

Case-based system과 Rule-based system을 이용한 교통 신호 제어 전문가 시스템에 관한 연구

서정훈*

The Study for Traffic Signal Control Expert System using Case-based system and Rule-based system

Seo Jeong-Hun *

요 약

퍼지기법을 이용한 룰-기반(rule-based) 전문가 시스템에서는 사용자의 조건입력에 따라 여러가지의 룰(rule)들을 추론하여, 가장 적절한 신호주기를 산출해낸다. 그러나 입력조건을 사용자의 판단에만 의존함으로 해서 객관성을 잃을 수 있는 단점이 있다. 본 논문에서는 케이스-기반시스템(case-based system)의 기법을 추가함으로써 그러한 객관성의 문제를 보완하고자 한다. 기존의 통계치로 각 요일별, 각 계절별, 여러 상황들에 대한 케이스(case)를 시스템에 저장함으로써 적절히 활용할 수 있도록 교통신호 제어 전문가 시스템의 모델을 제안한다.

Abstract

Rule-based Expert system using Fuzzy technique inferences various rules by user's input condition and the most proper control signal. This system can lose objectivity by input condition which depends on user's decision. This paper can solve those problems by adding case-based system's technique. The traffic signal control expert system is proposed to store the cases based on the statistics, days, seasons and various circumstances and use them.

▶ Keyword : 전문가 시스템(expert system), 퍼지(fuzzy), 교통신호제어, 케이스-기반 시스템(case-based system), 룰-기반시스템(rule-based system)

I. 서론

현재의 교통제어 시스템은 여전히 단순한 인지로 주기를 조정하는 것을 볼 수 있다. 늘어나는 교통체증을 해결하기 위한 여러 방안들 중에서 신호주기의 조정이 가장 효율적이다. 그러므로 신호주기 조정을 위하여 퍼지기법을 도입하거나 동적계획법 등을 활용한 기법들이 제안되었다(1, 2). 기존에 제안된 퍼지 정보 검색 기법을 이용한 교통 신호 제어 전문가 시스템에서는 사용자가 임의로 조건을 입력하여 룰 기반시스템(rule-based system)의 룰(rule)에 따라 적절한 신호를 추론하게 한다(3, 4, 5, 6). 현재 도로 상황에 대한 여러 가지 조건들을 사용자가 임의로 입력함에 따라 시스템의 유연성을 높일 수는 있으나 객관적인 기준을 제시하기는 어렵다. 사용자가 판단하는 임의의 수치로 신호의 주기를 조절함으로써 오히려 도로의 상황을 더 악화시킬 수도 있으리라고 본다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 객관적이고 보편적인 신호 주기의 조정을 위해서 사용자의 임의적인 판단보다는 여러 가지 상황에 대한 기존 통계치를 활용할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

먼저 기존의 통계치에 대한 조사를 하는 것이 우선 되어야 할 것이다. 예를 들어 계절별, 시간대별, 요일별, 상황들에 대한 가장 적절한 수치를 통계치로 산출해낸다. 이러한 경우별 신호주기를 전문가 시스템의 케이스(case)로 저장하여 신호주기를 조정하고자 할 때 이용하고자 한다. 기존 전문가 시스템에서 룰(rule)을 통한 추론엔진부에 앞서 케이스(case)를 통한 데이터베이스 검색엔진의 우선 순위를 높인다. 적절한 케이스(case)를 추론해내는 과정에서 퍼지 정보 검색 기법을 활용하도록 하며 수치로 케이스(case)를 업데이트 할 수 있다(7, 8, 9, 10, 11). 기존의 케이스(case)가 없는 경우에는 룰(rule)을 이용한 신호주기를 추론한다.

II. 퍼지 정보 검색 기법

제안된 퍼지 정보 검색부를 갖는 교통 신호 제어 전문가 시스템은 퍼지 정보 검색 기법을 활용한다(12, 13, 14).

