

USN 활용을 위한 디렉토리 서비스 설계 및 구현

문진모*^o, 양정승*, 전준혁*, 한재일*, 이용준**, 오세원**

*국민대학교 컴퓨터학부

**한국전자통신연구원

e-mail: mjm97@kookmin.ac.kr

The Design and Implementation of the Directory Service for the utilization of USN

Jinmo Mun*^o, Jeongseung Yang*, Junhyuck Jeon*, Jaeil Han*, Yongjoon Lee**, Sewon Oh**

*Dept. of Computer Science, Kookmin University

** Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

RFID/USN은 u-Korea를 구현하는 핵심 인프라로서 무한한 성장 잠재력을 내포하고 있으며 향후 인터넷에 이어 산업 전반에 커다란 변혁을 가져올 수 있는 분야로 대두되고 있다. 우리나라의 경우 u-Korea 비전과 세계적인 RFID/USN 기술을 확보하여 세계 시장을 선점하고자 하는 IT839 정책에 따라 RFID/USN에 대한 관심이 사회 전반적으로 증대되어 USN에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 앞으로 USN 인프라 구축이 완료됨에 따라 USN을 활용하기 위한 USN 어플리케이션들이 빠르게 증가할 것이다. USN 인프라 기반의 어플리케이션 개발을 보다 손쉽게 하기 위해 USN 미들웨어의 필요성이 대두되며 디렉토리 서비스는 USN 미들웨어를 구성하는 핵심 서비스 중의 하나이다. 그러나 USN 구성요소인 WSN의 특성 등을 고려할 때 USN 인프라에 적합한 디렉토리 서비스는 검색에 중점을 둔 기존의 디렉토리 서비스와 달리 갱신문제가 나타날 수 있으며 본 논문은 이를 극복할 수 있는 디렉토리 서비스의 설계 및 구현에 대해 논한다.

1. 서 론

RFID/USN(RF Identification / Ubiquitous Sensor Network)은 u-Korea를 구현하는 핵심 인프라로서 무한한 성장 잠재력을 내포하고 있으며 향후 인터넷에 이어 산업 전반에 커다란 변혁을 가져올 수 있는 분야로 대두되고 있다. 우리나라의 경우 u-Korea 비전과 세계적인 RFID/USN 기술을 확보하여 세계 시장을 선점하고자 하는 IT839 정책에 따라 RFID/USN에 대한 관심이 사회 전반적으로 증대되어 USN에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 앞으로 USN 인프라 구축이 완료됨에 따라 USN을 활용하기 위한 USN 어플리케이션들이 빠르게 증가할 것이다. USN 인프라 기반의 어플리케이션 개발을 보다 손쉽게 하기 위해 USN 미들웨어의 필요성이 대두되며[1] 디렉토리 서비스는 USN 미들웨어를 구성하는 핵심 서비스 중의 하나이다. 그러나 USN 구성요소인 WSN(Wireless Sensor Network)의 특성을 고려할 때 USN 인프라에 적합한 디렉토리 서비스는 검색에 중점을 둔 기존의 디렉토리 서비스와 달리 갱신문제가 나타날 수 있다. 본 논문은 기존의 디렉토리 서비스에서 나타날 수 있는 문제와 WSN의 특성을 고려하여 USN 인프라에 적합한 디렉토리 서비스의 설계와 구현에 대해 논한다. 또한 WSN의 특성을 고려해서 디렉토리 서비스 설계에 필요한 USN노드들을 식별할 수 있는 주소 체계 및 호출할 수 있는 이름 체계를 논한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구 및 문제점에 대해 논하고 3장에서는 디렉토리 서비스 설계를 논한다. 4장에서는 디렉토리 서비스 구현에 대해

기술하고 5장에서는 결론 및 향후과제에 대해 논한다.

