

자율 센서 네트워크를 위한 스트럭처 라이트 기반 비전 센서

박준석, 송하윤, 박준
홍익대학교 컴퓨터공학과
e-mail: waterspark@gmail.com
hayoon@wow.hongik.ac.kr
jpark@hongik.ac.kr

A vision sensor based on structured light for active sensor network

Joon Suk Park, Ha Yoon Song, Jun Park
Dept of Computer Engineering, Hongik University

요 약

자율 센서 네트워크에서 센서 노드가 자율 주행하기 위해서 주행 경로 상의 장애물을 회피해야 한다. 이를 위해서 저렴하고 동적인 상황에서도 효과적인 장애물 탐지 비전 센서를 구현하였다. 이 연구에서는 Structured Light 방식을 이용하였으며, Structured Light로는 라인 패턴의 적외선 레이저를 사용하였고 카메라에 적외선 필터를 장착하여 빛의 효과에 둔감하게 하였다. 값과 시간에 따른 2차 Thresholding으로 노이즈를 제거하였다. 실험 결과 센서 노드를 기준으로 한 2D 좌표계에서 최대 10mm의 오차로 장애물의 X, Y좌표를 찾을 수 있었으며 비전 센서의 프로그램은 객체화 하여 센서 노드 프로그램과 연동되어 장애물의 정보를 Localize와 Map building에 사용 할 수 있도록 제공한다.

1. 서론

자율 센서 네트워크에서 센서 노드는 정보의 수집을 위해서 자율적으로 이동할 수 있어야 한다. 자율 주행과 정보의 수집을 위해서 센서 노드는 주행 경로 상의 장애물을 파악할 수 있어야한다. 이를 위해서 사용되는 장비는 레이저 거리 센서 또는 레이더를 이용한다. 그러나 레이더의 경우 정보의 정확성이 떨어지고 레이저 거리 센서의 경우 정확하지만 고가의 장비이다. 또한 시판되는 레이저 근거리(0.03~0.50 m) 센서의 경우 거리 측정의 폭이 좁고(약 20 ~ 30 mm)이며 장거리(0.5m 이상) 센서의 경우는 근거리(0.5 m 이하)에 대해 측정이 힘들다. 이 프로젝트에서는 근거리 센서와 장거리 센서의 기능을 동시에 충족하며 가격이 저렴한 Vision Sensor를 구현하였다. 카메라와 레이저를 이용한 장애물 파악 센서를 통해서 센서 노드가 필요로 하는 장애물의 정보를 센서 노드에게 제공한다.

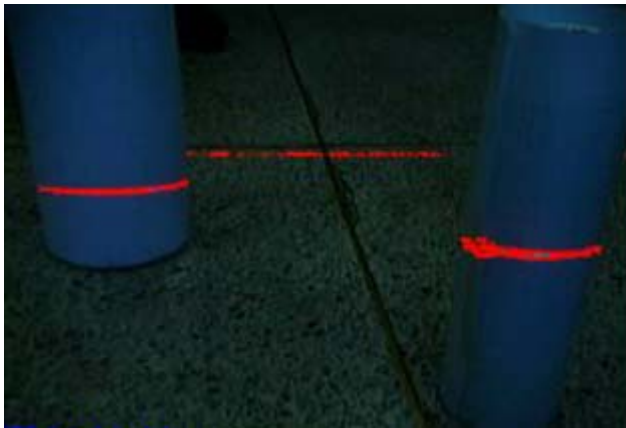
2. 관련 연구

카메라를 이용하여 거리 정보를 찾는 연구는 새로운 것이 아니다. 이미 [1], [2], [3], [4], 그리고 [7]에서 하나의 카메라와 Structured Light를 이용하여 삼각 측량을 하는 연구들이 있다. 이 연구에서는 기존의 연구들을 바탕으로 센서 네트워크상의 자율 센서 노드가 자율 주행을 하며 센서 네트워크를 통해 장애물의 정보를 공유하기 위해서 필요한 장애물 탐지 비전 센서를 구현 하고 이를 객체화 시킨 센서 노드의 운용 프로그램과 연동하여 카메라의 위치, 상태에 따라 가변적일 수 있게 하였다.

