

論文2003-40SP-2-4

변이 정보의 칼라채널별 은닉을 통한 스테레오 동영상 전송 기법

(Stereo Sequence Transmission using Concealment of Disparity Information on Color Channels)

李 昊 根 * , 河 永 浩 *

(Ho-Keun Lee and Yeong-Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 디지털 워터마킹을 이용하여 기존 2차원 TV와 호환가능한 새로운 3차원 동영상 전송기법을 제안한다. 일반적으로 3차원 영상을 효과적으로 전송하기 위해 스테레오 영상간의 시간적·공간적 중복성을 이용한 동영상 전송방법을 사용하고 있다. 그러나 3차원 영상의 압축에 대한 효율성 때문에 복호화과정에서 기존의 일반 디지털 TV로는 전송된 3차원 영상의 시청이 불가능한 단점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 제안한 방법에서는 디지털 워터마킹이 시각적으로 보이지 않는 곳에 새로운 정보를 은닉시키는 부분에 착안하여 스테레오 영상의 다른 한쪽 영상의 정보를 기준 영상의 각 채널별로 은닉하여 복호화시 3차원 영상의 복원 뿐만아니라 기존의 디지털 TV로도 시청가능하도록 하였다.

Abstract

This paper proposes a new 3D image transmission technique using digital watermarking for compatibility with conventional 2D digital TV. To transmit 3D images effectively, generally, we use image sequence transmission using temporal-spatial redundancy between stereo images. It is difficult for users with conventional digital TV to watch the transmitted 3D image sequence because of effectivity of 3D image compression. To improve such problem, in this paper, we perceive the concealment of new information of digital watermarking and conceal information of the other stereo image into three channels of the reference image. So we can watch the image with 3D TV as well as conventional digital TV when it is decoded.

Keywords : 3D TV, 디지털워터마킹, 스테레오 영상

I. 서 론

눈과 귀만의 정보가 아닌 입체감과 현실감이라는 느

* 正會員, 慶北大學校 電子電氣컴퓨터學部
(Kyungpook National University School of Electrical Engineering and Computer Science)

** 正會員, 慶雲大學校 컴퓨터工學科
(Dept. of Computer Engineering, Kyungwoon Univ.)

※ 본 연구는 과학기술부 NRL 사업(M10203000102-02J0000-04810) 지원에 의해서 수행되었습니다.

接受日字:2002年8月28日, 수정완료일:2003年3月11日

낌의 정보까지도 포함한 입체영상 정보를 요구하게 됨에 따라 3D TV와 같은 3차원 입체 시스템과 스테레오 영상 등을 이용한 3차원 영상의 효과적인 표현에 대한 연구가 요구되고 있다^[1,2]. 이러한 연구는 기술적인 어려움으로 상용화에는 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다^[3,4].

2차원 동영상의 3차원 입체 동영상 변환(2D/3D 동영상 변환)은 연속적으로 입력되는 TV 영상을 입체 영상으로 변환하는 기술이다^[4,5]. 입체 영상은 3차원 시청 기기 또는 3D TV를 이용하면 2차원 영상에서 느낄 수 없는 3차원 입체감을 얻을 수 있다. 효율적인 영상 변환을 위해서는 3차원 정보가 담고 있는 특징을 추출하

고 표현하는 것이 필요한데, 이를 위하여 사용되는 특징 값으로 영상의 변위, 색상, 질감, 그리고 형태 등이 있다. 이 중에서 변위는 가장 기본적인 특징으로 기준영상과 다른 한 쪽 영상간의 관계를 명확히 한다.

3D 영상을 2D로 변환하기 위해서는 스테레오 영상 각각을 기존의 통신 및 압축 방식을 이용하여 전송하는 방법^[6]과 좌·우 영상 중 한 쪽 영상을 먼저 부호화하고 다른 쪽 영상은 먼저 부호화한 영상을 이용하여 부호화하는 방법, 그리고 좌·우 영상을 동시에 부호화하는 방법이 있다^[7,8]. 방법들은 기존의 전송 방식을 이용할 수 있다는 것과 3차원 정보 각각에 대해서 압축을 결정할 수 있는 장점이 있으나 전송 정보량이 기존의 단일 영상열에 비해 두 배 가까이 늘어나고 시스템이 복잡해진다. 무엇보다도 기존의 2차원 TV 시스템과 호환이 되지 않아 새로운 디스플레이가 필요한 단점이 있다.

