

무선 센서 네트워크를 이용한 작업환경 모니터링 시스템

정상준[†], 정연기^{††}

요 약

주변 환경을 감시하도록 구축된 센서 네트워크는 다양한 감지 작업을 수행하는 센서들로 구성되어 있으며 다양한 분야에서 적용되고 있다. 센서 네트워크는 가정 자동화, 화재감지 및 보안 분야 등의 다양한 응용 분야에서 광범위하게 사용되고 있으며, 적절한 기능을 가지는 센서의 개발과 적합한 응용을 위한 네트워크 구축이 활발하게 추진되고 있다. 본 논문에서는 작업자의 안전을 위협하는 요소가 많은 작업현장에 센서 네트워크를 구축하여 각종 설비현황을 모니터링 하도록 시스템을 설계하고 구현한다. 작업환경을 모니터링 하는 센서는 온도, 습도 데이터를 수집하여 싱크 노드에게 전송하고, 싱크노드와 연결된 서버는 데이터를 수집하여 사용자 인터페이스를 통해 작업자에게 제공한다. 또한, 작업현장에서 발생하는 디지털 데이터는 작업의 효율성을 높일 수 있도록 센서네트워크를 경유하여 전달된다. 제안하는 센서 네트워크는 음식물 폐기업체에 적용되어 음식 폐기물의 온도와 습도를 모니터링하고 업체에 출입하는 트럭의 중량 정보를 전송하여 작업의 편의성을 증대한다.

A Monitoring System for Working Environments Using Wireless Sensor Networks

Sangjoon Jung[†], Younky Chung^{††}

ABSTRACT

A sensor network which is composed of a large number of sensors that perform various sensing is applied in a variety of fields. The sensor networks can be widely used for various application area like as home automation, fire detection and security area. Development of new sensor to have appropriate functions and deployment of networks for suitable application are served actively. In this paper, we design and implement a system that monitors various factory facilities by deploying sensor network at a working place which threatens the worker's safety. A sensor node reports its sensing data like as temperature and humidity to monitor facilities to a sink node. And the server which is connect to the sink node gathers and provides information by user interface. In addition, digital data which are generated at a work place can be transferred via the sensor network to increase the efficiency of works. The proposed sensor network provides the convenience of working, since it is deployed at a garbage collection company to monitor a temperature and humidity of garbage and to transmit data about the weight of trucks which enters the company.

Key words: Wireless sensor network(무선센서네트워크), Monitoring system(모니터링 시스템), Working place(작업장), Indicator(인디케이터)

※ 교신저자(Corresponding Author): 정연기, 주소: 경북
경산시 하양읍 부호리 33(712-701), 전화: 053)850-7286,
FAX: 053)850-7609, E-mail: ykchung@kiu.ac.kr
접수일: 2009년 4월 9일, 수정일: 2009년 6월 11일
완료일: 2009년 7월 13일

[†] 종신회원, 유비쿼터스 신기술연구센터 연구원
(E-mail: sjjung@utrc.re.kr)

^{††} 종신회원, 경일대학교 컴퓨터공학과 교수
(E-mail: ykchung@kiu.ac.kr)

1. 서 론

제한된 컴퓨팅 자원과 무선 통신기능을 가지는 센서를 이용하여 센서 네트워크를 구성하고 있으며, 현재 다양한 분야에서 적용되고 있다. 군사적 목적, 환경 감시 및 스마트 홈 구축 등의 분야에서 응용모델이 설계되고 있으며, 특히 가정 자동화를 위한 센서 감지기술은 성숙한 수준에 이르고 있다[1,2]. 경량화된 마이크로프로세서를 장착한 센서는 무선통신 기능, 한정된 자원 및 제한된 컴퓨팅 기능을 가지는 것을 특징으로 하며, 관심지역에 배치되어 주변의 환경을 감시하고 게이트웨이 역할을 수행하는 싱크 노드에 수집한 데이터를 보고한다. 현재 개발된 센서가 수집하는 데이터에는 온도, 습도, 조도, 소리 및 가속도 등의 물리적 성질의 요소와 환경감시를 위해 개발된 화학적 성질의 요소 등이 있다[3,4]. 이와 같은 환경요소를 수집하는 센서 네트워크가 다양한 분야에서 구축되고 있으며, 이와 관련한 다양한 형태의 응용기술이 소개되고 있다[3,4,6].

