

기관구역 시뮬레이터 개발을 위한 기초연구

정 병 건[†]

(원고접수일 : 2002년 11월 15일, 심사완료일 : 2002년 12월 28일)

A Survey for the Development of Machinery Space Simulator

Byong-Gun Jung[†]

Key words : Machinery Space Simulator(기관구역 시뮬레이터), Mathematical Modeling(수학적 모델링), Procedure(프로시저), Exercise(과제연습), Evaluation(평가)

Abstract

This paper describes the development of a pc-based machinery space simulator for training and research, relevant to STCW-95. The detailed mathematical modelling process for the actual machinery is discussed and a method to perform effective education and training for the simulator is suggested. The method includes scenario, procedure, exercise and evaluation. The procedure guides the trainee through a sequence of steps designed to meet a specific goal, showing the trainee what must be done and explaining why. The exercise enhances understanding for efficient engine management and enable user to perform research for the machinery. The evaluation shows exercise results and feeds back to instructor how to guide the under-performed trainee.

1. 서 론

선박기관에 대한 경험을 얻는 방법으로 실제 승선해서 기관을 운전 관리해 보는 것보다 더 좋은 방법은 없다. 그러나 선박에서 업무 수행을 통해 다양한 경험과 비상시에 대비할 수 있을 정도의 수준에 도달하려면 상당한 시일과 많은 비용이 요구된다. 또한 초보자가 복잡하고 위험한 업무를 해나가다 보면 판단 미숙에 따른 사고로 연결되는 경우가 종종 발생하기 때문에, 현장과 유사한 환경하에서 체계적인 교육과 훈련을 통해 다양한 경험과 비

상시 적절한 판단을 가능케 하도록 STCW-95 권고안¹⁾을 따르는 선박조종, 기관, 통신, 화물적양^{하²⁾} 등의 시뮬레이터가 개발되어 교육 훈련 도구로써 활용되고 있다.

그러나 현재 국내에서 운용되고 있는 기관 구역 시뮬레이터는 대부분 외국으로부터 도입된 것으로 국제협약의 개정, 선박기관과 컴퓨터 기술발전 등에 따른 변경사항을 필요한 시기에 능동적으로 수용할 수 없는 한계를 지니고 있다. 또한 시뮬레이터 교육시에는 특정 시나리오(scenario)를 가정하여 훈련생이 이를 수행하는 방식을 이용하는

[†] 책임저자(한국해양대학교 선박전자계공학부) E-mail : bgjung@hhu.ac.kr, T : 051)410-4269

데^{[4][6]}, 이러한 방식은 교육이 끝난 후 훈련생 혼자서 시나리오 과정을 연습할 때, 초보자의 경우 교육자로부터 안내를 받지 못하기 때문에, 시나리오 전체 과정을 제대로 수행해내지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 기관 구역 시뮬레이터 개발에 필요한 수학적 모델링 방법과 훈련생 혼자서 시나리오 전 과정을 컴퓨터의 안내를 받아 수행해 나갈 수 있도록 하는 프로시저(procedure)를 제안한다.^[7] 다음으로 기관관리에 대한 이해를 증진시키고 연구를 목적으로 작성된 과제연습(exercise)과 시뮬레이션 훈련 이해 정도를 알아보기 위한 평가(evaluation)를 도입한다.

2. 본 론

기관 시뮬레이터 교육을 받게 되는 훈련생은 초보자로부터 고급기관사에 이르기까지 다양한 계층으로 나누어지며 이들의 교육은 각 단계별 수준을 고려하여 이루어져야 한다. 또한 기관 시뮬레이터 교육도 컴퓨터 화면상에서만 이루어지는 경우(Computer-based simulator)로부터 실제 기기가 설치되어 운전되도록 구성된 경우(Full-scope simulator)까지 그 조합이 다양하다.

대개의 기관 시뮬레이터 교육은 먼저 컴퓨터 화면상의 시뮬레이터로 기관에 익숙해질 때까지 적

응 훈련을 한 다음, 실제로 운전 상황을 연출하는 시뮬레이터 교육으로 전환하게 되지만 양자의 교육 효과에서의 차이는 없으며, 오히려 컴퓨터 화면상의 시뮬레이터가 더욱 효과적이라는 연구보고도 있다.^[8] 본 연구에서는 컴퓨터 화면상에서 이루어지는 기관 시뮬레이터에 한정하여 논의를 진행한다.

기관 구역 시뮬레이터(이하 기관 시뮬레이터)는 Fig.1에서 보듯이 대개 교육 및 훈련, 연구개발, 그리고 평가 및 인증과 관련된 내용을 수행할 수 있도록 설계된다.^{[9][10]}

본 연구의 모델은 대형 액체화물 운반선의 기관실로서 모델 플랜트의 주요 사양은 Table 1과 같다.

