시맨틱 서비스 플랫폼 상에서의 신뢰성 비교 평가

(Comparative Reliability Evaluation on Semantic Service Platforms)

정 한 민 † 이 미 경 ††
(Hanmin Jung) (Mikyoung Lee)
류 범 종 ††† 김 도 완 ††††
(Beom-Jong You) (Do-Wan Kim)

요 약 정보화 사회 핵심 인프라인 웹 상에서 수많은 정보 서비스가 제공되고 있지만, 차세대 웹이라 일컫는 시맨틱 웹 기술을 활용한 시맨틱 서비스는 그 숫자나 서비스 제공 범위에 대한 공감대에 있어서 아직 성숙되지 못한 상태이다. 본 연구는 2개의 시맨틱 서비스들의 동일한 세 가지 기능들을 비교 평가하는 방식으로 시맨틱 서비스를 개발함에 있어 반드시 고려해야 할 신뢰성을 어떻게 측정할 수 있을 것인지 그 방법을 제시하고 있다. 비교 대상 시스템의 신뢰성 측정을 위해, 피실험자의 기대-결과 신뢰성과 작업 정확도 측정이 관찰자 관점에서 수행되었으며, 다른 한편으로, 기능적 신뢰성과 정보 신뢰성 스칼라 값(0~5)을 피실험자 스스로 벡터 그래프에 나타내도록 하였다. 실험 결과는 관찰자에 의한 평가 값과 피실험자에 의한 평가 값이 매우 유사함을 보여 주었으며, 서비스된 정보의 정확성과 작업 수행의 만족성이 사용자 관점에서 상호 밀접한 관계를 가진다는 사실을 확인하여 주었다. 본 연구 결과를 통하여, 우리는 시맨틱 서비스가 제공하는 기능적 신뢰성과 기능 수행의 결과로 서비스되는 정보에 대한 신뢰성이 정보 시스템의 신뢰성 평가를 위한 필수적 요소임을 알 수 있었다. 특히, 신뢰성은 시맨틱 정보 서비스에서 사용상 품질 (Quality in Use)을 의미한다고 볼 수 있으며, 결과적으로 서비스의 사용상 품질을 결정하는 중요한 요소임을 실증하였다.

키워드 : 시맨틱 서비스, 신뢰성 평가, 기대-결과 신뢰성, 작업 정확도, 시맨틱 웹

Abstract While numerous information services are provided on the Web as a core infrastructure of information society, semantic services using the Semantic Web technologies still stay deployed number and application range. This situation would be mainly originated from the failure of securing reliability to the user. Thus, this paper introduces an evaluation method for measuring reliabilities of the semantic services comparatively. To measure the reliability of the compared systems, the observer assesses 'precision in task performance' as a quantitative analysis and 'reliability of expectation-result' as a qualitative analysis described by the test persons. On the other hand, the test person should rate the functional reliability and reliability of the served information on the vector graph by himself with a scale from 0 to 5. Experimental results show that assessment by the observer is very similar to rating value by test persons, and that the accuracy of the served information has a close effect on the functional reliability. Through this paper, we can verify the essential factors for evaluating the reliability of semantic service systems. These are functional reliability and reliability of served information resulting from function execution. In particular, it has been proven that the reliability of the semantic information services largely influences the "Quality in Use" and therefore determines the major factors of the semantic service reliability.

