

시맨틱 웹 서비스 기술 동향

김인철*

김현식**

◆ 목 차 ◆

1. 서론
2. 웹 서비스와 시맨틱 웹
3. 시맨틱 웹 서비스 기술구조
4. 접근방법들
5. 결론

1. 서론

웹 서비스(Web service)들은 표준화된 웹-기반의 메커니즘을 통해 특정한 작업을 수행하는, 재사용 가능한 소프트웨어 컴포넌트들을 말한다. 그들은 잘 정의된 명세를 통해 쉽게 발견할 수 있고, 호출할 수 있으며, 새로운 서비스 생성을 위해 서로 조합될 수 있다. 이와 같은 웹 서비스들은 향후 전자상거래(eCommerce) 및 기업간 통합에 큰 변화를 가져올 것으로 기대되지만, WSDL과 같은 현재의 웹 서비스 표준 기술들은 각 웹 서비스의 기능에 대한 구문적 명세(syntactic description)만을 제공하고, 그러한 구문적 정의가 무엇을 의미하는지에 대한 정형화된 의미론(semantics)을 제공하지 못한다. 많은 경우, 웹 서비스들은 UDDI를 통해 정형된 호출 인터페이스와 그 서비스가 무슨 작업을 하는지, 어떤 기관에서 개발하였는지에 관한 일부 메타데이터 정도밖에 제공하지 못한다. 이와 같은 현재 웹 서비스 표준 기술들에 있어 기계적으로 처리 가능한 의미론의 부족은 웹 서비스 발견과 조합과정에 반드시 사람의 개입을 필요로 함으로써 복잡한 비즈니스 환경에 적용하기 어렵게 한다.

시맨틱 웹 서비스(semantic Web service)들은

웹 서비스의 능력(capability)에 관한 풍부한 의미론적 명세들을 제공함으로써 이러한 제약을 완화하고, 개방형 환경에서 자동화된 웹 서비스 조합과 발견, 그리고 호출이 가능하도록 한다. 이러한 시맨틱 웹 서비스들은 시맨틱 웹(Semantic Web) 기술들에 기초하고 있으며, 따라서 시맨틱 웹 기술은 웹 서비스들의 의미론적 상호 운용성(semantic interoperability)을 위한 인프라를 제공한다고 볼 수 있다. 시맨틱 웹 서비스들은 풍부한 의미론적 명세에 기초하여, 사람의 개입이나 매우 제한된 인터페이스를 약속하지 않고도 다른 서비스들이나 응용 프로그램들에 의해 원활하게 이용될 수 있다. 따라서 시맨틱 웹 서비스들은 인터넷 웹 상에서 지식과 비즈니스 서비스들이 제공되고 소비되는 방식에 큰 변화를 몰고 올 것으로 기대된다.

본 논문에서는 시맨틱 웹 서비스를 위한 현재의 기술 수준과 동향을 살펴본다. 특히 IRS와 OWL-S, 그리고 WSMF를 중심으로, 미국과 유럽에서 진행되는 시맨틱 웹 서비스 연구 노력들을 간략히 정리해본다.

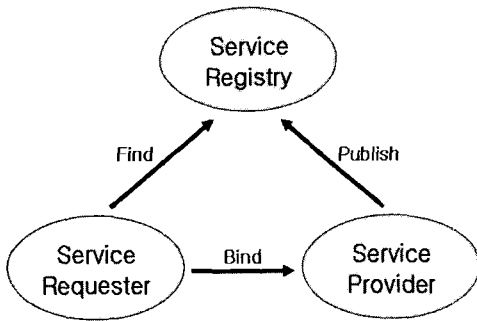
2. 웹 서비스와 시맨틱 웹

2.1 웹 서비스

웹 서비스는 그림 1과 같은 서비스-지향 구조

* 경기대학교 정보과학부 부교수, 정교수

** 경기대학교 일반대학원 전자계산학과 박사과정



(그림 1) 웹 서비스 구성

(Service-Oriented Architecture, SOA)를 따르고 있다. 즉, 웹 서비스는 서비스 제공자(Service Provider), 서비스 요청자(Service Requester), 서비스 레지스트리(Service Registry)로 구성된다.

