

원자력교육원 2호기 시뮬레이터 경보감시계통 개발

홍진혁^o, 이명수, 박종은

한전전력연구원 원자력연구실 원전계전그룹
시뮬레이터 개발팀

Development of the Alarm Monitoring System for KNPEC-2

Hong Jin Hyuk, Lee Myung Soo, Park Jong Eun
Nuclear Instrumentation & Control Group
Nuclear Power Laboratory
Korea Electric Power Research Institute

Abstract

원자력교육원 2호기 기준발전소인 영광 1호기 발전소의 디지털 경보설비 (IAS : Intelligent Annunciator System)는 MPU, SSU, ACU 및 ADU로 구성되어 있으며, 특히 MPU에서는 SSU로부터 수신된 Scan Data를 해석하고 경보를 저장하고, 경보의 내용을 프린터 및 CRT를 비롯하여 다양한 형태로 병렬출력이 가능하도록 하고 있다. 본 논문에서는 전력연구원에서 수행중인 '원자력 교육원 시뮬레이터 성능개선'과제의 일부로 IAS의 구조와 이를 시뮬레이터 주컴퓨터 (Host Computer)상의 다이나믹 모델과 연동시켜 구현하는 방법론을 다루고 있다. 특히, 시뮬레이터에 대한 규제기관의 인허가가 중요한 현안으로 대두될 전망임에 따라 ANSI/ANS-3.5, Regulatory Guide 1.149 등 규제요건에서 제시하는 성능기준 및 검사기준을 만족하도록 설계함으로써 향후 규제기관에 대한 인허가 획득에도 대비할 예정이다.

I. 서론

주제어실의 경보계통은 중요한 발전소 변수의 비정상상태 발생에 대해 시각적, 청각적 수단을 통하여 운전원에게 알리기 위해 경보창 형식의 매트릭스로 되어있다. 만약, 즉시 알릴 필요가 없다면 운전원이 조치를 취할 수 없는 정적기기 상태/조건은 경보발생되지 않을 것이다. 또한 경보계통은 직접적으로 비정상 기기나 계통의 동작을 제어하거나 기능을 차단하지는 않고 다만 어떤 조정이 필요한 비정상적인 상황이 발생했을 때

그 상황을 운전원에게 알려주기 위해 이용되는 것이다.

원자력교육원 2호기 기준발전소인 영광 1호기 발전소의 디지털 경보설비 (IAS : Intelligent Annunciator System)는 MPU¹⁾, SSU²⁾, ACU³⁾ 및 ADU⁴⁾로 구성되어 있으며, 특히 MPU에서는

-
- 1) Main Processing Unit
 - 2) Sub Scanner Unit
 - 3) Annunciator Control Unit
 - 4) Auxiliary Drive Unit

SSU로부터 수신된 스캔 데이터를 해석하고 경보를 저장하고, 경보의 내용을 프린터 및 CRT를 비롯하여 다양한 형태로 병렬출력이 가능하도록 하고 있다.

본 논문에서는 전력연구원에서 수행중인 '원자력 교육원 시뮬레이터 성능개선'과제의 일부로 IAS의 구조와 이를 시뮬레이터 주컴퓨터 (Host Computer)상의 다이내믹 모델과 연동시켜 구현하는 방법론을 다루고 있다. 특히, 시뮬레이터에 대한 규제기관의 인허가가 중요한 현안으로 대두될 전망임에 따라 ANSI/ANS-3.5[1], Regulatory Guide 1.149[2], 10CFR55[3] 등 규제요건에서 제시하는 성능기준 및 검사기준을 만족하도록 설계함으로 향후 규제기관에 대한 인허가 획득에도 대비할 예정이다.

II. 본론

1. 영광 1, 2호기 디지털 경보설비 소개 [4]

1.1 기본 특징

영광 1, 2호기 디지털 경보설비 (IAS)의 기본 특징으로는 다음과 같다.

- (1) Bus Topology Network 구조
- (2) 이중화 통신망과 네트워크 바이패스 기능
- (3) 16 포인트 단위 입출력 처리
- (4) 입력 지연이 매우 작은 입력모듈구조
- (5) 고속 통신을 위한 통신 소프트웨어 구조

1.2 전체 동작설명

IAS에 대한 전체 동작을 그림으로 표시하면 그림.1과 같다.

