
집적영상에서 효율적인 물체움직임 추정 및 차 영상 기법을 이용한 서브영상의 고속 압축

이형우* · 김은수**

Accelerated compression of sub-images by use of effective motion estimation and difference image methods in integral imaging

Hyoung-woo Lee* · Eun-soo Kim**

본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. 2012-0009224).

요 약

본 논문에서는 서브영상(sub-image)에 MSE(mean square error)기반의 블록정합 알고리즘인 TSS (three-step search)와 FS (full search)를 복합적으로 적용함으로써 물체움직임을 고속, 정밀하게 추정 보상하고, 차 영상 기법을 통해 공간적 중복데이터를 제거한 잔여영상(residual image)을 고속 압축할 수 있는 새로운 기법을 제시하였다. 즉, 제안된 기법에서는 픽업된 영상 간의 유사성을 향상시키기 위하여 픽업된 요소영상으로부터 서브영상을 재합성한 뒤, TSS 기반의 MSE 알고리즘을 사용하여 전 물체영역을 대상으로 가능한 물체영역만을 고속으로 찾은 다음, 그 가능한 물체영역에 정밀한 FS 탐색 알고리즘을 적용하여 물체영상의 정확한 움직임 벡터를 추정하여 보상하게 된다. 또한, 움직임이 보상된 물체 영상에 차 영상(difference image) 기법을 적용하여 서브영상 간의 공간적 중복 데이터를 제거한 잔여영상을 얻게 되고 이는 MPEG-4 알고리즘을 통해 최종적으로 압축되게 된다. 실험결과, 제안된 기법은 기존방식에 비해 영상 압축률은 그대로 유지하면서 프레임 당 압축시간이 214% 향상됨을 보임으로써 제안된 기법의 실제 응용 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel approach to effectively compress the sub-images transformed from the picked-up elemental images in integral imaging, in which motion vectors of the object in each sub-image are fast and accurately estimated and compensated by combined use of MSE(mean square error)-based TSS(three-step search) and FS(full search) schemes. This is, the possible object areas in each sub-image are searched by using the fast TSS algorithm in advance, then these selected object areas are fully searched with the accurate FS algorithm. Furthermore, the sub-images in which all object's motion vectors are compensated, are transformed into the residual images by using the difference image method and finally compressed with the MPEG-4 algorithm. Experimental results reveal that the proposed method shows 214% improvement in the compression time per each image frame compared to that of the conventional method while keeping the same compression ratio with the conventional method. These successful results confirm the feasibility of the proposed method in the practical application.

키워드

집적영상, 요소영상, 서브영상, 압축, 평균 자승 에러, 움직임추정 및 보상

Key word

integral imaging, elemental image, sub-image, compression, mean square error, motion estimation and compensation

* 준회원 : 광운대학교 전자공학과

접수일자 : 2012. 10. 09

** 정회원 : 광운대학교 전자공학과, 홀로디지로그 휴먼미디어 연구센터
(eskim@kw.ac.kr)

심사완료일자 : 2012. 11. 18

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.12.2762>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

1908년, G. Lippmann에 의해 처음으로 제안된 집적영상(integral-imaging) 기법은 자연광을 이용하며, 연속시점을 가지고 수평, 수직 시차를 동시에 제공할 수 있는 효과적인 3차원 입체영상(three-dimensional: 3-D) 기술로써 그 상용화를 위하여 현재까지 많은 연구가 이루어지고 있다[1].

기본적으로 집적영상 기법은 픽업과 복원 등 두개의 단계로 구성되어 있다. 즉, 픽업 단계에서는 3차원 객체로부터 나온 빛의 정보는 렌즈릿 어레이(lenslet array) 혹은 핀홀 어레이(pinhole array)와 CCD 카메라를 통해 2차원 배열의 요소영상(elemental images: EIs)으로 픽업, 저장되게 된다. 이렇게 픽업된 요소영상은 복원 단계에서 LCD와 같은 영상디스플레이 장치와 디스플레이용 렌즈릿 어레이 혹은 핀홀 어레이를 통해 3차원 영상으로 복원되게 된다.

집적영상 기법을 3차원 입체디스플레이, 3차원 물체 검출 및 인식 등 실제응용 분야에 적용하기 위해서는 저장된 요소영상으로부터 고해상의 3차원 영상의 재생이 요구된다. 여기서, 재생되는 3차원 영상의 해상도는 픽업된 요소영상의 개수와 각 요소영상의 해상도에 직접적으로 의존하게 됨으로, 픽업된 요소영상의 개수를 증가시키거나 각 요소영상의 해상도를 향상시킴으로써 재생되는 3차원 영상의 해상도를 개선할 수 있게 된다.

그러나 이러한 영상의 해상도 증가는 결국 기존 집적영상 시스템에서 처리, 저장, 전송되어야 할 3차원 영상 데이터의 과도한 증가로 이어지게 된다[2-4].

