RGB-D 센서 기반의 로봇 위치추정 기법 연구

서 유현, 이 현
선문대학교 컴퓨터공학과
e-mail: shtelnd1@naver.com, mahyun91@sunmoon.ac.kr

A Robot Localization based on RGB-D Sensor

Yu-Hyeon Seo, Hyun Lee
Dept of Computer Science and Engineering, Sun Moon University

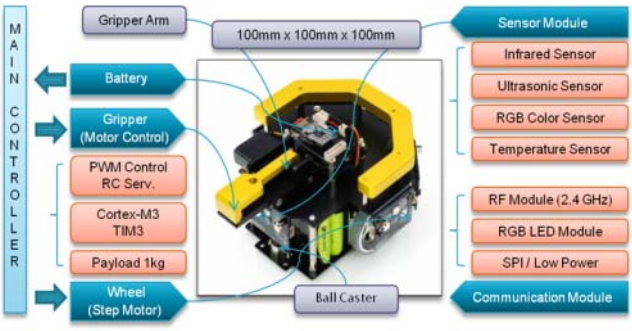
요 약

재난방지 및 구호에 사용되는 로봇의 주된 목적은 인간이 직접적인 접근을 할 수 없는 지역을 사전에 탐사하여 인간으로 하여금 올바른 판단을 돕기 위함에 있다. 하지만, 재난 지역에서는 통신장애 문제나, 육안 식별이 불가능한 상황, 원격조정을 통하여 로봇이 업무 수행에 상당한 제약을 받는다. 이 문제를 해결하기 위해 "LED-RGB 칼라센서를 이용한 상호위치 인식 방법연구"[1]을 수행하였으나, RGB의 인식거리가 상당히 짧고, 판단이 모호한 단점이 발생하였다. 따라서 본 연구에서는 이를 개선한 RGB-D센서를 이용하여 RGB의 인식거리를 증가시켰다. 또한 더욱 높은 정확성을 이용하기 위해, Depth를 사용하여 사물들의 특징점들을 랜드마크로 하고 랜드마크로부터의 상대위치를 파악하여 위치를 추정하는 방법을 제안하고자 한다. 마지막으로 상호인식 알고리즘을 이전 방식과 비교하고자 한다.

keyword : RGB-D sensor, Kinect, Localization, Robotics, Modular Robot

1. 서론

재난 방지 환경아래 다양한 센서들을 활용한 로봇들은 인간이 접근하기 어렵거나 위험한 지역에 투입하여 해당 지역에 대한 정보를 정확하게 제공하거나, 비상상황에서의 상황 정보를 제공받거나, 위험에 처한 인간의 안전을 확보하는데 이용되고 있다[2],[3]. 즉, 인간이 스스로 접근하기 곤란한 위험지역에 고성능 기술의 센서를 적용한 많은 로봇들이 사용되어지고 있다. 하지만, 넓은 재난지역에서의 부상자를 찾거나 구조함에 있어, 사용되는 로봇들은 때때로 원격제어하기 힘든 상황이나, 통신이 두절되는 경우가 발생하는 어려움이 있다[3]. 따라서 로봇들이 자율성, 협동성, 그리고 집단 지능과 같은 지능적 기능을 가지고 있어야, 보다 효율적인 업무를 수행할 수 있다. 특히, 모듈러 형식으로 구성되어, 좁은 지역에서 마음대로 움직일 수 있고, 로봇간의 협력을 통하여 장애물을 극복할 수 있는 뱀 형태 또는 다 개체로 구성되어 재난지역에서의 원활한 업무수행을 할 수가 있다. 그림1과 같이 이전 연구[1]에서 개발한 모듈러 생체 모방형 로봇 (ARTHROBOT)을 이용하여 모듈러 로봇간의 상호위치인식을 연구하였으며, 서로의 위치를 인식하기 위한 방법으로 LED-RGB 센서를 이용한 상호위치인식 방법을 제안하였다. 하지만, [1]에서 제안한 LED-RGB기반의 연구는 인식거리가 짧고, 원거리의 경우, 인식률이 급격히 떨어지는 단점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 마이크로소프트사의 키네틱 센서[4]를 활용해 이미지 영상의 Depth를 추가함으로써 RGB 센서 성능 향상을 기반으로 한 RFL(RGB-D Used For Localization) 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성하였다. 2장에서는 관련 연구에 대해 설명하고, 3장에서는 RFL(RGB-D Used For Localization) 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 RFL알고리즘에 대한 거리, 방향, 장애물과 로봇의 전후 위치를 파악하는 실험을 통해 이전[1] 연구결과와 비교분석하며, 마지막 5장에서 결론을 맺고자 한다.

