



A Study on Functional Test of Damage Detection Sheet Using RS-485 Embedded Board

In Sik Hong*

Department of Computer Science & Engineering, Soonchunhyang University

ABSTRACT

In this paper, a iterative numbering protocol(Regular Sequence Numbering Protocol) for the monitoring of damage detection sheet is proposed. Damage detection sheet is one of the social infrastructures which is constructed with underground various pipe networks. The damage detection sheet is attached to the upper part of the underground facility, and is attached to provide the damage data at an early stage when the facility is damaged. Recently, it has been developed into a form that can detect when a sinkhole occurs. It is difficult to detect the damage of such a sheet by a general electric method because the distance is long (about 1.2 Km). However, if the communication distance is secured by the RS-485 standard, which is one of the communication standards, it is possible to detect the presence of damage. In addition, the noise due to various leakage currents existing in the basement is mixed with the data for damage detection through the sheet as a medium, causing multiple data corruption. In order to solve this noise problem, we propose and design an regular sequence numbering protocol with a robustness noise immunity. The proposed protocol is designed not only to detect the damage of the sheet but also to detect the communication quality of the damage detection sheet buried in the underground. The system is constructed using the 5V based Arduino and RS-485 board as the communication embedded board at both ends of the sheet. The uploading of the final data is implemented using Wi-Fi or CDMA network.

© 2018 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Arduino embedded board, Burst rate, Damage detection sheet, Damage monitoring, Numbering protocol, Regular sequence RS-485, Sink hole,

ARTICLE INFO: Received 8 February 2018, Revised 13 April 2018, Accepted 13 April 2018.

*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

최근 다양한 지하 파이프라인 시설물 모니터링 시스템들이 개발되고 실제 현장에 적용되고 있는 상태이다. 이 중에서 주목받고 있는 기술로는 TDR 장비를 이용하는 모니터링 방법과 파손감지 슈트를 이용한 모니터링 기술이 있다[1-5].

파손감지 슈트는 파이프 연결부의 누수를 감지하는 슈트(Sheet)로써, PVC관 또는 PE관처럼 연결부를 용착하거나 연결구가 크지 않은 연결부에, 슈트를 부착하는 것만으로 누수나 파손을 감지할 수 있다. 그러므로 파손감지 슈트는 지하시설물 상부에 부착되어 시설물의 파손시 동시에 파손되며 조기에 파손 데이터 정보를 제공하는 목적으로 부설된다.

최근에 들어 파손감지 슈트는 썩크홀(Sink Hole)의 발생시 이를 감지할 수 있는 형태로까지 발전되고 있다[6]. 이러한 파손감지 슈트의 파손 유무를 일반적인 전기적 방법으로는 거리가 길어(1.2Km 내외) 감지하기가 어렵고 특정한 방법의 규격인 RS-485 규격으로 통신거리를 확보한 뒤에야 가능하다. 그러나 지하에서 통신시 각종 누설전류로 인한 잡음이 슈트를 매개체로 파손감지용 데이터와 뒤섞이는 잡음문제가 발생한다. 특히 전철이나 공장지대의 용접 장비가 사용되는 곳에서 심하게 관측된다. 이때, 파손감지용 데이터 전송 패킷에 다중에러가 발생하게 되는데 이러한 문제를 극복하기 위하여 본 논문에서는 잡음내성이 강한 반복 넘버링 프로토콜(이후 줄줄이 번호 프로토콜)을 제안한다.

제안한 줄줄이 번호 프로토콜(Regular Sequence Protocol)은 슈트의 파손 유무뿐만 아니라 지하매설 슈트의 통신품질까지 파악할 수 있는 형태로 설계된다. 그리고 설계된 내용을 바탕으로 임베디드 보드로 통신 테스트를 수행하였다. 테스트를 위해 사용되는 통신용 임베디드 보드로는 아두이노 계열의 보드를 사용하며 동작 전원은 3.3V가 아닌

5V 기반 보드들을 사용하여 시스템을 구성하였다.

