

## 유·무선 데이터 통신을 이용한 천연가스 정압소의 안전방재 시스템 개발

유 휘 룡·박 대 진·구 성 자·박 승 수·노 용 우

한국가스공사 연구개발원

(1999년 5월 19일 접수, 1999년 8월 14일 채택)

### Development of Anti-disaster System for Natural Gas Governor Station Using Wire and/or Wireless Communication

Hui Ryong Yoo, Dae Jin Park, Sung Ja Koo, Seoung Soo Park, Yong Woo Rho

*Korea Gas Corporation R&D Center*

*(Received 19 May 1999 ; Accepted 14 August 1999)*

#### 요 약

본 연구는 전국에 산재된 천연가스 정압소를 위한 안전방재 시스템 개발을 위하여 수행되었다. 정압소에서 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위하여 정압소의 안전상황을 수집/전송하는 RTU(Remote Terminal Unit)를 개발하여 정압소의 운전원의 역할을 대신하게 하였다. 그리고 전송된 각 정압소의 안전상황을 효과적으로 통제소 운전원에게 전달하며 추후 안전에 대한 분석을 위하여 데이터베이스 및 MMI(Man Machine Interface)를 개발하였다. 안정적인 천연가스 공급의 모든 프로세스를 제어하며, 각종 파라미터를 감시하는 원방 감시 제어 시스템(이하 SCADA 시스템)의 유선 통신 설비가 사고에 의해 무용화 될 경우, 정압소의 상황을 통제실로 전송하기 위하여 유선 및 무선 데이터를 혼합한 유·무선 자동 전환 시스템을 개발하였다. 한편 GPS(Global Position System) 및 GIS(Geometric Information System) 기술을 이용한 순찰차량 관리 시스템을 개발하여 정압소에서 이상 징후를 보일 경우 통제소 및 순찰차량에서 동시에 정압소의 상황을 파악할 수 있게 하여 능동적인 대처가 가능하게 하였다. 그리고 3축 가속도 센서를 이용하여 지진을 감지하고 전송하는 지진 감지 및 전송 시스템을 개발하였다. 지진 발생시 ESV(Emergency Shutoff Valve)를 차단할 수 있도록 최대 지반 가속도 및 SI(Spectrum Intensity)값의 크기를 전송해 줌으로서 대형사고를 방지하도록 하였다.

**Abstract** - The wire and/or wireless data communication system for anti-disaster system of natural gas governor station was developed. In order to prevent accidents of governor station, the operator was replaced by RTU(Remote Terminal Unit) which gather and transmit safety situation of governor station. The database and MMI(Man Machine Interface) were also developed to analyze the situation of governor station. The data communication between server and RTU was designed to switch automatically from wire to wireless communication and vice versa when one of them failed communication.

We also have developed the patrol car management system which was applied GPS(Global Position System)/GIS(Geometric Information System), and the earthquake detection/transmission system which was adopted three dimension acceleration sensor. When an earthquake may occur, the earthquake detection/transmission system monitors data such as PGA(Peak Ground Acceleration), SI(Spectrum Intensity) and orders the emergency shutoff valve close immediately

**Key Word** : natural gas governor station, anti-disaster system, wireless communication, earthquake detection/transmission system, patrol car management system

## 1. 서 론

천연가스의 공급압력을 제어하기 위해 설치된 정압소를 안전하게 관리하기 위하여 천연가스 판매업체는 상당한 예산과 인력을 투입하고 있다. 보통의 천연가스 정압소에는 평균적으로 4조 3교대로 설비 운전원이 근무하고 있고, 천연가스공급의 모든 프로세스는 SCADA 시스템에 의하여 통제실에서 원격으로 제어되고 프로세스의 파라미터들이 감시되어 단계별 안전상황 판별, 공급 물량 확인 및 수요 예측의 자료로 사용되고 있다. 즉, 정압소는 SCADA 시스템 및 설비 운전원에 의하여 여러 단계로 그 안전상황에 관한 정보가 통제실로 전송되어 관리되고 있다. 그리고 일부 정압소에는 정지화상 혹은 동화상 전송 시스템이 있어 정압소의 안전상황을 통제실로 전송하고 있다.

