

PC기반의 발전소 시뮬레이터용 입출력 제어 시스템의 설계

\*조 지용, \*곽 귀일, \*이 진기  
\*전력연구원 전력계통연구실 정보통신그룹

Design of Input Output Control System for Power Plant Simulator based on PC

\*Ji-Yong Cho, \*Kwi-Yil Gwak, \*Jin-Kee Lee  
\*KEPRI, Power System Lab, Computer and Communications Group

**Abstract** - 최근 급속한 하드웨어 및 소프트웨어 기술의 발달로 인하여 PC기반의 분산제어 시스템들이 산업계에 모습을 보이고 있다. 발전소 시뮬레이터는 발전소의 모든 운영을 통제하는 중앙제어실과 똑같은 형태 및 동작특성을 갖춘 설비로 운전원들이 정상적 상황은 물론 가상적인 사고상황에서도 긴급 대응할 수 있도록 훈련에 이용되는 모의훈련 시스템이다. 본 논문에서는 제어 자동화 통신망으로 떠오르고 있는 필드버스와 함께 시뮬레이터 판넬에 설치된 수만개에 달하는 각종 입출력 신호들을 분산된 PC 시스템에서 수집하고 이 신호들을 실시간 통신기술을 이용하여 원격의 현장(시뮬레이션 컴퓨터)까지 송수신해 주는 입출력 제어 시스템의 설계에 관한 내용을 소개한다. 특히 분산된 PC 시스템 구조와 각 시스템에 탑재될 소프트웨어 모듈들 그리고 TCP/IP를 대신하여 사용하고 있는 필드버스 프로토콜 드라이버의 설계에 관한 내용을 중심으로 소개하고자 한다.

시스템에 탑재될 소프트웨어 모듈을 알아보고, 4절에서는 TCP/IP를 대신하여 사용하고 있는 필드버스 통신 프로토콜 드라이버의 설계에 관한 내용을 기술하고, 5절에서는 응용 프로그램과 통신 프로토콜 사이를 인터페이스해주는 VTBI(Virtual Terminal Box Interface)를 기술하고, 6절에서 결론을 기술하고자 한다.

2. 입출력 제어 시스템의 H/W 구성

본 논문에서는 시스템의 H/W 구성을 위해서 약 14,000 개의 입출력 포인트를 필요로 하는 U원자력 발전소 시뮬레이터의 자료를 근거로 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 그림 1에서 시뮬레이션 컴퓨터의 운영체제는 Windows NT이고 마스터 노드와 모니터 노드는 Windows 95나 98이 탑재 가능하며 서브노드(1-14)는 DOS이다. 서브노드의 운영체제로 DOS를 택한 이유는 서브노드의 경우 하드 디스크를 대신하여 Flash Memory를 사용하고 있어 경제적인 면을 고려할 때 DOS가 Windows 보다 기억용량을 적게 차지하기 때문이다.

