

초음파 센서와 퍼지로직을 이용한 이동로봇의 경로계획

*박창수, 이종수

홍익대학교 전기제어공학과(Tel:320-1493 : Fax:320-1120)

A Path Planning of a Mobile Robot Using the Ultrasonic Sensor and Fuzzy Logic

*Park, chang-soo, Lee, Jong-soo

Hongik Univ. Department of Electrical Control Engineering

Abstract - The research fields of mobile robot consist of three parts. The first is path planning, the second is the application of new sensors, and the last is a combination of the communication technology and mobile robot. In this paper we treat the path-planning. We use a Bayesian probability map, Distance Transform and Fuzzy logic for a path-planning. DT and Fuzzy logic algorithms search for path in entire, continuous free space and unifies global path planning and local path planning. It is efficient and effective method when compared with navigators using traditional approaches.

이 확실성 그리드 방식이다. 그러나, 이 방식은 각 셀의 점유, 비점유의 확실성값은 서로 독립적으로 계산되며 두값중 높은 쪽을 그셀이 점유일 불확실성 값으로 선택하게 되므로, 점유, 비점유간의 관계가 불명확해지며, 센서의 오류가 있는 경우 지도의 질이 크게 떨어지는 등의 문제점이 있다. 이 문제점을 해결하고 지도의 질을 향상시키기 위해, 조건 확률과 베이즈(Bayes)정리를 이용한 베이지안 업데이트 모델이 사용된다.

1. 서론

최근 들어 공장 자동화 및 유연 생산 체계의 도입이 증가됨에 따라, 작업반경이 넓으며, 작업환경의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 이동로봇에 대한 필요성이 높아지고 있다. 하지만 이동로봇을 실용화하기 위해서 로봇의 위치 추정 및 장애물 회피를 위한 경로 계획, 그리고 센서를 이용한 제어 기술이 요구되어진다. 그 중에서 경로 계획은 장애물이 존재하는 작업환경내에서 로봇의 위치로부터 목표점까지 장애물을 피해 최적경로로 이동하는 것을 목적으로 하는데, 이러한 목적을 이루기 위해서는 작업 명령을 입력받고, 그 입력받은 주위 환경을 인식하여, 최적의 전역경로를 계획할 수 있어야 하며, 예기치 않은 돌발 장애물이 발생했을 경우에는 지역 경로를 작성하여, 장애물을 회피할 수 있는 효과적인 회피 알고리즘이 있어야 한다.

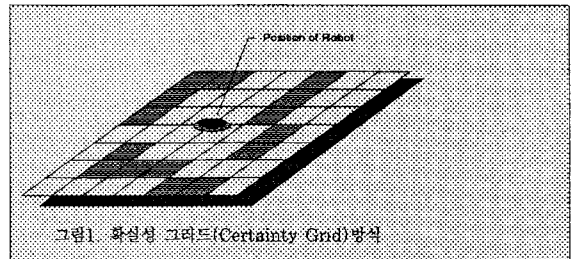
본 논문에서는 기존에 제안되었던 알고리즘들 대신에 초음파 확률 지도 형성이론 및 전역적 최적경로를 찾는 데 효과적인 거리변환 알고리즘과 지역적 경로계획에는 퍼지논리를 이용하여 이동로봇의 최적 경로를 제안하였다.

2. 본론

2.1 환경 지도

지도 형성은 이동로봇의 주행에 기본이 되는 단계이다. 이 지도 형성은 센서의 정밀도와 밀접한 관계를 가지며, 초음파 센서의 물리적 특성으로 인하여 정보의 신뢰성은 떨어진다. 이러한 불확실성을 극복하기 위하여 여러 가지 방법들이 제시되었으며, 그 중에서 센서의 정보를 확률로 처리하는 방법이 제안되었다. 이 방법에서는 작업 환경의 전체나 일부를 여러개의 셀(cell)로 나누어 각 셀이 벽이나 장애물에 의해 '점유'되었거나 '비점유'인 정도를 저장하여 지도를 형성한다. 이를 확률로 나타내고 각 셀이 그 위치의 점유 확률을 저장하게 된다고 하면, 그 위치에 물체가 없는 경우 점유확률이 0이되며, 점유확률이 1이면 물체가 있는 상태라고 할 수 있다. 이방법

2.1.1 확실성 그리드 방식의 환경지도



확실성 그리드방식은 로봇 주변의 공간을 직사각형의 셀로 나누어 각 셀에 그 지역이 벽이나 장애물에 의해 점유되었을 확률을 저장하여 환경 지도를 구성한다.

2.1.2 베이지안 업데이트 모델

확실성 그리드 방식의 문제점을 해결하고 지도의 질을 향상시키기 위해, 조건 확률과 베이즈(Bayes)이론을 사용한 베이지안 업데이트 모델을 제안한다.

