

논문 2004-41SP-6-26

그림자에 강건한 색상 기반 내잡음성 코너 검출자

(Hue-based Noise-tolerant Corner Detector Robust to Shadows)

박 기 현*, 박 은 진*, 최 흥 문**

(Ki-Hyun Park, Eun-Jin Park, and Heung-Moon Choi)

요 약

본 논문에서는 그림자가 존재하는 환경 하에서도 실제 코너만을 정확하게 추출할 수 있는 색상 기반 내잡음성 코너 검출자를 제안하였다. 먼저 그림자 경계에서 명도의 변화는 크지만 색상의 변화는 크지 않으므로 각 화소에 대한 HSI 색 공간에서 색상 가중 조합 벡터 기술을 코너 검출자에 반영함으로써 그림자의 영향을 제거하고, 선택된 에지 화소 쌍의 색 변화 방향이 서로 반대 극성일 때는 코너 기여 가중치를 상쇄시킴으로써 불규칙 잡음에도 강건하게 코너를 검출하도록 하였다. 실험을 통하여 제안한 코너 검출자가 그림자 및 불규칙 잡음에도 강건하게 실제 코너만을 효과적으로 검출함을 확인하였다.

Abstract

A hue-based noise-tolerant corner detector is proposed for the exact detection of the real corners in spite of the shadows and random noise. Based on the fact that the hue gradient at the border of the opaque objects' shadow is smaller than the intensity gradient in HSI (hue-saturation-intensity) color space, the effects of shadow are eliminated by introducing the hue-weighted combination of vector gradient to the proposed corner detector. Furthermore, the proposed corner detector is robust to random noise by offsetting the contribution to the corner candidate when the polarities of the color gradients of the pixel pairs are out of phase each other. Results of the experiment show that the proposed corner detector can effectively detect the real corners.

Keywords : Corner detector, hue-weighted combination of vector gradient

I. 서 론

영상 내에서 두 개 이상의 직선 에지가 교차하여 형성되는 코너들은 영상에 대한 아무런 사전정보 없이도 영상의 전역, 지역적인 왜곡에 강건하게 추출될 수 있는 객체의 기본 특징 중 하나이기 때문에 3차원 모델링, 객체 인식, 형태 해석 등 컴퓨터 비전 분야에서 널리 활용되며, 따라서 그 효과적인 검출 방법에 대해 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

코너 검출 방법은 에지 맵을 구하는 대상 영상에 따라 명도 영상을 대상으로 하는 경우와 컬러 영상을 대상으로 하는 경우의 두 가지로 구분할 수 있다. 먼저 명도 영상에 대해 Mokhtarian 등^[1]은 CSS (curvature scale space)를 기반으로 하여 에지 맵 (edge map)에서의 곡률을 계산하고 그 절대값이 국소 최대가 되는 점들을 코너로 검출하였으며, Oh 등^[2]은 에지 맵으로부터 코너 후보점을 구한 후 일반화 대칭 변환 (generalized symmetry transform: GST)^[3]을 수정하여 적용함으로써 코너를 검출하는 방법을 제안하였다. 이들 명도 영상을 이용하는 방법에서는 명도 변화의 크기와 변화 방향만을 사용하여 경계선 및 코너를 검출하기 때문에 명도 대비가 큰 그림자에 의한 영향을 제거하기가 어렵다.

컬러 영상에 대해서는 Wurtz 등^[4]이 RGB (red

* 정회원, 경북대학교 대학원 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Graduate School, Kyungpook National University)

** 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

접수일자: 2004년4월23일, 수정완료일: 2004년6월30일

-green-blue) 색 공간에서의 생물학적 코너 검출 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 R, G, B 및 Ye 성분을 명도와 색차 신호 채널로 변환하여 각 채널별로 코너를 추출한 후 이를 조합하여 코너를 검출함으로써 대비(contrast)가 낮거나 완만한 코너도 잘 검출하는 방안을 제안하였으나 그림자에 대한 별도의 대책은 제시하지 않았다.

우선 이러한 그림자의 영향을 제거하고 코너 검출의 성능을 높이기 위해서는 다양한 환경에서도 정확한 참 에지(true edge)의 검출이 선행되어야 한다. 컬러 영상에서는 색 정보를 추가로 이용할 수 있기 때문에 명도 영상에서 보다 정확한 에지 검출이 가능하다^[5-6].

