

LED 조명 기반 실내위치 인식 시스템을 이용한 이동로봇의 방향 검출 및 자율주행

방재혁*, 박수만*, 이건영*
 광운대학교*

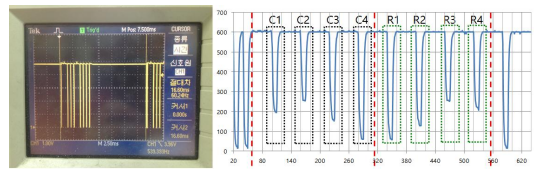
Direction detection and autonomous mobile robot using LED lighting-based indoor location recognition system

Jae Hyeok Bang*, Su Man Park*, Keon Young Yi*
 Kwangwoon University*

Abstract - 이동 로봇의 자기 위치 인식 방법으로 GPS를 많이 이용하지만 건물 내부공간에서는 위성신호 수신 장애가 있기 때문에 GPS 사용이 어렵다. 이에 대한 대안으로 다양한 형태의 실내 측위 기술에 관한 연구가 진행되어왔다. 최근에는 WiFi를 이용한 방법이 일부 상용화되고 있으나 정밀도가 3~5m라는 한계가 있으며, LED 조명을 이용한 방법은 실용화 단계에 이르지 못한 것지만 많은 연구가 진행되고 있다. 당 연구실에서도 LED조명을 기반으로 한 실내위치 인식 시스템을 개발하였으며, 지난 연구에서는 이를 이용한 이동로봇의 자율주행을 연구하였다. 본 연구에서는 지난 연구에 덧붙여 두개의 수신부를 이용하여 로봇의 방향인식 오류 개선 및 이동 로봇의 자율주행을 보여주고자 한다. 제시된 시스템은 이동로봇, 조명제어장치 그리고 컴퓨터로 구성된다. 이동로봇은 상용화된 마이크로 마우스에 탑재된 조명신호 수신장치를 통하여 자신의 위치와 방향을 감지하며, 컴퓨터와의 Wi-Fi 통신으로 자신의 위치를 컴퓨터에 전송하거나 위치 명령을 수신한다. 컴퓨터에서는 수신 받은 이동로봇의 위치를 실시간으로 화면에 표시하며, 이동로봇에 전달할 위치 명령을 사용자가 입력하는 기능을 제공한다. 사용자가 이동로봇을 설정한 후 이동로봇으로 명령을 보내면 로봇은 자신의 위치와 목적지를 비교하며 자율주행을 하게 된다. 실험을 통하여 확인한 결과 지난연구의 방향인식의 문제점이 해결되어 제시된 시스템으로 실내공간에서도 이동로봇의 자율주행이 원만히 이루어짐을 확인하였다.

수신모듈과 Wi-Fi 모듈을 장착한 형태이며, 컴퓨터는 이동로봇의 상태를 표시하고 위치 명령을 전달하는 역할을 한다. 각 시스템에 대한 세부 사항은 다음과 같다.

2.1.1 실내위치 인식 시스템



<그림 2> 제어부의 구동신호(a)와 수신모듈이 감지한 수신 파형(b)

실내위치 인식 시스템은 LED조명등 제어부와 조명신호 수신모듈로 구성된다. LED조명등 제어부는 조명등에 60Hz주기의 구동신호를 보내 4X4의 조명등을 행과 열로 제어한다. 조명등을 제어하는 구동신호는 지난 연구와 마찬가지로 <그림2>(a)와 같은 형태가 된다. [3] 조명신호 수신모듈은 수신감도를 높이고 방향인식 오차를 줄이기 위해 앞선 연구의 하드웨어를 개선하였다. 2개의 포토다이오드를 10cm 간격으로 수신모듈 상단에 부착하였다. 각각의 다이오드를 OPAMP에 연결하였고 OPAMP를 통해 증폭된 신호를 ATmega128의 ADC핀에 연결하였다. 조명 신호는 <그림2>(b)와 같이 조명제어부에서 START_BIT를 보내고 100us씩 각 조명등의 행 혹은 열만을 순차적으로 점등하여 수신모듈에서 신호의 세기를 기록한다. <그림 2>(b)의 C1은 열1의 모든 LED만 점등된 경우의 신호세기로 최저점이 열1의 LED 조명등 수신 신호세기가 된다. 같은 방식으로 C2~R4까지의 신호를 기록한 후 그 데이터로 조명신호 수신모듈의 위치를 계산한다.

