

한국전력 서울지역급전소 SCADA시스템의 분산/개방형 구조

김 용 팔
한국전력공사 송변전처 제어부

The Impact of Distributed/Open Architecture on Seoul Regional Control Center SCADA System of KEPCO

Kim Yong Pal
KEPCO, Transmission and Substation Dept. Control Section

Abstract

This Paper introduces a case of SCADA System replacing from centralized processing system to distributed / open architecture system.

The cons and pros of the distinctive two system configurations were studied and the requirements of new system that would be enable to easily follow 21 century's technical and operational innovation were presented.

1. 서론

정보통신·컴퓨터·전력제어등을 핵심기술로 하고 있는 송변전설비 자동화(SCADA)는 한국전력공사에서 77년도부터 도입이 검토되기 시작하여 '93년 6월현재는 대·소규모 (지역급전소용·지역급전분소용)를 망라하여 15개 시스템이 307 개소의 변전소를 323 대의 원격소장치(RTU)로 온라인하여 운용되고 있다. 그중 서울전력관리처 지역급전소 SCADA 시스템은 '81년 4월에 준공된 시스템으로 SCADA 기본기능인 원방감시·원방제어·원격측정·자동기록을 수행하는 데에만 초점을 맞추어 설계되었으므로 전력사업이 고도화됨에 따라 필요한 각종 부가기능의 요구에 대해 시스템상 유연한 대처가 곤란하고 온라인 실시간 정보를 공유하고자 하는 타 시스템간의

연계가 어려운 시스템이다. 또한 시스템의 구성상 운전신뢰도가 상대적으로 미흡한 실정이고, 노후화되어 제작사의 제작중단, 부품조달 곤란등 '교장시' 대처범위가 제한된 실정이므로 시스템교체가 시급히 요구되었다.

한편 컴퓨터와 정보통신의 기술혁신은 빠른 주기로 이루어져 왔고 앞으로는 더욱더 급속히 진보될 전망이다. 현재의 최신기술이 적용된 시스템이 5년후에는 낙후된 시스템으로 바뀔지도 모른다. 또한 전력계통의 평창·변전소 무인화 진전등과 같은 시스템 운용환경의 급진전도 시스템의 기능고도화를 요구하고 있다.

'94년초에 교체되는 서울전력 SCADA는 이러한 급변하는 기술환경에 유연한 대처를 하기위해서 종래에 가지고 있던 시스템의 기능집중형 구성 개념을 탈피하여 새로운 개방형의 분산처리형구성 개념을 적용한 시스템으로 다음에 그 적용사례를 설명한다.

2. 기존 시스템분석

서울전력관리처 지역급전소에서 현재 설치운영되고 있는 기존 시스템은 전형적인 기능 CPU 집중처리형태의 시스템이다.

CPU는 600 nSec/cycle의 속도를 가진 24 BIT형으로서 주기억장치는 384 KB의 용량을 가지고 있다.

DMA가 가능한 병렬 24 BIT 채널은 상대적으로 데이터량이 많은 80 MB Storage Module Disk와 자기 테이프장치, MMI용 영상처리장치, 전력계통반, 자료입력용 PC 및 LINE PRINTER등을 위한 I/O 처리를 담당하고, 프로그램화 I/O 처리를 위한 병렬 8 BIT 채널은 원격소통신제어부, 데이터링크제어, 기록기등의 I/O 처리를 담당하는 구조로 되어있다. 한편 CPU는 2중화되어 주·예비 개념으로 가동되며 C-C LINK Module로 ON-LINE 데이터를 공유함으로써 주 CPU 고장시 고장절체가 예비 CPU로 이루어지도록 되어있다.

(그림 1)

이 시스템은 13여년간 가동되면서 다음과 같은 기능상 및 운영상 문제점이 분석되었다.

가. 구식·노후화되고 부품의 조달이 곤란하여 장시간 정지등이 필연적인 점

CPU 및 SMD 등 시스템신뢰도에 중대한 영향을 미치는 장치가 생산중단이 되었고 그중 일부는 국내외를 망라하여 구입이 불가능 하였다.

또한 H/W의 Wire Wrapping, 콘넥터 SLOT 등의 경년변화에 따른 접속불량 및 단선등의 우려가 심화되었다. 한편 문제가 된 H/W의 부분개체는 제작사 S/W의 종속적 특성에 기인하여 불가능 하였다.

