

상황 정보 기반 양방향 추론 방법을 이용한 이동 로봇의 물체 인식

Object Recognition for Mobile Robot using Context-based Bi-directional Reasoning

임기현¹, 류광근², 서일홍³, 김종복⁴, 장국현⁵, 강정호⁶, 박명관⁷

G. H. Lim, G. G. Ryu, I. H. Suh, J. B. Kim, G. X. Zhang, J. H. Kang, M. K. Park

Abstract - In this paper, We propose reasoning system for object recognition and space classification using not only visual features but also contextual information. It is necessary to perceive object and classify space in real environments for mobile robot, especially vision based. Several visual features such as texture, SIFT, color are used for object recognition. Because of sensor uncertainty and object occlusion, there are many difficulties in vision-based perception. To show the validities of our reasoning system, experimental results will be illustrated, where object and space are inferred by bi-directional rules even with partial and uncertain information. And the system is combined with top-down and bottom-up approach.

Key Words : Object recognition, Context, Bi-directional Reasoning, Top-down and bottom up

1. 서론

로봇이 수준 높은 서비스를 제공하기 위해서는 환경 인지는 필수적이다. 로봇은 다양한 센서를 통하여 환경을 인지한다[1]. 그중 시각 기반 인식 방법은 이동로봇에 주요한 인식 방법이다. 이는 인간이 대부분의 정보를 시각에서 얻는 것과 같이 로봇이 비전 센서의 내제된 풍부한 정보량을 통하여 물체 인식, 거리뿐만 아니라 상황 정보 등 고차원 정보 획득을 할 수 있다. 시각 기반 인식을 위하여 컴퓨터 비전 분야에서 텍스처, 칼라, SIFT[2] 등 다양한 시각 특징을 이용한 물체인식 방법이 연구되었으며, 여러 특징을 확률 기반으로 추론하는 방법[3]들이 연구되고 있다.

하지만 실생활 환경에서 인식하는 것은 많은 어려움이 있다. 로봇이나 물체 이동에 따른 불확실한 센서 정보와 다른 물체 등에 부분적으로 가려진 물체를 인식해야 하는 문제들이 있다. 최근 고차원의 시멘틱 정보 특히 상황 정보를 이용한 환경 인지 방법이 활발히 이루어지고 있다[4][5][6]. 상황 정보를 HMM 모델링[7]하여 위치 및 물체를 인식하는 방법들이 제시되었다.

우리는 물체인식 및 장소 구분을 위하여 여러 시각 특징을 혼합하는 방법뿐만 아니라 상황, 물체의 연관 관계 등의 시멘틱 정보를 사용하는 방법을 제안한다. 이 방법은 양방향

추론[9]을 하게 되는데, 센서를 통해 들어온 정보를 기반으로 시각 특징뿐만 아니라 상황 정보를 통하여 추론한다. 이를 통하여 가려지거나 센서의 불완전한 정보에서도 사물인식을 가능하게 된다.

2장에서는 물체 인식을 위한 단방향 물체 추론에 대하여 기술하고, 3장에서는 양방향 추론 방법을 언급한다. 4장에서 실험을 통하여 양방향 추론의 결과를 기술하고, 끝으로 결론을 기술한다.

2. 단 방향 추론을 통한 물체 인식

많이 사용되고 있는 물체 인식은 시각 특징을 모델에 따라 물체별 데이터베이스를 구축하고, 얻어진 영상에서 추출된 시각 특징과 비교(match)하는 방법이다. 본 논문에서 단 방향 추론을 통한 하향식 물체 인식 방법은 그림 1과 같다. 우선, 비전 모듈은 찾고자 하는 물체의 시각 특징을 지식베이스에 질의를 하고, 그 특징에 맞는 시각 특징 알고리즘을 구동한

저자 소개

- 1 임기현 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
- 2 류광근 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
- 3 서일홍 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 교수
- 4 김종복 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
- 5 장국현 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
- 6 강정호 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정
- 7 박명관 : 동양대학교 IT전자공학과 교수

