

# 진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 전술 생성 방법론

정찬호<sup>1†</sup> · 류한얼<sup>2</sup> · 유용준<sup>1</sup> · 지승도<sup>1</sup> · 김재익<sup>3</sup>

## Many-to-Many Warship Combat Tactics Generation Methodology Using the Evolutionary Simulation

Chan-ho Jung · Han-eul Ryu · Yong-jun You · Sung-do Chi · Jae-ick Kim

### ABSTRACT

In most existing warships combat simulation system, the tactics of a warship is manipulated by human operators. For this reason, the simulation results are restricted due to the stereotype of human operators. To deal with this, we have employed the genetic algorithm for supporting the evolutionary simulation environment. In which, the tactical decision by human operators is replaced by the human model with a rule-based chromosome for representing tactics so that the population of simulations are created and hundreds of simulation runs are continued on the basis of the genetic algorithm without any human intervention until to find emergent tactics which shows the best performance throughout the simulation. This paper proposes an evolutionary tactics generation methodology for the emergent tactics in many-to-many warship combat simulation. To do this, 3:3 warship combat simulation tests are performed.

**Key words** : Tactics Generation, Genetic Algorithm, Warship Combat, Modeling & Simulation

### 요 약

함정 전투체계는 무기체계, 정보통신 등의 기술 발전으로 인한 복잡한 전장 환경에 적응하기 위하여 다양한 전술을 운용해야 한다. 현재 운용되는 국방 M&S 시스템은 의사결정을 위해 운용자, 즉 인간의 개입이 필수적이다. 하지만 인간이 개입되는 시뮬레이션은 실시간 정도의 저속에서 가능하고, 반복적인 실험의 어려움이 따르게 된다. 이를 개선하기 위해 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템의 연구가 최근 들어 활발히 진행되고 있다. 그러나 현존하는 에이전트 기반 M&S 시스템은 고속 시뮬레이션은 가능하지만, 고정된 전술 분석용으로 활용되는데 그치고 있다. 따라서 본 논문에서는 주어진 시나리오에 대한 고속의 반복적인 실험 및 다양한 전술 운용과 창발적 전술 생성을 위해 진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 전술 생성 방법론을 제안하였다. 타당성 검증을 위해 서해상에서 벌어지는 가상의 3:3 함정교전 시뮬레이션을 수행하였고, 이를 통해 창발적 전술 생성의 가능성을 제시하였다.

**주요어** : 전술 생성, 유전 알고리즘, 함정교전, 모델링 및 시뮬레이션

## 1. 서 론

함정 전투체계는 플랫폼, 각종 센서 및 무장을 효율적으로 통제하기 위한 운용자의 영향이 다대한 의사결정 중

심의 시스템이다. 이러한 체계의 교전 시뮬레이션은 필수적으로 운용자가 포함될 수밖에 없으므로 인해 시뮬레이션은 실시간 정도의 저속에서 가능하며, 반복적인 실험에 어려움이 있고, 결과 또한 개입된 운용자의 능력에 의존적일 수밖에 없다.

최근 위와 같은 문제를 극복하기 위해 에이전트 기술을 도입한 국방 M&S 시스템들이 활발히 연구 개발 되었다. 그 중에서 인간 요소를 상세히 표현한 SOCRATES(2002)<sup>[1]</sup>, 환경에 적합하게 설계된 NCMAN(Network Centric Multi-Agent Architecture) 기반의 WISDOM-II(2005)<sup>[2]</sup>, 개체 조립형 SAF(Semi-Automated Force) 기반의 OneSAF(2006)<sup>[3]</sup>

접수일(2011년 6월 9일), 심사일(1차 : 2011년 9월 8일),

게재 확정일(2011년 9월 9일)

