

QoS 기반 웹서비스 조합에서 신뢰성 평가를 통한 서비스 선택 기법

(A Service Selection Method using Trust Evaluation in QoS based Web Services Composition)

김 유 경 * 고 병 선 **
(Yukyong Kim) (Byung Sun Ko)

요약 분산된 환경에서 유사한 기능을 제공하는 서비스들의 수가 증가함에 따라, 웹서비스의 신뢰성은 매우 중요한 서비스 선택 요인이 되고 있다. 기업 간 협업과 같은 개방적 비즈니스 모델을 충족시키기 위해, 여러 단위 웹서비스들이 상호 연동하여 상위 수준의 비즈니스 트랜잭션을 형성하는 웹서비스 조합에서 신뢰성의 문제는 더욱 중요해진다. 그러나 단위 웹서비스 각각의 신뢰성이 보장된다고 해도, 조합된 서비스의 신뢰성은 보장되지 않는다. 따라서, 조합된 서비스의 신뢰성에 대한 평가 및 서비스 결정을 위한 방법이 필요하다. 본 논문은 웹서비스의 신뢰성을 평가하기 위한 신뢰도 평가 매트릭스를 정의하고, 이를 통해 조합된 웹서비스의 신뢰수준을 추측하기 위한 평가 방법을 제안한다. 제안된 신뢰성 평가 모델을 기반으로 웹서비스 조합에서 신뢰할 수 있는 웹서비스 선택을 지원하기 위한 프레임워크를 정의한다. 서비스 사용자의 직관적인 선택이 아니라 정량적인 평가를 통한 선택이 이루어짐으로써, 사용자가 기능적 요구사항뿐만 아니라 품질 요구사항에서도 보다 만족할만한 선택 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

키워드 : 웹서비스, 서비스 품질(QoS), 동적 조합, 신뢰성 평가

Abstract In heterogeneous and distributed computing environments, with an increasing number of Web services providing similar functionalities, the reliability of Web services is a critical decision factor. To fulfill the open business model such as cooperation among enterprises, several Web services can be composed into the upper level business transaction. In Web services composition, the reliability of services is more and more critical. Though each unit Web service can be reliable, the reliability of the composed service is not guaranteed. Thus a way to efficiently assess and select composed Web services is needed. In this paper, we define new metrics for measuring the trust value of Web services, and propose an evaluation method to predict the trustworthy degree of the composed services based on the metrics. We also define a conceptual framework to support optimal Web services selection based on the proposed trust evaluation method. By selecting using the quantitative measurement rather than intuitive selection of the service user, it allows the service users to select the high reliable service meeting their quality requirements well.

Key words : Web services, Quality of Service(QoS), Dynamic composition, trust rating

* 본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2006-000-10926-0)지원으로 수행되었음

* 정 회 원 : 한양대학교 컴퓨터공학과 교수
yukyong@hanyang.ac.kr

** 정 회 원 : 한국소프트웨어진흥원 소프트웨어공학연구센터 책임연구원
bsko@software.or.kr

논문접수 : 2008년 3월 18일
심사완료 : 2008년 11월 17일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제1호(2009.1)

1. 서론

웹서비스 환경에서 사용자가 직면하는 가장 큰 문제 중의 하나는 요구사항에 맞는 적절한 서비스를 찾는 것이다. 웹 상에서 제공되는 서비스들의 개수가 무한히 많은 현재의 웹서비스 환경에서 사용자가 원하는 특정 시간에 해당 서비스가 사용가능하고 접근이 가능한 상태를 보장할만한 방법이 없다[1]. 또한 서비스 사용자가 원하는 기능(functionality)을 제공하는 단위 서비스가 없을 가능성이 존재하며, 다양한 수준의 서비스 품질이 존재하므로, 신뢰할 수 있는 서비스를 선택하는 것은 중

요한 문제가 된다. 이에 따라 서비스 품질(Quality of Service, QoS)은 서비스 제공자의 성공을 가능하는 중요한 요소가 되고 있다.

특히, e-비즈니스 도메인의 애플리케이션은 기능적 요구사항뿐만 아니라 QoS 측면의 요구사항까지도 가장 정확히 만족시키는 서비스를 찾고자 하기 때문에, QoS 기반 서비스 선택 기법은 서비스 지향 아키텍처(Service-Oriented Architecture, SOA) 기반 시스템 개발에서 매우 중요한 역할을 하게 된다. 최근, 분산 컴퓨팅 환경에서 사용 가능한 서비스의 수가 폭발적으로 많아지면서, 어떤 서비스가 특정한 시점에 가용한지를 보장할 수 있는 방법이 없기 때문에, 서비스 사용자에게 QoS는 더욱 더 절실했다. 웹서비스 자체의 QoS 뿐만 아니라 웹서비스 제공자들의 신뢰 수준도 다양하기 때문에, 이런 상황에서 원하는 품질의 올바른 서비스 제공자를 선택하는 것은 어려운 문제가 아닐 수 없다. 사용자는 서비스 제공자에 대한 신뢰성을 걱정해야 하며, 어떤 서비스가 자신들의 요구를 더 잘 만족시키는지 판단하고 결정해야 하기 때문이다.

현재의 웹서비스 환경에서 서비스 저장소인 UDDI(Universal Description, Discovery and Integration)를 통한 서비스 발견 기법들은 기능위주의 서비스 검색만을 제공한다[2]. 이로 인해, 서비스의 능력이나 사용자가 요구하는 신뢰 수준을 기반으로 서비스들을 자동으로 배치할 수 있는 능력이 없다. 따라서 신뢰할 수 있는 서비스의 발견과 선택이 보다 쉽게 이루어질 수 있는 접근 방법이 필요하다.

