

기후변화 모니터링 : USN(Ubiquitous Sensor Network)의 활용

김 은 숙(한국전자통신연구원 표준연구센터)

1. 서론

전 세계는 지금 기후변화에 대응하는 그린화의 추세로 가고 있다. 이것은 단순히 에너지를 절약하자는 구호와 는 다르다. 지구온난화를 통한 이상 기후들이 전 세계에 피해를 주고 있으며, 세계 정상 의 모임에서는 어김없이 기후 변화에 대응하는 세계 공조의 노력을 다짐하고, 세계 각국의 정부들은 기후변화의 완화를 위한 정책을 펼치고 있다. 기업들도 기업의 책임과 동시에 새로운 비즈니스 모델을 세우고 있다. 우리 주변에서는 이제 쉽게 지구 환경을 고려한, 환경과 융합된 상품을 접하고 있다.

파이낸셜 타임즈 (Financial Times)가 조사한 세계 500대 기업 CEO의 70%이상이 기후변화를 기업 경영의 위기 요인으로 지목했으며, 2007년 다보스 포럼에 참가한 CEO 38%가 기후변화 문제를 최우선의 의제로 선택했다. 2006년 12월의 스텐 보고서(Stern Review)는 기후변화 완화를 위한 온실 가스 감축 비용이 조기 대응시는 GDP의 1% 수준이지만, 대응에 대한 지연 시는 GDP의 5%에서 20%까지 증가할 수 있다고 경고했다.

이러한 이해를 바탕으로, 교토 프로토콜에 서명한 각국의 정부들은 산업과 사회 전반에 온실가스 감축을 촉구하는 정책을 펼치고 있다. 사실, 그 동안 ICT 분야는 온실가스 배출량기준으로 타 산업에 비하여 크게 이슈화되지 않았다. ICT 분야는 전체 온실가스 방출량의 2.5%(약 1기가 톤)를 차지하는 것으로 보고되고 있고, 광대역 네트워크의 확대 보급 및 ICT 제품의 생활화에 따라 ICT 분야의 온실가스 방출량은 최대 20% 정도를 차지하는 방향으로 증가될 것으로 전망한다. 그러나, 주목할 사실은 나머지 98%에 달하는 온실가스를 배출하는 타 산업 분야들에 ICT 활용으로 상당적인 이산화탄소 방출량을 최대 5배까지 감소시키는 것이 가능하다는 전망으로, ICT 분야가 지구 온난화에 상당한 영향을 미치는 요소로 부각되고 있다는 것이다.

이러한 인식과 더불어, UN은 UN 산하의 ICT기술 표준 개발을 담당하는 ITU에 기후변화 대응 기술 연구를 요청했다. ITU는 두 번의 심포지움을 거쳐 2008년 7월에 ITU-T 산하에 기후변화 대응 포커스 그룹 (FG ICT & CC)을 신설하고, ICT 산업분야에서의 기후변화 대응

및 ICT 기술을 활용하여 전체 산업분야에서의 기후변화에 대응하는 방안을 연구하고 있다¹⁾.

기후변화 대응에서 가장 앞서고 있는 일본 및 EU는 유비쿼터스 정보화 사회 실현에 따라 온실가스 감축 효과를 이루어내고자 일찍부터 ICT 시스템 활용 정책을 펼쳐왔다. 이러한 정부 정책만이 아니라, ICT 관련 통신사업자, 통신장비 제조업자 등 관련 기업들 또한 활발하게 ICT 시스템을 통한 기후변화 대응 노력을 펼치고 있다.

