

분산 USN 디렉토리 서비스를 위한 메타데이터 검색 모델

강경구, 강지훈, 김보라, 박지혜, 안성제, 유현석, 한재일

국민대학교 컴퓨터공학부

Metadata Search Model for the Distributed USN Directory Service

Ahn Seong-Je, Kang Kyung-koo, Kang Ji-Hoon, Yu Hyun-Seok,
Park Ji-Hye, Kim Bo-Ra, Han Jae-Il
Dept of Computer Science, Kookmin University
E-mail : sisio84@gmail.com

요 약

USN의 발전으로 인해 인간 중심의 정보화 사회에서 사물 간에도 정보들을 유기적으로 결합하여 활용하는 유비쿼터스 컴퓨팅 사회로 급격히 변모하고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 인프라를 성공적으로 구축하기 위해서는 센서노드에 대한 기술의 발전과 함께 USN 미들웨어에 대한 연구가 필요하다. USN의 핵심기술 중 하나인 USN 미들웨어는 시스템 소프트웨어로써 USN 응용에서 USN 계층의 자원과 데이터를 쉽게 활용할 수 있도록 다양한 기본 서비스를 제공한다. USN 디렉토리 서비스는 이와 같은 USN 미들웨어의 핵심 컴포넌트로서 USN 응용이 필요로 하는 USN 자원에 대한 정보를 검색하는 기능을 수행한다. 분산된 USN 자원에 대한 메타데이터의 효율적인 검색은 분산된 환경에서의 USN 디렉토리 서비스의 핵심요소이며 최근 이에 대한 연구가 보이고 있다. 분산 USN 디렉토리 서비스에서의 메타데이터 검색 모델은 크게 중앙 집중식(Centralized) 모델, 계층식(Hierarchical) 모델, P2P(Peer-to-Peer) 모델이 있다. 그러나 현재 메타데이터 검색 모델에 대한 연구는 원하는 메타데이터를 찾기 위한 서버 검색 회수만을 대상으로 하고 있으며 실제 단말 간 응답시간에 영향을 미치는 지연시간은 고려하지 않고 있다. 본 논문은 실제 단말 간 응답시간에 영향을 미치는 검색회수와 지연시간을 고려한 하이브리드 모델을 제안하고, 하이브리드 모델이 계층 모델에서 검색 시 불필요한 검색횟수의 증가와 P2P 모델의 광범위한 지역에서 응답시간이 증가하게 되는 단점을 개선할 수 있음을 보인다.

I. 서론

USN 응용분야와 시장이 급격히 확대됨에 따라 USN에 대한 관심이 사회 전반적으로 증대되고 있다[1]. 국내의 경우 u-Korea 비전과 세계적인 USN 기술을 확보하여 세계 시장을 선점하고자 하는 IT839 정책을 실시하고 있으며 세계 각국에서는 보안, 군사, 환경, 교육, 사무 등 여러 측면에

서 활발히 연구를 진행 중이다[1, 2]. 빠른 속도로 확산되어 가는 USN으로 인해, 다양한 센서 네트워크의 표준화된 인터페이스를 제공해주는 USN 미들웨어에 대한 연구도 활발히 진행됨은 물론 점차 그 기능이 확대되고 복잡해지고 있다. USN 디렉토리 서비스는 이와 같은 USN 미들웨어의 핵심 컴포넌트로서 USN 응용이 필요로 하는

