

‘98추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

고리2호기 I&C Upgrade를 위한 새로운 통합 전산 시스템 제안

Integrated Computer System Architecture for Kori Unit 2 I&C Upgrade

윤명현, 신창훈, 문홍주, 박익수
한국전력공사 전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16
이종태
한국전력공사 고리원자력본부
부산광역시 기장군 장안읍 고리 216

요 약

고리2호기 I&C upgrade를 위한 새로운 통합 전산 시스템을 제안하였다. 통합 전산 시스템은 기존의 분산된 통신망 및 전산 시스템과 미래의 시스템을 통합하여 하나의 통신망으로 연결함으로써, 통합 upgrade의 수행, 발전소 정보의 공유, 공동된 MMI의 수용을 가능하게 한다. 발전소 통신망 및 전산 시스템의 통합은 각 시스템의 기능과 정보의 중복성을 감소시켜 저비용의 효과적인 I&C upgrade를 위해 매우 중요하다.

Abstract

The integrated computer system (ICS) architecture for Kori Unit 2 I&C upgrade has been developed. The proposed integrated computer system provides the infrastructure which allows the integration of existing and future computer systems. This infrastructure supports integrated upgrades, provides access to all of the plants information sources, and facilitates common interfaces between the human and the machine. Integration of the plant systems and information is essential to cost-effectively enhance cooperation between systems and to reduce unnecessary duplication of functions and information transfer.

1. 서 론

현재 국내에서 운전되고 있는 대부분의 원자력 발전소들의 I&C 시스템은 최근의 첨단 디지털 제어 기술의 발달에도 불구하고 구식 아날로그 기술에 의해 설계되었다. 최근에 들어 이러한 아날로그 기기들의 성능 저하와 부품의 생산 중단 등으로 I&C 시스템의 유지보수에 어려움을 겪고 있으며, 앞으로 가동 원전이 점점 노후화됨에 따라 이러한 현상은 더욱 증가될 전망이다. 이미 고리1호기는 디지털 개념을 채용한 대규모의 I&C upgrade를 98년도 년차보수 기간중에 수행한바 있다. 이러한 현상은 국내보다 노후화 발전소가 많은 미국에서 더욱 현저하여, 대부분의 원자력 발전소들의 I&C 기기들은 이미 그 수명을 다했거나 초과해서 운전하고 있는 실정이다. 이로 인해

I&C 유지보수 비용이 급증하고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 미국내 전력회사들과 EPRI는 1992년부터 저비용 고기능의 디지털 I&C Upgrade Methodology의 개발과 이와 관련된 인허가 문제 해결을 위한 연구에 착수하여 지금까지 계속 연구하고 있다.[1,2]

전력연구원에서는 현재 고리2호기를 대상으로 EPRI의 I&C Upgrade Methodology를 적용하는 연구를 수행 중에 있으며,[3] 이 연구의 일부로써 디지털 기술을 I&C upgrade에 적용하기 위해 기존의 발전소 통신망 및 전산 시스템을 통합하는 새로운 통합 전산 시스템 구조를 제안하였다. 일반적으로 시스템이 복잡해지고 단위 시스템들의 연관성이 커질수록 인적 오류의 가능성이 증가한다. 따라서 시스템의 이용율과 신뢰성을 증가하기 위해 통합 정보 시스템의 구축이 필요하다. 현대 디지털 제어 기술은 이러한 시스템 및 통신망의 통합을 가능하게 해준다. 발전소 통신망 및 전산 시스템의 통합은 각 시스템의 기능과 정보의 중복성을 감소시켜 저비용의 효과적인 I&C upgrade를 가능하게 한다. 제안된 통합 전산 시스템 구조는 발전소에 분산된 단위 시스템과 통신망을 통합하여 발전소 정보를 쉽게 접근할 수 있게 하고 MMI를 통합할 수 있다.[4]

2. 발전소 전산 구조 제안

발전소 전산 구조는 발전소 I&C upgrade에 디지털 기술을 적용하기 위한 중장기 계획의 일부로 제안되었다.[5] 이것은 각 I&C 시스템의 upgrade에 사용되는 단위 기기의 종류를 정의하고, 비슷한 시스템끼리 일관성을 유지하기 위한 기준을 정하는 기초를 제공한다. 여기서 전산 환경은 일반적인 컴퓨터 시스템, 그에 사용되는 OS, 주변기기 등이 고려되어야 한다.