본 논문에서는 서비스 제공자의 신뢰성을 평가하기 위한 신뢰성 평가 모델을 정의하고, 이를 통해 최적의 서비스 선택 기법을 제공한다. 단위 서비스뿐만 아니라 서비스 조합의 결과에 대한 신뢰성을 추정하여 평가함으로써, 사용자 입장에서 신뢰할 수 있는 서비스 선택이 이루어지게 된다. 본 논문은 평판과 서비스 사용자의 만족도를 통해 서비스 제공자의 신뢰성을 평가하고, 단위 서비스뿐만 아니라 조합된 서비스의 신뢰성을 평가할 수 있는 방법을 제공하여, 서비스 사용자의 직관적인 선택이 아니라 정량적인 평가를 통한 선택을 수행할 수 있는 프레임워크를 제공하고자 한다. 이로써 사용자가 기능적 요구사항뿐만 아니라 품질 요구사항에서도 보다 만족할 만한 선택 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 서비스 선택의 문제를 형식화(formalization)함으로써, 보다 객관적이고 체계적인 접근이 이루어질 수 있다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 웹 서비스 조합 및 QoS와 관련한 이슈를 살펴보고, 기존의 웹서비스 신뢰성 평가 방법에 대해 기술한다. 3장에서는 신뢰성 평가 모델과 함께 신뢰성 평가 매트릭스

를 정의하고, 웹서비스 선택의 문제를 형식화한다. 그리고, 웹서비스 조합이 동적으로 이루어질 경우 신뢰성에 기반한 웹서비스 선택 기법을 정의한다. 4장에서는 이론적인 분석을 통한 평가와 함께 제안된 프레임워크를 구현하기 위해 필요한 자료구조를 정의하고, 5장에서 결론으로 마무리한다.

2. 관련 연구

2.1 웹서비스 조합과 QoS

웹서비스는 기능을 제공하는 하나의 실행 단위이며, 이런 단위들이 비즈니스 프로세스에 따라 하나로 조합될 때, 이를 복합 웹서비스(composite Web services)라고 한다. 좀 더 큰 규모의 다양한 서비스를 제공하기 위한 웹서비스 조합은 비즈니스 협업을 확장하기 위한 중요한 수단이 되고 있다. 따라서 개별적인 웹서비스들뿐만 아니라, 기업 간 협업과 같은 개방적 비즈니스 모델을 충족시키기 위한 복합 웹서비스 제공은 필수적이라고 할 수 있다[3]. 웹서비스 조합 방법은 그 시기에 따라 정적 조합(static composition)과 동적 조합(dynamic composition)으로 구분된다. 즉, 웹 서비스가 설계 시간에 조합되느냐, 실행시간(run-time)에 조합되느냐로 구분된다. 정적 조합은 소프트웨어 시스템의 아키텍처 결정되는 설계 시에 이루어진다. 사용될 컴포넌트가 선택되고, 함께 조합되어, 컴파일 되고 배치(deployment)된다. 이는 협업을 위한 비즈니스 파트너와 서비스 컴포넌트들이 변하지 않거나 거의 변화가 없는 경우에 적절한 형태이다. 만약 다른 비즈니스가 새로운 서비스를 제공하거나 오래된 서비스를 다른 것으로 대체하려고 한다면, 불일치(inconsistency)를 야기하게 된다. 따라서 소프트웨어 아키텍처는 변경되어야 하고, 다른 서비스를 바인드(bind) 해야 한다. 이로 인해 프로세스 정의까지 변경될 수 있으며, 시스템을 재설계해야 하는 노력이 필요하게 된다. 이러한 정적 조합은 너무 제한적이며 단위 서비스 컴포넌트들이 예측할 수 없는 변경사항에 대해서도 스스로 적응해야만 한다는 문제를 안고 있다[4]. 웹서비스 환경은 매우 유동적이고 동적이다. 따라서 환경 변화와 고객의 요구사항에 대해 보다 쉽게 적용할 수 있는 동적인 조합 방법이 필수적이다.

QoS를 고려한 웹서비스 조합은 연구 개발 분야에서 매우 이슈가 되고 있는 부분이다. 기존의 연구는 주로 서비스 조합기술 자체에 초점을 두고 있다. [5]에서 정의한 eFlow 는 사용자 요구사항에 기반을 둔 동적 서비스 선택 방법을 제안하고 있다. eFlow는 단일 태스크 수준에서 서비스 선택을 최적화하는 지역적 선택 방법에 초점을 두고 있다. 사용자의 요구사항을 언급하고 있지만, QoS와 관련된 명확한 지원 방법이 기술되지 않고

있다. [6]에서 제안하고 있는 웹 서비스 조합 모델은 복합 서비스 수준에서 일반적인 QoS 모델에 기반을 두고 서비스 선택의 최적화를 설명하고 있다. 제안된 방법은 실행시간 결정을 통해 수행하기에는 너무 복잡하고 비용이 많다는 문제가 있다. [7]에서 정의한 METEOR 프로젝트는 시간, 비용, 신뢰성 그리고 충실도(fidelity)의 4 가지 요소를 정의하고, QoS를 보장하는 복합 웹서비스의 작업흐름(workflow) 분석과 검증에 초점을 두고 있다. 또 다른 연구로는 [8]에서 제안한 웹서비스 조합을 위한 QoS 인식 계층구조가 있다. 이는 미들웨어(middleware)로서 품질 기반으로 단위 서비스들을 선택하기 위한 구조를 정의하고 있다.

2.2 웹서비스 신뢰성

신뢰성을 기반으로 하는 서비스 선택이 이루어짐으로써, 서비스 사용자들은 자신의 요구에 적합한 신뢰할 만한 서비스를 효과적으로 발견할 수 있다. 또한 서비스와 관련된 상세한 하위 수준 관련 사항들을 이해하는 것보다는 자신들의 경험을 바탕으로 하는 개념적인 부분에 초점을 맞출 수 있다는 장점이 있다. 신뢰성 기반 서비스 선택은 발견된 서비스들 가운데 가장 믿을 수 있는 서비스를 선택하는 것이다. 대부분의 기존 연구들은 신뢰모델을 기반으로 신뢰성, 평판 그리고 추천(referal)에 대해 정의하고 개발하는데 초점을 두고 있다[9]. 전형적으로 사용자측의 클라이언트 애플리케이션은 비즈니스 로직(logic)을 이들 신뢰모델에 포함시키고 있으며, 이를 기반으로 실행시간에 가장 적합한 서비스를 선택한다. 가장 대표적인 연구는 [10]에서 제안한 분산 에이전트 기반 프레임워크로서 소비자가 과거의 상호작용을 기반으로 서비스 제공자를 평가하는 것이다. 이때 모니터링 에이전트가 서비스 인터페이스를 통해 신뢰성 평가를 돕는다. 클라이언트 애플리케이션은 신뢰성 정보에 대해 서비스 인터페이스를 평가해야만 한다. 이 분야의 연구 대부분은 [10]에서 제안한 클라이언트 중심의 접근방법을 채택하고 있다.

