

論 文

ARPA Radar Simulator 開發을 위한 基礎 研究

임남균* · 김환수**

A Basic Study for the Development of the ARPA Radar Simulator

Nam-Kyun Im · Whan-Soo Kim

〈 목 차 〉

Abstract

제1장 서론

제2장 ARPA Radar 시뮬레이션 시스템의 설계 및 개발

2.1 시스템 분석 및 설계

2.2 선박 운동방정식의 구성

2.3 상대선박 시나리오

2.4 ARPA 기능 해석 계산

2.5 TM/RM/Head Up Motion

제3장 ARPA Radar 시뮬레이션 시스템의 기능과 동작 예

3.1 Display Modes

3.2 VRM, EBL, Guard Ring, Marker, Ring

3.3 Vector 표시 기능

3.4 Trial 기능 및 상대선 정보 파악 기능

3.5 알람 기능

3.6 타각과 엔진값 입력 및 기타 기능

제4장 결론

참고문헌

Abstract

Through the rapid development in personal computer technology, it has recently become possible to make a radar simulator based on the PC. Although such a technology has already been developed in the advanced countries like Japan, U.K., and U.S.A., our country has not been able to make such a simulator so far. In addition, revised STCW convention requires the maritime training institution to be equipped with the ARPA simulator satisfying the performance standard specified in the convention.

In this thesis therefore, an attempt was made to develop the software of the ARPA radar simulation system using Visual Basic 4.0, with which we can finally make a Mockup style ARPA

* 한국해양대학교 대학원 해사수송학과와 해사정보공학전공

** 정희원. 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

radar simulator. The system developed through the research has been found to run successfully on the desk top personal computer(586PC).

A Mockup style ARPA radar simulator will be able to be made by simply installing this software on the PC which will be placed inside a ARPA radar Mockup, and this is one of the future research subjects.

제1장 서 론

레이다 시뮬레이터는 Part Task 시뮬레이터의 일종으로서, 1950년대 중반부터 선박에 레이다를 탑재하는 것이 보편화되기 시작하고 그 설치가 법으로 의무화되면서 교육용으로 해기교육기관에서 활용하기 시작한 장비로서, 개정 '95 STCW 협약에서는 레이다 시뮬레이터를 향해 교육을 위한 중요 실습 장비의 하나로 채택하고 있다^[1].

그러나 현재 국내에는 레이다 시뮬레이터를 갖추고 있지 못한 해기교육기관이 더 많고, 갖추고 있는 경우에도 외국에서 도입한 외국제품뿐으로 그 숫자가 한정되어 있다. 따라서 많은 피교육자에게 지속적인 실습의 기회를 부여하는데 현실적으로 어려움이 따르고 있는 실정이어서 국산제품 개발의 필요성이 그 어느 때보다도 크게 대두되고 있다.

레이다 시뮬레이터의 개발과 관련한 국제적인 기술 동향을 살펴보면, 일본, 미국, 영국 등 일부 선진국의 경우 80년대 말에 PC를 내장한 실물형 레이다 시뮬레이터를 개발 완료한 바 있고^[2] 우리나라의 경우에도 1995년에 PC를 이용한 ARPA Radar 시뮬레이터가 개발된 바 있었다.

한편, 우리 나라의 경우 PC 베이스의 ARPA Radar 시뮬레이터는 개발되었으나 실물형 시뮬레이터는 아직 개발되지 않은 관계로, 보다 현실감 있는 시뮬레이터 교육을 위해 실물형 시뮬레이터를 구비하고자 하는 해기교육기관의 경우 기존의 시뮬레이터는 전부 외국제품이고 따라서 가격도 매우 비싼 관계로 관련 장비의 확보에 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 우리 나라 고유 모델의 저가의 ARPA Radar 시뮬레이터를 개발하기 위한 1단계의 연구로서, 동 시뮬레이터의 개발에 필요

한 핵심 기술분야인 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하는 것을 다루었다.

본 연구를 통해 개발된 시뮬레이션 시스템은 실물형의 Mockup과 연결만 하면 바로 실물형 ARPA Radar 시뮬레이터가 될 수 있을 뿐만 아니라, PC 상에서 ARPA Radar의 조작 훈련, 레이다 플로팅 실습, 피항 조선 훈련 등도 실시할 수 있는 시스템이다.

