

상수도 배관용 무선 원격 부식모니터링 시스템

The Remote Wireless Corrosion Monitoring System for Water Pipeline

하 태 현*, 배 정 효**, 이 현 구***, 하 윤 철****, 김 대 경*****

- * 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1366, 팩스:(055)280-1390, E-mail : thha@keri.re.kr)
- ** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1362, 팩스:(055)280-1390, E-mail : jhbae@keri.re.kr)
- *** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1364, 팩스:(055)280-1390, E-mail : leehg@keri.re.kr)
- **** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1368, 팩스:(055)280-1390, E-mail : ycha@keri.re.kr)
- ***** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1360, 팩스:(055)280-1390, E-mail : dkkim@keri.re.kr)

Abstract : The owner of water pipeline has a burden of responsibility for the protection of corrosion and the prevention against leakage of water. So, they have been installed a CP(Cathodic Protection) System in order to protect corrosion. And they also have been measured and analyzed the data about P/S(Pipe to Soil) potential of water pipeline. The P/S potential is basic data of evaluation for water pipeline corrosion.

In this paper, results of development about remote wireless corrosion monitoring system for water pipe line are presented briefly.

Keywords : Cathodic Protection System, Corrosion Monitoring, Water Pipeline, Wireless

I. 서론

우리나라가 1970년대 이후 급격하게 산업화·도시화 되면서 대형화된 지중 시설물이 급증하고 있지만, 시설물을 체계적으로 관리하는데 소홀히 취급됨에 따라 부식사고가 빈발하고 있으며, 이러한 부식으로 인한 직·간접적인 손실은 2000년 말 기준으로 연간 20조원에 달하고 있다[1].

최근 부식으로 인한 상수도의 누수율이 30%를 상회한다는 지적이 있어왔음에도 불구하고 근본적인 대책을 마련하고 있지 않고 있다.

상수도 매설배관의 건전성에 영향을 미칠 수 있는 요소에는 외부로부터의 충격, 부식 등 여러 가지가 있을 수 있으나 자연발생적이며 지속적이라는 관점에서 부식 문제가 가장 심각하게 다루어지고 있다. 아울러 상수배관의 부식은 귀중한 수자원 상실이라는 결과를 초래하므로 배관의 부식을 방지하고 수명을 연장하기 위하여 배관의 부식을 종합적으로 관리하고 위험요소를 예측하는 체계의 구축이 필수적이다[2].

본 논문에서는 상수도 매설배관의 부식진단을 실시간으로 처리하여 시설물을 체계적이고 안전하게 관리하기 위한 시스템으로써, 무인화 형태로 동작하는 부식모니터링 서버를 대신하여 사용자에게 조작 가능한 인터페이스를 제공하여 서버에 접속되는 정류기와 부식감시 단말장치를 제어가능하게 하는 부식모니터링 클라이언트로 구성된 무선 원격 부식모니터링 시스템에 대하여 소개하고자 한다.

II. 무선 원격 부식모니터링 시스템

상수도 배관의 부식 상태를 무선 원격으로 감시하고 방식제어를 하기 위하여 부식모니터링 시스템을 초기 모델 형태로 S/W 영역인 부식모니터링 서버와 부식모니터링 클라이언트, 그리고 H/W 영역인 원격자동정류기와 부식감시 단말장치로 나누어 설계하였다.

1. 부식모니터링 서버

부식감시 모니터링 서버는 부식감시 단말장치와 정류기와의 통신을 통해, 정보를 수집하여 DB화하고 제어하도록 하는 메인 프로그램으로써 다음과 같은 기능을 가진다.

- ◆ 다양한 부식 정보 수집 장치(부식감시 단말장치, 유선 감시장치, 자동정류기 등)와 클라이언트 프로그램을 통해 입력받은 정보를 DB를 통해 효율적으로 관리한다.

- ◆ 자동화된 H/W와의 통신을 위하여, 다양한 통신 인터페이스를 지원한다.

- 인터넷 통신(TCP/IP)을 기반으로 하여, 유/무선 인터넷 통신을 지원

- RS-232/RS-485 등과 같은 범용 인터페이스 통신 지원

- ◆ 다중 통신과 다중 작업이 가능하다. 다수의 H/W가 동시 접속되어 정보를 주고받을 수 있다.

- ◆ 통신 프로토콜 수용의 유연한 설계로, 다수의 H/W를 지원할 수 있도록 한다.

- ◆ DB로 구성되어진 정보를 가공하여, 필요한 클라

인트에 제공 할 수 있다.

