

칼라채널의 DCT 계수 변경을 이용한 스테레오 영상 삽입

이호근, 천성렬, 하영호
경북대학교 전자전기컴퓨터학부

e-mail : hoguni@m80.knu.ac.kr, colin1000@hotmail.com, yha@ee.knu.ac.kr

Stereo Image Insertion using Alteration of DCT Coefficients of Color Channels

*Ho-Keun Lee, Sung-Ryoul Chun, Yeong-Ho Ha
School of Electrical Engineering and Computer Science
Kyungpook National University

Abstract

This paper proposes a stereo image insertion technique on DCT coefficients using the embedded method developed in the digital watermarking in due consideration of compatibility with conventional 2D system such JPEG, and MPEG. In conventional transmission method users with conventional digital TV cannot watch the transmitted 3D image sequence as 2D image, because of affectivity of conventional 3D image compression. To give an answer, in this paper, DCT coefficients are changed according to its disparity on YCbCr channels. Our method can insert stereo images into a conventional image compression method based on DCT.

I. 서론

영상 기술의 발달로 스테레오 및 그래픽스를 통해 입체감과 현실감이라는 느낌의 정보를 포함한 입체영상의 구현이 가능해지고 있다. 이러한 분야에 있어 중요한 부분은 다중시각(multiview)을 갖는 스테레오 영상의 전송이다. MPEG-2에서 입체 부호화를 지원해주는 MVP(multiview profile)은 여러 시각영상을 지원하는데 한계가 있어서 더 많은 연구가 필요한 분야이지만, 기존 표준 압축모드에서 다중시각을 지원하고 있

다[1-4]. 다른 방법으로 소수의 다중 시각을 전송하고 수신자 쪽에서 여러 영상을 생성하는 방법이 있다[5].

그러나 그러한 기술적인 발전에도 불구하고 MVP를 지원하지 않는 기존의 2차원 디지털 TV 시청자들은 3차원 기반의 영화나 드라마를 2차원으로 볼 수 없다. 3차원 정보가 추가됨으로써 기존 부호방식이 달라지므로 2차원 영상정보에 부가적으로 추가되기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 디지털 워터마킹 분야에서 사용되는 방법과 유사한 삽입 방법을 제안하였다. 시각적으로 왼쪽 영상에 오른쪽 영상을 숨기는 방법은 부호가 더 추가되는 방식이 아니므로 기존의 2차원 TV에서도 3차원 기반의 영화를 볼 수 있게 하기 때문이다. 제안한 방법은 색 정보에 대한 인간 시각의 반응을 고려하였고 디지털 워터마킹을 기반으로 하고 있다. 3가지 색 채널별로 비트를 변경하여 왼쪽 영상에 오른쪽 영상을 효과적으로 숨겼으며, 변이에 따라 숨겨진 영상은 복원시의 오차 영상에 따라 부호 비트에 추가하게 하였다.

블록당 5-7비트로 변이와 오차 영상을 부호화하여 왼쪽 영상에 시각적 은닉함으로써 기존의 전송 채널을 통해 전송할 수 있게 하였으며, 또한 DCT 계수 기반에서의 변경이므로 JPEG 이나 MPEG 기반의 압축 기법에 스테레오 영상을 은닉하여 전송할 수 있게 하였다.

II. 제안한 스테레오 영상의 삽입 기법

2.1 스테레오 영상 삽입 구조

기존 2D TV 시스템과의 호환을 위해 스테레오 영

상을 하나의 영상으로 변환하는 방법은 워터마킹 기법을 이용하여 적용할 수 있다[6]. 오른 영상을 시각적으로 눈에 띄지 않게 하려면 인간 시각이 둔감한 영역에 정보를 숨겨야 하는데, DCT 기반에서는 양자화를 고려하여 DCT 계수를 변경할 수 있다. 그림 1은 제안한 스테레오 영상 삽입 및 추출 기법을 나타내는 블록도이다.