일반적으로 서비스 제공자는 서비스 요청자의 요청에 대해 특정한 작업을 수행하고 그 결과로 응답을 보내주는 역할을 하며, 원활한 서비스 이용을 지원하기 위해 서비스 레지스트리에 자신의 서비스에 대한 명세 정보를 제공한다(publish). 서비스 명세 정보에는 회사 이름, 주소와 같은 서비스 제공자의 프로파일 정보와 서비스 이름, 분류코드, WSDL과 같은 서비스 인터페이스 정보 등이 포함된다. 서비스 레지스트리는 서비스 제공자가 제공하는 서비스 명세 정보를 등록, 관리를 하며, 이들을 바탕으로 서비스 요청자가 원하는 서비스를 찾아내고 해당 서비스 명세 정보를 서비스 요청자에게 넘겨주는 역할을 수행한다. 서비스 요청자는 서비스 레지스트리에 질의함으로써 자신이 원하는 서비스를 찾고 (find), 서비스 명세 정보를 이용하여 해당 서비스 제공자에게 직접 서비스를 요청하게 된다(bind).

이러한 웹 서비스는 현재 SOAP, WSDL, UDDI와 같은 XML기반의 표준 프로토콜들을 기초로 구현되고 있다. W3C에서 제안한 SOAP(Simple Object Access Protocol)은 HTTP와 같은 웹 기반의 통신 프로토콜 위에서 원격 프로시저 호출(RPC) 메커니즘을 제공하기 위한 XML 프로토콜의 하나이다. 이에 반해, WSDL(Web Service Description Language)은 웹 서비스의 기능과 인터페이스에 대

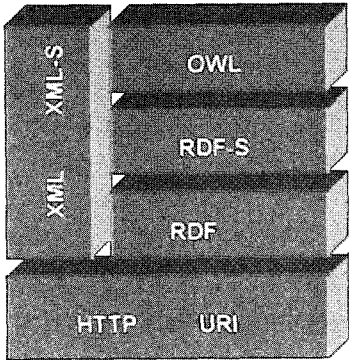
한 XML 기반의 표준 명세이다. WSDL에 포함되어 있는 내용은 해당 서비스가 하는 일이 무엇인가에 대한 내용과 서비스에 대한 접근 방법과 구체적인 서비스의 위치 등이다. 서비스 요청자는 서비스 제공자가 공개한 해당 웹 서비스의 WSDL을 보고 적절한 SOAP 메시지를 작성할 수 있다. UDDI(Universal Description Discovery and Integration)는 웹 서비스 등록과 발견을 지원하는 서비스 레지스트리에 대한 표준 프로토콜이다.

2.2 시맨틱 웹

시맨틱 웹(Semantic Web)이란 컴퓨터 프로그램들에 의해 해석될 수 있는 콘텐츠와 서비스들로 이루어진 웹(Web)을 말한다. 이러한 시맨틱 웹에서는 소프트웨어 에이전트와 같은 자동화된 프로그램의 도움으로, 웹 상의 지식 공유와 재사용이 매우 용이하다. 시맨틱 웹 이용자들은 단순한 키워드 검색(keyword search) 대신 용어의 개념적 지식에 기초한 의미론적 탐색(semantic search)를 통해 그들이 필요로 하는 정보와 서비스들을 좀 더 정확히 찾을 수 있다.

시맨틱 웹은 용어와 개념들을 표현하기 위한 효과적인 수단들과 효율적인 추론 기술들을 제공한다. 또, 시맨틱 웹은 의미적으로 유사한 개념들을 찾아내고 이들을 매핑시킬 수 있는 기술들도 제공한다. 시맨틱 웹의 가장 중요한 핵심요소는 바로 특정 영역의 개념지식을 정형적으로 표현해놓은 온톨로지(ontology)들이다. 이러한 온톨로지는 사람과 기계, 혹은 기계와 기계간의 자유로운 의사소통과 지식 공유를 가능하게 하며, 이질성이 높은 분산 응용 프로그램들간의 상호 운용성을 높여 줄 수 있다.

그림 2는 현재 시맨틱 웹의 표준 기술 계층을 보여주고 있는데, 맨 아래에 놓인 HTTP 메시지 전송 프로토콜과 그 위에 존재하는 XML 기반의 콘텐츠 표현언어들을 포함하고 있다. 특히, RDF, RDF-S, OWL 등은 Description Logic 기반의 표준화된 웹 온톨로지 언어들이다. 각 언어의 특징을 간략히 살펴보면 아래와 같다.



