

다중 IR 거리센서를 이용한 이동로봇의 자기위치 인식

Localization of Mobile Robot Using Multi IR Range Sensors

유영재

Young-Jae Ryoo

목포대학교 제어시스템공학과

요 약

이 논문에서는 다수의 IR 거리센서를 이용한 실내용 이동로봇의 자기위치 추정에 관한 새로운 방법을 제안한다. 각각의 IR 거리센서로부터 획득한 거리데이터를 이용하여 장애물과 벽면의 모서리를 검출한다. 각 센서에서 측정된 데이터를 병합하여 환경지도를 작성한다. 실험을 통하여 얻어진 환경지도와 실제 환경을 비교하고 그 성능을 평가하였다.

Abstract

In this paper, a new localization method of indoor mobile robot using multi IR(infrared) range sensors is proposed. Each IR range sensor detects the edge of obstacles and wall using the acquired range data. The environment map is built by the merging process of the detected edge data of each sensor. The performance of proposed system is verified by the comparison of the real environment and the detected map in experiments.

Key words : Multi IR Range Sensor, Mobile Robot, Localization

1. 서 론

최근 인간의 삶을 윤택하고 편리하게 하고자 지능형 로봇에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 로봇을 인간 생활공간에 함께 공존하게 하는 가정용 로봇은 그 대표적인 예이다. 가정용로봇은 세계적으로 시장 규모가 크고 관련기업들이 시급히 제품화하고자 하는 분야이다[1]. 가정용로봇의 종류를 살펴보면 청소로봇, 심부름 로봇, 가사지원로봇, 경비로봇 등이 있다. 이러한 로봇들의 제품화를 위해 가장 중요한 부분 중의 하나는 위치인식시스템이다.

이동로봇의 위치인식방법은 상대위치인식법과 절대위치인식법 두 종류가 있다. 상대위치인식의 대표적인 방법으로 모터의 회전수를 검출하여 거리와 방향각을 계산하는 엔코더와 각속도를 이용한 방향각 보정을 할 수 있는 자이로스코프가 이용된다. 엔코더는 로봇이 이동하면서 발생하는 방향각 오차가 누적되어 위치오차의 증가를 유발하는 단점이 있다. 자이로스코프는 현재 위치를 계산하기 위해서 센서의 출력을 적분하게 되는데 작은 오차가 적분 과정을 통해서 큰 위치오차를 발생시키는 단점이 있다. 이와 같은 상대위치인식법의 단점을 극복하기 위하여 절대위치인식법이 보완적으로 사용될 수 있다.

절대위치인식법에는 초음파센서, 레이저 스캐너, 카메라 등을 이용하여 로봇주변의 지도를 작성하고 거리정보를 구하는 방법 등이 있다. 초음파센서는 측정분해능이 좋지 못해 각 물체에 따른 반사파 신호의 오차가 크다. 따라서 정확한

거리 정보를 얻지 못한다. 레이저 스캐너는 정밀한 거리를 얻을 수 있으나 가정용 로봇에 적용하기에는 매우 고가격이다[2]. 카메라를 이용하는 방법 또한 영상을 처리하기 위하여 고가의 장비가 필요하다. 또한 영상을 처리하는데 많은 시간이 소요되어 실시간 처리가 어려운 단점이 있다[3]. 최근에는 RFID를 이용한 위치인식시스템이 연구되고 있으나 위치 오차가 매우 커 추가적인 정밀 위치인식방법이 요구된다[4].

한편 절대위치인식방법을 저가로 구현하기 위하여 PSD 센서를 이용한 방법이 연구된 바 있다[5]. 이 방법은 PSD 센서를 이용하여 거리정보를 추출한다. 이때 사용된 PSD는 2차원 구조로 매우 고가이기 때문에 상용화가 어려운 한계를 가지고 있다.

이에 따라 1차원 구조의 저가형 PSD센서를 이용한 거리 정보 인식방법의 개발이 되었다[6]. 이 방법은 1차원 구조의 IR거리센서를 360도 회전시키므로 주변의 거리정보를 스캔할 수 있는 방법이다. 그러나 IR거리센서의 응답속도가 20msec 내외이기 때문에 1도의 분해능으로 360도를 회전하면 6초 이상의 시간이 소요된다. 이는 이동하는 로봇에 실시간 시스템으로 적용하는데 한계가 있었다.

