



3D거리센서와 초음파센서를 이용한 이동로봇의 장애물 회피

Obstacle Avoidance Using Combined Sonar and 3D Distance Sensors

저자
(Authors) 장성진, 한혜민, 윤상석, 최문택, 송재복, 김문상

출처
(Source) [제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집](#) , 2011.5, 103-106 (4 pages)

발행처
(Publisher) [제어로봇시스템학회](#)
Institute of Control, Robotics and Systems

URL <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02033985>

APA Style 장성진, 한혜민, 윤상석, 최문택, 송재복, 김문상 (2011). 3D거리센서와 초음파센서를 이용한 이동로봇의 장애물 회피. 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, 103-106.

이용정보
(Accessed) 1.238.54.***
2017/08/12 11:34 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

3D거리센서와 초음파센서를 이용한 이동로봇의 장애물 회피 Obstacle Avoidance Using Combined Sonar and 3D Distance Sensors

○장 성 진*, 한 혜 민**, 윤 상 석***, 최 문 택**, 송 재 복***, 김 문 상****

*고려대학교 기계공학과 (TEL: 02-958-6980; E-mail: robosungjin@gmail.com)

**고려대학교 기계공학과 (TEL: 02-929-8501; E-mail: decoy87@korea.ac.kr)

***인간지능로봇사업단 (TEL: 02-958-6985; E-mail: ssyun@irobotics.re.kr)

****인간지능로봇사업단 (TEL: 02-958-6983; E-mail: mtchoi@irobotics.re.kr)

*****고려대학교 기계공학과 (TEL: 02-3290-3363; E-mail: jbsong@korea.ac.kr)

*****인간지능로봇사업단 (TEL: 02-958-5623; E-mail: munsang@kist.re.kr)

Abstract – In indoor environment, an autonomous mobile robot which map info is not given should reach a target by only two references which data of distance between robot and the target and obstacles on the way. But in real world, the robot has a problem to move because of fewer sensors and unreliable data from sensors. Previous method for obstacle avoidance has a problem to recognize low height obstacles. This paper proposed a solution that three-dimensional space data is converted into one-dimensional histogram by fusing ultrasonic and 3D range sensors. The method mentioned above makes the robot in unknown environment to find a way more efficiently.

Keywords Mobile Robot, Engky, VFH(Vector Field Histogram), Sonar Sensor, Kinect

1. 서 론

현대 사회의 로봇 산업은 제조 중심이던 과거 로봇 산업과는 달리 서비스용 로봇, 군사용 로봇, 의료 복지 로봇, 수술 로봇 등 광범위한 중심 산업으로 확대 발전 해왔다. 또한 점차 인간의 생활 환경 안으로 들어오게 되면서 많은 형태의 로봇 연구가 수행되고 있다. 실내 환경에서 동작하는 로봇을 개발하기 위해 중요하게 고려해야 할 부분 중 하나는, 주행 시 자신과 외부의 상태를 인식하고 예외상황에서의 안전하고 적절한 경로 계획을 수립하는 것이다. 자율 이동로봇의 경로계획에는 A* search 알고리즘, 가시도 그래프(Visibility graph method), 다익스트라 알고리즘(Dijkstra algorithm) 등 환경에 대한 정보를 미리 알고 경로를 생성하는 전역 경로계획과, 센서를 통해 실시간으로 얻어진 정보에 의해 장애물의 탐색과 회피가 가능한 DWA(dynamic window approach)[1], VFH(Vector field histogram)[2][3] 등의 지역 경로계획으로 나눌 수 있다. 전역 경로계획의 경우 최적경로를 생성할 수 있으며, 국부최소에 빠지지 않는 장점을 가지고 있지만, 환경에 따라 계산량이 많아질 수 있다는 점과, 미리 주어진 장애물 정보 이외의 장애물이 발견되거나 진행 경로의 이탈 시 주행이 힘들어지는 문제점을 가지고 있다. 지역 경로계획 역시 실시간으로 경로계획, 장애물 회피가 가능하다는 장점을 가지고 있지만, 센서의 오차나 불확실한 정보로