나. 70년대의 방법으로 설계된 구식설비라는 점

○메모리용량이 384 KB에 불과하고, 작은 메모리를

사용한 효율적인 실시간처리를 위해 FOREGROUND와 BACKGROUND 프로그램을 정의하고, 그중 FOREGROUND 메모리 상주/비상주로 나누어 관리하고 있으나 최근 OS에서 볼 수 있는 다중처리방식과 진보된 메모리관리방법 (Virtual Memory, Cache Memory) 등에 비추어 보면 비효율적인 방식이다.

○원격소 수용한도가 224 PT 용량기준 56개소로 제한되어 있고, 수용포인트 또한 12,500에 불과하여 '93년 이후는 서울전력관리처 판내 변전소 증가에 따른 수용이 불가능하다.

○유지보수가 불편하고 상대적으로 가동율이 떨어지는 설비구성

CPU는 이중구성이나 CPU-DISK 구성방식이 단순 구조로 되어있어 한쪽 DISK의 고장에도 1계 정지가 필연적이다. 또한 각 장치별 제어기의 종류 및 기능이 상이하여 고장시 상호교환등의 응급조치가 불가능한 관계로 고장수리·복구시간이 길다.

다. 인간기계연락장치(MMI)의 기능이 미흡한 점

MMI의 기본이 되는 급전요원사령대 CRT는 Semi-Graphic의 변전소 단선결선도를 페이지단위로 분할 디스플레이하며, Tabular 페이지에서는 관련 정보를 세분화된 일람표형태로 제공하는 기능을 가진다. 한 변전소당 Graphic과 Tabular를 합쳐서 표시되는 정보는 8페이지로 제한되고 있다. 이 Semi-Graphic CRT는 미시적(微視的) 정보(포인트별 상태·값등)의 제공에 국한되고 거시적(巨視的) 정보(전계통의 종합정보)의 표현은 안되므로 전력계통반에서 얻은 종합정보를 CRT에서 파악하되, 연속성이 없이 각 PAGE를 독립적으로 선택하여 확인 및 조작하여야 한다. 전 변전소 정보를 한 페이지화하여 현 CRT에서 구현하는 방안은 Semi-Graphic의 Video Generator의 처리 능력에서 거의 불가능하며, 한글화 또한 불가능하다.

라. 기능보강등을 위한 장치확장이 곤란한 점

실시간 처리시스템에 외부장치를 부가·확장시키기 위해서는 우선순위가 부여된 인터럽트의 할당이 가능해야 한다. 본 시스템은 24개의 외부장치용 인터럽트가 있으나, 24 인터럽트 전부가 할당되어 운용되고 있는 여건이므로 외부장치를 한개 추가하기 위해서는 현재 운용하는 장치중 하나를 포기해야 하는 실정이다.

마. 전력계통정보 연계기능 미흡

전국 전력수급을 담당하는 중앙급전소의 EMS로부터 자료연계되는 345 KV 변전소 및 인근 전력계통정보의 판단처리 (경보발생, 경보기록등) 기능이 미비하고, 그 정보의 기록 및 관리기능이 미비하다. 또한 더 이상의 링크제어기능의 장치확장이 곤란한 판개로 하위계층인 지역급전분소시스템에 SCADA에서 수집한 정보의 제공이 어렵다. 또한 배전선로를 운영하는 지사, 지점의 보선사령실에는 배전선 전원측의 실시간변전소정보가 요구되고 있으나 현실비로서는 해결방안이 없다.

3. 교체시스템 요구특성

가. 분산처리구조를 가진 시스템

분산처리구조는 LAN을 기본골격으로 하여 각 기능을 독립된 프로세서에 분산 배치하고 LAN의 한 NODE로 존재하는 것으로서 기능집중형시스템에 비하여 신뢰성·보수성·확장성면에서 우수하다. 표1은 분산처리형과 집중처리형의 비교표이다.

