



A Study on the Optimization of Efficient Node-to-Node Disturbance Detection System

Byoung-Chan Jeon¹, In-Sik Hong²

¹*The Collage of Liberal Arts, Chungwoon University*

²*Department of Computer Science & Engineering, Soonchunhyang University*

ABSTRACT

A major loss factor for water resources is leaks or pipe damage that prevent the transport of water resources. Leakage or damage of these water pipes is caused by damage caused by aging of the life of the pipes, corrosion on the surface of the pipes, construction of pipes or installation conditions, water supply conditions, and accidents. There are currently a variety of water leak detection techniques applied to the top and bottom pipe networks. Among these systems, existing systems are developed using flow meters, hydraulic pressure systems, ultrasonic waves, optical cables, and monitoring systems using TDR. However, there are many cases where systems are not installed efficiently and cannot be monitored. In addition, existing PC-based systems with high prices need to develop embedded board-based low-cost systems because they are not cost-effective when applying the system to short-range pipelines. However, there is a limitation in function of SW that is currently used on site as it is also developed based on PC. In this paper, the existing monitoring system has the disadvantage of being economically expensive when replacing old pipe or short track less than 1,000m, and that it is too much to cover with existing system even when installing short section or different kinds of landscape. To address these shortcomings, the distance between nodes of the break detection system was optimized for optimal monitoring and development of a water leak detection system with high constructivity and economy by using leak detection sheets (hereinafter referred to as the leak detection sheet).

© 2019 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Embedded node, Arduino embedded board, Leakage sensing smart Sheet, Leakage sensing pipe, Leakage detection pipe network

ARTICLE INFO: Received 12 November 2019, Revised 4 December 2019, Accepted 7 December 2019.

*Corresponding author is with the Department of Computer Science & Engineering, SoonChunHyang University, 31538, 22 Soonchunhyang-ro, Sinchang-myeon,

Asan-si, Chungcheongnam-do, KOREA.
E-mail address: ishong@sch.ac.kr

1. 서론

현재 상수도 수자원의 확보를 위해서는 실제 상수도의 이동을 담당하는 상수도관의 역할이 아주 중요하다. 수자원의 주요한 손실 요소로는 수자원의 운송을 방해하는 누수 또는 관의 파손이 있는데 이러한 상수도관의 누수나 파손은 관의 수명 노후화로 인한 파손, 관 표면의 부식, 관 시공이나 매설 환경, 급수상태 그리고 사고 등의 원인으로 발생한다. 이렇게 발생하는 사고등을 방지 또는 모니터링 하기 위해서 상, 하수도 관망에 다양한 누수탐지 기법들이 적용되고 있다[1-8]. 기존의 누수감지 시스템으로는 유량계를 이용한 방법, 수압계를 이용한 방법, 초음파를 이용하는 방법, 광케이블을 이용하는 방법, TDR를 이용한 모니터링 시스템 등이 개발되어 있으나 수요자가 원하는 기능을 구현하지 못하고 있는 실정이다.

최근 개발된 상·하수도 관망에 적용되고 있는 누수탐지 기법 중에는 누수(누수 및 파손, 이하 누수) 감지 시트를 이용하는 방법이 있다[9]. 모니터링 시스템의 운용시 운용비용을 절감하기 위한 다양한 방법들이 존재하는데, 다양한 방법 중 기존 시스템들보다 경제적으로 시스템을 구축할 방법으로 임베디드 시스템을 이용한 파손감지 시스템으로 모니터링 하는 방법이다. 가격이 비싼 기존 PC 기반의 시스템은 단거리 관로에 시스템 적용시 비경제적이므로 임베디드 보드 기반의 저가형 시스템의 개발로 운용비용을 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 기존의 모니터링 시스템으로 노후관 교체 공사나 1,000m 미만의 단거리 관로 교체 공사 시 경제적으로 많은 비용이 드는 점과 짧은 구간 또는 여러 종류의 관경을 매설하는 경우에도 기존의 시스템으로 커버하기에는 무리가 있다는 단점을 해결하기 위해서 시공성과 경제성이

높은 스마트시트를 이용한 파손감지 시스템의 노드 간 거리 최적화를 진행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보고 제3장에서는 제안한 시스템 구조에 대해서 살펴본다. 제4장에서는 제안한 시스템의 테스트에 대해서 살펴보고 마지막으로 제5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 국내의 누수탐지 연구 동향

국내 누수탐지 기술을 여러 가지 다양한 방법들이 개발되어 운용되고 있으며 최근에는 IT 기술과 융합된 누수탐지 기법들이 상용화되어 적용되고 있는 상태다.



