

잠수함의 표적기동분석 시물레이션을 위한 전술처리기의 구현

조두연¹ · 손명조^{2†} · 차주환² · 이규열³ · 김태완³ · 고흥석⁴

Implementation of a tactic manager for the target motion analysis simulation of a submarine

Doo-Yeoun Cho · Myeong-Jo Son · Ju-Hwan Cha · Kyu-Yeul Lee · Tae-Wan Kim · Yong-Seog Ko

ABSTRACT

A tactic manager which can change the behavior of a simulation model according to the tactic definition file has been studied and implemented. Based on the DEVS(discrete event system specification) formalism, we generated a simulation model which is equipped with the interface to the tactic manager. To demonstrate the effectiveness of the tactic manager, a target motion analysis simulation of the warfare between a submarine and a surface ship is simulated.

Key words : Tactic manager, Target motion analysis, Submarine

요 약

본 연구에서는 시물레이션을 통하여 다양한 전술에 따른 효과를 예측할 수 있도록 모델과 분리된 전술처리기의 개념에 대해서 연구하였다. 테이블 방식으로 전술을 정의하고 이를 처리할 수 있는 전술처리기를 시험적으로 구현하였으며 잠수함 대 수상함 교전 시의 표적기동분석 시물레이션 예제에 적용하여 그 효용성을 검증하였다. 개발된 전술처리기를 이용하면 향후 전술이 변경되더라도 모델을 수정하지 않고 전술 정의 파일만 외부에서 수정하여 입력함으로써 원하는 시물레이션 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다.

주요어 : 전술처리기, 표적기동분석, 잠수함

1. 서 론

잠수함, 어뢰와 같은 수중운동체(underwater vehicles)는 개발에 막대한 예산과 시간이 소요되기 때문에 설계와 건조 시 겪을 수 있는 시행착오로 인한 개발위험성을 최소화하고 최적 설계를 수행하기 위하여 모델링 & 시물레이션을 통한 성능예측이 필수적이다. 또한, 이러한 수중운동체의 운용에 있어서 다양한 전술에 따른 효과를 예측하기 위해서도 모델링 & 시물레이션 기술이 필요하다.

1.1 전술처리기의 개념 및 필요성

현실세계에서는 함장의 결정에 의해 잠수함을 운용하지만 시물레이션에서는 사용자가 사전에 입력해놓은 명령, 전술 데이터에 따라서 모델이 동작하게 된다. 전술처리기(tactic manager)는 미리 입력한 전술에 따라서 모델이 동작방식을 동적으로 결정할 수 있도록 도와주는 역할을 담당한다.

전술처리기가 구현되어 있지 않은 시물레이션 모델의 경우, 동작순서나 전술을 모델 내부에 고정적으로 정의해야 하기 때문에 전술이 변경될 때마다 모델을 재작성 또는 수정해야 하는 문제점이 있다(그림 1).

이와는 달리 전술처리기는 전술을 외부에서 파일로 입력 받고, 입력된 전술을 분석하여 모델의 동작을 제어한다. 즉, 전술이 변경되어도 모델을 수정하지 않고 전술 정의 파일만 수정하여 다양한 시나리오를 시물레이션 할 수 있는 장점을 가지고 있다(그림 2).

2007년 8월 10일 접수, 2007년 9월 5일 채택

¹⁾ 목포대학교 선박해양시스템전공

²⁾ 서울대학교 조선해양공학과 대학원

³⁾ 서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소

⁴⁾ 국방과학연구소 제2체계본부

주 저 자 : 조두연

교신저자 : 손명조

E-mail: prokper3@snu.ac.kr

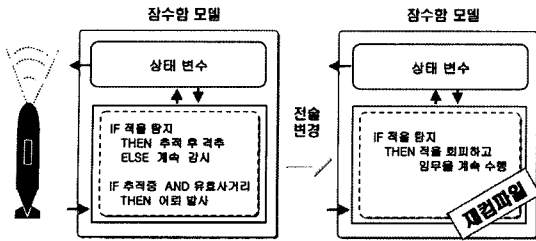


그림 1 모델 내부에 고정적으로 구현된 전술의 예

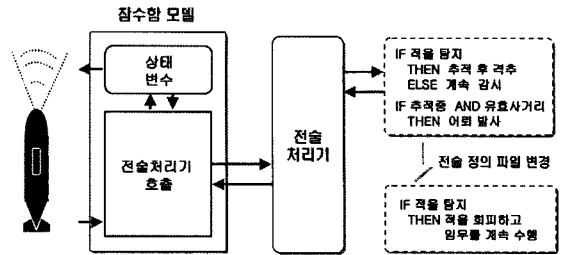


그림 2. 모델과 분리된 전술 및 전술처리기의 개념

1.2 논문의 구성

본 연구에서는 먼저 전술처리기의 개념에 대해서 연구하고 이를 바탕으로 모델과 분리된 전술처리기를 구현하였다. 시뮬레이션을 위한 모델은 DEVS 형식론(discrete event system specification formalism)^[1,5,6]을 이용하여 구현하였으며 전술처리기와 모델사이 에 속성 값을 주고받기 위한 인터페이스를 추가하였다. 전술정의방법으로는 전술처리기의 구현을 간단히 하기 위해서 테이블 형식을 채택하였다. 구현된 전술처리기를 검증하기 위해서 잠수함과 수상함 교전 시의 표적기동분석(target motion analysis) 시뮬레이션에 적용하여 그 효용성을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전술처리기의 개념을 적용할 잠수함 대 수상함 교전 시의 표적기동분석 시뮬레이션 시나리오를 설명하고, 3장에서는 전술처리기의 개념과 동작원리에 대하여 설명하고 4장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 보여주고 결과의 활용방안에 대하여 토의한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