Key words : Semantic Service, Reliability Evaluation, Reliability of Expectation-result, Precision in Task Performance, Semantic Web

1. 서 론

인터넷은 정보화 사회의 핵심 인프라로서 전문 지식 검색, 쇼핑, 날씨 정보 등을 제공하는 정보 검색이나 커뮤니티 서비스 등 지식 기반 시대를 지원하는 정보 서비스의 필수 요소로서 자리잡고 있으며, 인터넷 사용자는 정보 서비스를 제공하는 소프트웨어나 사이트에 대해 기능적 신뢰성과 정보 신뢰성을 요구하고 있다[1]. 특히, 최근에 RDF(Resource Description Framework)나 온톨로지 등에 기반을 둔 시맨틱 웹 기술을 활용한 차세대 정보 서비스로서의 시맨틱 서비스에 많은 관심이 집중되고 있다. 그렇지만, 아직까지 상용화 수준의

· 이 논문은 2009 한국컴퓨터종합학술대회에서 '시맨틱 서비스 플랫폼 상에서의 신뢰성 비교 평가'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 정보기술연구실 책임연구원
jhm@kisti.re.kr
†† 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 정보기술연구실 연구원
jerryis@kisti.re.kr
††† 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 정보기술연구실 책임연구원
ybj@kisti.re.kr
†††† 비 회 원 : 배재대학교 정보통신공학과 교수
dwkim@pcu.ac.kr

논문접수 : 2009년 8월 13일
심사완료 : 2009년 10월 18일

Copyright©2010 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: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제1호(2010.1)

시맨틱 서비스가 부족하고 각 분야별로 어떠한 시맨틱 서비스를 제공할 것인가에 대한 공감대가 형성되어 있지 않은 상황이라 시맨틱 서비스에 대한 사용성, 신뢰성 등의 소프트웨어 품질 속성은 제대로 연구가 이루어지지 않고 있다.

ISO 9126-1은, ISO/IEC DIS 2382-14에서 정의한 "요구된 기능을 수행하는 기능적 단위의 품질 특성에 대한 능력"을 확장하여, 소프트웨어 품질 속성의 하나로서 신뢰성 (Reliability)을 "소프트웨어 기능을 사용하는 데 충족되어야 하는 품질 수준"과 같이 정의하고 있다[2]. ISO 9126-1이 소프트웨어의 기능적 특성에 기초하여 신뢰성을 정의하고 있는 반면, ISO 15489는 자료 관리 및 자료 관리 시스템의 한 속성으로서 신뢰성을 규정하고 있다[3]. 이 규정에 따르면 신뢰성은 관리 서비스되는 정보가 생성 및 서비스되는 시점을 포함하여 사실로부터 완전하고 정확한 표현물로서 믿을 수 있어야 함을 강조하고 있다.

웹을 소프트웨어로서, 그리고 정보 관리 서비스 시스템으로서 규정할 때, 시맨틱 서비스를 포함하는 웹 정보 서비스의 신뢰성은 사용상의 관점에서 상호 연속적인 다음의 두 가지 측면으로 나누어 볼 수 있다.

- 웹 정보 서비스 시스템이 제공하는 기능적 신뢰성
- 기능 실행의 결과로 서비스되는 정보 신뢰성

결국, 웹 정보 서비스의 신뢰성 평가는 시스템 기능에 대한 준수성(Compliance), 오류허용성(Error Tolerance), 회복성(Recoverability), 성숙성(Maturity)[1]을 평가하는 매트릭스(Matrics)를 적용하여 수행하되, 사용자 관점의 신뢰성 평가가 병행되어야 한다[4,5].

소프트웨어 신뢰성 평가와 관련한 연구로는 소프트웨어 공학적 관점에서 소프트웨어 품질 평가의 일환으로 이루어지고 있다[4-7]. [4]는 소프트웨어 오류 수와 고장 시간이 신뢰성에 미치는 영향을, [5]는 웹 사이트의 신뢰성에 영향을 미치는 요인들을 찾아내는 데 초점을 맞추고 있어, 본 연구와 같이 대등한 서비스와 기능들에 대한 심층적 신뢰성 비교를 제시하고 있지는 못하다. [6]은 웹 상에서의 전반적인 소프트웨어 신뢰성 개선을 제안하기 위해 부하 평가와 오류 데이터를 이용하였는데, 이 역시 기능 수준에서의 세밀한 분석 결과는 제시하지 못하고 있다. [7]은 소프트웨어 중심적 신뢰성 평가가 응용 데이터에 적합한 서비스 모델을 인지하고 개발하는 데 적용되어야 한다는 원칙과 가이드라인만을 제시하고 있어 본 연구와 같이 기능 수준에서의 비교 평가에 적용하기에는 한계가 있다.

