

## 송산그린시티 동측지구내 선진 상수관로파손감시시스템 구축기술

곽준근<sup>1\*</sup> · 박지영 · 윤상조

<sup>1</sup>한국수자원공사 · 한국수자원공사 · 코위드원

### The deployment Advanced Technology of Water supply line breakage detection system in Songsan Green City

Kwag-Jun keun<sup>1</sup> · Park-Ji Young · Yoon-Sang Jo

<sup>1</sup>K-water · K-water · COWITHONE

E-mail : jkkwak@kwater.or.kr / smilee1070@kwater.or.kr / cowith1@cowithone.com

#### 요 약

본 논문은 시민들의 Life Style 변화에 대응하고 송산그린시티의 미래상을 달성하기 위해 기술과 주거, 산업, 관광레저 등 기능이 상호 효율적으로 융합된 환경친화적 첨단도시를 건설하기 위하여 스마트 도시에 적용한 u-상수도 관로파손감지시스템 구축기술에 대하여 기술하기로 한다.

관로파손감지시스템은 송산그린시티 동측지구내 상수도관 상부에 설치되는 스마트예방시트, 관로파손 감지기, 관파손감지 소프트웨어, 서버 등으로 구성되며 중앙제어부(관파손감지소프트웨어, 서버)는 화성 시 맑은물사업소내에 설치되어 SKT의 WCDMA방식의 무선통신망을 통하여 현장에서 화성시로 데이터를 전송하고 있다.

본 시스템은 굴착공사중 시설물 파손을 예방하고 관로 손상여부를 실시간으로 감지하여 이벤트 발생위치를 관리자에게 알려주어 누수손실을 예방하여 시설물의 수명연장을 도모한다.

#### ABSTRACT

This paper deal with the advanced thchnology of water supply line breakege detection system in singsan green city. the technology apply for construction eco oriented high-tech city to merge residant, industial, tour reasure parts for songsan green city furture direction achivement and response for a life style change of people in the city.

Breakege detection system consist of smart prevention seat, pipeline breakege detection sensor, analysis software, server. etc.. Central control unit sent the data to hwa sung city water supply office by WCDMA in SKY. the data are states about water supply pipeline, Location.etc.

This system maintain the long term life cycle of water supply plpeline by the prevention the leakage event through ackonwledge information of evnet occurrence locaion. and used to realtime sense method about damage information of the pipeline and prevent to breakege facilities during excavation work.

#### 키워드

brakege detection system, wcdma, pipeline, realtime sense.

## I. 서 론

최근 들어 언제 어디서나 첨단 IT 기술을 자유롭게 사용할 수 있는 첨단도시에 대한 요구가 증가되고 있으며 특히, 재난사고 등에 대비한 안전을 위한 신속한 대처 등에 관심이 고조되고 있으며 이러한 도시에는 지하철, 가스관, 상수도관, 하수관로 등 매우 많은 지하시설물이 존재하고 있으며 이러한 지하시설물의 보급률이 높아지면서 향후 이들에 대한 유지관리 문제가 사회적으로 대두되고 있다.

특히, 상수도관, 하수관로, 가스관 등은 도로, 건물, 지하철 등과 달리 그 마모 상태를 눈으로 직접 확인하기 어렵기 때문에 이러한 시설물에 대한 적절한 유지관리가 제대로 이루어지지 않는다면, 최근에 발생하는 도로함몰과 같은 사건이 향후 계속 발생하여, 이들 시설에 대한 복구비용 뿐 아니라 인명피해, 교통 혼잡 등 유·무형의 사회적 비용이 엄청나게 소요될 것이다.

이에 따라 최근 상·하수도 시설에 대한 예방적 관리를 위해 Smart 관로파손 감지시스템에 대한 요구가 점차 확대되고 있다. 이러한 Smart 관로파손 감지시스템은 지하 매설관로에 대한 실시간 모니터링이 기반으로 하여 현장 관로상태를 검출하여 상위 시스템으로 전송, 분석, 저장 프로세스를 거친 관련 빅데이터를 활용하여 관로시설의 안전과 성능을 보장하고 나아가 해당시설의 수명을 연장할 도모하고 있다.

본 고에서는 먼저, 관로파손감지시스템에 대한 기술적인 구성 및 특징을 소개하고, 다음으로는 적용 사례 및 효과분석, 마지막으로 향후 발전방향 등을 제시하는 것으로 한다.

## II. 스마트 관로파손감지시스템

관로파손감지시스템은 송산그린시티 동측지구 내 상수도관 상부에 설치되는 스마트예방시트, 관로파손감지기, 관파손감지 소프트웨어, 서버 등으로 구성되며 중앙제어부(관파손감지소프트웨어, 서버)는 화성시 맑은물 사업소내에 설치하여 운영 중에 있다.



