

# 전동차 시뮬레이터의 기술사양 분석과 시뮬레이션 기술의 이식성에 관한 고찰

윤 석 준

세종대학교 기계항공우주공학부

## ABSTRACT

The paper introduces major technical specifications of the Line II railway simulators of Pusan City in Korea. Comparing design specifics of the railway simulators with those of the light aircraft Flight Training Device(FTD, the paper reveals commonality of implementation technologies applied to both simulators: Overall configurations and design philosophies are basically the same. In both programs VMEbus computing systems with UNIX are adapted as backbones of the simulators. It is found that the railway simulators are less stringent in real-time requirements than the aircraft FTD, and the railway simulators are designed to be more event-driven and object-oriented. The experiences show that models may be diverse depending on the objects but implementation technologies are about the same. Maximizing portability of implementation technologies is a matter of an organizations strategy of adopting standardized processes and modular technologies available and most economic to them.

## 1. 개요

항공기 시뮬레이터 산업은 1929년의 Link Trainer로 발아한 이래 컴퓨터의 진화와 더불어 모델링과 제작기술 측면 모두에서 눈부신 발전을 거듭하여 시뮬레이션 기술 전반을 주도하여 왔다. 반면에 전동차 시뮬레이터 시장은 비교적 최근인 1980년을 전후로 등장하여 이미 틈새시장으로 자리 매김을 하게 되었다. 한편, 전통적인 항공기 시뮬레이터에 대한 요구사항, 성능, 요소기술 등에 대한 지식들은 일반 시뮬레이션 계통에 비교적 널리 알려져 있으나, 전동차 시뮬레이터에 대한 상대적인 정보들은 관련 장치의 제작업체나 일부 특정 연구기관에 종속되어 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 운전자 교육용 전동차 시뮬레이터의 기술사양들을 비교적 상세히 소개하며, 비행훈련용 항공기 시뮬레이터와의 기술적 특성 비교를 통하여 시뮬레이터 요소 기술들의 이식성에 대하여 고찰하고자 한다. 구체적인 비교를 위하여 대한항공이 1991-1995에 개발한 창공91 모의비행훈련장치[1,2,3]와 1997-1998에 제작한 부산시 2호선 전동차 모의운전연습기[4,5]를 본 연구의 예제로 사용하였다.

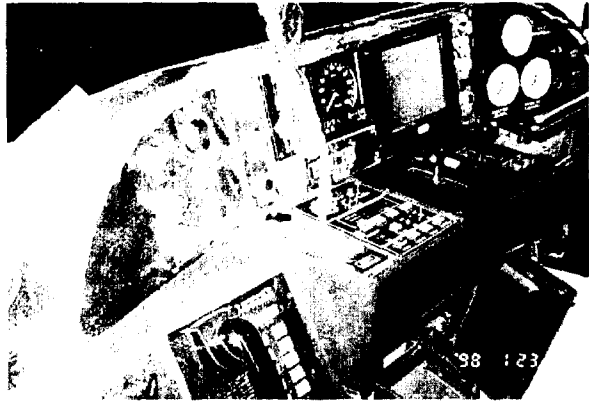
## 2. 전동차 시뮬레이터

부산시 2호선 전동차의 모의운전연습기는 훈련생들에게 실제 전동차와 유사한 운전 환경을 제공하여 현실감 있고 안전한 전동차 운전연습을 가능케 함을 그 목적으로 한다. 모의운전연습기는 2대의 모의운전실(Cab)에서 동시에 두 명의 기관사를 독립적으로 훈련시킬 수 있으며, 2대의 운전실은 단일 교관석(Instructors Operation Station)으로 제어된다.

모의운전연습기를 통한 교육은 기본훈련과 응용훈련으로 구분된다. 기본훈련은 기관사가 정상적인 운전환경에 익숙해 지도록 기기조작과 선로환경 숙지를 포함하는 관속훈련을 실시하는 것이며, 응용훈련은 기본훈련에 비정상 상황을 추가하여 이에 대한 기관사의 대처기술을 교육하고 평가하는 기능이다. 훈련 결과는 훈련결과보고서를 통해서 평가되며, 화면 상으로, 또는 프린터를 통하여 인쇄물로 제공될 수 있다. 한편, 운전실 감시장치(CCTV 시스템)에 의하여 녹화되는 전 훈련 과정은 추후 훈련 평가 시 사용된다.