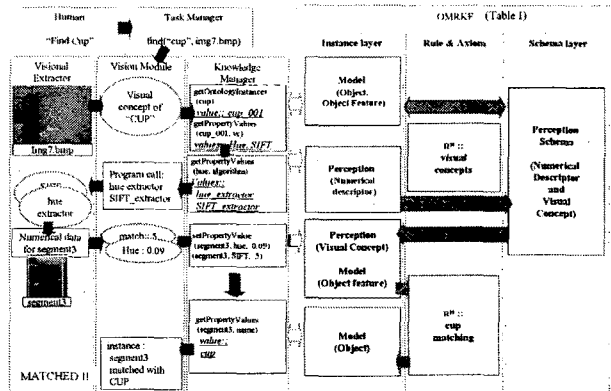


그림1. 단방향 하향식 물체 추론

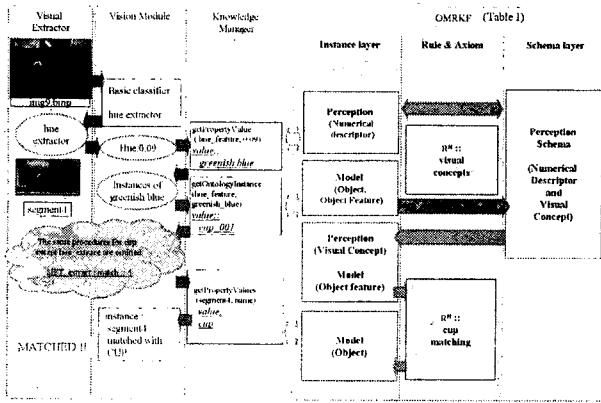


그림2. 단방향 상향식 물체 추론

다. 나누어진 각 영역별 획득된 수치 값을 찾고자 하는 물체의 모델과 비교를 하여 물체를 인식하게 된다. 각 영역은 주어진 이미지에서 에지 특징을 추출하여 가로 세로 축별 히스그램을 구한다. 구해진 히스토그램에서 변곡점을 찾아내고, 변곡점을 기준으로 영역을 나누었다. 사용된 지식 베이스는 Table 1에 나타나 있다. 지식베이스에는 로봇 중심으로 정의된 지식 스키마와 센서를 통하여 인지되어 실체화된 지식 인스턴스, 지식 간의 관계를 정의한 규칙 (Rule and axiom)을 포함하고 있다.

또한, 단 방향 추론을 통한 상향식 물체 인식 방법은 그림 2와 같다. 우선, 각각 나누어진 영역별로 물체 인식을 위한 기본 알고리즘으로 칼라 특징을 찾는다. 찾아진 칼라 특징과 매치되는 물체 후보군을 질의 한다. 물체 후보군에 따라 다시 단방향 하향식 물체 추론을 통하여 물체를 인식하게 된다. 이때는 인식을 위해 처음 사용된 칼라 특징에 대한 처리 과정은 생략되고, 그 영역에서만 비교를 하게 된다. 다음 영역에서 이러한 작업을 반복한다.

3. 양방향 추론을 통한 물체 인식과 위치 구분

양방향 추론에 있어서 첫 번째는 단방향 추론과 같은 절차를 따른다. 그림 3은 양방향 물체 인식을 위한 방법을 보여 준다. 우선, 인식하고자 하는 물체가 주어졌을 때, 하향식 추론에서와 같이 물체 인식을 위한 추론을 진행한다. 하지만 물체가 먼 곳에 있어 인식하기 어렵거나 센서 정보에 오차가 있거나 혹은 부분적으로 가려져 있는 경우 물체의 모델과 일치하는 시각 특징을 얻을 수 없게 된다. 시각 특징이 일치하지는 않지만, 물체 모델과 유사한 시각 특징을 가지게 되면 그 물체의 후보라는 규칙이 활성화 된다. 그러면, 단방향 물체 인식을 위한 사용된 시각 정보 이외 물체와 관련된 시멘틱 규칙이 있는지 확인을 하고, 그 규칙을 통하여, 현재 인식하고자 하는 영역이 찾고자 하는 컵과 유사한 시각 특징을 보이지만 일치 하지 않을 경우에도 부역 식탁에서 찾아진다 면 이 또한 물체 인식을 위한 하나의 증거로 이용된다.

4. 실험 결과

우리는 물체인식을 위한 양방향 추론 방법을 위하여 그림 4와 같이 부역에 있는 컵을 찾는 실험을 실시하였다. 산자부 지원 "21세기 프론티어 과제"에서 사용되는 이동 로봇인 "인

