

로봇의 자율 항해를 위한 비전기반의 객체 인식

김 권*, 이창우*, 쉬수단*, 최요환*

Vision based Object Recognition for Autonomous Robot Navigation

Kwon Kim*, Chang Woo Lee*, Sudan Xu*, Yaohuan Cui

요 약

본 논문은 입력되는 영상에서 특정 객체를 찾기 위하여 특징 검출 및 매칭 결과를 분석하여 기술한다. 영상의 특징을 추출하는 방법 중 코너를 특징으로 하는 방법인 해리스 코너 검출(Harris corner detection)을 이용하여 코너를 추출하였으며, 추출한 특징을 이용하여 다양한 크기의 템플릿을 만들어 입력된 영상과 상관계수를 구해 최대값을 가지는 위치를 찾아 입력된 영상과 객체를 매칭 시킨 결과를 분석하였다. 본 논문의 연구 결과들은 객체의 탐지 등과 같은 영상 분석 기반 기술에 활용될 수 있으리라 기대된다.

▶ Keyword : 해리스 코너 검출, 템플링 매칭, 로봇 항해, 컴퓨터 비전

• 제1저자 : 김 권
* 군산대학교 컴퓨터정보과학과

1. 서론

산업자동화 및 정보기술의 발전으로 인해 카메라로부터 입력된 이미지를 이용한 객체 인식 및 추적에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 이동 로봇으로 상황 정보를 이용한 환경 인지 방법[2,3,4]과 상황정보를 Hidden Markov Model로 모델링[5]하여 위치 및 객체에 대한 인식, 추적 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 객체에 대한 인식, 추적은 결국 배경에서 객체를 분리하는 것이라 볼 수 있다. 이에 대한 방법은 객체의 특징을 찾아 입력된 이미지와 비교하여 매칭을 시키는 방법이 있다.

객체 인식에 있어 코너 정보는 모양이나 추적 등의 분야에 있어서 중요한 기준점이 된다. 코너 검출 분야에서는 Harris, Susan 등이 대표적이다. 엣지 정보들을 검출한 뒤 엣지를 이루는 점들 중에서도 중요한 특징점이 바로 코너가 된다. 특히 코너의 개수나 꺾인 각, 모양 등은 객체 인식에 있어서 매우 중요한 정보를 제공해 주기도 한다.

템플릿 매칭은 객체의 인식, 영상의 분할 등의 영상처리 분야에서 많은 응용성을 가지고 있지만, 영상의 회전, 이동 크기 변화에 매우 민감한 특성을 가지고 있다.

본 논문에서는 객체와 입력된 이미지의 코너 검출을 하여 나온 코너 점을 이용하여 객체에서 여러 가지 크기의 템플릿을 만들어 입력된 이미지와 템플릿 매칭을 하여 상관계수를 구해 가장 큰 값을 가지는 위치를 찾아 나온 결과를 분석하여 효율적인 템플릿의 크기와 코너 점의 수, 정확도와 템플릿 매칭의 속도 등을 찾을 수 있도록 한다.

2. 특징 추출 및 매칭

본 논문에서는 객체의 특징을 추출방법 중 코너를 특징으로 하는 방법인 해리스 코너 검출[1](Harris corner detector)을 이용하여 코너를 검출하며, 추출한 코너를 기준으로 하는 여러 가지 크기의 템플릿을 만들어 입력된 영상과 상관계수를 구해 최댓값을 가지는 위치를 찾아 템플릿 매칭(Template matching)을 하여 객체 인식 및 추적의 정확성과 시간을 분석하여 효율성을 향상할 수 있다.