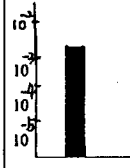
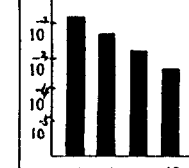
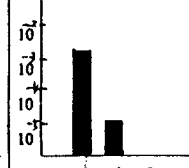
구성방식	기능집중처리방식 (DUPLEXER 경우)	기능 분산 처리 방식		
		MULTI PROCESSOR SYSTEM	MULTIPLEXER SYSTEM	
종 양 컴퓨터	대 수	2	M	M
	성능(MIPS)	P	P/M	2P/M
	고장율	a	a/M	2a/M
시스템 전체고장율	a^2	$\sum_{i=1}^M C_i \frac{(a/M)^i (1-a/M)^{M-i}}{i/M}$	$\sum_{i=1}^M C_i \frac{(2a/M)^i (1-2a/M)^{M-i}}{(2i-1)/M}$	
전체 고장율 (a=0.05 포함때)				
보 수 성	시스템 중단없이 예비기 점검가능	점검시 분할단위 정지	시스템 중단없음	
확 장 성	규모조과 확장불가	새기능 추가용이 (LAN에 접속)	새기능 추가용이 (LAN에 접속)	

표 1. 집중처리와 분산처리방식의 비교

나. 개방형 구조 (OPEN ARCHITECTURE)

데이터통신과 컴퓨터네트워크의 OSI(OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)의 개념과 마찬가지로 시스템 제작시 표준화된 규격을 따름으로써, 시스템의 교체없이 기능보강이 불편했던 점과 급진전하는 최신기술의 유연한 대처가 거의 불가능했던 점을 불식시키기 위해 제안된 구조로 시스템의 각 장치들이 제작사에 종속되지 않고 시스템내부에서 투명하게 결합되는 구조를 말한다. 개방형구조의 특성은 다음과 같다.

(1) 기능별 NODE의 분산배치

각 NODE는 HARDWARE와 SOFTWARE 자원을 독자적으로 가지게한다. SOFTWARE 기능은 NODE의 분산도에 따라 종속적일 수 있지만 HARDWARE는 완전독립성은 유지하되, LAN연계와 하드웨어 인터페이스의 표준화를 통하여 확장성, 부분교체가 가능케한다. 또한 각 내부연계 Redundancy와 고장절제기능을 구비해야 한다.

(2) 하드웨어의 표준화

제작사에 독립적인 개방형구조가 되기 위해서는 표준화가 선행되어야 한다. 그중 하드웨어 표준화는 BACKPLANE 표준, 주변장치 연계표준, 네트워크표준의 세가지가 중요하게 인식될 수 있다.

○BACKPLANE 표준

Micro channel, Multibus II, S-BUS, VME 등이 이미 실용화 되어있고 Future bus + 등이 나타나고 있다. 이 BACKPLANE 표준화는 오픈시스템의 전제 조건은 아니나 제작사에 비종속적인 특성을 갖기 위해서는 필요하다.

○주변장치연계 표준

주변장치연계 표준은 병렬연계와 직렬연계로 나눌 수 있다. 병렬연계중 가능한 표준은 SCSI (Small Computer System Interface), IPI (Intelligent Peripheral Interface), Storage Module Drive (SMD), DR11W 가 있다. 이중 SCSI와 IPI 는 제어기능을 호스트에 있는 장치제어기와 장치내의 회로가 나누어 갖는 형태이고, SMD 는 대부분의 제어기능이 Drive 장치제어기에 집중되어 있는 형태이며, DR11W 는 Point-to-Point 형태의 병렬연계 형태이다.

직렬연계는 RS-232, 422, 485등을 들 수 있다.

○네트워크 표준

현재의 네트워크 표준은 Ethernet, FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 와 Token Ring이다. Ethernet와 FDDI는 시스템 내부연계에 잘 쓰이고 Token Ring은 사무환경의 Network 에 쓰인다. 그중 FDDI는 현재는 경제성 문제로 잘 쓰이지 않으나 성능대 가격면에서 유리한 시점이 되면 그 사용은 증가할 것으로 전망된다.

다. FULL GRAPHIC의 적용

CRT 에서 전력계통의 Micro 정보뿐 아니라 Macro 정보까지도 디스플레이 하도록 하기 위해서

Full Graphic 기능이 요구된다. Full Graphic CRT 가 Micro 에서 Macro 정보를 연속적으로 임의 Display 하게 하기 위해서는 고속도의 화상처리가 요구된다. Full Graphic을 위한 그래픽처리의 표준은 GKS, X-WINDOW, MOTIF 등이 있다.

