

조명 변화에 둔감한 컬러 NTGST 기반 코너 검출자

박 기 현, 서 경 석, 최 흥 문
경북대학교 전자공학과

전화 : 053-940-8613 / 핸드폰 : 016-9306-8970

Illumination Insensitive Corner Detector Based on Color NTGST

Ki-Hyun Park, Kyung-Seok Seo, Heung-Moon Choi
Dept. of Electronic Engineering, Kyungbuk National University
E-mail : khpark@dplab.knu.ac.kr

요약문

본 논문에서는 컬러 NTGST (noise-tolerant generalized symmetry transform)를 기초로 하여 부분적인 조명 변화뿐 아니라 그림자 및 잡음이 있는 환경에서도 효과적으로 코너만을 검출할 수 있는 코너 검출자를 제안하였다. 제안한 코너 검출자는 잡음에 둔감한 NTGST를 기초로 하여 코너에 가까울수록, 두 직선 에지가 이루는 각이 작을수록 큰 값이 코너에 누적되도록 하여 코너의 정확한 위치를 검출할 수 있도록 하였다. 특히 조명 변화에 둔감한 HSI 색 공간에서 색상 (hue) 성분을 강조하고 채도 (saturation) 및 휘도 (intensity) 성분을 보조적인 정보로 활용함으로써 부분적인 조명 및 그림자의 영향을 줄일 수 있도록 가중 조합 벡터 미분 연산자 (weighted combination of vector gradient vector operator)를 제안 적용하여 그림자로 인한 거짓 경계선 및 거짓 코너를 제거할 수 있도록 하였다. 실험을 통하여 제안한 코너 검출 방법이 잡음 및 조명 변화에 둔감하게 효과적으로 코너를 검출함을 확인하였다.

I. 서론

코너와 같은 특징점 추출은 3차원 모델링, 객체 인식,

형태 해석 등과 같은 컴퓨터 비전 분야에서 많이 사용되는 특징점 매칭의 전처리 과정으로 필수적이다. 영상 내에서 두 개 이상의 직선 에지가 교차하면서 형성되는 코너는 영상에 대한 아무런 사전정보 없이도 추출될 수 있을 뿐 아니라 영상 내의 전반적인 변화나 작은 왜곡에도 강건한 기본 특징점이다. 따라서, 이러한 코너를 효과적으로 검출하는 방법에 대해 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

기존 휘도 영상에서의 코너 검출 방법에서는 명도 변화의 크기와 방향 정보를 크게 부각시켜 에지를 추출하고 이를 바탕으로 코너를 검출한다 [2-3]. Mokhtarian 등 [2]은 CSS (curvature scale space)를 기반으로한 코너 검출 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 에지 맵 (edg map)에서 곡률의 절대값이 최대가 되는 점을 코너로 정의하고 CSS 기법을 이용하여 이를 검출하였다. Oh 등 [3]은 입력 영상에 캐니 연산자 (Canny operator)를 사용하여 에지 맵을 구하고 수학적 연산을 통해 에지 쌍으로 만들어지는 코너 후보점을 구한 후 이들 간의 거리 및 각도를 기반으로 코너를 검출하였다. 즉, 영상 내의 명도 변화 크기와 방향 정보를 이용하여 두 화소와 코너 후보점과의 거리가 가까울수록 큰 값을 반영하는 거리 가중 함수를 제안하고 GST (generalized symmetry transform) [4]에서 이를 수정 적용하여 코너를 검출하였다. 이들 방법은 명도 변화의 크기와 변화 방향을 사용하여 경

