

# 온톨로지에 기반한 자율주행 로봇의 제어

## Ontology-based Control of Autonomous Robots

이인근 · 권순학\*

In K. Lee and Soon H. Kwon\*

영남대학교 전기공학과

### 요 약

본 논문에서는 온톨로지에 기반한 자율주행 로봇의 제어 방법을 제안한다. 제안한 방법은 온톨로지를 단순히 정보의 체계적인 저장소로 이용하는 것에서 벗어나 온톨로지 추론을 통해 로봇을 제어한다. 즉, 로봇이 감지한 장애물 정보를 온톨로지로 표현하고, 온톨로지 추론을 통해 주변 상황에 따른 로봇의 행동계획과 로봇의 제어를 수행한다. 그리고 차동구동형 로봇을 제작하고, 실제 환경에서의 로봇 주행 실험을 통해 제안한 방법의 효용성을 보인다.

키워드 : 자율주행 로봇, 온톨로지 제어, 온톨로지 추론

### Abstract

In this paper, we propose a method of ontology-based control of autonomous robots. Advancing one step further from using ontology as a hierarchical storage of information, the proposed method shows how to control robots through ontology inference. That is, the information on obstacles detected by robots is represented as an ontology, and robots' action planning and control are performed according to robots' surroundings through ontology inference. We make a differentially driven robot and illustrate the effectiveness of the proposed method via the experiment of the robot's navigation in real environment.

Key Words : autonomous robots, ontology control, ontology inference

## 1. 서 론

자율주행 로봇의 지능 구현을 위한 퍼지, 신경망, 전문가 시스템, 유전자 알고리즘 등과 같은 알고리즘과 함께 최근에는 온톨로지를 이용하여 로봇의 지능을 구현하려는 연구가 진행되고 있다[1-8]. 이들 연구에서는 로봇의 지식을 온톨로지로 체계화하고, 로봇이 주행하는 환경정보를 온톨로지 표현하였다[3-5]. 그리고 주변 환경의 인식과 경로계획, 행동계획에 온톨로지를 이용하는 연구를 수행하였다[6-8]. 또한, 자율주행 로봇의 위치인식과 주행에 관한 연구로써, 참고문헌 [1]에서는 '감지', '획득', '인식', '계획', '행동'의 다섯 단계로 구성된 Konar의 '인지 사이클'[2]에 기반하여 로봇이 목표점까지 이동하기 위한 '자율주행 알고리즘'을 제안하였다. 이 연구에서는 자율주행 로봇이 카메라와 거리 센서를 이용하여 주변 장애물의 정보를 획득하고, 장애물의 정보로부터 로봇의 현재 위치를 인식한다. 그리고 장애물의 속성과 관계를 온톨로지 표현한 지도를 이용하여 로봇의 이동 경로를 계획하고 목표점까지 이동하는 과정을 모의 실험을 통해 확인하였다. 그러나 기존 연구에서는 로봇의 주행 중에 발생할 수 있는 상황에 대한 로봇의 제어, 즉, 장애물과의 충돌 회피와 같은 국소 영역에서의 로봇 제어를 위해 온톨로지를 활용하는 방법에 관한 연구는 부족하다.

본 논문에서는 온톨로지에 기반한 자율주행 로봇의 제어

방법을 제안한다. 제안한 방법은 온톨로지를 단순히 정보의 체계적인 저장소로 이용하는 것에서 벗어나 온톨로지 추론을 통해 로봇을 제어한다. 즉, 로봇의 제어를 위한 온톨로지 추론을 위해 로봇이 감지한 주변 정보를 온톨로지 표현하고, 온톨로지 추론을 통해 주변 상황에 따른 로봇의 행동계획과 로봇의 제어를 수행한다. 그리고 제안한 방법을 실제 자율주행 로봇에 적용한 실세계 환경에서의 실험을 통해 그 효용성을 확인한다.

## 2. 온톨로지에 기반한 자율주행 로봇의 제어

본 논문에서는 기존의 '자율주행 알고리즘'[1]을 확장하여 그림 1과같은 온톨로지 기반의 자율주행 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 로봇이 센서를 통해 감지한 환경 정보를 개념화하여 온톨로지 표현하고, 온톨로지 추론을 통해 로봇의 이동 거리와 방향에 대한 로봇 구동부의 제어 값을 결정한다.