<그림 1. 부산시 전동차 시뮬레이터의 외형>



<그림 2. 전동차 시뮬레이터 운전실 내부>

모의운전연습기의 전체적인 구성을 모듈별로 분리하여 살펴본다. 부산시 2호선 전동차 시뮬레이터의 외형과 운전실 내부모습은 그림 1, 2와 같다. 시스템 하드웨어는 그림3에 도시 된 바와 같이 교관석을 주축으로 하여 거의 대칭되는 배선으로 연결된 2개의 운전실(Cab)로 구성된다[그림 3].

브(Deserve) 기능이 있으므로 제어모니터와 정비모니터를 결합 수 있다. 즉, 제어모니터로써 사용될 때는 교관석 화면을 보여주고 정비모니터로 사용될 때는 호스트 컴퓨터의 단말기의 역할을 수행한다. 교관석 컴퓨터의 주요 사양은 다음과 같다.

모델명 : COMPAQ DESK PRO 2000  
(Pentium 166MHz)

운영체제(OS) : Window 95 or Window NT

통신방법 : TCP/IP - 10 base

호스트 컴퓨터 (Host CPU)

호스트 컴퓨터는 호스트 그룹에 속한 소프트웨어 모듈의 구동 환경과 시스템 정비를 위한 장비로 사용된다. 모든 실행 파일과 데이터 파일은 호스트 컴퓨터에 의해 관리된다. 호스트 컴퓨터로는 국제 표준인 VME Rack에 VME Single Board Computer 및 관련 중앙연산장치(CPU) 보드와 입출력 보드를 장착한 Force VME Single Board Computer System을 사용한다. 이 시스템은 VME 버스(Bus) 상에 장착된 3개의 CPU(호스트 CPU, 모델링 CPU 1, 2) 보드와 I/O 보드로 구성된다. 호스트(Host) 컴퓨터는 모델링(Modelling) 컴퓨터와의 데이터 교환을 위한 통신 모듈을 구동한다.

모델명 : Force VME Boxed System  
(Single board Computer)

Host CPU : Force Sun SPARC 5V

운영체제(OS) : Solaris 2.1(SunOS v4.1)

기본훈련	응용훈련
초기 기동 절차 열차출발전 조치 상황	기본훈련
출발, 운행, 정비	비상조치절차
장치/장비 조작	시스템 고장시 조치
신호기에 대한 반응	비상상황에서의 운전 및 정지
산로영상시현기에 의한 노선 숙지	

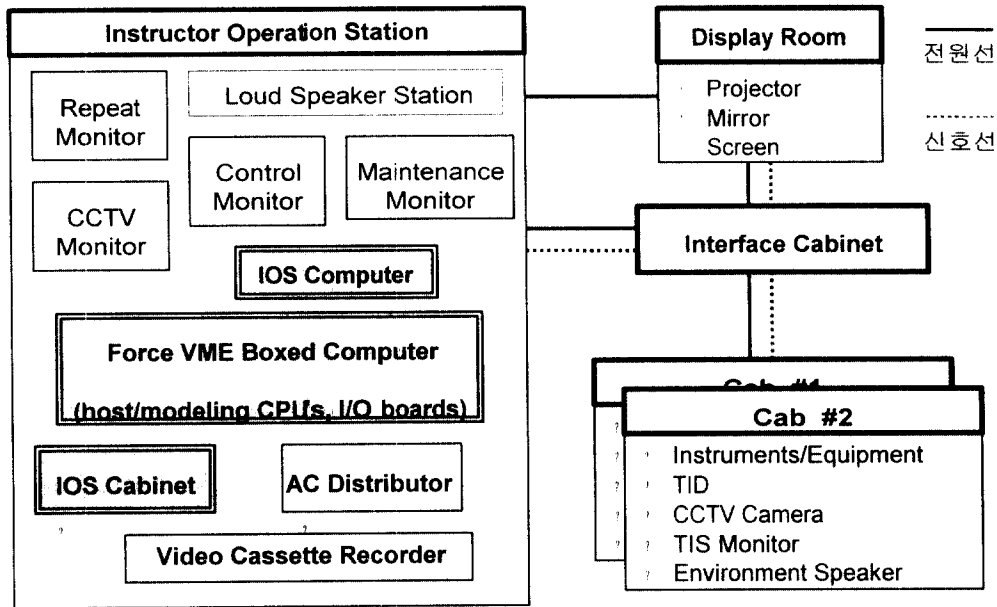
<표1. 모의운전연습기로 수행 가능한 훈련 내용>

다음은 그림 3에 나타난 모듈별 구성과 기능의 요약이다.

