

u-EMS : 센서네트워크 기반의 가축매몰지 악취환경정보 실시간 모니터링 시스템 설계 및 구현

정회원 문승진*, 종신회원 김홍규*, 정회원 박규현**°

The Design and Implementation of a Real-Time FMD Cattle Burial Sites Monitoring System Based-on Wireless Environmental Sensors

Seung-Jin Moon* *Regular Member*, Hong-Gyu Kim* *Lifelong Member*,
Kyu-Hyun Park**° *Regular Member*

요 약

최근 구제역과 같은 가축질병으로 인한 살 처분된 가축매몰지의 적절한 모니터링 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 현재 사용되는 모니터링 시스템은 살 처분된 매몰지 현장에서의 시료를 채취한 후 1~2주간의 모니터링 기간을 필요로 함으로 실시간 감시가 필요로 하는 매몰지에 대한 연속측정이 불가능하다.

이에 본 논문에서는 이런 실시간 모니터링을 가능하게 하는 무선 센서네트워크 기반의 가축매몰지 환경정보 모니터링 시스템 설계 및 구현을 제안한다. 제안된 시스템의 무선 센서노드는 환경센서(Dust, Co2, NH3, H2s, Temperature, Humidity)와 위치확인을 위한 GPS센서로 구성된다. 제안된 시스템은 게이트웨이를 통해 원격지 서버에 전송된 매몰지 환경정보를 분석함으로써 언제 어디에서나 유해환경 모니터링이 가능하고 위치확인을 통한 상황에 따른 능동적인 대응을 가능케한다. 따라서 제안된 시스템의 유효성 검증을 위해 규정된 가스 배출관에 센서를 설치하였고, 통합 모니터링이 가능한 테스트 베드에서 실시간으로 수신된 데이터를 수집, 분석하여 시간의 변화에 따른 매몰지 위치의 악취환경변화를 모니터링 하였다. 이를 통한 상황에 따른 실시간 대응을 함으로 유사시 환경오염의 사전예방이 가능 한 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : 악취환경정보, 실시간 모니터링, 센서네트워크, 가축매몰 정보시스템, 가축질병, Stink Environment Information, Real-Time Monitoring, Wireless Sensor Network, Cattle in the ground Information, FMD

ABSTRACT

Recent outbreak of cattle diseases such as foot-and-mouth disease(FMD) requires constant monitoring of burial sites of mass cull of cattles. However, current monitoring system takes environmental samples from burial sites with period of between one and two weeks, which makes it impossible for non-stop management of hazardous bio-waste. Therefore, in this study, we suggest an improved real-time environmental monitoring system for such bio-hazardous sites based on wireless sensor networks, which makes constant surveillance of the FMD burial sites possible.

* 본 연구는 국립축산과학원의 연구기금으로 연구하였으며, 게이트웨이 및 센서 모니터링 시스템은 경기도의 경기도지역협력연구센터 (GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [(GRRC수원2011-B4), u-사회안전망 구축을 위한 위치추적 및 기술융합 연구]

* 수원대학교 컴퓨터학과(sjmoon@suwon.ac.kr, foxliver@naver.com), ** 국립축산과학원 (kpark74@korea.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-10-438, 접수일자 : 2011년 10월 4일, 최종논문접수일자 : 2011년 12월 2일

The system consists mainly several wireless environmental monitoring sensors(i.e dust, Co2, VOC, NH3, H2S, temperature, humidity) nodes and GPS location tracking nodes. Through analysis of the relayed of the environmental monitoring data via gateway, the system makes it possible for constant monitoring and quick response for emergency situation of the burial sites. In order to test the effectiveness of the system, we have installed a set of sensor to gas outlets of the burial sites, then collected and analyzed measured bio-sensing data. We have conducted simulated emergency test runs and was able to detect and monitor the foul smell constantly. With our study, we confirm that the preventive measures and quick response of bio environmental accident are possible with the help of a real-time environmental monitoring system.

I. 서 론

우리나라 가축전염병예방법에 따르면 제1종 가축 전염병발생 시 해당 가축에 대해 살처분을 명하고 신속히 처리를 하게 되어있다. 또한 우리나라에서 자주 발생하는 조류인플루엔자(조류독감, AI), 전염성해면상뇌증(TSE), 구제역(FMD) 등 전염성이 큰 가축질병에 대해서는 대부분 매몰방법에 따라 처리되고 있다 (1). 2011년 구제역으로 인한 매몰지는 6,250농가에서 3,479천두 매몰되었고, 이에 따른 2차 오염으로 인한 국민들의 가축전염병과 가축전염병으로 죽은(또는 살처분한) 가축 사체의 매몰에 따른 토양 및 지하수 오염과 특히 대기오염, 대기를 통한 바이러스 전파가 심각하여 2차 피해의 가능성이 크다(2).

이러한 문제가 있음에도 국내에서 2차 오염 방지를 위한 적절한 모니터링 시스템이 갖춰져 있지 않으며 모니터링 시스템 또한 현장에서 시료를 직접 채취하여 검증하는 방법이며 이는 연속측정이 불가능하다. 또한 광범위한 지역에 분포되어 있는 매몰지를 소수의 담당 공무원이 관할하여 모니터링 하는 시스템으로 능동적이고 신속한 대응이 불가능하다(3,4). 이에 본 논문에서 무선 센서네트워크 기반의 가축매몰지 환경정보 실시간 모니터링 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 원격지에서 매몰지의 환경모니터링이 가능하고 즉각 대응이 가능하며, 다수의 관할지 모니터링이 가능한 장점이 있다. 따라서 매몰 후 발생될 수 있는 2차 오염을 방지 할 수 있으며 대기오염과 대기를 통한 바이러스 전파의 가능성을 신속하게 확인하여 대응 할 수 있도록 센서네트워크 환경에서 각종 악취 환경 센서와 GPS센서를 이용하여 매몰지 위치에 따른 실시간 모니터링 시스템을 구축하는 것을 그 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 가축 매몰지 사후 운용방법에 대해서 알아보고, 3장에서는 제안된 시스템의 설계 및 구현에 대하여 설명한다. 4장에서는 성능평가를 위한 테스트 베드 환경에서 유

효성 검증을 수행하였으며 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 매몰지 사후 관리 방법

국내에서의 가축 매몰의 중점은 사건이 발생된 후 매몰지 선정에 그 중점을 두고 있다. 단시간 대규모 매몰에 따른 침출수 및 악취에 대한 2차 피해가 증가함에 따라 매몰 후 사후 관리 방법에 대해 국내의 연구기관에서 연구 중에 있다.(5) 현재 국내의 매몰 방법은 그림 1과 같으며 매몰 후 발생하는 환경적 요인에 관한 연구는 담당 공무원이 현장에 직접 나가 시료를 채취한 후 연구소에서 시료 분석 하고, 2차 피해의 발생을 모니터링 한다. 이러한 모니터링 방법은 1~2주에 1회씩 시료를 채취하여 연속적 모니터링과 신속한 대응이 불가능한 문제점이 있다.

또한 본 논문에서 다루는 매몰 후 악취에 대한 대기 오염방지에 대한 대책은 없는 상태이며, 악취를 구분하는 방법 또한 현장에 조사관이 직접 나가 모니터링 하게 된다. 악취가 발생의 원인은 사체가 분해되면서 발생하는 가스에 의해 악취가 발생되며, 특히 시체가 부패될 때의 특이한 냄새는 주로 황화수소(H2S), 암모니아(NH3), 휘발성유기화합물(VOCs)가 대표적

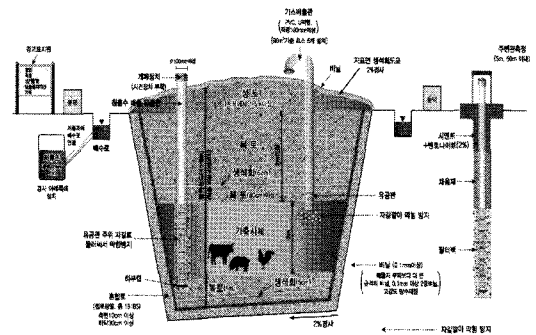


그림 1. 2011년 개정된 매몰지 모식도

이다. 또한 대기중 공기를 통해 외부로 확산되는 중요한 요인 중의 하나로 먼지를 통한 각종 가스의 흡착으로 인해 멀리 전파된다. 현재 악취를 억제하기 위한 방법으로 활성탄을 이용한 흡착법과 이오퍼트 간이탈취장치를 사용한다. 하지만 이러한 방법은 악취를 억제하기 위한 요소로만 사용되며 모니터링에는 아무런 도움이 되지 않는다. 따라서 정부에서는 규제역 매물지 악취를 효과적으로 제어 하기 위해 여러 방법에 따른 검증의 필요성을 인식하여 환경 모니터링 시스템을 연구중에 있고 대표적 연구기관은 국립축산과학원에서 수행하고 있는 실정이다.