그림 1. 유량계 및 수압계를 이용한 모니터링 시스템
Figure 1. Monitoring System using Flow Meter and Water Pressure Meter

이러한 기술 중에서 첫 번째는 <그림 1>과 같이 유량계 및 수압계를 이용한 기술로 유량계와 유량계 간 유량 차이가 발생 시 누수 발생으로 추정하고, 소음이 적은 야간에 누수 지점을 직접 탐사하는 방법이다. 정확한 판단을 위한 전문가가 필요하

고 여러 변수가 많아 정확한 판단이 어려우며, 현재 통계상으로 보면 약 40%의 오차율이 발생하고 있다. 또한, 수압이 있는 상수도에만 적용할 수 있고 간선처럼 대형 파이프라인에는 부적합하고 누수 지점을 찾기 위해 청음기 등을 이용한 별도 탐사비용이 발생하는 문제점이 있다.

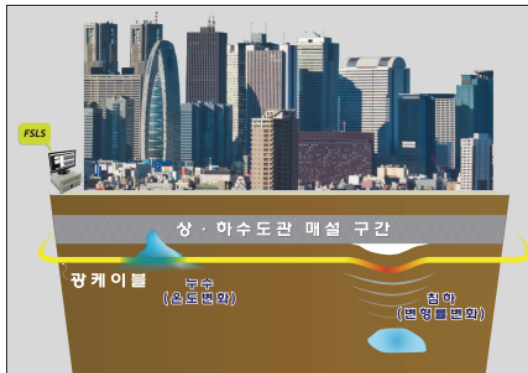


그림 2. 광케이블을 이용한 상, 하수도 누수감지 시스템
Figure 2. Water Leak Detection System for Upper and Lower Sewage Using Optical Cable

두 번째는 <그림 2>와 같이 광케이블을 이용하여 파이프라인 하부에 광케이블을 매설을 통하여 온도가 변하거나 광케이블이 꺾일 때 누수를 감지하는 기술이다.

감지장치에서 약 30km까지 모니터링이 가능하므로 긴 구역을 경제적으로 운영할 수 있고 또한 파이프의 누수뿐만 아니라 꺾임을 감지하기 때문에 부등침하 현상도 감지할 수 있으므로 싱크홀 발생을 미연에 알 수 있는 장점이 있다. 그리고 유량계 및 수압계와는 다르게 상수도관뿐만 아니라 하수관 및 다른 모든 관에 적용할 수 있다. 그러나 땅속에는 많은 수분이 있거나 장마철에는 특히 많은 물이 있으므로 오작동의 우려가 크고 누수와 지표수의 판단이 어려워 전문가가 판단해야 하는 어려움이 발생한다. 그리고 광케이블의 연결방법이 매우 어렵기 때문에 광케이블이 파손되었을 때 복구

가 어렵고 상수도관 시공시 여러 부분으로 분할 시공할 경우 광케이블을 연결하기 어려우며 설치 비용이 많이 발생하는 단점이 있다.

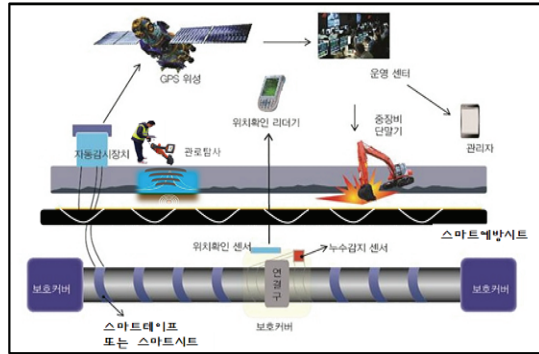


그림 3. TDR을 이용한 누수감지 시스템
Figure 3. Water Leak Detection System Using TDR

세 번째는 <그림 3>과 같이 TDR을 이용한 누수 감지기술로 감지선에 전파를 보낸 후 끝까지 갔다가 돌아오는 시간을 계산하여 파손 또는 누수 지점을 찾는 기술이다[10,11]. 광케이블에 비해 짧은 거리인 약 4km를 감지장치 한 대로 모니터링이 가능하며 비용은 광케이블 방식보다 저렴하고, 설치 및 유지관리가 용이한 장점이 있으며, 상수도관을 비롯해 하수관 등 모든 압력관에 적용할 수 있다.