1. 서 론

최근 급속한 하드웨어 및 소프트웨어 기술의 발달로 인하여 PC의 성능과 신뢰성이 향상되고 있으며, 산업에서의 PC 사용 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 특히 PC기반의 분산제어 시스템들이 모습을 보이고 있으며, 국내 발전소 제어설비에도 적용이 되고 있다. 제어 자동화 통신망으로 사용되고 있는 필드버스는 1980년 후반부터 생산 현장에 설치된 각종 제어 및 자동화 관련 장비들에서 생성되는 데이터들의 실시간 통신을 지원하기 위해 등장하였다. 필드버스는 양방향 디지털 통신이 가능한 필드기기와 자동화 기기들간의 통신 네트워크, 즉 현장의 다양한 계기들로부터 상위의 제어기로 연결되는 복수의 통신선으로 LAN과 같은 디지털-버스 형태의 단일 통신선으로 대체한 제어 자동화 통신망으로 볼 수 있다. 이러한 필드버스는 실시간 서비스를 효과적으로 지원하기 위해서 3계층의 간략한 통신구조를 가지고 있다. 필드버스를 이용하면 초기 설치 비용과 유지보수 비용이 절감되고 성능향상을 기대할 수 있다. 하지만, 필드버스는 국제 표준의 부재속에 표준화 작업이 계속 진행되고 있고, 각 벤더들이 고유의 모델을 주장하고 있어, 값이 비싸고, 벤더 종속성이 크다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 PC와 표준 Ethernet 통신카드를 사용하고 자체 개발된 필드버스를 기반으로 설계된 발전소 시뮬레이터의 입출력 제어 시스템을 소개하고자 한다. 발전소 시뮬레이터는 발전소의 모든 운영을 통제하는 중앙제어실과 똑같은 형태 및 동작특성을 갖춘 설비로 운전원들이 정상적 상황은 물론 가상적인 사고상황에서도 긴급 대응할 수 있도록 훈련에 이용되는 모의훈련 시스템이다. 본 논문에서는 시뮬레이터 판넬에 설치된 수 만개에 달하는 각종 입출력 신호들을 분산된 PC 시스템에서 수집하고 이 신호들을 실시간 통신기술을 이용하여 원격의 현장(시뮬레이션 컴퓨터)까지 송수신해 주는 입출력 제어 시스템의 설계에 관한 내용을 소개한다. 2절에서는 입출력 제어 시스템의 H/W 구성을 알아보고, 3절에서는 입출력 제어

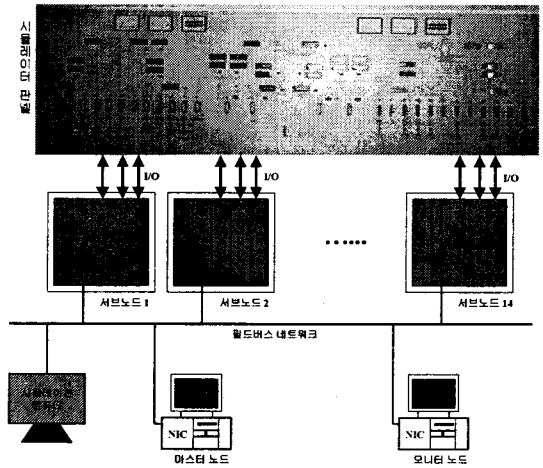


그림 1 입출력 제어 시스템의 H/W 구성

- 가. 시뮬레이터 판넬  
약 14,000개의 계기들이 설치되어 있는 발전소 모의 현장 계기 판넬
- 나. 필드버스 네트워크  
3계층의 통신 프로토콜 구조를 갖으며, 실시간으로 다양한 현장계기들에 대한 정보를 전송한다.
- 다. 마스터 노드  
각 노드들간의 통신을 관장하는 노드로서, 전송매체의 접근 순서를 제어한다.

라. 모니터 노드

각 노드 간의 통신을 모니터링 하여 각 노드의 이상 유무를 판별하는 기능을 수행한다.

마. 서버 노드

현장계기 판넬의 입출력 포인트들을 담당하는 노드이며 입출력 카드를 통해서 판넬의 계기 상태들을 읽어 들여서 통신망에 전달하고, 또한, 통신망에서 수신한 신호들을 판넬의 계기들에 출력하여 계기들로 하여금 지시치나 상태치등을 지시하게 한다.

바. 시뮬레이션 컴퓨터

시뮬레이션 모델들과 알고리즘을 가지고 있다. 필드버스 네트워크를 통해 서버 노드들로부터 디지털 입력신호에 관한 정보를 얻고, 시뮬레이션된 디지털, 아날로그 및 릴레이 출력에 관한 정보를 서버 노드들이 받을 수 있도록 필드버스 네트워크에 송신한다.

3. 입출력 제어 시스템의 S/W 구성

제 2절에서 설명한 H/W 구성요소들이 시뮬레이터의 입출력 제어 시스템으로 역할을 하기 위해서는 적절한 S/W 모듈들이 필요하다. 이번 절에서는 H/W 구성요소들이 탑재하게될 S/W 모듈들을 설명한다.