2. 관련 기술 및 동향

지하매설물 관리를 위한 다양한 모니터링 기술들이 현장에 적용되고 있다. 그러나 시공시 하나의 장비로 광범위한 지역을 모니터링 해야만 하는 고비용의 문제가 발생하고 있는 실정이다. 그래서 요즘에는 저가형 IoT 기술 등을 이용하여 해결책을 찾고 있다. 특히 지하매설물들을 GIS, GPS, GCM 등과 같은 기술들과 파손감지 슈트와 같은 네트워크 통신이 가능한 저전력 IoT 제품 등을 이용하여 시설물들의 파손 상태 감지 및 썩크홀의 조기감지에 관한 기술들이 개발되고 있다[7-12].

2.1 파손감지 슈트

파손감지 슈트는 부틸(Butyl)이라는 합성고무 재질로 구성된 보호 슈트 내부에 한 쌍의 도선이 <그림 1>과 같이 삽입되어 있다. 이러한 파손감지 슈트는 <그림 2>와 같이 지하 파이프라인 시설물의 근접상부에 설치하여 사용한다[13].

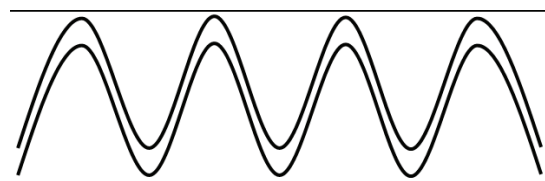


그림 1. 파손 감지 슈트
Figure 1. Damage Detection Sheet



그림 2. 파이프에 설치한 파손 감지 슈트
Figure 2. Damage Detection Sheet installed on Pipe

2.2 파손감지용 임베디드 보드

파손감지 슈트의 상태정보를 전송하기 위한 통신용 보드가 필요하다. 현재 이러한 통신용 보드로 사용이 가능한 다양한 임베디드 보드들이 출시되고 있다. 현재 다양한 분야에서 사용되고 있는 임베디드 보드로는 Atmel사의 AVR이라는 마이크로컨트롤러를 적용한 아두이노라는 임베디드 보드가 있다[14].

아두이노 보드 중에서 가장 많이 사용 되는 아두이노 우노(UNO)는 Atmega 328의 MCU(Micro Control Unit)를 기반으로 아날로그와 디지털 입출력 포트를 제공하고 있다. 그리고 센서, 통신 모듈 등을 장착할 수 있는 확장 쉴드(Extended Shield) 제품도 제공되어 확장성이 높다는 장점을 가진다. <그림 3>은 아두이노 우노 보드의 레이아웃을 보여주고 있다.

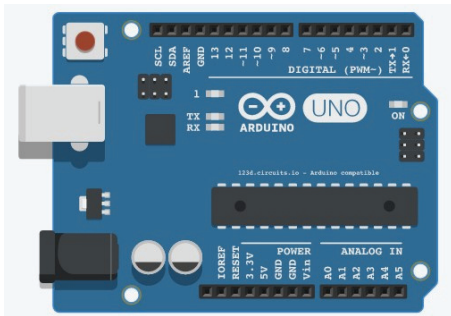


그림 3. 아두이노 우노 보드
Figure 3. Arduino UNO Board

2.3 지하 잡음(Underground Noise)

지하잡음은 지하에 매설된 시설물을 따라 흐르는 다양한 형태의 노이즈들을 말한다. 다양한 잡음들 중에서 전기적인 잡음이 있는데 대표적인 것으로는 지하철 선로에서 발생하거나 지하시설물 관

련 작업 중 전기용접과 같은 일을 할 때 많이 발생한다.

이러한 지하 잡음의 영향으로 파손감지 슈트로부터 데이터 전송시 데이터의 손실이 발생한다. 그런데 이러한 데이터 손실은 랜덤 에러 손실이 아닌 데이터 다중 에러 손실로 다량의 데이터 패킷의 손상이 발생하게 된다.

본 논문에서는 파손감지 슈트의 파손 유무를 판단하기 위한 데이터 패킷이 외부로 부터의 영향에도 불구하고 견고한(Robust) 전송이 이루어지도록 파손감지 슈트의 데이터 패킷을 전송하는 프로토콜을 제안한다. 또한 제안한 프로토콜을 이용하여 전송되는 데이터패킷들의 Robust Rate를 분석하여 보다 정확한 진단이 가능하도록 적용한다.

