

교육학 석사학위 논문

USN을 이용한 지하철 안전 관리 시스템 설계 및 구현

2006년 2월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

김 하 식

교육학석사 학위논문

USN을 이용한 지하철 안전 관리 시스템 설계 및 구현

지도교수 김 창 수

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함

2006년 2월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

김 하 식

김하식의 교육학석사 학위논문을 인준함

2006년 2월 24일

주심 이학박사 이 경 현 (인)

위원 공학박사 정 신 일 (인)

위원 공학박사 김 창 수 (인)

목 차

표 목 차	iv
그 립 목 차	v
Abstract	vi
I. 서론	1
II. 센서네트워크 기반 안전 관리 시스템 연구 동향	3
1. 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 최근 연구 동향	3
가. 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반기술	3
나. 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 정책 및 프로젝트	5
2. 센서네트워크의 구성	6
가. 센서네트워크	6
나. RFID/USN	7
3. 안전 관리 시스템	8
가. 실시간 안전 관리 시스템의 필요성	9
나. 안전 관리를 위한 센서장비	9
다. 국내외 센서장비 제품	10
4. USN의 표준화 동향	11
5. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)의 구성	13
6. Cygwin 개발환경의 설치	15
가. Cygwin 설치	15
나. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn) 설정	17

7 Nano-24 USN Development Kit의 구성	17
가. Nano-24 Kit의 구성	17
나. 주 모듈(Main Module)	18
다. 센서 모듈(Sensor Module)	19
라. 제어 모듈(Actuator Module)	20
마. 인터페이스 모듈(Interface Module)	20
바. Nano-24 Kit의 시스템 구성도	20
 III. USN을 이용한 안전 관리 시스템 설계 및 구현	22
1. USN을 이용한 지하철 안전 관리를 위한 분석 및 설계	22
가. 지하철 안전 관리를 위한 USN 프로토타입의 설계	22
나. 무선센서노드구성을 위한 장비 구성도	22
2. 노드별 구성	22
가. 싱크 노드(Sink Node) 구성	23
나. 센서 노드(Sensor Node) 구성	23
다. 제어 노드(Actuator Node) 구성	24
3. 전체 노드 구성	25
4. 개별 노드의 프로그래밍	26
가. Nano-Q+ Porting	26
나. 노드 구성을 위한 노드 정보	28
5. 지하철 내 안전 관리를 위한 실험 하드웨어 구축	29
가. 싱크 노드(Sink Node)	30
나. 센서 노드(Sensor Node)	30
다. 제어 노드(Actuator Node)	30
라. 제어 노드(Actuator Node)에 의해 작동되는 구동기의 제작	30

IV. 실험 및 결과	32
1. 실험에 사용된 환경	32
2. 가스센서 실험 결과	32
3. 조도센서 실험 결과	33
4. 임계값(Threshold) 설정	34
5. 전체 노드 시스템 실험	34
V. 결론	36
참고문헌	38

표 목 차

(표 1) 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 무선 기술 대안	5
(표 2) 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 각국의 전략	6
(표 3) 무선센서 노드 장비별 사양	11
(표 4) 주 모듈(Main Module) 사양	18
(표 5) 센서 모듈에 사용된 부품	20
(표 6) 노드 구성을 위한 정보	29
(표 7) 가스센서 실험 결과	33
(표 8) 조도센서 실험 결과	33
(표 9) Gas센서, 조도센서의 최대 최소값과 그 평균값	34

그 립 목 차

[그림 1] 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위한 5가지 핵심 기술	3
[그림 2] IT 839전략	12
[그림 3] 정보통신부의 USN 추진 전략	13
[그림 4] 나노 큐 플러스 홈페이지	14
[그림 5] Cygwin 홈페이지	15
[그림 6] Cygwin 실행 초기화면	16
[그림 7] Nano-24 USN Development Kit	19
[그림 8] Nano-24 Kit의 시스템 구성도	21
[그림 9] 싱크 노드(SINK Node)	23
[그림 10] 센서 노드(Sensor Node)	24
[그림 11] 제어 노드(Actuator Node)	24
[그림 12] Node별 역할 관계도	25
[그림 13] 전체 시스템 구성도	26
[그림 14] Rapid Prototyping 실행화면	27
[그림 15] 시뮬레이션 모델 하드웨어 구성 사진	29
[그림 16] 구동기 회로의 도식화	31

The Design and Implementation of Safety Supervision Systems in the Subway Platform using USN

Ha-Sik Kim

Dept.of Computer Education Graduate School of
Pukyong National University

Abstract

USN(Ubiquitous Sensor Network) is an emerging area as a core technology in the Ubiquitous computing. These days, many researches on the RFID/USN, the core technology of Ubiquitous computing, are going on actively. But fixed standards of USN are not yet established, so it is expected that, from the research institutions including universities, this will be extended to a nationwide project. USN can be applied to various situations, so it will influence the area of safety supervision like water pollution and weather analysis vastly.

In this research, a model which can be applied to safety supervision using USN facilities will be suggested, designed, and realized, its efficiency will be tested, and, lastly, courses for the future research will be presented.

I. 서 론

인터넷의 빠른 확산은 언제 어디서나 액세스가 가능한 유비쿼터스 네트워킹(Ubiquitous Networking)의 필요성을 제기하고 있다. 이동전화와 무선랜의 급성장에서 알 수 있듯이 유선통신에 비해 무선통신은 사용자의 이동성을 보장하기 때문에 고객들로부터 큰 호응을 얻고 있다. World Wide Web 서비스가 등장하면서 인터넷이 보편화되고 대부분의 사무실과 가정에서 인터넷 사용이 활성화되어 있으며, 최근에는 모바일기기를 이용하여 전자우편을 액세스하거나 제한된 웹 브라우징(Web Browsing)을 이용하고 있다.

유비쿼터스는 사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지 않고 장소에 관계없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 환경을 말한다. 일반적인 유비쿼터스 컴퓨팅은 유·무선 네트워크 접속기능을 갖춘 컴퓨터뿐만 아니라, 네트워크와의 교신능력을 가진 초소형 칩을 TV, 냉장고를 비롯한 가전기와 진열대 등 모든 기기 및 사물에 내장해 정보를 손쉽게 송·수신함으로써 생활을 보다 편리하게 해 주는 것을 의미한다.

최근 사물에 전자태그(RFID : Radio Frequency Identification)를 부착하여 사물의 정보를 확인하고 주변 상황정보를 감지하는 전자태그 및 센서기술이 등장하고 있다. 기존의 바코드 시스템(Barcode System)을 대체하는 것은 물론 동시에 많은 정보를 처리 할 수 있고, 식별 시간이 짧으며 실시간 정보과악이 가능한 등의 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 혁신은 정보화가 사람 중심(anyone)에서 사물중심(anything)으로 그 지평을 확대하는 전기가 될 것이다.

즉, 유비쿼터스 센서 네트워크(USN : Ubiquitous Sensor Network)는 필요한 모든 곳에 전자태그 혹은 전자장치를 부착하고, 이를 통하여 기본적인 사물의 인식정보는 물론 주변의 환경정보까지 탐색하여, 실시간으로 네트워크에 연결하고 그 정보를 관리하는 것을 의미한다. 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 기능 혹은 통신기능을 부여하여, 언제든지 어디서든지 무엇이든지 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이라 할 수 있다. 이러한 점에서 유비쿼터스 센서 네트워크는 전자태그를 중심으로 발전하고, 이에 센싱(Sensing)기능이 추가되면서 이들 간의 네트워크가 구축되는 형태로 발전할 것이다.

이러한 USN의 응용분야는 물류, 환경, 정보가전, 건설, 소방방재 등 다양한 형태의 응용이 가능하며, 무엇보다도 USN이 가지는 가장 강력한 기능은 노드(Node)간의 통신과, 실시간(Realtime) 정보처리의 기능이라 할 수 있다.

이러한 다양한 응용 형태들 중에서 안전 관리분야에서의 유비쿼터스 센서네트워크의 활용분야를 살펴보면 새, 동물, 곤충 등의 움직임을 추적하는 생태계 감시연구, 식량생산과 가축사육 등에 활용되는 자연 안전 관리 연구 등에 활용 할 수 있고, 지구의 토양, 해양, 대기, 수질오염, 산불의 관측, 홍수 등의 오염 측정 및 도시 방재 분야에 적용 할 수 있다.

