# 깊이 정보를 이용한 영역분할 기반의 다시점 영상 조명보상 기법

강근호* · 고민수** · 유지상***

# Illumination Compensation Algorithm based on Segmentation with Depth Information for Multi-view Image

Keunho Kang* · Min Soo Ko** · Jisang Yoo***

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행한 연구[10039199, 인지품질 기반 스케일러블 3D 비디오 코덱 핵심 기술 연구]임

## 요 약

본 논문에서는 영상 분할을 이용한 다시점 영상의 조명보상 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 깊이 정보를 이용하여 일정 거리에 따라 참조 영상의 깊이 영상을 레이어로 분리한다. 분리된 레이어에서 서로 다른 객체를 분리하기 위하여 각 레이어에 레이블링 과정을 수행한다. 레이블링 된 참조 영상의 깊이 영상은 3D 워핑 기법을 통하여 왜곡 영상의 시점으로 변환되고 레이블링 된 영역을 찾아 히스토그램을 이용한 조명 보상을 각 영역에서 독립적으로 수행한다. 3D 워핑으로 발생하는 가려짐 영역은 전역적인 방법을 이용하여 보상하게 된다. 다양한 실험을 통해 제안하는 기법으로 조명보상 전처리를 수행한 다시점 영상의 부호화 효율이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper, a new illumination compensation algorithm by segmentation with depth information is proposed to improve the coding efficiency of multi-view images. In the proposed algorithm, a reference image is first segmented into several layers where each layer is composed of objects with a similar depth value. Then we separate objects from each other even in the same layer by labeling each separate region in the layered image. Then, the labeled reference depth image is converted to the position of the distortion image view by using 3D warping algorithm. Finally, we apply an illumination compensation algorithm to each of matched regions in the converted reference view and distorted view. The occlusion regions that occur by 3D warping are also compensated by a global compensation method. Through experimental results, we are able to confirm that the proposed algorithm has better performance to improve coding efficiency.

키워드

조명보상, 레이어 영상, 레이블링, 3D 워핑, 부호화 전처리

Key word

Illumination compensation, Layer image, Labeling, 3D warping, Pre-processing of encoding

* 준회원 : 광운대학교
** 정회원 : 광운대학교
*** 정신회원 : 광운대학교 전자공학과 정교수(교신저자, jsyoo@kw.ac.kr)

접수일자 : 2013. 02. 12
심사완료일자 : 2013. 03. 01

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.4.935

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## Ⅰ. 서 론

3DTV와 3D 영화의 사업적 성공으로 3D 미디어에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 서비스 중인 대부분의 3D 비디오는 스테레오 카메라를 이용하여 획득하는 양안방식이다. 하지만 양안방식의 3D 비디오는 시점이 하나로 시야각이 좁고 안경을 착용해야 하는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 필요한 시점 수만큼의 영상을 사용하는 다시점 3D 입체 비디오에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

다시점 영상은 무안경식 다시점 3D 디스플레이와 영상의 시점을 사용자가 자유롭게 선택하는 것이 가능한 자유시점 TV (free-viewpoint television)와 같은 새로운 서비스에 활용될 수 있다. 다시점 영상을 생성하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 필요한 시점 수만큼의 카메라를 이용하여 다시점의 영상을 동시에 획득하는 방법이다. 두 번째 방법은 소수의 카메라만을 이용하여 영상을 획득하고 필요한 시점의 영상을 생성하여 시점수를 맞추는 방법이다. 이때 가상시점 영상을 생성하기 위해서는 영상간의 변이추정을 통해 변이지도(disparity map)를 생성하거나 추가로 깊이 카메라를 이용하여 깊이지도(depth map)를 획득하여야 한다[1-5].

따라서 대부분의 다시점 3D 입체 영상은 다수의 색상 영상이나 깊이 영상의 조합으로 이루어지므로 데이터의 양도 단일 시점 영상보다 매우 많아 저장이나 전송 시 효율적인 부호화 기법을 필요로 한다. 이를 위하여 ISO/IEC 산하의 MPEG에서는 다시점 비디오 부호화(multi-view video coding; MVC) 표준화를 2001년부터 진행하였으며 2008년 7월에 ITU-T와 공동으로 설립한 JVT(Joint Video Team)에서 표준화가 완료되었다[6-9]. 현재는 MPEG과 VCEG이 JCT-3V(Joint Collaborative Team on 3D Video coding extension development)를 설립하여 3D 비디오 코덱의 표준화를 진행하고 있다. JCT-3V에서는 다시점 영상 부호화 기술과 기존의 단일 영상 부호화 기술 간의 호환성 보장을 위해 H.264/AVC 호환의 ATM (AVC-compatible Test Model)과 최근 표준화가 진행 중인 HEVC(High Efficiency Video Codec)와의 호환성 보장을 위해 HTM(HEVC-compatible Test Model)을 통해 3D 비디오의 부호화 표준화를 진행하고 있다[10-12].

