



A Study on Embedded System for Multipath Breakage Detection

Byung-Mo Kang¹, Byoung-Chan Jeon², In-Sik Hong³

¹*Collage of Hyangseol Sharing, Soonchunhyang University*

²*The College of Liberal Arts, Chungwoon University*

³*Department of Computer Science & Engineering, Soonchunhyang University*

ABSTRACT

In the era of the 4th industrial revolution, Smart City is being developed along with the Internet, which is one of the core technologies. With the expansion of Smart City, there is a growing interest in the construction, management and maintenance of IT infrastructure facilities that make up Smart City. Smart City network infrastructure is an important solution to improve the high level of social and urban economic power where people and things are always connected. Therefore, the introduction of Smart City is rapidly increasing worldwide. In addition, maintenance and management systems for infrastructure facilities are being developed and applied. Among the various monitoring technologies, SmartSheet is applied to facilities buried underground and is used for protection and monitoring of facilities. The smart sheet is used for detecting and monitoring various breakdowns by judging the abnormality by communication between the sheets. We could measure the damage location by using the special pipe equipment and TDR equipment which was developed during the monitoring technology. However, there is a disadvantage that high cost and near measurement are impossible. In order to solve these drawbacks, a monitoring system using a low-cost embedded board has been developed, but there is a disadvantage in that a measurement error and a durability problem occur due to the SW error of the embedded board. In this paper, we propose a multipath monitoring system to solve the problem of system failure and measurement problem in the existing monitoring system using the low-impedance embedded board and the impedance characteristics between the time constant and the voltage. The proposed system monitors the problems of S/W and H/W by applying the features of the fault tolerant system and can easily perform maintenance in the event of a problem.

© 2019 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : SmartSheet, Breakage Detection, Damage Location, Arduino, Embedded Board, Fault tolerance system

ARTICLE INFO: Received 5 March 2019, Revised 26 March 2019, Accepted 12 April 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

4차 산업혁명에는 정보통신 기술(ICT)의 융합으로 이루어낸 혁명 시대를 말한다. 핵심 기술 중 하나인 사물 인터넷과 함께 스마트 시티도 발달하고 있다. 스마트 시티의 확장으로 스마트 시티를 구성하고 있는 IT 인프라 시설들의 구축과 관리 및 유지 보수에 관한 관심이 높아지고 있다.

인프라 시설 중에는 지하에는 상수도관, 하수도관, 가스관, 통신선로관 등의 시설물들이 매설되어 있다. 이러한 시설물들은 실생활에서 편리함을 제공하지만 사고 발생시 복잡한 매설물의 관리가 어려워져 다양한 사고에 어려움을 겪고 있다. 특히 굴착 공사시 시설물의 매설 정보의 부재로 인하여 오시공의 문제가 발생하기도 하고 상수도관의 누수 발생시 정확한 누수 위치 정보를 확인하기 어렵고 실시간으로 관리하기 어려운 상태이다. 이로 인해서 2차 사고가 발생할 수도 있으며 복구공사에도 많은 시간과 인력이 투입되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 지하 매설물들을 관리하는 기술이 많이 개발되고 적용되어 운영 중이다. 다양한 모니터링 기술 중에는 TDR, 누수 감지관, GPS, 자기 마커, RFID, 스마트 시트, AR/VR 기술, 스마트 기기와 같은 IT 기술을 이용한 시스템들이 현장에서 운영되고 있다[1]. 그러나 이러한 시스템들은 대부분은 고가 및 특수한 환경에서 사용되는 시스템들이다. 그러므로 시공 비용문제로 현장에 시스템을 적용하는 데 어려운 상태로 이러한 문제를 해결하기 위해서 저비용 및 고효율 시스템의 요구가 대두되고 있다[2,3].