(그림 2) 시맨틱 웹의 표준 기술 계층

XML은 사용자가 정의한 어휘(vocabulary)를 이용하여 구조화된 웹 문서들을 작성할 수 있는 언어이다. 이 언어는 웹 문서를 구조적으로 기술할 수 있는 문법을 제공하지만, 문서의 의미를 제한할 수 있는 수단을 제공하지는 않는다. XML Schema는 XML 문서의 구조를 정의하는 XML 기반의 언어이다. XML Schema는 DTD에서 표현할 수 없었던 각종 데이터 타입과 엘리먼트 재사용 등을 기본적으로 가능하게 하며, XML 문서가 가질 수 있는 엘리먼트 타입, 엘리먼트 간의 관계, 각 엘리먼트가 가질 수 있는 타입에 대한 상세한 정의가 가능하다.

RDF(Resource Description Framework)는 웹 상에 존재하는 자원(resource)들을 묘사하기 위한 XML 기반의 표준언어이다. RDF는 각 자원과 그들간의 관계를 하나의 성질(property)로 표현하는 데이터 모델이다. 따라서 RDF 문서는 기존의 XML 문서에 비해 좀더 풍부한 의미를 가질 수 있다. RDF Schema는 RDF 자원의 속성과 클래스를 표현할 수 있는 어휘로서, 속성과 클래스의 일반화 계층 구조(Generalization-Hierarchies)에 대한 의미를 제공한다.

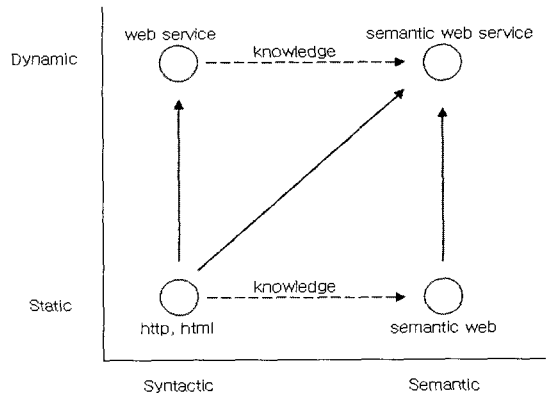
OWL(Web Ontology Language)은 DAML+OIL에서 발전한 웹 온톨로지 언어로서, RDF와 RDF Schema에서 결여된 모델링 요소를 보완하였다. OWL은 풍부한 어휘(vocabulary)와 형식적 의미론(formal semantics)을 포함하고 있기 때문에 기계 해석이 가능한 웹 콘텐츠를 다루는데 있어 XML, RDF 및 RDF 스키마보다 뛰어나다. OWL은 표현

력이 서로 다른 세 개의 서브 언어들인 OWL Full, OWL DL, OWL Lite로 구성된다.

이들 중 OWL Full이 가장 표현력이 크며, 그 다음은 DL, Lite 순이다. OWL Full은 최대의 표현력과 RDF Schema의 문법 모두를 활용하고자 하는 경우에 적합하며, OWL DL은 OWL의 모든 어휘를 포함하고 있지만 어휘의 사용에 있어 제약 사항을 따라야 한다. 한편, OWL Lite는 클래스 분류 계층과 간단한 제약 사항 표현을 필요로 하는 경우에 적합하며 또한 유의어 사전이나 분류 체계의 표현 언어를 빠르고 쉽게 OWL화하기 위한 용도로서 적합하다.

2.3 웹의 발전 방향

Fensel에 의하면, http, html로 대표되는 현재의 웹은 그림 3과 같이 시맨틱 웹, 웹 서비스, 시맨틱 웹 서비스 등으로 발전할 것으로 전망하였다. 그의 판단에 따르면 기존의 웹은 정적(static)이고 구문론적(syntactic)인 웹 문서를 주로 이용하는데 반해, 웹 서비스는 단순한 웹 문서보다는 유용한 서비스 프로그램을 호출하고 이용한다는 면에서 보다 동적(dynamic)인 웹으로 볼 수 있으며, 시맨틱 웹은 웹 문서의 내용을 프로그램이 이해할 수 있도록 보다 의미론적(semantic)으로 풍부하게 표현하려는 노력으로 볼 수 있고, 끝으로 시맨틱 웹 서비스는 웹 서비스 기술과 시맨틱 웹 기술을 결합하여 웹 서비스



(그림 3) 웹의 발전 방향

조합과 발견, 그리고 이용을 좀 더 의미론적으로 접근하려는 시도로 파악하였다. 그리고 가까운 미래에 기존의 웹은 이러한 보다 개선된 웹 자원들로 급속히 대체될 것으로 그는 내다보았다.