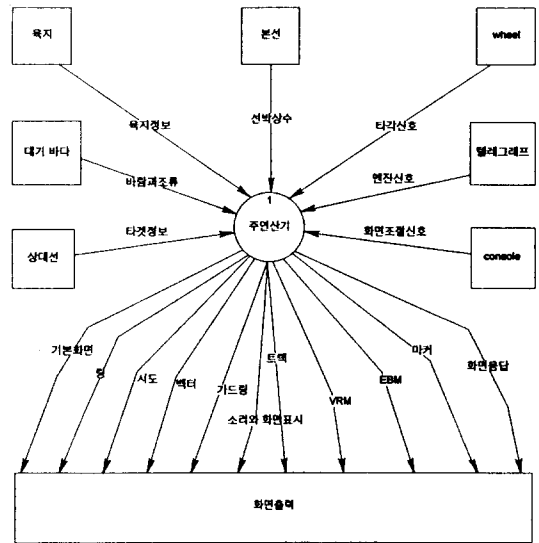


Fig. 2-1 Context Diagram

제2장 ARPA Radar 시뮬레이션 시스템의 설계 및 개발

2.1 시스템 분석 및 설계

ARPA Radar 시뮬레이션 시스템을 개발하기 위해서는 시스템의 총괄적인 구조를 파악하는 것이

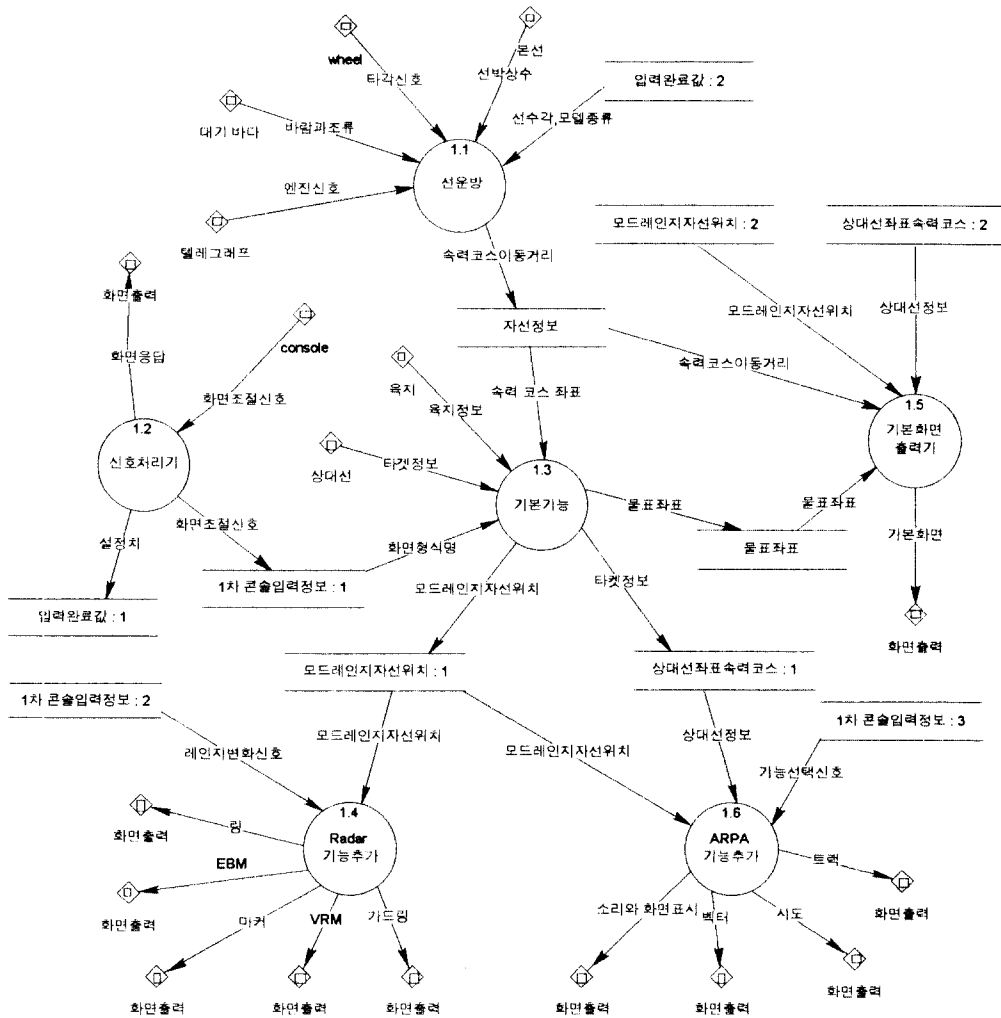


Fig. 2-2 Data Flow Diagram of the Main Process

무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 ARPA Radar 시스템의 전반적인 구조를 파악하기 위하여 자료 흐름지향(Data Flow Oriented) 분석 기법, 속칭 구조적 분석 기법을 이용하였으며, 이 기법에서 활용되는 배경도(Context Diagram) 및 자료흐름도(Data Flow Diagram)는 다음과 같이 작성하여 적용하였다.