스마트 시트는 지하시설물 중 상수도관, 하수도관, 가스관, 통신선로관 등과 같은 대부분의 관망을 보호하는 테이프에 관망의 파손 유무를 검출하는 측정 케이블이 내장된 형태로 스마트 시트 간의 연결을 통한 네트워크화하여 시공한다. 스마트

시트 간의 통신으로 관망의 이상 유무를 판독하여 노후화로 인한 파손이나 오시공으로 인한 파손, 지진이나 지반 침하로 발생하는 싱크홀 등을 모니터링 하는 용도로 사용되고 있다[4].

지하 매설물에 설치된 스마트 시트의 파손이 발생하면 현재는 그 위치를 정확히 알아내기는 힘든 실정이었으나 기 개발된 기술 중에 TDR 장비와 파손감지관이라는 특수관을 사용하여 파손 위치를 측정할 수 있었다. 그러나 해당 기술은 고비용과 근거리 측정이 불가능하다는 단점이 있다. 고비용 근거리 측정 문제의 단점을 해결하기 위해서 시상수와 전압 간 임피던스 특성을 이용하고 저비용의 임베디드 보드를 이용한 모니터링 시스템도 있으나 임베디드 보드의 SW 오류로 인한 측정값 편차 문제와 내구성 문제가 발생하는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 시상수와 전압 간 임피던스 특성과 저가의 임베디드 보드를 사용한 모니터링 시스템에서 발생할 수 있는 시스템의 고장과 측정값 편차 문제를 해결하기 위한 멀티 포트 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 결합 감내 시스템의 특징을 응용하여 S/W 및 H/W의 문제점들을 모니터링 하여 문제 발생시 쉽게 유지보수를 수행할 수 있는 시스템이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 기술 및 동향에 대해서 살펴본다. 제3장에서는 다중경로 파손감지 시스템에 대해서 제시하고 제4장에서는 시스템에 대한 시뮬레이션을 진행한다. 마지막으로 제5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련 기술 및 동향

2.1 스마트 시트

스마트 시트는 지하에 매설된 관망의 파손을 판

단할 수 있도록 부틸 재질의 접착 시트 사이에 감지 도선을 두 가닥으로 <그림 1>에서와 같이 상단부에 삽입하여 제작한다[5]. 지하시설물 상부에 부착 또는 단독으로 지하에 매설하여 사용하며 지하 관망의 파손탐지 및 모니터링에 사용된다. 관망 연결시 스마트 시트도 연결하여 스마트 시트 간 통신을 가능하게 한다. 시트 간의 통신으로 공사시 사고로 인한 관망의 파손, 지진과 같은 재해로 인한 관망의 파손 그리고 싱크홀 등의 사고를 탐지할 수 있는 목적으로 개발되었다.

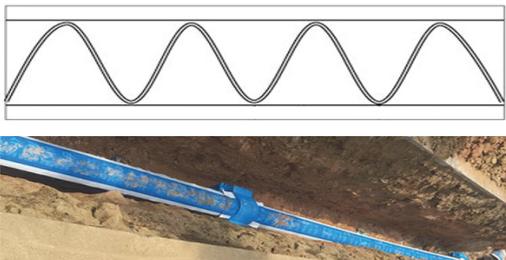


그림 1. 파손 감지 시트
Figure 1. Breakage Watch Sheet

2.2 저가형 임베디드 보드

지하에 매설된 관망의 파손 유무를 파악하기 위해서 사용하는 스마트 시트들의 통신을 위해서 통신용 시스템이 필요하다. 통신 시스템으로 사용이 가능한 임베디드 보드로는 아두이노, 라즈베리 파이, 비글본 블랙 등 여러 종류의 임베디드 보드가 있는데 다음과 같은 조건에 맞는 임베디드 보드를 기준으로 선정해야 한다[6,7].

내장된 운영체제 없이도 입력된 코드 기반으로 연속적인 동작이 가능하며, 5V의 전원 공급이 가능하며 다양한 확장성과 저비용으로 구축이 가능한 임베디드 보드로 <그림 2>와 같은 아두이노 보드를 선정하여 사용하였다. 또한, 1km 이상의 스마트 시트들 거리를 측정하기 위해서 RS-485모듈을 함께

사용한다[8-10].