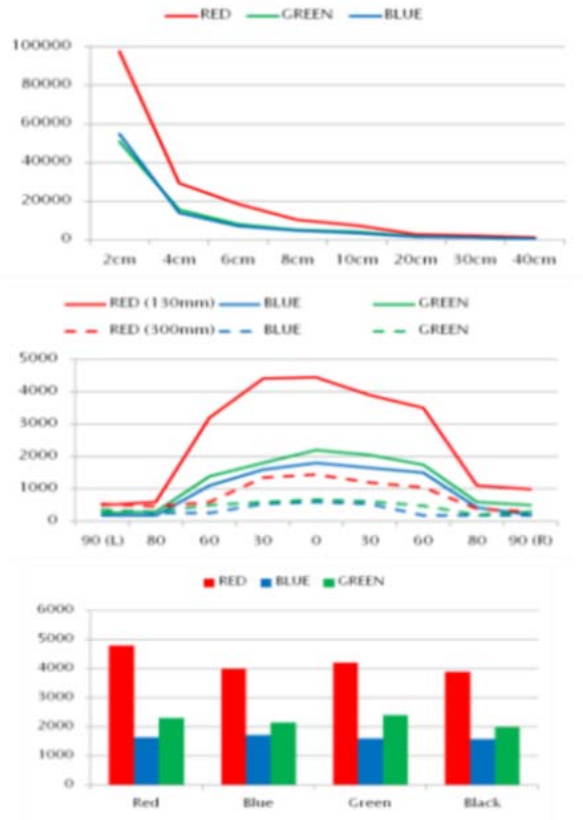


(그림 1) 모듈러 로봇의 기계적 구성

2. 관련 연구

LED(Light Emitting Diode)는 화합물 반도체의 특성을 이용해 전기 에너지를 광 에너지로 변환시켜주는 반도체 소자이다. 특징으로는 발광효율이 높고 저 전류에서 고출력을 얻을 수 있으며, 응답속도가 매우 빠르고 펄스동작 고주파에 의한 변조가 가능하며, 광 출력을 전류제어로 용

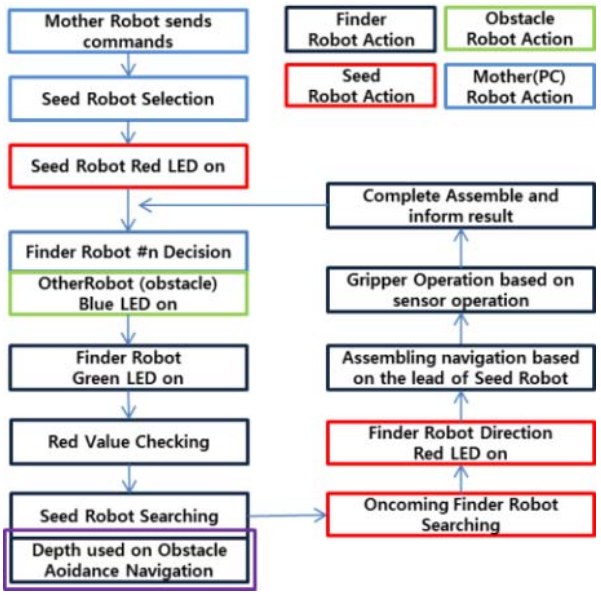
이하게 변화시킬 수 있어, 소형 경량, 긴 수명, 소비전력이 적다. 작동온도범위는 -200℃~200℃로 극단적인 곳에서의 사용이 가능하고 수은을 사용하지 않는 친환경적 광원이기 때문에 한정적인 환경에서의 저전력 고효율 고성능을 만들어 내는데 유용하다고 할 수 있다[5]. 이전 논문[1]에서의 LED 칼라 센서 유효각도 측정 데이터를 보면 최대 인식범위는 Red의 경우 400mm의 거리까지 인식이 가능하였으나, Green , Blue의 경우 220mm를 기점으로 색상 판별이 어려웠다. 따라서 이는 빛 감지 센서 최대 측정범위의 한계일 것이며, 이를 보완할 필요가 있다. 또한, 그림 2와 같이 유효각도는 정면을 0° 기준으로 좌우 -90° ~ 90°의 실험 결과 Red의 경우 좌-우 70°, Green은 좌-우 70°, Blue는 좌-우 80°를 기점으로 수치가 급감한다. 이를 토대로 [1]에서는 LED의 강도를 제어하여 상대 로봇의 위치를 계산하여 추정할 수 있었다. 결과적으로 [1]의 문제점은 센서 측정범위가 한정적임에 따라서 인식률 신뢰도의 범위가 센서 측정범위에 상당히 의존적이다.