이러한 SCADA 및 화상전송 시스템은 사고에 의해 유선통신설비가 무용화될 경우 데이터를 전송할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 유·무선 데이터 통신을 이용한 천연가스 정압소의 방재 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 정압소에서 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위한 정압소의 안전상황을 수집/전송하는 RTU(Remote Terminal Unit)를 개발하여 정압소의 운전원의 역할을 대신하게 하였다. 그리고 전송된 각 정압소의 안전상황을 효과적으로 통제소 운전원에게 전달하며, 추후 안전에 대한 분석을 위하여 데이터베이스 및 MMI(Man Machine Interface)를 개발하였다. 또한 SCADA 시스템의 유선 통신 설비가 사고에 의해 무용화될 경우, 정압소의 상황을 통제실로 전송하기 위하여 유선 및 무선 데이터 통신을 혼합한 유·무선 자동전환 시스템을 개발하였다. 한편

GPS(Global Position System) 및 GIS(Geometric Information System) 기술을 이용한 순찰차량 관리 시스템을 개발하여 정압소에서 이상 징후를 보일 경우 통제소 및 순찰차량에서 동시에 정압소의 상황을 파악할 수 있게 하여 능동적인 대처가 가능하게 하였다. 그리고 3축 가속도 센서를 이용하여 지진을 감지하고 전송하는 지진 감지 및 전송 시스템을 개발하였다. 지진 발생시 ESV(Emergency Shutoff Valve)를 차단할 수 있도록 최대 지반 가속도 및 SI(Spectrum Intensity)<sup>1), 2)</sup>의 크기를 전송해 줌으로서 대형사고를 방지하도록 하였다.

## 2. 시스템 구조

본 연구에서 개발한 안전방재 시스템은 정압소의 정보를 전송 받고 통제원과의 MMI를 담당하는 서버와, 정압소에 설치되어 설비운전원의 역할을 대신하여 정압소의 안전상황을 수집/전송하는 RTU들과, 정압소에서 이상징후를 보일 경우 순발력 있는 대처와 효과적인 순찰업무를 위한 순찰차량 관리 시스템과 지진 발생 시 지진의 정보를 모니터링하기 위한 지진 감지 및 전송 시스템으로 구성되어 있다. 서버에 탑재된 감시/분석 프로그램 및 순찰차량 관리프로그램은 Windows NT환경에서 실행되고 Visual C++ 5.0을 사용하여 제작하였다. Server는 멀티 플렉서 없이 최대 8대의 DSU(Digital Service Unit)와 접속할 수 있다. 접속포트의 증가는 멀티플렉서의 용량에 따라 증가 될 수 있다. 그리고 3대의 무선모뎀과의 접속이 가능하다.

RTU는 DSU 1대와 무선모뎀 1대를 내장하고 있어 유·무선 혼용 통신을 가능하게 하고

있다. 무선모뎀은 Aircom 개인휴대 데이터 통신기((주)한국 컴퓨터)를 사용하였다. 이 무선모뎀은 휴대 가능한 무선 패킷모뎀으로써 사설, 혹은 공공 무선 데이터망을 실시간으로 무선 통신할 수 있도록 설계되었으며 RD-LAP 프로토콜<sup>3)</sup>을 사용하는 이동 데이터 통신망을 통해 사용자들의 컴퓨터나 단말기들을 서로 연결해 준다. 유선 통신 회선은 한국 통신의 전용선(56k[bps])를 사용하고 있고, 무선통신은 (주)에어미디어의 상용 무선데이터 통신망(96k[bps], 송신:936 ~ 938MHz, 수신:896 ~ 898MHz)을 이용하였다.