신뢰성 평가 방법은 크게 중앙집권(centralized) 방식과 분산(decentralized) 방식으로 구분된다. 중앙집권 방식은 권한을 부여 받은 믿을 수 있는 기관이나 에이전트가 모든 웹서비스 및 서비스 제공자들에 대한 신뢰도를 평가하고, 사용자들은 필요한 웹서비스에 관한 신뢰성 정보를 이들에게 요청하게 된다. 이와 반대로, 분산 방식은 사용자들이 원하는 서비스에 대해 개별적으로 신뢰성을 평가하게 된다. 이는 사용자의 직관에 의존하게 되는 경향을 보이며, 평판 값이 중요한 선택 기준이 된다.

본 논문에서는 이런 문제점들을 인식하고, 현재의 서비스 저장소를 활용하여 서비스 명세와 함께 서비스 제

공자의 신뢰성과 관련된 유용한 정보들을 게시하도록 정의하였다. 이를 통해, 웹서비스들이 동적으로 조합될 때 신뢰도를 기반으로 사용자가 요구하는 신뢰 수준을 만족하는 서비스를 발견하고 선택할 수 있는 개념적 프레임워크를 제공하고자 한다.

3. 신뢰성 평가 기반 웹서비스 선택

많은 웹서비스 제공자가 실시간으로 유용한 서비스를 제공함에 따라 서비스의 QoS 뿐만 아니라 서비스 제공자의 신뢰성이 중요해지고 있다. 그러나 개별 서비스의 신뢰 수준이 알려져 있다고 해도, 조합된 서비스의 신뢰 수준을 결정할 수 없게 된다. 믿을 수 있는 서비스 선택을 보장하기 위한 방법으로, 본 논문에서는 웹서비스의 신뢰성을 평가하고, 웹서비스 동적 조합이 이루어지는 경우 신뢰성 높은 서비스 선택 기법을 제안한다. 보다 체계적인 접근을 위해 신뢰성 기반의 웹서비스 선택 문제는 가중치를 갖는 방향성 그래프(weighted directed graph)상에서 일반화된 최단거리 문제(shortest path problem)로 형식화한다. 이를 위해 먼저 신뢰성 평가 매트릭을 포함하는 웹서비스 신뢰성 평가 모델을 정의한다.

3.1 신뢰성 평가 모델

웹서비스는 SOA 모델을 기반으로 정의된다. SOA 모델의 기본 구성요소는 서비스 제공자, 서비스 사용자, 그리고 서비스 명세를 제공하는 서비스 저장소이며, 이들 사이의 서비스 등록(publish), 발견(find), 바인딩(binding)과 같은 기본적인 연산이 정의되어 있다.

서비스의 신뢰성 평가 모델에서 사용되는 SOA 모델의 구성 요소를 다음과 같이 정의한다:

- $SP = \{sp_1, sp_2, \dots, sp_m\}$: 같거나 유사한 서비스를 제공할 수 있는 서비스 제공자들인 sp_x 의 집합
- $SR = \{sr_1, sr_2, \dots, sr_m\}$: 서비스 사용자에 의해 이루어지는 요청들 sr_x 의 집합
- T_x : SP 에 있는 각 서비스에 대한 서비스 명세와 서비스 제공자에 대한 평판 값으로서, 서비스 저장소 SB 에 등록되어 있다.

이를 바탕으로 신뢰성 평가를 형식화 하기 위해 다음 정의 1과 같이 신뢰성 그래프를 정의한다.

정의 1. 신뢰성 그래프(Trust Graph)

신뢰성 그래프 $TG = (V, E)$ 는 가중치를 갖는 방향성 그래프이다. V 는 그래프 TG 의 노드들의 집합으로 임의의 $v_i \in V$ 에 대해, $v_i \in SP$ 이거나 $v_i \in SR$ 이다. E 는 두 노드를 연결하는 간선들의 집합으로, 두 노드 사이에 존재하는 간선은 직접 또는 간접에 의한 상호협력력을 의미한다.

TG 에 존재하는 임의의 노드 px 가 어떤 웹서비스 분

야에서 한 서비스를 제공한다고 가정하자. 그러면, $px \in SP$ 이고, 그 서비스가 필요한 사용자는 직접 또는 간접적인 평가를 통해 노드 px 의 신뢰성에 대한 정보를 얻고자 할 것이다. 직접적인 신뢰성 정보는 두 노드 사이의 직접적인 상호작용을 통해 얻을 수 있고, 간접적인 값은 평판(reputation)을 통해 얻을 수 있다.

정의 2. 신뢰도

노드 px 의 평판을 R_{px} 라고 하면, 임의의 노드 $rx \in SR$ 가 노드 px 에 대해 내릴 수 있는 신뢰성 평가는 직접적인 평가와 평판에 의한 것이다. 즉, 노드 px 에 대한 노드 rx 의 신뢰도 $T_{rx,px}$ 는 다음 식 (1)에 의해 계산된다.

$$T_{rx,px} = E_{rx}^{px} \times C_{rx,px} + (1 - E_{rx}^{px}) \times R_{px} \quad (1)$$

서비스 사용자인 노드 rx 가 노드 px 와 협력을 하는 것은 전적으로 $T_{rx,px}$ 의 값에 좌우된다. 식 (1)에서 사용된 $C_{rx,px}$ 는 신용도(credit ratings)로서, 노드 rx 가 노드 px 의 서비스를 직접 평가한 값이고, E_{rx}^{px} 는 경험 인자(experience factor)로서, $0 < E_{rx}^{px} < 1$ 의 범위를 가진다. E 값이 커질수록 평가를 할 때 직접 경험에서 얻어진 경험치가 더욱 크게 고려된다는 의미이다.

정의 3. 평판

노드 px 의 평판 값 R_{px} 은 다음 식 (2)와 같이 계산된다.

$$R_{px} = \sum_{i=1}^n (c_{px}^{ki} \times C_{ki,px}) \quad (2)$$

식 (2)에서, $ki \in SR_{px}$ 이고, SR_{px} 은 노드 px 의 요청에 의해 직접 상호작용 했던 노드들의 집합이다. $C_{ki,px}$ 는 노드 px 에 대해 노드 ki 가 직접 평가한 신용도이고, c_{ki}^{px} 는 노드 ki 가 노드 px 에게 제공한 피드백을 통해 계산되는 신뢰에 대한 확신도 계수이다.

