

지하시설물 관리를 위한 위치좌표 확보 방안

A Method of Measuring Location Coordinates for Underground Facility Management

서 동 섭*, 김 근 배, 백 송 훈

(Dong-Seob Seo, Gun-Bae Kim, Song-Hoon Baik)

Abstract : 유비쿼터스 도시의 개념이 등장하면서 도시관리에 대한 중요성이 점차 부각되어가고 있다. 특히 지하시설물에 대한 안전한 관리는 안전한 도시를 표방하는 유시티 에서는 없어서는 안될 중요한 공공서비스라 할 수 있다. 최근 이러한 도시의 지하시설물의 안전한 관리를 위한 체계적인 관리 방안에 대한 연구가 국토해양부를 중심으로 활발히 이루어 지고 있다. 지하시설물의 특성상 안전하고 체계적인 관리를 위해서는 무엇보다 지하시설물에 대한 정확한 위치좌표를 알아야 하고 지하시설물에 일어나는 변화에 대한 정보를 수집하기 위해 센서적용기술을 필요로 한다. 본 논문에서는 유비쿼터스 도시 내 지하시설물 구축과정에서의 절대위치확보 방안과 각 지하매설물별 특성을 고려한 센서적용방안에 대한 내용을 기술하였다.

Keywords: U-City, 지하시설물, 위치확보, 지능형, 시설물관리, GIS, 공간정보

I. 서론

한국정보사회진흥원에서는 U-City 인프라구축 가이드라인을 발표하면서 U-City를 4개의 도시로 분류하여 ‘편리한 도시’, ‘건강한 도시’, ‘안전한 도시’, ‘쾌적한 도시’ 로 표현하고 있다. 이 가운데 ‘안전한 도시’를 추구하는 유비쿼터스 도시의 특성상 시설물에 대한 안전한 관리는 도시를 관리하는 공무원은 물론이고 해당 시설물을 보유하고 있는 모든 민간사업자들의 공통적인 관심사일 것이다.

표 1. U-City 도시분류 별 서비스

분류	서비스
편리한 도시	u-교통, u-물류, u-행정, u-교육, u-Work 등
건강한 도시	u-보건, u-복지(병원, 응급구조, 건강관리)
안전한 도시	u-방범, u-화재, u-시설관리(공공시설)등
쾌적한 도시	u-환경(대기, 토양, 수질오염), u-주거단지 등

유비쿼터스 컴퓨팅기술 기반의 U-City와 기존 도시의 차별성중 가장 두드러지는 것은 도시를 구축하면서 만들어지는 인프라의 차이를 들 수 있다. 기존도시의 IT 인프라가 필요에 따라 구축된 반면 U-City의 인프라는 도시계획에 따라 총괄적이고 체계적으로 IT인프라가 구축되므로 언제 어디서든 필요할 때 마다 정보를 이용할 수 있는 기반이 마련되어 있다. 유비쿼터스 도시의 지하시설물에 대한 관리를 위해 알아야 할 정보가 많지만 그 중에서 관리대상 시설물에 대한 위치좌표의 확보는 무엇보다도 중요하다 할 수 있다. 지하시설물은 육안으로 보이지 않는 지중에 매설되어 있는 특성상 그 위치를 정확히 파악하는 것은 인프라구축이나 관리를 위해 상당히 중요한 요소 중 하나이다. 그러므로 지하시설물에 대한 관리의 지능화를 위한 인프라를 보유하고 있는 U-City에서는 절대위치의 확보는 물론 시설물의 상태에 대한 모니터링 기술을 도입하여 상시 관측이 가능한 능동형 시설물 관리가 이루어 질 수 있는 최상의 조건을 갖추고 있는 것이다. 이러한 환경을 기반으로 U-City로 구축되는 각 도시에서는

U-시설관리 서비스의 다양한 세부 서비스를 제안하고 있다.

