

## 실험데이터 분석 및 평가지원시스템(DAEXESS) 개발

### Development of Data Analysis and Experiment Evaluation Supporting System(DAEXESS)

이현철 · 오인석 · 심봉식

#### ABSTRACT

Most of human factors experiments in nuclear industry domain produce lots of experimental data, thus much time is required to analyze the data. DAEXESS was developed to reduce resource demands necessary for the analysis work through systematic data analysis requirements and automated data processing based on computer technology. Physiological data, human behavior recording data, system log data and verbal protocol can be collected, synthesized and easily analyzed with respect to time domain in DAEXESS so that analyser is able to look into integrated information on operating context. DAEXESS assists analyser to carry out qualitative and quantitative data analysis easily.

## 1. 서 론

원자력발전소 주제어실을 연구의 대상으로 하는 인간공학실험은 필요한 설비를 기준으로 크게 소규모 및 대규모실험으로 구분할 수 있다. 소규모실험은 몇 대의 컴퓨터나 인간기계연계(HMI: Human Machine Interfaces)를 설치하고 소수의 측정장비를 활용하는 주로 대학의 실험실에서 행해지는 실험으로 소요되는 자원(인력, 시간 등)이 비교적 적다. 대규모실험은 발전소에 있는 훈련용 시뮬레이터나 실험용으로 특별히 고안된 시뮬레이터를 주요 실험장비로 활용하는 실험으로 소요되는 자원이 상대적으로 많다. 소규모실험은 소요되는 자원이 적은 대신에 실험의 충실도(fidelity)는 대규모실험에 비하여 떨어지는 단점이 있으며, 다수의 시스템이 유기적으로 연결되어 있는 주제어실에 대한 인간공학적 연구에는 다소 제한적이다. 특히 개별 시스템의 인간공학적 평가보다는 전체시스템에 대한 개별시스템의 성능을 중요시하는 연구추세를 고려한다면 소규모실험은 대규모실험에 대한 예비실험(pilot experiment)으로 수행되어야 하는 경우가 많다.

대규모실험은 훈련용 시뮬레이터나 실험용 시뮬레이터를 기반으로 수행하게 되는데, 훈련용 시뮬레이터를 활용할 경우에는 실험을 위한 공간이나 시간상의 제약이 따르며 새로운 시스템에 대한 실험평가가 곤란하다는 것이 단점으로 지적된다. 운전에 대한 데이터를 수집하거나 운전원의 오류데이터를 지속적으로 수집하는 등에는 훈련용 시뮬레이터가 유용하지만 주제어실의 실제 설계 시에 활용할 수 있는 인간기계연계나 개별시스템의 효과를 평가하기가 난해하다. 실험용 시뮬레이터는 주제어실에 대한 인간공학적 실험평가를 수행할

수 있도록 별도의 시뮬레이터와 데이터 기록 장치를 갖춘 설비로서 인간공학 연구자가 원하는 실험대상을 설정하고 원하는 데이터를 수집하여 분석해 낼 수 있도록 비교적 잘 갖추어진 설비와 기능을 요한다. 실험용 시뮬레이터는 투자하여야 하는 자본이 소규모실험이나 훈련용 시뮬레이터보다 많다는 단점이 있으나 실험결과의 신뢰성, 실험수행의 용이성, 고충실도 실험환경 등의 이득이 있다[1].

이러한 실험용 시뮬레이터의 예는 Norway의 HAMMLAB(Halden Man Machine Laboratory)과 한국원자력연구소의 ITF(Integrated Test Facility)가 대표적이다[2]. HAMMLAB은 80년대 초반부터 인간공학연구를 위하여 활용되어 왔으며 ITF는 1997년 3월에 완성되었다. ITF는 원자력분야에서의 인간공학연구 추이를 분석하여 HAMMLAB보다 진보된 특징을 가지고 있는데, HAMMLAB의 활용시 실험분석에 소요되는 자원이 실험준비나 실험수행보다 월등히 많은 자원을 소모한다는 점을 주시하고[3] 이를 개선하기 위하여 실험분석을 지원할 수 있는 DAEXESS를 개발하였다. DAEXESS는 실험중 발생할 수 있는 실험데이터를 선택적으로 수집하여 이를 종합적으로 실험분석자에게 제시하고 실험분석이 바로 이루어질 수 있도록 해준다. 결과적으로 실험데이터의 관리측면에서 HAMMLAB보다 우수한 특징을 ITF에 제공하고 있어서 ITF의 활용도를 제고시키고 실험분석결과의 신뢰성을 향상시킨다[4].