위 식 (2)에서 사용된 확신도 계수 c_{ki}^{px} 와 신용도 $C_{ki,px}$ 를 계산하기 위해 사용자 만족도의 개념을 고려한다. 만족도 평가는 노드들 사이에 상호작용이 완료된 후에 이루어질 수 있다. 노드 ki 가 노드 px 에 대해 평가한 만족도(satisfaction)를 $s_{ki,px}$ 라고 하고 그 값의 범위를 0에서 1 사이로 정의한다. $s_{ki,px} = 1$ 이면, 노드 ki 가 노드 px 의 서비스에 대해 완전히 만족했음을 의미하며, 반대로 0이면, 전혀 만족하지 않았음을 의미한다. 만족도의 총합이 커질수록 그 노드에 대한 서비스에 더욱더 많은 사용자들이 만족하게 됨을 의미한다. 만족도는 제공된 서비스와 서비스 명세가 일관성이 있는지, 서비스의 처리 속도, 보안 그리고 안정성 등의 만족 여부를 포함하게 될 것이다.

만족도 값이 0과 1사이에 존재한다는 조건을 만족하면서, 노드 px 에 의해 제공된 서비스들에 대해 종합적인 평가가 이루어져야 한다. 또한, 각 사용자의 환경마

다 중요하게 여기는 요소들이 달라지기 때문에, 모든 요소들에 대해 서로 다른 중요도를 고려하여 평가한다. 예를 들어, 서비스의 일관성을 A , 처리 속도를 B , 보안을 C , 그리고 안정성을 D 라고 하고, 이들의 중요도를 I_A, I_B, I_C, I_D 라고 하자. 또한 이들 평가 요소들이 다음의 조건을 만족한다고 하자. $0 \leq I_A, I_B, I_C, I_D \leq 1$ 이고, $I_A + I_B + I_C + I_D = 1$ 이다. 이러한 조건하에 만족도 $s_{ki,px}$ 는 다음 식 (3)으로 계산된다.

$$s_{ki,px} = I_A \times A + I_B \times B + I_C \times C + I_D \times D \quad (3)$$

정의 4. 신용도

두 노드 사이의 직접적인 상호작용에 대한 평가로서 신용도 $C_{ki,px}$ 는 만족도를 고려하여 다음의 식 (4)와 같이 계산한다. 이는 노드 px 에 대해 노드 ki 가 직접 평가한 값이다. n_{ki}^{px} 는 일정한 시간 동안 노드 ki 의 요청에 의해 노드 px 와의 사이에서 이루어진 직접적인 상호작용의 횟수로서, 0보다 큰 값으로 정의한다. $N = n_{ki}^{px}$ 이고, t 번째 이루어진 상호작용에 대한 만족도를 $s_{ki,px}(t)$ 라고 하면,

$$C_{ki,px} = \frac{\sum_{t=1}^N (s_{ki,px}(t))}{N} \quad (4)$$

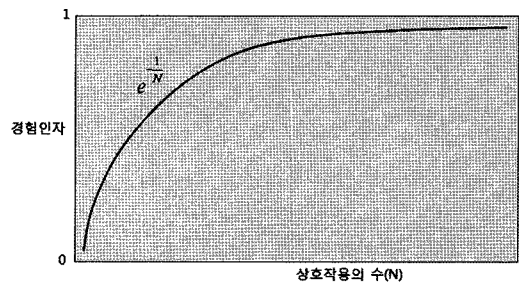


그림 1 경험인자를 표현하는 지수함수

정의 5. 경험인자

노드 rx 가 노드 px 와 직접적인 상호작용을 통해 획득한 경험의 정도를 나타내며, 경험의 값은 상호작용의 양(quantity)이 증가함에 따라 커진다. 그러나 상호작용의 양이 일정 수준을 넘어가는 경우, 경험인자는 큰 변화를 보이지 않을 것으로 가정하여, 본 논문에서는 간단한 지수함수를 사용하여 경험인자의 값을 표현한다. 따라서 식 (5)와 같이 계산된다. 식 (5)에서 e 는 자연로그의 밑인 2.7183이고, $N = n_{rx}^{px}$ 이다.

$$E_{rx}^{px} = e^{-\frac{1}{N}} \quad (5)$$

정의 6. 확신도

노드 px 가 제공하는 서비스에 대해 노드 ki 가 신뢰성

을 감정할 때, 임의의 노드들 $u_1, u_2, \dots, u_t \in SR_{px}$ 이 사용되었다고 하자. 이 노드들에게 노드 px 에 대한 성공적인 추천이 어느 정도 이루어졌는지를 고려하여 확신도(certainty factor)를 정의한다. 노드 ki 가 노드 px 를 평가하는 확신도는 다음 식 (6)과 같이 계산된다.

$$c_{ki}^{px} = \prod_{j=1}^t \left(SC_{uj} - \left(\frac{FC_{uj}}{1 - \min\{SC_{uj}, FC_{uj}\}} \right) \right) \quad (6)$$

위에서 정의된 식 (6)에서, $SC_{uj} = \frac{SC_{uj,ki}^{px}}{M}$ 이고, $FC_{uj} = \frac{FC_{uj,ki}^{px}}{M}$ 이다. $SC_{uj,ki}^{px}$ 는 노드 uj 에게 노드 ki 가 노드 px 를 성공적으로 추천한 횟수이고, $FC_{uj,ki}^{px}$ 는 노드 uj 에게 노드 ki 가 노드 px 를 추천하는데 실패한 횟수를 나타낸다. 노드 uj 에게 노드 ki 가 노드 px 를 추천해서 성공할 때마다 $SC_{uj,ki}^{px}$ 값이 1씩 증가하고, 추천에 실패할 때마다 $FC_{uj,ki}^{px}$ 값이 1씩 증가한다. $M = SC_{uj,ki}^{px} + FC_{uj,ki}^{px}$ 로서, 노드 uj 에게 노드 ki 가 노드 px 를 추천한 총 횟수이다.

3.2 웹서비스 선택 문제의 형식화

신뢰성 기반의 웹서비스 선택 문제를 형식화하기 위해, 가중치를 갖는 방향성 그래프 TG 의 가중치는 다음과 같이 정의된다.

정의 7. 간선의 가중치

신뢰성 그래프 TG 에서, 노드 n_i 에서 노드 n_j 를 연결하는 임의의 간선에 대해, 간선이 갖는 가중치는 노드 n_i 가 노드 n_j 를 대상으로 평가한 신뢰성을 표현하는 값으로, <신용도, 확신도>쌍으로 구성된다. 즉, 식 (4)와 식 (6)에서 정의된 $\langle C_{n_i, n_j}^{n_j}, C_{n_i}^{n_j} \rangle$ 가 된다.