2.2 악취 및 환경을 위한 소형 센서

악취란 대다수의 사람이 느끼기에 “불쾌한 냄새”를 뜻하며 “황화수소, 머캅탄류, 아민류 기타 자극성 있는 기체성 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새(대기환경보전법)”를 뜻한다. 대물 후 사체가 부패될 때 주로 황화수소와 암모니아 가스(법의학)가 발생되며, 매물지에서 발생하는 가스는 황화합물(51%), 알데히드 화합물(30%), 휘발성유기화합물 및 암모니아(19%)로 발생된다.(6) 또한 주된 악취원인 물질으로 이황화메틸(Dimethyl Disulfide), 페놀(Phenol), 프로피온알데하이드(Propionaldehyde), 황화수소(Hydrogensulfide), 아세트알데히드(Acetaldehyde), 부틸알데히드(Butyraldehyde) 등이 대표적이다.

악취환경을 모니터링하기 위해 사용하는 센서로 이산화탄소(CO₂), 휘발성유기화합물(VOCs), 암모니아(NH₃), 황화수소(H₂S)센서가 사용되며, 확산 감지를 위해 먼지센서(Dust)와 악취의 확산을 측정하기 위한 온도(Temperature), 습도(Humidity) 센서를 필요로 한다. 현재의 악취 환경을 모니터링하기 위한 장비는 대형화, 고 가격화 되어 있고, 로컬 지역에서만 확인이 가능한 문제가 있다. 또한 그림 1과 같은 매물지에 설치하여 유지 관리에 소요되는 비용이 커 설치하고 있지 않다.

악취 환경을 위한 소형센서는 표 1과 같은 구조적 특징이 있어야 매물지에 적용이 가능하다. 센서의 환경요소 측정방법은 크게 전기화학식과 반도체식 센서가 있다. 반도체식 센서는 소비용으로 제작이 가능하나 환경에 따른 적응성, 재현성, 재구동 타임 등 신뢰성이 떨어진다. 하지만 전기화학식 센서는 검출 가능한 화학적 성분을 센서 자체에 삽입되어 있어 환경 적응성, 재현성, 재구동 타임, 정밀도 등에서 반도체식보다 정밀도가 높다.

2.3 위치기반 무선 센서 네트워크(u-LBS; ubiquitous Location based Service)

위치기반 무선 센서네트워크 기술은 ‘어느 곳에서나 존재한다’라는 의미의 유비쿼터스와 시간과 장소에 구애 받지 않고 위치에 따른 서비스의 목적에 맞는 생활환경의 질 향상에 그 목적이 있다. 즉, 무선화된 센서가 특정 위치에 존재하며 장소나 시간에 따라 그 내용이 변화(context aware)하는 특화된 정보 서비스를 받을 수 있으며, 이러한 센서 네트워크는 통산적으로 특정 지역에 소형의 센서노드를 설치하여 주변 정보 또는 특정 목적의 정보를 획득하고, 베이스 스테이션(BS; Base Station)이 정보를 수집하여 활용하기 위한 서비스 환경이다.(7) 따라서 각 센서 노드가 특정 목적을 위해 필요한 주변정보를 센싱하고, 센싱된 정보를 센서노드간의 무선통신을 이용하여 특정 지점으로 자동화된 방식으로 전달함으로써 사용자가 센서필드 주변의 정보를 원격으로 수집하여 활용할 수 있다는 것이다. 센서 네트워크의 전통적인 개념은 무선의 센서필드 개념을 중심으로 불특정 공간에 배포된 센서로부터 수집된 정보를 일괄적으로 활용하는 기술이다.

III. u-EMS 센서 시스템 설계 및 구현

본 논문에서는 각종 환경 센서와 위치기반 기술, 무선 센서네트워크 기술을 바탕으로 시스템을 그림 2의

표 1. 매물지 악취환경 모니터링을 위한 센서

센서	측정범위	정밀도	측정방법	인터페이스
암모니아	0~1000ppm	0.1ppm	화학식	Analog(ampere)
황화수소	0.1~100ppm	0.01ppm	화학식	Analog(voltage)
이산화탄소	0~5000ppm	0.1ppm	NDIR	Analog(voltage)
휘발성유기화합물	0~100ppm	0.1ppm	화학식	Analog(ampere)
먼지	0~5000um	1um	NDIR	Digital(RS485)
온도	0.1~99.9℃	0.01℃	반도체식	Digital(I2C)
습도	0~99.9	0.1	반도체식	Digital(I2C)

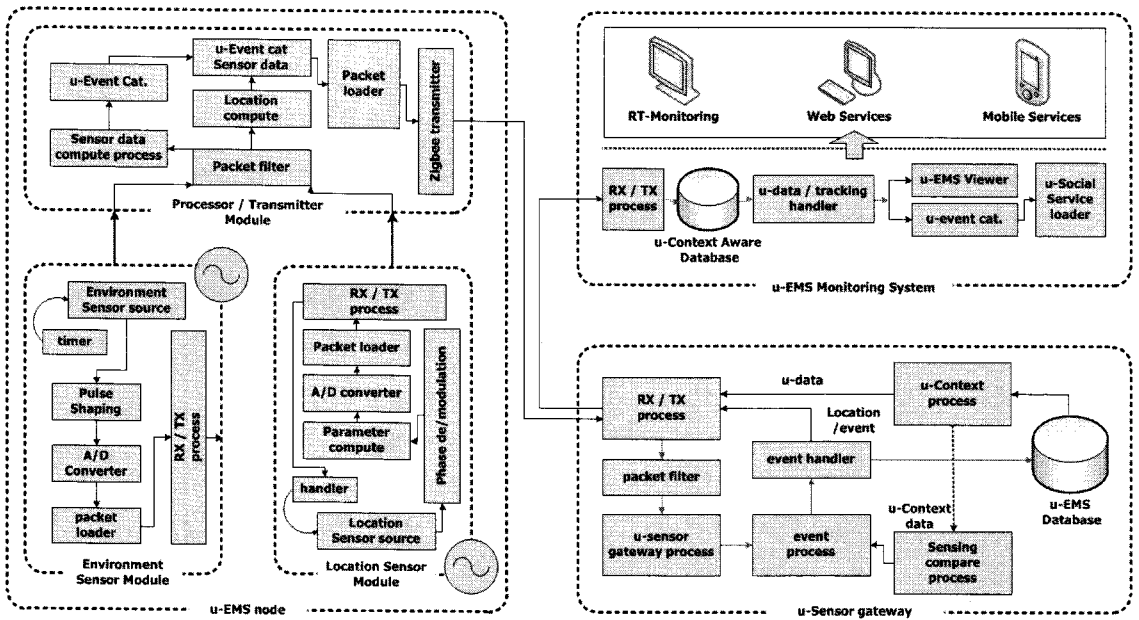


그림 2. 전체 시스템 데이터 흐름도

전체 시스템 블록 다이어그램과 같은 형태로 구현하였다. 무선 환경 센서 모니터링 모듈은 1. 환경센서 모듈, 2. GPS 위치추정 모듈, 3. 프로세서 및 전송모듈로 구성하고 하나의 통합 노드(Node)인 u-EMS (ubiquitous environment management system)로 정의하였다. 또한 u-EMS 노드의 데이터를 기반으로 맵 위치에 따른 환경정보의 저장, 전송, 분석을 위한 u-Sensor gateway, u-Environment System이 있다. 본 논문에서는 향후 구현될 위치기반의 토양 오염, 지하수 오염 모니터링 시스템의 추가와 위치기반 사회안전망 통합 시스템¹⁾과 상호 연동이 가능하도록 데이터 카테고리를 생성하였다. 따라서 본 논문에서는 u-EMS 노드, 원격지 위치기반 환경정보 모니터링 시스템을 설계 및 구현하였다.

그림 2의 u-EMS는 앞서 설명한 바와 같이 환경정보를 실시간 측정할 수 있는 모듈, 대략적인 위치를 추정할 수 있는 GPS 센서, 데이터 처리 및 Zigbee로 통신할 수 있는 장치를 하나의 노드를 정의하였다. 따라서 u-EMS의 환경정보 인식 모듈에서 환경에 따른 실시간 데이터와 위치 데이터를 u-Sensor Gateway로 무선 전송하고, “u-Sensor Gateway”는 수신된 센

서 데이터를 기반으로 수치계산을 하며 원격지 서버 또는 무선(WiFi)으로 데이터를 전송한다. 원격지의 서버에서 “u-Context Aware Database”에 저장 및 분석하여 환경상황에 따른 분석을 하고 그림 2와 같이 상황실의 모니터, 웹, 이동식 단말기 등에 보고된다.

