

운영자입장에서 본 전력 SCADA시스템 변화에 따른 분석

An analysis according to the caange in power SCADA systems from the viewpoint of the operator

오 성효* 최 상춘** 최 시행***
Oh, Sung-Hyo Choi, Sang-Chun Choi, Si-Haeng

The OCC of Seoul Metro whose operation began in 1974 is in charge of conveying 4,000,000 passengers across 117 subway stations in travel zones of 134.9Km in length.

It continues to strive to ensure passenger safety by applying state-of-the-art-technology to each control system without delay.

The power control center especially designed to provide power system operations for all stations of Seoul Metro(Line 1 to 4) and the rolling stocks implements preventive safety systems with the real time power system operational information on changes in conditions from the field through the power SCADA system(41 substations, 117 stations, 137 terminal units).

This paper reports the differences of each line's power SCADA system(power SCADA systems of Seoul Metro(Line 1 to 4)), the roles and functions of the system, and the system operating characteristics and limits from the standpoint of the operator.

1. 서 론

서울메트로 종합관제센터는 1974년 1호선 개통을 시작으로 현재 영업거리 134.9Km, 117개역사 1일 약400만명 수송을 책임지고 있으며 각 관제 시스템별로 최신기술을 접목하여 정확한 정보획득과 신속한 판단으로 승객들의 안전에 만전을 기하고 있다.

특히 서울지하철(1~4호선)의 모든 역사 및 전동차에 공급되는 전력계통의 운영을 담당하는 전력관제실은 전력SCADA시스템(41개변전소, 117개역, 단말장치 137식)을 통하여 현장에서 발생하는 모든 상태변화(해당기기 상태, 부하현황 등), 즉 전력계통 운영에 관련된 정보를 실시간으로 수집하여 사고를 예방하는 시스템으로 구축되어있다.

최근 새로 적용된 2호선 전력SCADA시스템은 중앙관제 및 제어시스템의 단순한 정보표시 및 비효율적인 운영환경을 개선하여 보다 지능적이고 복잡적이며 미래지향적인 멀티미디어 시스템 운영 환경으로 구축 적용되었다.

본 논문에서는 서울메트로 1~4호선 전력원방감시제어시스템(SCADA)을 대상으로 운영자의 입장에서 호선별 전력 SCADA시스템의 상이점, 시스템기능과 역할, 특징 및 운영상의 한계성 등을 부분적 제시를 통해 분석해 보고자 한다.

