

이동 로봇의 영역센서를 이용한 실내 지도 작성

Indoor Map Making Using Range Sensor of a Mobile Robot

고낙용¹ · 서동진² · 김광진³ · 문용선⁴

Nak Yong Ko, Dong Jin Seo, Kwang Jin Kim and Yong-seon Moon,

¹조선대학교 제어계측로봇공학과

E-mail: nyko@chosun.ac.kr

²(주)레드윈테크놀러지

E-mail: commidi@gmail.com

³조선대학교 대학원 정보통신공학과

E-mail: softy119@gmail.com

⁴순천대학교 공학대학 전기·전자통신·컴퓨터공학부

E-mail: moon@sunchon.ac.kr

요 약

본 연구에서는 이동 로봇에 영역 센서를 장착하여 실내에서 주변환경을 인식하여 지도를 작성하는 방법을 제안한다. 이동 로봇이 미지의 환경에서 자율 주행하기 위해서는 로봇 환경에 대한 지도를 작성하면서 이 지도 상에서 로봇의 위치를 인식할 수 있어야 한다. 지도 작성과 위치 인식을 동시에 수행하는 SLAM을 구현하기 위한 준비 단계로서 본 논문에서는 일정한 시간 간격으로 연속적인 센서 신호들로부터 동일 특징을 추출하고 이들을 서로 일치시켜서 로봇 이동 및 센서 신호에 불확실성이 있는 경우에도 지도를 작성하는 방법을 연구한다. 실제로 레이저 영역 센서를 장착한 이동 로봇을 이용하여 실내에서 지도를 작성하는 실험을 통하여 제안된 방법의 성능을 검증한다.

키워드 : map making(지도 작성), range sensor(영역 센서), mobile robot(이동 로봇)

1. 서 론

자율이동로봇의 주행과 사용자인터페이스를 위하여 지도 정보는 반드시 필요한 것 중의 하나이다. 이동로봇에 지도정보가 제공되는 경우라 해도 주행하는 동안 지도를 개선, 변형 확장하는 것은 매우 중요한 일이다. 또한 주위 환경 정보가 전혀 없는 상황에서는 주위 환경에 대한 지도를 완성하는 것 자체가 자동 주행 로봇의 주요 임무가 된다.^[1]

현재까지 알려진 지도 제작법은 크게 그리드를 이용해 2차원 격자지도를 작성하는 방법과, 스캔된 데이터를 이용하여 라인이나, 사각형, 원등의 피쳐로 지도를 작성하는 피쳐드로잉방법으로 나뉜다.

그리드 방법중 대표적인 것으로 Maravec와 Elfes가 제안한 점유그리드(Occupancy grid)방법이 가장 많이 사용되어 왔으며 이 후로도 많은 사람들에 의해 개선, 발전되어 왔다^[2]. 점유그리드 방식은 주위 환경을 2차원 셀의 배열로 표현하고 그 셀들이 각각 차지하는 공간이 얼마나 점유되어 있는지에 관한 확률치를 구한다.^[3]

피쳐 드로잉에서 파생된 방법에는 랜드마크(landmark) 방법과 토폴로지컬(topological) 방법이 있다. 랜드마크 방법은 복도나 실내 환경의 일정한 표식을 찾아 연결하여 지도를 만드는 방법이다. 토폴로지컬 방법은 공장이나 빌딩 자동화에서 로봇에 지도를 제공하기 위해 만들어진 형태로 제작되었다.

지도를 만들기 위해 주위환경을 획득해야 하는 여기에 사용되는 센서로 초음파센서, 비전, 레이저 영역센서 등으로 크게 나뉠 수 있다.

초음파 센서는 방사각이 크고 온도나 장애물 표면의 상태에 따라 영향을 받기 쉬운 단점을 가지는데 점유격자 방식을 이용하면 정확한 지도를 구하기는 어렵지만 이동로봇의 장애물 회피, 경로계획 등에 쉽게 적용이 가능한 장점이 있다.

비전센서는 이동로봇이 랜드마크 혹은 주위환경의 특징점을 이용하여 주행이 가능하며, 최근에는 스테레오 비전을 이용하여 맵을 만드는 방법도 많이 연구되고 있다.

레이저 영역센서는 이동로봇의 거리측정센서로 상당히 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있으며 데이터의 갱신주기도 초당 10회 이상 가능하고 최대 측정거리도 50m까지 측정이 가능하기 때문에, 이동로봇이 실시간으로 맵을 만들거나 충돌회피를 하는데 최적의 솔루션을 제공하는 센서이다.