그림 1. 송산 GC 관파손 예방시스템

송산그린시티 동측지구내 관파손예방 시스템의 통신망은 SKT의 WCDMA 방식의 무선통신망을 통하여 화성시로 현장데이터를 전송하고 있다.

### 2.1 파손예방 및 누수감지시스템

지하에 매설되는 관로상부에 스마트예방시트를 설치하여 굴착공사중 시설물 파손을 예방하고 손상여부를 실시간 감지하여 이벤트 발생위치를 실시간으로 운영자에게 알려주며 스마트시트 및 보호커버내의 누수감지센서를 통하여 누수발생 위치를 찾아서 운영자한테 알려주어서 누수손실을 감소시켜 시설물의 수명을 연장할 수가 있다.

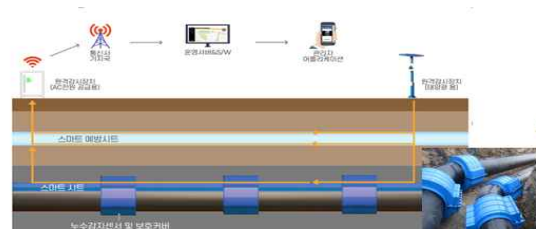


그림 2. 파손예방 및 누수감지시스템

누수발생 위치에서는 신호가 중단되므로 중단된 위치를 찾아서 운영자에게 실시간으로 관련 GIS기반의 위치정보를 알려줌으로써 누수발생에 따른 신속한 대응조치가 가능토록 한다.



그림 3. 누수 발생위치 감지 프로세스

## 2.2 파손예방 및 지반침하 감지시스템

본 시스템은 스마트예방시트, 싱크볼, 원격감지장치, 서버 등으로 구성되며 도로나 작업현장에서 굴착공사중 지하에 매설된 관로 시설물 파손을 예방함과 더불어 30센티미터 미만의 소규모 지반침하, 즉 싱크홀 등이 발생하는 경우, 실시간으로 운영자에게 정확한 싱크홀 발생위치를 알려줌으로써 사고를 예방할 수 있도록 한다.

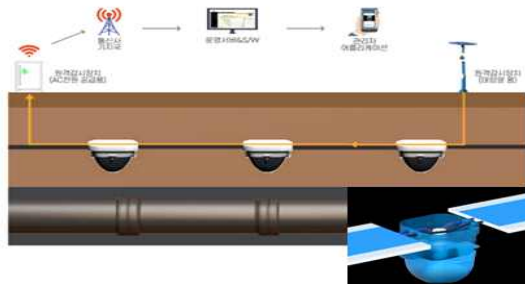


그림 4. 파손예방 및 지반침하 감지시스템

지반침하 감지시스템은 지반침하된 지점에서 싱크볼에서 발신되는 신호가 중단되면 그 위치를 운영자에게 전송하여 신속 대응토록 한다.

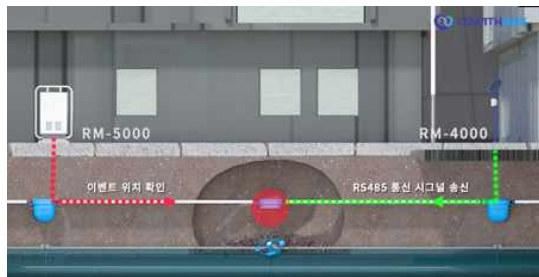


그림 5. 지반침하 감지 및 대응프로세스

## 2.3 운영서버 및 모니터링 절차

현장에 매설관로상의 스마트예방시트나 싱크볼에서 연속적으로 전송되는 관로상태관련 신호가 현장 이벤트 발생으로 단절되게 되면 실시간 이벤트관련 알람 및 위치정보를 확인하여 운영자에게 제공 된다.

운영서버는 현장데이터를 저장하고 데이터베이스화 및 현장감시반(RM-5000)에서 전송된 이벤트 정보를 전자지도에 표시하여 관리자 및 운영자에게 알려주는 역할을 한다.

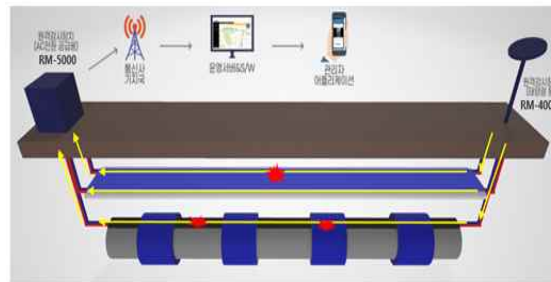


그림 6. 운영서버 및 모니터링 프로세스

운영서버상에서 이벤트인식에 따른 모니터링 절차는 다음과 같다.

