

원방감시 시스템의 원리와 응용(1)

글/윤 갑 구(에이스기술단 대표/기술사)

목 차

I. 서론

1. 머리말
2. 원방감시 시스템의 역사
3. Scada 시스템의 개념

II. 단말장치

III. 원격통신

IV. 중앙제어소 구성

V. 인간-기계 연락장치

VI. 사업관리

VII. 진보된 SCADA 개념

VIII. 국내현황

IX. 외국의 기술동향

X. 결론

I. 서론

1. 머리말

최근 컴퓨터와 정보통신 및 제어기술의 발전과 더불어 원방감시 시스템(Supervisory Systems)의 응용범위가 크게 확대되고 있다. 아울러 관련 시스템들의 시스템통합(SI : System Integration)이 이루어지고 있다.

우리나라에서는 1979년 6월말부터 운영되기 시작한 한국전력공사의 자동급전(AGC/Scada)시스템을 시발로해서 산업플랜트의 수전설비와 가스관망설

비, 다목적댐 및 용수관리사무소 등의 수자원설비, 상수도설비, 하수도와 빗물펌프장 등의 수방설비, 지하철과 전기철도설비, 공항과 항만설비, 인텔리전트 빌딩설비 등의 운영관리를 위한 원방감시 시스템의 도입이 활발하며, 이 시스템들은 대부분 컴퓨터와 통신에 대한 첨단기술을 중추로 하고 있다.

이러한 실정에서 원방감시 시스템과 이를 위한 컴퓨터 및 통신 네트워크 기술의 발전동향을 소개함으로써 앞으로의 원방감시 시스템 구성을 더욱 경제적이고 합리적으로 접근시키고자 한다. 나아가서 장래성이 있고, 성능이 좋으면서도 단순한 설계와 유지보수가 쉬운 새롭게 발전된 원방감시 시스템의 구성기법을 제안한다.

2. 원방감시 시스템의 역사

2.1 원방감시 시스템과 Scada 명칭의 역사

1890년대 초에 원격제어(RC : Remote Control)와 원격지시(Remote Indication)가 현장에 적용되기 시작했다. 1892년에 AEC사(Automatic Electric Co.)가 라포르트사(Laporte, In.)에 설치한 최초의 자동전화교환기 기술이 RC와 원방감시(SV : Super Vision)에 가깝다.

1900년에서부터 1920년대 전반까지 많은 여러가지 RC와 SV시스템이 개발되었다. 1921년 할로우(John B. Harlow)에 의해서 현대식 원방감시제어(SC : Supervisory Control)시스템 설계가 이루어졌다.

참고로 ANSI(American National Standards Institute) C37.1에 "SC는 상대적으로 적은 수의 상호

연락채널로 그 이상을 다루는 다중통신기술을 이용하여 원격지의 기계기구들의 원방감시와 운전원제어를 위한 것이다.” 라고 정의되어 있다. 1923년 벨라미(John J. Bellamy)와 리차드슨(Rodney G. Richardson)이 제어점을 선택한 후에 제어를 실행하는 점검후제어(Check-Before-Operate)기술을 적용한 현대식 RC 시스템을 적용하였다. 1927년에 헐시(Harry E. Hershey)가 원격지로부터 감시되는 정보를 기록하는 시스템을 처음 설계했다.

1970년대 중반부터 디지털 컴퓨터 기술을 원격측정(TM : Tele Metering)과 원격제어(TC : Tele Control) 또는 SC에 본격적으로 활용하게 되었다.

이때부터 원방감시 제어와 자료취득(SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition)시스템이라는 용어가 등장하였고 원방감시 시스템의 대명사처럼 사용되고 있다.

전형적 원방감시 시스템의 개념도를 <그림 1-1>에 보여준다.