USN 자원에 대한 정보를 검색해 주는 기능을 제공한다[3]. 초기의 USN 미들웨어는 특정 응용서비스만 지원 가능 하도록 제한되어 매우 단순한 기능을 가졌으나, 최근에는 USN 응용 서비스 모델이 상호 통합되고 복잡해짐에 따라 USN 미들웨어에 대한 요구사항도 점점 복잡해지고 있다. 이에 따라 센서노드의 제한된 자원으로 인해 제공할 수 없는 기능을 보다 효율적이고 일관성 있게 지원하기 위한 미들웨어 서비스가 필요하다. USN 디렉토리 서비스는 위에 언급한 미들웨어의 핵심 기능 중 센서 네트워크 상태에 대한 메타데이터를 실시간으로 관리하면서 USN 자원에 대한 사용자 질의를 처리해 주기 위한 것이다[4]. 그러나 기존의 디렉토리 서비스 기술은 USN 핵심 요소인 WSN(Wireless Sensor Network)의 통신 불안정성이나 응답 지연 시간 등의 특성을 고려하지 않아 USN 디렉토리 서비스에 실제 적용하기 어렵다[1]. 기존 USN 디렉토리 서비스에 대한 연결 모델의 대표적인 예로 중앙 집중식 모델, 계층식 모델, P2P 모델이 있다. 광범위한 지역에 확산되는 USN을 효율적으로 연결하기 위해서는 적은 검색 횟수를 갖고 요청에 대한 응답시간이 기존 모델보다 효율적인 모델의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 기존의 모델에 대한 단점을 극복하기 위하여 P2P 모델과 계층식 모델이 결합된 형태인 하이브리드 모델을 제안한다. 하이브리드 모델은 세계 각 지역에 퍼져있는 USN들에 대해 근거리 지역은 계층 모델로 묶고 각 계층 모델의 루트 서버들을 P2P 모델로 연결하여 좁은 지역뿐만 아니라 광범위한 지역에 퍼져있는 USN들에 대한 빠른 검색이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 기존에 연구되어 왔던 USN 디렉토리 서비스 검색 모델들과 함께 관련 연구들을 기술하며, 3장은 이들이 병합된 형태인 하이브리드 모델의 특성에 대하여 논한다. 4장은 기존 모델과 하이브리드 모델에 대한 검색 횟수와 응답시간에 대한 시뮬레이션 결과와 기술하며, 5장은 결론 및 앞으로의 연구 방향을 논한다.

II. 관련 연구

1. DNS(Domain Name System)

DNS란 컴퓨터 이름을 IP 주소로 변환, 해석해 주는데 사용되어지는 분산된 데이터베이스를 유지하는 서버이다.

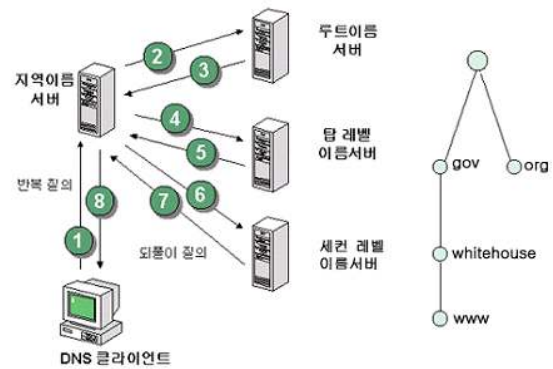


그림 1. DNS 질의 과정

[그림 1]의 DNS 질의 과정을 보면 DNS 서버는 지역이름 서버라는 중앙서버로 질의를 요청하여 각 하위 서버와 질의를 주고받는 중앙 집중식 모델을 갖는다. DNS 클라이언트에 요청되는 질의는 지역 이름 서버에 연결되고 지역 이름 서버가 루트 이름 서버, 탑 레벨 이름서버, 세컨 레벨 이름서버들이 모두 연결되어 있어 질의 처리과정의 정형화 되어 검색 횟수가 안정적이다. 그러나 지역 이름 서버에 과도한 질의가 들어올 경우 바로 처리되지 못해 응답시간이 길어지게 된다. 따라서 이러한 질의 방식은 수많은 센서 노드들의 메타데이터를 실시간으로 관리해야 하는 분산 USN 환경에 적합하지 않다.

2. X.500 디렉토리 서비스 (DAP, LDAP, OID)

X.500은 현재 ITU-T에서 제정한 유일한 범용 디렉토리 표준이다. X.500 디렉토리 정보 트리(Directory Information Tree, DIT) 내의 모든 엔트리들은 속성들의 집합으로 되어 있다. 그리고 각 속성들은 하나의 유형을 가지며 하나 이상의

값을 가질 수 있다. 애플리케이션이나 사용자는 디렉토리 사용자 에이전트(Directory User Agent) 즉, DUA를 통해 디렉토리에 접근한다. DUA는 DAP(Directory Access Protocol)으로 디렉토리 시스템 에이전트(Directory System Agent) 즉, DSA에 디렉토리 질의 요구를 보낸다. 디렉토리 자체는 하나 이상의 DSA로 이루어져 있으며, DSA는 상호간에 정보교환을 통해 디렉토리 정보를 공유한다.