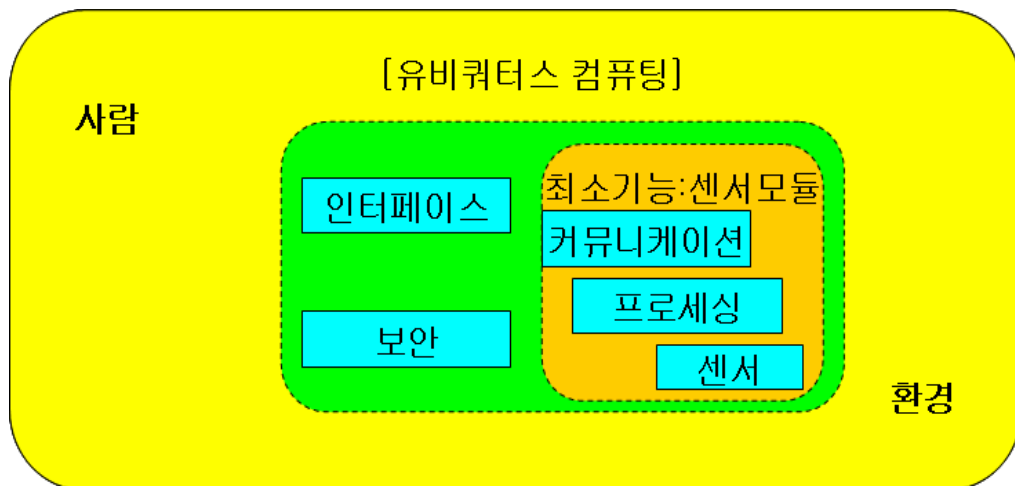
본 연구에서는 유비쿼터스 센서 네트워크의 다양한 응용분야 중 도시환경 및 방재분야에 적용할 수 있는 응용모델을 제안하고, 실제 USN 장비를 이용하여, 지하철 역사내의 환경정보를 모형으로 구축하고, 실제 노드 구성과 근접한 실험환경을 구성한 후 실험을 해 봄으로써, 현재 USN장비의 장·단점을 분석하고, 문제점을 제시함과 동시에 개선 방안을 제시하고자 한다.

II. 센서네트워크 기반 안전 관리 시스템 연구 동향

1. 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 최근 연구 동향

가. 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반기술

유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위해서는 센서, 프로세서, 커뮤니케이션, 인터페이스, 보안의 5가지 핵심 기술이 필요하다. 환경을 스스로 인지하고 판단하기 위해서는 센서, 프로세서, 커뮤니케이션 등 3가지 기술이 결합되어야 하며, 사람과 자연스러운 커뮤니케이션을 위해 인터페이스 및 보안 기술이 필요하다.



[그림 1] 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위한 5가지 핵심 기술

센서는 외부의 변화를 감지하는 입력 장치로서, 시청각은 물론 빛, 온도, 냄새 등의 물리·화학적 에너지를 전기신호로 변환하여 감지하는 장치로서, 저가격, 저전력화 센서가 필수적인 요건이다.

프로세서는 사람의 두뇌에 해당하는 것으로 센서를 통해 얻은 데이터를 분석하고, 판단하는 장치로서 컴퓨터와 같은 고성능의 프로세서는 불필요하며, 저장 공간이 작고, 저전력으로 동작하는 마이크로 컨트롤러 유닛(MCU)으로 동작되는 방식이 많이 제작되고 있으며, 대표적인 MCU로 Intel 社の 8051계열과 ATmel 社の AVR 계열인 ATmega 시리즈가 많이 사용되고 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅에서 사용되는 OS(Operating System)는 실시간 처리가 가능한 실시간 운영체제가 많이 사용되고 있다. 대표적으로 제안되고 있는 실시간 운영체제에는 UC Berkeley에서 제안한 TinyOS, 일본 동경대학교인 사카무라켄 교수가 이끌고 있는 TRON Project에서 제안한 TRON 등이 있으며, 국내에서 개발된 USN을 위한 실시간 운영체제로는 한국전자통신연구원(ETRI)의 Nano-Q Plus가 개발되어 공개되어 있다. 그리고 최근에는 Microsoft도 경쟁에 가세하고 있다.

커뮤니케이션 기술은 사용자와 인근 사물과의 상호작용 혹은 기기간의 상호작용을 위해 근거리 무선통신 기술이 필요하다. 이러한 근거리 무선통신기술로는 Bluetooth, UWB(Ultra-WideBand), Zigbee 등이 고려되며, 현재 시판중이거나 개발되고 있는 센서 네트워크 장비에는 Zigbee가 사용된다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 무선기술의 대안은 현재 표준화가 진행 중이며, 향후 2~3년 내에 표준이 정착되어 보급될 예정으로 있고, 세가지 무선 통신 기술에 대한 내용은 미국 전기 전자 학회(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)의 IEEE 802.15의 1, 2, 4의 분과로 기술 표준이 제안되고 있다.

이러한 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 무선기술 대안으로 제기되는 세 가지를 (표 1)에 정리하였다.

(표 1) 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 무선 기술 대안

구분	주파수	최대거리	최대속도	비고
Bluetooth	2.4GHz	10m	1Mbps	IEEE802.15.1
UWB	3.1 ~ 10.6GHz	10m	110Mbps(10M)	IEEE802.15.3
Zigbee	2.4GHz	30m	250kbps	IEEE802.15.4

각각의 기기를 식별하기 위하여 IPv6기반의 IP체계도 필요로 한다. 유비쿼터스 컴퓨팅에서는 컴퓨팅 디바이스의 수가 약 수억 개 이상으로 확대될 것으로 예상되기 때문에 기존의 IPv4기술로는 한계에 도달할 수밖에 없다. 이러한 IPv4를 대체할 기술로써 IPv6체계를 이용하면 43억×43억×43억×43억 여 개의 주소 확보가 가능하다.

유비쿼터스 컴퓨팅에서의 보안은 많은 취약점을 가지고 있다. 어디서나 컴퓨터를 이용할 수 있다는 유비쿼터스 컴퓨팅의 기본 의도는 곧 어디서든지 정보가 누출되고, 왜곡될 위험의 요소가 많다는 것을 의미하기도 한다.

정보보안의 취약성을 극복하기 위해서는 기밀성, 인증, 무결성이 필요하다. 기밀성은 주로 암호화 기술로 해결이 가능하며, 인증은 정보 송신자의 신원을 확인하는 방법으로 센서, 생체정보, 행동특징 등을 이용하여 확인하는 방법이 강구되고 있으며, 생체정보를 인증에 활용하는 방법이 가장 활발하게 검토 중이다.

나. 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 정책 및 프로젝트

미국의 대표적인 과학저널 중 하나인 'Scientific American'의 1991년 9월호 판에는 Mark Weiser가 쓴 'The Computer for the 21st Century'라는 기념비적인 논문이 실려 있다. 이 논문에서 그는 '미래의 컴퓨터는 우리들의 그 존재를 의식하지 않은 형태로 생활 속에 파고 들 것이다. 하나의 방안에 수백 개의 컴퓨터가 자리 잡고 그것들이 케이블과 양방향 무선 네트워크로 상호 접속될 것'으로 예견하였다. 그로부터 10년이 지난 지금 시점에서는 미국을 비롯한 일본, 유럽 등 각국에서 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명이 새로운 지식정보국가 패러다임이라는 인식아래 정부, 기업, 연구소가 유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 대비하고 있다. (표 2)는 유비쿼터스 컴퓨팅의 연구가 활발한 미국, 일본 유럽의 전략을 나타내고 있다.

(표 2) 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 각국의 전략

	미국	일본	유럽
추진 시기	1991년	2001년	2001년
추진 주체	정부기관(NIST)과 대기업에 의한 민간 주도(첨단IT기업)	정부주도에 의한 산학간 연합체	EU주도에 의한 국가간 협력
추진 방향	유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 응용개발	마이크로 기술에 의한 유비쿼터스 네트워크 기술 개발	유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 응용개발
주 프로젝트	Smart Dust , CoolTown , EasyLiving , Smart Tag , Oxygen	유비쿼터스 네트워크 기술의 장래 전망에 관한 조사 연구회	Smart Its, Paper++, Grocer등 16개 독립 프로젝트
주요 수행기관	Xerox, HP, MS, IBM MIT Media Lab. UC Berkeley	NTT, NTT도쿄모, 소니, NEC, 미쓰비시 전기, 마쓰시다전기	스위스 ETH, 독일 TechO , 핀란드 기술 연구소

2. 센서네트워크의 구성

가. 센서네트워크

유비쿼터스 컴퓨팅의 가장 큰 패러다임의 하나는 유선위에서는 절대 성공할 수 없다는 것이다. 즉 다시 말하면 유비쿼터스 컴퓨팅은 점 조직과도 같은 무선망에 의해서만 성공할 수 있다는 것이다. 전파라는 무선 매체에 의지할 때 급속히 확산될 수 있으며, 무선 매체에 의해 창출되는 공간만이 물리공간과 전자공간을 통합할 수 있다.