1.2.1 MPU (Main Processing Unit) 기능

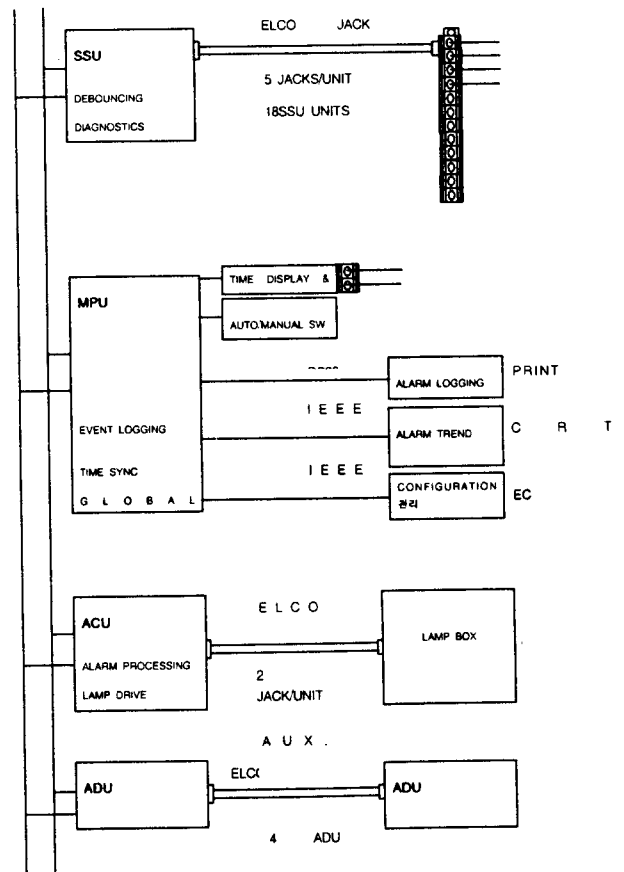
(1) 이벤트 기록

SSU로부터 수신된 스캔 데이터를 해석하고, 시간표시와 함께 이벤트를 관리하는 기능. 이러한 기능을 일반 OA용 컴퓨터가 아닌 내장 (ROM-Based) 시스템으로 구성하여 신뢰성을 가지도록 설계함.

(2) Unit 감시기능

각 Unit의 동작상황 및 모드를 확인해서 적당한 동작을 취하도록 별도 지정된 명령으로 각 Unit을 통제하여 실시간 처리함

(3) 1개 이상의 RS232 포트와 IEEE2.3 포트를 제공하여 데이터를 다른 여러 시스템이 공유할 수 있도록 하였음.



[그림. 1] IAS의 전체 동작그림

(4) ECU와 온라인으로 통신할 수 있도록 함. MPU가 현재 어떤 동작을 하고있는 중이라도 ECU와 통신할 수 있으며 이러한 통신중에도 경보를 처리하는 기능에 방해받지 않도록 설계됨.

(5) 백업 정전시에도 기록된 이벤트가 유실되지 않도록 Battery Backup SRAM 모듈을 사용해서 120,000 개의 가장 최근 이벤트를 저장할 수 있음.

1.2.2 SSU (Sub Scanner Unit) 기능

(1) 역 바운스(Debouncing) 1-250msec 까지의 역바운스 동작기능. 입력쪽의 릴레이 동작에 의한 바운스 (Bounce) 현상으로 1개의 이벤트가 여러 번 발생한 것으로 기록될 수 있으므로 같은 상태가 연속으로 3회이상 지속될 때만 실제 상태로 인정함으로써 3msec 이하의 기계진동에 의한 신호를 무시하는 여과역할을 한다.

(2) 자가진단 기능 고장난 SCM⁵⁾, IIM⁶⁾ 등을 각각 확인할 수 있다.

(3) 소프트웨어로 NC/NO⁷⁾ Configuration 기능 NC/NO 결정기능을 ECU를 통해서 소프트웨어적으로 결정하고, 그 결과로 입력된 접촉신호의 결과를 전면의 LED를 통해서 표시할 수 있게 한다.

(4) 128 입력 처리가 가능함. (이중 입력구조)

5) Subscanner Control Module
6) Isolation Input Module
7) Normal Close/Normal Open

1개의 ELCO 커넥터에 25개의 신호가 연결되므로 5개의 ELCO 커넥터를 1개의 SSU와 연결할 수 있으며 나머지 3개는 스위치 등을 연결해서 사용할 수 있다.

(5) 1msec 간격으로 전체입력을 스캔함 1msec 간격으로 내부 타이머 인터럽트로 16 바이트 (128비트)를 스캔한 후 이 데이터를 그 전 스캔데이터와 비교해서 다른 경우에 이벤트가 발생한 것으로 취급해서 그 내용을 MPU로 송신한다.

