

가변 차로를 효율적으로 통제하기 위한 하이브리드 추론 시스템

권희철*, 유정상**

A Hybrid Inference System for Efficiently Controlling Reversible Lane

Hee-Chul Kwon*, Jung-Sang Yoo**

요약

교차로에서 가변차선은 이동하는 차량들을 효율적으로 통제하고 교통 혼잡을 줄일 수 있으며 도로의 가용 능력을 증가시키기 위한 도구로 사용되고 있다. 그러나 아직까지 가변차선의 교통통제는 단순하며 수동으로 가변차로를 운용하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 가변차로의 이동방향에 대한 변경 여부를 지능적으로 판단하여 교통 흐름을 효율적으로 개선하기 위한 3단계 방법을 제안한다. 첫 번째는 교차로에서 차량이 이동하는 방향으로 효율성을 판단하기 위한 방법으로 퍼지추론 방법, 두 번째는 이동방향으로 가변차로를 변경할 지에 대한 잠정 판단, 세 번째는 이러한 잠정판단을 최종 결정하기 위한 판단기준을 제시한다. 이동방향으로의 효율성은 matlab 프로그램을 이용하여 얻는다.

▶ Keywords : 가변차로, 교차로, 퍼지 추론, 규칙기반, 상황 정보

Abstract

Reversible lanes in urban intersections is used to efficiently control vehicles, reduce traffic congestion and increase the capacity of a roadway. But by far traffic control systems in urban intersections are simple and manually operated by police officers. In this study, we present a hybrid algorithm that intelligently resolve the moving direction of reversible lanes to efficiently manage the flow of traffic at intersection. The proposed algorithm consists of three stages:(i) fuzzy inference method to get the efficiency of moving direction, (ii) a provisional decision whether to change the reversible lane to different direction, (iii) a final evaluation criterion for changing the directions of the reversible lanes. The fuzzy inference results of efficiency are shown by using matlab application.

▶ Keywords : Reversible Lane, Intersections, Fuzzy Inference, Rule based, Context Information

•제1저자 : 권희철

•투고일 : 2012. 10. 16, 심사일 : 2012. 10. 31, 게재확정일 : 2012. 11. 09.

* 가천대학교 산업경영공학과(Dept. of Industrial Engineering, Gachon University)

※ 이 연구는 2012년도 가천대학교 지원에 의한 결과임.

I. 서론

오늘날에는 이미 전자, 제어 및 정보통신 등의 첨단 기술이 발달하여 실시간 교통 정보를 고객들에게 제공할 수 있으며 도로 운영을 최적화할 수 있는 환경을 갖추고 있다. 그렇지만 아직까지 이러한 첨단기술 및 환경을 이용하지 못하고 수동 및 단순 제어, 고정된 흐름의 교통 통제를 하는 비효율적 시스템을 운영 하고 있다. 따라서 시스템 스스로 판단하는 지능형 도로 교통 통제 시스템 구축이 필요하다고 할 수 있다. 특히 도로에서 발생할 수 있는 다양한 요구사항을 수용할 수 있을 뿐만 아니라 고급화되고 지능화된 서비스를 제공하기 위해서는 첨단 지능형 추론 기술이 필요하다.

본 연구에서는 교차로에서 발생하는 교통 체증 문제를 지능적으로 인식하고 추론하며 그 결과를 서비스하기 위한 3단계 지능형 추론 알고리즘을 제안하고자 한다. 첫 번째는 교차로에서 차량이 이동하는 방향으로 가변차선의 효율성을 판단하기 위해 차량의 이동속도와 대기차량의 수를 입력변수로 하는 퍼지추론 방법을 제안한다. 두 번째는 첫 번째 단계에서 얻은 결과값을 이용하여 이동방향으로 가변차로를 변경할 지에 대한 잠정 판단 방법을 제안한다. 마지막으로 이러한 잠정 판단을 최종 결정하기 위한 판단기준을 제시한다.

다시 말해, 첫 번째 단계에서는 이동방향의 효율성을 판단하기 위해 차량의 이동속도와 대기차량의 수를 입력변수로 하는 퍼지규칙을 만들고, 그 규칙과 상황데이터를 패턴 매칭하여 이동방향의 효율성 정도를 얻는다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 얻은 이동방향의 효율성을 입력으로 하여 규칙기반 추론을 하며 가변차선 방향의 변경여부를 잠정 판단한다. 마지막으로 교차로 4개 지점 각각의 효율성을 고려하여 8개 이동방향에 대해 가변차선 방향을 변경할 지를 최종 판단하기 위한 정량적 판단기준을 제시한다.

본 연구는 5장으로 구성되어 있으며, I장은 앞에서 소개한 서론이다. II장은 지능형 도로 교통 통제 시스템에 관한 기존 연구를 소개하고, III장은 본 연구에서 제안하는 3단계 하이브리드 추론 시스템 구조에 대해서 소개한다. IV장에서는 제안하는 추론 시스템에 대한 실험 및 출력 결과에 대해 논하고 V장은 결론이다.

