



Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700 (Print), ISSN 2734-0570 (Online)

<http://www.kkits.or.kr>

A Study on Intelligent Damage Detection System Considering Seasonal Failure Probability

Byoung-Chan Jeon¹, In-Sik Hong²

¹*The Collage of Liberal Arts, Chungwoon University*

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

A B S T R A C T

In the underground, facilities such as various types of water supply pipes, sewer pipes, gas pipes, and communication pipes are buried. These underground facilities provide convenience for us to live in the world. The major loss factor in underground facilities is water leakage or pipe breakage. Leakage or damage that occurs among the various types of pipes buried underground is the cause of aging, corrosion, improper work, and subsidence of the pipe. In Korea, the current summer and winter weather is more pronounced than before, so long rainy seasons and typhoons are increasing in summer, and heavy snow and cold waves are occurring in winter. Therefore, although facilities are buried underground, the frequency of occurrence of abnormalities in underground buried materials varies by season. In particular, in summer and winter, when temperature changes are large, the frequency of abnormalities in underground burials increases. In particular, landslides may occur in the basement during certain seasons due to the influence of rainy seasons, typhoons, and heavy snow, or many maintenance problems may occur due to ground subsidence. Despite these problems, existing underground facility management systems are out of date and cannot be prevented in advance, and there is a problem in coping with water leakage or ground subsidence. In addition, there are many problems that the accuracy of monitoring data is also poor. In this paper, we propose an intelligent damage detection system using real-time processing of monitoring data and the probability of seasonal failures to improve the damage detection performance of the existing monitoring system.

© 2020 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Embedded board, Embedded node, Arduino, Leakage sensing smart sheet, Leakage sensing pipe, Pipe network, Intelligent damage detection system

ARTICLE INFO: Received 8 September 2020, Revised 11 October 2020, Accepted 13 October 2020.

*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

지하에는 다양한 종류의 상수도관, 하수도관, 가스관, 및 통신관 등의 시설물들이 매설되어 있다. 이러한 지하 시설물들은 우리가 세상을 살아가는데 편리함을 제공한다. 그러나 지하에 매설할 때 시설물의 매설된 구조가 복잡하고 관리 또한 잘되지 않아 지반침하 등 다양하고 심각한 사고가 발생할 가능성이 매우 높은 실정이다.

우리나라는 매년 상수도의 누수로 연간 6,000억 원 이상의 손실이 발생하고 있으며, 하수관의 파손으로 인해 연간 500건 이상의 땅 꺼짐이 발생하고 있다. 파손된 관의 방치로 침수를 유발하여 시민들의 생명을 위협하고 있다. 게다가 우리나라는 현재 여름과 겨울 날씨가 이전보다 뚜렷하게 나타나고 있어서 여름에 긴 장마와 태풍이 많아지고 있고 겨울에는 폭설과 한파가 많이 발생하고 있는 계절로 변화해 가고 있다.

지하에 시설물들이 매설되기는 하나 계절별로 지하 매설물에 이상이 발생하는 빈도가 상이하다. 특히 온도의 변화가 큰 여름과 겨울에는 지하 매설물에 이상이 발생하는 빈도가 높아진다. 다양한 이상 유무를 감지하는 시스템들이 도입 있으며 시스템의 운영 및 관리를 위해서는 수압, 유량, 수질, 누수 진동, 누수 음과 같은 다양한 내용을 실시간으로 모니터링하는 센서의 도입도 증가하고 있다. 이와 같은 다양하고 풍부한 실시간 관망 운영 데이터는 지하 관망 시스템에서 운영 경험과 시계열 분석 기반의 예측 운영을 통하여 실시간 데이터 기반의 시스템 운영으로 변화를 진행하고 있다.

특히 장마, 태풍, 폭설 등의 영향으로 지하에 땅 꺼짐이 발생하거나 지반침하로 인한 매설물의 교체하는 문제들을 일으킬 수 있다. 이런 문제점에도 불구하고 기존 지하 시설물 관리시스템은 낙후되어 사후적으로 누수 또는 지반침하가 발생한 후에

대처하는 문제점이 있다.

