

논문 2019-2-11 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2019.12.11>

IoT 환경에서 QoS 기반 서비스 조합을 위한 신뢰 평가모델

김유경*†

A Trust Evaluation Model on QoS based Services Composition for IoT Environments

Yukyong Kim*†

요 약

M2M(machine-to-machine) 상호작용을 기반으로 하는 개방형의 이기종 환경에서 서비스 선택은 민감한 문제로서, IoT 장치들이 상호작용을 하기 위해 최선의 선택을 할 수 있도록 사회적 신뢰 관계의 개념을 적용해 볼 수 있다. 본 논문에서는 IoT 환경에서 사회적 신뢰 관계를 기반으로 작성된 프로파일을 이용한 조합 서비스의 QoS 예측과 신뢰 수준을 평가하기 위한 방법을 제안한다. 정량적인 평가를 통한 서비스 선택이 이루어짐으로써, 보다 신뢰 할 수 있는 서비스 조합의 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract

In an open, heterogeneous environment based on machine-to-machine (M2M) interactions, service selection is a critical issue and the concept of social trust can be applied to service selection so that IoT devices can make the best choice for interaction. In this paper, we propose a method for evaluating the trust level of the service and for estimating the QoS of the composite service using a profile created based on social trust relationship in IoT environment. As the service selection is made through quantitative evaluation, it is expected that the result of a more reliable service combination can be obtained.

한글키워드 : QoS 예측, 신뢰 평가, 서비스 조합, 소셜 IoT, 품질평가

keywords : QoS estimation, trust evaluation, service composition, social IoT, quality evaluation

1. 서 론

IoT(Internet of Things)와 같은 서비스 기반

환경에서 사용자가 당면한 가장 큰 문제는 원하는 기능(functionality)을 제공하는 믿을만한 서비스를 찾는 것이다. 그러나 IoT 환경에서는 제한된 용량을 가진 엄청난 양의 이기종 장치들이 존재하며, 저장 공간과 계산 리소스가 제한되어 있으므로, 모든 서비스에 대한 신뢰 정보를 유지해

* 숙명여자대학교 기초공학부 교수

† 교신저자: 김유경(email: ykim.be@sookmyung.ac.kr)

접수일자: 2019.11.12. 심사완료: 2019.11.27.

게재확정: 2019.12.20.

야 하는 기존의 신뢰 평가 방법은 적합하지 않다. 또한, 현재의 IoT 환경에서는 기능 위주의 서비스 검색만을 사용하므로 서비스 사용자가 원하는 신뢰 수준을 기반으로 서비스들을 자동으로 배치하는 방법을 제공하지 못하고 있다. 따라서 신뢰할 수 있는 서비스 발견과 선택이 더욱 쉽게 이루어질 수 있는 접근 방법이 필요하다. 더욱이 개별 서비스를 신뢰할 수 있다고 해도 조합된 서비스의 신뢰 수준을 보장하기 어려우므로 조합 서비스의 품질을 판단하는 방법이 필요하다.

그러나 저장 공간과 계산 리소스가 제한된 IoT 환경에서 모든 서비스에 대한 신뢰 정보를 유지해야 하는 기존의 신뢰 평가 방법은 적합하지 않다. 신뢰할 수 있는 선택을 위해 필요한 정보를 가지고 있지 않다면, 소셜 네트워크에서와 같이 믿을 수 있는 대상에게 신뢰 정보를 요청함으로써 유익한 선택을 취할 수 있도록 할 수 있다. 신뢰는 본질적으로 인간의 사회적 관계에 기반을 두고 있으므로, 사회적 상호작용이나 개별 사물에 대한 평가자의 주관적 관점과 같은 환경적 요인을 반영하는 메커니즘이 필요하다.