인해 국부최소에 빠지는 등의 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 장애물 회피 알고리즘인 VFH와 적은 수의 초음파만을 사용하는 경우 거울반사 효과 등의 불확실한 정보의 획득과 바닥의 장애물들을 인식하고 회피하기 힘들다는 문제점을 극복하려 한다. 이를 위해 초음파 센서와 3D 거리센서를 이용하여 전 방향과 바닥의 3차원 공간정보를 1차원의 히스토그램으로 변환하고, 이 정보를 바탕으로 장애물을 회피하여 주어진 목적지까지 안전하게 주행하는 것을 목표로 하고 있다

2. 시스템 구성

2.1로봇 플랫폼



그림 1. 로봇 플랫폼 잉키

실제 환경에서 사용된 이동로봇의 플랫폼은 지능로

보사업단에서 개발한 잉키를 사용하였다. 이 모바일로봇 플랫폼은 아래 그림 2와 같이 바닥으로부터 325mm 위치에 전 방향으로 8개의 초음파 센서가 장착되어 있고, 880mm 위치에 키넥트센서가 장착되어 있다.

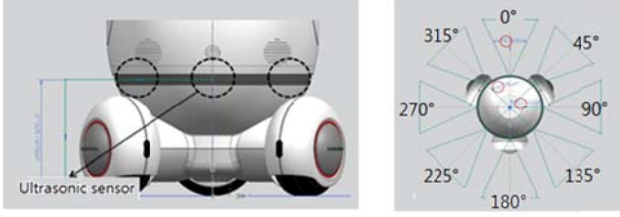


그림 2. 초음파 센서 구성



그림 3. (a) 초음파 센서, (b) 키넥트센서

3. 장애물 회피 알고리즘

3.1 VFH(Vector Field Histogram)

VFH(Vector Field Histogram)은 두 번의 데이터 축소 단계를 거쳐 2차원의 Cartesian histogram grid를 극장애물 밀도(Polar obstacle density) 가지는 1차원의 Polar histogram으로 변환하여, 각각의 섹터로부터 최적의 충돌회피를 보장하는 후보섹터 방향으로 이동한다[4].

$$\beta_{i,j} = \tan^{-1} \frac{y_t - y_0}{x_t - x_0} \quad (1)$$

$$h = \sum m_{i,j} \quad (2)$$

$$m_{i,j} = [c^{*i,j}][a - b d_{i,j}] \quad (3)$$

위 식에서 $\beta_{i,j}$ 는 이동로봇의 heading을 기준으로 한 격자 (i, j) 와의 각도이고, $m_{i,j}$ 는 활성 격자 (i, j) 의 장애물 벡터의 크기이다. $C_{i,j}^*$ 는 활성 격자 (i, j) 의 확실성 값이며, $d_{i,j}$ 는 측정의 중심점으로부터 활성 격자 (i, j) 까지의 거리를 나타낸다. 그리고 a, b 는 양의 상수이다.

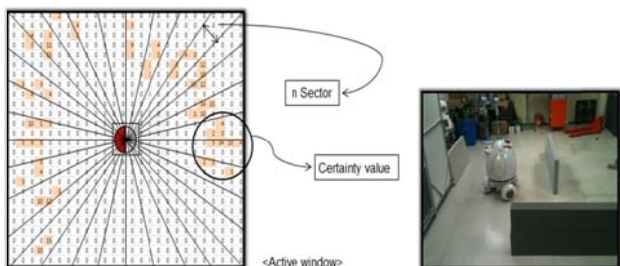


그림4. 활성 영역 안의 극 히스토그램

(x_0, y_0) 는 이동로봇의 좌표이며, (x_t, y_t) 는 장애물의 좌표, k 는 섹터 번호를 나타낸다. $r_{i,j}$ 는 격자 (i, j) 의 위험도(Risk value)를 나타내고, d 는 이동로봇과 장애물과의 거리이다.

