

논문 2005-42SP-4-2

가려짐 패턴을 이용한 가려짐 영역의 시차 교정에 관한 연구

(A Study on Disparity Correction of Occlusion using Occluding Patterns)

김 대 현*, 최 종 수**

(Dae-Hyun Kim and Jong-Soo Choi)

요 약

본 논문에서 우리는 추정된 시차지도에서 가려짐 영역의 시차를 교정하는 새로운 스무딩 필터인 가려짐 패턴 (occluding patterns)을 제안한다. 영상은 몇 개의 계층으로 구성되어 있고, 각각의 계층은 유사한 시차를 나타낸다. 그리고 추정된 시차들은 가려짐 영역의 경계 주변에서 특정한 방향성을 갖고 분포하며, 이러한 시차 분포의 방향성은 좌우 시차지도에 대해서 서로 반대이다. 그러나 평균값 필터 또는 중간값 필터와 같은 기존의 스무딩 필터는 이러한 시차의 분포 특성을 고려하지 않고 스무딩을 수행하기 때문에 오차는 줄일 수 있으나, 교정된 시차의 정확성은 보장되지 않았다. 이와 반대로, 본 논문에서 제안하는 가려짐 패턴은 좌우 영상에서 각각 추정된 시차지도에 대해서 가려짐 영역이 발생하는 특성과 가려짐 영역에서의 시차 분포 특성을 함께 고려하여 정확하게 가려짐 영역의 시차를 교정한다. 본 논문에서 제안한 가려짐 패턴은 다양한 실험 영상에 적용하여 실험하였고, 그 결과 기존의 스무딩 방법에 비해서 정확하게 시차를 교정하는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose new smoothing filters, i.e., occluding patterns that can accurately correct disparities of occluded areas in the estimated disparity map. An image is composed of several layers and each layer presents similar disparity. Furthermore, the distribution of the estimated disparities has a specific direction around the boundary of the occlusion, and this distribution presents the different direction with respect to the left- and the right-based disparity map. However, typical smoothing filters, such as mean filter and median filter, did not take into account those characteristic. So, they can decrease some error, but they cannot guarantee the accuracy of the corrected disparity. On the contrary, occluding patterns can accurately correct disparities of occluded areas because they consider both the characteristic that occlusion occurs and the characteristic that disparities of the occlusion are ranged, from estimated disparity maps with respect to the left and the right images. We made experiments on occluding patterns with some real stereo image set, and as a result, we can correct disparities of occluded areas more accurately than typical smoothing filters did.

Keywords: stereo matching, disparity, smoothing filter, occluding patterns

I. 서 론

스테레오 영상에서 대응하는 두 점을 정합하는 것을 스테레오 정합이라 하고, 스테레오 정합에 의해 검출된 두 점 사이의 거리를 픽셀 단위로 표현한 것을 시차

(disparity)라 한다. 시차 추정 방법은 정합 요소에 따라 특징기반 방법 (feature-based method)과 영역기반 방법 (area-based method)으로 나눌 수 있다. 특징기반 방법에서 사용하는 정합 요소는 영교차점 (zero crossing), 경계선, 모서리 등이 있다. 이러한 정합 요소는 정합점이 정확하고 잡음에 강하지만, 정합되는 점의 개수가 적기 때문에 전체 영상의 시차를 추정하기 위해서는 가려짐 모델링과 시차 연속성 (disparity continuity) 등의 다소 어려운 보간 과정이 필요하다^[1,2,3].

영역기반 방법에서 사용하는 정합 요소는 밝기정보의 변화가 평탄하거나 동일한 영역의 모양, 평균 밝기 및 면적 등을 이용한다. 이러한 정합요소는 밝기 정보에 많이 의존하기 때문에 잡음에 약하지만, 영상 전체

* 정회원, 삼성전자 DM연구소
(Digital Media R&D Center, Samsung Electronic Co., LTD)

** 정회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과
(Dept. Image Eng., Graduate School of AIM, Chung-Ang Univ.)

※ 본 연구는 교육부의 두뇌한국21사업 및 과기부의 국가지정연구실 지원으로 수행되었습니다.
접수일자: 2005년1월10일, 수정완료일: 2005년6월8일

의 시차 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 최근에는 여러 가지 정합 요소를 이용하는 복합적인 정합 방법, 계층적인 정합 방법, 그리고 여러 장의 입력 영상을 이용하는 정합 방법 등이 제안되고 있다^[4,5,6,7].

