

효율적인 누수감지용 네트워크 구축에 관한 연구

강병모*, 흥인식**

요약

누수감지를 위해 지하에 누수탐지 전용 감지관을 매설하고 누수탐지 장비인 RTD-2000을 이용하여 누수탐지를 수행하는 시스템이 개발되어 현장에 적용중에 있다. 지하에 매설된 감지관을 효율적으로 모니터링 및 시공 비용의 절감을 위해서 최적의 위치에 RTD-2000을 설치하여 누수탐지를 수행해야 하는데 본 논문에서는 효율적인 누수감지용 관망 네트워크 구축을 위한 관망 선택 알고리즘 기법에 대해서 제안한다. 또한 제안한 네트워크망의 구축을 위하여 현장적용을 통하여 효과적으로 지하 매설물을 관리하고 모니터링을 수행하였다.

A Study on Effective Network Construction of Leakage Sensing Pipe

Byung-Mo Kang*, In-Sik Hong**

ABSTRACT

Leakage sensing and detection system for special waterworks pipe is developed and applied in the field with RTD-2000 equipment. RTD-2000 is the pulse reflection type leakage-distance calculation system of embedded devices. This RTD-2000 have to be placed at proper location for the effective leakage monitoring and construction cost. In this paper, pipe networks selection technique and install-location selection algorithm is proposed for efficient leakage sensing pipe network construction. Also construction information including DB model for the effective leakage location finding system management algorithm is proposed. Finally, proposed algorithm and network selection technique's effectiveness is verified through the actual site application.

Key Words : software verification, software component, code security, formal specification

* 순천향대학교 교양교육원(✉bmkang@sch.ac.kr)

** 순천향대학교 컴퓨터공학과

· 제1저자(First Author) : 강병모 · 교신저자(Correspondent Author) : 흥인식

· 접수일(2011년 1월 11일), 수정일(1차 : 2011년 2월 11일), 게재확정일(2011년 2월 15일)

I. 서 론

현재 우리나라는 누수로 인한 막대한 경제적 손실 뿐만 아니라 물 부족현상의 2중고를 겪고 있다. 이에 환경부에서 추진하는 "상수도 환경정보 시스템 구축"의 정보화 추진 중장기 계획 대상 사업 중 『상수도 관망 누수탐지·경보 시스템 구축』과 관련한 기술의 개발이 절대적으로 필요하고 이러한 물 부족현상 등의 문제를 해결하기 위하여 실시간 누수탐지에 대한 연구는 필수적이다.

수자원의 지속적인 확보를 위해서는 실제 수자원의 원활한 이동을 담당하는 상수도관의 기능적인 역할이 그 중심에 있다고 할 수 있는데 이러한 상수도관의 운송기능을 저해하는 누수 및 파손은 주요 수자원 손실 요소이다. 또한 상수도관의 누수는 노후로 인한 부식, 시공기술에 차이, 급수상태, 매설환경 그리고 누수사고 등의 원인으로 발생한다. 상수도관의 누수발생시 누수를 탐지하는 방법 중에서 펄스파 측정장비중에 하나인 TDR(Time Domain Reflectometer)을 사용한 누수탐지 방식은 누수 감지관에 연결된 TDR 장비에 의해 실시간으로 누수를 탐지하고 누수발생시 사용자에게 알려줌으로써 상수도관의 효율적인 유지보수를 가능하게 해 준다[1].

TDR을 이용한 누수탐지 모니터링 시스템은 지하에 매설된 누수감지관망에 측정을 위한 펄스파를 송출하여 측정을 하는데 최대 측정 거리 제한 문제로 인하여 시공지역에 최대 반경 거리에 따라서 누수탐지 시스템을 설치하여 운영하고 있다. 그러므로 누수탐지 시스템을 현장에 적용시 시스템의 설치 장소에 따라서 모니터링에 사용되는 장비의 수량이 정해진다. 이러한 설치 장비의 수량이 늘어나면 모니터링 감지반경이 늘어나지만 그와 반대로 시공비용이 늘어나는 문제가 발생하게 된다.

본 논문에서는 시공현장에서 지하에 매설된 관망 데이터를 수집 및 분석하여 최적의 누수감지 시스템

의 설치 지역을 선정하는 알고리즘을 제안하고 테스트를 수행하였다. 이는 누수탐지 모니터링 시스템의 중요 요소인 누수감지 시스템 설치를 위한 시공의 기준을 마련하고, 누수발생시 신속한 유지보수를 통하여 누수 및 파손으로 인한 수자원의 낭비를 절감시킬 수 있을 것이다.

II. 관련 연구

2.1 누수감지관

누수감지관은 RTD-2000 시스템으로 누수탐지를 수행하기 위하여 제작된 누수탐지 전용 강관으로 여기에 사용하는 감지도선의 재질은 관중에 따라 결정되나, 일반적으로는 구리선을 사용한다. 삽입된 누수감지도선은 누수나 파손 또는 다른 시공으로 인한 타관 통과 또는 오접에 의하여 감지도선이 끊어지거나 누수에 노출이 되도록 나선형으로 삽입하여 제작한다[2].

