

# 소프트패널을 이용한 발전소 운전원 훈련용 가상 시뮬레이터 개발

박신열

한국전력공사 전력연구원

## The Development of Virtual Power Plant Simulator for Operator Training using Soft Panel

Shin-Yeol Park

Korea Electric Power Research Institute

### ABSTRACT

한전 전력연구원은 기존 발전소 시뮬레이터가 없는 고리1호기 원자력발전소의 현황을 고려하여 주제어실은 없지만 고리1호기의 운전특성을 나타내는 전범위 시뮬레이터개발의 1단계로서 강사 및 운전원 모니터에 나타나는 Soft Panel 만으로 운전훈련이 가능 하도록 하는데 목표를 두고 원자력발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터를 개발 하였다. 본 논문에서는 상기의 개발내용 중에서 시뮬레이션 시스템 구성, 컴퓨터별 주요기능, 강사제어 프로그램, 운전원제어 프로그램, Simulation Diagram 화면, Soft Panel 화면, 시뮬레이터 연동 등에 대한 내용을 기술하고자 한다.

강사용 컴퓨터, 운전원이 시뮬레이터 교육시에 시뮬레이터를 조작할 수 있는 각종 기능들을 제공하는 운전원 컴퓨터, 프로젝트 등으로 구성되어 있으며, 이들은 LAN으로 연결되어 있다.

### 1. 서 론

Simulation Diagram, Soft Panel 화면개발을 위해 지금까지 거의 모든 시뮬레이터의 GUI 화면개발에 이용해 왔던 Data Views 대신에 높은 현실감을 부여할 수 있는 Illustrator를 이용하였다. Simulation Diagram, Soft Panel를 통한 강사제어 및 운전원제어 프로그램은 국내에서 개발된 Data Visualization Tool인 DataPlant를 이용하였다. 노심모델은 3D 계산이 가능한 최신코드를 이용하였고, NSSS T/H 모델은 최신 열수력 코드인 ARTS (Advanced Real time Thermal hydraulics Simulation)를 사용하여 최첨단 모의가 가능하도록 하였다.

### 2. 시스템 구성

#### 2.1 하드웨어 구성

시뮬레이터의 하드웨어 구성은 <그림 1>과 같이 시뮬레이터를 기동하는 시뮬레이션 컴퓨터, 강사가 시뮬레이터 강의시에 시뮬레이터를 제어할 수 있는

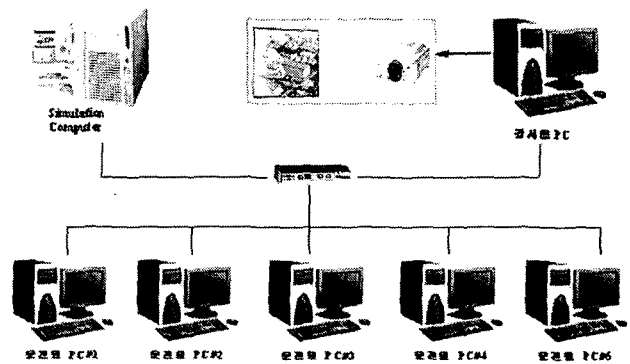


그림 1. H/W 구성

시뮬레이션 컴퓨터는 안전한 운영을 위하여 강의실이 아닌 시뮬레이터 실에 설치되어 운영된다. 강사용 PC는 2개의 모니터로 구성되어 있다. 왼쪽 모니터에는 기본적으로 시뮬레이터를 제어하는 Control Panel, Soft Panel, Simulation Diagram을 Display하고, 오른쪽 모니터에는 Real Time Trend, Monitor 등 시뮬레이터의 파라미터를 감시하는 프로그램이 Display 된다. 또한 강사용 PC는 프로젝트와 연결되어 있어서 2개의 모니터에 나타나는 내용을 스크린에 Display 하여 이를 운전원과 공유할 수 있다. 운전원 PC는 강사용 PC와 마찬가지로 2개의 모니터로 구성된다. 왼쪽 모니터에는 기본적으로 Soft Panel, Simulation Diagram을 Display하고, 오른쪽 모니터에는 Real Time Trend, Monitor 등 시뮬레이터의 파라미터를 보여주는 프로그램이 Display 된다.

## 2.2 소프트웨어 구성

Simulation Computer, 강사용 PC, 운전원용 PC 각각의 소프트웨어 구성은 그 기능에 따라 <그림 2>와 같이 요약된다.

