

실내 공간에서 이동 로봇의 납치 문제 해결을 위한 외부 영상 정보 및 절대 공간 좌표 활용 연구

전영필¹, 박종호², 임신탉³, 정길도^{1,4*}

¹전북대학교 전자공학부, ²서남대학교 전기전자공학과, ³(유)삼신기업, ⁴전북대학교 전자정보신기술연구소

Research for robot kidnap problem in the indoor of utilizing external image information and the absolute spatial coordinates

Young-Pil Jeon¹, Jong-Ho Park², Shin-Teak Lim³, Kil-To Chong^{1,4*}

¹Department of Electronic Engineering, Chonbuk National University

²Department of Electrical & Electronic Engineering, Seonam University

³Samsin Co.,Ltd.

⁴Advanced Electronics and Information Research Center, Chonbuk National University

요약 본 실내에서 활용되고 있는 자동 감시 로봇이나 로봇 청소기 등의 경우 누군가에 의해 옮겨지거나 혹은 예상치 못한 물체와의 충돌 등으로 이동 로봇의 방향이나 계획했던 경로에서 이탈하였을 경우 원래 계획했던 경로로 다시 진입해야 하며 이에 대한 이동 로봇의 강인한 자기 위치 추정 능력이 필요하며, 이는 기존 이동 로봇의 납치 문제 해결과도 연관된다. 본 연구에서는 이동 로봇의 경우 실내에서만 동작하며, 저가의 로봇을 활용하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 실내에 설치되어 있는 CCTV 등 외부 영상 정보 획득 장치를 활용하여 환경 영상을 획득하고 이를 절대 공간 좌표로 변환한 동시에 이동 로봇의 마커 인식을 활용함으로써 실내에서 이동 로봇의 자기 위치 추정과 납치 문제 해결하고자 하였으며, 실제 로봇 시스템을 활용하고자 포텐셜 필드 방법을 구현하였다. 이와 같이 실제 이동 로봇 시스템에 본 연구에서 제안한 방법을 구현하여 관련 실험을 진행하였고 결과를 검증하였다.

Abstract For such automatic monitoring robot or a robot cleaner that is utilized indoors, if it deviates from someone by replacement or, or of a mobile robot such as collisions with unexpected object direction or planned path, based on the planned path There is a need to come back to, it is necessary to tough self-position estimation ability of mobile robot in this, which is also associated with resolution of the kidnap problem of conventional mobile robot. In this study, the case of a mobile robot, operates indoors, you want to take advantage of the low cost of the robot. Therefore, in this paper, by using the acquisition device to an external image information such as the CCTV which is installed in a room, it acquires the environment image and take advantage of marker recognition of the mobile robot at the same time and converted it absolutely spatial coordinates it is, we are trying to solve the self-position estimation of the mobile robot in the room and kidnap problem and actual implementation methods potential field to try utilizing robotic systems. Thus, by implementing the method proposed in this study to the actual robot system, and is promoting the relevant experiment was to verify the results.

Key Words : Localization, Marker, Path Planning, Robot kidnap problem

본 논문은 한국연구재단 BK21 플러스 사업과 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구임.(No.2013R1A1A2A10009458일반)&(No.2013R1A2A2A01068127중견)

*Corresponding Author : Kil-To Chong (Chonbuk Univ.)

Tel: +82-63-270-2478 email: kitchong@jbnu.ac.kr

Received October 10, 2014

Revised (1st January 21, 2015, 2nd March 2, 2015, 3rd March 10, 2015)

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

1. 서론

최근 마이크로 컨트롤러의 발달과 반도체의 집적화를 통해 실생활에 사용할 수 있는 이동 로봇이 활발히 연구되고 있다. 이동 로봇이 발달하며 해결해야 하는 문제 중 하나는 이동 로봇의 자기 위치 추정이다[1]. 실외에서 이동 로봇의 위치 추정은 GPS위성과 각종 센서들을 이용한 특정 상황에서도 비교적 정확한 위치 추정 기능을 구현할 수 있다. 하지만 실내에서는 각종 장애물들과 GPS 위성 신호가 단절되는 문제로 인하여 이동 로봇의 자기 위치 추정에 어려움이 있다. 따라서 실내에서의 자기위치추정은 다른 방법이 필요하다.

