

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제17권 제6호, 2012년 11월 (JBE Vol. 17, No. 6, November 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.6.911>

ISSN 1226-7953(Print)

입체영상의 3D 증강을 위한 입체영상 변환

길종인^{a)}, 최황규^{a)}, 김만배^{a)‡}

Transformation of Stereoscopic Images for 3D Perception Improvement

Jong In Gil^{a)}, Hwang Kyu Choi^{a)}, and Manbae Kim^{a)‡}

요 약

최근 3DTV 및 3D 디스플레이가 공급되면서 입체영상 제작도 활발히 진행되고 있다. 입체영상은 좌영상과 우영상으로 만들어지는데, 제작된 입체영상은 수정 없이 그대로 시청자에게 공급되고 있다. 2D 영상도 고주파 성분과 색보정을 거쳐 자연색과 유사한 색을 재현하는 등의 연구는 오랫동안 진행되어 왔다. 이 기술을 입체영상에 적용하고자 하는 것이 본 논문의 목적이다. 기 제작된 입체영상의 컬러를 변환함으로써 3D 입체감을 개선하는 방법을 제안한다. 이를 위해서 본 논문에서는 스테레오 영상으로부터 깊이맵을 획득하고, 기존 컬러 변환을 통한 2D 영상의 지각 깊이감 개선을 입체영상에 적용하여, 3D 입체감을 향상시키는 방법을 제안한다. 이를 위해 스테레오 정합 방법과 컬러 변환 방법으로 대조 변환 및 배경 다크닝 방법을 제안하고, 실험을 통해 제안 방법이 상기 목적을 얻을 수 있는 것을 검증하였다.

Abstract

Recently, 3DTV and 3D displays have been released in the market. Accordingly, the production of stereoscopic images has gained much interest. Stereoscopic image being composed of left and right images are currently delivered to viewers without any modifications. The researches on the enhancement of depth perception using high-frequency components and the re-production of natural color by color compensation have been carried out for 2D images. The application of such 2D technologies to 3D stereoscopic images is an aim of this paper. This paper proposes the enhancement of 3D perception by color transformation. For this, we propose a stereo matching method for obtaining a depth map and two color transformation methods such as contrast transformation and background darkening. The effectiveness of the proposed method was verified through experiments.

Keyword : 3DTV, stereo matching, color transformation, depth perception

a) 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과(Kangwon National University)

‡ Corresponding Author : 김만배 (Manbae Kim)

E-mail: manbae@kangwon.ac.kr

Tel: +82-33-250-6390 Fax: +82-33-250-6395

※ 본 논문은 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 시스템반도체 상용화기술 사업 [10041082] 및 지식경제부 및 산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신) [K1002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리요소기술 및 하드웨어 IP 개발] 의 지원을 받음.

Manuscript received August 24, 2012 Revised October 19, 2012 Accepted October 22, 2012

I. 서론

최근 입체영상에 관한 연구가 가속화 되면서, 시청자들은 손쉽게 입체콘텐츠를 시청할 수 있게 되었다. 그리고 디스플레이 기술이 갈수록 발전하면서 현재는 가정에서 3DTV를 통해 손쉽게 이러한 입체영상을 시청할 수 있을 정도로 발전되었다. 그리고 더 나은 입체감을 느끼고자 하는 요구는 계속되고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 여러 가지 입체지각 요인을 결합하여 보다 개선된 입체감에 관한 연구들이 수행되고 있다.

입체영상을 획득하는 방법은 크게 두 가지로 나뉜다. 3D 카메라를 이용하여 좌, 우영상을 직접 획득하는 것^{[2][3]}과 1대의 컬러 카메라를 통해 컬러 영상을 획득하고, 1대의 깊이 카메라를 이용하여 획득한 깊이정보를 이용하여 좌, 우영상을 생성하는 방법^[4-7]이 있다. 두 방법은 각자 장단점을 지니고 있는데, 후자의 경우 깊이맵을 변환하여 입체영상의 입체감 등을 자유롭게 조절할 수 있는 장점이 있다. 반대로 전자의 경우, 깊이 카메라가 없어도 입체영상을 획득할 수 있으며, 다른 처리과정을 거치지 않아도 영상을 입체로 시청할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 방법으로 획득한 스테레오 영상은 깊이 정보가 존재하지 않으므로 스테레오 매칭(stereo matching)기술을 통하여 깊이맵을 추가로 획득해야 한다.

스테레오 매칭기술은 여러 가지 방법이 연구되고 있으며, 특히 최근에는 에지 기반 스테레오 매칭방법이 많이 연구되고 있다^[8-10]. Sung등은 3D DSI(Disparity Space Image)를 구성하고 DSI에서 같은 에지 방향을 가지는 경로를 선택하고 최소경로를 찾아서 변위를 획득하는 방법을 제안하였다^[8]. 또한 Zhang등은 에지를 탐색하여 에지 주변에는 사각 윈도우를 사용하고, 에지가 존재하지 않는 부분은 다이아몬드 윈도우를 사용하는 방법을 제안하였다^[9]. 이러한 연구들은 비록 초기에 에지정보를 이용하여 변위를 예측하지만, 노이즈가 많고 객체간의 정확한 경계를 나타내기 어렵다. 반면에 Yoon등은 픽셀간의 유사도와 근접성에 기반을 둔 Gestalt Grouping을 이용하여 블록의 가중치를 획득하여 변위를 예측하는 방법을 제안하였다^[10]. 본 논문에서 제안하는 스테레오 매칭 방법은 입체감 개선을 위해 고안된 방

법으로써 인접한 객체 사이의 전경과 배경을 구분하고 두 영역사이의 깊이차를 획득하는 것이 주목적이다. 그러기 위해서 객체의 경계는 명확하게 나타내되 객체 내부의 변화는 최대한 억제하는 스테레오 매칭방법을 제안한다.

깊이맵을 이용하여 영상의 입체감을 향상시키려는 방법 또한 꾸준히 연구되고 있다^[11,12]. Kim 등은 깊이맵의 변위값을 재조정하여 3D 입체감을 개선하는 다시점 영상처리 기법을 제안하였다^[11]. 또한 Gil등은 깊이맵에서 객체간의 대비를 증가시킴으로써 입체감을 개선하는 방법을 제안하였다^[12]. 상기 제안 방법들은 모두 깊이를 조절함으로써 영상의 입체감을 개선하는 것에 국한되어 있다. 그러나 좌, 우영상을 직접 획득한 경우 두 영상의 시차가 이미 정해져 있기 때문에 입체감을 조절하기란 쉽지 않다. 그러므로 스테레오 영상의 개선된 입체감을 제공하기 위해 본 논문에서는 입체영상의 시차를 조절하는 방법이 아닌 좌, 우영상의 RGB를 변환하여 입체영상의 입체감을 향상하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안 방법의 개요를 설명하고, III장에서는 스테레오 영상으로부터 깊이맵을 획득하는 스테레오 매칭방법을 제안한다. IV장에서는 획득한 깊이맵으로부터 변환정보를 획득하는 방법을 설명하고, V장에서는 변환정보를 토대로 영상의 RGB를 변환하는 방법을 제안한다. VI장의 실험에서는 개선된 화질을 검증하고, 마지막으로 VII장에서는 결론을 맺는다.