확장된 알고리즘에 대해 2.1절에서는 로봇의 지능을 구성하는 온톨로지의 설계에 대해 언급하고, 2.2절에서는 로봇이 센서를 통해 감지한 장애물의 온톨로지 표현 방법을 보인다. 그리고 2.3절에서는 로봇의 '부목표 장애물'의 탐색

접수일자 : 2008년 4월 1일

완료일자 : 2008년 7월 10일

\*Corresponding author

1) 참고문헌 [1]에서는 로봇의 주행 환경 지도를 수치적 좌표가 아닌 장애물간의 관계로 표현한다. 따라서 로봇의 위치와 목표점까지의 경로는 장애물을 기준으로 표현되며, '부목표 장애물'

을 위한 로봇의 제어 방법과 로봇 구동부의 제어 값을 결정하기 위해 퍼지 제어의 개념을 이용한 온톨로지 추론 방법을 보인다.

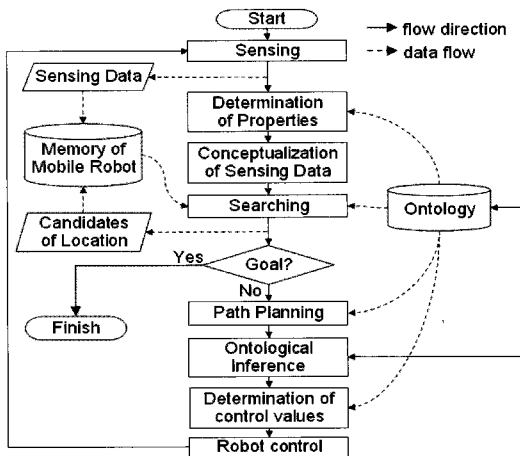


그림 1. 개선된 온톨로지 기반 자율주행 알고리즘  
Fig. 1. Improved ontology-based autonomous navigation algorithm

2.1 온톨로지 설계

자율주행 로봇의 인지 사이클에서 ‘지식베이스’를 구성하는 온톨로지는 로봇이 주행할 환경에 존재하는 장애물의 속성 및 장애물간의 관계를 표현한 ‘지도 온톨로지’[1], 로봇이 획득한 주변 정보를 개념화하여 로봇과의 관계를 표현한 ‘상황 온톨로지’[1], 그리고 로봇을 구성하는 감지부와 구동부의 속성 및 관계를 표현한 ‘로봇 온톨로지’로 구성된다.

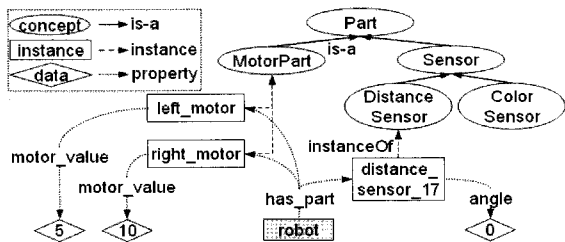


그림 2. 로봇 온톨로지  
Fig. 2. Robot-ontology

그림 2는 ‘로봇 온톨로지’의 예를 보인다. 로봇의 감지부를 개념화한 ‘Sensor’는 구성품을 나타내는 개념 ‘Part’에 포함되며, 속성 ‘has\_part’를 이용하여 로봇의 구성품임을 나타낸다. 그리고 개념 ‘MotorPart’는 로봇의 구동부로서 좌·우의 모터를 ‘left\_motor’와 ‘right\_motor’의 개체로 나타낸다. 또한 각 모터를 구동하기 위한 제어 값은 속성 ‘motor\_value’를 이용하여 표현한다. 이와 같이, ‘로봇 온톨로지’를 통해 로봇의 상태와 구조를 확인할 수 있고, 로봇을 구성하는 개체들에 대해 제어에 관련된 속성 값을 지정함으로써 온톨로지를 통해 로봇을 직접 제어할 수 있다.

그림 2의 우측 상단의 점선 영역은 온톨로지의 구성 요소인 개념(concept), 개체(instance), 숫자나 문자와 같은 데

어물은 로봇이 목표점까지 이동하는 과정에서 경유해야 하는 장애물들을 말한다. 그리고 이하 ‘부목표 장애물’을 ‘부목표’로 표기한다.

이터(data), 그리고 개념이나 개체 사이의 관계 설정을 위한 속성(property)의 기호를 나타낸다.

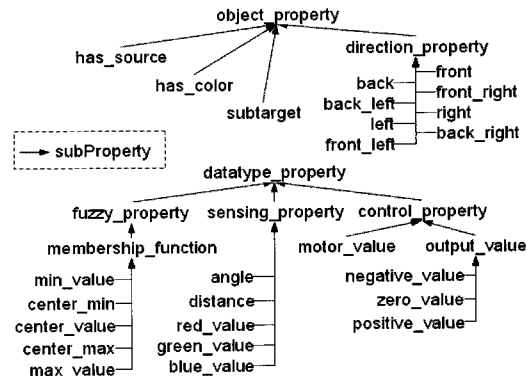


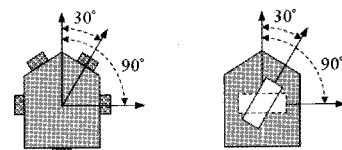
그림 3. 속성 계층  
Fig. 3. Hierarchy of properties

