



USN 인프라 서비스 지원을 위한 계층적 미들웨어 플랫폼 구조

김영만
(국민대학교)

목차

1. 서론
2. 관련 연구
3. 계층적 USN 미들웨어 플랫폼
4. 결론

1. 서론

u-Korea 지능기반사회 구현을 위한 IT839 전략에 따라 “필요한 모든 곳에 전자태그를 부착하고 이를 통하여 사물의 인식정보 및 주변의 환경정보까지 탐지하여 수집된 정보를 실시간으로 네트워크를 통하여 제공하거나 관리하는 것”을 뜻하는 Ubiquitous Sensor Network(USN) 인프라 구축을 위하여 정부는 지원계획을 검토하고 있으며 여러 대학 및 연구소에서 다양한 연구들이 시행되고 있다[1]. 이렇듯 급속히 발전하고 있는 USN 분야에서 실세계 오프라인 정보를 효율적으로 수집하고 제공해주는 USN 미들웨어의 역할은 응용 프로그램과 하위 계층을 연결해주는 전통적인 기능 제공 외에도 다양한 인프라 서비스를 제공하기 위해 통합적이고 인간 친화적이어야 한다.

하지만 기존의 USN 미들웨어와 관련된 연구들은 Anywhere, Anything 인프라스트럭처가 갖추어진 상황을 고려하지 않고 단순히 지역적인

서비스 제공만을 다루고 있으며, RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크 등의 다양한 분야들을 포용하지 못하고 있다. 따라서 보다 포괄적인 형태의 USN 미들웨어에 대한 고안이 필요한 실정이며, 이를 위해 USN 미들웨어는 다음과 같은 기능을 가져야 한다. 첫째, 임의의 위치에서 발생한 데이터는 임의의 사용자가 원하는 장소까지 실시간으로 이동될 수 있는 글로벌 형태여야 한다. Anytime, Anywhere, Anything 통신이 가능한 인프라스트럭처가 형성되어 가는 상황에서 고부가가치 데이터의 실시간 제공은 기본적인 충족 요건이다. 둘째, 기존의 RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크 등을 통합할 수 있어야 한다. 다시 말해서 통합적이고 인간 친화적인 형태의 USN 인프라스트럭처가 위와 같은 기반 기술들을 포용하지 못한다면 진정한 USN의 의미를 잃는 것이다. 셋째, Local USN을 구성하는 각각의 센서 Node에 위치한 Inter-Node 미들웨어와 Local USN으로부터 수집된 데이터를 관리하는 USN Data 서버에 위

치한 Infra-Service 미들웨어를 구분 고안하여야 한다. 즉, USN 미들웨어는 저용량 CPU, 배터리 등의 제약 조건들을 가진 USN Node로 구성된 Local USN 망을 위한 미들웨어와 USN Node와 비교하여 상대적으로 많은 자원을 가진 Data 서버에 위치하는 Infra-Service 미들웨어로 구성된 Two-Tier 구조를 택해야 한다.

본 논문에서는 2장에서 RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크 등 여러 분야에서 연구되어진 기존의 미들웨어들을 살펴보고, 3장에서 인프라스트럭처가 갖추어진 상황에서 USN 개별 구성요소들을 위한 USN Infra-Service 미들웨어와 USN Inter-Node 미들웨어로 구성된 Two-Tier 방식의 인간 친화형 USN 미들웨어를 소개한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문 내용을 정리한다.

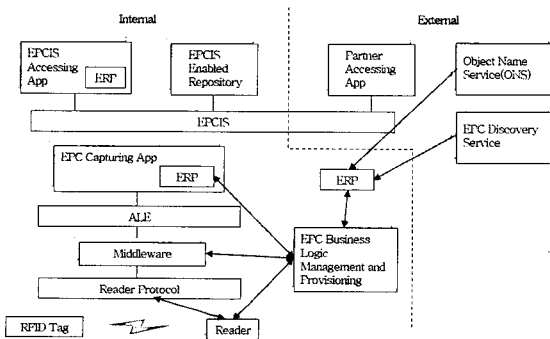
2. 관련 연구

본 장에서는 USN 인프라스트럭처의 개별적 기반 구성요소를 형성하는 RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크를 위한 미들웨어에 대하여 다룬다.

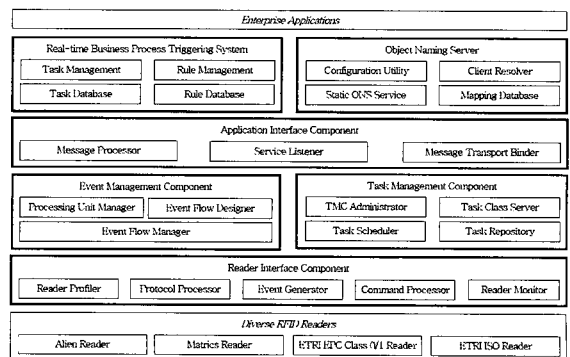
2.1 RFID 미들웨어

RFID 미들웨어[2]와 관련된 국제표준화는 사

실상의 표준을 제시하고 있는 EPCglobal을 중심으로 활발히 이루어지고 있다. (그림 1)의 (a)는 EPCglobal에서 제안한 EPC Network 구조 및 구성요소를 보여준다[3]. 각 구성요소의 역할을 살펴보면 가장 하위에 위치한 Reader는 인식공간 내에 존재하는 복수 개의 태그를 인지한다. 이렇게 인식된 태그 데이터는 Reader Protocol을 통해 Reader로부터 Middleware로 데이터가 전달되게 된다. Middleware는 Reader로부터 전달된 복수 개의 중복된 태그 데이터를 필터링하는 역할을 수행하게 되고, ALE 인터페이스를 통해 통합/정제된 태그 데이터 목록이 Middleware에서 EPC Capturing Application으로 전달되게 된다. EPC Capturing Application은 Middleware로부터 전달 받은 태그인식정보와 기타 비즈니스적 관련정보를 EPCIS에 공급하게 되고, 이러한 정보들은 EPCIS-Enabled Repository에 저장/관리되어 향후 질의에 대응할 수 있도록 한다. EPCIS Accessing Application 및 Partner Application은 EPCIS에서 제공하는 인터페이스를 통해 EPCIS에서 관리하고 있는 EPC와 관련된 정보를 질의하고 그에 대한 결과를 활용하여 비즈니스적으로 의미있는 활동을 수행하게 된다. EPC Discovery Service는 EPC와 관련된 데이터의 검색엔진으로서 특정 EPC와 연관된 데이터를 저장하고 있는 EPCIS의 위치정보 목록에 대한 검색



(a)



(b)

(그림 1) (a) EPC 네트워크 구조, (b) ETRI 자동식별 미들웨어

서비스를 제공한다.