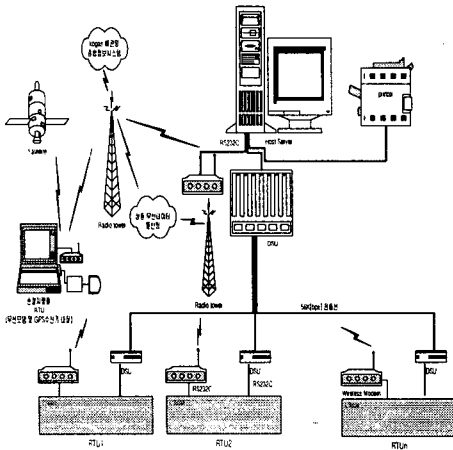


Fig. 2.1 Structure of System Network

순찰 차량용 RTU는 486급 노트북 컴퓨터를 메인 프로세서로 사용하고 있고, 두 개의 직렬 포트가 있어 무선 모뎀과 GPS(Global Position System) 수신 단말기와 접속하고 있다. 순찰차량과의 통신 역시 에어미디어의 상용망을 이용하여 구성하고 있고, 감시/분석 프로그램에서 순찰차량의 위치를 무선망으로 수신 받아, 그 위치와 관할 정압소의 상황을 순찰차량 관리프로그램에 전송한다. 그리고 정압소의 상황을 순찰차량용 RTU에게 전송한다. 순찰차량 관리 프로그램은 감시/분석 프로그램에서 전송 받은 데이터를 가지고 이상 정압소 및 이상 정압소에서 제일 근접해 있는 순찰차량을 화면에 출력한다. Fig. 2.1은 시스템 전체 네트워크 구성을 나타낸다.

### 3. 감시/분석 프로그램의 구조

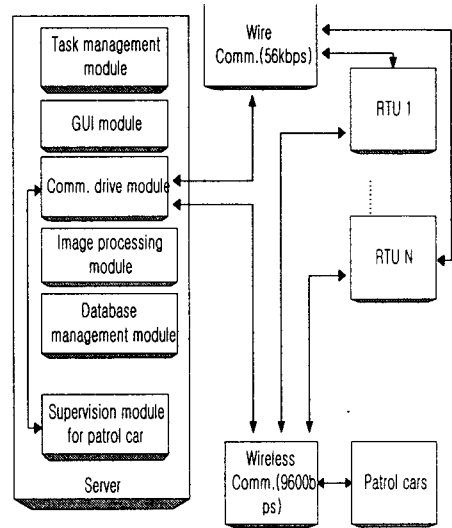


Fig. 2.2 Structure of supervision/analysis program

감시/분석 프로그램은 크게 통신모듈, DB관리 모듈 및 MMI부로 나누어진다. DB 관리 모듈은 DAO 애플리케이션 제작 기법을 사용하였고, MMI는 MFC를 사용하여 제작하였다. 또한 감시/분석 프로그램은 사용자 중심의 GUI 방식으로 구성하였으며, 정압소의 상황을 디지털 데이터 및 화상 데이터 형태로 수초마다 수신하고, 관리소의 이상유무를 신속히 판별하여 경보신호를 순찰차량 및 운전원에게 공급하도록 하였다. 그리고 유선 통신에 문제발생 시 무선통신으로의 자동전환 및 유선통신 회선의 상태가 양호해지면 유선통신으로의 복구가 자동으로 이루어지게 하였다. 유·무선 통신 자동전환은 통신 포트에 연결된 각 모듈의 콘트롤 레지스터(Control register)<sup>4), 5)</sup>를 읽어 Fig. 2.3과 같은 순서로 처리함으로써 가능하다. 콘트롤 레지스터의 값은 CTS(Clear To Send), DSR(Data Set Ready), RING(Ring indicator signal) 및 RLSD(Receive Line Signal Detect)의 상태를 알려줌으로 유선회선의 상태를 알 수 있다.

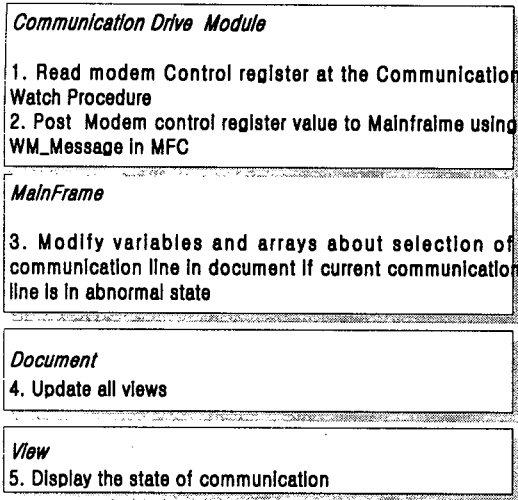


Fig. 2.3 Block diagram of automatic switching system for wire and/or wireless data communication

순찰차량관리 프로그램과 감시분석 프로그램은 완전히 독립된 두 개의 프로그램이다. 감시/분석 프로그램은 시작과 함께 새로운 프로세스를 만들고 그 프로세스에 순찰차량관리 프로그램을 대입한 후 실행시킨다.