2. 관련연구 및 문제점

네이밍 서비스는 통상적으로 알려져 있는 개념으로써 클라이언트가 어떤 자원의 이름을 주었을 때 그 자원에 대한 속성을 돌려주는 서비스이다[2]. 디렉토리 서비스는 클라이언트가 하나 이상의 어떤 속성을 주었을 때 이 속성을 가지고 있는 각 자원의 여러 속성을 돌려주는 서비스로서 속성기반 네이밍 서비스(attribute-based naming service)로 부르기도 하며 보통 네이밍 서비스를 포함한다[2]. 국내외적으로 일반 컴퓨팅 환경에서의 디렉토리 서비스에 대한 많은 연구가 수행되었다[2]. 이 중 X.500, LDAP(Lightweight directory access protocol), UDDI(Universal Description Discovery & Integration)는 자주 거론되는 대표적 연구사례이다. X.500은 ITU-T와 ISO에서 디렉토리 서비스 표준으로 채택하였다. 디렉토리 구현 및 서비스를 위한 광범위한 표준 규격을 제공하고 비교적 안정적인 규격으로 향후 개정의 가능성이 별로 없다는 것을 장점이라 할 수 있다. 그러나 규격이 방대하고 복잡하여 구현이 어렵고 시간이 많이 소요되고 인터넷 환경에 비교적 부적합 하며 구축 시 LDAP에 비해 비용이 많이 소요되는 것이 단점이다[2,3]. LDAP는 IETF에서 인터넷을 위한 디렉토리 서비스 표준으로 채택하였다. X.500을 기본 모델로 하여 인터넷 환경에서 필수적인 내용을 규정하였으며 인터넷 환경에 적합하다. 그리고 X.500에 비해 구현이 쉽고 시간 및 비용의 절감으로 구축비용이 저렴한 것이 장점이다.

그러나 X.500에 비해 다양한 기능 제공이 어렵다는 점이 단점이라 할 수 있다[2,3]. 마이크로 소프트의 Active Directory Service도 LDAP 인터페이스를 제공한다[2,4]. UDDI는 웹서비스 상에서 비즈니스 조직과 웹서비스 제공자, 그들이 작성한 웹서비스와 그 서비스에 접근하는데 필요한 기술적인 인터페이스를 기술하고 찾는 것을 지원하는 서비스의 셋이다. HTTP, XML, XML Schema와 SOAP을 포함하는 업계 표준을 기반으로 하면서 UDDI는 웹서비스 기반 소프트웨어를 위한 상호운용성과 기본적인 인프라 스트럭처를 제공한다[2,5].

WSN은 USN계층을 구성하는 핵심 요소 중 하나이다. USN인프라가 인터넷과 결합된 USN환경에서의 디렉토리 서비스는 USN계층의 자원에 대한 개별적인 속성을 들려줄 수 있어야 한다. 그러나 WSN은 제한된 컴퓨팅 자원, 에너지 효율성, 낮은 대역폭, 무선 통신의 불안정성 등의 특성을 가지고 있다[2]. 따라서 IP주소와 같이 네트워크 자원을 유일하게 식별하는 전역 주소는 긴 길이로 인해 통신 오버 헤드를 크게 하고 에너지 효율성이 떨어지므로 WSN자원 식별 방법으로 적절하지 못하다[6,7]. WSN과 인터넷을 연동할 때 각 WSN 자원(싱크노드, 센서노드 등)을 식별하기 위한 IP주소의 할당은 이와 같은 통신 오버헤드 문제에 더해 IPv6 주소를 사용한다 하더라도 기하급수적으로 증가할 WSN노드 수에 따른 주소 고갈 문제가 대두한다.