퍼지 정보 검색 기법은 퍼지 개념을 도입한 정보 검색 시스템으로써 Kohout와 Bandler에 의해 제안된 기법이다(10). 일반적인 자료 검색(data retrieval)에 비해 정보 검색(information retrieval)은 다음과 같은 차이점이 있다.

표 1. 자료검색과 정보검색
Table 1. Data Retrieval and Information Retrieval

	Data retrieval	Information Retrieval
Matching	Exact Match	Partial Match, best match
Inference	Deduction	Induction
Model		Probabilistic
Classification	Deterministic	Polythetic
Query	Monothetic	Incomplete
specification	Complete	Relevant
Items wanted	Matching	

자료 검색에 비해 정보 검색에서는 일상에서 발생할 수 있는 문제들을 다루기에 더욱 적합하다. 또한 정보 검색은 다음과 같은 특징들을 가지므로 퍼지 개념을 이용하여 효율적으로 정보를 다룬다.

- (1) inexact matching of items
- (2) necessity to specify the relevance of items
- (3) polythetic classification of items as opposed to monothetic
- (4) non-deterministic inductive inference

이러한 성질을 갖는 정보 검색은 기존의 자료 검색에서는 요구되지 않았던 애매한 성질을 갖는 정보의 검색이 요구된다. 퍼지 정보 검색 기법은, 정보 검색시에 발생하는 애매한 정보들을 다루기 위해서 정보 검색 기법에 퍼지의 개념을 이용함으로써 효율적인 정보 검색을 한다. 이것은 이진논리(crisp logic)의 확장으로 다중논리(multiple valued logic)가 적용된다.

Kohout 와 Bandler에 의해 제안된 퍼지 정보 검색 기법은 < 그림 1 >의 구조를 갖고 있다. 퍼지 검색 모델(model)의 입력으로는 documents, thesaurus, fuzzy search request(FS-request), relational request(R-request)등이 있다.

FS-request는 documents에 관련된 물음에 관한 것이다. thesaurus는 term간의 계층을 일컫는데 관계정도의 구조를 보인다. 출력은 입력의 FS-request 와 R-request에 대한 것으로 각각 FS-output, R-output으로 구성되어 있다.

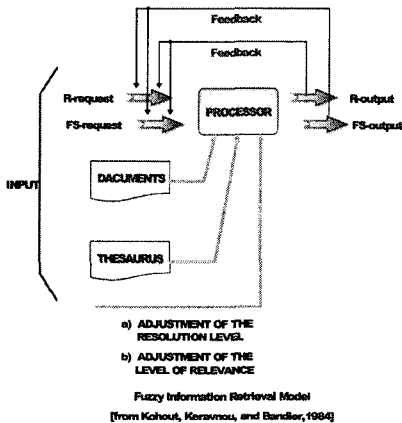


그림 1. 퍼지 정보 검색 기법의 모델
Fig. 1. Model of Fuzzy Information Retrieval

2.1 FS-request

FS-request는 document에 관련된 요구이다. 사용자에 의한 FS-request는 퍼지 논리 연결자(AND, OR, NOT) 및 관계 정도를 나타내는 0, 1의 숫자를 사용하여 구성된다. 식 (1)은 FS-request의 간단한 예를 통해 그 구조를 이해한다.

$$S = 0.5(t_1 \text{ AND } t_2) \text{ OR NOT } (t_3) \dots\dots\dots (1)$$

t_i : 항(term)

여기서 AND, OR 및 NOT의 값은 식 (2), 식 (3), 식 (4)와 같이 적용한다.

$$a \text{ AND } b = \text{MIN}(a, b) \dots\dots\dots (2)$$

$$a \text{ OR } b = \text{MAX}(a, b) \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{NOT } a = -a \dots\dots\dots (4)$$

FS-request가 <표 2>와 같은 term과 document와의 퍼지 관계에 대한 것이라고 가정했을 때 위 예의 FS-request에 대한 출력은 <표 3>과 같다.