2.4 시리얼 통신

파손발생시 파손감지 슈트로부터 신호를 받아서 다음 임베디드 보드로 파손정보를 전송해야 한다. 이를 위해서 최소한의 정보를 파손감지 슈트를 이용하여 전송해야 한다. 데이터를 전송하기 위해서 임베디드 보드와 다른 임베디드 보드와의 통신이 이루어져야 하기 때문에 통신 프로토콜을 선정해서 설계해야 한다[15-20].

연속적으로 데이터를 전송하기 위해서 시리얼 통신으로 RS-232, RS-422, RS-485 방식을 사용한다. 이 중에서 RS-485는 기존의 RS-232, RS-422의 확장 버전으로 시리얼 통신 프로토콜의 표준 규격이다.

RS-232의 늦은 전송 속도와 짧은 전송 거리를 보완하기 위해 RS-485나 RS-422 통신 방식을 사용한다. 또한 RS-485는 동일 라인에서 모든 장치들의 데이터 전송 및 수신을 수행 할 수 있다. 이러한 RS-485의 특징은 다음과 같다.

- ① 반이중 통신 지원
- ② 기존 RS-232 대비 전송거리가 1.2Km로 증가
- ③ 잡음에 강함
- ④ 기존 3선 라인 활용가능
- ⑤ 2선 라인(RXD(+, -), TXD(+, -))으로 멀티드롭 제공
- ⑥ 드라이버 · 리시버 수 각각 최대 32개 지원

각각의 통신 프로토콜의 장단점을 분석하여 임베디드 보드에서 사용이 가능한 통신 방식으로 RS-485를 선택하였다. <표 1> 통신 방식들의 비교를 보여주고 있다.

표 1. 각각 통신 방식의 장단점 분석
Table 1. Analyze the Advantages and Disadvantages of each Communication Method

구분	RS 232	RS 422	RS 485
전송속도	느림(20Kbps)	빠름(10Mbps)	빠름(10Mbps)
전송거리	최대 20m	최대 1.5Km	최대 1.2Km
통신선	3선	4선	2선
	TXD, RDX, GND	RXD+, RXD-, TXD+, TXD-	RXD(+, -), TXD(+, -)
통신방향	1:1통신	1:1통신	1:N통신
동작모드	Single-Ended	Differential	Differential
전송방식	전이중	전이중	반이중
최대 출력전압	±25V	-0.25V ~ +6V	-7V ~ +12V
최대 입력전압	±15V	-7V ~ +7V	-7V ~ +12V
주요활용처	단거리 데이터 통신	장거리 기기제어	기기간 장거리 데이터 통신

3. 임베디드 보드간의 장거리 통신

파손감지 슈트 양단에는 파손유무 코드를 주고 받기위한 통신용 보드가 필요하다. 본 논문에서는 일반적인 시리얼통신에서는 데이터전송이 불가능한 1Km가 넘는 긴 거리의 파손감지 슈트들 사이에 두고 통신할 목적으로 RS-485 모듈을 사용하고 저가의 아두이노 우노 또는 메가 계열의 보드를 사용하여 시스템을 구현한다.

3.1 임베디드 보드를 이용한 장거리 통신 시스템

1Km 내외의 시리얼 통신을 위해서 본 논문에서는 아두이노 임베디드보드와 RS-485 모듈을 결합하여 하나의 노드(Node)로 사용한다. 이때 임베디드 보드와 RS-485 모듈 모두 5V 기반으로 구성된다. 3.3V 기반의 모듈도 시판되고 있으나 지하잡음 등의 요인을 내포하는 장거리 통신에는 적합하지 않다고 판단되기에 보다 멀리 데이터를 전송할 수 있는 5V 기반으로 구성한다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 아두이노 임베디드 보드를 노드로 하여 각 노드간의 거리를 1,000m 이내로 설정하고 RS-485 모듈을 이용하여 데이터의 송신과 수신 기능을 수행한다. 다음 <그림 4>는 이러한 노드간 통신 시스템의 구성을 보여주고 있다.

