

제로트리 기법을 이용한 스테레오 영상 부호화

배진우*, 신철*, 정회원 유지상*

Stereo Image Coding Using Zerotree

Jinwoo Bae*, Choel Shin*, Jisang Yoo* *Regular Members*

요약

스테레오 영상을 이용하여 3차원 영상 시스템을 구성할 때 많은 양의 정보량이 발생하게 된다. 이 정보량을 줄이기 위해 스테레오 영상에 존재하는 영상간의 과잉정보(redundancy)를 줄임으로써 효율적으로 압축하는 방법이 많이 이용되어 왔다. 본 논문에서는 입체 영상 시스템 중 원 영상과 오차영상(residual image)에 대한 효율적인 압축방법을 주로 연구하였으며 기준영상과 오차영상에 대해 저 비트에서도 양질의 영상품질을 얻을 수 있는 제로트리 기법을 이용하여 새로운 기법을 제안하였다. 제로트리 기법을 이용할 경우 압축 성능과 효율이 좋은 반면, 계산량이 증가한다는 단점이 있는데 이것을 보완하기 위해 변이추정 방법은 ADLS 방식을 적용하였다. 웨이블릿을 기반으로 하는 제로트리 기법을 이용하여 영상의 압축 효율을 향상시킴으로써 제한된 대역폭 내에서 높은 영상 품질을 보존 할 수 있다는 것을 실험을 통하여 보였다.

ABSTRACT

In the three-dimensional image system using stereoscopic images, efficient coding schemes which can get rid of redundancy between the left and right images are usually used. In this paper, we propose an efficient coding method by using relationship between a reference image and residual image. In the proposed algorithm, zero-tree method which guaranty a good quality in low bit rate is used for encoding the residual image. Zero-tree algorithm gives good coding performance, but it has computational complexity so that we used ADLS method to reduce time for the disparity estimation. Using the wavelet based zero-tree method, it is shown that high quality of image in the limited band-width can be preserved through computer simulation.

1. 서론

인간이 양안으로 물체를 인식함으로써 깊이를 느끼는 점을 이용한 스테레오 3차원 입체영상처리 방식은 차세대 영상처리 분야로서 주요 관심사가 되고 있다. 입체 TV(3D TV)는 영상의 거리감 또는 입체감을 제공하므로, 사용자로 하여금 현실감을 줄 수 있으며, 특히 의료영상 및 원격 조정 등에 적용할 경우에는 기존의 TV시스템에 비하여 매우 효과적인 응용이 될 수 있다. 그러나, 현재 이용되는 영상의 대부분이 칼라 및 동영상이라는 점과 통신 선로의 전송률과 처리 속도를 감안하면, 입체감을

얻기 위해 요구되는 영상정보량의 증가는 큰 문제가 된다¹⁾.

최근에 제안되고 있는 3D-TV 전송에서 스테레오 영상 부호화의 핵심이 되는 변이추정 알고리즘에는 MPEG의 블록 정합 기반 알고리즘, 객체기반 알고리즘, 그리고 영상을 다해상도 분할 후 해상도별 변이 추정의 범위를 한정하여 계산량을 줄이는 알고리즘 등이 있다.

변이추정 알고리즘으로 추정된 변이를 이용해 수신단에서 영상을 재구성하는 방법을 사용하면 높은 공간적 중복성을 제거할 수 있다. 이러한 방법을 변이보상 기법이라 하며, 현재 스테레오 영상 시스템

* 광운대학교 전자공학과 디지털 미디어 연구실(jsyoo@daisy.gwu.ac.kr, bjw8751@image.gwu.ac.kr)

논문번호: K01127-0508, 접수일자: 2001년 5월 8일

* 이 논문은 2000년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

에서 주로 이용되는 방법이다. 변이보상 기법을 이용하여 스테레오 영상을 압축할 때, 변이에 의해 추정된 영상과 실제 영상의 차영상을 오차영상(residual image)이라 하는데, 오차영상에는 가려진 영역(occlusion region)의 정보가 포함되어 있기 때문에 인간의 눈이 입체로 느끼는데 꼭 필요한 정보를 포함하고 있다. 따라서, 입체영상 시스템에서 차영상이 차지하는 비중도 크다고 할 수 있다.

