논문 2013-50-12-19

지역과 전역적인 색보정을 결합한 스테레오 영상에서의 색 일치

(Integrated Color Matching in Stereoscopic Image by Combining Local
and Global Color Compensation)

수 란*, 하 호 건*, 김 대 철*, 하 영 호**

(Ran Shu, Ho-Gun Ha, Dae-Chul Kim, and Yeong-Ho Ha[©])

요 약

스테레오 좌우 영상간의 색 일치는 3D 영상을 재현할 때 매우 중요하다. 이를 위해 카메라 세팅 및 촬영 환경을 일치시켜서 스테레오 영상을 획득하더라도 여전히 색 불일치가 나타나게 된다. 이러한 색 불일치는 특성에 따라 전역과 지역적인 색 불일치로 구분될 수 있다. 따라서 이들 특성을 고려하여 스테레오 영상의 색을 정확히 일치시킬 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 누적 히스토그램과 3D 거리정보를 이용하여 전역과 지역의 색 불일치를 동시에 보정하는 방법을 제안한다. 먼저 기준이 되는 영상의 누적 히스토그램을 기반으로 한 매칭 함수를 이용하여 전역적으로 발생하는 색 불일치를 보정한다. 다음으로 대응되는 샘플 특징점 간의 CD-LUT(color difference look-up table)을 구성하고, disparity map을 통한 3D 거리 정보를 기반으로 한 샘플 특징점의 유사성을 기준으로 가중치를 적용하여 지역적인 색 일치를 수행한다. 마지막으로 전역적인 보정과 지역적인 보정된 영상을 결합함으로써 스테레오 영상에서 나타나는 색 불일치를 보정하였다. 색차가 발생한 스테레오 영상에 대해 기존 색 일치 방법과 제안한 방법을 비교하기 위하여 색상 유사도를(hue similarity)와 MOS(mean opinion scores) 이용하여 평가하였다. 실험 결과에서 제안한 방법을 통한 결과 영상이 기존 방법을 통한 결과 영상보다 더 높은 수치를 나타냄을 알 수 있었다.

Abstract

Color consistency in stereoscopic contents is important for 3D display systems. Even with a stereo camera of the same model and with the same hardware settings, complex color discrepancies occur when acquiring high quality stereo images. In this paper, we propose an integrated color matching method that use cumulative histogram in global matching and estimated 3D-distance for the stage of local matching. The distance between the current pixel and the target local region is computed using depth information and the spatial distance in the 2D image plane. The 3D-distance is then used to determine the similarity between the current pixel and the target local region. The overall algorithm is described as follow; First, the cumulative histogram matching is introduced for reducing global color discrepancies. Then, the proposed local color matching is established for reducing local discrepancies. Finally, a weight-based combination of global and local matching is computed. Experimental results show the proposed algorithm has improved global and local error correction performance for stereoscopic contents with respect to other approaches.

Keywords : color matching, stereoscopic image.

* 학생회원, ** 정회원, 경북대학교 전자공학부

(School of Electronics Engineering, Kyungpook National University)

[©] Corresponding Author(E-mail: yha@ee.knu.ac.kr)

※ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2013년도 콘텐츠산업기술지원산업의 연구결과로 수행되었음
접수일자: 2013년8월21일, 수정완료일: 2013년12월2일

