
2차원 참조 기법을 이용한 3D 컬러 집적 영상의 압축

김종호* · 유훈**

Compression of 3D color integral images using 2D referencing technique

Jongho Kim* · Hoon Yoo**

요 약

본 논문에서는 렌즈 배열에 의한 대용량의 3차원 집적 영상을 활용하기 위한 효율적인 압축 방법을 제안한다. 기존의 정지영상 압축 기법은 각 요소 영상간의 상관도를 적절하게 제거하지 못하여 압축 효율 및 화질 측면에서 낮은 성능을 보인다. 또한, 각 요소 영상을 1차원 스캔 방법에 의해 분리하여 동영상 압축 기법을 이용할 경우 요소 영상간 상관도를 효과적으로 제거하는데 한계가 있다. 제안하는 방식에서는 2차원 참조 기법에 의해 각 요소 영상을 분리하고, 이를 H.264/AVC의 다중 프레임 참조 기법을 이용하여 효과적으로 압축한다. 제안하는 2차원 참조 기법은 요소 영상의 수직, 수평 및 대각 방향의 상관도에 따라 최적의 참조 영상을 선택할 수 있어 가장 좋은 압축 성능을 나타낸다. 실험 결과는 정지 영상 압축 방법에 비해 요소 영상을 분리하는 방법이 압축 성능을 향상시킴을 보이고, 제안하는 2차원 참조 기법이 1차원 스캔 방식에 비해 주관적 화질 및 객관적 성능에 있어 뛰어난 모습을 보인다.

ABSTRACT

This paper proposes an effective compression method to utilize the 3D integral image with large amount of data obtained by a lens array in various applications. The conventional compression methods for still images exhibit low performance in terms of coding efficiency and visual quality, since they cannot remove the correlation between elemental images. In the moving picture compression methods, 1D scanning techniques that produce a sequence of elemental images are not enough to remove the directional correlation between elemental images. The proposed method effectively sequences the elemental images from an integral image by the 2D referencing technique and compresses them using the multi-frame referencing of H.264/AVC. The proposed 2D referencing technique selects the optimal reference image according to vertical, horizontal, and diagonal correlation between elemental images. Experimental results show that compression with the sequence of elemental images presents better coding efficiency than that of still image compression. Moreover, the proposed 2D referencing technique is superior to the 1D scanning methods in terms of the objective performance and visual quality.

키워드

집적영상, 요소영상, 2차원 참조방식, 3차원 영상압축

Key word

Integral image, Elemental image, 2D referencing, 3D image compression

* 순천대학교 정보통신공학부 멀티미디어공학전공
** 상명대학교 디지털미디어학부 (교신저자)

접수일자 : 2009. 06. 10
심사완료일자 : 2009. 06. 23

I. 서 론

3차원 영상의 획득 및 디스플레이 기술 중 하나인 집적 영상 방식(integral imaging)은 백색광을 이용하여 3차원 객체를 저장하고 복원할 수 있는 기술로서, 1908년에 Lippmann에 의해 처음 제안된 이후 많은 연구가 수행되어 왔다[1-7].

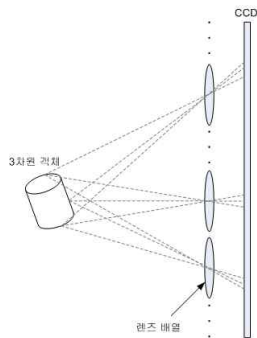


그림 1. 3차원 집적 영상을 얻기 위한 광학 시스템
Fig. 1 Optical system for 3D integral imaging

집적 영상 방식은 핀홀 배열(pinhole array) 또는 그림 1의 렌즈 배열(lens array)을 이용하여 3차원 객체의 광학적 방향성 및 강도를 기록하여 얻어지게 된다. 또한 3차원 집적 영상은 요소 영상(elemental image)을 렌즈 배열을 통하여 확산함으로써 만들어진 유사 실영상(pseudoscopic real image)을 재생함으로써 3차원 장면을 구성하게 된다. 집적 영상 방식은 오토스테레오스코피(autostereoscopy) 방식으로써 스테레오스코피 방식에서 나타나는 관찰자의 시각적 피로감이 없고 연속적인 시점과 수평, 수직 시차를 모두 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근에는 기존의 광학적 집적 영상의 단점을 개선한 컴퓨터를 이용한 집적 영상 재생 방식(Computational Integral Imaging Reconstruction; CIIR)에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다[8-14]. J. Jang et al.과 A. Stern et al.은 집적 영상 재생 방식의 시역(field of view) 및 시각(viewing angle)을 향상시키기 위하여 광학적 또는 디지털 방식에 의한 합성 개구 집적 영상(Synthetic Aperture Integral Imaging; SAII) 기법을 이용하였다[9, 10]. 또한 3차원 객체 및 위치를 인식하기 위하여 Y. Frauel과 B. Javidi는 3차원 영상 상관도

(correlation) 기법을 적용하였다[11].

