

무선 원격 부식모니터링용 TRS 단말기

The TRS Terminal for Wireless Remote Corrosion Monitoring System

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. They need remote automatic corrosion monitoring system for easy maintenance.

In this paper, The communication method was studied mainly. And the specifications of proposed TRS (Trunked Radio System) terminal for corrosion monitoring are introduced briefly.

Keywords : Cathodic Protection System, Corrosion Monitoring, Wireless Communication System, TRS, FHMA

I. 서론

일반적으로 금속 구조물들은 시간에 따라 여러 요인에 의해 필연적으로 부식을 하며, 이 부식은 경우에 따라 심각한 대형사고를 유발시킬 수 있다. 더우기 요즘의 기간시설물들은 약 1960년대에 건설된 것들이 대부분이므로 자연부식으로 인해 제 기능을 상실할 시점에 도달하였고, 또한 시설물의 주위 환경이 부식측면에서 더욱 가혹해졌다. 따라서 시설물 소유자들은 부식으로부터 설비의 수명을 연장시키고 대형사고를 예방하기 위해 전기방식(Cathodic Protection) 설비를 시급히 갖추거나 기존 전기방식시설을 보강하고 있다 [1].

그러나 비록 전기방식시설을 하였지만 주위환경이 급변하는 현 추세에 비추어 볼 때, 연속적이고 세심한 전기방식시설의 유지·관리는 필수적이라 할 수 있다.

특히, 도심지에는 지하철과 타 전기방식시설 등의 간섭으로 인해 방식전위가 심한 변화를 보이고 있어 수작업으로 측정 및 분석하기에는 자료가 방대하고 복잡해졌다. 이에 따라 국내에서는 초보자들도 쉽게 측정과 분석이 가능한 디지털 부식감시장치를 개발한 바 있으며, 또한 무선(CDMA, PCS, TRS 등)으로 원격에서 실시간으로 부식감시 할 수 있는 실시간 원격 무선부식감시시스템을 개발하였다[2][3].

본 논문에서는 무선 원격 부식모니터링에 사용하기 위하여 무선 출력 30dBm(1W), 통신 거리 8~16km(도심기준)에 적합하도록 설계한 TRS(Trunked Radio System) 단말기에 대하여 소개하고자 한다.

II. 무선 원격 부식모니터링시스템 개요

TRS를 이용한 무선 원격 부식모니터링시스템(이하 부식모니터링시스템)은 통신방식으로써 TRS를 이용하여 금속구조물의 부식상태를 감시 및 분석하고, 아울러 금속구조물이 부식이 일어나지 않는 안전한 방식상태에 있도록 방식용 정류기를 원격 제어하는 시스템이다. 또한 금속구조물이 부식상태에 있거나 부식모니터링시스템에 이상이 생겼을 경우에 경보신호를 휴대용 페이지(PAGER)나 셀룰라 폰(Cellular Phone)을 통해 운용자에게 알려 신속히 복구할 수 있다. 여기서 TRS는 주파수 공용시스템으로써, 무선 공중망을 이용한 통신에 있어 주파수를 공용하여 가입자끼리 여러 사람이 동시에 통화할 수 있는 통신 시스템이며, 일반적으로 경찰서, 군대, 택시회사, 가스배달 회사, 일반 회사 등에서 많이 사용하고 있다.

부식감시시스템의 동작원리를 개략 살펴보면, 무선 부식모니터링시스템은 그림 1과 같이 크게 부식감시 단말장치, 방식제어 단말장치, 방식용 정류기, TRS 단말기 및 주 컴퓨터인 TRS 서버로 구성되어 있다.

부식감시 단말장치는 TRS 서버로부터 부식전위 데이터 수집명령이 입력됨에 따라 지중에 매설된 금속 구조물(방식 대상물)의 임의 개소의 축전단자함(T/B)에서 기준전극(아연(Zn) 혹은 황산동(CuCuSO4) 기준전극) 대비 각각의 아날로그 부식 전위데이터들을 검출하여 TRS 단말기를 통하여 상위 TRS 서버에 데이터를 전송하는 기능을 수행한다.