표 2. 퍼지 입력 행렬
Table 2. Fuzzy Input Matrix

Documents \ Terms	t_1	t_2	t_3
	d_1	0.5	0.7
d_2	0	0.4	0.5
d_3	0.7	0.4	0
d_4	0	0.5	0.6

표 3. FS - output
Table 3. FS - output

$\{ d_3 \} = 1$
$\{ d_2 \} = .5$
$\{ d_4 \} = .4$
$\{ d_1 \} = .25$

출력값이 의미하는 것은 사용자의 요구에 대해 각 document의 관련 정도를 수치로써 보이는 것이다. 출력값은 원하는 적정 수준의 값으로 한정시켜 선택할 수 있으며 이때 a_{cut} 을 사용한다. 예를들어 <표 3>의 출력에서 a_{cut} 을 0.5로 정의하면 원하는 출력 값은 d_2, d_3 만으로 제한되어 선택된다.

2.2 R-request

다음은 R-request의 구조를 살펴본다. R-request는 관계 정도구조에 관련된 요구이다. 관계 요구는 term의 계층 구조(thesaurus)인 관계 출력을 이끌어 내기위한 과정을 필요로 하므로 FS-request에 비해 몇 가지의 단계를 더 거쳐 좀더 복잡한 구조를 갖는다.

term의 계층인 thesaurus를 구축하기 위해 이용되는 연산은 Kohout와 bandler가 고안한 퍼지 관계 논리곱인 삼각 논리곱들과 사각 논리곱이다.

퍼지 관계 논리곱을 이해하기 위한 퍼지 집합의 포함 (fuzzy set containment)에 대하여 기술한다.

퍼지 집합 이론에서 집합 A가 집합 B의 부분집합이라는 것은 (식 (5))의 의미이다.

$$\mu_A \leq \mu_B \text{ 즉, } \forall x \in U, \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \dots\dots\dots (5)$$

이진 집합론에서 집합 A가 집합 B의 부분집합 이라는 것은 A가 B의 멱집합에 속한다는 것이다. 이것은 A가 B의 부분집합 이라는 것이 B의 멱집합 δB에 A가 소속되는 멤버십의 정도를 나타낸다. 만약 어떤 문장 S의 가능성을 π(S)로써 나타낸다면 부분 집합 정도의 가능성은 (식 (6))과 같다.

$$\pi(A \subseteq B) \mu_{\delta B} A \dots\dots\dots (6)$$

위의 식에서 A가 B의 부분 집합일 정도는 (μA(x) → μB(x))의 최소값이다. 즉 (식 (7))과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_{\delta B} A = \wedge (\mu_A(x) \rightarrow \mu_B(x)) \dots\dots\dots (7)$$

정의에서 최소값을 사용함으로써 어떤 x에 대하여 μA(x) → μB(x) = 0 이면 다른값에 관계없이 항상 0 이 된다. 이에 비해 아래의 평균값을 사용한 (식 (8))

$$\mu_{\delta B} A = 1/ |U| \sum (\mu_A(x) \rightarrow \mu_B(x)) \dots\dots\dots (8)$$

은 퍼지집합 A가 퍼지집합 B에 포함된다는 평균등급을 나타내며 이진 집합(Crisp set)에서의 최소치를 선택하는 것 보다 정보 검색의 개념에 적합하므로, 퍼지 정보 검색 기법에서는 이 값을 사용한다.

A에서 B로의 관계 R과 B에서 C로의 관계 S의 논리곱은 A에서 C로의 관계(T = R * S)이고 행렬의 곱과 유사하게 연산 (식 (9))와 같이 된다.

$$(R * S)_{ik} = \& (R_{ij} \otimes S_{jk}) \dots\dots\dots (식9)$$

@ : → or ← or ↔

R과 S가 퍼지 관계일 경우에서, &는 1 / |B| ∑(Rij ⊗ Sjk) 로 연산한다. X에서 Y로의 퍼지 관계 R과 Y에서 Z로의 퍼지 관계 S에 대하여 X에서 Z로의 삼각 논리곱과 사각 논리곱은 (식 (9), 식 (10), 식(11))과 같이 정의되며 이를 이용하여 관계정도구조인 thesaurus를 추출한다.