교관석 (IOS: Instructor Operation Station)

교관석 컴퓨터 (IOS Computer)

교관석 컴퓨터는 GUI 그룹 소프트웨어의 운영 환경과 호스트 컴퓨터의 단말기 화면으로 사용된다. 교관석 컴퓨터(IOS Computer)의 모니터는 비엔씨(B&C)/디서



<그림 3. 전동차 시뮬레이터의 구성도>

한국어 version.

통신방법 : Ethernet Network Controller  
- TCP/IP - 10 base T

모델링 컴퓨터 (Modeling CPU)

모델링 컴퓨터는 모델링 그룹에 속한 소프트웨어를 구동 시키기 위한 컴퓨터이다. 2 대의 모델링 컴퓨터는 2 대의 운전실을 담당하며 각기 독립적으로 작동한다. 즉 1 대의 모델링 컴퓨터의 고장이 다른 장비에 영향을 미치지 않는다. 주요 사양은 다음과 같다.

모델명 : SYS 68K/CPU-40B  
CPU : MC68040, 25 MHz  
32 Bit High Speed DMA Controller  
Serial Interface : 4 포트 RS232/RS422/RS485  
사용 가능  
VMEbus Interrupter(IR 1-7)

입출력 보드(I/O Board)

입출력 모듈은 계기 구동 및 조종간(Master Controller) 입력 등을 위한 아날로그/디지털 신호 입출력을 위하여, VME 버스 상에 IP Moduler Carrier를 장착하여 아날로그/디지털 입출력 하드웨어 모듈을 접속하는 장비이다.

영상 컴퓨터(Visual Computer)

영상 컴퓨터는 IOS Cabinet 내에 위치한다. 운전실 당 1개씩 배정되는 영상 컴퓨터는 모델링 컴퓨터의 TVI(Track View Information) 모듈로부터 Ethernet을 통해 전달 받은 전동차의 현재 위치 데이터에 따라 하드디스크에 압축 저장된 선로 영상 이미지 중 그 위치에 가장 근접한 영상 이미지를 호출하여 재생시키며 이 때 M-JPEG (Motion-JPEG)보드가 이용된다. M-JPEG에서 나온 선로 영상은 다시 오버레이 카드(Overlay Card)로 입력되어 신호기 영상과 중첩되어 최종적으로 영상 신호를 출력한다. 이 신호는 영상 모니터(Repeat Monitor)와 프로젝터(Projector)로 동시에 제공된다. 주요 사양은 다음과 같다.

모델명 : COMPAQ DESK PRO 2000  
Overlay Card : Digi-Mix  
M-JPEG 보드 : Digi-Motion  
(9 GB 하드디스크 포함)

운영체제(OS) : Windows 95 or Windows NT

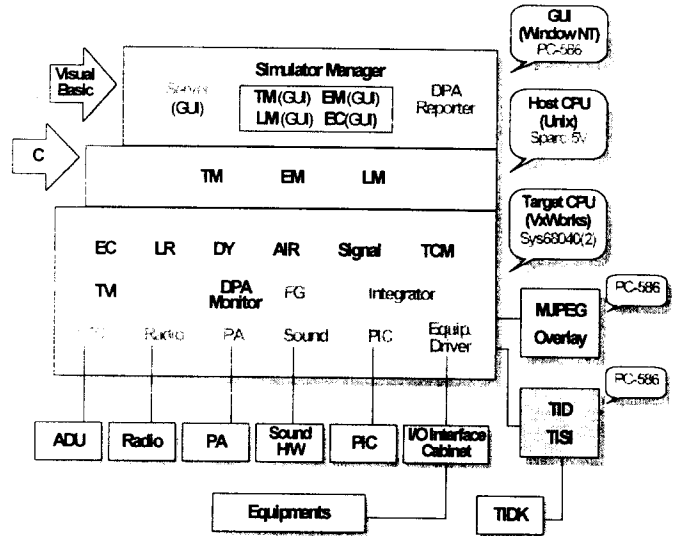
TIDK-TID 구동 컴퓨터

영상 컴퓨터(Visual Computer)와 마찬가지로 IOS

Cabinet 내에 위치한다. 이 컴퓨터는 전실에 설치되는 TID(Track Information Display)와 TIS 입력 및 표시 장치인 TIDK(Train Information Display and Keyboard)의 운영환경으로 사용된다.

