

레이저 센서 기반의 자율 이동 로봇을 이용한 사람 인식 및 추적 알고리즘

이재필[○], 한영준^{*}, 한현수^{*}

[○]송실대학교 전자공학과

^{*}송실대학교 정보통신전자공학과

e-mail: {jaepd89, young, hahn}@ssu.ac.kr

Human Pattern Recognition and Tracking Algorithm Using Autonomous Robot based on Laser Sensor

Jae-Pil Lee[○], Young-Joon Han^{*}, Hern-Soo Hahn^{*}

[○]Dept. of Electronic Engineering, Soong-sil University

^{*}Dept. of Electronic Engineering, Soong-sil University

● 요약 ●

본 논문에서는 레이저 센서를 장착한 자율 이동 로봇을 이용하여 실내에서 장애물들을 검출한다. 데이터에서 나오는 패턴을 인식해 사람과 정적 장애물을 실시간으로 구분한 후 사람의 속도와 로봇의 속도를 각각 비교하여 따로 지정해준 안전거리를 유지하며 주행한다. 예상치 못한 상황이 발생될 것을 대비해 로봇의 전방에 범퍼 센서를 장착하여 안전성을 고려하였다. 로봇의 자기 위치 인식을 위해 StarGazer센서를 이용하였다. 패턴은 레이저 센서 데이터의 거리, 각 값을 이용하여 다리 패턴의 너비를 구하고 너비의 가운데 점을 중심으로 지정해 추적하며 구동하는 알고리즘을 구현하였다.

키워드: 패턴(pattern), 추적(Tracking), 레이저 센서(Laser Sensor)

I. 서론

자율 이동 로봇은 임의의 공간에서 주어진 임무를 수행하기 위해 장애물을 회피하고 주변 환경에 대한 맵을 만들 수 있는 로봇을 말한다.[1] 로봇이 자율 주행을 하기 위해 사용하는 센서로는 레이저 센서와 초음파 센서, 비전 센서 등이 있다. 초음파 센서는 장애물의 표면에 따라 정확한 거리를 측정하는 것이 어려우며, 비전 센서는 빛에 대한 영향을 많이 받기 때문에 본 논문에서는 데이터의 정확성을 높이기 위해 레이저 센서를 사용한다. 로봇이 자율 주행을 하기 위해선 꼭 필요한 기술인 위치 인식과 장애물 감지 기술이 있다.[2] 위치 인식은 로봇의 절대 위치, 방향각 데이터를 획득하여 실시간으로 필요한 데이터를 로봇으로 전달한다.[3] 그에 사용 되는 센서로는 레이저 센서와 StarGazer가 있다. 방법으로는 상대위치인식법과 절대위치인식법 두 가지 종류가 있다.[4] 상대위치인식법은 모터의 회전수를 검출하여 거리와 방향각을 계산하는 encoder와 각속도를 이용한 방향각 보정을 할 수 있는 자이로스코프가 있다. 본 논문에서 사용한 방법은 절대위치 인식법으로, 센서를 이용하여 로봇 주변의 지도를 인식하고 거리 정보를 구하는 방법이다. 본 논문에서는 사람의 다리 부분이 가지고 있는 패턴을 효과적으로 인식하여 추적 하는 것에 의미를 둔다.

II. 본론

시작점과 목표점들을 지정해 절대 좌표 값으로 변환하여 전달하고 로봇의 시작점은 (x_s, y_s) 으로, 목표점은 (x_f, y_f) 으로 정의하여 목표 지점까지 가상 선을 만든다. 그에 대한 식은 식(1)과 같다.

$$y = \frac{y_f - y_s}{x_f - x_s}x + \frac{x_f y_s - x_s y_f}{x_f - x_s} \quad (1)$$

2.1 Laser Finder Sensor

식(2)은 레이저 센서의 거리 데이터 값과 실제 거리 사이의 관계식을 나타낸 것이다.

$$l_i = \alpha(d_i + \eta) \quad (2)$$

식(2)의 l_i 은 레이저 센서의 거리 데이터 값, d_i 는 위치에 따른 실제 거리, η 는 주변 노이즈이다. 로봇에는 식(3)을 이용하여 장애물의 위치를 검출해 화면에 영상이 보이게 하였다.

$$\begin{aligned}
 data_x &= center_x + (data/10)*\cos\theta; & (3) \\
 data_y &= center_y - (data/10)*\sin\theta; \\
 x_o &= Center_x + \min_{range}/10*\cos(\min\theta*\Pi/180); \\
 y_o &= Center_y - \min_{range}/10*\sin(\min\theta*\Pi/180);
 \end{aligned}$$