$$(1) (R \triangleleft S)_{ik} = \mu_{R \triangleleft S}(a_i, c_k) = \pi(a_i R \subseteq S c_k) = 1 / |B| \sum (R_{ij} \rightarrow S_{jk}) \dots\dots\dots (9)$$

$$(2) (R \triangleright S)_{ik} = \mu_{R \triangleright S}(a_i, c_k) = \pi(a_i R \supseteq S c_k) = 1 / |B| \sum (R_{ij} \leftarrow S_{jk}) \dots\dots\dots (10)$$

$$(3) (R \square S)_{ik} = \mu_{R \square S}(a_i, c_k) = \pi(a_i R = S c_k) = 1 / |B| \sum (R_{ij} \leftrightarrow S_{jk}) \dots\dots\dots (11)$$

여기서 (R < S)ik는 aiR의 퍼지 afterset이 Sck의 퍼지 foreset에 포함될 평균등급을 나타낸다.

삼각 서브 관계 논리곱(triangle sub-product relation)인 (R < S)는, 퍼지 관계 R은 X에서 Y로의 관계이고 퍼지 관계 S는 Y에서 Z로의 관계라 할 때 xi가 yj로의 R관계 정도가 yj가 zk로의 관계 정도인 S를 포함(imply)하는 정도를 의미하는 것이다. 이 연산의 결과로 X에서 Z로의 관련 정도를 알 수 있게 한다.

이와 유사한 삼각 슈퍼 관계 논리곱(triangle super-product relation)은 implication을 역으로 해석하며, 이에 비해 사각 관계 논리곱(square product relation)은 동일성의 정도를 의미한다.

삼각 논리곱과 사각 논리곱의 연산에 이용되는 조건 연산자(implication operator)에는 다음의 (식 (12), 식 (13), 식 (14), 식 (15), 식 (16), 식 (17), 식 (18))과 같은 것들이 있으며 이들 조건 연산자의 선택은 적용 문제의 특성에 의존한다.

$$(1) L1. S\# Standard Sharp$$

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \neq 1 \text{ or } b = 0$$

$$0, \text{ otherwise.} \dots\dots\dots (12)$$

$$(2) L2. S Standard Strict$$

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \leq b,$$

$$0, \text{ otherwise.} \dots\dots\dots (13)$$

$$(3) L3. S* Standard Star$$

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \leq b,$$

$$b, \text{ otherwise.} \dots\dots\dots (14)$$

(4) L4. G43 Gaines 43
 $a \rightarrow b = \min(1, b/a)$ (15)

(5) L5. L Lukasiewicz
 $a \rightarrow b = \min(1, 1-a+b)$ (16)

(6) L55. KDL Kleene-Dines Lukasiewicz
 $a \rightarrow b = 1 - a + ab$ (17)

(7) L6. KD Kleene- Dines
 $a \rightarrow b = (1-a) b$ (18)

앞서 정의한 논리곱으로써 thesaurus를 구축하기 위해 퍼지 입력 행렬과 그 전치 행렬을 이용하는데, R이 document에서 term으로의 관계 (D → T)라면 RT는 term에서 document로의 관계인 (T → D)가 된다. 그러므로 (RT ◁ R)은 term에서 term으로의 새로운 관계가 된다. 즉, 다음과 같이 요약할 수 있다.

$D_{ik} = d_i$ 에 대한 tk의 관계 정도
 $= DT_{ki}$ (19)

DT와 D에 대한 삼각논리곱과 사각논리곱의 각각의 의미는 아래와 같다.

