

차세대원전 통신망 Prototype 비안전 게이트웨이 구현  
**An Implementation of DCN Prototype Non-Safety Gateway for KNGR**

양승권, 김동욱, 정학영

한국전력공사 전력연구원

대전광역시 유성구 문지동 103-16

**요 약**

본 논문에서는 차세대원전 통합 통신망시험을 위한 Prototype의 게이트웨이 개발에 관한 내용을 다루고 있다. 차세대원전 통신망 Prototype은 설계검증을 위해 개발된 각 제어 및 보호계통의 Prototype을 게이트웨이를 통해 통합한 것이다. 일반적으로 원전 계측제어계통은 크게 비안전계통과 안전계통으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 특히 비안전계통 Prototype 및 정보계통과의 통신 Interface가 가능한 게이트웨이 개발에 중점을 두었다. 비안전 계통은 안전계통에 비해 상대적으로 완화된 설계요건적용을 받지만, 발전소 전체의 계통건전성 확보를 위해 실시간 정보제공이 가능하도록 설계되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 시스템 통합의 근간이 되는 비안전 게이트웨이 개발내용에 중점을 두고자 한다.

**Abstract**

The development of prototype gateway to perform integrated network test in KNGR was studied through in this paper. Some I&C prototypes which were already developed to verify system design were integrated by DCN gateway. In general, the I&C system of nuclear plant is consisted of safety and nonsafety system. The development of gateway which interfaces between nonsafety system and information system was mainly studied through in this paper. Although the design requirement of nonsafety system is less severe than that of safety system, the real-time data communication of nonsafety system should be available. So this paper will mainly be focused on the development of gateway which is key element in system integration.

## 1. 서론

최근 건설되고 있는 원자력발전소는 국내외를 막론하고 계측제어계통에 디지털시스템을 적용하고 있다. 특히 디지털 시스템은 통신망기술을 기반으로 설계, 구현되고 있으며 2010년 건설예정인 차세대 원자력발전소는 계측제어계통에 디지털시스템을 적용하고 있다. 특히 차세대원전 디지털시스템은 통신망기술을 바탕으로 개발, 적용되고 있는바 제어시스템 이기종 간의 정보교환을 위한 게이트웨이 개발은 필수적이다. 원전 계측제어 계통의 게이트웨이는 시스템의 설계요건에 따라 설계되어야 하는데 본 논문에서는 차세대원전 계측제어계통의 통신망시험을 위한 Prototype을 근간으로 한 게이트웨이의 개발관련 내용을 기술하고자 한다.

## 2. 본론

차세대원전 통신망 Prototype은 기본설계 기간동안 설계검증을 위해 개발되었던 각 제어 및 보호계통의 Prototype을 통합하여 전체적인 통신망의 성능시험을 수행하여 통합시스템 건전성을 확인하는데 그 목적을 두고 있다. 하지만 발전소 계측제어계통을 전부 모사하기에는 그 규모가 너무 클 뿐 아니라 구체적인 하드웨어가 확정되지 않은 상태에서 실제 설계, 설치될 시스템과 동일한 시스템 구현은 불가능하다. 따라서 전체적인 성능시험을 위해 필요한 핵심적인 부분인 게이트웨이의 개발을 통해 하위계통으로부터 상위 정보계통에 이르기까지 정보전송의 시간적 요건 및 통신 성능 평가에 적합한 구조를 구현하였다. 특히 게이트웨이는 안전계통과 비안전계통의 통신 프로토콜이 상이하며, Backbone 네트워크인 FDDI와 이더넷과의 상호 통신을 위해 개발, 구현되었다. 이 가운데 비안전계통의 통신을 지원하는 통신망 Prototype 게이트웨이에 대해 보다 상세히 논해 보고자 한다.

### 2.1 통합 통신망 Prototype 구성

차세대원전 통합 통신망 Prototype은 기본적으로 상위 정보계통과 하위 제어 및 보호계통으로 구성되어있으며 이를 연계하는 Backbone 네트워크로 구성되어있다(그림 1 참조). 여기서 하위제어계통은 PLC로 구성되어있는데 보호계통은 Advant 110, 제어계통은 Modicon PLC를 적용하였다. 상위 정보계통은 실제 발전소에서 구현될 각종 경보처리, Process기능들은 배제하였고, 대신 하위 제어계통으로부터 제공되는 각종 정보들을 취득하여 저장하는 기능을 구현하였다.

