

해수 담수화 플랜트 제어 시스템 구성 방안 연구

주 영 덕, 김 경 범[†], 김 진

주식회사 나라컨트롤 산업사업본부

A Study on Automatic Control Systems for Seawater Desalination Plants

Young-duk Ju, Kyeong-beom Kim[†], Jin Kim

Nara Controls Inc., Seoul 135-100, Korea

ABSTRACT : Recently, the plant industries are being activated and plant control systems use various technologies. Because the optimized design for the plants is very important for the reducing of operation and maintenance costs, automatic control systems become more important. Plant control systems consist of the master controller, the plant networks, the programming environment for engineering, monitoring software and the field devices. The control systems should have reliability, availability and safety. Modular architecture of hardware and software makes flexible configuration of the control systems. Each component should have diagnostic functions. It follows industrial standards and makes open systems. Open systems increase accessibility against the data which is distributed in the plants. The controllers including processor and communication modules use the up-to-date technology. They have real time and fault tolerant function by duplicating processors or networks. It also enables to make the distributed control systems. The distributed architecture makes more scalable main control system. Automatic control systems can be operated with better performance. In this paper, we analyzed the requirements of the seawater desalination plants and made some consideration facts for developing the optimized controller. Also we described the design concept of the main controller, which consists of several modules. We should validate and complement the design for the reliability and better performance.

Key words: Seawater desalination (해수담수화), Plant control system (플랜트 제어 시스템), Processing controller (현장제어기)

1. 서 론

주요 산업으로 대두되고 있는 플랜트 산업은 토목, 건축, 환경, 화공, 기계, 전자 등 여러 분야의 기술이 융합 되어 있고 그 규모도 매우 커지고 있다. 이러한 플랜트 설비들이 안전하게 동작될 수 있도록 모든 공정들을 정확하게 제어하고

감시하는 신뢰성 있는 제어 시스템 구성이 필요하다. 또한 제어 대상 기기들이 넓은 영역에 걸쳐 분산되어 있기 때문에 이에 대한 처리가 필요하다. 플랜트의 제어 시스템은 제어기 솔루션 제공 회사의 설계 기준에 따르는 경우가 많기 때문에 시스템 설계를 최적화하지 못하고 유지 관리 비용이 증가하는 등의 문제가 생긴다.

제어 시스템은 분산 제어와 개방형 아키텍처를 도입하고 있다. 제어기는 소형화, 고성능의 프로세서 사용, 안전성 지원, 다양한 통신 기능 제공, 표준화, 다양한 입출력 기능 등을 강화하고 있다

[†] Corresponding author

Tel: +82-2-3440-3000; fax: +82-2-3440-3300

E-mail address: kbkim@naracontrols.co.kr

(1-5). 또한 프로그래밍 환경도 IEC 61131-3 에서 규정하는 환경을 제공함으로써 제어기들 사이의 호환성을 유지하도록 하고 있다(6). 표준 프로토콜을 지원하는 개방형 네트워크는 표준을 준수하는 다양한 분산 제어 기기들을 효율적으로 통합할 수 있게 한다.

플랜트에 사용되는 제어 시스템은 해당 플랜트에서 요구하는 사항들을 반영하여 효율적으로 운용할 수 있도록 하여야 한다. 이렇게 함으로써 최적화된 제어 시스템으로 설계를 수행하여 비용을 절감하고, 유지 관리 측면에서 효율을 증대하는 효과를 거둘 수 있다.

본 논문에서는 해수담수화 플랜트에서 사용하는 제어 시스템에 관한 사항들을 고찰하고 이에 맞는 최적화된 제어기를 설계하기 위한 고려 사항을 살펴보았다. 그리고, 제시되는 플랜트 제어 시스템의 구성에 따라 효율적으로 구성할 수 있는 제어기를 개발하는 데 필요한 사항들을 조사 분석하고 설계하였다

2. 해수담수화 플랜트 제어시스템

2.1 플랜트 제어 시스템

시스템이 대형화되고 복잡해짐에 따라 다양한 형태, 규모 및 운전 조건의 제어를 필요로 하고 이를 지원하는 높은 신뢰성과 안전성을 구비한 고도의 자동화 설비가 요구되고 있다. 이 때, 각 공정들을 유기적으로 연결하고 최적의 자동화 시스템을 구성하기 위하여 분산 디지털 제어시스템이 적용된다. 제어기능 및 설비를 분산하여 신뢰성과 안전성을 높이고, 정보는 집중화하여 편의성 높은 자동화 시스템을 가능하게 한다. 발전 플랜트 중 시스템 원전용으로 활용되는 자동제어 시스템은 국제 규격에 맞는 안전성을 확보하는 것을 최우선으로 하고 있다. 원전 적용 시 미 연 방법 및 국내 전력 산업 기준의 품질 보증 기준을 준수하고 발전소 운전을 위한 감시 및 제어에 필요한 제어기 및 표시기를 제공한다. 그리고 발전소 보호 및 안전 계통, 다른 제어 및 감시 계통과의 연결을 위한 연계 장치 등을 제공한다(7).

