

퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 효율적인 조정방안

Effective Coordination Method of Multi-Agent Based on Fuzzy Decision Making

류경현 · 정환목

Kyung-Hyun Ryu, Hwan-Mook Chung

대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

요 약

급속도로 변화하는 환경에 적응하고 환경의 변화에 대한 신속한 응답능력을 향상시키고, 에이전트간 의사결정의 지속시간을 줄이기 위하여, 사용자의 선호도와 선택(alternative)의 유도가 요구된다.

본 논문에서는 사회적(Pareto) 최적성이라는 관점에서 에이전트들이 제안한 해를 가지고 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 효율적인 조정방안을 제안한다. 이 방법은 가중치를 사용하여 최적의 선택을 생성하고 승자 에이전트의 속성 중요도를 계산한 다음 속성들의 우선순위를 나타냈다. 그리고 기존의 방법과 가중치를 사용한 방법을 분석해보았다.

키워드 : 의사결정, 조정, 멀티에이전트 시스템

Abstract

To adapt environment changing high speed and improve rapidly response ability for variation of environment and reduce delay time of decision making inter agents, the derivation of user's preference and alternative are required. In this paper, we propose an efficient coordination method of multi-agents based on fuzzy decision making with the solution proposed by agents in the view of Pareto optimality.

Our method generates the optimal alternative by using weighted value. We compute importance of attributes of winner agent, then can obtain the priorities for attributes. The result of our method is analyzed that of Yager's method.

Key Words : decision-making, coordination, Multi-Agent system

1. 서 론

불완전한 구조 문제 해결의 과정을 통해서 의사결정자를 안내할 목적으로 개발한 상호작용 컴퓨터기반 시스템인 의사결정지원시스템(DSS)은 주로 불확실성으로 특성화된다[1]. DSS의 기능은 의사결정을 지원하고, 다른 스타일의 의사결정자를 지원하며, 의사 결정 과정의 단계를 조절하고, 학습과 적응 등도 포함한다.

DSS의 중요한 특성중의 하나는 불완전한 문제에 대하여 본질적인 불확실성과 관련되어지는 애매한 지식을 조작하고 나타내는 능력이 있다. 퍼지 논리는 애매한 지식을 다루는데 사용된다. Ribeiro R.A와 Baldwin J.F은 다속성 문제를 해결하기 위하여 FRIL(Fuzzy Relational Inference Language) 언어를 기반으로 하였다[2]. Fathi-Torbaghan M과 Meyer D는 의료진단을 하기 위해 불확실하고 애매한 지식의 표현을 퍼지 집합과 관계를 사용하여 구현하였다[3].

DSS는 대규모 데이터베이스와 복잡한 수학적 모델을 다루는 비효율성과 관련이 있다. 복잡한 의사결정 상황은 많은 입력 변수와 퍼지 규칙 지식베이스를 요구하게 되고 많은 규칙 베이스는 높은 일치성과 유효성이 부족하고 수정과 유지

가 어렵다. 이것을 해결하기 위해서는 조정이 필요하다. 조정은 두 개 또는 그 이상의 에이전트가 합의를 이루기 위한 목적을 가지고 해의 공간을 함께 탐색하는 의사결정 과정의 한 종류이다. 성공적인 조정은 조정과정에서 훌륭한 대화의 기술이 요구되고 실제 문제가 무엇인지에 관해서 에이전트들 사이의 동의가 필요하다[4].

본 논문에서는 사회적 최적성이라는 관점에서 에이전트들이 제안한 해를 가지고 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 효율적인 조정방안을 제안한다. 이 방법은 가중치를 사용하여 최적의 선택을 생성하고 승자 에이전트의 속성 중요도를 계산한 후 속성들의 우선순위를 나타냈다. 그리고 기존의 방법과 가중치를 사용한 방법을 분석해보았다. 이 속성의 중요도는 전문가의 주관적인 판단에 의해 가중치를 설정한다. 선택들의 가중치 또는 우선순위를 구하는 방법은 의사결정자의 오래된 경험이나 직관 등을 평가의 기본으로 하여 수치로 표현할 수 있는 정량적 평가기준은 물론 흔히 의사결정문제에서 다루기 어렵지만 반드시 다루어야하는 정성적인 기준에 대한 평가기준을 처리하기 쉽다는 점에서 널리 사용되어지고 있다[5].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 기존의 방법을 소개한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 가중치를 사용한 멀티에이전트의 선택 결정방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 대학의 교양과목인 실용컴퓨터에서 실시하는 ITQ 자격증 취득에 따른 학

