
수중 표적 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템 설계 및 개발

박영만* · 신성철**

Simulation System Design and Development for Analysis of the Search Strategy for Underwater Targets

Young-Man Park* · Seoung-Chul Shin**

이 논문은 국방과학연구소 연구비 지원에 의해 수행된 연구임(연구용역-UD060010DD)

요 약

해군에서는 수중 표적을 효과적으로 탐색하기 위한 소나운용전술을 개발하기 위해 노력하고 있다. 효율적인 소나운용전술 개발을 위해서는 먼저 다양한 소나운영전술에 대한 효과도를 분석할 수 있는 시뮬레이션 시스템이 필요하다. 시뮬레이션 시스템은 해양환경 정보, 자함 정보, 소나 정보, 그리고 수중표적의 정보를 매개변수로 입력받아 소나운용전술에 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 소나방정식 및 탐지확률곡선을 이용할 수 있도록 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.

ABSTRACT

The Navy is trying to develop a sonar-operation strategy that efficiently searches for underwater targets. To develop an efficient sonar-operation strategy, a simulation system, which can analyze the efficiency of various operation strategies, is needed. The simulation executes the strategical operation by collecting information of sea environment, destroyer, sonar, and target. Also, it should be able to provide diverse information according to its progression. In this study, the simulation system that can evaluate and analyze the effectiveness of the search strategy for underwater targets in different environments was designed and developed. The simulation system was developed, utilizing the sonar equation and the lateral-range-curve, and it portrays many patterns of realistic movements of a target. This system will contribute to developing and improving efficient sonar-operation strategies to find underwater targets in the future.

키워드

소나(HMS), 수중표적탐색, 탐색패턴, 시뮬레이션, 효과도 분석

Key word

Hull Mounted Sonar, Underwater Target Search, Search pattern, Simulation, Effect Analysis

* 해군사관학교 국방경영학과

** 해군사관학교 전산학과

접수일자 : 2009. 09. 09

심사완료일자 : 2009. 11. 06

I. 서 론

오늘날 수상함은 다양한 무기체계를 탑재하여 대공, 대함, 대잠 작전을 수행하고 있다. 그중에서도 선체고정형소나(Hull Mounted Sonar, HMS)는 수중세력의 탐지를 위한 가장 효과적인 장비로서 수상함의 대잠능력은 소나의 성능 및 운용 능력에 따라 결정된다고 할 수 있다. 따라서 선진해군에서는 소나운용의 효율을 높이기 위한 다양한 연구와 실험이 이루어지고 있다[1]. 그러나 이러한 연구결과는 대부분 극비사항으로 취급되기 때문에 소나 운용전술의 중요성에 비해 공식적으로 알려진 소나 운용전술은 찾아보기 힘들다. 따라서 국내에서도 효율적인 소나운용전술을 직접 개발하기 위한 다양한 연구를 수행하고 있다. 특히, 수상함의 여러 가지 소나운용전술에 대한 효과도를 분석할 수 있는 효과도 분석시스템이 가장 우선적으로 연구되어야 할 분야이다[2]. 따라서 본 연구에서는 다양한 종류의 HMS 운용전술들을 검증해 볼 수 있는 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템을 개발하여 소나운용전술의 효용성을 검증하고자 한다. 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템은 해양환경 정보, 자함 정보, 소나 정보, 적 잠수함의 정보 등을 매개변수로 입력받아 시뮬레이션을 수행하며[3], 시뮬레이션의 진행에 따른 다양한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 또한, 잠수함의 특성들을 고려하고 우리나라 해안의 해저 지형들이 고려된 실제적인 대잠 탐지확률을 산출할 수 있어야 한다[4]. 본 연구에서는 실제적인 해양환경을 고려하면서 다양한 소나운용전술을 평가할 수 있는 대잠 탐색전술 분석용 시뮬레이션 시스템을 설계하고 개발하였다.

II. 본 론

2.1 표적탐색 시나리오

효과도 분석용 시뮬레이션 시스템은 HMS가 장착된 수상함이 적의 침투가 예상되는 지역에 대하여 대잠 탐색작전을 수행하는 것을 기본 시나리오로 선정하여 설계하였다. 시뮬레이션 시스템은 여러 가지 탐색패턴에 대하여 탐색작전이 가능해야하며, 임의로 주어지는 탐색작전 즉, 탐색경로, 속도, 변침 등이 주어지면 탐색작

전을 수행하여 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.