그림 3은 로봇의 지식베이스를 구성하는 온톨로지에서의 관계 설정을 위한 속성의 계층관계를 나타낸다. 그림 3에서 ‘direction\_property’는 로봇이 감지한 장애물의 방향을 나타내는 속성이고, ‘subtarget’은 로봇이 탐색할 부목표를 지정하는 속성이다. ‘membership\_function’은 퍼지 소속 함수를 표현하는 속성이고, ‘sensing\_property’는 로봇이 감지한 환경 정보를 표현하는 속성이다. 그리고 ‘control\_property’는 로봇 구동부의 제어와 관련된 속성이다.

온톨로지에서의 속성을 이용한 개념간의 관계 표현 방법은 OWL(Web Ontology Language)[9]의 ‘property(domain, range)’와 같은 형태의 이진 관계<sup>2)</sup>로 표현한다. 여기서 속성은 ‘range’의 형태에 따라 ‘object property’와 ‘datatype property’로 구분되며, 그림 3의 ‘datatype property’는 ‘range’가 ‘xsd:integer’나 ‘xsd:double’ 형태의 데이터 값이다. 여기서 ‘xsd:’는 XML Schema Definition[10]으로 W3C에서 정의한 데이터 형태를 의미하는 어미(prefix)이다.

2.2 센서 모듈과 감지 정보의 개념화

로봇은 다양한 종류의 센서를 장착하여 주변 정보를 감지한다. 예를 들어, 그림 4와 같이 레이저 센서를 이용하여 각 각도에서의 거리 정보를 얻거나, 로봇의 측면에 초음파 센서를 장착하여 각 각도에서의 거리 정보를 얻을 수 있다. 즉, 로봇과 장애물 사이의 거리를 감지하기 위한 센서의 종류와 개수는 다르지만 감지 대상(예:로봇과 장애물 사이의 거리)은 동일하다. 따라서 센서의 종류에 상관없이 색상, 거리와 같은 감지 대상에 따라 센서를 개념화하여 표현한다.



(a)초음파 센서 (b)레이저 센서

그림 4. 거리 센서의 장착 예

Fig. 4. Examples of mounting of distance sensors

2) 이진 관계(binary-relation)는 술어(property, predicate), 주체(range, subject)와 대상(range, object)을 ‘predicate (subject, object)’ 와 같이 표기한다.

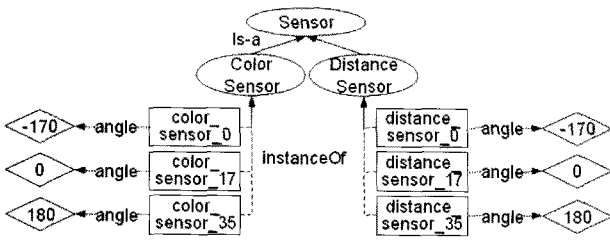


그림 5. 센서의 개념화  
Fig. 5. Conceptualization of sensors

그림 5와 같이 영상 센서는 'ColorSensor'로 개념화 하고, 거리 센서는 'DistanceSensor'로 개념화 한다. 초음파 센서와 같은 고정 센서의 경우에는 센서가 위치한 각도에 따라 각 센서를 개체화 하고, 레이저 센서와 같이 센서가 회전하면서 거리 정보를 획득하는 경우에는 각 각도에서의 회전하는 센서를 별도의 센서로 간주하여 표현한다. 따라서 특정 각도에서의 센서를 'color\_sensor\_x', 'distance\_sensor\_x'와 같이 개체로 표현하고, 각 센서 개체의 각도는 'angle'과 같은 속성을 이용하여 표현한다.

그리고 그림 6과 같이 개념화한 각 센서에서 감지된 장애물의 정보를 개념화 한다. 예를 들어, 특정 각도에서 감지한 장애물에 대한 색상, 거리, 각도 등의 정보를 하나의 그룹으로 묶을 필요가 있다. 따라서 감지 정보의 그룹을 개념 'SensingObject'의 개체로 표현하고, 각 개체는 속성 'red\_value', 'green\_value', 'blue\_value', 'distance', 'angle'을 이용하여 센서가 감지한 값과 위치를 지정한다. 또한 장애물 정보와 그 정보를 감지한 센서와는 'has\_source'라는 속성을 이용하여 관계를 설정함으로써 감지정보의 출처를 표현한다.

