

USN 미들웨어 기술개발 동향

Trend of USN Middleware Technology

텔레매틱스, RFID/USN, GIS
융합기술 동향 특집

김민수 (M.S. Kim) RFID/USN미들웨어연구팀 선임연구원
이용준 (Y.J. Lee) RFID/USN미들웨어연구팀 팀장
박종현 (J.H. Park) 텔레매틱스연구그룹 그룹장

목 차

-
- I . 서론
 - II . USN 미들웨어의 특징
 - III . USN 미들웨어 기술 동향
 - IV . USN 미들웨어 플랫폼 개발 현황
 - V . 결론

최근 들어 인간 중심의 정보화 사회가 USN 기술의 발전과 더불어, 사물 간에도 정보들이 유기적으로 결합되고 활용될 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 사회로 급격히 변모하고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 성공적으로 구축하기 위해서는 센서노드 하드웨어, 센서 네트워크, USN 미들웨어, 그리고 USN 응용 서비스 등의 USN 핵심기술의 개발이 반드시 필요하게 된다. 본 논문에서는 USN 응용 시스템과 센서노드 하드웨어의 중간 부분에 위치하여, 이 둘 간의 유연한 통합을 지원할 수 있는 USN 미들웨어 기술에 대하여 자세히 소개하고자 한다. 먼저, Server-side 미들웨어와 In-network 미들웨어로 구성된 USN 미들웨어의 개념, USN 미들웨어가 제공해야 할 핵심기능들, 그리고 기존에 발표된 USN 미들웨어의 특징에 대하여 살펴보고, 이러한 USN 미들웨어의 특징을 반영하여 현재 ETRI에서 개발되고 있는 USN 미들웨어 플랫폼의 시스템 구성과 이를 활용한 응용 시스템에 대하여 간략히 살펴볼 것이다.

I. 서론

최근 들어 정보 생성 및 소비의 주체가 사람이었던 인간 중심의 정보화 사회가 사람과 사물뿐만 아니라, 사물 간에도 정보들이 유기적으로 결합되고 활용될 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 사회로 변모하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 사회에서 각 사물은 센서를 이용하여 새로운 정보를 생성하는 정보 생성자로서, 무선 네트워크를 이용하여 생성된 정보를 널리 전달하는 정보 중개자로서, 그리고 전달 받은 정보를 분석하고 판단하여 특정 작업을 수행하는 정보 소비자로서의 역할 수행이 가능하다. 현재, 국내에서는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 구축하기 위한 구체적인 사업의 하나로서, u-City 구축사업을 전략적으로 추진하고 있다. u-City 구축사업은 USN 핵심기술을 행정, 의료, 교통, 물류, 정보가전, 환경, 재난방재 등의 도시 환경에 필수적인 제반 분야에 두루 적용함으로써 도시생활의 편의 증대, 삶의 질 향상, 체계적인 도시관리, 복지 향상, 그리고 안전보장을 추구할 수 있는 신개념의 도시 구축을 목표로 하고 있다. 그런데, 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 사회의 성공적인 구축은 센서노드 하드웨어 기술, 센서 네트워크 기술, USN 미들웨어 기술 그리고 USN 응용 서비스 구축 기술과 같은 USN 핵심기술이 우선적으로 개발되어 있어야 가능하게 된다.

본 논문에서는 위의 네 가지 기술들 중에서 이기종의 센서노드 하드웨어들, 이기종의 센서 네트워크

들, 그리고 다양한 유형의 USN 응용 서비스들이 자신들의 독립성을 유지하면서도 상호 유연하게 통합될 수 있게 하는 USN 미들웨어 기술에 대하여 자세히 살펴보고자 한다. USN 미들웨어의 기본 기능은 센서노드들로부터 수집되는 센싱정보를 효율적으로 관리하고, USN 응용 서비스들로부터 주어지는 질의들에 대하여 신속히 응답하는 것으로 매우 단순한 것처럼 보인다. 그러나, USN 미들웨어는 센싱정보를 관리할 때, 다수의 센서 네트워크에 설치된 수많은 센서노드들로부터 연속하여 주어지는 대용량 센싱정보를 효율적으로 관리하기 위한 방법과 연속적인 센싱정보 요청을 센서 네트워크 및 센서노드의 컴퓨팅, 통신 및 저장 능력 등을 고려하여 처리할 수 있는 방법도 제공해야 한다. 또한, USN 미들웨어는 응용 서비스 클라이언트의 질의 처리 요구에 있어서도 수많은 클라이언트들로부터 주어지는 질의들에 대하여 실시간으로 응답을 할 수 있어야 하고, 유비쿼터스 환경에서 발생 가능한 일시성, 연속성, 이벤트 질의와 같이 다양한 형태의 질의도 처리할 수 있는 능력을 보유해야 한다. 이외에도 USN 미들웨어는 센서 네트워크 구성에 대한 추상화 기능을 지원함으로써 이기종의 센서 네트워크 구성에 독립적으로 응용 서비스가 가능하도록 해야 한다.

본 논문은 II장에서 USN 미들웨어에 대한 이해를 돕고자 USN 미들웨어의 개념 및 핵심기능에 대

● 용 어 해 설 ●

USN 미들웨어: USN 미들웨어는 센서노드 하드웨어와 USN 응용 시스템의 중간에 위치하여 이 둘간의 연계를 유연하게 지원하는 시스템이다. 그러므로, USN 미들웨어는 다양한 센서노드 하드웨어 사양에 독립적으로 연결하기 위한 추상화 컴포넌트와 다양한 USN 응용 시스템에 서비스를 제공하기 위한 open API 컴포넌트를 제공하는 것이 바람직하다. 특히, 이러한 USN 미들웨어는 센서노드와 게이트웨이 수준에 위치하여 in-network 질의처리를 지원하는 in-network 미들웨어와 서버 수준에 위치하여 응용 시스템을 지원하는 server-side 미들웨어로 나뉘어서 구성된다.

● 용 어 해 설 ●

In-network 질의 처리: USN 응용 시스템은 일반적으로 센서노드들에서 획득되는 센싱정보들을 센서노드들간의 무선 네트워크를 통하여 게이트웨이에 수집하고, 이들 수집된 정보들을 서버 수준에서 분석하고 필요한 정보를 추출하는 방식으로 동작한다. 그러나, 이러한 방식은 센서노드들간의 수많은 무선 통신을 유발시킴으로써, 센서노드의 배터리 수명을 단축시키게 된다. In-network 질의처리는 서버에서 수행되는 센싱정보의 분석 및 여과 과정을 센서노드 수준에서 미리 수행하게 함으로써 무선통신 횟수를 크게 감소시킬 수 있는 방식으로 센서노드의 센싱정보 처리능력이 보장되어야 한다. 현재는 센싱정보들의 Sum, Avg, Min, Max 값을 계산하는 in-network aggregation 방법이 가장 많이 활용되고 있다.

하여 우선적으로 소개하고, III장에서는 USN 미들웨어 시스템 개발과 관련하여 기 추진되었거나 현재 추진되고 있는 국외 기술개발 동향에 대해 살펴볼 것이다. IV장에서는 현재 ETRI에서 개발되고 있는 USN 미들웨어 플랫폼의 특징 및 시스템 구성에 대하여 간략히 설명하고, V장에서는 결론을 맺을 것이다.