따라서, 이를 해결하기 위한 하나의 접근 방법으로 픽업된 요소영상 데이터를 효과적으로 압축, 전송할 수 있는 여러 가지 방법들이 연구되어 왔다. 즉, 1997년 M. Forman 등은 3-D DCT(discrete cosine-transform) 기반의 요소영상 압축 기법을[5], 2004년 S. Yeom 등은 MPEG-2 기법을 이용한 요소영상 압축 기법을[6] 제시하였다. 그러나 요소영상으로부터 변환된 서브영상(sub-image)은 시점크기가 물체 깊이에 무관하기 때문에[7] 요소영상에 비해 압축효율의 증가가 가능하므로 2008년 H. Kang 등은 서브영상에 KLT (Karhunen-Loeve transform) 알고리즘을 적용한 새로운 압축 기법을[8] 제시한 바 있다.

한편, 서브영상들은 3차원 물체에 대한 각각의 시점을 가지고 있기 때문에 서브영상 간에는 이동벡터(motion vector)가 존재하게 되고 이는 결국 압축 데이터의 추가적인 증가를 가져오게 된다. 따라서 2010년 H. Kang 등은 이를 해결하기 위한 접근 방법으로 영상 간 움직임벡터가 보상된 서브영상(motion-compensated sub-images: MCSI)을 사용한 새로운 압축 기법을 제시하였다[9]. 그러나, 서브영상에는 움직임벡터 뿐만 아니라 공간정보 간의 중복성이 존재하기 때문에 2011년 C. Yoo 등은 잔여영상(residual image)이란 새로운 개념을 이용한 효율적인 서브영상 압축 기법을 제시한 바 있다[10].

또한, 서브영상의 압축 성능은 물체움직임 보상의 정도에 절대적으로 의존하게 되므로 2012년 H. Kang 등은 블록정합(block matching) 알고리즘 중 비교적 정확한 움직임 보상이 가능한 FS(full-search) 기법을 적용한 압축 기법을[11] 제안하였다. 그러나, 집적영상 기법의 실질적인 응용을 위해서는 픽업된 요소영상 데이터의 실시간적인 데이터의 전송이 요구되므로 압축효율의 향상 뿐만 아니라 압축시간의 단축 또한 중요한 성능지수로 고려가 되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 고속 블록정합 알고리즘 중의 하나인 TSS (three-step search: TSS), 평균자승에러(mean square error: MSE) 및 FS 알고리즘을 복합적으로 이용한 효율적인 물체 움직임 보상을 통한 새로운 집적영상 고속압축 기법을 제시하고자 한다.

즉, 제안된 기법에서는 픽업된 영상 간의 유사성을 향상시키기 위하여 픽업된 요소영상으로부터 서브영상을 합성한 뒤, TSS 기반의 MSE 알고리즘을 사용하여 전 물체영역을 대상으로 가능한 정합영역만을 고속으로 찾은 다음, 그 가능한 물체영역에 FS 기반 MSE 알고리즘을 집중 적용함으로써 물체영상의 정확한 움직임 벡터를 추정하여 보상하게 된다. 또한, 움직임이 보상된 물체 영상에 차 영상(difference image) 변환기법을 적용하여 서브영상간의 공간적 중복 데이터도 제거된 잔여영상(residual image)을 얻게 되고 이는 최종적으로 MPEG-4 알고리즘을 통해 압축되게 된다.

실험을 통해 제안된 기법의 고속 압축 성능을 분석하고 그 결과를 기존 압축 방법과 비교, 분석함으로써 제안된 기법의 실제 응용 가능성을 제시하고자 한다.

II. 요소영상 및 서브영상 간 변환기법

그림 1은 기존 집적영상 시스템에서 렌즈릿 어레이를 통한 3차원 물체의 요소영상을 픽업하는 광학시스템을 나타낸 것이다. 즉, 그림에서 보면 렌즈릿 어레이가 $z=0$ 에 위치하고 3차원 물체는 렌즈릿 어레이로부터 $z=L$ 만큼 떨어져 있고, 3차원 물체의 요소영상은 렌즈릿 어레이를 통해 $z=g$ 만큼 떨어져 있는 CCD 카메라에 의해 픽업되게 된다.

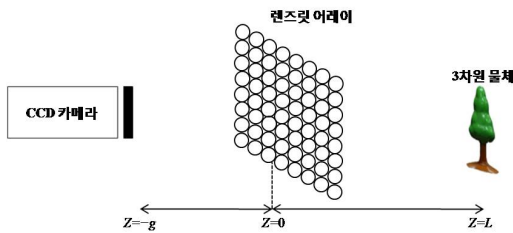


그림 1. 3차원 물체의 요소영상 픽업을 위한 광학시스템
Fig. 1 The optical pick up system for elemental image of 3-D object

그림 2는 픽업된 요소영상으로부터 서브영상을 구하는 과정을 나타낸 것이다. 즉, 각 요소영상의 같은 위치에 있는 픽셀들은 요소영상의 위치에 따라 재배열되어 서브영상을 생성하게 되며, 생성되는 서브영상의 개수는 요소영상 내의 픽셀 개수와 같게 된다.

