

전기방식 설비의 Intelligent 종합관리 시스템

한국전기연구원
배정효

1. 서론

우리 나라에서는 60년대부터 산업화되면서 기간 시설물들이 급격하게 증가하기 시작하였다. 초창기에는 시설물의 시공에만 중점을 두었으나 서서히 시간이 지남에 따라, 70년대 말부터 시설물의 경년 변화에 따른 부식문제가 발생하면서 부식 모니터링 분야에 대한 관심을 가지기 시작하여 본격적으로 80년대 초에 부식 모니터링 기법들에 대한 많은 연구 결과들이 보고되었다.

현재 국내에서의 지중 구조물(상수도배관, 가스 배관, 송유관 등)에 대한 부식감시는 전압계(흔히 말하는 Tester)를 이용하여 단속적으로 수작업에 의해 이루어지고 있으며 일부 Strip Chart Recorder를 사용하는 곳도 있으나 이는 설치상의 문제점과 측정에 많은 시간이 요구되므로 많은 어려움을 겪고 있다.

최근, 이를 보완한 데이터 저장능력을 갖춘 부식전위측정용 단자함(Test Box)내 인입형 부식감시장치를 적용하고 있는 곳도 생겨나기 시작하고 있다. 그러나 이 장치는 연속 자동으로 부식감시하는 기능이 없어 실 수요처에서 주 제어실 혹은

사무실에서 쉽게 방식대상물 전체를 실시간 자동으로 부식 및 방식상태를 감시하고자 하는 욕구에 미흡하다고 할 수 있다.

따라서 이 글에서는 원격 실시간으로 부식감시를 할 수 있는 "TRS를 이용한 무선 원격감시시스템과 GIS 연계형 부식예측시스템"을 개발하였으며, 이 시스템들은 전기방식설비의 Intelligent 종합관리가 가능해져 과학적이고 체계적으로 시설물을 관리할 수 있을 뿐만 아니라 부식사고로 인한 대형사고를 미연에 방지할 수 있다. 이 글에서는 그 개발내용에 대하여 개략적으로 기술하고자 한다.

2. TRS를 이용한 무선원격 감시시스템

가. 시스템 개요

본 시스템의 구성은 크게 그림 1과 같이 전체를 관장하는 TRS 서버, 측정단자함에서 부식전위 데이터를 기준전극을 사용하여 받아들이는 부식감시 단말장치, 방식용 정류기의 출력 전압과 전류를 감시할 뿐만 아니라 TRS 서버에서 출력되는 제

어신호를 원격 무선통신으로 받아 방식용 출력을 제어하는 방식제어 단말장치로 구성되어 있다.^{1)~2)} 개략적인 동작원리를 설명하면, 상위의 TRS 서버는 부식감시 단말장치를 통하여 방식상태를 감시하고 그 데이터를 데이터 베이스화 및 분석·저장시키며 필요시 다양한 그래픽을 통하여 통계처리 결과를 출력할 수 있게 한다. 또한 TRS 서버는 부식감시 결과, 부식되는 지점이 발생하면 가장 가까운 위치에 있는 방식 제어 단말장치에 원격 제어신호를 출력하여 방식용 정류기의 전류 출력을 높여 부식이 되지 않도록 한다. 그리고 표 1과

같이 경보 발생시, 원격지에 있는 운용자에게 PAGER 혹은 휴대폰을 통하여 경보의 종류를 정확히 알려 신속히 시스템을 복구할 수 있도록 한다.