2. 잠수함 대 수상함 교전시뮬레이션

본 연구에서는 우리나라가 보유중인 209급 디젤 잠수함을 시뮬레이션 대상으로 가정하였다. 209급 잠수함은 상대적으로 짧은 항속거리와 특유의 정숙성으로 인하여 주로 연안 방책임무를 수행한다. 방책임무란 일정 구역을 정해진 패턴으로 움직이며 그 구역을 지나는 적함을 탐지하여 접근 후 공격하는 임무이다. 아 잠수함이 방책임무 도중, 적 수상함의 방사소음을 탐지하면 표적기동분석을 수행하여 적 수상함의 상대거리, 방향, 이동경로, 속도 등을 추정하며 동시에 목표 함정에 접근한다. 어뢰의 명중확률을 높이기 위해서 목표 함정과의 거리가 어뢰 최대 사거리의 절반 이하일 경우에 어뢰를 발사하며, 그렇지 않은 경우 목표 함정에 더 접근하여 발사한다. 본 연구에서 적 수상함은 수송선과

같이 잠수함을 탐지할 수 있는 소나체계를 가지고 있지 않거나 탐지할 수 있더라도 잠수함에 대응공격을 하지 않는다고 가정하였다.

2.1 표적기동분석

잠수함은 목표물을 탐지하기 위해서 능동소나(active sonar) 또는 수동소나(passive sonar)를 탑재한다. 능동소나는 탐지음파를 발사한 후 물체에 반사되어 돌아오는 신호를 감지하여 목표물의 방향과 거리를 쉽게 알아낼 수 있다. 그러나 탐지음파로 인하여 자신의 위치가 적에게 노출될 수 있기 때문에 은밀함이 요구되는 잠수함의 특성상 평상시에는 잘 사용하지 않는다. 수동소나는 목표물에서 자연적으로 방사되는 소음을 탐지하여 적의 방향을 측정할 수 있는 체계로서 적을 공격하기 위해서는 표적기동분석을 통하여 목표물의 방향뿐만 아니라 거리를 추정할 수 있어야 한다.

표적기동분석이란 수상 또는 수중 목표물의 운동학적인 상태를 추정하는 방법을 의미한다^[2,3] 표적기동분석을 통해 얻을 수 있는 목표물의 운동학적 상태는 상대거리, 방향, 이동경로, 속도 등으로 이를 정확하게 추정하기 위해서는 최소한 2번 이상의 기동이 필요하다. 이때 목표물의 방향은 표적기동분석에서 표적방위(bearing)라고 하는데 관측자가 바라본 목표물의 방향을 북쪽을 0°로 하는 방위각으로 나타낸 것이며, 기동구간(leg)이란 일정한 방향으로 일정 속도를 유지하며 직진 운동하는 구간을 의미한다^[2,4].

그림 3과 같이 잠수함이 P₁, P₂, P₃으로 기동할 때, 수동소나를 이용하여 측정된 목표물의 방향을 화살표 b₁, b₂, b₃로 표시하자. 표적기동분석에서는 목표물이 진행방향을 변경하지 않고 일정한 속도로 직진한다고 가정한다.그러면, 직선화살표로 표시된 목표물의 방위(bearing)와 방위 변화율(bearing rate)을 이용하여 목표물의 운동상태를 추정할 수 있다. 즉, S₁과 같이 잠수함으로부터 멀리 떨어져 있고, 느린 속도로 운동하는 이동경로를 해로 얻을 수도 있

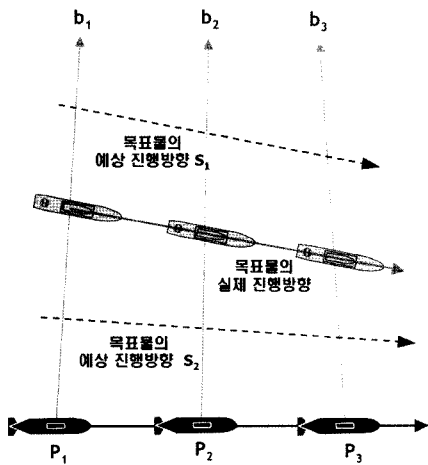


그림 3. 표적기동분석을 위한 첫 번째 기동

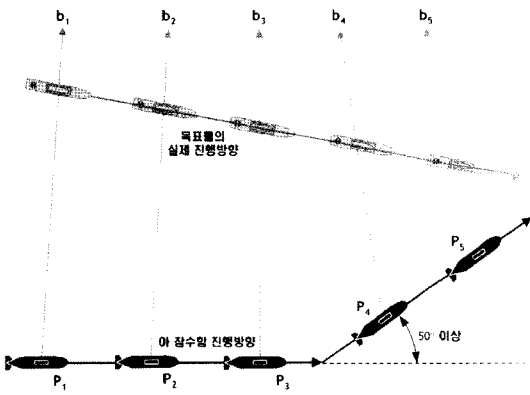


그림 4. 표적기동분석을 위한 두 번째 기동

고, S_2 와 같이 잠수함과 가까우며, 빠른 속도로 운동하는 이동경로를 해로 얻을 수도 있다. 즉, 한 번의 기동으로는 무수히 많은 표적기동분석의 해가 존재할 수 있다.