3D 비디오 부호화의 가장 큰 특징은 전후 프레임의 상관도 뿐 아니라 시점 간의 상관성도 이용한다는 것이다. 즉 시간적 중복성(temporal redundancy)을 제거하는 움직임 보상 기법 뿐 아니라, 인접한 시점 영상 간의 공간적 중복성을 제거하는 시점 간 보상 기법(inter-view compensation or disparity compensation)도 이용하여 부호화 효율을 증대시킨다는 것이다[13-15].

시점 영상간의 중복성을 높이기 위한 전처리 기법은 여러 가지가 있으나 특히 조명 보상 기법을 이용하는 방법이 많이 제안되고 있다. 다양한 원인으로 발생하는 조명 불일치 현상은 시점 영상 간의 상관성을 떨어뜨려 시점 간 예측 시에 정확한 변위 벡터를 얻지 못하게 되고 잔여 신호의 값이 크게 되어 부호화 효율을 저하시키는 하나의 요인으로 작용한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 참조 시점의 휘도 및 색차 정보를 이용하여 왜곡된 다른 시점들의 휘도와 색차 정보를 보상하는 다양한 기법들이 제안되었다[16-20].

참조 영상의 누적 히스토그램을 이용하여 왜곡 영상의 누적 히스토그램을 보상하는 히스토그램 매칭(histogram matching) 기법을 통해 다시점 영상의 휘도 및 색차를 보상하는 기법은 그중의 하나이다[21]. 하지만 이 기법은 프레임 마다 독립적으로 적용되어 한 시점에서 시간적 중복성을 저하시키는 단점이 있다. 따라서 모든 프레임의 누적 히스토그램을 생성하고 모든 프레임을 동시에 조명 보상하여 시간적 중복성을 유지하는 기법이 제안되었다[22]. 또 각 시점 영상에서 Harris 코너 검출법을 이용하여 각 영상의 대응되는 특징점을 검출하여 대응점간의 상대적인 특성을 계수 값으로 추정하고 이를 이용하여 조명보상을 하는 기법도 제안되었다[23]. 언급한 방법들은 비디오 전체에 똑같이 적용되어 전역적인 조명보상은 가능하였지만 여전히 물체의 위치에 따른 조명 불일치와 같은 지역적인 조명 불일치 문제는 남아 있다.

따라서 본 논문에서는 깊이 정보를 이용한 영상 분할을 통하여 새로운 조명 보상 기법을 제안한다. 먼저 참조 시점의 깊이 지도를 이용하여 1차 영역 분할을 수행한다. 깊이값을 일정 구간으로 나누고 이 영역안의 값을 가지는 깊이는 하나의 레이어로 분할한다. 깊이값으로 분할된 레이어이기 때문에 위치가 떨어져 있어도 같은 레이어로 선택이 된다. 따라서 레이블링 과정을 수행하여 같은 깊이값을 갖지만 위치가 다른 레이어는 분리한다.

최종 분할된 레이어를 각각 왜곡 시점의 위치로 3D 워핑을 수행하여 왜곡 시점 영상에서 대응되는 위치를 찾아 히스토그램 매칭을 통한 조명보상을 수행한다. 분리된 레이어간 조명 보상을 통해 기존의 기법보다 더 정밀한 조명 보상을 수행하고 이를 통해 부호화 효율도 증가시킬 수 있다. 실험결과 제안하는 기법의 성능이 우수하다는 것을 입증하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존의 히스토그램 매칭 기법을 이용한 조명보상 기법을 설명한다. 3장에서는 제안하는 영역분할 기반의 조명보상 기법을 설명하고 4장에서는 제안하는 기법의 성능을 검증한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## Ⅱ. 본 론

### 2.1. 조명 불일치의 원인

다시점 영상에서 발생하는 조명 불일치의 원인은 크게 두 가지로 분류된다. 첫 째는 각 시점 영상을 획득하는 카메라 간의 잘못된 보정 문제이다. 같은 모델의 카메라라도 서로 다른 내부 특성(intrinsic parameter)을 가지고 있고, 또 노출과 초점 등의 특성들이 일치하지 않을 수 있다. 잘못된 상태로 보정된 카메라를 이용하여 다시점 영상을 획득하면 전역적 조명 불일치(global illumination mismatches) 현상이 발생할 수 있다.

(a)

(b)

그림 1. (a) 조명 불일치 영상의 예
(b) 조명 보상 후 의 결과 영상
Fig. 1 (a) Examples of Illumination mismatched image
(b) After illumination compensation

또 다른 원인은 서로 다른 카메라의 위치 때문이다. 만약 모든 시점의 카메라가 이상적으로 보정된 상태로 영상을 획득하여도 카메라의 위치와 방향이 서로 다르므로 조명의 차이가 발생 할 수 있고 이러한 조명의 차이가 불가피한 색상 차이를 발생할 수 있다. 이러한 경우는 일반적으로 지역적 조명 불일치(local illumination mismatches)가 발생한다. 그림 1은 다시점 영상에서 발생한 조명 불일치 현상의 예와 이를 적절한 방법으로 보상한 예를 보여준다[24].