표 2. 파주운정 U-City 지하시설물 대상 서비스

서비스	내 용
지하시설물 위치추적 서비스	- 시설물의 정확한 위치 파악 가능 - RFID를 이용하여 시설물의 현황, 정보, 이력을 현장에서 실시간 확인
지하시설물 정보관리 서비스	- 상하수도 및 유관기관에서 관리하는 모든 지하시설물의 통합관리 시스템 구축 - 지하시설물 매설과 동시에 측량하여 정확한 DB구축
실시간 맨홀감시 서비스	- 저전력을 이용한 안전한 운영환경 및 각종 첨단 센서를 통한 지능화된 관리 - 맨홀 내에 설치된 주요 관로 및 고가의 설치물에 대한 철저한 보안 가능
하수도 관거 모니터링 서비스	- 유압계, 수위계, 전도도계 등의 센서를 통해 하수에 대한 이상여부를 실시간으로 분석/파악 - 이상 지점의 정확한 위치표출
상수도 누수 및 수질관리 서비스	- 상수관망을 블록화하여 체계적인 관리 - 유량, 수압, 수질센서를 이용한 자동화된 데이터 수집/분석
상수도 파손 감시 서비스	- 상수관로의 고의적인 파손 및 도수, 기타 굴착공사로 인한 파손위험성을 사전에 감지하여 사고를 예방 - 광센서, 광케이블을 이용한 파손감지
광선로 감시 서비스	- 실시간으로 광선로의 절단/고장추이를 분석하여 사고를 예방 - 광 선로를 이용한 이상 지점 파악

본 연구에서는 지하시설물 매설 시 절대위치 확보 및 활용에 대한 방법과 U-City에 적합한 지능형 시설물 관리를 시설물별 특성을 고려한 센서적용방안에 대해 서술하였다.

II. 지하시설물 위치좌표 확보

1. 일반적인 지하시설물 탐사

기존 도시에서 지하시설물의 측량은 비굴착으로 지표로부터 지하시설물의 위치와 심도 등을 탐사하는 것으로 종래에는 굴착이 필요한 경우 사전에 시험굴착을 통하여 눈으로 직접 확인한 후 지하시설물을 확인하여 손상을 방지할 수 있었다. 그러나 도시화가 급격히 진행되고 교통량이 많아 도로를 직접 굴착하여 지하시설물을 조사하는 것이 곤란해 지면서 정확도가 높은 탐사기법이 요구되었다. 지하시설물 측량 기법으로는 주로 전자유도 탐사기법, GPR탐사기법, 탄성과 탐사기법, 음파 탐사기법 등의 각종 탐사기법이 쓰이고 있으며 극히 제한적으로 탄성과 탐사법, 전기탐사법 등의 탐사가 쓰이고 있다. 그러나 이러한 탐사기법들은 완벽하게 지하시설물을 찾아내기에는 한계가 있으며 이러한 불 확실성은 또 다른 안전사고를 유발하는 원인이 되기도 한다.

표 2. 불탐구간

장비구분	불탐원인
전자유도 탐사	- 전자파 장애가 있는 경우 - 지선의 환경이 가늘고 굴곡이 많은 경우 - 시설물이 동일선상에 겹쳐서 매설된 경우 - 비금속 시설물인 경우
지중레이다 탐사	- 지표면에 단차등이 있어 물리적인 탐사작업이 불가능한 경우 - 시설물 상단에 철근콘크리트, 방호철판, 관로 등의 시설물이 겹쳐서 있는 경우 - 매설된 깊이에 비해 환경이 작은 경우
음파탐사	- 관로내에 물이 흐르지 않는 경우

2. 기존 지하시설물의 공간정보 구축

지하시설물에 대한 시설관리를 보다 효율화 하기 위한 방안으로 공간정보의 구축을 통해 GIS에 활용하거나 각종 응용 서비스에서 활용하고 있다. 기존 도시의 지하시설물에 대한 공간정보의 구축을 위해서는 기설 지하시설물에 대한 철저한 조사가 선행되어야 하는데 이러한 조사과정은 유비쿼터스 도시에서는 비 효율적인 방법이 될 수 있는 것이다. 지하시설물의 공간정보 구축을 위한 절차는 그림 1 에서 보여주는 것과 같이 작업계획수립, 측량 및 조사, 조사/탐사, DB 구축 및 검수, 성과심사, 데이터 로딩의 순서로 이루어 진다.