## 2. 실험데이터

실험을 수행하면서 얻어야 하는 실험데이터

표 1. 측정장비 및 실험데이터

측 정 장 비	측 정 데 이 타	속 성
시뮬레이터	- Simulation Clock - Monitored Parameters - Operator Action Log - Alarm Event Log	- 시뮬레이션 진행시간 - parameter의 추이값 - 운전원의 HMI 조작내용 - Alarm 원인/내용
Telemetry	Physiological Signals	심전도, 뇌파, 호흡률, 피부온도, 안구전위 등의 raw signal과 변환된 signal
Eye Tracking System	Eye Movement and Position Duration	주시위치, 주시기간, 주시제적 등의 수치데이터 및 video data
Audio/Video Recorder	- A/V Signal - Verbal Protocol	- CCTV와 mike에 의해 기록된 analog data - debriefing 이나 관측을 통한 기록
3D Motion Analyser	Physical Movement and Motion Track	시간에 대한 동작궤적, 위치 등 수치데이터 및 video data

를 규명함으로써 실험용 시뮬레이터와 함께 설치해야할 측정장비를 알 수 있다. ITF개발을 위하여 원자력발전소 주제어실의 인간기계연계에 대한 가능한 설계변수를 도출하였다. 그리고 설계변수에 대한 실험데이터 및 실험평가기준을 조사하여 필요한 실험측정장비를 선정하였다. 선정된 실험측정장비 및 관련 실험데이터는 다음의 표 1과 같다[1].

시뮬레이터로부터 얻는 simulation clock은 실험시작시점으로부터 진행된 시간을 표시해주는데 이에 따라 모든 실험데이터가 동기화(synchronize)되어야 할 것이다. Monitored Parameters는 발전소의 많은 기기나 시스템의 동작상황을 알기 위하여 실험자가 실제 실험시작 전에 미리 설정해 놓아야 한다. Monitored parameters의 추이에 따라 운전원의 운전행위가 발전소의 안전성이나 경제성을 어떻게 변화시켰는지를 알 수 있게 된다. 실험이 진행되면 운전원은 제공되는 HMI를 조작

하여 의도한 대로 발전소를 운전하게 되는데 운전원이 어떤 HMI를 어떻게 조작했는지는 실험분석자에게 중요한 정보를 제공하게 된다. 또한 운전중 발생하는 경보(Alarm)는 현재 연구가 가장 활발한 분야로서 운전원에게 발전소의 상황을 지시해 주는 역할을 하는데, 발생한 경보가 어떤 시스템이나 기기에 관련이 되어 있는지를 기록함으로써 실험데이터의 분석시 운전원이 상황을 얼마나 잘 파악하고 있었는지를 평가하기 위하여 필요한 실험데이터이다. Telemetry는 피실험자의 생체신호변화를 감지하여 이를 기록하는 장치로 다양한 생체신호를 무선방식으로 전송해주는 특징이 있다. 생체신호는 피실험자의 작업부하(workload)를 평가하기 위하여 활용된다. Eye Tracking System은 피실험자의 안구운동을 기록하는 장치로 주시위치나 주시기간 등을 수치데이터로 기록해주며, Scene Camera에 의하여 알 수 있는 피실험자가 주시하고 있는 영역과 위

치를 video로 저장해준다. A/V 기록데이터는 운전원의 행위 및 운전원간의 의사소통/협력 사항에 대한 정보를 제시해준다. 3D Motion 데이터는 미시적인 운전원의 신체적 움직임을 기록하여 HMI의 이용편의성에 대한 객관적인 데이터로 활용할 수 있다[2].

