

유비쿼터스 환경에서의 웹 3.0과 웹서비스보안에 관한 연구

강장목*, 문송철**

*세종대학교 컴퓨터공학부, **남서울대학교 교양학부

The Study of Web 3.0 and Web Service Security for Ubiquitous Environment

Kang, Jang Mook, Moon, Song Chul

Sejong University, Namseoul University

E-mail : redsea@sejong.ac.kr moon@nsu.ac.kr

요 약

현재의 우리나라 IT는 유비쿼터스화라는 커다란 변혁을 맞이하고 있다. 이에 물리공간에서는 하드웨어 중심의 편재된 유비쿼터스 컴퓨팅 또는 유비쿼터스 네트워크화가 진행되고 있다. 더불어 가상공간에서는 웹1.0의 한계를 뛰어넘는 웹2.0이 소개되었고 웹3.0으로의 진화를 모색하고 있다. 웹에서의 발전은 문맥을 추론하여 서비스를 할 수 있는 시맨틱 웹 서비스가 각광받을 전망이다. 새로운 웹 서비스는 물리공간에서의 유비쿼터스화와 연계하여 분석하여야 기술발전의 트렌드를 이해할 수 있는 특징을 가지고 있다. 본 소고에서는 유비쿼터스화되는 웹에서의 차세대 기술인 웹3.0에 대한 소개와 이를 토대로 예상되는 웹 서비스 그리고 웹 서비스에 대한 보안을 살펴봄으로 다가올 미래 사회의 웹3.0 환경에서 안전하고 신뢰할 수 있는 웹 서비스가 구현되는 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

2006년 11월 1일 CNN은 전 세계 웹사이트 도메인의 수가 1억을 돌파하였다고 소개했다.[1] 최근 인터넷 사용자는 1억5천만 명을 넘었으며 8억 개의 홈페이지가 80여개 국가에 개설되었다.

위와 같은 맥락에서 살펴보면 인류사회에 대한 기여도가 제일 높은 사람은 누가될까? 갈릴레이, 예수, 부처, 코페르니쿠스 등의 이름을 떠올릴지 모른다. 하지만 지금의 속도로 인터넷이 발전한다면 클라인록(Leonard Kleinrock, 1934~)이 될 가능성이 높다. 클라인록은 1960년대에 인터넷이란 아이디어를 최초로 제시한 인물이기 때문이다. 클라인록이 인터넷이란 아이디어를 제안한 이후 팀 버나-리(Tim Berners-Lee)는 세계적 규모의 거미집인 월드 와이드 웹을 1989년에 제안하였다.[2] 스위스 제네바에 있는 유럽 원자핵 공동 연

구소(CERN: European Particle Physics Laboratory)에서 제안된 '월드와이드웹(WWW)'는 그 후 세상을 변화시키는 원동력이 되었다. 즉 최초의 웹1.0으로서 문자 정보 중심의 전달 방식에서 문자, 화상, 음성 등을 표현할 수 있는 신기술을 선보인 것이다. 그 후 웹은 웹2.0 그리고 웹3.0이 조심스럽게 소개되는 시대로 발전하고 있다.

이와 같은 웹의 발전은 하드웨어적인 유비쿼터스화와 별개의 문제가 아니다. 이미 물리공간에서는 RFID를 통한 편재된 컴퓨팅 환경, DMB 등을 통한 방송과 통신 등의 융합, 이동전화 등을 통한 이동성의 극대화 등을 통하여 언제 어디서나 서비스가 가능한 유비쿼터스 제3공간이 태동하였다. 따라서 웹에서는 물리공간의 발전을 견인할 수 있는 진화된 서비스가 구현되어야 하는데 그 견인차 역할을 담당할 차세대 웹 서비스가 웹2.0 또는 장래

에 구현될 웹 3.0이다.

본 소고는 웹의 진화와 숨겨진 기술의 메가트렌드 그리고 차세대 웹 서비스에서의 보안은 무엇인지 살펴보고자 한다. 특히 웹 서비스 구현에 따른 새롭게 예상되는 보안의 문제들이 무엇인지 살펴봄으로써 유비쿼터스 웹 서비스의 역기능을 최소화 하는데 작은 도움이 되기를 바란다.

