

수중 표적 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템 설계 및 개발

박영만* · 신성철**

*해군사관학교

Simulation System Design and Development for Search Strategy Analysis of Under Water Target

Young-man Park* · Seoung Chul Shin**

*Korea Naval Academy

E-mail : ymanpak@pusan.ac.kr

요 약

해군에서는 소나를 이용하여 수중 표적을 효과적으로 탐색하기 위한 소나운용전술을 개발하기 위해 노력하고 있다. 효율적인 소나운용전술 개발을 위해서는 먼저 다양한 운영전술에 대한 효과도를 분석할 수 있는 시뮬레이션 시스템이 필요하다. 시뮬레이션 시스템은 해양환경 정보, 자함 정보, 소나 정보, 그리고 수중표적의 정보를 매개변수로 입력받아 운영전술에 대한 시뮬레이션을 수행하며, 시뮬레이션의 진행에 따른 다양한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 다양한 환경에서 수중표적에 대한 함정의 최적 탐색 전략을 평가할 수 있는 탐색효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 설계 개발하였다. 시뮬레이션 시스템은 다양한 형태의 해양상태를 반영할 수 있도록 소나방정식 및 탐지확률곡선을 이용하여 개발되었으며, 표적의 실제적인 행동패턴을 고려하여 여러 가지 형태의 기동 패턴을 시스템에 묘사하였다. 개발된 시스템은 앞으로 수중표적에 대한 효율적인 소나운용전술을 개발하고 발전시키는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드

Hull Mounted Sonar(HMS, 소나), Simulation(시뮬레이션), Target Search(표적탐색)

I. 서 론

오늘날 수상함은 다양한 무기체계를 탑재하여 대공, 대함, 대잠 작전을 수행하고 있다. 그중에서도 선체 고정형 소나(Hull Mounted Sonar, HMS)는 수중세력의 탐지를 위한 가장 효과적인 장비로서 수상함의 대잠능력은 소나를 얼마나 효율적으로 이용하느냐에 따라 결정된다고 할 수 있다. 따라서 선진해군에서는 소나운용의 효율을 극대화하기 위하여 다양한 연구와 실험이 이루어지고 있다. 그러나 이러한 연구결과는 대부분 극비사항으로 취급되기 때문에 소나 운용전술의 중요성에 비해 공식적으로 알려진 소나 운용전술은 찾아보기 힘들다[1]. 따라서 효율적인 소나운용전술을 직접 개발하기 위해서는 먼저 수상함의 다양한 소나운용전술의 효과도를 분석할 수 있는 시스템이 필요하다[2][3]. 이를 바탕으로 다양한 종류의 HMS 운용전술들을 검증해 볼 수 있는 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템을 개발하여 소나

운용전술의 효율성을 검증하고자 한다. 시뮬레이션 시스템은 해양환경 정보, 자함 정보, 소나 정보, 그리고 적 잠수함의 정보를 매개변수로 입력받아 시뮬레이션을 수행하며, 시뮬레이션의 진행에 따른 다양한 정보를 제공할 수 있어야 한다 [4]. 또한, 잠수함의 특성들을 고려하고 우리나라 해안의 해저 지형들을 고려하여 대잠 환경을 분석하여, 실제적인 대잠 탐지확률을 산출할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 실제적인 해양 환경을 고려하여 다양한 소나운용전술을 평가할 수 있는 대잠 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템을 설계하고 개발하였다.

II. 시스템 분석 및 설계

가. 표적탐색 시나리오

효과도 분석용 시뮬레이션 시스템은 HMS가

장착된 수상함의 적의 침투가 예상되는 지역에 대하여 대잠 탐색작전을 수행하는 것을 기본 시나리오로 선정하여 시뮬레이션 시스템을 설계하였다. 시뮬레이션 시스템은 여러 가지 탐색패턴에 대하여 탐색작전이 가능해야하며, 임의로 주어지는 탐색작전 즉, 탐색경로, 속도, 변침 등 사전에 주어진 탐색작전을 수행할 때 적 잠수함을 탐지할 확률을 구할 수 있도록 하였다. 또한, 적 잠수함은 정지해 있거나, 미리 주어진 경로와 속도로 움직이는 경우와 임의(Random)의 방향과 속도로 움직이는 경우에서도 탐지확률을 구하도록 설계하였다.