나. 시스템 사양

(1) H/W 사양

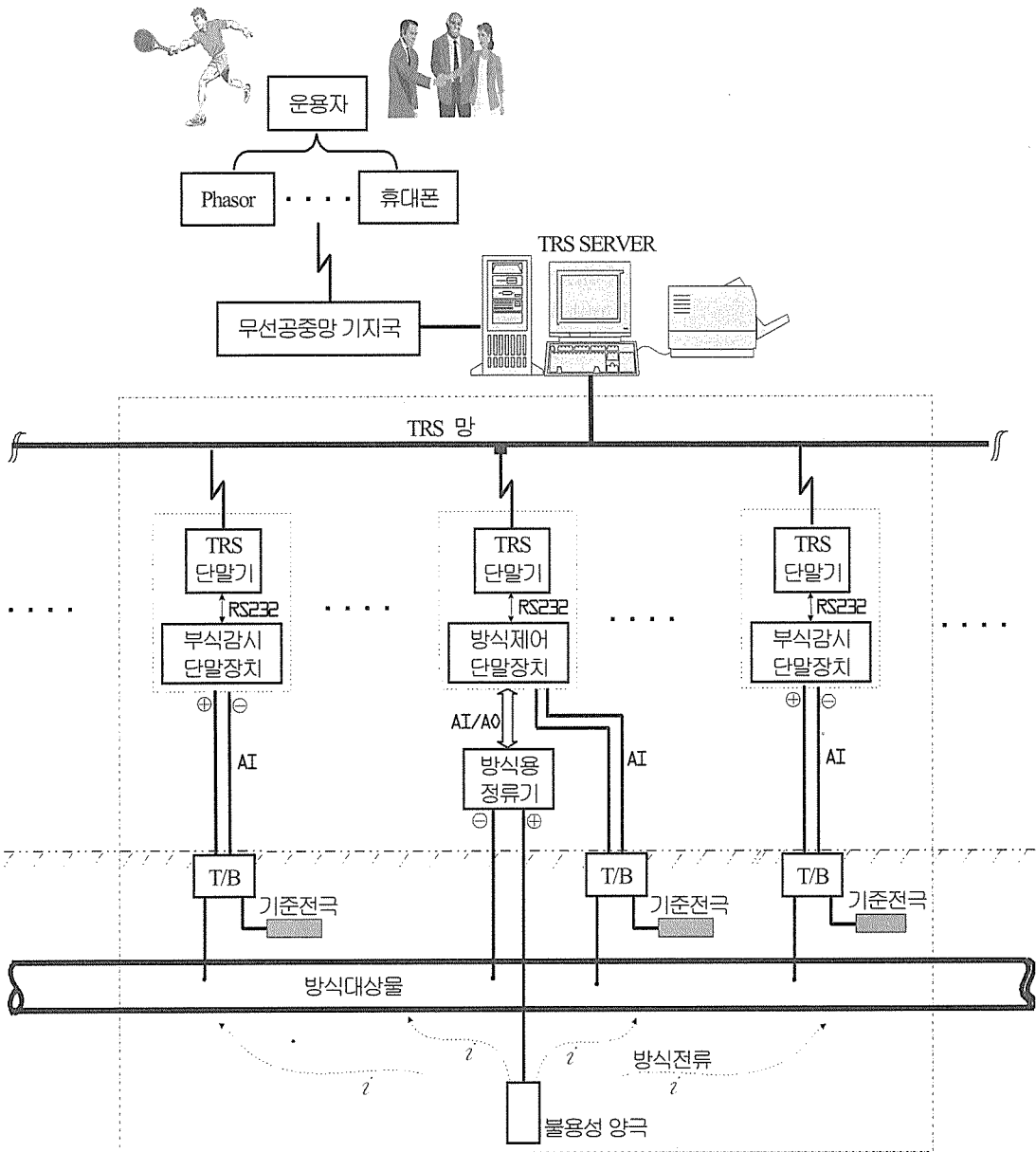
(가) 부식감시 단말장치 및 방식제어 단말장치 사양

감시단말장치의 사양은 표 2와 같고, H/W의 개략적인 개념도는 그림 2와 같다.

<표 1>

경보신호 발생 내역

경보 코드	경보 종류	내 용	비 고
1	+ 경보	부식감시 단말장치 혹은 방식제어 단말장치로부터 입력된 전위가 +10000(mV/CSE)이상 일때	대상: 1. 컴퓨터 화면 2. PAGER 3. Cellular Phone
2	- 경보	부식감시 단말장치 혹은 방식제어 단말장치로부터 입력된 전위가 -10000(mV/CSE)이하 일때	상 동
3	미 방식	부식감시 단말장치 혹은 방식제어 단말장치로부터 입력된 전위가 -850(mV/CSE)초과 일때	상 동
4	과방식	부식감시 단말장치 혹은 방식제어 단말장치로부터 입력된 전위가 -2500(mV/CSE)미만 일때	상 동
5	방식용 정류기 이상	방식제어 단말장치로부터 입력된 전압 혹은 전류 값이 기준치 이하 일때	상 동
6	제어 불능	방식제어 단말장치를 통하여 방식용 정류기를 원격제어할 때, 말단 지점의 금속구조물을 방식 상태로 만들기위해서는 배류점에서는 과방식 상태가 될 수 밖에 없을 경우	상 동
7	기타	기타 시스템에 이상이 발생할 경우	대상: 1. 컴퓨터 화면

