

# 공유메모리 변수를 사용한 원자력발전소 시뮬레이터 개발

박근옥\* · 서용석\*\*

## Development of Nuclear Power Plant Simulator using Shared Memory Variables

Geun Ok Park, Yong Suk Suh

Key Words: nuclear power plant, training simulator, shared memory, simulator function

### Abstract

We have developed CNS(Compact Nuclear Simulator) which can be used for the fundamental training of the nuclear power plant operators. The application software for CNS consists of simulation engine(analyzer code), instructor station software, and man-machine interface software. Each application software is regarded as one black box and the communication of black boxes is performed by the predefined shared memory variables. In this paper, we discuss our experience for CNS development.

### 1. 서 론

원자력발전소 시뮬레이터는 전력을 안전하고 효율적으로 생산하기 위하여 발전소 운전작업자를 훈련시키는 주요 수단이다[1][2]. 또한 시뮬레이터는 새로운 발전소를 설계하거나 연구개발하기 위한 도구로 사용된다. 본 연구는 지난 수년 동안 NPA(Nuclear Plant Analyzer), CNS (Compact Nuclear Simulator), Full Scope Training Simulator로 구분할 수 있는 다양한 시뮬레이터 개발 연구를 수행하였다[3][4].

최근 연구에서는 원자력발전소를 설계하는 과정에서 사용하는 해석코드를 일종의 Black Box로 간주하고 해석코드와의 연계를 위한 공유메모리 변수를 정의하는 방식으로 CNS를 개발하였다. 이번에 개발한 CNS를 구성하는 시뮬레이션 응용 소프트웨어는 시뮬레이션 엔진(해석 코드), 강사작업반(Instructor Station) 소프트웨어, 인간기계연계(Man Machine Interface) 소프트웨어의 세 부분으로 구성되어 있다. 각각의 응용 소프트웨어간에 이루어지는 통신(프로세스 내부 통신 및 LAN 통신) 데이터는 사전에 정의된 공유메모리 변수이다. 본 논문에서는 CNS를 구성하는 응용 소프트웨어간의 통신을 위해 공유메모리 변수를 정의하고, 이 변수들을 이용하여 CNS에 요구되는 시뮬레이션 기능을 구현한 연구결과를 토의한다.

\* 한국원자력연구소

\*\* 한국원자력연구소

## 2. CNS 구성

### 2.1 모사를 위한 하드웨어 설비 유형

CNS를 구성하는 하드웨어 설비는 표 1과 같다. 데이터 처리 서버는 시물레이션 엔진과 강사작업반 소프트웨어를 적재하여 실시간으로 실행시키기 위한 고성능 서버(enterprise level server, 2 CPUs)이다. 그래픽 처리 워크 스테이션(2 CPUs)은 발전소의 운전 감시와 제어를 위하여 운전원이 사용하는 인간기계연계의 GUI 처리를 수행하기 위한 것이다. Touch FPDU(Flat Panel Display Unit)는 그래픽 처리 워크스테이션이 처리한 그래픽을 시각적으로 출력하는 표시장치이다. 모든 정보처리 기기는 Ethernet에 연결되어 있다.

### 2.2 모사를 위한 응용 소프트웨어 유형

CNS의 응용 소프트웨어는 동특성 모사코드, 강

표 8 CNS 하드웨어의 유형

유형	주요 기능	대수
데이터 처리 서버	시물레이션 엔진과 강사작업반 소프트웨어의 적재 실행.	1
그래픽 처리 워크스테이션	인간기계연계 소프트웨어의 적재 실행. 운전 감시 및 제어를 위한 그래픽 고속처리.	1
X-terminal	강사 작업수행을 위한 터미널. 운전감독자 작업수행을 위한 터미널.	2
Touch FPDU	운전원의 발전소 감시 및 제어작업 수행을 위한 클라이언트(Touch 기능을 갖는 PC)	8
착석식제어반	운전원이 착석하여 발전소 운전 감시와 제어작업을 수행할 수 있는 작업공간 제공. 모든 정보처리 기기를 내장 또는 외장함.	1

사작업반 소프트웨어, 인간기계연계 소프트웨어로 구성된다. 동특성 모사코드는 시물레이션 엔진으로 원자로의 노심(Reactor Core), 발전소의 일차계통

과 이차계통에 대한 열수력학적 특성을 수학방정식으로 표현하는 프로그램이며 보통 Fortran 언어가 사용된다. 본 연구의 CNS에 사용되는 동특성 모사코드는 약 300개의 Fortran 서브루틴으로 구성되어 있다. 모사코드는 인간기계연계 소프트웨어가 사용할 수 있도록 발전소 운전변수 값(신호)을 생산한다.

