
색상 정보를 이용한 스테레오 정합 기법

안재우* · 유지상**

Stereo Matching Algorithm by using Color Information

Jae-woo An* · Jisang Yoo**

이 논문은 2011년도 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 화상회의 시스템 등 인물 위주의 스테레오 영상으로부터 깊이 정보를 추출하기 위한 스테레오 정합 기법을 제안한다. 제안한 기법에서는 두 대의 스테레오 카메라로부터 획득된 영상에서 임계값을 이용하여 배경을 먼저 제거하고, 배경이 제거된 영상과 카메라 보정을 거친 영상을 이용하여 초기 변이지도(disparity map)와 R, G, B, white 4개의 색상 성분으로 분할한 영상을 생성하게 된다. 각 색상 정보로 분할된 영상의 경계(edge) 성분을 추출하고, 추출된 경계에서 정합 창을 이용하여 변이를 추정하고 각 색상 정보의 변이지도를 적절히 조합하여 최종 변이지도를 생성하게 된다. 실험 결과 제안한 기법이 기존의 영역기반(window based) 정합기법과 동적계획법(dynamic programming method) 등보다 인물 위주의 스테레오 영상에서 더 우수한 성능을 가지는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new stereo matching algorithm by using color information especially for stereo images containing human beings in the applications such as tele-presence system. In the proposed algorithm, we first remove the background regions by using a threshold value for stereo images obtained by stereo camera and then find an initial disparity map and segment a given image into R, G, B and white color components. We also obtain edges in the segmented image and estimate the disparity from the extract boundary regions. Finally, we generate the final disparity map by properly combining the disparity map of each color component. Experiment results show better performance compared with the window based method and the dynamic programming method especially for stereo images with human being.

키워드

스테레오 정합, 변이지도, 영역기반 스테레오 정합, 색상 정보

Key word

Stereo matching, Disparity map, Window based stereo matching, Color information

* 준회원 : 광운대학교 전자공학과 석사 (주저자, skai9@kw.ac.kr)

접수일자 : 2011. 10. 19

** 정회원 : 광운대학교 전자공학과 정교수 (교신저자)

심사완료일자 : 2011. 12. 20

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.3.407>

© 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

최근 3DTV 등 3D 기기의 보급이 일반화 되면서 전 세계적으로 3D 스테레오 입체 영상 및 다시점 영상 생성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이미 MPEG에서는 다시점 비디오 부호화(MVC: multi-view video coding) 기술의 표준화와 자유시점 TV(FTV: freeview-point TV)에 대한 표준화 작업 등이 활발히 이루어져 이미 일부는 상용화 단계에 와 있다.

이러한 추세에 맞추어 공간적으로 떨어져 있는 장소 또는 가상의 장소에서 사용자간의 현장감을 제공하는 tele-presence 시스템 등에서 자연감을 증대하기 위하여 eye contacted 영상을 생성하기 위한 가상시점 영상 생성에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 이러한 가상시점 영상을 생성하기 위해서는 일반적으로 두 대의 카메라로 구성된 스테레오 카메라를 사용하여 먼저 깊이 정보를 추출하게 된다. 깊이 정보를 추출하기 위해서는 좌, 우영상의 정합 점을 찾고 대응하는 변이를 구하는 것이 일반적이다.

스테레오 영상의 좌, 우 영상은 인접한 시점에서 획득되기 때문에 상관도가 매우 높다. 이러한 상관도를 이용하여 대응점을 찾아내는 과정을 일반적으로 스테레오 정합(sterео matching)이라고 한다. 또한 두 영상 간의 상관도에 따른 상대적인 거리를 표시한 것이 변이 지도(disparity map)이며, 변이 지도는 두 영상간의 상관도를 나타내는 중요 정보를 포함하고 있다. 이러한 변이정보를 이용하면 중간시점 영상 합성(IVR: intermediate view reconstruction)에 필요한 깊이 정보를 구할 수 있을 뿐만 아니라 영역을 분리하여 새로운 영상과 합성도 가능하다. 이처럼 변이 지도는 스테레오 영상에서 상당히 중요한 의미를 지니며 따라서 좌, 우 영상에서 최적의 정합점을 찾는 작업은 매우 중요하다[1-4].