위에서 언급한 시차 추정 방법들이 공통적으로 풀어야 할 문제는 가려짐 (occlusion) 영역에 대한 처리이다. 가려짐 영역은 두 영상 중 한 영상에서만 보이는 영역으로 대응점을 검출할 수 없다. 그 결과, 가려짐 영역에서 잘못된 값의 시차를 추정하거나 또는 평균값 필터 (mean filter) 또는 중간값 필터 (median filter)를 이용하여 주변 화소의 시차와 유사한 값을 갖도록 하였다. 몇몇 알고리즘들은 영상의 모서리 또는 양방향 정합을 통해서 가려짐 영역을 검출하였고, 또는 다중 카메라와 카메라 마스크를 이용하여 가려짐 영역을 검출하였다. 이러한 방법들은 가려짐 영역을 검출한 다음, 유효한 시차 성분을 갖고 선형 보간 하거나 가려짐 영역에 적당한 시차를 삽입 (padding)한 다음, 스무딩 필터를 이용하여 시차를 교정하였다^[8,9,10]. 최근의 제안된 방법들은 Bayesian과 같은 연산자와 순서 제약 조건 (ordering constraint)을 이용하여 시차 추정과 가려짐 영역의 검출을 동시에 수행하기도 한다^[11,12,13]. 이러한 방법 모두 정확하게 가려짐 영역을 검출하고 교정하지만, 계산 방법이 복잡하고 긴 처리 시간이 필요한 단점을 갖는다.

일반적으로 영상은 여러 개의 계층으로 구성되어 있고, 각각의 계층은 유사한 시차를 갖는다. 그리고 가려짐 영역에서의 시차는 좌우 영상에 대해서 각기 다른 특정한 방향성을 갖고 분포한다. 이러한 특징들로부터 우리는 새로운 스무딩 필터인 가려짐 패턴 (occluding patterns)을 제안한다. 가려짐 패턴은 초기 추정된 시차 지도로부터 Left/Right Consistency (LRC)를 이용하여 분류된 가려짐 영역에 대해서만 적용한다^[14]. 가려짐 영역으로 분류된 화소에 대해서 가려짐 패턴을 두고, 주변 화소들의 시차값들 중 중간값을 가려짐 화소의 시차로 대체한다. 가려짐 영역에서의 시차 분포 특성은 좌우 영상이 서로 반대의 방향성을 갖기 때문에 좌우 시차지도에 대해서 서로 다른 형태의 가려짐 패턴을 적용한다.

본 논문의 구성은 II장에서 시차 추정 방법과 가려짐 영역 검출 방법을 설명하고, III장에서는 가려짐 영역의 시차 분포 특성으로부터 가려짐 패턴을 형성하는 방법을 설명한다. IV장에서는 제안한 가려짐 패턴을 실험 영상에 적용한 결과와 실제 시차지도와의 비교를 통해

제안한 방법의 우수성을 보이고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 시차지도의 구성

1. 시차의 계산

일반적으로 스테레오 카메라의 기하학적인 모델은 두 대의 카메라가 하나의 물체를 바라보고 있는 구조를 가지며, 응용분야에 따라 다양한 형태를 나타낸다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 두 대의 카메라가 평행한 구조를 가정한다. 공간상의 한 점 $P(X,Y,Z)$ 은 각각 좌우 영상에서 p_l 과 p_r 로 맺혀지고, 이 두 점은 서로 대응점이 된다. 두 점이 좌우 두 영상에서 모두 보이는 경우, 두 점 사이의 거리를 시차라고 한다.

본 논문에서 우리는 서로 평행한 스테레오 영상을 가정하였기 때문에 시차는 수평 성분만 존재한다. 식 (1)은 대응되는 두 점의 관계를 시차를 이용해서 나타내고 있다. 식 (1)에서 $d_{L \rightarrow R}(x_l, y_l)$ 은 왼쪽 영상을 기준으로 하는 오른쪽 영상에 대한 시차 성분이다.

$$p_r = \begin{bmatrix} x_l + d_{L \rightarrow R}(x_l, y_l) \\ y_l \end{bmatrix} = p_l + \begin{bmatrix} d_{L \rightarrow R}(x_l, y_l) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. 가려짐 영역의 검출

3차원 공간의 동일한 장면을 서로 다른 위치에서 카메라로 취득하면 시차 (parallax)가 발생한다. 그 결과, 두 영상에서 모두 보이는 영역이 있는 반면에 어떤 영역은 전경 물체가 배경을 가림으로 인해 두 영상 중 한 영상에서만 보이는 경우도 발생한다. 이와 같이 두 영상 중 한 영상에서는 보이고, 다른 영상에서는 보이지 않는 영역을 가려짐 영역이라고 한다.

좌우 두 영상은 동일한 장면을 서로 다른 위치에서 찍은 영상이다. 따라서 대응되는 두 점에 대해서 왼쪽 영상을 기준으로 오른쪽 영상에서 추정된 시차 ($d_{L \rightarrow R}$)와 오른쪽 영상을 기준으로 왼쪽 영상에서 추정된 시차 ($d_{R \rightarrow L}$)는 식 (2)와 같이 서로 크기는 같고, 부호가 반대인 관계를 갖는다^[14].

$$d_{R \rightarrow L} + d_{L \rightarrow R} = 0 \quad (2)$$

예를 들어, 오른쪽 영상의 한 점 p_r 의 시차가 $d_{r \rightarrow l}$ 이라 하면, 왼쪽 영상에서 p_r 의 대응점은 $p_l = p_r + d_{r \rightarrow l}$ 이다. 그리고 p_l 의 시차가 $d_{l \rightarrow r}$ 일 때, 오른쪽 영상에서 p_l 의 대응점은 $p_r + d_{l \rightarrow r}$ 이다. 이 때, p_r 과 p_l 이 완전한 대응점이라

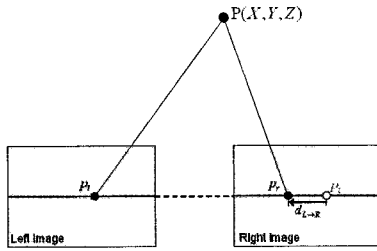


그림 1. 평행한 스테레오 카메라의 기하학적 구조
Fig. 1. Geometry of parallel cameras.

