

동적 환경하에서의 이동로봇을 위한 언어지도 기반 운항계획

Linguistic Map-based Navigational Planning for Mobile Robots on Dynamic Environment

서석태, 이인근, 권순학*

Suk Tae Seo, In K. Lee, Soon H. Kwon*

영남대학교 전자정보공학부

요 약

최근, 동적 환경 하에서 움직이는 이동로봇을 위한 인지에 기반한 운항계획 방법론이 제안되었고, 이를 고정 장애물만이 존재하는 공간속에서 모의 실험한 결과가 제시되었다 [1]. 본 논문에서는 이를 고정 장애물만이 아닌 시간적/공간적 장애물을 포함하는 동적 환경하에서도 적용 가능한 방법으로 확장한 언어지도 기반 운항계획법을 제안하고, 제안된 알고리즘의 타당성 보이기 위하여 컴퓨터 모의실험 결과를 나타낸다.

Abstract

Recently a framework for the cognition-based navigational planning of a mobile robot on dynamic environment has been proposed, and simulation results applied it to the static environment been presented [1]. In this paper, we propose a linguistic map-based framework for the navigational planning of mobile robots, which is applicable to the dynamic environment including not only static obstacles but also dynamic obstacles such as temporal-spatio obstacles, by extending Lee et al.'s framework, and provide computer simulation results obtained by applying to a mobile robot on the dynamic environment in order to show the validity of the proposed algorithm.

Key words : Mobile robot, Navigation, Linguistic map, Temporal-Spatio obstacles, Fuzzy

1. 서 론

최근, 이동로봇은 산업 현장의 자동주행 시스템을 비롯하여 화석 탐사에 활용되고 있는 오퍼튜니티와 스피릿과 같이 우주항공 분야에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 이동로봇의 작업환경은 여러 가지 장애물이 존재하므로 이러한 공간에서의 작업을 위해서 원격조정을 통한 제어가 이루어져 왔으며, 그렇지 않은 경우는 단순히 장애물을 회피하는 방법을 통하여 로봇을 제어하였다.

그러나 인간이 작업할 수 없는 환경에서의 작업을 비롯하여 오랜 기간의 작업을 수행하기 위한 이동로봇의 수요가 급증함에 따라, 단순 장애물 인식 및 회피가 아니라 목표점까지 도달하기 위한 경로를 계획하며 운항 중에 발생할 수 있는 이동장애물에 대해 능동적으로 대처할 수 있는 능력을 기반으로 하는 이동로봇에 대한 수요가 증대되고 있다 [1-6].

지난 십여 년 동안 이러한 이동로봇의 운항을 위한 많은 방법들이 제시되었고 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이동로봇의 경로 계획을 위해 제시된 대표적 방법으로는 안내지도(Roadmap)를 이용한 방법, 맵을 여러 개의 셀로 분할하여서 안전한 경로를 찾는 셀 분할(Cell decomposition) 방법 및 Potential field를 이용하여서 목표점에 대하여는 인력이 그 의

점에서는 척력이 작용하는 방법이 사용되어 왔었다 [5]. 그리고 최근에는 이 등[1]이 인지에 기반한 이동로봇의 운항계획법을 제안하고, 이를 고정 장애물만이 존재하는 공간속에서 모의 실험한 결과를 보였다. 인지에 기반하여 언어지도를 사용한 운항계획법은 애매한 환경 속에서 애매성을 극복하고 목표점을 찾아간다는 점에서 인간의 경로계획 과정과 유사하다.

그러나 실생활에서 이동로봇이 사용될 작업환경은 고정 장애물만이 아닌 이동장애물도 존재하는 동적환경이 대부분이라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 참고문헌 [1]에서 제안된 방법을 확장하여, 언어지도를 기반으로 시공간적 동적 장애물이 존재하는 동적환경에서의 언어지도 기반 운항계획법, 즉, 이동로봇이 경로계획을 통해 목표점까지 이동하는 과정에서 만나게 되는 고정 장애물과 이동장애물을 판별하여 장애물의 성격에 따라 능동적으로 대처할 수 있는 알고리즘을 제안하고 이의 타당성을 모의실험을 통해 보이고자 한다.