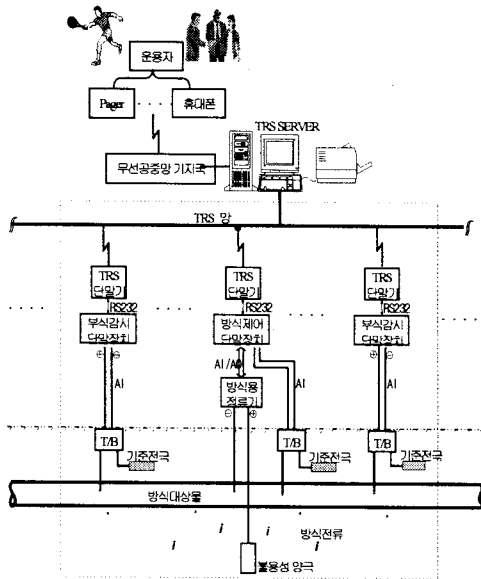


그림 1. TRS를 이용한 무선원격부식 모니터링 시스템 개요도

Fig. 1. Schematics of Remote Wireless Corrosion Monitoring System by using TRS

방식제어 단말장치는 부식감시 단말장치의 기능을 포함할 뿐만 아니라 상위 TRS 서버로부터 방식제어 신호를 입력받아 방식용 정류기를 제어하기도 한다.

방식용 정류기는 방식제어 단말장치의 방식제어 단말기에서 출력되는 아날로그 신호(1 ~5 Vdc)를 받아 방식 대상물이 적정하게 방식이 유지되도록 방식 전류를 지중에 매설된 불용성 양극인 HSCI(High Silicon Cast Iron)통하여 방식 대상물에 흘려준다. 국제부식엔지니어 협회인 NACE (National Association of Corrosion Engineers International)에서 권장하는 방식 기준인 황산동 기준전극대비 -850[mV] 이하가 되도록 전류를 자동 조정한다.

TRS 단말기는 부식감시 단말기로부터 받은 부식전위 데이터를 무선 TRS 망을 통하여 상위 TRS 서버에 전송하고, TRS 서버로부터 받는 제어 명령을 방식제어 단말기에 전달하여 최종적으로 방식용 정류기가 제어 되도록 하는 기능을 담당한다.

주 컴퓨터인 TRS 서버는 운영자의 요청에 따라 임의 위치에 있는 부식감시 단말장치 및 방식제어 단말장치에 부식전위 데이터 수집명령을 TRS통신망을 통하여 전송하고, 부식감시 단말장치 및 방식제어 단말장치에서 TRS통신망을 통해서 전송되어 온 부식전위 데이터를 데이터 베이스화 하여 저장한다. 이렇게 저장된 데이터들은 다양한 기능의 그래픽 및 수치형태로 화면 혹은 프린트를 통하여 출력한다.

또한 TRS 서버는 여러가지 정보(+이상전압, -이상전압, 미방식, 과방식, 정류기 이상, 제어불능 정보 등)를

을 컴퓨터 화면이나 페이지와 셀룰라 폰을 통하여 운용자에게 알려주어 신속히 시스템을 복구할 수 있게 한다.

III. TRS 단말기의 설계

지하매설배관의 부식 상태를 무선 원격으로 모니터링하기 위한 통신 수단으로써 TRS망을 사용하고, 통신에 필요한 TRS 단말기의 주파수 대역 조사와 통신기술 도입 방식에 대하여 설계하였다.

1. TRS 주파수 대역 조사

원격감시를 위한 TRS 관련 송수신용 주파수대의 검토는 매우 중요한 사안이며, 현재 부식모니터링용 TRS 무선망 전파특성에 자료가 전무한 상태이다.