Wesolkowski 등^[5]은 보다 정확한 에지를 검출하기 위하여 유클리드 거리(Euclidean distance)와 벡터 각(vector angle) 에지 연산자들을 효과적으로 융합할 수 있는 HSI 기반 조합 벡터 미분 연산자(combination of vector gradient operator)를 제안하였다. 그러나 이 방법에서는 HSI 색 성분 중 가장 변화가 큰 성분을 색 변화 크기로 설정하므로 명도 대비가 큰 그림자의 영향을 제거할 수 없다. 한편 Carron 등^[6]은 컬러 영상에서 Sobel 에지 연산자를 기반으로 하여 색상 가중 조합 벡터 미분 연산자(hue-weighted combination of vector gradient operator)를 제안하였다. 이 방법에서는 HSI 색공간에서 채도(saturation) 성분의 변화에 따라 색상(hue) 성분의 신뢰성을 결정함으로써 색상 성분에 가중치를 두고 채도 및 명도 성분은 보조적인 정보로 사용하여 그림자에 강건한 에지 검출이 가능하도록 하였다.

본 논문에서는 HSI 색공간에서 색상 기반 내잡음성 코너 검출자를 제안하여 그림자가 존재하는 환경 하에서도 실제 코너만을 정확히 검출하도록 하였다. 선택된 두 직선 에지 상의 화소쌍이 코너 후보점에 가까울수록, 또 두 직선이 이루는 사이 각이 작을수록 해당 화소의 코너 기여 가중치를 크게 하되 그림자 경계에서 명도의 변화는 크지만 색상의 변화는 크지 않으므로 각 화소에 대한 색상 성분의 변화 크기를 가중 반영하는 색상 가중 조합 벡터 기울기^[6]를 도입함으로써 그림자의 영향을 제거하였다. 더욱이 화소 쌍의 색 변화 방향이 서로 반대 극성일 때는 코너 기여 가중치를 상쇄시킴으로써 불규칙 잡음에도 강건하게 실제 코너들을 정확히 검출할 수 있도록 하였다. 실험을 통하여 제안한 코너 검출자가 그림자 및 불규칙 잡음에도 강건하게 실제 코너만을 효과적으로 검출함을 확인하였다.

II. 기존의 코너 검출자

Oh 등^[2]은 일반화 대칭 변환을 수정한 코너 검출자를 제안하였다. 이 방법에서는 입력 영상으로부터 Canny 에지 연산자를 통하여 명도 변화 방향을 구하고 이를 바탕으로 에지 직선의 방정식을 계산한다. 즉, 명도 변화 방향이 다른 두 화소에 대하여 그 화소를 지나면서 명도 변화 방향에 수직인 기울기를 가지는 두 개의 직선의 방정식을 구하고, 이의 교차점을 구한다. 그러나 그림 1에서와 같이 모든 교차점이 코너가 되지는 않는다. 즉, 교차점 p_{c1} 은 직선 L_1, L_2 가 정확히 교차하기 때문에 실제 코너이지만 교차점 p_{c2}, p_{c3} 은 거짓 코너이다. 따라서, 두 직선 에지의 교차점으로부터 실제 코너만을 검출하기 위해서 교차점과 두 화소간의 거리가 가까울수록 큰 값이 누적되도록 일반화 대칭 변환의 거리 가중 함수를 수정하여 코너 후보 맵 $CM(p_c)$ 를

$$CM(p_c) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p_c)} W_D(i,j) P(i,j) \|\nabla I_i\| \|\nabla I_j\| \quad (1)$$

$$\Gamma(p_c) = \left\{ (i,j) \left| \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \sin \theta_j & -\sin \theta_i \\ -\cos \theta_j & \cos \theta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_i \\ l_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \end{bmatrix} = p_c \right. \right\} \quad (2)$$

