■ 論 文 ■

Fuzzy Logic을 적용한 간선도로 상의 교통감응 신호제어

Development of the Traffic Actuation Signal Control System Based on Fuzzy Logic on an Arterial Street

진 선 미 (교통개발연구원 연구원)
김 성 호 (한양대학교 교통시스템공학과 부교수)
도 철 웅 (한양대학교 교통시스템공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 방법
Ⅱ. 관련연구 및 이론 고찰
1. 관련연구의 고찰
2. 이론적 고찰
Ⅲ. Fuzzy Logic을 적용한 교통감응 신호제어
1. 간선도로의 제어 전략
2. Fuzzy Logic Algorithm
3. 간선도로에서의 연속진행
Ⅳ. Fuzzy Logic 교통감응 신호제어의 적용
1. 실험 내용 및 방법
2. 실험 결과 분석
Ⅴ. 결론 및 추후 연구과제
참고문헌
부록

Key Words : Progression, Offset, Fuzzy Logic, TRAF-NETSIM, Traffic Responsive Control System, Traffic Actuation Control System

요 약

교차로의 신호시간 계획이나 간선도로 축의 제어에 있어서 가장 대표적인 문제는 수시로 변화하는 교통상황이다. 또한 이러한 변화로 인해 정확한 교통 데이터를 얻기 힘들고, 그에 대한 분석 또한 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이러한 불명확한 교통데이터를 이용하여 교차로 및 간선도로의 제어를 하기 위해, 인간의 사고와 유사한 추론이 가능하다고 판단되는 Fuzzy Logic을 적용함으로써 불명확한 상황에 대하여 수학적인 함수로 표현되지는 않지만 언어적인(Linguistic) 제어가 가능하도록 하여, 기존의 교통제어 방법보다 교통상황에 민감하게 대처할 수 있는 새로운 제어전략을 제시하였다.

본 연구는 "영상검지기를 이용한 실시간 교통신호 감응제어(김성호, 1996)"의 독립교차로의 신호 제어 부분을 기초로 하여 간선도로 상의 연속진행 제어에 대한 전략을 제안하고, 그 효과를 기존의 제어 방법에 의한 효과와 비교·분석하였다. 또한 각 제어 방법에 대한 분석을 위하여, 교통 시뮬레이션 소프트웨어인 TRAF-NETSIM을 이용하여 각각의 효과를 비교하였다.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

간선도로 제어는 간선도로를 이용하는 교통류에 대한 연속진행을 위한 목적으로 행한다. 간선도로의 한 교차로에서 방출된 차량군이 그 다음 교차로의 녹색신호 시작 순간에 도착하여 적색신호 이전에 통과를 완료하게 하되 차량군이 분산되지 않도록 인접 교차로의 신호시간을 조절하여야 한다. 이렇게 함으로써 간선도로의 교통류에 대한 연속진행을 행하였을 때 지체를 줄일 수 있다.[1] 이와 같은 간선도로의 연속진행시, 시간에 따른 교통량의 변화는 신호시간 계획에서 발생하는 대표적인 문제점 중에 하나이다. 이에 대한 방법으로 TOD 방식(Time of Day mode)과 교통대응 제어시스템(Traffic Responsive Control System)을 사용하고 있다. 이 두 가지 방법 중에서 짧은 시간동안의 교통량을 검지기로 측정하여 이에 따라 자동적으로 신호시간이 조정되는 교통대응 제어시스템이 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 교통대응 제어시스템에 인간의 사고와 가장 유사한 추론이 가능하다고 판단되는 Fuzzy Logic을 적용하여 간선도로 연속진행을 효율적으로 운영하고자 한다. Fuzzy Logic Controller(FLC)는 인간의 일상적인 언어에 대한 적용이 가능하고(Linguistic) 불명확한 교통 데이터에 대한 처리가 가능하여, 수시로 변화하는 교통상황에 민감하게 대처하도록 신호시간을 계획함에 있어서 유용하다. 따라서 본 연구에서는 Fuzzy Logic을 교통감응 신호제어의 원리에 적용하여 간선도로 상의 연속진행을 시행하고, 그 결과를 분석하고자 한다.

2. 연구의 방법

본 연구는 "영상검지기를 이용한 실시간 교통신호 감응제어(김성호, 1996)[4]"의 독립교차로의 신호 제어 부분을 기초로 하여 간선도로 상의 연속진행 제어에 대한 전략을 제안하고, 그 효과를 기존의 제어 방법에 의한 효과와 비교·분석해 보고자 한다. 또한 각 제어 방법에 대한 분석을 위하여, TRAF-NETSIM을 이용하여 각각의 효과를 비교하고자 한다.

Ⅱ. 관련연구 및 이론 고찰

1. 관련연구의 고찰

Fuzzy Logic을 적용한 신호제어에 대한 기존의 연구 내용을 살펴보면 〈표 1〉과 같이 정리될 수 있다.

Pappis & Mamdani[13]이 최초로 Fuzzy Logic을 신호제어에 사용하였는데, 이는 두 개의 일방통행 도로가 교차하는 형태의 가장 간단한 교차로에 대한 제어로 회전 이동류를 고려하고 있지 않아서 실제의 복잡한 교차로에 적용하는데 무리가 있다. 이후에도 Jamshidi, Gomide[15] 등에 의해서도 많은 연구가 있었으나, 대부분이 독립교차로의 신호제어를 대상으로 연구되어 있다.

〈표 1〉 기존 연구 사례 및 비교

연구 년도	대상 / 연구자	보호 좌회전	비보호 좌회전	일방 통행	양방 통행	횡단 보도	독립 교차로	NETWORK	연속 진행
1977	Pappis	×	×	◎	×	×	◎	×	×
	Jamshidi	×	×	◎	×	×	◎	×	×
1984	Nakatsuyama	×	×	◎	×	-	◎	×	◎
1992	Gomide	×	×	×	◎	×	◎	×	×
1993	진현수	×	×	◎	×	-	◎	×	×
1994	Hoyer	×	◎	×	◎	◎	◎	×	×
1994	홍윤광	◎	×	×	◎	×	◎	×	×
1995	이지형	◎	×	×	◎	×	◎	×	×
1996	진현수	◎	×	×	◎	-	×	◎	◎
1996	홍유식	◎	×	×	◎	-	◎	◎	◎
1996	김성호	×	◎	×	◎	-	◎	◎	×

도로체계 내에서의 원활한 교통소통을 위해서 개개의 교차로를 독립적으로 처리하는 것만으로는 불충분하다. 즉, 인접한 각 교차로와 어떤 형태로든지 연동되지 않고는 연속적이며 원활한 교통류의 이동은 불가능하다(1). 따라서 효율적인 신호체계운영을 위하여 간선도로의 연속진행을 고려하여야 한다.

Fuzzy Logic을 적용한 기존의 연구들 중에서, Nakatsuyama[14], 진현수[9], 홍유식[8]은 간선도로상의 연속진행을 고려한 연구를 하였다. 그러나 Nakatsuyama[14]는 교차로의 기하구조나 교차로 운영 등을 간단하게 가정하였기 때문에 실제 교차로에 대한 적용이 불가능하다. 또한 진현수[9]와 홍유식[8]은 이전 주기에 통과하지 못한 cycle failure와 상류 교차로에서 회전하여 유입되는 차량들, Mid-block의 유입차량들 등에 의해 간선도로의 각 링크에서 발생하는 Queue에 대한 부분을 고려하고 있지 않다.