집적 영상은 일반적으로 대용량 데이터이고, 특히 컬러 영상일 경우 각 컬러 컴포넌트에 의해 그 용량이 매우 커져, 실시간 전송이나 저장 매체에 저장하는 등의 실제 응용에서는 이러한 데이터의 크기가 제약이 될 수 있다. 따라서 집적 영상을 압축하기 위한 많은 기술들이 제안되었는데, M. C. Forman et al.은 단방향 집적 영상에 대해서 3차원 DCT (3D-DCT)에 기반한 압축 기법을 제안하였고[15], R. Zaharia는 3D-DCT에 기반한 적응적 양자화 기법을 제안하였다[16]. 또한, 3D-DCT 이외에 KLT (Karhune-Loeve Transform)를 이용하여 집적 영상을 압축하는 방법이 연구되었다[17]. 집적 영상을 기존의 표준 압축 방법을 활용하여 구현하는 방법도 가능하다. 즉, 집적 영상을 하나의 정지영상으로 해석하여 JPEG 또는 JPEG2000 등의 방법으로 압축할 수 있는데, 각 요소 영상(elemental image)간의 경계에서의 불연속성으로 인해 압축성능이 매우 저하된다. 이를 개선하기 위하여, 많은 수의 요소 영상을 적절한 순서를 정해서 연속된 비디오 프레임으로 재구성할 수 있는데, 이렇게 재구성된 요소 영상 비디오 프레임을 동영상 압축 방법을 이용하여 압축할 수 있다. 이는 요소 영상간의 높은 유사도를 효과적으로 이용할 수 있는 방법이다. S. Yeom et al.은 이러한 집적 영상의 특징을 고려하여 각 요소 영상을 몇 가지 1차원 스캔(scan) 방법을 이용하여 비디오 프레임으로 재구성하고 이를 MPEG-2에 의해 압축하는 방법을 제안했다[18].

본 논문에서는 집적 영상의 요소 영상을 동영상 부호화 방법에 의해 압축을 하되, 기존 1차원 스캔방식이 요소 영상간의 상관도를 충분하게 이용하지 못하는 단점을 극복하고 더 높은 압축 효율을 얻기 위하여 2차원적으로 요소 영상을 활용하는 기법을 제안한다. 이는 요소 영상간의 2차원적인 방향성 상관도를 반영하여 동영상 부호화 방법에 최적인 참조 요소 영상을 이용할 수 있는 방법이다. 2차원 참조 기법을 효과적으로 적용하기 위하여 본 논문에서는 현재 가장 성능이 좋은 동영상 부호화 방법이고 다중 프레임 참조에 의해 2차원 참조 기법을 효과적으로 지원할 수 있는 H.264/AVC 동영상 부호화 방법을 이용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 H.264/AVC를 포함한 기존의 동영상 부호화 방법에서 사용된 프레임간 참조 기법에 대해 살펴보고, 3장에서는 제안하는 2

차원 참조 기법 및 이를 H.264/AVC 부호화에 적용하는 방법에 대해서 논의한다. 4장에서 JPEG에 의한 압축 방법과 기존의 동영상 부호화기 (MPEG-4, H.264/AVC)에 의한 압축 방법, 스캔 방법에 의한 성능 변화 및 제안한 방법과의 성능 비교를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 프레임간 참조 기법

본 장에서는 제안한 기법에 앞서 기존의 프레임간 예측(inter-frame prediction) 기법을 살펴본다. MPEG을 비롯한 기존의 동영상 부호화 방법에서는 프레임간 상관도를 제거하여 압축 효율을 높이는 방법을 사용하고 있는데, 이는 현재 프레임과 이전 프레임의 차이를 부호화하는 기법으로 시간적 예측기법에 해당한다. 또한, MPEG-2 및 MPEG-4에서는 과거뿐만 아니라 미래의 프레임도 사용하여 현재 프레임과의 차이를 줄이고 있는데, 이를 양방향 예측(bi-directional prediction)이라고 한다[19, 20]. H.264/AVC에서는 양방향 예측 기법을 더욱 확장한 쌍예측(bi-prediction) 기법을 도입하여 프레임의 시간적 위치와 관계없이 두 프레임을 참조 프레임으로 하여 부호화 효율을 향상시키고 있다[21].

