USN 기반 u-Manufacturing 동향 및 USN용 지그비 노드 개발사례

김동훈, 송준엽 | 한국기계연구원, 이승호, 강일용, 나기오 | (주)프로맥스

1. 서 론

향후 차세대 생산설비는 앞으로 다가올 유비쿼터스 시대의 u-생산시스템(Ubiquitous Manufacturing System, 이하 u-Manufacturing)의 핵심 설비이면서 시스템 통합 (System Integration)의 대상 뿐 만이 아니라 상호 협력(Cooperation)의 주체가 되어 머신의 고기능화, 고속화, 복합지능화 능력을 가진 새로운 개념의 머신으로 진보할 것이다[1-3]. 따라서, 이들을 유무선 환경하에서 원격제어 및 모니터링 등 원격운용이 가능한 생산시스템의 디바이스 레벨부터 어플리케이션 레벨에 이르기까지 유비쿼터스 환경에 대응할 수 있는 차세대 생산시스템인 u-Manufacturing 시스템으로 인터페이스하고 통합하는 인프라 구축이 필요하다. 이를 구현하기 위하여 이러한 차세대 생산설비들을 대상으로 각각의 플랫폼 및 상호 협력을 위한 인터페이스 및 통합(SI)을 위한 효과적인 방안 등 u-Manufacturing 구현용 세부필요기술 내용의 정립이 앞으로 필요하다.

즉, 다양한 생산설비와 디바이스를 대상으로 효과적인 상호협력과 통합을 위한 플랫폼 방안을 연구하고 인터페이스 표준화를 통한 복수 생산설비의 SI에 필요한 요소기술 분석 및 접근방안을 제시할 수 있는 기반연구가 필요한 시점이다. 무엇보다 USN(Ubiquitous Sensor Network), RFID, 모바일 및 인터넷을 활용한 유비쿼터스 관련 하드웨어 소프트웨어 기술이 요구됨에 따라서 유비쿼터스 지향형 어플라이언스 솔루션 기술개발의 일환으로 USN의 기술 분석을 통하여 유선뿐 만 아니라 무선 환경에서도 운용이 가능한 임베디드 타입의 생산시스템에서의 무선센서 네트워크 및 응용기술 연구추진이 시급한 실정이다.

사회적 측면에서의 필요성을 살펴보면 다음과 같다. 현대 사회는 유비쿼터스 등의 말들이 유행하는 것처럼, 언제 어디서나, 사용자가 하고자 하는 목적을 신속하고 정확하게 이룰 수 있는 산업 · 생활 환경을 만들고자 하는 요구가 있다. 이러한 요구는 산업계에서 가장 많이 사용되고 있는 생산시스템 및 공작기계분야에서도 요구되고 있다. 특히, 공작기계의 제어기가 개방형 구조를 가지면서 공작기계 및 생산시스템을 대상으로 한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, Wireless시대에 들어오면서 무선 환경하에서의 솔루션 개발 및 인프라 구축의 필요가 대두되고 있다[4-8].

따라서 무선 환경하에서의 공작기계와 같은 생산설비와 생산시스템을 통합 인터페이스 및 원격제어 할 필요가 대두됨에 따라 이러한 요구에 대응할 수 있는 솔루션을 찾고 차세대 생산시스템인 u-Manufacturing 유무선 환경하에서 공작기계 및 생산시스템을 운용 및 관리할 수 있는 기반기술을 찾아서 이를 언제 어디서든 가능하도록 구

현함으로써 산업계에서 요구하고 있는 유비쿼터스를 기계분야에 접목시킬 수 있는 근간이 반드시 필요하다.

경제적 측면에서 보면 차세대 생산시스템인 u-Manufacturing 실현은 다음과 같은 경제적인 측면에 파급효과가 있다. 제조분야에서 생산성 향상을 위한 이익 및 매출 증대, 비용대비 효율적 지원의 예방 및 예측 정비 구현, 산재된 공장 및 공정의 중앙 집중화된 서비스지원과 데이터관리 및 원격 진단과 실시간 복수생산현장 관리 등을 들 수 있다. 2003년 미국 FocalPoint Group (www.thefpgroup)의 M2M (Machine to Machine) White-paper에 따르면 2010년 Device 설치 예상이 그림 1과 같이 PC류가 3억대, 정보 Device가 10억개, 지능형 Device는 20억개, Microprocessor는 5천억개, RF-ID 및 센서는 1조개 가 보급 될 것이 예상되고 있다. 그러므로 모든 디바이스류가 대상인 차세대 생산설비 통합관리시스템인 u-Manufacturing 및 이의 근간이 되는 M2M 구조의 USN 시장창출에 대한 잠재력은 매우 거대할 것이라 예상된다.

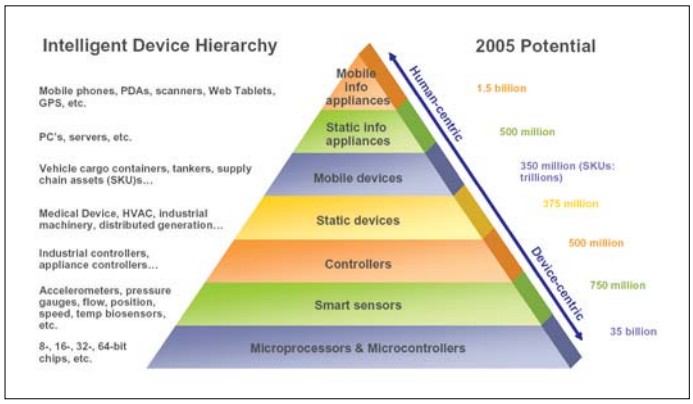


그림 1. M2M/USN 기반의 u-Manufacturing 잠재시장 예상

또한, 미국 Harbor Research 보고서에 따르면 그림 2처럼 2005년 2억불, 2010년에는 7.5억불의 Ubiquitous Computing 및 이를 기반으로 하는 u-Manufacturing System 시장형성이 예상된다.