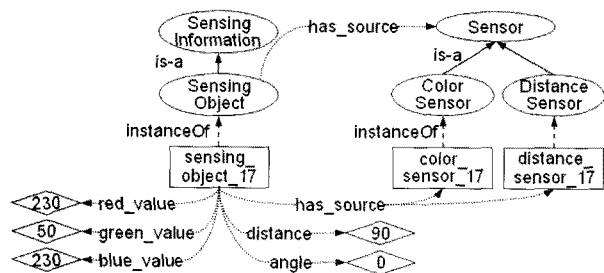


그림 6. 감지된 장애물 정보의 개념화  
Fig. 6. Conceptualization of information on the detected obstacles

### 2.3 온톨로지를 이용한 자율주행 로봇의 행동 결정

특정 시스템의 운영에 있어 온톨로지가 차지하는 비중은 온톨로지의 활용 방법에 따라 크게 달라질 수 있다. 예를 들면, 온톨로지로 표현된 정보를 이용하여 퍼지 추론을 수행하고, 추론 결과를 다시 온톨로지에 저장하는 방법이 있다. 이 방법은 로봇의 지식을 구성하는 온톨로지를 단순히 데이터 저장 공간으로만 활용하는 것으로서 온톨로지의 확장성과 범용성의 장점을 이용하지 못한다. 또한 참고문헌 [1]에서 정의한 무형의 장애물이 존재하는 경우, 또는 로봇의 상태나 로봇 주변의 상황 변화와 같은 다양한 조건에 따라 로봇을 제어하기 위해서는 온톨로지 추론을 이용하는 것이 타당하다고 판단된다. 따라서 여기에서는 장애물 탐색을 위한 로봇의 제어를 위해 퍼지 제어[11]의 개념을 이용하고,

실제 로봇 구동부 모터의 제어 값은 온톨로지 추론을 통해 결정한다.

로봇 구동부의 제어 값을 결정하기 위한 온톨로지 추론 과정에서 퍼지 제어의 개념이 이용되므로, 퍼지 소속 함수를 온톨로지 표현할 필요가 있다. 따라서 그림 7과 그림 8과 같이 퍼지 소속 함수를 개념화하여 온톨로지 표현하고 활용하는 방법[12]을 이용한다.

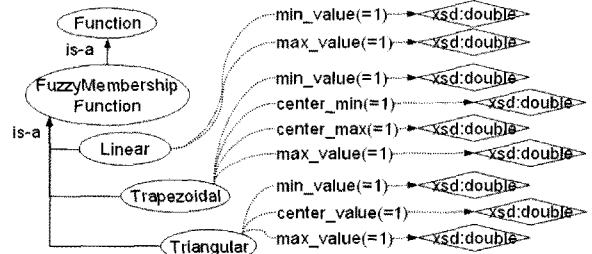
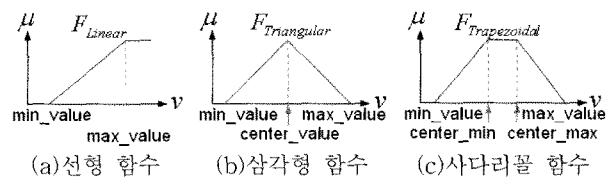


그림 7. 퍼지 소속 함수 정의  
Fig. 7. Description of fuzzy membership functions



(a) 선형 함수 (b) 삼각형 함수 (c) 사다리꼴 함수  
그림 8. 퍼지 소속 함수의 표현  
Fig. 8. Expression of fuzzy membership functions

로봇 주변의 환경이 그림 9와 같을 때, 점선으로 표시된 로봇의 감지 범위 내의 장애물 정보를 그림 10의 '상황 온톨로지'로 표현한다. '상황 온톨로지'는 로봇의 현재 위치에서의 주변 정보를 나타내며, 이 정보는 로봇의 '위치인식'과 '행동계획'에 이용된다.

표 1과 표 2는 탐색 장애물의 방향과 거리에 따른 로봇 구동부 좌·우측 모터의 퍼지 제어 규칙이다. 그리고 그림 11은 로봇의 제어를 위한 입·출력에 관련된 퍼지 소속 함수로써, 그림 11(a-b)는 장애물의 거리와 방향의 입력부 소속 함수이고, 그림 11(c-d)의 로봇 구동부의 모터 제어 값을 결정하기 위한 출력부 소속 함수이다.