Simulation Computer	강사용 PC	운전원용 PC
	강사제어 Program	
	KONS	
OPC Server	KSNP VRCATS	
Model Program	Data Plant	운전원 Program
SimSuite Power	SimExec IS	Data Plant
Visual Fortran	Visual C++	SimExec IS
Visual C++	IIS / MS SQL	Visual C++
MS Office	MS Office	MS Office
Windows 2000 Server	Windows 2000	Windows 2000

그림 2. S/W 구성

Simulation Computer는 시뮬레이션 개발환경과 관련된 C++, Fortran 등이 설치되며, 시뮬레이션 개발환경인 SimSuite Power, 개발된 모델 프로그램, 외부 프로그램과의 통신을 담당하는 OPC Server 프로그램이 설치된다. 강사용 PC는 강사제어 프로그램, Web 서비스를 위한 IIS/MS SQL, 울진 표준형 원전의 VRCATS, 고리1호기의 KONS, Soft Panel과 Simulation Diagram을 위한 Data Plant와 강사제어 프로그램이 설치된다. 운전원 PC는 운전원제어 프로그램, Soft Panel과 Simulation Diagram을 Display하기 위한 Data Plant와 운전원제어 프로그램이 설치된다.

## 3. 주요 기능

### 3.1 시뮬레이션 컴퓨터

시뮬레이션 모델을 개발하고 운영할 수 있는 통합 개발환경을 제공하며, 열수력 모델, Reactor Core 모델 등 플랜트 시스템 모델들과 가압기 압력/수위/히터 제어, 증기 발생기 압력/수위 제어, 제어봉 제어 계통, 노외 핵계측 계통, 공학적 안전설비 제어계통 등 1차측 주요 제어계통 모델들이 실행되며, 시뮬레이션 모델과 강사제어용 프로그램인 Soft Panel과 같은 클라이언트 프로그램간의 통신을 담당하는 OPC Server가 실행된다.

### 3.2 강사용 컴퓨터

SimExec IS (Instructor Station) 라고 이름 지어진 강사제어 프로그램이 desktop folder로 만들어져 있다. 이 폴더는 강사가 훈련 시나리오에 따라 시뮬레이터를 제어할 수 있는 일련의 유틸리티 모음으로 구성되어 있으며, 대부

분의 기능은 강사에게 그래픽 유저 인터페이스로 제공된다. 대표적인 기능으로는 Control Panel, Freeze/Run, Initial Condition, Backtrack, Snapshot, Action, Graphic Display, Real Time Trend, Monitor 등이 있다. 또한 울진 표준형원전의 건물, 건물 내의 주요기기, 주제어실 등을 3차원 가상현실을 이용하여 개발한 운전원 교육훈련 시스템과 고리1호기 주제어실의 내부를 가상현실을 이용하여 3차원 그래픽으로 구현하여, 그래픽 공간을 이동하면서 주제어실의 계기들의 위치나 이름 등을 확인할 수 있는 판넬 내비게이션 시스템이 운영된다.

### 3.3 운전원 컴퓨터

운전원이 훈련 시나리오에 따라 시뮬레이터를 조작할 수 있는 각종 기능들을 제공한다. 즉, 시뮬레이션 성능을 확인하기 위해 변수들의 값을 그래픽으로 나타내는 Real Time Trend (RTT), 일련의 변수들에 대한 값을 텍스트 모드로 확인하는 Monitor 프로그램을 제공한다. 또한 Soft Panel과 Simulation Diagram을 그래픽 화면으로 제공하여 운전원이 시뮬레이터를 비주얼하게 제어할 수 있도록 한다.

## 4. Display 시스템

Display 시스템은 강사 및 운전원이 시뮬레이터를 조작하는 2차원 GUI인 Soft Panel과 Simulation Diagram과 관련된 그래픽 및 통신기능을 의미한다. Soft Panel은 약 250개의 기기들로 구성되어 있고, Simulation Diagram은 약 100여장의 도면으로 구성되어 있다. 강사 및 운전원제어 프로그램의 Graphic Display는 현재 기능상으로 완전히 동일하지만 향후에는 그 기능을 분리할 계획이다.

### 4.1 그래픽 화면개발

그래픽 화면은 현장사진을 이용하여 Illustrator에 의해 전부(움직이는 부분을 제외)를 제작하고 이들을 조합하여 실제 발전소의 Soft Panel과 똑같이 배치한 후에 WMF로 저장하였다. 즉, 태그 값이 들어가는 Component는 깨지는 현상이 발생하여 따로 저장을 하여야 했다. 그런 다음에 실제 GUI를 실행하는 환경 (Data Plant)에서 정적인 화면을 기본으로 하여 글자, 눈금, 버튼, 스위치, 화살표 등 동적 요소들을 삽입했다. 동적 Component는 시뮬레이터와 데이터 송수신이 발생하므로 각각에 대해 태그 값을 부여하기 위해 Database 파일에 태그 값을 저장하고, 저장되어진 태그 값의 변동에 따라 그림이 움직이는 일련의 작업이 진행되었다. <그림 3>은 이러한 일련의 과정을 통하여 생성된 Soft Panel의 일부를 보여준다.