$(DT \triangleleft D)_{ik} = 1/N_j \sum (DT_{ij} \rightarrow D_{jk})$ (20)
 : t_j 가 t_k 보다 더 구체적인 정도의 평균 등급

$(DT \triangleright D)_{ik} = 1/N_j \sum (DT_{ij} \leftarrow D_{jk})$ (21)
 : t_j 가 t_k 보다 더 일반적인 정도의 평균 등급

$(DT \square D)_{ik} = 1/N_j \sum (DT_{ij} \leftrightarrow D_{jk})$ (22)
 단, $a \leftrightarrow b = \text{MIN}(a \rightarrow b, a \leftarrow b)$
 : t_i 와 t_k 가 유사한 정도의 평균 등급

각 term간의 관계정도에 대한 계층인 thesaurus는 위의 방법들으로써 구축할 수 있으며, 정보 검색 모듈의 R-request는 R 출력을 유도하기 위해 term의 관계정도 계층인 thesaurus를 이용하고 사용자는 이 구조로부터 원하는 정보를 검색한다.

III. 기존의 퍼지 정보 검색 기법을 이용한 교통 신호 제어 전문가 시스템

퍼지 정보 검색 기법을 이용한 기존의 교통 신호 제어 전문가 시스템은 관계정도 구조인 thesaurus를 이용하여 이 구조로부터 원하는 R-request를 검색한다. 시스템의 알고리즘은 <그림 2>와 같다.

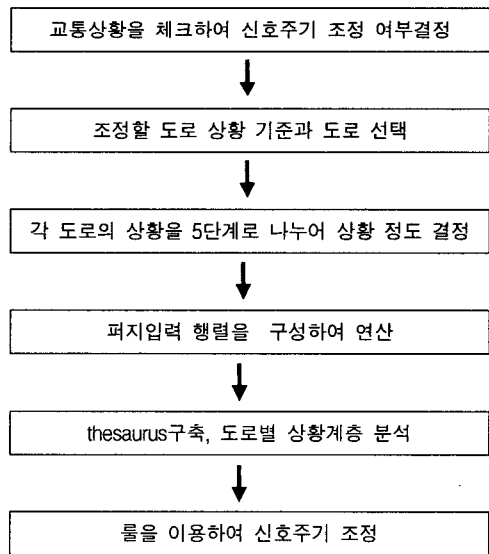


그림 2. 시스템의 알고리즘
 Fig. 2. Algorithm of systems

이 때 Documents와 term을 정의하여 도로와 도로의 상황을 입력하게 된다. 입력된 Documents들은 도로의 상황을 표현하게 된다. thesaurus를 통하여 어떤 기준에 대한 각 term들 간의 관련성 정도에 따른 우선 순위를 결정할 수 있으므로 교통신호 제어 전문가 시스템에서 도로 종류와 상황 정도에 따른 관계정도 구조의 계층을 구하여 도로 상황이 양호한 정도의 우선순위를 결정한다. thesaurus를 구하기 위한 정의는 다음과 같다.

Documents = 각 도로 상황을 체크 할 기준
 Term = 각 도로의 phase 표시
 Dik = di에 대한 tk의 속성의 관련 정도
 (DT < D)ik = ti가 tk보다 좋은 도로상황에 관한 관련 정도
 가 달함을 의미

thesaurus를 구하기 위해 document에 대한 term의 관련성 정도를 나타내는 퍼지 입력행렬을 삼각 서브 논리곱을 이용하여 구성한다. 퍼지 입력행렬은 각 기준을 고려했을 때 각 도로의 상황의 조건이 좋을수록 높은 퍼지 값을 갖도록 구성한다. 그러나 이 과정에서 도로 상황에 대한 판단이 객관성을 잃게 될 우려가 높다. 사용자의 직관적인 선택에 의존하게 되는 문제점을 해결하기 위하여 보다 객관적인 기준을 제시하기 위해 통계자료를 활용하는 방안을 제안한다.