제안한 방법에서는 기존 2차원 TV 시스템과의 호환에 중점을 두면서 3차원 영상과 2차원 영상간의 변환과 스테레오의 한 쪽 영상을 워터마킹 기법을 이용하여 또 다른 한 쪽 영상에 삽입하는 방식에 대해 고려하였다. 이러한 워터마킹 기법은 원영상의 화질을 보존하면서 원하는 신호를 숨길 수가 있지만 숨길 수 있는 정보량에 한계가 있는 단점이 있다. 따라서 스테레오 영상의 특징을 고려하여 정보량을 줄이면서 좌영상을 기준 영상으로 두면서 기준 영상의 Y, Cb, Cr 채널 상에서 시각적으로 분별하기 어려워면서도 우영상의 정보를 표현할 수 있는 분량의 비트를 가변하는 알고리즘을 연구하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 기존의 3D/2D 변환기법을 살펴보고 III장에서 제안한 디지털워터마킹을 이용한 3차원 영상의 전송에 대해 단계별로 설명한다. IV장에서는 제안한 방법으로 생성된 스테레오 영상의 실험 결과에 대해 비교한 후, V장에서 결론을 맺는다.

II. 스테레오를 이용한 기존의 3D/2D 변환 기법

1. MVP를 이용한 스테레오 MPEG-2 부호화기
일반적으로 스테레오 동영상 부호화기는 좌·우 영상을 부호화하는 방법에 따라 3가지로 나눌 수 있다. 좌·우 영상을 독립적으로 부호화하는 동시(simulcast)

부호화방법과 좌·우 영상 중 한 쪽 영상을 먼저 부호화하고 다른 쪽 영상은 먼저 부호화한 영상을 이용하여 부호화하는 양립(compatible) 부호화방법, 그리고 좌·우 영상을 동시에 부호화하는 joint 부호화방법이 있다^[6,8]. 위 세 가지 방법 가운데 MPEG-2기반의 부호화기의 구조에서는 동시 부호화방법과 양립 부호화방법만이 가능하다. 동시 부호화방법의 경우 좌·우 영상을 독립적으로 부호화하기 때문에 좌·우 영상간의 중복성을 제거할 수 없으므로 양립 부호화방법에 비해 부호화율이 떨어지지만 구현시 병렬화가 가능하고 설계가 간단하다. <그림 1>은 동시 방법을 이용한 스테레오 동영상 부호화기의 구조이고 <그림 2>는 양립 부호화방법을 이용한 스테레오 동영상 부호화기의 구조이다. <그림 1>과 <그림 2>에서와 같이 양립 부호화방법이 동시 부호화방법보다 부호화기 구조가 복잡하다.

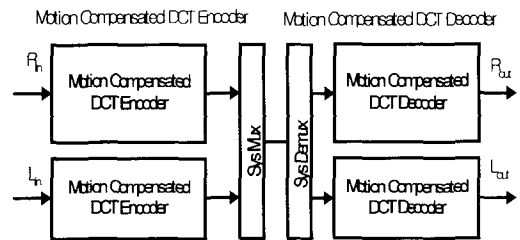


그림 1. simulcast부호화 방법을 이용한 스테레오 부호화기 구조

Fig. 1. Stereo encoder using simulcast coding method.

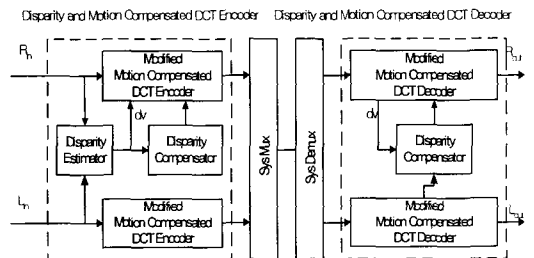


그림 2. compatible부호화 방법을 이용한 스테레오 부호화기 구조

Fig. 2. Stereo encoder using compatible coding method.

2. 영역분할을 사용한 객체기반 스테레오 동영상 부호화

객체기반 부호화 기법은 움직이는 객체를 분할해서 객체단위의 정보를 추출하여 영상을 예측하는 방법이

다. 단일 영상열 부호화에서의 객체기반 부호화를 스테레오 동영상열에 적용할 경우, 변위가 추가되어 영상 분석 및 합성에 움직임과 변위를 동시에 이용할 수 있고, 좌·우 영상을 예측하는데 적합한 객체를 분할할 수 있다. 기존의 영역분할을 이용한 객체기반 스테레오 동영상 부호화에서는 객체를 움직임과 변위가 모두 동일한 영역으로 정의하여 영상을 예측하였다^[8].

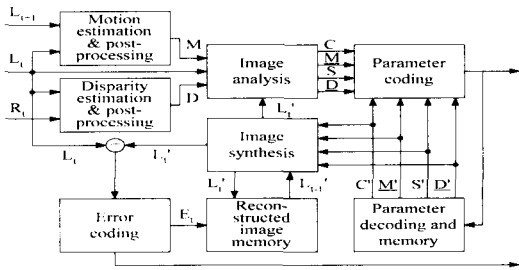


그림 3. 영역분할을 사용한 객체기반 스테레오 부호화기
Fig. 3. Object-based stereo encoder using segmentation.

