

영역 검출기 정보를 이용한 지역 지도 작성

고낙용*, 최 웅*, 최정상**

Local Map Building Using the Information of a Range Finder

Nak Yong Ko*, Woong Choi*, Jung-Sang Choi**

Abstract

This paper presents an algorithm of local map building for autonomous robot navigation using LASER range finder information. We develop a model of sensor output for a LASER range finder, and obtain an output data of the LASER range finder for a given environment. From the output data, a local map is obtained through the following procedures: (1) filtering of output data to remove noisy and unnecessary data, (2) comparison of filtered data with the original data to restore useful data, (3) thickening of the map obtained from the restored data, and (4) skeletonizing of the thickened map to get a final local map. Through some simulation studies, a map is obtained from the LASER range finder information for a given indoor environment, and is compared with the environment.

Key Words : range finder, local map, filtering, thickening, skeletonizing

1. 서 론

본 연구에서는 이동 로봇의 자율 주행에 필요한 지역 지도 작성을 위한 새로운 방법을 제안한다. 지도는 이동 로봇의 주변 환경에 대한 인지를 통한 지능적 행동을 위해 필수적인 요소이다. 지도는 로봇이 무충돌 공간(collision-free space)을 따라 목표점까지 주행하기 위한 경로 계획의 원천이 되며, 로봇의 위치와 방향을 확인하는 근거

가 된다. 로봇에 지도가 주어지는 경우 로봇은 지도를 참조해 공간상에서 목표점까지 최상의 경로를 선택할 수 있고, 주행 도중 센서 정보로부터 제작하는 지역 지도와 미리 저장된 전체 지도를 비교하여 현재의 위치와 방향을 판단 할 수 있다. 반면에 지도가 주어지지 않았을 경우, 로봇은 센서 정보로부터 주변 환경의 지도를 구성해 나가야 한다. 특히 거리 또는 시간상으로 실시간 제약이 불가능한 우주 탐사 로봇의 경우는 환경 감지를 통한 지능적 행동

* 조선대학교, 제어계측공학과
** 조선대학교, 산업공학과

이 필요하다. 미지의 지역을 탐험하는 로봇은 미리 전체 지도 정보를 획득할 수 없기 때문에 주변 환경 인식을 통한 지도 제작이 필수적이고, 이 지도에는 주변 환경의 특징이 잘 기록되고, 로봇이 주행함에 따라 지도의 확장 및 업데이트가 가능해야 한다. 그리고 신뢰도 높은 지도를 작성하기 위하여 여러 종류의 센서를 이용한 정보의 수집과 효율적인 데이터 처리 과정이 요구된다. 초음파 센서 및 레이저 영역 검출기(Range finder)는 물론 대부분의 센서 신호에는 노이즈에 의한 원치 않는 데이터가 포함될 수 있으며, 이것은 로봇의 주행에 오류를 초래할 수 있다. 그러므로 정확한 로봇의 위치 평가와 지도를 제작하기 위해서는 센서 데이터의 오류와 불확실성에 대한 분석이 필요하다. 칼만 필터링과 확률 분포의 에리 모델링은 데이터의 에러를 처리하는데 일반적으로 이용되는 방법이다.

로봇의 자율 주행을 위한 연구들에는 센서 정보를 이용한 지역 지도 작성 방법, 전역 지도 작성 방법, 로봇의 위치 및 방향 검출 방법, 로봇의 동작 계획 방법, 로봇의 충돌 회피 방법등이 연구되어져왔다. 지도 제작에 관련된 연구에서 Hoppen등은¹¹⁾ 센서의 데이터로부터 필요한 데이터를 추출하여 다른 센서에서 얻은 데이터와 결합해 지도를 제작하는 방법을 제안하였다. 그리고 Borenstein등은¹²⁾ 센서 종류에 따른 지도 제작 방법과 이동 로봇이 지도를 이용해 경로 계획을 세우고 위치를 평가하는 방법을 많은 논문을 참고해 설명하였다. Gonzalez등¹³⁾은 지역지도를 만들고 전체 지도를 만드는 과정을 개략적으로 설명하고, 반복적인 선 피팅법과 최소 자승법을 이용한 지역 지도 제작 방법을 제시하였다. Tsubouchi등¹⁴⁾은 1988년부터 1996년까지 IROS Proceeding에 실린 논문들을 센서, 지도 제작 방법의 관점에서 정리하고 최근에 이용되고있는 센서와 지도 제작법을 설명하였다.

지도 제작에 관련된 논문에서 Hoppen¹¹⁾은 지도 제작을 위해 센서 데이터를 다음의 세 단계로 나누어 처리하였다.