<sup>1)</sup> 한국항공대학교 컴퓨터공학과

<sup>2)</sup> LIG넥스원 M&S연구소 CM팀

<sup>3)</sup> 국방과학연구소

주 저 자 : 정찬호

교신저자 : 정찬호

E-mail: chanho66@kau.ac.kr

등이 대표적으로 알려져 있다. 그러나 이들 시스템들은 에이전트 기술을 도입하여 교전 시뮬레이션을 가능하게 하였지만, 전술 분석용으로 활용되고 있다. 전술이란 부대가 전투 목적을 달성할 수 있도록 전투력을 운용하는 전투 기술로서 수많은 전투 경험을 토대로 증명된 것을 의미하며 이는 교리로서 중요한 의미를 가진다. 하지만 대부분의 전술 교리는 일반인이 접근하기에는 제한이 있다. 본 논문에서는 전술을 교전 상황에 따라 의사결정을 할 수 있는 규칙들을 토대로 교전을 진행하였을 때 나타나는 모습으로 정의를 한다. 이는 전술 교리와는 동떨어질 수 있지만 규칙들을 토대로 다양한 교전 상황을 보임으로써 새로운 전술 생성의 가능성을 기대할 수 있다.

전술 생성의 가능성을 검증하기 위해 인공 생명의 한 분야로서 진화적인 방법에 의한 창발현상을 보일 수 있는 유전 알고리즘을 적용하였다.

본 연구에서는 다양하고 복잡한 전장 환경의 적응과 전술 생성을 위해 유전 알고리즘을 적용한 다대다 함정교전 시뮬레이션을 진행하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 유전 알고리즘을 적용한 국방 M&S 시스템 관련연구를 소개하고, 3장에서는 진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 전술 생성 방법론을 제시한다. 4장에서는 사례 연구를 통해 타당성을 검토하고, 5장에서 결론과 향후 연구방향을 기술한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 유전알고리즘 연구

유전 알고리즘은 자연 선택의 원리와 자연계의 생물 유전학에 기본 이론을 두며 병렬적이고 전역적(Global)인 탐색 알고리즘으로서, 모든 생물은 주어진 다양한 환경 속에 적응함으로써 살아남는다는 Darwin의 적자생존(Survival of the fittest)의 이론을 기본 개념으로 한 알고리즘이다. 최근에 생물의 진화과정, 즉 자연선별과 유전법칙 등을 모방한 진화전략(Evolution strategies), 유전 프로그래밍(Genetic programming)등 여러 형태의 이론과 기법들이 현재 활발히 연구되고 있다. 이를 통해 최적해 탐색 알고리즘이 필요한 산업, 공학 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다<sup>[4]</sup>. 특히 복잡한 환경 묘사와 다양한 전술을 수행하고 분석해야 하는 국방 M&S 시스템에 적합한 기법이라 할 수 있다.

국내외적으로 국방 M&S 시스템에 유전 알고리즘을 적용한 사례를 살펴보면 국외에서는 적군 레이더들을 탐지하는 센서들의 최적의 팀을 설계를 목적으로 유전 알고리

즘<sup>[5]</sup>을 적용하였고, UAV를 이용해 감시 임무를 수행하는 적합한 경로를 결정하기 위해 유전 알고리즘<sup>[6]</sup>을 사용하였다.

국내에서는 소대이동시 적군의 포병공격으로부터 아군의 손실을 최소화하고, 목표지점까지 신속한 이동으로 적군보다 유리한 지점에 위치할 수 있도록 최적의 이동경로를 찾기 위해 유전 알고리즘<sup>[7]</sup>을 적용하여 수행된 바 있으며, 해양환경에서 소나시스템의 효율적인 운영을 위해 유전 알고리즘을 이용하여 최적 탐색 경로를 설정하는 알고리즘<sup>[8]</sup>을 제시하였다. 그리고 고도의 전술적 운용이나 다양한 전장 환경과 같은 복잡도가 높은 문제 해결을 위해 운용자 에이전트를 DEVS 기반으로 수준을 향상시키고, 단일 함정 간의 함정교전에서 유전 알고리즘을 탑재한 통제관 에이전트를 사용하여 행동 중심적이고, 창발<sup>[9]</sup>적 전술 생성 가능성을 연구한 바 있고<sup>[9]</sup>, 함정교전에서 필요한 검색체 구성과 연산 방법 및 교전효율 평가 방법을 유전 알고리즘을 이용한 다대다 함정전투 모델링 및 시뮬레이션 방법론을 제시한 바 있다<sup>[10]</sup>.

