
저가형 PSD 센서를 이용한 홈서비스 로봇의 Map building용 센서 제어시스템

현웅근* · 이창환*

A sensor controller for map building of home service robot using low cost PSD sensor

Woong keun Hyun* · Chang hwan Lee*

요 약

가사도우미 로봇과 같은 서비스 로봇은 가사구성물이 내제된 가정 내 가사 구성물 환경을 인식해야한다. 기존에는 홈서비스 로봇 등은 CCD, 초음파 등의 센서로 가정 내 구성물 및 실내 지형을 인식하였다. 실내지형 지도를 작성할 경우 가사 구성물에는 형질 등이 있는바, 음파 등을 흡수하여 정확한 지형 지도가 만들어 지지 못한다. 또한 CCD 카메라를 쓸 경우 pixel에 따라 거리 측정 정도가 달라지는 문제가 발생하고 가격이 고가이다. 본 논문은 이동로봇을 위한 위치 및 물체인식용 지능형 센서 제어 시스템에 대해 기술한다. 개발된 센서제어시스템은 저가의 광 PSD(Position sensitive detector)를 사용하였다. PSD센서의 스위칭 노이즈 및 광 산란에 의한 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 로봇의 주행 중 센서 스캔 시간 등을 고려하여 heuristic software filter를 제안하였다. 또한 개발된 시스템은 초음파 센서에 의한 지형작성 비교와 본 논문에서 개발한 시스템을 비교하였으며, 복잡한 실내지형을 대상으로 실험 지형지도 작성 실험을 통해 우수성을 입증하였다.

ABSTRACT

Home service robot must recognize and build map for indoor and components of the house such as furniture and chair etc. The previous researcher has developed a indoor map building system by using CCD camera and ultra sonic sensor. These stems have some problem in such a way that (1) a distance resolution can be changed according to the number of pixel when we use a CCD camera system, (2) a measured distance can be decreased when it transmitted to the rubber because of being absorbed the sound energy. This paper represents an intelligent sensor controller of module has been developed by using optic PSD(Position Sensitive Detector) sensor array at a low price. To deduce the switching noise from beam power module and diffused reflection noise, we proposed a heuristic soft filter. The performance of the developed system was compared with ultra sonic sensor system by detecting the indoor wall environment. Some experiments were illustrated for the validity of the developed system.

키워드

Home service robot, PSD sensor module, heuristic filter, map building

I. 서론

서비스 로봇은 가정이나 사무실의 순찰이나 인간이 행하는 가사일의 수행을 목적으로 개발된다. 이러한 작업을 수행하기 위한 필수적인 기본기능은 수시로 그 위치가 변경되는 가사구성물로 구성된 가정 내 지형환경을 인식하는 것이다. 실내 2차원 지형 환경을 인지하기 위해 초음파 센서, 레이저와 적외선 거리 측정기를 포함해서 다른 많은 센서 기술이 사용되어 왔었다[1,2,3,6]. 각 센서의 구성 비용은 초음파센서(12개 * 5\$) < PSD (24개 * 4\$) < 레이저 센서(1개 * 1000\$) 순이다. 초음파센서들은 가격이 저렴하고, 크기가 작으며, 전력소모가 적어서 많은 분야에서 사용하고 있다. 하지만, 초음파 거리 측정기는 음파를 사용하므로 형질 등으로 구성된 가구, 의류 등의 가사 구성물에 초음파를 조사 하였을 경우 음파를 흡수하여 정확한 거리 정보를 알 수 없으며, 인식하고자 하는 환경이 가정 내 구성물 및 그에 관한 지도이기 때문에 복잡한 코너 등이 많이 내재 되어있는 바, specular refelction[7]현상으로 정확한 거리 인식이 불가능한 경우도 발생하게 된다. 또한 PSD나 레이저 측정기등과 비교하여 측정된 거리가 비교적 부정확하며, 넓은 조사 범위(±22.5°)로 인해 초음파 센서 데이터로 인한 지형지도 작성은 불확실성이 크다 [9]. 2D 레이저 스캐너는 로봇 등에 장착하여 물체 추적, 장애물회피, 특징 추출, 지도 작성과 자신의 위치 측정 등의 활용되어 지고 있으나, 가격이 비싸고, 부피가 매우 크고 무거우며 전력소모가 커서 배터리를 전원으로 사용하는 이동 서비스 로봇에 장착하기에는 문제점이 많다[10]. 따라서 가정 서비스 로봇을 위한 가정 내 실내 환경 지도 작성 및 물체를 인식하기 위해 가격적인 면과 전력소모, 정확도등에서 효율적인 센서 시스템 및 이를 제어하고 활용하여 장애물 환경 지도를 작성하는 센서 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 2D 실내 환경 지도 작성을 위한 저가의 PSD(Position Sensitive Detector : SHARP사 GP2Y0A02YK) 적외선 센서를 사용하여 거리 측정센서 제어 시스템을 개발하였으며, 이를 활용한 가정 내 환경 지도를 작성하는 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템은 다수개의 광 거리 센서를 구동하는 바 전력소모를 줄이기 위해 센서를 소수개로 그룹으로 하여 공급 전원을 스위칭 하는 기법을 제어시스템에 도입하였다. 지형지도는 point based map으로 구현하였고 광 거리 센서의 광 잡음을 제거하기 위한 S/W적인 잡음제거 방