### 2.2. 히스토그램 매칭을 이용한 조명 보상 기법

참조 시점의 휘도 및 색차 정보를 이용하여 왜곡된 다른 시점들의 휘도와 색차 정보를 보상하는 다양한 기법 중 가장 흔하게 사용되는 기법이 히스토그램 매칭을 이용한 기법이다. 히스토그램 매칭 기법은 참조 영상(reference image)의 누적 히스토그램을 이용하여 왜곡 영상(distorted image)의 누적 히스토그램을 보상하는 히스토그램 매칭(histogram matching) 기법을 통해 다시점 영상의 휘도 및 색차를 보상하는 방법이다[21].

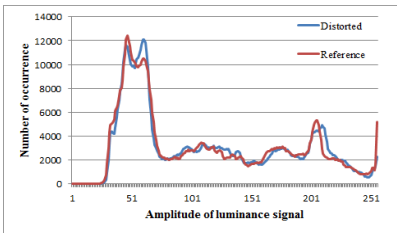
일반적인 히스토그램 매칭 방법은 YCbCr 색상 공간에서 각 휘도와 색상 성분에 개별적으로 적용된다. 본 절에서는 YCbCr 색상 공간의 세 가지 성분 중 휘도 성분에 대한 히스토그램 매칭 동작을 설명한다. 색상 성분에 대해서도 동일한 방법을 적용할 수 있다. 아래 식 (1)을 이용하여 주어진 영상의 휘도 성분에 대한 히스토그램을 생성한다.

$$h_R[v] = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{m=0}^{h-1} \sum_{n=0}^{w-1} \delta[v, y_R[m,n]] \qquad (1)$$
$$\delta[a,b] = \begin{cases} 1, & \text{if } a = b \\ 0, & otherwise. \end{cases}$$

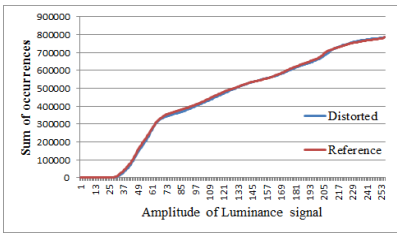
여기서 v와 w와 h는 히스토그램의 bin과 영상의 가로, 세로 크기를 의미한다. yR은 휘도 값을 나타내고 hR은 히스토그램 값을 나타낸다. 생성된 히스토그램을 이용하여 식 (2)와 같이 참조 영상의 누적 히스토그램을 생성한다.

$$c_R[v] = \sum_{i=0}^{v} h_R[v]. \qquad (2)$$

여기서 cR는 참조 영상의 누적 히스토그램 값을 나타낸다. 그림 2는 참조 영상과 왜곡 영상의 휘도 성분에 대한 히스토그램과 누적 히스토그램을 각각 나타낸다.




(a)




(b)

그림 2. (a) 휘도 성분 히스토그램 (b) 누적 히스토그램 (“Book_arrival” 시퀀스)
Fig. 2 (a) Histogram (b) accumulated histogram of luminance component for reference and distorted images (“Book_arrival” sequence)

왜곡 영상의 누적 히스토그램과 참조 영상의 누적 히스토그램을 이용하여 식 (3)과 같이 변환 함수를 생성한다.

$$M[v] = u \quad \text{if} \quad c_R[u] \le c_D[v] \le c_R[u+1] \tag{3}$$

여기서 cR과 cD는 각각 참조 영상과 왜곡 영상의 누적 히스토그램을 나타낸다. M은 왜곡 영상의 변환 함수이다. 변환 함수를 통해 왜곡 영상의 휘도 값은 적당한 값으로 변환된다. 그림 3은 보상된 히스토그램의 예를 보여준다. 이와 같은 방법으로 영상의 휘도와 색차 성분을 각각 변환하여 한 장의 보상된 영상을 얻을 수 있다. 이 과정을 모든 왜곡된 시점 영상에 적용하여 조명 보상을 하면 시점간의 상관도가 높아진 영상들을 얻을 수 있다.

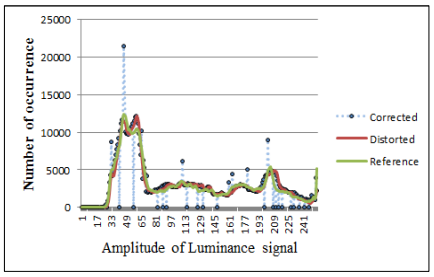



그림 3. 보상된 히스토그램 (“Book_arrival” 시퀀스)
Fig. 3 Compensated histogram (“Book_arrival” sequence)