● 조건부 확률과 베이즈(Bayes)이론

▶ 조건부확률:

사건 B가 일어난 가정 하에 사건 A가 일어날 확률
$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}, (P(B) > 0) \quad (2-1)$$

▶ 베이즈 정리(Bayes' Theorem):

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i)P(B|A_i)}{\sum P(A_i)P(B|A_i)} \quad (2-2)$$

● 베이지안 업데이트 모델

P_{occ} 와 P_{emp} 의 관계를 구하기 위해 다음과 같은 조건 확률을 생각해 보면, $p(A|B)$ 는 B라는 사건이 발생했다는 가정하에, 사건 A가 발생할 확률이라고 하면, 조건 확률의 정의에 의해,

$$p(A|B) = \frac{p(A \cap B)}{p(B)} \quad (2-3)$$

가 된다. 여기서 $p(B)$ 는 다른 조건 없이 B사건이 발생할 확률이다. 또한 확률의 성질에 의해

$$p(A|B) + p(\bar{A}|B) = 1 \quad (2-4)$$

인 관계가 성립한다. $p(\bar{A}|B)$ 는 $p(A|B)$ 의 여사건 확률을 의미하는데, 일반적으로 사건 A 와 사건 B 가 발생했다는 가정하에서의 조건 확률 식은 Bayes 이론에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$p(o|B \cap A) = \frac{p(B|o \cap A) \times p(o|A)}{p(B|o \cap A) \times p(o|A) + p(B|o \cap \bar{A}) \times p(o|\bar{A})} \quad (2-5)$$

$$p(\bar{o}|B \cap A) = \frac{p(B|\bar{o} \cap A) \times p(\bar{o}|A)}{p(B|\bar{o} \cap A) \times p(\bar{o}|A) + p(B|\bar{o} \cap \bar{A}) \times p(\bar{o}|\bar{A})} \quad (2-6)$$

$p(o)$ 를 어떤 특정한 셀의 점령 확률, A 를 이미 들어온 정보, B 를 새로운 정보로 정의하고, (2-5)식을 (2-6)식으로 나누면 다음과 같은 식을 얻게 된다.

$$\frac{p(o|B \cap A)}{p(\bar{o}|B \cap A)} = \frac{p(B|o \cap A)}{p(B|\bar{o} \cap A)} \times \frac{p(o|A)}{p(\bar{o}|A)} \quad (2-7)$$

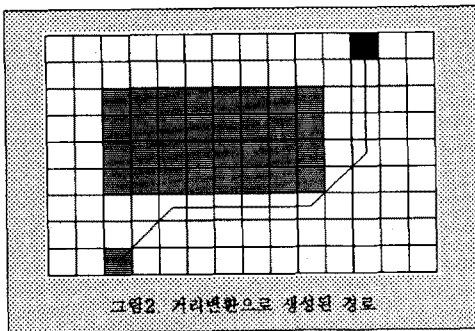
우리가 구하고자 하는 확률은 $p(o|B \cap A)$ 이다. 즉, A 라는 이미 들어온 정보가 존재하는 상황에서 다시 B 라는 새로운 정보가 입수되었을 때, 그 셀이 물체에 점령되어 있을 확률로서, (2-7)식에서 $p(\bar{o}|B \cap A)$ 는 $p(o|B \cap A)$ 의 여사건이므로 우변만 계산되며, 그 각각의 확률을 쉽게 구할 수 있다.

2.2 경로 계획

본 연구에서는 로봇이 주행할 환경의 종류 및 장애물의 형태와 크기에 상관없이 전역적 경로 계획을 가능케 하는 거리 변환(DT : Distance Transform) 알고리즘의 적용을 통해 최단 경로를 생성한다. 그리고 돌발장애물의 발생시 효과적인 주행방법으로 전역적 경로 계획에 지역적 경로 계획인 퍼지논리를 결합하여 경로 계획의 효율성을 높였다.

2.2.1 전역적 경로계획

● 거리변환(Distance Transform)알고리즘
거리변환은 격자로 나누어진 공간에서 목표 위치로부터의 거리를 전파 시켜서 공간 내의 어느 위치에서라도 목표점까지의 거리를 쉽게 알 수 있게 하는 방법이다. 도착점에서 전위지도(potential map)를 생성하여 최단경로를 찾는다. 도착점을 기준으로 8-neighbor의 격자들의 격자값을 1만큼 큰숫자로 계속 갱신시켜 전위지도를 생성한다. 출발점이 정해지면 격자값이 감소하는 방향으로 최단경로가 생성된다..



