

제로트리 기법을 이용한 스테레오 영상 부호화

배진우, 신철, 유지상
광운대학교 전자공학과

Stereo Image Coding Using Zerotree Algorithm

Jin-woo Bae, Cheol Shin and Ji-sang Yoo

Digital Media Lab., Dept. of Electronics Eng., Kwangwoon Univ.

bjw8751@image.gwu.ac.kr, dustdin@explore.gwu.ac.kr and jsyoo@daisy.gwu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 입체 영상 시스템 중 원 영상과 오차 영상(residual image)에 대한 효율적인 압축방법을 연구하였으며, 기준영상과 오차영상에 대해 저 비트에서도 양질의 영상품질을 얻을 수 있는 제로트리 기법을 이용하여 압축하는 기법을 제안한다. 제로트리 기법을 이용할 경우 압축 성능과 효율이 좋은 반면, 계산량이 증가한다는 단점이 있는데, 이것을 보완하기 위해 변이추정 방법은 ADLS[1] 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.

1. 서 론

인간이 양안으로 물체를 인식함으로써 깊이를 느끼는 점을 이용한 스테레오 입체영상처리 방식은 차세대 영상처리 분야로서 주요 관심사가 되고 있다.

스테레오 영상 부호화의 핵심이 되는 변이추정 알고리즘에는 MPEG의 블록 접합 기반 알고리즘, 객체기반 알고리즘, 그리고 영상을 다해상도 분할 후 해상도별 변이 추정의 범위를 한정하여 계산량을 줄이는 알고리즘 등이 있다.

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

기반의 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 영상 압축 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.

변이 추정 후, 웨이블릿 변환을 이용하여 기준영상과 오차영상을 압축하였다. 웨이블릿 변환을 이용한 제로트리 기반의 영상압축에서 영상의 특성은 압축율에 많은 영향을 미친다. 특히 오차영상과 같이 고주파성분을 주로 가지고 있는 영상의 경우 일반적인 다른 영상보다 높은 압축율에서 좋은 영상품질을 유지할 수 있었다. 본 논문에서 제안 한 방법은 DCT 기반의 영상 압축을 기반으로 하는 스테레오 영상 시스템보다 일반적으로 향상된 성능을 보였다.

본 논문의 2장에서는 계산량을 줄이기 위해 제한된 탐색범위와 방향성을 고려한 변이추정 알고리즘인 ADLS[1]에 대해 살펴보고, 3장에서는 기준영상과 오차 영상에 대한 압축방법으로써 웨이블릿 변환 및 본 논문에서의 적용에 대해 기술한다. 4장에서는 제안방식과 기존 방식의 실험 결과를 비교 평가 한 후, 5장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해 언급하였다.

2. 변이추정 알고리즘

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 높

일 수 있다. 변이 추정 방법에는 크게 물체기반 방식과 영역기반 방식이 있다. 물체기반 방식은 영상의 경계, 윤곽선, 색 등의 중요한 특징을 이용하여 각 물체별로 영상을 분할 후 시차정보를 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[2], 다해상도 분할로 변이추정의 안정성을 높이고 해상도별 변이 추정범위를 한정하여 계산량을 감소시키는 계층적 블록정합 방식(HBMA)[3]이 있고, 배경보다는 물체에 비중을 두는 비용함수를 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[1]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 비용함수가 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 1은 ADLS 알고리즘의 흐름도이다. 그림 1에서 $I_L(i,j)$ 는 기준이 되는 왼쪽영상 블록의 시차 벡터이고 $I_R(i-1,j)$ 는 오른쪽 영상에서 좌측에 인접한 블록의 시

차 벡터이다. $Th1$ 과 $Th2$ 는 각각 제한된 영역과 방향성을 고려하여 얻어진 변이 값에 대한 임계값이다.

$$I_L(i, j) = I_R(i + 1, j)$$

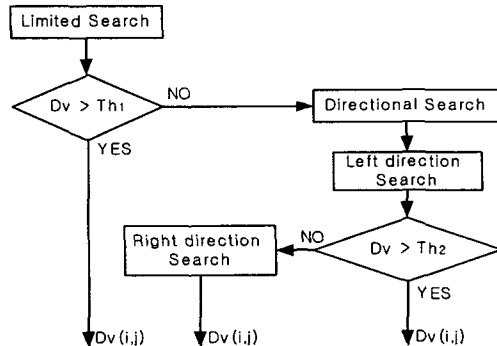


그림 1. ADLS 알고리즘의 흐름도

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 탐색을 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 는 각각 좌, 우 영상을 뜻하며, k 와 l 은 수직 수평 방향의 탐색구간을 의미한다.