기존의 실내 이동 로봇 위치 추정 연구는 외부 초음파 센서 시스템 및 지그비 등을 활용한 외부 센서 시스템을 이용하게 되는데 이 경우 센서 수신 속도나 신호 세기 등을 이용하여 자기위치추정을 수행해왔다[2-3]. 하지만 이러한 방법들은 온도나 주변 환경에 민감할 수 있으며 상황에 따라 위치 추정의 정확도가 떨어지는 문제가 발생하기도 한다.

따라서 본 논문에서는 환경 정보에 대한 오차가 적고 주변 영향을 덜 받는 외부 영상정보와 마커를 이용하여 로봇의 자기 위치추정을 수행함에 절대 공간 좌표를 활용하며 이를 로봇 납치 문제 해결도 가능한 이동 로봇의 자기 위치 추정이 가능하다.

실내 이동 로봇의 납치라 함은 로봇이 실내에서 임무 수행 하는 중 아무런 정보 없이 임의의 위치로 옮겨지거나 외부 영향으로 방향 전환이 이루어지는 것을 말하며, 특히, 로봇 청소기 등이 문턱 등에 걸려 사용자가 임의로 다른 곳에 옮겨놓았을 때나 침입자가 감시 로봇을 치고 달아났을 때 등 로봇과 함께 생활을 하는 우리 일상생활이나 산업현장 전반에 나타날 수 있는 그리고 해결해야 하는 중요한 문제이다.

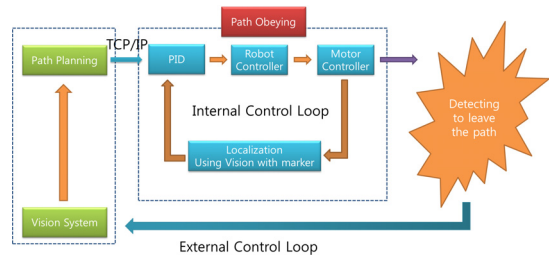
따라서 이러한 이동 로봇의 실내 납치 문제 해결을 위하여 본 논문에서는 로봇 납치 후 영상 정보와 절대 공간 좌표를 활용하여 로봇의 자기 위치 추정 방법을 제안하고 있는데 외부 영상 정보를 통한 위치 추정 문제 해결 방법은 로봇 주변의 주위 환경 정보를 바탕으로 하고 있기에 실내 이동 로봇이 방금 전원이 들어와 동작하고 있다 하더라도 주어진 지도 안에서 스스로 위치 추정하는 것이 가능하다.

2. 본론

이동 로봇이 실내에서 목적지까지 장애물을 회피하여 도착하기 위해 외부 영상 정보 획득 장치를 이용하여 주어진 형태공간상에 가상의 포텐셜 필드를 형성시켜 경로 계획을 세운다[4-6]. 그리고 이동 로봇이 목적지까지 이동하는 가운데 외부 영상 정보 획득 장치와 마커[7] 등을 이용하여 이동 로봇의 위치를 확인하고 이동 로봇의 경로주행을 시행한다.

이동 로봇의 실내 경로 주행 중 이동 로봇이 자기 위치를 잃어버리거나 악의적으로 옮겨져 경로에서 벗어났을 때 혹은 충돌이 있어 경로에서 벗어났을 때 다시 경로 계획을 세우고 경로제어를 시행한다.

다음 Fig. 1은 연구수행의 제어흐름을 나타낸다.



[Fig. 1] Control Diagram

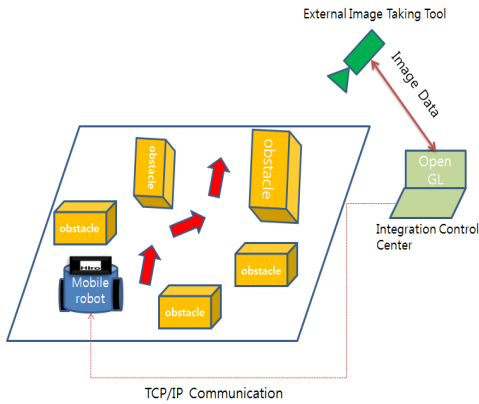
이동 로봇의 실내 경로 주행을 위해 먼저 포텐셜 필드 기법을 기반으로 이동 로봇의 경로 계획을 실시하고 이후 외부 영상정보와 마커를 이용하여 로봇의 작업 환경 정보를 절대 공간 좌표로 변환한다. 변환된 정보를 활용하여 이동 로봇의 실내 위치 추정과 장애물을 회피 기능이 포함된 이동 로봇의 주행 제어를 수행하고자 한다. 이후 이동 로봇의 목적지까지 주행 중에 납치 및 경로 이탈 상황이 발생하여도 강인하게 관련 문제를 해결할 수 있다.