변이 보상 기법을 기반으로 한 스테레오 영상 시스템의 경우 원 영상과 오차 영상에 대해 일반적인 DCT기반의 영상 압축을 통해 수신단에 전송하게 된다. 하지만 DCT의 경우 저비트에서 영상의 블록화 현상(blocking artifact)이 발생하여 영상 품질이 저하된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 DCT 변환을 기반으로 하는 스테레오 영상 시스템의 단점을 개선하는 방법으로 원 영상과 오차 영상에 대해 웨이블릿 변환을 이용하여 압축하는 기법을 제안한다. 웨이블릿 기반의 영상압축 방법은 일반적인 DCT 기반의 영상압축 보다 압축율에 대한 PSNR은 객관적으로 좋지만, 계산량이 많다는 단점이 있다. 본 논문에서는 영상 압축부분에서 증가하는 계산량을 보완하기 위해 변이 추정 과정에서 고속 변이추정 알고리즘인 ADLS방식을 사용하여 변이를 추정하였다.

ADLS알고리즘은 블록정합 방식을 기반으로 하는 변이추정 방법으로써, 스테레오 영상에서 변이벡터의 방향성과 인접 블록간의 높은 공간 상관성을 이용하여 계산량을 상당히 감소시킬 뿐만 아니라, 객관적인 성능이 FS-BMA(full search - block matching algorithm) 보다 향상된 알고리즘이다.

변이 추정 후, 웨이블릿 변환을 이용하여 기준영상과 오차영상을 압축하게 되는데, 본 논문에서는 웨이블릿 계수들이 분포되는 특성과 자 밴드들간의 자기 유사성을 이용하는 제로트리 기법을 기반으로 양자화하여 압축효율을 높일 수 있었다. 웨이블릿 변환을 이용한 제로트리 기반의 영상압축에서 영상의 특성은 압축율에 많은 영향을 미친다. 특히 오차영상과 같이 고주파성분을 주로 가지고 있는 영상의 경우 일반적인 다른 영상보다 고압축 시에 좋은 영상품질을 유지할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법은 DCT 기반의 영상 압축을 기반으로 하는 스테레오 영상 시스템보다 일반적으로 향상된 성능을 보였다.

본 논문의 2장에서는 양안 영상의 기하학적 구조와 변이의 개념에 대해 설명하고, 3장에서는 계산량

을 줄이기 위해 제한된 탐색범위와 방향성을 고려한 변이추정 알고리즘인 ADLS^[2]에 대해 살펴보고, 4장에서는 기준영상과 오차영상에 대한 압축방법으로써 웨이블릿 변환 및 본 논문에서의 적용에 대해 기술한다. 5장에서는 제안방식과 기존 방식의 실험 결과를 비교 평가 한 후, 6장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해 언급하였다.

II. 양안 영상의 기하학적 구조

입체영상 시스템 중 영상의 획득부분은 인간의 시각 시스템(Human Visual System : HVS)과 밀접한 관계를 가지고 있다. 인간은 두 눈으로 물체를 바라봄으로써 망막에 맺힌 한 쌍의 2차원 신호를 통하여 물체의 거리와 공간을 인식하고 외형적인 입체 구조를 감지한다. 이러한 원리를 바탕으로 하는 스테레오 영상 비디오 시스템은 동일한 실제 장면을 관찰하는 2개의 카메라로 구성되어 있기 때문에, 촬영되는 영상에 몇 가지 제약적인 요소를 내포하고 있다. 즉, 주어진 한 쌍의 2차원 좌표로부터 3차원 좌표를 만들기 위해서는 각 영상간의 블록 대응에 관한 일치 문제(correspond problem)를 해결해야 한다. 이러한 기본적인 제약사항은 그림 1과 같은 에피폴라 기하학(epipolar geometry)^[3]으로 해석되고 있다. 에피폴라 평면(epipolar plane)은 공간 상에서 점 P와 초점거리 F를 가진 두 렌즈의 중심을 연결하는 선에 의해 정의되며, 이 평면과 각 투영 영상이 이루는 교선을 에피폴라 선(epipolar line)이라 한다. 에피폴라 기하학이란, 특정한 에피폴라 평면의 모든 점들은 영상 평면의 에피폴라 선상의 해당하는 점에 대응된다는 기하학적 원리이다. 이때, 점 P에 대한 P_L 과 P_R 의 위치 차를 변이(disparity)라 하며, 이를 벡터로 표시한 것이 변이벡터이다. 이러한 원리를 이용하여, 에피폴라 기하학은 모든 스테레오 영상 매칭 방법의 기본이 된다. 특히, 스테레오 영상의 부호화에서 가장 많이 쓰이는 방법은 에피폴라 기하학을 기반으로 구해진 변이를 이용하여 영상의 중복성을 제거하는 변이보상 기법이다.