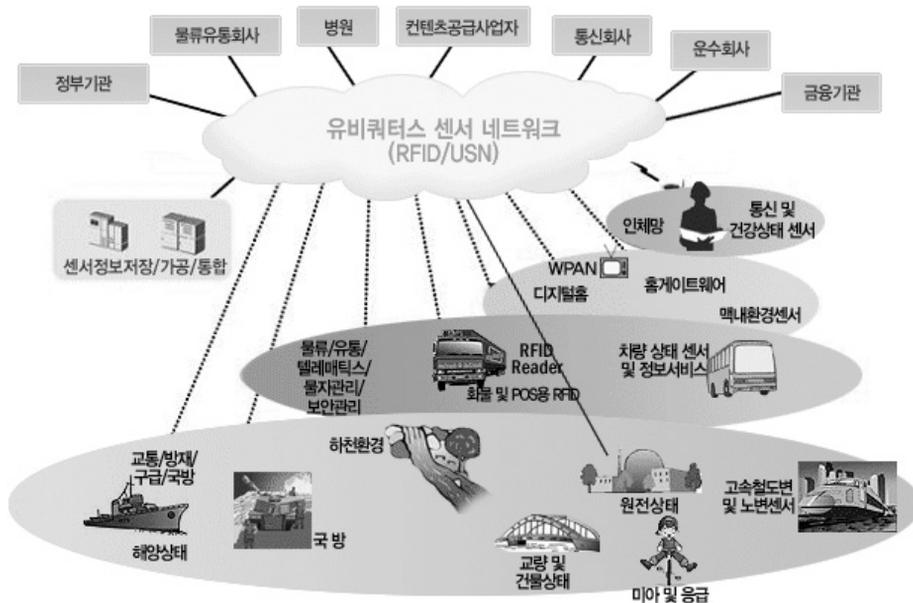
단순하게 생각하여, 광대역 통신망과 디지털화된 양방향 멀티미디어 시스템의 제공은 채택 근무와 텔레워킹, 텔레컨퍼런스 등을 더욱 편리하고 유용한 수단으로 만들어 물리적 이동을 줄여 탄소 배출량을 감축할 수 있다. 그러나, 무엇보다도 ICT 시스템을 활용함으로써 에너지 이용 효율을 개선, 물건의 생산·유통을 효율화, 사람이나 물건의 이동 절감을 도

모할 수 있기 때문에 탄소 배출량을 감축할 수 있다. 여기서, 에너지 이용 효율 개선을 위한 모니터링, 생산 유통의 효율화, 기후의 직접적 모니터링에 사용되는 기술이 USN(Ubiquitous Sensor Network)이다. 본고는 USN 기술 및 서비스를 기후변화 대응 관점에서 살펴본다.

II. USN 개요 및 특성

일반적으로 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 어느 곳이나 부착된 태그와 센서 노드로부터 사물 및 환경 정보를 감지·저장·가공·통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 언제, 어디서, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형사회의 서비스 인프라를 의미한다²⁾.

즉, USN은 유무선 센서 네트워크와 이를 통



〈그림 1〉 USN의 응용 및 서비스 모델

해 서비스를 제공하기 위한 네트워크 인프라를 모두 통칭하는 용어로 사용된다. USN은 유무선 센서 네트워크와 인터넷, 셀룰라 망, Wibro, 무선메쉬네트워크 등 외부 망이 연동되면서 군사 지역의 감시와 보안, 생태 환경의 관찰, 수송, 농업, 제조 공업, 재고 조사 그리고 건강관리 등과 같은 전문적이고 다양한 분야뿐만 아니라 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅, 차세대 이동통신, 지능형 교통 시스템 (ITS: Intelligent Transportation System) 및 홈 네트워크 등의 구축에 필수적인 기반 서비스 제공을 가능하게 하고 있다. 그림 1은 USN의 응용 및 서비스 모델 예를 보이고 있다.

USN 서비스를 위한 센싱 정보가 수집되는 센서 네트워크는 일반적으로 초소형, 저전력, 저속의 통신의 특성을 갖는다. 이러한 통신 특성을 만드는 센서 네트워크의 대표적인 PHY/MAC 기술의 특성을 표 1에서 보이고 있다. 이 중, 현재 많은 응용에서 IEEE에서 개발한 802.15.4 표준 기술 기반의 무선 센서 네트워크를 사용하고 있는데, IEEE 802.15.4^[2]는 무선랜 표준인 IEEE 802.11에 비하여 1%만의 에너지를 사용하는 것을 목표로 개발된 기술이다 (표 1 에너지 사용량 참조). 이는 저속의 통신대역과 저전력을 목표로 하는 L1/L2 프로토콜로서 현재 센서 네트워크 구현에 가장 적합한 통신기술로 인식되고 있다.

센서노드를 활용한 응용별로 최소 생존 기간에 대한 요구사항이 다르지만, 일반적으로 AA 배터리 한 개로 1년~5년간 통신이 가능하도록 구현하는 것이 최소 요구사항이다. 이러한 기술적 특성으로 인하여, 센서 네트워크를 이용한 USN 서비스 구축에서의 가장 큰 기술적 해결 과제는 '저전력 실현'이다.