2.1 수학적 모델링

주기관을 비롯한 기관 구역내 각종기기를 모듈화하고 수학적 모델링과 코딩을 거쳐 하나의 실행파일로 통합한 다음, 기관실의 실시간 운전 상황을 재현한다. 실제 선박의 기관실과 동일한 상황이 재현되기 위해서는 특정한 선박의 기관실을 모델로

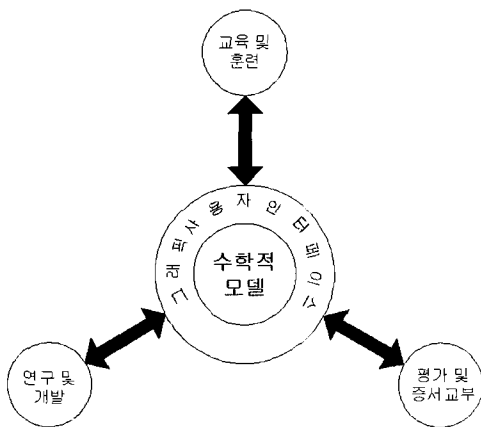


Fig. 1 Configuration of a machinery space simulator.

Table 1 Specification of the model plant

선박 모델	벌크 운반선; 중량톤수 : 120,000 ton, 속도: 16.8 knot, L×B×D: 230×46×13.7 m
주기관	단동, 2행정, 유니플로우 소기방식, 과급, 크로스헤드 형식; 실린더 수: 7 행정: 200 cm, 실린더 직경: 80 cm, 상용 출력: 16.5 MW at 105 rpm
터보 발전기	증기 구동 터보 발전기; 760 kW at 1800 rpm
디젤 발전기	2대의 디젤 발전기; 620 kW each at 720 rpm
보일러	2대의 버너를 갖춘 D-형 수관 보일러; 상용압력: 1.57 MPa 증발량: 4 tons/h
배기 가스 보일러	2중 압력 배기 가스 보일러; 예열기부, 저압 및 고압부, 과열기부
공기 압축기	시동공기, 서비스 공기, 비상 공기 압축기
기타	화물유 펌프터빈(COPT), FO, LO, DO 청정기
프로펠러	역전가능 주기관과 고정 피치 프로펠러, 일방회전 주기관과 가변 피치 프로펠러
제어 모드	브릿지 제어, 콘트롤 룸 제어, 기축 제어

선정하고 수학적 모델을 구성하게 되는데, 이때 시스템 전체에 영향을 미치는 공통적인 사항에 대하여 먼저 고려해야 한다.

우선 단위계에 대하여 생각해 보면, 현재 SI 단위가 일반적으로 쓰이고 있지만 관용적으로 쓰이는 단위도 일부 고려해야 할 필요가 있다. 수학적 모델링과 관련된 데이터는 변수, 상수 및 파라미터, 오기능(Malfunction)과 경보(Alarm) 등으로 나누어질 수 있다. 필요시 사용자가 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic user interface)를 통해 특정 상수나 파라미터의 값을 바꾸어 시뮬레이션 상황에 변화를 줄 수도 있다.

기관실 내의 각 기기들은 서로간에 밀접하게 관련되어 있기 때문에, 각 시스템으로 출입한 열 Q_{in} ,

Q_{out} 에 대한 열평형(Heat balance)과 출입한 질량 G_{in} , G_{out} 에 대한 질량평형(Mass balance)을 고려할 필요가 있다.

$$\sum_{i=1}^n Q_{in_i} = \sum_{j=1}^m Q_{out_j} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n G_{in_i} = \sum_{j=1}^m G_{out_j} \quad (2)$$

또한 수학적 모델링에 있어 압력, 온도, 수위 등의 변화에 공통적으로 쓰이는 적분기와 비선형적 운전특성을 보이는 기기의 특성곡선상의 하위값 (x_L , y_L)과 상위값 (x_H , y_H)로부터 임의의 중간값 (x , y)를 계산하기 위한 함수발생기도 필요하다.

