

교차로 관리를 위한 퍼지 교통 제어 에이전트

Fuzzy Traffic Control Agent for Crossroad Management

김종완* · 이승아* · 김영순**

*경북 경산시 진량읍 대구대학교 컴퓨터정보공학부

**포항시 북구 흥해읍 포항1대학 전산정보처리과

TEL:(053)850-6575, FAX:(053)850-6589

e-mail: jwkim@taegu.ac.kr

ABSTRACT

오늘날 도시교통은 계속적으로 증가하는 자동차에 의해 극심한 정체를 겪고 있다. 복잡한 교통상황에서 도시의 한정된 도로를 최적으로 이용함으로써 교통의 흐름을 효율적으로 통제할 수 있는 시스템의 필요성이 높아지고 있다. 멀티 에이전트 시스템은 이러한 복잡한 교통상황을 해소하는 새로운 방법으로 인식되고 있다. 본 논문에서는 Visual C++ 언어를 이용하여 개발한 교차로망 시뮬레이션을 위한 에이전트 기반의 퍼지 논리 제어기를 제안하였다. 제안된 퍼지 논리 제어기는 교통량이 많더라도 교통신호 주기를 통제하기에 적합한 방법이며, 이 방법의 효과를 교차로망 시뮬레이션을 이용하여 입증하였다.

1. 서론

최근 도시의 도로는 계속적으로 늘어나고 있는 차량 때문에 혼잡이 가중되고 있으며, 복잡한 도로 혼잡을 전통적인 신호 계획으로는 해결할 수 없는 상황이 되었다. 이러한 상황에서 기존 도로의 사용을 최적화하면서 교통흐름을 원활하게 할 수 있는 시스템의 필요성이 증가하고 있다.

컴퓨터 기술과 멀티에이전트 시스템(Multi-agent systems : MAS)이라 불리는 분산 인공지능을 이용하면 빠른 응답시간, 유연성과 자원공유의 증가, 그리고 향상된 적응력 등으로 문제해결에 더욱 효과적이면, 또한 네트워크 상의 독립적인 각 노드들이

협력과 의사소통을 통해 문제해결을 지원한다 [1].

따라서 본 논문에서는 멀티에이전트 시스템 개념을 바탕으로 퍼지 교통제어 시뮬레이터를 개발하였다.

2. 기존 관련연구

2.1 에이전트 기반 교통시스템

인공지능의 한 분야로 연구되어져 온 에이전트는 추론, 지식표현, 기계학습 등의 연구를 바탕으로 매우 실용적으로 발전되어져 왔다. 이 중 여러 단일 에이전트에 조정(coordination)기능이 포함된 MAS는 여러 문제들이 복잡하게 얽혀있는 경우 여러 요소들을 효율적으로 조정하여 문제해결에 활용하고 있다.

에이전트 기반 교통시스템은 다양하게 연구되어져 왔는데, 일찍이 Lesser와 Corkill은 분산된 교통감시작업을 위해 MAS를 이용하기도 하였다[2]. Li 등은 세 개 계층으로 구성된 도시교통 제어 시뮬레이션을 위한 MAS 모델을 개발하였다[3]. 최고 상위 계층은 총괄적인 도시교통 에이전트이고, 중간계층은 교통흐름 제어에이전트들이고, 하위계층은 개별적인 교통에이전트들로 구성되어져 있다.

2.2 퍼지 교통 제어

퍼지 논리 개념을 이용한 교통시스템의 여러 연구들은 70년대 후반부터 이루어졌으며 대부분 교차로의 교통신호를 제어하는데 초점을 맞추어 행해졌다.

Pappis와 Mamdani는 편도 2차선의 교차로를 위한 퍼지 논리 제어기(Fuzzy Logic Controller : FLC)를 개발하였다[4]. Gomide 등은 퍼지 도시교통 시스템에 적합한 적응 전략들을 사용하는 FLC를 제안하였다[5]. 이 FLC는 조정기의 성능을 최적화하기 위해 교통상황에 따라 소속함수를 조정한다. Jamshidi 등은 교통시스템의 퍼지 제어를 위한 시뮬레이터를 개발하였다[6]. 이 FLC는 신호기의 상태를 변경할 것인지, 유지할 것인지를 결정한다. 그러나 제어기는 주 교통흐름의 변화에 대해서는 대응하지 못한다.

