

# 지하시설물의 3D 시각화에 관한 연구

## Study on a 3D Visualization of Underground Facilities

김광호\*, 조홍범, 강병준, 김민석, 김인현

Kwangho Kim\*, Hongbeom Cho, Byungjun Kang, Minsuk Kim, Inhyun Kim

(주)한국공간정보통신

{khkim\*, chcho, ohyeh, inkim}@ksic.net

### 요약

지하시설물은 상수, 전력, 가스를 공급하고, 하수를 처리하는 동시에 정보통신망을 구축하는 중요한 도시기반시설이기 때문에 지하시설물에 관한 정보가 상당히 중요하게 대두되고 있다. 기존의 도시시설물들은 지상에 설치되어 왔으나 도시의 집중화에 따른 건설안전, 도시 미관, 유지 관리의 용이성을 위하여 시설물을 지하에 매설하는 경향이 높아짐에 따라 이러한 지하시설물의 효과적인 유지관리가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 지하시설물 중 상·하수도 정보의 3차원 영상 가시화 기능을 개발하여 도시 지하시설물의 체계적인 관리 기술 및 안전성 확보하고자 하였다. 연구 대상으로 한 3차원 영상 가시화 항목은 현행 도시 관리 체계에서 다루고 있는 지리적 범위내의 지하시설물 중 상·하수도 시설물이다. 도시 지하시설물의 3차원 시각화를 위하여 지하시설물의 항목 별 분류를 수행하였으며 지하시설물의 3차원 시각화 적용 방안에 대한 연구를 수행하였다. 또한 지하시설물 항목별 데이터 관리 방안을 수립하여 3차원 관리 대상 데이터를 제시하였으며 가시화 테스트를 통하여 3차원 영상 가시화 기능을 검증하였다. 본 연구에서 제시한 지하시설물의 3차원 시각화 기능은 도시 지하시설물 관리 기술의 혁신을 선도할 것으로 기대한다.

### 1. 서론

지하시설물은 상수, 전력, 가스를 공급하고, 하수를 처리하는 동시에 정보통신망을 구축하는 중요한 도시기반시설이다. 대부분의 도시에서는 도로의 지하공간에 지하시설물을 매설하여 운영하고 있으며 대도시의 경우 지하공간에 공동구에 케이블박스 등을 매설하여 상하수도관, 전기, 전화선 등을 설치 및 운영하고 있다. 그러나 이러한 시설들은 지하에 매설되어 있기 때문에 지상시설물보다 관리가 어렵고 지하철공사를 비롯한 전화케이블 공사, 도로 보수공사 등 각종 공사로 인하여 도로가 빈번하게 굴착되기도 하고 도시가스 폭발사고와 여러 공사현장에서의 지하시설물 절단사고

의 결과로 많은 인명과 재산의 피해를 초래하고 있어 국가나 지방자치단체 차원에서 지하시설물의 정확한 정보를 구축하고 유지 관리하는 업무가 체계적으로 이루어져야 하는 실정이다.

선진국에서는 1980년대부터 지하시설물 관리체계를 도입하여 각종 지하매설물들의 위치, 규격, 공사 관련 정보 등을 데이터베이스로 구축하여 활용하고 있으며, 이러한 데이터를 기반으로 하여 도로굴착이나 각종 공사의 시행에 따른 지하시설물의 파손을 최소화하여 대형 사고를 미연에 방지하고 효율적인 시설물의 신설, 유지보수 및 관리를 시행하고 있다. 이러한 외국의 현실에 비하면 우리나라의 경우 지방 자치단체, 가스공사, 한국전력공사 등의 공공기관에

서 독자적으로 관련 도면, 대장, 조서 등을 전산화하기 위한 개별적인 노력을 기울여 왔으나 지하시설물의 체계적인 계획 및 관리의 측면에서 볼 때 아직은 미흡한 실정이다[2]. 또한 지하시설물들의 개발과 관리는 소수 전문가들의 경험에 의존하는 실정이므로 광범위한 시설도면, 자료 및 시설물 관리 시스템의 운용에 상당한 어려움을 겪고 있는 현실이다[1].