강사작업반 소프트웨어는 강사(Instructor)와 직접적인 상호작용을 갖는 GUI(Graphic User Interface) 부분과 강사작업반의 고유기능(Run, Freeze, Reset, Speed, Backtrack, Snapshot 등)을 처리하는 논리(Logic) 부분으로 구성된다. 논리부분은 동특성 모사코드와 인간기계연계 소프트웨어 간의 실시간 데이터 전달 및 통신연계를 처리한다. 강사작업반 소프트웨어의 논리부분은 동특성 모사코드를 컴퓨터(서버)에 적재시키고 이를 Child Process로 실시간 실행 제어해야하며, 100 Mbps LAN(Local Area Network) 환경에서 클라이언트와 서버간에 요구되는 모든 플랜트 신호 데이터를 1 초 이내에 건전성을 유지하면서 송신 및 수신하는 통신 연계기능을 처리하는 특성을 갖는다.

인간기계연계 소프트웨어는 발전소 운전원이 발전소를 감시 및 제어하는 기능을 모의하며 운전원과 직접적인 상용을 갖는 GUI 부분과 플랜트 데이터(감시 및 제어 신호)를 처리하는 논리부분으로 구성된다. 인간기계연계의 GUI 부분은 운전감시 정보 표시화면과 소프트웨어 화면의 두 가지가 있다. 운전원은 운전감시 정보 표시화면을 사용하여 발전소의 운전상태를 진단 및 예측하며, 하드웨어 스위치를 그래픽 형태로 형상화시킨 소프트웨어를 손가락으로 touch하여 발전소 운전에 필요한 제어행위를 수행한다. 이 소프트웨어는 강사작업반 소프트웨어가 동특성 모사코드로부터 받아 인간기계연계 소프트웨어에 전송한 플랜트 신호

데이터를 운전원과 직접 상호하는 표시화면에 시각적인 형태(예 : 추이 그래프, 미믹, 테이블, 아이콘 등)로 표시 출력하는 기능을 갖는다. 또한, 플랜트 신호 데이터간의 상관관계를 판별하여 경보 논리처리(alarm processing) 및 경보발생 처리를 수행하며, 이미 생성된 플랜트 데이터 값을 추후에 재생시키기 위해 실시간 데이터베이스 처리 능력을 갖는다.

### 3. 공유메모리 연계 변수 정의

#### 3.1 시물레이션 엔진의 실행통제 연계 변수

CNS에 사용되는 시물레이션 엔진은 별도의 독립적인 정보처리 기기에서 실행 가능한 코드로서 본래는 원자력발전소의 설계와 과도상태 해석을 위한 용도로 개발되었다. 강사작업반 소프트웨어는 시물레이션 엔진과의 연계를 위한 공유메모리를 생성하고 시물레이션 엔진을 child process로 데이터 처리 서버에서 실행시키면서 그림 1과 같은 개

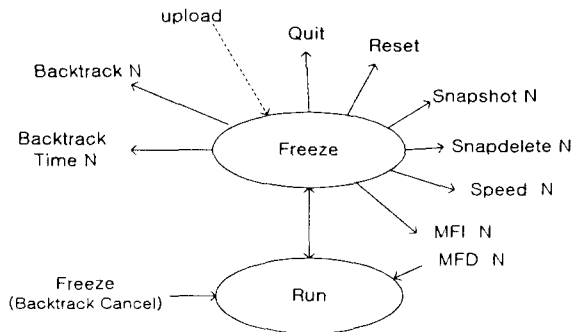


그림 22 시물레이션 엔진 실행통제 개념

념으로 통제를 관장한다.

Freeze 모드란 시물레이션 엔진이 동특성 모사 연산은 수행하지 않으면서 강사작업반 소프트웨어가 공유메모리에 기록(write)하는 정의된 공유변수 값의 변화를 판독(read)하는 상태를 말한다. 시물

레이션 엔진이 공유변수 값의 변화를 인지하면 Run 모드로의 전환에 대비하기 위하여 해당 공유변수 값에 상응하는 처리를 수행한다. Run 모드란 시물레이션 엔진이 동특성 모사 연산을 수행하여 플랜트 데이터를 계속 생산하면서 강사작업반 소프트웨어로부터 입력될 수 있는 명령(Freeze, Malfunction Injection)의 존재를 판독하는 상태를 말한다. 그림 1의 개념으로 시물레이션 엔진의 실행을 통제하기 위하여 정의한 공유메모리 연계 변수는 모두 22개로 표 2와 같다.

정의한 연계 변수 중에 \*\_req 유형은 강사작업반 소프트웨어가 공유메모리에 값을 기록하고 시물레이션 엔진은 이 값을 판독하는 용도로 사용된다. 정의한 연계 변수 중에 \*\_resp 유형은 시물레이션 엔진이 공유메모리에 값을 기록하고 강사작업반 소프트웨어가 이 값을 판독하는 용도로 사용된다.