3.1 위치 및 환경정보 인식 모듈

본 논문에서는 센서네트워크 환경에서 위치에 따른 환경정보 인식하기 위해 GPS 센서와 먼지(Dust), 이산화탄소(CO₂), 휘발성유기화합물(VOCs), 암모니아(NH₃), 황화수소(H₂S), 온도(Temperature), 습도(Humidity) 센서를 사용하였다. 센서네트워크 환경은 모든 노드들의 무선화, 소형화를 기본으로 갖춰야 한다. 따라서 위치에 따른 환경정보 인식 모듈은 프로세서의 성능, 저장용량의 한계로 각종 데이터의 데이터베이스 구축이 불가능하며 각 센서를 하나의 인터페이스로 묶고 전체의 데이터를 패킷으로 생성 후 전송한다.

각각의 센서는 데이터 전송방식이 모두 다르다. 따라서 위치 및 환경정보 인식 모듈은 RAW 데이터를 입력받아 “프로세서 및 전송모듈”에서 수신하여 RAW의 데이터를 평균화 하는 작업을 필요로 한다. 센서들의 RAW 데이터는 그림 3과 같이 노드 1개에 각각의 센서를 1조씩 사용하여 각각 500ms 주기로 순환 센싱 하도록 설계하였다. 500ms의 순환 센싱은 모든 센서의 재측정 시간에서 약 200ms를 더하여 센싱하며 이는 센서에서의 처리 지연시간이 약 300ms로

1) 실시간 모니터링 시스템 : GRRC의 “u-City 보안감시 기술협력센터”의 u-Social Service 통합 연동 시스템. 본 논문에서는 Mobile Services는 구현하지 않았으며, u-EMS Monitoring System은 기 구현된 시스템에 u-event cat.만 추가 하여 사용하였다.

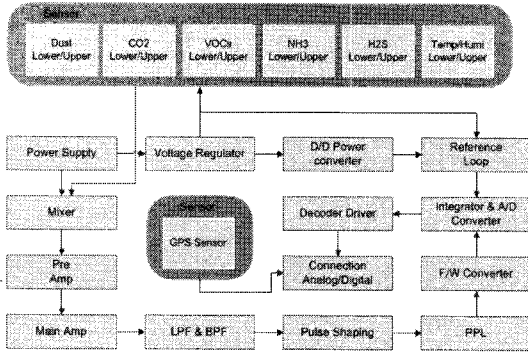


그림 3. 환경정보 센서 노드의 모듈 구조

처리되기 때문이다. 또한 각 센서의 처리를 위해 총 4개의 아날로그 신호, 3개의 디지털 신호를 처리 할 수 있어야 하며, 환경정보 인식 알고리즘이 높은 시간 지연 해상도를 요구하기 때문에 32bit 부동소수점 연산 DSP, 블록프로세싱을 이용하기 위한 실시간 연산 프로세서를 이용하였다.

동일한 센서에서도 센서의 오차는 발생하기 때문에 센서의 오차를 줄이기 위한 샘플링을 필요로 한다.

이에 각각의 센서 2조식 밀봉 처리된 장치에 넣고 분당 10cc의 표준가스(오차율 1%)를 표 2와 같이 넣어 그림 4, 그림 5와 같이 샘플링 하였다. 그림 4, 그림 5의 표준가스 구간(화살표)에서 측정된 센서의 센서 정확도는 약 3%의 오차율을 가지고 있으며, 이는 오차 허용범위인 ±5%(표준가스 ±1%, 센서 평균 오차율 ±4)의 범위이므로 특정한 보정을 하지 않았다. 또한 동일한 센서의 상대 오차는 표준가스 대비 ±2%의 오차로 측정되었으며, 이는 이후 구현될 필터에서 보정을 하였다.

국내의 GPS좌표는 Bessel 타원체의 좌표 표기법을 이용한 경위도좌표로 사용하고 있기 때문에 타원체상의 좌표변환을 실시해야 한다. 따라서 WGS84 지심좌표를 Bessel 타원체의 실용좌표로 변환하며 본 논문에서는 Molodensky-Badekas 변환모형을 이용하여 우리

표 2. 센서 데이터 샘플링 표준가스 농도

	VOC (ppb)	CO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)	NH ₃ (ppm)	DUST (um)
표준 가스 농도	0 (질소)	0 (질소)	0 (질소)	0 (질소)	청정공기
	5	100	5	05	100
	10	300	10	10	300
	30	1000	30	30	1000
	50	2500	50	50	2500
	80	3500	80	80	3500
	100	5000	100	100	5000

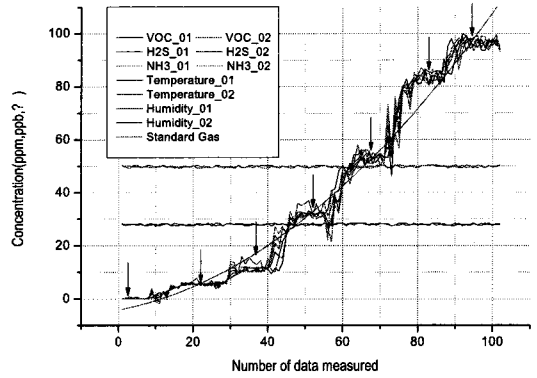


그림 4. 각 센서의 표준가스 샘플링 구간비교(VOC, H2S, Temperature, Humidity)

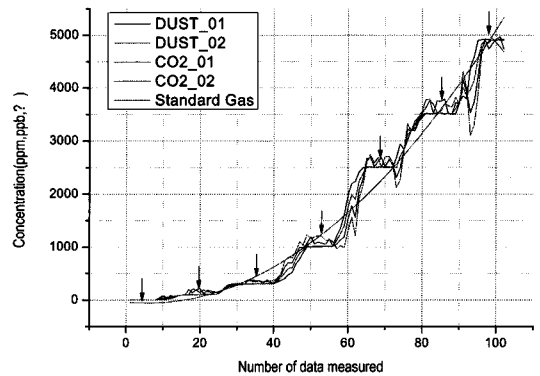


그림 5. 각 센서의 표준가스 샘플링 구간비교(DUST, CO2)

나라의 실용좌표(X, Y, H)는 다시 측지 좌표인 (φ, λ, h)로 변환되어야 한다. 좌표변환으로 변환된 Bessel 타원체상의 경·위도좌표는 지도투영을 하여 우리나라의 평면직교좌표로 그림 6과 같이 평면좌표로 변환하며 이에 따른 변환식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ X_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1+\Delta) & x & \phi \\ x & (1+\Delta) & \omega \\ -\phi & \omega & (1+\Delta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k - X_m \\ Y_k - Y_m \\ Z_k - Z_m \end{bmatrix}$$

수식 1 GPS Bessel 지리좌표 변환식

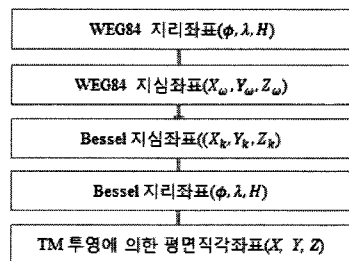


그림 6. GPS 좌표변환

여기서, $(1 + \Delta) = S$ 는 축적계수(scale factor), ω, ϕ, x 는 회전요소, $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 는 두 타원체 원점 간의 좌표차 X_k, Y_k, Z_k 는 Bessel 타원체상의 지심좌표, X_w, Y_w, Z_w 는 WGS84 타원체상의 지심좌표, X_m, Y_m, Z_m 은 $X_k, Y_k, Z_k, X_w, Y_w, Z_w$ 의 성분별 평균 지심좌표이다. 이를 이용한 지심좌표계사이의 좌표 변환은 7-parameter중 3-parameter를 사용하고, 국내 육도에서 사용하고 있는 평면직교좌표(TM)의 투영 공식인 Gauss-Kruger원리를 이용하였다. 타원체의 경위도좌표를 TM투영에 의한 평면직교좌표로 변환은 다음 절에 설명한다.

샘플링된 데이터를 기반으로 구현된 모듈은 그림 7과 같이 3개의 모듈로 구성된다. “Main Module”는 각 센서의 데이터와 각종 명령어 처리를 수행하고, 각 모듈로의 데이터 수신과 전송을 수행한다. 특히 프로세서 및 전송 모듈로 환경센서의 보정 데이터, GPS의 Bessel 지심좌표를 전송한다. 또한 “Packaging Module”은 “Main Module”의 데이터를 수신하거나 보정된 데이터를 전송하는데, 보정된 데이터에서의 최종 RAW packaging하여 전송한다. 단, packaging시 발생하는 데이터의 오류 등의 문제가 생길 경우 또는 새로운 데이터가 진입하였을 경우 “Correction Module”를 호출한다. 마지막으로 “Correction Module”은 각 센서의 RAW데이터의 내용을 계산, 보정하는데 사용되는데 RAW의 계산은 각 센서의 RAW값을 보정할 수 있는 진수 값으로 변환한다. 또한 GPS 데이터는 Bessel 지심좌표로 변환한다.