와 같이 구성하여 임의의 명도 영상에서 사전정보 없이 실제 코너만을 검출할 수 있도록 하였다. 여기서 $\Gamma(p_c)$ 는 코너 기여 화소 쌍의 집합이며, W_D 는 거리 가중 함수, P 는 위상 가중 함수 $\|\nabla I_i\|$ 는 명도 기울기 변화, l_i 는 원점에서 직선 L_i 까지의 거리를 나타낸다. 그러나, 이 방법은 명도 변화의 크기와 방향 정보만을 사용하여 경계선 및 코너를 검출하기 때문에 명도 변화가 크게 바뀌는 그림자에 의해 쉽게 영향을 받으므로 코너의 미검출이나 오검출을 유발할 가능성이 크다. 또한, 각 화소의 명도 변

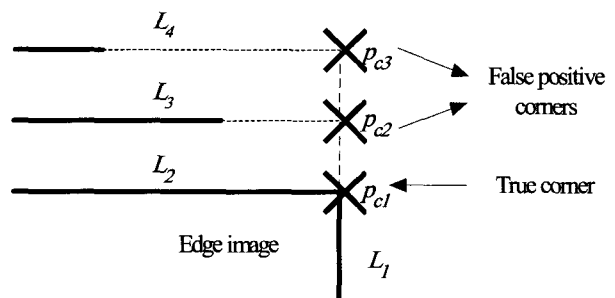


그림 1. 실제 코너와 거짓 코너
Fig. 1. True and false corners.

화 크기 및 변화 방향을 고려한 코너 기여도가 누적될 때 불규칙 잡음에 의한 기여도도 누적되기 때문에 유효한 코너만을 검출하기 어렵다.

III. 색상 기반 코너 검출자

본 논문에서는 그림자와 잡음의 영향 하에서도 실제 코너의 위치를 정확히 검출하기 위하여 코너를 형성하는 두 직선이 이루는 각도, 각 직선위에서 일정 반경 이내에 존재하는 에지 화소 쌍 각각과 두 직선의 교점(코너 후보점)간의 거리, 그리고 각 화소에 대한 색상 가중 조합 벡터 기울기를 각각 반영하는 코너 기여도를 정의하여 두 직선의 교점에 누적하도록 하였다.

일반적으로 코너는 그림 2와 같이 두 직선 L_i, L_j 가 서로 만나는 점에서 형성되며, 각 직선은 그 직선상의 한 화소의 위치 p_i (또는 p_j)와 색 성분 변화 방향 θ_i (또는 θ_j)로 대표 될 수 있다. 따라서 한 에지 화소와 그 점에서의 기울기가 선택되면 그 점을 지나는 유일한 직선의 방정식이 결정된다. 또한 다른 직선 위에서의 한 화소를 선택하면 이들 두 에지 화소쌍에 의한 직선의 교점을 구할 수 있다. 이러한 교점 즉, 코너 후보점의 위치 p_c 는

$$p_c = \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \sin \theta_j & -\sin \theta_i \\ -\cos \theta_j & \cos \theta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_i \\ l_j \end{bmatrix}$$

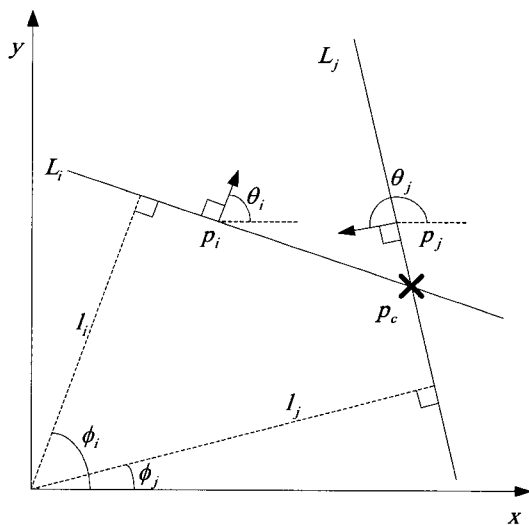


그림 2. 두 컬러 에지 직선으로부터 코너 후보점 결정
Fig. 2. Determination of corner candidate from two color edge lines.

$$\Delta = \begin{vmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i \\ \cos \theta_j & \sin \theta_j \end{vmatrix} \neq 0, \text{ i.e., } \theta_i \neq \theta_j \quad (3)$$