석유 정제 플랜트의 경우 정유공장은 제어기가 잘못되면 대형 참사로 이어질 가능성이 높으므로 극히 신뢰도가 높은 고도의 자동화가 필요하다.

해수담수화 공정은 취수, 전처리, 역삼투, 후처리 등으로 분류할 수 있으며, 전체 공정을 모니터링 하고 운전하기 위한 제어부 등이 포함된다. IDE Technologies가 제시하는 공정 단계별 최적화 사항은 플랜트 공정별 유닛의 최적화, 플랜트 운영의 효율화, 안정적인 플랜트 운영, 신기술의 계속적 적용 등이다(8). 해수담수화 플랜트에서 사용하는 제어시스템은 이러한 공정단계별 최적화 사항을 만족할 수 있어야 한다.

2.2 제어기 요구 사항

해수담수화 공정에서 활용되는 제어기는 공정의 엔지니어링들을 모두 수용하며 신뢰성을 제공하여야 한다. 해수담수화 공정에 사용하는 자동 제어의 기본적인 요구 사항은 다음과 같다.

첫째, 신뢰성, 가용성, 안전성을 확보하고 관리자들이 작동하기 쉬워야 한다. 모듈 구조의 하드웨어와 소프트웨어로 자유롭게 구성하고 자기 진단 기능을 갖추으로써 공정의 정지를 방지할 수 있어야 한다. 그리고, 산업 표준에 따르는 개방형 시스템을 구축할 수 있게 하여 여러 회사의 기기들을 활용할 수 있어야 한다.

둘째, 현장 전체에 분산되어 있는 데이터에 대한 접근성이 좋아야 하고 다양한 규모로 활용 가능해야 한다. 이를 위하여 스테이션 제어 시스템과 통신하고 전체적으로 통합이 가능해야 한다.

셋째, 안전하고 안정적인 자동 공정 제어를 하기 위해 정상 운전에서 벗어나는 경우를 감지하고 경고를 발생하여야 한다. 또한 HMI 시스템을 통하여 시스템 성능을 감시할 수 있도록 하여야 한다.

이러한 일반 요구 사항을 만족하기 위한 제어기의 요구 사항은 다음과 같다.

첫째, 제어기는 실시간 처리를 수행한다. 제어기는 연결되어 있는 모듈들을 스캐닝하여 데이터를 가져오거나 명령어를 수행한다. 따라서 빠른 스캐닝 타임을 제공함으로써 현장의 상황들을 신속하게 제어할 수 있다. 이를 위해 하드웨어 실시간 처리를 가능하게 하는 시스템과 운영체제를 갖추어야만 한다.

둘째, 제어기는 고장 감내형 제어기로 구성하여야 한다. 상시 대기 기능을 보유하고 있어 시스템의 정지가 발생하지 않도록 하고 이중화 시

시스템뿐 아니라 제어기 자체의 신뢰성을 가지고 있어야 한다.

셋째, 분산 구조를 가능하게 한다. 분산 구조는 관리용 제어 시스템, 주제어기, 현장 장치 제어기 등을 자유롭게 구성하고 기능별 분산을 가능하게 한다.

넷째, 실시간의 산업용 Ethernet으로 연결할 수 있다. 이는 기가비트의 전송 속도를 제공하는 네트워크로써 매우 빠른 동작을 실현할 수 있다.

2.3 플랜트 제어 시스템 구성 요소

플랜트 제어 시스템은 주제어기, 플랜트 네트워크, 엔지니어링을 위한 프로그래밍 환경, 모니터링 소프트웨어, 필드 장치 등으로 구성된다.

주제어기는 고성능 프로세서들을 사용하고 고속 연산을 위한 프로세서를 활용하여 처리 속도를 높인다.

플랜트 내의 제어기 간, 또는 멀리 떨어진 제어기들을 연결하는 데 고성능의 네트워크 연결 기술을 사용한다. 토폴로지도 다양하게 구성할 수 있게 하고 이중의 네트워크를 구성하여 안전성을 확보한다.