I. 서 론

3D 기술을 이용한 영화와 TV 영상은 사용자에게 기존의 2D 기술의 영상보다 더 좋은 시각효과를 제공한다. 왜냐하면, 3D 영상을 통해 시각적 입체감을 제공함으로써 실제적인 현장감을 사용자가 느낄 수 있기 때문이다^[1,2]. 그러나 여러 대의 카메라로 획득한 스테레오 영상에서는 다양한 색차를 발생하여 이러한 시각적인 효과를 감소시킨다^[3]. 따라서 이를 해결하기 위하여 스테레오(steroscopic) 및 다시점(multi-view) 영상간의 색 일치 방법이 개발되었다. 색 일치 방법들은 크게 전역적인 색 일치, 지역적인 색 일치, 그리고 전역적과 지역적인 색 일치가 결합된 방법으로 나누어진다. 먼저 전역적인 색 일치 방법은 영상 전체에서 일정하게 발생하는 색의 차이를 보정하기 위한 방법으로 각 채널간의 히스토그램을 계산하여 이를 매칭하는 방법^[4-5], 영상을 여러 블록으로 나누어 각 블록 간의 평균색을 매칭 방법^[6], 인간시각 효과(human visual system)를 적용한 tone mapping operator를 적용하는 방법^[7], 그리고 color transfer를 이용하여 스테레오 영상간의 색을 일치하는 방법 등이 있다^[8]. 이외에 멀티스펙트럴(multispectral) 영상처리 기술 기반의 변환 행렬을 이용한 삼자극치를 일치시키는 방법이 있다^[9]. 이러한 전역적인 색 일치 방법은 특징점(feature point) 추출 및 매칭과 같은 복잡한 지역적 연산 처리가 들어가지 않기 때문에 효율적이며 계산이 간단하다. 그러나 여전히 지역적인 색 불일치가 존재하게 된다. 지역적인 색 일치 방법은 영상 전체에서 일정하게 색의 차이가 나타나지 않고, 물체의 특성 및 주변 환경에 기인하여 발생하는 지역적 색 불일치를 보정하는 것이다. 이를 위해서는 영상간의 지역적인 매칭이 필요한데, segmentation을 이용하여 영상을 분할하거나 SIFT, SURF와 같은 방법을 이용하여 각각의 지역 영역을 매칭한다. 그리고 각 지역의 컬러의 분포나 변환행렬을 계산하여 지역적인 색 일치를 수행한다^[10, 11, 16]. 그러나 매칭에 의한 오차나 전역적인 색 불일치가 발생한다. 최근에는 전역과 지역적인 색 일치를 모두 수행하기 위해 hybrid 방법이 연구되었다^[12]. 그러나 hybrid 색 일치 방법에서도 여전히 전역적 색차가 잘 보정되지 않고, 주변 영역이 복잡하거나 사물간의 경계 부분에서 지역적인 색차 존재한다. 따라서 본 논문에서는 hybrid의 결합된 색 일치 방

법에 있어서 누적 히스토그램과 3D 거리를 적용한 지역적 매칭을 통해 전역과 지역적인 색 차이를 동시에 보상시키는 방법을 제안한다. 본 논문의 II에서는 기존의 색 일치 방법에 대해 설명하고, III에서는 제안한 방법을 설명한다. 마지막으로 IV와 V에서는 각각 실험을 통해 제안한 방법의 성능을 평가하고 결론을 맺는다.

II. 기존의 색 일치 방법

1. 스테레오 영상에서의 색 일치

스테레오 영상의 색 일치는 3D 디스플레이 시스템 구현에 있어 중요한 역할을 한다. 그러나 두 대의 카메라로 획득된 좌우 스테레오 영상에서 카메라 및 영상의 장면적 특성에 의해서 다양한 색차가 발생한다. 이러한 색차는 3D 효과의 감소 및 눈의 피로도를 증가시킨다. 영상간의 색차는 일반적으로 전역 및 지역적으로 동시에 발생하게 되는데, 전역적 색차는 주로 카메라의 응답특성의 차이에 의해 영상 전반에 걸쳐 발생하고 지역적 색차는 장면내의 물체들의 서로 다른 반사 특성 및 광원과 같은 주변 환경에 의해 발생하게 된다. 따라서 스테레오 영상에서 이러한 색차를 보상하는 색 일치 방법이 필요하다. 색 일치의 기본적인 개념은 그림 1에서처럼 좌우 영상 중 기준 영상을 선택하여 이를 기준으로 나머지 영상의 색을 일치시키는 것이다.