본 논문에서 사용되는 이동장애물은 (i) 입의의 속도로 움직이는 공간성 장애물과 (ii) 시간에 따라 상태가 변화하는 시간성 장애물로 분류된다. 이동로봇의 운항 계획을 위한 경로계획 및 이동장애물 회피 알고리즘은 크게 '지각' 부분과 '계획' 부분으로 나눌 수 있다. (i) '지각' 부분은 센서의 정보와 퍼지 규칙을 이용하여 장애물을 판별하여 이동로봇의 위치를 추론하고, (ii) '계획' 부분은 환경에 대한 사전지식과 '지각' 부분에서 얻은 정보를 통하여 목표점까지의 경로를 계획하며 이동장애물과의 충돌에 대한 대처방안을 계획한다.

본 논문의 구성은 1절 서론에 이어, 2절에서는 지식기반 이동로봇의 운항계획에 대하여 살펴보고, 3절에서는 컴퓨터

접수일자 : 2004년 6월 2일

완료일자 : 2004년 6월 22일

* Corresponding author

모의실험을 통해 제안된 알고리즘의 타당성을 보이기 위한 모의실험 및 결과를 나타내며 마지막으로 4절에서는 결론을 맺는다. 앞에서 서술한 바와 같이 본 논문이 참고문헌 [1]에서 제안된 방법론의 확장이기에 본 논문에서 필요로 하는 기본적인 정의와 일부 내용들은 참고 문헌 [1]에서 인용하여 사용하기로 한다.

2. 언어지도에 기반한 이동로봇의 운항계획

이 절에서는 언어지도로 표현된 주위 환경에 대한 사전지식과 현재 위치에서 획득한 주변 장애물의 정보를 바탕으로 현재 위치를 추론한 후 목표지점까지 이동하는 이동로봇의 운항에 관한 알고리즘을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 언어지도에 기반한 이동로봇의 운항계획 알고리즘의 전체 구성도를 나타낸다. 제안된 알고리즘은 크게 주변 환경 및 장애물을 감지하는 감지부(Sensing), 지식기반(Knowledge base), 감지된 자료와 지식기반으로 부터 주변 환경 및 장애물을 인지하는 지각부(Perception), 장애물 회피에 관련된 회피부(Avoidance), 경로 계획을 담당하는 계획부(Path planning), 이동로봇의 이동을 제어하는 이동부(Action)로 구성되어 있다.

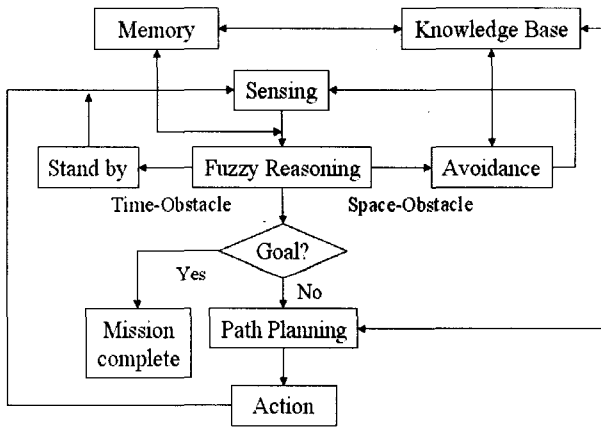


그림 1. 전체 알고리즘 구성도
Fig. 1. Configuration of overall system

2.1 지식베이스

기존의 경로 계획 알고리즘은 대부분 2차원 혹은 3차원 지도와 같이 다차원의 정보로 구성된 수치 기반 지도를 사용하였으나, 본 논문에서는 참고문헌 [1]에서 제안된 언어변수로 구성된 언어지도(Linguistic map)를 사용한다. 언어지도 구성에 사용되어진 언어변수는 색상, 높이, 거리, 그리고 방향의 4가지를 사용하였으며, 언어변수의 소속함수는 그림 2와 같다.

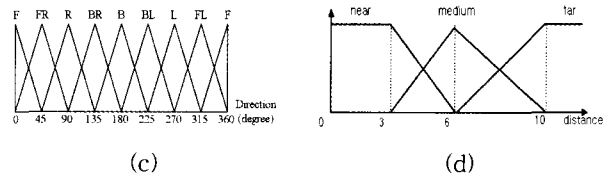
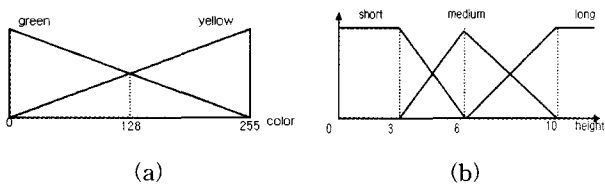


그림 2. (a)색상 (b)높이 (c)방향 (d)거리의 소속함수
Fig. 2. Membership functions of (a)Color, (b)Height, (c)Direction and (d)Distance

참고 문헌 [1]의 그림 3과 같이 장애물 A, B, C가 각각 좌측 상단, 좌측 하단 및 우측에 존재하는 환경에 대하여, 위와 같은 소속함수를 이용한 장애물의 구성 예는 표 1과 같다.