레이저 영역센서를 이용한 피쳐드로잉이 방법들은 일반적으로 선트래킹, 끝점피팅법, 호프변환 방법들이 제안되었으며 이러한 방법들은 장애물들을 피쳐로 표현하기 때문에 맵을 표현하기 위한 메모리의 요구량이 적기 때문에 빠른 데이터 처리를 할 수 있는 것이 장점이다. 그러나 항상 레이저 영역센서의 데이터를 획득하면서 피쳐를 생성해야 하기 때문에 처리시간이 길어질 수 있으며

격자방식보다 직관적이지 않은 단점이 있다.

이에 반해서 격자방식은 맵을 2차원 배열형태로 표현하기 때문에 배열의 피쳐드로잉 방식에 비해서 메모리를 많이 차지하고 새로운 영역으로 로봇이 주행 시 그 메모리요구량이 기하급수적으로 커지는 단점이 있다. 그러나 컴퓨터 하드웨어의 발달로 인해 메모리가 커지고 속도도 빨라짐에 따라 점유 격자맵을 사용하여 실내지도를 작성하는 것이 더 일반화 되었다. 더욱이 점유격자 맵은 피쳐드로잉 방법과는 거리영역 센서데이터를 바로 맵에 적용이 가능하기 때문에 피쳐드로잉방법과 같이 센서데이터에서 직선을 추출하거나 하는 추가적인 방법이 필요하지 않는 장점을 가진다.

2. 환경인식 센서 및 실내지도

2.1 레이저 영역센서

지도를 제작하기 위한 환경인식용 센서로 Sick사의 LMS200기종을 선택하였으며, 0.5도 간격으로 180도 구간의 데이터를 획득할 수 있으며 최대 측정거리는 50m이다. 그림 1은 LMS200센서의 외형을 보여준다.

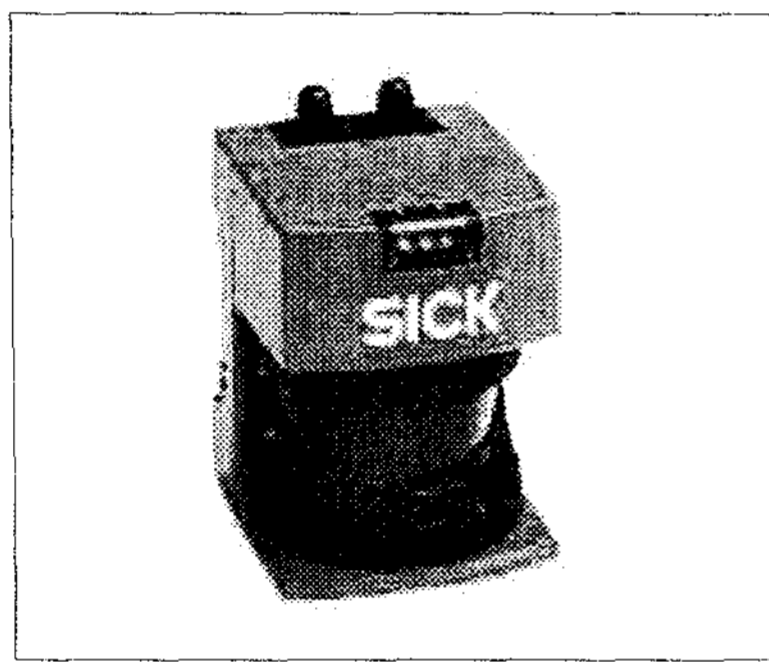


그림 1. LMS-200의 외형
Fig 1. Feature of LMS-200

LMS-200 레이저 영역센서는 50m측정거리에 ±5cm의 오차를 갖는다. 이와 같은 특성을 반영하기 위해 센서에 의해 측정된 거리정도에 가우스 노이즈가 포함되어 있는 것으로 가정하였다. 실제의 레이저 영역센서의 특성을 구현하기 위해 탐색된 거리정보와 실제 거리 사이의 관계를 식 (1)로 모델링 하였다.

$$I_r = \partial (d_r + \eta) \quad (1)$$

여기에서 I_r 은 센서에 의해 검출된 거리이고 d_r 는 실제거리, η 는 가우스 노이즈 이다. Round()는 반올림함수이고 레이저 영역센서의 분해능과 정확도는 가우스 노이즈에 의해 센서 모델에 반영된다.

