

이동 로봇의 최적 경로 설계를 위한 다중 센서 융합 알고리즘

정진규 · 김영균 · 좌동경 · 홍석교
아주대학교 전자공학부

Data Fusion Algorithm of Multi-Sensor for Optimal Path Planning of Mobile Robots

JinGu Jung · Youngkyun Kim · Dongkyoung Chwa · Suk-Kyo Hong
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

Abstract - 최근 장애물 감지, 경로 생성 등 많은 분야에서 여러 종류의 센서를 사용한 연구가 많이 진행되고 있다. 다중의 센서를 이용하면 개별 센서를 사용한 경우보다 정밀한 데이터의 측정이 가능하다. 이 논문에서는 효율적인 장애물 인식이나, 경로 생성을 위해 다중 센서로부터 측정된 데이터를 융합시키는 알고리즘을 제안하였고, 모의실험을 통해서 이동 로봇의 기본 경로에 장애물이 존재한 상황에서 하나의 센서를 사용한 경우보다 최적화된 경로를 얻을 수 있다.

기본 진행 방향과 x축과의 각도이다. α 와 β 에 대해 고려하지 않고 진행 속도 v 에 대해서만 고려하면 x방향과 y방향에 대한 속도를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\dot{x}(t) = v \cos(\theta) \tag{1}$$

$$\dot{y}(t) = v \sin(\theta) \tag{2}$$

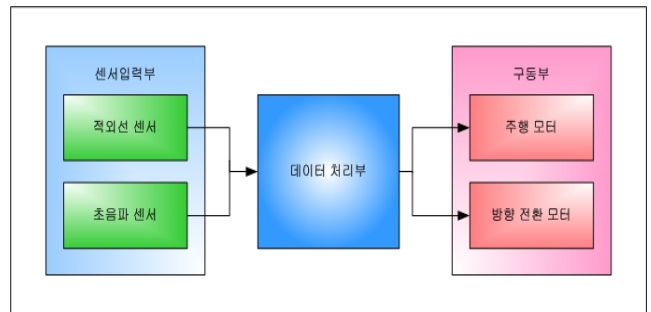
1. 서 론

지금까지 초음파, 적외선 센서 등, 여러 종류의 센서를 사용한 이동 로봇의 경로 생성이나 장애물 인식에 대한 연구가 많이 진행되어 왔는데, 특히 최근에는 카메라를 이용한 비전시스템과 더불어 레이저 스캐너를 이용한 연구도 활발히 진행되고 있다. 현재는 하나의 센서뿐만 아니라, 여러 종류의 센서를 이용하여 좀 더 정밀한 데이터를 측정하는 연구 또한 많이 진행되고 있다. 여러 종류의 센서를 이용하는데 중요한 것은 개별 센서로부터 받은 데이터를 융합하는 방법이다.

데이터를 융합하는 방법은 센서의 데이터를 개별적으로 처리하는 방법보다 데이터의 처리속도를 빠르게 하여, 좀 더 빠른 경로 생성이 가능하도록 한다. 또한 이 방법은 이동 로봇의 위치 측정, 지도 제작 등과 같은 다른 영역에서도 사용이 가능하여 그 활용도가 높다고 할 수 있다.

데이터 융합 방법은 일반적으로 하위 단계 융합(low level fusion)과 상위 단계 융합(high level fusion)으로 구분한다. 하위 단계 융합은 센서에서 얻어진 데이터를 직접적으로 통합하는 것을 지칭하고, 상위 단계 융합은 여러 센서 모듈에서 얻어진 데이터를 상위 계층 구조에서 간접적으로 통합하는 것을 지칭한다.

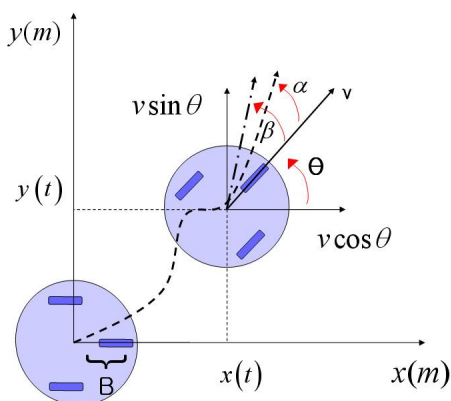
이 논문에서는 이동 로봇의 경로에 장애물이 존재하는 경우, 장애물을 회피하여 최적의 경로를 생성하기 위해 이중 센서를 통해 측정된 데이터를 상위 단계 융합의 방법을 사용하여 이동 로봇의 경로 생성에 사용할 수 있도록 통합한다.