본 논문에서는 IoT 환경에서 서비스의 신뢰 수준을 평가하기 위한 사회적 관계 기반의 신뢰 평가모델을 정의하고, 이를 통한 최적의 서비스 선택 방안을 모색해 본다. 단위 서비스뿐만 아니라 서비스 조합의 결과에 대한 신뢰 수준을 추정하여 평가해 봄으로써, 사용자 관점에서 신뢰할 수 있는 서비스 선택이 이루어지도록 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로서 IoT 환경에서 서비스 조합의 문제와 관련된 이슈를 기술한다. 3장에서는 사용자 중심의 IoT 환경에서 신뢰 기반 서비스 선택과 조합을 위한 신뢰 평가모델을 정의한다. 4장에서 서비스 조합이 동적으로 이루어질 경우, 신뢰 기반 서비스 선택 방법을 정의한다. 5장에서는 제안된 모델에 대한 유효성 검증을 위한 실험과 결

과를 제시하고, 마지막으로 6장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 관련 연구

2.1 IoT 서비스 조합

서비스 조합은 IoT 장치들이 제공하는 가용 서비스들을 기반으로 복합적인 서비스를 생성하기 위해 사용된다. IoT 장치들은 소형화 및 저전력 요구에 따라 대부분 제한된 자원을 가진 모바일 장치들에 의존해서 서비스를 제공한다[1]. 이런 특징과 함께 매우 많은 서비스 제공자들이 존재하기 때문에 동적 서비스 조합은 IoT 환경에서 점점 더 어려워지고 있다.

기능적 요구사항과 함께, 서비스 조합은 비기능적 요구사항까지 만족시켜야 한다. 이를 위해서는 QoS를 만족시키지 못하는 서비스를 대체하는 가장 좋은 서비스(concrete services) 집합을 선택하기 위해 QoS 관리가 필요하다[2].

대부분의 QoS 기반 서비스 조합 방식은 서비스 후보의 QoS 값이 이미 알려져 있다고 가정하고 있으며, 일반적으로 서비스 제공자 또는 UDDI와 같은 레지스트리를 통해 직접 제공된다고 가정한다[3]. 사용자 위치 및 호출 시간에 따라 서비스 제공자는 달라질 수 있으므로, 사용자별 QoS를 제공할 수 없다[4].

2.2 QoS 예측

IoT에서 사용하는 전통적인 QoS 예측방법은 시계열 분석을 이용하여 현재 실행 중인 서비스의 품질 예측에 초점을 두고 있다[5, 6, 7]. 이들 접근 방법은 값을 생성하기 위해 서비스를 실행하는 사용자에게 의존하지만, 런타임 시에 바뀔 수 있는 후보 서비스에 대한 QoS 값을 예측하지는

않는다. 이는 많은 수의 후보 서비스로 인해, 런타임 서비스 조합 중에 기능적으로 동등한 서비스 일부를 호출하기에 너무 많은 시간이 걸리기 때문에 IoT에서는 문제가 될 수 있다

QoS를 예측할 수 있는 또 다른 방법은 협업 필터링을 통해 가능한 서비스들의 QoS에 대해 예측을 할 수 있도록 유사한 사용자의 QoS 정보를 이용하는 것이다[8, 9]. 추천 시스템과 유사한 이 방법들은 행렬 분해(matrix factorization)를 사용하여, 사용자가 유사한 사용자의 QoS 값을 기반으로 호출하지 않은 서비스의 QoS를 예측할 수 있도록 한다. 다른 유사한 사용자의 QoS를 사용하면 디자인 또는 런타임 서비스 실행 중에 선택할 수 있는 후보 서비스에 대한 자세한 정보가 제공된다.

기존의 일부 서비스 조합 방식은 클라우드 환경에서 협력적인 QoS 예측을 사용하며 웹 서비스만을 고려한다[9, 10]. 다른 메커니즘은 디자인 타임에 QoS 예측을 사용하여 런타임 시 QoS 값의 변화를 예측한다[11].

