

선박 충돌사고 분석을 위한 시뮬레이터 구축

박 계 각*

*목포해양대학교 해상운송시스템학부 해사정보전산학전공

Building of a Simulator for Analyzing Ship's Collision Accidents

Gyei-Kark Park*

*Dept. of Maritime Information and Computer Science Division of Maritime Transportation System,
Mokpo National Maritime Univ.

요 약 : 해상에서 발생한 선박충돌사고 재결과정에서 당사자들의 진술을 통하여 해도나 플로팅용지에 충돌선박의 항적을 플로팅하는 과정을 삼각자 및 디바이더를 이용한 수작업에 의존함으로써 많은 시간이 소모되고 오류가 발생하는 문제점이 대두된다. 따라서 본 논문에서는 다양한 충돌상황에서도 충돌선박 당사자들의 진술내용을 컴퓨터에 입력하여 초인시부터 충돌에 이르기까지 양선박의 시간대별 거동을 그래픽과 수치 및 텍스트로 제시함으로써 충돌당사자 진술의 진위여부를 판단할 수 있고 해양안전심판의 정확도도 높일 수 있는 충돌사고 분석시뮬레이터를 제안하였으며, 해상선박충돌사고 실례들을 시뮬레이터에 적용하여 그 유효성을 확인하였다.

핵심용어 : 해양사고, 선박안전, 시뮬레이터, 항적기록, 해양안전심판

Abstract : *Vessel collision accidents have been investigated by means of questioning the persons involved and plotting manually the stated situation. But the repetitive plotting by hand can cause the investigator to make some errors, and it can be connected to a wrong judgement. In this paper, we proposed a simulator for reconstructing and analyzing vessel collision accidents at sea, where the given situation is plotted automatically on it. We verified the validity of the system by applying it to some collision accidents.*

Key words : *marine accident, collision at sea, simulator, maritime safety, plotting*

1. 서 론

최근 전세계적인 경제개발에 힘입어 물동량이 증가하고 제품이 다양화되고 있으며, 이들 물동량의 주요운송수단인 선박은 대형화, 전용선화, 고속화되고 있다. 이에 따라 선박의 해양사고도 증가추세에 있으며, 해양사고 중 선박충돌에 의한 사고가 매년 전체 해양사고의 35% 정도를 차지하고 있는 실정이다.[1-3]

선박충돌사고의 발생시 해양안전심판원은 조사활동과 심판 과정을 거쳐 해양사고의 원인을 규명, 판단하고 심판관의 재결을 통하여 관련자에 대한 징계, 권고 등의 조치를 취함으로써 사고의 재발 방지를 도모하고 있다.

한편 충돌사고 재결과정에서 충돌선박 당사자들의 진술을 통하여 해도나 플로팅용지(Plotting Sheet)에 충돌선박의 항적을 플로팅하는 과정을 삼각자 및 디바이더를 이용한 수작업에 의존함으로써 많은 시간이 소모되고 오류가 발생하는 문제점이 야기된다.[4]

따라서 본 논문은 다양한 충돌상황에서도 충돌선박 당사자들의 진술내용을 컴퓨터에 입력하면 초인시부터 충돌에 이르기

까지 양선박의 시간대별 거동을 그래픽과 수치 및 텍스트로 제시함으로써 충돌당사자 진술의 진위여부를 판단할 수 있고 해양안전심판의 정확도도 높일 수 있는 충돌사고 분석 시뮬레이터를 구축하는데 연구의 목적이 있다.