2. 시맨틱 서비스 플랫폼과 서비스

OntoFrame을 이용한 시맨틱 서비스는 2005년 프로토타입이 개발된 이후 현재까지 지속적으로 기능과 성능이 개선되고 있는데, 시맨틱 서비스 플랫폼 개발과 함께 사용성 평가도 실시하고 있다[8,9]. OntoFrame 2007을 대상으로 한 평가 결과 서비스 결과에 대한 사용성이 낮게 측정되었다.

해당 서비스가 작업 수행에 필요한 기능을 직접 제공함에도 불구하고 사용자 간의 결과 제시에 있어 높은 편차를 보인다는 사실도 발견하였는데, 그 원인을 살펴보니, 검색 시작 시점 또는 정보 네비게이션 시점 등에서 기능적 결함으로 인해 서비스가 정상 동작하지 않았던 경험을 가지고 있는 경우 시맨틱 서비스가 제공하는

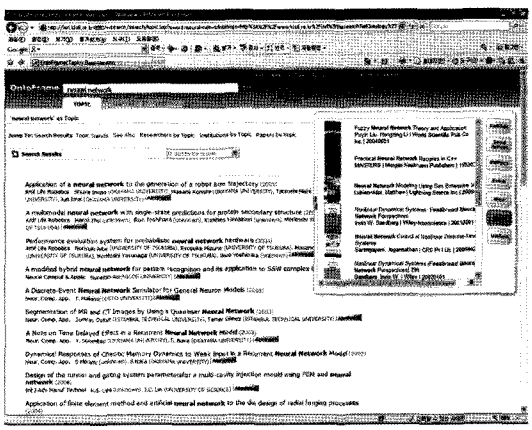

그림 1 OntoFrame 2007 화면 예

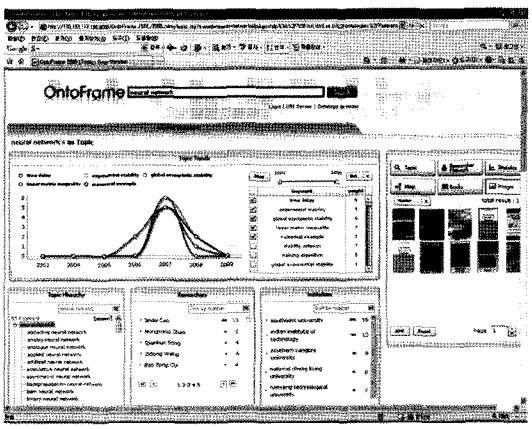

그림 2 OntoFrame 2008 화면 예

1) ISO9126-1, ISO9126-2, ISO9126-3 정의를 참조하면, 준수성은 신뢰성과 관련된 표준, 관례 및 규제 등을 따르는 능력이며, 오류허용성은 규정된 인터페이스의 위반 또는 소프트웨어 결함이 발생했을 때, 규정된 성능 수준을 유지할 수 있는 능력이며, 회복성은 고장 발생시 규정된 성능 수준을 재유지하고 직접적으로 영향 받은 데이터를 복구하는 능력이며, 성숙성은 소프트웨어내의 결함으로 인한 고장을 피해가는 능력이다. 또한, 사용성은 소프트웨어가 규정된 조건에서 사용될 때, 사용자에 의해 이해되고, 학습되며, 선호될 수 있게 하는 능력으로 정의되어 있다.

정확한 정보에 대해서조차 신뢰하지 않고 사용자 자신의 선지식(Pre-knowledge)을 활용해서 작업을 수행하려는 경향에서 비롯되었다.