II. USN 미들웨어의 특징

1. USN 미들웨어 개념

USN 미들웨어는 물리적으로 USN 응용 서비스 시스템과 센서노드 하드웨어의 중간에 위치하여 그 둘 간의 통합이 유연하게 이루어지도록 하는 역할을 수행한다. 대부분의 USN 미들웨어는 응용 서비스 지원을 위하여 서버 시스템에 설치되고, 노드들의 원활한 동작과 성능 향상을 위하여 센서노드와 싱크노드에도 설치된다. 이러한 USN 미들웨어를 설치되는 위치에 따라서 구분하게 되면, (그림 1)과 같이 서버 시스템에 설치되는 경우는 server-side 미들웨어, 그리고 노드에 설치되는 경우는 in-network 미들웨어 또는 센서노드 미들웨어라고 할 수 있다[1].

일반적으로 server-side 미들웨어는 기본 기능으로 다수의 USN 응용 서비스 관리, USN 응용 서비스의 다중 질의 처리, 센싱정보/메타정보의 효율적 관리를 수행하고, 고급 기능으로 센싱정보와 기

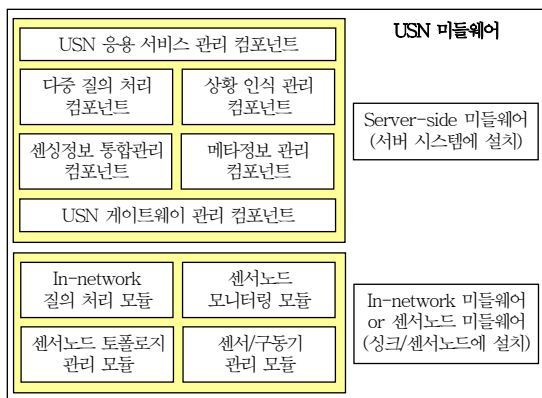
존의 비즈니스 정보를 통합하여 새로운 상황정보의 생성, 응용 서비스가 요구하는 지능형 이벤트 처리를 수행하는 컴포넌트들로 구성될 수 있다. 이에 반하여, in-network 미들웨어는 대부분 센서노드와 싱크노드 수준에서의 질의 처리, 센서노드간 네트워크를 위한 토폴로지 정보 관리, 센서노드의 상태정보 관리, 그리고 센서와 구동기를 제어할 수 있는 작은 모듈들로 구성될 수 있다.

2. USN 미들웨어의 주요 기능

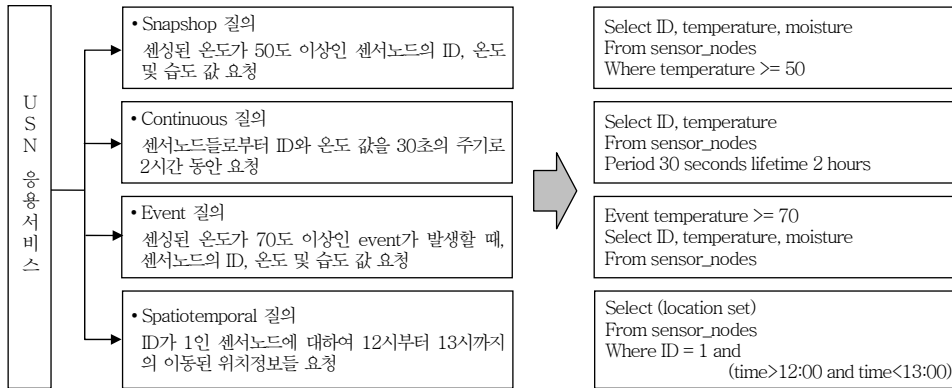
국방 및 환경 분야를 위한 USN 응용 서비스 시스템 구축과 더불어 개발되기 시작한 초기의 USN 미들웨어는 그 기능이 각 응용 분야의 서비스에서만 적용되는 수준으로 기능이 매우 단순하였으며 중요성 또한 크지 않았다. 그러나, 최근 들어 USN 응용 서비스에서 요구하는 센서노드의 수가 급격히 증가하고, 응용 서비스에 있어서 QoS를 보장해야 하고, 다중 센서 네트워크들 간의 연계와 같은 고수준의 기능을 필요로 하게 되고, 복잡도가 높은 USN 응용 서비스 모델들이 새롭게 제시되고, USN 응용 서비스 시스템들 간의 통합이 일반화됨에 따라 USN 미들웨어에 대한 요구기능이 매우 다양화되고 그 중요성 또한 점차 증가하게 되었다. 특히, u-City 구축사업과 같이 행정, 의료, 교통, 환경, 재난방재 등의 다양한 USN 응용 서비스 분야들이 통합되어 있는 경우에는 USN 미들웨어에 대한 요구가 더욱 커지게 되었다. 이와 같이, 복잡하고 다양해지고 있는 USN 응용 서비스들의 요구들을 만족시키기 위하여 USN 미들웨어가 지원해야 할 기능들에 대하여 살펴보면 다음과 같다[2].

가. 다양한 질의 유형 지원

USN 응용 서비스의 다양한 요구사항을 효율적으로 만족시키기 위해서 USN 미들웨어는 다양한 형태의 질의를 지원할 수 있어야 한다. 예를 들면, 현재 센싱된 정보를 실시간으로 요청하는 snapshot 질의, 센싱정보를 일정한 주기로 연속적으로 요청하



(그림 1) USN 미들웨어 시스템의 기본 구성



(그림 2) USN 미들웨어 질의 유형 및 SQL 예제

기 위한 continuous 질의, 특별한 상황 또는 이벤트가 발생하였을 때에만 센싱정보를 요청하는 event 질의가 기본적으로 지원되어야 한다. 이외에도 모바일 센서노드를 지원하는 USN 미들웨어의 경우에는 시간 변화에 따른 위치정보의 획득이 가능한 spatiotemporal 질의도 지원할 수 있어야 한다. (그림 2)는 USN 미들웨어가 지원해야 할 필요성이 있는 질의 유형 및 이를 SQL-like 방식으로 표현한 예제를 요약한 것이다[1].

나. 센싱정보 관리

USN 미들웨어는 응용 서비스가 요청한 질의들에 대하여 응답하기 위하여 센서노드로부터 계속하여 센싱정보들을 획득하게 된다. 여기서, 획득된 센싱정보들의 관리에서 가장 간단한 방법은 센서노드로부터 주어진 정보들을 저장하지 않고, 이를 필요로 하는 USN 응용 시스템에게 단지 전달만 하면 되는 것이다. 그러나, 상황에 따라서 USN 미들웨어는 과거 센싱정보에 대한 요청을 처리하기 위하여, 또는 센싱정보 마이닝 등을 처리하기 위하여 연속적인 센싱정보들을 시간흐름에 따라 효율적으로 저장 및 관리할 수 있는 기능을 제공할 필요가 있다. 이를 위하여, USN 미들웨어는 센싱정보를 효율적으로 저장하기 위하여 local storage, clustered storage, 그리고 external storage 방식을 이용한다. Local storage 방식은 각 센서노드에 직접 센싱정보를 저

장하는 방식으로, in-network 미들웨어 수준에서 질의 수행을 가능하게 하여 서버로 전송되어야 하는 센싱정보의 양을 줄임으로써 센서노드의 통신 부하를 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나, 센서노드가 보유하고 있는 저장 공간의 한계로 인하여 과거 및 최신의 센싱정보를 효율적으로 유지하기 위한 방법이 추가적으로 요구된다. External storage 방식은 센싱정보를 모두 server-side 미들웨어에 저장하는 방식으로 많은 양의 정보를 저장할 수 있으나, 모든 정보가 센서노드로부터 서버로 전송되어야 함으로써 센서노드의 통신으로 인한 부하가 매우 커지는 단점이 있다. Clustered storage 방식은 센서노드들 중에서 성능 및 저장 공간 상황이 우수한 몇 개의 싱크노드를 cluster-head 노드로 선정하고, 이 노드들에 센싱정보를 저장하는 방식으로 local storage와 external storage 방식의 장점을 동시에 취하고자 하는 방식이다. 이러한 방식들을 기반으로 USN 미들웨어는 주어진 USN 응용 서비스들의 요구사항에 따라서 위의 세 가지 방법을 적절히 혼용하여 사용하는 것이 가장 바람직하다.

