

# USN 연동성을 고려한 실시간 국토모니터링 테스트베드 구축 방안\*

<sup>1</sup>이종욱,<sup>0</sup> <sup>1</sup>서석빈, <sup>1</sup>김영주, <sup>1</sup>박상준, <sup>2</sup>김광은, <sup>1</sup>김대영\*

<sup>1</sup>한국정보통신대학교, <sup>2</sup>한국지질자원연구원

{scinfuture, pastrol, yjkim, sigpsj1348}@icu.ac.kr, kimke@rock25t.kigam.re.kr, kimd@icu.ac.kr

## A Design Plan for Constructing The Real-time Territorial Monitoring Testbed Considering Interoperability of USN

<sup>1</sup>Jong-uk Lee,<sup>0</sup> <sup>1</sup>Sukbin Seo, <sup>1</sup>Young-Joo Kim, <sup>1</sup>Sangjun Park, <sup>2</sup>Kwang-Eun Kim, <sup>1</sup>Daeyoung Kim\*

<sup>1</sup>Information and Communications University,

<sup>2</sup>Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

### 요 약

건설교통부는 국가미래에 대비해 실질적으로 기여할 수 있는 전략적이고 중장기적인 실효성 있는 R&D 혁신 로드맵인 VC-10 사업을 진행하고 있다. 이 과제의 핵심 기술 중에 하나인 유비쿼터스 센서네트워크는 초소형 센서들로 구성된 망으로써 환경 및 재난 재해, u-City 건설, 스마트 하이웨이, 방범 및 국방, 시설 관리, 유통, 등과 같은 다양한 분야에 사용할 수 있는 유비쿼터스 사회의 핵심 요소이다. 이것은 실시간 네트워크를 통해 전송 또는 관리되고 언제, 어디서나, 어떠한 대상과 의사소통이 가능한 지능형 컴퓨팅 환경을 구현하는 것이다. 그러나 이러한 기술을 바탕으로 하는 기존의 시스템들은 특정분야를 위한 독자적인 프로토콜이나 저전력 통신을 제공하는 ZigBee 기반으로 설계되었기 때문에 소규모 범위에서만 서비스 제공이 가능하며 시스템간의 연동이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 센서네트워크간의 연동성을 고려한 대규모 실시간 모니터링 시스템을 설계하여 다양한 분야로 서비스할 수 있는 테스트베드 구축에 대한 방안을 제시하고자 한다. 여기서 모니터링 대상은 국토의 지반, 환경, 그리고 도심지역 등이다. 이렇듯 제시된 방안은 국내실정에 적합한 모니터링 시나리오를 작성하여 테스트베드를 구축 시에 요구된 사항들에 대한 정당성을 입증한다.

### 1. 서 론

전통산업으로 여겨지던 건설교통 산업이 새롭게 도약하기 위해서는 국가 신성장 동력의 창출뿐만 아니라 급변하는 기술 속에서 적극적인 첨단 기술의 수용도 강화되어야 함에도 불구하고 이에 대한 체계화된 접근과 노력이 부족했다. 최근에 들어 건설교통부는 의욕적으로 민간 업체를 다양하게 참여시키고 대학 및 연구기관들이 국가 미래에 대비해 실질적으로 기여할 수 있는 전략적이고 중장기적인 실효성 있는 R&D 혁신 로드맵인 VC-10[1]을 발표했다. VC-10은 21세기 신문명을 창조하는 미래 가치 창출자로서의 역할로 변환할 수 있는 초석을 마련하기 위한 것이다 VC-10은 u-Eco city, 초고층 복합빌딩, 도시재생시스템 지능형 국토정보기술 스마트하이웨이, 미래고속철도, 도시형 자기부상열차 해수 담수화 시스템, 중소형항공기인증기술개발로 구성되어 있다. 본 논문은 지능형 국토정보기술 과제의 일환으로써 지상모니터링 기반 기술 통합에 관한 연구이다

지상모니터링 기반기술 통합은 지반환경 정보 모니터링, 지상이동체를 이용한 정보 모니터링 동영상 정보 수집 등이 포함되어 있다. 이러한 기반기술 통합의 핵심은 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)이다. 이를 위

한 기반 기술이 유비쿼터스 센서네트워크(Ubiquitous Sensor Network)이다. 이 기술은 초소형 센서들로 구성된 망으로써, 환경 및 재난 재해, 방범 및 국방, 시설 관리, 교통, 그리고 유통 등과 같은 다양한 분야에서 사용할 수 있는 유비쿼터스 사회의 핵심 요소이다 이것은 실시간 네트워크를 통해 전송 또는 관리되고 언제, 어디서나, 어떠한 대상과 의사소통이 가능한 지능형 컴퓨팅 환경을 구현하는 것이다 그러나 이러한 기술을 바탕으로 하는 기존의 시스템들은 특정분야를 위한 독자적인 네트워크 프로토콜이나 저전력 통신을 제공하는 ZigBee[2]기반으로 설계되었기 때문에 제한된 소규모 범위에서만 서비스 제공이 가능하며 시스템간의 연동이 어렵다.