2. 본론

2.1. 진보하는 웹

(1) 웹 2.0

2007년 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 하드웨어적으로 RFID 등의 기술로 물리공간에 침투되는 기술이 구현될 것이다. 소프트웨어적으로는 web 2.0 등의 기술로 가상공간에 유비쿼터스 개념이 반영된 기업과 비즈니스가 성공을 이루어갈 전망이다.[3]

웹 2.0이 주목받는 이유는 후기자본주의 사회에서 신생기업 또는 벤처가 1-2년이라는 짧은 시간 안에 수백만 또는 수천만명의 회원수와 수 조원에 달하는 평가가치를 가지게 되는 분야는 웹 2.0의 사조를 반영한 기업들뿐이기 때문이다. O'Reilly사의 부사장인 데일 도허티(Dale Dougherty)가 명명한 웹 2.0이란 참여·공유·개방의 철학적 대의명분을 통해 새로운 가치를 창조하는 웹 트렌드를 뜻한다.

웹 2.0을 대표하는 기업들은 다음과 같은 특징을 보여주고 있다. 첫째 가벼운 프로그래밍 모델을 사용하여 시스템을 유연하게 통합한다. 둘째 조정(Coordination)보다는 신디케이션(Syndication)을 고려한 RSS(Really Simple Syndication)또는 REST기반의 웹 서비스를 제공한다. 셋째 개조(Hackability)와 재조합(Remixability)이 가능하고 쉽도록 설계함으로써 UCC(User Created Content) 등을 손쉽게 생산할 수 있도록 지원한다.

아래 [표 1]은 웹 1.0과의 차이를 보이는 웹 2.0을 대표하는 사이트들의 예를 나타내고 있다. 이와 같은 사이트들을 살펴봄으로써 웹 2.0의 경향을 이해할 수 있으며 위에서 기술한 웹 2.0의 간략한 특징을 중심으로 살펴 볼 수 있다.

[표 1] 웹1.0과 웹2.0의 비교 사이트[4]

Web 1.0	Web 2.0
DoubleClick	Google AdSense
Ofoto	Flickr
Akamai	BitTorrent
mp3.com	Napster
Britannica Online	Wikipedia
personal websites	blogging
evite	upcoming.org and EVDB
domain name speculation	search engine optimization page views
cost per click screen scraping	web services publishing
participation content management systems	wikis directories (taxonomy)
tagging ("folksonomy") stickiness	syndication

(2) 우리나라 웹2.0의 현황

우리나라는 웹 2.0 기반의 서비스로 싸이월드, 네이버의 지식 서비스 및 블로그, 다음의 카페 및 커뮤니티, 오마이뉴스의 시민기자 등이 전 세계적으로 소개된 바 있다. 하지만 우리나라는 특정 인터넷 업체 단위인 다음 카페, 네이버 지식검색, 조선일보 블로그에서만 정보의 공유와 참여가 가능하도록 함으로써 웹 2.0의 모델기업을 세우고도 성장의 한계를 맞고 있다.

우리나라 업체들이 자신들이 구축한 커뮤니티 안에서의 콘텐츠를 경쟁사나 일반 개인에게 공유하지 않고 자사 안에서만 제한적인 공유와 개방을 허용하는 전략은 국제경쟁력을 상실한지 오래이다.

우리 시대의 웹2.0이란 '플랫폼으로서의 웹(Web as platform)'이기 때문이다.