변이보상 기법은 스테레오 두 영상 중 기준이 되는 영상을 독립적으로 부호화하고, 다른 영상은 기준이 되는 영상에서의 변이를 추출 후 수신단에서 이를 보상하는 방식이다. 추정된 변이에 의해 재구성된 영상과 실제 영상의 차이를 구하게 되고 여기서 구해진 차이 영상이 오차영상(residual image)이

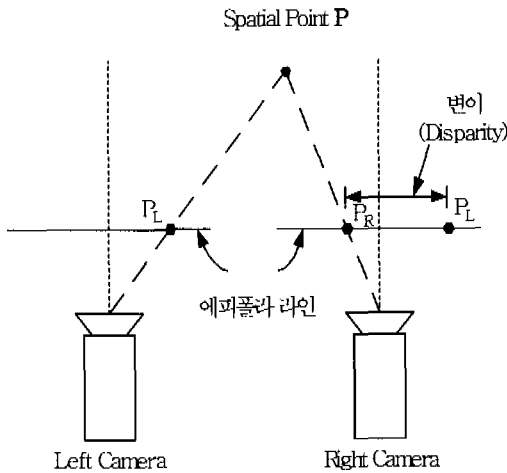


그림 1. 에피폴라 기하학

된다. 이렇게 함으로써 스테레오 영상의 높은 공간적 중복성을 제거하고, 변이추정을 거쳐 나오는 변이 벡터를 수신단에 전송하여 추정된 변이 벡터를 통해 예측된 값과 실제 영상의 차이를 변환 부호화 해서 높은 압축 효율을 얻을 수 있다.

III. 변이추정

변이추정이란, 스테레오 영상의 좌, 우 영상의 공간적 상관성이 매우 높다는 점을 이용하여 서로 대응되는 점 또는 영역을 찾아내는 과정이다. 이렇게 함으로써 두 영상간의 공간적 중복성을 제거하고 압축 효율을 높일 수 있다. 변이 추정의 방법에는 크게 물체기반 방식과 영역기반 방식이 있다. 물체기반 방식은 영상의 경계, 윤곽선, 색 등의 중요한 특징을 이용하여 각 물체별로 영상을 분할 후 시차 정보를 추출하는 정합방식이며, 영역기반 방식은 블록단위 혹은 화소 단위로 대응 위치를 찾아 변이를 얻는 방식이다. 영역기반 방식에는 블록간 혹은 화소간의 변이를 평활화 하여 변이 벡터의 정보량을 줄이거나^[4], 해상도 분할로 변이추정의 안정성을 높이고 해상도별 변이 추정범위를 한정하여 계산량을 감소시키는 계층적 블록정합 방식(HBMA)^[5]이 있고, 배경보다는 물체에 비중을 두는 비용합수를 이용하는 방식도 있다.

시차 보상 기법에서 사용되는 시차 추출 알고리즘들은 대부분 동영상 압축에서 사용된 움직임 예측 알고리즘을 그대로 적용하고 있다. 그러나, 움직임 벡터와 시차 벡터의 특성을 엄밀히 분석해 보면

다음과 같은 확연한 차이점들을 가지고 있다. 움직임 벡터는 연속되는 영상 프레임간의 시간 상관성을 나타내고 모든 각도의 방향으로 변화될 수 있는 기본특성을 가지고 있는 반면, 시차 벡터는 스테레오 영상간의 공간 상관성을 나타내면서 극히 제한적인 방향성을 가지고 있다. 또한 동일한 물체내의 블록들에 대해서는 거의 동일한 값의 시차를 가지고 있으며, 한 쪽 영상 면에서 나타난 블록들의 순서는 다른 쪽 영상 면에서도 그대로 유지되는 특성을 가진다. 이러한 분석결과로 볼 때, 시간적 상관도를 이용한 움직임 예측 알고리즘을 시차 예측에 그대로 적용하는 것은 비효율적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 ADLS(adaptive directional limited search) 방식^[2]을 사용하여 변이 추정의 계산 시간을 단축하였다. ADLS 방식은 스테레오 영상에서 시차의 방향성을 고려하여 기준벡터를 구하고, 이 기준 벡터에 의해 기준 탐색 점을 미리 결정하여 극히 제한된 영역 내에서 정합 블록을 찾는다. 이때 제한된 영역에서 설정해 놓은 임계값 보다 작으면 다시 방향성을 고려하여 정합블록을 찾는 방식이다. 기준벡터는 목적영상(destination image)에 대해 참조영상(reference image)의 벡터가 대부분 왼쪽으로 치우치는 점을 고려하여 정합하고자 하는 블록을 Reference Image(i,j) = Destination Image(i-1,j)로 설정하여 제한된 영역 내에서 정합블록을 찾게 된다. 방향성을 고려한 블록 정합 부분도 이와 마찬가지로 대부분의 블록에 대한 벡터가 왼쪽으로 치우치는 점을 고려하여 먼저 왼쪽으로 정합 블록을 찾고 그 비용합수가 임계값보다 작으면, 다시 오른쪽 방향으로 정합 블록을 찾는 방법이다. 이러한 방법으로 블록의 전체 탐색 알고리즘(Full-search BMA) 보다 계산량을 상당히 줄이면서 영상의 품질은 거의 비슷한 수준으로 목적영상을 추출해 낼 수 있다. 그림 2는 ADLS 알고리즘의 흐름도이다.