구체적인 연구방향으로는 먼저, 해양안전심판원의 재결과정을 분석하여 시뮬레이터 구축방안을 도출하고, 다양한 충돌 상황의 정보를 시스템에 입력, 기록, 관리할 수 있는 데이터베이스 시스템과 Visual C++ 6.0를 이용하여 충돌선박의 속력, 거리, 침로 등의 정보에 의한 두 선박의 거동을 텍스트와 그래픽으로 표현하는 시스템을 구축하고자 한다. 마지막으로 구축된 충돌사고 분석시스템을 해양안전심판원의 재결사례에 적용하여 그 유효성을 확인하고자 한다.[5-8]

2. 해양사고 처리과정 및 문제점

2.1 충돌사고 처리 과정

해양안전심판원에서 재결시 실시하고 있는 선박간의 해상충돌사고에 대한 플로팅(Plotting) 과정은 다음과 같다.

- i) 해상에서 선박충돌사고 발생시 사고관련자의 진술 및 해난보고서(Sea Protest), 조사관의 조사사항 등을 토대로 충돌 선박간의 초인으로부터 충돌상황까지의 양선박

* 정회원, gkpark@mmu.ac.kr 061)240-7128

에 대한 침로, 속력, 변침시간, 견시 및 기상상태 등의 데이터를 수집한다.

- ii) 해도나 레이더 플로팅용지, 삼각자, 다바이더, 계산기 등을 사용하여 양선박의 충돌과정을 플로팅 한다.
- iii) 플로팅 결과가 사고 관련자의 허위 진술로 나타난 경우 올바른 플로팅 결과를 얻을 때까지 위의 과정을 반복 시행한다.

2.2 처리과정의 문제점

선박 충돌사고가 발생하면 해양안전심판원은 재결과정에서 사고관련자의 진술을 토대로 양선박의 충돌상황을 플로팅하여 사건을 분석함으로써 사고원인을 규명하고 판단한다.

그러나 양선박의 충돌 분석과정이 수작업에 의해 행해짐으로써 사건관련자의 일관성 없는 진술로 인하여 플로팅 작업이 계속적으로 반복되어 많은 시간적인 낭비를 가져올 뿐만 아니라, 인적자원의 소모를 초래하게 된다. 또한 수작업에 의해 분석된 결과는 유사작업의 반복시에 야기되기 쉬운 휴먼에러(Human Error)에 의하여 오류가 발생할 가능성이 높다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 컴퓨터를 이용한 선박충돌사고 분석 시뮬레이터를 구축하고자 한다.

3. 충돌사고 분석 시뮬레이터 구축

본 연구에서는 선박조종방정식이나 해상을 고려하지 않고 선박충돌 당사자의 진술을 입력하여 양선박의 거동을 제시하여 주는 충돌사고 분석 용도의 시뮬레이터 구축에 연구의 초점을 맞추고자 한다. 충돌에 이르기까지 양선박의 거동을 그래픽 및 텍스트로 제시하여 줄 수 있는 선박충돌사고분석 시뮬레이터의 시스템 구성도는 Fig. 1과 같이 4개의 모듈로 구성된다.

본 절에서는 각각의 모듈에 관하여 상술하고자 한다.

3.1 데이터입력부

3.1.1 입력모드

Visual Programming에서 제공하는 대화상자(Dialog Box)를 구성하여 사고관련자의 진술데이터를 입력한다. 구체적인

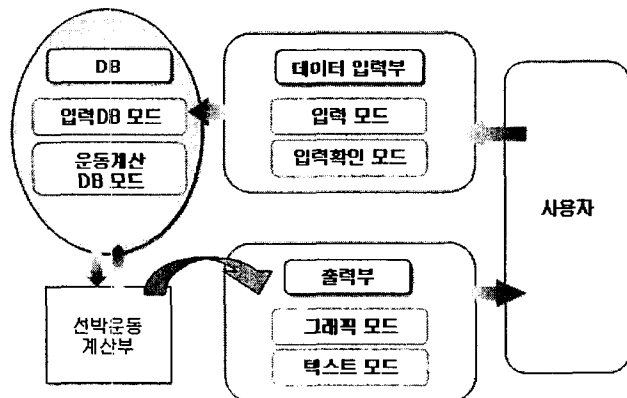


Fig. 1 Frame work of simulator system

입력사항에는 선박명, 침로, 속력, 시간, 상대선박의 방위 및 거리등이 있다. 입력된 데이터는 DB모듈의 입력 DB모드에 저장되어 선박운동 계산시 사용된다.