본 연구에서는 지하시설물 정보의 3차원 영상 가시화 기능을 개발하여 도시 지하시설물의 체계적인 관리 기술을 개발하고 안전성 확보하고자 하였다. 본 연구에서 대상으로 한 3차원 영상 가시화 항목은 현행 도시 관리 체계에서 다루고 있는 지리적 범위 내의 지하시설물(상·하수도)이다. 도시 지하시설물의 3차원 시각화를 위하여 지하시설물의 항목 별 분류를 수행하였으며 지하시설물의 3차원 시각화 적용 방안에 대한 연구를 수행하였다. 또한 지하시설물 항목 별 데이터 관리 방안을 수립하여 3차원 관

리 대상 데이터를 제시하였으며 가시화 테스트를 통하여 3차원 영상 가시화 기능을 검증하였다.

## 2. 지하시설물 개요

도시의 지하시설물은 주로 상수도, 하수도, 전기선, 전화선, 가스선 등으로 이루어진다. 이들 중 고압전기선 및 지하도선은 도로의 중앙부에 매설되며, 상수도선, 전화선 및 가스선은 인도와 가까운 차도를 따라 설치된다. 최근 신도시 개발 지구 및 지하철 신설구간 등에서는 지하시설물을 위한 공동구가 설치하여 관리의 편의성을 향상시키고 있지만, 기존 도시의 시설물은 밀집되거나 중첩되어 매설된 부분이 많아서 혼선을 이루고 있다. 다음의 표 1은 7대 지하시설물을 세부관리항목으로 나누어 표시하였다. 본 연구에서의 시각화 범위는 상·하수도 시설물이기 때문에 두 시설물을 중심으로 분석을 수행한다.

표 1. 지하시설물 세부관리항목 분류

관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)
상수도	상수맨홀	하수도	하수관거 (개거)	전기	송전-지중관로	가스	천연가스 배관
	상수관		박소외곽선	통신	시내통신 맨홀	기타	난방맨홀
	급수관로		하수연결관		시외통신 맨홀		누수감지기 설치항
	지중선로		측구		시내통신주		핸드홀
	제수밸브	물받이	시외통신주		에어벤트		
	역지밸브	전기	배전-지중맨홀		시내통신 지하관로		저유소
	이도밸브		배전-가공전주		시외통신 지하관로		가압소
	배기밸브		송전-지중맨홀	통신구	밸브 스테이션		
	감압밸브		배전-지중개폐기	가스	천연가스 맨홀	송유 밸브박스	
	안전밸브		배전-지중변압기		LPG맨홀	누유감지 케이블	
	소화전		배전-지중환기구		LPG배관	송유관	
	급수탑		배전-지중전력구		정압기		

관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)	관리대상 분류	관리대상 시설물(안)
	유량계		송전- 지중전력구		밸브 (가스밸브)		맨홀
	상수터널		송전- 지중환기구		방식전위		송유관 정류기
하수도	하수맨홀		송전- 지중개폐기		관측함		열배관
	하수관거 (암거)		배전- 지중관로		가스누설 검지공		송유관로
					가스정류기		

### 2.1. 상수도 시설

상수도는 음료수를 포함한 가정 용수 외에 각종 산업 및 농업용수를 제공하는 도시 생활의 중추적인 역할을 담당하고 있다. 상수를 제공하는데 사용되는 상수도 시설은 상수맨홀, 상수관, 급수관로, 지중선로, 제수밸브, 역지밸브, 이토밸브, 배기밸브, 감압밸브, 안전밸브, 소화전, 급수탑, 유량계, 상수터널 등으로 이루어진다.

### 2.2. 하수도 시설

하수도는 크게 우수, 우수, 공장폐수로 나누어지며, 도시의 거대화화 산업의 발달로 인하여 하수도 시설이 차지하는 비중이 커지고 있다. 대형 하수도 시설의 경우에는 간선도로의 중앙에 위치하며 다른 시설물에 비하여 개략적인 위치는 쉽게 알 수 있으나, 정확한 위치나 깊이는 다른 시설물과

의 상관성을 측량함으로써 파악할 수 있다. 하수도 시설은 일반적으로 하수맨홀, 하수관거(암거), 하수관거(개거), 박스외곽선, 하수연결관, 측구, 물받이 등으로 이루어진다.