그러나 관 생산단가가 올라가는 단점과 관경 700mm 이상의 금형 제작이 어렵기 때문에 대구경 관망의 누수감지가 곤란하며, 300m 이내 거리에서는 블라인드 스팟 문제로 인하여 정상적으로 측정하지 못하는 단점이 발생한다.

마지막 네 번째는 <그림 4>와 같이 스마트 누수 감지 시트를 활용한 누수감지 기술로 기존의 누수 감지 시스템을 고도화하여 원가 절감 및 소형화한 기술로 700mm 이상의 대구경 관망에서 누수감지 센서와 보호용 스마트시트를 적용하여 기존 제품보다 50% 이상 저렴한 가격으로 구축이 가능하다.

또한, 측정 시 구간별로 모니터링이 가능하므로

특정 이벤트 부분을 복구하지 못하더라도 그 구간을 제외한 구간은 항상 모니터링이 가능하다.



그림 4. 스마트 누수감지 시트
Figure 4. Smart Leak Detection Sheet

현재 국외 누수탐지 기법들도 대부분 국내 기술들과 비슷한 기술들이 개발되어 사용되고 있다. 그러나 아직은 파손감지 스마트시트를 이용하여 실시간으로 누수 및 파손을 감지하는 기술은 국내에만 개발되고 국외에는 없는 실정이다.

2.2 임베디드 보드

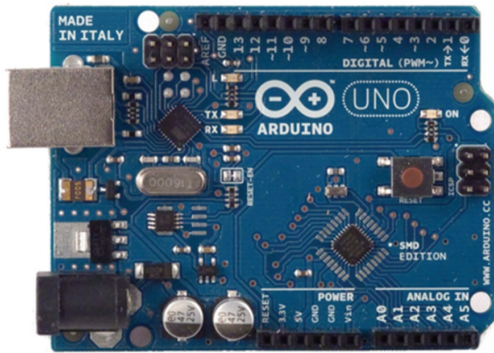


그림 5. 아두이노 우노 보드
Figure 5. Arduino UNO Board

Atmel사의 AVR이라는 마이크로 컨트롤러를 적용한 아두이노 보드는 다양한 종류로 구성된다[11].

<그림 5>와 같이 아두이노 우노 보드는 CPU로 Atmega 328의 AVR 마이크로 컨트롤러 유닛을 포함하고 있으며 다양한 센서들과 결합을 할 수 있는 6개의 아날로그 입력 단자, 14개의 디지털 I/O, USB, 리셋을 위한 버튼 등으로 구성되어 있다. 그 외 다양한 센서들과 통신을 위한 확장 모듈이 연결할 수 있는 확장보드(셸드) 제품도 풍부하게 제공하여 높은 확장성을 제공하고 있다.

3. 스마트시트를 이용한 파손 모니터링

본 논문에서 스마트시트를 이용하는 모니터링 시스템은 기존의 PC 기반이 아닌 임베디드 보드를 이용한다. 그리고 시스템의 최적 설치를 위한 노드 간 거리 최적화로 인한 모니터링 범위의 향상으로 시스템의 경제성과 효율성을 높인다.

3.1 임베디드 노드의 선정

현재 대부분의 관로에서는 긴 거리의 구간보다는 짧은 거리의 교체 공사가 많으므로 실제 사용이 어려움이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 스마트시트를 시공 현장에 맞게 수백 미터(최대 1.2km)마다 감지장치를 설치하여 실시간으로 연결부의 누수 또는 파이프의 파손을 모니터링 함으로써 짧은 구간에도 경제적으로 운영할 수 있도록 소형화 및 저전력 시스템으로 구성한다.

저전력 및 저비용의 시스템으로 구성하기 위해서 기존의 범용 PC 기반이 아닌 임베디드 보드를 이용하여 구축하는 것이 가장 적합한 방법이다. 그러므로 본 시스템에 맞는 최적의 임베디드 보드로 약 3.3~5V의 저전력으로 구동이 가능한 아두이노 우노 보드로 선정하였다.

3.2 노드 간 거리 최적화와 스마트시트 네트워크 DB 구축

지하에 매설된 시설물을 모니터링하기 위해서 스마트시트의 설치와 지하매설물 관망을 네트워크화하여 관망의 이상 유무 모니터링을 수행한다.