라. REDUNDANCY와 고장검출/절체기능 강화

Multiplexer 시스템의 구현을 위하여 각 노드별 프로세서, I/O 버스, LAN 네트워크를 이중화하고 고장절체기능을 분산 배치하여 독립시킴으로써 각 장치별 일시/영구중 어떤 형태의 고장일지라도 검출하여 예비장치 또는 기능공유장치로 기능을 절체할 수 있어야 한다. 장치의 부분적인 고장일지라도 실시간 데이터베이스의 절체 시스템 전체에 걸친 Rebooting 또는 Restart 없이 이루어질 수 있어야 한다.

4. 서울지역급전소 교체시스템 구성개요

새로이 교체되는 시스템은 크게보아 시스템관리 (SM: SyStem Management), 자료취득 및 제어 (DAC: Data Acquisition and Control), 인간기계연락 (MMI: Man-Machine Interface), 고장검출 및 복구 절체의 4 개 부분으로 나뉘어진 분산처리구조로 각 부분은 NODE화 되어 LAN 상에서 상호연계 된다. 개방형시스템의 조건을 만족하기 위하여 채택한 표준규격은 OS로서 IEEE POSIX 1003 을 만족하는 Real time UNIX를 쓰고, Backplane 의 표준으로 VME 를 채택하였으며 GKS 와 X WINDOW 시스템을 Graphic 을 위한 표준으로 채택하였고 NODE의 내부연계를 위해서는 Ethernet IEEE 802.3 과 TCP/IP 프로토콜을 사용함으로써 시스템의 중요한 데이터들의 각 NODE간의 통신에 투명성을 확보하였다.

각 NODE별로 기능을 살펴보면 다음과 같다.

가. 시스템 관리(SM) NODE

시스템관리NODE는 LAN 네트워크 전체의 상태를 관리하고, 장치의 구성을 관리하며, 데이터베이스 관리, 고장검출 및 절체/복구, 주변장치의 관리

시스템 내부연계상의 자원공유 및 관리등을 담당한다.

SMA 와 SMB 의 2 개 프로세서로 구성되고 Serial 형 주변장치와 보조기억장치를 상호 공유하는 구성으로 보조기억장치는 SCSI로 연계되고, Serial 형 주변장치는 Switch로 연결된다.

각 프로세서는 20MHZ RISC로써 29.5 MIPS 와 8.5 FLOPS 의 능력을 가지며 메모리는 32MB의 용량으로 400MB/sec 의 메모리 Bandwidth 를 가진다.

한편 I/O 능력은 최대 40MB/sec 이 능력을 가지는 채널을 쓰고, Disk, tape 등은 SCSI로 주메모리간 4MB/sec 속도의 DMA 로 블럭전송을 수행할 수 있다.

한편 SM 프로세서의 Disk는 3.5 GB의 용량으로 전 시스템 데이터베이스의 이중화 운용이 가능한 충분한 크기로 SM A, SM B 각각 상호공유하는 구성이다.

나. 자료취득 및 제어(DAC) NODE

자료취득 및 제어(DAC) NODE는 원격소장치(RTU)와의 통신을 담당하며 기타 전력계통반, 펜레코더, DIGITAL 표시기 등의 부대장치등을 담당한다.

DAC NODE는 FEP(Front end processor)로서의 역할을 수행한다.

DAC NODE에서 원방감시·측정된 데이터는 LAN 을 통하여 MMI 콘솔과 SM 프로세서로 뿌러지게 되고 SM 프로세서는 Disk에 정보내용을 저장·관리하게 된다.

DAC 프로세서는 RISC 88100 프로세서를 FEP 의 기본으로하여 이중화 구조로 되어있고 또한 이중화된 모듈라 VME BUS 로 연계되어 Redundancy를 확보한다.

이 FEP 는 각각 자동 부팅이 가능한 520MB 의 Disk를 가지고 있어 HOST가 고장났을때에 대비한 비상용 데이터베이스를 운영하는 동시에 원방감시 측정을 위한 마스터데이터베이스를 가지고 있어 HOST의 고장시에도 사령원이 MMI 콘솔에서 디스플레이의 요구 및 원방제어의 기능이 수행가능토록

한다.

한편 RTU 와 연계는 MC 68020을 기본 프로세서로 하는 원격통신제어기(Remote Communication Controller)를 이용하여 FEP 에 연계하고, 재시도, Handshaking 등의 외부 LAN 연계등에 필요한 제반의 절차에 구애됨이 없이 동작하도록 한다.