2.1.1 배경도(Context Diagram)

배경도(Context Diagram)는 시스템이 외부환경

과 무슨 관계를 가지고 있나를 파악하는 데 유익하며, 시스템 그 자체는 블랙박스(Block Box)로 취급한다.^[3] 본 연구에서는 ARPA Radar 시뮬레이터를 사용하는 사용자와 시뮬레이터 사이의 상호 정보교환에 초점을 두고 배경도를 작성하였으며, Fig. 2-1과 같이 작성하였다.

2.1.2 자료흐름도(Data Flow Diagram)

본 연구에서는 DeMarco, Yourdon 등이 제안한

분석기법을 사용하여 자료흐름도(DFD; Data Flow Diagram)를 작성하였으며, 이 자료흐름도는 데이터가 시스템 내부의 각 절차를 따라 흐르면서 변환되는 것을 그 과정과 함께, 도형화한 것으로서, 자료의 입력, 처리, 저장 과정을 분석적으로 나타낼 수 있어 시스템을 효율적으로 구축할 수 있게 해 주는 기본 자료가 된다^[3,4]. Fig. 2-2는 주연산기의 자료흐름도를 각각 나타내 보인다.

2.2 선박 운동방정식의 구성

본 시스템에서 사용되는 선박은 총 여덟 척으로 그 종류를 살펴보면 컨테이너선, LNG선, 탱커, 자동차 운반선, 살물선 등이다. 각각의 선박을 ARPA Radar 시뮬레이션에서 구동되는 선박으로 활용하기 위해서 선박운동방정식이 사용된다. 본 시스템에서는 두 가지의 선박운동방정식을 이용하고 있는데 각각의 운동방정식은 상이하고 각각의 특징을 갖고 있으나, 시뮬레이션이 요구하는 사항인 타각과 엔진 상태를 입력하면 해당 선박의 움직임이 정량적으로 도출된다는 공통점을 갖고 있어서 본 시스템에서 구동되는 과정에서는 별다른 차이점이 없다고 할 수 있다. 다만 시스템 구동을 하기 전에 운항할 선박을 선택하면 해당 선박에 따라 미리 정해진 선박운동방정식이 채택되어 계산에 이용되도록 설계하였다.

2.2.1 선체운동의 수학모델 1

본 시스템 구축에 사용된 선체운동 수학모델은 두 가지로써, 그 중 하나는 McCallum에 의해 개발된 모델^[5]을 기초로 하여 구성하였으며, 이 모델은 이미 많은 연구 및 논문^[5,6] 등을 통해 소개된 바 있으므로 본 논문에서는 그 설명을 생략한다. 이 수학모델을 이용한 선박의 조종성능을 살펴보기 위하여 Turning Circle을 게재하였다. Fig. 2-3은 우현 전타(35도)시 선박의 Turning Circle을 나타내 보인다.

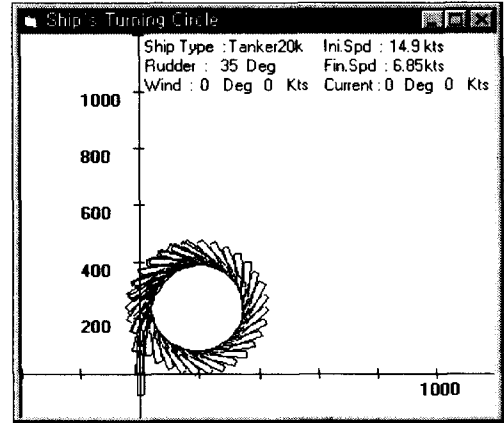


Fig. 2-3 Ship's Turning Circle of Mathematical Model 1

2.2.2 선체운동의 수학모델 2

본 시스템 구축에 사용된 두 번째 선체운동 수학 모델은 McCallum에 의해 개발된 Heuristic Type Mathematical Model이다. 이 모델은 유체 동력학적인 도함수를 사용한 모델과는 달리 선박 운동 시스템을 블랙 박스로 가정하여 도출한 간단한 방정식을 이용하여 선박의 동작을 표현하는 모델이다. 이 모델은 직접적인 접근방법을 사용하기 때문에 상대적으로 실행이 간단하고