일반적으로 히스토그램 매칭 기법은 한 프레임 내에서 다른 프레임과 상관없이 조명 보상을 수행하기 때문에 왜곡이 보정된 영상의 시간적 상관도가 저하되는 단점이 있다. 따라서 모든 프레임의 값을 히스토그램으로 만들고 이를 보정한 다음 모든 프레임을 한꺼번에 조명 보상하여 시간적 상관도가 저하되는 것을 줄일 수 있다 [22]. 식 (4)는 모든 프레임의 값을 히스토그램으로 생성하는 식을 나타낸다.

$$h'_R[v] = \frac{1}{t \cdot w \cdot h} \sum_{l=0}^{t-1} \sum_{m=0}^{h-1} \sum_{n=0}^{w-1} \delta[v, y_R[m,n]] \tag{4}$$

$$\delta[a,b] = \begin{cases} 1, & \text{if } a = b \\ 0, & otherwise. \end{cases}$$

여기서 t는 프레임 번호를 나타낸다. 그리고 h‘R은 모든 프레임 값을 누적한 히스토그램 값을 나타낸다 [22].

## Ⅲ. 제안하는 조명보상 기법

그림 4는 제안하는 조명 보상 기법의 흐름도를 나타낸다. 먼저 참조 시점의 색상영상과 깊이영상을 입력으로 받는다. 깊이영상을 깊이 값에 따라 일정 구간으로 나누어 같은 깊이값을 갖는 영역을 같은 레이어로 분할한다. 그리고 레이블링 과정을 수행하여 깊이값은 같지만 위치가 떨어져 있는 레이어를 분리하여 준다. 이 과정을 반복하여 최종적으로 구한 레이어 영상을 3D 워핑을 수행하여 왜곡 영상의 시점 위치로 이동시

켜준다. 대응되는 위치를 찾으면 히스토그램 매칭을 통해 조명 보상을 수행한다. 3D 워핑시 발생하는 가려짐 영역은 영상 전체의 조명보상을 수행한 후 그 값으로 채워주게 된다.

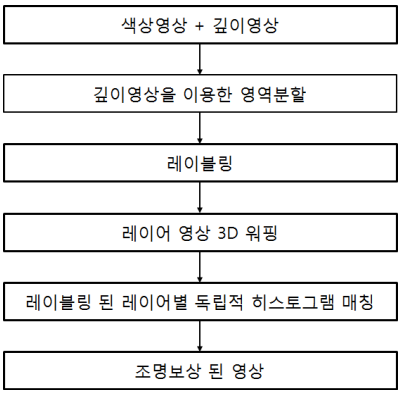



그림 4. 제안하는 기법의 흐름도
Fig. 4 Flow chart of the proposed algorithm

3.1. 영역 분할 및 레이블링

참조 시점의 깊이영상에서 깊이 값에 따라 영역 분할을 수행한다. 깊이값을 일정구간으로 나누어 각 구간을 하나의 레이어로 설정하여 레이어 영상을 생성하게 된다. 생성된 레이어 들은 유사한 깊이 값을 갖게 되어 그림 5의 (b)와 같이 원 영상에서 비슷한 거리에 있는 여러개의 객체들로 구성되게 된다. 그림 5의 (b)는 깊이 영상을 6개의 레이어로 분리한 결과이다.

그림 5의 (b)결과와 같이 깊이값만을 이용하여 영상을 분할하면 같은 깊이 값을 갖는 여러개의 다른 객체들이 같은 레이어에 포함되어 조명 보상 시 성능이 저하될 가능성이 있다. 일반적으로 서로 다른 객체들은 다른 색상 성분을 가지고 있기 때문에 레이어별 독립적 히스토그램 매칭 방법으로 조명 보상의 효과를 극대화하기 위한 방법이다.

따라서 같은 레이어의 서로 다른 객체를 분리하기 위하여 각 레이어에 레이블링(labeling)을 수행한다[25]. 그림 5의 (c)는 그림 5(b)에 주어진 레이어 영상에 레이블링 과정을 수행하여 최종적으로 획득된 결과 영상을 나타낸다.

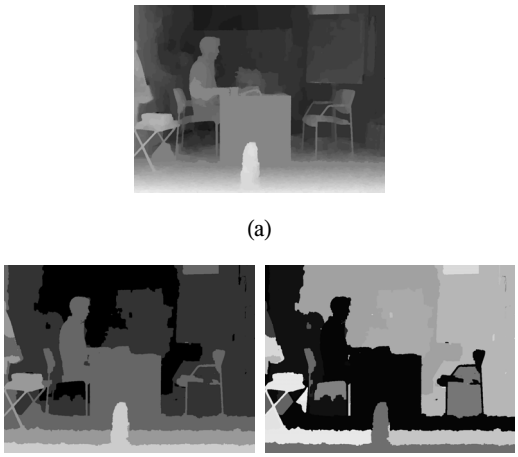



그림 5. (a) 원본 깊이 영상 (b) 레이어 영상 (c) 레이블링 과정 수행 후 결과 영상 ("Book_arrival" 시퀀스)
Fig. 5 (a) Original depth image (b) layered image (c) layered image after labeling ("Book_arrival" sequence)

3.2. 3D 워핑을 이용한 레이어 매칭

3D 워핑(3D warping)은 영상의 깊이 정보와 카메라의 내, 외부 파라미터를 이용하여 주어진 영상의 실세계 좌표(world coordinate)를 산출한 후, 가상시점의 카메라 파라미터를 이용하여 2차원 공간으로 재투영하여 원하는 시점의 영상을 생성하는 과정이다[26].