특히, H.264/AVC는 프레임간 예측 성능을 향상시키기 위하여 여러 기법들을 포함하고 있는데, 주요 기술들을 살펴보면 다음과 같다.

- 다중 프레임 참조: 객체의 움직임에 의해 배경이 가려지는 경우, 전 프레임만 참조하면 상관도가 낮은 블록을 찾게 되어 부호화 효율이 떨어지게 되는데, 이를 극복하기 위하여 도입된 기법이다. 다중 프레임 참조 기법은 본 논문에서 제안하는 요소 영상의 2차원 참조를 위하여 필수적인 기법이다.
- 가변 블록크기 움직임 예측: 기존의 부호화 방법에서는 움직임 예측을 수행하는데 있어 16×16 크기의 매크로블록 단위 또는 8×8 크기 블록 단위(MPEG-4의 경우)까지만 움직임 예측을 수행하였으나, H.264/AVC에서는 영상의 특징에 따라 16×16, 8×16, 16×8, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4 등으로 블록의 크기를 변화시키면서 움직임 예측을 수행하여 부호화 효율을 높인다.
- 1/4 화소 단위 움직임 예측: 영상은 연속 신호를 간축

(sampling)하여 얻어진 신호이지만 객체의 움직임은 연속적으로 일어나므로 정수 화소 단위의 움직임 예측은 정확한 움직임을 표현하는데 한계가 있다. 따라서 더욱 정밀한 단위로 움직임 예측을 수행할 필요가 있는데, 이를 위하여 참조 프레임을 보간(interpolation)하게 된다. H.264/AVC에서는 기존 MPEG-2 및 MPEG-4에서의 반 화소(half pixel) 단위 보간에 비해 더욱 정밀한 1/4 화소 단위까지 보간을 수행한다.

- 움직임 벡터 예측: 움직임 예측 결과 얻어진 움직임 벡터간에도 상관도가 높기 때문에 이를 줄이기 위하여 주변 블록의 움직임 벡터를 고려하여 예측 부호화를 수행함으로써 부호화 효율을 향상시킨다.

본 논문에서는 집적 영상을 효과적으로 압축하기 위하여 이와 같은 H.264/AVC의 다양한 프레임간 예측 기법에 제안한 요소 영상의 2차원 참조 기법을 적용한다.

III. 집적 영상 부호화를 위한 2차원 참조 기법

집적 영상은 동일한 객체에 대해 미소 렌즈 배열(micro lens array)로부터 얻은 연속적인 요소 영상의 집합이고, 각 요소 영상은 3차원 객체에 대해 각각 다른 시점과 깊이(depth) 정보를 갖는다. 또한 각 요소 영상은 렌즈 배열로부터 얻어진 동일한 객체에 대한 영상이기 때문에 주위 요소 영상과 유사한 영상이 된다. 이러한 집적 영상을 압축하기 위하여 다양한 방법을 사용할 수 있는데, 정지영상을 압축하기 위한 대표적인 부호화 방법인 JPEG은 요소 영상간에 존재하는 상관도를 효과적으로 반영하지 못하고, 또한 요소 영상간 경계에서 신호가 급격하게 변화하여 압축 효율이 떨어지게 된다[22]. 따라서 본 논문에서는 집적 영상을 압축하기 위하여 각 요소 영상을 동영상 시퀀스의 프레임으로 해석하고, H.264/AVC 동영상 부호화 방법에서 사용된 화면간 예측 기법들을 적용한다. 이때, 집적 영상에서 각 요소 영상을 스캔하는 방법에 따라 압축 효율에 영향을 미칠 수 있는데 대표적인 스캔 방법을 그림 2에 나타내었다.