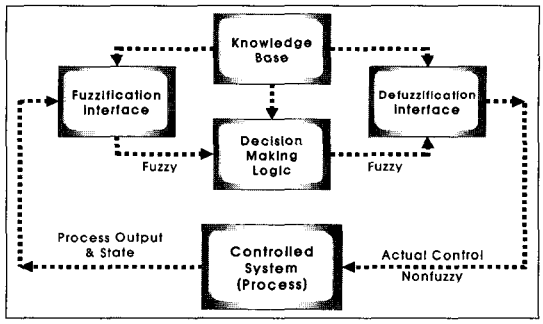
따라서 본 논문에서는 여러 가지 이유에 의해 발생한 Queue 중, 상류 교차로에서 회전하여 유입되는 차량들에 의해 발생하는 Queue(대기행렬)를 고려할 수 있는 방법으로 Flared Signal Pattern[14]를 사용하고자 한다. 이는 상류 교차로에서 유입되는 직진 차량들이 정지하지 않고 현 교차로를 통과하기 위해서 이미 정지선 이후에 대기해 있는 차량들이 먼저 유출될 수 있도록 Offset의 길이를 Queue에 의해서 조정하는 방법이다. 이 방법에 대해서는 다음 장에서 자세히 언급하고자 한다.

2. 이론적 고찰

1) Fuzzy Logic Controller(FLC)[2]

최근 인간과 비슷하게 생각하고, 일하는 컴퓨터를 만들고자 하는 인공지능 연구가 활발하게 진행되고 있다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 애매한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적 바탕을 제공하는 것이 바로 퍼지이론(Fuzzy theory)이다. 즉, 퍼지이론은 현상의 불확실한 상태를 그대로 표현해 주는 방법으로 1965년 미국 버클리 대학의 자데(Lofti A. Zadeh)교수에 의해서 처음 소개되었다.

퍼지제어(Fuzzy Control)는 Mamdani에 의해 모형 증기기관의 제어에서 처음 도입되었는데, 이는 Zadeh의 이론적인 연구가 바탕이 되었다. 그 이후 최근까지 퍼지제어는 산업계에 널리 응용되어 왔다.



〈그림 1〉 FLC의 기본 구성 요소

퍼지제어는 퍼지논리(Fuzzy Logic)에 기초를 두고 있다. 퍼지논리는 기존 논리 체계보다 인간의 사고나 자연어(언어)의 특성과 많은 유사성을 가지고 있어, 실세계의 근사적이고 불확실한 현상을 기술하는데 효과적으로 이용될 수 있다. 일반적으로 Fuzzy Logic Con -troller(FLC)는 시스템의 특성이 복잡하여 기존의 정량적인 방법으로 해석할 수 없거나, 얻어지는 정보가 정성적이고, 부정확하고, 불확실한 경우에 기존 제어기들보다 우수한 제어결과를 나타낸다. Fuzzy Logic Controller(FLC)는 〈그림 1〉과 같이 4가지 요소들로 구성되어 있는데 각각의 기능은 다음과 같다.

Fuzzification Interface(퍼지화 도입부)

이 과정은 제어대상 시스템에서 입력변수의 값(Crisp Numerical Data)을 측정하여, 명확한 값으로 된 측정한 값을 적절한 퍼지값으로 변환시킨다(fuzzification). 언어적인 값은 일반적으로 입력부 전체집합 내에서 정의된 퍼지집합(Fuzzy Set)의 이름을 사용한다.

Knowledge Base(지식베이스)

지식베이스(Knowledge base)에는 제어대상에 대한 지식과 제어목적이 기술된다. 이는 구체적으로 Data base와 Rule base(linguistic control rule base)로 구성된다. Data base는 FLC의 언어적 제어 Rule들과 퍼지데이터 조작을 정의하는데 필요한 사항들을 제공한다. 또한 Rule base는 제어목적과 제어대상에 대한 전문가의 제어전략을 언어적인 Rule("if-then")들로 나타낸다.

Decision Making Logic(의사결정논리부)

이 과정은 FLC의 실행부이다. 이는 퍼지관계(Fuzzy Relation)와 퍼지논리(Fuzzy Logic)의 추론규칙을 도입하여 인간의 의사결정방식을 묘사하여, 퍼지제어기의 입력값을 구해주는 기능을 한다.

Defuzzification Interface(비퍼지화부)

비퍼지화는 추론에 의한 출력 퍼지값을 제어 대상에 적용하기 위해서 명확한 값으로 바꾸어 준다. 의사결정논리부에서 추론된 결과가 퍼지집합으로 나오기 때문에 이를 직접 제어 입력으로 사용할 수가 없다. 따라서 제어 입력으로 사용하기 위해서는 추론된 퍼지 출력을 대표할 수 있는 적전한 값으로 선택하여야 한다.

3) Flared Signal Pattern(Reverse Progression)[10]

간선도로의 포화상태는 일정 기간동안 간선도로 상의 한 부분 또는 한 교차점에서 수요가 용량을 초과함으로써 발생한다. 이러한 상태는 해당 교차로의 긴 대기행렬로 인하여 다른 교차로에도 영향을 미친다. 이때, 녹색신호에 의한 통행우선권의 의미가 상실되고, 교통은 혼잡상태(jam condition)가 된다.

이러한 혼잡상태를 해결하기 위한 방법으로는 일부 교차로만 포화시키는 방법과 광범위하게 포화시켜서 처리하는 방법이 있다. 일부 교차로만 포화시켜서 처리하는 방법은, 전체 시스템에서 거의 일상적으로 포화상태가 반복되는 주요교차로(CI, Critical Intersection)를 선정하여 독립교차로로 운영하고, 나머지 교차로에 대해서는 하나의 시스템으로 운영한다. 이 방법의 제어원리는 상류교차로로부터의 차량이 주요교차로의 접근로에서 대기하고 있는 행렬의 끝부분에 도달하기 이전에 그 대기행렬을 방출시키도록 주요교차로의 신호를 상류교차로의 신호시간과 맞추는 방식이다.

또 다른 방법은 전체 시스템을 광범위하게 포화시켜서 처리하는 것이다. 이는 연속진행을 하는 방향의 진행대폭을 최대화하거나, 시스템 전체의 지체나 정지수와 같은 Performance Index를 최소화하여 문제를 해결하는 방법이다. 이 방법은 하류 교차로에서 대기하고 있는 차량들이 우선 통과한 후, 상류부의 차량들이 하류 교차로를 향하여 진입할 수 있도록 하류 교차로의 Offset을 접근로 상의 누적 대기차량의 길이에 의해 조정한다(Reverse Progression). 즉, 누적 대기차량이 통과하는데 소요되는 시간만큼 하류부의 녹색시간을 미리 주는 방법이다.

따라서 Reverse Progression Signal에서 하류 교차로의 Offset 길이는 각 교차로별 연동속도에 의한 통행시간과 하류 교차로의 접근로에 대기하고 있는 차량이 소거되는 필요한 시간에 의해 결정된다. 또한 이에 대한 시공도는 하류부로 갈수록 진행대폭이 넓어지는 형태가 된다.

4) Fuzzy Logic Control의 적용(TRAF-NETSIM)[10]

TRAF-NETSIM은 도시 교통을 미시적으로 묘사한 interval-based 시뮬레이션 소프트웨어(a microscopic stochastic simulation model of urban traffic)이다. 이는 1970년대 초 개발된 UTCS-1(Urban Traffic Control System)의 확장모형으로, 1980년에 미국 FHWA에서 개발한 TRAF 모형 중 하나이다. NETSIM은 interval-based로 운영되기 때문에, 모형 내의 각 차량들은 매 interval(초)마다 움직이는 각각의 개체로 인식되고, 교통제어(Traffic signals) 또한 매 사상(Event), 매 interval(초)마다 Update 된다. 각 차량들은 자가용, 버스, 트럭, 카풀의 4가지 종류로 구분되고, 이는 다시 차량마다의 특성에 따라 16가지로 구분된다. 또한 운전자 운전 성향(소극적, 공격적 성향)에 대한 구분도 가능하다. NETSIM은 운전자의 운전 성향, 회전 이동류, 자유속도, queue discharge headway와 그 이외의 다른 속성들을 확률적으로 지정한다.