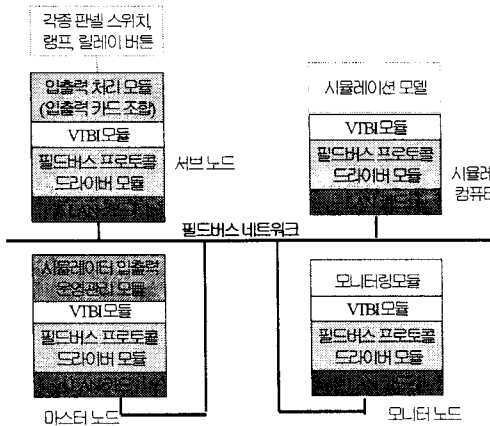


그림 2 입출력 제어 시스템의 S/W 구성도

가. 필드버스 프로토콜 드라이버 모듈

자체 개발된 실시간 필드버스 프로토콜(VTBP: Virtual Terminal Box Protocol)로, LAN카드를 직접 Access하며 데이터 송수신을 담당한다.

나. VTBI(Virtual Terminal Box Interface) 모듈

응용 프로그램이 필드버스를 이용할 때 VTBP내의 특정 메모리를 접근할 수 있는 라이브러리를 제공하는 API이며 응용 프로그래머에게 DLL(Dynamic Link Library)로 제공됨

다. 시뮬레이터 입출력 운영관리 모듈

각 입출력 계기 동작에 대한 자동 진단 기능을 제공하고 정상 운전 중 I/O Point의 현재값을 Monitoring할 수 있는 기능을 제공함

라. 모니터링 모듈

이더넷 상에 오가는 패킷을 Dump하는 기능과 각 노드의 동작 상태를 감시하여 이상 발생시 메시지를 발생시키며 마스터 노드가 Down 되었을 때는 마스터 노드의 기능을 전부 수행함

마. 입출력 처리 모듈

각 서버노드에 설치된 각종 I/O 카드를 통하여, 시뮬레이터 판넬 및 조작보드 등에서 입출력되는 각종 신호를 고속으로 취득하여 통신망으로 보내고, 통신망에서 전달되어온 신호들을 판넬측에 출력해줌

4. 필드버스 통신 프로토콜(VTBP)

4.1 VTBP 구조

VTBP는 효율적인 실시간 서비스를 제공하기 위해서 TCP/IP의 4계층 통신 구조에 비해 slim화된 3계층 구조로 되어 있다. 그림 3은 TCP/IP 구조와 VTBP 구조를 나타내고 있다. 그림 3의 (b)는 시스템의 운영체제가 Windows 95, 98, NT인 경우를 나타내고, (c)는 운영체제가 DOS인 경우를 나타낸다. 그림에 나타난 NDIS(Network Driver Interface Specification)와 Packet Driver 인터페이스는 Windows나 DOS 운영체제하에서 네트워크 카드 드라이버나 프로토콜 드라이버 개발자들이 준수해야 할 사항들을 기술하고 있는 Specification이다.

가. 제 1, 2계층 (물리 계층 및 데이터 링크 계층)

이더넷 카드의 규격, 특성을 그대로 승계한다. 1, 2계층과 상위계층과의 인터페이스는 산업계의 표준으로 인정된 Microsoft 표준인 NDIS(Network Driver Interface Specification)와 FTP 소프트웨어사의 Packet Driver를 사용한다.

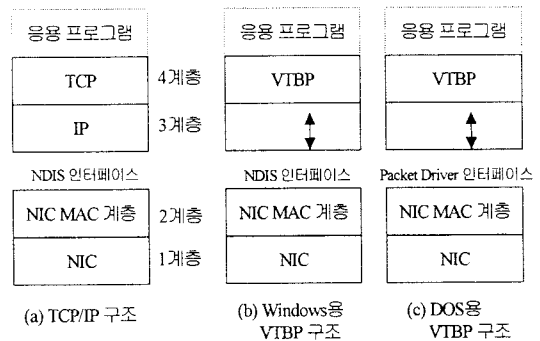


그림 3 TCP/IP 와 VTBP 구조

나 제 3계층 (VTBP 계층)

하부의 이더넷의 넓은 전송 대역폭과 데이터 프레임의 긴 길이의 장점을 제어 데이터의 송수신에 효과적으로 이용하도록 고안되었다. 특히, 이더넷이 가진 CSMA/CD 프로토콜의 충돌 문제를 해결하도록 개발되었다.