(그림 1)의 (b)는 ETRI의 자동식별 미들웨어를 나타낸다. 이는 Reader Event Management System(REMS)라고 부르는 미들웨어 코어를 가지며 최하단부터 다수의 RFID 리더기와의 인터페이스를 담당하는 Reader Interface Component(RIC), 리더로부터 전달된 RFID 태그데이터를 정제 및 요약한 후 이를 응용 프로그램에 전달하는 기능을 제공하는 Event Management Component(EMC), 리더로부터 수집된 정보에 대한 이력관리 및 일괄처리 기능 등을 제공하는 Task Management Component(TMC), 응용 프로그램과의 통신을 담당하는 Application Interface Component(AIC)로 구성된다. 또한, REMS 외에도 레거시 시스템(ERP, SCM, CRM)과의 연동을 위해 수집된 RFID 태그정보를 바탕으로 사용자가 기 정의한 규칙정보와 비교하여 semantic event를 생성하는 Real-time Business Process Triggering System(RBPTS), 마지막으로 인식된 태그 정보를 이용하여 태그가 부착된 객체에 대한 정보를 제공하는 서비스위치 정보를 제공하는 Object Naming Server(ONS)로 구성되어 있다.

2.2 텔레매틱스 미들웨어

텔레매틱스 기술은 텔레매틱스 서버로부터 다양한 통신 수단을 통해 각종 서비스 정보 및 응용 소프트웨어를 사용자에게 제공하기 위한 차량 내 하드웨어 및 소프트웨어 환경에 관련된 기술이다[4]. ETRI에서는 2004년부터 단말 소프트웨어 플랫폼 및 정보관리 기술 과제를 통해 텔레매틱스 응용프로그램 및 시스템 개발자에게 표준화된 미들웨어 API를 제공하고, 보안, 통신, 차량상태 등 다양한 텔레매틱스 서비스 개발에 필요한 기반 환경을 지원하기 위한 국제 표준(AMI-C, OSGi) 기반의 단말 소프트웨어 플랫폼을 개발하고 있다.

2.2.1. AMI-C

AMI-C[5]는 차량 정보엔터테인먼트 시스템과 차량통신 네트워크 인터페이스의 표준화를 목표로 자동차 제조업체를 중심으로 설립되었으며, OSGi 프레임워크 상에서 동작한다. AMI-C는 차량 시스템, 정보, 신호(signal) 등에 관한 인터페이스를 나타내는 Vehicle Interface, 컴포넌트 간의 데이터 교환 및 제어를 제공하기 위한 표준 네트워크와 메시지 집합을 대변하는 Network, 그리고 플랫폼 상호 간 다운로드 가능한 응용 코드를 실행하기 위한 구조를 가진 Host로 구성되어 있다.

2.2.2 Autosar(Automotive Open System Architecture)

Autosar[6]는 차량내 전기/전자 아키텍처의 개방 표준 구축을 위해 차량 제작업체 BMW, Daimler Chrysler, Volkswagen, Ford 그리고 차량시스템 제공업체인 Bosch, Continental, Siemens로 구성된 포럼에서 설계되었다. Autosar Interface는 하드웨어에 의존적이지 않으며 소프트웨어 컴포넌트의 표준화를 가능하게 한다. Autosar의 주요 특징은 Standardized, openly disclosed Interfaces, HW independent SW layer, Transferability of functions, Redundancy activation 등이다.

2.3 홈 네트워크 미들웨어

홈 네트워크는 정보 네트워크, A/V 네트워크, 제어 네트워크의 세 가지 네트워크로 분류된다. 각각의 네트워크에 속한 단말에 접근하기 위해서는 장비에 대한 연결 기술(Ethernet, Bluetooth, 무선랜, IEEE 1394, 전력선 통신기술 등)이 필요하다. 또한 좀 더 섬세한 조절과 장비 간의 상호작용을 원활히 하기 위해서는 미들웨어가 필요한데 이것이 OSGi, UPnP, JINI, HAVi 등이다.

2.3.1 OSGi 서비스 플랫폼

OSGi[7]는 자바 가상머신 기반 하에서 작동하도록 만들어진 표준으로 OSGi 표준 명세의 핵심 요소는 OSGi 프레임워크이다. 프레임워크는 (그림 2)의 (a)와 같이 4개의 레이어와 번들(Bundle)이라 불리는 물리적 묶음으로 구성되어 있다. 번들은 OSGi에서 제공하고자 하는 서비스 혹은 애플리케이션들을 지칭하는 용어이며 배포와 관리의 단위이다. 번들은 여러 개의 서비스를 포함할 수 있으며 동적으로 프레임워크에 등록되고 제거되어 서비스의 업데이트에 유연하게 대처할 수 있다. OSGi 프레임워크는 이런 번들을 등록하고 관리하는 일을 하는데 번들은 프레임워크의 섀다운 없이 동적으로 설치와 제거가 가능하다. 이러한 번들의 동적 설치와 업데이트가 OSGi의 주요 장점 중 하나인데, 이는 홈 네트워크의 새로운 서비스를 언제든지 쉽게 추가할 수 있으며 쉬운 유지보수를 가능하게 한다.

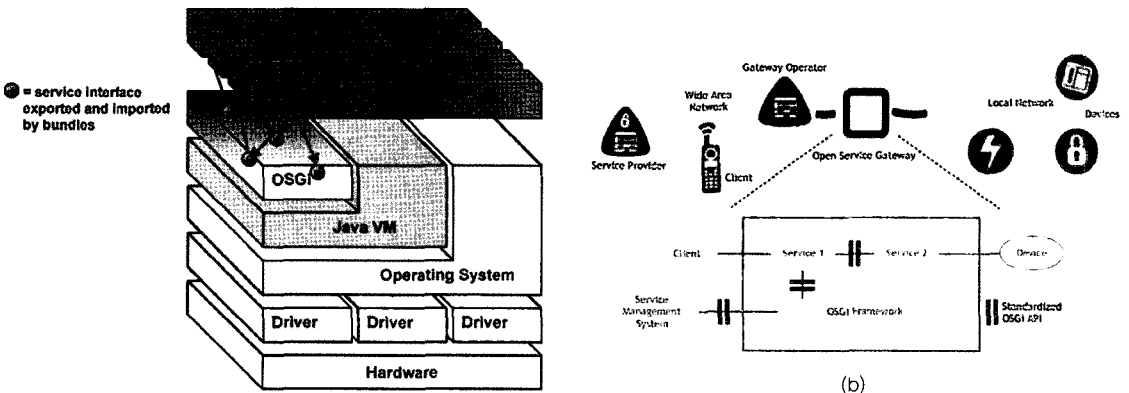
OSGi 서비스 플랫폼은 크게 세 가지 분야를 관심대상으로 한다. 첫째는 서비스들 간의 연결 및 제어, 둘째는 서비스와 OSGi 프레임워크 간의 연결 및 제어, 셋째는 OSGi 프레임워크와 외부 서비스 관리 시스템과의 연결 및 제어이다. 따라서 OSGi 서비스 플랫폼은 (그림 2)의