3.2 프로세서 및 전송 모듈

프로세서 및 전송모듈은 약 550ms 주기로 위치 및

환경정보 모듈에서 전송되는 데이터를 수신 대기 하며, 데이터를 수신하여 센서의 보정을 거친 후 GPS의 위치데이터와 하나의 패킷을 생성 후 게이트웨이로 데이터를 전송한다. 이에 따른 네트워크 토폴로지는 TinyOS에서 제공하는 Mesh 네트워크 토폴로지를 사용하게 되는데 이는 인접된 다른 노드와 시간 동기화를 위해 프로그래머가 할 필요성이 없고 주변 노드들과의 Sleep 시간 동안에 자동으로 하도록 되어 있다.^[8] 따라서 이러한 요건을 만족하기 위해 프로세서 모듈은 Atmel사의 Atmel2560칩을 사용하고 RTC, Zigbee 모듈을 추가로 부착하였다.

프로세서 노드는 동시에 3가지 활동을 위한 준비 상태여야 한다.

- 1) 환경정보 모듈로부터 RAW데이터 값 수신 대기 및 수치 보정
- 2) 데이터 값 수신시 GPS 모듈로 부터의 데이터 통합 및 패킷화
- 3) 생성 패킷의 “u-Sensor Gateway”로 전송대기 상태

프로세서 및 전송모듈은 환경정보 모듈로부터 수신된 신호는 크게 두 가지로 환경정보 RAW데이터와 GPS RAW데이터 아래와 같이 필터링 후 “u-Sensor Gateway”로 전송한다. 따라서 RAW데이터의 정밀도 향상을 위해 프로세서의 성능에 의해 분산 계층형 필터링 방법을 사용하여 각 측정 센서에서 관련되는 부 필터에서 지역(local) 상태변수를 추정하고 주 필터에서는 부 필터로부터 전달받은 추정치를 혼합하여 전체적인 최적 상태 변수를 추정하고 그림 8과 같이 표현된다.

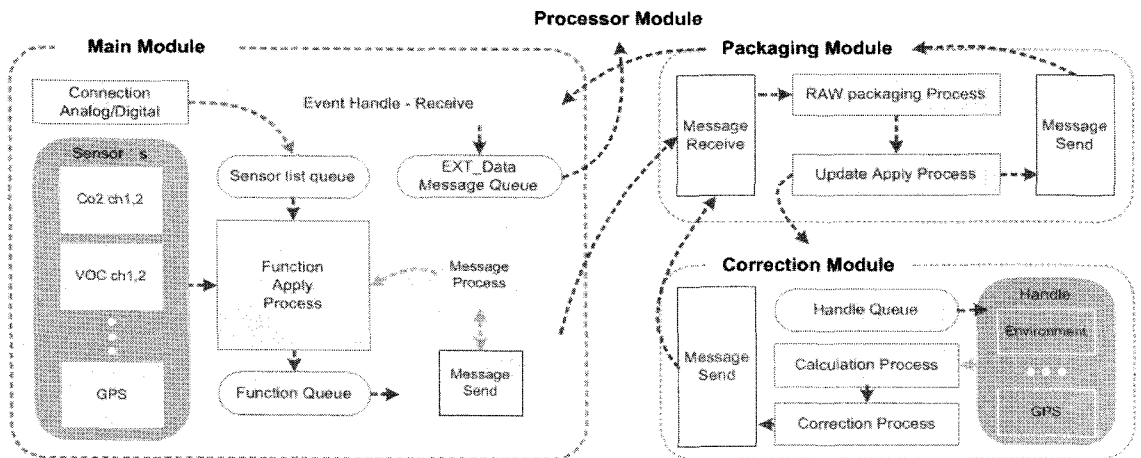


그림 7. 위치 및 환경센서 노드의 데이터 흐름

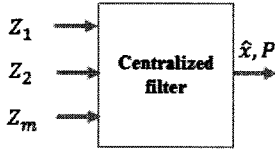


그림 8. 분산 계층 필터링 모식도

$$\begin{aligned} \hat{x}(k+1|k) &= F(k)\hat{x}(k|k) \\ P(k+1|k) &= F(k)P_i(k|k)F^T(k) + G(k)Q(k)G^T(k) \\ \hat{x}(k|k) &= \hat{x}(k|k-1) + P(k|k) \cdot H_i^T(k)R_i^{-1}(k)[z_i(k) \\ &\quad - H_i(k)\hat{x}(k|k-1)] \\ P_i^{-1}(k|k) &= P_i^{-1}(k|k-1) + H_i^T(k)R_i^{-1}(k)H_i(k) \end{aligned}$$

수식 2 분산 계층형 필터링 변환 식

필터링 후 얻어진 RAW데이터는 바로 각 센서의 센서 값 변환을 하지 않는데, 이는 프로세서 퍼포먼스의 한계와 함께 실시간성을 유지하기 위해 직접 하지 않는다. 각 센서의 분산 계층형 필터링에 소요되는 작업 시간은 약 2000ms가 소요되며 소요되는 시간동안은 센싱 하지 않으며 모든데이터를 통합하여 전송하기 전까지의 전송대기 시간인 1000ms를 합쳐 약 3000ms가 소요된다. 또한 무선 센서노드이기 때문에 계산에 소요되는 전력과 센싱, 통신에 소요되는 전력의 최소화를 위해 직접 모든 계산을 하지 않는다.

프로세서 및 전송 모듈은 하나의 통합된 시스템으로 그림 9와 같이 프로세서 모듈, 데이터 컨트롤 모듈, 필터 모듈로 구성된다. 프로세서 모듈은 앞서 설명한 바와 같이 550ms 주기로 데이터를 수신 받으며 초기 프로세서는 슬립(sleep) 상태이며, 운행주기 시간에도

달 할 경우 환경정보 및 위치 모듈로부터 데이터를 전송 받아 수행 할 메시지 프로세스를 생성한다. 이벤트의 경우 프로세서 모듈의 이상 유무, 데이터의 이상 유무에 따른 재 전송 요청 등을 수행하며, 핸들러는 각 모듈을 수행하기 위한 명령어 셋으로 구성된다. 따라서 핸들러의 동작은 1. Data control handle, 2. Filter handle, 3. Transport handle의 순서로 수행한다. 초기 수행될 Data control module은 수신 된 모든 RAW CRC 체크, 노드 및 RAW 데이터 채널 분할, RAW 패킷의 패킷 분할 및 재 패킷화, 패킷 전송의 역할을 하며, "RAW channel division process"는 다중 센서노드의 노드번호와 센서의 채널 번호를 분할하며, "Packetized/Un-Packetized process"는 분할된 채널의 패킷을 "Filter Module"로 보내기 위해 패킷을 분할하며, "Filter Module"에서 필터링된 데이터를 받아 패킷화 하고, 최종 "Processor Module"로 전송한다. "Filter Module"은 분산 필터 모듈의 초기화 후 "Channel filter process"에서 센서 채널에 따른 필터링을 하며 "Centralized filter process"에서 모든 데이터의 필터링을 수행한다. 최종 필터링 데이터는 "Data Control Module"로 전송하게 된다. 최종 "Processor Module"의 "Zigbee transmitter"에서 데이터를 게이트웨이로 전송하게 된다.