이와 같은 유비쿼터스 센서네트워크의 개념은 크게 두 가지 요소로 요약할 수 있다. 하나는 실세계의 각종 사물과 환경 전반(물리 공간)에 컴퓨터를 장착하되, 사용자에게 컴퓨터의 겉모습이 드러나지 않도록 환경 내에 효과적으로 숨어지고 융합될 수 있도록 하는 것이고, 다른 하나는 사용자가 거부감 없이 언제 어디서나 존재하는 컴퓨터를 편리하게 이용할 수 있도록 만드는 일이다.

나. RFID/USN

최근 사물에 전자태그를 부착하여, 사물의 정보를 확인하고, 주변 상황 정보를 감지하는 전자태그 및 센서 기술이 등장하고 있는데, 일반적으로 유통 분야에서는 물품 관리를 위해 바코드를 사용하였다. 바코드는 가격이 매우 싸(1원미만) 반면에, 한 번에 다양한 물품의 처리가 어렵고, 실시간 정보파악이 어려운 반면, 전자태그의 경우 가격의 경우 다소 비싼 편(최저가 200원 수준)이나 동시에 많은 물품을 처리할 수 있고, 식별 시간이 짧으며(0.1초 미만) 실시간 정보파악이 가능할 뿐 아니라, 수십~수m 거리에 서도 정보를 읽을 수 있는 등의 장점으로 바코드를 대체할 수단으로 전망

하고 있다. 이러한 기술은 정보화가 이제까지 사람 중심(anyone)에서 사물 중심(anything)으로 그 지평을 확대하는 전기가 될 것이다.

즉 유비쿼터스 센서 네트워크는 필요한 모든 곳에 전자태그를 부착하고, 이를 통하여 기본적인 사물의 인식정보는 물론 주변의 환경정보(온도, 습도, 오염정보, 균열정보, 냄새 등)까지 탐지하여, 이를 실시간으로 네트워크로 연결하여, 그 정보를 관리하는 것을 의미하며, 궁극적으로는 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신기능을 부여하여, 언제, 어디서, 무엇이든 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. 이러한 센서 네트워크는 우선 인식 정보를 제공하는 전자 태그를 중심으로 발전하고, 이에 센싱 기능이 추가되면서 이들 간의 네트워크가 구축되는 형태로 발전할 것이다.

3. 안전 관리 시스템

산업혁명 이래로 급속한 공업화에 따른 환경오염은 지구 전체에 있어서 심각하고도 중대한 문제로 대두되고 있다. 지금까지 환경에 대한 조사와 모니터링은 수없이 이루어지고 있지만, 통일적, 정기적, 광역적인 관측은 이루어지지 않았다.

이러한 환경오염으로 인한, 이상기후, 지구 온난화 등의 문제로 인하여 지구환경에는 굉장한 변화가 일어나기 시작하고, 이는 재난(인적, 물적)으로 이어지고 있으며, 그 피해 수준 또한 나날이 심각해지고 있는 상황이다.

재난은 국민의 생명과 신체, 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 자연현상에 의한 재해와 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고 등과 같이 인적요소로 발생할 수 있는 재해로 규정하고 있다.

가. 실시간 안전 관리 시스템의 필요성

앞 절에서 소개하였듯이 시시각각으로 변하는 환경정보를 실시간으로 모니터링하고, 이를 빠르게 예측해서 재난 발생 시 생명과 재산의 피해를 최소화 하는 것이 안전 관리 시스템의 목적이라 할 수 있다. 이러한 안전 관리는 현재 각종 계측장비를 활용하여, 정기적 혹은 비정기적으로 계측 전문 인력을 통하여, 수집된 데이터를 활용하여 통계적인 방법으로 정보를 얻고 있는 것이 대부분이다.

예를 들자면, 공장에서 배출되는 배기가스의 CO_x 계열 농도 측정 장비의 경우, 담당 인력이 계측장비를 휴대하여 데이터 측정을 하고 있으며, 이에 따른 문제점으로는 측정을 하는 시점에서의 데이터에 의존적이라는 점이다. 이렇게 수집된 데이터는 여러 가지 환경 변수에 의해 그 값이 비교적 정확하지 않다는 문제점을 가지고 있으며, 이를 개선하기 위해 실시간으로 데이터를 수집·분석하여, 환경정보를 이용하는 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

나. 안전 관리를 위한 센서장비

이러한 안전 관리를 위한 유비쿼터스 센서 네트워크 장비 응용은 기본적으로 실시간 데이터 측정을 위한 저전력 무선 센서 노드를 측정하고자 하는 위치에 설치한 후 이를 중앙 노드(SINK)에서 값을 수집하여, 모니터링 프로그램을 통해 분석 및 수집하는 형태가 주류를 이루고 있다. 이러한 무선 센서 노드들은 기존의 컴퓨팅 플랫폼과는 달리 무선 센서 노드들은

다음과 같은 세 가지 특징을 가진다.

(1) 컴퓨팅 파워와 메모리, 배터리 등의 모든 자원이 극도로 제한적이다.

(2) 센서네트워크를 수 만개의 자율적인 노드들로 구성된 분산 컴퓨팅 플랫폼으로 보는 데이터 중심적인 프로그래밍 스타일이 일반적이다.

(3) 재사용을 고려하지 않은 일회용 컴퓨팅 플랫폼이다.

또한 이러한 무선 센서 노드를 구동할 수 있는 운영체제의 특징은 다음과 같은 독특한 구조를 가지고 있어야 한다.

(1) 극도의 저전력 경량 장치에서 동작할 수 있어야 한다.

(2) 환경과 응용프로그램의 변화에 대처하기 위한 동적인(Dynamic) 재구성을 지원할 수 있어야 한다.

다. 국내외 센서장비 제품

이러한 유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 무선 센서 노드 장비들은 현재 개발 중인 제품들이 많으며, 연구 및 실험용 혹은 교육용을 위한 장비들이 대부분이며, 실제 산업현장에 적용할 수 있는 부분은 미개적으로 남아있다.

이러한 무선 센서노드 장비들의 대표적인 것으로, 국내에 시판되고 있는 장비들은 대략 세 가지 정도로 압축해 볼 수 있는데, 다음과 같은 장비들이 있다.

(1) TinyOS를 내장한 MOTE-Kit (Crossbow Korea) 시리즈

(2) TinyOS를 내장한 TIP3x , TIP5x (Maxfor) 시리즈

(3) Nano-Q+를 내장한 Nano-24 시리즈

이러한 무선 센서 노드 장비가 가지는 사양은 (표 3)에 보이는 바와 같다.

(표 3) 무선센서 노드 장비별 사양

센서 장비 구분	MOTE Series	TIP3(5)x Series	Nano-24
제조(유통)회사	Crossbow	Maxfor	(주)옥타컴
Processor	8bit RISC, 8Mhz	8bit RISC, 8Mhz	8bit RISC, 8Mhz
O/S	TinyOS	TinyOS	ETRI Nano-Q+
지원 센서	Temperature Humidity Light	Temperature Humidity Light	Temperature Humidity Light GAS 적외선(초전센서) 가속도 초음파센서
RF Chipset	Chipcon 2420	Chipcon 2420	Chipcon 2420
Power	3.0~3.3V	3.0~3.3V	2.4~3.3V
Range	15m in Lab	15m in Lab	15m in Lab