2.2.2 지역적 경로계획

본 절에서는 지역적 경로계획을 위한 퍼지 제어를 제안한다. 로봇이 초음파 센서로부터 얻은 거리 정보만으로 미지의 환경을 주행하게 될 때, 예기치않은 돌발 장애물이나 특히 U자형의 장애물이 존재하여 로봇이 U자형 장애물 속으로 들어간다면 빠져나오기는 그리 쉽지가 않다. 왜냐하면 로봇의 도착점으로 향하려는 행동 방식과 장애물을 회피하려는 행동 방식과의 충돌이 생기기 때문이다. 이와 같은 행동의 충돌을 해결하기 위하여

로봇이 회전해야할 각에 대한 규칙표를 3가지 모드로 나누어 설계하였고 퍼지 논리 제어를 이용한 행동 응답을 하여 좀더 유연한 결과를 얻었다.

(1) Fuzzy 제어 알고리즘

- 초음파 센서를 이용한 거리 획득:
15개의 초음파 센서의 값을 랜덤하게 모델링 하여 정면, 오른쪽, 왼쪽 3개의 그룹지정을 통해 장애물과의 최소거리 FO, RO, LO를 추출 한다.
- 퍼지 입력력 변수 정의:
 - ▶ 퍼지 입력 변수
 - LO, FO,RO - 장애물과 로봇사이의 최소 거리.
 - IHA -로봇과 목표물이 이루는 각
 - SP - 로봇 속도
 - ▶ 퍼지 출력 변수
 - OHA - 로봇이 회전해야할 각 (+ 또는 -)
 - ACC - 로봇의 이동을 위한 가속속 (+ 또는 -)
- 입력력 변수의 도메인 설정
 - ▶ 퍼지 입력 변수
 - LO, FO,RO - NR,MD,FR
 - IHA - NE,ZO,PO
 - SP - LO,MD,HI
 - ▶ 퍼지 출력 변수
 - OHA,ACC - NE,ZO,PO

● 입력력 변수의 소속 함수 정의

FO,LO,SP,ACC의기준 화소수와 각도값IHA,OHA 해당되는 파라미터 값의 소속 함수정의

● 퍼지 제어를 위한 규칙 생성

본 연구에서 퍼지 제어기의 행동방식은 크게 도착점을 향하여 이동하는 방식과 장애물을 회피하는 행동 방식으로 나눌수 있다. 제어기는 크게 3가지 규칙표 TT(Target Tracking),LF,RF-mode 로 구성된다. TT-mode는 목표점을 향하여 이동하고, 도중에 분산 장애물을 피하여 주행하는 프로그램 시작시 맨먼저 시작되는 모드이고,로봇과 목표점의 최단거리가 계산되어 갱신되지 않았을 때, LO(RO & LO ≤ NR) 이면 장애물 회피로 좌측 벽면을 주행하는 LF-mode가 실행되고, 만일 LO > RO & RO ≤ NR일때는 우측벽을 주행하는 RF-mode가 실행된다.

(2) 제안하는 경로계획 알고리즘

본 논문에서 제안하는 경로계획은 앞부분에서도 언급했듯이 로봇은 전역적 경로 계획에 의해 주행하다가 돌발 장애물이 나타났을 때 바로 지역적 경로 계획으로 전환하여 주행하는것이다.