그림 2에서 $I(i,j)$ 는 기준이 되는 왼쪽영상 블록의 시차 벡터이고 $I(i-1,j)$ 는 오른쪽 영상에서 좌측에 인접한 블록의 시차 벡터이다. $Th1$ 과 $Th2$ 는 각각 제한된 영역과 방향성을 고려하여 얻어진 변이 값에 대한 임계값이다. ADLS 방식은 스테레오 영상의 특성을 고려하여 블록의 기준 탐색 점을 위와 같이 설정한 후, 제한 탐색을 실시한다. 제한 탐색의 과정에서 블록의 정합 조건은 최소가 되는 평균 절대차(mean absolute difference : MAD)로 결정한다. 구해진 벡터는 임계치와 비교하여 임계치보다 작으면 정확한 시차벡터를 구하기 위해 방향 탐색

을 실시한다. 위의 과정에서 정합오차를 비교하기 위한 평균 절대차의 계산식은 다음과 같다.

$$MAD(i, j) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N I_L(i, j) - I_R(i + k, j + l)$$

여기서 I_L 과 I_R 은 각각 좌, 우 영상을 뜻하며, k 와 l 은 수직 수평 방향의 탐색구간을 의미한다.

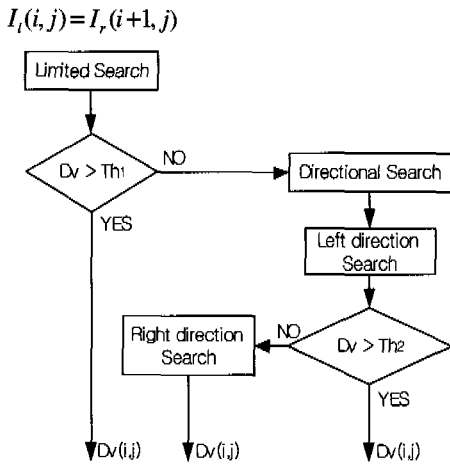


그림 2. ADLS 알고리즘의 흐름도.

IV. 제안된 웨이블릿 기반 스테레오 영상압축 기법

기존의 영상 압축 기법에서 주로 사용 되어온 DCT(discrete cosine transform) 변환은 영상을 8×8 크기의 블록으로 잘라 변환하기 때문에 압축율이 높아지게 되면 블록화 현상이 나타나, 영상품질이 현저하게 저하되는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 극복한 것이 웨이블릿 변환이다. 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 영상 압축 기법은 시간과 주파수 영역에서 동시에 정확한 위치 정보와 주파수 정보를 표현함으로써 영상압축에 있어 효율적인 영상의 계층적 구조를 제공하며^[6,7], 높은 압축율에서도 영상의 블록화 현상이 없어 주관적 화질이 좋고, 점진적(progressive) 영상 전송이 가능하다는 장점이 있다. 본 논문에서는 이러한 웨이블릿 변환을 이용한 영상압축기법을 스테레오 영상에 적용하여 높은 압축효율을 얻을 수 있었다.

1. 웨이블릿 변환

푸리에 변환을 이용하여 시간영역에서 국부적인 정보를 얻기 위해서는 무한대의 주파수 범위에 대

해서 연산 처리를 해주어야 하기 때문에 신호의 국부적인 성질을 분석하기에는 적합하지 않으며, 특히 약정상 신호(non-stationary signal)를 해석 할 때는 많은 제약이 따른다. 이러한 문제점을 해결한 것이 Gabor에 의해 제안된 STFT(short time Fourier transform)이다. STFT는 윈도우를 통하여 유한한 주파수범위에서 신호를 분석하기 때문에 국소성을 가지는 신호의 위치정보를 알아낼 수 있다. 하지만 STFT의 경우 분석하고자 하는 신호의 성질에 따라 시간-주파수 간의 해상도를 결정하는 동일한 크기의 윈도우를 설계하여야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 웨이블릿 변환은 윈도우의 크기를 주파수와 시간에 따라서 변화시키며 신호를 분석할 수 있다. 때문에, 저주파 영역에서는 시간의 국소성이 넓고, 고주파 영역에서는 시간의 국소성이 좁게 나타난다. 이러한 성질 때문에, 웨이블릿 변환은 영상신호와 같이 고주파 영역이 공간적으로 좁은 영역에 위치하는 신호를 분석하는데 적합한 변환방식이라 할 수 있다.