그리고 이와 같은 시작정보(Startup Information)을 OS(Operating System)에게 전달한다. Fig. 2.4와 같은 감시/분석 프로그램에서 순찰차량관리 버튼이 눌러지면 감시/분석 프로그램의 메인프레임(Main Frame) 순찰차량관리 프로그램의 핸들을 찾아 MFC의 메모리 복사기능을 이용하여 순찰차량의 위치 및 정압소의 정보를 전달함으로써 순찰차량관리 프로그램과의 통신을 유지한다. 감시/분석 프로그램의 윈도우는 7개로 나누어진다. Fig. 2.4에서 확인할 수 있는 것처럼 버튼으로 구성된 기능 버튼부, 유·무선 데이터의 상태를 표시하는 시스템상태 윈도우, 집중감시를 위한 정압소를 위한 집중감시를 위한 윈도우, 정압소의 상태를 출력하기 위한 3개의 정압소 상태 출력 윈도우 그리고 발생한 경보의 출력을 위한 윈도우로 구성되어 있다. 정압소에 설치되는 RTU의 개수가 3개를 넘으면 정압소 상태 출력 윈도우는 왼쪽으로 쉬프트(Shift)되면서 정압소의 상태를 출력한다. MFC에서 제공하는 뷰(View)의 페인(Pane)을 종으로 3등분하여 분할 윈도우(Splitter Window)를 만들고 제 1행의 분할 윈도우를 다시 분할하여 시스템상태와 집중감시를 위한 클래스가 실행 되도록 구성하였다. 그리고 제 2열에는 정압소의 상태를 출력하고 제 3열에는 발생한 경보를 출력하는 클래스가 동작되도록 구성하였다.

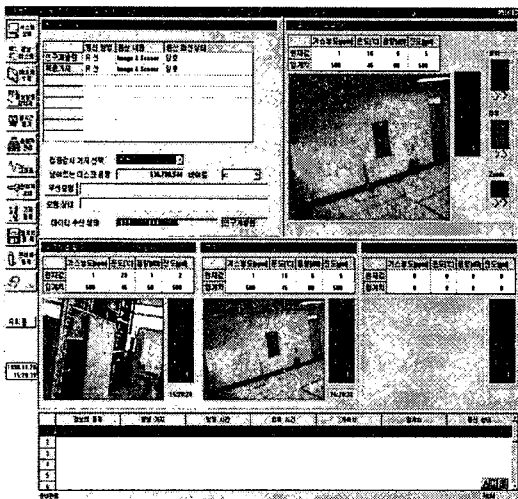


Fig. 2.4 Execution Screen of Supervision/Analysis Program

#### 4. 데이터 수집 및 전송을 위한 RTU의 구조

본 연구에서는 정압소의 안전상황을 수집하고 전송하기 위하여 RTU가 개발되었다. 침입자, 화재, 지진, 정전 그리고 전화단락 센서들의 미세한 아나로그 신호들은 증폭기에서 A/D 변환기에서 처리할 수 있는 범위로 증폭된다. 센서 증폭기는 센서의 성질에 따라서 증폭율, 노이즈 필터 그리고 보호회로가 알맞게 설계되어 센서의 선형성 및 기타 성질을 잘 반영하도록 하였다. 정압소내에 상하좌우로 180° 회전 가능한 팬틸트에 카메라를 탑재하여 감시하고자 하는 곳이 잘 보일 수 있는 곳에 설치되었다. CCD 카메라는 Zoom In/Out이 가능하고 팬틸트(Pan-tilt)는 구동 드라이브에 의해 임의의 방향으로 회전 가능하게 하여 정압소의 상황을 자유롭게 영상으로 확인할 수 있게 하였다. CCD 카메라의 영상신호는 Image grab

card에서 디지털화 된다. Fig. 4.1은 RTU의 데이터의 흐름을 나타내는 블록선도이다. 그리고 Photo. 4.1은 RTU의 실제 구성을 설명하고 있다. Photo. 4.1에서 확인 할 수 있듯이 RTU는 486DX 카드(Flash/Rom Disk를 내장), I/O 보드 (Signal Amp. 및 A/D 변환기 내장), Image Grab 카드, DSU, 무선모뎀, UPS 그리고 SMPS로 구성되어 있다. 여기서 I/O보드는 각종 센서들의 성질을 잘 반영 할 수 있게 설계하여 제작하였고 나머지는 상용제품을 구입하여 시스템화하였다. Fig. 4.2는 제작된 I/O 보드의 하드웨어 블록선도이다.