관망의 일정 지점마다 임베디드 노드의 설치 및 일정 시간(측정 시간)마다 임베디드 노드를 이용하여 측정하고 측정된 결과를 모니터링 서버로 전송한다. 그리고 전송된 데이터를 분석하여 매설된 시설물의 이상 유무를 탐지한다. 이때 설치된 임베디드 노드의 측정 범위는 노드의 측정 거리 중 최적 측정 거리에 따라 결정되는데 노드별 최적 측정 위치를 설치시 같이 계산하여 노드별 감지 범위를 설정한다. 스마트시트의 길이 정보와 삽입된 감지 도선의 길이 정보 그리고 노드별 연결된 스마트시트의 연결 도선 정보 등과 함께 최적 노드 거리 측정 알고리즘에 따라서 노드 간의 거리가 결정된다.

임베디드 노드에 설치된 RS485로 측정시 통신 거리는 약 1.2km 이내의 거리를 측정할 수 있다 [12-18]. 기본적으로 하나의 모니터링 시스템당 최대 8대의 임베디드 노드들로 연결된 시스템으로 설계할 수 있다. 그러나 시스템이 설치되는 곳이 지하이기 때문에 다양한 환경의 영향으로 측정 거리가 줄어들 수 있는 문제가 발생한다. 그러므로 임베디드 노드의 최적 환경에서 실제 측정 거리는 약 1.2km이지만 지하에 설치시 지상 잡음, 다른 지하 시설물, 각종 유해 전파 등등의 영향으로 인해서 측정 거리에 다양한 영향을 주게 된다. 이러한 영향을 고려한다면 실제 최적 거리는 최대 측정 거리의 80% 이하인 대략 800m 이내로 설정하는 것이 좋다.

스마트시트를 이용하여 누수나 파손과 같은 이상 발생 위치를 찾기 위하여 관망 DB를 구축해야 한다. 관망 DB는 매설된 관망 경로 정보, 경로에

따라 시공된 임베디드 노드, 스마트시트 정보 및 시공시 측정된 스마트시트 데이터 정보 등으로 구성된다. 임베디드 노드로부터 스마트시트 검사 시 측정 및 전송된 데이터를 위치 산출 알고리즘에 적용하여 위치 정보를 계산한다. 계산된 정보는 모니터 화면상에 GIS 지도기반 화면으로 지하매설물 네트워크와 스마트시트의 상태 등이 디스플레이 된다. 그러나 실제 시공지역에서 다수의 임베디드 노드가 설치되었을 경우에는 경로별로 중복검사가 가능하여 정확한 측정과 탐지를 할 수 있다. 그러나 현장에서 발생하는 가장 큰 문제 중의 하나인 시공 비용의 상승이라는 단점이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최적의 스마트시트 관망 네트워크를 구축하고 모니터링을 위한 측정 경로를 설정해야 한다. 측정 경로를 선택하기 위해서는 임베디드 노드의 최대 측정 거리 반경 내의 거리를 매설 관망에 적용해야 한다. 그러므로 노드의 최적 설치 위치를 설정하기 위해서 스마트시트의 최대 측정 거리 정보가 필요하다.

시공자는 스마트시트의 거리 정보를 이용하여 매설되는 스마트시트의 네트워크 DB를 <그림 6>의 과정으로 구축한다. 그러나 실제 노드와 노드 사이의 거리가 800m 이내이면 문제가 없었으나 800m 이상일 경우에는 높은 확률로 문제가 발생한다. 이러한 문제의 해결을 위해서 노드 최초 설치시 시스템과의 통신을 테스트하여 통신 성공률이 좋은 노드로 설치하는 방법, 노드를 2개 이상 설치하는 방법, 그리고 앞의 두가지 방법을 혼합하는 방법으로 해결할 수 있다.

첫 번째 방법은 100회 이상 전송 테스트를 진행하여 1km 통신 테스트에서 성공률이 95% 이상 통신이 가능한 노드를 설치하는 방법이다. 이는 대량 생산되는 임베디드 노드라 할지라도 임베디드 노드에 설치된 RS485의 성능 편차가 발생할 수 있기 때문이다. 또한 임베디드 노드에서 노드와 노드 간

최소 50회 이상 통신을 기본적으로 진행하기 때문에 노드 설치에는 최소 100회 이상 전송 테스트를 수행해야 한다. 그러므로 미리 테스트하여 안정적인 최대 통신 거리 정보값을 설정하는 것이 좋다.