이 결과는 시맨틱 서비스와 같은 새로운 유형으로 정보를 제공하는 서비스의 경우 검색 결과 자체뿐만 아니라 관련 기능들의 완성도를 높이는 방식으로 신뢰성을 확보할 필요가 있다는 교훈을 주었다. OntoFrame 2008은 사용성을 떨어뜨린 외부 서비스 연계, 자동 완성, 개체 중심적 통합 검색 기능을 중점적으로 개선함으로써 시맨틱 서비스에 대한 신뢰성을 확보하려는 시도의 결과로 개발된 서비스이다.

3. 신뢰성 비교 평가 실험

OntoFrame 2007과 OntoFrame 2008을 비교 평가 대상으로 선정한 이유는 둘 다 2000년 이후 IT, BT 분야의 해외 학술지를 데이터 집합으로 사용하고 그 크기 또한 유사하여 '기능적 신뢰성이 정보 신뢰성에 미치는 영향'을 왜곡시킬 가능성이 적다고 판단했기 때문이며, 타 기관의 서비스를 비교 대상으로 삼았을 때 발생할 수 있는 시스템의 우월성 시비도 피할 수 있음을 고려하였다.

본 연구를 위해 수행된 신뢰성 비교 평가 실험은 각 비교 대상 기능에 대해 피실험자 판단으로 얻어진 기능적 신뢰성(Functional Reliability), 정보 신뢰성(Reliability about Retrieved Information)과 관찰자 분석으로 얻어진 기대-결과 신뢰성(Reliability of Expectation-Result)과 작업 수행 정확도 측정으로 구성된다.

사용성 관련 평가를 위한 인원은 수 명으로 충분히 가능하다는 연구를 바탕으로 피실험자를 5명(80% 이상의 문제를 파악할 수 있는 인원) 선정하였다[10,11].

기능적 신뢰성과 정보 신뢰성을 측정하기 위해 GOMS 모델을 이용하여 선택 규칙(Selection Rule)에 따라 선택된 실행 방법(Method)과 기대를 작업 수행 전에 서술하도록 하였으며, 작업 수행 후에도 실행 결과에 대한 피실험자의 평가를 서술하도록 하였다[12]. 신뢰성 측정값을 정량적으로 얻기 위하여 X-Y 축에 0~5 사이의 값을 갖는 벡터 그래프 상에 기능 정확성과 만족성[2]을, 그리고 정보 정확성과 만족성[3]을 수치화하여 표시하도록 하였다.

3.1 외부 서비스 연계 기능

본 기능을 위해 피실험자가 수행해야 할 작업은 다음과 같다.

'"neural network" 분야의 대표 연구자 5인의 최신 논문을 각 1편씩 DBLP[4]를 통해 검색하고 제시하세요.'

OntoFrame 2007과 OntoFrame 2008 모두 연구자 정보에서 직접 DBLP 내 논문 정보를 확인할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 앞에서 기술한 바와 같이 OntoFrame 2008은 외부 서비스에서 제공하지 않는 개체 정보는 미리 필터링하여 하이퍼링크로서 제공하지 않는다[8,9,13].

기대-결과 신뢰성 측면에서 분석해보면, 두 서비스 모두 준수성(Compliance), 오류허용성(Fault Tolerance), 회복성(Recoverability)은 만족스러운 것으로 평가할 수 있으나, OntoFrame 2007에서 외부 서비스 연계 기능이 정교하지 못하여 작업 수행에 문제점이 발생하는 경우들이 발생하여 성숙성(Maturity)은 OntoFrame 2008에 비해 떨어진다고 볼 수 있다.

