보에 대한 오류가 복원된다는 것을 그림 8을 통하여 확인할 수 있다.

그림 8. 제안한 방법에 의해 오류가 복원된 영상
Fig. 8 Error resilience image by proposed method

V. 결 론

멀티미디어 데이터 압축 기술 중에 하나인 MPEG-2로 부호화 된 영상에서 발생하는 전송 오류 중에서 비디오 비트열에서 헤더 정보의 오류는 복호화 과정 전체에 영향을 미치므로 데이터 정보의 오류와 달리 전체 영상에 심각한 화질의 열화를 일으킬 수 있다. 그러므로 헤더 정보에서의 오류를 복원하는 것은 데이터 정보에서 오류를 복원하는 것보다 더 중요하다.

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 비트스트림의 헤더정보에 오류가 발생할 경우 헤더 정보를 양자화된 DCT 계수에 반복적으로 삽입하여 전송함으로써 양자화된 DCT 계수에 삽입된 헤더 정보를 추출하고, 매크로블록의 활동성을 고려한 헤더 정보에 대한 오류를 복원하는 방법을 제안하였다. 제안된 매크로블록의 활동도을 고려한 헤더 정보에 대한 오류 복원 방법은 역 DCT 과정이 필요 없으므로 효율적으로 블록의 활동도를 판단할 수 있었고, 또 제안된 방법을 통하여 헤더 정보에서 오류가

발생하였을 경우 헤더 정보의 오류가 복원된다는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] K. Fazel and S. Kaiser, Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems, John Wiley & Sons, 2003.

[2] D.H.Choi, S.H.Lee, and C.S.Hwang, "Error concealment method using three-dimensional motion estimation,"Lecture Notes in Computer Science 3045, pp.288-297. May 2004.

[3] Jennifer L.H. Webb, "Efficient Table Access for Reversible Variable Length Decoding", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 8, Aug. 2001.

[4] Shinfeng D. Lin and Chin-Feng Chen, "A Robust DCT-based Watermarking for Copyright Protection", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 46, No. 3, Aug. 2000.

[5] Wen-Nung Lie, Li Chun Chang, "Data Hiding in Images with Adaptive Numbers of Least Significant Bits Based on The Human Visual System", Proc. ICIP 99,. pp 286 -290 Vol. 1, 1999.

[6] Stephan Wenger, Gerd Knorr, Jőrg Ott, Faouzi Kossentini, "Error resilience Support in H.263+", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, Vol. 8, No. 7, Nov. 1998.

[7] C.T.Chen, "Error detection and concealment with an unsupervised MPEG2 video decoder", Journal of Visual Communication and Image Representation, pp. 265-279, vol. 6, No. 3, Sep. 1995.

[8] "Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video", ITU-T Recommandation H.262, July, 1995.

[9] C.W.Yap, K.N.Ngan and R. Liyanapathirans, "Error resilient combined source-channel coder for mobile video," Proceeding PCS 1997.

김 종 훈(Jong-Hoon Kim)

1980년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1984년 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1984년 2월 ~ 1994년 2월 연암공업대학 부교수
2006년 8월 ~ 2007년 7월 미국 UCSC 연구교수
1994년 3월 ~ 현재 동양대학교 교수
※관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 시스템