본 논문에서 동적 서비스 조합에서 웹서비스 선택의 문제는 조합에 의해 생성되는 모든 실행 경로상에 존재하는 후보 노드들로 구성된 그래프 상에서, 가장 신뢰할 수 있는 경로를 찾는 문제로 정의한다. 즉, 그래프 상에 존재하는 모든 가능한 경로들 가운데 조합된 신뢰성에 대한 확신이 가장 큰 경로를 찾는 것이다.

서비스 조합은 OWL-S의 제어 생성자(control constructs)로 정의된 10가지 연산에 의해 이루어진다. 순차(Sequence), 분할(Split), 분할과 결합(Split + Join), 선택(Choice), 임의의 순서(Any Order), 조건(Condition), If-then-Else, 반복(Iterate), Repeat-While 그리고 Repeat-Until 구조이다[11]. 이들은 크게 순차, 조건 분기, 반복과 병렬구조의 조합으로 나누어 볼 수 있다.

순차적인 조합은 두 개의 순차적 서비스 S_1 와 S_2 가 하나의 조합된 서비스 S_{12} 로 통합되는 것이다. S_1 의 진

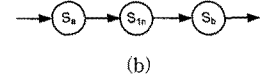
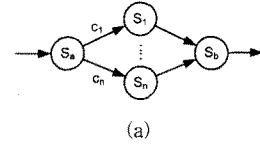


그림 2 조건분기에 따른 조합

입 변이(incoming transitions)와 S_2 의 진출 변이(outgoing transitions)는 서비스 S_{12} 로 전이된다. 조건분기는 그림 2와 같이 S_a 의 진입 변이와 S_b 의 진출 변이는 변함없이 그대로 존재하고, 실행 조건 C_1, C_2, \dots, C_n 에 따라 경로가 결정되어 실행이 진행된다. 그러면, $1 \leq i \leq n$ 에 대하여, 조건 C_i 을 확률로 서비스 S_i 가 선택되어 서비스 S_2 에 이어 순차적으로 실행된다.

병렬구조에 대해서는 S_a 의 진입 변이와 S_b 의 진출 변이는 변함없이 그대로 존재하고, S_a 의 진출 변이와 S_b 의 진입 변이는 그림 3(a)와 같다. 모든 서비스 S_1, S_2, \dots, S_n 는 동시에 실행되어, 모두 S_b 의 진입 변이에 영향을 준다. 여기에서, 동시에 실행하는 n 개 서비스가 결국 모두 성공할 것이라고 가정한다. 반복 구조는 그림 3(b)와 같이, 실행 흐름이 조건 P_1 과 P_2 에 의해 결정된다. 서비스 S_1 에서 S_2 나 S_b 로의 조건분기가 일어난 후, 뒤이어 순차적으로 실행된다.

이들 조합 연산은 두 서비스가 순차적으로 실행되거나, 인과조건에 따른 경로 선택이 일어난 이후 다시 순차적 실행이 반복되는 형태를 보인다. 따라서 서비스 조합이 일어나는 경우 신뢰성을 추정하기 위하여 두 가지 연산자를 정의한다. \otimes 는 실행경로를 따라 순차적인 실행이 이루어지는 조합을 위해 신뢰도를 곱할시키기 위한 연산자이며, \oplus 는 순차적인 실행 이외에 실행시간 조

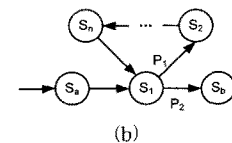
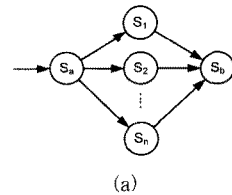


그림 3 병렬구조와 반복에 의한 조합

건에 의해 결정되는 경로상의 신뢰도를 추정하기 위한 연산자이다.

정의 7. 조합서비스의 신뢰도

두 연산자에 의해 추정되는 조합 서비스의 신뢰도는 다음과 같이 계산된다. 실행 경로 상의 인접한 두 서비스 노드에 속한(incident) 간선이 갖는 가중치를 각각 $\langle C_{ik_a}, c_{ik}^a \rangle$ 와 $\langle C_{kj_b}, c_{kj}^b \rangle$ 라고 하자.

$$\langle C_{ik_a}, c_{ik}^a \rangle \otimes \langle C_{kj_b}, c_{kj}^b \rangle = \langle C_{ik_a} \cdot C_{kj_b}, c_{ik}^a \cdot c_{kj}^b \rangle \quad (7)$$

$$\langle C_{ik_a}, c_{ik}^a \rangle \oplus \langle C_{kj_b}, c_{kj}^b \rangle = \begin{cases} \langle C_{ik_a}, c_{ik}^a \rangle, & \text{if } C_{ik_a} > C_{kj_b} \\ \langle C_{kj_b}, c_{kj}^b \rangle, & \text{if } C_{ik_a} < C_{kj_b} \\ \langle C_{*}, c_{ik}^a \rangle, & \text{if } C_{ik_a} = C_{kj_b} \end{cases}$$

단, $C_{*} = \min\{C_{ik_a}, C_{kj_b}\}$ (8)

두 연산자의 의미는 다음 그림 4에서 보여지는 것과 같다. 연산자 \otimes 에 의한 조합은 순차적인 실행과 관련된 서비스들의 신용도와 확신도에 모두 영향을 받으므로 상대적으로 신뢰성이 감소되는 속성을 반영하도록 정의된다. 연산자 \oplus 는 조건에 의해 관련되는 서비스들이 달라지며, 이 때 조합 서비스의 신뢰성은 확신도에 의해 결정되도록 정의된다.

