

확률변수를 이용한 레이더 시뮬레이터의 상대선박 출현 방법의 개선에 관한 연구

임 남 균* · 김 환 수**

A Study on the Improvement of the Target Generating Methodology
Using Random Variables

Nam-Kyun Im · Whan-Soo Kim***

〈 목 차 〉	
제1장 서론	2.2.2 통행거리의 발생
제2장 본론	2.2.3 도착간격의 발생
2.1 타겟의 특성	2.3 타겟의 발생 예
2.2 타겟의 발생법	제3장 결론 및 과제
2.2.1 속력의 발생	참고문헌

Abstracts

In case of Radar Simulator, the target ships should be generated and displayed on the monitor to provide the trainee with the feeling of real situation. The scenario methodology, which has been developed and used in Korea so far, however, has a fixed scenario, in which target ships are generated in the same manner at all time. As a result, the Radar Simulator developed in Korea so far was in lack of training efficiency, as the trainee can get early familiarized with the fixed scenario.

The paper, therefore, suggests the target ship generating methodology using random variables to improve the training efficiency of the existing simulator. In generating the target ships using this methodology, the speed, distance between the ships, and time interval of ships were considered as a major factors which determine the ship's movements.

The new methodology suggested was examined and found to generate target ships successfully giving a trainee the feeling of real situation.

* 한국해양대학교 승선생활관 조교

** 정희원, 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

1. 서론

레이다 시뮬레이션에서는 상대선박이 등장한다. 이 상대선박은 시뮬레이션 사용자에게 피항을 위한 조선 기술을 습득하게 하며 돌발사태에 처하였을 때, 이를 극복할 수 있는 대처능력 또한 키우게 한다. 이러한 상대선박을 발생시키고 또 움직이게 하려면 상황설정을 하여야만 한다. 레이다 시뮬레이션에 있어서 상황설정이란, 어떻게 타겟이 발생하고 어떤 방식으로 움직이는가 하는 것을 의미한다.

지금까지의 국내 연구에서는 이러한 타겟의 상황설정을 처리함에 있어서 소위 시나리오를 부여하는 방식을 이용하여 왔다. 즉 정해진 타겟의 수를 미리 정해 놓고 각 타겟에게 미리 속력, 침로, 발생위치, 변침 등을 부여하고 생성, 소멸시킨다. 이러한 방식을 채택함에 따라 시뮬레이션을 행하는 사용자가 시뮬레이션을 반복 실행하면서 점차 한정된 시나리오에 익숙해지게 되며 따라서 시뮬레이션이 갖는 목적인 피항능력 증대, 돌발사태에서의 대처능력 배양이라는 소기의 교육효과를 충분히 달성하지 못하는 경우가 많은 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 시뮬레이션상의 타겟을 발생함에 있어서 종래의 시나리오 방식이 아닌 확률모델에 따라 상황을 설정하는 방식을 제안하여 이 방식에 의한 프로그램을 적용하여 그 결과를 비교 분석하고자 한다. 즉 상대선박이 어떠한 속력분포를 가져야 하는가, 어떠한 시간간격으로 발생하여야 하는가 등의 요소에 대하여 확률분포의 개념을 도입 적용하였다. 그리고 이러한 확률분포를 만족하는 일정 범위내에서는 각각의 요소들

이 무작위로 자유롭게 발생하도록 하였기 때문에 시뮬레이션을 실행할 때마다 각기 다른 상황이 연출된다.

한편 이를 더욱 발전시킨다면 세계 각 지역해역의 교통 특성을 조사 분석하여 해당 수역의 교통상황에 맞는 교통량, 교통흐름을 시뮬레이션상에 적용하여 해당 수역의 상황에 보다 근접한 시뮬레이션이 행해질 수 있을 것이다. 본 논문의 체계를 살펴보면 제2장 본문에서는 상대선박의 발생원리 및 방법에 관하여 서술한 뒤 실제 발생시킨 상대선박의 발생요인인 속력, 발생시간간격, 통행거리 등의 분포를 제시하였고, 제3장에서는 결론과 앞으로 과제에 대하여 서술하였다.