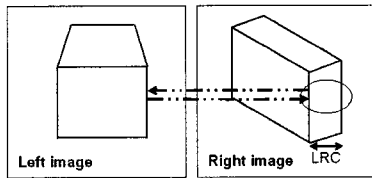


그림 2. Left/Right Consistency (LRC)
Fig. 2. Left/Right Consistency (LRC).

면 p_r 과 p_l+d_{l-r} 은 서로 동일한 좌표를 나타내지만, 대응점이 아닌 경우 두 좌표는 서로 다른 값을 나타낸다. 이처럼, 좌우 영상에서 대응되는 두 점의 시차는 서로 같은 크기를 갖고 부호가 반대인 관계(LRC)를 갖는다.

그림 2는 LRC 를 이용하여 가려짐 영역을 검출하는 방법을 보이고 있다. 그림 2에서 오른쪽 영상에서 타원으로 표시된 영역은 왼쪽 영상에서는 보이지 않는 영역으로, 이 영역에서 추정된 시차와 왼쪽 영상에서 대응되는 영역의 시차는 서로 다른 크기와 부호를 나타낸다. 이와 같이, 가려짐 영역에 해당하는 픽셀들은 초기 대응점 검출 단계에서 잘못된 대응점을 갖기 때문에 LRC 를 이용하면 쉽게 가려짐 영역을 검출할 수 있다.

III. 가려짐 패턴

우리는 추정된 시차지도에서 LRC 를 이용해서 두 영상 중 한 영상에서 보이지 않는 영역 즉, 가려짐 영역을 검출할 수 있다. 이렇게 검출된 가려짐 영역에서 추정된 시차는 잘못된 값이기 때문에 가려짐 영역에서 정확한 시차를 추정할 수 있는 방법이 필요하다.

일반적으로 시차는 연속적이고, 동일한 계층 내에서 균일한 분포 특성을 갖기 때문에 주변 픽셀의 시차와 유사한 값을 갖는다^[4,6,7]. 그러나 가려짐 영역에 있는 픽셀들은 대응점이 없기 때문에 주변 픽셀의 시차보다 훨씬 크거나 또는 작은 값을 나타낸다. 기존의 시차 추정 방법에서는 영상의 모든 픽셀에 대해서 시차를 추정한 다음, 평균값 필터 또는 중간값 필터를 이용한 스무딩

과정을 통해서 시차를 교정하였다.

본 논문에서 가정한 평행한 스테레오 카메라 구조에서는 그림 3과 같이 가려짐 영역의 경계는 수직적인 경향을 나타낸다. 왼쪽 영상에서 가려짐 영역은 전경 물체가 왼쪽으로 이동하거나 또는 카메라가 오른쪽으로 이동할 경우에 발생한다. 그리고 가려짐 영역의 경계는 그림 3의 영역 (a)와 같이 전경 물체의 왼쪽에 존재한다. 따라서 왼쪽 영상에서 가려짐 영역의 시차는 가려짐 영역 경계를 중심으로 왼쪽 계층의 시차와 유사한 값을 갖는다. 이와 반대로, 오른쪽 영상의 가려짐 영역은 전경 물체가 오른쪽으로 이동하거나 또는 카메라가 왼쪽으로 이동할 때 발생한다. 그리고 가려짐 영역의 경계는 그림 3의 영역 (b)처럼 전경 물체의 오른쪽에 나타난다. 즉, 오른쪽 영상에서 가려짐 영역의 시차는 가려짐 영역 경계를 중심으로 오른쪽 계층의 시차와 유사한 값을 갖는다.

위의 두 성질로부터 우리는 그림 4와 같이 두 개의 가려짐 패턴을 정의한다. 가려짐 패턴은 가려짐 영역으로 분류된 픽셀에 대해서만 스무딩을 적용하며, 패턴 내의 각 픽셀들의 시차값들 중에서 중간값을 가려짐 픽셀의 시차로 지정한다. 가려짐 패턴에서 회색 부분인 m_0 는 가려짐 영역으로 분류된 픽셀이 놓일 위치이다.