따라서, 본 논문에서는 여러 개의 IR거리센서를 결합하여 동시에 360도를 측정하므로써 실시간 처리가 가능한 방법을 제안한다. 즉 다수의 IR 거리센서를 이용하여 환경지도 작성하고 실내용 이동로봇의 자기위치 추정하는 방법이다.

2. IR거리센서의 거리변환

2.1 IR거리센서의 동작원리

그림 1은 PSD센서의 동작원리를 나타낸다. LED 구동회

접수일자 : 2007년 11월 10일

완료일자 : 2007년 12월 3일

본 논문은 2006학년도 목포대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

로올 통해 적외선이 발산되면 물체에 반사되어 PSD의 IR 수광부로 입사된다. 입사된 적외선은 신호처리를 통해서 전압으로 출력되는 구조를 가지고 있다. PSD 센서는 물체 A와 B에 반사된 적외선이 거리에 따라 입사각의 위치가 달라지는 원리를 이용한다. 그러므로 적외선이 입사되는 위치에 따라 전압 신호가 다르게 출력된다.

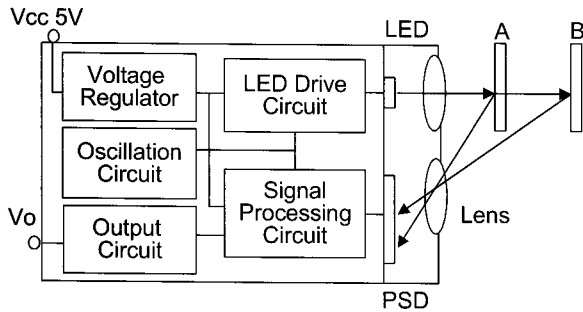


그림 1. PSD센서의 동작원리.
Fig. 1. Principle of PSD sensor.

2.2 IR거리센서의 특성

본 논문에서 사용한 PSD센서는 측정범위가 20~150[cm] 까지 가능하며 그림 2는 센서의 특성을 실험한 결과이다. 거리-전압의 특성이 비선형적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 비선형 특성은 실제거리 변화에 대한 출력전압이 일정하지 않다. 이 단점을 개선하기 위해 선형화 거리-전압 변환함수가 요구된다.

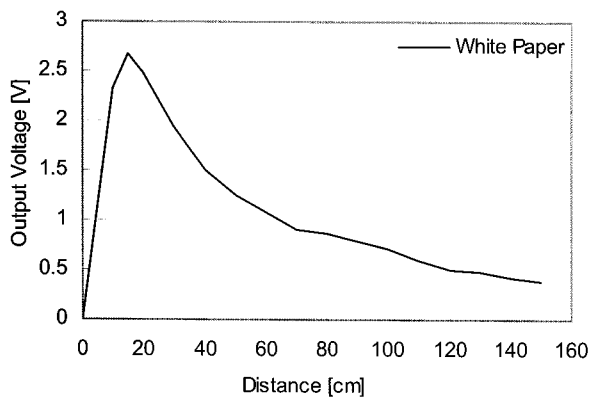


그림 2. IR거리센서의 출력 특성.
Fig. 2. Output characteristic of IR range sensor.

2.3 선형화 변환함수

그림 3은 전압-거리에 따른 선형화 변환유도과정을 나타낸다. 먼저 실험을 통해 거리-전압 데이터를 획득하였다. 그림 2의 특성곡선을 살펴보면 센서의 사용측정 범위인 20~150[cm] 구간에서 반비례 특성을 나타냄을 볼 수 있다. 따라서 반비례 특성을 선형화 방정식으로 변환하고자 한다.