3. 신뢰 평가 모델

IoT와 같은 개방형 네트워크 환경에서는 많은 보안 위협 요소들이 존재하므로, 서비스의 QoS 뿐만 아니라 서비스 제공자에 대한 신뢰 문제가 중요해지고 있다[12]. 그러나 개별 서비스의 신뢰 수준이 알려져 있다고 해도, 조합된 서비스의 신뢰 수준을 결정할 수 없게 된다. 본 논문에서는 좀 더 체계적인 접근을 위해 신뢰 기반의 서비스 선택 문제를 가중치를 갖는 방향 그래프(weighted directed graph)상에서 일반화된 최단 거리 문제(shortest path problem)로 형식화한다. 이를 위해 먼저 신뢰 평가 메트릭(metrics)을 포함하는 신뢰 평가모델을 정의한다.

3.1 문제 정의

IoT 환경에서 각 노드는 식별 가능한 URI를 갖는다. 그림 1과 같이 중앙집중식 관리방법에서 정의되는 권한을 부여받은 에이전트(authority)는 존재하지 않고, 노드에는 사용자와 서비스를 제공하는 서비스 제공자 (장치 소유자 또는 장치 자체)의 두 가지 유형이 있다. 사용자와 서비스 제공자 관계는 일대 다 관계로서, 신뢰 평가자는 사용자이고 평가 대상자는 서비스 제공자(장치 소유자 또는 소유한 장치)가 된다. 각 사용자에게 대해 신뢰 평가 정보가 계산되어 사용자가 소유한 지정된 장치에 저장된다.

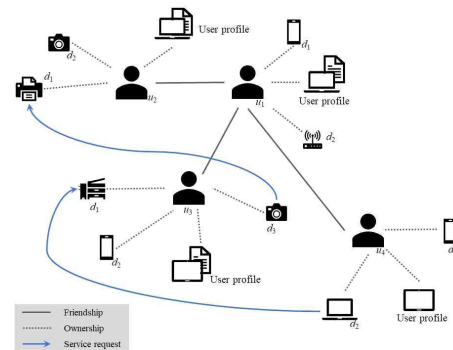


그림 1. 사용자 중심의 IoT 시스템
Fig. 1. A user-centric IoT system

신뢰는 과거 상호작용에 대한 직접적인 사용자 경험과 다른 사람들의 추천을 기반으로 평가한다. 특히, 유사한 사회적 관심사를 공유하는 노드로부터 피드백을 받기 위해 사회적 관계를 고려한다. 사회적 관계를 형성하는 사용자들 사이에서 평가 대상자가 제공하는 서비스에 대해 유사한 주관적 신뢰 관점을 가질 가능성이 크다고 보기 때문이다.

이러한 사회적 관계를 기반으로 표 1과 같이 각 사용자에게는 프로파일을 갖게 되고, 같은 사용자의 다른 장치는 프로파일에 액세스할 수 있

는 권한을 갖는다. 사회적 관계 목록과 경험목록 등은 프로파일 내에 누적되어 신뢰 평가에 활용된다. 경험목록은 서비스 제공자 또는 장치에 대한 주관적인 논리를 사용하고자 한다. 서비스 사용자는 사용한 서비스에 대해, 0과 1 사이의 값을 갖는 신뢰(T), 불신(D) 및 불확실성(U)의 튜플로 자신의 경험을 통해 갖게 된 주관적 신뢰를 표현한다. 예를 들어, 사용자가 자신이 사용했던 서비스에 대해 (T, D, U) = (0.9, 0.05, 0.05)와 같이 만족 수준 정도를 표현할 수 있다. 여기에서 'T'와 'D'는 서비스가 제공하는 트랜잭션의 성공과 실패의 확률과 유사하다고 볼 수 있으며, 'U'는 완전하게 이해할 수 있는 세부 사항에 대한 직접적인 정보가 없어서 나오는 무지함을 나타낸다고 할 수 있다.

표 1. 사용자 프로파일
Table 1. User profile

관계목록	u_1	u_2	u_3	...
경험목록	$d_1(T, U, D)$	$d_1(T, U, D)$	$d_1(T, U, D)$...
	$d_2(T, U, D)$	$d_2(T, U, D)$	$d_2(T, U, D)$	
			$d_3(T, U, D)$	
추천값	γ_1	γ_2	γ_3	...

