

인공지능기반 AHP를 이용한 교통제어기 설계

진현수

천안대학교 정보통신학부
jhs1020@cheonan.ac.kr

A Design of Artificial based Traffic Control System using Artificial Analytic Hierachy Process

Hyun Soo Jin

Division of Information & Communication, Cheonan University

要 約

교통의 혼잡량이라든가 공기의 쾌적도 등을 측정할 때는 상징적인 정보량을 이용한 퍼지 센서 알고리즘을 사용한다. 그런데 퍼지 센서를 구현할 때는 몇 개의 상징적인 정보량을 퍼지 규칙으로서 종합하여 출력을 산출하는데 상징적인 정보량을 퍼지 규칙이라는 막연한 방법을 사용하므로 정확하지 못한 결과를 산출할 수밖에 없다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 규칙으로 퍼지 센서를 구현하는 방법이 아닌 계층 분석 방법이라는 분석적인 방법을 이용하여 퍼지 센서를 구현하였고 이를 검증하기 위하여 퍼지 규칙 방법의 퍼지 센서와 계층 분석 방법의 퍼지 센서를 교통량 제어에 적용하여 많은 통과차량수의 검증을 통하여 비교하여 보았다.

Abstract

For measuring a traffic symbolic confusion quantity and symbolic air pleasantness, we use fuzzy sensor algorithm made by symbolic information quantity. But for implementation of fuzzy sensor, we use some symbolic information item, this method cannot produce precise output because we use vague fuzzy rule method and we cannot abundance fuzzy for precision of fuzzy rule method. For this reason, this paper introduce new fuzzy sensor algorithm composed of not fuzzy rule method but using Analytic Hierachy Process. To prove that new method is good, two type of fuzzy sensor applied to traffic signal controller and through much passing vehicle, two fuzzy sensor compared each other.

1. 서론

일반적으로 센서는 단일 센서와 다중 센서로 구별될 수 있고 다중 센서는 입력체의 관계가 수치적 관계로 연결되어졌는가와 퍼지적인 관계로 연결되어졌는가에 따라서 일반 다중 센서와 퍼지 센서로 이루어져 있다고 볼수 있다.[1] 계층 분석 방법은 정량적 분석법의 일종으로 1970년대 초에 Satty에 의해 개발된 방법으로 서로 상관성이 없는 물리적인 양을 일대 비교의 정합성이 있으며 논리적인 대응력이 있고 다수의 일대 비교가 가능한 이점을 이용하여 관계성을 정립하는 방법이다. 즉, 다중 센서의 여러 입력들의 관계를 퍼지 규칙이라는 많은 규칙으로서가 아니라 수치적이고 객관적인 방법으로서 관련성을 찾는 방법으로서 정합성이 좋으며 논리적인 대응력이 있고 다수의 일대 비교가 가능하다고 하는 이점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 차량 감지 센서인 루프디텍터

가 통과 차량의 숫자만 파악하는데 쓰이나 교차로 신호 처리에 최종적으로 쓰이는 궁극적인 정보량인 도로에 대한 포화율을 진입로의 길이 및 차량의 대소 정도와 대기(queueing)차량수를 통해 교통 혼잡도로 표시하여 새롭게 교차로 신호 주기 제어에 적용함으로써 기존의 방법보다 더 효과적인 교통 신호 처리 제어 방법을 보여 주었다 또한 이를 퍼지 센서 알고리즘(fuzzy sensor algorithm)으로 구현하여 몇 개의 물리적인 정보량을 통해서도 교통 시스템에 출력이 가장 적합한 상징적 정보량인 혼잡도를 구할 수 있고 이를 통해 교통신호 입력인 교통 데이터량을 정량화하여 교통신호 처리 제어에 응용하여 실제 쓰일수 있음을 검증하였다.

2. 퍼지규칙에의한 교통량 검지센서

2.1 교통량 검지 퍼지센서의 기초

퍼지(상징)센서는 정보량에 대한 수치적 표현에서 상징적 표현으로 바뀌는것에 근거 하는데 상징적 측정을 하기 위해서 상징기호와 수치사이의 관계를 정립하는 것이 중요하다..