그림 2. 아두이노 우노 보드
Figure 2. Arduino UNO Board

2.3 TDR 기술

TDR(Time-Domain Reflectometer)로 <그림 3>과 같이 주로 케이블의 오류를 검출하는 장비로 TDR에서 송출하는 전자기파 속도, 전달 매체의 길이 그리고 전자기파의 왕복 시간을 이용하여 전달 매체의 길이 측정이 가능하다.



그림 3. TDR 장비
Figure 3. Time-Domain Reflectometer Device

기존 시스템 중에는 지하에 매설된 관망의 파손 감지를 위해서 누수 및 파손 감지관이라는 특수 감지관과 TDR 장비를 이용하여 모니터링 하는 시스템을 이용하였다. 하지만 범용관이 아닌 특수 감지관의 사용과 고가의 측정 장비인 TDR 장비로 모

니터링하기 때문에 구축비용의 상승이 발생한다. 또한, TDR 측정시 장거리 검출은 가능하나 약 300m 이내의 거리는 블라인드 스팟 문제로 측정이 어려운 단점을 가지고 있다[11,12].

2.4 결함 감내 시스템

결함 감내 시스템(Fault Tolerance System)은 다른 이름으로 장애 허용 시스템으로도 불리는데 S/W나 H/W 구조와 시스템 일부가 올바르게 동작하지 않더라도 그 기능을 지속할 수 있도록 설계된 시스템을 말한다.

시스템을 구성하는 일부에서 결함이나 고장 발생 시에도 정상 기능을 수행할 수 있는 시스템이다. 이러한 결함 감내 시스템은 장애가 발생하면 인명과 이나 재산에 피해를 초래하는 시설에 적용해야 하는 안전에 필수적인 시스템에 사용된다. 의료시설, 화력, 수력, 원자력과 같은 발전시설, 국방, 항공, 우주, 자동차, 철도, 금융, 조선, 플랜트 시설 등 다양한 분야에서 임베디드 시스템으로 적용되어 운용되고 있다.

2.5 스마트 시티

스마트 시티(Smart City)는 도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 건설된 도시기반시설을 바탕으로 다양한 도시서비스를 제공하는 지속 가능한 도시를 말한다. 스마트 시티는 다양한 유형의 센서를 이용하여 데이터를 수집하고 효율적인 자원관리에 필요한 정보를 제공하는 기능을 수행한다. 서비스의 효율성, 지속 가능성, 이동성, 안전 및 보안, 경제 성장, 도시 평판, 삶의 질 향상 등의 목표들을 달성하기 위해서 구축된다[13-15].

본 논문에서는 스마트 시티의 목표 중의 하나인

재난 재해 또는 사고로 인한 안전에 최선의 준비태세를 갖추기 위한 모니터링 시스템을 제안한다.

3. 다중경로 파손감지 시스템

기존에 제안하여 현재 사용 중인 모니터링 시스템의 단점으로는 임베디드 보드의 이상 발생시 지하매설 관망의 모니터링이 불가능하다는 점이다. 또한, 단일 경로만 모니터링이 가능하고 다중경로(멀티 경로)의 모니터링이 어려운 시스템이다.

본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해서 경로별 측정 전에 임베디드 보드의 상태를 확인하고 정상일 경우에 모니터링을 수행할 수 있도록 다중경로 파손감지 시스템을 구축한다.

3.1 시스템 구성도

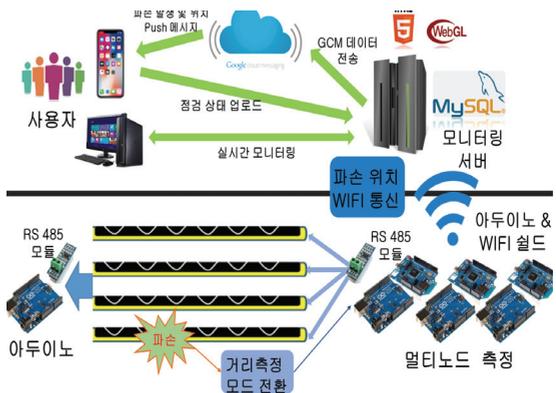


그림 4. 스마트 시트 모니터링 시스템의 구성도
Figure 4. Configuration diagram of smart sheet monitoring system