<그림 3>은 영역분할을 이용한 일반적인 객체기반 스테레오 부호화기를 나타낸다. L과 R은 영상의 좌, 우 영상을 나타내며 M과 D는 영상에서 구한 움직임 정보와 변위 정보를 각각 나타낸다. 영상 분석을 통해 도출되는 C, M, S, D는 각 객체의 색정보, 움직임 정보, 윤곽정보, 변위를 나타내며 이러한 파라미터의 결합으로 각 객체를 부호화한다.

<그림 3>에서 보는 것처럼 객체 기반의 부호화 방식은 객체의 색, 변위, 움직임 등 많은 파라미터를 보내주어야 하므로 부호화율 및 화질에는 어느 정도의 향상이 있을 것이지만, 오히려 시스템이 복잡해지고 기존 2D TV의 전송방식과는 다른 시스템으로 개발이 필요한 단점을 가지고 있다.

III. 제안한 3차원 동영상의 전송기법

기존의 스테레오 영상을 이용한 방법들은 좌·우영상간의 중복성을 최대한 고려하여 좌·우 영상간의 변위, 동영상에서의 움직임 등의 원영상 외 부가 정보를 전송하고자 하였다. 또한 MPEG과 같은 기존 압축 방식을 적용하여 좌·우 영상을 부호화하고자 연구하였기에 기존의 시스템과의 호환을 탈피하여 새롭게 설계하고자 하였다. 하지만 기존의 칼라 TV와 흑백 TV와의 호환을 바탕으로 발전하였듯이 3D 방식의 방송환경

또한 2D 기반의 방송환경을 무시하며 설계될 수는 없다. 제안하는 방법에서는 우영상을 좌영상에 워터마킹 기법으로 삽입함으로써 좌영상만 시청할 경우 기존의 2D 방식의 방송환경과 완벽한 호환을 이루며 3D 방식의 방송환경에서는 삽입·은닉된 우영상의 변위 정보만을 추출하여 3D 영상을 구현할 수 있다. 워터마킹 기법으로 영상을 삽입할 경우 기존의 2D 방송에서의 정보전송량과 동일하며 시각적으로 화질의 열화가 크지 않아 완벽하게 호환할 수 있다.

1. 3D/2D 영상변환 구조

기존 2D TV 시스템과의 호환을 위해 스테레오 영상을 하나의 영상으로 변환하는 방법은 워터마킹 기법을 이용하여 적용할 수 있다. 이 경우의 기준이 되는 영상에서 숨겨진 워터마크를 시각적으로 눈에 띄지 않게 하려면 인간 시각이 둔감한 영역에 정보를 숨겨야 하는데, 공간상에 숨길 경우 영상에서는 하위비트 정보가 된다. <그림 4>는 제안한 3D/2D 영상변환 기법을 나타내는 블록도이다. <그림 4>의 스테레오 영상을 2D 영상으로 변환하는 과정을 살펴보면 스테레오로 입력되는 두 영상에 대해서 좌·우 영상간의 변위 정보를 구한다. 이렇게 구한 변위 정보는 5~6 비트의 크기로 양자화되고 양자화된 비트는 각각 Y, Cb, Cr의 채널로 분배된다. 본 연구에서는 Y 신호에 1비트 정보를, 나머지 Cb, Cr에는 2비트의 정보를 할당하고 그에 맞게 좌영상의 Y, Cb, Cr에 하위 비트를 가변한다. 이렇게 가변된 비트는 좌영상 정보에 숨어서 그대로 전송한다. 일반 영상에서 변위의 분포정도는 -30에서 +30 화소이내에 분포하므로 5~6비트의 정보량으로 은닉할 수 있다.

전송된 2D 영상으로부터 스테레오의 좌·우영상으로 분리하는 과정은 <그림 6>에 나타나 있다. 전송된 2D 영상에서 Y, Cb, Cr의 각 채널의 하위비트로부터 원하는 가변량인 5~6 비트의 정보를 추출한다. 이 값으로 구성되는 변위 정보를 통해 좌영상으로부터 원래의 우영상을 복원한다. 이후 각각 복원된 좌·우 영상으로부터 3D 정보를 구성한다.

2. 변위 추정

3D/2D 영상간의 변환 과정 중에 좌영상으로부터 우영상의 변위 정보를 추출한다. 스테레오 영상은 극상선 조건(epipolar line constraint)을 가정할 경우, 좌·우 영상 사이의 변위는 일차원 탐색만으로도 예측이 가능하

다^[11]. 화질을 보존하면서 우영상을 복원하기 위해서는 정확한 변위 추출을 하여야 하기 때문에 변위를 최소 단위로 예측해야 한다.

