실시간 도로 환경 정보 모니터링을 위한 USN 테스트베드 구축*

강진아¹ · 김태훈^{2*} · 배명남³ · 나준엽² · 홍창희²

An USN Test Bed Construction for Real Time Monitoring of Road Environment Information*

Jin-A KANG¹ · Tae-Hoon KIM^{2*} · Myung-Nam BAE³ ·
Joon-Yeop NA² · Chang-Hee HONG²

요 약

최근 정보통신의 발달은 유비쿼터스, 스마트 환경이라는 새로운 패러다임을 출현시켰으며, USN 기술은 유비쿼터스 환경 구축 및 적용에 적합한 대표적인 기술이다. 본 논문은 USN 기술을 도시에 적용·검증하기 위한 테스트베드 구축과 적용 사례에 대해 연구하였다. 또한 USN 기술의 공공부분 수요 창출을 위하여 지리정보체계(GIS) 및 시설물관리(FM) 등과 융합하여 도로 위험구간 모니터링 서비스 구현 방법에 대해 기술하였다. 실제 적용을 위해, USN 장치 제작 및 현장 설치, 관련 규정 조사, 설치 가이드라인 작성, 시스템 구축 및 실시간 연동 테스트 등을 연구하였다. 본 연구 내용을 도로에 적용하면 도로 공공시설물 관리, 도로 사고 실시간 감시 및 주변 환경 데이터 실시간 모니터링 등 많은 응용이 가능하며 향후 시설물 인프라의 BIM과 접목하면 3차원 시설물관리까지 확장이 가능할 것으로 예상된다.

주요어 : USN, 웹 응용 서비스, 지리정보, 테스트베드, BIM

ABSTRACT

Recently, the development of the information-communications industry has created a new paradigm of the ubiquitous and the smart environments. An USN is a typical technology for constructing a ubiquitous environments. But the USN technologies applied in practice have a lot of problems and to solve these problems that this study was to build a test bed. For the creation of the needs of USN technology, we suggest

2013년 7월 27일 접수 Received on July 27, 2013 / 2013년 9월 23일 수정 Revised on September 23, 2013 / 2013년 9월 27일 심사완료 Accepted on September 27, 2013

* 본 연구는 한국건설기술연구원 2013년 주요사업(BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발)의 연구비지원에 의해 수행되었음.

1 (재)한국공간정보산업진흥원 기술운영팀 Technical Operation Division, Spatial Information Industry Promotion Institute

2 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 ICT Convergence and Integration Research Division, KICT

3 한국전자통신연구원 USN 전송기술연구팀 USN Transmission Technology Research Team, ETRI

* Corresponding Author E-mail : kth@kict.re.kr

a method and service of monitoring of road hazards combining the USN and the Geographic Information System(GIS). We conduct making the USN equipment relevant provisions surveys, making installation guidelines, construction system and real-time testing. This study is capable of the management of public facilities, real-time monitoring of accident and the environment data and is expected to be expanded to a 3D facility management combined with BIM in the future.

KEYWORDS : USN, Web Application Service, Geographic Information, Test Bed, BIM

서 론

최근 정보통신기술의 발달은 네트워크 구성을 유선에서 무선으로의 변화를 자연스럽게 유도하고 있으며, 이러한 가운데 유비쿼터스, 스마트 환경이라는 새로운 패러다임이 출현하게 되었다. 유비쿼터스 기반 기술에는 RFID(Radio Frequency Identification), USN(Ubiquitous Sensor Network), Sensor, BcN(Broadband communication Network), WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access, FTTH(Fiber To The Home), CCTV(Closed Circuit TeleVision), DMB(Digital Multimedia Broadcasting), ZigBee 등이 있으며, 응용서비스기술에는 텔레메틱스, 홈네트워크, GPS(Global Positioning System), RS(Remote Sensing), GIS(Geographic Information System) 등이 있다. 이 중 USN은 유비쿼터스 환경 구현을 위한 대표적인 기반기술로서, 개별 시설물의 현장 상태정보를 인식할 수 있는 전파식별 기술 중에 하나이며, 특히 GIS와 접목할 경우 시설물 관리에 있어서 공간 검색 및 시설물의 데이터베이스 검색이 가능하여, 관리의 효율성을 높일 수 있다(Kim and Hwang, 2009).