* 정회원, 서울메트로 기술연구센터 기술연구2팀

E-mail : shelter1219@hanmail.net

TEL : (02)6110-5858 FAX : (02)6110-5839

** 비회원, 서울메트로 기술연구센터 기술연구2팀

*** 비회원, 서울메트로 기술연구센터 기술연구2팀

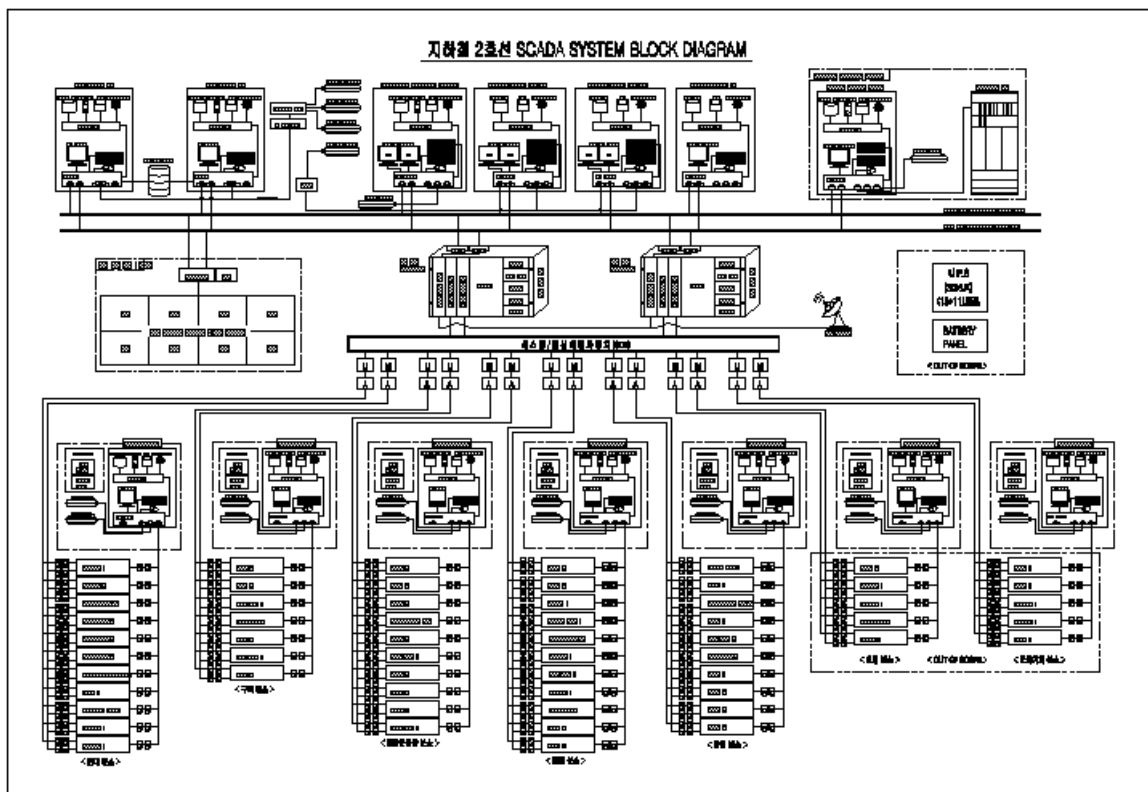
2. 본 론

2.1 서울메트로 전력SCADA시스템 구성

서울메트로의 전력SCADA시스템 구성은 크게 6부분으로 나눌수 있는데 시스템고속Data 연산처리, 현장 Data저장 및 관리분석을 실행하는 주컴퓨터장치(Main Computer=HOST), 각현장의 전력설비의 데이터를 실시간으로 상위시스템으로 전송하는 통신제어장치(FEP: Front End Processor), 운영자에게 시스템 Interface를 제공하여 전체영역상태를 동시에 인지할 수 있는 역할을 해주는 인간기계연락장치(MMI: Man-Machine Interface), 주컴퓨터 및 통신제어장치 등의 상태를 감시하여 시스템의 안전성을 유지하는 시스템/통신 이중화장치(SDE: System Dual Equipment), 전체 전력계통 시스템을 한화면으로 표시하여 운영자 쉽게볼수있도록한 전력계통반장치(Mosaic Panel), 현장의 각종 전력설비와 Interface하여 필요한 정보를 취득,분석, 처리하여 주컴퓨터장치로 송신하여 주는 원격자 장치(RTU: Remote Terminal Unit)로 구분할 수 있다, 호선별 전력SCADA시스템의 사양 및 기능 등은 설치년도에 따라 조금씩 상이하게 운영하고 있다

2.2 호선별 시스템의 기능과 특징

- 전력관제설비의 구성은 완전 이중화된 SYSTEM으로 구성하고 향후 SYSTEM을 증설할 필요가 있을 때나 새로운 소프트웨어 기능 추가시 동일 모델이나 동등 컴퓨터 가 아닌것도 사용할수 있도록 개방형 구조도 설계되었다
- 또한 모든 설비는 충분한 Redundancy와 고장탐색 및 복구절차 기능을 가지고 있어 중요기능이나 지원기능 어느 한 기능도 정지되는 경우가 없으며 주변 보조장치의 동작상태를 감시하는 기능을 구비, 응답성능이 저하되지 않도록 고려하였다



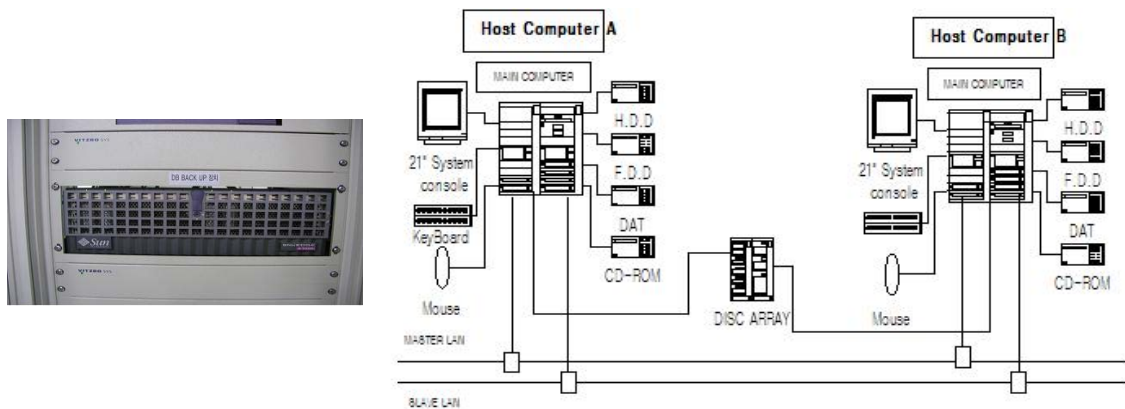
<그림1. 전력SCADA시스템 구성도>

가) 주컴퓨터장치(Main Computer=HOST)