감지도선의 설치 방법은 PE 코팅강관의 경우, 관 제작시 감지도선의 삽입과 동시에 주물을 사출하여 제작한다. 이때 각 감지도선간의 피치 간격은 감지도선간의 혼선 영향이 없고 감지관의 많은 영역을 커버할 수 있는 간격으로 보통 10~20cm의 간격으로 설정할 수 있다. 감지도선의 삽입위치는 감지관의 제작 형태에 따라 결정하며 감지도선으로 인한 관의 파손 가능성, 외압으로 인한 관의 견고성, 파이프의 종류 등을 고려하여 적절한 위치로 결정한다.

그림 1에서와 같이 누수 감지 도선을 2중 나선형 방식으로 삽입하여 측정률을 높이도록 제작 한다. 감지관의 연결시 삽입된 감지도선 역시 전용 접속장치 또는 용접방법을 사용하여 연결한다. 이렇게 제작된 누수감지관을 지하에 매설시에는 관연결과 동시에 감지도선들도 연속적으로 연결되도록 네트워크화 하여, 관과 관의 연결시 감지도선도 함께 연결한다. 그리고

관 매설시마다 연결된 감지도선의 길이를 측정하며, 감지도선의 연장길이를 데이터베이스화 하여 누수나 파손 발생시 RTD-2000을 이용하여 누수 및 파손위치를 측정하여 이상위치를 검출한다[3].

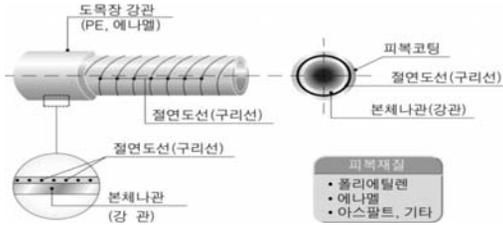


그림 1. 누수 감지관의 구조
Fig. 1. Structure of Leakage Sensing Pipe

2.2 TDR과 RTD-2000

TDR 장비는 원래 도선의 결점의 위치를 찾기 위한 계측장비로서 2.5V의 전기펄스를 송출한 후, 결점에서 반사되어 수신되는 신호의 시간을 계산하여 결점의 거리를 계산한다. 그리고 거리대비 신호의 크기를 그래프로 표현하여 장비에서 보여주는 기능을 가지고 있다. 그림 2는 기본적인 TDR의 측정 결과 파형을 보여주고 있다[4].

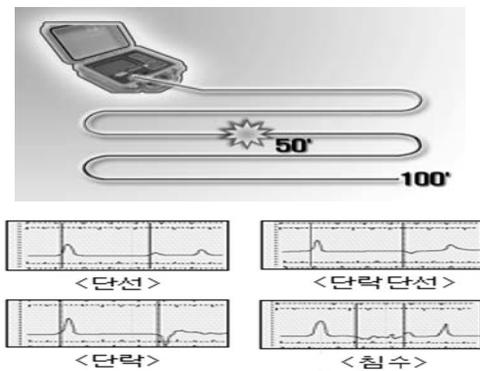


그림 2. TDR 측정 결과 파형
Fig. 2. Waveform of TDR Measurement

RTD-2000(Remote TDR Device-2000) 시스템은 상하수도용 액체관 (PE관, 강관, 주철관 등)에 삽입된 감지도선 및 연결부위에 전용 연결 장치의 설치를 통하여 상하수도 관망을 네트워크화 하며 네트워크 관망의 일정지점(5~10km) 마다 RTD-2000의 설치와 일정 시간마다 측정용 펄스 송출을 통해 상수도 관망의 누수 및 파손 여부를 실시간 탐지한다. 기초기술로는 누수의 정확한 위치를 찾기 위해 낮은 주파수를 송출하는 TDR을 사용하여 펄스를 송출한 뒤 반사되는 파형을 분석한 뒤 상하수도관망의 이상 유무를 판단하는 기술이 사용된다.

RTD-2000은 원격 누수 탐지 장비로서 기존의 PC 기반의 RTD-1000을 임베디드화하여 소형화 및 내구성을 향상시킨 시스템으로 누수감지도선의 길이를 측정할 수 있는 TDR 장비가 내장되어 있다. 이러한 TDR 장비를 이용하여 RTD-2000은 수 나노미터에서 수십 마이크로미터 파장 범위의 펄스파를 일정한 간격으로 지하에 매설되어 네트워크화 되어 있는 감지관의 감지도선으로 송출한다. 송출된 펄스파는 이상위치에서 반사되어 되돌아오는데, 이 반송파를 분석하여 이상 상태 유무를 판단하고 전송된 감지거리 데이터를 데이터베이스에 저장되어 있는 정상상태의 감지도선의 측정 데이터와 비교하여 정확한 이상위치를 검색할 수 있다. 또한 RTD-2000 시스템은 감지관망반경 3~5 km까지의 감지도선이 연결된 관망의 상수도관 네트워크를 효율적으로 모니터링 할 수 있다[5].