(그림 2) [1]에서의 LED칼라센서 실험 결과

(그림 3) Kinect에 있는 3D Depth 센서에서 적외선 픽셀을 쏘아낸 모습

기본적으로 Depth를 검출하는 방법은 TOF(Time of Flight) 기반 Depth 카메라가 있고[6], PrimeSense회사의 패턴변형인식 방식 Depth 카메라가 있다. TOF기반 Depth 카메라는 일반적으로 기본적인 거리측정 방식으로 펄스를 쏘고 반사파가 들어오는 시간차이를 측정해서 거리를 구하는 방식으로 레이더나 초음파 센서에서 많이 사용되어진다. 하지만 높은 노이즈 때문에 노이즈 제거를 위해 적분시간이 필요하고 적분시간은 프레임율 저하나 모션블러 현상이 생기기 때문에, PrimeSense회사의 패턴변형인식 방식을 사용하는 키넥트 센서를 사용하였다. 패턴변형인식 방식은 특정한 라이트 패턴을 방사하여, 카메라로 왜곡된 라이트 패턴을 찍어서 3D구조물을 계산하는 방식으로써, 그림3과 같이, 보이는 양쪽 3D Depth 센서를 이용하여 적외선 픽셀들을 쏘아주게 되며, 이렇게 쏘아진 적외선 픽셀들은 피사체에 반사되어 다시 돌아오는 것을 인식하여 왜곡된 거리를 계산하는 원리다[7]. 위와 같은 방식을 이용하여 특히, 어둡거나 육안으로 식별이 불가능한 지역이나 지물들을 판별하는데 있어, LED 센서와 같이 Depth 센서를 사용할 경우 보다 인식률을 높이는 방식이다.



(그림 4) LED-RGB센서의 3색과 Depth센서를 사용하여 모션 인식 바탕으로 한 상호 위치 탐지 알고리즘

3. RFL 알고리즘

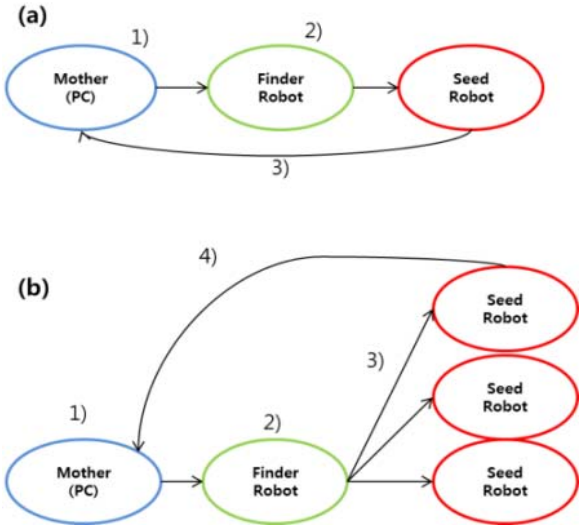
3.1. LED 기반 상호위치인식 알고리즘

그림4와 같이, LED-RGB칼라 색상에 따라, 기준을 설정하여 임무수행지역에서 다른 모듈러 로봇들과 서로 통신할 수 있도록 구성하였다. 예를들어, 모듈러 로봇끼리 서로 결합 또는 분리 가능하도록 가상의 마더로봇(PC)을 설정하고, 가상의 마더 로봇이 명령에 따라서 다른 모듈러 로봇들이 정렬되도록 하는 방식이다. 알고리즘에서 칼라센서는 실시간으로 주행거리를 계산하여 서로간의 거리차

이를 인식하도록 하였다. 마지막으로 가상의 마더 로봇과 정해진 센서 모듈의 CAN통신 순서에 따라 모듈러 로봇들이 로봇 대열에 합류하도록 하였다. 구현된 이 알고리즘에서는 RGB 칼라 빛 패턴을 기준으로 20개의 상황정보를 정리할 수 있었다.

