

지능형 에이전트를 위한 제약조건 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색

남궁현^o 정승우 김경일 정문영 조현성
한국전자통신연구원 지능형 로봇 연구단
과학기술연합대학원^o

{ngh, jswoo, zbmon, mchung, hs}@etri.re.kr

Constraints based Semantic Web Services Discovery for an Intelligent Agent

Hyun Namgoong^o Seungwoo Jung Kyung-il Kim Moonyoung Chung HyeonSung Cho
Electronics and Telecommunications Research Institute
University of Science and Technology

요 약

시맨틱 웹 서비스 검색시스템은 제공자가 기술한 웹 서비스 시맨틱 기술을 웹 서비스 사용자의 요청에 의해 검색하여 사용자에게 반환한다. 이러한 검색은 의미적 비교를 통해 이루어지며, 의미적 비교는 OWL-S[4]와 같은 표준을 통해 기술된 웹 서비스의 입력과 출력, 조건, 효과(Input, Output, Precondition, Effect) 즉, IOPE와 사용자의 요청의 그것에 대해 수행된다. 하지만, 이러한 검색은 때때로 웹 서비스를 이용하여 이용자에게 서비스를 제공하는 지능형 에이전트에게 적합하지 않다. 지능형 에이전트는 웹 서비스의 실행을 위한 입력의 변환과 반환된 출력의 선택을 통해 서비스를 이용 가능하므로 IOPE의 형식에 대한 정확한 일치를 요구하지 않는다. 본 논문에서는 지능형 에이전트에 보다 융통성 있는 검색 서비스의 제공을 위한 제약조건을 기반으로 시맨틱 웹 서비스 검색시스템에 대하여 설명한다.

1. 서 론

최근 몇 년간, 웹상에 흩어져 있는 웹 서비스의 자동화된 검색과 실행, 합성을 가능하게 위한 연구들이 진행되어왔다. 이를 위해 OWL-S[4]와 같은 표준을 통해 기술된 웹 서비스 시맨틱 기술은 시맨틱 웹 서비스 검색시스템에 의해 웹 서비스 사용자에게 검색된다[1][2]. 시맨틱 웹 서비스 검색 시스템은 웹 서비스 제공자에 의해 기술된 기술과 사용자의 요청에 대한 의미적 비교 (Semantic matching)를 통해 검색을 수행한다. 의미적 비교는 웹 서비스의 조합과 이용에 있어서 특징적인 요소라고 할 수 있는 웹 서비스 기술의 입력과 출력, 조건, 효과 (IOPE)에 대해 이루어진다.

그러나 기존의 시스템을 이용하기 위해서, 사용자는 자신의 검색하고자 하는 웹 서비스의 형식에 대한 사전지식을 필요로 하며, 이는 때때로 웹 서비스와의 상호작용을 통해 사용자의 요구를 만족시키는 지능형 에이전트에게 적합하지 않다. 이는 지능형 에이전트는 웹 서비스를 이용을 위한 추가적인 동작이 가능하기 때문이다[6]. 지능형 에이전트는 웹 서비스를 이용하기 위해 입력의 형태를 변경하거나 출력으로부터 원하는 결과를 선택함으로써 보다 융통성 있게 웹 서비스를 이용할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 지능형 에이전트에게 적합한 검색을 제공하기 위한 제약조건 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색에 대하여 설명한다. 제약조건이란 지능형 에이전트가 에이

전트 이용자의 요청에 대해 만족시켜야 하는 조건들을 의미한다. 예를 들면, 이용자가 지능형 에이전트에게 요구한 책의 이름, 책의 가격 등이 제약조건이라 할 수 있다. 본 논문에서 제안된 구조는 제약조건을 기반으로 하는 요청을 받으며 기존의 시스템보다 융통성 있는 검색 결과를 제공한다. 또한 이러한 검색의 형태는 에이전트에게 제공자가 서비스를 기술하는 방법에 대한 추가적인 지식이 없는 경우에도 검색을 가능하게 해준다.

