

USN 기반 시설물 모니터링을 위한 데이터 표준화 연구

A study of Data Standardization for Monitoring based on the USN

남상관¹ · 이우식² · 김재원³ · 우제윤⁴

Nam Sang-Kwan¹, Lee Woo-Sik², Kim Jae-Won³, Woo Je-Yoon⁴

Abstract

국내에서 2003년부터 이슈화 되기 시작한 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 기술은 하나의 기술을 넘어서 새로운 패러다임으로 자리잡고 있다. 정보통신 분야 기술인 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 기술은 초기의 원천기술 개발에서 발전되어 다양한 분야에 활용되기 위한 각종 연구가 진행 중이며, 특히 u-City를 필두로 하여 이를 건설 분야에 도입하기 위한 연구가 매우 활발하다. 그러나 대부분의 활용 연구는 이제 시작단계이며, 실제 관련분야 도입에는 아직 많은 시간이 필요할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 이러한 연구에 선행되어야 할 센서 데이터 표준화에 대한 연구이며, 기존 국내외 각종 연구에서 제시된 이론적 연구를 실제 구현해 보았으며, 이를 통해 나타난 각종 문제점을 보완하여 새로운 데이터 표준화 방식을 제안하였다.

주요어 : 유비쿼터스, USN, XML, 데이터 표준, 시설물 모니터링

1. 서 론

90년대 후반 발생한 대형 건설 사고를 계기로 공공시설물에 대한 안전진단 및 모니터링 기술에 대한 관심과 중요성이 날로 증가하고 있다.

특히 최근 급속히 발달하고 있는 최신 정보통신 관련 기술들을 시설물의 안전성 및 모니터링 분야에 도입하기 위한 각종 연구가 진행되고 있으며, 국내에서 2003년부터 이슈화 되고 있는 유비쿼터스 관련 기술은

첨단 무인 모니터링 시스템의 해결책 및 대안으로 떠오르고 있다. 유비쿼터스 관련 기술은 2005년 이후 사회의 전반적인 패러다임을 형성하고 있으며, 산업적 파급효과가 큰 건설분야, 특히 시설물 모니터링 분야에 도입할 경우 시설물의 안전성 확보 및 유지 보수 비용 절감 등에 막대한 효과를 가져올 것으로 예상된다.

유비쿼터스 관련 기술들 중 시설물 모니터링 분야에 도입하기 위해 적극 연구하고 있는 분야가 USN(Ubiquitous Sensor Network)

¹ 한국건설기술연구원 유비쿼터스국토연구실 연구원

² 한국건설기술연구원 유비쿼터스국토연구실 선임연구원. 공학박사

³ (주)데이터피씨에스 연구소 차장

⁴ 한국건설기술연구원 유비쿼터스국토연구실 책임연구원. 공학박사

기술이며, 최근 많은 연구들이 이 분야에 초점이 맞추어져 있다.

그러나 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 연구의 대부분은 정보통신부 중심으로 진행되어, 원천 기반기술의 개발이 주를 이루고 있으며, 실제 산업 및 건설 현장에서의 활용성 측면은 미비한 편이다. 최근들어 지능형국토정보기술혁신사업 및 u-Eco City 사업 등 건설교통부 중심의 대형 사업이 발주되어 활용 위주의 실용화 기술 개발이 시작되고 있어 매우 고무적인 현상으로 받아들여지고 있으나, 아직 연구 초기 단계이므로 가시적인 성과가 나타나기까지는 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다.

본 연구는 USN 기술을 시설물 모니터링 분야, 특히 교량의 실시간 모니터링을 위한 분야에 적용하기 위한 2003건설핵심기술연구개발사업의 일환으로 진행된 연구과제 중 일부로서, USN을 활용하여 시설물 모니터링을 수행할 때 고려해야 할 사항 중 하나인 시스템 데이터 처리 및 데이터 표준화에 관한 연구이다. 기존 이론적으로 발표된 많은 연구 및 논문에서 제시된 각종 방법론 및 기술들이 현장 적용에서 다양한 문제점을 노출하였으며, 이러한 부분에 대한 해결책을 본 연구에서 제시하기 위해 노력하였다.