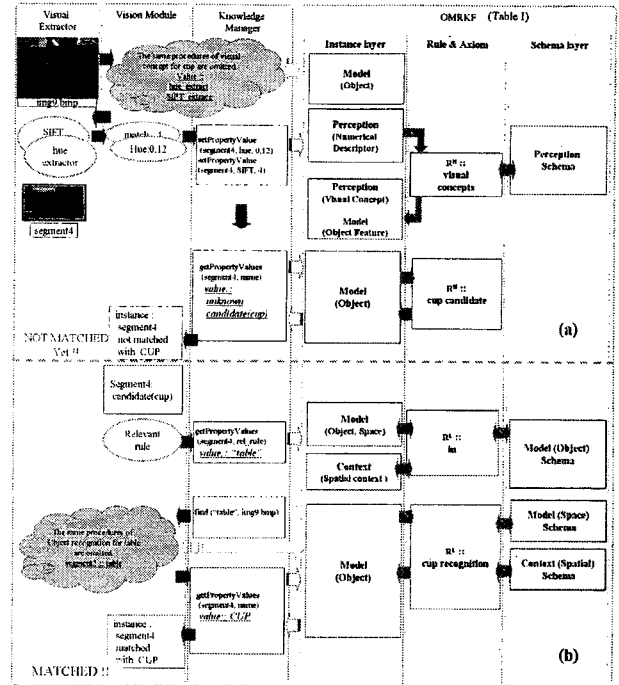


그림3. 양방향 물체인식을 위한 추론

포테인먼트 로봇"을 이용하였다. 이동 로봇에게 "컵"을 찾아달라는 지시하게 되면, 컵이 주로 위치하거나 기존에 발견된 컵의 위치를 지식베이스에 질의를 하여 부역 식탁의 결과를 얻게 된다. 이동 로봇은 컵을 찾기 위하여 부역으로 이동하게 된다. 부역에 들어섰을 경우 식탁을 향한다. 상향식 물체 인식 방법을 이용하여 컵의 시각 특징을 지식베이스로부터 질의를 하여 "greenish blue"와 "SIFT match::5"의 결과를 얻게 되면, 비전 모듈은 "hue_extract"와 "SIFT_extract"를 실행하여 결과 값을 얻게 된다. 실행된 결과가 질의한 컵의 시각 특징과 일치하면 물체가 추론이 된다. 하향식의 경우, 각 영역에서 먼저 칼라 특징을 추출을 한다. 칼라 특징 값에 따라 칼라 특징을 값을 정하게 된다. 실험에서는 hue 값으로 0.09가 나왔으며, 이 값은 "greenish blue"의 특징이 된다. 다시 비전 모듈은 지식베이스에 "greenish blue"의 특징을 가지는 지식 인스턴스를 질의하여 "컵"을 응답을 얻게 된다. 이후는 다시 하향식 추론에서와 같이 "컵"을 인식 하기 위한 절차를 따른다. 이 과정에서 이미 추출된 칼라 특징에 대한 계산은 생략이 된다. 그리하여 "컵"이 맞는지 확인하

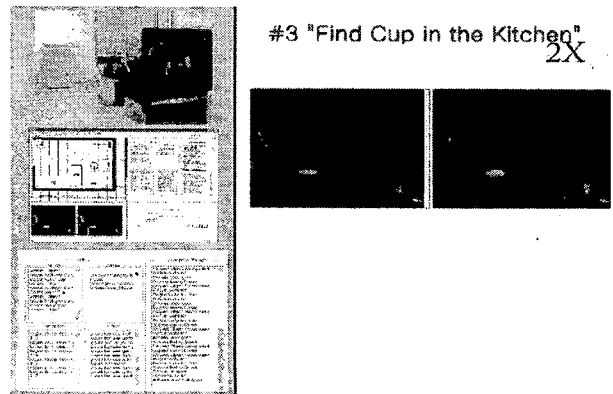


그림4. 실험 결과 영상

Knowledge Instance		Rule		Knowledge Schema	
Uni-directional reasoning for Object recognition					
M ₁ and M ₂	type(cup_001, cup) . has_vc(cup_001, hue, greenish blue). has_vc(cup_001, SIFT, 5).	R ^H : visual concept	IF visual_feture_instnace::X has extractor::D AND X has numerical_descriptor::V AND 'visual_concept: C' has range from L to H AND L < V < H THEN X has 'visual concept: C'	P ₂ and P ₃	has_ex(hue, hue_extract). has_ex(SIFT, sift_extract). has_ex(shape, shape_extract). range(hue, greenish blue, 0.0, 0.1). range(SIFT_match, cup, 5, 1000).
P ₁ and P ₂	segment3(hue_val, 0.09). segment3(SIFT_match, 5). segment3(hue, greenish_blue). segment3(SIFT, SIFT_match).	R ^H : cup match	IF Object_instance U has visual concept instances: V1 ... VN AND Object 'cup' has visual concepts 'hue:greenish blue' and 'SIFT_match:5' AND all 'cup' relevant visual concepts are exists in V1..VN THEN U is instance of 'cup'		
M ₂	type (segment3, cup)				
Uni-directional reasoning for Object recognition (Not matched case)					
P ₁	Segment4(hue_val, 0.12). Segment4(SIFT_match, 4).	R ^H : visual concept	IF visual_feture_instnace::X has extractor::D AND X has numerical_descriptor::V AND 'visual_concept: C' has range from L to H AND L < V < H THEN X has 'visual concept: C'	P ₂ and P ₁	range(hue, blue, 0.1 0.2). range(SIFT_candidate, 3, 4).
P ₂	Segment4(hue, blue). Segment4(SIFT, SIFT_candidate).	R ^H : cup candidate	IF Object_instance U has visual concept instances: V1 ... VN AND Object 'cup' has visual concepts 'hue:blue' and 'SIFT:4' AND all 'cup' relevant visual concepts are exists in V1..VN THEN U is candidate of 'cup'		
M ₂	type(segment4 , candidate(cup))			M ₁	has_vc(cup, hue, blue). has_vc(cup, SIFT, matched 4).
Bi-directional reasoning for Object recognition (Matched case)					
M ₂	type(segment4 , candidate(cup)) type(segment5, table_001)	R ^H : in	IF X is object And Y is space And location of X is included in Y THEN X is in Y	M ₃	has_obj(kitchen, cup) has_obj(kitchen, table)
M ₃	type (space, Kitchen_001).	R ^L : cup recognition	IF Object_instance U is 'cup' candidate AND space instance is 'cup' relevant space: 'kitchen' AND context instance is 'cup' relevane: 'on:table' AND there exist object instance near U which has relation context 'on' with object 'cup' and 'table' THEN U is instance of 'cup'		
C ₁	on(cup_001, tabke_001)				
M ₂	type(segment4, cup)				