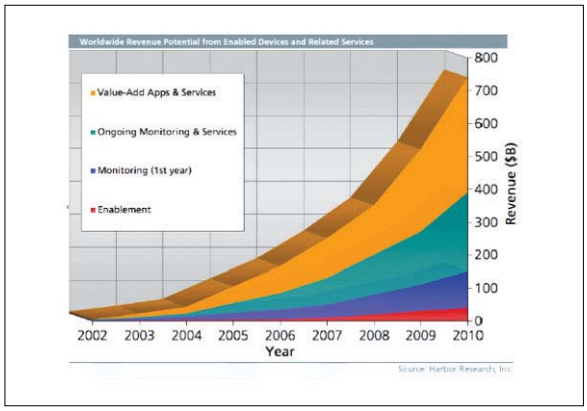


그림 2. Ubiquitous Computing Manufacturing 잠재시장 형성 예측

본 연구에서는 그림 3처럼 생산시스템 및 기계의 Trend를 분석하고 다양한 생산설비와 디바이스간의 효과적인 상호협력과 통합이 필요한 그림 4에 제시한 차세대 유비쿼터스 생산시스템인 u-Manufacturing의 실현을 위하여 u-Manufacturing의 디바이스 인식 및 정보 인터페이스의 바탕 프레임이 되는 USN(Ubiquitous Sensor Network)용 지그비 Node(단말장치)의 Prototype 개발사례를 언급하고자 한다.

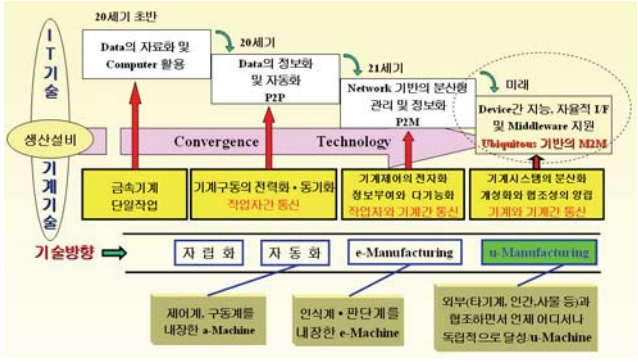


그림 3. 생산시스템 및 기계의 Trend

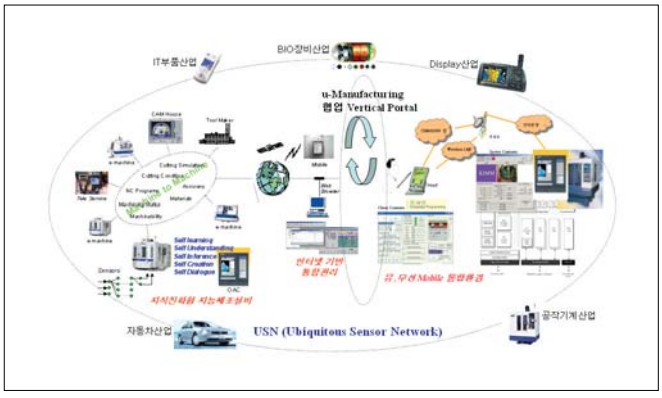


그림 4. USN 기반의 차세대 생산시스템(u-Manufacturing) 개략도

2. 국내외 관련기술 개발 현황

국내외 기술개발 현황을 분석해 보면 다음과 같다. 종래의 생산시스템 및 공작기계 분야에서의 운용 제어 · 감시는 기계 자체적인 경우, 그리고 기계와 주변기기와의 경우가 주를 이루어 왔다. 최근에는 컴퓨터와 네트워크가 발전됨에 따라 공작기계 분야에서도 원격지 제어 · 감시 및 진단, 관이에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 대부분의 경우가 유선 랜 환경에서의 고전적인 Client/Server방식의 Local Domain이 주를 이루며, 아주 최근에 와서야 일부에서 인터넷을 이용한 웹기반 제어 · 감시가 가능하게 되었다. 그 이유는 전자상거래 등의 분야와 달리, 아

직은 공작기계 및 생산시스템 분야에서는 IT 기술의 접목이 어려운 열악한 현장 환경 및 최근에서야 기계기술과 IT기술의 융합 기술에 대한 적용 · 시도하는 단계에 있기 때문이다.

그리고 이 또한 유선 상에서만 가능하며, 이슈가 되고 있는 유비쿼터스 환경의 무선 또는 모바일 환경에서는 실제 개발사례가 거의 이루어지지 않고 있다. 유비쿼터스 지향 M2M/USN환경이 필요한 시점이다. 아울러 일부에서는 산업 환경의 급격한 변화에 부응하기 위해 제조업에 IT 기술을 융합을 시도하고 있다. 그 중 생산 정보화를 위한 산업 생산 설비 모니터링에 센서 기술의 접목을 시도하고 있지만 센서 설치비용 가운데 유선 비용이 50~90%의 막대한 유선 설치비용으로 관련 기술의 접목을 어렵게 하고 있다. USN기술 도입 및 현장적용 방안이 필요한 시점이다.

