

증기터빈 디지털 제어 시스템 통신 사양 고찰

서중석, 육심균, 조창호, 정창기
한국중공업 기술연구원, 전력연구원 발전연구소

A Study of communication specification of a steam turbine digital control system

Joong-Surk Sur, Sim-Kyun Yook, Chang-Ho Cho, Chang-Ki Jung
Hanjung. R&D Center, Kepoc. Kepri.

Abstract - When we are trying to retrofit turbine control system from analog system to digital one, a new communication network is required to be constructed. In this paper, we are going to introduce one example of economic communication network, which is reliable in operation from control room and field instruments to office and computer room. It will be installed in a power plant in the case of retrofiting control system of medium size steam turbine.

1. 개요

자동화 분야에 있어서의 통신의 역할은 최하 단의 기기에서부터 최상 단의 컴퓨터에 이르기까지 각각의 기기나 장비들이 서로 유기적으로 결합되어 서로의 정보를 교환하고, 필요시 상호간에 인터록킹을 통하여 공정이 원활히 이루어 질 수 있게 한다. 주로 하단의 네트워크는 자기의 정보를 상단의 장비로 전송하고 상단은 이를 분석하여 하단의 장비에게 다시 지시하게 함으로써 크게 보면 일종의 폐쇄 회로를 구성하여 공정을 최적화시켜 생산성 및 품질의 향상을 기대할 수 있게 한다.

자동화 분야에 사용되어지고 있는 네트워크의 종류는 각각의 장비를 공급하고 있는 회사마다 통신하는 방식이 다르고 또 아직까지는 이 분야의 표준화된 제어 기기 생산이 활성화되어 있지 않은 상태이므로 각 장비의 특성에 따라 효율적인 네트워크를 구성하는 것이 중요한 과제라 할 수 있다. 또한 근래의 통신 기술의 발달과 컴퓨터의 기능이 크게 높아짐에 따라 계층간의 구분이 뚜렷하지 않고 또한 계층의 집적화 현상으로 계층의 수가 그림 1과 같이 줄고 있는 실정이다. 특히 소규모인 자동화 시스템에서는 각 계층을 공유하는 경향이 많은 추세이다. 본 고에서는 소규모이면서도 고도의 신뢰성을 요구하는 터빈 디지털 제어 시스템에서의 시스템 구성과 특성 등에 대해서 소개하고자 한다.

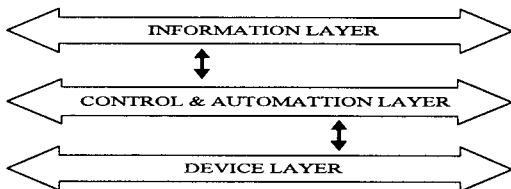


그림 1. 근래의 자동화 시스템 구축 방향

2. 자동화 분야의 통신망

최근 자동화 분야는 개방된 네트워크로 옮겨가고 있으며, 이것은 공정 제어라든가 제조 시스템의 아키텍처에 커다란 변화를 야기할 것이다. 대규모의 기술 혁신에 대한 것이기는 하나 이 경우에도 어떤 기술이나, 기법,

아키텍처가 적당한가에 대한 논의는 계속 진행되고 있다. 하나의 어프로치로 간단한 데이터 저장에서부터 디스크리트 기계제어(PLC) 그리고 분산형 공정제어(DCS)에 이르기까지 모든 자동화 어플리케이션에 적용할 수 있는 것이라면 그것이 이상적이다. 그러나 현실적으로 산업 자동화 시스템에서의 필수 조건이 다양하여 한 종류의 네트워크로 모두에 적용한다는 것은 도저히 불가능하다. 그러면 자동화 분야에 있어서, 어떤 분야의 어플리케이션에서는 최적인 네트워크가 또 다른 분야의 어플리케이션에서는 부적합한 네트워크가 될 가능성이 있다. 그러므로 각 네트워크의 계층별 특성(표 1)을 보다 정확히 파악하고, 이해함으로써 향후 시스템 구축시 보다 효율적인 시스템 구축이 가능하리라 본다.

