

기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰, 명성을 고려한 퍼지 신뢰모델

A Fuzzy Trust Model incorporating Dispositional Trust, General Trust, Situational Trust and Reputation

이건명*, 이경미

Keon Myung Lee, Kyung Mi Lee

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, 컴퓨터정보통신연구소

School of Electrical and Computer Engineering and RICIS, Chungbuk National University
Chungbuk National University

요 약

신뢰는 다른 상대가 특정한 행동을 할 것이라고 믿는 정도를 나타내는 주관적인 확률값으로 정의할 수 있다. 본 논문에서는 신뢰값을 결정하는 데서 고려되는 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰를 모두 고려하고, 또한 상대에 대한 명성정보를 이용하는 종합적인 퍼지 신뢰모델을 제안한다. 제안한 모델은 거래에 대한 평가결과들에 대해서 만족하는 정도를 퍼지집합으로 나타내고, 평가항목에 대한 중요도를 λ -퍼지측도의 성질을 만족하도록 설정하고, 평가항목별 만족정도를 Sugeno 퍼지적분을 이용하여 결합하는 방법을 사용한다.

Abstract

Trust can be defined as the level of subjective probability with which an agent will perform a particular action. This paper proposes a comprehensive fuzzy trust model which incorporates dispositional trust, general trust, and situational trust and reputation information. In the model, the preference degrees for the interaction outcomes with respect to the evaluation criteria are expressed in a fuzzy set, and Sugeno's fuzzy integral is employed to aggregate the satisfaction degrees with respect to the importance of evaluation criteria which can be assigned in a way to preserve the properties of the λ -fuzzy measure.

Key words : trust model, fuzzy integral, fuzzy set, situational trust, reputation

1. 서 론

전자상거래, P2P 서비스 등 인터넷을 통한 서비스가 일반화되어감에 따라, 인터넷을 통해서 모르는 상태와 거래를 하지 않을 수 없는 상황이 되어가고 있다. 일상에서는 거래를 할 때, 사전의 거래 당사자와의 거래경험 및 거래 당사자에 대한 외부의 평판(명성, reputation)을 고려하여, 거래 여부를 결정하게 된다. 같은 맥락에서 온라인 거래에서도 거래 대상에 대한 신뢰(trust) 정보를 이용할 수 있으면, 거래에서 초래되는 위험을 줄일 수 있다. 다양한 신뢰모델에 대한 연구가 진행되어 왔지만, 아직 일반적으로 받아들여지는 모델은 없는 상황이다[3-14]. 어떤 모델은 정성적인 모델로서, 신뢰도의 값을 정해진 값이나 라벨로 표현하도록 하고[3], 다른 많은 모델들은 신뢰도값이 수치값으로 주어지는 정량적인 모델이다[4,8-14] 사용자의 평가값에 의해 신뢰도 값을 결정하는 모델도 있고, 어떤 모델은 일정 기간 동안의 거래 결과를

관찰하여 신뢰도를 결정하기도 한다. 신뢰에 대해서 여러 분야에서 많은 연구가 있어왔지만, 신뢰자체에 대해 일반적으로 받아들여지는 정의는 아직 없다.[13] 가장 많이 알려진 신뢰의 정의는 Gambetta[6]가 “신뢰는 상대의 행동을 감시하지 않는 상황에서 상대가 특정 기대되는 행동을 할 것이라고 하는 믿음의 정도를 나타내는 주관적 확률값이다”고 정의한 것이다.

신뢰모델에서는 신뢰의 종류를 상황신뢰, 기질신뢰, 일반신뢰 세 가지로 분류하기도 한다[11]. 어떤 사람이 안전하게 운전할 것이라는 신뢰와 약속을 잘 지킬 것이라는 것에 대한 신뢰는 다를 수 있기 때문에, 상황신뢰는 상황별 상대에 대한 신뢰정도를 나타낸다. 기질신뢰는 상황이나 상대를 고려하고 않고, 다른 상대에 대해서 갖는 신뢰값이다. 일반신뢰는 특정 상대에 대해서는 상황에 상관없이 갖는 신뢰값이다. 한편, 명성정보는 특정 상대에 대해서 커뮤니티(community) 차원에서 형성된 신뢰정도를 말한다. 신뢰도를 단순한 사용자가 부여하는 신뢰 평가값으로 결정하는 것은, 전적으로 사용자의 참여에 의존해야 하기 때문에, 계산적인 신뢰모델을 구축하여 운영하는 데 있어서 제약이 크다. 따라서, 이 논문에서는 신뢰도 평가를 위한 여러 평가항목을 미리 상정하고, 해당 평가항목에 대한 가능한 평가결과가 사용자가 아닌 시스템에 의해서 관측가능하다고 전제하고, 사용자의 직접적인

* : 교신저자

접수일자 : 2006년 11월 3일

완료일자 : 2006년 11월 30일

감사의 글 : 이 논문은 2006학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

평가를 하지 않으면서도 신뢰정보를 확보할 수 있는 신뢰모델을 제안한다. 제안한 모델에서는 퍼지집합을 사용하여 가능한 평가결과에 대한 만족도 또는 선호도를 나타내고, 평가항목의 중요도를 λ -퍼지측도를 만족하도록 설정하고, 중요도를 반영하여 평가기준별 만족도를 결합하기 위해 Sugeno 퍼지적분을 사용하는 방법을 채택하고 있다.