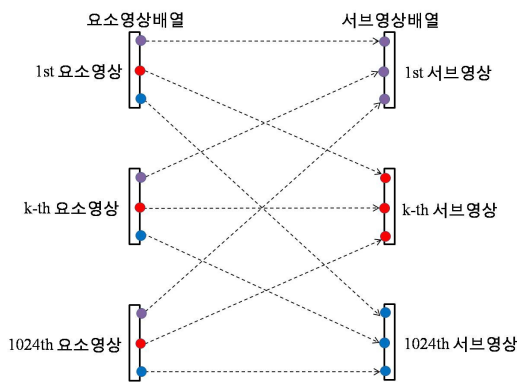


그림 2. 요소영상으로부터 변환되는 서브영상의 개념도
Fig. 2 Concept diagram of sub-image array generation from the picked up elemental image array

서브영상은 요소영상과 비교하여 압축 효율을 향상시키는 특징을 갖고 있는데 그 중 하나는 핀홀 어레이를 투과한 영상은 3차원 물체영상의 깊이에 관계없이 서브영상 간에 높은 유사성이 존재한다는 점이다[7, 12, 13]. 따라서, 서브영상을 이용한 영상압축은 요소영상의 경우와 비교하여 보다 개선된 압축효율을 나타내게 된다.

III. 제안된 압축 기법

그림 3은 새로이 제안된 서브영상 압축기법에 대한 전체적인 동작과정을 나타낸 것으로 4단계로 구성된다. 첫 단계에서는 렌즈릿 어레이를 통해 픽업된 3차원 물체의 요소영상을 서브영상으로 변환된 다음, 회전탐색 기법(spiral scanning method)을 통해 1차원 서브영상으로 재배열시킨다. 두 번째 단계에서는 MSE 기반의 TSS/FS 두 단계 복합 탐색과정을 통해 재배열된 서브영상 간의 물체움직임 벡터를 정확히 그리고 고속으로 추정, 보상하게 된다. 세 번째 단계에서는 차 영상 기법을 사용하여 움직임이 보상된 서브영상 간의 공간적 중복데이터를 제거한 잔여영상을 구하게 된다. 마지막 단계에서는 이상의 과정을 통해서, 공간적인 중복 데이터가 제거된 잔여영상은 최종적으로 MPEG-4 알고리즘을 사용하여 압축되게 된다.



그림 3. 제안된 서브영상 압축기법의 전체 흐름도
Fig. 3 Overall block diagram of the proposed method using motion estimation and compensation

3.1. 물체움직임 추정 및 보상

그림 4(a), (b)는 핀홀 어레이를 이용하여 픽업된 요소영상 배열과, 픽업된 요소영상 어레이로부터 픽셀 재배치를 통하여 재구성된 서브영상 어레이를 각각 나타낸 것이다. 픽업된 요소영상 어레이로부터 합성된 서브영상 어레이는 회전탐색 기법을 적용하여 1차원적으로 재배열되게 된다. 재배열된 서브영상 간에는 깊이감의 변화는 없지만 움직임벡터가 존재하게 되는데 이는 결국 압축 데이터의 추가적인 증가를 가져오게 된다.

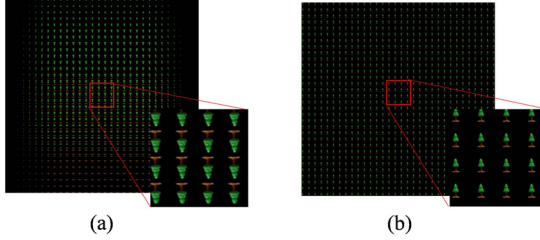


그림 4. 픽업된 요소영상 및 재합성된 서브영상:
 (a) 픽업된 요소영상 어레이, (b) 서브영상 어레이
 Fig. 4 Picked up elemental image and generated sub-image array:
 (a) picked up elemental image array,
 (b) sub-image array

따라서, 본 논문에서는 이러한 서브영상 간의 물체움직임 벡터를 정확히 또한, 고속으로 추정, 보상할 수 있는 새로운 기법으로 MSE(mean square error) 기반의 TSS 및 FS 두 단계 탐색기법을 사용하였다.

즉, MSE는 다음의 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (C_{ij} - R_{ij})^2 \quad (1)$$

위식에서 C_{ij} 와 R_{ij} 는 기준 및 비교영상의 x 축에서 i 번째, y 축에서의 j 번째 픽셀을 각각 의미하며, $N \times M$ 은 탐색하는 영상블록의 크기를 의미한다.

그림 5는 MSE 기반의 TSS/FS 두 단계 탐색을 통해 물체움직임 벡터를 추정 및 보상하는 과정을 나타낸 것이다. 일반적으로 FS 탐색기법은 블록정합 알고리즘 중에서 가장 높은 정확성을 확보하는 반면에 서브영상 전역에 걸쳐 이루어지기 때문에 계산량이 과도하여 실시간 적용이 어렵다는 단점을 가지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위하여 국지적인 영역에서 FS 탐색기법을 사용함으로써 해상도는 그대로 유지하면서도 계산시간을 크게 줄일 수 있는 고속 블록정합 기법중의 하나인 TSS 탐색기법을 적용하였다.

제안된 압축 기법에서는 첫 번째 단계에서 고속의 탐색기법 TSS를 사용하여 매우 짧은 시간 내에 대략적인 물체움직임 벡터를 추정할 수 있으며 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 얻은 제한된 영역 내에 정밀한 탐색기법인 FS를 적용하여 정확한 물체 움직임 벡터를 추정할 수 있다.