II. 관련 연구

권희철, 유정상은 주차장 내의 영상장비를 이용하여 영상 정보를 획득하고 센서로부터 센서정보를 입력받아 지능적으로 운전자가 주차지역으로 진입하여 주차를 완료할 때까지 느

끼는 주차만족도를 퍼지 변수화하여 다양하게 표현하고, 수준 높은 지능화된 서비스를 제공하는 방법에 대해서 제안하였다(1).

Brian, Laurence는 교통 경영 기술 관점에서 가변차로의 다양한 운영형태에 대한 필요성, 문제점 등에 대해서 논하였다. 가변차로에 대한 교통 정보를 수집하고 평가하기 위한 다양한 종류의 응용프로그램에 대해 정리하였고 가변차로의 운영방법에 대해 효율성을 평가하기 위한 계획, 설계, 운영 및 평가방법에 대해서 논하였다(2).

Wolshon, Lambert는 기존 차로의 능력을 증가시키기 위한 방법으로 가변차로가 비용 측면에서 중요하기 때문에 가변차로를 포함한 도로 교통 통제 계획, 설계, 통제, 경영, 시행에 대한 방법을 제안하였다(3).

Upchurch는 6차로의 실제 교통량과 예측 계산 교통량을 비교 검토 하고 효율적으로 가변차로를 운영하기 위한 방법 및 교차로에서 사고를 줄이기 위한 방법을 제안하였다(4).

Ribeiro는 공간 감시와 결점 탐지 응용프로그램에 대해 퍼지논리의 적합성에 대해서 연구 하였다. 퍼지 추론 시스템의 일반적인 구조를 제안하였고 두 개의 응용 프로그램을 이용해 제안 방법에 대한 타당성을 보였다(5).

Celik, Bayir는 퍼지논리를 사용하여 내부 연소 엔진에서의 결점을 진단하였다. 이론적인 지식 및 전문가의 지식을 고려하여 지식베이스 시스템을 개발하였고 퍼지논리 분류기에 의해 입력되는 데이터를 분류하여 효율적인 추론 시스템을 제공하였다(6).

Golub는 사업자, 주민, 보행인, 운전자들을 대상으로 가변차선에 대한 설문을 6단계로 나누어서 조사하여 지각된(perceived) 비용과 이익에 대해 논하였다(7).

Cova, Johnson은 복잡한 도로환경에서 최적 교통 통제 계획을 하기위한 네트워크 모델을 제안하였고, 수동능력 분석 및 미세 시뮬레이션을 통해 상대적인 효율성을 평가하였다(8).

III. 추론 구조

교차로 내의 각 지점의 효율성을 고려하여 각 이동방향으로 가변차선의 변경여부를 판단하기 위한 3단계 하이브리드 추론 시스템 구조를 제안한다. 본 장에서는 도로 교통 통제 시스템 서비스 추론의 전체적인 흐름을 알 수 있는 통합 추론 시스템 구조와 가변차로의 변경여부를 판단하는 하이브리드 추론 시스템으로 나누어 2개의 절로 설명한다. 첫 번째 절에서는 상황데이터 입력으로부터 하이브리드 추론 시스템 및 추론 결과를 사용자에게 전달하기 위한 통합 추론시스템을 설명하며, 두 번째 절에서는 본 연구에서 제안하는 3단계 하이브리드 추론시스템을 설명한다.

1. 통합 추론 시스템 구조

본 절에서는 상황데이터 입력으로부터 하이브리드 추론 시스템 및 추론 결과를 사용자에게 전달하기 위한 통합 추론 시스템을 설명한다.

본 연구에서 설명하는 통합 추론 시스템 구조는 입력 모듈, 추론 모듈, 그리고 출력 모듈을 포함한다. 여기에서 소개하는 퍼지 추론 시스템은 크게 데이터 획득 및 전처리 기능을 수행하는 입력모듈(상황제공자), 상황제공자로부터 전달받은 상황 데이터와 지식 등을 이용하여 결과 값을 출력한다. 다시 그 결과 값을 입력변수로 하여 통합적으로 결과를 추론하는 추론 모듈과 고객에게 전달하는 출력 모듈(서비스 관리자)로 나누어진다(1,9,10,11). 이러한 시스템에 대한 퍼지 추론 시스템 구조는 그림 1과 같다.