II. 입체영상의 입체감 개선

그림 1은 본 논문에서 제안하는 입체영상의 입체감을 개선하는 방법의 블록도이다. 그림 1의 흐름도에서 보는 것처럼 입력데이터는 스테레오 영상이다. 우선 스테레오 영상으로부터 깊이맵을 획득한다. 획득한 깊이맵으로부터 변환정보를 획득하게 되는데, 변환정보는 깊이맵의 비연속영역으로부터 획득할 수 있는 고주파 성분을 조절하여 획득한다. 이렇게 고주파수 성분을 가지고 있는 변환정보를 토대로 스테레오 영상의 RGB를 변환한다. 그러면 변환된 스테레오 영상을 통해 개선된 입체감을 느낄 수 있다.

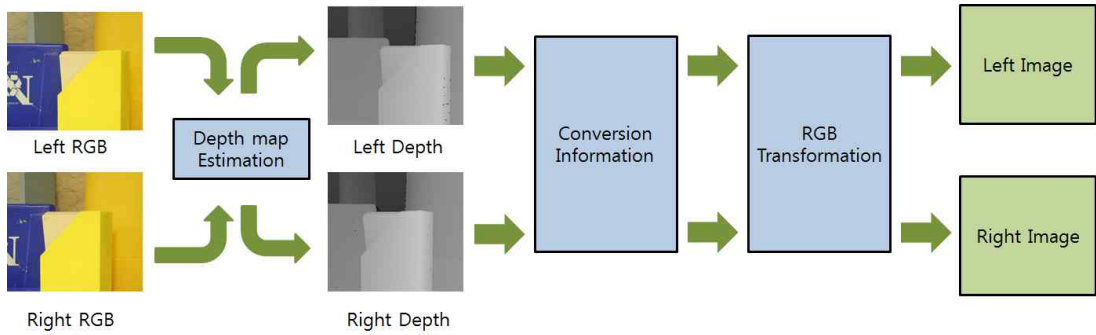


그림 1. 제안방법의 전체 흐름도
 Fig. 1. Overall block diagram of the proposed method

III. 스테레오 매칭

먼저 스테레오 영상으로부터 깊이맵을 획득해야 한다. 좌영상과 우영상의 깊이맵을 획득하는 과정은 동일하므로 좌영상을 기준으로 설명한다. 깊이맵을 획득하는 방법은 크게 네 부분으로 나눌 수 있다. 첫째로, 좌, 우영상의 에지(edge)를 탐색하고 각 에지의 대응점(corresponding point)을 찾는다. 그리고 대응점으로부터 에지 변위(edge disparity)를 획득한다. 둘째로, 영상으로부터 중요도맵(saliency map)을 획득하고, 그로부터 영상을 영역별로 분할한다. 그리고 에지로부터 획득한 변위를 이용하여 분할된 영역의 변위를 획득한다. 셋째로, 아직 변위가 할당되지 않은 영역들이 존재하므로 이 영역들에 변위를 할당하는 과정이 필요하다. 마지막으로 객체 경계의 부각과, 객체 내부 변화의 억제를 위해 깊이맵의 보정작업

을 수행한다.

1. 에지 변위 예측

에지의 변위를 획득하기 위해서 좌영상의 모든 에지에 대하여 우영상에 대응되는 에지를 찾는다. 먼저 소벨 연산자(Sobel operator)를 이용하여 에지를 검출한 후, 임계치를 적용하여 에지맵(edge map)을 0또는 255로 이진화한다. 좌영상과 우영상이 각각 I^L , I^R 이고, 좌영상과 우영상의 에지맵은 각각 E^L , E^R 이고, 두 영상의 최대변위를 d_{max} 라 했을 때, $s = [-d_{max}, d_{max}]$ 까지 I^R 과 E^R 을 1 픽셀씩 수평방향으로 이동한다. 각 이동단계에서 좌영상과 우영상의 에지가 겹칠 경우, 해당 픽셀은 겹침 에지(overlapped edge)가 된다. 다음 식(1)에서 OE 는 겹침 에지이다.

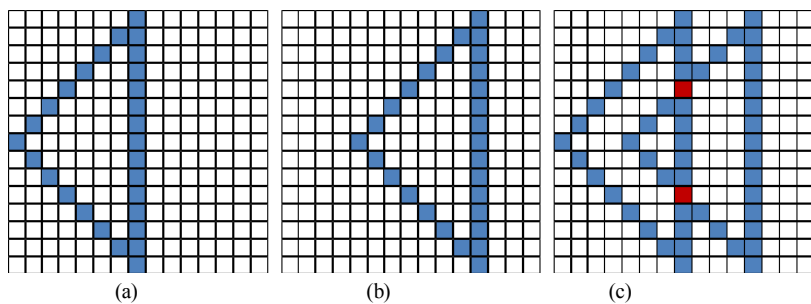


그림 2. 좌영상 에지맵과 우영상 에지맵의 겹침. (a) 좌영상 에지 E^L , (b) 우영상 에지 E^R , 및 (c) 겹침 에지 (붉은색)
 Fig. 2. Overlapping between left edge map and right edge map. (a) Left edge E^L , (b) Right edge E^R , and (c) Overlap edge (in red)

$$OE(i,j) = \begin{cases} 255 & \text{if } E^L(i,j) = 255 \text{ and } E^d(i,j) = 255, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$

위의 그림 2에서 파란색은 에지, 붉은색은 E^L 과 E^R 의 겹침 에지를 나타낸다. 하나의 에지에 대해 겹침 에지는 여러 개 존재할 수 있다. 그 중 최적의 대응 에지를 찾아야만 올바른 변위를 획득할 수 있다. 이를 위해 모든 겹침 에지에 대해 I^L, I^R 에서 겹침 에지의 좌표를 중심으로 하는 $M \times N$ 블록을 형성하고, 두 블록으로부터 블록간의 평균 오차인 MSE(Mean Squared Error)를 구한다. 그리고 우영상을 계속 이동하여 모든 겹침 픽셀에 대해 MSE를 얻은 후, 가장 작은 MSE값을 가지고 있는 픽셀을 대응픽셀로 선택한다. MSE는 다음 식 (2)를 이용하였고 M, N은 MSE를 측정하기 위해 생성한 블록의 크기이다.

$$MSE(i,j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} (I_{i+m,j+n}^L - I_{i+m,j+n}^d)^2 \quad (2)$$

그림 3은 이 과정을 그림으로 보여준다. 파란 픽셀은 에지이고, 붉은 픽셀은 겹침 에지를 뜻한다. 그림에서 보는 것처럼 E^L 은 고정하고, E^R 을 이동한다. 위 예에서 E^R 이 이동하면서 각 에지의 겹침이 (c), (d), (e)와 같이 발생한다. 그 중 MSE를 계산하면 결국 (e)에서 최소 MSE가 얻어짐을 알 수 있다. 대응 에지가 선택되었다면 (e)에서 E^R 이 이동한 양 $s=7$ 이 해당 에지의 변위가 된다.