와 같이 정의된다. 여기서 l_i, l_j 는 원점에서 각 직선까지의 거리이다. θ_i 와 θ_j 의 크기가 같으면 두 에지 직선이 평행하거나 일치하여 교차점을 이루지 않으므로 계산상에서 제외시킨다. 이렇게 구해진 두 에지 직선의 교차점 p_c 에 각 직선상의 화소 쌍들에 대한 코너 기여 가중치 $C(i, j)$ 를 누적함으로써 코너 후보 맵 $CM(p_c)$ 을

$$CM(p_c) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p_c)} C(i, j) \quad (4)$$

와 같이 구성한다. 여기서 $\Gamma(p_c)$ 는 코너 기여 화소 쌍의 집합이다. 또한 두 화소간의 코너 기여 가중치 누적 함수 $C(i, j)$ 는

$$C(i, j) = W_D(i, j) W_P(i, j) g_h(i) g_h(j) \quad (5)$$

로 정의된다. 여기서 W_D 는 거리에 대한 코너 기여 가중치, W_P 는 위상에 대한 코너 기여 가중치, 그리고 g_h 는 색 변화 크기에 대한 코너 기여도이다.

선택된 두 화소 각각의 색 변화 크기에 대한 코너 기여도 $g_h(i)$ 와 $g_h(j)$ 는 색상 가중 조합 벡터 미분 연산자^[6]에서 정의된 색 변화 크기를 도입하여 그림자 에지에서는 그 누적 값을 매우 작게 함으로써 그림자에 대한 영향을 줄이도록 하였다. 주어진 컬러 영상에서 화소 i 에 대한 색 변화 크기 $g_h(i)$ 는

$$g_h(i) = \sqrt{G_x(i)^2 + G_y(i)^2} \quad (6)$$

와 같이 정의되었다. 여기서 $G_x(i), G_y(i)$ 는 각각 색 성분의 수직 및 수평 변화크기를 나타내며

$$\begin{aligned} G_x(i) &= p |G_x^H| + (1-p) |G_x^S| + (1-p) |G_x^I| \\ G_y(i) &= p |G_y^H| + (1-p) |G_y^S| + (1-p) |G_y^I| \end{aligned} \quad (7)$$

로 정의되었다. 여기서, 기하학 평균 $p(S_1, S_2)$ 는

$$p(S_1, S_2) = \sqrt{\beta(S_1)\beta(S_2)} \quad (8)$$

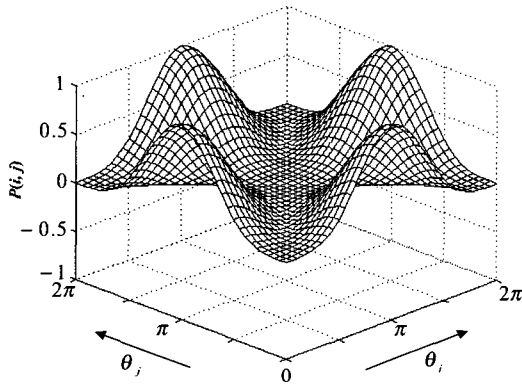
로 정의되었으며, S_1, S_2 는 임의의 두 화소에서의 채도 성분의 크기이고 $\beta(S)$ 는 채도 성분에 따른 색상 성분의 타당성을 측정하기 위한 함수로서 해당 화소의 채도 값

이 작을 때는 색상 값의 신뢰성이 떨어지므로 채도 및 명도 정보에 가중치를 주고, 채도 값이 클 때에는 색상 성분을 크게 반영하여 구한다. 제안한 코너 검출자에서는 색 성분의 변화 크기가 클수록 더 큰 코너 기여 가중치를 반영함으로써 색상의 변화는 거의 없고 명도 성분의 변화가 매우 큰 그림자에 의한 거짓 에지를 제거할 수 있다.

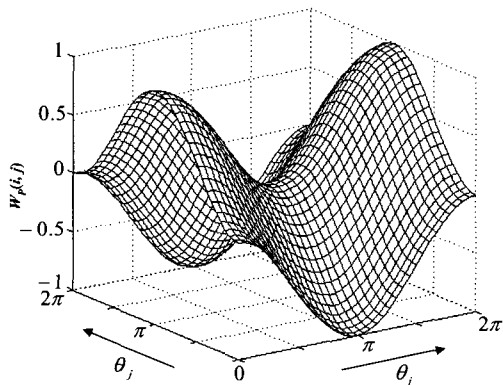
또한 거리에 대한 코너 기여 가중치 $W_D(i, j)$ 를

$$W_D(i, j) = \frac{\exp\left(\frac{|p_i - p_c|}{-2\sigma}\right)\exp\left(\frac{|p_j - p_c|}{-2\sigma}\right)}{2\pi\sigma} \quad (9)$$