개선 및 코너를 검출하기 때문에 명도가 크게 변하는 부분적인 조명이나 그림자에 쉽게 영향을 받으므로 코너의 미검출이나 오검출을 유발할 가능성이 있다. 또한, 잡음에 강건하게 하기 위해서 캐니 연산자의 마스크를 크게 하기 때문에 계산 속도의 손실을 야기할 수 있다. 따라서, 조명등의 영향으로 그림자가 존재하거나 잡음이 있는 영상에서 코너만을 정확히 검출할 수 있는 연산자에 관한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 조명의 영향에 강건한 에지 연산자를 제안하여 에지 맵을 만들고, 이에 컬러 NTGST를 수정하여 부분적인 조명뿐만 아니라 그림자나 잡음이 존재하는 환경 하에서도 코너만을 정확히 추출하는 코너 검출자를 제안하였다. 먼저, HSI 색 공간에서 조명의 변화에 강건한 색상 성분을 주로 반영하고 채도 및 휘도 성분을 보조적으로 사용하는 가중 조합 벡터 미분 연산자를 제안하여 에지 맵을 구성하였다. 색상 성분은 조명의 영향을 적게 받아서 물체의 고유한 색상을 반영하므로 이 연산자로 구성된 에지 맵은 부분적인 조명이나 그림자의 영향을 적게 받는다. 즉, 실제로는 코너가 아닌데 두 면 사이의 경계가 만나서 발생하는 거짓 코너 (false corner)를 근본적으로 제거할 수 있도록 하였다. 잡음에 강건한 NTGST를 바탕으로 하여 두 직선 에지 쌍의 화소가 코너 후보에 가까울수록, 또 그 사이 각이 작을수록 코너 후보점에 누적값이 크도록 거리 가중 함수 및 위상 가중 함수를 수정함으로써 큰 마스크를 사용하지 않고도 잡음에 강건하도록 했기 때문에 처리속도도 개선하였다. 실험을 통하여 제안한 코너 검출자가 그림자나 잡음의 영향을 적게 받으면서 유효한 코너만을 효과적으로 검출함을 확인하였다.

II. 컬러영상에서의 코너 검출을 위한 연산자

본 논문에서는 HSI 색 공간에서 NTGST를 기초로 하여 색상 성분에 가중치를 크게 하는 가중 조합 벡터 미분 연산자를 이용하여 에지를 구하고 코너를 검출하기 때문에 부분적인 조명 변화뿐만 아니라 그림자 및 잡음이 존재할 경우에도 강건한 코너 검출이 가능하도록 하였다. 제안한 코너 검출 연산자를 이용하여 코너를 검출하는 알고리즘은 그림 1과 같다. 입력 영상으로부터 HSI 색 성분들을 추출하고 HSI 색 성분 각각의 수평, 수직 방향 미분값을 조합하여 그 변화 크기와 방향을 구하여 에지를 추출한 후, 이를 코너 후보

점에 누적하여 코너 후보맵을 구성하고 국소 최대치를 찾음으로써 코너를 검출한다.

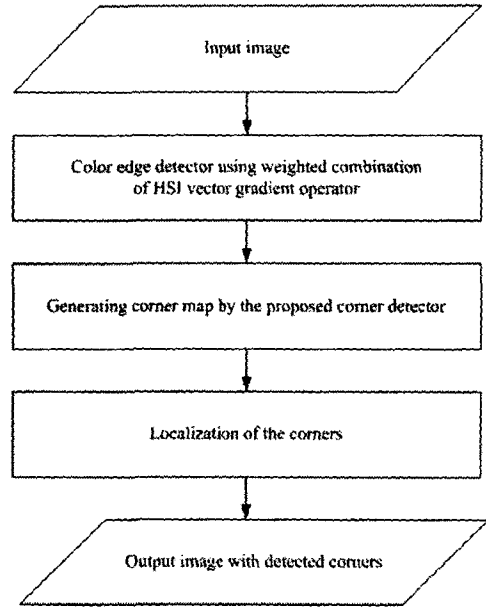


그림1. 제안한 HSI 컬러 공간 기반 코너 검출 방법의 흐름도

Fig. 1. Flow chart of the proposed corner detection in HSI color space

컬러 영상에서 화소 i 의 색 변화 크기 $G_M(i)$ 는

$$G_M(i) = \sqrt{G_x(i)^2 + G_y(i)^2} \quad (1)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 색 성분의 수평, 수직 변화 크기 $G_x(i)$, $G_y(j)$ 는 각각

$$G_x(i) = p |G_x^H| + (1-p) |G_x^S| + (1-p) |G_x^I|,$$

$$G_y(i) = p |G_y^H| + (1-p) |G_y^S| + (1-p) |G_y^I| \quad (2)$$

로 정의하였다. 여기서, 기하학 평균 $p(S_1, S_2)$ 는

$$p(S_1, S_2) = \sqrt{\alpha(S_1)\alpha(S_2)} \quad (3)$$

로 정의하였으며, $\alpha(S_1)$, $\alpha(S_2)$ 는 색상과의 관계를

측정하기 위한 계수이다.