2.2 시뮬레이션 시스템 구성도

보다 정확한 대잠 탐지확률을 산출하기 위하여 시뮬레이션 시스템은 수심 등 해양환경 특성과 능동형 소나와 관련된 여러 가지 파라미터, 대잠 탐색패턴 등 다양한 고려사항이 반영될 수 있어야 한다. 시스템의 요구사항을 바탕으로 본 연구에서 설계한 시뮬레이션 시스템의 구성도는 그림1과 같다. 시뮬레이션 시스템은 중요 객체(Object)에 대하여 CSIM18 시뮬레이션 엔진을 이용하여 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 수행에 필요한 데이터는 DB나 텍스트파일을 이용하여 데이터를 받으며 시뮬레이션 결과는 화면으로 제공하거나 저장장치에 저장하여 보고서 형태의 출력이 가능하도록 시스템을 설계하였다.

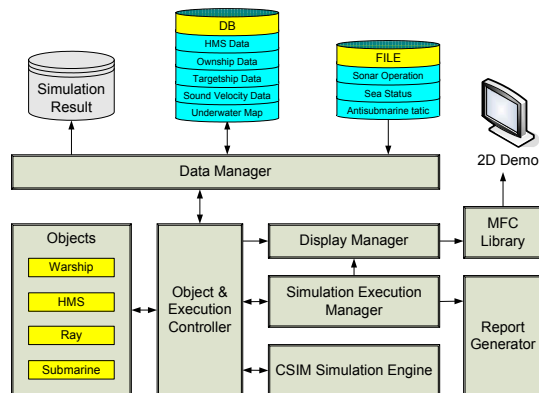


그림 1. 시뮬레이션 시스템 구성도
Fig. 1 Structure of simulation system

2.3 표적탐색 시뮬레이션 시스템 분석 및 설계

본 연구에서는 객체지향 시스템 개발 방법론에 적합한 분석 툴로 Rational Rose를 이용하였으며, 그림 2, 3, 4에서 보는 바와 같이 Rational Rose를 통해 여러 가지 다이어그램들을 이용하여 시뮬레이션 시스템을 분석하고 설계하였다.

III. 시뮬레이션 시스템 개발

3.1 시스템 개발 환경

소나운용전술의 효과도 분석용 시뮬레이션 시스템 개발환경은 다음과 같다. Visual C++와 시뮬레이션 수행 기인 CSIM18 이용하여 시뮬레이션 시스템을 구현하였다. 또한 시나리오 데이터, 실행역 데이터, 그리고 실행 결과 로그 데이터를 저장하기 위한 DBMS로 MS Access를 사용하였다.

3.2 해양 환경

시뮬레이션 시스템은 다양한 형태의 해양환경요인들을 반영하기 위하여 능동형 소나방정식으로 식(1)을 사용하였다.

$$SNR = (SL + DI) - 2 \times TL + TS - BN \quad \text{식(1)}$$

SNR : 소나 초과신호(dB)

SL : 음원강도(Source Level, dB)

DI : 수신방향 지수(Directivity Index, dB)

TL : 전달손실(Transmission Loss, dB)

TS : 표적 음원 강도(Target Strength, dB)

BN : 배경소음(Background Noise, dB)

또한, 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 개발하였다. 본 연구에서는 탐지확률곡선식으로 식(2)을 사용하였다.