USN은 각종 센서를 이용하여 감지한 정보를 무선센서네트워크를 통하여 시간과 공간의 제약을 받지 않고 송수신이 가능하게 하는 기술로서, 상시 감시체계가 이루어져야 하는 안전 관리, 시설물 관리, 지하수 관리 등에 적합하다. 특히 인력 의존도가 높아서 많은 비용이 소요되고, 시공간적인 제약으로 인하여 지속적으로 모니터링이 어려웠던 건설분야에 적합한 기술

이다. 또한 웹 서비스를 함께 사용하여 환경의 상황 인지가 가능한 편리함을 가져다 줄 수 있다. 또한 실시간 최적의 서비스를 제공함으로써 인간 생활의 편리성과 안전성을 향상시킬 수 있으며, 생활 전반에 다양하게 적용할 수 있다(Jeon *et al.*, 2009).

유비쿼터스 관련 산업의 기술 및 시장은 급격한 성장을 이루고 있다. 국내에서도 USN 관련 기술 개발은 RFID/USN 기본계획과 u-IT839 기술개발 정책에 따라 추진해왔으며, 또한 중장기적으로 다양한 응용 분야에 확산을 고려하여 핵심/원천기술의 개발에 주력하고 있다.

그리고 최근 IT 관련 기술 또는 성능을 연계하여 시너지를 창출하는 IT 융복합에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그 중 건설과 IT를 융복합하는 건설 IT 분야도 관심이 집중되고 있다. 건설 IT분야에 USN이 핵심기술로서 실용화되어 자리잡기에는 많은 문제점을 가지고 있다(Lee and Hong, 2011). 첫 번째 문제는 기술적인 것으로 USN은 제한된 전력, 메모리, 컴퓨팅 성능, 대규모 센서노드로 구성되는 네트워킹, 고밀도 구성, 센서노드의 고장 가능성, 배터리 교체의 어려움 등의 문제점을 가지고 있다. 또한 현장에 한번 설치되면 유지보수가 어려워 짧게는 수일, 수년에 걸쳐 동작을 할 수 있는 강인한 구조에 저전력으로 설계되어야 하는 제약을 가지고 있다. 두 번째 문제는 상용화되기 위한 정책적 및 사회적 인식의 문제로서 USN 신뢰도 문제, 적용 분야에 대한 관련 법령 문제, 신규 서비스 창출 등을 가지고 있다. 이러한 문제점으로 인해 USN의 서비스가 일반화되지 서비스되지 못하고 있다.

본 연구에서는 시설물 관리에 IT기술을 접목

하여, 실제 USN 관련 제품들을 개발하여 제품화 및 실용화를 위해 필드 기반의 테스트베드를 구축하여 현장 테스트를 진행하였다. 테스트베드는 무선 환경에서 발생할 수 있는 문제점 및 해결방안 도출과 검증을 통한 서비스 신뢰도 있는 제품을 개발할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 태양광 에너지를 사용해서 에너지 부족문제를 보완할 수 있는 방법을 적용하였다. 태양 에너지는 주기적이고 반복적으로 제공될 수 있어, 센서노드가 오랜 시간동안 생존하게 할 수 있기 때문이다. 이러한 테스트베드 구축은 크게 특정한 서비스 및 장비의 성능, 그리고 타당성을 검증하기 위한 테스트베드와 여러 가지 서비스 및 장비의 적용 가능성을 조사하기 위해 구축된 테스트베드로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 후자 측면에서 연구를 진행하였다 (Sin *et al.*, 2008).

선행 연구

본 연구에서는 USN 장치, 웹 GIS, 도로 위험도를 감지하여 USN 테스트베드 구축에 대한 선행 연구를 진행하였다. USN 장치에 관한 연구에서는 Kim *et al.*(2011)은 USN과 관련된 기술 동향을 연구하였으며, USN을 구성하기 위한 네트워크 요소, 센서노드의 하드웨어적인 특성, 센서노드 분류, 다양한 통신 프로토콜 및 관련 표준화 등의 연구 현황을 소개하였는데, 최종적으로 실용화되기 위해서는 USN 프로토콜에 대한 표준 정립, 네트워크 관리 기술에 대한 연구가 지속적으로 필요하다는 점에 대하여 강조하였다. Bae *et al.*(2011)은 도시 내 USN 센서노드를 설치하기 위한 RF 전파 손실 및 대표 간섭 요인을 고려한 센서노드 배치알고리즘을 제안하였으며 구체적으로 건물, 지형, 도로 선형 관계 등을 고려한 센서노드를 설치하기 위한 커버리지 결정 및 배치 시스템 구현에 필요한 세부 알고리즘에 대해 연구하였다.