#### 2.1.1 원전통신망 게이트웨이

원전 통신망에서 게이트웨이는 두 개의 다른 네트워크를 직접 연결하는 장치이며, 두 개의 네트워크 관점에서 게이트웨이는 두 개의 네트워크에 속해있는 스위칭노드나 특별한 스위칭 링크들의 Pair

로 볼 수도 있다. 게이트웨이는 Network의 노드들 가운데 속해있는 하나의 소프트웨어나 두 개의 서로 다른 프로토콜을 갖고 있는 Network를 연결하는 Stand-alone한 기기를 의미한다.

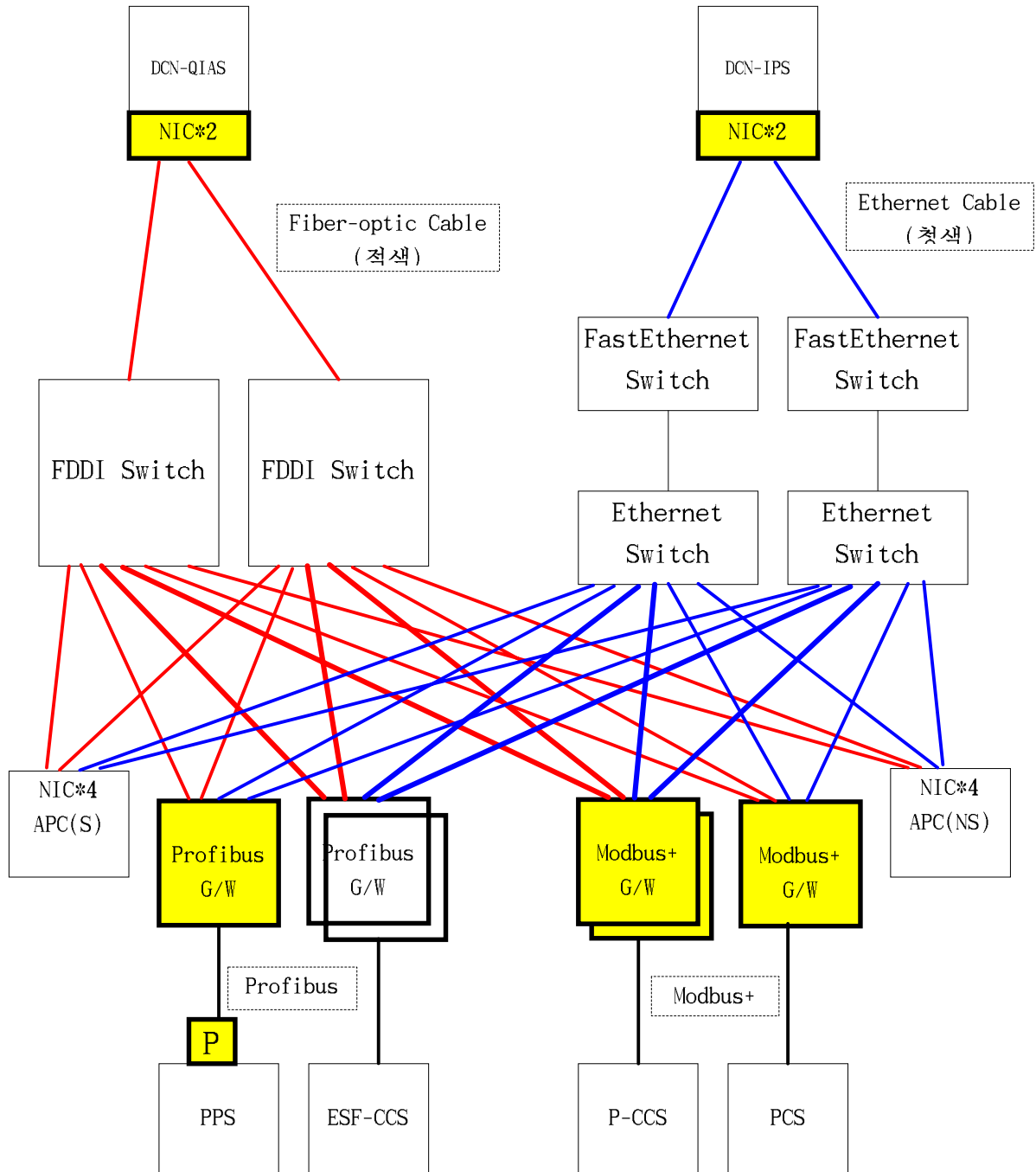


그림 1. 통신망 Prototype 전체 구성도

### 2.1.2 게이트웨이 설계요건

통신망 게이트웨이는 연계시스템 간의 중요한 Links를 담당하며, 통신망을 근간으로 하는 전체 I&C 시스템의 신뢰도 관점에서 주의깊게 설계되어야 한다. 연계관점에서도 게이트웨이는 적용규정(Applicable Standards)과 연계요건을 준수해야 한다. 통신망의 Media, 프로토콜, Connectors 등도 시스템간의 물리적, 논리적 링크를 구현하는데 알맞도록 선정, 구현되어야 한다. 아울러 성능측면에서 Throughput, 프로세싱 지연, 결합특성 등이 예측 가능해야 하고 사전에 결정할 수 있어야 한다.



그림 2. PCS, P-CCS 통신(Modbus+ 통신)의 Cabinet 모양

### 2.1.3 비안전 게이트웨이 구조

비안전게이트웨이는 Modicon PLC(Modbus+)로 구현된 P-CCS(Process Component Control System)과 PCS(Power Control System)와 DCN-IPS(Data Communication Network-Information System), DCN-QIAS(Data Communication Network-Qualified Indication and Alarm System)과의 통신을 지원하는 게이트웨이이다. 