Table 2 Common requirements for the simulator

분야	세부항목	주요 사항
데이터 (Channel)	단위	SI 단위계 SI 단위 변환표 및 관용 단위 이용 내부변수, 외부변수
	변수	디지털 신호입력, 디지털 신호출력, 아나로그 신호입력, 아나로그 신호출력 • 대기온도, 해수온도, 선박홀수, 연료유 점도, 제어기 게인, 각종 성능곡선, 시정수 등 • 기본 설정값 변경 기능
	상수 및 파라미터	통용범위: public, restricted, private • 필터의 오손 또는 막힘, logic fail, 마멸, 흐름량 부족, 유압 불충분, 조정 불량, 밸브 누설 등 • 디지털 신호출력, 아나로그 신호출력
	오기능	• 온도, 압력, 점도, 레벨 등 경보 하한값 과 상한값, 경보 그룹 열평형, 질량평형, 전력부하평형 등 적분기, 함수발생기, 1차 지연계, 리미터 등
공통함수	PID 제어기	• 정방향/역방향 작동 제어기, 범프리스(bumpless) 전환 • 게인, 적분시간, 미분시간 • 유체1 유체2 각각에 대하여, 흐름질량, 비열, 열전달율, 전열면적, 입출구측 온도 • 1차 지연계로 설계
	열교환기	
시뮬레이션	스캔 타이머 (Δt)	타이머@ : $\Delta t * Fz$, Δt : scan time, Fz: freeze 타이머Ⓜ : $\Delta t * Fz * Ts$, Ts: time scale 타이머Ⓢ : $\Delta t * Fz * Ts * Sr$, Sr: steady run
	Playback	시작, 멈춤, 반복 재생 기능
	가감속 기능	가속 감속 기능 (x0.25 ~ x60)
	트렌드 파일 편집기	특정 외부변수에 대한 트렌드(Trend) 기능부여 시뮬레이션 데이터 파일 저장, 로딩 기능 오기능, 경보 부여 기능

Table 3 Requirements for each sub-system

System	Sub system	Requirements
주기관	급기계통	질량평형(MB), 열평형(HB), 블로워 필터 차압, 실제 블로워 압력비, 블로워 풍량, 공기냉각기차압, 보조 블로워 풍량, 소기온도, 각 실린더의 소기유량
	연료분사 및 실린더 출력계통	조속기 부하능급, 회전계의 1차 지연특성, 연료 혼합비율, 1주기당 분사량, 1초당 분사량, 과잉공기비, 연료의 발열량, 이론열효율, 기계효율, NOx, SOx
	지압선도	PV 선도, Pθ 선도, 열 발생률
	배기계통	MB, HB, 실린더 출구 배기온도, T/C 입구 배기온도, T/C 배기흐름 및 회전속도, T/C 출구 배기 온도 및 압력
	주기관 토크	토크 변동율, 주기관 토크, 브레이크 공기 토크, 해상상태(풍속, 파고, 주기)
	프로펠러 선체속도	FPP, CPP, 회전계 운동방정식, 프로펠러 토크, 킬롱 마찰
주기관 보조 시스템	LO 계통	MB, HB, 필터 및 냉각기의 차압, 유량계수, 온도 및 압력 제어기, 펌프, 베어링 및 피스톤 측 유량과 출구온도,
	CO 계통	MB, Lubricator와 급유량 조절기, 사용량 계측 탱크
	FO 계통	MB, HB, 가열기, 온도 및 점도제어기, 펌프, 압력조절기, 각 탱크 레벨 및 온도, Mixing tube, 장치와 라인의 유량계수, 필터 차압, tracing steam 라인
	JW 계통	MB, HB, 냉각기, 가열기, 온도제어기, 펌프 수두, 유량계수, 팽창 탱크, 조수기
	SW 계통	MB, HB, 냉각기, 온도제어기, 재순환 라인, 펌프 수두, 유량계수
	압축공기계통	공기 탱크, 안전밸브, 시동공기 압축기, 제어공기 압축기, 공기 건조기, 보충밸브, 각 밸브의 유량계수, 시동공기 흐름량, 주기관의 공기유입저항
보조기기	디젤 발전기관	MB, HB, LO FO FW SW계통, 시동공기, 공기냉각기, 온도제어기, 블렌더
	터보 발전기관	MB, HB, 입구증기온도, 증기량, 열나차, 출력, 증기흐름 제어밸브, 진공 응축기, 진공 펌프, 응축수 펌프, 진공 응축기 수위제어
	비상 발전기관	비상 시동공기 압축기, 비상 급전반
	보일러	MB, HB, 자동연소제어(ACC), 자동급수제어(FWR), 버너 제어, 증기 드럼의 수위, 압력제어, 온도제어기, 1차 지연계, FDF, 분무 증기
	배기가스 보일러	MB, HB, 수트블로워, 순환수 펌프
	청정기	예열기, 저압부와 고압부, 과열기에서의 열평형과 입출구 온도
전력계통	냉동기, 에어컨	MB, HB, FO LO DO 청정기, 가열기, 온도제어기, 재순환 라인, 작동수 보급
	빌지, 밸러스트	MB, HB, 열전달율, SW, 압축기, 유분리기, 냉각기, 팽창밸브, 증발기
	스틴튜브	MB, Trim, List, 밀지웰 레벨, 펌프
	디젤 발전기	HB, MB, LO 펌프, 고위 및 저위 중력 탱크, 냉각기
	터보 발전기	전압, 전류, 주파수, 피상전력계, 유효전력계, 역률계, ACB, Space heater, 자동 동기화, 기동 정지(자동,수동)장치
	축 발전기	전압, 전류, 주파수, 피상전력계, 유효전력계, 역률계, ACB, Space heater, 커플링장치, 주기관 최저 분당 회전수
선박 자동화	발전기 제어반	전압, 전류, 주파수, 동기검정기, ACB 제어기, 접지 테스터, 부하조절기, 육상전원제어기
	배전반	전압, 평형, 접지 테스터, main bus bar, 비상정지 및 우선차단장치, 전력 소비장치의 NFB, 전력부하에 따른 역률변화 특성
	비상 발전기 및 배전반	전압, 전류, 주파수, 기동장치(축전기, 유압), 자동·수동모드, Space heater, 접지 테스터, 비상정지장치
	주기관 원격 제어 시스템	• 제어 위치(W/H, C/R, Local), 텔레그래프, 조속기 조정핸들, 부하 인덱스
선박 자동화	자동화 기기	• Slowdown과 shutdown 조건, Program speed-up
	기측 제어	• 압력, 온도, 점도, 레벨, 회전속도, 피치 각도 제어기 등 • Calm/Rough sea 모드 • 조속기 제어모드, 비상정지