다. 메타정보 관리

USN 미들웨어는 센서 네트워크 및 센서노드에 관한 메타정보를 효율적으로 유지하고, USN 응용 서비스 시스템에게 제공할 수 있어야 한다. USN 응용 서비스 시스템은 이러한 메타정보를 이용함으로

써 다수의 센서 네트워크들이 복잡하게 동시에 연결되어 있는 USN 미들웨어로부터 자신이 원하는 정보만을 손쉽게 추출하여 획득할 수 있게 된다. USN 환경에서 이러한 메타정보로는 시간 흐름에 따라 변화가 없는 정적인 메타정보와 시간 흐름에 따라 변화가 발생하는 동적인 메타정보로 나눌 수 있다. 예를 들어, 센서 네트워크 ID, 센서 네트워크 내의 센서노드의 개수, 센서노드들의 ID, 센서노드들에 설치된 센서 및 구동기의 종류, 센서노드의 정보 처리 능력 등과 같은 정보는 정적 메타정보로 볼 수 있으며, 센서노드의 잔여 전력량, 센서노드의 동작 유무 상태, 센서 네트워크의 통신 상태와 같이 실시간으로 변화하는 정보는 동적 메타정보로 볼 수 있다. 여기서, 정적 메타정보는 USN 미들웨어의 메타정보 관리도구를 통하여 초기에 입력시킴으로써 손쉽게 관리가 가능하다. 그러나, 동적 메타정보의 경우는 정확한 정보를 유지하기 위해서 USN 미들웨어가 센서 네트워크에 대하여 주기적인 모니터링 메시지를 전송하여 메타정보를 효율적으로 획득하기 위한 방법을 반드시 제공해야 한다.

라. 이기종의 센서 네트워크 통합 지원

u-City 구축사업과 같은 최근의 USN 응용 시스템에서는 한 개 이상의 다수 센서 네트워크들이 통합되어 시스템이 구성되는 경우가 많이 발생하고 있다. 여기서, USN 미들웨어에 연결된 모든 센서 네트워크 인프라들이 동일한 종류의 센서노드를 이용하고, 동일한 무선통신 방법을 이용하고, 동일한 기능을 제공하는 경우에는 USN 미들웨어와 다수 센서 네트워크와의 통합에 큰 어려움이 없다. 그러나, ZigBee, Bluetooth, WLAN, CDMA 등과 같이 다양한 종류의 무선통신 방법들이 이용되고, Mote 계열, Nano 계열, NeurFon 계열 등의 다양한 종류의 센서노드들이 이용되는 현실에서 USN 미들웨어는 이들을 추상화 시킴으로써 센서노드 및 무선통신 방법에 독립적으로 USN 응용 서비스들의 모든 요구를 처리할 수 있는 기능을 반드시 지원해야 한다.

마. 상황정보 생성 및 관리

최근에 소개되고 있는 USN 응용 서비스 모델은 센싱정보를 획득하고 검증하여 단순히 사용자에게 제공하는 수준이 아니라, 수집된 센싱정보들을 이용하여 과거에 저장된 정보들과 비교 분석하고, 예측하고, 추론하여 새로운 상황정보를 생성할 수 있는 기능들을 필요로 하고 있다. 그러므로, USN 미들웨어는 상황정보 생성을 위하여 과거 수집된 정보 DB와 외부 비즈니스 DB 등을 연계하기 위한 기능과 상황정보 생성을 위한 규칙을 정의하고 이러한 규칙을 처리할 수 있는 방법 등을 지원해야 한다. 이러한 상황정보의 생성 기능은 센서노드 성능의 효율성과 다양한 USN 응용 서비스 모델을 지원하기 위하여 server-side 미들웨어에서 뿐만 아니라, in-network 미들웨어에서도 지원 가능하도록 구현하는 것이 바람직하다.

바. QoS 보장

u-Hospital, u-Healthcare, u-Transportation 서비스 등과 같이 사람의 안전과 관계되는 USN 응용 서비스들은 수집되는 센싱정보에 대하여 높은 신뢰도를 요구하게 된다. 여기서, ‘신뢰도’는 첫째는 수집된 센싱정보의 정확성을 의미하며, 둘째는 수집된 센싱정보의 실시간성을 의미한다. 다시 말하면, 사람의 안전과 관계되는 USN 응용 서비스는 수집된 센싱정보의 오차가 매우 작아야 하고, 센싱정보가 요구하는 시간 내에 수집되어야 한다는 의미이다. 이를 위하여, USN 미들웨어는 응용 서비스의 우선순위가 높은 질의를 효율적으로 수행하기 위하여 server-side 미들웨어에서의 우선순위 질의 큐를 이용하는 방법과 in-network 미들웨어에서의 무선통신 및 센서노드의 자원을 우선적으로 할당받기 위한 방법 등을 제공해야 한다.

사. 센서노드 미들웨어의 갱신

컴퓨팅 능력이 우수한 센서노드들이 이용되는 경우에 USN 미들웨어는 고급 기능으로 센서노드에

설치된 미들웨어 소프트웨어를 원격으로 갱신할 수 있는 기능을 제공할 필요가 있다. 많은 수를 가지고 있고, 이동성을 가지고 있으며, 지리적으로 광범위하게 분포되고, 사람이 직접 제어하기 어려운 곳에 빈번히 위치하는 센서노드들의 특징을 고려할 때, 만약 센서노드 미들웨어의 갱신이 요청되게 되면 이러한 자동적인 센서노드 미들웨어 갱신 기능은 반드시 필요하게 된다. 그러므로, USN 미들웨어는 센서노드들 간의 무선 통신을 이용하여 센서노드들의 소프트웨어 기능을 갱신할 수 있는 방법을 제공해야 한다. 실제로, 이러한 센서노드의 기능 갱신은 센서 네트워크 주변 상황이 급격하게 변화하거나 USN 응용 서비스의 요구사항이 크게 변경될 때 빈번히 발생할 수 있다.

아. 센싱정보의 보안

센서 네트워크는 기본적으로 센서노드들 간의 무선통신으로 구성되어 있기 때문에 센싱정보들이 타인에 의하여 도청 당하거나, 심지어는 비정상적인 값으로 조작될 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 그러므로, USN 미들웨어는 in-network 미들웨어에서 센서노드들 및 게이트웨이 간의 협업을 통하여 센싱정보를 보호하기 위한 방법을 반드시 제공해야 한다. 이러한 센싱정보 보안에서 주의해야 할 점은 정보보호 기능을 구현할 때, 효율성을 위하여 센서노드의 자원(전력, 통신 등)의 점유를 최소화해야 한다.