4.2 VTBP 기능

VTBP는 표준 LAN 카드위에서 현장의 고속·대용량 I/O 포인트 제어신호에 대한 실시간 통신 서비스를 제공하며, 주요한 기능은 다음과 같다.

가. VTBI(Virtual Terminal Box) 제공

가상 터미널 박스(VTB)란 현장의 터미널 박스를 컴퓨터 메모리 안에 모델링한 객체로서, 응용 프로그램과 VTBP간의 공유된 메모리이다. 이 VTB안에는 Plant에 존재하는 물리적인 I/O 포인트들을 논리적으로 내장하고 있다. 제어 데이터를 전달하고자 하는 응용 프로그램에서는 이 VTB의 포인터를 이용하여 데이터를 저장하면, VTBP는 수신측의 VTBP에게 이 VTB를 전송한다. 그러면, 수신측의 응용 프로그램은 VTB를 액세스하여 데이터를 사용한다.

나. 확장 매체접근 제어

이더넷은 MAC(Medium Access Control) 프로토콜로서 CSMA/CD를 가지고 있다. 이 CSMA/CD 프로토콜은 잠재적으로 다중 노드의 매체 접근시 상호 충돌이 있음을 허용하고 있어, 실시간 통신에 큰 장애가 된다. 그러므로 VTBP에서는 전송 매체의 접근 순서를 제어하는 특정의 노드(마스터 노드)를 지정하여 각 노드를 풀링한

후 전송 매체 접근권한을 부여함으로써 각 노드들의 매체 접근시 충돌을 제거한다.

다. 고속 블록버퍼 전송

표준 LAN 카드는 1500Byte 내외의 긴 데이터 프레임 길이를 갖는다. 그에 반해 제어 신호 정보는 1bit로 표현될 수 있는 디지털 On, Off 신호와 2Byte로 표현될 수 있는 아날로그 신호로 구성된다. 그러므로, VTBP에서는 이더넷의 긴 프레임 길이와 넓은 전송 대역폭을 이용하여, 각 제어 데이터를 긴 프레임 위에 블록화시켜, 블록 데이터를 모든 노드와 상호 전송 교환하도록 되어 있다.

5. VTBI(Virtual Terminal Box Interface)

VTBI는 응용 프로그램에게 서비스를 제공하는 응용 프로그램 인터페이스로서, VTBP 프로토콜층과 응용 프로그램간을 인터페이스하여 응용 프로그램의 각종 제어 신호 데이터를 시뮬레이터 실시간 통신 시스템의 통신망에 편리하게 송수신할 수 있는 함수들을 제공하는 인터페이스이다. 특히, VTBP층에 존재하는 VTB(Virtual Terminal Box)에 대한 인터페이스를 주로 한다. 이 VTB에는 실제 입출력 포인트들에 대응하는 가상의 입출력 포인트들을 가지고 있어, 응용 프로그램들이 이 가상의 입출력 포인트들을 이용하여 시뮬레이터 판넬 계기들의 제어 신호를 송수신할 수 있게 되어 있다.

5.1 VTBI의 주요 기능

VTBI 모듈을 탑재하고 있는 시스템에서 수행되는 응용 프로그램들은 VTBI 라이브러리를 사용하여 자신이 관리하는 특정한 I/O point들의 값을 통신망에 송수신할 수 있다. VTBI 라이브러리가 데이터의 입출력 기능을 지원하기 위해서는, 데이터의 입출력에 관련된 다양한 함수들을 제공해야 한다. 이 라이브러리를 통해 사용자에게 제공되는 VTBI의 주요 함수 기능들은 다음과 같다.