$$x_n = \int \dot{x}_n dt = x_{n-1} + \dot{x}_n dt, \dot{x}_n : \text{deviation} \quad (3)$$

$$y = \frac{y_H - y_L}{x_H - x_L} (x - x_L) + y_L \quad (4)$$

그리고 열교환기의 열전달 특성을 나타내기 위한 1차 지연계와 변수값을 상한값과 하한값 이내로 제한하는 리미터(limiter)도 사용하도록 한다.

$$y_n = y_{n-1} + (x_n - y_{n-1}) * \frac{dt}{T}, x_n : \text{입력}, y_n : \text{출력} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &\text{If } x_L \leq x \leq x_H, y=x; \\ &\text{if } x > x_H, y=x_H; \\ &\text{if } x < x_L, y=x_L \end{aligned} \quad (6)$$

시뮬레이션이 시작되면 수학적 모델 수식에 따라 기관각부의 변수값은 일정시간 마다 반복적으로 계산되어 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 사용자에게 제공된다. 시뮬레이터 운전, 가감속, 트랜드 기능, 데이터 저장 및 로딩 등과 관련된 사항 등도 중요한 요소가 된다. 이상의 내용을 Table 2에 정리하였다.

다음은 기관실내 기기들을 그 내용과 특성에 따라 여러 개의 모듈로 나누고, 각 모듈에 대한 수학적 모델을 설계한다. 각 모듈은 서로간에 중요정보를 주고받으면서 상호 작용을 하게 된다. 또한 모듈에 따라 관련 국제법, 산업 현장의 요구사항, 시뮬레이션 교육효과증대 등 다양한 분야를 검토 반영해야 한다. Table 3에 기관실 주요부를 특성과 기능에 따라 세분화하고 각각의 요구사항을 정리하였다.

기관실 기기중 가장 중요한 주기관의 모듈화 개념도가 Fig. 2에 정리되어 있다. 각 모듈은 중요 데이터를 서로 주고받으면서 매 스캐닝마다 수식에 따라 반복적으로 새로운 데이터를 계산하게 된다. 얻어진 데이터 중 외부 변수값은 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 훈련생에게 새로운 데이터로 제공된다.

각 모듈의 수학적 모델링을 위해서는 실제로 사용되고 있는 장치나 기기의 구체적 작동조건이나

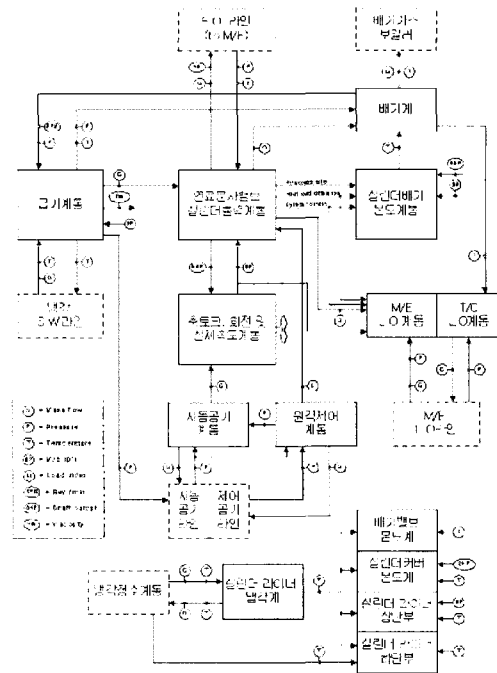


Fig. 2 Block diagram for a main engine model.