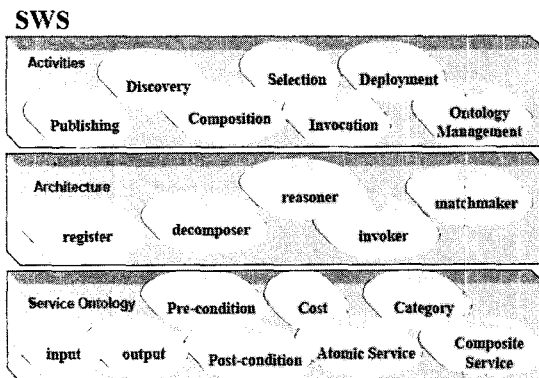
3. 시맨틱 웹 서비스 기술구조

이질적인 사용자와 영역들간에 서로 자동화된 서비스 발견과 조합, 그리고 실행을 지원하기 위해 웹 서비스에 대한 의미론적 명세들이 필요하다. 앞서 설명한 바와 같이 웹 서비스를 위한 현재의 기술들은 구문적 서비스 명세만을 제공함으로써, 서비스 요청자와 제공자들이 서비스의 입력과 출력의 의미 혹은 적용 가능한 제약조건 등을 이해하거나 표현하기 어렵다. 이러한 제한은 보다 의미론적으로 풍부한 서비스 명세를 도입함으로써 해결될 수 있다. 하나의 시맨틱 웹 서비스는 하나의 서비스 온톨로지를 통해 정의되며, 이러한 서비스 온톨로지는 서비스 능력을 다른 응용 프로그램들이 쉽게 이해할 수 있게 할뿐만 아니라 영역지식과의 결합도 가능하게 해준다.

시맨틱 웹 서비스를 위한 기술구조는 그림 4와 같이 기본 작업(activity), 시스템 구조(architecture), 서비스 온톨로지(service ontology) 등의 서로 다른 세 가지 차원에 따라 정리할 수 있다. 기본 작업들은 시맨틱 웹 서비스를 위한 하나의 프레임워크가 제공해야 하는 기능적 요구 사항들을 나타내며, 시

스템 구조는 이러한 기본 작업들을 수행하기 위해 필요로 하는 소프트웨어 컴포넌트들을 나타낸다. 끝으로 서비스 온톨로지는 하나의 시맨틱 웹 서비스 명세와 연관된 모든 개념들을 한데 모아 하나의 지식 모델을 구축한 것이다. 웹 서비스를 이용하는 하나의 응용 프로그램을 수행하기 위해 필요한 기본 작업들로는 서비스 출판(publishing), 발견(discovery), 선택(selection), 조합(composition), 호출(invocation), 실행(deployment), 온톨로지 관리(ontology management) 등이 있다.

앞서 제시한 기본 작업들을 실현하기 위한 시스템 구조관점에서 필요한 소프트웨어 컴포넌트들은 서비스 등록기(register), 추론기(reasoner), 서비스 중개인(matchmaker), 서비스 분해기(decomposer), 서비스 호출기(invoker) 등이 있다. 서비스 온톨로지는 UDDI와 WSDL 과 같은 웹 서비스 표준들에서 정의된 서비스 정보들을 관련 영역 지식들과 지식레벨에서 결합한 것이다. 여기에는 서비스의 입력과 출력, 전-조건과 후-조건들과 같은 기능적 능력들과 서비스 카테고리, 비용, 질(quality), 서비스 제공자 연락처와 같은 비 기능적 능력들을 포함된다. 일반적으로 시맨틱 웹 서비스 명세에 사용되는 서비스 온톨로지는 시맨틱 웹 기술에 의해 지원되는 온톨로지 언어의 표현력과 추론 능력에 의존한다. 예컨대 Owl-S와 같은 서비스 온톨로지는 시맨틱 웹 온톨로지 언어인 OWL의 표현력과 추론 능력을 그대로 이용하고 있다.