그림 1에서 상황제공자는 영상장비 및 센서로부터 영상 및 상황 데이터들을 입력 받고, 이를 전처리 및 가공하여 추론 엔진으로 전달한다. 추론 엔진은 전달받은 상황 특정 데이터를 상황 DB에 저장하고 3단계 하이브리드 추론 시스템을 이용하여 결론을 도출한다. 추론시스템은 상황데이터와 지식베이스 내의 퍼지규칙과 일반규칙들을 패턴 매칭하여 중간결과를 얻어내고 최종평가 기준에 의해서 최종 결과를 얻는다. 지식 베이스는 몇 가지 형태로 구축이 될 수 있지만 본 연구에서는 1 단계로 퍼지 if~then 규칙, 2단계로 일반 if~then 규칙으로 작성하였다. 지식베이스를 구축하기 위해서는 전문가 및 개발자와의 의사소통이 필요하다. 서비스모듈은 외부세계의 시스템들과 직접적으로 소통을 하는 모듈로서, 추론엔진의 추론 결과를 시스템으로 전달하여 결과를 반영한다(1,9,12).

2. 하이브리드 추론 시스템

본 절에서는 가변차선의 이동방향을 결정하기 위해 3단계 하이브리드 시스템에 대해서 설명한다. 첫 번째 단계는 이동 방향의 효율성을 판단하기 위해 차량의 이동속도와 대기차량의 수를 입력변수로 하는 if~then 퍼지규칙을 만들고, 그 규칙과 상황데이터를 패턴 매칭하여 이동방향의 효율성 정도를 얻는다. 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 얻은 이동방향의 효율성을 if~then 규칙기반 추론방식을 이용하여 가변차로의 변경여부를 잠정 판단한다. 마지막으로 전체 시스템의 효율성을 고려하여 교차로에서 가변차선의 변경여부를 판단하기 위한 정량적 판단기준을 제안한다.

첫 번째 단계에서 차선방향의 효율성을 판단하기 위해 교차로를 이동하는 차량의 속도와 차선에서 신호를 대기하고 있는 차량의 수를 입력변수로 사용한다. 그림 2는 두 변수 및 이

동방향의 효율성에 대한 퍼지 소속함수를 보여주고 있다.

그림 2와 같이 이동속도에 대한 퍼지 소속함수는 속도가 '빠르다', '보통', '느리다'로 표현하고, 대기하고 있는 차량의 수에 대한 소속함수는 '많다', '보통', '적다'로 나타낸다. 그리고 효율성에 대한 소속함수는 '아주 낮다', '낮다', '보통', '높다', '아주 높다'로 구성하였다. 이러한 변수들에 대한 소속함수는 그림 2와 같이 사다리꼴 형태(Trapezoidal Shape) 및 삼각 형태(Triangular Shape)의 형태를 사용하였다. 본 연구에서 지식을 표현하기 위해 1단계에서는 퍼지 if~then 규칙을, 2단계에서는 일반 if~then 규칙을 사용하였고 다음과 같이 표현할 수 있다.

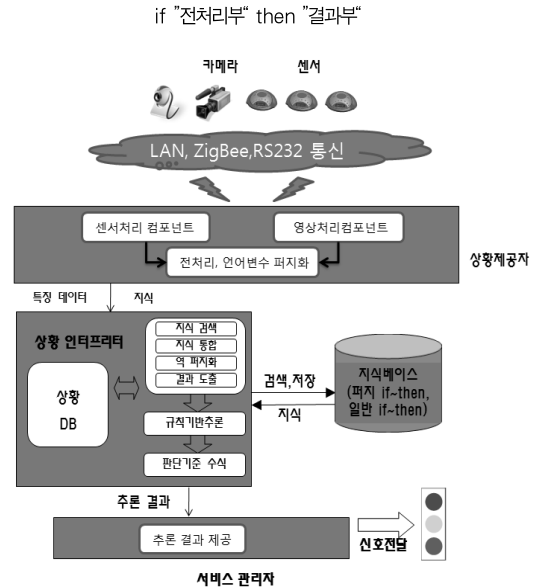


그림 1. 통합 추론시스템 구조
Fig.1. Inference System Architecture

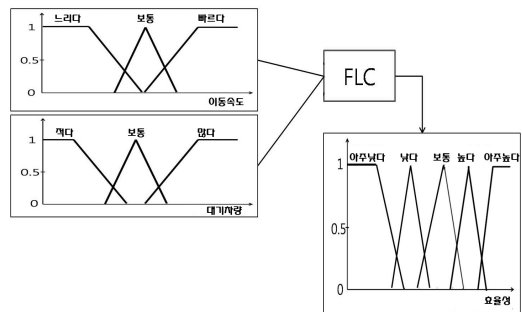


그림 2. 퍼지소속함수
Fig.2. Fuzzy Membership Function

위의 그림 1에서 전 처리부와 결과부는 원자 명제(Atomic Proposition), 합성명제(Composition Proposition) 두 가지 형태를 하고 있다. 원자 명제는 조건부와 결론부가 한 개의 명제로 구성된 것을 말하고, 합성명제는 조건부와 결론부가 명제들의 합으로 구성되어 있는 것을 말한다. 본 연구에서는 상황제공자로부터 받아들이는 상황 데이터들을 지식베이스의 규칙들과 정합과정을 수행하여 가변차선 방향의 효율성을 추론하기 위해 사용한다[1,13,14].

