

IEEE 802.15.4 기반의 저전력 센서 네트워크(6LoWPAN) 기술

아주대학교 | 김기형* · 유승화*
(주)피코스넷 | 김강모 · 임채성 · 박준성

1. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크(USN)는 RFID와 더불어 언제 어디서나 모든 사물이 네트워크에 연결되어 지속적인 서비스를 제공한다는 취지의 유비쿼터스 기술 중 하나로서, 센서를 통해 환경 정보를 수집하고 센서 네트워크를 통하여 실시간 정보를 수집/관리하는 기반 기술이다. USN은 국외에서는 WSN(Wireless Sensor Networks)이라는 이름으로 많은 연구가 진행되어 오고 있으며, IEEE 802.15.4(a,b), IEEE 802.15.5, IETF 6LoWPAN, ZigBee Alliance, ISA sp100, wirelessHart 등 다양한 표준화가 진행되고 있다.

센서 정보가 수집·관리되는 서버가 센서가 설치되어 있는 로컬 사이트가 아니고 인터넷 백본을 통해 중앙 수집관리 되기 위해서는 센서네트워크가 독자적인 네트워크로서가 아니고 인터넷의 액세스 네트워크로서 접속되어야 한다. 따라서 전통적으로 싱크노드라고 불리면서 센서 데이터의 수집창구였던 싱크노드는 게이트웨이로서의 역할이 더욱 증대되고 있다. 이때 만일 센서노드에 IP가 아닌 별도의 주소체계를 가지고 있다면, 게이트웨이는 데이터 패킷에 대하여 주소 변환을 통해 인터넷과 연동시켜야 하며, 이러한 주소 변환방법 때문에 표준화된 일관된 기술을 만들기는 쉽지 않다.

6LoWPAN(IPv6 over Lower-power Wireless Personal Area Networks)은 센서노드에 IPv6 주소 및 경량화된 IP 프로토콜 스택을 올리려는 시도로써 국내에서는 IP-USN 포럼에서 산업계의 요구사항 수립이 진행중이며, 센서노드까지 IP주소가 있으므로, 센서네트워크 게이트웨이는 주소의 변환을 담당할 필요없이 단순히 센서정보 패킷을 라우팅하는 라우터로서 동작하게 되며,

* 본 논문은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력 핵심기술개발사업("IP기반 센서네트워크(IP-USN) 핵심기술개발")의 일환으로 수행하였음.

* 중신회원

표준화된 방식으로 라우터의 개발이 용이하다. IP-USN 기술의 국내 표준화는 IP-USN 포럼과 더불어 TTA PG210 IPv6PG를 통해서 다양한 기술의 조기 표준화를 시도하고 있다.

본 논문에서는 현재 활발한 연구 및 표준화가 진행되고 있는 6LoWPAN과 관련된 기술현황 및 표준화 동향에 대해 알아보고, 6LoWPAN 기술의 개요 및 표준화 이슈를 살펴본다. 또한 본 논문에서는 최근 더욱 그 중요성이 확대되고 있는 확장성, 신뢰성있는 센서네트워크의 구축방안을 IP 프로토콜 측면에서 접근한 6LoWPAN 아키텍처를 소개한다. 특히 다중 라우터를 센서네트워크에 도입함으로써, USN의 고신뢰성, 고확장성을 얻는 방법에 대해 알아보고, 웹서비스기반의 센서서비스를 제공하는 방안에 대해 집중 조명한다.

2. 표준화 및 시장 동향

그림 1은 USN 분야의 세계적인 기술동향을 보여준다. ZigBee Alliance, ISA의 SP100, Wireless HART, 6LoWPAN 등 다양한 표준화 시도가 진행되고 있다. 본 장에서는 주요 기술의 표준화 동향에 대해 알아본다.

2.1 ZigBee Alliance

IEEE 802.15 워킹그룹은 2003년 저속 WPAN 표준으로 IEEE 802.15.4를 제정하였고, 2006년 802.15.4b 태스크그룹(TG)를 통해 개정판인 IEEE802.15.4-2006을 발표하였다. 저속 WPAN은 그림 1과 같이 WLAN과 Bluetooth에서는 고려하지 않은 아주 낮은 전력 소모와 가격으로 산업용, 가정용, 의학용 어플리케이션을 목표로 하고 있으며, IEEE 802.15.4(a,b)는 저속 WPAN의 물리계층 및 MAC계층의 표준화를 담당하고 있는 반면에 ZigBee Alliance[1]는 MAC 상위계층의 업계 표준을 만들려는 시도로 2002년 10월 설립되었다.