그렇기 때문에 유일한 표적기동분석 해를 얻기 위해서는 첫 번째 기동과는 다른 방향과 다른 속도로 기동해야 한다(그림 4). 일반적으로 이전 기동과 최소 50°이상 변침하여 2번 이상 기동할 때 가장 정확한 표적기동분석의 해를 구할 수 있다고 알려져 있다^[2].

2.2 기동의 종류

잠수함이 적 수상함의 상대거리, 방향, 이동경로, 속도 등을 추정하기 위하여 표적기동분석을 수행할 때 사용하는 기동의 종류를 정리하면 다음과 같다(그림 5).

① POINT 기동(Point Leg)

수동소나를 통해 탐지된 목표물 방향으로 침로를 변경

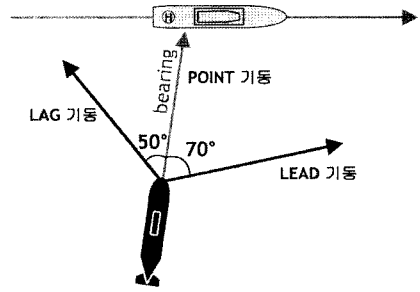


그림 5. 표적기동분석을 위한 기동의 종류

(변침)하여 직진하는 기동을 의미한다. 즉, 현재 목표물의 위치를 향하여 따라가는 기동이다. 목표물에 빠르게 접근하기 위해서 표적기동분석의 첫 번째 기동에 주로 사용된다.

② LEAD 기동(Lead leg)

목표함정보다 앞서나가는 기동으로서 목표함정과 아 잠수함과의 직선방향에서 목표함정의 진행방향 쪽으로 일정 각도만큼 변침하여 기동하는 것을 말한다. 통상 10분의 기동과정을 거치며 70°의 각도로 움직인다. LEAD 기동은 목표 함정과 아 잠수함 사이의 거리를 줄일 수 있는 장점이 있다.

③ LAG 기동(Lag leg)

목표함정보다 뒤쳐지는 기동으로 목표 함정과 아 잠수함의 직선방향에서 목표함정의 진행방향과 반대쪽으로 일정 각도만큼 변침하여 기동하는 것을 말한다. 통상 10분의 기동과정을 거치며 50°의 각도로 움직인다. LAG 기동은 목표 함정과 아 잠수함 사이의 거리가 가까운 경우 어뢰를 발사할 수 있는 적절한 공격 범위 및 각도 확보를 가능하게 해준다. 반면 아 잠수함에 비해 목표 함정의 속도가 빠를 경우 LAG 기동으로 인하여 아 잠수함이 더 빨리 뒤쳐지게 되어 목표 함정에 접근하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

잠수함은 위에서 설명한 POINT, LEAD, LAG 기동을 적절하게 조합하여 표적기동분석을 수행함으로써 적 수상함의 정확한 위치를 파악함과 동시에 어뢰를 발사할 수 있는 거리까지 접근해야 한다.

2.3 Submerged approach region

잠수함이 표적기동분석을 통하여 적 수상함의 정확한 위치를 파악했다더라도 어뢰의 최대사거리 안으로 거리를 좁히지 못한다면 목표물을 격침시킬 수 없다. 이를 위해서는 표적기동분석을 위한 기동을 마쳤을 때의 잠수함의 위치가 중요하다.

잠수함의 속도가 적 수상함보다 빠른 경우에 시간이 충분하다고 가정하면 잠수함은 자신의 현재의 위치와는 상관

없이 항상 적 수상함을 추적하여 어뢰의 최대사거리 내의 거리에 접근할 수 있다. 그러나 일반적으로 잠수함은 외부에 노출되지 않도록 2~8knot의 저속으로 방책임무를 수행하며 이에 비해 수상함은 20knot 정도의 빠른 속력으로 이동하므로 추격을 시작하는 잠수함의 초기위치에 따라서 적 수상함을 따라잡을 수 있는 지 여부가 이미 결정된다.

잠수함의 초기위치가 적 수상함을 따라잡아서 공격할 수 있는 영역에 존재하는 지 여부를 적절한 가정을 통하여 수식으로 정리한 것이 Submerged approach region(이하 SAR)이다. SAR은 아래와 같이 정의된다²⁾. 목표함정을 주위로 어뢰의 최대사거리를 지름으로 하는 원을 Torpedo Danger Zone(이하 TDZ)라고 정의하고 목표함정의 침로부터

$$\psi = \sin^{-1}(V_o / V_t),$$

(V_o = 아 잠수함 속도, V_t = 적 수상함 속도)

로 정의된 각도만큼 기울어져 있으며 TDZ에 접하는 접선을 Limiting Line Of Approach(LLOA)라고 정의한다. 그림 6과 같이 두 개의 LLOA와 TDZ를 경계로 가지는 열린 영역을 SAR이라고 정의한다. 표적기동분석을 마친 후 아 잠수함이 SAR 안에 있으면 적절한 기동을 통해 적 수상함을 따라잡아서 공격할 수 있지만 SAR 바깥쪽에 있다면 속도를 더욱 빠르게 변경하지 않고는 적 수상함을 따라잡을 수 없게 된다. 이를 이용하면 표적기동분석 후 잠수함의 초기 위치를 가지고 적 수상함의 공격 가능 여부를 판단할 수 있다.

