

이동 로봇을 위한 초음파 센서 기반의 지도 생성에 관한 연구

*서남일 *홍현주 *권석근 **이용중 *노영식
**창원 기능 대학 *울산대학교 전기전자 및 자동화 공학부.

A Study on Ultra Sonic based Map Building for Mobile Robot

*Nam-il Seo *Hyun-ju Hong *Seok-geon Kweon **Yong-joong Lee *Young-shick Ro
**Changwon Master's Collage *Dept. of Electric Engineering, Ulsan Univ.

Abstract - 본 논문에서는 실내환경에서 얻어진 격자 지도(grid map)상의 장애물 정보의 표현을 간략화 시키는 방법에 대하여 논하였다. 여기서 기본이 되는 격자 지도의 장애물 정보는 초음파 센서를 이용하여 얻어졌다고 가정하였다. 그리고 생성된 장애물 정보를 직선 성분으로 간단히 표현하여 저장될 정보의 양을 줄이는 변환 방법들인 체인 코드(chain code)와 호프 변환(Hough transform)에 대하여 논하였다. 그리고, 논의된 방법의 유효성을 증명하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 결과를 제시하였으며, 단점들에 대한 앞으로의 연구 방향을 제시하였다.

1. 서 론

만약 이동 로봇이 주위 환경에 대한 어떠한 정보도 가지지 못한 채 단지 근접한 장애물에 대한 회피능력만을 가진다면, 경로가 있음에도 불구하고 목표점에 도달하지 못하거나, 먼 경로로 우회함으로써 시간적인 손실을 초래할 수 있다. 따라서 자율 이동 로봇이 인간의 제어 없이 스스로 구동하기 위해서는 주위 환경을 인지하고 장애물에 대한 정보를 표현하는 지도 작성 능력이 필수적이다. 그러나 지도 작성에 있어서, 주위 환경과 장애물에 대한 자세한 묘사가 주목적이 아닌 한, 지도 작성에서 주요한 목적은 이동 로봇이 주행하기 위한 주위 환경의 적당한 표현이라고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 정해진 작업 공간 내에서 주어진 장애물을 표현하는 여러 가지 방법들에 대한 비교와 그에 대한 대안을 제시한다.

이동 로봇을 위한 주위 환경을 표시하기 위하여 사용되는 방법으로는 격자형 환경정보를 이용한 격자 지도(grid map)와 작업 공간을 평면과 모서리, 구석 등의 모델로 표현한 모델 기반 지도(model-based map)가 있다[1]. 그러나 모델 기반 지도는 현재 이동 로봇에 사용되고 있는 저가의 센서들에 의한 정보의 불확실성 때문에 실시간으로 정보를 얻기 힘들다. 반면 격자 지도는 불확실한 정보로도 즉각적인 지도 작성과 정보의 변경이 가능하므로 많이 사용되고 있다[2][3].

격자 지도는 초음파 센서나 적외선 센서 같은 근접 센서들을 이용하여 장애물에 대한 정보를 작업공간상의 위치에 해당하는 격자로 표현된다[4][5]. 그러나 지도 작성 후 정보를 저장함에 있어서 격자 지도는 장애물의 유무나 크기 등과 같은 주위 환경조건에 상관없이 전체 작업공간에 대한 정보 전체를 저장해야만 한다. 따라서 장애물의 조건에 상관없이 작업공간이 증가하면 저장해야 할 정보 또한 비례해서 증가하게 된다. 그러므로 격자 지도를 좀 더 효율적으로 이용하기 위해서는 저장될 정보의 양을 줄이는 방법이 필요하다.

주위 환경 정보를 줄이기 위하여 사용된 방법으로는 작업 공간 정보 자체를 단순화시키는 방법과 작업 공간 내의 장애물 정보만을 단순화시키는 방법이 있다. 그 중 전자로는 쿼드트리(quad-tree)를 이용한 방법이 있고, 후자로는 평면, 모서리, 구석 등으로 표현하는 방법이

있다.

본 논문에서는 주위 환경정보를 줄이기 위하여 체인코드와 호프 변환을 이용하여 직선으로 표현하는 방법을 사용한다. 그리고 격자 지도를 위의 방법들을 이용하여 변환함으로써 각각을 비교 분석하고, 모의 실험을 이용하여 나타난 문제점과 그에 대한 앞으로의 연구방향을 제시한다.

2. 모의 실험을 위한 환경

모의 실험을 위하여 작업 공간을 6.4 × 6.4 [M]의 정방형 공간으로 설정하고, 격자의 간격은 10 × 10 [Cm]로 설정하였다.