자. 센서노드의 위치인식

모바일 센서노드를 이용하는 경우에는 센싱정보 이외에, 실시간으로 센서노드의 위치를 파악하는 기능이 매우 중요하다고 할 수 있다. 실제로 사람 또는 이동체에 센서노드를 부착하여 실시간으로 센서노드의 위치인식을 바탕으로 센싱정보를 획득할 수 있는 기능은 다양한 USN 응용 서비스 모델의 생성을 가능하게 해준다. 예를 들면, u-Hospital에서 환자, 의료장비, 의사, 간호사들에 대한 실시간 위치 추적과 이러한 위치정보를 기반으로 환자들의 상태 정보 수집 서비스가 가능해질 수 있다. 그러므로, USN

미들웨어는 센서노드들 간의 무선통신을 이용하여 센서노드들의 상대적인 위치를 파악하고, 기준 위치가 되는 고정 싱크노드들을 이용하여 실제 위치를 파악할 수 있는 기능을 제공해야 한다.

Ⅲ. USN 미들웨어 기술 동향

초기에 적진에 침투한 개별 병사들에게 무선통신을 통하여 명령을 전달하고, 병사들이 직접 침투하기 어려운 지역에서의 적군 움직임을 사전에 감지하여 알려줄 수 있는 군사용 서비스를 구현할 목적으로 USN 관련 기술들이 개발되기 시작하였다. 이러한 USN 관련 기술의 발전과 더불어, 지금까지 앞에서 소개된 u-Military 서비스 이외에 다양한 종류의 USN 응용 시스템들이 개발되어 오고 있다. 예를 들어, 사람이 직접 접근하기 어려운 지역에 서식하는 동식물들에 대한 생활 환경을 감시하거나 그 지역의 기후 변화를 감지하는 u-Environment 서비스[3], [4], 교량 및 건물 등의 구조물의 안전 상태를 실시간 감지하기 위한 u-Structure 서비스[5], 병원에서 환자, 의사, 간호사 및 고가장비들의 위치를 실시간 추적하고 환자의 상태를 실시간 감지하기 위한 u-Hospital 서비스[6], 도로 및 차량에 설치된 센서노드를 이용하여 실시간으로 교통정보를 수집하여 차량 사고를 감지하고 심지어 사고를 미연에 방지할 수 있는 u-Transportation 서비스[7]를 위한 응용 시스템들이 개발되어 오고 있다.

이와 같이, 다양한 분야의 USN 응용 서비스를 구축하기 위한 시스템의 개발은 USN 미들웨어 시스템의 발전에도 큰 영향을 끼치게 되었다. 실제로 USN 응용 서비스에 따라서 다양한 형태의 USN 미들웨어들이 소개되었는데, USN 응용 서비스의 QoS 요구조건에 대한 보장을 최우선 목표로 하여 개발된 MiLAN 미들웨어[8], RFID 미들웨어와 유사하게 끊임없이 획득되는 센싱정보에 대하여 이벤트들을 설정함으로써 USN 응용 시스템에게 원하는 정보를 전송하는 이벤트 기반의 DSWare 미들웨어[9], USN 응용 서비스 변화 및 센서 네트워크 주변 환경 변화

<표 1> 주요 USN 미들웨어별 특징 및 한계점

USN 미들웨어	주요 특징	한계점
TinyDB (Berkeley)	<ul style="list-style-type: none"> • 센서 네트워크를 가상의 분산 데이터베이스로 간주 • Server와 in-network 미들웨어가 협력적으로 동작 • TinyOS 기반으로 동작, SQL-like 질의 언어 지원 • 질의 수행 최적화 및 in-network aggregation 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • TinyOS 기반의 센서노드에서만 이용이 가능하며, 센서노드에 신규 기능을 추가할 때, 모든 센서노드가 보유하고 있는 질의 처리 모듈을 수정해야 함
Cougar (Cornell)	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 센싱정보를 서버에 불러온 다음, DB 기반 접근 방식으로 질의를 처리함 • Server-side 미들웨어, SQL-like 질의 언어 지원 • 질의 수행 최적화 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • Server-side 미들웨어로서, 서버 시스템이 모든 센싱정보를 유지하고 있어야 하기 때문에 모든 센서노드들이 센싱정보를 모두 서버로 전송해야 함
SINA (Delaware)	<ul style="list-style-type: none"> • Cougar와 유사한 server-side 미들웨어로, SQL-like 질의언어를 지원 • 지리적으로 인접한 센서노드들을 계층적 cluster로 묶어서 관리함(cluster head 노드 이용) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cougar와 마찬가지로 서버 시스템이 모든 센싱정보를 유지하고 있어야 함 • Cluster head 노드들이 센싱정보를 모두 서버로 전송함
DSWare (Virginia)	<ul style="list-style-type: none"> • DB 방식으로 SQL-like 질의 언어를 지원 • In-network aggregation 지원 • 센서노드들에 대한 동적인 그룹 관리 방법 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 제품의 센서노드 하드웨어에 대한 의존적인 미들웨어로서, 이종의 센서노드들에 대한 추상적인 인터페이스 제공 기능이 부족함
Milan (Rochester)	<ul style="list-style-type: none"> • USN 응용 시스템의 QoS 요구 처리 기능 지원 • QoS 요구와 센서 네트워크의 리소스를 비교 분석하여 센서 네트워크의 lifetime은 최대화하면서 QoS 요구를 최대로 만족시키고자 함 	<ul style="list-style-type: none"> • USN 응용 서비스에 tightly-coupled 되어 있어서 이종의 센서노드들에 대한 추상화를 지원하지 않음 • 모바일 센서노드를 지원하지 않음
Impala (Princeton)	<ul style="list-style-type: none"> • 센서노드 기능의 동적 갱신 지원 • Binary 명령어를 수행할 수 있는 모바일 코드 기술을 이용하여 노드의 기능을 실행 시에 동적으로 변경 	<ul style="list-style-type: none"> • Hewlett-Packard 제품에 의존적인 미들웨어로서, 이종의 센서노드들에 대한 추상화를 지원하지 않음
Mate (Berkeley)	<ul style="list-style-type: none"> • 센서노드 기능의 동적 갱신 지원(TinyOS 기반) • Byte code와 Virtual Machine (VM) 기반의 센서노드 기능을 실행 시에 동적으로 변경할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 센서노드가 VM 기반으로 구성됨으로써, 복잡한 기능의 갱신일 때 interpretation 과정으로 인한 추가 리소스 손실이 있음
COSMOS (ETRI)	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 유형의 질의 지원(일시성, 연속성, 이벤트) • 대용량 센서 네트워크 환경에 대하여 대량의 동시질의 처리 지원 • 이종의 센서 네트워크에 대한 추상화 기능 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • In-network aggregation과 같은 센서노드 미들웨어 기능이 부족함

<자료>: IITA, 주간기술동향, 2007.

에 따라 센서노드 미들웨어의 기능을 무선 통신을 통하여 동적으로 변화시킬 수 있는 Impala 미들웨어[10], 센서 네트워크에 존재하는 센싱정보들을 분산 데이터베이스의 분산 데이터로 간주하여 USN 응용 시스템의 요구사항을 분산 질의 처리 과정으로 수행할 수 있는 TinyDB[11] 및 Cougar[12] 미들웨어 등이 개발되어 왔다[13],[14]. <표 1>은 지금까지 발표된 USN 미들웨어와 ETRI에서 개발된 미들웨어의 주요 특징 및 한계점에 대하여 간략히 제시하고 있다.

