2003년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제26권 제1호

LonWorks를 이용한 액체헬륨 제조장치의 원격감시 및 제어

이 정 민, 조 재 근, 전 정 섭, 유 준
충남대학교 전자공학과
전화 : 042-865-3473 / 핸드폰 : 018-401-2579

Remote Monitoring and Control of Helium Liquefier Using LonWorks Network System

Jeong Min Lee, Jae Geun Jo, Joon Lyou
Dept. of Electronics Engineering, Chungnam National University,
E-mail : ets@kbsi.re.kr

Abstract

This paper presents a realization of LonWorks communication based remote monitoring and control system for old-dated Helium Liquefier to be automated in operation and data acquisition. Through Lon nodes, tank level, valve position, gasbag level and temperatures are collected and valve position is adjusted by step motor control. Also, field data acquired can be monitored at a remote site through LAN.

I. 서론

국내에서도 Field Bus의 적용이 1990년대부터 각 분야에서 활발히 이루어지고 있다. 필드버스는 디바이스들 간의 데이터 전송시스템으로 비록 반응시간, 보조전원 공급과 입출력 연결 node 가격에 단점이 있으나 양방향 데이터 교환, 데이터의 크기와 케이블의 절감 등의 장점으로 지능화 된 스마트 트랜스미터와 연결되어 구성된다.

이에 1988년에 필드버스의 일종인 LonWorks™ Network System을 미국 애쉘론사(Echelon Co.)가 개발하였으며 LonTalk라는 프로토콜이 1999년 12월에 EIA709.1 산업용 통신망으로 인증을 받았으며 이 프로토콜은 OSI 7계층 모델에 기반 한 현장버스로서 최대 255kbyte의 메시지 전송과 일반 꼬인선(TP), 전력선, 무선(RF), 광섬유와 같은 다양한 통신 전송로를 사용할 수 있도록 고안되었다.[1,2]

본 논문에서는 1990년도에 도입한 액체헬륨 제조장치(Helium Liquefier & Recovery System, M1410)에 필드버스의 특성을 갖는 LonWorks를 적용하였다. 본 제조장치는 전반적으로 수동식 밸브 조작 운전방식으로 되어 있고 1회 운전시간이 약 3일 이상의 연속적인 가동이 필요한 특성을 가지며 초기 냉동과정에는 장시간동안 운전자가 관찰하며 조작하는 문제점이 있다. 이에 따른 운전자의 피로누적 등의 비효율적 생산노동과 운영과정의 자료을 수작업으로 기록하는 비체계적인 관리의 문제점을 해소하기 위하여 LonWorks 네트워크와 LAN을 이용한 원격감시를 목적으로 하였다.

II. LonWorks System 개요

LonWorks 프로토콜인 LonTalk는 높은 기능성과 까다롭지 않는 통신구현으로 신뢰성 있는 수 만개의 node들의 연결이 가능한 점과 각 node는 하나 이상의 응용 프로그램을 가지고 프로토콜의 전체적인 수행을 하는 특징을 가지고 있다. 또한 필드버스에서의 모든 업무수행의 의미인 LON(Local Operating Networks)works의 네트워크에서 각 node는 아날로그 또는 디지털 신호의 상호 변환뿐 아니라 magnetic card, infrared remote control, incremental encoders, UARTs 등을 위한 다양한 I/O의 접목으로 넓은 응용분야를 구상할 수 있으며 Twisted pair cable, power cable, radio frequency, 그리고 coax channel 등 여러 물리적인 통신 매체들을 사용한다.[1]

또한 별도의 iLon1000™을 사용하여 LonWorks Network와 LAN 등과의 연결이 가능하며 Web server를 활용하여 인테넷 접속도 가능하게 하였다. Lon node의 주요 구성요소로는 sensor와 actuator등과 연결되는 Input/Output 부분과 내부의 프로세서인 Neuron chip, 통신매체와의 연결을 위한 transceiver 등으로 구분할 수 있으며, 내부의 firmware로는 네트워크의 모든 통신규약을 나타내는 LonTalk가 이미 저장되어 사용자는 입출력 사양만 설정하면 된다.

Neuron Chip내에는 3개의 CPU를 가지고 있는데 사용자

프로그램을 처리하는 application CPU, 인증 및 변수처리 등 OSI 3-6 계층을 담당하는 Network CPU와 OSI 1-2 계층인 통신 하드웨어와 충돌회피 등을 맡고 있는 MAC(media access control) CPU이다. 또한 11개 I/O pins으로 Bit I/O 또는 Byte I/O 등과 같은 총 16가지의 I/O 객체를 선택하여 구성에 적합한 하드웨어 결선과 사용자 프로그램의 저장으로 지능화된 node를 설계할 수 있다.