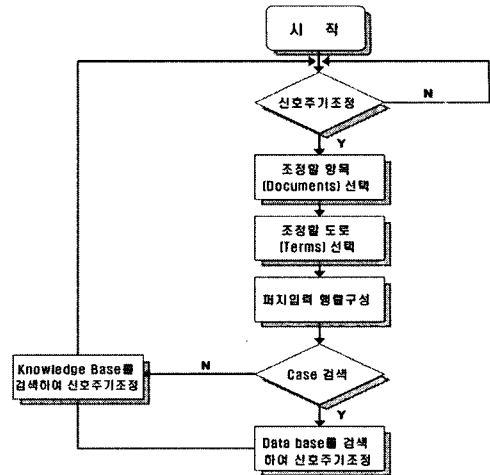


그림 3. 제안된 시스템의 알고리즘
 Fig. 3. Proposed Algorithm of System

IV. 케이스-기반시스템(case-based system)을 이용한 교통 신호 제어 전문가 시스템의 모델

제안된 시스템은 기존 시스템의 객관적인 판단 기준의 미비함을 보완하기 위하여 기존의 신호체계에서 계절별, 요일별, 날씨별, 도로 상황 등에 대한 통계 자료를 수집하여 케이스(case)들을 데이터베이스(database)로 구축한다. 케이스(case)의 데이터베이스(database)와 룰(rule)의 지식베이스(knowledgebase)를 병행하여 추천하도록 유도한다.

4.1 시스템의 알고리즘

본 논문에서 제안하는 시스템의 알고리즘은 다음(그림 3)과 같다. 신호주기를 조정하기 위하여 기존 시스템에서 룰(rule)을 추천하기 위하여 지식베이스(knowledgebase)를 검색하는 것에 앞서 database를 먼저 검색하여 적절한 케이스(case)를 찾도록 한다. 즉, 추천에 앞서 가장 적절한 신호주기를 유도하는 케이스(case)를 먼저 검색하도록 보완되었다.

4.2 지식의 표현

추론부에 케이스(case)와 룰(rule)로써 지식베이스(knowledgebase)를 구축한다. 케이스(case)와 룰(rule)은 다음과 같은 형식으로 표현한다.

case1

$$d1 \wedge d2 \wedge d3 \Rightarrow t1 = 10$$

$$t2 = 15$$

$$t3 = 18$$

<case의 예>

$$\text{계절} = \text{봄} \wedge \text{날씨} = \text{아주 맑음} \wedge \text{요일} = \text{금요일}$$

$$\Rightarrow \text{도로1} = 10$$

$$\text{도로2} = 15$$

$$\text{도로3} = 18$$

rule1

if (계층분포가 다양하다) \wedge (도로 t1의 대기차량수가 많다)...
 then 도로 t1의 주기를 연장하라

룰(rule)의 표현은 기존 시스템의 형식과 동일하나 케이스(case)의 표현은 document로 도로의 상황을 표현하도록 한다. 그러므로 d1, d2, d3는 도로 상황을 판단할 기준이 될 계절이나 요일, 날씨 등의 상태가 될 수 있다. 케이스는 위의 예와 같이 일반적인 도로상황에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들에 대한 통계자료로 표현된다.

4.3 추론(reasoning)

케이스(case)의 추론은 도로상황에 대한 document의 항목으로써 matching을 하게 되며 케이스(case)의 추론이 성공하게 되면 데이터베이스의 자료를 활용하게 한다. 추론이 실패시에는 기존 시스템의 룰(rule)으로써 thesaurus를 구축하여 지식베이스를 활용하게 된다.

4.4 시스템의 구조

제안된 시스템의 구조는 <그림 4>와 같다.

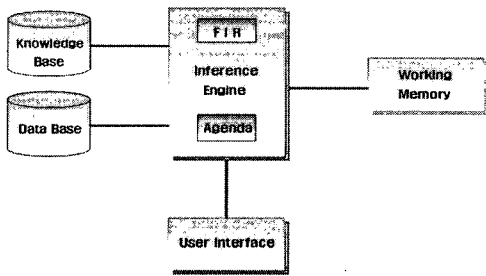


그림 4. 시스템의 구조
Fig. 4. Architecture of System

기존 시스템의 지식베이스(knowledgebase) 외에 데이터베이스(database)를 추가함으로써 시스템의 효율을 높이고자 한다.