WSN노드는 통신 불안정성이나 이동성으로 인해 노드의 출현과 소멸 상태에 따라 동적으로 디렉토리 서비스에 요구되는 DB정보를 갱신할 수 있어야 한다. 기존의 디렉토리 서비스들은 갱신보다는 검색에 최적화가 되어 있다. 또한 기존의 디렉토리 서비스와 연관된 이벤트 서비스 등의 관련 서비스를 USN 디렉토리 서비스의 지원에 적합하도록 최적화할 필요가 있음을 의미한다. 이외에도 USN디렉토리 서비스 설계 시 그리드와 같은 기존의 광역 분산 컴퓨팅 환경 미들웨어와의 서비스 연계 문제와 개방형 서비스를 지원할 수 있는 SOA(Service Oriented Architecture)에 대한 고려도 필요하다.

3. 디렉토리 서비스 설계

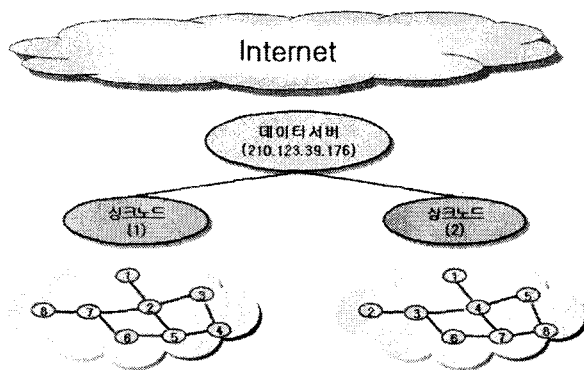
본 논문은 네이밍 서비스에 중점을 두어 디렉토리 서비스를 설계 하였다. 네이밍 서비스의 주요 요소는 각 자원을 식별할 수 있는 주소체계와 각 자원을 호출할 수 있는 이름 체계, 그리고 이름을 바탕으로 주소나 그 외의 속성을 들려줄 수 있는 Lookup 체계이다. 따라서 본 절에서는 먼저 USN 노드들을 식별 할 수 있는 주소 체계에 대해 언급하고 이어서 호출 할 수 있는 이름 체계에 대해 논한다. 마지막으로 이름을 주었을 때 그 노드의 속성을 들려주는 Lookup 시나리오에 대해 기술한다.

3.1 주소 체계

2절에서 언급했듯이 WSN노드에게 전역적으로 유일한 식별자를 할당하는 것은 통신오버헤드 및 에너지 효율을 떨어뜨린다[6,7]. 또한 IP주소를 사용할 경우 IP자원 고갈 문제가 발생한다. 따라서 각 WSN에 지역적인 식별자를 사용하는 것을 고려하여 주소체계를 고안하였다.

[그림 1]에서와 같이 인터넷과 연동된 USN망은 데이터 서버와 싱크노드와 센서노드 계층으로 구성된다[1]. 데이터 서버는 직접 인터넷과 연결되어 있고 IP주소가 할당된다. 하나의 데이터 서버에는 한 개 이상의 싱크노드가 연결 될 수 있고 각 싱크노드는 일련번호가 주어진다. 또한 싱크노드와 연결 된 센서노드들도 역시 일련번호가 주어진다. 이러한 데이터서버의 IP주소와 싱크노드의 일련번호와 센서노드의 일련번호를 조합해서 각 노드를 식별하며 주소체계는 다음과 같다.

데이터 서버 IP주소 :: 싱크노드 번호 . 센서노드 번호



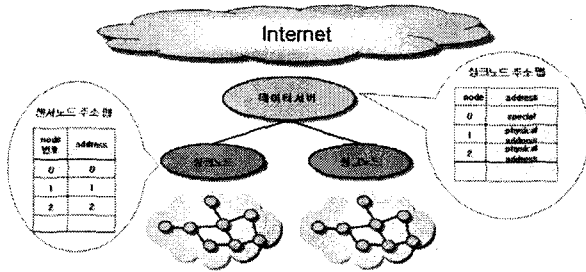
[그림 1] 주소체계 구성의 예

[그림 1]은 각 싱크노드와 센서노드의 주소 예를 보여준다. 데이터서버가 210.123.39.176의 IP주소를 가지고 있고 싱크노드가 각각 일련번호 1과 2를 할당 받고 각 싱크노드 아래 센서노드들이 일련번호를 부여 받았을 때 싱크노드 1의 주소는 210.123.39.176::1 이고 싱크노드 1의 센서노드 5의 주소는 210.123.39.176::1.5가 된다.