가우스 노이즈에 의해 발생된 노이즈 데이터의 대부분은 0값을 기준으로 분포하고 710개 이상의 데이터가 ±5cm범위 안에 존재한다.

레이저 영역센서에서 측정된 데이터를 사용하여 실내 지도를 만들기 위해 다음 4가지 단계를 거친다.

- 1) 센서데이터로부터 노이즈를 제거하는 필터링과정
- 2) 침식연산과 팽창연산을 사용하여 윤곽선을 검출하는 과정
- 3) 기존 환경과의 패턴을 분석하여 획득된 데이터를

보정 연결하는 과정

4) 후 처리과정을 통한 지도작성

이동로봇에 의한 다양한 지도용도를 고려하면 다음과 같다.

지도가 미리 제공되는 경우, 센서감지 능력을 이용해 로봇의 자기위치를 확인 할 수 있다. 만일 로봇이 환경에서 자기 스스로 위치를 확인할 수 있다면, 로봇은 현재 위치에서부터 바람직한 목표점까지 경로와 주행을 계획할 수 있다. 만약 로봇이 애매하게 현재위치를 인지할 수 있고 로봇이 로봇으로부터 표식까지 상대적인 위치를 추정하고 표식을 확인 할 수 있다면, 로봇은 애매한 자신의 위치를 수학적 기술을 이용하여 더 정확하게 보정할 수 있다. 다른 경우의 예로, 로봇이 경로나 자기 위치를 알고 표식이나 로봇의 상대적인 위치를 측정할 수 있다면 로봇은 인식된 표식과 일치하는 적당한 표식을 찾는 것으로 확인 할 수 있다. 마지막으로 지도가 로봇에게 준비되지 않았다면 로봇이 오도메트리 정보를 통한 데드레크닝 방법과 센서에 의한 지리학적 특징에 의해 로봇위치를 인식하고 스스로 지도를 만들 수 있다. 이런 4가지의 지도용도는 기본적인 이동로봇의 행동으로 고려되며 이동로봇에서 매우 중요한 역할을 한다.

3. 실내지도 제작방법

3.1 영역센서 필터링

필터링의 목적은 원시 데이터에서 노이즈와 불필요한 데이터를 제거하는 것으로 더 정확한 지도의 제작을 위해서 필요한 과정이다.

불필요한 데이터의 판정기준은 스캔된 데이터들 간의 연관성에 토대를 두고 처리를 수행하였다. 임의의 센서값 S가 있을 때 S의 좌측센서 값들의 집합과 우측센서 값들의 집합과의 거리를 비교하여 그 편차가 커질 경우 양쪽 센서집합의 합을 평균하여 실제의 센서값과 센서집합의 합에 가중치를 부여하여 새로운 값으로 필터링 하였다. 이 값의 특징은 연속된 센서 값들의 변화량을 줄여주는 특징을 가지기 때문에 더 부드러운 곡선을 만들어준다.

그림 2는 한번의 LMS센서에 필터링이 된 상태의 센서 출력을 보여준다. 모든 센서의 값들이 완만한 상태의 곡선을 그리고 있음을 확인할 수 있다.