따라서, 본 논문에서는 유비쿼터스 센서네트워크간의 연동성을 고려한 대규모 실시간 모니터링 시스템을 설계하여 다양한 분야로 서비스할 수 있는 테스트베드 구축에 대한 방안을 제시하고자 한다 모니터링 대상은 국토의 지반, 환경, 그리고 도심지역 등이며 대규모 지역을 모니터링 하기 위해서 IP-USN[3]을 기반으로 하며 실시간 모니터링을 위해서 지역별 특성에 따라서 CDMA, HSDPA, Wibro, TRS 등의 통신망을 이용한다 이렇게 제시된 방안은 국내실정에 적합한 모니터링 시나리오를 작성하여 테스트베드를 구축 시에 요구된 사항들에 대한 정당성을 입증한다.

2절에서는 센서네트워크 프로토콜에 대한 소개와 기존

\* 본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(2007EN1300)에 의해 수행되었습니다.

\* 교신저자(Corresponding Author): 한국정보통신대학교 IT공학부 부교수

모니터링 시스템에 대한 문제점을 설명하고 3절에서는 대규모 실시간 모니터링이 가능한 시스템 설계에 대해서 설명하고 이들 시스템간의 연동방안을 제시한다 그리고 4절에서는 제안된 시스템의 정당성을 입증하기 위해서 국토 모니터링 시나리오를 설명한다 마지막으로 5절에서는 결론 및 향후과제에 대해서 언급한다

2. 연구배경

본 절에서는 USN 기술의 핵심인 센서네트워크 프로토콜에 대해서 기술하고 이들 프로토콜을 이용하여 모니터링 하는 시스템에 대해서 소개한다 그리고 이들 시스템 들에 대한 공통적인 문제점들을 지적한다

2.1 센서네트워크 프로토콜

센서네트워크 프로토콜의 사용은 각 시스템 별로 독자적인 프로토콜을 사용할 수 있으며 최근 활발한 연구 및 표준화가 진행되고 있는 ZigBee와 IP-USN 등의 기술을 사용할 수 있다. 독자적인 프로토콜의 경우에 각 시스템에 대해서 특성화할 수 있는 장점이 있으나 개발에 소요되는 시간 및 비용이 크며 타 시스템과의 호환 및 연동에 대한 제한이 있으므로 대규모 지역을 모니터링 하기에는 현실적으로 어렵다

ZigBee는 IEEE 802.15.4 PHY 및 MAC 기반의 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 갖는 무선통신 기술이다 이 기술은 저전력 무선 송수신기와 각종 센서를 결합하여 800MHz~2.4GHz의 주파수와 20~250Kbps의 속도로 통신할 수 있는 센서네트워크를 구성할 수 있다 하지만 계층적 라우팅 알고리즘을 가지고 있어 부모자식 관계를 갖지 않는 센서노드 간에는 상호통신을 하지 않음으로써 통신 효율 저하 및 속도 증가의 원인이 된다

이에 반해 IP-USN은 ZigBee와 동일하게 IEEE 802.15.4 기반으로 하며 각 센서노드들이 IPv6 주소체계를 가지고 있는 저전력 센서네트워크 무선통신기술이다 이 기술은 TCP/IP 기술을 도입함으로써 end-to-end 방식의 통신을 가능하게 함으로써 기존의 인터넷 기반체계를 그대로 활용할 수 있어 비용을 절감할 수 있으며 검증된 IP 기술을 활용함으로써 신뢰성과 안정성을 도모할 수 있다. ZigBee와 IP-USN은 고유의 특성으로 인하여 ZigBee는 소규모 센서네트워크에 적합하며 IP-USN은 대규모 센서네트워크에 각각 적합하다고 할 수 있다 따라서 지반정보, 환경정보, 이동체를 이용한 도로 주변정보, 각종 동영상 정보 등을 수집하여 실시간 국토 모니터링을 하기 위해서는 IP-USN 프로토콜이 적합하다

2.2 기존의 모니터링 시스템

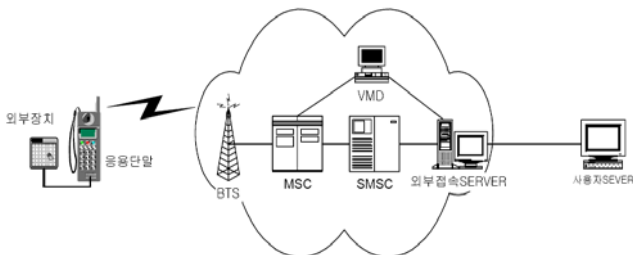


그림 1 저수지 원격 모니터링 시스템

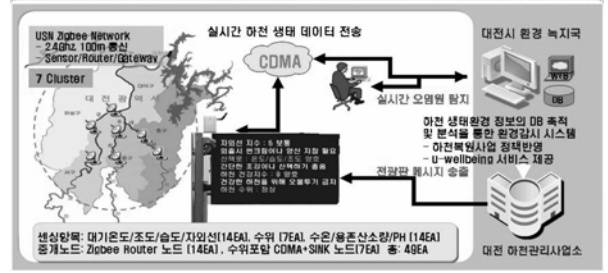


그림 2 대전시 하천 모니터링 시스템

현재의 모니터링 시스템은 초기단계로써 감시와 모니터링을 위한 센서로 구축된 네트워크를 통하여 서비스를 제공한다. 주로 고정형 센서를 사용하고 대상지역도 소규모적이며 특정 센서네트워크에 종속된 범위에서 서비스한다. 현재 적용되고 있는 시스템은 환경관리 지상 및 지하 시설물 관리, 지하철 안전 관리 서비스 등 공공 부문의 서비스가 주류를 형성하고 있다