TRAF-NETSIM은 비신호 교차로에서의 표지판에 의한 제어, 고정시간 신호제어기, 교통감응 신호제어기를 모두 시뮬레이션 할 수 있고, 버스 운영에 대한 분석도 가능하다. TRAF-NETSIM에서의 결과물(output)에는 속도, 교통량, 밀도, 지체, spillback, queue, 회전이동류, 연료 소모와 배기가스 배출량(fuel consumption and emissions) 등에 대한 정보가 포함된다.

본 논문은 Fuzzy Logic을 적용한 신호제어기의 운영 효과와 기존의 신호제어기에 의한 운영 효과를 비교하기 위하여, TRAF-NETSIM을 사용하고자 한다. 따라서 우선 Fortran을 이용하여 Fuzzy Logic Algorithm을 구현하였으며, 본 연구에서 구현된 Algorithm에 의해 도출된 Fuzzy Value(Duration)을 TRAF-NETSIM의 신호부분에 적용하기 위해서 구현된 Algorithm과 TRAF-NETSIM의 interface도 역시 Fortran을 사용하고 구현하였다.

Ⅲ. Fuzzy Logic을 적용한 교통감응 신호제어

1. 간선도로의 제어 전략

간선도로를 광범위하게 제어하기 위해서, 간선도로의 전체 시스템을 제어하는 주요 교차로(Critical Intersection)를 선정하고, 주요 교차로의 신호 계획을 위주로 전체 시스템을 제어하도록 한다. 따라서 전체 시스템을 제어하는 주요 교차로의 제어기(주제어기, Master Controller)에 Fuzzy Logic Algorithm을 적용하였다.

간선도로의 효율적인 연속진행을 위해서 Flared Signal Pattern 개념(Reverse Progression)을 사용하고자 한다. 따라서 각 교차로에서의 Offset은 하류 교차로의 연속진행방향 접근로에서 적색신호동안 발생한 Queue 길이를 변수로 하는 Fuzzy Logic에 의해서 산정하도록 하였다. 이는 상류 교차로에서 하류 교차로로 진입하는 교통량이 하류 교차로에 도착하기 이전에 하류 교차로의 접근로에 발생한 Queue를 소거하도록 함으로써, 주요 교차로의 녹색시간이 간선도로의 진행대폭으로 유지될 수 있도록 하고, 간선도로 상의 대부분의 교차로에서 정지나 지체를 최소화하도록 하기 위한 것이다. 또한 간선도로 연속진행의 효율을 증가시키기 위하여, 모든 교차로의 주기는 주요 교차로의 주기와 동일한 공통주기를 사용하고, 현시 또한 모든 교차로에서 동일한 현시를 사용하도록 하였다.

2. Fuzzy Logic Algorithm

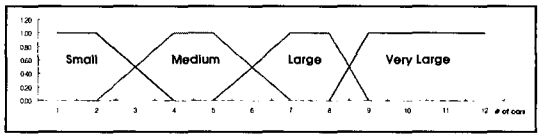
1) 기본 가정 및 변수 선정

주 제어기에 Fuzzy Logic을 적용하기 위하여, 다음과 같은 가정을 하였다. 주요 교차로의 현시는 간선도로 방향에 대해서는 선행 및 후행 보호좌회전(lead and lag left turns protected) overlap 현시를 사용하고, 부도로 방향에 대해서는 좌회전과 직진 동시신호를 사용하였다. Fuzzy Logic에 대한 입력 변수로는 주요 교차로의 적색시간과 각 intervention간의 시간동안 누적되는 간선도로의 연속진행방향 직진 도착 차량수(S.THRU)와 좌회전 도착 차량수(S.LEFT), 부도로의 중방향 직진 도착 차량수(C.THRU)와 좌회전 도착 차량수(C.LEFT)를 사용하였다. 또한 Fuzzy Logic Algorithm에 의한 출력변수로는 녹색시간에 대한 단위 연장(Extension, 0~10초)을 사용하였다.

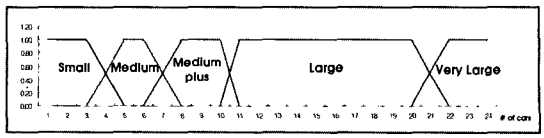
Fuzzy Logic Algorithm에 사용하는 변수들에 대한 Fuzzy Set이나 적용 Fuzzy Rule들은 전문가들의 많은 경험에 의해 얻어진(Heuristic) 정보나 지식들을 통하여 정의된다. 따라서 본 논문에서는 모든 변수들에 대하여, "영상검지기를 이용한 실시간 교통신호 감응제어(김성호, 1996)[4]"에서 적용하였던 Fuzzy Set과 Fuzzy Rule, Fuzzy Membership Function을 적용하고자 한다(Fuzzy Rule은 뒤의 부록 참고). 따라서 지정한 각 변수에 대한 Fuzzy Set과 Fuzzy Membership Function을 그래프로 나타내면 〈그림 2〉~〈그림 4〉와 같다. 또한 〈표 2〉는 출력변수인 녹색시간의 단위연장에 대한 Fuzzy Set과 Defuzzification Value(Crisp Value)를 나타낸다. 출력변수에 대한 비퍼지화 방법으로는 가장 간단한 Singleton 방법을 사용하였다. 〈그림 2〉~〈그림 4〉에 의해서 표현되지 않는 "less()"(이하, less or equal than, le)나 "more ()"(초과, more than, mt)에 대한 Fuzzy Set의 연산은 다음의 식에 의해서 계산할 수 있다. 또한, Fuzzy Set에 대한 연산 중 "ANY"는 전체집합과 같은 개념으로 그 membership 값이 "1"인 경우를 말한다.

$$\mu_{\le()}(x_i)=\begin{cases}0 & \text{for } x_i > x_0\\ 1-\mu_{()}(x_i) & \text{for } x_i \le x_0\end{cases}$$

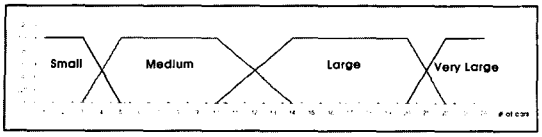
$$\mu_{mt()}(x_i)=\begin{cases}0 & \text{for } x_i \le x_0\\ 1-\mu_{()}(x_i) & \text{for } x_i > x_0\end{cases}$$