2.1 기존의 전산 구조

고리2호기의 기존 전산 구조는 기능별로 안전계통, 제어계통, 감시계통의 세가지로 분류할 수 있다. 각 계통은 서로 독립적이며, 각 계층끼리 또는 계층내에서 통신망을 갖는 계층적 구조를 갖고 있다.

안전계통은 발전소 이상상태를 완화하기 위한 자동제어 동작을 제공한다. 고리2호기 안전 관련 I&C 시스템은 제어 및 감시계통과 완전히 독립적이지 않으며, Westinghouse 7300 공정제어 및 보호계통은 제어 및 안전 기능을 모두 수행한다. 안전계통의 특성은 다음과 같다.

- 안전계통의 프로세스 변수와 시스템 상태 정보는 전기적으로 격리된 방법으로 감시계통과 연결된다.
- 감시계통으로의 정보 흐름은 단방향이어야 한다.
- 안전계통은 다중성을 위해 다중 채널로 구성된다.

각 안전계통은 표-1과 같이 3계층의 구조로 구성되어 있다.

표-1 안전계통의 계층적 구조

계층	기능	설명
1	계장 및 신호 취득	감시계통에 독립된 공정 변수 제공
2	채널 수준의 신호 처리 및 제어	감시계통에 채널 작동 상태 정보 제공
3	시스템 수준의 신호 처리 및 제어	감시계통에 시스템 작동 상태 정보 제공

제어계통은 발전소 운전에 필요한 내부 공정의 자동제어 기능과 지침을 제공한다. 주요 제어계통은 현재 이중화 구조로 구성되어 있으며, 계통간 정보 교환은 극히 제한적이고 독립적으로 이루어진다. 공정 제어 변수와 제어계통 상태 정보는 이산형 버퍼를 통하여 감시계통에 전달된다. 각 제어계통은 표-2와 같이 3계층의 구조로 구성되어 있다.