○ 주 컴퓨터 장치는 전력관제설비의 가장 중추적인 역할로 고속데이터 연산처리, 운영체제(O/S), 각종시스템 프로그램 및 처리데이터 일시적 또는 영구적저장 등 완전 이중화 구성 되어있으며 관련주변기기들이 주컴퓨터에 연결되어 시스템의 원활한 운영을 가능하게 한다

표1. 호선별 HOST 사양

구분	중앙처리장치	보조기억장치(데이터백업용)	주컴퓨터장치 공유기능
LINE 1	32Bit Super Sparc Risc CPU 50MHZ, 64MB	ST적용(150MB SCSI)	Ethernet HUB적용
LINE 2	64Bit Server급 RISC CPU 400MHZ, 256MB	DAT 적용 24GB, Ultra Wide SCSI	ARRAY적용 72GB(저장36GB,백업36GB)
LINE 3,4	64Bit Sun Ultra(1) 140 143MHZ, 64MB	DAT/CD-R적용 4G(8000HS)/640MB SCSI	Ethernet HUB적용



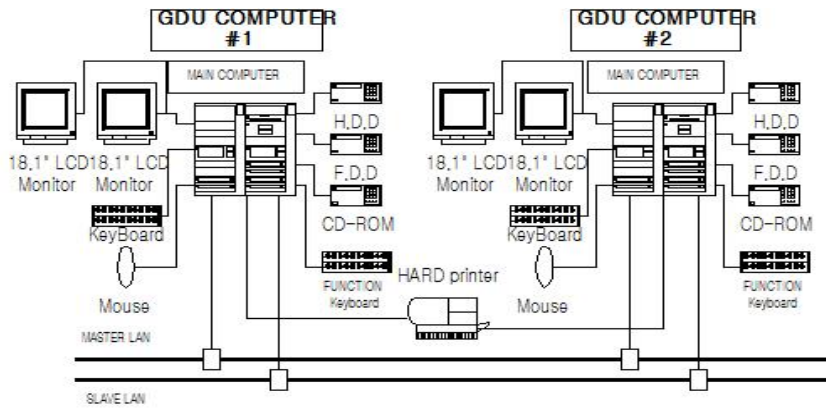
<그림2. 주컴퓨터장치 및 DISK ARRAY 구성도>

나) 인간기계연락장치(MMI: Man-Machine Interface)

○ MMI는 운영자가 시스템을 최적으로 감시할수있도록 관련기기(사령자 조작반, 천연색 영상복사장치, 시스템 관리용컴퓨터 등)로 구성되며 피제어소의 상태 및 정보를 알기쉽고 전체 제어영역 상태를 운영자가 동시에 인지 할수있도록 대화형으로 구성, 다양한 주변장치를 제공할 수 있는 디바이스 체계를 구축, 뛰어난 네트워킹 성능을 발휘한다

표2. 호선별 MMI 사양

구분	중앙처리장치	데이터백업(DAT)	기타
LINE 1	32Bit Super Risc CPU 40MHZ, 32MB	ST적용(150MB SCSI)	IEEE802.3(이드넷 10MBPS)
LINE 2	64Bit급 RISC CPU 450MHZ, 256MB	24GB, Ultra Wide SCSI	Network-IEEE802.3(이드넷), 100Mbps(이중화)
LINE 3,4	64Bit Sun Ultra(1) 140 143MHZ, 64MB	DAT/CD-R적용 4G(8000HS)/640MB SCSI	IEEE802.3(이드넷 10MBPS)



<그림3. 인간기계연락장치(MMI) 구성도>

다) 전력계통반장치(Mosaic Panel⇔ D.L.P)

- 전력계통을 일목요연하게 직관적으로 인지할수있도록 계통의 상태감시, 계측값, 제어상태 등을 표시하는 시스템의 형식 LED를 이용한 모자이크 타일로 조합된 방식과 대형영상 Display System의 빔프로젝트 D.L.P(Digital Light Processing)방식의 두가지 타입으로 적용하고 있다
- 특히 D.L.P방식은 타일방식에 비해 MMI에서 표출할 수 있는 모든방식을 Display할 수 있는 장점과 화질의 선명도, CCTV동화상까지 모두 포함할 수 있는 장점이 있다