1.2.3 ACU (Annunciator Control Unit) 기능

(1) MPU와 통신을 통해서 배전반 경고창 램프를 구동하도록 설계

(2) 2개의 MPU 시스템이 모두 고장시 SSU와 직접통신 가능

(3) 자가진단 기능 고장난 SCM, IIM 등을 각각 확인할 수 있다.

(4) 최초경보식별 기능 (First Annunciator 기능)

1.2.4 ADU (Auxiliary Drive Unit) 기능

(1) 보조 계전기 기판 (Relay Board) 제어기능 (500 포인트) 임의의 입력에 대해 논리적 연산 (AND/OR/NOT)을 수행하고 그 결과를 SSU에서 기존의 계전기 모듈을 제어함.

(2) MPU와 통신하여 보조 계전기 기판을 동작하도록 설계

(3) 자가진단 기능

고장난 ADM을 확인할 수 있고, 램프의 고장을 확인해서 MPU에 알려주고 전면 패널에 표시함.

1.2.5 ECU (Engineering Console Unit) 기능

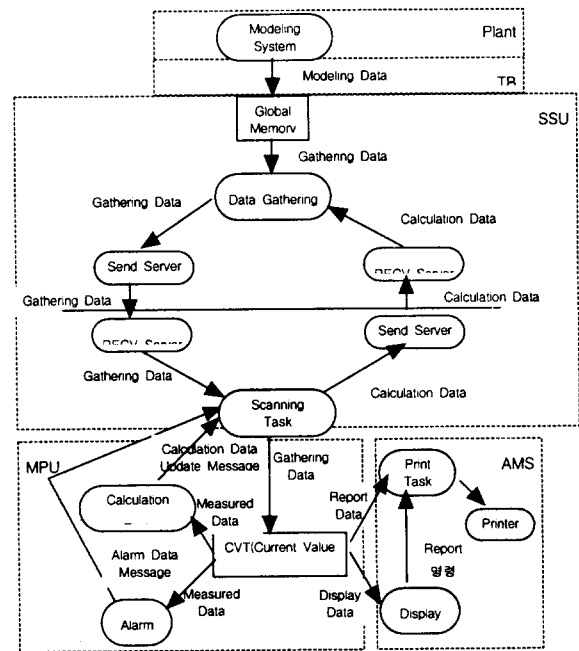
위의 SSU, MPU, ACU, SCU는 24시간동안 항상 운전되는 하드웨어지만 ECU는 사용자가 필요한 데이터를 출력시키거나, 전체 시스템의 Configuration 데이터를 입력하는 경우에만 동작하도록 되어있다.

2. 경보감시계통 (AMS) 개요

AMS (Alarm Monitoring System)는 영광 1호기 발전소의 IAS를 모의하여 시뮬레이터 주컴퓨터 상의 다이내믹 모델과 연동시켜 구현된 경보감시계통이다.

2.1 소프트웨어 구성도

AMS의 소프트웨어 구성도 및 실제 경보계통과의 관계는 <그림.2>에 나타나있다. 모델 프로그램은 주전산기(Host Computer)에서 실제 발전소에서 발생하는 것과 같은 계산 값들을 주기적으로 계산하며, 이 값들을 전역 메모리(Global Memory)라는 데이터 구조에 저장하게 된다. 전역 메모리는 공유 메모리 기법을 이용하여 구현되며, 이 저장 영역은 다수의 작업에 의해 사용 가능하다. AMS PPC (Plant Process Computer) 계통은 전역 메모리에 저장된 데이터들을 AMS PPC로 가져와야 한다. 주전산기에서 AMS PPC에 필요한 데이터를 수집하는 역할을 자료수집작업(Data Gathering Task)이 수행하게 된다. 수집한 AMS PPC 데이터를 Send Server에게 보내게 된다.



[그림. 2] AMS 소프트웨어 구성도

다시 Send Server는 받은 데이터를 LAN을 이용하여 AMS PPC의 Recv Server에게 보내게 된다. 만약 자료수집작업을 직접 LAN을 이용하여 전송하면 네트워크를 이용하는 부하가 심하여, 자료수집 작업 본연의 목적인 데이터 수집에 지장을 줄 수 있다. 컴퓨터 작업면에서 보면, 네트워크를 이용하는 작업은 많은 부하를 요하는 작업이다. 이러한 작업을 전담하는 통신관리자(Send Server, Recv Server)를 돕으로써 통신작업을 요하는 다른 작업들이 원활히 수행될 수 있다.