신뢰성 있는 제어시스템을 구성하기 위하여 여

러 가지 이중화 방법을 지원한다. 동일한 구성의 제어기를 두 대 연결하는 CPU 이중화, 이중화된 네트워크에 연결할 수 있게 하는 네트워크 이중화 등을 사용한다. 전원 모듈도 이중화하여 전원 계통의 이상 발생에 대비하고 입출력 모듈의 이중화도 구성할 수 있다.

자동제어 시스템을 운영하기 위해서 프로그램을 하고 이를 제어기에서 동작시켜야 한다. 제어기들 사이의 호환성을 확보하며 자동제어 시스템에 대한 효율적인 운용을 보장하기 위해 만들어진 IEC 61131-3 표준을 준수하는 프로그래밍 언어를 사용할 수 있게 한다.

필드버스 기술은 하나의 통신케이블에 원격입출력모듈의 연결은 물론 현장기기를 직접 통신으로 연결하여 정보를 제어기로 보낼 수 있다. 현장에서 제어기까지 통신으로 연결되므로 케이블 절감 효과도 얻을 수 있다.

3. 해수담수화 플랜트 제어기 설계

3.1 시스템 구성도

아래 Fig. 1은 제어기를 활용하는 전체 시스템의 구성도이다. 상단의 네트워크는 고속의

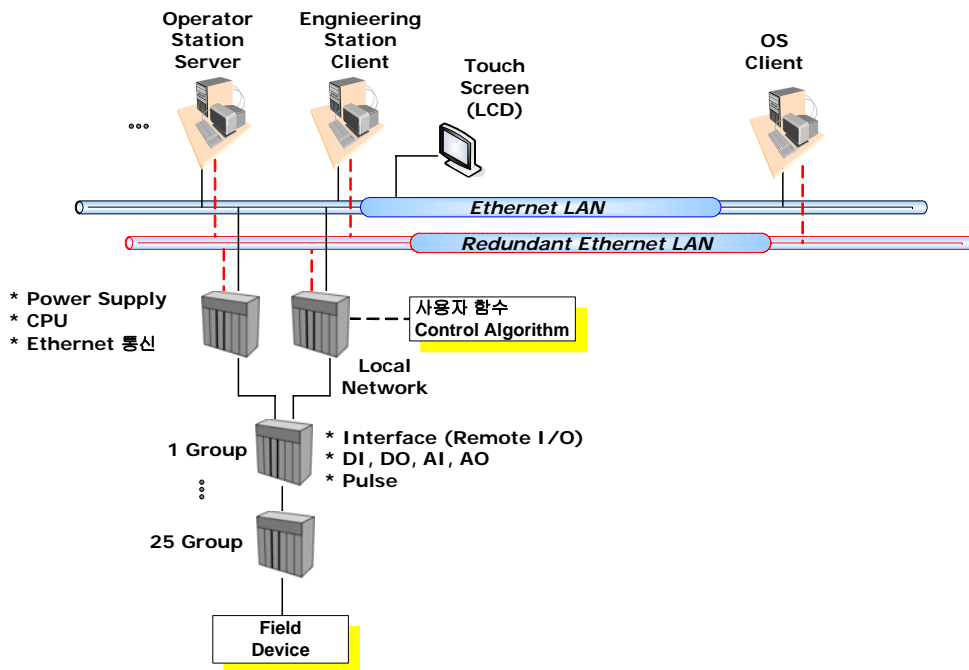


Fig. 1 Control system configuration

Ethernet으로 구성한다. 제어기는 전원 모듈, 프로세서 모듈, 입출력 모듈, 확장 모듈 등으로 구성되며, 구성하고자 하는 플랜트의 규모에 따라 모듈을 확장하여 자유롭게 구성할 수 있다. 또한 제어기는 이중화 기능을 제공하여 네트워크의 단절 또는 프로세서의 오류 시에도 백업 기능을 통해 자동제어 기능이 정지하지 않도록 한다. 현장의 단말을 지원하기 위하여 표준 통신 프로토콜을 지원하는 모듈이 필요하다. 현재 필드 버스, 모드 버스, 디바이스 넷 등 다양한 프로토콜들이 사용되고 있다. 필드버스에는 Profibus, ControlNet, InterBus, Ethernet-IP, DeviceNet, CAN Open 등이 있다.