나. 시뮬레이션 시스템 구성도

보다 정확한 대잠 탐지확률을 산출하기 위하여 수심 등 해양환경 특성과 능동형 소나의 설계에 필요한 여러 가지 설계 파라미터, 대잠 탐색패턴 등 다양한 고려사항이 반영될 수 있는 시뮬레이션 시스템이 요구된다. 시스템의 요구사항을 바탕으로 설계된 시뮬레이션 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 시뮬레이션 시스템은 중요 객체(Object)에 대하여 CSIM이라는 시뮬레이션 엔진을 이용하여 시뮬레이션을 수행하며 시뮬레이션 수행에 필요한 데이터는 DB나 텍스트파일을 이용하여 데이터를 받으며 시뮬레이션 결과는 화면으로 제공하거나 저장장치에 저장하여 보고서 형태의 출력이 가능하도록 시스템을 설계하였다.

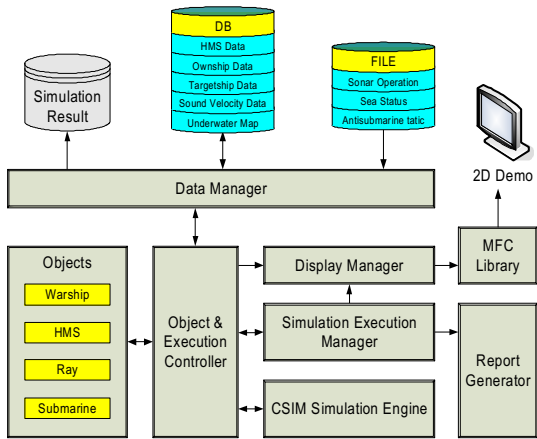


그림 1. 시뮬레이션 시스템 구성도

다. 표적탐색 시뮬레이션 시스템 분석

본 연구에서는 객체지향 시스템 개발 방법론에 적합한 분석 tool 로 Rational Rose를 선정하여 과제를 수행하였다. 그림 2, 3, 4에서 보는 바와 같이 Rational Rose를 통해 여러 가지 다이어그램들을 이용하여 시뮬레이션 시스템을 분석하였다.