2.1 절대 공간 좌표를 이용한 이동 로봇의 실내 위치 추정 시스템 개요

이동 로봇의 실내 자기 위치 추정을 위하여 먼저 외부 영상 정보 획득이 필요하며, 이는 기존 CCTV 등을 통해 얻을 수 있다. 더불어 절대 좌표에서 실내 이동 로봇의 위치 인식을 위해 이동 로봇에 마커를 부착하고, 본 연구 수행을 위해 정적 장애물들은 영상처리를 통해 인식한다.

따라서 고정된 외부 영상 정보를 활용하여 이동 로봇의 작업 공간을 절대 공간 좌표로 변환하고 이후 관련 정보를 이동 로봇과 통합하여 제어하기 위해 통합 정보 제어 시스템을 활용한다. 이를 위해 유·무선 통신을 기반으로 정보를 송·수신하게 되고 통합 정보 제공 시스템에서는 실내 고정 영상 제공 장치의 영상 정보를 이용하여 실내 이동 로봇과 미지의 고정 장애물 및 이동 장애물의 위치를 추정하여 실내 이동 로봇에게 데이터를 전송하게 된다.

Fig. 2는 전체 시스템 구성 및 실험 환경을 도식화하였다.



[Fig. 2] System Configuration

2.2 포텐셜 필드를 이용한 로봇의 경로계획

본 연구는 실제 이동 로봇 시스템을 활용하여 이동 로봇의 납치 문제 해결을 위한 동작 구현 결과를 확인하고자 한다. 먼저 이동 로봇의 실내 주행 경로 제어를 위하여 포텐셜 필드를 활용하고자 하며 포텐셜 필드방법은 이동 로봇의 경로 계획과 프로그래밍 구현이 용이하고 별도의 경로 추종 과정 없이도 경로계획과 추종이 가능하다는 점에서 실제 실험에 적합하여 이동 로봇 시스템에 실제로 구현하였다.

포텐셜 필드기반 경로계획에 대해 보다 자세히 설명하면 위치에너지가 작아지는 쪽으로 로봇을 움직여 경로 계획을 수행하게 된다[8-10]. 구체적으로 로봇이 목적지로 나아갈 수 있게 하기 위해 목적지로부터 가까워질수록 작아지고 목적지로부터 멀어질수록 커지는 인력 포텐셜 $U_a(q)$ 와 장애물들을 회피시키기 위해 장애물과 일정 거리 이내에 존재하는 경우 장애물에 가까워질수록 커지

고 장애물로부터 멀어질수록 작아지는 척력 포텐셜 $U_r(q)$ 을 형성한 뒤, 합쳐서 전체 포텐셜 필드 $U(q)$ 을 만들게 된다.

포텐셜 필드를 구현하기 위한 시은 아래와 같고 식 (2)와 (3)은 전체 포텐셜 필드와 그 필드가 로봇에 미치는 힘을 의미한다.

$$F(q) = -\nabla U(q), \nabla U = [\partial U/\partial x, \partial U/\partial y]^T \quad (1)$$

$$U(q) = U_a(q) + \sum U_r(q) \quad (2)$$

$$F(q) = F_a(q) - \sum F_r(q) = -\nabla U_a(q) - \sum \nabla U_r(q) \quad (3)$$

단, 여기에서 q 는 주어진 맵상에서 현재 위치, 즉 이동 로봇의 자세를 뜻한다.