본 논문에서 제안하는 시스템은 <그림 4>와 같이 스마트 시트와의 통신을 위한 RS-485 모듈을 탑재한 임베디드 보드들을 이용하여 일정 시간마다 측정경로별로 시작 노드에서 마지막 노드까지 데이터를 전송한다. 전송이 끝나면 다음 경로로 진행하며 마지막 측정경로까지 전송하면 경로별 통

신이 끝나게 된다. 각각 경로에서 마지막 노드는 통신이 끝나면 제공되는 유/무선망을 이용하여 수신한 데이터 정보를 모니터링 서버로 전송한다.

모니터링 서버는 전송된 데이터를 분석하여 현재 스마트 시트가 시공된 네트워크의 이상 유무 상태를 관리자에게 PC 및 스마트 장비로 모니터링할 수 있도록 제공한다[16,17]. <표 1>은 기존 방식과 제안한 방식과의 차이를 보여주고 있다.

표 1. 기존 방식과 제안한 방식의 차이
Table 1. Difference between existing and proposed method

	기존 방식	제안한 방식
파손 위치 확인	가능	가능
통신회선 품질확인	가능	가능
다중경로 측정	불가능	가능
측정데이터 오류판단	불가능	가능
측정시스템 오류판단	불가능	가능

3.2 통신 프로토콜 플로우

본 논문에서 제안한 통신 프로토콜은 TCP/IP 프로토콜과 유사한 형태로 구성되며, 통신의 신뢰성을 유지하기 위해서 이상 발생시 타이머를 이용하여 재전송을 수행한다. 또한, 임베디드 노드의 이상 발생시 이상 정보를 분석하여 S/W 고장인지 H/W 고장인지를 판별하는 기능을 수행한다.

파손감지를 위한 거리측정 프로토콜 플로우는 <그림 6>과 같이 진행된다. 측정할 경로 및 거리 측정시 S/W나 H/W상에서 문제가 발생할 수 있으므로 1개의 시스템이 아닌 3개의 시스템(이후 A, B, C 시스템)으로 멀티 측정을 하여 결함의 발생을 미연에 방지할 수 있다. 측정경로 검사가 완료되면 자동적으로 거리측정 모드로 변경되어 측정한다. <그림 5>와 같이 정상적인 거리측정 모드일 경우에는 아래와 같은 단계로 수행한다.

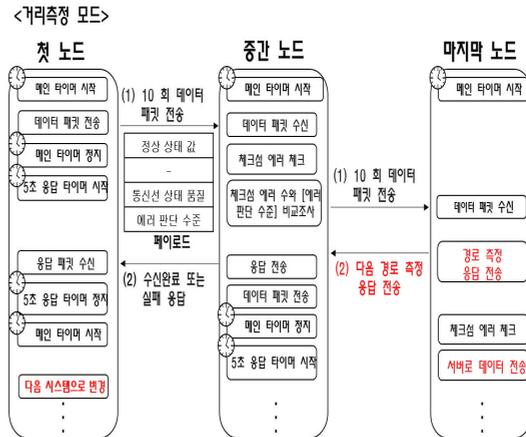


그림 5. 파손감지 프로토콜 플로우
Figure 5. Communication protocol for damage detection

1. 측정경로 검사 성공시 거리측정 모드로 변경함
2. 거리측정 모드시 측정경로의 다음 노드로 데이터 패킷을 전송함
3. 데이터 패킷을 전송받은 노드는 다음 노드로 데이터를 전송함
4. 마지막 노드까지 전송되면 마지막 노드는 모니터링 서버로 데이터를 전송함
5. 송신노드로 수신 완료 데이터 패킷을 전송함
6. 수신 완료 패킷 데이터가 수신되면 메인 타이머 순서에 따라서 다음 경로 측정 작업을 수행함
7. 모든 경로 측정을 위해서 2에서 6의 과정을 반복하고 모든 경로별 거리측정이 완료되면 측정을 완료함

파손감지를 수행하기 위해서는 우선적으로 A, B, C 시스템들이 <그림 6>의 (a)와 같이 측정할 경로 검사가 우선되어야 한다. 측정경로의 검사가 성공이면 (a)와 같이 경로별 데이터 패킷을 전송하고 다음과 같은 단계로 수행된다.