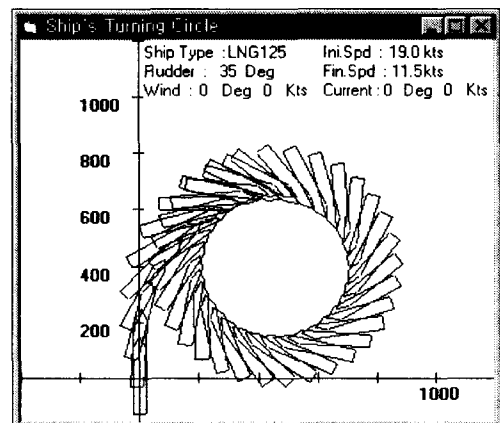


Fig. 2-4 Ship's Turning Circle of Mathematical Model 2

사용자의 호응도도 매우 높다. 또한 이 모델은 변환이 간단하고 거의 자동적인 방법으로 새로운 모델 혹은 수정된 모델을 만드는 것이 가능하다. 이 모델에 대한 정확성과 효용성은 이미 많은 연구에서 입증된 바 있다^{15,61}. 그 설명은 생략한다. 다만 수학모델2를 이용한 선박의 조종성능을 나타내기 위하여 Turning Circle을 기재한다. 그림은 다음의 Fig. 2-4와 같다.

2.3 상대 선박 시나리오

본 시뮬레이션 시스템에서는 상대선박 열 척이 시뮬레이션 시나리오의 초기 화면에 등장하도록 설계하였다. 상대선박들은 시뮬레이션 시작 전 초기 설정을 할 때 Setting된 항로에 따라 항해하도록 하였으며, 협수로 통항시의 시나리오와 공해상 통항시의 시나리오 각 한 개씩을 설정하였다.

2.4 ARPA 기능 해석 계산

2.4.1 CPA, TCPA 계산

본선과 상대선의 합벡터의 종점 좌표값을 (X, Y), 그 크기를 total_speed, 그 방향을 total_course 라 하면, 상대선박의 움직임은 상대 선박 벡터의 시점인 (xt, yt)에서 출발하여 합벡터의 방향과 평행하게 이동하는 직선의 형태를 이룬다. 따라서 CPA 및 TCPA를 구하기 위하여 그 직선의 기울기(m)을 구할 필요가 있다. 그 기울기는 다음 식 (2.1)과 같으며, 기울기가 m이고 상대선박의 위치가 좌표(xt, yt)를 지나는 직선의 방정식은 아래의 식 (2.2)와 같이 구할 수 있다. 따라서 CPA와 TCPA는 식 (2.3)과 같이 나타낼 수 있다.

- 0° < total_course < 90° 일 때

$$m = \tan(90^\circ - \text{total_course})$$
- 90° < total_course < 180° 일 때

$$m = -\tan(\text{total_course} - 90^\circ)$$
- 180° < total_course < 270° 일 때

$$m = \tan(270^\circ - \text{total_course})$$

270° < total_course < 360° 일 때

$$m = -\tan(\text{total_course} - 270^\circ)$$

$$\dots\dots\dots (2.1)$$

$$mx - y - mxt + yt = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$CPA = \frac{|-mxt + yt|}{\sqrt{m^2 + (-1)^2}}$$

$$TCPA = \frac{\sqrt{(xt^2 + yt^2)} - CPA}{\text{Total_speed}} \dots (2.3)$$

2.4.2 선박 Vector의 크기, Trial 기능의 계산

본 시뮬레이션 시스템에서 표현되는 각종 Vector의 크기는 사용자가 화면상에서 직접 입력한 시간의 길이에 따라 그 벡터의 길이가 변화하도록 설계하였다. Fig. 2-5은 진벡터, 상대벡터, Trial 기능 등을 수행할 때 선박 Vector를 각각 표현하고 있다.