- ① 원 센서 데이터로부터 특징 추출
- ② 다양한 센서로부터 얻어진 데이터의 결합
- ③ 여러 각도들을 고려한 환경 모델의 자동적인 발생

지역 지도는 로봇의 현재 위치에서 센서가 인식한 환경을 표시하고¹⁵⁾, 전체 지도(Global map)는 지역 지도를 통합하여 로봇의 전 주행 시간 동안 관찰한 전체 환경을 표시한다. 기존에 제안된 일반적인 전체 지도의 제작법은 로봇의 센서가 얻어낸 주변 환경 데이터로부터 최초의 지도를 제작하고, 로봇이 자율적으로 주행함에 따라 전체 지도를 완성하는 방법이며, 다음의 과정으로 구성되었다.^{13, 4)}

- ① 로봇의 위치 및 자세 정보와 검출된 센서 정보로부터 지역 지도 작성
 - ② 경로 결정 후 이동
 - ③ 로봇의 위치와 방향 평가
 - ④ 지역 지도 작성
 - ⑤ 지역 지도를 현재의 전체 지도와 결합
 - ⑥ 전체 지도가 완성될 때까지 2에서 6의 과정을 반복
- 지역 지도는 전체 지도를 완성하는 과정에서 한 프레임 씩에 해당하는 지도로 전체 지도를 제작하고 현재 로봇의 위치와 방향을 결정하는 도대가 된다. 전체 지도에 지역 지도의 환경 특징을 등록하기 위해서 지역 지도의 에지 특징이나 직선 특징을 획득해야한다. 환경 특징을 표시하기 위해, 개별적 로봇의 위치에서 독립적인 환경 특징 표시가 가능한 직각 좌표계가 좋다. 만약 지도 제작이 실내 환경에서 실행되면, 환경의 특징(벽, 출입문)은 직각 좌표계에 대부분 직선 형태로 표시된다. 다음 알고리즘들은 획득된 데이터에서 환경을 인식하기 위해 직선 방정식을 만들고 컴퓨터 계산을 통해 직선을 찾는 방법들 중 대표적인 것들이다.

① Line tracking: 알고리즘은 스캔된 데이터를 연속적으로 처리하기 위해 직선 방정식을 만든다. 이 방정식은 가상 선 위에 발견된 점들을 반복적으로 계산한다. 선에 대한 각각 점의 에리 측정은 최소 자승법에 의해 계산된다. 그때, 만약 현재 검사된 점이 선 위에서 발견되면, 문턱값에 의해 검사된다. 점에서 선까지의 거리가 문턱값보다 클 때, 선은 그 점에서 종결되고, 새 선이 시작된다.¹⁵⁾

② Iterative endpoint fit: 선분은 데이터의 처음과 마지막을 연결해 만든다. 선분에 대해 가장 큰 수직거리를 갖는 점을 찾는다. 만약 수직 거리가 문턱값보다 크면, 선분은 두 부분으로 쪼개진다. 새롭게 발견된 점과 이전 선분들의 끝점을 연결한다. 그리고 위의 과정을 반복해 문턱값을 넘지 않는 직선들을 만든다.^{13, 5)}

③ Hough Transform: 이 방법은 비눗방울 방(bubble chamber)으로부터 획득한 사진들에서 소립자의 복잡한 경로를 찾기 위해 호프(Hough)에 의해 1962년에 제시되었다.^{16, 7)} 기본 이론은 한 점을 통과하는 무수한 직선들의 파라미터 공간으로 변환하는 것이다. 이 파라미터 공간이 호프 공간이다. 호프 변환은 초음파, 레이저 레인지 파인더로부터 획득된 데이터의 지역 지도 제작과 로봇의 위치 평가에 이용된다.

위 방법들은 영상이나 영역 검출기 데이터에서 직선 성분을 찾는 고전적인 방법으로 현재까지 컴퓨터 성능의

향상으로 많이 이용되고 있고, 호프 변환의 경우 많은 변형된 알고리즘이 개발되어 영상 처리 분야에 적용되고 있다.

본 논문에서는 영역 검출기에 의해 얻어진 정보를 이용하여 정확한 2차원 지역 지도를 제작하기 위한 방법을 제시한다. 지역 지도는 주위 환경의 모습을 근사화한 선들의 집합으로 나타난다. 이것은 곡선의 윤곽을 포함한 주변 환경에 대한 정밀한 모델을 제공할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 로봇의 위치 검출에 쉽게 적용될 수 있어야 한다. 본 연구에서는 영역 검출기에서 획득된 데이터를 다음의 1~4 단계 과정을 거쳐 지역 지도를 작성한다.