RTD-2000(현재 프로토타입 개발완료)은 기본적으로 Embedded OS를 운영체제로 사용하고 있고 기본적으로 TDR, 입출력 장치, 통신모듈을 제어하는 프로그램, 장비 운영을 위한 웹 환경설정 프로그램 등으로 구성되어 있다. 기본적인 구성은 그림 3과 같이 누수 감지를 위한 펄스파를 검출하는 TDR과 각각의 경로를 선택할 수 있는 TDR을 제어 및 모니터링을 하는 컨트롤부로 구성되어 있다[6].

RTD-2000에 내장된 TDR로부터 얻은 정보를 이용

하여 누수 위치를 계산하는 방법에는 TDR로부터 받은 거리정보(삽입도선의 길이정보)를 받아, 탐지 경로에 따른 라우터간 파이프와 연결관의 정보에서 감지도선 길이당 파이프 및 연결관의 길이를 계산하여 DB에 저장되어 있는 정보와 연동하여 정확한 누수위치를 검색한다.



그림 3. RTD-2000의 프로토타입
Fig. 3. Prototype of RTD-2000

또한 이렇게 측정된 결과를 중앙 모니터링 센터로 전송하고 관리자에게 SMS로 누수 지점과 거리 정보를 전송하고 누수 탐지 보고서를 메일로도 전송할 수 있는 시스템으로 개발 가능하다. TDR을 이용하여 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다[7].

- 상수도관의 누수발생에 대한 실시간 정보
- 수도관의 노후화 진행에 의한 누수예측 정보 제공
- 수도관의 노후교체 및 파손교체의 적기 시행 가능
- 타공사에 의한 상하수도관의 파손을 실시간으로 탐지
- 종래의 누수탐지방법 (청음식 탐지방법, 수분센

서를 통한 검출방법, By-Pass Line을 통한 격리식 방법)에 따른 문제점 개선 및 탐지효과 극대화

누수탐지시스템은 지하에 매설되어 네트워크화된 누수감지관망에 연결된 RTD-2000을 통해 얻어진 정보를 분석하여 감지관의 누수탐지 여부와 해당 위치를 실시간으로 모니터링하여 관리자에게 알려준다. RTD-2000의 누수감지관 탐지경로 정보와 시공된 누수감지관의 정보 및 시공시 측정된 TDR의 파형 데이터 그리고 연결관 정보, 라우터 정보 그리고 각각 라우터간의 누수감지관 연결상태 정보 등의 모니터링에 필요한 데이터들은 데이터베이스를 설계하여 구조화한다. 그리고 데이터들은 RTD-2000으로부터 실시간 전송된 정보와 함께 위치 산출 알고리즘에 따라 위치 정보를 계산한다.

III. 누수감지용 네트워크 구축을 위한 누수감지관 DB화

3.1 누수탐지 모니터링 시스템

누수탐지용 감지관은 상수도용 파이프에 감지도선을 삽입하여 제작한 특수 감지관 및 각 감지관들의 연결부위의 전용 연결장치 설치를 통하여 상수도 관망을 네트워크화 하여 관망의 누수 및 파손탐지를 수행한 것으로 그 개요는 그림 4와 같다. 관망 네트워크의 일정지점 (5~10km)마다 RTD-2000 설치와 일정시간마다 중앙 모니터링 센터에서 검사하고자 하는 지역에 설치한 RTD-2000에 내장된 TDR로 측정 펄스파를 송출하여 그 결과로 상수도 관망의 누수 및 파손 여부를 실시간 탐지한다. 이때 RTD-2000의 측정 범위는 내장된 TDR 측정 거리반경에 따라 결정되는데 설치 위치로부터 매설된 누수감지관의 감지도선 길이를 누적한 길이를 계산하여 감지 범위를 설정하게 된다.

TDR을 이용하여 누수와 같은 이상 발생위치를 찾

기 위하여 매설된 관망 탐지 경로 정보와 경로에 따라 시공된 관망정보 및 시공시 측정된 TDR의 파형 정보 그리고 연결관 정보, 라우터 정보, 라우터간 관 연결 상태 정보 등을 기반으로 관망DB를 구축한 다음 TDR로부터 전송된 정보와 함께 위치 산출 알고리즘에 따라서 위치 정보를 계산한다. 여기서 계산한 정보는 GIS 기반 모니터링 화면상에 파이프 네트워크와 누수 상태 등이 디스플레이 된다[3].

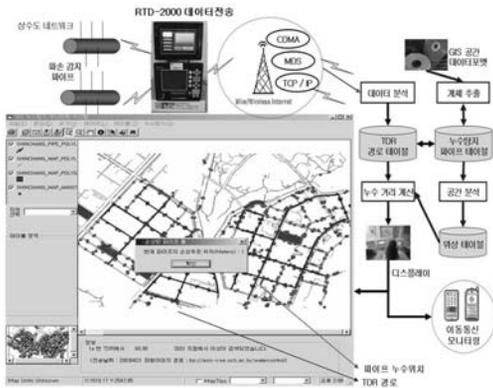


그림 4. 모니터링 시스템의 개요
Fig. 4. Basic Structure of Monitoring System

RTD-2000을 통하여 수집된 데이터들은 인터넷 망 또는 CDMA 망을 통한 중앙 모니터링센터로의 송출과 중앙 모니터링센터에서의 각 자료의 분석, 조합을 통하여 전체관망에 대한 모니터링 시스템 구축한다. 본 시스템은 감시 및 제어가 필요한 관로 시설에 적용할 수 있으며 특히, 상수도 분야의 관로 및 각종 플랜트 시설에 적용 가능하다.