3. 장애물의 파악

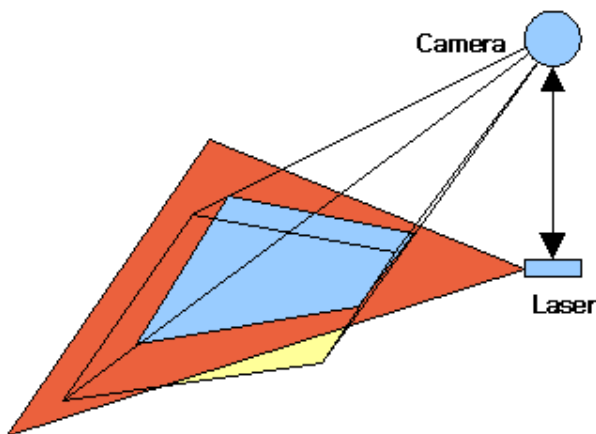
Vision을 이용하여서 장애물을 파악하고 그 거리를 계산하기 위해서 여러 방식이 있지만 크게 Stereo 와 Structured light 방식을 비교하였으며 이 연구에서는 연산이 많이 필요한 스테레오 방식을 버리고 일정한 패턴의 빛을 주사하여 그 빛의 패턴의

변화를 이용해 장애물을 파악하는 Structured Light 방식을 이용하였다. 이 방식은 화면상에 있는 대부분의 물체의 거리를 파악할 수 있는 스테레오 방식과 달리 일정 패턴의 빛이 닿는 부분의 장애물만 파악할 수 있으나 연산이 가벼워 실시간으로 처리하기 용이하다.



(그림 1) 라인패턴의 Structured Light

캘리브레이션과 Structured Light를 이용하여 ImagePlane상의 2D좌표를 3D좌표로 옮기는 것은 [1]에서 제안한 방법을 사용하였다. 이것을 통해 장애물로 판단되는 물체의 센서를 기준으로 한 좌표축에서의 X,Y 좌표를 얻을 수 있으며 각 장애물의 폭을 계산할 수 있다. 이렇게 얻어진 장애물의 정보는 배열에 저장되어 Map building과 자동 주행에 사용된다.



(그림 2) 비전센서의 도식

그리고 삼각 측량에 이용된 인수들은 객체화된 비전 센서 모듈 안에 있고 수정이 가능해 카메라의 위치, 상태에 따라 변경 시킬 수 있다.

4. 비전센서 시스템

처음 연구에서 Vision Sensor에 사용된 시스템은 Structured Light로 658nm의 파장을 가지는 20mW Line Laser를 이용하였고 카메라는 Logitech사의 QuickCam 4000을 사용하였다. 그리고 영상처리를 위해 OpenCV Library를 이용하였다.

그러나 20mW의 Optical Power는 태양의 반사광만 있고 형광등이 켜져있는 상태에서 영상처리를 통해 레이저의 패턴을 추출할 수 있는 거리는 약 0.5m정도 였다. 이 거리는 실제 센서 노드가 주행하기 위해서 장애물의 정보를 얻기에 충분한 거리가 되지 못하였다. 그리고 출력이 높은 동파장대(658nm)의 레이저를 사용할 경우 레이저의 파장이 가시광선 대역이므로 사람의 눈에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 그리고 658nm파장의 레이저는 적색이고 이 패턴의 빛을 파악하기 위해서 Thresholding과 색상값을 이용한 구분을 사용하였다. 하지만 주변광과 카메라의 설정 값에 따라 결과가 크게 달라져서 결과의 신뢰도가 떨어졌다.



(그림 3) 카메라를 통해 잡힌 장애물에 나타난 라인 레이저 패턴



(그림 4) Logitech사의 QuickCam 4000 Lanics사의 658nm파장의 Line Laser

이 문제점을 해결하기 위해서 기본 골격은 그대로 유지한 채 카메라에 적외선 필터(Hoya - R72)를 추가하고 레이저를 815nm 파장의 라인패턴 레이저를 사용하였으며 출력은 100mW로 원 거리(3-4m)까지 사용할 수 있게 되었다.