웨이블릿은 모웨이블릿(mother wavelet) ψ 을 스케일링과 평행이동하여 만들어지는 함수들의 집합이다. 이때 함수 $f(t)$ 는 다음과 같이 전개될 수 있다.

$$a_{j,k} = \int f(t)\psi_{j,k}(t)dt$$

여기서 $a_{j,k}$ 는 웨이블릿 계수이며, $\psi_{j,k}(t)$ 는 원형 웨이블릿 함수를 j 만큼 스케일링, k 만큼 이동시킨 함수이다. 따라서 웨이블릿 계수 $a_{j,k}$ 는 함수의 특정 위치와 주파수에서의 크기 정보를 포함하게 된다. 하지만, 연속 웨이블릿 변환(continuous wavelet transform : CWT)은 상당한 중복성(redundancy)를 포함하고 있다. 때문에 실질적인 응용분야에서는 이러한 중복성을 줄이고 계산 시간을 빨리 할 수 있는 이산 웨이블릿 변환(discrete wavelet transform : DWT)을 사용한다. DWT에서는 이산 신호에서 시간-스케일의 대표값을 디지털 필터뱅크를 이용하여 해석하는 다해상도 분석(multi-resolution analysis)을 이용한다.

필터뱅크를 이용한 웨이블릿 분해, 합성 과정을 그림 3에 보였다. 영상과 같은 이차원 신호인 경우에는 먼저 행 방향으로 웨이블릿 변환을 하고 다운 샘플링 한 후, 그 결과를 다시 열 방향으로 한번 더 웨이블릿 변환을 수행하고 다운 샘플링하여 분해하게 된다. 이를 통하여 서로 다른 단계의 다해상도

부대역 영상을 얻을 수 있다.

이때, X_{LL} 대역은 원영상에 비하여 해상도가 반으로 줄어든 저주파 성분이고, X_{LH} , X_{HL} , X_{HH} 대역은 각각 수직, 수평, 대각 방향의 에지(edge)성분을 가지는 고주파 성분이다. 웨이블릿 변환을 이용한 영상 압축은 웨이블릿 분해과정을 통해 얻어진 계수들을 어떻게 양자화 하는냐에 따라 결정된다. 즉 양자화 과정에서 웨이블릿 계수들의 분포특성을 이용하여 실질적인 압축이 이루어진다. 압축된 영상은 최종적으로 역 양자화와 합성의 과정을 통해 원 영상으로 복원된다. 본 논문에서는 시차보상 기법에서 기준영상으로 쓰이는 왼쪽 영상과 차영상의 웨이블릿 계수들을 압축 효율이 좋은 SPIHT 알고리즘^[8]을 통하여 양자화 하였다.

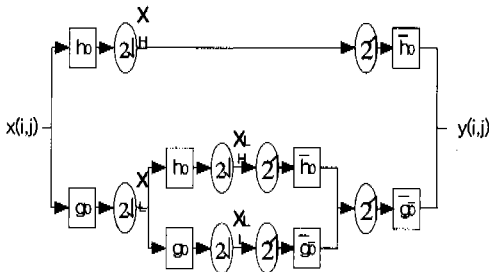


그림 3. 필터 뱅크를 이용한 웨이블릿 분해 및 합성

2. SPIHT(Set Partitioning In Hierarchical Trees) 알고리즘

대부분의 에너지가 저주파 성분에 집중되는 영상 신호의 웨이블릿 변환은 공간적 트리 구조를 가지며, 부대역(subband) 간의 공간적 자기 유사성이 존재함을 알 수 있다. 제로트리 기반의 부호화는 웨이블릿 변환된 영상에서 부대역 간의 자기유사성(self similarity)을 이용하여 압축부호화하는 기법이다. 즉, 공간적 트리구조에서 상위 단계의 계수 값이 임계값보다 작다면 하위 단계의 계수 값도 작을 가능성이 높다는 사실을 이용하여 중요한 정보로 판단되는 계수만 부호화 하여 압축의 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서는 제로트리 부호화기법 중 효율적인 압축율을 제공하는 SPIHT^[8] 알고리즘을 적용하여 양자화한다. SPIHT 알고리즘은 가장 큰 계수가 가장 큰 정보량을 가지고 있다는 사실을 이용하여 큰 계수를 먼저 보냈으로써 임베디드 비트열을 만들어 낸다. 이때 가장 큰 계수를 찾기 위한 임계값을 필요로 하는데 초기화 부분에서 최초 임계값을 설정하는 공식은 다음과 같다.