그림 3에서 영역 (a)와 같이 왼쪽 영상에 있는 가려짐 영역의 시차는 그림 4(a)의 가려짐 패턴을 이용하여 교정한다. 이 경우, 교정할 가려짐 영역의 픽셀을 가려짐 패턴의 오른쪽 경계에 두고, 8개의 주변 시차들 중에서 중간값을 이 픽셀의 시차로 지정한다. 왼쪽 영상의 경우 가려짐 영역의 시차는 가려짐 영역 경계의 왼

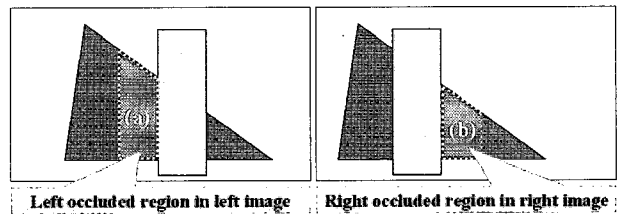
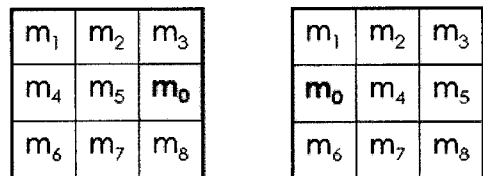


그림 3. 스테레오 영상에서 발생하는 가려짐 영역의 특성
Fig. 3. Characteristic of the occlusion at stereo images.



(a) 왼쪽 가려짐 패턴

(b) 오른쪽 가려짐 패턴

그림 4. 가려짐 패턴
Fig. 4. Occluding patterns.

쪽 부분의 시차와 유사한 값을 갖기 때문에 가려짐 패턴을 시차지도의 좌-상단에서 우-하단으로 이동하면서 가려짐 영역의 시차를 교정한다. 이와 반대로, 그림 3에서 영역 (b)와 같이 오른쪽 영상에 있는 가려짐 영역의 시차는 그림 4(b)의 가려짐 패턴을 이용한다. 이 경우, 교정할 픽셀을 가려짐 패턴의 왼쪽 경계에 두고 주변 시차들 중에서 중간값을 이 픽셀의 시차로 지정한다. 오른쪽 영상의 경우 가려짐 영역의 시차는 가려짐 영역 경계의 오른쪽 부분의 시차와 유사한 값을 나타내므로 가려짐 패턴은 시차지도의 우-상단에서 좌-하단으로 이동한다.

IV. 실험 및 고찰

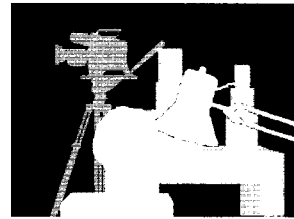
본 논문에서 제안한 가려짐 패턴은 그림 5의 세 종류의 스테레오 영상을 이용해서 실험하였다. 그림 5의 스테레오 영상은 일본의 筑波大學 (Tsukuba Univ.)에서 취득한 영상으로, 각각 좌우 스테레오 영상과 계측된 기준 시차지도를 나타내고 있다.

1. 가려짐 영역 검출

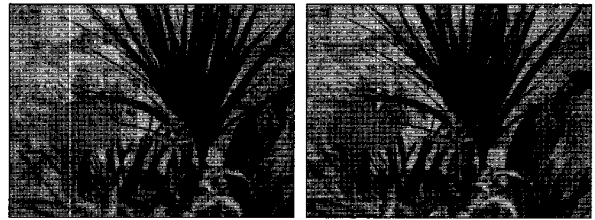
그림 6은 그림 5에서 제시한 세 쌍의 스테레오 영상에 대해서 픽셀 단위의 시차 추정 방법으로 추정된 시차지도를 나타내고 있다. 그림 6에서 빗금친 영역(▨)은 검출된 가려짐 영역이다. 이미 언급했던 것처럼, 가려짐 영역은 전경 물체의 경계선 주변 즉, 장면의 불연속점에 분포하는 특성을 확인할 수 있다. 또한 시차지도에서 가려짐 영역은 가려짐 영역의 경계를 중심으로 특정한 방향성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 왼쪽 영상의 시차지도는 가려짐 영역이 가려짐 영역 경계를 중심으로 왼쪽에 분포하는 특성을 갖고, 오른쪽 영상은 이와 반대의 분포 특성을 갖는다. 따라서 우리는 좌우 시차지도에서 발생하는 가려짐 영역에 대해서 서로 다른 패턴을 적용함으로써 보다 효율적으로 가려짐 영역에 대한 시차를 교정할 수 있다.

2. 성능평가

본 논문에서 우리는 추정된 시차와 기준 시차간의 절대값 평균 오차 (mean absolute error)를 계산하여 제안한 가려짐 패턴의 성능을 평가하였다. 식 (3)은 절대값 평균 오차 수식으로 M, N 은 각각 영상의 가로, 세로 크기를 나타낸다. $d(m,n)$ 은 (m,n) 위치에서 추정된 시차를 나타내고, $D(m,n)$ 은 그림 5의 기준시차에서 (m,n)



(a) HEAD (384×288)



(b) PLANT (320×240)



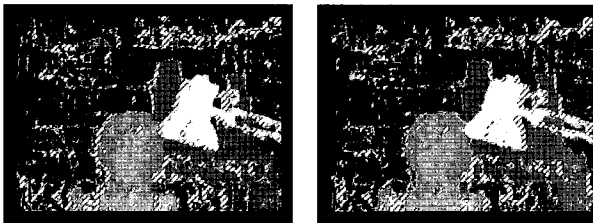
(c) SANTA (320×240)

그림 5. 실험을 위한 스테레오 영상과 기준 시차지도
Fig. 5. Stereo image set and their own disparity maps.