이 때, 화소 i 의 색의 변화 방향 $\Phi(i)$ 은

$$\Phi(i) = \tan^{-1} (G_y^c(i)/G_x^c(i)) \quad (4)$$

로 정의된다. 이 때, $G_x^c(i)$, $G_y^c(i)$ 는 각각 수평, 수직방향으로 색 성분 크기가 가장 큰 값이다.

그림 2에서와 같이, 컬러 에지 맵으로부터 두 직선간의 교차점 p_c 즉, 코너 후보점을 각 직선 위에 에지 화소 위치 p_i , p_j 와 그의 색 성분 변화 방향 θ_i , θ_j 로부터 구한다.

식 (4)에서 얻어진 색의 변화 방향으로부터 코너 기여도를 반영하기 위한 위상 가중합수 $F(i, j)$ 는

$$F(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_j}{2} - \alpha_{ij}\right) \sin\left(\frac{\theta_i - \theta_j}{2}\right) \quad (5)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 α_{ij} 는 두 화소를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도이다.

한편, 에지 화소 위치 p_i , p_j 와 그 후보 교차점 p_c 사이의 거리 가중 합수 $D(i, j)$ 는

$$D(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma} \exp\left(-\frac{|p_i - p_c|}{2\sigma}\right) \exp\left(-\frac{|p_j - p_c|}{2\sigma}\right) \quad (6)$$

로 정의하였다. 여기서 σ 는 대칭 변환할 영역의 크기이다. 이렇게 정의된 위상 가중 합수 및 거리 가중 합수를 이용한 두 화소간의 코너 기여도 $C(i, j)$ 는

$$C(i, j) = D(i, j)F(i, j)G_M(i)G_M(j) \quad (7)$$

로 정의하였으며, 두 화소와 교차점까지의 거리가 가까울수록, 두 화소가 이루는 각이 작을수록, 색 변화 크기가 클수록 큰 코너 기여도가 나타나게 된다. 이렇게 계산된 코너 기여도를

$$\Gamma(p_c) = \left\{ (i, j) \mid \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \sin\theta_j & -\sin\theta_i \\ -\cos\theta_j & \cos\theta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_i \\ l_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \end{bmatrix} = p_c \right\}, \quad (8)$$

where $\Delta = \begin{vmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i \\ \cos\theta_j & \sin\theta_j \end{vmatrix} \neq 0$, i.e., $\theta_i \neq \theta_j$,

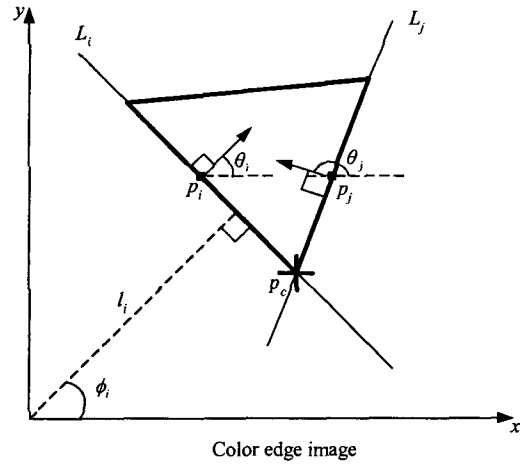


그림 2. 두 컬러 에지 직선으로부터 코너 후보점 결정
Fig. 2. Determination of corner candidate in two straight color edge lines

로 정의되는 두 에지 직선의 교차점 p_c 에 누적하면 코너 후보 맵 $CM(p_c)$ 은

$$CM(p_c) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p_c)} C(i, j) \quad (9)$$

와 같이 된다. 이와 같이 제안한 코너 검출 방법은 명도 변화 크기 및 변화 방향 대신 가중 조합 벡터 미분 연산자를 통해 얻어진 색 성분의 변화 크기 및 변화 방향을 이용함으로써 부분적인 조명변화 및 그림자와 같이 영상의 명도 값에 크게 영향을 주는 부분이 존재하더라도 색상의 특성을 반영하여 코너 기여도를 누적시킬 수 있기 때문에 기존 휘도 영상에서의 코너 검출 방법보다 부분적인 조명 변화 및 그림자에 강건할 수 있을 뿐 아니라 NTGST의 위상 가중 합수를 사용함으로써 잡음에도 강건하다.