시스템의 특징으로는 상수도관망에서 발생하는 누수 및 파손에 대한 실시간 정보를 제공하고 관망 분석을 통하여 상수도 관망에서 관의 노후화 진행에 의한 파손예측 정보 및 관의 노후교체 및 파손교체 시기를 적기에 시행할 수 있는 장점이 있다. 관망 매설시 GIS 및 GPS와 연동하여 시공후 매설된 관망의 정확한 매설 위치 탐지도 가능하다. 누수탐지용 감지관의 사용

으로 상수도 관망에서 누수위치 감지시 누수의 위치를 서로 다른 RTD-2000의 중복검사로 정확한 탐지가 가능하다. (오차 : ± 0.3m) 그러므로 종래의 누수탐지 방법에 따른 문제점 개선 및 탐지효과의 극대화를 가져온다[8].

그러나 실제 시공지역에 RTD-2000 시스템을 다수 설치시 중복검사로 정확한 탐지가 가능하나 시공비용의 상승이라는 단점이 발생하게 되는데 현장에서는 이러한 문제가 가장 큰 문제중에 하나이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최적의 누수감지관망 파이프 네트워크를 구축해서 측정 경로를 설정해야 한다. 측정 경로를 선택하기 위해서는 RTD-2000의 최대 측정 반경안으로 매설된 관망에 적용해야 하는데 최적의 설치 위치를 구하기 위해서는 누수감지도선의 길이 정보가 필요하다. 이를 위해서 누수감지관 시공시 시공자는 TDR 장비를 이용하여 매설되는 누수감지관망의 파이프 네트워크 DB를 구축해야 한다.



그림 5. 이상위치의 산출 순서
Fig. 5. Calculation Sequence of Leakage Location

매설된 누수감지관망과 RTD-2000을 이용하여 누수 또는 파손과 같은 이상 발생위치를 찾기 위하여 RTD-2000의 누수감지관 탐지 경로 정보와 경로에 따

라 시공된 파이프의 정보 및 시공시 측정된 TDR의 파형 정보 그리고 파이프와 파이프간의 연결관 정보, 라우터 정보, 라우터간 파이프 연결 상태 정보를 DB로부터 획득한 다음 위치 산출 알고리즘에 따라서 위치 정보를 계산하고 모니터링 화면에 이상위치의 GIS 정보를 디스플레이 한다. 관리자는 이러한 정보를 바탕으로 유지 및 보수공사를 수행한다. 기본적인 이상 위치 산출 순서는 그림 5와 같다.

본 논문에서는 연관논문에서 제안된 누수감지관 시공시에 TDR을 이용하여 실시간 측정 데이터를 기반으로한 파이프 네트워크 DB를 구축하여 사용한다.

3.3 파이프 네트워크 관망 DB 구축

누수감지관 매설시 TDR을 이용하여 매설관의 정보와 감지도선의 정보 그리고 실제로 시공시 사용되는 매설관의 길이와 측정되는 정보들을 DB화 한다. 이렇게 수집한 DB를 추후 GIS DB와 연동하면 누수 발생시 파이프 정보를 이용하여 누수가 발생한 파이프의 위치정보를 알아내고 이를 GIS 상에서 매칭이 되는 지역의 정보를 제공받을 수 있다. 이를 위해서 각각의 DB들의 규격을 통일화하여야 한다.

누수탐지 모니터링 시스템 DB에 저장된 정보는 모니터링 시스템에 의해 RTD-2000에서 측정된 정보와 모니터링 센터에 저장되어 있는 DB 데이터 정보를 분석하여 관망의 파손 및 누수지점을 산출한다. 이때 기본적으로 저장되는 DB의 내용으로는 관망 데이터, 관의 정보, 감지선 정보, 연결관과 라우터의 정보 등등을 저장한다. 누수감지 시스템에서는 DB에 저장된 정보를 이용하여 누수의 위치계산을 하며 누수 정보를 GIS 지도상에 디스플레이 한다. 각 데이터베이스는 고유 코드를 가지고 있으며 각 데이터베이스마다 유기적으로 연동되며 추후 확장을 위하여 상호 보완적으로 구성된다.