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

$P(d)$: 탐지확률

d : 탐색거리와 표적과의 거리

d_{max} : SONAR의 최대 탐지거리

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

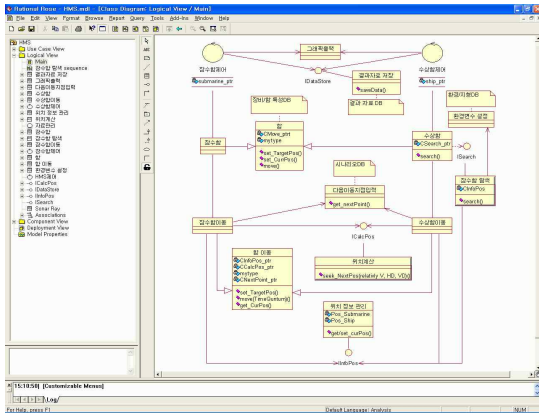


그림 2. 시뮬레이션 시스템 설계
Fig. 2 Design of simulation system

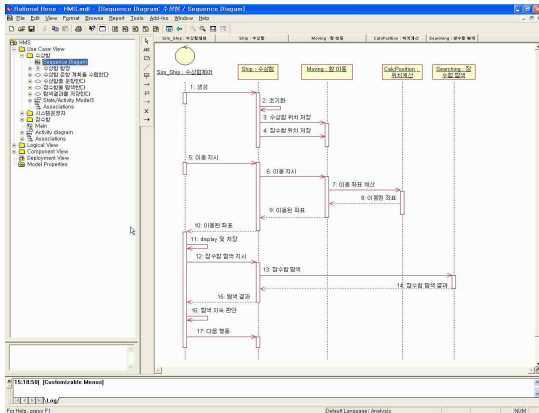


그림 3. 시퀀스 다이어그램
Fig. 3 Sequence diagram of system

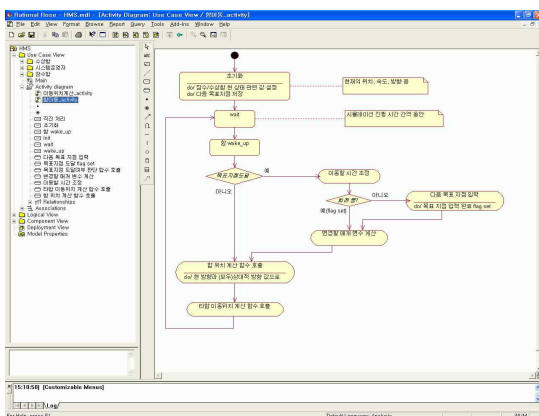


그림 4. 활동 다이어그램
Fig. 4 Activity diagram of system

식(2)는 HMS의 최대탐지거리, 탐색함과 표적과의 거리, 탐색환경계수를 식별하여 만든 탐지확률곡선식이다. 탐지확률곡선식은 대략적으로 그림5와 같은 형태를 이룬다.

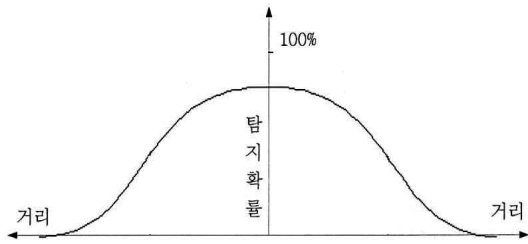


그림 5. 탐지확률곡선
Fig. 5 Lateral range curve

3.3 표적의 기동

표적(잠수함)의 정확한 기동형태는 잠수함 운용전술에 따라 다양하게 나타나게 되어 예측하기 어려운 부분이다. 본 연구에서는 잠수함의 기동형태를 크게 세 가지로 시뮬레이션 시스템에 묘사하였다. 먼저 잠수함이 기동을 하지 않고 임의의 위치에 정지해 있는 경우와 잠수함이 수상함과는 무관하게 임의의 방향으로 기동하는 경우이다. 또한 수동형 소나를 장착한 표적의 일반적인 특성을 반영하여 잠수함이 수상함을 탐지시 수상함 진행 방향의 90도로 회피기동을 하는 경우를 함께 묘사하였다.

3.4 표적의 탐지

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

3.5 시뮬레이션 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 시뮬레이션할 수 있도록 시스템을 구현하였다. 그림 6과 그림7은 개발된 시뮬레이션 시스템의 초기화면 및 탐색실행화면을 보여주고 있다.

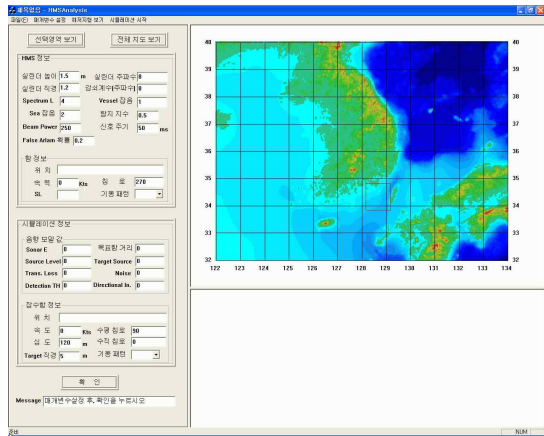


그림 6. 시뮬레이션 시스템 초기화면
Fig. 6 Initial window of simulation system

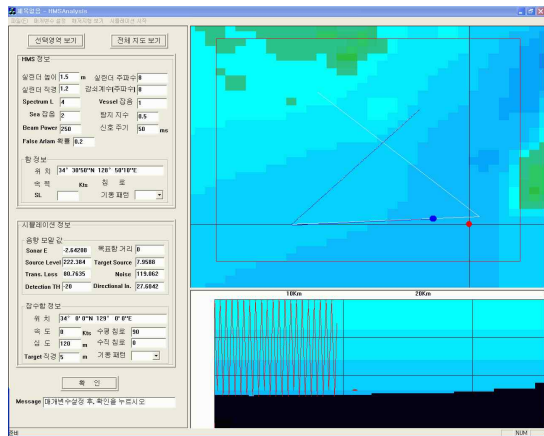


그림 7. 시뮬레이션 탐색 실행화면
Fig. 6 Execution window of simulation system

3.6 시스템 검증

탐지확률곡선을 이용한 효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 검증하기 위하여 그림8과 같이 M자, 3자, 4자, 임의(random)의 네 가지 탐색패턴을 사용하였다. 네 가지 탐색패턴에 대하여 이론적인 탐지확률과 시뮬레이션 시스템을 이용한 탐지확률과의 유사성을 분석함으