2.2 Scada/EMS 역사

현재의 EMS(Energy Management Systems)는 60여년의 역사를 갖고 있다. Scada/EMS는 크게는 세가지 갈래로 발전되고 있다고 보고 있는데, 그 하나는 아날로그 부하주파수제어(LFC)와 경제급전(ED)시스템이고, 하나는 전자 및 릴레이 조작 원방제어 시스템이며 나머지 하나는 선행 네트워크 해석 툴이다. 1960년대에 처음으로 디지털 컴퓨터를 활용

한 주제어소의 콘솔과 제어반(Wall Boards)에서 개별스위치와 푸시버튼으로 조작되는 디지털 단말장치(RTU : Remote Terminal Units)와 16bits CPU 및 컴퓨터 주변장치와 흑백 CRT를 이용한 소규모 Scada시스템의 보급이 이루어졌다. 그후 32bits CPU와 대형기억장치의 적용과 컴퓨터 통신기술의 발달로 대형 Scada시스템으로 발전되고 있다. 이와 같은 EMS 발전역사를 <그림 1-2>에 나타냈다.

연 도	1950	1960	1970	1980	1990
아날로그 LFC/EDC	—	—	—	—	—
하드 와이어드 Scada	—	—	—	—	—
디지털 LFC/EDC	—	—	—	—	—
디지털 Scada	—	—	—	—	—
칼라 그래픽	—	—	—	—	—
네트워크 해석	—	—	—	—	—
분산 시스템	—	—	—	—	—
리레이셔널 데이터베이스	—	—	—	—	—
네트워크 통신	—	—	—	—	—
분산 데이터 베이스	—	—	—	—	—
워크스테이션	—	—	—	—	—

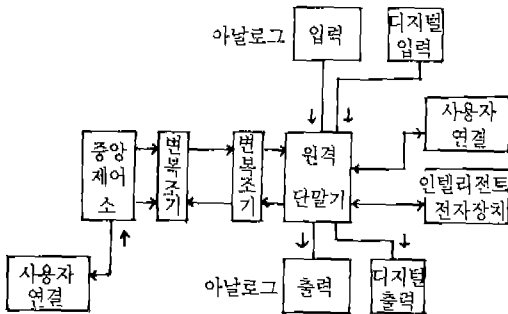
<그림 1-2> EMS 발전 역사

2.3 원방감시 시스템의 변천

원방감시 시스템의 감시제어형태의 변천을 연대별로 요약하면 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 원방감시 시스템의 변천

연 대	형태의 변천 지원기술	기능의 변천	
		제 어 기 능	종 연 트
1940년대 [직접제어]	○ 분산 기술 ○ 고전 기술	[제1단계의 기능] ○ 시스템의 상태감시	소규모일체형 직접제어
1950년대 [원방감시 제어]	[전공관 시대] ○ 원방감시제어기술 ○ 통신기술 ○ 아날로그 기술	[제2단계의 기능] ○ 시스템의 상태 감시와 제어 ○ 제어결과와 확인	소규모분산형 원방감시제어
1960년대 [집중감시 제어]	[트랜지스터 시대] ○ 반도체 기술 ○ 전자화 기술 ○ 컴퓨터 기술 ○ 디지털 기술	[제3단계의 기능] ○ 시스템의 상태 감시와 제어 ○ 제어결과와 확인과 비교	중규모분산형 집중감시제어



<그림 1-1> 전형적 원방감시 시스템

연대 [제어형태]	형태의 변천 지원기술	기능의 변천	
		제어기능	플랜트
1970년대 [대규모 집중감시 제어]	[IC, LSI 시대] ○ 집적화 기술 ○ 마이크로프로세서 기술 ○ 데이터베이스기술 ○ 회상처리기술	[제4단계의 기능] ○ 시스템의 상태 감시와 자동제어 ○ 제어결과의 확인과 비교 ○ 부가기능의 개편과 기록	대규모분산형 집중조작제어
1980년대 [계층분산 제어]	[VLSI 시대] ○ 광일렉트로닉스기술 ○ 광통신기술 ○ 다중처리기술	[제5단계의 기능] ○ 최적제어 ○ 안전제어 ○ 예측보전과 전문가 시스템기능 적용	연계형 (Data Links) 자동조작제어
1990년대 [자율분산 제어]	[GaAs 시대] ○ 슈퍼컴퓨터기술 ○ ISDN 디지털통신망 기술 ○ 인공지능(AI)기술 ○ 멀티미디어 기술	[제 6단계의 기능] ○ 환경계약 제어 ○ 인텔리전트 제어 ○ 바이오퍼드백 제어	통합형 (Integration) 종합관리제어

3. Scada 시스템의 개념

3.1 원방감시제어

원방감시 시스템은 지정한 장치를 제어할 수 있는 능력을 제공하고, 지시된 대로 작동하는지 운전상태를 확인하는 일을 한다.