4. USN의 표준화 동향

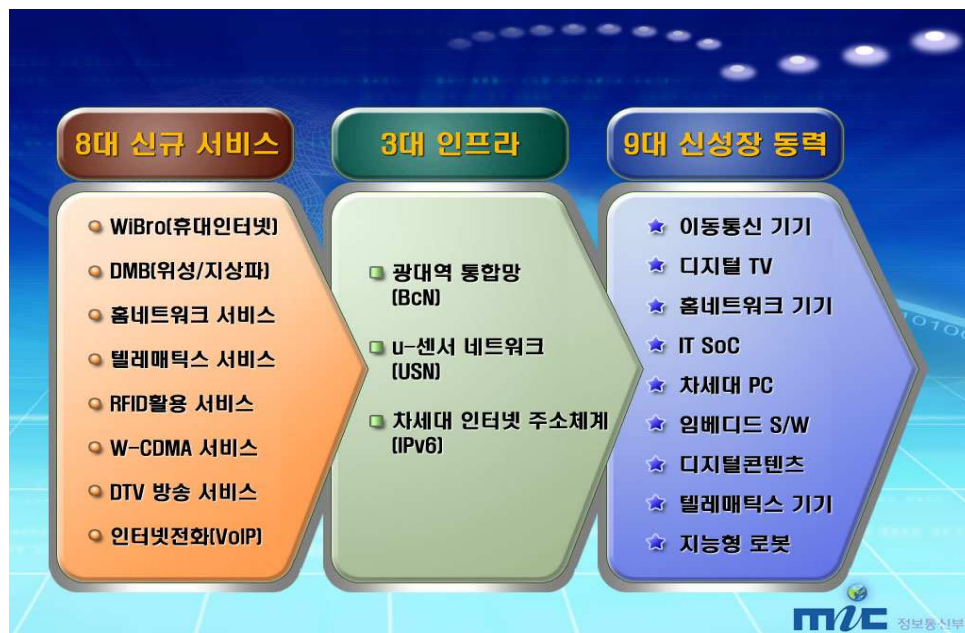
USN은 차세대 네트워크로서 지능형 센서 네트워크를 구성하는 것이 표준화의 가장 큰 목표라고 할 수 있다.

이를 위하여, 해결해 나가야 하는 4가지의 목표를 제시하고 단계적으로

이를 해결해 나가려는 노력을 기울이고 있는 실정이다. 그 세부 내용은 다음과 같다. 첫 번째로 표준화된 사물의 인식체계를 확립하는 것, 둘째로 USN과 IPv6 기반 BcN(Broadband Convergence Network)상의 개방형 연동, 셋째로 USN 서비스를 위한 지능형·개방형 정보처리, 마지막으로 지능형 자율 통신 센서노드의 표준화 이렇게 네 가지의 표준화를 위해 연구 및 상용화가 진행 중이다.

USN 표준화는 물류, 교통, 환경 등의 다분야의 응용이 가능하기 때문에, 차세대 핵심 기술로서 거대한 시장을 이룰 전망이다. 그러나 아직 국내 표준화는 정해지지 않은 상태이며, 지능형 센서네트워크의 국내 표준화를 통해 국제 시장을 선도해 나가려는 노력을 하고 있다.

대표적인 정책으로 IT 839전략이 있으며, 8대 서비스 중 RFID와 홈네트워크는 USN과 직접 관련이 있으며, 3대 인프라 중 U-센서 네트워크는 앞으로의 서비스 방향을 제시하고 있다.



[그림 2] IT 839전략 (그림출처 : 정보통신부)



[그림 3] 정보통신부의 USN 추진 전략 (그림 출처 : 정보통신부)

5. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)의 구성

나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)는 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발한 무선 센서 노드를 구성 및 구동하기 위한 소프트웨어 패키지(package)로 Simple Scheduler, Timed Scheduler, Preemption Scheduler와 RF(Radio Frequency) Driver, Serial Driver, ADC(Analog to Digital Converter) Driver 등을 포함한 저전력 센서 네트워크를 위한 실시간 운영체제이다. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)는 공개용으로 배포하고 있으나, 개발된 장비 혹은 응용프로그램을 이용한 솔루션을 상용화 할 경우 기술이전 신청을 해야 한다. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)를 다운로드 받아서 사용하려면 <http://www.qplus.or.kr>에서 다운로드 받을 수 있고, 실

제 무선 센서 네트워크 장비에 적용하여 개발해 볼 수 있다.

나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)로 센서에서 감지한 값을 RF모듈을 이용하여 전송하고, 각 시스템의 노드들을 통하여, 목표로 하는 노드로 전송하는 기능을 수행한다. 이를 위해 RF 네트워크 개념을 도입하고 있으며, 이 네트워크를 Multi-Hop Routing을 통해 통신할 수 있도록 한다.



[그림 4] 나노 큐 플러스 홈페이지

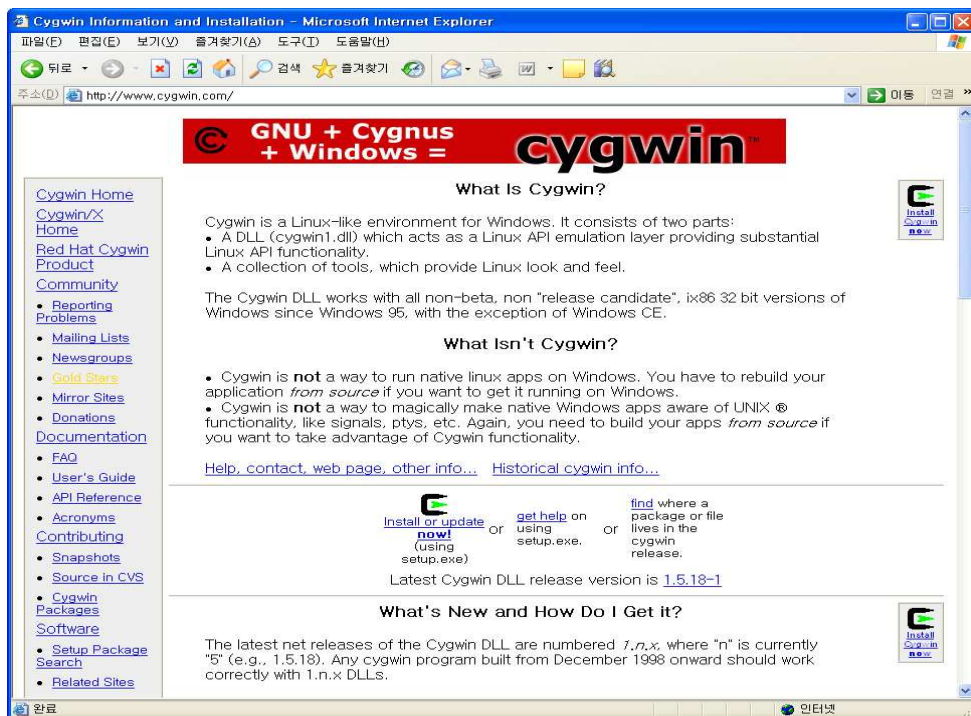
6. Cygwin 개발환경의 설치

가. Cygwin 설치

Cygwin은 MS윈도우 환경에서 리눅스와 비슷한 환경을 지원해 주는 프로그램으로서 주로 gcc Compiler를 이용하기 위한 환경으로 사용되어 왔다. 이 Cygwin 프로그램은 다음과 같은 두 부분으로 구성된다.

- 1) Linux API Emulation Layer로 동작하는 DLL 부분
- 2) Linux 응용프로그램 혹은 개발지원 도구들을 Cygwin에서 사용할 수 있도록 한 도구들 (예 : gcc)

Cygwin은 "<http://www.cygwin.com>"에서 얻을 수 있다.



[그림 5] Cygwin 홈페이지

Cygwin의 다운로드가 종료되면 자동으로 설치 프로그램이 실행되는 데 본 연구를 위해서 필수적으로 선택해야 할 옵션은 다음과 같다.

Category	S/W(tools)
● Base	☐ libncurses* ☐ ncurses ☐ tar
● Devel	☐ autoconf ☐ automake ☐ gcc ☐ make
● Editor	☐ VIM (설치하지 않아도 지장은 없으나 권장)
● Lib	☐ 개발을 위한 라이브러리 들

필요한 프로그램들이 버전별로 상이 하거나, 하드디스크 공간의 여유가 있다면 'All'을 'Install'로 하고 '다음'을 누르면 된다.

모든 프로그램이 설치되고 [그림 6]과 같은 화면이 나오면 Cygwin의 설치가 종료되었다.



[그림 6] Cygwin 실행 초기화면

[그림 6]은 정상적으로 설치된 Cygwin의 실행화면을 보여준다.

나. 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn) 설정

Cygwin 설치가 완료되면 나노 큐 플러스 운영체제(Qplusn)를 Cygwin의 디렉터리 안으로 복사한 후 몇 가지 설정을 해야 한다.

설정을 해야 할 요소는 다음과 같다.

