

영상정보와 방위각 센서를 이용한 장애물 회피와 위치 정밀제어에 대한 알고리즘

구본민, 최중경, 박무열, 류한성, 권정혁, 신영호
창원대학교 전자공학과 산업전자제어연구실
전화 : 051-281-9343 / 핸드폰 : 011-886-8845

The Obstacle Avoidance and Position Accuracy Control Algorithm for Self Controlled Mobile Robot Using Image Information And Compass Module

Bonmin Koo, Jungkeying Choi, Mooyurl Park, Hansung Ryu,
Junghyuck Kwon, Youngho Shin
Dept. of Electrical, Electronics, Changwon National University
E-mail : kolio@hananet.net

Abstract

In this paper, we has been studied self controlled mobile robot system with CCD camera. This system consists of TMS320F240 digital signal processor, step motor, RF module and CCD camera. 2-axis compass and magnetic sensor. we used wireless RF module for movable command transmitting between robot and host PC. This robot go straight until 95 percent filled screen with white color both side from input image. And the robot recognizes obstacle about 95 percent filled something, so it could turn for avoid the obstacle and conclude new path plan. it could get turning angle from 2-axis compass and magnetic sensor.

I. 서론

최근 이동 로봇에 대한 관심이 급격히 늘어나고 있는 시점에서 CCD 카메라를 통해 입력되는 영상정보를

바탕으로 장애물을 인식하고 스스로 길을 찾아 목표지점까지 도달하는 이동 시스템을 구현해 보고자 한다. 이동로봇이 주변 상황에 유연하게 대처하면서 장애물을 회피하며 목표하는 지점까지의 경로를 구성하여 찾아가기 위해서는 양질의 주변 환경 정보를 획득하고 이를 효과적으로 이용하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 앞서 구현해본 경험이 있는 장애물 회피 및 목표지점까지의 최적경로를 추적하는 시스템에서 나타난 몇 가지 문제점에 대한 해결책과 더욱 양호한 특성을 나타낼 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 앞서 구현한 시스템의 장애물 회피 알고리즘은 초기에 목표로 하는 지점의 절대 좌표를 입력받고 이동차량은 차량에 탑재된 CCD카메라로부터 획득된 영상정보를 HOST PC로 전송하여 PC가 전방의 장애물 유무를 판별하여 장애물을 회피할 수 있는 지령을 전송하도록 구성되어 있었다. 목표지점까지의 절대 좌표를 기준으로 전체 실험 공간을 좌표화 해서 이동하므로 이동차량은 좌우 회전시 90. 각도로 회전하여야 하며 차량의 이동각도 90. 는 수 차례에 걸친 실험 결과를 바탕으로 그 평균에 해당하는 펄스를 스테핑 모터에 인가하여 회전하였다. 이러한 방식의 문제점은 수 차례에 걸친 실험 결과를 바탕으로 한 데이터임에도 불구하고 제자리 회전을 위해 좌우 바퀴를 모두 이용하고, 회전 각도는 90. 로 고정되어 있어 오차 보정이 불가능하다는 것이

다. 이에 대한 해결책으로 2-axis compass module로부터 절대 각을 입력받아 오차각을 보정할 수 있도록 하였다. 그 외에 전압 변환 회로부를 기존에 열을 많이 발생시키는 단점을 가진 7800시리즈 대신 LM2575로 대체하였으며 장애물과 배경을 구분하기 위한 전처리인 이진화에 사용되는 임계값을 최적의 값으로 자동 셋팅이 가능하도록 수정하여 기존 시스템에 비해서 더 나은 성능을 나타낼 수 있도록 하였다.

II. 시스템의 구성 및 실험 환경 설정

본 논문에서 구성한 이동로봇은 고정된 한 대의 CCD카메라만을 사용하여 전방의 장애물을 인식하도록 하였으며 구동모터로는 프로세서를 통한 펄스구동이 용이한 스테핑 모터를 두 개 사용하였다. 모든 영상정보와 지령신호 그리고 이동 데이터는 무선으로 송수신이 가능하도록 하였으며 이를 관장하는 프로세서로는 TI사의 TMS320F240을 사용하여 전체적인 시스템을 제어하였다. 그림 1.에 전체적인 블록도를 나타내었다.