게 된다. 이후 다음 영역에서 같은 작업을 반복하게 된다.

거리가 멀거나 부분적으로 가려진 경우 컵을 인식하기에 충분한 시각 특징을 얻지 못하였다. 하지만, 컵과 유사한 시각적인 특징을 획득하여 “컵 후보”가 된다. 이 경우 “컵” 인식을 위한 추가 정보로 “컵은 부엌 식탁위에 놓여 있다”는 상황 정보에 따라 양방향 추론 규칙이 활성화 되어 컵을 확신하게 되었다. 이후 컵을 향해 좀 더 다가가 시각 특징만을 이용하여 컵을 확신할 수 있다.

5. 결론 및 고찰

본 논문에서는 물체 인식을 위한 추론 방법으로써 단방향 추론과 양방향 추론을 보여 주었다. 단방향 추론에서는 특정한 물체를 찾기 위한 상황식과 임의의 물체를 찾기 위한 상황식 추론 방법을 보였고, 양방향 추론에서는 단방향 추론에서 사용된 시각 특징이 부족한 경우에도 위치나 물체의 연관성 등의 상황 정보를 이용하여 찾고자 하는 물체를 추론할 수 있었다. 시멘틱한 상황 정보를 다양하게 이용하기 위하여 물체 인식에 필요한 상황 정보를 위한 일반적인 물을 찾고 이를 로봇의 주행이나 다른 임무 수행에 적용하는 부분은 앞으로 계속 연구해야할 부분이라고 생각한다.

논문사사

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 『2단계 BK21 사업』과 산자부 지원의 21세기 프론티어 과제에 지능 로봇 사업의 지원을 받았다.

참고 문헌

[1] O. Martinez Mozos, A. Rottmann, R. Triebel, P.

Jensfelt, W. Burgard. "Semantic labeling of places using information extracted from laser and vision sensor data." In In Proc. of the IEEE/RSJ IROS 2006 Workshop, Beijing, China, 2006.

[2] D. G. Lowe, "Distinctive image features form scale-invariant keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91 - 110, 2004.

[3] S. Thrun, W. Burgard and D. Fox, "Probabilistic Robotics." MIT Press 2005, ch. 1.

[4] N. Maillot, M. Thonnat, and A. Boucher, "Towards ontology-based cognitive vision," Machine Vision and Applications, pp.33-40, 2004.

[5] W. Hwang, J. Park, H. Suh, H. Kim and I.H. Suh, "Ontology-based Framework of Robot Context Modeling and Reasoning for Object Recognition," Lecture notes in Computer Science, 2006, pp. 596-606.

[6] E. Wang, Y. S. Kim, H. S. Kim, J.H. Son, S. Lee, and I. H. Suh, "Ontology Modeling and Storage System for Robot Context Understanding," Lecture notes in Computer Science, 2005, pp. 922-929.

[7] 김성호, 권인소, "비디오에서 양방향 문맥 정보를 이용한 상호협력적인 위치 및 물체 인식", 로봇공학회 논문지, 1(2): 172-179

[8] I. Bratko, "Prolog programming for artificial intelligence," 3rd ed. Pearson education, 2001, pp. 57.

[9] K.J. Holyoak, D. Simon, "Bidirectional Reasoning in Decision Making by Constraint Satisfaction," Journal of Experimental Psychology: General, 128, 3 - 31.