

---

# 기관 구역 시뮬레이터 교육의 효율적 수행 방안에 관한 소고

정병건\* · Peter Niekamp\*\* · 박재식\*\*\*

On the effective training method for machinery space simulator

*Byung-Gun Jung\* · Peter Niekamp\*\* · Jae-Shik Park\*\*\**

## Abstract

This paper suggests a method to perform effective education and training for pc-based machinery space simulator. The method includes sequence, procedure, exercise and evaluation. The sequence and procedure present explanation for the machinery and guide trainee to the competent level. The exercise enhances understanding for efficient engine management and enable user to perform research for the machinery. The evaluation shows exercise results and feedbacks instructor how to guide the under-performed trainee.

## 1. 서 론

산업현장의 경험을 얻는데 있어서 실제로 관련된 업무를 수행해 보는 것보다 더 좋은 방법은 없다. 그러나 현장에서의 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 비상시 적절한

판단을 가능케 하는 시뮬레이션 교육의 중요성이 강조되고 있다.

이러한 점은 해기분야도 예외가 아니어서, STCW95 권고안[1]을 따르는 선박조종, 기관, 통신, 화물적양하[2] 등의 시뮬레이터가 개발되어 교육 훈련 도구로써 활용되고 있다. 그러나 시뮬레이션 프로그램이나 시뮬레이터의 대부분은 현장 상황 재현에 초점을 맞추고 있기 때문에, 실제 어떠한 방식으로 시뮬레이션 교육을 진행할 것인가에 대한 고려가 부족한 경우가 많다. 본 연구에서는 기관 구역 시뮬레이터 교육을 효율적으로 수행하기 위한 한가지 방안을 제안한다.

---

\* 한국해양대학교 선박전자기계공학부

\*\* Australian Maritime College

\*\*\* 한국과학재단 신진연구원

## 2. 본 론

기관 구역 시뮬레이터(이하 기관 시뮬레이터)는 대개 교육, 훈련 및 연구와 관련된 내용을 수행할 수 있도록 설계되며, 주기관을 비롯한 기관 구역내 각종기기를 수학적 모델링을 거쳐 모델화 한 다음, 하나의 실행파일로 통합하여 기관실의 실시간 운전 상황을 재현한다.

실제 선박의 기관실과 거의 유사한 상황이 재현되기 위해서는, 특정한 선박을 모델로 선정하고 이 선박의 기관실에 대하여 수학적 모델을 구성하게 되는데, 기관실 내의 각 기기들은 서로간에 밀접하게 관련되어 있기 때문에 기관실 전체에 대한 열평형(Heat balance)과 질량평형(Mass balance)에 대한 고려가 필요하다.

한편 교육을 받게 되는 훈련생은 초보자로부터 고급기관사에 이르기까지 다양한 계층으로 나누어지며 이들의 교육은 각 단계별 수준을 고

려하여 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 적응 훈련을 한 다음, 실제로 운전 상황을 연출하는 시뮬레이터 교육으로 이행하게 되지만 양자의 교육 효과에서의 차이는 없으며, 오히려 컴퓨터 화면상의 시뮬레이터가 더욱 효과적이라는 보고도 있다[3]. 본 연구에서는 컴퓨터 화면상에서 이루어지는 기관 시뮬레이터에 한정하여 논의를 진행한다.

컴퓨터 화면상의 기관 시뮬레이터 교육에는 특정 운전과정에 대한 시나리오를 이용하여 교육자가 훈련생에게 각 단계별 조작 요구를 하고, 훈련생이 이를 수행해 나가는 방식이 대부

Table 1 Specification of the model plant

Ship model	Bulk carrier; Deadweight: 120,000 ton, Service speed: 16.8 knot Length: 230 m, Breadth: 46 m, Loaded draught: 13.7 m Class: UMS with Lloyds
Main Engine	7 cylinders, single acting, two stroke, uniflow scavenged, turbocharged, crosshead type engine; Stroke: 200 cm, Cyl. bore: 80 cm, Service power: 16.5 MW at 105 rpm
Boiler	Two-burner oil fired water tube D-type boiler without superheater operating at 1.57 MPa and producing 4 tons/h
Turbo Generator	Steam driven turbo-generator; 760 kW at 1800 rpm
Diesel Generator	Two Diesel Generators; 620 kW each at 720 rpm
Economiser	Dual pressure exhaust gas economiser
Air compressor	Two starting air compressors, One service air compressor, One emergency air compressor
Others	three cargo oil pump turbines(COPT) two FO purifiers, one LO purifier, one DO purifier
Propeller	Reversible engine fixed pitch propeller arrangement or Uni-directional engine changeable pitch propeller arrangement
Control mode	Bridge control, Engine control room control, and Machinery space control