표 1. 언어지도
Table 1. Linguistic map

장애물	장애물 속성		장애물 사이의 관계							
	색상	높이	FT	FR	RT	BR	BK	BL	LT	FL
A	green	medium	-	-	C/M	C/M	B/F	-	-	-
B	green	medium	A/F	C/F	C/M	-	-	-	-	-
C	yellow	medium	-	-	-	-	-	-	B/M	A/M

N: near, M: medium, F: far

표 1의 언어지도에서 장애물 사이의 관계를 나타낼 때 기준이 되는 방향은 참고문헌 [1]에서와 같이 언어지도 구성자가 임의로 정하며, 장애물의 한쪽 방향에 여러 개의 장애물이 존재하는 경우에도 장애물에 대한 정보를 모두 언어지도에 나타낸다. 예를 들면, 장애물 C 좌측에 A, B 두개의 장애물이 존재할 때, 표 1에서 장애물 C의 LT(Left)방향에 'A/M, B/M'과 같이 나타낸 것처럼 두 장애물에 대한 정보를 모두 언어지도에 나타낸다.

2.2 장애물 감지

이동로봇은 2대의 CCD 카메라 및 10개의 초음파 센서를 이용하여 그림3(b)에 나타낸 10방향에서 이동 로봇의 주변에 위치한 장애물의 속성(색상, 높이) 및 장애물 사이의 관계(거리, 방향)에 대한 정보를 감지한다고 가정한다. 그림 3(a)는 이동로봇이 감지하는 범위를 나타낸다.

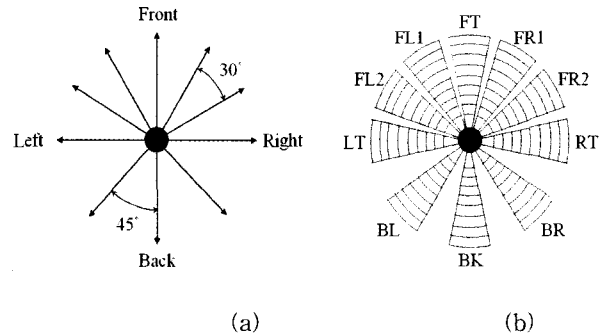


그림 3. 로봇의 (a)감지범위와 (b)10방향 기호
Fig. 3. (a)Sensing boundaries of a mobile robot, (b)Symbols of eight directions

2.3 정보 획득

센서를 통해서 장애물을 감지한 후 센서로부터 감지된 장애물에 관한 정보를 획득한다. 센서로부터의 정보는 참고문헌 [1]에서와 같이 규칙 1에 따라 식 (1)과 같은 데이터 폼(Data form)으로 변환하여 이동로봇의 메모리에 저장한다.

$$Data\ form = \{x_k | x_k = k\text{번째 장애물}, 1 \leq k \leq K\}$$

여기서, $K =$ 감지된 장애물의 총 수 (1)

$$x_k = (Color_k, Height_k, Direction_k)$$

(규칙 1) 이동로봇이 인식한 장애물의 속성이 서로 동일하고 인접한 센서에서 감지되었을 경우 이들을 하나의 장애물로 간주한다. 그리고 로봇이 감지한 장애물을 데이터 폼에 나열하는 순서는 로봇의 진행 방향(FT)을 기준으로 하여 시계방향의 순으로 정한다 [1].

그림 4는 데이터 폼의 생성 예를 나타낸다. 그림 4에서 이동로봇이 획득한 장애물 정보를 규칙 1에 따라 데이터 폼으로 변환하면 식 (2)와 같다.

$$Data\ form = \{x_1, x_2\}$$
 (2)

여기서, $x_1 = (255, 5, FR1), x_2 = (75, 5, BL)$

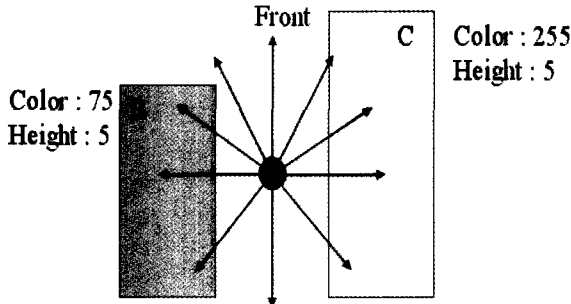


그림 4. 데이터 폼의 생성 예
Fig. 4. An example of sensory data form

로봇이 감지한 장애물에 대한 데이터를 데이터폼으로 변환하여 사용하는 이유는 참고문헌 [1]에서 서술되어 있는 것처럼 로봇에 장착된 10 방향의 센서가 장애물을 감지하는데, 로봇의 방향에 따라 동일한 장애물을 감지하는 센서가 다를 수 있으며, 비록 다른 방향의 센서가 그 장애물을 감지하였다 하더라도 로봇은 같은 위치에 있다고 판단해야 하기 때문이다.

