

퍼지페트리네트에 의한 선 추적 이동 로봇의 관리제어

Supervisory Control of Line Tracking Mobile Robot Using Fuzzy Petri Net

최 경 조, 전 명 근

충북대학교 공과대학 제어계측 공학과

Tel:0431-261-2388 Fax:0431-268-2386

E-mail : addy69@trut.chungbuk.ac.kr

mgchun@cbucc.chungbuk.ac.kr

ABSTRACT

This paper deals with the application of fuzzy Petri net to control the line tracking mobile robot. Comparing with the Petri net and the fuzzy Petri net, the fuzzy Petri net model is more effective than the use of Petri net, so the line tracking mobile robot has a little shake and also has a little moving distance than one of using the Petri net. And thus the mobile robot shows less energy consumption.

1.서론

생산자동화와 더불어 물류의 원활한 흐름과 제어가 요구되는 바, 자동화된 유도 이동 로봇의 하나인 AGV(Automatic Guided Vehicle)에 대한 수요가 늘고 있으며, 그 응용 분야는 산업용뿐만 아니라 서비스업을 포함한 일상의 다양한 업무에 적용되어 그 범위를 점점 넓어지고 있다. 이에 따라 이동 로봇의 경로 추적 문제가 대두되고 있다[1]. 따라서 본 논문에서는 다중 CPU구조를 갖는 이동형 로봇의 제어기 구현과, 이를 이용한 Linear Tracking 구현을 위하여 이산사건 시스템(Discrete event system) 모델링 기법 중의 하나인 페트리네트(Petri Nets)가 확장된 퍼지 페트리네트(Fuzzy Petri Nets)를 이용하여 추종알고리즘을 모델링하고 구현함으로써 효율적인 선 추적 이동 로봇의 관리제어기 구현방법에 대하여 다루고자 한다.

페트리네트는 Carl Adam Petri에 의해 1962에 통신프로토콜의 오토마타를 연구하기 위해 고안되었는데, 모델링된 시스템의 동적 상태 및 구조를 그림으로 쉽게 기술할 수 있고, 비 동기적이고 분산적이고 비결정적인 시스템을 기술하는데 유용한 관계로 생산시스템, 순차제어, 이산사건 시스템 및 통신 프로토콜을 분산하고 설계하는데 널리 쓰이고 있다[2].

한편, 논리시스템을 기술하는데 있어서, 페트리네트는 지식베이스를 이루는 규칙들간의 상호

관계를 쉽게 기술할 수뿐만 아니라, 체계적인 추론과정을 보여 줄 수 있으므로 지식표현의 모델로도 응용되고 있다. 그러나 페트리네트는 사람의 지식이나 실제적인 시스템을 기술하는데 필요한 애매함이나 불확실함을 표현하는데 부족한 구조적 결함이 있으므로 퍼지페트리네트가 제안되었다.

Looney[3]은 논리 시스템에 대한 퍼지페트리네트의 동작특성을 연구하였으며, Chen[4]등은 퍼지추론시스템의 퍼지페트리네트 모델링 방법과 모델링된 네트로부터 consistency를 점검하고 도달 가능 집합(reachability sets)기법을 이용한 추론 방법을 제시하였다. 그러나, 위 방법들은 reachability tree에 바탕을 둔 알고리즘인 탐색 기법을 사용한 관계로 여러 개의 입력조건들이 동시에 주어졌을 경우에 이를 병렬로 처리할 수 없는 단점이 있다.

반면에, Chun[5]는 퍼지페트리네트의 행렬에 의한 표현 방법과 상태방정식을 제시하고 이를 이용한 지식표현 방법과 및 추론 알고리즘을 제안하므로써 여러 개의 규칙을 동시에 처리하는 parallel rule firing scheme을 구현하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 선 추적 이동 로봇의 구현과 선 추적 이동 로봇의 Kinematics를 설명하고, 3장에서는 퍼지페트리네트에 의한 선 추적 이동로봇의 추종 제어, 그리고 4장에서는 결론을 기술 하고자 한다.