3.1.2 입력확인 모드

다이얼로그 박스를 통하여 입력한 두 선박의 데이터를 사용자가 확인할 수 있도록 제시해 주는 모드이다. 입력 데이터에 오류가 발생했을 경우에는 다시 입력모드를 열어 재입력할 수 있도록 한다.

3.2 DB부

입력 DB모드와 운동계산 DB모드로 구성되며, MS Access (DBMS)를 이용하여 구축한다. 입력 DB모드에는 데이터 입력부 모듈로부터 입력된 선박 거동에 관한 데이터가 저장되며, 운동계산 DB모드에는 선박운동계산 알고리즘을 통하여 계산된 선박의 거동에 관한 실시간 데이터가 저장된다.

3.3 선박운동 계산부

선박거동에 관한 실시간 정보가 시뮬레이터 상에서 변환되는 과정을 처리하는 부분으로써 출력부 모듈에서 사용될 데이터를 계산한다.

3.3.1 기본설정

충돌사고 분석 시뮬레이터상의 선박거동을 그래픽으로 출력하는데 필요한 시간과 화면구성, 항해거리, 속력 등을 상술하고자 한다.

1) 시간

선박충돌 상황을 시뮬레이션 하기 위해서는 일반적인 실시간 선박조종 시뮬레이터와 다르게 단시간에 사고당사자 진술의 진위여부를 판단해야 하므로 시간적 변환이 필요하다. 따라서 1시간을 20초(20,000ms)로 축척한다.

2) 화면구성

윈도우상에서 제공하는 맵핑모드는 Table 1과 같으며, 본 시스템에서는 MM_HIMETRIC 모드를 사용하여 Fig. 2와 같이 화면을 구성한다. 해상도 1024*768를 이용한 시뮬레이터 전체화면은 Title Bar와 Menu Bar, 그래픽 출력을 위한 그래픽 영역으로 이루어지며, 그래픽 좌표계는 모드 단위로 (5000,500)에서 (22100,17600) 까지 구성되는 (X,Y) 좌표계를 사용한다.

예를 들어 X축으로 10 모드 증가시 화면상의 거리는 1mm 증가하게 된다.

3) 항해거리

선박의 항해거리는 1회 그래픽시 마다 142.5 모드가 이동되도록 하였으며, 양선박 간의 초인거리에 따라 화면상에 적절한 크기의 항적이 출력되도록 12 마일과 9 마일, 6 마일의 레인지(Range) 중 하나를 선택할 수 있도록 하였다. 또한, 1회 그래픽 출력시마다 실제 선박의 항해거리는 12 마일 레인지의 경우

Table 1. Mapping mode on a window

MAPPING MODE	Logical 단위	X축의 증가값	Y축의 증가값
MM_TEXT	Pixel	우측	아래
MM_LOMETRIC	0.1 mm	우측	위로
MM_HIMETRIC	0.01 mm	우측	위로
MM_LOENGLISH	0.01 in	우측	위로
MM_HIENGLISH	0.001 in	우측	위로
MM_TWIPS	1/1440 in	우측	위로
MM_ISOTROPIC	(X,Y)값 설정	선택적	선택적
MM_ANISOTROPIC	(X,Y)값 설정	선택적	선택적