극 히스토그램은 그림 4와 같이 활성영역을 $\beta_{i,j}$ 의 값에 따라 n 개 영역으로 나누고 각각의 영역에 있는 $m_{i,j}$ 들을 더한 값을 극장애물 밀도 h_k 로 나타낸다.

$$h_k = \sum_{i,j} r_{i,j} \left(\frac{k}{d} \right) \quad (4)$$

하지만 격자지도의 불연속적인 특성에 의해 오차가 발생하고, 이를 줄이기 위해 극 히스토그램을 식 (5)에서 다시 유연화된 Polar Histogram $h'(k)$ 를 구함으로써 극장애물 밀도(POD)을 보정한다.

$$h'_k = \frac{h_{k-l} + 2h_{k-l+1} + \dots + lh_k + \dots + 2h_{k+l-1} + h_{k+l}}{2l+1} \quad (5)$$

로봇은 극장애물 밀도(POD)의 분포로부터 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 구분하고, 밀의 그림 5와 같이 임계값 이하의 값을 가지는 후보밸리(Candidate valley)를 선정한다.

후보 밸리 중에서 타겟 방향을 향하며, 장애물에 부딪히지 않고 안전하게 이동할 수 있는 밸리를 선택하여 조향각을 설정한다.

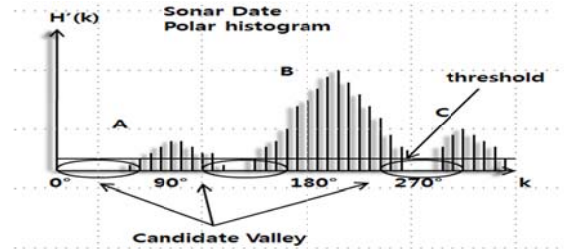


그림 5. 극 히스토그램

4. 거울 반사

초음파 센서를 사용한 물체 검출은 물체의 재질이나 음파의 방향에 따라 영향을 많이 받는다. 특히 거울과 같이 매끄러운 표면이나 기울어진 물체를 검출하는 경우에 잘못된 거리 정보를 획득할 수 있다. 이러한 현상은 호의 모양으로 방사되는 초음파 센서의 입사각이 음파의 지향각의 절반보다 클 경우 발생하며 이를 거울반사(Specular reflection)라 한다.

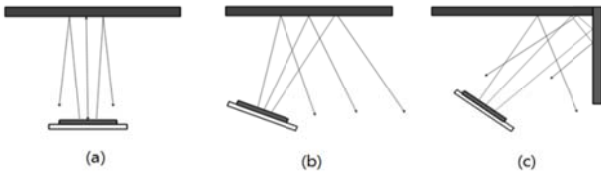


그림 6. 거울반사

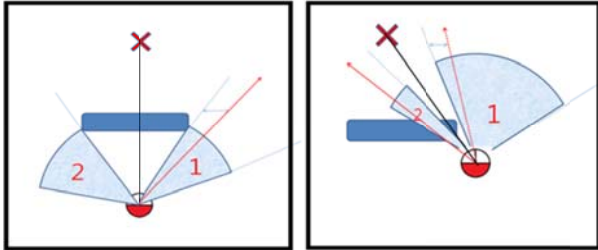


그림 7. 거울반사로 인한 오류

5. 실험

그림 8과 같이 α 의 범위를 가지고 있는 3D 거리 센서는 로봇의 h 의 높이에, ϕ 의 각도로 위치하고 있으며, 삼각법(Principle of Triangulation)에 의해 장애물의 거리정보와 각도를 구할 수 있다.

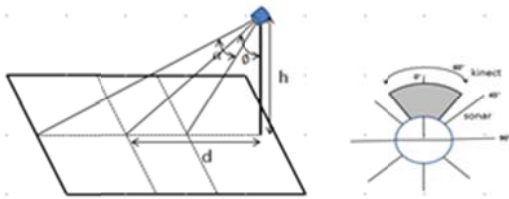


그림 8. 키넥트 센서 구성

그림 9는 실제 3D 거리 센서로 측정한 깊이 영상 (Depth image)와 원래 영상, 그리고 물체를 클러스터링한 영상을 나타내고 있다. 또한 그림 10은 통해 로봇이 장애물을 피해 이동할 수 있는 공간을 선으로 나타낸 것이다.