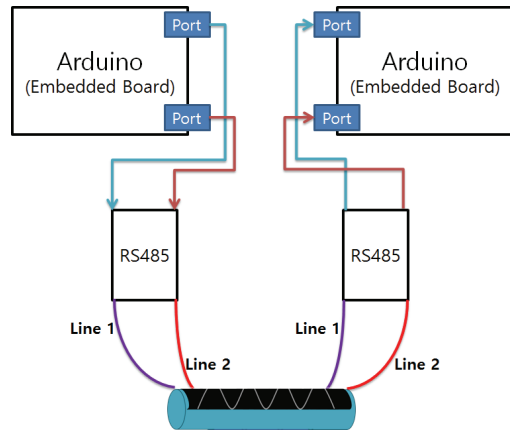


그림 4. 노드간 통신 시스템 구성
Figure 4. Structure of Node-to-Node Communication System

그러나 지하 매설물에 적용시킨 RS-485를 이용한 시리얼 통신노드간의 데이터 송신 및 수신시 지하에서 발생하는 각종 지하 잡음으로 인한 전송 데이터 손실이 발생할 수 있다. 그러므로 이러한

지하 잡음에 대한 대책이 필요한데 본 논문에서는 줄줄이 프로토콜이라는 반복 넘버링을 이용한 알고리즘을 제안한다.

현재 데이터의 전송은 파손감지 슈트에 삽입되어 있는 도선을 이용하여 모니터링하며, 각 노드는 RS-485를 사용하여 직렬통신을 수행한다. 시스템에 직렬 통신이 아닌 병렬(Parallel) 통신방식을 적용한다면 여러 개의 채널이 필요하고 다중 RS-485 노드의 비용부담의 문제가 발생할 수 있으므로 병렬 통신 보다는 직렬 통신을 사용한다. 또한 임베디드 보드인 아두이노는 H/W 구성상 직렬 포트의 수가 1개 제공되지만 S/W 라이브러리를 이용하여 예를 레이터 방식으로 직렬 포트를 1개 추가하면 외부로부터 2개 이상의 디바이스들과의 직렬 통신이 가능하게 된다. 이때는 양방향 전송을 통한 파손감지 시스템도 구상해 볼 수 있다.

본 논문에서 제안한 시스템의 동작은 다음과 같이 진행된다. 파손감지 시스템에서 누수발생 데이터를 RS-485 직렬 통신을 이용하여 다음 임베디드 보드로 전송한다.

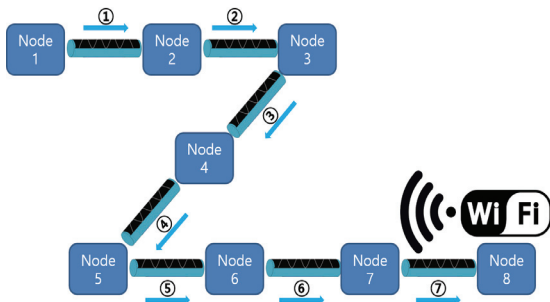


그림 5. 파손 감지 슈트 통신 구조
Figure 5. Structure of Damage Detection Sheet Communication

RS-485의 통신 최대거리인 1.2Km이내의 거리를 최대한도로 이용하여 측정하는 시스템의 효율을 높이기 위해서 하나의 시스템당 최대 8대의 임베디드 보드를 연결하여 8개의 노드로 구성되는 시

스템을 설계하였다. <그림 5>는 8대의 임베디드 노드로 통신하는 시스템의 구성을 보여주고 있다.

<그림 5>와 같이, 각 노드는 단방향 통신만이 가능하도록 구성하였다. 노드의 개수는 보통 1~8개까지 시공위치에 따라 조정 가능하며 통상 감지선 기준 8~10Km의 길이를 모니터링하게 된다.

이때 각 노드간의 통신은 각종 지하 잡음으로 인해 심각한 방해를 받게 되는데 주로 주변의 고압 발생장치에 기인한다. <그림 6>에서 빨간색으로 표시된 부분들은 노드간 통신시에 발생하는 잡음으로 인하여 정상적인 데이터인 10101010 값이 아닌 다른 값으로 전송되고 있음을 보여주고 있다.