- VTBI를 생성, 제거하는 기능
- 노드ID를 구하는 기능
- 노드 정보를 구하는 기능
- 최근 에러번호 및 에러 메시지를 보여주는 기능
- 특정한 채널의 값을 입출력하는 기능
- 특정한 채널부터 시작하여 1Byte를 입출력하는 기능
- 특정한 채널부터 시작하여 1Word를 입출력하는 기능
- 특정한 슬롯이 관리하는 채널 0번부터 시작하여 원하는 Byte를 입출력하는 기능

송신자는 VTBI 라이브러리중 데이터 출력(Put) 함수를 사용하여 필드버스 네트워크상에 데이터를 출력하면, 수신자는 데이터 입력(Get) 함수를 사용하여 데이터를 수신할 수 있다. 그림 4는 Application Layer에 있는 응용 프로그램이 VTBI 라이브러리를 이용하여 송신자와 수신자간에 통신하는 기본 개념을 설명하고 있다.

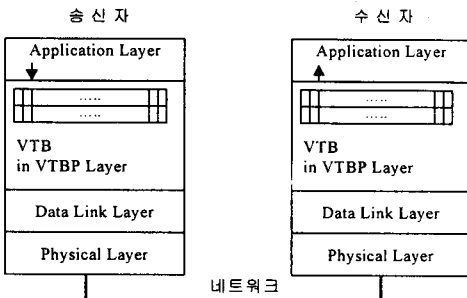


그림 4 VTBI를 이용하는 송수신자의 통신

5.2 VTBI 사용절차

응용 프로그램 개발자는 자신의 프로그램 안에서 CVtbi 객체를 생성한 후에 VTBI 라이브러리를 사용할 수 있다. CVtbi 객체가 생성된 후 개발자는 그 객체를 Open하고 나서 각 I/O 포인트 주소 및 출력값을 파라미터로 하여 Put/Get 함수를 이용하면 입출력을 수행할 수 있다. 입출력을 완료한 응용 프로그램은 CVtbi 객체를 Close(Close CVtbi) 시킬 수 있다. 이 경우에 VTBI를 위해 할당되었던 VTBP 계층 또는 응용 프로그램내의 메모리들이 회수된다.

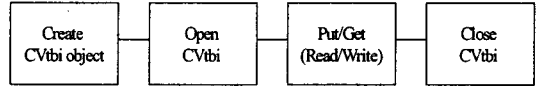


그림 5 VTBI 사용절차

6. 결 론

본 논문에서는 제어 자동화용 실시간 통신망 기술인 필드버스의 현황과 문제점을 살펴보고 이를 해결하기 위한 방안으로 분산제어 시스템으로 사용 빈도가 증가하고 있는 PC와 표준 Ethernet 통신 카드를 사용하고 자체 개발된 필드버스 프로토콜을 탑재하여 설계된 발전소 시뮬레이터용 입출력 제어 시스템을 소개하였다. 주요 내용은 다음과 같다. 입출력 제어 시스템의 H/W 구조를 소개하고 각 시스템들의 운영체제 환경과 기능들을 기술하였다. 입출력 제어 시스템의 H/W 구성요소들이 탑재하게 될 S/W 모듈들을 설명하고 실시간 통신망인 필드버스 프로토콜(VTBP)의 설계 내용을 기술하였다. 이 VTBP의 장점은 데이터 충돌이 전혀 없으며, 대용량의 입출력 데이터를 전송할 수 있다는 점이다. 마지막으로 응용 프로그램에게 네트워크의 투명성을 제공하고 데이터를 송수신할 수 있는 응용 프로그래밍 인터페이스인 VTBI의 주요 기능과 사용절차등을 기술하였다. 네트워크의 수직적인 구조 관점에서 설계된 입출력 제어 시스템은 국내 U원자력 발전소의 시뮬레이터에 적용되어 활용될 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 조지용외 3인, "NDIS를 이용한 필드버스 프로토콜의 설계 및 구현", 한국통신학회 하계학술대회는문집, p.p 1263-1266, 2000.7
- [2] 변승현,장태인,조지용,곽귀일, "발전소 시뮬레이터 I/O 인터페이스 시스템 구축에 관한 연구", 대한전자공학회 하계학술대회는문집, p.p 773-776, 99.6
- [3] K.Y. Gwak외 3, "A Development of Fieldbus Network for Power Plant Simulator", ICEE vol 2, p.p 421-424, 1988
- [4] <http://fieldbus.hanyang.ac.kr>