법이 제안 되었다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. 2장에서는 초음파센서의 문제점을 제기하고, 3장에서는 개발된 센서시스템에 대해서 서술한다. 4장에서는 제안된 노이즈 감쇠 알고리즘을 서술하며, 실험 및 그에 대한 검증은 5장에 기술하였다.

II. 초음파센서를 사용한 지도 작성시스템의 문제점

지형인식을 위해 사용되는 많은 센서 중 초음파 센서는 그림1에서 보이는 것과 같이 물체를 인식하기 위해 조사하는 음파의 폭이 매우 넓어 지형지도작성용으로 이용되기에는 문제점이 많다. 초음파센서는 음파 펄스를 방출하여 원뿔형태의 안에 어떤 곳의 물체에 반사된다. 펄스가 반사 될 때 초음파수신 부에서 수신을 하여, 펄스가 날아갔다 돌아오는 시간(Time of Flight)을 측정한다. 그러나 원뿔 안에서 펄스가 반사되기 때문에 어떤 곳의 각에서 반사가 되었는지 확정지을 수 없다는 문제점을 가지고 있다[9].

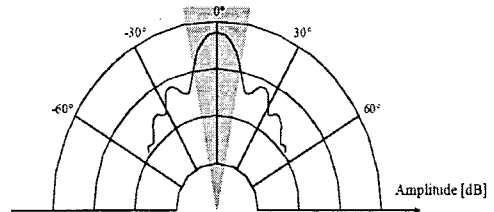


그림 1. 초음파센서의 조사각
Fig. 1. Projection angle of ultra sonic sensor

따라서 장애물이 측정된 각도의 불확실성은 초음파센서의 조사각 만큼 크게 된다. 또한 초음파센서는 장애물에 처음으로 반사된 신호의 점까지를 거리로 인식하며 그 각도를 장애물이 존재하는 각도로 인식하게 되어 측정오차가 발생한다.(specular reflection).

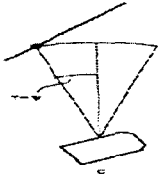


그림 2 초음파 센서의 Specular reflection
Fig. 2. Specular reflection of ultra sonic sensor

III. 2차원 실내 지도 작성을 위한 개발된 PSD센서 모듈

그림 3은 개발된 시스템의 전체구조를 나타내고 있다. 이 PSD센서 제어부는 초저전력 소모형 16 bit의 RISC MPU인 TI사의 MSP430으로 구성되어 있고, 실내 지형 입식을 위하여 24개의 PSD센서를 입력으로 사용하고 있으며 4개의 멀티플렉서를 사용하여 이를 MPU와 연결한다.