와 같이 정의함으로써 두 직선 에지상의 화소 쌍 p_i (또는 p_j)와 코너 후보점 p_c 간의 거리가 가까울수록 코너 기여 가중치를 크게 누적하도록 하였다. 여기서 σ 는 직선 에지와 화소쌍이 포함된 선택 영역의 크기이다.



(a)



(b)

그림 3. 코너 기여 위상 가중 함수의 비교: (a) Oh 등^[2]의 방법과 (b) 제안한 방법

Fig. 3. The comparison of the corner contribution phase weight function: (a) The conventional method and (b) the proposed method.

그리고 선택된 화소쌍이 포함된 두 에지가 이루는 사이 각이 작을수록 누적되는 코너 기여 가중치를 크게 하기 위하여 위상에 대한 코너 기여 가중치 $W_P(i, j)$ 를

$$W_P(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_j}{2} - \alpha_{ij}\right)\sin\left(\frac{\theta_i - \theta_j}{2}\right) \quad (10)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 α_{ij} 는 두 화소를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도이다. 또한, 제안한 방법의 잡음에 대한 강건성을 해석하기 위해서 Oh 등^[2]의 방법과 제안한 방법의 위상에 대한 코너 기여 가중치 함수를 비교하여 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)와 같이 Oh 등^[2]의 방법에서는 기존의 일반화 대칭 변환^[3]을 기초로 하기 때문에 선택된 두 화소의 명도 변화 방향이 주위 배경보다 밝은 객체에 의한 것이거나 어두운 객체에 의한 것이거나 같은 부호를 가지므로 이들 두 경우가 구분 없이 높은 코너 기여 가중치를 가지게 됨을 알 수 있다. 그리고 불규칙 잡음이 존재하는 영역에서는 잡음의 영향으로 인한 불규칙한 에지가 발생하여 이들에 의한 코너 기여 가중치 또한 크게 나타날 수 있다. 반면에 제안한 코너 검출자에서는 그림 3(b)와 같이 이들 두 가지 경우를 각각 수렴(-)과 발산(+)으로 구분하여 서로 다른 부호를 가지게 함으로써 이러한 문제를 해결하였다. 즉, 불규칙 잡음 영역에서 이들에 의한 코너 기여 가중치가 하나의 코너 후보점에 누적될 때 반대 극성으로 서로 상쇄되므로 매우 적은 값이 누적된다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제안한 코너 검출자가 그림자나 잡음의 영향 하에서도 유효한 코너만을 검출하는지를 확인하기 위하여 코너 검출자가 주로 쓰이는 3차원 모델링, 객체 인식, 형태 해석 등의 분야에 사용되는 대표적인 합성 및 실영상들에 대해 기존 방법과 제안한 방법을 적용하였다. 실험 영상으로는 그림자에 의한 영향으로 오검출 (false positive detection) 및 미검출 (false negative detection)이 문제가 되는 영상을 우선시 하여 실제 코너의 개수가 20개 내외인 영상 5장과 30개 내외인 영상 10장을 선택하고 이들 각각에 가우스 잡음을 첨가한 영상을 만들어 총 30장의 영상을 사용하였다. 이들 영상 전체에서 그림자의 영향에 의한 코너를 제외한 실제 코너의 수는 826개이며 그림자에 의한 거짓 코너의 수는 104개이다. 이들 영상에 대해서 각 알고리즘이 검출한 코너의 수를 나타낸 표 1에서 보는 바와 같이 Oh 등^[2]의 방법에서는 잡음 및 그림자에

표 1. 코너 검출자의 성능 비교
(실제 코너의 수; 826)

Table 1. Performance comparison of corner detectors.
(Total number of true corners; 826)

| | No. of correctly detected corners | No. of false positive | No. of false negative |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oh's method | 797 | 142 | 29 |
| Method with the CVGO | 813 | 46 | 13 |
| Proposed method | 814 | 1 | 12 |

의한 영향으로 오검출 및 미검출된 코너의 수가 모두 많고 Wesolkowski 등의 색 변화 크기를 이용한 방법에서는 실제 코너를 코너로 검출하지 못한 미검출은 적지만 그림자에 의한 영향에 의해서 실제 코너가 아닌 점들을 코너로 검출하는 오검출이 제안한 방법보다 많음을 알 수 있다.