스테레오 정합 방법에는 대표적으로 영역기반(window based), 특징기반(feature based), 에너지 기반(energy based) 등이 있다. 영역기반 방법은 특정 크기의 정합 창(window)을 이용하여 정합 창 내부에 존재하는 화소와의 오차가 적은 다른 시점의 정합 창을 찾아내는 방법이다. 가장 간단하면서 효율성은 뛰어나지만, 폐색영역(occlusion)과 비슷한 색상을 가지는 영역 등에서 많은 부정합이 발생하며, 정합 창의 크기에 따라 결과가 다

르다는 단점이 있다. 특징기반의 방법은 특징 점에서만 변이를 찾는 방법으로, 영상의 모서리, 경계선과 같은 부분을 이용한다. 특징 점 이외의 변이가 존재하지 않는 영역에서는 특징 점에서 획득된 변이를 이용하여 채운다[3,4].

본 논문에서 새로이 제안하는 기법은 tele-presence 시스템과 같이 인물 위주의 스테레오 영상에 적합한 스테레오 정합 기법이다. 제안한 기법에서는 두 대의 스테레오 카메라로부터 획득된 영상에서 비슷한 화소 값을 가지는 배경영역을 먼저 제거하게 된다. 배경이 제거된 영상을 이용하여 초기 변이지도와 영상의 색상 정보를 이용한 분할 변이지도를 구하고, 이들을 적당히 조합하여 최종 변이지도를 획득한다[5].

스테레오 카메라를 통해 획득된 영상에서 배경을 제거한 후 남은 영역을 하나의 정합 창으로 인식하여 초기 변이지도를 구하게 된다. 배경이 제거된 영상을 R, G, B, white의 4가지 색상 성분으로 분할하고, 각 색상 성분에서 독립적으로 분할 변이지도를 추정한다. 초기 변이지도는 최종 변이지도 생성하기 위하여 분할 변이지도 획득 시 초기 값으로 이용된다. 또한 분할된 변이지도는 계층적 스테레오 정합을 이용하여 R, G, B, white의 각 색상 성분으로 분할된 영역을 하나의 정합 창으로 사용하여 스테레오 정합 과정을 수행한다. 마지막으로 이렇게 생성된 각 색상 영역의 변이지도를 조합하여 최종 변이지도 생성하게 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 제안하는 스테레오 정합 기법을 설명하고 3장에서는 본 논문에 제안하는 기법과 다른 기법과의 성능비교를 위한 실험 과정과 결과를 소개한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 영상의 색상 정보를 이용한 분할 스테레오 정합 기법

본 논문에서 제안하는 스테레오 정합 기법은 크게 두 과정으로 이루어져 있다. 배경을 제거하여 초기 변이지도 획득하는 과정과 영상의 색상 정보를 이용하여 영역을 분할한 후 변이지도 획득하는 과정이다. 그림 1에 본 논문에서 제안하는 스테레오 정합 과정의 블록도

를 나타내었다. 초기 변이지도는 배경 영역을 제거한 영상을 이용하여 획득하며, 배경이 제거된 영상에서 색상 성분을 추출하여 분할 변이지도를 생성 할 때 발생하는 오류를 최소화 하는데 이용된다.

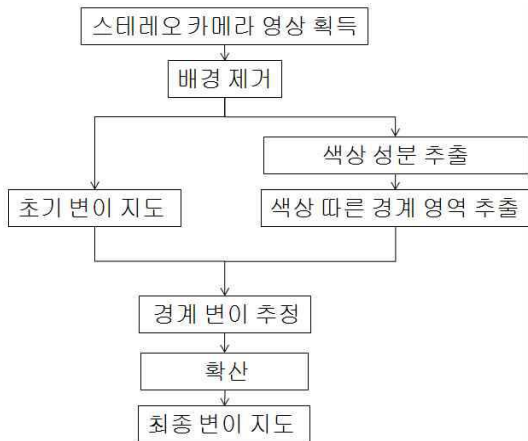


그림 1. 제안하는 스테레오 정합 기법의 블록도

Fig. 1 Block diagram of the proposed stereo matching algorithm

2.1. 배경 제거

제안하는 기법에서 정확한 분할 변이지도를 얻기 위해서는 배경을 제거한 영상이 필요하다. 배경을 제거하기 위해서 먼저 스테레오 카메라에서 영상을 각각 획득한다. 그 다음 미리 저장된 배경 영상과의 차이를 구해 영상의 배경 영역을 제거하고 중요 객체만 남아 있는 영상을 생성하게 된다.