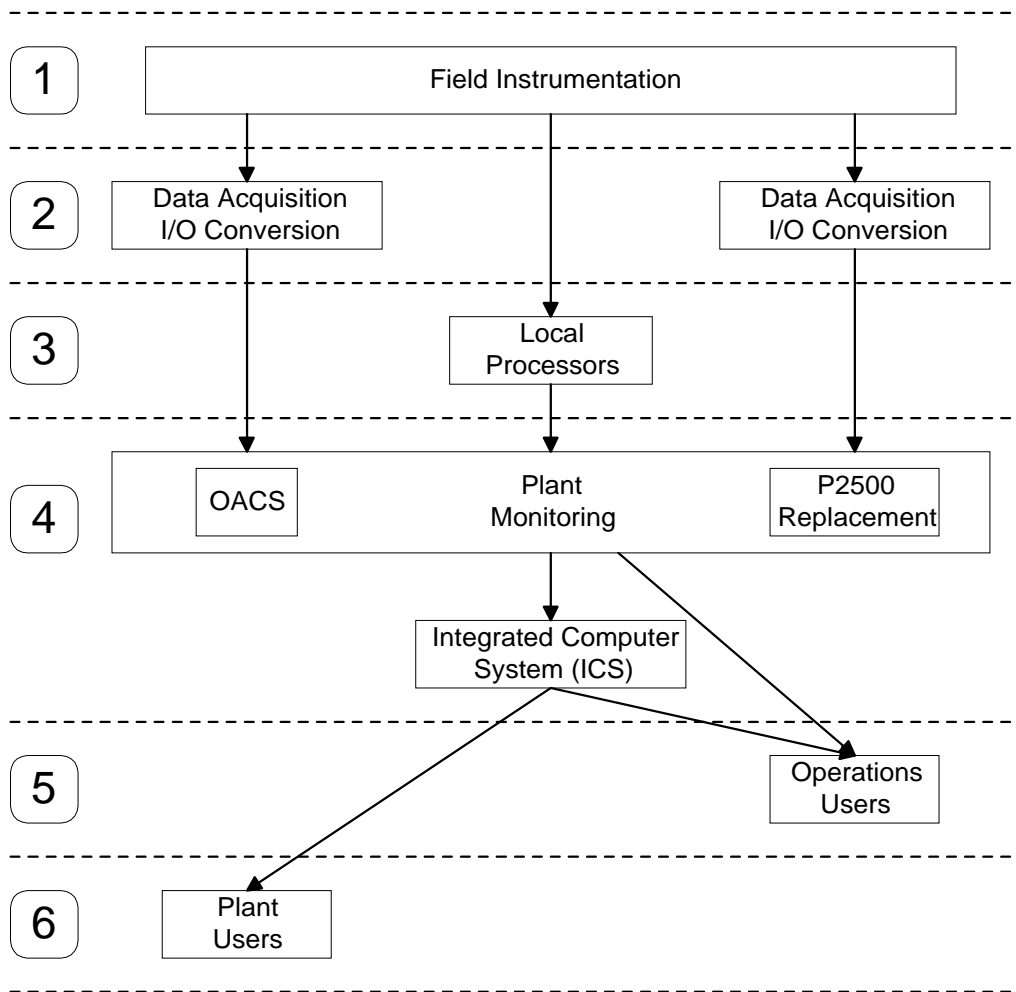


그림-1 제안된 감시계통의 계층적 전산 구조

표-2 제어계통의 계층적 구조

계층	기능
1	계장 및 신호 취득
2	현장 신호 처리 및 제어
3	운전 및 감시

자동제어 기능은 1계층과 2계층에서 이루어지며, 시스템 감시와 운전은 3계층에서 이루어진다. 제어계통들은 서로 독립적이며, 일반적으로 디지털 신호로 변환할 수 있는 아날로그 신호 형태이다. 새로운 디지털 시스템들은 디지털 통신 방식에 의해 감시계통과 통신할 수 있다.

감시계통은 발전소 운전에 필요한 제어변수와 상태판단을 위한 변수를 운전원에게 제공한다. 고리 2호기는 현재 다중화 및 독립된 감시계통으로 구성되어 있다.

2.2 제안된 발전소 전산 구조

고리2호기의 제안된 발전소 전산 구조는 기능면에서 기존의 시스템과 비슷한 구조를 갖는다. 안전계통의 구조는 기존의 구조를 유지하며, 분리된 제어계통의 구조는 기존의 구조와 동일하다.