2절에서는 신뢰모델에 대한 관련 연구와 Sugeno 퍼지적분에 대해서 소개하고, 3절에서는 제안한 퍼지 신뢰모델에 대해서 설명한다. 또한 4절에서는 제안한 신뢰모델을 적용하는 방법을 예제를 통해서 설명하고, 5절에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 신뢰 및 명성 모델

신뢰 및 명성 정보에 대한 연구는 경제학, 철학, 사회학 뿐만 아니라 분산 인공지능, 에이전트 기술 등 컴퓨터 분야에서도 많은 관심을 끌여왔던 분야이다. 신뢰 및 명성에 대한 여러 가지 모델이 제안되어 왔다.[3-14] 이들 신뢰 및 명성에 대한 모델은 크게 명성모델, 순수 신뢰모델, 명성정보를 포함한 신뢰모델로 분류할 수 있다.

신뢰는 측정 대상에 대해서 갖는 주관적인 믿음의 정도를 나타내는 반면, 명성은 해당 대상에 참여하고 있는 커뮤니티에 의해서 형성된 대상에 대한 믿음의 정도를 나타내는 것이다. 명성모델은 eBay, Epinions, Amazon 등과 같이 전자상거래나 전문가 포럼 등과 같은 사이트에서 참여자에 대한 명성 정보를 관리하기 위해 도입되고 사용되고 있다.[13] eBay 등에서는 거래 당사자들이 거래가 끝난 후에 상호간에 거래신뢰에 대해서 평가를 하도록 하고, 명성 정보는 긍정적인 평가의 합과 부정적인 평가 합의 차이로 나타낸다. Epinions, Amazon 등과 같이 전체 평가값의 평균을 사용하거나, 평가자에 따른 가중치를 차별적으로 부여하여 가중평균을 구하여 명성값을 구하는 경우도 있다.

순수 신뢰모델은 자신의 경험만을 바탕으로 상대에 대한 신뢰정도를 결정하는 것으로 다음과 같은 모델들이 있다. Marsh 등[11]은 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰로 나누어 신뢰정보를 표현하고, 유용성(utility) 개념을 이용하여 상황신뢰를 표현하는 모델을 제안하였다. SECURE 프로젝트의 신뢰모델[12]은 대상에 대한 신뢰값을 성공적인 거래의 회수와 그렇지 않은 회수로 나타내며, 거래에 관련된 금액 등을 포함한 위험 확률밀도함수(risk probability density function)를 정의하고, 거래 금액, 성공적인 거래 비율 등을 고려하여 계산된 신뢰값과 지정된 임계값을 비교하여 거래여부를 결정하게 된다.

자신의 직접경험과 명성정보를 함께 고려하여 신뢰값을 결정하는 모델에는 다음과 같은 것들이 있다. Wang 등[10]은 베이지안 네트워크 모델에 기반한 모델을 제안하였는데, 이 모델은 거래하는 각 대상에 대해서 하나의 나이브(naive) 베이지안 모델을 만들게 되는데, 루트 노트는 신뢰여부를 나타내게 되고, 단말노드는 각 평가항목에 대응하게 되고, 단말노드에는 평가항목의 값들에 대한 거래에 대한 만족확률을 나타내는 조건부확률테이블에 만들어진다. 새로운 대상과의 거래를 시작하게 되면, 다른 사용자에게 추천정보를 요청하여 이를 명성으로 활용하여 신뢰정보로 활용하고, 또한 조건부 확률테이블을 교환하여 이를 통해 명성정보를 이용하는 방법도 사용하고 있다. Abdul-Rahman 등[3]의 모델은 거래에 대한 만족정도를 very trustworthy, trustworthy, un-

