

수처리 공정상의 개방형 네트워크(LonWorks) 적용에 관한 연구

김 승 호, 김 일 남, 곽 준 근
한국수자원공사

Water Treatment Process based on LonWorks System

S. H. KIM I. N. KIM J. K. Kwak
Korea Water Resources Corporation

Abstract - In recent years, the case to install small water treatment facility to every local area has increased. A key issue in the successful implementation of the control systems for the water treatment plants is the choice of control architecture.

Within the framework of distributed control system(DCS), this paper presents a new development of intelligent control module and its novel application to open control architecture for water treatment plants. This control system so called NCS(Network Based Control System) with standard networks system with LonTalks protocol of ANSI/EIA 709.1, regulatory control function and information dispatch function has suitable functionality to operate these distributed water treatment facility effectively. This paper describes the case where NCS is applied for the filters system in water treatment facility of Heong Sung area.

유화학, 식품 등의 공정분산제어 시스템을 주축으로 이루어졌으나 최근에는 에너지시스템(전력, 발전설비, 가스, 석유 등) 쓰레기소각시설, 수처리 및 폐수처리시설 등의 환경시스템, 빌딩자동화시스템의 디지털분산제어를 요구하는 모든 분야로 확산되고 있다. 또한 통신네트워크 기술은 항공기, 고속철도 등의 고도의 제어기술을 요구하는 시스템들에서 이미 널리 사용되고 있으며 최근에는 자동차에서도 전자 제어기술이 활발히 도입되면서 CAN과 같은 차량전용통신망도 개발되었다³⁾. 특히 LonWorks 네트워크는 ANSI/EIA 709.1로 표준화된 프로토콜을 가지고 있으며 네트워크를 구성에 용이한 관리 툴과 디바이스 개발하기 툴도 제공하고 있어 제어 분야에 광범위하게 적용되고 있다⁴⁾.

본 연구에서는 소규모 수처리 설비에 주로 사용되고 있는 PLC제어시스템을 대체할 수 있는 개방형 네트워크 시스템을 구성하기 위하여 Neuron 칩과 DSP 칩을 이용하여 지능형 제어모듈을 개발하고 이 모듈을 수처리설비의 여과지에 적용하기 위한 제어네트워크의 새로운 구성 기술을 제시하였다. 본 연구에서 개발한 지능형 제어 모듈을 갖는 NCS(Network Based Control System)는 ROHM KOREA 폐수처리시스템에 적용하여 현재 성공적으로 운전되고 있다. 따라서 이 적용기술을 바탕으로 황성댐을 수원으로 하는 수처리 시스템의 여과지에 국내 최초로 적용하기 위한 중간 연구 결과이다.

1. 서 론

현재 수처리 감시 제어 설비의 구성형태로 보면 하위에 DDC신호처리 방식의 RCS 또는 PANEL류가 다수 구성되는 형태를 이루고 있으며 상위에는 하위의 모든 설비를 취합하여 감시 또는 제어하는 통합감시 제어 설비가 소수로 구성되는 중앙집중형 네트워크인 STAR또는 MULTI BUS형태로 이루어져 있다. 운영방식은 주로 통합감시 제어 설비를 통하여 원거리에서 감시, 제어하는 방식을 취하고 있으며 필요시만 현장에서 수동감시, 제어를 하고 있는 상태이다. 이런 경우 하위 RCS의 형태는 주로 PLC 또는 DCS로 이루어지며 현재 수처리 설비의 대부분이 이러한 감시, 제어 모듈을 채택하여 운용하고 있다¹⁾.