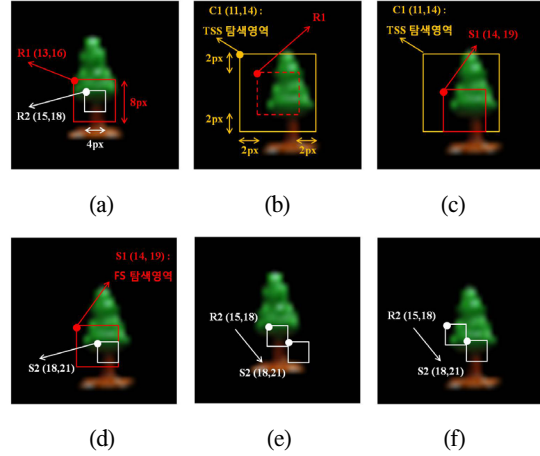


그림 5. 제안된 MSE 기반의 TSS/FS 두 단계 복합탐색 기법을 이용한 물체움직임 추정 및 보상과정
 (a) 두 가지 형태의 탐색 블록을 갖는 기준 영상, (b) 서브영상, (c) TSS 기반의 물체이동 추정 서브영상, (d) FS 기반의 물체이동 추정 서브영상, (e) 추정된 물체이동 벡터, (f) 이동 벡터가 보상된 서브영상

Fig. 5 Motion estimation and compensation process by using combined method with TSS and FS: (a) a reference sub-image, (b) sub-image, (c) the first motion-estimated object position by TSS, (d) the second motion-estimated object position by FS in the first macroblock range, (e) motion estimated motion vector, (f) motion compensated sub-image

따라서, 제안된 기법은 FS 탐색기법만을 사용한 기존의 압축기법과 비교하여 압축효율은 그대로 유지하며 압축시간을 크게 감소시킬 수 있게 된다. 그림에서 빨간색 네모는 8×8 픽셀의 크기를 갖는 기준블록으로 TSS 기반의 1단계 고속 움직임 추정에 사용되고, 4×4 픽셀 크기의 흰색 네모는 1단계에서 구해진 제한된 물체움직임에 FS 기반의 2단계 정밀 움직임 추정에 쓰이는 기준블록을 각각 나타낸다.

그림 5(b)에서 C1의 노란색 네모는 8×8 픽셀의 크기를 갖는 기준블록에서 수평, 수직으로 4 픽셀씩 확장된 영역이며, 첫 픽셀의 좌표가 (11, 14)인 12×12 영역 내에서 8×8 픽셀의 크기를 갖는 탐색 윈도우로 수평, 수직으로 2 픽셀의 간격으로 탐색하는 TSS 기법을 적용하게 된다.

그림 5(c)의 빨간색 네모는 첫 픽셀의 좌표가 (14, 19)인 8×8 픽셀의 크기를 갖는 블록으로서 TSS 기법을 적용한 첫 번째 움직임 추정을 통해 얻은 MSE가 가장 작

은 영역이며, 동시에 FS 기법을 적용할 영역을 의미한다. 이 영역 내에서 4x4 픽셀의 크기를 갖는 탐색 윈도우를 수평, 수직으로 1 픽셀의 간격으로 탐색하는 FS 기법을 이용한 두 번째 움직임 추정을 통해 MSE가 가장 작은 첫 픽셀의 좌표가 (18, 21)인 흰색 네모영역을 얻게 된다.

일련의 움직임 추정을 통해 얻은 그림 5(e)의 첫 픽셀의 좌표가 (18, 21)인 4x4 픽셀의 크기를 갖는 S₂ 블록과 기준 영상의 첫 픽셀의 좌표가 (15, 18)인 4x4 픽셀의 크기를 갖는 R₂ 블록을 비교하여 움직임 벡터를 얻게 된다. 마지막으로 추정된 움직임 벡터를 사용하여 기준 서브영상의 물체를 비교영상내의 물체 위치로 이동시킴으로써 움직임 벡터가 보상된 서브영상을 얻을 수 있다.

회전탐색 기법을 적용하여 1차원으로 재배열된 서브영상들 중 인접한 두 개의 서브영상은 물체가 미세하게 수평 또는 수직으로 이동하는 특성을 가지므로, 이전 서브영상에서 최종으로 계산된 4x4 픽셀의 영역을 수평, 수직으로 8픽셀씩 확장한 12x12 픽셀의 영역 내에서 TSS 기반의 1단계 고속 움직임 벡터 추정을 수행한 후 선택된 제한된 물체영역 내에서 FS 기반의 2단계 정밀 움직임 벡터 추정 및 보상된 서브영상을 얻게 된다.

3.2. 차 영상 변환

서브영상 간에 물체움직임이 추정, 보상된 영상은 다시 차 영상 기법을 사용하여 공간적인 중복 데이터도 제거하게 된다. 그림 6은 차 영상 기법을 이용한 움직임이 보상된 서브영상 간의 공간적 중복데이터의 제거된 잔여영상을 구하는 과정을 나타낸 것이다.