V. 시뮬레이션을 통한 시스템의 평가

5.1 시뮬레이션 환경

가장 적절한 신호주기를 제안하기 위해서는 장기간에 걸친 도로상황에 대한 분석 및 통계 자료의 수집과정이 우선되어야 할 것이다. 그러한 과정을 통하여 데이터 베이스와 지식베이스를 구축하고 케이스(case)와 룰(rule)을 통한 추론과정을 거침으로써 적절한 신호주기의 제안 한다.

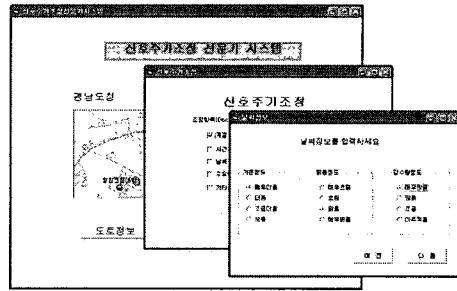


그림 5. 전문가시스템의 초기화면
Fig. 5. Initial display of Expert Systems

간단한 모델링을 위한 시스템의 진행과정을 <그림 5>를 통해서 보이고, 간단한 시뮬레이션을 통하여 시스템의 효율성을 보이고자 한다.

사용자가 원하는 항목을 선택하는 과정에서 퍼지 입력 행렬을 이용함으로써 여러 가지 상황을 자연스런 언어로 표현 가능함을 볼 수 있다.

5.2 시뮬레이션 과정

① 4거리의 교차로의 각 phase의 초기 신호는 다음과 같이 설정한다. 각 phase는 직진과 좌회전 2개의 신호를 가정한다.

- Phase1 : 25
- Phase2 : 22
- Phase3 : 33
- Phase4 : 27

② Phase1과 Phase3의 도로 교통량이 급격히 증가한 상황이라고 가정한다. 수치는 차량수를 의미한다.

- Phase1 : 910(직진)
20(좌회전)
- Phase2 : 140(직진)
123(좌회전)
- Phase3 : 305(직진)
916(좌회전)
- Phase4 : 344(직진)
574(좌회전)

③ 기존 시스템에서는 룰(rule)을 이용한 추론과정이 이루어지나 제안된 시스템에서는 케이스(case)를 먼저 검색한다. 검색의 조건은 사용자가 먼저 신호주기 조

정을 선택하고 조정 항목 중에서 날짜를 선택하였다. 날짜의 상황은 다시 여러 가지 경우로 사용자의 입력을 받게 된다. 이러한 입력으로 document를 구성하여 database를 검색한다. 기존의 통계자료를 가장 잘 활용할 수 있을 것이다. 기존 데이터가 없는 경우에는 지식베이스(knowledgebase)를 추론하게 된다.

- ④ document의 조건으로 시간, 날짜, 교차로1, 교차로2의 정보를 입력하여 원하는 케이스(case)를 검색한다. 각 교차로의 신호주기를 다음과 같이 조정함으로써 평균 지체 시간을 감소한다.

case1
 시간^날짜^교차로1^교차로2
 => t1=45
 t2=15
 t3=40
 t4=25

각 교차로의 신호주기를 다음과 같이 조정함으로써 평균 지체 시간을 감소한다.