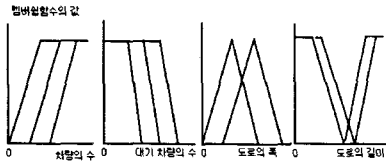


그림 1. 교통대안들에 대한 퍼지 멤버쉽함수 값
Fig 1. Membership function value of traffic proposal element

2.2 퍼지 규칙 퍼지센서 알고리즘의 표현

교통량 측정에 있어 퍼지센서는 다음과 같은 수식으로 정립된다. 따라서 위에서 기술된 예를 통해 다음과 같은 4가지의 규칙을 얻을수가 있다. 왜냐하면 2번째에는 2가지 규칙을 이끌어 내기 때문이다.

- 1) 대기차량의 수가 중간이고 차량의 형태가 중간크기 이면 혼잡도는 중간이다
- 2) 대기차량의 수가 중간이고 차량의 형태가 크면 혼잡도는 원활하다
- 3) 대기차량의 수가 많고 차량의 형태가 크면 혼잡도는 복잡하다
- 4) 대기차량의 수가 적고 차량의 형태가 작으면 혼잡도는 복잡하다

표 1. 차량의 형태와 차량수의 관계 그래프
Table 1. Relation graph of type and number of car

형태 \ 차량수	small	medium	large
a few	원 활		
medium		보 통	
many		복 잡	복 잡

$$\mu A(W)=S(V,V') \subseteq L(T) \times L(H) \quad \mu(E,E')(V,V') \quad T1 \quad \mu \Gamma(V,V',W) \quad (1)$$

여기에서 $\mu(E,E')(V,V')$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다. 여기에서 2개의 변수가 독립적이라 가정하면 $\mu(E,E')(V,V')$ 는 분리되어지고 T2(t-노름)를 가지고서 다 시쓰면 다음과 같다.

$$\mu(E,E')(V,V') = \mu E(V) T2 \mu E'(V') \quad (2)$$

3. 계층 분석 방법에 의한 교통량 검지 퍼지센서

3.1 계층 분석 방법

퍼지규칙의 객관적 다속성 평가방법의 미흡으로 이에 대체할만한 방법으로 계층분석 방법을 쓰는데 이는 정량적 분석법의 일종으로 1970년대 초에 Satty에 의해 개발되었다.[6] 이 기법은 대안의 평가 및 채택을 위한 의사결정기법의 하나로써 이미 이 기법에 대하여 많은 연구가 진행된바 있다.

3.1.1 AHP의 적용 절차

AHP를 이용하여 의사 결정 문제를 해결하고자 할 경우에는 일반적으로 다음과 같은 4단계를 갖는다.

- (단계 1) 주어진 의사결정 문제를 계층 구조로 분해한다.
- (단계 2) 같은 계층 구조에 있는 요소를 대상으로 쌍별 비교를 한다.
- (단계 3) 계층의 고유치(eigenvalue)를 구하고, 쌍별 비교된 요소들의 중요도를 추정한다.
- (단계 4) 최하위 계층에 있는 대안들의 중요도를 구하기 위하여 설문조사를 비롯한 교통대안들의 평가치를 구한후 각 계층에서 구해진 평가 요소들의 중요도를 종합한다.

3.1.2 의사결정 문제의 계층화

AHP의 적용 절차 중 가장 중요한 단계인 계층화 단계는 주어진 의사 결정 문제를 상호 관련된 의사 결정 요소들로 계층화하여 문제를 분석하는 과정으로, 최상위 계층에는 가장 포괄적인 의사 결정의 목표가 놓여지고, 최하위 계층에는 선택의 대상인 대안들로 구성되며, 하위 계층으로 갈수록 평가요소가 구체적이어야 한다. 계층화 분석을 위한 계층 구조의 그림은 그림 2이다.

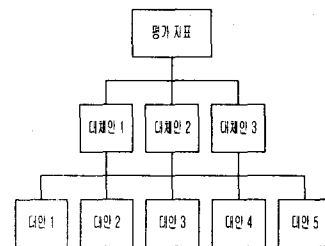


그림 2. 계층화 분석을 위한 계층구조
Fig 2. Hierarchy layer for AHP

3.1.3 평가 기준의 쌍별 비교

AHP에서 쌍별 비교는 어떤 계층에 있는 한 기준의 관점에서 직계 하위 계층에 있는 기준들의 상대적 중요도를 추정하기 위하여 평가 요소들간에 서로 비교하는 것으로 행렬로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 어떤 계층의 비교기준을 c_1, c_2, \dots, c_n 이라 하고, c_j 에 비해 c_i 의 중요한 정도를 a_{ij} 라는 수치로 표현할 때, 이들 n 개의 기준들간 쌍별 비교 결과는 다음과 같이 $n \times n$ 행렬로 나타낼 수 있다.