이러한 주소체계를 위해서는 데이터서버와 싱크노드에 각기 싱크노드와 센서노드를 매핑 시켜 줄 수 있는 매핑 테이블이 필요하다. 이 테이블을 이용하여 일련번호에 해당하는 실제 싱크노드나 센서노드에 접근하게 된다. [그림 2]는 매핑 테이블의 예를 보여준다. [그림 2]에서 싱크노드 주소 맵에서 0번은 싱크노드가 직접 인터넷에 연결 되고 데이터서버의 역할까지 담당할 때를 대비한 일련번호이다. 만약 싱크노드가 데이터 서버의 역할을 담당하고 IP주소 210.123.39.176을 가진다면 해당 싱크노드의 주소는 210.123.39.176::0 이 된다.

이 주소체계의 장점은 기존의 IP주소 체계를 확장한 것이기 때문에 기존 네이밍 시스템을 변경하지 않아도 된다. 또한 데이터서버에만 IP주소가 할당되고 싱크노드와 센서노드는 일련번호를 가지기 때문에 IP주소 자원을 적게 사용한다. 그러나 문제점으로는 alias문제와 이동형 노드 문제가 있다. alias문제는 싱크노드가 데이터서버와 연결되고 동시에 IP주소를 가지고 있을 때 새로운 주소체계와 기존의 IP주소를 동시에 가지게 된다. 이동형 노

드 문제는 만약 센서노드가 다른 싱크노드로 이동한다면 해당 센서노드의 주소가 변하게 되고 만약 싱크노드가 이동한다면 싱크노드 자신과 속해있던 센서노드들의 주소가 모두 변하게 된다.

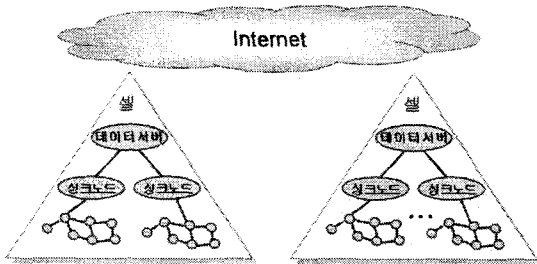


[그림 2] 매핑 테이블 예

3.2 이름 체계

USN 자원의 이름은 USN환경에서 유일하여야 하며 이름 체계는 주소체계를 고려하여 설계되어야 한다. 따라서 USN 자원을 호출하기 위한 이름체계는 WSN노드에 대해 USN환경에 전역적으로 유일하면서도 WSN에 지역적으로 명명될 수 있는 특성을 가져야 한다. 이러한 특성은 DCE의 이름체계와 유사하게 전역 이름이 지역 이름을 포함하도록 하는 이중 구조의 이름 체계가 적합하여 DCE의 이름 체계를 참조하여 고안하였다[8].

[그림 3]과 같이 USN환경은 셀(Cell) 단위로 구성된다. 셀은 데이터서버와 싱크노드, 센서노드들을 특정 기준에 따라 묶어서 형성한다. 기준은 목적, 관리, 보안, 성능 등이 될 수 있다. 그리고 각 셀에는 셀 내부의 노드들의 이름과 주소를 관리하는 CDS(Cell Directory Service)서버가 존재한다.