〈표 1〉 무선 센서 네트워크 PHY/MAC

프로토콜	Clock	d-Rate	채널수	통신거리	에너지 사용
IEEE 802.15.4	868 MHz	20k	1	<70m	0.05W
	915 MHz	40k	10	<70m	0.05W
	2.4 GHz	250k	16	<70m	0.05W
Bluetooth	2.4 GHz	4M		<10m, 100m	0.1W (30mA)
UWB	3.1~10.6 GHz	<500M		10m ~1km	0.4W (100mA)
Binary CDMA	2.4 GHz	160/800K 4/16M 150/600M		500m	

센서 노드들은 초소형 컴퓨터로 이들이 네트워크 인프라와 연동되어 USN 서비스를 제공하기 위하여, 라우팅, 망관리, 보안 등 일반적으로 컴퓨터 통신을 위한 모든 기술이 초소형화되어야 한다. 이에 따라 라우팅, 망 관리 등을 포함한 각종 네트워킹 기술에 대한 초소형화 저전력화 기술이 ISA 100^[4], Zigbee Alliance^[6]와 같은 산업체 연합 및 국제 표준화 회의 기구인 ITU-T^[8], IETF^[6-7], ISO/IEC JTC 1^[9]에서 연구되고 있다. 통신 에너지원인 배터리의 최적화 또한 필요하다. 잦은 배터리 교체 문제를 해결할 수 있는 방법으로 태양열이나 풍력을 센서 노드의 배터리로 사용하는 대체 에너지 연구가 진행되고 있다.

III. 기후변화 대응에의 USN 적용 사례

동전만한 크기의 노드를 통하여 자연현상에 대한 인지/측정 정보를 얻을 수 있으므로, 기후에 대한 관찰에 이미 센서 네트워크를 활용한 연구가 많이 진행되어 왔다.

버클리 사이언스 리뷰(Berkely Science

Review)의 하천의 분기점에 대한 연구 보고에서 “기후변화에 대한 이해는 범 세계적인 하수처리와 관개 및 물 공급의 위협에 대응하는 전략을 세우는 첫번째 단계이다”라고 밝히며, 기후변화와 물의 사이클과의 관계를 밝히기 위하여 주어진 영역에서의 정확한 모니터링을 위하여 무선 센서 네트워크를 활용한 그들의 연구 사례를 보고했다. 이것은 자연 현상에 영향을 주는 기후 변화 모니터링의 중요성을 설명하고 있으며, 자연현상의 이해가 또한 기후 변화를 이해하는 첫걸음을 나타낸다.

USN은 이렇게 직접적인 자연 현상의 변화 관찰에 다양하게 사용되고 있으며, 또한 우리 생활 곳곳에서 센싱 데이터를 통한 모니터링을 통하여 직간접적으로 온실가스 배출을 감소시키는 데 활용할 수 있다.

1. 자연현상 관찰 및 기후 변화 관찰을 통한 기후변화 대응

기존에 특정 대표 지점의 대기 관찰에 비하여 USN을 활용한 기후 측정은 사람이 직접 관

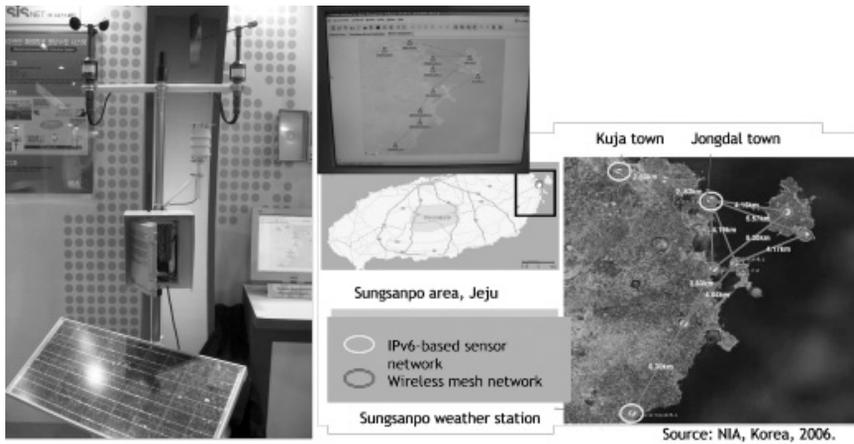
찰하기 어려운 지역을 광범위하게 미세 정보를 추출할 수 있다는 장점이 있다. 알프스나 히말라야 산맥의 빙하 관찰은 그 대표적인 예가 될 수 있다. 그림 2는 नेपाल 연구센터에서 히말라야의 빙하와 빙하가 녹아서 발생하는 빙하 호수 및 이의 위험성을 관측하기 위하여 설치한 센서 네트워크를 도시하고 있다. 이러한 오지에 커다란 관측 장비를 동원할 수 없으므로, 초소형 센서는 아주 적합한 장비가 된다. 또한, 저전력의 이 초소형 장비는 다른 시스템에 비하여 환경에 주는 영향을 최소화할 수 있다.