접수일자 : 2006년 11월 19일

완료일자 : 2006년 12월 15일

생들의 데이터를 근거로 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트를 기존의 방법과 가중치를 사용한 방법으로 비교분석하고 각 속성별 우선순위를 알아본다. 마지막으로 5장에서는 제안된 방법의 결론 및 향후연구과제에 대해서 간략히 언급한다.

2. 관련 연구

DSS 전체 해의 결정은 기존에 제안된 다기준 퍼지 의사결정을 기반으로 한다. 다기준 의사결정(multi criteria decision making, MCDM 또는 multi criteria decision analysis, MCDA) 문제는 서로 대립하는 기준 아래서 선택들을 평가하는 것으로 귀착된다. 다기준 의사결정은 다속성 의사결정(multi attribute decision making, MADM)과 다목적 의사결정(multi objective decision making, MODM)으로 나누기도 하고, 개인의사결정 문제와 그룹의사결정 문제로 나누기도 하며 확률의 속성에 따라 결정론적 의사결정, 확률적 의사결정, 퍼지 의사결정으로 나누기도 한다[6].

각각의 분산 지능 에이전트는 적당한 규칙의 수를 가진 퍼지 지식기반시스템으로 구현되어진다. 다기준 문제를 해결할 목적으로 멀티에이전트 DSS의 구조는 그림 1과 같다.

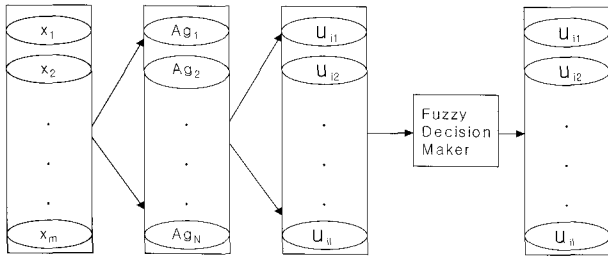


그림 1. 멀티에이전트 DSS의 구조
Fig. 1. Architecture of multi-agent DSS

에이전트의 수는 시스템 설계자에 의해 결정되고 각 에이전트 $Ag_j, j = \overline{1, N}$ 는 해를 산출하기 위하여 추론을 수행할 수 있는 자율적인 지능형 에이전트이다.

여기서 $x_i, i = \overline{1, m}$ 이고 $u_j, j = \overline{1, l}$ 은 보통 입력과 개개 에이전트의 출력 변수이다.

모든 에이전트의 해는 의사결정자가 다기준 $C_i, i = \overline{1, M}$ 상에서 그들의 효용을 기초로 퍼지 의사결정기에 의해 평가된다. N개의 에이전트 사이에 최고의 에이전트(승자 에이전트)는 기준 $C_i, i = \overline{1, M}$ 가 최고를 만족하는 에이전트이다.

만약 입력 데이터가 크리스프 변수라면 퍼지화는 퍼지 집합에서 이 데이터와 사상된다.

$$R^k: \text{IF } x_1 \text{ is } A_{k1} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_{k2} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_m \text{ is } A_{km} \\ \text{THEN } u_{k1} \text{ is } B_{k1} \text{ AND } u_{k2} \text{ is } B_{k2} \text{ AND } \dots \text{ AND } u_{kl} \text{ is } B_{kl} \quad (1)$$

A_{kj}, B_{kj} 는 퍼지 집합이고 K는 규칙의 수이다. 입력 x_1, x_2, \dots, x_m 은 크리스프 변수이거나 퍼지 변수들이다. 각 에이전트의 결정은 합성 규칙에 의해 만들어지고, 식(2)에 의해 추론한다.

$$\overline{U}_j = R_j \circ \overline{X} \quad (2) \\ \text{단, } j = \overline{1, N}$$

여기서, \overline{U}_j 는 j번째 에이전트의 의사결정 퍼지 값이고 R_j 는 식(1)에 대응하는 퍼지 관계이고 \overline{X} 는 퍼지화 후의 전체 입력 정보이다.