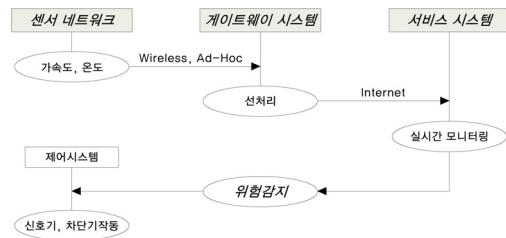
II. 전체 시스템 개요

본 연구는 시설물 모니터링 분야, 특히 교량 모니터링 분야에 유비쿼터스 관련 기술을 적용하기 위한 적용성 연구와 USN을 활용한 시스템 프로토타입을 만드는 연구이다.

전체 연구는 크게 건설 전 분야에 유비쿼터스 관련 기술을 적용하기 위해 필요한 요

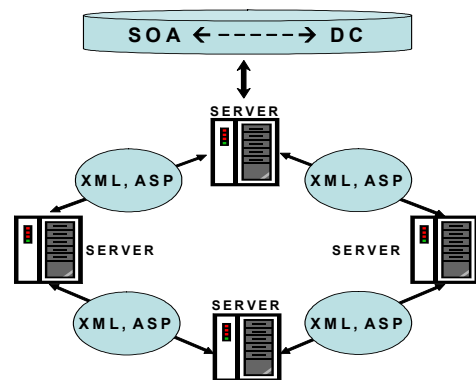
구분석 및 활용 방안을 제시하였으며, 시스템을 센서노드, 게이트웨이, 서비스 시스템으로 나누어 각각 구현하였으며, 시범 모형교량 테스트와 구미교, 영종대교에 적용한 실증실험 등을 진행하였다.

본 연구에서 제시한 전체 시스템의 개요는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 시스템 정보 흐름도

다양한 시설물 및 센서 네트워크로부터 수집되는 각종 센싱 데이터를 처리하기 위해 서비스 시스템은 플랫폼으로부터 독립적인 시스템 구조를 가져야 하며, 데이터 포맷에 대해서도 독립적인 시스템으로 구축되어야 한다. 그리고 데이터 또한 범용적인 표준성을 가져야 한다.



[그림 2] 플랫폼 독립적 서버간 정보교환

III. 데이터 표준화

3.1 기존 시스템에서의 데이터 표준화

시스템이 통합되고 대형화 되어 갈수록 데이터의 복잡성이 증가하고, 이에 따라 데이터의 활용도는 급격히 떨어지게 된다. 이를 해결하기 위하여 데이터 표준화가 대두되었고, 데이터 표준화는 선택이 아닌 필수 불가결한 문제가 되어가고 있다.

기존 시스템의 경우 데이터 생산자가 정해져 있고, 서로 필요한 규칙에 따라 데이터를 생산하고, 데이터 정보에 대한 표시(메타데이터)를 하며 이를 DB화 하는, 즉 처음부터 데이터 표준 규격을 정해서 그에 따르는 방식으로 데이터 표준화를 진행하였다. 그러나 유비쿼터스 환경에서는 데이터 생산자 및 생산 시스템이 불특정 다수이며, 이 데이터를 활용하는 사용자 및 시스템들 또한 불특정 다수이다. 이러한 유비쿼터스 환경에서 데이터 포맷을 먼저 표준화하고, 이를 지켜서 데이터를 생산하고 활용한다는 것은 불가능에 가깝다.

이러한 문제를 해결하기 위해 XML을 통한 데이터 표준화 작업이 진행되었으며, 특히 센서 및 센서네트워크에서의 데이터 교환을 위해 SensorML(Sensor Model Language)이 연구되고 있다.

본 연구에서도 데이터 표준화 및 표준모델 개발을 위해 SensorML과 플랫폼 독립적인 데이터 교환을 위해 SOAP(Simple Object Access Protocol)을 활용하여 시스템을 구축하였다.

3.2 SensorML

디지털기술이 진보됨에 따라, 데이터 획득이나 장비의 제어의 목적으로 유선 혹은

무선으로 원격에서 접속 가능한 센서가 증가하게 되고, GPS, Cell-ID와 같은 기술을 이용하여 위치정보를 쉽게 획득할 수 있게 되었다. 이러한 정보들을 인터넷 기반의 웹 프로토콜을 통하여 XML로 표기하여 센서의 기능, 위치, 서비스 인터페이스를 기술하여 데이터를 배포할 수 있다면, XML로 포장된 센서로부터 전송되는 각종 정보들을 인터넷 중계기, 클라이언트, 서버에서 쉽게 해독 가능해진다.