현재 이 수처리시스템 문제점은 이 기종간의 프로토콜의 상이로 인하여 효율적인 운전관리가 어렵고 향후 유지관리 측면에서도 비경제적이며 공급자 중심의 기술 종속에서 벗어나기가 어렵게될 수 있다. 또한 시스템 및 제어기기의 설치시에도 기기와 통신 응용프로그램의 고려해야하기 때문에 고도의 전문가가 요구되며 케이블비용의 증가와 노이즈에 취약 등 여러가지 문제점을 안고 있다. 이의 해결하는 방식의 하나로 1990년부터 필드버스가 개발되어 자동제어 분야에 디지털 직렬통신망을 이용하는 시대를 열었다²⁾. 이 필드버스 통신네트워크기술의 도입은 초기에는 주로 공장의 생산자동화와 제철 석

2. 본 론

2.1 상수처리설비의 개요

원주권 광역상수도는 황성댐을 수원으로 원주시 및 황성군 일원에 200천m³/일의 생.공용수를 공급하기 위한 시설물로서 선택취수시설 1개소, 정수시설 1개소, 가압장 2개소 및 도·송수관로 약 48km 등으로 구성되며 다른 수처리 시설물과는 달리 기존의 선래답습형태의 설계형태에서 벗어나 선전국에서 실용적으로 도입되고 있는 정수처리기술을 적극 도입·활용하여 국내 상수도 분야의 기술선진화 및 발전기반을 조기에 구축하기 위하여 한국수자원공사에서 시범적으로 설치하여 운용하게되는 시설물로 호소수의 수질상태 변화에 따른 취수지점을 달리하는 선택취수방식, 취수원의 탁질정도에 따라 정수처리운영모드를 신속적으로 조정, 운영할 수 있도록 4단계 수처리처리공정기법, 계절별 조류 발생시 또는 직접여과수

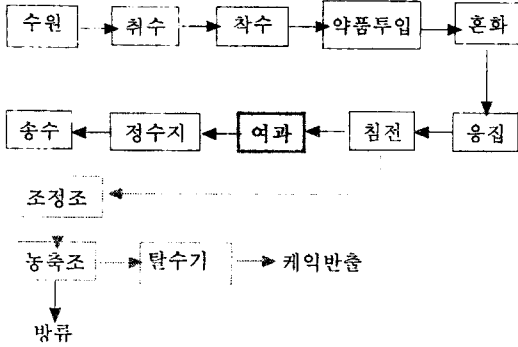


그림 1. 수처리시스템의 공정도

질 기준을 초과할 경우 용존공기부상시설의 가동을 통하여 조류 및 탁질을 효과적으로 제거하여 후속공정의 부하를 경감시킬 수 있도록 하는 DAF시설, 여과지내 고효율여과방식 및 여과적정수위(Operand Band)내 역표세 처리공정내 수위채택을 통한 여과효율의 향상 등의 특징을 가지고 있다.

본 시설물에 도입된 자동화시스템은 수원인 행정댐 및 전체수도시설을 통합하여 효율적인 시설운영 및 관리가 가능하도록 기존 자동화시스템의 문제점을 개선, 보완하고 앞선 선진기술을 도입하여, 상수도 분야의 자동화 기술을 한단계 발전시키는 물론 현장여건에 적합하도록 최적의 댐 및 수도시설이 연계된 통합계측제어 시스템을 구축하였다. 또한 행정댐의 소수력발전설비와 수문설비, 취수 및 가압설비 등을 각 사업장에 설치된 영상설비 및 동체감시시스템 연계하여 원거리에서 동영상으로 상시감시가 가능하도록 구성하였고 각 사업장내 수처리설비의 감시와 제어에 필요한 모든 데이터를 정수장에 전송하여 실질적인 무인화 운전여건을 마련하였고 이를 위하여 각 사업장 간에는 통신망을 멀티모드의 광으로 구축하고 이중화 하여 운영자의 위치에 관계없이 원격지로부터 공중망을 통해 정수장 중앙제어실의 데이터베이스에 실시간 접근 및 취득이 가능하도록 시스템을 구축하였고 이러한 데이터는 전용회선망을 통하여 본사 또는 유관기관에 실시간으로 데이터와 영상을 송수신을 할 수 있도록 하고 있다. 원격감시시스템은 DCS(분산제어시스템)와 PLC의 장점을 조합한 Hybrid DCS시스템을 채택하고 있으며 이러한 시스템은 국제 표준화기구(ISO)의 OSI구조의 국제산업표준 사양을 채택함으로써 새로운 H/W,S/W모델 출시에도 모델변경없이 신기술이 새로운 기술이 수용될 수 있도록 하고 이 기종과의 통신 및 Third Party Application을 쉽게 하여 각 장치가 별도의 Processor로 완전한 개방성을 가짐으로써 시스템의 구성, 증설, 교체 및 성능개선과 향후 시스템 확장에 유연성 있게 대응할 수 있도록 하고 있다. 또한 본 시스템의 구성은 전체 수처리 공정제어를 담당하는 COS(Control Operator Station), 공정제어 및 엔지니어링기능을 담당하는EWS(Engineering Work Station), 데이터베이스 구축 및 로깅기능,외부로의 데이터 송수신기능을 담당하는 Data Server로 구성되며 각 현장 동에는 RCS#1부터 RCS#6까지의 분산제어설비가 있고 상위와의 데이터 송수신은 STAR