ISM 밴드를 이용하여 원격을 이용한 부식모니터링을 위한 단말기를 개발하고자 할 경우 전송거리가 짧아 광역서비스가 불가능하므로 향후 상용화 단계에서 국내지역 TRS를 이용한 사업자 연합회를 구성하여 주파수 상향 861.0125~862.9875 MHz, 하향 816.0125~817.9825 MHz대의 2MHz 대역폭을 이용하여 개발할 예정이며, 부식모니터링을 위한 광역서비스 제공을 위한 주파수대로 사용할 예정이다.

2. 주요 통신기술 도입방식 검토

송수신 시스템은 변조방식에 의해 그 형태가 달라지며 최근의 무선통신 시스템은 디지털 변복조 방식을 선택하고 있는 추세이다. 표 1에서 보는 바와 같이 디지털 변복조 방식은 아날로그 변복조 방식에 비해 채

표 1. 디지털 변복조 방식의 특성 비교

Table 1. The Comparison of Digital Modulation and Demodulation Method

변조 방식	부 호 당 전송용량	C/N (dB)		특 징
ASK	1	14.4	15	<ul style="list-style-type: none"> • 변복조가 간단 • 반송파의 주파수, 위상변화에 무관 • 비트 오류 확률 최저 • 저속 디지털 전송에 사용 • 회로 간단
FSK	1	변조 지수에 의존		<ul style="list-style-type: none"> • 변복조가 간단 • 잠음 Level 변동에 강함 • 주파수 변동에 약함 • Spectrum 효율이 나
MSK	2	11.5	13.8	<ul style="list-style-type: none"> • 주파수 이용과 효율은 중간 • 위성통신이나 이동통신에 주로 사용
2PSK	1	8.5	9.4	<ul style="list-style-type: none"> • 잠음에 강함 • 변복조 회로 간단
4PSK	2	11.5	13.8	<ul style="list-style-type: none"> • 주파수 이용효율은 중간 • 소모 C/N 비는 낮음
OQPSK	2			<ul style="list-style-type: none"> • 오류확률은 QPSK와 동일 • 전력스펙트럼 밀도도 QPSK와 동일 • 반드시 동기검파 필요

널용량을 증가시킬 수가 있고 잡음과 신호 왜곡에 강한 특성을 가진다.

디지털 변복조 방식의 선택시 고려해야할 사항은 다음과 같다.

- 단위부호 당 전송용량
- 소정의 평균비트 오류율의 실현에 필요한 신호 대 잡음 비
- 내간섭 특성
- 시스템 실현의 용이성

4상 위상변조방식(QPSK ; Quadrature Phase Shift Keying)은 1~2Bit/Hz 정도의 전송 효율을 가지며 동시에 동기검파하면 양호한 복조특성을 획득할 수 있다. 출력파형 위상에 180° 변화하는 곳이 있으므로 QPSK의 대역의 복사전력을 대역필터로 억압한 뒤, 이것을 비선형 회로에 통과시키면 억압한 대역의 스펙트럼이 다시 나타나 대역의 제한효과가 없어진다. 이 180°의 위상변화를 없게 한 것이 OQPSK(Offset Quadrature Phase Shift Keying)이다.

QAM 변조방식은 여러 개의 데이터 비트를 모아 위상과 진폭에 mapping하는 변조기술로써 여타의 변조 방식보다 대역효율이 매우 높아 고속전송에 유리하다.

본 시스템 설계에서는 국내의 전파환경과 텔레메트릭스 서비스 특성에 적합한 GMSK 방식을 우선 사용하였다.

3. 주파수 도약 방식 검토

디지털 TRS는 아날로그에 비해 높은 통화 및 Data 품질을 얻을 수 있고 데이터와 같은 비음성 서비스의 제공, ISDN 부가서비스 등 다양한 서비스가 실현가능하며 기지국 및 단말기의 소형화·경제화가 가능하고 주파수 이용거리의 단축 및 장래의 협대역화에 의한 주파수 이용효율의 향상 등의 장점을 가지고 있다.