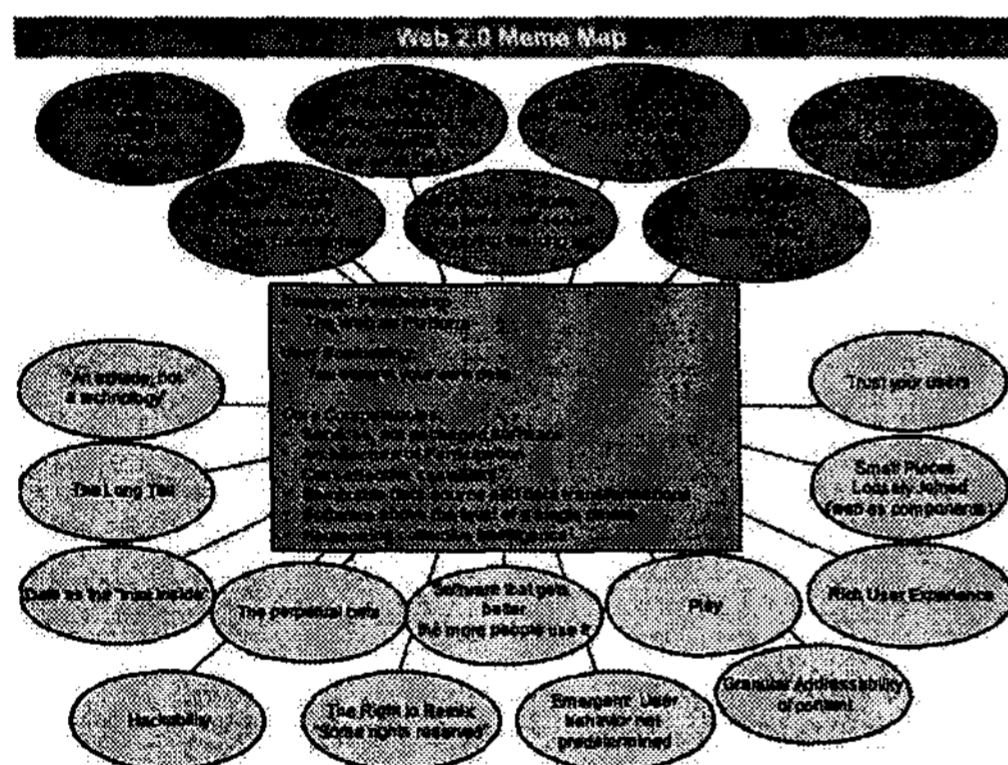
(3) 플랫폼으로서의 웹(Web as platform)

플랫폼으로서의 웹(Web as platform)이란 표현에서 플랫폼이란 무엇인가를 참여하여 자발적으로 할 수 있게 하는 인에이블러(enabler)로서의 기능을 담당한다. 즉 개발자가 직접 무엇을 하여 1차 자료의 구축과 확장에 관심을 기울였던 웹 1.0에서, 사용자가 자발적으로 참여하고 생산한 것을 메타정보와 사람, 관계정보(정보와 정보)를 새롭게 구축하고 관리할 수 있는 플랫폼으로서의 웹인 것이다.[5]

다시 말하면 이미 공급자가 만들어 놓은 것을 전

달하는 것이 아니라, 사용자로 하여금 정보를 생산할 수 있게 하는 기반을 제공하는 것이다. 그리고 사용자가 생산한 정보의 연결고리를 잘 묶어감으로 새로운 서비스를 비즈니스 모델로 제시할 수 있을 때 성공한 웹 2.0 기업이 되는 것이다.

예를 들면 딜리셔스, 플리커, 테크노라티, 디그닷컴, 유튜브 등의 기업들이 롱테일(Long-tail)과 집단지성(Collective Intelligence) 등과 같은 개념을 확장하면 서비스를 진화시켜나간 경우를 들 수 있다. 특히 구글의 지도 서비스인 '구글 맵'의 경우 AJAX(Asynchronous Java script and XML)을 사용하여 개발된 웹 서비스로서 기존의 PC 중심의 어플리케이션과 다른 외관과 느낌을 주고 있다. 특히 구글의 지도는 다양한 서비스를 사용자가 취사선택할 수 있도록 함으로써 웹 안에서 모든 것을 지원해주는 플랫폼 형태의 웹을 보여준다. 아래(그림 1)은 웹 2.0에 대한 개괄적인 이해를 보여주는 플랫폼으로서의 웹을 소개하고 있다.