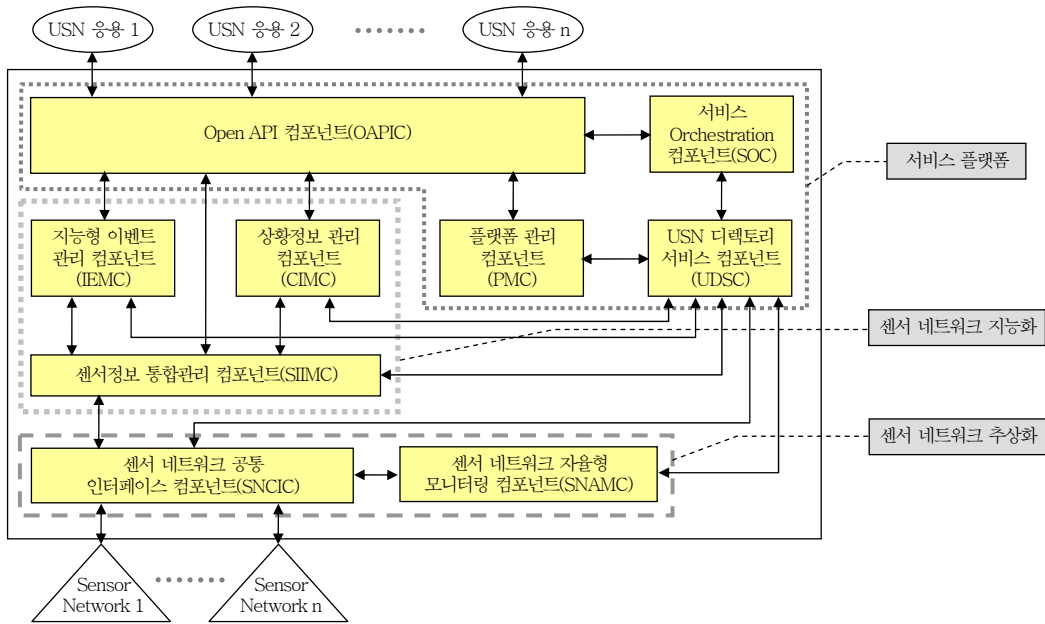
IV. USN 미들웨어 플랫폼 개발 현황

본 장에서는 현재 ETRI가 추진중인 USN 미들웨어

플랫폼 개발 과제에 대하여 간략히 살펴보고자 한다. USN 미들웨어 플랫폼 개발 과제에서는 다양한 유형의 USN 응용 서비스에 공통적으로 필요한 미들웨어의 핵심기능을 추출하고, 이들을 표준화된 방식으로 제공하기 위한 기술개발 및 표준화를 진행하고 있다. 아울러, 다양한 센서 네트워크 인프라 및 USN 서비스 모델에 개발된 미들웨어 기술을 적용하기 위하여 응용 시스템의 개발도 동시에 진행하고 있다.

1. USN 미들웨어 플랫폼 구성

USN 미들웨어 플랫폼 개발은 향후 시스템의 확장성 및 독립성을 고려하여 개념적으로 센서 네트워크 추상화, 센서 네트워크 지능화, 서비스 플랫폼의

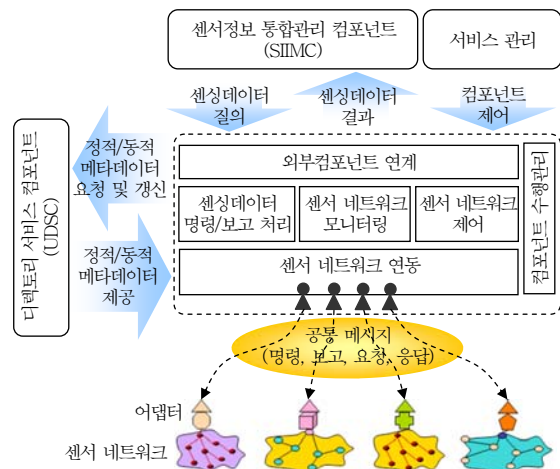


(그림 3) USN 미들웨어 플랫폼의 컴포넌트 구성 및 연관 관계

세 단계로 나누어서 진행되고 있다. (그림 3)은 이와 같이 세 단계로 구성된 USN 미들웨어 플랫폼의 컴포넌트 구성 및 컴포넌트들 간의 연관 관계를 보여 준다.

가. 센서 네트워크 추상화

센서 네트워크 추상화 단계는 센서 네트워크 인프라와 직접 연계되는 부분으로, 이 단계에서의 핵심 기능은 다수의 이기종 센서 네트워크들을 용이하게 통합할 수 있게 하고, 센서 네트워크의 상태를 실시간 모니터링 할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어, 다수의 이기종 센서 네트워크들이 연결되는 대규모 USN 응용 서비스의 경우에는 이기종의 센서 네트워크들을 추상화시켜서 동일한 방식으로 손쉽게 이용하기 위한 기능이 반드시 필요하게 된다. USN 미들웨어 플랫폼 개발에서는 이러한 센서 네트워크 추상화 단계를 위하여 센서 네트워크 공통 인터페이스 컴포넌트(SNCIC)와 센서 네트워크 자율형 모니터링 컴포넌트(SNAMC)를 구현하고 있으며, 특히 센서 네트워크 공통 인터페이스의 경우에는 국내 표준화 작업을 동시에 진행하고 있다.



(그림 4) 센서 네트워크 공통 인터페이스 컴포넌트 구현

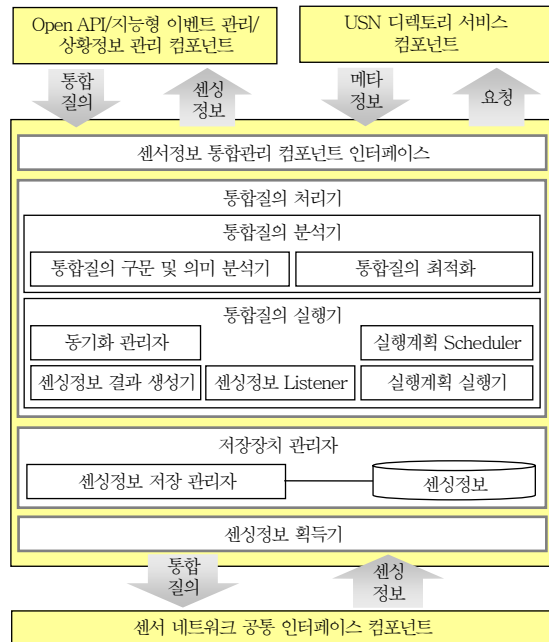
센서 네트워크 공통 인터페이스 컴포넌트 개발에서는 센서 네트워크 및 센서노드 인프라와 USN 미들웨어 사이에 주고 받는 명령과 정보에 대하여 공통 메시지 형식을 정의하고, 또한 이러한 공통 메시지를 활용하기 위하여 센서 네트워크 게이트웨이에 표준 인터페이스 기능을 포함하는 어댑터를 구현하고 있다. 센서 네트워크 자율형 모니터링 컴포넌트 개발에서는 센서노드의 전력 잔량, 동작 유무, 통신

상황 등을 동적으로 감지하기 위한 기능을 구현하고 있다. 현재, 센서 네트워크 추상화 단계와 관련해서는 센서 네트워크 공통 인터페이스 컴포넌트의 prototype이 구현되었으며, 세부 시스템 구성은 (그림 4)와 같다.