2. 본론

2.1 타겟의 특성

현실 세계의 항해구역에서 항행하는 상대선박은 본선의 선수전방, 횡측 혹은 후방에서 나타났다가, 본선을 지나 사라지는 생성, 소멸되는 일련의 과정을 거친다. 이와 마찬가지로 레이다 시뮬레이션에서 등장하는 상대선박은 생성, 소멸의 주어진 행동 특성을 가져야만 한다. 즉 어떻게 상대선박이 발생하고 어떤 방식으로 움직이는가 하는 것이 문제이다. 발생에 관여하는 요소로서 발생시간, 장소가 있고, 움직임에 관해서는 초기속력, 침로, 그 후의 변침, 변속이다.⁽¹⁾ 또한 소멸의 경우는 그 시기와 장소 등이 있다.

2.2 타겟의 발생법

타겟을 발생시키기 위해서는 각 타겟이 갖

고 있는 특성을 부여하여야 한다. 타겟은 자신에게 부여된 특성에 따라 발생하여 레이더 화면상에서 움직이고 결국 소멸된다. 이를 위하여 특정 확률분포를 갖는 확률변수를 발생시킨다. 따라서 각각 타겟은 실시간으로 발생된 확률변수를 취하고 그것에 따라 행동하게 되는 것이다.

확률변수를 발생시키기 위해서는 난수를 필요로 하는데 이 난수는 난수표(random number table)를 이용하거나 혹은 인위적인 방법으로 난수를 만드는 방법등을 사용할 수도 있다. 본 연구에서는 컴퓨터 프로그램 언어에서 제공하는 난수인 擬似(의사)난수(pseudo-random number)를 사용하였다. 즉 초기값에 대하여 일정한 주기를 갖는 미리 정해진 수들의 집합이다. 이 난수를 이용하여 특정 변수들의 분포특성에 맞게 확률변수를 발생시키도록 실시간으로 프로그래밍 하였다. 그렇게 발생된 확률변수를 바탕으로 출현하는 선박의 시간 간격, 속도, 통과 거리 등을 결정한다. 즉 확률모델에 따라 상황을 설정하는 프로그램을 실행한 것이다. 그런데 연구에 의하면 선박의 속도, 선박의 출현 회수, 선박의 통행분포등은 어떤 특정한 확률분포를 따른다고 간주된다. 여기서 말하는 특정 확률분포란 타겟 발생의 문제에 있어서 그 도착횟수는 포아송 분포, 항로폭에 대한 통과점은 정규분포, 선속은 일양분포를 따른다^{[2][3]}는 것을 이른다. 이러한 상대선박 발생에 관한 개념을 그림으로 나타낸 것이 Fig.2-1이다.

그림에서 보는 바와 같이 일정한 항로폭을 가진 항로를 가정할 때 $\overline{AA'}$ 를 그 항로폭에 대한 횡단선으로 하면 상대선박의

흐름은 $\overline{AA'}$ 선상위치에서 정규분포를 나타내고 그 속력은 일양분포, $\overline{AA'}$ 를 통과하는 상대선박의 도착척수는 포아송분포를 이룬다는 개념을 채택하여 상대선박의 발생에 사용하였다.

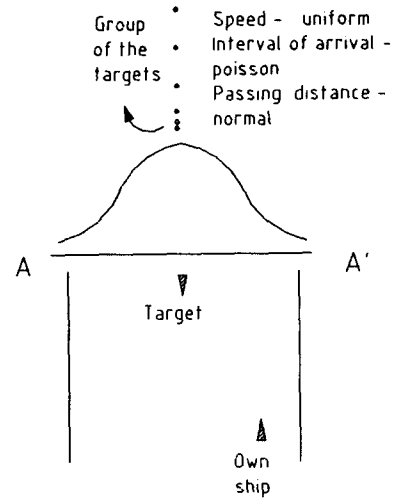


Fig 2-1 상대선박발생 개념도

1) 속력 발생

상대선의 속력은 일정 범위내의 일양분포(uniform distribution)를 따른다고 알려져 있으므로, 선속에 관한 난수를 발생시키기 위하여 역변환 방법을 채택하였다. 역변환 방법이란 해당 분포의 누적분포함수를 구하고 누적분포함수 $F(x)$ 의 역함수 $F^{-1}(x)$ 를 구하여 확률변수를 발생시키는 방법을 말한다. 상대선 속력이 구간 $[v_1, v_2]$ 에서 일양 분포를 따른다고 할 때, 그 일양분포의 확률밀도함수, $f(x)$ 와 누적분포함수, $F(X)$ 는 식 (2.1), (2.2)와 같다.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{v_2 - v_1}, & v_1 \leq x \leq v_2 \\ 0, & \text{기타의 경우} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < v_1 \\ \frac{x - v_1}{v_2 - v_1}, & v_1 \leq x \leq v_2 \\ 1, & x \geq v_2 \end{cases} \quad (2.2)$$

따라서 누적분포함수의 역함수를 구하기 위해

$$F(X) = \frac{X - v_1}{v_2 - v_1} = R \quad (2.3)$$

로 설정하고 역함수를 구하면 식 (2.4)와 같이 된다.

$$X = v_1 + (v_2 - v_1)R \quad (2.4)$$

여기서 R은 난수를 나타낸다. 이 역함수를 이용하면 해당 분포의 일양변수가 발생하며 이 수치를 상대선박의 속력으로 채택한다.