ZigBee Alliance[1]의 회원사는 크게 프로모터(Promoter), 참여회사(Participants), 어답터(Adopters)로 구분된다. Promoter는 필립스(Philips), 엠버(Ember), 삼성(Samsung),

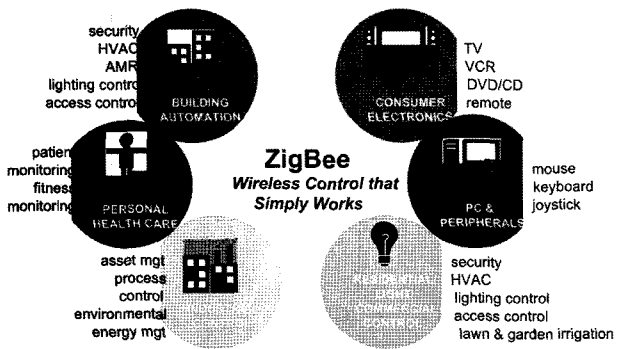


그림 1 ZigBee 응용 분야

텍사스인스트루먼트(TI) 등 16개의 회사로 구성되며 ZigBee Alliance의 이사회(board of director)를 구성한다. 또한 Alliance 표준을 만드는데 참여할 수 있는 120여개의 참여회사(Participants)와 개발된 Alliance 표준을 사용할 수 있는 권한을 가진 약 100여개의 어답터(Adopter)가 참여하고 있다. 국내에서도 LG, TTA, 한국무선네트워크(Korwin), 한국전자통신연구원(ETRI) 등 다수의 기업 및 연구단체가 참여 기업으로 활동하고 있다.

ZigBee Alliance는 IEEE 802.15.4(a,b) 표준을 기반으로 저 전력 무선 네트워킹이 가능한 모니터링 및 제어(Control) 제품을 위해 상위 프로토콜 표준을 정의하는 것을 목표로 하는데 ZigBee 네트워크를 구성하기 위해 네트워크 계층, 응용프로그램을 지원하기 위한 응용 지원 부 계층(Application support sub-layer), 응용 프레임워크(Application Framework), 보안 계층, ZDO(ZigBee Device Object)등에 대한 표준화를 진행하여, 2004년에 ZigBee Alliance 0.92 버전을 발표하고 2004년 12월에 1.0 버전을 발표하였다. 그 후 ZigBee Alliance 멤버에게만 공개되었던 문서가 2005년 6월 ZigBee 표준 1.0 버전으로 공개되었다. 2006년 12월에는 ZigBee 2006이 공개되었으며, 2007년 10월에는 ZigBee Pro가 발표되어 멤버들에게만 오픈되었다.

2.2 Wireless HART

2007년 9월 HART® Communication Foundation(HCF) [2]에서는 HART 7.0 표준을 발표하였는데, 이는 Wireless HART™ 기술을 포함한 지능형 장치들 간의 통신을 위한 많은 새로운 기능들을 포함하고 있는 첫 번째 무선 통신 표준이다. HCF는 2007년 6월에 HART 7 표준을 발표하였으며 계속하여 리뷰 및 검증 작업을 수행하였으며 2007년 9월 이 새 표준을 승인하였다.

Wireless HART™은 첫 번째 오픈 상호 운용성 무선 통신 표준으로서 산업계의 필요성을 만족할 수 있도록 견고하고 신뢰할 수 있는 무선 통신이 가능하도록

