

# 센서 기반 지능형 u-City 도시시설물 통합관리의 개념 및 적용

## The Concept and Application of Sensor-based Integrated Intelligent Management of Urban Facilities for the u-City

이재욱\*      백송훈\*\*      서명우\*\*\*      송규석\*\*\*\*  
Lee, Jae Wook      Baik, Song Hoon      Seo, Myung Woo      Song, Kyu Seog

### Abstract

In the process of urban development, the increase in the number and the complexity of urban facilities gives rise to a variety of problems, such as increase in construction and maintenance cost. In particular, taking into account the fact that an emergency situation in an urban facility can cause substantial loss of property as well as casualties, it becomes important to intelligently perceive states of facilities and properly execute countermeasures through real-time monitoring. In recent years, practitioners and researchers have made efforts to improve current passive and manpower-dependent facility management systems to be more active and intelligent, by applying diverse ubiquitous computing technologies for the u-City project. In this study, after discussing major drawbacks of the conventional facilities management, the concept and the model of a sensor-based integrated intelligent management system for urban facilities are proposed. The proposed model, by analyzing and processing real-time sensor data from urban facilities, not only supports the management of individual facilities, but also enables the detection of complex facility-related events and the process of their countermeasures. This active and intelligent management of urban facilities is expected to overcome the limitation of the conventional facilities management, and provide more suitable facility management services for the u-City development.

키워드 : 유비쿼터스 시티, 도시시설물관리, 실시간 센서 정보, 도시객체식별자, 상황인식

Keywords : u-City, Urban facility management, Real-time sensor data, Urban object identification, Context-awareness

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

도시의 급속한 성장으로 인하여 도시생활에 필요한 시설물은 날로 증가하고 있으며 그 구조 또한 복잡하고 다양해지고 있다. 이러한 도시시설물의 증가와 복잡화는 구축 및 관리비용의 상승뿐 아니라 여러 가지 관리상의 문제를 유발시키고 있어 효율적이며 경제적인 도시시설물 관리기술 개발이 시급히 요구되고 있다. 이러한 측면에서 최근 신도시를 중심으로 진행되고 있는 유비쿼터스 시티(Ubiquitous City, 이하 u-City) 사업을 중심으로 물리적 환경과 정보기술의 결합을 통하여 기존 도시시설물 관리가 가지는 문제를 해결하기 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있다. 특히, 과거 공공기관 위주의 이력 및 위치

를 중심으로 한 단순 시설물 관리에서 벗어나, 도시 내 각종 시설물들에 대한 정확한 공간 및 상태 정보의 공유를 위한 환경조성이 중요한 사안으로 부각되고 있다(김태훈 외, 2008). 이는 시설물에 대한 관리 목적 외에 각종 안전사고와도 직결되는 시설물의 상태를 보다 정확하게 감지하여 재산 및 인명 손실을 최소화하기 위함이다.

이와 같이 시설물에 대한 공간 정보와 실시간 상태 정보는 시설물 자체의 효율적인 관리를 위한 정보로서 뿐만 아니라 앞으로 u-City에서 제공될 다양한 서비스의 개발 및 운용에 필요한 기반 정보로도 활용될 것이다(남상관 외, 2008). 최근 들어 이러한 실시간 시설물 정보의 수집 및 분석을 위하여 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 도입이 활발히 이루어지고 있으며 이를 통하여 기존의 수동적이며 인력 의존적인 시설물 관리를 보다 능동적이며 지능적으로 개선하려는 노력을 기울이고 있다(Krishnamurthy 외, 2008; Yu 외, 2000; 강준묵 외, 2003; 김의명 외, 2006).

\* 교신저자, KT 중앙연구소 책임연구원 (nugulee@paran.com)  
\*\* KT 중앙연구소 수석연구원 (baiksh01@paran.com)  
\*\*\* KT 중앙연구소 수석연구원 (myungws@paran.com)  
\*\*\*\* KT 중앙연구소 책임연구원 (letter@kt.com)

본 논문에서는 먼저, 현황 분석을 통하여 기존 도시시설물 관리가 가지는 주요 문제점을 살펴보고 이를 극복할 수 있는 도시시설물 통합관리의 개념을 제시하고자 한다. 그리고 분석결과를 토대로 지능형 도시시설물 통합관리시스템<sup>1)</sup> 구현에 필요한 핵심 기술 요소와 u-City 적용 모델에 대하여 기술하고자 한다.

**1.2 연구범위 및 방법**

본 연구의 공간적 범위는 크게 지상 및 지하 공간으로 나뉜다. 지하 부문은 7대 지하시설물인 상수도, 하수도, 가스, 통신, 전기, 송유관, 난방열관을 대상으로 하며 지상 부문은 원칙적으로 기존 도시정보시스템(Urban Information System, 이하 UIS)에서 관리하는 지상시설물을 적용 대상으로 하며 건물, 도로, 교량, 가로등, 가로수 등을 포함한다. 이러한 공간적 범위 안에서 시설물에 대한 통합적이며 지능적인 관리를 위한 기술 요소의 개발과 시스템 구축을 기술적 범위로 설정하여 연구를 진행하였다. 기술적 범위를 좀 더 세분화하면, 지하 및 지상시설물에 대한 공간 정보와 센서 정보의 수집, 수집된 센서 정보의 분석을 통한 상황 판단, 그리고 판단 결과에 따른 필요 조치의 수행으로 나누어 볼 수 있다.

본 연구를 수행함에 있어 우선적으로 기존 도시시설물 관리의 현황과 문제점을 분석한 후 이를 바탕으로 지능형 도시시설물 통합관리의 개념을 정립하고 목표 시스템에 대한 요구 사항과 개발 방향을 설정하였다. 그리고 도출된 목표 시스템을 구현하기 위하여 도시객체식별자, USN, 상황인식 등 필요한 기술 요소를 파악하고 이를 토대로 적용 모델을 설계하였다. 끝으로, 실제 시설물을 대상으로 현재까지의 연구결과물에 대한 테스트와 검증을 실시하였으며 이를 바탕으로 제시된 모델의 적용 가능성을 평가하였다.