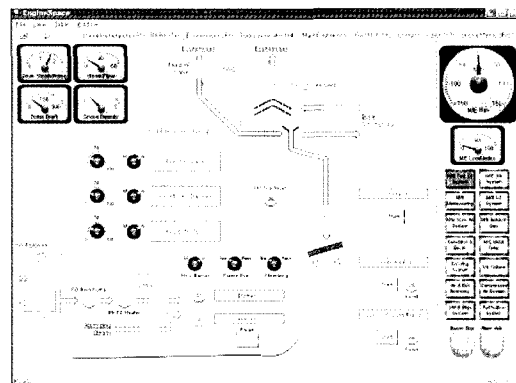


Fig. 3 Implementation of an oil fired boiler.

요구조건이 정리되어야 한다. 모듈 설계의 예로서 Table 3의 보조기기 시스템 중 보일러와 배기가스 보일러 부분의 실제 요구사항을 Table 4에 정리한다.

각 모듈의 설계와 코딩이 끝나면 컴파일하여 하나의 실행 프로그램으로 통합하고, 여기에 그래픽 사용자 인터페이스와 사진, 그림, 음향 등을 덧붙이면 현장감 있는 기관 시뮬레이터가 완성된다.

Table 4 Requirements for oil fired boiler

세부 시스템	고려 사항
FDF to 연소가스	<ul style="list-style-type: none"> • FDF 뎀퍼 개도와 FDF 성능 특성 • 버너 입구측 공기 흐름 • 화로내 압력, 보일러 draft • 연료유 연소 펌프 출구 압력제어
FO 급유 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • FDF 출구 공기압 • 과잉 공기율과 연소가스 • 연기밀도 • 분무 증기 • ACC(자동연소제어) <ul style="list-style-type: none"> - 버너 헤더 압력, 버너 수와 연료 유량간의 특성 - 연료 순환량 제어 밸브
증기 드럼	<ul style="list-style-type: none"> 수위 <ul style="list-style-type: none"> • 안전 밸브, 에어 벤트, 수면 & 수저 방출밸브 등 • 증기 소비량 평형 압력 <ul style="list-style-type: none"> • 스팀 드럼 워터 레벨 제어: 1차 지연계 • 스팀 드럼내 압력: 1차 지연계 • 스팀 드럼내 포화압력과 포화온도 간의 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 압력과 잠열 및 엔탈피 특성 - 압력과 보일러 시정수 간의 특성
워터 드럼	<ul style="list-style-type: none"> • 보일러 화로로부터의 열전달 (Heat balance 유지) <ul style="list-style-type: none"> - 연료 소비량과 보일러 열효율간의 관계특성
배기 가스 보일러	<ul style="list-style-type: none"> • 주기관 배기가스 흐름량과 열전달량 간의 특성 • 예열기 (이코노마이저), LP & HP, 과열기의 열평형 • FWP 터빈 증기량, FWPT 회전수와 출력
주 급수펌프	<ul style="list-style-type: none"> • FWPT 와 FWP는 직결되어 있고 1차계의 특성 가정 • FWP 출력과 흐름량 간의 특성 • 터빈 입구 및 출구측 증기압력, 흐름량 • 보조급수 펌프 흐름량
발전기용 터빈	<ul style="list-style-type: none"> • 증기 조절밸브 • 터빈출력과 손실특성 • 응축기내 응축 온도, 진공도, 수위제어 • 응축기 입출구 냉각수 온도, 응축수량 • 열낙차 • 터빈 회전속도
TG 응축기	<ul style="list-style-type: none"> • 응축 온도과 진공도 간의 특성
COPT 응축기	<ul style="list-style-type: none"> • 응축기 입출구 냉각수 온도, 응축수량
드레인 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> • 드레인 흐름량, 출구측 드레인 온도
급수가열기	<ul style="list-style-type: none"> • 급수량과 가열 증기량 간의 특성, 출구측 급수 온도
급수탱크	<ul style="list-style-type: none"> • 탱크 수위와 급수 온도: 1차 지연계
급수라인	<ul style="list-style-type: none"> • 급수펌프 출구압력, 급수가열기 통과량, 급수 조절밸브 입구압력, 흐름량, 유량계수
증기 소비장치	<ul style="list-style-type: none"> • 열평형, 질량평형
제어밸브, 오리피스	<ul style="list-style-type: none"> • 유량계수, 압력손실 특성
ACC(자동연소제어) 와 FWR(급수조절기)	<ul style="list-style-type: none"> • 주 제어기 - 피드백 계인, PI 제어기 • FO 제어기 - FO 흐름량, 부하, PI제어기, 최소 FO 압력 리미터, FO 압력제어밸브 • 공기량 제어기 <ul style="list-style-type: none"> - 공기흐름율, 과잉공기율, 공기흐름 피드백, PI제어기, FDF 뎀퍼 구동 • 급수 조절기 - PI제어기, 급수 조절밸브 구동
제어 시퀀스	<ul style="list-style-type: none"> • 과잉 공기율 - 실제 FO 흐름량, 실제 공연비 특성, 실제 과잉공기율 • 연기 밀도 - 과잉공기율, 1차 지연계 • 비상 정지, 트립 리셋, 프리퍼지, 연소용 타이머, 버너 관리, 화염 소실

Fig. 3은 완성된 기관 시뮬레이터의 기름 연소 보일러 그래픽 인터페이스를 보여주고 있다.