기존의 DB가 구축되어있을 경우에는 기존 DB에 누

수 감지 파이프용 DB를 연동시켜 사용한다. 만약 DB가 구축되어 있지 않을 때는 누수 감지 파이프를 매설시 함께 DB를 구축한다. 이렇게 구축함으로써 DB구축을 위해 중복으로 투자하는 것을 방지할 수 있다. 누수감지관 파이프 DB 테이블의 구성은 파이프 정보, 연결관 정보, 감지도선 정보, 연결 상태 정보로 이루어진 4개의 테이블을 기본 요소로 한다. 각각의 정보를 독립적인 테이블로 나뉘어서 관리함으로써 정보의 변경에 용이하도록 하여 정확한 누수 탐지 알고리즘의 계산이 나오도록 한다. 또한 파이프에 관한 종합적인 관리와 정보 제공을 가능하도록 한다. 또 GIS DB와 거의 동일한 형태로 제작되므로 본 시스템 DB 설계시 GIS와 연동이 가능하다는 장점을 가지고 있다[9].

3.3 RTD-2000의 효율적인 설치위치 검색 알고리즘

본 논문과 연관된 실제 테스트 현장에서 감지관 파이프 시공시 설계사무소에서 관망 네트워크의 배치를 위한 설계 작업이 미리 진행하였는데 이때 RTD-2000 시스템의 설치를 위하여 매번 수작업으로 설치 위치를 설정하였다. 수작업을 통한 설치는 RTD-2000의 중복 시공으로 인한 시공비용의 상승 등 효율성의 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 측정된 관망 DB의 정보를 이용하여 최적의 RTD-2000 설치 위치를 설정하는 기법을 제안한다.

최적의 설치 위치를 선정하기 위한 필요조건 및 우선조건은 다음과 같다.

- ① RTD-2000에서 측정할 수 있는 최대 측정 채널의 수는 최대 4채널이므로 효율성의 향상을 위해서 + 자형 교차로를 우선적으로 선정한다.
- ② TDR의 최대 측정 길이를 반경으로 검색한다.

- ③ 설치 지역별 최소로 RTD-2000을 설치한다.
- ④ 복수의 RTD-2000 시공시 경로가 중복 되지 않도록 검색이 가능하도록 한다.
- ⑤ 최대 측정 길이가 나오는 곳이 많은 채널 경로를 가지는 지역을 우선적으로 선정하여 시공한다.

기본적인 조건 위에서 제시한 5가지 조건이지만 실제 현장에 적용시 중복지역이나 분기지역에서 문제가 발생할 확률이 높다. 이를 해결하기 위해서 아래와 같은 조건을 추가하여 실제 현장에 적용하면 해결할 수 있다.

- ⑥ 분기 지역중 한곳은 무시하거나 XL 파이프를 활용하여 검색 경로를 구축한다.

를 위해서 매설된 관망 지도데이터의 분석을 통하여 관종별 누수감지관의 길이정보를 바탕으로 경로별 관망길이의 누적 데이터를 분석하여 최적의 경로를 계산한다.

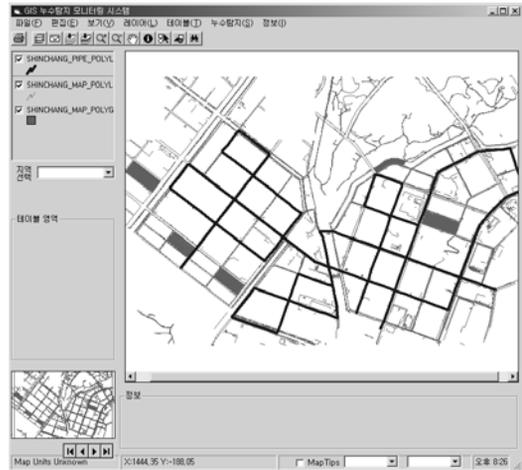


그림 7. 시공을 위한 관망 배치도
Fig. 7. Arrangement Diagram for Pipe-Networks

```

begin
지역의 포인트의 갯수를 입력 :<cnt;
point < 포인트 개수만큼 생성;

for(i=0; i<cnt; i++)
point[i] < 교차로 생성;

while(포인트 개수만큼 실행)
for(i=0; i < 구역갯수; i++)
관망길이정보[i] = 0;

while(+ 자형 교차로 인지 검색)
if(경로가 4개인 + 자형 교차로이면)
이전 포인트 < 현재 포인트;
현재 포인트 < 현재 포인트 위치;

for(i=0; i < 구역갯수; i++)
관망길이정보[i]를 설정;
point[현재포인트] += 관망길이정보[i];
    
```

그림 6. 의사코드로 표현한 알고리즘
Fig. 6. Algorithm Conversion to Pseudocode

그림 6은 알고리즘을 의사코드로 표현한 일부 내용을 보여주고 있다. 이렇게 알고리즘에서 제시한 조건들을 바탕으로 최적의 설치위치를 설정할 수 있다. 이

관망도에서 TDR의 성능을 최대한으로 이용하기 위하여 지도상에서 설치반경을 3~5km로 설정하여 RTD-2000을 하나씩 설치한다. 다음 그림 7은 실제 시공을 위한 관망의 배치도를 보여주고 있다. 관망에 적용한 예이다. 화면상에서 파란색은 지도상에서 파이프 관망을 나타내고 있다. 이와 같은 관망 배치에서 수작업을 통한 RTD-2000의 설치위치를 선정하면 그림 8과 같이 3군데에 RTD-2000을 설치할 수 있다. 각 설치된 RTD-2000에서 4개 채널의 경로로 검색이 가능하도록 경로를 지정할 수 있는데 경로의 색상은 구분이 잘 되도록 임의로 지정이 가능하다. 지도상에서 R1, R2, R3는 모두 4개의 측정 경로를 가지고 있다.