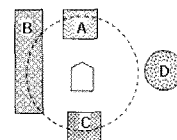


그림 9. 로봇의 장애물 감지  
Fig. 9. Obstacle detection of a robot

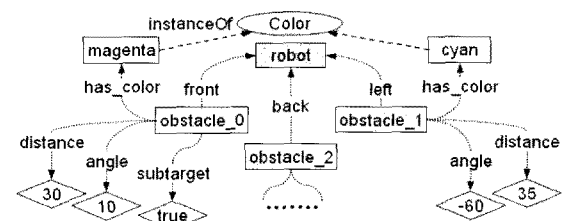


그림 10. 상황 온톨로지  
Fig. 10. Circumstance-ontology

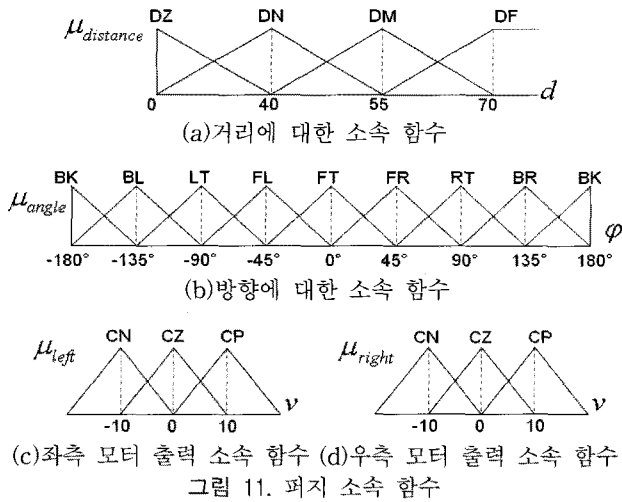


Fig. 11. Fuzzy membership functions

표 1. 좌측 모터의 퍼지 제어 규칙

Table 1. Fuzzy control rules for the left motor

distance	DF	CN	CZ	CZ	CP	CP	CP	CP	CP
	DM	CN	CZ	CZ	CP	CN	CP	CP	CP
	DN	CN	CZ	CP	CP	CN	CN	CP	CP
	DZ	CP	CZ	CP	CP	CN	CN	CP	CP
left motor	angle								
	BK	BL	LT	FL	FT	FR	RT	BR	

표 2. 우측 모터의 퍼지 제어 규칙

Table 2. Fuzzy control rules for the right motor

distance	DF	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CZ	CZ
	DM	CP	CP	CP	CP	CN	CP	CZ	CZ
	DN	CP	CP	CP	CN	CN	CP	CP	CZ
	DZ	CP	CP	CP	CN	CN	CP	CP	CZ
right motor	angle								
	BK	BL	LT	FL	FT	FR	RT	BR	

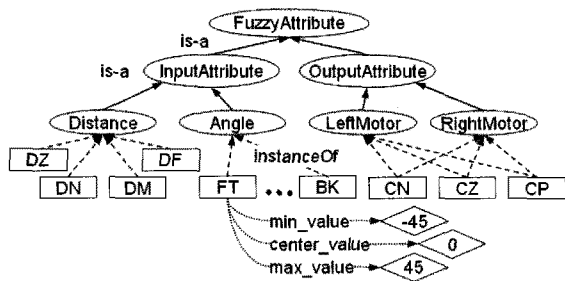


그림 12. 각 속성별 언어항  
Fig. 12. Linguistic terms at each attributes

온톨로지 추론을 통해 로봇 구동부의 제어 값을 결정하기 위해서 그림 11에서 정의된 소속 함수의 언어항을 개념화하여 그림 12와 같이 온톨로지로 표현한다. 예를 들어, 표 1에서 'left\_motor'의 제어 값은, 로봇과 부목표까지의 거리(distance)가 'DF'이고 로봇의 진행방향을 기준으로 부목표의 방향이 'FT'인 경우, [Rule-1]에서 'left\_motor'의 제어 값에 대한 언어항 'CP'의 값이 '?mv'로 결정된다. 그리고 출력 값들에 대한 비퍼지화 과정은 [Rule-2]와 [Rule-3]에 의해 이루어진다.

[Rule-1]

Obstacle(?ob) ∧ front(?ob, robot) ∧ subtarget(?ob, 'true')  
 ∧ distance(?ob, ?dv) ∧ MF<sub>Triangular</sub>(DF, ?dv, ?mdv)  
 ∧ angle(?ob, ?av) ∧ MF<sub>Triangular</sub>(FT, ?av, ?mav)  
 ∧ F<sub>min</sub>(?mdv, ?mav, ?mv)  
 → positive\_value(left\_motor, ?mv)

여기서 'MF<sub>Triangular</sub>(DF, ?dv, ?mdv)'는 삼각형 모양의 소속 함수인 'DF'에서 '?dv'에 대한 소속 함수 값을 변수 '?mdv'에 지정하는 함수이다. 그리고 'distance(?ob, ?dv)'에서 속성 'distance'는 그림 3에서 정의한 바와 같이 'datatype property'이고, 변수 '?dv'는 'xsd:double' 형태의 데이터이다. 즉, [Rule-1]은 표 1의 제어 규칙 중 하나를 온톨로지 규칙으로 표현한 것으로서, 장애물 '?ob'가 로봇의 전방(front)에 위치할 때 '?ob'의 거리와 각도에 대한 퍼지 소속 값의 T-norm 연산 결과를 개체 'left\_motor'의 'positive\_value'로 설정한다는 의미이다.