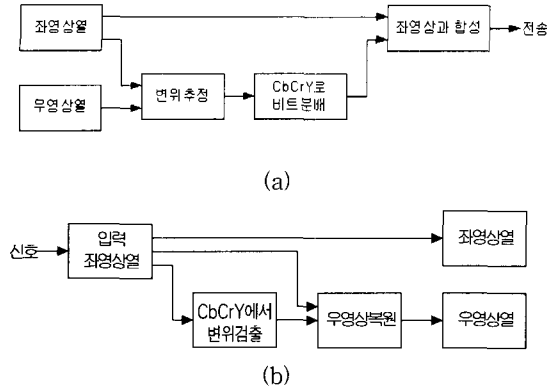


그림 4. 제안한 2D/3D 영상 변환 및 복원 구조
(a) 부호화 구조 (b) 복호화 구조
Fig. 4. Proposed 2D/3D image conversion codec (a) Encoder (b) Decoder.

또한 탐색 범위의 제한 없이 변위를 예측하게 되면 연산량이 증가하고 정확한 예측이 어려워진다. 그러므로 적절한 탐색 범위를 구하기 위해서 일반적으로는 계층적 방법을 사용한다^[12]. 먼저 큰 블록 단위의 블록 정합 방법에 의해서 전 영역에 대해서 변위를 예측한 후, 중간값 필터(median filter)를 사용하여 인접블록의 변위와 연관시킴으로서 변위도를 평탄하게 만든다. 하지만 추후 연산량을 고려하면 중간값 필터의 사용은 선택적일 수 있다. 그리고, 변위의 분포를 조사하여 탐색 범위를 결정한다.

스테레오 영상에서 변위추정은 <그림 5>에서와 같이 기준 영상인 좌영상의 한 블록에 대해서 우영상의 탐색 영역내 가장 유사하다고 판단되는 블록을 찾는 방법이다.

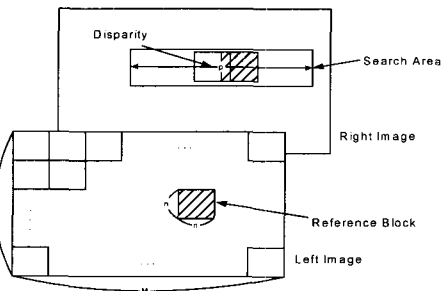


그림 5. 변위 추정
Fig. 5. Disparity estimation.

그 값은 변화가 별로 없는 영역에 대해서 변위분포를 조사하여 가장 많이 존재하는 값으로 정하면 된다. 정확한 변위 추출을 위한 영역 내의 화소들에 대한 변위 예측은 이전 라인의 값과 이전 화소의 값을 고려하는 평탄성 제약(smoothness constraint)을 적용한다. 평탄성 제약을 적용함으로써 부호화시 효율을 높일 수 있고, 또한 예측되는 변위의 정확성을 높일 수 있다. 평탄성 제약을 적용한 비용함수는 식 (1)과 같다.

$$J = \sum_i \sum_j |R(i, j) - L(i, j + d)| + \alpha |d_p - d| + \beta |d_l - d| \quad (1)$$

여기서 d_p 는 이전 화소의 변위, d_l 은 이전 라인의 변위, 그리고 α 와 β 는 각각 이전 화소, 이전 라인에 대한 가중치를 나타내고 d 의 범위는 $[d_{min}, d_{max}]$ 이다. 탐색 범위에 대해서 불력밝기값 차이가 크지 않다면 이전 화소와 이전 라인에 대한 비용의 비율이 커지므로 이 화소에 대해서는 평탄성 제약이 적용되고, 객체 내부의 화소를 의미한다. 이에 반해 불력밝기값 차이에 대한 비용이 커진다면 객체의 경계부분을 의미한다.

3. 공간상의 비트 가변

좌영상에 우영상 정보를 은닉하는 경우, 좌영상의 화질 열화를 최소화하면서 많은 양의 정보를 숨길 수 있는 방법을 찾아야 한다. 적용되는 영상은 일반적으로 YCbCr의 칼라 좌표계를 사용하고 있다. 이 경우 RGB 좌표계와의 연관성과 YCbCr 좌표계의 특성을 분석해서 어느 정도의 가변량이 타당한지를 분석할 필요가 있다. 또한 적용되는 영상은 4:2:2의 YCbCr 칼라 신호이므로 각 채널간 화소에 대해서 숨길 수 있는 정보가 반감하게 된다. 본 연구에서는 이러한 특성을 이용하여 변화 성분이 적은 변위의 부호 비트를 Cb 채널에 할당하여 숨길 수 있는 정보의 양을 극대화하였다.