3. U-City에서의 지하시설물 위치좌표 확보 및 활용

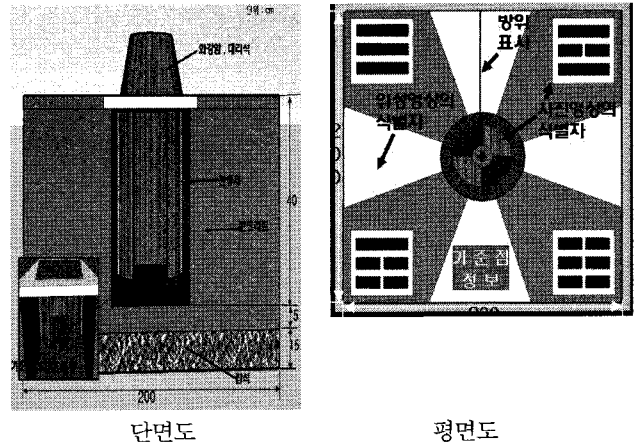
위에서 언급한 바와 같이 일반적으로 기존도시의 지하시설물에 대해 정확한 위치좌표정보를 획득하기 위한 방법은 많은 인력과 시간이 필요하며 불탐 구간을 고려하면 그 정확성에 대한 신뢰를 높이기 위해서는 관련 유관 기관의 협조가 동반되지 않으면 어려운 것이 현실이다. U-City는 기존도시가 지하시설물을 구축한 상태에서 위치를 재 확인하고 유지 관리해야 하는 환경과 달리 새로운 인프라를 도시계획에 의거 구축하는 특성을 지니므로 지하시설물 구축단계에서부터 유지관리를 고려한 시공이 이루어 질 수 있도록 하여야 한다. 이러한 구축단계에서 정확한 위치의 확보와 DB의 구축을 위해서는 현행 측량법과 지적법에 의해 관리되어온 이원화

된 측량 기준점에 대한 통일이 필요하다. 그러나 이러한 통일된 기준점을 활용한다 해도 지하시설물 구축 주체마다 지하 시설물 도면을 작성함에 있어 일정한 형식을 갖춘 통일된 기초도면을 사용하지 않는다면 그 효과는 미비할 것이다. U-City는 기초인프라를 모두 새로 건설해야 하는 특수한 상황 이므로 통일된 기초도면과 기준점을 기반으로 지하시설물의 위치좌표를 확보하고 활용한다면 보다 신뢰성 있는 지능형 지하시설물의 관리가 가능할 것이다.

3.1 기준점의 일원화

기준점은 국토지리정보원에서 측량에 의해서 설치된 위치. 표고 등이 표시된 점을 말하는데, 좁게는 삼각점,수준점,다각점 등을 총칭하며, 넓게는 중력점,자기점 등을 포함한다. 현행 기준점의 구분은 법령에 따른 분류, 기준점의 성격에 따른 분류, 기준점의 형태에 따라 분류할 수 있지만 국토해양부에서 관리하는 측량법에 근거한 기준점과, 행정안전부에서 관리하는 지적법에 근거한 기준점으로 이원화 되어있는 실정이다. U-City는 지형과 지적을 동일 기준점을 토대로 하여 구축할 수 있는 좋은 환경을 가지고 있으며, 현행 지형과 지적이 일치하지 않는 데서 오는 문제점 들을 해소할 수 있다. 이러한 인식이 확산되어 현재 국토지리정보원에서는 동일 좌표체계 및 동일 기준점에 의한 공간정보의 일관성 확보를 위해 통합전자기준점에 관한 연구를 진행 중에 있으며 2008년 행정중심복합도시에 3개의 통합전자기준점을 설치할 계획이다.