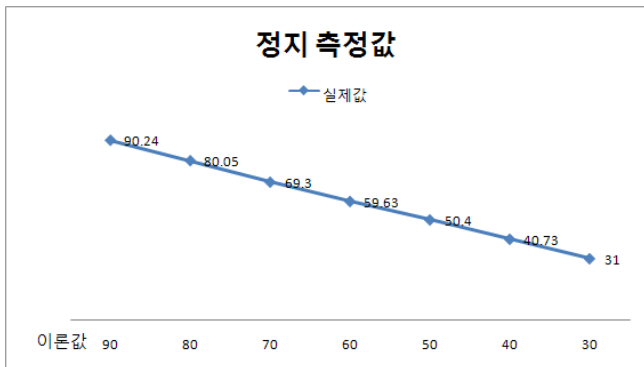
영상 처리는 아래와 같은 방법을 이용하였다. 적외선 필터를 사용하여 불필요한 대역의 빛이 제거된 영상이 카메라에 들어오게 된다. 해상도 320x240의 영상에서 RGB의 최대값과 평균값을 구해서 그 중간 값을 Threshold값으로 하여 노이즈를 제거하였다. 기존 색상값으로 레이저 패턴을 추출하는 방식에 비하여 Thresholding만으로도 레이저 패턴을 파악 할 수 있어서 영상처리를 위한 연산이 줄어들게 되었다. 또한 레이저 패턴의 외곽선이 카메라에서 일정하게 잡히지 않고 미세하게 점멸하는 현상을 발견하여 이것이 장애물의 좌표를 계산하는데 불안요소가 되기 때문에 Time window를 두어서 일정 주기로 해당 픽셀에서의 값이 유효범위를 넘어설 때 그 값을 장애물의 패턴이라고 판단 하였고 이런 2차 Thresholding을 통해서 노이즈의 제거를 하였다.



(그림 5) 카메라에 적외선 필터를 장착한 모습

완성된 비전 센서는 센서 노드의 전면에 위치하여 센서 노드 전면 0.27m부터 1.28m까지 주시하게 된다. 비전 센서가 장착된 센서 노드를 정지 시킨 상태에서 장애물의 거리를 조정하여서 실제 장애물과의 거리와 측정하여 얻어진 결과가 <표 1>이며 최대 10mm 최소 0.05mm의 오차로 작동 하였다.

