



특집

광역 USN 서비스를 위한 표준 기반의 센서 네트워크 모니터링 및 관리

김선양·이명애·한인교 (LG CNS)

I. 서론

'04년 정부의 IT839 전략 중 3대 첨단인프라의 하나로 선정된 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 구)정보통신부 주도의 USN 현장 시험 및 시범사업^[1]을 통해 USN 기술 및 다양한 USN 서비스를 시험, 검증하면서 관련 기술 및 산업의 발전과 더불어 법제도의 정비 및 표준화 활동 등을 통해 유비쿼터스 사회를 이루기 위한 기술적, 정책적, 제도적 기반을 준비해 왔다.

'05년 구)정보통신부와 구)건설교통부 주도로 추진되어 온 u-City(Ubiquitous City) 건설 사업에서도 USN은 기존 도시 및 신도시를 첨단 유비쿼터스 도시로 변화 시키는 핵심 인프라로서 인식되어,^[2] 현재 30여개 지자체를 중심으로 추진되고 있는 주요 u-City 사업과 USP(유비쿼터스 기반의 정보화 전략계획)에서 보건복지, 도시 기반 시설물 관리, 환경/재난재해 대응 등 다양한 분야에서 USN 기술을 활용한 서비스가 적용되고 있다.^[3]

USN 서비스의 구성 요소인 센서 네트워크는 일반적으로 작은 크기, 적은 메모리 및 낮은 프로세싱 능력을 지닌 센서 노드들로 이루어지는데,

<표 1> USN 현장시험('05~'06) 및 시범사업('07)

년도	수행기관	서비스 분야
'05	국방부	제주-해양환경
	케이엠아이	건설현장(콘크리트양생)
	동부정보기술	농산물 재배환경
'06	연세대	혈액/항생제
	현대정보	강원도-식물관리
	에스원	경주-문화재관리
	KT	인천송도-도시기반시설관리
	KT	제주-기상해양관측
'07	KMI	부산-교량관리
	대전	3대하천 생태복원
	해양수산부	RTLS u-Port
	도로공사	고속도로 시설물 관리
	제주	지하수 모니터링
	제주	어린이 환우를 위한 Blue Band 시스템
	대전	지능형 도시철도 및 지하동상가 안전모니터링
	경상북도	u-울릉도 독도 재난/재해 조기예보
	해양경찰청	해양안전관리
	국립해양조사원	기상/해양 관측 시범망 구축
어린이보호구역 안전시스템	사이버 경찰청	
진천군	u-Sports 지능형 스키장	
부산	터널 안전관리 모니터링	

〈표 2〉 주요 u-City 서비스

분 류	구현 및 예정 서비스
교통	지능형 교통신호 제어 서비스 불법 주차차 단속 서비스 버스 정보화 서비스
보건복지	건강 관리 서비스 독거 노인 안전 관리 서비스 응급 환자 이송 서비스 보건 시설 관리 서비스
도시기반 시설물 관리	지상 시설물 통합 관리 서비스 지하 시설물 통합 관리 서비스 원격 점검 서비스
환경/재난재해 대응	대기 오염 감시 및 관리 서비스 종합 환경 오염 관리 서비스 수질 감시 및 관리 서비스
행정지원	원격 민원 발급 서비스 전자 행정 정보 제공 서비스 시민 참여 행정 서비스
문화/관광	관광 정보 종합 안내 서비스 문화 행사 안내 서비스 문화재 관리 서비스

무선 채널을 통한 통신 기능을 가지며, 센서 노드가 배치된 주변의 현상이나 이벤트를 발견하는 동시에 데이터를 수집, 처리하여 관심 있는 사용자들에게 센싱된 정보를 전달하는 역할을 한다. 통상적인 센서 네트워크는 다음과 같은 특징을 갖는다.^[4]

- 센서 노드들의 협력을 통한 네트워크의 자가 구성
- 배터리 및 무선 통신 거리 제약으로 인한 멀티 홉 라우팅
- 밀집된 노드들 간의 무선 간섭을 고려한 통신 동기화
- 노드의 고장이나 주변 환경의 변화에 따른 무선 채널 감쇄로 인한 토폴로지의 변화
- 에너지, 전송 전력, 메모리, 컴퓨팅 능력의 제한

센서 네트워크의 이러한 제한적인 능력과 주

변 환경의 변화에 따른 서비스의 품질에 미치는 영향 때문에 센서 네트워크의 현재 동작 상태와 구성 정보, 이로 인한 서비스 품질의 저하 여부 등을 실시간으로 모니터링하고 관리하는 것이 필요하다.