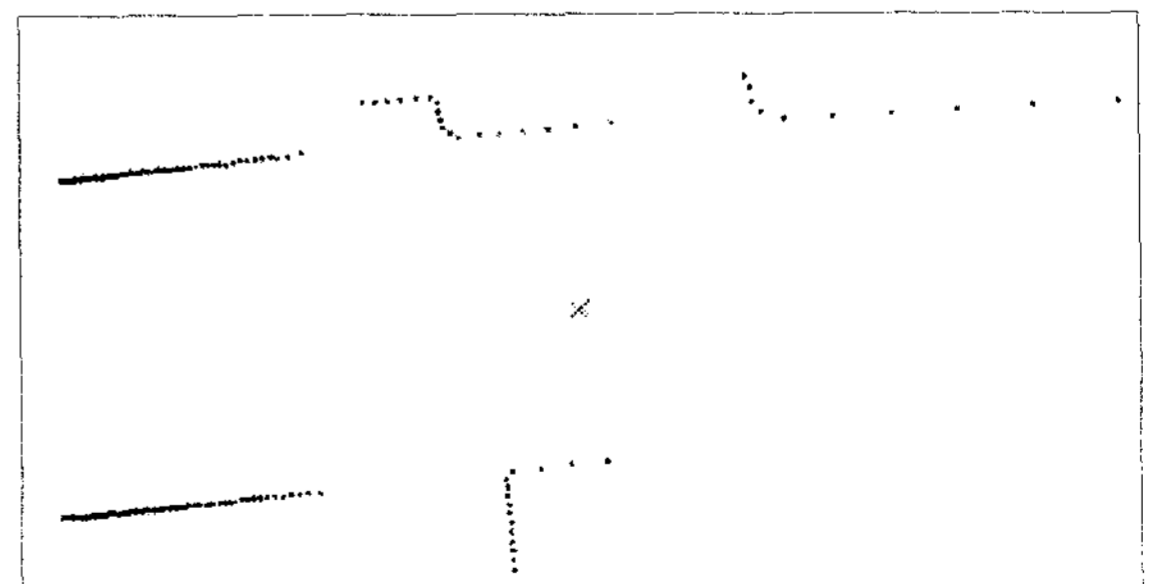


그림 2. 필터링후의 영역센서데이터
Fig 2. Range Sensor Data Output after Filtering

3.2 윤곽선 생성

그림의 2의 영역센서에 의해 출력된 결과를 팽창연산을 그림 3과 같이 윤곽선이 생성되게 되며 다시 침식연산을 수행하면 점 혹은 굵은 직선의 형태로 결과가 생성

되게 된다. 여기에서 직선들을 추출하여 영역센서를 병합하고 통합된 센서의 부분으로 사용할 패턴을 추출한다.

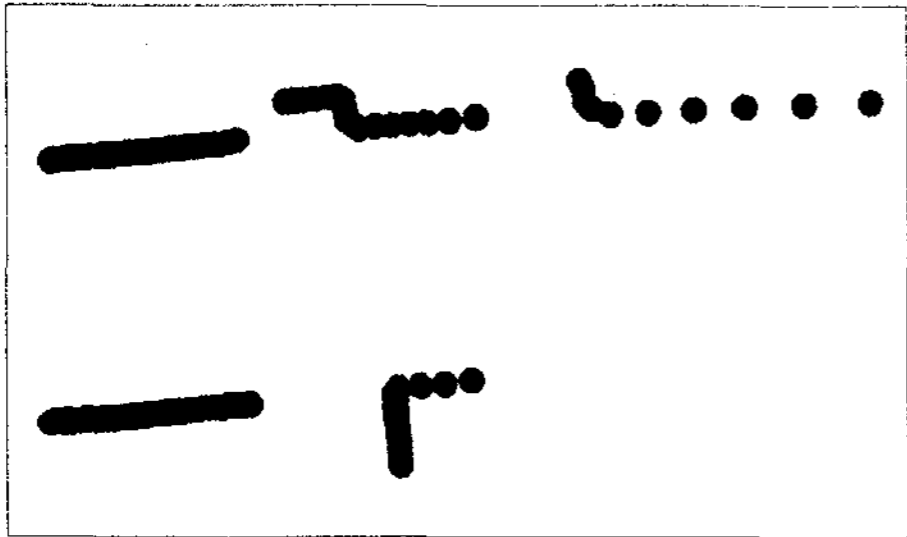


그림 3. 팽창연산 후 영역센서 데이터

Fig 3. Range Sensor Data after Dilation Operation

3.3 패턴생성 및 센서데이터 병합

영역센서에 의해 획득된 데이터가 필터링 및 모폴로지 연산과정을 거치게 되면 데이터로부터 직선을 추출할 수 있다. 로봇의 오도메트리 정보에 의한 좌표이동을 계산하여 센서의 패턴에 적용하면 이전에 획득된 패턴과 현재 획득된 패턴 간에 맵을 병합할 수 있으며 오도메트리 정보에서의 오차에 의해 약간의 각도 오차 및 위치 오차가 생겨날 수 있다. 이를 보완하기 위하여 생성된 의 꼭지점 중에 한 점을 일치시키기 위해 위치보정을 하고 다른 특징점 들을 맞추기 위해 회전 연산을 수행한다. 그림 4는 데이터 병합이 이뤄진 후 작성된 맵을 보여준다.