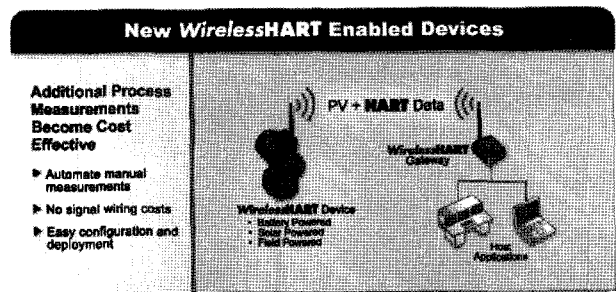


그림 2 Wireless HART

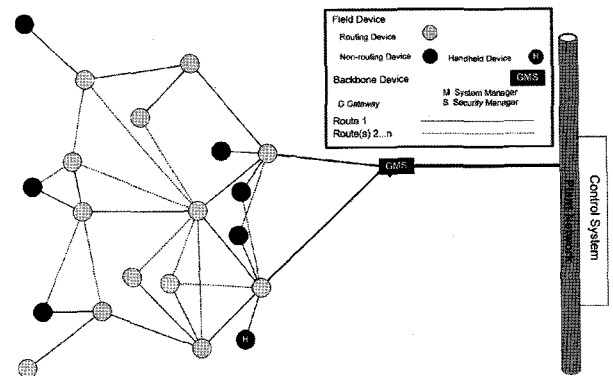


그림 3 SP100 구성도

디자인 되었다. Wireless HART™은 기존의 HART 프로토콜과 호환되며 제어 및 자동화 시스템을 지원하여 널리 사용될 수 있도록 쉽고 유연한 기능들을 제공한다. 그림 2는 WirelessHART™의 구성을 보여준다.

2.3 ISA SP100

ISA[3]의 SP100.14 워킹 그룹은 산업용 모니터링, 로깅, 경보 등을 위한 성능과 비용에 중점을 두는 무선 연결 표준을 정의하고 있는 반면 SP100.11 워킹 그룹은 넓은 범위의 응용에 초점을 둔 성능이나 비용에 종속적이지 않은 표준을 제정하고 있다. 이 두개의 워킹 그룹은 서로 협동하여 SP100이 산업용 무선 응용을 위한 완전하고 견고한 표준이 될 수 있도록 표준화를 진행하고 있다. ISA-SP100 위원회는 최종 사용자와 기술 제공자의 조합으로서 표준을 설립하고 구현 사항을 추천하며 기술적 보고 및 관련정보 제공을 주 역할로 한다. ISA-SP100 표준은 상대적으로 낮은 복잡도와 합리적인 가격 및 저 전력 장치를 사용하여 네트워크를 구성할 수 있도록 해준다. 그림 3은 ISA-SP100의 구성요소와 간단한 네트워크 예제를 보여준다. ISA-SP100은 최근 Wireless HART™를 표준 패밀리 중의 하나로 포함시키기로 하여 Wireless HART™ 뿐 아니라 SP100 표준의 확산에도 큰 도움을 줄 것으로 기대하고 있다.

2.4 6LoWPAN

한정된 자원 하에 소규모의 다양한 어플리케이션을 지원해야 하는 센서네트워크는 사용자에게 정보를 제공하기 위해서 일반적으로 인터넷과 접속이 필요하게 된다. 센서네트워크의 게이트웨이(또는 싱크노드)는 인터넷과의 접속을 위한 역할을 하는데, 이때 센서네트워크내의 센서노드가 고유의 주소체계를 가진다면 게이트웨이는 주소 변환의 역할도 겸하여야 한다. 즉 인터넷에서 특정 센서의 정보를 알아보려면 반드시 게이트웨이의 도움이 필요하며 게이트웨이가 얼마나 스마트하게 만들어졌는가에 따라 접속하는 방식이 다르게 된다. 즉 게이트웨이의 표준화가 필요하게 되는데, 이 방식이 모든 업체들에게 표준화된 방식으로 제작되는 것은 매우 어려운 일이라고 할 수 있다.

반면, 센서노드가 IP주소체계를 가진다면, 게이트웨이의 역할은 단순히 라우팅으로 변하게 되며, 패킷의 헤더를 보고 목적지 노드에게 전달하는 라우터가 된다. 따라서 라우터 또는 게이트웨이의 표준화가 상대적으로 쉽게 이루어질 수 있게 된다. 또한 센서네트워크 내에 IP를 적용하게 되면, 기존에 구축되어 있는 IP 네트워크 인프라를 이용하여 쉽게 센서네트워크를 확장시킬 수 있는 장점이 갖게 된다. 그러나 센서네트워크는 배치될 센서 디바이스의 수량이 많을 것으로 예상되며 이에 따라 부여할 많은 주소 공간이 필요하다. 또한 사용자에 의한 장치 조작이 제한적인 센서네트워크의 특성상 주소 자동 설정 기능이 지원되어야 한다. 이러한 점들을 고려해 보았을 때 IPv6가 유력한 방안으로 떠오르게 된다.