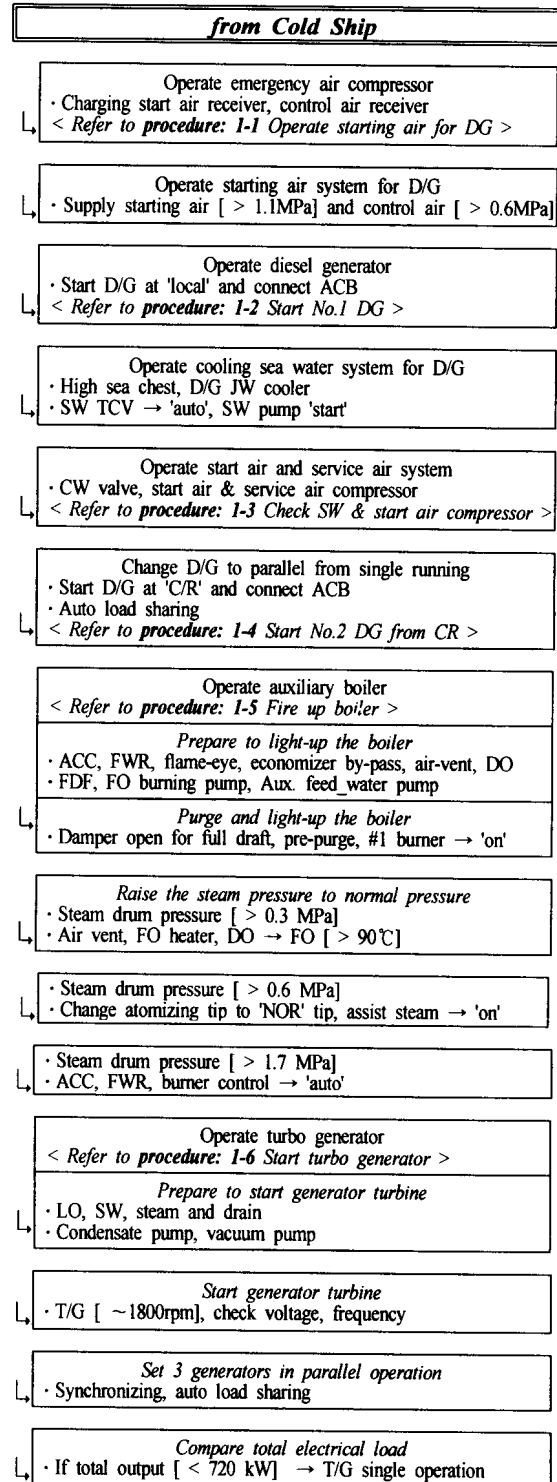
분이다[4][5]. 이러한 방식은 교육이 끝난 후 훈련생 혼자서 시나리오 과정을 연습할 때, 초보자의 경우 교육자로부터 안내를 받지 못하기 때문에, 시나리오 전 과정을 제대로 수행해내지 못하는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 점에 주목하여 훈련생 혼자서 시나리오 전 과정을 컴퓨터의 안내를 받아 수행해 나갈 수 있도록 한다. 먼저 기관 시뮬레이터에 대한 교육과 훈련을 위하여, 기관 구역내 기기의 절차적 운전과정(Sequence)과 이러한 절차적 운전과정의 주요내용을 시뮬레이터의 안내를 받아 쉽게 이해할 수 있도록 한 프로시저(Procedure)를 소개한다. 다음으로 기관관리에 대한 이해를 증진시키고 연구를 가능케 할 목적으로 작성된 과제연습(Exercise)과 시뮬레이션 훈련 이해 정도를 알아보기 위한 평가(Evaluation)에 대해 살펴보도록 한다.