나. 센서 네트워크 지능화

센서 네트워크 지능화 단계는 센서 네트워크 공통 인터페이스로부터 연속적으로 입력되는 센싱정보에 대하여 의미를 부여하는 단계로서, 이 단계에서의 핵심기능은 센싱정보를 효율적으로 관리하고 이들 센싱정보와 기 구축된 비즈니스 정보를 분석하여 새로운 상황정보를 생성하는 역할을 수행할 수 있도록 하는 것이다. 또한, USN 응용 서비스들에게 의미있는 센싱정보를 제공하기 위하여 응용 서비스들로부터 주어지는 다양한 유형의 질의처리를 수행하고, 주변 상황에 따른 복잡한 지능형 이벤트 질의처리를 수행할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위하여 USN 미들웨어 플랫폼 개발에서는 센서 네트워크 지능화 단계로서 센서정보 통합관리 컴포넌트, 상황정보 관리 컴포넌트, 그리고 지능형 이벤트 관리 컴포넌트를 구현하고 있다.

센서정보 통합관리 컴포넌트 개발에서는 센서 네트워크에서 제공되는 센싱정보의 실시간 관리 기능, 일시성/연속성/이벤트 형태의 다양한 질의의 수행 기능, multiple 질의들의 동시 수행 및 최적화 기능, suspend/resume/stop 등과 같은 실시간 질의 제어 기능 등을 구현하고 있다. 상황정보 관리 컴포넌트 개발에서는 센싱정보에 대한 데이터마이닝 기능과 에이전트 기반의 상황정보 모델링, 상황정보 추출, 그리고 상황정보 관리 기능을 구현하고 있으며, 지능형 이벤트 관리 컴포넌트에서는 USN 응용 서비스가 요구하는 복합 이벤트를 위하여 지능형 이벤트 모델을 정의하고, 이러한 지능형 이벤트 모델을 최적화하여 처리하기 위한 엔진을 구현하고 있다. 현재, 센서 네트워크 지능화 단계와 관련해서는 센서정보 통합관리 컴포넌트의 prototype이 구현되었으며, 세부 시스템 구성은 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 센서정보 통합관리 컴포넌트 구현

다. 서비스 플랫폼

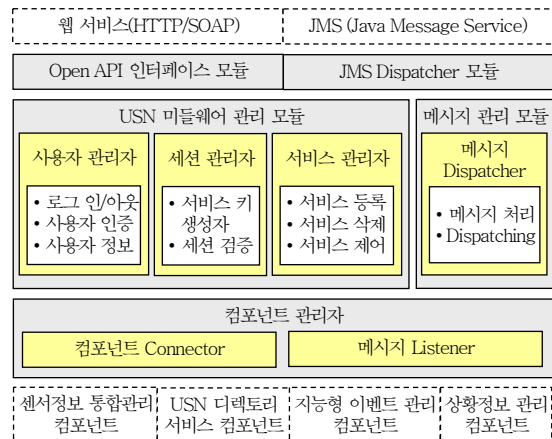
서비스 플랫폼 단계는 USN 응용 서비스 시스템의 개발을 효율적으로 지원하기 위한 단계로서, 이 단계의 핵심역할은 USN 미들웨어를 용이하게 사용하기 위한 open API를 제공하고, 다중의 서비스 사용자들에 대한 관리를 수행하고, 외부 서비스 시스템과의 연계를 지원하고, USN 응용 서비스 시스템이 요구하는 센서노드 및 센서 네트워크 관련 정적/동적 메타정보를 실시간으로 제공할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위하여, 서비스 플랫폼 단계에서는 open API 컴포넌트, 플랫폼 관리 컴포넌트, 서비스 orchestration 컴포넌트, 그리고 USN 디렉토리 서비스 컴포넌트의 구현을 포함하고 있다.

Open API 컴포넌트 개발에서는 다중의 USN 응용 서비스 클라이언트들이 USN 미들웨어 플랫폼에 용이하게 접근하기 위한 웹 서비스와 개방형 API 메소드, USN 미들웨어 플랫폼에 연결된 클라이언트들의 관리 기능, 그리고 이들 클라이언트들이 요청한 질의들의 관리 기능을 구현하고 있다. 서비스 관리 컴포넌트 개발에서는 USN 미들웨어 플랫폼 내

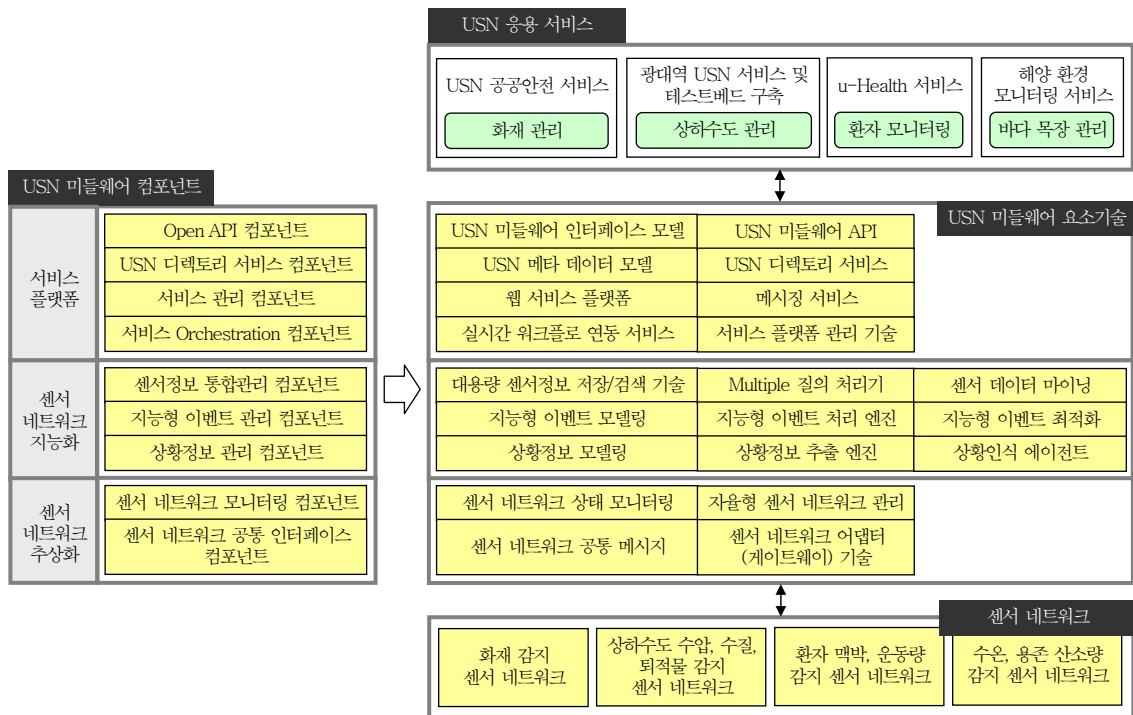
의 각 컴포넌트들에 대하여 property 값 초기화, 컴포넌트의 구동 및 중지, 그리고 플랫폼의 에러상황 체크 등을 수행할 수 있는 기능을 구현하고 있다. 서비스 orchestration 컴포넌트 개발에서는 워크 플로 시스템과 같은 외부 서비스 시스템과 USN 미들웨어 플랫폼과의 원활한 연계를 지원하기 위한 기능을 구현하고 있다. 끝으로, USN 디렉토리 서비스 컴포넌트 개발에서는 센서 네트워크의 정적/동적 메타정보를 등록하고, 조회하고, 갱신할 수 있는 서비스를 구현하고 있다. 여기서, 정적 메타정보는 USN 디렉토리 서비스 관리자에 의하여 직접 입력되고 관리되지만, 동적 메타정보는 센서 네트워크 추상화 단계에서 설명한 센서 네트워크 자율형 모니터링 컴포넌트를 통하여 주기적으로 갱신되는 정보를 이용하여 USN 디렉토리 서비스 관리자가 이용하도록 구현된다. 특히, 이러한 정적/동적 메타정보 모델은 시스템 개발과 함께 국내 표준화가 동시에 진행되고 있다. 현재, 서비스 플랫폼 개발 단계에서는 open API 컴포넌트와 USN 디렉토리 서비스 컴포넌트의 일부