2004년 말 저전력 무선 네트워크 기술을 개발하는 기업들 사이에서 ZigBee 대신 IEEE 802.15.4 위에 직접 IP를 매핑하는 방안에 관한 새로운 워킹 그룹에 많은 관심이 몰리기 시작하였고, 이에 힘입어 인터넷 표준화기구인 IETF의 2005년 3월 62번째 표준화 회의에서 6LoWPAN 워킹그룹(WG)이 새롭게 창설되었다.

IETF 6LoWPAN LoWPAN 상에서 IPv6 패킷 전송 방안을 정의하는 것을 목표로 하고 있다. LoWPAN은 IEEE 802.15.4 장치들로 구성되어 있는 네트워크로서 저전력, 저가격, 저대역폭, 고밀도, 스타/메시 토폴로지 등의 특징을 가진다. 따라서 6LoWPAN은 IEEE 802.15.4(a,b) MAC/PHY의 상위 계층에 IP 및 TCP/UDP 등의 프로토콜스택을 구축하는 데에 있어서 주기적 슬립(Sleep)을 포함한 라우팅, 적은 오버헤드, 작은 라우팅 테이블, 확장성 등을 구현하고자 한다. 2005년 3월부터 2007년 12월 현재까지 진행된 표준화과정으로 만들

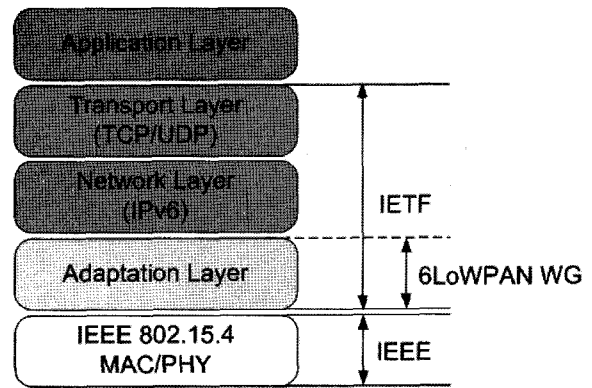


그림 4 6LoWPAN 워킹 그룹 작업 범위

어진 표준안은 2개가 있다. 첫 번째 표준안은 RFC 4919[4]로서 6LoWPAN의 개요(overview), 가정(assumption), 문제정의(problem statement), 그리고 목표(goal)를 기술하였다. 두 번째 표준안은 RFC 4944[5]로서 6LoWPAN 패킷의 형식을 정의하고 있다. 이 두 가지의 표준안을 기반으로 6LoWPAN 워킹그룹은 향후 다음과 같은 새로운 표준화 아이টে들을 다루기 위해 표준화영역을 넓혀 나갈 계획을 가지고 있다.

- 6LoWPAN 부트스트래핑과 IPv6 이웃노드(Neighbor) 발견(discovery) 최적화(optimization)
- 상태있는 헤더 컴프레션방법에 대한 문제정의
- 6LoWPAN 응용에 대한 추천예와 프로파일
- 6LoWPAN 보안분석
- 6LoWPAN 메쉬 라우팅 요구사항
- 발견(장치, 서비스 등)
- 6LoWPAN 관리

위에 열거된 6LoWPAN이 추구하는 기술들의 작업 범위는 그림 4와 같다.

3. IP기반 센서네트워크(6LoWPAN) 기술

본 장에서는 6LoWPAN 표준에 대한 소개를 한다. 그림 5는 6LoWPAN 패킷의 형식을 보여준다. 6LoWPAN 패킷은 IEEE802.15.4 프레임위에 만들어지는데, 멀티홉(Multi-hop) 메쉬 헤더, 단편화(Fragmentation) 헤더, IPv6압축 헤더, UDP 압축 헤더로 구성된다. 이들 헤더들은 한 패킷에 모두 담길 수도 있고, 아니면 이중 일부만 담길 수도 있는데, 이를 효과적으로 구분하기 위해 디스패치(dispatch) 헤더가 사용된다. 디스패치 헤더란 6LoWPAN 헤더에서 특정타입의 헤더를 나타내는 식별자를 의미한다. 즉, 패킷을 파싱할 때 디스패치 헤더를 보고 특정기능 서브헤더만을 파싱할 수 있게 된다.