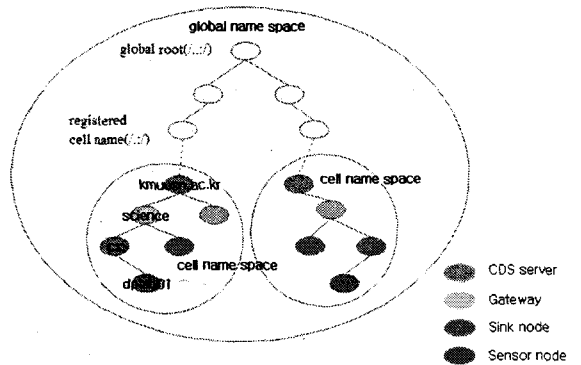
[그림 3] 셀 구성

이름 체계는 인터넷 계층과 셀 계층에서의 이름으로 구성된 2계층의 이름 체계를 사용하게 된다. 인터넷 계층은 Global name space을 사용하고 셀 계층에서는 Cell name space를 사용한다. Global name space과 Cell name space를 가지게 되므로 두 개의 이름 형식을 필요로 하게 되며 이를 구분 할 수 있게 하기 위해 Full name과 Local name으로 나눈다. 각 형식은 다음과 같다.

Full name - /./Cell name/Cell local name
Local name- /./Cell local name

여기서 Cell name은 셀을 대표하여 DNS에 등록된 CDS 서버의 도메인 네임이다. Cell local name은 데이터서버 이름과 싱크노드 이름과 센서노드 이름으로 구성된다. Cell local name은 다음과 같이 나타낸다.

Dataserver name/Sink node name/Sensor node name

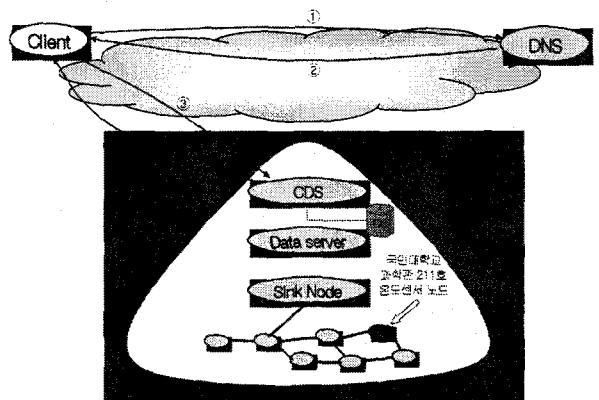


[그림 4] 이름 체계 예

[그림 4]를 예로 들면 센서노드의 Full name은 /./kmuusn.ac.kr/science/cs/dplab01 이고 Local name은 /./science/cs/dplab01 이다.

3.3 Lookup 시나리오

앞에서 제시한 주소체계와 이름 체계를 바탕으로 한 Lookup 시나리오는 [그림 5]와 같다.



[그림 5] Lookup 시나리오

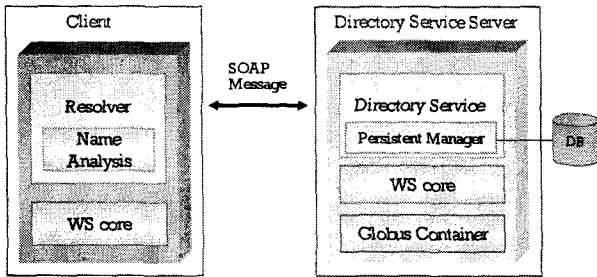
먼저 클라이언트는 CDS서버의 IP주소를 얻기 위해서 Full name안의 Cell name을 가지고 DNS 서버에 질의한다. DNS 서버는 Cell name에 해당하는 IP주소를 클라

이언트에게 반환하고 클라이언트는 IP주소에 해당하는 CDS 서버에 Local name에 해당하는 노드의 정보를 질의한다. 마지막으로 CDS서버는 Local name에 해당하는 노드의 정보를 반환한다.