실제 결정상황에서 기준 C_i 는 다른 중요성 $\alpha_i, i = \overline{1, M}$ 을 가지고 각 기준에 대해 상대적인 선호도 비교순서를 사용하여 결정한다. 즉 pairwise 비교법은 기준을 쌍으로 묶어가며 비교하여 크기를 결정하는 방법으로 표 1에 pairwise 비교법 척도를 제시한다.

표 1. pairwise 비교법 척도
Table 1. pairwise comparison method scale

| 중요도 (b_{ij}) | 정의 |
|------------------|-----------|
| 1 | 동등한 중요성 |
| 3 | 중간적 중요성 |
| 5 | 강한 중요성 |
| 7 | 매우 강한 중요성 |
| $1/b_{ij}$ | 역의 관계 |

즉, 동등한 중요성이면 $b_{ij} = 1$, 중간적 중요성이면 $b_{ij} = 3$, 강한 중요성이면 $b_{ij} = 5$, 매우 강한 중요성 $b_{ij} = 7$ 역의 관계를 가진다면 $b_{ij} = 1/b_{ji}$ 등, 여기서 b_{ij} 는 중요성 평가의 크기로 결정된다. 따라서 $\alpha_i, i = \overline{1, M}$ 은 b_{ij} 로부터 구성된 pairwise 비교법을 이용하여 행렬을 만들고 고유치와 고유벡터를 구한다. 그리고 $\mu_{C_i}(u_{Ag_j}) \in [0, 1]$ 을 통해 기준 C_i 상에 μ_{Ag_j} 의 선택평가를 정의한다(간단성의 이유로, $\mu_{C_i}(u_{Ag_j})$ 을 μ_{ij} 로 나타낸다). 기준 C_i ($\mu_{C_i}(u_{Ag_j})$)와 $\alpha_i, i = \overline{1, M}$ 에 대하여 각 선택 $u_{Ag_j}, j = \overline{1, N}$ 의 적합도를 결정한 후, 식(3)과 같은 퍼지 집합을 유도한다.

$$C_1^{\alpha_1} = (\mu_{11})^{\alpha_1} u_{1g_1}, (\mu_{12})^{\alpha_1} u_{1g_2}, \dots, (\mu_{1N})^{\alpha_1} u_{1g_N} \\ C_2^{\alpha_2} = (\mu_{21})^{\alpha_2} u_{2g_1}, (\mu_{22})^{\alpha_2} u_{2g_2}, \dots, (\mu_{2N})^{\alpha_2} u_{2g_N} \\ \vdots \\ C_N^{\alpha_N} = (\mu_{N1})^{\alpha_N} u_{Ng_1}, (\mu_{N2})^{\alpha_N} u_{Ng_2}, \dots, (\mu_{NN})^{\alpha_N} u_{Ng_N} \quad (3)$$

최적 선택은 식(4)에 의해 수행된다.

$$\mu_D(u_{Ag}^*) = \max_{j=1, N} \min_{i=1, M} \mu_{C_i}^{\alpha_i}(u_{Ag_j}) \quad (4)$$

여기서 u_{Ag}^* 는 최적 선택이다.

3. 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 선택

퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트는 퍼지 의사결정에 가중치 값을 적용한 것으로 그림 2와 같은 구조를 가진다. 시스템은 n개의 병렬 에이전트로 구성되고 모든 에이전트는 입력 정보 x_1, x_2, \dots, x_m 을 사용한다. 제안된 지식기반시스템내의 각각의 에이전트들은 주어진 문제를 해결하기 위하여 추론엔진을 사용하여 최적의 해를 산출한다.