$$T = \lfloor \log_2(\max_{(i,j)} [| c_{i,j} |]) \rfloor$$

여기서 $c_{i,j}$ 는 웨이블릿 계수이고, $\lfloor \cdot \rfloor$ 연산은 해당계수보다 크지 않는 최대 정수를 의미한다. SPIHT 알고리즘은 정렬 패스(sorting pass)와 세분 패스(refinement pass)의 주요 두 단계로 나뉜다. 정렬 패스에서는 계수들을 특정 임계값과 비교해서 중요도를 알아내고 세분 패스에서는 정렬 패스에서 구한 중요한 계수 값을 세밀화 한다. 임계값 T 를 1/2씩 감소시키면서 위의 두 단계를 반복하게 되며, 최종적으로 요구되는 부호율 혹은 왜곡에서 T 를 결정하고 알고리즘을 종료하게 된다. 그림 4는 웨이블릿 변환된 영상의 공간적 유사성을 나타낸다.

SPIHT 알고리즘은 LSP(list of significant pixel), LIP(list of insignificant pixel), LIS(list of insignificant set)라는 세 개의 리스트를 사용해서 계수들의 좌표를 관리한다. 처음에는 LSP를 비워두고 H 에 속한 계수들을 LIP에 넣고, LIP의 계수들 중에서 descendants를 LIS에 넣는다. 정렬 패스에서 LIP를 차례대로 조사해 가면서 T 보다 큰 값은 LSP에 넣고 T 보다 작은 값은 LIP에 추가시킨다. Descendants 관한 정보는 모든 descendants를 조사하는 A형과 바로 밑의 자식을 제외한 모든 descendants를 조사하는 B형으로 나누어 LIS에 넣는다. 세분 패스에서 LSP를 차례대로 세분하는 정보를 만든 후, 정렬 패스와 세분 패스를 원하는 비트율에 도달할 때까지 반복한다. 이 세 리스트는 중요 계수 좌표를 관리하고 알고리즘의 패스를

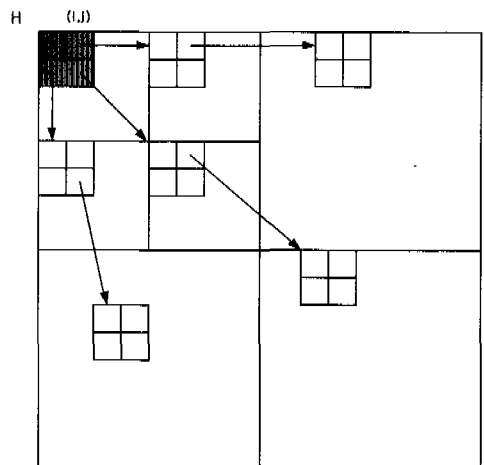


그림 4. 트리구조에서의 부대역 간의 자기 유사성

만들어 임베디드 비트열을 생성하기 때문에 상당히 중요하다. 변환 레벨을 선택하는 문제는 각각의 웨이블릿 변환 필터들의 특성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 저주파 밴드에 계수들의 집중도가 좋은 Antonni(9,7) 비대칭 필터^[9]를 이용하여 웨이블릿 변환을 하고 여기서 얻은 웨이블릿 계수들을 SPIHT 알고리즘을 통하여 양자화 함으로써 압축 효율을 높였다.

V. 실험 및 결과

본 논문은 시차 보상기법을 기반으로 한 스테레오 영상시스템에 적용할 수 있는 효율적인 알고리즘에 대해 고찰해 보았다. 먼저 시차추출 시 시간적인 효율성을 높일 수 있는 ADLS 알고리즘을 사용하여 일반적인 블록 정합방식보다 계산량을 감소시킬 수 있었다. 표 1은 ADLS 알고리즘의 실험을 위한 파라미터들을 요약한 것이다.

표 1. ADLS 실험에서의 파라미터

실험영상	BS	XW	D-Th	ΔX	L-Th
FS	8×8	± 32	.	.	.
ADLS	8×8	+32 or -32	836	± 8	512

실험에서 FS는 전역 탐색법을 의미하고, D-Th, L-Th는 각각 방향성과 제한적인 탐색방법에서의 임계치이며, 스테레오 영상의 특성상 수직 성분의 변이는 무시하고 수평 성분의 변이만 고려하였다. 최초 정해진 블록을 ΔX 의 범위 내에서 제한된 탐색을 하게되고 그에 따른 시차 값이 L-Th보다 작으면 방향성을 고려하여 XW의 범위에서 다시 탐색을 하게 된다. 이때 XW의 값 중에서 양수는 우측으로의 탐색방향을 의미하고, 음수는 좌측으로의 탐색방향을 의미한다. 즉, 먼저 정합 블록의 탐색 구간을 왼쪽으로 32 화소만큼 검색한 후 D-Th 값보다 작으면, 정합 블록이 우측에 있다고 판단하고, 우측으로 정합 블록을 탐색하게 된다.