각 측정장비는 서로 독립적으로 실험데이터를 수집하지만 궁극적으로 실험분석자는 이들 데이터를 취합하여 분석에 활용하여야 한다. 특히 정성적인 데이터분석이 강조되는 현실을 감안한다면 실험데이터의 체계적인 통합과정은 중요하다.

### 3. DAEXESS의 기능요건

DAEXESS는 실험분석자가 실험데이터를 수집하고 가공하는데 시간적으로 이득을 제공하여야 하며 또한 실험데이터를 통합함으로써

실험데이터의 조회를 간편히 하여야 하고 또한 특정시간에 대한 전반적인 운전상황을 파악할 수 있도록 하여 정성적인 분석이 강조되고 있는 현실에 부합하여야 한다.

그림 1과 같이 도출된 실험장비와 실험데이터를 기반으로 다음과 같은 ITF의 DAEXESS의 기능요건을 결정하였다[1].

- (1) 개별 측정장비로부터 수집된 실험데이터는 Simulation Clock에 의하여 동기화되어야 한다. 이에 의하여 일관성 있는 실험데이터의 처리 및 관리가 용이하게 된다. 동기화된 실험데이터는 DAEXESS의 기본 입력데이터로 활용되어야 한다.
- (2) A/V 데이터는 Digital 형태로 저장되고 관리되어야 한다. 음성을 포함하는 동영상은 현재의 컴퓨터기술로 처리 가능하므로 분석의 용이성을 확보하기 위하여 Digital화되어야 한다.

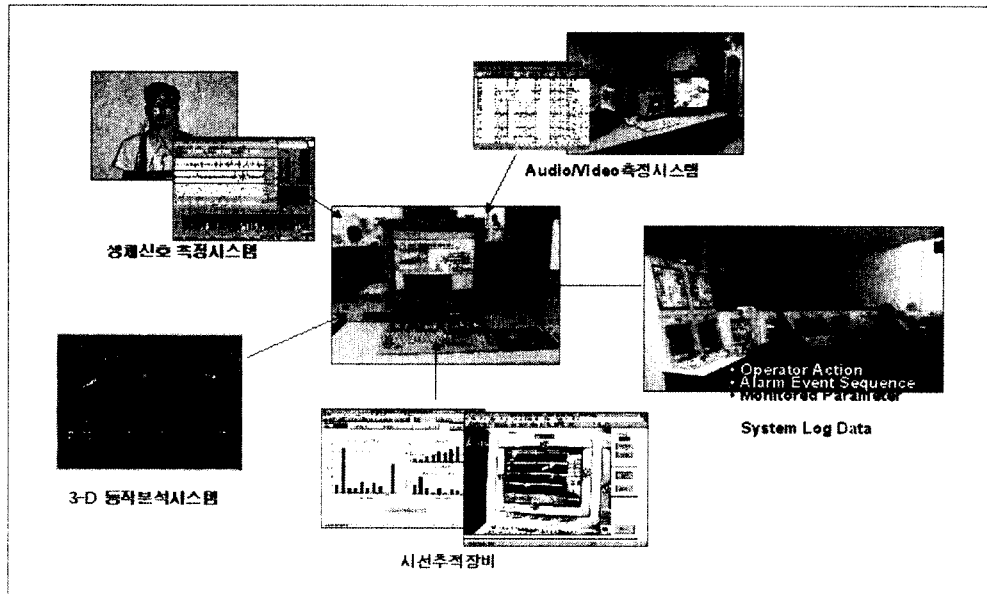


그림 1. DAEXESS의 실험데이터 수집범위

- (3) 실험데이터의 통합표시 및 분리표시가 가능하여야 하고 시간대역 및 특정시점에 대한 실험데이터의 조회가 가능하여야 한다.
- (4) 통계처리가 가능하여야 한다. 수집한 실험데이터에 대한 기초통계량 계산, 분산 분석, 회귀분석 등의 통계분석이 가능하여야 하며 결과를 표, 그래프 등에 의하여 표시 가능하여야 한다.
- (5) 모든 실험데이터를 통합적으로 보여 줄 수 있어야 한다. 이는 실험데이터의 정성적인 분석에 유용하다.
- (6) 타 실험데이터의 활용이 가능하여야 한다. 이질적인 다른 실험데이터(예를 들면 설문 결과)에 대한 처리능력을 갖추고 있어야 한다.