카메라를 통해 획득한 영상에서 스테레오 매칭에서 가장 불필요한 부분은 객체 영역을 제외한 배경 영역이다. 본 논문에서는 화상회의 시스템이라는 특징 때문에 배경의 변화가 크게 없는 상태에서 영상을 획득하게 된다. 따라서 스테레오 매칭 기법을 적용하기 전에 배경 영역을 획득하여 미리 메모리에 저장하고, 식 (1)을 이용하여 새로 획득되는 영상과 화소 단위로 비교하여 배경 영역을 제거하게 된다[6,7].

$$f(x,y) = \begin{cases} f(x,y), & (|R_b - R_f| + |G_b - G_f| + |B_b - B_f|) > K \\ 0, & \text{else.} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $f(x,y)$ 는 획득된 영상의 화소 값을 의미하고 R_b, G_b, B_b 는 배경 영상의 색 성분 값, R_f, G_f, B_f 는 새로 획득된 영상의 색 성분 값을 각각 의미한다. K 는 비교를 위한 임계값(threshold value)이다. 배경 영역 내에도 시간에 따른 조명 변화에 의해 화소별 작은 오차가 발생할 수 있다. 만약 임의의 객체가 카메라의 촬영 영역 내에 들어와 배경을 가리게 되면, 이때는 매우 큰 화소 값의 차이가 발생하게 된다. 이러한 조건을 이용하여 많은 배경 영역을 지울 수 있는 문턱 값을 선택하게 되고, 이 문턱 값보다 차이가 클 때는 객체 영역, 차이가 작을 때는 배경 영역으로 각각 판단하게 된다. 실험에서 사용한 K 는 50, 100, 150, 200을 사용하여 객체를 손상시키지 않으며 배경이 가장 많이 제거되는 150을 사용하였다. 배경제거 시 조명의 불일치, 빛의 반사, 그림자 생성 등의 이유로 그림 2(e)와 (f)와 같이 완벽히 배경이 제거가 되지 않는다.

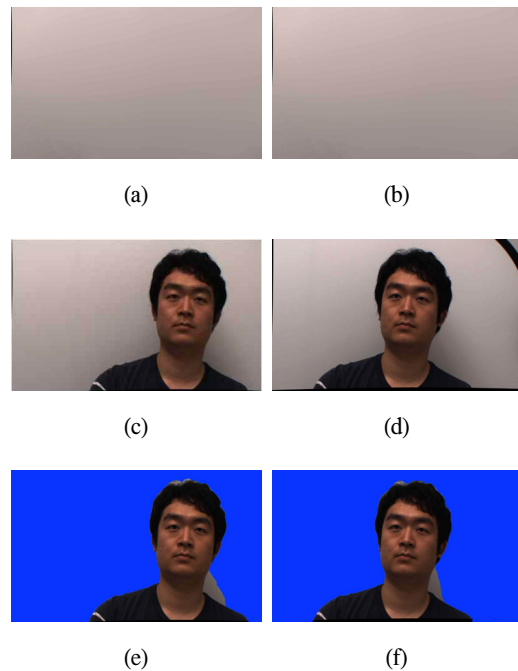


그림 2. 배경 영역을 제거한 결과
 (a), (b) 좌, 우 배경 영상 (c), (d) 좌, 우 현재 영상
 (e), (f) 좌, 우 배경이 제거된 영상
 Fig. 2 Results of deleting background
 (a), (b) background image (c), (d) current image
 (e), (f) images after deleting background

2.2. 초기 변이지도 획득

초기 변이지도를 획득하기 위하여 2.1절에서 배경을 제거한 영상을 이용하여 보정(calibration 과 rectification 포함) 과정을 수행한 원 영상에서 마스크 영상을 생성한다. 마스크 영상을 하나의 정합 창으로 인식하여 객체에 대한 초기 변이지도를 획득하게 된다.

그림 3은 배경이 제거된 영상을 이용하여 마스크 영상을 생성한 것이다. 이때 그림 3(a)의 우영상 왼쪽 부분이 검게 보이는 것은 보정과정에서 화소의 이동으로 값이 존재하지 않는 부분이다. 이렇게 생성된 마스크 영상을 하나의 정합 창으로 사용하여 초기 변이지도를 생성한 결과를 그림 4에 보였다.

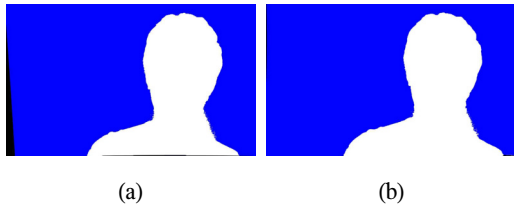


그림 3. (a) 좌 마스크 영상 (b) 우 마스크 영상
Fig. 3 (a) Left mask image (b) right mask image



그림 4. 초기 변이지도
Fig. 4 Initial disparity image

2.3. 영역 분할

2.3.1. 색상 성분 추출

분할 변이지도를 생성하기 위하여 먼저 카메라 보정을 한 영상을 가지고 그림 5의 각 색상 성분으로 영역 분할을 하고, 각 분할된 영역을 가지고 경계 변이지도를 생성한다.