현재 센서 네트워크를 모니터링하는 시스템들은 서비스의 요구사항 및 운영 환경의 특성에 따라 개별적으로 설계, 구축되고 있으며,^[5] 각 벤더마다 센서 네트워크에서 모니터링 가능한 정보의 대상과 방식은 각기 다르게 제공되고 있다.

u-City와 같이 여러 가지 USN 서비스가 상호 작용하며 융복합 서비스를 구성하고, 특정 지역에 설치된 소규모 센서 네트워크 서비스가 아닌 광역 USN 서비스를 제공해야 하는 경우, 기존의 비표준화된 센서 네트워크를 통합 모니터링하고 관리하는 것은 많은 비용과 노력이 들며 서비스가 각기 다른 모니터링 정보에 기반을 두므로 서비스의 신뢰성에도 문제가 생기게 된다.

따라서 광역 USN 서비스를 위한 표준화된 센서 네트워크 모니터링 및 관리 기술이 요구되며, 본 고에서는 센서 네트워크의 추상화 및 효율적인 이벤트 처리를 위해 제시되고 있는 다양한 형태의 USN 미들웨어와 국내 USN 미들웨어 관련 표준 및 표준에서 제시된 USN 메타데이터 중 센서 네트워크 모니터링 및 관리를 위한 동적 메타데이터에 대해 살펴보고자 한다.

II. USN 미들웨어

USN 미들웨어는 센서 노드 하드웨어와 서비스 애플리케이션 사이에 존재하며 하드웨어 종속적인 특징들을 추상화하여 센서 네트워크를 위해 필수적인 기능인 데이터의 수집, 이벤트 처리 매커니즘, 센서 네트워크 구성 관리 등의 기능

을 상위의 다양한 서비스 애플리케이션에게 숨김으로써 하드웨어에 종속적이지 않은 서비스의 구현이 가능하도록 한다.

현재 USN 응용 서비스에 따라서 다양한 형태의 USN 미들웨어들이 소개되었는데, 센서 네트워크를 하나의 분산된 데이터베이스로 정의하고, 쿼리 형식을 사용하여 센서 네트워크의 정보에 접근하는 데이터 처리 중심의 미들웨어인 Cougar와 SINA, 주기적으로 수집되는 정상적인 정보보다는 비정상적이거나 탐지 조건을 만족하는 상황을 인지하여 이벤트 정보를 전달하

는 이벤트 기반의 미들웨어인 DSWare, 응용에서 어느 센서들이 센싱된 데이터를 보낼 것인지, 각각의 센서들은 어떤 라우팅 기법으로 통신을 할 것인지 등의 내용을 사전에 기술하고 응용이 원하는 서비스 품질(Quality of Service: QoS)을 만족시키기 위해 최적화된 네트워크를 동적으로 구성하는 QoS 기반의 미들웨어인 MiLAN 등이 있다.^[6] MiLAN은 기존의 센서 네트워크 미들웨어가 응용과 센서 노드 하드웨어의 운영체제 사이에 위치하는 것과는 달리, 네트워크 프로토콜 스택을 확장한 구조를 가진다. 그리고 Server-side 미들웨어로서 센서 네트워크를 데이터베이스처럼 가정하여 다양한 유형의 SQL 형태의 쿼리를 지원하며, 이기종 센서 네트워크에 대한 추상화를 제공하는 COSMOS 미들웨어가 있다.^[7] 센서 노드 및 싱크 노드에 위치하는 In-network 미들웨어와 달리 Server-side 미들웨어는 응용 서비스의 효율적 지원을 위해 서버 시스템에 위치한다.

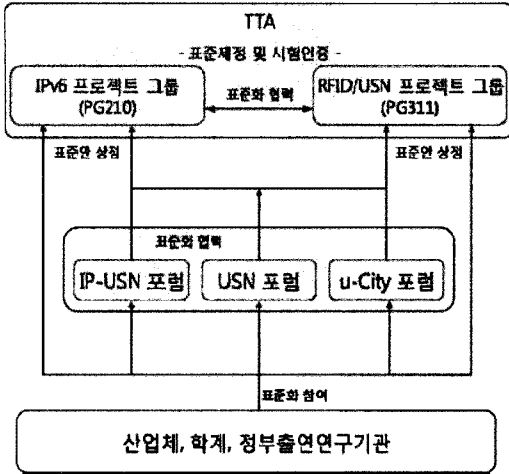
〈표 3〉 주요 USN 미들웨어별 특징^[7]