2.4 지각

2.4.1 퍼지 규칙 생성

로봇의 현재 위치를 추론하기 위해 데이터 폼에서 장애물의 개수를 파악하고 그 수만큼의 장애물들에 관한 관계를 언어지도에서 찾아낸다. 본 논문에서는 참고문헌 [1]에서 제안된 규칙생성도구(Rule generation tool)를 사용하여 퍼지 규칙을 생성한다. 만약, 언어지도에서 이동로봇이 그림 4와 같이 장애물 B와 C 사이에 위치한다면, 이때 이동로봇의 위치를 판단하기 위해 생성한 퍼지 규칙은 표 2와 같다. 예를 들면, 표1의 장애물 A에 관한 행에서 장애물 A와 장애물 B, C 사이의 관계로부터 장애물 A-B 사이에는 far 그리고 장애물 A-C 사이에는 medium 관계가 성립하며, 이를 표2에

나타내었다. 다른 장애물 B와 C에 대하여도 같은 방법으로 관계를 찾으면 표2와 같은 관계를 얻을 수 있다.

또한 언어지도에서 두 장애물 사이의 관계를 생성할 수 있다 하더라도 두 장애물 사이의 거리가 로봇의 감지 범위보다 먼 관계는 고려하지 않는다. 따라서 로봇의 감지 범위가 medium이라 할 때 장애물 사이의 거리가 near, medium인 경우만을 고려하여, 표 2의 A-B/far, B-C/far 관계는 제외된다. 이렇게 생성된 장애물 사이의 관계로부터 퍼지 연산을 거쳐 감지한 장애물의 종류가 판단된다.

표 2. 생성된 퍼지 규칙
Table 2. Generated fuzzy rules

퍼지규칙	장애물 사이의 관계
R_{A-C}	A-C/medium
R_{A-Bx}	A-B/far(x)
R_{B-A}	B-A/medium
R_{B-C}	B-C/medium
R_{B-Cx}	B-C/far(x)
R_{C-B}	C-B/medium
R_{C-A}	C-A/medium

표 2를 If-Then 형식의 퍼지 규칙으로 변환하면 식 (3)과 같이 나타내어진다.

$$R_{C-A}: \text{If } Color_{x_1} \text{ is yellow and } Height_{x_1} \text{ is medium and } Color_{x_2} \text{ is green and } Height_{x_2} \text{ is medium then } x_1 \text{ is C and } x_2 \text{ is A.}$$
 (3)

2.4.2 퍼지 추론

식 (2)의 데이터 폼과 언어지도로부터 각 장애물의 속성에 대한 소속도를 구한 후, 표 2의 규칙에 대해서 식 (4)와 같은 퍼지 연산을 수행한다.

$$\mu(x_1, x_2) = \min(\mu(x_1), \mu(x_2)) = \min(\mu_{Color}(x_1), \mu_{Height}(x_1), \mu_{Color}(x_2), \mu_{Height}(x_2))$$
 (4)

식 (4)의 연산을 거친 결과가 표 3에 나타나있다.

표 3. 데이터폼으로부터의 퍼지 추론 결과
Table 3. Results of fuzzy reasoning from data form

퍼지규칙	퍼지연산 과정 $Color_{x_1} \wedge Height_{x_1} \wedge Color_{x_2} \wedge Height_{x_2}$	퍼지연산 결과
R_{A-C}	$0.3 \wedge 0.6 \wedge 0.3 \wedge 0.6$	0.3
R_{B-A}	$0.3 \wedge 0.6 \wedge 0.7 \wedge 0.6$	0.3
R_{B-C}	$0.3 \wedge 0.6 \wedge 0.3 \wedge 0.6$	0.3
R_{C-B}	$0.7 \wedge 0.6 \wedge 0.7 \wedge 0.6$	0.6
R_{C-A}	$0.7 \wedge 0.6 \wedge 0.7 \wedge 0.6$	0.6

퍼지 연산의 결과, 장애물 관계 C-B와 C-A가 소속도 0.6으로 가장 큰 값을 나타내므로, 두 관계가 데이터 폼이 나타내는 장애물의 관계에 대한 후보가 된다.