(b)에서와 같이 외부 네트워크와 홈네트워크 장비들을 연결하는 네트워크 사이에 위치하게 된다. 외부 네트워크 환경에서는 서비스 제공자가 존재하여 서비스 제공 및 관리를 수행하고, 홈네트워크 환경에서는 수많은 장비들과 상이한 프로토콜들이 존재하여 이들을 원활히 연결하고 제어해야 한다. 결국 OSGi 서비스 플랫폼은 외부 네트워크 환경과 홈 네트워크 환경의 중재자의 역할을 한다.

2.3.2 UPnP 미들웨어

UPnP(Universal Plug and Play)[8]는 정보가전, 무선통신장치, PC 관련 장비 등 여러 장소에 분산되어 있는 장치와 서비스 간의 쉽고 편리한 통신방법을 제공하고자 탄생하였으며, 마이크로소프트사에서 MS Windows에서 주변장치 접속을 위해 채택하고 있는 PnP (Plug and Play) 기술을 보다 다양한 장비에 적용할 수 있도록 확장한 것이다.

UPnP의 특징으로는 소규모에서 대규모의 네트워크로 확장이 용이하고, PnP를 지원하여 장비의 접속과 분리를 자동으로 인지하며, 개발이 용이하고, 작은 리소스로도 이용이 가능하며, 가전장비와 같이 IP가 없는 장비에 대해서는 단순한 기능을 가진 SCP(Simple Control Protocol)



(그림 2) (a) OSGi 구조, (b) OSGi 서비스 플랫폼 적용범위

라는 프로토콜을 통하여 브릿지(Bridge; 네트워크 프로토콜 변환기)로 연결할 수 있도록 지원한다.

2.3.3 JINI 미들웨어

JINI[9]의 역할은 UPnP처럼 네트워크를 통해 사람이나, 기기, 프로그램이 특정 자원을 찾거나 사용하고자 할 때, 관리자의 개입 없이 유연하게 동작하는 것을 목표로 한다. 그러나 자원으로 참여하기 위한 조건과 자원을 다루는 방법에서는 다른 유사기술과 확연한 차이를 가지고 있는데, 무엇보다 JINI의 자원은 JAVA machine 이어야 한다는 점이다. 아마도 이점이 JINI의 확산에 가장 큰 걸림돌일 것이다. 점차 고가가 전이나 정보가전제품에 JAVA VM을 내장하는 경우가 늘어나고 있지만 여전히 소수에 불과하다. 물론 JAVA VM이 없거나 아예 컴퓨팅 파워가 없는 장비가 JINI 네트워크에 참여하는 방법도 마련되어 있으나 이것은 브릿지와 같은 다른 기능의 도움을 받아야 한다.

JINI의 동작은 홈 게이트웨이와 같은 자원 관리 서버를 찾는 과정(Discovery), JINI 네트워크에 합류하는 과정(Join), 서비스 사용을 위한 프로그램을 제어용 클라이언트에 전송하는 과정(Lookup), 사용자의 요구에 의한 서비스 수행과정(Service Invocation)으로 분류된다.

2.3.4 HAVi 미들웨어

HAVi(Home Audio Video Interoperability)[10]는 가정 내의 문화생활과 오락과 같은 홈 엔터테인먼트(Home Entertainment)를 강조한 미들웨어이다. 최근 들어 주 5일 근무 추진과 더불어 홈 엔터테인먼트에 많은 관심이 모아지고 있으며 실제로 많은 사람들이 집안에 홈 씨어터(Home Theater) 내지는 유사한 시설들을 갖추고 있다. 그러나 TV, VTR, DVD 등 여러 장비들을 서로 연결하고 조작하기 위해서는 다소 어렵고

복잡한 것이 사실이다. HAVi는 바로 이런 환경에서 설치와 조작을 보다 쉽고 편하게 해주고 홈 네트워크 연결을 통한 기능 확장까지 지원해준다. 가장 큰 특징은 고품질의 디지털 비디오와 오디오 신호를 고속으로 전송할 수 있도록 하기 위하여 고속(400Mbps)의 IEEE 1394 네트워크를 기반으로 하고 있다는 점이다. 적용 분야에서 나타나듯이 주로 오디오 및 비디오 장비를 생산하는 8개 주요 회사(Grundig AG, Hitachi, Panasonic, Royal Philips Electrics, Sharp, Sony, Thomson Multimedia, Toshiba)에 의해서 시작되어 현재는 국내의 삼성, LG 전자를 포함하여 50여개 이상의 업체들이 참여하고 있다.

HAVi는 상호운용성, 제조사 독립성, 플러그&플레이, 기능 갱신의 용이성, 분산 제어의 특징을 가지며 UPnP나 Jini와는 달리 가전회사에서 시작된 홈 네트워크용 미들웨어이다. 고속, 대용량의 멀티미디어 데이터 전송을 위하여 하부 네트워크 모듈을 IEEE 1394로 제한하고 있기 때문에 HAVi라는 이름에서 보듯이 오디오 및 비디오 기기용으로 국한되는 경향이 있다. 따라서 광범위한 홈 네트워크 미들웨어로 사용되기 위해서는 UPnP나 Jini와 같은 미들웨어와 혼용되어야 하며, 실제로 HAVi-UPnP 브릿지와 같은 방식으로 미들웨어 간의 호환성을 제공하고 있는 추세이다. 그러나 오디오 및 비디오 분야로 국한시켜 보면, 손쉬운 설치 및 사용이 가능하고 제조사와 무관하게 통일된 제어가 가능하며 대용량의 오디오 및 비디오 데이터와 신호를 처리하는데 최적화되어 있어 멀티미디어 서비스에 적합한 미들웨어로 볼 수 있다.

2.4 센서 네트워크 미들웨어

센서 네트워크 분야에서 연구 중인 미들웨어는 Data Centric 구조, Event Centric 구조, Mobile Agent 지원 구조, 제한자원 보호 구조, Common Sensor 기능 제공 구조, QoS 지원 구조, Group

Approach 구조로 분류할 수 있다[11]. 본 절에서는 각 분류에 대한 내용을 자세히 다룬다.