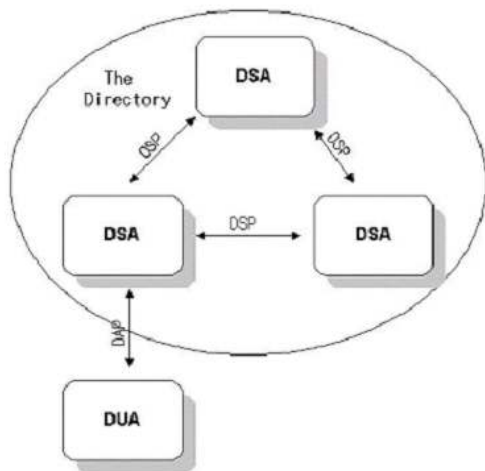


그림 2. X.500 질의 과정

X.500과 같은 계열의 디렉토리 모델로 DAP(Directory Access Protocol), LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)가 있으며 최신버전으로 LDAPver3을 이용하여 구현한 ADS(Apache Directory Server)[5], OID(Oracle Internet Directory)[6], Novell eDirectory[7]이 있다. 디렉토리 기술의 표준은 X.500 계열이 거의 유일하고 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 이 표준은 그 구현된 제품들이 너무 크고 복잡하며, OSI 프로토콜 스택을 필요로 하기 때문에 분산 USN 환경의 수많은 센서 노드들을 관리하기에는 부적합하다.

3. USN 디렉토리 서비스 모델

기존의 분산 USN 디렉토리 서비스의 메타데이터 검색 모델에는 크게 중앙 집중식 모델, 계층식 모델, P2P모델이 있다. 중앙 집중식 모델은 하나

의 서버에 모든 센서 노드의 메타데이터 자원정보가 저장되어 있다. 한 개의 중앙 서버에 모든 USN이 연결되어 있어 메타데이터 검색이 한 번에 처리된다. 그러나 하나의 서버에 모든 데이터가 저장되어 있어 많은 질의 요청에 대해 서버 과부하나 오버헤드가 발생한다.

계층식 모델은 지역별로 담당하는 서버를 나누어 데이터가 하나의 서버에 집중되는 것을 방지하여 중앙 집중식 모델의 단점을 보완하였다. 검색회수가 안정적이고 인접한 노드의 메타데이터 검색이 효율적이거나 부모 서버가 다른 경우 인접한 지역임에도 최상위 루트 서버를 경유해야 하는 단점이 있다.

P2P 모델은 소수의 서버가 전체를 관리하는 것이 아닌 각 서버 간의 직접적인 연결을 통해 메타데이터 검색을 실행한다. 메타데이터를 관리하는 서버 연결에 최대 $\log N$ 의 적은 검색 횟수를 갖는다[8]. 그러나 서비스 지역이 넓어짐에 따라 검색을 위하여 경유해야 하는 Peer들 간의 거리가 멀어져 해당 메타데이터를 찾기 위해 먼 거리를 경유해야 하는 단점이 있다.

기존 USN 디렉토리 서비스의 검색 모델은 검색회수만을 기준으로 효율성을 판단하였고 실질적인 단말 간 응답시간에 영향을 주는 연결 거리에 따른 지연 시간은 고려하지 않았다. 그리하여 서비스 지역의 범위와 센서 노드들의 분포 변화에 따라 결과 값이 변동되는 불안정한 모델이 되었다. 본 논문은 실제 단말 간 응답시간에 영향을 미치는 검색회수와 지연시간을 고려하여 안정적인 검색 회수와 응답시간을 갖는 하이브리드 모델을 제안한다.

III. 하이브리드 모델

하이브리드 모델은 [그림 3]에서 보는 바와 같이 가까운 지역의 USN들은 계층 모델로 구성되고 그 계층 모델의 루트서버들을 P2P방식으로 묶는 모델이다.

이러한 모델로 인하여 순수 계층 모델에서 다른 지역에 존재하는 해당 USN을 검색하기위해 반드시

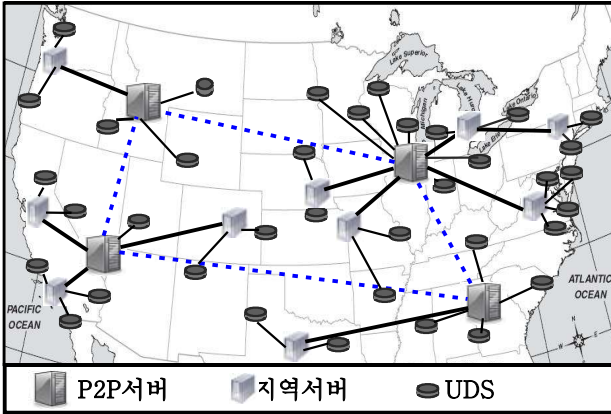


그림 3. Hybrid Location Service 예시
 시 최상위 루트서버를 경유해야 했던 단점을 보완하였고, 각 루트서버에 저장된 ID-IP쌍을 참조하여 해당 USN이 존재하는 지역의 서버로 바로 연결하도록 하였다. 피어들의 수를 줄여 응답시간이 큰 피어를 경유하면서 발생하는 오버헤드를 줄이면서도 적은 횟수로 검색이 가능한 P2P의 장점을 유지하였다.