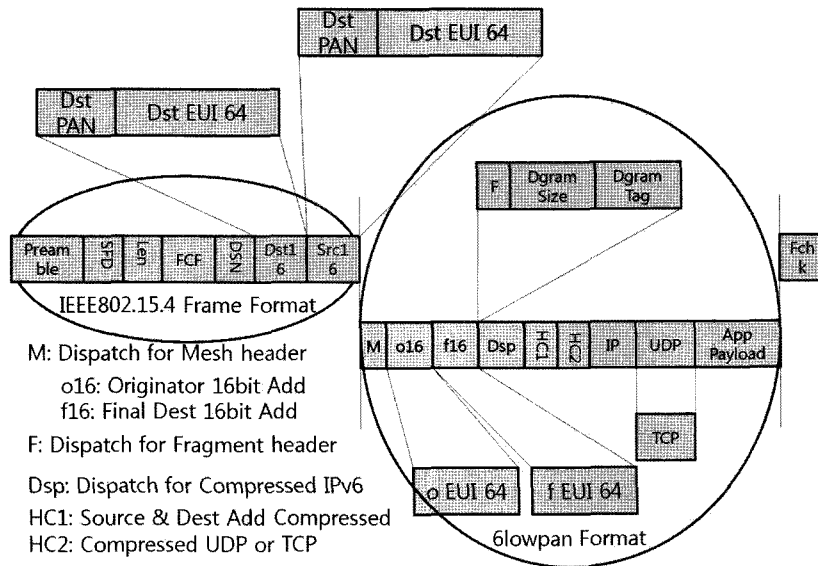


그림 5 6LoWPAN Packet 형식

멀티홉 메시 헤더는 소스와 목적지 노드가 멀티홉으로 떨어져 있을 때 소스와 목적지 주소를 명시하는 것이다. 이때 목적지(Final destination)와 소스(Originator)노드의 주소는 16비트 또는 64비트로 표현할 수 있다. 이후에는 옵션으로 프래그먼트 디스패치(Fragment Dispatch) 헤더가 올 수 있는데, 6LoWPAN 패킷의 총길이가 127바이트이기 때문에 IPv6패킷의 프래그먼트에 대비하는 것이다. 다음은 IPv6 압축 디스패치 헤더인 HC1으로서 IPv6헤더가 압축되어 있는지 아닌지에 대한 표현으로서, 만일 패킷의 목적지와 소스가 같은 지역(local) PAN(Personal Area Network) 안에 있다면 IPv6헤더에는 IP주소가 전혀 들어있지 않아도 적응계층의 멀티홉 메시헤더로 소스와 목적지를 알 수 있게 된다. 또한 Traffic class와 Flow label도 압축되면 전혀 없을 수 있으므로, 가장 많은 압축이 된다면 IP헤더에는 아무것도 남지 않게 된다. HC2는 UDP헤더의 압축과 관련된 디스패치로서 16비트의 소스 및 목적지 포트주소는 4비트로 줄여져서 UDP헤더의 길이가 1바이트로 줄어들 수 있게 된다.

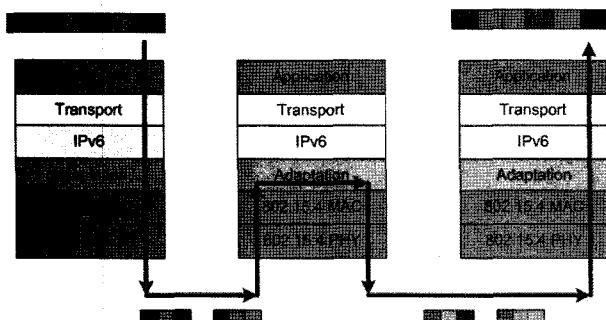


그림 6 Sub-IP 메시 라우팅

그림 6은 위 6LoWPAN 패킷기반의 멀티홉 라우팅 예제로서, 소스노드가 보내는 데이터 패킷이 사이즈가 큰 경우 패킷이 프래그먼트 되고, 각 프래그먼트는 적응계층에서 멀티홉으로 라우팅이 되고, 최종목적지노드에 도착하여 이곳에서 다시 합쳐지는 경우이다.