이들 실험 영상 중 그림자에 의한 영향을 대표적으로 보여주는 자연광 하의 블록 영상에 관한 실험을 그림 4에 나타내었고, 이 블록 영상에 가우스 잡음을 첨가한 영상에 대한 실험을 그림 5에 나타내었으며, 그림 6에는 코너 검출자의 성능 평가를 위해서 널리 쓰이는 집 영상에 관한 실험 결과를 나타내었다. 먼저 그림 4에서와 같이 자연광 하에서 그림자가 존재하는 영상에 대한 비교 실험에서는 그림 4(a)에서와 같이 그림자로 인한 명도의 차이가 존재하는 경우, Oh 등^[2]의 방법에서는 그림 4(b)의 x, y, z 점에서와 같이 명도 변화의 크기가 코너 기여 가중치에 반영되기 때문에 그림자로 인한 거짓 코너를 검출하게 된다. 한편, 제안한 코너 검출자에 Wesolkowski 등^[5]의 색 변화 크기를 적용하면 HSI 색 성분 중 가장 큰 값을 갖는 성분을 대표 색 변화 크기로 설정하기 때문에 명도 대비가 큰 그림자로 인해 그림 4(c)의 x, y, z 점에서와 같이 거짓 코너를 검출하게 된다. 반면, 제안한 코너 검출 방법에서는 색상 가중 조합 벡터 기술을 도입하기 때문에 그림 4(d)에서 보는 바와 같이 색상 성분의 변화가 거의 일어나지 않는 그림자 경계에서의 거짓 코너는 검출하지 않고 참 코너만을 정확하게 검출할 수 있다.

그림 5에서는 자연광 하에서 그림자가 존재하는 영상에 가우스 잡음을 인위적으로 첨가하여 불규칙 잡음에 대한 강건성을 비교 실험하였다. 그림 5(b), 5(c)에서와 같이 Oh 등^[2]의 방법이나 Wesolkowski 등의 색 변

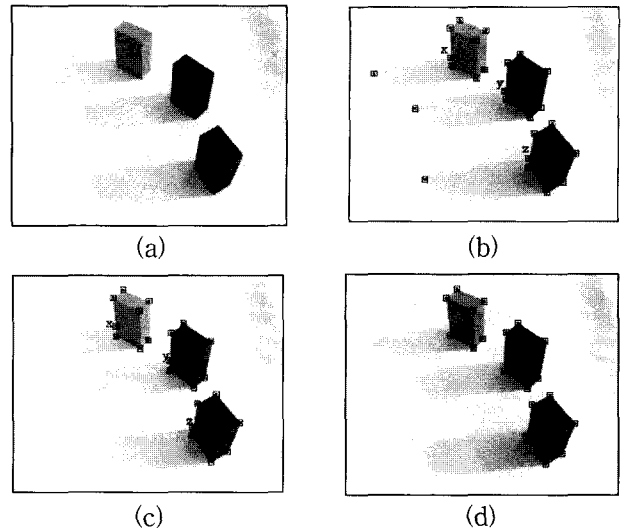


그림 4. 자연광 하에서의 직육면체 블록의 코너 검출: (a)원 영상, (b)Oh 등^[2]의 방법, (c)조합 벡터 미분 연산자를 이용하는 경우 및 (d)색상 가중 조합 벡터 미분 연산자를 이용하여 제안한 방법

Fig. 4. Corner detection for the three blocks under daylight: (a)Original image (b)Oh's method^[2], (c) the method with the combination of vector gradient operator (CVGO), and (d)the proposed method with the hue-weighted combination of vector gradient operator.