현재 TDR 또는 Cloud, GPS, 스마트 시트, VR, AR, 스마트 폰, 스마트 패드와 같은 IT 기술들을 활용한 다양한 모니터링 시스템들이 현재 현장에서 운영되고 있다. 그러나 이러한 시스템들 대부분은 고가 시스템들이므로 많은 지자체가 실제 비용 문제로 인해 현장적용에 어려움 겪고 있다[1-8]. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 비용이 저렴하고 효율이 높은 저비용 고효율의 모니터링 시스템의 요구가 증가하고 있다. 이에 최근 개발된 누수탐지 기법 중에는 누수 및 파손감지 시트를 이용하는 방법이 개발되어 현장에 적용되고 있다[9].

본 논문에서는 기존의 모니터링 시스템의 파손감지의 성능을 높일 수 있도록 실시간 모니터링 데이터의 분석 및 계절별 고장 발생 확률을 이용한 지능형 파손감지 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 도로, 교량, 지하 시설물, 플랜트, 건물 내 배관, 그리고 문화재 등의 파손 여부 감식에 적용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보고 제 3장에서는 제안한 시스템 구조에 대해서 살펴본다. 제 4장에서는 제안한 시스템의 테스트에 대해서 살펴보고 마지막으로 제 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 국내의 누수탐지 연구 동향

기존 누수 감지는 유량계, 수압, 음파 등을 이용하여 관망의 누수나 파손을 감지를 감지하고 있으나 감지 결과가 부정확하고 시스템의 유지관리비용이 많이 드는 문제점이 있다.

다양한 기존 감지 기술들의 내용을 보면 다음과 같다.

1. 수압계, 유량계를 이용하는 방법
2. 광케이블을 이용하는 방법
3. TDR 장비를 이용하는 방법
4. 스마트 시트를 이용하는 방법

첫 번째 방식은 수압계와 유량계를 사용하는 기술로 유량 차이를 이용하여 누수를 추정하는 방식으로 전문가의 정확한 판단이 필요한 방식이다.

해당 방식은 약 40%의 오차율과 수압이 있는 상수도관에서만 누수를 탐지할 수 있는 방식이다. 청음식을 이용하므로 조용한 시간대에 탐사해야 하는 문제점이 있다.

두 번째 방식은 광케이블을 이용하는 방식으로 매설된 관의 아래쪽에 광케이블을 매설하여 누수로 인하여 광케이블 온도가 변하거나 광케이블이 끊어질 경우를 감지하여 누수를 판단하는 기술이다. 최대 30km까지 측정할 수 있고 땅 꺼짐과 같은 지반침하 시 광케이블의 끊어짐이나 꺾임을 감지하여 파손감지도 가능하다. 다양한 관중에 사용이 가능하나 수분이 많은 지역이나 계절상 장마철에는 오동작을 일으킬 문제가 발생한다. 전문가의 판단이 필요하며 끊어진 광케이블의 연결이 어려워져 유지보수 공사할 때 비용이 상승하는 단점이 있다.

세 번째 방식은 <그림 1>과 같이 TDR이라는 측정 장비를 이용한 감지 기술로 누수 감지관이라는 특수 관을 사용하여 관의 누수나 파손을 감지한다 [10,11]. 최대 반경 4km의 감지도선의 길이를 측정할 수 있으며 광케이블 방식보다는 비용이 조금 더 저렴하지만 누수 감지관이라는 특수한 전용관을 사용해야 하는 점과 약 300m 이내의 거리를 정상적으로 측정하지 못하는 블라인드 스팟 문제가 있다는 단점이 있다.



그림 1. TDR
Figure 1. Time-Domain Reflectometer

마지막으로 네 번째 방식은 <그림 2>와 같이 스마트 시트를 사용하는 방식으로 부틸이라는 재질로 제작된 보호 시트 속에 두 가닥의 감지 도선을 그림과 같은 디자인으로 삽입하여 제작한다. 최근에는 세 번째 방식인 전용관을 사용하는 방식 대신 네 번째 방식인 스마트 시트를 적용하여 누수나 파손을 탐지한다.

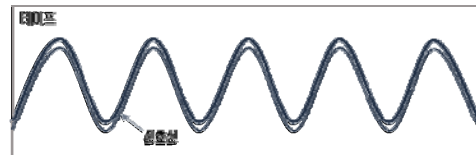


그림 2 스마트 시트
Figure 2. Smart Sheet

지하 매설물의 상단에 부착하거나 단독으로 지하에 설치하여 사용한다. 기본적으로 지하 매설물의 보호와 시트를 이용한 통신을 하기 위해서 사용된다. 시트 간의 통신으로 공사 중 파손, 지반침하, 싱크홀 등 각종 누수 및 파손을 감지할 수 있다[9].