각 서브영상의 데이터 유형은 RGB 값에 평균 계급근을 취한 0에서 255까지의 정수 값을 갖는 반면에 그림 6(c)의 차 영상들은 -255에서 255의 정수 값을 갖게 된다. 따라서, 영상복원 과정에서 -255에서 -1까지의 값은 데이터의 손실을 초래하게 됨으로 영상데이터의 손실을 방지하기 위하여 차 영상 변환 기법에 질 계수(quality factor) ω를 적용하였다.

즉, 차 영상 변환은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_r(i, j) = \frac{(P_\gamma(i, j) - P_s(i, j)) + P_{max}}{\omega}, \text{ for } \begin{matrix} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (2)$$

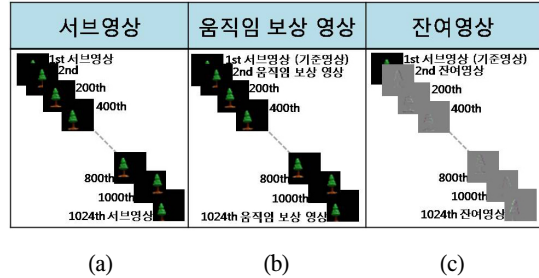


그림 6. 차 영상 기법 기반의 서브영상 간의 공간적 중복데이터 제거과정
(a) 1차원으로 재배열된 서브영상 (b) 움직임이 보상된 서브영상 (c) 차 영상 기법으로 구한 잔여영상
Fig. 6 Spatial redundant data remove process between sub-images based on difference image methods
(a) one dimensional sub-image arrangement
(b) motion compensated sub-image
(c) residual images

여기서, P_γ, P_r 와 P_s 는 각각 차 영상, 기준 서브영상, 그리고 비교 서브영상의 픽셀 값을 각각 나타내며, n x m의 크기를 갖는 서브영상에서 (i, j)점에서의 픽셀 값은 한 픽셀의 최대값 P_{max} 와 2에서 10까지 정의된 질 계수인(ω) 로 나타낼 수 있다. 여기서 질 계수는 픽셀의 값들을 정규화하기 위한 양자화 계수를 의미한다. 즉, 식 (3)에서 보듯이 질 계수가 2인 경우, 차 영상의 픽셀 값은 원 서브영상의 픽셀 값 범위인 0에서 255까지의 값을 갖게 되며, 반면에 10인 경우는 차 영상 픽셀 값은 0에서 51까지의 범위를 갖게 된다. 따라서 질 계수 값이 작을수록 디코딩 과정을 거쳐 복원할 때 보다 향상된 복원영상을 얻을 수 있다.

물체움직임이 추정, 보상된 인접한 서브영상들은 높은 유사성을 갖고 있으며 압축의 전 처리과정인 물체움직임 추정 및 보상은 MATLAB 코딩에 의해 진행되었으며 버전은 7.9.0.529 R2009b 이다.

최종적으로 얻어진 잔여영상들의 배열은 동영상으로, 그리고 각각의 잔여영상은 동영상의 프레임으로 간주될 수 있으므로 집적영상 시스템에 동영상 압축 알고리즘인 MPEG-4를 적용하였으며 Microsoft Visual C++ 6.0 으로 코딩된 ISO/IEC 14496 비디오 코덱 소프트웨어를 사용하여 압축하였다.

IV. 실험 및 결과분석

제안된 압축기법의 성능을 검증하기 위하여 3차원 테스트 물체를 이용한 서브영상 압축실험을 수행하였다. 그림 7은 3차원 테스트 물체인 나무의 요소영상을 픽업하는 실험장치를 나타낸 것이다. 본 논문에서는 가상의 핀홀 어레이를 이용한 컴퓨터적 픽업방법을 사용하였다. 실험에서 핀홀 어레이와 획득한 요소영상간의 거리인 g 는 3mm로 고정시키고, 3차원 물체인 나무는 핀홀 어레이로부터 60mm 떨어져 위치하도록 설정하였다.

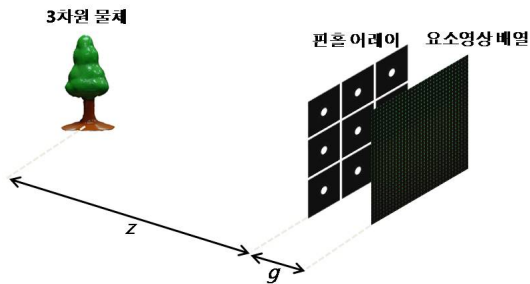


그림 7. 3차원 테스트 물체의 요소영상 픽업실험 구성도
Fig. 7 Experimental set-up for pick-up the elemental image of three-dimensional test object

그림 8(a)는 실험에 쓰인 3차원 물체이며 그림 8(b)는 32x32로 구성된 핀홀 어레이로 픽업된 1024 x 1024 픽셀 크기를 갖는 요소영상 배열을 나타낸 것이다.