최하위 계층의 평가대안들은 실시간 제어용으로 실시간용으로 조사를 해야하나 상위계층의 평가대안을 결정하는데는 결정된 대안을 제어과정이 끝날 때 까지 사용해야 하므로 설문조사에 의하여 대안들을 결정할 수가 있다.

표 3. Satty의 9점 척도

Table 3. Nine point scale of Satty

어의 비교	정 수	역 수
Equal (동등)	1	9/9=1.00
-	2	9/8=1.13
Moderate (약간차이)	3	9/7=1.29
-	4	9/6=1.50
Strong (큰차이)	5	9/5=1.80
-	6	9/4=2.25
Very Strong (매우 큰차이)	7	9/3=3.00
-	8	9/2=4.50
Extreme (절대적차이)	9	9/1=9.00

3.1.4 평가 가중치의 추정

쌍별 비교를 행한 후에는 각 계층에 대하여 비교대상 평가 기준들이 갖는 상대적 가중치를 추정하는데, 앞 단계에서 쌍별 비교를 통해 얻은 a_{ij} 값을 이용하여 평가 기준 c_1, c_2, \dots, c_n 이 갖는 영향도 또는 선호도를 나타내는 수치를 추정하는 것이다. 여기서 다음과 같은 식 w_1, w_2, \dots, w_n 이 성립한다.

$$a_{ij} = w_i / w_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

$$a_{ij} \cdot w_j = w_i$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j = n w_i, \quad i=1,2,\dots,n \tag{4}$$

위 행렬식에서 다음과 같은 식이 성립된다.

$$A w = n w \tag{5}$$

그리고, w 는 실제 가중치인 4개의 교통 파라미터의 개별적 상대비교를 말하며 상태방정식 $(A - \lambda I) X = 0$ (A :중요도 매트릭스, λ :고유값, I :단위행렬, X :상태변수)에서 상태변수의 계수값을 통해 구하며 n 은 요소의 수이다.

다시, 식 (3)는 고유치와 고유벡터와의 관계를 나타내는 일반적인 방정식

$$A w = \lambda w \tag{6}$$

로 나타낼 수 있다.

3) 가중치의 종합

대안의 종합 가중치는 아래의 식을 통해 구할 수 있다.[9]

$$W = \sum_j (w_j) (u_j^i) \tag{7}$$

여기서

W 는 i 번째 대안의 종합 가중치

w_j 는 평가 기준 j 의 상대적 가중치

u_j^i 는 평가기준 j 에 대한 i 번째 대안의 가중치

4. 계층 분석 방법을 통한 퍼지센서의 구현

4.1 설문조사에 의한 센서항목비교

교차로 교통 요소의 최종 측정항목인 혼잡도라는 측정량을 산출하기 위해서는 그보다 하위계층인 센서항목을 선정하여야하고 임의의 센서평가 항목은 객관성을 고려하기 위하여 설문조사에 의한 특정 교차로의 측정항목을 선정하는데 계층화분석기법의 중요한 특징으로서 상위계층의 속성을 평가지표선정을 하였으면 하위계층의 속성을 평가하는데 있어서, 두 속성씩 짝을 지어 상대적인 비교를 한다. 즉, n 개의 속성을 이원 비교한다면 비교의 횟수는 nC_2 가 되고, 이를 정리한다면 실제의 조사에서는 일반적으로 설문조사의 방법을 이용하며, 이원비교의 기준으로는 1 ~ 9의 가중치를 사용한다.

