

# 인터넷을 이용한 교통상황예보

## Forecasting of Traffic Situation using Internet

홍유식\*, 최명복\*\*

Hong, YouSik\*, Choi, MyeongBok\*\*

\*상지대학교 컴퓨터 정보공학부, \*\*원주대학 행정전산과

### 요 약

차량항법장치는 1981년 일본 혼다자동차 관성항법장치에서 개발되었다. 요즘에는 GPS 및 GIS를 기반으로 운전자에게 최단 경로탐색 및 예상도착시간을 인터넷 및 휴대폰으로 검색할 수 있다. 그러나 아무리 좋은 자동항법장치도 평균 차량 속도가 5~15km일 때에는 최단경로를 상실한다. 그러므로, 승용차 대기시간과 평균 차량 속도를 개선하기 위해서 다른 교차로 길이 및 교차로 차선수일 때에도 퍼지 적용규칙을 이용해서 평균주행속도를 향상한 알고리즘을 제안한다. 뿐만 아니라, 본 논문에서는 인터넷을 이용해서 위험한 도로 및 공사중인 도로에서도 안전도를 고려한 최적경로 및 현재의 교통상황을 예보하는 기능을 제공할 수 있도록 하였다.

### Abstract

The Japanese developed the first Car navigation system in 1981 with the advent of Honda, which was known as the car inertial navigation system. Now days, It is possible to search the shortest route to and from places and arrival time using the internet via cell phone to the driver based on GIS and GPS. However, even with a good navigation system, it losses the shortest route when there is an average speed of the vehicle being between 5-15 kilometers. Therefore, in order to improve the vehicle waiting time and average vehicle speed, we are suggesting an optimal green time algorithm using fuzzy adaptive control, where there are different traffic intersection lengths, and lanes. In this paper, to be able to assist the driver and forecast the optimal traffic information with regards to the road conditions; dangerous roads, construction work and estimation of arrival time at their destination using internet.

**Key Words** : 최단경로(Shortest path considering safety), 퍼지 적용 제어(Fuzzy adaptive control), 최적 교통신호주기(Optimal traffic signal cycle), 최적교통상황(Optimal traffic situation)

### 1. 서 론

출퇴근시간에 서울 도심의 주요도로는 거대한 주차장으로 된다. 승용차는 나날이, 기하급수적으로 늘어나는데 도로 확장공사는 거의 전무한 상태이다. 폭발적으로 늘어나는 승용차로 인해서 서울 시내의 차량주행속도는 급격히 떨어지고 있다. 요즘에는, Car Navigation System을 사용하여 위치를 화면에 표시하고 출발지와 목적지를 입력하면 운전자의 차량이 위치한 곳에서부터 목적지까지 도착하기 위한 가장 빠른 최적의 우회경로를 자동으로 설정하여 PDA나 Notebook의 화면에 표시해 주는 제품이 상품화되고 있다. 그러나 우회경로를 설정할 때에 도로의 급커브구간, 교통사고 발생지역, 비포장도로 구간이 최적의 우회경로로 선정되었을 경우에는 초보 운전자나 초행길인 운전자에게는 교통사고를 유발할 위험이 생긴다[1-5]. 본 논문에서는 퍼지규칙을 이용하여 이러한 우회경로를 선택했을 때에 안전한 도로 순위를 표시해주는 알고리즘과, 승용차 대기시간을 최소화 하는 서로 다른 교차로 10개의 녹색신호주기를 생성한다.

이러한 신호주기를 교통 정보 컴퓨터 서버에 전송한 후에, 인터넷을 이용하여 교차로 지,정체 상황 및 도로정보를 검색할 수 있도록 하였다[6-9]. 요즘과 같이, 아무리 기능이 좋은 최단경로시스템도, 갑작스러운 교통량의 증가 시에는 제어할 수 없게 된다. 가장 빠른 도로를 설정해주는 최단 경로 시스템도 출·퇴근이나, 갑작스러운 교통량의 증가 시에는 교차로의 자동차가 시속 10 - 20km로 차량속도로 저하되기 때문에 최단경로는 더 이상 존재하지 않게 된다. 특히 교차로의 용량에 비하여 100%이상을 초과하는 상태, 즉 통과차량이 과포화 상태가 되면 앞 막힘 현상이 발생하기 때문에 차량은 도로의 어느 방향으로도 진입할 수 없게 된다 [15-18].

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 출·퇴근시에 발생하는 앞막힘 현상과 승용차 대기시간을 개선하기 위하여 교차로의 특성을 고려한 퍼지교통신호등 알고리즘을 제안한다. 뿐만 아니라, 기존의 안전한 도로조건을 고려한 최적경로와 교차로 혼잡상태를 실시간으로 생성하여 평균주행속도를 개선하게 하였다. 그러므로 이러한 교통정보를 인터넷을 이용해서 누구나 쉽게 인터넷 정보를 검색할 수 있도록 하였다.

2장에서는 기존 신호등의 문제점을 알아보고 3장에서는 실시간으로 출발지연시간을 최소화하고 최적신호주기 산출 및 교차로의 특성과 차량종류를 고려하여 앞 막힘 현상을 적용제어 가능한 퍼지 교통신호등 알고리즘을 설명한다. 4장에

접수일자 : 2002년 11월 8일  
완료일자 : 2003년 4월 24일  
본 논문은 2001년도 상지대학교 교내 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

서는 퍼지 교통신호등의 시물레이션과 퍼지규칙을 소개한다. 5장에서는 기존신호등과 퍼지 교통신호등의 장단점을 비교 분석한다.

## 2. 교통 신호주기

최근 자동차의 급증으로 대도시의 자동차 정체 현상은 심각한 문제로 대두되고 있으며, 2000년도 한해 동안 전국의 지역간 도로와 7대도시에서 발생한 교통 혼잡비용이 19조원을 넘은 것으로 추산됐다. 교통개발연구원에 따르면 2002년 고속도로와 국도, 그리고 서울, 부산, 인천 등 7대 도시의 교통 혼잡비용은 1999년 보다, 13.6% 증가한 19조 4482억원으로 집계되었다[13-15]. 교통 혼잡비용은 도로를 주행하는 차량이 교통혼잡 때문에 정상속도이하로 달림으로서 발생하는 시간가치의 손실, 차량운행비의 증가 등 손실비용을 모두 합친 것이다.

갑작스러운 교통량의 증가는 출퇴근시간에 교차로의 자동차 정체구간이 많아지고, 교차로에 진입하는 대형차량, 그리고 교차로 차선 및 교차로 길이의 상이한 특성으로 인해서 녹색신호시간에도 차량진입이 불가능한 경우가 자주 발생한다. 이러한 경우에는 최단경로 탐색기능이 상실되고 승용차 출발 손실 시간이 발생하게 된다. 이러한 손실시간을 최소화하려면 교차로의 특성에 맞는 최적의 녹색시간을 산출해야 된다.