[Rule-1]을 통한 추론의 결과로써 개체 'left\_motor'의 출력에 대한 다수의 'output\_value'가 결정된다. 따라서 비퍼지화 방법 중 그림 13의 최대치 평균법(middle of maxima method)의 개념을 [Rule-2]와 [Rule-3]의 온톨로지 추론 규칙으로 표현하고, 다수의 출력에 대해 하나의 'output\_value'를 결정한다. 여기서 'C<sub>remove</sub>'는 지정된 온톨로지 요소를 삭제하는 명령이다.

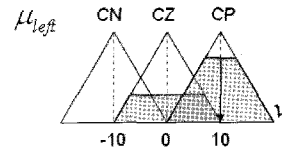


그림 13. 출력부의 비퍼지화  
Fig. 13. Defuzzification of output

[Rule-2]

output\_value(?p1) ∧ output\_value(?p2)  
 ∧ ?p1(left\_motor, ?v1) ∧ ?p2(left\_motor, ?v2)  
 ∧ F<sub>greaterThen</sub>(?v1, ?v2)  
 → C<sub>remove</sub>(?p2(left\_motor, ?v2))

[Rule-3]

MotorPart(?m) ∧ center\_value(CP, ?cv)  
 ∧ positive\_value(?m, ?v)  
 → motor\_value(?m, ?cv)  
 ∧ C<sub>remove</sub>(positive\_value(?m, ?v))

### 3. 실험

제안한 방법을 실제 환경에 적용하기 위하여 조향장치가 없이 좌·우측 바퀴에 의해 방향과 속도가 결정되는 차동구동형 로봇을 모델로 하였다. 이를 위해 8bit 마이크로프로세서와 두 개의 스텝 모터를 이용한 주행 로봇을 제작하였다. 그리고 바닥에서 2.5m 상단에 설치한 1대의 USB 카메라를 통해 로봇의 위치, 진행방향, 장애물과의 거리, 장애물의 속성 등의 정보를 획득하였다. 카메라의 영상 정보를 가공함으로써 장애물의 속성 정보와 장애물과 로봇과의 거리 정보를 생성하여 '상황 온톨로지'로 변환하였고, RS232C 통

신을 통해 로봇에게 구동 명령을 전달하였다. 그리고 로봇의 지식 구성을 위한 온톨로지의 구축, 추론, 검색은 JENA[13]를 이용하였다. 그림 14는 실험에 사용한 이동 로봇을 보인다.

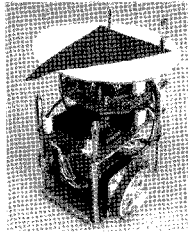


그림 14. 이동 로봇  
Fig. 14. A mobile robot

USB 웹 카메라는 영상 노이즈로 인해 정확한 색상 정보를 획득할 수 없다. 따라서 식 (1)을 통해 색상을 정규화 [14]하고, 정규화한 영상에 침식 연산[14]을 수행하여 색상 노이즈를 제거하였다.

$$N_r = \frac{r}{r+g+b}, N_g = \frac{r}{r+g+b}, N_b = \frac{r}{r+g+b} \quad (1)$$

그림 15는 자율주행 로봇의 제어 실험 환경이다. ②의 영상 정보로부터 두 번의 필터링을 통해 ③의 영상 정보를 생성하였다. ①은 로봇의 감지 범위와 이동 궤적을 표현한 것이다. ④는 센서를 로봇에 장착했을 경우를 가정하였을 때의 영상 정보를 가상으로 구현한 것이고, ⑤는 '획득' 과정을 통해 로봇 주변 정보를 개념화 하여 표현한 것이다. ⑥은 '인식' 과정을 통한 로봇의 위치 추론 결과이며, ⑦은 현재 위치에서 목표점까지의 경로 계획을 보인다.