기능이 구현되었으며, (그림 6)은 지금까지 개발된 open API 컴포넌트의 시스템 구성을 보여준다.

(그림 7)은 지금까지 설명된 센서 네트워크 추상화, 지능화 및 서비스 플랫폼 단계에서 개발되어야 하는 USN 미들웨어 요소기술을 요약하여 정리한 것이다.



(그림 6) Open API 컴포넌트 구현



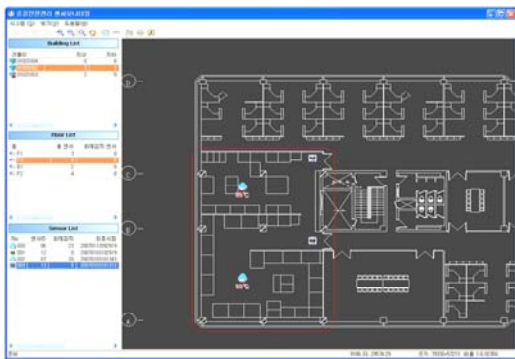
(그림 7) USN 미들웨어 요소기술

2. USN 응용 서비스 시스템

지금까지 개발된 USN 미들웨어 컴포넌트들이 USN 응용 서비스에 효율적으로 적용될 수 있는지를 검증하기 위하여 공공안전(화재) 관리, 상하수도 원격 관리, 해양환경 감시, u-SilverCare의 응용 서비스 시스템들을 개발하였으며, 이들 응용 서비스들의 동시 수행을 성공적으로 수행하였다.

가. 공공안전(화재) 관리 서비스

화재 관리 서비스는 mote 계열의 센서노드에 열 감지 센서를 부착하여 화재발생을 감지하고 주변의 유도등 및 비상등을 제어할 수 있는 서비스로서, 전자도면을 통하여 화재상황을 시각적으로 모니터링 할 수 있도록 하고 있다. 화재 관리 서비스는 기본적으로 화재라는 이벤트가 발생하였을 때 센싱정보를 획득하도록 구성하였으며, 상황에 따라서는 화재 이벤트가 발생하지 않더라도 주기적으로 센싱정보를 획득할 수도 있도록 구성되어 있다. (그림 8)은 건물에서의 화재 감지 서비스를 위한 전자도면의 예를 보여준다.

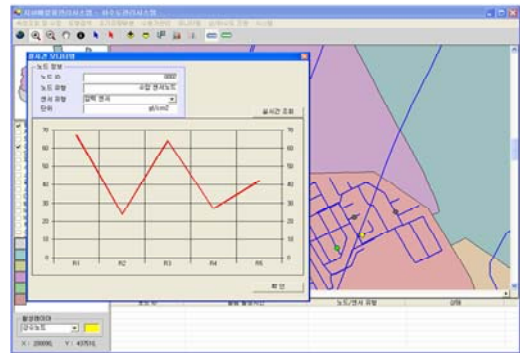


(그림 8) 화재 관리 서비스 예제

나. 상하수도 원격 관리 서비스

상하수도 원격 관리 서비스는 nano 계열의 센서노드에 수압, 수위, 유해 가스량 감지 센서를 부착하여 상수도의 누수, 하수도의 범람 및 역류 위험, 그리고 유해 가스량 등을 관리자가 원하는 시점에 실

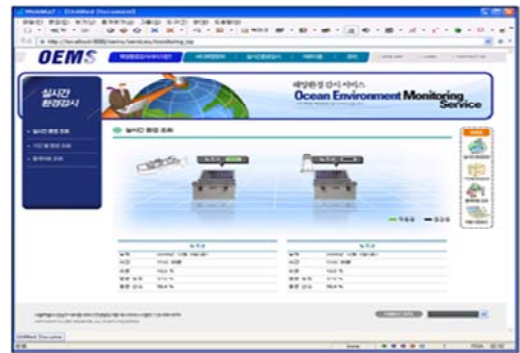
시간으로 모니터링 할 수 있도록 하고 있다. (그림 9)는 상하수도에 대한 실시간 센싱정보 모니터링 서비스의 예제를 보여준다.



(그림 9) 상하수도 원격 관리 서비스 예제

다. 해양환경 감시 서비스

해양환경 감시 서비스는 센서노드에 바닷물의 온도, 염분, 용존 산소량 감지 센서를 부착하여 바다목장의 환경을 실시간 또는 주기별로 모니터링 하여 웹 기반으로 서비스를 제공할 수 있도록 하고 있다. (그림 10)은 웹 상에서의 해양환경 모니터링 서비스의 예를 보여준다.



(그림 10) 해양환경 모니터링 서비스 예제

라. u-SilverCare 서비스

u-SilverCare 서비스는 센서노드에 사람의 생체 정보(맥박, 운동량) 감지 센서를 부착하고, 환자에게 이러한 센서노드를 부착시킴으로써, 환자의 생체정

● 담당 회원 현황

회원번호	회원생성시간	회원정보	연간 회비	잔액 Kor
2007-01-20(오) 6:00	2007-01-20(오) 6:00	USINVERCARE30181	111	1354
2007-01-20(오) 6:01	2007-01-20(오) 6:53	USINVERCARE31587	70	2013
2007-01-20(오) 6:01	2007-01-20(오) 6:03	USINVERCARE540	103	1378
2007-01-20(오) 5:59	2007-01-20(오) 12:31	USINVERCARE35535	80	100
2007-01-20(오) 5:33	2007-01-20(오) 12:31	USINVERCARE35535	140	100
2007-01-20(오) 5:32	2007-01-20(오) 12:31	USINVERCARE35535	80	100
2007-01-20(오) 5:08	2007-01-20(오) 12:31	USINVERCARE35535	80	100
2007-01-20(오) 5:08	2007-01-20(오) 12:31	USINVERCARE35535	150	100
2007-01-20(오) 4:25	2007-01-19(오) 1:30	USINVERCARE35535	100	100
2007-01-20(오) 4:24	2007-01-19(오) 1:30	USINVERCARE35535	150	100
합계			106,4	544,5
회원회수			10	10
내정상회수			5	1

(그림 11) 환자 생체정보 모니터링 서비스 예제

보를 주기(30분)적으로 측정하고 응급상황 발생에 대비할 수 있도록 하고 있다. 특히, 응급상황 발생시에는 생체정보 전송의 주기를 10초 이내로 갱신시킴으로써 보다 정확한 정보를 획득할 수 있도록 구성되어 있다. (그림 11)은 웹 상에서 환자의 정보를 주기적으로 모니터링 하는 예제를 보여준다.