trustworthy, very untrustworthy 등의 언어적인 항을 사용하여 나타내고, 직접 거래를 할 때 마다 사용자가 이들 언어항을 사용하여 평가를 하도록 하고, 특정 대상에 대한 신뢰정도는 언어항 중에서 가장 자주 나타나는 것으로 한다. 한편, 다른 사용자의 추천 정보를 사용하기 위해, 사전에 타 사용자와 자신의 평가간의 의미적 차이(semantic distance) 정보를 계산하여 둔 다음에, 추천 정보는 의미적 차이 만큼 보정되어 신뢰정도를 결정할 때 사용한다. Derbas 등[8]은 추천자를 이웃, 친구, 이방인으로 분류하고 이들의 추천 정보를 다른 가중치를 사용하여 결합하는 추천 모델을 제안하였다. 이 모델은 시간이 진행됨에 따라 신뢰도 값이 감소하도록 하는 구조를 도입하고 있다. Azzedin 등[4]은 자신의 직접경험에 의한 신뢰도와 추천에 의한 명성정보를 결합하여 신뢰값을 결정하는 모델을 제안하였다. 이 모델은 추천자에 대한 신뢰값을 가중치로 하여 신뢰값 계산에 반영한다. Shi 등[9]은 거래에 대한 결과로 나올 수 있는 결과를 확률 분포로 나타내고, 각 결과에 대한 유용성을 반영하여, 유용성을 가장 크게 할 수 있는 거래 대상을 선택하거나, 사전에 지정한 유용성 임계값과 비교하여 거래 여부를 결정하는 모델을 제안하였다.

2.2 퍼지적분에 의한 정보결합

퍼지적분은 여러 평가항목에 대해서 평가된 결과를 평가항목별 중요성을 반영하여 결합하는 방법 중의 하나이다.[1,2] 퍼지적분을 적용하기 위해서는 평가항목 집합의 멱집합(powerset)에 대해서 중요도를 할당해야 한다. 부여되는 중요도값은 퍼지측도(fuzzy measure)의 성질을 만족해야 한다. 일반적으로 많은 사용되는 λ -퍼지측도 g_λ 는 퍼지측도의 성질과 함께 유한집합 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ 에 대해서 다음 성질을 만족한다.

$$g_\lambda(\{x_1, x_2, \dots, x_k\}) = \frac{1}{\lambda} \left(\prod_{i=1}^k (1 + \lambda g_i) - 1 \right) = 1 \quad (1)$$

여기에서 $g_i = g_\lambda(\{x_i\})$ 이고, 모든 g_λ 값이 주어지면 λ 는 위 방정식의 -1보다 큰 근의 값이다.[1]

Sugeno 퍼지적분은 평가항목의 중요도를 고려하여 개체에 대한 평가값을 결합하는 역할을 하는 퍼지적분으로, Lebesgue 적분의 하나이다[1]. X 를 임의의 평가항목 집합이라고 하고, $g(E)$ 를 평가항목의 집합 $E \subset X$ 에 대한 퍼지측도의 성질을 만족하는 중요도 값이라고 하자. $g(x)$ 는 평가항목 x 관점에서의 평가값이라 하고, A 는 평가기준의 평가관심대상이라고 하자. 이때 퍼지측도 g 에 대한 함수 h 의 집합 $A \subset X$ 에서의 Sugeno의 퍼지적도 $\int_A h(x) \circ g(\cdot)$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \int_A h(x) \circ g(\cdot) &= \sup_{E \subset A} \{ \min \{ \min_{x \in E} h(x), g(A \cap E) \} \} \\ &= \sup_{E \subset A} \{ \min \{ \min_{x \in E} h(x), g(E) \} \} \end{aligned} \quad (2)$$

위 퍼지적분에서 $\min_{x \in E} h(x)$ 연산 때문에 비관적인 평가값을 생성하는 경향이 있다. 어떤 의사결정 환경에서는 평가결과가 좋지 않은 항목이 있더라도 다른 항목의 값이 좋으면 전체적인 평가값이 보상되는 경우가 있다. 따라서,

$\min_{x \in E} h(x)$ 연산에서 최소값을 선택하는 연산 대신에 보상 (compensatory) 연산자[1] $\psi(\{h(x)|x \in E\})$ 를 선택할 수도 있다.

3. 제안한 퍼지 신뢰모델

많은 신뢰 및 신뢰모델에 대한 연구에도 불구하고, 아직 신뢰 자체에 대한 정의에 대해서 합의된 정의는 없다. 이 논문에서는 ‘주어진 상황에서 평가항목 관점에서 만족스러운 결과를 상대가 낼 기대값’으로 상황신뢰를 정의한 것에 바탕을 둔 퍼지 신뢰모델을 제시한다. 먼저 상황신뢰에 대한 퍼지표현 및 처리에 기반한 신뢰도 계산 모델에 대해서 설명하고, 기질신뢰, 일반신뢰의 설정 방법에 대해서 설명한다. 또한 다른 사용자의 추천을 통한 명성정보를 통합하는 방법 및 추천자에 대한 신뢰값 갱신 방법에 대해서 설명한다.