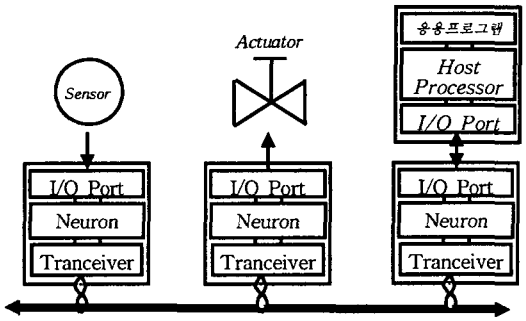

Figure 1 : I/O nodes of LonWorks System

III. 액체헬륨 제조장치 개요

물리학, 화학 등을 비롯한 기초과학분야에 극 저온을 필요로 하는 연구와 특히 초전도 연구에 액체헬륨은 필수적이다. 이에 헬륨은 대기 중 부피 상으로 차지하는 비율이 0.0005%로 매우 희박하고 부분압력이 4 x 10^{-3}[Torr]로 가벼운 원소로서 매우 고가격으로 수입되고 있다.

액체헬륨 제조장치는 상온의 헬륨가스로부터 액체상태의 헬륨(4 Kelvin)으로 액화하는 부분과 액체헬륨을 실험에 사용한 후 기화된 헬륨가스를 회수하여 압축하고 저장시키는 장치이다. 이에 장치공정은 3부분으로 구분할 수 있는데 첫째는 액화공정으로 미국에서 수입되어진 순수한 헬륨가스가 스크루형 압축기에서 약 240psi(16.88kg/cm2) 압력으로 압축되어 액화기에 전달되고 내부의 열 교환기를 통과하는 동안 기체 온도가 하강하고 압축팽창의 공정을 갖는 엔진에 의하여 냉각된다. 최종적으로 J-T(Joule- Thomson) valve의 미세한 조정으로 액화되는 헬륨은 저장용기에 평균 시간당 12 liter정도 쌓이게 된다.

둘째로 회수공정은 각 실험실에서 증발되어진 헬륨가스를 배관을 통하여 Gasbag에 일차적으로 담은 후 고압탱크에 압축하여 저장하고,. 셋째로는 압축저장 되어진 불순물이 섞인 헬륨가스를 재활용하기 위하여 열 교환기를 이용하여 산소를 90K, 질소를 77K에서 액화시켜 공기 중으로 배출하고 깨끗한 헬륨 가스는 다시 액화과정에 유입되는 정제공정이 있다.

IV. LonWorks기반 원격감시 시스템 구축

계속적인 외부업체의 의존 없이 자체관리가 가능하고 추가 설치도 용이한 점을 고려하고 기존 장치의 큰 변화 없이 자동화용 센서 및 구동기를 추가한 LonWorks 원격감시 시스템을 구축함으로 근무 개선과 컴퓨터에 점검항목에 대한 관리자료의 자동기록이 되도록 하였으며 사내에서는 관련자들과 함께 LAN을 통하여 공동 감시할 수 있는 시스템을 구현하였다. 시스템 설계순서로는 먼저 네트워크의 입출력을 정의하고 해당되는 각 Lon node들의 형상을 구성하여 네트워크에 연결시키고, 각각의 구성속성에 대한 기능 등을 지정 후, 실제 네트워크의 on-line 상태에서 각각의 임무를 commissioning 하여 설계정보를 node에 저장하게 하였다. 이에 기존 액체헬륨 제조장치에 추가된 네트워크에는 Analog Input 2개, Analog Output 1개, Digital Input 1개, Digital Output 1개, Programmable Serial Gateway 1 개, Web server 및 Router 1개 등의 입출력 node와 TCP/IP 통신간의 연결장치들로 구성하였다.