표3. 호선별 전력계통반장치 사양

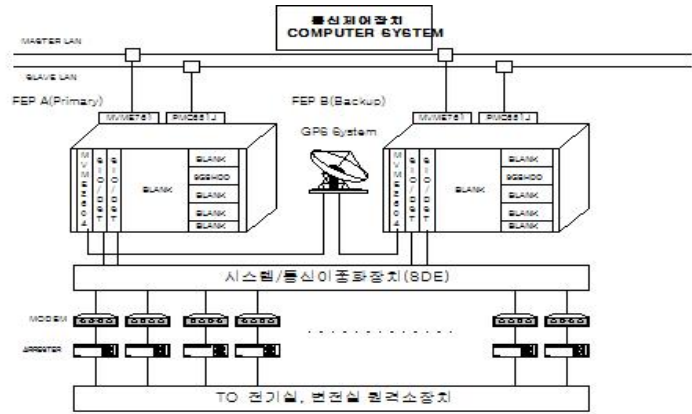
구분	사 양	기타
LINE 1	모자이크 타일 조합방식(STATUS LAMP 24V 적용)	
LINE 2	67"모듈형 DLP Projector(후면투사방식, 스크린투사) 램프:120W UHP Lamp/6000시간, 밝기:650ANSI, 대조비 300:1 해상도: 1024×768Pixels True, 인터페이스:RS-232C	
LINE 3,4	모자이크 타일 조합방식(STATUS LAMP 24V 적용)	

라) 통신제어장치(FEP: Front End Processor)

- 원격소 자료취득처리장치(Data Acquisition and Control system)로서의 제어소와 피제어소간에 정보를 송수신하는 장치로써 자료취득부터 해당되는 현장기기에 RTU를 통해 출력력을 제공하는데 까지 필요한 설비를 말한다.

표4. 호선별 FEP 사양

구분	사 양	기타
LINE 1	32Bit, Serial Port: 4개, Parallel Port: 1개, Ethernet Port:2개(10Mbps)	MVME187-003A
LINE 2	통신제어모듈: 32Bit 산업용 Microprocessor Serial Port: 4개, Parallel Port: 1개 계산전용 프로세서 내장, 이중화구조, 실시간처리운영체 적용 표준시각 수신장치: GPS 10 ⁻⁶ 초이상, AccesTime 400nsec이상	Motorola Synclplus
LINE 3,4	32Bit, Serial Port: 4개, Parallel Port: 1개, Ethernet Port:2개(10Mbps)	MVME187-003B



<그림4. 통신제어장치 구성도>

라) 원격소장치(RTU: Remote Terminal Unit)

- 피제어소(변전소, 전기실 등)에 설치되어 각종전력설비와 Interface하여 필요한 현장정보를 획득, 분석, 처리하여 전력관제실의 통신제어장치(FEP)를 통하여 주컴퓨터장치로 송신, 운영자에 의하여 운영하도록 설치된 장치를 말한다.
- 구성으로는 Open Real Time Processing시스템을 기본으로 하고 크게 각 기능모듈로부터의 정보를 분석, 처리하는 이중화된2개의 공통제어부, 현장데이터를 제어, 상태 및 아나로그 데이터를 처리하는 입출력제어부(I/O CPU, I/O Modules), 전원공급장치, 중앙장치와 정보통신을 행하는 변복조부, 기타 주변장치 등으로 나뉘어 집니다.

표5. 호선별 원격소장치(RTU) 사양

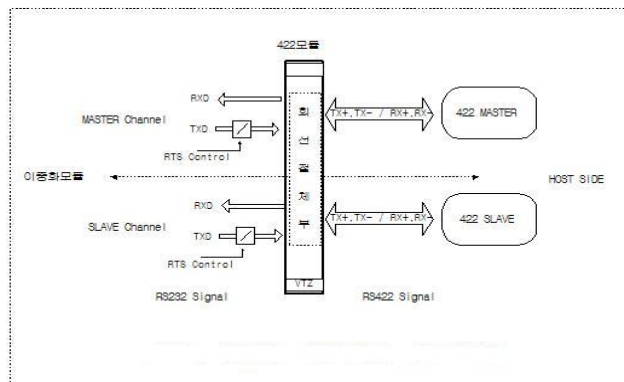
구 분	1호선	2호선	3,4호선
포인트 구성	1개CPU 384포인트 구성가능 최대CPU4개가능 (1536포인트)	최대400포인트구성가능 (예비율 20% 포함 실장)	1개CPU 384포인트 구성가능 최대CPU4개가능 (1536포인트)
수용제어수	14	60	63
통신사양(전송속도)	1200BPS	1200/9600BPS	1200/9600BPS
이중화	CPU이중화, 전송로 이중화	CPU이중화, 전송로 이중화	CPU이중화, 전송로 이중화