부식모니터링 서버 프로그램은 항상 동작을 하면서 주기적으로 접속되는 감시장치와 정류기로부터 데이터를 수신하고 제어 신호를 보내며, 각종 정보를 데이터베이스에 기록하여야 한다. 따라서 서버 프로그램은 무인화 형태로 동작하여야 하기 때문에 윈도우 운영체제의 서비스 프로그램 형태로 설계하였다. 서비스 프로그램 형태로 개발하게 되면 사용자는 서버 프로그램이 설치되어 있는 PC를 켜두기만 하면, 서버 프로그램이 동작하게 된다.

그림 1과 같이 서버 프로그램은 크게 통신 부분과 데이터베이스 관리 부분으로 나뉜다. 통신 부분은 통신을 관리하는 Manager 부분과, 각 장비별 통신 모듈로 구성된다. 데이터베이스 관리 부분은 외부 DBMS와 데이터베이스 연결 등을 관리하는 Manager 부분과 각 장비별 데이터베이스 모듈로 구성된다. 이렇게 구성함으로써 장비별 프로토콜 변경이나 장비 추가시에 서버 프로그램에 모듈만 추가함으로써 서버를 능동적으로 구성할 수 있게 된다. 추가적으로 서비스 기반 프로그램이기 때문에 서비스를 관리할 Manager 부분과 개발시에 프로그램 디버깅을 위한 로그 모듈을 추가하여 설계하였다.

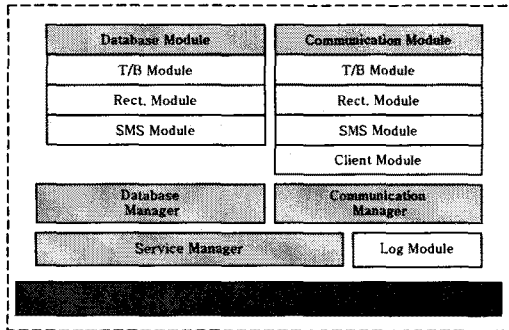


그림 1. 부식모니터링 서버 프로그램 구성
Fig. 1. Schematics of Corrosion Monitoring Sever Program Structure

2. 부식모니터링 클라이언트

부식모니터링 클라이언트는 부식모니터링 서버에 접속하여 DB에 저장된 자료를 조회 하거나 관리 할 수 있으며, 사용자의 직접적인 조작을 통하여 정보를 관리 할 수 있다. 또한, 조회된 정보의 프린터 출력을 지원한다.

무인화 형태로 돌아가는 부식 모니터링 서버를 대신하여 사용자에게 조작 가능한 인터페이스를 제공하여 서버에 접속되는 정류기와 부식감시 단말장치를 제어 할 수 있도록 해 준다.

부식모니터링 클라이언트 프로그램은 부식 모니터링 서버에 접속하여 방식 정보 데이터를 주고받게 되며 이러한 과정을 통해 자동 정류기를 제어한다. 서버와

의 접속은 인터넷을 통해 이루어지게 되며, 서버에 다수의 클라이언트 프로그램이 접속 가능하다.

설계할 프로그램의 주요 영역은 크게 다음과 같은 영역으로 나뉜다.

◆ 사용자 관련 기능 : 프로그램에 대한 사용자의 사용 권한 및 기능 권한에 대한 기능이다. 사용자 리스트의 추가, 수정, 삭제 및 암호설정 등의 기능을 갖는다.

◆ 방식대상물 관련 기능 : 정류기와 부식감시 단말장치를 이용하여 방식대상물에 관한 모든 정보를 관리한다. DB와 연결되어 방식대상물의 정보를 관리(추가, 수정, 삭제 등) 기능을 지원한다.

◆ 방식설비 관련 기능 : 정류기와 부식감시 단말장치의 정보를 담은 DB와 연결되어 이들의 정보를 관리하며, 방식설비를 통하여 수집되는 방식정보를 관리하고, 이의 다양한 활용을 지원한다.

◆ 인터넷 기반 통신 기능 : 부식 모니터링 서버에 접속하여 정보를 관리하고 실제 연결을 지원한다.

◆ 보조기능 : 사용상에 요구되는 편리성을 위하여 제공되는 기능들이 필요에 따라 구현될 필요가 있다.

3. 원격 자동정류기

원격 자동정류기는 기존 정류기의 기능에 원격 감시 및 제어로 방식전위를 조절할 수 있는 기능을 가진 정류기로서 정류기용 부식감시 단말장치를 장착하여 무선 공중망을 이용한 제어가 가능하다.

그림 2에서 보는 바와 같이 자동정류기는 제어를 위한 주기억장치(Central Processing Unit - Micom)와 지하에 매설된 배관과 기준전극과의 전위차를 아날로그 신호에서 디지털 신호로 전환하는 장비인 A/D Converter, 디지털화한 데이터를 원격서버로 전송하기 위한 통신 인터페이스로 구성되어 있다.