YCbCr 신호에서 가변할 수 있는 영역을 살펴보기 위해 색에 대한 인간의 시각 특성을 고려하였다. 인간 시각에는 적색, 녹색 및 청색에 해당하는 주파수별 흡수 특성을 가진 세 종류의 감각기관이 있는데, <그림 6>과 같이 무채색 영역(○)은 대역통과 및 유채색 영역(□)은 저역통과 특성을 가지고 있어서 인간 시각 체계 특성 중 색을 구별하는 것이 전반적인 밝기 값의 변화를 인지하는 것보다 둔감하다는 것이 입증되었다^[13]. 이 사실로부터 Y 채널보다 Cb, Cr 채널 상에 보다 많은 양의 정보를 가변하여 숨길 수 있음을 알 수 있다.

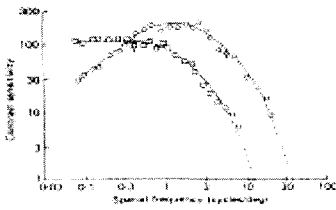


그림 6. 인간 시각의 대조 민감 함수 (CSF: contrast sensitivity function) 특성
Fig. 6. Characteristic of CSF of human eyes.

영상 정보 은닉을 위한 Y, Cb, Cr 채널 상에서의 가변 정보량을 확인하기 위해 인간 시각이 어느 정도의 무채색 및 유채색 정보의 변화에 민감한가를 알아볼 필요가 있다. 인간 시각 체계(HVS, human visual system) 특성은 무채색(achromatic; Y) 성분은 대해서는 특정한 대역통과 특성을 가지며 유채색(chromatic; Cr, Cb) 성분은 저주파 통과 특성을 갖는다. 즉, 사람들이 무채색의 변화보다는 유채색의 변화에 둔감한 것이 일반적인 특성이 있다. 이러한 특성을 기반으로 YCrCb 색좌표계에서 특히 유채색 성분에 대한 인간의 감지 정도를 색오차의 범위에 따라 분류하였다. 이 연구에서 사용된 Cb, Cr의 색오차는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\Delta E_{CbCr}^* = [(\Delta Cb^*)^2 + (\Delta Cr^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

여기서 ΔCb^* 는 Cb 채널간의 차이 정도, ΔCr^* 은 Cr 채널간의 차이 정도를 나타내고 색오차 ΔE_{CbCr}^* 는 이들 Cb, Cr 간의 색차의 크기를 의미한다. 우영상 정보가 삽입될 경우 시각적으로 구분이 되지 않도록 하기 위해 <표 1>에서 제시하는 색차 허용 범위를 만족하는 범위 내에서 영상의 변형이 이루어져야 한다^[11]. <표 1>을 도출하기 위한 비교 값은 식 (2)에 대응되는 색오차 정의식을 사용하였다.

표 1. 인간 시각 특성과 색차 범위

Table 1. Eyes characteristic and color difference.

색 오차 범위	인간 시각의 감지 정도
0 ~ 3	시각적으로 인지 불가
3 ~ 6	인지 가능하나 구분 어려움
6 이상	영상의 왜곡 인지 가능

YCbCr 채널에서 <표 1>의 오차 허용 범위는 <그림 7>과 같이 Cb, Cr의 크기한도 내에서 가변이 이루어져

야 한다. 허용 오차의 크기가 6 이내이며, 이것은 Cb, Cr 채널에 대해서 2비트 정도의 가변 여유가 있다는 것을 의미한다. Cb, Cr의 값은 <그림 7>과 같이 벡터로 표현할 수 있는데, 이때 벡터의 크기(magnitude)는 색정보에 있어서 색포화도(saturation)를, 위상(phase)은 색상(hue) 정보를 의미한다. 색정보 중에서도 중요한 것은 색상 성분이며, 색포화도 성분은 인간 시각 반응이 상대적으로 둔감한 부분으로 우영상의 변위 정보는 여기에 많은 양이 가변된다.

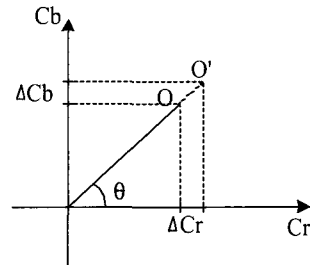


그림 7. 색오차 허용 범위
Fig. 7. A permitted ranges of color difference error.