2.2 부가적 기능

대부분의 기관 시뮬레이터 교육에는 특정 운전 과정의 시나리오가 있어서, 교육자가 시나리오의 각 단계에 대한 조작요구를 훈련생에게 하게 되면, 훈련생이 이를 수행해 나가는 방식을 사용하고 있다. 이러한 방식은 교육이 끝난 후 훈련생 혼자서 시나리오 과정을 연습할 때, 교육자로부터 안내를 받지 못하기 때문에 초보자들의 경우에는 시나리오 전체 과정을 완벽히 수행해 내는데 실패하는 경우가 종종 발생한다. 이러한 단점을 개선하기 위해 본 연구에서는 훈련생 혼자서 시나리오 전 과정을 컴퓨터의 안내를 받아 수행해 나갈 수 있도록 하는 프로시저(procedure), 기관관리에 대한 이해증진과 연구를 목적으로 작성된 과제연습(exercise), 그리고 시뮬레이션 훈련 이해정도를 알아보기 위한 평가(evaluation)를 도입한다.

가. 프로시저

기관 시뮬레이터의 운전과정을 몇 단계의 순차적 운전과정으로 나눈다. 우선 무동력 계류상태의 기관실에서 전원과 열원을 복구하는 과정, 열원을 이용하여 주기관을 워밍하고 언제든지 사용할 수 있는 상태에 이르는 과정, 선교의 요구에 따라 주기관을 운전하여 정박하고 있던 항구를 벗어나 목적지를 향해 전속력 항해하는 과정, 화물을 만재한 상태에서 입항한 뒤의 기관정지 후 뒷마무리 과정, 그리고 액체화물을 하역하는 과정에 대한 절차적 운전과정으로 나누어 볼 수 있다.

이러한 순차적 운전과정을 진행해 나가는 동안, 초보자의 경우에는 기관 구역내 각종 기기에 익숙하지 않기 때문에 기기 조작에 실패하는 경우가 다수 발생한다. 따라서 훈련생이 절차적 운전과정의 주요 부분에 대한 이해가 필요할 경우, 이 부분을 모듈화 하여 시뮬레이터의 안내를 받아 수행할 수 있도록 하면, 각 기기에 대한 이해도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 오 조작에 따른 운전 실패를 줄일 수 있게 된다. 이렇게 모듈화 된 안내방식 운전과정을 프로시저라 부르기로 한다.

프로시저의 구체적 예를 Fig. 4 ~ Fig. 6에 보여주고 있는데, Fig. 4는 무동력 계류상태의 기관실에서 전원과 열원을 복구하는 순차적 운전과정에 속한 프로시저 그룹을 불러내었을 때의 모습이다. Fig. 5는 디젤발전기용 시동공기 확보를 위한 프로시저의 실행모습으로, 프로시저가 제공하는 구체적 설명을 읽어보고도 이해가 되지 않을 경우, 「Show」 버튼을 눌러 시뮬레이터로부터 안내를 받게 된다. Fig. 6은 훈련생의 안내 요구에 따라, 갑

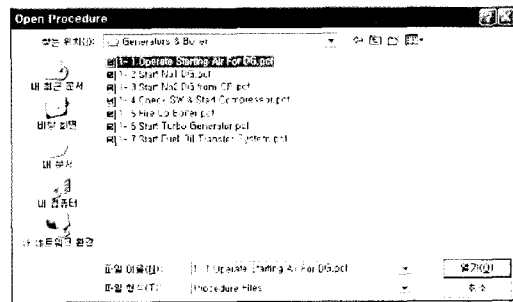


Fig. 4 Open procedure 1-1.

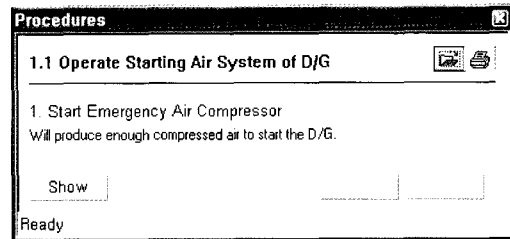


Fig. 5 Execution of procedure 1-1.