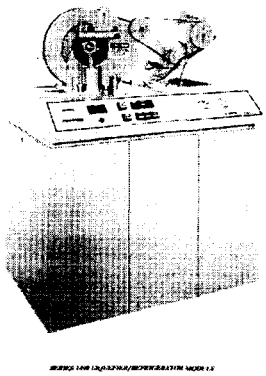

Figure 2 : Helium Liquefier

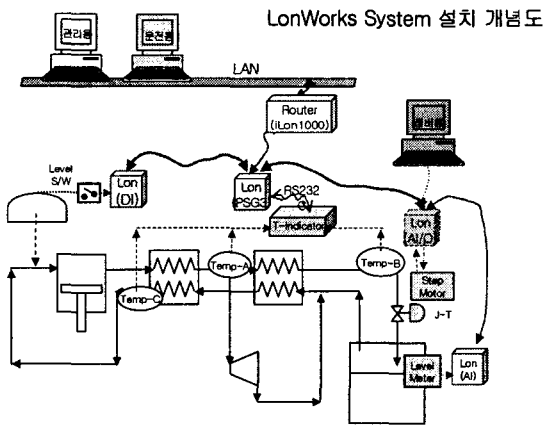

Figure 3 : Added LonWorks System of Helium Liquefier

4.1 구성요소

▷ Lon nodes

① 액체헬륨 Tank의 Level Monitoring (AI-1) ;

Tank의 Level Meter의 센서 wire의 저항변화에 따른 전압을 아날로그 입력으로 받아 네트워크에 Level 비율[%]로 변환하여 실어주기 위한 node이다.

② J-T Valve Position Monitoring (AI-2) ;

J-T Valve의 미세한 회전을 감지하기 위한 potentiometer의 출력전압을 아날로그 입력으로 받아 네트워크에 회전비율[%]로 변환하여 실어주기 위한 node이다.

③ J-T Valve Position Control (AO-2) ;

위의 AI-2와 연계하여 사용자가 원하는 step motor의 구동을 위한 전압 출력용 node이다. 이에 AI-2 및 AO-2의 두

node와 step motor driver와의 상호 감지와 제어의 구동을 위한 controller를 제작하였다.

④ 헬륨 Gasbag Level Monitoring 및 Alarm (DI/O) ;

회수되는 헬륨가스가 갑자기 증가하거나 운전자의 오작동으로 인한 헬륨 Gasbag의 과도한 팽창이나 수축을 감지하기 위한 Relay센서와 연결되는 Digital Input과 이러한 경보사항을 사용자에게 알리는 Alarm 출력을 위한 Digital Output 기능이 함께 있는 node이다.

⑤ Temperature Indicator Monitoring (Programmable Serial Gateway) ;

각 주요공정에서의 온도센서의 출력을 보정하여 그 결과값을 나타내는 온도지시계기에 RS232C Interface option을 추가하고 LonWorks 네트워크와 연결하기 위하여 Programmable Serial Gateway를 사용하였다.

▷ Web server & Router

LAN 및 Internet망을 통한 원격감시 및 제어운전을 위한 LonWorks Networks와 Internet Protocol(IP) Data Networks 사이를 연결하여 주는 Web server 및 Router기능을 포함한 애쉴론사 제품인 iLon1000™을 사용하였다.

▷ 소프웨어 구성

① NodeBuilder™ Ver1.5 개발 Tool :

초기부터 2002년까지 LonWorks Network System에서 필요한 하나의 node용 개발 Tool로서 본 논문에서는 애쉴론사 제품의 RS232C Interface와 LonWorks Network와 연결하기 위한 Programmable Serial Gateway에 사용자 프로그램을 downloading하기 위하여 활용하였다.

② LonMaker for Windows™ software : LonWorks Network System 구축을 위한 Windows용 소프트웨어로서 각종 node나 router 등을 Microsoft사의 객체형상화 S/W Tool인 Visio 프로그램를 활용한 software package이다.

③ LNS DDE Server :

상위 어플리케이션에서 별도의 프로그램 작성 없이 Microsoft Windows의 DDE호환 응용프로그램과 LonWorks Network 사이에서 제어와 감시등을 구현하기 위한 서비스 제공을 하는 software package로서 본 논문에서는 HMI 구현 프로그램을 Excel로 지정하고 data logging과 graphical displays의 예를 보였다.

4.2 LonWorks와 RS232C 인터페이스 구현

액체헬륨 제조장치에서 열 교환기를 통과하는 동안 기체와 액화온도 등을 감지하기 위한 1.4K ~ 475K의 넓은 온도 범위를 표시하는 8ch Temperature Indicator의 RS232C Interface와 LonWorks Network와의 통신 연결에 PSG3 (Programmable Serial Gateway)를 설치하고 이에 NodeBuilder(ver1.5)라는 개발Tool을 사용하여 Gateway내의 Neuron chip EEPROM에 지시계기에서 제공하는 온도 값을 받을 수 있도록 사용자 프로그램을 작성하여 저장하였다. Neuron chip에 적용되는 언어는 ANSI C에 LonWorks 고유명령어를 추가한 Neuron C를 사용하며 Master와 Slave의 구별 없이 event 형태의 When Clauses의 조건이 만족될 때마다 지정한 Task를 수행하는 특징을 가지고 있다.