2) 통행거리

상대선박의 통과지점은 정규분포를 따른다고 간주된다. 통행거리의 경우 선속의 경우와 같이 역함수를 구해야하는 역변환 방법을 사용할 수 없어 직접변환방법을 사용하였다. 이 방법은 표준정규변수만을 발생시키는데 사용하는 방법으로 식 (2.5)같은 형식의 누적함수 분포, $\Phi(x)$ 를 갖는 정규분포의 경우 역함수를 구하는 것이 불가능하므로 이때 사용되며, 변수발생에 소요되는 시간이 많은 편이나 컴퓨터 프로그램이 용이한 특징이 있는 방법이다^[4]. 특이한 점은 한번의 계산을 수행할 경우 두개의 확률변수가 생성된다는 점이다. 식

(2.6)은 생성변수가 각각 Z_1, Z_2 라 하고 사용된 난수가 R_1, R_2 라 할 때, 상대선박의 통과지점의 변수를 정규분포에 따라 생성하는 확률변수발생식을 나타내고 있다.

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt, \quad -\infty < x < \infty \quad (2.5)$$

$$Z_1 = (-2 \ln R_1)^{1/2} \cdot \cos(2\pi \cdot R_2)$$

$$Z_2 = (-2 \ln R_1)^{1/2} \cdot \sin(2\pi \cdot R_2) \quad (2.6)$$

이렇게 발생된 두 개의 확률변수를 이용하여 상대선박의 침로를 결정하게 된다. 그것은 항로의 입구와 출구에서는 폭에 관한 통과 지점을 별개로 생각하고 두 개의 변수를 각각 타겟이 처음 발생하는 위치인 항로 입구와 소멸되는 출구에서의 폭에 관한 통과 지점으로 채택하고 그 두점을 잇는 직선상을 상대선박이 전진한다고 가정하는 방법이다.

3) 선박의 도착시간 간격

시간 t 동안 n척의 선박이 통과할 확률은 λ 를 단위 시간당 통과하는 선박의 척수라 할 때 식 (2.7)로 나타내어지는 포아송(poisson) 분포를 따른다.

$$P[N(t)=n] = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}, \quad t \geq 0, n=0,1,2,3, \dots \quad (2.7)$$

그러나 시뮬레이션에서 필요로 하는 변수는 선박의 도착시간간격이다. 선박의 도착 숫자를 나타내는 포아송분포에서 선박의 도착시간간격을 A_1, A_2, A_3, \dots 과 할 때 이 간격을 나

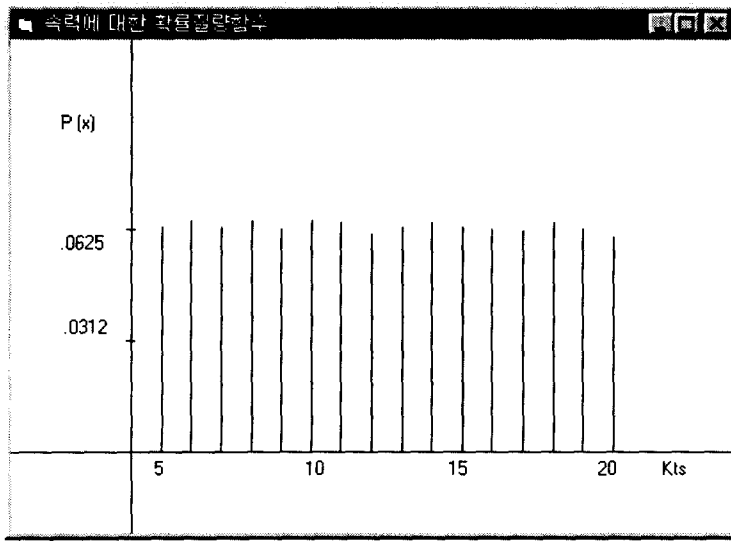


Fig. 2-2 속력발생에 관한 확률밀도함수

타내는 변수들은 지수분포를 따르게 된다^[4]. 따라서 속력을 구할 때 처럼 역변환 방법으로 구해보면 다음과 같다.