2. Hybrid 색 일치

전역과 지역의 색 일치를 동시에 수행하는 방법으로 장치의 특성에 의한 전역적 색차와 지역적 매칭을 통한 지역적인 색차를 보정한 영상을 결합하여 스테레오 영상의 색 일치 방법을 제안하였다^[12].

가. 전역적인 색 일치

Hybrid 색 일치 방법에서는 수직리그 기반의 카메라

그림 1. 기본적인 스테레오 영상에서의 색 일치
Fig. 1. The concept of color matching in stereoscopic image.

시스템(vertical camera rig system)를 이용하여 영상을 획득하였다. 그래서 이러한 카메라 특성에 의해서 나타나는 수직 방향의 색 불일치를 먼저 보정하였다. 획득된 스테레오 좌우 영상의 수직 방향간의 화소의 차이를 중간값 필터를 적용하여 계산된 값을 이용하여 색을 보정하였다. 그리고 일반적인 전역적인 색 일치를 위해 히스토그램 매칭을 수행한다. 히스토그램 매칭은 기준되는 영상의 각 채널별 밝기(intensity)의 분포를 나타내는 히스토그램을 계산하여 이를 일치시키고자 하는 영상의 히스토그램과 유사하게 수정하여 전역적인 색 일치를 수행한다.

나. 지역적인 색 일치

히스토그램과 같은 전역적인 색 일치 방법은 공간(spatial)정보를 고려하지 않기 때문에 지역적으로 나타나는 색 불일치는 보정할 수 없다. 따라서 이를 보정하기 위해 특징점 매칭을 통해서 지역적인 색을 일치시킨다. Hybrid 색 일치에서는 그림 2 (a)-(c)에서 나타낸 것처럼 SIFT를 이용하여 특징점을 매칭하였다. 그리고 (d)에서처럼 매칭된 특징점 주변의 8개의 지점을 선정해 샘플 특징점들(sample feature points)을 정의하고, 좌우 영상의 샘플 특징점 간의 CD-LUT (color difference look-up table)을 구성한다. 여기서 CD-LUT 샘플 특징점들 간의 색차를 의미한다.

CD-LUT을 구성하는 최종 샘플 특징점을 선정한 방법은 수식 1과 같다. 좌우 영상의 샘플 특징점의 밝기 값과 주변 밝기의 평균을 이용한 SND(Sum of Normalized Difference)의 값을 계산하여 임계값보다 작을 경우 최종 샘플 특징점으로 선정하고, 이들 간의 CD-LUT로 구성한다.

$$SND_k = \frac{1}{h \cdot w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w \left(|l_{r,(i,j)} - l_{t,(i,j)} - m_{r,k} + m_{t,k}| \right)$$

$$l_{r,(i,j)} = \frac{1}{3} (R_{r,(i,j)} + G_{r,(i,j)} + B_{r,(i,j)})$$

$$l_{t,(i,j)} = \frac{1}{3} (R_{t,(i,j)} + G_{t,(i,j)} + B_{t,(i,j)})$$

$$m_{r,k} = \frac{1}{h \cdot w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w l_{r,(i,j)}$$

$$m_{t,k} = \frac{1}{h \cdot w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w l_{t,(i,j)}$$

(1)

그림 2. 스테레오 좌우 영상에서 SIFT를 이용한 특징점 추출과 샘플 특징점 선정 (a)좌우 test 영상 (b) 좌영상과 우영상에서 특징점 추출 (c) SIFT를 이용한 특징점 매칭 (d) 샘플 특징점 선정

Fig. 2. The corresponding features between reference and target image are detected by SIFT (a)Left is the reference image and the right is the target image, (b)detected corresponding features by SIFT method, (c)the corresponding features after using SIFT (d) selecting sample features.

그림 3. 대응되는 샘플 특징점들간의 색차 LUT를 이용한 지역 색 일치

Fig. 3. Local color matching by using CD-LUT based on corresponding feature points.