<그림 2> 블록도

<그림 2>은 이동 로봇의 제어 시스템을 나타낸 블록도이다. 이 논문에서는 경로 생성을 위한 포도 센서와 장애물 검출을 위한 적외선, 초음파 센서를 사용한다. 초음파 센서는 원거리의 장애물을 검출할 수 있으나 그 데이터의 측정이 어려우며, 적외선 센서는 근거리의 장애물을 감지하나 데이터가 정확하므로 두 센서를 사용해서 서로의 단점을 보완한다. 이동 로봇은 포도 센서를 이용하여 일차적으로 기본 경로를 생성한다. 생성된 경로를 주행하는 중, 장애물이 존재하면 이동 로봇은 정면에 부착된 초음파 센서를 이용하여 장애물 위치를 파악한다. 장애물의 위치를 파악하면 데이터 처리부에서 거리에 따른 회피 필요 각을 계산하여 방향 전환 모터를 구동시킨다. 그 후 이동 로봇은 새로 생성된 경로로 진행을 한다. 만약 데이터 처리부에서 계산한 회피 필요 각이 회피 실제 각보다 작아 장애물이 이동 로봇에 근접한다면 적외선 센서로부터 측정된 값을 이용해 새로운 회피 각을 계산하여 방향 전환 모터를 이용, 장애물을 회피한다. 즉, 이동 로봇과 장애물과의 거리에 따라 적외선 센서 및 초음파 센서 데이터를 융합한다.

2. 기구학 모델



<그림 1> 모델

<그림 1>은 이동 로봇의 기구학 모델을 나타낸 것이다. 그림에서 변수 α 는 초음파 센서에 의한 이동 로봇의 각도 변화 값, 변수 β 는 적외선 센서 값에 따른 이동 로봇의 각도 변화, 변수 θ 는 이동 로봇의

3. 다중 센서 알고리즘

<그림 1>에 나타난 이동 로봇에 대해 초음파 센서와 적외선 센서에 의해 측정되는 변수 α 와 β 를 고려하면 식 (1), (2)는 각각 식 (3), (4)와 같이 나타낼 수 있으며, 시간에 대한 θ 의 변화량도 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\dot{x}(t) = v \cos[\gamma + \theta(t)] \tag{3}$$

$$\dot{y}(t) = v \sin[\gamma + \theta(t)] \tag{4}$$

$$\dot{\theta}(t) = \frac{v}{B} \sin(\gamma) \tag{5}$$

여기서, γ 는 α 혹은 β 값이다. 식 (5)에서 변수 B의 값은 이동 로봇의 기준선을 나타낸다.[1] 초음파 센서의 측정값을 $I(t)$ 라고 할 때, 그 값에 따라서 다음과 같은 두 가지의 경우로 상황을 분류할 수 있다. 적외선 센서에 의한 측정값은 그 범위가 매우 작으므로, 초음파 센서의

측정값만을 가지고 장애물의 거리를 판별한다.

$$\textcircled{2} |I(t)| \geq c$$

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= v \sin(\alpha + \theta) \\ \dot{y}(t) &= v \cos(\alpha + \theta) \end{aligned}$$

$$\textcircled{3} |I(t)| < c$$

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= v \sin(\beta + \theta) \\ \dot{y}(t) &= v \cos(\beta + \theta) \end{aligned}$$

위의 식에서 변수 c 는 임의상수로 장애물 회피 모드에서 초음파 센서와 적외선 센서의 선택을 구분 짓는 요소이다. c 의 값을 조절함으로써, 적외선 센서의 적용 시기를 조정하여 이동 로봇의 움직임을 제어할 수 있다.

$\textcircled{2}$ 의 경우, $|I(t)|$ 의 값이 c 보다 크면 장애물의 거리가 멀리 있으므로 적외선 센서를 이용한 근접 회피 모드가 불필요하여 적외선 센서에 의한 β 값에 0을 대입한다. $\textcircled{3}$ 의 경우, $|I(t)|$ 의 값이 c 보다 작으면 장애물이 이동 로봇에 근접한 경우로 적외선 센서를 이용한 근접 회피 모드로 동작해야 되므로 초음파 센서에 의한 α 의 값에 0을 대입한다.