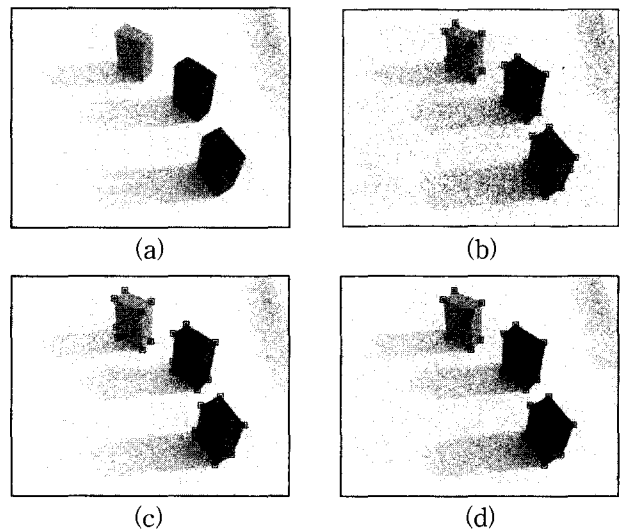


그림 5. 자연광 하에서 10%가우스 잡음을 첨가하였을 때의 실험 결과: (a)원 영상, (b)Oh 등^[2]의 방법, (c)조합 벡터 미분 연산자를 이용한 경우 및 (d) 색상 가중 조합 벡터 미분 연산자를 이용하여 제안한 방법

Fig. 5. Corner detection for the image with 10% Gaussian additive noise under daylight: (a)Original image (b) Oh's method^[2], (c) the method with the combination of vector gradient operator (CVGO), and (d) the proposed method with the hue-weighted combination of vector gradient operator.

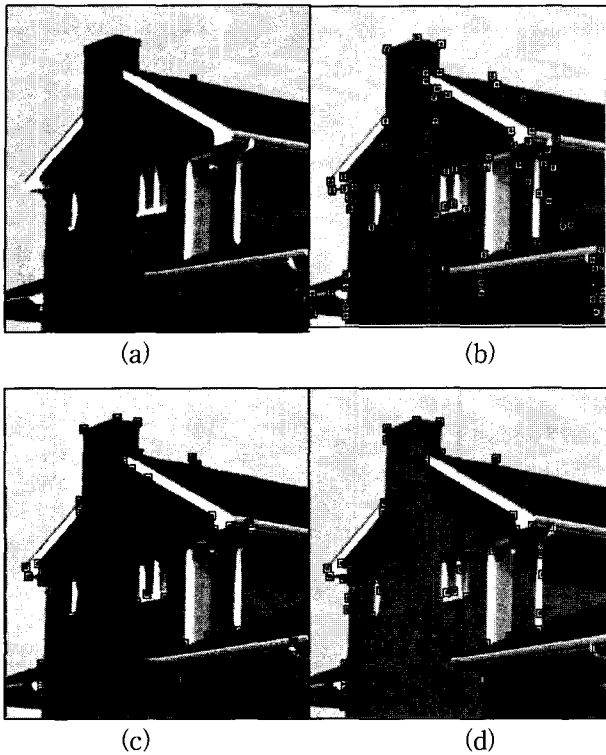


그림 6. 집 영상에서의 코너 검출: (a) 원 영상, (b) Oh 등^[2]의 방법, (c) 조합 벡터 미분 연산자를 이용한 경우 및 (d) 색상 가중 조합 벡터 미분 연산자를 이용하여 제안한 방법

Fig. 6. Corner detection for House image: (a) Original image (b) Oh's method^[2], (c) the method with the combination of vector gradient operator (CVGO), and (d) the proposed method with the hue-weighted combination of vector gradient operator.

화 크기를 이용한 방법에서는 잡음 및 그림자에 의한 영향으로 오검출이 발생하지만 제안한 코너 검출자를 적용하면 그림 5(d)에서와 같이 잡음에 강건하게 실제 코너만을 검출함을 확인할 수 있다.