(그림 4) 시맨틱 웹 서비스 기술구조

4. 접근 방법들

시맨틱 웹 서비스 프레임워크를 개발하고자 하는 주된 연구 노력들로는 IRS, OWL-S, WSMF 등을 대표로 들 수 있다. 따라서 이 장에서는 IRS, OWL-S, WSMF를 중심으로 시맨틱 웹 서비스의 주요 기술 동향을 정리해본다.

4.1 IRS

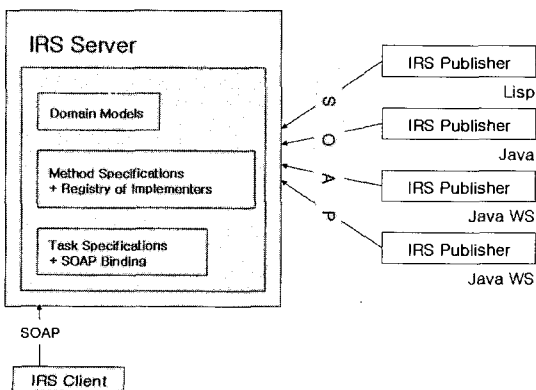
IRS(Internet Reasoning Service)는 시맨틱 웹 서

비스 프레임워크로서, 문제 해결 방식에 대한 대표적인 모델인 UPML(Unified Problem-Solving Modeling Language) 프레임워크에 기반하고 있으며, 최신 버전인 현재의 IRS-III는 다른 서비스 명세인 WSMO와 OWL-S 지원 기능을 갖추고 있다. IRS는 영국 KMI(Knowledge Media Institute) 연구팀에 의해 연구되고 있으며, 현재 MIAKT, DIP 등 관련 프로젝트의 핵심 기술로 적용되고 있다.

그림 5는 IRS의 전체적인 프레임워크를 나타내고 있다. IRS Server, IRS Publisher, IRS Client의 구성요소로 되어 있으며, 컴포넌트간에는 SOAP을 이용하여 통신하고 있다. IRS Server는 시맨틱 웹 서비스의 두 개의 다른 단계에서의 기술(description)을 유지하며 IRS Publisher는 IRS Server에 웹 서비스를 연결하고 WSDL 기술을 이용하여 자동적으로 코드를 변환하여 웹 서비스로 변환하는 기능을 수행한다.

UPML 프레임워크는 Ontology, Domain Model, Task Model, Problem Solving Methods(PSMs)가 Bridge를 통하여 연결되어 지식을 분할한다.

- Domain models : 어플리케이션의 도메인을 기술
- Task models : 작업(task) 해결에 대한 기술, 입·출력 타입, 목표와 사전 조건(precondition)을 지정
- Problem Solving Methods (PSMs) : 특정 작업에 대한 추론 프로세스를 제공



(그림 5) IRS 프레임워크

- Bridges : 어플리케이션과 다른 모델 컴포넌트를 매핑시키는 역할

4.2 OWL-S

OWL-S는 표준 웹 온톨로지 언어인 OWL을 개발한 미국의 DAML(DARPA Agent markup Language) 컨소시엄에 의해 W3C 표준으로 제안된 시맨틱 웹 서비스 온톨로지이다. OWL-S는 전통적인 인공지능 계획(AI planning) 연구분야와 지능형 에이전트 및 다중 에이전트 시스템(multi-agent system) 분야로부터 많은 영향을 받았으며, OWL 즉, Description Logic의 풍부한 표현력과 웹 서비스 표준들의 실용성을 결합한 산물로 볼 수 있다. OWL-S 온톨로지는 서비스 개요를 기술하는 서비스 프로파일(Profile)과 서비스 실행과 연관된 프로세스 정보를 제공하는 프로세스 모델(Process Model), 서비스 매핑을 담당하는 서비스 그라운드(grounding) 등 3가지 구성요소를 포함하고 있다.