2.4.1 Data Centric 구조

사용자에 대한 센서 데이터의 처리 및 전달 서비스를 기본으로 제공한다. 수집되는 센서 데이터의 종류로는 단독으로 존재하는 독립데이터와 여러 장소에서 측정된 데이터들을 처리하여 생성되는 협동 데이터가 있다. Data Centric 구조에 속하는 미들웨어로는 Cougar, SAMANTA, SINA, Sentire, SensorJini[12] 등이 있다.

2.4.2 Event Centric 구조

어떤 센서 데이터는 사용자가 원하는 순간에 발생하지 않고 임의의 순간에 스스로 발생하여 사용자에게 비동기적으로 전달되는 경우가 있다. 이러한 비동기적 센서 이벤트 발생 및 전달에 초점을 맞추어, 센서 이벤트를 발생시키고 이벤트 통보를 원하는 사용자에게 전달하는데 필요한 상위 기능들을 제공하는 이벤트 중심 구조의 미들웨어가 필요하다. Event Centric 구조에 속하는 미들웨어로는 DSWare 등이 있다.

2.4.3 Mobile Agent 지원 구조

센서 네트워크는 한번 설치되면 관리자의 손길이 닿지 못하는 상황 하에서 오랜 기간 자율적으로 동작하여야 하므로 사용기간 중에 네트워크 용도 변경 등으로 인하여 응용 소프트웨어나 프로토콜들이 바뀌어야 할 때 소프트웨어 모듈을 동적으로 다운로드하고 기존의 응용 프로그램을 대체하도록 지원하는 플랫폼이 필요하다. 이 개념을 확장시킨 것이 이동 에이전트 모델로서 응용 프로그램뿐만 아니라 미들웨어나 운영체제를 구성하는 모듈들을 자동적으로 업데이트할 수 있도록 하는 구조의 미들웨어이다. Mobile Agent 지원 구조에 속하는 미들웨어로 Sensor Ware, Maté 등이 있다.

2.4.4 제한자원 보호 구조

센서 네트워크는 제한된 에너지를 가진 배터리 하에서 장기간 동작하는 것을 전제로 하고 있어서 에너지를 최대한 절약하는 방안이 모든 소프트웨어 모듈들에 적용되어야 한다. 에너지 절감을 포함하여 부족한 자원(메모리, 계산기능 등)을 효율적으로 사용하는데 필요한 각종 기능들과 에너지 절감형 공통 서비스 모듈들을 제공하도록 설계된 것이 제한자원 보호 구조 미들웨어이다. 제한자원 보호 구조 미들웨어로 Impala, MiLAN, PADS 등이 있다.

2.4.5 Common Sensor 기능 제공 구조

센서 네트워크가 제공하여야 할 공통 서비스들을 모아서 미들웨어에서 제공하는 것은 모든 미들웨어의 기본적인 사양에 해당된다. 특히 센서 네트워크가 제공할 수 있는 공통 서비스로 시간 동기화 서비스, 노드 위치인식 서비스 등이 있다. Common Sensor 기능 제공 구조의 미들웨어로 DARPA NEST, SCADDS 등이 있다.

2.4.6 QoS 지원 구조

QoS를 기반으로 한 리소스들의 원활한 공급을 지원하기 위해 사용되어지는 효과적인 미들웨어로서 정보 수집의 적절한 조합과 현 시스템의 상황 및 사용자의 요구에 맞는 Resource Provisioning 정책을 바탕으로 정보 공급에 관련된 QoS를 동적으로 선택할 수 있다. QoS 지원 구조의 미들웨어로 AutoSeC (Automatic Service Composition)[13]. 등이 있다.

2.4.7 Group Approach 구조

일반적으로 센서 노드는 주변 노드와 노드 위치를 포함한 다양한 정보들을 공유할 수 있다. 이 때 노드간 데이터 공유 수준은 미리 정의된 그룹 멤버쉽과 공유 데이터에 의해 결정된다. Group Approach 구조는 센서 네트워크 상에

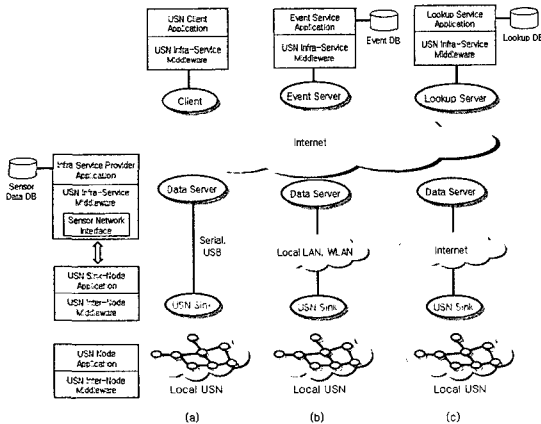
서 이웃 노드에게 공유 데이터 및 노드의 속성을 보여주는 것에 대한 추상화를 제공하는 미들웨어 구조이다. Group Approaches 구조에 해당하는 미들웨어로 Hood[14] 등이 있다.

3. 계층적 USN 미들웨어 플랫폼

본 장에서는 USN 인프라스트럭처 미들웨어 플랫폼의 기본 개념 및 구조에 대하여 설명하고, 서비스 시나리오를 통해 인프라스트럭처 상에서의 데이터 흐름과정을 살펴본 후, 마지막으로 USN Infra-Service 미들웨어와 USN Inter-Node 미들웨어로 구성된 Two-Tier 형식의 계층적 USN 인프라 미들웨어에 대하여 소개한다.

3.1 USN 인프라스트럭처 미들웨어 플랫폼

개요



(그림 3) USN 인프라스트럭처 미들웨어 플랫폼
 (a) Tightly-coupled Sink-DataServer USN,
 (b) Loosely-coupled Sink-DataServer USN,
 (c) Separately-coupled Sink-DataServer USN

USN 인프라스트럭처를 통하여 광역 서비스를 제공하는데 적합한 USN 미들웨어 플랫폼은 (그림 3)과 같은 형태로 존재하며 각 구성 요소들은 다음과 같은 특징들을 가진다.

클라이언트는 USN Client Application이 USN Infra-Service 미들웨어를 통하여 사용자가 원하

는 USN 인프라 서비스를 각종 USN 서버에게 요구하는 주체이다. 일반적으로 클라이언트는 자신이 원하는 정보를 실시간으로 생성하는 Local USN 및 생성된 정보를 저장 / 관리하는 Data 서버, 그리고 수집된 데이터가 특정 조건에 부합될 때 비동기적으로 발생하는 이벤트를 관리하는 Event 서버의 위치를 알지 못하기 때문에 Lookup 서버에게 질의하여 각종 USN 서버 혹은 USN 자체의 위치정보를 제공받는다.