그림 9. 실제이미지, 거리이미지, 클러스터링

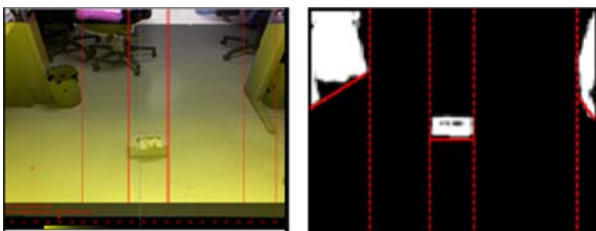


그림 10. 로봇 이동 가능 구간

장애물이 있는 각 픽셀까지의 거리 정보에서, 임계값 이상의 정보를 제거한 후, 장애물과의 거리값과 로봇의 중심에서의 장애물 각도를 구한다.

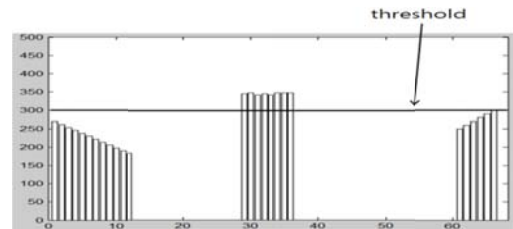


그림 11. 거리 센서의 1차원 히스토그램

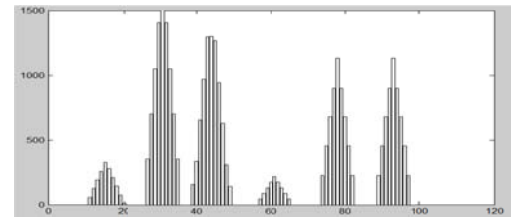


그림 12. 초음파 센서의 1차원 히스토그램

초음파센서와 3D 거리센서 정보를 바탕으로 로봇은 장애물이 놓여 있는 구간과 로봇이 이동 가능한 구간을 1차원의 histogram으로 변환하고, 초음파 데이터와 정보 교합을 통해 진행 가능한 구간인지 판단하게 된다.



그림 11. 장애물이 없는 경우

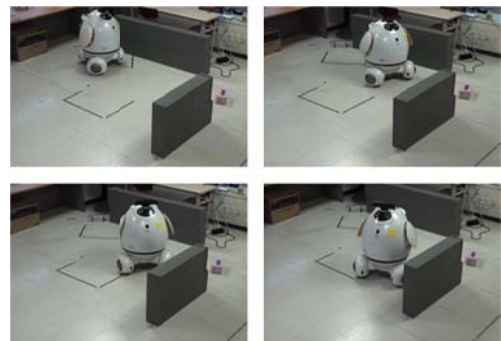


그림 12. 장애물이 있는 경우

4. 결 과

본 논문에서는 지도 정보가 없는 환경에서의 자율 이동로봇이 적은 수의 초음파로는 탐지하기 어려운 바닥면을 3D 거리센서로 측정하여, 장애물의 유무와 로봇이 안전하게 이동 가능한 방향을 찾아내었다. 또한, 거울반사와 같은 이유로 불확실한 정보를 가지는 초음파 센서를 보완하기 위해 3D 거리 센서의 정보를 융합하여 더 효율적인 움직임을 보임을 확인하였다.

후기

이 연구는 21 세기 프런티어 연구개발사업 (인간 기능 생활지원 지능로봇기술개발사업)의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

- [1] D.Fox, W. Burgard, and S. Thrun, "The dynamic window approach to collision avoidance," *IEEE Robot. Automat. Mag*, vol. 4, pp. 23–33, Mar. 1997.
- [2] J. Borenstein, Y. Koren, "The Vector Field Histogram-Fast Obstacle Avoidance for Mobile Robots" *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 7, No. 3, 1991.
- [3] J. Borenstein, Y. Koren, "Histogramic In-Motion Mapping for Mobile Robot Obstacle Avoidance," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 7, No. 4, pp. 535-539, 1991.
- [4] 이현재 "미지환경에서 이동로봇의 주행 알고리즘," 퍼지및지능시스템학회 논문지, Vol. 16, No. 3, pp. 275-284, 2006.