USN 미들웨어	주요 특징
TinyDB (Berkeley)	· 센서 네트워크를 가상의 분산 데이터베이스로 간주 · TinyOS 기반으로 동작, SQL-like 질의 지원 · 질의 수행 최적화 및 In-network Aggregation 지원
Cougar (Cornell)	· 모든 센싱 정보를 서버에 불러온 다음, DB 기반 접근 방식으로 질의를 처리함 · Server-side 미들웨어, SQL-like 질의 지원 · 질의 수행 최적화 지원
SINA (Delaware)	· Cougar와 유사한 Server-side 미들웨어, SQL-like 질의 지원 · 지리적으로 인접한 센서 노드들을 계층적 Cluster로 묶어서 관리
DSWare (Virginia)	· DB 방식으로 SQL-like 질의 지원 · In-network Aggregation 지원 · 센서 노드들에 대한 동적 그룹 관리 방법 지원
Milan (Rochester)	· USN 응용 시스템의 QoS 요구 처리 가능 지원 · QoS 요구와 센서 네트워크의 리소스를 비교 분석하여 센서 네트워크의 Lifetime은 최대화 하면서, QoS 요구를 최대로 만족시키고자 함
Impala (Princeton)	· 센서 노드 기능의 동적 갱신 지원 · Binary 명령어를 수행할 수 있는 모바일 코드 기술을 이용하여 노드의 기능을 실행 시에 동적으로 변경
Mate (Berkeley)	· 센서 노드 기능의 동적 갱신 지원(TinyOS 기반) · Byte code와 Virtual Machine(VM) 기반의 센서 노드 기능을 실행 시에 동적으로 변경할 수 있음
COSMOS (ETRI)	· 다양한 유형의 질의 지원(일시성, 연속성, 이벤트) · 대용량 센서 네트워크 환경에 대하여 대량의 동시 질의 처리 지원 · 이종의 센서 네트워크에 대한 추상화 기능 지원

III. USN 미들웨어 관련 표준

국내 USN 관련 표준화는 USN 포럼, IP-USN 포럼, u-City 포럼을 중심으로 진행되고 있으며, 표준안은 한국정보통신기술협회(TTA)의 RFID/USN 표준화 그룹(PG 311), IPv6 표준화 그룹(PG 210) 등에 제안되어 그룹별 연구 활동을 통해 국내 정보통신단체표준으로 제정된다.

포럼들 간에는 역할 분담 및 협력을 통해 표준의 공동 활용 및 효율적인 표준 개발을 진행하고 있는데, USN 포럼에서는 Non-IP 네트워킹 기술과 USN 응용 및 제반 기술 분야에 대한 표준화를 추진하고 있으며, IP-USN 포럼에서는 IP 네트워킹 기술을 바탕으로 센서 네트워킹, 라우



〈그림 1〉 국내 USN 표준화 체계^[8]

링, 관리 기술에 대한 표준화를 담당하고 있다. 또한 u-City 포럼에서는 u-City 현장 적용 및 응용 사례에서의 서비스 요구사항을 도출하고, 관련 응용 기술에 대한 표준화를 추진하고 있다.^[9]

현재까지 TTA에 제정된 USN 미들웨어와 관련된 표준은 미들웨어 플랫폼 참조모델, 센서 네트워크 공통 인터페이스, USN 메타데이터 모델 및 메타데이터 디렉토리 서비스 인터페이스 등이 있다.

특히 센서 네트워크 공통 인터페이스와 USN 메타데이터 모델은 USN 서비스가 센서 네트워크의 기능이나 특징, 인터페이스 등과는 독립적으로 구현 및 운영될 수 있는 기반을 제공한다. u-City와 같이 다양한 개별 USN 서비스와 USN 기반의 융복합 서비스가 존재하는 서비스의 경우, 센서 네트워크와 같은 USN 자원이 특정 서비스에 종속되지 않고 여러 서비스에서 공통으로 활용될 수 있도록, 센서 네트워크에 접근하는 공통 인터페이스와 USN 자원에 대한 표준 속성 정보를 기술하는 메타데이터 모델 및 해당

〈표 4〉 국내 USN 미들웨어 관련 표준

표준 제목	내용
USN 서비스 미들웨어 플랫폼 참조모델 (TTAK,KO-06,0170/R1)	USN 응용서비스 모델을 기반으로 서비스 미들웨어 플랫폼에 대한 요구 사항 및 USN 서비스 미들웨어 플랫폼 아키텍처 정의
센서 네트워크 공통 인터페이스 (TTAS,KO-06,0169/R1)	이기종 센서 네트워크와 이를 이용하는 호스트간 통신 프로토콜 및 센서 데이터의 유형별 표준 타입 정의
USN 메타데이터 모델 (TTAK,KO-06,0168/R1)	USN 자원에 대한 메타데이터의 데이터 모델 및 USN 자원 식별 체계 정의
USN 메타데이터 디렉토리 서비스 인터페이스 (TTAK,KO-06,0167/R1)	USN 자원에 대한 메타데이터를 관리 및 조회할 수 있는 디렉토리 서비스에 대한 규격 정의