그림 5는 획득된 영상을 네 가지 색 성분으로 영역 분할하는 원리를 나타낸다. RGB 영상에서 white 축을 중심으로 일정한 거리 안에 존재하는 값은 white로 간주하고, 나머지 영역들은 각 색상 성분으로 판단하게 된다. 획득된 영상을 white 성분을 제외한 R, G, B 세 개의 색상 성

분으로 변환을 하면, 각 색상 성분 간의 경계가 모호함으로 인해 변이 생성에 있어 오히려 낮은 신뢰도의 결과를 가져올 수 있다[8,9].

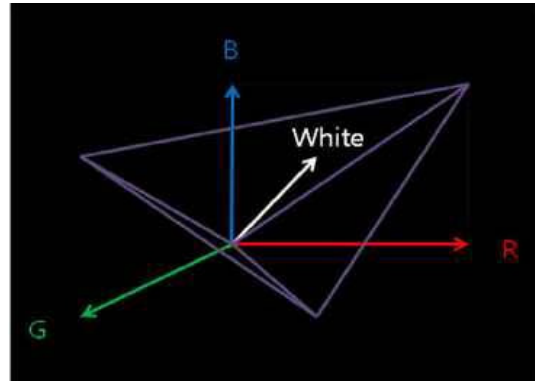


그림 5. 영역 분할에 사용된 R, G, B, white 색상 성분
Fig. 5 R, G, B and white color components for segmentation

그림 6과 그림 7은 두 대의 스테레오 카메라로 획득된 좌 영상과 우 영상으로 부터 분할 변이지도를 획득하기 위하여 각 색상 성분으로 분할한 영상을 나타낸다.

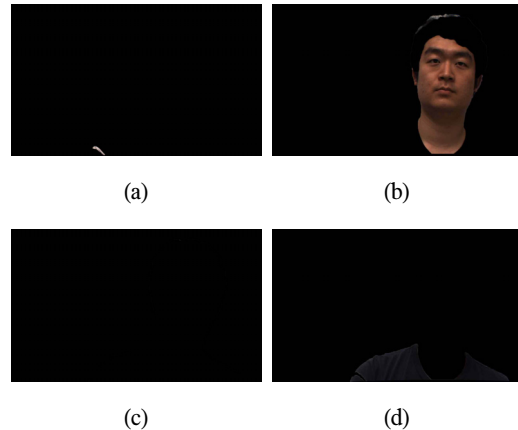


그림 6. 분할된 색상 영상(좌 영상)
(a) white (b) red © green (d) blue
Fig. 6 Segmented color images(left image)
(a) white (b) red © green (d) blue

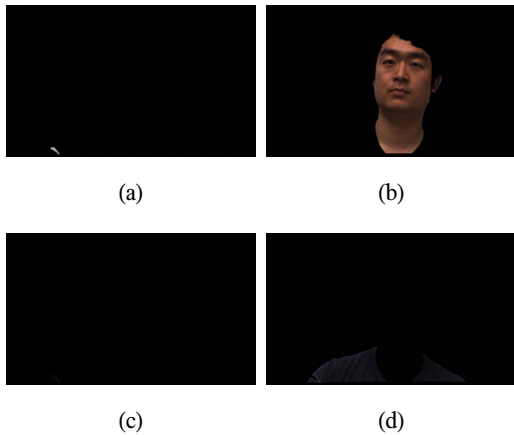


그림 7. 분할된 색상 영상(우 영상)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue
 Fig. 7 Segmented color images(right image)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue

2.3.2. 색상에 따른 경계 영역 추출

영상은 일반적으로 모서리, 경계 등에서 특징 점이 존재하며, 이러한 특징 점을 추출하기 위한 방법은 다양하다. 본 논문에서는 소벨(Sobel) 마스크를 이용하여 획득된 영상의 각 색상 성분으로부터 경계 성분을 추출하고, 이를 특징 점으로 이용한다. 본 논문에서 사용된 소벨 마스크는 그림 8과 같다.