24개의 센서들은 주변 환경을 계측한 후에 그 데이터를 제안된 Heuristic 필터를 거치게 된다. 이 필터링된 데이터들은 스위칭 잡음과 백색 잡음을 제거 하는데 사용된다. 센서 제어기의 MPU에는 8채널의 A/D 컨버터가 있으므로 24개의 PSD 아날로그 입력을 받기 위하여 4개의 아날로그 멀티플렉서를 이용하여 ADC채널을 확장하였다. PSD 계측 잡음으로써는 PSD센서 내의 적외선을 발사하는 모듈부의 스위칭 잡음, 적외선이 물체에 반사할 경우 난반사에 의한 백색잡음 그리고 PSD적외선 수신부 등의 렌즈에 오염물질의 부착으로 인한 신호 외곡 잡음 등이 있는바, 이러한 잡음을 제거하기 위해 LPF(Low Pass Filter)와 제안한 Heuristic Filtering 알고리즘 그리고 3점 평균 이동 필터를 제안하였다.

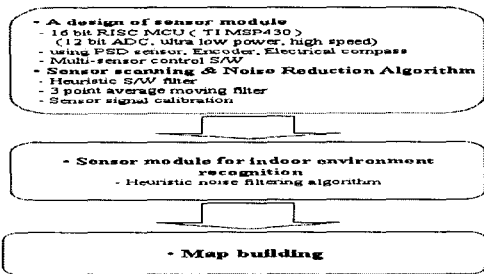


그림 3. PSD를 이용한 Map building 시스템의 기능 블록 다이어그램
Fig. 3. Block diagram of the proposed map building system using PSD

필터링 된 데이터는 RS-232 통신 방식으로 로봇 제어부에 전송된다. 센서제어보드에 4Kbyte의 링 버퍼를 두어 전송속도의 차이에서 올 수 있는 데이터손실을 막았다.

센서 제어부의 S/W 흐름 도는 그림 4에 간략히 나타내었다.

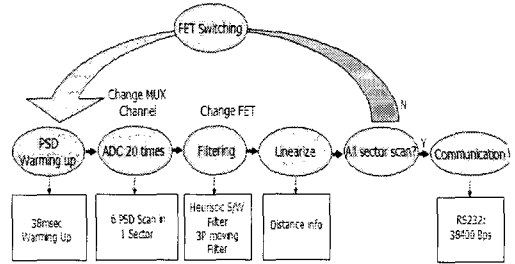


그림 4. 센서 제어 시스템의 state diagram
Fig. 4. State diagram of the developed sensor controller

SHARP사의 GP2Y0A02YK PSD센서는 초기에 빔을 발사하기 전에 전원을 안정하기 위하여 38msec의 전원 안정 시간을 가진다. 전원안정 시간을 거치면, 6개의 PSD센서를 10번씩 읽고 이를 heuristic filter와 평균 이동 필터를 거친 후 실 거리로 환산 되도록 선형화 시킨 후 로봇 제어부로 전송한다.

로봇이 지도 작성을 위해 움직이는 속도는 10 cm/s이다. PSD센서 모듈은 센서의 한 사이클 타임을 200 msec로 결정하여 매 2 cm 마다 주변 지형을 계측하게 된다.

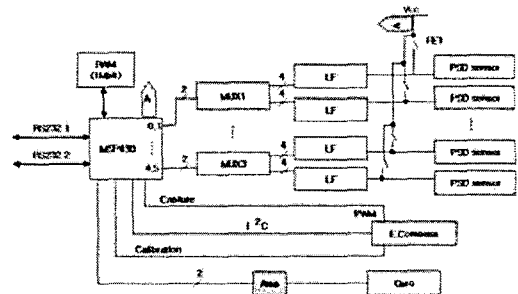


그림 5. 센서 컨트롤러 시스템의 H/W블록 다이어그램
Fig. 5. H/W block diagram of the sensor controller

그림 5는 개발된 센서 제어기의 블록다이어그램을 보여준다. PSD센서는 개당 약 50mA의 전류를 소모하며 24개의 모든 센서를 동시에 사용할 경우 약 1A의 전류를 소

모하게 된다. 가정용 서비스 로봇의 경우 주전원으로 배터리를 사용하며, 지형 지도를 작성하기 위한 로봇의 이동 속도는 10cm/sec로 하였으므로 전방위(all direction)로 배치된 센서를 동시에 스캔하지 않고 4개의 섹터로 나누어 스캔하여도 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)을 작성하기 위한 거리 정보의 수집에는 문제가 없다.