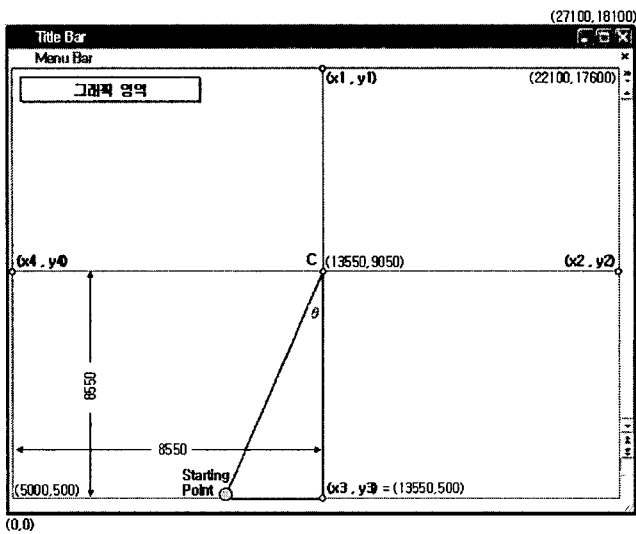


Fig. 2 View Screen for simulation

에는 185.2m, 9 마일과 6 마일 레인지의 경우에는 각각 138.9m, 92.6m 가 되도록 설정하였다.

4) 속력

선박의 항적은 Table 2와 같이 해상에서의 실제 선박의 속력별로, 프로그램에서 지원하는 Timer()함수를 호출하여 그래픽함으로써 현장감을 살리도록 하였다

3.3.2 기준선박 데이터 계산

DB에 저장된 데이터를 사용하여 기준선박의 그래픽 출력지점을 구한 후 화면상의 항해거리를 다음과 같이 구한다.

1) 기준선박의 출발점 산출

기준선박의 출발점(Starting Point: SP) 좌표 $SP(x, y)$ 는 Fig. 2와 같이 주어진 침로 $[0^\circ-45^\circ]$ 로 주어지는 θ° 와, $(x_i,$

Table 2. Graphic period for displaying ship's movement

실제속력(knots)	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	30이상
호출 간격	2초	1초	0.5초	0.25초	0.125초	0.075초	0.005초

$y_i)$, 중심점 C로 구성되는 직각 삼각형의 한 변인, 점 SP와 점 (x_i, y_i) 사이의 길이 D를 구함으로써 결정된다. D는 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다. 여기서, $i = 1, 2, 3, 4$ 이다.

$$D = 8550 \cdot \tan \theta \quad (1)$$

예를 들어, 침로가 $[135^\circ-225^\circ]$ 일 경우에는, (x_3, y_3) 를 이용하여 D를 구한 후, 침로가 180° 이하이면 $SP(x, y) = (x_3 + D, y_3)$ 를 이용하고, 180° 이상이면 $SP(x, y) = (x_3 - D, y_3)$ 를 이용한다.

2) 항해거리 산출

항적의 출력시마다의 X축 및 Y축의 이동거리 $\Delta x, \Delta y$ 는 식 (2)와 같이 구한다.

$$(\Delta x, \Delta y) = (Z \cdot \sin \theta, Z \cdot \cos \theta) \quad (2)$$

여기서 $Z = 142.5$ 로써, 1회 그래픽시의 항해거리를 나타내는 그래픽모드이며, θ 는 침로를 Fig. 2와 같이 직각삼각형을 구성할 수 있도록 프로그램상의 Rotation 함수를 통하여 $[0^\circ-45^\circ]$ 범위의 값으로 변환한 후 라디안(Radian)으로 고친 값이다.

상기와 같이 기준선박의 데이터를 계산하는 프로그램의 흐름도는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 Rotaion 함수를 이용하기 위하여 침로를 θ 로 변환하기 위한 범위 변수 Co1 및 Co2의 초기 값은 각각 $Co1 = 0^\circ$ 이고 $Co2 = 45^\circ$ 이며, 침로가 $[0^\circ-90^\circ]$ 이거나 $[270^\circ-360^\circ]$ 이면 '현재위치 <= 다음 변침점'을 적용하고, 그 밖의 경우에는 '현재위치 >= 다음 변침점'을 적용하여 항적을 화면의 하단에서 상단 또는 상단에서 하단으로 표시한다. 예를 들면, 침로가 $[0^\circ-90^\circ]$ 이거나, $[270^\circ-360^\circ]$ 일 경우에는, 현재위치의 Y 좌표값