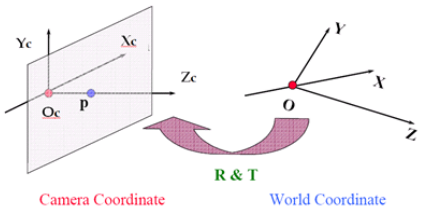



그림 6. 실세계 좌표계의 카메라 좌표계 변환
Fig. 6 Conversion of world coordinate to camera coordinate

3D 워핑을 수행하기 위해서는 2차원 영상 좌표계(image coordinate)를 3차원 실세계 좌표계로 변환하고 변환된 3차원 좌표를 다시 2차원 영상 좌표계로 변환하는 과정이 필요하다. 또한 2차원 영상 좌표계를 3차

원 실세계 좌표계로 변환하기 위해서는 주어진 2차원 영상 좌표계를 카메라 좌표계(camera coordinate)로 변환하는 과정이 필요하다. 실세계 좌표계와 카메라 좌표계는 모두 3차원 좌표계이며 두 좌표계 간의 변환은 그림 7과 같이 회전(rotation)과 이동(translation) 연산으로 가능하다. 이 두 동작은 카메라의 외부 파라미터(extrinsic parameter)로 정의된다. 식 (5)는 카메라 파라미터와 영상 좌표값을 이용하여 3차원 좌표를 산출하는 과정을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = K[R \mid T]\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow K^{-1}\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = R\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} + T \qquad (5)$$

$$\Rightarrow R^T K^{-1}\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} - R^T T = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$Z(i,j) = \frac{1.0}{\left(\frac{D(i,j)}{255.0} \times \left(\frac{1.0}{MinZ} - \frac{1.0}{MaxZ}\right) + \frac{1.0}{MaxZ}\right)}$$

여기서 Z(i, j)와 D(i, j)는 각각 영상 내 (i, j) 좌표에서의 깊이값과 시차값이고, MinZ와 MaxZ는 Z값이 가지는 최소, 최대값을 의미한다.

가상시점을 생성하기 위해서는 가상시점 위치에 존재하는 가상 카메라의 내, 외부 카메라 파라미터를 정의하여야 한다. 일반적으로 카메라의 내부 파라미터는 카메라의 내부 구조로 결정되기 때문에 기준시점 카메라의 내부 파라미터를 그대로 사용할 수 있다. 외부 파라미터의 값은 가상 시점 위치로 변환하여 사용할 수 있다. 변환된 실세계 3차원 좌표와 가상 시점 카메라의 파라미터를 적용하여 식 (6)과 같이 가상시점 영상의 좌표로 재투영하게 된다.

$$\begin{bmatrix} x_v \\ y_v \\ 1 \end{bmatrix} = K_V[R_V \mid T_V]\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (6)$$

여기서 $x_v$, $y_v$는 생성될 가상 시점 영상의 2차원 좌표를 의미하며, $K_V$, $R_V$, $T_V$는 각각 가상 시점 카메라의 내부 파라미터, 회전 행렬, 이동 벡터를 나타낸다. 그림 7은 3D 워핑 기법으로 생성된 가상시점 영상을 나타낸다.

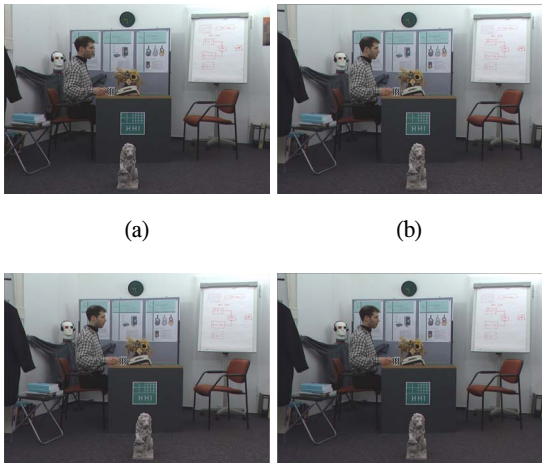
본 논문에서는 3D 워핑 기법을 이용하여 조명 보상하는 방법을 제안한다. 먼저 3.1절에서 제안하는 방법으로 참고 영상에 대응되는 깊이 영상에 대하여 레이어 영상을 생성한다. 생성된 레이어 영상을 레이블링을 수행하여 획득한 그림 5(c) 결과 영상에 3D 워핑을 기법을 적용하여 보상하려는 왜곡 영상의 시점으로 변환하게 된다. 그림 7(b) 영상이 하나의 왜곡된 영상의 시점으로 변환된 참조영상의 레이블링 영상을 보여준다. 시점 변환된 참조영상의 레이블링 영상에 대응되는 각각의 레이어에 해당되는 영역을 왜곡영상에서 찾아 각 영역에서 히스토그램 매칭 기법을 적용하게 된다. 이때 시점이 변환된 참조영상의 레이블링 영상에는 3D 워핑 기법으로 가려짐 영역(occlusion region)이 발생하게 되고, 이 가려짐 영역은 전체 영상의 영역에 대하여 전역적으로 히스토그램 매칭 기법을 적용하여 채우게 된다.