4. 국내의 6LoWPAN 기술 개발 현황

4.1 IP-USN 기술 현황

국내의 6LoWPAN 연구는 IP-USN 포럼[7]을 중심으로 진행되고 있으며, 산학연이 서로 협력하여 6LoWPAN 솔루션을 개발 중에 있다. IP-USN 포럼은 유비쿼터스 시대의 핵심기술인 3L디바이스(저전력, 저가격, 저출력)들을 위한 광역의 IP 표준화기술을 표준화 대상으로 삼고 있다. 따라서 IP-USN은 인터넷기반으로 센서네트워크를 설계하고 있으며 대규모 센서네트워크에 적합하고, 기존 인터넷 서비스와 바로 연계시키려고 시도하고 있다. IP-USN은 인터넷기술의 장점을 그대로 유지하므로 네트워크의 안정성(또는 생존성)이 탁월하며, 따라서 USN 실외응용 및 재난구호, 군사용, 방재, 방화, u-City 시설물 관리 등 미션에 치명적인 응용분야에 적합하다고 할 수 있다.

IP-USN포럼은 6LoWPAN 기술을 기반으로 하지만, IEEE 802.15.4만을 대상으로 하지는 않는다. (주)카서의 BCDMA 기술도 보안성, 신뢰성측면에서 기반기술로 개발되고 있다. IP-USN은 IP 게이트웨이 단계에서 연동이 된다면, 어떤 PAN 기술도 적용가능하고 게이트웨이 단에서 연동가능한 센서네트워크를 구성할 수 있게 되는 것이다.

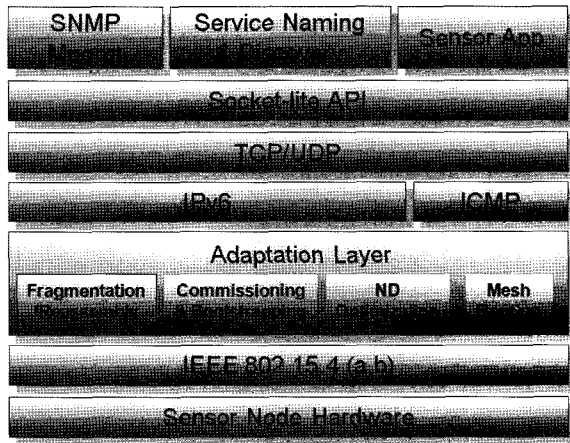


그림 7 6LoWPAN 프로토콜스택

6LoWPAN 아키텍처가 가지는 주요한 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 확장성(Scalability, Expandability)
- 신뢰성(Reliability)
- 통합관제(Integrated Management)
- 유비쿼터스 보안(Ubiquitous Security)
- 서비스 탐색/네이밍(Service Discovery/Naming)
- 유비쿼터스 이동성(Ubiquitous Mobility)
- 저전력(Low Power Consumption)

그림 7은 6LoWPAN 프로토콜 스택을 보여준다. 즉 IEEE 802.15.4 MAC과 PHY위에 적응계층으로서 단편화, 커미셔닝, ND 최적화, 메쉬라우팅, IPv6, TCP/UDP, 소켓API, SNMP, 서비스네이밍, 센서응용등으로 구성된다. 최근의 중요한 표준화 동향으로서 메쉬 라우팅이 매우 빠르게 진행되고 있는데, 특히 메쉬 라우팅은 적응계층에서 할 수도 있고, IP계층에서 할 수도 있다. 이번 70차 IETF미팅에서는 센서네트워크 라우팅(RSN) 관련 새로운 워킹그룹을 만들려는 시도가 본격적으로 시작된다. RSN에서는 IP계층에서 라우팅을 위한 여러 가지 요구사항을 분석하고, 라우팅 아키텍처를 정하는 표준화 활동을 진행할 것으로 기대된다.