식 (4)와 (5)는 인력 포텐셜과 그 포텐셜이 미치는 작용력을 나타낸다.

$$U_a(q) = \frac{1}{2} \cdot k_a \cdot \rho_{goal}^2(q) \quad (4)$$

$$F_a(q) = -\nabla U_a(q) = -k_a \cdot \rho_{goal}(q) \cdot \nabla \rho_{goal}(q) = -k_a \cdot (q - q_{goal}) \quad (5)$$

여기서 k_a 는 인력포텐셜 상수이다. 또한 $\rho_{goal}(q)$ 는 현재위치 q 에서 목적지까지의 최단거리이고, q_{goal} 은 주어진 맵상에서 목적지의 위치를 나타낸다.

식(6)과 (7)은 척력 포텐셜과 그 포텐셜이 미치는 작용력을 의미한다.

$$U_r(q) = \frac{1}{2} \cdot k_r \cdot \left(\frac{1}{\rho(q)} - \frac{1}{\rho_0} \right)^2 = 0 \quad (6)$$

$$F_r(q) = k_r \cdot \left(\frac{1}{\rho(q)} - \frac{1}{\rho_0} \right) \cdot \frac{1}{\rho^2(q)} \cdot \frac{(q - q_{obs})}{\rho(q)} \quad (7)$$

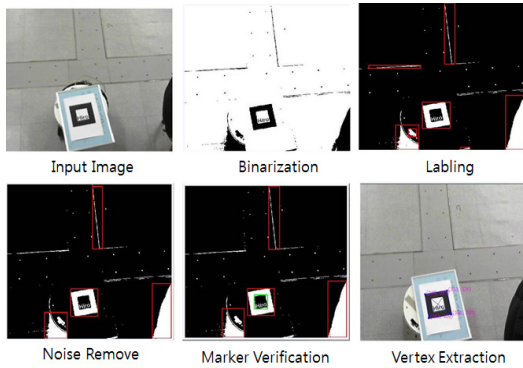
여기서 k_r 는 척력 포텐셜의 상수이다. 그리고 또한 q_{obs} 는 현재 위치에서 가장 가까운 장애물의 외곽점 위치이며, ρ_0 은 장애물로부터 특정 거리까지 척력 포텐셜이 미치는 거리와 관련된 거리상수이다.

2.3 외부 영상 정보 활용을 위한 영상 처리 및 마커 인식

기존 실내 고정 영상 제공 장치의 영상 정보에서 실내

이동 로봇과 고정 및 이동식 장애물 등을 구분할 수 있으며 본 연구에서는 실내 이동 로봇에 마커를 부착하여 실내 이동 로봇과 장애물을 구분한다.

이를 바탕으로 실내 고정 영상 제공 장치와 실내 이동 로봇 간에 상대적 관계를 추정하기 위해 실내 이동 로봇의 마커 인식 정보를 활용하며 마커에는 각 4개의 외부, 내부 특징점이 나타나며 Fig. 3은 실내 이동 로봇의 마커 인식 방법을 설명한 것이다.



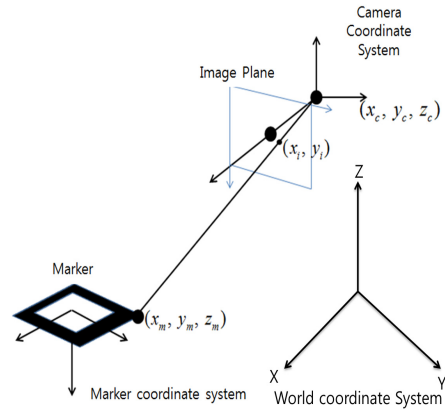
[Fig. 3] Image Processing

이동 로봇의 마커 인식을 통해 로봇의 정면 방향을 알 수 있으며 관련 마커 인식 방법에 대해 보다 구체적으로 아래와 같이 단계적으로 정리해 보았다.