$center_x, center_y$: 실시간 로봇의 위치;
 $data$: 센서로 들어오는 거리 데이터;
 θ : 스캐닝이 시작되는 점에서 장애물까지 각;
 $data_x, data_y$: 장애물의 위치(x, y);
 x_o, y_o : 최단 거리 장애물의 위치(x, y);
 \min_{range} : 최단 거리에 있는 장애물 거리;
 $\min\theta$: 최단 거리에 있는 장애물 각;

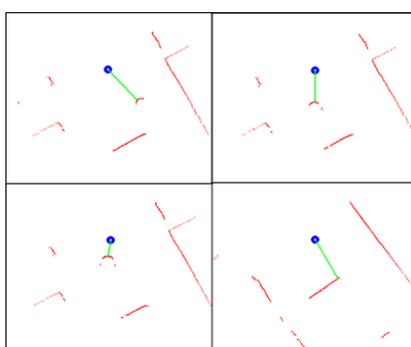


Fig. 1 Nearest Obstacle

Fig. 1은 레이저 센서만을 이용하여 로봇이 주변 환경에 대해 어떻게 반응하는지 실험해 보았다. 로봇에서 장애물로 연결 되는 선은 로봇 주변에 있는 최단 거리 장애물을 지시하는 것이다. 최단 거리를 찾은 후 로봇을 장애물 3500mm 앞까지 이동하게 하였다. 하지만 장애물이 로봇 정면에 있지 않고 회전이 필요할 경우 바퀴의 미끄러짐 오차와 엔코더 오차의 누적 현상을 발견 할 수 있다. 실험 중, 예상치 못한 상황이 발생 할 것을 대비하여 로봇의 앞부분에 범퍼 센서를 장착하여 로봇의 파손이나 사람과의 충돌을 대비했다.

2.2 Pattern recognition

자율 이동 로봇이 실내 공간에서 사람을 쫓아가기 위해서는 전 단계에서 구현했던 로봇의 자기 위치 인식을 정확히 해야 한다. 그 다음, 동적 장애물과 정적 장애물을 구분 할 수 있다. 위치 인식이 제대로 되지 않았다면 장애물들과의 오차율은 점점 커지게 되고 결국 로봇은 잘못된 작업을 되풀이 하게 될 것이다.

우선, 다리 패턴을 찾은 후 영상에서 많은 데이터와 자리를 차지하고 있는 벽 부분을 검출하여 제거한다.

또한, 비슷한 패턴이 나왔을 경우도 고려하지 않을 수 없다.

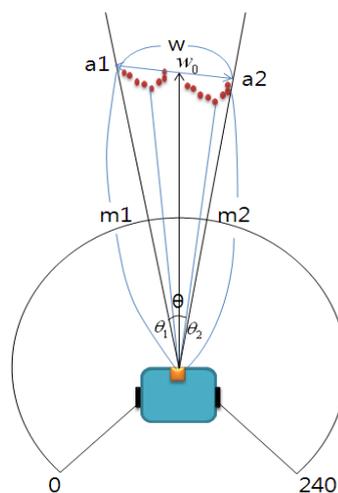


Fig. 2 Tracking part

Fig. 2는 로봇이 추적해야 되는 지점을 보기 쉽게 그림으로 나타냈다. 점으로 표시된 부분은 사람의 다리 패턴을 나타내고, 로봇의 전방을 표현하기 쉽게 w_0 를 위치하게 해 놓았다.

$$\begin{aligned}
 &data[i-x_2]>data[i-x_1]\&\&data[i-x_1]>data[i]\&\& \\
 &data[i]>data[i+x_1]\&\&data[i+x_1]>data[i+x_2] \\
 &w = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 - 2m_1m_2\cos\theta}, \quad w/2 = w_0 \\
 &\left| \frac{a_1 - a_2}{2} \right| = a_f, \quad \left| \frac{\theta_2 - \theta_1}{2} \right| = \theta_0, \quad \theta_2 - \theta_0 = \theta_f \quad (4)
 \end{aligned}$$

$data[i]$: 각의 크기가 i 인 거리 데이터 값;
 a_1, a_2 : 알고리즘에서 구현된 발 패턴의 끝점;
 θ_1 : 0도~ a_1 까지의 각, θ_2 : 0도~ a_2 까지의 각;
 θ_f : 0도에서 중심점 w_0 에 이르는 각;

식 (4)를 이용하여 양 다리 끝 쪽의 폭 w 를 구하고 중심점을 w_0 로 지정한다. w_0 는 거리 a_f 와 각 θ_f 의 정보를 갖는다. Fig. 3은 얻은 패턴 방식을 확인하기 위해 영상화 시켰다.