$$u_j = [u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jm}]^T$$

단, $j=1, n$

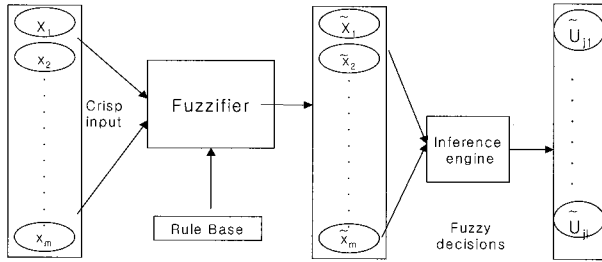


그림 2. 경쟁적 에이전트의 구조
Fig 2. structure of a competitive agent

속성 평가는 속성의 값이 각 에이전트의 선호도를 기준으로 평가되며 평가 행렬은 획득되어진 n개의 에이전트와 m개의 속성들을 포함하여 식(5)와 같이 나타낸다.

$$X = (x_{ij})_{n \times m} \quad (5)$$

여기서 x_{ij} 는 의사결정과정에서 i번째 에이전트에 의해 평가된 j번째 속성값을 나타내며 속성별로 속성값을 정규화하는 방법으로는 벡터 정규화(vector normalization)와 선형 변환 등이 있다[7]. 이 중 벡터 정규화방법은 각 에이전트별로 퍼지화하여 속성들을 제공한 총합을 제공근한 값을 각각의 속성값으로 나눈 것으로 식(6)의 결과인 Y값을 얻을 수 있다.

$$Y = (y_{ij})_{n \times m}$$

단, $0 \leq y_{ij} \leq 1$

$$y_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{k=1}^m x_{ik}^2} \quad (6)$$

정규화된 행렬에서 각 기준에 대한 선택을 구하기 위하여 가중치를 식(7)과 같이 계산한다. w_j 는 j번째 속성의 가중치이다.

$$w_j = \sum_{k=1}^n a_{kj} / \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m a_{kj} \quad (7)$$

$\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 이고 a_{kj} 는 k번째 속성과 j번째 속성사이의 상대적인 선호도로서 a_{kj} 의 값은 다음과 같이 나타낸다.

- $a_{kj} = 1$: 만일 k 번째 속성이 j 번째 속성보다 중요성이 높다.
- 0.5 : 만일 k 번째 속성이 j 번째 속성같이 중요하다
- 0 : 만일 k 번째 속성이 j 번째 속성보다 중요성이 낮다.

따라서 최적 선택은 식(8)에 의해 수행된다.

i 번째 에이전트의 의사결정의 선택 (U_i)은 식(6)에서 구한 결과 y_{ij} 에 식(7)로 구한 j 번째 속성의 가중치를 곱한 총합으로 계산한다.

$$U_i = \sum_{j=1}^m w_j y_{ij} \quad (8)$$

가중치 부여 방법은 각 속성 또는 선택의 중요도를 평가 관련자들의 판단에 따라 부여하는 주관식 방법과 통계적인 방법을 이용하여 기계적으로 도출하는 수리적 방법으로 나뉘어진다. 주관적 방법은 평가관련자들의 판단을 끌어내는 방법에 따라 분석적 계층화 방법(Analytical Hierarchical Process : AHP), 델파이(Delphi) 기법등과 같이 세분할 수 있으나 어떤 방법이든 본질은 응답자들의 주관적인 판단에 따라 가중치 값이 결정된다는 점에서는 동일하다. 수리적 방법은 적용하는 통계적 방법에 따라 회귀분석을 이용한 방법, 요인분석을 이용한 방법, 상관관계분석을 이용한 방법 등으로 구분할 수 있다[8]. 본 연구에서는 주관적 방법에 의한 가중치 부여방법을 사용한다.

4. 적용 예

예를 들어, 대학의 교양과목인 실용컴퓨터에서 실시하는 ITQ 자격증 취득에 따른 학생들의 데이터를 근거로 하였다. 각 에이전트에 의해 제안된 해인 표 2를 바탕으로 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트를 기존의 방법과 가중치를 사용한 방법으로 비교분석해 본다.