3.3 게이트웨이 및 모니터링 모듈

게이트웨이 및 모니터링 모듈은 센서 데이터를 수신하여 RAW값의 1차 필터링(3.2 절의 분산 계층형) 값을 연합형 필터링 기법을 본 논문에 맞게 구현하여 필터링된 데이터의 수치화 데이터베이스에 저장, 비교 분석 후 디스플레이 모듈에 띄우거나 네트워크를 통

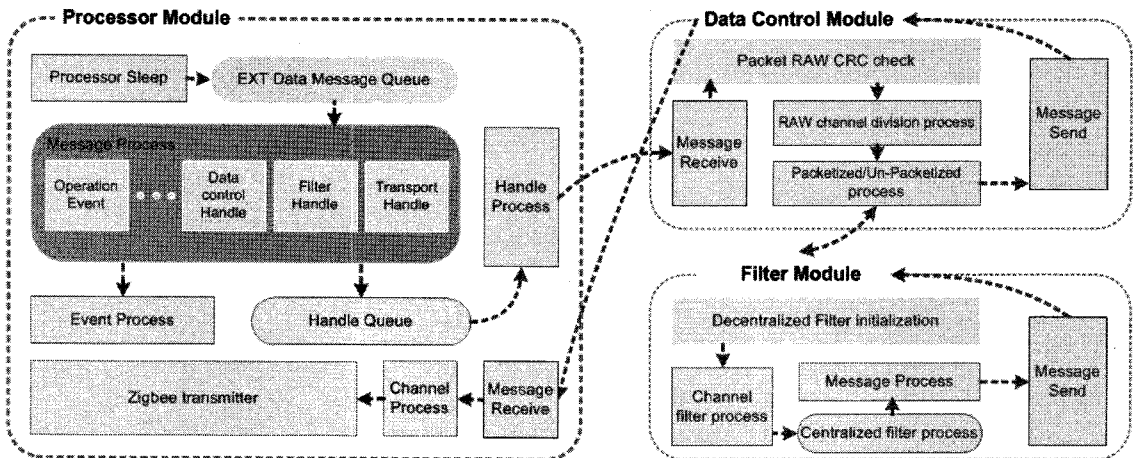


그림 9. 게이트웨이 및 모니터링 모듈의 데이터 흐름

한 종합 상황실의 그림 2의 “u-EMS Monitoring system”으로 전송한다. 따라서 게이트웨이 및 모니터링 모듈의 프로세서는 연산처리가 빠르고, 매몰지에서 도 바로 확인이 가능하도록 통합 설계하였다.

u-EMS 노드에서 전송된 데이터 패킷을 분석, 수치화, 저장, 전송을 주로 수행하며 그림 10과 같이 구성하였다. 또한 1차 필터링된 데이터를 2차 필터링을 수행하고, GPS 데이터는 좌표계 변환을 통한 실측 데이터로 변환한다. 따라서 2차 필터링의 연합형 필터(Federated Filter)는 아래의 수식과 같이 최적 추정치 및 공분산 예측을 하였으며 다음과 같은 구조형태로 구현하였다. 즉, 1차 필터링 방법의 수식을 아래와 같이 변환하며, 각각 지역 추정치 및 공분산은 예측된 추정치 및 공분산이 아니라 필터링된 추정치 및 공분산을 의미한다. 또한 그림 11과 수식 3은 fusion-reset (FR) mode라 하며 주필터에서 융합된 추정치 및 공분산을 정보량 분배 법칙에 의해 부필터로 분배할 수 있도록 설계하였다.

$$P_m = [P_1^{-1} + P_2^{-1} + \dots + P_n^{-1}]^{-1}$$

$$\hat{x}_m = P_m [P_1^{-1}\hat{x}_1 + P_2^{-1}\hat{x}_2 + \dots + P_n^{-1}\hat{x}_n]$$

수식 3 연합형 필터링 변환 식

따라서 상태변수 공분산의 초기값 및 초기 상태 변수는 각 부필터에 아래와 같이 분배하고

$$P_i(0) = \gamma_i P(0) \quad i = 1, \dots, n$$

$$\hat{x}_i(0) = \hat{x}(0) \quad i = 1, \dots, n$$

위 식 3에 의해 계산된 추정치 및 공분산을 각각의

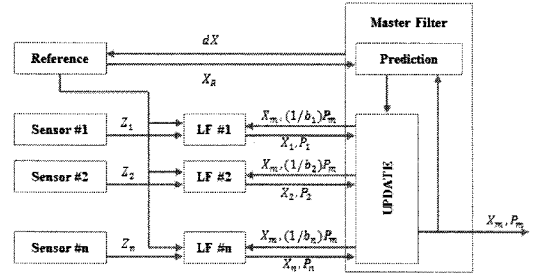


그림 11. 연합형 필터링 모식도

부필터에 다음과 같은 식으로 분배한다.

$$P_i = \gamma_i P_m \quad i = 1, \dots, n$$

$$x_i = x_m \quad i = 1, \dots, n$$

공분산 이율에 따라 오차 한계의 범위를 줄일 수 있고, 이러한 방법은 GPS 위치데이터도 함께 사용함으로써 시스템 이율을 증가시킬 수 있다. 이에 따른 GPS 위치 데이터는 앞절에서 설명된 Bessel 지리 좌표를 이용한 TM 투영법을 사용하여 아래의 수식을 이용하여 실측 좌표계를 얻어 맵 매칭 시킨다.

$$\frac{x}{k_0 N} = \lambda \cos \varphi + \frac{\lambda^3 \cos^3 \varphi}{6} (1 - t^2 + \eta^2)$$

$$+ \frac{\lambda^5 \cos^5 \varphi}{120} (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2 \eta^2)$$

$$\frac{x}{k_0 N} = \frac{S}{N} + \frac{\lambda^2}{2} \sin \varphi \cos \varphi$$

$$+ \frac{\lambda^4}{24} \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)$$

$$+ \frac{\lambda^6}{720} \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58t^2 + 270\eta^2 - 330t^2 \eta^2)$$

수식 4 TM 투영을 위한 실측 좌표계 변환 식

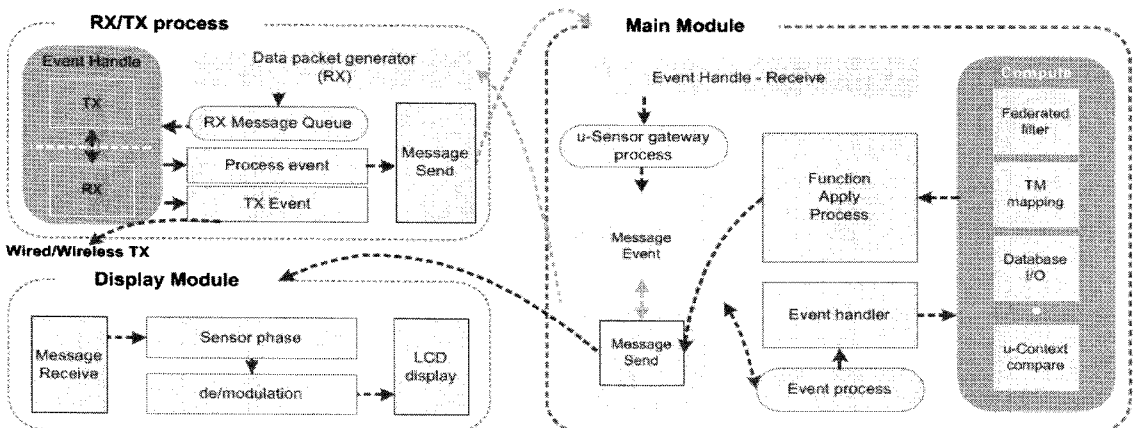


그림 10. 게이트웨이 및 모니터링 모듈 데이터 흐름

여기서 k_0 는 원점에서의 축적계수이며, N 은 모유선 곡률반경($N = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \psi}$)이고, e 는 타원체의 이심률, a 는 지구장 반경을 뜻한다. 따라서 수식 4의 좌표계 변환공식을 이용하여 구글 맵(google map), 네이버 지도와 연동이 가능하나 본 논문에서는 구글 맵의 TM 좌표 값만을 추출하여 맵 데이터를 적용하였다. 하지만 u-EMS 노드는 지정된 구역에 배치하여 보다 정확한 위치추정을 할 필요성은 없으며, 오차범위 $\pm 1m$ 의 관측 데이터를 기준으로 지정된 위치와 오차범위를 포함한 구역을 초과할 경우 매몰지의 유실을 별도의 감시 시스템 없이 확인 할 수 있는 장점이 있다.

통합 설계된 게이트웨이 및 모니터링 모듈은 그림 10과 같이 2개의 모듈로 구성되어 있으며, "RX/TX process"는 "Main Module"에 속해 동작한다. 따라서 그림 XXX의 "RX/TX process"는 항상 수행중에 있으며 통신 방법은 1. Zigbee u-EMS 노드와의 통신과 2. 유선 또는 무선 통신을 이용한 근접지 이동 노드와의 통신이나 종합상황실 "u-EMS Monitoring System"과 통신하기 위해 사용한다. 따라서 게이트웨이 모듈은 2가지 통신을 지원하기 위한 데이터 터널링을 2개로 구성하였다. "RX/TX process"에 RX 신호가 검출되면 데이터 패킷의 메시지 큐를 확인하여 u-EMS 노드의 데이터 수신과 내부의 데이터 메시지를 구분한다. 외부 메시지(u-EMS 노드 데이터)일 경우 "Main Module"로 데이터 메시지를 전송하고, "Main Module"에서 수신된 데이터의 이벤트 핸들러를 생성한다. 생성된 이벤트 핸들러의 내용에 따라 "Compute" 카테고리의 수행 조건을 수행하게 되며, "Compute" 카테고리는 앞서 설명한 연합형 필터링과 TM 좌표 변환, 데이터베이스 저장, 데이터 분석 등의 수행 프로세스 명령어 셋이 포함되어 있다. "Function apply process"에서 수행된 내용을 그림 2의 "u-EMS Database"와 데이터 비교분석을 통한 환경상황 알림, 수치화, GPS 데이터를 통한 매몰지 유실 또는 u-EMS 노드의 이동 등을 확인하여 알리거나 "Message Send"로 전송하며 "RX/TX process"와 "Display Module"을 통한 LCD 화면에 데이터 내용 등을 출력한다.