Ko and Oh(2009)는 도로 위험 분석을 위한 모델링과 알고리즘을 제안하였는데, 모델링은 위험 분석에 필요한 요소로써 굴곡도로, 도로방향, 센서, 차량, 위험에 대한 위험 모델의

기준을 제시하였다. 위험 분석 알고리즘은 센서로부터 획득한 데이터로 부터 차량 속도를 계산하고 이를 레벨별로 구분하여 분석하는 방법을 제안하고 간단한 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 웹 GIS 활용에 관한 연구로는 Bae *et al.*(2009)이 오픈 소스를 활용한 u-GIS 소프트웨어를 개발에 관해 연구하였다. 오픈소스는 원시 코드가 공개될 뿐만 아니라 개발비용과 개발에 용이하다는 특징을 가지고 있으며, 실제 테스트를 통해 성능 측면에서도 상용제품에 비해 전혀 뒤지지 않으며 유지보수나 시스템 확장성, 타 시스템과 상호운용성이 가능하다고 연구되었다. 또한 Jeon *et al.*(2009)은 과수의 생육환경을 모니터링을 위해 수목에 전극 센서를 연결한 유비쿼터스 센서네트워크를 구축하였으며, 구축된 센싱 데이터로부터 수목 수세활력도는 일사량, 온도, 습도 등에 영향을 많이 받는다는 결과를 도출하였다. 수세활력도는 수목의 생장 상태를 나타내는 지표로써 병충해나 공해에 대한 수목 영향 인자로 주로 사용된다. USN 테스트베드 연구에서는 Sin *et al.*(2008)이 USN 실용화하기 위한 세계 주요 테스트베드에 대한 분석 및 활용방안에 대한 조사하였으며, 이를 통해 국내에서도 제품, 네트워크 및 서비스에 대해 실제 환경과 동일한 환경에서 성능평가를 수행하여 성능 문제의 조기 발견과 시행착오를 줄여 개발비용절감, 기술 진보 효과를 얻을 수 있도록 테스트베드가 필요하다고 주장하였다.

Bae *et al.*(2012)는 무선 센서 네트워크에서 센서와 노드의 전원 소비 규격과 동작 방식에 대해 설명하고, 장기간 생존을 제공하기 위한 환경 에너지로서 태양광의 활용을 위한 장치와 알고리즘에 대해 연구하였다. Bae *et al.*(2013)에서는 LOS 환경에서 센서노드간의 무선 주파수의 경로 손실치를 예측하고 이를 테스트베드와 같은 도시 환경에 적용하기 위한 예측 모델과 실험결과를 제시하였다.

선행 연구 사례를 통해 국내 USN 장치의 개발과 웹 GIS의 연구는 많이 진행하여 개별 성과물의 실용화까지 진행하였으나, 상용화 단계까지는 이루어지지 못하고 있으며, 이를 위해

각종 성과물의 설치 및 통합하는 테스트베드가 필요하다.

연구 방법

연구 방법은 그림 1과 같다. 우선, 도로시설물 유지관련 규정을 조사·분석하여 도로 위험 구간 감지를 위한 USN 테스트베드 설치 가이드라인을 작성하였다. 이를 기반으로 테스트베드 대상지역을 가이드라인에 맞게 대상 지역을 분류하고, 실제 현장에 USN하드웨어와 시스템을 구축하고, 구축된 USN에 대한 평가 테스트를 진행하였다.

FIGURE 1. Flow of the of study

1. 방호울타리(가드레일) 설치 기준

도로 위험구간 모니터링을 위해, 우선 도로 관련 규정 및 법규를 분석하였다. 도로 안전 규정은 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 차량 방호 안전시설 편(2010. 05)을 참조하였다. 지침에서는 도로에서 어떤 등급의 시설을 사용할 것인가는 차량의 도로를 벗어날 때 발생하는 인적, 물적 손해와 벗어난 차량의 중량 등에 따라 정하는 것이 바람직하지만, 이를 예측하기는 상당히 어려워, 각 등급에 부합하는 시설 적용은 기능, 도로 및 교통 조건, 지형조건 및 기술 수준 등을 종합적으로 고려하여 정해야 한다고 언급하고 있다. 특히, 방호울타리(가드레일)의 적용 등급은 도로의 종류와 설치 위치에 따른

노측용, 분리대용, 보도용, 및 교량용 등 사용 목적에 따라 설계 조건, 즉 충격도와 이에 부합하는 성능시험 및 기준을 정하고 이에 부합하는 시설물에 적용될 수 있도록 결정하도록 하고 있다. 즉, 방호울타리의 등급은 시설물의 강도는 차량 충돌 시에 갖는 운동에너지인 충격도로 정의할 수 있으며, 차량 방호 울타리의 성능 확인은 등급에 따른 충격도를 실험차량의 충돌시험을 통해 평가해야 한다. 차량 충돌시의 운동에너지(충격도)는 그림 2와 같다.