선형화 방정식을 사용할 경우 구간데이터들을 table로 사용하였을 때 보다 메모리 용량을 효율적으로 사용할 수 있다. 예를 들어 table시 구간정보로 100개의 데이터가 필요한 경우 메모리 할당에는 400byte가 필요하다. 하지만 선형화 방정식을 사용할 경우 파라미터 3개만을 사용하므로 12byte

의 메모리만 있으면 된다. 이는 로봇이 상용화로 가는 시점에서 저사양의 시스템을 구축하는데 큰 영향을 줄 것이다. 먼저 센서의 반비례 방정식을 다음과 같이 정의한다.

$$V = \frac{1}{(D + K)} \tag{1}$$

여기서, V = 출력전압, D = 거리, K = 오차계수 이다. 위의 반비례 특성방정식을 선형화 함수인 직선의 방정식 ($y = m \cdot x + b$)으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{(D + K)} = m \cdot V + b \tag{2}$$

여기서, m = 기울기, b = y 절편이다. 위 식을 거리에 따른 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$D = \frac{1}{(V \cdot m) + b} - K \tag{3}$$

유도된 함수를 이용하기 위해서는 적절한 계수 m , b , K 를 선정해야 한다. 이 값들은 실측데이터를 이용한 LMS(Least Mean Square)법을 이용하여 추출 가능하다.

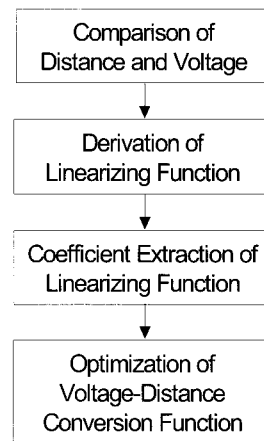


그림 3. 변환함수 유도과정.
Fig. 3. Deriving procedure of conversion function.

3. 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식

3.1 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식 원리

제안하는 거리계측 시스템은 다수 개의 적외선을 이용한 다중 적외선 거리 스캐닝 시스템으로, 그 원리는 그림 4의 (a)와 같다. 반원형의 원판에 20° 간격으로 적외선 거리센서를 부착하고, 원판을 0°~20°로 회전시키는데, 원판이 1° 회전할 때마다 각 적외선 거리센서로부터 출력전압을 입력받는다. 그림 4의 (b)에서 각 센서의 회전에 따른 측정반경을 나타내고 있다. 원판이 1°씩 20번 이동하는 것을 한 주기라고 한다면, 각각의 적외선 거리센서는 한 주기 동안 적외선 거리센서로부터 20개의 출력전압을 획득하게 되고, 한 주기 동안의 각 센서의 측정반경은 중심각이 20°인 호와 같다. n 개의 적외선 거리센서로부터 1°마다 1회 측정하면 (a)에 나타난 것 같이 8개의 적외선 거리센서를 사용할 경우, 한 주기에는 160개의 거리 출력을 획득하게 된다. 또, 적외선 거리센

서가 부착된 원판이 회전하기 때문에 측정되지 않는 영역이 존재하지 않는다. 적외선 거리센서 S1이 회전할 때 S2도 역시 S1의 초기 시작점을 향해 회전하면서 물체를 검출하므로 물체가 검출되지 않는 사각지대에 대한 문제를 해결할 수 있다. 또한, 다수 개의 적외선 거리센서를 이용하여 측정하기 때문에 각 적외선 거리센서의 회전각은 줄어들게 된다. 이로 인해 한 개의 적외선 거리센서를 이용한 적외선 거리 스캔 시스템에 비해 더 빠른 속도로 측정할 수 있다.

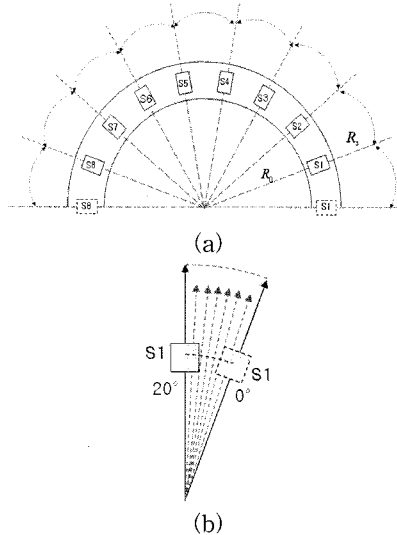


그림 4. 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식 원리
(a) 다중 IR거리센서의 구조
(b) 단일 IR거리센서의 측정반경.

Fig. 4. Principle of multi-IR range sensors based self localization
(a) Structure of multi-IR range sensors
(b) Measuring angle of an IR range sensor.