본 논문에서는 기존의 다대다 함정전투 모델링 및 시뮬레이션 방법론을 확장하여 다대다의 복잡 다양한 전투 환경 내에서의 창발적 전술을 유전 알고리즘을 적용하여 생성할 수 있는 방법에 대해 논한다.

## 3. 진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 전술 생성 방법론

진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 전술 생성 방법론을 그림 1과 같이 표현하였으며, 다음과 같이 총 5단계로 진행된다.

### 3.1 1단계 : 요구사항 명세

다대다 함정교전 시뮬레이션 시스템의 요구사항의 명세를 통해 필요한 모델들을 정의하고 초기조건을 기술한다.

### 3.2 2단계 : 구조적 모델/행위적 모델링 단계

요구사항 명세를 기반으로 구조적 모델인 SES(System Entity Structure)에서 PES(Pruned Entity Structure)를 구성하고, 이를 위해 필요한 운용자 에이전트(함대사령관, 함장, 포술장교, 정보장교, 항해장교 등) 모델, 함정 모델, 환

1) 창발이란 인간의 고정관념에 의해 부여된 것이 아닌, 개체간의 상호작용과 진화의 과정을 통해서 발현된 새로운 패턴(전술)을 말한다.



운용자 에이전트 모델의 의사결정에 따라 운용된다. 운용자 에이전트는 각 함정의 함장, 정보장교, 포술장교, 항해장교 등의 에이전트 모델과 전체 함대를 관장하는 함대 사령관 에이전트 모델 등으로 계층구조적으로 구성하였다.

- **함정 모델** : 3:3 함정전투 시뮬레이션을 위해 남북한 함정들을 모델링하였다. 아군 함정으로는 참수리급 고속정, 적군 함정으로는 SO-1급 초계정을 사용하였고, 각 함정은 기본적으로 CFCS, 기동, 센서, 함포 모델 등으로 구성하였다.
- **전장환경 모델** : 함정 간 또는 함정과 환경 간의 상호작용에 대한 처리를 담당 한다. 공간상황처리, 공간처리, 위치추적기, 전장정보, 신호해석기 등의 모델로 구성하였다.

### 3.4 4단계 : 유전 알고리즘 기반 다대다 함정교전 시뮬레이션

3단계 과정을 거쳐 시뮬레이션 시스템이 구축이 되면 4단계는 진화론적 함정교전 시뮬레이션을 수행한다. 진화론적 함정교전 시뮬레이션을 위해 통제관 에이전트가 결합되어 진행된다. 통제관 에이전트 역할을 살펴보면 다음과 같다.

- **통제관 에이전트 모델** : 시뮬레이션 시나리오를 생성하고, 제어하며, 교전결과 분석을 담당한다. 구성 요소로는 시나리오 생성기, 유전알고리즘 연산기, 그리고 적합도 평가기로 구성했다. 먼저 시나리오 생성기는 시나리오의 생성과 유전 알고리즘의 진화 세대(Generation) 수 및 개체(Population) 수를 결정하는 일을 담당한다. 유전 알고리즘 연산기는 시뮬레이션 제어 및 적합도 평가기로부터 얻어진 적합도를 통해 선택, 교차, 변이 등의 유전 알고리즘 연산 수행을 담당한다. 다음으로 적합도 평가기는 시뮬레이션의 평가와 최종 시뮬레이션 결과의 분석을 담당한다.