저수지 관리를 위한 원격 모니터링 시스템[4]은 감시 지역에 설치된 센서 장치들로부터 수문제어 수량, BOD 등의 정보를 수집해서 중앙 모니터링 장치로 전송하고 중앙 모니터링 장치는 여러 원격지에서 보내온 정보를 저장 및 분석하여 GUI형태로 출력한다. 제어장치와 모니터링 시스템과의 통신은 휴대전화를 통한 SMS(Short Message Service) 통신에 기반을 둔다. 그림 1은 저수지 원격 모니터링 시스템을 보인 것이다

빌딩 모니터링 시스템[5]에서는 빌딩에 설치되어 있는 센서로부터 온도, 습도, CO2 등의 환경정보와 균열정보 등을 실시간으로 모니터링하고 그 정보를 데이터베이스에 저장한다. 저장된 정보인 센서 값들의 변화량 및 특정 지역의 환경정보에 대해서 분석할 수 있으므로 빌딩의 에너지 소모량을 예측할 수 있다 분석된 정보나 예측된 정보는 TCP/IP를 통해서 PDA나 웹으로 보인다.

현재 대전광역시에는 그림 2에서 보이듯이 국내 최초로 USN 기반의 하천 생태복원 모니터링 시스템 구축 사업을 진행하고 있다. 이 시스템[6]은 대전광역시의 3대 하천의 7개 주요 교량 주변에 USN 센서를 설치해 수소이온농도, 용존산소, 수온 등의 수질, 수위, 대기 정보를 주기적으로 측정하여 환경의 오염이나 기온상승자외선지수 초과 등의 이상 징후가 나타날 경우에 이 정보를 즉시 관리자에게 문자메시지로 전송한다 또한 수집된 정보는 USN Gateway에서 CDMA를 이용하여 실시간으로 전송되며, 이 정보는 시민들에게 제공된다 또한 제주도에서는 해양환경 데이터에 근간하여 위험을 자동으로 인지하고 능동적으로 후속 대응할 수 있는 체계를 구축하고자 제주 연안 해양 환경 정보수집 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 해상 환경을 살펴보기 위해 무선으로 상태를 모니터링 할 수 있는 센서노드를 부표에 부착하여 설치하고 해수 온도 및 용존 산소량 등을 지속적으로 모니터링 하는 시스템이다

그러나 이러한 모니터링 시스템은 소규모의 특성화된 시스템으로 구축 및 활용되고 있으며 범국가적 표준 네트워크 기술이 개발되지 않았고 센서 네트워크 응용간의 통합 인프라 기술이 미흡한 관계로 개별 시스템에서 획득한 정보를 연동 및 통합 운용에 어려움이 있다