스마트 홈서비스 분야에서 가장 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 실내온도, 습도, 미세먼지 및 산소농도 등을 모니터링하는 센서 네트워크는 사용자 인터페이스를 통해 측정 결과를 제공하고, 이와 연계하여 가전기기를 제어하고 있다[5]. 또한 실내가스와 연기를 검침하여 가스밸브를 제어하거나 화재를 감시하기도 한다[5]. 홈서비스 분야에서 적용되는 센서 네트워크는 실내 환경을 감시하는 서비스에 머물지 않고 가전기기를 제어하는 서비스로 확장되고 있다. 예를 들면, 진공청소기 또는 보일러에 센서를 추가하여 원격으로 조정하기도 하며, 다른 가전기와 네트워크를 수행하고 있다[6].

산업 분야에서 센서 네트워크를 활용하는 기술은 초보적인 수준에 머물러 있다. 수동으로 운영되는 설비에 센서를 추가하여 자동으로 제어하기도 하고, 온도, 습도 및 조도 등과 같은 물리적인 데이터를 수집하여 표시하기도 한다[7-9]. 산업 분야에 적용하는 센서 네트워크는 센서 자체가 가지는 경량화 및 이동성 등의 제약점에 대해 높은 수준의 요구조건을 필요로 하지 않는다. 즉, 센서 노드들은 특정위치에 고정할 수 있고, 영구전원을 사용하여 전원공급으로부터 자유롭다. 따라서 이와 같은 환경에 센서 네트워크를 구축하는 경우에는 센서노드의 배터리 문제로 인한

데이터 전송을 경량화하는 것이 아니라, 전송품질을 높여 신뢰성 있도록 데이터를 전달하는 것이다[7-9].

근로자가 근무하는 생산현장은 온도와 습도 등이 불규칙하게 변하고, 노동력을 투입하여 기계 설비를 동작하는 환경이다. 즉, 근로환경이 열악하여 설비 제어를 자동화할 필요성이 존재한다. 본 논문에서는 작업환경을 개선하기 위해 작업현장에 센서네트워크를 구축한다. 구축되는 센서 네트워크는 현장의 온도와 습도 데이터를 수집하고, 작업장에서 발생하는 디지털 데이터를 전송한다. 구축되는 센서 네트워크는 작업 능률을 향상하고, 작업환경 개선에 필요한 정보를 제공한다.

2. 관련연구

온도, 습도 및 조도 등의 자연환경을 모니터링하는 농업 및 생태계 분야와 이산화탄소 및 산소 등의 실내환경을 모니터링하는 지능형 빌딩 분야에서 센서 네트워크의 응용에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다. 각 응용분야에 대해 살펴보면 다음과 같다.

2.1 자연환경 모니터링

자연환경 모니터링은 관심지역에 센서를 배치하고 주변의 온도, 습도 및 조도 등의 데이터를 수집하여 서버에 보고하고, 수집된 자료를 이용하여 생태환경을 감시하는 기술이다[1]. 이 기술은 수집되는 데이터를 활용하여 폭풍우와 같은 특정한 기후변화를 감시한다. 또는 특정 목적의 센서를 이용하여 새의 등지 상태, 새의 존재 및 서식지의 주변 환경 등을 관찰하여 새의 생태환경을 감시하기도 한다. 농업분야에서도 응용범위를 넓혀가고 있으며, 많은 모델을 제시하고 있다[10-12]. 센서를 포도밭에 설치하여 온도, 습도 및 일조량 데이터를 수집하여 포도 재배에 필요한 기후환경을 모니터링하기도 한다. 또한 서리와 냉해를 감시하여 포도의 작황에 민감한 생육환경을 모니터링하여 포도 생산량과 작황 상태를 알려주기도 한다[10,11]. 이 기술을 이용하여 포도 재배자에게 포도 재배에 필요한 환경정보를 제공하면, 휴면기에 냉해 피해를 최소화할 수 있어 포도수확을 최대화할 수 있다. 이 기술과 더불어 특정 작물의 조황과 병충해에 관련된 정보를 수집하는 기술도 소개되고 있다[12].