국내 · 외의 Manufacturing System 및 기반네트워크 기술인 USN 연구관련 현황은 다음과 같다.

표 1. 국내외 USN 연구관련 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
한국기계연구원	지식진화형 지능기계, Ubiquitous M2M	u-Mfg. 실용화 기술로 발전 중
전자부품연구원	USN chipset, System S/W	(health monitoring, 자산/출입 관리, 조명제어 및 주차관리
생산기술연구원	Innovation Manufacturing	Portal 협업을 통한 설계 등 Virtual Manufacturing에 중점
ACS 등	e-Manufacturing	ERP와 같은 상위레벨에서의 생산정보화가 주 테마
MIT	Auto-ID Smart Tag	개념정립 중 (The Internet of Things)
UC Berkeley	Mote/Telos module, TinyOS	환경모니터링(Redwood, Duckisland), 구조물 모니터링(Golden Gate Bridge), 송유관 모니터링(Kansas project)외 다수

다음은 u-Manufacturing의 근간 IT기술로 볼 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 연구 관련현황을 미국, 일본, 유럽을 중심으로 나타낸다.

표 2. 유비쿼터스 컴퓨팅의 연구 관련현황

	미국	일본	유럽
추진 주체	정부기관(DARPA ,NIST)과 대기업 지원에 의한 민간주도(대학, 첨단IT기업들)	정부 주도에 의한 산,학,관 연합	EU 주도에 의한 유럽국가간 협
추진 방향	유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 응용개발(HCI 기술과 표준 개발을 핵심요소로 인식)	마이크로 기술에 의한 유비쿼터스 네트워크 기술 개발	유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 응용개발
주 프로젝트	(Smart Dust, CoolTown, EasyLiving, Smart Tag, Oxygen, Things That Think)	유비쿼터스 네트워크 기술의 장래전망에 관한 조사 연구회	Smart Its, Paper++, Grocer 등 16개 독립 프로젝트
주요 수행 기관	Xerox, HP, MS, IBM, UC Berkeley, Univ. of Washington, MIT Media Lab.	NTT, NTT 도코모, NTT 텔레컴, 소니, NEC, 미쓰비시전기, 마쓰시다전기	스위스ETH, 독일 TecO, 핀란드 국립기술연구소

문제점 및 전망을 부넉하면 다음과 같이 정리할 수 있다. 최근 일반기계의 경쟁력뿐 만 아니라 차세대 성장동력 사업 등에서 결과물로 나올 예정인 신규 품목의 양산 등에 대비한 차세대 생산설비의 개발 및 시장의 선점 확보를 위한 생산설비 조사사업 등이 이루어지고 있다. 이는 생산설비와 같은 Infrastructure구축이 중요하다는 것을 의미한다. 따라서 다양한 생산설비의 운용 및 관리에 있어서 어떠한 표준 및 인터페이스 방안이 병행 기획 연구되어야 향후 효율적인 시스템 운용 및 시스템 인테그레이션(SI)을 통하여 경쟁력을 갖추게 될 것이다. 제조현장을 효율적으로 운영하는 생산기술의 정보화 및 지식화, 그리고 생산정보화(e-Manufacturing) 등과 같은 IT 기술과 전통 제조기법의 융합이 미래 제조업의 핵심역량이다.

그러나 많은 IT기업은 이와 같은 핵심역량에 대한 지원보다는 e-Business, 순수 소프트웨어의 집중 등으로 우리 제조업에 대한 생산기술 및 정보화에 대한 기술 인력 및 핵심 기술 개발에 관심을 두지 못하였다. 이를 극복하기 위한 근본적인 대책은 제조업의 디지털화를 통하여 정보화, 지시화를 통하여 생산성을 높이는 방향으로 추진되어 생산현장을 지식집약적인 현장으로 바꾸어 생산성 향성과 시장에의 대응력을 극대화하여야 한다. 이를 위해서는 전통 제조현장을 유비쿼터스 기술과 융합 복합된 유비쿼터스 대응형 u-Manufacturing 시스템 체제로의 전환이 요구된다. 이러한 u-Manufacturing의 기반 프레임이 되는 것은 디바이스간 인식 및 데이터 인터페이스를 위한 네트워크 구조인 USN이라고 볼 수 있다. 21세기 산업 환경의 급변에 대응하기 위해 제조업에 IT기술을 융합하려는 시도가 급진전되면서 e-Business 등과 같은 제조업 주변영역의 기술개발이 국가적 사업의 일환으로 제조현장에서의 QCD (Quality, Cost, Delivery) 극대화를 위한 새로운 정보화 전략 수립이 요구된다.

궁극적으로 제조공정, 라인 및 설비의 운영상황을 실시간으로 원격 감시하고 중앙에서 집중 분석하여 설비의 무고장과 동기화 생산을 위한 관련 생산기술의 정보화 및 지식화에 대한 핵심기술이 구축되어야 e-Business와 연계한 e-Manufacturing을 넘어선 유비쿼터스 시대의 제조업의 경쟁력 확보가 가능하다. 이것이 바로 차세대 생산시스템으로 정의될 수 있는 M2M간 기계 및 디바이스들을 대상으로 하는 USN 기반의 u-Manufacturing이라 할 수 있다. 이러한 u-Manufacturing을 구현하기 위해선 궁극적으로 복수 생산현장의 정보취득 및 인터페이스 표준화, 생산설비의 미들웨어 및 디바이스 레벨에서의 다양한 생산설비를 통합 관리할 수 있는 구현 요소기술 분석 등이 먼저 정립되어 져야 한다.