#### 4. DAEXESS의 구현

DAEXESS의 하드웨어는 ITF와의 연계나 실험데이터 관리의 안전성 등을 고려하여 workstation을 사용하였다. 시뮬레이터로부터의 실험데이터를 수집하기가 용이하고 또한 대용량의 저장능력과 영상처리 능력을 갖추면서도 안정적인 운용을 위해서는 개인용 컴퓨터보다 workstation급 컴퓨터가 적절하다고 판단하였다. DAEXESS에는 통계처리용 소프트웨어가 필요한데 상용패키지인 SAS™를 설치하였다. 그래프, 사용자인터페이스 등에 대한 지원기능이 있는 SAS™를 사용하여 DAEXESS의 기능요건을 구현하는데 사용하였다[4].

##### 4.1. DAEXESS 초기화면

DAEXESS의 초기화면은 다음의 그림 2와 같다. 초기화면의 오른쪽부분에는 실험분석자가 실험데이터 분석을 위하여 취할 수 있는 항목이 메뉴로 작성되어 있다.

실험중 수집된 실험데이터는 SCADA(Sur-

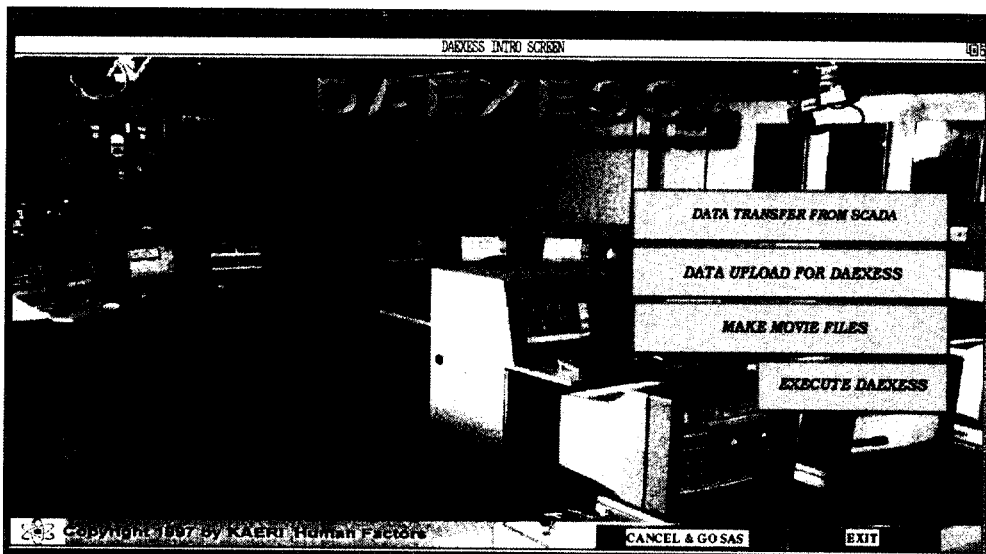


그림 2. DAEXESS 초기화면

veillance Control And Data Acquisition)에 의하여 동기화되고 SCADA가 저장하게 된다. "DATA TRANSFER FROM SCADA" 메뉴는 SCADA에 있는 실험데이터를 네트워크를 통해 DAEXESS로 전송하도록 해준다. DAEXESS를 사용하기 위하여 가장 먼저 수행하여야 하는 작업이다. 전송된 실험데이터는 DAEXESS workstation내의 Hard Disk 내에 저장된다. "DATA UPLOAD FOR DAEXESS"메뉴는 DAEXESS로 전송된 실험데이터를 DAEXESS가 처리할 수 있는 데이터형태로 변환시키는 작업을 구동시키기 위하여 사용된다. DAEXESS는 SAS™을 기반으로 개발되었기 때문에 이 작업은 결국 실험데이터를 SAS™의 DB format으로 변환시키는 것이다.