형태의 광망을 통하여 이루어 지고 있으나 여과지는 자체 네트워크 형태가 RING방식의 개방형 네트워크인 LON Works로 각 지의 여과지 조작반(FCC)이 5개소로 구성되어 있으며 상위와의 통신은 게이트웨이장비를 이용한 전송방식, 프로토콜 변환을 통하여 이루어 지고 있다.

본 논문에서는 기존의 중앙집중방식의 DCS 또는 PLC로 수처리시스템을 구성한 한국수자원공사내 원주권 광역상수도 송전정수장에 대한 수처리공정 시스템 네트워크 구성사례와 개방형 시스템 네트워크형태로 구성된 ROHM KOREA내 수처리시스템과의 비교검토를 통하여 현재, 세계적인 추세로 대두되고 있는 개방형 네트워크 형태의 LON Works에 대한 수처리공정내 적용시, 기존 중앙집중방식의 수처리공정시스템에서 문제점으로 여겨지는 이기종과의 인터페이스시 처리속도 저하,설비삭제 또는 추가시 확장성 미흡, 케이블 물량증가 등에 대한 해결책을 연구 검토하고자 한다.

2.2 원주권 광역상수도 송전정수장 여과지

본 사례는 댐에서 선택 취수하여 유입된 원수를PAC, FLASH MIX, DAF설비를 거친후 여과지 설비를 이용하여 여과수를 생성한 후 정수처리, 후염소 처리한 정수를 일반 수용가에 공급하기 위한 설비공사로서 정수장에서 가장 중요한 여과지 시설을 원격 감시제어 할 수 있도록 하는 계측제어 설비를 구성하는데 있다.

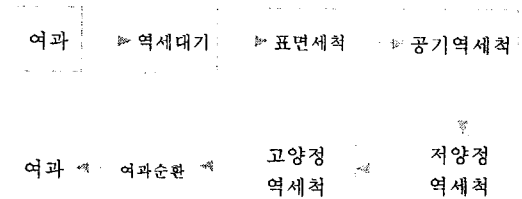


그림 2. 여과지처리공정 절차도

초기 설계 개념은 하부 각 여과지에서 FCC설비의 전체 입출력 항목에 대한 역/표세 연계제어를 하는데 있어 I/O 포인트 모듈로 제어하기에는 부하량 처리에 문제점이 있다고 판단되어 각 FCC내에 별도의 CPU MODULE을 장착하는 방안을 검토하였고 통신망의 형태는 RING 방식으로 구성하여 통신선로 상의 장애가 있더라도 여과지 운전에는 지장이 없도록 하고 상위 시스템간에는 이중화 시킴으로써 STABILITY를 향상시키는 데 주안점을 두었고 여과 공정수행시 필요한 역세척펌프,표면세척펌프,송풍설비,여과순환펌프등의 공통설비에 대한 감시제어항목의 및 전체 수처리데이터의 원만한 송수신을 위하여 상위시스템(HIMAX 2000)과의 연계설비(HIBX860,HICM860), 여과지내 LON PROTOCOL을 TCP/IP로 변환하는 ROUTER-3, 전체 네트워크상의 데이터 흐름제어를 위한 SCHEDULER를 설치하였다.