**2. 도시시설물 통합관리의 필요성 및 기능**

**2.1 기존 시설물 관리 현황 및 통합관리의 필요성**

시설물 관리의 기본적인 목적은 시설물에 대한 점검, 보수, 보강을 통하여 시설물의 상태와 기능을 유지함으로써 이용자의 편의와 안전을 도모하는 것이다(지능형국토정보기술혁신사업단, 2009). 하지만 대부분의 시설물은 설계 및 건설에 소요되는 기간이 길고 완공 후에도 장기간 사용 후 폐기되므로 시설물을 구성하는 부재, 부품, 설비 등의 노후화나 고장으로 인한 성능 및 안정성의 저하가 발생할 수 있으며 이로 인하여 이용자에게 불편을 초래하거나 심할 경우 재난 혹은 재해로 이어져 막대한 인명 및 재산상의 피해를 가져올 수 있다. 이러한 시설물이 가지는 특성을 고려할 때 실시간 점검을 통한 시설물의 품질, 성능, 안정성의 확보는 시설물 관리에 있어 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

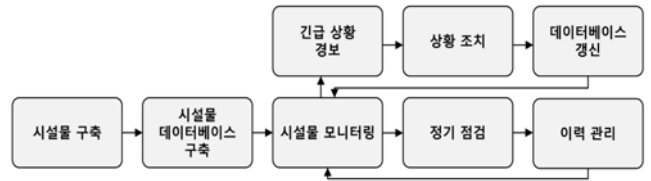


그림 1. 시설물 관리 프로세스

일반적으로 지하에 설치된 상하수도, 통신, 가스, 전력 관련 시설물들은 설치 단계에서부터 도면에 표시되어 정기적인 점검과 함께 실시간 모니터링을 통한 관리가 일부 시행되고 있다. 한편, 교량이나 도로교통시설 등과 같은 지상시설물들의 경우에도 센서를 이용한 상태 모니터링이 시도되고 있으나 현재까지 기술적, 경제적 이유들로 인하여 실시간 모니터링을 통한 유지보수는 제한적으로 이루어지고 있다(김태훈 외, 2008). 그림1은 일반적인 시설물 관리 과정을 도식화한 것이다.

국외의 경우에도 전반적인 관리 현황은 국내 상황과 크게 다르지 않으나 3D GIS의 활용, 다양한 센서 및 RFID의 적용, 정보 수집을 위한 네트워크 구축 등은 국내보다 활발히 이루어지고 있다. 특히 미국의 경우, CAD, GIS 등 공간정보 관련 기술의 적극적인 활용과 함께 센서, 네트워크 등과 같은 기반 분야의 우수한 기술력을 바탕으로 시설물 관리의 효율성과 경제성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 아직까지 u-City가 표방하는 실시간 모니터링 보다는 인력 의존적인 현장 점검과 이력 관리 위주로 실시되고 있다(지능형국토정보기술혁신사업단, 2009).

이와 같이 기존 도시시설물 관리는 위치 정보를 기반으로 한 제한적인 모니터링만 이루어질 뿐 대부분 신고나 순찰자의 점검으로 상태가 파악되고 있는 실정이다. 또한 도시시설물들의 용도와 관리주체에 따라 서로 다른 방식과 시스템으로 관리되고 있어 재난상황 발생 시 상호연계를 통한 체계적인 대응이 어렵고, 중복적인 관리시스템 구축과 운용으로 인한 비용 문제가 발생되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 무엇보다 기존의 개별 관리 방식에서 통합 관리 방식으로의 전환이 필요하다. 도시시설물 관리에 필수적인 위치 정보를 공동으로 활용하면 개별 시설물 관리 시스템의 중복 구축으로 인한 예산 낭비를 줄일 수 있으며(김명호 외, 2002), 센서를 활용한 시설물 상태 모니터링도 하나의 모니터링 시스템으로 통합하게 되면 시스템의 경제적 구축과 효율적인 인력 운용이 가능할 것이다. 더불어 서로 다른 시설물들의 정보도 공유할 수 있으므로 시설물 관련 상황에 보다 지능적으로 대응할 수 있을 것이다.

**2.2 도시시설물 통합관리의 기능**

u-City는 도로, 건물, 시설물 등 도시 인프라와 언제, 어디서나 통신이 가능한 유비쿼터스 네트워크 기술의 결합을 바탕으로 도시 기능의 융합, 통합, 지능화를 통한 편리하고, 안전하며, 쾌적하고, 건강한 첨단 도시 구축을 목표로 한다(한국정보사회진흥원, 2008). u-City가 제공하는

1) 본문에서 '지능형 도시시설물 통합관리'는 도시시설물에 대한 지능적인 통합관리를 의미함.

서비스로는 시설물 관리, 교통, 환경, 방법, 방재, 교육, 행정 등이 있으며 일반적으로 이러한 서비스의 제공 방식과 구조는 전통적인 서비스와는 다른 형태를 가진다. 즉, 센서와 유무선 통신망 기술을 기반으로 다양한 도시 내 정보를 동기적 혹은 비동기적으로 수집하고 이렇게 수집된 정보를 해석하고 처리함으로써 사용자의 상황에 맞는 최적의 서비스를 제공하게 된다(김은정 외, 2007; 김형준, 2008; 양정선 외, 2005). 이와 같이 사용자에게 맞춤형 서비스를 제공하기 위해서는 기본적으로 사용자가 위치하고 있는 물리적 환경에 대한 공간 정보와 실시간 상태 정보가 필요하다. 따라서 각종 서비스의 공간적 기반이 되는 도시시설물에 대한 정보 통합과 지능적인 관리가 u-City 시설물 관리의 핵심이라 할 수 있다.