4. 디렉토리 서비스 구현

본 논문은 기존의 그리드와 같은 광역 분산 컴퓨팅 환경 미들웨어와 서비스를 연계하고 SOA를 지원하도록 하기 위해 Globus toolkit 4[9,10]에서 제공하는 WS-core를 이용하여 웹서비스 및 WSRF 기반으로 디렉토리 서비스를 구현하였다. 그리고 일반적인 네이밍 서비스에 중점을 두었다.

디렉토리 서비스 시스템 구조는 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 디렉토리 서비스 시스템 구조

구조는 클라이언트와 서버의 둘로 나눌 수 있다. 클라이언트는 디렉토리 서비스에 Lookup을 요청하는 클라이언트이다. 클라이언트 컴포넌트는 WS-Core와 WS-Core기반의 Resolver로 구성된다. WS-Core는 Globus toolkit 4에서 제공하는 웹서비스 사용이나 구축을 위한 기본적인 런타임 컴포넌트이다. Resolver는 USN 노드의 이름을 주소로 사상하거나 USN노드의 메타데이터를 얻기 위해 디렉토리 서비스 서버에 접속하고 API를 호출하는 목적으로 구성되어 있다. Resolver 안에는 Name Analysis 모듈이 있어서 주어진 네임(Full name)을 Cell name과 Cell local name으로 나누고 디렉토리 서비스 서버의 도메인 네임을 생성할 수 있게 한다.

서버의 컴포넌트는 Globus Container와 WS-Core 및 Directory service로 구성된다. Globus Container는 구축한 웹서비스를 등록하여 실제로 운영할 수 있게 해주는 서버이다. Globus Container에는 웹서비스를 위한 SOAP 엔진이 포함되어 있고 WS-Core는 클라이언트의 WS-Core와 같이 웹서비스를 구축하거나 사용할 때 필요한 라이브러리로 구성된 런타임 컴포넌트이다. Directory service는 USN노드들의 메타데이터의 등록, 삭제, 갱신, 조회를 담당하는 API들을 구현한 웹 서비스이다. 클라이언트들은 이 API를 호출하여 필요한 서비스를 요청하게 된다. Directory service 내부에서는 Persistent Manager가 있어서 이를 통해 들어온 요청을 SQL문으로 변환하여 DB에 접근하고 메타데이터를 등록하거나 갱신, 삭제, 조회하게 된다.

디렉토리 서비스가 제공하는 API는 <표 1>과 같다.

<표 1> 디렉토리 서비스 API

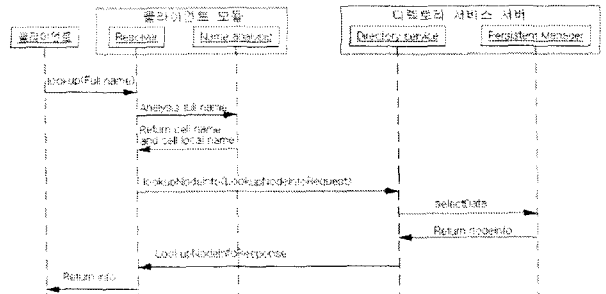
API	기능
insertNodeInfo	USN노드의 메타데이터 등록
updateNodeInfo	USN노드의 메타데이터 갱신
deleteNodeInfo	USN노드의 메타데이터 삭제
lookupNodeInfo	USN노드 메타데이터 조회

디렉토리 서비스 DB에 저장되는 USN노드의 메타데이터 항목은 <표 2>와 같다.

<표 2> USN 노드 메타데이터

항목	설명
Name	노드의 이름
Address	노드의 주소
Role	노드의 역할(센서 또는 싱크노드 또는 데이터서버)
Function	센서노드의 기능(온도 체크, 습도 체크 등)
Dataserver	노드가 속한 데이터서버 이름
Sinknode	노드가 속한 싱크노드 이름
Location	노드의 위치
Description	기타 설명

[그림 7]은 클라이언트와 서버사이의 Lookup 동작을 보여주는 시퀀스 다이어그램으로 노드의 Full name으로 해당 노드의 속성 정보를 얻어오는 과정이다.