이러한 방식으로 계측정보를 실시간으로 손쉽게 활용할 수 있도록 하기 위하여 SensorML이 연구/도입 되었다.

SensorML은 CEOS(international Committee for Earth Observing Satellites)산하의 GOTT(Global Mapping Task Team)의 후원으로 Mike Botts가 개발하기 시작한 것으로, 위성과 같은 동적 센서로부터 수집되는 기하 데이터, 운동데이터, 속성데이터 등을 기술하기 위한 XML기반의 센서 모델 언어이다. 이후 OGC의 후원을 바탕으로 지속적으로 개발, 테스트되고 있다.

센서의 하드웨어 특징과 정보의 기술방식으로부터 데이터 수집과 처리과정을 독립적으로 다룰 수 있는 표준화된 모델 언어인 SensorML은 다음과 같은 정보를 포함하도록 설계되어 있다.

- 센서 하드웨어에 대한 정보
- 계측자료에 대한 정보
- 시, 공간에 대한 정보
- 자료 처리를 위한 정밀도, Threshold와 같은 품질에 대한 정보

이러한 XML 스카마를 이용하여 웹 내장 센서, 장비와 이미지 디바이스로부터 데이터를 실시간 원격으로 검색, 획득할 수 있다. 이것은 개념적으로 SensorML이 분산컴

퓨팅을 도입한 사실에서 기인하며 동적 센서의 데이터 검색, 처리, 가시화에 대한 많은 특성들을 제공하고 있기 때문이다. 이를 통하여 위성, 비행기, UAVs(무인 탐사차량), 지상에 설치센서들을 연계한 SensorWeb 구축도 가능할 것이다.

SensorML을 응용할 수 있는 분야는 과학 연구 분야, 환경 모니터링분야, 도로관리, 재난관리, 시설물관리 등 매우 다양할 것으로 예상된다. 이러한 이유들 때문에 SensorML은 대용량 데이터의 처리나 공유를 위해 필수적으로 사용해야 하는 언어중 하나로 인식되고 있다.

3.3 SOAP

SOAP(Simple Object Access Protocol)은 Microsoft/IBM이 분산 환경에서 정보를 교환하기 위하여 개발한 메시지 전달 프로토콜이다. SOAP의 중요한 특징 가운데 하나는 XML을 활용하여 인터넷이나 다른 분산 환경에서 실행되고 있는 응용프로그램간의 정보 교환 기반을 제공하는 것이다. 이것은 서로 다른 컴퓨터에 있는 프로그램들이 운영체제나 플랫폼과 상관없이 연결될 수 있는 장점을 지니고 있다.

SOAP은 주로 HTTP에서 RPC(Remote Procedure Calls)와 Messaging을 지원하는 XML 기반의 프로토콜이다. SOAP는 2진 포맷(binary format) 대신 XML 기반 프로토콜을 사용하므로 플랫폼 간, 프로그래밍 언어 간, 컴포넌트 모델간의 상호 운용성이 뛰어나다.

SOAP은 다른 컴퓨터에 있는 프로그램을 호출하는 것과 상대방이 인식할 수 있는 형식과 구조로 정보를 전송할 수 있도록 HTML 헤더 및 XML파일 생성방법을 정의

하고 있다. 이것은 RPC(Remote Procedure Calls)와 유사하지만 Microsoft와 IBM은 SOAP을 Java의 RMI나 Windows의 COM+의 기반이었던 RPC 모델에 비하여 진보된 메세지 전달모델로 평가하고 있다.

SOAP의 특징을 간략하게 정리하면 다음과 같다.

- 간단하고 확장성이 있게 설계되었으며 W3C와 같은 표준화기구에 표준 프로토콜로 공인되었다.
- 모든 SOAP 메시지들은 XML을 이용하여 인코딩된다.
- SOAP은 전송 프로토콜에 독립적으로 HTTP를 지원하는 기존의 인터넷 하부구조에서도 무리 없이 운영된다.
- SOAP은 운영체제에 독립적이고 오브젝트 모델에 중립적이다. 특정 프로그래밍 언어나 컴포넌트 기술과 결부되어 있지 않다.
- SOAP은 방화벽을 통해서도 메시지를 전달할 수 있다. 왜냐하면 SOAP의 전송기법인 웹을 이용한 HTTP는 통상적인 보안 절차 없이 방화벽을 통과할 수 있기 때문이다.