FIGURE 2. Kinetic energy due to vehicle crashis

방호울타리의 등급은 표 1과 같이 시설물의 강도는 성능을 기준으로 7등급으로 구분할 수 있다. 기본적으로 SB2를 일반도로에서의 표준 등급으로 하고, 교량구간 및 추락 혹은 차로 이탈과 같은 심각한 사고가 예상되는 위험구간에서의 사고는 일반구간의 사고에 비해 상대적으로 피해 정도가 크므로 한 등급 윗단계를 적용하도록 하고 있다. 또한 자동차전용도로 등 설계속도가 높은 도로의 교량은 사고 피해정도 등을 감안하여 강도가 큰 방호울타리 설치를 고려하며, 방호울타리를 설치할 때는 운전자의 안전 운전의무 수행을 기본으로 하여야만, 사고에서

안전성을 확보할 수 있다고 언급하고 있다.

TABLE 1. Class of crash barriers

Rating	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7
standard impact severity (kJ)	60	90	130	160	230	420	600

7가지 등급의 적용검토 대상구간의 예를 들면, SB1은 저속 구간이며 SB2는 기본 등급으로 일반도로 구간에서, SB3는 고속의 일반 구간을 적용하는 등급이며 SB4와 SB5는 각각 SB2, SB3의 적용 대상구간 중 중앙분리대, 교량 등 노측 위험도가 큰 구간에 적용한다. SB6과 SB7은 특수 중차량의 통행이 많은 구간으로 위험도가 매우 높은 특수구간을 적용하는 것이 바람직하나, 이에 적합한 시설이 개발될 때까지는 적용 가능한 최대 등급을 적용한다. 또한 일반적인 방호울타리 설치 장소는 표 2와 같다.

TABLE 2. Installation place of crash barriers

Barriers Installation section	
1	Dangerous road side section
A	Road side height compared to the slope of the severe slope interval
B	Slope region are located in the obstacle
C	On the roadside adjacent to lakes and rivers in the region
2	Intervals on the roadside adjacent railway
3	Such as road width and the linear range of the associated risk
A	Sharply narrowed width region where only
B	Interval of less than 300m radius curve
C	Downhill sloping of 4% or more sections
4	The relevant section of the structure and the required
A	Bridges, tunnels and interval after
B	Bridge section
C	Obstacles on the road in the interval
5	Necessary for any reason, or interval
A	Or where the accident occurred frequently at high risk period
B	Section due to the weather conditions required

2. 델리네이터 설치 기준 및 방법

“델리네이터”는 “시선유도시설”에서 “시선

유도표지”로써 도로 끝 및 도로선형을 명시하여 주간 및 야간에 운전자의 시선을 유도하기 위해 설치하는 시설을 말하며 시설의 종류에는 시선유도표지, 갈매기표지, 표지병 등이 있다. “시선유도표지”란 직선 및 곡선 구간에서 운전자에게 전방의 도로선이나 기하조건이 변화되는 상황을 반사체를 사용하여 안내해줌으로써 안전하고 원활한 차량주행을 유도하는 시설물을 말하며, 설치장소는 도로의 구조, 교통상황 등을 종합적으로 검토하여 안전하고 원활한 교통을 확보할 수 있도록, 아래의 구간에 설치하게 된다.

- ① 설계속도가 50Km/h 이상의 구간
- ② 도로 선형이 급격히 변하는 구간
- ③ 차로 수나 차로 폭이 변화하는 구간

규정에 의한 델리네이터를 설치 및 관리하는 구체적인 방법은 표 3과 같다.

TABLE 3. Installation guideline of deleneator

Items	Deleneator Regulations
Size	100 mm Reflective Size
Holding form	Securely Fixing
Material	Excellent durability, Easy maintenance
Color	white, yellow
Installation Location	shoulder 0-200mm from the edge
High	About 90cm from the road
Spacing	40m road ,50m highway
How to install	Angle perpendicular to the direction of the vehicle
Maintenance	Clean contaminated reflector, Often repair damaged reflectors
Replacement Cycle	Per 5 years
Etc	Motorway leading to and including the week In principle, all sectors Installation

테스트베드 구축

본 연구의 구축 대상지역은 그림 3과 같이 충남 연기군에 위치한 96번 지방도로로서, 공간적인 범위는 대략 길이가 2.3km이며, 기본적인 인프라(전기/통신) 공사는 사전에 진행하였다.