2.2 실내환경 모니터링

빌딩의 내외부에 센서 네트워크를 구축하여 실내 환경을 모니터링하는 기술이 소개되고 있다[1,2]. 유선망 인프라가 구축된 빌딩에 추가적인 기능을 위해 별도의 장비를 설치하는 것은 구축비용 및 시간을 부가적으로 요구한다. 무선 센서를 설치하는 것은 추가적인 비용을 낮출 수 있고, 센서의 다양한 기능을 이용하는 경우에는 많은 응용으로 활용할 수 있다. 빌딩 내에 센서 네트워크를 구축하면 사용자는 센서가 수집한 실내환경 데이터를 열람할 수 있다. 이 기술은 온도, 습도 및 조도 등의 실내환경 데이터를 수집하는 것에 국한되지 않고, 센서가 수집한 정보를 서버에 전달하는 방법, 서버가 데이터를 분류하여 데이터베이스화하는 방법 및 웹 브라우저 또는 사용자 인터페이스에 표현하는 방법 등을 포함하고 있다 [1,2]. 최근에는 빌딩의 안전관리를 위해 화학센서를 개발하여 설치하고, 실내 공기오염을 감시하도록 센서 네트워크를 구축하는 논문도 소개되고 있다[3]. 이 논문에서는 실내에 화학센서를 배치하여 신경가스의 존재를 파악하고 공기의 흐름을 감시하도록 설계하였다. 구축된 화학센서는 실내의 신경가스 유무를 파악하고 오염 여부 및 오염 정도 등의 데이터를 통보하여 실내에서 생활하는 사람들에게 위험에 대한 노출 정보를 제공하였다.

2.3 산업환경 모니터링

산업환경 모니터링 기술은 자연환경과 실내환경 분야와는 달리 초보적인 수준에 머무르고 있다. 모니터링을 위해 센서 네트워크를 구축하기 보다는 공장에 설치된 설비들을 자동으로 제어하기 위해 센서를 활용하는 측면이 앞서고 있다[7-9]. 산업현장에 적용된 기술은 공장 프로세스를 자동화하여 노동력 투입을 줄이고 시간당 생산성을 증대한다. 유선망으로 구축된 기존 현장에 새로운 기능을 수행하려면 별도의 시설이나 구조 변경이 필요하다. 이와 같은 비용을 낮추는 방법으로 무선망을 구축하는 것이다. 따라서 생산 공장을 자동화하도록 산업시설에 무선 네트워크를 설치하여 생산시설을 자동 제어하는 방안이 소개되고 있다[8,9]. 이 논문에서는 무선 네트워크를 구축하여 산업설비들을 상호 연계하도록 하고, 이를 통해 제어공정을 실행하여 서비스에 대한 품질 관리를

수행하고자 하였다.

3. 작업환경 모니터링 시스템

본 논문에서는 환경정보를 수집하는 센서를 작업장에 배치하고 센서가 감지한 데이터를 현장운전실의 서버에 보고하도록 센서 네트워크를 구축한다. 네트워크를 구축할 때 환경정보 수집 센서와 함께 로드셀이 수집한 디지털 데이터를 전송하도록 센서모드를 추가적으로 설치한다. 원격지에서 발생하는 디지털 데이터는 네트워크를 경유하여 현장운전실로 전송된다.

3.1 시스템 개요

생산현장에서의 작업환경은 생산시설에서 발생하는 환경적 요인으로 인해 근로자가 근무하기에 어려움이 따르는 열악한 상황이 빈번하게 발생한다. 본 논문에서는 열악한 작업환경을 감시하도록 온도 및 습도 등의 데이터를 수집하는 센서를 배치하고, 배치된 센서를 통해 현장운전실에 보고할 수 있도록 센서 네트워크를 구축한다. 생산시설에 배치된 센서는 주기적으로 환경 데이터를 수집하여 싱크노드에게 전송하고, 싱크노드와 연결된 현장운전실의 서버는 데이터를 수집하여 사용자 인터페이스에 표시한다. 그림 1은 음식물 폐기업체에 구축한 센서의 배치도이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 음식물 폐기업체의 건조기, 발효기, 믹서기, 포장기 및 현장운전실에 센서를 배치하여 네트워크를 구성한다. 각 센서는 건조기, 발효기, 믹서기 및 포장기 내부 온도를 모니터링하여 현장운전실에 보고한다. 이 때, 발효기와 믹서

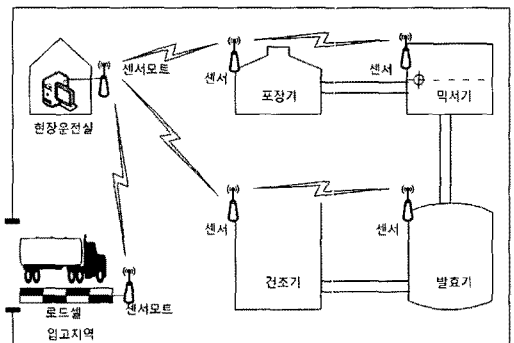


그림 1. 음식물 폐기업체에 적용된 센서 배치도

기에 위치한 센서는 현장운전실에 직접 데이터를 전송할 수 없으므로 건조기 및 포장기 센서에 전달한다. 입고지역에 음식폐기물을 실은 트럭이 들어오는 경우 로드셀은 중량정보를 인지하여 센서모트를 통해 현장운전실에 데이터를 송신한다.