개별 USN에서 발생하는 데이터가 클라이언트에 제공되는 방식으로는 임의의 순간 클라이언트로부터의 데이터 요구를 실시간으로 제공하는 Request/ Response 폴링 방식, 클라이언트가 원하는 데이터를 주기적으로 클라이언트에게 전송하는 모니터링 방식과 “온도가 50도 이상일 때 데이터를 전송하라”와 같이 클라이언트가 지정한 조건이 만족되었을 때 발생하는 이벤트를 실시간으로 통보하는 방식이 있다. 폴링 및 모니터링 방식의 경우 Data 서버를 통해 데이터를 전송받으며 이벤트 방식의 경우 USN에서 발생한 이벤트는 Event 서버를 통하여 이벤트 통보를 신청한 클라이언트에게 제공된다. 이러한 Lookup 및 Event 서버는 클라이언트와 마찬가지로 상위 고급 서비스 처리를 지원할 수 있는 USN Infra-Service 미들웨어 상에서 동작한다.

Data 서버는 Infra 서비스를 제공하는 계층인 Infra Service Provider Application, Infra 서비스에 손쉽게 접근하기 위한 공통기능들을 제공하는 USN Infra-Service 미들웨어, USN Sink 노드와의 통신을 통해 Local USN망과 정보교환 및 상황설정, 그리고 명령 전송을 지원하는 Data Protocol로 구성되어 Local USN과 인터넷을 연결하는 역할을 한다.

Data 서버와 USN Sink 노드간 연결 방식은 (그림 3)의 (a), (b), (c)와 같이 세 가지 형태로 구현될 수 있다. (a) Tightly-coupled Sink-Data

Server USN의 경우 Data 서버와 USN Sink 노드와의 연결이 Serial 또는 USB를 통한 직접적인 일대일 연결로 이루어지며 외부로부터의 접근은 Data 서버를 필히 경유하여야 한다. (b) Loosely-coupled Sink-DataServer USN은 외부 통신의 경우 Data 서버가 전담하며 LAN 또는 WLAN과 같은 내부 지역망을 통해 Local USN에서 발생하는 데이터를 USN Sink 노드가 수집하여 Data 서버로 Relay하는 형식이다. 마지막으로 (c) Separately-coupled Sink-DataServer USN의 형태는 USN Sink 노드가 인터넷에 연결되어 있어서 클라이언트가 Sink 노드로부터 직접 데이터를 전송받을 수 있다.

Local USN 망에서의 각 노드는 USN Node Application과 USN Inter-Node 미들웨어로 이루어진다. USN Inter-Node 미들웨어는 센서 노드에서 실행되는 응용프로그램들이 필요로 하는 공통 기능 외에도 USN Node Application이 동적으로 탑재되고 실행되는 로딩기능 및 노드 태스크 관리 등의 다양한 기능을 제공하는 컴포넌트들을 포함하고 있다.

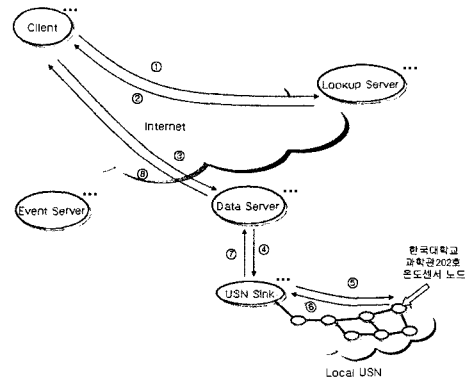
3.2 USN 서비스 시나리오

본 절에서는 3.1절에서 다룬 세 가지 USN 데이터 제공 방식에 의거하여 USN Infra 서비스를 인프라스트럭처 센서 정보 폴링/모니터링 서비스와 인프라스트럭처 이벤트 서비스로 나누고, 각각의 서비스 사용법에 대하여 구체적인 시나리오를 통하여 설명한다.

3.2.1 서비스 시나리오 #1 : 인프라스트럭처 센서 정보 폴링/ 모니터링 서비스

수많은 Client, Lookup Server, Event Server, Data Server, USN Sink 들로 이루어진 USN 인프라 상에서 클라이언트 주도의 USN 서비스로서 데이터 전송의 전통적인 방식인 Request/Response로 이루어진 폴링 방식과 센싱 데이터

를 주기적으로 전송하는 모니터링 방식이 있다. 일반적으로 대부분의 USN 인프라 서비스는 사용자가 Lookup 서버에 대한 질의로 시작하여 최종적으로 Local USN 망에서 생성된 데이터가 Data 서버를 통하여 클라이언트에게 전달되는 과정으로 이루어져 있다.



(그림 4) USN 인프라스트럭처 상에서의 센서 정보 폴링/모니터링 서비스

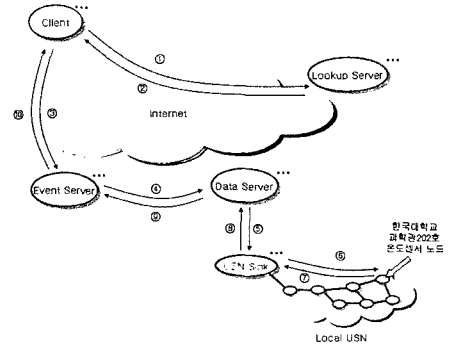
인프라스트럭처 센서 정보 폴링/모니터링 서비스는 (그림 4)와 같은 과정으로 이루어진다. 각 과정의 상세 설명은 폴링 서비스에 대하여 다음과 같이 주어지고 있으나 모니터링 서비스의 경우 ⑥~⑧번 과정이 주기적으로 발생하는 점 이외에는 폴링 서비스와 동일한 절차를 공유한다.

- ① 클라이언트는 “한국대학교 과학관 202호 온도”에 관한 센서 정보를 얻기 위해 Lookup 서버에게 한국대학교 과학관을 담당하는 Data 서버의 주소를 요구하는 메시지를 보낸다.
- ② Lookup 서버는 클라이언트가 보낸 요청 메시지에 대한 응답으로 한국대학교 과학관을 관리하는 Data 서버의 주소를 넘겨준다.
- ③ Data 서버의 주소를 전송받은 클라이언트는 Data 서버에 접속하여 과학관 202호의 온도

정보를 요청한다.