지상 800m 간격으로 원격감시반(RM-4000)을 설치(최대 32개)하고 맨 마지막에 AC전원공급용 원격감시반(RM-5000)을 둔 다음에 RS-485통신으로 현장데이터를 전송한다. 맨 처음, RM-4000의 신호를 RM-5000이 수신하게 되면 정상이고 수신하지 못하면 LC공진회로 방식 등으로 이벤트 발생 위치를 추적하여 RM-5000에게 알려준다.

그 다음, RM-5000은 유, 무선통신망을 거쳐 서버로 해당정보를 전송하고 마지막으로 서버는 관리자 및 운영자에게 알려주게 된다.

## 2.4 운영 소프트웨어(S/W) 기능

화성시에 구축한 운영서버내 소프트웨어의 주요 기능은 다음과 같다.

- ① 시공 당시 모든 자료(관종,관경,매설심도 등)를 개별단위로 수집하여 데이터베이스를 구축,
- ② 실시간 GIS좌표값을 수립하여 정밀 GIS 구축
- ③ 시공시점부터 관 파손 실시간 감지
- ④ 누수위치 및 지반침하 위치 등의 확인
- ⑤ 감지장치에 내장된 배터리 잔량 확인
- ⑥ 이벤트 발생시 실시간 관리자 및 운영자에게 알람제공 등

HMI	세부기능
	<ul style="list-style-type: none"> <li>지도 기반 현장 위치 정보</li> <li>레이어 선택 기능 (개요, 상세정보, 파이프 정보)</li> <li>마커 선택을 통한 정보 표출</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>지도 기반 감시장비 위치 정보</li> <li>시공, 시스템, 감시장비, 관리 정보</li> <li>실사 이미지 정보</li> <li>데이터 편집</li> </ul>

HMI	세부기능
	<ul style="list-style-type: none"> <li>지도 기반 레이어 중첩 기능 (개요, 상세정보, 파이프 정보)</li> <li>마커 클러스터 타입 사용</li> <li>창 확대 및 축소, 이동</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>이벤트 발생시 알림 기능</li> <li>알람소리 발생</li> <li>현장명, 채널, 구간, 관리자 정보</li> </ul>

표 1. HMI상의 주요기능

### III. 적용사례 및 효과분석

#### 3.1 현황 분석

2016년 환경부 자료에 의하면 매설 상수도관의 파손경로는 부식시작, 균열발생, 누수발생, 파괴과정을 거치게 되는데 시간이 흐를수록 안전계수는 현저하게 감소되는 추세를 보이며 경과연수에 따른 관로사고 발생경향을 살펴보면 설계시 관로수명은 약 20년이지만 실제로 관로 한계수명은 약 30년 정도이며 이후 관로사고가 급속히 증가되는 추세를 보인다.



그림 7. 경과연수에 따른 관로사고 발생경향

K-water내 전사위기관리시스템(KRM)에 기록된 사고발생 항목을 보면 상수관로 파손에 따른 수도사고 발생사례가 상당수로 그중 사전인지를 통하여 예방 가능한 사례들이 대부분이다.



그림 8. 전사적리스크관리(KRM) 화면

실제, 최근 발생한 K-water내 상수도 관로사고 발생사례를 보면 다음과 같다.



그림 9. 상수도 관로사고 발생사례(K-water)

#### 3.2 적용 실시 (송산그린시티- 동축지구)

송산그린시티 동축지구의 매설환경 및 관로특성을 감안하여 관로예방시트 및 관리를 위한 운영시스템을 U-상수도 본관 및 지관 200mm이상 약 14km에 걸쳐 3개소를 설치하였으며 현장시공 세부내용은 다음과 같다.

구분	품명		규격	단위	수량
관로 파손 감지 시스템	중앙제어부		• 운영S/W 설치 및 최적화 • 감시관로 위치 조회 • 관로 위치 등록 및 도식화 • 원격감시장치 상태감시 • 관로 정보 및 보수 등 이력관리 • 별관리 등 • 중앙원격감시 서버 • 시방서 참조	식	1
	원격감시장치		• 관로파손감지기 • CDMA 모델 • UPS	대	3
	스마트 예방시트	D200	• 폭 30cm × 감지선 폭 24cm	m	5,259
		D300	• 폭 40cm × 감지선 폭 34cm	m	3,695
		D350	• 폭 45cm × 감지선 폭 39cm	m	5,056
	정검구		• 절개, 감지선	개소	42

표 2. 송산그린시티 동축지구 시공내역



그림 10. 송산그린시티 동축지구 시공 및 준공사진

#### 3.3 효과 분석

송산그린시티(동축지구)내 관로파손감지시스템 설치이후 파손사례를 사전 감지하여 복구조치한 건수는 약 158건에 이르며 연간 통신 및 전기사용료는 총 1,152천원(통신비 180천원, 전력비 972천원)으로 매우 저렴하였다.