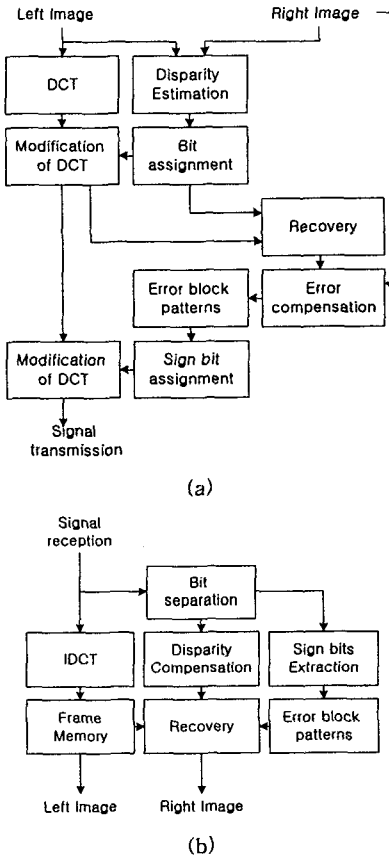


그림 1. 제안한 스테레오 영상 삽입 및 추출 구조
(a) 삽입 구조 (b) 추출 구조

스테레오 영상을 기존 DCT 기반의 압축 방법에 삽입하는 과정을 살펴보면 스테레오로 입력되는 두 영상에 대해서 좌·우영상간의 변위 정보를 DCT와의 호환을 위해 블록기반으로 추출한다. 이렇게 구한 변위 정보는 5 비트의 크기로 양자화되고 양자화된 비트는 각각 Y, Cb, Cr의 채널로 분배된다. 블록 기반의 변위 추출에서는 국부적인 에러가 많이 발생하는데, 이를 DCT 계수상의 부호 비트 부분에 오차 값을 저장한다. DCT 계수에서 부호는 주파수의 방향성을 의미하므로 고주파 영역에서는 시각적으로 유사하다고 볼 수 있다.

전송된 2D 영상으로부터 스테레오의 좌·우영상으로 분리하는 과정은 그림 1(b)에 나타나 있다. 전송된 2D 영상에서 Y, Cb, Cr의 각 채널의 부호비트로부터 오차 블록을 복원하고 하위비트에서는 가변량인 5 비트의 정보를 추출한다. 이 값으로 구성되는 변위 정보를 통해 좌영상으로부터 원래의 우영상을 복원한다. 이후 각각 복원된 좌·우영상으로부터 3D 정보를 구성한다.

2.2 DCT 계수 상의 가변 영역

DCT(discrete cosine transform)는 임의 함수 $f(x, y)$ 에 대해서 주파수 (u, v) 에 따른 성분을 추출하는 변환으로 다음과 같이 정의된다[7].

$$C(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \cdot \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2v+1)v\pi}{2N}\right] \quad (1)$$

$$\text{여기서 } \alpha(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{for } u=0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{for } u=1, 2, \dots, N-1. \end{cases}$$

기존 블록 기반 DCT를 이용한 압축에서는 8x8의 블록을 기준으로 수행하게 되는데, 이 경우의 블록 크기에 따른 커널 주파수의 변화는 그림 2와 같이 주파수가 증가할수록 복잡해진다.

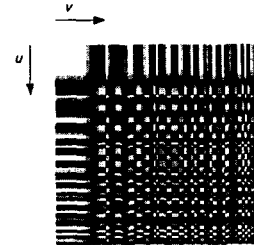


그림 2. DCT 커널의 주파수 변환

표 1은 한 영상에 대해서 기존의 DCT 기반 양자화를 수행한 결과이며, 표 2는 DCT 계수상에서 홀수 결과에 대해서 특정 주파수 (u, v) 의 계수를 짝수를 변경하였을 때의 Y에 대한 PSNR결과이며 표 3은 짝수 결과에 대해서 변경한 결과이다.

표 1. 'Rabbit' 영상에 대한 양자화후 PSNR

	Y	Cb	Cr
PSNR	42.7	41.7	44.02

표 2. 홀수 양자화 결과를 짝수로 변경한 PSNR결과

Odd	0	1	2	3
0	40.74	40.25	40.43	39.09
1	40.31	40.4	39.8	38.32
2	40.02	40.16	39.79	37.25
3	40.39	39.27	37.69	35.96

표 3. 짝수 양자화 결과를 홀수로 변경한 PSNR결과

Even	0	1	2	3
0	40.75	42.38	42.57	42.59
1	42.27	42.5	42.61	42.66
2	42.46	42.64	42.64	42.68
3	42.57	42.64	42.66	42.69

표 3에서 알 수 있듯이 DC 계수를 제외한 경우 다른 주파수 대역에서의 변경은 화질에 큰 영향을 주지 못하는 것을 알 수 있으며, 따라서 화질의 큰 저하 없이 계수 변경이 가능함을 알 수 있다.

