



시스템 원전용 DCS(Distributed Control System) 개발

- 제품명 : OPERASYSTEM™

이용배

(주)우리기술 시스템사업본부 이사

오인석

한국원자력연구소 계측제어 · 인간공학연구부 책임연구원

DCS 개발 목표 및 전략

“원전 계측 제어 시스템 국산화”를 위해 국가 중장기 사업의 하나로 수행중인 “원전계측제어사업단(Korea Nuclear Instrumentation and Control System :KNICS)에서는 원전 계측 제어 시스템의 안전 계통 플랫폼인 PLC(Programmable Logic Controller) 및 원자로 보호 계통(Reactor Protection System) 개발을 포함하여 비안전 계통 개발에 필요한 플랫폼인 원전용 DCS를 개발하고 있다. KNICS 사업단에서 개발하고 있는 DCS의 설계 목표 및 전략은 다음과 같다.

1. 설계 목표

● 원전용 DCS의 개발은 KNICS 비안전 등급의 제어 계통과 운전 정보를 제공하기 위하여 요구되는 비안전 등급의 정보 처리 및 표시 계통을 구현할 수 있는 기기의 개발을 범위로 하며, 이 외에도 이들

계통과 연계되는 타계통과의 연계 기기를 포함한다.

● 원전 적용시 DCS의 적용 범위는 I&C 계통 설계자에 따른다. KNICS 개발 사업에서 DCS 개발은 원전 계측 제어 계통 중 비안전 등급으로 설계되는 정보 처리 및 표시 계통과 비안전 등급으로 설계되는 제어 계통의 구현을 위한 플랫폼으로 적용 가능한 범위로 한다. 또한 제3자 공급 기기와의 연결을 위한 연계 기기의 개발을 포함한다.

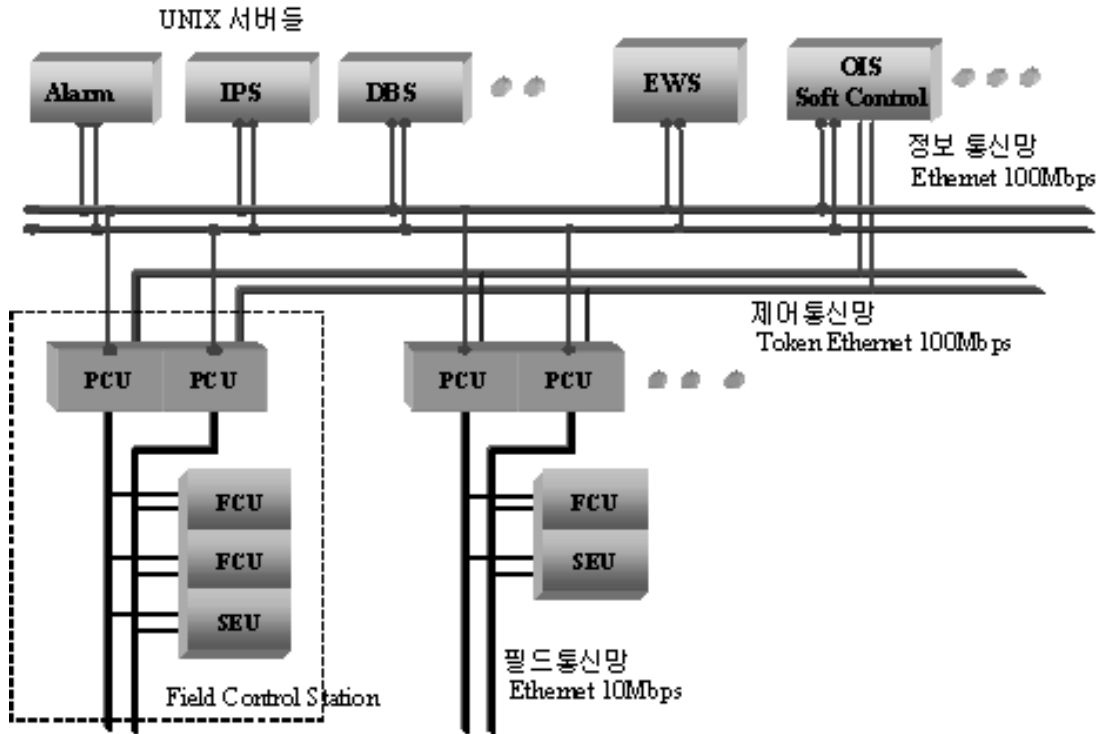
● DCS는 APR 1400을 기반으로 설계되는 KNICS의 설계 요건을 만족하도록 개발되어야 한다. 개발되는 DCS는 국내 최초 설계 인증된 APR1400의 설계요건을 만족하도록 설계 목표를 설정함으로써 과제 수행을 투명하게 하고, 개발자의 역할을 분명하게 한다.