표 2는 위의 파라미터를 중심으로 실험한 결과를 나타낸 것이다. 실험 영상은 256×256 크기의 aqua, room, food 영상을 이용하여 실험하였다. 실험결과에서 볼 수 있듯이 FS 방식과 비교하여 PSNR은 거의 유사하면서 계산시간은 최대 1/10까지 단축시킬 수 있었다.

표 2. FS와 ADLS의 비교(PSNR / Complexity)

Image	FS(Full search -BMA)		ADLS	
	PSNR	Complexity	PSNR	Complexity
aqua	27.05	1	26.98	0.25
room	30.76	1	31.02	0.12
food	26.34	1	26.03	0.52

시차 보상 기법에서 기준이 되는 좌 영상과 변이 추정 후의 오차영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿 계수들에 대해 SPIHT 알고리즘을 이용하여 양자화 하였다. 웨이블릿 변환은 웨이블릿 필터 중 저주파 영역에 계수들의 집중도가 높아 압축효율이 좋은 것으로 알려진 Antonni(9,7) 필터를 사용하였다. 본 실험의 결과는 산술부호화(arithmetic coding)를 수행하지 않은 것이며, 일반적으로 SPIHT와 산술부호화를 같이 수행할 경우 0.5dB의 성능 향상을 볼 수 있다.

표 3은 스테레오 영상의 기준이 되는 좌 영상들에 대해 SPIHT 양자화 알고리즘을 이용하여 압축한 결과와 JPEG 알고리즘의 결과를 비교한 것이다. 표 3에서 알 수 있듯이 객관적인 영상품질이 보장되고, 압축효율도 일반적인 DCT 기반 JPEG 압축 방법 보다 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 오차영상 압축의 경우 영상의 특성상 일반적인 영상보다 좀 더 좋은 압축효율을 보였다. 오차영상은 시차 벡터를 이용하여 복원된 영상과 원래 스테레오 영상에서의 우측 영상과의 차 영상으로써, 일부 가려진 영역과 시차 추출 시 잘못된 정보로 이루어진다. 따라서 오차영상은 경계부분에서 세로방향의 경계선과 같은 특성이 주로 나타나고 나머지 부분에서는 거의 0에 가까운 정보를 가진다. 이러한 오차영상의 특성 또한 웨이블릿 변환을 통해 효율적으로 압축할 수 있다.

표 3. 원 영상의 PSNR 및 압축을 비교

원 영상	4:1(1.5bpp)		8:1(1:0bpp)		16:1(0.5bpp)	
	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT
aqua	27.42	32.39	26.28	28.84	25.34	26.47
room	34.36	42.74	30.04	36.46	28.48	31.83
food	29.12	38.32	27.08	32.54	25.53	28.66

표 4는 각 영상에 해당하는 오차 영상에 대해 SPIHT 알고리즘과 JPEG로 각각 압축하여 비교한

것이다. 표 4에서 볼 수 있듯이 SPIHT 알고리즘으로 압축한 영상이 JPEG으로 압축한 영상보다 영상의 화질이나 압축율면에서 객관적으로 좋은 것을 알 수 있다. 표 3과 비교해 볼 때 영상의 특징별로 압축율에서 조금씩 차이는 있지만, 일반적인 영상보다 오차영상의 경우 그 특성상 동일 압축율에서 양호한 영상품질을 볼 수 있다. 이는 오차영상이 원영상보다 효율적인 압축이 가능한 것을 의미한다.

표 4. 오차 영상의 PSNR 및 압축율 비교

원 영상	4:1(1.5bpp)		8:1(1.0bpp)		16:1(0.5bpp)	
	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT
aqua	29.42	32.69	28.55	30.41	26.98	27.93
room	38.67	48.97	36.51	46.37	34.02	42.75
food	29.43	35.71	27.28	32.95	26.34	29.18

그림 5는 JPEG 과 제안된 알고리즘에 의한 방법으로 0.5bpp에서 각각 복원된 영상을 비교한 것이다. 최종적으로 시차 보상기법을 이용하는 스테레오 영상 시스템에서 제안된 방식으로 시차 추출 및 영상 압축을 하게 되면 일반적인 JPEG기반의 시스템보다 효율적인 압축 효율을 얻을 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 시차 보상 기법을 사용하는 3차원 영상 시스템에서 효율적인 변이 추정방법과 기준영상 및 오차 영상의 압축 방법에 대해 제안하였다. 제로트리 기법을 기본으로 하기 때문에 증가되는 계산상의 복잡도는 고속 시차추정 알고리즘인 ADLS를 사용함으로써 감소시킬 수 있었고, 웨이블릿 기반의 영상압축을 통하여 영상의 화질개선 및 압축율을 향상시켰다. 제안된 알고리즘을 시차보상 기법에 적용하여 좌 영상과 오차영상을 압축할 경우 JPEG기반의 압축기법 보다 효율적인 압축을 할 수 있었다. 시차 보상 기법에서 사용한 ADLS 알고리즘으로 인해 일반적인 FS 방식보다 최대 1/10까지 수행시간을 단축 할 수 있기 때문에, 제로트리 기반의 영상 압축으로 인해 증가하는 계산량도 보완될 수 있다.