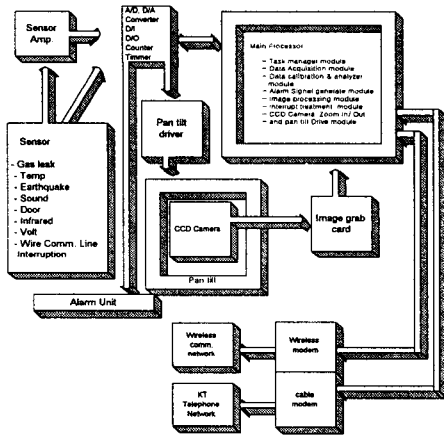


Fig. 4.1 Block Diagram of Remote Terminal Unit

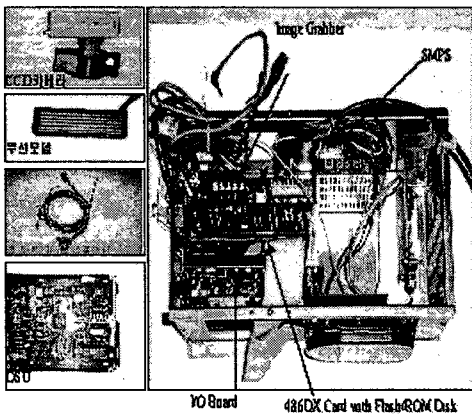


Photo. 4.1 Structure of Remote Terminal Unit

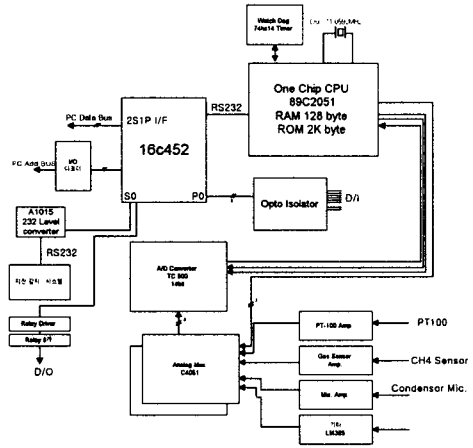


Fig. 4.2 Block Diagram of I/O Board

Fig. 4.2에서와 같이 본 연구에서 제작된 I/O 장치는 각종센서의 신호(PT100, 가스센서, 콘덴서 마이크등)를 적절한 크기의 전압으로 증폭 변환하여 A/D 변환한 후 이를 CPU로 전달하는 기능과, CPU가 제어하고자 하는 6개의 릴레이를 구동하는 구조와 외부에서 입력되는 8개의 디지털 입력 및 1개의 시리얼 포트(지진감지 장치와의 RS-232C 통신용)를 가지고 있다.

멀티플렉서에는 4051아나로그 스위치를 사용하였고 A/D 변환할 수 있는 입력 수를 8개까지 확장한다.

A/D 변환기는 미국 텔레콤사의 TC500 적분형 14bit A/D 변환기를 사용한다. 이는 AC 노이즈 리덕션이 뛰어나고 인터페이스가 간편한 장점을 지닌다. 아나로그 데이터 수집을 관장하는 프로세서에는 아트델사의 89C2051 One Chip CPU를 채용하였다. 이는 유명한 인텔사의 8051코어를 가지고 프로그래밍이 용이하게 프래스롬을 가진 CPU로써 아나로그 데이터를 수집하여 메인 프로세서로 전송하는 역할을 한다. 모든 디지털 입력은 노이즈에 대한 면역성을 충분히 하기 위하여 옵토 아이솔레이터를 전단부에 가진다. 이들은 일반적으로 1000V 정도의 절연전압에 잘 견디며 신호를 디지털 입력 레벨로 변환하여 메인 프로세서와의 인터페이스 칩인 16C452로 전달한다. 디지털 출력은 6개의 릴레이로 구성되며 이는 16C452가 출력하는 디지털 신호를 2803릴레이 드라이버가 직접 릴레이를 구동하도록 하였다. 또 다른 용도(지진감지 장치와의 통신)의 직렬 통신포트의

확장을 위하여 16C452의 직렬출력을 레벨 콘버터를 경유하여 외부로 출력한다. I/O 레코더는 메인 프로세서와 인터페이스 시키기 위하여 적절한 I/O 어드레스를 선택하여 16C452로 제공한다.