교차로에서 발생하는 손실시간을 최소화하기 위해서 주기장에 따른 교통류 유출에 유효하게 사용하는 현시포화도는 각각의 현시에서 최소로 필요한 유효녹색시간의 주기장에 대한 비율과 동일하며 식(1)으로 나타낼 수 있다[16].

$$\frac{C-L}{C} \geq \lambda \quad (1)$$

여기서, C : 주기장(초)

L : 1주기당손실시간(초)

λ : 교차로포화도

위 식을 다시 쓰면 식 (2)가 된다.

$$C \geq \frac{L}{1-\lambda} = C_{\min} \quad (2)$$

여기서, C<sub>min</sub> : 교통량을 처리하기 위한 주기장의 최소치

Webster 공식에 의하면, 신호체제를 최소로 하는 주기장(Cop)은 다음의 식(3)에 근사 한다는 것을 알 수 있다.

$$C_{op} = \frac{1.5L+5}{1-\lambda} \quad (3)$$

그러나 식(3)의 최적주기장은 교차로의 포화도가 높게 되었을 때, 차량이 한주기에 다 진입을 할 수 없게 된다. 이 경우에는 오히려 식(2)의 λ를 λ/0.9로 치환한 식(4)을 이용하는 것이 좋다.

$$C_{op} = \frac{L}{1-\lambda/0.9} \quad (4)$$

특히 인접교차로의 신호 연동을 위해서는 교차로간의 주현시 시작시간을 교통상황에 따라서 조정해 주어야 한다. 옵션은 상류교차로에서 출발한 차량군이 하류교차로에 도착할 때 하류교차로의 녹색시간이 시작되도록 제공되는 것이 이상

적이며, 상황에 따라서 조정해 주어야 한다. 연동보정계수는 교차로에 도착하는 차량군이 신호의 어느시점에 도착하는가에 의해서 대기시간의 영향을 받으므로 이를 개량화한 것이다.

$$d_{app} = d_{aaj} \times \text{접근지체환산계수} \quad (5)$$

단, d<sub>app</sub> : 교차로접근지체(초/대)

$$d_{aaj} = d \times PF : \text{연동보정된 교차로} \quad (6)$$

단, d : 교차로정지지체(초/대)

PF : 연동보정계수

특히 교차로의 포화상태가 과포화일 때, 같은 통과차량이 감지되었을 경우에는 수식(5)에서 보는 것과 같이 교차로 접근지체의 원인이 되는 교차로 조건과 대형차량 및 소형차량을 고려한 연동보정계수를 구해야만 하위교차로를 통과한 차량이 상위교차로에 모두 진입을 할 수 있다.

표 1. 승용차 환산계수에 의한 차량길이 A  
Table1. Vehicle length A of passenger car unit

검지기데이터	승용차환산계수	길이
1,0,0,0	중형차량 1.5	7 미터
0,1,0,0	소형차량 1.2	4 미터
0,0,1,0	소형차량 1.3	4 미터
0,0,0,1	대형차량 1.7	10 미터
합 계	소형: 2대, 중형: 1대, 대형: 1대	25 미터

표 2. 승용차 환산계수에 의한 차량길이 B  
Table 2. Vehicle length B of passenger car unit

검지기데이터	승용차환산계수	길이
1,0,0,0	대형차량 1.8	12 미터
0,1,0,0	대형차량 1.7	10 미터
0,0,1,0	대형차량 1.7	10 미터
0,0,0,1	대형차량 1.7	10 미터
합 계	대형 4대	42 미터

만약 상위교차로의 길이가 100미터로 가정하고 전 녹색현시에 교통정체로 인해서 출발하지 못한 누적 대기행렬차량의 길이가 70미터라고 가정을 하면 다음 현시의 상위교차로 최대 용량은 30미터가 된다.

표 3. 승용차 환산계수 변환표  
Table 3. Conversion table of passenger car unit

		소형 자동차				중형자동차				대형자동차				
P.C.U		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0		
Meter		3.5-	4.6-	5.5-	6.5-	7.5-	8.5-	9.5-	10.5-	11.5-	12.5-	13.5		
		4.5	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.4	13.4	-15		

만약 하위교차로에서 똑같은 예상 통과차량 4대가 하위교차로를 출발해서 상위교차로에 진입을 할 경우에 표 1에서는 총 길이가 25미터가 되어서 예상 통과차량 4대가 모두 상위교차로에 진입을 함으로서 앞 막힘 현상이 발생하지 않는다. 그러나 표2에서는 똑같은 예상차량 4대지만 총 길이가 42미터가 되기 때문에 하위교차로를 출발한 차량 모두가 상위교차로에 진입을 못하게 되는 앞 막힘 현상이 일어나게 된다. 다시 말해서, 최대 포화율인 30미터를 초과하므로 승용차 대기시간 및 다음현시에 출발지연시간을 유발시킨다. 승용차 환산계수가 틀려지면 정확한 진행차량을 예측할 수가 없고 교차로 조건 및 포화 상태율에 의해서 값이 틀려지므로 이러한 것을 개선하기 위해서는 실시간에 차량흐름을 원활하게 처리 할 수 있는 퍼지 교통신호등이 필요하게 된다.

$$D_G = \sum_{n=1}^m Q_{cm} + \sum_{n=1}^m Q_{sm} - \sum_{n=1}^m o_n \quad (7)$$

- 단,  $D_G$  : 최적 녹색 현시주기
- $\sum Q_{cm}$  : 유입차량
- $\sum Q_{sm}$  : 현시-1에 출발하지 못한 누적차량
- $\sum o_n$  : 유출차량

### 3. 퍼지교통신호등

요즈음과 같이, 교통상황을 예측할 수 없고 교차로에 많은 차량이 있을 때에는 녹색신호주기 내에 하위교차로를 출발한 차량이 모두 상위교차로에 진입을 할 수 있는 최적의 교통신호주기를 수식 (8)과 (9)처럼 생성해야만 앞막힘 현상을 줄일 수 있다.

$$Gin(t)=[P1(t),P2(t),P3(t)]*[a(t)] \quad (8)$$

$$Gst(t)=[P1(t-1),P2(t-1),P3(t-1)]*[a(t)]+[v(t)] \quad (9)$$

- 단,  $Gin(t)$  : 하위교차로 통과차량 대기행렬 길이를 고려한 최적 녹색시간
- $Gst(t)$  : 상위교차로 누적차량 대기행렬 길이를 고려한 최적 녹색시간
- $P1(t)$  : 하위교차로 예상 통과차량 1
- $P2(t)$  : 하위교차로 예상 통과차량 2
- $P3(t)$  : 하위교차로 예상 통과차량 3
- $a(t)$  : 하위교차로 예상 통과차량 길이 (승용차 환산계수)
- $v(t)$  : 상위교차로 포화상태 (누적차량 대기행렬길이)

그러나 똑같은 예상통과 차량이 하위 교차로를 출발하여 상위교차로에 진입할 때에 상위교차로의 차선수가 다를 경우에는 차선 수에 따른 최적포화용량 녹색시간  $G(t)$ 가 수식 10과 같이 표시된다.

$$\begin{pmatrix} G_1(t) \\ G_2(t) \\ G_3(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_1(t-1) \\ p_1(t-1) \\ p_1(t-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w_1(t) \\ w_2(t) \\ w_3(t) \end{pmatrix} \quad (10)$$

- 단,  $G_1$  : 최적포화용량녹색시간(차선1)
- $G_2$  : 최적포화용량녹색시간(차선2)
- $G_3$  : 최적포화용량녹색시간(차선3)

- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수1
- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수1
- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수1
- $w_1(t)$  : 교차로차선(2차선)
- $w_2(t)$  : 교차로차선(4차선)
- $w_3(t)$  : 교차로차선(6차선)

수식 10의  $G_1(t)$ , 최적 포화용량 녹색시간 1과  $G_2(t)$ , 최적 포화용량녹색시간 2의 차이점은 교차로마다 서로다른 차선 수에 최적으로 통과차량이 진입할 수 있는 포화용량을 의미한다. 실제 교차로에서는 인접한 교차로의 차선수가 틀리므로 최적 포화용량 녹색시간은 같지 않다.

만약, 하위교차로에서 똑같은 대형 예상 통과차량(15 미터) 10대가 하위교차로를 출발해서 상위교차로에 진입을 할 경우에는 예상 통과차량 길이는 150 미터가 된다. 그러므로,  $G_1(t)$ , 최적 포화용량 녹색시간 1과  $G_2(t)$ , 최적 포화용량녹색시간 2는 상위교차로의 차선 수와 하위교차로의 차선수가 틀릴 때에 한 현시에 더 이상 진입을 할 수 없는 앞막힘 현상이 발생해서 승용차 대기시간 및 교통체증을 일으키게 된다.