〈그림 2〉 간선도로/부도로의 좌회전 이동류에 대한 Fuzzy Set



〈그림 3〉 간선도로의 연속진행방향 직진 이동류에 대한 Fuzzy Set



〈그림 4〉 부도로의 중방향 직진 이동류에 대한 Fuzzy Set

〈표 2〉 출력변수(단위연장)에 대한 Fuzzy Set

LABEL		DURATION(secs)
"SHORT"	→	3
"SHORT PLUS"	→	5
"MEDIUM"	→	7
"LONG"	→	10

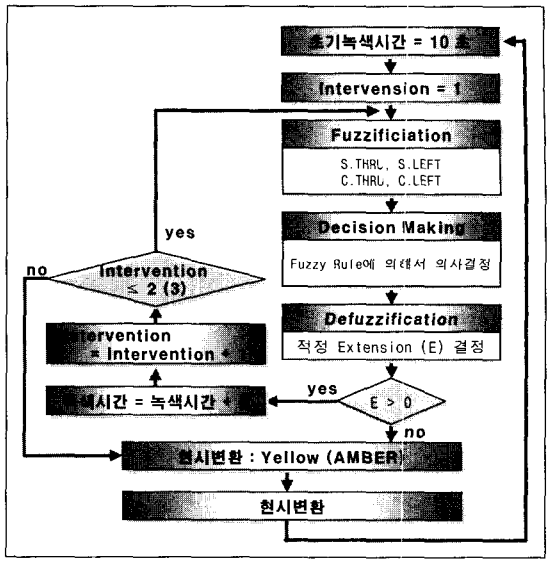
2) 주 제어기에 대한 Fuzzy Logic Algorithm

주 제어기에 대한 Fuzzy Algorithm은 각 현시의 끝에서 현재의 교통상황을 평가하여 녹색시간의 연장 유무와 연장 시 그 단위연장의 길이를 결정하기 위해 사용된다. 이러한 녹색시간 연장 유무를 결정하는 것을 intervention이라고 한다. 간선도로 상의 연속진행방향에 대한 현시로 선행 및 후행 좌회전 overlap 현시를 사용하고 있으므로, 직진 및 좌회전 동시신호인 경우와 직진신호인 경우에 대하여 각각 다른 Algorithm을 사용하여야 한다.

우선 좌회전 및 직진 동시신호인 경우, 초기녹색시간은 10초로 하고, 한 현시당 intervention은 최대 2번까지 가능하다. 각 intervention에서의 단위연장의 길이는 0~10초로, 이는 현재 주요 교차로의 각 접근로에 대한 직진 및 좌회전 도착 교통량에 의한 Fuzzy Set과 Fuzzy Rule에 의해서 결정된다(Decision Making Logic). 따라서 매 주기마다 간선도로의 연속진행방향에 대한 좌회전 및 직진 현시의 최소녹색시간은 10초, 최대녹색시간은 30초가 된다.

또한 직진신호인 경우, 직진 및 좌회전 동시신호와 마찬가지로 초기녹색시간은 10초이고, 각 현시마다 intervention은 최대 3번까지 가능하다. 각 intervention당 단위연장은 0~10초로 하여, 직진 현시의 최소녹색시간은 10초, 최대녹색시간은 40초가 된다.

따라서 위에서 설명한 주요 교차로의 제어기에 대한 알고리듬의 흐름도는 〈그림 5〉와 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 5〉 주요 교차로의 주제어기에 대한 Algorithm

3. 간선도로에서의 연속진행

1) Offset 길이 산정(Fuzzy Logic)

본 논문에서는 간선도로의 효율적인 연속진행을 위하여 하류 교차로의 연속진행방향 접근로에서 발생한 Queue를 소거한 후, 상류 교차로의 차량을 진입시키는 Flared Signal Pattern을 사용하고자 한다. 따라서 연속진행을 위한 Offset은 각각의 하류 교차로에서 적색신호동안 발생하는 Queue를 소거하는데 소요되는 시간과 간선도로의 연동속도에 의해 결정된다.

각 교차로에서의 Queue를 소거하는데 소요되는 시간은 현재 교차로의 적색시간동안 접근로에 누적된 직진 대기차량대수(Q.THRU)와 좌회전 대기차량대수(Q.LEFT)를 입력변수로 하는 Fuzzy Logic에 의해서 계산된다. 각 입력변수에 대한 Fuzzy Set과 Fuzzy Membership Function은 주요 교차로의 주제어기에서 입력변수로 사용한 간선도로 연속진행방향의 직진 교통량과 좌회전 교통량의 Fuzzy Set과 동일하게 사용한다. 출력변수인 Queue의 소거 시간(F. Value, 0~10초)에 대한 Fuzzy Set과 Defuzzification Value는 〈표 3〉과 같다(Fuzzy Rule은 부록 참고).

Queue의 소거시간은 intervention이 존재하지 않아서 매 주기마다 한 번만 계산된다. 또한 Queue의

〈표 3〉 출력변수에 대한 Fuzzy Set

LABEL		DURATION(secs)
"SHORT"	→	5
"MEDIUM"	→	7
"LONG"	→	10

소거시간은 0~10초이다. 따라서 Offset의 길이는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$Travel\ Time = \frac{Length(n)}{\text{Progression Speed}}$$

($Length(n)$: CI~해당 교차로(n)까지의 거리)

$F.\ Value$: [Q.THRU와 Q.LEFT를 입력변수로 하는 Fuzzy Logic에 의한 출력값 (Queue의 소거 시간, 0~10초)]

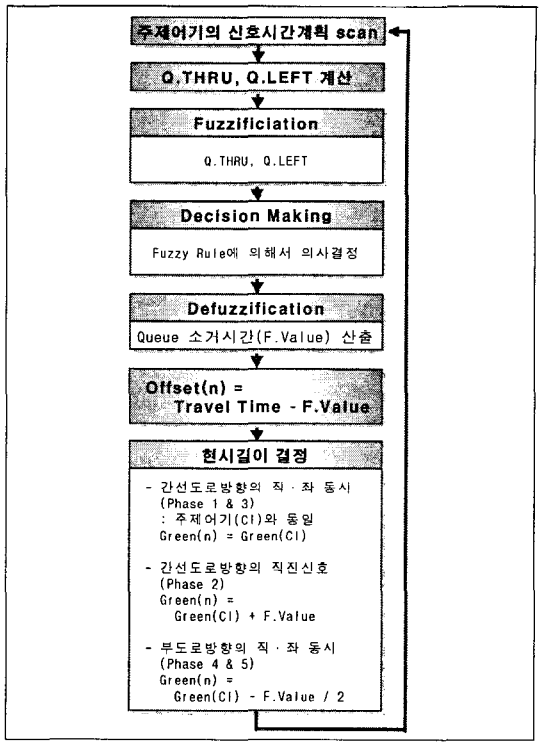
$\therefore Offset(n) = Travel\ Time - F.\ Value$

2) 주요 교차로를 제외한 교차로의 신호시간 계획

간선도로에서 주요 교차로를 제외한 나머지 교차로의 신호시간은 연속진행의 효율을 증대시키기 위하여 주요 교차로와 동일한 주기 및 현시로 운영하도록 하였다. 그러나 현시길이는 각 교차로의 연속진행방향의 직진 이동류에 대한 녹색시간이 Queue가 소거되는데 소요되는 시간만큼 증가되기 때문에 주요 교차로와 동일하지 않다. 따라서 하류 교차로의 각 현시에 대한 녹색시간은 다음과 같이 계산된다.

- 간선도로의 좌회전 및 직진 동시신호
  : 주요 교차로와 동일
  $Green\ Time(n) = Green\ Time(CI)$
- 간선도로의 직진신호 :
  $Green\ Time(n) = Green\ Time(CI) + Queue$
  $+ Queue$의 소거시간
- 부도로의 좌회전 및 직진 동시신호 :
  $Green\ Time(n) = Green\ Time(CI)$
  $-$ ($Queue$의 소거시간 / 2)

이와 같이 하류 교차로의 접근로에 발생한 Queue를 고려한 간선도로 상의 연속진행에 대한 Algorithm을 그림으로 나타내면, 〈그림 6〉과 같이 나타낼 수 있다.