"MAKE MOVIE FILES"메뉴는 3D Mo-

tion Analyser 혹은 Eye Tracking System 등에서 수집한 Video 데이터를 digital화하여 DAEXESS workstation내에 저장하고 활용할 수 있도록 하기 위하여 사용된다.

"EXECUTE DAEXESS"메뉴는 DAEXESS의 main 화면을 구동시킨다.

#### 4.2 DAEXESS main 화면

DAEXESS main 화면은 그림 3과 같이 메뉴, 상황정보란, System Event Log Window, Verbal Protocol I/O Window, Telemetry Window, Video Play Window 등으로 구성되어 있다.

메뉴는 필요한 실험데이터를 입력, 출력, 저장 그리고 DAEXESS 종료 등의 작업을 정의해 놓은 "FILE", Telemetry Window의 시간축(X축)의 간격을 조정할 때에 사용하는

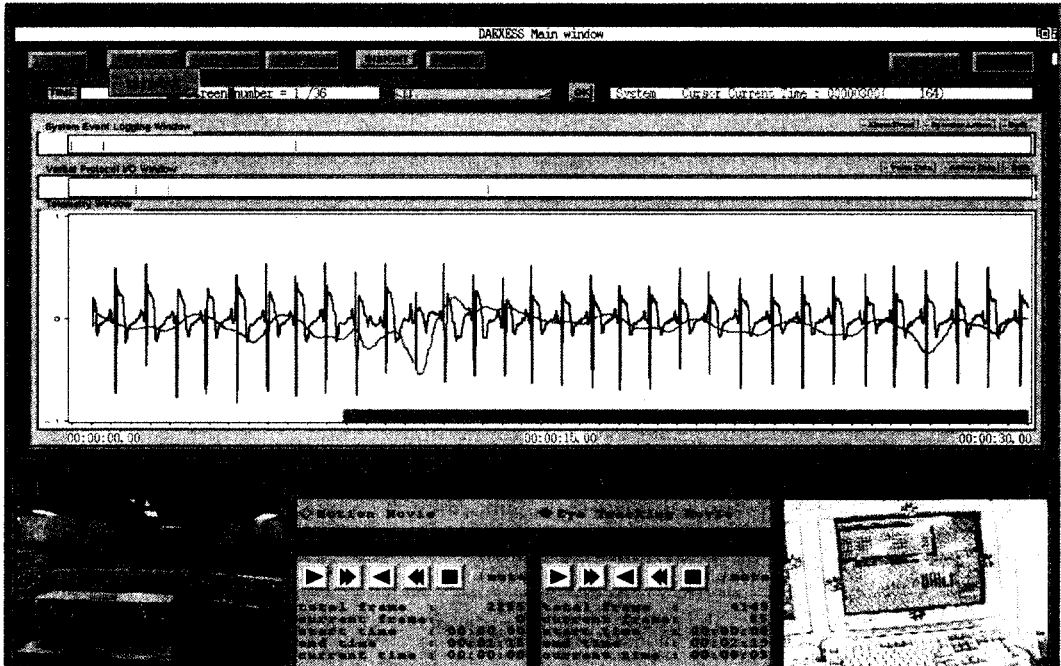


그림 3. DAEXESS main 화면

"Time\_Int", Telemetry Window에 나타낼 생체신호를 선택하기 위하여 사용하는 "Var\_Assign", Telemetry Window에 중첩되어 표시되는 생체신호 그래프를 개별적으로 확대하여 표시하여 주는 "Graph\_Zoom", 현재 DAEXESS에 있는 실험데이터에 대한 대화적(interactive) 통계처리를 수행하기 위한 "INSIGHT", 실험데이터의 분석을 위하여 SAS<sup>TM</sup>의 모든 기능을 활용할 수 있는 ASSIST를 구동시키는 "ASSIST"(그림 4 참조), 도움말을 보여주는 "HELP", digital화된 video데이터를 구동시키고 제어하는 "VIDEO" 등으로 구성되어 있다.