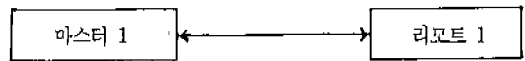
원방감시 시스템은 ANSI C37.1에 “중앙제어소(Master Station)의 모든 제어와 표시 및 관련 원격 측정 장비들과 원격소(Remote Station) 또는 원격소들의 모든 보조장치”라고 정의 되었다.

일반적으로 원방감시 시스템은 원격 또는 먼거리라는 의미를 지닌 것으로 받아들인다. 통상기준으로 원방감시 시스템은 제어할 위치와 제어될 장치 사이의 거리가 직접제어로는 불가능한 경우 사용된다. 한편 현대의 원방감시 시스템은 한개 이상의 특별한 장치들의 운전이 국한하지 않고 전반적 전력시스템은 운전이 관련된 대량의 데이터를 수집하도록 일반적으로 설계되어 있다. 실제로 원방감시 시스템이란 용어는 과거와 같이 국한된 의미로 사용되는 것이 아니고, 오히려 원방감시제어와 자료취득 시스템으로서 이른바 Scada 시스템으로 표현된다.

3.2 원방감시제어의 종류

3.2.1 단일 마스터(Master)대 단일 리모트(Remote) (1 : 1 방식)

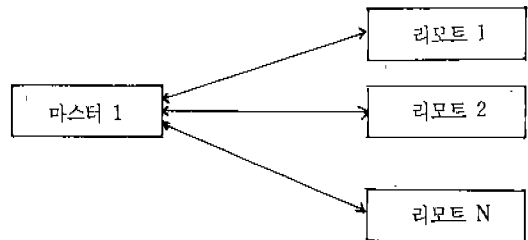
가장 단순한 시스템으로서 <그림 1-3>과 같이 중앙제어소와 원격소가 1대1로 대응하는 시스템이다. 인간-기계간의 연락장치(MMI)는 하드웨어적 결선변경이 무척 어려워서 이러한 릴레이 시스템이 사라지고 마이크로 프로세서로 급속히 대체되고 있다.



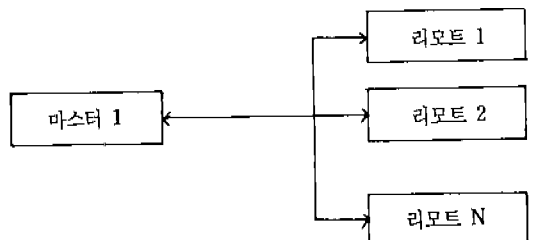
<그림 1-3> 1 : 1 방식

3.2.2 단일 마스터 대 다수의 리모트 (1 : N 방식)

오늘날 많이 볼 수 있는 형태로서 25개 정도의 원격소를 가지고 있고 이들의 대다수는 개인용 컴퓨터(PC)기술을 근거하고 있다. <그림 1-4>에 나타난 바와 같이 방사선 회로(Radial Circuit)와 공동선 회로(Party Line Circuit)로 구성이 있다.



(a) 방사선 회로(Radial Circuit)



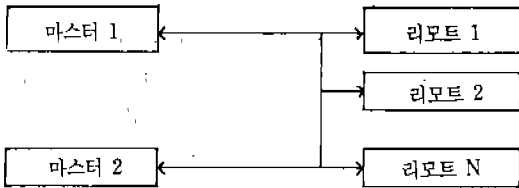
(b) 공동선 회로(Party Line Circuit)

<그림 1-4> 1 : N 방식

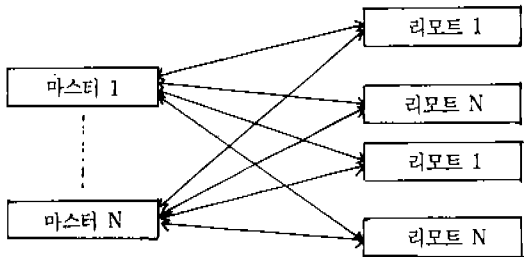
3.2.3 다수의 마스터 대 다수의 리모트소(N : N)방식

다수의 마스터 대 다수의 리모트는 <그림 1-5>와 같이 이중마스터(Dual Masters)와 다수의 리모트 방식이 있고, <그림 1-6>과 같이 다수의 마스터 대 다수의 리모트 방식이 있다.