<그림5. RTU 전면, 후면 사진>
- 411 -

마) 통신변환장치: RS422

- 제어소와 피제어소간의 원거리 통신을 위하여 사용되는 장치로서 RS-232C신호를 RS-422신호로 변환하는 장치로 데이터라인 접속부는 동일한 통신 회선상에 여러개의 원격소장치를 접속시에 통신에 지장을 주지않도록 설계
- 변환모듈은 이중으로 설치하며 한 모듈에 이상이 발생하여 통신이 불가할 경우 다른 모듈을 통하여 데이터의 손실없이 중앙장치와 통신가능
 - 프로세서 : 8비트급 마이크로 프로세서(89C2051, 22.1184MHZ)
 - 신호변환 : RS422 To RS232
 - 변환방식 : RS422/RS232 Driver 적용



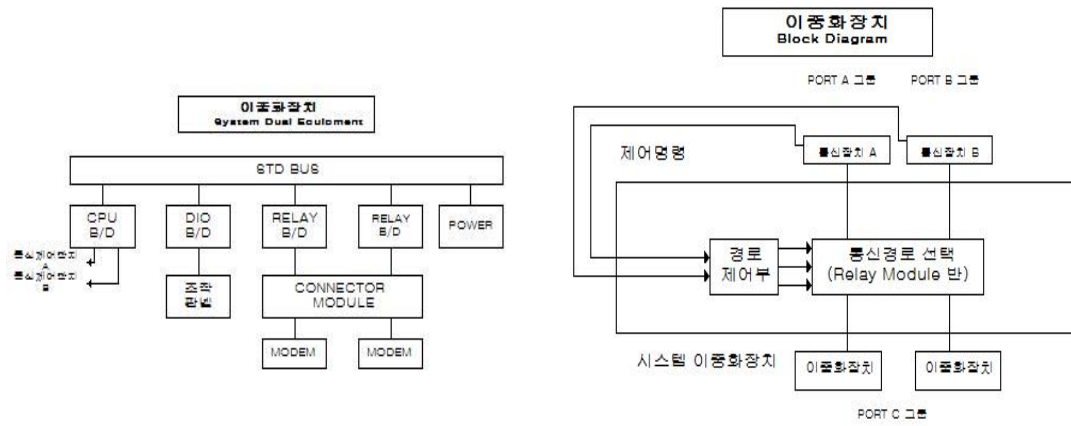
<그림6. 422변환모듈 신호연계 구성도 및 사진>

바) 네트워크장치(LAN)

- 시스템의 각 Node를 상호 연결시키는 고속LAN장치로써 Switching HUB를 사용, 시스템의 각 Node와 인터페이스에 필요한 장치 및 Cable포함 하고 있다
- 고속의 정보 송수신을 위하여 초당 100Mbyte의 정보를 처리할수 있는 장치로서 Fast Ethernet(IEEE 802.3)을 채용하여 각 컴퓨터 장치와 통신제어장치 등 네트워크 상에 연결하는 모든 기기들의 데이터 전송수신에 적용되며 완전 이중화로 구축되고 관제원 조작반과의 명령, 응답의 전송로 기능을 한다
 - 100Mbps, 10Mbps auto sensing switching hub
 - 100Base-T, Fast Ethernet, IEEE 802.3 Compliant
 - RJ-45포트 24개지원

사) 기타

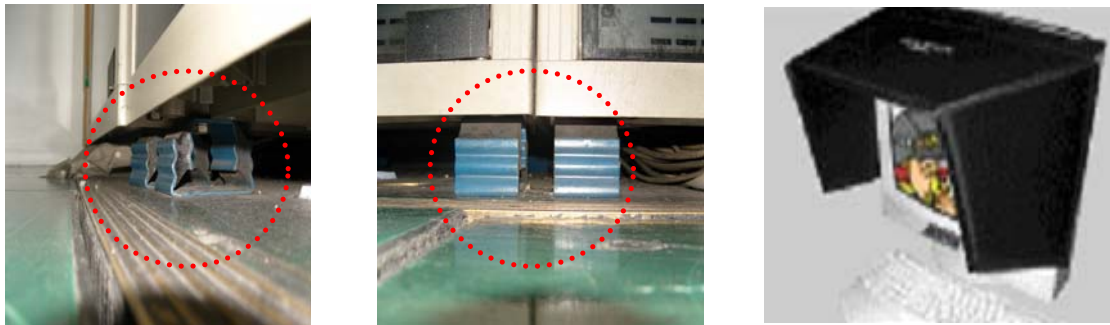
- 시스템 이중화 장치
 - 주컴퓨터장치 Primary와 Backup 통신제어장치 A와B의 상태를 감시하여 이상이 발생되면 시스템 A와 B를 상호 절체시킬수 있도록 구성하며 또한 절체방법은 자동 및 수동절체가 가능하다
 - 기능
 - Computer와 통신하여 Computer상태를 감시
 - Computer에 이상발생시 절체 명령을 발생
 - DIO Board제어
 - Watch Dog Timer 기능 (MAX 691)
 - 조작패널 동작상태 외부LED 표시 및 절체 KEY적용을 이용한 절체방식