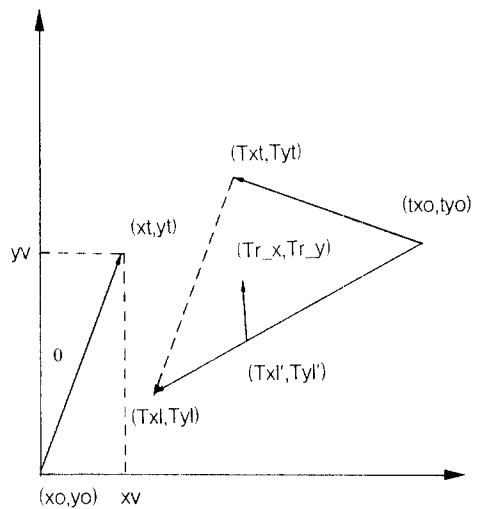


Fig. 2-5 Vector Diagram of the Own Ship, Target & Trial Function

2.4.3 진벡터와 상대벡터

상대 선박의 진평면 벡터는 그 종점의 좌표값 (T_{xt}, T_{yt})을 구하여 파악한다. 진벡터의 시점을

(T_{x0} , T_{y0}), 상대선 속력을 $tspeed$, 주어진 시간을 t , 상대선의 침로를 $t\theta$ 라 할 때 그 종점은 다음 식 (2.4)와 같이 표현할 수 있고, 상대 선박의 상대 벡터 표현은, 본선 속력을 $speed$, 침로를 θ 라 할 때 아래 식 (2.5)와 같이 나타낸다

$$\begin{aligned} T_{xt} &= T_{x0} + tspeed \cdot \sin(t\theta) \cdot t \\ T_{yt} &= T_{y0} + tspeed \cdot \cos(t\theta) \cdot t \dots\dots\dots (2.4) \\ T_{xl} &= T_{x0} + (-speed \cdot \sin(\theta)) + tspeed \cdot \sin(t\theta) \cdot t \\ T_{yl} &= T_{y0} + (-speed \cdot \cos(\theta)) + tspeed \cdot \cos(t\theta) \cdot t \\ &\dots\dots\dots (2.5) \end{aligned}$$

2.4.4 Trial 기능

ARPA Radar에서 Trial 기능은 주어진 시간이 경과한 후 본선이 주어진 침로로 변침하였을 때 상대선의 상대적 진로 변화를 예측하는 것이다. 따라서 Trial 기능 관련 벡터를 구하기 위해서는 주어진 시간이 경과하기 전까지의 상대선의 움직임을 1차 벡터로 표현하고, 주어진 시간의 경과 후 본선이 주어진 침로대로 변침하였을 때 상대선의 상대적 움직임을 2차 벡터로 구분하여 표현하는 것이 편리하다. 식 (2.6)과 식 (2.7)은 주어진 시간 (t')에 대한 1차 Vector의 종점 좌표값 (T_{xl}' , T_{yl}')과 2차 벡터의 종점값을 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} T_{xl}' &= T_{x0} + (-speed \cdot \sin(\theta)) + tspeed \cdot \sin(t\theta) \cdot t' \\ T_{yl}' &= T_{y0} + (-speed \cdot \cos(\theta)) + tspeed \cdot \cos(t\theta) \cdot t' \\ &\dots\dots\dots (2.6) \\ Tr_x &= T_{x0} + (-speed \cdot \sin(trial_course)) \cdot \\ &\quad tspeed \cdot \sin(t\theta) \cdot (t-t') - T_{xl}' \\ Tr_y &= T_{y0} + (-speed \cdot \cos(trial_course)) \cdot \\ &\quad tspeed \cdot \cos(t\theta) \cdot (t-t') - T_{yl}' \\ &\dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

2.5 TM/RM/Head Up Motion

본 시뮬레이션 시스템은 ARPA Radar와 같이 TM(True Motion), RM(Relative Motion), Head Up Motion의 모드 기능을 가지고 있다.

2.5.1 TM Mode 기능

본선의 초기 위치 좌표값을 (x_0 , y_0), 선수각을 (θ), 단위시간당 선박이 x축, y축으로 이동한 거리를 xv , yv 라 하면 단위시간 뒤의 본선의 위치 좌표값 (x_t , y_t)는 식 (2.8)과 같이 나타낼 수 있으며, 상대 선박의 경우 상대선박의 초기 위치를 (T_{x0} , T_{y0}), 속력을 ($tspeed$), 침로를 ($t\theta$)라 할 때 단위시간 뒤의 좌표값은 식 (2.9)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} x_t &= x_0 + xv \cdot \cos(\theta) + yv \cdot \sin(\theta) \\ y_t &= y_0 + yv \cdot \sin(\theta) - xv \cdot \cos(\theta) \dots\dots (2.8) \\ T_{xt} &= T_{x0} + tspeed \cdot \sin(t\theta) \\ T_{yt} &= T_{y0} + tspeed \cdot \cos(t\theta) \dots\dots\dots (2.9) \end{aligned}$$