3.2 센서 네트워크 구축

3.2.1 센서 노드

본 논문에서는 Crossbow사[13]의 Micaz 센서노드를 이용하여 네트워크를 구성한다. Micaz 센서노드는 2.4GHz의 무선대역을 사용하는 무선모듈을 포함하고 있으며, 온도, 습도 및 조도 등의 데이터를 수집하는 센서부와 프로그램을 동작하는 센서 모트부로 구성된다. 또한 외부 인터페이스로는 USB를 가지며, 프로그래밍 언어를 이용하여 멀티-홉 또는 Ad hoc 형태의 네트워크를 구성할 수 있도록 256Kbytes의 플래시 메모리 및 8MHz의 프로세서를 가진다. 이를 정리하면 표 1과 같다.

3.2.2 라우팅 설계

TinyOS는 미국 UC 버클리 대학에서 개발된 센서 네트워크를 위한 운영체제로, 무선 임베디드 센서 네트워크를 위해 개발된 개방형 소스 운영체제이다 [14]. 센서 네트워크에서 요구되는 제한된 메모리에 맞게 프로그램 코드의 크기를 최소화하여 구현되었고, 빠르게 신기술을 도입할 수 있는 컴포넌트 기반 구조로 되어 있다는 것과 이벤트 기반 멀티태스킹을 지원한다는 것이 특징이다. 저전력, 초소형, 작은 코드 사이즈 및 최소한의 하드웨어 리소스를 사용하는 내장형 OS를 목표로 하며, 내장형 네트워크를 위한 프로그래밍 언어로는 nesC가 사용된다. 대상 지역에

네트워크를 구축하기 위해 각 센서노드는 라우팅 기능을 수행해야 한다. 각 컴포넌트의 역할을 정의하고 nesC를 이용하여 기능을 구현한다.

nesC를 이용하여 라우팅 알고리즘을 구현하기 위해서는 기존의 nseC 모듈에 라우팅 기능을 갖는 모듈을 추가하여 개발할 수 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 Main 모듈에 Timer 및 sendQueue 모듈에 route_setM, SafepathM 및 comm_process 모듈을 추가한다. 여기에서, SafepathM 모듈은 노드 정보가 정의된 구조체로 이웃 노드에게 주기적으로 정보를 전송한다. route_setM 모듈은 라우팅테이블 정보를 검색, 갱신 및 저장하고 노드상태에 대한 정보를 주기적으로 전송한다. comm_processM은 SafepathM에서 정의된 구조체에 저장된 정보를 넘겨받아 route_setM 모듈을 호출하고 패킷을 포워딩한다. sendQueueM 모듈은 노드별 전송정보를 큐에 하나씩 저장하고 큐에 담긴 내용을 전송한다.

본 논문에서의 라우팅 경로 설정은 peer-to-peer 방식으로 통신을 구현하였다. 각 노드는 직접 연결되어 있는 이웃노드와 이웃노드와 통신할 수 있는 다음노드(next node)를 확인하여 노드리스트를 구성한다. 이웃 노드가 자신에게 데이터를 전달하면, 노드리스트를 살펴보고 목적지 노드가 이웃노드인 경우에는 직접 전달하고, 목적지 노드가 이웃노드가 아닌 경우에는 다음노드를 살펴보고 다음노드를 이웃노드로 가지는 이웃노드에게 데이터를 전달한다. 노드의 개수가 많지 않아 노드리스트 크기가 작으며, 노드의 위치는 배치할 때 고정되어 있으므로 이와 같은 간단한 라우팅 경로설정으로 구축할 수 있다.