하위의 계층 모델에서 지역 서버들은 USN들의 실제 ID-IP쌍을 저장하게 된다. 이렇게 하여 지리적으로 가까운 노드에 대한 정보가 같은 중단 노드에 저장되어 연관된 센서 네트워크나 센서 노드에 대한 정보를 빨리 얻을 수 있다.

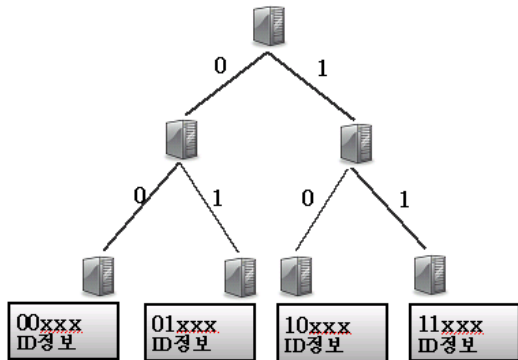


그림 4. 하위 계층 구성

상위의 P2P모델의 각 피어들은 전체 피어들의 ID-IP쌍을 가지고 있어 해당 지역 루트서버로 바로 연결할 수 있도록 한다. 이렇게 하여 순수 계층 모델에서 루트서버로 연결하는 지연시간을 줄이고, 피어들을 지역 루트서버들로만 구성하여 거리가 먼 피어들의 수를 줄여 P2P의 장점을 최대한 유지하도록 하였다.

사용자가 외부에서 Open API 모듈을 거쳐서 서버에 요청을 하면 서버에서는 사용자의 요청의 유효성을 판단하고 문제가 없으면 요청의 종류(조회, 등록, 삭제, 수정)를 파악하여 해당하는 서비스 매니저를 호출한다. 여기서 사용자의 요청은 현재의 UDS(USN Directory Service)에서 처리가능

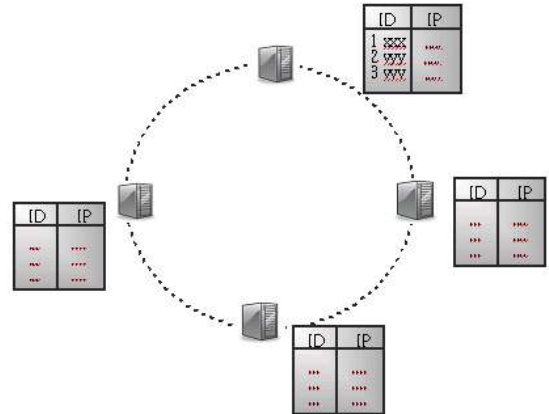


그림 5. 상위 P2P 구성.

하다는 가정 하에서 수행하고 만약 정보가 존재하지 않는 경우에 하이브리드 디렉토리 서비스를 통해 해당 UDS 서버로 연결하여 요청된 작업을 처리한다. 해당 USN을 찾아 말단 서버에서부터 한 레벨씩 상위 서버로 올라가며 검색하다가 지역 루트서버까지 올라온 경우 저장된 ID-IP쌍을 참조하여 다른 지역 루트서버에 P2P 방식으로 연결하여 다시 해당 USN을 찾아 내려간다.

IV. 시뮬레이션

[그림 6]은 유럽과 중앙아시아 일부 지역의 실제 지도를 바탕으로 하여 지역별로 UDS가 존재하는 영역을 표시하였다. UDS는 유럽 지역 총 16개 대도시에 존재하고 계층 모델은 전체 지역을 일정 간격으로 분할하여 높이 2의 트리 형태로 만들었다. P2P는 별도의 서버가 존재하지 않고 USN이 각각 하나의 피어가 되어 연결된다. 하이브리드 모델은 계층 모델에서 루트서버를 삭제하고 각 지역 서버들이 서로 P2P로 연결된다. UDS가 존재하지 않는 영역에서는 서버가 존재할 필요가 없다.