2.5.2 RM Mode 기능

RM모드기능에서 화면의 움직임을 살펴보면 육지는 본선의 움직임에 따라 상대운동을 하며, 상대선의 경우 상대 선박의 움직임과 본선의 움직임을 합한 합벡터의 크기와 방향으로 움직인다. 따라서 상대선 좌표의 단위시간 뒤의 좌표값 (T_{xl} , T_{yl})은 식 (2.10)과 같이 표현되며, 육지 좌표의 단위시간 뒤 좌표값 (L_{xl} , L_{yl})은 초기 좌표값이 (L_{xl0} , L_{yl0})라 할 때 식 (2.11)과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{xl} &= T_{x0} + tspeed \cdot \sin(t\theta) - (xv \cdot \cos(\theta) \\ &\quad + yv \cdot \sin(\theta)) \\ T_{yl} &= T_{y0} + tspeed \cdot \cos(t\theta) - (-xv \cdot \sin(\theta) \\ &\quad + yv \cdot \cos(\theta)) \dots\dots\dots (2.10) \\ L_{xl1} &= L_{xl0} - (xv \cdot \cos(\theta) + yv \cdot \sin(\theta)) \\ L_{yl1} &= L_{yl0} - (-xv \cdot \sin(\theta) + yv \cdot \cos(\theta)) \\ &\dots\dots\dots (2.11) \end{aligned}$$

2.5.3 Head Up Motion 기능

Head Up Motion 화면과 RM 화면의 차이점을 든다면, 모든 물표의 위치는 RM 모드 화면과 달리 본선의 선수각만큼 회전 이동한다는 점이다. 따라서 육지, 상대선의 좌표값은 각각의 값을 모두

선주각 (θ)만큼 회전 이동시켜 구한다. 식 (2.12)와 식 (2.13)은 각각 상대 선박과 육지의 좌표값을 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} \text{Txt}_{\text{hup}} &= \text{Txt} \cdot \cos(\theta) + \text{Tyt} \cdot \sin(\theta) \\ \text{Tyt}_{\text{hup}} &= \text{Tyt} \cdot \sin(\theta) - \text{Txt} \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\begin{aligned} \text{Lx}_{\text{hup}} &= \text{Lxll} \cdot \cos(\theta) + \text{Lyll} \cdot \sin(\theta) \\ \text{Ly}_{\text{hup}} &= \text{Lyll} \cdot \sin(\theta) - \text{Lxll} \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \dots\dots\dots (2.13)$$

제3장 ARPA Radar 시뮬레이션 시스템의 기능과 동작 예

3.1 Display Modes

일반적인 레이더의 경우 화면 모드는 Relative와 True Mode가 제공되며, 따라서 레이더 화면 방향을 North Up/Head Up으로 구분하여 설계하였다. 화면 메뉴상에 North Up/Head Up을 구분하였으며, 그 메뉴하단에 RM CENT/TM/RM OFF CENT등 세 가지의 선택 모드를 구비하였다. Fig. 3-1은 North Up Mode에서의 실행 예를 나타내 보인다.

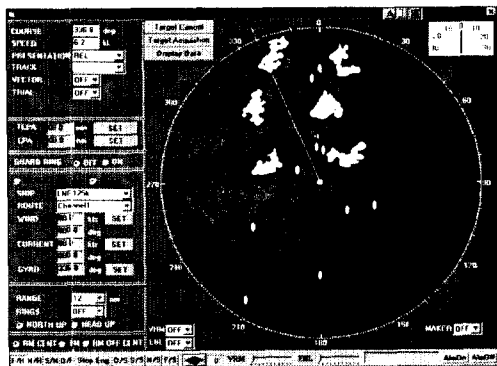


Fig. 3-1 Screen of the North Up Mode

3.2 VRM, EBL, Guard Ring, Marker, Ring

VRM은 0.1마일, EBL은 0.1도까지 측정할 수 있도록 설계하였다. 가드링의 경우 기본 값이 본

선 주위 4-5마일 사이 구역으로 설정되어 그 구역 사이로 물체가 출현하면 경고음과 함께 “가드링 경보”란 메시지가 표시되도록 하였다. 마커의 경우 마커 기능을 On 하고 마우스를 화면상에서 움직이면 본선으로부터 떨어진 거리와 방위가 정확도 0.1마일, 0.1도로 표현된다. 링 기능은 On, Off 선택에 따라 화면상에 해당 Range에 맞게 6개의 링이 그려진다. Fig. 3-2는 가드링, 링, 마커 기능의 실행 예를 나타내 보인다.