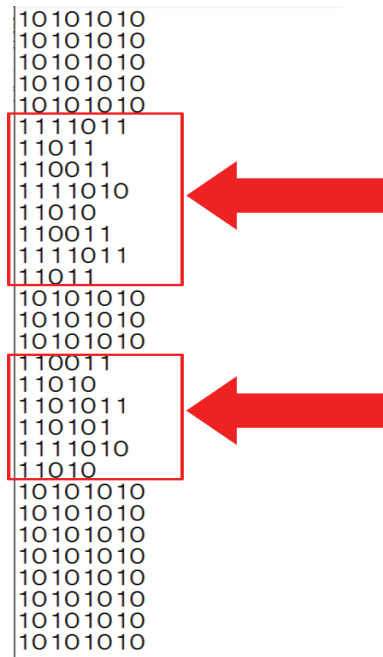


그림 6. 통신 잡음
Figure 6. Noise of Communication

이러한 지하 잡음으로부터 안전하고 정확한 데이터를 송/수신하기 위해서 반복 넘버링(줄줄이 번호) 프로토콜을 이용하여 지하 잡음 문제들을 해결할 수 있다. 이 프로토콜에서 가장 중요한 포인트

는 노드간 통신에 있어서 통신잡음이 포함된 데이터를 얼마나 많이 필터링해서 데이터의 정확도를 높이는가에 있다.

<그림 7>은 제안한 프로토콜의 핵심 부분인 반복 전송에 관한 내용을 보여주고 있다. 이전 노드로부터 50회 수신된 데이터를 분석하여 가장 빈도가 높은 값(정상적인 데이터 값)의 패턴을 파악해서 정상적인 데이터 값을 다음 노드로 50회 보내는 작업을 수행한다.

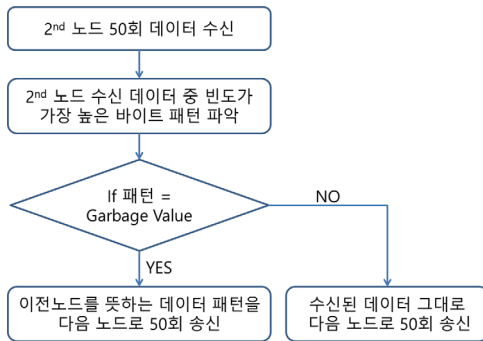


그림 7. 수신된 데이터 분석 및 50회 송신 과정
Figure 7. Analysis of Received Data and Transmission Process of 50 Times

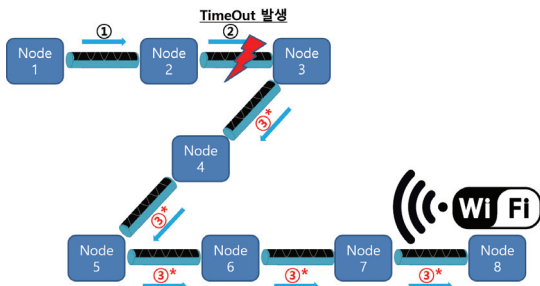


그림 8. 파손발생시 노드번호 전달
Figure 8. Node Number Transfer of Damage

만약 <그림 8>과 같이 1~8번 노드중 만약에 3번 노드에서 이상이 발생하였다면 3번 노드의 정보 데이터를 줄줄이 맨 마지막 8번 노드까지 50회 반복 전송한다. 모니터링 서버에서는 전송받은 정보

를 분석하여 이상이 발생한 노드를 검출할 수 있다.

이러한 반복 넘버링(줄줄이 번호) 프로토콜의 완전한 플로 차트는 <그림 9>와 같다.