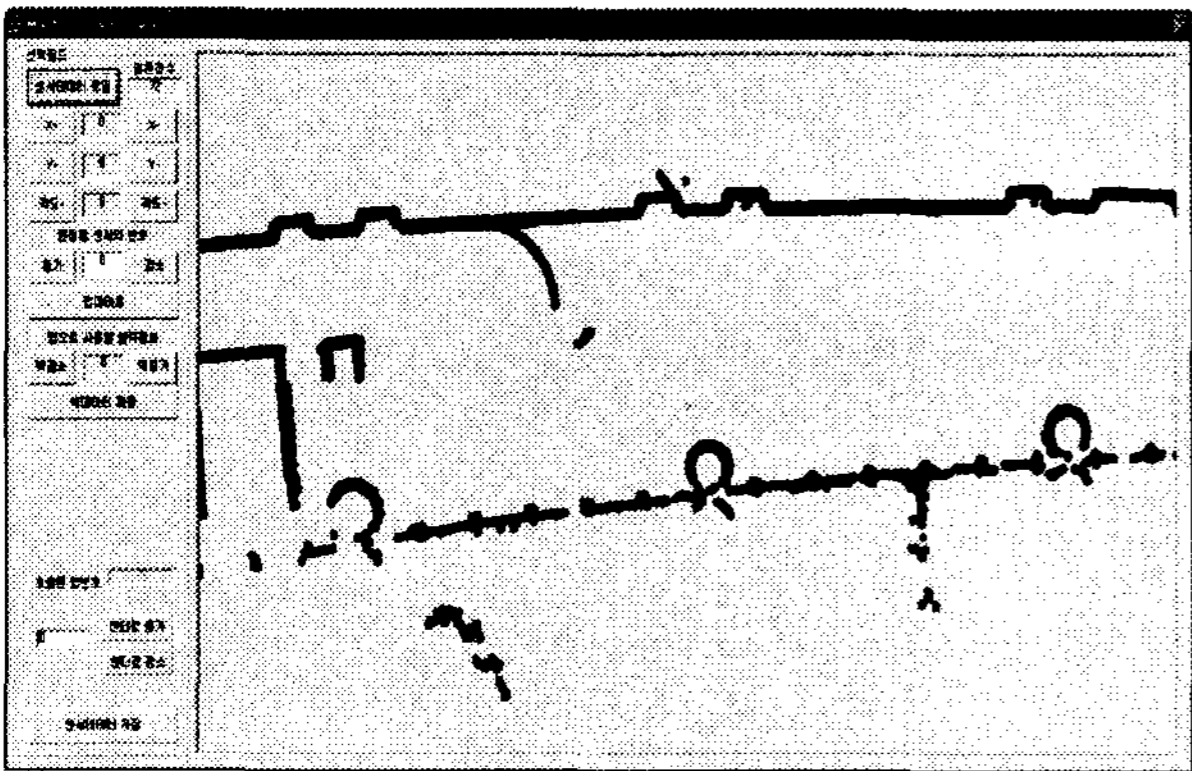


그림 4. 영역센서 데이터 병합 후 생성된 맵

Fig 4. Acquired Map from Range Sensor Data

영역센서에 의해 획득된 데이터가 필터링 및 모폴로지 연산과정을 거치게 되면 데이터로부터 직선을 추출할 수 있다. 로봇의 오도메트리 정보에 의한 좌표이동을 계산하여 센서의 패턴에 적용하면 이전에 획득된 패턴과 현재 획득된 패턴 간에 맵을 병합할 수 있으며 오도메트리 정보에서의 오차에 의해 약간의 각도 오차 및 위치 오차가 생겨날 수 있다. 이를 보완하기 위하여 생성된 의 꼭지점 중에 한 점을 일치시키기 위해 위치보정을 하고 다른 특징점 들을 맞추기 위해 회전 연산을 수행한다. 그림 4는 데이터 병합이 이뤄진 후 작성된 맵을 보여준다.

3.4 후처리 과정 및 골격화

후처리 과정에서는 생성된 맵 데이터로부터 세션화

작업을 통해 맵을 골격화를 시킨다. 지역지도의 선을 작성하기 위해 보편적으로 이용되는 최소 자승법은 문턱값을 잘못 선정하면 과도한 굴곡, 또는 특징 외곡이 일어나므로 적절하게 선정하여야 한다. 최소자승법을 이용한 선의 생성을 위해서는 구간의 끝점과 시작점에 의한 결정이 필요지만 이는 쉽지 않으며 특히 지역지도 작성에서는 효율적이지 않다. 이런 이유로 최종적인 지도를 얻기 위해 최소자승법을 사용하지 않고 세션 알고리즘을 이용한 골격화를 수행한다. 이 알고리즘은 영상처리 분야에서 물체의 골격을 찾는 데 많이 이용되고 있으며 부드러운 선을 가진 골격을 생성한다. 굵게하기 과정을 거친 데이터에서 지역지도를 작성하는 것은 골격화에 의해 쉽게 수행될 수 있다.