장애물의 형태는 임의의 다각형으로 하고, 초음파 센서의 사용이라는 가정 하에 센서의 특징을 고려하여 장애물 외곽에 대한 정보만을 가지는 것으로 나타내었다. 그리고 격자 지도에서의 장애물 정보는 단지 격자가 점유되었는가 또는 점유되지 않았는가를 나타내는 점유형 격자 지도로 나타내었다.

3. 지도 정보의 단순화 및 비교

3.1 격자 지도 표현

그림 1은 초음파 센서를 사용한다는 가정 하에서 생성한 격자 지도이다. 점유형 격자 지도이므로 장애물 정보는 장애물이 있다고 판단되는 격자는 무조건 점유된 것으로 설정한다. 격자 지도는 장애물 특성에 대한 고려가 없어 구현하기가 쉬울 뿐만 아니라 실제적으로 센서를 이용한 지도 작성 시 실시간으로 지도의 작성과 정보의 저장, 수정이 가능하다. 그러나 격자 지도 특성에 의하여 장애물이 있다고 가정된 부분은 무조건 점유된 것

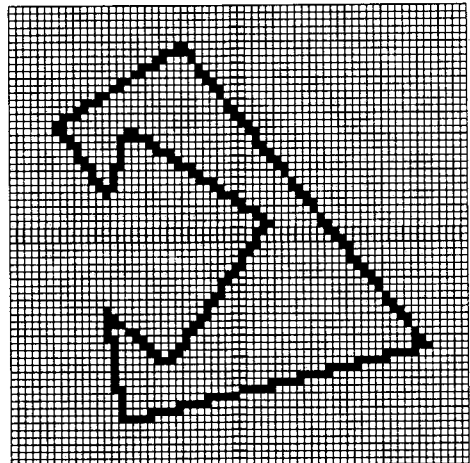


그림 1. 일반적인 점유형 격자지도

로 나타내므로 이동 로봇의 주행에 있어서 안정성을 보장할 수는 있지만 격자 중의 장애물 정보의 양도 필요 이상으로 많음을 알 수 있다. 그리고 저장을 위해서는 작업 공간 전체의 정보를 저장해야만 한다.

3.2 쿼드트리를 이용한 격자 지도 표현

그림 2는 그림 1을 쿼드트리 구조로 바꿔 놓은 그림이다. 쿼드트리 환경정보는 공간내의 장애물 특성에 따

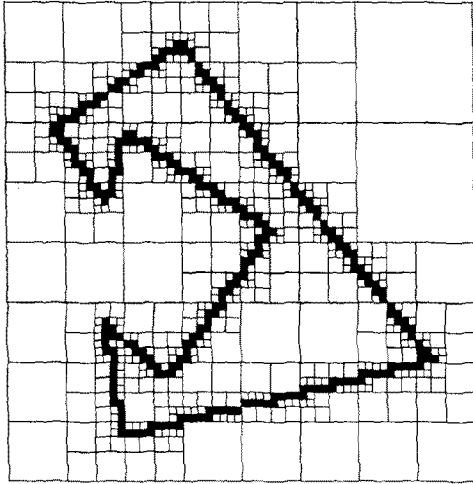
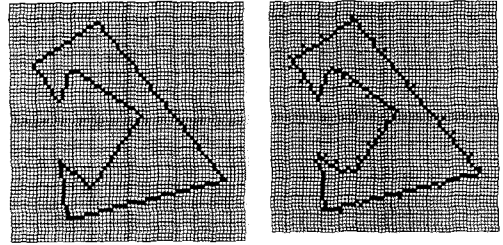


그림 2. 격자 지도의 쿼드트리 표현

라 격자의 크기를 다르게 하는 방법으로 장애물이 없는 넓은 공간이나 큰 장애물이 있는 공간은 하나의 큰 격자로 표현하고, 장애물이 부분적으로 존재하는 공간은 순차적으로 세분화된 작은 격자로 표현하는 방식이다. 따라서 동일한 작업공간을 표현하고자 할 때 격자형 환경정보에 비해 격자수가 감소한다. 그러나 본 논문에서 가정한 것처럼 초음파 센서를 이용한다면 장애물 정보는 내부를 알 수 없는 폐쇄형 다각형으로 표현된다. 따라서 일반적인 격자 지도 정보의 저장보다는 적지만, 장애물의 수와 모양의 복잡성 정도에 따라 정보의 수가 충분히 많아질 수 있다.