- Rule 1 : if (이동속도가 느리다) and (대기차량이 많다) then (효율성은 아주 낮다)
- Rule 2 : if (이동속도가 느리다) and (대기차량이 보통) then (효율성은 낮다)
- Rule 3 : if (이동속도가 느리다) and (대기차량이 적다) then (효율성은 보통)
- Rule 4 : if (이동속도가 보통) and (대기차량이 많다) then (효율성은 낮다)
- Rule 5 : if (이동속도가 보통) and (대기차량이 보통) then (효율성은 보통)
- Rule 6 : if (이동속도가 보통) and (대기차량이 적다) then (효율성은 높다)
- Rule 7 : if (이동속도가 빠르다) and (대기차량이 많다) then (효율성은 낮다)
- Rule 8 : if (이동속도가 빠르다) and (대기차량이 보통) then (효율성은 높다)
- Rule 9 : if (이동속도가 빠르다) and (대기차량이 적다) then (효율성은 아주 높다)

그림 3. 퍼지 지식베이스의 규칙들
Fig.3. Rules in Fuzzy Rule Base

차량이 교차로를 빠져나가는 속도와 교차로에서 대기하고 있는 차량의 수를 입력변수로 하여 이동 방향의 효율성을 얻기 위한 지식베이스의 예는 그림3과 같다. 본 연구에서 사용하는 퍼지추론 시스템은 퍼지 지식베이스의 규칙, 그림 2의 퍼지 소속함수와 상황데이터를 패턴 매칭하여 단위 결과를 얻어내고 모든 결과들을 통합하여 역퍼지화 과정을 거쳐 1단계 결과 값을 최종적으로 얻어낸다.

- Rule 1 : if (LTLO=0.3) and (GSLO)=0.7) and (LRL is off) and (CATL > 0.5) then (LRL is on)
- Rule 2 : if (LTLO)=0.7) and (GSLO=0.3) and (GRL is off) then (GRL is on)

그림 4. 두 번째 단계 추론 규칙들
Fig.4. Inference Rules in second step

2단계에서는 1단계에서의 퍼지추론 결과값을 그림 4 일반 규칙의 입력으로 사용 되고 규칙기반 추론을 통해 출력값을 얻게 된다.

본 연구에서 실험을 하기 위한 교차로 모델로는 그림 5와 같이 4개의 차로가 서로 만나는 일반적인 모델을 사용하였다. 그림 5와 같이 ①, ②, ③, ④의 각 지점에서 직진방향과 좌회전 방향, 즉 지점별로 2개씩 총 8개 방향을 가진다. 또한 4개의 각 지점에서 차량들은 좌회전 및 직진이 동시에 이루어지고 이동가능 시간은 지점별로 일정하다.

그림4에서 LTLO(Left Turn Lane Output), GSLO(Go Straight Lane Output) 는 각각 좌회전 차선, 직진차선의 효율성을 나타내는 변수를 나타내며, LRL(Left Reversible Lane), GRL(Go Straight Reversible Lane) 는 각각 좌회전 가변차선, 직진 가변차선의 사용여부를 나타내는 변수이다. 또한 CATL(Crowdedness After Turning Left)은 좌회전 한 후, 그 지점에서 직진 차선방향의 효율성을 나타낸다. 예를들면 위치 ①번에서 좌회전할 경우에 CATL은 ②번에서 직진하는 차선방향의 효율성을 뜻한다.

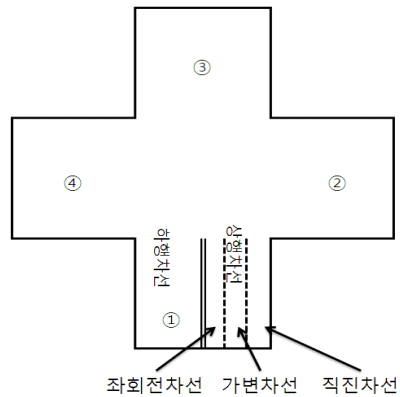


그림 5. 교차로의 차선
Fig.5. the direction of traffic flow

마지막으로 교차로 4개 지점 각각의 효율성을 고려하여 8 개 이동방향에 대해 가변차선 방향을 변경할 지를 최종 판단하기 위해 식(3)과 같은 평가기준을 제안한다. 그림 5와 같이 ①, ②, ③, ④ 4개 지점의 8개 차선방향에 대한 효율성 합을 변수 Y라고 한다면 Y는 식(1)과 같이 정의할 수 있다. i 번째 차선방향에 대한 효율성을 변수 Y_i 라고 한다면 퍼지 추론함수 f_i 를 이용하여 식(1)과 같이 Y_i 값을 계산할 수 있다.