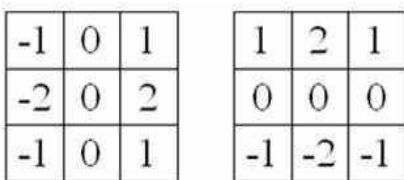


그림 8. 소벨 마스크
 Fig. 8 Sobel mask

그림 9와 그림 10는 소벨 마스크와 이를 이용하여 획득된 좌, 우 영상의 각 색상 성분에 대한 경계 영상이다.

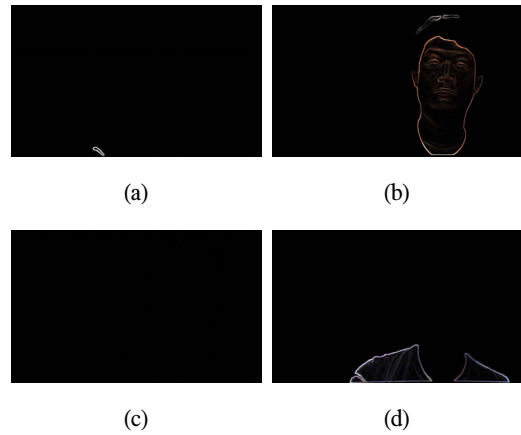


그림 9. 분할된 색상 영상의 경계 성분(좌영상)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue
 Fig. 9 Edges in each segmented color image(left image)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue

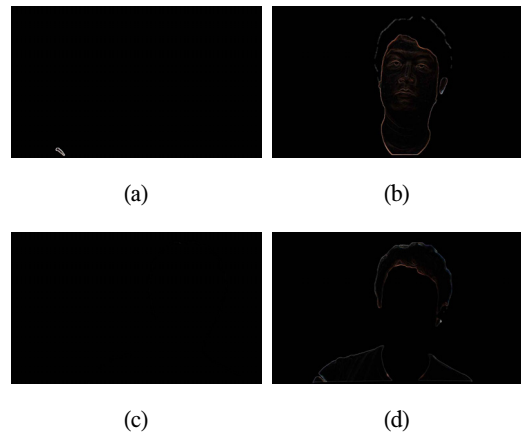


그림 10. 분할된 색상 영상의 경계 성분(우영상)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue
 Fig. 10 Edges in each segmented color image(right image)
 (a) white (b) red (c) green (d) blue

2.4. 변이지도 예측

2.4.1. 경계 변이지도 획득

실험을 통하여 3×3, 5×5, 7×7, 9×9, 15×15, 21×21 등의 정합 창 중에서 가장 성능이 우수한 9×9의 정합 창을 가지고 경계 변이 지도를 생성한다. 이때 변이 지도 추출을 위한 비용 함수는 식 (2)의 SSD(sum of square difference)를 이용한다.

$$d(x,y) = \underset{d_{\min} \leq d \leq d_{\max}}{\operatorname{argmin}} \sum_{(i,j) \in N(x,y)} \{R(i+d,j) - L(i,j)\} \quad (2)$$

여기서 $N(x,y)$ 은 9×9 정합 창을 의미하고 (i,j) 는 정합 창 내의 화소 위치를 나타낸다. $R(x,y)$ 와 $L(x,y)$ 는 좌, 우 영상의 화소 값을 나타내며, d 는 범위 내에 존재하는 초기 변이 값을 나타내고, $d(x,y)$ 는 (x,y) 에서 얻어진 최종 변이 값을 의미한다.

이렇게 경계에서 획득한 신뢰도 높은 변이를 주변 유사한 영역으로 확산되도록 하는데, 이때 색상 성분을 비교하여 화소간의 유사도를 판단하게 되며 경계변이에 해당하는 영상의 화소 값과 유사한 주변의 화소 값을 나선형 탐색방식(spiral full search)를 통해 찾는다[10]. 그림 11은 나선형 탐색방식이다.

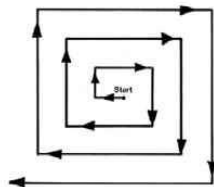


그림 11. 나선형 탐색 방식
Fig. 11 Spiral full search method

좌 영상을 가지고 색상 영역 분할된 영상내의 탐색범위 내에서 중심점의 화소 값과 유사하다고 판단된 화소의 좌표를 이용하여 경계 변이지도 확산한다. 판단 기준은 식(3)을 이용하는데, R, G, B 의 각 색상 성분에 대한 비용함수 합이 허용오차보다 작으면 유사한 화소라 판단하고, 그렇지 않으면 불확실한 화소라 판단하여 확산을 더 이상 수행하지 않는다.

$$\begin{cases} \text{Valid} & , (|L_{r,g,b,w}(x + \Delta x, y + \Delta y) - L_{r,g,b,w}(x, y)| < Tolerance \\ \text{Invalid} & , \text{else.} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $L(x,y)$ 는 좌 영상의 색상 영역 분할 영상을 나타내고 Δx 와 Δy 는 x 와 y 에서의 상대적인 거리를 나타낸다.