상기에서 살펴본 바와 같이 SensorML과 SOAP을 계층자료 및 시스템 간 정보교환을 위한 메타언어로 활용할 경우 유연하고 통합 가능한 유비쿼터스 환경의 시설물 모니터링 및 관리 시스템 구현이 가능하다고 판단되며, 본 연구에서도 이를 활용하여 초기 시스템을 구축하였다.

4. SensorML의 적용과 한계

4.1 SensorML 적용

네트워크를 통한 데이터통신에서 보통

소켓이라는 운영체제 상의 가상 채널이 있는데, 이 채널을 통해 프로그램들은 데이터를 주고 받는다. 응용 프로그램에서 운영체제 상으로 데이터가 송신할 때 보통 데이터를 스트림이라는 이진코드로 변환하여 메모리에 임시보관한 후 네트워크 장비를 통해 전송하게 된다. 수신할 때도 마찬가지로 네트워크 장비로부터 전송된 패킷들을 스트림으로 변환하여 메모리에 저장하고 응용프로그램은 이것을 읽어들이 데이터로 변환하게 된다. 즉 어떤 데이터도 전송되는 과정에서 데이터의 특성이 투명해진 스트림(비트열)으로 다루어지게 된다. 따라서 이를 이용하는 프로그램들은 알아서 비트열 어디에서 부터 어디까지는 무엇이고, 어디에서 부터 어디까지는 무엇인지 정확하게 알고 있어야 한다. 만약 여기에서 오류가 생기면 데이터를 교환할 수 없게 된다.

현재 각종 시스템은 데이터를 호환할 수 있는 방안의 부재로 현재 이종의 불특정 현장계측 시스템 간에 실시간으로 네트워크를 통해 정보를 교환한다는 것은 불가능한 상황이다. 또한 대부분의 계측장비를 다국적 외산장비에 의존하고 있고, 그나마 개발되고 있는 장비도 중소 전문업체에서 개발하고 있어 de facto 표준(사실상 표준)이 쉽게 도출될 것으로 기대하기 어려운 상황이라고 할 수 있다.

연구 초기 단계에서 이러한 문제에 대한 해결을 위해 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 연구하고 있는 SensorML을 본 과제에 적용하기 위한 연구를 진행하였다.

센서 노드에서 수집되는 데이터에 SensorML로 된 XML 형식의 헤더 부분을 포함하여 데이터를 전송하는 연구를 진행하였다. 이렇게 할 경우 서버에서는 센서로부터 수

집된 데이터가 어떤 포맷의 데이터인지에 관계없이 모든 서버에서 데이터를 해석할 수 있다.

SensorML의 도입을 위해 본 연구에서는 이를 다룰 수 있는 프로그램을 자바의 JAXB를 이용하여 작성하였다. JAXB는 자바에서 XML로 기술된 데이터를 쉽게 다룰 수 있도록 도와 준다. JAXB를 이용하면 XML Schema로 자바 클래스를 자동으로 만들고 XML 파일을 읽어들이는 과정을 통해 자바 클래스를 구현하여 XML 데이터를 이용하도록 한다. 이렇게 하면 XML 데이터를 자바 클래스의 헤더 부분에 포함하여 구현할 수 있다.

4.2 SensorML의 한계

하지만 본 연구를 통해 SensorML에 대한 다음과 같은 몇 가지 단점을 발견할 수 있었다.

첫째, SensorML은 XML을 처리할 수 있는 시스템에서만 사용이 가능하다. 즉 대부분의 정보를 생성하는 임베디드 장비에서는 XML을 처리할만한 프로세스 파워가 없으므로 SensorML을 적용하는데 무리가 있다. 센서노드의 프로세스를 고급사양을 사용하면 문제를 해결할 수도 있겠지만, 그럴 경우 센서노드 가격이 올라가고, 저전력 구현에 한계가 있는 등의 문제가 있다. 현재 개발중인 대부분의 임베디드 장비의 경우 8비트, 16비트로 구성되어 SensorML을 바로 적용하기에는 많은 문제점이 있다.