주요 도시시설물로는 7대 지하시설물을 비롯하여 기존 인프라에 해당하는 교량, 도로교통시설, 공원, 하천 등이 있으며 다양한 센서, 센서 정보 현장수집장치, 전자계시판 등도 도시시설물에 포함될 수 있다. 이러한 시설물들은 공공 서비스를 제공하기 위한 필수 시설로서 거주민의 편리한 생활뿐 아니라 생존과 안전을 위해서도 항상 정상 상태로 유지되어야 하며 문제가 발생할 경우에는 즉시 상황에 맞는 조치가 취해져야 한다. 하지만 도시가 복잡해지고 시설물들이 증가할수록 이러한 작업은 많은 인력과 비용을 요구하게 되며, 특히 교통관련 시설과 전기 등 사회기반시설의 경우, 이상 상황 발생을 즉시에 파악하지 못하면 많은 인적, 물적 희생이 따르는 재난으로 이어질 수 있다. 따라서 u-City에서는 각종 센서와 USN 등의 발전된 유비쿼터스 기술 기반의 지능적인 시설물 통합관리를 통하여 이러한 문제점들을 경제적이고 효율적으로 해결할 수 있는 방안을 모색하고 있다(김태훈 외, 2008).

표1은 u-City를 구성하는 다양한 도시시설물의 지능적인 통합관리에 필요한 주요 기능을 정리한 것으로 이 중에서 특히 시설물 관리 기능은 위험상황 관리, 유관기관 연계, 대시민 정보 제공 등 여타 기능들의 수행에 필요한 기반 정보를 제공하는 핵심적인 요소라 할 수 있다.<sup>2)</sup>

표 1. 지능형 도시시설물 통합관리의 주요 기능

기능 구분	정의
시설물 관리	- 시설물을 실시간으로 모니터링 하기 위한 기능 - 시설물에 설치되는 센서를 관리하기 위한 기능
위험상황 관리	- 시설물의 위험 상황 여부를 판단하는 기능 - 판단결과를 기반으로 위험상황에 대처하는 기능
유관기관 연계	- 유관기관 간 정보를 공유하기 위한 기능 - 위험상황 발생 시 대처를 위한 정보 연계 기능
대시민 정보제공	- 일반 시민들에게 필요한 정보 제공 기능

2) 지능형국토정보기술혁신사업단, 도시시설물 지능화 기술개발 1 단계 연구보고서, 2009

### 3. 지능형 도시시설물 통합관리의 개념 및 기술 요소

앞 장에서 살펴본 바와 같이 도시시설물의 경제적이며 효율적인 관리를 위해서는 무엇보다 시설물 및 센서 정보의 통합화와 함께 관리 방식의 지능화가 요구된다. 따라서 본 장에서는 그림2에서 보는 바와 같이 세 가지 측면에서 지능형 도시시설물 통합관리의 개념을 제시하고 이를 시스템적으로 구현하기 위한 필요 기술 요소들에 대하여 설명하고자 한다.



그림 2. 지능형 통합관리의 개념 및 기술 요소

#### 3.1 개념

지능형 도시시설물 통합관리는 개념적으로 시설물 정보 통합, 센서 정보 통합, 지능적 상황 판단을 기반으로 한다. 즉, 개별 시설물의 기본 정보와 센서 정보를 통합적으로 수집하고 이를 지능적으로 분석하여 시설물의 상황에 맞는 조치를 수행하게 된다. 이러한 도시시설물에 대한 지능적 통합관리의 이점을 살펴보면, 먼저 위치 정보를 비롯한 다양한 시설물 관련 정보의 통합화를 통하여 관리 오류 감소와 체계적인 관리 정책 마련이 가능하며, 센서 정보의 통합 수집과 효율적인 공유를 통하여 시스템 구축비용의 절감과 시설물에 대한 통합 모니터링이 가능하게 된다. 끝으로 수집된 시설물 정보와 센서 정보를 기반으로 한 지능적 상황 판단을 통하여 시설물의 상태와 위험 상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있게 된다. 각각의 개념들에 대한 세부 내용을 정리하면 아래와 같다.

##### 1) 시설물 정보 통합

현재까지 국내에서는 도시시설물 관리를 위하여 UIS를 중심으로 국가지리정보구축사업이 추진되어왔다. 하지만 UIS 사업은 디지털 국토 실현을 위한 정보화로의 패러다임 변화에 적극적으로 대응하지 못하였으며, 특히 관리 정보의 표준화와 통합화 측면에서 여러 가지 문제점이 나타나고 있다. 따라서 u-City 사업에서는 데이터 형식 및 코드 불일치로 발생될 수 있는 문제점을 고려하여 시설물 정보 통합이 이루어져야 하며 여기에는 공통 기본 데이터베이스 구축, 시설물 데이터베이스 구축, 3차원 지리정보 데이터베이스 구축 등이 포함된다.

공통 기본 데이터베이스는 수치지형도, 도로계획 평면도, 아파트 배치 평면도, 지번도 등을 구축 대상으로 하며 수집된 도면 자료들은 분석 및 편집 작업을 거쳐 최종적으로 데이터베이스에 저장된다. 이러한 기본 지형정보 데이터베이스는 시설물 통합관리 시스템에 연결되어 필요한 기본 정보로 활용된다. 한편, 시설물 데이터베이스의 구축 대상으로는 교통시스템 시설물 현황도, 시설물 정보 문서, 기존 UIS 자료 등이 포함되며 각종 시설물 상황과

시설물 간의 상호관계를 보다 상세히 파악할 수 있는 자료로 활용된다. 끝으로, 3차원 지리정보 데이터베이스 구축은 u-City 도시시설물 관리시스템 상에서 지리정보를 시각적으로 표현하기 위한 것으로 등고 및 표고, 인공위성 영상, 항공사진, 3차원 건물 및 시설물 데이터, 영상자료 등을 포함한다.

2) 센서 정보 통합

도시를 구성하는 다양한 시설물들을 지능적으로 감시하고 관리하기 위해서는 여러 가지 형태의 센서들(압력, 온도, 전력, 소음, 조도 센서 등)이 필요하다. 이러한 센서들이 제조사에 따라 서로 다른 데이터 규격을 사용한다면 데이터 처리 방식 또한 센서 별로 따로 정의해야 하는 어려움이 발생함은 물론 구축비용의 상승을 초래하게 된다. 따라서 센서의 식별 방식, 센서 데이터의 표현법에 대한 표준화가 매우 중요하며 실제 적용에 앞서 기존에 제정된 국제 표준의 이해와 적절한 수용이 필요하다.