표 2. 각 에이전트에 의해 제안된 해
Table 2. solutions proposed by each agent

| 에이전트 \ 속성 | 과제량 | 영타 | 수시(분) |
|-----------|-----|-----|-------|
| Agent1 | 4 | 157 | 59 |
| Agent2 | 8 | 182 | 82 |
| Agent3 | 9 | 157 | 53 |

전건부 입력으로 과제량, 영타, 수시(분)의 소속함수를 이용하여 그림 3-5에 후건부 출력인 결과는 그림 6에 나타냈다.

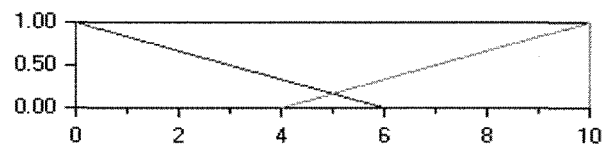


그림 3. 전건부 과제량
Fig 3. antecedent task

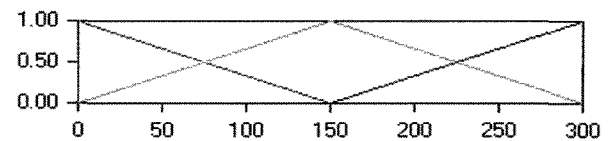


그림 4. 전건부 영타
Fig 4. antecedent english typing

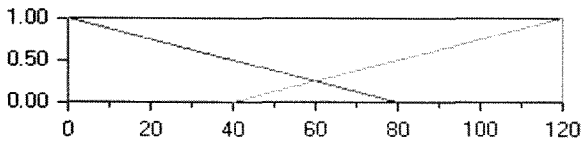


그림 5. 전건부 수시(분)
Fig 5. antecedent test(minute)

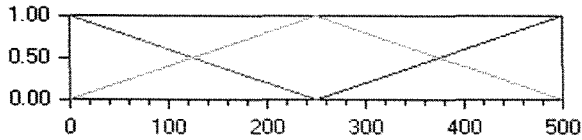


그림 6. 후건부 결과
Fig 6. consequence outcome

표 2의 데이터를 근거로 각 에이전트의 지식베이스에서 퍼지 규칙들로 나타냈다.

표 3. 에이전트1의 퍼지규칙
Table 3. fuzzy rule of agent1

| Agent1 | | | | |
|--------|-----|----|-------|----|
| 번호 | 과제량 | 영타 | 수시(분) | 결과 |
| 1 | L | F | S | A |
| 2 | L | F | L | A |
| 3 | L | N | S | B |
| 4 | L | N | L | C |
| 5 | L | S | S | A |
| 6 | L | S | L | B |
| 7 | S | F | S | C |
| 8 | S | F | L | A |
| 9 | S | N | S | B |
| 10 | S | N | L | B |
| 11 | S | S | S | C |
| 12 | S | S | L | C |

표 4. 에이전트2의 퍼지규칙
Table 4. fuzzy rule of agent2

| Agent2 | | | | |
|--------|-----|----|-------|----|
| 번호 | 과제량 | 영타 | 수시(분) | 결과 |
| 1 | L | F | S | B |
| 2 | L | F | L | B |
| 3 | L | N | S | C |
| 4 | L | N | L | A |
| 5 | L | S | S | B |
| 6 | L | S | L | C |
| 7 | S | F | S | A |
| 8 | S | F | L | B |
| 9 | S | N | S | C |
| 10 | S | N | L | C |
| 11 | S | S | S | A |
| 12 | S | S | L | A |

표 5. 에이전트3의 퍼지규칙
Table 5. fuzzy rule of agent3

| Agent3 | | | | |
|--------|-----|----|-------|----|
| 번호 | 과제량 | 영타 | 수시(분) | 결과 |
| 1 | L | F | S | C |
| 2 | L | F | L | C |
| 3 | L | N | S | A |
| 4 | L | N | L | B |
| 5 | L | S | S | C |
| 6 | L | S | L | A |
| 7 | S | F | S | B |
| 8 | S | F | L | C |
| 9 | S | N | S | A |
| 10 | S | N | L | A |
| 11 | S | S | S | B |
| 12 | S | S | L | B |

여기서 변수 과제량은 L(Large), S(Small)로 영타는 F(Fast), N(Normal), S(Slow)로, 수시(분)은 S(Short), L(Long)의 소속도로 표현하였다. 결과는 A, B, C 등급으로 구분하였다.