시뮬레이션은 각 함정들이 처한 상황에 따라 운용자 에이전트의 의사 결정에 따라 이동 또는 교전함으로써 이루어진다. 유전 알고리즘을 이용하여 임의의 전술 규칙(표 1 참조)으로부터 시작하여, 교전 상황에 적합한 규칙은 진화됨과 동시에 후손(새로운 규칙)까지 생성시킬 수 있지만, 적합하지 않은 규칙은 도태되는 과정을 통해 진화를 거듭하면서 궁극적으로는 교전 상황에 최상의 효과를 발휘할 수 있는 창발적 전술을 생성할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션 진행 중에 교전효율이 계산되며, 교전효율이 높은 전술들은 진화의 주체가 된다.

표 1. 에이전트에 적용된 전술

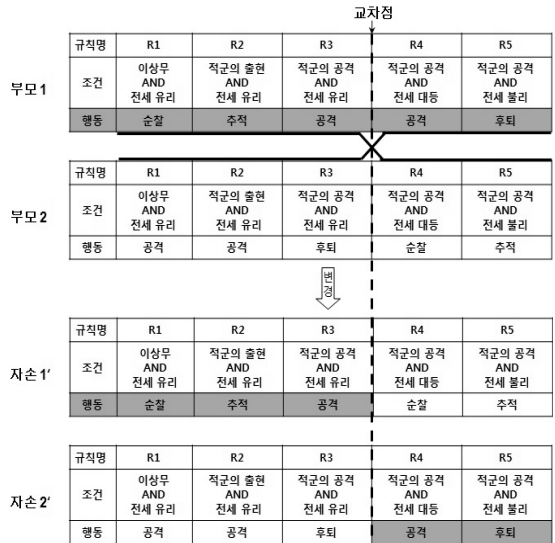
(a) 정보장교 에이전트의 전술									
구분		규칙명	R1	R2	R3				
조건	센싱 정보	적군의 발견	F	T	T				
		적군의 공격	F	F	T				
행동	함장의 보고		‘이상무’, ‘적군의 출현’, ‘적군의 공격’ 중 임의 선택						
(b) 항해장교 에이전트의 전술									
구분		규칙명	R1	R2	R3	R4			
조건	함장의 명령	순찰	T	F	F	F			
		공격	F	T	F	F			
		추적	F	F	T	F			
		후퇴	F	F	F	T			
행동	함정의 속력		‘상’, ‘중’, ‘하’ 중 임의로 선택						
(c) 포술장교 에이전트의 전술									
구분		규칙명	R1	R2					
조건	함장의 명령	공격	T	F					
		함포		‘발사’ 여부를 임의 선택					
(d) 함장 에이전트의 전술									
구분		규칙명	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
조건	정보 장교의 보고	이상무	T	F	F	F	F	F	F
		적군의 출현	F	T	F	F	F	F	F
		적군의 공격	F	F	T	F	F	F	F
	함대 사령관 명령	순찰	F	F	F	T	F	F	F
		추적	F	F	F	F	T	F	F
		공격	F	F	F	F	F	T	F
행동	함대사령관 보고		‘이상무’, ‘적군 도발’, ‘적군의 공격’ 중 임의 선택						
	함장의 명령 하달		‘순찰’, ‘추적’, ‘공격’, ‘후퇴’ 등의 행동 중 임의 선택						
(e) 함대 사령관 에이전트의 전술									
구분		규칙명	R1	R2	R3	R4	R5		
조건	함장의 보고	이상무	T	F	F	F	F		
		적군 도발	F	T	F	F	F		
		적군의 공격	F	F	T	T	T		
	이군의 교전 상황	전세 유리	T	T	T	F	F		
		전세 대등	F	F	F	T	F		
행동	함대 사령관 명령 하달		‘순찰’, ‘추적’, ‘공격’, ‘후퇴’ 등의 행동 중 임의 선택						
	공격 대상 선택		‘근접’, ‘랜덤’, ‘약체’ 등의 행동 중 임의 선택						

진화론적 전술을 생성하기 위해 유전 알고리즘은 생성, 평가, 선택, 그리고 연산 등의 4단계 과정을 거친다. 이를 살펴보면 다음과 같다.