그림 8에서와 같이 TDR 3개를 사용하여 지역의 관망을 커버할 수 있다. 또한 그림 8에서와 같이 모든 경로가 검색가능한 지역이다. 그림 8에서와 같이 주변에 위치한 비 검색 대상 네트워크를 보면 R1과 R2의 경우

를 보면 다른 지역의 인접 RTD-2000을 이용하여 검색을 할 수 있다. 그러므로 R1의 오른쪽 채널 경로와 R2의 왼쪽 채널 경로의 경우 인접해있기 때문에 중복 경로 문제가 발생하거나 그림 8 처럼 측정 경로의 길이가 짧게 되는 경우가 발생하는데 이러한 것은 RTD-2000 장비의 설치비용 상승률에 대비하여 측정 범위상 효율이 많이 떨어지는 문제가 발생할 가능성이 높다.

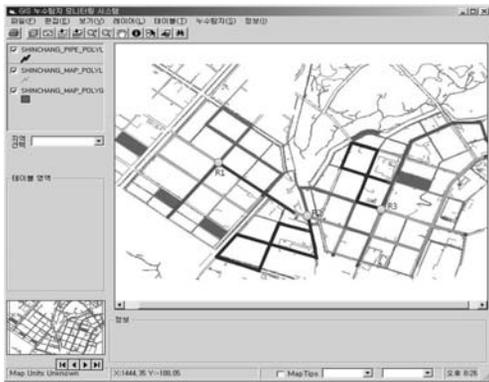


그림 8. RTD-2000 설치 위치
Fig. 8. Install Location of RTD-2000

3.4 기존관 적용 및 측정 경로 중복문제 해결

누수감지관은 신도시에 처음 매설시나 블록별로 관망을 교체시에 사용하는 것이 좋으나 기존관의 교체시 누수감지관으로 구축된 관망과 기존관망과의 혼용으로 구축이 가능하다. 이때 측정은 누수감지관망만 측정이 가능하다. 그러나 실제 매설되는 관망에서는 기존관과 감지관이 혼합되어 시공되므로 모니터링에 어려움이 발생할 수 있다. 또한 누수감지관망으로 이루어진 지역에서 측정 검사 경로의 중복 문제가 발생할 수가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 간단하게 시중에서 구하기 쉬운 XL 파이프를 이용하여 감지도선을 우회시켜 관망 DB를 구축하여 누수탐지를 수행한다. 그림 9은 실제 현장에 적용된 사진과 누수감

지관과 일반관의 혼용하여 시공한 XL 파이프를 보여주고 있다.

이러한 문제는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하면 중복경로 문제나 비효율적인 RTD-2000 설치 및 측정 거리 문제들을 해결할 수 있다.

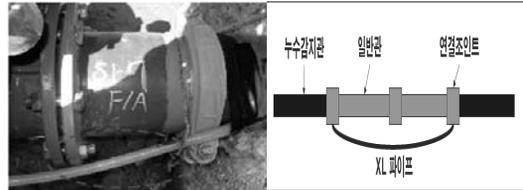


그림 9. 누수감지관과 XL파이프의 혼용 시공
Fig. 9 Mix Construction Leakage Sensing and XL Pipe

그림 10은 XL 파이프를 사용하여 알고리즘을 적용한 후의 RTD-2000의 설치 위치를 설정한 화면이다.

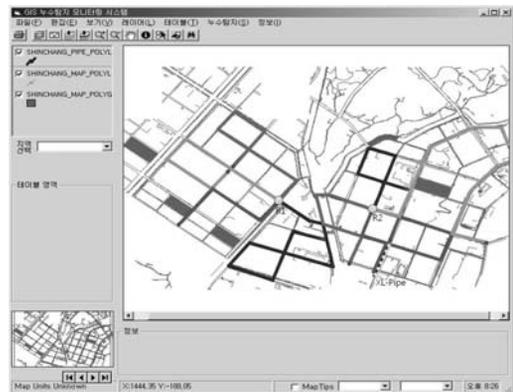


그림 10. 알고리즘이 적용된 관망
Fig. 10 Algorithm applied Pipe-Networks

그림 8에서는 RTD-2000이 3대 설치되었지만 알고리즘을 적용하며 그림 10와 같이 RTD-2000의 설치수를 2대로 줄일 수 있었다. 또한 측정 범위안에서 최대한 관망을 검색할 수 있다. 경로가 중복되는 지점은 XL-파이프를 이용하여 점프하여 구축할 수 있는데 그

림 11을 보면 지도상에서 노란색 점선은 XL-Pipe가 적용된 지점을 보여주고 있다.