FIGURE 3. Study area

1. 테스트베드 구축 방법

본 연구에서 USN 설치 구조는 그림 4와 같다. GFSN(Ground Facility Sensor Node)은 센서정보를 획득하여 무선으로 보내주는 장치이며, GFDA(Ground Facility Data Aggregator)는 말단 센서노드로부터 얻어진 센싱정보를 무선으로 수집하는 장치이다. FNR(Facility Network Router)은 모아진 정보를 인터넷을 통해 센터 서버로 보내주는 장치이며, GFMS(Ground Facility Management System)는 실시간 센싱 데이터를 활용한 지상시설물 관리를 위한 웹 사이트이다. 본 연구에서 사용된 센서는 온도, 습도, 진동 정보를 실시간으로 센터로 보내고, 이 정보들은 GFMS에서 표출하게 된다(Kang *et al.*, 2011).

FIGURE 4. Hardware architecture

방호울타리와 델리네이터 설치 규정을 기반으로 96번 지방도 USN 설치규정을 작성하였으며 위험도에 따라 I, II, III 단계로 구분하였다. 기본적으로 델리네이터 설치규정을 준수하여 고속도로는 1개/50m, 국도의 경우 1개/40m를 설치함을 원칙으로 하였으며, 구간의 위험성에 따라 그 간격을 줄여서 설치함을 기본 원칙으로 하였다. 그림 5와 같이 I 단계는 매우 위험구간으로 우선 설치와 간격을 조밀하게 설치하고, II단계는 위험구간으로 기본 설치 원칙을 준수하며, III단계는 설치 권장구간으로 현장조건에 따라 설치하게 된다.

- I 단계는 매우 위험구간으로 필히 설치
- II 단계는 위험구간으로 선택적 설치
- III 단계는 권장구간

FIGURE 5. Installation guideline

충남 연기군 96번 지방도를 대상지역으로 설정하였으며, 위험도에 따라 대상지역을 A, B, C, D로 구분하였다(그림 6).

FIGURE 6. Classification of study area

A 구역은 곡선구간으로, 차로의 폭이 급격히 좁아지기 때문에 매우 위험구간이며, B 구역은 교차로 지역으로 사고발생 위험이 높은 매우 위험 구간으로 구분하였다(그림 7).

FIGURE 7. Detailed guideline(A, B area)

C구간은 직선구간의 권장구간으로 현장 조건에 따라 설치하며, D구간은 차로(직선-교차-직선) 성격과 차로의 수가 변하는 매우 위험구간으로 분류하였다(그림 8).

FIGURE 8. Detailed guideline(C, D area)

2. 테스트베드 구축

현장에 실제 USN 장치들을 설치하기 전에

기본적인 인프라(전기, 통신) 공사를 진행하였으며, 그림 9와 같이 GFDA, FNR 등을 현장에 설치하였다.

FIGURE 9. Basic infra of test bed

기본 통신망을 설치 후, GFSN 장치를 현장에 그림 10, 11과 같이 설치하였다. 총 81개를 설치하였으며, 설치대상물 성격에 따라 가드레일형과 텔리네이터 타입으로 나누어 현장에 설치하였다.

FIGURE 10. Sensor node(Delineator type)

FIGURE 11. Sensor node(Guardrail type)

국도의 경우, 텔리네이터 설치 규정인 최대 40m마다 1개 설치의 기준에 준수하여 설치하였으며, 특히 사고 위험이 높은 구간의 중앙분

리대와 양쪽 도로변 가드레일에 사고를 예방할 수 있게 설치 위치를 선정하였으며, 설치 대상물은 가드레일, 도로표지, 신호등, 옹벽 등을 선별하였다. 특히 A, B구간에는 CCTV와 USN 기기도 같이 설치하여 실시간 모니터링이 가능하도록 설계하였다. 그림 12는 설치되어 있는 USN 장치 위치와 범위를 나타낸다.

FIGURE 12. Position of sensor node

그림 13과 같이 A, B구간에는 위험도가 높아 GFSN, GFDA, FNR, CCTV 등을 함께 설치하였으며, 특히 GFSN 간격을 촘촘히하여 설치하였다.