● DCS 개발 전 과정은 미 연방법(10CFR50 App. B) 및 국내 전력 산업기준 (KEPIC)의 품질 보증 요건에 따라 체계적으로 개발되어

DCS의 신뢰성 확보 및 고품질 유지가 가능하도록 한다. 원전에서 사용되는 기기는 원자력 품질보증 체계 하에서 개발되어야 하므로 상급 품질 보증 기준에 따라 개발한다.

● 국내 기술진에 의해 DCS를 개발하여 원전에 공급하고 이의 유지보수를 국내 기술진에 의해 수행 가능하도록 한다. 원전에서의 DCS 적용은 설계뿐만 아니라 향후 원전 운전시 기기 공급사에 대한 의존도가 너무 크다. 이는 외국사로부터 DCS를 도입할 경우 원전 건설부터 DCS 수명 기간 동안 기술적 종속을 뜻한다. 따라서 국산 DCS의 개발이 필수적이다.

● 개발되는 DCS는 고신뢰도가 요구되는 일반 산업에서 적용 가능하도록 한다. 개발되는 DCS는 원자력뿐만 아니라 일반 산업에서 고신뢰도가 요구되는 제어 시스템에 적용 가능하도록 하여 적용 범위를 넓히며, 나아가 폭넓은 사용을 통해 가격 및 기술 경쟁력을 유지한다.



<그림 1> DCS의 구성 및 구조

2. 설계 전략

● 일반 산업체에서 적용되는 DCS의 기능 및 성능을 Bench Marking하고 원전에서 사용 가능한 기능 및 성능을 추출하여 KNICS 설계 요건 및 원전 고유의 설계 요건과 함께 원전용 DCS 개발 기준 및 설계 요건으로 한다.

● 디지털 시스템의 핵심 기술인 표준 통신망 기술을 적용하여 DCS의 필드 통신망 및 제어 통신망을 개발한다.

● 1단계 KNICS 개발 사업에서 개발된 DCS를 기반으로 통신 및 제

어 기능을 개선하여 신뢰도를 높이고, 정보 처리 및 표시 기능 강화와 개발 도구의 편의성을 향상시킨다.

● 기 확보된 산업용 DCS 개발 기술에 원전용 DCS 고유의 요건을 부가하기 위하여 원자력 산업에서 많은 설계 및 개발 경험을 지닌 유관 기관이 개발 주체인 산업체와 협력하여 개발한다.

● 개발되는 DCS는 기능 및 성능 면에서 선진 외국사의 원전용 DCS와 필적할 수 있어야 한다.

● 설계 및 개발 과정상의 결과물을 문서화하고 체계적으로 관리하

여 사용자의 신뢰를 확보한다.

주요 개발 범위 및 내용

DCS의 구성 및 개발 범위는 <그림 1>과 같다.