계수의 부호 영역에서 칼라 주파수에 따른 부호의 변경 정도에 따른 화질을 확인해 본 결과는 다음 표 4-6에 나타내었다.

표 4. 'Color Zone Plate' 영상에 대한 양자화 후 PSNR

	Y	Cb	Cr
Original	22.97	25.3	25.35

표 5. 휘도 영역에 대한 부호 변화에 따른 PSNR

Y	0	1	2	3
0		20.82	22.87	20.81
1	20.78	22.87	20.89	
2	20.9	20.95		
3	22.87			

앞에 결과와 동일하게 부호의 변화에 따른 화질의 큰 저하가 없음을 알 수 있다.

표 6. 색 영역에 대한 부호 변화에 따른 PSNR

Cb	0	1	2	3	Cr	0	1	2	3	
0		22.7	22.72	24.39		0		22.72	22.75	24.43
1	22.49	22.95	23.06			1	22.51	22.98	23.09	
2	23.81	23.72				2 <td>23.84</td> <td>23.76</td> <td></td> <td></td>	23.84	23.76		
3	25.13					3 <td>25.18</td> <td></td> <td></td> <td></td>	25.18			

2.3 변위에 따른 계수 변경

본 논문에서는 여러 영상을 통해 주파수 별 화질 저

하가 최소로 발생하는 영역을 추출하여 그림 3과 같은 영역을 변위에 따라 할당하였다.

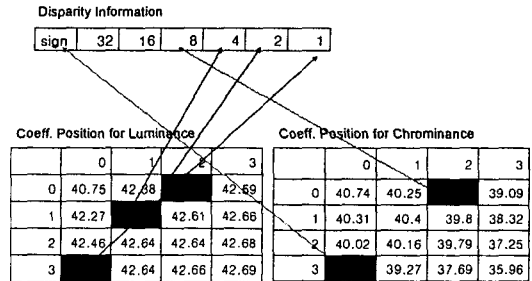


그림 3. 변위에 따라 변경되는 DCT 계수 상의 위치

MPEG은 압축 효율을 높이기 위해 8x8의 영상 블록별로 DCT를 수행하고 양자화를 통해서 압축이 이루어지는데, 이 경우 영상내의 하위비트는 쉽게 왜곡된다. 따라서 DCT의 양자화를 이용하여 비트를 가변하여야 한다. DCT는 8x8의 블록 단위로 처리되므로 우영상의 변위 정보는 블록 단위로 은닉할 수 밖에 없다. DCT 계수 상에서 변화하지 않도록 공간 영역에서의 영상에 대해 DCT의 계수 중 시각적으로 화질 열화를 최소화하는 DCT 계수에 대해 조사하였다. 일반적으로 DCT 계수의 양자화는 다음 식과 같이 DCT 계수와 양자화 테이블 계수의 제곱에 대한 몫으로 나타내어진다.

$$DCT \text{ 양자화 계수} = \text{Round}\left(\frac{DCT \text{ 계수}}{\text{양자화 테이블 계수}}\right) \quad (2)$$

(0,0)의 DCT 계수는 8x8 블록 영상의 평균 밝기를 의미하여 가변할 수 없는 값이다. DCT 계수 중 고주파 영역에 대해서 비트를 가변하여야 하며 이 경우 가변할 수 있는 양은 인간 시각에 따라 Cb, Cr 채널 정보를 담고 있는 DCT 계수상에서 더 많이 가변될 수 있다. 블록별로 가변하였을 경우 복원되는 DCT 계수는 다음 식과 같다.

$$\text{복원된 DCT 계수} = \left\{ \text{Round}\left(\frac{DCT \text{ 계수}}{\text{양자화 테이블 계수}}\right) + \text{가변량} \right\} \times \text{양자화 테이블 계수} \quad (3)$$

2.4 오차 영상 보상

부호 비트에서 남긴 5비트로 총 32가지 오차 영상 보상 형태를 생성한다. 이 중 화질의 열화를 최소화 하는 영상 형태로 오차 영상을 보상한다. 그림 4는 오차 영상 형태의 일부를 나타내며 이 형태에 따라 블록별 추가적인 변위 변경을 통해 영상의 오차를 보상한다.