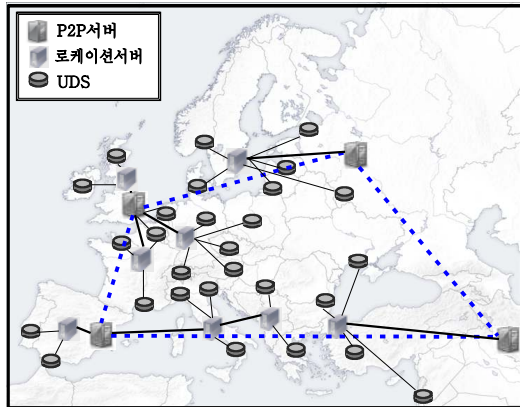


그림 6. 좁은 지역의 UDS 서버 분포도

	계층 모델	P2P	하이브리드
응답시간(ms)	22	20	20
검색 횟수	3	2	2

표 1. 각 모델의 성능 비교

[표 1]은 USN서버 모델에 대한 요청 지연 시간의 평균을 나타내고 있다. 응답시간은 각 USN 노드와 서버 또는 서버와 서버간의 거리와 전파의 속도를 이용하여 구하였다. 계층 모델에 비해 P2P와 하이브리드 모델이 보다 더 빠른 응답시간을 보인다.

[그림 7]은 세계 지역의 실제 지도를 바탕으로 하여 지역별로 UDS가 존재하는 영역을 표시하였다. UDS는 세계 총 50개 대도시에서 존재하고 계층 모델은 전체 지역을 일정 간격으로 분할하여, 높이 4의 트리 형태로 만들었다. P2P는 별도의 서버가 존재하지 않고 각 USN이 각각 하나의 피어가 되어 연결된다. 하이브리드 모델은 계층 모델에서 루트서버를 삭제하고 계층 모델에서 2 레벨에 해당하는 서버들이 서로 P2P로 연결된다. UDS가 존재하지 않는 영역에서는 루트 서버가 존재할 필요가 없다.

	계층 모델	P2P	하이브리드
응답시간(ms)	84	105	75
검색 횟수	6	2	5

표 2. 각 모델의 성능 비교

[표 2]는 세계 전역 UDS서버 모델에 대한 요청 응답 시간의 평균을 나타내고 있다. 응답 시간은 전 세계에 위치한 서버와의 거리와 전파의 속도를 이용하여 구한 것이며, 표를 통해 가장 응답시간이 적음을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과의 검색횟수에서는 P2P가 가장 우수한 모델이지만 실제 지리적 환경을 고려한 네트워크

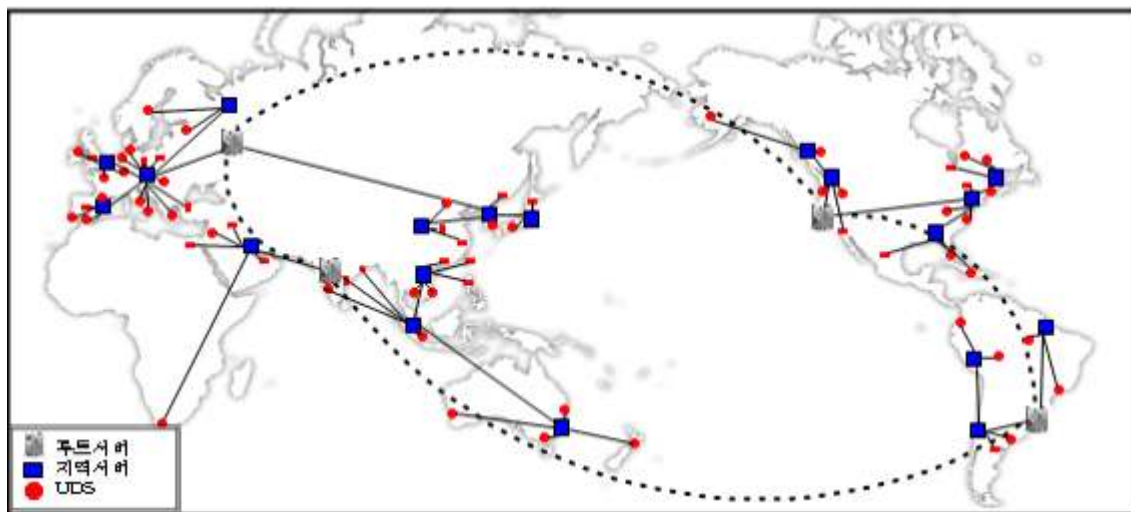


그림 7. 넓은 지역의 UDS 서버 분포도

응답 시간을 적용하게 되면 두 방식을 조합한 것이 가장 효율적으로 작동한다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