그림 4는 이 과정을 통해 컬러영상으로부터 획득한 에지

의 변이를 깊이로 변환한 영상이다.

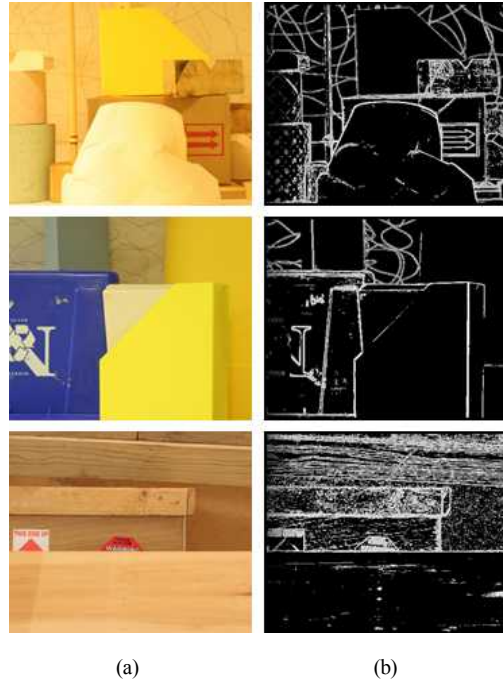


그림 4. 입력 좌영상과 에지의 변위맵. (a) 입력 좌영상, (b) 에지의 변위
Fig. 4. Left images and Disparity map of edge. (a) Left images, (b) Disparity maps of edge

2. 영역 분할

에지뿐만 아니라 객체의 내부 영역에 변위를 할당하기 위해서 먼저 영상을 영역으로 분할하여야 한다. 영역을 분할하기 위해 먼저 입력영상으로부터 중요도 맵을 생성하고

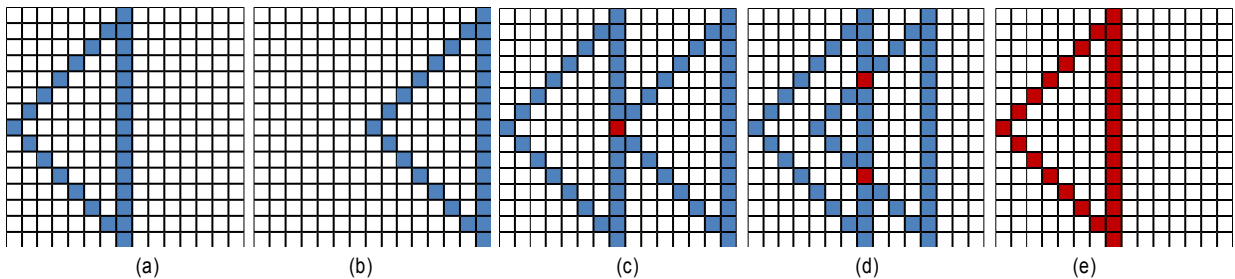


그림 3. 에지맵의 이동. (a) 좌영상 에지 EL, (b) 우영상 에지 ER, 및 (c),(d),(e) ER 이동
Fig. 3. Edge map shift. (a) Left edge EL, (b) Right edge ER, and (c),(d),(e) shifted ER

중요도 맵을 토대로 영역을 분할한다^[13,14]. Lab 색상공간은 색차가 유클리드 거리(euclidean distance)에 따라 거의 균등하기 때문에 중요도 맵을 생성하기 위해 먼저 RGB 색상공간을 Lab 색상공간으로 변환한다. 다음에 L, a, b에 저역 통과 필터를 다음 식 (3)처럼 적용한다.

$$\begin{aligned} \hat{L} &= G \otimes L \\ \hat{a} &= G \otimes a \\ \hat{b} &= G \otimes b \end{aligned} \quad (3)$$

다음 식 (4)는 Lab 색상공간으로부터 중요도 맵 SM을 생성하는 수식을 나타낸다.

$$d_{x,y} = \sqrt{(\hat{L}_{x,y} - \bar{L})^2 + (\hat{a}_{x,y} - \bar{a})^2 + (\hat{b}_{x,y} - \bar{b})^2} \quad (4)$$

위 식에서 x, y 는 픽셀의 좌표, $d_{x,y}$ 는 해당 픽셀의 중요도를 나타낸다. 또한, $\bar{L}, \bar{a}, \bar{b}$ 는 전체 영상의 L, a, b의 평균을 나타낸다. 다음 그림 5는 입체영상에 따른 중요도 맵을 나타낸다.



그림 5. 입력 좌영상과 중요도 맵. (a) 입력 좌영상, (b) 중요도 맵
 Fig. 5. Left images and saliency maps. (a) Left images, (b) Saliency maps

먼저 중요도 맵 SM의 최솟값 SM_{\min} 과 최댓값 SM_{\max} 를

구하여 중요도 맵의 그레이스케일 값의 범위 $\tau = [SM_{\min}, SM_{\max}]$ 를 저장한다. 아래 식 (5)에서 보는 바와 같이 SM_{\min} 에서 시작하여 일정한 간격 l 을 유지하며 SM_i 의 범위를 설정한다.

$$\begin{aligned} SM_1 &= [SM_{\min}, SM_{\min} + l] \\ SM_2 &= [SM_{\min} + l, SM_{\min} + 2l] \\ &\vdots \\ SM_n &= [SM_{\max} - l, SM_{\max}] \end{aligned} \quad (5)$$

중요도 맵을 하위 영상으로 분할하였지만, 하위 영상에서 255로 할당된 픽셀들은 모두 동일한 객체의 영역이라고 볼 수 없다. 그러나 인접하여 서로 연결된 픽셀들은 동일한 객체에 속하는 영역이라고 판단할 수 있기 때문에 서로 연결된 픽셀들에게 동일한 레이블을 할당해주는 영역 레이블링을 수행한다. 영역 레이블링을 위해 CCL(Connected Component Labeling) 알고리즘을 수행하였다^[15].

위 과정을 수행하게 되면 최종적으로 중요도 맵은 여러 개의 하위 영상으로 분할이 되고, 분할된 각 하위 영상은 식 (6)에서 보는 것처럼 다시 하위 영역(sub-region)으로 분할된다. 다음 그림 6은 하위 영상을 나타내고, 그림 7은 각 하위 영상을 다시 하위 영역으로 분할한 영상을 보여준다.

$$SM_n = [SR_1, SR_2, SR_3, \dots, SR_i] \quad (6)$$

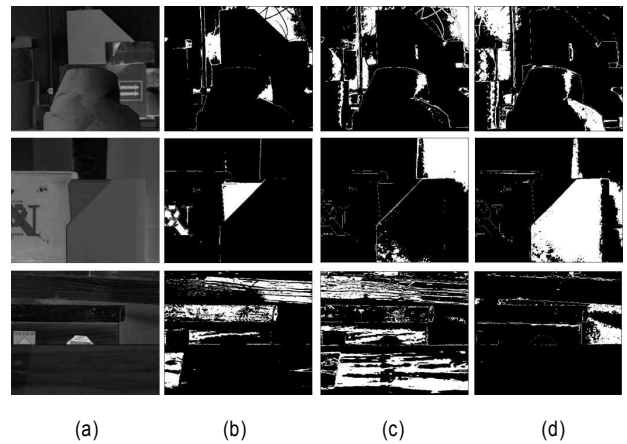


그림 6. 중요도 맵과 분할된 하위 영상. (a) 중요도 맵, 및 (b),(c),(d) 하위 영상
 Fig. 6. Saliency maps and sub-image. (a) Saliency map, and (b),(c),(d) Sub-image