4. YCbCr 채널에서의 비트 가변

좌영상내의 각 화소에 대해서 Y, Cb, Cr 가변하여 변위 정보를 숨기는 과정을 예를 들어 <그림 8>에 나타내었다. 먼저 좌영상과 우영상을 입력을 받아들였을 때, 좌영상의 임의의 점의 Y, Cb, Cr 값이 48, 120, 121 이라고 가정을 하였다. 이 경우 동일 위치의 우영상 화소는 좌영상으로부터 가장 유사한 지점을 찾아 나타낸다. 좌영상으로부터 추정한 변위가 -5였다고 가정을 하면, 이 값은 이진수 10101로 나타내어진다. 부호비트와 나머지 값을 나타내는 4비트이다. 부호는 1인 경우 음을 나타내고 0인 경우 양을 나타낸다.

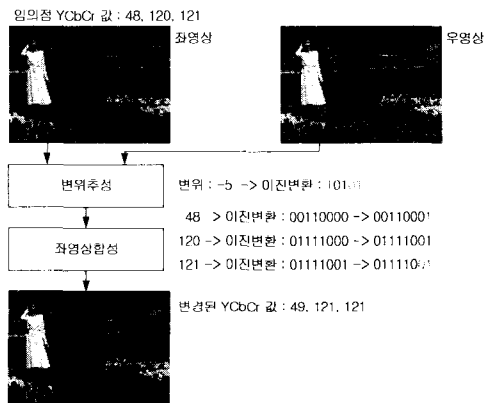


그림 8. 비트 가변의 예
Fig. 8. The example of bit-change

이렇게 추정된 변위정보 5비트는 원래의 좌영상 화소의 Y, Cb, Cr 값에 추가된다. 즉, 좌영상의 Y 값이 48은 하위 1비트가 변위정보의 부호비트로 대체되며, 나머지 Cb, Cr 값도 변위정보의 2비트로 각각 대체된다. 그러면 좌영상의 화소는 49, 121, 121의 Y, Cb, Cr 값을 갖고 이 값은 원래의 값과 비교하여 시각적으로 차이를 인지할 수 없다.

5. DCT 계수 상의 가변 영역

MPEG은 압축 효율을 높이기 위해 8×8의 영상 블록 별로 DCT를 수행하고 양자화를 수행한다. 양자화를 통해서 압축이 이루어지는데, 이 경우 영상내의 하위비트는 쉽게 왜곡된다. 따라서 DCT의 양자화를 이용하여 비트를 가변하여야 한다. DCT는 8×8의 블록 단위로 처리되므로 우영상의 변위 정보는 블록 단위로 은닉할 수 밖에 없다. DCT 계수 상에서 변화하지 않도록 공간 영역에서의 영상에 대해 DCT의 계수중 시각적으로 화질 열화를 최소화하는 DCT 계수에 대해 조사하였다. 일반적으로 DCT 계수의 양자화는 식 (3)과 같이 DCT 계수와 양자화 테이블 계수의 제법에 대한 몫으로 나타내어진다.

$$DCT \text{ 양자화계수} = \text{Round}\left(\frac{DCT\text{계수}}{\text{양자화 테이블 계수}}\right) \quad (3)$$

(0,0)의 DCT 계수는 8×8 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 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} & \text{복원된 DCT 계수} \\ & = \left\{ \text{Round}\left(\frac{DCT\text{계수}}{\text{양자화 테이블 계수}}\right) + \text{가변량} \right\} \\ & \times \text{양자화 테이블 계수} \end{aligned} \quad (4)$$

DCT계수 중에는 가변하여도 시각적으로 인지되지 않는 주파수 영역이 존재하며 이러한 부분의 계수 조정을 통해 DCT 상의 블록 조정이 가능하다. <그림 9>는 본 연구에서 실험한 가변 영역들이며, Cb, Cr 영역에서의 가변량에 따라서 스테레오 영상간의 변위정보 뿐만 아니라 오차영상, 부호방법에 따른 코드등의 삽입이 가능하다.

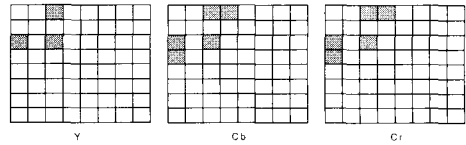


그림 9. DCT 계수상의 가변 가능한 영역들
Fig. 9. The variable DCT coefficients.

제안한 DCT 계수상의 블록별 변위정보 삽입방법은 우선 입력 좌우영상열에 대해 변위를 추정함과 동시에 좌영상열은 DCT변환을 수행한다. 이때 추정된 변위는 5비트 범위내에서 -30 ~ 30 화소의 탐색 범위를 가지며, 5비트로 한정하기 위해 2 화소씩 건너서 변위를 추정한다.