연구 내용이 적용된 기관 시뮬레이터[6]는 대형 액체화물 운반선의 기관실을 모델로 하고 있으며, 모델 플랜트의 주요 사양은 Table 1과 같다.

## 2.1 절차적 운전과정

기관 시뮬레이터의 운전과정을 몇 단계의 절차적 운전과정으로 나눈다. 우선 무동력 계류상태의 기관실에서 전원과 열원을 복구하는 과정, 열원을 이용하여 주기관을 워밍하고 언제든지 사용할 수 있는 상태에 이르는 과정, 선교로부터의 요구에 따라 주기관을 운전하고 정박하고 있던 항구를 벗어나 목적지를 향해 대양을 전속 항해하는 과정, 다음으로 액체화물을 만재한 상태에서 입항하여 정박하고서 기관정지 후 뒷마무리 과정, 그리고 액체화물을 하역하는 과정에 대한 절차적 운전과정을 Fig. 1 ~ Fig. 5에 정리하였다.



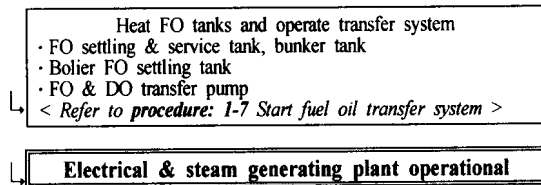


Fig. 1 Cold startup and steaming up sequence

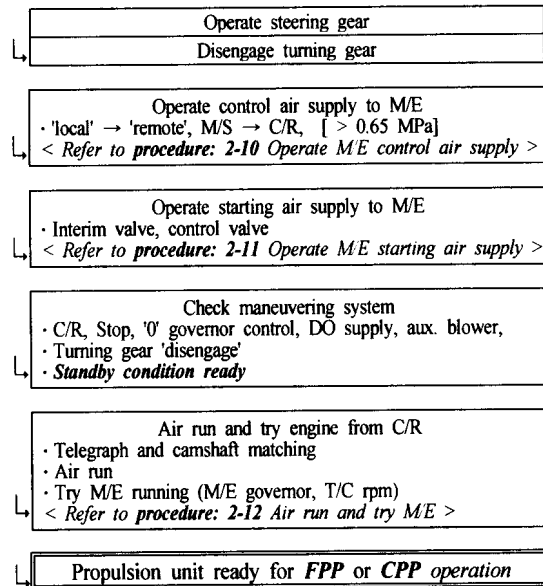
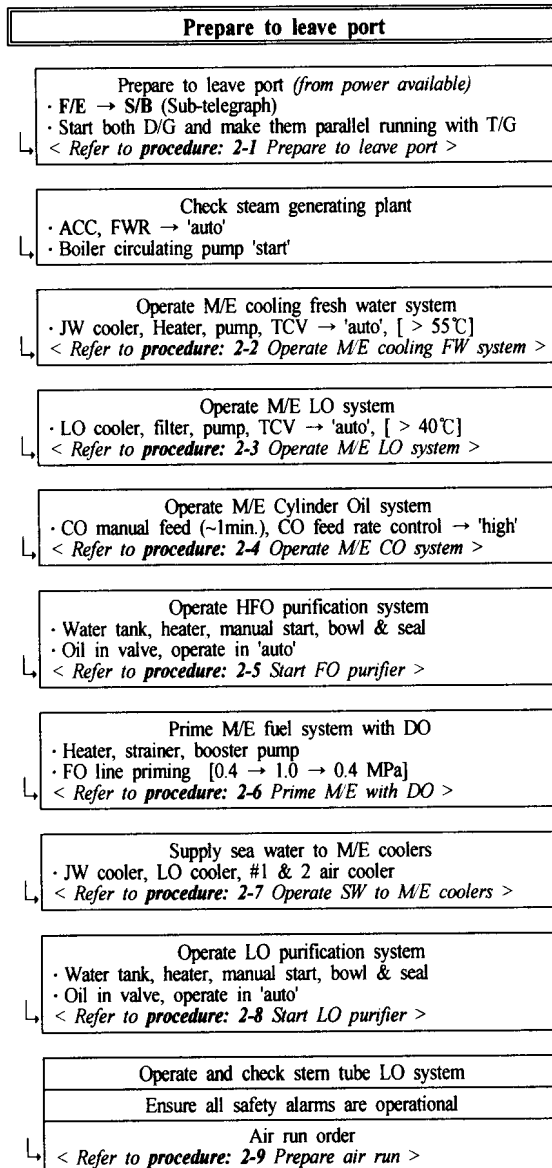
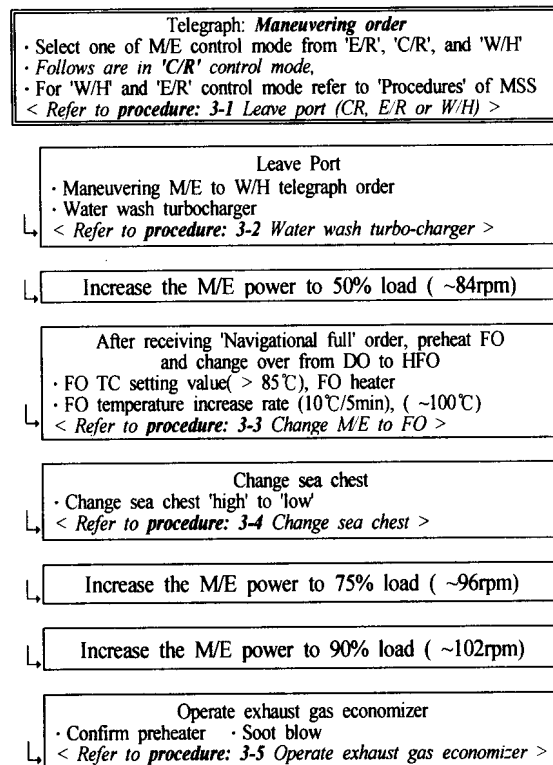