상황정보란에는 Telemetry Window를 마우스로 클릭했을 때 클릭한 시각을 나타내는 "Time", 전체 Telemetry Graph Frame에 대한 현재의 Graph Frame을 표시하는 "Screen Number", Graph Frame(Screen Number)을 변경하기 위한 "Scroll Bar"와 "OK"버튼, 실험분석자의 오류를 표시하거나 Telemetry Window상에 마우스가 위치한 시각을 표시해주는 "Message Window"등이 있다.

System Event Log Window는 실험중 발생한 Alarm Event와 Operator Action Log를 발생시점에 따라 표시해준다. 발생한 Alarm Event와 Operator Action Log는 Window에 vertical bar로 표시하고 그 내용은 실험분석자가 vertical bar를 클릭하면 popup window에 나타내준다(그림 5, 6 참조). Verbal Protocol I/O Window는 실험후 debriefing시 수집한 자료를 입력하거나 실험중 운전원의 음성기록을 digital화하여 입력시키고 조회하기 위하여 사용한다(그림 7, 8 참조).

Telemetry Window는 실험중 수집한 생체

신호를 Graph로 표시해 준다. 다수의 생체신호를 색상으로 구분하여 중첩시켜 표시해 줄 수 있으며 각 생체신호별로 조회하기 위해서는 "Graph\_Zoom"메뉴를 구동시키거나(그림 9 참조) "Var\_Assign"에서 선택하여야 한다.

Video Play Window는 3D Motion Analyser나 Eye Tracking System등에서 수집한 video 데이터를 DAEXESS초기화면의 "MAKE MOVIE FILES"를 통해 digital화한 video 실험데이터를 표시하고 제어하기 위하여 사용한다. Video 실험데이터의 제어를 위한 frame이나 시간 등을 표시해주고 play forward/backward, stop, mute등의 버튼을 통해 video 실험데이터를 조회할 수 있다. 특히 실험분석자가 Telemetry Window상에서 특정 시점을 선택하면 자동적으로 그 시점의 video 실험데이터가 조회되도록 하여 분석의 편의를 도모하였다.

## 5. 결 론

원자력발전소 주제어실을 대상으로 각종 시스템의 종합적인 인간공학적 실험평가에 유용하도록 고안된 실험분석지원시스템인 DAEXESS에 대하여 알아보았다. DAEXESS는 수집 가능한 모든 실험데이터를 통합하고 실험분석자에게 종합적으로 제공함으로써 정성적/정량적 데이터분석을 용이하게 해주며 실험데이터분석에 소요되는 시간 및 인력을 줄이도록 개발되었다. 현재까지의 원자력분야에서의 인간공학실험은 대부분의 실험기간중 분석에 소요되는 시간이 가장 길었고, 데이터간의 연계분석을 기반으로 하는 실험데이터분석이 중요시되는 현실을 감안한다면

DAEXESS는 다양한 데이터의 통합표시 및 편의기능을 갖추고 있어서 유용한 실험분석도구가 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] B.S. Sim, et al., 인간공학실험평가기술개발 제2차년도 연차보고서, KAERI/RR-1338/93, 한국원자력연구소, 1994.
- [2] B.S. Sim, et al., 인간공학실험평가기술개발 제3차년도 연차보고서, KAERI/RR-1489/94, 한국원자력연구소, 1995.
- [3] H.C. Lee, et al., "Human Factors Experiment Design In Using the Integrated Test Facility", Proceedings of the Third Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, Seoul, Korea, Nov., 1994.
- [4] KAERI, DAEXESS User's Manual for Human Machine Simulator, HMS-SEC-KAERI-TR-DOC-13, March 31, 1997.