정압소의 벽면에 설치되기 전단계의 RTU의 모습을 Photo. 4.2가 보여주고 있다. 열악한 환경에서도 견디기 위하여 보호 하우징을 사용하였고 이것은 가스안전공사의 T6ⅡB내압 방폭 승인을 받은 제품이다.

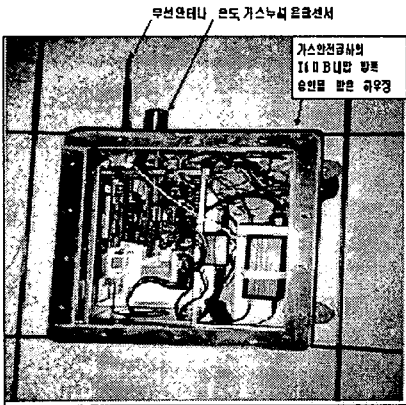


Photo. 4.2 Photograph of RTU before Installation

Photo. 4.2에서와 같이 각종 센서(온도, 가스누설 및 폭발음) 부분은 RTU 외부환경을 잘 반영하기 위하여 U자홈을 천공한 하우징에 둘러싸여 있다. 그리고 무선안테나가 외부로 나와 있다. 무선안테나 부분은 무선 데이터 통신 주파수에 적절한 임피던스를 가지도록 설계되어 있다.

### 5. 지진 감지 및 전송 시스템

본 연구에서 개발된 지진 감지 시스템은 가속도센서에서 출력되는 가속도 출력(1V/1000Gal)을 적절한 크기의 전압으로 증폭해 이를 고속형 A/D 변환기(ADC 0809)에 가하고 그 변환 값을 CPU가 판독하여 RTU로 RS-232C통신을 이용하여 전송한다. Photo. 5.1은 개발된 지진 감지 및 전송장치의 신호처리부의 모습을 나타내고 있다. 그리고 서버에 지진파형이 상용 프로그램에서 읽어질 수 있는 형태로 저장되어 지진이 실제로 발생할 경우

지진파의 배포를 용이하게 구성하였다.

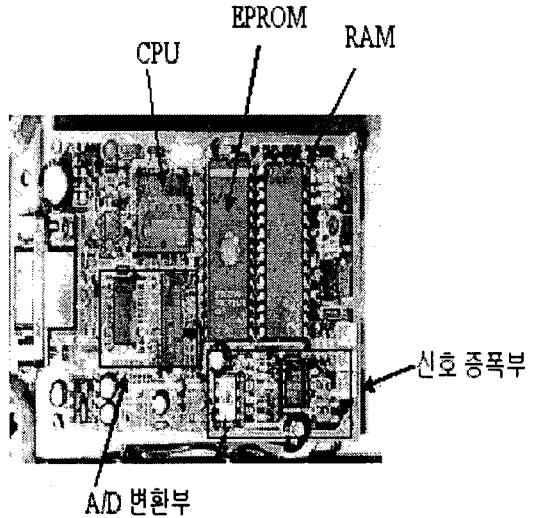


Photo. 5.1 Signal Processor of Seismic Monitoring System

일반적으로 지진을 감지하는 방법으로는 가속도센서를 이용하여 지표면의 가속도를 측정하는 것이 가장 보편적으로 이용되어진다. 그러나 측정된 지표면의 최대가속도와 진도 또는 피해 규모와의 상관관계는 어려운 해석에 의해서 이루어 졌다. 그래서 만들어진 것이 SI(Spectrum Intensity)값이다. 1961년에 G. W Howsner박사(California Institute of Technology소속)에 의해서 만들어진 SI값은 지진에 의한 지표면 운동 크기의 지표로 사용된다. Howsner박사에 의해 정의된 SI값은 1자유도계(20%의 감쇄계수를 가짐)의 0.1초에서 2.5초 사이의 평균 속도응답 스펙트럼을 사용하여 다음과 같이 정의된다.