간략하게 동작되는 원리를 서술하면 아날로그 입력 채널을 통해 입력되는 신호(방식전위)는 A/D Converter에 의해 분해능으로 디지털화 된다. 이 데이터는 주기억장치(Micom)의 통제에 의해 통신 인터페이스를 통해 원격 서버로 전송되며, 또한 이 데이터는 설정된 방식전위에 따라 배관을 방식하기 위하여 출력

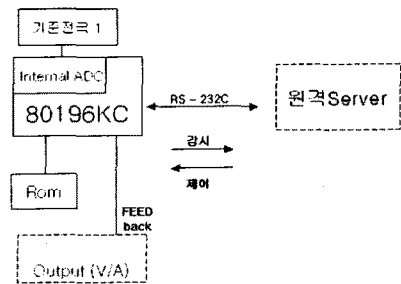


그림 2. 원격 자동정류기의 개념도
Fig. 2. Schematics of Remote Controlled Rectifier

되는 정류기 출력 전압/전류를 피드백하기 위한 신호로 쓰여 지게 된다.

감시 데이터는 정류기의 통신 인터페이스(RS-232)를 통하여 원격 서버로 보내어 진다. 원격 서버의 정류기 제어 신호는 다시 정류기의 통신 인터페이스로 보내어진다.

원격 자동정류기의 사양은 다음과 같다.

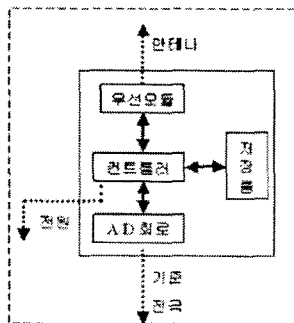
- ◆ 정류방식 : SCR 정류방식
- ◆ Micom : Intel, 80C196-KC
- ◆ 제어방식 : PWM Digital control
- ◆ 전위조정 : 피드백에 의한 정전위 방식
- ◆ Output Range : 60V / 40A
- ◆ 효율/역율 : 85% / 90%
- ◆ 전위조정 : -9,999mV 까지
- ◆ Control : Remote/Local, Auto/Manual
- ◆ Monitoring : 방식전위, 전압, 전류, 시간
- ◆ 자체 데이터 저장 메모리 보유

4. 부식감시 단말장치

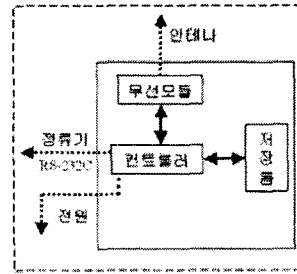
부식감시 단말장치는 측정단자함(T/B)이나 정류기에 장착되어 방식전위, 정류기의 동작상태 정보 등을 수집하여 데이터 통신을 통해 서버로 전달하고 서버의 제어신호를 정류기에 보내 정류기가 원격에서 제어될 수 있도록 한다.

부식감시 단말장치는 T/B에 설치되는 형태와 자동정류기 내장 타입으로 개발 되었으며, 각각의 부식감시 단말장치 H/W의 개괄적인 구성은 그림 3과 같다.

자동정류기에 내장되는 타입은 방식전위 측정을 위한 A/D 회로가 없는 대신 정류기와 인터페이스를 위한 RS-232C 포트를 추가하였다. 자동정류기는 자체적으로 전압/전류 측정을 위한 A/D 회로가 구성되어 있으므로 이를 이용하여 방식전위를 측정할 수 있도록 한 것이다.



(a) 전위 측정용
(a) Potential Monitoring Type



(b) 정류기 제어 및 출력 감시용
(b) Controlling and Monitoring Type of Rectifier

그림 3. 부식감시 단말장치 구성도

Fig. 3. The Block Diagram of Corrosion Monitoring Terminal

서버와 부식감시 단말장치의 통신을 위하여 검토한 방식은 그림 4와 같다. 점선은 무선 방식이며, 실선은 유선 방식이다.

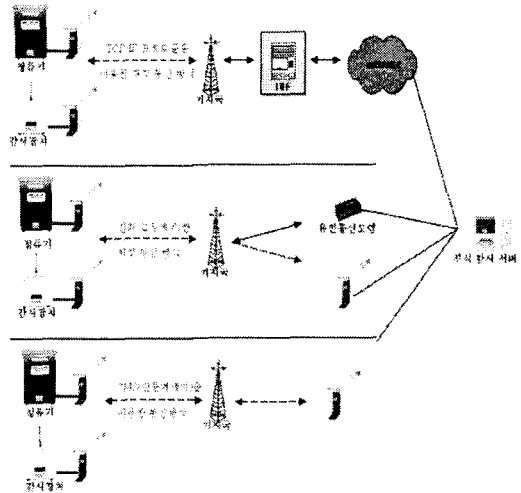


그림 4. 통신 방식의 개념도

Fig. 4. The Block Diagram of Communication Method

넓은 범위를 포괄하기 위해서 자동정류기 및 부식감시 단말장치는 무선 방식을 통하여 통신을 하도록 하였고, 무선 통신은 전국적으로 쉽게 적용할 수 있는 CDMA 상용망을 이용하였다.