그림 1. 국토지리정보원 통합전자기준점 (안)

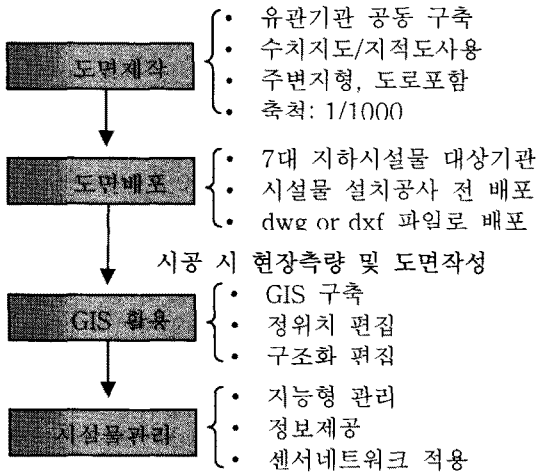


3.2 기초도면의 구축

체계적이고 정확한 위치를 표현하기 위해서는 지하시설물 도를 구축하여야 한다. 여기서 '지하시설물도'란 지하시설물을 효율적이고, 체계적으로 유지,관리하기 위하여 수치지도를 기초로 하여 지하시설물을 일정한 기호와 축척으로 표시한 도면(수치 자료화된 도면 포함)을 말한다. 그러나 민간사업자에 의해 운용되고 있는 지하시설물의 경우 각자 다른 형태의 통일되지 않은 형식으로 지하시설물 도면을 작성하고 있어 현재 각 지방자치단체에서 시행하고 있는 지하시설물 통합관리 사업을 함에 어려움이 있다. 구축과정에서 실측된 7대 지하시설물에 대한 정확한 위치좌표의 표현을 위해서는 통일된 기초도면을 토대로 작성되어야 그 실효성이 높일 수 있는 것이다. 기초도면은 도시계획단계에서 제작하는 것이

시기적으로 바람직하며 도시계획단계의 공사계획도, 토지이용현황도, 수치지도, 지적도 등을 사용하여 구축하고 관련 지하시설물 구축 시스템에서 활용하거나 파일 형태로 지하시설물 구축 대상 기관에 배포하여 활용 하도록 한다.

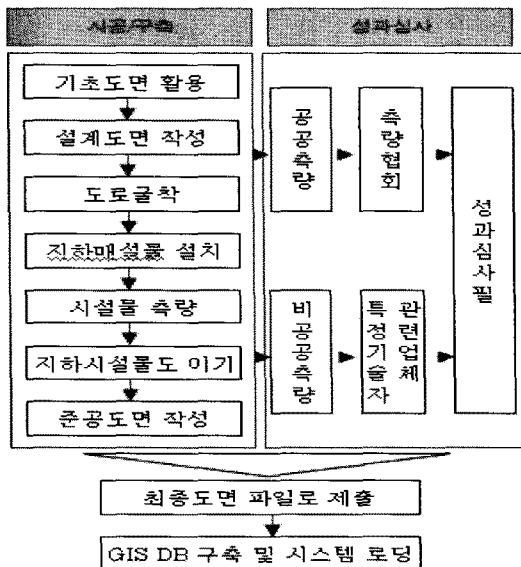
그림 2. 기초도면의 구축 및 활용 절차



3.3 기초도면의 활용

위에서 언급한 기초도면을 활용하여 지하시설물도를 작성 성시 DB에 대한 신뢰성확보를 위해 공공측량성과심사를 고려 할 필요가 있다. 공공측량 성과심사는 국토지리정보원 대행사인 대한측량협회에 의뢰하여 심사한다. 그러나 현행법상 공공측량을 제외한 민간 사업자의 지하시설물에 대해서는 공공측량성과심사에 준하는 성과를 확보한 준공도면을 활용하여야 한다. U-City에서의 지하시설물 매설 시 현장확인 측량방안은 공공측량에 해당하는 지하시설물과 공공측량에 해당되지 않는 지하시설물의 경우로 나누어 생각해 볼 필요가 있는데 공공측량에 해당되지 않는 민간 사업자의 지하시설물의 경우 특정기술등급 기술자 및 관련 업체로부터 성과심사를 받아서 처리하는 방법을 고려할 수 있다. 이렇게 완성된 최종준공도면은 파일로 제출하여 GIS DB구축을 위한 자료로 활용될 수 있다.