표 1. 센서 사양

프로세서	16bit RISC, 8MHz
메모리	256KB Program Flash
Operation System	TinyOS
Multi-channel Radio	2.4GHz
Data Rate	250Kbytes
Sensor	Temperature, Humidity and Light
Interface	USB
Network	Multi-hop and Ad hoc

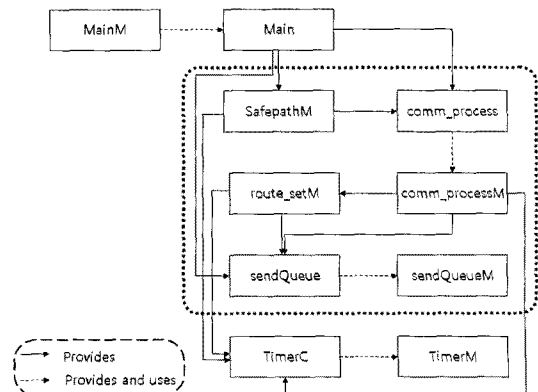


그림 2. 라우팅을 위해 구현되는 nesC 모듈의 연관 관계

3.3 작업환경 모니터링 시스템 설계

시스템이 구축될 음식물 폐기업체에는 트럭이 도착하면 용적물의 중량을 측정하는 입고지역과 음식 폐기물을 처리하는 발효기, 믹서기, 건조기 및 포장기 등의 설비를 가지는 작업지역이 있다. 각 지역에 설치되어 있는 설비들은 현장운전실에 의해 제어된다. 음식 폐기물을 실은 트럭이 도착하면 현장운전실의 작업자가 입고지역에 나와 트럭의 중량을 인식하는 로드셀을 확인하고 매출전표를 작성한다. 작업자는 트럭이 지날 때마다 매출전표를 작성하고, 트럭 회사별, 일별, 월별 누계를 처리하기 위해 확인된 내용을 컴퓨터에 입력한다. 업체에 설치되어 있는 발효기, 믹서기 및 포장기의 설비에 대해 온도와 습도 등의 환경 정보를 모니터링하고, 로드셀로부터 발생하는 중량정보를 전송하기 위해 그림 3과 같이 센서노드를 배치한다.

입고지역에 설치된 센서는 트럭이 도착하면 로드셀로부터 수집한 중량 정보를 현장운전실로 전송한다. 발효기, 포장기, 건조기 및 믹서기에 설치된 센서는 내부 온도 및 습도를 시간대별로 확인하여 현장운전실로 전송한다. 각 센서들이 수집한 데이터를 현장운전실로 전송하기 위해 센서 네트워크는 표 2와 같이 각각의 기능을 가지는 모듈로 구성된다.

3.4 디지털 데이터 전송 설계

작업환경을 모니터링하는 센서 네트워크의 핵심

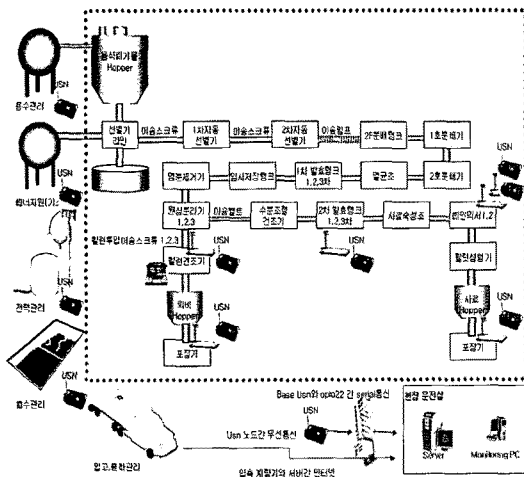


그림 3. 작업환경 모니터링 시스템 구성도

표 2. 작업환경 모니터링을 위한 네트워크 수행 모듈

모듈	기능
데이터 링크	센서, 모터 등의 센서가 수집한 데이터를 전달하기 위해 무선 통신 모듈을 이용하여 전달
데이터 감지	감지부가 수행하는 기능으로, 각 지역에 위치한 센서가 해당 감지부를 이용하여 해당 데이터별로 수집
데이터 처리	수집된 데이터를 보고주기 및 작업 스케줄에 따라 취합
센서 설정	각 센서의 동작상태, 센싱 조건, 수집 데이터 유형 등을 정의하여 제어 기준으로 관리
모니터링	공장 및 설비 레이아웃을 기초로 센서의 동작 상태, 추이, 알람 메시지 등을 작업자에게 실시간으로 제공하고, 문제 발생 시 작업자 운영을 통하여 처리