그림 12와 그림 13은 각각 좌영상과 우영상을 기준으로 경계 변이지도 추출과 확산 과정을 통해 얻은 색상 영

역 분할 영상의 변이지도를 나타낸다.

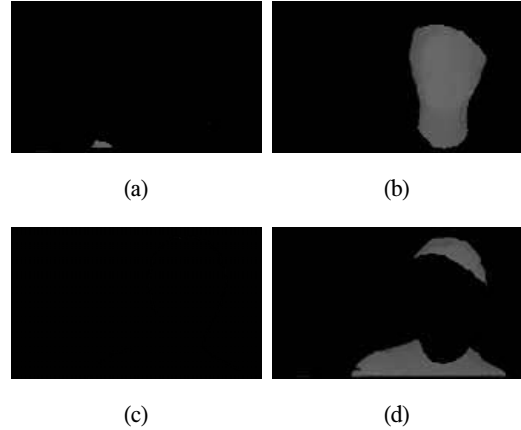


그림 12. 각 색상 영역의 변이지도(좌영상)
(a) white (b) red (c)green (d) blue
Fig. 12 Disparity map of each color component (left image) (a) white (b) red © green (d) blue

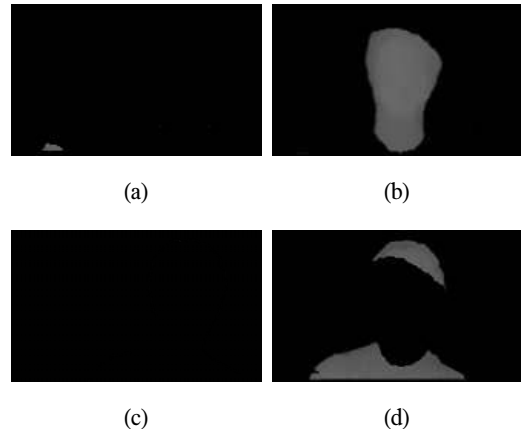


그림 13. 각 색상 영역의 변이지도(우영상)
(a) white (b) red (c)green (d) blue
Fig. 13 Disparity map of each color component (right image) (a) white (b) red © green (d) blue

2.4.2. 최종 변이지도 획득

위 과정을 통해 각 색상 성분에 대한 경계 변이지도를 획득이 완료되면 최종 변이지도를 생성한다. 이 과정은 각 색상 영역의 변이지도를 중복되지 않게 하기 위하여 평균화하는 작업이다. 확산을 통해 변이지도가 겹치는 영역이 발생할 수 있기 때문에 겹치는 화소 간의 평균값

을 변이지도 값으로 함으로써 변이지도가 연속성을 가지게 할 수 있다[11].

$$\begin{cases} D(i,j) = (d_w(i,j) + d_r(i,j) + d_b(i,j) + d_g(i,j))/K \\ \text{else. } D(i,j) = d_w(i,j) \text{ or } d_r(i,j) \text{ or } d_b(i,j) \text{ or } d_g(i,j) \end{cases} \quad (4)$$

여기서 $D(i,j)$ 는 최종 변이지도를 나타내며 (i,j) 의 화소에 여러값이 존재할 경우 평균값을 구하며 K 는 (i,j) 의 위치에서 white, red, blue, green이 값이 가지느냐에 따라 2-4까지의 값을 가지며 (i,j) 에서 값이 하나만 있을 경우 그 값이 최종 변이지도 값이 된다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 point gray 사의 모델인 Grasshopper2 카메라를 이용하여 획득된 영상을 실험영상으로 하였다. 두 대의 카메라 간의 거리는 6.5cm를 유지하여 촬영하였으며 카메라 간 동기와 보정을 미리 수행하고 본 논문의 실험을 수행하였다.