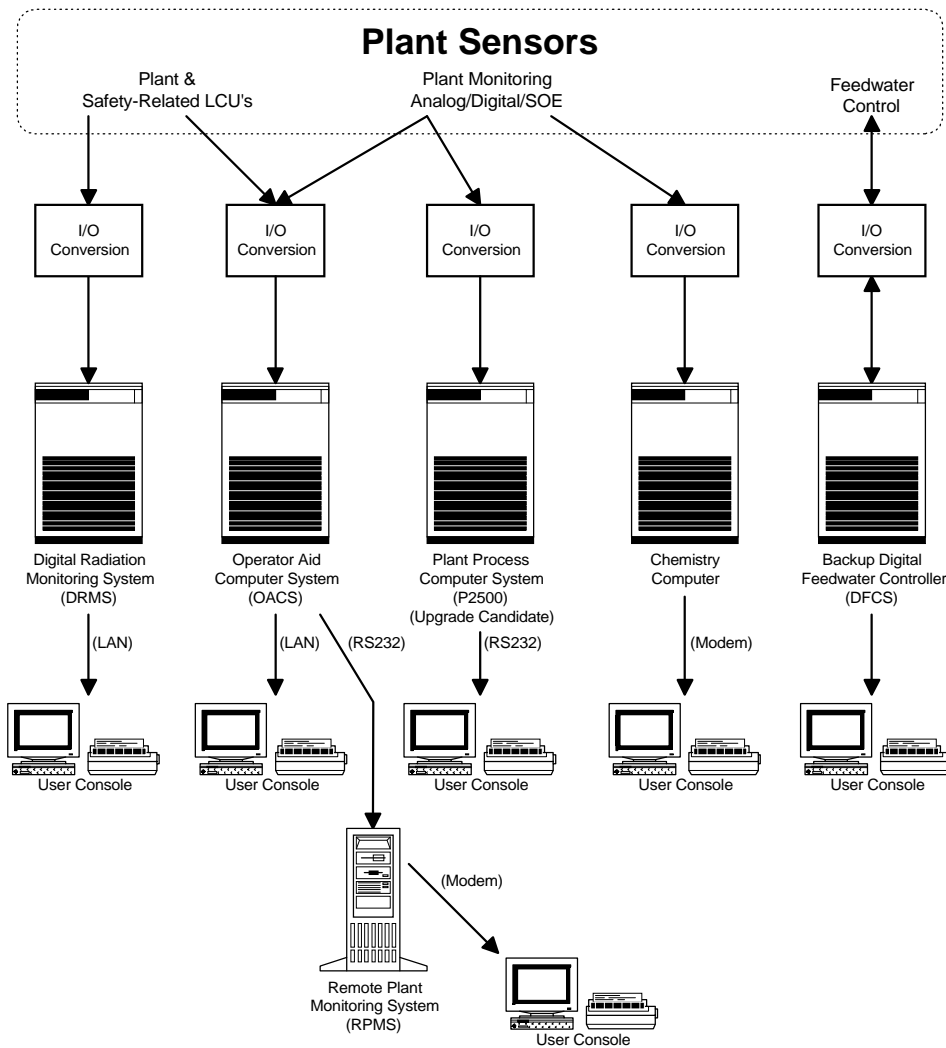


그림-2 기존 통신망의 물리적 topology 및 데이터 흐름도

제어계통이 upgrade될 경우 부가적인 정보가 감시계통으로 전달될 수 있다.

감시계통의 구조는 표준화된 통신망에서 cooperative peer node를 갖는 완전히 분산된 전산환경으로 단계적으로 구분된다. 기존 감시계통을 분산된 전산환경으로 구축하기 위하여 표-3과 같은 계층적 전산구조를 구축한다.

표-3 감시계통의 제안된 계층적 전산 구조

계층	기능
1	계장
2	신호 취득 장치
3	Local processor 및 display
4	컴퓨터 서버, 파일 및 데이터 서버, 데이터 게이트웨이 서버
5	화면처리 및 보고서 출력을 위한 제어반 MMI
6	발전소 정보 네트워크