4.2 신뢰성과 확장성을 고려한 대규모 센서네트워크 구축방안

인터넷이 서버넷과 라우터등을 이용하여 중앙제어 장치 없이 전 세계의 네트워크를 구성하였듯이, 인터넷기반의 확장성 및 신뢰성기술은 이미 검증된 기술이라고 할 수 있다. 이러한 개발철학을 그대로 센서네트워크로 가져온다면 그림 9와 같이 다중의 센서 라우터(또는 게이트웨이)로 구성된 센서네트워크를 구성가능하다. 다중의 센서 라우터는 서로 유기적으로

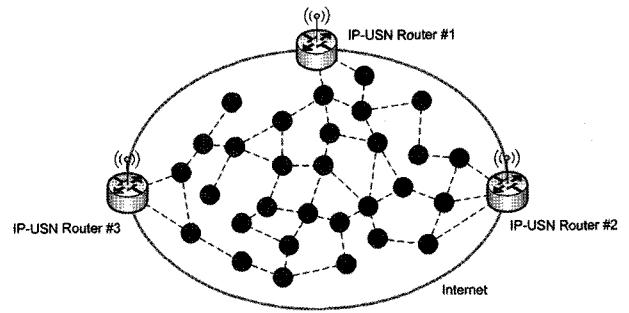


그림 8 IP-USN 다중 라우터 구성

연동되어 센서네트워크의 트래픽을 자동분산 시키고, 특정라우터의 고장시 또는 특정 센서노드의 고장시 트래픽의 2차 경로를 자동적으로 만들어 줄 수 있다.

그림 8은 IP-USN에 다중 라우터를 적용했을 경우 가능한 구성을 보여 주고 있다. IP-USN 다중 라우터는 IP-USN 망에서 두 개 이상의 IP-USN 라우터가 동작하는 시스템을 뜻한다. 그림에서는 3개의 IP-USN 라우터가 동작하고 있으면 파란색 원으로 표시된 IP-USN 라우터 노드 혹은 단말 노드들은 이 세 개의 IP-USN 라우터 중 하나를 DR(Designated Router)로 선택하여 해당 DR를 통해 IP 네트워크와 통신한다.

4.3 웹기반 USN 관리

6LoWPAN의 관리는 SNMP기반으로 이루어지며, 그림 9는 웹기반의 센서네트워크 관리 GUI를 보여준다. 6LoWPAN 웹기반 관리는 크게 관리기능과 모니터링기능으로 나뉘어진다. 관리기능은 구성관리, 디바이스관리, 폴트관리, 보안관리, 성능관리, 어카운팅 등과 같이 일반적인 NMS 관리기능과 더불어 센서네트워크만의 독자적인 관리기능인 파워관리와 토폴로지관리가 필요하게 되며, 또한 다중사용자, 다중 센서네트워크를 위한 센서 서비스 포털(portal)을 구성하기 위해서는 사용자관리, 퍼미션관리, 디바이스관리,

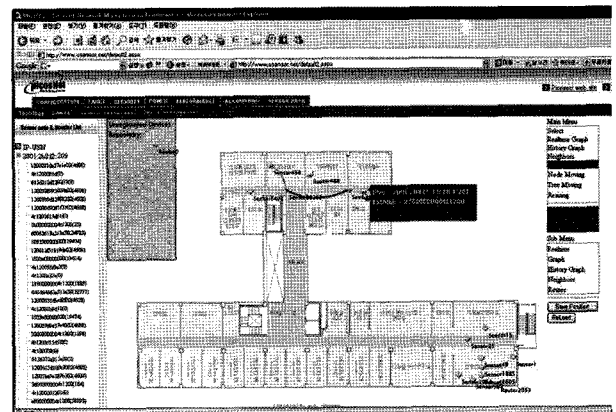


그림 9 웹기반 USN 관리

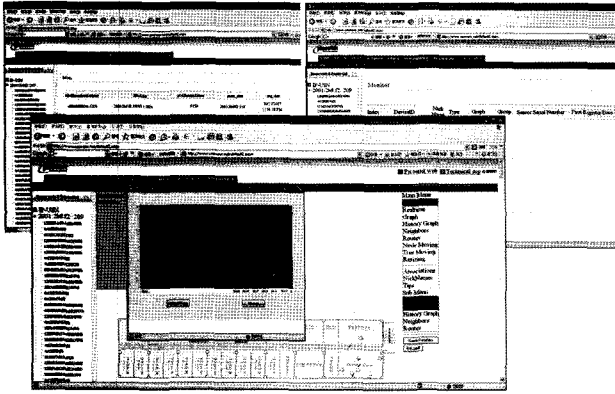


그림 10 센서 데이터 모니터링

디바이스 자동인식기능 관리 등이 필요하게 된다. 그림 9는 아주대학교 내에 설치된 6LoWPAN 테스트베드에 대한 센서네트워크 관리자를 보여준다.