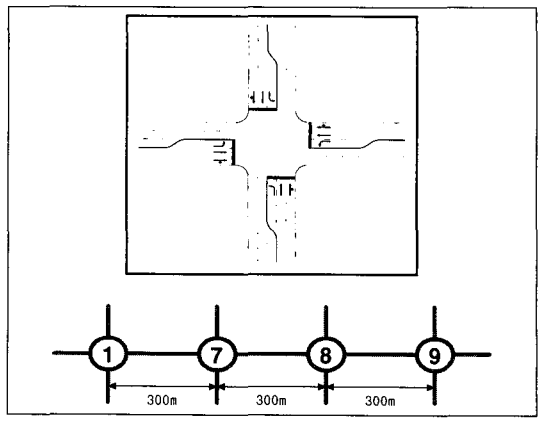


〈그림 6〉 간선도로의 연속진행에 대한 Algorithm

Ⅳ. Fuzzy Logic 교통감응 신호제어의 적용

1. 실험 내용 및 방법

분석하고자 하는 네트워크의 형태는 독립교차로(Isolated Intersection)와 4개의 네갈래 교차로로 구성된 간선도로 축(Coordinated Arterial)으로 구성하였다. 따라서 독립교차로에서는 주요 교차로의 주제어기에 대하여 Fuzzy Logic에 의한 교통대응 신호제어와 일반적인 교통감응 신호제어의 효과를 비교하고, 간선도로 축에서는 Fuzzy Logic에 의한 간선도로의 연속진행 제어와 고정시간 신호에 의한 연속진행 제어의 효과를 비교·분석하고자 한다. 각 교차로의 기하구조와 간선도로 축에서의 각 교차로간 거리는 〈그림 7〉과 같다.



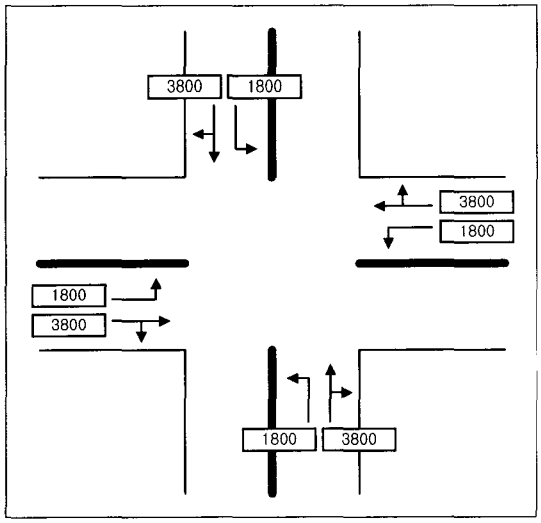
〈그림 7〉 교차로 기하구조와 간선도로 상의 교차로간 거리

각 교차로에서 주도로와 부도로는 모두 편도 2차로와 좌회전 전용 포켓(Pocket)으로 구성하였다. 모든 차로 폭은 3.5m으로 일정하고, 모든 접근로에는 48.0m의 좌회전 포켓이 설치되어 있도록 가정하였다. 간선도로 축의 각 교차로 간의 거리는 모두 300m으로 동일하게 가정하였다.

교통조건은 크게 비혼잡상태와 혼잡상태로 나누었다. 혼잡상태는 포화상태와 과포화상태로 나누어지고, 다시 포화상태는 불안정한 상태와 안정한 상태로 나눌 수 있다. 불안정한 상태는 대기행렬(Queue)이 형성된 가운데 계속해서 악화되어가는 상황이고, 안정한 상태는 현재 대기행렬이 형성되었지만 더 이상 악화되지 않는 상황을 의미한다. 따라서 이러한 상황을 단순히 V/C ratio를 가지고 근포화, 포화, 과포화라고 명확히 구분하는 것은 무리가 있다. 또한 V/C ratio는 주기에 따라 크게 변하기 때문에 더욱 이러한 구분이 어렵다. 이러한 이유에 의해서 본 연구에서는 교통상태를 비혼잡상태와 혼잡상태로 구분하여 분석하였다.[3)]

〈그림 8〉은 각 교차로에서의 포화 교통량으로, 포화 교통량에 의해서 비혼잡상태에서는 V/C ratio가 0.52~0.78, 혼잡상태에서는 0.85~1.00 사이가 되도록 도착 교통량을 설정하였다. 따라서 비혼잡/혼잡상태에 따라 독립교차로와 간선도로 축에 대해서 〈표 4〉와 같이 6가지의 case로 분류하여 분석하였다.

각 도착 교통량에 대한 접근로별 회전 교통량은,



〈그림 8〉 각 교차로의 포화교통유율

〈표 4〉 분석 네트워크의 CASE

CASE	주도로 (서→동)	주도로 (동→서)	부도로
1-1	비혼잡	비혼잡	비혼잡
2-1	혼잡	비혼잡	비혼잡
3-1	혼잡	혼잡	비혼잡
1-2	비혼잡	비혼잡	혼잡
2-2	혼잡	비혼잡	혼잡
3-2	혼잡	혼잡	혼잡

접근로의 통과교통량(Throughput)에 대한 비율이 주도로(동-서 방향)의 경우에는 좌회전 교통량은 약 15%, 우회전 교통량은 약 5%가 되도록 하였고, 부도로(남-북 방향)에 대해서는 각각 약 35%와 15%가 되도록 하였다.

2. 실험 결과 분석

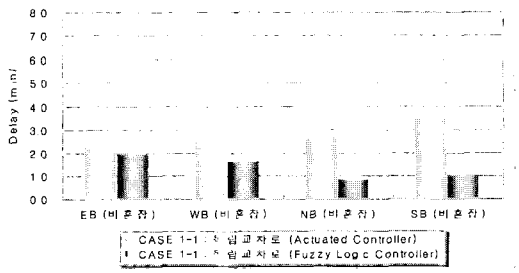
본 절에서는 Fuzzy Logic을 신호에 적용하기 위한 Tool로 TRAF-NETSIM을 사용하여, 독립교차로에 대해서는 앞 장에서 제시한 Fuzzy Logic을 적용한 신호제어기와 교통감응 신호제어기의 효과를 비교하고, 또한 간선도로에 대해서 Fuzzy Logic Signal Controller를 주제어기로 하는 간선도로 축의 연속진행 제어와 고정시간 신호제어기에 의한 연속진행 제어의 효과를 비교·분석하고자 한다. 이때, 보다 정확한 결과를 도출하기 위해서 TRAF-NETSIM의 입력 data에서 Random Number Seed를 6회 바꾸어 실행하여 그 평균값으로 나타냈다. 이와 같은 비교·분석하기 위한 효과척도(MOEs)는 TRAF-NETSIM에서 도출된 차량당 정지지체(Delay Time, min/veh)를 사용하였다.

1) 독립교차로에 대한 결과 분석

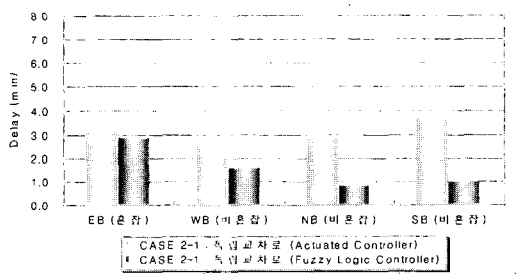
독립교차로에서의 분석은 간선도로 축 전체를 제어하는 주요 교차로의 주제어기에 대한 효율성을 판단하기 위한 것이다. 따라서 앞에서 앞 절에서 제시한 각 CASE별로 동일한 교통상황에 대해서, 본 연구에서 제시한 Fuzzy Logic Signal Controller(이하 Fuzzy Controller)와 완전교통감응 신호제어기의 효과를 비교·분석하여 보았다. 〈그림 9〉~〈그림 14〉는 각 CASE에 대한 Delay Time을 접근로 별로 비교한 그래프이다.