USN 발전 로드맵을 예상 분석하면 다음과 같다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 자동화, 융합화, 지능화 단계를 거쳐 궁극적으로는 2010년까지 사물간의 네트워크 구축을 통한 상황인지 및 개체간 자율적 통신이 가능한 서비스를 제공할 수 있는 방향으로 발전할 것으로 전망된다. 초기에는 고정 개체정보 또는 사물정보를 인지하는 수준에서 보급되나 상황인지 및 자율적 정보통신이 가능한 수준으로 발전할 것으로 전망된다. 따라서 주요 응용분야는 초기 물류 및 생산관리 차원에서 주로 사용되나 성숙되면서 환경관리 및 생산제어 단계에 진입할 수 있을 것으로 판단된다. 관련 부품 칩 가격도 초기에는 고가품 중심으로 이용되나 대량생산 및 대량 보급에 따른 대폭적인 가격하락에 힘입어 적용범위가 광범위하게 확대될 것으로 예상된다.

USN 이전단계인 RF(전자태그류) 응용현황은 다음과 같이 정리할 수 있다.

3. USN을 위한 지그비 노드개발

유비쿼터스 관련 하드웨어/소프트웨어 기술이 요구됨에 따라서 유비쿼터스 지향형 어플라이언스 솔루션 기술

표 3. USN 이전단계인 RF 응용 해외현황

생산 공정	– 전체 생산 공정 자동화에 활발히 도입 사용 중 * Ford: 멕시코 및 캐나다 온타리오 공장의 조립 공정 * Seagate: 캘리포니아 공장의 HDD 공정 * Siemens: Contactor 제조 공정 * Dell Computer: 중국 공장의 생산 공정
물류	– 제조 업체의 Warehouse 등에 도입 사용 중 * P&G: 조지아나 주 공장의 선적 파트 * Wella: 독일 Frankfurt의 물류 창고 * Grundig: Vienna-Meidling의 TV 물류 창고
유통 업체	– RFID 적용 가능성 타진 위한Pilot Program 진행 * 영국 슈퍼마켓 체인 테스코의 지능형 상품 진열대 캠브리지 지점: 질레트 마하3 면도기 샌허스트 지점: DVD 미디어 * 독일 유통업체 Metro: 자동계산대, 지능형 진열대, 셀프서비스 정보 키오스트, 지능형 저울
교통 및 기타	– 13.56㎒의 비 접촉식 카드를 이용 * 홍콩 대중교통카드 “Octopus” * 일본 철도청 JR Suica * 말레이시아 여권과 사증 및 출입통제, 근태관리

표 4. USN 이전단계인 RF 응용 국내현황

생산 공정	– 생산 공정 일부분에 도입되어 사용 중 * 반도체 공정 관리 * Asic Line 공정 관리 * LCD 패널 공정 관리
교통	– 교통 카드 * 서울시, 경기도 등 버스 및 지하철 교통 카드
도서관 및 기타	– 도서관 * 은평구립, 대전시립 한밭, 청주시립 등에서 대출/반납을 전자태그로 관리

개발의 일환으로 그림 5처럼 u-Manufacturing.용 USN의 기술 분석을 통하여 유선뿐만 아니라 무선 환경에서도 운용이 가능한 임베디드 형태의 Prototype USN 단말장치를 개발하였다.

앞서 언급된 u-Manufacturing 및 USN 기반기술 분석을 통하여 USN Node를 Prototype으로 개발하였다.

시제작된 u-Manufacturing용 Prototype USN Node(단말장치)의 구성도는 그림 6에 제시하였으며 다음과 같은 사양을 갖추었다.