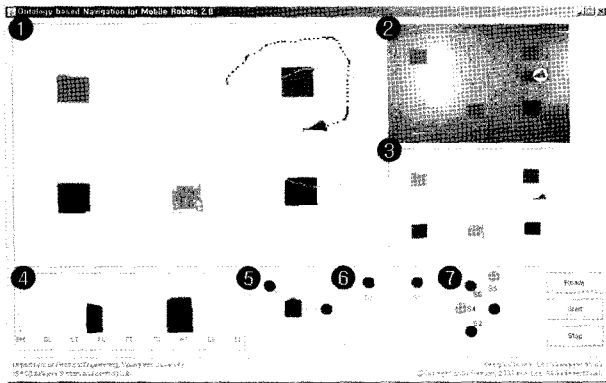


그림 15. 자율주행 로봇의 제어 실험 환경  
Fig. 15. Experimental environment for control of robots

온톨로지 추론 과정을 확인하기 위하여 그림 15와 같이 로봇의 주행 중의 몇 가지 상황에 대한 로봇 구동부의 모터 제어 값의 추론 결과를 확인한다. 그림 15에서 (a)는 로봇이 부목표를 향해 이동하는 상황이고, (b)는 부목표가 로봇의 우측에 위치할 때 일정 거리를 유지하면서 탐색하는 상황이다. 그리고 (c)는 부목표의 코너 부분에서 곡선 궤적으로 회전하는 상황이다. (d)는 부목표의 탐색 중 새로운 부목표를 발견한 상황이며, (e)는 새로운 부목표의 코너부분, (f)는 부목표가 로봇의 좌측에 위치한 상황이다.

그림 16의 각 상황에서 온톨로지 검색을 통해 표 3과같

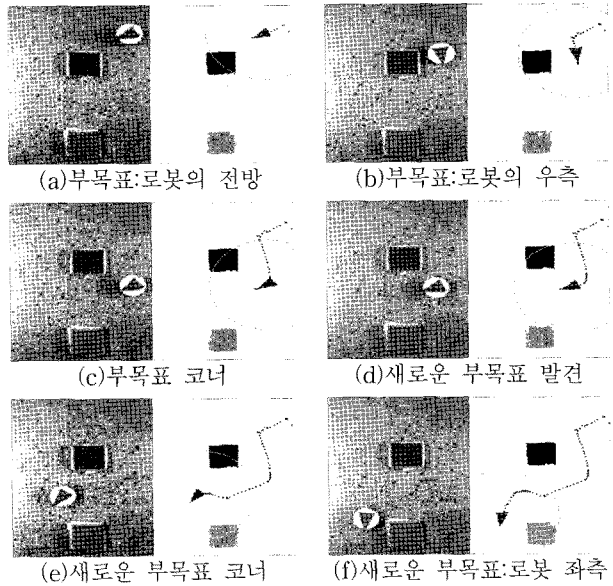


그림 16. 로봇의 주행 상황  
Fig. 16. Some cases on robot's navigation

표 3. 상황별 로봇의 모터 제어 값

Table 3. Control values of robot's motors at each case

cases	angle distance	motor	output_value		motor _value
			property	value	
(a) 부목표: 로봇의 전방	1°	left_ motor	positive_value	0	10
			negative_value	0.533	
	60	right_ motor	positive_value	0.466	10
			negative_value	0.533	
(b) 부목표: 로봇의 우측	71°	left_ motor	positive_value	0	10
			negative_value	0.199	
	40	right_ motor	positive_value	0.533	10
			zero_value	0.577	
(c) 부목표 코너	117°	left_ motor	positive_value	0	10
			negative_value	0.466	
	44	right_ motor	zero_value	0.533	0
			negative_value	0.466	
(d) 새로운 부목표 발견	-45°	left_ motor	positive_value	0	10
			negative_value	0.466	
	59	right_ motor	positive_value	0.533	10
			negative_value	0.466	
(e) 새로운 부목표 코너	-111°	left_ motor	positive_value	0	0
			zero_value	0.333	
	57	right_ motor	positive_value	0.533	10
			negative_value	0.333	
(f) 새로운 부목표: 로봇의 좌측	-61°	left_ motor	positive_value	0	10
			negative_value	0.199	
	55	right_ motor	positive_value	0.644	10
			negative_value	0.199	

은 결과를 얻었다. 예를 들어, 상황 (d)의 경우 새로운 부목표가 로봇의 진행 방향을 기준으로 '-45°'에 위치하고, 부목표와 로봇과의 거리가 '59'일 때, [Rule-1]의 규칙에 의한 온톨로지 추론을 통해 'left\_motor'의 전방 진행을 의미하는 'positive\_value'가 '0', '0.466', '0.533'의 출력 값을 얻었다. 그리고 'right\_motor'는 전방 진행을 의미하는 'positive\_value'가 '0.466', '0.533', 후방 진행을 의미하는 'negative\_value'가 '0'의 출력 값을 얻었다. 이들 출력값에서 [Rule-2]와 [Rule-3]을 통해 구동부의 제어 값으로 'left\_motor'는 '10', 'right\_motor'는 '10'으로 결정하였고, 로봇에게 전방 진행의 명령을 수행하였다.