단계 1(Filtering): 센서에 의해 출력된 주변 데이터로부터 노이즈를 제거하는 필터링 과정

단계 2(Data restoration): 필터링된 데이터와 원 데이터를 비교한 후 지도 작성에 꼭 필요한 데이터의 재 복원 과정

단계 3(Thickening): 복원된 데이터의 윤곽선을 굵게 하는 과정

단계 4(Skeletonizing): 굵은 선을 세선 알고리즘을 통해 골격화하는 과정

2. 영역 검출기의 2차원 데이터 모델링

센서 데이터의 모델링에서는 대상 물체의 표면 특성, 샘플링 비와 속도에 의한 영향, 대상 물체의 방향에 따른 특성 등을 고려해야 한다.⁽⁸⁾ 따라서 검출 범위, 분해능, 정확도 등의 물리적 센서 특성과 밝기, 질감 등의 환경에 따른 특성을 반복적인 실험을 통해 알아내야 한다. 본 연구에서 모델링한 레이저 영역 검출기의 성능은 SICK社의 Laser Scanner PLS 101-112⁽⁹⁾과 HelpMate社의 LightRanger¹⁰⁾를 고려하여 결정하였다. 레이저 영역 검출기는 온도, 습도, 먼지, 등 환경 요소에 대한 자동 이득 보상 회로를 내장하고 있다.^(9,10) PLS⁽⁹⁾의 각분해능은 0.5°, 최대 50m 측정거리에 대한 오차는 ±5cm이고, LightRanger¹⁰⁾의 각분해능은 1°, 최대 12m 측정거리에 대한 오차는 ±5cm이다. 이와 같은 특성을 반영하기 위해 센서에 의해 측정된 거리정보에 가우스 노이즈가 포함되어있는 것으로 가정하였다. 실제의 영역 검출기 특성을 구현하기 위해, 우리는 탐색된 거리 정보와 실제 거리 사이의 관계를 식 (1)로 모델링한다.

$$I_R = \text{Round}(d_T + \eta) \tag{1}$$

Box-Muller Method

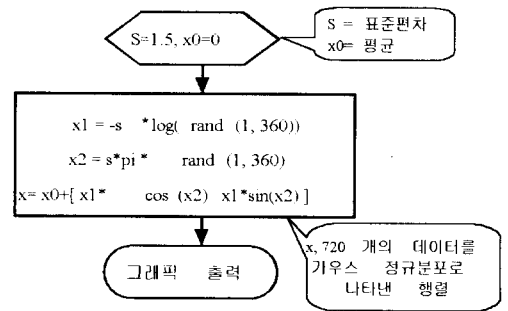


그림 1 박스-몰러방법
Fig. 1 Box-Muller Method

여기에서, I_R 은 센서에 의해 검출된 거리이고, d_T 는 실제 거리이며, η 는 가우스 노이즈이다. 또한, $\text{Round}(\)$ 는 반올림 함수로 사용하였다. 영역 검출기의 분해능과 정확도는 가우스 노이즈 η 에 의해 센서 모델에 반영된다. 가우스 노이즈 η 는 박스-몰러 방법을 이용해 그림 1의 방법으로 계산된다.⁽¹¹⁾

그림 1에서 s는 표준 편차 이고, x0는 평균이며, x는 그림 2와 같이 720개의 데이터가 가우스 정규 분포의 형태로 나타난다. 가우스 노이즈를 발생시킨 결과 박스 몰러 방법에서는 s가 1.5일 때 위에서 참고한 레이저 영역 검출기의 거리 오차 범위에 근접한 노이즈 데이터를 얻을 수 있었다. 노이즈 데이터의 대부분이 0 을 기준으로 분포하고 710개 이상의 데이터가 ±5 cm범위 안에 존재한다. x는 파일로 저장되어 프로그램 실행시 모델링 환경에서 가우스 노이즈 η 로 참조된다.

센서의 장애물 검출 유무는 검출면의 경사도 및 거리의 원근에 따라 달라질 수 있다. 영역 검출기의 최대 검출 가능 거리는 200Pixel이고, 모델링된 센서에서는 10~30% 범위 내에서 랜덤하게 데이터를 갖지 않는 검출 각이 존재하도록 설정하였다.

본 논문에서는 MATLAB 4.2로 알고리즘을 개발하고, Visual C++ 5.0으로 프로그램을 작성하여, Pentium 120 PC에서 시뮬레이션 하였다. 모델링 환경은 그림 4에서와 같으며, 가로 20[m], 세로 10[m]의 가상 복도를 화면상에서 한 픽셀(pixel)당 5[cm]로 변환하였다. 로봇의 크기는 지름 100[cm]로 화면상에서는 20 픽셀에 해당한다.