첫 번째 에이전트

IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is S THEN 결과 is A
IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is L THEN 결과 is A

⋮

두 번째 에이전트

IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is S THEN 결과 is B
IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is L THEN 결과 is B

⋮

세 번째 에이전트

IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is S THEN 결과 is C
IF 과제량 is L and 영타 is F 수시 is L THEN 결과 is C

4.1 기존의 방법

고려된 멀티에이전트 DSS에서 다음과 같은 기준으로 특성화된다.

- A : A 자격증 취득
- B : B 자격증 취득
- C : C 자격증 취득

기준 A, B, C 상에 특성화된 선택은 다음과 같이 나타낸다.

$$A = \{0.213 / u_{Ag_1}, 0.525 / u_{Ag_2}, 0.338 / u_{Ag_3}\}$$

$$B = \{0.338 / u_{Ag_1}, 0.213 / u_{Ag_2}, 0.525 / u_{Ag_3}\}$$

$$C = \{0.525 / u_{Ag_1}, 0.338 / u_{Ag_2}, 0.213 / u_{Ag_3}\}$$

위 기준의 pairwise 비교법은 다음과 같다.

- A 와 B : A는 크기 7을 가지고 B보다 더 중요하다.
- A 와 C : A는 크기 5를 가지고 C보다 더 중요하다.
- C 와 B : B는 크기 3을 가지고 C보다 더 중요하다.

상대적인 선호도에 따라 두 기준을 비교한 값을 표로 만

다음으로써 pairwise 비교행렬을 생성한다.

표 6. pairwise 비교행렬
Table 6. pairwise comparison matrix

| | | | |
|---|-----|-----|---|
| | A | B | C |
| A | 1 | 7 | 5 |
| B | 1/7 | 1 | 3 |
| C | 1/5 | 1/3 | 1 |

$\lambda = 3.233$ 를 가지고 대응되는 고유벡터 V 를 구하면

$$V = \begin{bmatrix} 8.067 \\ 1.859 \\ 1 \end{bmatrix}$$

기준 A, B, C와 α_i 에 대한 각 선택의 적합도를 결정 한 후 다음과 같은 퍼지 집합을 구한다.

$$\begin{aligned} A^{8.067} &= \{3.8E-06 / u_{Ag_1}, 5.5E-03 / u_{Ag_2}, 1.6E-04 / u_{Ag_3}\} \\ B^{1.859} &= \{1.3E-01 / u_{Ag_1}, 5.6E-02 / u_{Ag_2}, 3.0E-01 / u_{Ag_3}\} \\ C^1 &= \{5.3E-01 / u_{Ag_1}, 3.4E-01 / u_{Ag_2}, 2.1E-01 / u_{Ag_3}\} \end{aligned} \quad (9)$$

식(2)와 식(3)을 사용하고 식(4)를 기초로하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \mu_D(u_{Ag}^*) &= \{ \max [\min(3.8E-06, 1.3E-01, 5.3E-01) / u_{Ag_1}, \\ &\quad \min(5.5E-03, 5.6E-02, 3.4E-01) / u_{Ag_2}, \\ &\quad \min(1.6E-04, 3.0E-01, 2.1E-01) / u_{Ag_3}] \} \\ \mu_D(u_{Ag}^*) &= \max(3.8E-06 / u_{Ag_1}, 5.5E-03 / u_{Ag_2}, 1.6E-04 / u_{Ag_3}) \\ &= \{5.5E-03 / u_{Ag_2}\} \end{aligned}$$

계산 결과, 최적선택은 u_{Ag_2} 가 된다. 즉 Ag_2 는 시스템의 해와 같이 과제량이 8개이고 영타가 182타이고 수시(분)가 82분을 제안한 승자 에이전트가 된다.

4.2 퍼지 의사결정에 기반한 가중치를 사용한 멀티에이전트

본 논문에서 제안한 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트는 속성을 평가하고 가중치를 사용하여 선택 결정을 한다. 속성 평가는 속성의 값이 에이전트들의 선호도를 근거로 평가하였다.