본 연구에서는 센서 구동시 전류소모를 줄이기 위해 로봇이 주변의 지형의 인식 및 지도를 작성용 PSD 센서 모듈을 동시에 구동하지 않고 PSD 센서 6개를 하나의 그룹으로 묶어 4개의 PSD 센서 스캔 섹터로 구성하고 한 섹터씩 순차적으로 동작시키는 방법으로 소비전원을 제어한다. MPU는 50msec마다 한 섹터의 6개 PSD 센서를 스캔하고 데이터를 처리하며 섹터의 전원 제어는 섹터에 전원을 ON-OFF하는 FET를 스위칭 함으로써 제어하게 된다. 순차적으로 PSD 센서의 섹터를 제어할 경우 센서 컨트롤러는 로봇에서 주 전원인 14.9V를 공급받았을 때 전류소모는 170mA이었다.

SLAM을 위해서는 로봇의 위치와 그 위치에서 측정된 주변 물체에 대한 상대적 거리를 알면 된다. 본 연구에서는 로봇의 위치 추정에는 로봇의 구동 휠의 엔코더 정보와 전자나침반을 이용하였다. 이들 센서를 이용한 위치정보 추정수식은 다음과 같다.

$$\Delta \theta_E = \frac{2 \pi R (\Delta enc_r(i) - \Delta enc_l(i))}{N D} \quad (1)$$

$$\Delta X = \frac{2 \pi R (\Delta enc_r(i) + \Delta enc_l(i))}{N} \cos(\hat{\theta}_c + \frac{\Delta \theta_E}{2}) \quad (2)$$

$$\Delta Y = \frac{2 \pi R (\Delta enc_r(i) + \Delta enc_l(i))}{N} \sin(\hat{\theta}_c + \frac{\Delta \theta_E}{2}) \quad (3)$$

$$\hat{\theta}_c = \theta_E + k(\theta_{E.C} - \theta_E) \quad (4)$$

여기서, $\theta_{E.C}$ 는 전자나침반의 각도 값이고, θ_E 와 θ_C 는 각각 주행거리계에 의해 추정된 로봇의 자세와 센서 합성에 의해 계산된 로봇의 자세를 의미한다. R은 바퀴의 반지름이고, N은 바퀴가 1회전시의 엔코더 펄스의 수이며 D는 두 바퀴 사이의 거리이다. k는 실험적으로 0.05로 결정되었다.

IV. 노이즈 제거 알고리즘

PSD 센서는 가격 저렴하고 적외선 빔의 주사 폭이 좁아

세밀한 물체를 측정하고 인식할 수 있다는 장점이 있는 반면, 센서의 출력 신호에 렌즈의 이물질에 의한 잡음, 광반사 표면의 난 반사에 의한 백색잡음, 그리고 광 발생 모듈의 스위칭 잡음들이 발생한다는 단점이 있다.

그림 6은 PSD 센서(SHARP사 GP2Y0A02YK)출력을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 스위칭 잡음, 백색잡음 등이 섞여 있음을 볼 수 있다. 스위칭 잡음의 주파수는 약 1 kHz이고, 이것의 크기는 백색잡음에 비해 약 20배정도 크고, 120 μsec동안 발생된다.

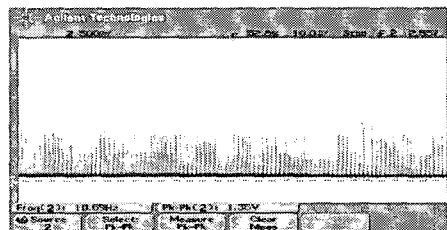


그림 6. 필터링 전의 스위칭 잡음 신호
Fig. 6. Switching noise signal before filtering

스위칭 잡음은 제안한 heuristic filtering 알고리즘으로 해결할 수 있다.