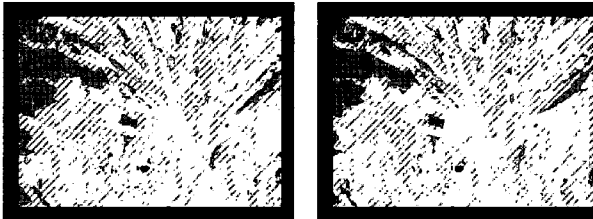
위치에서의 시차이다.

$$MED = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N d(m,n) - D(m,n) \quad (3)$$

본 논문에서 제안한 가려짐 패턴은 픽셀 단위 시차 추정방법과 블록 단위 시차 추정방법, 그리고 coarse-to



(a) HEAD 영상에 대한 좌우 시차지도



(b) PLANT 영상에 대한 좌우 시차지도



(c) SANTA 영상에 대한 좌우 시차지도

그림 6. 추정된 시차지도에서 검출된 가려짐 영역
Fig. 6. Detected occlusion in the estimated disparity maps.

-fine 방식의 2단계 블록 단위 시차 추정방법에 각각 적용하여 그 성능을 평가하였다. 그리고 제안한 방법은 기존의 스무딩 필터인 평균값 필터, 중간값 필터와 성능을 비교하였다. 또한 보다 객관적인 비교를 위해 검출된 가려짐 영역에 대해서 시차 방향성을 고려하여 초기 시차를 패딩한 다음 평균값 필터와 중간값 필터를 이용해서 스무딩한 결과도 함께 비교하였다.

가. 시차의 방향성을 고려하지 않은 경우

그림 7에서 평균값 필터와 중간값 필터를 이용하여 스무딩하는 경우는 모든 픽셀에 대해서 추정된 시차를 유효한 시차로 판단한다. 따라서 가려짐 영역에서 추정된 유효하지 않은 시차에 대해서 주변의 유효한 시차와의 평균값 또는 중간값으로 교정한다. 그 결과, 가려짐 영역의 경계에서는 오차를 소폭 감소시킬 수 있으나, 가려짐 영역 내부에 대해서는 교정이 불가능하다.

나. 시차의 방향성을 고려한 경우

그림 7에서 패딩 후 평균값 필터 또는 중간값 필터를

이용하여 스무딩을 한 경우와 본 논문에서 제안한 가려짐 패턴을 이용한 경우는 모두 추정된 시차의 분포 특성을 고려한 경우이다. 시차의 패딩은 추정된 시차지도에서 가려짐 영역을 검출한 다음, 3장에서 언급한 시차의 방향성에 따라서 이웃한 픽셀의 시차를 가려짐 영역의 시차로 지정하였다. 그림에서 알 수 있듯이, 시차의 방향성을 고려한 경우는 그렇지 않은 경우에 비해서 오차를 크게 감소시키고 있다. 특히, 본 논문에서 제안한 가려짐 패턴을 이용하여 스무딩하는 방법은 패딩과 같은 후처리 과정 없이 단순하면서도 직접적으로 가려짐 영역의 시차를 정확하게 교정하는 것을 알 수 있다.

다. 시차 추정 방법에 따른 성능 비교

그림 7에서 보면, 픽셀 단위의 시차 추정방법이 블록 단위의 시차 추정방법에 비해서 약간 우월한 성능을 보이고 있음을 나타낸다. 그러나 본 논문에서 제안한 가려짐 패턴을 이용하는 경우에는 블록 단위의 시차 추정방법이 픽셀 단위의 시차 추정방법보다 훨씬 우월한 성능을 보여주고 있다. 더욱 주목할 것은, 2단계 블록 단위 시차 추정방법은 기존의 스무딩 필터에서는 상당히 큰 오차를 나타내고 있으나 가려짐 패턴과 함께 사용되는 경우에는 오차가 상당히 감소하여 픽셀 단위의 시차 추정방법과 유사한 성능을 보여주고 있다. 즉, 가려짐 패턴을 이용함으로써 고속 처리로 인해 발생하는 오차를 상당히 보정하고 있음을 확인할 수 있다.

라. 시차지도의 프로필 (profile) 비교

그림 8은 본 논문에서 제안한 시차 추정 방법에 대한 정성적 분석 결과를 보이고 있다. 그림 8은 그림 5(a)에 있는 HEAD 영상의 시차지도의 가운데 행에 대한 시차값의 프로필 (profile)을 보여주고 있으며, 그림에서 회색 부분은 가려짐 영역을 나타낸다. 그림 8(a), (b)는 기준 시차지도에 대한 프로필과 스무딩을 수행하지 않은 초기 추정된 시차의 프로필이다. 그림 8(c), (d)는 기존 스무딩 방법인 평균값 필터와 중간값 필터를 사용한 경우를 각각 나타내고 있다. 그림 8(e)는 검출된 가려짐 영역에 대해서 시차 방향성을 고려하여 시차를 패딩한 다음 중간값 필터를 이용한 경우이고, 그림 8(f)는 본 논문에서 제안한 가려짐 패턴을 사용한 경우에 대한 프로필이다. 그림 8(b)와 같이 스무딩을 수행하지 않은 경우는 그림 8(a)와 비교했을 때 많은 오차를 포함하는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 그림 8(c)는 주변 픽셀들의 시차 평균을 취하기 때문에 오차가 소폭 감소하였으나,