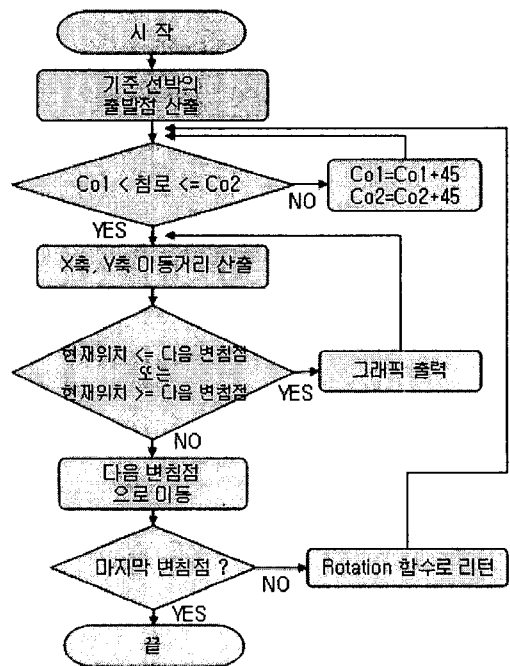


Fig. 3 Flow chart for graphing a base ship

이 다음 변침점의 Y 좌표값을 초과하지 않을 때까지는 '현재위치 < 다음 변침점'의 적용으로 'YES'가 되어 현 침로 방향으로 항적을 그래픽 출력하고 반대의 경우에는 'NO'가 되어 새로운 변침로 방향으로 항적을 그래픽 출력하게 된다.

3.3.3 상대선박 데이터 계산

상대선박의 데이터 계산은 기준선박에서의 초인시 DB에 저장된 데이터를 사용하여 이루어진다. 상대선박의 그래픽 출력 지점은 기준선박에서 초인시의 방위와 거리에 의해서 계산되며, 그래픽상 침로는 그래픽 출력지점을 기준으로 4분면으로 분리하여 그 다음 출력지점이 위치한 분면에 따라 침로를 계산한다. 그 밖의 데이터계산은 기준선박의 계산과 동일한 방식으로 이루어진다.

상대선박의 데이터를 계산하는 프로그램의 흐름도는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4와 같이 상대선 침로가 $[0^{\circ}-90^{\circ}]$ 이거나 $[270^{\circ}-360^{\circ}]$ 이면 '초인지점 < 상대선 변침점'을 적용하고, 그 밖의 경우에는 '초인지점 > 다음 변침점'을 적용하여 항적을 화면의 하단에서 상단 또는 상단에서 하단으로 표시한다.

3.4 출력부

3.4.1 그래픽 모드

그래픽 출력방식은 벡터방식과 비트맵 방식을 병용한다. 그래픽 출력 화면상에서 위도, 경도, 출력문자 등 가변사항은 벡터방식을 적용하고, 바탕화면, 선박모형은 비트맵 방식을 적용한다. 이와 같은 그래픽 출력방식을 이용함으로써 선박운동계

산부에서 구한 데이터를 그래픽화 한다. 기준선박의 그래픽 출력은 선박운동계산부에서 이루어진 데이터 값을 사용하여 Fig. 4와 같은 절차로 이루어진다.

먼저 침로가 해당조건을 만족시키면 기준선박의 그래픽 출력지점에서 다음 변침점까지 그래픽을 출력한다. 만약 조건을 만족시키지 않으면 다음에 해당하는 데이터를 가져와 이와 같은 방법을 반복 시행한다.