2.4.3 애매성의 축소

추론 과정에서 발생하는 애매성은 과거에 생성된 데이터 폼을 로봇의 메모리에 저장하여 이용함으로써 해결할 수 있다. 로봇의 이동 과정에서 연속적으로 생성되는 데이터 폼 사이에는 다음의 규칙이 존재한다.

(규칙 2) 데이터폼으로부터 추론 결과로 얻은 로봇의 주변 장애물에 대한 후보와, 시간적으로 인접한 데이터 폼에서의 후보 사이에는 공통된 장애물이 존재한다[1].

그림 5는 로봇이 1의 위치에서 5의 위치까지 이동하는 과정에서 마주치는 장애물이 로봇의 메모리에 저장되는 순서와 인접한 위치에서 생성된 각 데이터 폼 사이의 관계를 나타낸다.

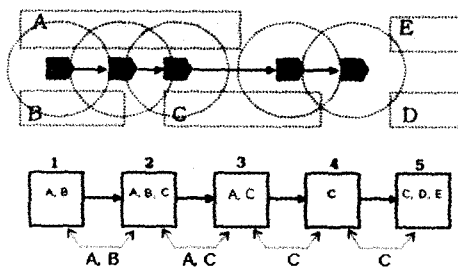


그림 5. 데이터폼 사이의 관계
Fig. 5. Relation between data forms

이동로봇이 저장한 데이터 폼으로부터 로봇의 메모리에 있는 데이터 폼의 후보들을 결합하여 모든 경로에 대한 후보를 생성한다. 그리고 생성된 경로에 대한 후보의 적합도 (F_c)를 측정하여 가장 높은 적합도를 가진 후보를 최적의 경로로서 선택한다. 적합도는 식 (5)를 사용하여 계산된다 [1]. 식 (5)에서 n 은 메모리에 저장된 데이터 폼의 개수이며, c_i 는 i 번째 데이터 폼의 위치에 대한 후보이다. 그리고 함수 $L(c_i, c_{i+1})$ 은 c_i 와 c_{i+1} 사이에 일치(Overlap)하는 장애물의 개수를 나타낸다.

$$F_c = \sum_{i=1}^{n-1} L(c_i, c_{i+1}) \quad (5)$$

2.5 이동장애물과 고정장애물의 판별

동적 환경에서는 이동장애물에 대한 정보가 언어지도에 나타나 있지 않으므로, 이동로봇이 이동장애물을 감지했을 경우 언어지도로부터 고정장애물과 이동장애물 사이의 관계를 알 수 없기에 잘못된 위치 판단을 할 위험이 있다. 또한 이동장애물임을 판단하지 못할 경우 이동장애물과의 충돌도 피할 수 없다. 이런 문제를 해결하기 위하여 이동장애물을 시간성 장애물과 공간성 장애물로 구분하여 각각에 대한 적절한 판단과 반응을 할 수 있도록 한다. 이동장애물은 앞서 설명한 화와 같이 크게 2가지로 분류한다. 우선 i) 신호등과 같이 일정 주기로 점멸을 하는 시간성 장애물과 ii) 일정 속도로 움직이는 공간성 장애물로 구분한다.

그림 6은 일정 주기로 점멸하는 신호등과 같이 시간성 장애물이 존재할 경우 로봇은 이동할 수 있는 공간이라도 이동하지 않고 시간성 장애물이 사라질 때까지 움직임을 멈춘다. 그림 7은 시간성 장애물 판별 알고리즘을 나타낸다. 시간성 장애물의 존재 유무는 시간성 장애물의 특징인 고유 신호를

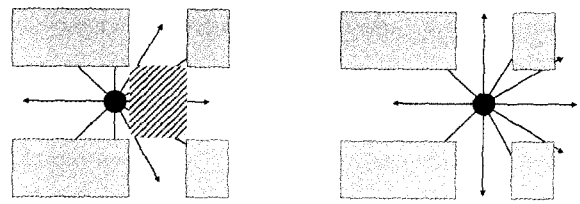


그림 6. 시간성 장애물 판별

Fig. 6. Identification of temporal-obstacles

통해서 구분한다. 즉, 발생하는 신호를 포착하여 판단한다. 시간성 장애물은 무형의 장애물이므로 위치 판단에 영향을 미치지 않는다.