일반적으로 P-CCS는 발전소 공정기기 제어계통으로서 발전소 각종 펌프, 밸브,

차단기 등 기기들을 제어하거나 데이터를 수집하는 기능을 갖는다. PCS는 발전소 출력제어 계통으로 제어봉 제어를 통해 운전상황에 맞도록 발전소의 출력을 적절히 제어하는 기능을 갖는다. 그림 2와 같이 비안전게이트웨이는 EURO 표준 6U Subrack(VME backplane) 캐비닛에 장착되어 있으며 P-CCS의 경우는 이중화, PCS의 경우는 Single로 구현되어있다. 각 제어계통은 시스템 알고리즘이 내장되어 있으며 이는 각 PLC의 응용소프트웨어 Tool을 사용 구현되었다. 여기서 SV85카드는 Modicon에서 개발된 것으로 PLC 내장 네트웍인 Modbus+통신과 Ethernet과의 통신연계가 가능하도록 구현된 통신카드다.

그림 3에서 보면 하위 Modicon PLC와 연계되는 FDDI와 Ethernet은 SV85+카드를 통하여 Interface되며, FDDI와의 통신을 위해 Central Processing Module(MVME-2305)이 사용되었다. 아울러 Ethernet과의 통신을 위해 역시 Central Processing Module(MVME-162)이 사용되었다. 비안전게이트웨이는 실제 발전소에서 하위제어계통의 각종정보들을 상위의 정보계통에 실시간 공급이 가능해야 하기 때문에 짧은 Processing Time을 갖어야 한다.

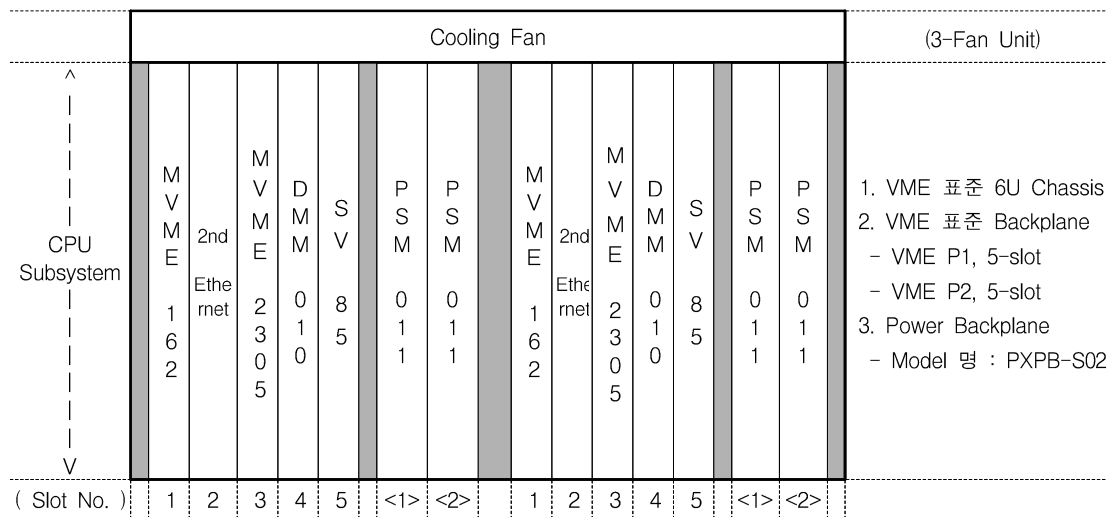


그림 3. Modbus+ Gateway for P-CCS (이중화)