3.1 상황신뢰

상황신뢰는 특정대상에 대해 주어진 상황에서 신뢰하는 정도를 나타낸다. 사용자에게 거래가 발생하는 상황마다 신뢰하는 정도를 평가하도록 요구하면, 사용자가 일관되게 평가값을 부여하기도 쉽지않고, 매번 평가하는 것이 번거롭기 때문에, 효과적으로 거래 대상에 대한 상황신뢰값을 결정하기 어렵다. 제안한 방법에서는 거래에 대해서 평가하는 여러 가지 평가항목이 있고, 평가항목별 가능한 평가결과가 정해져 있으며, 사용자는 평가항목별로 어떤 평가결과에 대해서 만족하는지 표현할 수 있다고 전제하고 있다. 사용자는 거래 전에 평가항목별로 만족하는 결과들을 미리 지정하면 되고, 거래때 마다 자신의 만족도를 표현할 필요가 없다. 이를 위해서 제안한 방법은 거래가 발생할 때마다, 평가항목별로 거래 결과를 수집하도록 하고, 이들 결과를 경험확률 분포로 추적하면서 관리한다.

사용자는 거래 결과에 대해서 만족하는 정도가 다를 수 있기 때문에, 각 평가항목별 가능한 거래결과에 대해서 만족하는 정도를 만족집합에 대한 소속정도로 표현하는 퍼지집합 표현방법을 사용한다. 즉, 평가항목 집합 $EC = \{ec_1, ec_2, \dots, ec_n\}$ 에 대해서 상황 δ 에서의 사용자(개체) α 가 대상 β 에 대해서 갖는 상황신뢰를 $TS_\alpha(\beta, \delta; EC)$ 로 나타내자. 평가항목 ec_i 에 대한 가능한 평가결과를 $PO(ec_i) = \{o_{1i}, o_{2i}, \dots, o_{ni}\}$ 로 나타내자. 사용자 α 는 평가항목 ec_i 의 평가결과 중에 만족하는 결과 집합 $SO(\alpha, ec_i)$ 를 각 결과에 대한 만족정도를 소속정도로 표현하는 다음과 같은 퍼지집합 $SO(\alpha, ec_i)$ 로 사전에 지정한다.

$$SO(\alpha, ec_i) = \{(o_1, wo_1), (o_2, wo_2), \dots, (o_j, wo_j)\} \quad (3)$$

여기에서 소속정도 $wo_j \in [0, 1]$ 은 α 가 평가결과 o_j 에 대한 만족정도를 나타낸 것이다.

사용자가 어떤 상대와 거래를 할 때마다, 평가항목별로 거래 결과에 대한 평가가 이루어지고, 항목별 거래결과에 대한 경험적 결과확률 분포가 갱신된다. 이때, 과거의 거래결과에 의해서 현재의 분포가 지나치게 영향받는 것을 회피하기 위해서는 제안한 방법에서는 지정한 시간 dt 이내의 최근 시간 윈도우의 거래를 별도로 관리하면서, 아래와 같은 식을 사용하여 경험확률 분포값을 결정한다.

$$p^t(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k) = \eta \cdot \frac{N_{\alpha\beta}^t(\delta, o_i; ec_k)}{n_{\alpha\beta}} + (1 - \eta) \cdot \frac{N_{\alpha\beta}^{[t-dt, t]}(\delta, o_i; ec_k)}{n_{\alpha\beta}^{[t-dt, t]}} \quad (4)$$

위식에서 $N_{\alpha\beta}^t(\delta, o_i; ec_k)$ 는 α 가 β 와 t 시점까지 거래한 회수 $n_{\alpha\beta}$ 중에서 평가항목 ec_k 의 평가결과가 o_i 인 회수를 나타낸다. $N_{\alpha\beta}^{[t-dt, t]}(\delta, o_i; ec_k)$ 은 최근 시간 윈도우 $[t-dt, t]$ 사이에 α 가 β 와 거래한 회수 $n_{\alpha\beta}^{[t-dt, t]}$ 중에서 평가항목 ec_k 의 평가결과가 o_i 인 회수를 나타낸다. η 는 상대적인 가중치를 주는 요소이다. 이들 값으로부터, α 가 β 와 t 시점까지 거래중에서 평가항목 ec_k 의 평가결과가 o_i 인 확률은 다음과 같이 계산한다.

$$P^t(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k) = \frac{p^t(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k)}{\sum_{o_i \in PO(ec_k)} p^t(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k)} \quad (5)$$

사용자 α 가 상황 δ 에서 대상 β 와의 거래에 대한 평가항목 ec_k 에서의 만족정도는 α 가 만족하는 결과를 β 가 어느 정도의 기댓값으로 주는가로 정의하며, 다음과 같이 계산한다.