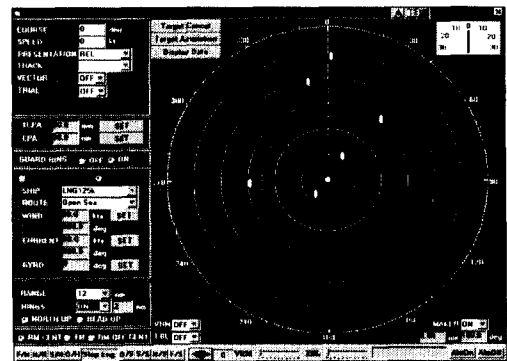


Fig. 3-2 Screen of the Guard Ring, Marker and Ring Function

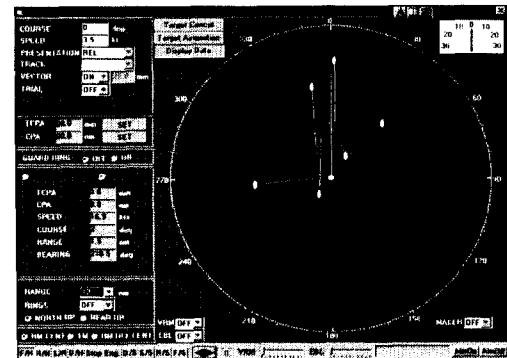


Fig. 3-3 Screen of the Vector Function

3.3 Vector 표시 기능

일반 ARPA에서는 타겟이 선택되면 타겟의 침로와 속력에 관한 정보가 벡터나 그래픽 형태로 표현되어 타겟의 예상 움직임을 명확히 나타내야 한다. 이때 벡터나 그래픽 형태는 True/Relative

Vector이어야 하며 그 벡터의 형태는 벡터의 길이를 고정해 두는 고정식 혹은 변화를 줄 수 있는 가변식으로 설정해 두어야 한다¹⁷⁾. 본 시스템에서는 Vector 길이를 결정하는 시간 선택창이 나타나며, 0-99.9분 사이의 시간을 입력하면 상대선박의 예상 진로가 표현되도록 하였다. Fig. 3-3은 Vector 표시 기능의 화면을 나타내 보인다.

3.4 Trial 기능 및 상대선 정보 파악 기능

Trial 기능이란 화면상 추적하고 있는 모든 선박에 대하여 본선이 임의로 침로를 가상으로 조정하였을 때 그 영향을 시뮬레이션 할 수 있는 기능으로서¹⁸⁾, 본 시스템에서는 Trial 기능의 버튼을 On 하면 화면상에 크게 "T"가 나타나고 동시에 현재 침로의 지속 시간, 향후 변침할 침로를 입력하는 창이 나타나게 설계하였다. Fig. 3-4는 Trial 기능의 화면을 나타내 보인다. 한편 본 시스템에서 표현되는 상대선의 정보는 ARPA의 기능 및 성능 기준에서 요구하는¹⁹⁾ 거리, 방위, TCPA, CPA, 속력, 침로 등 총 여섯 가지이다

3.5 알람 기능

On 버튼을 클릭하면 메시지 창에 "Alarm ON!!" 메시지가 나타나며, 미리 설정해 둔 TCPA, CPA 값을 상대 선박 정보에서 출력되는 값과 비교하여 설정값 이내에 상대 선박이 들어오면 알람을 발하도록 설계되었다. 그리고 청각적 알람과 함께 "위험 선박"이란 경고 메시지가 표시되도록 하였다. 또한 가드링 기능이 작동되었을 때는 가드링 구역 내에 육지 또는 선박이 출현할 경우 알람을 발하도록 하였다.

3.6 타각과 엔진값 입력 및 기타 기능

마우스로 타각을 변화시킬 수 있으며, 그 변화는 화면상에 표시되는 Rudder Angle Indicator를 통해 파악할 수 있도록 하였다. 또한 Engine Telegraph 기능이 시스템에 내장되어 있으며, 엔

진의 사용 종류는 일반 선박과 같이 구분하여 설계하였다. 마지막 기능으로 사용자는 자신이 운항할 선박, 항로, 외부환경요소인 바람과 조류의 세기와 방향을 선택할 수 있는 기능이 마련되어 있다. 또한 상대선박과 육지와 충돌하면 화면상 충돌표시 화면이 나타난다. Fig. 3-5는 충돌표시 화면을 나타내 보인다.