그래프의 각 접근로 별 Delay Time을 보면, 거의

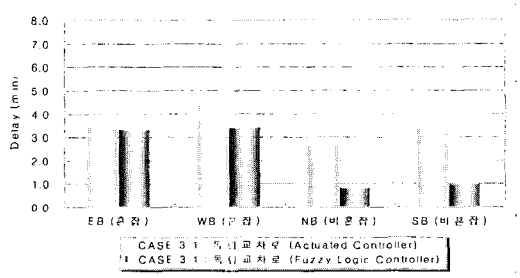
대부분 Fuzzy Controller에 의한 Delay Time이 교통감응 신호제어기에 의한 것보다 작은 값으로 나타난다. 또한 선행 및 후행 좌회전 중복 현시로 운영되는 주도로 방향의 접근로인 동/서 방향 접근로(EB/WB)에서의 Delay Time의 차이보다 직진과 좌회전 동시 현시(No overlap)로 운영되는 부도로 방향의 접근로(NB/SB)에서의 차이가 현저하게 큰 값으로 나타난다. 이는 앞에서 언급한 도착 교통량에서 회전교통량/Throughput의 비가 주도로 방향의 비율(좌회전 15%, 우회전 5%)보다 부도로 방향의 비율(좌회전은 35%, 우회전 15%)이 높기 때문에 접근로의 도착 교통량에 대한 이동류별 분산이 커지기 때문이라고 할 수 있다. 이와 같이 이동류별 분산이 커지면 좌회전 및 직진 동시현시의 경우에는 그 효율성이 증대되므로, 제안한 Fuzzy Controller에서의 부도로 방향 접근로의 Delay Time은 작은 값으로 나타난다. 반면에 교통감응 신호제어기의 부도로 방향 접근로의 Delay Time이 상대적으로 큰 이유는 교통감응 신호제어기에 대한 NETSIM input data의 옵션에서 주도로 위주의 제어를 위해서 부도로 방향의 최대녹색시간을 작은 값으로 주었기 때문에 부도로 방향이 혼잡해진 상황에서는 Delay Time이 다른 CASE에 비하여 큰 값으로 나타난다. 따라서 각 접근로 별로 다양한 상황을 조합해 본 결과, 대부분의 CASE에서 본 연구에서 제안하는 Fuzzy Logic Controller의 효과가 교통감응 신호제어기의 효과보다 큰 것을 알 수 있다.



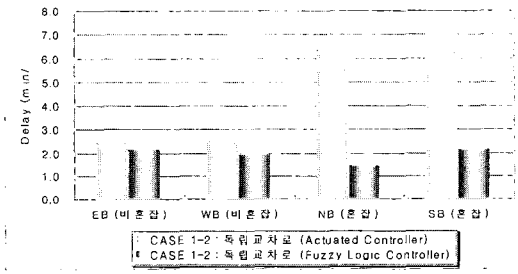
〈그림 9〉 CASE 1-1 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교



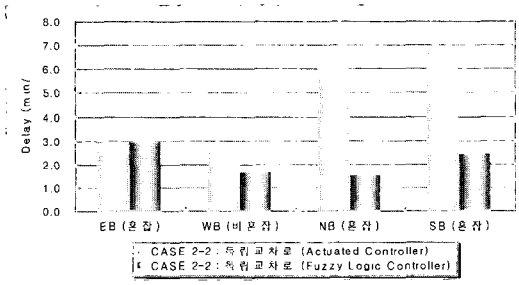
〈그림 10〉 CASE 2-1 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교



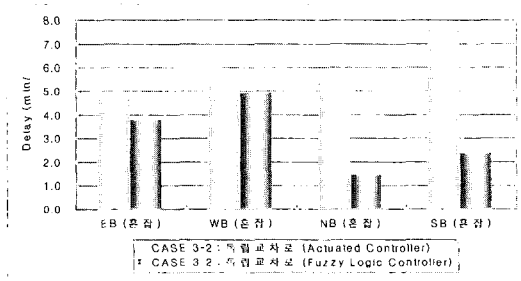
〈그림 11〉 CASE 3-1 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교



〈그림 12〉 CASE 1-2 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교



〈그림 13〉 CASE 2-2 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교

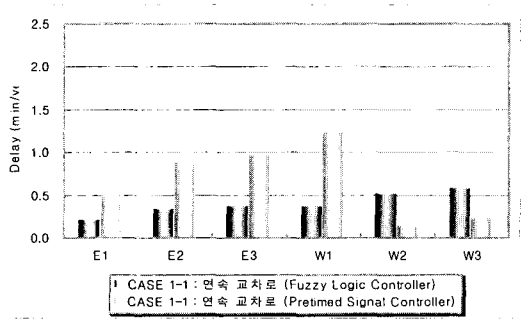


〈그림 14〉 CASE 3-2 : 독립교차로의 각 접근로별 Delay Time의 비교

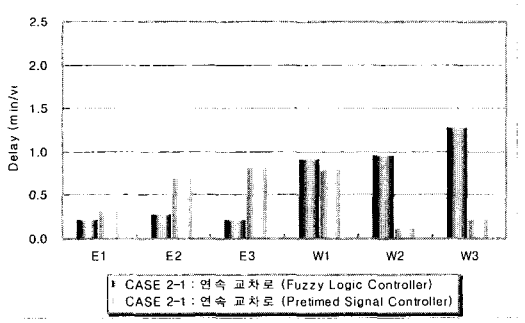
2) 간선도로 축에 대한 결과 분석

간선도로 축에서의 분석은 주요 교차로의 제어기에 의해서 전체 시스템을 제어하는 것으로, 각 교차로는 주요 교차로에 대한 Offset에 의해서 직진 교통량의 연속진행이 가능하도록 한다. 이러한 연속진행시 효율을 높이기 위해서 각 교차로는 주요 교차로와 동일한 공통주기로 운영된다. 또한 고정시간 신호제어기에 의해서 운영하는 것이 교통감응 신호제어기에 의해서 운영하는 것보다 높은 효율을 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 독립교차로에 대한 분석과 달리, 제시한 Fuzzy Logic에 의한 간선도로의 연속진행 제어와 연속진행시 교통감응신호제어기보다 높은 효율로 간선도로를 운영할 수 있는 고정시간 신호제어기에 의한 연속진행 제어의 효과를 NETSIM을 이용하여 비교·분석하여 보았다. 〈그림 15〉~〈그림 20〉는 각 CASE에 대한 Delay Time을 간선도로의 연

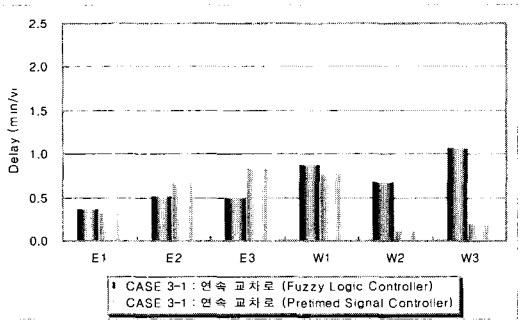
E:연속진행 방향(서→동) W:연속진행 반대방향(동→서)
E1: ①→⑦ link E2: ⑦→⑧ link E3: ⑧→⑨ link
W1: ⑨→⑧ link W2: ⑧→⑦ link W3: ⑦→① link



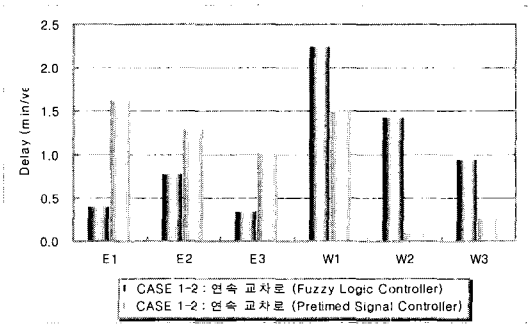
〈그림 15〉 CASE 1-1 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교