o Ubiquitous Computing 기반의 센서네트워크 지향

o 표준 Zigbee(IEEE 802.15.4)방식 지원

o Embedded Type S/W 솔루션 호환 등

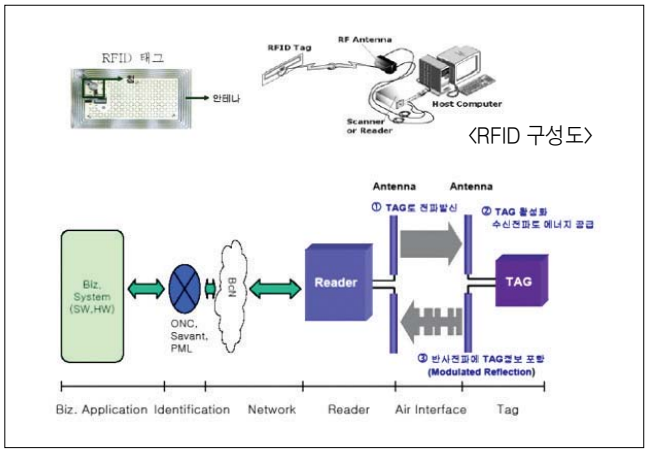


그림 5. USN 개략도

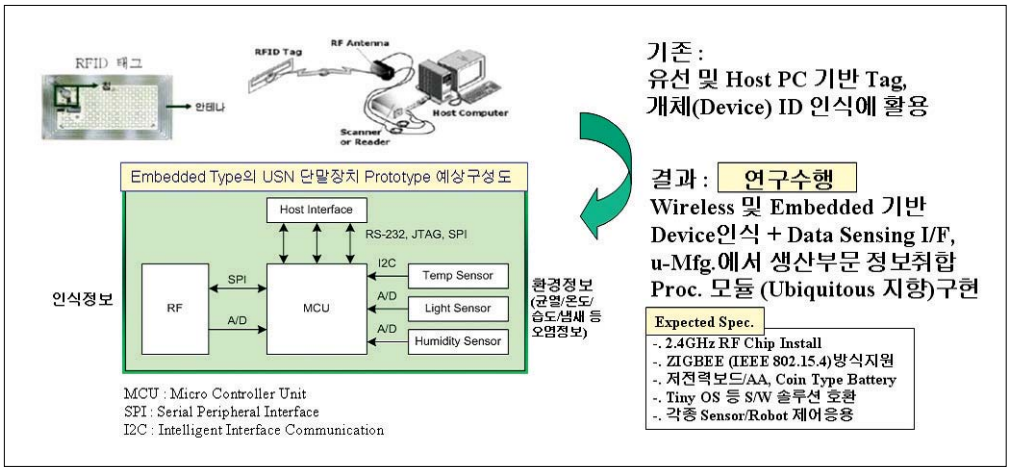


그림 6. Prototype으로 개발된 USN Node 개략도

본 Prototype으로 USN Node 모듈을 개발하기 위하여 Zigbee RG통신을 위하여 표준화된 Chip을 사용하여 RF 통신 인터페이스 회로를 그림 7처럼 구현하였다.

그림 8은 PC와 인터페이스를 위한 USB를 이용하는 인터페이스 회로도이다. 개발된 USN Node 모듈은 개체 ID 인식외에도 주변 환경 정보의 데이터 취득이 가능하다. 즉, 온도, 습도, 조도 및 Photo 센서 정보의 취득이 가능하다. 이에 이용된 센서의 회로들을 다음 그림 9에서 그림 11까지 제시하였다. 실제 제작된 부품 유니트 등을 그림 12에 제시하였으며, 이의 어플리케이션을 위하여 그림 13처럼 시뮬레이션을 위한 단말노드 배치도 예를 구성하여 그림 14와 그림 15처럼 Java와 VBA를 이용하여 USN Node 모니터링 작동을 확인하였다. 작동결과 모니터링이 무선 환경하에서 실시간으로 처리 되었으며 개발된 Prototype 모델이 앞으로 산업용 및 특수목적용 용도에 맞게 수정된다면 현장적용이 가능한 상용화 모델개발의 기반 요소기술로서의 역할이 될 것이다.

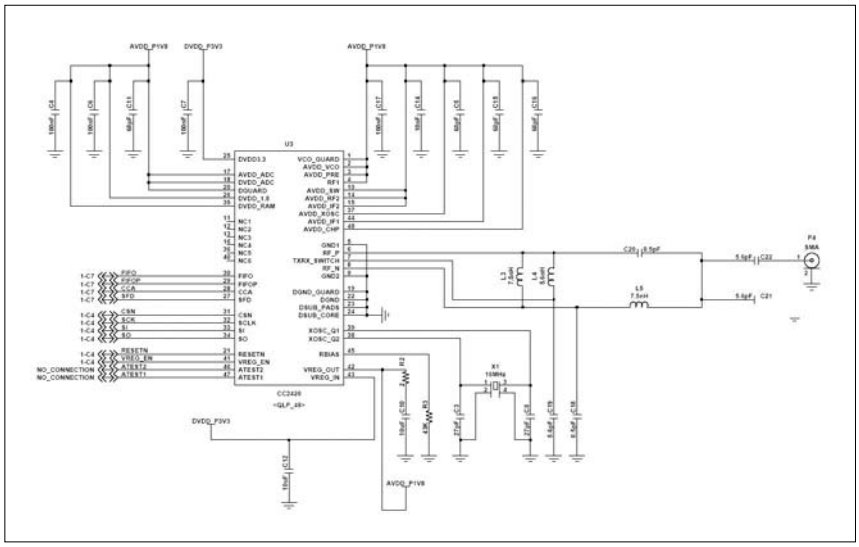


그림 7. cc2420 Zigbee RF 회로도

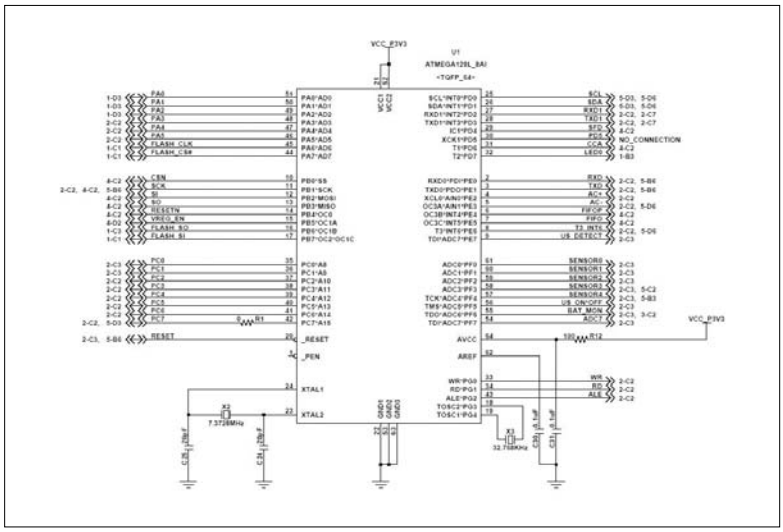


그림 8. USB를 이용한 PC인터페이스 회로도

4. 기대효과 및 활용계획

확보된 기술의 적용가능 분야는 다센서 및 복합 위치 Tracking용 노드모듈 단말장치의 개발에 기반으로 활용이 가능하다. 구체적인 활용분야를 예로 들면 다음과 같다.