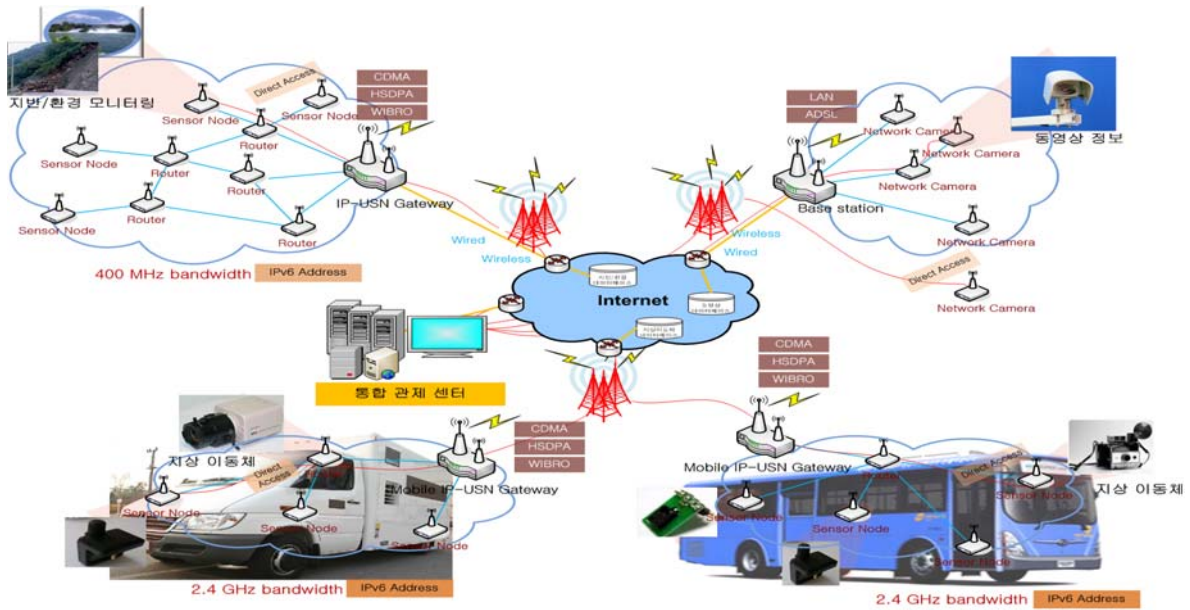


그림 3 실시간 국토모니터링을 위한 전체 시스템 구조도

### 3. 실시간 국토모니터링 시스템

본 절에서는 대규모 실시간 국토 모니터링이 가능한 전체 시스템 설계에 대해서 설명하고 IP-USN 기반의 센서네트워크에 대해서 하드웨어와 소프트웨어로 구분하여 설명한다. 그리고 이들 시스템간의 연동방안에 대해서 기술한다.

#### 3.1 전체 시스템

그림 3과 같이 실시간 국토모니터링 시스템은 지반환경 모니터링 수집 시스템 동영상 수집 시스템 지상 이동체를 이용한 환경정보 수집 시스템으로 구성된다 동영상 수집 시스템에서는 네트워크 카메라들이 TCP/IP 네트워크로 구성되고 Base Station과 인터넷망과의 연결은 LAN이나 ADSL을 이용한다. 또는 TCP/IP 인터넷망과 직접으로 연결하여 사용할 수 있다 그리고 나머지 시스템에서는 IP-USN 기반으로 센서네트워크가 구성되며, IP-USN Gateway와 인터넷망과의 연결은 지역적 특성 등을 고려하여 Wibro, HSDPA, CDMA 등을 이용한다. 각 시스템에서 수집되는 정보들은 유무선 네트워크를 통해서 분산 데이터베이스에 저장되고 통합 관제 센터에서는 이들 데이터베이스를 통합 관리한다 이러한 분산 데이터베이스는 물리적으로 여러 시스템에 분산되어 있는 데이터베이스를 논리적으로 통합하여 사용하므로 확장성, 효율성, 신뢰성을 확보할 수 있다.

그림 3에서 지반/환경 모니터링 시스템은 국가 주요 시설물에 대한 미소전위, 미소진동, 미세변위, 변형률, 온도, 수위, 수질, 배기/대기 가스, 토양에 관련된 정보 등을 측정하며, 네트워크 형태는 눈, 밭과 같은 평지인 경우에는 스타 토폴로지를 사용하고 우거진 나무 숲, 언덕, 사면, 굴곡 지형 등의 경우에는 멀티홉 메쉬 토폴로지를 사용한다. 그리고 주파수 대역은 회절성이 좋은 400MHz 대역을 사용하는 것이 좋다. 동영상 수집 시스템은 여러 공공기관 및 민간기관에서 구축하여 활용중인 CCTV 시스템과 연계하여 국토 모니터링에 필요한 동영

상 정보를 제공하며 네트워크 카메라는 스타 토폴로지와 Peer-to-Peer 토폴로지를 사용한다. 그리고 실시간 전송을 위하여 스트리밍 서비스를 지원하고 기존의 CCTV 영상을 스트리밍 하기 위한 변환 서비스도 지원한다. 지상 이동체를 이용한 정보 수집 시스템은 특수차량과 대중교통을 이용하여 고정형 기반의 모니터링 시스템의 한계를 보완하고 광범위한 지역을 실시간으로 모니터링 한다. 모니터링 대상은 노면상태, 도로제원, 도로 주변 시설물, 도로정보, 오존, 황사 정보 등이다. 네트워크 형태는 주로 스타 토폴로지를 사용하지만 실내외에 노드 배치로 인한 통신거리 제약이 생길 경우에는 트리 토폴로지를 사용한다. 왜냐하면 그림 3에서 보듯이 차량 내부나 외부에 센서들이 설치되기 때문이다 그리고 주파수대역은 2.4GHz 대역을 사용하는 것이 좋다.

#### 3.2 국토모니터링 센서네트워크

연동성을 고려한 실시간 국토 모니터링 시스템을 구축하여 위하여 센서네트워크는 IP-USN 센서노드와 IP-USN 게이트웨이로 구성되며 설치되는 환경에 따라서 스타, 스트리밍, 트리, 메쉬 형태의 네트워크 구성을 가진다. IP-USN 센서노드는 주변 정보를 실시간으로 감지하고 가공하여 지역적으로 구성되어진 네트워크를 통

표 1 응용에 따른 센서 종류

| 응용     | 센서 종류   |
|--------|---|
| 환경정보   | 수위 센서, 수질 센서, 대기가스 센서, 온도 센서, 습도 센서, 토양 관련 센서 등 |
| 지반정보   | 미소진동 센서 공극 수압 센서 등                              |
| 지상 이동체 | GPS, 카메라, 레이저 스캐너, 초음파 센서, 소음 센서 등              |
| 대중교통   | 배기가스 센서, 자외선 및 오존 센서 위치 센서, 조도 센서 등             |