이와 함께 모든 정보를 분석에 활용하는 것은 효율성 측면에서 좋지 않기 때문에 위치정보를 기반으로 서비스 제공이 가능한 근접 범위를 한정하였다. 변경이 일어나는 경우에만 작업이 수행되므로, 이러한 목록을 유지하기 위한 비용은 무시할 수 있을 만큼 매우 작다고 할 수 있다.

SOA 기반의 환경에서 각 장치는 SOAP 기반 기술 또는 RESTful API를 사용하여 서비스를 제공하거나 사용하게 된다. 그림 1에서 사용자 u_1 의 장치 d_2 가 사용자 u_3 의 장치 d_1 으로 서비스를 요청하고 상호작용이 일어날 때마다, 사용자 u_4 의 장치 d_2 는 u_4 의 프로파일에서 u_3 의 장치 d_1

에 대한 경험목록을 갱신한다. 또한 사용자 u_4 의 장치 d_2 은 u_4 의 프로파일에서 u_3 의 장치 d_1 에 대한 트랜잭션 정보나 피드백 정보를 살펴볼 수 있다. 제한된 저장 공간을 가진 장치들이 모든 다른 장치에 대한 신뢰값 전체를 수용할 수 없으므로 사용자 프로파일을 유지하는 것으로 해결하고자 한다.

3.2 신뢰 그래프와 메트릭

신뢰 평가모델을 정의하기 위한 SOA 기반 IoT 환경의 기본 구성 요소는 서비스 제공자와 서비스 요청자이다. 이와 함께 IoT 장치로부터 요청을 받아 해당 서비스를 제공할 수 있는 서비스 제공후보자들의 목록을 제공하는 시스템으로 SDC(Service Discovery Component)를 정의한다. 그리고 노드의 신뢰값을 계산하고 정보를 제공하는 TMC(Trust Management Component)를 정의한다.

신뢰 평가를 위해 신뢰 그래프(Trust graph)는 가중치를 갖는 방향 그래프(weighted directed graph) $TG = (V, E)$ 로 정의한다. 노드의 집합 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 은 서비스 제공자이면서 요청자가 되는 IoT 장치(또는 장치 소유자)를 나타내며, 간선의 집합 $E \subseteq \{V \times V\}$ 은 두 노드 사이에 사회적 관계가 형성되어 있음을 의미한다. 즉, 'A가 B를 신뢰한다'는 의미는 A에서 B로 향하는 방향성 간선 $E = (A, B)$ 가 된다. 그래프 상에 존재하는 임의의 노드가 서비스를 제공한다고 가정하면, 해당 서비스를 요청한 사용자는 직접 또는 간접적인 평가를 통해 해당 노드의 신뢰 정보를 얻고자 할 것이다. 직접적인 신뢰 정보는 두 노드 사이에 이루어진 트랜잭션의 경험으로 얻을 수 있고, 간접적인 정보는 사회적 관계를 기반으로 유추하여 얻게 된다. 그래프 TG에서 신뢰 평가를 위해 필요한 요소들은 다음과 같이 정의한다.

- $AD_i = \{v_j \in V | (v_i, v_j) \in E\}$ 는 한 노드 v_i 와 인접한 노드들의 집합으로 사회적 관계를 형성하고 있는 노드들이다.
- $CF_{i,j} = \{v_k \in V | v_k \in AD_i \cap AD_j\}$ 는 두 노드 v_i 와 v_j 모두와 관계를 맺고 있는 공통의 노드들이다.
- $S_i = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ 는 한 노드 v_i 가 제공하는 서비스들이다.
- $SP_k = \{v_j \in V | s_k \in S_j\}$ 는 한 노드가 요청하는 서비스 s_k 를 제공할 수 있는 노드들의 집합으로 SDC에 의해 생성된다. 또한 SDC는 SP_k 에 있는 한 노드 v_j 에 대해 서비스 요청자인 v_i 에서 v_j 에 도달하는 경로인 $P_{i,j}$ 를 제공한다. TMC는 해당 경로에 존재하는 노드의 신뢰값을 계산하고 정보를 제공하는 역할을 수행한다.