[그림 7] Lookup 시퀀스 다이어그램

클라이언트는 클라이언트 모듈인 Resolver의 lookup API를 호출한다. 이때 인자로 조회할 USN 노드의 Full name을 전달한다. Resolver는 인자로 받은 Full name을 Cell name과 Cell local name으로 나누고 Cell name으로 실제 디렉토리 서비스를 제공하는 서버에 접속한 후 lookupNodeInfo API를 호출한다. 이 때 request메시지로 LookupNodeInfoRequest를 생성하여 Cell local name을 전달한다. Directory service는 전달받은 Cell local name으로 DB를 검색하여 cell local name에 해당

하는 메타데이터를 검색하여 LookupNameInfoResponse 메시지로 해당 노드의 메타 데이터를 전달한다. Resolver는 받은 LookupNodeInfoResponse 응답 메시지를 분석하여 메타데이터를 추출하고 클라이언트에 반환한다. 디렉토리 서비스는 웹서비스로 API를 제공하기 때문에 클라이언트와 SOAP통신을 하며 XML로 데이터를 주고받는다.

- [8] DCE. <http://www.opengroup.org/dce/>
- [9] Globus. <http://www.globus.org/>
- [10] B. Sotomayor and L. Childers, GLOBUS TOOLKIT 4 programming java services, Morgan Kaufmann, 2006

5. 결론 및 향후 과제

RFID/USN은 u-Korea를 구현하는 핵심 인프라로서 무한한 성장 잠재력을 내포하고 있으며 향후 인터넷에 이어 산업 전반에 커다란 변혁을 가져올 수 있는 분야로 대두되고 IT839정책에 따라 관심이 증대되어 USN에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 앞으로 USN인프라가 구축되면 USN 어플리케이션들도 역시 빠르게 증가할 것이다. USN 인프라 기반의 어플리케이션 개발이 쉽도록 하기 위해서는 USN미들웨어가 필요하며[1] 그 핵심 요소 중 디렉토리 서비스 필요하다. 그러나 WSN의 특성을 고려할 때 기존의 디렉토리 서비스를 USN인프라에 그대로 적용하기에는 문제점이 있다.

본 논문에서는 USN환경에 맞는 주소체계와 이름체계를 논하고 이를 바탕으로 디렉토리 서비스를 설계 및 구현하였다. 그러나 주소체계의 alias문제나 이동형 노드문제에 대한 연구가 필요하다. 또한 그리드와 같은 광역 분산 컴퓨팅 환경 미들웨어와 서비스를 연계하고 SOA를 지원하는 데에 대한 연구도 계속 이루어져야 한다. 앞으로 계속 WSN노드의 특성에 적합하고 USN환경에 알맞은 디렉토리 서비스와 이를 위한 주소체계 및 이름 체계에 대한 연구가 더욱 필요하다 하겠다.

6. 참고 문헌

- [1] 김영만, "USN 인프라 서비스 지원을 위한 계층적 미들웨어 플랫폼 구조" 한국정보처리학회지, vol.12 no.5 pp.52-65. 2005
- [2] G. Coulouris, J. Dollimore and T. Kindberg, Distributed systems concepts and design (4th ed.), Addison Wesley, 2005
- [3] 한국 전산원, "디렉토리 서비스 기술 동향 연구: X.500과 LDAP", 2002
- [4] Microsoft Corporation. <http://www.microsoft.com>
- [5] UDDI. <http://www.uddi.org/>
- [6] M. Ali and Z. A. Uzmi, "An Energy-Efficient Node Address Naming Scheme for Wireless Sensor Networks", International Conference on Networking and Communication, pp.25-30, June 2004
- [7] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, D.k. Ganesan, "Building efficient wireless sensor networks with low-level naming", ACM SIGOPS, vol.35 no.5, October 2001