3.2 제어기 구성

제어기의 기본 구성은 Fig. 2와 같다. 백플레인에 전원 모듈, 프로세서 모듈, 통신 모듈, 입출력 모듈, 입출력 확장 모듈들을 장착한다. 다른 제어기들과의 연결, 관리 및 엔지니어링 스테이션들과 연결은 Ethernet을 통하여 연결한다.

전원 모듈은 각 모듈들이 사용할 수 있는 전원을 공급하며 프로세서 모듈은 실시간으로 주요 제어 기능을 수행하고 프로그램의 다운로드 및 업로드, 디버그 등을 수행한다.

입출력 모듈은 현장 기기와 커넥터 및 연결선을 통하여 연결되며 디지털 입출력 모듈, 아날로그 입출력 모듈, 특수 용도의 모듈들이 있다. 입출력 모듈을 확장하기 위해서는 입출력 확장 모듈이나 Fieldbus-DP master 모듈을 연결한다.

3.3 제어기 설계

하드웨어 설계는 기능 설계와 성능 설계로 나누어 볼 수 있다. 기능적으로는 실시간 처리, Fault Tolerant 기능 지원, 표준 프로토콜 지원 디바이스 연결, 시험 및 인증 기준을 준수하여야 한다. 성능 부분에서는 정격입력, 누설전류, 온도, 절연저항, 내전압, 내환경 등의 신뢰성 성능 시험을 통과하여야 한다.

소프트웨어는 운영체제와 프로그래밍 환경, 통신 프로토콜 등의 설계를 포함한다. 실시간 처리를 지원하고 Fault Tolerant를 지원하는 소프트웨어 구성을 할 수 있도록 한다. 프로그래밍 환

경은 IEC 61131-3 규정에서 제시하는 프로그램들을 모두 지원하고 현장에서 필요로 하는 라이브러리들을 생성하여 활용할 수 있게 한다. 통신은 표준 프로토콜을 지원하여 시스템의 확장성을 보장하도록 한다. 상위에는 이더넷을 지원하고 현장 기기와 통신은 필드버스 규약을 따르도록 한다.

제어기 구성 요소들의 사양은 Table 1과 같다.

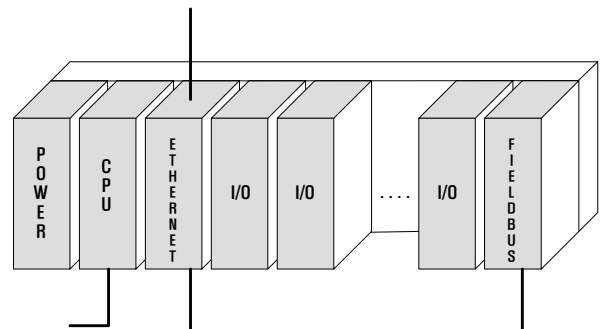


Fig. 2 Controller configuration

Table 1 Controller specification

구성 요소	사양
CPU module	CPU 주변장치 연결 기능 수행 Watchdog, UART 인터럽트 발생 및 처리 각종 상태를 알려주는 LED 각종 스위치(리셋 기능 등) RTC 지원
디지털 입출력/ 아날로그 입출력	입출력 전압 진단 동작 상태 표시 및 상태 정보 출력 프로세서 모듈과 연계
Pulse counter 모듈	Pulse train data input Pulse train에 대한 디지털 필터링 펄스 카운터 동작 상태 표시 및 상태 정보 출력
Communication module	CPU와 연계 동작 수행 인터럽트 발생 및 처리 상태 표시를 위한 LED 동작
소프트웨어	실시간 처리 운영체제 IEC 61131-3 프로그램 지원 모듈 간 통신 프로토콜 지원 Ethernet을 통한 통신 프로토콜 지원 이중화 지원