<그림7. 시스템 이중화 장치 조작패널 Block Diagram>

2.3 호선별 전력SCADA시스템 개선운영방안

가) 기계실 진동방지 패드설치



<그림8. 주컴퓨터실 큐비클 하부 진동패드 설치 및 모니터 커버>

표6. 진도계와 진동가속도 레벨

진도	지진의 명칭	진동속도 피크치 (cm/s ²)	가속도레벨dB[re, 10 ⁻⁵ (m/s ²)]	비 고
0	무감(No Feeling)	0.8이하	55 이하	인체로 느끼지 못함
I	미진(slight)	0.8 ~ 2.5	60±5	약간 느낌
II	경진(Weak)	2.5 ~ 8.0	70±5	많은 사람들이 느낌
III	약진(Rather Strong)	8.0 ~ 25	80±5	창문, 미닫이가 흔들림
IV	중진(Strong)	25 ~ 80	90±5	기물이 넘어지고 물이 넘침
V	강진(Very Strong)	80 ~ 250	100±5	집의 벽이나 비석이 넘어짐
VI	열진(Disastrous)	250 ~ 400	105 ~ 110	가옥파괴 30% 이하
VII	격진(Very Disastrous)	400 이상	110 이상	가옥파괴 30%이상, 단층 산사태 발생

○ 현 상

- 1호선전력 관제실은 그 위치가 전차선 바로 상부에 위치함으로써 진동차가 운행시마다 대전력을 사용할 시 고전류로 인하여 발생하는 자기장의 영향으로 상당한 진동과 함께 모니터(CRT)의 화면떨림, 변색 등의 현상이 발생함

○ 적 용

- 열차 진동에 의해 컴퓨터 오동작 발생우려 큐비클 하단 방진고무패드 적용

표7. 정밀장비의 진동허용 한계

Descrip Class	Facility Equipment or Use	Vibration Criteria	
		4~8Hz rms Acc.	8~80Hz rms Vel.
일반적인 진동환경	일반 작업장	4 gal (변위 16 μ m)	800 μ m/s
	사무실	2 gal (변위 8 μ m)	400 μ m/s
	거주지 및 Computer System	1 gal (변위 4 μ m)	200 μ m/s
	100배 정도 현미경, 로봇 수술실, Operators Room, 일반연구실 기타	0.5 gal (변위 2 μ m)	100 μ m/s
정밀진동 Class : A	400배정도 현미경, 측정실 Optical or Other Balance Optical Comparators, 전자장비, 생산 *검사, Probe Test, 생산 지원설비 및 장치	0.25 gal (변위 1 μ m)	50 μ m/s
정밀진동 Class : B	400배 이상 현미경, 정밀, 안과, 신경계 수술실, 방진설비를 갖춘 광학장비, 반도체 생산설비 등 *Aligner, Steppers 등 3 μ m 이상 선폭 노광장치	0.25 gal (변위 1 μ m)	25 μ m/s
정밀진동 Class : C	30000배까지 전자현미경 Magnetic Resonance Imagers, 반도체 생산설비 *Aligner, Steppers 등 1 μ m 이상 선폭 노광장치 : 1M DRAM 정도	0.06 gal (변위 0.25 μ m)	12 μ m/s
정밀진동 Class : D	30000배까지 전자현미경 Mass Spectrometer 세포이식 장치, 반도체 생산설비 *Aligner, Steppers 등 1/2 μ m 이상 선폭 노광장치 : 4M DRAM 정도	0.03 gal (변위 0.12 μ m)	6 μ m/s
정밀진동 Class : E	Unisolated laser Optical research System *Aligner, Steppers 등 1/4 μ m 이상 선폭 노광장치 : 64M DRAM 정도	0.015 gal (변위 0.06 μ m)	3 μ m/s

○ 기 타(모니터 떨림 변색 현상)

- 일반적으로 변색은 60HZ 대역의 자기장이 주류를 이루며 대전력을 사용할시 전류가 증가하여 매우 강한 자기장이 방출되며 건물 구조상 사무실 바닥이나 천정으로 강한 자계가 형성된다
- CRT 모니터는 외부 자기장의 영향에 민감하여 화면이 떨리거나 변색되는 경우가 발생, 10mG 정도의 자기장에 화상의 흔들림 발생, 50mG 이상이 되면 변색발생, 이런 현상은 직류 자기장에 의해서도 변색이 되며 특히, 도시 철도 공사 전철 동력원인 직류전류에 의한 직류 자기장에 의해 모니터 화면의 변색이 자주 발생된다.