먼저 도착시간 간격에 해당하는 분포 즉 지수분포의 확률밀도함수, $f(x)$ 와 누적분포함수, $F(X)$ 는 아래의 식 (2.8), (2.9)와 같다.

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

따라서 누적분포함수의 역함수를 구하기 위해

$$F(X) = 1 - e^{-\lambda X} = R$$

로 설정하고 역함수를 구하면 식 (2.10)과 같이 된다.

$$X = \frac{-1}{\lambda} \ln R \quad (2.10)$$

이 역함수는 시뮬레이션에서 상대선박이 생성되는 시기를 결정하는 변수에 관한 확률변수를 생성하는 식이다. 이 식에 의해 발생된 도착시간 간격과 식(2.4)에 의해 구하여진 속력은 “도착시간 · 속력” 과 같이 상대선박의 발생 위치인 본선에서 떨어진 거리를 선정한다.

2.3 타겟의 발생 예

2.3.1 속력의 발생에 관한 확률밀도분포도

속력을 발생시키기 위해서 속력의 발생 구간을 5-20kts로 정하였다. Fig. 2-2에서 보는 바와 같이 총 사상의 수는 16,000회이며 각 속력별로 확률밀도분포를 나타내보면 일양분포임을 알 수 있다. 즉 속력은 5kts에서 20kts사이의 분포로 골고루 발생된 것을 볼 수 있다.

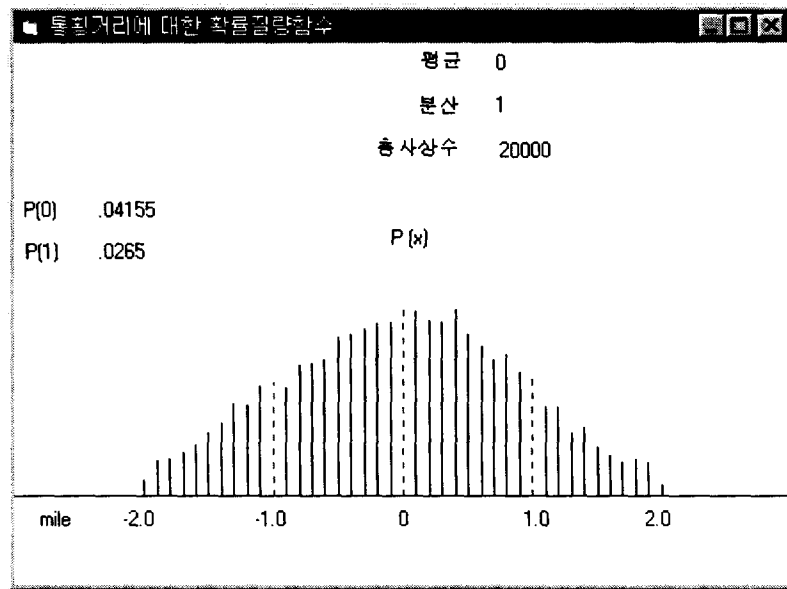


Fig. 2-3 통행 거리에 대한 확률밀도함수

2.3.2 통행 거리에 관한 확률밀도분포도

통행거리의 분포는 직선항로의 경우 일반적으로 정규분포임이 알려져 있다. 즉 항로의 중앙선을 기준으로 가장 많은 선박이 통과하며, 가장자리의 경우 선박의 통행이 드문 경우이다. 본 연구에서는 항로의 폭을 대략 4마일로 정하여 계산하였다. 계산 결과 Fig. 2-3에서 보는 바와 같이 항로의 중앙에 상대선박의 통행이 집중됨을 알 수 있다. 항로 중앙을 0으로 기준 잡고 우측은 양수, 좌측은 음수로 삼았다.

실제 레이더 시뮬레이터상에서는 이와 같이 결정되는 상대선박의 통행 거리를 이용하여 본선이 항로상에 위치한 점을 기준으로 항로 중앙이면 마주치는 선박이 집중되게 프로그램화하였다 따라서 항로의 왼쪽을 본선이 통과하고 있다면 당연히 본선의 오른쪽으로 통과하는 선박이 많게 될것이다. 즉 항로 상에서 본선의 위치에 따라 상대선박의 출현은 상대적으로 변화하게 된다.