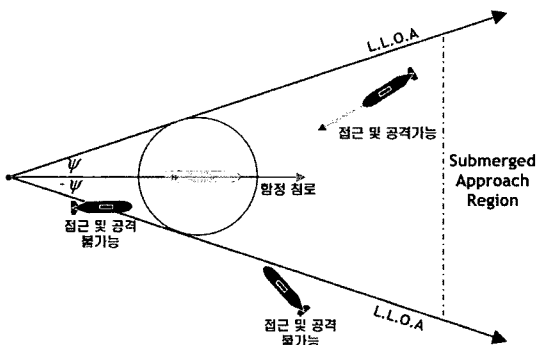


그림 6. Submerged approach region의 정의

2.3 표적기동분석 시뮬레이션 시나리오

시뮬레이션이 시작되면 아 잠수함은 일정한 경로를 따라서 이동하며 방책임무를 수행한다. 이때 잠수함은 2~8 knot 사이에서 랜덤하게 결정된 속도로 움직인다. 적 수상함은 10~24knot 사이의 일정 속도로 0°의 방향으로 직진한다. 적 수상함의 초기 위치는 수상함의 초기 속도에 따라 다르게 결정된다. 아 잠수함은 방책임무 도중 적 수상함을 수동소나를 통해 탐지하게 되면 적 수상함을 공격할 수 있도록 접근하면서 목표함정의 운동학적 상태를 분석하기 위해 표적기동분석을 수행한다.

본 연구에서 표적기동분석은 크게 세 번의 기동으로 이루어지며 마지막 기동이 종료되면 목표 함정과 거리, 위치, 함정의 속도와 진행방향을 알 수 있고 이때의 함정의 위치와 잠수함의 위치를 이용하여 잠수함이 접근하여 목표 함정을 공격할 수 있는 지 여부를 판단한다.

표적기동분석을 위한 기동순서를 결정하는 전술은 다음과 같다. 잠수함이 적 수상함을 탐지하면 5분간 POINT 기동을 수행한다. 이를 통하여 적 수상함의 방위의 변화율(bearing rate)이 분석되면 두 번째 기동을 수행한다. 두 번째 기동은 10분간 진행되며 LEAD 기동과 LAG 기동 중 하나로 결정한다(그림 7). 두 번째 기동이 끝나면 POINT

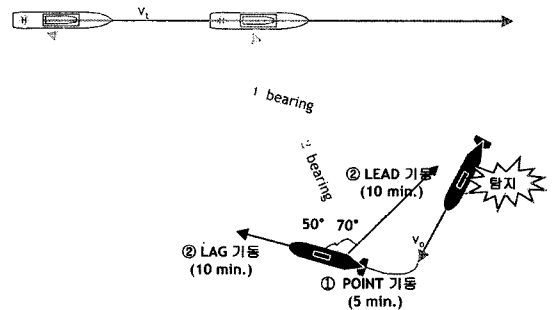


그림 7. 적 수상함 탐지 후 첫 번째, 두 번째 기동의 예

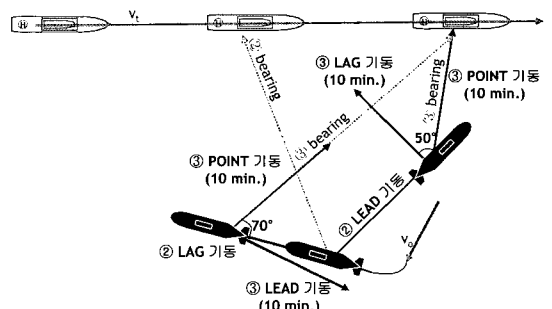


그림 8. 표적기동분석의 세 번째 기동의 예

기동을 수행하거나 두 번째 기동과 다른 기동을 선택한다. 즉, 두 번째 기동이 LEAD 기동이었다면 LAG 기동이고, LAG 기동이었다면 LEAD 기동이 선택된다(그림 8).

표적기동분석을 위한 세 번의 기동이 끝나면 잠수함의 현재 위치가 SAR영역 내에 있는 지를 분석하여 적 수상함의 공격가능 여부를 결정한다. 그림 9는 가능한 네 가지 기동순서에 대하여 표적기동분석을 수행한 후 잠수함이 SAR 영역에 속하는 지 여부를 판단하는 예를 나타낸 것이다.

3. 전술처리

3.1 전술처리의 개념

전술처리기는

If(상태조건) Then (전술 1),
Else (전술 2)

와 같은 간단한 형태를 지닌다. 즉, 모델이 특정 상태조건을 만족하면 전술 1을 수행하고, 그렇지 않다면 전술 2를 수행하는 것이 전술처리의 기본 개념이다.

3.2 전술 정의

3.2.1 단계별 전술

본 연구에서는 잠수함의 표적기동분석을 위한 전술을 기본 단계, 탐지 및 접근 단계, 공격 단계의 세 단계로 분류하였다. 각 단계로 분기하기 위한 상태변수로는 탐지여부, 적과의 거리를 사용한다. 여기서 상태변수란 상태조건에 사용되는 변수를 뜻하는데 주로 전술을 적용할 모델의 속성값과 연결된다.

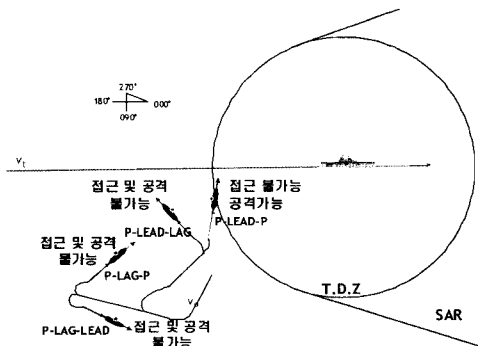


그림 9. SAR을 이용한 적 수상함 공격 가능 여부 판단

```
If (탐지 == TRUE)
Then {
    IF(적과의 거리 != NULL)
        Then(공격 단계)
        Else(탐지 및 접근 단계)
    }
Else(기본 단계)
```

‘기본 단계’는 정해진 구역을 일정한 패턴으로 기동하며 초계하는 방책임무를 수행하는 것이다. 이때 적의 존재가 탐지되고 적과의 거리를 모르는 상태이면 표적기동분석을 수행하는 ‘탐지 및 접근 단계’로 분기한다. 표적기동분석을 수행하여 적과의 거리를 알고 있는 상태라면 ‘공격 단계’로 분기한다.