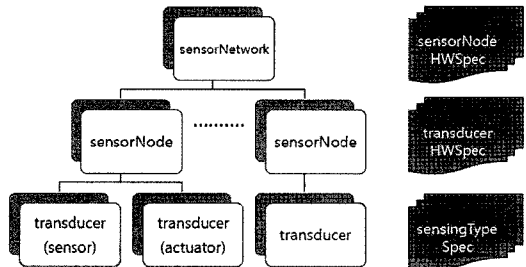
메타데이터에 접근하여 정보를 획득하는 표준 디렉토리 서비스 인터페이스를 정의하여 상호간에 활용하는 것은 필수적이다.

IV. 표준 기반의 센서 네트워크 관리

1. USN 메타데이터 분류

USN 메타데이터 모델은 USN 자원(센서, 센서 노드, 센서 네트워크 등)에 대한 정적, 동적 속성 정보들과 자원에 대한 식별 체계를 정의한다.

USN 자원을 구성하는 요소들 간의 관계를 보면, 센서 네트워크는 하나 이상의 센서 노드로 구성되며, 각 센서 노드는 다시 하나 이상의 트랜스



〈그림 2〉 USN 메타데이터 분류^[10]

듀서(센서 또는 구동기)를 가질 수 있다. 또한 센서 노드, 트랜스듀서, 센싱 타입(온도, 습도, 압력 등 센싱되는 정보에 대한 구분)과 관련하여 각각에 대한 하드웨어적인 특성을 나타내는 정보가 존재한다.

2. 센서 네트워크 모니터링을 위한 동적 메타데이터

각 USN 자원별로 정의되어 있는 메타데이터는 크게 정적 메타데이터와 동적 메타데이터로 구분된다. 정적 메타데이터는 시간이 지나도 변하지 않는 데이터로서 센서 네트워크의 식별자(ID), 이름, 주요 기능 설명, 구축 시점, 센서 네트워크 내의 센서 노드간 통신 프로토콜 등이 해당된다. 동적 메타데이터는 시간이 지나면서 변화하는 데이터로서 센서 네트워크에서 현재 사용하고 있는 RF 채널 번호, 현재 접속 상태, 센서 네트워크를 구성하고 있는 센서 노드 각각의 연결 상태 등을 예로 들 수 있다.

표준 문서에는 정적 메타데이터와 동적 메타데이터를 명확히 구분하여 표시하고 있지는 않지만, 메타데이터의 특성에 따라 이를 구분하여 각 USN 자원별 동적 메타데이터를 표시하면 아래 <표 5~7>과 같다.

USN 자원에 대한 동적 메타데이터는 센서 네트워크나 센서 노드의 연결 상태 및 동작 상태, 센서의 전원 공급 상태 등 현재 상태에 대한 정보를 제공하며, 센서 노드의 전원 공급 방식이 배터리인 경우 배터리 잔량 정보를 통해 배터리 부족이나 전원 공급 이상 등의 상황에 미리 대처할 수 있는 정보를 제공한다. 또한 센서 노드 간의 무선 통신망은 어떻게 구성되어 있는지에 대한 토폴로지 정보 및 부모 노드와의 통신 품질 값에

<표 5> 센서 네트워크의 동적 메타데이터

항 목	설 명
sensorNetworkAverage-BatteryLevel	평균 전원 잔량
sensorNetworkRFChannel-Number	센서 네트워크에서 사용하는 RF 채널 번호
sensorNetworkConnected	현재 연결 상태
sensorNetworkMonitoring-Period	모니터링 주기

<표 6> 센서 노드의 동적 메타데이터

항 목	설 명
sensorNodeActive	동작 여부
sensorNodeBatteryLevel	배터리 잔량
sensorNodeParentNodeID	토폴로지 상에서 부모 노드의 ID
sensorNodeConnection-Quality	무선 연결 상태 품질 값
sensorNodeLocationX	좌표계에 따라 위도 또는 X좌표를 나타내는 위치 정보
sensorNodeLocationY	좌표계에 따라 경도 또는 Y좌표를 나타내는 위치 정보
sensorNodeLocationZ	좌표계에 따라 고도 또는 Z좌표를 나타내는 위치 정보

<표 7> 트랜스듀서의 동적 메타데이터

항 목	설 명
transducerActive	동작 여부
transducerStatus	전원 공급 상태
actuatorActionValue	구동기의 동작 정도를 나타내는 값

대한 정보를 제공함으로써 현재 망 구성이 적절한지, 주위 환경이 센서 네트워크 통신 망에 미치는 영향 등을 분석할 수 있는 데이터를 제공한다.