1. 서 론

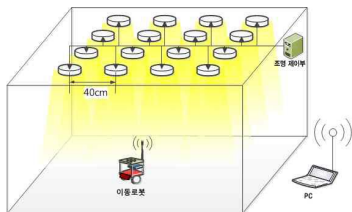
위치기반서비스(LBS : Location Based Services)는 이동 통신망이나 위성항법장치(GPS :Global Positioning System)등을 통해 얻은 위치정보를 바탕으로 사용자에게 다양한 서비스를 제공하는 서비스 시스템이다. 일반적으로 측위기술에서 GPS를 많이 이용을 하지만 실내에서는 신호의 도착시간의 지연 및 장애물, 신호의 굴절 등 여러 가지 요인으로 인해 거리 계산에 큰 오차가 발생한다[1]. 하지만 가시광 통신기반의 실내측위 기술의 오차 범위는 2cm~14cm정도이다.[2][3][4] 따라서, 가시광 통신은 실내측위 기술로 관심을 받고 있으며, 그 중 LED조명등을 기반으로 실내측위 기술은 실용화 단계에 이르지 못한 것지만 많은 연구가 진행되고 있다. 선행 연구에서는 당 연구실에서 수행한 LED조명을 기반으로 한 실내위치 인식 시스템[4]을 이용하여 로봇의 자율주행이 가능함[5]을 보였으며 본 논문은 두 개의 포토다이오드를 이용하여 방향인식과 이동로봇의 자율주행 성능 개선을 보인다.

2.1.2 이동로봇

이동로봇은 상용화된 (주)NEWTC사의 주행로봇 키트에 Wi-Fi모듈과 새로 제작된 조명신호 수신모듈로 구성되어 있다. 조명신호 수신모듈은 ATmega128의 ADC핀에 연결되어 조명의 신호세기를 전송하며, 전송받은 data를 토대로 이동로봇의 위치를 계산하여 이동로봇의 위치를 결정한다. Wi-Fi모듈은 컴퓨터와 이동로봇간의 송수신을 위해 컴퓨터와는 무선통신으로 연결되며, 이동로봇과는 ATmega128의 URAT시리얼 통신으로 연결된다. 모터드라이브는 ATmega128의 PORTD에 연결되어 스텝모터를 제어한다. 이동로봇의 스텝모터는 1-2상 여자방식을 사용하며, 전·후진은 직경 5cm의 바퀴가 1°돌면 0.436mm씩 이동한다. 또한 회전은 9cm의 이동로봇의 폭과 바퀴의 직경으로 계산해보면 1°에 약 0.5° 회전한다. 이를 기반으로 스텝모터를 구동하여 이동로봇을 이동시킨다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성



<그림 1> 시스템 구성도

실내위치 인식을 위한 시스템은 <그림 1>과 같이 조명시스템, 이동로봇, PC로 구성된다. 조명시스템은 195cm높이에 설치된 40cm간격의 4X4개 LED조명등과 이 조명등을 통하여 수신 장치에 위치인식이 가능하도록 조명신호를 제어하는 조명제어장치[4]와 이동로봇에 부착된 조명신호 수신모듈로 구성된다. 이동로봇은 상용화된 마이크로마우스에 조명신호

2.2 이동로봇의 자율주행

2.2.1 초기 위치인식

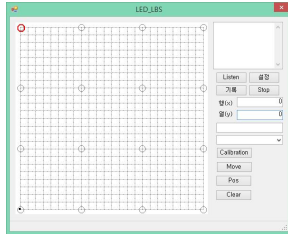


<그림 3> 초기 위치인식 흐름도

이동로봇의 위치인식은 조명신호 수신모듈에서 수신된 신호의 세기(RSSI방식)를 이용하여 조명등과의 거리로 환산하고, 피타고라스 정리를 이용하여 조명열(행 단위 또는 열 단위로 조명등이 동시에 켜짐)과 이동로봇간의 정사영 길이(조명열을 바닥면에 정사영한 선으로부터의 최단 거리)를 구한다. 각 조명열과 조명행의 정사영 거리로부터 수신부의 x좌표와 y좌표를 계산한다.

최초 로봇이 임의의 장소에 놓여 지면 선행 연구와 달리 10cm간격으로 부착된 수신 모듈의 위치를 각각 인식하여 두 지점의 각도를 구하여 로봇의 방향을 알아낼 수 있다. 따라서 <그림 3>과 같이 로봇의 이동과정이 생략된 단순한 형태로 이동로봇의 방향을 인식하며 2개의 수신모듈의 위치의 평균을 로봇의 위치로 결정한다.

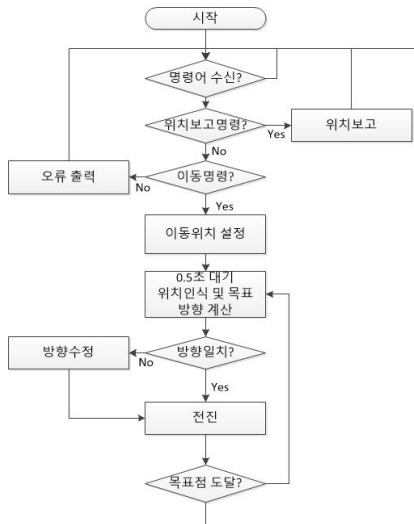
2.2.2 경로 설정 및 모니터링



<그림 4> 실험 결과 화면(a) 및 오차 그래프(b)

이동로봇의 상태표시와 위치명령을 전달하기 위한 프로그램은 <그림 4>와 같다. 이동로봇과 무선 통신으로 연결된 컴퓨터에서 실행되는 이 프로그램에는 이동로봇의 초기위치 설정, 위치와 방향표시, 그리고 경로 설정 기능이 있다. 경로설정은 그리드가 그려진 화면의 원하는 위치를 클릭하여 선택하며, 자율주행은 경로설정 후 Move 버튼을 클릭하여 실행시킨다.