3. 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 극복기 위해 본 논문에서는 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 영상압축법을 적용하였다. 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 영상 압축 기법은 시간과 주파수 영역에서 동시에 정확한 위치 정보와 주파수 정보를 표현함으로써 영상 압축에 있어 효율적인 영상의 계층적 구조를 제공하며 [4], 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.

3.1 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 부호화 기법 중 효율적인 압축을 제공하는 SPIHT[5] 알고리즘을 적용하여 양자화한다. SPIHT 알고리즘은 가장 큰 계수가 가장 큰 정보량을 가지고 있다는 사실을 이용하여 큰 계수를 먼저 보냄으로써 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 해당 계수보다 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 부호화 혹은 왜곡에서 T 를 결정하고 알고리즘을 종료하게 된다. 본 논문에서는 저주파 밴드에 계수들의 집중도가 좋은 Antonni(9,7) 비대칭 필터[6]를 이용하여 웨이블릿 변환을 하고, 여기서 얻은 웨이블릿 계수들을 SPIHT 알고리즘을 통하여 양자화 함으로써 압축 효율을 높였다.

4. 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 ADLS알고리즘을 사용하여 일반적인 블록 정합방식보다 계산량을 감소시킬 수 있었다. 표 1은 ADLS 알고리즘의 실험을 위한 파라미터들을 요약한 것이다. 실험에서 FS는 전역 탐색법을 의미하고, D-Th, L-Th는 각각 방향성과 제한적인 탐색방법에서의 임계치이다.

표 1. ADLS 실험에서의 파라미터

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

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 유사하면서도 계산시간은 최대 1/10까지 단축시킬 수 있었다.

표 2. FS와 ADLS의 비교(PSNR / Complexity)

Image	Algorithm	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. 본 실험의 결과는 산술부호화(arithmetic coding)를 수행하지 않은 것이며, 일반적으로 SPIHT와 산술부호화를 같이 수행할 경우 0.5dB정도 성능이 향상된다.

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 압축방법 보다 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 오차영상 압축의 경우 영상의 특성상 일반적인 영상보다 좀 더 높은 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 4는 각 영상에 해당하는 오차 영상에 대해 SPIHT 알고리즘과 JPEG로 각각 압축하여 비교한 것이다.

표 3. 원 영상의 PSNR 및 압축률 비교

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

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 원 영상보다 효율적인 압축이 가능한 것을 의미한다.

표 4. 오차 영상의 PSNR 및 압축률 비교

원 영상	4:1(1.5bpp)		8:1(1:0bpp)		16:1(0.5bpp)	
	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT	JPEG	SPIHT
aqua PSNR(dB)	29.42	32.69	28.55	30.41	26.98	27.93
room PSNR(dB)	38.67	48.97	36.51	46.37	34.02	42.75
food PSNR(dB)	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.

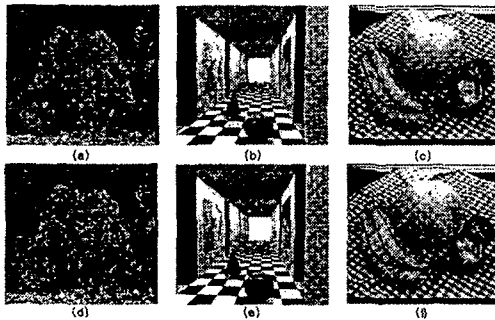


그림 2 복원영상 비교 (aqua, room, food)
(a)~(c) : JPEG 알고리즘, (d)~(f) : 제안된 알고리즘

5. 결론

본 논문에서는 시차 보상 기법을 사용하는 3차원 영

상 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 오차 영상을 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 보완 될 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 다안(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.

참 고 문 헌

- [1] 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
- [2] Anthony Mancini, "Disparity Estimation and Intermediate View Reconstruction for Novel Applications in Stereoscopic Video," Master Thesis, *McGill University*, February 1998
- [3] M. Bierling, "Displacement Estimation by Hierarchical Block matching", *SPIE*, vol. 1001, VCIP, 1998
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 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