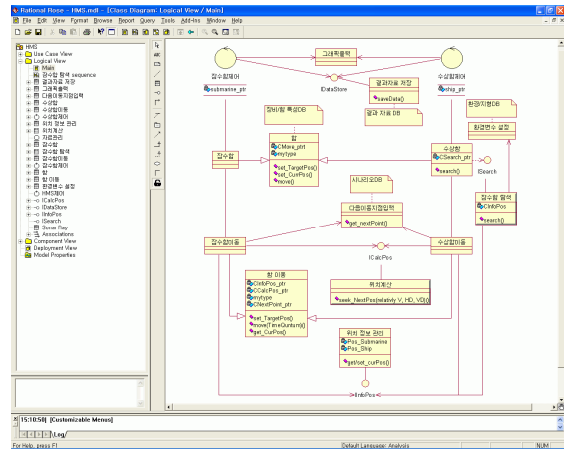


그림 2. 시스템 구성도

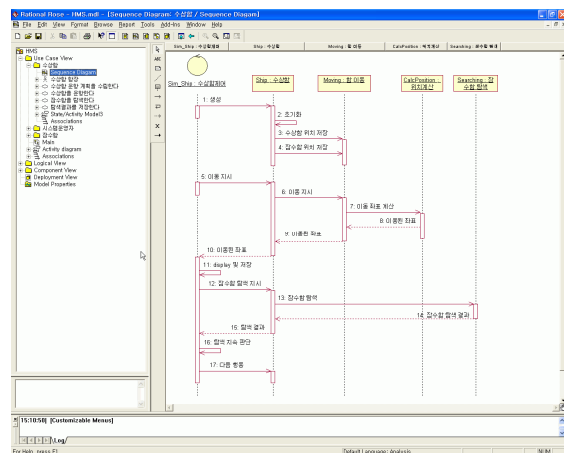


그림 3. Sequence Diagram

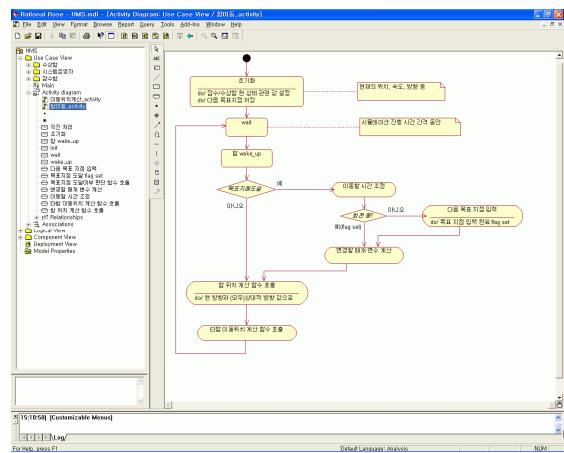


그림 4. Activity Diagram

III. 시뮬레이션 시스템 개발

가. 시스템 개발환경

소나운용전술의 효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 구현하기 개발환경은 다음과 같다. 시스템 구현을 위해 개발언어는 Visual C++와 시뮬레이션 수행기인 CSIM를 이용하여 시뮬레이션 시스템을 구현하였다. 또한 시나리오 데이터, 실패역 데이터, 그리고 실행결과 로그 데이터를 저장하기 위한 DBMS로 Access를 사용하여 개발하였다.

나. 해양환경

개발된 시뮬레이션 시스템에는 다양한 형태의 환경요인들을 반영하기 위하여 능동형 소나방정식을 이용하는 방법과 보다 일반화된 형태의 탐지확률곡선(Lateral Range Curve)도 사용할 수 있도록 개발하였다. 탐지확률곡선은 실제 해양환경을 확률적인 탐지확률을 사용함으로써 그 특성을 반영하여 통계적인 분석을 수행할 수 있도록 개발 하였다. 본 연구에서 사용된 탐지확률곡선은 다음과 같은 형태를 가지는 탐지확률곡선식을 사용하였다.

$$P(d) = \exp[-2(\frac{d}{\alpha d_{max}})^2] \times \alpha \quad \text{식(1)}$$

$P(d)$: 탐지확률

d : 탐색함과 표적과의 거리

d_{max} : SONAR의 최대 탐지거리

α : 탐색환경계수, 함정 및 해양 특성의 영향에 따른 가중치 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

식(1)은 HMS의 최대탐지거리, 탐색함과 표적과의 거리, 탐색환경계수를 식별하여 만든 탐지확률곡선식이다. 탐지확률곡선의 대략적으로 그림5와 같은 형태를 이룬다.

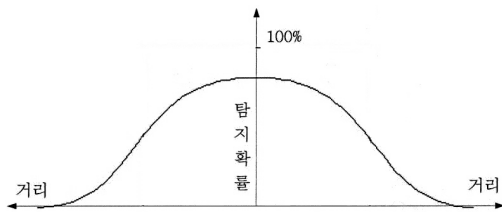


그림 5. 탐지확률곡선(Lateral Range Curve)

다. 표적의 기동

표적(잠수함)의 여러 가지 기동형태를 시뮬레이션 시스템에 구현하였다. 먼저 잠수함이 기동을 하지 않고 임의의 위치에 정지해 있는 경우와 잠수함이 수상함과는 무관하게 임의의 방향으로 기동하는 경우, 그리고 수동형 소나를 장착한 표적의 일반적인 특성을 반영하여 잠수함이 수상함을 탐지시 미리 회피기동 형태 등 잠수함의 세 가지 기동형태를 시뮬레이션 시스템에 묘사하였다.

라. 표적의 탐지

표적의 최초 침로는 임의방향(random)으로 설정하며, 탐색함을 접촉시 표적은 회피 침로로 이동한다. 회피 후 탐색함이 다시 탐지되면 다시 회피 침로를 계산하여 이동한다. 표적 탐지 여부 판단방법은 표적을 일정기간 연속해서 접촉할 때를 표적을 탐지한 것으로 가정 하였으며 본 연구에서는 연속 3회 접촉시 표적을 탐지한 것으로 가정하였다.

마. 시스템 개발

HMS 운영전술의 효과도를 분석하기 위하여 표적의 위치를 대략적으로 알고 있는 경우와 관측이나 보고 등에 의해 표적의 최종위치(Datum)를 정확히 알고 있는 두 가지 경우로 구분하여 다양한 탐색패턴을 시뮬레이션 할 수 있도록 시스템을 구현하였다. 그림 6과 그림7은 개발된 시뮬레이션 시스템의 초기화면 및 탐색실행화면을 보여주고 있다.

