

전력감시제어설비(SCADA)의 OPEN SYSTEM ARCHITECTURE 적용

The Application of Open System Architecture in Power SCADA System

이용해, 문국연, 박장범

한국전력공사 정보시스템처 (Tel: 550-5100 Fax:550-5199)
한국전력공사 송변전처 (Tel: 550-5080 Fax:550-5099)

Abstracts The major roles of Power SCADA System are continuous monitoring of electrical equipments state, real-time data processing and dispatching. Especially, SCADA system demands fast response time in heavy load condition, high reliability, fault tolerance, expansion capacity for the future. According to developing computer system technology, SCADA system is changing system configuration from centralized processing system to distributed processing system. This paper describes operational benefits, problems and improvement (which is studying in theory) in the application of Open System Architecture SCADA which has been installed since 1994, Seoul regional control center in KEPCO.

Keywords: SCADA, Open System Architecture, Distributed Processing System

1.서론

현재 한전의 전력자동화설비 계층구조는 3계층으로 이루어져 있으며, 이중 2,3계층에 변전소를 중심으로 한 전력설비원방감시 제어설비(SCADA)가 시설되어 있다. 초기에는 중앙집중처리방식의 제작사위주의 컴퓨터시스템이 설치되었으나 '94년부터 표준화에 따른 분산처리 개방형구조 컴퓨터시스템이 설치되기 시작하였다. 본 논문에서는 현재 운용중인 개방형구조 SCADA설비의 구성, 성능, 운영상 장점, 문제점 및 향후 개선해야 할 사항에 대해 기술하였다

2.전력자동화설비 계층구조 및 역할

한전의 전력계층은 본사의 중앙급전소, 전력관리처 단위의 지역급전소, 전력소단위의 지역급전분소, 변전소단위의 원격소로 구성되어 있다. 계층구조 및 각 계층의 역할은 다음과 같다.

계층명	설치장소	계층역할
EMS	중앙급전소 (본사)	<ul style="list-style-type: none"> ○전체전력계통 운용 - 전력수급조절 - 계통적정전압 및 주파수조절 - 수요예측 및 경제급전
SCADA	지역급전소 (전력관리처)	<ul style="list-style-type: none"> ○지역전력계통 운용 - 154kv loop 전력계통감시 및 제어 - 주요계통 운전 정보 제공
Sub-SCADA	지역급전분소 (전력소)	<ul style="list-style-type: none"> ○전력소 전력계통 운용 - 154kv radial 전력계통감시 및 제어 - 무인변전소 원방운전

3.SCADA시스템 구성

현재 지역급전소 및 급전분소에 시설된 SCADA시스템은 중앙집중처리방식 및 분산처리방식으로 나눌 수 있으며, 각 방식별 시스템구성은 다음과 같다.

3.1 중앙집중처리방식 시스템 구성

중앙집중처리방식 시스템은 중앙처리장치부, 주변장치부, 인간기계연락장치부, 원격소장치 interface부, 자료연계부로 크게 나눌 수 있다. 시스템 장애에 대비 중앙처리장치부 및 주변장치부는 2중으로 (주, 예비 개념) 구성되어 있으며, 원격소장치부는 14:1 대기방식에 의한 예비방식(급전분소 SCADA는 주, 예비방식)을 사용하고 있다. 시스템 구성은 그림1과 같다.

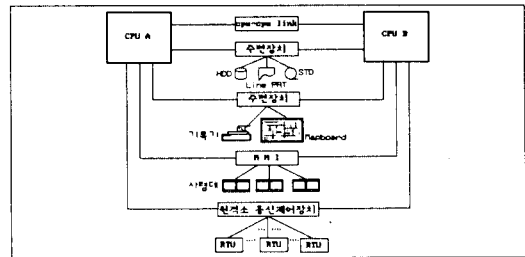


그림1. 전형적인 중앙집중처리방식 SCADA 구성도
Fig1. Typical Configuration of Centralized Processing SCADA

3.2 분산처리방식 시스템 구성

'94년부터 설치된 표준화에 따른 개방형구조 분산처리시스템은 시스템 Network으로 LAN을 채택하고, 독자적인 프로세서 및 데이터베이스를 갖춘 각 장치들이 LAN상에 Node 형태로 구성되어 있다. 적용 표준규격 및 각 Node별 기능, 시스템 구성은 다음과 같다.