1. 송신 노드는 측정경로의 첫 번째 경로의 수신 노드로 데이터 패킷을 전송함
2. 수신 노드는 데이터 패킷을 수신후 송신 노드로

- 수신 성공 메시지를 전송함
- 3. 측정경로의 상태가 정상이면 거리측정 모드로 변경하여 측정을 진행함
- 4. 거리측정이 끝나면 다음 측정경로로 변경함
- 5. 모든 측정경로를 1에서 4의 과정을 반복한 후 A-B-C 순으로 위의 과정을 반복함

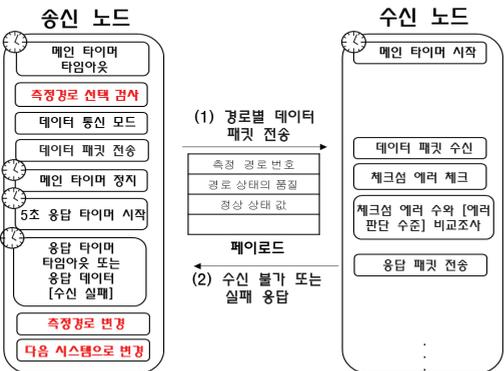
<측정경로 검사 모드 성공시>



(a) 측정경로 검사 모드 성공

(a) Measurement path scan mode succeeded

<측정경로 검사 모드 실패시>



(b) 측정경로 검사 모드 실패시

(b) Measurement Path Failure Mode Failure

그림 6. 측정경로 검사 모드

Figure 6. Measurement path inspection mode

그러나 H/W나 S/W의 이상으로 측정경로의 측정이 어려울 경우에는 (b)와 같이 측정경로의 변경을 통하여 경로의 이상을 확인하거나 다음 시스템(B나 C 시스템)으로 변경하여 검사를 수행한다.

측정경로 검사와 거리측정이 모두 성공하면 시스템의 H/W는 이상이 없음을 알 수 있다. 그러나 S/W는 모니터링 서버로 전송되는 측정데이터의 분석을 통해서 A, B, C 시스템의 이상 유무를 알 수 있다. H/W는 정상이지만 거리측정 S/W에서 오류가 발생할 수 있기 때문이다. 만약 경로 검사나 거리측정이 실패한다면 H/W의 이상이나 S/W 둘 다 오류를 의심할 수 있으므로 유지 보수를 수행하여 이상 발생 확률을 줄일 수 있다.

3.3 다중경로 파손감지용 시스템의 설계

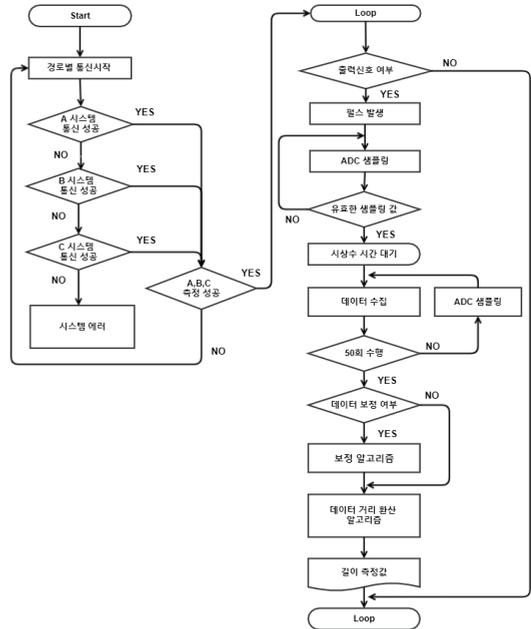


그림 7. 탑재 S/W의 플로우차트

Figure 7. Flow Chart of Embedded S/W

본 논문에서 제안하는 멀티 포인트 파손감지 시스템의 동작 플로우는 다음 <그림 7>과 같다. <그림 7>에서와 같이 측정경로별로 A, B, C 시스템의 통신 확인을 진행한다.