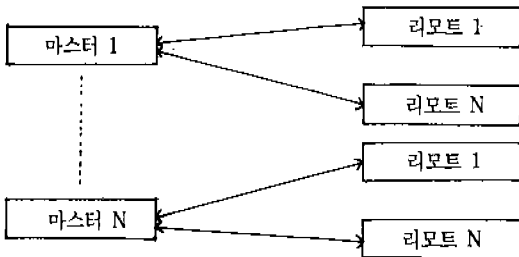
대형 시스템의 경우 <그림 1-7>과 같이 중앙 제어소들의 보조마스터(Sub-Master)들과 백여대의 RTU로 이루어진 복합 시스템도 있다. 대형시스템에는 많은 특징과 기능을 가지고 있으며 진보된 MMI기술이 적용되고 있다. 이러한 시스템은 일반적으로 전문 엔지니어링과 공장제작을 요구한다. 특정 목적의 소프트웨어 프로그램을 포함하며 50억원 이상이 투자되고 계약후 3년정도 걸려야 온라인 운영을 할 수 있다.



<그림 1-5> 이중 마스터 대 다수의 리모트(2 : N)

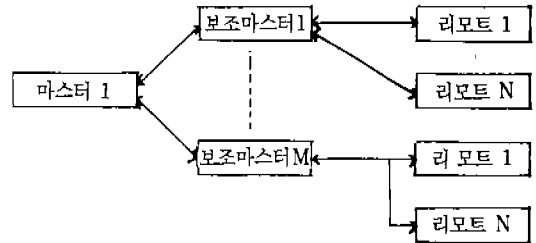


(a) 개별 이중 접속 방식



(b) 그룹별 연결방식

<그림 1-6> 다수의 마스터 대 다수의 리모트



<그림 1-7> 복합 시스템

3.3 원방감시 시스템들의 이용분야

원방감시 시스템(Superviory System)은 충분한 정보를 시스템 운전자들에게 제공하며 전력시스템을 안전하고 경제적으로 운전하는 제어능력을 사용자에게 부여하는 것으로서 다음과 같은 분야에 흔히 이용되고 있다.

3.3.1 특정목적

하드웨어적으로 결선(Hard Wired)되어 있어 무척 비싸고 환경의 제약을 받기 때문에 부득이한 특정목적의 경우에 설치하고 있다.

3.3.2 원방감시제어와 자료취득(SCADA)

정보를 모아서 화상처리하고, 선별된 요소의 제어를 가능하게 해준다.

3.3.3 SCADA/자동발전제어(AGC : Automated Generation Control)

SCADA 시스템과 유사하며 발전제어능력을 포함하고 있다. 지역제어 에러(ACE)와 연계선 및 주파수 감시와 발전유닛의 경제급전을 수행한다.

3.3.4 에너지관리 시스템(EMS : Energy Management System)

전형적인 EMS는 컴퓨터능력과 상당히 확장된 온라인 저장을 적절히 결합한 것이다. MMI는 홀그래픽 CRTs와 동적맵보드 및 기록계 등을 구비하여 대단히 다양하다. EMS의 소프트웨어는 상정사고해석, 안전기능, 조류계산, 최적조류계산 등을 위한 확장된 강력한 프로그램을 포함한다.

3.3.5 배전관리 시스템(DMS : Distribution Management System)

초기에는 배전선(Feeder)부하를 감시하고 변전소

의 배전구역을 제어하려는 견지에서 시작하였다. 최근의 DMS는 고장을 차단하고 복구 서비스를 하는 기능을 추가한 위상학적 분석프로그램(Topology Analysis Programs)으로 기능을 향상시키고 있다.

3.3.6 부하관리(LM:Load Management)시스템

최대수요를 제어할 수 있고, 고객이 불편없이 개개의 경제성을 고려하여 생산하도록 하고 있다. LM 시스템은 단독일 수도 있고 EMS 또는 DMS와 통합될 수도 있다. 배전제어센터 수준으로 부하관리 기능을 향상시키려는 추세이다.