Fig. 2 For stand-by engine sequence



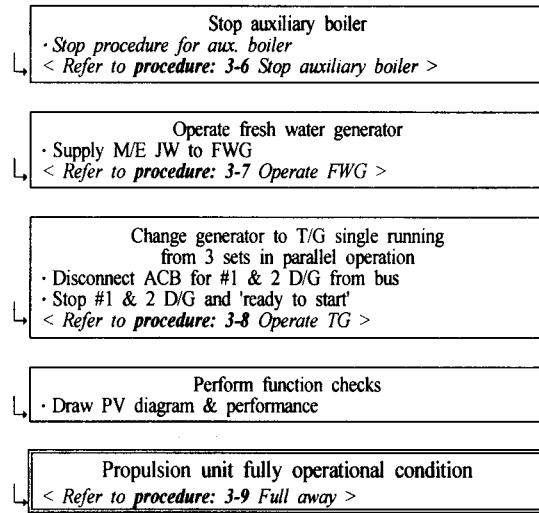


Fig. 3 Stand-by engine to full-away sequence

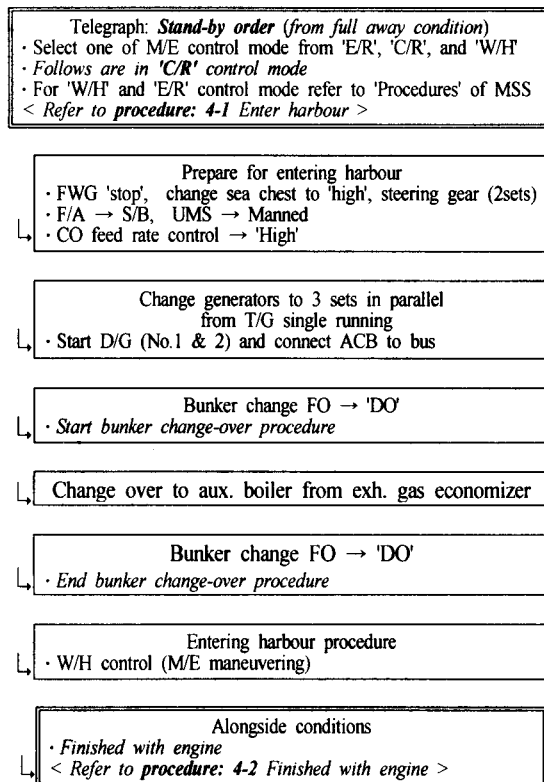


Fig. 4 Full-away to finished with engine sequence

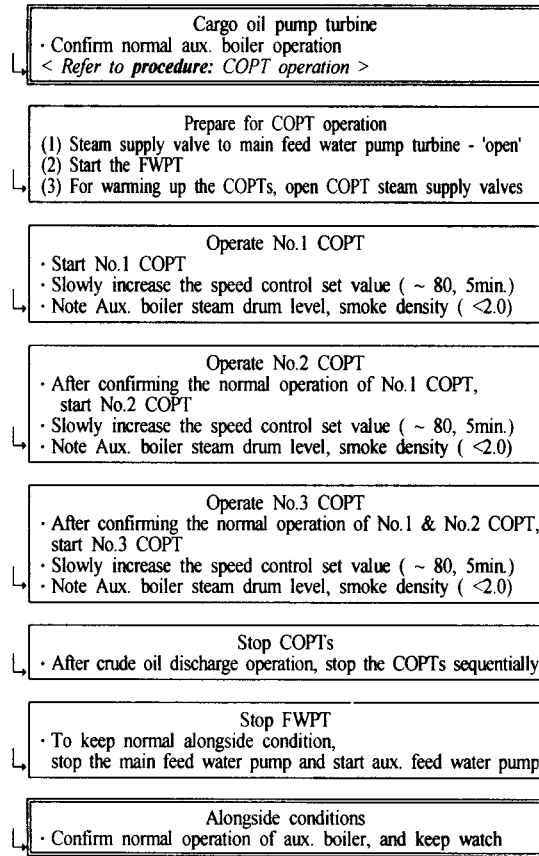


Fig. 5 Cargo oil pump turbine operation sequence

## 2.2 프로시저

앞 절의 절차적 운전과정을 진행해 나가는 동안, 초보자의 경우에는 기관 구역내 각종 기기에 익숙하지 않기 때문에 기기 조작에 실패하는 경우가 다수 발생한다. 따라서 훈련생이 절차적 운전과정의 중요 내용에 대한 이해가 필요할 경우, 시뮬레이터로부터 안내를 받을 필요가 있다.

이 경우 절차적 과정의 주요내용을 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.

프로시저는 이렇게 모듈화 된 안내방식 운전 과정을 말하며, 앞의 Fig. 1 ~ Fig. 5의 중간 여러 곳에 나타나 있다. 프로시저의 구체적 예를 Fig. 6 ~ Fig. 9에 보여주고 있는데, Fig.6은 프로시저 소스코드의 일부분이며, Fig. 7은 시뮬레이터에서 어느 특정 절차적 운전과정에 속한 프로시저 그룹을 불러내었을 때의 모습이다. Fig. 8은 특정 프로시저가 실행될 때의 모습이며, 프로시저가 제공하는 구체적 설명을 읽어보고도 이해가 되지 않을 경우, 「Show」 버튼을 눌러 시뮬레이터로부터 안내를 받게 된다. Fig. 9는 훈련생의 안내 요구에 따라, 깜빡이는 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.

#### # Procedure Definition File

##### ProcedureInformation

```
{ Description = 1.1 Operate Starting Air System of D/G
  DataFile = ..\\1- 1 Operate Starting Air For DG.mss
  DebugDataFile = ..\\1- 1 Operate Starting Air For DG.mss }
```

##### Step

```
{ Description = Start Emergency Air Compressor
  Description = Will produce enough compressed air
  Description = to start the D/G.
  Condition = @PD2510
  Destination = EngineSpace\\CompressedAir?@2510 }
```

##### Step

```
{ Description = Wait For Start Air Pressure > 1.3 MPa
  Description = Will take about 40 minutes to charge
  Description = the Start Air Receiver Tank.
  Condition = (@PD2500 > 1.3)
  Destination = EngineSpace\\CompressedAir?@2500 }
.....
```