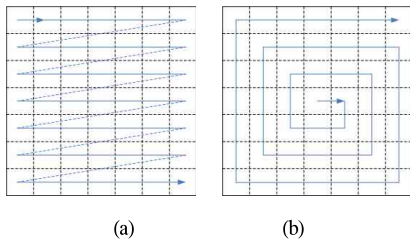


그림 2. 집적 영상의 스캔 방법:
(a) 래스터 스캔, (b) 나선형 스캔

Fig. 2 Scanning methods for an integral image:
(a) Raster scan (b) Spiral scan

그림 2(a)는 래스터(raster) 스캔 방식을 나타내고 있는데, 압축의 관점에서 보면 각 요소 영상간의 수평방향 상관도를 제거하는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 집적 영상의 양쪽 경계에 위치한 (즉, 서로 가장 멀리 떨어진) 요소 영상이 스캔 순서에 의해 연속적인 영상으로 입력되어 압축효율을 떨어뜨리는 원인이 된다. 또한, 집적 영상의 특성상 각 요소 영상은 수평방향뿐 아니라 수직방향의 상관도도 존재하는데 래스터 스캔은 이를 반영하지 못하여 압축성능이 떨어진다. 이를 해결하기 위하여 그림 2(b)에서 보는 바와 같이 나선형 스캔(spiral scan)방법을 도입하였는데, 이는 집적 영상의 경계에 위치한 요소 영상이 연속적인 영상으로 입력되는 것을 방지하고, 부분적으로 수직방향의 상관도를 제거한다는 면에서 래스터 스캔에 비해 압축효율을 향상시킬 수 있는 방법이다. 그러나 나선형 스캔 역시 1차원 스캔 방법이므로 수직 및 수평방향의 상관도를 동시에 고려하지 못하고, 스캔 순서에 의해 부분적으로 수직 또는 수평방향의 상관도를 고려하게 되어 부호화 효율을 향상시키는데 한계가 있다.

래스터 및 나선형 스캔의 이러한 단점을 해결하고 집적 영상의 압축 효율을 향상시키기 위하여 본 논문에서는 각 요소 영상간에 존재하는 수평 및 수직방향의 상관도를 동시에 고려하기 위한 2차원 참조 방법을 제안한다. 2차원 참조를 위한 요소 영상의 구조는 그림 3에 나타낸 바와 같다. 이때 X는 부호화 대상이 되는 요소 영상을 나타내고 A-D (왼쪽, 왼쪽 위, 위, 오른쪽 위 영상)는 참조 요소 영상을 나타낸다. 제안하는 2차원 참조 구조는 부호화 대상 요소 영상의 수직 또는 수평 방향 상관도의 정도에 따라 참조 요소 영상을 선택하여 부호화 효율을 높게 된다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 제안한 2차

원 참조 기법은 수평방향(A)뿐만 아니라 수직방향(C) 및 대각방향(B, D)의 상관도를 고려하여 가장 상관도가 높은 요소 영상을 참조 프레임으로 선택하여 부호화하는 방식이다.

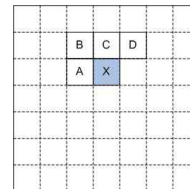


그림 3. 2차원 참조를 위한 요소 영상의 구조
Fig. 3 Structure of elemental images for 2D referencing

그림 4는 2차원 참조에 의한 집적 영상의 압축과 기존의 1차원 스캔방법에 의한 압축을 비교하여 나타낸다. 그림 4(a)는 동영상 부호화기에 1차원 스캔에 의해 얻어진 요소 영상을 입력하여 압축하는 방법으로서, 각 요소 영상간의 상관도가 현저히 감소하는 부분이 발생(래스터 스캔)하거나, 요소 영상간의 상관도가 한쪽 방향으로만 고려되는 경우(나선형 스캔)를 나타낸다. 반면, 그림 4(b)는 제안하는 2차원 참조에 의한 압축 방법을 나타내는데, 현재 요소 영상(X)은 래스터 스캔에 의해 동영상 부호화기에 입력되고, X를 예측하기 위한 참조 요소 영상(그림 3의 A, B, C 또는 D)은 동영상 부호화기 내의 참조 기법에 의해 최적 참조 영상을 선택하게 된다.

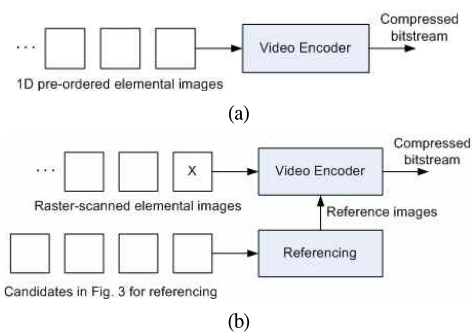


그림 4. 집적영상압축:
(a) 기존 방법, (b) 제안한 방법

Fig. 4 Compression of integral imaging:
(a) by conventional method, (b) by proposed method

IV. 실험 및 결과 분석

4.1 실험방법

본 논문에서 제안하는 집적 영상 압축을 위한 2차원 참조 기법의 성능을 평가하기 위하여 집적 영상을 JPEG으로 압축한 경우와, 각 요소 영상을 분리(래스터 스캔 및 나선형 스캔)하여 MPEG-4 및 H.264/AVC로 압축한 경우에 대해 비교하여 실험을 수행하였다. 테스트 집적 영상은 그림 5의 Tree 영상을 사용하였는데, 이는 1024개의 64×64 크기의 요소 영상을 포함하고 있다.