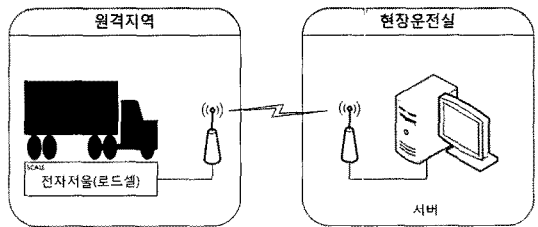


그림 4. 로드셀로부터 수집된 중량 정보를 현장운전실로 전송

기능은 디지털 데이터의 전송이다. 기존 작업환경은 작업자가 수작업으로 매출전표를 작성한다. 기존환경은 작업자의 오기, 컴퓨터 입력의 실수 등의 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서 제안하는 시스템을 이용할 경우 작업자는 작업량을 상당히 줄일 수 있으며, 입고되는 음식물의 양을 정확하게 확인하여 전달할 수 있으며, 월별 보고서 발행을 용이하게 수행할 수 있다. 그림 4는 원격 지역에 위치한 로드셀에 센서를 연결하고 무선으로 데이터를 싱크노드에게 전송하는 과정을 보이고 있다.

중량정보를 디지털 형식으로 표시하는 로드셀은 공장의 입고지역에 설치되어 있으며, 트럭이 진입하면 외부에 설치된 디스플레이 장치에 중량정보를 나타낸다. 로드셀과 연결된 센서모트는 로드셀로부터 전달받은 데이터를 무선으로 현장운전실의 싱크노드로 전송하며, 전송된 데이터는 서버의 데이터베이스에 저장된다.

4. 구현 및 결과

4.1 작업환경 모니터링 시스템 구현

라우팅을 수행하는 프로그램을 탑재한 센서노드는 작업장 내의 설비에 부착된다. 이웃 노드와 통신 거리에 있는 노드는 직접 연결되고, 원거리에 위치한 노드는 이웃 노드를 경유하여 데이터를 전달한다. 사용자 인터페이스를 구현하기 위해 Visual Basic 6.0을 사용한다. 사용자 인터페이스는 센서노드의 위치를 확인할 수 있는 센서노드 구성도, 발효기 데이터 수집화면, 포장기 및 믹서기 데이터 수집화면, 결과 보고서 화면 등으로 구성된다.

4.2 결과

작업환경 모니터링시스템의 사용자 인터페이스는 기본적으로 “작업모니터링” 탭을 표시하도록 설정되어 있으며, 작업모니터링 화면은 그림 5와 같이 센서 노드의 배치를 나타낸다.

해당 노드가 제대로 동작하면 녹색 아이콘으로 표시되고, 장애가 발생할 경우 붉은색 아이콘으로 표시된다. 해당 노드를 누르면 노드가 수집한 정보를 나타낸다. “발효기 상세” 탭은 그림 6과 같이 발효기가 수집한 데이터를 표시한다.

발효기 별로 현재량 및 잔량을 입력하여 표시하고, 센서가 수집한 온도 및 습도 데이터를 표시한다. “믹서, 포장 상세” 탭은 그림 7과 같이 믹서기와 포장기가 수집한 데이터를 표시한다.

믹서기, 포장기 별로 현재량 및 잔량을 입력하여

표시하고, 센서가 수집한 온도 및 습도 데이터를 표시한다. “작업실적 처리” 탭은 그림 8과 같이 로드셀로부터 수집한 정보를 표시한다.