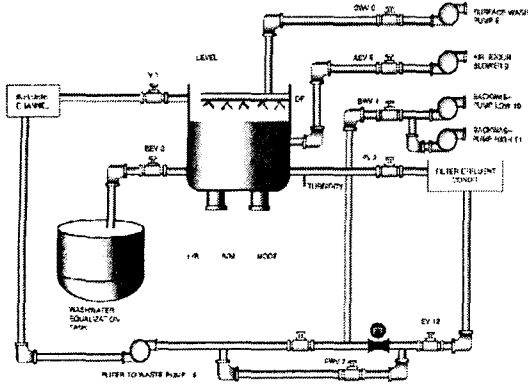


그림3. 여과지 구성도

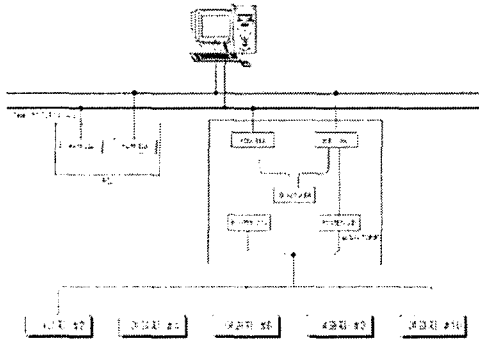


그림4. 여과지 계통구성도

2.3 LonWorks 지능제어 모듈 개발

2.3.1 LonWorks 시스템

LonWorks는 시스템의 설계, 구축, 운용, 유지를 위하여 4 가지 구성요소가 있으며 통신프로토콜로서의 LonTalks, H/W로서 뉴런칩, 전송매체와의 연결을 위한 트랜시버(Tranceiver), 통신망운용시스템으로서 LNS(LonWorks Network Service)가 있다. 이 제어용 네트워크 시스템은 Profibus, CAN 등 기존의 필드버스가 OSI 1, 2, 7 층(layer)을 커버하는 데 비하여 LonWorks는 OSI 7개 층 모두를 커버하는 오픈 프로토콜로서 현장에서 제어네트워크를 구성하는 데 필요한 모든 요소는 물론이고 일관된 네트워크 관리 솔루션까지 갖춘 제어용 네트워크이다. 또한 통신 프로토콜 자체가 이미 뉴런칩에 H/W, F/W(firmware)형태로 포함되어 있기 때문에 디바이스 개발자는 LonTalk 프로토콜의 자세한 패킷 규격을 모르고서도 어플리케이션 프로그램을 쉽게 작성할 수 있다. i-LON 서버를 이용하여 인터넷에 쉽게 연결될 수 있어 빌딩의 원격 및 근거리까지도 용이하게 구성할 수 있다. 룬 포인트 시스템은 크게 연결되는 하위센서와 액추에이터의 종류에 따라 디지털 입력/출력, 아날로그입력/출력 모듈과 보일러 가동 등에 필요한 스케줄 작성을 위한 스케줄러 모듈 또는 각 입/출력 점의 데이터 트랜드를 저장하는 데이터 로깅 모듈, 그리고 룬 워크 네트워크의 트래픽 관리를 위한 라우터 모듈 등으로 나누어진다.

(1) Neuron chip

본 연구를 위하여 개발에 사용된 뉴런칩은 하드웨어와 펌웨어(firmware)구성되며 하드웨어는 통신 및 연산을 위한 3개의 8비트 프로세서를 탑재하고 있으며 칩내부의 메모리 내장 유무에 따라서 3120계열과 3150계열로 구분되며 본 연구에서는 하나의 칩에 메모리가 내장된 3120 프로세서를 사용하였다. 뉴런칩에는 2개의 16bit 타이머/카운터 20mA 싱크포트 등 11개의 I/O포트를 제공한다. 뉴런칩의 하드웨어 부분은 MAC(Media Access Control)CPU, 네트워크 CPU, 응용 CPU로 구분되며 각 CPU는 공유 메모리 내의 버퍼(buffer)를 통하여 인터페이스를 수행한다. 또한 뉴런칩의 펌웨어부분은 3개의 프로세서에 대한 마이크로 코드(micro code) LonTalk 프로토콜, 응용프로세서와 I/O 라이브러리에 필요한 태스크 스케줄러(task schedule)를 포함한다. 이중 MAC CPU는 LonTalk 프로토콜의 7계층 중 1-2계층을 담당하며 Media access algorithm을 수행하고 통신 하드웨어인 트랜시버 제어를 통해 다른 노드와의 통신을 수행한다.