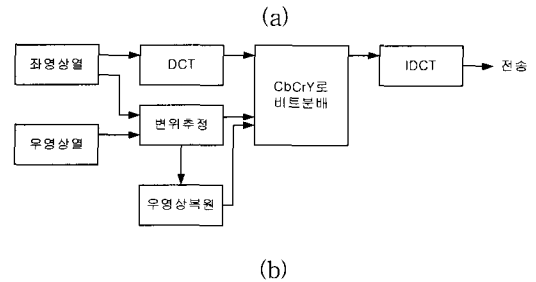
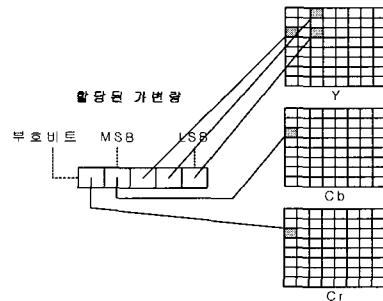


그림 10. 제안한 DCT 계수상의 가변 방법
(a) 변위 정보의 DCT계수로의 할당 (b) 제안한 가변 구조

Fig. 10. Proposed DCT coefficient-changing method
(a) Assignment of disparity information on DCT coefficients (b) Proposed changing encoder.

추정된 변위 정보는 <그림 10(a)>와 같이 각각 해당되는 YCbCr 채널의 계수값을 1, 0에 따라 홀수화 혹은 짝수화 시킨다. 논문에서 고려한 DCT계수상의 위치는 가변시 시각적인 영향을 최소화하면서도 부호화에서는 항상 필요로 하는 부분을 선택하였다. 부호화시에 필요 없는 계수가 될 경우, 이러한 주파수 성질을 갖는 영상이 없다는 것을 의미하며 이것은 영상이 배경과 같이 단순한 부분임을 의미한다. 실험적으로 계수를 가변시

켜가며 화질의 변화를 최소화하면서 중요한 계수 위치에 해당부분을 선택하였다. 이렇게 가변된 정보는 IDCT를 통해 전송되며 복원시 YCbCr의 지정된 위치에서의 계수값의 홀, 짝에 따라 변위정보를 다시 재구성한다. <그림 10>은 이와 관련된 제안한 DCT 계수상의 가변 방법을 나타내고 있다.

IV. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위하여 720×480 영상 크기를 갖는 'Tulip Garden'을 이용하였다. 1번 프레임과 5번 프레임의 영상에 대해 Y, Cb, Cr 값을 1, 2, 2비트씩 가변시킨 경우와 변위 추정을 블록별로 처리한 경우에 대해 실험하였다. 공간상의 화소에 대해 가변한 실험에서는 변위 정보의 부호비트를 Y 채널값에 할당한 경우와 변위 정보의 하위비트를 할당한 경우에 대해서 실험·비교하여 비트 가변의 개선 방향을 점점 하였고, 블록별로 처리한 실험에서는 2×2, 4×4에 대한 변위 추정시의 우영상 은닉 및 복원을 실험하였고, 특히 DCT 기반의 압축에 대비하여 8×8 블록단위로 변위 정보를 숨길 경우의 특성을 실험하였다. 또한 DCT 계수상에서 양자화를 수행한 후, 제안한 DCT 계수상의 변위 정보 삽입을 통해 좌영상과 우영상을 복원하는 실험을 하였다. 우영상의 변위 정보가 삽입된 영상에 대한 비가시성을 평가하기 위해 일반적인 PSNR 식은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} \quad (5)$$

여기서 MSE는 두 영상간의 차이를 누적한 Mean Square Error 값이다. <그림 11>은 실험에 사용된 'Tulip Garden'의 1번 프레임 우영상이다. 본 실험에 사용된 'Tulip Garden' 영상은 좌·우 카메라간의 수평축은 일치한다는 가정하에 획득한 영상이며, 좌·우 영상간의 변위 검색을 위한 범위는 -30에서 30 화소 정도이다.

<그림 12>는 DCT 수행에 따른 블록별 비트 은닉을 위해 'Tulip Garden'의 5번 프레임 우영상에 대한 블록단위 추정 결과를 나타낸 것이다. 이에 대한 결과를 <표 2>에 나타내었다. 실제로 Cb, Cr 채널에서의 가변량이 증대될 수 있기 때문에 변위 검색의 간격을 1화

소로 하게 되면 위의 결과보다 최소 0.2dB 이상의 증가를 가져올 수 있다.



그림 11. 'Tulip Garden'의 1번 프레임 우영상
Fig. 11. Original 1st frame right image of 'Tulip Garden'.