$$SD_\alpha(\beta, \delta; ec_k) = \sum_{(o_i, wo_i) \in SO(\alpha, ec_k)} wo_i \cdot P^t(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k) \quad (6)$$

제안한 모델에서 상황신뢰 값은 각 평가항목별 만족도를 결합하여 결정한다. 만족도 결합을 위해서 Sugeno 퍼지적분을 사용하게 되는데, 이때 보상연산자 $\psi(SD_\alpha(\beta, \delta; A))$ 는 평가항목들 $ec_i \in A$ 에 대한 만족정도 $SD_\alpha(\beta, \delta; ec_i)$ 값들에 대해 보상연산자를 적용한 결과를 나타낸다. 주어진 평가항목의 집합 EC 에서 평가된 대상 β 에 대해서 상황 δ 에서 α 가 갖게 되는 상황신뢰는 다음과 같이 결정한다.

$$TS_\alpha(\beta, \delta; EC) = \underset{EC}{\mathcal{F}} SD_\alpha(\beta, \delta; \cdot) \circ WC(\cdot) = \sup_{A \subset EC} \min\{\psi(SD_\alpha(\beta, \delta; A)), WC(A)\} \quad (7)$$

여기에서 $WC(A)$ 는 평가항목 A 에 대한 퍼지측도의 성질을 만족하는 중요도값이다.

3.2 일반신뢰

일반신뢰 $TG_\alpha(\beta)$ 는 사용자 α 가 대상 β 에 대해서 상황에 무관하게 신뢰하는 정도를 나타내는 값이다. 일반신뢰값은 상황신뢰의 초기값으로 사용한다. 일반신뢰값은 β 로부터 명성에 관련된 추천 정보를 받을 때, 추천에 대한 가중치로 사용할 수 있다. 거래가 충분히 이루어지면 상황신뢰 값이 충분히 잘 추정이 될 수 있기 때문에, 이 시점부터는 주기적으로 β 와 거래하는 모든 상황에 대한 평균 상황신뢰값을 계산하여, 일반신뢰값으로 갱신한다.

3.3 기질신뢰

기질신뢰 TD_α 는 사용자 α 가 다른 대상을 조건없이 신뢰하는 경향을 나타내는 신뢰값이다. 따라서 기질신뢰값은 계산하여 얻지 않고 처음에는 사용자가 자신의 임의대로 자신의 기본 신뢰정도 값을 기질신뢰값으로 설정한다. 이들 기질

신뢰값은 사용자가 처음 거래를 시작하는 초기과정에는 일반 신뢰값의 초기값을 사용할 수 있다. 기질신뢰는 거래 이력이 충분히 쌓이고 신뢰모델에 의한 신뢰값의 추정이 충분히 이루어진 시점에는, 주기적으로 일반신뢰값의 평균값으로 갱신한다. 이를 통해 사용자의 기질신뢰값을 모델차원에서 추적할 수 있도록 한다.

3.4 명성정보

어떤 대상에 대한 명성은 해당 대상과의 직접적인 거리가 있었던 개체들이나 해당 대상의 행동을 관찰할 수 있었던 개체들의 집단에 의해서 형성된 신뢰 정도를 말한다. 사용자가 해당 대상과의 충분한 거래 경험이 없는 경우, 또는 거리의 금액 또는 위험이 매우 크기 때문에 신중을 기해야 하는 경우, 명성정보를 활용하는 것이 바람직하다. 상황 δ 의 대상 β 에 대해 명성정보를 줄 수 있는 추천자 γ_j 가 있을 때, γ_j 의 신뢰값을 직접 추천받을 수도 있지만, 사용자 마다 평가항목의 가능한 결과에 대해서 만족도가 다를 수 있기 때문에, 제안한 방법에서는 신뢰값 대신, γ_j 의 경험 결과 확률분포 정보 $P^i(\gamma_j, \beta, \delta, o_k; ec_i)$ 를 추천값으로 받는다. 이들 확률분포 정보를 사용자 α 의 평가결과 만족 정도 $SO(\alpha, ec_i)$ 를 사용하여, 각 평가항목 ec_i 에서의 만족정도를 아래와 같이 결정한다.

$$SD_{\alpha}^i(\beta, \delta; ec_k) = \sum_{(o_i, w_i) \in SO(\alpha, ec_k)} w_i^{\alpha} \cdot P^i(\alpha, \beta, \delta, o_i; ec_k) \quad (8)$$

여기에서 w_i^{α} 는 α 의 결과 o_k 에 대한 만족정도를 나타낸다. 각 평가항목별 만족정도는 퍼지적분을 통해서 다음과 같이 결정되는데, 여기에서도 상황신뢰 계산에서와 마찬가지로 항목별 만족정도를 결합할 때, 보상연산자를 사용한다.