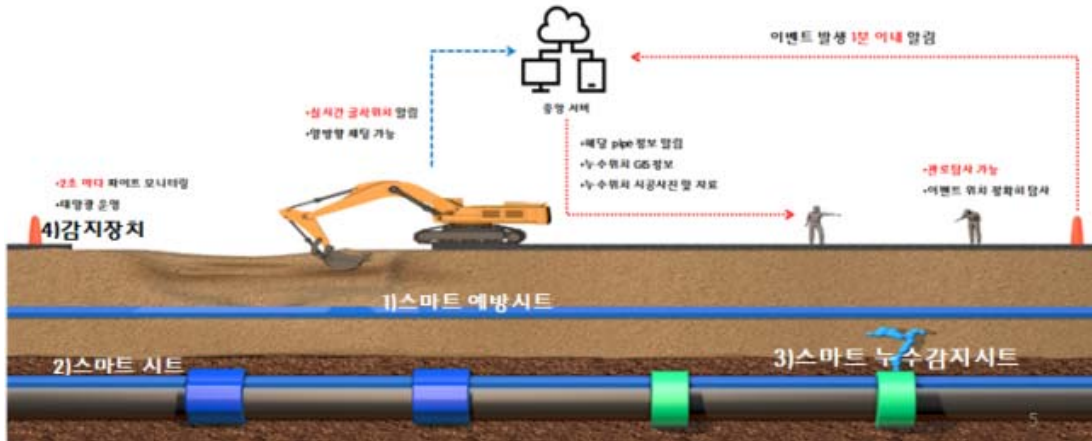


그림 4. 모니터링 시스템 개요도
Figure 4. Diagram of Monitoring System Schematic

국내뿐만 아니라 국외의 누수 및 파손탐지 방식들도 비슷한 기술들을 적용하고 있다. 그러나 스마트 시트를 누수나 파손에 적용하여 감지하는 기술은 현재 국내에서만 제작되어 사용되고 있다.

2.2 아두이노 임베디드 보드

<그림 3>과 같이 AVR이라는 Atmel사의 마이크로 컨트롤러를 사용하는 아두이노 우노 보드는 Atmega 328 CPU와 다양한 센서들을 연결할 수 있는 6개의 아날로그 및 14개의 디지털 입출력 포트를 가지고 있다. 또한, 확장성이 좋아서 다양한 확장 보드들을 제공한다[12-14].

본 논문에서는 제안하는 시스템에서 사용할 임베디드 보드를 선정하기 위해서 다음과 같은 조건을 적용하여 선정하였다[15-21].

1. 저가격 및 다양한 확장성 제공을 검토
2. 내장 OS 없이도 펌웨어 기준으로 동작할 수 있는지 검토
3. RS485 사용을 위한 5V 지원 보드 선택



그림 3. 아두이노 우노 보드
Figure 3. Arduino UNO Board

3. 지능형 파손감지 모니터링 시스템

본 논문에서는 계절별로 발생하는 고장 확률을 고려한 지능형 모니터링 시스템을 위하여 시스템을 PC 기반이 아닌 임베디드 보드 중에서 아두이노 우노 보드를 이용하여 모니터링 시스템을 구축하였다. <그림 4>는 모니터링 시스템의 개요도를 보여주고 있다. 지능형 시스템의 최적 운영을 위하여 각각의 임베디드 보드의 최적화를 통하여 노드 간 최적 설치 위치를 선정하였다.

3.1 노드 모니터링 시스템

본 논문의 목표는 계절별로 고장이 발생비율의 확률을 분석하여 지하 매설물의 지능적인 파손감지 시스템을 제안하고 개발하는 것이다. 기존에 제안했던 효율적인 파손감지 시스템 노드 간 거리 최적화 기술에 데이터의 수집과 계절별 고장 발생 확률을 계산하는 분석 시스템을 추가하여 모니터링 시스템을 구축한다[23].

모니터링 시스템은 기본적으로 외부 전원 공급을 통하여 시스템이 구동된다. 그러나 전기 인입이 어려운 지역이나 불의의 사고로 인한 정전사태를 방지하고 유지관리비용을 절감할 수 있도록 태양광 전원도 같이 사용하도록 구성한다. 전원용 배터리는 태양광을 이용하여 충전되며 눈 또는 우기에 15일 정도 견딜 수 있도록 개발하여 사용한다.