(그림 1) 플랫폼으로서의 웹[6]

(4) 웹 1.0, 웹 2.0 그리고 웹 3.0

웹 1.0에서는 데이터의 종류(영화, 음악, 만화, 뉴스, 부동산 등)나 포맷(텍스트, 오디오, 사진, 동영상 등)의 확장을 통해 디렉터리서비스·검색·전자메일 등의 서비스가 주류를 이루었다.

웹 2.0은 가상공간의 사회적 인맥을 유비쿼터스화하는 것이다. 따라서 과거에는 정보의 생산, 유통, 관리를 20%의 거대언론, 기업, 국가가 주도하였지만 80%의 사용자가 적극적으로 참여하여 정보를 참여, 생산, 공유하는 콘텐츠뿐만 아니라 콘텐츠가 링크된 위치를 가치 있는 정보로 보고, 사용자들이 직접 중요한 정보의 위치를 수집하고 공유

하게 했다. 이 과정에서 기존에는 사용자 영역으로 보지 않았던 메타 정보까지도 태그를 통해 사용자가 생산하게 된다. 더불어 사용자와 정보 그리고 태그 간의 관계를 도식화 또는 시각화하고 더 나아가 계층화하여 서비스를 세분화할 수 있다. 또한 사용자들이 새롭고 유용한 정보를 찾는 데 활용하게 했다.

예를 들면 사용자가 사진을 올릴 수 있는 공간만 제공하는 것이었던 웹 1.0과는 달리 사용자가 찍어 올린 사진을 웹에서 다른 사용자와 쉽게 공유할 수 있도록 하거나 다른 사람들이 그 사진에 댓글을 달거나 사진 위에다가 다른 사람의 인용을 달 수 있도록 함으로 위치정보 등을 계층화하여 새로운 서비스를 제공하여 성공한 플리커(<http://www.flickr.com/>) 등을 들 수 있다. 사용자 간의 '관계맺기' 기능은 공유 기능을 강화하면서, 좀 더 나와 관련 있는 정보를 쉽게 사용할 수 있게 한다. 한편, 사용자들이 생산한 메타 정보인 태그를 통해, 비슷한 속성을 가진 사진들끼리 서로 관련을 맺으며 자유롭게 그룹을 만들 수 있다.

웹 3.0은 하나의 문제를 풀기 위해 네트워크 상에 있는 수많은 컴퓨터들의 자원을 동시에 이용하는 그리드 컴퓨팅(Grid Computing)과 같이 인간의 자원을 하나의 문제를 해결하기 위해 모을 수 있는 클라우드소싱이다. 즉 전 세계 수백만의 사용되지 않는 개인 개인 컴퓨터의 프로세싱 자원을 모아 우주에서 수신하는 엄청난 양의 전파 신호를 분석하여 SETI(외계 지적 능력 탐사)에 활용하는 SETI@home 프로젝트와 유사하다.[7]

이와 같은 소셜 네트워킹은 웹 1.0에서 기대할 수 없었던 자원의 활용을 몇 배로 확장하는 결과를 기대할 수 있다. 이와 같은 기술적인 개념이 웹 3.0의 기술적 기반이 되는 시맨틱 웹을 통해 가능하다.

여기서 시맨틱 웹이란 컴퓨터가 정보자원의 뜻을 이해하고, 논리적 추론까지 할 수 있는 지능형 기술을 뜻한다. 이와 같은 기술이 구현될 경우 웹은 데이터와 데이터와의 통신이 개인과 데이터의 업데이트나 개인과 개인과의 대화보다 중요하게 될 전망이다. 즉 이미 구축된 다양한 정보와 이용자의 패턴을 추론하여 사용자에게만 안정맞춤인 서비스를 제공할 수 있는 웹 환경을 말한다.[8]

2.2. 웹서비스 기술 동향

(1) 웹 서비스의 핵심 기술

오늘날 웹 서비스 환경을 구현하는 데는 다음과 같은 핵심 기술이 요구된다.