센서의 활용도가 높아지고 성능이 향상됨에 따라 하나의 장소 혹은 장비에 다수의 센서들이 설치되기도 하는데, 이 경우 설치위치, 전력공급, 데이터 송수신 등과 관련된 문제가 발생할 수 있다. 특히, u-City와 같은 도시환경에서는 수집해야 할 정보의 종류(환경정보, 음성, 영상 등)도 많을 뿐 아니라 설치해야 할 센서의 종류와 수도 증가하게 되므로 센서의 설치와 관리에 있어 미관상 혹은 공간적 제약이 따를 수 있으며, 센서 종류와 제작사에 따라 상이한 정보수집 방식이 적용될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 센서의 소형화, 다중 센서 통합, 센서 정보의 통합 수집 등이 필요하다.

기존 시설물 관리에서는 도시에 화재, 지진, 홍수 등의 긴급 상황이 발생할 경우 대부분 사후처리 중심이거나 단일 지역 혹은 건물 중심으로 상황파악이 이루어지기 때문에 전체 피해 지역에 대한 신속하고 정확한 조치가 어렵다. 이에 반해 u-City에서 추구하는 지능형 도시시설물 통합관리에서는 센서로부터 수집된 실시간 정보와 시설물 관련 정보를 종합적으로 분석함으로써 이상 징후의 사전 파악이 가능하며 시설물 별 단일 상황뿐 아니라 여러 시설물이 연관된 복합 상황에 대한 판단 및 처리가 가능하다.

이와 같이 도시시설물과 관련된 긴급 상황의 분석과 판단을 위해서는 시설물 정보와 센서 정보의 수집이 원활히 이루어져야 하며 수집된 정보를 분석하기 위한 판단 로직이 필요하다. 즉, 앞서 살펴본 시설물 정보 통합과 센서 정보 통합을 통하여 수집된 정보는 시설물 관리시스템으로 전송되고 관리시스템은 수집된 정보에 대한 공간 및 속성 분석을 통하여 대상시설물의 현재 상황을 판단하고 적절한 대응 전략을 수립함으로써 관리자의 최종적인 의사결정을 지원한다.

3.2 기술 요소

본 절에서는 앞에서 살펴본 지능형 도시시설물 통합관리의 개념을 이루는 시설물 정보 통합, 센서 정보 통합,

지능적 상황 판단을 실제 시설물 관리시스템으로 구현함에 있어 필요한 핵심 기술 요소들인 도시객체식별자, USN, 상황인식 기술의 특징과 적용 방안에 대하여 기술하고자 한다.

1) 도시객체식별자

도시 내 다양한 시설물들에서 발생하는 정보를 효과적으로 수집, 가공, 공유하기 위해서는 도시시설물에 대한 체계적인 분류가 우선적으로 필요하며 분류된 시설물을 세분화하여 관리해야 한다(이상호 외, 2007). 그리고 해당 시설물 별로 정보 수집을 위하여 설치하는 각종 센서 또한 중요한 관리 요소가 된다. 본 연구에서는 해당 시설물과 시설물을 구성하는 단위 부위 및 각종 부위에 부착되는 센서 등을 도시객체(Urban Object)로 정의하였으며 이들을 관리하기 위하여 표준화된 코드정보인 도시객체식별자(Urban Object Identification, 이하 UOID)를 활용하였다.

① UOID의 특징

도시시설물들을 효율적으로 관리하기 위해서는 도시에 존재하는 시설물들 외에도 이들에 대한 실시간 시설물 정보를 취득, 저장, 분석, 전송하는 하드웨어들과 같은 부가적인 시설들이 필요하다. UOID 체계에서는 이러한 장치 또한 도시의 물리적 환경을 구성하는 관리 대상 객체로 정의한다. 즉, 개별 관리 대상의 종류와 기능에 따라 UOID가 부여되며 UOID가 포함하는 객체 정보와 위치 정보를 상호 연계함으로써 시설물 관리업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 한다.

그림3에서 보는 바와 같이 코드화가 필요한 세부 시설물 정보로는 위치 정보, 기관 정보, 일자 정보, 객체 정보, 상태 정보, 결과 정보 등이 있으며 UOID의 활용도를 높이기 위하여 사용 빈도가 높은 '위치 정보'와 '객체 정보'를 주요 속성 정보로 활용하고 나머지 정보들은 하위 속성 정보 항목으로 분류하여, 일정 크기를 유지한 코드체계로 단순화하여 표현한다.<sup>3)</sup> 이를 통하여 가장 최소의 조건으로 원하는 정보의 검색과 결과 확인이 가능하게 된다.

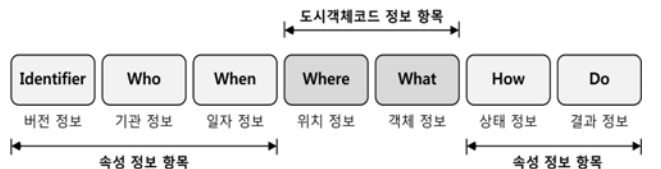


그림 3. UOID의 내용

② UOID의 적용

UOID에서 시설물 관련 정보는 '객체 정보'에 포함되며 해당 시설물의 지리공간 정보는 '위치 정보'에 포함되기 때문에 이들 정보를 상호 조합하여 코드화할 때 개별 객체에 대한 완전한 표현을 할 수 있게 된다. 또한, '위치 정보'는 해당 객체가 위치한 지점의 X, Y 좌표값뿐 아니

3) 장용구; 이우식; 김형수, 기존 공간정보 관리코드 현황분석을 통한 도시공간정보 객체식별자 관리 방향, 한국GIS학회지 제16권 제1호, 2008, pp. 51-64