각 시스템별 통신이 확인되면 거리측정 모듈로

전환하여 각 경로별로 거리측정을 수행한다. 거리 측정 알고리즘은 기존 시상수와 전압 간 임피던스 특성과 임베디드 보드를 사용한 모니터링 시스템을 이용하였다[18,19]. 기존의 시스템에서는 펄스 발생 및 데이터 수집 과정을 하나의 프로세스를 내장한 아두이노로 구현하였다. 그리고 싱글 CPU 기반 시스템에서 프로세스 처리 속도를 줄이는 방향으로 설계하였다. 또한, 임베디드 보드에 이상이 발생하면 펄스 발생과 데이터 수집에 동시에 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 펄스 발생과 데이터 수집을 위하여 각각의 임베디드 보드로 구현하였으나 동기화 문제가 발생하여 정확한 거리 측정이 불가능한 문제가 발생하였다.

논문에서 제안한 방식은 측정시스템을 A, B, C 로 다중 구성하여 각 시스템별로 오류 발생 시 해당 시스템만 유지 보수를 진행하고 모니터링은 멈추지 않고 운영이 될 수 있는 장점이 있다.

3.4 파손 진단 시스템 H/W 설계

지하에 매설된 스마트 시트의 파손 위치를 측정하기 위해 제안된 측정경로 검사 및 파손 위치 측정 S/W와 통신 진단 S/W를 탑재한 파손 거리측정 시스템은 <그림 8>과 같이 구성하였다.

<그림 8>에서 A는 다중경로 측정을 위한 경로선택 및 검사 시스템으로 3개의 임베디드 보드로 구성하여 결함 감내 시스템의 기능을 수행한다. <그림 8>의 B는 시작 노드, C는 중간노드, D는 마지막 노드로 시작 노드는 거리측정 모드로 전환된 후 경로별 노드들에게 데이터 전송을 시작한다. 중간 노드는 시작 노드와 마지막 노드 사이에 있는 노드로써 경로에 따라서 다수의 중간노드가 생성되어 운용될 수 있다. 마지막 노드는 중간노드로부터 전달된 데이터를 모니터링 서버로 전송하는 역할을 수행한다. 모니터링 센터는 마지막 노드로부터

오는 데이터와 센터 데이터베이스에 저장된 데이터를 분석하여 이상 유무를 판독한다.

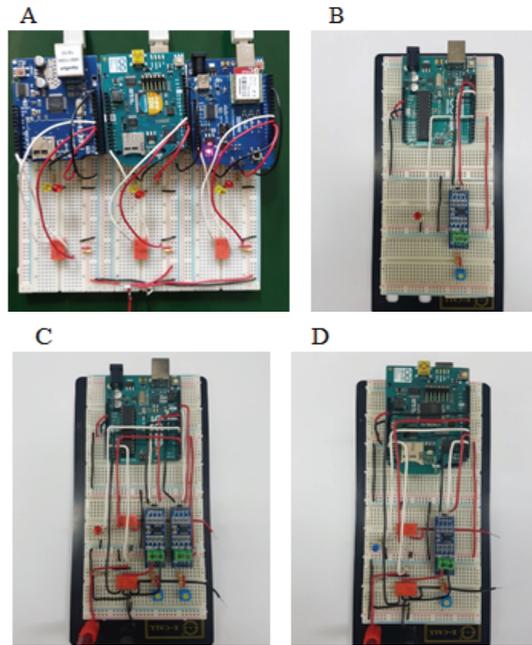


그림 8. 파손 진단 시스템 H/W
Figure 8. Hardware of damage diagnosis system

4. 시스템 시뮬레이션 및 운용

본 논문에서 제안한 시스템은 아두이노 우노 임베디드 보드와 통신을 위한 RS-485 모듈 등으로 구성된 H/W와 측정경로 검사 및 전압/시상수 위치 시스템 S/W를 탑재하여 구성하였다.