두 번째 방법은 통신 최적 거리인 800m를 넘을 경우 2개의 노드로 나누는 방법으로 이 방법은 첫 번째 방법에서 발생할 수 있는 측정 데이터의 전송 오류 문제를 미리 방지할 수 있는 장점이 있다. 그러나 노드를 2개 사용하기 때문에 측정 범위의 축소 및 시공 비용이 상승하는 문제점이 발생한다.

세 번째 방법은 기존의 첫 번째 방법과 두 번째 방법을 혼용하는 방식이다. 장점으로는 안정적이고 오류 발생률을 현저히 줄일 수 있지만 두 가지 방식을 적용하기 때문에 테스트 시간의 증가 및 비용 상승 문제가 함께 발생하는 문제점이 있다.



그림 6. 스마트시트 측정 과정 및 DB 업데이트
Figure 6. Smart Sheet Measurement Process and DB Update

3.3 효율적인 노드 설치 위치선정 알고리즘

설계사무소에서 관망에 따라 임베디드 노드의 배치 설계 작업이 미리 진행된 후 설계에 따라서 임베디드 노드를 설치해야 하는데 이때 임베디드 노드의 설치시 매번 노드의 설치 위치를 수작업으로 설정하였다. 이때 임베디드 노드의 중복된 시공 문제로 인한 비용의 상승 문제가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 측정된 스마트시트 DB의 정보를 이용하여 최적의 임베디드 노드의 설치 위치를 설정한다. 최적의 설치 위치를 선정하기 위한 조건은 다음과 같다.

- ① 시스템 하나당 8대의 임베디드 노드를 연결할 수 있으므로 시스템 효율성의 향상을 위해서 + 자형 교차로(4개의 경로)를 먼저 선정한다.
- ② 한쪽 경로로 임베디드 노드의 최적 측정 길이 (약 800m)를 반경으로 노드들을 설치한다.
- ③ 시작 설치지점으로부터 최대 8대의 임베디드 노드들을 연속적으로 설치한다.
- ④ 나머지 3개의 경로도 위 ②와 ③의 과정으로 임베디드 노드들 설치한다.
- ⑤ ① ~ ④ 과정에서 설치가 안 된 지역을 선정하여 최대 측정 길이가 나오고 많은 채널 경로가 되는 지역을 최우선으로 선정하여 시공한다.

그러나 실제로 현장 적용시 관망의 분기가 발생하는 지역에서 높은 확률로 문제가 발생할 수 있으므로 추가 조건을 적용하여 해결할 수 있다.

- ⑥ 분기 지역 중 한 곳은 무시하거나 연장 케이블을 활용하여 검색 경로를 구축한다.

이렇게 제시한 조건들을 바탕으로 최적의 설치 위치 설정과 스마트시트의 길이 데이터 정보를 바탕으로 경로별 누적 데이터를 분석하여 최적의 경로를 계산할 수 있다.

임베디드 노드의 성능을 최대한으로 활용하기 위하여 설치반경을 노드당 약 800m씩 8대 1 Set 단위로 임베디드 노드들을 설치한다. 다음 <그림 7>은 실제 시공을 위한 임베디드 노드의 관망 배치도를 보여주고 있다. 연속적으로 연결된 8대의 노드들로 구성되며 시작과 마지막 노드는 모니터링 서버와 통신이 가능하다. 그러나 일부 구간에서는 노드 8대로 구성이 되지 않고 중심 노드에서 양쪽으로 3대씩 구성된 형태로 설치하여 하나의 노드로 양쪽 경로를 모니터링이 가능하게 구축하였다.