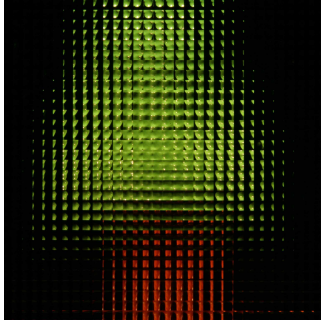


그림 5. 테스트 영상: Tree (2048×2048)
Fig. 5 Test image: Tree (2048×2048)

JPEG 압축을 위해서는 공개된 cjpeg 모듈을 사용하였고[23], quality factor (Q_Factor)를 변화시킴으로써 압축률을 조절하였다. MPEG-4는 VM 18.0을 사용하였고[24], H.264/AVC는 JM 11.0을 사용하였다[25]. 참조 프레임의 개수는 최대 5 프레임으로 하였다. MPEG-4와 H.264/AVC의 압축률은 양자화 파라미터(Quantization Parameter; QP)를 변화시킴으로써 조절하였고, 그 외의 MPEG-4와 H.264/AVC의 부호화 파라미터는 변화시키지 않고 초기상태 그대로 적용하였다. 또한, 제안한 2차원 참조 기법을 H.264/AVC에 적용하기 위하여 참조 프레임에 대한 인덱스 및 버퍼관리 부분의 수정을 제외한 다른 부호화 조건은 H.264/AVC 부호화 방식에서와 동일하게 설정하였다.

MPEG-4, H.264/AVC 및 제안한 방식과 같이 동영상 압축 부호화 방식을 적용하기 위해서는 입력 영상을 YUV 형태로 변환해야 하는데, 식 (1)을 적용하여 변환한다.

$$\begin{bmatrix} y \\ u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.148 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} \quad (1)$$

변환된 YUV 데이터는 U와 V 성분을 가로와 세로 방향으로 각각 2:1 간축(down sampling)하여 4:2:0 형태로 처리하고, U와 V 성분의 위치는 MPEG-2의 방식을 따른다[19].

압축 효율을 평가하기 위해 PSNR을 사용하였는데, JPEG의 경우에는 각 컬러 성분 (R, G, B)의 PSNR을 평균한 값을 사용하고, MPEG-4, H.264/AVC, 및 제안한 방법에서는 식 (2)를 사용하여 평균 PSNR ($PSNR_{avg}$)을 구한다.

$$PSNR_{avg} = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE_{avg}} \right) \quad (2)$$

여기서, $MSE_{avg} = (4MSE_Y + MSE_U + MSE_V)/6$ 및 $MSE_X = \frac{1}{WH} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H |O_X(i,j) - R_X(i,j)|^2$ 이고, O_X 는 $W \times H$ 크기의 원영상이고 R_X 는 복원된 영상을 의미한다. 또한 압축률(r)은 식 (3)에 의해 구한다.

$$r = \frac{\text{Original image size (bits)}}{\text{Compressed image size (bits)}} \quad (3)$$

4.2 실험결과

JPEG을 이용한 Tree 영상의 압축률 및 PSNR 결과를 표 1에 나타내었다. PSNR은 Q_Factor를 5에서 95까지 변화시키면서 측정하였고, 압축률은 식 (3)에 의해 측정하였다. Q_Factor는 양자화 정도를 나타내는 파라미터로써 작은 값을 가질수록 고압축률의 영상을 얻는다. 표 2와 3은 MPEG-4 및 H.264/AVC에 의한 압축률 및 PSNR을 나타낸다. 압축률과 PSNR은 MPEG-4의 경우 QP를 6에서 30까지 변화시키면서 (최대값: 31) 측정하였고, H.264/AVC의 경우 24에서 44까지 변화시키면서 (최대값: 51) 측정하였다. 또한, 표 2와 3은 래스터 스캔 방식에 의한 실험결과와 나선형 스캔 방식에 의한 실험결과를 포함한다. 표 2와 3에서 알 수 있는 바와 같이, MPEG-4의 경우 보다 H.264/AVC에 의한 압축 성능이 더 좋다. 이는 H.264/AVC의 다양한 프레임간 예측기법에 의해 압축