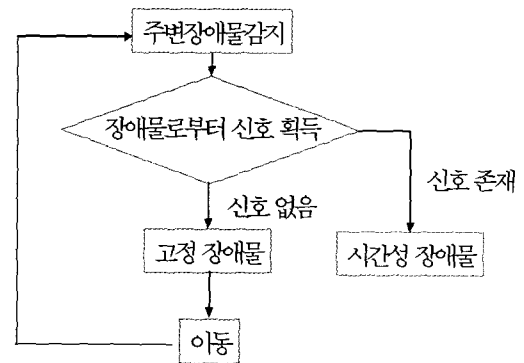
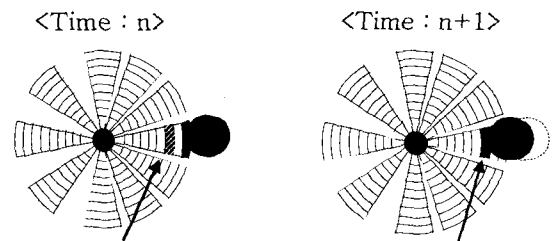


그림 7. 시간성 장애물 판별 알고리즘의 구성도

Fig. 7. Block diagram of an algorithm to identify temporal-obstacles

공간성 장애물의 판별은 공간성 장애물의 특성인 고유 속도를 통하여 판별한다. 공간성 장애물의 경우 일정속도로 이동하는 유형의 장애물이므로 이동로봇과 공간성 장애물 사이의 거리는 이동로봇의 이동 속도와 다르게 좁혀 질 것이다. 그림 8은 공간성 장애물 판별의 예를 나타낸다.



시점 n+1에 장애물이 발견되면 안 되는 공간

빈 공간 예상지점에 장애물 발견

그림 8. 공간성 장애물 판별

Fig. 8. Identification of spatio-obstacles

그림 8은 이동로봇이 이동하는 과정에서 감지하는 장애물 사이의 공간으로부터 장애물이 존재하는 공간에 대한 예측을 함으로써 감지한 장애물이 고정 장애물인지 공간성 장애물인지를 판단하는 것을 나타낸다. 만약 이동로봇이 시점 N에서 장애물을 발견하면 인접한 시점 N+1에서의 장애물의 감지 공간은 이동로봇의 이동속도와 만큼 이동한 공간에서 발견되어야 하지만, 공간성 장애물의 경우 고유의 이동속도를 가지

기 때문에 로봇의 예측 공간과는 다른 공간에서 장애물이 발견될 것이며, 이를 공간성 장애물로 인지한다.

그림 9는 공간성 장애물 판별을 위한 예측 알고리즘의 전체 구성도를 나타낸다. 공간성 장애물의 경우 유형의 장애물이므로 이 경우 장애물은 이동로봇의 위치 판단에 영향을 미칠 수가 있다. 따라서 이동로봇이 공간성 장애물을 발견하였을 경우 공간성 장애물의 정보는 데이터 폼에 저장하지 않는다.

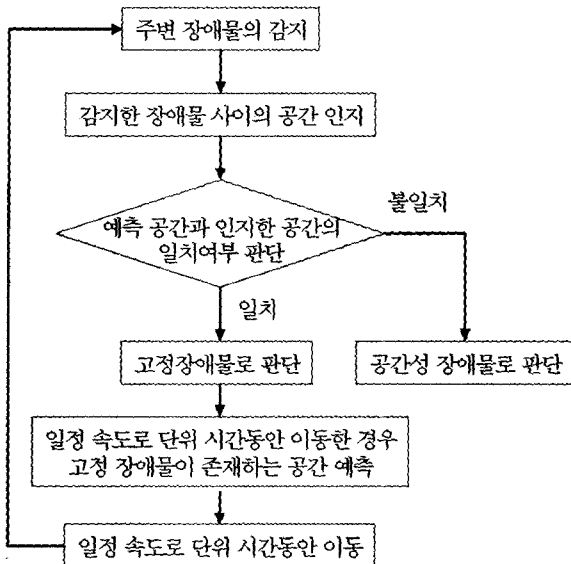


그림 9. 공간성 장애물 판별을 위한 예측 알고리즘
Fig. 9. Block diagram of a prediction algorithm to identify spatio-obstacles

2.6 계획 및 대처

이동로봇은 출발점에서 목표 장애물로 운항하는 과정에서 지속적으로 주변 장애물에 대한 정보를 감지하여 위치 추론 결과를 확인하고 수정한다. 또한 운항중에 마주치는 이동장애물을 이동로봇은 '지각' 부분에서 판별하여 이동장애물의 종류에 따라 적절한 대처를 하게 된다. 시간성 장애물의 경우는 무형의 장애물이므로 이동로봇과의 충돌 및 위치 추론에 영향을 미치지 않으므로, 이동로봇은 시간성 장애물을 판별하였을 경우, 일시정지 이후에 시간성 장애물이 사라지면 다시 생성된 경로를 따라서 운항하게 된다.