신뢰값(trust value)을 계산하기 위한 직접 메트릭은 직접적인 상호작용을 통해 획득한 경험치이고, 간접 메트릭은 사회적 관계를 기반으로 추정된 값이다. 노드 v_j 에 대한 노드 v_i 의 신뢰값 $T_{i,j}$ 는 다음 (식 1)과 같이 정의한다. 여기에서 ϵ 는 경험 인자(experience factor)이며, $0 \leq \epsilon < 1$ 의 범위를 갖는다.

$$T_{i,j} = \epsilon \times t_{i,j}^d + (1 - \epsilon) \times t_{i,j}^r \quad \dots\dots\dots (식 1)$$

경험 인자가 커질수록 신뢰 수준을 평가할 때 직접 경험에서 얻어진 경험치가 더 크게 고려된다는 의미가 된다. 경험의 값 $\epsilon = e^{-\delta}$ 은 두 노드 사이의 상호작용의 양(quantity)이 증가함에 따라 커지게 되지만, 상호작용의 양이 일정 수준을 넘어가는 경우 큰 변화를 보이지 않을 것으로 가정하여, 간단한 지수함수를 사용하였다. δ 는 증감 인자로 시간이 지나면서 신뢰에 대한 변화를 모델링하기 위해 사용된 매우 작은 수로 정의한다.

상호작용에 대한 정보는 프로파일의 경험목록에 저장되며, 트랜잭션이 일어날 때마다 사용자 만족 여부를 이진값으로 표현한다.

(식 1)에서 $t_{i,j}^d$ 는 노드 v_i 가 직접 평가하는 노드 v_j 에 대한 신뢰 정도를 의미하며, 트랜잭션 히스토리를 이용해서 계산된다.

$$t_{i,j}^d = \begin{cases} \frac{T_j}{T_j + D_j}, & \text{if } U_j < 0.5 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (식 2)$$

(식 2)에서 T_j 와 D_j 는 사용자 프로파일의 경험목록에 저장된 튜플 값이다. 서비스 컴퓨팅에서 서비스 요청자는 직접 상호작용을 기반으로 서비스 제공자의 기능 및 비기능적 특성들을 평가할 수 있다. 비기능적 특성들은 품질 속성으로 사용자 요청에 대한 처리시간, 안정성, 가용성, 가격 등을 고려할 수 있다. 이런 비기능적 특성들에 대한 평가를 포함한 주관적인 견해를 프로파일의 경험목록에 유지하게 되므로, 이를 이용하여 $t_{i,j}^d$ 를 계산할 수 있다. 만약 불확실성의 값 U_j 이 커지게 되면, 평가척도로서의 의미가 없어진다고 판단하여 신뢰와 불신의 값을 반영하지 않는다.

(식 1)에서 $t_{i,j}^r$ 는 두 노드 v_i 와 v_j 사이에 존재하는 사회적 관계를 기반으로 계산되는 추천값으로 다음과 같다.

$$t_{i,j}^r = \sum(w_k \times \gamma_k) \quad \dots\dots\dots (식 3)$$

여기에서 γ_k 는 $P_{i,j}$ 에 속한 노드들의 사용자 프로파일에서 참조하는 추천값이며, w 는 확신도 계수로서 다음 (식 4)와 같이 계산된다.

$$w_k = \frac{2l - 2k + 2}{l(l+1)} \quad \dots\dots\dots (식 4)$$

(식 4)에서 $P_{i,j} = \{(v_i, v_{i_1}), (v_{i_1}, v_{i_2}), \dots, (v_{i_n}, v_j)\}$

일 때, $l = |P_{i,j}|$ 이고, $1 \leq k \leq l$ 이다. 확신도 계수는 직접적인 관계를 맺고 있거나 사회적 관계가 가까울수록 더 큰 확신도를 부여하기 위한 것이다. 즉, 친구 관계일 경우 친구의 친구보다 더 신뢰할 수 있게 되므로, 확신도가 증가한다는 것이다.

