평활화가 모서리 검출에 미치는 영향 분석

The Effects Analysis of Smoothing on Conner Detect

최연성
군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

Yeonsung Choi
School of Computer, Information and Communication Eng., Kunsan National University

요약

KLT 알고리즘은 자기상관성을 이용하여 선정한 물체의 모서리(conner)를 추적할 특징으로 삼는데, 여기서 사용할 모서리를 검출하는 데는 Harris 방법이 많이 쓰인다. 해리스 방법에서는 강도(intensity)의 미분치를 평활화(smoothing)한 후 고유치를 구해서 모서리인지 에지인지를 판별하게 되는데, 본 논문에서는 평활화가 모서리검출의 성능에 미치는 영향을 밝힌다.

Ⅰ. 서론

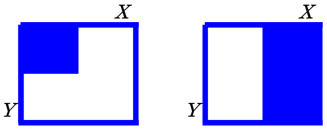
최근 자율주행차를 비롯한 지능형 무인이동체물체가 연구실 밖으로 나오고 있다. 이들에는 물체인식과 추적 기술이 필수적인데 인식과 추적에 널리 쓰이는 KLT 알고리즘은 모서리를 주된 특징으로 사용하며[1], Harris 모서리 검출기[2]와 Shi-Tomasi 검출기[3]가 대표적이다. 이 둘은 동일한 수리적 근거를 가지고 있으며 성능 또한 유사하다.

이들 모서리 검출기는 공히 평활화 과정을 거치는데, 그러다보니 평활화의 정도에 따라 모서리 검출의 결과가 달라진다.

본 논문에서는 모서리 검출의 대표적인 알고리즘들을 비교 분석한 후, 해리스 기법에서 평활화가 어떤 역할을 하는지 규명한다.

Ⅱ. 모서리 검출기들과 평활화의 역할

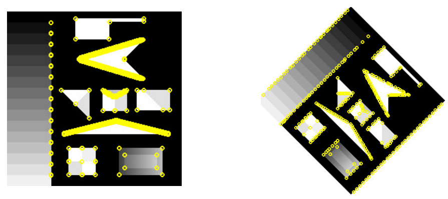
이 장에서는 물체 추적에 주로 쓰이는 기존의 알고리즘들(Moravec, Harris, Shi-Tomasi)을 비교 · 분석하여 문제점이 무엇인지 밝히고자 한다. 그림 1에 영상에서 모서리가 무엇인지 정의되어 있다. 코너는 X와 Y 방향 모두에서 강도함수 $f(x,y)$의 변동이 큰 구역인 국소 영상특징이다. 따라서 편미분 fx, fy가 모두 크다. 그에 비해 에지는 특정 방향으로의 변동만 크다.



▶▶ 그림 1. 모서리와 에지의 비교

(1) Moravec의 관심연산자(Interest operator)

이것은 가장 일찍이 개발된 검출기인데, 낮은 자기 유사성(self-similarity)을 갖는 점을 모서리로 규정한다. 유사성은 SSD(sum of squared differences)로 측정한다. Moravec 연산자는 몇 가지 단점을 가지고 있는데 가장 심각한 것은 不等方性(anisotropic) 응답을 한다는 것이다.



▶▶ 그림 2. 부등방성으로 인한 Moravec 연산자의 회전 불안정성

(2) Shi-Tomasi 모서리 검출기

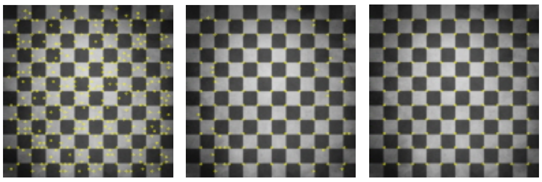
이것은 2개의 파라미터를 어떻게 설정하느냐에 따라 결과가 달라진다. 파라미터 설정에 관하여 아직까지 최적의 방법은 제시되지 않고 있으며, 대개 수작업에 의존한다. 그 2개의 파라미터는 두 번째 고유치 λ_2와 비교할 임계값 λ_{min}, 그리고 근방 윈도의 반경 d이다. 알고리즘은 다음과 같다.

1. 각 화소 (x,y)의 주위로 크기 (2d+1)×(2d+1)의 윈도 W 상에서 다음의 국소 구조행렬을 구성한다.

$$M_S(x,y) = \begin{bmatrix} \sum_R I_x^2 & \sum_R I_x I_y \\ \sum_R I_x I_y & \sum_R I_y^2 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

2. 작은 고유치 λ_2를 계산한다.
3. 만일 $\lambda_2 \rangle \lambda_{min}$ 이라면 (x,y)를 모서리 리스트에 보관한다.
4. 리스트를 크기순으로 정렬하여 모서리를 선정한다.
5. 비최대치 억제.