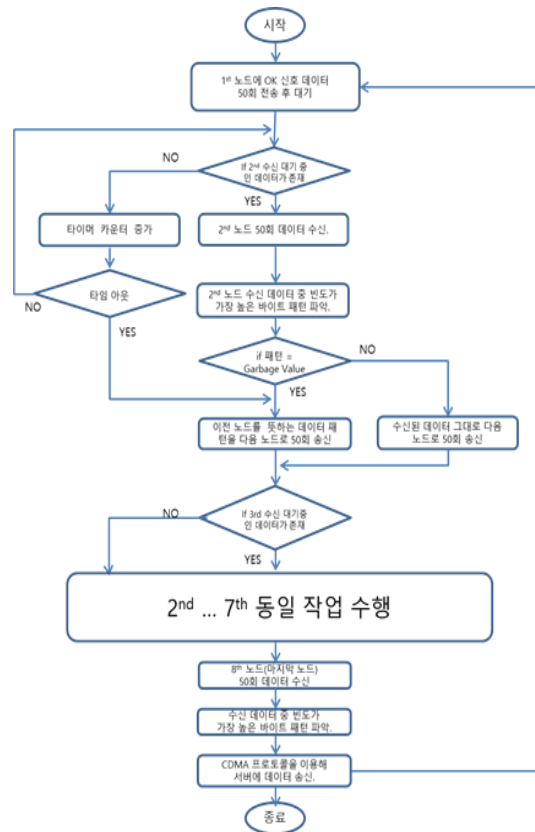


그림 9. 줄줄이 번호 프로토콜의 플로 차트
Figure 9. Flowchart of Regular Sequence Numbering Protocol

1에서 8번 노드로 구성된 시스템에서 1번 노드로부터 노드의 상태 정보 데이터를 2번 노드로 50회 전송한다. 1번 노드의 상태가 정상 상태일 경우 2번 노드는 1번 노드에서 받은 상태 정보 데이터를 3번 노드로 50회 반복 전송한다. 이와 같은 방식으로 순서대로 1번 노드의 정보 데이터를 줄줄이 마지막 노드까지 50회 반복 전송한다.

마지막 8번 노드로 전송된 정보 데이터를 분석

하여 수신 빈도가 가장 높은 패턴을 파악한 후 Wi-Fi 또는 CDMA 망을 통하여 모니터링 서버로 전송한다.

<그림 9>에서와 같이, 각 노드에서의 데이터 처리가 1번 노드에서부터 마지막 노드인 8번 노드까지 데이터 전송이 완료되면 파손감지 스위트 네트워크의 이상 유무뿐만 아니라 노드간 고장위치를 정확히 판단가능하다. 또한 수신 성공 횟수를 저장하여 선로 품질계수로 사용할 수 있다.

4. 프로토콜의 성능 테스트 및 확장성

줄줄이 번호 프로토콜의 효율성을 증명하기 위하여 RS-485 통신 모듈에 본 논문에서 제안하는 줄줄이 번호 프로토콜을 탑재한 후 각 노드간 통신을 모니터링 함으로써 파손감지 스위트의 이상 유무 및 파손 위치의 검출을 테스트 하였다.

노드 테스트는 간단하게 <그림 10>과 같이 4-노드로 구성하여 테스트하였으며 마지막 노드로부터 데이터를 업로드 받아 1-4번 노드간 이상 유무를 확인할 수 있도록 하드웨어를 구성하고 간단한 웹 페이지를 구축하였다.

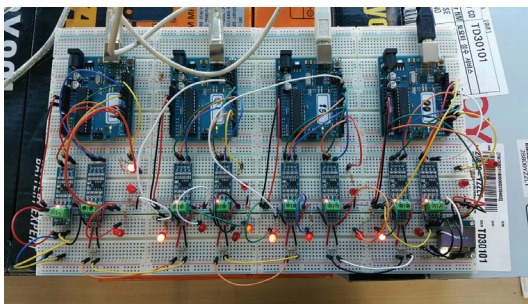


그림 10. 4-노드 테스트 임베디드 보드
Figure 10. 4-Node Test Embedded Board

모니터링 서버로 전송되는 노드 데이터의 확인을 위하여 임의로 도선을 끊어 노드간 정상상태의

데이터와 파손상태의 데이터가 전송되는지를 확인하여 파손 테스트를 진행하였다.