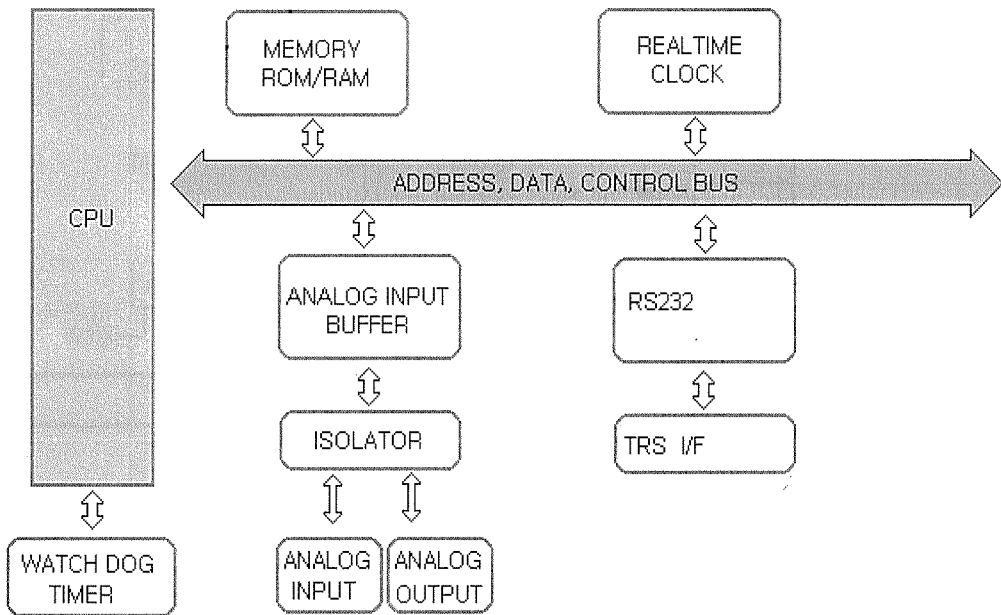


(그림 1) TRS를 이용한 무선 원격 부식감시시스템의 구성도

〈표 2〉

부식감시단말장치의 사양

구분	구분	규격	비고
PC/AT 호환 싱글보드 컴퓨터	CPU	80386, 40MHZ	
	메모리	640KB, 8M	
	I/O Port	1 Serial, PC/104 모듈	9,600bps
	DRAM	1MB	
A/D, D/A 변환 보드	AO	1Point Output Voltage: DC 0 - 5V 12-Bit multiplying DAC	
	AI	1Point, Single ended Input Voltage: DC +10 ~ -10V 분해능: 12bit 변환방식: Successive-approximation 변환시간: 최대 35 ms 최대 Gain Error: 1LSB	Surge Protection 2초주기
	동작온도	0 ~ 60℃	



(그림 2) H/W 개략 개념도

(2) S/W 사양

본 시스템의 전체 프로그램 구성은 서버 프로그램, 클라이언트 프로그램, Main 프로그램으로 되어 있다. 각각의 주요 기능은 아래와 같다.