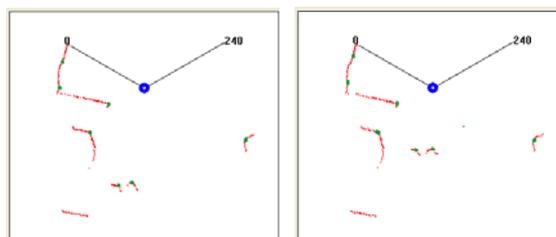


Fig. 3 Data Scanning

로봇은 아래 정면 방향으로 레이저 스캔을 하고 있을 때 로봇 방향으로 한 물체가 다가오고 있는 모습을 나타낸다. 가운데 원으로 표시 되어 있는 부분은 로봇의 실시간 위치이다. 0과 240도는 레이저 센서의 범위를 나타낸 것이고, 진하게 점으로 표시 되어 있

는 부분은 한쪽 발의 패턴만을 검출 했을 때 표시 되는 부분이다. 실험 결과 의자나 모서리와 같은 둥근 모양의 부분이 주로 발의 패턴과 비슷하게 검출되는 것을 확인 할 수 있었다.[5] 또한, 레이저 센서 데이터에 잡음이 같이 들어와 데이터의 점들이 선으로 깔끔하게 나오지 않았다. 그렇다고 분해능 약 0.4도 보다 세분하게 할 경우 계산 량이 전체적으로 많아져 로봇이 구동하는데 영향을 줄 수 있다.

III. 실험 결과

3.1 시스템 및 실험 환경

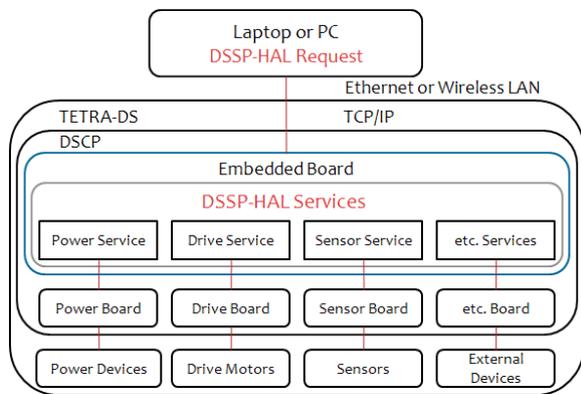


Fig. 4 System structure

본 실험은 DASAROBOT사의 TETRA-DS 플랫폼을 사용하였다. 플랫폼은 PC 유/무선 랜을 통한 TCP /IP로만 통신을 한다. Fig. 4는 시스템의 구조를 나타낸다. PC DSSP-HAL Request 명령을 호출하며 플랫폼에 내장된 DSCP내부의 임베디드 보드의 DSSP_HAL Service를 통해 해당 보드로 명령이 전달되고, 해당 보드는 해당 장치로 접근하여 전달된 명령을 수행하는 방식으로 제어 구조가 이루어져 있다. DSCP를 구성하는 각각의 보드 또는 장치들은 임베디드 보드와 시리얼 통신 또는 장치가 지원하는 기타 통신방식을 통해 상호 연결된다.



Fig. 5 Laser Sensor

위치인식센서로는 로봇의 하부에 자기 위치 인식을 위한 HAGISONIC StarGazer센서를 사용했다. 적외선 발광체 및 반사체를 이용하여 얻어진 영상을 DSP로 처리하며, 모듈과 각 반사체와의 X,Y,Z,ANGLE 및 반사체의 ID 값을 읽을 수 있다. HOKUYO사의 URG-04LX기종인 레이저 센서를 선택하였다. 레이저 센서 range는 240도로 정의하였고, 0.4도씩 600등분 분할하여 오차를 최소화 하였다. Fig. 5는 레이저 센서와 장착한 로봇의 외형이다. URG-04LX 레이저 센서의 최대 측정거리는 4m이고 오차율은 1m당 1cm, 1m이상부터는 1%의 오차를 갖는다. 약 0.4의 분해능을 가지고 있으며 스캔 시간은 100ms이다.