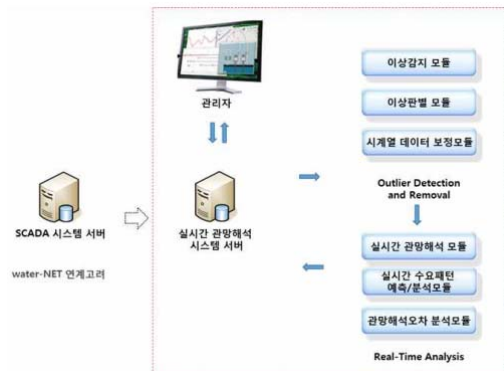


그림 4. 스마트 시트를 이용한 임베디드 노드 모니터링 시스템의 구성도

Figure 4. Configuration diagram of embedded node monitoring system using smart sheet

<그림 5>는 본 논문에서 설계한 관망 자료 분석을 통한 계절별 고장 확률을 고려한 지능형 모니터링 시스템의 구성도이다. 지하에 매설된 관망에 연동하여 실시간으로 관망해석 및 계절별 분석 자료를 이용하여 파손의 발생을 미리 방지할 수 있

도록 구축하여 관망의 이상 유무를 확인한다.

3.2 관망해석 정보

계절별 고장 확률을 수집하기 위해서 지하에 매설된 상수도관이나 하수도관을 네트워크화하여 관망을 구성해야 한다. 구성된 관망은 <그림 6>과 같이 관망해석 정보를 분석하여 지하 시설물에 적용할 수 있다. 이렇게 적용한 내용을 시설물의 내구성 관리에 적용할 수 있다.

이때 관망의 계절별 고장 발생 확률을 수집하여 <그림 7>과 같이 관망의 패턴 분석에 함께 적용하여 시간대별로 관망의 수요 패턴의 분석이 가능하다. 이처럼 관망해석과 관망 패턴 분석으로 모니터링 지하 매설물의 이상 유무를 확인할 수 있다.

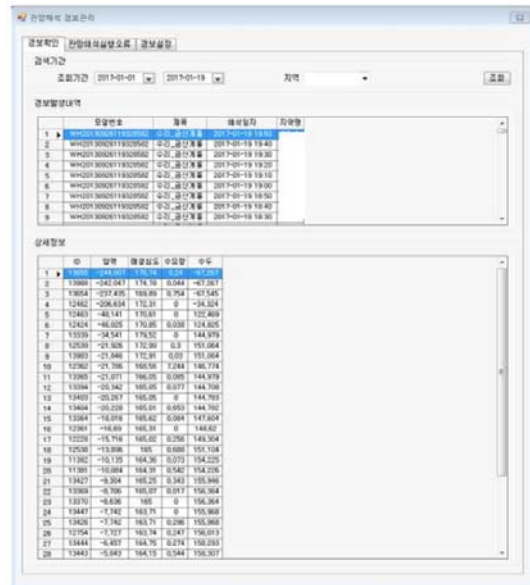


그림 6. 관망해석 정보

Figure 6. Pipe network analysis information

현재 매설된 관망의 상태정보들을 SCADA 시스템에 의하여 데이터의 수집과 제어를 수행하고 있

다. 데이터 기반 관 파손 감시모형은 관망에서 누수나 파손이 발생했을 때 기존의 저장되어있는 시계열 패턴과는 다른 스파이크(spike) 모양의 유량을 생성한다. 따라서 관 파손을 나타내는 데이터는 이상점(outlier)으로 간주한다.

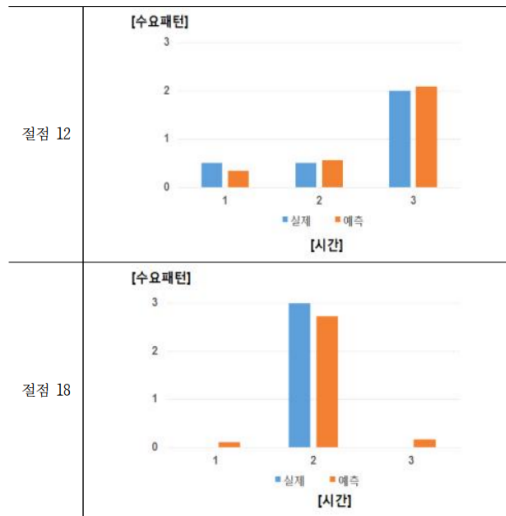


그림 7. 관망 패턴 분석
Figure 7. Pipe Network Pattern Analysis

이러한 관망 정보의 분류법들은 특정 기준으로 분류하는데 관의 정상 및 파손상태를 구분하는 방법으로 이용된다.