● 필드의 비안전 관련 입출력 신호를 수집하고 처리하며, 이산 제어 및 연속 제어 논리를 처리하는 FCU (Field Control Unit) 및 각종 I/O 보드 개발

○ 200MHz 이상의 CPU Clock, 64MB 이상의 자체 메모리 장착 및 고속 데이터 전송 기능을 가지는

제어통신 Switching Hub 사양

구 분	주요 사양
Local Switching Hub (XG100A)	Console: RS232, 10Mbps Ethernet 이중화 Port: 100Mbps Ethernet TP GTS Downlink 8 port: 6 TP + 2 TP/Fiber GTS Uplink 2 port: 2 TP/Fiber
Group Switching Hub (XG101A)	Console: RS232, 10Mbps Ethernet 이중화 Port: 100Mbps Ethernet TP GTS Downlink 16 port: 12 TP + 4 TP/Fiber GTS Uplink 2 port: 2 TP/Fiber
Central Switching Hub (XG101A)	Console: RS232, 10Mbps Ethernet 이중화 Port: 100Mbps Ethernet TP GTS Downlink 8 port: 8 TP/Fiber External 8 port: 8 100Mbps Ethernet TP

고성능의 제어 연산 모듈 개발

- 자체 진단 기능 강화, 모듈 전면에 표시 기능 강화(7 Segment 등 도입)
- 보드 Front panel 및 기타 기구물 보완 제작
- 사용자 편의성을 고려한 Interface 개발
- 작업성이 편리하고, 높은 가용성을 가지는 Terminal Block 제작
- 사용자 관리가 용이한 Terminal Block Access Tool Kit 개발
- 원전의 규제 요건을 만족하는 내진 Panel 제작
- 전용 Power Supply System 개발
- 감시 및 제어기, 각종 서버 운전 정보 시스템과 필드 제어 기간의 통신을 담당하는 제어 통신망 및 정보 통신망을 포함하는 데이터 통신 시스템,

- 감시 및 제어가 가능한 사용자 Interface를 지원하는 정보 통신망 개발
 - 100Mbps Interface 호환 개발
 - 계층을 가진 VLAN 기능의 H/W를 사용하는 개념 설계
 - 신뢰도 높은 감시 및 제어 기능을 지원할 수 있는 관리 및 진단 기능 개발
- 원전용 DCS 제어 통신망 보완 개발
 - 100Mbps 이상 급의 광통신 모듈 보완
 - 결정론적 제어용 통신 Protocol 보완
 - 범용성을 갖는 고성능 통신용 H/W 개발(VMEbus Interface)
 - Fault Tolerance가 강화된 통신 방식 개발

- 고신뢰도 사양의 정보 처리 및 표시 계통을 지원할 수 있는 분산된 전산 시스템 (서버) 개발

- 초당 10,000 Transaction 이상의 성능 구현
- 다양한 저장 주기(200ms~1일)의 이력 데이터 생성 및 관리
- 절차서 기능 및 다양한 사용자 응용 프로그램 동등 능력 지원
- 고신뢰도, 고성능의 Gigabit 급 정보 통신망 통제 기능 지원

- 제어 시스템 구성뿐만 아니라 제어 논리 설계 및 구현, 운전원 인터페이스 화면 구성을 위한 개발 환경을 제공하는 EWS (Engineering Workstation Station)

- 인간공학 개념을 적용한 사용자 인터페이스 강화
- Engineering Tool의 Report 기능 및 형상 관리 기능 개발
- DCS 각 구성 요소를 통합하여 Configuration 가능한 Engineering Tool 개발
- 원전 개념에 맞는 제어용 Function Block 개발 (Quality 고려한 연산 기능 도입)
- 상용 제품을 사용한 Graphic Builder 및 Logic Control Builder의 통합을 통한 도구의 신뢰성 강화
- 사용자의 선호를 고려한 다양한 Graphic Builder 제공
- 원격 Diagnostics, 원격 감시 지원 기능 개발
- 각 I/O Module의 Channel 단위의 통계적 Diagnostics 기능용 Protocol 개발



● 발전소 운전을 위한 감시 및 제어에 필요한 제어기 및 표시기를 제공하는 운전원 연계 장치

● 발전소 보호 및 안전 계통, T/G 제어 계통 및 감시 계통과 같이 다른 제어 및 감시 계통과의 연결을 위한 연계 장치

- 다양한 방식의 정보 공유를 위한 정보 Gateway 기능 개발
- 시스템 보안 기능 강화
- 개인용 PC, PDA를 통한 경보 기능, 알람 기능 개발

OPERASYSTM의 개요 및 주요 특징점

OPERASYSTM은 (주)우리 기술이 원전용 DCS Platform을 제품화하기 위한 고유 이름으로서 OPERASYSTM의 전체적인 구성은 크게 EWS(Engineering Workstation System)/OIS(Operator Interface System), Server System으로 이루어지는 Management Layer, 제어 / 정보 교환을 위한 통신 Layer, 각종 현장 신호 처리를 위한 Field Layer로 구분될 수 있다.