3.2.1 적용 표준규격

- UNIX: UNIX 계열 O.S를 실시간처리용 시스템 O.S로 채택
- X-Window, Motif: UNIX의 표준 GUI인 X-Window를 사용하며, Window Manager로서 Motif를 채택함
- Ethernet, IEEE 802.3: 시스템내의 각 Node들의 Networking으로 Ethernet(IEEE 802.3) LAN을 채택함
- VME: FEP Node내의 내부 bus로 VME bus를 채택

3.2.2 각 Node별 기능 및 특징

○ APN(Application Process Node)
 전반적인 시스템의 상태, 구성 등을 관리하며, 데이터베이스관리, 장애검출 및 복구, 주변장치 등을 관리한다. 또한 Application 프로그램을 수행하고, 처리된 결과를 시스템내의 각 Node에 전송하여 전체적인 데이터베이스를 일치시킨다. 시스템의 중심 부분으로 장애대비 이중화로 구성되어 있다.

○ DAC(Data Acquisition & Control Node)
 원격소장치의 통신을 위해 원격측정(상태정보, 수치정보등) 포인트정보를 취득처리하며, SCADA 기능과 관련된 Database를 관리한다. SCADA시스템의 중요부분으로 장애대비 이중화로 구성되어 있다.

○ MMI(Man-Machine Interface Node)
 운용자에게 필요한 각종 정보를 제공하는 Node로, 모든 Display 정보를 자체 Database에 저장하고 화면처리를 수행한다.

○ CNP(Communication Network Processor Node)
 SCADA시스템간 Datalink 및 타 전산설비와의 자료연계기능을 담당하며, Datalink와 관련한 데이터베이스를 갖추고 있다.

○ RCS(Remote Console Server Node)
 원격에 설치된 원격사령대장치 또는 정보제공용 Monitor장치에 정보를 제공하는 Server의 역할을 함

각 Node에 대한 하드웨어적인 규격은 다음과 같다.

구 분	급전소 SCADA	급전분소 SCADA
APN	IBM RISC 6000/E20 - 100MHz, 604 Pross - 144 MB	Sunsparc 20/712 - 75MHz, 64MB
DAC	MVME 197 - 50MHz, 88110 Pross - 64MB, VME Bus	MVME 187 - 33MHz, 88100 Pross - MB, VME Bus
MMI	Sunsparc 20/51	Sunsparc 20/61
CNP	MVME 197 - 50MHz, 88110 Pross - 64MB, VME Bus	-
RCS	IBM RISC 6000/E20 - 100MHz, 604 Pross - 144MB	-

3.2.3 시스템 구성

분산처리방식 SCADA 구성은 아래 그림2와 같다.

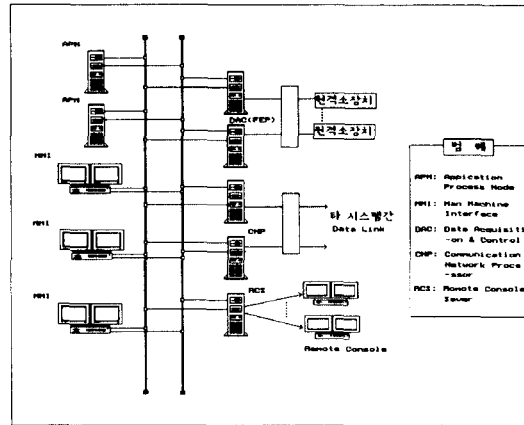


그림2. 전형적인 분산처리방식 SCADA 구성도
 Fig2. Typical Configuration of Distributed Processing SCADA

3.2.4 시스템 내부통신

SCADA 시스템내에서 각 Node들간의 통신은 TCP/IP프로토콜을 기반으로 LAN상에서 Ethernet frame구조로 통신되고 있다. 급전분소 SCADA 시스템에서의 각 Node사이의 전송데이터는 다음과 같다.