그러나 공간성 장애물의 경우 유형의 장애물이며 고유 속도가 존재하므로, 이 경우 이동로봇과 공간성 장애물과의 충돌 및 위치 추론의 오류 발생에 대한 대처가 필요하게 된다.

그림 10은 이동로봇이 공간성 장애물을 판별하였을 경우 회피하는 것을 나타낸다. 이동로봇이 공간성 장애물을 판별했을 경우, 공간성 장애물은 이동로봇의 위치 추론에 영향을 미칠 수 있기 때문에 공간성 장애물에 대한 정보는 메모리에 저장하지 않고 공간성 장애물의 회피만을 행한다. 공간성 장애물 발견 시, 이동로봇은 충돌을 피하기 위하여 안전영역이라는 가상의 반발력을 설정하고 이 영역 이내로 장애물이 접근할 경우, 장애물의 접근 방향의 역방향으로 이동하여서 장애물과의 충돌을 회피하게 된다.

공간성 장애물 회피 이후에 이동로봇은 재 경로 확보를 위해서 최후의 회피 방향의 역방향으로 이동하여 장애물을 탐색한다. 이때 탐색된 장애물이 회피 시작 시점의 장애물이 라면, 기존의 경로를 따라서 진행하며 그렇지 않다면 다시 경로를 계획하여 새로운 경로를 따라서 진행하게 된다.

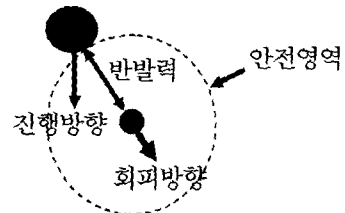


그림 10. 공간성 장애물 회피
Fig. 10. Avoidance of spatio-obstacles

3. 모의실험 및 결과

이 절에서는 제안된 알고리즘의 타당성을 보이기 위해 컴퓨터 모의실험을 실시하고 그 결과를 보인다. 모의실험을 위한 가상 환경과 언어지도는 참고문헌 [1]의 모의실험에서 사용한 환경을 기반으로 장애물 B와 D사이 시간성 장애물을 추가하였고, 이동하는 공간성 장애물 M을 추가하였으며 그림 11은 이를 나타낸다.

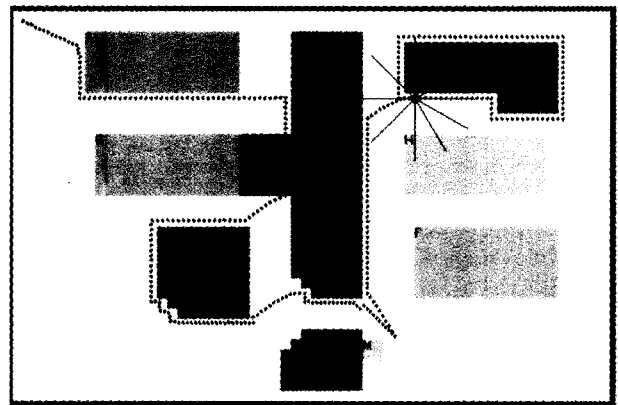


그림 11. 모의실험 환경 및 실험 결과
Fig. 11. Virtual environment for simulation and the result of simulation

즉, 그림 11은 이동로봇의 출발점인 장애물 A 주변으로부터 목표장애물인 G까지의 고정 장애물과 이동 장애물들의 배치 및 이동로봇의 이동하는 과정을 보인다.

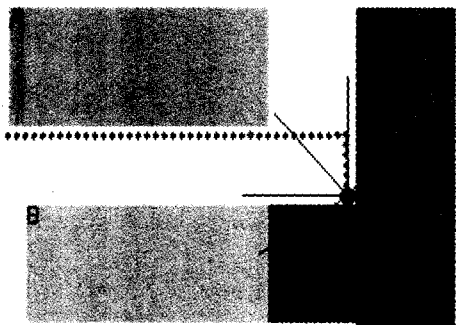
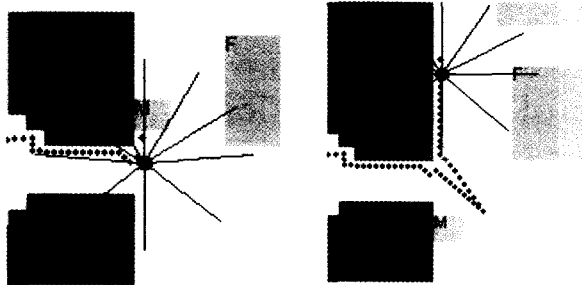


그림 12. 시간성 장애물 판별
Fig. 12. Identification of temporal-obstacles

그림 12는 이동로봇이 이동 중 시간성 장애물을 만났을 경우 이동을 멈추고 시간성 장애물이 사라질 때 까지 대기하

는 모습을 보인다.