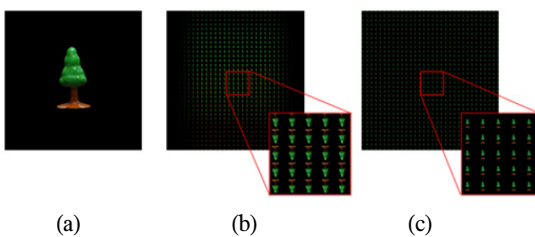


그림 8. 3차원 테스트 물체, 픽업된 요소영상 및 서브영상: (a) 3차원 테스트 물체, (b) $z=60\text{mm}$ 에서 픽업한 요소영상 어레이, (c) 요소영상으로부터 합성된 서브영상 어레이
Fig. 8 3-D object, picked up elemental image and generated sub image: (a) 3-D object, (b) picked up elemental image array, (c) sub-image array from the elemental image array

여기서 각 요소영상은 32x32 개의 픽셀로 구성된다. 그림 8(c)는 요소영상 어레이로부터 변환된 서브영상 어레이를 나타내며, 이는 요소영상과 같이 32x32로 구성되며 각 서브영상은 32 x 32 픽셀을 가지게 된다. 따라서, 요소영상 및 서브영상 어레이의 데이터는 총 3,145,782 바이트에 이르게 된다.

픽업된 요소영상으로부터 재합성된 서브영상에 본 논문에서 새로이 제안된 TSS/FS 2단계 탐색기반의 MSE 알고리즘을 이용하여 물체영상의 정확한 움직임 벡터를 고속으로 추정 및 보상한 다음, 차 영상 기법을 사용하여 기존 서브영상과 기타 비교영상 간의 공간적 중복 데이터를 제거하여 그림 9와 같이 최종적으로 잔여영상을 얻었다.

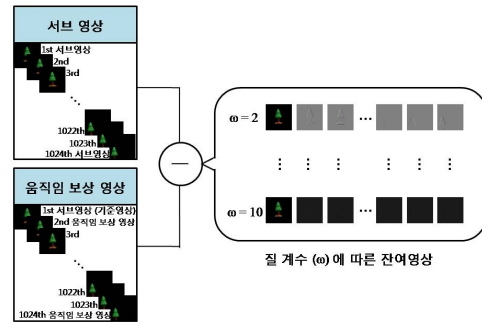


그림 9. 시, 공간적인 중복데이터를 모두 제거한 잔여영상
Fig. 9 Residual images removed temporal and spatial redundant data

그림 10은 기존의 FS 탐색기반의 압축기법과 본 논문에서 새로이 제안한 TSS/FS 복합 탐색기반의 압축기법 간의 PSNR에 따른 압축률 성능변화를 비교한 그림이다. 본 실험에서 질 계수는 2에서 10 사이에서 변화시켰다.

그림 10에서 실선은 제안된 압축 기법으로 8 x 8 픽셀 크기의 탐색 창으로 TSS 기반의 1단계 고속 탐색 후, 4x4 픽셀 크기의 탐색 창으로 FS 기반의 2단계 정밀 탐색을 적용하여 구한 잔여영상의 질 계수에 따른 압축률과 PSNR 값의 변화를 나타낸 것이며, 점선은 기존의 압축 기법으로 8 x 8 픽셀의 크기를 갖는 탐색 창으로 FS 기법을 사용하여 전체 물체영역을 탐색하여 구한 잔여영상의 질 계수에 따른 압축률과 PSNR 값의 변화를 나타낸 것이다.

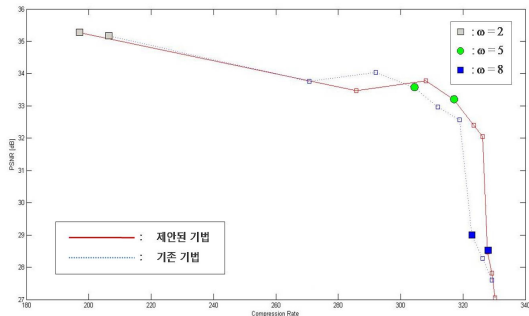


그림 10. 기존의 FS 기반의 압축기법과 제안된 압축기법의 압축률 및 PSNR 변화 비교
 Fig. 10 Compression rate and PSNR of the proposed method and conventional method

표 1은 몇몇의 질 계수에 따른 기존 및 제안된 기법의 압축률 및 PSNR을 나타낸 것이다. $\omega=2$ 일 때 가장 높은 PSNR을 갖으며, $\omega=8$ 일 때 인간의 시각시스템으로 차이를 판별할 수 없는 30dB 이하의 PSNR 중 가장 높은 PSNR을 갖게 된다.