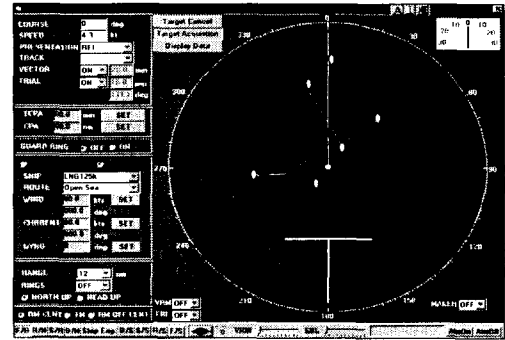


Fig. 3-4 Screen of the Trial Function

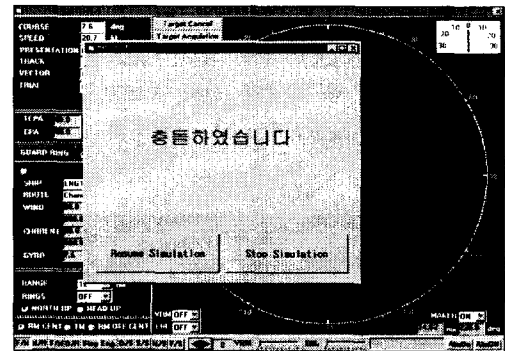


Fig. 3-5 Screen of the Collision

제4장 결 론

컴퓨터 기술이 급진적으로 발달함에 따라 대용량 고속처리가 가능한 개인용 컴퓨터가 보편화되었고, 이에 따라 저가의 PC를 이용한 PC 내장의 실물형 ARPA Radar의 개발에 대한 관심이 높아지게 되었으며 80년대 말경에는 일부 선진국에서 개발을 완료하기에 이르렀다.

한편 우리 나라의 경우 90년대 초에 PC를 이용

한 ARPA Radar 시뮬레이터가 개발된 바 있으나 이는 PC에서만 구동될 수 있는 형태로 개발되었던 관계로 실물형 ARPA Radar 시뮬레이터로 확장 개발하는 것이 불가능하였다. 이에 본 연구에서는 실물형 ARPA Radar를 국내 기술로 자체 개발하기 위해 필요한 소프트웨어를 개발하기로 하였으며, Mockup만 제작하고 Interface 장치들만 부착하면 바로 실물형 ARPA Radar Simulator가 완성될 수 있는 수준으로 시스템을 개발하였다.

개발된 시뮬레이션 시스템은 레이더의 기본 기능에 Auto Plotting, Guard Ring 등의 ARPA 기능을 추가한 시스템으로서, 현재 운항중인 선박들에 탑재된 제품 중 최신의 제품을 모델로 제작되었다. 제작된 시스템은 Model로 채택한 ARPA Radar의 기능을 거의 완벽하게 재현할 수 있음이 확인되었다.

앞으로 실물과 같은 모양의 ARPA Radar Mockup을 제작한 후 Steering Wheel 및 Engine Telegraph을 포함하여 관련 Interface 장치들을 부착하고, System을 설치하게 되면 실물형 ARPA Radar의 개발이 완료될 수 있을 것이며, 이는 향후 연구 개발과제의 하나이다.

참고문헌

- [1] 송재욱·김환수, PC를 이용한 ARPA Radar Simulator의 개발에 관한 연구, 해양안전학회지, 제1권, 제1호, 1995, p.63
- [2] Maritime Dynamics, Instructor Station User Guide, The Publication of Maritime Dynamics Ltd., Llantrisant, U. K., 1990
- [3] 이주헌, 실용소프트웨어 공학론, 범영사, 서울, 1993, p.167-169
- [4] 박남규, 프로젝트 수행방법론, 도서출판 한국실리콘, 서울, 1993, p.172-176
- [5] McCALLUM, I.R., A New Approach to Maneuvering ship Simulation, Doctoral Thesis of The city University, London, 1976
- [6] Kim, W. S., Port Design and Simulation: Validity of Microcomputer Aided Port Design Simulation and its Application, Doctoral Thesis of the University of Wales, Cardiff, June 1990, p.12-59
- [7] A.G.Bole & W.O.Dineley, Radar and ARPA Manual, Heinemann Newnes, Oxford, 1990, p.209
- [8] IMO, IMO Resolution A422(XI)
- [9] 정세모, 전파항법 및 전파수로측량, 아성출판사, 부산, 1987, p.103
- [10] 임상전, 기본조선학, 대한교과서주식회사, 서울, 1986, p603
- [1] 송재욱·김환수, PC를 이용한 ARPA Radar