단, 게이트웨이 및 디스플레이 모듈에서 디스플레이에는 GPS의 정보를 표기 하지 않는다. 이는 매몰지에서 바로 확인 하는 모니터링 내용이기 때문에 출력하지 않게 설계 되었다.

IV. 시뮬레이션 및 유효성 검증

본 논문에서는 무선 센서네트워크 환경에서 위치를 기반으로 가축 매몰지의 악취환경정보 모니터링을 위한 u-EMS 노드와 이를 이용한 실시간 모니터링 시스템을 제안하였다.

이에 제안된 시스템에 대한 유효성 검증을 실험하였다. 실험을 위해 그림 12와 같이 매몰지 가스배출관 규격에 맞도록 제작된 센서 부착관과 u-EMS 노드를 부착하였고 시스템의 유효성 검증을 위해 매몰지 가스 배출관 규격과 센서의 부착을 위해 2중 관 형태로 제작 하였다. 그림 12의 좌측 큰 그림과 가운데 그림은 센서를 부착하기 위한 부착 지지물 이고, 좌측 작은 그림은 매몰지 가스 배출관 규격에 센서 부착 지지물을 삽입한 그림이다. 또한 시뮬레이션을 위한 표 3의 조건으로 그림 12의 우측 표준가스 공급장치에 센서 부착 지지물을 설치하고 GPS 위치좌표를 확인하기 위해 실외에서 실험을 진행하였다. 또한 제안된 시스템의 실시간성과 정확도를 위해 현재 현장에서 사용하는 방법인 측정기기를 이용한 시료분석 실험도 진행하였다. 보다 정확한 실험을 위해 데이터의 샘플링은 200개로 규정하였고 유효성 검증내용은 표 4와 같다.

그림 13~19는 표 3과 표 4의 유효성 검증내용에 따른 결과를 나타낸다. 그림 13과 그림 14는 표준가스를 공급 하였을 때 1차, 2차 데이터 필터링 후의 데이터 오차율이다. 그림과 같이 가스 공급 시점인 0, 10, 30, 50, 80, 99.9PPM을 공급 할 경우 필터링된 데이터가 안정된 반면, 다른 농도의 가스를 교체 하는 과정에서 발생하는 오차를 확인 할 수 있으며, 이는 가스 공급시 까지 걸리는 시간 동안 지정된 농도가 아닌 희석 되거나 증가된 농도가 포함된다. 하지만 이러한 지시 농도는 실험시 데이터의 오차 범위에 포함되며, 지정된 표준가스 농도의 범위에서 데이터 오차율을

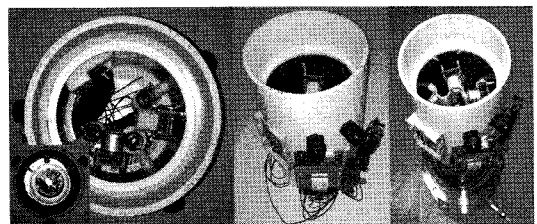


그림 12. u-EMS 노드를 부착한 가스 배출관과 표준가스 공급장치(우)

표 3. 유효성 검증을 위한 샘플링 조건 및 환경인식 조건

항목	샘플링 조건	위험환경 인식 조건
Gas infusion	20cc	해당사항 없음
Gas emission	0.5ms	해당사항 없음
Window overlap	160 samples(10ms)	해당사항 없음
VOC concentration	Low : 10PPM, High : 50PPM	45PPM over
NH3 concentration	Low : 10PPM, High : 50PPM	45PPM over
H2S concentration	Low : 10PPM, High : 50PPM	45PPM over
CO2 concentration	Low : 400PPM, High : 2000PPM	1500PPM over
Dust concentration	Low : 0 μ m, High : 1500 μ m	1000 μ m over
GPS location	-	\pm 5000mm위치이동
Temperature	상온	해당사항 없음
Humidity	상습	해당사항 없음
Common	200 samples	해당사항 없음

표 4. 유효성 검증 내용과 평가 방법

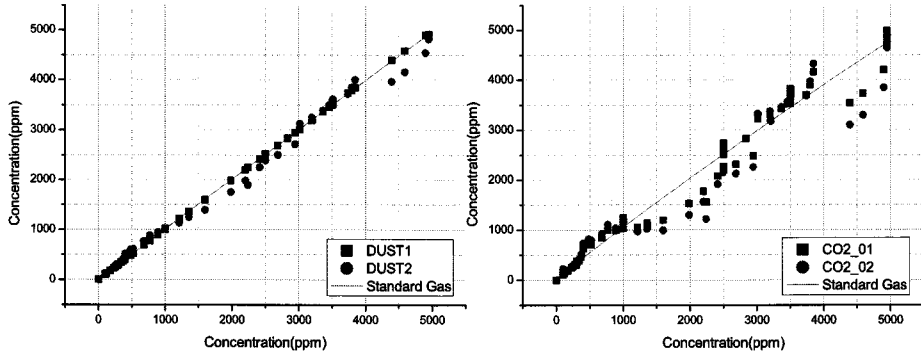
번호	평가내용	비교평가방법	
		u-EMS	시료 분석
1	필터링 된 데이터의 오차율	○	×
2	연속측정에 따른 데이터 오차율	○	○ (비연속)
3	온·습도 특성에 따른 데이터 비교	○	○
4	누적 데이터 환경상황 인식 정확도	○	×
5	노드 이동시 이상유무 판독	○	×

확인할 경우 정확도가 많이 향상되었음을 확인 할 수 있다. 또한 그림 13은 먼지와 이산화탄소의 농도를 표준가스를 공급하여 측정하였으며, 이때 농도가 변경될 때는 그림 14와는 다르게 크게 데이터가 흔들리지 않는 것을 확인 할 수 있었다.

그림 15는 표 4의 2항 연속측정에 따른 데이터 오차율을 나타내었으며, 연속 측정은 제작된 센서로 1분 주기로 측정하였고 비연속 측정은 동일한 시간동안에 전용 측정기로 측정하였다. 그림 14와 같이 연속 측정 시 약 1시간 까지는 데이터가 불안정한 상태의 오차율을 확인 할 수 있었으나, 1시간 이후의 데이터는 안정된 데이터를 확인 할 수 있었는데, 센싱된 데이터를 데이터 베이스에 넣고 측정된 값을 게이트웨이에서 필터링 한 후 계산 할 때 저장된 값과 비교하여 오차 보정을 하게 된다. 따라서 저장된 데이터가 많으면 많을수록 보다 정확한 데이터를 기대 할 수 있는 것을 확인 할 수 있다.

그림 16과 17은 표 4의 3항에 따른 온도와 습도 특성에 따른 센서의 데이터 비교를 나타내며, 30%의 표준가스를 공급 하였다. 그림 16의 경우 전기화학식 센서를 온도와 습도에 따른 특성변화를 나타내며, 전기화학식 센서의 경우 1. 센서 자체 특성에 따라, 2. 온도 변화에 따른 오차율이 존재 한다. 또한 그림 16에서 확인 할 수 있었던이 약 18~22℃의 경우 안정된 데이터를 확인 할 수 있었으나 온도와 습도가 높아 질수록 데이터 변화의 폭이 커지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 높은 온도에서는 기체의 비중이 높아 지므로 발생하는 현상으로, 실생활에서 여름과 겨울에 측사나, 기타 악취가 나는 곳에서 냄새를 맡을 경우 겨울보다 여름에 더 심하게 느껴지는 것과 같음을 의미 한다. 이에 따라 기후 변화에 따른 매몰지 주변 환경의 악취 등을 능동적으로 대처 할 수 있다. 또한 그림 17은 u-EMS 노드와 시료분석을 통한 측정에서 u-EMS 노드와 시료분석 모두 온도가 높아 질수록 오차범위가 커지나 u-EMS 노드의 경우 보다 범위가 큰 것을 확인 할 수 있다. 하지만, 데이터의 안전성은 평균치(변화의 폭) 환산을 할 경우 u-EMS 노드의 경우 약 \pm 15%인 반면, 시료 분석의 경우 약 \pm 17%로 약간 높았다.