(a)공간성 장애물 감지 (b)공간성 장애물의 회피
그림 13. 공간성 장애물 회피

Fig. 13. Avoidance of spatio-obstacles

그림 13은 이동로봇이 공간성 장애물을 감지했을 경우 공간성 장애물을 회피하는 것을 보인다. 이 과정에서 이동로봇은 더 이상 위치 추론을 하지 않으며, 시간성 장애물과 공간성 장애물에 대한 회피만을 수행하는 것을 볼 수 있다.

모의실험 결과에서 알 수 있듯이 이동로봇은 감지한 장애물 정보와 언어지도로부터 위치를 추론하며 경로를 계획하고 수정하면서 목표장애물까지 잘 이동하였다. 목표장애물로 이동하는 과정에서 마주치는 공간성 장애물과 시간성 장애물을 판별하고 회피하면서 다시 경로를 계획하여 목표장애물 G에 도달하는 결과로부터 본 논문에서 제안된 알고리즘의 타당성을 보일 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 언어지도를 사용하여 이동로봇이 움직이는 주변 환경에서의 고정 장애물 및 이동 장애물(시간적 장애물 및 공간적 장애물)에 따른 능동적 대처 알고리즘을 제안하였고, 제안한 알고리즘의 타당성을 컴퓨터 모의실험을 통하여 입증하였다. 사전에 주어진 주변 환경에 대한 지식과 이동로봇에 장착된 센서로부터 얻은 정보를 바탕으로 시작점에서 목표점까지의 경로를 생성하며, 이동하는 과정에서 마주치는 이동장애물인 공간성 장애물과 시간성 장애물을 판별하고 이동 장애물에 대한 적절한 대처를 한다. 이동로봇의 이동 및 이동장애물을 판별하고 회피하는 과정은 '지각' 부분과 '계획' 부분을 통하여 이루어진다.

추후 연구 과제로는 위에서 제안된 알고리즘을 실제 이동로봇에 적용하여 그 효용성을 검증하는 것이 되겠다.

참 고 문 헌

[1] 이인근, 이동주, 이석규, 권순학, "인지에 기반한 이동로봇의 운항계획," 한국퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 제14권, 제2호, pp. 171-177, 2004.
[2] M. Mucientes, R. Iglesias, C. V. Regueiro, A. Bugarin, P. Carinena, and S. Barro, "Fuzzy Temporal Rules For Mobile Robot Guidance in Dynamic Environments," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybern. Part C, Vol. 31, No.

3, pp. 391-398, 2001.
[3] 고낙용, 최정상, "A New Approach to Moving Obstacle Avoidance Problem of a Mobile Robot," 한국공작기계학회지, Vol. 7, No. 1, pp. 9-21, 1998.
[4] P.C.-Y. and Q. Xue, "Intelligent Robotic Planning Systems," World Scientific, Singapore, 1993.
[5] L. H. Tsoukalas, E. N. Houstis, and G. V. Jones, "Neurofuzzy Motion Planners for Intelligent Robots," J. of Intelligent and Robotic Systems, Vol. 19, pp. 339-356, 1997.
[6] A. Konar, Artificial Intelligence and Soft Computing Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain, CRC Press, Boca Raton, 2000.

저 자 소 개



서석태(Suk Tae Seo)

2004년 : 영남대학교 전자정보공학부 (공학사)

2004년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사과정)

관심분야 : 지능 시스템 및 제어



이인근(In. K. Lee)

2001년 : 영남대학교 재료금속공학부 (공학사)

2004년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)

관심분야 : 지능 시스템 및 제어 자연언어처리, 정보검색



권순학(Soon. H. Kwon)

1983년 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)

1985년 : 서울대학교 대학원 제어계측공학과 (공학석사)

1995년 : 동경공업대학 시스템과학 (공학박사)

1996~ : 영남대학교 전자정보공학부 부교수

관심분야 : 지식 기반 지능 시스템