FHMA(Frequency Hopping Multiple Access) 시스템은 이동무선 채널 상에서 일어날 수 있는 전송상의 문제점을 해결하기 위한 최선의 기술적 방식을 도입한 시스템으로 볼 수 있다. 다중접속과 동시에 페이징 면역성을 제공하며 어떤 주파수 대역이라도 시스템설계가 가능한 개방형 기술이다. FHMA는 다음과 같은 핵심기술들로 구성 되어져 있으며, 기술의 특징은 표 2와 같다.

(1) 주파수 도약(Frequency Hopping)

주로 군사적 목적으로 안티재밍을 위한 방법으로 사용되고 있으며, 원래는 임의의 순서로 도약하지만 FHMA에서는 미리 정해진 순서에 따라 한 주파수에서 다음 주파수로 도약하면서 작은 단위로 나뉜 신호를 전송한다. 인접섹터간에 인접채널간섭(ACI) 문제가 해결되어 주파수 사용효율이 증대된다.

(2) 확산 스펙트럼

기본적으로 보내고자하는 신호를 신호의 점유주파수 대역보다 매우 넓은 주파수 대역으로 확산하여 보내는 방법으로 일정단위의 주파수를 단위로 하여 주파수

표 2. FHMA 통신 시스템의 특징

Table 2. Characteristics of FHMA Communication System

항목	내용	장점
셀 구조	매크로셀 (반경 50km)	저비용, 단순, 셀디자인, 시스템 용동성, 효율성, 뛰어난 보안성, 용량증가
접속방식	주파수도약 / 3TDMA	
주파수 대역	800 ~ 900MHz	
주파수 간격	25(2 * 12.5)kHz	
변조방식	$\pi / 4$ QPSK	
음성부호기	IMBE/4.8kbps	
음성다중화	DSI	용량증가
데이터 전송속도	18.45kbps	고품질이 음성 및 데이터 전송
에러정정 코드	convolution(r=0.5, k=7) 5.2kbps	
인터리빙	Depth 12 or 24	
용량	24~30배(아날로그대비)	높은 주파수 효율성
Hopping Rate	150hops/sec	

도약을 하여 신호를 확산시키는 역할을 한다.

확산 스펙트럼에는 두 가지 방법이 있다. 임의 또는 미리 지정된 방법으로 한 주파수에서 다른 주파수로 이동하는 주파수 도약과 신호를 PN code로 확산 전송하는 DS-CDMA 방식이 있다. CDMA같은 경우 연속적이고 깨끗한 1.2MHz의 스펙트럼이 필요하지만 주파수 도약은 인접한 주파수가 필요치 않고 여러 개로 나뉘어진 주파수로도 충분히 사용이 가능하다는 장점이 있다.

(3) 다이버시티

FHMA시스템에서는 공간 다이버시티, 시간 다이버시티, 주파수 다이버시티 기능을 가진다. 기지국에 두 개의 안테나를 두어 대도시에서 흔히 발생하는 다중경로 페이딩을 극복할 수 있고 기지국과 사용자간의 거리가 먼 경우에는 높은 품질의 통신이 가능하도록 돼 있다.

(4) 변복조 기법

FHMA 시스템에서는 $\pi/4$ QPSK 계열 방식을 사용하거나 GMSK 방식을 사용한다. 이는 타 변조방식에 비해 동진폭특성이 우수하여 복조방식이 다양하고 복조성능이 우수하여 최근에 설계된 이동통신시스템에 널리 채용되고 있다.

(5) 길쌈부호화(Convolutional coding)

길쌈부호는 부호이득(coding gain)이 블록부호인 Reed-Solomon부호보다 크고 복호방법도 간단하다. 단점은 연립에러에 약하다는 것인데 FHMA시스템은 인터리빙을 통해 해결이 가능하다. 길쌈부호도 일반적인

로는 다른 부호 방식과 비슷하게 n/k 의 비율이 높을수록 부호화 이득이 커진다. 그러나 정확한 부호이득은 그 이외에도 K 의 값 그리고 복호방식에 따라서도 상당히 좌우되므로 간단히 주어지기는 어렵다.