3.3 체인 코드를 이용한 격자 지도 표현

격자 지도의 전체적인 내용을 저장하는 것보다 그 경계치 격자만을 저장하는 것이 더 효율적이다. 체인 코드를 사용하면 현재 격자를 이전 격자의 방향성만으로 표현 가능하므로 작업 공간에 대한 정보표현은 공간의 전체 크기, 시작점 격자의 위치, 그리고 연결된 격자들의 방향성 표시만으로도 충분해진다. 따라서 일반적인 격자 지도 정보보다 저장할 정보가 현저히 줄어들며, 다른 주위 환경-쿼드트리에서 빈 공간-에 대한 정보를 저장할 필요가 없기 때문에 더 효율적이라 할 수 있다. 그러나 체인 코드 또한 쿼드트리와 마찬가지로 장애물의 수와 모양의 복잡성 정도에 따라 정보의 수가 늘어날 수 있다. 또한 격자 지도 생성 시부터 발생한 오차에 의한 잘못된 격자 정보가 들어올 경우, 수정이 거의 불가능하며, 오차를 포함한 장애물 정보 전체를 그대로 변환함으로써 오차의 지속성을 보인다. 그러므로 초기에 얻어진 오차에 대한 또 다른 수정 방법이 없으려는 좋은 결과를 가지기 힘들다. 그림 3(a)와 3(b)는 오차가 없을 때와 있을 때의 그림 1을 체인 코드를 이용하여 나타낸 것이다. 그리고 그림 4는 체인 코드의 방향성을 나타낸 것이며, 그림 5와 그림 6은 일반적인 격자 지도의 저장 정보와 체인 코드 저장 정보의 차이를 보여준다.



(a) 오차가 없을 경우 (b) 오차가 들어간 경우
그림 3. 격자 지도의 체인 코드 표현

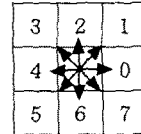


그림 4. 체인 코드

GridMAP_Value

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

그림 5. 저장된 격자 지도 정보

ChainCode_Value

233 20 5

75545375455445465446660776517766075100322121100

그림 6. 저장된 쿼드트리 표현의 격자 지도 정보

3.4 호프 변환을 이용한 격자 지도 표현

3.1의 일반적인 격자 지도의 정보 저장을 위한 단순화 작업인 3.2와 3.3의 결과를 볼 때 두 가지 모두 장애물의 수가 적고, 모양이 단순하며 격자 지도 자체가 아주 잘 만들어졌다 가정한다면, 3.3의 체인 코드를 이용한 방법만으로도 정보의 양은 충분히 감소할 것이다. 하지만 가정한 바와 같이 초음파 센서 같은 저가의 센서들을 사용했을 때, 모서리나 구석 심지에는 평면에 서조차도 잡음에 의한 오차가 발생할 수 있다. 이런 경우에는 3.2나 3.3의 방법을 쓰더라도 격자 지도에 대한 기본적인 오차뿐만 아니라 센서 잡음에 의한 오차 때문에 장애물이 작업 공간상에 원래 차지한 부분 보다 훨씬 많은 부분을 차지하거나 오히려 소실될 우려마저 생기게 되며, 결국에는 이동 로봇 주행을 위한 경로계획에 차질을 주게 된다. 이는 그림 3(b)에서 잘 나타난다. 따라서 격자 지도의 정보를 줄이면서 오차도 수정할 수 있는 방법으로 호프 변환을 이용하였다. 격자로 표현된 직선성분의 장애물은 원점으로부터 식(1)과 같이 표현될 수 있다.

$$\rho = x \sin \theta + y \cos \theta \quad (1)$$

그림 7과 그림 8은 호프 변환의 기본 원리를 설명하고 있다. 그림 9는 격자 지도에 임의의 오차를 첨가한 후 실시한 호프 변환의 결과를 보여준다. 이와 같이 잘 된 경우에는 호프 변환에 의해 추출된 직선의 교점과 방향성만으로도 정보의 저장이 충분하므로 원래의 격자 지도