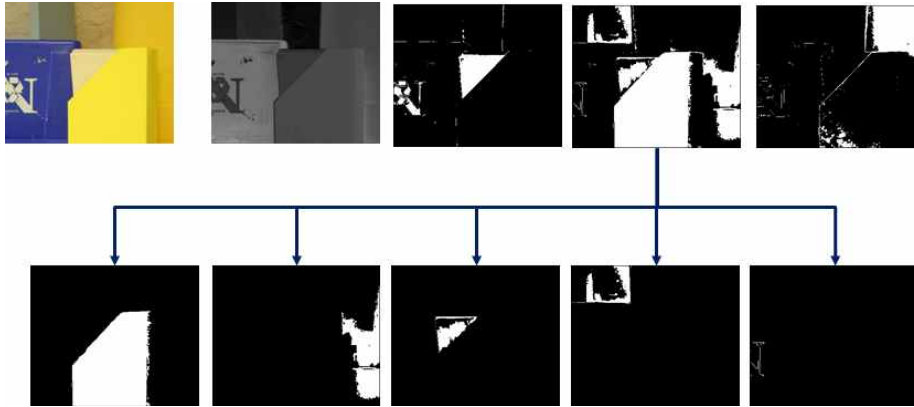


그림 7. 하위 영상의 분할 결과
Fig. 7. Result of sub-image segmentation

3. 깊이맵 획득 및 홀 채움

영상을 영역별로 분할한 후, 각각의 영역 SR_i 에 변위를 할당해주어야 한다. 3.1절을 통해 얻은 에지픽셀의 변위값을 이용한다. 먼저 변위맵에서 SR_i 내에 존재하는 변위들을

얻는다. 그리고 존재하는 변위들의 평균값을 계산하여 SR_i 의 변위로 할당한다. 그러나 SR_i 내에 에지가 존재하지 않는다면, 그 영역의 변위를 획득할 수 없다. 우리는 이러한 영역을 홀(hole)로 규정하고, 주변의 변위값들로부터 홀을 채운다. 홀 채움(hole filling) 방법은 홀 픽셀에서 가장 가까

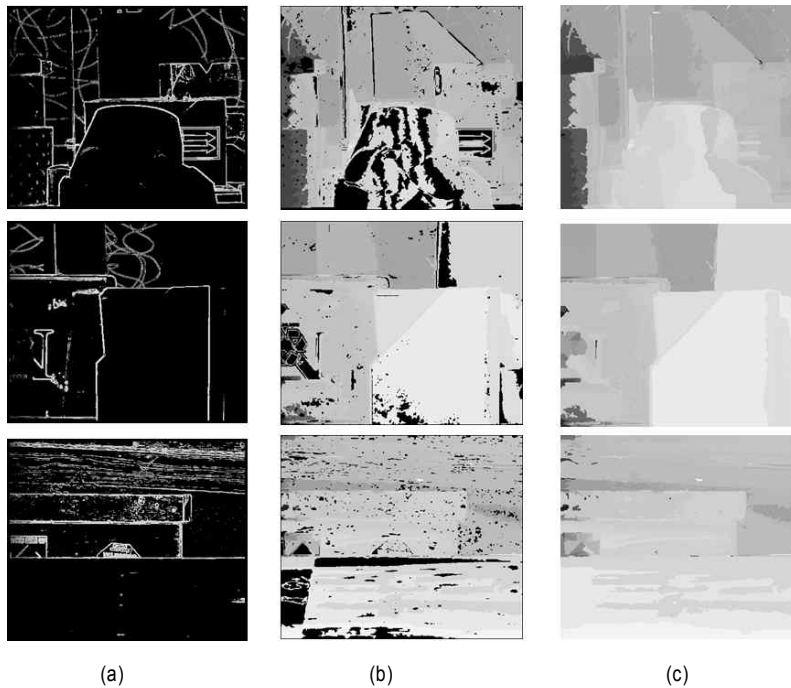


그림 8. 홀 채움 결과. (a) 에지의 깊이, (b) 영역의 깊이, 및 (c) 홀 채움
Fig. 8. Result of hole filling. (a) Edge depth, (b) Region depth, and (c) Hole filling

운 곳에 존재하는 변위값을 가져오는 방식을 이용한다. 다음 그림 8은 초기 영상의 깊이맵과 홀이 채워진 깊이맵을 보여준다.

4. 깊이맵 보정

홀 채움이 완료된 깊이맵이 얻어지면, 객체의 경계를 명확하게 하기 위해 깊이맵을 보정한다.

먼저 RGB영상의 모든 픽셀에 대해 $M \times N$ 의 블록을 형성한다. 만일 깊이맵으로부터 블록을 형성하여 블록내의 깊이값들의 평균값으로 깊이맵을 갱신한다면 블러링(blurring) 현상이 나타나기 때문에 오히려 에지는 불분명해진다. 그러므로 RGB정보를 이용하여 블록내의 중심픽셀과 유사한 픽셀만을 선택하고 유사하지 않은 픽셀들은 고려하지 않음으로써 에지의 변위를 보다 정확하게 구할 수 있다. 이를 위해 블록내의 모든 픽셀에 대해 중심픽셀과의 RGB 성분의 차이값을 구한다. 그리고 차이값들의 중간값(median)을 임계값 T 로 설정한다.

$$T = \text{median}(|I_{m,n} - I_c|)$$

$$M(m,n) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_{m,n} - I_c| \leq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

위 식 (7)에서 $I_{m,n}$ 은 블록의 각 픽셀값이고, I_c 는 중심픽셀의 값이다. 그리고 그림 9에서 보는바와 같이 차이값 $|I_{m,n} - I_c|$ 이 임계값보다 작은 픽셀들만 선택하여 마스크 M 을 형성한다. 깊이맵으로부터 해당 마스크에 존재하는 깊이값들의 평균을 획득하여 깊이맵을 갱신한다. 이와 같은 과정을 통해 객체 내부의 노이즈는 제거하면서 객체의 경계는 강조할 수 있다. 그림 10은 깊이맵의 보정 전과 후

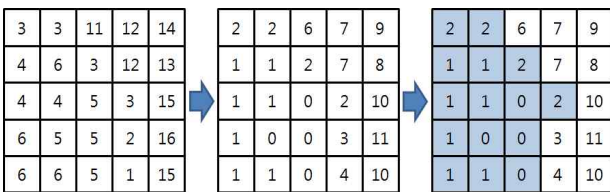


그림 9. 마스크 형성 과정
 Fig. 9. Mask generation process

를 보여준다. 편의상 RGB영상이 아닌 그레이스케일 영상을 이용하였다.