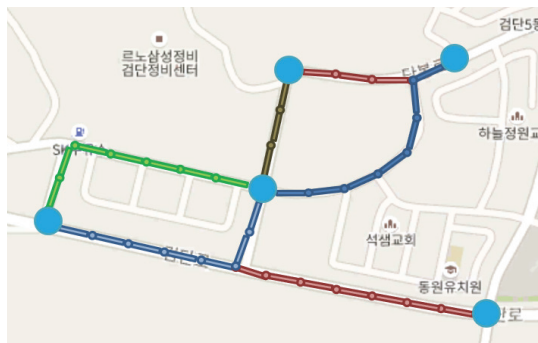


그림 7. 임베디드 노드의 설치
Figure 7. Installation of Embedded Node

4. 모니터링 서비스 시나리오 및 시물레이션

모니터링 서비스를 위해서 우선 노드별 임베디드 보드를 구동한다. 임베디드 보드의 특성상 전원이 인가되면 자동으로 정해진 기능을 수행할 수 있도록 프로그램을 작성하여 자동으로 스마트시트를 모니터링을 시작한다. 아두이노 임베디드 보드와 스마트시트를 이용하여 네트워크 노드를 구축하고 하나의 시스템 당 노드 최적화 및 연결된 노드들을 모니터링 한다. <그림 8>은 스마트시트 모니터링 시스템의 화면을 보여주고 있다.



그림 8. 스마트시트 모니터링 시스템 서비스
Figure 8. Smart Sheet Monitoring System Service

노드의 통신은 설치된 임베디드 노드 1에서부터 노드 7까지 측정 신호를 전송한다. 각 노드들은 이전 노드로부터 받은 신호와 본인 노드의 신호를 함께 다음 노드로 전송한다. 이 과정을 반복하여 노드 1에서 전송한 측정 신호가 노드 7까지 정상적으로 전송되면 노드 7은 모니터링 서버로 노드 1에서 노드 7까지의 신호를 송신한다. 모니터링 서버는 노드 1에서 노드 7까지의 정보가 정상적으로 전송이 된 것과 정상적으로 통신할 수 있다는 것을 확인할 수 있으므로 해당 관망의 상태가 정상인 것을 확인할 수 있다.

만약 노드 3에 이상이 생기면 모니터링 서버로 전송되는 신호는 노드 4~7의 정보이므로 노드 1~3 중에 이상이 발생한 것을 알 수 있게 된다. 교차 검사를 통하여 노드 1~3을 확인하여 이상이 발생한 노드를 검출한다. 모니터링 서버는 이러한 스마트시트의 정보를 확인하여 모니터링 관리자에게 관망 정보를 제공한다.

본 논문에서 임베디드 노드 간의 통신 및 서버로 전송하는 과정에 사용되는 패킷은 <그림 9>와 같은 순서로 동작한다. 모니터링 서버로 전송된 데이터를 바탕으로 파손감지 스마트시트를 이용한 임베디드 노드의 파손 유무를 모니터링하는 파손감지 시트 모니터링 화면을 보여주고 있다. <그림

으로 노드 간 모니터링 시 측정률의 향상을 끌어낼 수 있었다. 그러므로, 파손탐지 모니터링 시스템의 효율적인 운영으로 수자원 확보에 이바지할 것으로 예상된다.

향후 송신부분과 수신 부분으로 나뉘어 있어 이벤트가 발생할 때 일정 구간에 대한 모니터링이 불가능한 단점을 보완하고 항상 전체를 모니터링할 수 있는 저전력 신호 통신기술 (LoRa)용 SW 및 HW의 적용을 위한 개발을 진행할 예정이다.