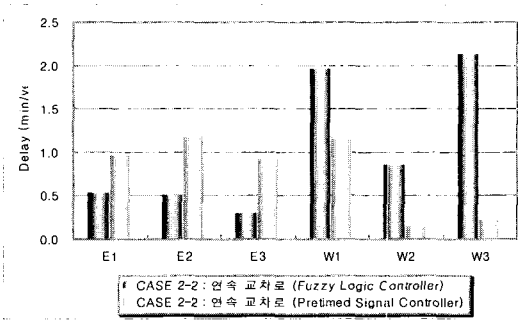
〈그림 16〉 CASE 2-1 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교



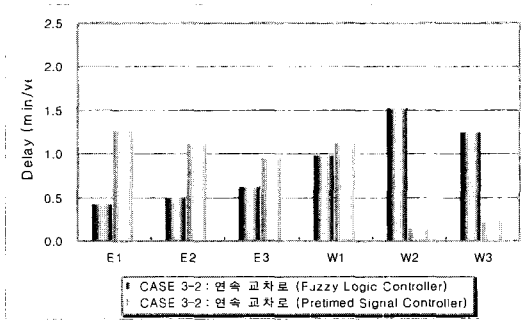
〈그림 17〉 CASE 3-1 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교



〈그림 18〉 CASE 1-2 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교



〈그림 19〉 CASE 2-2 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교



〈그림 20〉 CASE 3-2 : 간선도로의 링크별 Delay Time의 비교

속진행 방향과 그 반대방향에 대한 링크별로 비교한 것을 그래프로 나타낸 것이다.

그래프를 보면, 간선도로의 연속진행방향의 경우에는 대부분의 링크에서 본 연구가 제안하는 Fuzzy Controller에 의한 연속진행 제어가 고정시간 신호제어기에 의한 제어보다 효과적인 것을 볼 수 있다. 특히 CASE 1-2, 2-2, 3-2와 같이 부도로의 각 접근로에서 유입하는 회전 교통량이 큰 경우에는 그 효과가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이는 제안하는 Fuzzy Control이 간선도로 축의 이전 교차로에서의 회전 교통량을 고려하여 각 교차로별 Offset을 상황에 따라 민감하게 변화시킬 수 있기 때문이다. 이에 반해 간선도로의 연속진행 반대방향의 경우는 그 효과가 역으로 나타나게 되어 오히려 고정시간 신호제어기에 의한 효과보다 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나 Fuzzy Logic에 의한 제어에서는 간선도로에 선행 및 후행 좌회전 중복 현시를 사용하고, 각 링크에서 발생한 Queue에 의해 조정된 Offset의 길이만큼 간선도로의 양방향 직진 현시의 길이를 증가시킴으로 간선도로의 양방향이 모두 혼잡한 상태(CASE 3-1,2)에서의 전체적인 Delay Time은 고르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 간선도로 축에서 연속진행 방향의 교통량이 많고, 반대로 연속진행 반대방향의 교통량이 상대적으로 적은 경우(CASE 1-2, 2-2)에 연속진행 방향에 대해서 본 연구에서 제안하는 Fuzzy Logic을 적용한 연속진행 제어가 보다 효과적인 것으로 나타났다.

V. 결론 및 추후 연구과제

본 연구의 결과는 다음과 같이 정리될 수 있다.

첫째, 주도로와 부도로가 교차하는 독립교차로의 경우에 Fuzzy Logic Controller를 적용한 결과 교통량의 변화에 따라 보다 효율적인 독립교차로 운영이 가능한 것으로 나타났다.

둘째, 간선도로의 연속진행 제어의 경우, 상류 교차로에서 회전하여 유입하는 교통량에 대한 변수를 Offset에 적용함으로써 간선도로의 연속진행 방향의 각 링크에서 보다 효과적인 것으로 나타났다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 제어방법은 간선도로 연속진행 반대방향에 있어서 기존의 방법보다 Delay가 대체적으로 크게 나타났으나 간선도로에 대하여 선행 및 후행 좌회전 중복 현시를 사용함으로써 연속진행방향과 그 반대방향의 교통상태가 모두 혼잡한 상황에는 다소 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구의 향후 연구 과제는 다음과 같다.

첫째, 신호시간 계획에서, 각 현시 및 현시길이를 주제어기를 기준하도록 가정하였다. 따라서 각 교차로 별로 교통량에 따른 적정 현시 및 시간간격으로 운영될 수 있도록 고려해 볼 필요가 있다. 또한, 간선도로 축의 고정시간 신호제어기와의 효과분석에 있어서 다양한 공통주기별 결과를 비교하여 본 연구의 제안모형의 적정성을 보다 확실히 평가해 볼 필요가 있다.

둘째, 우리나라 대부분의 간선도로에서 짧은 구간의 많은 Mid-Block이 존재하고, 그 Mid -Block에서 유출되는 교통량이 본선에 많은 영향을 주고 있다. 따라서 상류 교차로에서의 회전 유입 교통량 뿐만 아니라 Mid-Block 유입 교통량에 대한 고려도 필요하다.

셋째, Flared Signal Offset의 사용에서, 4개의 네갈래 교차로에 대해서 연속진행 제어를 시행하도록 가정하였으나 연속진행을 하려는 간선도로 상의 교차로가 이를 초과할 경우, 주기의 상당한 비율이 주도로의 녹색시간이 차지하게 된다. 본 연구가 주도로의 우선처리를 목적으로 하고 있으나, 부도로의 통행우선권 또한 무시할 수 없으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 모형에 대한 실험결과를 분석한 결과, 간선도로 상 대부분의 접근로에서 Delay가 1분/대를 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 제안한 모형의 정확한 의사결정을 하기 위한 Fuzzy Rule/Set 등의 계속적인 update 시행과 이로 인한 Fuzzy Logic Algorithm의 보정 등의 연구가 지속적으로 필요하다.

참고문헌

1. 도철웅(1996), 교통공학원론(상), 청문각.
2. 이광형 외 1인(1991), "퍼지 이론 및 응용 I", 홍릉사.
3. 조준한(2001), "TRANSYT-7F를 이용한 신호현시 구성기법과 신호최적화 전략", 한양대학교.
4. 김성호(1996), "영상검지기를 이용한 실시간 교통신호 감응제어", 대한교통학회지, 제14권제2호, 대한교통학회, pp.89~118.
5. 홍윤광 · 조성원 · 최경삼(1994), "퍼지 교통신호 제

어에 관한 연구", 홍익대학교.
6. 이지형(1995), "그룹 교차로를 위한 퍼지 신호기의 설계 및 구현", 한국 과학기술연구원, 석사학위 논문.
7. 진현수 외 4명(1993), "퍼지 동정 알고리듬을 이용한 교차로 교통 신호등 제어의 최적 주기 결정", 전자공학회지 제30권.
8. 진현수·홍유식·김성환(1996), "퍼지논리를 이용한 최적교통신호 현시설계에 관한 연구", 대한교통학회지, 제14권 제1호, 대한교통학회, pp. 117~133.
9. 진현수·김성환(1996), "퍼지 적응제어를 통한 도시교차로망의 교통신호제어", 대한교통학회지, 제14권 제3호, 대한교통학회, pp.127~141.
10. FHWA(1996), "Traffic Control Systems Handbook", February.
11. Rathi A. K.(1998), "A Control Scheme for High Traffic Density Sectors", Transportation Research, 27B(2), pp.81~101.
12. Lee C.C.(1990), "Fuzzy Logic in control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I", IEEE Transportation on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 419~435.
13. C. P. Pappis and Ebrahim H. Mamdani (1977), "A Fuzzy Logic Controller for a Traffic Junction", IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.SMC-7, pp.707~717.
14. M. Nakatsuyama, H. Nagahashi and N. Nishizuka(1984), "Fuzzy Logic Phase Controller for Traffic Junctions in the One-way Arterial Road", IFAC 9th World Congress, pp.13~18.
15. Favilla J., Machion A., Gomide F. and Gudwin R.(1992), "Adaptive Fuzzy logic based urban traffic control", Third Annual LAKE Symposium, November 16-19, Washington.
16. Hoyer R., Jumar U.(1994), "Fuzzy Control of Traffic Lights", Proceediongs of Third IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp.1526~1531.