3.2 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식시스템의 구현

제안한 방법을 검증하는 실험을 위해 그림 5와 같이 8개의 IR 거리 센서가 반원 모양의 플레이트에 부착하고, 플레이트가 20° ~ -20°를 회전하여 전방의 180° 내의 물체를 검출하도록 하였다. 8개의 IR 거리 센서를 사용하여 전방을 측정하므로, 한 개의 IR 거리센서를 이용하여 180° 내의 물체를 검출하는 시스템에 비해 전방과 측면에 있는 물체에 대한 검출속도가 더 빠르다고 할 수 있다. 다수의 IR 거리센서로부터 획득한 거리데이터를 이용하여 작성한 환경지도에서 모서리를 검출하고, 이를 바탕으로 각 센서에서 측정된 데이터를 병합하여 환경지도를 얻을 수 있다.

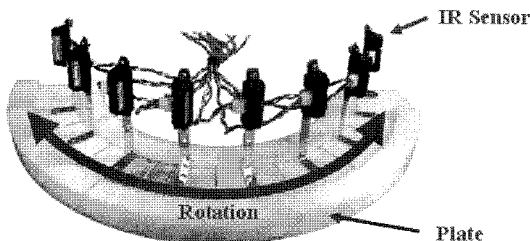


그림 5. 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식시스템.
Fig. 5. Multi IR range sensors based self localization system.

3.3 자기위치인식시스템의 하드웨어

다중 IR거리센서 기반 자기위치인식시스템은 각각의 IR 거리 센서로부터 거리에 따른 진압을 입력받아 이를 증폭하고, 디지털 값으로 변환한다. 변환된 디지털 값은 거리데이터를 참조하여 실제 거리로 변환되는데, 스캐너로는 변환된 실제 거리데이터와 물체검출 시의 IR 거리 센서의 방향각이 전달되고, 이 데이터들을 이용하여 물체의 좌표를 구하게 된다. 계산된 물체의 좌표데이터를 통해 장애물과 벽의 특징적인 모서리와 모퉁이를 찾을 수 있다.

그림 6과 같이 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식시스템은 크게 IR거리계(IRF)와 스캐너로 구성된다. IRF는 IR 거리센서와 증폭부, A/D변환부로 구성되는데, MPU를 이용하여 디지털 신호처리가 이루어진다. MCU는 10비트 디지털로 변환된 거리데이터를 획득한다. 변환된 데이터는 블루투스 무선통신을 통해 PC로 전송된다. 스캐너는 전송된 데이터를 이용하여 모퉁이 검출 등의 공정을 실행, 환경지도를 작성하여 표시한다.

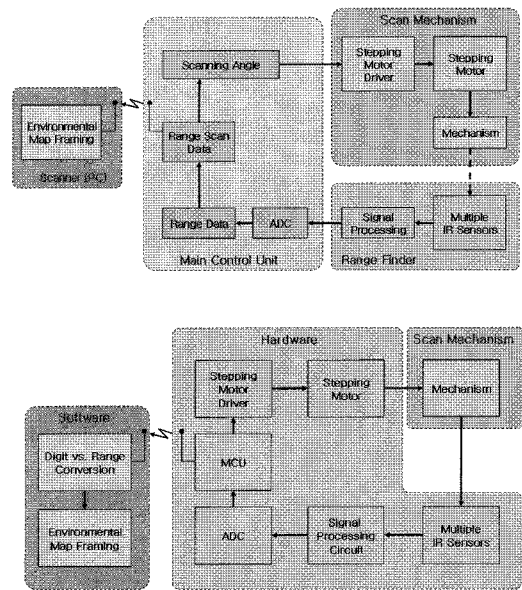


그림 6. 다중 IR거리센서 기반 자기위치인식시스템의 하드웨어 블록도.

Fig. 6. Hardware block diagram of multi IR range sensors based self localization system.

3.4 환경지도 작성

거리데이터를 획득한 이후에는 노이즈나 불필요한 거리데이터를 제거해야 할 필요가 있는데, IR 거리 센서의 경우, 그 출력특성상 최대 측정거리에 근접할수록 출력이 불안정하기 때문에 실제 환경과의 차이를 유발하는 요인이 된다. 또, 다수의 IR 거리 센서로부터 데이터를 획득하기 때문에 각 IR 거리 센서간의 미세한 출력특성 차이로 인해 물체나 벽의 유무, 거리 등이 불분명해질 소지가 있다. 이 때문에 획득한 데이터에서 특징점을 찾는 과정이 중요하다.