2. 선 추적 이동 로봇의 구현

본 논문에서 시뮬레이션을 대상으로 하는 선 추적 이동 로봇의 외관은 그림 1에 나타내었다.

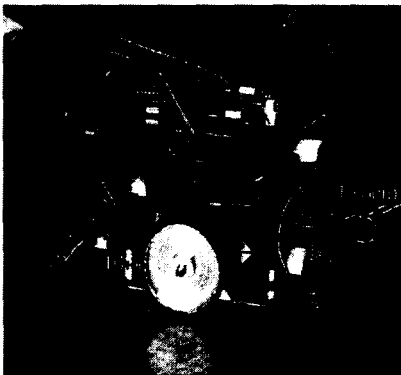


그림1. 제작된 선 추적 이동 로봇

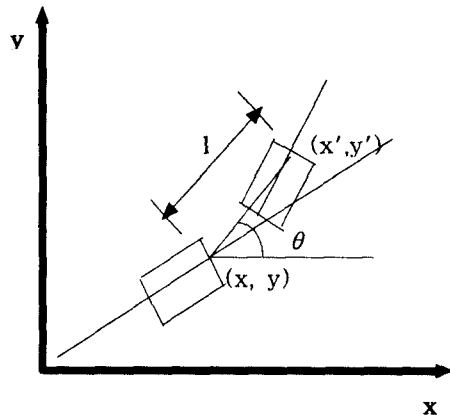


그림 2. 선 추적 이동 로봇의 좌표계

그림 3과 같이 구현된 선 추적 이동로봇의 구조는 CPU부, 센서부 그리고 모터 부로 구성되며, CPU는 Prochip사의 8bit 원칩마이크로 컴퓨터인 PIC16C84칩 3개를 사용하였고, 이들 중 하나의 CPU는 센싱한 입력에 대한 연산 처리를 다른 두 개의 CPU로는 양쪽 바퀴를 구동하는 스테핑 모터 각각 제어할 수 있도록 하였다. 센서 부는 발광 소자로 EL-7L과 수광 소자로 ST-7L을 사용했으며 모터 부는 피드백이 필요 없는 스텝 모터를 사용했다. 이렇게 구현된 선

추적 이동 로봇에서의 방향 전환은 위해서는 두 바퀴의 속도 차를 이용하여 원하는 각도만큼 회전할 수 있도록 되어 있다. 그림 2는 추후의 시뮬레이션에서 사용될 좌표계를 표시한 것이다.

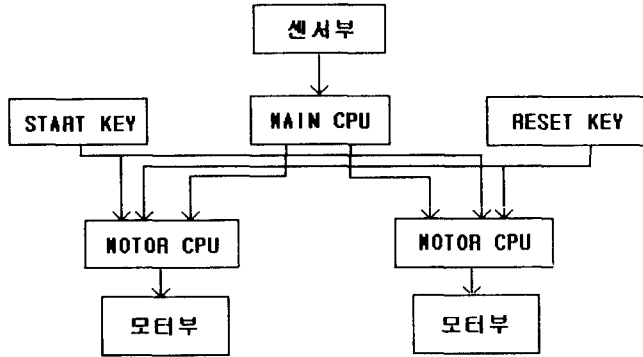


그림 3. 선 추적 이동로봇의 CPU부에 대한 블록 다이어그램

이에 따른 선 추적 이동 로봇의 운동 방정식은 식(1)과 (2) 그리고 (3)으로 정의된다.

$$\dot{x} = v_0 \sin\left(\frac{2\Delta v}{L} t + \theta(0)\right) \quad (1)$$

$$\dot{y} = v_0 \cos\left(\frac{2\Delta v}{L} t + \theta(0)\right) \quad (2)$$

$$\dot{\theta} = \frac{2\Delta v}{L} \quad (3)$$

여기서 v_0 은 선 추적 이동 로봇의 기준 속도이며, Δv 는 각 순간에 양쪽 바퀴에 전달되는 속도 편차 량이다. 또한 $\theta(0)$ 은 선 이동 로봇의 초기 각도로 트랙과 선 추적 이동 로봇과의 이루는 각도이며, L 은 선 추적 이동 로봇의 양 바퀴 간격이다.