(a) (b)

그림 7. 3D 워핑을 이용한 가상 시점 영상 생성
(a) 색상 영상 (b) 레이블링 영상
Fig. 7 Virtual-view generation by 3D warping
(a) color image (b) labeling image

## Ⅳ. 실험 결과

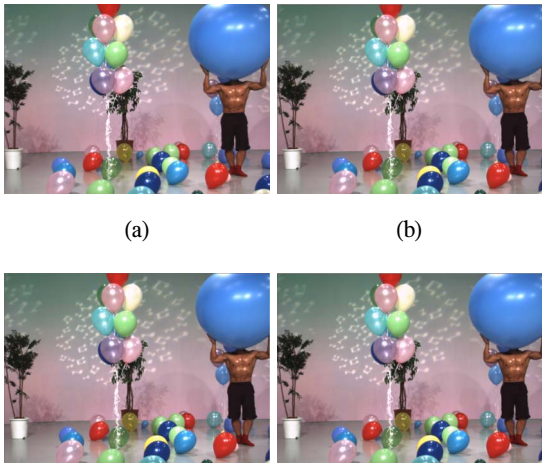
본 논문에서 제안하는 조명 조상 기법의 성능을 비교하기 위해서 표 1과 같이 MPEG에서 제공되는 3개의 다시점 시퀀스에서 100장의 프레임을 테스트 영상으로 사용하였다. 먼저 제안하는 기법에 의해 조명 보상된 영상의 화질을 비교하기 위해, 각 테스트 시퀀스의 특정 프레임에 대하여 조명 보상된 결과를 그림 8, 그림 9, 그림 10에 보였다. 성능 비교를 위해서 히스토그램 매칭 기법의 대표적인 기법인 Fecker[21]의 기법과 비교하였다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 8. 조명 보상된 결과 영상 ('Book_arrival' 의 첫번째 프레임) (a) 참조 영상 (8번째 시점) (b) 조명 보상 전 왜곡 영상 (10번째 시점) (c) Fecker의 기법 (d)제안한 기법
Fig. 8 Illumination compensated images (a) reference image(8th view) (b) distorted image(10th view) (c) Fecker's algorithm (d) the proposed algorithm (1st frame of 'Book_arrival' sequence)

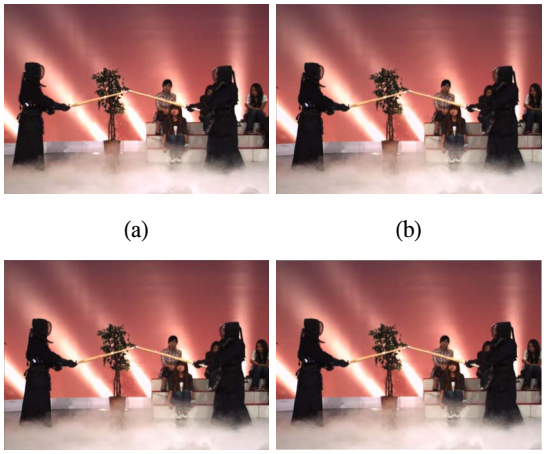


(a) (b)

(c) (d)

그림 9. 조명 보상된 결과 영상 ('Balloons' 의 첫번째 프레임) (a) 참조 영상 (3번째 시점) (b) 조명 보상 전 왜곡 영상 (1번째 시점)(c) Fecker의 기법 (d)제안한 기법
Fig. 9 Illumination compensated images (a) reference image(3rd view) (b) distorted image(1st view) (c) Fecker's algorithm (d) the proposed algorithm (1st frame of 'Balloons' sequence)

그림 8(a)는 'Book_arrival' 시퀀스의 8번째 시점 영상이고, (b)는 왜곡영상으로 6번째 시점 영상이다. 그림 8(c)는 Fecker[21]의 기법을 적용한 결과이고 (d)는 제안한 기법을 적용하여 보상한 결과이다. 그림 9와 10은 'Balloons' 시퀀스와 'Kendo' 시퀀스에 대하여 같은 실험을 반복한 결과를 보여주고 있다. 실험에 사용된 테스트 시퀀스가 MPEG에서 제공되는 시퀀스이라서 이미 시점 간 조명 보상이 잘 된 영상이어서 왜곡시점 영상과 참조시점 영상간의 차이가 크지 않다는 것을 알 수 있다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 10. 조명 보상된 결과 영상 ('Kendo'의 첫번째 프레임) (a) 참조 영상 (1번째 시점) (b) 조명 보상 전 왜곡 영상 (3번째 시점)(c) Fecker의 기법 (d)제안한 기법
Fig. 10 Illumination compenstaed images (a) reference image(3rd view) (b) distorted image(1st view) (c) Fecker's algorithm (d) the proposed algorithm (1st frame of 'Kendo' sequence)