그림 12. 'Tulip Garden'의 5번 프레임에 대한 블록 단위 추정 결과
Fig. 12. 5th frame result images of 'Tulip Garden'

표 4. 'Tulip Garden'의 복원영상의 PSNR (dB) 결과

Table 4. PSNR results of decoded images of 'Tulip Garden'.

#	원영상(좌)			복원좌영상			복원우영상		
	Y	Cb	Cr	Y	Cb	Cr	Y	Cb	Cr
1	33.28	34.70	34.6	32.63	34.13	33.76	28.13	29.27	29.89
2	33.45	34.92	34.55	32.78	34.1	33.79	28.2	29.48	30.12
3	33.49	34.89	34.6	32.81	34.13	33.87	28.21	29.22	29.89
4	33.07	34.72	34.32	32.43	34.01	33.72	28.12	29.53	29.86
5	33.65	34.97	34.9	32.97	34.15	34.19	28.25	29.63	29.7

V. 결 론

본 논문에서는 기존 2D 시스템과의 효과적인 호환을 위해 시각적으로 기존의 2D TV에서 시청가능하도록 인간의 시각이 둔감한 영역에서의 정보 은닉을 제안하였다. 인간 시각의 휘도 성분에 대한 분해능력은 8비트로 표현할 수 있는 범위에서 제한되어 있으며 이를 이

용한 정보의 은닉이 가능하였다. 또한 색성분에 대한 상대적인 둔감성으로 인해 휘도 성분에서보다 많은 정보의 은닉이 가능하였다. 이를 기반으로 본 논문에서는 우영상의 변위 정보를 DCT 계수상에 YCbCr의 각 채널로 분해하여 각각의 LSB비트를 가변하는 방식으로 영상 정보를 은닉, 효과적으로 기존 2D TV 시스템과의 호환을 가능케 하였다. 차후에 우영상의 복원영상에 대한 차영상 정보의 은닉에 대한 연구, 블록별 변위 정보의 차이값에 대한 부호화, 가변부호화 방법들을 이용한 연구를 계속한다면 보다 높은 화질의 개선이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] “최첨단 정보디스플레이 기술개발에 관한 연구”, 산업자원부, 1999. 6
- [2] NHK 방송기술연구소 편저, “3차원 영상의 기초”, 기다리출판사, 1998. 3
- [3] <http://www.rtl.go.kr/~dtv/list/list32.html>, ITU-R 연구동향 방송)
- [4] M. Kim and et al., “Stereoscopic conversion of monoscopic video by the transformation of vertical-to-horizontal disparity,” *SPIE Photonics West*, Vol. 3295, Jan. 1998.
- [5] 김만배, 최광철, 김도균, 송문섭, “2차원 동영상의 3차원 입체 동영상 변환”, *신호처리합동기술대회*, 서울, 1998. 10
- [6] A. Puri, R. V. Kollarits, and B. G. Haskell, “Basics of stereoscopic video, new compression results with MPEG-2 and a proposal for MPEG-4,” *Signal Processing : Image Communication*, pp. 201~234, Oct. 1997.
- [7] 배태면, 한규필, 김용석, 이호영, 하영호, “다해상도 블럭정합기법을 이용한 스테레오 동영상의 부호화,” *한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집*, pp. 420~424, 1997.
- [8] S. Panis, M. Ziegler, and J. P. Cosmas, “The use of stereo and motion in a generic object-based coder,” *Signal Processing : Image Communication*, Vol. 9, pp. 221~238, 1997.
- [9] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, “Techniques for Data Hiding,” *Proceedings SPIE*, pp. 2420~2440, Feb. 1995.
- [10] I. Pitas, “A Method for Signature Casting on Digital Image,” *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 215~218, Sept. 1996.
- [11] D. Geiger, B. Landendorf, and A. Yuille, “Occlusions and binocular stereo,” *International Journal of Computer Vision*, 1993.
- [12] D. Tzovaras, N. Grammalidis, and M. G. Strinzis, “Disparity field and depth map coding for multiview 3D image generation,” *Signal Processing : Image Communication*, Vol. 11, pp. 205~230, 1998.
- [13] S. N. Pattanaik, J. A. Ferwerda, M. D. Fairchild, and D. P. Greenberg, “A multiscale model of adaptation and spatial vision for realistic image display,” *Proceeding of SIGGRAPH'98*, Orlando, FL, pp. 287~298, July 1998.
- [14] H. S. Kim, H. Y. Lee, H. K. Lee, and Y. H. Ha, “Digital Watermarking Based on Color Differences,” *Proceedings of SPIE: Security and Watermarking of Multimedia Contents*, San Jose, U.S.A., Vol. 4314, Jan. 2001.

저 자 소 개

李昊根(正會員) 第38卷 SP編 第4號 參照

河永浩(正會員) 第38卷 SP編 第3號 參照