3.2. RFL 기반 상호위치인식 알고리즘

본 논문에서 제안하는 RFL 알고리즘은 [1]의 알고리즘에 추가된 Depth 정보 기반으로 영상에서 추출된 특징 점을 랜드마크로 이용하여 현재 로봇의 위치를 추정하였다. 예를 들어, LED 기반 상호인식 알고리즘의 경우, 그림 5(a)와 같이, 하나의 Finder 로봇이 Seed Robot 하나를 찾는데 별 어려움이 없으나, 그림5의(b)의 경우처럼, Seed Robot이 여러 개인 경우, 우선으로 선택할 로봇의 인식에 어려움이 있다. 따라서 다음과 같이 RFL 알고리즘을 적용해서 인식률을 높이고자 하였다.



(그림 5) 상호위치인식알고리즘의 일부(상), RFL 알고리즘의 구성(하)

다음은 RFL알고리즘의 순서를 보여주고 있다.

RFL알고리즘

1. 마더(Mother)로봇이 명령을 내려 기준이 되는 로봇(Seed Robot)을 선택한다.
2. Seed 로봇의 RGB 색상을 빨간색(Red)로 설정하고, Finder 로봇의 색은 녹색(Green)으로 설정한 후 자율주행을 시작한다.
3. Finder 로봇이 해당하는 Seed 로봇을 찾은 후에,
   3.1. 완료된 로봇은 다음 항목으로 넘어간다.
   3.2. Seed 로봇을 찾는 과정에서 LED기반의 로봇 1대 이상을 찾을 경우, Depth 센서를 이용해서 거리우선순으로 작업을 시작한다.
4. 작업을 마친 로봇은 다음 명령에 대기한다.

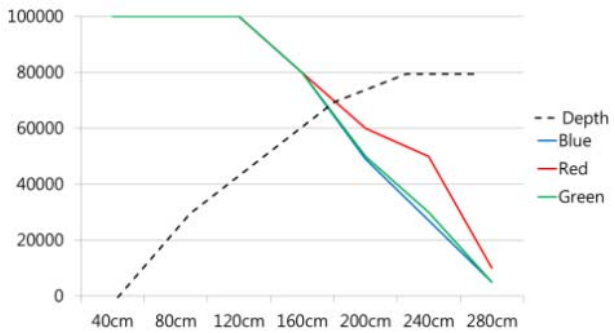
4. 실험

이 실험에서 RFL 알고리즘에서 사용되는 마더 로봇은 PC(Base Station)로 가정하고 실험하였다. 또한 실내에서 실험하였으며, 실험 데이터는 키넥트를 이용하여 640x480 해상도에서 촬영되어 이루어졌다. 사용된 컴퓨터 사양은 다음과 같다.

- InTel(R) Core(TM) i5-2500 CPU 3.30GHz
- MS Windows7 Home Premium K
- Microsoft Visual C++ 2010 SP1 Rel

4.1 거리 (키넥트센서와 LED의 수직거리)

먼저, 거리에 따른 모듈러 로봇간의 상호인식을 실험하기 위해서 모듈러 로봇간의 LED와 키넥트 사이의 구직거리에 따른 빛의 세기를 실험하였다. 실험결과, 그림6과 같은 결과 값을 보여주었다. LED 칼라는 1.5m내의 근접거리에서는 매우 구분이 잘되었으나, 1.6m부터 급격히 인식이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그리고 Red 칼라와는 달리 상대적으로 Green 칼라와 Blue 칼라는 인식이 더 낮은 것을 볼 수 있었다. 이 실험을 통해 이전연구[1]에서의 거리보다 두드러지게 더욱 먼 거리를 인식하였다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 Depth의 경우 오히려 근거리에서 사물을 판별하기 어려운 부분이 보였고, 점점 거리가 증가하여 0.8m 이상이 되어서야 판별이 가능해지는 것을 알 수 있었다.