주어진 표 2로부터 각 에이전트에 대한 기준을 평가한 후 식(6)으로부터 벡터 정규화된 결과인 Y값을 구하면 표 7과 같다.

표 7. 각 에이전트의 정규화된 Y값
Table 7. normalized Y value of each agent

| | | | |
|---------|------------|------------|------------|
| 에이전트 기준 | Agent1 | Agent2 | Agent3 |
| A | 9.5460E-01 | 9.5156E-01 | 7.8923E-01 |
| B | 7.8923E-01 | 9.5460E-01 | 9.5156E-01 |
| C | 9.5156E-01 | 7.8923E-01 | 9.5460E-01 |

최적의 선택 결정을 위하여 식(8)을 이용하여 각 에이전트별 가중치를 계산하였다.

$$W1=0.111111 \quad W2=0.333333 \quad W3=0.555556$$

식(7)을 기초로 하여 각 에이전트의 속성별 가중치와 속성별 정규화된 속성값을 선형 결합한 선택 결정은 표 8과 같은 결과를 획득하였다.

표 8. 각 에이전트의 선택값
Table 8. alternative value of each agent

| | |
|--------|------------|
| 에이전트 | 선택값 |
| Agent1 | 8.6171E-01 |
| Agent2 | 9.3453E-01 |
| Agent3 | 8.9914E-01 |

이러한 상대 비교값이 큰 순서대로 선택별 우선순위가 결정되고 의사결정자는 최적선택으로 상대 비교값이 가장 큰 즉 우선 순위가 가장 높은 선택을 최적의 해로 고려하게 된다. 다음 표 9는 기존의 방법(um)과 가중치를 사용한 방법의 결과를 나타냈다.

표 9. 가중치를 사용한 방법(uw)과 기존의 방법(um)의 결과
Table 9. result of between using weight and existing method

| | | |
|-----------|------------|---------|
| 에이전트 \ 방법 | uw | um |
| Agent1 | 8.6171E-01 | 3.8E-06 |
| Agent2 | 9.3453E-01 | 5.5E-03 |
| Agent3 | 8.9914E-01 | 1.6E-04 |

위에서 제시한 기존의 방법과 가중치를 사용한 방법은 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 조정방안으로 두 가지 방법 모두 다 최적의 선택으로 에이전트2를 선택한 것을 표 9에서 알 수 있고, 그림 7로 나타냈다.

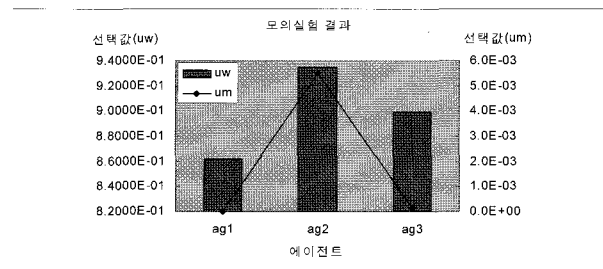


그림 7. 모의실험 결과
Fig 7. simulation result

다음은 최적의 선택 결정으로 에이전트 2가 승자 에이전트임을 구한 후 상대적인 선호도에 따라 두 속성을 비교하여 각 속성의 우선순위를 알아보았다. 표 10은 각 속성의 비교값을 표로 만들어 열의 총합으로 각각의 행렬값을 나누어 정규화된 행렬을 생성한다.