지하 매설물에 설치하는 스마트 시트는 기본적으로 1km 기준으로 측정하여 모니터링 한다. 모니터링시 각각 연결된 스마트 시트의 감지도선 길이 특성을 구하기 위해서 방전 시상수($T = R \cdot C$) 값을 이용했다. 스마트 시트의 길이별 측정된 시상수-전압 데이터는 <표 1>과 같이 측정되었다.

여기에 계절별로 이상 발생을 줄이기 위해서 전송횟수의 조정이 필요하다. 계절 특성으로 인하여 각각의 노드들로부터 측정값이 정상적으로 전송되지 않는 문제들이 많이 발생할 수 있다. 게다가 전송된 측정값에 대한 보정이 필요하다.

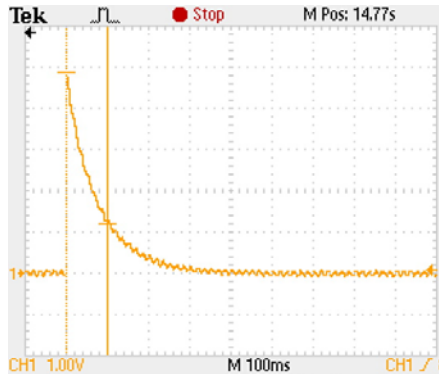
관망의 이상 발생 확률은 비가 많이 오는 여름과 온도가 낮아지는 겨울에 특히 많이 발생한다. 물론 봄과 가을에도 비가 많이 온다면 조건에 맞겠지만 실제 실험 결과 여름철 온도 상승 및 장마철과 같이 토양에 수분이 많아지면 측정 데이터에 변화가 많이 발생하기 때문에 측정을 위한 오차 보정 작업이 많이 필요하다.

표 1 시상수-전압 데이터
Table 1 Time Constant-Voltage Data

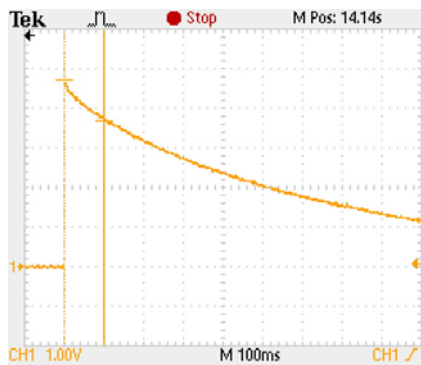
시트 길이	시상수(ms)	전압(V)
100m	114.325	0.894428
200m	134.112	1.994135
300m	154.112	2.536657
400m	171.787	2.878788
500m	197.213	3.093842
600m	213.105	3.245357
700m	235.313	3.362659
800m	252.912	3.455523
900m	276.542	3.523949

3.3 스마트 시트의 임피던스 특성

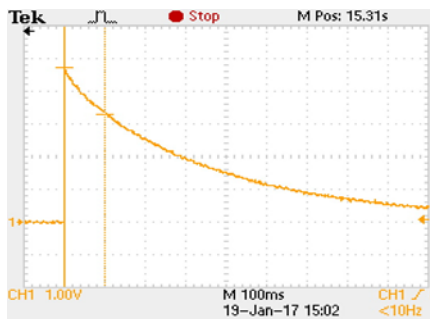
스마트 시트의 파손 위치 검출을 위해서 설치된 스마트 시트 감지도선의 길이 정보와 함께 시트의 거리별 전기적 특성값도 필요하다. 스마트 시트에 삽입된 감지도선이 가지는 용량성 임피던스 특성은 <그림 8>의 a, b, c의 그림과 같이 100m, 500m, 900m 별로 감지도선의 길이에 따라서 다른 곡선의 특성을 보여주고 있다. 그래프의 기울기가 감지도선의 길이가 길어질수록 완만해지는 결과를 볼 수 있다. 이를 이용하여 거리별 기울기 값을 측정하여 데이터를 수집한다. 수집된 기울기 값을 이용하여 측정 거리별 평균적인 기울기 값을 저장하여 이상이 발생 시 측정된 기울기 값과의 비교만으로도 이상 유무를 쉽게 검출할 수 있다.