효율이 향상되었음을 의미한다. 또한, 같은 압축방식에서는 래스터 스캔 방식에 비해 나선형 스캔 방식에 의한 결과가 더 좋은데, 이는 전술한 바와 같이 나선형 스캔 방식이 집적 영상의 특성을 더 잘 반영하여 각 요소 영상간의 상관도를 효율적으로 제거하기 때문이다. 표 4는 제안한 2차원 참조 기법에 의한 압축률 및 PSNR 결과를 나타낸다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 제안한 방법은 각 요소 영상간의 상관도를 최대한 이용하여 압축을 수행하므로 다른 부호화 기법에 의한 결과보다 우수한 결과를 나타낸다. 그림 6에 각 부호화 방법에 의한 결과를 그래프로 나타내었다. 그림에서 압축률은 동일한 입력 영상 크기에 대한 압축된 결과의 비율을 나타내므로 결과 비트스트림의 비트율과 동일한 의미를 지닌다. 동일한 압축률(예, $r = 75$)에서 비교하면 JPEG과 제안한 방법에 의한 PSNR 차이가 약 6dB이고, 가장 성능이 좋은 H.264/AVC 나선형 스캔 방식에 비해서도 약 1dB 이상 높음을 확인할 수 있다.

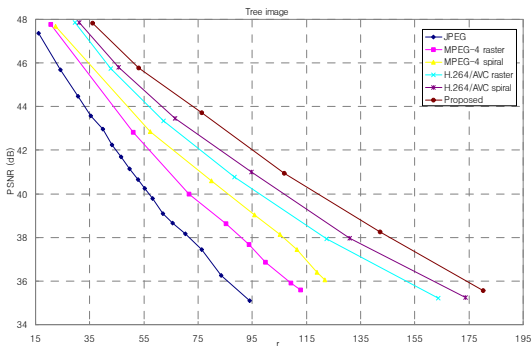


그림 6. Tree 영상에 대한 압축률과 PSNR의 관계
Fig. 6 Rate-PSNR curve for the Tree image

주관적 화질을 평가하기 위하여 Tree 영상의 240번째 요소 영상을 각 방법에 의해 압축한 결과를 그림 7에 나타내었다. 동일한 압축률에서 비교하기 위하여 JPEG의 Q_Factor는 15, MPEG-4의 QP는 래스터 스캔의 경우 19, 나선형 스캔의 경우 13, H.264/AVC의 QP는 래스터 스캔의 경우 33, 나선형 스캔의 경우 32, 제안한 방법의 QP는 30으로 설정하였다. 그림 7에서 확인할 수 있는 바와 같이 동일한 압축률로 부호화되었을 때 제안한 방법에 의한 영상의 화질이 가장 좋음을 알 수 있다.

JPEG으로 압축한 경우 각 요소 영상을 분리하지 않고

집적 영상 전체를 부호화하기 때문에 블로킹 현상 (blocking effect)과 같은 화질 열화가 매우 두드러지게 나타난다. 또한 MPEG-4와 H.264/AVC의 경우에는 래스터 스캔에 비해 나선형 스캔이 각 요소 영상간의 상관도를 잘 제거하여 더 좋은 화질을 보여준다.

표 1. JPEG으로 압축한 결과
Table 1 Results of the JPEG compression

Q_Factor	PSNR (dB)	r
85	44.48	30.561
65	41.68	46.487
55	40.66	52.739
35	38.65	65.504
25	37.43	76.281
15	35.11	94.096
5	28.45	137.940

표 2. MPEG-4로 압축한 결과
Table 2 Results of the MPEG-4 compression

QP	Raster scan		Spiral scan	
	PSNR _{avg}	r	PSNR _{avg}	r
6	42.81	50.935	42.84	57.209
10	39.98	71.698	40.60	80.014
14	38.72	85.300	39.03	95.757
22	36.86	99.801	37.43	111.416
26	36.08	112.824	36.44	121.813
30	35.71	109.147	35.99	118.924

표 3. H.264/AVC로 압축한 결과
Table 3 Results of the H.264/AVC compression

QP	Raster scan		Spiral scan	
	PSNR _{avg}	r	PSNR _{avg}	r
24	45.74	42.822	45.81	45.612
28	43.35	62.223	43.46	66.580
32	40.77	88.498	41.00	94.784
36	37.93	122.366	37.97	131.055
40	35.21	163.617	35.23	173.843
44	32.07	207.140	32.29	218.959