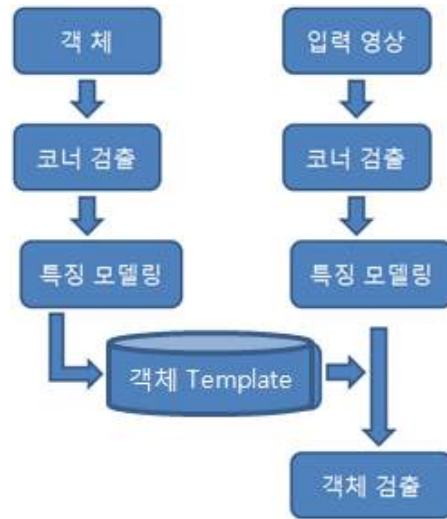


그림 1. 시스템 개략도

해리스 코너 검출은 기본적으로 지역적인 신호 변화를 측정할 수 있는 local auto correlation 함수에 바탕을 두고 있다. 각 구간에 있는 화소들에 대해 코너 점을 추출하여 코너의 정도가 가장 큰 화소를 그 영역의 특징 점으로 선택한다. 그림 2는 해리스 코너 검출을 이용하여 이미지에서 코너를 검출한 결과를 보여준다.

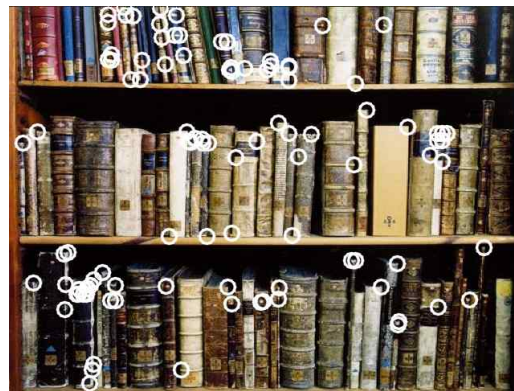


그림 2. 코너 검출 결과

템플릿 매칭은 2개의 이미지 그림 3(a), 그림 3(b)를 이용하여 그림 3(a) 이미지 전체를 탐색하면서 그림 3(b) 이미지와 각각 얼마만큼 유사성이 있는지를 구한다. 유사성을 구하는 방법으로 유클리디안법 식(1)을 이용 합니다.

$$R(x,y) = \sum_{x,y} [T(x',y') - I(x+x',y+y')]^2 \dots\dots\dots (1)$$

식(1)에서 구한 상관계수 맵에서 최대의 유사성을 갖는 값이 가장 유사한 객체로 인식 된다.

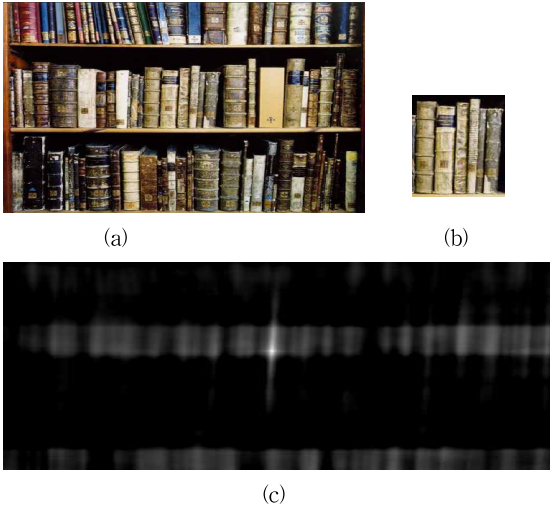


그림 3. 템플릿 매칭 결과 (a) 입력 이미지, (b) 객체 이미지, (c) 매칭

그림 4에서 보는 것과 같이 템플릿의 크기를 다양하게 하여 매칭을 시켜본 결과 템플릿의 크기가 커질수록 정확한 매칭을 하는 것으로 나타났다.