표 1. 계층별 네트워크 특성

종류	주사용 목적	Network	데이터량	응답시간	경비
Information	데이터공유 데이터보관	크다	매우많다	보통이다	많다
Automation	Peer-to-Peer 감시, 제어	중간	많다	빠르다	적다
Control	I/O통신 고기능기기	중간	보통이다	매우빠름	적다
Device	무배선	작다	적다	매우빠름	매우적음

2.1 Information 계층(TCP/IP)

정보 계층의 통신 기능은 제어기가 특정 설비의 제어 기로서 역할을 넘어서, 대규모 시설의 다수 스테이션의 제어기 역할을 할 수 있게 해 준다. 즉, 계층적인 제어 구조의 일부가 되어, 다수의 제어기나 지능형 장비를 관리 감독할 수 있게 되는 것이다. 이와 같은 고 기능의 통신 링크를 위해서는 각 업체의 특수한 통신망이 아닌 표준적인 통신망과 연결할 수 있는 기능을 가져야 한다. 이와 같은 요구 사항을 충족하면서 표준화되어 있고 널리 사용하는 통신망인 Ethernet(TCP/IP) 사용으로 사용자의 정보 시스템에 접속을 용이하게 하는 것이 일반적인 추세이다.

2.2 Control & Automation 계층

자동화 및 제어 계층에서의 실시간 수행능력 및 판단 기능이 전체 제어 시스템의 핵심 요소 기술이다. 그러므로 자동화되어 있는 플랜트 공정 전체로 볼 때, 작업성과 생산성을 향상시키기 위해 플랜트의 전체적인 통신 기능을 필요로 하게 된다.

표 2. 각 제어기 제조업체 별 근거리 통신망

제어기 제조업체	통신망
Allen-Bradley	Data Highway, ControlNet
Modicon	Modbus, ModbusPlus
General Electric	GE Net Factory LAN
Triconex	Ethernet, Modbus
SIEMENS	SINEC, Profibus, Ethernet

이러한 통신 기능은 마이크로 컴퓨터, 제어기와 같은 각종 장비를 연결하여 제어하고 프로그램할 수 있게 된다. 그러므로 대부분의 제어기 제조업체에서는 통신의 안정성을 위해 이중화되어 있는 전용의 통신망을 제공하여 제어기와 자사 제품의 링크 기능을 제공한다. 주요 제어 기기 업체별 자동화 및 제어 계층의 통신망을 정리하면 표 2와 같다.

2.3 Device 계층

공장 현장에서 사용되어지고 있는 모든 센서 및 기기들이 단순 기능뿐 아니라 통신 및 자기 진단 기능을 수행할 수 있는 능력을 가짐으로서 현장 기기와 제어 장비간의 결선이 획기적으로 줄고 또한 시스템의 Downtime도 대폭 감소시킬 수 있는 디지털 네트워크 일부 사용되고 있고 또한 개발 도중인 것도 있다. 이 레벨은 단순한 디스크리트 센서에서 데이터를 수집하는 저레벨 시스템에서부터 인텔리전트 필드버스에 의해 분산 제어되는 고도의 네트워크에 이르기까지 다양하다. 산업용 어플리케이션에서 사용되는 Device 계층의 네트워크에는 아래와 같은 특징이 있다.

- * 배선량 절감으로 설치비용 및 유지비용 절감.
- * 개방 네트워크이기 때문에 제어 시스템의 메이커에 상관없이 각 용도마다 가장 적합한 계층기를 선정.
- * 복수치 측정이라든가 고도의 진단 등의 기능을 제공하는 인텔리전트 계층기도 사용.
- * 인텔리전트 디바이스를 사용하여 분산형 제어를 하는 것도 가능하고 집중제어와 로컬 프로세서 제어를 유연하게 사용하여 가장 적당한 성능과 신뢰성 향상.

3 터빈 제어 시스템에서의 통신망 구현

아날로그식 터빈 제어 시스템을 디지털 터빈 제어 시스템으로 개조할 때 필연적으로 새로운 통신망 구축이 필요하다. 본 고에서는 200MW급 중형 중기 터빈 제어 시스템 개조시에 적용하기 위한 통신망으로써 소규모의 사무실, 전산실, 배전반, 중앙제어실 및 현장 기기간에 신뢰성 있고 경제적인 통신망 구현에 관해 소개코자 한다.