통신망은 제어망과 정보망을 분리시킴으로써 정보 데이터의 과중으로 네트워크의 높은 부하와 충돌로 인해 발생할 수 있는 제어 데이터의 지연 및 손상을 방지함으로써 (점증하고 있는 멀티미디어 환경에 대비하여) 제어의 안정성을 보장하였으며, 특히 결정론적 제어 통신 프

FCS CPU 및 Remote 통신 모듈

구 분	주요 사양
CPU 통신(XV020A)	CPU: MPC8270 450MHz(CPU)/300MHz(CPM) Memory: 1MB ROM, 4MB Flash, 2MB SRAM, 64MB + 32MB SDRAM Console: RS232, 10Mbps Ethernet TP Bus: 최대 64 bit Ethernet 2 port: 100Mbps TP/Fiber (정보망) GTS 2 port: 100Mbps TP/Fiber (제어망) 기타: Hot Swap CPU: MPC860 50MHz
RCM(XV018B)	Console: RS232, 10Mbps Ethernet TP 외부통신: 4 Serial/Ethernet(10Mbps) port RS232C/RS485/RS422 지원 HDLC/SDLC(2Mbps) 지원 Modbus 지원 FieldBus (HART 포함) 지원 기타: Hot Swap

로토콜을 지원함으로써 상용의 통신 프로토콜이 가지는 비결정론적 특성을 원전에 맞게끔 보완하였다.

아울러 LSH, GSH, CSH 수준에서의 유연한 소규모 / 중규모/ 대규모 구성은 기존 가동 원전에도 규모에 따라 쉽게 적용하기 위함이고, 또한 각 수준에서의 완벽한 이중화는 ‘사용중 교체’ 및 ‘신뢰성 (사용중 오류 발생시 즉시 절체되어 건전성 확보)’을 보장한다.

<그림 2>는 OPERASYS-TEMTM의 통신망의 구조를 보여주고 있다.

EWS는 전체 DCS의 구성, 설정, 로직에 대한 관리뿐만 아니라 감시, emulation 등의 디버깅 기능들을 지원함으로써 엔지니어링 생산

성을 제고하는 데 주안점을 두고 있다.

특히 EWS는 System Builder, Graphic Builder, Logic Builder, Tag Builder 및 Report Builder로 구성되어 있다.

초기에 DCS를 구성 및 설치하거나 사용중 변경을 위해 필요한 Configuration 설정 도구인 System Builder(<그림 3>)는 시스템의 구성을 효율적으로 하기 위한 인간공학적 인터페이스와 각종 기기 및 Cabinet 단위의 상태 및 오류를 파악할 수 있도록 감시 기능을 강화하였다.

Graphic Builder(<그림 4>)는 상용 MMI(Man Machine Interface) Tool인 iFix(추후에는 할덴에서 개

FCS IO 모듈

구 분	주요 사양
디지털 입력 XV200A XV201B	32 채널 24/48VDC, Dry Contact, Optical Isolation Self-Check, Half Trigger, Filter, Protection 등
디지털 출력 V301A XV302A	16/32 채널 Relay 24/48VDC, Dry Contact, Optical Isolation Data Latch & Watch Dog Timer, Protection 등
아날로그 입력 XV403B XV405B	16/8 채널 12/16 bit A/D Converter -20mV~10V 14 range, 4~20mA Optical 및 A/D Isolation
아날로그 출력 XV501A XV502A	8 채널 12/16 bit D/A Converter -10~10/0~10/-5~5VDC 선택 4~20/0~20/5~25mA 선택 Optical 및 D/A Isolation
펄스 입력 XV710A	8 채널 AT89S53 MPU Dry Contact, Optical Isolation

발한 ProcSee, Autobase까지도 고려하고 있음) Middleware를 채택하고 있으며, 사용자의 요구에 따라 다양한 MMI Tool을 적용 가능할 수 있는 인터페이스를 제공함으로써 외산 DCS의 고질적인 'Vendor 의존적인 (폐쇄적인) Software' 문제를 해소함과 동시에 다양한 도구를 제공하여 사용자의 편의성을 높이는 데 주안점을 두었다.