여기서 k 는 k 번째 매칭점을 의미하고 i, j 는 특징점 주변 h 와 w 크기 블록내의 화소 위치이고, r 는 기준영상, t 는 수정되는 영상을 나타낸다. 그림 3은 CD-LUT를 이용한 지역적 색 일치 방법을 나타낸다. 보정하고자 하는 화소

의 위치와 선정된 샘플 특징점의 위치간의 공간적인 거리(spatial distance)와 XYZ 색공간에서의 거리를 구한 후, 이를 가중치로 계산한다. 그리고 각각의 샘플 특징점의 CD-LUT에 계산된 가중치를 적용하여 현재 위치의 화소값을 보정함으로서 지역적인 색 일치를 수행한다. 가중치를 계산하는 방법은 수식 2로 나타난다.

마지막으로 수식 3를 이용하여 전역적인 색 일치 영상과 지역적인 색 일치 영상을 결합하여 스테레오 영상에서 나타나는 색 불일치를 보정한 최종 결과 영상을 도출한다.

$$f_{K,local}(i,j) = f_K(i,j) + \sum_{k=1}^U (w_{(i,j),k} \cdot D_k)$$

$$w_{(i,j),k} = \frac{w_{(i,j),k,d} \cdot w_{(i,j),k,c}}{\sum_{p=1}^U w_{(i,j),p,d} \cdot w_{(i,j),p,c}} \quad (2)$$

여기서 f 는 화소값을 나타내고, D_k 는 k 번째 CD-LUT를 의미하고, $w_{(i,j),k,d}$ 는 공간적인 거리에 의한 가중치를 의미하고, $w_{(i,j),k,c}$ 는 색차에 의한 가중치를 의미하고, K 는 R, G, B 채널을 의미한다.

$$f_{K,Hybrid}(i,j) = a \cdot w_{(i,j),max} \cdot f_{K,local}(i,j) + (1 - a \cdot w_{(i,j),max}) \cdot f_{K,global}(i,j) \quad (3)$$

$$w_{(i,j),max} = \max(w_{(i,j),k,d} \cdot w_{(i,j),k,c})$$

여기서 a 는 가중치에 대한 스케일을 조절하는 인자를 나타낸다.

III. 제안한 색 일치 방법

1. Integrated 색 일치

Hybrid 색 일치 방법에서는 히스토그램 매칭 방법으로 전역적인 색차를 보정한다. 그러나 보정된 영상에서 여전히 전역적인 색차가 존재한다. 또한 지역적인 색차가 발생하는 영역에서 주변 영역이 복잡하거나, 물체나 배경이 중복되어 있는 경계부분에 나타나는 지역적인 색 불일치도 보정하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 hybrid의 결합된 색 일치 방법에 있어서 누적 히스토그램과 3D 거리를 적용하여 지역 유사성을 높인 가중치를 통해 전역적과 지역적인 색 차이를 동시에 보정시키

그림 4. 제안한 방법의 흐름도

Fig. 4. The flowchart of the proposed integrated color matching method.

는 방법을 제안한다. 그림 4는 제안한 방법의 흐름도를 나타낸다.

가. 전역적인 색 일치

제안하는 방법은 전역적인 색차를 보정하기 위해 누적 히토그램 매칭을 이용한다^[5]. 수식 4와 5에서처럼 각 채널의 히스토그램을 계산하여 누적 히스토그램을 도출한다. 그리고 매칭 함수 M_k 를 수식 6과 같이 정의한다.

$$hist_K(n) = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{i=0}^{h-1} \sum_{j=0}^{w-1} \phi(n, f_K(i,j)) \quad (4)$$

$$with \phi(a,b) = \begin{cases} 1 & \text{if } a = b \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$c_K(n) = \sum_{v=0}^n hist_K(v) \quad (5)$$

$$M_K(n) = m \quad (6)$$

$$when \ c_{K,r}(m) < c_{K,t}(n) \leq c_{K,r}(m+1)$$

여기서 m 은 수정된 화소값을 의미하고, $c_{K,r}$, $c_{K,t}$ 는 기준 영상과 수정하고자 하는 영상의 누적 히스토그램을 의미한다.