만약, 하위교차로의 차선수(2차선)와 상위교차로의 차선(2차선)이 같으면 하위교차로의 예상 통과 차량이 모두 진입을 할 수 있다. 그러나, 하위교차로의 차선수(6차선)이고 상위교차로의 차선(2차선)이면 차선수가 급격히 줄어들기 때문에 상위교차로에 진입을 할 수 없다. 뿐만 아니라, 상위교차로와 하위교차로의 길이가 같지 않을 때에는 교차로 길이를 고려한 최대 교차로 포화용량은 수식 11과 같이 표시될 수 있다.

$$\begin{pmatrix} G_1(t) \\ G_2(t) \\ G_3(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_1(t-1) \\ p_1(t-1) \\ p_1(t-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} L(t) \\ L(t) \\ L(t) \end{pmatrix} \quad (11)$$

- 단,  $G_1(t)$  : 소교차로길이를고려한최적녹색시간1
- $G_2(t)$  : 중교차로길이를고려한최적녹색시간2
- $G_3(t)$  : 대교차로길이를고려한최적녹색시간3
- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수1
- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수2
- $p_1(t-1)$  : 예상통과차량대수3
- $L_1(t)$  : 교차로길이(소)
- $L_2(t)$  : 교차로길이(중)
- $L_3(t)$  : 교차로길이(대)

그러므로 최적의 녹색신호주기를 구하기 위해서는 차량의 대형 소형을 구분하는 승용차 환산계수와 교차로 차선 수, 교차로 길이를 고려한 보정계수를 산출해야 된다. 수식 11의  $G_1(t)$ , 차선1에서 최적 녹색시간과  $G_2(t)$ , 차선 2에서 최적 녹색시간의 차이점은 녹색시간에 최적으로 통과차량이 진입할 수 있는 포화용량을 의미한다. 실제 교차로에서는 인접한 교차로의 길이가 틀리기 때문에, 그림 1에서 보는 것처럼 원주시 1군사령부에서 시외버스터미널 교차로 10개가 모두 길이가 틀리므로 수식 10처럼 최적 포화 용량 녹색시간이 달라진다. 교차로 길이가 가장 적은 구간은 교차로 9와 교차로 10의 구간으로 길이가 98미터 이고, 가장 큰 구간은 교차로와 교차로 6의 구간으로 529미터다. 그림 1에서 보는 것과 같이 교차로 3에서 교차로 4의 교차로전체길이는 253미터 이고, 교차로 4에서 교차로 5의 전체 길이는 158미터, 교차로 3에서 교차로 4의 전체 길이는 529미터다. 만약, 대기차량이 대형으로 구성되고, 차량 한 대의 길이가 15미터 라고 가정하자. 그러면, 교차로3과 교차로4의 차선에는 대형차량 18대가 최대 포화용량이고 교차로 4와 교차로 5의 최대 포화용량

은 대형차량 10대가 최대 포화 용량이 되고 교차로5와 교차로 6의 최대 포화용량은 35대가 된다.

그러므로, 출퇴근 시간과 같이 예상통과 차량이 많은 경우에, 무조건 녹색시간을 연장하여 주면, 녹색시간이라도 교차로에 더 이상 차량이 진입을 못해서 다음현시에 차량이 교차로에 진입을 못하는 출발 지연시간 및 승용차 대기시간을 유발시킨다. 그러므로 이러한 앞막힘 현상이 발생하지 않도록 하려면, 수식 10과 같이 교차로 길이에 맞는 최적 포화용량 녹색시간을 구해야만 한다, 뿐만 아니라, 우리 나라에서는 직진 및 회전차선을 공용으로 사용하는 차선이 많기 때문에 직진 차량을 예측하는 수식 (12)가 필요하게 된다.

$$G(t) = p(t-1) \times c(t) \times [Up(t) - p(t-1)(t) \times W(t) \times a(t)] \quad (12)$$

- 단,  $G(t)$  : 예상 최대대기행렬 길이
- $p(t-1)$  : 예상 통과차량 대수
- $L(t)$  : 교차로 길이
- $C(t)$  : 직진 및 회전 공용차선 보정계수
- $w(t)$  : 교차로 차선수
- $a(t)$  : 승용차 환산계수

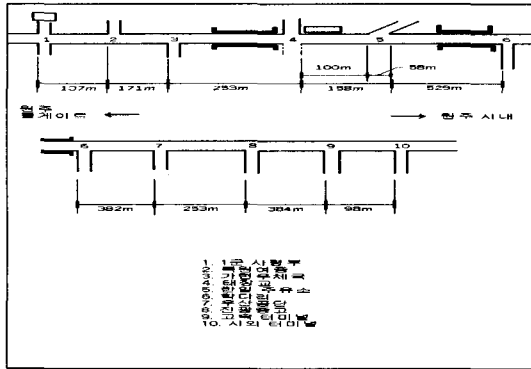


그림 1. 교차로 유형  
Fig 1. Type of Intersection

수식 (12)에서  $[Up(t)-p(t-1)L(t)W(t)a(t)]$ 은 상위교차로와 하위교차로의 포화용량 및 통과차량 대기행렬길이까지 적용 제어할 수 있는 것을 의미한다. 최적 녹색신호주기를 산출하기 위해서는 똑같은 통과차량 이라도  $a(t)$ 가 소형차량 5미터, 중형차량 10미터, 대형차량 15미터에 따라 대기행렬길이 달라지기 때문에 상위교차로가 포화상태일 때 앞막힘 현상을 방지하려면 반드시 예상 대기행렬 길이를 정확하게 산출해야 한다.

#### 4. 퍼지 교통신호등 시뮬레이션

앞 막힘 현상을 줄이고 평균주행속도를 개선하기 위해서는 3장에서 살펴본 것과 같이 교차로의 거리가 일정하지 않고 각 차선에서의 포화차량의 수, 누적차량의 수, 대기차량의 수가 다르기 때문에 각 현시별 유효녹색 시간(Effective Green Light Time)은 Webster방법에 의해서 최적주기(optimal signal cycle) CO를 구할 수는 있으나, 한정된 도로와 한정된 차량만 통계적으로 적용될 뿐 유동적인 차량의 data에는 적용할 수가 없는 문제점이 발생한다. 뿐만 아니라, 기존의 신호등으로 최적주기를 구하려면 교차로 차선의 폭,

교차로의 길이, 포화 교통량, 도로의 경사도(오르막, 내리막길), 차량 진행속도 등이 다르므로 신호주기를 결정하기 위해서는 수식 (13)에서 보는 것처럼 미국 HCM(Highway Capacity Manual)에서 제안한 보정 계수를 구하여야 한다.

$$S = S_0 \times F_w \times F_{hv} \times F_c \times F_{rt} \times F_u \quad (13)$$

- 단,  $S$  : 같은 현시에서 움직이는 교통량
- $S_0$  : 차선당직진승용차의포화교통량(2400)
- $F_w$  : 차선폭에대한보정계수
- $F_{hv}$  : 이동류중의중차량에대한보정계수
- $F_c$  : 도로의경사도및노면상태
- $F_{rt}$  : 우회전시전용신호,비보호신호및차선구별
- $F_u$  : 좌회전시전용신호,비보호신호및차선구별

본 논문에서 사용된 퍼지 규칙을 이용한 최적신호등 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1 :  $t = t_0$ 이고  $p(t-1)$ 를 루프검지기를 통해서 정확하게 파악한다.
  - 단계 2 :  $p(t-1)$ 의 통과차량을 승용차 환산계수  $a(t)$ 를 이용하여 최적의 대기행렬 길이를 구한다.
  - 단계 3 : 직진 및 회전 공용차선일 경우에는  $c(t)$ 를 이용해서 차량 및 회전차량을 계산한다.
- 직진 전용차선이나 회전 전용차선이 있을 경우에는  $p(t-1)$ 과  $a(t)$  승용차 환산계수를 이용해서 대기행렬길이를 산출한다.

$$G(t) = p(t-1) \times c(t) : \text{직진, 회전공용차선일 경우} \quad (14)$$

$$G(t) = p(t-1) \times a(t) : \text{직진, 회전전용차선일 경우} \quad (15)$$

- 단계 4 :  $G(t) = p(t-1) + w(t)$ 와  $G(t) = p(t-1) + L(t)$ 을 이용하여 똑같은 예상통과 차량이 하위 교차로를 출발하여 상위교차로에 진입할 때에, 상위교차로의 차선수나 교차로의 길이가 큰 경우와 작은 경우를 고려하여 최적의 녹색대기행렬길이  $G(t)$ 를 구한다.