로봇의 최초 위치는 임의적으로 마우스의 클릭에 의하여 설정되도록 프로그래밍 하였다. 로봇은 최초 위치에서

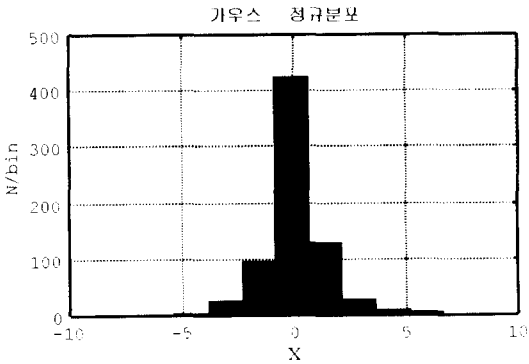


그림2 가우스정규분포된 센서 잡음
Fig. 2 Gaussian distribution of sensor noise

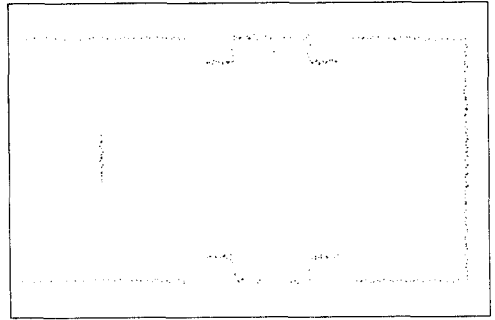


그림5 영역 검출기로부터 얻어진 데이터
Fig. 5 Data obtained by range finder

부터 곧바로 데이터 획득을 시작한다. 그림 5는 가상 복도에서 모델링된 영역 검출기로부터 획득한 데이터를 보여준다.

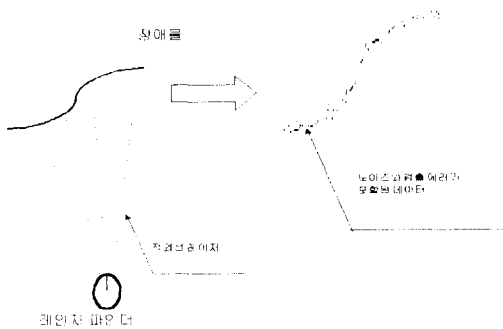


그림3 모델링된 영역 검출기의 출력 데이터
Fig. 3 Output data of the modelled range finder

3. 필터링(Filtering)

필터링의 목적은 원 데이터에서 노이즈와 불필요한 데이터를 제거하는 것이다. 이 과정은 노이즈가 제거되지 않고 제작된 지도는 부정확하여 로봇의 이동에 심각한 영향을 줄 수 있기 때문에 필요하다. 불필요한 데이터의 판정 기준은 스캔된 데이터들 간의 연관성에 토대를 둔다. 따라서 모델링된 영역 검출기로부터 스캔된 데이터에 대한 저장 및 연관성 조사가 필요하다. Gonzalez는 스캔된 데이터를 원형 벡터 안에 저장하고, 임의의 데이터 i 를 기준으로 하여 오른쪽 데이터 집합을 P , 왼쪽 데이터 집합을 Q 라 하고, i 에 대한 P, Q 집합의 거리를 조사하여 i 에 대한 평가를 행하였다.⁽¹²⁾

본 연구에서는 데이터를 행렬 형태로 저장하고, 여기에 원 데이터를 동일한 크기의 마스크로 더하여 데이터의 연관성을 조사하는 영상 처리법에 근거한 필터링 기법을 이용한다. 이 방법에 의한 노이즈 제거법은 데이터간의 거리 비교법 보다 계산상으로 더 효율적이다. 필터링하는 과정은 먼저 스캔된 데이터의 벽 검출 유무를 1과 0으로 변환하여 행렬에 저장한다. 2진 코드로 저장되는 행렬을 M_{org} 이라 하고, $M_{org}(n, m)$ 에 대하여 동일한 크기의 마스크를 합하는 행렬을 M_{rev} 라 하며, M_{rev} 에서 노이즈나 산발적인 데이터를 제거한 행렬을 M_{fr} 이라 한다. M_{org} 마스크 범위 안에 있는 데이터들을 합하는 과정은 데이터들 사이의 상대적인 거리와 방향에 연관성을 발생시켜 집단을 이루는 효과를 준다. 마스크 범위 안에 단일

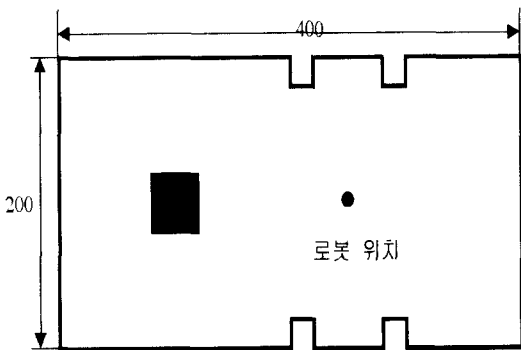


그림4 복도 환경
Fig. 4 Floor environment

[마스크와 원 데이터의 병합 알고리즘]

```

for i = 0 : n
    a = Floor ( i / Mask size)
    for j = 0 : m
        b = Floor ( j / Mask size)
         $M_{rev}(a, b) = M_{rev}(a, b) + M_{org}(i, j)$ 
    end
end
    
```