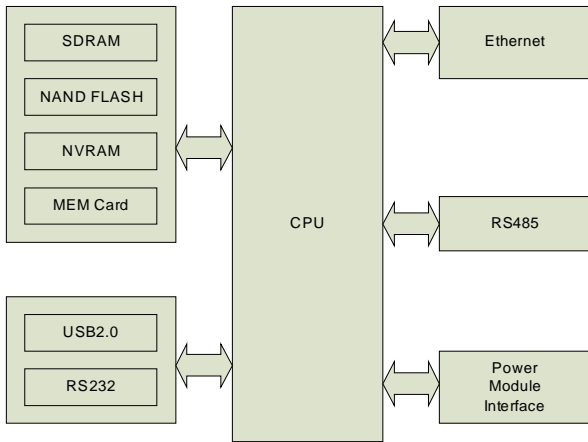


Fig. 3 Central process module block diagram

CPU 모듈은 Fig. 3과 같이 로컬 버스를 통해 입력 모듈들의 입력 데이터를 받아 이를 연산하여 출력 모듈로 출력한다. 전체 블록은 CPU, 메모리, 통신, 전원 및 기타로 이루어져 있으며 메모리에는 전체 데이터를 저장하는 SDRAM과 프로그램 저장용 NAND FLASH, 실시간으로 변하는 데이터를 저장하기 위한 NVRAM 및 옵션으로 메모리 카드를 이용하여 여러 데이터 및 프로그램을 다운로드 및 업로딩을 할 수 있다. 또한 상위 시스템과의 원활한 통신을 수행하고 전체 시스템의 상태 및 제어를 디버깅 하기 위한 통신 포트를 가지고 있다.

통신 모듈은 2개의 Ethernet 포트를 갖는 Ethernet 모듈과 시리얼 인터페이스 모듈, 필드버스 지원 모듈로 구성된다. 이 모듈은 통신 네트워크를 통하여 입출력 기기를 확장하는 방법으로도 사용된다.

입출력 모듈은 기본적으로 16 포인트, 32 포인트의 제어 포인트를 가지며 디지털 출력은 릴레이 출력을 지원할 수 있게 한다. 아날로그 입출력은 14~16 비트의 해상도를 갖도록 하여 정밀도를 높게 한다. 각 신호들은 서로 영향을 주지 않도록 잘 절연되어야 한다. 각 모듈들의 전면에는 상태 표시등을 가지고 있으며 현장 기기들을 쉽게 연결할 수 있도록 단자를 선택하고 위치를 선정한다. 모든 모듈들은 Hot swap 기능과 자체 진단 기능을 가지고 상태를 중앙 시스템에 통보하여 동작 상태를 확인할 수 있도록 한다.

백플레인 모듈은 모듈 간에 전원을 공급하고 데이터 전송을 위한 통로를 제공한다. 백플레인에는 커넥터가 부착되어 있어 해당 모듈을 장착할 수 있

다. 필요로 하는 슬롯의 개수에 따라 미리 정해진 백플레인 모듈을 사용할 수 있도록 한다. 슬롯에는 전원 모듈, 프로세서 모듈, 입출력 모듈, 통신 모듈, 입출력 확장 모듈 등이 장착된다.

전원 모듈은 AC100~240V를 자유롭게 입력으로 하고 모듈에서 사용하는 5V, 15V, 24V 등 여러 종류의 전압을 출력한다. 전원 모듈은 안정적인 출력 전압을 유지하도록 하는 것이 매우 중요하다.

프로그래밍 도구는 규정되어 있는 프로그램의 종류들을 모두 지원하도록 편집기를 제공하고 PC에서 작업한 후 제어기에 다운로드 할 수 있도록 링커와 컴파일러를 제공한다. 에디터 등의 도구는 사용하기 쉽도록 구성한다.

4. 결론

해수담수화 플랜트의 제어시스템은 공정을 최적화하여 신뢰성 있는 환경을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위한 제어기의 요구 사항들을 살펴보고 신뢰성과 안전성을 확보하기 위한 기본 설계 방향을 수립하였다. 플랜트의 제어기는 정확한 기능과 안정적인 성능을 가져야 하기 때문에 국제 인증 시험 등을 한 후 많은 시험을 수행하여야 한다. 변화하는 기술들을 반영하면서 상세 설계, 구현 과정을 거칠 예정이다. 제어기 사양에 대한 지속적인 검증도 함께 하여야 한다.

후기

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원 (과제번호 07해수담수 B03-01-02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 송한수, 2003, PLC 발전 동향과 전망, 월간 제어계측, pp. 6-11
2. FA Journal, 2006, 각 PLC 벤더들의 주력 제품 리스트업, FA Journal
3. 김중석, 2007, PLC로 구성한 Hot Standby 시스템, C&I, pp.11-14
4. 미쓰비시오토메이션, 2007, MELSEC-Q Databook, 미쓰비시오토메이션
5. CREVIS, CREVIS 2007 Catalog, 2007,

CREVIS

6. Karl-Heinz John and Michael Tiegelkamp, 2001, IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, Springer
7. 이용배, 오인석, 2007, 시스템 원전용 DCS (Distributed Control System) 개발, 원자력산업, pp.57-64
8. 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 2008, 대용량 해수담수화 플랜트 시스템 설계 및 시공 기술 개발 연구보고서