그림 4에서는 Single로 구현된 게이트웨이를 보여주고 있다. 그림 3의 P-CCS게이트웨이와 마찬가지로 하위 Modicon PLC와 연계되는 FDDI와 Ethernet은 SV85+카드를 통하여 Interface되며, FDDI와의 통신을 위해 Central Processing Module(MVME-2305)이 사용되었다. 아울러 Ethernet과의 통신을 위해 역시 Central Processing Module(MVME-162)이 사용되었다. 실제 발전소에서는 설계요건에 따라 게이트웨이를 이중화 혹은 단일프로세서로도 설계할 수 있다. 그림 4의 PCS는 단일 프로세서로 구현된 것을 보여주고 있는데 이중화 알고리즘(Hot standby)의 운용방식을 제외하고는 그림 3의 P-CCS와 동일한 기능을 수행한다.

게이트웨이 설계요건을 준수하기 위해서는 각종 설계요건에 따라 게이트웨이가 구현되어야 하지만, 본 게이트웨이는 통신망 성능확인측면에서 필요한 기능을 구현하는데 1차적인 목적을 두었다. 물론 향후에는 본 게이트웨이 개발은 전체 통신망 Performance측정을 통한 발전소 디지털제어시스템과 연계된 전체 시스템 건전성 확인에 유용하게 사용될 것이다.

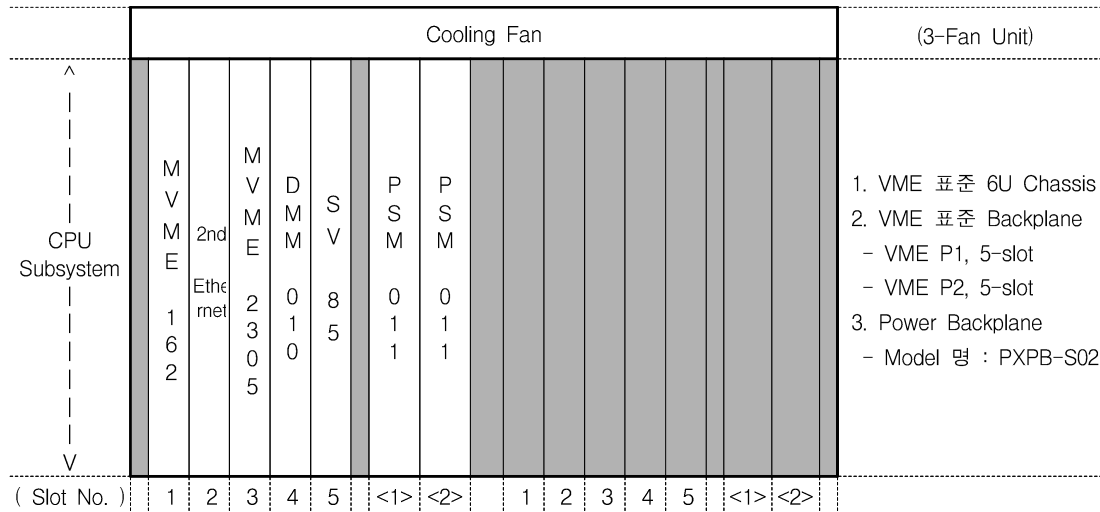


그림 4. Modbus+ Gateway for PCS (Single)

## 2.1.4 통신 Task 구조 및 수행방식

### 2.1.4.1 IPS/QIAS와의 통신 Task 수행방식

하위제어계통은 Modbus+ 프로토콜을 이용하여 PCS, P-CCS(Modicon PLC) 기기와 통신하게 된다. DCN-IPS와의 통신은 Ethernet/TCP/IP 프로토콜을 이용하며, DCN-QIAS 기기와의 통신은 FDDI/TCP/IP 프로토콜을 이용한다. 여기서 Master 게이트웨이가 Fail 될 경우, 이중화게이트웨이는 Master 게이트웨이와 Slave 게이트웨이간에 이중화 절환이 이루어진다.