표 4. 제안한 방법에 의해 압축한 결과
Table 4 Results of the proposed method

QP	PSNR _{avg}	r
24	45.77	53.023
28	43.73	76.370
32	40.95	106.850
36	38.24	142.091
40	35.56	180.311
44	32.53	218.803

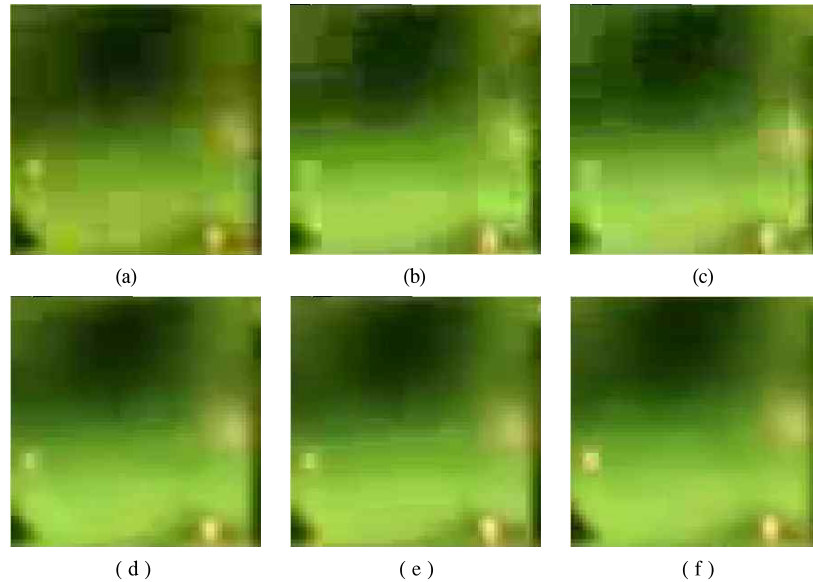


그림 7. Tree 영상을 각 방법에 의해 압축한 영상 (240번째 요소 영상): (a) JPEG (Q_Factor = 15), (b) MPEG-4 래스터 스캔 (QP = 19), (c) MPEG-4 나선형 스캔 (QP = 13), (d) H.264/AVC 래스터 스캔 (QP = 33), (e) H.264/AVC 나선형 스캔 (QP = 32), (f) 제안한 방법 (QP = 30)

Fig. 7 Images of the 240th elemental image compressed by (a) JPEG (Q_Factor = 15), (b) MPEG-4 raster scan (QP = 19), (c) MPEG-4 spiral scan (QP = 13) (d) H.264/AVC raster scan (QP = 33), (e) H.264/AVC spiral scan (QP = 32), and (f) the proposed 2D referencing technique (QP = 30)

V. 결 론

본 논문에서는 집적 영상을 압축하기 위한 2차원 참조 모델 및 이를 동영상 압축 기법에 효과적으로 적용하여 부호화하는 방법을 제안하였다. 집적 영상의 각 요소 영상은 주위의 요소 영상과 높은 상관도를 나타내게 되는데, 제안한 기법은 수평, 수직 및 대각 방향의 상관도에 따라 최적의 참조 영상을 선택하고, 요소 영상간의 상관도를 줄여 압축 효율을 높인다. 실험 결과 집적 영상을 하나의 입력영상으로 하여 압축한 결과에 비해 요소 영상을 분리하여 압축하는 방식이 높은 효율을 나타낼 수 있었다. 또한, 요소 영상을 분리할 때 1차원 스캔 방식에 비해 제안하는 2차원 참조 기법을 사용할 때 압축률 및 PSNR에서 높은 효율을 나타내었고, 주관적 화질 또한 우수함을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안하는 2차원 참조 기법은 기존의 동영상 부호화 방법에 손쉽게 적용될 수 있어 새로운 형태의 영상인 집적 영상을 다양한 응용분야에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] G. Lippmann, "La photographie integrale," *Comptes-Rendus Acad. Sci.*, vol. 146, pp. 446-451, 1908.
- [2] F. Okano, H. Hoshino, J. Arai, and I. Yuyama, "Real-time pickup method for a three-dimensional image based on integral photography," *Appl. Opt.*, vol. 36, pp. 1598-1603, 1997.
- [3] F. Okano, H. Hoshino, J. Arai, and I. Yuyama, "Three-dimensional video system based on integral photography," *Opt. Eng.*, vol. 38, pp. 1072-1077, 1997.
- [4] S. A. Benton, ed., *Selected Papers on Three-Dimensional Displays*, Bellingham, WA.: SPIE Optical Eng. Press, 2001.
- [5] D. H. McMahon and H. J. Caulfield, "A technique for producing wide-angle holographic displays," *Appl. Opt.*, vol. 9, pp. 91-96, 1970.
- [6] T. Okoshi, "Three-dimensional displays," *Proceedings of*