(가) 서버 프로그램

- MS 한글Windows NT 4.0 TCP/IP 응용 프로그램
- 클라이언트가 송신한 아날로그 입력 데이터 수집
- 아날로그 출력 데이터 클라이언트로 송신
- 상위 프로그램과 파일로 정보 교환
- TRS와 PPP 접속

(나) 클라이언트 프로그램

- MS 한글 도스 6.2 응용 프로그램
- TCP/IP V4.0 응용 프로그램
- 아날로그 입력 샘플하여 서버로 송신
- 서버가 송신한 값을 수신하여 아날로그 출력
- TRS와 PPP접속

(다) MAIN 프로그램

- MS 한글Windows NT 4.0 응용 프로그램
- 서버 프로그램과 파일로 정보 교환
- 서버 프로그램에 데이터 요구
- 부식 및 방식 데이터 분석
 - 실시간 부식 상태감시
 - 실시간 정류기 상태 감시
 - 실시간 정류기 제어
 - 경보 일지
 - 일보
 - 월보
 - 년보
 - 트렌드(Trend)
 - 경보 송출
 - 통계처리

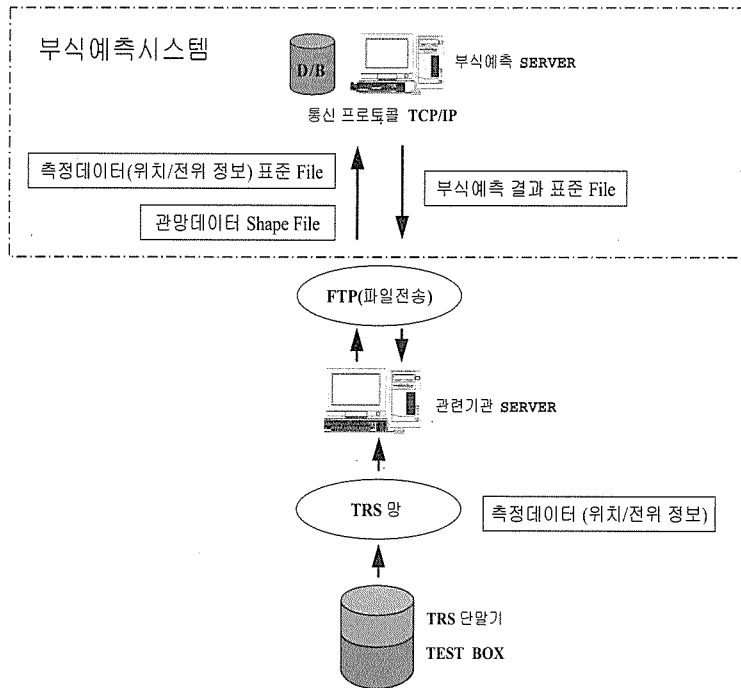
3. GIS 연계형 부식예측시스템

가. 시스템 개요

일반적으로 대부분의 GIS(Geographic Information System)은 단지 시설물의 지리적인 속성 정보로 위치, 환경, 길이 등의 자료만 데이터 베이스화하여 운용하고 있다. 그러나 최근 시설물 소유자들은 시설물을 안정하게 유지하기 위해 부식 정보가 중요하다는 것을 인식하기 시작하고 있다. 이에 발맞추어 대부분 대형 시설물(가스배관, 송유관, 상·하수도관 등) 소유자들은 부식을 방지할 수 있는 전기방식설비(電氣防蝕設備)들을 갖추고 있는 실정이다.

따라서 이 글에는 GIS 연계형 부식예측시스템을 개발함으로써, 기존에 구축된 GIS의 활용도를 높일 뿐만 아니라 부식률을 미리 예측하여 시설물 관리를 체계적으로 관리할 수 있도록 하였다. 여기서 부식예측알고리즘은 세계 최초로 지중 시설물에 대하여 개발한 것이다.

본 시스템의 동작원리를 개략 살펴보면, 먼저 그림 3과 같이 기존 GIS시스템에 부식정보를 연계할 수 있도록 사용자의 필요사항, 지형도의 축적비, 속성자료의 종류, 입력방법 등 표준환경을 구축하고, 측정단자함(Test box)를 통해 수집된 위치 및 방식전위 등 각종 자료를 TRS(Trunked Radio System) 단말기를 사용하여 매설배관 관리기관의 Server로 전달한다. 이곳에서 다시 Shape File Base로 측정데이터를 인터넷이나 모뎀과 같은 통신망을 통해 전송한다. 이렇게 전달된 데이터는 부식예측 Server에서 해당 매설배관에 대한 잔존 수명예측 그리고 간섭유무를 해석한 다음 그 최종결과를 다시 매설배관 소유 기관의 Server로 각각 전송하도록 구성되어 있다.