첫째 XML(eXtensible Markup Language)이다. XML이란 W3C의 문자 기반 마크업 언어에 대한 표준안이다. XML의 특징으로는 이식성이 높은 구조화된 정보를 기술하는데 유용하다. 특히 메시징 프로토콜과 상호 교환을 필요로 하는 데이터의 포맷으로 유연하게 사용될 수 있기 때문에 이기종의 유비쿼터스 환경에 적합하다.

둘째 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)이다. HTTP란 웹서비스의 전송 네트워크로서 웹서비스에 사용되는 XML 메시지를 전달하는 역할을 담당한다. HTTP와 동일한 표준 전송 프로토콜을 사용함으로써 다양한 플랫폼간의 통신을 가능하게 한다.

셋째 SOAP(Simple Object Access Protocol)이다. SOAP란 분산된 환경에서 정보를 교환하기 위한 목적으로 개발된 XML기반의 경량한 프로토콜이다. 주요 역할은 객체의 공급자와 수요자 사이의 메시징 프로토콜을 정의한다.

넷째 WSDL(Web Services Description Language)이다. WSDL이란 서비스 공급자가 가지고 있는 서비스의 인터페이스를 XML을 사용하여 사용자의 다양한 디바이스나 어플리케이션 환경에서 구현되도록 인터페이스를 제공하기 위한 웹 서비스 표준 기술 언어이다. 서비스 공급자는 WSDL을 통해 원격 메소드를 호출(RMI)할 수 있는 질의와 응답에 대한 메시지 포맷을 정의할 수 있다. 주로 WSDL은 관련된 연산을 정의하고 매개변수와 데이터유형을 정의하는데 사용된다. 특히 서비스가 구현될 곳의 위치와 바인딩에 필요한 세부 내용을 기술하여 유용성이 높다.

다섯째 UDDI(Universal Description Discovery and Integration)이다. UDDI란 서비스 중개자를 구현하기 위한 SOAP API의 공통적인 표준 집합을 뜻한다. UDDI를 통하여 표준화된 방식으로 원하는 서비스를 검색하고 등록할 수 있다. 웹 기반 서비스의 생성, 기술, 검색, 통합 등이 쉽도록 작성되었으며 현재 OASIS UDDI 기관을 통하여 표준화가 진행되고 있다.

위와 같은 기존의 주요한 웹 서비스의 핵심 기술들은 유비쿼터스 웹 서비스 환경에서 새로운 기술들과 병합하여 사용될 가능성이 높다. 특히 웹 3.0을 구현하기 위해 반드시 요구되어지는 시맨틱 웹 서비스 기술은 기존의 기술들이 혼재된 환경에서 구현되어질 전망이다.

비록 시맨틱 웹이 기존 웹 서비스의 한계를 뛰어넘기 위해 제안한 새로운 기술이지만, 기존의 기술과 장단점을 포용하며 발전해나간다는 측면에서 위에서 기술한 기술들이 의미있는 기술로 지속될 전망이다.

(2) 시맨틱 웹

웹에서 호출하여 사용할 수 있는 소프트웨어의 컴포넌트 중 하나의 표준인 UDDI는 키워드 기반의 단순 탐색 서비스를 제공하여 서비스의 검색 및 호출 그리고 제공을 할 수 있다.[9] UDDI는 탐색에 사용되는 하나의 키워드에 따라 너무 많은 탐색 결과를 제공하거나 원하지 않는 탐색 결과까지 포함시킴으로 사용자가 원하는 섬세한 수준의 탐색 결과를 제공할 수 없다.

이와 같은 한계를 극복하기 위하여 시맨틱 웹 기술 활용할 수 있다. 시맨틱 웹 기술은 서비스의 기능, 입출력의 정보 등을 온톨로지를 이용하여 기술한 후 이를 기반으로 탐색하기 때문에 UDDI 기반의 정보탐색에 비하여 정확성이 높다. 특히 유비쿼터스 웹 서비스 환경에서는 사용자가 직접적인 참여가 없이도 자발적인 웹 서비스 탐색 및 제공이 이루어져야 한다.