모니터링 기능으로서는 센서 데이터 모니터링, 실시간 데이터 모니터링, 과거 데이터 모니터링, 일반적인 데이터로그, 알람로그 등의 기능이 필요하게 되며, 그림 10은 실제 데이터 수집과정을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 최근 유비쿼터스 기술 중 주목을 받고 있는 USN 기술과 USN에 IP를 접목시키려는 시도에 의해 탄생한 6LoWPAN 또는 IP-USN 기술과 최근의 USN 기술동향 즉 Wireless Hart, SP100, ZigBee 등의 기술들에 대해 알아보았다. 또한 6LoWPAN기술의 특징, 아키텍처에 대해 알아보았고, 특히 대규모, 신뢰성 있는 센서네트워크 아키텍처와 웹서비스 기반의 센서네트워크 관리 및 모니터링기술, 그리고, 센서서비스 포털의 개념에 대해 알아보았다.

참고문헌

- [1] ZigBee Alliance <http://www.zigbee.org>.
- [2] Wireless HART <http://www.hartcomm.org>.
- [3] ISA sp100 <http://www.isa.org>.
- [4] N. Kushalnagar, G. Montenegro, "6LoW PAN: Overview, Assumptions, Problem Statement and Goals," Internet RFC4919, 2007.
- [5] G., Montenegro, N. Kushalnagar, "Transmission of IPv6 Packets Over IEEE 802.15.4 Networks," Internet RFC4944, 2007.
- [6] IP-USN 포럼 <http://www.ipusn.org>.



김기형

1990 한양대학교 졸업(공학사)
1992 한국과학기술원 졸업(공학석사)
1996 한국과학기술원 졸업(공학박사)
1997~2005 영남대학교 정보통신 공학부 교수
2005~현재 아주대학교 정보컴퓨터 공학부 교수
관심분야 : 6LoWPAN, 센서네트워크, IPv6, 임베

디드시스템

E-mail : kkim86@ajou.ac.kr



유승화

1972 서울대학교 졸업(이학사)
1980 University of Kansas 졸업(공학석사)
1983 University of Kansas 졸업(공학박사)
1983~1988 AT Bell 연구소(미) 연구원
1988~1989 Amdahl Corporation(미) 수석 연구원
1989~1999 삼성전자(주) 전무이사

1999~현재 아주대학교 정보컴퓨터 공학부 교수

관심분야 : 6LoWPAN, 센서네트워크, RFID, 홈네트워크, 무선인터넷
E-mail : swyoo@ajou.ac.kr



김강모

2005 영남대학교 정보컴퓨터 공학부 졸업(공학사)
2008 아주대학교 정보통신 전문대학원 석사
2008 아주대학교 정보통신 전문대학원 박사과정
2007 (주)피코스넷 선임연구원

관심분야 : 6LoWPAN, 센서네트워크, IPv6

E-mail : rlaay@chol.com

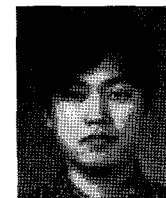


임채성

2005 아주대학교 정보컴퓨터 공학부 졸업(공학사)
2007 아주대학교 정보통신 전문대학원 석사
2007 아주대학교 정보통신 전문대학원 박사과정
2007 (주)피코스넷 선임연구원

관심분야 : 6LoWPAN, 센서네트워크, IPv6

E-mail : crimsuni@ajou.ac.kr



박준성

2003 가야대학교 소프트웨어공학과 졸업(공학사)
2005 영남대학교 대학원 정보통신학과 졸업(공학석사)

2006 아주대학교 정보통신 전문대학원 박사과정
2007 (주)피코스넷 대표이사

관심분야 : 6LoWPAN, 센서네트워크, IPv6, 임베디

드시스템

E-mail : myjs77@hotmail.com