3.2.2 세부전술

① 기본 단계

디폴트(default) 전술로 정해진 초계 구역을 일정한 패턴으로 기동하는 매개변수(parameter)가 모델에 적용된다.

② 탐지 및 접근 단계

탐지 및 접근단계 전술은 상태변수로 현재 LEG 번호, 선행 LEG Type를 사용한다.

```
If(현재 LEG 번호 == 1)
Then(100% 확률 LEG Type= "POINT")
Else If(현재 LEG 번호 == 2)
Then(70% 확률 LEG Type= "LEAD"
    30% 확률 LEG Type= "LAG")
Else{
    If(선행 LEG Type == "LEAD")
        Then(50% 확률 LEG Type= "POINT"
            50% 확률 LEG Type= "LAG")
        Else(50% 확률 LEG Type= "POINT"
            50% 확률 LEG Type= "LEAD")
    }
}
```

위와 같이 상태 조건을 만족할 때 분기하는 세부 전술은 확률을 따라서 선택할 수 있으며 확률을 변경함으로써 기동순서에 따른 표적기동분석 시뮬레이션의 효과도 분석을 수행할 수 있다.

③ 공격 단계

공격단계 전술은 상태 변수로 적과의 거리, 어뢰 개수, 배터리 잔량을 사용한다.

```
If(적과의 거리 < 0.5* 어뢰 최대 사거리)
Then(어뢰 발사)
```

```

Else{
  If(어리 개수>0)
    If(배터리 잔량 > 40%)
      Then(추가 접근)
      Else If(배터리 잔량 >20%)
        Then(50% 확률 추가접근
              50% 확률 퇴각)
        Else(퇴각)
      Else(퇴각)
}
    
```

3.3 전술 정의 파일

앞 절에서 설명한 전술을 실제 전술처리기를 사용하여 모델과 연동시키려면 전술을 파일로 정의하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 전술처리기 구현의 용이성을 위하여 전술을 테이블 형식의 텍스트 파일로 작성하였다. 시뮬레이션 전체 전술이 정의된 파일은 그림 10과 같다.

단계별 전술 파일로 분기하기 위해서는 현재 모델의 상태에 기반한 조건식을 정의할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 다양한 모델에 대하여 범용적으로 전술처리기를 적용할 수 있도록 사용자가 모델에서 참조하고자 하는 상태

변수의 개수, 순서, 형식을 자유롭게 정의할 수 있도록 하였다. 제일 첫 줄에는 세부전술로 분기하기 위해 필요한 상태변수의 개수를 기입하고 다음 줄에는 각 상태변수의 자료형을 순서대로 입력한다. 이때 자료형은 C언어의 기본 자료형을 사용한다. 그림 11은 본 연구에서 사용한 상태변수의 자료형과 이를 이용하여 상태조건을 정의한 예