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} S_v(h, T) dT \quad (5.1)$$

여기서,

T : 고유주기(Natural Period)

h : 감쇄계수

Sv: 식(5.2)와 같은 2차 미분방정식의 해를 구해 얻어지는 속도절대값의 최대값

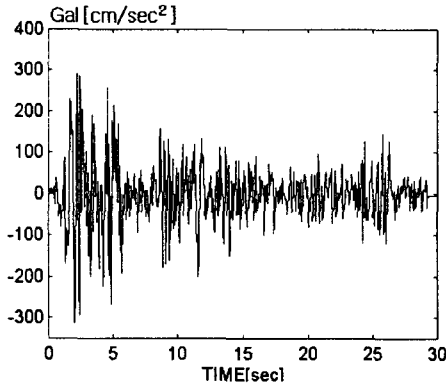


Fig. 5.1 Earthquake Wave of El Centro(1940)

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2hw\frac{dx}{dt} + w^2x = a \quad (5.2)$$

$$x = x_0(t=0), \quad \frac{dx}{dt} = v_0(t=0)$$

여기서 a: 가속도,  $x_0$  = 초기변위,  $v_0$  = 초기 속도

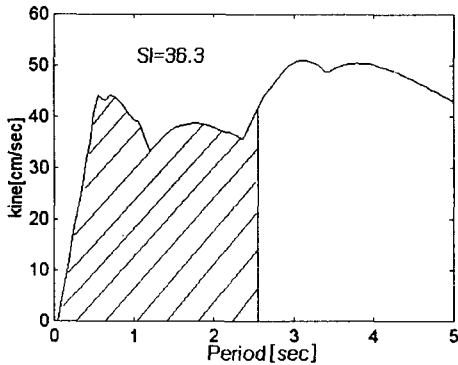


Fig. 5.2 Velocity Response Spectrum of El Centro earthquake(1940)

Fig. 5.1은 El Centro(1940)에서 일어났던 지진파형을 보이고 있고 Fig. 5.2는 이 지진파에 대해서 감쇄계수를 0.2로 하였을 경우의 속도 응답 스펙트럼의 파형과 SI값 산출과정을 보이고 있다.

지진이 많은 일본의 경우 이 SI값이 30Kine 이 넘으면 Emergency Shutoff Valve를 닫도록 하고 있다.

본 연구에서 개발된 지진 감지 시스템은 이러한 SI값, 최대지반가속도(PGA), 세 방향(수평 2성분, 수직 1성분)의 가속도 파형 및 지진 경보를 전송함으로써 지진 발생시 대형사고를 예방할 수 있도록 하고 있다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 정압소의 안전 및 방재를 위하여 정압소의 안전상황 데이터를 수집할 수 있고 전송이 가능한 RTU, 전송된 데이터로 안전상황을 판단하고 기록하기 위한 감시/분석용 서버, 이벤트 발생 시 즉각적인 대처를 위한 순찰차량 관리 시스템 그리고 지진감시 및 전송 시스템을 개발하였다. 그리고 각 시스템간의 통신을 위하여 유·무선 통신 시스템을 개발하였다. 그리고 1997년 11월부터 목동관리소에 RTU 및 지진감지 시스템을, 그리고 연구개발원에 Server, RTU, 지진감지 시스템 그리고 순찰차량 관리 시스템을 설치하여 오류 수정과 시범운영을 계속 하여왔다.

그 결과 지진감지 및 전송 시스템은 2000년까지 약 70개의 정압소에 적용하기로 하여 설비 국산화 및 21억원 이상의 예산절감이 기대된다. 그리고 방재 시스템이 중소기업체로 기술 이전 되어 상품화가 진행 중에 있고, 현장 적용시 안전사고 예방 및 인력관리의 효율성이 증대될 것이라 기대된다..

## 참 고 문 헌

- [1] Y. Nakamura and C. Kairiku "Development of Compact Seismograph and Seismoscope", Proceeding of 98IGRC, pp. 471~481, 1998
- [2] 이희현, 채원규, 남순성, "지진파의 스펙트럼 해석 입문", 도서출판폴드, pp. 173~219, 1996
- [3] 유휘룡, 박대진, 구성자, 노용우, "공급기지 무인화 및 상황전송을 위한 무선데이터 처리 시스템 개발", 한국가스공사 연구개발원, pp. 6~82, 1998
- [4] 이한기, "원도우95를 위한 통신 프로그래밍", 영진출판사, pp. 14~108, 1997
- [5] 김기운 "비주얼 C++정복",가남사, pp. 100 ~ 138, 1997