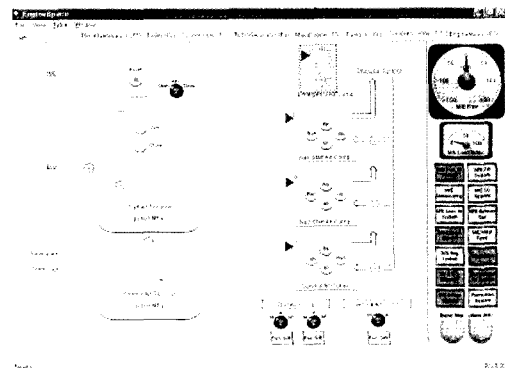


Fig. 6 Guidance from simulator for procedure 1-1.

박이는 사각형 점선으로 시뮬레이터가 비상 공기 압축기를 둘러싸서 그 위치를 나타내 보이고 있다. 프로시저 실행 중 후진「<Back」, 전진「Next>」버튼을 이용하여 앞 뒤 구간을 쉽게 반복해서 실행해 볼 수 있으므로 편리하다.

나. 과제연습

다음으로 기관관리와 연구를 목적으로 작성된 과제연습을 통해, 선체와 기관과의 관계, 기관 구역내 중요 기기 상호간의 관계 등에 대한 이해를 증진시켜 효율적으로 기관을 관리할 필요가 있다.

이러한 과제연습 내용으로는 주기관의 출력과 회전수 관계, 축마력과 선체속도의 관계, 선체속도, 배수톤수 그리고 어드머럴티 계수간의 관계, 기관출력과 연료소비율 관계, 선체속도와 연료소비율 관계, 가변 피치 프로펠러 시스템에 있어서 기관 회전수, 피치, 기관 출력간의 관계, 연료 분사 시작 각도변화에 따른 기관 출력변화와 배기가스

조성비 변화와의 관계 등이 있다. 이 외에도 주기관의 흡기계와 배기계간의 관계, 보일러와 터빈 발전기간의 관계 등 수많은 과제연습을 생각해 볼 수 있다.

과제연습의 한 예로서, 어드머럴티 계수와 관련된 내용을 Fig. 7과 Fig. 8에 보인다. Fig. 7은 여러 과제연습 중에서 하나를 선택하는 모습이고 Fig. 8에는 과제연습의 실행과정이 나타나 있다.

다. 평가

시뮬레이터가 수행해야 할 또 다른 중요한 업무 중 하나는 시뮬레이터 운용결과에 대한 평가이다. 훈련생의 숙련도와 이해정도를 판단하여 일정수준 이상에 도달하게 되면 적합(competence) 판정을 하게 되고 교육이수 증서(certificate)를 발급한다. 평가에는 여러 가지 방법이 적용될 수 있는데, 여기서는 과제연습과 관련된 평가 방법에 대해 살펴 보도록 한다.

과제연습은 먼저 관련된 중요 정보, 즉 동작원리와 조작순서 등의 내용을 훈련생에게 제공한 다음, 과제(task)를 주고 이를 수행해 내기를 기다린다. 훈련생이 과제를 수행하는 과정에서 시뮬레이션 프로그램의 질문이나 요구에 따라 키보드로 입력한 내용은 데이터 파일에 저장된다.

질문에 대한 답으로는 텍스트 답안과 수치 답안이 있을 수 있는데, 그 중 수치 문제의 답으로서 수치 값이 입력되면 정답과 비교되고, 그 차이 값의 절대값에 각 과제의 경중을 고려한 가중치가 곱해지고 시간에 대하여 적분된 값이 시뮬레이션 평가 결과로 활용될 수 있다. 이 때는 작은 값이 얻어질수록 효율적으로 과제연습을 수행한 것으로 생각할 수 있으므로, 작은 값에 대하여 높은 점수를 부여하도록 한다. 객관식 문제에 대해서는 답이 맞을 경우 양(+)의 점수를 부여하도록 한다.

텍스트 답안을 요구하는 주관식 문제나 기타 요구사항에 대하여 훈련생이 입력한 내용은 텍스트 파일로 저장된 후 시험지 형태로 문제와 함께 출력되도록 한다. 평가자는 각 문제의 답안 내용을 검토한 후, 정확히 이해된 부분에 대해 점수를 부여하게 되는데 높은 점수를 얻을수록 효과적인 과제 수행을 한 것으로 생각할 수 있다.

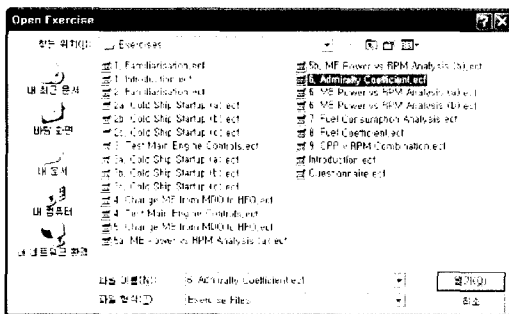


Fig. 7 Open exercise 6.