V. 결론

u-City와 같이 광역 USN 기반의 서비스가 성공하기 위해서는 서비스를 구성하는 USN 자

원들과 이로부터 수집되는 이벤트 정보들에 대한 신뢰성 확보가 필수적이다. 특히 재난재해 대응이나 인간의 생명에 직접적인 영향이 있는 서비스가 이기종의 센서 네트워크로 구성되는 경우 모든 센서 네트워크에 대해 공통적으로 수집될 수 있는 모니터링 정보를 정의하고 이에 대한 관리 방안을 수립하여 이상 상황에 대응하는 체계를 마련하는 것은 매우 중요하다.

그러나 현재 센서 네트워크 모니터링 및 관리를 위해 센서 네트워크로부터 제공 받을 수 있는 데이터는 센서 네트워크 장비 업체마다 그 항목이 다르고 데이터의 포맷과 인터페이스 방식도 각기 다르다.

본 고에서는 광역 USN 기반의 서비스를 위한 센서 네트워크 추상화 및 이벤트 처리 효율화, 센서 네트워크 인터페이스 및 관리 데이터의 표준화를 위해 현재 개발되고 있는 USN 미들웨어의 현황을 살펴보고, 센서 네트워크에 대한 공통 인터페이스 제공 및 속성 정보의 표준화를 위한 USN 메타데이터와 같은 국내 USN 미들웨어 관련 표준을 살펴보았다. 또한 USN 메타데이터에 정의된 속성 정보 중 센서 네트워크의 모니터링 및 관리를 위해 정의되어 있는 동적 메타데이터에 대해서도 살펴보았다.

현재의 제한적인 서비스 범위를 넘어서 광역 USN 서비스의 확산 및 성공을 위해서는 USN 자원에 대한 접근 및 관리의 표준화가 필요하다는 것에 대한 관련 업계와 연구자들의 관심이 요구된다.

참고문헌

- [1] 이재근, “u-City 및 USN 국외 동향 연구”, 한국정보사회진흥원, 2008년 6월
- [2] 정병주, “2008년도 u-City 추진현황과 과제”, 한국정보사회진흥원, IT정책연구시리즈, 제3호, 2008년 4월
- [3] 김기일, “센서 네트워크 기술”, 한국과학기술정보연구원, 미래선도기술 이슈분석 보고서, 2007년 1월
- [4] 유재준, 장병태, “센서 네트워크 모니터링 프로그램의 설계 및 구현”, 한국정보과학회, 2008년 가을 학술발표논문집, 제35권, 제2호, 358-362쪽, 2008년 10월
- [5] 김대영, 김재언, 성종우, 이강우, “센서 네트워크 운영체제/미들웨어 기술동향”, 정보통신연구진흥원 학술정보 주간기술동향, 제1221호, 26-36쪽, 2005년 11월
- [6] 김민수, 김광수, 이용준, “USN 미들웨어의 특징 및 기술개발 동향”, 정보통신연구진흥원 학술정보 주간기술동향, 제1284호, 1-12쪽, 2007년 2월
- [7] 김용운, 김형준, “RFID/USN 표준화 동향”, 한국전자과학회지, 제19권, 제6호, 22-29쪽, 2008년 11월
- [8] 박준석, “USN 표준화 동향 및 전망”, 한국전자과학회지, 제36권, 제1호, 108-120쪽, 2009년 1월
- [9] 정보통신단체표준, TTA.KO-06.0168/R1, “USN 메타데이터 모델”, 한국정보통신기술협회, 2009년 6월

[1] 최종원, “국내 유비쿼터스 추진 현황 분

저자소개



김 선 양

1999년 이화여자대학교 전자공학과 (학사)
 2000년~현재 LG CNS 부책임연구원
 주관심 분야 : USN, RFID, Middleware

저자소개



한 인 교

1991년 성균관대학교 기계설계학과 (학사)
 1999년 고려대학교 경영과학&MIS (석사)
 1991년~1994년 LG전자 생산기술연구원 주임연구원
 1994년~현재 LG CNS 총괄연구원
 주관심 분야 : 융합기술, u-City, Smart Grid 등



이 명 애

1994년 전남대학교 전산학과 (학사)
 1996년 전남대학교 전산통계학과 (석사)
 1996년~현재 LG CNS 책임연구원
 주관심 분야 : u-City, u-Infra, u-서비스