4.2.1 서비스 프로파일(Profile)

서비스 제공자에 대한 정보와 서비스의 특성을 추상적 수준에서 기술한다. 특히 기능적 명세(Functional Description)는 서비스에 의해 요구되는 입력(Inputs), 생성되는 출력(Outputs)에 대한 정보, 서비스 실행에 필요한 외부적 조건(Preconditions)과 서비스 실행에 의한 효과(Effects) 등을 기술하며, 비 기능적 명세(Non-functionality Description)는 서비스 이름, 서비스 제공자 정보 등을 기술한다. 이러한 서비스 프로파일 정보는 주로 서비스 발견(service discovery)과 서비스 선택(service selection) 과정에 직접 이용될 수 있다.

4.2.2 프로세스 모델(Process Model)

OWL-S 프로세스 모델은 프로세스 단위에서 서비스 조합(service composition)이나 서비스 조율(service orchestration) 정보를 기술한다. 이러한 각 서비스의 프로세스 모델 정보는 다른 서비스와의 조합과 실행과정에 직접 이용될 수 있다.

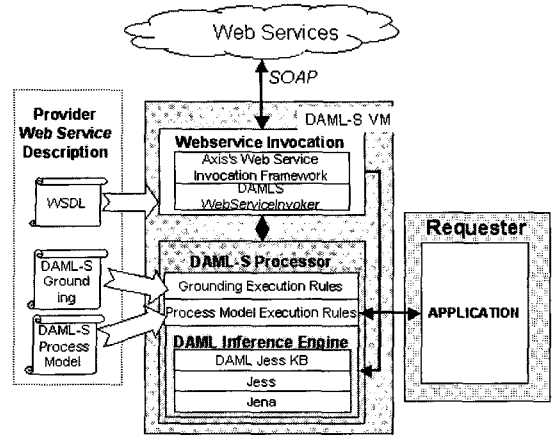
OWL-S 프로세스 모델에서는 기본 프로세스(atomic 프로세스), 합성 프로세스(composite process), 단순 프로세스(simple process) 등 3 가지 유형의 프로세스들을 정의하고 있다. 기본 프로세스는 IOPE(Inputs, Outputs, Preconditions, Effects)만 공개된 하나의 단일 블랙박스 프로세스를 말한다. 합성 프로세스는 계층적으로 정의된 하나의 워크플로우(workflow)이며, 기본 프로세스 혹은 또 다른 합성 프로세스들의 조합으로 구성된다. 합성 프로세스는 Sequence, Choice, If-then-else, repeat-until, Split, Split+join 등의 다양한 조합 연산들을 이용하여 구성된다. 단순 프로세스는 앞서 소개한 기본 프로세스나 합성 프로세스와는 달리 아직 실제 서비스와 바인딩이 이루어지지 않은 하나의 추상 프로세스를 나타낸다. 이러한 추상 프로세스는 향후 단순 프로세스나 합성 프로세스들로 구체화되어야 한다.

4.2.3 서비스 그라운드링(Grounding)

OWL-S의 서비스 그라운드링 부분은 웹 서비스의 실질적인 표준 명세인 WSDL과의 매핑(mapping) 정보를 포함하는 부분이다. 서비스 그라운드링 정보를 통해 통신 프로토콜, 사용 포트, 메시지 형식 등 컴퓨터 프로그램이나 에이전트가 실제로 해당 서비스에 접근할 수 있는 방법을 구체화할 수 있다. 서비스 프로파일과 프로세스 모델은 추상적인 명세로서 특정한 메시지 형식이나 프로토콜을 구체화 하지 않지만, 서비스 그라운드링은 명세의 좀 더 구체적인 수준을 제공하는 역할을 한다.

OWL-S를 지원하기 위한 다양한 도구들이 현재 개발되고 있는데, 주로 OWL-S 서비스 명세를 생성 도구들(authoring tools), 웹 서비스 발견 도구들(service discovery tools), 웹 서비스 호출 및 실행 도구들(service invoking and execution tools), 웹 서비스 조합 도구들(service composition tools) 등으로 분류할 수 있다.