- ④ Data 서버는 클라이언트가 원하는 온도 정보를 USN Sink 노드를 통해 202호 담당 USN 망에 요청한다.
- ⑤ USN Sink 노드는 USN 망 내의 과학관 202호에 설치된 USN 노드에게 온도 데이터 전송을 요구한다.
- ⑥ 202호 USN 노드는 온도 정보를 USN Sink 노드로 전송한다.
- ⑦ USN Sink 노드는 과학관 202호의 온도 정보를 Data 서버로 Relay한다.
- ⑧ Data 서버는 Local USN 망에서 생성된 과학관 202호의 온도 정보를 클라이언트 측에 전달한다.

경우 Data 서버가 이벤트 발생을 감지하게 되어 Event 서버에 이벤트를 보내면 Event 서버는 고온 이벤트 발생 시 통보를 요청한 모든 클라이언트에게 이벤트를 전송한다.



(그림 5) USN 인프라스트럭처 상에서의 이벤트 서비스

3.2.2 서비스 시나리오 #2 :

USN 인프라스트럭처 이벤트 서비스

이벤트 전송을 위한 서비스에서 Lookup 서버로의 요청 과정은 3.2.1.절에서 다룬 인프라스트럭처 센서 정보 폴링/모니터링 서비스와 같은 절차로 진행되지만 Lookup 서버가 클라이언트에게 응답하는 정보는 Data 서버의 주소가 아닌 Event 서버의 주소 정보다. 이를 통해 클라이언트는 Event 서버에 이벤트 발생 시 실시간 전송을 의뢰하며 Event 서버는 Data 서버를 통하여 Local USN망에서 발생한 이벤트 정보를 실시간으로 확보하여 해당 이벤트 발생시 이벤트 정보의 통보를 사전에 예약한 클라이언트들에게 전송한다. 이 때 Event 서버는 여러 곳에 분산된 USN들로부터의 Event들을 논리적으로 조합하여 생성한 컴플렉스 이벤트에 대한 고급 서비스도 제공한다.

인프라스트럭처 이벤트 서비스는 (그림 5)와 같은 과정으로 이루어지며 상세 설명은 다음과 같다. 아래의 시나리오에서는 Event 서버에서 이벤트 발생 여부를 판단하도록 되어 있으나 이 작업은 Data 서버에서도 수행될 수 있는데 이

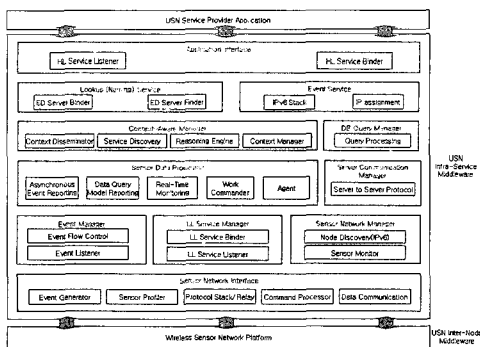
- ① 클라이언트는 한국대학교 과학관 202호 온도가 50도 이상 상승하였을 때 “고온 이벤트”를 생성하도록 설정하기 위하여 Lookup 서버에게 한국대학교 과학관 담당 Event 서버의 주소를 요구한다.
- ② Lookup 서버는 클라이언트의 요청에 대한 응답으로 해당 Event 서버의 주소를 제공한다.
- ③ 클라이언트는 Lookup 서버로부터 제공받은 Event 서버의 주소를 통해 Event 서버에 접속하여 고온 이벤트 통보 서비스를 요청한다.
- ④ Event 서버는 한국대학교 과학관을 담당하는 Data 서버에게 과학관 202호의 온도 정보의 모니터링 서비스를 요청한다.
- ⑤ Data 서버는 클라이언트가 요구하는 온도 정보를 USN Sink 노드를 통해 202호 담당 USN 망에 요청한다.
- ⑥ USN Sink 노드는 과학관 202호의 온도 정보를 가진 노드에게 연속적인 데이터 전송을 요구한다.
- ⑦ 202호 USN 노드는 온도 정보를 USN Sink

노드로 연속 전송한다.

- ⑧ USN Sink 노드는 과학관 202호의 온도 정보를 Data 서버로 Relay한다.
- ⑨ Data 서버는 주기적으로 과학관 202호의 온도 정보를 저장하고 Event 조건에 부합되는 지 확인한 후 부합되는 경우 Event를 생성하여 Event 서버로 전송한다.
- ⑩ Event 서버는 한국대학교 과학관 202호에 대한 “고온 이벤트”를 클라이언트 측에 전달한다.

3.3 USN Infra-Service 미들웨어

USN Infra-Service 미들웨어는 (그림 6)과 같은 구조를 가지며 Application Interface, Lookup (Naming) Service, Event Service, Context-Aware Manager, DB Query Manager, Sensor Data Processor, Server Communication Manager, Event Manager, LL Service Manager, Sensor Network Manager, Sensor Network Interface로 구성된다. 각 구성요소에 관한 자세한 사항은 각 절에서 설명한다.



(그림 6) USN Infra-Service 미들웨어

3.3.1 Application Interface

Application Interface는 상위 USN Service Provider Application과의 직접적인 통신을 하기 위한 컴포넌트이며 High Level(HL) Service Listener와 High Level(HL) Service Binder로 구성된다.

High Level Service란 USN Service Provider Application에게 제공하기 위한 USN Infra-Service 미들웨어가 제공하는 서비스를 지칭한다. 반면에 Low Level(LL) Service는 USN Inter-Node 미들웨어가 제공하는 서비스를 말한다. 이는 USN Inter-Node 미들웨어를 통하여 센서 노드에서 측정된 온도, 습도, 가스 등의 센서 정보를 제공하는 서비스이다. 이렇게 HL과 LL 서비스를 바탕으로 USN Service Provider Application은 실시간 고부가가치 데이터 서비스를 클라이언트에게 제공한다.

Application Interface 컴포넌트의 구성 요소 중 HL Service Listener는 USN Service Provider Application이 요구한 서비스 데이터를 수신하기 위한 모듈이며 HL Service Binder는 USN Service Provider Application과 HL 서비스를 연결시키는 역할을 하는 모듈이다.

3.3.2 Lookup(Naming) Service

Lookup(Naming) Service는 사용자가 요구하는 USN 데이터를 담당하는 Data 서버 또는 Event 서버를 검색하여 그 결과를 응답하는 역할을 하며 Event-Data(ED) Server Binder와 ED Server Finder로 구성된다. ED Server Binder는 주어진 요구 데이터를 Event 서버 또는 Data 서버 주소와 맵핑하기 위한 모듈이고, ED Server Finder는 서비스를 제공하는 목적지 Event 서버 또는 Data 서버를 검색하기 위한 모듈이다.