- Step1. 실내 영상 정보 제공 장치를 통하여 영상 정보를 획득한다.
- Step2. 획득한 영상 정보를 흑백으로 전환한 후 Threshold 값을 적용해 이진 이미지로 변환한다.
- Step3. 라벨링을 통해 이진 이미지 내에서 윤곽선을 골라 검은색 사각형 테두리를 인식한다.
- Step4. 화면의 1/3이 넘어가는 테두리는 마커 사이즈를 벗어나므로 실내 이동 로봇의 마커가 아니라고 판단하여 제거한다.
- Step5. 사각형 테두리 안에 다른 사각형의 테두리를 검출 하였을 경우 실내 이동 로봇의 마커 후보군으로 놓는다.
- Step6. 내부 사각형 내 외곽선을 다시 추출한다.
- Step7. 마커 DB에서 내부 사각형 내의 외곽선과 일치하는지를 대조하여 일치하면 마커로 인식한다.
- Step8. 마커 사각 안에 있는 패턴을 이용하여 이동 로봇의 현재 진행 방향을 알 수 있다.

2.4 절대 공간 좌표 변환 방법

외부 영상 정보를 활용하여 절대 공간 좌표 정보를 얻고 이를 이동 로봇의 실내 위치엔 인식에 활용하고자 한다. 결과적으로 이동 로봇의 실내에서의 정밀한 자기 위치 확인 및 앞선 마커 인식을 통한 정면 방향 등을 확인할 수 있다.



[Fig. 4] Coordinate Transformation

Fig. 4와 같이 영상 기하학을 통해 이미지 평면에서 절대공간좌표계로 변환되며, 픽셀좌표계에서 절대공간 좌표계로의 변환[11]은 몇 가지 조건이 필요하며 다음 아래와 같다.

- ① 마커의 크기
- ② CCTV의 내부 파라미터, 외부 파라미터
- ③ 카메라의 Pan, Tilt 각

위와 같은 조건을 알고 있으면 식(8)을 통해 이미지 평면에서 마커좌표계로 변환이 가능하다.

$$[x_i \ y_i \ h]^T = C[x_c \ y_c \ z_c]^T \quad (8)$$

식(8)에서 C 는 카메라 파라미터이고, (x_i, y_i) 은 이미지 평면상에 맺힌 마커의 상이고, (x_c, y_c, z_c) 은 카메라가 기준이 되는 좌표계이다.

여기서 식(1)을 통해 이미지 평면에서 카메라의 좌표계로 변환을 한다.

$$C = \begin{bmatrix} sf_x & 0 & x_c & 0 \\ 0 & sf_y & y_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

식(9)에서 s 는 스케일, (f_x, f_y) 는 카메라 초점 거리, (x_c, y_c) 는 카메라 주점거리이다.

본 논문에서는 납치문제를 해결하기 위해 마커의 좌표가 아니라 절대좌표인 절대공간좌표계가 필요하기 때문에 다시 카메라좌표계에서 절대공간좌표계로 변환을 한다.

아래 식(10)은 마커 좌표계를 다시 절대공간좌표계로 바꾸기 위한 회전 행렬(R)이다.

$$\begin{aligned}
 R &= R_z(p)R_x(t)R_x(-\pi/2) \\
 &= R_z(p)R_x(-\pi/2+t) \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(p) - \sin(p) & 0 & 0 \\ \sin(p) & \cos(p) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin(t) & \cos(t) \\ 0 & -\cos(t) & \sin(t) \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(p) - \sin(p)\sin(t) - \sin(p)\cos(t) \\ \sin(p) & \cos(p)\sin(t) & \cos(p)\cos(t) \\ 0 & -\cos(t) & \sin(t) \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{10}$$

식(10)에서 p 는 pixel, t 는 시간이다.

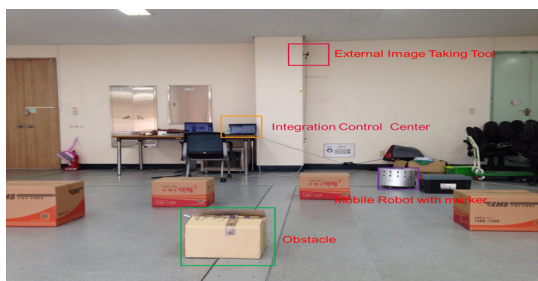
이 회전 행렬을 아래 식(11)과 같이 활용함으로써 절대공간좌표계에서의 마커 위치, 즉 이동로봇의 위치를 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \tag{11}$$

식(4)에서 $[X \ Y \ Z]^T$ 는 절대공간 좌표계이며, $[X_c \ Y_c \ Z_c]^T$ 는 카메라 좌표계, $[X_1 \ Y_1 \ Z_1]^T$ 는 절대공간좌표계에서의 카메라 위치이다.