2. 관련연구

시맨틱 웹 서비스는 웹 서비스 기술의 표준인 OWL-S를 이용하여 기술된다. 검색 시스템은 이러한 웹 서비스 시맨틱 기술을 저장, 관리하며 검색의 기능을 제공한다. Carnegie Mellon 대학은 DAML-S로 기술된 웹 서비스 시맨틱 기술이 저장된 UDDI 레지스트리에 대한 검색을 제공하는 매치메이커 (Matchmaker)를 개발했다[5]. 이는 IOPE의 매칭을 통해 저장된 웹 서비스 시맨틱 기술을 반환한다. 또한 한국전자통신연구원의 시맨틱 웹 서비스 검색 시스템은 OWL-S의 입력, 출력, 조건, 효과 각각에 대한 비교를 제공하는 매칭 엔진을 이용해 웹 서비스 시맨틱 기술의 검색을 제공한다. 또한, 랭커를 이용하여 결과에 대한 우선순위를 결정하여 반환한다.

위와 같은 IOPE 중심의 검색 시스템은 의미간의 관계를 이용해 결과들의 유사도의 순위를 정한다. 매칭 엔진은 레지스트리에 저장된 웹 서비스가 가지는 입력과, 출력, 조건

과 효과들이 클라이언트가 요청한 그것들과 매칭되는 수와 의미적 관계에 따라서 그 순위를 정한다. 예를 들어, 클라이언트가 날씨에 대한 정보를 얻기 위해 입력으로 '날씨'와 '도시'를 갖고 출력으로 날씨를 반환하는 서비스를 검색할 경우, 매칭 엔진은 입력과 출력이 정확하게 같은 서비스의 유사도를 최대로 정한다. 또한, 입력이 관련 어휘인 '시간'과 '행정구역'을 갖는 웹 서비스는 관련된 의미의 온톨로지의 참조를 통해서 그보다 낮은 유사도를 가진다.

3. 제약조건 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색

본 논문에서 제안하는, 제약조건 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색은, 지능형 에이전트가 이용자에게 만족해야 할 속성들을 질의의 파라미터로 하는 검색을 제공한다. 이를 통해 에이전트는 웹 서비스의 형태에 대한 추가적인 정보 없이, 보다 융통성 있는 웹 서비스의 검색할 수 있다. 이러한 검색은 OWL-S와 같은 표준에 의해 기술되어 저장소(registry)에 저장된 인스턴스에 대해 수행된다. 저장소는 각 인스턴스의 OWL-S의 Category 프로퍼티와 같은 서비스의 선언적 기술(explicit representation)을 참조하여 인스턴스를 여러 카테고리로 분류한다[9]. 이러한 카테고리는 MIT에서 정의한 Process Handbook의 분류에 따라 정의된다[7].

앞에서 언급한 것처럼, 제약조건은 지능형 에이전트가 그 이용자를 위해 만족시켜야 할 조건들을 일컫는다. 에이전트는 웹 서비스의 입력과 출력 모두로부터 이러한 제약조건이 만족되는지 아닌지를 판단할 수 있다. 예를 들면, 이용자에 의해 'Russell'이 지은 'Artificial Intelligence'라는 책의 '가격' 정보를 요청 받은 에이전트를 가정해 보자. 이 예에서 에이전트가 만족해야 할 제약조건은 '저자'와 '제목', '가격'이다. 에이전트는 제목과 저자를 입력파라미터로 받고 가격을 출력으로 갖는 웹 서비스의 실행을 통해 이러한 제약조건을 만족하는 책의 정보를 결과로서 얻을 수 있다. 또한 에이전트는 제목을 입력으로 받고 저자와 가격을 출력으로 갖는 웹 서비스 실행으로 얻은 출력 값들의 선택을 통해서도 같은 결과를 얻을 수 있다. 'Artificial Intelligence'를 입력으로 갖는 웹 서비스의 실행을 통해 얻은 저자와 가격의 출력들 중에서 저자가 'Russell'인 책의 가격을 선택해 원하는 결과를 얻을 수 있는 것이다. 이러한 지능형 에이전트에게 보다 중요한 것은 웹 서비스가 질의의 제약조건들을 고정된 입력과 출력으로서 존재하는 것이 아니라 제약조건들을 입력 또는 출력으로서 가지는가이다.