▷ 생산시스템 분야

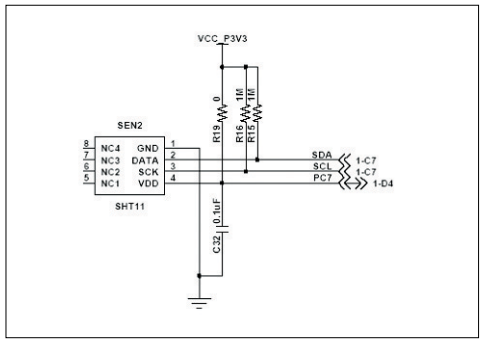


그림 9. 온도 및 습도 센서 회로도

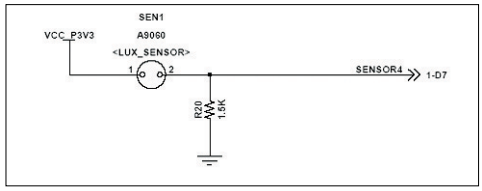


그림 10. 조도 센서 회로도

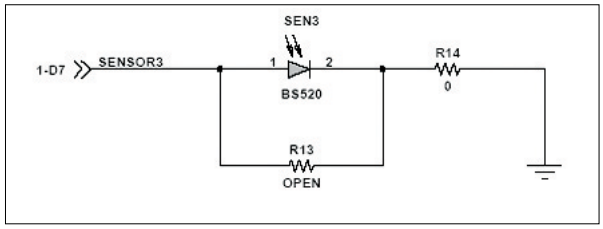


그림 11. Photo 센서 회로도

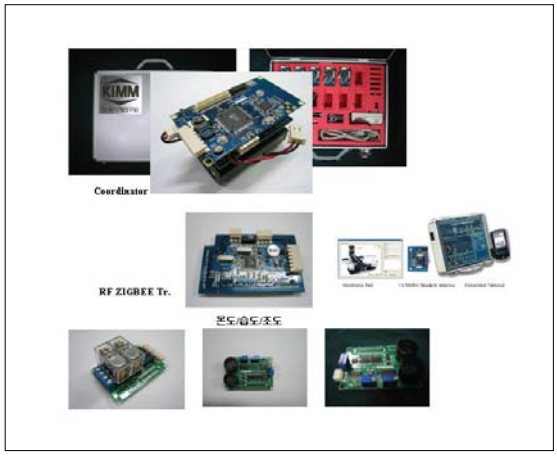
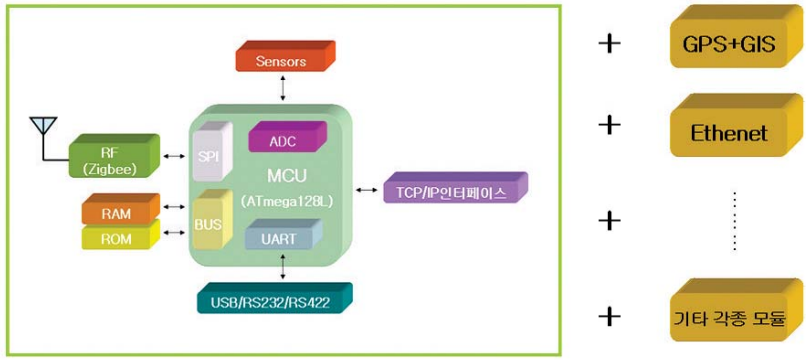
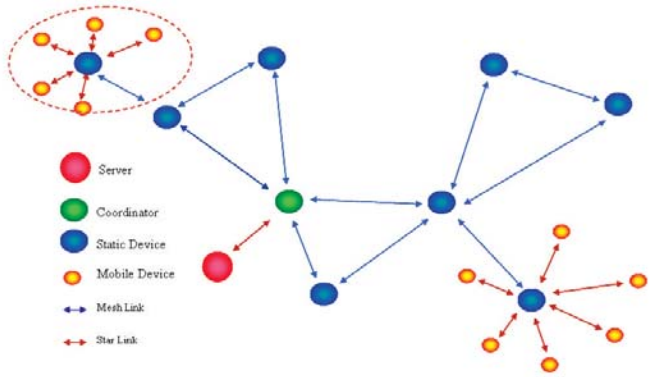