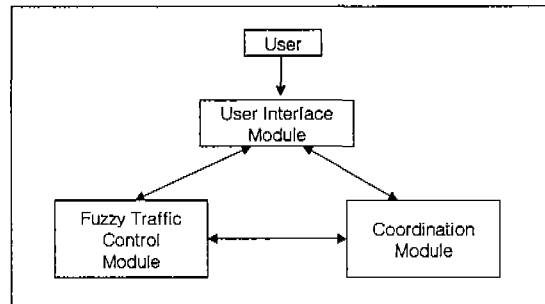
최근에 이지형 등은 교통 교차로 그룹을 위한 분산/협동적인 퍼지 제어기를 개발하였는데, 이 시스템은 교통 상황에 따라서 교통신호의 길이와 순서가 변화하도록 설계되었다[7].

3. 제안된 에이전트 기반 퍼지 교통 제어 시뮬레이터

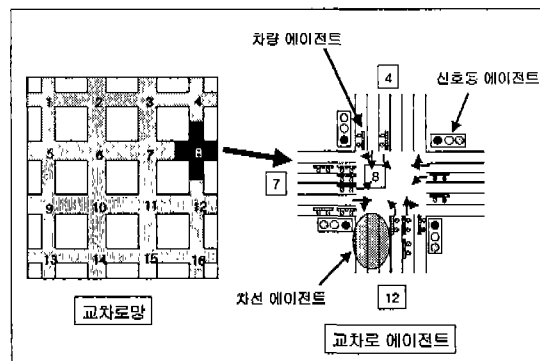
3.1 에이전트 기반 퍼지 교통 시뮬레이터의 설계

본 논문에서는 교통 상황을 분석하고, 최적의 교통신호를 계산하기 위해 Visual C++를 이용하여 교차로망 환경에 적합한 시뮬레이터를 구현하고 실험하였다. 제안된 시스템은 저수준 에이전트 기반으로 구동되고, 시뮬레이터는 모듈형식으로 개발되었다.

본 논문에서 제안한 시스템의 구조는 User interface(UI), Fuzzy traffic control(FTC), Coordination의 세 가지 모듈로 구성되어져 있다(그림 1 참조). UI 모듈은 시뮬레이션된 교통 제어 환경을 그래픽 환경으로 사용자에게 보여주고, FTC 모듈은 교통량에 상관없이 교통신호 주기를 제어한다. 마지막으로 Coordination 모듈은 이웃한 교차로의 교통신호들과 조정 및 협력한다.



<그림 1> 제안된 에이전트 기반 교통 시뮬레이션 시스템



<그림 2> 교차로망 구조와 개별 에이전트

<그림 1>의 FTC 모듈에는 차량, 차선, 신호등, 교차로 에이전트가 있으며, <그림 2>에서는 4x4 교차로의 각 단일 교차로에서 각 에이전트들이 협력적으로 활동하는 구조를 보여준다.

FTC 모듈에 포함된 교차로 신호 제어 처리과정을 개별 에이전트와 연관시켜 설명하겠다. 각 차선에서 전·후방 감지기 사이에서 감지된 차량의 정보는 교차로 에이전트의 신호 제어 알고리즘을 위한 입력값으로 사용된다. 교차로 에이전트의 신호 제어 알고

리즘 모듈은 현재 제어기의 시간 연장을 계산하기 위해 감지된 차량의 정보와 함께 미리 정의된 신호 제어 알고리즘을 사용한다. 모든 제어는 교차로 에이전트에서 발생하며, 본 논문에서는 이 에이전트의 신호 제어 알고리즘을 변화시켜, 교차로 에이전트에 여러 가지 제어 알고리즘을 추가할 수 있게 구현하였다.

3.2 에이전트 기반 퍼지 교통 시뮬레이터의 구현

본 논문에서는 실제 교통 네트워크와 비슷한 4×4 교차로에서 교통 신호 제어 알고리즘의 성능 평가 벤치마킹을 위해 에이전트 기반 시뮬레이터를 개발하였는데, 좀더 효율적인 실험을 위해 교차로에 대한 다음 네 가지의 가정을 전제로 한다.