표 1. 질 계수에 따른 제안된 압축기법과 기존의 압축기법 간의 압축률 및 PSNR 비교
 Table. 1 Results of proposed method comparing with conventional method according to the quality factor

3차원물체 '나무' z = 60mm		압축률	PSNR
제안된 기법	$\omega = 2$	196.86	35.28
	$\omega = 5$	317.11	33.19
	$\omega = 8$	327.89	28.48
기존 기법	$\omega = 2$	206.47	35.17
	$\omega = 5$	304.15	33.58
	$\omega = 8$	322.88	28.98

실험결과 기존 및 제안된 압축기법의 압축률은, 질 계수 $\omega=2, 5, 8$ 에 대해서 제안된 기법이 기존 방법에 비해 각각 1.74% 감소하고, 2.19% 증가하고, 0.02% 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 이상의 실험결과를 통해 영상 압축률에 있어서는 제안된 압축 기법과 기존 압축 기법 간에 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

그림 11은 기존 및 제안된 압축 기법의 각 프레임 당 압축 계산시간 변화를 각각 나타낸 것이다. 8×8 픽셀크

기의 탐색 창을 갖는 FS 기반의 기존 압축방법의 경우 총 압축계산시간은 7.06 초로 나타났으며, 제안된 기법에서는 8×8 픽셀 크기의 탐색 창을 갖는 TSS 기반의 움직임 추정 후, 4×4 픽셀 크기의 탐색 창을 갖는 FS 기반의 움직임 추정 및 보정을 통해 압축이 진행되는데 이 때, 총 압축 계산시간은 3.30초가 소요되었다. 즉, 총 압축 계산시간의 경우 제안된 기법이 기존방법에 비해 214% 감소했으며, 프레임 당 평균 계산시간도 기존 및 제안된 압축방법에서 각각 6.90ms, 3.22ms 가 소요되는 것으로 분석되었다.

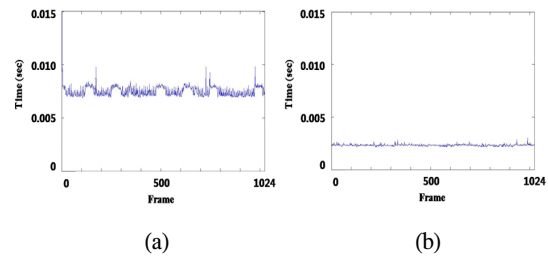


그림 11. 기존 및 제안된 압축기법의 프레임 당 계산시간 : (a) 기존 기법, (b) 제안된 기법
 Fig. 11 Computation time per frame of conventional method and proposed method: (a) conventional method, (b) proposed method

그림 10에 나타난 PSNR에 따른 압축률 변화 실험 결과와 그림 11에 나타난 프레임 당 평균 압축 계산시간 실험결과를 비교한 결과 제안된 기법이 압축률의 저하 없이 압축 계산시간을 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다.

표 2. 기존의 압축기법과 제안된 압축기법 간의 계산시간 비교
 Table. 2 Computation time of conventional method and proposed method

프레임	1~100	1~200	1~300	1~400	1~500	1~600	1~700	1~800	1~900	1~1023
기존 기법	0.6913초	1.3947초	2.0949초	2.7738초	3.4611초	4.1466초	4.8532초	5.5508초	6.2124초	7.0603초
제안된 기법	0.3254초	0.6482초	0.9696초	1.2951초	1.6166초	1.9369초	2.2624초	2.5825초	2.9018초	3.3024초

표 2는 기존의 압축기법 및 제안된 압축기법으로 압축을 진행하였을 때, 프레임의 수에 따라 계산에 소요되는 시간을 나타낸다.

그림 12는 픽업된 원래 요소영상과 기존 기법으로 압축, 전송된 후 재합성된 요소영상, 그리고 제안된 기법으로 압축, 전송된 후 재합성된 요소영상으로부터 복원된 물체영상을 각각 나타낸 것으로 그림 12 (b)는 원본 요소영상으로부터 복원된 영상과 비교하였을 때, $\omega=2$ 에 대해서 PSNR이 35.17[dB]이며, 그림 12 (c)는 원본 요소영상으로부터 복원된 영상과 비교하였을 때, $\omega=2$ 에 대해서 PSNR이 35.28[dB]로 나타났다. 인간의 시각시스템에서 PSNR이 30[dB] 이상일 경우 인식의 차이가 없음을 고려하여 원본 요소영상으로부터 복원된 영상과 기존 방법 및 제안된 방법을 통해 압축된 요소영상으로부터 복원된 각각의 영상은 시각적으로 차이가 없음을 알 수 있다[14].

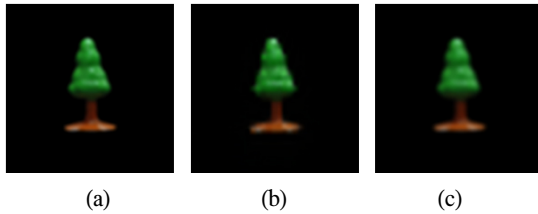


그림 12. 픽업된 원래 요소영상 및 압축, 전송 후 재합성된 요소영상으로부터 복원된 3차원 물체영상: (a) 원래 요소영상으로부터 복원된 물체영상, (b) 기존 방법으로 압축된 요소영상으로부터 복원된 물체영상, (c) 제안된 방법으로 압축된 요소영상으로부터 복원된 물체영상

Fig. 12 3-D reconstructed images from the original elemental image array and compressed elemental image: (a) reconstruction the original elemental image array, (b) reconstruction from the compressed elemental image array by the conventional method, (c) reconstruction from the compressed elemental image array by the proposed method

V. 결 론

본 논문에서는 MSE 기반의 블록정합 알고리즘인 TSS 및 FS를 복합적으로 적용함으로써 물체움직임을 고속, 정밀하게 추정 보상하고, 차 영상 기법을 통해 서브영상 간의 공간적 중복데이터를 제거한 잔여영상을 MPEG-4 알고리즘으로 고속 압축할 수 있는 새로운 압축 기법을 제시하였다. 실험결과, 제안된 기법은 기존방

식에 비해 영상 압축률은 그대로 유지하면서도 프레임당 압축시간은 214% 이상 향상됨을 보임으로써 제안된 기법의 실제 응용 가능성을 제시하였다.