상대선박의 그래픽 출력은 Fig. 3과 같은 절차로 이루어진다. 기준선박의 그래픽을 출력하면서 DB와 연관된 선박운동계산부에서 계산된 데이터 값을 이용하여 상대선박의 초인유무를 한다. 초인이 확인되면 상대선박의 그래픽 출력지점부터 그래픽을 시행하며 그래픽 출력조건은 기준선박과 동일하다.

3.4.2 텍스트 모드

선박운동계산부에서 구한 데이터를 그래픽 모드와는 달리 다이얼로그 박스를 구성하여 텍스트로 나타내어 준다. 이와 같은 데이터에는 기준선박에서 상대선박 초인시 기준선박을 기준으로 한 상대선박의 방위, 거리, 초인시간이 포함되어 있으며, 기준선박 변침 시간과 기준선박과 상대선박의 최종충돌까지의 거리를 표시하여 준다.

4. 시뮬레이터 적용예

본 충돌사고 분석시스템을 실제의 선박충돌사고 사건에 적용해 봄으로써 유효성을 확인하고자 한다.

4.1 적용사례 1.

1995년 5월에 발생한 어획물 운반선 M/V A호와 화물선 M/V B호의 충돌사건으로, 해심재결에 의하면 M/V A호를 기준으로 플로팅한 경우 0.7mile, M/V B호를 기준으로 플로팅한 경우 0.4mile의 거리차가 생겨 충돌이 발생할 수 없다는 문제점이 있음을 확인하였다.[1] 따라서 본 사건을 구축된 시뮬레이터에 적용하여 충돌상황을 검토하고자 한다. 데이터 입력사항은 Table 3, Table 4와 같다.

이와 같이 입력된 데이터에 대한 시뮬레이터 결과는 Fig. 5, Fig. 6과 같다. Fig. 5는 M/V A호를 기준으로 Fig. 6은 M/V B호를 기준으로 시뮬레이션 한 것이다. 충돌시간 22시 35분에 두 선박의 거리는 M/V A호를 기준선박으로 시뮬레이션한 경우 0.65마일, M/V B호를 기준선박으로 시뮬레이션한 경우 0.38마일로 나타났다.

Table 3. Input data for M/V A

입력 No.	대상 선박	선박 침로	선박 스피드	현장 시각	상대선 초인유무	Last 초인	충돌 유무
1	A호	237	7.5	22h 15m	○방위:247 거리:6.0	○	×
2	A호	260	7.5	22h 26m	×		×
3	A호	270	7.5	22h 31m	×		×
4	A호	325	7.5	22h 35m	×		○ Lat: 32° 23.5'N Long: 126° 22.6'E

(단, ○ 는 초인 및 충돌상황, ×는 미 초인 및 미 충돌상황을 각각 표시)

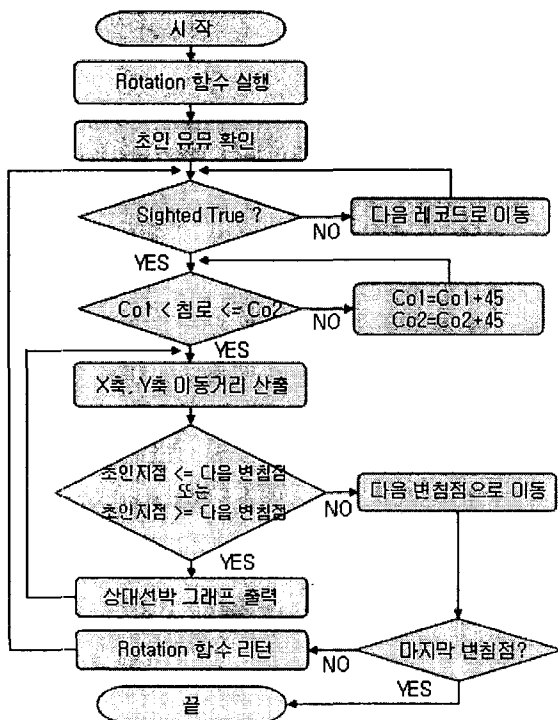


Fig. 4 Flow chart for graphing the facing ship

Table 4. Input data for M/V B

입력 No.	대상 선박	선박 침로	선박 스피드	현장 시각	상대선 초인유무	Last 초인	충돌 유무
1	B호	077	11	22h 15m	x	x	x
2	B호	077	11	22h 30m	○방위:65 거리:1.6	○	x
3	B호	065	11	22h 32m	x		x
4	B호	065	11	22h 35m	x		○Lat: 32° 23.5'N Long: 126° 22.6E'