Fig. 6 Example code of procedure 1-1

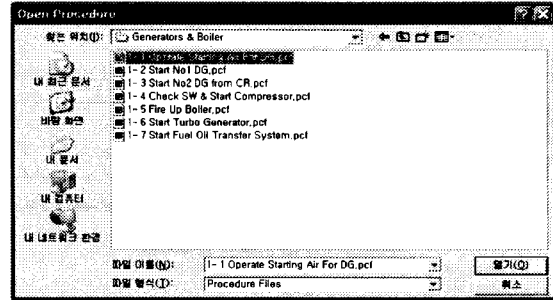


Fig. 7 Open procedure 1-1

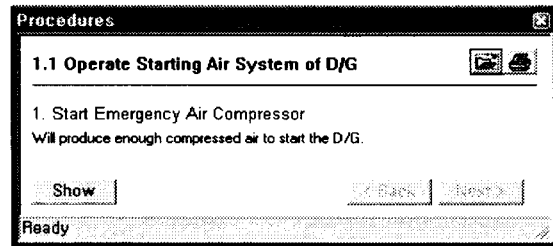


Fig. 8 Execution of procedure 1-1

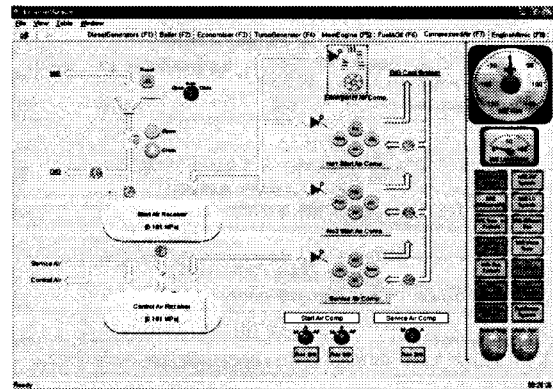


Fig. 9 Guidance from simulator for procedure 1-1

## 2.3 과제연습과 평가

다음으로 기관관리와 연구를 목적으로 작성된 과제연습을 통해, 선체와 기관과의 관계, 기관 구역내 중요 기기 상호간의 관계 등에 대한 이해를 증진시켜 효율적으로 기관을 운전할 필

요가 있다.

이러한 과제연습 내용으로는 주기관의 출력과 회전수 관계, 축마력과 회전수 관계, 축마력과 선체속도의 관계, 선체속도, 배수톤수 그리고 어드미럴티 계수간의 관계, 기관출력과 연료소비율 관계, 선체속도와 연료소비율 관계, 가변 피치 프로펠러 시스템에 있어서 기관 회전수, 피치, 기관 출력간의 관계, 연료 분사시작 각도 변화에 따른 기관출력 변화와 배기 가스 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, 어드미럴티 계수와 관련된 내용을 Fig. 10 ~ Fig. 12에 보인다. Fig. 10 은 과제 연습 소스코드의 일부이고, Fig. 11 은 여러 과제연습 중에서 하나를 선택하는 모습이다. Fig. 12에는 과제연습의 실행과정이 나타나 있다.

시뮬레이터가 수행해야 할 중요한 업무중 하나는 시뮬레이터 운용결과에 대한 평가이다. 훈련생의 숙련 정도와 이해 정도를 판단하여 일정 수준 이상에 도달하게 되면 적합(Competence) 판정을 하게 되고 증서(Certificate)를 발급한다. 평가를 위해서는 여러 가지 방법이 이용될 수 있는데, 여기서는 과제연습에 대해 살펴보도록 한다.

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

그 중 단답형 문제에 대한 해답으로서 수치

값이 입력되면 정답과 비교되고, 그 차이 값의 절대값에 각 과제의 경중을 고려한 가중치가 곱해지고 시간에 대하여 적분된 값이 시뮬레이션 평가결과로 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 양의 점수를 부여하도록 한다.

주관식 문제나 기타 요구사항에 대하여 훈련생이 입력한 답안 내용은 텍스트 파일로 저장된다. 평가자가 각 문제의 답안 내용을 검토한 후, 정확히 이해된 부분에 대해 점수를 부여하게 되는데 높은 점수를 얻을수록 효과적인 과제수행을 한 것으로 생각할 수 있다.