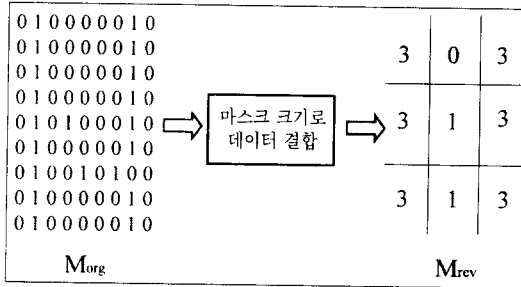


그림 6 마스크와 원 데이터 병합 알고리즘

Fig. 6 Algorithm combining an original data with the mark

데이터만이 존재한다면 그 데이터는 이웃한 데이터들과는 특별한 연관성이 없다고 판정할 수 있다. 이 알고리즘의 특징은 빠른 속도로 이웃한 데이터들의 연관성을 찾아내고, 불필요한 데이터를 효과적으로 제거한다. 다음 그림 6은 동일한 크기의 마스크를 합하는 알고리즘이다.

일반적으로 M_{mask} 의 크기는 3×3 을 사용한다. 그러므로 마스크 크기에 3이라는 숫자를 입력하면 3×3 행렬 안의 데이터들이 합쳐져 M_{rev} 에 저장된다. M_{rev} 를 조사하면 데이터가 가장 많은 경우 숫자 9가 나타나며, 단지 한 개의 데이터만 존재하면 숫자 1이 나타난다. M_{rev} 에 숫자 2 이상이 나타났다면, 두 개의 데이터가 3×3 행렬 안에서 연관성이 있다고 판정할 수 있다. 만약 M_{rev} 에 숫자 1이 존재하면, 3×3 행렬 안에는 한 개의 데이터만 존재하고, 그 데이터는 노이즈, 또는 다른 이웃한 데이터들과 연관성이 미흡하다고 판정한다. M_{rev} 에 한 개의 데이터가 존재하는 경우 다음의 그림 7의 과정에 의해 제거된다.

그림 7의 과정을 처리하고 M_{fin} 의 데이터를 출력해 보면 M_{org} 의 데이터에 비해 영상은 마스크 크기만큼 축소되어 있지만 노이즈와 산발적인 데이터가 제거된 것을 볼 수 있다. 그림 8은 실제로 그림 5에 대하여 필터링 알고리즘을 적용한 결과이다. 그림 8을 보면 그림 5의 호트러진

[병합된 데이터에 대한 필터링 알고리즘]

```

for i = 0 : n / Mask size
    for j = 0 : m / Mask size
        if  $M_{rev}(i, j) \geq 2$ 
             $M_{fin}(i, j) = 1$ 
        else  $M_{fin}(i, j) = 0$ 
        end
    end
end
    
```

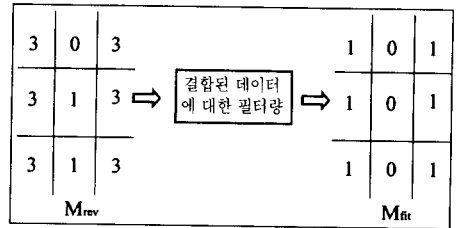


그림 7 병합된 데이터에 대한 필터링 알고리즘

Fig. 7 Filtering algorithm for combined data

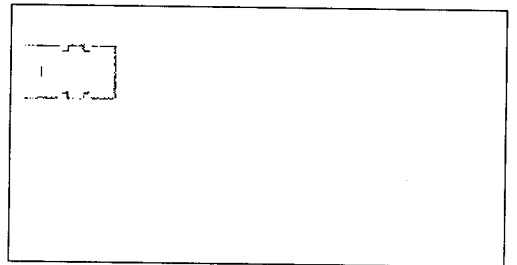


그림 8 그림 5의 데이터를 필터링한 결과

Fig. 8 Result of filtering for the scan data of Fig. 5

데이터들이 정렬된 것을 볼 수 있다.

4. 데이터 복원(Data restoration)

필터링된 데이터를 골격 추출에 이용하기 위해서는 M_{org} 의 데이터와 비교해 행렬을 복원하는 것이 필요하다. 복원 과정에서 필터링을 통해 제거되었던 노이즈가 다시 결합하는 것을 방지하기 위해 AND 연산을 행한다. 데이터 복원은 다음 그림 9와 같은 알고리즘에 의해 해결될 수 있다. 여기에서 $M_{org}(n, m)$ 는 복원된 데이터 행렬이다.