### 3. 3차원 데이터 관리항목 분석 및 시각화

3차원 지하시설물에 대한 데이터 관리는 구축비용 및 관리상의 현실성을 고려하여 수행되어야 한다. 따라서 기존의 2차원 지하시설물 데이터 관리체계를 기반으로 3차원 시각화 및 모니터링 등의 3차원 기능 구현에 필요한 별도의 3차원 데이터 관리를 최소화하는 것이 필요하다고 판단된다. 다음의 표 2, 3에서는 상·하수도의 세부 관리항목별 3차원 데이터 관리 세부방안을 나타낸다.

표 2. 상수도 시설의 세부항목별 3차원 데이터 관리방안

관리대상 시설물(안)	2D 데이터		3D 데이터		3D 시각화 타입
	도형	속성	도형	속성	
상수맨홀	2D POINT	-	3D POINT, 3D 표준심볼 라이브러리	3차원 제한 (높이, 폭, 등), 타입	타입별 3D 표준 라이브러리와 재원정보를 이용한 객체 스케일 조정 및 표현
상수관	Line	상대심도 관경	추가 관리 데이터 없음		DEM과 융합하여 지형으로부터의 절대심도 3차원 라인 변환, 관경정보로부터 배관을 실린더 타입으로 시각화
급수관로					
지중선로					
제수밸브	2D POINT	-	3D POINT, 3D 표준 심볼 라이브러리	-	타입별 3D 표준 라이브러리를 이용한 3차원 객체 배치 표현
역지밸브					
이토밸브					

관리대상 시설물(안)	2D 데이터		3D 데이터		3D 시각화 타입
	도형	속성	도형	속성	
배기밸브					
감압밸브					
안전밸브					
소화전					
급수탑					
유량계					
상수터널	POLYGON		터널 3차원 중심선, 터널 타입별 3차원 모델링 라이브러리	구간별 3차원 제한(높이, 폭, 터널별 두께), 터널타입	구간타입별 표준 라이브러리와 터널의 중심선을 이용한 3차원 터널 배치 및 표현

표 3. 하수도 시설의 세부항목별 3차원 데이터 관리방안

관리대상 시설물(안)	2D 데이터		3D 데이터		3D 시각화 타입
	도형	속성	도형	속성	
하수맨홀	2D POINT	-	3D POINT, 3D 표준 심볼 라이브러리	3차원 제한 (높이, 폭등)	타입별 3D 표준 라이브러리와 제한정보를 이용한 객체 스케일 조정 및 표현
하수관거 (암거)	Line		3차원중심선, 관거 타입별 3차원 모델링 라이브러리		구간별 3차원 제한 (높이, 폭), 관거타입
하수관거 (개거)					
박스외곽선					
하수연결관					
측구	2D POINT		3D POINT, 3D 표준 심볼 라이브러리	3차원 제한 (높이, 폭등), 타입 정보, 방향성 (회전정보)	타입별 3D 표준 라이브러리를 이용한 3차원 객체배치 표현
물받이					

상·하수도 시설물은 크게 관로와 맨홀·밸브 등의 부속 시설물로 구분할 수 있다. 관로는 기존의 GIS 전산화 사업을 통하여 구축되어진 2차원 데이터를 수치표고모델(DEM)과 융합하여 배관의 상대심도를 절대 심도로 변환하여 3차원으로 시각화한

다. 부속시설물은 지하에 위치하고 있는 Z 좌표 값을 획득하고 획득되어진 X, Y, Z 좌표에 3차원 표준 심볼을 표시함으로써 3차원으로 표현한다. 다음의 표 4는 관로와 부속 시설물의 3차원 시각화 방안을 표현하였다.

표 1. 지하시설물 관리 대상 항목 별 현황관리 및 시각화 적용 방안

상하수도 시설물 분류	3차원 데이터 현황 관리	3차원 시각화 적용방안
관로	-기존 2D에서 관리되는 도형정보(라인)과 속성(상대심도)정보 관리, 별도의 3차원 관리 불필요	지형정보(DEM)을 기반으로 배관의 상대심도를 절대 심도로 변환하여 3차원 배관정보 시각화
부속시설물 (밸브, 맨홀 류)	-2D에서 POINT(X, Y) 정보에 Z값에 대한 정보 관리 필요 -시설물 타입별 3차원 심볼 라이브러리 구축 및 관리	시설물의 3차원 좌표와 부속시설물 타입별 3차원의 심볼 정보를 기반으로 시각화

#### 4. 상·하수도 시설물의 3차원 가시화 실험

본 연구에서는 상·하수도 시설물의 3차원 가시화 방안을 적용하기 위하여 서울시 전지역의 상·하수도 관거를 대상으로 3차원 시각화를 시험하였다. 시험에 사용한 데이터는 서울시 지하시설물 관리시스템에

구축되어 있는 상·하수도 데이터와 서울시 대상으로 구축되어진 수치표고모델을 이용하였다. 3차원 가시화 데이터를 확인하기 위한 환경으로는 (주)한국공간정보통신의 3차원 GIS 엔진인 IntraMap3D를 활용하였다. 다음의 그림 1,2는 상·하수도 시설물의 3차원 가시화 결과를 나타내었다.