Table 6. Input data for M/V D

입력 No.	대상 선박	선박 침로	선박 스피드	현장 시각	상대선 초인유무	Last 초인	충돌 유무
1	D호	33	11	15h 55m	○방위:17 거리:5.0	○	x
2	D호	40	11	16h 05m	x		x
3	D호	70	11	16h 13m	x		○ Lat: 32° 52.01'N Long: 126° 39.01'E

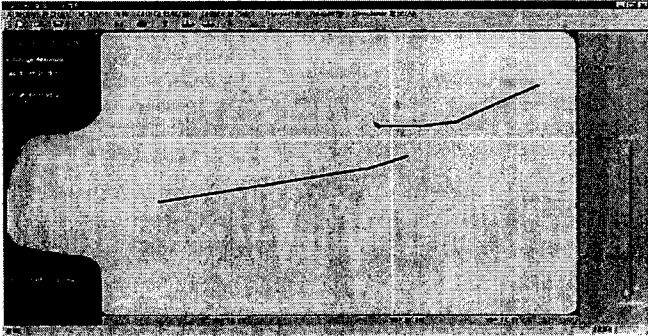


Fig. 5 Result of simulation based on M/V A

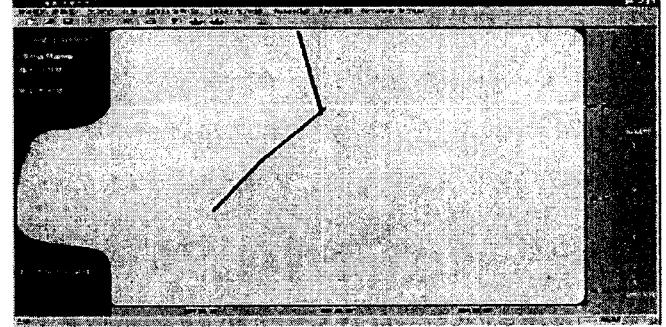


Fig. 7 Result of simulation based on M/V C

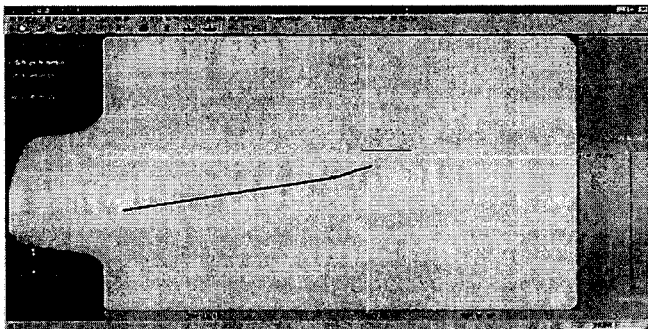


Fig. 6 Result of simulation based on M/V B

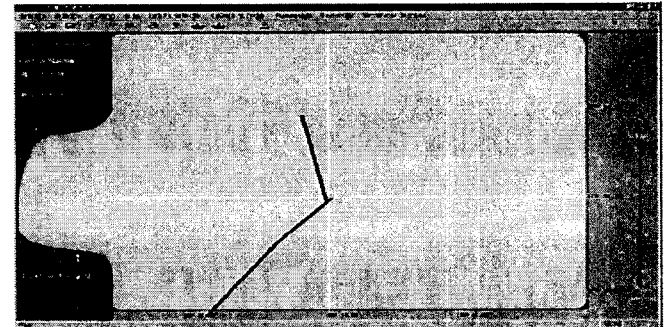


Fig. 8 Result of simulation based on M/V D

해심제결의 진술내용을 시뮬레이터로 분석할 경우 충돌이 발생하지 않음을 확인할 수 있고, 수작업 플로팅에 의한 충돌사건 조사과정에서 휴면에러가 발생하였음을 추측할 수 있다.