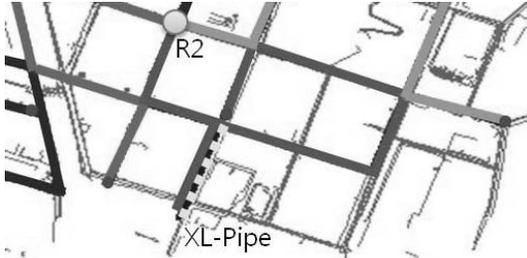


그림 11. XL-Pipe가 적용된 관망
Fig. 11 XL-Pipe applied Pipe-Networks

본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표. 1 알고리즘 적용전과 적용후 효율성 비교
Table 1. Efficiency compare for applied algorithm

	알고리즘 적용전	알고리즘 적용후
설치 RTD-2000 장비수	3	2
측정 경로 채널수	12	8
측정 범위	최대 3km	최대 5km
RTD-2000 측정 활용도	1	1.66
중복 측정 경로수	1	0
점프용 XL 파이프 사용	0	1
설치 비용 (기존 3대 설치 기준 대비)	1	0.67

측정 범위의 증가로 RTD-2000의 최대 측정 반경 허용치에 근접하여 측정이 가능하므로 시스템 활용도도 높아지고 또한 중복 측정의 빈도수도 줄일 수 있었다. 뿐만 아니라 RTD-2000의 설치 수를 줄임으로서 실제 시공시 RTD-2000 시스템 설치에 들어가는 시공비용을 줄일 수 있는 장점이 있다[10].

IV. 구현 및 시뮬레이션

본 논문에서는 제안한 네트워크망 구축을 위해서 실제로 경기 평택시의 일부지역을 선정하여 누수감지

관 시공시 RTD-2000의 최적 설치를 선정할 수 있도록 파이프 관망 DB관리 프로그램을 개발하였다.

기존의 현장 수집데이터를 작업자가 수기식으로 기록할 경우 많은 정보를 담기에는 무리가 있기 때문에 체계적인 정보 수집 및 사후 유지관리를 위한 정보의 활용도 어렵고, 실제로 거의 이용되지 못하는 문제점이 있다. 이러한 수기식 기록에 비해 본 논문에서 구현한 프로그램은 체계적인 데이터 기록이 가능하며, 많은 데이터를 빠른 속도로 기록이 가능했다. 이를 이용하여 보다 최적의 RTD-2000 시스템의 설치 위치를 선정할 수 있을 것이다.

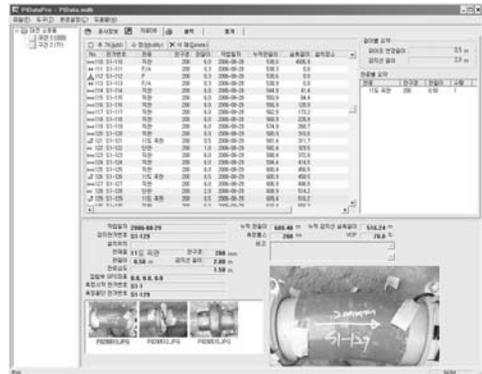


그림 12. 시공현장 수집데이터 관리 프로그램
Fig. 12 Construction Field Gathering Data Management Program

그림 12는 시공현장 수집데이터 관리프로그램을 보여준다. 관리프로그램은 관망의 매설정보와 시공된 누수감지관 정보, 그리고 누수감지도선의 길이 정보를 리스트로 보여준다.

이러한 파이프 DB 관리 프로그램을 이용하여 매설된 관망의 종류 및 경로 그리고 감지도선의 길이 정보들을 수집하고, 이를 바탕으로 그림 13과 같이 최적의 RTD-2000 예상 설치 지역을 선정할 수 있었다. 그림 14에서와 같이 경로중에서 일부경로(채널1)는 측정지역이 중복 되는 문제가 발생하게 되는데 이를 해결하

기 위해서 XL 파이프를 활용하여 감지도선을 점프하여 측정 경로에 추가하였다. 이와 같이 감지도선을 점프하여 사용할 경우에는 측정 경로의 감지도선의 길이가 TDR장비의 최대 측정 거리 반경안에 있어야 가능하다.



그림 13. RTD-2000 예상 설치 위치
Fig. 13 Expected RTD-2000 Construction Position

바탕으로 지리정보를 제공받을 수 있다. 또한 매설된 관망의 정보를 함께 관리할 수 있는 장점이 있다. 그림 13에서와 같이 누수감지 모니터링 시스템은 신도시 건설에 많이 적용할 수 있는데 그림 15는 RTD-2000의 설치 위치를 선정후 실제 누수감지관의 시공 및 신도시 건설이 끝난후에 누수탐지 시스템이 적용된 관망의 정보를 보여주고 있다. 그림 13에서 설정한 예상 설치 위치에 그림15와 같이 RTD-2000 시스템을 적용하였다.