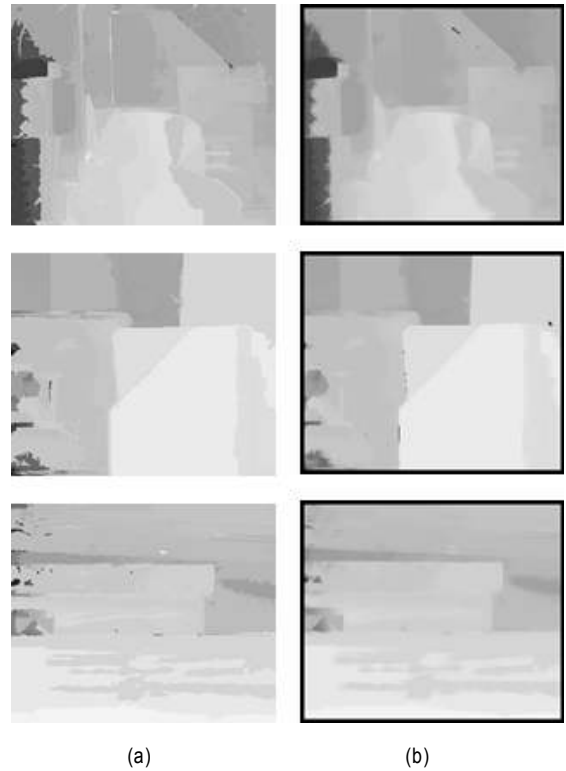


그림 10. 깊이맵 보정. (a) 보정 전, (b) 보정 후
 Fig. 10. Depth map refinement. (a) Before refinement, and (b) After refinement

IV. 변환 정보 추출

영상의 입체감을 개선하기 위해서 깊이맵으로부터 변환 정보(conversion information)를 획득한다. III장에서 제안한 스테레오 매칭을 통해 깊이맵을 획득하였다면, 이 깊이맵에 언샤프 마스크(unsharp masking) 기술을 적용하여 변환 정보를 획득할 수 있다^[16-18]. 본 논문에서는 깊이맵에 언샤프 마스크를 적용함으로써 깊이감을 개선하고자 하였다^[16]. 먼저 획득한 깊이맵과 저역 통과 필터(low pass filter)가 적용된 깊이맵 사이의 차이를 계산함으로써 깊이맵의 고주파 성분의 특성을 가지고 있는 ΔD 를 유도해낼 수 있다.

ΔD 는 다음 식(8)을 이용하여 얻는다.

$$\Delta D = D - G \otimes D \tag{8}$$

위 식에서 D 는 입력 깊이맵, G 는 저역 통과 필터, \otimes 는 콘볼루션 연산자(convolution operator)이다. 위 식을 통해 획득한 ΔD 는 객체간 깊이의 대조를 의미하는데, 두 객체가 인접한 영역, 즉 에지 같은 불연속 영역에서 큰 절대값을 가지게 되며 객체의 내부 영역과 같은 연속 영역에서는 작은 절대값을 가지게 된다. 또한 ΔD 의 크기는 객체간 상대적 거리를 나타내며, 부호(sign)는 전경, 배경을 분리하는 정보로 사용된다.

V. 컬러 변환

IV장에서 획득한 ΔD 는 [-255, 255]의 범위를 가지고 있다. 이를 [-1, 1]로 변환하여 정규화된 ΔD_N 을 구한다^[12,19]. ΔD_N 을 이용하여 좌우영상의 RGB를 변환하는 기법으로 대조변환과 배경다크닝이 있다.

1. 대조 변환 (Contrast Transformation)

대조 변환은 두 객체의 경계가 만나는 영역 부근에 ΔD_N 을 가감해줌으로써 픽셀의 밝기를 변화시키는 방법이다. 배경의 부분은 조금 더 어둡게 변환하고, 전경의 부분은 조금 더 밝게 변환함으로써 개선된 깊이감이 발생한다. ΔD_N 은 입력영상 $I (I \in R, G, B)$ 에 식 (9)처럼 직접 입력영상에 더하여 새로운 영상 $R'G'B'$ 를 얻는다.

$$\begin{aligned} R' &= R + \lambda \cdot \Delta D_N \\ G' &= G + \lambda \cdot \Delta D_N \\ B' &= B + \lambda \cdot \Delta D_N \end{aligned} \tag{9}$$

여기서 λ 는 양의 실수이고, 사용자가 정하는 가중치이다. λ 가 클수록 대비는 증가하게 되고, 부호에 따라 RGB값이 증감한다. 그러나 대비가 크다고 해서 무조건 좋은 영상

이라고는 할 수 없다. λ 가 크면 클수록 그만큼 화질의 열화가 심해질 수 있으므로 적절한 λ 의 선택이 중요하다.

2. 배경 다크닝 (Background Darkening)

전경 객체와 배경이 있으면, 배경은 상대적으로 깊이감이 작다. 이 경우에 배경 픽셀을 어둡게 하면 깊이감이 향상된다. 객체와 배경의 컬러 차이가 별로 없는 영상에 적용할 수 있는 방법으로 에지 부근에서 배경 영역을 어둡게 하는 것이다. 다음 식(10)과 같이 계산한다. 여기서 ΔD_N^- 은 ΔD_N 의 음수값이다. $\lambda > 0$ 는 양수이다.

$$\begin{aligned} R' &= R + \lambda \cdot \Delta D_N^- \\ G' &= G + \lambda \cdot \Delta D_N^- \\ B' &= B + \lambda \cdot \Delta D_N^- \end{aligned} \tag{10}$$

VI. 실험 결과

실험에서 사용한 그림 11의 영상은 Middlebury에서 제공하는 Lampshade1, Plastic, 및 Wood2이다^[20]. 실험에 사용된 영상들은 입체시청시 시각적 피로도 없이 시청이 가능하다. 그리고 III장에서 설명한 스테레오 정합의 각 과정을 통해 획득한 깊이맵의 결과를 같이 보여주고 있다.

위 그림 12에서 보는 바와 같이 입력 깊이맵과 저역 통과 필터가 적용된 깊이맵의 차이를 이용하여 변환 정보인 ΔD_N 을 획득하였다. ΔD_N 은 부호에 따른 값의 분포를 보여주는데, 객체간의 경계를 중심으로 하여 전경 영역 ($\Delta D_N > 0$)은 파란색으로, 배경 영역($\Delta D_N < 0$)은 붉은색으로 표시하였다.

다음 그림 13은 V장에서 제안한 대조 변환과 배경 다크닝의 실험 결과이고, 그림 14, 15, 16은 그림 13의 확대 영상이다. 그림 13을 보면 대조 변환의 경우 객체의 경계 주변에서 전경 영역이 밝아지고, 배경 영역은 어두워지는 것을 볼 수 있다. 그리고 배경 다크닝의 경우 ΔD_N 의 음수만을 이용하였으므로 배경 영역만 어두워지는 것을 확인할 수 있다.