대표적인 OWL-S 서비스 명세 생성 도구들로는 스탠포드 대학교 KSL에서 개발된 OWL-S 편집기, 카네기-멜런 대학교에서 개발된 WSDM2OWL-S 변환기, 매릴랜드 대학교 MindSwap연구소에서 개



(그림 6) OWL-S Virtual Machine

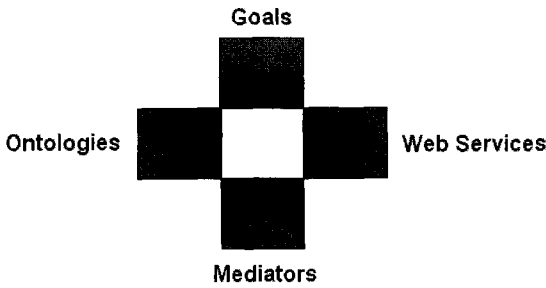
발한 OntoLink 등이 있다. 웹 서비스 발견 도구들은 카네기-멜런 대학교에서 개발한 OWL-S/UDDI Matchmaker, OWL-S Broker, OWL-S for P2P 등이 있다.

대표적인 웹 서비스 실행 도구로는 그림 6과 같은 카네기-멜런 대학교에서 개발된 OWL-S Virtual Machine이 있다. 웹 서비스 조합을 위한 도구들에 대한 연구는 가장 활발한 시맨틱 웹 서비스 연구분야로서, 다양한 접근 방법들이 시도되고 있다. 대표적인 도구들로는 MindSwap에서 개발된 규칙엔진 기반의 반-자동 조합(semi-automatic composition) 도구와 HTN 계획기(HTN planner) 기반의 자동 조합 도구들이 있다.

4.3 WSMF

유럽 연합의 DERI(Digital Enterprise Research Institute) 연구소를 이끌고 있는 Fensel이 제안한 WSMF(Web Service Modeling Framework)는 웹 서비스와 관련된 다양한 측면을 기술하기 위한 모델링 프레임워크로서, 그림 7과 같이 다음의 네 가지의 요소들로 이루어져 있다.

- 온톨로지들(Ontologies): 다른 요소에 사용되는 용어의 의미를 제공
- 목표들(Goals): 웹 서비스에 의해 해결되어야



(그림 7) WSMF의 주요 구성 요소들

하는 문제들을 정의

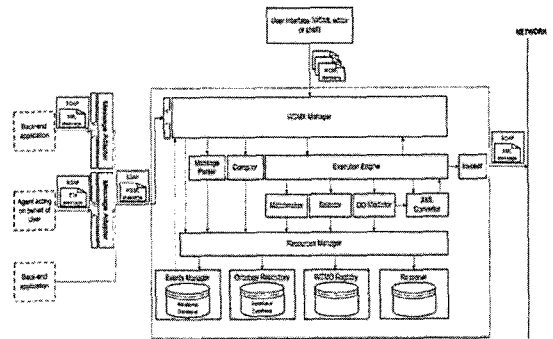
- 웹 서비스들(Web services): 고유한 기능을 제공하는 웹 서비스들
- 조정자들(Mediators): 앞서 소개한 3 가지 시맨틱 웹 서비스 구성 요소들간의 이질성 문제를 해결

WSMF에 대한 구현은 현재 SWWS(Semantic Web enabled Web Services)와 WSMO(Web Service Modelling Ontology) 등의 프로젝트를 통해 진행되고 있다. SWWS는 명세 프레임워크(description framework)와 서비스 발견 프레임워크(discovery framework), 조정자 프레임워크(mediator framework) 등을 제공하며, WSMO는 주로 WSMF를 좀더 구체화하고 정형적인 서비스 온톨로지를 개발하는 역할을 수행한다.

WSMO 서비스 온톨로지는 목표와 조정자, 그리고 웹 서비스들을 위한 정의들을 포함한다. WSMO에서 하나의 웹 서비스는 하나의 능력(capability)과 하나의 인터페이스(interface)로 구성된다. WSMO를 위한 표현언어는 F-logic 기반의 WSML이다. 또, WSMO에서는 다음과 같은 4가지 유형의 조정자들을 정의하고 있다.

- OO 조정자: 온톨로지들간의 연결
- WW 조정자: 웹 서비스들간의 연결
- WG 조정자: 웹 서비스와 목표간의 연결
- GG 조정자: 목표와 목표간의 연결

WSMF 및 WSMO를 위한 개발 도구들로는



(그림 8) WSMX의 구조

WSMO 편집을 위한 WSMO Studio와 Java 기반의 WSMO API인 WSMO4J, 그리고 WSML Validator 등이 현재 발표되어 있으며, WSMO 기반의 시맨틱 웹 서비스 실행환경으로 그림 8과 같은 구조의 WSMX(Web Service Execution Environment) 알파버전 등이 제공되고 있다.