[데이터 복원 알고리즘]

```

for i = 0 : n
  a = Floor ( i / Mask size)
  for j = 0 : m
    b = Floor ( j / Mask size)
    if  $M_{fit}(a, b) > 0$  &  $M_{org}(i, j) == 1$ 
       $M_{org2}(n, m) = 1$ ;
    end
  end
end
end
    
```

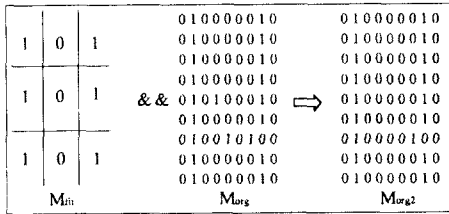


그림9 데이터 복원 알고리즘
Fig. 9 Data restoring algorithm

마스크 크기만큼 축소된 M_{fit} 과 M_{org} 을 복원하기 위해 여기서는 마스크의 크기를 3으로 설정하였다. M_{org2} 을 출력해 M_{org} 와 비교해 보면, 노이즈와 불필요한 데이터가 제거된 것을 알 수 있다.

5. 굵게 하기(Thickening)

굵게 하기는 데이터에서 골격을 추출하기 위한 가장 중요한 과정이다. 굵게 하기 정도에 따라 추출되는 골격의 형태에 많은 영향을 미친다. 굵게 하기를 적절히 이용하면 필터링하는 효과를 얻을 수 있고, 이동 로봇의 통과 가능 넓이를 제한하는 효과를 줄 수 있다. 즉, 데이터와 데이터 사이의 거리를 측정하여 너무 좁아 로봇이 통과 할 수 없는 구역을 선으로 이어주는 효과를 낼 수 있기 때문이다. M_{org2} 에 저장된 데이터는 다음 그림 10과 같은 굵게하기 과정을 통해 M_{ick} 에 저장된다.

그림 10에서 k는 굵게 하는 두께를 결정한다. k 값이 클수록 계산 시간이 길어진다. 위 알고리즘은 M_{org2} 를 하나의 열 씩 검사하여 데이터가 발견되면 데이터 주변으로 k 두께 만큼 주변을 1로 만들어 주는 기능을 한다. 굵게하기 과정은 데이터가 왜곡되는 것처럼 생각할 수 있지

[Thickening 알고리즘]

```

for i = 0 : n
  for j = 0 : m
    for a = i-k : i+k
      for b = j-k : j+k
        if  $M_{org2}(i, j) == 1$ 
           $M_{ick}(a, b) = 1$ 
        end
      end
    end
  end
end
end
    
```

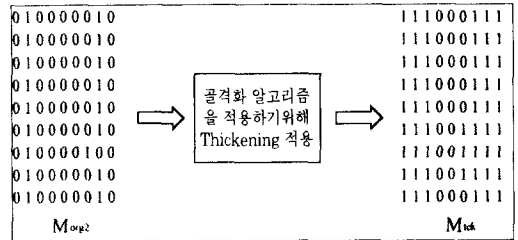


그림10 Thickening 알고리즘
Fig. 10 Thickening algorithm

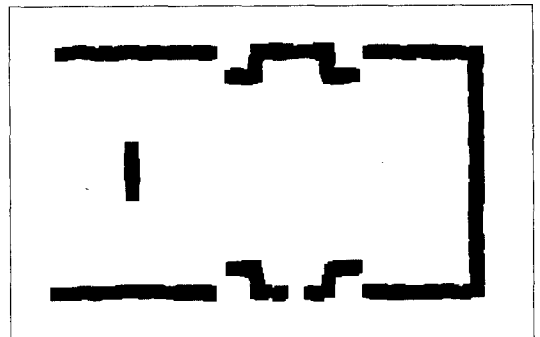


그림11 저장된 데이터로부터 획득한 지도의 굵게 하기
Fig. 11 Thickening of a map obtained from the restored data

만, 골격화를 거치면 데이터의 왜곡이 발생되지 않았다는 것을 알 수 있다. 굵게하기까지의 과정을 수행하면 골격을 추출하기 위한 전처리 과정이 완료된다. 그림 11은 그림 8에 대해 데이터를 복원한 후 굵게하기를 수행한 결과를 보여준다.

6. 세선 알고리즘을 이용한 골격화 (Skeletonizing)

지역 지도의 선을 작성하기 위해 보편적으로 이용되는 최소 자승법은 클러스터링 과정에서 스톱스홀드 값을 잘못 설정하면 과도한 골목, 또는 특징 왜곡이 일어나므로 적절하게 설정하여야 한다. 다량의 데이터 사이에서 최소 자승법을 이용한 선의 생성을 위해서는 구간의 끝점과 시작점에 대한 결정이 필요하다. 획득된 데이터에서 끝점, 시작점을 결정하는 것은 쉬운 방법이 아니며 특히 지역 지도 작성에서는 효율적이지 않다. 그러나 굵게하기 과정을 거친 데이터에서 지역 지도를 작성하는 것은 골격화에 의해 쉽게 실행될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최종적인 지도를 얻기위해 최소 자승법을 이용하지 않고, 세선 알고리즘을 이용한 골격화를 실행하였다. 이 알고리즘은 영상처리 분야에서 물체의 골격을 찾는데 많이 이용되고 있으며 부드러운 선을 가진 골격을 생성해낸다.^(13, 14, 15) 그림 12는 그림 11에 대하여 세선 알고리즘을 적용하여 구한 최종적인 지도를 나타낸다. 골격화의 특징상 가장 자리에서 곡선이 완만하게 나타나지만, 대체로 부드러운 선을 가진 지역 지도가 생성됨을 알 수 있다.