촬영한 영상의 대부분의 경우 중요 객체를 포함하는 전경과 배경 간의 경계에서 부정확성을 나타낸다. 이런 경우 블록 매칭 기법을 사용하면 정합 창의 크기에 따라 다른 결과가 발생하고, 많은 영역에서 부정확한 결과를 얻게 된다. 동적 계획법(dynamic programming method)은 가려진 영역이 발생하는 영상의 경계에서 변이가 확산되는 현상 때문에 객체의 변이지도가 부정확하게 되는 결과를 초래한다. 반면에 본 논문에서 제안하는 기법을 이용하면 전경과 배경 간의 경계가 부정확하더라도 신뢰도 높은 변이지도를 생성할 수 있다.

제안한 기법은 기존의 동적 계획법과 가장 많이 사용되고 있는 영역기반 정합기법을 가지고 성능을 비교하였다. 동적 계획법과 영역기반 정합기법의 경우 배경영역이 아무 무늬가 없기 때문에 정합 창간의 화소 값의 차이가 없어 부정확한 변이지도를 생성하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 14와 그림 15에서 보듯이 획득된 여러 실험 영상에서 제안한 기법의 성능이 기존의 두 기법보다 우수한 것을 확인할 수 있다[1-4].

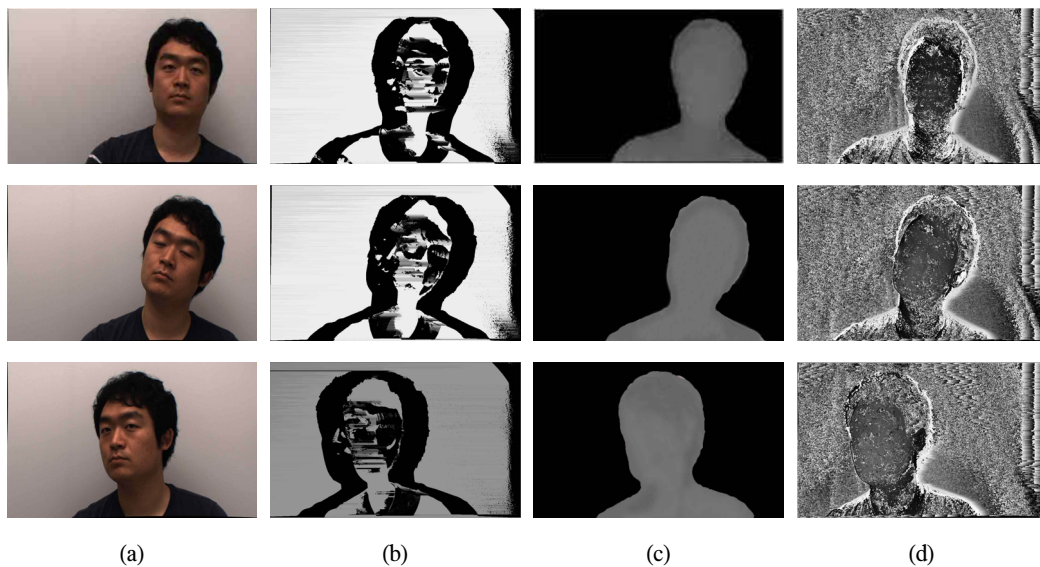


그림 14. 실험 영상의 최종 변이지도(좌영상)
 (a) 원 영상 (b) 동적계획법 (c) 제안한 기법 (d) 영역기반 정합기법

Fig. 14 Final disparity maps of test images(left)
 (a) Original image (b) dynamic programming (c) proposed method (d) window based