3.3 조합 서비스의 신뢰 추정연산

신뢰 그래프 TG 에서 두 노드 사이의 간선이 갖는 가중치는 $\langle t_{i,j}^d, w_k \rangle$ 쌍으로 구성된다. 동적 서비스 조합에서 서비스 선택의 문제는 조합에 의해 생성되는 모든 실행경로 상에 존재하는 후보 노드들로 구성된 그래프 상에서, 가장 신뢰할 수 있는 경로를 찾는 문제로 정의한다. 즉, 그래프 상에 존재하는 가능한 경로들 가운데 신뢰값에 대한 확신도가 가장 큰 조합을 찾는 것이다.

서비스 조합 연산은 두 서비스가 순차적으로 실행되거나 인과조건에 따른 경로 선택이 일어난 이후 다시 순차적 실행이 반복되는 형태를 보인다. 따라서 서비스 조합에 대한 신뢰값을 추정하기 위해 두 가지 연산자를 정의한다. 순차 연산자(\oplus)는 실행 경로를 따라 순차적으로 실행이 일어나는 조합에 대한 신뢰값을 결합시키기 위한 연산자이다. 인과연산자(\otimes)는 순차연산 이외에 런타임 조건에 의해 결정되는 조합에 대한 신뢰값을 결합시키기 위한 연산자이다.

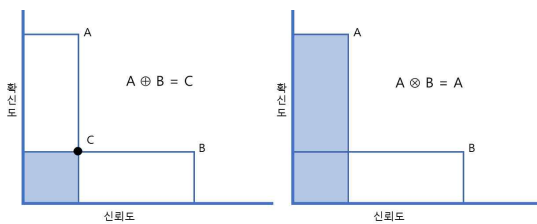


그림 2. 조합 서비스 신뢰값 추정연산
Fig. 2. Operations for estimating trust value of service composition

인과연산자 \otimes 에 의한 조합은 조건에 따라 서비스들이 달라지며, 조합 서비스의 신뢰값은 확신도 계수에 의해 결정되도록 한다. 순차 연산자 \oplus 는 순차적인 실행과 관련된 서비스들의 신뢰값과 확신도에 모두 영향을 받으므로 상대적으로 신뢰 수준이 감소되는 속성을 반영하도록 정의한다.

4. 분석 및 평가

본 논문에서 제안한 평가모델의 유효성을 판단하기 위해, [13]의 e-mail Euro 데이터를 바탕으로 총 100명으로 구성된 소셜네트워크 상에서 총 200개의 상이한 IoT 장치들을 생성하고, 각 장치들에게는 제공 가능한 서비스를 최대 10개까지 임의로 할당하였다. 생성된 IoT 장치들은 각 사용자에게 최대 5개로 제한하여 할당한 후, 소유한 장치 목록을 포함한 프로파일을 생성하였다. 소수의 커뮤니티를 대상으로 하였기 때문에 지역을 중심으로 하는 군집은 설정하지 않았다. 등록된 서비스는 기능과 QoS 정보가 제공되며, 실험에 사용된 QoS 속성은 Price(트랜잭션당 원), 가용성(%), 처리량(초당 처리된 트랜잭션 수), 응답시간(ms)으로 서비스마다 각각 다른 품질 수준으로 기술되어 있다. IoT 장치 간의 트랜잭션은 총 1,000회 수행하고, 서비스 요청에 대한 바이너리 피드백을 제공하도록 하였다. 전체 트랜잭션의 500회는 단일 서비스에 대한 요청으로 처리되고, 500회는 조합 서비스에 대한 요청으로 처리하였다.

각 트랜잭션이 시작되면, 시뮬레이터는 서비스를 요청하는 노드를 랜덤하게 선택하고, 해당 서비스를 제공할 수 있는 후보 노드의 집합을 생성한다. 각 후보에 대한 신뢰값을 계산하고, 트랜잭션이 끝나면, 만족한 경우와 불만족한 경우로 결과를 누적하여 프로파일을 갱신하게 된다.