로써 개발된 시뮬레이션 시스템의 유용성을 검증하였다. 시뮬레이션 시스템 검증에 사용된 탐지확률식[5]은 식(3)와 같다.

$$P(d) = 1 - \exp\left[-\frac{WL}{A}\right] \quad \text{식(3)}$$

W : 탐색폭 (9,260m)

L : 총 탐색거리 (탐색속도 x 탐색시간)

A : 총 면적((70NM x 1852m)²)

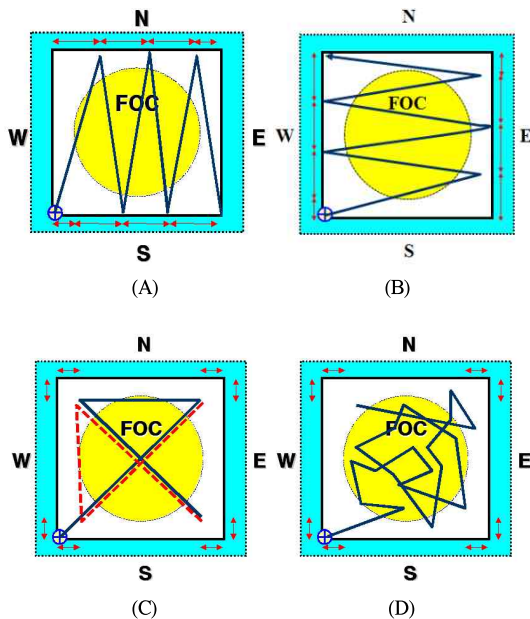


그림 8. 시스템 검증용 탐색 패턴
 (a) Type M (B) Type 3 (C) Type 4 (D) Type random
 Fig. 8 Searching patterns for validation of system
 (a) Type M (B) Type 3 (C) Type 4 (D) Type random

표 1은 그림 8의 네 가지 탐색패턴을 이용하여 개발된 시뮬레이션 시스템의 유용성 검증실험을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 표 1에서 이론적인 탐지확률과 실제 시뮬레이션 500회 반복실험을 통한 탐지확률이 유사하게 나타나 개발된 시뮬레이션 시스템은 실제 시스템을 특성을 잘 표현해 주고 있는 것으로 판단되었다.

표 1. 시뮬레이션 시스템의 유용성 검증 결과
 Table. 1 Validation result of simulation system

탐색패턴	FOC*	이론적인 탐지확률	시뮬레이션 탐지확률
M자형 탐색	30	.846	.973
3자형 탐색	30	.846	.975
4자형 탐색	30	.541	.544
임의 탐색 (Random)	20	.698	.609

*FOC(Furthest on Circle: 표적이 위치할 최대범위)

IV. 결 론

본 연구에서는 다양한 해양상황에서 HMS 탑재 함정의 최적 소나운용 전략을 평가할 수 있는 탐색효과도 분석용 시뮬레이션 시스템을 설계 개발하였다. 개발된 시스템은 여러 가지 탐색패턴을 사용하여 검증함으로써 효과적인 HMS 운영전술을 평가할 수 있는 기반을 제공하였다. 향후 이를 통하여 HMS의 체계적이고 효율적인 대잠전 운용전술을 개발하고 발전시키는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 “대잠효과도 분석을 위한 HMS 운용전술에 관한 연구(연구용역-UD060010DD)”의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구입니다.

참고문헌

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

- [4] 김문환, 서주노, “유전자 알고리즘을 이용한 HMS 기
반 최적 탐색 패턴 개발”, 제 7회 해양무기 학술대회,
pp. 53, 2008.
- [5] Annapolis, Naval Operations Analysis, Naval Institute
Press, Maryland, 1997.

저자소개



박영만(Young-Man Park)

부산대학교 산업공학과 공학석사
부산대학교 산업공학과 공학박사
현, 해군사관학교 국방경영과학과
조교수

※ 관심분야: 시뮬레이션, 생산관리, 물류시스템



신성철(Seung-Chul Shin)

전남대학교 전산통계학과 공학석사
전남대학교 전산통계학과 공학박사
현, 해군사관학교 전산과학과
부교수

※ 관심분야: 트랜잭션관리, 이동컴퓨팅, M&S