파손감지 스위트 모니터링

최신상태정보

번호	입력코드	상태	날짜 시간	
8986	11110011	파손	2016-02-13 06:13:50	[1번 노드]
				정상
				[2번 노드]
8986	11110011	파손	2016-02-13 06:13:50	정상
8985	11110011	파손	2016-02-13 06:12:09	[3번 노드]
8984	11110011	파손	2016-02-13 06:10:28	정상
8983	11110011	파손	2016-02-13 06:08:47	정상
8982	11110011	파손	2016-02-13 06:07:06	[4번 노드]
8981	11110011	파손	2016-02-13 06:05:25	정상
8980	11110011	파손	2016-02-13 05:59:48	정상

그림 11. 파손감지 스위트 모니터링 결과 화면
Figure 11. Result Page of Damage Detection Sheet Monitoring

인위적으로 2번 노드에서 3번 노드로 전송되는 파손감지 스위트의 감지도선을 끊어 파손 테스트를 진행한다. 3번 노드의 감지도선이 끊겼을 시 11110011 값을 4번 노드로 전송하게 되어 <그림 11>과 같이 3번 노드에서 이상이 발생하였다는 결과를 알 수 있게 된다.

여기서 전송되는 데이터는 8비트의 데이터를 전송한다. 데이터는 이상정보인 상위비트 1111(4비트) 값과 3번 노드번호의 정보를 가진 하위비트 0011(4비트)로 구성된다.

1번 노드부터 4번 노드까지 테스트 결과 <표 2>와 같이 각각 노드와 노드 사이에 50회의 데이터 전송이 수행되면서 진행되었다는 것을 알 수 있다.

또한 1번에서 2번 노드와의 정상 상태 데이터 전송 결과와 2번 노드에서 3번 노드로 전송중 발생한 이상 상태일 경우의 3번 노드의 이상 정보가 4번 노드로 전송되는 것을 알 수 있었다.

표 2. 노드 정보 데이터 전송 결과
Table 2. Result of Node Information Data Transmission

전송번호	노드번호	전송데이터	비고
1	1	10011010	정상
2	1	10011010	정상
3	1	10011010	정상
4	1	10011010	정상
5	1	10011010	정상
~			
50	1	10011010	정상
51	2	10011010	정상
52	2	10011010	정상
53	2	10011010	정상
54	2	10011010	정상
55	2	10011010	정상
~			
100	2	10011010	정상
101	3	11110011	이상
102	3	11110011	이상
103	3	11110011	이상
104	3	11110011	이상
105	3	11110011	이상
~			
149	3	11110011	이상
150	3	11110011	이상
151	4	11110011	이상
~			
199	4	11110011	이상
200	4	11110011	이상

〈표 2〉의 같이 실험 결과에서 가장 실용적인 전송횟수로 50회가 적절하다고 도출되었으며, 이를 기반으로 전송 라인의 품질도 테스트 할 수 있다.

전송 횟수(n)에 대한 결정은 몇 가지 현장 실험을 통해 고찰 하였으며, 지하 환경 및 계절 그리고 장소에 따른 영향이 많은 것으로 파악된다. 다음 〈표 3〉에 전송 횟수와 설치 장소와의 관계를 표시 하였다. 향후 전송 성공률과 전송횟수를 임베디드 보드 펌웨어 상에서 연동하여 적용한다면 계절의 환경변화에도 효과적으로 대처할 수 있을 것이다.

표 3. 전송 횟수와 설치장소와의 관계
Table 3. 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

5. 결 론

본 논문은 최근 주목받고 있는 사회기반 시설중 파손감지 슈트의 모니터링에 대한 기술 중에서 파손 유무를 판단하기 위한 줄줄이 프로토콜을 제안 하였다. 제안한 시스템을 대단위 지역이 아닌 소규모의 지역에 적용한다면 지하시설물중 관망의 메인관로가 아닌 지선관로에 적용이 가능한 장점이 있다. 또한 설치비용이나 유지 보수비용의 절감으로 경제성 측면에서도 장점이 있다.

현재 파손감지 슈트는 다양한 환경에 적용되어 사용되고 있지만 지하매설물에 사용시 지하 잡음 문제로 인하여 활용도가 떨어지고 있는 실정이다. 이러한 잡음에 대응하고자 잡음 내성이 강한 데이터전송 프로토콜의 개발이 가장 중요한 시스템 인자로 인식되어진다. 즉 실제 필드에서의 시공 성패와 연관되는 것은 지하 잡음의 극복이라 할 수 있다. 그러므로 파손감지 슈트와 제안한 줄줄이 번호 프로토콜을 적용한 시스템을 적용한다면 보다 효율적인 지하시설물 모니터링을 수행할 수 있다.