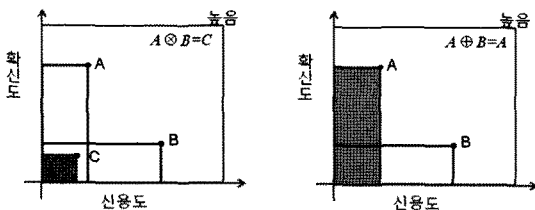


그림 4 조합 서비스 추정 연산

3.3 웹서비스 조합 프레임워크

본 논문에서 제안하는 신뢰도 기반 웹서비스 선택을 위한 개념적 프레임워크는 그림 5와 같다. 사용자 요청에 따라 서비스 조합을 위한 선택이 이루어지는 최상위 계층은 4개 모듈로 구성되어 있다. RA(Request Analyzer), RE(Reasoner), SC(Service Composer), 그리고 SP(Service Performer)이다. 사용자가 서비스를 요청하면, RA는 요구를 분석하고 실행계획(execution plan)을 세운다. 실행계획은 가능한 워크플로우(workflow)들을 정의하고 작업을 수행하기 위해 필요한 웹서비스들의 리스트를 생성하는 것이다. RA로부터 실행계획을 받으면 RE는 Discovery Interface를 통해 단위 서비스 검색과 후보 서비스들을 대상으로 신뢰성 평가를 요청하고, 엔진들이 수행한 검색 결과와 평가 결과를

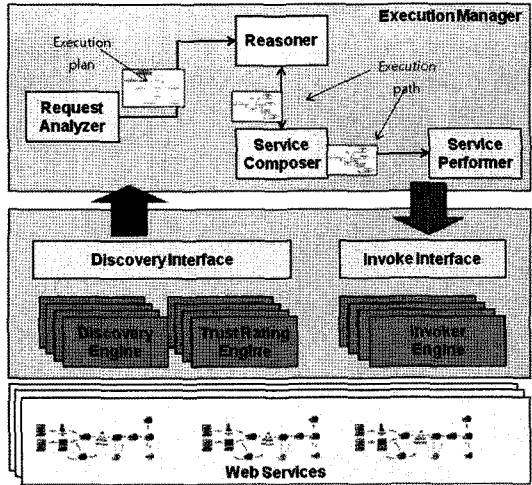


그림 5 개념적 프레임워크 구조

통해 실행경로(execution path)를 생성한다. 만약 단일 서비스가 존재하지 않을 경우, SC가 가능한 서비스 조합의 목록을 생성하여, 조합 서비스의 신뢰도 평가를 Discovery Interface를 통해 요청하면, Trust Rating Engine은 조합서비스의 신뢰도를 추정하여 결과값을 제공할 것이다. 반환된 신뢰도 정보를 이용하여 가장 신뢰성이 높은 조합 서비스 경로를 선택하여 실행경로를 수정한다. 사용자가 요구하는 서비스가 생성된 실행경로에 의해 만족된다고 판단되면, 실질적인 작업을 수행할 수 있도록 SC가 SP에게 실행경로를 전달한다. SP는 Invoke Interface를 통해 해당 웹서비스를 호출함으로써 사용자 요구를 수행하게 된다.

4. 분석 및 평가

본 논문에서 제안한 신뢰도 평가 방법은 유사하거나 같은 서비스를 제공하는 제공자들을 하나의 논리적인 그룹으로 고려하였으며, 서비스 명세를 포함한 모든 평가를 위한 자료구조를 서비스 저장소(SB)에 두었다. 임의의 서비스 사용자는 서비스 제공자가 등록된 서비스 명세와 신뢰성과 관련한 유용한 정보들을 조사하여 협력할지 여부를 판단하게 된다.

서비스 제공자 sp_x 는 자신의 서비스 명세를 서비스 저장소 SB에 등록하고, SB는 sp_x 에 대한 신뢰도 정보 T_x 를 생성한다. 서비스 제공자 sp_x 가 어디에 등록이 되어 있는지와 상관없이 SB는 sp_x 에 가장 낮은 초기 값을 할당한다. 서비스 감정이 이루어지고 나면, SB에게 제출된 변경된 신뢰도 정보는 그 값이 변경되도록 한다. 서비스 감정 내용이 변경되지 않으면 신뢰도 정보도 변경되지 않는다.

표 1 신뢰도 정보 자료구조

| | |
|------------|-------|
| ID_x | T_x |
| ID_{sp1} | T_1 |
| ID_{sp2} | T_2 |
| ... | |
| ID_{spn} | T_n |

SB에 저장되는 신뢰도 정보는 표 1과 같은 구조를 가지며, 각 서비스 제공자 sp_x 에 대응하는 평판 값 T_x 를 유지한다. 한 사용자가 웹서비스에 접근할 때, 서비스 명세를 살펴보고 서비스 제공자의 평판 값 T_x 를 조사할 수 있다. 그러면, 사용자는 자신의 경험과 평판 값을 사용하여 식 (1)을 통해 신뢰성을 평가하고, 협력을 할지를 결정할 수 있다.

모든 저장소 SB는 최소한 표 2와 같은 자료구조를 포함해야 한다. 하나의 웹서비스를 표현하는 노드 ku 의 레코드로서, 신뢰도를 계산하기 위해 요구되는 일정 시간 동안 이루어진 웹서비스 거래(transactions)에 관한 요약된 정보들이다.

한 그룹에 속한 웹서비스 제공자의 신뢰도 정보가 변경되었을 때, 다른 그룹에서는 변경되지 않는다. 동시에 확신도 값이 어떤 그룹에서 변경이 이루어져도, 다른 웹서비스 그룹에서는 역시 영향을 받지 않는다. 이는 유사하거나 같은 서비스를 제공하는 웹서비스 제공자들을 하나의 논리적인 그룹으로 고려했기 때문에, 논리적으로 연관되지 않은 다른 그룹은 영향을 받지 않는다.

또한, 제안된 신뢰성 평가 모델을 구현하기 위해, 웹서비스의 QoS 정보를 표현하기 위한 방법이 필요하다. OWL-S의 서비스 프로파일(Service Profile) 부분에 정의되어 있는 클래스 *ServiceParameter*의 하위 부클래스(subclass)로 정의할 수 있다. 이 클래스를 가지고 표 3

표 2 신뢰도 평가를 위해 요구되는 자료구조

| | | | | |
|------------|------------|------------|----------------|----------------|
| $ID_{k,j}$ | $m_{k,j}$ | $D_{k,j}$ | $C_{k,j}$ | |
| ID_{i1} | $m_{i1,j}$ | $D_{i1,j}$ | $SC_{i1,kv}^j$ | $FC_{i1,kv}^j$ |
| ID_{i2} | $m_{i2,j}$ | $D_{i2,j}$ | $SC_{i2,kv}^j$ | $FC_{i2,kv}^j$ |
| ... | | | | |
| ID_{in} | $m_{in,j}$ | $D_{in,j}$ | $SC_{in,kv}^j$ | $FC_{in,kv}^j$ |

표 3 품질속성의 정의

| Property/subclasses | Data type | Explanation |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ServiceQuality/ | Quality attributes information | |
| <i>ServicePrice</i> | Float | Service price per transaction |
| <i>ResponseTime</i> | Float | Average response time x.xx seconds |
| <i>Availability</i> | Float | Available time rate xx.xxx % |
| <i>Throughput</i> | Integer | Transaction numbers per second |
| <i>Trust</i> | Float | Trust value to represent trust degree |

과 같은 품질속성을 표현하고, 추후 요구되는 또 다른 품질 속성도 클래스의 확장을 통해 정의할 수 있다. 이를 이용해, 사용자들은 기능적인 요구사항뿐만 아니라, QoS 관련 요구사항도 정의할 수 있다. 그림 6은 OWL-S로 작성한 사용자 QoS 요구사항의 예이다.