구 분	전송 Data 항목
이중화 APN간 데이터 송수신	▶디스크 상주 Database ▶Memory 상주 데이터(실시간으로 계측된 전 데이터) ▶실시간 데이터(Digital, Analog, RTU 변경 데이터) ▶운용자에 의한 수동변경 데이터 ▶메시지 데이터(발생한 각종 Alarm/Event 메시지 정보)
MMI 정보전송 (APN↔MMI)	▶이중화 APN간 송수신되는 데이터와 동일
SCADA정보전송 (FEP↔APN)	▶포인트정보(Digital, Analog, RTU)에 대한 Memory 및 디스크상주 데이터 ▶운용자에 의한 수동 변경 데이터
이중화 FEP간 데이터 송수신	▶Memory 상주 데이터 ▶실시간 변경 데이터

4. 중앙집중처리방식 및 분산처리방식 시스템간 성능 비교

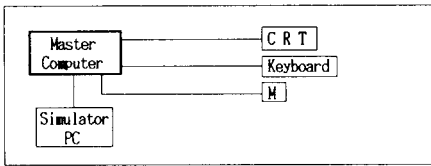
SCADA시스템에서 시스템 Performance의 중요한 성능평가 항목은 Normal load state와 Peak load state에서의 시스템 처리 속도 및 입력되는 명령에대한 실행응답속도라고 할 수 있다.

본 시험에서는 위의 두가지 시스템방식에서, 각 부하조건상태에서 시스템 경보발생 처리속도 및 운용자 Console에서 Display Call-up 시 화면응답속도를 측정해 봄으로써, 시스템 성능을 비교 평가해 보았다.

4.1 성능평가 방법

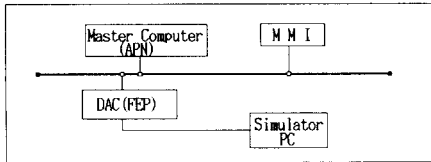
중앙집중처리방식 및 분산처리방식시스템의 성능을 시험하기 위해 다음과 같이 시험용 시스템을 구성하고, 부하조건별 시스템 처리속도 및 CPU부하율을 측정해 보았다.

가. 중앙집중처리방식
○기기구성



Master CPU
- intel 486
- RAM:16MB
- intel 계열 controller보드

나. 분산처리방식
○기기구성



Master
-SunW.S20/712
FEP
-MVME187
MMI
-SunW.S 20/61

부하조건으로는 상태포인트(Status point)에 대해, 동시에 발생하는 Event 숫자를 변화하여, 해당 포인트들이 시스템에서 처리되어 운용자에게 경보발생되기까지의 시간 및 동 상태에서 운용자가 화면을 call-up할시 요청한 화면이 display되기까지의 시간을 측정해 보았다.

4.2 시험결과

두가지 방식의 시스템에 대해, 동시에 발생하는 Event 부하를 아래와 같이 부여하고, 성능을 측정한 결과는 다음과 같다.

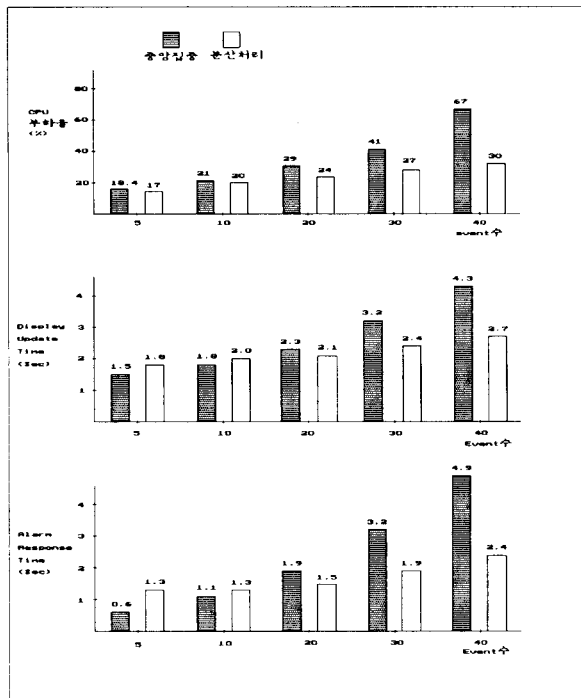


그림3. 중앙집중처리방식 및 분산처리방식 시스템간 성능비교

Fig3. System performance comparison between Centralized processing system and Distributed processing system

5. 개방형 분산시스템의 운영상 장점 및 문제점

5.1 운영상 장점

○ 시스템 Performance 향상

전력설비는 사고발생시 대량의 Event사항이 동시에 발생되므로 (급전분소의 경우 2초이내에 약 250개의 Event 사항이 발생하기도 함) 과부하조건에서도 시스템의 안정적인 동작이 필수적이다. 시스템은 Event에 대한 신속한 경보처리 및 관련 화면정보 갱신을 통해, 운용자에게 필요한 정보제공 및 제어가 가능해야 한다. 성능비교에서 나타나듯이 분산처리시스템은 과부하시에도, 시스템 성능이 중앙처리방식에 비해 좋은 것으로 나타나고 있다.