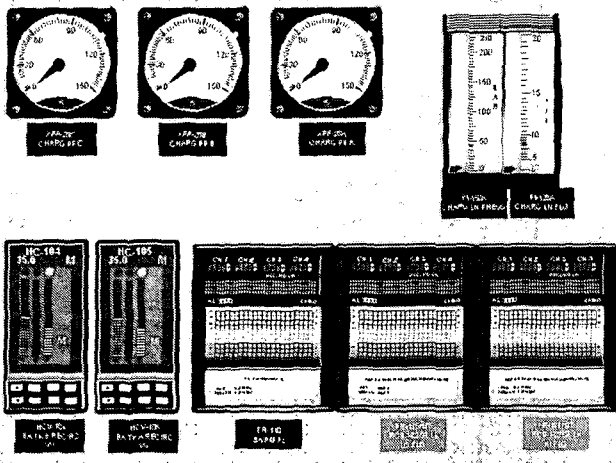


그림 3. 그래픽 화면의 예

## 4.2 Soft Panel

### 4.2.1 화면 구성

Soft Panel 메인 화면은 <그림 4>와 같이 왼쪽 상단에 Tree구조로 되어있는 화면전환 창, 왼쪽 중앙의 상위요약화면, 왼쪽 하단의 하위요약화면, 오른쪽의 메인화면으로 이루어져 있다. <그림 4>는 초기 프로그램이 수행되면 디폴트로 나타나는 제어용 화면이다.

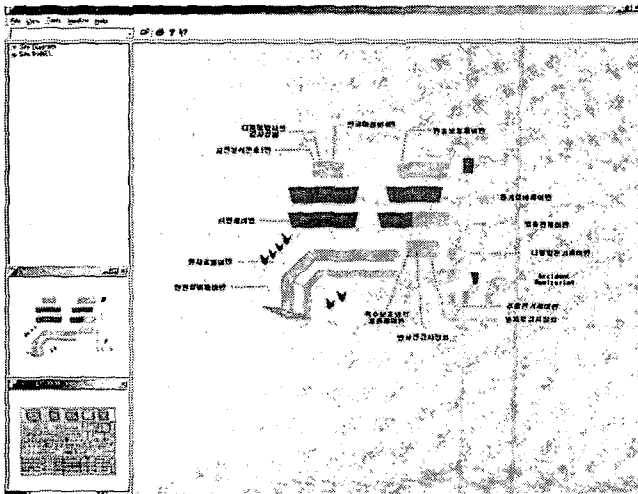


그림 4. Soft Panel 초기화면

화면전환 창은 Tree구조로 되어있고 각 항목을 선택하면 주 작업화면이 해당되는 곳으로 이동하게 되어 있다. 상위요약화면은 초기의 메인화면을 축소하여 보여주는 화면으로 메인화면이 변함에 따라서 변한다. 아울러 각각의 영역을 선택하면 메인화면이 해당되는 곳으로 이동하게 되어 있다. 하위요약화면은 메인화면의 개체를 선택하여 화면이동을 하였을 때 혹은 상위요약화면에서 화면전환을 하였을 때 메인화면이 변함에 따라 변화되는 요약화면이다. 하위요약화면에서 화면의 개

체를 선택하면 하위요약화면은 변하지 않은 채 주 화면이 상세화면으로 전환된다. 메인화면에서 원하는 Panel을 선택하면 해당 Panel의 전체화면으로 전환된다. 이 화면은 하위 요약 화면과 동일하며, 사용자의 편의를 위하여 더욱 큰 이미지를 사용하였다. Panel별 전체 화면에서 화면의 개체를 선택하면 화면은 상세화면으로 전환된다.