Logic Builder는 산업체 규격인 IEC 61499 및 IEC 61131을 만족하는 상용 도구인 ISaGRAF를 채택하여 IEEE61131-3에서 규

정하는 표준 언어(Ladder Diagram, Structured Text, Instruction List, Sequential Function Chart, Function Block Diagram)를 지원하며 다양한 Built-in Function Block들과 아울러 필요시 사용자가 직접 C-언어로 프로그래밍하여 Function을 만들 수 있는 인터페이스도 제공하고 있다.

이외에도 엔지니어링 편의성과 생산성 향상을 위한 다중 사용자 지원 (Export/Import), 디버깅 툴(Spying Variable, IO Panel, Start/Stop/Cycle 실행, Breakpointing 등), Software

Simulation, Target Download /Upload, Document Generation 등의 기능을 제공한다.

이외에도 EWS에는 Tag(Point) 정보를 관리하는 Tag Builder 및 Viewer 등의 Tool을 내장하고 있다.

데이터 서버 시스템은 상용 RDBMS를 채용하여 현장의 다양한 DB 활용성을 제공하고, 특히 데이터, 프로세스 등 모든 측면에서의 이중화를 지원하는 '사용중 교체 및 신뢰성'에 주안점을 두고 있다.

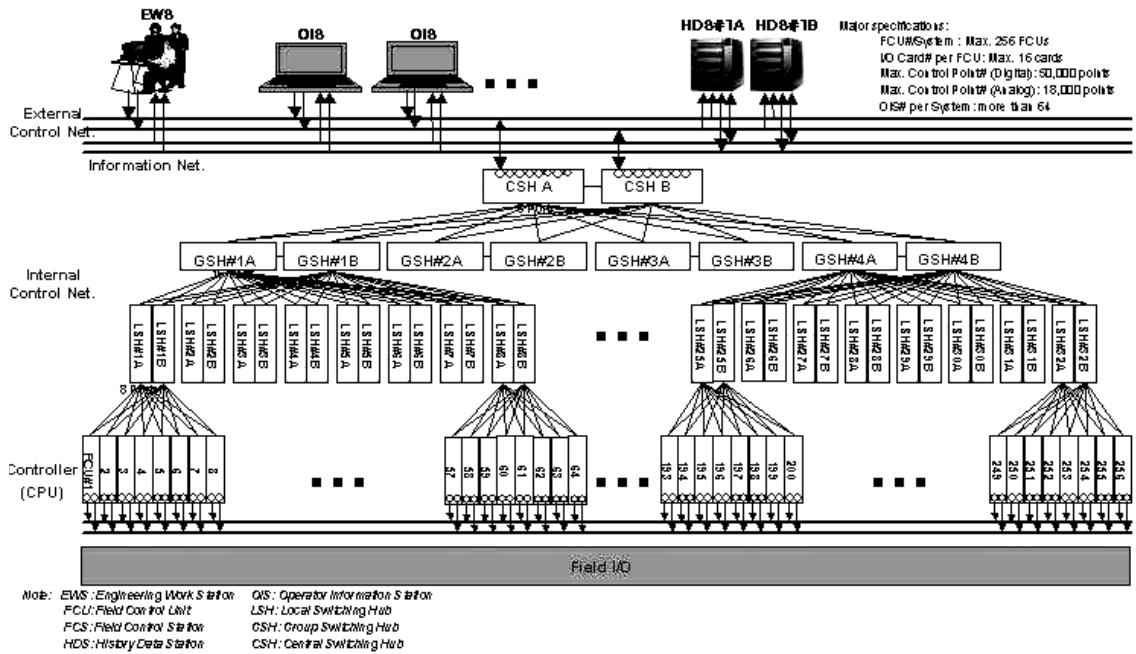
FCU는 Hot-Swap, 이중화 (CPU 이중화, 제어기 이중화), IO 이중화까지 지원함으로써 확실한 '사용중 교체 및 신뢰성'을 보장하고 있다.