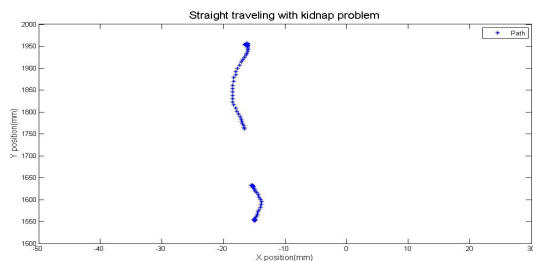
3. 실험 결과

실제 실험 환경은 아래 Fig. 5와 같다. 벽면에 외부 영상 정보 획득 장치를 구성하기 위해 실험에서는 CCTV 용 카메라를 활용하였다. 또한, 실험에서는 입력영상 처리를 수행하고 제어하는 통합 제어시스템은 노트북으로 구성하였고 마커가 부착된 이동 로봇으로 실제 실험을 진행하였다. 이동 로봇의 마커 인식을 통해 로봇의 직진 진행 방향을 알 수 있으며, 절대 공간 좌표를 통해 목표점의 절대 위치와 이동 로봇의 절대 위치가 확인됨에 따라 어떤 상황에서도 목표점을 놓치지 않고 도착할 수 있다.



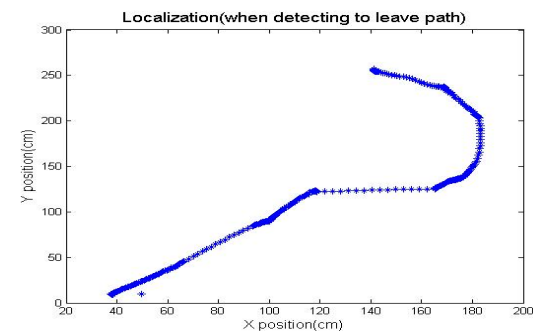
[Fig. 5] Experiment Environment

다음은 실제 실험을 진행한 결과를 보여주고 있는 것으로 Fig. 6의 경우 이동 로봇이 아래 지점에서 시작하여 위쪽 목표점으로 도착하는 주행 결과에 대한 실험으로써 주행 중인 이동 로봇을 들어 임의의 지점으로 옮겨 놓았을 때 다시 목표지점으로 찾아가는 경우에 대한 결과 그림이다.



[Fig. 6] Result of robot driving control that contains kidnap problem

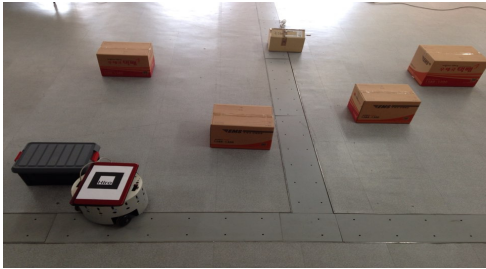
다음 Fig. 7은 포텐셜 필드 방법을 활용하여 경로 계획을 세우고 이를 활용하여 이동 로봇이 경로 제어를 수행하는 도중에 이동 로봇을 임의의 장소로 옮겨 놓았을 때 원래 목표점을 찾아가는 경우에 대한 실험 결과이다.



[Fig. 7] Traveling a result of mobile robot

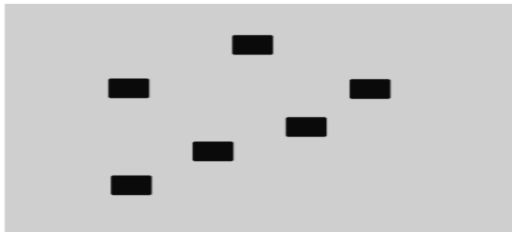
다음은 본 연구에서 제안한 실험 구성 및 실제 실험 진행 결과에 대한 것을 단계별로 정리한 것으로 Fig. 8부터 Fig. 12까지는 영상 정보 획득 및 경로계획 수립 그리고 주행 제어 결과 등을 나타내고 있다.