(그림 3) 부식예측시스템의 개략적인 개념도

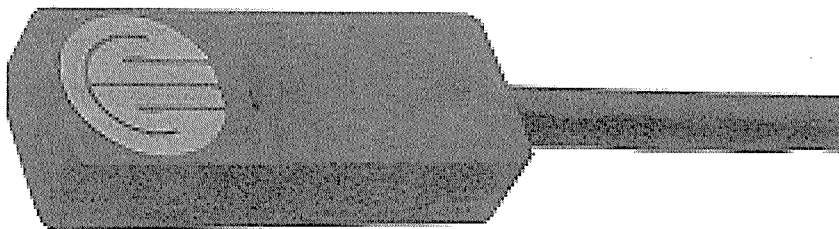
나. 시스템 사양

(1) H/W 사양

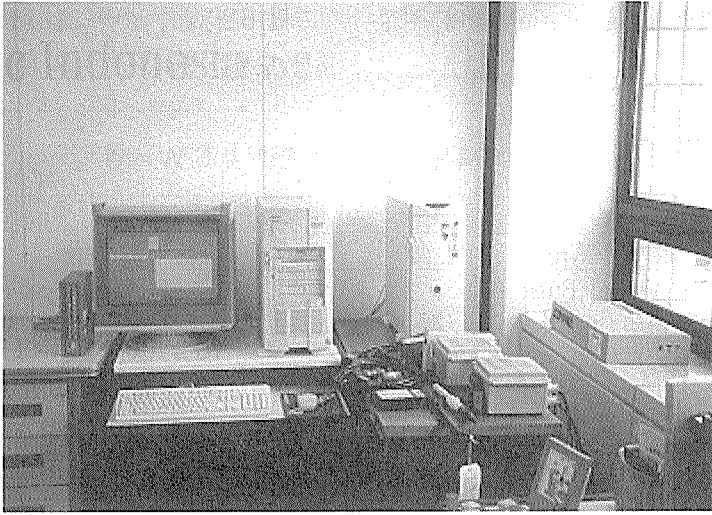
부식예측시스템에서 사용된 부식률 측정센서는

그림 4와 같이 전기저항(Electrical Resistance) 센서이다.³⁾

그림 5는 부식예측시스템의 실험실 운용장면을 나타낸 것이다.



(그림 4) 지중 매설용 ER Probe



(그림 5) 부식예측시스템의 실험실 운용장면

(2) S/W 사양

(가) 개발 환경

부식예측시스템은 이미 상용화되어 있는 여러 가지 S/W들을 조합하여 개발하였다. 즉, 기본 GIS 소프트웨어로는 ESRI사의 ArcView 3.1을 사용하였으며, 입체적인 공간 데이터를 생성하기 위해서 도형의 작성에 있어서 매우 간편하고 많은 사용자를 가지고 있는 AutoCad (Release 14)를 사용하였다. 그리고 모든 포맷 데이터와 액세스 기능, 지리 데이터의 갱신과 확장을 위해서 ArcView (V. 3.1)를 사용하였으며, GIS 데이터에 대한 다양한 분석 편집 기능이 있는 MapObject (V. 1.2)와, GIS 소프트웨어의 사용을 보강하기 위한 Visual Studio (V. 6.0)도 사용하였다. 그리고 지중 배관망의 3차원 Display가 가능하도록 VRML (Virtual reality modeling language)을 사용하였다. 또한 Visual C++을 사용하여 인터페이스, 데이터 관리 및 부식예측 알고리즘을 개발하였다.⁴⁾

상기 내용을 종합 정리하면 표 3과 같다.

(나) 부식 예측 시스템의 D/B 구축

① 기본 D/B 구축

부식 예측 시스템의 D/B는 실 지형도를 기초로 하였으며, ArcView에서 도형 데이터는 Shape File 기능을 이용하였고, 속성 데이터는 MDB File을 이용하였다.

② 토양 비저항 D/B 구축

토양 비저항은 지하구조물이나 상·하수도관, 가스관 등의 지하매설물의 부식과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 이들 구조물의 부식예측 및 전기방식설계에 있어 중요한 역할을 한다.