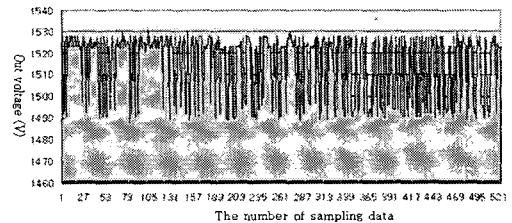


그림 7. 이진화된 필터링 처리 전의 데이터
Fig. 7. AD converted raw data before filtering

그림 7은 PSD 센서로부터 수집된 데이터를 AD 변환된 값이다. S/W적으로 잡음을 제거를 위한 알고리즘은 (1) 스위칭 노이즈 제거, (2) 리플노이즈 제거 등 2단계를 거친다. 스위칭노이즈 제거를 위한 heuristic filter 알고리즘으로 다음과 같은 방법을 제안하였다.

우선 실내 지형을 인식하기 위한 로봇의 주행속도는 10cm/sec로 하였다. 그리고 2차원 실내 지형 지도를 작성하기 위한 한 섹터 6개의 PSD 광거리 센서의 스캐닝시간은 1msec이다. 이러한 센서 신호는 그림 7과 그림 8와 같은 신호 잡음을 갖는다. 그림 8에서 점선 ㉔는 예상되는 실제 거리에 대한 신호 레벨이고, 이 신호가 스위칭 잡음

이나, 광잡음 등으로 인하여 ㉠, ㉡와 같은 잡음 신호가 발생한다. 매 샘플링 시간은 1msec 정도 이고 이동 로봇이 지형을 인식하기 위한 주행을 10cm/sec로 하게 되므로 광거리 센서를 읽는 때 스캐닝 시간당 로봇이 움직이는 거리는 0.1mm 정도이다. 따라서 샘플링 시간당 10회 스캔하는 광거리 센서의 변화는 거의 없게 될 것 되므로 그림 8에서의 ㉠, ㉡와 같은 이상 신호는 이동 로봇에서 측정되었을 경우 수정 되어야 할 잡음이 된다. 이를 다음과 같은 스위칭 잡음 필터링 방법으로 제거 한다.

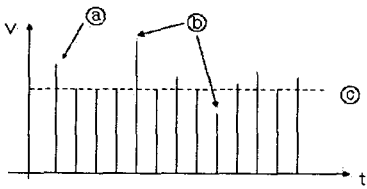


그림 8. PSD센서 신호의 분석
Fig. 8. Analysis of the PSD signal data

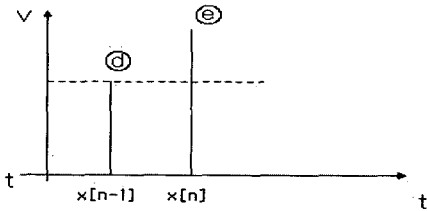


그림 9. n번째와 n-1번째 데이터의 신호
Fig. 9. n-th and (n-1)-th PSD signal

광거리 센서의 계측 시간이 1msec의 짧은 시간이므로 그림 9에서와 같이 n-1번째 스캔 데이터 x[n-1] ㉣에 비하여 n번째 스캔 데이터 x[n] ㉤은 매우 큰 변화 인바, 수정이 되어야 한다. 물론 x[n]과 x[n-1]중에서 어떤 것이 정확한 데이터 인지는 불확실하지만 로봇이 저속으로 이동 하였을 경우 측정되는 거리 데이터의 변화는 크지 않을 것이 라는 관찰에 의하여 급속한 데이터의 변화를 다음과 같은 알고리즘으로 줄인다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if } |x[n] - x[n-1]| \leq \delta \\
 & \quad x^*[n] = x[n], \\
 & \text{if } |x[n] - x[n-1]| > \delta
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$$x^*[n] = \alpha \times (x[n] - x[n-1]) + x[n-1]
 \tag{6}$$