a. 100mm



b. 500mm



c. 900mm

그림 8. 스마트 시트 임피던스(시상수-전압) 특성 그래프

Figure 8. Smart Sheet Impedance Characteristic Graph (Time Constant-Voltage)

그래프의 곡선을 통해 측정 전압 및 전압 방전 시간과 도선 길이에 비례하는 특성이 있다는 것을 알 수 있다.

4. 모니터링 시나리오 및 시뮬레이션

모니터링 시스템의 운영을 위해서 스마트 시트로 구성된 관망을 구축하고 원활한 모니터링을 위해서 모니터링 서버를 운영한다. 아두이노 우노 임베디드 보드를 이용하여 스마트 시트의 현재 상태 정보를 모니터링 한다. <그림 9>는 스마트 시트 모니터링 서버의 구성을 보여주고 있다.

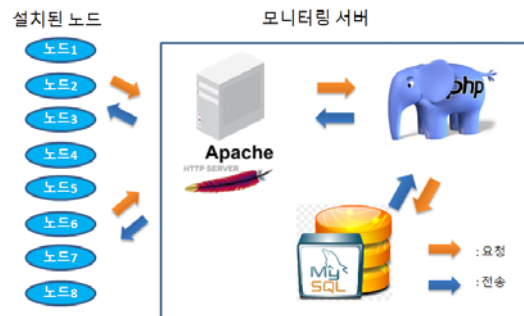


그림 10. 스마트 시트 모니터링 서버
Figure 10. Smart Sheet Monitoring Server

노드의 통신은 제안했던 효율적인 파손감지 시스템 노드 간 거리 최적화 기술에 적용했던 노드 간 통신 프로토콜을 개량하여 각각의 임베디드 노드 1에서부터 노드 7까지 측정 신호를 전송하도록 제작하여 테스트를 진행한다[23].

각각의 임베디드 노드들은 시작 노드로부터 측정을 시작하여 다음 노드로 이전 노드(여기선 시작 노드)의 데이터를 전송한다. 2~7번 노드들은 앞 노드로부터 전송된 데이터를 다음 노드로 전송한다. 반복적으로 다음 노드로 전송하여 최종적으로 7번 노드로 1번 노드의 데이터가 전송되면 결국 1번 노드에서부터 7번 노드까지 정상적으로 데이터가 전송되었다는 것을 알 수 있다. 7번 노드까지 정상적으로 전송이 되면 마지막 8번 노드에 최종적으로 해당 경로의 상태를 전송한다. 8번 노드는 7번 노

드로부터 1번 노드의 데이터 값을 수신한 다음 모니터링 서버로 해당 경로의 상태정보를 전송한다. 만약 중간에 노드에 이상이 발생한다면 7번 노드에 전송되는 노드 정보를 확인하면 전송 안 된 노드의 존재를 확인할 수 있으며 전송이 안 된 각각의 노드를 검사하여 고장이 발생한 노드를 찾을 수 있다.