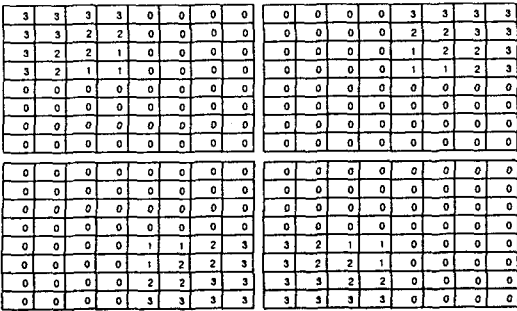


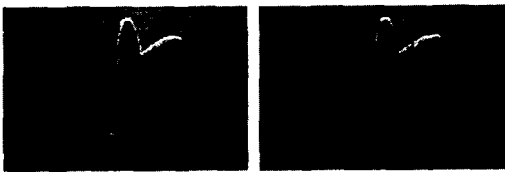
그림 4. 오차 보상 영상 형태 일부

III. 실험 및 결과

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위하여 720x480 영상 크기를 갖는 'Rabbit' 영상과 계수 변경에 따른 색의 시각적 변화를 판단하기 위해 'color zone plate' 영상을 이용하였다. DCT 계수상에서 양자화를 수행한 후, 제안한 DCT 계수상의 변위 정보 삽입을 통해 좌영상과 우영상을 복원하는 실험을 하였다. 우영상의 변위 정보가 삽입된 영상에 대한 비가시성을 평가하는 일반적인 PSNR 식은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (3)$$

여기서 MSE는 두 영상간의 차이를 누적한 Mean Square Error 값이다. 그림 5는 제안한 방법으로 삽입하여 복원한 영상이며, 표 7은 PSNR 결과이다.



(a) 좌영상 (b) 우영상
그림 5. 'Rabbit'의 1번 프레임 복원 영상

표 7. 'Rabbit' 복원영상의 PSNR(dB) 결과

Rabbit	Y	Cb	Cr
Original	42.7	41.7	44.02
Recovered R	40.44	38.04	39.01
Recovered L	29.41	37.82	38.1

IV. 결론

본 논문에서는 기존 2D 시스템과의 효과적으로 호환 가능하면서 스테레오 영상을 삽입할 수 있는 방법을 제안하였다. 인간 시각의 휘도 성분 및 색 성분에 대한 분해능력이 낮음에 기반하여 우영상의 변위 정보를 DCT 계수상에 YCbCr의 각 채널로 분해하여 각각의 LSB비트를 가변하는 방식으로 영상 정보를 은닉하고 부호비트에 대해 오차 영상 정보를 보상하여 영상의 화질을 개선하였다.

참고문헌

- [1] A. Puri, R. Kollaritis, and B. Haskell, "Basics of Stereoscopic Video, New Compression Results with MPEG-2 and a Proposal for MPEG-4," Signal Proc., Image Commun., vol. 10, pp. 201-234, 1999.
- [2] Special session "Digital Stereoscopic and 3D Video: Communication and Entertainment for the Future," Stereoscopic Displays and Apps., Elect. Imaging '99, San Jose, CA, Jan. 1999.
- [3] Special issue on 3-D video technology, IEEE Trans. Circuits Sys. Video Tech., vol. 10, no. 2-4, Mar.-June 2000.
- [4] 배태면, 한규필, 김용석, 이호영, 하여호, "다해상도 블럭정합기법을 이용한 스테레오 동영상의 부호화", 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp. 420-424, 1997.
- [5] ISO/IEC 13818-2, "Information technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information : Video," April, 1996.
- [6] 이호근, 하여호, "변이 정보의 칼라채널별 은닉을 통한 스테레오 동영상 전송 기법", 대한전자공학회 논문지, 40권, 2호, 2003년 3월
- [7] Rafael. C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Pub., pp.144, 1993