기존의 검색 시스템에서의 매칭 방법은 입력과 출력에 대한 명확한 구분이 존재한다. 이러한 구분이 때때로 검색을 힘들게 할 수 있는데, 이는 '저자'를 출력으로 가지는 웹 서비스를 고려해 볼 때 명확해 질 수 있다. 이 웹 서비스는 양질의 서비스를 제공하며, 에이전트의 결과의 선택을 통해

서 이용될 수 있음에도 불구하고, '저자'를 입력으로 검색을 요청한 질의에 의해서 검색될 수 없다. 그러므로 제안된 시스템에서는 의미적 비교의 과정에서 인스턴스의 입력과 출력을 구분하지 않는다.

실제 웹 서비스 시맨틱 기술들에 대한 검색은 크게 매칭 엔진(Matching Engine)과 랭커(Ranker)라고 하는 컴포넌트들에 의해 이루어진다. 검색은 목표하는 서비스의 카테고리나 제약조건을 포함하는 질의로부터 시작된다. 매칭 엔진은 요청된 카테고리내의 웹 서비스 기술들의 주요 속성(입력, 출력)들과 질의의 제약조건들을 의미적으로 비교한다. 또한 랭커는 비교된 검색된 서비스의 결과 집합(set)을 정렬하여 에이전트에게 반환한다. 본 장에서는 이러한 시스템의 설명을 위해 시스템의 중요한 두 컴포넌트에 대해 설명한다. 3.1에서는 매칭엔진에 설명이 이루어지고, 3.2에서는 랭커를 통한 결과의 정렬방법에 대해 기술한다.

3.1 매칭엔진(Matching Engine)

매칭엔진은 저장된 웹 서비스 기술과 사용자의 요청, 즉 제약조건에 대한 의미적 비교를 수행한다. 이러한 비교는 요청의 모든 제약조건과 저장소의 각각의 웹 서비스 기술의 속성(입력, 출력)에 대해 이루어진다. 의미적 비교는 개념들의 집합인 온톨로지(Ontology)[3]에서 두 개념 사이의 거리의 측정을 통해서 이루어진다. 매칭 알고리즘은 의미적 비교의 단계를 [5]와 같이 'exact', 'plugin', 'subsumes', 'fail'로 분류한다. 의미적 비교를 위한 알고리즘은 다음과 같다.

```

DegreeOfMatch(conR, proA)
  If conR=proA then return exact
  If conR subcalssOf proA then return exact
  If proA subsumes conR return plugin
  If conR subsumes proA return subsumes
  Otherwise return fail
    
```

그림 1. 매칭알고리즘

앞서 설명했듯, 알고리즘은 입력과 출력에 대한 구분이 없는 형태로 이루어진다. 그림 1은 기술의 속성(proA)과 제약조건(conR) 사이의 의미적 비교를 위한 알고리즘을 보여준다. 매칭 과정은 지정된 요청의 카테고리 내의 모든 기술들에 대하여 이루어지며 결과 집합이 랭커에게 넘겨진다.

3.2 랭 커(Ranker)

요청의 제약조건과 매칭된 속성들을 가지는 웹 서비스 기술들은 랭킹알고리즘에 의해 정렬된다. 랭커는 매칭의 결과를 참조하여 다음의 2가지 정의를 이용해 서비스 기술들을 정렬한다.

정의1)

exact > plugin > subsumes > fail

쉽게 알 수 있는 것처럼 'exact'는 가장 가까운 의미적 비교를 의미하며 'fail'은 의미적 연관성이 없음을 의미한다. 제약조건과 'exact' 매칭되는 속성을 갖는 서비스는 'plugin' 관계의 속성을 갖는 서비스 보다 선호된다. 그러므로 정의1과 같은 순서로 서비스 기술이 정렬될 수 있다.