그림 13에서 그림 5와 그림 12의 일부분을 비교해 보면 (a)의 경우 획득된 데이터가 가우스 노이즈 η 의 영향을 받아 데이터가 정렬되지 않고 불규칙하게 분포한다. (b)의 경우 (a)에서 나타난 노이즈 성분들이 제거되고 모델링된 환경의 윤곽을 적절히 선으로 연결하고 데이터 간격이 문턱값을 넘는 경우는 분리하여 선이 연결되게 표시되었다.

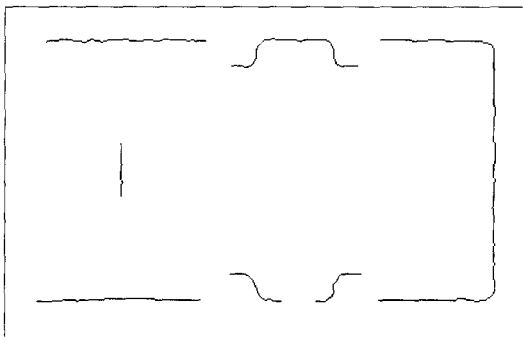
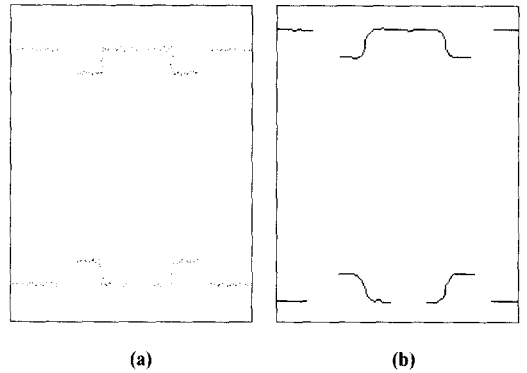


그림 12 세선 알고리즘에 의해 구해진 지역 지도
Fig. 12 Local map obtained by skeletonizing algorithm



(a) 영역 검출기로부터 얻어진 데이터(그림 5).
(b) 세선 알고리즘에 의해 구해진 지역 지도(그림 12)
그림 13. 그림 5와 그림 12의 비교
(a) Data obtained by Range finder(Fig. 5).
(b) Local map obtained by skeletonizing algorithm(Fig. 12).
Fig. 13 Comparison of Fig. 5 and Fig. 12

7. 변화된 환경에서 획득된 지역 지도

그림 4에 원형 물체와 직사각형의 물체를 추가하고 로봇의 위치를 변경하여 데이터를 획득하고 필터링, 데이터 복원, 굵게하기, 세선 알고리즘을 적용시켜 골격화한 그림들을 다음과 같이 제시 한다.

그림 14는 변화된 환경이고 안이 빈 원은 로봇의 위치이다. 원형의 환경 특징도 인식할 수 있는지 실험하기 위해 두 개의 원형 물체를 배치하였다. 그리고 모델링된 레이저 센서를 이용 360° 스캔하여 데이터를 얻었다. 그림 15는 각각의 과정들을 나타내고 있다.

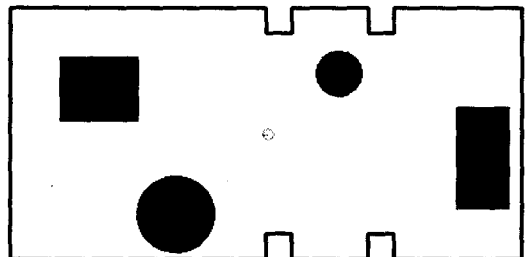
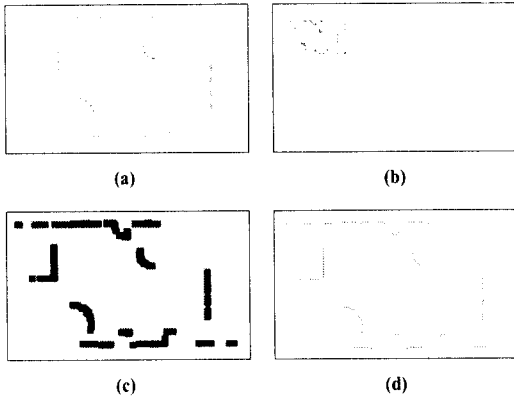


그림 14 복도 환경
Fig. 14 Floor environment



(a) 영역 검출기로부터 얻어진 데이터
 (b) 필터링한 결과
 (c) 저장된 데이터로부터 획득한 지도의 굵게 하기
 (d) 세선 알고리즘에 의해 구해진 지역 지도
 그림 15 변화된 환경에서 획득된 지역지도
 (a) Data obtained by range finder
 (b) Result of filtering
 (c) Thickening of a map obtained from the restored data
 (d) Local map obtained by skeletonizing algorithm
 Fig. 15 Local map obtained in the changed environment

그림 15에서 각각 단계의 과정을 거친 이미지를 관찰해 보면 원래 물체에서 획득된 데이터로부터 필터링, 데이터 복원, 굵게하기, 골격화 과정을 통하여 원래의 환경을 인식할 수 있는 선을 만들었다.