참고문헌

- [1] G.. Lippmann, "La photographie integrale," *Comptes-Rendus Academie des Sciences* 146, 446--451, 1908.
- [2] H. Liao, M. Iwahara, N. Hata, and T. Dohi, "High-quality integral videography using a multiprojector," *Opt, Express* 12, 1067-1076, 2004.
- [3] J. -S. Park, D. -C. Hwang, D. -H. Shin, and E. -S. Kim, "Resolution-enhanced Computational Integral Imaging Reconstruction using Intermediate -view Reconstruction Technique," *Opt, Eng.* Vol. 45, No. 11, 117004, 2006.
- [4] Martinez-Cuenca, G. Saavedra, M. Martinez -Corral, and B. Javidi, "Enhanced depth of field integral imaging with sensor resolution constraints," *Opt, Express* 12, 5237-5242, 2004.
- [5] M. Forman and A. Aggoun "Quantization strategies for 3D-DCT based comopression of full parallax 3D images," in *Proceedings of IEE 6th International conference on image Processing and Applications*, IPA97, No. 443, 32-35, 1997.
- [6] S. Yeom, A. Stern, and B. Javidi, "Compression of 3D color integral images," *Opt, Express* 12, 1632-1642, 2004.
- [7] J. -S. Jang, S. Yeom, and B. Javidi, "Compression of ray information in three -dimensional integral imaging," *Opt, Eng.* 44, 127001, 2005.
- [8] H. -H. Kang, D. -H. Shin, and E. -S Kim, "Compression scheme of sub-images using Karhunen-Loeve transform in three -dimensional integral imaging," *Opt, Comm.* 281, 3640-3647, 2008.
- [9] H. -H. Kang, D. -H Shin, and E. -S Kim, "Efficient compression of motion-compensated sub-images with Karhunen-Loeve transform in three-dimensional integral imaging," *Opt, Comm.* 283, 920-928, 2010.

[10] C. -H. Yoo, H. -H. Kang, and E. -S. Kim, "Enhanced compression of integral images by combined use of residual images and MPEG-4 algorithm in three-dimensional integral imaging," *Opt. Comm.* 284, 4884-4893, 2011.

[11] H. -H. Kang, J. -H. Lee, E. -S. Kim, "Enhanced compression rate of integral images by using motion-compensated residual images in three-dimensional integral-imaging," *Opt. Express* 20, 5440-5459, 2012.

[12] D. -C. Hwang, J. -S. Park, S. -C. Kim, D. -H. Shin, E. -S. Kim, "Magnification of 3D reconstructed images in integral imaging using an intermediate-view reconstruction technique," *Appl. Opt.* 45, 4631-4637, 2006.

[13] H. Arimoto, B. Javidi, "Integral three -dimensional imaging with digital reconstruction," *Opt. Lett.* Vol. 26, 157-159, 2001.

[14] D. S. Taubman and M. W. Marcellin, [JPEG2000-image Compression Fundamentals, Standards and Practice], Kluwer Academic Publishers, 6, 2002.

저자소개

이형우(Hyoung-woo Lee)

2011년 2월 광운대학교 전자공학과졸업
 2011년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
 ※ 관심분야: 3차원 디스플레이, 집적 영상



김은수(Eun-Soo Kim)

1978년 2월 연세대학교 공과대학
 전자공학과 공학사
 1984년 2월 연세대학교 대학원
 전자공학과 공학박사

1987년 2월 ~ 1988년 8월 미국 California Instituted Technology 전기공학과 객원교수
 2000년 1월 ~ 2006년 12월 (사)3차원방송영상학회 회장
 2009년 1월 ~ 2010년 12월 차세대 3D 융합산업 컨소시엄 회장
 2010년 1월 ~ 2010년 12월 (사)한국통신학회 회장
 2000년 6월 ~ 2005년 5월 과학기술부 지정 '국가지정연구실(NRL)' 실장
 2003년 9월 ~ 2011년 12월 지식경제부 지정 '차세대 3D 디스플레이 연구센터(3DRC-ITRC)' 센터장
 2011년 9월 ~ 현재 교육과학기술부 선정 '홀로디지로그휴먼미디어 연구센터(HDHMRC-ERC)' 센터장
 2003년 4월 대한민국 과학기술훈장(진보장) 수여
 2012년 5월 대한민국 홍조근정훈장 수여
 1981년 3월 ~ 현재 광운대학교 전자공학과 교수
 ※ 관심분야: 3D 미디어, 콘텐츠, 3D 디스플레이, 3D 홀로그램, 홀로그램 가상현실, 휴먼-홀로그램 인터랙션