3.1 시스템 요구 사항

발전 설비중 터빈 디지털 제어 시스템을 구현하기 위해서는 여러 회사에서 개발된 다양한 단위 기기들을 서로 결합하여 발전 설비의 효율적인 운전, 편리한 유지/관리 시스템으로 통합되어야 하며, 아울러 아래와 같은 기능을 갖추고 있어야 한다.

- * 신뢰성 있는 이중화 가능한 통신 기능
- * 개방된 네트워크로 유연성 및 통합성 용이
- * 저렴한 노드 비용 및 배선 비용 절감
- * 지능형 장치에 의한 향상된 진단 피드백
- * 제어 및 자동화 신 기술 도입용이

3.2 터빈 디지털 제어 시스템 구성

터빈 디지털 제어 시스템의 통신망은 그림 2에 표시된 바와 같이 상위 통신망으로 전산실, 중앙제어실 및 원거리 사무실 간은 Ethernet(또는 인터넷)으로 정보 통신망을 구축하고, 중간 계층의 통신망인 중앙제어실과 배전반 사이는 Ethernet 또는 Modbus로 이중화하여 통신에서의 신뢰성을 향상시키고, 하위 계층인 보조 제어 기기들(터빈 감시, 진동감시 시스템, 기록계 등) 사이에서는 필드버스 또는 제작사에서 제공하는 통신기능으로 네트워크를 구성하였다.

3.3 터빈 디지털 제어 시스템 특징

3.3.1 Information 계층

Information 계층은 그림 2에서의 최상위 네트워크를 말하며, 여기에는 Engineering W/S, Web Server Node, 두 대의 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) Node 및 주 제어기가 Ethernet으로 연결되어 있다. 이 상위 계층 네트워크는 SCADA Node와 주 제어기(3중화 제어기: Triconex사의 TS3000)간의 중간 계층 네트워크와 완전 분리 설치하여, 상호간의 네트워크 상태에 영향받지 않도록 한다. 또한 상위 계층 네트워크에는 Hard-Copy용 프린터와 보고서용 프린터 그리고 여러 대의 컴퓨터가 연결되어 있다. 그러므로 이 계층은 산업 표준으로 널리 사용되고 있는 Ethernet(TCP/IP)을 통신 사양으로 선정하여 Web User Interface(WUI)를 통한 종합 정보 통신망을 구축하는 것이 유리하다.

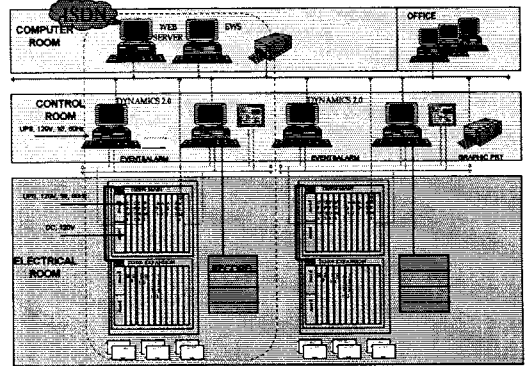


그림 2. WUI를 적용한 터빈 디지털제어 시스템 구성도

Ethernet의 일반적인 특성을 정리하면 아래와 같다.

- * IEEE 802.3을 지원(전송속도 : 100/10 Mbps)
- * Transmission Control Protocol/Internet Protocol - 표준 IP Node 주소
- * 다양한 전송 매체 : Thick Wire, Thin Wire, Fiber, Twisted Pair, RF, Broadband
- * 표준 Transceiver 와 Cable Connect 사용
- * 다수 회사의 많은 제품과 호환성 : Gateway, Routers, Bridges, Repeaters 등
- * Wide Area 네트워크를 구성하여 정보를 통합 관리.

3.3.2 Control & Automation 계층

1) TCP/IP를 이용한 터빈 제어 시스템

각 SCADA Node 및 View Node는 주 제어기와 Ethernet으로 이중화 통신이 가능하도록 그림 3과 같이 구성한다.