라, 높이를 나타내는 Z 좌표값까지 포함하므로 해당 시설물에 대한 위치 정보는 물론 개별 부위에 부착된 센서에 대한 위치 정보까지 표현할 수 있다. 이러한 객체 정보는 시설물 구성 수준에 따라 대분류인 시설물, 중분류인 부위, 소분류인 센서로 구분되며, 객체 정보의 분류 기준은 표2와 같다.4)

표 2. 객체 정보의 분류 기준

구분	정의	구성 요소
대분류	집합체	도시 내 단일 시설물별 분류
중분류	구성원	단위시설물을 구성하는 해당 부위별 분류
소분류	부착원	해당 부위에 부착되는 해당 센서별 분류

UUID의 구조는 표3에서 보는 바와 같이 크게 Header와 Information으로 구성되며, Information의 하부 구조는 Domain, Manager, Location, Service, Instance 등으로 구분된다(지능형국토정보기술혁신사업단, 2009). 이러한 UUID 정보는 센서 정보와 함께 관리시스템으로 전송되며 해당 센서와 센서가 부착된 시설물에 대한 정보를 제공함으로써 효과적인 상황 판단을 지원한다.

표 3. UUID 구조 및 구성 정보

구분	포함 정보	
Header	UUID의 형식, 구조, 종류, 범위, 생애주기(Life-Cycle), UUID 버전 등	
Info.	Domain	분류체계를 통한 UUID의 도메인 정보
	Manager	해당 UUID를 관리하는 관리자 정보
	Location	해당 UUID의 위치 정보(점 형태로 절대좌표와 상대좌표로 구분)
	Service	UUID가 특정한 업무에 의존할 경우 해당 UUID의 목적을 명기
	Instance	특정 도메인, 위치, 서비스를 정의한 후, 해당 UUID의 구현 순번을 표시

2) USN(Ubiquitous Sensor Network)

① USN의 특징

USN은 RFID/Sensor Field와 IPv6기반의 BcN (Broadband Convergence Network)의 결합으로 구성된다. 일반적인 구조를 살펴보면 그림4와 같이 Zigbee, RFID 등의 센서 노드(Sensor Node)들이 가까운 싱크 노드(Sink Node)로 데이터를 전송하고 싱크 노드로 수집된 정보는 게이트웨이와 유무선 네트워크를 통하여 개별 시스템으로 전송된다(이재욱, 2004). 이러한 USN 구조 중 가장 핵심적인 부분은 센서 네트워크 필드(Sensor Network Field)이며 수많은 센서 노드들로 구성된다.

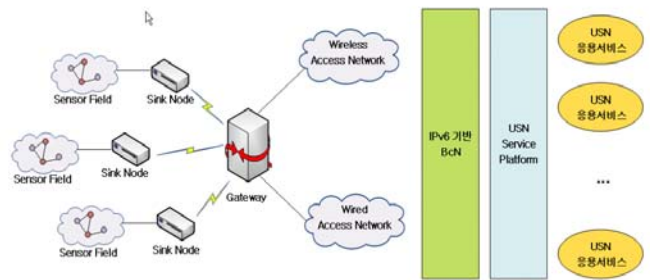


그림 4. USN 구조

센서 노드간 통신의 경우, 발생 빈도와 전달되는 정보의 양은 많지 않으나 노드의 작은 크기로 인하여 배터리 및 메모리 문제가 중요한 이슈가 되고 있으며 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행 중이다(박석지, 2006). 초기에는 USN 기술이 감시 및 군사용 모니터링 위주로 연구되었으나 u-City와 같은 첨단 도시건설과 함께 시설물 관리, 환경 관리, 의료, ITS (Intelligent Transportation System) 등 다양한 분야에 응용되고 있다(김선진 외, 2007).

② USN의 적용

본 연구에서 USN은 지능적인 시설물 관리에 필요한 가장 기본적인 정보인 시설물에 대한 실시간 상태 정보의 수집과 전달을 담당한다. 시설물의 주요 부위에 설치된 센서들은 일정한 주기에 따라 시설물의 상태 혹은 주위 환경에 대한 측정을 실시하고 USN을 통하여 이를 게이트웨이로 전달한다. 게이트웨이는 수집된 정보를 1차적으로 가공하여 지능형 시설물 관리 시스템으로 전송하며 관리 시스템은 이러한 정보를 바탕으로 시설물의 현재 상태와 상황을 파악하여 필요 조치를 수행한다. 따라서 정확한 시설물의 상태와 상황 판단을 위해서는 USN을 통한 지속적이고 안정적인 정보 송수신이 필수적이다.

3) 상황인식

① 상황인식의 특징

일반적으로 상황인식 시스템은 센서로부터 수집된 정보를 가공, 분석, 추론함으로써 상황을 인식하고 그에 맞는 적절한 대응을 수행하도록 설계된다. 하지만 기존의 상황인식 시스템은 상황 정보를 해석하기 위한 추론과정이 복잡하고 부정확하여 제한적인 상황 정보에 대한 해석만이 가능하였다. 따라서 상황인식 시스템의 복잡도를 줄이고 표현성과 편리성을 증대시키기 위하여 온톨로지 기반의 상황인식 프레임워크에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다(임신영 외, 2004).

온톨로지 기반의 상황인식 모델은 개념과 개념 사이의 관계를 설정해 줌으로써, 컴퓨터에 의한 지능적 상황 이해와 데이터 해석에 많은 장점을 가진다. 먼저 온톨로지 언어는 객체 기반 모델링 접근 방법을 이용하므로 다양한 종류의 상황을 표현하기가 용이하며 에이전트와 같은 컴퓨팅 객체들이 상호 작용하는 과정에서 공통의 개념을 가질 수 있도록 한다. 더불어 온톨로지를 기반으로 할 경우, 상황 인식 시스템은 다양한 논리 기반의 추론 메커니즘을 사용할 수 있게 된다. 즉, 원시 상황 정보 혹은 이

4) 지능형국토정보기술혁신사업단, 도시시설물 지능화 기술개발 1 단계 연구보고서, 2009

들로부터 해석된 낮은 추상화 수준의 상황 정보로부터 높은 수준의 상황 정보를 유추할 수 있으며, 이렇게 얻어진 상황 정보들은 다른 서비스에 재사용 될 수 있다(김명규, 2006).