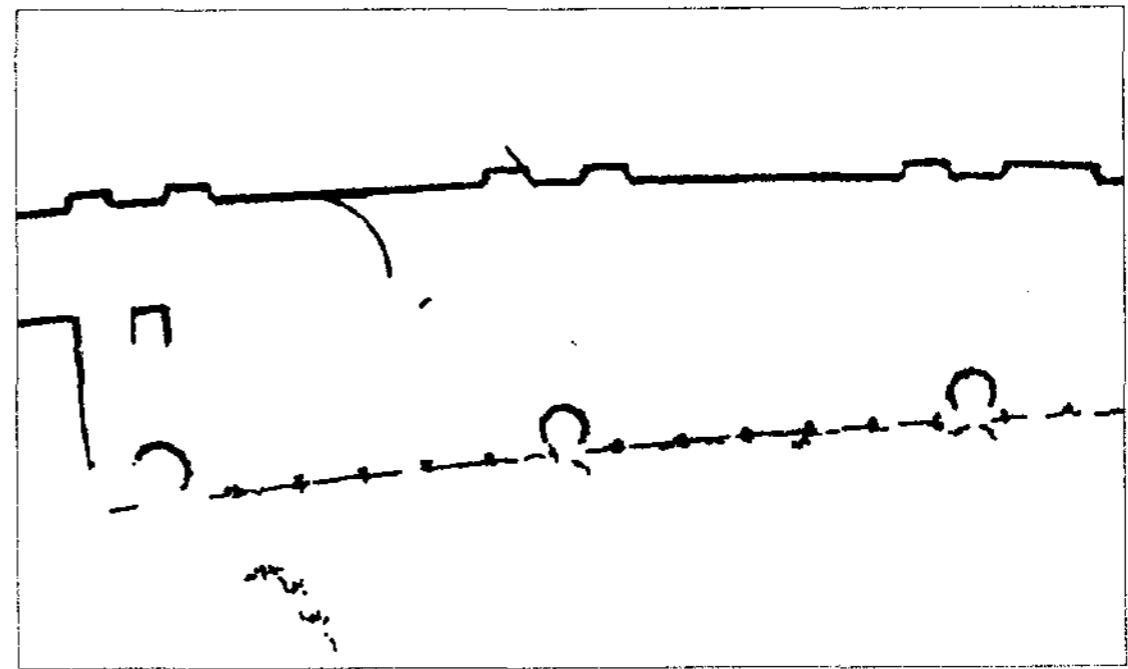


그림 5. 후처리 과정 후 생성된 맵

Fig 5. Final Map after Post Processing

4. 결론

본 논문에서는 영역센서를 이용한 이동로봇의 실내지도 작성방법에 대해 논의하였다. 본 논문에서는 새로운 로컬지도 제작법으로 먼저 주변데이터의 노이즈를 제거하는 필터링과정, 모폴로지연산을 통한 지도의 선을 굵게 만드는 과정, 영역센서 데이터 병합과정, 세션 알고리즘을 통하여 골격화 하는 4가지 단계의 지도 제작과정을 사용하였다.

필터링과정은 좌우측 센서 값들의 평균을 가중치를 부여하여 처리하였다. 골격화 과정에서는 최소자승법 대신 굵어진 선으로부터 골격을 추출하는 방법을 사용함으로써 지도내에서 유연한 선을 얻어내었다. 이 방법은 스캔된 데이터로부터 효과적인 실내지도를 얻어내는 방법이며 향후 이동 로봇의 자율 주행에 필수적인 신뢰성 있는 정보를 구성하는 데 사용되어질 것이다.

참고 문헌

- [1] T. Tsubouch, "Nowadays trends in map generation for mobile robots," *Proc. of the 1996 IEEE International conference on Intelligent Robot and Systems*, pp. 828-833, 1996
- [2] H. P. Moravec, A. Elfes, "High Resolution Maps from Wide Angle Sensor," *Proc. of the 1985 IEEE International conference on Robotics and Automation*, pp116-121, 1985.
- [3] H. Zha, K. Tanaka, T. Hasegawa, "Detecting changes in a dynamic environment for updating its maps by using a mobile robot," *Proc. of the 1997 IEEE International conference on Intelligent Robot and Systems*, pp1729-1731, 1997.