○ Fault tolerance 향상

SCADA시스템은 중요부분을 이중화로 구성하여, 장애발생시에도 후비보호가 되도록 구성되어 있다. 기존 중앙집중처리방식 시스템의 경우 중앙처리장치가 모두 fail이 되는 경우, SCADA 기능이 정지될 수밖에 없다. 이에 반해 분산처리방식(급전소 SCADA의 경우)에서는 DAC Node에서 취득한 SCADA 정보가 APN Node 및 MMI Node에도 broadcast 되어, APN Node가 모두 fail이 되는 경우에도, MMI Node에서는 SCADA 운전정보를 취득할 수가 있어 중앙집중처리방식에 비해 fault tolerance가 높다고 할 수 있다.

○ 시스템 Upgrade 및 확장성 용이

시스템을 구성하는 각 장비들의 Interface 방식이 널리 채택된 표준방식을 사용함에 따라, 제작사에 의존하는 장비로만 확장성이 가능하던 방법에서 벗어나, 범용적인 설비를 사용할 수가 있어, Hardware 또는 Software 발전에 따른 시스템 Upgrade 및 운용환경 변화에 따른 확장성이 유연하다.

○ 시스템 유지보수 용이

시스템의 각 장치들이 특정 제작사 중심의 제품이 아니기 때문에 장애가 발생시 유지보수에 소비되는 비용 및 시간이, 폐쇄적 구조 시스템보다 적게들어 유리하다.

5.2 운영상 문제점

○ LAN Network의 통신 Traffic 집중현상

급전분소시스템의 경우 시스템의 각 운영조건서, 시스템 LAN Network(Ethernet, IEEE802.3)의 통신Traffic을 측정해 본 결과는 다음과 같다.

운영조건	Traffic 평균치(%) (30초간 측정치)	Traffic 최대치(%) (순간 최대치)
정상 운영시 (Digital Point 2초, Analog Point 10초 주기로 데이터취득)	-	4
원격소장장치 통신 장애시(2개소)	20	40
Historical Data를 기록기로 출력시	-	8
제어명령 송출시	-	30
DAC(FEP) 장애 복구시	8	20
MMI 장애복구시	40	80
MMI 화면 Hard copy시	-	20

위 결과치를 살펴볼 때 정상시에는, Network상에서 Traffic 부하율이 미미하나, 원격소장치나 어느 한 Node에 장애가 발생하여 다시 복구될 시에는, 많은 Traffic 부하율이 생기는 것을 알 수 있다. 이러한 경우 현장에서 Digital, Analog 포인트 Event가 발생 할 경우, LAN상에서 Collision이 발생하여, 신속한 Data 전송이 어렵게 된다.

6. 개방형 분산처리 SCADA시스템 개선방향

6.1 시스템 Network 구성측면

현 시스템 구성에서, 시스템 Backbone을 이루는 LAN이 이중으로 구성되어 있으나, 단순한 예비개념으로 구성되어 있고, 역할 분담구조로 되어 있지 않다. 즉 한 개의 LAN 채널을 통해 시스템의 모든종류 데이터가 전송되고 있다. 이로 인하여 시스템에 과부하가 발생시, Ethernet 상에서의 Traffic 집중으로 인해, 운용자에게 신속한 정보제공이 어렵게 된다. 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 2개의 LAN 채널을 각기 통신역할분담을 하도록 하여, 즉 LAN#1 은 DAC에서 취득한 SCADA 데이터와 같이 빈도수가 많으면서 길이가 짧은 데이터경로로 역할을 부여하고, LAN#2에는 Database 정보, Graphic정보와 같이 빈도수는 적고 길이가 긴 데이터 경로로 역할을 부여하는 것과 같은 방법을 검토해야 할 것으로 본다.[2] 또한 향후시스템 LAN Network은 경제적,기술적 고려를 통해 FDDI(Fiber Distributed Data Interface) 방식에 대한 검토 도입이 필요하다고 본다.[3]

6.2 시스템 Network 통신프로토콜측면

개방형 분산처리 SCADA시스템에서 각 Node에 분산되어 존재하는 데이터베이스를 일치시키는 것은 중요한 사항이다. 특히 시스템 장애발생시, 데이터베이스 불일치성을 최소화하기 위해 현재 SCADA 시스템 구성은 중요한 부분에 대해 이중화로 구성되어 있다.