본 실험에서는 로봇의 제어에 중점을 두었기에 복잡한 테스트 환경을 사용하지 않고, 단지 5개의 장애물로 로봇의 주행 환경을 구성하여 실험을 수행하였다. 그림 17은 그림 15②에서의 장애물 배치에서 우측 상단의 녹색 장애물을 목표로 로봇이 이동한 경로를 보인다. 실험결과 로봇은 출발 위치에 따라 다양한 궤적으로 부목표 장애물을 거쳐 목표 장애물까지 이동함을 확인할 수 있었다.

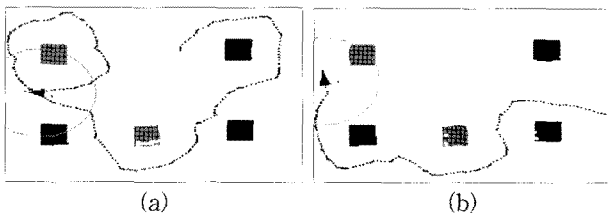


그림 18. 이동 로봇의 주행 궤적  
Fig. 18. Trajectories of a mobile robot

#### 4. 결 론

본 논문에서는 온톨로지에 기반하여 로봇을 제어하는 방법을 제안하였다. 제한한 방법에서 자율주행 로봇이 센서를 통해 감지한 환경 정보를 온톨로지로 표현하고, 로봇 주변의 상황에 따른 국소 영역에서의 행동 계획과, 그에 따른 구동부의 제어를 온톨로지를 이용하여 구현하였다. 그리고 실제 자율주행 로봇에 적용하여 실세계 환경에서의 실험을 통해 온톨로지를 이용한 제어 방법의 효용성을 확인하였다.

본 논문에서는 감지 정보의 온톨로지 표현과 온톨로지 추론에 의한 로봇의 제어에 중점을 두었기에, 단지 하나의 카메라만을 이용하여 로봇의 주변 정보를 획득하였다. 따라서 참고문헌 [1]에서 제시한 거리 센서와 영상 센서를 로봇에 장착한 실험을 수행하지는 못하였다. 차후 연구로는 실제 거리센서와 카메라 센서를 장착한 자율주행 로봇을 제작하고, 실제 환경에서 발생 가능한 문제를 극복하고 목표점까지 이동하기 위한 자율주행 로봇의 구현에 관한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

[1] 이인근, 서석태, 정혜천, 권순학, “온톨로지에 기반한 자율주행 로봇의 운항,” *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제17권, 5호, pp. 626-631, 2007.  
[2] A. Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing; Behavioral and Cognitive Modeling*

*of the Human Brain*, CRC Press, 2000.

[3] 임기현, 서일홍, “이동 로봇의 물체 인식과 주행을 위한 로봇 지식 체계,” *전자공학회논문지*, 제44권, 6호, pp. 19-29, 2007.  
[4] 박제현, 홍광희, 최중민, “유비쿼터스 환경에서 온톨로지를 이용한 지능형 로봇의 소프트웨어 프레임워크,” *한국정보과학회 가을 학술발표논문집*, 제33권, 2호, pp. 378-382, 2006.  
[5] A. Chella et al., “Modeling Ontologies for Robotic Environments,” *14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2002)*, 2002.  
[6] 송윤석, 조성배, “서비스 로봇의 가려진 물체 인식을 위한 온톨로지 기반 동적 베이지안 네트워크 모델링 및 추론,” *정보과학회논문지*, 제13권, 2호, pp. 100-109, 2007.  
[7] R.E. Wray, S.A. Lisse, and J.T. Beard, “Ontology infrastructure for execution-oriented autonomous agents,” *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 49, pp. 113-122, 2004.  
[8] R. Provine et al., “Ontology-based methods for enhancing autonomous vehicle path planning,” *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 49, pp. 123-133, 2004.  
[9] OWL Web Ontology Language Guide, <http://www.w3.org/TR/owl-guide>, February 2004.  
[10] XML Schema, <http://www.w3.org/XML/Schema>, October 2004.  
[11] L.X. Wang, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice Hall Press, 1997.  
[12] 이인근, 손창식, 권순학, “패턴분류를 위한 온톨로지 기반 퍼지 분류기,” *지능시스템학회 논문지*, 제18권, 6호, pp. 814-820, 2008.  
[13] Jena-A Semantic Web Framework for Java, <http://jena.sourceforge.net>.  
[14] S.E. Umbaugh, *Computer Imaging*, CRC Press, 2005.

#### 저 자 소 개

이인근(In K. Lee)  
제18권 6호 (2008년 12월호) 참조

E-mail : iklee@ynu.ac.kr

권순학(Soon H. Kwon)  
제18권 6호 (2008년 12월호) 참조

E-mail : shkwon@yu.ac.kr