### 2.1.4.2 PCS/P-CCS와의 통신 Task 수행방식

비안전 게이트웨이는 PCS, P-CCS에서 수집한 각 태그의 값 및 상태 정보를 수집한다. 그러나 이 과정에서 모니터링만 지원되며, Set-Value(제어)는 이루어지지 않는다. 또한 게이트웨이와 PCS, P-CCS와의 통신은 Modbus+ 프로토콜을 이용한다. Modbus+ 프로토콜은 기본적으로 네트워크 이중화가 지원되는 프로토콜이다. 그러므로, 게이트웨이와 PCS, P-CCS와의 통신은 이중화

가 지원된다. 즉 Primary 네트워크로 통신을 정상 수행하다가, 네트워크가 Fail 되었을 경우 Secondary 네트워크로 자동 절환되어 통신을 수행한다.

### 2.1.4.3 메인 태스크 구조

그림 6와 같이 MVME-162 CPU Board 에서는 DCN-IPS와의 Ethernet/TCP/IP 통신 태스크, PCS, P-CCS와의 Modbus+ 통신 태스크, 이중화 태스크를 생성 및 실행한다 또한 MVME-2305 CPU Board 에서는 DCN-QIAS와의 FDDI/TCP/IP 통신 태스크를 생성 및 실행한다. 그림 5에서는 Main task에 대한 전반적인 구조를 나타내고 있다.

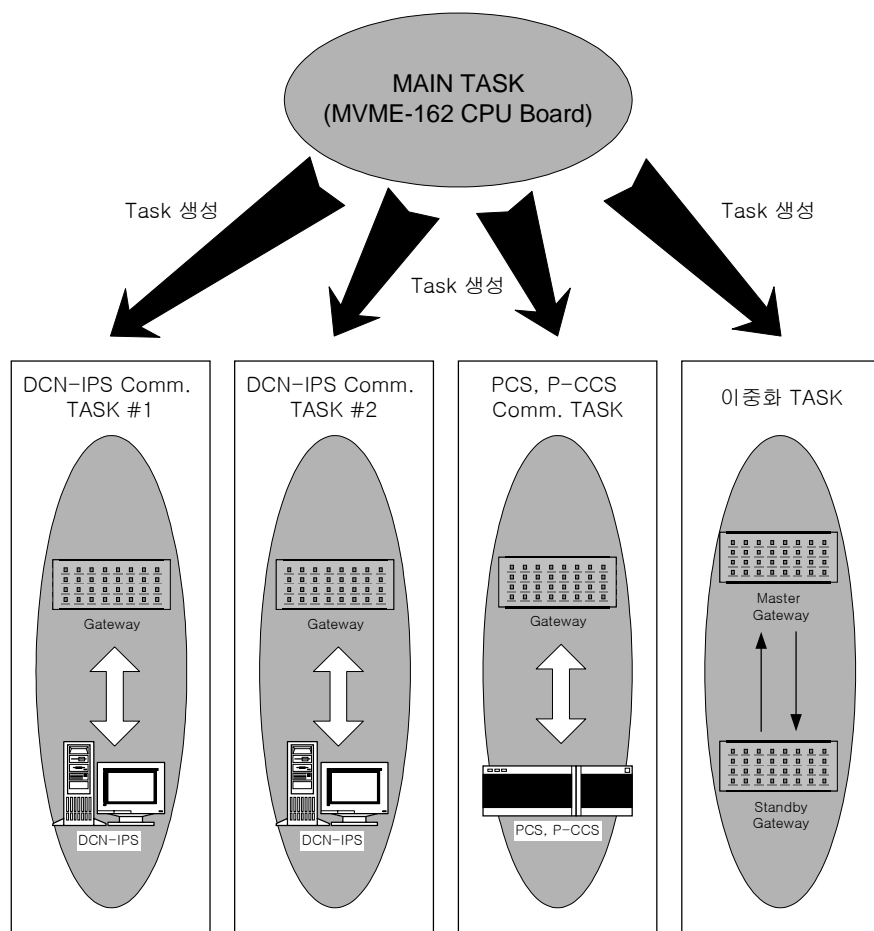


그림 5. Main Task 구조

### 2.1.4.4 네트워크 이중화지원

메인 태스크는 IPS 통신 태스크를 2개 생성한다. 즉, 게이트웨이에는 이더넷 통신용 포트가 2개 있는데, 각각의 포트에 IPS 통신 태스크를 생성한다(그림 6의 이더넷포트 구조 참조). 그런데 2개의 태스크는 모두 똑같은 흐름을 가진다. 아울러 동시에 2개의 태스크에서 통신이 이루어진다. 즉, 2개의

이더넷 포트를 통해 IPS와 게이트웨이는 TCP/IP 통신을 한다. 그러므로, 한 개의 이더넷 포트 또는 네트워크에서 문제가 생기더라도 나머지 한 개의 네트워크를 통해 통신이 이루어지므로, 네트워크 이중화가 해결된다.