IV. 실험 결과 및 고찰

실험에 사용된 영상은 그림자와 같은 부분 조명 영향에 대한 강건성을 확인하기 위하여 한쪽 방향의 조명을 가하면서 디지털 카메라로 획득한 실영상을 사용하였다. 그림 3(b), 4(b)에서와 같이 부분적인 조명 및 그림자에 영향을 받지 않고 코너를 검출함을 볼 수 있다. 이는 명도 변화의 크기 대신 HSI 색 공간에서 색상 성분을 강조하고 채도 및 휘도 성분을 보조적인 정

보로 사용하여 경계선 및 코너를 검출하기 때문에 부분적인 조명 및 그림자와 같이 영상의 명도 값에 크게 영향을 주는 부분이 존재할 경우에도 유효한 코너만을 검출할 수 있다.

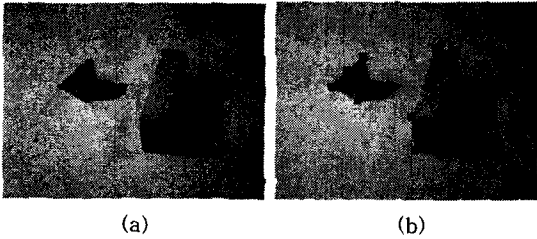


그림 3. 다른 모양을 가진 두 블록: (a) 원 영상 (256x192 크기), (b) 코너가 검출된 영상
 Fig. 3. Two blocks with different shape: (a) Original image (256x192 size) and (b) image with detected corners

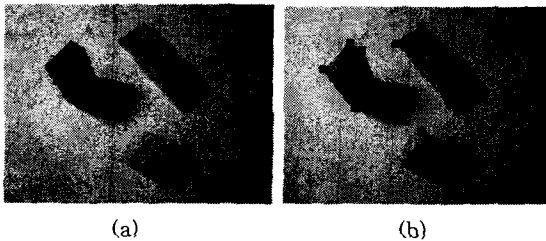


그림 4. 다양한 크기의 블록: (a) 원 영상 (256x192 크기), (b) 코너가 검출된 영상
 Fig. 4. Blocks with various size: (a) Original image (256x192 size) and (b) image with detected corners

V. 결론

본 논문에서는 켈리 NTGST를 코너 검출을 위해 수정 적용함으로써 부분적인 조명 변화뿐만 아니라 그림자 및 잡음이 있는 환경에서도 효과적으로 코너를 검출할 수 있도록 하였다. 가중 조합 벡터 미분 연산자를 통하여 얻어진 색 성분의 변화 크기와 방향 정보를

이용하여 코너를 검출함으로써 기존 휘도 영상에서의 부분 조명 및 그림자로 인한 코너 오검출을 제거했을 뿐 아니라 NTGST의 위상 가중 함수를 적용하기 때문에 잡음에도 강건하게 코너를 검출하였다. 실험을 통하여 제안한 코너 검출자는 그림자나 잡음에 강건하게 코너를 검출함을 확인하였다. 따라서, 제안한 코너 검출자는 스테레오 매칭, 객체 인식, 형태 해석 등과 같은 3차원 컴퓨터 비전 분야에서 전처리 과정으로 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

Reference

- [1] 김현철, "잡음에 강건한 일반화 대칭 변환의 켈리 영상으로의 확장," *경북대학교 전자공학과 석사학위 논문*, 2002.
- [2] F. Mokhtarian and R. Suomela, "Robust Image Corner Detection Through Curvature Scale Space," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 20, pp. 1376-1381, Dec. 1998.
- [3] H. H. Oh and S. I. Chien, "Extract Corner Location Using Attentional Generalized Symmetry Transform," *Pattern Recognition Lett.* vol. 23, pp. 1361-1372, Sep. 2002.
- [4] D. Reisfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free Attentional Operators: The Generalized Symmetry Transform," *IJCV*, vol. 14, pp. 119-130, 1995.
- [5] T. Carron and P. Lambert "Color Edge Detector Using Jointly Hue, Saturation, Intensity," *ICIP'94*, Texas, USA, vol. 3, pp. 977-981, 1994.
- [6] A. Koschan, "A Comparative Study on Color Edge Detection," *Proc. of 2nd ACCV'95*, Singapore, vol. 3, pp. 574-578, Dec. 1995.
- [7] S. Wesolkowski, M. E. Jernigan, and R. D. Dony, "Comparison of Color Image Edge Detectors in Multiple Color Spaces," *ICIP, Vancouver, Canada*, Sept. 2000.
- [8] J. F. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 8, pp. 679-698, Nov. 1986.