$$TS_{\gamma_j}^r(\beta, \delta; EC) = \oint_{EC} SD_{\gamma_j}^r(\beta, \delta; \cdot) \circ WC(\cdot) \quad (9)$$

명성정보를 제공하는 추천자가 많은 경우에는 이들의 추천을 결합하는데, 각 추천자 γ_j 에 대한 α 의 신뢰도를 가중치 wr_j 로 하여 다음과 같이 대상 β 에 대한 최종 추천 정도를 결정한다.

$$TR_{\alpha}(\beta, \delta; EC) = \frac{\sum_j wr_j \cdot TS_{\gamma_j}^r(\beta, \delta; EC)}{\sum_j wr_j} \quad (10)$$

자신의 경험에 바탕을 둔 상황신뢰값 $TS_{\alpha}(\beta, \delta; EC)$ 과 추천에 의한 추천 정도값 $TR_{\alpha}(\beta, \delta; EC)$ 이 있으면 이를 사용자가 지정한 가중치 w 에 따라 합을 구한다.

$$T_{\alpha}(\beta, \delta; EC) = w \cdot TS_{\alpha}(\beta, \delta; EC) + (1-w) \cdot TR_{\alpha}(\beta, \delta; EC) \quad (11)$$

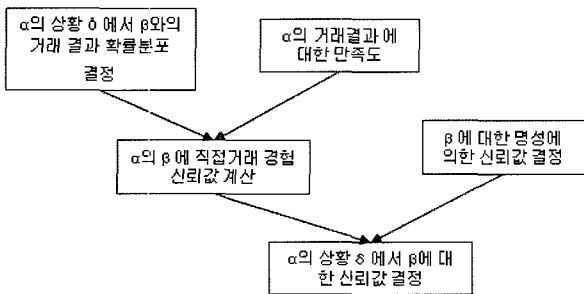


그림 1. 최종 상황신뢰 결정 절차

3.5 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰의 역할

기질신뢰값은 처음에는 사용자에게 의해 직접 설정되고, 일반신뢰값은 사용자의 기질신뢰값으로 초기화된다. 직접적인 거래 경험이 없는 상황에 대해서는 초기 상황신뢰값으로 해당 사용자의 일반신뢰값을 사용한다. 이와 같은 초기화 구조를 통해서 새로운 사용자가 제안한 신뢰모델을 사용하는 시스템에 참여하더라도, 곧바로 신뢰기반의 서비스를 활용할 수 있게 된다. 한편 충분한 거래 경험이 축적되게 되면, 상황신뢰값은 수렴한 상태에 이르게 되는데, 이때 상황신뢰 값으로부터 일반신뢰 값을 결정하고, 일반신뢰 값으로부터 기질신뢰값을 결정한다. 이와 같은 과정을 통해서 사용자의 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰 값이 지속적으로 추적되게 된다.

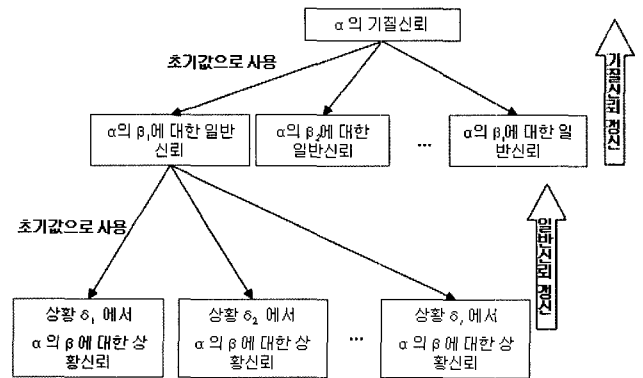


그림 2. 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰의 상호관계

4. 적용 예

제안한 신뢰모델이 어떻게 적용되는지 보이기 위해서 이 절에서는 예를 통해서 모델적용 과정을 보인다. 사용자 α 가 추천자 γ_1, γ_2 의 도움을 받아서 평가항목 $EC = \{\text{맛 } ts, \text{ 대기시간 } wt, \text{ 선호음식 제공가능 } fa\}$ 관점에서 레스토랑 β 의 신뢰도를 평가하고자 한다고 가정하자. α 의 평가항목 $BC =$ 각각에 대한 만족결과 집합이 다음과 같이 퍼지집합으로 주어진다고 하자.

$$SO(ts) = \{(bad \ bd, 0), (moderate \ md, 0.5), (good \ gd, 0.7), (excellent \ ex, 1)\}$$

$$SO(wt) = \{([0,15] \ t_1, 1), ((15,30] \ t_2, 0.7), ((30,50] \ t_3, 0.5), ((50, \infty) \ t_4, 0)\}$$

$$SO(fa) = \{(available \ av, 1), (not \ available \ na, 0)\}$$

주말에 레스토랑 β 에 방문하는 상황을 δ 라고 하자. 또한 경험적인 결과 확률분포 $P^i(\cdot, \beta, \delta, o_i; ec_k)$ 가 [표 1]과 같다고 하자.