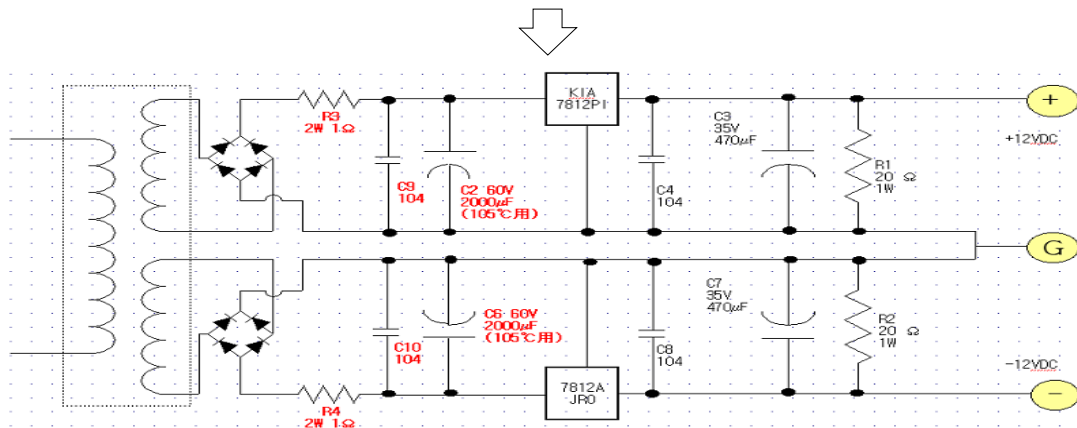
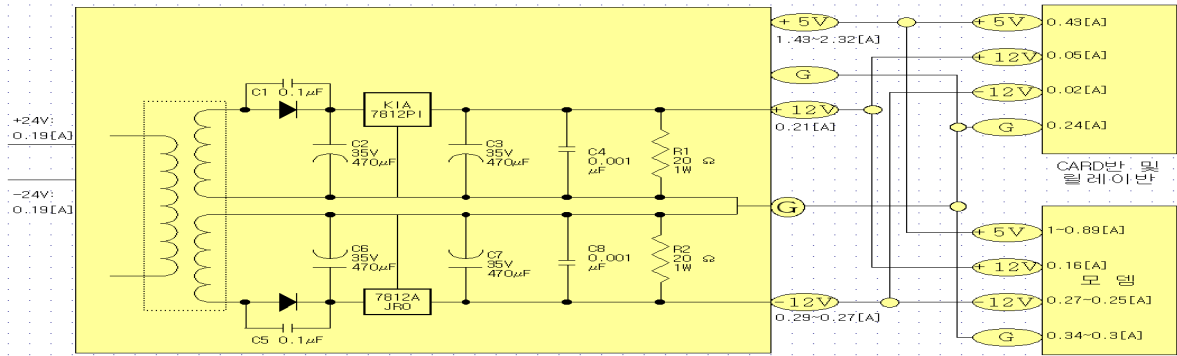
○ 개선방향

- 모니터 : 시스템 적용초기 CRT모니터의 적용으로 자기장 차폐커버를 설치하였으나 그효과가 미흡, 자기장 차폐공사는 건물구조상 불가능, LCD 모니터 도입적용(2005년)