- 단계 5 :  $g(t)$ 와 예상 통과시간을 곱하여 최적의 녹색신호주기를 산출한다.

앞막힘 현상 예방 및 평균주행속도를 개선하기 위해서는 상위교차로 및 하위교차로의 교차로 용량(차선수, 교차로 길이)이 굉장히 중요한 요소임을 알 수 있다. 뿐만 아니라,  $a(t)$ 승용차 환산계수가 정확하게 산출되어야 다음현시에 출발 소거시간이 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

$$a(t) = (a1(t), a2(t), a3(t)) \quad (16)$$

$$g(t) = (g1(t), g2(t), g3(t)) \quad (17)$$

- 단,  $g1(t)$  : 하위교차로로 진입하는 차량
- $g2(t-1)$  : 과거현시에 상위교차로와 파포화 상태이기 때문에 진입 못하고 하위교차로에 대기중인 차량

교차로에서 대기차량의 많고 적음을 판단하는 포화도는 유효녹색시간동안 최대로 유출할 수 있는 교통유율에 대한 실제 통과된 교통량으로서, 보통 PCU(Passenger Car Unit)로 표시된다. 그러므로 교통류를 구성하는 대기차량은 차량의 길이가 항상 같은 값이 아니고, 매우 다양하여 각 차량별 승용차 환산계수(PCU)를 어떤 값으로 결정해야 할지 어려움이 있으며, 시시각각으로 변화는 교통상황에 대응하여 승용차 단위로 정확히 환산하기가 어렵다. 매주기의 최대 대기차

량길이가 측정되어지면 해당 주기에서는 도착율이 구해진다. 그러나 요즈음과 같이 예측할 수 없는 교통변동으로 인해 매 주기마다 정확하게 도착율을 추정한다는 것은 매우 어렵다. 그러므로 과거의 도착율을 평활(Smoothing)하여 차기 주기의 도착율로 산정한다. 즉 과거 3주기 동안의 도착율의 이동평균값(Moving Average)을 차기 주기의 도착율로 하는 예측방법을 이용한다. 따라서 차기주기에서의 예측되는 도착율,  $FV_{i+1}$ 은 다음 수식 (18)과 같이 구할 수 있다.

$$FV_{i+1} = FV_{i-2} + FV_{i-1} + FV_i / 3 \quad (18)$$

수식 (18)을 이용하여 차기 주기에서의 최대 대기차량 길이는 다음 수식 (19)과 같이 표시 될 수 있다.

$$\begin{aligned} Est(MAXQ_{i+1}) = \\ w(MAXQ_i + g \cdot FV_{i+1} - FV_i) + (1-w) \cdot MAX_i / \\ w - sg + FV_{i+1} \cdot r / (W - FV_{i+1}) \end{aligned} \quad (19)$$

수식 (19)는 포화상태에서의 유출율과 녹색시간 시작으로 인한 출발속도가 매 주기마다 일정하다고 할 때, 주기 및 녹색시간이 매 주기마다 변화되는 대기행렬길이를 산출하는 수식이다. 실시간 교통제어시스템에서는 교차로 혼잡을 최소화하고 평균 주행속도를 개선하기 위해서는 하위교차로를 출발한 차량이 상위교차로에 모두 진입하는 경우와 그렇지 않은 경우를 단 시간에 정확히 예측하기는 어려운 문제점이 발생한다. 왜냐하면, 2장과 3장에서 살펴 본 것처럼 교차로 길이 및 교차로 차선 수에 따라서 예상 대기행렬 길이가 달라지기 때문이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 표 4에서 보는 것처럼 똑같은 예상 통과차량이 하위교차로를 출발하여 상위교차로로 진입할 때에 교차로 차선 수와 교차로길이, 교차로 형태에 따라서 최적 녹색시간이 다르게 결정되는 것을 설명하고 있다.

수식 (20)부터 (29)까지는 교차로 차선 및 대기행렬길이를 고려한 최적의 녹색시간 산출 보정 수식이다.

$$G1 = Nveh * 3 + Cflane + SDT + endlagtime \quad (20)$$

$$LostimeG1 = green - 1(1/3Fg) + Yellowtime(Fg + 1/2Fy) + Redtime(Fg + Fy + 1/3Pr) \quad (21)$$

$$G2 = Nveh * 3 + SDT \quad (22)$$

$$LostimeG2 = green - 1(1/21Fg) + Yellowtime(Fg + 1/2Fy) + redtime(Fg + Fy + 1/2Pr) \quad (23)$$

$$G3 = Nveh * 3 * Cflane + SDT + roadconversionTime \quad (24)$$

$$LostimeG3 = green - 1(Fg) + yellowtime(Fg + 1/2Fy) + redtime(Fg + Fy + 1/2Pr) \quad (25)$$

$$G4 = Nveh * 3 + \nabla ayTime \quad (26)$$

$$LostimeG3 = green - 1(1/4Fg) + yellowtime(Fg + 1/4Fy) + redtime(Fg + Fy + 1/4Pr) \quad (27)$$

$$G5 = Nveh * 3 * CFLane + SDT + roadconversiontime \quad (28)$$

$$LostimeG3 = green - 1(1/4pg) + yellowtime(1/3pg + 1/4Fy) + redtime(1/3Fg + Fy + 1/4Pr) \quad (29)$$

표 4. 교차로조건을 고려한 최적녹색시간  
Table 4. Optimal green time considering for traffic intersection condition

포화도		통과 차량	교차로 차선수		교차로 사고 구간	통과 차량 속도	도로조건		최적 녹색 시간
상위 교차로	하위 교차로	상위 교차로	하위 교차로	상위 교차로			하위 교차로		
과포화	근포화	많음	1-2	3-4	1.8	34	이 거리	사 거리	GT1
과포화	근포화	많음	3-4	1-2	1.5	22	이 거리 삼 거리 사 거리	이 거리 삼 거리 사 거리	GT2
과포화	근포화	많음	3-4	1-2	1.2	33	사 거리	삼거리	GT3 차선
근포화	과포화	많음	1-2	1-2	1.5	42	사 거리	사 거리	GT7 단속
미포화	근포화	많음	3-4	1-2	1.6	22	사거리	이 거리 삼 거리	GT8 단속
미포화	근포화	많음	4-6	3-4	1.3	37	이 거리 삼 거리 사 거리	이 거리 삼 거리 사 거리	GT9

- 단,  $G1, G2, \dots, G5$  : 연동을 고려한 최적녹색 시간
- $NVEH$  : 통과 차량대수 (Number of Vehicles)
- $CFLane$  : 차선 보상계수 (Conversion factor of Lane)
- $SDT$  : 출발 지연시간
- $Road\ conversion\ Time$  : 교차로 형태 보상시간
- $LostTime$  : 승용차 대기시간
- $PG$  : 예상 녹색시간 Probability of Green Time
- $PY$  : 예상 황색시간 Probability of Yellow Time
- $PR$  : 예상 적색시간 Probability of Red Time!