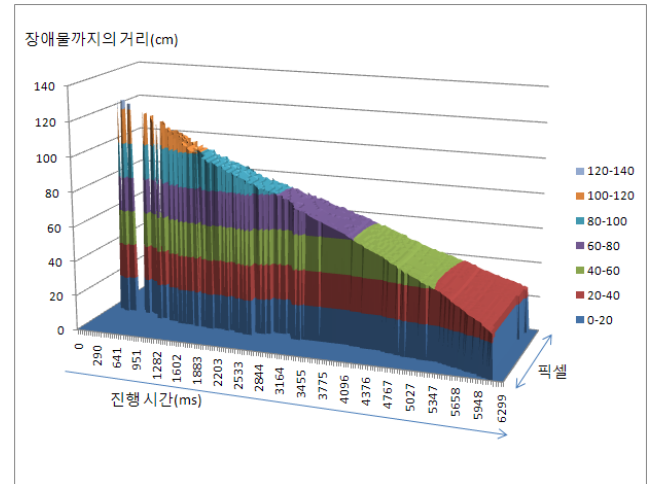
<표 1> 정지 상태에서의 장애물 측정값



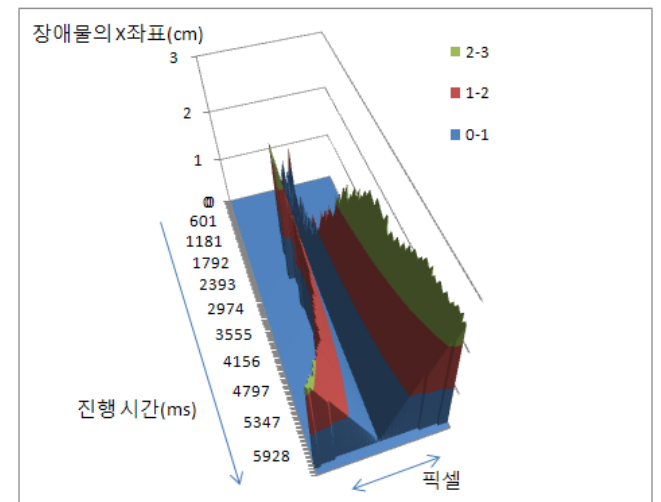
센서 노드를 전방으로 이동시키면서 장애물과 중

돌 시켰을때의 데이터이며 1.10m부터 0.27m까지의 장애물의 거리 정보를 <표 2>에서 보여주고 있다. <표 2>의 비전 센서는 1.28m까지 주시하지만 1.28m에서 1.10까지의 장애물 정보는 Time Window를 통과 할 정도의 임계값을 충족시키지 못하였다. 그리고 파악한 장애물에 대한 X좌표는 <표 3>에서 보여지고 있다. <표 2>와 <표 3>에서 사용된 장애물은 세워진 음료수 캔이 사용되었다.

<표 2> 이동 상태에서 장애물 거리 측정값



<표 3> 이동 상태에서 장애물 X좌표 측정값



5. 결론

자율 주행 센서 네트워크의 각 센서 노드는 사람의 눈에 보이지 않는 적외선 레이저와 웹캠으로 이루어진 스트럭처 라이트 기반의 비전 센서를 가진다. 비전 센서는 2번의 Thresholding을 통해서 신뢰도 있는 장애물의 정보를 얻는다. 이 비전 센서는 기존 레이저 거리 측정 센서보다 가격이 저렴하고 초음파 센서보다 정확하다. 비전 센서는 비교적 단거리인 0.3m부터 1.28m까지의 장애물을 파악 할 수

있으며 이 거리는 카메라의 화각에 따른 것이기 때문에 카메라의 위치 또는 주시 범위를 변경할 수 있고 이 경우 프로그램 내부의 변수 값을 조정하여 쉽게 변경된 환경에서도 장애물의 정보를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 정보는 자율 센서 노드의 자율 주행을 위한 장애물의 정보를 제공함과 동시에 센서 노드와 네트워크의 Localization과 Map building에 사용되어 이 장애물의 정보를 해당 센서 노드뿐만 아니라 네트워크를 통해 다른 센서 노드들과 공유할 수 있다.

참고문헌

- [1] Myung-Jin Jung; Hyun Myung; Hyoung-Ki Lee; SeokWon Bang "Ambiguity resolving in structured light 2D range finder for SLAM operation for home robot applications" Advanced Robotics and its Social Impacts, 2005. IEEE Workshop on 12-15 June 2005 Page(s):18 - 23
- [2] Myung-Jin Jung; Hyun Myung; Sun-Gi Hong; Dong-Ryeol Park; Hyoung-Ki Lee; SeokWon Bang "Structured light 2D range finder for simultaneous localization and map-building (SLAM) in home environments" Micro-Nanomechatronics and Human Science, 2004 and The Fourth Symposium Micro-Nanomechatronics for Information-Based Society, 2004. Proceedings of the 2004 International Symposium on 31 Oct.-3 Nov. 2004 Page(s):371 - 376
- [3] Mertz, C.; Kozar, J.; Miller, J.R.; Thorpe, C. "Eye-safe laser line striper for outside use" Intelligent Vehicle Symposium, 2002. IEEE Volume 2, 17-21 June 2002 Page(s):507 - 512 vol.2
- [4] Fisher, R.B.; Ashbrook, A.P.; Robertson, C.; Werghe, N. "A low-cost range finder using a visually located, structured light source" 3-D Digital Imaging and Modeling, 1999. Proceedings. Second International Conference on 4-8 Oct. 1999 Page(s):24 - 33
- [5] Datong Chen; Wen Gao; Xilin Chen "A new approach of recovering 3-D shape from structure-lighting" Signal Processing, 1996., 3rd International Conference on Volume 2, 14-18 Oct. 1996 Page(s):839 - 842 vol.2
- [6] Zhengyou Zhang "A Flexible New Technique for Camera Calibration" IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol.22, No.11, November 2000
- [7]<http://www.seattlerobotics.org/encoder/200110/vision.htm>