<그림 8>은 현재 Platform 통합 시험을 하고 있는 FCU Cabinet들을 보여주고 있다.

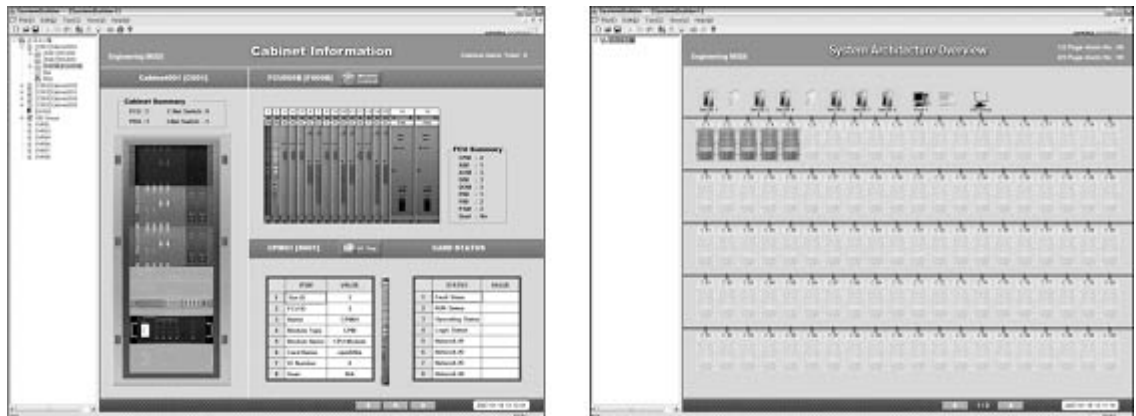
그리고 사용자의 편의성과 작업성을 제고하기 위해 후면의 신호선 배치와 Display에도 많은 노력을 기울인 부채꼴 모양의 단자대 배치를 <그림 9>와 같이 보여주고 있다.

추후 계획 및 결론

현재까지 개발된 OPERASYS-TEM™은 제품화를 위한 노력을 경주하고 있다. 이에 따라 차후에는 설계 문서 Revision 및 V&V 등의 품질 관리 외에도 매뉴얼 등 제품 판매를 준비 외에도 제품의 신뢰성 / 사용성을 더욱 제고하기 위한 2차 기기 검증, 3차 시험, 설계



〈그림 2〉 OPERASYS™의 통신망 구조




〈그림 3〉 System Builder 시스템 설정 화면

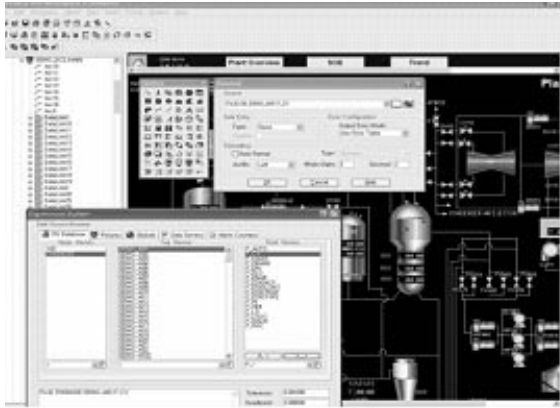
기관에 의한 사용성 평가 등의 작업에 박차를 가할 것이다.

한편, 제품화와는 별도의 차원에서 상용화를 위해서도 열심히 노력 중이다. 이미 「보장형 제어를 하기 위한 기술 및 방법」에 대한 특허를 출원하였으며, 신규 원전 적용을

위한 비입증 기술 입증(통합 성능 검증 시험)을 추진 중이다.