3.3.7 자동검침(AMR : Automatic Meter Reading)

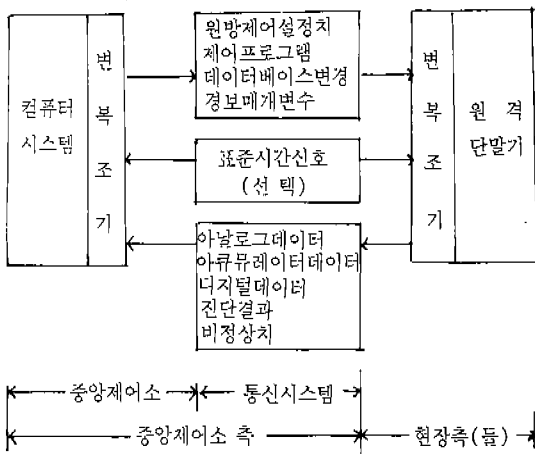
부하관리기능에 미터들을 읽고 데이터를 집약하는 능력을 추가하며 확장하고 있다.

3.3.8 자동작도/시설관리(AM/FM:Automatic Mapping/Facilities Management) 시스템

이러한 기법은 지도상에 전기설비도를 첨가한 것으로서 전기공급의 복구나 고객에게 여러 서비스들을 제공의 매우 빠르게 할 수 있게 한다.

3.4 Scada 시스템과 전력설비의 연결

중앙과 원격단말장치(RTU : Remote Terminal Unit)간의 자료와 제어기능의 흐름을 <그림 1-8>에 나타냈다.

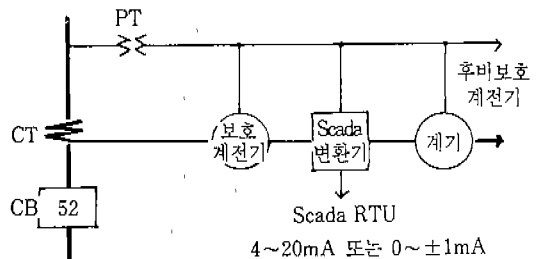


<그림 1-8> 중앙제어소와 RTU간 자료와 제어기능의 흐름

3.4.1 자료취득

Scada 시스템의 원격소에는 현장기로부터 전기 신호와 전기량을 측정하여 중앙제어소로 전송하고, 중앙제어소에서는 명령을 수신하여 해당기기를 제어하는 RTU가 있다. 이처럼 RTU는 전력설비와 통신 미디어 사이의 연결을 담당하고 있는 것이다.

현장기와 RTU사이에는 입력신호로서 전압, 전류, 전력, 무효전력 등의 아날로그 입력(AI)과 접점 상태, BCD코드 및 적산전력계로부터의 펄스입력(PI)을 누산한 어큐물레이터 데이터를 입력하는 디지털 입력(DI)장치가 있다. 여기에는 적절한 센서와 변환기(Transducers)가 개입된다. Scada시스템에서의 전력측정방식은 <그림 1-9>와 같이 전압변성기(PT)와 전류변성기(CT) 이차측에 전력변환기를 삽입한다.

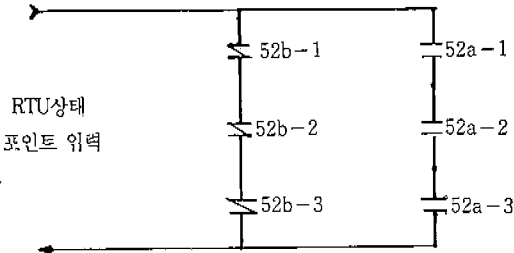


<그림 1-9> 전력측정 방식

변환기의 일차전압은 120V나 115V 또는 110V 등의 PT 이차전압과 같고, 전류는 CT 이차전류 5A에 해당한다. 변환기 이차측은 직류 0~±1mA (임피던스는 루프저항을 포함해서 0~10kΩ) 또는 4~20mA(임피던스는 루프저항을 포함해서 0~600Ω)정격을 많이 사용한다.

전력량 등의 적산량을 측정하기 위하여는 펄스신호를 적산하는 누산기(Accumulator)를 통하여 펄스를 적분하고 메모리에 기억하여 일정시간 또는 중앙제어소의 지시에 의하여 전송한다. 누산기는 12bits 또는 24bits를 많이 사용한다. 차단기의 개폐 상태를 원방감시하기 위하여는 <그림 1-10>과

같은 극일치(Pole Coincidence)를 나타낼 수 있는 보조접점연결방식을 채택함으로써 각상기구의 동시 동작여부와 결상검출을 할 수 있다.