둘째, SensorML의 또다른 문제점 중 하나는 그 복잡성에 있다. 기존 XML 파서인 DOM파서나 SAX 파서와 같은 일반 파서를 사용하여 해석하기에 현재 불가능한 것으로 판단된다. 또한 헤더 부분의 용량이

매우 커서 저속 네트워크인 ZigBee 네트워크에 SensorML을 도입할 경우 데이터의 용량이 너무 커지는 문제가 있다. 이 경우 실제 데이터보다 SensorML 헤더 부분의 용량이 더욱 커지므로, 네트워크에 엄청난 부하를 초래하기도 한다.

셋째, SensorML의 공개 배포 스키마에 대해 유효성 테스트를 해보면 알 수 있듯이 이 표준안은 아직 완벽하지 않다. 이 표준안은 계속 개발되고 있는 중이므로 향후 표준안이 어느 정도 확정이 된 뒤에 적용 여부를 다시 판단해야 할 것으로 생각된다.

V. 데이터 표준 모델 제안

5.1 데이터 표준화 요구분석

기존 임베디드 시스템은 데이터를 바이너리로 표현하여 전송하는데, 데이터 수신 프로그램은 전송된 스트림에서 어디에 어떤 정보가 있는지를 알고 이를 읽어 데이터를 해독한다. 일반적으로 이렇게 데이터를 기술하면 데이터 용량을 작게 할 수 있고 시스템 구현도 쉽게 할 수 있다. 그런데 이와 같은 방식은 송신자와 수신자가 데이터 기술에 대한 정보를 공유하고 있어야 하므로 불특정 다수를 대상으로 확장하는 데에는 무리가 따르게 된다. 그래서 일부 데이터 표준 방식에서는 데이터 프로토콜 프로파일을 규정하고 이를 공포하여 표준화하는 방식을 취하고 있다. 유비쿼터스 환경에서 데이터 표준화는 이와 유사한 방식으로 표준화가 진행되어야 한다.

데이터 표준안에 관한 연구 중 SensorML의 도입은 현실적으로 불가능 하여, 본 연구에서는 임베디드 환경에서 사용 가능한 새로운 데이터 표준화 방안을 연구하였다.

본 연구에서는 표준화 방안 구현에 대해 다음과 같이 요구사항 분석을 하였다.

첫째, 실제 데이터 보다 헤더 부분의 용량이 커지는 문제를 해결해야 한다. 이는 SensorML의 도입에서 발생했던 문제인 XML 헤더 부분 때문에 센서 네트워크의 부하가 높아지고, 이로 인해 네트워크가 다운되는 현상을 방지해야 한다는 의미이다.

둘째, 데이터 포맷이나 시스템에 관계없이 어떤 장비나 시스템에서도 어떤 센서의 데이터도 해석 할 수 있어야 한다. 데이터 표준화 작업의 가장 큰 필요성 중의 하나인 시스템 종속형 데이터를 서비스 기반 데이터 형으로 변환하여, 시스템이나 장비에 관계없이 해석과 서비스가 가능해야 함을 의미한다.

셋째, 복잡하지 않아야 한다. SensorML의 경우 해석을 위한 별도의 파서가 센서 노드에 위치해야 하는데, 이 경우 높은 컴퓨팅 파워를 요구한다. 그러나 센서 노드의 특성상 높은 컴퓨팅 파워가 불가능하고, 높은 컴퓨팅 파워는 높은 전력 소모로 이어지므로 센서 네트워크에서는 복잡하지 않은 표준 포맷이 필요하다.

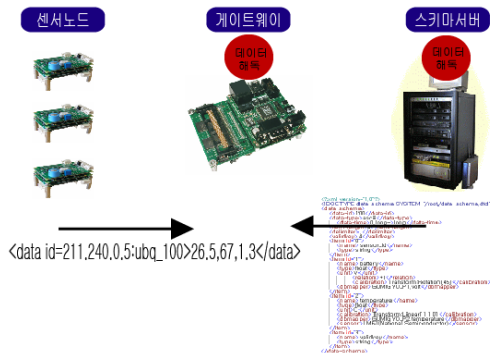
넷째, 구현하기 쉬워야 한다. 기존 임베디드 시스템에서 사용하는 데이터 포맷 및 전송 방식과 유사하게 구현하기 쉬운 방식의 표준화 모델이 제시되어야 한다.