제안하는 기법의 성능을 객관적으로 증명하기 위해 현재 표준화 진행 중인 3D 비디오 코덱 중 HEVC를 이용한 HTM 5.1에 적용하여 부호화 효율이 얼마나 향상되는지를 실험하였다. 각 테스트 시퀀스에 대하여 세 개 시점의 색상영상과 깊이영상을 부호화 하여 제안하는 기법을 적용하기 전과 후의 부호화 효율을 비교하였다. 각 QP(quantization parameter)값을 25, 35, 45로 변화시키며 실험을 하였다. 표 2~4는 각 QP값의 대한 부호화 효율을 나타낸다.

표 1. 실험에 사용된 테스트 시퀀스
Table. 1 Test sequences

| 시퀀스명 | 사용 시점 (좌-가운데-우) | 프레임수 |
|---|---|---|
| Book_arrival | 10-8-6 | 100 frame |
| Balloons | 1-3-5 | 100 frame |
| Kendo | 1-3-5 | 100 frame |

표 2. 제안하는 기법의 성능비교 (QP=25)
Table. 2 Performance comparison of the proposed algorithm (QP=25)

| 시퀀스명 | 원본영상 (Kbps) | 제안하는 기법(Kbps) | 부호화 효율(%) |
|---|---|---|---|
| Book_arrival | 2423.9952 | 2385.9385 | 1.57 |
| Balloons | 1997.9328 | 1962.5694 | 1.77 |
| Kendo | 1756.752 | 1739.3601 | 0.99 |

표 3. 제안하는 기법의 성능비교 (QP=35)
Table. 3 Performance comparison of the proposed algorithm (QP=35)

| 시퀀스명 | 원본영상 (Kbps) | 제안하는 기법(Kbps) | 부호화 효율(%) |
|---|---|---|---|
| Book-arrival | 627.1032 | 620.9576 | 0.98 |
| Balloons | 584.6002 | 578.6373 | 1.02 |
| Kendo | 499.8072 | 495.4089 | 0.88 |

표 4. 제안하는 기법의 성능비교 (QP=45)
Table. 4 Performance comparison of the proposed algorithm (QP=45)

| 시퀀스명 | 원본영상 (Kbps) | 제안하는 기법(Kbps) | 부호화 효율(%) |
|---|---|---|---|
| Book_arrival | 183.6264 | 182.0472 | 0.86 |
| Balloons | 198.6936 | 196.7464 | 0.98 |
| Kendo | 180.1560 | 178.7327 | 0.79 |

실험 결과를 통해 제안하는 기법을 통한 조명보상 후의 부호화 효율이 약 1% 정도 향상된 것을 확인 할 수 있다. 따라서 눈으로 확인하기 어려웠던 시점간의 상관도 향상이 어느 정도 성과를 거두었다는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 깊이 정보에 따른 영상 분할을 이용한 다시점 영상의 조명보상 기법을 제안하였다. 여러 대의 카메라간의 내부 특성 또는 촬영 조건 등이 다른 이유로 발생하는 조명 불일치 현상은 시점간의 상관도를 저하시키고 부호화 효율 또한 저하시킨다. 제안하는 기법에서는 깊이값에 따라 영상 분할을 먼저 수행하고 레이블링 과정을 통해 독립적인 객체 정보를 반영하여 지역적인 조명 보상을 수행할 수 있다. 레이블링 된 영상은 3D 워핑 기법으로 왜곡된 영상으로 재투영하여 두 영상간의 같은 객체간의 조명 불일치 현상을 효율적으로 해결 할 수 있었다. 실험을 통해 제안하는 기법을 적용하여 조명보상 전처리 과정을 수행한 다시점 영상의 부호화 효율이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.


### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행한 연구[10039199, 인지품질 기반 스케일러블 3D 비디오 코덱 핵심 기술 연구]로서, 관계부처에 감사 드립니다.


### 참고문헌


[1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Introduction to 3D video,” M9784, May. 2008.

[2] M. Tanimoto, M. P. Tehrani, T. Fujii, and T. Yendo, “Free-viewpoint TV,” IEEE Signal Processing Magazine, vol.28, pp.67-76, Jan. 2011.

[3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Applications and Requirments on FTV,” N9466, Oct. 2007.

[4] Y. Mori, N. Fukushima, T. Yendo, T. Fujii, and M. Tanimoto, “View generation with 3D warping using depth information for FTV,” Signal Processing : Image

Communication, vol.24, pp.65-72, Jan. 2009.

[ 5 ] D. Scharstein and R. Szeliski, “A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms,” IEEE Workshop on Stereo and Multi-Baseline Vision, pp.131-140, 2001.