(그림 6) 수직거리에 따른 LED(Red, Green, Blue)와 Depth의 인식률 범위

4.2 유효각도

기본적으로 키넥트 센서의 경우, 상하 시야각 43°, 좌우 시야각 57°의 스펙을 가지고 있으며, 이에 대한 범위 증가는 측정하고자 하는 로봇이 먼 거리에 있을수록 반경범위도 같이 넓어지게 된다. 따라서 키넥트의 특성상 인식이 가능한 수직거리라면 더욱더 먼 거리에서는 유효각도가 더 넓어진다.

4.3 장애물

장애물을 측정하는 방법으로 반사광을 이용하였다. 반사광에 영향 미칠 수 있는 산란광이나 노이즈는 없는 것으로 가정하였다. 또한 반사광의 최대치를 적용하기 위해

어두운 환경을 조성해서 실험하였다. 하지만 실험 결과 반사광의 빛의 세기가 오히려 로봇에서 나오는 빛의 세기보다 커서 실제 로봇의 위치를 파악하는데 어려움이 발생했다. 그림7은 반사광의 크기를 보여주고 있다.

각도	로봇의 거리	반사광(Red기준)
정면(0°)	100cm	100,000
(L) 30°	100cm	100,000
(R) 30°	100cm	100,000
정면(0°)	150cm	80000
(L) 30°	150cm	80000
(R) 30°	150cm	80000
정면(0°)	180cm	50000
(L) 30°	180cm	50000
(R) 30°	180cm	50000

(그림 7) 수직거리에 따른 반사광의 세기

특히, 반사광은 단순히 바닥뿐만 아니라 빛이 영향을 미치는 바로 옆의 벽면이나 장애물에도 매우 영향을 미친다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

(그림 8) Red칼라에 대한 반사광 실험

그림8에서와 같이 로봇주변에 있는 벽이나 사물들까지도 영향을 받아서 수치가 같이 나왔다.

5. 결론

지금까지 우리는 RGB-D기반의 상호위치인식 방법을 제안하고 LED기반의 상호위치인식 방법과 비교 실험하였다. 하지만, RGB-D는 제약되는 조건이 최소 80cm은 되어야 수치측정이 되었다. 따라서 80cm미만에서는 실질적인 Depth 값을 측정하기 어려운 부분이 있어서 80cm 미만일 경우에는, 기존 사용했던 LED기반의 센서를 이용하고 80cm이상인 경우에는 RGB-D센서를 이용하면 보다 정확한 인식률을 높일 수 있었다. 하지만, 반사광 실험의 경우 반사광의 빛의 세기가 오히려 로봇에서 발생되는 LED 센서 빛의 세기보다 커서 정확한 로봇의 위치를 파악하는데 어려움이 있었다. 따라서, 연구 진행방향으로 반사광의 빛의 세기에도 불구하고 로봇위치를 측정하는 연구를 계속하고자 한다.

6. 참고 문헌

[1] 서유현, 배지혜, 손병락, 이 현, “LED-RGB 칼라 센서를 이용한 상호위치인식방법 연구”, 한국정보처리학회 39회 춘계학술발표대회, vol. 20, no. 1, pp. 15-17, 2013

[2] I. Erkmen, A Erkmen, F. Matsuno, R. Chatterjee, and T. Kamegawa, “Snake robots to the rescue”, IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 9, no. 3, pp. 17-25, 2002

[3] J. Casoer and R. Murphy, “Human-robot interaction during the robot-assisted urban search and rescue response at the WTC”, IEEE Trans. on SMC, Part B: Cybernetics, vol. 33, no. 3, pp. 367-389, 2003

[4] Microsoft의 Xbox360의 컨트롤 기기

[5] 박성림, “LED광원의 특성과 측정방법”, 광전자정밀(주) 발표자료, 2008

[6] 이천, 송혁, 최병호, 호요성, “고해상도 스테레오 카메라와 저해상도 깊이 카메라를 이용한 다시점 영상 생성”, 한국통신학회, vol. 37, no. 4, pp. 239-240, 2012

[7] 정하형, 김태연, 유준 “색상과 깊이 카메라를 이용한 3차원영상 구성”, 대한전자공학회, vol. 49, no. 1, pp. 1-7, 2012