5.2 데이터 표준화 제안

본 연구에서 연구한 표준화 방안은 스키마 서버를 활용하는 형태이다. 웹서비스의 서비스 레지스트리와 유사한 개념을 표준화에 도입한 것이다.

본 표준안은 [그림 3]과 같이 전체 시스템이 3단계로 나누어져 있을 때. (1) 임베디

드 장비에서는 계측 데이터를 <data> 태그로 묶어서 표현하고 data 엘리먼트의 어트리뷰트로 데이터 id를 부여하여 이 데이터를 해독할 수 있는 스키마 서버의 위치와 스키마 id를 기록하고 직렬화하여 전송한다. (2) 이때 게이트웨이 서버에서 데이터를 해독할 필요가 있는 경우 data 태그에 기록된 data id를 참조하여 데이터 스키마를 스키마 서버에서 다운로드하여 데이터를 해독하게 된다. (3) 스키마 서버는 웹서비스를 이용하여 데이터스키마를 제공하도록 하며, 데이터스키마 형식을 XML로 기술하여 어떤 시스템에서 어떤 언어 기반에서 읽혀서 해독될 수 있도록 한다.



[그림 3] 표준 데이터 모델

이와 같은 방식으로 데이터를 표준화하는 것은 다음과 같은 장점이 있다.

먼저 데이터 표출 서식이 간단하다는 것이다. 임베디드 프로그램에서 수용할 수 있을 정도로 단순하며, 저속 통신망에서 사용할 수 있을 정도로 데이터 크기도 작다. 단지 <data> 태그안에 스키마 서버와 스키마 ID를 기록하고 표출하고 싶은 데이터를 순서대로 나열한 후 </data> 태그로 닫고 데이터를 전송하면 된다. 이렇게 하는 경우

보통 5개의 센서 값을 기록 패킷의 크기가 128byte를 넘지 않는다.

둘째, 데이터 해독은 특정 비트위치(프로파일)에 종속되지 않으므로 해석이 쉬워지고, 데이터해독을 일반화 할 수 있다. 센서노드를 제작하다보면 좀 더 많은 융통성이 보장되어야 하는 경우 있다. 이런 경우 새로운 수신 프로그램을 제작하고 이런 자원을 관리한다는 것은 매우 힘든 일이다.

셋째, 스키마 서버는 웹서비스로 데이터해독 스키마를 제공하는 서버로 누구나 설치 운영이 가능하다. 스키마 서버와 센서네트워크가 페어를 이루어 자유롭게 운영될 수 있는 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 환경 구현을 위한 USN 기반 시설물 모니터링 시스템에서의 데이터 표준화를 위한 연구를 진행하였다.

플랫폼 독립적인 범용 데이터 표준화를 위해서는 반드시 XML 기반의 시스템으로 구축하여야 한다. 현재 OGC를 중심으로 연구중인 SensorML의 경우 기존 연구결과와는 달리 USN 센서 네트워크에서는 도입하기 매우 어려운 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 이를 위한 새로운 개념의 데이터 표준안을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 2003년 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의해 수행되었음

참고문헌

- 한국건설기술연구원, 2006, “유비쿼터스 환경의 지능형 시설물 모니터링 기술개발” 최종보고서.
- 이우식 · 남상관 · 구지희 · 우제윤, 2006, “u-교량 모니터링 시범시스템 개발”, 2006대한토목학회 정기학술대회 논문집
- 남상관 · 이우식 · 우제윤, 2004, “Web GIS 기반 u-교량 모니터링 기술 개발”, 2004 한국지리정보학회 추계학술대회 논문집
- 남상관 · 이우식 · 구지희 · 우제윤, 2006, “유비쿼터스 환경의 시설물 모니터링 시스템을 위한 모듈 설계를 위한 모듈 설계”, 2006한국건설관리학회 정기학술발표대회 논문집.
- C. E. Perkins and H. Harjono. 1996, “Resource discovery protocol for mobile computing”, *Mobile Networks and Application*, p. 447-455, 1996
- OGC homepage <http://www.opengeospatial.org/>