한개의 원격통신제어기는 RTU용 16 Channel을 제어할 수 있고, Redundancy 확보를 위해 4 : 1로 예비기를 구성한다.

다. 인간기계연락(MMI) NODE

사령원콘솔을 구성하는 NODE로서 2 CRT 를 가지고 있는 Workstation 으로 단선결선도, 일람표처리, 전체계통도등의 Micro 표시와 Macro 표시가 상호 유연히 변화할 수 있는 Full 그래픽처리가 가능하다.

한편 이러한 기능의 확보를 위해서 PAN 과 ZOOM 기능이 전체계통도 상에서 가능하며 또 ZOOM 기능의 적용시 Decluttering이 되어 Display 되는 단계별 Data의 정리가 가능하도록 되어있다.

MMI 의 가장 큰 주안점인 표시응답성능을 강화시키기 위해서 HOST프로세서에 독립하여 단선결선도, 일람표, 전체계통도등의 모든 디스플레이 데이터베이스를 각 콘솔 프로세서별로 디스크에 수용한다.

용량은 독립된 데이터베이스를 확보하기에 충분한 1.2GB 이다. 각 콘솔의 메모리는 8 장의 디스플레이를 동시에 처리할 수 있는 용량을 가지고 있고, 프로세서의 그래픽 처리속도는 500,000 2D VECTOR / sec 정도됨으로 ZOOM, PAN 등 고기능의 화면구성에도 빠르게 적용할 수 있는 표시응답 성능을 갖고 있다.

화면의 해상도는 1280 X 1024 로 Full Graphic 화면에 적합하도록 선택되었다.

라. 기 타

원격사령대를 위한 독립된 원격사령대, Server, 지사, 지점용 전력계통 모니터를 위한 Client Server등이 Bridge/Router 를 통해 각 장치로

연결되고, 외부 시스템과의 통신을 위해 X.25 프로토콜 연계가 가능한 통신망 관리 프로세서 (CNP; Communication Network Processor) 가 1 GB 의 디스크를 가지고 각 NODE를 구성한다.

마. 소프트웨어 구조

소프트웨어 기능적인 구조는 다음 표2 와 같다.

5. 'New Application Low Costs, Open System ; Electrical World, July 1991
6. 'Harris M-7500 Technical Manual'1979,Harris Co.
7. 'Harris Technical Proposal for Seoul System, 1991.11 Harris Co.

5. 결론

향후 21세기 송변전계통자동화 SCADA시스템은 그 기능이 원방감시제어에만 국한되지 않을 것이다. 사고정보의 지능적 경보처리, 지식베이스에 의한 변전소운전 자동화, 변전소 감독 전문가시스템, 계통사고 판정 및 복구지원시스템등 다양한 전문가 시스템이 SCADA 의 실시간 정보들 요구 하고 공유하고자 할 것이고, 이에 대한 시스템 의 정보제공능력과 자료관리능력이 실제의 기본 기능인 원방감시·원방제어·원격측정·자동기록의 4 가지 기능을 위한 능력을 능가할 수도 있다. 또한 컴퓨터 및 데이터통신 관련기술의 진전은 OSI(Open System Interconnection), 데이터베이스 관리, 그래픽처리등의 표준화 확립을 이룩하고 고기능 프로세서의 저가격화 실현, 대용량 보조 기억장치의 저가격화등을 실현할 것이다. 급변 교체되는 서울전력 SCADA 는 이러한 급변 하는 21 세기의 기술 및 운용 환경에 능동적인 대처를 할 수 있는 시스템으로 차세대 한국 전력공사 송변전자동화의 첫번째 시스템이다.