표 1 외부 서비스 연계 기능에 대한 작업 수행 정확도

실험자	OntoFrame 2007	OntoFrame 2008
1	0.6	1.0
2	0.6	0.8
3	0.6	1.0
4	0.6	1.0
5	0.6	1.0
평균	0.6	0.96

표 2 외부 서비스 연계 기능에 대한 기능 정확성과 만족성 (정규화 평균값은 '5/평균'으로 얻어지며, 0.00~1.00으로 정규화된 수치)

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	2.8	2.1	3.8	4.0
2	3.1	4.2	4.0	4.5
3	3.0	2.0	4.0	4.0
4	4.0	3.0	4.5	4.5
5	2.5	2.8	4.5	4.5
평균	3.08	2.82	4.16	4.30
정규화 평균값	0.62	0.56	0.83	0.86

표 2와 표 3에 따르면 기능적 신뢰성과 정보 신뢰성 모두 OntoFrame 2007, OntoFrame 2008 모두 유사한 수치로 나타난다. 표 1의 관찰자에 의한 기대-결과 신뢰성과 비교할 때 OntoFrame 2007은 거의 동일한 결과를, OntoFrame 2008은 정규화 평균값이 약 0.1 포인트 낮은 결과를 보여준다. 정도(Scale)를 측정하는 질문에 대하여 일반적으로 피실험자가 극단적인 견해를 피력하지 않는다는 점을 고려하면,[5] OntoFrame 2008의 정규화 평균값은 OntoFrame 2007에 비해 매우 높은 수치라고 판단할 수 있다[14].

2) 기능적 신뢰성을 기능 정확성과 만족성으로 나누어 분석하기 위함.
3) 정보 신뢰성을 정보 정확성과 만족성으로 나누어 분석하기 위함.
4) http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/
5) 집중경향의 오차: 극단적인 점수를 피하고 중간 수준의 점수를 주는 반응 경향으로 평가자에게서 흔히 일어나는 현상이다.

표 3 외부 서비스 연계 기능에 대한 정보 정확성과 만족성

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	2.7	3.2	3.7	3.6
2	4.0	4.0	4.5	4.5
3	3.0	2.0	4.0	4.0
4	3.0	4.0	4.2	4.1
5	2.3	3.5	4.8	4.8
평균	3.0	3.34	4.22	4.2
정규화 평균값	0.60	0.67	0.84	0.84

3.2 자동 완성 기능

본 기능을 위해 피실험자가 수행해야 할 작업은 다음과 같다.

- '자동 완성 기능을 활용하여, 'neural'을 포함하는 상위 5개 연구 주제의 대표 연구자와 대표 연구 기관의 논문 수를 제시하세요.'

OntoFrame 2007과 OntoFrame 2008 모두 자동 완성 기능을 지원하지만, OntoFrame 2008의 경우 인력, 연구 주제 등 개체 별 제시와 자동 완성 내 검색 결과 보장이라는 추가 기능들을 제공하고 있다[8,9].

표 4 외부 서비스 연계 기능에 대한 작업 수행 정확도

실험자	OntoFrame 2007	OntoFrame 2008
1	0.2	1.0
2	0.2	1.0
3	0.0	0.6
4	0.4	1.0
5	0.0	1.0
평균	0.16	0.92

기대-결과 신뢰성 측면에서 분석해보면, 두 서비스 모두 오류허용성, 회복성은 만족스러운 것으로 평가할 수 있으나, OntoFrame 2007의 경우 자동 완성 기능에서 제시하는 연구 주제가 부적합한 주제들(예를 들어, "neural activity associated with stress-induced cocaine craving: a", "functional magnetic resonance imaging study" 등)을 포함하여 성숙성에 문제를 보였다. 또한, 피실험자가 스페이스(Space) 키를 입력할 때까지 자동 완성이 작동하지 않는다거나, 키보드의 상·하 방향키를 이용하여 목록 내 질의어를 선택할 수 없는 점들은 준수성 결여의 대표적인 예라고 할 수 있다.[6)]