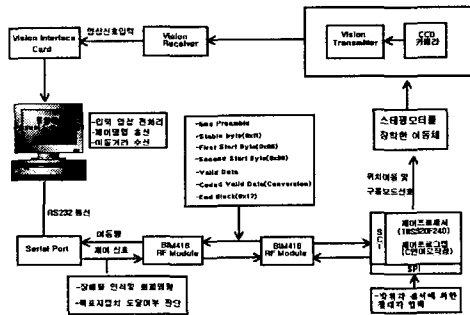


그림 3. 전체 시스템 구성도

좌우 90°회전을 정확하게 하기 위해 vector2x 방위각 센서를 사용하여 정확한 각도로 회전하도록 하였다. 주변환경에 영향을 많이 받는 CCD카메라를 사용하므로 양질의 영상정보를 얻을 수 있도록 빛의 양을 최적화하였으며 장애물은 흰색으로 고정하였다. 복잡한 영상 처리 알고리즘을 배제하고 필터링과 이진화만을 사용하여 장애물을 인식할 수 있도록 프로그램 하였다.

III. 무선 통신과 절대각 획득

3.1 제어명령 전송을 위한 무선통신

PC로부터 제어신호를 받기 위한 통로로서 라디오 매트릭사의 UHF FM 트랜시버를 사용하여 양방향

통신을 구현하여 제어명령의 송신과 이동거리의 수신을 위해 사용되었다. 잡음에 강한 데이터 통신을 위해 전송하고자 하는 데이터를 다음과 같이 패키징하여 전송해야 된다.

표 5. 무선 통신을 위한 제어신호

제어 신호 종류	설명
5ms Preamble	무선 모듈의 안정화 시간 (최소 3ms이상)
Stable byte(0xff)	Start 바이트 검출을 위한 (High ->Low)시작비트검출
First Start Byte(0x66)	첫 번째 시작 바이트
Second Start Byte(0x99)	두 번째 시작 바이트 (잡음으로 인한 검출 방지)
Valid Data (실제 유효 데이터)	실제 전송할 데이터
Coded Valid Data (Conversion)	마크:스페이스=50:50을 위한 반전 신호
End Block(0x17)	블록의 끝을 나타내는 바이트

위와 같이 패키징을 하지 않았을 때는 데이터를 제대로 받지 못하는 일이 빈번하였으나 패키징을 거친 후 실제로 무선 데이터 통신이 월등히 향상되었으며 각 제어신호를 마크/스페이스 비율이 50/50인 0x66, 0x99 등으로 바꾸고 나서는 데이터 전송률이 100% 가깝게 구현되었다. 무선 양방향 통신은 본 알고리즘에서 상당히 중요한 역할을 한다.

3.2 방위각 센서를 이용한 절대각 획득

본 시스템에 적용된 목표지점을 찾아가는 알고리즘 특성상 방향 전환시 정확하게 90°를 회전해야 이동차량이 목표지점에 도달 할 수 있도록 프로그램 되어 있다. X축과 Y축 좌표값을 기준으로 목표지점까지 남은 거리를 계산하여 오차를 줄여가도록 프로그램 되어 있으므로 이동차량이 90°회전을 하지 못한다면 실제 이동하는 방향이 X축과 Y축의 남은 거리를 줄여가는 방향이 아니므로 목표지점 도달에 실패하게 된다. 실제 실험 결과 목표지점에 도달하지 못하고 큰 오차가 발생하는 대부분이 이러한 이유 때문이었다. 이를 보완하기 위해 vector2X 2축 방위각 센서를 이용하여 진복을 기준으로 절대각도 값을 입력받아 현재 각에서 이동한 각이 90°가 되도록 프로그램 하였다. vector2X는 북(0°), 동(90°), 남(180°), 서(270°)의 각도 값이 10비트로 구성되어 SDO를 통해 시리얼로 BCD/BIN 코드가 출력 되므로 SPI(Serial Peripheral Interface) 통신 방식을 사용하여 vector2X를 Master로

TMS320F240을 Slave로 셋팅하여 주기적으로 방위각을 읽어 회전시 그 값을 이용하도록 하였다. 그림 2.에 방위각 센서의 데이터 획득을 위한 타이밍도를 나타내었다.