모델명 : COMPAQ DESK PRO 2000  
FIP 제어 박스

기본적으로 모든 소프트웨어는 C 언어로 제작되었으며 소프트웨어가 운영되는 하드웨어의 환경에 따라 다음과 같은 제품이 사용되었다. 다음은 모의운전연습기를 구동하기 위한 주요 컴퓨터 소프트웨어 모듈들에 대한 요약이다. 모듈별 사용언어는 표 2에, 세부 구성은 그림 4에 나타나 있다.



< 그림 4 소프트웨어 모듈별 세부 구성도 >

소프트웨어모듈	컴파일러	운영체제
Master Driver #1 (모델링컴퓨터)	GNU. 68KC complier	VxWorks 5.3
Master Driver #2 (모델링컴퓨터)	GNU C complier	Solaris
교관석 프로그램 (pc-586)	Visual Basic 5.0	WIndows NT/ Windows 95
영상프로그램 (PC-586)	Visual Basic 5.0	Windows 95

< 표 2 소프트웨어 모듈별 사용언어와 운영체제 >

데이터베이스(Database)

모의운전연습기의 실행 프로그램이 사용하는 데이터 파일들은 다음과 같으며 해당 파일을 사용하는 소프트웨어 모듈에서 관리한다.

- 선로 데이터
- 전동차 성능 데이터
- 전동차 전기회로 계통
- 전동차 공압 계통

GUI 그룹(교관석) 소프트웨어

이 그룹에 속한 소프트웨어는 모두 마이크로소프트(Microsoft)사의 Visual basic 5.0으로 제작되었다. 교관과 운영요원은 교관석 메뉴화면을 통해 나타나는 이 그룹에 속한 소프트웨어의 도움으로 모의운전연습기의 운영이 가능하게 된다. 그림 5에 교관석 메뉴의 구성방식의 예가, 그림 6에 모니터 상의 화면 구성의 예가 나타나 있으며, 교관석 소프트웨어의

구성은 다음과 같다.

- 선로관리자(TM, GUI Track Manager) : 교관석에서 선로정보를 관리
- 훈련관리자(EM, GUI Exercise Manager) : 교관석에서 훈련(Exercise) 내용 관리
- 훈련제어자(EC, GUI Exercise Controller) : 교관석에서 훈련(Exercise) 내용 제어
- 교과관리자(LM, Lesson Manager) : 교과 관리, 데이터베이스 관리
- DPA RPT (Drivers Performance Assessment Reporter) : 훈련결과 관리
- 서버(Server) : 호스트와 모델링 컴퓨터 간 통신 기능

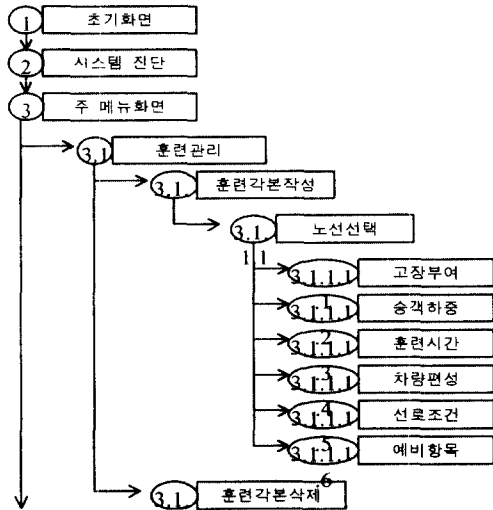
호스트(Host)그룹 소프트웨어

호스트 그룹 소프트웨어는 선로관리자(Track Manager), 훈련관리자(Exercise Manager), 교과관리자(Lesson Manager)들로 이루어 진다. 이 모듈들은 2 대의 모의운전실에 공통적으로 사용되는 모듈들이다. 기본적으로 이 모듈들은 교과(Lesson)가 일단 시작되면 모델링 그룹과의 통신 내용이 많지 않다. 즉 교과(Lesson) 개시 또는 교과(Lesson) 종료 시에 중요한 기능을 수행하는 모듈들이다. 그 구성과 기능은 다음과 같다.

- 선로관리자 (TM, Track Manager) : 선로정보 관리, 데이터베이스관리
- 훈련관리자 (EM, Exercise Manager) : 훈련

(Exercise)내용 관리, 데이터베이스 관리

교과관리자 (LM, Lesson Manager) : 교과 (Lesson) 관리, 데이터베이스 관리



< 그림 6 교관석 화면구성의 예 >

**모델링 (Modeling) 그룹 소프트웨어**

모델링 그룹에 속하는 모듈들은 다음과 같이 분류된다.