표 5는 루프디텍터에서 검지된 통과차량이 똑같이 5대 일 경우에도, 통과차량이 소형, 대형 일때에 따라서 대기행렬 길이가 큰 차이가 나는 것을 설명하고 있다.

표5. 차량 검지데이터에 의한 다른 자동차 길이  
Table 5. Vehicle length depending on vehicle detecting data

검지기 데이터					차량 종류					자동차 길이					대기 행렬 길이
T1	T2	T3	T4	T5	P1	P2	P3	P4	P5	W1	W2	W3	W4	W5	$i=1 \dots 5$ $w(i)$
1	1	1	1	1	1.3	1.2	1.2	1.5	1.3	6.5	5.6	5.6	8.7	6.3	32.7 M
1	1	1	1	1	1.2	1.4	1.6	1.2	1.3	5.6	6.8	9.6	5.6	6.3	33.9 M
1	1	1	1	1	1.2	1.2	1.9	1.4	1.7	5.6	5.6	14.3	6.8	10.5	42.8 M
1	1	1	1	1	1.6	1.8	1.9	1.2	1.9	9.6	12.8	14.6	5.6	14.8	57.4M

그림 2는 도로에 설치된 루프 검지기의 모습이며, 루프 디텍터를 통과한 차량은 인덕턴스의 변화량에 의해서 통과한 차량의 대수를 정확하게 감지한다. 그러나 2장에서 설명한 것과 같이 똑같은 통과차량이 5대일 경우에도 표 5에서 보는 것과 같이 예상 통과차량 대기행렬 길이가 소형으로 구성되었을 경우와 대형으로 구성되었을 경우 25미터 이상 큰 차이를 보이게 된다. 그러므로 본 논문에서는 15초 동안 (녹색현시-1) 시간에 검지기를 통과한 예상 대기행렬을 10초 간격으로 퍼지 규칙 27개를 이용하여 추론 결과 값을 샘플링하여

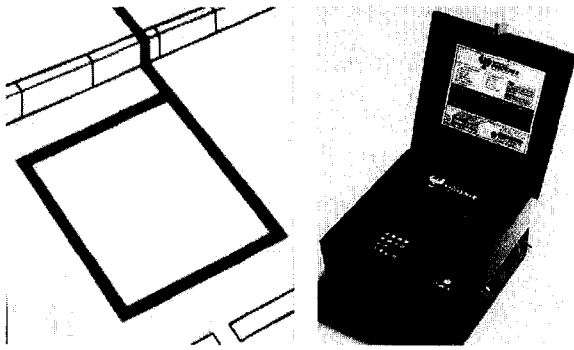


그림 2. 루프검지기 및 설치도  
Fig 2. Loop detector and block-diagram of establishment

평균 주행속도를 향상시키는 최적의 녹색신호주기를 구한다. 본 논문의 퍼지제어 입력은 다음과 같다.

$$e = DR - DNL T \quad (30)$$

$$Ce = Upe2 - Upe1 \quad (31)$$

- 단,  $DNL T$  : 하위교차로 실제 통과차량(대기행렬길이)
- $DR$  : 기준입력:하위교차로 평균 예상 통과차량 (대기행렬 길이)
- $e$  : 오차(기준입력-실제 통과차량 길이)
- $Ce$  : 오차의 변화량
- $Upe2$  : 현재의 오차 :교차로 조건을 고려한 상위교차로 대기차량(대기행렬길이)
- $Upe1$  : 현재보다 한 샘플링 이전의 오차

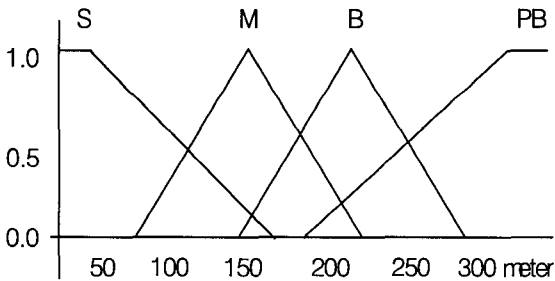


그림 3. 하위교차로 길이에 관한 입력 멤버쉽 함수  
Fig 3. Input fuzzy membership function for the length of lower traffic intersection

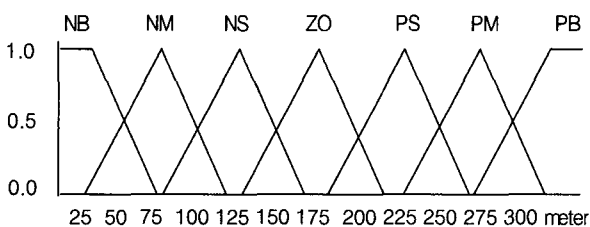


그림 4. 하위교차로 길이에 관한 입력 멤버쉽 함수  
Fig 4. Input fuzzy membership function for the length of upper traffic intersection

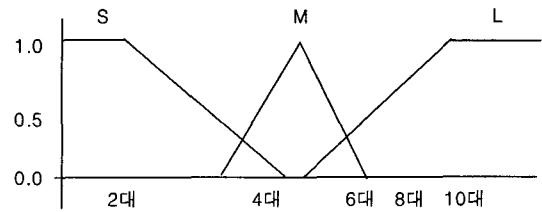


그림 5. 예상통과차량 출력차량  
Fig 5. Output fuzzy membership function for expecting passing vehicle

- (RULE 1) IF DNL IS PB  
AND USPC IS Small  
THEN OPV IS Small
- (RULE 2) IF DNL IS PB  
AND USPC IS Medium  
THEN OPV IS Medium
- (RULE 3) IF DNL IS PB  
AND USPC IS Big  
THEN OPV IS Big

여기서, DNL : 하위교차로 예상 통과 차량길이  
USPC : 상위교차로 진입 여유공간  
OPV : 상위교차로에 진입가능한 차량대수

본 논문의 퍼지 제어 개념은 다음과 같다.

- (1) 하위교차로에 설치된 루프디텍터를 이용해서 예상 통과차량수를 검지한다. 본 논문에서는 표 5에서 보는 것처럼 승용차 환산계수(승용차 길이)를 정확하게 예측 못하기 때문에 전처리로 중형 차량의 길이 7 미터를 예상통과차량수와 곱해서 통과차량 대기행렬길이를 산출하였다.
- (2) 상위교차로의 진입여유공간(상위교차로 대기행렬길이)에 하위교차로 차량이 진입할 규칙 27개중 1개를 선택해서 최적의 녹색시간을 산출한다.

본 논문에서는 횡단보도 통과시간(15초)을 기준으로 녹색시간을 연장하거나 단축하였으며, 전처리과정에서는, 교차로의 길이 및 차선 수는 같은 것으로 단정하였고 교차로에 진입하는 소요시간은 차량 1대 당 3초로 가정하였다. 뿐만 아니라, 하위 교차로를 통과한 예상 통과차량은 교차로 차선수에 따라서 교통신호주기 생성에 큰 영향을 미치게 된다. 예를 들어서 하위교차로의 차선수가 2차선이고 상위교차로가 4차선일 경우에 7대의 예상 통과차량이 진입을 할 경우에는 녹색신호주기를 연장해도 무관하지만 그 반대의 경우에는 녹색신호주기를 단축해야만 한다.