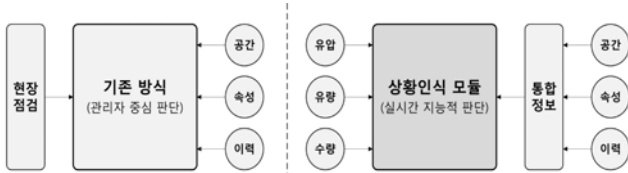


그림 5. 상황인식 기반 vs. 기존 시설물 관리

② 상황인식의 적용

지능형 도시시설물 통합관리를 위한 시스템 구축 시 상황인식 모듈은 지능적이며 종합적인 도시시설물 관리를 위한 브레인 역할을 담당한다. 즉, 상황인식 모듈은 현장 센서와 유관기관으로부터 수집된 정보를 실시간으로 분석함으로써 해당 도시시설물에 대한 긴급 상황 여부를 판단하고 필요한 조치 내용을 생성하며, 필요 시 시설물에 대한 원격제어 기능도 제공한다(그림5). 이를 위하여, 상황인식 모듈은 표4에서 보는 바와 같이 상황 분석, 판단, 대응을 담당하는 상황 관리 기능과 함께 이를 시스템적으로 지원하는 상황 판단 엔진을 필요로 한다.

표 4. 상황인식 모듈의 주요 기능

구분	구성요소	주요 기능
상황 관리	상황 분석	- 시공간적인 지능형 상황 정보 분석 - 현장정보 수집 허브 연계
	상황 판단	- 추론엔진을 통한 상황 판단 - 상황 대응 매뉴얼 제공
	상황 대응	- 프로세스 등록/관리 - 상황 대응 프로세스 수행
상황 판단 엔진	사전 처리	- 수집된 각종 정보의 가공, 처리
	온톨로지 저장소	- 시설물 관리 기반 지식 저장소
	적용 엔진	- 상황을 인지/판단하는 중앙엔진

4. 적용 모델 및 테스트

본 장에서는 지금까지 살펴본 개념과 기술 요소들을 기반으로 하여 지능형 도시시설물 통합관리를 위한 적용 모델을 제시하고 이를 프로토타입 시스템으로 구현하여 제시된 모델의 적용 가능성을 평가하고자 한다.

4.1 적용 모델 및 시설물 관리 프로세스

그림6은 시스템 적용 모델을 도식화한 것으로 전체적으로 3개 계층으로 구성되어 있으며 개별 계층들은 각각 '정보 수집 - 정보 분석 - 상황 판단'이라는 일련의 역할을 담당한다. 즉, 하부 계층은 센서 및 UOIID정보의 수집을 담당하며 중간 계층은 수집된 정보를 1차적으로 가공,

분석하여 상황 판단에 필요한 정보를 제공한다. 끝으로 상부 계층은 센서 정보와 시설물 정보를 통합적으로 분석하여 해당 시설물의 상황을 판단하고 처리하는 역할을 수행한다. 이와 같이 적용 모델은 앞에서 제시한 지능형 도시시설물 통합관리의 개념인 '센서 정보 통합', '시설물 정보 통합', '지능적 상황 판단'과 관련 기술 요소들을 기반으로 설계되었으며 개별 구성 모듈들은 상호 정보 연동과 연계를 통하여 도시시설물에 대한 지능적이며 통합적인 관리를 수행한다.

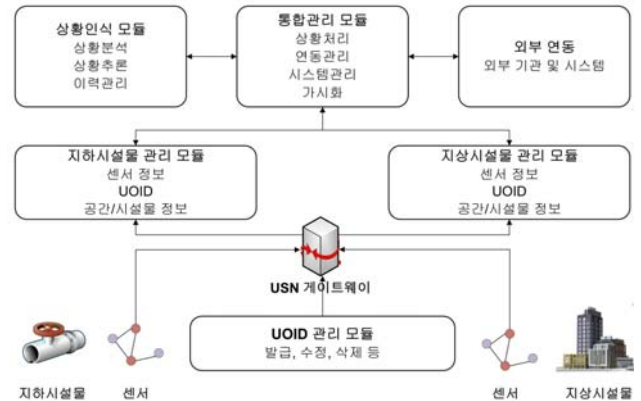


그림 6. 시스템 적용 모델

개별 모듈 별로 주요 역할을 살펴보면, 먼저 UOIID 관리 모듈은 각각의 시설물과 센서 등에 시설물 관리에 필요한 핵심정보인 UOIID를 부여하고 관리하며, USN 게이트웨이는 시설물에 부착된 센서들로부터 센서 정보를 수집하고 여기에 UOIID를 결합하여 지상 및 지하시설물 관리 모듈로 전달한다. 게이트웨이로부터 센서 정보를 전달 받은 지상/지하시설물 관리 모듈은 센서 정보에 대한 1차적인 가공과 필터링을 수행하여 이를 시설물 통합관리 모듈로 전달한다. 통합관리 모듈은 전달된(UOIID가 결합된) 센서 정보를 2차 가공하여 상황인식 모듈의 추론에 필요한 정보를 제공하며 상황인식 모듈은 축적된 온톨로지를 기반으로 시설물의 현재 상태와 상황을 판단한 후 이를 통합관리 모듈로 전달한다.

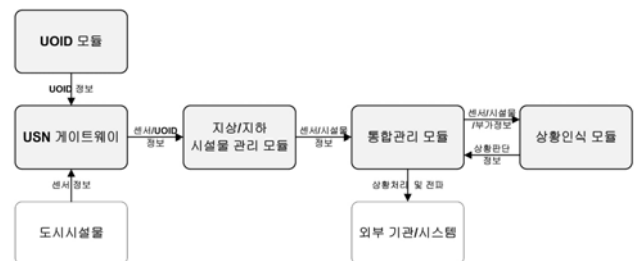


그림 7. 지능형 도시시설물 통합관리 프로세스

끝으로 통합관리 모듈은 상황 내용과 등급에 따라 필요한 조치 내용을 생성하고 이에 따라 상황 처리를 수행한다. 통합관리 모듈의 상황 처리 과정에는 시설물 관리자와 외부 기관/시스템으로의 상황 정보 전달과 함께 관



리자의 의사결정 지원을 위한 시설물 정보 및 상황 정보의 가시화도 포함된다. 이러한 일련의 시설물 관리 및 상황 처리 과정을 도식화하면 그림7과 같다.