(6) 인터리빙(Interleaving)

채널에서 발생할 수 있는 비트들의 연접오류를 독립 오류(isolated error)로 바꾸어 줌으로서 에러정정부호의 효율을 높이고 결과적으로 비트에러를 줄여주는 매우 중요한 역할을 한다. 인터리빙의 설계에서 가장 중요한 것은 인터리빙의 구간 혹은 길이이다. 이 구간의 길이는 채널상에서 생길 수 있는 전형적인 연접오류의 길이와 같거나 혹은 좀 더 긴 것이 적절하다

주파수 도약 방식은 부식모니터링시스템의 설치수와 기지국에 동시 사용가능한 가입자 수의 산출을 도약 패턴으로 기준하여 검토하고, 최소 도약 시간을 7ms, 최대 도약 시간을 28ms로 구분하여 도약 시간동안 전송 가능한 각각의 정보량을 대입하여 분당 기지국에 부식모니터링시스템의 수용용량을 산정하였다.

표 3. 주파수 도약 시간에 따른 수용용량 산정
Table 3. Capacity of Users by Frequency Hopping Time

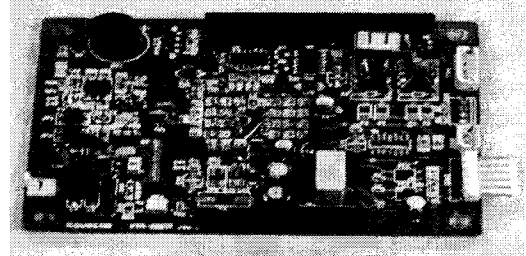
구분	최대 도약 시간	최소 도약 시간
Hop Period	28ms	7ms
byte / hop	324	45
상향 부하 / 가입자	0.03333 Hop / sec	0.06667 Hop / sec
초당 도약수	31.7149	142.8571
사용가입자수 (100% Load)	1,071	2,142

표 4. TRS 단말기 시제품 사양
Table 4. Specifications of Prototype of TRS Terminal

구분	사양
RF Output	30dBm(1watt)
Range	Urban area(typical) - 5-10 miles(8-16km)
Data Rate	4 kbps
Chip Rate	1 M chips
Frequencies	900MHz, : 800MHz
Modulation	FHMA
Configuration Storage	Non-volatile memory
Power Supply	13.8 Vdc
Power Consumption	Transmit : 510mA Receive : 115mA Sleep Mode : 8mA
Battery Life(Typical)	Over 3 years for daily reads / one data measurement
Operating Temperature	-30°C ~ +80 °C
Data Interface	RS232C

4. TRS 단말기 시제품

TRS 단말기의 설계를 기초로 제작한 TRS 단말기 시제품은 그림 2와 같으며, 사양은 표 4와 같다.



(a) PCB Sample 사진
(a) The Picture of PCB Sample



(b) Mock-up 외관 사진
(b) The Picture of Mock-up

그림 2. TRS 단말기 시제품
Fig. 2. Proto-type of TRS Terminal

IV. 결론

무선 원격 부식모니터링을 위한 TRS 단말기에 대해 주파수 대역과 통신기술 도입 방식에 대하여 검토한 결과 국내의 전파환경과 텔레메트릭스 서비스 특성에 적합한 FHMA 방식을 채택하여 설계하였으며, 향후 원격 부식모니터링 시스템의 시제품이 완성되면 현장 적용을 거쳐 상품화할 계획이다.

참고문헌

[1] John Morgan, *Cathodic Protection*, NACE, January 1993.
 [2] 배정효, 김대경, “금속 지중매설물 부식감시장치 개발”, 대한전기학회 하계학술대회논문집, 제B권, pp. 648-650, 1994.
 [3] J.H.Bae, et. al., “The Development of Real Time Wireless Remote Corrosion Monitoring System Using TRS”, ICEE '99 Proceedings, vol. 1, pp. 401-403, 1999.