네트워크 CPU는 LonTalk 프로토콜상의 3-6계층을 담당하며 NV프로세싱, 어드레싱, 트랜잭션처리, 인증(authentication), 소프트웨어 타이머, 네트워크 관리 및 라우팅 등의 기능을 수행한다. 응용CPU레벨에서는 마지막으로 7계층을 담당하며 ANSI-C 언어와 호환이 되는 Neuron C의 응용 S/W를 실행하며 내장된 멀티태스킹 스케줄러(multi-tasking scheduler)에 의하여 이벤트방식(event-driven)에 의한 병렬처리 기능을 담당한다.

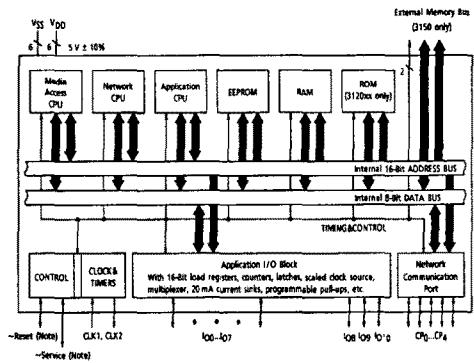


그림 5. Neuron chip 블럭 다이어그램

(2) 통신프로토콜

LonTalk 프로토콜은 모든 LonWorks 디바이스의 핵심이라고 할 수 있고 프로토콜 스펙은 공개되어 있다. LonTalk 프로토콜은 OSI 7계층 모델에 준하는 7계층을 하드웨어, 또는 펌웨어 형태로 하고 있으며 이러한 LonTalk 프로토콜 중 MAC 계층으로부터 상위계층을 마이크로 프로세서에 넣은 것이 뉴런칩이고 통신매체와 통신을 위한 물리계층을 담당하는 것이 트랜시버이다. LonWork는 2가지 방법에 의하여 통신방법을 지원하는데 첫째는 네트워크 변수(Network Variable: NV)의 바인딩에 의한 통신방법은 NV라 불리는 특별한 형태의 입출력 오브젝트를 선언하여 출력으로 선언된 하나의 NV 값을 갱신하게 되면 그 출력 NV 값과 연결된 입력 NV를 가

지는 모든 노드로 해당 값이 전송되어 값이 변경된다. 특별히 표준화 단체인 LonMark에서 제공하는 네트워크 변수 타입을 표준네트워크 변수타입(Standard Network Variable Type: SNVT)이라 한다. NV에 의한 통신의 장점은 시스템 구현시 어플리케이션 프로그램에서 통신에 대한 고려 부분이 전혀 없이 바인딩 정보만 바꾸어 줌으로서 시스템의 변경 및 추가가 가능하다. 여기서 NV의 크기는 최대 32byte이며 노드당 최대 64의 NV를 선언하는 제한이 따른다. 둘째로 Explicit message에 의한 통신방법은 NV를 이용하는 방법과 달리 응용프로그램에서 직접 어드레싱 정보와 데이터를 가공하여 전송하는 방법이다. 이러한 통신방법은 NV와 같이 개수의 제한이 없으며 최대 전송바이트 수도 228byte로 확장되어 주로 다량의 데이터 전송이 필요한 응용프로그램에서 사용된다. 본 연구에서는 NV이용하여 구성하였다.