이러한 연구는 원격에서 이 오지의 센싱 데이터를 관측하기 위하여, 구축된 센서 네트워크가 기존의 네트워크 인프라와 연결할 수 있는 기술, 즉 USN을 통하여 가능해지고 있다.

국내에서도 USN을 활용한 자연 현상 관찰 및 기후 정보 관찰은 2006년부터 파일럿 프로그램으로 실행되고 있다. 센서 노드들에 IP 통신이 가능하도록 TCP, UDP 및 IPv6를 탑재하고 무선 메시 네트워크와 연동하여 해안선의 상세 기후를 관측하도록 구축되어 매년 그 관측영역을 넓히고 있다.



〈그림 2〉 히말라야 빙하 및 빙하 호수 관측을 위한 센서 네트워크

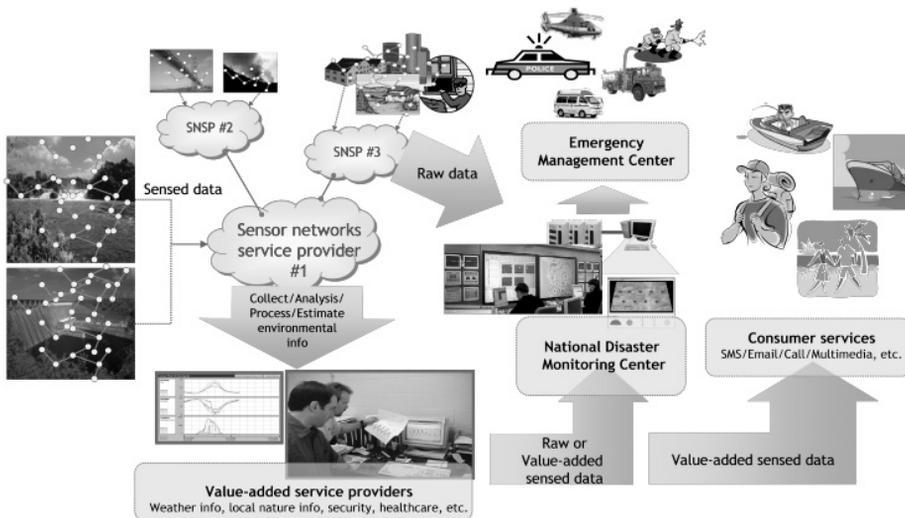


〈그림 3〉 제주도 서귀포 기후 관측을 위한 IP기반 USN 시스템

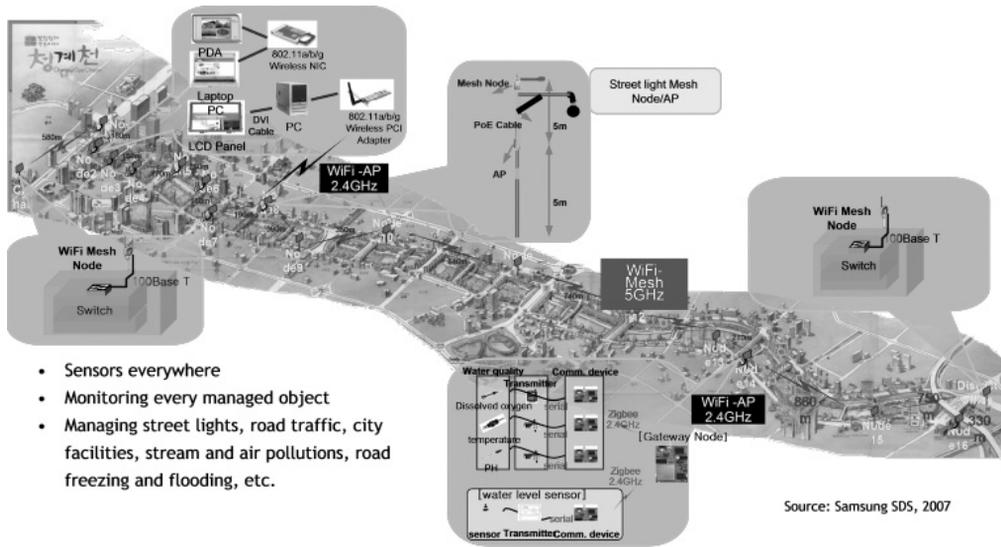
이들 시스템은 현재까지는 한정된 형태로 센싱 정보를 활용하고 있으나, USN 기술의 발달과 더불어 측정된 센싱 정보가 다양한 용도에 따라 새로운 가치 정보로 재탄생할 수 있다. 그림 4는 측정된 센싱 정보가 앞서 설명한 그림 2와 그림 3의 사례처럼 기상 관측 센터로 전송되는 것뿐 아니라, USN 서비스 사업자에