설문조사의 내용은 많은 대체자료 대안 중 설정자료를 선정하기 위하여 자료분류별 비교하게 되는데, 이를 위해 그룹단위별 계층분석법이 필요하게 된다. 따라서 설문조사에 의하여 대체안 선정을 해야할 요소는 같은 그룹으로 비교를 하게 되고, 실시간 표본에 의하여 비교를 해야할 요소는 다른 그룹으로 묶어서 비교를 하는 것이 일반적이다. 설문조사에 의한 대체 안은 설비요소 혹은 환경적 요소의 평가에 사용되는데, 여기에는 교통 시설, 주거시설, 인간의 행태적 측정 연구 등을 비교하

게 된다. 설문조사에 의한 자료들을 표본치 자료들과 계층분석의 단계별 자료분류 방법론으로 분류하면 표 4.와 같이 정리할 수 있다. 본논문의 설문 조사에서는 통과 차량수, 대기차량수, 차량의 형태, 도로의 길이를 선정하여 상위그룹 평가대안으로 선정 하여서 혼잡도라는 센서평가치의 평가 항목으로 선정하였다.

4.2 교통요소별 센서 항목인 혼잡증요도 행렬 구하기

센서의 평가 항목인 상위 교통대안을 구하기 위해 설문평가자 10명을 20초마다의 육안 기록을 실시하도록 하게되면 1초에 차량 1대가 통과하는 수를 기준으로 20초에 최대 통과수가 20대가 통과하게 되며 이때의 상황은 전방 후방 직진을 각각 3명씩 육안 기록하게 되며 좌측 우측 대기는 각각 2명씩 육안 기록하게 된다.

표 4. 자료의 분류와 단계별 방법론

Table 4. Data grouping and grading method

자료 분류		연구 진행 단계와 방법론		
표본수	주기번호	평가지표	평가치	시간평가치
0-20	A1	w_1	$h(x_1)$	U_1
21-40	A2	w_2	$h(x_2)$	U_2
41-60	A3	w_3	$h(x_3)$	U_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
181-200	A10	w_n		U_{10}
		가중치 평균	퍼지 규칙	퍼지측도와 퍼지적분

4.3 안산시청 교차로 성능 평가 결과

혼잡도로서 구해진 행렬 원소들은 중요도 값으로서 혼잡치 비교값으로 선형평가치와 퍼지추론치와의 객관적 비교 평가 방법으로 쓰이기 위해 선형 평가치, 퍼지추론치, 계층 분석법 값으로 나온 비교값들은 서로 비슷한 값들을 가지고 있어서 비교값 계산에 그리 차이가 나지가 않지만 평균값을 계산하여 내면 계층 분석값이 10 ~15%차이가 남을 알수 있다.

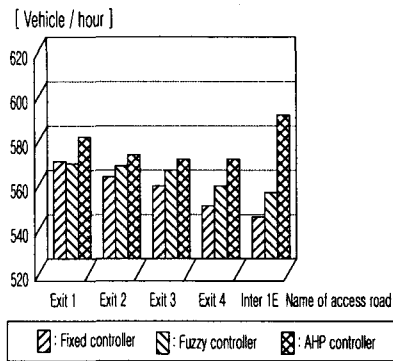


그림 3. 각교차로별 통과시 통과 차량대수

Fig 3. Passed vehicle number at each intersection, when straight passing condition

평가 지표치 $h(x_i)$ 가 계산이 되어지면 나열된 지표치를 평균치, 퍼지 추론치, 퍼지 적분 평가치로 혼잡도를 계산하여 4가지 현시 단위별로 혼잡도를 계산하게 된다.

5. 결론

일반 물리량 측정 센서가 아닌 상징량 측정 센서를 구현할때는 다단 측정 항목의 유기적인 관계를 밝혀내어야만 최종 센서측정량이 나오게 된다.이때 서로 관련이 있는 항목이라면 선형적인 방법으로 최종 측정량 값에 대한 평가치들간의 평가값을 계산해 낼수 있으나 그렇지 못할 경우에는 퍼지 관계나 전문가 시스템식 방식으로 측정치를 계산해 내어야 한다. 본 논문에서는 다단센서의 명칭을 퍼지센서라 하였으나 정확한 의미로서는 다단센서가 맞는 명칭이라는 것을 뒤늦게나마 밝혀 둔다. 다단 센서의 유기적인 관계를 지금 까지로서는 퍼지 관계 규칙으로서만 센서 측정값을 도출해 낼수가 없다.

참고 문헌

[1] Toshio Fukada, Koji Shimojima, "Multi-Sensor Integration System with Fuzzy Inference and Neural Network", IEEE Fuzzy system Int. Conf. 1992

[2] Gilles Mauris, "The aggregation of information by examples via fuzzy sensors", IEEE third Int. Conf. on Fuzzy System, Orlando, USA, p.1867-1872, June 1994