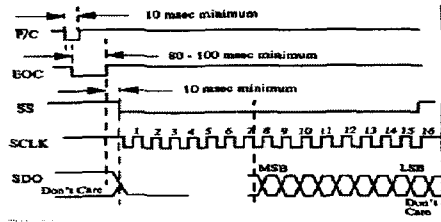


그림 4 Vector2X 타이밍도

IV. 영상신호를 이용한 장애물 회피 및 경로추적

4.1 영상신호 획득 및 임계값 설정

영상신호의 송수신은 상용 Receiver와 Transmitter를 사용하여 구현하였다. 획득된 영상 신호는 PC쪽 프로그램에서 화면에 출력하면서 일정 샘플링 주기마다 비트맵 포맷으로 캡처하여 RAW 파일 포맷으로 변환한다. 흰색의 장애물을 효율적으로 처리하기 위하여 그레이 스케일로 또다시 변환한 후, 초기 설정된 임계값을 통해 이진화를 거쳐 흰색의 장애물과 검은색의 그 외 배경으로 분리하게 된다. 초기 임계값의 설정은 이동 차량이 장애물로 인식해야될 거리에 실제 장애물을 위치시키고 그 시점의 주변환경을 반영하여 획득한 영상에서 임계값을 차례로 변화시켜 이진화를 거친 후 전체 화면의 95%가 흰색이 될 수 있는 임계값을 자동으로 설정 할 수 있도록 프로그램 하였다.

4.2 장애물 인식

임계값 이하의 Pixel은 인위적으로 모두 검은색으로 만들기 때문에 이진화를 거친 영상은 흰색의 장애물과 검은색의 배경으로 나뉘어 지며 이렇게 얻어진 영상정보를 바탕으로 장애물을 회피하기 위해서는 이동 차량과 장애물 사이의 거리를 추정할 수 있어야 한다. 화면의 좌 우 20%를 차지하는 Pixel에서 검은색 Pixel의 비율이 0.5%이하가 되면 전방에 장애물이 있는 것으로 인식하도록 프로그램 하였다. 멀리 있는 장애물이 좌우로 치우쳐 있을 때 카메라가 장애물 높이보다 많이 낮으면 장애물에 근접하기도 전에 검은색 Pixel이 0.5% 이하가 되는 것을 막기 위해 장애물의 높이를 카메라 높이보다 약간만 높게 설정하였다.

4.3 장애물 회피

초기에 현재 이동 로봇의 위치에 대한 상대 좌표값인 X축과 Y축의 좌표를 입력한 후 이동 로봇을 장애물 회피 모드로 구동시키게 된다. 이동 로봇은 계속해서 PC쪽으로 CCD카메라를 통해 획득한 영상과 자신이 이동한 거리를 전송하게 되고 Host PC에서는 그 영상정보를 이용하여 전방의 장애물 유무와 현재 이동 로봇과 목표지점까지의 거리 오차를 계속해서 모니터링 한다. 이동로봇의 구동 모터는 스테핑 모터를 사용하였고, 이동 거리는 입력 펄스의 개수로 결정이 되며 속도는 입력 펄스의 주파수로 결정된다. 입력 펄스에 비례한 거리만큼을 이동하므로 50cm를 이동하는데 필요한 펄스의 개수를 수 차례 실험을 통해서 얻어낸 후 그 평균값을 사용하여 2cm 이동 할 때마다 PC쪽으로 이동 결과를 전송하여 PC에서 이동로봇의 이동거리를 모니터링 할 수 있도록 하였다. 직진의 경우 약간의 오차가 있어도 목표지점에 근접할 수가 있지만 회전시 나타나는 오차는 이동차량을 전혀 다른 방향으로 이동하도록 하였다.

V. 실험 결과

본 논문에서는 이동 로봇에 장착된 CCD카메라로부터 입력되는 영상 정보만으로 장애물을 회피하여 초기에 입력해준 목표지점까지 도달하는 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다. 실험 방법은 초기 이동 차량의 위치로부터 목표지점까지의 X축과 Y축거리를 cm 단위로 입력한 후 경로 추정모드로 구동시키면 장애물을 회피하며 목표 지점으로 이동하게 된다. 목표지점을 가로 세로 30cm의 정사각형으로 설정한 후 목표지점에 도달하는 횟수 측정해본 결과 앞서 방위각 센서를 사용하지 않은 경우에 비해 더욱 월등한 결과를 나타내었다. 또한 초기에 이진화를 위한 임계값을 자동으로 찾을 수 있도록 함으로서 장애물을 인식하기 위한 최적의 임계값으로 장애물 인식률에 더욱 향상된 특성을 나타내었다.