의하여 재난 관리 시스템 및 일반 사용자의 필요에 의한 기후정보 등으로 재 가공되는 것을 보여준다.

USN은 기후정보뿐 아니라, 앞서 설명한 버클리 대학교의 연구와 같이 수질, 식물, 동물 등의 습성 연구에도 널리 사용되어 기후의 변화와 자연 생태의 관계 연구에도 활용된다.



〈그림 4〉 다양한 정보 서비스를 제공하는 미래의 USN 기후관측 서비스 예시



〈그림 5〉 서울의 청계천에 설치된 센서 네트워크

2. 유비쿼터스 정보화를 통한 직간접 기후 변화 대응

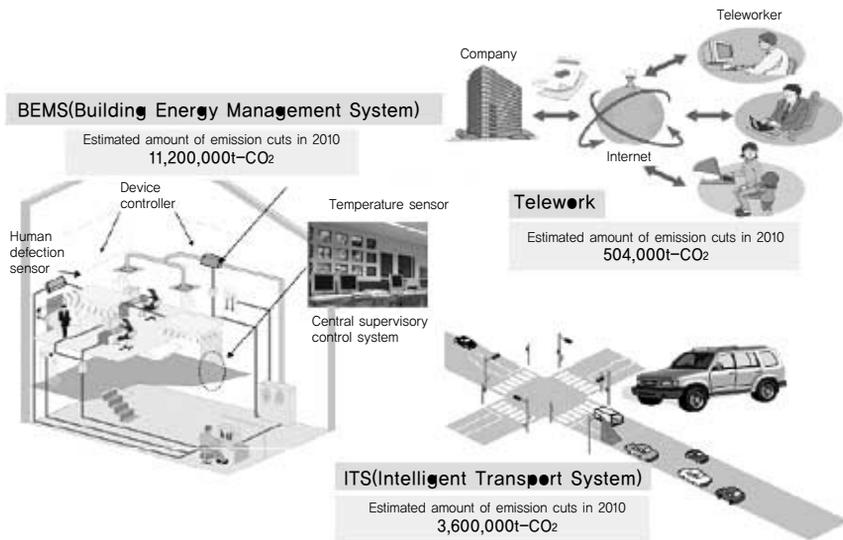
그림 5는 서울의 청계천에 설치된 센서를 활용한 시스템을 보여준다. 전 지역에 센서노드가 설치되어, 가로등, 교통신호, 대기오염, 하수의 수위, 도로의 결빙 정도 등을 측정한다. 이러한 시스템은 기후변화 대응 측면에서 아주 유용하게 발전할 수 있는 가능성을 보여준다.

도로 곳곳에 설치된 센서 노드는 도로 내 대기 오염도 측정과 이동 및 속도 감지를 통한 도로 내 차량의 혼잡도를 측정할 수 있다. USN 기술 및 서비스의 실현으로 센서 네트워크와 연계되어 확장된 지능형 교통 시스템은 차량들에게 비혼잡 지역을 안내하여 혼잡 지역에서의 차량의 이산화탄소 발생을 감소시킬 수 있으며, 가로등과 연결된 센서 네트워크는 혼잡도에 따라 밝기 및 점등을 자동 조절하여 불필요한 전력 소모를 방지할 수 있다.

그림 6은 2007년 일본의 경제산업성의 발표에서 발췌하였다. 일본은 ICT를 활용한 기후변화 대응 정책의 일환으로 재택근무, 지능형 교통시스템 구축, 센서 네트워크 등을 통한 가정 에너지 관리 시스템 (Home Energy Management System), 및 건물 에너지 관리 시스템 (Building Energy Management System) 구축을 지원하고 있다.