2.2.3 자율주행



<그림 5> 자율주행 흐름도

이동로봇의 자율주행 흐름도는 <그림 5>와 같다. PC로부터 이동할 좌표를 Wi-Fi를 통해 받은 후 이동명령이 수신되면 현재 좌표를 기준으로 목표점에서의 방향과 거리를 계산한다. 현재 이동로봇의 방향이 목표방향과 일치하도록 이동로봇의 방향을 수정한 후 목표방향으로 일정 거리(로봇의 방향을 다시 계산하기위해서는 현재의 위치측정 시스템의 해상도의 두배인 6cm로 정함)를 직진한다. 같은 방식으로 목표점에 도달할 때까지 방향수정과 직진을 반복하게 된다. 현 위치가 목표점의 오차범위(6cm)내에 도달하면 주행을 종료하게 된다.

2.3 실험 및 결과 고찰

본 절에서는 제한된 실내측위 및 자율주행의 성능 시험을 위한 환경과 평가방법을 설명과 함께 평가결과에 관하여 기술한다.

2.3.1 실험 환경

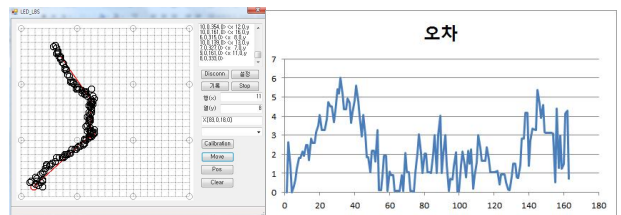
실험환경의 조명등은 <그림 6>의 좌측과 같이 16개의 조명등을 40cm간격으로 4X4로 배치되어 있으며, 수신부인 이동로봇은 <그림 6>

의 우측과 같이 Wi-Fi 모듈과 조명신호 수신모듈을 마이크로마우스에 부착하였다. 위치 측정 시 이동로봇에 설치된 조명신호 수신모듈의 4개의 포토다이오드의 중앙을 기준으로 이동로봇의 위치가 측정된다. 설치된 조명등은 120cm X 120cm의 정사각형 안에 설치되어있으며, 그 범위 내에서 이동로봇은 좌표의 형식으로 위치인식을 한다.



<그림 6> 실험환경

2.3.2 실험 결과



<그림 7> 실험 결과 화면(a) 및 오차 그래프(b)

이동로봇이 <그림 7>(a)와 같이 P1부터 P4까지 순차적으로 이동하도록 명령을 하였으며, 이때의 이동로봇의 움직임을 명령 프로그램의 화면에 표시하였다. <그림 7>(b)는 로봇이 목표 경로로부터 떨어진 거리를 표시한 것으로 수신된 위치정보를 기준으로 표시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 이동로봇은 최대 6cm의 오차를 보이며 목표점으로 이동하였다. 즉, 본 연구에서 제시한 LED 조명 기반 실내위치 인식 시스템이 이동로봇의 자율주행에 유용함을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문은 LED 조명 기반에서 실내위치 인식이 가능한 시스템에서 실험환경을 조명등을 40cm 간격으로 4x4의 형태로 배치하여 이동로봇의 자율주행을 실험 하였다. 이를 위해 로봇의 위치파악을 위한 신호세기 수신모듈 제작과 자율주행을 위한 알고리즘을 구현하였으며, 실험환경 범위에서 이동로봇을 동작시켜 목표의 좌표로 이동로봇이 자율주행하는 것을 확인하였다. 지난 연구에서 기대했던 대로 포토다이오드를 추가하여 로봇의 방향측정 오차가 30%개선이 되어 개선에 효과가 있음을 확인하였다. 그러나 이동 시에 이동로봇에 흔들림이 있어 신호세기 값에 오차가 생긴다. 이동로봇의 흔들림에 의한 위치정보에 포함된 잡음은 신호처리 필터를 개선하여 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 안효성, 이재영, 유원필, 한규서, “지능형 로봇 공간을 위한 실내 측위기술”, 전자통신동향분석, 제 22권 제2호, pp48-57, 2007년 4월
- [2] Toshiya Tanaka and Shinichro Haruyama, “New Position Detection Method using Image Sensor and Visible Light LEDs,” In proc. of Second International Conference on Machine Vision, pp.150-153. Dec.2009
- [3] Young Hoon Choi, In Hwan Park, Yoon Hyun Kim, and Jin Young Kim “Novel LBS Technique Based on Visible Light Communications” 2012 IEEE InternationalConference on Consumer Electronics pp 576-577 Jan 2012
- [4] 김태훈, 방재혁, 이건영, “LED 조명을 이용한 바닥면 위치인식”, 2013 대한전기학회 하계학술대회, 제44호, pp1538-1539, 2013년, 7월
- [5] 방재혁, 박진원, 이건영, “LED 조명 기반 실내위치 인식 시스템을 이용한 이동로봇의 자율주행,” ICS 2014 정보 및 제어 심포지엄 논문집, 100-101. 2014년, 4월