[참고문헌]

1. '서울 SCADA주장치 교체규격서' 1991.6 한국전력 송변전처
2. 'The Impact of Hardware on Open Architecture Design ' IEEE 1992, 92, WM 159-4 PWRs
3. 'Your Guide to Posix ' Uniforum , 1989
4. 배전자동화 알고리즘 정립 및 표준화 연구 1993.5 한국전력공사 기술연구원

시스템관리 노드

자료취득 및 제어 노드

Prime	UNIX Operating System	Back Up
Prime	System Monitoring and Control	
Prime	Real-Time Data Base	Back Up
Prime	Historical Data Base	Back Up
Prime	Data Base Editor	
Prime	Report Generator	
Prime	LAN / WAN Interface	Back Up

Prime	VME Exec Operating System	Back Up
Prime	Data Acquisition	Back Up
Prime	Data Processing	Back Up
Prime	Alarm Identification	Back Up
Prime	Real-Time Data Base	Back Up
Prime	LAN / WAN Interface	Back Up

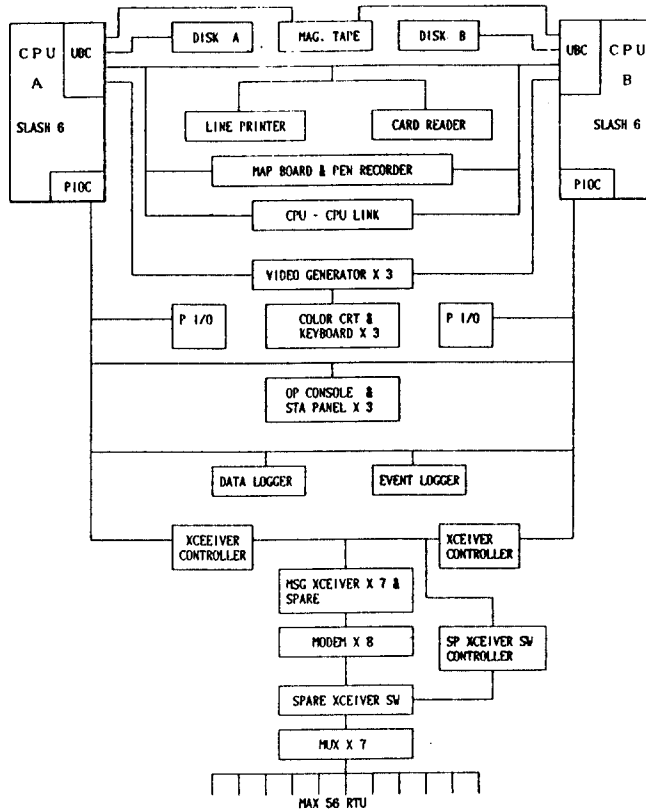
인간기계연락 노드

Prime	Graphic and Window Management
Prime	Panning, Zooming, Scrolling
Prime	Display Generation
Prime	Real-Time Data Base
Prime	Data Base Editor Interface
Prime	Report Generator Interface
Prime	LAN / WAN Interface

Redundant Ethernet LAN

표 2 소프트웨어 체계도

서울전력 지역제어시스템 구성도



[그림 1]

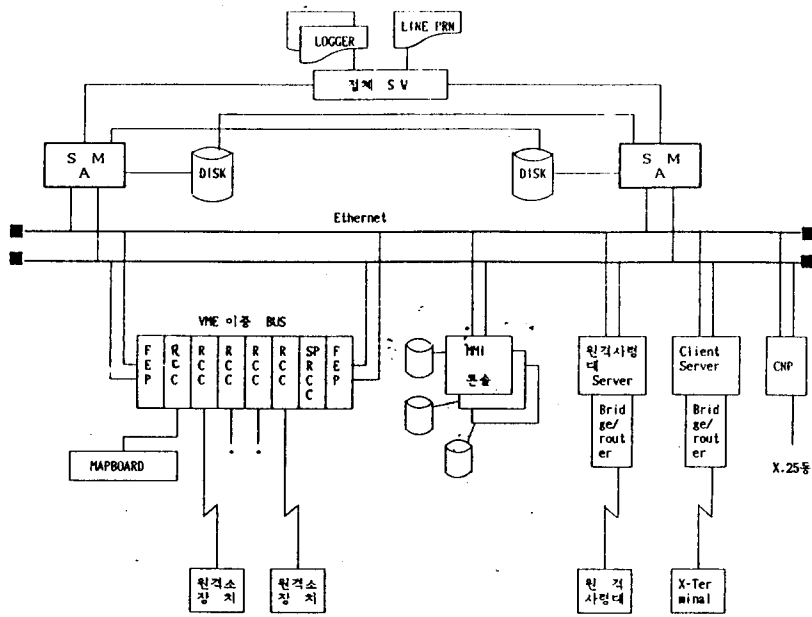


그림2 [교계시스템 구성도]