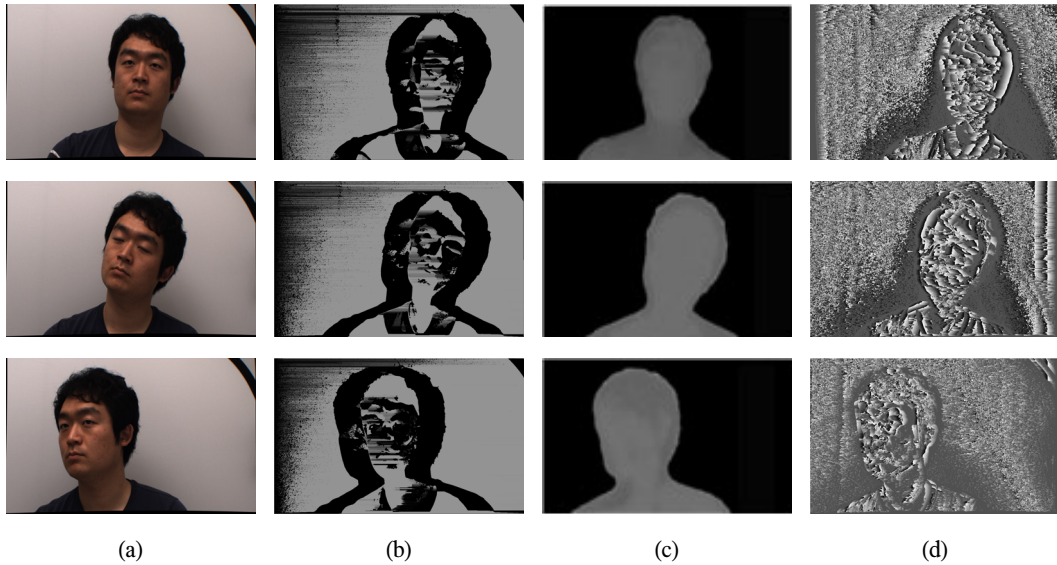


그림 15. 실험 영상의 최종변이지도(우영상)
 (a) 원 영상 (b) 동적계획법 (c) 제안한 기법 (d) 영역기반 정합기법
 Fig. 15 Final disparity maps of test images

(a) Original image (b) dynamic programming (c) proposed method (d) window based

IV. 결 론

본 논문에서는 스테레오 카메라로 획득한 영상의 배경을 제거한 뒤 색상 정보를 이용한 새로운 분할 스테레오 정합 기법을 제안하였다. 배경 영상을 제거한 뒤 마스크 영상으로 변환하여 초기 변이지도를 생성하였고, 배경이 제거된 영상에서 색상 정보를 이용하여 각 색상 변이지도를 구하고 이를 잘 조합하여 최종 변이지도를 생성하였다.

영역기반 정합 기법에서 비슷한 화소 값이 많은 경우 발생하는 오류를 최소화 시켰으며, 각 색상 영역에서 정확한 변이지도를 검출함으로써 신뢰도 높은 최종 변이지도를 생성할 수 있었다. 특히, 직접 사용자가 획득한 영상에서 기존의 스테레오 정합 기법의 오류를 최소화하여 정확한 변이지도를 생성하였다.

제안한 방법에 의해 생성된 신뢰도 높은 변이지도를 이용하면 가상 시점 영상을 더 정확하게 생성할 수 있다. 제안된 기법은 현재 사용되고 있는 3D 휴대폰 등 정확한 변이지도를 획득하는 분야와 관심영역의 실제 거리 측

정이 필요한 로봇 비전 분야 등에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] P.F. Felzenszwalb and D.P. Huttenlocher, "Efficient belief propagation for early vision", IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, June 2004.
- [2] Scharstein, D., Szeliski, R., and Zabih, R., "A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms", IEEE Workshop on

Stereo and Multi-Baseline Vision, 2001(SMBV 2001), pp. 131 ~ 140, Dec. 2001.

[3] S. El-Etriby, A. Al-Hamadi, and B. ichaelis., "Dense stereo correspondence with slanted surface using phase-based algorithm", IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 1807 ~ 1813, June 2007.

[4] O. Veksler, "Fast variable window for stereo correspondence using integral images", Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 556 ~ 561, 2003.

[5] 안재우, 유지상, "영역 분할을 통한 스테레오 정합 기법", 2011년 한국방송공학회 추계학술대회, 2011년 10월.

[6] Taehee Lee, and Hollerer, T., "Hybrid feature tracking and user interaction for markerless augmented reality", Virtual Reality Conference '08, IEEE, pp. 145 ~ 152, March 2008.

[7] 황선규, "영상처리 프로그래밍 by Visual C++", 한빛미디어, pp. 660-671, pp. 684-695, 2007년.

[8] A. Klaus, M. Sormann, and K. Karner, "Segment based stereo matching using belief propagation and a self-adapting dissimilarity measure", ICPR '06, vol. 3, pp. 15 ~ 18, 2006.

[9] Michael Bleyer and Margrit Gelautz, "A layered stereo algorithm using segmentation and global visibility constraints", ICIP '04. vol. 5. pp. 2997 ~ 3000, 2004.

[10] Y. Fisher, "Fractal Image Compression", Springer-Verlage, New York, Inc. pp. 251 ~ 263, 1995.

[11] Brown, M.Z., Burschka, D., and Hager, G.D., "Advances in computational stereo", IEEE Transactions on PAMI, vol. 25, iss. 8, pp. 993 ~ 1008, Aug. 2003.

저자소개

안재우(Jae-woo An)



2010년 2월 : 광운대학교 전자공학과
학사
2012년 : 광운대학교 전자공학과
석사

※관심분야: 3D 입체영상처리/압축, 스테레오 매칭,
2D/3D변환

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