8. 결 론

본 논문에서는 실내 환경에 대한 지역 지도를 제작하기 위한 영상 처리 기법을 이용한 새로운 방법을 제시했다. 이 방법은 영역 검출기에서 얻은 정보로부터 장애물 주위의 윤곽을 근사화한 선 조각들을 생성한다. 근사화는 곡선의 윤곽을 조절함으로써 주변 환경에 대한 정확한 모델을 얻어낼 수 있다. 이 방법은 센서에 의해 입력된 주변 데이터의 노이즈를 제거하는 필터링 과정, 필터링된 데이터를 원래의 스캔된 데이터와 비교하여 필요한 데이터를 다시 복원하는 과정, 복원된 데이터에 의한 지도의 선을 굵게 만드는 과정, 굵어진 선을 세선 알고리즘을 이용하여 골격화 하는 4 가지 단계로 구성되어진다. 제안된 알고리즘에서 필터링 과정은 계산상의 시간 절감을 위해 기존에 제

안된 거리 계산법이 아닌 마스크 병합법을 이용하였다. 그리고 최소 자승법 대신 굵게하기와 골격화 과정을 사용함으로써 유연한 윤곽선을 얻어내었다.

제안한 방법을 시뮬레이션 한 결과 굵게하기 과정의 계산량이 많고, 세선 알고리즘의 특징상 모서리 부분이 곡선으로 나타났다. 하지만 노이즈가 확실히 제거되고 분리된 데이터에 대한 연결 성능이 우수하여, 벽 또는 물체의 윤곽 추출에 효율적이었다. 제안한 알고리즘은 실내 환경에서 효과적인 지역 지도를 작성하는 방법으로서, 로봇의 자율 주행에 필수적인 신뢰성 있는 지도 정보를 구하는데 사용될 수 있다.

후 기

본 논문은 한국과학재단 지정 지역협력 연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) P. Hoppen, T. Knieriemen, and E. Puttkamer, "Laser-Radar Based Mapping and Navigation for an Autonomous Mobile Robot," Proc. IEEE Int. Conf. on Automation, Cincinnati, OH, pp. 948-953, May 1990.
- (2) Johann Borenstein, H.R. Everett, and L. Feng, "Navigating mobile robots," Wesley, Massachusetts, 1996.
- (3) J. Gonzalez, A. Ollero, and A. Reina, "Map building for a mobile robot equipped with a laser range scanner," Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 1904-1909, San Diego, CA, May 1994.
- (4) T. Tsubouchi, "Nowadays trends in map generation for mobile robots," Proc. IROS'96, pp. 828-833, 1996.
- (5) W. K. Pratt, "Digital image processing," Wiley-interscience publication, John Wiley & Sons Inc., 1991.
- (6) P.E. Hart, R.O. Duda, "Pattern Classification and Scene Analysis," John Wiley and Sons, 1973.
- (7) Paul V.C. Hough, "Method and Means for Recognizing Complex Patterns," U.S. Patent No.3, 069,654. Technical report, HelpMate Robotics Inc., Dec. 1962.

- (8) A. Reina and J. Gonzalez, "Characterization of a radial laser scanner for mobile robot Navigation," Proc. IROS'97, Grenoble, pp. 579~585, France, Sept. 1997.
- (9) SICK. Inc, "Proximity Laser Scanner Technical Description," SICK, July 1997.
- (10) HelpMate Robotics. Inc, "LightRanger User Manual Version 1.0," Publication of HelpMate Robotics, June 1996.
- (11) W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, "Numerical Recipes in c: The Art Scientific Computing," Cambridge University Press, 1992.
- (12) J. Gonzalez, A. Ollero, and A. Ollero, "Local Map building for a mobile robot Autonomous Navigation by using a 2D Laser Range Sensor," IFAC world congress, Pergamon Press, Sydney, Australia, 1993.
- (13) A. K. Jain, "Fundamentals of digital image processing," Information and System Sciences Series, Prentice Hall, 1989
- (14) K. S. Fu, R. C. Gonzalez, and C. S. G. Lee, "Robotics," McGraw-Hill Book Company, 1987.
- (15) R. Klette and P. Zamperoni, "Handbook of image processing operators," John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, England, 1996.