$$Y = \sum_{i=1}^8 Y_i \quad i=1, \dots, 8 \quad (1)$$

$$Y_i = f_i(s_{i1}, s_{i2}), \quad 0 \leq f_i \leq 1$$

s_{i1} : 차량의 이동속도

s_{i2} : 대기차량

본 연구에서는 가변차선의 방향을 결정하기 위해 다음과 같은 가정을 한다. 가변차선 변경에 따른 효율성 변화량을 예측할 경우 가변차선 변경전의 이동속도 s_{i1} 과 예측 가변차선 변경속도 s_{i1}^* 은 동일하며, 교차로를 통과한 후 만나는 곳의 이동 효율성은 변화시키지 않는다고 가정한다. 따라서 가변차선 변경에 따른 이동방향의 예측 이동속도는 일정하고 대기차량의 양은 두 배로 감소하거나 증가하여 예측 효율성은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_i^* = f_i(s_{i1}, s_{i2}^*), \quad (2)$$

$$\begin{cases} s_{i2}^* = s_{i2} / 2, \text{ 이동방향으로 가변차선이 포함될 경우} \\ s_{i2}^* = s_{i2} * 2, \text{ 다른 방향으로 가변차선이 포함될 경우} \end{cases}$$

가변차선을 변경할지는 다음과 같은 평가 수식에 따라 결정된다.

$$Y_i^* + Y_{i+1}^* \geq Y_i + Y_{i+1}, \quad (3)$$

$$i = 1, 3, 5, 7$$

만약 위의 식(3)을 만족하지 않는 경우에는, 즉 가변차선을 변경하지 않으며 효율성 결과 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Y_i^* = Y_i = f_i(s_{i1}, s_{i2}),$$

$$Y_{i+1}^* = Y_{i+1} \quad (4)$$

따라서, 교차로에서의 변화되는 총 효율은 식(5)와 같으며 변화전의 총 효율보다 작을 수 없다.

$$Y^* = \sum_{i=1}^n Y_i^*, \quad i = 1, \dots, 8 \quad (5)$$

IV. 실험

본 연구에서는 교차로에서 발생하는 교통 체증 문제를 지

능적으로 인식하고 추론하는 3단계 하이브리드 지능형 추론 알고리즘을 Matlab 프로그램을 이용하여 1단계, 2단계 실험하였다. 첫 번째 단계 실험을 위해 matlab의 “퍼지 논리 제어기 (FLC)”를 사용하였다. 퍼지 논리 제어기는 퍼지 추론시스템 (Fuzzy Inference System) 편집기, 규칙 편집기(Rule Editor), 소속함수 편집기(Membership Function Editor), 규칙 뷰어 (Rule Viewer), 그리고 3차원 뷰어의 5개의 화면으로 구성된다. 그림 6은 퍼지 추론을 수행하기 위한 메인화면으로 퍼지 추론시스템 편집기를 나타내고 그림 7은 이동방향의 효율성을 설명하는 요인별 소속함수 편집기로 소속함수 곡선을 나타낸다. 그림 8은 규칙 편집기를 나타내며 그림 9는 입력값과 출력 값을 얻기 위한 프로그램 화면을 보여준다.

교차로에서 차량이 이동하는 방향으로 효율성을 판단하기 위한 과정으로 세부 3단계로 나누어진다. 입력과 출력에 대한 소속함수 설정, 추론을 위한 퍼지 if~then 규칙 설정, 각 퍼지 규칙에 따른 추론 즉 순방향 추론, 각 퍼지 규칙에 대해 얻은 추론결과를 통합하고 역퍼지화하여 첫 번째 단계의 결과를 얻는다. 차량의 이동속도는 그림 3과 그림 8과 같이 각각 ‘느리다’, ‘보통’, ‘빠르다’로 하고, 대기차량은 ‘많다’, ‘보통’, ‘적다’로 하며, 이동방향의 효율성은 ‘아주 낮다’, ‘낮다’, ‘보통’, ‘높다’, ‘아주 높다’의 소속함수로 하여 실험하였다.

본 실험에서는 상황제공자로부터 얻은 대기차량의 모수는 각 차선에 대기하고 있는 차량의 수가 0일때 0으로 10대 일 때 1로 정규화 하였고, 이동속도는 속도가 0 km/h 일 때 0으로 100 km/h 일 때를 1로 정규화하여 표현하였다. 대기차량이 ‘적다’에 대한 소속함수는 모수를 -0.1, 0, 0.1, 0.4로 설정하였고, ‘보통’에 대한 소속함수는 0.3, 0.5, 0.7로 하였으며, ‘많다’는 0.6, 0.9, 1, 1.1로 설정 하였다. 이동속도가 ‘느리다’에 대한 소속함수는 -0.1, 0, 0.1, 0.4, ‘보통’에 대한 소속함수는 0.3, 0.5, 0.7, 그리고 ‘빠르다’에 대한 소속함수는 0.6, 0.9, 1, 1.1로 설정 하였다. 마지막으로 효율성이 ‘아주 낮다’에 대한 소속함수는 -0.1, 0, 0.1, 0.25, ‘낮다’는 0.15, 0.3, 0.45, ‘보통’은 0.35, 0.5, 0.7, ‘높다’는 0.55, 0.7, 0.85, ‘아주 높다’는 0.75, 0.85, 1, 1.1로 설정하였다.