### 4.2.2 세부기능

보고자하는 영역의 정확한 표시를 위한 Rollover 기능이 있으며, 이는 Panel 전체 화면, 하위 요약화면에서 보고자 하는 해당 영역에 마우스를 올려놓을 경우, 해당영역의 색이 하늘색에서 어두운 하늘색으로 변하게 된다. Zoom용 toolbar를 선택하면 in/out 이 각각 10%씩 주 화면이 전체적으로 확대 혹은 축소가 되어 표시된다. 부분 zoom기능도 제공되어 자세하게 보고 싶은 부분을 Keyboard Alt를 누른 채 화면의 영역을 마우스로 선택하면 그 부분만 zoom이 된다. Zoom이 되면 각 계기의 영역도 보다 자세하게 확대되고 vector방식의 그림을 활용하였으므로 image가 흐려지는 문제점도 없다. 화면이동 툴바를 누르면 주 화면이 이동되게 되어있으며 현재 보이는 화면에 따라 다음 혹은 이전화면으로 자유로이 이동할 수 있다.

## 4.3 Simulation Diagram

Simulation Diagram 메인화면도 Soft Panel 메인 화면과 유사하며, 메인 화면은 <그림 5>과 같이 왼쪽 상단에 Tree구조로 되어있는 화면전환 창, 왼쪽 중앙의 상위요약화면, 왼쪽 하단의 하위요약화면, 오른쪽의 메인화면으로 이루어져 있다.

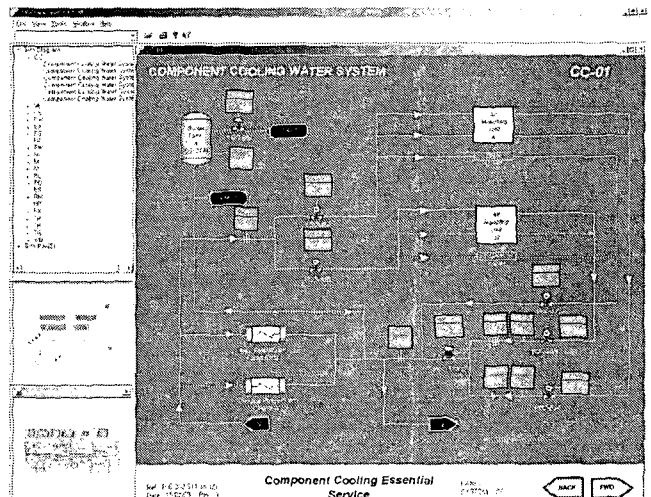


그림 5. Simulation Diagram 초기화면

Simulation Diagram은 안전설비 제어반을 비롯한 총 21종류의 계통으로 구성되어 있으며, 편의를 위

하여 Panel을 번호로 분류하였다. Sim Diagram 화면은 Sim Diagram 계통 명, Sim Diagram의 약어 및 페이지 번호, Sim Diagram 화면, 계통기호, 계통명칭, Panel 명, 앞뒤 이동표시 등을 표현한다.

#### 4.4 데이터 연동 모듈 개발

Simulation Diagram, Soft Panel은 시뮬레이터와 연동되어 필요한 값을 읽고/쓰는 과정이 필요하다. 그러나 현재는 해당 시뮬레이터 환경에서 개발되지 않는 외부의 어플리케이션이 이들 시뮬레이터의 값들을 액세스하는 표준방법을 제공하지 않고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 시뮬레이터의 각종 변수값들을 효과적으로 Read/Write 할 수 있는 OPC (OLE for Process Control) Server를 개발하였다.

Name	Index	Value	Name	Index	Value
01 rd_flag	< 21	FALSE	01 dum_	< 191	1.000000
02 frs_flag	< 22	TRUE	02 cycr	< 20	1.002041
03 power_	< 23	1727.017375	03 t_at_	< 8	609.214626
04 p_art	< 32	2240.756050	04 scn_	< 64	6
05 t_art	< 11	606.489492	05 t_at_	< 20	541.884733
06 t_art	< 21	606.467104	06 t_at_	< 30	541.792971
07 jt_	< 13	0.000000	07 scn_	< 66	1167
08 w_art	< 91	-1062.610842	08 fu_	< 14.1	1102.310000
09 w_art	< 90	-1061.007072	09 fu_	< 17.1	1102.310000
10 w_art	< 84	1102.310000	10 dum_	< 47	0.000000
11 w_art	< 87	1102.310000	11 dum_	< 40	0.000000
12 ju_	< 40.2	1.354109	12 p_at_	< 35	870.078275
13 prlv_	< 33	15.394927	13 p_at_	< 38	877.945871
14 arts_ok	< 34	TRUE	14 dum_	< 26	1.000000
15 scn_	< 86	-1	15 dum_	< 35	29.449772
16 crsq	< 36	1.727017e+009	16 dum_	< 36	29.601241
17 scn_	< 85	-1	17 bp_	< 14	1167.000000
18 t_ref	< 38	561.893663	18 bp_	< 15	1167.000000
19 lavg_	< 39	574.236574	19 fu_	< 14.2	422.584320
20 dum_x	< 34	48.063681	20 fu_	< 17.2	422.584320

그림 6. 시뮬레이션 모델에서의 모델 데이터

시뮬레이터에 효과적으로 액세스가 가능하다. <그림 6>과 <그림 7>은 시뮬레이션 모델과 OPC Server를 통해 추출된 데이터를 확인하는 Client 화면을 보여 주는데, 화면을 복사한 시점으로 인해 값이 약간 차이가 나지만 실제로는 양쪽의 값이 일치하고 있다.