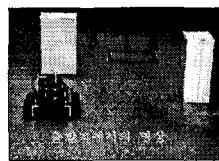


그림 3-(a)
초기 시작지점의 이동로봇

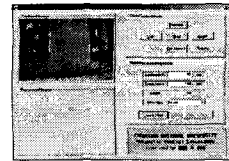


그림 3-(b)
초기 시작지점에서 전송된 영상

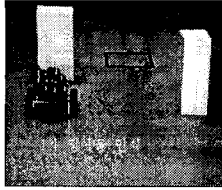


그림 4-(a)
1차 장애물 감지

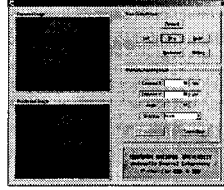


그림 4-(b)
1차 장애물 인식 화면

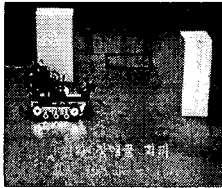


그림 5-(a)
1차 장애물 회피



그림 5-(b)
1차 장애물 회피영상

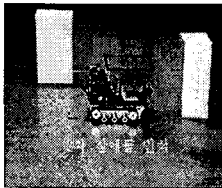


그림 6-(a)
2차 장애물 인식

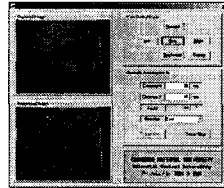


그림 6-(b)
2차 장애물 인식 화면

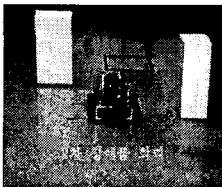


그림 7-(a)
2차 장애물 회피

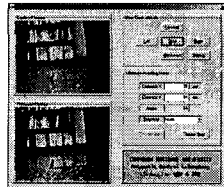


그림 7-(b)
2차 장애물 회피 화면

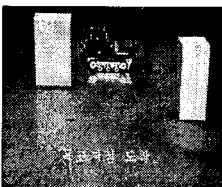


그림 8-(a)
목표지점 도착

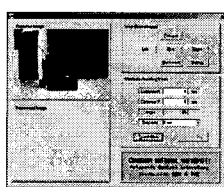


그림 8-(b)
목표지점 도착 영상

그림 4-(a)부터 그림 8-(a)까지 실제 이동 로봇이 수행하는 화면을 원격지에서 캡처한 화면이고 그림 4-(b)에서 그림 8-(b)까지는 PC쪽 프로그램의 실행화면이다. 본 화면에 나타난 실험은 장애물을 이동차량의 정면에 위치시키고 실험한 경우로 목표지점값을 X축 50, Y축 100을 입력한 경우로 두 축 모두 양의 값을 가진다. 따라서 1차 장애물을 인식 후 회피를 위해 우회전을 하였고 2차 장애물 인식 후 회피를 위해 좌회전을 하였다. 그림 8-(a)에서 볼 수 있듯이 이동 차량이 정확하게 목표지점의 사각형안에 들어감을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 기존에 발표한 CCD 카메라만을 사용하여 장애물을 회피하며 목표지점 까지 이동하는 시스템에서 발생한 몇 가지 문제점을 수정 보완하여 그 성능을 향상시키기 위한 방법을 제시 하고자 한다. 기존 시스템에서 목표지점과 오차가 나타난 경우 가장 큰 원인은 X축과 Y축의 좌표값을 기준으로 이동하는 이동차량의 알고리즘 특성상 방향 전환시 정확히 90도를 회전하지 못할 경우가 대부분이었다. 따라서 이를 보완하기 위해 vector2X 방위각 센서를 회전각 검출 및 오차 보정을 위해 사용한 결과 회전각 오차에 의해 목표지점에 도달하지 못하는 경우는 대부분 해결할 수 있었다. 또 한가지 문제는 흰색의 장애물을 인식하기 위한 전 처리과정인 이진화를 위한 임계값을 잘못 설정시 장애물 인식률이 현저하게 떨어진다는 점이다. 실험 환경에 따라 최적의 임계값은 매번 변화하므로 초기에 이동차량이 장애물로 인식해야될 거리에 실제 장애물을 위치시키고 장애물로 인식되기 위한 최적의 임계값을 자동으로 설정하도록 프로그램 한 결과 장애물 인식률이 월등히 향상됨을 확인할 수 있었다. 방위각 센서의 사용과 초기 Threshold 값의 자동 설정으로 시스템의 성능이 월등히 향상되었음을 실제 실험을 통해 검증하였으며 실제 산업 분야에 대한 적용 가능성을 확인하였다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] TMS320F/C240 DSP Controllers Peripheral Library and Specific Devices Reference Guide, Texas Instrument, 1999.
- [2] VECTOR 2X and 2XG ELECTRONIC COMPASS MODULES Complete App. Notes