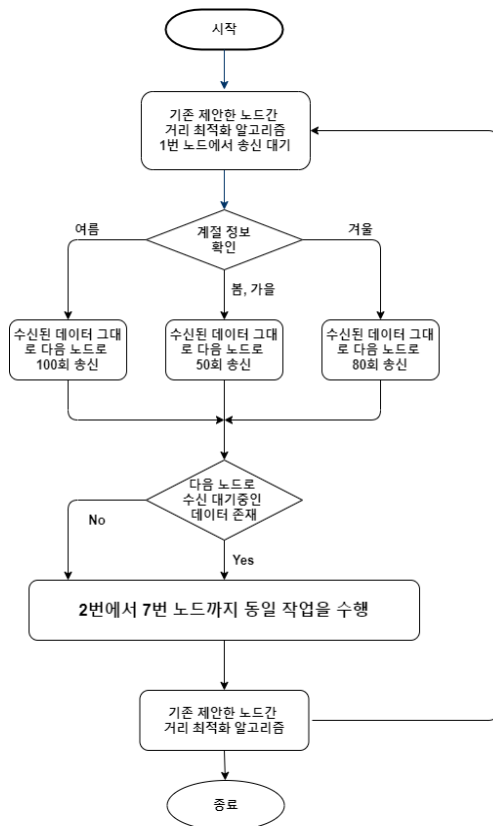


그림 11. 노드 간 통신 흐름
Figure 11. Inter-node Communication Flow

<그림 11>과 같이 노드 간 통신이 진행되는 때 계절 상태에 따라서 각 노드별 전송횟수가 결정되어 전송된다. 봄과 가을에는 기본 전송횟수인 50회의 전송횟수를 적용한다. 덥고 강수량이 많아지는 여름에는 오동작이나 오전송의 확률이 높

아지기 때문에 전송횟수를 2배로 높여서 100회의 송신을 수행한다. 겨울도 영하의 기온으로 임베디드 보드의 오동작이 발생할 확률이 높아지기 때문에 80회의 송신 횟수로 노드 간 통신을 수행한다.

<그림 12>는 실제 인천 신도시에 적용하여 운영 중인 모니터링 시스템의 화면을 보여주고 있다.

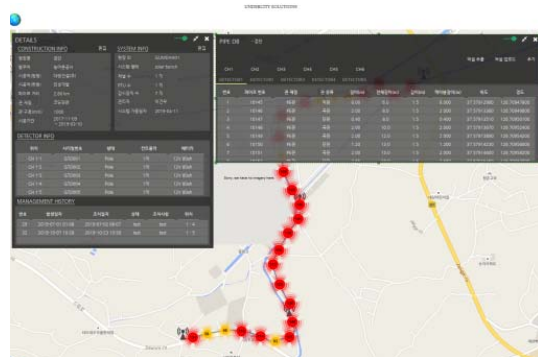


그림 12. 운영 중인 인천 신도시 모니터링 시스템
Figure 12. Operating Monitoring System on Incheon New City

실제 노드 간 전송 횟수 값에 관한 결정은 여러 곳의 현장 테스트를 통해 평균값으로 선정하였다. 대부분 지하 매설물 주위의 환경 및 현재 계절의 상태 그리고 주변 장소에 많은 영향을 받는 것으로 파악되었다.

표 2. 전송횟수와 설치 장소와의 관계
Table 2. Relation between Number of Transmissions and Installation Location

전송횟수 (n)	30	50	80	100
설치환경	잡음 발생이 없는 이상적인 환경	통상적인 도로변 설치환경	수분의 침투가 용이한 습지환경	전철 주변 및 공장지대 환경

<표 2>는 전송횟수와 설치 장소와의 상관관계를 보여주고 있다. 추후 전송 시 성공 확률과 전송횟수를 모니터링 서버가 아닌 임베디드 보드 펌웨어

레벨에서 연동하여 적용한다면 계절의 환경변화에도 빠르게 대처할 수 있을 것이다.

5. 결 론

계절별로 발생하는 고장 확률을 이용한 지능형 모니터링 시스템은 기존의 시스템들이 가지고 있는 기술을 한 단계 높인 기술이라고 볼 수 있다.

현재 다양한 모니터링 시스템을 국내 업체들이 개발하고 있으나 아직 모니터링 시스템 시장에서 초기 단계에 있으며, 대부분 시스템이 단순한 누수 감지만 모니터링할 뿐 체계적인 모니터링과 시스템의 관리가 부족한 상태이다.

본 논문에서는 스마트 시트의 파손감지 모니터링 시스템의 원활한 적용하기 위하여 계절별로 발생 추이가 다름을 이용하여 누적된 데이터를 분석하여 지능적으로 지하 매설물의 상태를 모니터링할 수 있는 지능형 모니터링 시스템을 제안하였다.

하드웨어적인 모니터링 시스템과 소프트웨어적인 모니터링 시스템의 융합을 통하여 지하 매설물 중 상, 하수도의 시간대별 배수 관련 패턴과 과거 배수 관련 자료들의 분석 정보, 계절 정보, 요일 정보 및 기상 정보를 이용한 과학적인 수요 예측을 통한 모델링을 수행하여 모니터링을 수행할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 시스템은 모니터링 구간의 길이에 상관없이 경제적인 구축이 가능하다. 특히 짧은 거리 모니터링은 기존 방식의 약 53% 비용 절감 효과가 있으므로 노후관 교체 공사에 사용하더라도 경제성이 있다. 여기에 계절 정보의 활용을 통하여 기존 모니터링 시스템들에 비해 20% 이상의 비용 절감 효과가 발생할 것이다.