표 4. 시뮬레이션 결과
 Table 4. Result of Simulation

	가 상 교통량	신 호 시 간	도 로 포 화도(%)	평 균지체 시간(sec)
Phase1	910 20	45	66 6	26.0 18.1
Phase2	140 123	15	49 49	55.9 50.9
Phase3	305 916	40	73 73	35.6 35.6
Phase4	344 574	25	87 87	22.0 24.5

VI. 결과

케이스-기반시스템(case-based system)과 룰-기반시스템(rule-based system)을 활용하여 데이터베이스와 지식

베이스를 동시에 가지는 전문가 시스템을 제안한다. 케이스(case)를 통한 데이터베이스의 검색은 검색시간을 단축시킬 뿐 아니라 통계자료를 활용함으로써 가장 적절한 신호주기를 제안하게 되고 적절한 케이스(case)가 존재하지 않을 경우에는 룰(rule)을 이용한 지식베이스를 추론하여 새로운 신호주기를 생성하게 된다. 이러한 과정에서 사용자의 직관적인 판단보다는 통계자료를 활용한 객관성을 더 높일 수 있으리라고 기대한다. 앞으로의 과제는 시스템을 구현하여 다양한 시뮬레이션을 통한 성능 테스트가 필요하며 신호 연동체계에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 진현수, 이상훈, 홍유식, "퍼지를 이용한 교통 신호처리 제어 소프트웨어", 한국통신학회지, 제16권 3호, pp. 431-435, 1997.
- [2] 박운선, 김창욱, "효율적인 동적계획법을 이용한 최적 교통 신호제어", 대한산업공학회지, 제26권 4호, pp. 315-325, 2000.
- [3] 김용기, "퍼지 정보 검색 기법 및 그 응용", 한국 퍼지 시스템 학회 추계학술강연회 논문집, 한국 퍼지 시스템 학회, 1993, 12, 4.
- [4] 김용기, "퍼지 기법을 이용한 자동화된 추론의 가중치 부여기법 개선", 정보과학회논문지, 한국정보과학회, 1994, 10.
- [5] 진정애, 김용기, "퍼지 정보 검색 기법을 이용한 신호 제어 시스템", 한국 정보 과학회 학술 발표 논문집, 한국 정보 과학회, 1994, 2, 22.
- [6] 진정애, "퍼지 정보 검색 기법을 이용한 신호 제어 전문가 시스템", pp. 1-44, 경상대학교 대학원, 1995. 2.
- [7] Kim, Yong-Gi and Kohout, L.J. Use of Fuzzy Relational Products and Algorithms for generating Control strategies in resolution based Automated Reasoning, Proceedings of the fourth International Fuzzy System Association (IFSA) world congress, (Brussels, Belgium), July 7-12, 1991.

- [8] Kim, Yong-Gi and Kohout, L.J. An Improvement of Weighting Strategy in Resolution Based Automated Reasoning, Proceeding of the sixth International Symposium on Methodologies for intelligent Systems (ISMIS'91) Published by Oak Ridge National Laboratory (12pages), Charlotte, NC, October 16-19, 1991.
- [9] Kim, Yong-Gi and Kohout, L.J. Comparision of Fuzzy Implication Operators by means of Weighting Strategy in Resolution Based Automated Reasoning, Proceedings of the ACM 1992 Symposium on Applied Computing (SAC'92), Kansas City, March 1-3, 1992.
- [10] L.J. Kohout and Y-G. Kim. Generating Control Strategies for Relational-Based Theorem Provers by Means of Fuzzy Triangle Products and Relational Closures, Fuzzy Logic, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 1993.
- [11] Bandler, W. and Kohout, L.J. Semantics of implication operators and fuzzy relational products Int. J. Man-Machine Studies, 12, 89-116, 1980
- [12] Donald A. Waterman, Expert Systems, Addison-Wesley, 1986
- [13] K.S Leung and W. Lam. Fuzzy Concepts in Expert Systems, IEEE Computer, September, pages, 43-55, 1988
- [14] Kohout L.J., Keravnou E. and Bandler, W. Automatic documentary information retrieval by means of fuzzy relational products. In Gaines, B.R., Zadeh L.A and Zimmermann, H.-J., editors, Fuzzy Sets in Decision Analysis, pages 308-404, North-Holland, Amsterdam, 1984.

저자 소개

서정훈

창원전문대학 디지털전자통신과

조교수

〈관심 분야〉 컴퓨터 설계, 인공지능