여기서 x*[n]는 x[n]의 보정된 신호이다. 식(5)와 (6)의 의미는 다음과 같다. 만일 n번째 스캐닝 시간의 측정 신호 x[n]과 n-1번째 신호 x[n-1]의 크기가 일정크기 δ 보다 작으면 신호를 보정하지 않고 δ 보다 크면 n-1번째 신호 값에 변화량의 α배만큼만 반영한다는 것이다. α를 작게 할 수록 신호의 큰 변화는 작아지게 된다. (0 < α < 0.5 사이 값으로 결정)

본 실험에서는 α와 δ는 각각 0.3과 15로 실험과 시행착오에 의해 정의되었다. 스위칭 잡음 필터링 수식(5),(6)과 같은 방법을 사용하면 잡음의 큰 변화는 줄이더라도 리플 및 백색잡음이 남게 된다. 이러한 리플 값은 수식(5)와 (6)으로 수정된 데이터에 대하여 다음의 3점 평균 이동 필터를 적용하여 노이즈를 제거한다.

$$x^{**}[n] = \frac{(x^*[n] + x^*[n-1] + x^*[n-2])}{3}
 \tag{7}$$

V. 실험 및 결과

그림 10은 그림 8의 PSD 계측 신호에 대하여 제안한 heuristic filter 적용한 신호를 나타내고 있다. 그림 10에서 보는 바와 같이 여전히 백색잡음과 리플 잡음이 남아있다. 이러한 잡음을 줄이기 위해 heuristic filter를 거쳐 수정된 데이터에 대하여 평균화된 3점 이동 평균 필터링을 적용하였다. 그림 11은 3점 이동 평균 필터링을 거친 후의 계측 신호 결과를 보인다. 그림 10과 그림 11을 비교하여 보면 백색 잡음의 크기가 약 4배 정도 줄어들었음을 관찰할 수 있다.

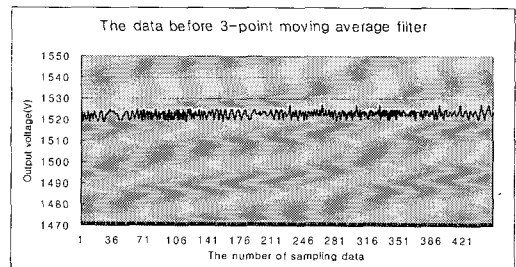


그림 10. Heuristic filter 적용후의 신호
Fig. 10. signal after the proposed heuristic was adopted

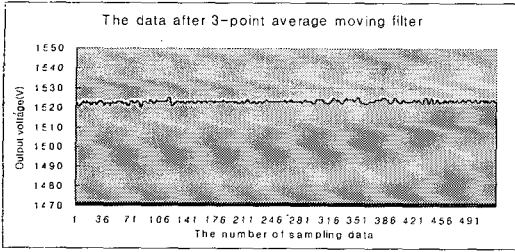


그림 11. 3점 이동 평균필터링 후의 신호
Fig. 11. signal after 3-points moving average filter was adopted

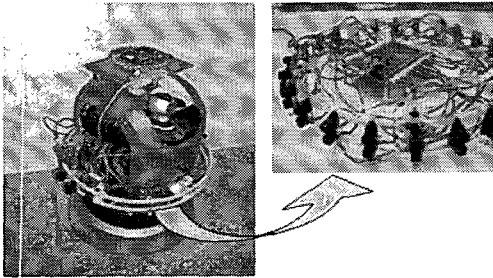


그림 12. 개발된 센서 시스템과 실험에 사용된 로봇
Fig. 12. The developed sensor system and mobile robot

그림 12는 제작된 실내 지형지도 작성용 센서 시스템과 이를 탑재한 로봇을 보여준다. 이 PSD 센서는 링 형태의 센서 기구부에 각각 15° 간격의 위치에 부착되었다.