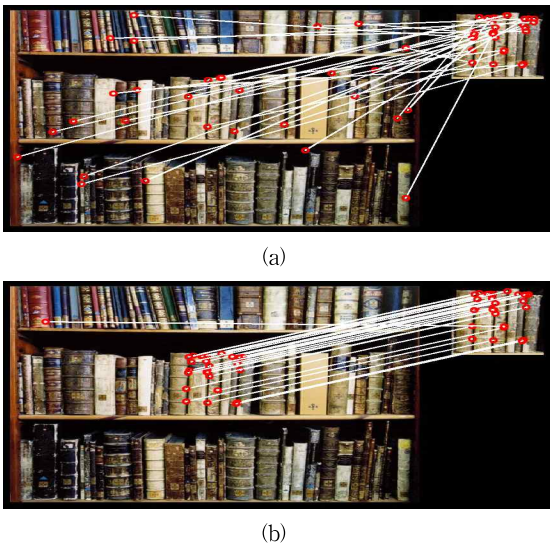


그림 4. 템플릿의 매칭 결과 템플릿 사이즈 (a)3×3, (b)5×5, (c)9×9.



그림 5. 객체 회전, 크기 변화 등 특징 모델

템플릿 매칭은 객체의 회전, 크기 변화 등 작은 변형에도 민감하다. 이를 개선하기 위하여, 그림 5와 같이 9개의 이미지로 각 이미지 마다 20개의 코너 점을 이용하여 총 180차의 객체의 특징모델을 만들었다. 특징 모델을 만들어 템플릿 매칭의 단점을 보완하여 객체의 정면과 좌우 측면등과 같은 객체의 회전과 스케일 변화에 보다 정확한 인식이 가능하다.

3. 실험 결과

본 논문의 실험은 Microsoft Windows XP 운영체제에 Intel(R) Pentium(R) M processor 1.60GHz와 1GB RAM의 노트북과 로봇 폭400mm, 길이 400mm, 높이 200mm, 무게 27kg, 최고속도 900mm/s, 바퀴 반지름 5, 두께 1*1/14, 폭 312mm의 로봇 환경에서 실험을 하였으며, Visual studio 6.0을 이용하여 개발 하였다.

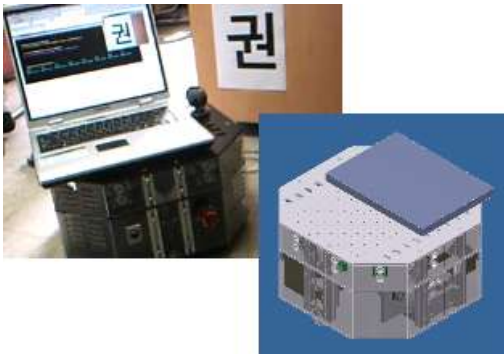


그림 6. (a) 실험환경(로봇, 노트북, 카메라, 객체(권)), (b) 로봇

특징 모델을 이용하여 템플릿 매칭의 단점인 객체의 회전, 크기 변화등과 같은 변형에도 코너점이 매칭이 되었으나 회전의 크기가 커질수록 매칭이 이루어지는 코너 점의 수가 줄었다.

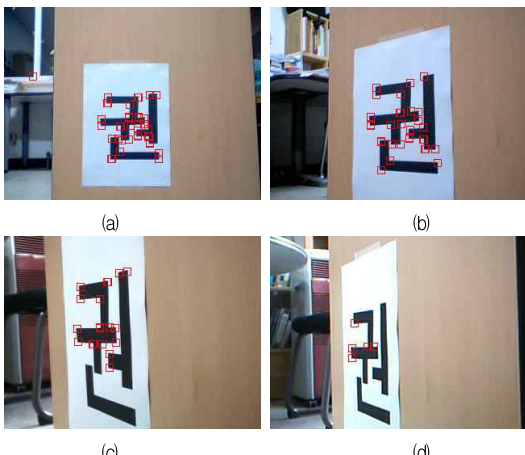


그림 7. 객체 회전의 크기에 따른 객체 인식 결과 (a) < (b) < (c) < (d)회전의 크기

표 1를 보면 3×3, 5×5, 9×9 템플릿에 대한 매칭률 (객체에서 구한 템플릿과 입력이미지의 매칭되는 코너 점)은 5×5, 3×3, 9×9의 순으로 나왔으나 정확한 매칭은 3×3, 5×5, 9×9의 순으로 정확도(매칭된 코너 점중 정확하게 매칭된 코너 점)가 나왔다. 3×3은 매칭률에 비해 정확히 매칭된 코너 점의 개수가 현저히 낮아 템플릿 매칭에 부적절 하다. 코너 점의 개수별 매칭률 및 정확도를 봤을 때는 20개의 코너 점을 이용하였을 때 제일 높은 것으로 나왔다. 이 건 특징이 강한 코너 점들을 이용하여 템플릿 매칭을 하는 것이 효율적인 것으로 나타났다.