Shi-Tomasi 기법에서는 대개 잡음으로 인한 오류를 방지하기 위하여 먼저 가우스 필터링한다. 이 알고리즘은 임계값 λ_{min}을 어떻게 선정하느냐에 따라 검출되는 모서리의 수가 달라진다. 그림 3을 보면 임계값에 따라서 선정된 모서리가 크게 달라짐을 알 수 있다.



λ_{min}=1(377개) λ_{min}=10(144개) λ_{min}=50(121개)

▶▶ 그림 3. λ_{min}와 모서리의 관계

(3) Harris 모서리 검출기

점 *(x,y)*에서의 강도를 I*(x,y)*라고 하자. 이 점이 *(u,v)* 만큼 변위되었다면 강도의 변화량은 다음과 같다. 여기서 *w(x,y)*는 변화량을 가중시키는 역할을 한다.

$$E(u,v) = \sum_{x,y} w(x,y)[I(x+u,y+v) - I(x,y)]^2 \qquad (2)$$

M은 국소 구조행렬(local structure matrix)로 다음과 같다.

$$M = \nabla I \nabla I^T \qquad (3)$$

$$M_H = w(\sigma) \otimes (\nabla I \nabla I^T) = \sum_\alpha W_\alpha \nabla I_\alpha \nabla I_\alpha^T \qquad (4)$$

M_H은 M을 평활화한 것이며, I_α는 제α화소의 강도이며, W_α는 그 가우스 가중치(Gaussian weight)이다.

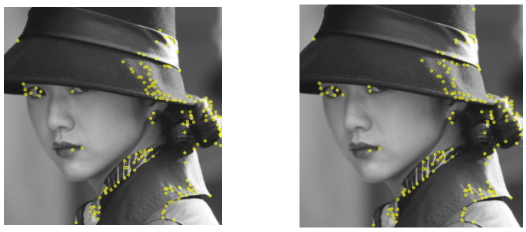
$$\det(M_H) = \lambda_1 \lambda_2$$
$$trace(M_H) = \lambda_1 + \lambda_2$$
$$r(x,y) = \det(M_H(x,y)) - \kappa(trace(M_H(x,y))^2 \qquad (5)$$

*r(x,y)*이 곧 모서리 여부(cornerness)를 결정하며, 2차 미분을 대체한 것이다. 만약 그래디언트가 그 근방에서 일정하다면 det*(MH)*는 여전히 0이지만, 그렇지 않고 분산되어 있다면, 그것들의 평균은 영이 아닌 2방향의 고유치를 가지며, 그 행렬식은 더 이상 0이 아니다. 즉, det(M_H)는 이 그래디언트 방향의 퍼짐 정도를 측정하게 된다.

이상에서 살핀 대로 가우스 평활화를 실시하지 않으면 식 (5)는 $-k \| \nabla I \|^2$이 되어 단순히 그래디언트의 크기밖에 계산하지 않지만, 평활화로 인하여 2차 미분 없이도 그 변동을 계산하고 있음을 알 수 있다. 하지만 실제로는 3차 미분까지 계산하고 있다.

Ⅲ. 실험 및 고찰

σ값을 달리하여, 즉 가우시안 윈도 크기(r)를 달리하여 모서리를 검출한 결과를 그림 4에서 볼 수 있다.



(a) r = 1 (b) r = 5

▶▶ 그림 4. 평활화 윈도의 크기에 따른 검출결과

감시시스템의 확대, 영상압축의 고도화, DTV, 3D 디스플레이, 자율주행로봇, 자율차량의 보급 등으로 영상이해가 필수적으로 부상함에 따라 빠르고 정확한 모서리 검출이 중요해졌다. 본고에서는 해리스 기법에서 평활화가 단순히 잡음제거용으로 사용되지 않고, 실제로는 미분의 역할을 담당함을 증명하였다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] Carlo Tomasi and Takeo Kanade, “Detection and Tracking of Point Features”, Carnegie Mellon University Technical Report CMU-CS-91-132, April 1991.

[2] C. Harris and M. Stephens, “A Combined Corner and Edge Detector”, Proc. Alvey Vision Conf., Univ. Manchester, pp. 147-151, 1988.

[3] Jianbo Shi and Carlo Tomasi, “Good Features to Track”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 593-600, 1994.