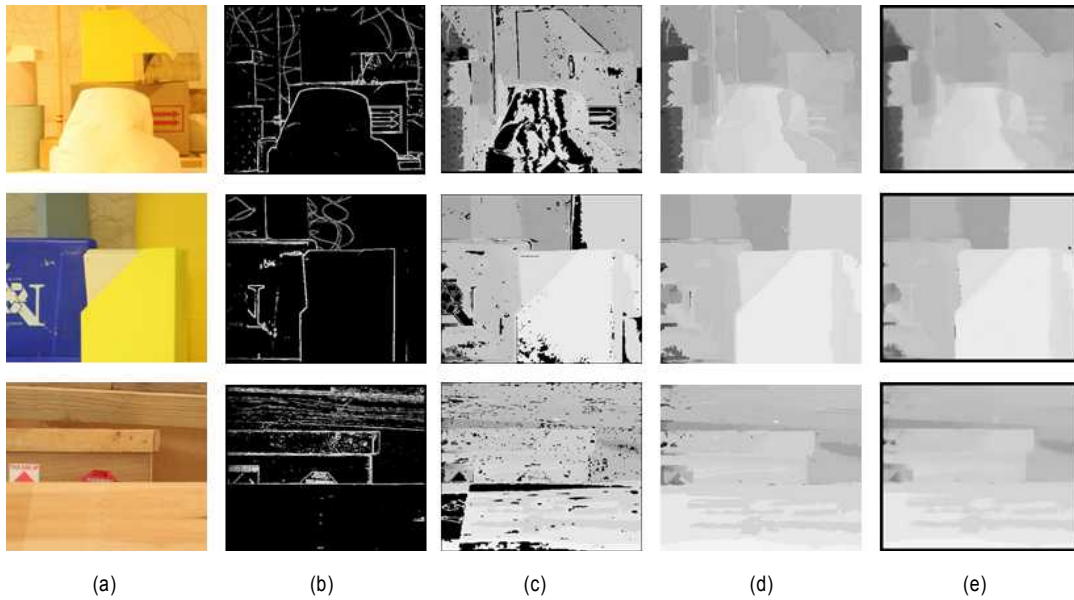


그림 11. 스테레오 정합 결과. (a) 입력 좌영상, (b) 에지 깊이맵, (c) 영역 깊이맵, (d) 홀 채움, 및 (e) 깊이맵 보정
 Fig. 11. Resulting images of stereo matching. (a) Left image, (b) Edge depth, (c) Region depth, (d) Hole filling, and (e) Depth map refinement

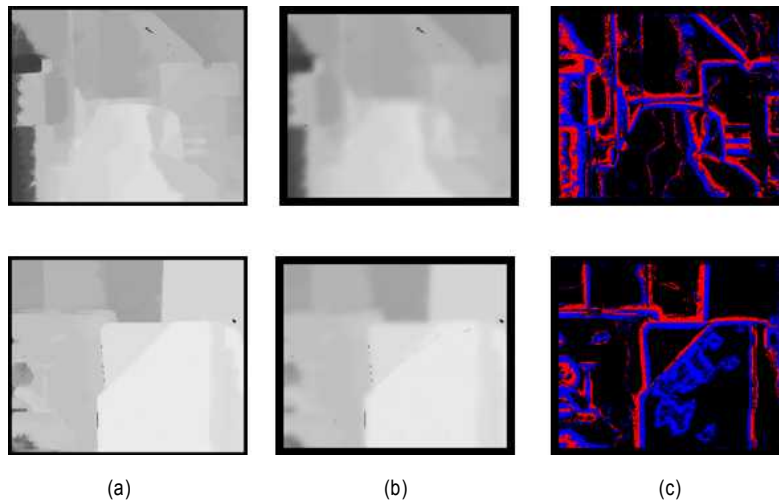


그림 12. 변환 정보 ΔD . (a) 입력 깊이맵, (b) 저역 통과 깊이맵, 및 (c) 변환 정보 ΔD
 Fig. 12. Conversion information ΔD . (a) Input depth map, (b) Low-pass filtered depth map, and (c) Conversion information ΔD

다음 그림 14를 보면 경계를 중심으로 배경과 전경으로 나뉘어있다. 이때, 대조 변환에서는 배경에 해당하는 부분이 점차 어두워지고 반대로 전경에 해당하는 부분은 점차 밝아진다. 배경 다크닝에서는 마찬가지로 배경에 해당하는 부분은 점차 어두워지지만 전경에 해당하는 부분은 변화가

없음을 확인할 수 있다. 그림 15, 16도 마찬가지로 제안 방법을 적용하였을 때 입체감이 개선되어 이전보다 전경과 배경을 시각적으로 구분하는 것이 훨씬 쉬워짐을 알 수 있다. 이러한 컬러의 변화는 실제 입체영상으로 시청시 입체감을 향상시키게 하는 효과가 있다.

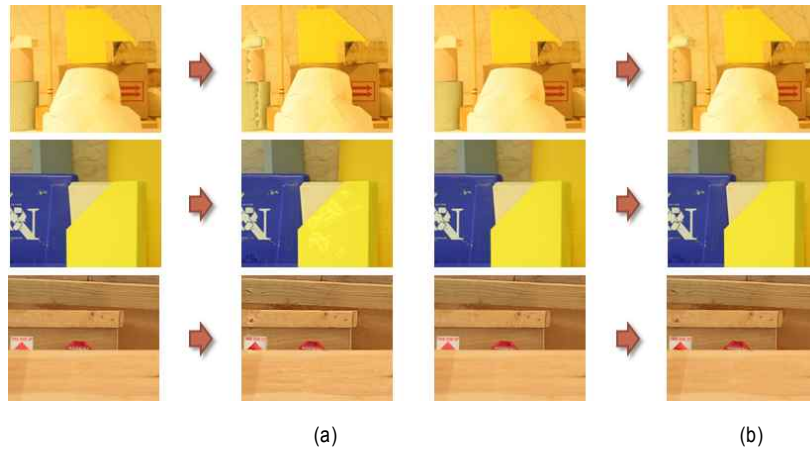


그림 13. 입력 영상과 제안 방법의 결과. (a) 대조 변환, (b) 배경 다크닝
 Fig. 13. Input image and result of proposed methods. (a) Contrast Transformation, (b) Background Darkening

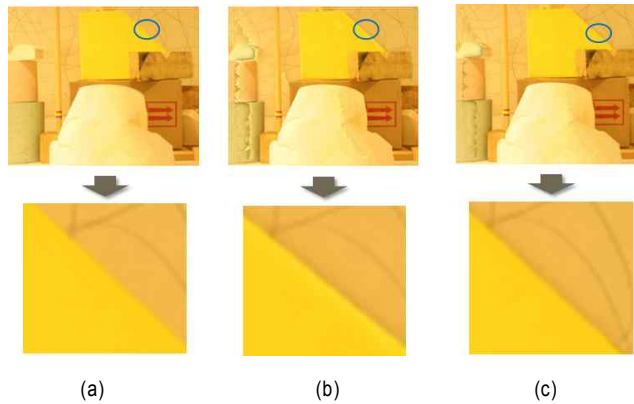


그림 14. Lampshade1의 확대영상. (a) 입력 영상, (b) 대조 변환, 및 (c) 배경 다크닝
 Fig. 14. Close-up of Lampshade1. (a) Input image, (b) Contrast transformation, and (c) Background darkening