FIGURE 13. Position of sensor node(Sector I)

그림 14와 같이 B, C구간은 직선도로, 교차로, 직선 도로 순으로 구성되어 있으며, 교차로 지역은 위험 구간으로 설정하고 센서노드를 설치하였다. 이외 직선구간에는 1개/40m를 원칙으로 설치하였다.

FIGURE 14. Position of sensor node(Sector II)

그림 15는 센싱 데이터의 흐름을 나타내며, 현장 GFSN에서 센싱된 데이터는 GFDA를 거쳐 FNR을 통해 센터로 보내지며, 최종적으로 GFMS를 통해 표출하게 된다.

FIGURE 15. Flow of sensing data

3. 시스템 구축

USN기반 지상시설물관리시스템(GFMS)은 시설물에 부착된 센서데이터를 그림 16과 같이 FNR로 보내지게 되며, 수집된 데이터 정보는 지상시설물 통합 관리 서버에 전송된다. 데이터 정보와 미리 설정되어 있는 임계값을 비교하여 알람 메시지를 지상시설물 통합관리 Client Socket 서버를 통해서 전송하여, 관리자화면에 이벤트를 표출되게 된다. 특히 주변 CCTV가 설치되어 있을 때에는 이벤트와 연계하여 상황을 보여 주게 된다.

FIGURE 16. Management system configuration

USN 기반 지상시설물관리 시스템은 실시간 센싱 데이터, 센서정보와 시설물 정보는 그림 17과 같이 웹서비스를 통해서 조회를 하고 WMS, WFS 표준을 이용하여 지도이미지와 피쳐정보를 공간DBMS로부터 가져온다. DBMS는 PostgreSQL, 공간 DBMS는 PostGIS를 사용하였으며, MapServer는 GeoServer를 사용하였다. 지상시설물 통합관리 클라이언트와 지상시설물 통합관리 서버는 소켓(Socket)을 통해 통신 과정을 진행한다(Yeon and Han, 2013).

FIGURE 17. System architecture

클라이언트는 GIS 서버와의 연동을 통해서 알람 정보와 이상발생의 위치를 지도상에 가시화하며, 시스템은 표 4와 같이 GIS 기본기능,

센싱데이터 정보조회, 시설물 정보조회, 알람 상황 이벤트의 알림기능, 시설물 점검 등의 시설물관리 기능을 수행하게 된다. 지상 시설물에 부착된 각종 센서로부터 수집된 데이터는 일차적으로 통합게이트웨이를 통해서 지상시설물관리시스템 서버에 전달되고, 지상시설물 관리시스템 서버에서는 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 데이터를 분석한다. 데이터와 임계치를 비교하여 알람 상황 발생 유무를 판단하여, 관리시스템에 전달하여 알람 상황을 화면에 표출하게 된다.

이때 GIS 모듈을 통해서 이벤트 정보와 알람 발생 위치를 지도상에 가시화하고, 이러한 알람 상황정보를 바탕으로 시설물 관리자는 종합적으로 판단하여 관련 담당자에게 작업을 요청하여 처리할 수 있다. 알람상황이 처리되어 작업 종료가 이루어지면, 처리 결과는 저장되어 관리하게 된다.

TABLE 4. Function lists of GFMS

Business	Main Category	Business	Main Category
Operating Administration	User Management	Facility Management	Facility Management Authority
	Management related organizations		Check the registration facility
	Equipment, personnel and facilities management		Complete inspection facilities
	Work group management requests	Facility Information	Facilities Inspection Status
	Facilities / sensor layer settings		Facility Information
Fault Management	Registration situation	Sensors Management	G / W property info
	Action Properties		Information sensor properties
	Situation inquiry		Sensor Management Authority
	Request a list of Work	CCTV	CCTV
	Complete list of measures		
GIS basic functions	Move the map (Up, down, left and right panning)	GIS basic functions	Distance Measurement
	Map / reduce (Select Area)		Area measurement
	Full Screen		Show cursor coordinates
	Select Facility		Choose map (maps, aerial photos, hybrid)

그림 18은 지상시설물관리 시스템의 메인화면이며, 표 5의 운영관리에서 사용자 로그인 및 권한을 설정할 수 있다. 특히 관리자는 사용자 등록/수정/삭제가 가능하다. 또한 알람이 발생했을 때 연락할 유관 기관을 설정할 수 있으며, 알람이 발생하였을 때 유관 기관에 SMS를 보내기 위한 기본 정보를 설정할 수 있다.