UNIX환경에서 표준으로 채택되어 사용하는 TCP/IP 프로토콜은, 본래 Client/Server 구조와 같이 Centralized Data 저장구조에 적합하며, 연결지향형(Connection oriented) 프로토콜로서 송, 수신간에 에러없는 확실한 데이터전송을 보장한다. 따라서 각 Node 간의 데이터전송에 있어, 신뢰성이 필요하고 전송량이 많은 경우에는 적합하다고 할 수 있으나, 분산처리시스템 구조와 같이 각 Node의 데이터를 일치하기 위해 사용하는 Broad/Multicast 기법은 지원하지 않는다. 따라서 Multicast 기능에 적합한 통신프로토콜에 대한 적용 및 연구가 진행되고 있는데, 현재까지 2가지방법이 거론되고 있다. 첫 번째는 Ring Multicast 방법이고, 두 번째는 Datagram Multicast 방법이다. Ring Multicast는 동작원리가 Token Ring방식과 비슷하나, 장애발생시 데이터일치의 가능여부에 있어 차이가 있다. 즉 Token Ring방식은 장애발생시 데이터의 일치성을 보장하지 못하고, 단지 수신측에 대한 전송확인만 가능하게 해준다. 반면 Ring Multicast는 여러개의 수신측에 대한 전송확인 및 데이터일치성을 확인할 수 있도록 해주며, 장애발생시에도 장애직전의 전송상태로 정확히 복구할 수가 있어 데이터일치성을 계속 유지할 수 있다.

Datagram Multicast는 UDP/IP 프로토콜을 사용하는 물리적인 Broad/Multicast 방법을 말한다. UDP/IP 자체는 미확인 datagram 전송프로토콜이기 때문에, Datagram Multicast 방법에서는 확실한 전송 및 시스템 구성부분의 장애를 감시하기 위해 Acknowledgement Ring을 개개의 통신참여부 사이에 설치한다. Broad/Multicast 에 있어 Datagram 전송과 token 교환은 완전히 비동기적으로 운용되며, token은 전송할 데이터에 대한 정보로만 구성되기 때문에, Ring Multicast에 비해 token 길이가 짧

고, rotation time도 짧아 (ring multicast: 300-400ms, datagram multicast: 200ms), 컴퓨터 및 Bus의 load 측면에서, Ring Multicast에 비해 효율적이라고 할 수 있다. [1], 현재 분산처리형 SCADA는 TCP/IP를 근간으로, broadcast 기능이 필요한 경우에는 UDP/IP 프로토콜을 사용하는 방법을 채택(급전소 SCADA) 하고 있다. 향후 분산처리제어시스템에 대한 Network 프로토콜은 SCADA 기능측면, network 구조측면, 효율적인 분산데이터 consistency 측면에서, 위에 기술된 방법에 대해 많은 연구, 검토가 필요하다고 본다.

7. 결론

지금까지 현재 전력설비 SCADA에 도입된 Open System Architecture에 의한 분산처리시스템에 대해 시스템구성,운영상 장, 단점 및 향후 개선사항 등에 대해 고찰해 보았다. SCADA설비는 컴퓨터를 중심으로 한 감시,제어시스템으로서, 컴퓨터 및 데이터통신 기술추세에 많은 영향을 받는다. 급속히 변화하는 컴퓨터기술 및 환경변화에 적응하기 위해서는, 시스템 Upgrade 및 확장성이 유연한, 표준화에 의한 개방형구조 시스템을 채택함이 바람직하며, 운영상 나타난 문제점 및 개선방안에 대해서는 앞으로 많은 연구검토가 있어야 할 것으로 본다.

참고문헌

- [1] W.Dieterle, H.-D.Kochs, E.Dittmar, "LAN Based Data Communication in Modern Energy Management System", *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol.11, No.1, 1996, Page 469-474
- [2] P.Emmerich, P.J.Traynor, S.A.Klein, M.T.Fisher, R.D.Burn, R.Hoffmann and G.Castelli, "Benefits, Problems and Issues in Open Systems Architectures", *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol.9, No.1, 1994, Page 191-197
- [3] G.Ockwell, Kreger.R, "The Impact of Hardware on Open Architecture Design", *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol.9, No1, February 1994, Page 1-4
- [4] Ken Kato, H.Rod Fudeh, "Performance Simulation of Distributed Energy Management Systems", *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol.7, May 1992. Page 820-826