2.3.3 상대선박의 통과시간 간격

상대선박의 통과 시간 간격은 지역 및 해역에 따라 그리고 시간대별로 많은 차이가 있다. 본 연구에서는 부산항을 입출항하는 선박의 경우를 예로 하여 계산하였다. 연구[5]에 의하면 부산항의 입출항하는 선박의 평균 시간 간격은 97년 7월 25일부터 7월 30일의 경우 시간당 평균 14.7척이 통과한다고 조사된 바 있다. 이 수치를 예로 하여 계산한 결과가 Fig. 2-3과 같다.

3. 결론

본 연구에서는 레이더 시뮬레이터에 등장하는 상대선박의 발생방법으로 종래의 시나리오 방식 대신 확률분포이론을 이용한 방법을 제안하고 이를 적용하고 그 결과를 분석해 보았다. 그 결과 설정한 값에 따라 랜덤함수에 의해 도출된 상대선박의 속력, 통행거

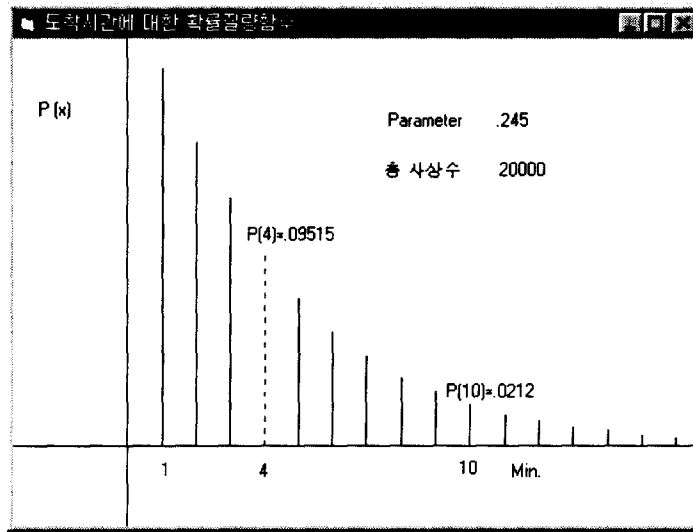


Fig. 2-4 상대선박의 도착시간에 대한 확률질량함수

리, 도착시간간격 등이 시나리오 방식에서 발생되던 규격화된 방식에서 벗어남을 알 수 있었고, 또한 그것들이 불규칙하게 발생되면서도 내면으로는 미리 설정해 둔 분포에 충실함을 확인할 수 있었다. 따라서 특정 해역의 상황에 부합한 분포값을 사용자 임의로 변경하면 보다 현장감있는 시뮬레이션을 수행하는데 도움이 될 것으로 사료되며, 한정된 시나리오에서 벗어나 돌발적인 상황재현이 가능함을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 논의한 선박운동의 결정 요소인 속력, 통행거리, 상대선박의 도착시간간격들 중에서 실제 데이터를 기준으로 한 것은 상대선박의 도착시간간격뿐이다. 이는 그동안 국내 선박통항 및 운동을 수치적으로 뒷받침할 만한 연구 및 보고가 많지 않았기 때문이며, 앞으로 해상 교통의 실제 데이터를 조사, 데이터 베이스화하여 이용한다면 더욱 현실에 가까운 시뮬레이션 구현이 가능할 것으로 생각된다.

상대선박의 움직임과 본선과의 상호 대응 관계와 같은 현실 세계에서 자주 벌어지는

상호 피항 동작 등을 반영하여 보다 현실감 있는 시뮬레이션이 될 수 있도록 할 필요가 있으며 이는 앞으로 과제중 하나이다.

참고문헌

1. 廣田 實 外 4人, “確率を用いたレーダシミュレータの試作”, 神戸商船大學紀要 第29號, 昭和 56年, pp. 21-35
2. 原, 船舶交通の統計的特性-I (水路上の船の隻數および間隔), 日本航海學會論文集, 35 (昭41), pp77-83
3. 井上, 直線航路における航跡分布のモデル化と航路分離に関する一考察, 日本航海學會論文集, 56 (昭52), pp103-105
4. 김재연, “컴퓨터 시뮬레이션”, 박영사, pp.134, pp203, 1995
5. 朴榮守, “釜山港 接近 水域의 航路 指定에 관한 調査, 研究”, 韓國海洋大學校 大學院, 1998, pp55-65