다음으로 수정하고자 하는 영상의 모든 화소에 대해서 매핑 함수를 적용하여 전역적인 색차가 보정된 영상을 도출한다.

$$f_{K,global}(i,j) = M_K(f_K(i,j)) \quad (7)$$

나. 지역적인 색 일치

제안한 지역적인 색 일치 방법은 기존의 방법처럼 샘플 특징점을 기반으로 하여 색보정을 수행한다. 먼저 스테레오 좌우 영상에서 특징점을 추출하여 대응된 특징점들간 매칭을 시킨다. 그리고 샘플 특징점을 선정하여 각각의 CD-LUT를 구성한 후, CD-LUT에 가중치를 적용하여 현재 보상하고자 하는 화소의 값을 보상함으로써 지역적인 색 일치를 수행한다. 이때, 보상하려는 현재 화소와 샘플 특징점들 간의 유사성을 판단하기 위하여 두 화소간의 3D 거리와 CIE Lab 색공간상의 거리를 이용하였다. 여기서 3D 거리는 장면에서 물체간의 실제 거리를 나타내며, 이는 영상의 깊이 정보와 획득된 영상에서의 위치 정보를 이용하여 계산된다. 이러한 3D 거리 정보는 CIE Lab 색공간상의 거리와 결합하여 현재 화소와 이에 대응되는 기준 영상의 영역의 유사성을 결정하는데 사용된다.

(1) 깊이정보 추출

3D 거리를 계산하기 위해 깊이 정보(depth)를 추정해야 한다. 이는 스테레오 영상의 특성을 이용해서 추정이 가능하다. 본 논문에서는 mean shift color

(a)

(b)

그림 5. 3D 거리의 정의 (a) 영상에서 현재 화소와 샘플 특징점 사이 3D 거리 (b) 3D 거리의 도식화

Fig. 5. The definition of the 3D distance is presented. (a) the spatial distance between the current pixel and the sample feature in image, (b) Illustration of the 3D distance.

그림 6. 추정된 거리맵

Fig. 6. Estimated depth of an image.

segmentation 기반의 disparity를 이용하여 영상의 깊이를 계산하였다^[13~14]. 3D 거리의 정의는 그림 5와 같이 공간적인 거리와 깊이를 통한 실제 장면에서의 거리를 의미하고 수식 8을 통해서 계산한다. 그림 6은 추정된 거리맵을 나타내고 있다.

$$D_{3d} = \sqrt{D_{spatial}^2 + D_{depth}^2}$$

$$D_{spatial} = \frac{\sqrt{(i_{current} - i_{sample})^2 + (j_{current} - j_{sample})^2}}{T_{spatial}}$$

$$D_{depth} = \frac{|dep_{(i_{current}, j_{current})} - dep_{(i_{sample}, j_{sample})}|}{T_{depth}} \quad (8)$$

여기서 $(i_{current}, j_{current})$ 와 (i_{sample}, j_{sample}) 는 각각 현재 수정하려는 화소 위치와 주변 샘플 특징점의 위치를 나타내고, dep 는 거리맵을 나타내고, $T_{spatial}, T_{depth}$ 는 공간과 깊이 거리를 정규화 시키기 위한 인자를 의미한다.

(2) 유사성 기반의 CD-LUT를 이용한 지역적인 색 일치

제안한 방법의 지역적인 색 일치 방법은 기본적으로 기존의 방법에서 사용한 대응되는 샘플 특징점을 기반으로 생성된 CD-LUT에 2차원 거리 정보와 XYZ 색공간의 색차를 이용한 가중치를 적용하여 지역적으로 색을 보정한다. 그러나 현재 화소에 대한 각각의 CD-LUT의 적용이 영상의 내용 구성(contents)에 따른 유사성에 기반을 두어야 한다.

기존의 방법에서처럼 영상의 공간적인 거리를 이용해 가중치를 적용하면 아래의 그림 7에서처럼 같은 물체(object)임에도 불구하고 이미지 공간상의 위치가 더

그림 7. 3D 거리 유사성 기반의 CD-LUT의 가중치 적용

Fig. 7. Weight of CD-LUT based on 3D distance.