위의 만족결과집합의 소속정도와 [표 1]의 경험결과 확률분포에 대해서 식(6)을 사용하여 평가항목별 만족정도를 계산하면 [표 2]와 같은 결과를 얻게 된다.

표 1. 경험 결과 확률분포

	평가결과값 o_i									
	ts				wt				fa	
	bd	md	gd	ex	t_1	t_2	t_3	t_4	av	na
$P^i(\alpha, \beta, \delta, o_i; EC)$	0	0.2	0.3	0.5	0.7	0.1	0.2	0	0.6	0.4
$P^i(\gamma_1, \beta, \delta, o_i; EC)$	0.2	0.2	0.5	0.1	0.4	0.5	0.1	0	0.5	0.5
$P^i(\gamma_2, \beta, \delta, o_i; EC)$	0	0.1	0.2	0.7	0.3	0.4	0.2	0.1	0.7	0.3

표 2. 만족도

	ec_i		
	ts	wt	fa
$SD_\alpha(\beta, \delta; ec_i)$	0.84	0.87	0.6
$SD_{\gamma_1}^r(\beta, \delta; ec_i)$	0.6	0.8	0.5
$SD_{\gamma_2}^r(\beta, \delta; ec_i)$	0.91	0.68	0.7

각 평가항목에 대한 상대적인 중요도를 ts, ws, fa 각각에 대해서 0.5, 0.3, 0.2 이고, 이들이 λ -퍼지측도의 성질을 만족한다고 하자. 이 경우 2.2절에서 설명한 λ -퍼지측도 방정식 (1)에 따라 $0.06\lambda^2 + 0.47\lambda + 0.2 = 0$ 을 만족하는 λ 값을 결정하면, -1보다 큰 근은 $\lambda = -0.45$ 가 된다. 구한 λ 값을 이용하여 평가항목 집합 EC의 멱집합에 대한 중요도를 결정하면 [표 3]과 같다.

표 3. 평가항목집합별 중요도

EC의 부분집합 A	$g_{-0.45}(A)$
\emptyset	0
{ts}	0.5
{wt}	0.3
{fa}	0.4
{ts, wt}	0.87
{wt, fa}	0.75
{fa, ts}	0.99
{ts, wt, fa}	1

평가항목별 만족도를 결합하기 위한 퍼지적분에서 사용할 보상연산자로서 $\psi(A) = \tau \cdot \min_{x_i \in A} \{x_i\} + (1 - \tau) \cdot \max_{x_i \in A} \{x_i\}$ (여기에서 $\tau=0.4$ 로 설정)를 사용한다고 하자. 이때 α 의 상황신뢰값 $TS_\alpha(\beta, \delta; EC)$ 은 식(7)에 의해서 다음과 같이 계산된다.

$$TS_\alpha(\beta, \delta; EC) = \sup_{A \subset EC} \min\{\psi(SD_\alpha(\beta, \delta; A)), WC(A)\}$$

$$= \sup\{\min\{0.84, 0.5\}, \min\{0.6, 0.3\}, \min\{0.91, 0.4\}, \min\{0.744, 0.87\}, \min\{0.786, 0.75\}, \min\{0.882, 0.99\}, \min\{0.84, 1\}\} = 0.882.$$

추천자 γ_1, γ_2 로 부터의 상황 신뢰 $TS_{\gamma_i}^r(\beta, \delta; EC)$ 는 식 (9)를 이용하여 다음과 같이 계산된다.

$$TS_{\gamma_1}^r(\beta, \delta; EC) = 0.89, TS_{\gamma_2}^r(\beta, \delta; EC) = 0.80$$

추천자 γ_1, γ_2 에 대한 추천신뢰도 wr_{γ_i} 가 각각 0.8, 0.7이라면, α 이 이들 추천자들로 받는 β 에 대한 명성값은 다음과 같이 계산된다.

$$TR_\alpha(\beta, \delta; EC) = (0.8 \cdot 0.89 + 0.7 \cdot 0.8) / (0.8 + 0.7) = 0.837$$

상황신뢰에 대한 가중치 w 가 0.7이라면, 최종 신뢰값 $TS_\alpha(\beta, \delta; EC)$ 는 식 (11)에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$T(\beta, \delta; EC) = 0.7 \cdot 0.882 + 0.3 \cdot 0.837 = 0.867$$

이와 같이 계산된 신뢰값을 바탕으로, 개체 α 은 개체 β 과 의 거래 여부를 결정하게 된다. 예를 들어, 거래를 위한 신뢰 임계값을 0.6으로 설정해 두었다면, α 은 β 과 거래하게 된다. 또는 여러 개의 레스토랑 중에서 하나를 선택하는 경우라면, 계산된 신뢰값이 가장 큰 레스토랑을 선택하게 된다.