위의 3가지 방식에서 장단점을 고려한 결과 다중 접속이 용이하고, 정확한 데이터 전송이 가능한 TCP/IP 프로토콜을 이용한 패킷 통신 방식을 이용하였다.

서킷 방식은 기존의 전화선을 이용한 통신방법과 동일한 방법으로 물리적으로 서버와의 통신 연결 라인

이 1개가 존재하기 때문에 다수의 정류기나 감시장치가 서버에 접속하려면, 물리적인 회선수를 늘려야 하는 단점이 있다. 이를 보완하는 방법이 있으나 이는 CDMA망을 제공하는 통신사의 별도의 협의가 있어야 하고 비용 또한 상당하다.

TCP/IP 프로토콜을 이용한 패킷 통신 방식은 서버와의 통신 연결라인이 가상적으로 다수가 존재하기 때문에 물리적인 통신 연결 라인은 1개만 있으면 된다. 패킷 통신기반이 때문에 통신사용에 대한 비용도 사용한 패킷량(데이터량)에 따라 정해진다. 본 시스템의 구성상 많은 양의 패킷이 필요하지 않기 때문에 서킷 방식보다 비용이 적게 든다.

SMS 방식은 문자메세지를 이용한 방식으로 문자메시지에 정보를 실어 서버와 데이터를 교환하게 된다. SMS 방식은 다수 접속이 용이하고 비용이 적게 드는 이점이 있으나 데이터의 전달이 정확한 시간에 일어난다는 보장이 없는 단점이 있다. 본 시스템에서는 특히 자동정류기를 원격으로 제어해야 할 경우에 이 방식을 전적으로 쓰는 데는 문제가 있다. 현재 이 방식은 단방향 무선통신이 필요한 원격 점검 분야 등에서 유용하게 활용되고 있다.

그러나 정류기와 같은 상시적으로 통신을 해야 하는 경우에도 TCP/IP 프로토콜을 이용한 패킷 방식을 이용하게 되면 항상 연결을 유지해야 하기 때문에 비용상의 문제가 발생하여 필요한때만 접속을 유도하기 위해 SMS 방식을 자동정류기용 부식감시 단말장치에 보조적으로 사용하였다.

T/B용 부식감시 단말장치의 사양은 다음과 같다.

- ◆ Micom : ATMEL, ATMEGA16L
- ◆ 공급 전원 : 3.6V 리튬이온 건전지 3개(3.6V, 7.2V 전원 사용)
- ◆ 배터리 용량 : 5Ah 이상(최저 1년 이상의 동작성 보장)
- ◆ A/D 입력전압 범위 : -9,999mV~9,999mV
- ◆ Resolution : 10 Bit 이상
- ◆ Sampling Time : 250ms 이하
- ◆ 7일 이상의 감시데이터 저장 가능 내부 ROM 저장
- ◆ 무선 CDMA 모뎀을 장착으로 무선 통신 가능
- ◆ 무선 CDMA 모뎀을 통한 무선 인터넷망을 통하여 서버 접속 후 데이터 교환

또한 정류기용 부식감시 단말장치의 사양은 다음과 같다.

- ◆ 동작 전원 : DC 5V or 9V(정류기 전원에서 공급)
- ◆ Micom : ATMEL, ATMEGA161
- ◆ 무선 CDMA 모뎀을 장착으로 무선 통신 가능
- ◆ 통신 포트 : RS-232C 포트 지원(정류기 및 무선모뎀과의 통신을 위하여 2개의 포트지원. 정류기용 포트는 표준 RS-232C 규격의 3핀(RX, TX, GND)을 사용하고, 무선모뎀용 포트는 9핀 모두를 사용하고 통신용 소자를 이용하여 무선모뎀과 연결한다.)

III. 결론

상수도 배관에 최초로 적용될 무선 원격 부식모니터링시스템은 다수의 사용자가 이용 가능하도록 서버와 클라이언 시스템으로 설계하였으며, 자동정류기와 부식감시 단말장치와의 통신은 시뮬레이션을 통해 동작상태를 확인 하였다. 향후 자동정류기와 부식감시 단말장치의 시제품이 완성되면 현장적용을 거쳐 상품화할 계획이다.

참고문헌

- [1] John Morgan, *Cathodic Protection*, NACE, January 1993.
- [2] W. K. Muhlbauer, *Pipeline Risk Management Manual*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1996.