이동로봇이 이동하게 될 사무실 등의 공간은 대개 네 개 이상의 모퉁이 또는 모서리를 포함한다. 만일, 모퉁이나 모서리와 같은 에지를 특징점으로 추출할 수 있다면, 공간정보는 더욱더 명확해질 수 있을 것이며, 이동로봇의 위치인식에도 유용하게 이용될 수 있다. 이를 위해 각각의 값을 갖는

3×3 픽셀의 마스크를 이용하는 방법이나 원점으로부터 각 데이터 간의 각도를 구하여 추출하는 방법 등이 있으나, 여기에서는 그림 7에서 그 예를 보인다. 데이터 A와 C 사이의 데이터 B의 좌표를 원점으로 삼고 가정한 좌표계 상에서의 데이터 A와 C의 각도와 원점으로부터의 거리를 계산하여 결과를 통해 에지인지를 판단한다. 모서리나 모퉁이는 대개 90°의 각도를 이루고 있는 경우가 많으나, IR로부터 획득한 데이터에 오차가 있음을 감안하여 ±θ만큼의 오차 허용각을 적용하였다. θ의 크기로는 10°를, 거리 r의 값으로는 적용하였다. 이 방법에서는 데이터 B에 가장 근접한 데이터 A, C를 고려하여 에지가 될 수 있는 가능성을 판별하였으나 A, C 또한 가능성을 검사하여 역시 가능성을 가지고 있을 때에는 노이즈나 데이터의 센서특성에 의한 흔들림으로 판단, 데이터 B는 에지로 판단하지 않는다. 또, 에지로 판단된 데이터 간의 데이터를 연결하여 모서리로 판단하도록 하였다.

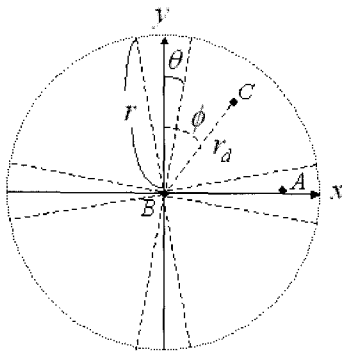


그림 7. 에지 추출의 원리.
Fig. 7. Principle of edge detection.

4. 실험

4.1 실험 환경

제안한 거리측정시스템을 실제 실험하여 데이터를 획득하고 이를 이용한 환경지도 작성 및 제안한 에지 검출법을 적용하였다. 실험환경은 그림 8과 같으며 'L'형 벽면이다.

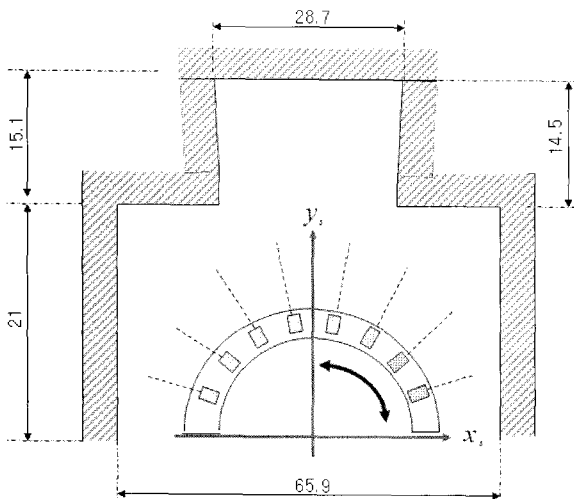


그림 8. 실험 환경.
Fig. 8. Experimental environment.

4.2 실험결과 및 분석

그림 9는 위의 실험을 통해 획득한 거리데이터를 이용한 결과이다. 최대 1.6cm의 오차를 보였다. 그림 10은 실험을 통해 획득한 환경 지도 정보와 실제 벽면의 좌표를 입력하고 병합한 결과를 나타내고 있다. 직선으로 나타난 선들은 실제 벽의 좌표를 입력한 것이고, 진동하는 듯 하는 점들은 스캐닝 시스템을 이용하여 측정된 벽면의 좌표 데이터이다. 모서리에 대해서는 적외선 거리센서의 특성상 등그림하게 나타난 부분이 있으나, 모퉁이와 벽면에 대해서는 대체로 실제 환경과 흡사한 결과를 보였다.