5. 결 론

거래 대상에 대한 신뢰도 정보는 위험 감소 및 최선의 거래 상대 결정 측면에서 매우 유용하다. 이 논문에서는 거래 결과가 여러 평가항목으로 평가되고, 평가항목의 결과별로 만족하는 정도를 퍼지집합으로 사용자가 사전에 명시한 환경에서의 신뢰모델을 제안하였다. 제안한 방법에서는 기질신뢰, 일반신뢰, 상황신뢰의 역할을 명확히 하고, 사용자가 처음 신뢰모델을 구축하는 과정에서의 신뢰정보 설정방법, 상황신뢰값의 결정방법, 상황신뢰값을 바탕으로 일반신뢰, 기질신뢰를 결정하는 방법, 명성정보 활용을 위한 추천정보의 결합 방법에 대해서 구체화하였다. 평가항목별 만족도를 단순히 가중 평균하는 대신에 제안한 방법에서는 λ -퍼지측도의 성질을 만족하도록 평가항목들의 집합에 대해서 중요도를 설정하고, 중요도를 반영하여 항목별 만족정도를 Sugeno 퍼지적분을 이용하여 결합하는 방법을 제시하였다. 한편, 보상연산자를 도입하여, 항목별 만족정도를 결합할 때 사용자의 성향을 어느 정도 반영할 수 있도록 하였다.

추가적으로 수행할 연구 내용으로는 추천정보를 다른 개체 또는 사용자들로 받을 때, 직접 정보를 받는 경우 뿐만 아니라 제3자를 통해서 추천정보가 전달되는 것을 처리하기 위한 추천 네트워크의 처리방법에 연구가 남아 있다. 또한 제안한 방법을 실제 응용분야에 적용하여 이에 대한 유용성을 평가하는 것이 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] H.-J. Zimmermann, *Fuzzy Set Theory and its Applications*, Kluwer-Nijhoff Publishing, 364p., 1985.
- [2] K. M. Lee, H. Lee-Kwang, Information Aggregating Networks based on Extended Sugeno's Fuzzy Integral, *LNCS 1011*, pp.56-66, 1995.
- [3] A. Abdul-Rahman, S. Hailes, Supporting Trust in Virtual Communities, *Proc. of the Hawaii Int. Conf. on System Sciences*, Jan.4-7, 2000, Maui Hawaii.
- [4] F. Azzedin, M. Maheswaran, Trust Modeling for Peer-to-Peer based Computing Systems, *Proc. of the Int. Parallel and Distributed Processing Symposium*, 2003.

- [5] U. Hengartner, P. Steenkiste, Implementing Access Control to People Location Information, *Proc. of SACMAT'04*, (Jun.2-4, 2004. New York).
- [6] D. Gambetta, *Can We Trust Trust?. In Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, (Gambetta. D (ed.)), Basil Blackwell. Oxford, 1990.
- [7] D. H. McKnight, N.L. Chervany, The Meanings of Trust, *Technical Report 94-04, Carlson School of Manangement*, University of Minnesota, 1996.
- [8] G. Derbas, A. Kayssi, H. artial, A. Cherhab, TRUMMAR - A Trust Model for Mobile Agent Systems Based on Reputation, *Proc. of ICPS2004*, IEEE, 2004.
- [9] J. Shi, G. v. Bochmann, C. Adams, A Trust Model with Statistical Foundation, In *FAST'04*, Academic Press, 2004.
- [10] Y. Wang, J. Vassileva, Bayesian Network Trust Model in Peer-to-Peer Network, *Proc. of WI'03*, IEEE, 2003.
- [11] S. P. Marsh, Formalising Trust as a CComputational Concept. Ph.D. dissertation, University of Stirling, 1994.
- [12] V. Cahill, E. Gray, J-M. Seigneur, et al., Using Trust for Secure Collaboration in Uncertain Environment, *Pervasive Computing*, pp.52-61, 2003, July-Sept.
- [13] A. Josang, R. Ismail, C. Boyd, A Survey of Trust and Reputation Systems for Online Service Provision, *Decision Support Systems*, 2006.
- [14] L. Xiong, L. Liu, Building Trust in Decentralized Peer-to-Peer Electronic Commerce, *Proc. of Int. Conf. on Electronic Commerce Research*, 2005.

저 자 소 개

이건명(Keon Myung Lee)
제 14권 6호 참조

이경미(Kyung Mi Lee)
제 14권 6호 참조