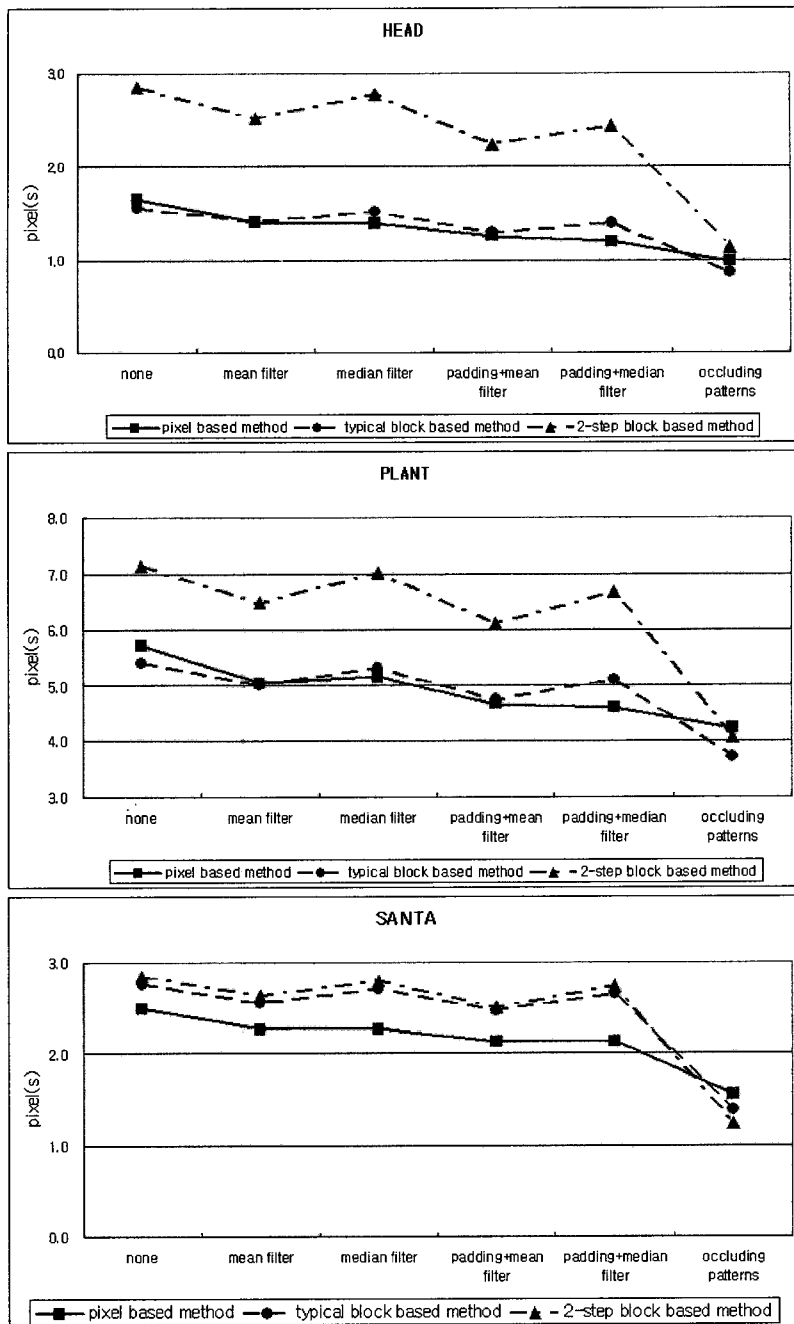


그림 7. 스무딩 방법에 따른 절대값 평균 오차
 Fig. 7. Mean square errors according to smoothing filters.

가려짐 영역의 경계가 완만해지고 있다. 이와 반대로 그림 8(d)와 같이 중간값 필터를 사용하여 스무딩을 수행한 경우 가려짐 영역의 경계를 보존하고 있으나, 여전히 큰 오차를 나타내고 있다. 그림 8(e), (f)는 시차의 방향성을 고려하여 패딩하고 평균값 필터와 중간값 필터를 각각 적용한 결과, 가려짐 영역의 경계를 보존하면서, 오차가 발생하는 영역을 크게 감소시켰다. 그러나 여전히 큰 오차가 발생하는 영역은 제거하지 못하고 있다. 그러나 그림 8(f)는 시차의 방향성을 고려하여 중심

픽셀의 위치를 변화시키면서 스무딩을 수행한 결과로써, 그림 8(c), (d), (e)에 비해서 오차는 크게 감소하면서 가려짐 영역의 경계를 뚜렷하게 보존하고 있다. 그러나 그림 8(a)에서 원으로 표시된 영역처럼 서로 다른 계층에서 연속적으로 가려짐이 발생하는 경우에는 평활화가 되는 문제가 발생한다.