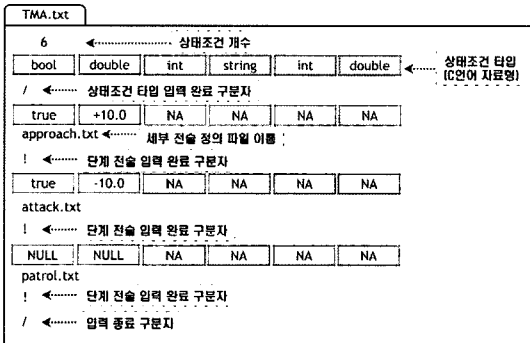


그림 10. 전술 정의 파일의 구조

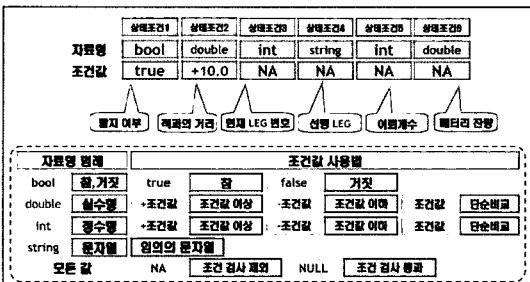


그림 11. 상태조건 정의의 자료형과 상태조건 작성의 예

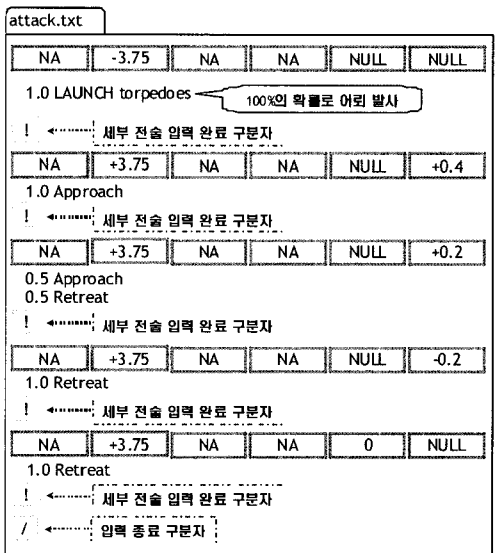
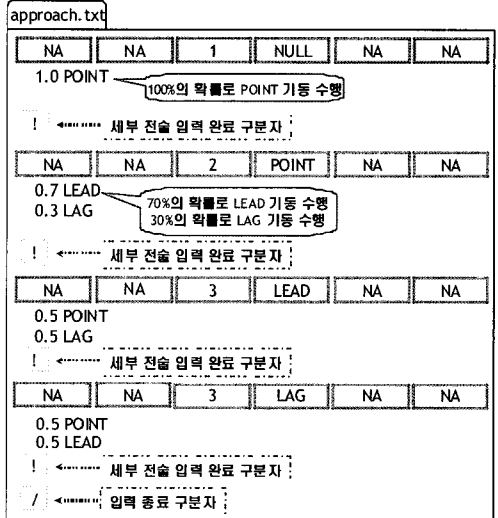
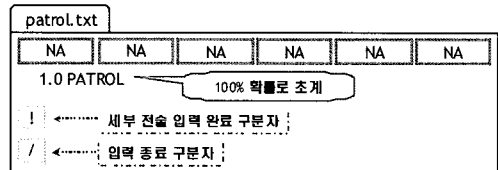


그림 12. 세부 전술 정의 파일의 예

를 보여주고 있다.

그림 11에서 예로서 보여주는 상태조건은 “적 수상함의 존재가 탐지되었고 적과의 거리가 10 nautical mile 이상이면” 이라는 의미이다. 상태조건 값에 ‘+’가 붙은 것은 이 값 이상이면 이라는 의미이고 ‘-’는 이 값 이하라면 이라는 의미이다. 상태조건 값이 ‘NA’로 설정된 것은 상태조건에 포함되지 않고 제외되는 상태변수임을 의미한다. 상태조건에서 제외됨에도 불구하고 상태변수에 포함되어 있는 이유는 다른 상태조건에서는 사용되기 때문이다(그림 12 참조).

반면에 상태조건 값이 ‘NULL’로 설정되면 그 상태변수 값은 무엇이든 상관하지 않는다는 의미로서 상태변수가 어떠한 값을 가지고 있던지 간에 상태조건을 만족하는 것으로 간주한다. 이는 주로 시뮬레이션이 시작되었을 때 디폴트 초기 전술로 분기하기 위하여 사용된다. 예로서 그림 10의 마지막 상태조건을 보면 ‘탐지여부’와 ‘적과의 거리’에 해당하는 상태변수 값이 세 번째 상태조건에서 ‘NULL’ 값을 가지고 있어 조건 검사에서 무조건 통과하게 된다. 전술처리는 전술파일을 위에서부터 순차적으로 읽어서 조건을 검사하기 때문에 시뮬레이션이 시작되어 첫 번째, 두 번째 상태조건을 만족하지 않는다면 상태변수의 값에 상관없이 무조건 세 번째 조건이 만족되어 ‘PATROL.TXT’가 첫 번째 분기할 단계 전술 파일로 결정된다.

그림 12는 각 단계별 세부 전술정의 파일을 보여주고 있다. 전술처리는 전체 전술 정의 파일에서 세부 전술 정의 파일로 분기할 때 상태변수의 값을 그대로 전달한다. 그러면 세부 전술 정의 파일에서도 마찬가지로 상태조건을 순차적으로 검사하여 조건을 만족하면 그에 해당하는 전술의 매개변수값을 모델에 전달한다. 본 연구에서는 구현을 단순화하기 위해서 전달되는 매개변수 값을 전술이름을 나타내는 문자열 값으로 정의하였다. 상태조건을 만족했을 때 실행해야 하는 전술이 두 개 이상이라면 전술이름 앞에 전술을 선택할 확률을 기입할 수 있도록 하였다. 잠수함 모델 내부에는 각 전술 이름에 해당하는 구체적인 동작원리 및 속성값을 미리 정의하여 전술이름만 전달되면 그에 해당하는 동작원리가 실행되도록 하였다.

3.4 모델과 전술처리사이의 인터페이스

잠수함 모델과 전술처리 그리고 정의파일 사이의 관계는 그림 13과 같다. 잠수함 모델은 전술을 결정할 필요가 있을 때마다 전술처리를 호출함과 동시에 자신의 상태값을 전달한다. 전술처리는 현재 잠수함의 상태값을 가지고 전술 정의 파일을 읽어서 적절한 전술을 선택하고

전술이름을 다시 잠수함 모델로 돌려준다. 잠수함 모델은 돌려받은 전술이름을 근거로 자신의 동작원리를 결정하게 된다.

이러한 과정은 전술처리 클래스의CallTacticManager() 함수와 atomic 모델 클래스의SetTacticParameters() 함수를 통하여 이루어지는데 이 중 전술처리에 모델의 상태값을 전달하기 위한 인터페이스 함수 CallTacticManager()의 의사코드(pseudo code)는 그림 14와 같다.