정의2)

For constraint *c1*,

If an input of service1 match with *c1*,
an output of service2 match with *c1*

Then, *service1 > service2*

정의2는 '입력 파라미터를 받는 웹 서비스는 그 파라미터를 만족하는 결과를 출력으로 반환한다'라는 가정으로부터 정의된다. 예를 들어, '제목'을 입력 파라미터로 받는 도서 웹 사이트는 입력 받은 제목을 가지는 책에 대한 정보만을 출력으로 반환할 것이다. 또한, 출력으로 반환된 결과의 이용을 위해서는 추가적인 선택의 과정을 필요하므로, 에이전트는 추가적인 선택을 최소로 할 수 있는 웹 서비스, 즉 제약조건을 입력 파라미터로 갖는 웹 서비스를 선호할 것이다. 이러한 사실에 의해 정의2의 서비스1이 서비스2보다 선호된다.

랭커는 매칭엔진으로부터 받은 사용자의 질의에 대한 검색의 결과를 다음과 같이 정렬한다. '내일 서울에서 LA로 가는 비행기를 찾아줘'라는 요청을 받은 지능형 에이전트를 가정해 보자. 이 에이전트가 이용자에서 만족시켜야 할 제약조건은 출발지 (departure)와 출발날짜 (departureDate), 도착지 (arrival) 그리고 비행기번호 (flightNumber)가 된다. 에이전트는 이러한 제약조건들을 질의로서 요청할 수 있다. 요청된 질의에 대한 의미적 매칭의 결과를 랭커에게 전달한다. 랭커는 매칭엔진으로부터 받은 결과를 랭킹알고리즘에 의해 그림2와 같이 정렬한다. 그림2에서 보여주는 것처럼 검색은 에이전트가 웹 서비스의 실행의 방법의 변경을 통해서 이용 가능한 여러 형태의 웹 서비스 기술들을 반환한다.

ranking	input	output
1	arrival, arrival date, departure	airline, class, cost, departure date, flight number.
2	airline, arrival, departure, class	arrival date, cost, departure date, flight number
3	airline, departure, max-cost, min-cost	arrival, arrival date, departure date, flight number
4	airline, class, max-cost, min-cost	arrival, arrival date, departure, flight number

그림 2. 반환된 항공기 정보 웹 서비스들

4. 결 론

본 논문은 제약조건 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색의 방법에 대하여 대략적으로 소개하였다. 제안된 시스템은 사용자의 요구를 웹 서비스의 검색과 실행을 통해 만족시키는 지능형 에이전트에게 보다 적합한 검색 서비스를 제공해 줄 것으로 기대된다. 검색은 에이전트에게 실행결과의 선택을 통해서 이용 가능한 웹 서비스들을 포괄하여 제공한다. 또한 시스템은 에이전트가 제공자의 웹 서비스 기술 형태에 대한 추가적인 지식 없이 웹 서비스의 검색을 가능하게 한다. 향후 연구에서는 제안된 시스템의 구현과 실험을 통해 시맨틱 웹 서비스의 검색 방법에 대해 계속 연구하고자 한다.

관 련 연 구

- [1] James Hendle, "Agents and the Semantic Web", IEEE Intelligent Systems Journal, 2001
- [2] Sheila A. McIlraith, Semantic Web Services, IEEE Intelligent Systems, 2001
- [3] OWL, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [4] OWL-S: Semantic Markup for Web Services. <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>, 2004.
- [5] Katia Sycara, Massimo Paolucci, Anupriya Ankolekar, and Maveen Srinivasan, Automated discovery, interaction and composition of Semantic Web services. *Elsevier Journal of Web Semantics*, 27-49, 2003.
- [6] Wolf-Tilo Balke and Matthias Wagner. Towards Personalized Selection of Web Services. 14th International World Wide Web Conference (WWW), 2003.
- [7] T.W. Malone, K. Crowston, B.P. Jintae Lee, C. Dellarocas, G. Wyner, J. Quimby, C.S. Osborn, A. Bernstein, G. Herman, M. Klein, and E. O'Donnell. Tools for inventing organizations: toward a handbook of organizational processes, *Manage. Sci*, 423-443.1997.
- [8] 김경일, 시맨틱 웹 서비스 검색 시스템, NCS, 2004
- [9] 남궁현, 정승우, 김경일, 정문영, 조현성, 카테고리 기반의 시맨틱 웹 서비스 검색 시스템, 한국인터넷정보학회 추계학술발표대회, 2005