**4.2 적용 모델의 테스트 및 향후 계획**

앞 절에서 제시한 적용 모델의 테스트를 위하여 주요 핵심 기능들로 구성된 프로토타입 시스템을 구현하였으며 두 가지 시나리오를 대상으로 제한된 환경에서 테스트를 진행하였다. 테스트 시나리오는 그림8에서 보는 바와 같이 ‘센서 정보 및 UOID 정보의 수집’, ‘수집된 정보 및 관련 시설물 정보의 분석’, ‘시설물 상황 판단 및 처리’ 과정을 기반으로 구성하였다.

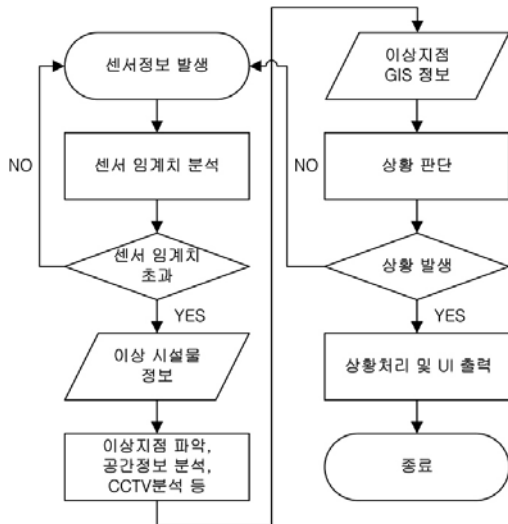


그림 8. 테스트 시나리오 흐름도

첫 번째 시나리오는 주요 지하시설물 중 하나인 상수도관에 파열이 발생한 경우로 파열이 발생한 부위에 부착된 유량 센서로부터 전송된 센서 정보는 USN 게이트웨이를 통하여 지하시설물 관리 모듈로 전달되고 통합관리 모듈은 상황인식 모듈과의 연동을 통하여 상수도 파열을 판단하여 관리자에게 상황 정보와 조치 내용을 통보하게 된다. 두 번째 시나리오는 지상시설물인 가드레일에 물리적 충격이 가해진 경우로 상수도 파열 시나리오와 유사한 과정을 통하여 지상시설물 관리 모듈로부터 전달된 센서 정보를 바탕으로 파손 부위를 판단하게 된다. 그림9는 이러한 시나리오 테스트에 사용된 프로토타입 시스템과 테스트 환경을 보여준다.

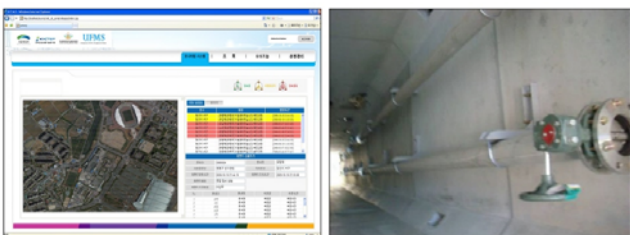


그림 9. 프로토타입 시스템 및 테스트 환경: 상수도 시나리오

도출된 시나리오를 기반으로 한 테스트는 한국건설기술연구원에 구축되어 있는 테스트랩(오윤석 외, 2008)에서 진행되었다. 먼저 센서들로부터 발생된 센서 정보의 수집을 위하여 USN 게이트웨이를 설치하였으며 수집된 정보의 저장, 가공, 분석에 필요한 하드웨어(서버, 모니터 등)와 프로토타입 시스템을 구성하는 소프트웨어(지상 및 지하시설물 모듈, 상황인식 모듈, 통합관리 모듈 등) 패키지를 설치하였다. 그리고 프로토타입 시스템의 실행에 필요한 설정을 완료한 후 시나리오 구성에 따라 테스트를 진행하였다.

본 테스트의 목적은 개별 구성 모듈의 핵심 기능과 함께 모듈간의 정보 연동 기능을 확인하기 위한 것으로 주요 테스트 항목으로는 USN 게이트웨이의 센서 정보의 수집 및 전송 기능, 지상 및 지하시설물 관리 모듈의 센서 정보 필터링 기능, 통합관리 모듈과 상황인식 모듈의 상황 판단 및 처리 기능 등을 포함한다. 그림10은 프로토타입 시스템의 결과 화면 일부를 캡처한 것으로 전송된 센서 정보와 시설물 관련 정보의 분석을 통하여 상수도관에 이상이 감지된 상태를 보여준다.

이벤트 발생일	데이터 전체보기	USN Gateway	
센서명	센서 측정값	측정내용	발생시간
개폐센서2	1.0	출입감지	2009-10-09 16:00:10.75
개폐센서2	1.0	출입감지	2009-10-09 16:00:10.75
개폐센서1	0.0	출입감지	2009-10-09 16:00:10.75
유량센서	0.821	상수관 유량이상	2009-10-09 16:00:10.75
스틸카메라 2	10.0	사진촬영	2009-10-09 16:00:10.75
개폐센서1	0.0	출입감지	2009-10-09 16:00:00.59
습도센서3	30.0	습도이상	2009-10-09 16:00:00.59

그림 10. 프로토타입 시스템의 결과 화면

비록 테스트 시나리오가 시설물과 관련된 비교적 단순한 상황에 대한 내용으로 구성되어 있으나 테스트를 통하여 본 연구에서 제시한 개념과 모델의 적용 가능성을 검증할 수 있었다. 각각의 테스트에서 UOID가 결합된 센서 정보를 통하여 해당 시설물의 상황 판단에 필요한 정보를 효과적으로 획득함으로써 상황인식 모듈과 통합관리 모듈에 의한 신속하고 정확한 상황 판단과 처리가 가능할 것으로 평가하였다.