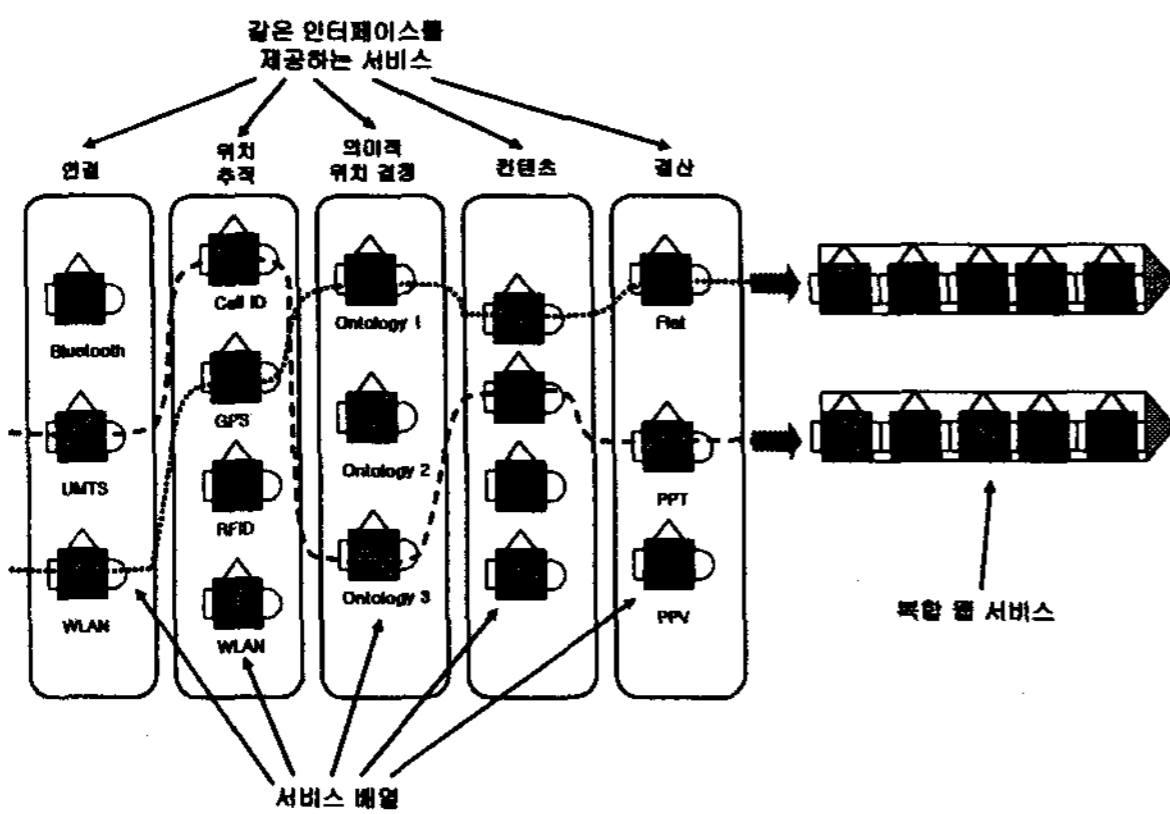
이를 위해서는 사용자의 요구사항을 정확히 이해하고 추론할 수 있는 기술이 요구되는데, 이를 위해서는 시맨틱 웹 서비스 탐색이 기술적으로 요청된다.

(3) 조용한 웹 서비스

유비쿼터스 웹 서비스 환경에서는 사용자가 처한 다양한 문맥에 맞는 최적화된 서비스가 제공되어야 한다. 상황에 적절한 서비스를 제공하기 위해서는 콘텍스트 정보가 고려되어야 한다. 여기서 콘텍스트란 사용자의 위치 정보, 선호도 정보, 사용자 주변에 있는 하드웨어 디바이스의 특징 정보, 네트워크 대역폭에 대한 정보 등이 사용자가 서비

스를 이용하고자 하는 시점에서 고려되어야 하는 정보들이다. 이러한 배경정보 또는 사용자 문맥 정보는 온톨로지를 사용하여 기술될 수 있다.