위의 두 경우의 식을 시간에 대해 적분하면 다음과 같은 이동 로봇의 위치를 얻을 수 있다.

$$\textcircled{2} \quad x(t) = \int_0^t v \cos[\alpha + \theta(\tau)] d\tau + x(t_0) + n_{mx}(t)$$

$$y(t) = \int_0^t v \sin[\alpha + \theta(\tau)] d\tau + y(t_0) + n_{my}(t)$$

$$\textcircled{3} \quad x(t) = \int_0^t v \cos[\beta + \theta(\tau)] d\tau + x(t_0) + n_{mx}(t)$$

$$y(t) = \int_0^t v \sin[\beta + \theta(\tau)] d\tau + y(t_0) + n_{my}(t)$$

함수 $n_{mx}(t)$ 와 $n_{my}(t)$ 는 각각 이동 로봇의 위치 추정 잡음으로, 이동 로봇 차체의 변화 등에 의해 결정되는 값이다.

4. 모의실험

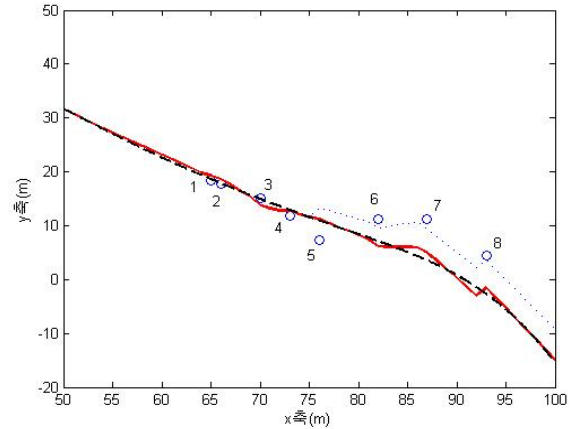
기본 생성된 경로에 장애물이 존재하는 상황에서 초음파 센서만을 사용한 경우와 초음파, 적외선 센서를 사용하여 제안된 알고리즘을 적용한 경우를 비교하여 알고리즘을 검증한다. 모의실험에서 다음과 같이 가정을 한다.

- $\textcircled{1}$ 이동 로봇은 좌우 대칭이며, 강체이다.
- $\textcircled{2}$ 마찰력은 충분히 작아 무시한다.
- $\textcircled{3}$ 이동 로봇의 속도는 일정하다.

그림<4>에서 파선은 기본 경로, 점선은 초음파 센서만 사용한 경우이며, 실선은 초음파 센서와 적외선 센서를 사용하여 알고리즘을 적용한 경우이다.

그림에서 장애물의 위치가 초음파 센서의 감지 범위 안에 있어 충분히 새로운 경로를 생성할 수 있지만, 모의실험에서 속도 제어에 대한 고려는 하지 않았으므로 장애물에 근접한 후 방향을 전환하는 것을 확인할 수 있다. 이동 로봇이 기본 경로에서 이탈하게 된 원인을 살펴보면 장애물 3을 통과하는 시기에 장애물 4와 5를 감지하여 위쪽으로 방향이 틀어지는 것으로 판단할 수 있다. 제안된 알고리즘을 적용한 경우, 초음파 센서를 통한 데이터를 바탕으로 적외선 센서를 이용해 위치를 보정하여 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 모의실험에서 센서 특성을 위해 초음파 센서 데이터에 노이즈를 추가했고, 적외선 센서의 측정범위는 2

미터 이내로 제한하였다.



<그림 3> 기본 경로와 로봇의 이동 경로

5. 결 론

이중 센서를 이용하여 제안된 알고리즘을 적용한 결과, 단일의 센서를 사용한 경우보다 목표점에 빠르게 도달할 수 있다. 그러나 장애물의 위치가 기본 경로 상에 존재한 경우는 차이점이 없음을 확인할 수 있었으며, 제안된 알고리즘은 장애물의 위치가 기본 경로에 근접하거나 장애물의 위치가 이동 로봇의 감지 방향과 일직선이 되는 상황에 적합함을 알 수 있다.

이 논문에서는 이동 로봇의 위치 추정 잡음이나 마찰력과 같은 외란에 대한 고려를 하지 않았다. 차후 외란 입력에 대한 필터를 설계하여 이동 로봇에 적용한다면 실제적인 모델링을 할 수 있다. 또한 센서로부터 들어오는 정보에 대한 적절한 필터가 설계된다면 다른 센서를 적용하는 것도 가능하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Moshe Kam, Xiaoxun Zhu, Paul Kalata, "Sensor Fusion for Mobile Robot Navigation", Proceedings of the IEEE, vol 85, no.1, pp. 108-119, 1997
- [2] J. A. Castellanos, J. Neira, and J. D. Tardos, "Multisensor Fusion for Simultaneous Localization and Map Building", IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 17, no. 6, pp. 908-914, 2001
- [3] K.S.Fu, R.C. Gonzalez, C.S.G. Lee, ROBOTICS, Singapore: McGRAW-HILL, 1987