<그림 1-10> 극일치 표시를 위한 차단기 보조접점연결

RTU에 따라 다르겠지만 자료취득 포인트가 여러 개인 것이 일반적이므로 스캐닝(Scanning) 방식에 의하여 시분할로 자료를 입력하며 상태변화가 발생하거나 필요에 따라 지정한 포인트의 자료를 스캐닝할 수 있도록 한다.

RTU에 입력된 자료중 아날로그 값은 일반적으로

A/D변환기를 거쳐 디지털로 변화시킨다. 이 디지털 값을 변복조기(Modem)와 다중화장치 등의 통신연결장치와 유선 무선 등의 통신미디어를 통하여 중앙으로 전송한다.

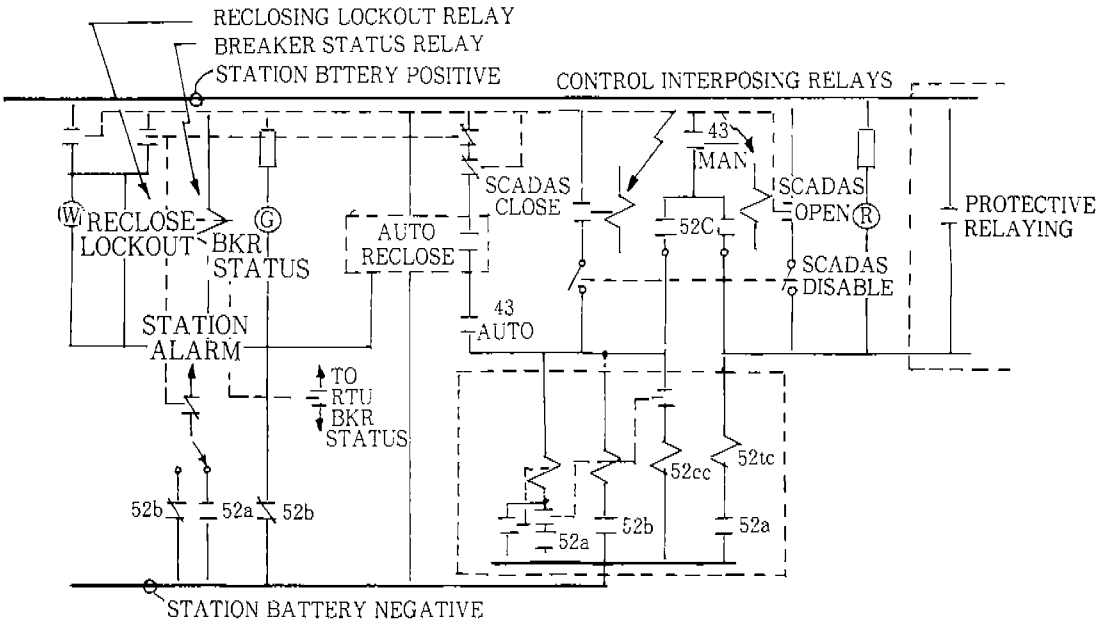
3.4.2 원격제어

Scada 시스템은 원격소의 RTU로부터 취득한 자료를 중앙제어소의 컴퓨터시스템에 보내서 필요한 계산과 비교판단을 하거나 운전원의 입력명령에 의하여 원격소의 해당기기를 선택하고 제어한다.

그렇게 하기 위하여 중앙의 컴퓨터 시스템은 컴퓨터 주변장치와 입출력처리장치 및 MMI를 구비하고 필요한 응용 프로그램들을 갖춘다.

아울러 중앙제어소에서 제어명령을 원격소로 전송하기 위한 다중화장치와 모뎀 등의 통신연결장치와 통신미디어가 구비된다. 앞에서 설명한 바 있는 RTU는 중앙의 신호를 받아 명령을 해독하고 해당기기를 선택하여 제어를 실시한다.

차단기 제어방식의 한 예를 <그림 1-11>에 나타냈다.



<그림 1-11> 차단기 제어방식

<다음호에 계속...>