멀기 때문에 적은 가중치가 적용된다. 따라서 경계부분이나 사물과 배경이 중복되는 부분에서 지역적인 색보정이 잘 되지 않는다. 그래서 제안한 방법은 실제 장면의 깊이를 적용한 3D 거리를 이용함으로써 물체나 영상 내용에 따른 유사성이 더 잘 반영 되도록 하였다. 또한 CIELab공간을 이용함으로써 색공간상 거리에 따른 색차의 비선형성을 감소시켜 색에 의한 유사성도 증가시켰다. 3D 거리정보에 대한 가중치는 아래의 수식으로 계산된다.

$$w_{(i,j),k,3d} = -\frac{(D_{(i,j),k,3d})}{\max(D_{(i,j),k,3d})} + 1 \quad (9)$$

여기서 $D_{(i,j),k,3d}$ 는 현재 화소와 k 번째 샘플 특징점과의 3D 거리를 의미한다. 그리고 색차를 이용한 가중치를 아래의 수식처럼 CIELab 공간으로 변환하여 계산하여 사용한다.

$$w_{(i,j),k,c} = \begin{cases} -\frac{\sqrt{C_{(i,j),k,c}}}{\text{threshold}_c} + 1, & \text{if } C_{(i,j),k,c} \leq \text{threshold}_c \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

$$C_{(i,j),k,c} = (L(i,j) - L(i_k, j_k))^2 + (a(i,j) - a(i_k, j_k))^2 + (b(i,j) - b(i_k, j_k))^2$$

여기서 $C_{(i,j),k,c}$ 현재 화소와 k 번째 샘플 특징점과의 CIELab 공간상 거리를 나타낸다.

현재 화소에 적용되는 CD-LUT의 적용되는 가중치는 수식 (11)으로 계산된다. 그리고 이들 가중치를 이용하여 지역적으로 색이 일치된 영상이 수식 (12)으로 나타나게 된다.

$$w_{(i,j),k} = \frac{w_{(i,j),k,3d} \cdot w_{(i,j),k,c}}{\sum_{p=1}^U w_{(i,j),p,3d} \cdot w_{(i,j),p,c}} \quad (11)$$

$$f_{K,local}(i,j) = f_K(i,j) + \sum_{k=1}^U (w_{(i,j),k} \cdot D_k) \quad (12)$$

마지막으로 지역적인 색 일치 영상과 전역적인 색 일치 영상을 결합하여 최종 색 일치된 영상은 아래의 수식을 이용하여 도출한다.

$$f_{K,proposed}(i,j) = a \cdot w_{(i,j),\max} f_{K,local}(i,j) + (1 - a \cdot w_{(i,j),\max}) f_{K,global}(i,j) \quad (13)$$

$$w_{(i,j),\max} = \max(w_{(i,j),k,3d} \cdot w_{(i,j),k,c})$$

$$a = \begin{cases} -0.3 & \text{if } w_{(i,j),\max} \geq 0.95 \\ -0.1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

IV. 실험

실험에서 여러 가지 영상을 사용하여 제안하는 방법을 평가하였다. 이를 위해 Middlebury 스테레오 영상을 이용하여 실험하였다. 그리고 색차가 발생한 스테레오 영상에 대해 기존 색 일치 방법과 제안한 방법을 비교하기 위하여 MOS(mean opinion scores)와 색상 유사성(hue similarity) 값을 이용한 주관적 및 객관적인 평가 방법을 사용하였다. 그림 8은 시물레이션을 위한 테스트 영상으로 스테레오 영상 중에 좌영상은 기준영상으로 설정하였고, 우영상은 밝기와 색도를 왜곡하여 보

그림 8. Hybrid 방법과 제안한 방법의 비교 (a) 기준영상 (b) 색 일치 하려는 영상 (c) hybrid 방법의 결과 영상 (d) 제안한 방법의 결과영상

Fig. 8. The comparison of the previous hybrid method and the proposed method. (a) the reference image, (b) the distorted image, (c) the Yu's hybrid method, (d) the proposed method.