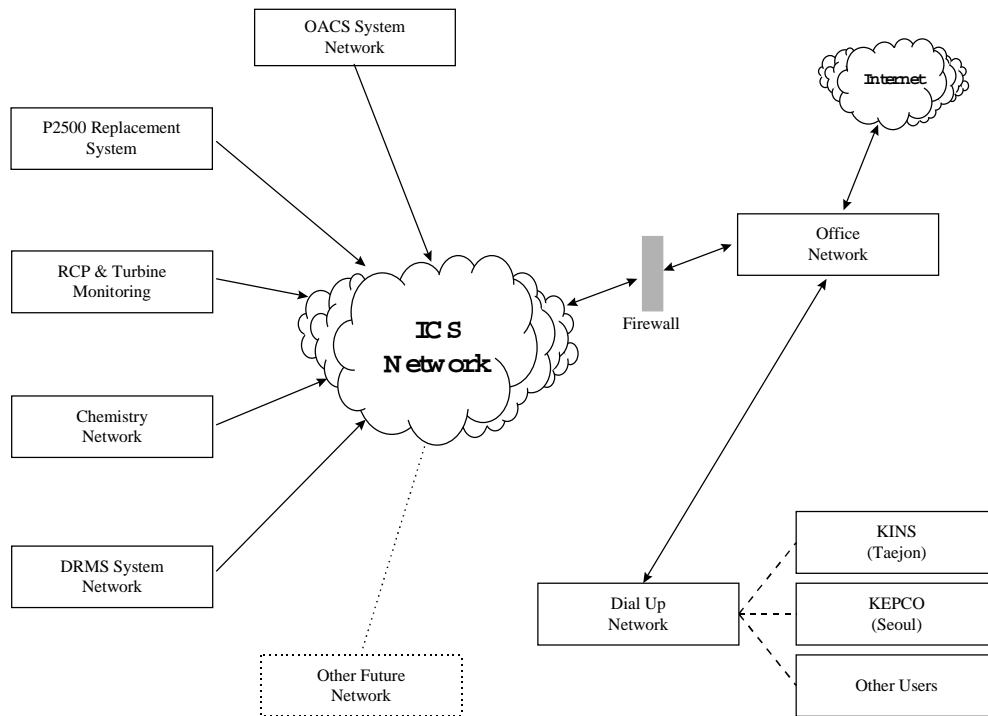


그림-3 제안된 통신망의 데이터 흐름도

그림-1에 제안된 감시제통의 전산 구조를 나타내었다. 제안된 감시제통은 표-3에 나타난 것과 같은 6계층의 구조를 가지며 Plant monitoring 시스템, Information 서버, Local processor, Workstation이 추가된다. 이들 각 요소들은 모두 다중화 구조를 채택하고 고장허용 기능을 포함하도록 한다. Plant monitoring 시스템은 공정 및 디지털 I&C 시스템의 신호 취득을 담당하며, Plant Process Computer (P2500 replacement 시스템), OACS, SPDS 정보를 통합 전산 시스템 (Integrated Computer System) information 서버와 MMI workstation으로 전달한다. Information 서버는 plant monitoring 시스템으로부터 받은 정보를 처리하고 workstation으로 전달한다. Local processor는 현장의 전용 I&C 제어 및 감시 기능을 수행하고, workstation은 주 제어실 및 기타 MMI 기능을 수행한다.

3. 발전소 통신망 구조 제안

고리 2호기의 기존 발전소 통신망 구조에 대한 분석결과를 토대로 향후 upgrade에 필요한 통신망 구조를 제안하였다. 제안된 통신망 구조는 발전소 통신망 설계 요건 및 기준을 고려하였다.

3.1 기존의 통신망 구조

그림-2에 보인 기존 통신망의 물리적 topology는 하부 I&C 시스템과 통신망의 실질적인 물리적 연결구조를 나타낸 것이다. 이 연결구조는 각 시스템간에 정보의 교환이 없는 상대적 독립구조를 나타내고 있다. 특히 OACS외에 P2500, Chemistry 컴퓨터 등의 시스템들과 RPMS와의 정보교환이 전혀 고려되어 있지 않아서 비효율적인 발전소 감시기능을 제공하고 있다.

기존의 고리2호기 I&C 통신망 protocol은 LAN 통신을 위한 TCP/IP protocol을 사용하고 있다. P2500 전산기는 시스템과 운전원 콘솔사이에 RS232 통신을 사용한다.