계절적 요인 데이터는 누적이 될수록 활용도가 높아지기 때문에, 모니터링 시스템 적용 초기에는 시스템 적용으로 인한 이득 효과가 미비하다는 계

시스템이 가지고 있는 단점이다. 그러나 누적데이터가 많아지면 많아질수록 시스템 적용을 통한 이득 효과가 높아질 것이다. 또한, 다른 모니터링 시스템에도 적용 분야를 확장하여 적용할 수 있으므로 상하수도 관의 교체주기를 최소 50% 이상 늘릴 수 있어 지하매설관 교체 예산을 대폭 절감시킬 수 있을 것이다.

본 논문을 통해 계절에 따라서 지하에 매설되어 관리가 어려웠던 상/하수도관 등에 지능형 모니터링 시스템을 도입함으로써 국가에서 요구하는 시설물의 안전관리와 시설물의 수명 연장을 위한 목적에 부합할 수 있는 모니터링이 가능할 것이다.

향후 누수나 파손의 이벤트가 발생 시 특정 구간 모니터링이 불가능했던 단점을 보완하고 지하 매설물 관망 전체를 모니터링이 가능할 수 있고 서버와 저비용으로 통신할 수 있도록 LoRa망을 이용한 시스템의 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, and W. Park, J.-H. Ha and Y.-J. Lee, 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. Giuseppe 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, and 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.
- [19] <http://www.arduino.cc/>, Jan, 2016.
- [20] S. Ambekar, *RS-485 network for embedded systems*, CIRCUIT CELLAR, Vol. 158, pp.12-23, 2003.
- [21] M. Wang, *A new communication method based on RS-485 interface*, CONTROL AND AUTOMATION, No. 155, pp. 220-222, 2006.
- [22] B-C. Jeon, and I-S. Hong, *A study on the optimization of efficient node-to-node disturbance detection system*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 14, No. 6, pp. 693-702, 2019.

계절별 고장확률을 고려한 지능형 파손감지 시스템에 관한 연구

전병찬¹, 홍인식²

¹청운대학교 교양대학 교수

²순천향대학교 컴퓨터공학과 교수

요 약

지하에는 다양한 종류의 상수도관, 하수도관, 가스관, 및 통신관 등의 시설물들이 매설되어 있다. 이러한 지하 시설물들은 우리가 세상을 살아가는데 편리함을 제공한다. 지하 시설물에서 발생하는 주요한 손실 요소에는 누수 또는 관의 파손이다. 지하에 매설된 여러 종류 관들 중에서 발생하는 누수나 파손은 관의 노후화, 부식, 부실시공, 지반침하 등의 원인이다. 우

리나라는 현재 여름과 겨울 날씨가 이전보다 뚜렷하게 나타나고 있어서 여름에 긴 장마와 태풍이 많아지고 있고 겨울에는 폭설과 한파가 많이 발생하고 있는 계절로 변화해 가고 있는 실정이다. 그러므로 지하에 시설물들이 매설되기는 하나 계절별로 지하 매설물에 이상이 발생하는 빈도가 상이하다. 특히 온도의 변화가 큰 여름과 겨울에는 지하 매설물에 이상이 발생하는 빈도가 높아진다. 특히 장마, 태풍, 폭설 등의 영향으로 특정 계절에 지하에 땅 꺼짐이 발생하거나 지반 침하로 인하여 많은 유지보수 문제들이 발생할 수 있다. 이런 문제점에도 불구하고 기존 지하 시설물 관리 시스템들은 낙후되어 사전에 예방을 하지 못하고 누수 또는 지반침하가 발생한 후에 대처하는 문제점이 있다. 게다가 모니터링 데이터의 정확도도 떨어지는 문제점 또한 많이 발생하고 있다. 본 논문에서는 기존의 모니터링 시스템의 파손감지의 성능을 높일 수 있도록 모니터링 데이터의 실시간 처리 및 계절별 고장 발생 확률을 이용한 지능형 파손감지 시스템을 제안한다.



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

감사의 글

본 연구는 2020년도 청운대학교 학술연구구성비 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