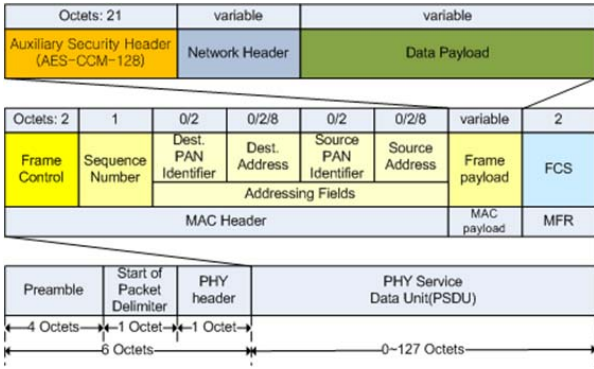


그림 4 802.15.4 데이터 프레임 포맷

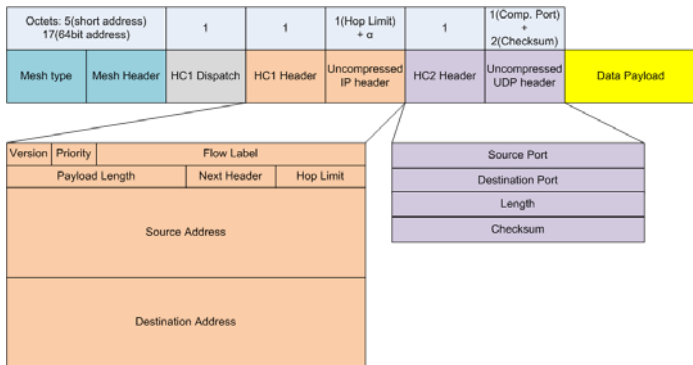


그림 5 네트워크 헤더

하여 전송한다. 그리고 IP-USN 게이트웨이는 USN과 기존의 IP기반 네트워크와의 연동을 담당하고 각 노드에서 전송된 정보를 수집하여 인터넷망에 연결된 통합 관제 서버로 전송해 주는 역할을 한다. 각 노드는 IPv6 주소체계를 가지고 있으므로 IP-USN 전용 게이트를 사용하여 인터넷에 접근이 가능하다.

### 3.2.1 IP-USN 센서 노드

IP-USN 센서 노드의 하드웨어 구성은 기본적으로 주변 정보를 감지하는 센서, 감지된 정보를 프로세싱하기 위한 저전력 기반의 MCU(Micro Controller Unit), 센싱 정보의 전송 및 통신을 위한 RF Transceiver로 구성된다. 그리고 표 1에서 알 수 있듯이 각 응용의 요구 사항에 따라 다양한 센서들로 구성될 수 있으므로 다양한 센서의 동작 방식을 지원하기 위해서 Interrupt 및 Timer Input 또는 Output Capture와 아날로그 타입의 자료 출력을 위한 ADC등의 다양한 입출력 인터페이스를 제공한다.

각 IP-USN 센서 노드에는 통신을 위한 네트워크 스택과 USN서비스를 위한 운영체제와 응용 프로그램이 탑재된다. MAC 계층은 CSMA/CA기반의 저전력을 지원하도록 하는 802.15.4 MAC을 기반인 Duty Cycling 메커니즘을 제공하도록 하고 국토 모니터링 센서 네트워크는 네트워크가 설치되는 지역의 특성에 따라 다양한 네트워크 형태를 지닐 수 있다. 각각의 네트워크 특성에 적합한 라우팅 프로토콜과 트리 네트워크 구성을 위한 Hi-Low[7], 메쉬 네트워크 구성을 위한LOAD[8] 그리고 이동성을 지원하는 네트워크 구성을 위한DYMO[9] 라우팅 프로토콜을 지원하도록 한다. 두 번째, 운영체제 및 어플리케이션은 다양한 지역 및 응용에 사용될 수 있

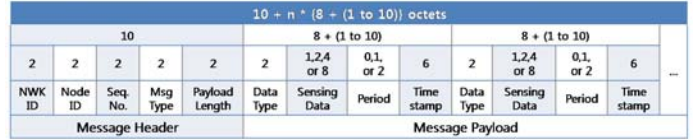


그림 6 센싱 데이터 포맷  
 으므로 센서 노드나 설치환경에 의존적으로 변경될 수 있다.

### 3.2.2 IP-USN 게이트웨이

IP-USN 게이트웨이는 네트워크 조정자로서 센서 네트워크의 구성 정보를 관리하며 외부의TCP/IP 네트워크와의 통신을 위한 매개체로서의 역할을 지닌다. 더불어, IPv6를 기반으로 정의된 IP-USN 네트워크를 IPv6 뿐만 아니라 현재 가장 널리 사용되고 있는IPv4 네트워크에도 전송 가능하도록 해주기 위한IPv4/IPv6 듀얼 스택과 IP-USN 네트워크와 외부 TCP/IP 네트워크와의 통신을 위해서 전송되어지는 패킷을 변환해 주는 Adaptation Layer, 게이트웨이 내부적으로 센서 네트워크의 구성 및 관리자 모듈과TCP/IP 네트워크와의 통신을 가능하게 해주는 변환 모듈간의 통신을 위한 시리얼 인터페이스로 구성되어 있다. 따라서 IP 주소를 통하여 모든 센서 노드의 정보 전달 및 접근이 가능해지게 된다.