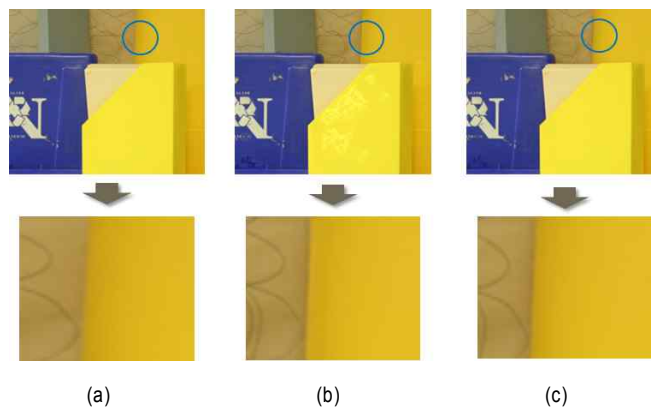


그림 15. Plastic의 확대 영상. (a) 입력 영상, (b) 대조 변환, 및 (c) 배경 다크닝
 Fig. 15. Close-up of Plastic. (a) Input image, (b) Contrast transformation, and (c) Background darkening

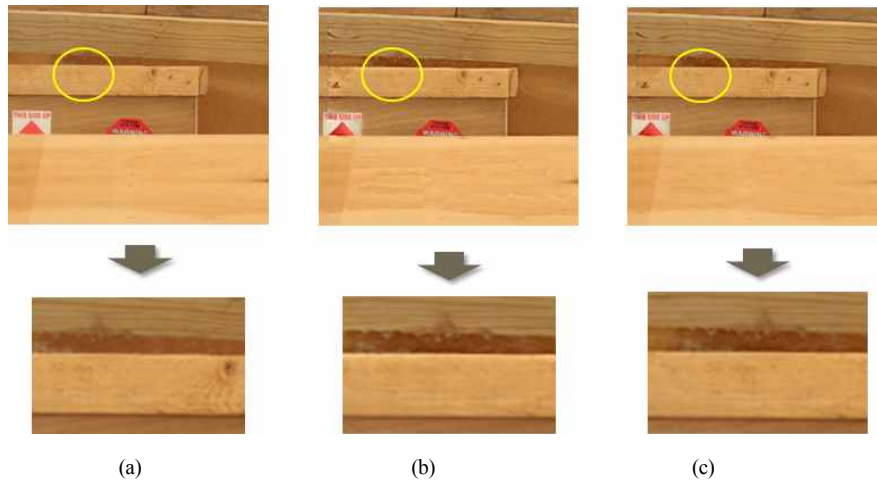


그림 16. Wood2의 확대 영상. (a) 입력 영상, (b) 대조 변환, 및 (c) 배경 다크닝
 Fig. 16. Close-up of Wood2. (a) Input image, (b) Contrast transformation, and (c) Background darkening

실험에서는 스테레오 영상으로부터 스테레오 매칭을 통해 깊이맵을 획득하였고, 제안 방법인 대조 변환 및 배경 다크닝 방법을 이용하여 입체영상을 변환하였다. 제안한 입체영상 변환방법의 성능을 검증하기 위해 DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)의 주관적 평가를 실시하였다^[21]. 주관적 평가는 입체감 평가와 피로도 평가의 두 영역으로 나누어 수행하였고, 각 평가는 서로 독립적으로 수행되었다. 또한 3개의 영상에 대하여 각각 수행하였으며, 먼저 3장의 원본 영상을 5명의 피실험자에게 동일한 3DTV 모니터 상에서 보여주었다. 각 피실험자는 각 10초동안 원본 입체영상과 제안 방법이 적용된 출력 영상을 번갈아 시청하였으며, λ 의 값을 25, 50, 75, 100으로 변경해가며 실험하였다. 또한 대조 변환과 배경 다크닝의 방법에 따라 동일한 실험을 적용함으로써 두 방법의 결과를 비교하였다. 또한 입체감 평가에서는 피로도가 아닌 입체감만을 평가하도록 하고, 피로도 평가에서는 입체감이 아닌 피로도만을 평가하도록 미리 알려주었다. 다음 표 1, 2는 입체감 평가와 피로도 평가에 사용된 등급을 나타내고, 그림 17, 18은 λ 의 변화에 따른 각 제안방법의 입체감과 피로도에 대해 평가한 등급 점수를 나타낸 그래프이다.

표 1. 주관적 입체감 평가 등급
 Table. 1. Subjective grade of 3D evaluation

평가 단계	점수
매우 좋음	5
좋음	4
조금 변화 있음	3
변화 없음	2
입체감 저하	1

표 2. 주관적 피로도 평가 등급
 Table. 2. Subjective grade of fatigue evaluation

평가 단계	점수
피로함 없음	5
약간 (slight) 피로함	4
조금 (moderate) 피로함	3
피로함	2
매우 피로함	1

그림 17의 그래프에서 보는 바와 같이, 각 제안방법은 λ 가 증가함에 따라 입체감이 향상되었다. 반면 그림 18의 그래프에서는 λ 가 증가함에 따라 피로도가 증가하였다. 그 이유는 입체감을 향상하는 과정에서 지나친 RGB의 변화는

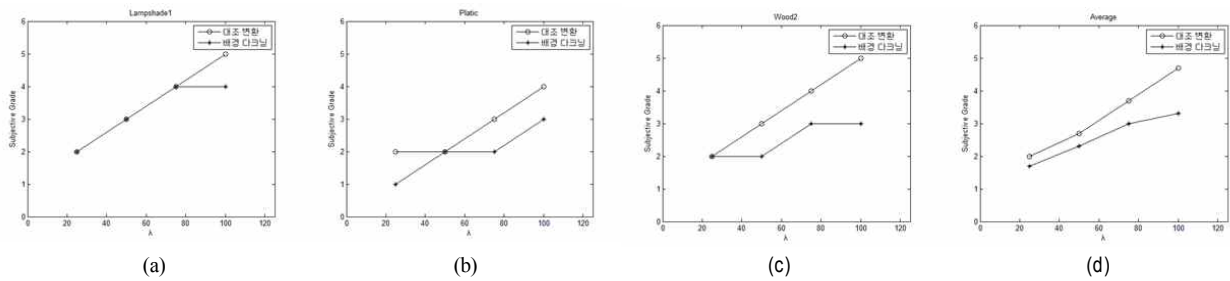


그림 17. 주관적 입체감 평가 점수. (a) Lampshade1, (b) Plastic, (c) Wood2, 및 (d) (a),(b),(c)의 평균
 Fig. 17. Subjective value of 3D evaluation. (a) Lampshade1, (b) Plastic, (c) Wood2, and (d) average of (a),(b),(c)

