하이브리드 시스템을 이용한 이동로봇의 지능적 동작과 자율주행

Intelligent Motion and Autonomous Maneuvering of Mobile Robots using Hybrid System

°이 용 미*, 임 준 홍*

*한양대학교 전자컴퓨터공학부 E-mail:{jhlim,nayana}@aser.hanyang.ac.kr

Abstract : In this paper, we propose a new approach to intelligent motion and autonomous maneuvering of mobile robots using hybrid system. In high level, the discrete states are defined by using the sensor-based search windows and the reference motions of a mobile robot as a low level are specified in the abstracted motions. The mobile robots can perform both the motion planning and autonomous maneuvering with obstacle avoidance in indoor navigation problem. Simulation and experimental results show that hybrid system approach is an effective method for the autonomous maneuvering in indoor environments.

Keywords : mobile robot, autonomous maneuvering, obstacle avoidance, hybrid system

1. 서론

이동로봇의 응용 분야는 공장, 사무실, 가정 등으로 확대되고 또한, 작업들은 복잡, 다양해지고 있으며 지능적인 제어 성능을 요구 하고 있다. 작업 공간의 확대와 다기능 로봇 시스템 개발의 필요성은 차륜형 이동로봇(wheeled mobile robot) 시스템에 대한 많은 관심과 연구를 가져왔다. 이동로봇을 이용한 작업들은 대부분 사무실, 공장과 같은 실내환경에 적용되었으며, 작업환경은 동적(dynamic)이며 불규칙하다. 또한 이동로봇의 동작제어의 중요한 요구사항 중의 하나는 목적지점까지의 장애물과의 충돌을 회피하는 안정적인 주행이라 할 수 있다.

이동로봇의 동작제어 방법들은 계획-기반(plan-based)의 동작제어 방법들과 센서-기반(sensor-based)의 충돌회피(obstacle avoidance) 제어 방법들로 분류할 수 있다[1-2]. 주어진 환경에서 계획-기반의 방법들은 충돌 회피 경로를 구하기 위하여 많은 계산시간과 복잡한 과정이 필요하게 된다. 한편 센서-기반의 충돌회피 알고리즘들은 주어진 환경에서 장애물에 대한 충돌을 회피하는 동작을 결정하기 위하여 센서 정보들을 이용한다[3]. 이러한 방법들은 이동로봇의 실내 주행을 위하여 실시간 제어 성능을 나타낼 수 있으며 계산시간면에서 효과적이다.

자율 이동로봇은 주어진 환경에서 작업이 주어졌을 때 외부의 도움 없이 작업을 수행할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 우선 주어진 환경에서 자신과 물체들의 위치 파악이 필요하며, 충돌 없이 주행할 수 있는 경로를 찾아내어 장애물을 피해 목적지에 도달하는 과정이 필수적이다. 여기서 가장 기본적이면서도 중요한 것은 이동로봇이 장애물을 탐지하고 충돌 없이 국부 최소상태(Local Minimum)에 빠지지 않으면서 주행할 수 있어야 한다는 것이다.

본 논문에서는 차륜형 이동로봇 시스템의 지능적 동작 계획과 동작제어 그리고 자율주행을 위한 하이브리드 제어시스템 방법[4-5]을 도입한 새로운 자율주행 및 장애물 회피를 위한 제어 알고리즘을 제시한다. 이를 위하여 자율적 주행을 위한 3 계층의 계층적 구조를 갖는 하이브리드 제어 시스템을 구성하였다. 즉, 상위에는 이동로봇과 환경정보, 그리고 작업특성에 따른 이산상태변수를 정의하고 작업특성에 따른 논리적 의사결정 기능을 갖는 이산상태 시스템을 구성하였으며, 하위에는 이동로봇의 바퀴 속도를 제어하기 위한 연속상태 시스템 그리고 중간 계층에는 상위와 하위의 서로 다른 상태 공간을 연결하고 주어진 환경에 따른 자율적 동작계획을 위한 인터페이스 시스템으로 구성되어있다. 이러한 하이브리드 시스템은 이동로봇의 실내환경에서 지능적 동작과 자율주행을 효과적으로 만들어 준다.

2. 이동로봇 시스템의 구조

2.1 이동로봇 시스템

본 연구에서는 초음파 센서 시스템을 갖춘 LABMATE[8]를 이동로봇 시스템으로 이용하였으며, 이동로봇의 동작방정식은 다음과 같이 주어진다

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = f(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \tag{1}$$

여기서 $\mathbf{x}(t)$ 는 연속상태 벡터이며, $\mathbf{u}(t)$ 는 제어입력 벡터이다. 연속상태 벡터는 다음과 같이 정의된다.

$$\mathbf{x}(t) = [x \; y \; \theta \; L]^T \tag{2}$$

여기서 x, y, θ 와 L 은 로봇의 위치, 방향각 그리고 이동거리를 나타내며 $[\cdot]^T$ 는 벡터의 변환을 나타낸 것이다.