- 훈련제어자 (EC, Exercise Controller) : 실질적인 훈련 (Exercise) 제어
- 교과 재생자 (LR, Lesson Reviewer) : 교과관리 수행
- 동특성 모듈 (Dynamics Module) : 전동차 동특성 모의
- AIR (Air system) : 전동차 공압계통 모의
- SIG (Signal) : 신호체계 모의
- CM (Circuit Model) : 전동차 전기 회로계통 모의

DPA Mnt (Drivers Performance Assessment Monitor) : 훈련 평가를 위한 자료 관리

TVI (Track View Interface) : 영상시스템과의 통신

FG (Fault Generator) : 고장발생 및 복구 기능

Integ (Integrity test) : 시스템 고장진단

ATC : ATC 에뮬레이터

Radio : 라디오 시스템 구동을 위한 통신

PA (Passenger Address) : PA 시스템 구동을 위한 통신

Sound : 음향 시스템 구동을 위한 통신

PIC (Passenger Information Controller) : PIC 구동을 위한 통신

Equip Drv.: 전동차 취부장비구동을 위한 조종간 조종을 위한 입출력 기능

이 모듈들은 두 개의 모델링 CPU 보드에서 각각 독립적으로 실행된다. 이 두 모델은 기능적으로는 완전히 동일하다.

**운전실 (Cab #1, #2)**

전장 장비의 모의는 디지털 입력 (DI) 및 디지털 출력 (DO), 아날로그 입력 (AI) 및 출력 (AO)을 이용하여 구현되었으며, 그 외 통신 등을 이용하는 전동차 실장비는 적절한 통신 방식을 이용하도록 하여 하드웨어의 개조를 최소화하여 설계되었다. 실제 회로와 소프트웨어적인 논리의 혼선을 배제하고, 입출력 설계의 정형화를 추구하는 원칙에 충실하기 위하여, 스위치 및 램프 등의 결선에 있어서는 실제 전동차 회로와의 연동성을 가급적 배제하고 컴퓨터 내부의 소프트웨어적인 처리를 기본으로 제작되었다.

**Indicating Lamp Panel**

4 개의 Lamp로 구성되어 있으며, 4 개의 DO (Digital Output)로 동작된다.

**Master Controller**

운전자가 전동차의 추진력, 제동력 및 진행 방향 등을 결정하거나 조정할 수 있도록 하는 장비이다.

**Center Operation Box**

Center Operation Box는 Main Control Amp.를 통

하여 직접 연결되므로 컴퓨터 인터페이스의 직접적인 제어를 받지 않는다. 이 장비에는 3개의 Volumer가 있는데, 인터폰 마이크 및 자동방송의 Gain을 조종한다. 또한, 열차 방향선택 스위치(상행/하행), 자동/수동 선택스위치, 디지털 선택 스위치, 뒤로 넘김, 앞으로 넘김 Push 버튼, 정지 버튼, 시작 버튼, 광고 버튼 등이 포함된다. 승객 비상 인터폰 연결, 지상의 제어실 연결, 반대편 운전실 연결, 운전자 수동 안내를 위해 PA 시스템과 연결할 수 있는 4개의 선택 스위치도 Center Operation Box에 배치된다.

### MDH (Mode Direction Handle)

MDH(Mode Direction Handle)는 ATC(Automatic Train Control)/ATO(Automatic Train Operation)의 모드를 선택하는 스위치로서 FA(Full Auto), AUTO, MCS(Manual with Cab Signalling), FMC(Free Manual Control) 등 4개의 모드를 선택할 수 있도록 되어 있다

### ADU(Automatic Display Unit)

본서에 따라서 ADU Panel을 SDU(Speed Display Unit) 또는 ATC(Automatic Train Control) Panel 이라 부르기도 한다. ADU는 많은 정보를 표현하고 운전자로부터 여러 가지 입력을 받을 수 있도록 되어 있으며 입력은 ATC S/W Module이 처리 한다.

### Duplex Pressure Gauge

220V AC의 입력을 받아 계기의 밝기를 조절하는 EL(Electro Luminescent) 기능이 있다.

이 계기는 하부측 압력(적색 지침) 및 상부측 압력(흑색)을 표시하는 두개의 지침으로 구성되어 있다. 두 종류의 압력은 실제 공압을 받아 지시하는 것으로서 실 장비를 개조하여 장착한다. 적색 지침은 Main Reservoir의 공기압이며, 흑색 지침은 Brake Cylinder의 압력을 표시한다.

### Passenger Information Controller

PIC(Passenger Information Controller)는, PIS(Passenger Information System)의 사용자-장비 간 및 장비-장비 간 인터페이스를 설정하는 장비이다.