제안된 신뢰성 평가 모델 기반의 웹서비스 선택 방법의 검증을 위해, UDDI에 등록된 웹서비스 명세와 QoS 정보를 기반으로 신뢰도를 계산하여 최적의 서비스를 제공하는 시스템의 프로토타입을 구현하여 실험하였다. 그림 5의 프레임워크를 구성하는 각 요소를 각각의 PC에서 실행되도록 그림 7과 같이 구성하였다. UDDI는 MySQL(ver.4.1.13)을 연결한 jUDDI(ver.0.9rc4)를 사용하여 자체적으로 마련된 서비스 저장소이다. 실험을 위해 서로 다른 품질 수준을 가진 27개 온라인 DVD 대여 서비스들을 등록해 놓았고, 서비스 명세에 QoS 프로파일을 포함하였다. 고객은 서비스 사용자로서 자바 프로그래밍 언어로 구현된 서비스 요청 프로그램을 실행

```

<Service Quality rdf:ID="ServiceQuality_1">
  <profile:ServiceParameter>
    <ServiceQualityInfo rdf:ID="ServiceQualityInfo_11">
      <ServicePrice rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#float"> 0.1
    </ServicePrice>
      <ResponseTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#float"> 0.03
    </ResponseTime>
      <Availability rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#float"> 99.95
    </Availability>
      <Throughput rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#integer"> 700
    </Throughput>
      <TrustLevel rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#float"> 0.8
    </TrustLevel>
    </ServiceQualityInfo>
  </profile:ServiceParameter>
  <profile:ServiceParameterName rdf:datatype="http://www.w3.org/2004/XMLSchema#string"> ServiceQuality
</profile:ServiceParameterName>
</ServiceQuality>
<profile:Profile rdf:ID="serviceUser_Profile">
  <profile:ServiceParameter rdfs:resource="#ServiceQuality_1">
    ...
</profile:Profile>
    
```

그림 6 OWL-S 서비스 요구명세서 예

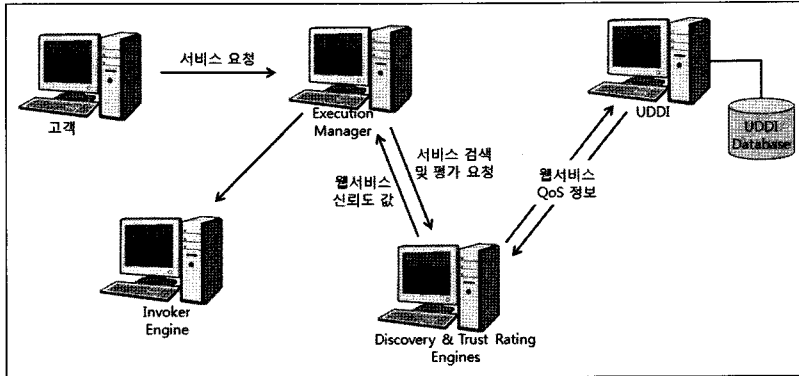


그림 7 실험 환경

하였다. 나머지 구성요소들인 Execution Manager, Discovery & Trust Rating Engines, 그리고 Invoker Engine은 모두 TomCat 5.5와 AXIS 1.3을 사용하였다. 모든 시스템은 인텔 펜티엄 4 프로세서(3GHz)와 2GB RAM으로 구성된 데스크탑 PC이다.

실험은 임의의 고객을 대상으로 서비스 요청에 따른 서비스 선택의 결과를 통하여, 제시된 신뢰성 모델이 최선의 서비스 선택에 유용함을 증명하는 것을 목적으로 한다. 등록된 웹서비스는 서비스 기능과 QoS 정보를 가지고 있으며, 실험에 사용된 QoS 속성은 Price(트랜잭션 당 만원), Availability(%), Throughput(초당 처리된 트랜잭션 수), Response Time(초)으로 총 27개 서비스가 각각 다른 품질 수준으로 기술되어 있다. 고객의 서비스 요청과 기능 및 품질이 일치하는 후보 웹서비스들을 선별하여, 신뢰도를 평가한다. 그림 8은 실험에서 이루어진 서비스 선택에 대한 결과를 보여준다.

고객1과 고객2의 서비스 요청은 단일 서비스의 신뢰도 평가만 수행하였고, 고객3의 서비스 요청은 웹서비스 조합이 이루어진 경우로서, 조합된 서비스의 신뢰도를 추정하여 가장 신뢰도가 높은 서비스를 선택한다. 각 요청에 대한 기능과 품질 요구사항을 모두 만족하는 최적의 서비스와 실제 선택된 서비스 사이에 일치하는 정도를 알아봄으로써, 제안된 신뢰도 평가 및 조합 서비스

신뢰도 추정 방법이 유용함을 알 수 있다. 가상의 고객 3인에 대한 실험은 각각 50회 서비스 요청에 대해, 기능과 품질요구사항을 만족하는 후보 서비스들을 각각 4개, 7개, 그리고 5개로 선별하여 신뢰도를 평가하고, 가장 신뢰도가 높은 서비스를 최종 결과로 반환하였다. 최적의 서비스에 대한 선택 결과의 일치 횟수는 각각 34회 (68%), 39회(78%), 37회(74%)이다.