본 논문에서 제안한 시스템은 현재 노드 상에서 1개의 에러만 검출이 가능하지만 단방향이 아닌 양방향 검색을 이용한다면 노드 상에서 2개 이상의 파손위치를 검색할 수 있을 것이다.

References

- [1] *Local waterworks facility old condition evaluation and maintenance business feasibility study report*, Ministry of Environment, 2015.
- [2] <http://www.wacon.co.kr/>, Dec. 2016.
- [3] C. Andrea, D. B, Egidio and C. Giuseppe, M. Antonio and G. Nicola, D. A. Giuseppe Maria and 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.
- [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] 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.
- [6] *Report on the occurrence location of road sink hole*, The Seoul Institute, 2014.
- [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] I-S. Kim, *A study on the development of field management system for underground utility using self-levelling marker and DGPS*, Korean Journal of Geomatics, Vol. 27, No. 6, pp. 733-739, 2009.
- [9] J-T. Park, and I-S. Hong, *A study on underground facility monitoring application using smart phone based on android*, Proceedings of The Korea Multimedia Society Conference, Vol. 13, No. 2, pp. 261-264, 2010.
- [10] B-M. Kang, and I-S. Hong, *The development of real-time field information warning system for underground facility using google cloud message*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 9, No. 2, pp. 279-286, 2014.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] <http://www.wistco.co.kr/>, Dec. 2016.
- [14] <http://www.arduino.cc/>, Jan. 2016.
- [15] <https://arduino-info.wikispaces.com/RS485-Modules>, Jan. 2016.
- [16] <https://arduino-info.wikispaces.com/SoftwareSerialRS485Example>, Jan. 2016.
- [17] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/rs-485-module-shield-tutorial-for-arduino-raspberry-pi-intel-galileo/>, Feb. 2016.
- [18] S. Ambekar, *RS-485 network for embedded systems*, CIRCUIT CELLAR, Vol. 158, pp. 12-23, 2003.
- [19] M. Wang, *A new communication method based on RS-485 interface*, CONTROL AND AUTOMATION, No. 155, pp. 220-222, 2006.
- [20] 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.

RS-485 임베디드 보드를 이용한 파손 감지 슈트의 기능검사에 관한연구

홍인식

순천향대학교 컴퓨터공학과

요 약

본 논문은 최근 주목받고 있는 사회기반 시설중 파손감지 슈트의 모니터링에 대한 기술로써 파손 유무를 판단하기 위한 반복 넘버링 프로토콜(줄줄이 프로토콜)을 제안한다. 파손감지 슈트는 각종 파이프등의 지하시설물 상부에 부착하여 시공되며 시설물의 파손 시 동시에 파손되어 조기에 파손 데이터를 제공하는 목적으로 부설된다. 최근에는 썩크홀의 발생시 이를 감지할 수 있는 형태로까지 발전되고 있다. 이러한 슈트의 파손 유무는 일반적인 전기적 방법으로는 그 거리가 길어서(1.2Km 내외) 감지하기가 어려우나 통신 규격중에 하나인 RS-485 규격으로 통신거리를 확보하면 파손 유무의 감지가 가능하다. 또한 지하에 상존하는 각종 누설전류로 인한 잡음이 슈트를 매개체로 파손감지용 데이터와 뒤섞이게 되어 다중데이터 파손을 일으키게 된다. 이러한 잡음문제를 해결하기 위하여 잡음내성이 강한 줄줄이 프로토콜을 제안하고 설계하였다. 제안한 프로토콜은 슈트의 파손 유무뿐만 아니라 지하에 매설된 파손감지 슈트의 통신품질까지 파악할 수 있는 형태로 설계되며 슈트 양단의 통신용 임베디드 보드로는 아두이노 계열의 5V 기반 보드들을 사용하여 시스템을 구성하였다. 전송된 최종 데이터의 업로드는 Wi-Fi 또는 CDMA망을 사용하여 구현하였다.



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

이 논문은 2016학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였음.