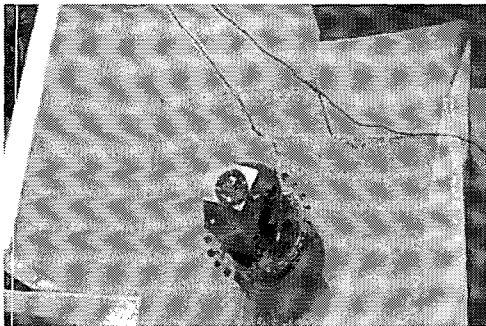
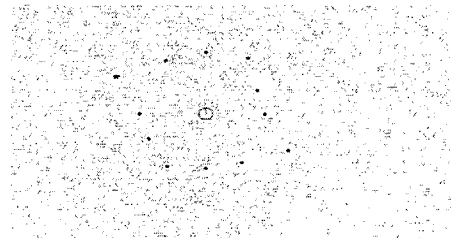


그림 13. 환경인식을 위한 실험 1
Fig. 13. A test bed example 1 for object reorganization



(a) PSD 센서에 의한 실험 결과



(b) 초음파 센서에 의한 실험 결과
그림 14. 실험1에 지형인식 결과

Fig. 14. Results for example 1 by the developed sensor system and ultra sonic sensor system

그림 13은 초음파 센서와 제작된 PSD 센서 시스템의 지형인식 비교를 위한 test-bed를 보여준다. 여기서 로봇에 장착된 12개의 초음파센서는 조사범위가 약 30° 반경이므로 PSD 센서 역시 이와 유사한 조사 범위를 측정하기 위하여 24개를 15°간격으로 배치하였다. 그림 13의 실험 예제에 대하여 개발된 지형인식용 센서제어 시스템과 초음파 센서 시스템의 지형인식 실험결과는 그림 14(a)와 그림 14(b)에 각각 나타내었다. 그림 14의 그림은 로봇이 주행하지 않고 정지 상태에서 인식한 결과이다. 그림 14(a)는 개발된 센서 시스템의 스캔 결과를 보여주는 것으로 실내지형의 요철 형태를 잘 나타내고 있다. 그림 14(b)에서 보면 초음파의 단점 중 하나인 specular reflection에 의해 concave wall 형태가 정확히 표현되지 못함을 알 수 있다. 지형환경이 convex 형태의 경우 음파가 2중 반사되는 경우가 비교적 적어지므로 초음파센서를 쓴 경우나 PSD 센서를 쓴 경우 모두 결과가 비슷하게 나온다.

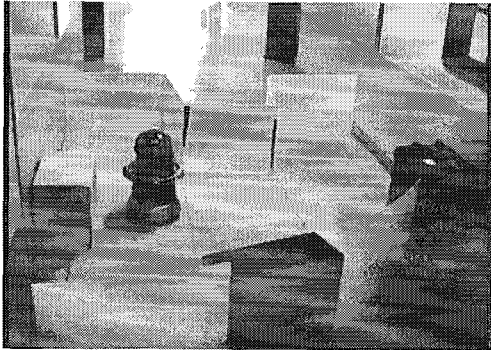


그림 15. 지형지도 작성을 위한 실험 2
Fig. 15. A test-bed example 2 for map building

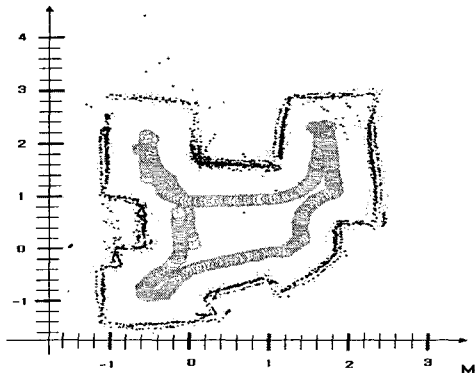


그림 16. 지형지도 작성 결과
Fig. 16. Result of map building for example 2

그림 15는 실제 실내에서 꾸며진 폐 공간 환경을 로봇이 주행하면서 지형 지도를 작성하는 실험의 사진을 보여준다. 그림 16은 그림 15의 실험대상에 대하여 본 논문에서 기술한 지형인식용 센서 시스템을 부착하여 로봇이 자율주행하면서 작성한 dot-based 지형 지도를 나타낸다. 개발된 센서 제어 시스템은 한울로봇 Hanuri-RD에 장착하여 실험하였다. 그림 16의 결과로부터 개발한 센서 제어 시스템이 지형지도 작성에 효율성을 보임을 알 수 있다.