[ 6 ] ITU-T RECOMMENDATION “H.264 Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services,” May, 2003.

[ 7 ] http://mpeg.chiariglione.org/standards.htm

[ 8 ] Joint Video Team (JVT) ISO/IEC MPEG &ITU& T VCEG, “Joint draft 3 Multi-view video coding,” JVT-V209-M, Jan. 2007.

[ 9 ] Y. Su, A. Vetro, and A. Smolic, “Common test conditions for multiview video coding,” Doc. JVT-U211, [Online]. Available: http://ftp3.itu.ch/av-arch/jvt-site/, 2005.

[10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Call for proposals on 3D video coding technology,” n12036, March 2011.

[11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Test model for AVC-based 3D video coding v2.0,” n12743, July 2012.

[12] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Test model under consideration for HEVC based 3D video coding v3.0,” n12744, April 2012.

[13] S. Yea and A. Vetro, “View synthesis prediction for multiview video coding,” Signal Processing : Image Communication, vol.24, pp.89-100, Jan. 2009.

[14] C. Lee, B.H. Choi, and Y.S. Ho, “Efficient multiview depth video coding using depth synthesis prediction,” Optical Engineering, vol.50, no.7, pp.1-14, July 2011.

[15] H. Schwarz, C. Bartnik, S. Bosse, H. Brust, T. Hinz, H. Lakshman, D. Marpe, P. Merkle, K. Muller, H. Rhee, G. Tech, M. Winken, and T. Wiegand, “3D video coding using advanced prediction Depth modeling, and encoder control methods,” Picture Coding Symposium, pp.1-4, May 2012.

[16] M. Gilge, “Motion estimation by scene adaptive block matching and illumination correction,” Image Process. Algorithms and Techni., R. J. Moorhead and K. S. Pennington, Eds., Canada, vol. 1244, pp. 355-366, June 1990.

[17] K. Kamikura, H. Watanabe, H. Jozawa, H. Kotera, and S. Ichinose, “Global brightness-variation compensation for video coding,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.8, no.8, pp.988-1000, Dec. 1998.

[18] J. Lopez, J. Kim, A. Ortega, and G. Chen, “Block-based illumination compensation and search techniques for multiview video coding,” in Proceeding of Picture Coding Symp. (PCS), Dec. 2004.

[19] J. H. Kim, et al., “New coding tools for illumination and focus mismatch compensation in multiview video coding,” IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol.17, no.11, pp.1519-1534, Nov. 2007.

[20] P. L. Lai, A. Ortega, P. Pandit, P. Yin, and C. Gomila, “Adaptive Reference Filtering for MVC,” JVT-W065.doc, pp.21-27, San Jose, USA, April 2007.

[21] U. Fecker, M. Barkowsky, and A. Kaup, “Histogram-based pre-filtering for luminance and chrominance compensation of multi-view video,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.18, no.9, pp.1258-1267, Sep. 2008.

[22] U. Fecker, M. Barkowsky, and A. Kaup, “Time-constant histogram matching for colour compensation of multi-view video sequences,” in Proceeding of Picture Coding Symp. (PCS), Nov. 2007.

[23] 박성희, 유지상, “다시점 비디오의 색상 성분 보정을 위한 특징점 기반의 전처리 방법,” 한국정보통신학회 논문지, 제15권, 제12호, pp.2527-2533, 2011.

[24] Dong-Seok Lee, Min-Soo Ko, Young-Ho Seo, Dong-Wook Kim, Jisang Yoo, “Illumination compensation for multi-view video based on layered histogram matching with depth information,” optics communication, Vol.286, pp.74-84, Jan. 2013.

[25] 황선규, “영상처리 프로그래밍 by Visual C++”, 한빛미디어, 2007.

[26] Y. Mori, N. Fukushima, T. Yendoa, T. Fujii and M. Tanimotoa, “View generation with 3D warping using depth information for FTV,” ELSEVIER Signal Processing : Image Communication, vol. 24, no. 1-2, pp. 65-72, Jan. 2009.

## 저자소개

**강근호(Keunho Kang)**

2011년 8월 : 광운대학교
전자공학과 학사
2011년 9월 ~ 현재 : 광운대학교
전자공학과 석사과정
※관심분야 : 디지털 신호처리, 3D 입체영상처리/압축

**고민수(Min Soo Ko)**

2010년 2월 : 광운대학교
전자공학과 학사
2012년 2월 : 광운대학교
전자공학과 석사
2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 박사과정
※관심분야 : 3D 입체영상처리/압축, 스테레오 매칭, 영상 신호 처리

**유지상(Jisang Yoo)**

1985년 : 서울대학교 전자공학과
학사
1987년 : 서울대학교 전자공학과
석사
1993년 : Purdue Univ. EE, Ph.D.
1997년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : 3D 입체영상처리/압축, 웨이블릿 기반 영상처리, 비선형 디지털 신호처리