USN 기술은 국방, 유통 건강관리, 건물 및 구조물 안전관리 농촌, 산불 방지 및 환경 관리 등 응용분야가 사회 전반에 걸쳐 확대되고 있어 향후 미래 산업으로 높게 평가 받고 있다. 한국전자통신연구원(ETRI)이 조사한 전망치를 보면 세계 USN 시장은 연평균 25.5%의 고성장을 통해 2010년에 장비 및 부품 등 하드웨어 분야에서 278.5억 달러, 애플리케이션 및 서비스 분야에서 162.3억 달러로 총 440.8억 달러의 시장을 형성할 것으로 예측된다. 추가적으로 RFID 시장을 합하면 시장 규모는 541억 달러에 달하는 시장이 형성될 것으로 전망된다.

또한 정부는 25차 경제정책조정회의에서 2008년도 RFID/USN 중점 확산 사업의 구체적인 사업 규모와 내용을 담은 'RFID/USN확산 종합대책의 세부 추진계획'을 확정하였다. 계획에 따르면 국방, 식·의약품, 농·수·축산, 의료, 복지, 물류, 유통 기상·해양 등 8대 분야 17개 중점과제를 선정하여 집중적인 예산지원 및 사업을 추진하고 있다.

이에 따라 국내·외에서 센서노드와 관련한 하드웨어 기술, 네트워크, USN 응용 애플리케이션 등 USN 관련 연구가 많이 진행되고 있다. 그 중 USN 응용에서 USN 계층의 자원과 데이터를 쉽게 활용할 수 있도록 다양한 기본 서비스를 제공하는 USN 미들웨어의 중요성이 증가하고 있다. USN 디렉토리 서비스는 USN 응용에서 필요한 USN 자원에 대한 정보 검색을 담당하는 USN 미들웨어의 주요 컴포넌트로서 USN 응용 애플리케이션의 핵심이다. 하지만 기존의 디렉토리 서비스는 USN 환경에서 적합하지 않으며 기존 USN 검색 모델들 또한 연결 구조에 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 검색 모델보다 자원 정보의 효율적인 검색을 위해 하위의 계층 모델과 상위의 P2P 모델을 갖는 하이브리드 디렉토리 서비스 검색 모델을 제안하였다.

향후 하이브리드 모델의 다른 변형들의 실험과 함께 실질적인 센서 노드의 분포 상황에 최적화된 하이브리드 모델을 찾는 추가적인 연구를 진행할 것이다. 현재 USN 디렉토리 서비스 검색 모델에 대한 상용화된 모델이 없고 국제적인 표준도 없지만 이와 같은 연구와 향후 심도 있는 추가적인 연구를 통해 USN 표준화 및 응용 서비스의 상용화 작업에 영향을 미칠 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 정부만, "Ubiquitous Sensor Network 응용 서비스", 한국 전산원, 2005
- [2] 문진모, 양정승, 전준혁, 한재일, 이용준, 오세원, "USN 활용을 위한 디렉토리 서비스 설계 및 구현", 한국정보과학회, 2006.
- [3] 김민수, 이용준, 박종현, "USN 미들웨어 기술개발 동향", 2007
- [4] 한국 전산원, "디렉토리 서비스 기술 동향 연구: X.500과 LDAP", 2002
- [5] Apache Directory Service, <http://directory.apache.org/>
- [6] Oracle Internet Directory, <http://www.oracle.com/technology/products/oid/index.html>
- [7] Novell eDirectory, <http://www.novell.com/products/edirectory/>
- [8] chord 알고리즘: ``Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Protocol for Internet Applications'', Ion Stoica, Robert Morris, David Liben-Nowell, David R. Karger, M. Frans Kaashoek, Frank Dabek, Hari Balakrishnan, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 11, No. 1, pp. 17-32, February 2003. [.ps.gz] [.pdf] (A previous version appeared in Proceedings of SIGCOMM'01, San Diego, CA, August 2001, pp. 149-160.)
- [9] ETRI, <http://www.etri.re.kr/>