전술처리는 특정 모델에 종속적이지 아니라 일반적인 모델에 적용될 수 있도록 범용적으로 구현되어야 하기 때문에 모델의 상태값을 전달 받기 위한 인터페이스 함수의 인자의 개수와 데이터형을 유동적으로 결정할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 위해서 C/C++의 가변인자함수를 사용하였다. 먼저 모델로부터 전달 받은 가변인자를 읽어서 상태변수 목록을 생성하고, 상태변수 목

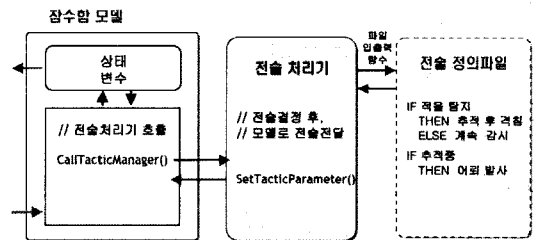


그림 13. 전술처리기, 모델, 전술정의파일사이의 인터페이스 구조

```

int TacticManager::CallTacticManager( char* id_string, ... ) {
    // AtomicModel로부터 받은 인자용 표정하여
    // 상태변수 리스트를 만든다
    CobArray StateVariables;
    for(p=id_string; *p; p++) {
        switch(++p){
            case 'd':
                ival = va_arg(ap, int);
                StateVariables.Add( new Integer(ival) );
                break;

            case 'f':
                dval = va_arg(ap, double);
                StateVariables.Add( new Float(dval) );
                break;

            ....
        }
    }

    // 상태변수 리스트와 전술로부터
    // 선택하는 전술을 검색하여 모델에 적용함
    CString result = SearchTactic( StateVariables, m_pModel );
    m_pModel->SetTacticParameters( result );
}
    
```

그림 14. CallTacticManager() 인터페이스 함수의 의사코드 (pseudo code)

록을 가지고 전술 정의 파일을 읽어서 상태조건에 맞는 전술을 선택한다. 선택된 전술의 이름은 SetTacticParameters() 함수를 통하여 atomic 모델에 전달된다.

4. 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 이산사건 시뮬레이션을 위한 DEVS 형식론을 이용하여 표적기동분석 시뮬레이션 모델을 구현하였고 여기에 전술처리기 클래스와 모델과의 인터페이스를 개발하여 적용하였다. 그림 15는 개발된 표적기동분석 시뮬레이션 프로그램의 실행화면을 보여주고 있다.

개발된 프로그램을 이용하여 아 잠수함의 속도는 2~8 knots, 적 수상함의 속도는 10~24knots로 변경시켜가면서 표적기동분석 시뮬레이션을 수행하고 적 수상함에 대한 공격 성공확률을 분석하였다(그림 16). 그 결과 전반적으로 아 잠수함의 속도가 빨라질수록 공격 성공 확률이 증가하며, 적 수상함의 속도가 빨라질수록 공격 성공 확률이 감소하였다. 이는 속도가 느린 잠수함이 수상함에 접근하여 공격하는 특성상 예상된 결과라고 할 수 있다.

한편, 표적기동분석을 위한 전술 정의 파일내의 기동순서를 결정하는 확률을 수정하여 POINT-LEAD-POINT, POINT-LEAD-LEG, POINT-LAG-LEAD, POINT-LAG-POINT 총 4가지 기동순서에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 공격 성공 확률을 분석해보았다. 그림 17은 표적기동분석을 위한 기동순서로 POINT-LEAD-POINT를 택했을 경우 공격성공 확률이 가장 높음을 보여주고 있다.

만약 새로운 기동순서에 대한 전술의 효과도 분석이 필요하다면, 모델의 변경 없이 전술정의 파일만 새로 작성하여 적용하면 시뮬레이션이 가능하다. 본 연구에서 제안한 전술처리기의 개념을 이용하여 다양한 전술에 대한 시뮬레이션을 쉽고 빠르게 수행한다면 실전에서의 잠수함 표적기동분석을 위한 전술결정에 대한 노하우를 축적할 수 있을 것이다.

5. 결론 및 향후 연구계획

본 연구에서는 시뮬레이션을 통하여 다양한 전술에 따른 효과를 예측할 수 있도록 모델과 분리된 전술처리기의 개념에 대해서 연구하였다. 이를 바탕으로 테이블 방식으로 정의된 전술파일을 처리하는 전술처리기를 구현하였으며 잠수함 대 수상함 교전 시 표적기동분석 시뮬레이션 예제에 적용하여 그 효용성을 검증하였다. 개발된 전술처리기를 이용하면 향후 전술이 변경되더라도 모델을 수정하지

않고 전술 정의 파일만 외부에서 수정하여 입력해줌으로써 원하는 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다.

향후 연구계획으로는 전술 정의 파일을 테이블 방식이 아니라 사용자가 보다 쉽게 사용할 수 있는 스크립트 방식으로 정의하고 처리할 수 있도록 확장할 계획이며, 단