AMS PPC의 Recv Server에게 전달된 데이터는 다시 스캔 작업에게 전달된다. 스캔 작업은 이 데이터를 CVT(Current Value Table)라는 공유 메모리에 저장하게 된다. PPC의 모든 작업들은 CVT에 저장된 값들을 이용할 수 있다. 도시(Display)작업은 화면에 해당하는 포인트의 값이 CVT로부터 얻어와 표시해 주며, 프린터 작업(Print Task)은 CVT 값을 주어 프린터에 출력해 주게 된다.

2.2 System Task 구성

2.2.1 자료수집작업 (Data Gathering Task)

자료수집작업은 전역 메모리의 AMS 관련정보들을 읽어서 매초단위로 AMS의 스캔 작업으로 보내는 일을 하며 스캔 작업로부터 개정된 정보를 전달받아서 전역 메모리의 해당영역을 개정시키는 일을 수행하는 작업을 말한다.

2.2.2 스캔 작업

스캔 작업은 자료수집작업으로부터 전달되어지는 정보들을 읽어서 CVT(Current Value Table)를 개정시키는 기능을 수행하는 작업을 말한다.

2.2.3 경보작업

경보작업은 스캔 작업이 보내온 정보들을 가지고 경보목록과 경보 이력(History)을 관리하며, 경보 목록에는 경보가 발생한 시간, 경보 종류나 포인트 이름, 단위, 값 등이 저장되고, 경보가 제거되면 목록에서 제거된다. 경보작업에서 생성된 경보는 도시작업으로 보내져 발생한 경보의 확인이 가능하고, 발생지점에서 프린트 작업으로도 보내져 프린팅하게 해준다.

2.2.4 프린트 작업

프린트 작업은 지정해주는 포인트에 대해서 한시간·하루·한달 단위 혹은 트립 조건 발생 전후의 값들의 변화를 일정시간마다 저장했다가 프린터로 값을 보내서 출력한다. 로그의 출력 시점을 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 지정된 시간이 되면 자동적으로 출력해주는 경우와, 도시작업에서 출력을 요구하는 로그 번호에 대해서만

그 시점까지의 지정된 내용을 출력해주는 경우가 있다. 경보출력은 다음과 같이 다양한 형태로 동작된다.

(1) 경보 보고서 (Alarm Report)

경보계통의 운전중에는 경보발생 상황별로 1msec 시간순열 형태로 분류하여 아래사항들을 로그 프린터에 출력시킨다.

- 출력 일자 : 년/월/일
- 경보발생시간 : [월:일:시:분:초(0.001초단위)]
- 경보별 설명
- 경보창번호 : 9XX-XX
- 경보 상태 : ALARM/RESET
- 경보 설정치 (단위포함)

(2) 일일보고서 (Daily Report)

전날부터 현재 시간까지 발생한 경보를 경보반순서로 그 발생횟수와 함께 하루에 1번 지정된 시간에 정리해서 프린트하게 함으로서 1일 발생빈도 등을 쉽게 알 수 있도록 한다.

(3) 계통보고서 (System Report)

상기의 일일보고서처럼 하루중에 발생한 시스템의 동작상황 및 에러 발생상황을 시간별로 정리해서 보여주고 현재의 동작모드 및 상황을 함께 프린트 출력물로 보여준다. 이 기능을 이용하면 운전원들이 알기 어려운 시스템의 사소한 고장상황을 조기에 발견하여 신뢰성있는 경보시스템을 구축할 것으로 기대된다.

2.2.5 도시작업 (Display Task)

AMS의 도시작업은 스캔작업으로부터 정상 또는 비정상 상태로 바뀐 포인트 정보를 받아 CRT에 경보 또는 정상으로 분류하여 표시되거나 키보드로부터 화면전환 및 Ack, Reset 신호 등을 받아

그에 맞는 처리를 한 후 그 결과를 CRT에 표시해주는 작업을 말한다.

도시작업에서 제공되는 CRT Annunciator는 운전지원 경보전용 컴퓨터로서, 경보발생시 PPC로부터 신호를 받아 모니터로 출력하는 기능과 각 경보에 대한 조치사항의 검색 출력기능을 수행한다. 부수적인 기능으로는 각 경보창의 상태를 PC 모니터상에 표시, Trend시 현재 상태를 쉽게 인지할 수 있도록 하는 기능을 제공한다. 또한, CRT Annunciator는 아래의 5가지 모드를 가진다.

(1) Trend 모드

이 모드에서는 입력된 경보신호가 프린터와 화면으로 텍스트 형식으로 출력하기 위한 모드이다. 화면을 전·후로 스크롤하며 이전에 발생한 경보를 추적할 수 있게 된다. 화면출력내용으로는 다음과 같다.