위 식은 이용하여 아래와 같은 이산 시간 모델을 구하였으며, 이들을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다.

$$x(k+1) = x(k) + l \cdot \cos \theta(k) \quad (4)$$

$$y(k+1) = y(k) + l \cdot \sin \theta(k) \quad (5)$$

$$\theta(k+1) = \theta(0) + \frac{2l}{L} \cdot \frac{\Delta v}{v_0} \quad (6)$$

여기서 l 은 단위 시간에 선 추적 이동 로봇이 움직이는 거리를 나타낸다.

3. Fuzzy Petri Net에 의한 선 추적 이동 로봇의 추종 제어

본 단원에서는 구현된 선 추적 이동 로봇의 자료를 가지고 퍼지페트리네트를 이용한 선 추적 알고리즘 과 페트리네트를 이용한 선 추적 알고리즘을 MATLAB 5.2를 이용하여 구현한 후

비교하고자 한다.

페트리네트를 이용한 선 추적 알고리즘은 에러(e)와 에러 변화량(Δe)을 토대로 하였고 에러(e)와 에러 변화량(Δe)에 대한 구간 값은 실험자의 경험을 토대로 정의된 것으로 여러 번의 실험을 통해서 얻어진 것이다.

먼저 페트리네트에 의한 알고리즘을 살펴보면, 센서로 입력된 신호에 대하여 기준과의 오차를 에러(e)로 받아들이고 이 에러($e(k+1)$)와 이전 에러($e(k)$)와의 차로써 에러 변화량을 계산하여 이들을 사용하여 페트리네트는 firing되어 출력으로는 모터의 속도 변화량(Δv)이 출력된다.

본 시뮬레이션은 타원형 트랙에서의 선 추적을 수행하였으며, 이에 대한 페트리네트 알고리즘 시뮬레이션 결과는 그림 4와 그림 5와 같다. 퍼지페트리네트에서도 페트리네트에서와 같이 에러(e)와 에러의 변화량(Δe)을 입력으로 했으며 출력은 양 바퀴의 속도 차(Δv)로 했다. 이에 대한 퍼지 멤버십 함수는 그림 6과 같고 추론 법은 Mamdani의 Max-Min 합성 추론법을 이용하였다[6].