References

- [1] *Local waterworks facility old condition evaluation and maintenance business feasibility study report*, Ministry of Environment, 2015.
- [2] <http://www.wistco.co.kr> Oct. 2019.
- [3] I-S. Hong, and B-M. Kang, *A study on a leakage sensing pipe and monitoring system using TDR in GIS*, Journal of the Multimedia Society, Vol. 7, No. 4, pp. 567-578, 2016.
- [4] S-M. Kim, J-H. Sung, W. Park, J-H. Ha, Y-J. Lee, and H-B. Kim, *Development of a monitoring system for multichannel cables using TDR*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 68, No. 8. pp. 1966-1974, 2016.
- [5] C. Andrea, D. B, Egidio, C. Giuseppe, M. Antonio, G. Nicola, D. A. G. Maria, C. Nicola, D. L. Antonio, and M. Marcello, *advances in the TDR-based leak detection system for pipeline inspection*, Measurement. Vol. 98, No. 3. pp. 347-354 2017.
- [6] J-S. Oh, and I-S. Hong, *A study on development underground facility monitoring system using embedded and near wireless communication technology*, Proceedings of the 19th KKITS Spring Conference, Vol. 10, No. 1, pp. 12-15, 2016.
- [7] B-M. Kang, H-D. Lee, and I-S. Hong, *The development of effective database model for pipe network management monitoring program*, Journal of Korean Society for Internet Information, Vol. 9, No. 4, pp. 157-166, 2008.
- [8] <http://www.wistco.co.kr/>, Oct. 2019.
- [9] <http://www.cowithone.com>, Oct. 2019.
- [10] <http://www.nano-tronix.com/>, Oct. 2019.
- [11] <http://www.wacon.co.kr/>, Oct. 2019.
- [12] <http://www.arduino.cc/>, Oct. 2019.
- [13] <https://arduino-info.wikispaces.com/RS485-Modules>, Oct. 2019.
- [14] <https://arduino-info.wikispaces.com/SoftwareSerialRS485Example>, Oct. 2019.
- [15] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/rs-485-module-shield-tutorial-for-arduino-raspberry-pi-intel-galileo/>, Oct. 2019.
- [16] S. Ambekar, *RS-485 network for embedded systems*, CIRCUIT CELLAR, Vol. 158, pp. 12-23, 2003.
- [17] M. Wang, *A new communication method based on RS-485 interface*, CONTROL AND AUTOMATION, No. 155, pp. 220-222, 2006.
- [18] M-K. Kim, Y-W. Choi, D-C. Park, S-C. Kim, *Performance analysis and improvement of RS485 based low speed and multi-node CSMA/CD for control network system*, Journal of the Korea Society for Industrial Information, Vol. 20, No. 1, pp. 27-35, 2017.

효율적인 파손감지 시스템 노드간 거리 최적화에 관한 연구

전병찬¹, 홍인식²

¹청운대학교 교양대학 교수

²순천향대학교 컴퓨터공학과 교수

요 약

수자원의 주요한 손실 요소로는 수자원의 운송을 방해하는 누수 또는 관의 파손이다. 이러한 상수도관의 누수나 파손은 관의 수명 노후화로 인한 파손, 관 표면의 부식, 관 시공이나 매설 환경, 급수상태 그리고 사고 등의 원인으로 발생한다. 현재 상, 하수도 관망에 적용되고 있는 다양한 누수탐지 기법이 있다. 이러한 시스템들 중에서 기존의 시스템들은 유량계를 이용한 방법, 수압계를 이용한 방법, 초음파를 이용하는 방법, 광케이블을 이용하는 방법, TDR를 이용한 모니터링 시스템이 개발되어 있다. 그러나 효율적으로 시스템들을 설치하지 못하여 모니터링이 불가능한 경우도 많이 발생하고 있다. 게다가 가격이 비싼 기존 PC기반의 시스템들은 단거리 관로에 시스템 적용시 비경제적으므로 임베디드 보드 기반의 저가형 시스템의 개발이 필요하다. 하지만 현재 현장에서 사용하고 있는 파손감지시스템 SW 또한 PC기반으로 개발한 제품으로 기능상 한계가 있다. 본 논문에서는 기존의 모니터링 시스템으로 노후관 교체 공사나 1,000m 미만의 단거리 관로 교체 공사시 경제적으로 많은 비용이 드는 점과 짧은 구간 또는 여러 종류의 관경을 매설하는 경우에도 기존의 시스템으로 커버하기에는 무리가 있다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 누수 및 파손 감지시트(이하 누수감지 시트)를 이용하여 시공성과 경제성이 높은 누수감지 시스템의 개발하였다. 그리고 최적의 모니터링을 위하여 파손감지 시스템 노드간 거리 최적화를 수행하였다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.



Byoung Chan Jeon

received an M.S. in the Department of Computer Science & Engineering from SuWon University in South Korea in 1994 and Ph.D. in the Department of Computer

Science & Engineering from SoonChunHyang University in South Korea in 2002, respectively. He has been a professor at ChungWoon University in South Korea since 2005. His research interests include Computer Structure, Network, Home Network and IT Mobile Technology.

E-mail address: jbc66@chungwoon.ac.kr



In Sik Hong

received an M.S. and Ph.D. in the Department of Electronic Engineering from HanYang University in South Korea, in 1981 and 1988, respectively.

He was senior researcher at Frontier Research Program for Water Resources from 2002 to 2011. He has been a professor at SoonChunHyang University in South Korea since 1991. His research interests include AR Technology, GIS, Embedded System and IT Convergence Technology.

E-mail address: ishong@sch.ac.kr