먼저, 외부 영상정보 획득 장치를 통해 Fig. 8과 같이 입력영상을 받아드린다.



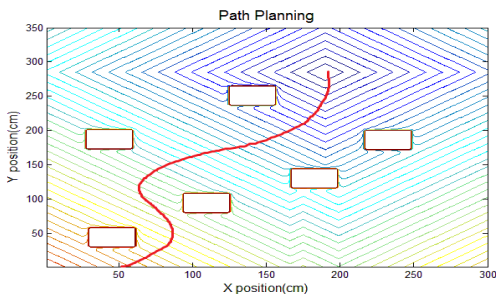
[Fig. 8] Input Image

다음으로 입력영상을 기반으로 영상처리를 통해 이동 로봇의 마커 인식 및 절대 공간 좌표 데이터를 확보하고 이후 Fig. 9와 같이 절대 공간 좌표 상에서 장애물들을 인식한다.



[Fig. 9] Recognizing Obstacles

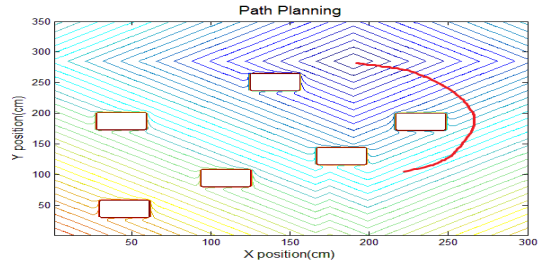
이후 Fig. 9의 영상처리 결과를 바탕으로 이동 로봇의 경로 계획을 진행하게 되는데 먼저 형태공간상의 포텐셜 필드를 형성하고 이를 기반으로 이동 로봇의 경로 계획을 수행하여 Fig. 10과 같은 경로 계획 결과를 얻게 된다.



[Fig. 10] Path Planning

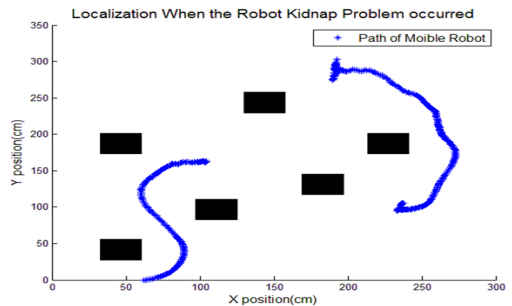
이후 외부 영상 획득 장치와 마커를 통해 얻어진 이동 로봇의 자기 위치 추정을 진행하였고 더불어 경로 주행을 진행하였다. 경로 주행 중 이동 로봇의 기존 경로를 임의로 크게 벗어나게 만들 경우 이동 로봇의 마커 인식 및 절대 공간 좌표 정보를 가지고 재경로 계획을 보다 쉽게 수행할 수 있다.

Fig. 11은 재경로 계획 결과를 보여주고 있다.



[Fig. 11] Re-Path Planning

따라서 Fig. 12는 실제 실험을 통한 얻은 최종 결과로써 이동 로봇이 출발점부터 도착점까지 이동하는 중에 이동 로봇을 강제로 납치하여 임의의 장소에 가져다 놓았을 때 외부 영상 획득 장치와 마커 정보를 통하여 이동 로봇의 재경로 계획 진행 및 이동 로봇의 진행 방향을 확인한 후 동작하는 것을 실험 한 것으로 이동 로봇의 경우 로봇의 납치된 지점부터 강인한 자기 위치 추정 및 경로 계획, 추종의 결과로써 이동 로봇 주행 중 납치 문제가 발생해도 도착점까지 이동 로봇이 도달하는 것을 알 수 있다.



[Fig. 12] Localization When the Robot Kidnap Problem occurred

4. 결론

최근 산업 현장과 가정에서 로봇청소기 및 이동 로봇

을 쉽게 접할 수 있으며, 관련 시스템들은 대부분 실내 감시용으로 사용되고 있다.