가정 및 건물 에너지 관리 시스템은 건물 내의 전등 및 온도 관리가 센싱 정보를 통하여 무인상태에서 자동 조절되고, 전력을 사용하는 가전 제품 등은 적정 전력을 유지하여 불필요한 전력 누수를 차단한다. 일본은 이미 건물 에너지관리시스템 및 가정에너지관리시스템의 시범운영에서 연간 5~10%에 가까운 온실가스감축을 보고했다.

흥미로운 보고는 가정내 과전류차단기안에 센서노드를 설치하고, 휴대용 LCD로 가정내 사용 전력량을 보여, 일별 월별 전력 사용량의 변화를 표시해주는 것 만으로도 사용자 스스



〈그림 6〉 ICT 활용을 통한 온실가스 감축 전망

로 통제에 의한 전력 감소를 10%가까이 이루었다는 것이다.

이러한 사례는 도로 교통 시스템, 홈 오토메이션, 빌딩 자동화 시스템이 USN 인프라로 연결되었을 경우 이루어 낼 수 있는 시너지 효과를 짐작할 수 있다.

이렇게 녹색 기술로 활용되기 위하여 USN은 아직 해결해야 할 기술이 많다. 앞서 설명한 것처럼 저전력을 유지하면서 통신 인프라와 연계되어야 하는데, 센서 네트워크의 특성상 노드의 손실이나 외부 간섭에 의한 통신의 실패 등에 아주 취약하기 때문에 해결해야 하는 기술적 과제의 난이도가 높은 편이다. 그러나 기술은 빠르게 발전하고 있으며, USN이 추구하는 “언제, 어디서, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형사회의 서비스 인프라”의 구축은 먼 미래의 일이 아닐 것이다.

IV. 결론

사실, 우리나라의 기후변화에 대한 대응은 만족할 만 하지 못하다. EU가 1990년 대비 2%의 감축을 이루어낸 것에 비교해 우리나라 온실가스 배출 현황은 1990년 대비 98.7%가 증가했으며 전세계 배출량 대비 우리나라는 세계 7위의 온실가스 배출국가이다. 더욱 걱정이 되는 것은 2000년부터 2005년까지의 산정으로 우리나라의 온실가스 배출 증가율은 세계 4위를 기록하고 있다. 유럽 CAN(Climate Action Network)은 한국의 기후변화 대응 수준을 평가대상 56개국 중 48위로 평가했으며, WEF(World Economic Forum)의 EPI(Environment Performance Index)에서 한국은 전체 149개국 중 2006년 42위에서 2008년에는 51위로 내려앉았다.

우리 정부가 기후 변화 대응에 적극적으로

동참하는 움직임을 보이는 것은 반가운 일이다. 그러나, 이것이 말 뿐인 또는 제대로 된 정책과 기술 발전에 대한 중장기 적인 계획과 투자 없이 기업과 국민에게 의무만 지우는 것이 아니었으면 좋겠다.

녹색 성장은 에너지 기술뿐 아니라, RFID / USN, 광대역 통신, 멀티미디어 기술 등 다양한 기술의 결합이 이루어 낼 수 있을 것이다. ICT 기술은 우리나라의 강점이며 이를 활용한 기후변화 대응에 좀 더 다각적인 정책과 기술 투자에 대한 관심이 요구된다.

저자소개



김은숙

2001년 8월 숙명여자대학교 컴퓨터학과 박사
동대학교 컴퓨터학과 학사/석사
2001년 7월-현재 한국전자통신연구원 선임연구원
2005년 2월-2006년 1월 미국 표준과학연구소
(NIST) 개원연구원

주관심 분야 : 센서 네트워크, USN, Cross-layer
Protocol design, Next
Generation Networks,
Multimedia Communications

참고문헌

- [1] ITU-T FG ICT&CC, <http://www.itu.int/ITU-T/focusgroups/climate/index.html>
- [2] IITA, “USN 구축 마스터플랜,” 2005.12.
- [3] IEEE, “802.15.4 Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)”, IEEE Computer Society, 2006
- [4] ISA 100, http://www.isa.org/Content/NavigationMenu/Technical_Information/ASCI/ISA100_Wireless_Compliance_Institute/ISA100_Wireless_Compliance_Institute.htm
- [5] Zibgee Alliance, <http://www.zigbee.org>
- [6] IETF 6LoWPAN WG, <http://www.ietf.org/html.charters/6lowpan-charter.html>
- [7] IETF ROLL WG, <http://www.ietf.org/html.charters/roll.html>
- [8] ITU-T, <http://www.itu.int/ITU-T>
- [9] ISO/IEC JTC 1, <http://www.iso.org>