그림 9는 그림 8의 결과를 더욱 명확하게 한다. 그림 9에 나타난 시차지도는 SANTA 영상의 오른쪽 영상에 대한 시차지도로써, 그림 6과 같이 가려짐 영역이 전경

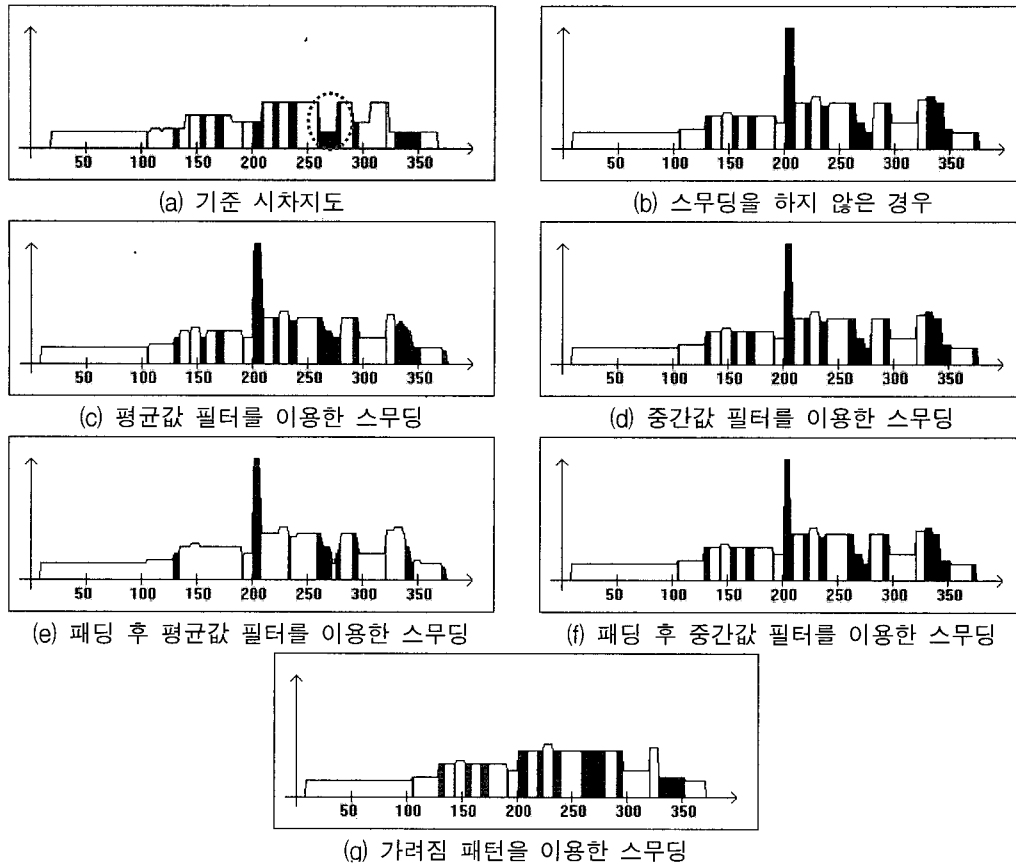


그림 8. HEAD 영상에 대한 시차지도의 프로파일
 Fig. 8. Profile of disparity map of HEAD image

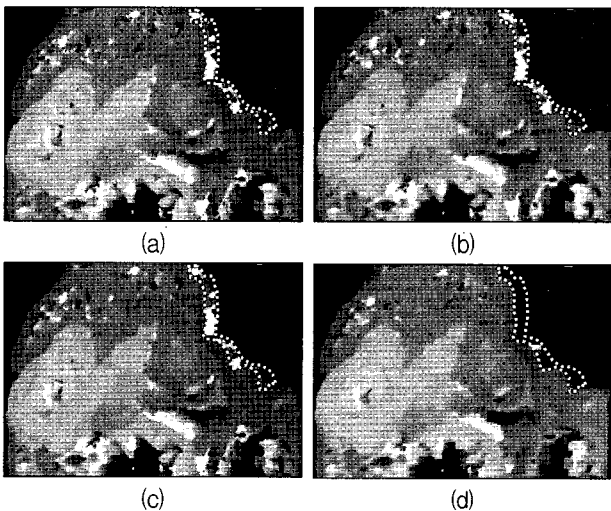


그림 9. 스무딩 필터에 따라 교정된 시차지도의 비교 :
 (a) 초기 시차지도 (b) 평균값 필터에 의해 교정된 시차지도 (c) 중간값 필터에 의해 교정된 시차지도 (d) 가려짐 패턴에 의해 교정된 시차지도

Fig. 9. Comparison of disparity maps that are corrected by each smoothing filter.

물체의 오른쪽에 존재한다. 그림 9에서 점선으로 표시된 영역이 가려짐 영역으로 분류된 영역이다. 그 결과, 그림 9(a)와 같이 초기 추정된 시차지도에는 많은 오류

를 포함하고 있다. 그림 9(b), (c)는 각각 평균값 필터와 중간값 필터에 의해서 가려짐 영역의 시차를 교정한 것으로, 점선 내의 시차들의 오류가 약간 감소하고 있음을 보여주고 있으나, 전경 물체와 배경 사이의 가려짐 영역의 경계는 여전히 연속적인 성질을 갖고 있다. 그러나 가려짐 패턴을 이용해서 시차지도를 교정한 그림 9(d)는 가려짐 영역의 시차를 정확하게 교정하고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히, 가려짐 영역의 경계인 전경 물체와 배경의 경계를 뚜렷하게 하여 시차 분포가 불연속적으로 변하고 있다. 이러한 결과는 그림 8에서 가려짐 패턴에 의해 교정된 시차의 프로파일 가려짐 영역의 경계에서 불연속성이 발생하는 것과 같은 의미이다.