4.2 적용사례II.

1999년 3월에 발생한 어선 M/V C호와 케미컬탱커 M/V D호의 충돌사건[1]을 본 연구에서 구축한 시뮬레이터를 이용하여 분석하고자 한다. 선박충돌사고의 데이터 입력사항은 Table 5, Table 6과 같다.

Table 5. Input data for M/V C

입력 No.	대상 선박	선박 침로	선박 스피드	현장 시각	상대선 초인유무	Last 초인	충돌 유무
1	C호	169	7	15h 58m	○방위:198 거리:4.0	○	x
2	C호	169	7	16h 10m	x		x
3	C호	169	7	16h 13m	x		○ Lat: 32° 52.01'N Long: 126° 39.01'E

이와 같이 입력된 데이터에 대한 시뮬레이터 결과는 Fig. 7, Fig. 8과 같다. Fig. 7은 M/V C호를 기준선박으로, Fig. 8은 M/V D호를 기준선박으로 시뮬레이션 한 것이다.

해심제결과 동일하게 당사자들의 진술을 토대로 시뮬레이션 하면 충돌이 발생함을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 해상선박충돌사고의 조사과정을 전산화함으로써 시간과 경비를 절약하고 정확성을 제고시킬 수 있는 선박충돌사고 분석시뮬레이터를 제안하였다.

구체적인 연구방법으로는 수작업으로 실시되고 있는 선박충돌사고의 조사과정을 분석하여 문제점을 파악하고 조사과정의 전산화의 필요성을 도출하여, Visual C++와 MS Access를 이용하여 시뮬레이터를 구축하였다.

제안된 시뮬레이터에서는 사고 당사자들의 충돌상황 진술을 입력하면 해상선박의 초인과정에서 충돌에 이르기까지의 양선

박의 항적을 화상데이터와 텍스트 데이터로 제공함으로써 충돌사고를 용이하고 정확하게 분석할 수 있다. 또한 제안된 시뮬레이터를 실제 선박충돌사건에 적용하여 그 유효성을 확인하였다.

제안된 시스템이 선박충돌사고와 같은 해난사고의 정확한 분석 및 원인규명에 효율적으로 활용되려면, 향후 당사자들의 사후 사고진술에 대한 검증기능의 추가와 사고 당시의 해상상태 및 사고선박의 선체동특성을 고려한 고정도의 시뮬레이터 구축 등의 연구과제를 해결하여야 할 것이다.

Reference

- [1] 중앙해양안전심판원,(1995-2000) “해양사고통계분석자료집”.
- [2] 중앙해양안전심판원, “해양안전심판사례집”, CD Version 1.0.

- [3] 해양경찰청,(1995-2000) “해양사고 현황·실태조사자료집”.
- [4] 박계각,(1998) “제51 보양호, 오션데이지(Ocean Daisy)호 충돌사건에 관한 검토 의견서”, 목포해양대학교 해양산업연구소.
- [5] 이상엽,(1999) “Visual C++ Programming Bible Ver 5.x”, 영진출판사.
- [6] 김용성,(1999) “Visual C++ 6.0 완벽가이드”, 영진출판사.
- [7] 이형배,(1999) “이형배의 비주얼 C++ 6.0”, 사이버출판사.
- [8] 광기준, 김소영,(1999) “Inside Secrets Visual C++ 6.0”, 삼각프레스

원고접수일 : 2002년 06월 10일
원고채택일 : 2002년 08월 05일