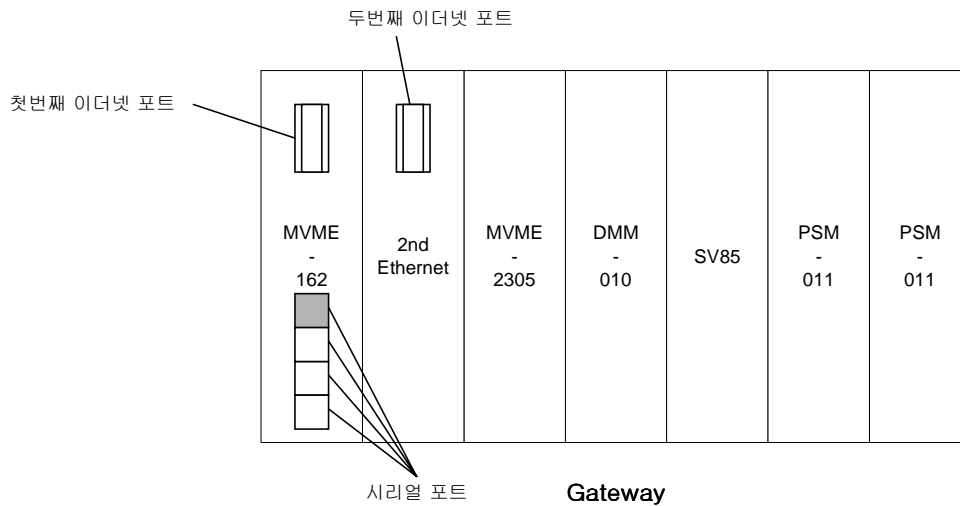


그림 6. IPS와의 통신수행을 위한 이더넷 포트

### 3. 결론

지금까지 PLC로 구현된 차세대원전 디지털 계측제어시스템의 계통별 Prototype의 통합시험 검증을 위해 필요한 비안전 게이트웨이의 개발 및 구현과정을 간략히 고찰하여 보았다. 원전 통신망의 게이트웨이는 계통설계 요건에 따라 설계, 구현되어야 하며 무엇보다 실시간 안정적 정보제공을 최우선 과제로 삼고 있다. 본 논문에서 다루어진 게이트웨이는 제어시스템의 특정 PLC와 Backbone Network 그리고 컴퓨터상에 구현된 상위정보시스템과의 통신을 가능케 하였고, 아울러 게이트웨이 통신 메커니즘을 시험, 이해함으로써 차세대원전 게이트웨이의 설계에 필요한 자료를 제공해 줄 수 있게되었다. 아울러 이중화 TASK 수행을 통해 Primary Processor Fail시 신속한 Secondary Backup기능 확인은 발전소 내고장성 이중화 설계에 필요한 충분한 데이터제공이 가능할 것으로 판단되며 아울러 향후 안전게이트웨이 개발 및 통합 통신망 Prototype 구현을 통한 시스템 통합 시험 검증에 유용하게 이용될 것으로 예상된다.

### 참고 문헌

- [1] 원전 DCS 설계 기준서 개발, EPRI URD CH.10, 1996.9
- [2] "Computer Communications and Networks" Free, John R, 1988



- [3] “컴퓨터를 이용한 외부기기제어기술 및 인터페이스 기술“, 한국산업기술원, 1999
- [4] 양승권, “차세대 I&C P-CCS 기능 및 설계 특성 연구보고서“, KEPRI Technical Memo, pp.1-44, 1997
- [5] 1994.“LAN의 기초지식“, 청문각, 1988
- [6] “Modicon IBM Host Based Devices User’s Guide“, Version 2.0, Modicon, 1996.
- [7] “데이터 통신과 컴퓨터네트워크“, Ohm사, 1994