첫째, 각 방향 3개 차선으로 구성된다. 둘째, 직진 차선은 2차선이고, 1차선은 좌회전, 3차선은 직진 및 우회전 차선이다. 셋째, 교통의 혼잡정도는 도로상의 두 개의 감지기를 통해 감지한다. 넷째, 각 차량의 길이는 5m이고, 각 교차로의 간격은 400m로 가정한다.

차량은 난수 발생기를 통해 포아송 분포로 발생되며, 초기 속도 16.67(meter/sec)을 가진다.

3.3 다양한 교통량을 위한 FLC

일반적으로 FLC는 도착/대기(arrival/queue)의 퍼지 입력으로써 녹색신호의 연장시간(extension)을 조정한다. 이러한 방법은 제어기가 작동하고 있는 동안 도착/대기 값을 활용한다. 따라서, 이러한 방법들은 교통량이 변화하는 교차로에는 적당하지 못하다.

교통량의 변화에 따라 교차로에서의 교통 혼잡을 감소시키기 위해서 본 논문의 FLC는 교통량에 따른 다양한 제어 규칙들과 최대 연장시간을 사용하도록 하였다[8].

퍼지 입력/출력 값들은 교통 정체를 반영할 수 있다. 본 논문에서 퍼지 교통제어 종종 사용된 도착/대기량과 함께 가변적인 교통량을 FLC의 새로운 입력 값으로 사용하였다. FLC 출력은 현재 녹색신호의 연장시간이다.

FLC의 제어규칙은 교통량을 light, medium, heavy로 나누고, 각 그룹마다 서로 다른 규칙을 사용하는데 전체 21개의 규칙을 사용하였다.

4. 교통 시뮬레이션

본 논문에서는 제안된 FLC를 고정식 제어기와 Gomide의 FLC에 대해서 비용함수 면에서 비교했다. 비용함수란 교차로에 진입했거나 빠져나간 모든 차량과 차량이 움직이거나 멈춘 전체 시간을 고려한 척도이다. 본 논문에서는 Jamshidi에 의해 제안된 비용함수와 유사한 평가함수를 척도로 사용하였는데 비용함수(cost function)는 식 (1)과 같다[6]. 따라서 제어기의 목적은 평균 비용함수를 감소시키는 것이다.

$$\text{cost function} = 100 \times \frac{\text{time}_{\text{wait}}/\text{time}_{\text{drive}}}{\text{cars}_{\text{exit}}/\text{cars}_{\text{enter}}} \quad (1)$$

$\text{cars}_{\text{enter}}$ 와 $\text{cars}_{\text{exit}}$ 는 각각 교차로망에 진입한 차량수와 빠져나간 차량수이고, $\text{time}_{\text{drive}}$ 와 $\text{time}_{\text{wait}}$ 는 각각 평균 주행시간과 대기시간을 나타낸다.

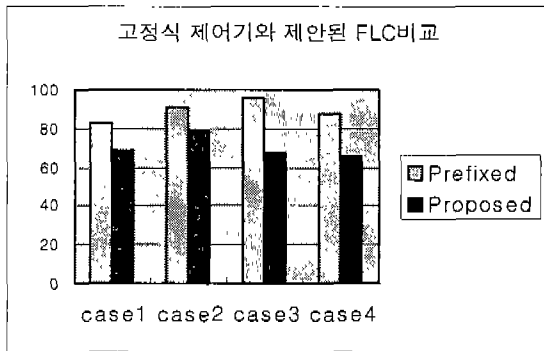
시뮬레이션에서 남-북 방향은 간선도로로 고려되었고, 동-서 방향은 보조 간선도로이다. <표 1>은 시뮬레이션에서 사용된 교통량의 네 가지 조합이고, 표의 각 값은 각 방향에 대한 교통량 비율이다. <표 1>에 나타난 4가지 조합들에 대해 4×4 교차로에서 30분 동안 시뮬레이션을 수행하였다.