이와 같이 제한된 실험환경에서 이루어진 개념 검증은 바탕으로 향후에는 큰 규모의 테스트베드를 대상으로 보다 복잡한 상황에 대한 테스트는 물론 다수의 지상 및 지하시설물이 연관된 복합 상황에 대한 테스트도 진행할 계획이다. 이를 위하여 다양한 시나리오 개발과 함께 실제 시설물 관리 업무에 적용 가능한 수준의 시스템을 개발할 예정이다.

**5. 결론**

본문에서 살펴본 바와 같이 기술 발전과 함께 복잡, 다

양해지고 있는 도시시설물의 경제적이며 효율적인 관리를 위해서는 무엇보다 시설물 관리의 통합화와 지능화가 요구된다. 이를 위하여 본 연구에서는 지능형 도시시설물 통합관리의 개념과 적용 모델을 제시하였으며 시나리오 테스트를 통한 검증은 수행하였다. 제시된 모델은 실시간 센서 정보와 시설물 정보를 기반으로 시설물의 현재 상황과 상태를 추론하고 필요한 조치를 능동적으로 수행함으로써 기존의 인력 의존적이며 비효율적인 시설물 관리 체계가 가지는 한계를 극복하고 성공적인 u-City 구축을 위한 핵심 요소로서 적용될 수 있을 것으로 전망한다.

이와 같이 도시시설물에 지능형 통합관리를 적용할 경우 크게 두 가지 측면에서의 장점이 예상된다. 먼저, 시설물 상태관리 측면에서는, 실시간 센서 정보와 시설물 정보의 저장, 가공, 분석, 배포를 통하여 시설물에 발생하는 다양한 상태 및 상황 변화에 지능적, 능동적으로 대처할 수 있으며 시설물 관련 사고를 미연에 방지할 수 있다. 한편, 도시시설물 관리업무 측면에서는, 기존의 개별적인 도시시설물 관리체계와 시스템 운영으로 인한 투자비와 관리비용 상승을 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 더불어 시설물 통합관리 시스템이 제공하는 표준화된 공통 기능과 통합된 시설물 정보를 활용함으로써 시설물 관리 업무의 일원화 및 체계화가 가능하며 u-City 환경에 적합한 개별 시설물 관리 서비스의 개발 및 운영이 용이할 것으로 기대한다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토정보C01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Krishnamurthy, S., Anson, O., Sapir, L., Glezer, C., Rois, M., Shub, H., Schloeder, K., Automation of Facility Management Processes using Machine-to-Machine Technologies. In: The Internet of Things. Volume 4952 of LNCS. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008, pp.68-86
- Yu, K.; Froese, T.; Grobler, F., A Development framework for data models for computer-integrated facilities management, Automation in Construction 9, 2000, pp. 145-167
- 강준목; 강영미; 이강원, 웹기반 GIS를 이용한 지하시설물 통합 시스템 구축, 한국측량학회 추계학술발표회 논문집, 2003, pp.287-290
- 김명규, 컨텍스트 표현과 규칙작성을 고려한 온톨로지 기반 컨텍스트 모델 설계 및 구현, 경희대학교 석사 학위논문, 2006
- 김명호; 신동빈; 김감래, 도로와 지하시설물 정보의 효율적인 통합관리에 관한 연구, 한국측량학회 추계학술발표회 논문집, 2002, pp.257-260
- 김선진; 정우석; 박가람; 최연경; 김선중, USN 응용서비스 동향, 전자통신동향분석 제22권 제3호, 2007, pp.58-66
- 김은정; 이정환, u-City 방법론 및 미들웨어, TTA 저널 제 112호, 2007, pp.55-59
- 김의명; 강민수; 이진영; 김병현; 김호준; 김인현, 유비쿼터스 기술을 이용한 시설물 관리, 한국지리정보학회지 제9권 제4호, 2006, pp.105-118
- 김태훈; 홍창희, u-City 도시지상시설물 관리모델 구축 연구, 한국지형공간정보학회지 제16권 제2호, 2008, pp.17-21
- 김형준, 유비쿼터스 공간의 물리특성 연구, 대한건축학회 논문집 제24권 제2호, 2008, pp.207-214
- 남상관; 최현상; 오윤석; 류승기, 지능형 도시 관리를 위한 지상시설물 분류 및 분석 연구, 한국지형공간정보학회지 제 16권 제2호, 2008, pp.23-29
- 박석지, 미래 RFID/USN 기술 전망, ITFIND, 1238호, 2006
- 양정선; 이진원, 한국도시에서 u-City 비전의 구현방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제25권 제1호, 2005, pp.429-432
- 오윤석; 남상관; 최현상; 류승기, u-City 기술개발을 위한 Test Lab의 필요성 연구, 한국GIS학회 춘계학술대회 논문집, 2008, pp.119-122
- 이상효; 김희윤; 김병수; 김주형; 이운선; 김재준, u-City 사업 모델에 객체 정보 기술 적용을 위한 개념 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제27권 제1호, 2007, pp.693-696
- 이재욱, 유비쿼터스 센서 네트워크 기술, TTA 저널 95호, 2004, pp.78-83
- 임신영; 허재두, 상황인식 컴퓨팅 응용 기술동향, 전자통신동향분석 제19권 제5호, 2004, pp.31-40
- 장용구; 이우식; 김형수, 기존 공간정보 관리코드 현황분석을 통한 도시공간정보 객체식별자 관리 방향, 한국GIS학회지 제 16권 제1호, 2008, pp. 51-64
- 지능형국토정보기술혁신사업단, 도시시설물 지능화 기술개발 1단계 연구보고서, 2009
- 한국정보사회진흥원, u-City IT 인프라 구축 가이드라인 V1.0, 2008

투고(접수)일자: 2009년 9월 14일

심사일자: 2009년 9월 16일

게재확정일자: 2009년 10월 23일