### TIDK(Train Information Display & Keyboard)

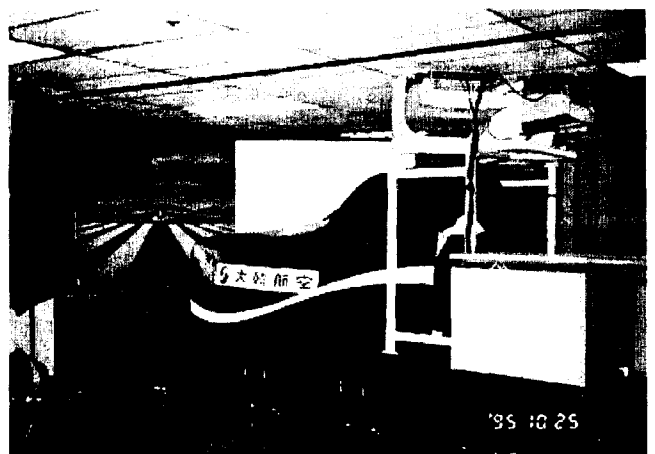
운전자와 TIS(Train Information System) 간의 인터페이스 장비이다.

### 입출력 캐비닛(I/O Cabinet)

인터페이스 캐비닛(Cabinet)은 모의운전연습기의 아날로그, 디지털, 음향과 전원 제어를 위해 교관석 제어탁(IOS Console)과 운전실 사이를 인터페이스 한다. 각 캐비닛은 DIN Rail 구조와 Connection Panel 그리고 Power Supply 등으로 구성된다.

### 3. 경항공기 시물레이터

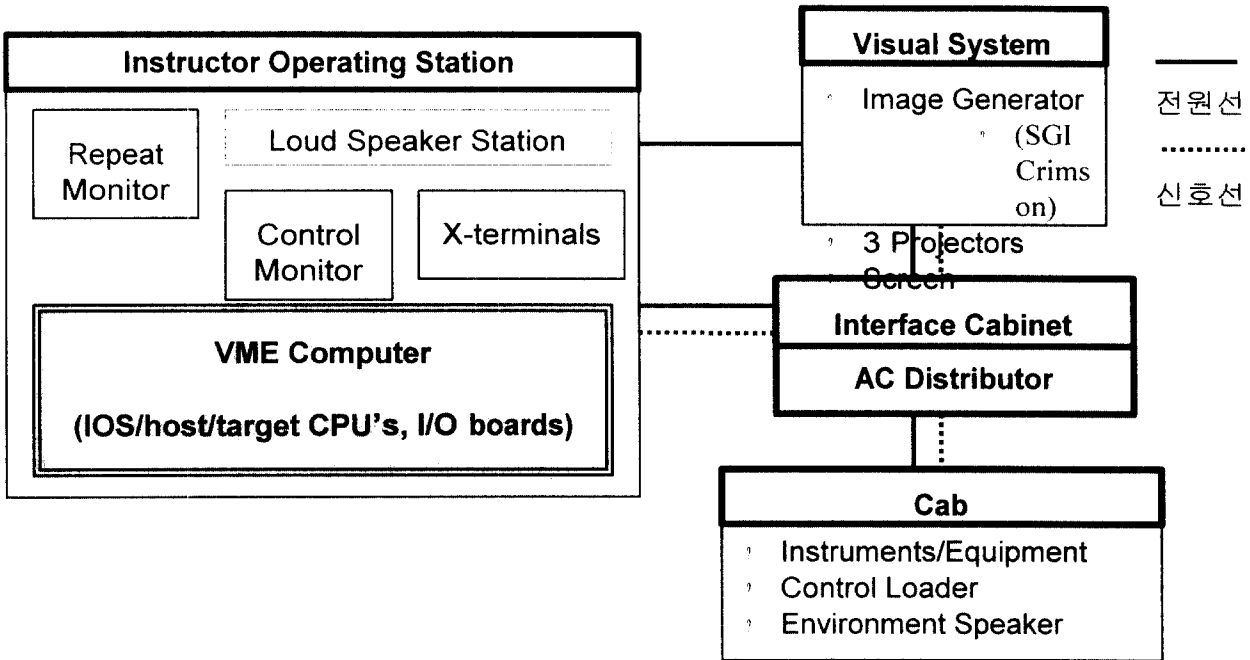
시물레이터의 제작에서 소프트웨어와 하드웨어의 이식성을 고찰하기 위하여 전동차의 기술사양을 앞