사용자의 요구와 주변 환경의 정보가 복잡해질 수록 웹 서비스는 단일의 준비된 서비스가 제공되는 것이 아니라, 사용자의 요구사항을 만족할 수 있는 여러 개의 단일 서비스를 조합하여 제공하는 복합 웹 서비스를 구현해야 한다.



(그림 2) 복합 웹 서비스[10]

복합 웹 서비스가 구현되기 위해서는 OWL 또는 OWL-S와 같은 외부 명세 언어를 사용하거나 서비스 요구사항에 대한 STRIPS 또는 Linear Logic 같은 내부 명세 언어로 변환하여 워크플로우 생성기로 서비스 요구사항에 대한 추론과정을 거쳐 추상 워크플로우에 실제 웹 서비스를 바인딩함으로써 구현할 수 있다.

결국 사용자는 물리공간에서의 조용한 서비스같이 웹 서비스 제공 기술들이 추론하고 지능화된 서비스를 지원받게 된다.

2.2. 웹서비스 보안

(1) 기존의 웹 서비스 보안

기존의 웹에서는 SSL(Secure Socket Layer)이 대표적으로 활용되어 온 보안 방식이다. SSL을 활용한 보안은 웹 브라우저와 웹서버, 웹 어플리케이션과 어플리케이션 간 통신에서의 보안을 담당해 왔다.

SSL을 이용하여 보안을 보장받는 통신을 하기 위해서는 웹브라우저가 SSL규약에 따라 암호화된

정보를 웹서버로 발송하면, 웹서버는 전달받은 정보를 복호화한 다음에 어플리케이션 작업에 적합한 정보를 다시 암호화하여 웹서버로 정보를 발송하게 된다. 웹서버는 어플리케이션으로부터 전달받은 정보를 복호화한 필요한 서비스를 제공하게 된다. 이 과정에서 SSL을 통해 보장받을 수 있는 보안의 정도는 Point-to-Point방식에서 각각의 별개로 작용하는 채널이다.

하지만 유비쿼터스 웹 서비스 환경이란 다양한 기기종간의 하드웨어와 여러 종류의 어플리케이션 간의 통신을 전제로 하고 있기 때문에 End-to-End의 보안을 요구하게 된다. 즉 어플리케이션과 웹브라우저, 웹서버와 웹서버 등 각각 별개의 통신에서의 보안이 아닌 최종 서비스 사용자와 제공자 사이에 일어나는 전체 통신에서의 보안을 보장받아야 한다. 이를 위해서는 단순한 SSL이 제공하는 전송계층(Transport Layer)에서의 보안 이상의 방식이 요구되어진다.

(2) 차세대 웹 환경에 고려해볼 수 있는 웹보안

차세대 웹 환경에서는 고도의 보안 요구 사항을 만족하는 표준들이 다음과 같이 제시되고 있다.

첫째 WS-Policy이다. WS-Policy란 웹 서비스가 안전하게 동작할 수 있도록 하기 위한 신뢰모델에 관한 표준이다.

둘째 WS-Federation이다. WS-Federation이란 다양한 환경에서 신뢰 관계를 어떻게 관리하고 중개할 것인가에 관한 표준이다. 즉 유비쿼터스 웹 서비스 환경이란 여러 종류의 디바이스와 어플리케이션이 혼재하는 상황이며 사용자의 요구사항 역시 고객맞춤 환경을 조용하게 서비스해주기를 희망하기 때문에 다양한 환경에서의 신뢰관계의 관리에 대한 표준이 요구된다고 할 수 있다.

셋째 WS-SecureConversation이다. WS-SecureConversation이란 통신 당사자 간에 보안의 문맥(security context)을 어떻게 관리하고 교환할 것인가에 관한 표준이다. 즉 웹3.0환경이란 시맨틱 웹으로 구현되어지는 온톨로지를 이용하여 사용자의 다양한 환경을 문맥으로 이해하고 추론하는 서비스 환경이다. 따라서 어휘, 문맥을 이해하고 추론하는 과정에서 문맥에 대한 보안이 요구되어지며 이에 대한 기술적인 표준이

WS-SecureConversation이다.