훈련생이 입력한 답안 내용은 문제와 함께 시험지 형태로 출력하게 되는데, 단답형 문제와 객관식 문제는 시뮬레이션 프로그램이 채점을 하여 점수를 부여하고, 주관식 문제는 평가자가 점수를 부여하여 최종 합산점수로 적합여부를 판정하고 적합한 경우 증서를 교부하게 된다.

# Exercise Definition File

ExerciseInformation

{ Description = 6. Admiralty Coefficient

DataFile = ..Exercises\\6. Admiralty Coefficient.mss

DebugDataFile = .. Exercises\\6. Admiralty Coefficient.mss }

Pane Theory { }

Step

{ Description = The power required to propel a vessel

Description = can be estimated by using the Admiralty Coefficient

Description = for that particular vessel.

Image = Admiralty Coefficient.png @ 30,100 }

Pane Task 1 { }

.....

Pane Task 3 { }

Step

{ Description = Run the simulated plant with vessel speeds of 14 kn,  
Description = 12 kn, and 10 kn in the fully loaded condition  
Description = and determine the Power (kW) required.  
Description = Compare this with the power estimated in Task 2.  
Answer = Text }

Fig. 10 Example code of exercise 6

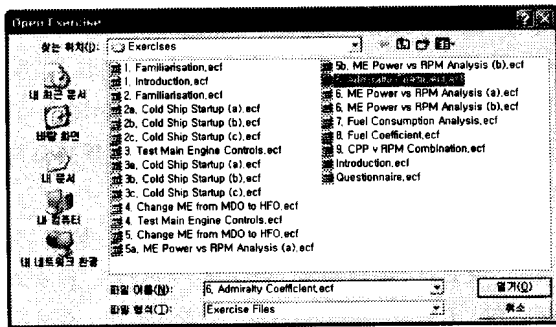


Fig. 11 Open exercise 6

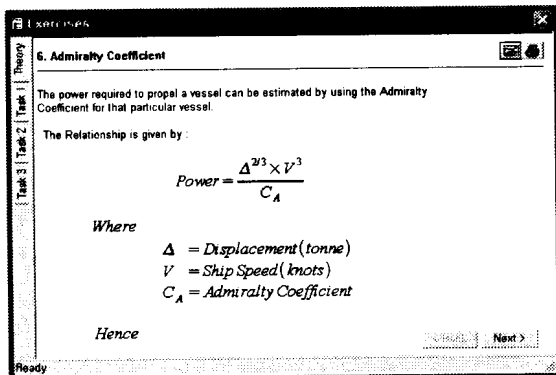


Fig. 12 Execution of exercise 6

### 3. 결 론

이상의 내용을 적용한 기관 시뮬레이터를 운  
용해 본 결과, 교육자에 의해 주도되는 시뮬레

이션 교육을 보완하여, 훈련생 스스로도 특징의  
절차적 운전과정을 쉽게 반복적으로 수행해 낼  
수 있었다. 또한 모듈화 된 프로시저를 실행하  
는 동안 프로시저가 제공하는 구체적 작동원리,  
운전조작 설명을 통해 해당 기기에 대한 이해뿐  
만 아니라 절차적 운전과정 전체에 대한 이해의  
폭을 넓힐 수 있었다.

과제연습을 통해 중요 기기와 기기간의 관계,  
계통과 계통간의 관계, 특정 퍼래미터와 퍼래미  
터 간의 관계 등에 대한 이해를 증진시켜 줌으  
로써 기관을 효율적으로 운전할 수 있는 토대가  
마련되었다. 또한 과제 연습에서 제공하는 과제  
를 풀어 나감으로써, 시뮬레이션 교육을 통해  
훈련생이 실제 어느 정도의 수준에 도달하였는  
지를 파악할 수 있게 되었다. 이를 통해 교육자  
는 각 훈련생에게 필요한 부분을 보완해 줄 수  
있었으며, 채점과 관련된 많은 부분이 자동화된  
으로써 교육자의 부담이 크게 줄어들게 되었다.

### 참고문헌

- [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] SOLAS consolidated edition, Part 1,  
International Maritime Organization, 2001.
- [3] Amier Al-Ali, E. R. Odoom, "Full-scope  
versus pc-based simulator: A report on



- training and evaluation study", ICER5, Singapore, 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] Machinery Space Simulator V1.25, Australian Maritime College, 2002.