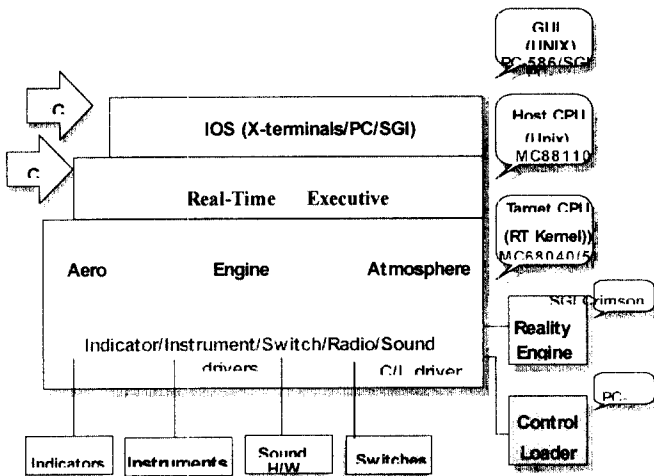
<그림 7. 창공91의 비행훈련용 시물레이터> 서 소개하였다. 이식성을 이해하기 위하여 본 절에서는 항공기의 시물레이터에 대한 기술 사양을 비교를 위하여 사용한다. 여기에서 예로 드는 시스템은 대한항공이 1991년과 1995년 사이에 개발한 바 있던 경항공기인 창공91의 비행훈련용 시물레이터이다(그림7). 시물레이터의 중심이 되는 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어를 그림8과 그림9에 도식적으로 소개한다.

### 4. 하드웨어와 소프트웨어의 이식성에 관한 고찰

앞서 전동차와 항공기 시물레이터 각각에 대한 기술 사양의 일부를 간추려 정리하였다. 여기서 언급하는 시물레이터 하드웨어와 소프트웨어의 이식성이란 시물



<그림 8. 비행훈련용 시물레이터의 하드웨어 구성도>



< 그림 9. 비행훈련용 시물레이터의 소프트웨어 >

레이터를 구현하는 주체인 컴퓨터 시스템의 구성 하드웨어와 소프트웨어 그리고 교관석의 기능에 관한 것들이다. 실제로 이들은 시물레이터의 품질을 결정짓는 가장 중요한 요소들이기도 하다.

PUTA 전동차 시물레이터를 구성하는 컴퓨터 하드웨어를 먼저 살펴보자. 사용된 주컴퓨터와 모델링 컴퓨터는 VMEbus 방식의 컴퓨터이다. VMEbus 컴퓨터는 모의비행훈련장치에 적용된 컴퓨터 시스템이기도 하며, 항공기, 선박, 자동차 등의 연구개발용 시물레이터들이나 중저급의 훈련용 시물레이터들에 주로 사용되는 컴퓨터이다. 단, 전동차 시물레이터와 경항공기 시물레

이터 각각에 사용된 VMEbus board들의 사양은 대상 시스템의 복잡도나 요구되는 시물레이션의 충실도에 따라 결정되어 다른 사양들이 적용되었다. 하지만, 한가지 시물레이터를 개발할 때 사용된 컴퓨터 관련 기술들, 특히 실시간 하드웨어 입출력 시물레이션(HILS: Hardware-In-the-Loop-Simulation) 기술과 장비들은 다른 종류의 시물레이터 개발에서도 복잡도의 차이가 있을 수는 있으나 동일하게 적용될 수 있다는 것을 알게 된다.

실시간 운영체제와 입출력 드라이버 그리고 통신 드라이버 등의 소프트웨어들도 컴퓨터 하드웨어와 밀접한 이식성을 갖는다. 단, 모델링 소프트웨어와 전장 하드웨어의 사양에 따라 일부의 개조가 요구될 수는 있다. 하지만, 한 가지의 시스템 개발 경험을 통하여 확보된 관련 기술들은 이러한 개조 작업을 용이하게 한다. 앞의 그림 3, 4, 8, 9를 비교해 보자. 전동차와 항공기 시물레이터를 각각 구성하는 하드웨어나 소프트웨어의 구성방식의 유사함이 드러난다. 소프트웨어의 경우는 항공기는 실시간의 엄격성이 강하게 요구되고 신속한 응답특성을 요구한다. 상대적으로 전동차의 경우는 이러한 구속 조건들에 대하여 유연하다. 그러한 이유로 실시간 구속이 강한 항공기 시물레이터의 경우는 executive 방식의 시간 관리를 하고, 전동차의 경우는 event-driven 방식을 채택하고 있다. 하지만, 전동차 시물레이터 모델이 보다 엄격해지고 복잡해지며 정확한 응답특성을 필요로 할 경우는 항공기 시물레이터의 경우와 마찬가지로 executive 방식의 스케줄러를 사용하

는 것이 합당하다고 사료된다.