- Cygwin.bat 배치파일 수정
- '.bashrc' 수정
- Automake, Autoconf의 버전 교체
- 절대 경로 수정

위 4가지의 핵심 요소의 수정이 필요한 데, 이러한 핵심요소의 수정 상 사용자들이 겪는 어려움으로 인하여, 별도의 Shell Script File(install.sh)을 제공함으로써, Cygwin 설치 후 Nano-Q+의 환경설정이 한 번에 해결되도록 (주)옥타컴에서 제작 및 배포하였다. 'Install.sh' 파일은 (주)옥타컴 홈페이지(<http://www.octacomm.net>)에서 다운로드 받을 수 있다.

7. Nano-24 USN Development Kit의 구성

(주)옥타컴의 Nano-24 USN Development Kit는 센서네트워크 환경 개발 및 실습용 키트이다.

가. Nano-24 Kit의 구성

Nano-24 Kit은 마이크로 콘트롤러 유닛(MCU)이 내장된 메인모듈, 각 센서가 내장되어 있는 센서모듈, 기기제어에 필요한 Relay가 내장된 제어 모듈(Actuator Module)로 구성되어 있으며 하나의 주 모듈(Main Module)을 중심으로 적층형태로 결합되는 구조를 가지고 있다.

[그림 7]은 Nano-24 Kit의 구성을 나타내었다.

나. 주 모듈(Main Module)

주 모듈(Main Module)은 ATmega128L MCU와 Chipcon 2420 Chipset이 장착되어 있으며, 센서 모듈과 적층결합 시 센서노드로 동작할 수 있고, 제어 모듈(Actuator Module)과 적층결합 시 제어노드(Actuator Node)로 동작하며, 인터페이스 모듈(Interface Module)과 적층결합 시 PC와 연결하여 상태를 모니터링 할 수 있다.

(표 4)는 주 모듈(Main Module)의 세부 사양을 기술하였다.

(표 4) 주 모듈(Main Module) 사양

품명	사양
MCU	ATmega128L
RF	CC2420 (Zigbee , 2.4GHz)
Antenna	PCB Antenna
System Clock	8MHz
RF Clock	16MHz



[그림 7] Nano-24 USN Development Kit

다. 센서 모듈(Sensor Module)

센서 모듈(Sensor Module) #1 은 가스, 온도, 조도, 습도 이렇게 네 가지 센서를 내장하고 있으며, 단일 혹은 4개의 센서 모두 동시에 사용할 수 있다. 단, 연구 진행 중 실험을 통하여 분석한 결과로 가스센서응용의 경우 센서 부품으로 사용된 'nap_55a' 센서의 과다한 전력소모로 단일 응용으로 사용할 것을 권장한다.

(표5)는 Nano-24 Kit에 사용된 센서 부품을 기술하였다.

(표 5) 센서 모듈에 사용된 부품

품명	사양	비고
온도 센서	LM35DZ	센서 모듈 #1
조도 센서	a9060(C.D.S)	
습도 센서	HUMIREL HS1101	
가스 센서	nap_55a	
초전형 센서(적외선)	RE200B	센서 모듈 #2
초음파 센서	ma40b8r , ma40b8S	센서 모듈 #3

라. 제어 모듈(Actuator Module)

제어 모듈(Actuator Module)은 AC/DC Relay 각각 2개씩 총 4개의 Relay가 부착되어 있으며, 각 기기를 연결하여, On/Off의 상태 제어를 할 수 있는 모듈이다.

마. 인터페이스 모듈(Interface Module)

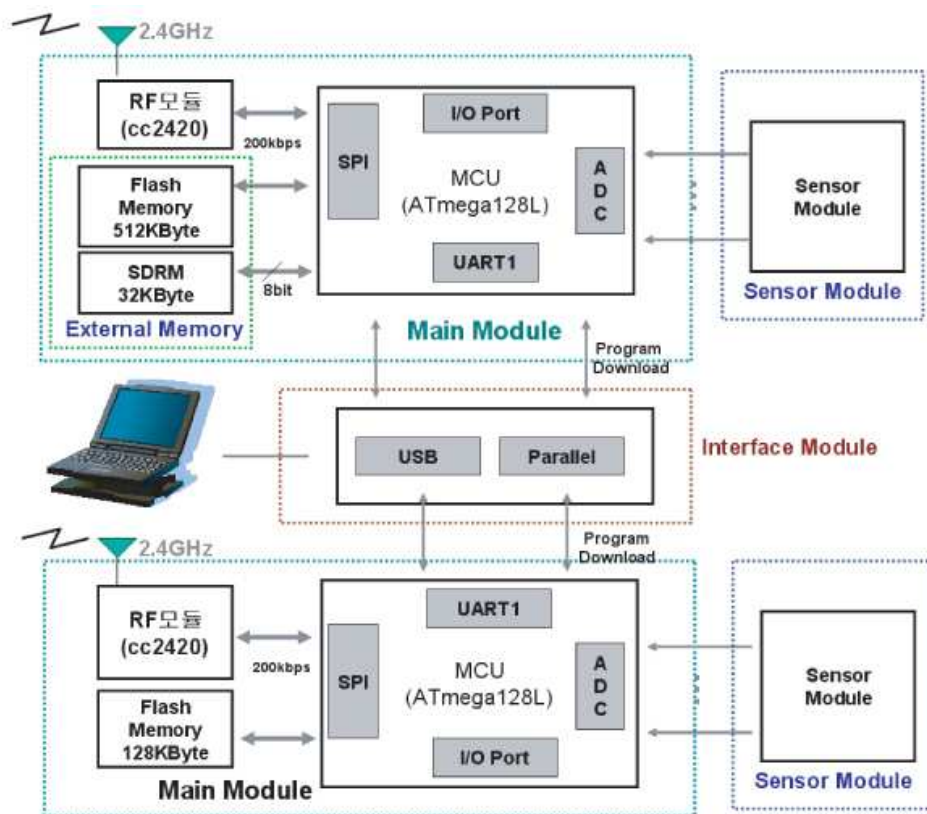
MAX232C Chip을 사용하여, 메인모듈과 적층결합 하여, PC의 USB포트를 통하여 RS-232C 시리얼 통신을 할 수 있는 모듈이다.

바. Nano-24 Kit의 시스템 구성도

Nano-24 Kit은 메인모듈을 중심으로 센서 모듈(Sensor Module), 제어 모듈(Actuator Module) 등이 적층결합 형태로 하나의 노드를 이루고 있고,

이러한 노드들이 CC2420 칩을 통해 무선 전송을 하며, 싱크 노드(Sink Node)에서 데이터를 수집하여, 인터페이스 모듈을 통해 PC또는 전용 장비로 모니터링 할 수 있는 시스템이다.

[그림 8]은 Nano-24의 시스템 구성도를 나타내었다.



[그림 8] Nano-24 Kit의 시스템 구성도

III. USN을 이용한 안전 관리 시스템 설계 및 구현

1. USN을 이용한 지하철 안전 관리를 위한 분석 및 설계

가. 지하철 안전 관리를 위한 USN 프로토타입의 설계

USN 장비를 이용한 안전 관리 분야의 응용은 다양하게 적용이 가능하고, 실제 적용을 고려해 볼만한 대상의 프로토타입을 완성하는 것이 향후 상용화를 위한 전초단계의 역할을 한다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지하철 내부에 유독가스가 유입되었을 경우를 가정하고, 이를 실시간으로 감지하여 전송하고, 싱크(SINK) 노드에서 임계값이 초과 감지되었을 경우를 비교 판단하여, 제어 노드(Actuator Node)로 전송하여 기기 상태 제어가 가능한 시스템을 설계 및 구현하였다.

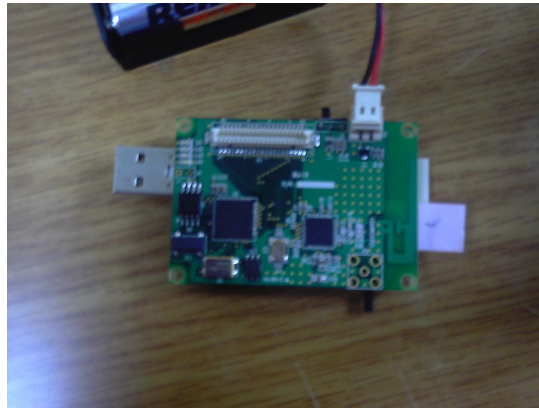
나. 무선 센서 노드 구성을 위한 장비 구성도

본 연구에 사용될 노드의 구성도는 [그림13]과 같으며, 그 용어의 정의와 역할을 소개한다.