3.3 통합 시뮬레이션

Fig. 6은 실험 구도를 나타낸다.

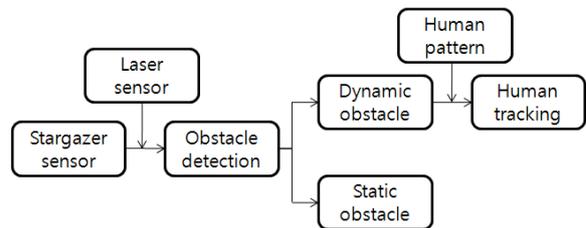


Fig. 6 Nearest Obstacle

Stargazer 센서와 레이저 센서를 이용하여 장애물을 검출 한 후 장애물이 정적 물체인지 동적 물체인지 다시 구분한다. 마지막으로 동적 장애물중 사람 패턴 알고리즘을 이용하여 사람과 아닌 물체를 구분, 사람을 추적한다. Fig. 7은 각과 거리에 따른 데이터 값을 그래프화 시킨 것이다.

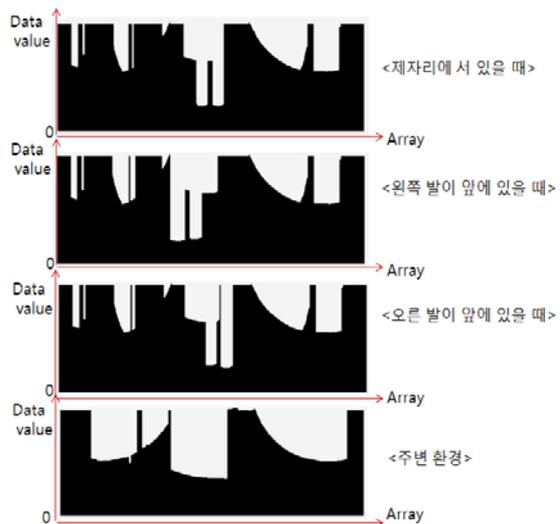


Fig. 7 Data Graph

가만히 서있는 사람은 Fig. 7의 첫 번째 그림과 같이 두 다리와 가랑이 사이가 검출되는 패턴을 가진다. 레이저 센서 데이터에서 얻어지는 다리와 가랑이 모양, 다리의 폭을 이용하여 다리의 패턴을 인식한다. 로봇이 사람의 뒤를 쫓아가는데 방향을 빠르게 바꾸지 않는다면 같은 패턴을 계속 추적하며 구동하는 것을 확인했다. Fig. 8은 사람이 벽 근처로 이동하였을 때 로봇이 사람의 패턴을 추적하여 구동하는 이미지이다.



Fig. 8 Human lags tracking

IV. 결론

본 논문에서는 레이저 센서를 통해 얻은 데이터를 이용하여 사람 다리 패턴을 추적하였다. 추적하는 과정에서 중간중간 나타나는 오류들로 인해 로봇의 끊김 현상과 추적하는 사람을 잃어버리는 현상을 발견 하였다. 우선, 광범위 하게 튀어 나오는 에러 값을

제거하여 로봇에게 전달되는 불필요한 데이터를 줄였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘을 사용하여 보다 정확하게 패턴을 추적하여 동작하는 것을 확인 하였다. 하지만 로봇이 구동 중 갑자기 중간에 들어오는 장애물들을 회피하는 데는 많은 어려움을 가지고 있어 개선하는데 좀 더 많은 연구가 필요하다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Nikos, C. "Autonomous Vehicle Navigation Utilizing Electronic Potential Fields and Fuzzy Logic," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 17, No 4, 2001
- [2] Marcelo Becker and Carolina Meirelles Dantas "Obstacle Avoidance Procedure for Mobile Robots" ABCM Symposium Series in Mechatronics. Vol.2 - pp.250-257. 2006
- [3] Fujun He and Zhijiang Du. "Laser Range Finder Based Moving Object Tracking and Avoidance in Dynamic Environment" Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information and Automation June 20-23, Harbin, China. 2010
- [4] Hiroyuki Takai, "A Simple Obstacle Arrangement Detection Algorithm for Indoor Mobile Robots" 2nd International Asia Conference on Informatics in control, Automation and Robotics. 2010
- [5] D.Pazderski, K. Kozłowski, M. Lawniczak "Practical stabilization of 4WD skid-steering mobile robot" Fourth International Workshop on Robot Motion and Control, June 17-20, 2004