### 3.3 센서네트워크 연동 방안

각종 센서를 기반으로 한 상시 실시간 국토 모니터링 시스템을 통합적으로 운영하고 표준화된 인터페이스를 제공하기 위해 공용의 센싱 데이터 포맷 및DB(데이터 베이스) 등을 제안함으로써 네트워크 간 연동성을 제공하도록 한다. 표준화된 센싱 데이터 포맷을 제공하여 개별적으로 이루어지던 여러 국토 모니터링 시스템을 통합 운영하게 되어 센싱 정보 교환의 용이성과 관리의 편리성으로 인한 비용 절감 및 정보 공유의 활성화를 증대시킬 수 있다. 그림 4에서 보여주는 802.15.4 데이터 프레임 포맷[10]을 기반으로 UDP를 이용하여 통신할 수 있도록 같이 제시한다.

전체 헤더의 크기가 46 바이트의 경우, 네트워크 헤더 및 데이터 페이로드를 합하여81 바이트의 크기를 제공하는데 RFC 4944[11]의 규격을 따라서 네트워크 헤더가 압축되어질 수 있다. 그림 5에서 보이는 네트워크 헤더는 하나의 PAN(Personal Area Network) 내에서 센서 노드 간에 통신을 할 경우, Version, Priority, Flow Level, Payload Length, Next Header, Source Address, Destination Address가 압축 가능하여 2바이트로 최소화할 수 있고 UDP 헤더의 Source Port, Destination Port, Length를 압축하여 4바이트로 최소화할 수 있게 되어 데이터를 70바이트 크기까지 전송이 가능하다. 한편, 센서 노드와 외부 네트워크와 통신할 경우 Source Address, Destination Address를 128 비트의 IPv6 주소로 명시해야 하여 Source Address, Destination을 제외하고 앞의 경우와 같이 헤더 압축이 가능하여54바이트 크기의 데이터 전송이 가능하다. 헤더 다음 센싱 데이터를 그림 6과 같이 포함하고 있다.

유동적인 메시지 크기 조절 및 다양한 데이터 표현의

| 2 octets          |          |             |                  |
|-------------------|----------|-------------|------------------|
| 8 bits            | 2 bits   | 2 bits      | 4 bits           |
| Sensing Data Type | Reserved | Period Type | Data Format Type |
| Data Type         |          |             |                  |

| 2 bits | Period Type |                    | 4 bits  | Data Format Type       |
|--------|-------------|--------------------|---------|------------------------|
| 0      | 0           | 주기 표현하지 않음.        | 0 0 0 0 | unsigned int (8 bits)  |
| 0      | 1           | 분 단위 주기 (mm)       | 0 0 0 1 | unsigned int (16 bits) |
| 1      | 0           | 초 단위 주기 (ss)       | 0 0 1 0 | unsigned int (32 bits) |
| 1      | 1           | 분, 초 단위 주기 (mm:ss) | 0 0 1 1 | unsigned int (64 bits) |
|        |             |                    | 0 1 0 0 | unsigned int (8 bits)  |
|        |             |                    | 0 1 0 1 | unsigned int (16 bits) |
|        |             |                    | 0 1 1 0 | unsigned int (32 bits) |
|        |             |                    | 0 1 1 1 | unsigned int (64 bits) |
|        |             |                    | 1 0 0 1 | float (32 bits)        |
|        |             |                    | 1 0 1 0 | double (64 bits)       |

그림 7 센싱 데이터 포맷의 Data Type 목적을 위해 Message Header, Message Payload로 구분하여 구성하였다. Message Header는 Network ID (NWK ID), Node ID, Sequence Number (Seq. No.), Message Type(Msg Type), Payload Length가 있고, Message Payload에는 Data Type, Sensing Data, Period, Timestamp가 포함되어 있다. Message Header는 해당하는 Data Payload의 속성을 정의 하고 있어서 네트워크 및 센서 노드를 구분하고UDP를 이용하여 메시지 도착을 확인하기 위한 Sequence Number가 있다. 더불어, 센서 네트워크에서 교환되는 메시지는 여러 종류가 있을 수 있다. 예를 들어, 시각 동기화를 위한 요청/응답 메시지, 센서 노드 모니터링을 위한 Alive 요청/응답 메시지, 실제 센싱 데이터를 전달하는 센싱 데이터 메시지 등이 가능하다 이를 구분하기 위해서 Message Type을 공통적으로 정의하고 헤더에 포함시켜 메시지를 구분하고 Message Payload의 길이 정보를 제공한다