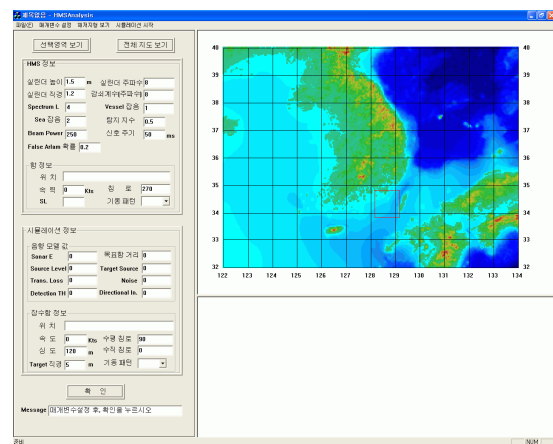


그림 6. 시뮬레이션 시스템 초기화면

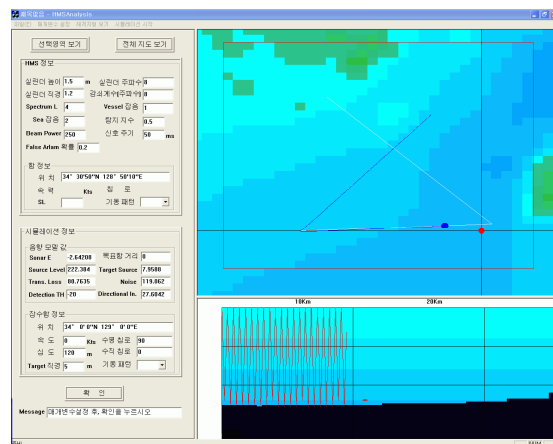


그림 7. 시뮬레이션 탐색실행화면

바. 시스템 검증

탐지확률곡선을 이용한 효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 검증하기 위하여 고정된 표적에 대하여 M자등 여러 가지 탐색패턴의 이론적인 탐지확률과 시뮬레이션 시스템을 이용한 탐지확률과의 관계를 분석함으로써 개발된 시뮬레이션 시스템의 유용성을 검증하였다. 검증에 사용된 수식은 식(2)와 같다[5].

$$P(d) = 1 - \exp\left[-\frac{WL}{A}\right] \quad \text{식(2)}$$

W : 탐색폭 (9,260m)
 L : 총 탐색거리 (탐색속도 x 탐색시간)
 A : 총 면적((70NM x 1852m)²)

표 1. 시뮬레이션 시스템의 유용성검증 결과

| 탐색패턴 | FOC | 이론적인 탐지확률값 | 시뮬레이션 실험값 |
|----------------|-----|------------|-----------|
| M자형 탐색 | 30 | .846 | .973 |
| 3자형 탐색 | 30 | .846 | .975 |
| 4자형 탐색 | 30 | .541 | .544 |
| 임의 탐색 (Random) | 20 | .698 | .609 |

여러 가지 탐색패턴을 이용하여 개발된 시뮬레이션 시스템의 유용성을 검증하는 실험을 수행한 결과, 표 1과 같이 이론적인 확률 값과 실제 시뮬레이션 실험값이 유사하게 나타나 개발된 시뮬레이션 시스템은 실제 시스템을 특성을 잘 표현해 주고 있는 것으로 판단되었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 다양한 해양상황에서 시뮬레이션 실험을 통하여 HMS 탑재 함정의 최적 탐색 전략을 평가할 수 있는 탐색효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 설계 개발하였다. 개발된 시뮬레이션 시스템은 다양한 형태의 해양환경에서 보다 효과적인 HMS 운영전술을 평가 할 수 있는 기반을 제공하였다. 향후 이를 통하여 고정형소나(HMS)의 체계적이고 효율적인 대잠전 운용전술을 개발하고 발전시키는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] William S. Burdis., 1991, Underwater Acoustic System Analysis, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey
 [2] 해군본부, 1985, 대잠전 연구보고서
 [3] 해군본부, 2007, 소나의 원리와 실무응용
 [4] 김문환, 서주노, 2008, 유전자 알고리즘을

이용한 HMS 기반 최적 탐색 패턴 개발, 제 7회 해양무기 학술대회, pp. 53

[5] Annapolis, 1997, Naval Operations Analysis, Naval Institute Press, Maryland