그러나 2장 및 3장에서 살펴 본 것처럼 실제 교차로의 길이 및 차 선수, 승용차 환산계수에 따라서 승용차 대기시간 및 출발 지연시간이 유발되므로, 표 4에서 보는 것과 같이, 최적 녹색시간을 구하려면 실제 교차로는 교차로 차선수가 틀리기 때문에 그림 7을 이용해서 교차로 차선에 맞는 차선수를 보정(적응퍼지제어)을 해주어야 한다.

적응 퍼지제어가 필요한 이유는, 회전차선과 공용차선의 공유로 인해서, 통과차량이 몇 대가 정확하게 직진을 할 차량인지, 아니면, 회전을 할 차량일지를 정확하게 모르기 때문에 정확한 직진차량 대수를 산출하기 어렵다. 다시 말해서, 교차로에 직진 전용차선이 2차선이고, 회전 및 직진공용차선이 1차선일 경우를 살펴보자. 회전 및 직진 공용차선에 학교

및 회사가 많이 위치하고 있다면, 출근시간에는 회전 및 직진 공유차선에 대기하고 있는 예상 통과차량은 거의 회전 차량일 것이다. 반대로 출퇴근시간이 끝나면, 거의 직진 차량이 된다. 그러므로 출퇴근시간에는 직진 및 회전차량의 통과차량을 순간적으로 보정해주는 적응제어 퍼지 알고리즘이 필요하게 된다. 뿐만 아니라, 똑같은 예상 통과차량 이라도 소형과 대형의 차량길이가 틀리기 때문에 교차로 포화용량이 틀려지게 된다.

그러므로, 반드시 정확한 승용차 환산계수(예상 대기행렬 길이를 보정하여 출퇴근시간에 발생하는 압박현상 및 출발 지연시간을 줄일 수 있는 적응제어 퍼지 알고리즘이 필요하게 된다.

```

<html>
<body bgcolor="YELLOW">
<h3> 교통 신호주기 </h3>
<script language="javascript">
var n=8; var m=5000;
data[0][0]=0; data[0][1]=2; data[0][2]=m;
data[0][3]=m; data[0][4]=m; data[0][5]=m;
data[0][6]=m; data[0][7]=3; data[0][8]=m;
{
s=prompt(" START NO. ?", "");
s=parseInt(num);
document.write("START ==>",s +,"<br>");
e=prompt(" END NO. ?", "");
e=parseInt(num);
document.write("END ==>",E +,"<br>");
for(j=1; j<n; j++)
{
v[j]=0;
{방문상태 초기화}
distance[j]=m; {거리를 전부 최대 값을 넣음}
}
distance[s]=0; {자신에서 자신까지의 거리는 0이므로.}
for(i=1; i<n; i++)
{
min:=m;
for(j=1; j<n; j++)
{연결된 곳 중 최단거리인 곳을 찾음}
if((v[j]=0)&&(distance[j]<min))
{
k:=j;
min:=distance[j];
}
v[k]=1;
{연결된 곳 중 최단거리인 곳을 확정}
if min=m then
document.write("연결되어 있지 않습니다.");
for(j=1; j<v; j++)
if distance[k]+data[k,j] < distance[j] then
distance[j]:=distance[k]+data[k,j]; {그 값(s->k->j의
거리)을 j로 가는 최단거리로 저장}
document.write(s,"=>",e,":",distance[e]);
}
</script>
</body>
</html>

```

수식 (30)은 하위교차로의 차선 수보다 상위교차로차선수가 많거나 적었을 때 발생하는 최적 녹색 시간을 계산하기 위해서 오차 변화율을 구하는 수식이고 그림 6은 이를 도표로 표시한 그림이다.

$$\mu_{ce}(ce) = \begin{cases} 0, & \text{if } ce \leq \beta - \gamma_L \\ \frac{1}{2} \left[ 2 \left( 1 + \frac{ce - \beta}{\gamma_L} \right) \right]^{\lambda+1}, & \text{if } \beta - \gamma_L \leq ce \leq \beta - \gamma_L / 2 \\ 1 + \frac{1}{2} \left[ \frac{2(ce - \beta)}{\gamma_L} \right]^{\lambda+1}, & \text{if } \beta - \gamma_L / 2 \leq ce \leq \beta \\ 1 + \frac{1}{2} \left[ \frac{2(ce - \beta)}{\gamma_R} \right]^{\lambda+1}, & \text{if } \beta \leq ce \leq \beta + \gamma_R / 2 \\ \frac{1}{2} \left[ 2 \left( 1 + \frac{ce - \beta}{\gamma_R} \right) \right]^{\lambda+1}, & \text{if } \beta + \gamma_R / 2 \leq ce \leq \beta + \gamma_R \\ 0, & \text{if } ce \geq \beta + \gamma_R \end{cases} \quad (30)$$

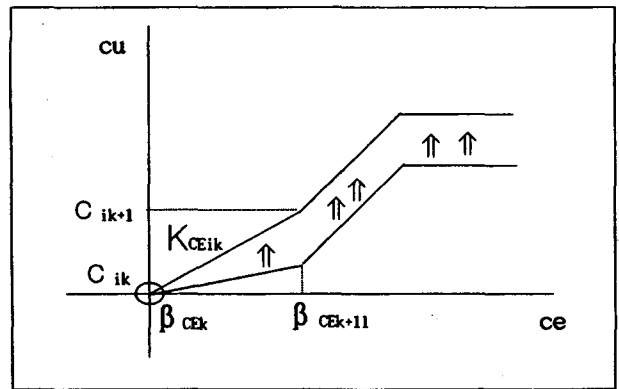


그림 6. 차선에 따른 오차변화율 재계산  
Fig. 6. Change in error recalculation depending on number of lane

그림 7은 차선에 따라 최적 녹색시간을 퍼지 적응제어를 하기 위해서 소속함수를 좌측이나 우측으로 이동하여 쉽게 구할 수 있는 것을 설명한 그림이다.

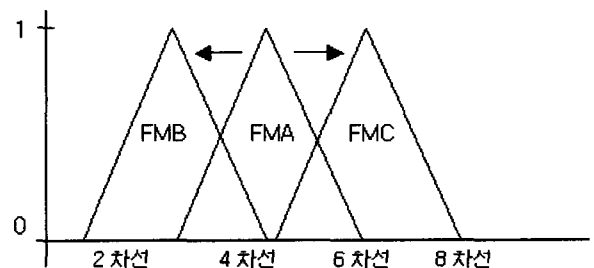


그림 7. 차선에 따른 적응퍼지제어  
Fig. 7. Adaptive fuzzy control depending on number of lane

다시 말해서, 실제로는 그림 1과 표4에서 보는 것처럼 교차로길이는 같지않고, 회전차선과 공용차선의 공유로 인해서 통과차량이 몇대가 정확하게 직진차량인지, 회전을 할 차량일지를 정확하게 모르기 때문에 녹색 신호주기 안에 정확한 직진 통과 차량대수를 예측할 수 없다. 따라서, 기존의 TOD방식은 정확한 예상통과 차량을 산출할 수 없기 때문에

항상 예상통과차량 오차가 발생하게 된다. 다시 말해서, 똑같은 예상 통과차량 이라도 소형과 대형의 차량길이가 틀리기 때문에 교차로 포화용량이 틀려지게 된다.

그러므로, 퍼지 적응제어를 이용하면, 교차로길이 및 상위 교차로에 진입 가능한 최적의 직진차량을 고려한, 예상 통과차량을 산출하여 출퇴근시간에 발생하는 앞막힘 현상 및 출발 지연시간을 줄일 수 있다.