표 5와 표 6에 따르면 기능적 신뢰성과 정보 신뢰성

표 5 자동 완성 기능에 대한 기능 정확성과 만족성

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	3.0	3.0	4.0	4.0
2	3.0	3.0	4.9	4.9
3	3.8	2.5	4.5	4.5
4	2.0	2.0	4.2	4.2
5	2.5	2.6	4.5	4.3
평균	2.86	2.62	4.42	4.38
정규화 평균값	0.57	0.52	0.88	0.88

표 6 자동 완성 기능에 대한 정보 정확성과 만족성

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	3.2	3.1	4.5	3.6
2	2.5	2.9	4.9	4.9
3	2.0	3.0	3.0	4.0
4	2.8	2.8	4.0	4.2
5	3.0	3.0	4.0	4.0
평균	2.7	2.96	4.08	4.14
정규화 평균값	0.54	0.59	0.82	0.83

표 7 개체 중심적 통합 검색 기능에 대한 작업 수행 정확도

실험자	OntoFrame 2007	OntoFrame 2008
1	0.0	1.0
2	0.0	1.0
3	0.0	1.0
4	0.0	1.0
5	0.0	1.0
평균	0.00	1.00

모두, OntoFrame 2007은 관찰자에 의한 기대-결과 신뢰성과 비교할 때 정규화 평균값이 약 0.4이상 편차를 보이고 있으며, OntoFrame 2008의 경우 관찰자에 의한 기대-결과 신뢰성과 비교할 때 정규화 평균값이 약 0.1 포인트 낮은 결과를 보여주고 있다. 이는 외부 서비스 연계 기능과 같은 방식으로 해석될 수 있다.

3.3 개체 중심적 통합 검색 기능

본 기능을 위해 수행해야 할 작업은 다음과 같다.

'"neural network"과 "exponential stability" 두 연구 주제를 이용하여 대표 연구자와 대표 연구 기관의 논문 수를 제시하세요.'

OntoFrame 2007과 OntoFrame 2008 모두 특정 개체에 대해 동적으로 검색 결과를 구성하는 개체 중심적 통합 검색 기능을 지원하지만, OntoFrame 2008의 경우 단일 개체뿐만 아니라 다중 개체에 대한 통합 검색 기능을 지원하고 있어 사용자의 질의어에 좀더 유연하게 대처하고 있다[8,9].

6) OntoFrame 2007은 자동 완성 시 발생할 수 있는 빈번한 호출로 인한 서버 부하를 줄이기 위해 단어 단위로 입력을 받은 이후에 호출되는 방식으로 구현되어 완성되지 않은 단어의 경우에는 자동 완성이 제공되지 않으며, 마우스 중심의 상호작용만을 지원하도록 간단하게 구현되어 있다.

표 8 개체 중심적 통합 검색 기능에 대한 기능 정확성과 만족성

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	1.7	2.3	3.4	3.6
2	3.0	4.0	4.9	4.9
3	2.0	3.0	3.0	4.0
4	1.6	1.7	4.8	4.7
5	1.6	1.6	4.6	4.7
평균	1.98	2.52	4.14	4.38
정규화 평균값	0.40	0.50	0.83	0.88

표 9 개체 중심적 통합 검색 기능에 대한 정보 정확성과 만족성

실험자	OntoFrame 2007		OntoFrame 2008	
1	2.2	2.3	3.6	4.5
2	1.0	1.0	4.9	4.9
3	2.0	1.0	3.0	4.0
4	1.0	1.0	4.8	4.8
5	2.3	1.3	3.5	4.0
평균	1.70	1.32	3.96	4.44
정규화 평균값	0.34	0.26	0.79	0.89

표 8과 표 9에 따르면 이전 실험 결과와 마찬가지로 OntoFrame 2008의 경우 관찰자에 의한 기대-결과 신뢰성과 비교할 때 포인트가 다소 낮은 결과를 보여주고 있다.