- a. Alarm : 붉은 색 바탕에 노란 글씨로 출력
- b. Return : 밝은 회색바탕에 검은 글씨로 출력
- c. Alarm → Return : 녹색 바탕의 파란 글씨로 출력
- d. 마우스나 터치 스크린을 사용하여 발생한 경보 중 하나를 선택했을 경우에는 선택된 경보가 파란색 바탕에 흰색글씨로 표시된다.

(2) 그룹 모드

이 모드는 각 그룹의 선택을 위한 것으로 윈도우 모드로 전환하거나 조치사항을 프린터로 출력하기 위해 사용되는 모드이다.

(3) 윈도우 모드

윈도우 모드에서는 각 경보들이 경보창의 형식으로 출력된다. 경보가 발생된 윈도우에서는 붉은 색 바탕에 노란 글씨로 표시되며, 경보가 해제된 것은 밝은 회색 바탕에 검은색 글씨로 표시된다. 경보의 발생여부에 따라 바로 해당 윈도우 상태

가 변경된다. 윈도우 모드의 역할은 경보창 에뮬레이션과 임의의 창에 대한 조치사항을 출력하는 것이다.

(4) 조치사항 모드

Trend 모드, 그룹 모드 및 윈도우 모드에서 선정한 임의의 경보에 대한 조치사항을 출력하는 모드이다.

(5) 조치사항 등록 모드

새로운 경보에 대한 등록이나 기존재하는 경보에 대한 삭제를 위한 모드로서 책임자가 아닌 사람의 접근을 막기 위해 암호를 입력하여야만 사용할 수 있게 한다.

2.3 System 작업간의 연계

먼저 컴퓨터 시스템과 수학모델과의 연계를 위하여 데이터베이스를 구축하여야 할 것이다. 발전소에서 입수한 현장데이터를 가지고 형상관리시스템(Configuration Management System)에 등록할 수 있는 형태로 입력화일을 만들기 위해 현장데이터를 가공하여 MSF(Master Source File)을 생성할 것이며, 구조적 질의어(Structured Query Language)를 사용하여 형상관리시스템 표에 데이터베이스를 구축할 것이다. 데이터베이스 구축이 끝나면 컴퓨터 시스템에서 사용하는 포인터 오브젝트명과 수학모델에서 사용하는 포인터 오브젝트명을 맞추는 작업을 하게 된다. 이 작업이 끝나게 되면 비로소 수학모델에서 계산된 값들을 컴퓨터 시스템에서 사용할 수 있게 된다.

상호 작업간의 연계를 위하여 각 작업에서 사용되는 구조들이 정의될 것이며, 상호 작업간의 메시지 전달방법은 메시지 대기행렬(Queue)을 이용할 것이다. 공유메모리로는 Point Control Table이 있는데, 이 표에는 각 포인트 특성에 대한 정

보들이 저장될 것이다.

III. 결론

원자력발전소의 주요변수들은 발전소 현장으로부터 주제어실로 집중되어 하드웨어적인 신호처리를 거쳐 설정치를 넘어설 때마다 발전소당 약 900 ~ 1300여개의 경보창을 통해 경보음향 및 점등으로 운전원의 주의를 끌어 적절한 조치를 수행할 수 있도록 되어있다. 최근들어 디지털 경보시스템 기술이 확대·보급되면서 컴퓨터 및 데이터베이스 기술을 이용하여 Trend, 경보절차서 동작 등 다양한 기능이 추가되는 추세에 있으며 기존에 사용하던 I/O 처리방식으로는 구현이 곤란하다. 본 논문에서는 전력연구원에서 수행중인 '원자력 교육원 시뮬레이터 성능개선'과제의 일부로 기준발전소인 영광 1호기 발전소의 디지털 경보시스템 (IAS)의 구조와 이를 시뮬레이터 주컴퓨터 (Host Computer)상의 다이내믹 모델과 연동시켜 구현하는 방법론을 기술하였으며, 이러한 방법론은 앞으로 점차 증가가 예상되는 발전소의 전산화 시스템 (Computerized Systems)에도 동일하게 적용될 수 있을 것이다.

IV. Reference

- [1] ANSI/ANS-3.1, "American National Standard for Selection, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants", 1998.
- [2] RG1.149, "Nuclear Power Plant Simulation Facilities for Use in Operator License Examination", Rev2, April 1996.
- [3] 10CFR55, "Operator's Licenses".
- [4] 영광 1호기 운전 Manual (Subscanner Unit 18대의 12종) (793) Vol. II-1.