5. 결 론

지금까지 시맨틱 웹 서비스의 기초가 되는 웹 서비스와 시맨틱 웹 기술에 대한 소개와 현재 진행되고 있는 시맨틱 웹 서비스의 주요 기술 동향을 IRS, OWL-S, WSMF 중심으로 살펴보았다. 시맨틱 웹 서비스는 현재 웹과 웹 서비스가 가지고 있는 문제점을 해결하고자 제시된 하나의 대안이며, 앞으로 웹이 지속적으로 발전해 나아갈 방향이라 할 수 있다. IRS, OWL-S, WSMF 등의 연구가 미국과 유럽연합을 중심으로 국가적인 연대 차원에서 진행되고 있으며, 이들 중 하나가 향후 시맨틱 웹 서비스 기술을 이끌어 나갈 사실상 표준으로 자리 잡아 갈 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] [Bri04] Dan Brickley, Ramanathan V. Guha, "RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema", <http://www.w3c.org/TR/2004/REC-rdf-schema-20040210/>, Feb 2004

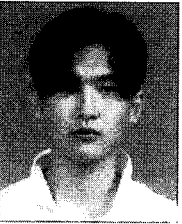
- [2] [Dom04] John Domingue, Liliana Cabral, Farshard Hakimpour, Denilson Sell, and Enrico Motta, "IRS-III: A Platform and Infrastructure for Creating WSMO-based Semantic Web Services" WIW 2004
- [3] [Fen02] Dieter Fensel, Christoph Bussler, "The Web Service Modeling Framework WSMF", *Electronic Commerce: Research and Applications*, Vol.1, 2002
- [4] [IRS04] IRS-III, <http://kmi.open.ac.uk/projects/irs/>, 2004
- [5] [Mor04] Matthew Moran, Michal Xaremba, "D13.4v0.1 WSMX Architecture," WSMO Working Draft 22 June 2004
- [6] [Mci01] Sheila A. McIlraith, Tran Cao Son, and Honglei Zeng, "Semantic Web Services" *IEEE Intelligent Systems. Special Issue on the Semantic Web*. Vol.16, No.2, pp 46-53, April 2001
- [7] [OWL04] OWL Web Ontology Language Overview <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 2004
- [8] [OWL04] OWL-S: Semantic Markup for Web Services, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>, 2004
- [9] [Pao03] Maasimo Paolucci, Katia Sycara, and Takahiro Kawamura, "Delivering Semantic Web Services", Tech. Report CMU-R1-TR-02-32, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, May, 2003
- [10] [Pao03] Maasimo Paolucci, et al, "The DAML-S Virtual Machine", *Proceedings of ISWC 2003*, pp. 290-305, 2003
- [11] [Pao02] Maasimo Paolucci, Takahiro Kawamura, Terry R. Pane, Katia Sycara, "Semantic Matching of Web Services Capabilities", pp. 333-347, 2002
- [12] [Sir04] Evren Sirin, Bijan Parsia, Dan Wu, James Hendler, and Dana Nau, "HTN Planning for Web Service Composition Using SHOP2", *Journal of Web Semantics*, Vol.1, No.4, pp. 377-396, 2004
- [13] [WSM04] WSMO Working Group, Web Service Modeling Ontology Project, DERI Working Drafts, <http://www.nextwebgeneration.org/projects/wsmo/>, 2004

◎ 저자 소개 ◎



김 인 철

1985년 서울대학교 수학과 학사
1987년 서울대학교 대학원 계산통계학과 석사
1995년 서울대학교 대학원 계산통계학과 박사
1989년~1995년 경남대학교 전산통계학과 조교수
1996년~현재 경기대학교 정보과학부 부교수, 정교수



김 현 식

2001년 경기대학교 전자계산학과 졸업(학사)
2004년 경기대학교 일반대학원 전자계산학과 졸업(석사)
2005년~현재 경기대학교 일반대학원 전자계산학과 박사과정