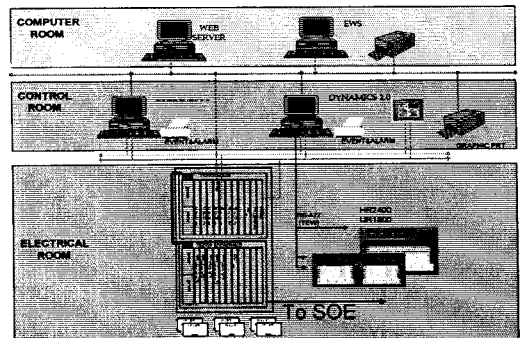


그림 3. TCP/IP를 Control 계층으로 사용한 구성도

그리고 두 대의 SCADA Node는 Main SCADA Node와 Backup SCADA Node로 구성한다. 즉 Main SCADA Node로 작업하다가 고장이 발생하면 Backup SCADA Node로 자동 절체되어 계속 운전할 수 있으며, View Node는 SCADA Node에서 정보를 전송받아 계속 현장 상태를 감시할 수 있게 한다. 이러한 시스템의 주요 특징은 아래와 같다.

- * Ethernet(TCP/IP)를 사용하여 다양한 Vendor의 다양한 제품과 호환성 유지.
- * SCADA Node와 View Node를 같은 네트워크에 통합.
- * SCADA Server 이중화로 시스템의 안정성을 고려.
- * 네트워크를 이중화시켜 시스템의 안정성을 고려.
- * CPU 3중화 시스템으로 안정성 고려.

2) Modbus를 이용한 터빈 제어 시스템

각 SCADA Node는 주 제어기와 Modbus로 I/O 통신이 이중화 가능하도록 그림 4와 같이 구성한다. 두 대의 SCADA Node는 Ethernet을 통하여 SCADA Node 간 통신을 이중화 하고, 두 대의 SCADA Node는 Main SCADA Node와 Backup SCADA Node로 운전되게 한다. View Node는 Information 계층의 네트워크에 연결하여 각각의 SCADA Node에서 정보를 받아 현장 상태를 상시 감시할 수 있게 한다. 주요 특징은 아래와 같다.

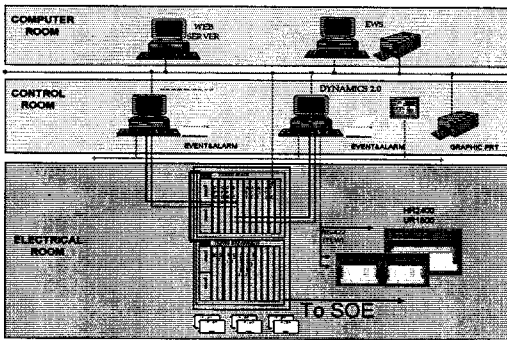


그림 4. Modbus를 Control 계층로 사용한 구성도

- * Modbus 통신 Protocol(Multi-Drop 방식)을 사용하여 하위 Processor들을 하나로 묶어서 네트워크로 통합.
- * Modbus통신 Protocol을 사용하여 네트워크를 이중화.
- * SCADA Server를 이중화하여 시스템의 안전성 향상.
- * CPU 3중화 시스템으로 안정성 고려.

3.3.3 Device 계층

전체 계층 구조에서 볼 때 가장 하위에 해당하는 입출력 링크로 제어기와 입출력 장치를 연결하는 통신망이며, 여기에는 지능형 장치(예: 운전자 인터페이스)의 호스트와도 연결될 수 있다. 이 링크는 제어기 프로세서에 장치되어 있는 스캐너를 통해 접속될 수도 있고, 독립적인 스캐너 모듈을 통해 접속되기도 한다. 후자의 경우를 특별히 컴퓨터 링크라고 부르기도 한다. 원격 입출력 링크는 보통 RS232, RS422 또는 RS485 등의 신호 레벨을 사용하여 비동기 전송 방식을 택하고 있다. 구체적으로 터빈 제어 시스템에서의 Device 계층에 연결되는 시스템(예: 진동 감시 시스템, 터빈 감시 시스템, 현장 기록계 등)에 대해서 설명하면 진동 감시 시스템은 Maker에서 제공하는 Modicon사의 Modbus 또는 Allen-Bradley 사의 DF1 통신 프로토콜을 사용하고 기

특계 등은 maker의 전용 프로토콜을 사용하여 현장 기기 설치를 최소화하면서 컴퓨터 링크로 네트워크를 구성하는 것이 여러가지 측면에서 바람직하다고 본다.