그림 9. 지역 영역의 색보정 비교(a) 기준영상 (b) 색 일치하려는 영상 (c) hybrid 방법의 결과영상 (d) 제안한 방법의 결과영상

Fig. 9. Images are zoomed in for showing preference on the local regions. (a) the reference image zoomed in cone region, (b) the distorted image zoomed in cone region, (c) the Yu's hybrid method zoomed in cone region, (d) the proposed method zoomed in cone region.

그림 10. Middlebury 영상을 이용함 결과 비교(a) 히스토그램 매칭을 통한 결과 영상 (b) 누적 히스토그램을 이용한 결과 영상 (c) hybrid 방법의 결과영상 (d) 제안한 방법의 결과영상

Fig. 10. The Middlebury dataset results (a) corrected target images by the histogram matching, (b) corrected target images by the cumulative histogram matching (c) corrected target images by the Yu's hybrid color matching method, (d) corrected target images by the proposed method

정하고자 하는 영상을 만들었다. 실험 결과 기존의 hybrid 방법에서는 전역적인 색 불일치가 잘 보정되지 않아 녹색의 컬러 왜곡이 결과 영상 전반에 걸쳐 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나 제안한 방법에서는 이러

표 1. 색 일치 결과 영상의 색상 유사성 비교

Table 1. Hue similarity of result images by various color matching methods.

	Histogram	Cumulative histogram	Hybrid matching	Proposed method
Dolls	0.5014	0.5217	0.4754	0.5431
Cones	0.2687	0.5969	0.3129	0.6193
Moebius	0.2582	0.5775	0.4286	0.6124

표 2. 색 일치 결과 영상의 MOS 비교

Table 2. MOS of result images by various color matching methods.

	Histogram	Cumulative histogram	Hybrid matching	Proposed method
Dolls	2.083	3.000	3.083	3.500
Cones	2.416	3.083	2.833	3.333
Moebius	2.333	3.000	3.167	3.500

한 왜곡이 줄어들을 알 수 있다.

또한 지역적인 색 일치 결과를 비교해 보아도 그림 9에서 보는 것과 같이 제안한 방법에 의한 결과 영상에 기준 되는 영상과 더 비슷한 것을 알 수 있다.

기존에 Hybrid 방법뿐만 아니라 히스토그램 매칭, 누적 히스토그램 매칭을 이용한 여러 영상의 결과를 그림 10에서처럼 나타내었다. 또한 제안한 방법이 기존의 방법보다 기준 되는 영상과 비슷하다는 것을 수치적으로 나타내기 위해서 MOS와 색상 유사성 값을 비교하였다^[15]. 표 1은 그림 10의 세 가지 테스트 영상의 색상 유사성을 나타낸 것이다. 결과 영상에서 본 것과 같이 제안한 방법에 결과 영상에서 가장 큰 색상 유사성이 나타남을 알 수 있다. 표 2는 MOS 평가 결과를 나타낸다. 12명의 실험자가 참가하여 1-5점까지 점수를 주고 이를 평균하여 결과 영상을 평가하였다. 이 결과 역시 제안한 방법이 가장 큰 수치를 나타내고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 전역적 색 일치와 지역적 색 일치 방법을 결합하여 스테레오 영상에서 발생된 색차를 보정하는 방법을 제안하였다. 먼저 누적 히스토그램 매칭을 이용하여 전역적인 색차를 보정하였고, CD-LUT에 깊이 정보를 이용한 3D 거리와 CIELab 색공간상의 색차의 가중치를 적용하여 지역적인 색차를 보정하였다. 그리고 마지막으로 두 가지 보정된 영상을 결합함으로써 스테레오 영상에서 지역과 동시에 전역적인 색 일치를

수행하였다. 그 결과, 제안한 방법이 기존 방법보다 기준 되는 영상에 더 비슷한 결과를 가져왔고, 색상 유사성 및 MOS 평가를 통해서도 제안한 방법이 더 높은 수치를 나타냄을 알 수 있다.