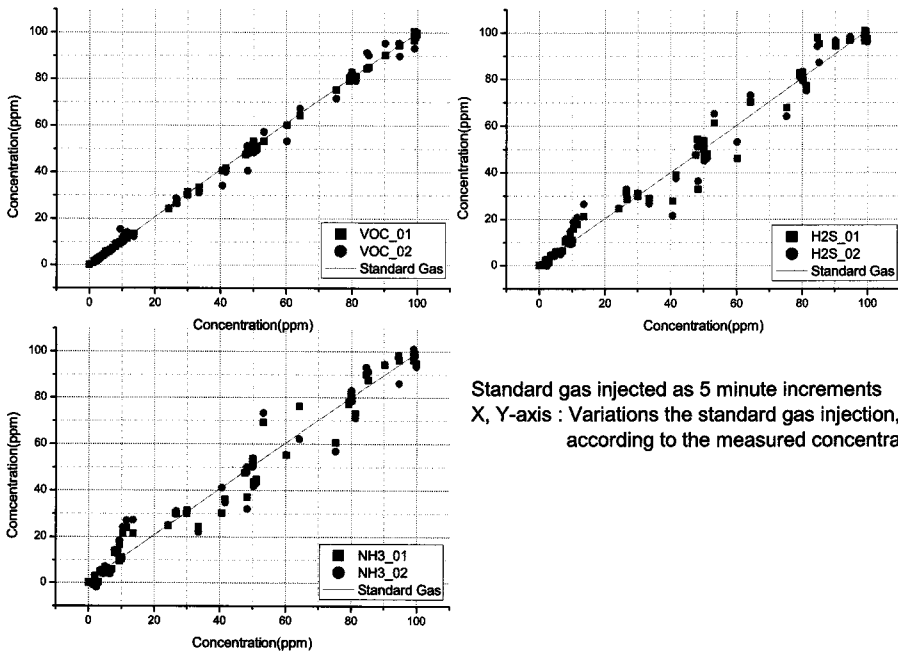
그림 18은 표 4의 4항을 평가 하였으며, 환경상황 인식의 정확도를 확인 하기 위해 5가지의 환경을 표 5와 같이 조성하여 실험 하였다. 그림 18에서 확인 할 수 있듯이 상황1과 상황 2는 VOC, NH3, H2S는 낮은 정확도를 확인 할 수 있으나, 이산화 탄소나 먼지 센서의 경우 오히려 상황 3,4,5보다 높은 정확도를 확인 할 수 있었다. 또한 NH3의 경우 가스의 특성상 흡



Standard gas injected as 5 minute increments

X, Y-axis : Variations the standard gas inection, according to measured concentrations

그림 13. 필터링 된 데이터의 오차율(DUST, CO₂)



Standard gas injected as 5 minute increments
X, Y-axis : Variations the standard gas injection,
according to the measured concentrations

그림 14. 필터링 된 데이터의 오차율(VOC, H₂S, NH₃)

착이 잘 되기 때문에 실제 농도에서는 낮은 정확도를 확인할 수 있었다. 이에 따라 1차 2차 필터링을 모두 수행하여 평균데이터를 이용한 Qualification3을 수행하고 각 가스의 특성에서 NH₃는 흡착이 잘되므로 DUST센서에서 먼지가 흡착되어 NDIR 센서의 측정 오차가 증가 하므로 FAN을 약 500RPM으로 구동하여 강제 포집 후 배출을 필요로 한다. 또한 Qualification3과 4를 통한 얻어진 데이터와 표준가스의 농도를 표본화하여 오차율을 가감 데이터의 정확

도를 향상 시킬 수 있었다. 따라서 표 3의 상황에 따

표 5. 환경상황 인식 실험에 따른 상황 조건

Qualification 1	1차 필터링만 수행
Qualification 2	2차 필터링만 수행
Qualification 3	1차 2차 필터링 모두 수행
Qualification 4	Q3과 FAN을 통한 가스 강제 포집
Qualification 5	Q4와 데이터의 표본화

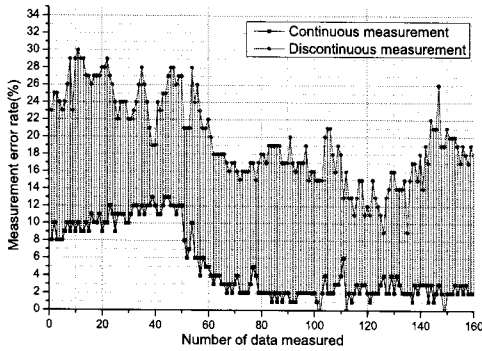


그림 15. 연속 측정에 따른 데이터 오차율

른 상황인식은 평균 94.3%로 판단이 가능하다. 이는 현재 현장 분석과 같이 오랜 시간동안의 데이터 분석과는 달리 실시간으로 원격지에서 매몰지 현장의 환경 정보를 할 수 있는 것에 의의를 둔다.

그림 19는 u-EMS 노드의 위치에 대한 값과 오차 범위를 허용한 초과 범위의 경우 센서 이동 상황을 인식한 그림으로 40분 동안 노드의 이동상황을 모니터링 한 결과이다. 따라서 그림에서 원은 시간을 축은 노드 이동 데이터를 뜻하며 이동시 발생된 데이터를 원으로 그려 시간에 따른 노드의 이동 유무를 확인 할 수 있다. 즉, u-EMS 노드는 지정된 매립지에 장착되어 있으며, GPS로부터 수신된 좌표데이터를 매립지 데이터 지도와 연동하고, u-EMS 노드가 이동 되었다

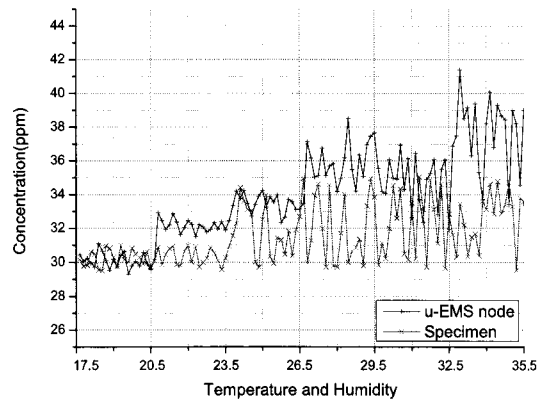


그림 17. 온습도 특성에 따른 농도(30%) node와 시료분석 변화량

는 뜻은 매립지가 유실 되었거나, 센서 부의 도난 등과 같은 유사 상황을 예측 할 수 있다. 그림 19의 실험은 약 20분 후 임의로 u-EMS 노드를 일정거리로 이동 시켜 데이터가 변환 하는 것을 확인 할 수 있었는데, 약 20분 까지는 오차 범위에서의 고정된 노드를 확인 할 수 있으나, 20분 이후에 데이터가 급격히 변화 하는 것을 확인 할 수 있다. 이는 u-EMS 노드가 원래의 자리를 이탈 하여 이동되었음을 확인 할 수 있다.