(3) 트랜시버와 통신 포트

제어모듈 통신망과 연결을 담당하는 것이 트랜시버이다. LonWorks 트랜시버는 매체와의 통신을 담당하며 OSI 7개 층 중 1계층인 물리 계층에 해당한다. TP케이블로부터 RF까지 다양한 통신매체를 지원하고 네트워크 토폴러지에 관계없이 지원하는 Free Topology Transceiver(FTT)가 될 수 있다. 이중 매체간의 연결 라우터로 구현할 수 있어 매체 선택이 자유롭다. 본 연구에서는 78kbps 통신 속도를 갖는 TP케이블용 트랜시버를 사용하였다. 또한 뉴런칩에는 5개의 핀을 갖는 네트워크 통신 포트를 위한 3개의 동작모드를 지원한다. Differential Manchester coding을 사용하는 Differential mode는 다양한 매체에 송수신 데이터포마팅의 신뢰성이 높고 극성에 무관한 특징을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서도 TP케이블 매체의 직접 접속에 사용되는 Differential mode를 선택하였다.

2.4 고성능 지능형 제어모듈 개발

그림 6은 지능형제어모듈의 구성도를 블록다이어그램으로 나타낸 것이다. 이 제어모듈은 크게 나누어 8bit CPU인 Neuron Chip 3150 과 32bit CPU인 DSP Chip(TMS 320C32)으로 구성되고 Neuron Chip에는 Transceiver (FTT 10A)와 ROM, DSP Chip에는 외부 Memory들과 PLD(EPM7084)로 구성되고 이 두개의 CPU는 Dual Port Static RAM으로 서로 연결되어 있다. 이 제어모듈에서 Neuron Chip은 이 프로세서가 가지고 있는 MAC, Network, Application processor기능 중 MAC Processor의 기능인 Communication 기능만 수행하게 되고, 모든 연산이나 Application은 DSP Chip.에서 수행한다. 다시 말하면 Network에서 하위 LON Device가 처리하지 못하는 연산을 처리하고자 할 때 Neuron Chip은 Transceiver를 통해 들어온 Data를 가지고 연산한 후 다시 DFRAM을 통해 Neuron Chip으로 전달한다.

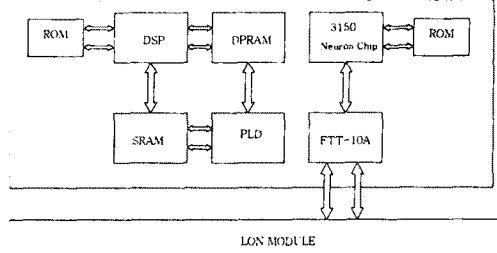


그림 6. 지능형 제어모듈 구성도

이 과정에서 DSP는 232포트를 통해 연산한 값을 출력하게도 할 수 있다. 이 기능을 응용하면 LON을 RS-232로 바꿀 수 있는 LonTalk/ RS-232 Gateway로도 사용할 수 있다.

그림 7은 본 연구에서 개발한 지능형 제어모듈의 사진이다. 구성도에서 설명한 바와 같이 매우 콤팩트하게 제작되었으며 그림 4의 여과지 불력을 제어하도록 설계하였으며 하드웨어 및 메모리 사양은 각각 표 1, 2와 같다.

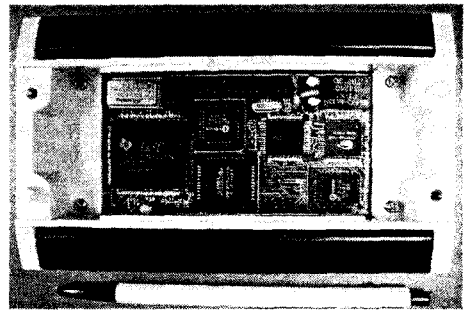


그림 7 고성능 지능형 제어모듈 실물사진

표 1. 지능형제어모듈 CPU의 사양

POWER	16-36VDC/AC
Host CPU	CPU Type: TMS320C32PCMA50 Clock : 50MHz ROM Memory : 512K EEPROM RAM Memory : 4Mbit SRam
Slave CPU	CPU Type: TMPN3150 Clock : 10MHz ROM Memory : 512K EEPROM RAM Memory : None
Protocol	LonTalks
Transceiver	FTT-10A