#### 5. 결 론

원자력교육원 고리훈련센터 수탁 사업인 본 시뮬레이터 개발용역은 기존 발전소 시뮬레이터가 없는 고리1호기의 현황을 고려하여 주제어실은 없지만 고리1호기의 운전특성을 나타내는 전범위 시뮬레이터 개발의 1단계로서 운전원 스테이션에 나타나는 Soft Panel 만으로 운전훈련이 가능 하도록 하는데 목표를 두고 개발을 시작하였다.

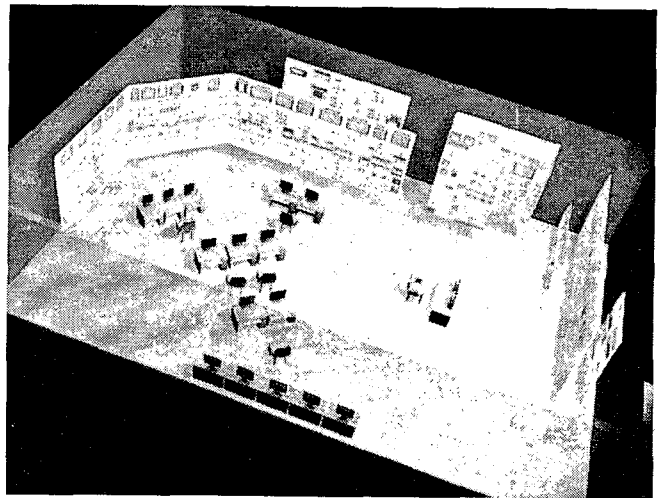


그림 8. Soft Panel을 이용한 주제어실

Item	Value	Quality	TimeStamp	Server	Group
rd_flag	0	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
frs_flag	-1	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
power_	1729.90268536141	GOOD	09:08:27.136	Soft.Gse...	Group
p_art@32	2255.81871406577	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
t_art@11	606.447711841921	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
t_art@21	606.444433622157	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
jt_	0	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
w_art@91	-1059.57807799522	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
w_art@90	-1059.15545217209	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
w_art@84	1102.31	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
w_art@87	1102.31	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
ju_@40@32	1.35407541065654	GOOD	09:08:25.136	Soft.Gse...	Group
prlv_	15.8183847511089	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
arts_ok	-1	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
scn_@86	-1	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
crsq	1.729036e+09	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
scn_@95	-1	GOOD	09:07:41.136	Soft.Gse...	Group
t_ref	561.893982882155	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
lavg_	574.062384130881	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group
dum_x@34	50.0622191295038	GOOD	09:09:27.136	Soft.Gse...	Group

본 프로그램은 Rockwell의 OPC Server Toolkit인 RSI OPC/DDE Server Toolkit Library를 이용하여 개발하였으며 시뮬레이터가 실행되고 있는 컴퓨터에서 실행된다. OPC Client는 OPC Server를 통하여

본 논문에서는 1차년도에 개발을 완료한 내용 중에서 Sim Diagram, Soft Panel을 이용한 강사제어용 소프트웨어와 운전원 조작용 시스템에 대한 내용으로 한정하였다. 이를 발판으로 향후에는 하드웨어 패널 없이 소프트웨어 패널로 조작함에 있어서 보다 현실감, 몰입감을 부여하기 <그림 8>과 유사한 모양으로 가상의 주제어실을 구축할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이용관 12명, “운전원 교육용 가상 시뮬레이터 개발 및 한국 표준형 원전 VRCATS 이식(최종보고서)”, 전력연구원, 2002, December.
- [2] 박신열 외 12명, “운전원 교육용 가상 시뮬레이터 개발 및 한국 표준형 원전 VRCATS 이식(사용자매뉴얼)”, 전력연구원, 2003, March.
- [3] 박신열 외 1명, “KSNP VRCATS용 OPC Server 개발”, 전력연구원, 2002, March.