더욱 명확해질 것이다.

교관식의 메뉴 작성 방식도 마찬가지이다. 메뉴에 담기는 내용은 시뮬레이션 대상 시스템과 사용자의 요구에 따라 상당한 차이를 나타낼 수 있다. 하지만, 이들을 구현하는 소프트웨어 툴과 컴퓨터 언어 그리고 메뉴 구성방식 등은 대동소이 하다. 이 분야 역시 한두가지의 시뮬레이터 개발 경험을 바탕으로 일관된 기술방식을 시뮬레이션 대상 시스템에 무관하게 적용할 수 있다. 교관식의 기능에 포함되어 있는 대상 시스템의 운용 절차나 기술에 관련된 훈련도 그 외형적인 내용에는 대상 시스템에 따라 차이가 있을 수 있으나, 전동차 기관사의 훈련과정이나 훈련목적을 효과적으로 성취하기 위한 시뮬레이터 특유의 기능들은 놀랄만큼 항공기의 경우와 유사함을 발견하게 된다. 예를 들어, 훈련교과 구성 방식과 정상 및 비정상 훈련 절차나 내용들은 항공기의 경우와 상당히 근접하고 있다.

결론적으로 모델 또는 모델링 기술은 대상 시스템에 따라 바뀔 수 밖에 없으나, class에 따른 표준화를 통하여 이식성을 확대할 수 있다. 시뮬레이터 제작에 어떠한 구현기술을 적용할 것이냐는 대상 시스템에 좌우되기 보다는 주어진 환경에 따른 선택상의 문제인 것이다. 구현 기술은 관련 규정, 기술, 시장 등의 경향을 감안하여 주어진 여건에 최적의 방식을 채택함으로써 이를 규격화하여 이식성을 극대화 할 수 있을 것이다. 표3에 나타난 항공기와 전동차 시뮬레이터들에 대한 상세한 기술 특성의 비교를 참고로 하면, 이러한 분석이

참고 문헌

[1] 윤석준 외, 비행훈련용 시뮬레이터 개발 최종 보고서 (3차년도), 통상산업부, 1995.  
 [2] Yoon S., Kim W., and Lee J., Flight Simulation Efforts in ChangGong-91 Flight Training Device, Proceedings of AIAA Flight Simulation Conference, Aug. 1995.  
 [3] Yoon S., Bai M., Choi C., and Kim S., Design of Real-Time Scheduler for ChangGong-91 FTD, Proceedings of Making it Real CEAS Symposium on Simulation technologies, Delft Univ., Nov. 1995.  
 [4] PUTA 모의운전연습기 기술사양서, Doc #. RE-V041-005, 한진중공업, 1997. 5.  
 [5] PUTA II Simulator Requirements Specification, Doc #. SIM-001-002, 대한항공, 1997. 5.

		Flight Simulator		Railway Simulator	
		Typical	CG-91	Typical	PUTA II
H/W	Host Computer	W/S VMEbus (off-the-shelf set)	VMEbus (assembled)	VMEbus (off-the-shelf set)	VMEbus (off-the-shelf set)
	Visual system Image generator Display System Database	Exclusive CGI Collimated CG	Graphic W/S Non-collimated CG	LD CGI Non-Collimated Video filmCG	CGI+MJPEG Non-Collimated Video film, CG
	Cab	Simulated	Simulated	Simulated	Actual
	Motion Platform	6 DOF	fixed	fixed, 4 DOF	fixed
	IOS	Graphic W/S	X-term, PC, PC	W/S	PC
S/W	Language	Fortran, C	C	C, C++	Visual C, Basic
	OS	Exclus.Unix POSIX comp. Executive type	VMEexec Non-POSIX Executive type	Unix derivatives POSIX comp. Event-driven	VxWorks POSIX comp. Event-driven
	Comm. Protocol	Ethernet, bus	Ethernet, bus	Ethernet, FTP	Ethernet, FTP
	System Model	Accurate Test data	Accurate Test data	Simplified Actual+Generic	Simplified Actual+Generic
	IOS Menu	GUI	GUI	GUI	GUI
Relevant Regulations		FAA, CAA, etc.	FAA, CAA, etc.	none	none

<표 3. 항공기 시뮬레이터와 전동차 시뮬레이터의 기술 사양 비교 >