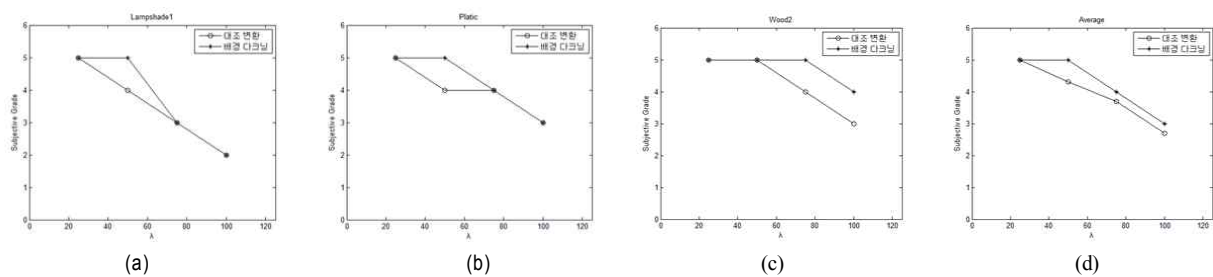


그림 18. 주관적 피로도 평가 점수. (a) Lampshade1, (b) Plastic, (c) Wood2, 및 (d) (a),(b),(c)의 평균
 Fig. 18. Subjective value of fatigue evaluation. (a) Lampshade1, (b) Plastic, (c) Wood2, and (d) average of (a),(b),(c)

입체영상 시청시 왜곡을 발생시키기 때문이다. 따라서, 입체영상을 시청할 때에 시각적 피로의 원인이 된다. 그러므로 최적의 입체영상을 생성하기 위해 입체감과 피로도 두 가지 요인을 모두 만족하는 적절한 λ 의 값을 선택하는 것이 중요하다.

VII. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 스테레오 영상으로부터 깊이맵을 획득하는 스테레오 정합방법을 제안하였고 실험 결과로부터 에지에 강인한 깊이맵을 획득할 수 있음을 보여주었다. 또한 대조 변환과 배경 다크닝을 통해 입체영상의 깊이감을 향상시킬 수 있음을 보여주었다. 제안 방법의 우수성을 주관적 실험을 통해 증명하였고, 각 제안 방법에 따른 결과를 비교, 검증하였다. 실험을 통해 생성된 결과를 직접 3DTV를 통해 시청하였고, 그 결과 입체영상의 지각 깊이감이 향상되었음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C. Fehn, R. de la Barre and S. Pastoor, "Interactive 3DTV-concepts and key technologies," Proceedings of the IEEE, Special Issue on 3D Technologies for Imaging & Display, 94(3):524-539, March 2006.
- [2] Woontack Woo, Namgyu Kim, Iwadate, Y., "Stereo imaging using a camera with stereoscopic adapter," Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on, Volume 2, 2000, pp. 1512-1517.
- [3] J. Seo, C. Kim, "Stereo camera image processing technique and trend", The Magazine of the IEEK, Vol. 38, No. 2, pp. 31-36, 2011.
- [4] Liang Zhang and James Tam, "Stereoscopic image generation based on depth images for 3DTV," Broadcasting, IEEE Transactions on Volume 51, Issue 2, June 2005, pp. 191-199.
- [5] Wa James Tam, Liang Zhang, "3D-TV Content Generation: 2D-to-3D Conversion," ICME 2006, pp. 1869-1872, 2006.
- [6] W. Li, H. Yao, R. Ji, P. Xu, X. Liu, D. Zhao, "Robust Stereo Matching Combining SIFT Descriptor with NCC under MRF Framework," Pervasive Computing Signal Processing and Applications (PCSPA), 2010 First International Conference on, pp. 1018-1021, 2010.
- [7] M. Kim, "A method of converting 2D video to 3D", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, vol. 5, No. 1, March 2001.
- [8] M. Sung, S. Lee, N. Cho, "Stereo matching using multi-directional dynamic programming and edge orientations," ICIP 2007. IEEE International Conference on, pp. 233-236.

- [9] Zhuoyun Zhang, Chunping Hou, Jing Shi, "A Research on Stereo Matching Algorithm based on Edge Detection and Gaussian Disparity Distribution model," ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on, pp. 650-653, 2009.
- [10] Kuk-Jin Yoon, In So Kweon, "Adaptive Support-Weight Approach for Correspondence Search," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Volume 28, Issue 4, pp. 650-656, 2006.
- [11] C. Jo, M. Kim, K. Eom, N. Heo, J. Kim, "Disparity-based Depth Scaling of Multiview Images", Journal of Broadcast Engineering, Vol. 13, No 6, pp. 796-803, November 2008.
- [12] J. Gil, M. Kim, "Stereoscopic Perception Improvement Using Color and Depth Transformation", Journal of Broadcast Engineering, Vol. 16, No. 4, pp. 584-595, 2011. 7.
- [13] M. Bao, M. Fujiyoshi, H. Kiya, "Seam Carving Using Weighted Luminance Gradient and Color Saliency," IWAIT 2012, pp. 222-225, 2012.
- [14] R. Achanta and S. Susstrunk, "Saliency detection for content-aware image resizing," in Proc. IEEE ICIP, 2009, pp. 256-259.
- [15] M. Sonka and V. Hlavac and R. Boyle, Image processing, Analysis, and Machine Vision, 3rd Ed., Thomson Press, 2008.
- [16] T. Luft, C. colditz, and O. Deussen, "Image enhancement by unsharp masking the depth buffer," In Proceedings of ACM SIGGRAPH, pp. 1206-1213, 2006.
- [17] N. A. Svakhine, D. S. Ebert, and W. M. Andrews, "Illustration-inspired depth enhanced volumetric medical visualization," IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol. 15, No. 1, Jan/Feb. 2009.
- [18] S. Bruckner and M. E. Groller, "Enhancing depth-perception with flexible volumetric halos," IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol. 13, Issue 6, pp. 1344-1351. Nov. 2007.
- [19] J. Gil, M. Kim "Depth Map Processing for Improving Stereoscopic Image and CGH", 2010 KSBE Fall Conference, pp. 27-29, Nov. 2010.
- [20] <http://vision.middlebury.edu/stereo/>
- [21] "Subjective assessment of stereoscopic television picture," ITU-R Recommendation BT. 1438, 2000.

저 자 소 개

길 종 인



- 2010년 8월 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 학사
- 2012년 8월 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사
- 2012년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 3D 영상처리, 입체영상기술, 입체영상처리

최 황 규



- 1984년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 : KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 1989년 : KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 1990년 ~ 현재 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
- 2012년 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 학장
- 주관심분야 : 데이터베이스, 3D 멀티미디어통신, 클라우드컴퓨팅

김 만 배



- 1983년 : 한양대학교 전자공학과 학사
- 1986년 : University of Washington 전기공학과 공학석사
- 1992년 : University of Washington 전기공학과 공학박사
- 1992년 ~ 1998년 : 삼성중합기술원 수석연구원
- 1998년 ~ 현재 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
- 주관심분야 : 3D 영상처리, 깊이맵처리, 입체변환