실제 메시지가 포함되는 Message Payload는 하나의 센싱 데이터당 센서 종류를 구분하기 위한Data Type, 실제 데이터가 있는Sensing Data, 현재 센서 노드의 센싱 주기 (Period), 측정 시간 (Timestamp)이 같이 포함되어 전달된다. Data Type에서는 그림 7과 같이 처음 1 바이트는 256가지의 센싱 데이터를 구분하고 다음 2바이트는 남겨둔 상태이며 다음 2비트는 Data Type 다음에 붙여지는 센싱 주기(Period)의 표현 방식을 결정하는 것으로 센서의 종류에 따라 표현하지 않거나 분이나 초단위의 센싱 주기의 표시하거나 분과 초를 같이 표시하는 경우가 있는 경우 그에 맞게 설정하여Period를 전달한다. 마지막 4 비트는 센싱 데이터의 형식을 결정하는 데 다양한 센싱 데이터 표현을 지원하기 위해서10 가지의 변수 표시 방식을 지원하여 용도 및 범위에 맞게 사용할 수 있도록 지원한다. 다음에 위치하는 Sensing Data 영역은 앞서 정의한 Data Format Type에 맞게 1, 2, 4, 8 바이트의 크기로 정의되어 데이터를 포함하게 된다 Period 영역 역시 앞서 정의한 Period Type에 맞게 표시 되지 않거나 1, 2 바이트의 크기만큼 정의되어 진다 실제 표현 방식은 시간을 표시하기 위해 그림 8처럼 BCD Code 형태로 시간 정보를 포함한다 마지막의 Timestamp 영역 또한 유사하다. 6바이트 크기를 가지고 YY:MM:DD:hh:mm:ss(년:월:일:시:분:초) 정보를 BCD Code 형태로 표현한다.

| 2 octets |    |    |    |   |   |   |         |   |    |    |    |   |   |   |   |
|----------|----|----|----|---|---|---|---------|---|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 octet  |    |    |    |   |   |   | 1 octet |   |    |    |    |   |   |   |   |
| X        | 40 | 20 | 10 | 8 | 4 | 2 | 1       | X | 40 | 20 | 10 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| mm (분)   |    |    |    |   |   |   | ss (초)  |   |    |    |    |   |   |   |   |
| Period   |    |    |    |   |   |   |         |   |    |    |    |   |   |   |   |

그림 8 Period 영역 표현 방식

센싱 데이터의 특성에 따라 구별하여 사용이 가능하고 다양한 정수 및 실수의 표현으로 정확성을 제공하며 기존에 사용하고 있는 변수 형식을 센싱 데이터 포맷에 맞게 변환해야 하는 어려움 없이 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다. 유동적인 센싱 데이터 포맷을 표준화하여 네트워크 및 통합 모니터링 시스템에 사용함에 따라 센싱 정보의 교환과 보관이 매우 용이하며 통합적으로 각 정보들을 활용할 수 있다.

다음으로, 데이터를 보다 효과적으로 보관하기 위하여 표준화된 센싱 DB를 제시한다. 분산 DB 개념 도입, 표준화된 명명 규칙 정립 DB 도메인 표준화 등을 적용하여 설계한다. 전체 구조는 각 모니터링 시스템마다 독자적인 DB가 구축되고 이들을 통합 관리하기 위한 통합 및 백업 서버를 구축하여 사용자에게 각각의 모니터링 정보에 접근할 수 있도록 한다. 더불어, DB의 표준화 과정의 하나로 여러 시스템에 분산된DB를 논리적으로 통합하기 위한 분산DB를 도입한다. 대용량 DB 구축과 새로운 시스템의 추가 및 삭제가 용이하여 대규모 통합 모니터링 시스템 적절하다. 분산 DB는 각 시스템간의 조정을 위한 복잡도 증가로 소프트웨어 개발 비용이 증가되는 단점이 있으나, 센싱 데이터 표준화를 통하여 비용을 최소화하고 관리의 편의성을 제공할 수 있다 또한, DB의 명명 규칙을 설정하여 표준화된DB 구축이 가능하도록 하고 도메인 표준화를 통하여 유사한 데이터 타입을 재활용하고 같은 유형에 데이터 타입에 대한 지정을 일괄적으로 수행할 수 있도록 제공하여 효율적인 활용 및 관리가 가능하다.

#### 4. 국토모니터링 시나리오

그림 9는 대전광역시의 갑천 주변 지역을 대상으로 설계한 국토 모니터링 시스템 시나리오이다 IP-USN 기반의 모니터링 시스템과 통합 관제 센터로 구성되어진 이 예제는 대전 지역의 다양한 정보들을 모니터링 하고 다양한 정보를 이용하여 실시간 웹서비스 및SMS를 제공하고 위험 상황 발생 시에 빠르게 대처할 수 있다

대중교통 및 특수 차량의 지상 이동체를 기반으로 한 모니터링 시스템은 실제 도로를 주행하면서 실시간 교통량, 날씨, 오존 및 배기가스량 노면 상태 정보 등을 전송 한다. 이동체의 위치 정보를 기반으로 특정 지역의 상태를 모니터링하고 교통량 및 대기 상태에 대해서 현재 그 지역에 있는 사람들에게 실시간으로SMS를 제공한다. 지상 이동체의 경우 차량의 Mobile IP-USN Gateway를 통해서 통합 관제 센터와 정보를 교환한다 다음으로, 네트워크 카메라를 이용하여 주차장 상태 교통량, 환경 상태 등을 모니터링 한다 엑스포 과학 공원 내 주차 시설 상태를 파악하고 주차 문제를 조기에 해결할 수 있도록 하고, 교량에 설치한 네트워크 카메라는 교량 위의 교통량 및 갑천의 현재 수위의 실시간 확인이 가능하고 위험 상태에 대한 대비를 갖출 수 있다 또한,





그림 9 국토 모니터링 시스템 시나리오

주요 다리에 센서 노드를 설치하여 하천의 수위 및 수질 정보의 모니터링으로 하천 범람에 대비하고 관련 공공 기관과 정보를 공유하고 활용할 수 있다 마지막으로, 터널 및 지반의 위험성이 있는 지역에 대한 모니터링을 통해서 재난재해를 조기에 예방하고 감시 할 수 있도록 한다.