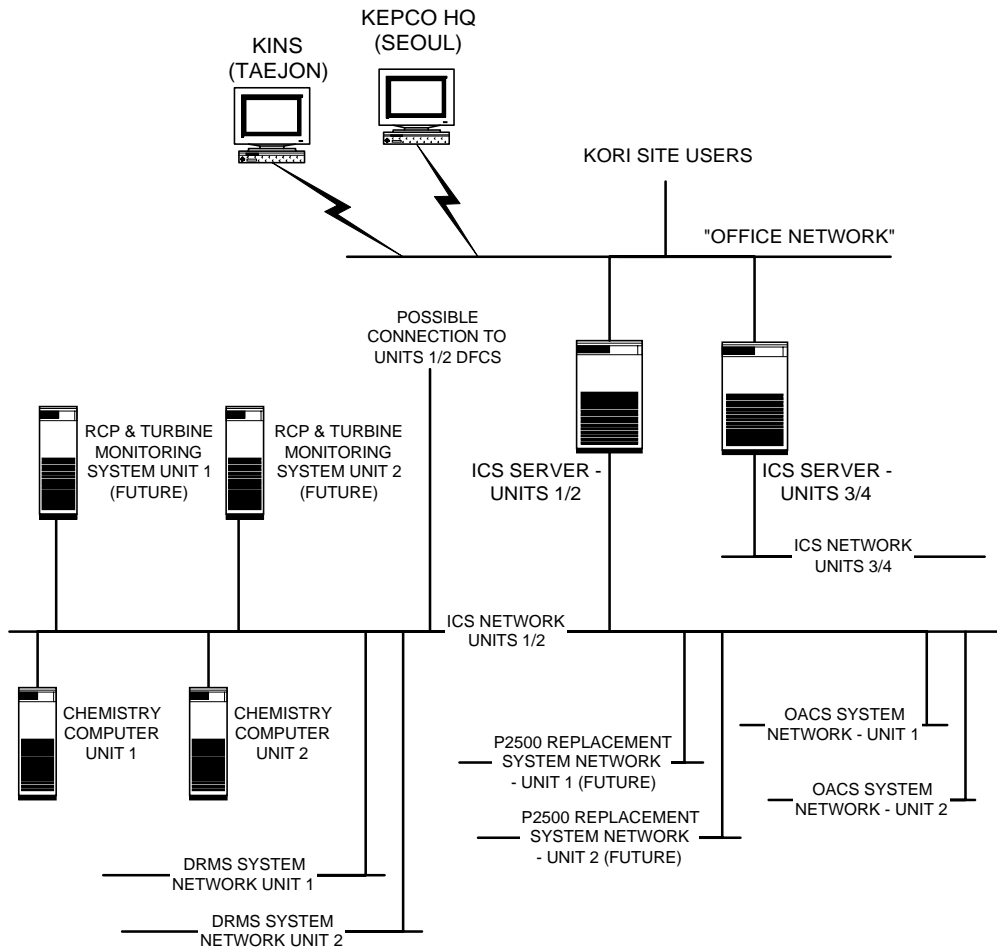


그림-4 제안된 통신망의 물리적 topology

3.2 제안된 통신망 구조

제안된 통합 전산 시스템 (ICS) 통신망은 각 I&C 시스템 서버로부터 ICS LAN상의 사용자 스테이션으로의 정보 전달 플랫폼을 제공한다. 이 통신망은 데이터 통신 기능을 제공하며 부가적인 계산 기능은 제외하였다. ICS 통신망에서 음성 및 화상 정보는 고려하지 않았으며, 만약 음성 및 화상 정보 전달이 필요할 경우 별도의 전용선을 설치할 수도 있다. 그림-3은 모든 upgrade를 고려한 제안된 통신망의 데이터 흐름도이다.

ICS Information 서버는 모든 ICS 감시계통 (OACS, P2500, RCP&TM 등)들로부터 데이터를 수집하고 관리하는 역할을 한다. 이 서버는 감시계통 각 시스템들에 대한 기존의 접근방법을 그대로 사용하여, 정해진 주기로 적절한 데이터 요구신호를 발생하고 각 감시계통으로부터 정보를 수집한다. 이렇게 함으로써 설비변경이나 개발의 부담을 최소화할 수 있다. Information 서버는 이와 같은 방법으로 수집한 정보를 통신망에 연결된 임의의 설비나 운전원들이 사용할 수 있도록 한다. 주 제어실 운전원은 information 서버에 연결된 터미널을 통하여 OACS, P2500 및 기타 감시계통의 데이터를 직접 얻을 수 있으며, 사무실에서도 업무용 통신망을 ICS information 서버에 연결하면 발전소 정보를 얻을 수 있다. 또한 외부 네트워크 인터페이스를 통하여 발전소 밖의 데이터 요구지역으로 전송할 수도 있다. 발전소 외부의 통신망으로부터 information 서버로 데이터를 전송하는 것은 금지되어 있다.