VI. 결 론

가사도우미 로봇을 위한 저가의 SLAM 작성용 센서 제어 시스템을 개발 하였다. 개발한 시스템은 2차원 실내 지형지도 작성 실험에 적용하여 효과적이고 비교적 정확한 2차원 지도를 생성할 수 있음을 확인하였다. PSD 센서

는 모듈의 스위칭 잡음과 조사된 적외선이 피조사 물체반에 반사시 발생하는 백색잡음이 매우 큰 바, 이를 제거하기 위하여 S/W 적인 heuristic filter를 제안하여 좋은 결과를 보였다. 향후 연구과제로 로봇의 robust 한 localization 문제를 남겨두고 있다.

참고문헌

- [1] O. Wijk and H. I. Christensen, "Localization and navigation of a mobile robot using vitrural landmarks extracted from sonar data," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 31, pp. 31~42, 2000.
- [2] Y. Matsumoto, K. Ikeda, M. Inaba, and H. Inoue, "Exploration and map acquisition for view-based navigation in corridor environment," in *Proceedings of the international Conference on Field and Service Robotics*, Pittsburgh, Pennsylvania, August 29-31 1999, pp. 341~346.
- [3] V. D. Hardt, P. Arnould, D. Wolf, and M. Dufaut, "Method of mobile robot localisation by fusion of odometric and magnetometric data," *International Journal of Advanced manufacturing Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 65~69, 1994.
- [4] S. Suksakulchai, S. Thongchai, D.M. Wilkes, and K. Kawamura "Mobile Robot Localization using an Electric Compass for Corridor environment", *IEEE*, Oct., 2000.
- [5] S.S.Lee, J.S.Oh, Y.H.Choi and J.B.Park "A New Complete Coverage Navigation Algorithm of Autonomous Cleaning Robot in Unknown Environment," *KIEE/IEEK/ICASE Journal of Joint Conference*, Vol. 1, pp. 33-36, May. 2001
- [6] Gonzales J., Ollero A., "Map Building for a Mobile Robot with a 2D Laser Rangefinder", *Int. Conf. Rob. & Autom.* 1904- 1909, 1994
- [7] John J. Leonard, Hugh F. Durrant-Whyte, *Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation*, Kluwer Academic Publishers, pp.1-50, 1992.
- [8] K.H. Kim, H.S. Cho, "Mobile Robot Navigation Based on Via-point Selection Method," *Proc. IEEE/RSJ*

Intl.Conf.,pp.1242-1247,1998.

- [9] Data sheets for the Polaroid Ultrasonic Range-Finders, Polaroid Corp.
- [10] Cang Ye, Johann Borenstein, "Characterization of a 2-D Laser Scanner for Mobile Robot Obstacle Negotiation", Proc. IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation, Washington, DC, December,pp.2512-2518,2002.
- [11] Heo-Hui Kim, Yun-Su Ha, Gang-Gyoo Jin, "A Study of the Environmental Map Building for a Mobile Robot Using Infrared Range-finder Sensors", Proc. IEEE Int. Conf. On Intelligent Robots and Systems, Las Vegas, NV, October, pp.711-716,2003.
- [12] 정태철, 박종석, 현웅근, "이동로봇을 위한 위치 및 물체인식용 지능형센서 제어 시스템", 한국해양정보통신학회, 2005.

저자소개

현 웅 근(Hyun Woong keun)

1985년 한양대 전기공학과 졸업
1987년 한양대 전자공학과 석사
1993년 한양대 전자공학과 박사
2005년 현재 호남대학교 전자.광 공학부 부교수
※관심분야: 지능로봇시스템, Localization, SLAM

이 창 환(Lee Chang hwan))

2004년 호남대 전자공학과 학사
2006년 호남대 전자공학과 석사 재학중
※관심분야: 임베디드 로봇제어 시스템, Localization, SLAM, 센서 응용 시스템, 현재 산업자원부 지원 가사도우미 서비스 로봇개발 프로젝트 수행중