트랜잭션마다 최고의 품질을 갖도록 설정된 서비스의 목록을 구성하고, 품질기반 선택과 제안된 평가모델을 이용한 신뢰기반 선택을 했을 때 최적의 서비스 목록에 있는 서비스 중 얼마나 많이 유사한 선택을 하는지를 비교하였다. 최적의 서비스 목록에 존재하는 서비스 개수에 대한 선택된 서비스 개수의 비율을 적중률(hit rate)로 계산하였다.

그림 3은 개별 서비스에 대한 트랜잭션 처리 결과에 대한 적중률을 나타낸다. 품질기반 선택과 신뢰기반 선택이 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 신뢰기반 선택의 경우 약 200회 이상의 트랜잭션이 이루어진 이후 추천값의 영향력이 커지기 시작하면서 적중률이 약간 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

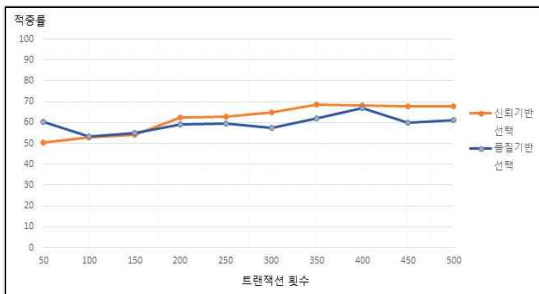


그림 3. 서비스 적중률
Fig. 3. Hit rate for services

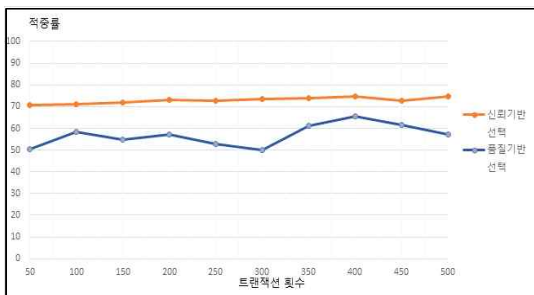


그림 4. 조합 서비스 적중률
Fig. 4. Hit rate for composite services

그림 4는 조합 서비스의 경우 품질기반 선택과 신뢰기반 선택이 유의미하게 차이가 나타났다. 서비스 조합에서 사회적 관계를 기반으로 높은 믿음을 가지고 추천을 했을 때, 더 좋은 품질을 가진 서비스들이 상대적으로 많이 선택될 수 있음을 의미한다고 볼 수 있다.

5. 결론

최근 IoT는 사물들끼리 정보를 주고받으며 자율적으로 조정하고 적응하는 시스템이 만들어지기 시작했다[14]. 이와 같은 M2M 상호작용을 기반으로 하는 개방형의 이기종 환경에서 서비스 선택은 민감한 문제로서, IoT 장치들이 상호작용을 하기 위해 최고의 선택을 할 수 있도록 사회적 신뢰 관계의 개념을 적용하였다.

신뢰는 다양한 의미가 있는 복잡한 개념이다. IoT 환경에서, 모든 정보가 가치 있는 것은 아니며, 각 서비스의 신뢰 수준이 알려져 있다 해도 서비스 사용자는 조합된 서비스의 신뢰 수준을 보장할 수 없다.

본 논문은 IoT 네트워크 상의 각 장치들이 갖는 제한적인 저장용량 등을 반영하는 서비스 신뢰 평가모델을 정의하였다. 신뢰 평가는 소셜 네트워크를 비롯한 온라인에서 생산·유통되는 정보 제공자나 장치들이 제공하는 서비스의 신뢰수준을 판단하는 방법이다. 제안된 평가모델은 급격하게 확산되고 있는 IoT 환경에서 주요 품질요인으로서의 신뢰에 관한 판단과 예측을 위한 척도로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

그러나 IoT 환경에서 활용되는 신뢰 평가모델에서 악의적인 의도를 가진 대상에 대한 사물 구별 방법이 필요하다. 주관적인 신뢰 평가와 함께 사회적 관계망으로 제공되는 피드백을 통해 신뢰 평가가 이루어지므로, 악의적인 사물이 존재하는