- IEEE*, vol. 68, pp. 548-564, 1980.
- [7] C. B. Burckhardt, "Optimum parameters and resolution limitation of integral photography," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 58, pp. 71-76, 1968.
- [8] H. Arimoto and B. Javidi, "Integral three-dimensional imaging with digital reconstruction," *Opt. Lett.*, vol. 26, pp. 157-159, 2001.
- [9] J. Jang and B. Javidi, "Three-dimensional synthetic aperture integral imaging," *Opt. Lett.*, vol. 27, pp. 1144-1146, 2002.
- [10] A. Stern and B. Javidi, "3-D computational synthetic aperture integral imaging (COMPSAII)," *Opt. Express*, vol. 11, pp. 2446-2451, 2003.
- [11] Y. Frauel and B. Javidi, "Digital three-dimensional image correlation by use of computer reconstructed integral imaging," *Appl. Opt.*, vol. 41, pp. 5488-5496, 2002.
- [12] 신동학, 유훈, "원형매핑 모델과 보간법을 복합 사용하는 컴퓨터 집적 영상 복원 기술에서 3D 영상의 해상도 개선," 한국해양정보통신학회 논문지, 제12권, 제10호, pp. 1853-1859, 2008.
- [13] 신동학, 유훈, "크기가변 확대 기법 기반의 컴퓨터적 집적 영상 방법을 이용한 3D 영상의 해상도 개선," 한국해양정보통신학회 논문지, 제12권, 제12호, pp. 2271-2276, 2008.
- [14] 신동학, 유훈, "평면기반 컴퓨터 집적 영상 복원 기술의 신호 모델을 이용한 3D 복원 영상 분석," 한국해양정보통신학회 논문지, 제13권, 제1호, pp. 121-126, 2009.
- [15] M. C. Forman and A. Aggoun, "Quantisation strategies for 3D-DCT-based compression of full parallax 3D images," in *Proceedings of Int. Conf. on Image Processing and Its Applications*, 6th, pp. 32-35, Ireland, 1997.
- [16] R. Zaharia, A. Aggoun, and M. McCormick, "Adaptive 3D-DCT compression algorithm for continuous parallax 3D integral imaging," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 17, pp. 231-242, 2002.
- [17] J. Jang, S. Yeom, and B. Javidi, "Compression of ray information in three-dimensional integral imaging using the Karhunen-Loeve transform," *Opt. Eng.*, vol. 44, pp. 127001.1-127001.10, 2005.
- [18] S. Yeom, A. Stern, and B. Javidi, "Compression of 3D color integral images," *Opt. Express*, vol. 12, no. 8, pp. 1632-1642, 2004.
- [19] Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video, ISO/IEC 13818-2, 1994.
- [20] Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects: Visual, ISO/IEC 14496-2, 1998.
- [21] Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects: Advanced Video Coding, ISO/IEC 14496-10 | ITU-T Rec. H.264, 2003.
- [22] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, New York: Van Nostrand, 1993.
- [23] [Online]. Available: <ftp.uu.net:/graphics/jpeg/jpegsrc.v6b.tar.gz>
- [24] MPEG Video Group, "MPEG-4 video verification model v. 18.0," ISO/IEC N3908, 2001.
- [25] [Online]. Available: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>

저자소개

김 종 호(Jongho Kim)



1998년 2월: 한양대학교 전자통신
공학과 공학사

2000년 2월: 한양대학교 전자통신
공학과 공학석사

2008년 8월: 한양대학교 전자통신공학과 공학박사
2008년 9월 ~ 2009년 2월: 삼성전자 통신연구소 책임
연구원

2009년 3월 ~ 현재: 국립순천대학교 공과대학 정보통
신공학부 멀티미디어공학전공 전임강사

※ 관심분야: 영상 처리 및 압축, 디지털 신호처리

유 훈(Hoon Yoo)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권 1호 참조