Direction Case	North	South	East	West
Case 1	5	5	5	5
Case 2	10	10	5	5
Case 3	15	15	5	5
Case 4	15	15	10	10

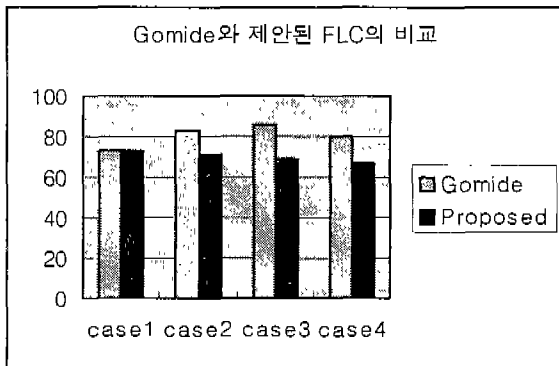
<표 1>시뮬레이션에서 사용된 교통량

<그림 3>은 고정식 제어기와 제안된 FLC를 평균 비용함수 면에서 <표 1>의 데이터에 대해 시뮬레이션한 결과이다. 마찬가지로 <그림 4>는 제안된 FLC를 Gomide의 FLC와 비교한 결과이다.

<그림 3>과 <그림 4>의 실험결과를 보면, 제안된 FLC가 고정식 제어기와 Gomide의 FLC와 비교할 때 차량의 평균 비용함수 값을 각각 21%와 12.5% 향상시킨 것을 알 수 있다. 따라서 제안된 FLC가 실



<그림 3> 고정식 제어기와 제안된 FLC의 비교



<그림 4> Gomide와 제안된 FLC의 비교

제와 같은 복잡한 다중 교차로 환경에 적용하기 좋다고 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 에이전트 기반의 새로운 FTC를 제안하였으며, 가변적인 교통 흐름에서 제어기의 성능을 향상시켰다. 또한 FTC의 성능향상을 위해 전통적인 퍼지 제어기에 교통량 대개변수를 추가로 사용하였다. 이렇게 제안된 에이전트 기반 다중 교차로 시뮬레이터는 4×4 교차로에서 교통 신호 제어 알고리즘의 성능평가를 위해 사용되었다.

제안된 FLC는 교차로의 다양한 교통 흐름에 적합하게 설계되었으며, 시뮬레이션 결과는 제안된 방법이 기존의 제어기 보다 평균 차량 통행량과 지연시간을 매우 개선함을 보여주었다.

향후 연구과제로는 이웃한 교차로간의 협력과 협상을 해결하기 위해 조정 기능이 더욱 강화된 멀티에이전트 교통 제어 시스템의 개발이 필요하다.

< 참고문헌 >

- [1] N. Findler, G. Elder, "Multiagent Coordination and Cooperation in a Distributed Dynamic Environment with Limited Resources," *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol.9, pp.229-238, 1995.
- [2] V. Lesser, D. Corkill, "The Distributed Vehicle Monitoring Testbed: A Tool for Investigating Distributed Problem Solving Networks," *AI Magazine*, Fall, pp.15-83, 1983.
- [3] M. Li, J. Hallam, L. Pryor, S. Chan, K. Chong, "A Cooperative Intelligent System for Urban Traffic Problems," *IEEE Symposium on Intelligent Control*, 1996.
- [4] C.P. Pappis and E.H. Mamdani, "A fuzzy logic controller for a traffic junction," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 7(10) (1977) 707-717.
- [5] J. Favilla, A. Machion, and F. Gomide, "Fuzzy traffic control: adaptive strategies," *Proc. of 2nd IEEE Int'l Conf. on Fuzzy Systems*, (1993) 506-511.
- [6] M. Jamshidi, R. Kelsey, and K. Bisset, "Traffic fuzzy control: software and hardware implementations," *Proc. of fifth IFSA World Congress*, (1993) 907-910.
- [7] J. H. Lee and H. Lee-Kwang, "Distributed and cooperative fuzzy controllers for traffic intersection group," *IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics Part C*, 29(2) (1999) 263-271.
- [8] J. Kim, "A fuzzy logic control simulator for adaptive traffic management," *Proc. of 6th IEEE Int'l Conf. on Fuzzy Systems*, (1997) 1519-1524.