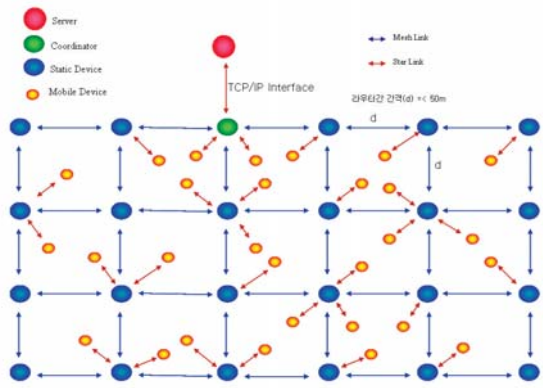
그림 12. 제작부품 유니트 및 운용 테스트



▶ 다센서 및 복합위치 트래킹용 구성안(Coordinator 제어부)



▶ USN/Zigbee Node 모듈배치안 (고장시 최단거리 Node 로밍)



▶ 컨테이너 적용시 Zigbee Node 모듈배치안 (특수목적용 냉동컨테이너 예)

그림 13. 산업용 및 특수목적용 분야 적용 노드배치도

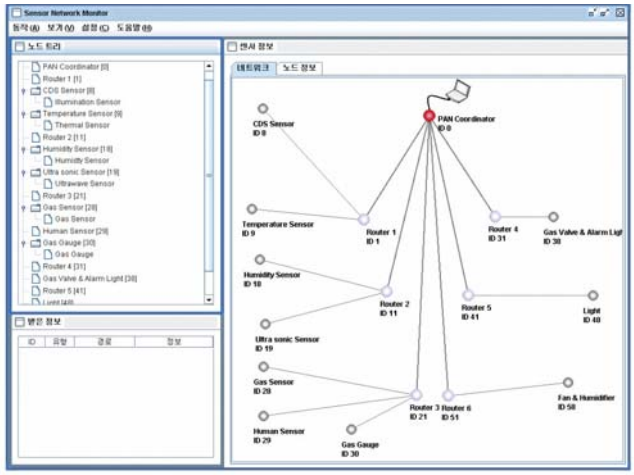


그림 14. Java를 이용한 USN 모니터링 구현

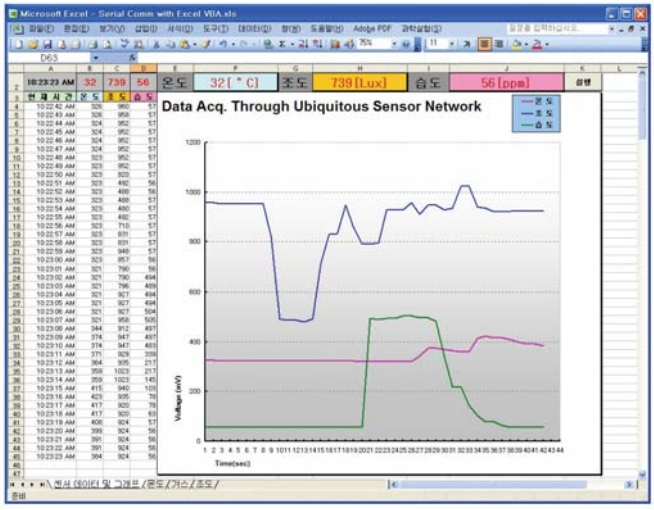


그림 15. Excel VBA를 이용한 USN 모니터링 구현

그림 16처럼 생산 공정 설비의 무선 실시간 환경정보 취득 및 유지 보수 관리체계에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

▷ 환경감시 및 교량 균열감시 등 분야

그림 17처럼 산림 등 환경감시 분야와 미국 금문교처럼 다리 균열감시 및 반도체 제조 공정감시 등에 정보취득 기반 레벨에서의 요소기수로 활용이 가능리라 기대된다.

▷ 특수목적용 Position Tracking 관련 분야

특수 목적용으로는 다음과 같은 기술분야에 적용 가능하리라 본다.

o 군사용(Area 침입 감지용 Module 및 System) 및 산업용(변압기 Position Tracking 및 Thermo

그림 16. 생산시스템 분야 적용 예상도

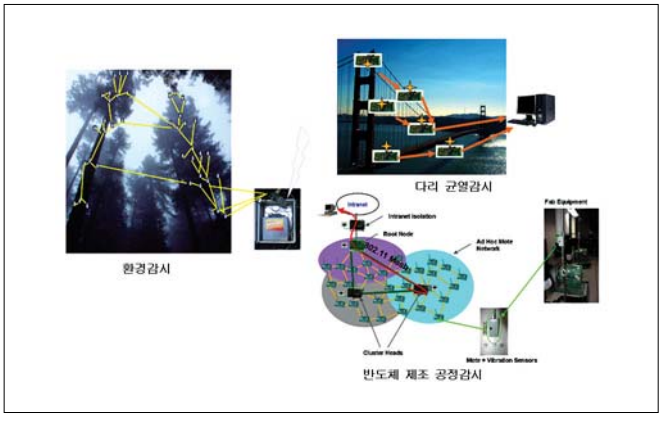


그림 17. 환경 및 교량감시 등 분야 적용 예상도

Measurement용 Module 및 System)을 위한 ZigBee 통신노드 모듈장치제작 및 이를 이용한 무선 감시 · 추적 응용 기반기술

o 각종 센서(Thermo, Pressure, Vibration, Vision)에 대한 Interface Test 및 산업용의 경우 산에 위치하기에 향후 GIS + GPS를 활용한 포괄적 연동형 장치로의 발전기반 구축을 위한 관련기술

o 인공 악조건(온도, 먼지, 바람, 전자기, 소음 등)하에서의 통신 테스트를 통한 안정적인 상황별 적응능력을 가지도록 로밍방식의 가변형 ZigBee Node 모듈장치 관련 응용 기술

▷ 기타 관련 분야

기타 적용가능 분야로는 그림 18에 제시한 분야에 적용 가능할 것이다.