본 시스템의 특징은 시공단계로부터 시설물관리가 가능함에 따른 관로 파손예방, 실시간 모니터링을 통한 파손위치 감지 및 신속 현장대응 가능, 유지관리비용 절감이 가능하다는 점이다.

상수관로(D600, 2km기준)에 스마트 관로파손감지시스템 구축시, 비용절감 효과를 분석한 결과를 보면 기존방식 대비 약 73% 정도의 비용절감 효과가 있는 것을 보여준다.

구분	사용연도	기존	스마트 시스템(PSPS)	비고
시스템 구축	시스템 구축비	0	186,890	시스템 구축비용 D600, 2km 기준
	GIS 구축비용	20,000	0	
	RF 설치비	15,000	0	
	소계	35,000	186,890	
유지관리비	1~30	296,336	34,050	전력비, 통신비, 소모품비, 시스템 유지관리비 포함
	31~40	167,683	11,350	
	41~50	202,135	11,350	
	51~60	236,587	11,350	
	소계	902,741	68,100	
탐사비용(지반침하)	12회*10,000원/회(GRP)	120,000	0	지하안전법 기준
	12회*2,000원/회(기타)	0	24,000	
	소계	120,000	24,000	
합계		1,057,741	278,990	778,751(73.6% 절감)

표 3. 기존방식대비 스마트시스템구축 비용 분석

또한 스마트 관로 누수감지시스템 구축으로 안전사고 예방, 누수감지 탐지시간 단축 및 누수손실 저감이 가능하다.

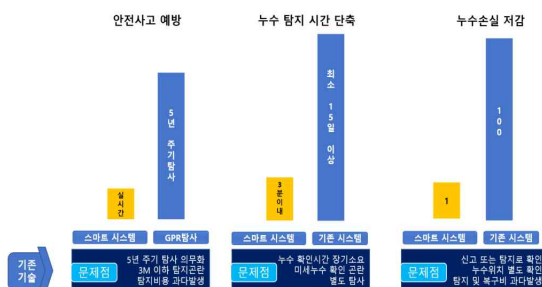


그림 11. 스마트 누수감지시스템 구축효과 분석

#### IV. 결 론

최근 기상이변으로 인한 집중호우, 가뭄 등 자연재해 발생빈도가 늘어나고 있으며 지반침하, 썩크홀, 산사태 등의 2차 자연재해와 더불어 도시화의 규모 확대 등으로 인하여 상·하수도 관로, 오폐수 및 우수관로, 지역난방관로, 도시가스관, 지중선 배관 및 통신관로 등의 생활 밀착형 지하매설시설물 종류 및 규모도 급속도로 증가되고 있다. 또한 이를 효과적으로 관리하여 사고예방을 위한 수단 또한 중요한 필수요소로 인식되고 있다.

본 고에서 제시한 스마트 관로파손감지시스템은 상기 자연재난 및 생활밀착형 지하 매설시설물의 관리에 적합한 GIS기반의 사고예방 통합 재해관리 시스템으로써 매우 효율적인 방안이라고 본다.

최근 인공지능을 이용한 관로위치 탐색 및 관리를 위한 상용 소프트웨어는 K-water에서 적용 중이며 디지털트윈 기술을 활용한 위기관리 대응기술 또한 조만간 실용화될 것으로 전망되나 현장에서의 물리적인 기반기술과 연계되어야 효과를 극대화 할수 있으므로 현장관로에 설치되는 스마트 관로파손감지시스템 구축관련 기술이 더욱 중요하게 인식되고 있다.

#### 참고문헌

- 서울시(2014), “노후불량 하수관로 개선을 위한 국비지원 요청,” 서울시, 2014년 9월 14일
- 서울시(2014), “도로함몰’ 원인조사 특별관리 대책발표,” 서울시 2014년 8월 28일
- 환경부(2015), “지반침하 대응, 노후 하수관로 정밀조사 일제 실시,” 환경부 2015년 3월 11일
- 환경부, “하수도 통계,” 1981-2013
- 후지우 가즈야(2012), “관의 사용연수 및 침입수량의 조사 결과에 의거한 하수도 관거의 잔존 내용연수의 통계적 추정,” 하수도협회지, vol 49, 104-118
- 2021년 대한상하수도학회 공동학술대회“(2021.11.24.)”스마트 시스템도입에 따른 유지관리비 절감방안 제시“