3.3.3 Event Service

Event Service는 USN 노드에서 생성되는 이벤트 관련 데이터를 분석하여 이벤트 발생 시 이벤트 정보를 제공하기 위한 것으로 IPv6 스택을 기반으로 모든 USN 노드에 IP 주소를 할당하여 해당 주소의 USN 노드로부터 발생하는 센싱 데이터에 관계되는 이벤트를 제공한다. 이벤트란 사용자가 요구한 지역의 “50도 이상 고

온 이벤트”와 같이 조건문으로 표현될 수 있으며 발생 시점의 예측이 불가능하나 조건문에 부합되는 상황 발생 시 실시간으로 통보받아야 하는 사건을 일컫는다.

3.3.4 Context-Aware Manager

Context-Aware Manager는 센서 데이터로부터 실시간 상황정보(규칙, 패턴)를 마이닝하여 응용 서비스에 전달하고, 지능적으로 상황을 판단하여 자율적 의사 결정 및 서비스 실행이 가능한 에이전트 기능을 제공하며 USN 망에서 발생하는 다양한 데이터들을 토대로 Context를 보급하는 Context Disseminator, 상황인지 서비스를 발견하기 위한 Service Discovery, 지능적 상황판단을 위한 추론 엔진인 Reasoning Engine, 모듈 관리자인 Context Manager로 구성된다.

3.3.5 DB Query Manager

DB Query Manager는 사용자가 DB 형식의 Query 문을 통해 센서 데이터에 대한 요청을 할 때 DB Query 문을 USN에 적합한 명령으로 해석하여 각 USN 노드에게 DB 응답에 필요한 센서 데이터를 수집하기 위한 명령을 전달해주는 컴포넌트이다.

3.3.6 Sensor Data Processor

USN에서 생성된 데이터들의 종류로는 비동기적 이벤트를 기록하는 것과 데이터 쿼리를 통한 기록, 실시간 모니터링, 작업 명령, 에이전트를 통한 데이터 수집 등이 있다. 이러한 데이터들을 처리하기 위하여 Sensor Data Processor는 Asynchronous Event Reporting, Data Query Model Reporting, Real-Time Monitoring, Work Commander, Agent로 구성된다.

3.3.7 Server Communication Manager (SCM)

USN 인프라에는 여러 서버(Lookup 서버, Event

서버, Data 서버)들이 인터넷에 분산되어 존재하는데 서버 간 원활한 통신을 지원하기 위하여 Server to Server Protocol을 기반으로 한 SCM이 필요하다.

3.3.8 Event Manager

Event Manager는 Event Service를 제공하기 위해 USN 망에서 발생하는 이벤트들을 관리하는 컴포넌트이며 이벤트의 흐름을 제어하기 위한 Event Flow Control 모듈과 이벤트를 수신하기 위한 Event Listener 모듈로 구성된다.

3.3.9 LL Service Manager

Low Level(LL) Service Manager는 USN Node들이 제공하는 온도, 습도, 가스 등의 센싱 정보들을 관리하기 위한 컴포넌트로 HL 서비스와 LL 서비스 연결을 위한 LL Service Binder 모듈과 HL 서비스가 어떠한 LL 서비스를 요구하는지 수신하기 위한 LL Service Listener 모듈로 구성된다.

3.3.10 Sensor Network Manager

Sensor Network Manager는 Local USN Node들을 관리하기 위한 컴포넌트로 USN 노드를 찾기 위한 Node Discovery 모듈과 배터리의 잔량 등 USN 노드의 상태를 모니터링하기 위한 Sensor Monitor 모듈로 구성된다.

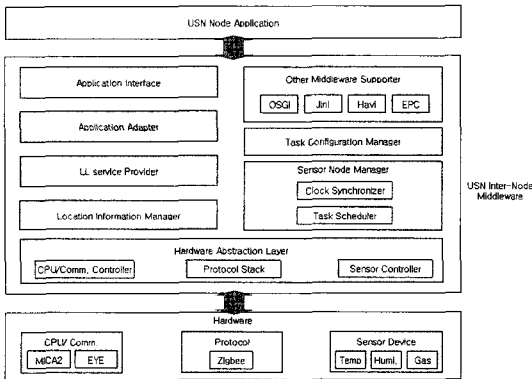
3.3.11 Sensor Network Interface

Sensor Network Interface는 USN Infra-Service 미들웨어와 USN Inter-Node 미들웨어 간의 통신을 위한 컴포넌트로 USN망에서 발생한 이벤트를 인지·생성하는 Event Generator, USN Node 내의 센서 설정 정보를 담고 있는 Sensor Profiler, USN Inter-Node 미들웨어와 통신을 하기 위한 Protocol Stack/ Relay, 명령을 전달하고 처리하기 위한 Command Processor, 센서 데이

터를 송수신 하기 위한 Data Communication 모듈로 구성된다.

3.4 USN Inter-Node 미들웨어

USN Inter-Node 미들웨어는 (그림 7)과 같은 구조를 가지며 Application Interface, Application Adapter, Other Middleware Supporter, LL Service Provider, Task Configuration Manager, Location Information Manager, Sensor Node Manager, Hardware Abstraction Layer로 구성된다.



(그림 7) USN Inter-Node Middleware

3.4.1 Application Interface

USN Node에 탑재된 응용프로그램이 미들웨어 서비스를 사용하고자 할 때 연결 기능을 제공하는 컴포넌트이다.

3.4.2 Application Adapter

Application Adapter는 필요에 따라 응용프로그램을 동적으로 설치 및 실행함으로써 보다 다양한 서비스를 제공한다. 예를 들어 온도를 센싱하는 응용프로그램이 실행 중에 있는 USN Node에게 습도를 측정하는 새로운 작업을 부여하고자 할 때 데이터 서버는 습도 센싱을 위한 응용 프로그램을 다운로드·설치·실행하도록 하여 USN Node의 교체 없이 즉각적인 정보수집이 가능하다.

3.4.3 Other Middleware Supporter

Other Middleware Supporter는 기존의 RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크 분야의 미들웨어인 OSGi, Jini, Havi, EPC 등을 지원하여 통합적인 USN 인프라를 이룰 수 있다.

3.4.4 LL Service Provider

USN Inter-Node 미들웨어가 제공하는 LL 서비스(온도, 습도, 가스 등 센서 데이터 수집 서비스)는 USN Infra-Service 미들웨어를 거쳐 HL 서비스를 통해 집약되며 USN 데이터 서비스로서 클라이언트에게 전달되는데 LL Service Provider는 USN Infra-Service 미들웨어에게 USN 망의 LL 서비스를 제공하는 역할을 한다.