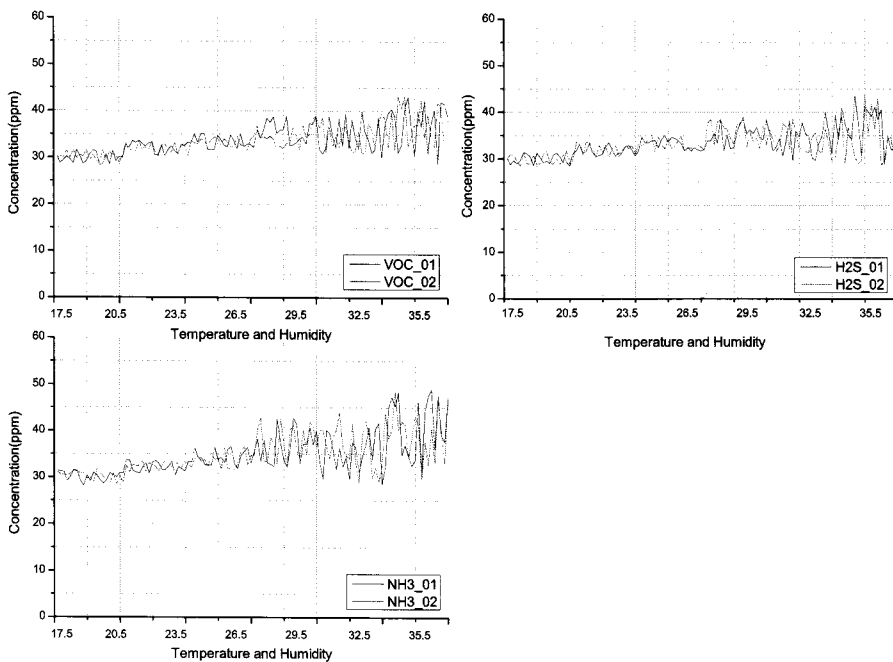


그림 16. 온습도 특성에 따른 농도(30%) 변화량

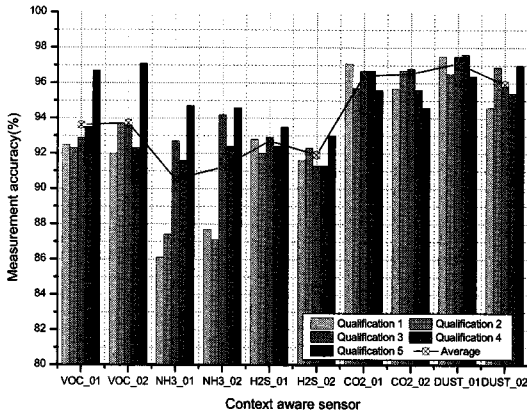


그림 18. 센서 상황에 따른 누적데이터 상황인식 정확도

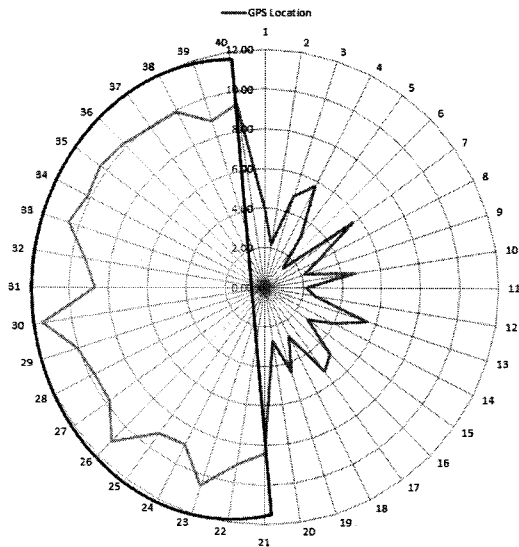


그림 19. u-EMS 노드 이동 이상 유무 판독 GPS 데이터

V. 결론

본 논문에서는 센서네트워크 기반의 가축 매몰지의 악취 환경정보를 실시간 모니터링 할수 있는 시스템을 제안하였다. 제안한 방법으로 u-EMS 노드와 게이트웨이를 구성하였으며, 시뮬레이션을 통한 유효성 검증을 하였다. 실험 결과, 실시간으로 매몰지의 악취 환경을 모니터링 할 수 있었으며, 모니터링 정확도는 약 94.3%이고 모니터링 상황실에서 간단하게 원격지의 모든 정보를 확인 할 수 있었다. 또한 매몰지의 유실, 훼손, u-EMS 노드의 도난 정보를 확인 및 대응 할 수 있었으나 기존 시료를 채취 하여 농도를 분석하는 방법에 비해 센서의 정확도가 조금 낮으나 원격지의 환경 정보를 실시간으로 확인 할 수 있는 장점이 있

므로 이에 발생하는 효과는 크리라 사료된다.

향후 다양한 센서와 적용된 센서의 정밀 보정을 통한 수질 및 토양 오염을 분석할 수 있도록 시스템 연계를 할 계획이며 다각도의 실험을 통한 데이터 의존성, 파라미터의 특성에 대하여 시뮬레이션을 통한 분석, 오차율을 보정할 계획에 있다. 또한 위치기반 서비스에 적용할 수 있도록 시스템의 모듈화로 매몰지 뿐만 아니라 축사, 돈사, 농장, 오염지대 등에 설치하여 병행 예방 모니터링 및 사후 관리 모니터링 시스템에 적용할 수 있으리라 사료된다. 구현된 내용은 프로그램 및 하드웨어의 수정을 거쳐 적용할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 농림부, “구제역 긴급행동지침”, 2004~2010.
- [2] 농림부, “구제역 관련 언론보도 내용의 기술적 검토”, 2011
- [3] Freedman, R., and Fleming, R. “Water quality impacts of burying livestock mortalities”, 2003.
- [4] USDA:APHIS:VS, Foot-and-mouth disease: Sources of outbreak and hazard categorization of modes of virus transmission. *USDA Centers for Epidemiology and Animal Health*, 1994
- [5] Gloster, J., Champion, H.J., Sørensen, J.H., Mikkelsen, T., Ryall, D.B., Astrup, P., Alexandersen, S. and Donaldson, A.I, “Airborne transmission of foot-and-mouth disease virus from Burnside Farm”, *Heddon-on-the-Wall, Northumberland during the 2001 UK epidemic*. *Veterinary Record* 152, 525-533
- [6] 문남구 등, 구제역으로 인해 매몰처리된 가축에서 발생하는 악취의 종류 및 이의 제어방안, *태성환경연구소*
- [7] 김홍규, 문승진, u-DSLТ : 센서 네트워크 기반의 위험상황 인식과 레이더 도플러 센서를 이용한 무 태그 위치추적 시스템, *한국정보과학회, 정보통신*, 제38권 5호, 2011년.
- [8] d. Aguayo, “Link-level measurements from an 802.11b mesh network,” *Proc. of ACM SIGCOMM* 04, portland, Aug. 2004.
- [9] Kurt H. Jacobson, Seunghak Lee, Robert A. Somerville, Debbie McKenzie, Craig H. Benson, Joel A. Pedersen, “Transport of the Pathogenic Prion Protein through Soils”,

Journal of Environmental Quality, 39. 1-8. 2010.

- [10] Lee, C., Kim, J. Y., Lee, W. I., Nelson, K. L., K. L., Yoon, J., Sedlak, D. L., "Bactericidal effect of zero-valent iron nanoparticles on *Escherichia coli*", *Environmental Science and Technology*. 42, 4927-4933., 2008.
- [11] McColl, K.A., Morrissy, C.J., Collins, B.J., & Westbury., H.A. "Persistence of rabbit haemorrhagic disease virus in decomposing rabbit carcasses". *Australian Veterinary Journal*, 80(5), 298-299. 2002.
- [12] Gale, P. "Risk assessment: use of composting and biogas treatment to dispose of catering waste containing meat", *Final report to the Department of Environment, Food and Rural Affairs.*, 2002
- [13] Torge W., *Geodesy*, 3rd Ed., deGruyter, pp. 244-245.
- [14] M. R. Anathasayanam, "Fascinating Perspectives of State and Parameter Estimation Techniques", *AIAA-2000-4319*, pp.1-9, 2000.
- [15] L. Han, "A Fuzzy-Kalman Filtering Strategy for State Estimation", *Univ. of Saskatchewan, Canada*, 2004.
- [16] K. Kolodziej and J. Danado, "In-Building Positioning: Modeling Location for Indoor World," Proc. of the 15th Int'l *Workshop on Database and Expert Systems Applications*, Sep. pp. 830-834. 2004.
- [17] B. Li, J. Salter, A. G. Dempster, and C. Rizos, "Indoor Positioning Techniques Based on Wireless Lan," *AusWireless'06*, March 2006.
- [18] M. Addlesee, R. Curwen, S. Hodges, J. Newman, P. Stegges, A. Ward, and A. Hopper, "Implementing a Sentient Computing System," *IEEE Computer Magazine*, Vol.34, No.8, pp.50-60, Aug, 2001.
- [19] G. Kantor and S. Singh, "Preliminary Results in Range-Only Localization and Mapping," *IEEE Conf. on Robotics and Automation*, Washington D.C., May, 2002.
- [20] Heiner Kuhlmann, "Kalman-Filtering with colored measurement noise for deformation analysis".

문 승 진 (Seung-Jin Moon)

정회원

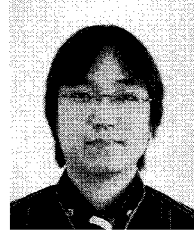


1986년 미국 텍사스 주립대학교 컴퓨터학과 학사
1991년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 석사
1997년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 박사
1997년~현재 수원대학교 IT대학 컴퓨터학과, IT대학학장

<관심분야> 실시간 센서네트워크 운영체제, 실시간 데이터 베이스, 센서네트워크 위치추적

김 흥 규 (Hong-Gyu Kim)

중신회원



2004년 2월 평택대학교 컴퓨터학과 졸업
2006년 2월 수원대학교 컴퓨터학과 석사
2006년 3월~현재 수원대학교 컴퓨터학과 박사과정

<관심분야> 센서네트워크, 위치기반 서비스, 실시간 정밀 위치추적

박 규 현 (Kyu-Hyun Park)

정회원



2003년 2월 University of Guelph Department of Land Resource science
2008년 3월 University of Guelph Department of Land Resource science
2007년~현재 국립축산과학원 연구사

<관심분야> 축산 및 농업 온실가스 측정 및 감축, 기후변화, 축산환경