REFERENCES

- [1] Matusik W, Pfister H, "3DTV: A Scalable System for Realtime Acquisition, Transmission, and Autostereoscopic Display of Dynamic Scenes", In Proceeding of SIGGRAPH, ACM, Los Angeles, 23(3), 814-824, (2004).
- [2] Masayuki Tanimoto, "Free viewpoint television - FTV", Picture Coding Symposium, San Francisco, USA, (2004).
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Luminance and Chrominance Compensation for Multi-View Sequences Using Histogram Matching", Nice, France, (2005).
- [4] Y. Chen, C. Cai, J. Liu, "YUV Correction for Multi-View Video Compression," Proc. 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), vol. 3, pp. 734 - 737. (2006).
- [5] U. Fecker, M. Barkowsky, A. Kaup, "Improving the Prediction Efficiency for Multi-View Video Coding Using Histogram", Matching, Picture Coding Symposium, Beijing, China, (2006).
- [6] Dautre, Colin; Nasiopoulos, Panos: "Color Correction Preprocessing for Multiview Video Coding", In: "IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology", pp. 1400-1406, September. (2009).
- [7] R. Mantiuk, S. Daly and L. Kerofsky, "Display adaptive tone mapping," ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH), Vol. 27, No. 3, 2008, Article no. 68. (2008).
- [8] E. Reinhard, M. Adhikhmin, B. Gooch, P. Shirley, "Color Transfer between Images," IEEE Computer Graphics and Applications, 21(5), 34 - 41. (2001).
- [9] K. Cherdhirunkorn, N. Tsumura, T. Nakaguchi, Y. Miyake, "Spectral Based Color Correction Technique Compatible with Standard RGB System," Optical Review 13(3), 138 - 145. (2006).
- [10] Q. Wang, X. Sun, and Z. Wang., "A Robust Algorithms for Color Correction between Two Stereo Images," Asian Conference of Computer Vision (ACCV), China, Sep. 23-27. (2009).
- [11] Hwang, Youngbae; Kim, Je-Woo; Choi, Byeong-Ho; Lee, Wangheon: "Color correction without color patterns for stereoscopic camera systems", International Conference on Control, Automation and Systems, pp. 1129-1134. (2011).
- [12] Yu, Jung-Jae; Kim, Hae-Dong; Jang, Ho-Wook; Nam, Seung-Woo, "A Hybrid Color Matching between Stereo Image Sequence", 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), pp. 1-4, (2011).
- [13] A. Klaus, M. Sormann and K.F. Karner, "Segment-Based Stereo Matching Using Belief Propagation and a Self-Adapting Dissimilarity Measure," Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition, vol. 3, pp. 15-18. (2006)
- [14] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift: A Robust Approach toward Feature Space Analysis," IEEE Transactions on PAMI, vol. 24, no. 5, pp. 603 - 619. (2002).
- [15] Stricker, Markus A., Orengo, Markus, "Similarity of color images," Proc. SPIE Vol. 2420, p. 381-392, (1995)
- [16] Il-Lyong Jung, Tae-Young Chung, Jae-Young Sim, and Chang-Su Kim, "Consistent stereo matching under varying radiometric conditions," IEEE Transactions on Multimedia, vol. 15, pp. 56-69, Jan. 2013.

저 자 소 개

수 란(학생회원)

2011년 동양대학교 정보통신
공학과 학사졸업.

2013년 경북대학교 전자공학부
석사 졸업.

<주관심분야 : Color matching,
Stereoscopic image>

하 호 건(학생회원)

대한전자공학회 논문지
제 47권 SP편 제 1호 참조

김 대 철(학생회원)

대한전자공학회 논문지
제 48권 SP편

하 영 호(정회원)

대한전자공학회 논문지
제 38권 SP편 제 3호 참조