제안된 통신망의 물리적 topology는 ICS backbone 통신망을 구축하여 각 시스템별로 분산된

기존의 통신망을 여기에 통합시키는 형태로 한다. 그림-4에 제안된 통신망의 물리적 topology를 나타내었다. 제안된 통신망은 확장이 용이하며, 공통된 구조로 되어 있는 ICS 통신망들에 switch를 추가함으로써 고리1호기와 2호기의 시스템들을 통합할 수도 있다.

ICS 통신망 backbone을 구성하기 위하여 ATM (Asynchronous Transfer Mode)과 Switched Ethernet의 두 가지 방법을 고려하였다. ATM backbone은 100Mbps이상의 고속전송이 쉽게 제공되며, QoS (Quality of Service) 제공에 의해 음성 및 화상 정보 전송에 유리하다. 반면에, 많은 구축비용을 요하며 기술지원이 상대적으로 미흡한데, backbone 연결에만 사용하면 이러한 단점을 최소화할 수 있다. 따라서, 이 경우에는 통신망의 계층구조상 말단부에는 Ethernet을 사용하여 단위 시스템들을 ICS 통신망에 연결한다. Switched Ethernet backbone은 상대적으로 낮은 비용으로 고속전송능력을 제공받을 수 있으며, 이미 검증된 다양한 기술지원이 가능하다. 그러나, 현재 100Mbps 정도로 전송속도가 제한되며, 음성 및 화상 정보 전송에 불리하다. 그러나, 향후 Gigabit Ethernet 기술이 제공되면, 손쉽게 upgrade가 가능하다.

기존의 감시계통 통신망들은 새로운 ICS 통신망으로 통합하기 위해서는 단계적인 접근방법을 사용할 수 있다. 일단 기존의 통신망을 유지시킨 채로 ICS 통신망에 연결하여 데이터 접근만 가능하게 하는 부분적인 통합과정을 거친 후에, 기존의 통신망을 새로운 ICS 통신망 구조로 완전히 변환시키는 통합과정 단계로 발전시킨다.

4. 결 론

고리2호기에 EPRI I&C Upgrade Methodology를 적용하기 위한 연구의 일부분으로 저비용 고효율의 디지털 I&C upgrade를 위한 통합 전산 시스템 (Integrated Computer System)을 제안하였다. 현재 고리2호기의 전산 시스템 구조는 기능별로 안전계통, 제어계통, 감시계통으로 나눌 수가 있는데, 안전계통과 제어계통은 기존의 전산 구조를 유지하고 통합 전산 시스템은 감시계통의 통합을 목적으로 한다. 발전소 통신망 및 전산 시스템의 통합은 발전소에 분산된 각 시스템의 기능과 정보의 중복성을 감소시켜 저비용의 효과적인 I&C upgrade를 가능하게 하며, 발전소 정보를 쉽게 접근할 수 있게 하고 MMI를 통합할 수 있다.

참고문헌

- [1] M. Bliss, E. Brown, F. Florio and M. Stofko, "Instrumentation and Control Upgrade Evaluation Methodology", TR-104963, EPRI, 1996. 7.
- [2] D.S. Quick, S. Murray and M.J. Bliss, "Plant Communications and Computing Architecture Plan Methodology", TR-102306, EPRI, 1993. 11.
- [3] 신창훈, 윤명현, 이규봉, 박익수, "Kori-2 I&C Upgrade Planning, Plant Communications and Computing Architecture Plan (PCCAP)", TM.92IJ02.P1998.461, 전력연구원, 1998. 7.
- [4] M.H. Yoon, I.S. Park, W.R. Pierce, R. Mattu and C.D. Wilkinson, "Adopting Modern Computer System Technology to Nuclear Power Plant Operations", pp. 165~170, 14th IFAC Workshop on DCCS, 1997. 7.
- [5] 윤명현, 신창훈, 이규봉, 박익수, "Kori-2 I&C Upgrade Planning, Life Cycle Management Plan (LCMP)", TM.92IJ02.P1998.464, 전력연구원, 1998. 7.