♧ 주 작 성 자 : 진선미
♧ 논문투고일 : 2002. 12. 26
논문심사일 : 2003. 2. 11 (1차)
2003. 6. 5 (2차)
심사판정일 : 2003. 6. 5
♧ 반론접수기한 : 2003. 10. 31

부록

■ 좌회전 · 직진 이동류의 overlap fuzzy rule

〈〈좌회전 현시〉〉

1ST INTERVENTION

```
    if    S.LEFT     =  SMALL          AND
          S.THRU     =  ANY            AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.LEFT     =  MEDIUM         AND
          S.THRU     =  ANY            AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT PLUS
also
    if    S.LEFT     =  MT(MEDIUM)     AND
          S.THRU     =  VERY LARGE     AND
          C.LEFT     =  VERY LARGE     AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT PLUS
also
    if    S.LEFT     =  MT(MEDIUM)     AND
          S.THRU     =  LARGE          AND
          C.LEFT     =  VERY LARGE     AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.LEFT     =  MT(MEDIUM)     AND
          S.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          C.LEFT     =  LE(LARGE)      AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
```

2ND INTERVENTION

```
    if    S.LEFT     =  SMALL          AND
          S.THRU     =  ANY            AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.LEFT     =  MEDIUM         AND
          S.THRU     =  ANY            AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT PLUS
also
    if    S.LEFT     =  MT(MEDIUM)     AND
          S.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          C.LEFT     =  LE(LARGE)      AND
          C.THRU     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
```

〈〈직진 현시〉〉

1ST INTERVENTION

```
    if    S.THRU     =  SMALL          AND
          C.LEFT     =  SMALL          AND
          C.THRU     =  SMALL          AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.THRU     =  SMALL          AND
          C.LEFT     =  LE(MEDIUM)     AND
          C.THRU     =  MT(SMALL)      AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.THRU     =  MT(SMALL)      AND
          C.LEFT     =  MT(MEDIUM)     AND
          C.THRU     =  MT(MEDIUM)     AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.THRU     =  MT(SMALL)      AND
          C.LEFT     =  LE(MEDIUM)     AND
          C.THRU     =  LE(MEDIUM)     AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
```

2ND INTERVENTION

```
    if    S.THRU     =  SMALL          AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  SMALL          AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.THRU     =  MEDIUM         AND
          C.LEFT     =  VERY LARGE     AND
          C.THRU     =  LARGE          AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT PLUS
also
    if    S.THRU     =  MEDIUM         AND
          C.LEFT     =  LE(LARGE)      AND
          C.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.THRU     =  MT(MEDIUM)     AND
          C.LEFT     =  LE(LARGE)      AND
          C.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
```

3RD INTERVENTION

```
    if    S.THRU     =  MEDIUM         AND
          C.LEFT     =  VERY LARGE     AND
          C.THRU     =  VERY LARGE     AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.THRU     =  MEDIUM         AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.THRU     =  MT(MEDIUM)     AND
          C.LEFT     =  LE(LARGE)      AND
          C.THRU     =  LE(LARGE)      AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
also
    if    S.THRU     =  VERY LARGE     AND
          C.LEFT     =  ANY            AND
          C.THRU     =  ANY            AND
          S.LEFT     =  ANY
    then  EXTENSION  =  LONG
```

■ Offset을 결정하기 위한 fuzzy rule

〈〈CYCLE FAILURE/MID-BLOCK FLOW〉〉

```
    if    S.LEFT     =  ANY            AND
          S.THRU     =  SMALL
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.LEFT     =  SMALL          AND
          S.THRU     =  MEDIUM
    then  EXTENSION  =  SHORT
also
    if    S.LEFT     =  SMALL          AND
          S.THRU     =  MT(MEDIUM)
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.LEFT     =  LARGE          AND
          S.THRU     =  LARGE
    then  EXTENSION  =  MEDIUM
also
    if    S.LEFT     =  VERY LARGE     AND
          S.THRU     =  VERY LARGE
    then  EXTENSION  =  LONG
```

In order to compare the performances of roundabout and signalized intersection, the performance of roundabouts was evaluated with the SIDRA. The simulation was conducted only for the roundabouts composed of single lane.

According to the result of the analysis, it may be concluded that when the approaching traffic volume for each bound is lower than 600pcph, a roundabout is better than a signalized intersection in terms of its operational performance.

Development of the Traffic Actuation Signal Control System Based on Fuzzy Logic on an Arterial Street

JIN, Sun-mi · KIM, Seong Ho · DOH, Tcheol Woong

An arterial street control is performed for the purpose of the progression of a traffic flow using the arterial. However, during the progression in the arterial, the change according to the time is one of the most representative problems occurring at a signal plan. This paper intends to efficiently operate the arterial progression by applying fuzzy logic, which is thought to be the most possible one in the inference as that of the human logic, to the traffic responsive control system. Fuzzy Logic controller is appliable to the daily human language (linguistic), can be dealt with the uncertain traffic data and is useful on planning the signal control to sensitively confront the randomly changing traffic condition.

This study, based on the signal control part of the isolated intersection in "A Development of a Real-time, Traffic Adaptive Control Scheme Through VIDs"(Seong Ho, Kim, 1996), suggested the strategy for the progression control in the arterial and analyzed its effect by comparing the effect of the existing control method. In addition, the study compared each effect by using TRAF-NETSIM which is the traffic simulation software to analyze each control method.

Simulation Analysis about Effects on Highway Network and Drivers under Information Providing Service

BYUN, Wan Hee · IIDA, Yasunori · KIM, Ju Hyun · UNO, Nobuhiro

To build traffic information providing services by ITS technology should be carried out effect analysis in the first step for social and individual advantages.

The propose on this study is to make clear what influences of highway network by traffic information are, and what differences between drivers who use traffic information and drivers who do not use that for route choice are. For these propose, travel time and forecast error of travel time on network and traffic information dependence of driver are analyzed by simulation.

As a result of analysis travel time and forecast error of travel time is that the efficiency and reliability of travel time were increased when getting more drivers using traffic information in network. Drivers who using traffic information had advantage of decrease of travel time and forecast error in only definite situation. traffic information dependence analysis presented that drivers are dependent upon information and reliability of traffic information is also increased when drivers using traffic information become on increasing in network.

In conclusion, considering the range of the traffic information user ratio in this simulation, this study presents that the traffic information service provides an advantage to the highway network and the drivers, and increases the dependence of information.

Drivers' Learning Mechanism and Route Choice Behavior for Different Traffic Conditions

DO, Myungsik · SHEOK, Chong Soo · KIM, Myung Soo · CHOI, Byung-Kuk

When a route choice is done under uncertainty, a driver has some expectation of traffic conditions