#### 3.2 발전소 운전 감시 및 제어 연계변수

원자력발전소 시물레이터의 용도는 운전원이 발전소의 운전상태를 판단하여 적절한 제어행위를 수행할 수 있도록 운전능력을 배양하는데 있다. CNS의 시물레이션 엔진은 운전원을 위하여 플랜트 운전 감시 변수 값을 생산하고 또한 운전원이 입력한 제어요구 행위를 판별하여 그에 상응하는 동특성 연산을 수행한다. 제어요구에 대한 시물레이션 엔진의 연산 결과는 갱신된 운전 감시 변수 값으로 나타난다. 본 연구에서는 시물레이션 엔진이 운전원에게 제공할 수 있는 발전소 운전 감시 변수 값과 제어 요구 변수 값을 공유메모리 연계 변수로 정의하였다. 시물레이션 엔진은 정의한 운전 감시 변수에 계산한 동특성 결과를 기록한다. 인간기계연계 소프트웨어는 운전 감시 변수의 값을 판독하여 숫자와 그래픽 형태로 표시화면에 출력한다.

표 9 시뮬레이션 실행통제 연계변수

명령 유형	공유변수	값	값의 의미
IS 운전모드 변경 (Run, Freeze)	ismode_req	0	동특성 계산 중지 요청
		1	동특성 계산 진행 요청
	ismode_resp	0	운전모드 변경거부 또는 오류응답
		1	운전모드 변경수용 응답
IC 선택 (Reset)	reset_req	0, N(1~100)	0 : 요구 없음. N : N으로 초기화 요청.
	reset_resp	0, N(1~100)	0 : 모사코드 오류응답 N : IC N 초기화 수용
IC 생성	snap_req	N(21~100)	번호 N IC 생성 요구
	snap_resp	0, N(21~100)	0 : 생성 거부 N : snapshot N 생성
IC 삭제	snapdel_req	N(21~100)	snapshot N 삭제 요구
	snapdel_resp	0, N(21~100)	0 : 삭제거부 N : IC N 삭제 성공
속도선택	speed_req	N(1~5)	Slow 실행 요구
	speed_resp	0, N	0 : 거부응답 N : 실행요구 수용
Back-track	back_req	0, N(1~60)	0 : 요청 없음/중지 N : N 번째 Backtrack 실행 요구
	back_resp	0, N(1~60)	0 : 거부응답 N : Backtrack 응답
Back-track 주기설정	bktime_req	N(1~5)	N 분마다 Backtrack 정보 생성 요청
	bktime_resp	0, M	0 : 거부응답 M : 생성한 번호 M으로 응답
오동작 주입	mfi_id	0~100	0 : 요청 없음 1~100 : 오동작 유형
	mfi_time	N(sec)	오동작 개시 시간
	mfi_status	1, 0	1 : 오동작 동작상태 0 : 오동작 미개시 상태
오동작 소거	mfd_requ	N(1~100)	mfi_id의 삭제요청
	mfd_resp	0, N(1~100)	0 : 거부응답 N : mfi_id 삭제 응답
Quit	quit_notice	1	실행파일 down load 요구
	quit_resp	0	download 응답
모사시간	sim_time	N(sec)	시뮬레이션 시간

인간기계연계 소프트웨어는 운전원이 입력한 제어요구 행위를 판별하여 정의한 제어요구 변수에 사전에 정의된 값을 기록한다. 시뮬레이션 엔진은 제어요구 변수 값을 판독하여 동특성 연산을 수행한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 공유메모리 연계 변수를 엄밀하

게 사전에 정의함으로써 이미 개발되어 원자력발전소의 설계와 해석에 사용되는 코드를 시뮬레이션 엔진으로 재활용할 수 있었다. 이로 인하여 시뮬레이터를 개발할 때 요구되는 플랜트 모델링과 이의 코딩에 요구되는 개발부담을 덜 수 있었다. 향후 본 연구는 공유메모리 변수 기반의 연계 개념을 적용하여 Full Scope Training Simulator를 개발할 예정이다.

#### 후기

본 연구는 과학기술부에서 시행하는 원자력연구개발사업으로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] USNRC, Nuclear Power Plant Simulators for the Operator Training, Regulatory 1.149.
- [2] ANSI/ANS-3.5-1985, Nuclear Power Plant Simulators for use in Operator Training.
- [3] 박재창 외, "Compact Nuclear Simulator 성능 향상 기술개발", 한국원자력학회 1999 추계학술발표논문집
- [4] 심봉식 외, "Development of a full scope Human Machine Simulator for Human Factors Experiments", 한국원자력학회 1997년 추계학술대회논문집.