3.4.5 Task Configuration Manager

여러 상황에 기민한 반응을 할 수 있도록 Task 구성을 지원하는 컴포넌트이다.

3.4.6 Location Information Manager

USN Node는 자신의 위치 정보를 내부적으로 생성 및 기록할 필요가 있으며 Location Information Manager가 이 작업을 담당한다. USN Node의 위치정보는 USN Infra-Service 미들웨어를 통해 Data 서버에게 알려져서 DB Query 및 이벤트 인지를 위한 데이터 처리·수집 등에 사용된다.

3.4.7 Sensor Node Manager

USN Node를 관리하기 위한 공통기능 컴포넌트로 시간 동기화를 위한 Clock Synchronizer와 Task Scheduler로 구성된다.

3.4.8 Hardware Abstraction Layer

하드웨어 디바이스를 추상화하는 기능을 담당하는 컴포넌트로 CPU/Communication Controller, Protocol Stack, Sensor Controller로 구성된다.

CPU/Communication Controller는 노드를 구성하는 하위 디바이스를 관리하며 Protocol Stack은 USN Node 간 통신을 위한 프로토콜 스택이며, Sensor Controller는 온도, 습도, 가스 등의 센서 디바이스들을 제어하기 위한 모듈이다.

4. 결론

본 논문에서는 USN 미들웨어를 소개하기에 앞서 USN 인프라스트럭처의 개별적 기반 구성요소를 형성하는 각종 유비쿼터스 응용분야에서 사용하는 미들웨어 즉, EPCglobal을 중심으로 활발히 연구되고 있는 RFID 미들웨어, 다양한 통신 수단을 통해 각종 서비스 정보 및 응용 소프트웨어를 사용자에게 제공하기 위한 차량 내 하드웨어 및 소프트웨어 환경에 관련된 기술인 AMI-C, Autosar 등의 텔레매틱스 미들웨어와 OSGi, UPnP, JINI, HAVi 등의 홈 네트워크 미들웨어, 마지막으로 Data Centric 구조, Event Centric 구조, Mobile Agent 지원 구조, 제한자원 보호 구조, Common Sensor 기능 제공 구조, QoS 지원 구조, Group Approach 구조로 분류할 수 있는 센서 네트워크 미들웨어에 대하여 살펴 보았다.

이러한 다양한 분야의 미들웨어들을 바탕으로 임의의 위치에서 발생한 데이터가 임의의 사용자가 원하는 장소까지 실시간으로 이동될 수 있는 글로벌 형태를 가지며, 기존의 USN 인프라스트럭처의 개별적 기반 구성요소를 형성하는 RFID, 텔레매틱스, 홈 네트워크, 센서 네트워크 등의 미들웨어를 통합하며, Local USN을 구성하는 각각의 센서 Node에 위치한 USN Inter-Node 미들웨어와 Local USN으로부터 수집된 데이터를 관리하는 USN Data 서버에 위치한 USN Infra-Service 미들웨어로 구분 고안된 Two-Tier 구조의 인간 친화형 USN 미들웨어를 소개하였다. 그리고 소개된 USN 미들웨어

를 바탕으로 USN 데이터에 접근하는 방식에 따라 분류·구성된 두 가지 시나리오(인프라스트럭처 센서 정보 폴링/모니터링 서비스와 인프라스트럭처 이벤트 서비스)를 통해 센서 정보의 전달과정을 설명하였다. 제안된 Two-Tier 구조의 USN 미들웨어를 바탕으로 하여 인간, 컴퓨터, 사물이 유기적으로 연결된 USN 인프라 상에서 Anytime, Anywhere, Anything 형태의 고부가 가치 인프라 서비스를 효과적으로 제공할 수 있게 된다.

참고문헌

- [1] 정보통신부, 'u-센서 네트워크 구축 기본계획', 2004.2.17
- [2] 황재각, 정태수, 김영일, 이용준, RFID 미들웨어 기술 동향 및 응용, 전자통신동향 분석 제20권 제3호, 2005.6.
- [3] M. Mealling, EPCglobal Object Name Service(ONS) 1.0, EPCglobal Working Draft, April 15, 2004.
- [4] 김정민(현대모비스 카트로닉스 연구소 텔레매틱스 연구부), 텔레매틱스 S/W 표준화 동향, 전자부품연구원 전자정보센터(www.eic.re.kr)
- [5] AMI-C specification. Release 1, Release2, <http://www.ami-c.org>
- [6] Autosar website, <http://www.autosar.org>
- [7] OSGi website, <http://www.osgi.org>
- [8] uPnP website, <http://www.upnp.org>
- [9] JINI website, <http://www.jini.org>
- [10] HAVi website, <http://www.havi.org>
- [11] 김영만, 센서 네트워크 미들웨어 구조 및 연구현황, 정보과학회지 제22권 제12호 2004. 12.
- [12] Eric W. Lin, Software Sensors: Design and Implementation of a Programming Model

and Middleware for Sensor Networks, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SAN DIEGO, 이학 석사 학위논문, 2004.

- [13] AutoSeC website, <http://www.ics.uci.edu/~qhan/project/autosec/>
- [14] Kamin Whitehouse, Cory Sharp, David Culler, and Eric Brewer, Hood: A Neighborhood Abstraction for Sensor Networks, MobiSys, 2004.6.6.

저자약력



김 영 만

1982년~1983년 중소기업진흥공단
 1983년~1986년 LG전자 연구원(Robot, NC M/C, Automation, Compiler/OS, Fiber Network)
 1987년~1992년 Ohio State University 박사학위(네트워크, 분산처리)
 1992년~1996년 Mitsubishi Materials Corp., Central Research Lab. 초빙연구원(공장자동화를 위한 필드네트워크 설계/개발)
 1996년~현재 국민대학교 컴퓨터학부 교수(센서네트워크, WPAN, WLAN, Bluetooth, WCDMA, RFID, UWB)
 2001년~2004년 Ohio State Univ. 초빙 연구원 (DARPA NEST 센서네트워크 미들웨어 프로젝트 수행)
 주요업적 : 센서네트워크, 소프트웨어 스트리밍, MPEG4 멀티유저 코덱, 미들웨어, 무선 네트워크 MAC, 공장자동화 네트워크, 분산 및 병렬 처리 분야 연구개발 논문 및 프로젝트 수행
 연구분야 : 센서네트워크, 무선 프로토콜, 소프트웨어 스트리밍, 미들웨어
 홈페이지 : <http://cclab.kookmin.ac.kr>
 E-mail : ykim@kookmin.ac.kr