2. 노드별 구성

가. 싱크 노드(Sink Node) 구성

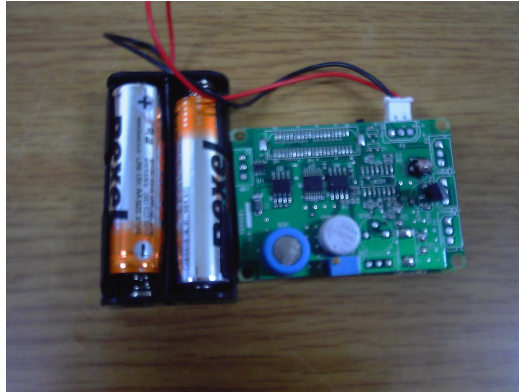
가장 핵심이 되는 무선 노드로서 센서 노드로부터 센싱 되어 오는 값을 전송받는 기능과, 센서에서 전송된 값을 비교 판단하여, 임계값 초과 시 제어 노드(Actuator Node)로 제어신호를 전송하는 역할을 한다. RS-232C 인터페이스 보드와 연결 시 시리얼 통신을 통하여 PC로 해당 정보를 볼 수 있는 기능이다.



[그림 9] 싱크 노드(Sink Node)

나. 센서 노드(Sensor Node) 구성

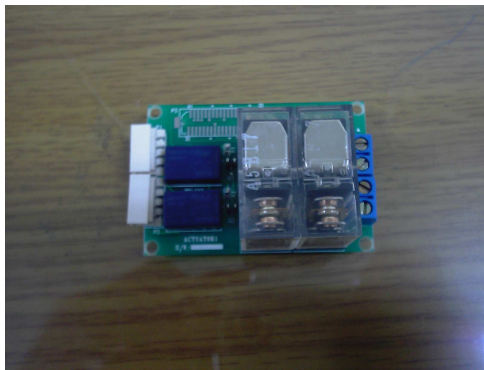
아날로그 센서를 통하여 주기적인 시간차를 두고 센서를 구동하여, 그 값을 읽어 들여, 디지털 변환 과정을 거친 후 싱크 노드로 전송하는 역할을 하는 노드이다.



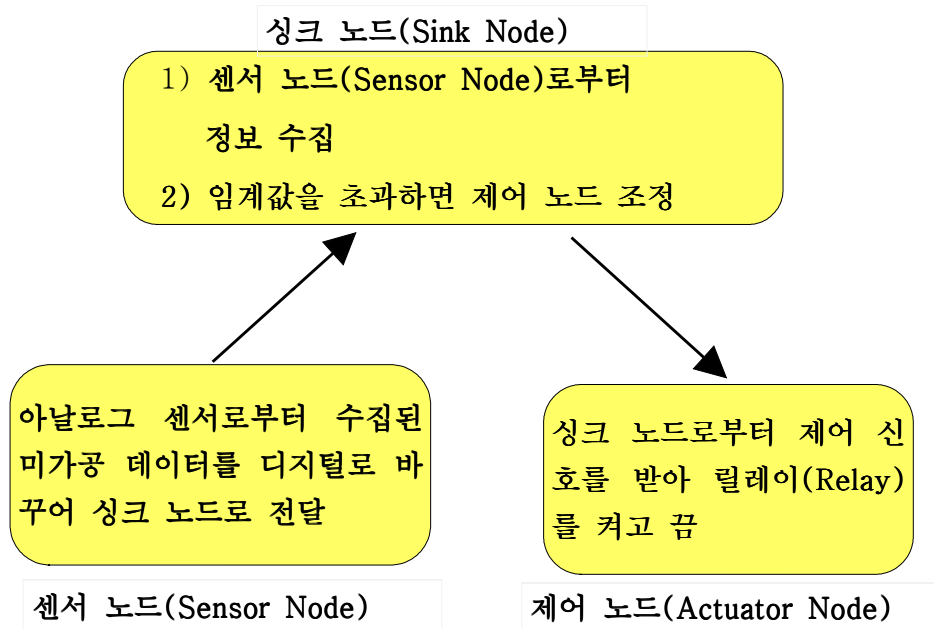
[그림 10] 센서 노드(Sensor Node)

다. 제어 노드(Actuator Node) 구성

기기 제어를 위한 AC Relay 2개와 DC Relay 2개를 내장하고 있으며, 제어신호 발생 시 Relay를 On 또는 Off 시키는 역할을 한다. Relay를 구동하기 위해 별도의 3V전압이 필요하며, 이 전력은 노드를 구동하기 위한 3V 전압을 공용으로 사용한다.



[그림 11] 제어 노드(Actuator Node)



[그림 12] Node별 역할 관계도

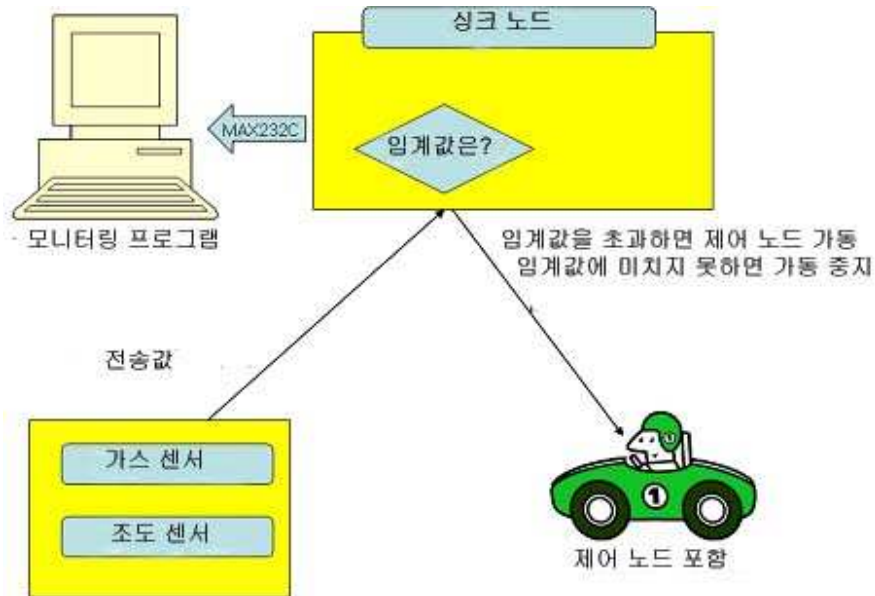
3. 전체 노드 구성

본 연구에서는 이러한 USN 장비와 함께 실제 열차 모형을 제작하여, 실제 지하철 환경과 최대한 비슷한 환경을 구축한 후 센서 노드(Sensor Node)의 가스 센서와 조도 센서를 이용하여, 해당 센서의 값을 실시간으로 체크하고, 가스 센서와 조도 센서의 임계값 초과 시 제어 노드(Actuator Node)를 구동하여, 열차를 정지하고, 부저를 울리는 시스템을 구축하였다.

이러한 노드 구성을 바탕으로 싱크 노드(Sink Node)에 RS-232C Interface 보드를 결합하여, 수집된 정보를 실시간으로 PC와 연동하여 모니

터링 하여 보는 시스템을 본 연구의 범위로 설정하였다.

[그림 13]은 전체 시스템 구성도를 나타내었다.



[그림 13] 전체 시스템 구성도

4. 개별 노드의 프로그래밍

가. Nano-Q+ Porting

Nano-Q+ 는 'Rapid Prototype'이라는 응용프로그램의 기본형을 자동으로 생성해 주는 기능을 제공한다. 본 연구에서는 기본적인 동작을 하는 응용프로그램을 빠른 시간 내에 완성하여 주는 'Rapid Prototype' 모델을 통하여 하드웨어 프로그래밍을 완성하였다.

'Rapid Prototype' 개발환경을 설정하기 위한 방법은 다음과 같으며, 관

런된 내용은 (주)옥타컴 홈페이지(<http://www.octacomm.net>) 혹은 Nano-Q+ 홈페이지(<http://www.qplus.or.kr>)를 참고하면 자세한 정보를 얻을 수 있다.

- 1) 임의의 응용 폴더를 생성한다.(mkdir 명령 사용)
 - 2) 개발 환경 스크립트 파일을 심볼릭 링크(Symbolic Link)를 설정한다.
- 다음과 같은 명령을 실행하면 'Makefile' 과 'scripts' 파일이 새로 생성된다.