그림 3. U-City 지하시설물 공간정보 구축



III. 센서적용 방안

위에서 언급한 바와 같이 지하시설물의 절대위치를 확보하고 언제 어디에서든 정확한 지하시설물의 위치를 알고 있는 환경이 조성되면 지하시설물 상황 모니터링을 위한 센서의 적용이 한결 수월해 진다. 지하시설물 지능화 관리를 위한 센서의 적용은 지하시설물의에 대한 관로 구경이나 사용되는 환경, 설치조건 및 측정범위 등에 따라서도 센서 적용 효과는 달라지므로 지하시설물별 매설 특성 현황을 조사함으로써 센서 적용 실효성을 높일 수 있도록 해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 매설 특성 연구에 따른 현황 및 시설 유지관리(관로 공사) 업무 현황을 조사함으로써 신규 및 기존 지하시설물에 대한 센서 적용 방안을 도출하였으며, 본 연구에서 분석된 대상 지하시설물은 상수도과 하수도이지만 7대 지하시설물에 대한 각 매체 별 특성을 고려하여 차후 U-City에 적용하여야 한다.

3.1 매설특성에 따른 센서배치 적용 안

○ 상수도시설

상수도 시설에 대한 관망의 특성을 고려했을 때 센서의 배치 적용을 위해 고려해야 할 사항은 아래 표와 같다.

표 3. 센서배치 적용을 위한 고려사항

구분	내용
관망 시설	배수관, 밸브, 맨홀
관망 특성 키워드	수압, 「배수관 및 밸브」, 맨홀, 「매설 위치 및 깊이」, 블록화 시스템 및 공동구
관망 시설 및 운영관리 기준	<p>☞ 상수관망 기능성</p> <ul style="list-style-type: none"> 배수관은 정수를 수송, 분배, 공급하는 기능을 가지며 정상시에는 적절한 수압으로 안정적으로 공급하고 비상시에도 물을 가급적 안정적으로 공급할 수 있도록 정비하는 것이 필요하다. 수압 모니터링에 의한 누수 대상 관로 후보를 도출한다.
	<p>☞ 상수관망 유지관리 효율성</p> <ul style="list-style-type: none"> 급수구역은 구역내의 물 수요 실태나 지형, 지세에 따라 단일 또는 복수의 배수계통으로 구성되는데, 정상시 안정급수확보 및 비상시의 응급급수 대책을 위해서는 급수구역이 자연적으로나 사회적 조건에 맞도록 적절한 배수계통으로 구성된 관망을 형성하고 있어야 하며, 유지관리가 용이하고 또한 관내의 수질을 충분히 유지할 수 있도록 블록시스템(block system)으로 정비하여 구축하는 것이 좋다. 공동구에 의한 지하시설물을 통합 수용하고 체계적으로 관리하는 시스템을 구축한다. 맨홀은 관로 매설공사를 시공할 때와 관로매설 후의 내부점검 등의 유지관리할 때에 활용하기 위하여 설치한다.

배수관망의 적정 수압의 유지 및 수량의 안정적 관리에 대한

기능성 모니터링을 위하여 관망 전역에 고른 수압계의 배치 (거시적인 관점에서의 수압 현황 모니터링에 의한 누수 대상 지역 도출 목적)가 되어야 하고, 유수율 제고를 위한 관망 시설 특성(블록화 시스템, 배수 및 정수 계통 등)에 따른 물 공급 모(母)라인에 대한 유량계의 배치로 유수율 산정 오류의 최소화가 되도록 한다. 또한, 특정 지점에서의 수압은 단순히 모니터링 지점의 수압치에 대한 센싱 값이고, 인근의 수압 값에 따라 두 지점간 누수/물사용 등의 구분을 판단할 수 있으므로 국지적으로 수압계의 배치는 단위 관로(분기 및 밸브 시설에 의해 구분된 단편화 관로)에 배치되도록 함으로써 누수 상황을 도출하도록 적용한다. 블록화 시스템 미 도입 및 배수/정수 계통에 혼선이 있는 도시에 지능화 인프라를 위한 유량계 적용에서는 도시마다 고지대 및 저지대의 지형과 배수관망 시설 적용이 다르므로 시설 운영 담당자와 협의에 의한 센서 적용을 선정한다. 시설 특성 감지를 위한 센서 역시 지하에 매설되므로, 유지관리도 고려되어야 한다. 기존 시설 유지관리 효율을 위한 맨홀 시설이 활용되고 또한 체계적 관리를 위하여 공동구 시설이 활성화 되므로 센서 적용 시 맨홀 및 공동구 시설의 활용을 극대화하여 배치한다.