그림 15. 적용된 관망 및 설치된 RTD-2000
Fig. 15 Pipe-Networks and RTD-2000 on Google Map

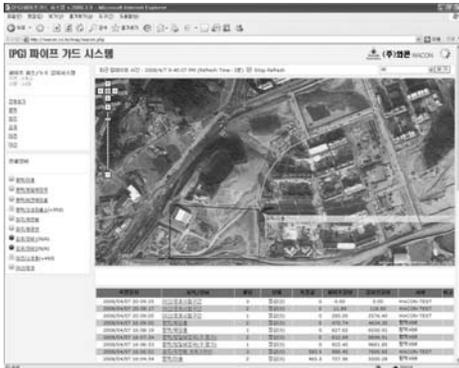


그림 14. 구글맵을 사용한 관망관리 시스템
Fig. 14 Pipe-Networks Management System using Google Map

그림 14는 구글맵을 이용하여 실제 관망의 매설 위치 및 파이프 네트워크 DB정보를 바탕으로 RTD-2000의 설치위치를 관리할 수 있는 관망관리 프로그램을 보여주고 있다. 실제 시공지역의 정보를 위성지도를



그림 16. 지자체에서 운영중인 누수탐지 모니터링 시스템
Fig. 16 Leakage Detection Monitoring System at Local Government

이와 같이 누수감지관 시공지역에서 최적의 측정 경로가 지정되면 실제로 시공을 수행하여 공사를 진행한다. 그림 16은 RTD-2000 시스템을 설치하고 누수

탐지 모니터링을 실제 운영하는 지자체의 모니터링 시스템 화면을 보여주고 있다.

V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 실시간 누수탐지 모니터링 시스템의 원활한 적용을 위하여 누수감지용 파이프 네트워크 구축방법 및 최적의 RTD-2000 설치 지점 선정 알고리즘을 제안 하였고, 누수감지관의 효과적인 유지보수 및 정보 활용을 위해 누수감지관을 중심으로 관망 데이터 구축과 활용이 가능하도록 현장 수집데이터 관리 프로그램을 개발하고, 이를 실제 시공현장에 적용 하였다.

누수감지관 시공시 실제로 RTD-2000의 최적 설치 위치를 선정하여 측정율의 향상 및 시공비용의 감소를 이끌어 효과적인 시공의 기준을 제시한 것으로 판단된다. 그뿐 아니라 시공 후 누수탐지 모니터링 시스템의 효율적인 운영을 가능하게 함으로써 수자원 확보에 기여할 것으로 예상된다. 향후 GPS와 RFID시스템의 접목으로 누수감지관의 위치 정보를 정확하고 신속하게 제공하여 시스템의 효율성을 한층 높일 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 강병모, 홍인식, "원격 상수도관망 누수감지 시스템에 관한 연구", 정보처리학회 논문지, Vol.11, No.D, pp.1311~1318, 2004.
- [2] (주) Wistco, www.wistco.co.kr
- [3] 강병모, 홍인식, "GIS 상에서 TDR을 사용한 누수감지관 파 모니터링 시스템에 관한 연구", 한국멀티미디어학회 논문지, Vol.7, No. 4, 2004, 7.
- [4] (주)NANO Tronix, www.nano-tronix.com
- [5] 김민호, 홍인식, "ARM 시스템을 이용한 RTD-1000 SoC에

관한 연구", 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회는 문집, pp.623~626, 2007, 11.

[6] (주)COMFILE TECHNOLOGY, www.comfile.co.kr

[7] (주) Wacon, www.wacon.co.kr

[8] 강병모, 김민호, 홍인식, "GPS를 이용한 지하매설물의 위치 관리 시스템 개발에 관한 연구", 전자공학회 호서지부 추계학술대회, 2006, 11.

[9] 이범희, "관망관리를 위한 최적화 모형의 구성", J. Korean Geophysical Soc. Vol.7, No.1, pp.51~60, 2004.

[10] 김민호, "임베디드 시스템 기반 시설물 통합모니터링 시스템의 구현", 순천향대학교 일반대학원 컴퓨터학과 석사학위논문, 2008.12

감사의 글

이 논문은 2009학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였음

저자소개



강병모(Byung-Mo Kang)

1998년 순천향대학교 전산학과
(공학사)

2000년 순천향대학교 대학원 전산학
과 (공학석사)

2005년 순천향대학교 대학원 전산학과
(공학박사)

2007~현재 순천향대학교 교양교육원 겸임교수

※ 관심분야: GIS, RFID, 임베디드 시스템, 유비쿼터스
컴퓨팅, 스마트폰

홍인식(In-Sik Hong)



1981년 한양대학교 전자공학과(공학
사)

1986년 한양대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

1988년 한양대학교 대학원 전자학과
(공학박사)

1991~1995년 순천향대학교 공과대
학 전산학과 전임강사

1995~1999년 순천향대학교 공과대
학 컴퓨터학부 조교수

1999~2004년 순천향대학교 공과대
학 정보기술공학부 부교수

2004~2005년 순천향대학교 공과대
학 정보기술공학부 교수

2005~현재 순천향대학교 공과대학 컴퓨터학부 교수

※ 관심분야: 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 시스템, 유무
선 네트워크