V. 결론

본 논문에서는 우선 USN 미들웨어의 특징 및 기술 동향에 대하여 살펴보고, 그리고 ETRI에서 개발 중인 USN 미들웨어 플랫폼 기술에 대하여 개략적으로 살펴보았다. USN 미들웨어 특징에서는 USN 미들웨어는 개념적으로 server-side 미들웨어와 in-network 미들웨어로 구성되어 있음을 알게 되었다. 그리고, USN 미들웨어가 u-City와 같은 대규모의 광역 서비스를 지원하기 위해서는 다양한 질의 유형 지원, 센싱정보 관리, 메타정보 관리, 이기종의 센서 네트워크 통합 지원, 상황정보 생성 및 관리, QoS 보장, 센서노드 미들웨어 갱신, 센싱정보 보안, 그리고 센서노드 위치인식과 같은 다양한 종류의 기능들이 요구됨을 알게 되었다. 끝으로, 이러한 USN 미들웨어의 특징들을 수용한 USN 미들웨어 플랫폼 개발 현황에서는 open API, 서비스 orchestration, 서비스 관리, USN 디렉토리 서비스, 지능형 이벤트 관리, 상황정보 관리, 센싱정보 통합관리, 센서 네트

워크 공통 인터페이스, 그리고 센서 네트워크 자율형 모니터링 컴포넌트로 구성된 미들웨어 시스템의 개발 현황과 이를 적용한 USN 응용 시스템들의 예제에 대해서도 간단하게 살펴보았다.

센서노드 및 센서 네트워크 기술의 발전과 더불어 USN 응용 서비스들이 소개되기 시작한 초기에 개발된 USN 미들웨어는 그 기능이 매우 단순하였었다. 실제로, USN 미들웨어라기보다는 주어진 USN 응용 서비스를 지원할 수 있는 응용 시스템의 일부에 더 가깝다고 할 수 있었고, USN 미들웨어의 필요성 또한 크지 않았다. 그러나, 이후에 더욱 복잡하고 다양한 유형의 USN 응용 서비스 모델들이 발표되고, 상황에 따라 여러 응용 서비스들의 통합이 요구됨에 따라 이를 효율적으로 지원하기 위한 USN 미들웨어에 대한 요구가 급격히 증가하게 되었다. 예를 들면, 상수도, 하수도, 전기, 전화, 도로 등의 다양한 도시 인프라가 통합되어 서비스되는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위하여 추진되는 u-City 구축 사업은 USN 미들웨어를 필수적으로 필요로 하게 된다. 구체적으로, 제한된 자원 상황에서 동작하는 센서노드에서의 성능을 최적화하기 위하여 in-network 미들웨어 기술이 필요하게 되고, 이기종 센서 네트워크에 대한 상호 호환성, 통합된 통신 환경, 동적 모니터링, 통합 질의 처리 등을 효율적으로 수행하기 위하여 server-side 미들웨어가 필요하게 된다. 이러한 USN 미들웨어 기술은 향후 유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 구축함에 있어서 반드시 필요한 핵심 기술로 자리매김할 것으로 예측되고 있다. 그러므로, 유비쿼터스 컴퓨팅 사회 구축을 목표로 하고 있는 국가가 주도적으로 이러한 USN 미들웨어 관련 기술을 확보하고, 또한 이에 대한 표준화를 추진함으로써 국내 USN 산업 활성화를 이룩하고, 이를 바탕으로 국제 경쟁력도 확보해야 할 것으로 생각된다.

약 어 정 리

CIMS Context Information Management Component

IEMC	Intelligent Event Management Component
OAPIC	Open API Component
PMC	Platform Management Component
QoS	Quality of Service
RFID	Radio Frequency Identification
SIIMC	Sensing Information Integrate Management Component
SNAMC	Sensor Network Autonomic Management Component
SNCIC	Sensor Network Common Interface Component
SOC	Service Orchestration Component
UDSC	USN Directory Service Component
USN	Ubiquitous Sensor Network

참 고 문 헌

- [1] 김민수, 김광수, 이윤준, "USN 미들웨어의 특징 및 기술 개발 동향," IITA, 주간기술동향, 통권 1284호, 2007. 2.
- [2] Salem Hadim and Nader Mohamed, "Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks," *IEEE Distributed Systems Online*, Vol.7, No.3, 2006.
- [3] A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, and D. Culler, "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring," *ACM, Sensor Networks and Applications*, Sep. 2002, pp.88-97.
- [4] A. Baptista, T. Leen, Y. Zhang, A. Chawla, D. Maier, W. Feng, W. Feng, J. Walpole, C. Silva, and J. Freire, "Environmental Observation and Forecasting Systems: Vision, Challenges and Successes of a Prototype," *Encyclopedia of Physical Science and Technology (R.A. Meyers, Ed.)*, Academic Press, Third Edition, Vol.5, pp.565-581.
- [5] N. Xu et al., "A Wireless Sensor Network for Structural Monitoring," *ACM Sensys*, Nov. 2004, pp.13-24.
- [6] Aleksandar Milenković, Chris Otto, and Emil Jovanov, "Wireless Sensor Networks for Personal Health Monitoring: Issues and an Implementation," ELSEVIER, Computer Communications, In Press, Corrected Proof, Available online 6 Mar. 2006.
- [7] 김민수, 이은규, 장병태, "USN 기반 차세대 텔레메틱스 서비스 연구 동향," IITA, 주간기술동향, 통권 1207호, 2005. 8.
- [8] W. Heinzelman, A. Murphy, H. Carvalho, and M. Perillo, "Middleware to Support Sensor Network Applications," *IEEE Network Magazine Special Issue*, Jan. 2004.
- [9] Shuoqi Li, Sang H. Son, and John A. Stankovic, "Event Detection Services Using Data Service Middleware in Distributed Sensor Networks," *Information Proc. in Sensor Networks*, Apr. 2003, LNCS 2634, pp.502-517.
- [10] T. Liu and M. Martonosi, "Impala: A Middleware System for Managing Autonomic," *Parallel Sensor Systems, Proc. ACM SIGPLAN Symp. Principles and Practice of Parallel Programming*, 2003, pp.107-118.
- [11] S.R. Madden, M.J. Franklin, and J.M. Hellerstein, "TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks," *ACM TODS*, Vol.30, No.1, 2005, pp.122-173.
- [12] Yong Yao and J.E. Gehrke, "The Cougar Approach to In-Network Query Processing in Sensor Networks," *SIGMOD RECORD*, Vol.31, No.3, Sep. 2002.
- [13] 김민수, 이은규, "유비쿼터스 환경에서의 센서 데이터베이스 기술," IITA, 주간기술동향, 통권 1187호, 2005. 3.
- [14] S. Madden, M.J. Franklin, and J.M. Hellerstein, "The Design of an Acquisitional Query Processor for Sensor Networks," *ACM Sensys*, 2003.