퍼지 규칙 설정은 그림 8과 같이 Matlab의 Rule Editor에 설정하였다. 본 실험에서는 총 9개의 규칙을 만들었으며, 효율성이 ‘아주 낮다’에 대한 규칙은 1개, ‘낮다’에 대한 규칙은 3개, ‘보통’에 대한 규칙은 2개, ‘높다’에 대한 규칙은 1개, 그리고 ‘아주 높다’에 대한 규칙은 1개로 하였다. 그림 5 ①번 위치에서 좌회전으로 이동하는 차량의 정규화된 측정 속도 값을 0.3, 대기차량의 값을 0.7로 하면 그림 9와 같이 설정된 9개의 규칙에 맞게 효율성 곡선이 잘라진다(Clipping). 이러한 영역들을

통합(Aggregation) 하고 역퍼지화 과정을 거쳐 효율성은 0.11을 얻었다. 똑 같은 방법으로 직진 차선에 대해서 이동속도 0.7, 대기 차량의 값을 0.2로 하여 효율성은 0.886을 얻었다.

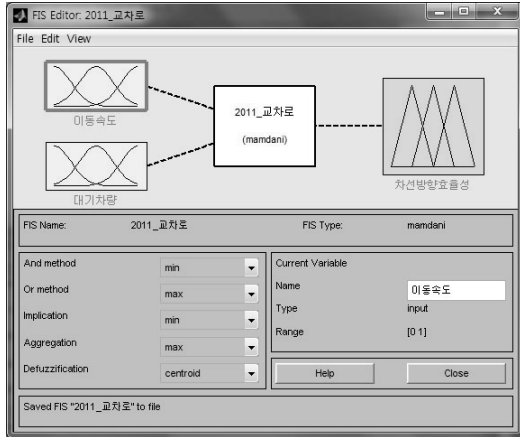


그림 6. 퍼지 추론 시스템 편집기
Fig.6. Editor of Fuzzy Inference system

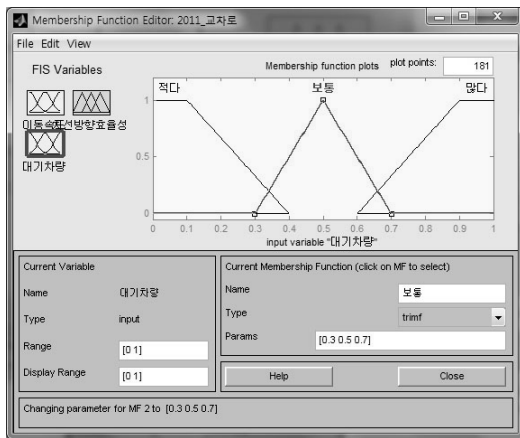


그림 7. 소속함수 곡선 편집기 화면
Fig.7. Experimental Editor of Membership Function

두 번째 단계 실험은 일반 규칙 기반 추론 방식으로 그림 4의 규칙을 사용한다. 첫 번째 단계에서 얻은 추론 결과값을 입력으로 하여 가변차선의 이동방향을 잠정적으로 결정한다. 두 번째 단계 실험을 하기 위해서는 그림 4의 규칙들처럼 여러개의 변수 값이 입력으로 주어져야 한다. ①번 위치에서 좌회전하는 차선방향의 효율성을 판단하기 위해 앞선 실험에서 LTLO=0.3, GSLO=0.886값을 얻었다. 그리고 ①번 위치에서 좌회전 방향에 대한 CATL, 즉 ①번 위치에서 좌회전 한 후