각각의 모니터링 시스템은 센서 노드가 배치되고 통합 시스템과 연동을 통하여 다양한 지역에 설치가 가능하다. 주변 환경에 맞추어서 네트워크 토폴로지를 구성할 수 있는데, 도심의 고층 건물 등으로 인해 가로막힌 곳이 많은 경우에는 멀티홉 메시 형태의 구성을 지원하고 평지 등의 경우는 스타 또는 트리 형태의 구성을 통해 최적의 센서네트워크를 형성하고 시각 동기화 등을 통해 실시간 통신이 이루어진다 통합 모니터링 시스템과의 연동을 위해 측정된 센싱 데이터는 정해진 포맷에 따라 정형화 되고 서버로 전달되어 활용된다 더불어, 각 시스템은 관리자로부터 명령을 받아 센싱 주기 변경 센서 노드의 상태 정보 확인 MAC 및 네트워크 프로토콜 변경을 통해 유기적인 시스템 구성 및 관리가 가능하다

이와 같은 통합 모니터링 시스템을 구축함에 따라 대전 지역의 다양한 환경 정보 등이 모니터링 되고 여러 방면에서 활용되어 진다. 이러한 시스템은 비단 국한된 지역뿐만 아니라 한반도 주요 도시 및 여러 지역의 시스템과 연동을 통해 국토 전체를 통합적으로 관리할 수 있는 실시간 모니터링 시스템 구축으로 발전할 수 있다

### 5. 결론

건설교통부의 VC-10 과제의 일환으로 진행하고 있는 지능형 국토정보기술을 위한 연구로써 유비쿼터스 센서 네트워크간의 연동성을 고려한 대규모 실시간 모니터링 시스템을 설계하여 다양한 분야로 서비스할 수 있는 테스트베드 구축에 대한 방안을 제시하였다 제시된 방안은 지반/환경 모니터링, 지상 이동체를 이용한 모니터링 동영상 수집을 위한 것이다 테스트베드 구축을 위한 가상 리오는 대전 갑천 주변 지역으로 선정하여 모니터링 시스템을 적용하였고 작성된 시나리오는 재난재해를 조기

에 예방할 수 있고 도심에 관련된 문제를 해결할 수 있다. 또한 공공 기관과 정보를 공유하고 활용할 수 있다 향후과제로는 국토 모니터링 시나리오를 바탕으로 하드웨어 및 소프트웨어를 구현하여 실제 필드에 설치하여 본 논문에서 제시된 방안을 실험적으로 증명하는 것이다

### 참고문헌

- [1] 이성해, "건설 R&D 혁신 로드맵, 무엇을 지향하나," 건설저널, 58-60, AURIC, 2006. 8.
- [2] ZigBee Alliance Web site, <http://www.zigbee.org/>
- [3] 김대영, 이종욱, 김은조, 강지훈, 홍성민, 정우영, "글로벌 센서네트워크 플랫폼 구현" 한국정보과학회지, 25(12): 83-92, 한국정보과학회, 2007. 12.
- [4] 차국찬, "저수지관리를 위한 무선 원격 모니터링 시스템 구축," 산학기술협력연구논문집 4: 99-106, 건양대학교 산학기술협력연구소 2001. 12.
- [5] 장형준, 김범수, 공영배, 박귀태, 심일주, "무선 센서네트워크를 이용한 건축물 모니터링 시스템 구현 제어자동화시스템공학 논문지 13(6): 568-573, 제어로봇시스템학회 2007. 6.
- [6] 김관중, 김선진, 김내수, 표철식, "USN 서비스 및 시장 동향," 한국정보과학회지, 25(12): 7-18, 한국정보과학회, 2007. 12.
- [7] K. Kim, S. Yoo, S. Daniel Park, J. Lee, and G. Mulligan, "Hierarchical Routing over 6LoWPAN (HiLow)," Internet-Draft, IETF Network Working Group, Jun. 2007.
- [8] K. Kim, S. Daniel Park, G. Montenegro, S. Yoo, and N. Kushalnagar, "6LoWPAN Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (LOAD)," Internet-Draft, IETF Network Working Group, Jun. 2007.
- [9] K. Kim, G. Montenegro, S. Park, I. Chakeres, and C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand for 6LoWPAN (DYMO-low) Routing," Internet-Draft, IETF Network Working Group, Jun. 2007.
- [10] LAN/MAN Standards Committee, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE Standard, IEEE Computer Society, Sep. 2006.
- [11] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," RFC 4944, IETF Network Working Group, Sept. 2007.