그림자가 있는 실제 건물 영상에 대해서 실험한 결과, Oh 등^[2]의 방법 및 Wesolkowski 등^[5]의 색 변화 크기를 적용한 방법에서는 그림 6(b) 및 그림 6(c)의 A, B, C, D, E 점에서와 같이 그림자로 인한 거짓 코너가 검출되지만 그림 6(d)에서 보는 바와 같이 제안한 코너 검출 방법에서는 그림자에 대한 영향을 받지 않고 유효한 코너만을 검출함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 색상 기반 내잡음성 코너 검출자를 제안하여 그림자나 잡음이 존재하는 환경 하에서도 실제

코너만을 정확히 검출하도록 하였다. 우선 그림자 경계에서 명도의 변화는 크지만 색상의 변화는 크지 않으므로 각 화소에 대한 색상 가중 조합 벡터 기울기를 코너 검출자에 반영함으로써 그림자의 영향을 제거하였다. 또한 화소 쌍의 색 변화 방향이 서로 반대 극성일 때는 코너 기여 가중치를 상쇄시킴으로써 불규칙 잡음에도 강건하게 코너를 검출하도록 하였다. 제안한 코너 검출 방법이 그림자 및 불규칙 잡음의 영향 하에서도 실제 코너만을 효과적으로 검출함을 실험을 통하여 확인하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 명도기반 방법보다 오검출률이나 미검출률을 개선하였으며, 색기반 방법보다는 그림자에 의한 오검출률을 개선하였다. 따라서 제안한 코너 검출자는 스테레오 매칭, 객체 인식, 형태 해석 등과 같은 3차원 컴퓨터 비전 분야에서 전처리 과정으로 유용하게 활용될 것으로 사료된다. 다만, 제안한 방법은 기존의 명도기반 방법보다 처리할 데이터가 약 3배가 되므로 계산 복잡도가 커질 수 있으나, 추후에 이미 보편화되어 있는 SIMD (single instruction multiple data streaming) 구조에 탑재하면 이러한 점을 개선할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] F. Mokhtarian and R. Suomela, "Robust Image Corner Detection Through Curvature Scale Space," IEEE Trans. on PAMI, vol. 20, pp. 1376-1381, Dec. 1998.
- [2] H. H. Oh and S. I. Chien, "Extract Corner Location Using Attentional Generalized Symmetry Transform," Pattern Recognition Lett., vol. 23, pp. 1361-1372, Sept. 2002.
- [3] D. Reissfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free Attentional Operators: The Generalized Symmetry Transform," IJCV, vol. 14, pp. 119-130, 1995.
- [4] R. P. Wurtz and T. Lourens, "Corner Detection in Color Images through a Multiscale Combination of End-stopped Cortical Cells," Image and Vision Computing, vol. 18, pp. 531-541, May 2000.
- [5] S. Wesolkowski and Ed Jernigan, "Color Edge Detection in RGB Using Jointly Euclidean Distance and Vector Angle," On-line Proc. of Vision Interface, Trois-Rivieres Canada, May 1999.
- [6] T. Carron and P. Lambert "Color Edge Detector Using Jointly Hue, Saturation, Intensity," ICIP'

- 94, Texas USA, vol. 3, pp. 977-981, 1994.
- [7] C. J. Park, S. H. Cho, and H. M. Choi, "An Implementation of Noise-Tolerant Context-free Attention Operator and its Application to Efficient Multi-Object Detection," IEEK Transactions on Signal Processing, vol. 38SP, no. 1, pp. 89-96, Jan. 2001.
- [8] A. Koschan, "A Comparative Study on Color Edge Detection," Proc. of 2nd ACCV'95, Singapore, vol. 3, pp. 574-578, Dec. 1995.
- [9] J. F. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Trans. on PAMI, vol. 8, pp. 679-698, Nov. 1986.
- [10] S. Wesolkowski, M. E. Jernigan, and R. D. Dony, "Comparison of Color Image Edge Detectors in Multiple Color Spaces," ICIP, Vancouver Canada, Sept. 2000.
- [11] H. Cheng, X. Jiang, and Y. Sun, "Color image segmentation : Advances and prospects," Pattern Recognition, vol. 34, pp. 2259-2281, 2001.

저 자 소 개



박 기 현(학생회원)
 2002년 경북대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2004년 경북대학교 대학원 전자
 공학과 석사 졸업.
 <주관심분야: 영상처리, 병렬처리
 등>



박 은 진(학생회원)
 1992년 경북대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1999년 경북대학교 대학원 전자
 공학과 석사 졸업.
 2003년 경북대학교 대학원
 전자공학과 박사 수료.
 <주관심분야: 영상처리, 병렬처리 등>

최 흥 문(정회원)
 제 39권 CI편 제 1호 참조
 현재 경북대학교 전자전기공학부 교수