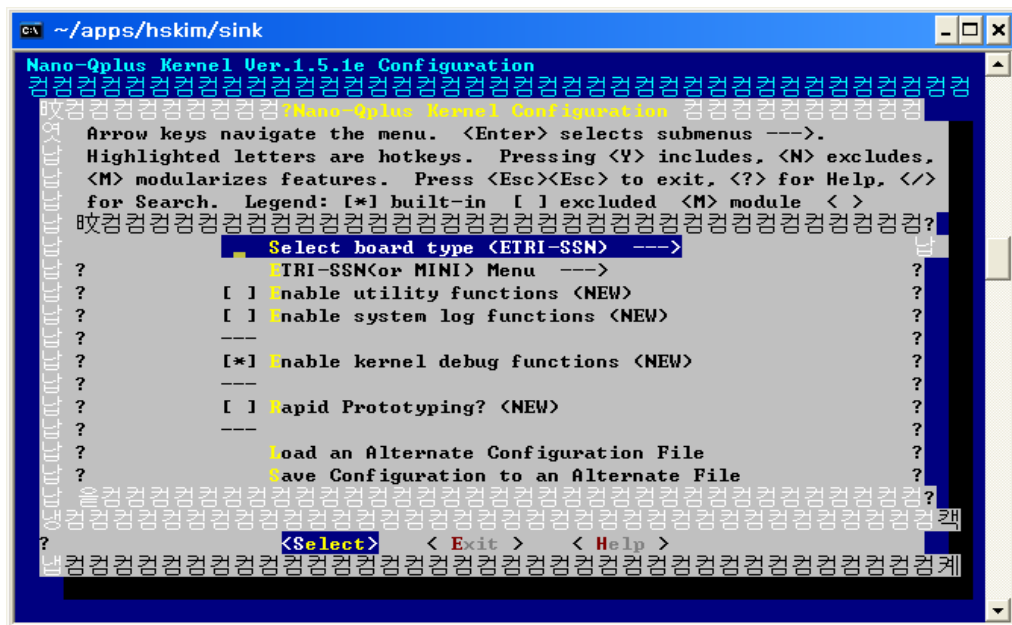
```
$ 'ln -s ~/Makefile.kconf Makefile'
```

```
$ 'ln -s ~/Scripts scripts '
```

- 3) 다음 명령으로 실행한다.

```
$ 'make menuconfig ARCH=atmega128'
```

[그림 14]는 'Rapid Prototype' 개발환경을 실행한 화면이다.



[그림 14] Rapid Prototyping 실행화면

주 메뉴에 설정된 항목에 대한 개략적인 설명은 다음과 같다.

1) Select board Type (ETRI-SSN)

Main board의 형식을 지정하는 항목으로 Nano-24 혹은 Mini 메인보드를 선택할 수 있다.

2) ETRI-SSN(or MINI) Menu

EEPROM 및 플래시 메모리에 대한 설정을 할 수 있는 부분으로 아직 개발이 덜 되어 있는 부분이 존재한다. 차후 확장될 부분을 미리 예약해놓은 공간으로, 특별한 주의를 요한다.

3) Enable utility functions

Data Type 변환 등 도구 함수의 사용을 위한 공간이다.

4) Enable system log functions

System Log를 출력하기 위한 함수 사용을 위한 공간으로 아직 시험 개발 중이다.

5) Rapid Prototyping

Rapid Prototyping을 위한 저작권자 및 파일이름 정보 등을 기록할 수 있는 메뉴이다.

나. 노드 구성을 위한 노드 정보

본 연구에 사용될 노드는 센서 노드로부터 정보를 전송받아서, 조건 발생 시 제어 노드(Actuator Node)로 전송하는 싱크 노드(Sink Node)와, 센서로부터 데이터를 입력받아 싱크 노드(Sink Node)로 전송하는 센서 노드(Sensor Node), 조건 발생 시 구동기를 On/Off 시키는 제어 노드(Actuator Node) 이렇게 세 개의 노드를 사용하였다.

본 연구에 사용될 노드 구성을 위한 정보를 (표 6)에 기술하였다.

(표 6) 노드 구성을 위한 정보

	SINK	SENSOR	ACTUATOR
Application Node ID	0000	0001	0002
Node Type	SINK	SENSOR	ACTUATOR
PAN Coordinator Node (T/F)	T	F	F
Permit_ID_Start	0001	-	-
Permit_ID_End	0009(0255)	-	-
Application Name	sink00	sens01	act01

5. 지하철 내 안전 관리를 위한 실험 하드웨어 구축

지하철 내 안전 관리를 위한 시뮬레이션 모델로 시중에서 쉽게 구할 수 있는 작동완구(열차)를 개조하여 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 그림은 전체 시스템의 모습을 보여주고 있다.



[그림 15] 시뮬레이션 모델 하드웨어 구성 사진

가. 싱크 노드(Sink Node)

싱크 노드의 ID는 0000번으로 설정하였으며, ID 0001번부터 0009번까지의 무선 센서 노드의 정보를 송·수신할 수 있도록 프로그래밍 하였다.

나. 센서 노드(Sensor Node)

센서 노드의 ID는 0001번으로 설정하였고, 가스센서와 조도센서를 동시에 활성화하여 싱크 노드(Sink Node)로 RF 통신을 할 수 있도록 구성하였다.

다. 제어 노드(Actuator Node)

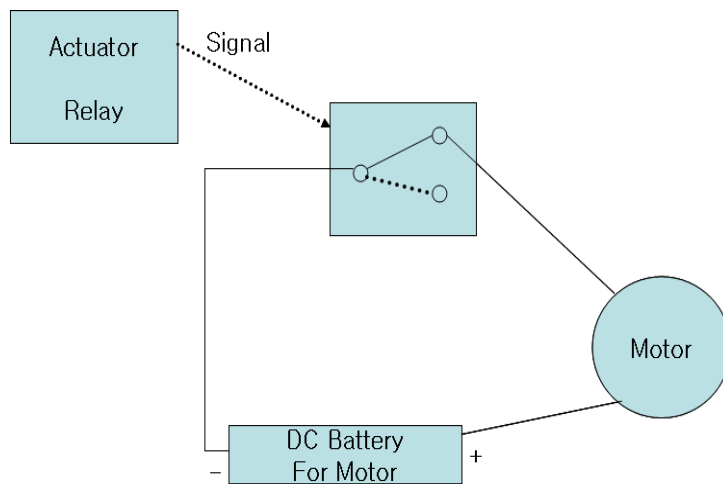
제어 노드(Actuator Node)의 ID는 0002번으로 설정하였고, 가스의 임계값 250 이상이 되었을 때, Actuator 0 번이 동작하도록 하였으며, 조도의 임계값 400 미만이 되었을 경우 Actuator 1번이 동작하도록 하였다.

라. 제어 노드(Actuator Node)에 의해 작동되는 구동기의 제작

가스가 누출되었을 경우, 열차를 정지하게 만들기 위하여 별도의 Relay 회로를 구성하였다.

열차 정지 회로는 평상시에는 모터 회전을 지속하다가 제어 노드

(Actuator Node)에 내장된 Relay가 활성화 되어 신호가 들어가면, 별도의 Relay에서 전선의 연결을 끊어주면서 자동으로 정지하게 되는 회로이다. 열차 정지회로의 간략한 구성도를 [그림 16]에 기술하였다.



[그림 16] 구동기 회로의 도식화

IV. 실험 및 결과

1. 실험에 사용된 환경

본 연구를 위한 실험 장비 구성은 PC와 연결되는 한 개의 싱크 노드 (Sink Node), 가스와 조도 센싱의 기능을 갖춘 한 개의 센서노드, 모터와 부저를 구동할 수 있는 액추에이터 노드 한 개로 구성하였다.

2. 가스센서 실험 결과

본 연구를 위한 가스 누출 실험에 사용된 가스센서는 NAP-55A로서 NAP-55A센서에서 측정 가능한 가스는 (표 7)로 정리하였다.

본 실험을 위해 사용된 가스 시료는 일회용 라이터에서 사용되는 부탄 계열의 혼합물 가스와 LPG 가스를 사용하였다.

가스 누출이 탐지되지 않은 상태에서 측정되는 값은 평균적으로 60~70 정도의 수치를 보였으며, 가스라이터를 사용하였을 때의 평균치는 450정도의 값을 보였고, 부탄가스를 사용하였을 때는 1회 주입 시 평균 600 정도의 수치를 보였다.

실험결과를 (표 7)에 정리하였다.