이러한 상용화 노력이 결실을 맺는다면 그간 외국산 장비에 대한 사용자의 불만의 해소와 아울러 주변의 여러 유관 기관들의 기술력(시험, 규제, 설계 등)을 한 단계 고

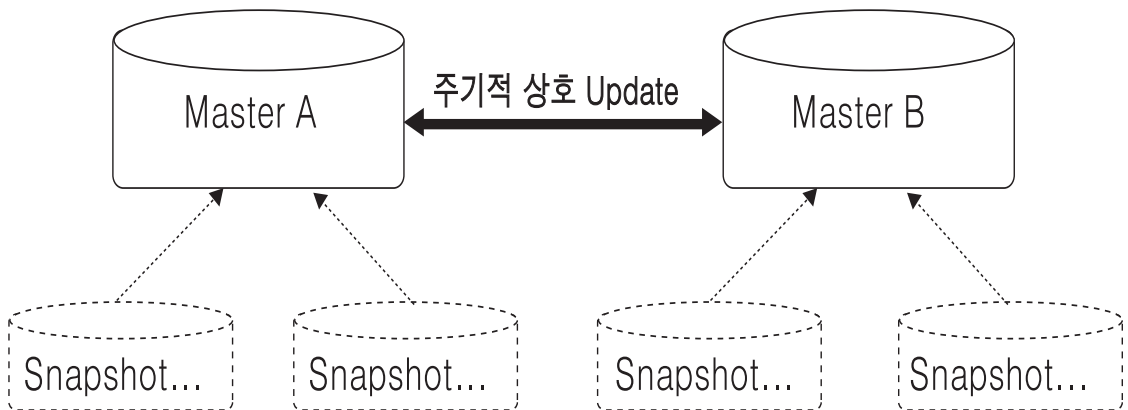
양시키는 부수적인 효과까지도 기대됨으로써 국내 원자력 산업의 대외적인 경쟁력에도 크게 기여할 수 있고 우리나라의 원자력 I&C 기술 자립을 앞당길 수 있는 길이 열릴 것이다. 



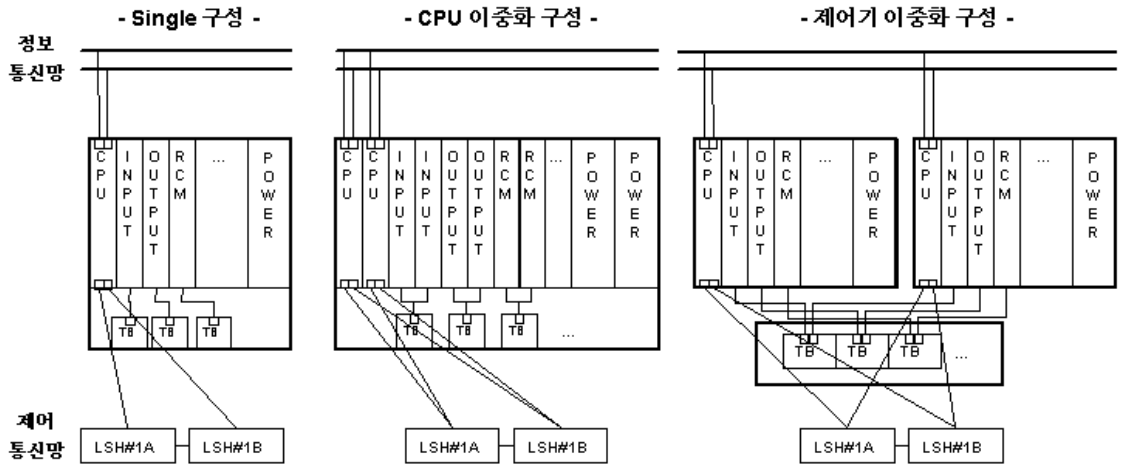
<그림 4> Graphic Builder



<그림 5> Tag(Point) Viewer



<그림 6> HDS의 데이터 이중화



<그림 7> FCU의 이중화 구성도



<그림 8> 통합 시험중인 FCU Cabinet들



<그림 9> 후면 단자대 배치