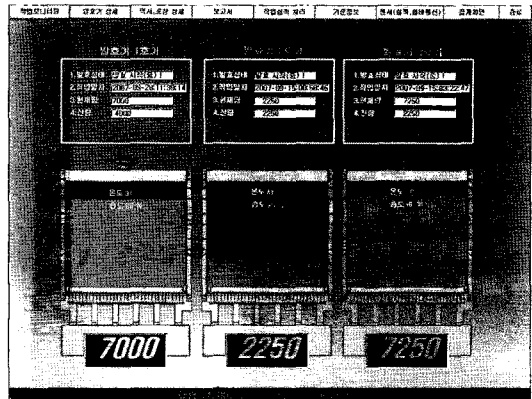


그림 6. 발효기의 정보를 표시하는 결과화면

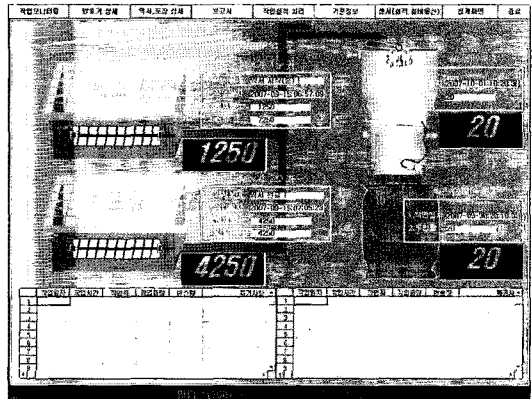


그림 7. 믹서, 포장기의 정보를 표시하는 결과화면

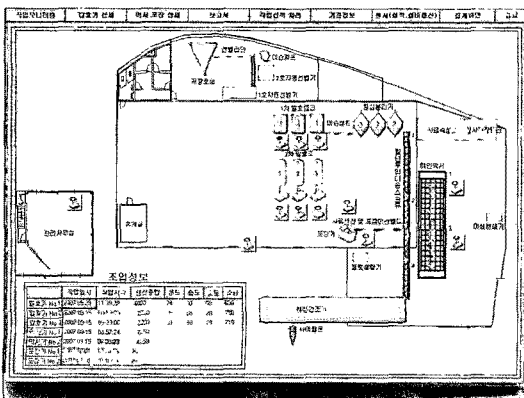


그림 5. 센서노드 구성도를 표시하는 결과 화면

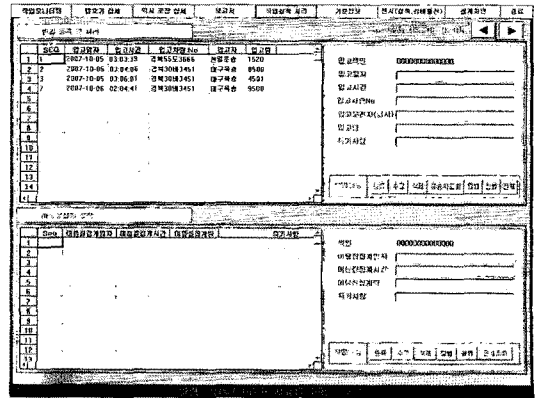


그림 8. 로드셀이 수집한 정보를 표시하는 결과화면

그림 9. 운송사별, 거래처별 보고서 발행 결과화면

입고되는 차량의 순서에 따라 입고일자, 입고시간별로 데이터가 표시되고, 입고차량 정보는 작업자가 입력하도록 구성되어지며, 입고량은 로드셀로부터 전달되는 데이터로 채워진다. 월별, 업체별 보고서 발행을 위해 그림 9와 같이 “집계화면” 탭을 구성한다.

운송사별로, 거래처별로 발행되는 보고서는 정확한 입고량을 표시하여 매출액과 매입액을 결정하고, 해당 업체에게 통보된다.

4.3 평가

이 시스템을 음식물 폐기업체에 구축하여 현재 이용하고 있다. 트럭이 출입할 때마다 중량 데이터를 확인하는 과정을 생략하였고, 현장운전실에 해당 데이터를 전달하는 과정과 컴퓨터에 입력하는 과정을 생략할 수 있었다. 또한 매출전표를 다시 작성하는 번거로운 과정을 줄일 수 있게 되어 작업의 편의성을 크게 증대시킬 수 있었다.

현장 운전실에 전달되는 온도 및 습도 데이터는 센서 노드가 수집하고 주기적으로 보고하여 사용자가 특정한 시점에 확인하는데 문제가 발생하지 않았다. 입고되는 트럭의 중량 데이터는 신뢰적인 통신방식이 필요했다. 시스템을 구축하기 이전에 예비 테스트를 시행하여 100% 신뢰성을 갖도록 신뢰적 데이터 전송 매커니즘을 추가하였다. 그 결과 입고트럭의 중량데이터는 실시간으로 전달되고, 100% 송수신되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 시스템 도입 초기에 입고지역의 근무자가 현장운전실에 유선으로 중량 데이터가 제대로 전송되었는지를 확인함으로써 본

시스템의 신뢰성을 높일 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 작업환경을 모니터링하도록 작업 현장의 온도 및 습도 정보를 수집하고 현장에서 발생하는 디지털 데이터를 무선으로 송수신하는 센서 네트워크를 구축하였으며, 이를 통해 작업자의 업무 편의성을 증대하였다. 센서가 수집한 데이터는 작업환경을 모니터링하는 것에 그치지 않고 관리할 수 있는 관리시스템 구축이 가능케 한다. 작업환경 관리시스템은 쾌적한 작업환경을 제공하도록 전등, 환풍기 및 에어컨과 같은 설비들을 자동으로 제어한다. 이와 같은 시스템은 사용자의 설정에 기반한 자동화 시스템이 아니라 수집된 환경정보를 기반으로 환경관련 설비들을 운영할 수 있는 기능을 가진다. 따라서 본 시스템에서 제공하는 환경정보 수집 및 모니터링 기능은 추후 구축하게 될 환경관리 및 안전관리를 위해 필수적인 것으로 유비쿼터스 작업장 구축을 가능하게 할 것이다. 또한 구축된 센서 네트워크는 작업장에서 발생하는 디지털 데이터를 무선 환경으로 송수신할 수 있는 인프라로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] T. Arampatzis, J. Lygeros, and S. Manesis, “A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks,” *Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control 1.2 (1)*, pp. 719-724, 2005.