(표 7) 가스센서 실험 결과

	정상 시 센서 측정 값	가스 주입 시 값 상태
1회용 라이터 가스	67	415
휴대용 가스렌지 부탄가스	67	485
살충제 캔 내부의 LPG가스	66	335

3. 조도센서 실험 결과

본 연구를 위한 조도센서는 A9060을 사용하였고, 이를 A/D 컨버팅하는 프로그래밍 기법은 인터럽트를 이용하는 방법과 Polling을 이용하는 방법이 있는데, 본 연구에서는 인터럽트를 이용하는 방법을 사용하였다.

본 연구의 실험결과 정상 시 조도는 740 lux 정도의 값을 유지하였고, 센서를 암실과 같은 환경으로 가렸을 경우, 1~17 lux 정도의 값을 유지하였다.

표는 측정시간을 비롯한 여러 가지 환경 변수를 설정했을 때 조도센서에서 측정되는 값을 (표 8)에 기록하였다.

(표 8) 조도센서 실험 결과 (단위 : lux)

	실외 측정	실내측정 (형광등사용)	실내측정 (형광등+스탠드조명)
오 전 10시	772	703	820
오 후 3시	821	822	835
오 후 6시	355	790	822
오 후 9시	257	790	821

4. 임 계 값(Threshold) 설정

본 실험에서 측정된 가스센서와 조도센서의 최대값과 최소값을 측정한 결과를 (표 9)에 기술하였고, 액추에이터 노드를 가동하기 위한 가스센서와 조도센서의 임계값은 최대값과 최소값의 중간값인 250, 400으로 각각 설정하였다.

(표 9) Gas센서, 조도센서의 최대 최소값과 그 평균값

	가스센서 최대값	가스센서 최소값	조도센서 최대값	조도센서 최소값	가스센서 중간값	조도센서 중간값
부탄계열가스	485	67	-	-	276	-
LPG계열가스	335	66			200	
실외측정			845	1		423
실내측정(형광등)			790	1		395

5. 전 체 노 드 시 스템 실험

싱크 노드는 인터페이스 모듈과 메인보드가 결합된 형태로 PC의 RS-232C 시리얼 통신 방식으로 모니터링을 실시하였고, 센서노드와 액추에이터 노드의 전원을 인가하여, 실시간으로 데이터 전송이 이루어지는 것

을 확인하였다.

센서 노드에 부탄가스를 주입하였을 때, 임계값의 변화량이 전송시간을 포함하여 3.65초 정도의 시간 소요가 되었으며, 임계값이 넘어서는 것을 확인 한 후 액추에이터 노드를 가동하여 열차가 정지하는 데 걸린 시간이 약 4.5초 정도가 소요되었다. 또한 센서 노드에서 임계값 아래로 가스 검출량을 표시하여, 액추에이터 노드에 정지 신호를 보내어 다시 열차를 가동하는데 걸리는 시간이 평균적으로 8초정도의 시간 소요를 확인 할 수 있었다.

V. 결 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 연구 및 해당 적용분야에 대한 상용화의 노력이 지속되고 있다. 또한 컴퓨팅의 중심이 사람 중심(anyone)에서 사물중심(anything)으로 확대되어 가고 있고, 제한적이지만 꼭 필요한 Task를 수행하는 내장형 시스템의 연구와 자동인식분야의 연구가 활발하게 진행되고 있는 상태이다. 그러나 아직 이러한 USN 분야에 대한 표준화 작업 및 해당 관련 연구는 초보적인 수준을 넘지 못하고 있는 실정이며, 향후 연구가 계속되어야 하고, 발전을 거듭해야 할 부분이다. 국내외적으로 연구가 활발히 진행되고 있는 부분이며, USN을 위한 초소형 디바이스 및 운영체제 기술, 인식기술등은 해결해야 할 과제로 많이 남겨져 있다.

본 연구는 Ubiquitous Sensor Network 장비를 이용한 지하철 내 안전 관리 시스템을 모형화한 후, USN 장비가 가지고 있는 각종 센서를 이용하여 이를 무선 전송하고, 노드 서로간의 지능형 무선통신을 함으로써 센서 네트워크의 한 모델을 제시하였다. 또한 이러한 모델을 응용하여 안전 관리 시스템 분야에 적용할 수 있음을 보여주었다. 기존의 센서 네트워크 장비는 앞 절에서 설명하였듯이 표준화가 전무한 실정이며, 시판중인 장비 중 기본적인 센서(조도, 습도, 온도)이상을 가동할 수 있는 장비를 손쉽게 구하기가 어려울 뿐 만 아니라 대부분 수입에 의존하기 때문에 배우기가 힘들고 국내 환경과 맞지 않는 등의 부작용이 있다.

본 연구에서는 한국전자통신연구원에서 개발한 Nano-Q+ 운영체제와 이 운영체제를 적용할 수 있는 Nano-24 센서 네트워크 장비를 사용하여, 시범 모델을 구축하였다. 기존의 센서 노드 운영체제로 사용되고 있는

TinyOS 보다 배우기 쉽고, 다양한 센서 응용분야에 적용이 가능하며, 표준 센서 인터페이스를 지원함으로써, 향후 센서의 기능에 따른 확장이 가능하다는 장점을 보여주고 있다. 그러나 센서 노드의 센서 구동을 위한 배터리 소모량이 심하고, 센서의 반응으로부터 실제 기기 제어까지 소요되는 시간이 오래 걸린다는 점이 단점으로 지적되고 있다. 이러한 유비쿼터스 센서 네트워크 구성을 위한 향후 연구 과제로는 저전력 및 고성능의 센싱이 가능한 센서장치의 개발과 RF모듈의 전송시간을 줄이는 기술개발이 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Mohammad Ilyas , Imad Mahgoub , "Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing Systems" , CRC Press , 2004
- [2] Edgar H. , Callaway, Jr. , "Wireless Sensor Networks Architectures and Protocols" , CRC Press, 2004
- [3] (주)옥타컴 , "임베디드시스템의 이해 - 센서네트워크응용개발" , (주) 옥타컴 , 2005
- [4] 이재용 , "유비쿼터스 센서 네트워킹 기술", pp 78-83, TTA저널, 제 95호
- [5] 강석철 , "센서네트워크 시대의 미래" , 전자정보센터 IT리포트
- [6] 정보통신부 , "u-센서네트워크 구축 기본계획(안)" , 정보통신부 공개 자료, 2004.2
- [7] 표철식 , "U-센서네트워크" , ETRI , 2004.10.
- [8] 김대영,홍승기 , "스마트 센서 노드 운영체제 기술" , pp 73-80 , TTA저널 , 제 97호"
- [9] ETRI , "나노 큐 플러스 홈페이지 (<http://www.gplus.or.kr>)"
- [10] (주)옥타컴 , "옥타컴 홈페이지 (<http://www.octacomm.net>)"
- [11] 정보통신부, "정보통신부 홈페이지(<http://www.mic.go.kr>)"
- [12] 최윤희 , "U-City의 실용적인 시설물 관리 방안" , 삼성SDS , 2004.11.
- [13] 이근호 , "U-City 디바이스 네트워크" , U-City 구축전략과 서비스 모델 세미나, 2004.10
- [14] 손대락 , "센서의 특성과 적용분야" , 한남대학교 , 2004
- [15] 박성수 , "Nano-24를 이용한 센서 네트워크 응용개발" , (주)옥타컴

, 2004.10

[16] Ian F.Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci , "A Survey on Sensor Networks " , Georgia Institute of Technology

[17] C. Shen, C. Srisathapornphat, and C. Jaikaeo, "Sensor Information Networking Architecture and Applications," *IEEE Pers. Commun.*, Aug. 2001, pp. 52-59.

[18] K. Sohrabi *et al.*, "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," *IEEE Pers. Commun.*, Oct.2000, pp. 16-27.

[19] Bulusu et al., "Scalable Coordination for Wireless Sensor Networks: Self-Configuring Localization Systems," ISCTA 2001, Ambleside, U.K., July 2001.

[20] G. J. Pottie and W. J. Kaiser, "Wireless Integrated Network Sensors," *Commun. ACM*, vol. 43, no. 5, May 2000, pp. 551-58.

[21] J. M. Kahn, R. H. Katz, and K. S. J. Pister, "Next Century Challenges: Mobile Networking for Smart Dust," *Proc. ACM MobiCom '99*, Washington, DC, 1999, pp. 271-78.

[22] A. Woo, and D. Culler, "A Transmission Control Scheme for Media Access in Sensor Networks," *Proc. ACM MobiCom '01*, Rome, Italy, July 2001, pp.221-35.

[23] A. Sinha and A. Chandrakasan, "Dynamic Power Management in Wireless Sensor Networks," *IEEE Design Test Comp.*, Mar./Apr. 2001.