○ 하수도시설

하수도 시설에 대한 관망의 특성을 고려했을 때 센서 배치 적용을 위해 고려해야 할 사항은 아래 표와 같다.

표 4. 센서배치 적용을 위한 고려사항

구분	내용
관망 시설	하수관거, 맨홀, 우수토실, 우수조정지
관망 특성 키워드	하수계획량, 「유량, 유속 및 경사」, 하수관거 방식, 「매설 위치, 깊이」, 「관거 연결, 접합」, 맨홀, 「유입수, 침입수」 및 관거 퇴적물
관망 시설 및 운영관리 기준	<p>☞ 하수관망 기능성</p> <ul style="list-style-type: none"> 주택, 상업 및 공업지역 등에서 배출되는 오수나 우수를 모아서 처리장 또는 방류수역까지 유하시키는 역할을 한다. 유속이 작으면 관거의 저부에 오물이 침전하여 항상 준설작업이 필요하며, 유지관리비가 들고 반대로 유속이 너무 크면 관거를 손상시키고 내용년수를 줄어든게 한다. 합류식에서 수자원 활용의 효율화를 위한 분류식 및 혼합식으로서의 관거 정비에 따른 배제 방식의 세분화된 시설이 추세이다. 청전시/우천시 구분에 따른 하수 배제량이 변화되는 복잡성이 내포되어 있는 시설이다. <p>☞ 하수관망 유지관리 효율성</p> <ul style="list-style-type: none"> 맨홀은 관거의 기점, 방향, 경사 및 관경 등이 변하는 곳, 단차가 발생하는 곳, 관거가 합류하는 곳이나 관거의 유지관리상 필요한 장소에 반드시 설치한다.

하수도 관거망은 자연유하에 의한 공공하수 수집체계로 구성되므로 관거망에 대한 순서에 의미가 있다. 따라서, 관거에서 침입수, 유입수 및 누수의 상황이 없으면 관거 수집 라인별 입력 대비 출력 유량은 보존되므로 센서 배치 적용에서는 관거 수집 라인별에 따른 유량 집계를 위한 센서를 배치 적용한다. 청전 및 우천에 따라 관거내에 배제되는 하수는 변하게 되므로 센싱 특성에 따른 센서 적용에 있어서도 2-Range 센서의 적용 등이 고려된다. 시설 특성 감지를 위한 센서 역시 지하에 매설되므로, 유지관리도 고려되어야 한다. 기존 시설 유지관리 효율을 위한 맨홀 시설이 활용되고 또한 체계적 관리를 위하여 공동구 시설이 활성화 되므로 센서 적용 시 맨홀 및 공동구 시설의 활용을 극대화하여 배치한다.

IV. 결론

유비쿼터스 컴퓨팅 기술 기반의 U-City에서 보다 지능화된 지하시설물에 대한 관리를 하기 위해서는 지하시설물의 정확한 위치좌표의 확보가 우선되어야 한다. 그러기 위해서는 우선 이원화된 기준점의 통일이 선행되어야 하며 이를 기반으로 U-City를 건설하는 지방자치단체에서 도시 시설물 구축 이전에 통일된 기초도면을 제작하고 배포하여야 한다. 본 연구에서 제시한 방안은 지방자치단체의 강력한 의지와 법.제도적 지원이 있어야 하며, 차후 도시 관리를 위한 3차원 GIS구축 등 U-City 응용서비스의 도입을 수월하게 할 수 있는 또 하나의 기초 인프라가 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신사업 과제의 연구비지원(06국토정보C01)에 의해 진행되었습니다.

참고문헌

- [1] 파주운정 u-City 구축 사업 ISP 수립 최종보고서 2006.8
- [2] 이강원, 손호응, 김상도, 이형수, 장휘정, “지하시설물 조사 및 탐사” 대한측량협회 교육자료 2007.10
- [3] 광진, 고웅, 이동범, “U-City 서비스 기술 및 국내외 추진 현황” 정보통신연구진흥원 2008.2
- [4] 행정중심복합도시 3차원 GIS 기본계획 2008.3