의 정보양보다 월등히 효율이 높다. 그러나 이 또한 장애물을 나타내는 직선 성분의 길이가 짧거나 호프 변환

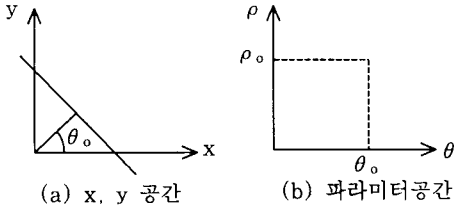


그림 7. 호프 변환의 기본 원리

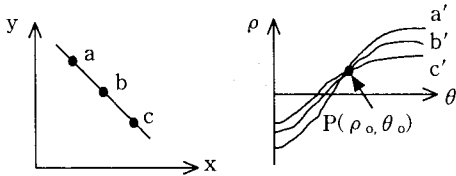


그림 8. 호프 변환에 의한 직선의 추출

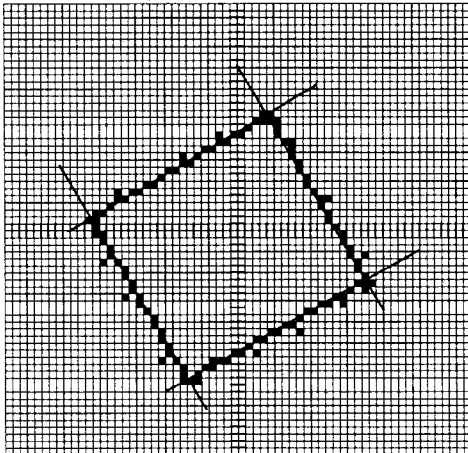


그림 9. 호프 변환에 의한 격자 지도의 표현

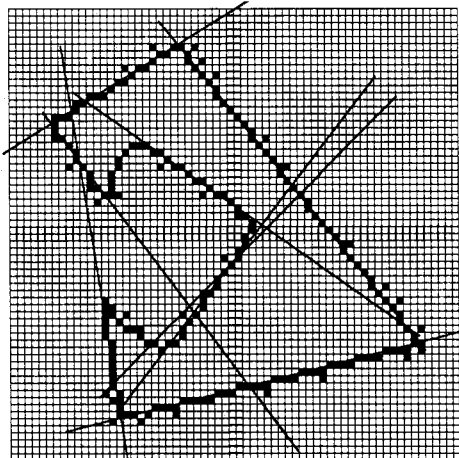


그림 10. 불완전한 호프 변환 결과

을 위한 threshold값이 적절하지 않으면 종종 잘못된 결과를 줄 수 있다. 그림 10은 임의의 오차를 첨가한 그림 1이 위의 단점들에 의하여 발생하는 좋지 않은 결과를 보여준다. 따라서 호프 변환을 위해서는 적절한 threshold값의 선택이 중요하며, 전체적인 변환보다는 직선 성분 각각에 대한 국부적인 변환이 필요하다.

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 초음파 센서에서 얻어진 격자 지도를 간략하게 저장하기 위한 방법으로 작업 공간에서의 장애물 정보를 단순하게 만드는 방법들을 비교 분석하였다. 그리고 컴퓨터 모의 실험을 통하여 그 유효성을 입증하였다. 결론적으로 초음파 센서를 통하여 얻어진 정보가 오차를 포함한다 하더라도 격자로 표현됨으로서 어느 정도의 희석이 일어나고, 또한 그렇게 얻어진 격자정보를 가지고 더욱 단순화 작업을 실시하였을 경우, 저장할 부분이 처음의 전체 작업 공간에서 간단한 장애물 정보로의 변환이 가능하여 저장할 정보량의 확연히 줄어들음을 알 수 있다.

앞으로 연구의 주요 과제는 앞에서 밝힌 바와 같이 호프 변환에 있어서 복잡한 다각형 장애물이 나타날 경우, 추출된 직선 성분에서 원래의 장애물을 찾아내는 일이라고 할 수 있다. 따라서 실제적인 실험을 통하여 작업 공간에 대한 정보를 이동 로봇의 초음파 센서를 통하여 직접적으로 얻어내고, 동시에 모서리와 구석 부분을 정보 획득 과정에서 미리 얻어낸다면, 장애물의 면들을 이루는 직선 성분 각각에 대한 호프 변환계산이 가능하기 때문에 앞에서 나타낸 문제점이 해결될 수 있다. 또한 다른 하나의 문제점으로 밝혀진 실시간 지도 제작을 위한 계산시간 감소도 가능할 것이라 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] H.Chung, Y.S.Choi, J.G.Lee, "Path planning for a mobile robot with grid type world model", Proc. 1992 IEEE/RSJ Conf. on Intelligent Robot and Systems, pp439-444, 1992.
- [2] A.G.Pipe, B.Carse, A.Winfield, "A Topological Map based Navigation System for Mobile Robotics", Proceeding of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp4394-4399, 1.1997.
- [3] Daniel Pagac, Eduardo M. Nebot, Hugh Durrant-Whyte, "An evidential approach to probabilistic map-building", Proceeding of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp745-750, April 1996.
- [4] J. Borenstein, Y.Koren, "Obstacle Avoidance with Ultrasonic Sensor" IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.4, No.2, pp213-218, 1988
- [5] J. Borenstein, Y.Koren, "Histogramic In-Motion Mapping for Mobile Robot Obstacle Avoidance", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.7, No.4, pp535-539, 1991