[2] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless sensor networks: a survey,” *Computer Networks 38 (4)*, pp. 393-422, 2002.

[3] Y. Lisa Chen, Jin Wen, “Sensor system design for building indoor air protection,” *Building and Environment*, Vol. 43, Issue 7, pp. 1278-1285, July 2008.

[4] Shaomin Wu and Derek Clements-Croome, “Understanding the indoor environment through mining sensory data-A case study,” *Energy and Buildings*, Vol. 39, Issue 11, pp.

1183-1191, Nov. 2007.

[5] Paolo Baronti, Prashant Pillai, Vince W.C. Chook, Stefano Chessa, Alberto Gotta and Y. Fun Hu, "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards," *Computer Communications*, Vol. 30, Issue 7, pp. 1655-1695, May 2007.

[6] Huan Chen, Bo-Chao Cheng, Chih-Chuan Cheng and Li-Kuang Tsai, "Smart Home Sensor Networks Pose Goal-Driven Solutions to Wireless Vacuum Systems," *Hybrid Information Technology, 2006. ICHIT'06*. Vol. 2. International Conference on Vol. 2, pp. 364-373, Nov. 2006.

[7] A. Bonivento, L.P. Carloni and A. Sangiovanni-Vincentelli, "Platform-Based Design of Wireless Sensor Networks for Industrial A Wireless Se," *Design, Automation and Test in Europe, 2006. DATE '06. Automation* Vol. 1, pp. 1-6, Mar. 2006.

[8] A. Flammini, P. Ferrari, D. Marioli, E. Sisinni and A. Taroni, "Sensor Networks for Industrial applications," *Advances in Sensors and Interface, 2007. IWASI 2007. 2nd International Workshop*, pp. 1-15, June 2007.

[9] Ivan Howitt, Wayne W. Manges, Phani Teja Kuruganti, Glenn Allgood, Jose A. Gutierrez and James M. Conrad, "Wireless industrial sensor networks: Framework for QoS assessment and QoS management," *ISA Transactions*, Vol. 45, Issue 3, pp. 347-359, July 2006.

[10] J. Burrell, T. Brooke and R. Beckwith, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production," *Pervasive Computing, IEEE* Vol. 3, Issue 1, pp. 38-45, Jan.-Mar. 2004.

[11] S. Galmes, "Lifetime Issues in Wireless Sensor Networks for Vineyard Monitoring,"

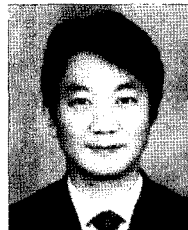
Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 2006 IEEE International Conference, pp. 542-545, Oct. 2006.

[12] R. Beckwith, D. Teibel and P. Bowen, "Unwired Wine: Sensor Networks in Vineyards," *Sensors, 2004. Proceedings of IEEE 24-27* Vol. 2, pp. 561-564, Oct. 2004.

[13] Crossbow technology, <http://www.xbow.com/>

[14] TinyOS, <http://www.tinyos.net/>

[15] nesC reference manual, <http://www.tinyos.net/tinyos-1.x/doc/nesc/ref.pdf>



정 상 준

1992년 3월~1999년 2월 영남대학교 통계학과(이학사)
 1999년 3월~2001년 2월 영남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2001년 3월~2005년 8월 영남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

2003년 3월~2007년 2월 경일대학교 컴퓨터공학과 전임강사
 2007년 12월~현재 유비쿼터스 신기술연구센터 연구원
 관심분야 : 센서 네트워크, 애드 혹 네트워크, 네트워크 관리



정 연 기

1982년 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1984년 영남대학교대학원 정보통신 전공(공학석사)
 1996년 영남대학교대학원 정보통신 전공(공학박사)
 1985년~1990년 가톨릭상지대학 전산정보처리과 조교수

1998년 호주 뉴캐슬대학교 컴퓨터공학과 방문교수
 1990년 경일대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 센서 네트워크, 멀티미디어 통신, LAN/WAN 설계, 네트워크 관리