이와 같은 고수준의 보안 표준은 End-to-End 보안을 실현하는 XML Encryption, XML Signature 등의 보안 표준을 시맨틱 웹 서비스 환경에 적합하도록 더욱 발전시킨 표준이다.

3. 결론

웹 3.0은 새로운 것이 아니라, 하드웨어 기반의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 지향하는 바가 웹에서 구현된 모습일 뿐이다. 즉 웹에서도 조용하며 상황 인식을 가능하게 하며 언제 어디서나 유비쿼터스 자원을 활용할 수 있는 서비스를 가능하게 하겠다는 것이다. 물리공간에서의 제3공간의 탄생과 같이 웹 환경에서 위치 정보 등 과거에 중요하지 않던 정보를 새로운 정보원으로 이해하고 기존 정보 위에 계층으로 표현함으로써 새로운 서비스를 제공한다는 개념 유비쿼터스 웹 서비스의 경쟁력이 될 전망이다. 이와 같은 유비쿼터스 공간 탄생과 공간화 이론 등이 유비쿼터스화가 빠르게 진행되고 있는 물리공간에서 소개된 지 오래이다. 대표적인 기술로는 조용한 기술, 상황인식기술 등이다.

이와 같은 기술들은 필요한 서비스를 개인이 느낄 때 조용하게 다가와서 실현해주는 특징을 가지고 있다. 따라서 개인마다 처한 상황과 필요로 하는 서비스를 추론할 수 있는 문맥 및 언어에 대한 연구가 고도화되어야 한다.

물리공간에서의 유비쿼터스화를 가상공간에서는 유비쿼터스 웹 어플리케이션의 등장으로 가속화될 것이며 차세대 웹은 언제 어디서나 어떤 기기에서나 어떤 국가에서나 어떤 언어 환경에서나 접속하여 편리하게 이용할 수 있는 모든 환경에서의 플랫폼이 될 전망이다.[11]

현재 활발하게 연구되고 있는 웹 3.0은 시맨틱 웹 서비스가 될 전망이며 시맨틱 웹은 문맥에 대한 이해와 추론에 관한 기술적 표준을 제시할 것이다. 따라서 기존의 웹 서비스 보안은 유비쿼터스 웹 환경에서 취약점을 노출할 것이며, 이를 위해 새롭게 접근 할 수 있는 WS-SecureConversation, WS-Federation, WS-Policy를 살펴보았다.

이와 같은 문맥을 상황으로 인지하고 추론하는 환경에 적합한 웹 서비스 보안 기술은 앞으로도 활발한 연구가 진행될 분야로서 본 연구를 통해

가상공간 중심으로 통합되어가는 유비쿼터스화의 역기능을 최소화하는데 작은 기여가 될 것으로 기대한다.

[참 고 문 헌]

- [1]<http://www.cnn.com/2006/TECH/internet/11/01/100millionwebsites/index.html>
- [2]<http://www.w3.org/People/Berners-Lee/>
- [3]<http://www.segye.com/Service5/ShellTotal.asp?TreeID=3183&BoardID=231&cid=77&MakeAct=READ&numbering=76&CurPage=1&whereStr=>
- [4]<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html> 에서 표를 인용
- [5] 정유진, “정유진의 웹 2.0 기획론:강력한 웹 2.0 서비스를 만드는 13개의 키워드”, 한빛미디어, 2006.
- [6]<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>에서 그림 인용
- [7] <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>
- [8] 즐고, “강장목 교수의 UC특강(개인정보와 유비쿼터스 컴퓨팅)”,인터비전, 2006.
- [9] <http://www.uddi.org>
- [10] 신동훈, 이경호, “유비쿼터스 환경을 위한 웹 서비스 기술”, 한국멀티미디어학회, 제10권,제1호, 2006. 그림 6 인용
- [11]<http://dig.csail.mit.edu/2007/03/01-ushouse-future-of-the-web.html> 2007년 4월 방문