표 1. 매칭률 및 정확도(%)

코너개수		20	40	60	80	100
매칭률 정확도 (%)	3x3	80.0 / 25.0	77.5 / 22.58	81.67 / 20.41	85.0 / 17.65	75.0 / 16.0
	5x5	70.0 / 100.0	72.5 / 96.55	70.0 / 97.62	72.5 / 98.28	64.0 / 98.44
	9x9	90.0 / 100.0	87.5 / 100.0	85.0 / 100.0	83.75 / 100.0	73.0 / 100.0

객체 인식에 걸린 시간은 표 2에서 보는 것과 같이 템플릿의 크기는 상관없이 일정한 시간이 걸렸고, 템플릿의 수를 늘릴수록 소요 시간이 오래 걸리는 것을 알 수 있다. off-line (데스크탑(Core(TM) 2 6300 @ 1.86GHz, 1GB))과 on-line(노트북(Pentium(R) M processor 1.60GHz, 1GB))의 소요시간은 실제 로봇과 작동하는 on-line 때 상대적으로 성능이 낮아 소요 시간이 더 걸리는 것을 알 수 있다.

표 2. 소요 시간(초)
off-line / on-line

코너개수		20	40	60	80	100
걸린 시간 (초)	3x3	1.094/ 1.522	2.266/ 3.144	3.438/ 4.767	4.578/ 6.519	5.047/ 7.140
	5x5	1.078/ 1.532	2.219/ 3.114	3.360/ 4.787	4.531/ 6.410	4.968/ 7.380
	9x9	1.094/ 1.633	2.234/ 3.084	3.328/ 4.938	4.485/ 6.380	4.890/ 7.701

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 해리스 코너 검출과 템플릿 매칭을 사용하여 코너 점의 개수를 많이 하는 것보다는 특징이 강한 다수의 코너 점을 이용하여 템플릿 매칭을 하는 것이 정확도 및 속도면에서 효율적인 것으로 나타났다.

템플릿 매칭의 단점인 객체의 회전, 크기의 변경 시 매칭률이 떨어지는 것을 개선하고 템플릿간의 위치 관계를 고려하여 더 좋은 결과가 위하여 연구 중이며, 로봇에 접촉 시켜 장소 인식 또는 객체를 인식, 추적하는 알고리즘을 개발 중에 있다.

참고문헌

- [1] Chris Harris and Mike Stephens “A Combined Corner and Edge Detector” Proceedings of The Fourth Alvey Vision Conference, Manchester, pp 147-151. 1988
- [2] N. Maillot, M. Thonnat, and A. Boucher, “Towards ontology-based cognitive vision,” Machine Vision and Applications, pp.33-40, 2004.
- [3] W. Hwang, J. Park, H. Suh, H. Kim and I.H.Suh, “Ontology-based Framework of RobotContext Modeling and Reasoning for Object Recognition,” Lecture notes in Computer Science, pp. 596-606, 2006.
- [4] E. Wang, Y. S. Kim, H. S. Kim, J.H. Son, S. Lee, and I. H. Suh, “Ontology Modeling andStorage System for Robot Context Understanding,” Lecture notes in ComputerScience, pp. 922-929, 2005.
- [5] 김성호, 권인소, “비디오에서 양방향 문맥 정보를 이용한 상호협력적인 위치 및 물체 인식” 로봇 공학회 논문지, 1(2), pp.172-179.