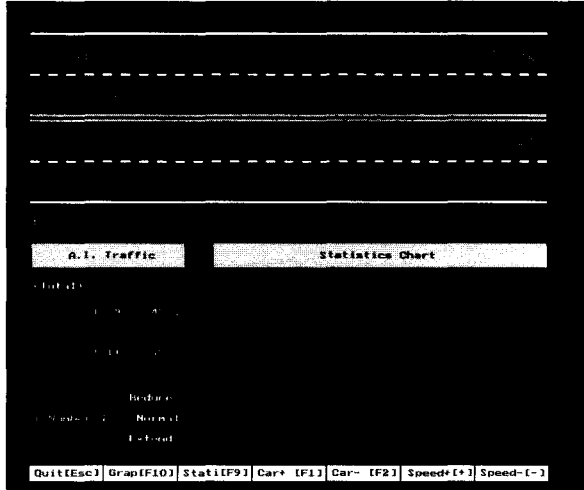


그림 8. 퍼지규칙을 이용한 시뮬레이션  
Fig. 8 Simulation using fuzzy rule

그림 8은 퍼지규칙을 이용하여 평균 주행속도를 개선하는 퍼지 교통신호등 시뮬레이션 과정을 보여주고 있다. 그림 9는 출발지와 목적지를 입력하면 누구나 쉽게 예상소요시간을 검색하여 교통 정보를 얻을 수 있는 것을 보여주고 있다. 또한 그림 10은 출발지와 목적지간의 안전도를 고려한 최단경로의 검색 결과를 보여준다.

표 6. 도로조건 따른 인공지능 신호등과 기존신호등 대기시간 비교

Table 6. Comparisons with A.I. traffic light depending on road condition waiting time and a conventional traffic light

공사구간	도로 차선수			도로 길이			대기시간비교	
	A	B	C	A	B	C	고정주기	퍼지신호등
정상	2	4	6	100meter	100meter	150meter	60	43초
정상	2	4	2	70meter	120meter	170meter	60	55초
정상	4	6	2	200meter	100meter	130meter	60	48초
공사	4	4	4	100meter	80meter	100meter	60	36초
정상	4	4	4	100meter	70meter	100meter	60	51초
정상	4	2	4	300meter	100meter	200meter	60	45초
정상	4	2	4	400meter	1500meter	100meter	60	53초
공사	6	6	6	100meter	200meter	150meter	60	45초

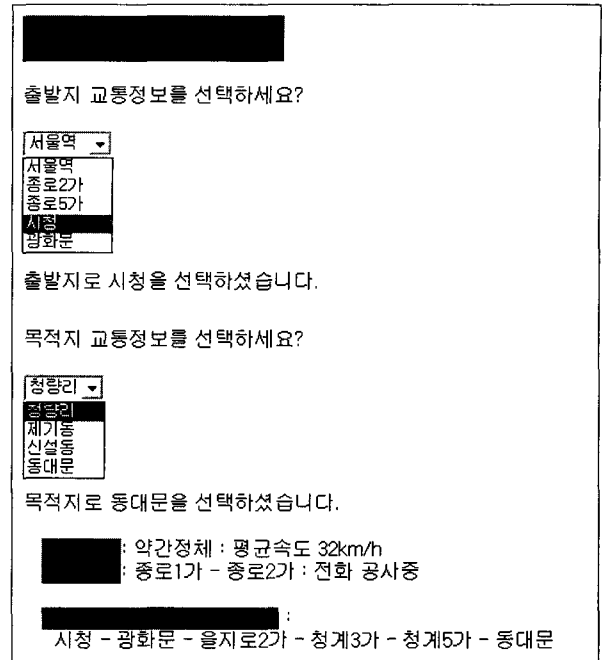


그림 9. 무선 인터넷을 이용한 교통정보검색  
Fig 9. Searching for Traffic information using wireless internet

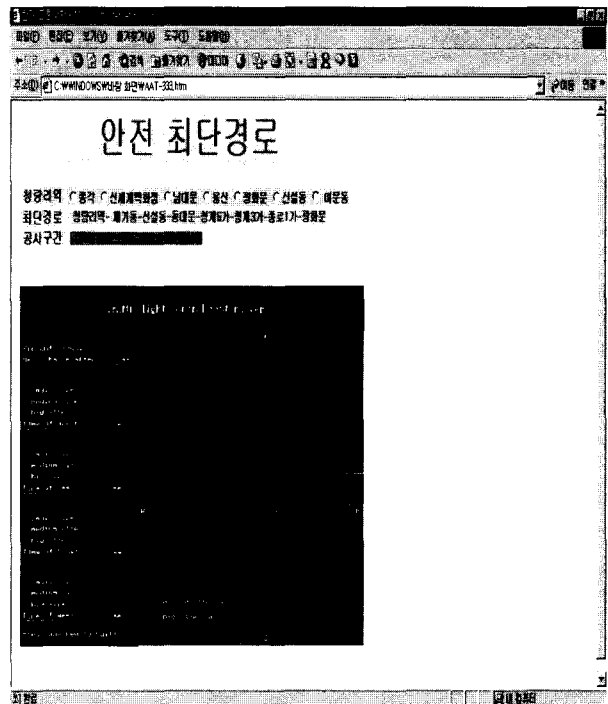


그림 10. 인터넷을 이용한 최단경로 검색  
Fig.10. Searching of Shortest path using internet



표 7. 도로조건 따른 인공지능 신호등과 기존신호등 대기 시간 비교

Table 7. Comparisons with A.I. traffic light depending on road condition waiting time and a conventional traffic light

포화상태	예상 통과차량				실제 통과 차량		대기시간비교	
	%	혼용 차선	직진 차선	하위교차로 길이	상위교차로 길이	회전	직진	고정 주기
88	6	4	100meter	100meter	7	1	20	18초
74	5	5	70meter	100meter	8	2	20	14초
55	4	6	200meter	100meter	7	3	20	11초
68	4	4	100meter	100meter	6	2	20	16초
51	4	6	100meter	70meter	5	1	20	10초
34	2	4	300meter	100meter	3	2	20	15초
43	3	6	400meter	1100meter	2	7	20	13초
32	6	6	100meter	200meter	6	6	20	9초

만약 하위교차로 통과차량이 많고, 상위교차로에 진입 할 공간이 많을 경우에 퍼지 신호등은 기존의 신호등보다 다음과 같은 장점을 갖게 된다.

- (1) 최단 경로 중에 도로의 위험성이나 공사구간이 있는 경우  
 T.O.D. 기존신호등 : 안전한 우회경로 선택 불가능  
 퍼지신호등 : 퍼지규칙에 의한 안전한 우회경로 선택 가능
- (2) 대형차량 및 직진 혼용차선으로 인해서 정확한 예상 통과차량을 산출할 수 없는 경우  
 T.O.D. 기존신호등 : 앞막힘 현상발생으로 승용차 대기시간 증가  
 퍼지신호등 : 하위교차로에 예상 통과차량에 근거한 최적 녹색시간 신호주기 생성가능(승용차 대기시간 감소)
- (3) 하위교차로 및 상위교차로 길이가 같고, 하위교차로 차선이 6차선이고 상위교차로 차선이 3차선 통과차량이 대형차량으로 구성되었을 경우  
 T.O.D. 기존신호등 : 고정주기 신호 반복 (승용차 대기시간 및 평균주행속도 증가)  
 퍼지신호등 : 퍼지적용 규칙으로 인한 승용차 대기시간 및 평균주행속도 감소

기존의 TOD방식은 정확한 예상통과 차량을 산출할 수 없기 때문에 항상 오차가 발생하게 된다. 다시 말해서, 하위 교차로를 출발한 차량이 상위교차로에 진입했을 때에, 교차로 형태에 의해서 오거리 및 삼거리의 포화교통량이 이용가능한 차선수가 틀러지기 때문에 다교차로에 사용 가능한 퍼지 제어기가 필요하게 된다. 뿐만 아니라, 똑같은 예상 통과차량이라도 소형과 대형의 차량길이가 틀러지기 때문에 교차로 포화용량이 틀러지게 된다.