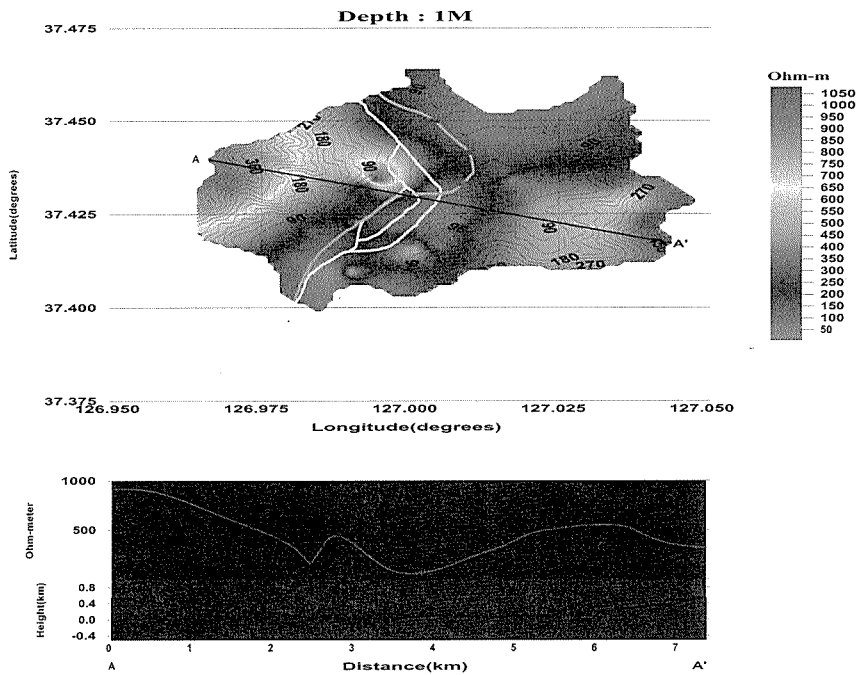
일반적으로 토양이 갖는 비저항값은 수분함량, 온도, 화학적 이온함량, 밀도, 재료에서의 물리적인 이방성, 주파수 등에 따라 달라진다. 본 연구에서 사용된 토양 비저항도는 국립지리원이 발행한 과천시지역의 1:5000 지형도를 기본 도폭으로 사용하여, 총 133개 지점에서 ABEM사의 SAS 300B 토양 비저항계를 사용하여 현장측정하고, 이 값을

Kriging방법의 보간법(Interpolation)하여 작성된 도면이다.^{5)~8)}

그림 6은 상기 방법으로 1m깊이의 토양 비저항도를 도시한 것이다.

〈표 3〉 부식예측시스템의 개발 환경 및 S/W 사양

구 분	사 양	비 고
운영 체제	MS한글 Win NT 서버 4.0	
개발 도구	<ul style="list-style-type: none"> • Visual Basic 6.0 • ArcView 3.1 • Avenue • MapObject 1.2 • JABA APPLLET • NeoMap3D • Visual C++ 	<ul style="list-style-type: none"> - Main Application 제작 - Shape 제작 - 속성 작업 - 도형데이터 Display 및 조회 - 3차원 Display - 3차원 지원 정확도 TEST - Component 제작
기 능	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 부식 정보 분석 • 관로 3차원 투시 조회 • 토양비저항 횡단면 조회 • 시설물 안전 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 방식대상 관리, 방식시설물 관리, 간섭현상 관리 • Client와 실시간 정보 관리 	



(그림 6) 심도 1(m)의 토양 비저항도

③ 부식 및 방식 정보 D/B 구축

부식 및 방식 D/B는 전기방식을 이용하여 매설 가스배관을 관리하는 업체를 대상으로 설문조사 및 현장방문을 통하여 수집된 자료의 분석 그리고

표준화 검토를 거쳐 구축하였다. 표 4는 전기방식 설비와 방식대상물의 수명예측 및 간섭해석에 필요한 속성을 나타낸 것이다.