FIGURE 18. User management

그림 19는 게이트웨이의 데이터를 취합하는 통합 게이트웨이의 정보를 조회하는 화면이다. 또한 통합게이트의 자체 상태정보도 조회가 가능하도록 설계되어 있다.

FIGURE 19. Inquiry function of gateway

그림 20은 게이트웨이에 부착되어 있는 센서를 조회하는 화면이다. 각각의 게이트웨이에는 다른 센서들이 부착될 수 있기에 사용자가 선택한 게이트웨이에 어떤 센서가 부착되어 있는지 조회 가능하다.

FIGURE 20. Inquiry function of sensor

그림 21은 센서의 속성을 조회하는 화면이고, 센서의 추가/삭제/수정이 가능하다.

FIGURE 21. Inquiry function of sensor condition

그림 22는 실시간 센싱데이터를 조회하는 화면이고, 실시간/일별/월별/사용자 정의기간 등으로 각각의 센싱 데이터 조회를 할 수 있다.

FIGURE 22. Inquiry of real sensing data

4. 테스트베드 USN 연동 테스트

본 연구에서는 테스트베드 현장에 설치되어

있는 USN기기와 시스템 간에 테스트를 진행하였다. 첫 번째로, 말단 GFNS에서 상단 GFMS까지의 데이터 수신에 대한 테스트를 진행하였다. 일정기간 동안 2차 전지 데이터를 수집하여 그림 23과 같이 정리하였다. 2차 전지 데이터는 센싱 데이터 중에서 일별/월별 변화량이 커서 식별하기가 가장 적합하다. 1개의 게이트웨이(GFDA)에 연결되어 있는 13개 센서노드(GFNS)에 대해 태양에너지 변화에 따른 2차 전지에 대한 모니터링한 결과이다.

FIGURE 23. Secondary battery monitoring(GFDA #21)

두 번째로 실시간 이벤트 발생에 대한 연동 실험은 그림 24와 같이 진행하였으며, CCTV 연동 실험도 함께 진행하였다. 실험방법은 CCTV 시야각내에 존재하는 두 개의 센서노드에 임의로 충격 이벤트를 발생시키고, CCTV의 프리셋을 기능을 통해 발생 위치로 CCTV 방향을 이동시켜주는 실험을 진행하였다. 그림 24와 같이 프리셋 지점에서 이벤트를 발생시켜, 그림 25와 같이 CCTV와 연동하는 실험을 진행하였다.

FIGURE 24. Event test

FIGURE 25. Linkage test of each module

연동 데이터가 시스템에 그림 26과 같이 저장되며, 충격이벤트가 GFMS로 알람을 전송하고 GFMS 데이터베이스에 적재된다.

gfsn_alarm_seq	alm_log	alm_ymd	alm_code	value	time_stamp	gfda_id	gfsn_sns_id	gfsn_addr	fnr_id
130720		2012-01-18 15:43	109	384.9	1970-01-01 9:34	33	304	8468	2
130757		2012-01-18 15:46	109	740	1970-01-01 9:34	33	304	8467	2

FIGURE 26. Examples of alarm DB

그림 27은 충격 이벤트 발생시 CCTV가 지정한 프리셋(사고발생 현장)을 통해 이벤트 발생위치로 이동되는 결과화면이다. 즉 이를 통해 사고현장의 실질상황 확인이 가능해진다.

FIGURE 27. Results of CCTV freeset

결론

본 연구에서는 USN을 활용한 도로 위험구간 모니터링 시스템을 개발하고, 실제 이를 활용한 테스트베드의 구축 및 적용 방법에 대해 연구하였다. 추가로, USN 센서노드의 현장설치 가이드라인을 제시하였으며 적용 대상지역 분류 및 현장 적용, 현장설치, 시스템 연동, 실시간/CCTV 연동 테스트 등을 진행하였다.

USN/CCTV 통합시스템은 도로에 대형사고

발생을 USN 장치들이 감지하고, CCTV로 이를 모니터링하여 유관기관에 즉시 연락하도록 구현하여 도로 사고대처 및 인명피해 절감을 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 현재 구축된 USN 이용한 관리시스템은 통신 인프라 측면에서는 M2M 통신을 사용하는 방법 등을 보완할 필요가 있다.