이러한 실내 이동 로봇들은 시작점부터 도착점까지 강건하게 이동하면서 주어진 임무를 수행하여야 한다. 실내 이동 로봇이 주어진 임무를 수행함에 있어 로봇의 자기 위치 추정 및 경로 추정은 기본적으로 해결해야 하는 중요한 문제로써 본 연구에서는 외부 영상 획득 장치를 활용한 해결 방법을 제시하였으며, 보다 자세히 설명하면 외부 영상 획득 장치와 복잡한 환경에서도 영상처리가 용이한 마커를 이용하여 이동 로봇의 위치를 강건하게 추정하고 포텐셜 필드 기반 경로계획을 통하여 장애물을 회피하여 출발점부터 도착점까지 장애물을 회피하여 임무를 수행한다. 특히 외력에 의해 이동 로봇이 경로를 이탈하거나 큰 충돌이 있으므로 경로를 이탈하더라도 도착점에 도달 할 수 있다. 향후에는 이동 로봇에 달린 여러 센서와 결합하여 장애물 지도를 작성하고 이를 활용하여 방법 순찰용 로봇이나 로봇청소기로서 좋은 성과가 있을 것이라고 예상된다.

References

- [1] S. H. Hong, S. Y. Jung, "Localization Algorithm in Wireless Sensor Networks using the Acceleration sensor", *Journal of KAIS*, Vol. 11, No. 4, pp.1294-1300, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.4.1294>
- [2] Hyon Lim, et al, "Indoor Single Camera SLAM using Fiducial Marker", *Journal of ICRS*, Vol. 15, No. 4, pp.353-364, 2009.
- [3] A. Davison, "Active search for real-time vision", *Tenth IEEE International Conference on*, Vol. 1, pp.66-73, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCV.2005.29>
- [4] Demura, "Robot Simulation using ODE", *HongRung Publishing Company*, pp.133-141, 2007
- [5] G. Desouza and A. Kak "Vision for mobile robot navigation : A survey", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Vol. 24, No. 2, pp.237-267, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/34.982903>
- [6] M. Fiala, "Artag, a fiducial marker system using digital techniques", in *Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR'05)*, 2005.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/CVPR.2005.74>

- [7] Jong-Ho Park, Young-Pil Jeon, Ji-Hyoung Ryu, Dong-Hyun Yu, Kil-To Chong, "Research to improve the performance of self localization of mobile robot utilizing video information of CCTV", *Journal of KAIS*, Vol. 14, No. 12, pp.6420-6426, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.12.6420>
- [8] Ji-Hyoung Ryu, et al, "The navigation method of mobile robot using a omni-directional position detection system", *Journal of KAIS*, Vol. 10, No. 2, pp.237-242, 2009.
- [9] WanKyun Jung, "Mobile Robot : Experiment Robotics2", pp.22-26, 2009.
- [10] Roland Siegwart, "Autonomous Mobile Robots", *MIT*, pp. 134-145, 2004.
- [11] Hasimoto, "ARToolKit", *Hantee Book*, pp.91-100, 2008.

전 영 필(YoungPil Jeon)

[준회원]



- 2013년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부 졸업
- 2015년 2월 : 전북대학교 대학원 전자정보공학부 공학석사
- 2015년 2월 ~ 현재 : 삼성전자

<관심분야>

영상 처리, 임베디드 시스템, 위치추정 등

박 종 호(Jong-Ho Park)

[정회원]



- 1999년 2월 : 전북대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 전북대학교 전자공학과 (공학박사 수료)
- 2009년 3월 ~ 2010년 12월 : 전북대학교 공과대학 시간강사
- 2011년 2월 ~ 현재 : 서남대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야>

로봇 제어, 임베디드 시스템, 비선형 제어 이론 등

임 신 택(Shin-Teak Lim)

[정회원]



- 2007년 2월 : 군산대학교 기계공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학부 (공학석사)
- 2009년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 전자공학부 박사과정
- 2012년 6월 ~ 현재 : (유) 삼신기업 기술연구소 연구소장

<관심분야>

센서 융합, 로봇 제어, 쿼드콥터 제어 등

정 길 도(Kil-To Chong)

[정회원]



- 1984년 : Oregon State University 기계공학(공학사)
- 1986년 : Georgia Institute of Technology 기계공학(공학석사)
- 1992년 : Texas A&M University 기계공학 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수 및 전북대 전자정보기술연구소 소장

<관심분야>

Time-Delay, Robotics, 인공지능, 센서네트워크.