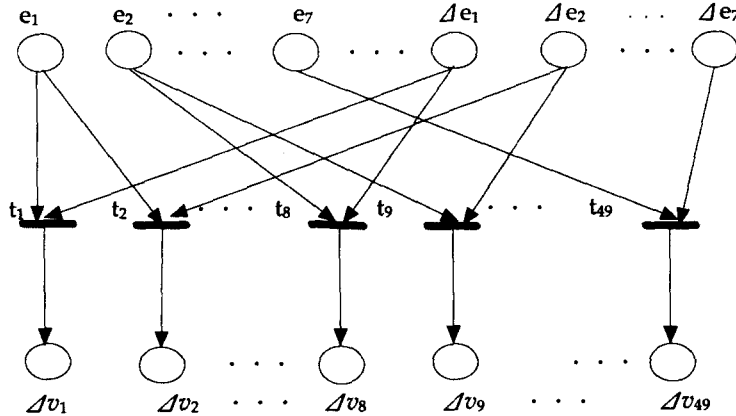


그림 3. 선 추적 이동 로봇 알고리즘에 대한 페트리네트

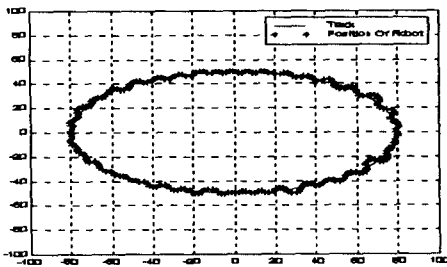


그림 4. 페트리네트에 의한 선 추적 이동 로봇의 선 추적 결과

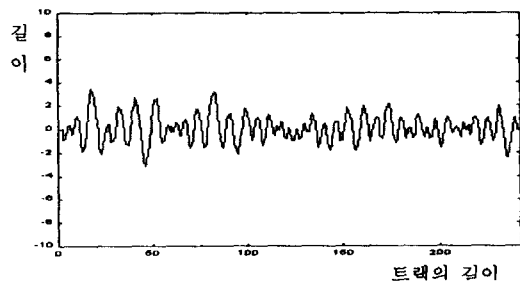


그림 5. 선 추적 이동 로봇의 추적 오차

시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 퍼지페트리네트를 이용하여 선 추적 이동 로봇을 제어하였을 때 보다 적은 에러를 가지고 선을 추적하는 것을 보였으며, 따라서 이동로봇의 몸체의 흔들림이 적고 주행거리도 짧아져서 이동 로봇에서 요구되는 적은 에너지 소모량의 조건을 만족할 수 있음을 알 수 있었다.

더욱이 페트리네트를 이용하여 이동 로봇을 제어하는데 필요한 sequence를 구현하고 상위 개념의 선 추적 알고리즘을 본 논문에서와 같이 퍼지페트리네트를 이용하여 구현할 수 있으며, 따라서 페트리네트라는 단일의 개념에 기초한 하이브리드 형태의 관리제어기 구현을 가능하게 한다.