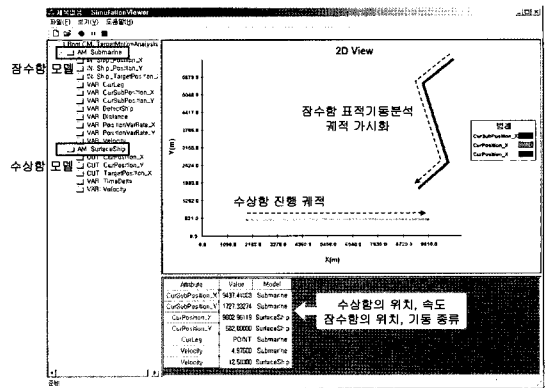


그림 15. 표적기동분석 시뮬레이션 프로그램

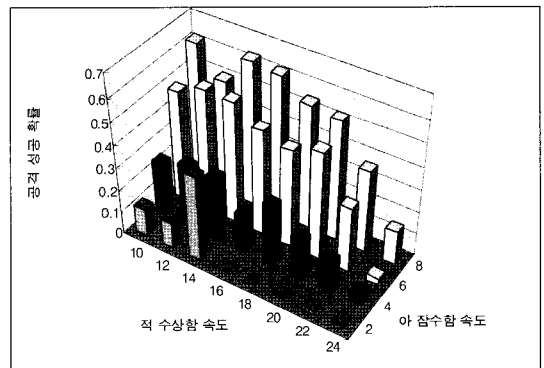


그림 16. 잠수함과 수상함의 속도에 따른 공격 성공 확률

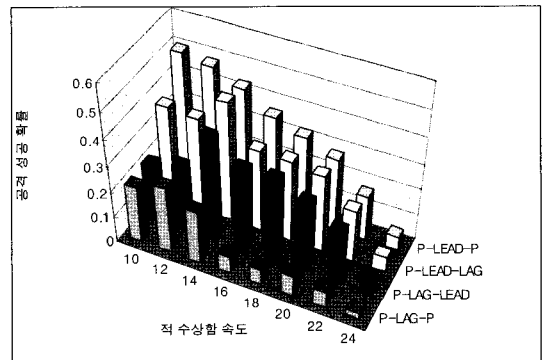


그림 17. 잠수함의 기동순서에 따른 공격 성공 확률

순히 주어진 전술대로 동작하는 대신 인공지능 개념을 적용하는 것에 대하여 기초 연구를 수행하고 있다.

후 기

본 연구는

- (1) 국방과학연구소 수중운동체기술특화연구센터 SM-11 과제 “수중 운동체의 체계/부체계 기능 및 성능 시뮬레이션을 위한 네트워크 기반의 가상(Virtual) 복합 시스템 모델 구조(Architecture) 연구”,
- (2) 서울대학교 해양시스템공학 연구소,
- (3) 서울대학교 BK 21 해양기술인력양성사업단의 지원으로 이루어진 연구 결과의 일부임을 밝히며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 방경운 (2006), *조선공정 계획용 이산 사건과 이산 시간 혼합형 시뮬레이션 프레임워크*, 석사학위논문, 서울대학교.
2. Bakos, G. K. (1995), *Submarine Approach and Attack Tactics -Simulation and Analysis*, Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey California.
3. Cunningham, A. and Thomas, A. (2005), “Target Motion Analysis Visualization,” *Asia Pacific Symposium on Information Visualisation (APVIS 2005)*, Sydney, Australia, Conference in Research and Practice in Information Technology, Vol. 45, 2005.
4. Nardone, S.C. and Graham, M.L. (1997), “A Closed-Form solution to Bearings-Only Target Motion Analysis,” *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-11.
5. Zeigler, B.P (1990), *Object-Oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models*, Academic press.
6. Zeigler, B.P, Praehofer, H. and Kim, T.G. (2000), *Theory of Modeling and Simulation, 2nd ed.*, Academic press.



조 두 연 (dycho@mokpo.ac.kr)

1997년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 1999년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사
 2005년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사
 2006년~2007년 서울대학교 산학협력단 연수연구원, 서울대학교 해양시스템공학연구소 선임연구원
 2007년~현재 국립목포대학교 선박해양시스템전공 전임강사

관심분야 : Modeling and Simulation, CAD/CAM, NURBS 곡선과 곡면



손 명 조 (prokper3@snu.ac.kr)

2004년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 2004년~2005년 한진중공업 특수선 선체설계팀 선체설계파트 설계원
 2005년~2007년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사
 2007년~현재 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사과정

관심분야 : Modeling and Simulation, 전술처리기, 인공지능 의사결정



차 주 환 (jhcha79@snu.ac.kr)

2002년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 2004년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 석사
 2004년~현재 서울대학교 대학원 조선해양공학과 박사과정

관심분야 : 음함수 곡면 모델링 및 가시화, 볼륨모델링, Modeling and Simulation



이 규 열 (kylee@snu.ac.kr)

1971년 서울대학교 공과대학 조선공학과 학사
1975년 독일 하노버 공과대학 조선공학 석사(Dipl.-Ing.)
1982년 독일 하노버 공과대학 조선공학 박사(Dr.-Ing.)
1975년~1983년 독일 하노버 공과대학 선박설계 및 이론연구소, 주정부 연구원
1983년~1994년 한국기계연구원 선박해양공학연구센터, 선박설계, 생산자동화 연구사업(CSDP)단장
1994년~2000년 서울대학교 공과대학 조선해양공학과 부교수
2000년~현재 서울대학교 공과대학 조선해양공학과 교수

관심 분야 : 최적설계, 형상모델링, CAD/CAM, Modeling and Simulation



김 태 완 (taewan@snu.ac.kr)

1985년 한양대학교 산업공학과 학사
1993년 미국 Arizona State Univ., Computer Science 석사
1996년 미국 Arizona State Univ., Computer Science 박사
1996년~1999년 미국 SDRC 소프트웨어 엔지니어
1999년~2001년 서울대학교 정밀기계설계공공연구소 특별연구원
2001년~2003년 세종대학교 컴퓨터공학부 디지털콘텐츠학과 조교수
2003년~2005년 서울대학교 조선해양공학과 조교수
2005년~현재 서울대학교 조선해양공학과 부교수

관심분야 : NURBS 곡선과 곡면, CAGD, 컴퓨터그래픽스, Modeling and Simulation, 형상모델링



고 용 석 (yskoh62@yahoo.co.kr)

1985년 서울대학교 조선공학과 학사
1985년~1988년 해군본부 조함단 해군감독관
1988년~1990년 코리아 타코마(주) 특수선 설계과
1996년 부산대학교 산업공학과 석사
1990년~현재 국방과학연구소 함정설계팀

관심분야 : 함정설계, 체계분석, Modeling and Simulation