이러한 결과로 볼 때, ADLS 시차 추출 알고리즘과 SPIHT에 의한 영상압축 기법의 조합은 3D TV 방송을 위한 스테레오 동영상 부호화나 3D 영상을 이용한 멀티미디어 시스템 또는 다인(multi-view)

영상 부호화 시스템 등과 같은 분야에 효율적으로 적용될 수 있다고 본다. 특히 웨이블릿을 포함하는 MPEG-4 기반의 스테레오 영상시스템에서도 본 논문에서 제안된 알고리즘을 효율적으로 적용될 수 있다. 하지만 오차영상의 압축에서 영상의 특성을 이용하여 웨이블릿 변환 시 주파수 성분을 좀 더 저주파 영역으로 집중시킬 수 있다면 보다 효율적인 압축을 할 수 있을 것이다.

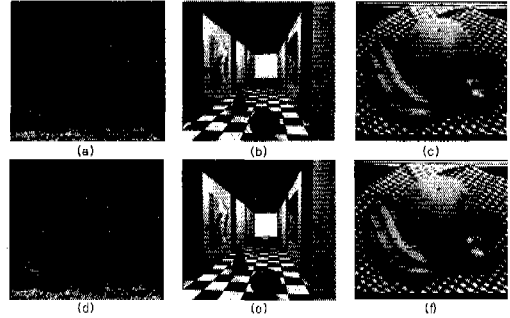


그림 5. 복원영상 비교 (aqua, room, food)
(a)~(c) : JPEG 알고리즘, (d)~(f) : 제안된 알고리즘

참 고 문 헌

- [1] Michael G. Perkins, "Data Compression of Stereopairs" *IEEE Trans. on Communications* vol. 40, no.4, April 1992
- [2] Won-Ho Kim, Jae-Young Ahn, Sung-Woong Ra, "An efficient disparity estimation algorithm for stereoscopic image compression" *IEEE Transactions on Communications* vol. 43, no.2, May 1997
- [3] Siegel, M. W. P. Gunatilake, S. Sethureman, and A. G. Jordan, "Compression of stereo Image Pairs and streams" *Proc, SPIE*, vol. 2177, pp. 258-268, February 1994.
- [4] Anthony Mancini, "Disparity Estimation and Intermediate View Reconstruction for Novel Applications in Stereoscopic Video," Master Thesis, *McGill University*, February 1998
- [5] M. Biclring, "Displacement Estimation by Hierarchical Block matching", *SPIE*, vol. 1001, VCIP, 1998
- [6] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image coding using wavelet

- transform.” *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, April. 1992
- [7] Amir Averbuch, Danny Lazar, and Moshe Israeli, “Image Compressing Using Wavelet Transform and Multiresolution Decompression.” *IEEE Trans. Image Processing*, vol.5, pp.4-15 January 1996
- [8] Pearlman, W.A, “A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees”, *IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.6, pp.243-250, June. 1996
- [9] J. D. Villasenor, B. Bellzer, and J. Liao, “Wavelet filter evaluation for image compression,” *IEEE Trans. on Image Processing.*, vol. 4, no. 8, pp. 1053-1060, Aug. 1995

배진우(Jinwoo Bae)

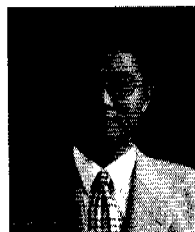


1998년 : 순천대학교 전자공학과
학사
2001년~현재 : 광운대학교
전자공학과 석사과정
<주관심 분야> 신호 및 영상처리,
스테레오 영상압축

신철(Choe Shin)

2000년 : 광운대학교 제어계측공학과 학사
2001년~현재 : 광운대학교 전자공학과 석사과정
<주관심 분야> 신호 및 영상처리, 보안시스템

유지상(Jisang Yoo)



1985년 : 서울대학교 전자공학과
학사
1987년 : 서울대학교 전자공학과
석사
1993년 : Purdue 대학교
전기공학과 박사
1997년~현재 : 광운대학교
전자공학과 조교수

<주관심 분야> 비선형 신호처리, 신호 및 영상처리