〈표 4〉 부식 관련 데이터베이스 구축 기본 항목

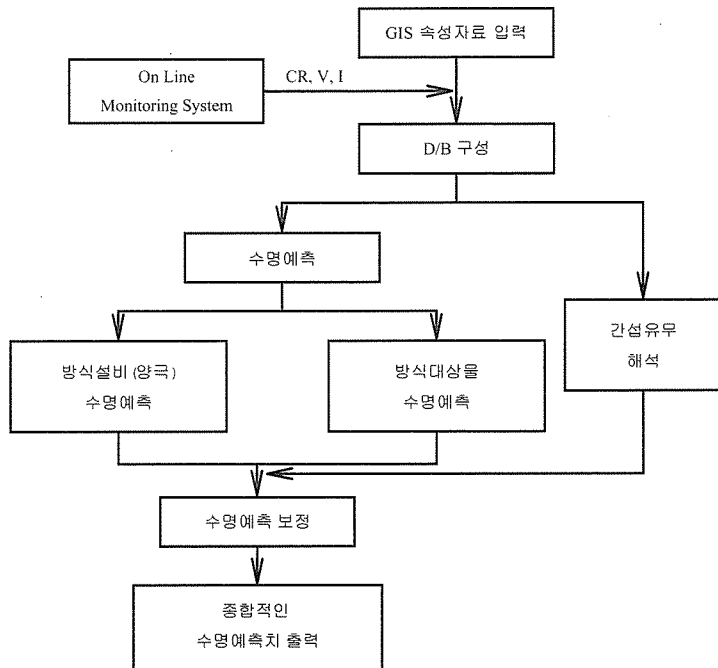
Name	속 성	데이터값	비 고	Name	속 성	데이터값	비 고
Test Box	관리번호			절연밸브	관 경		
	관리기관				설치년도		
	설치일자			연결관로	~		
	재 질			절연 Joint	관리번호		
관 경			관리기관				
심 도			설치일자				
P/S전위 (mV)	최 대			재 질			
	최 소			관 경			
	평 균			연결관로	~		
측정일자			Anode	관리번호			
토양비저항		(Ω · cm)		관리기관			
부식률		(mpy)		설치일자			
예상수명			재 질				
정 류 기	관리번호			크 기			
	관리기관			무 게			
	설치일자			출력전류			
	출력전압			배 관	재 질		
출력전류			심 도				
배류점전위		(mV)	관 경				
방식범위	~		표 면 적				
동작상태			길 이				
관 로	관리번호			표 면 적			
	관리기관			배관두께			
	설치일자			허용두께			
	재 질			부식두께			
	관 경			여유두께			
	길 이			부 식 륜		(mpy)	
	가스압력		(kg/cm ²)				
최대심도							
최소심도							
절연밸브	관리번호						
	관리기관						

다. 부식정보 분석용 S/W 개발

(1) 부식예측 알고리즘

지하매설물의 부식예측은 크게 방식설비 및 방식대상물의 수명예측으로 나눌 수 있으며, 타 시설물과의 간섭유무 해석이 고려되어야 한다. 부식

예측시스템은 기존 GIS 속성자료와 부식률, 방식전위 및 정류기 출력전류 등의 방식 관련 데이터를 입력받아 부식예측과 간섭해석을 수행하도록 하였다. 부식예측의 전체적인 알고리즘은 그림 7과 같다.³⁾



(그림 7) 부식예측 전체 흐름도

(2) 수명예측용 S/W 개발

(가) 수명예측

앞에서 살펴본 바와 같이, 수명예측에는 방식설비(양극)의 수명예측과 방식대상물의 수명예측으로 나눌 수 있다. 그 이유는 방식대상물에 전기방식설비가 있고 그 설비가 정상적으로 동작한다면 방식설비(희생 양극이나 외부전원용 양극)의 수명예측이 필요하며, 방식대상물에 전기방식설비가

없거나 방식대상물이 미방식 상태에 있으면 방식대상물의 수명예측이 필요하기 때문이다.

① 방식설비의 수명예측

지하매설배관의 부식방지를 위한 전기방식법에는 크게 희생양극법과 외부전원법이 있다. 전기방식설비가 희생양극법인 경우, 희생양극의 수명은 (식 1)과 같다.

$$Y = \frac{C_a \times W_t \times f}{I_t} \quad (\text{식 1})$$

여기서, Y 는 양극의 수명(y), C_a 는 양극의 전류용량[A·y/kg], W_t 는 양극의 무게[kg], f 는 이용률, I_t 는 양극의 출력전류(A)이다.