4.1 시스템 시뮬레이션

시뮬레이션은 다중 노드 측정을 위한 측정경로 검사용 3대의 아두이노 시스템과 노드 경로의 거리측정을 위한 3대의 아두이노로 이루어진 시스템을 구성하여 테스트를 진행하였다. <그림 9>와 같이 측정경로 검사 및 거리측정도 정상적으로 동작

하는 것을 확인할 수 있다.



그림 9. 시뮬레이션 구성(정상)
Figure 9. Simulation Configuration (Normal)

만약 측정경로를 검사하는 3대의 아두이노 보드 중 한 대의 아두이노 보드에 고장이 발생하여 측정경로를 검사하지 못한다면 <그림 10>과 같은 결과가 발생한다.

시스템의 운용 정보는 모니터링 서버로 전송되어 PC뿐만 아니라 관리자의 스마트폰 화면으로도 확인할 수 있다[13-15].



그림 10. 시뮬레이션 구성(경로 측정 보드 고장)
Figure 10. Simulation Configuration (Path Measurement Board Failure)

5. 결론

본 논문에서는 저가의 임베디드 보드인 아두이

노 우노를 이용한 지하매설 관망에 설치된 스마트 시트의 파손 위치 검색시 임베디드 보드의 이상으로 인하여 발생할 수 있는 모니터링 불가 문제를 해결할 수 있는 Fault Tolerant System을 응용하여 다중경로 측정시스템을 설계하였다. 제안한 시스템은 경로별 측정시 임베디드 보드의 고장으로 인하여 측정 불가시나 동작은 되지만 측정 결과값의 오류 발생시 이를 손쉽게 해결할 수 있다.

본 논문에서 제안한 시스템은 현재 운영 중인 지하시설물, 교량, 플랜트, 건물 내 배관 등의 시설물 파손 위치 모니터링 시스템에 적용한다면 오작동으로 인한 측정 불가를 더욱 손쉽게 발견 및 해결할 수 있으므로 시스템 고장으로 인하여 발생할 여러 가지 문제점에 대한 예방 및 빠른 유지 보수가 가능할 것이다.

References

- [1] A. Cataldo, E. D. Benedetto, G. Cannazza, A. Masciullo, N. Giaquinto, G.M.D'Aucelli, N. Costantino, A. D. Leo, and M. Miragliadi, *Recent advances in the tdr-based leak detection system for pipeline inspection*, Measurement. Vol. 98, No. 3. pp. 347-354 2017.
- [2] *Report on the occurrence location of road sink hole*, The Seoul Institute, 2014.
- [3] B-G. Choi, and C-J. Lee, *Developing management system for urban facilities based on ubiquitous*, Journal of the Korean society for geo-spatial information system, Vol. 15, No. 1, pp. 61-66, 2007.
- [4] *Local waterworks facility old condition evaluation and maintenance business feasibility study report*, Ministry of Environment, 2015.