5. 결론 및 향후 연구과제

신뢰도는 서로 다른 여러 의미를 갖는 복잡한 개념이다. 분산 웹서비스 환경에서, 신뢰도는 비즈니스 업무 흐름에서 서비스가 얼마나 유용한지, 정확한지 또는 가치 있는지에 근거하여 개별 서비스의 수준에서의 기대되는 가치가 될 수 있다. 이기종의 분산 웹서비스 환경에서, 모든 정보가 가치 있는 것은 아니다. 서비스 사용자 서비스 제공자의 신뢰성에 대해 신경 쓸 필요가 없다. 의약, 금융 시스템과 같이 고신뢰성을 요구하는 경우에는 빈약한 정보에 의한 결정으로 인해 수용할 수 없는 부정적인 결과를 야기할 수 있다. 비록 각 서비스의 신뢰수준이 알려져 있을지라도, 서비스 사용자는 조합된 서비스의 신뢰 수준에 대해 관심을 갖게 된다. 개별 서비스는 신뢰할 수 있으나, 조합된 서비스는 신뢰성이 보장되지 않을 수 있기 때문이다. 따라서 조합된 서

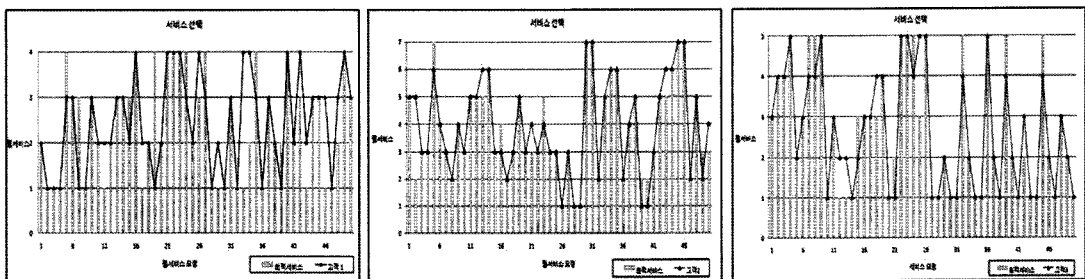


그림 8 서비스 선택 결과

비스가 신뢰할 수 있다는 것을 결정하기 위한 방법이 필요하다.

본 논문에서는 서비스 제공자의 신뢰성을 평가하기 위한 신뢰성 평가 모델을 정의하고, 이를 통해 최적의 서비스 선택 기법을 제안하였다. 개별적인 웹서비스에 대한 신뢰성을 평가하기 위해 평가 매트릭스를 정의하고, 웹서비스가 동적으로 조합될 경우 조합된 서비스의 신뢰성을 추정할 수 있는 방법을 제안함으로써 사용자 입장에서 신뢰할 수 있는 서비스 선택을 보장할 수 있도록 하였다. 또한, 보다 정형화된 접근 방법을 제안하기 위해, 서비스 선택의 문제를 그래프상에서 형식화 하였다. 또한 일부 구현된 프로토타입을 통해 제안된 신뢰성 평가 모델이 최선의 서비스 선택에 유용함을 보였다.

본 논문은 평판과 서비스 사용자의 만족도를 통해 서비스 제공자의 신뢰성을 평가할 수 있는 방법을 제안하여, 서비스 사용자 개인의 직관적인 선택이 아니라 정량적인 평가를 통한 선택을 수행할 수 있는 프레임워크를 제공하기 위한 것이다. 이로써 사용자가 기능적 요구사항뿐만 아니라 품질 요구사항에서도 보다 만족할만한 선택 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

현재 일부 구현된 프로토타입을 확장하여, 추론을 통한 복합 서비스의 신뢰성 평가를 수행함으로써, 제안된 모델의 유용성 검증을 위한 실험이 이루어져야 한다. 실험을 위해 이메일 발송기, 카드 생성기, 음성-문자 변환기 및 송장관리 시스템의 5가지 상용 시스템을 선정하였으며, 대상 시스템에 대한 임의의 사용자 집단의 평판과 확신도 데이터를 수집하고 있다. 또한, 웹서비스의 동적 조합이 이루어지는 좀 더 다양한 경우에 대해 추론 모델을 적용한 신뢰성 평가를 수행함과 동시에 복합 서비스의 신뢰도를 추정하기 위한 좀 더 객관적인 추론 방법에 대한 연구로의 확장이 이루어질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Goble C., DeRoure D., "The Semantic Web and Grid Computing," Journal of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol.92, IOS Press, 2005.
- [2] OASIS UDDI Specification, "Universal Description, Discovery and Integration v3.0.2," Feb. 2005, available at <http://uddi.xml.org>.
- [3] 김동수, 배혜림, "협업적 웹 서비스 표준과 기업간 협업," 한국정보과학회지, 제22권, 제10호, pp. 26-31, 2004.
- [4] Liangzhao Zeng, B. Benatallah, and M. Dumas, "Quality Driven Web Services Composition," Proceedings of International Conference on World Wide Web, ACM Press, Vol.12, pp. 411-421, May 2003.
- [5] Glen Dobson, "Quality of Service in Service-Oriented Architecture," 2004, available at <http://digs.sourceforge.net/papers/qos.html>.
- [6] N. Milanovic and M. Malek, "Current Solutions for Web Service Composition," IEEE Internet Computing, Vol.8, No.6, pp. 51-59, 2004.
- [7] Z. Maamar, S. Kouadri, M. Hamdi, "Toward an Agent-Based Context-Oriented Approach for Web Services Composition," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol.17, No.5, pp. 686-697, 2005.
- [8] F. Casati et al., "Adaptive and Dynamic Service Composition in eFlow," Lecture Notes in Computer Science, Vol.1789, Springer-Verlag London, pp. 13-31, 2000.
- [9] M. Altunay et al., "Evaluation of mutual trust during matchmaking," Proceedings of IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, IEEE Computer Society, Vol.5, pp. 133-140, Sep. 2005.
- [10] M. Maximilien and M. Singh, "Toward Autonomic Web Services Trust and Selection," Proceedings of International conference on Service Oriented Computing, pp. 212-221, Nov. 2004.
- [11] David Martin et al., "OWL-S: Semantic Markup for Web Services," 2004, available at <http://www.w3c.org/submission/owl-s>.



김 유 경

1991년 숙명여자대학교 수학과(학사). 1994년 숙명여자대학교 전산학과(석사). 2001년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(박사) 2001년~2004년 숙명여자대학교 정보과학부 컴퓨터과학전공 초빙교수. 2005년 미국 University of California Davis, Dept. of Computer Science & Engineering, Postdoc. 2006년 9월~현재 한양대학교 공학대학 컴퓨터공학전공 연구교수



고 병 선

1995년 숙명여자대학교 전산학과(학사) 1998년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(석사). 2003년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(박사). 2002년~2004년 숙명여자대학교 정보과학부 프로그래밍 전문강사. 2005년 건국대학교 정보통신대학 컴퓨터공학부 강의교수. 2006년~현재 한국소프트웨어진흥원 소프트웨어공학단 SW공학기술센터 책임연구원