또한 전기방식설비가 외부전원법인 경우, 불용성양극(High Silicon Cast Iron : HSCI)의 수명은 (식 2)와 같다.

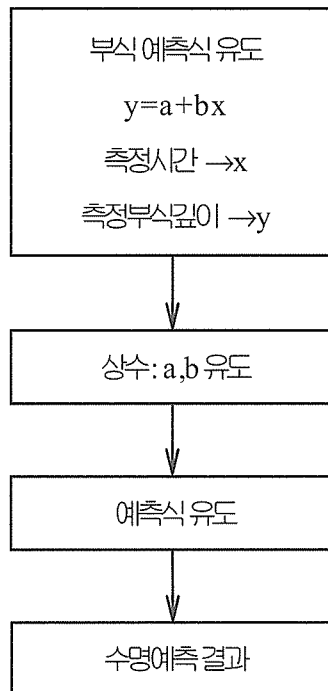
$$Y = \frac{W \times f}{I_t \times C_r} \quad (\text{식 2})$$

여기서, Y 는 양극의 수명(y), W 는 양극의 무

게[kg], f 는 이용률, I_t 는 발생전류(A), C_r 는 양극 소모율[kg/A·y]이다.

② 방식대상물의 수명예측

지하매설배관의 부식률은 토양환경하에서 단위 시간당 발생 부식의 양을 나타내며, 부식센서에 의해 측정이 가능하다. 부식률 측정장치로부터 얻어진 측정 데이터들은 여러 가지 요인에 의해 오차를 포함한 값을 가지고 산포되어 있으므로 통계적 해석에 의하여 상관관계를 분석할 필요가 있다. 본 시스템에서는 그림 8과 같이 적절한 방법으로 부식률을 예측하고, 배관의 부식여유두께를 이용하여 방식대상물의 수명을 예측하도록 하였다.⁹⁾



(그림 8) 방식대상물 수명예측 알고리즘

4. 결 론

이 글에서는 최근 문제가 되고 있는 지중 구조물의 부식감시방법에 있어, 신 기술을 적용한 원격 무선 부식감시시스템과 부식에 의한 시설물의 수명을 예측하는 GIS 연계형 부식예측시스템에 대한 개발내용을 기술하였다.

일반적으로 장거리 배관의 부식감시를 유선으로 할 경우에는 장거리 배관을 따라 데이터 전송망이 포설되어야 하며, 유선은 경년변화에 따라 전송에러가 커지는 특징이 있으므로, 본 시스템인 무선방식(TRS, Cellular Phone, 시설 무선망 등)을 이용한 방법이 적합하며, 아울러 기존 혹은 신설 구축중인 GIS에 부식정보를 연계하여 운용하면 더욱 효과적이라 사료된다. 또한 일반적인 부식정보 뿐만 아니라 방식대상물과 전기방식 시설물의 수명예측 결과를 동시에 관리하고, 타 시설물에 대한 간접해석결과까지 관리한다면 전기방식설비의 Intelligent 종합 부식관리가 가능해짐에 따라, 부식사고로 인한 대형사고 예방과 막대한 경제적 손실 예방 뿐만 아니라 그 파급효과는 상당하리라 사료된다.

5. 참고문헌

[1] "지하매설물 원격 부식 감시 시스템 개발에

관한 최종보고서", 한국전기연구소, 1998.

- [2] "지중 설비의 전기적 부식에 대한 종합 기술 지원사업" 과학기술부, 1998.
- [3] "Corrosion Monitoring Primer", RCS INC. 1995.
- [4] "지하금속매설물의 부식예측시스템 개발", 과학기술부, 1999.
- [5] "과천시역 상세 토양전기비저항도(1/5,000) 작성", 한국전기연구소, 1999.
- [6] "Standard Test Method for Laboratory Determination of Water(Moisture) Content of Soil and Rock", ASTM Designation: D 2216-92.
- [7] D. Mukhedkar, "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System", IEEE Std 81-1983.
- [8] J.C. Davis, "Statistics and data analysis in geology", John Wiley and Sons, 1986.
- [9] "Standard Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data", ASTM G 16-93.