그러므로, 반드시 정확한 승용차 환산계수(예상 대기행렬 길이)를 산출하여 출퇴근시간에 발생하는 앞막힘 현상 및 출발 지연시간을 줄일 수 있다.

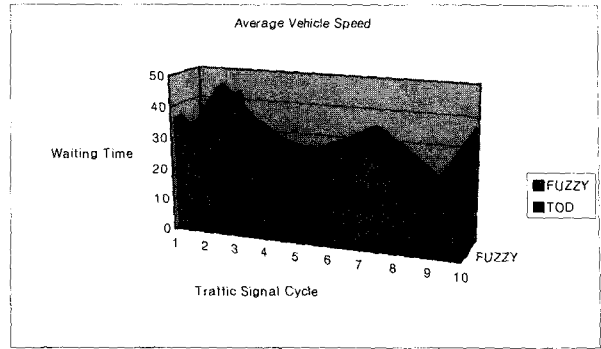


그림 11. 통과차량속도를 고려한 퍼지신호등과 고정주기신호 대기시간

Fig.11 Comparisons between fuzzy traffic light waiting time considering passing vehicle speed and T.O.D. traffic light

### 5. 결 론

신호기가 부적절하게 설치되면 97년 전남 경찰청과 도로 교통 안전협회에서 조사한 것과 같이 교통량이 급증하는 것을 감안하지 않음으로서 삼거리의 교통 신호 주기 및 좌회전 신호가 너무 짧은 것으로 지적되었다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 퍼지규칙을 이용해서 교차로조건에 맞는 최적의 교통신호주기를 산출하고 인터넷을 이용해서 최단경로 및 교통 상황을 검색할 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 퍼지 규칙을 이용하여서 최적 경로 중 도로공사구간이거나, 교통체증이 심할 경우에 매 5분 단위로 교차로 10개의 교통상황을 보고해주며 각 교차로의 차량 흐름에 따라서 최적의 녹색신호 주기를 생성함으로써 승용차 대기시간을 단축시키고 평균 주행속도를 향상시키는 연구이다. 특히 명절이나 출·퇴근시에 교차로가 혼잡할 경우에는 최단 경로가 없을 정도로 도로의 지체체가 심하게 된다.

본 논문에서는 인터넷을 이용하여 작은 교차로를 연동하여, 2장이나 3장에서 살펴본 것과 같이 평균 주행속도를 개선하고 승용차 대기시간을 줄일 수 있도록 퍼지 규칙 27개를 사용하여 최적 녹색시간을 산출하였다. 뿐만 아니라, 교차로의 길이나 교차로의 차선 수에 적용 할 수 있도록 적용 퍼지 제어 개념을 도입하였다.

모의실험결과 근 포화 및 미 포화일 때에는 퍼지 교통신호등이 기존의 TOD 신호등보다 승용차 대기시간이 그림 11에서 보는 것처럼 18-35% 이상 단축시킬 수 있었다. 뿐만 아니라, 1시간 전에 각종 행사에 따른 교통량의 흐름을 분석하여 각 교차로의 포화교통량을 예측하는 시뮬레이션 프로그램, 직진 및 회전 공유차선에서 정확한 예상 직진 통과차량의 산출 알고리즘 연구를 통해서 승용차 대기시간을 감소시키는 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

[1] 최광주, "ITS용 DSRC시스템의 신호처리분석", 한국통신학회, 하계학술대회, 7월 7일, 2000년  
 [2] 최광주, 김동현, 현영균, 이재형, 지정재, 이병현 "ITS DSRC", 무선인터넷백서 2001, p254-p256,

2000.

[3] 김은형, "GIS선진기술 Monitoring 및 기술확산", 1996, NGIS보고서

[4] 김기천, "모바일 IP 무선인터넷백서 2001" p126-p133 소프트뱅크미디어, 2000년

[5] 최현미, 조한벽, 임춘식, "Advanced DSRC system using Mobile IP" ;p47-p66 2001 ITS 세미나 및 전시회

[6] Werner Brilon and Ning Wu: Delay at Fixed Time Traffic Signals under Time Dependent Traffic-conditions, Traffic.Engng. Contol,31(12), pp.623-631, 1990.

[7] R.Hoyer,U.Jumar," Fuzzy Control of Traffic Lights", Proc.3rd IEEE Int- ernational Conference on Fuzzy Systems, pp.1526-1531, Orlando, U.S.A., 1994.

[8] Hong,YouSik Park, Chong Kug, "Considering Passenger Car Unit of Fu- zzy Logic", Proc. of the sixth interna- tional fuzzy system association, IFSA, 1995, pp.461-464

[9] Moller, K. ,"Calculation of optimal Time signal Programs Transportation and Traffic Theory." Proceedings of the 10th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, July 8-10, MIT, USA, 1987

[10] Miller, A.J. Settings for Fixed Cycle Traffic Signals, Oper. Res. Q.,1 4, pp. 373-386, 1963

[11] TRB, Traffic Control in Oversatu rated Street Networks. NCHRP Report 19 4, TRB,1978

[12] Nagui M. Roupail and Rahmi Akcelik, "Over- saturation Delay Estimates With Consideration of Peaking", Paper No.920047, Transportation Re- search Board 71st Annual Meeting, January 1992.

[13] "한해 교통혼잡비용", 동아일보, 2002년 2월 17일.

[14] "상습정체, 도로구조-신호체계 탓", 동아일보, 2003년 2월 4일.

[15] "전국교통혼잡비용 19조", 한국일보, 2002년 2월 17일.

[16] 도균섭, "도시내 간선도로에 있어서 연동신호시스템 최적화에 관한 연구", 영남대학교, 석사논문, 1994.

[17] Fred L. Orcutt Jr., "The Traffic Signal Book", Prentice Hall, 1993.

[18] 李鐵基, 李勝煥, "신호등 교차로에서의 지체예측에 관한 연구", 대한교통학회지, 제10권, 제1호, 1992.

[19] Wolfgang S. Homburger & H. Kell, "Fundamentals of Traffic Engineering(13th Edition)", Course Notes UCB-CN-88-1, 1992.

[20] S. Teply & G.D. Evans, "Evaluation of the Quality of Signal Progression by Delay Distributions", TRB 68th Annual Meeting January 22-26, 1989.

## 저 자 소 개



**홍유식(You-Sik Hong)**

1984년 : 경희대학교 전자공학과 (학사)  
 1989년 : 뉴욕공과대학교 전산학과 (석사)  
 1997년 : 경희대학교 전자공학과 (박사)  
 1985년~1987년 : 대한항공  
 (N.Y.지점 근무)  
 1989~1990년 : 삼성전자 종합기술원  
 연구원

1991년~현재 : 상지대학교 전산학과 부교수  
 2000년~현재 : 한국 정보과학회 논문지 편집위원  
 2000년~현재 : 한국 퍼지 및 지능시스템학회 기획이사  
 2000년~현재 : 한국 인터넷정보학회 학회지 편집위원  
 2001년~현재 : 한국 컴퓨터 교육산업학회 이사

주관심분야 : 퍼지시스템, 전문가시스템, 신경망, 교통제어



**최명복(Myeong-Bok Choi)**

1992년 : 호서대학교 전자계산학과(학사)  
 1994년 : 아주대학교 컴퓨터공학과(석사)  
 2001년 : 아주대학교 컴퓨터공학과(박사)  
 1997~현재 원주대학 행정전산과(조교수)

관심분야 : 지능형 정보검색, 퍼지응용, 지식표현, 신경망 및 교통제어, 의사결정 시스템