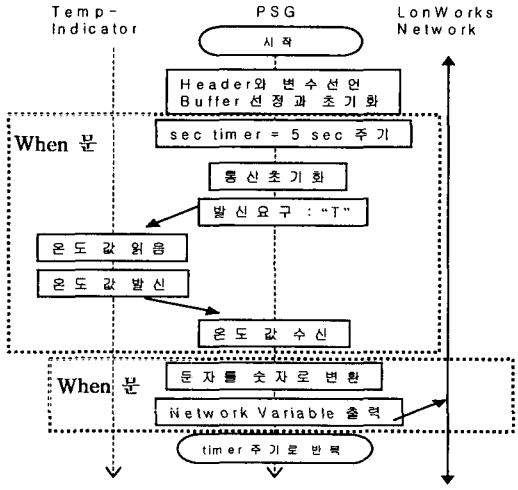

Figure 4 : Diagram of RS232C Interfacing Program

4.3 J-T Valve Position Controller 제작

J-T valve는 헬륨 액화공정에서 약 20K이하 온도와 150psi 이상의 헬륨기체를 모세관 형태로서 운전자가 온도조건에 따라 조절하여 액화시키는 중요한 valve이다. 이는 액체헬륨 생산량에 밀접한 관계를 갖고 있어 원격으로도 자동조절이 가능하도록 Step Motor와 Analog I/O nodes을 사용하여 Valve Position Controller를 제작하였다.

valve위치에 따른 회전비율[%]의 값을 사용자가 명령하면 Step Motor에 부착한 potentiometer의 위치에 따른 전압과 비교한 차이로 정/역 방향을 전환하며 구동함으로 J-T valve를 조절이 가능하게 하였다.

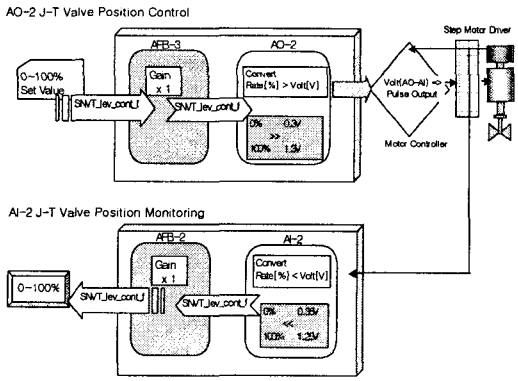

Figure 5 : Block diagram of J-T Valve Position Controller

V. 결과 및 고찰

장치의 주요 관찰대상에서 출력신호를 받아 이를 Neuron chip의 I/O에 연결하고 LonMaker for Windows™ software에서 해당하는 각 Lon node들을 그림 6 에서와 같이 구성할 수 있었다. 사용자가 원하는 신호처리 방법으로 각 node내의

function block들의 내부속성 결정과 연결로서 네트워크 구성이 이루어지며, LNS text box을 이용하여 네트워크 변수내의 값을 읽고 쓰는데 활용하였다.

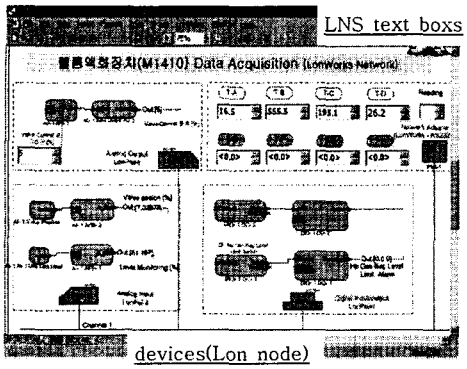

Figure 6 : Main Display on LonMaker for Windows

또한 Web & Router(iLon1000)을 추가하여 장치가 있는 현장의 네트워크상태를 LAN을 통하여 사무실에서 원격으로 감시 및 제어 할 수 있도록 구성하였다.