또한 향후 최근 급속도로 발전되고 있는 BIM(Building Information Modeling)과 접목한다면 도로와 같은 SOC시설물의 전생애주기 통합관리를 3차원 GIS 기반으로 할 수 있기 때문에 시설물 유지관리의 효율성을 한 단계 증대시킬 수 있으리라 기대된다. **KAGIS**

참고문헌

- Bae, M.N., B.C. Choi, B.B. Lee and I.H. Lee. 2012. Development of self-charging wireless sensor node using solar energy. *Journal of Korea Information Science Society* 18(1):12-18 (배명남, 최병철, 이병복, 이인환. 2012. 태양 에너지를 이용한 자가충전 무선 센서노드의 개발. *한국정보과학회지* 18(1):12-18).
- Bae, M.N., H.J. Kwon., J.A. Kang and I.H. Lee. 2011. A position revision method by path-loss factor in GIS based wireless sensor node deployments. *Journal of Korea Spatial Information Society* 19(6):111-121 (배명남, 권혁중, 강진아, 이인환. 2011. GIS기반 무선 센서노드 배치에서 경로손실을 고려한 위치 보정 방법. *한국공간정보학회지* 19(6):111-121).
- Jeon, M.J., K.W. Sim and M. Kim. 2009. Application of ubiquitous sensor network for growing environmental monitoring system of a fruit tree—a case of apple tree. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(3):56-65 (전문장, 심규원, 김민. 2009. 과수의 생육환경모니터링을 위한 유비쿼터스 센서네트워크의 적용—사과나무를대상으로. *한국지리정보학회지* 12(3):56-65).
- Kang, J.A., H.J. Kwon., M.N. Bae and J.Y. Woo. 2011. A sensor node allocation system using propagation characteristic experiment and GIS. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 14(4):150-160 (강진아, 권혁중, 배명남, 우제윤. 2011. 전파특성실험과 GIS를 이용한 센서노드배치시스템. *한국지리정보학회지* 14(4):150-160).
- Kim, J.W., M.J. Yoon., J.S. On and J.Y. Lee. 2011. USN network technology trends. *The Journal of Korea Information and Communications Society* 28(9):29-39 (김재우, 윤명준, 온정석, 이재용. 2011. USN Network을 위한 기술 동향. *한국통신학회논문지* 28(9):29-39).
- Kim, K.T. and W.J. Hwang. 2009. u-City/urban construction IT convergence. *Journal of Korea Multimedia Society* 13(3):18-28 (김경태, 황원주. 2009. u-City/도시건설 IT 융합 서비스. *한국멀티미디어학회논문지* 13(3):18-28).
- Ko, I.J. and B.W. Oh. 2009. Techniques for hazard analysis of curved road based on USN. *Journal of Korea Spatial Information Society* 17(1):25-37 (고익준, 오병우. 2009. 굴곡 도로를 위한 USN 기반 위험 분석기술. *한국공간정보학회지* 17(1):25-37).
- Korea Institute of Construction Technology. 2012. BIM/GIS-based spatial information fusion technology construction. pp.1-2

- (한국건설기술연구원. 2012. BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발. 1-2쪽).
- Lee, W.S. and C.H. Hong. 2011. A study on the establishment of IT service model for the possibility of application in construction field. *Journal of Korea Spatial Information Society* 19(6):123-131 (이우식, 홍창희. 2011. 건설분야에 적용가능한 IT 서비스 모델 구축 방안 연구. *한국공간정보학회지* 19(6):123-131).
- Nam, S.K., Y.S. Oh, T.H. Kim, J.A. Kang and J.W. Kim. 2009. Developing an urban ground facilities management system based on u-GIS using an opensource GIS software. *The Korea Society For Geospatial Information System* 17(4):67-74 (남상관, 오윤석, 김태훈, 강진아, 김장욱. 2009. 오픈소스 GIS 소프트웨어를 활용한 u-GIS 기반 도시 지상시설물 관리시스템 개발. *한국지형공간정보학회지* 17(4):67-74).
- Sin, S.B., G.H. Kim and H.J. Ye. 2008. USN test bed: technology and utilization trends and test bed. *Korea Journal of Information Society* 14:55-84 (신수복, 김기형, 예홍진. 2008. USN 테스트베드 : 기술 및 테스트베드동향과 활용방안. *정보와 사회* 14:55-84).
- Yeon, Y.K. and J.G. Han. 2013. A study of the implementation of standards-based web geographic information service. *Journal of the Korean Association Geographic Information Studies* 16(1):47-58 (연영광, 한종규. 2013. 표준기반 웹 지리정보 서비스 구현방안. *한국지리정보학회* 16(1):47-58). **KAGIS**