- [5] <http://www.wistco.co.kr/>, Dec. 2016.
- [6] <http://www.arduino.cc/>, Jan. 2016.
- [7] <http://www.instructables.com/id/I2C-between-Arduinos/>, Feb. 2016.
- [8] 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.
- [9] S. Ambekar, *Rs-485 network for embedded systems*, CIRCUIT CELLAR, Vol. 158, pp. 12-23, 2003.
- [10] M. Wang, *A new communication method based on rs-485 interface*, CONTROL AND AUTOMATION, No. 155, pp. 220-222, 2006.
- [11] T. J. Kim, B. D. Yoon, and S. H. Woo, *Model-based detection of pipe leakage at joints*, Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 39, No. 3, pp. 347-352, 2016.
- [12] 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.
- [13] S. M. Yoo, *Smart city trend analysis and case study*, Journal of the Korea Information Science Society, Vol. 12, No. 1, pp. 19-28, 2016.
- [14] H. S. No, C. Cui, Y. S. Kim, J. B. Choi, and B. S. Kim, *Accuracy improvement of time domain impedance measurement using error calibration method*, Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol 23, No. 11, pp. 1315-1322, 2016.
- [15] A. Laura, F. Ana, S. M. Caudia, G. Ricardo, G. Helder, C. Susana, and S. Carlos, *Smart city : a systematic approach towards a sustainable urban transformation*, Energy Procedia, Vol. 91, pp. 970-979, 2016.
- [16] 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.
- [17] B. M. Kang, B. C. Jeon, and I. S. Hong, *A study on data packet design of damage detection sheet using embedded board*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 12, No. 2, pp. 315-323, 2017.
- [18] M. G. Nam, and I. S. Hong, *The design of embedded system for locating damage point of smart sheet*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 12, No. 5, pp. 683-691, 2017.
- [19] J. H. Li, W. X. Zheng, and J. Gu, L. Hua, *Parameter estimation algorithms for hammerstein output error systems using levenberg-marquardt optimization method with varying interval measurements*, Journal of the Franklin Institute, Vol. 354, No. 1, pp. 316-331, 2017.

다중경로 파손감지용 임베디드 시스템에 관한 연구

강병오¹, 전병찬², 홍인식³

¹순천향대학교 향설나눔대학 겸임교수

²청운대학교 교양학부 교수

³순천향대학교 컴퓨터공학과 교수

요 약

4차 산업혁명 시대에 핵심 기술 중의 하나인 사물 인터넷과 함께 스마트 시티도 발달하고 있다. 스마트 시티의 확장으로 스마트 시티를 구성하고 있는 IT 인프라 시설들의 구축과 관리 그리고 유지 보수에 관한 관심이 높아지고 있다. 스마트 시티 네트워크 인프라 시설은 사람과 사물들이 항상 연결되어 있는 높은 수준의 사회와 도시 경제력을 향상시키는 중요한 해결책이다. 그러므로 현재 전 세계에서 스마트 시티의 도입이 급속히 증가하고 있다. 또한, 인프라 시설들에 대한 유지 보수 및 관리 시스템의 개발 및 적용이 이루어지고 있는 상태이다. 다양한 모니터링 기술 중 스마트 시트는 지하에 매설된 시설물들에 적용되어 시설물 보호 및 모니터링을 위해서 사용되고 있다. 스마트 시트는 시트 간의 통신으로 이상 유무를 판단하여 각종 파손감지 및 모니터링으로 사용되고 있다. 모니터링 기술 중 기 개발된 TDR 장비와 파손감지관이라는 특수관을 사용하여 파손 위치를 측정할 수 있었다. 그러나 고비용과 근거리 측정이 불가능하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 저가의 임베디드 보드를 이용한 모니터링 시스템도 개발되었으나 임베디드 보드의 SW 오류로 인한 측정값 편차 문제와 내구성 문제가 발생하는 단점이 있다. 본 논문에서는 시상수와 전압 간 임피던스 특성과 저가의 임베디드 보드를 사용한 기존의 모니터링 시스템에서 발생할 수 있는 시스템의 고장과 측정값 편차 문제를 해결하기 위한 다중경로 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 결합 감내 시스템을 응용하여 S/W 및 H/W의 문제점들을 모니터링하여 문제 발생시 쉽게 유지 보수를 수행할 수 있는 시스템이다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “차세대 에코이노베이션 기술개발사업 (2016002130003)”으로 지원 받은 과제입니다.



Byung Mo Kang received the M.S. the Ph.D. in the Department of Computer Science & Engineering from SoonChunHyang University in South Korea in 1998 and 2005, respectively. He has been working as a adjunct professor at SoonChunHyang University in South Korea since 2007. His research interests include AR Technology, GIS, Embedded System and IT Convergence Technology.

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



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