표 10. 상대적인 속성 가중치의 결정
Table 10. decision of relative attribute weight

| 속성 | 단계1 | | | 단계2 | | | 단계3 가중치 |
|-----|------|------|-----|-----|-------|----|------------|
| | 과제량 | 영타 | 수시 | 과제량 | 영타 | 수시 | |
| 과제량 | 0.5 | 0 | 0 | 0.2 | 0 | 0 | 0.067 |
| 영타 | 1.00 | 0.5 | 0 | 0.4 | 0.333 | 0 | 0.244 |
| 수시 | 1.00 | 1.00 | 0.5 | 0.4 | 0.667 | 1 | 0.689 |
| | 2.5 | 1.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 |

정규화된 행렬에서 각 열의 총합을 열의 개수 3으로 나누어 가중치를 계산하였다. 각 속성가중치는 과제량, 영타, 수시에 대해 0.067, 0.244, 0.689로 계산되었으며 속성의 중요도는 수시, 영타, 과제량의 순임을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 퍼지 의사결정에 기반한 멀티에이전트의 효율적인 조정방안을 제안하였다. 각 에이전트의 속성을 평가하고 최적의 선택 결정을 위하여 가중치를 사용하였다. 제안된 방법의 타당성을 보이기 위해 교양과목인 실용컴퓨터에서 실시하는 ITQ 자격증 취득에 따른 학생들의 데이터를 이용하였다.

기존의 방법에서 pairwise 비교법의 장점은 한 번에 단지 두 개의 기준만을 비교하면 된다는 것이고 단점으로는 기준 측정값의 크기와는 상관없이 단지 상대적인 중요도만을 고려해서 기준의 개수가 커지면 기하급수적인 pairwise 비교가 필요하다는 것이다. 또한 선택 결정은 min-max를 사용하여 계산하였다.

제안하는 방법에서는 각각의 평가속성에 적절한 가중치를 부여하여 이 평가 속성의 중요도에 의한 평가가 이루어질 수 있도록 하는 방식이다. 이 속성의 중요도는 전문가의 주관적인 판단에 의해 가중치를 설정하였고 각 속성별 중요도를 계산하여 우선순위를 알아보았으며 각각의 에이전트 요구사항에 대하여 평가자의 편견 또는 편차를 줄이기 위하여 퍼지 개념을 도입하였고 최종 의사결정의 선택은 평가자에 의해 여러 가지 기준을 고려해서 지원하였기 때문에 다른 에이전트에 의한 확실한 선택의 생성을 촉진시키고 더 효과적인 의사결정 지원을 유도할 수 있었다.

단점으로는 단순한 가중치 부여방식 적용시 신뢰성이 떨어질 수 있다.

향후 연구과제로는 의사결정자와 에이전트간의 개인화된 신뢰도를 공유하면서 다른 혼합 과정을 반영하여 학습하고 반응하는 접근을 시도하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Bijan Fazlollahi, Rustam M. Vahidov and Rafik A. Aliev, "Multi-Agent Distribution Intelligent System Based on Fuzzy Decision Making", *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 15, pp. 849-858, 2000.

[2] Ribeiro R.A and Baldwin J.F, In Second European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, Vol. 1, pp.

404-409.1994.

[3] Fathi-Torbaghan M and Meyer D. European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, Vol. 3, pp. 1505-1515. 1994,

[4] Xiaolog Xue, Xialdong Li, Qiping Shen and Yaowu Wang, "An agent-based framework for supply chain coordination in construction", *Automation in Construction*, Vol. 14, pp. 413-430, 2005.

[5] 이진우, 박현철, "제품기반의 공급자 선정 지원을 위한 다 기준 의사결정지원시스템 모델", *전자상거래학회지*, 제6권, 제3호, pp. 79-102, 2005.

[6] Jacek Malczewski, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley & Sons Inc, 1999.

[7] 이한진, 염창선, "구매자 선호도를 고려한 비교쇼핑 에이전트 시스템의 개발", *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 84-91, 2005.

[8] 김태일, "수리적 기법에 의한 평가모형체계의 가중치 부여방식에 관한 논의", *한국행정학보*, 제33권, 제4호, pp. 243-258, 1999

저 자 소 개



류경현 (Kyung-Hyun Ryu)
1990년 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 학사
1992년 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 석사
2006년 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 박사과정
2006년 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교 실용컴퓨터강의전담교수

관심분야 : 지능에이전트, 퍼지이론, 의사결정, 유전알고리즘
E-Mail : rl1047@cu.ac.kr



정환목(Hwan-Mook Chung)
10권 4호 참조

Phone : +82-53-850-2741
Fax : +82-53-850-2741
E-mail : hmchung@cu.ac.kr