V. 결 론

본 논문에서 우리는 추정된 시차지도에 존재하는 가려짐 영역의 시차를 정확하게 교정할 수 있는 새로운 스무딩 필터인 가려짐 패턴을 제안하였다. 제안한 가려짐 패턴은 좌우 영상에서 가려짐 영역의 시차가 분포하는 특정 방향성을 이용하여 교정할 화소의 위치를 가변

적으로 변화시켰다. 그 결과, 추정된 시차지도에서 전경 물체와 배경 사이의 경계를 뚜렷하게 하면서 정확하게 시차를 교정하고 있다. 제안한 가려짐 패턴은 좌우 영상으로부터 추정된 시차지도에 대해서 가려짐 영역으로 분리된 화소에 대해서만 적용하며, 다양한 실험 영상에 적용한 결과, 블록 단위 시차 추정 방법과 함께 사용하면 화소 단위의 시차 추정 방법보다 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 뿐만 아니라 시차 추정 속도를 높이기 위한 coarse-to-fine 방식의 시차 추정 방법에 가려짐 패턴을 적용하면 처리 속도 향상으로 인해 낮은 정확도에 대해서 상당히 보상되는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] H.H. Baker and T.O. Binford, "Depth from edge and intensity based stereo," Proc. 7th Int'l Joint Conf. Artificial Intelligence, pp.631-636, 1981.
- [2] Y.Ohta and T.Kanade, "Stereo by intra- and inter-scanline search using dynamic programming," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.7, pp.139-154, 1985.
- [3] S.A. Lloyd, E.R. Haddow, and J.F. Boyce, "A parallel binocular stereo algorithm utilizing dynamic programming and relaxation labelling," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.39, pp.202-225, 1987.
- [4] T.Kanade and M.Okutomi, "A stereo matching algorithm with an adaptive window: theory and experiment," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.16, No.9, pp.920-932, Sept. 1994.
- [5] S.T. Barnard and M.A. Fischler, "Stereo vision," encyclopedia of artificial intelligence, pp. 1,083-1,090, New York: John Wiley, 1987.
- [6] C.J. Tsai, and A.K. Katsaggelos, "Dense disparity estimation with a divide-and-conquer disparity space image technique," IEEE Trans. on Multimedia, Vol.1, No.1, pp.18-29, March 1999.
- [7] C.L. Zitnick, and T.Kanade, "A cooperative algorithm for stereo matching and occlusion detection," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.7, pp.675-684, July 2000.
- [8] S.Intille and A.Bobick, "Incorporating intensity edges in the recovery of occlusion regions," Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition, Vol.I, pp.674-77, Oct. 1994.
- [9] Y.Nakamura, T.Matsuura, K.Satoh, and Y.Ohta, "Occlusion detectable stereo-occlusion patterns in camera matrix," Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.371-78, 1996.
- [10] P.Fua, "A parallel stereo algorithm that produces dense depth maps and preserves image features," Machine Vision and Applications, Vol.6, pp.35-49, 1993.
- [11] P.N. Belhumeur and D.A. Mumford, "A bayesian treatment of the stereo correspondence problem using half-occluded regions," Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 1992.
- [12] D. Geiger, B. Ladendorf, and A. Yuille, "Occlusions and Binocular Stereo," Int'l J. Computer Vision, Vol.14, pp.211-226, 1995.
- [13] S. Intille and A. Bobick, "Disparity-space images and large occlusion stereo," Proc. European Conf. Computer Vision, Vol.801, pp.179-186, May 1994.
- [14] G. Egnal, R. P. Wildes, "Detecting binocular half-occlusions: empirical comparisons of five approaches," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.8, pp.1127-1133, August 2002.

저 자 소 개



김 대 현(정회원)
1999년 중앙대학교 전자공학과
학사 졸업.
2001년 중앙대학교 첨단영상
대학원 영상공학과
석사 졸업.
2005년 중앙대학교 첨단영상
대학원 영상공학과
박사 졸업.

2005년~현재 삼성전자 DM연구소 연구원
<주관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스>



최 종 수(정회원)
1975년 인하대학교 전기공학과
학사 졸업.
1977년 서울대학교 대학원
전자공학과 석사 졸업.
1981년 Keio University(일본)
전기공학과 박사 졸업.
1981년 2월~1981년 9월 Aloka
Co. Ltd 연구소 연구원

1981년 9월~1999년 8월 중앙대학교 전자공학과
교수
1999년 9월~현재 중앙대학교 첨단영상대학원
영상공학과 교수
<주관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 증강현
실, 영상합성, 영상통신>