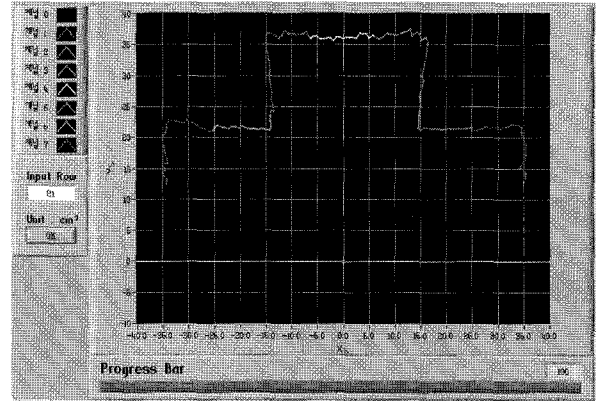


그림 9. 실험 결과.
Fig. 9. Experimental result.

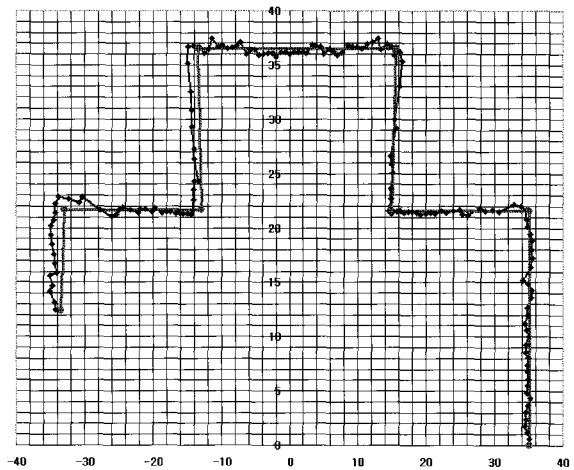


그림 10. 실험 결과 분석.
Fig. 10. Analysis of experimental result.

5. 결론

본 논문은 다수의 IR 거리 센서를 이용하여 실내용 이동 로봇의 위치를 인식하는 새로운 방법을 제안했다. 제안한 방법은 다수의 IR 거리센서로부터 획득한 거리데이터를 병합하여 전체 환경지도를 작성하고, 벽면의 모서리를 검출하여 로봇의 위치를 파악하는 방법이다. 제안한 방법을 구현하기 위하여 8개의 IR 거리센서를 이용한 회전형 다중 IR거리 스캔 시스템을 설계 구현하였다. 구현한 시스템을 이용하여 실제 환경에서 데이터를 검출하고 환경지도를 작성하였다. 마지막으로 얻어진 환경지도와 실제 환경을 비교하여 그 성능

을 평가하였다. 성능 평가 결과 최대 거리 오차 1.6cm 이내의 환경지도가 작성됨을 확인하였고 이는 이동로봇의 주행에 적합한 수준으로 평가된다.

참 고 문 헌

[1] 박현섭, 고경철, 김홍석, 이호길, “국내외 기술로드맵을 통해 본 지능형로봇 기술개발의 동향”, *로봇공학회논문지*, 제2권 제1호, pp. 103-108, 2007년 3월.

[2] 복윤수, 황영배, 권인소, “CALOS:주행계 추정을 위한 카메라와 레이저 융합”, *로봇공학회논문지*, 제1권 제2호, pp. 180-187, 2006년 12월.

[3] 이주상, 임영철, 유영재, “유비쿼터스 이동로봇용 천장 인공표식을 이용한 비전기반 자기위치인식법”, *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제15권, 제5호, pp. 560-566, 2005. 10.

[4] 최정욱, 오동익, 김승우, “RFID기반의 위치추정기술”, *제어자동화시스템공학회지*, 제12권 3호, pp.22-27, 2006년 9월.

[5] 노영식, “이동로봇의 위치추정을 위한 PSD센서 시스템에 관한 연구”, *제어자동화시스템공학회 논문지*, 제2권 제4호, pp.330-336, 1996.

[6] 김유찬, 유영재, “선형화 전압-거리 변환함수를 이용한 PSD센서기반 거리측정시스템의 개발”, *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제15권, 제6호, pp. 668-672, 2005. 12.

저 자 소 개



유영재 (Young-Jae Ryoo)

제17권 제3호(2007년 6월호) 참조