반면, OntoFrame 2007은 기대-결과 신뢰성에서 보듯이 작업 수행에 모두 실패한 결과를 가져왔는데, 이로 인해 피실험자의 평가는 정보 신뢰성 측면에서 0.3 내외로 상당히 낮았다. 정보 신뢰성이 기능적 신뢰성보다 더 낮은 이유는 작업 수행을 위한 기능 자체가 없다는 인식보다 정보 제시가 이루어지지 않는다는 인식이 더 크기 때문이다.

4. 결 론

소프트웨어 신뢰성과 관련된 여러 연구들이 있었지만, 시맨틱 서비스 플랫폼 상에서 기능별로 세분화하여 신뢰성을 평가한 것은 본 연구를 통해 처음으로 이루어졌다. 피실험자 평가 방식의 신뢰성 비교 평가 결과는 크게 2가지 사실로 요약될 수 있다. 첫 번째는 관찰자에 의하여 분석 결과로 도출된 기능의 신뢰성 평가 결과와 피실험자가 자율적으로 제시한 신뢰성 평가 결과 값이 유사한 패턴을 보인다는 점이다. 두 번째는 피실험자가 기능적 신뢰성이 높을 경우, 제공하는 정보에 대해서도 높은 신뢰성을 보인다는 것이다.

향후 본 연구 결과를 바탕으로 개체 중심적 통합 검색과 같은 시스템의 중심 기능에 대한 개선에 우선 순위를 두면서, 시맨틱 기술을 활용한 높은 신뢰성을 가진 정교한 서비스를 제공하는 데 초점을 맞출 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 홍서영, 박준아, 서진원, 김진우, "사용자 중심의 웹 사이트 평가 모형의 개발", 제10회 한국 HCI 학회: 학술대회 논문집, 2001.

[2] ISO 9126-1, Software Engineering, Product Quality, 2001.

[3] ISO 15489-2, Information and Documentation - Records Management -, 2001.

[4] 정혜정, "소프트웨어 신뢰도 품질 평가 메트릭에 대한 연구", *한국인터넷정보학회지*, 7(2), 2006.

[5] 김영기, "웹 사이트의 신뢰성 평가에 영향을 미치는 요인과 각 요인의 중요도에 관한 연구", *한국문헌정보학회지*, 41(4), 2007.

[6] J. Tian, S. Rudraraju, and Z. Li, "Evaluating Web Software Reliability Based on Workload and Failure Data Extracted from Server Logs," In *Journal of IEEE Transactions on Software Engineering*, 30 (11), 2005.

[7] W. Tsai, "Service-oriented System Engineering: A New Paradigm," In *Proceedings of IEEE International Workshop on Service-oriented System Engineering*, 2005.

[8] W. Sung, H. Jung, P. Kim, I. Kang, S. Lee, M. Lee, D. Park, and S. Hahn, "A Semantic Portal for Researchers Using OntoFrame," In *Proceedings of the 6th International Semantic Web Conference and the 2nd Asian Semantic Web Conference*, 2007.

[9] H. Jung, M. Lee, P. Kim, S. Lee, and W. Sung, "Implementation of a Semantic Service Framework with Three Features for Improving Reliability," In *Proceedings of the 1st Workshop, Human Factors and the Semantic Web in ASWC 2008*, 2009.

[10] J. Nielsen, Card Sorting: How Many Users to Test, Jakob Nielsen's Alertbox, July 19, 2004.

[11] J. Nielsen, Quantitative Studies: How Many Users to Test?, Jakob Nielsen's Alertbox, June 26, 2006.

[12] D. Kieras, "A Guide to GOMS Task Analysis," *Technical Report of Univ. of Michigan*, 1994.

[13] H. Jung, M. Lee, and W. Sung, "Toward Managing and Generating Hyperlinks to External Services," In *Proceedings of the 4th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management*, 2008.

[14] "청년과학 13호: 설문조사, 좀 제대로 하자!", http://kioku.springnote.com/pages/585547, 2008.