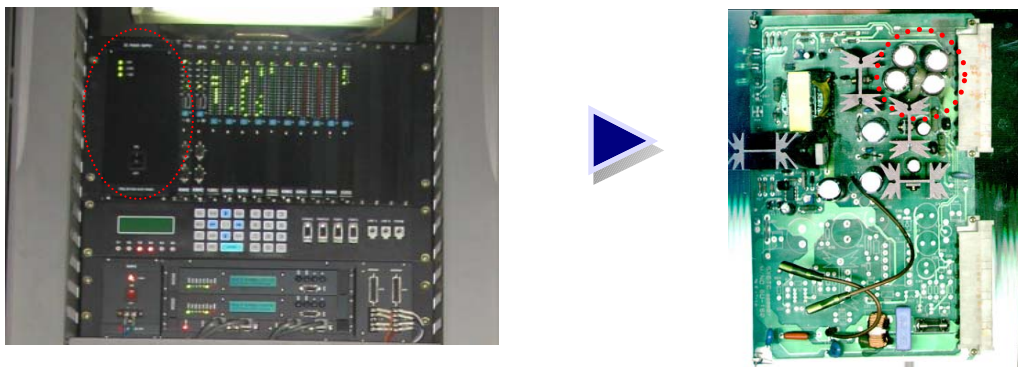
나) RTU CPU 전원장치(RACK POWER) 소손에 따른 개선

○ 현 상

- 원격소장치(RTU: Remote Terminal Unit)의 CPU에 공급되는 전원은 전원 공급장치에서 DC24V를 DC+5V, +12V,-12V로 변환하여 전원을 공급하고 있으나 일정시간 사용후(시스템 도입후 약5년) 전원장치의 잦은 고장으로 인해 원방감시제어 임무가 불가능 발생
- 이벤트 누락현상, 현장상태 반전상태 표시(투입⇒개방, 개방⇒투입 등), 전력현황 이상현시 등



<그림8. RTU 전원장치(RACK POWER) 개선전, 후 회로도>



<그림9. RTU 전원장치(RACK POWER) 사진>

○ RackPower소손에 대한 회로분석

- 구성: 정전압 레귤레이터(7812)소자, 전해콘덴서, 세라믹콘덴서
- 현상: 정전압 레귤레이터 소자의 전후에 있는 전해 콘덴서가 자주 나가고 있음(1998년설치)
- 레귤레이터 소자는 이상현상은 나타나지않지만 후단에만 설치되어있는 고주파의 리플제거를 위한 레귤레이터 전후에 세라믹 콘덴서(104:0.001pf μ F)를 설치하는 것이 좋을것으로 판단
- 전단의 정류회로는 반파보다는 전파정류를 취함

○ 개선방향

- 용량은 설계방향으로 사용시 별문제가 없을것으로 판단 콘덴서의 특성상 장기사용시 그 기능이 저하되어 정전압,정전류 출력이 미약할수있다는 점과 내압을 높이면 부피와 단가가 높아진다는 점과 설치후 5년 경과후 발생된점을 들어 같은 용량의 다른 소자를 적용 시험설치운영 중에 있음

다) RTU MODEM 전원장치(RACK POWER) 소손에 따른 개선

○ 현 상

- 원격소장치(RTU: Remote Terminal Unit)에 모뎀에 공급되는 전원은 모뎀용 전원장치(Rack Power)에서DC24V를 DC+ 15V,+ 12V-12V로 변환하여 전원을 공급하고 있으나 전원모듈에 열화 등으로 인한 잦은 고장으로 인한 MODEM의 기능상실로 원방감시제어 불능
- 전원장치 모듈기판의 공간협소 및 밀폐로 인한 작은 고장발생 및 조치의 어려움
- 원거리RTU의 경우 고장복구시간 장시간 소요 및 해당구간 현장감시불능
- 전원장치 모듈의 소규모 생산으로 인한 수급의 어려움 발생

○ RTU전원계통도⇒ 그림8 모뎀전원 장치 부분 참조



<그림10. RTU MODEM 전원장치 조치방안>

○ 개선방향

- 원격소장치(RTU)의 모뎀에 설치되어있는 모듈을 제거하고 주전원부에 사용되고 있는 전원을 직접공급하는 방식으로 관제시스템과 단말장치간에 안정적인 통신상태 확보

3. 결 론

현재 각 호선별 설치 되어있는 전력SCADA 시스템은 도입별 시기가 달라 부가기능 및 특징에 많은 차이가 있다. 최초 검토 및 설계단계부터 설치공사완료에 따른 운영시까지는 5년이상인 예상되므로 실제 5년운영시 시스템은 10년이 지난다는 결과가 나온다. 운영상 가장 문제점으로 지적되고 있는 것은 예비 부품확보 및 관련부품 정비문제다. 따라서 시스템 환경상 운영자 입장에서 개선할수 없는, 즉 시스템전체에 영향을 미치거나 변경이 필요한 부분을 제외한 기타 부분에서는 운영의 묘를 살려 발생하는 문제점을 개선 적용함으로써 시스템운영 효율을 높이는 방안을 모색하는것도 효과적일것으로 사료된다

참고문헌

[1] 서울메트로 전력사령설비 운용 지침서(2003.2)pp 5~28
 [2] 서울메트로 전력관제설비 시스템 교안(1~4호선)(2007.1) pp 8~50
 [3] 서울메트로 사령설비현황(1~4호선)(2007.1) pp 23~30
 [4] 2호선지선 단말장치제작 규격시방서(2007.6) 제1장, 제2장
 [5] 변재영, 창상훈, 김왕곤(2005) “전기철도 전력 원방 감시제어 시스템 최적 구성방안 연구”
 한국철도학회:학술대회지, 한국철도학회 05 추계학술대회 논문집 pp992~995