본 연구에서 기 확보된 기반을 가지고 앞서 언급된 다양한 분야로의 적용을 위해서는 향후 다음과 같은 현장 테스트 및 안정화 실험이 지속적으로 이루어져야 하며, 생산시스템 분야로의 특화된 적용을 위해서는 u-Manufacturing 구현용 USN Node의 상용화 모델의 연구가 더 필요하다. 이를 위해 요구되는 특성치 및 기반요소

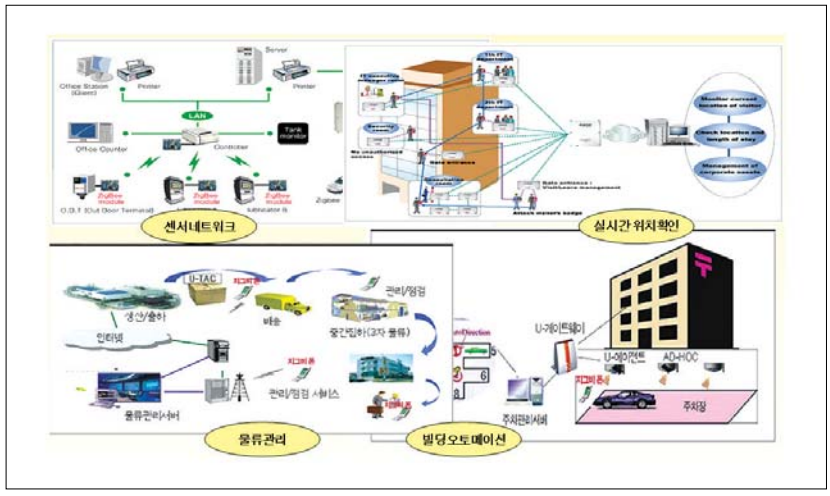


그림 18. 기타 적용가능 타분야 활용 예상도

항목을 정리하면 다음과 같다.

- 특성치 Spec. 예
  - 위치측정 오차한계: ±0.5m(멀티모드) ±1.0m(싱글모드)
  - 전송거리 : 1km 이상 가능(router 기능 수행 가능 -> network 확장이 용이함)
  - 통신속도 : 250kHz (2.4GHz 대역), 500kHz (turbo mode 시)
  - Transmit Power : 15dBm
  - Output Power : 4dBm(@1.5V), 7dBm(@1.8V), 14dBm(EXT. Power AMP)
  - Receiver Sensitivity : −99dBm(@1.5V), −101dBm(@1.8V)
  - Operating Condition : −40℃ ~ 80℃
  - 외장housing 방진, 방수, 방열
  - Size : 40×18×4
- 전장 · 제어설계 등 모듈장치 특성
  - Ubiquitous Computing 기반의 센서네트워크 지향
  - 표준 Zigbee(IEEE 802.15.4)방식 지원
  - Embedded Type S/W 솔루션 호환 등

⚜ 참고 문헌

[1] Kim, D. H. and Song, J. Y. “Ubiquitous-Based Mobile Control and Monitoring of CNC Machines for Development of u-Machine,” Journal of Mechanical Science and Technology, 20(4), 455-466, 2006.

[2] Kim, D. H. and Song, J. Y. “Knowledge-Evolutionary Intelligent Machine-Tool - Part 1: Design of Dialogue Agent based on Standard Platform,” Journal of Mechanical Science and Technology, 20(11),

1863-1872, 2006.

[3] Cheah, R., "Design and Implementation of an MMS Environment on ISODE," Computer Communications, 20(15), 1354-1364, 1997.

[4] Zigbee Alliance, http://www.zigbee.org

[5] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," IEEE INFOCOM, pp 775-784, 2000.

[6] Kim, D. H., Kim, S. H. and Koh, K. S., "CNC-implemented Fault Diagnosis and Web-based Remote Services", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 19, No. 5, pp. 1095-1106, 2005.

[7] Wright, P. K., "Principles of open-architecture manufacturing", Journal of Manufacturing Systems Vol. 14, No. 3, pp. 187-202, 1995.

[8] Yellowley, I. and Pottier, P. R., "The integration of process and geometry within an open architecture machine tool controller", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 34, No. 2, pp. 277-293, 1994.

김 동 훈

· 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부
IT생산기계연구팀 책임연구원
· 관심분야 : M2M기계복합지능화, Machine Vision
· E-mail : kdh680@kimm.re.kr

송 준 엽

· 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부
IT생산기계연구팀장 책임연구원
· 관심분야 : 지능형정밀생산시스템, 반도체공정장비 지능화
· E-mail : sjy658@kimm.re.kr

이 승 호

· (주)프로맥스 기술연구소 책임연구원
· 관심분야 : RF통신, 계측자동화
· E-mail : shlee@promecs.co.kr

강 일 용

· (주)프로맥스 기술연구소 책임연구원
· 관심분야 : 통신계측 및 Embedded 기술
· E-mail : irion@promecs.co.kr

나 기 오

· (주)프로맥스 대표이사
· 관심분야 : 통신계측 및 자동화
· E-mail : gonah@promecs.co.kr