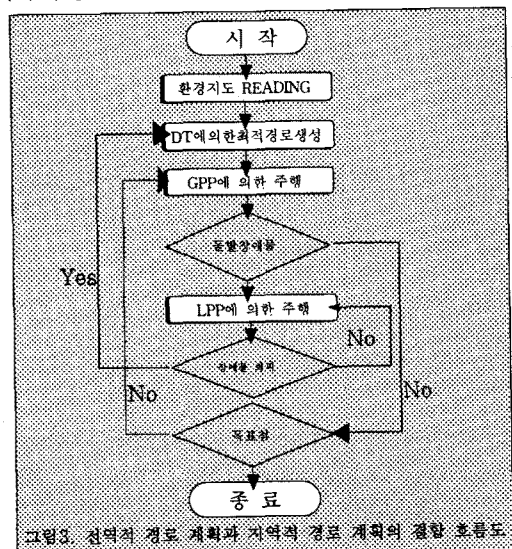
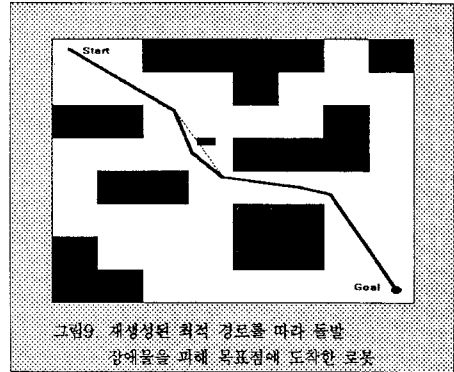
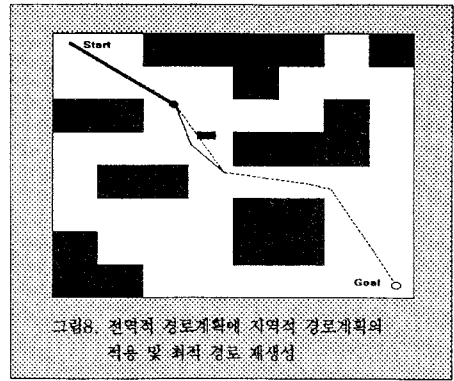
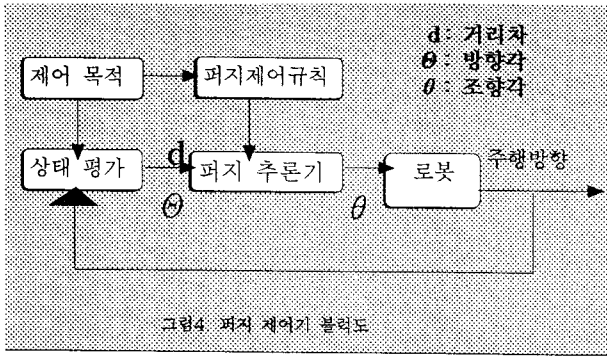
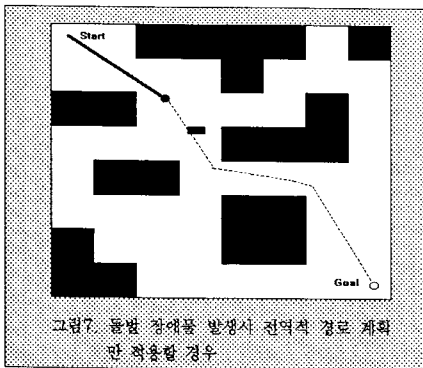
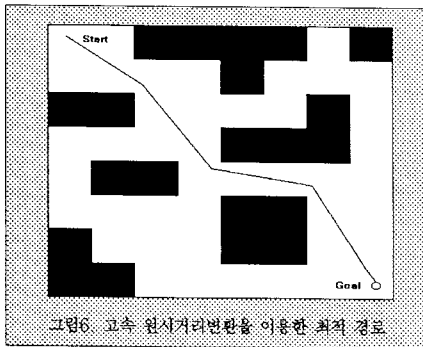
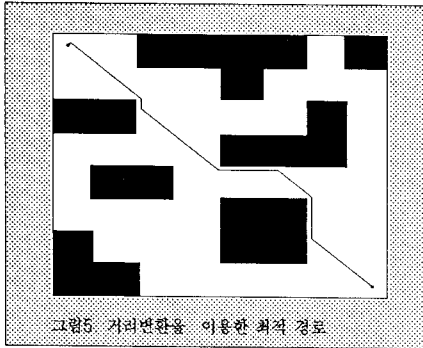


그림3. 전역적 경로 계획과 지역적 경로 계획의 결합 흐름도



2.3 실험

아래 그림은 실험한 여러 가지 작업환경 중에서 하나를 시뮬레이션 한 결과이다. 본 실험은 로봇이 초기에 전역적 경로 계획을 세워 주행하는 것과 돌발 장애물 출현시 지역적 경로 계획을 세워 장애물을 피해 목표점까지 도달하는 것을 보여주고 있다.



3. 결론

본 논문에서는 전역적 경로계획 기법에 지역적 경로계획법을 적용시켜 로봇이 이동 중에 변화하는 주위환경에 적응하지 못하는 문제점을 해결하였다. 베이저안 확률맵 작성은 초음파 센서시스템을 필요로 하는 알고리즘이므로 센서 값을 랜덤 하게 모델링하여 시뮬레이션한 본 실험에서는 아직 구현되지 않았다. 추후과제로는 본 논문에서 사용한 경로계획 알고리즘을 초음파확률 지도를 작성한 시스템에 적용시키는 연구가 계속 되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1]Hugh Durrant-Whyte "An Evidential Approach to Map-Building for Autonomous Vehicles", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL 14, pp623-629, 1998.8
- [2]Lindsay Kleeman, "Mobile-Robot Map Building from an Advanced Sonar Array and Accurate Odometry", The International Journal of Robotics Research, Vol.18, pp20-35, 1999.1
- [3]Lotfi A. Zadeh, "Fuzzy Logic= Computing with Words." IEEE Trans. on Fuzzy Systems, vol.4, pp103-111, 1996.3
- [4]Alberto Elfes, "Sonar-Based Real-World Mapping and Navigation" IEEE J. OF Robotics Automation vol. RA-3, pp249-265, 1987.6
- [5]임중환 "Map Construction, Exploration, and Position Estimation for an Autonomous Mobile Robot using Sonar Sensors" PP20-47 Phostech 1993.
- [6]김상문 "Obstacle Avoidance Using Distance Transform and VFH for a Mobile Robot" pp28-37 Hongik Univ. 1997