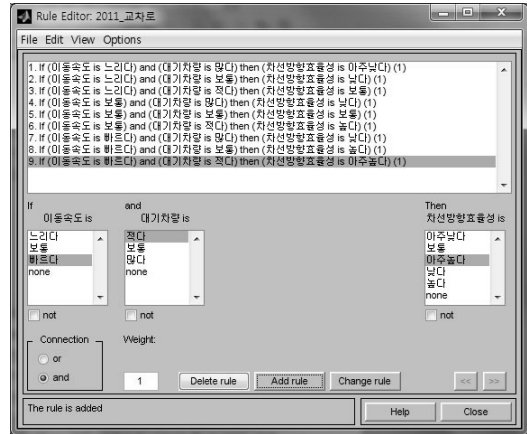


그림 8. 효율성 추론 규칙
Fig.8. Inference Rule of efficiency

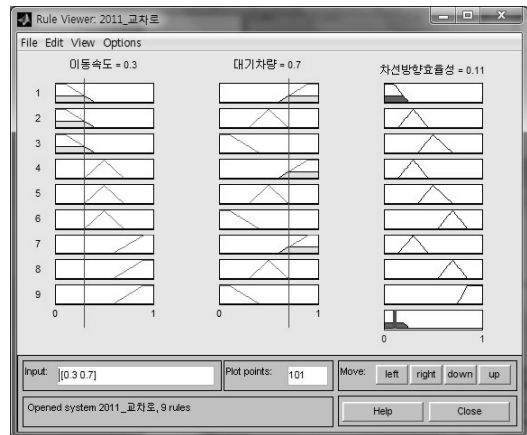


그림 9. 차선방향 효율성을 추론하는 규칙 뷰어
Fig.9. Rule Viewer of Inferencing the Result of efficiency

만나는 ②번 위치에서 직진 방향의 효율성은 ②번 위치에서 직진하는 차량들의 이동속도 0.5, 대기차량 0.5일 경우에 효율성은 0.517의 값을 얻을 수 있다. ①번 위치에서 가변 차선 변수 LRL이 off로 설정이 되어 있다면 그림 4의 규칙 1을 만족한다. 따라서 ①번 위치 좌회전 방향의 가변차선은 잠정적으로 변경이 필요하다.

마지막으로 교차로 4개 지점 각각의 효율성을 고려하여 8개 이동방향에 대해 가변차선 방향을 변경할 지를 최종 판단한다. 본 실험에서는 ①번 지점을 실험대상으로 하였다. Y_1 을 ①번 지점에서 좌회전하는 차량들의 효율성, Y_2 는 직진하는 차량들의 효율성이라고 하면 다음과 같이 식(3) 조건을 만족하므로 가변차선의 변경이 필요하다. 이때 $Y1^*=0.6$ 을 얻

기 위해 사용된 이동속도와 대기차량의 값은 각각 0.3, 0.35 이고 $Y_2^* = 0.7$ 을 얻기 위해 사용된 이동속도와 대기차량의 값은 각각 0.7, 0.4이다. Y_1 과 Y_2 에서 사용된 이동속도는 동일 하지만 대기차량의 값은 식(2)에서와 같이 각각 반으로 줄거나 배가 되었다.

$$Y_1 + Y_2 = 0.11 + 0.89 = 1.0$$

$$Y_1^* + Y_2^* = 0.6 + 0.7 = 1.3$$

$$Y_1^* + Y_2^* \geq Y_1 + Y_2$$

①번 위치에서 가변 차선을 변경하면 전체 효율성은 0.3증가하고 평균은 $0.3/8 = 0.0375$ 으로 3.75%증가함을 알 수 있다.

$$Y = \left(Y_1 + Y_2 + \sum_{i=3}^8 Y_i \right) = \left(0.11 + 0.89 + \sum_{i=3}^8 Y_i \right)$$

$$Y^* = \left(Y_1^* + Y_2^* + \sum_{i=3}^8 Y_i \right) = \left(0.6 + 0.7 + \sum_{i=3}^8 Y_i \right)$$

$$Y^* - Y = \left(Y_1^* + Y_2^* - (Y_1 + Y_2) \right) = (1.3 - 1.0) = 0.3$$

표 1. 4개 지점에 대한 차선방향 효율성
Table 1. The Efficiency of Moving Direction

지점 차선방향		①	②	③	④
변경 전	좌회전	Y1=0.11 (0.3 0.7)	Y3=0.52 (0.5 0.4)	Y5=0.09 (0.2 0.8)	Y7=0.7 (0.5 0.2)
	직진	Y2=0.89 (0.7 0.2)	Y4=0.52 (0.4 0.6)	Y6=0.7 (0.6 0.3)	Y8=0.09 (0.1 0.9)
변경 후	좌회전	Y1*=0.6 (0.3 0.35)	Y3*=0.3 (0.5 0.8)	Y5*=0.3 (0.2 0.4)	Y7*=0.52 (0.5 0.4)
	직진	Y2*=0.7 (0.7 0.4)	Y4*=0.7 (0.4 0.3)	Y6*=0.52 (0.6 0.6)	Y8*=0.3 (0.1 0.45)

4개 지점에 대한 차선방향의 효율성을 정리하면 표 1과 같다. 입력으로 사용하는 이동속도와 대기차량의 값은 차선방향의 효율성 정도 아래 괄호 안에 표시하였다. 본 실험에서는 ①번, ②번, ③번, ④번 지점 각각의 가변차선 방향은 직진, 직진, 직진, 좌회전으로 하였다. ③번 지점의 CATL이 0.5보다 '작다'라고 하자. 그러면 그림 4의 규칙에 의해 ④번 지점만이 변경가능 후보가 되며 식(4)에 의해 ④번 지점의 가변차선은 직진으로 변경이 필요하다.