환경에서 더욱 안전하고 효율적인 상호작용이 가능하기 위해서는 평가의 정직성 문제가 후속연구로 진행되어야 한다. 앞으로 제안된 모델에 대한 좀 더 정교한 실험을 통해 유효성 검증이 이루어지도록 개선이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김도현, 이규대, “사물인터넷 디바이스의 집적회로 목적물과 소스코드의 유사성 분석 및 동일성”, 한국소프트웨어감정평가학회 논문지, 15권 1호, pp. 55-62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29056/jsav.2019.06.06>.
- [2] R. Calinescu, L. Grunske, M. Kwiatkowska, R. Mirandola, G. Tamburrelli, “Dynamic QoS management and optimization in service-based systems”, IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 37 no. 3, pp. 387-409, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSE.2010.92>.
- [3] Z. Zheng, H. Ma, M. R. Lyu, I. King, “Collaborative web service qos prediction via neighborhood integrated matrix factorization”, IEEE Transactions on Services Computing, vol. 6, no. 3, pp. 289-299, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSC.2011.59>.
- [4] Z. Zheng, Y. Zhang, M. Lyu, “Investigating qos of real-world web services”, IEEE Transactions on Services Computing, vol. 7, no. 1, pp. 32-39, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSC.2012.34>.
- [5] Z. Ye, S. Mistry, A. Bouguettaya, H. Dong, “Long-term QoS-aware cloud service composition using multivariate time series analysis”, IEEE Transactions on Services Computing, vol. 9, no. 3, pp. 382-393, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSC.2014.2373366>.
- [6] A. Amin, L. Grunske, A. Colman, “An automated approach to forecasting QoS attributes based on linear and non-linear time series modeling”, Proceedings of the International Conference on Automated Software Engineering, pp. 130-139, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1145/2351676.2351695>
- [7] A. Amin, A. Colman, L. Grunske, “An approach to forecasting QoS attributes of Web services based on ARIMA and GRACH models”, Proceedings of International Conference on Web Services, pp. 74-81, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICWS.2012.37>
- [8] Y. Zhang, Z. Zheng, M. R. Lyu, “Exploring latent features for memory-based qos prediction in cloud computing”, Proceedings of Symposium on Reliable Distributed Systems, pp. 1-10, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/SRDS.2011.10>.
- [9] W. Lo, J. Yin, S. Deng, Y. Li, Z. Wu, “An extended matrix factorization approach for qos prediction in service selection”, Proceedings of Conference on Services Computing, pp. 162-169, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/SCC.2012.36>.
- [10] Z. Zheng M. R. Lyu, “Collaborative reliability prediction of service-oriented systems”, Proceedings of the Conference on Software Engineering, pp. 35-44, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1145/1806799.1806809>.
- [11] M. Li, J. Huai, H. Guo, “An adaptive web services selection method based on the qos prediction mechanism”, Proceedings of Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies, pp. 395-402, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.363>.
- [12] ENACT Consortium, “Trustworthiness mechanisms specification”, EnAct project Report, 2019. <https://enact-project.edu/deliverables/D4.2.pdf>
- [13] J. Leskovec, “Stanford Large Network Dataset Collection”. <http://snap.stanford.edu/> (downloaded data on June 15, 2019)
- [14] 심정연, “감정 상태를 고려한 IoT 스마트홈 자율조절 피드백 시스템의 설계”, 한국소프트

트웨어감정평가학회 논문지, 14권 2호, pp.
95-103, 2018. DOI: [http://www.i3.or.kr/
html/paper/2018-2/\(12\)2018-2.pdf](http://www.i3.or.kr/html/paper/2018-2/(12)2018-2.pdf).

————— 저 자 소 개 —————



김유경(Yukyong Kim)

2001.8 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 박사
2005.9 - 2006.8 UC Davis, Post-doc.
2006.9 - 2013.9 한양대학교 컴퓨터공학과
연구교수
2018.2 - 현재 숙명여자대학교 기초공학부
교수

<주관심분야> 웹서비스 QoS평가, SOA 기
반 IoT 신뢰평가, 소프트웨어 품질평가