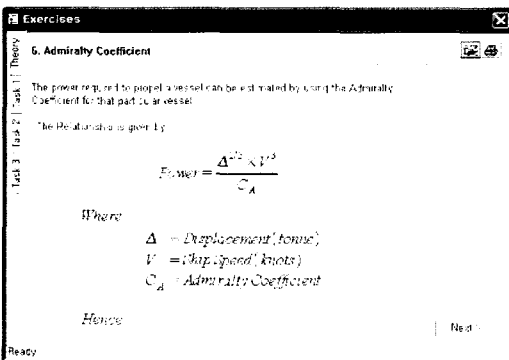


Fig. 8 Execution of exercise 6.

최종적으로 시뮬레이션 프로그램이 부여하는 수치답안 문제의 점수와 평가자가 점수를 부여하는 텍스트 답안문제의 점수는 합산된 다음 훈련생의 시뮬레이션 교육이수 적합 여부를 판정하고 적합인 경우 증서를 발행하게 된다.

3. 결 론

기관 시뮬레이터 개발을 위한 기초 연구로서, 실제 선박 기관실의 각종 기기를 기능과 특성에 따라 모듈화하고, 어떻게 각 모듈의 수학적 모델링을 수행할 것인지에 대하여 살펴보았다. 또한 교육자에 의해 주도되는 시뮬레이션 교육 이외에 모듈화 된 프로시저를 이용하여 훈련생 스스로도 특정의 절차적 운전과정을 쉽게 반복적으로 수행할 수 있게 됨으로써, 프로시저가 제공하는 구체적 작동원리, 운전조작 설명을 통해 해당 기기에 대한 이해뿐만 아니라 절차적 운전과정 전체에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있게 되었다. 그리고 과제연습을 통해 중요 기기와 기기간의 관계, 계통과 계통간의 관계, 특정 퍼라미터와 퍼라미터 간의 관계 등에 대한 이해를 증진시켜 줌으로써 기관을 효율적으로 운전할 수 있는 토대가 마련될 수 있었다. 덧붙여 과제연습에서 제공하는 과제를 풀어 나감으로써, 시뮬레이션 교육을 통해 훈련생이 실제 어느 정도의 수준에 도달하였는지를 파악할 수 있게 되었다. 이를 통해 교육자는 각 훈련생에게 필요한 부분을 보완해 줄 수 있었으며, 채점과 관련된 많은 부분이 자동화됨으로써 교육자의 부담이 크게 줄어들었다.

향후 기관 시뮬레이터의 그래픽 사용자 인터페이스 구성과 네트워크에 의한 서버/클라이언트 구조를 이용한 1인 교육자와 다수 훈련생의 교육방법에 관한 내용을 정리할 예정이다.

이 논문은 2001년도 현대상선(주)의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] STCW Convention 1978/1995, International Maritime Organization, 1996. Section A-I/12 Standards governing the use of simulators Section B-I/12 Guidance governing the use of simulators STCW Code Part A Chapter III Standards regarding the engine department STCW Code Part B Chapter III Guidance regarding the engine department
- [2] 전영우, "1995년 STCW 협약상 해기교육의 최근 동향", 한국박용기관학회지, 제 25권, 제 4호, pp. 716-726, 2001.
- [3] SOLAS consolidated edition, Part 1, International Maritime Organization, 2001.
- [4] Ship Engine Simulator SES 4000, BL5144 G020, STN ATLAS Elektronik, 1998.
- [5] Propulsion Plant Trainer PPT2000-MC90-III, User's manual, Kongsberg Norcontrol, 1997.
- [6] LSS-3S Slow Speed Diesel Engine Simulator, Specification, Haven Automation, 1996.
- [7] 정병건, P. Niekamp, 박재식, "기관 구역 시뮬레이터 교육의 효율적 수행 방안에 관한 소고", 한국해양대학교 해사산업연구소 논문집, 제 12집, pp. 109-117, 2002.
- [8] A. Al-Ali and E. R. Odoom, "Full-scope versus pc-based simulator: A report on training and evaluation study", ICER 5, pp. 1-7, Singapore, 2001.
- [9] Machinery Space Simulator V1.25, Australian Maritime College, 2002.
- [10] L. Goldsworthy, B. G. Jung, P. Niekamp and S. Earl, "Development of the Australian Maritime College pc-based machinery space simulator", MARTECH 2002, pp. 1-17, Singapore, 2002.

저 자 소 개



정병건(鄭柄健)

1959년 9월생. 1981년 한국해양대학 기관학과 졸업. 1981년~1988년 한진해운(주) 근무. 1990년 한국해양대학 대학원 기관공학과 졸업(석사). 1993년 부경대학교 대학원 기관공학과 수료(박사). 현재 한국해양대학교 선박전자기계공학부 부교수.