V. 결론

교통 체증 문제를 지능적으로 서비스하기 위한 지능형 추론 시스템을 만들기 위한 3단계 하이브리드 추론 시스템을 제안하였다. 첫 번째는 차량 이동방향의 효율성을 판단하는 퍼지추론 방법, 두 번째는 이동방향으로 가변차로를 변경할 지에 대한 잠정 판단 기준을 제시하며, 마지막으로 잠정판단을 최종 결정하기 위한 판단기준을 제시하였다. 첫 번째 단계는 이동방향의 효율성을 판단하기 위한 퍼지 규칙으로 지식베이스를 만들고, 그 지식베이스와 상황데이터를 패턴 매칭하여 이동방향의 효율성 정도를 얻었다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 얻은 이동방향의 효율성을 규칙기반 추론방식을 이용하여 가변차로의 변경여부를 잠정 판단하였고, 마지막으로 좌회전 및 직진방향으로 가변차선의 방향을 바꿀지를 최종 판단하기 위한 판단기준을 제시하였다. 교차로에서 운영되고 있는 가변차로 운영 시스템의 효율성을 정량적으로 평가하기 위해 3단계로 실험을 하였다. 또한, 전체 교차로에서 차선의 변화 효율을 평가하기 위한 현실적인 방법을 제안하였다.

향후에는 차량들의 다양한 이동방향을 고려한 가변차로의 효율적인 교통 통제 시스템 및 여러 교차로를 통합하여 효율성을 확인할 수 있는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] H. C. Kwon, and J. S. Yoo, "Fuzzy Inference System Architecture for Customer Satisfaction Service", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 1, pp. 219-226, Jan. 2010.
- [2] W. Brian, and L. Laurence, "Reversible Lane Systems: Synthesis of Practice", Journal of Transportation Engineering, Vol. 132, No. 12, pp. 933-944, Dec. 1, 2006.
- [3] B. Wolshon, and L. Lambert, 2004. "Convertible lanes and roadways." National Cooperative Highway Research Program, Synthesis No. 340, Feb. 2005.
- [4] J. Upchurcl, "Reversible Flow on a Six Lane Urban Arterial", Traffic Engineering, Vol. 45, No. 12, pp. 11-14, Jun 9, 1976.
- [5] R. A. Ribeiro, "Fuzzy Space Monitoring and Fault Detection Applications", Decision Systems, Vol. 15, No. 2-3, pp. 267-286, 2006.

- [6] M. B. Celik, and R. Bayir, "Fault detection in internal combustion engines using fuzzy logic". *Automobile Engineering*, Vol. 221, pp. 579-587, 2007.
- [7] A. Golub, "Perceived Costs and Benefits of Reversible Lanes in Phoenix, Arizona", *ITE journal*, pp.38-42, 2012
- [8] T. J. Cova, J. P. Johnson, "A network flow model for lane-based evacuation routing", *Transportation Research Part A* 37, pp. 579-604, 2003
- [9] H. C. Kwon, and J. S. Yoo, "Hybrid Intelligent Inference Architecture for Customer Satisfaction in Parking Control System", *Journal of The Korea Management Engineers Society*, Vol. 14, No. 1, pp. 169-177, Mar. 2009.
- [10] M. Roman, H. Christopher, C. Renato, R. Anand, H. C. Roy, and N. Klara, "Gaia : A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces", In *IEEE Pervasive Computing*. Vol. 10, No. 12, pp. 74-83, 2002.
- [11] S. Shobhit, and M. M. Syed, "An intelligent Architecture for Metropolitan Area Parking Control and Toll Collection", *Intelligent Vehicles Symposium, Proceeding, IEEE*, pp. 723-728, Jun. 2005.
- [12] Z.Q. Liu, and F. Yan, "Fuzzy Neural Network in Case-Based Diagnostic System", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 209-222, May. 1997.
- [13] Y. T. Doh, I. G. Kim, J. W. Kim, and C. H. Park, "*Artificial Intelligence Computer and Application*", Scitech Media , 2009.
- [14] G. H. Lee, and G. L. Oh, "Fuzzy", Hongrung Publishing, 1991.

저 자 소 개



권 희 철

1979 : 한양대학교 공학사

1982 : 한양대학교 공학석사

1990 : 한양대학교 공학박사

1982 - 현 재 :

경원대학교 산업경영공학과 교수

관심분야: DBMS, IT서비스, ERP 응용

Email : somy@gachon.ac.kr



유 정 상

1982 : 한양대학교 공학사

1984 : 한양대학교 공학석사

1993 : 한양대학교 공학박사

1996 - 현 재 :

경원대학교 산업경영공학과 부교수

관심분야: 인공지능, 시뮬레이션, 기술경영

Email : jsyou@gachon.ac.kr