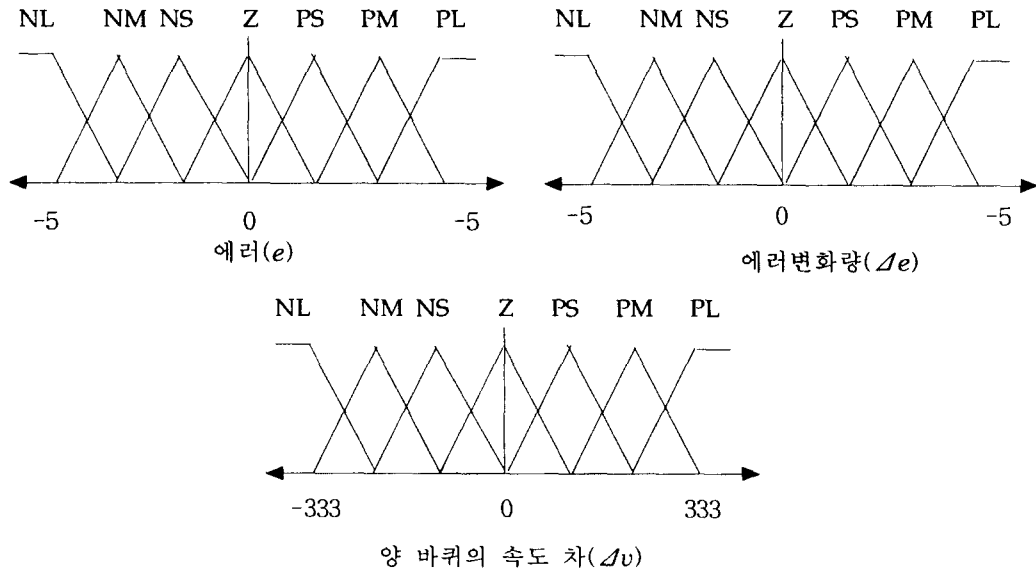


그림 6. 퍼지페트리네트에 사용된 소속 함수

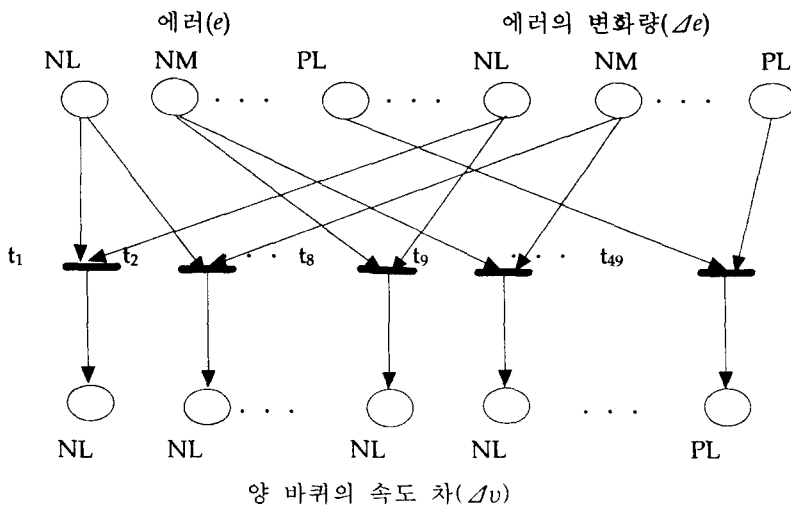


그림 7. 선 추적 이동 로봇 알고리즘에 대한 퍼지페트리네트

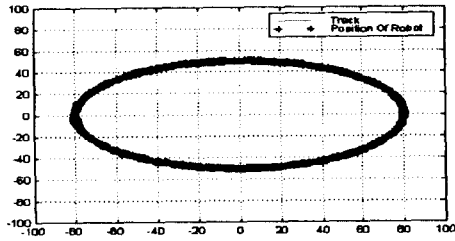


그림 7. 퍼지페트리네트에 의한 선 이동
로봇의 추적 결과

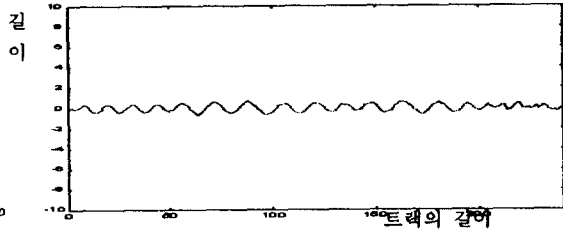


그림 8. 선 추적 이동 로봇의 추적 오차

4. 결론

생산자동화와 더불어 물류의 원활한 흐름과 제어가 요구되는 바, 자동화된 유도 이동 로봇의 하나인 AVG(Automatic Guided Vehicle)에 대한 수요가 늘고 있으며, 그 응용 분야는 산업용뿐만 아니라 서비스업을 포함한 일상의 다양한 업무에 적용되어 그 범위를 점점 넓어지고 있다. 이에 따라 이동 로봇의 경로 추적 문제가 대두되고 있다. 본 논문에서는 다중 CUP구조를 갖는 이동형 로봇의 제어기 구현과, 이를 이용한 선 추적 구현을 위하여 이산 사건 시스템 모델링 기법 중의 하나인 페트리네트가 확장된 퍼지페트리네트를 이용하여 추종 알고리즘을 모델링 하고 구현함으로써 효율적인 선 추적 이동 로봇의 제어기 구현 방법에 대하여 다루었다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이, 퍼지페트리네트를 이용하여 선 추적 이동 로봇을 제어하였을 때 보다 적은 에너지를 가지고 선을 추적하는 것을 보았다. 따라서 이동 로봇의 몸체의 흔들림이 적고 주행거리가 짧아져서 이동 로봇에서 요구되는 적은 에너지 소모량의 조건을 만족할 수 있다는 것을 알 수 있다. 추후에 이동형 로봇을 제어하는데 필요한 sequence를 페트리네트로 구현하고 선 추적 알고리즘을 퍼지페트리네트로 구현하여 퍼지페트리네트라는 단일의 개념에 기초한 하이브리드 형태의 관리제어기를 구현 하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 김도현, 오준호 Experiment of Globally Stable Tracking Control for Mobile Robot 한국 자동제어학술회의(KACC), 부산 pp. 510-513 1998.
- [2] James L. Peterson Petri Net Theory and The Modeling of Systems Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. pp. 1-6 1981.
- [3] Looney C G Fuzzy Petri Nets for Rule-Based Decisionmaking IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics vol. 15 pp. 178-183 1988.
- [4] Chen S M, Ke J S, and Chang J F Knowledge Representation Using Fuzzy Petri Nets IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering vol. 1 pp. 311-319 1990.
- [5] Chun M G and Bien Z Fuzzy Petri Net representation and reasoning methods for rule-based decisionmaking systems IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics

and Computer Science E76-A pp. 974-983 1993.

[6] Kevin M. Passino and Stephen Yurkovich *Fuzzy Control Addison wesley Longman, Inc*
pp. 22-47 1998.