HMI화면구성으로는 LNS DDE Server 프로그램을 이용하여 Microsoft사의 Excel 화면에 임의 cell과 LonWorks 네트워크 변수와 Link를 함으로서 update되는 데이터를 사용자가 볼 수 있도록 하였다. 한편 Excel 프로그램내의 매크로 기능을 활용한 Visual Basic 프로그램을 작성하여 데이터들을 임의의 파일로 시간설정에 따라 자동저장을 하게 하였다. 본 실험을 통하여 일반적인 자료획득 프로그램의 깊고 전문적 습득 없이 물리계층의 센서레벨에서 응용계층의 HMI화면구성까지 LonWorks 통신 프로토콜의 이해와 실험을 하였다. 초기 개발Tool의 구입비용은 부담스럽지만 필드 버스방식을 장치개조에 적용 가능성이 있음을 보이고 추가설치와 운영에 편리를 도모하였다.

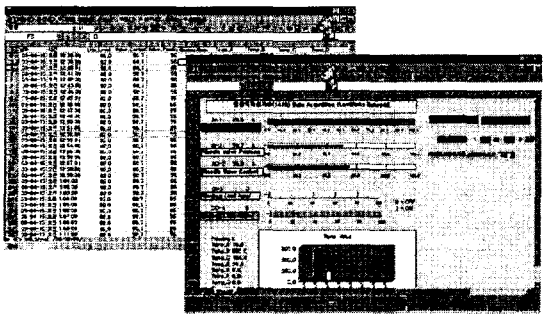

Figure 7 : HMI(Excel) using LNS DDE Server

VI. 결론

본 논문은 액체헬륨 제조장치의 효율적 운영을 위하여 주요 sensor와 actuator에 대하여 LonWorks의 Smart Transceiver를 접목하여 기본적인 node들을 제작하였으며 네트워크 내에서 RS232C 직렬통신과 LonWorks 네트워크간의 인터페이스와 함께 node을 이용한 step motor controller를 제작하여 needle valve를 조정하였다. 또한 LonWorks 통신 프로토콜인 LonTalk와 TCP/IP 간의 Router설정으로 필드버스와 데이터 네트워크인 LAN과의 상호 통신을 시연하여 현장에 있는 네트워크 상태를 원격으로 감시 및 제어할 수 있는 HMI 화면 구성과 data 수집을 구현하였다. 이에 필드버스 상에서 분산제어방식의 peer to peer 정보교환의 특성과 LonWorks의 새로운 구성개념을 이해하며 각 요소들의 속성 설정방법 및 결선작업 등의 편리성을 경험하게 되었다. 노후화 되어 가는 고가의 장치들을 큰 경제적 비용부담 없이 상호 호환성이 좋은 필드버스를 접목하여 정보 네트워크 망과 통합 구성함으로 경영관리의 다변화와 효율증대를 최대화 할 수 있을 것으로 전망한다.

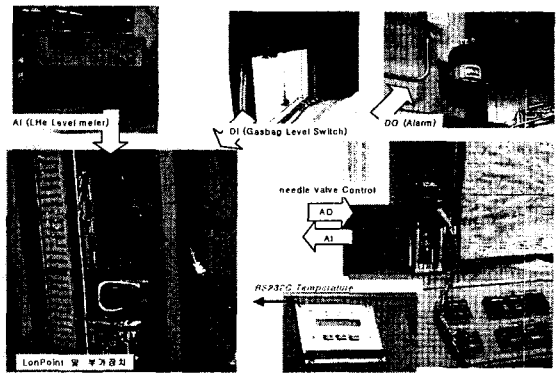

Figure 8 : Installation of LonWorks system

참 고 문 헌

[1] Dietmar Loy 외 2 인, "OPEN CONTROL NETWORKS: Lonworks/EIA 709 Technology", Kluwer Academic Publishers, USA/London, 2001.

[2] 박장환, "필드버스 입문", 도서출판 동서, 서울, 2000.

[3] 고려대, "LonMaker User's Guide 번역판", 2002.

[4] 박귀태 외 7인, "론웍스(LonWorks)의 이해와 응용", 고려대 정통기술연구소, 과제보고서, 서울, 2001.

[5] Echelon Co., "SLTA-10 Adapter and PSG/3 User's Guide" Revision 3, USA, 2001.

[6] Echelon Co., "LonMaker for Windows User's Guide" Version 1.0, USA, 1998.

[7] Motorola , "LonWorks Technology Device Data", Rev.5, USA, 1998.

[8] Toshiba , "TMPN3150/3120 Databook", Japan, 2000.