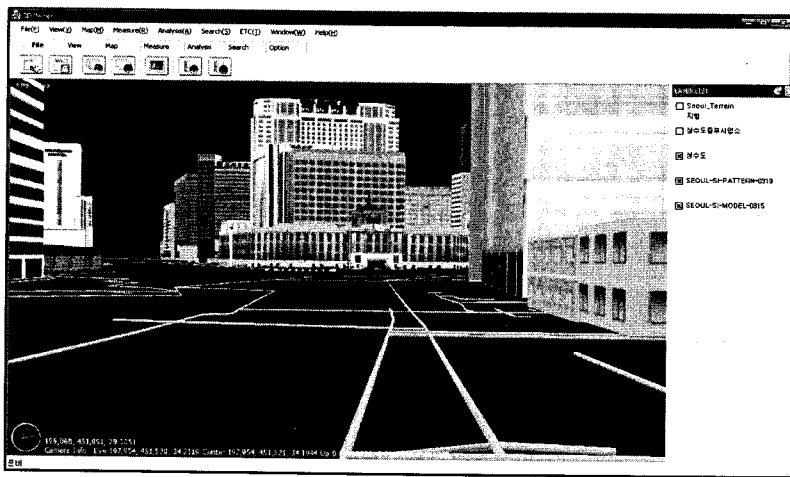


그림 1. 서울시 상·하수도 3차원 시각화-1

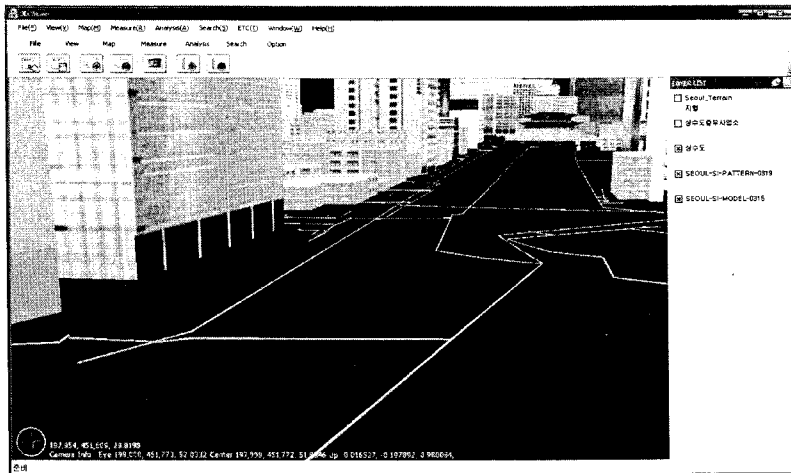


그림 2. 서울시 상·하수도 3차원 시각화-2

## 5. 결론

본 연구에서는 도시 지하시설물 중 상·하수도의 3차원 시각화를 위하여 지하시설물의 항목 별 분류를 수행하였다. 또한 지하시설물 중 상·하수도 정보의 3차원 영상 가시화 기능을 개발하여 도시 지하시설물의 체계적인 관리 기술을 개발하고 안전성 확보하고자 하였다.

향후 연구 방향으로 본 연구 결과를 바탕으로 지하시설물의 시각화 대상을 7대 지하시설물로 확대하고, UFSN(Underground Facility Sensor Network)로부터 취득된 데이터와의 연계를 통하여 지하시설물의 효율적인 관리를 수행하는 것이 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토번호C01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 오창수, 최순범, 1997, 지하시설물의 GIS에 의한 관리 방안, 광주대 산업기술 연구소 제 10집, pp. 56~62.

2. 강영옥, 조태영, 1997, GIS를 이용한 지하매설물의 효율적 관리방안, The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 5, No. 1, pp. 115~131.