4 통신망의 최근 추세 및 향후 전망

현재 현장에 구축되어 있는 대부분의 제어기는 제작사 고유의 프로토콜을 사용하였기 때문에 타 업체의 기기와 데이터를 공유함에 있어서 추가적인 비용과 시간이 소요되는 등 어려움이 많다. 이는 생산 비용과 직결되는 문제이므로 개방형 네트워크의 필요성을 대두 시켰다. 개방형 네트워크는 모든 사람에게 통신 규약을 공개하여 누구나 통신망을 쉽게 구축 혹은 제작할 수 있게 한 네트워크이다. 이러한 개방형 네트워크는 국제 표준 기구에서 제안한 7계층 구조인 OSI(Open System Interconnection) 구조 혹은 그 일부를 가지고 있으며 TCP/IP, MAP, Profibus, FIP 등이 이에 해당된다. 그러나 TCP/IP는 실 시간성을 보장하기 어려우며, MAP도 구현 비용과 실 시간성 등의 문제로 인해 제어기에 사용하기에는 부적합한 면이 있다. 이러한 단점을 보완하고 주어진 필드에서 필드기기들과 상위의 제어기기간의 효율적인 통신을 위하여 제안된 것이 필드버스이다. 필드버스는 그 응용분야에 따라 FIP, Profibus, IEC/ISA Bus, CAN, BITBUS, HART, INTERBUS-S, LON, MIL STD 1553, SERCOS등 그 종류가 매우 다양하며, 이 중 Profibus와 FIP가 개방형 산업용 네트워크에 적합한 것으로 알려져 있다. 필드버스는 기존 제어기 등에서 사용하고 있는 네트워크와 비교할 때 설치 비용 절감, 시스템 확장 및 변형용이, 원격에 의한 유지, 보수용이 등의 많은 장점을 지닌다. Profibus와 FIP는 현재 독일과 프랑스에서 각각 국가 표준으로 되어 있으며 최근 제어기를 비롯한 여러 자동화 기기에 적용되기 시작하고 있다. 아직 국제 표준화 작업은 완성되지 않았으나, 여러 측면에서 볼 때 Field-Bus는 차세대 분산 제어 및 자동화 시스템의 구축을 위한 핵심 기술로 부상할 것으로 예상된다.

5. 결론

본 논문에서는 자동화 분야에서의 통신의 역할 및 중요성을 설명하였고 네트워크의 종류와 그 특징을 정리하였으며, 근래에 많이 활용되는 네트워크 계층(Device 계층, Control & Automation 계층, Information 계층)별 통신 네트워크와 터빈 디지털 제어 시스템에서 활용 가능한 통신 네트워크에 대해서 고찰하였다.

최근 급격하게 발전하는 통신 기술에 대한 이해와 그 추세를 파악하고, 계층별 네트워크 구현 방법을 확보하였으며, 향후 TCP/IP를 Automation & Control 계층으로 한 터빈 디지털 제어 시스템을 실제 발전 설비에 적용하여 성능 및 신뢰성을 입증할 예정이다.

참고문헌

- [1] 한국전력공사 발전교육원, "터빈운전 실무", 1998
- [2] 한국전력공사 발전교육원, "계측제어 실무", 1998
- [3] Douglas E. Comer, "Introduction to TCP/IP and Internetworking", Network Interop 96, 1996
- [4] Douglas E. Comer, "Internetworking with TCP/IP" Third edition, Prentice Hall, 1995
- [5] TRICONEX 사 통신 관련 manual
- [6] MODICON 사 통신 관련 manual
- [7] NETWORK 관련 SITE
- [7] Profibus Home Page: <http://www.profibus.com/>
- [8] WorldFIP Home Page: <http://WWW.worldfip.org/>
- [9] Fieldbus Home Page: <http://www.fieldbus.org/>
- [10] DeviceNet Home Page: <http://www.odva.org/>
- [11] ControlNet Home Page: <http://www.controlnet.org/>