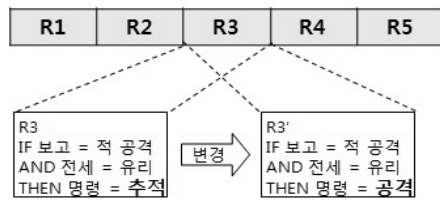
- **생성 단계** : 진화에 사용될 염색체는 에이전트 모델 내의 규칙(Rule)들로 구성된다(표 1 참조). 함대 사령관의 규칙과 각 함장의 규칙들이 모여 하나의 전술을 이룬다. 함대 사령관 및 함장의 규칙은 조건(Condition)과 행동(Action)으로 구성되어 있으며, 조건에 따른 행동은 일정 범위의 값들 중 선택된다. 예를 들어 함대 사령관은 아군 함대와 적군 함대를 비교하여 전투 상황의 유불리를 고려해 명령을 결정하고, 공격, 후퇴 명령 중 하나의 명령을 임의로 내릴 수 있으며, 공격 시 공격 목표는 가장 근접한 적함, 임의의 적함, 전력이 취약한 적함 중 하나를 임의로 선택하여 공격하게 된다. 함장의 규칙은 해당 함정의 상태를 고려하여 명령을 결정한다. 수행되는 명령 및 공격 목표 선정은 함대 사령관 규칙과 동일한 형태로 선택된다. 이렇게 정의된 하나의 함대 사령관 규칙과 함장 규칙이 결합하여 전체 함대의 전술이 생성된다.

- **평가 단계** : 전술 형태로 표현된 염색체의 적합도 평가는 한 번의 교전 시뮬레이션 종료 후 교전효율에 의해 결정된다. 교전효율은 각 함정의 공격량 및 함정 상태로 계산하며 수식 (1)과 같이 표현된다. F는 교전효율을 의미하고, k는 아군 함정 수, R<sub>i</sub>는 i번째 함정의 공격 성공률, A<sub>i</sub>와 S<sub>i</sub>는 각각 i번째 함정의 공격량과 함정 상태를 의미한다. 공격 성공률 0은 모든 공격 시도가 실패했음을 의미하며, 공격 성공률 1은 공격 시도가 모두 성공했음을 의미한다. 공격량 0은 아무런 공격도 취하지 않은 것이며 공격량 1은 적함 1척을 완파시킬 정도의 공격을 가했음을 의미한다. 함정 상태 값이 0인 경우는 완파 당했음을, 1인 경우는 정상 상태임을 나타낸다. 교전효율 0은 적군에게 아무 피해를 입히지 못하고 완파 당했음을 의미하며, 교전효율 1은 아무 피해도 입지 않고 적군을 완파했음을 의미한다. 교전효율이 0.5이면 서로 간 대등한 교전을 펼쳤음을 의미한다.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k (R_i + A_i + S_i)}{3k} \quad \begin{pmatrix} k \geq 1 \\ 0 \leq R_i \leq 1 \\ 0 \leq A_i \leq 1 \\ 0 \leq S_i \leq 1 \\ 0 \leq F \leq 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$



(a) 교차 연산



(b) 돌연 변이 연산

그림 2. 함대사령관 에이전트 연산의 예

- **선택 단계** : 평가 단계에서 계산된 염색체의 적합도 평가를 기준으로 교차 및 변이 연산에 사용될 염색체를 선택한다. 룰렛 휠 선택 기법을 적용하여 염색체가 가지는 적합도 비율에 따라 선택될 확률이 높아지도록 설정하였다.
- **연산 단계** : 선택된 염색체를 짝을 지어 교차 및 변이 연산을 적용한다. 이 때 교차점의 위치는 임의로 선택 가능하고, 복수 선택도 가능하다. 염색체 구조와 교차 연산의 예를 그림 2(a)에서 보여주었고 있다. 함대 사령관의 부모 1과 부모 2간의 3번째 교차점을 기준으로 유전자를 교환함을 의미한다.

특정 유전자에서 변이가 발생할 경우 기존 행동을 새로운 행동으로 변경하게 된다. 그림 2(b)는 염색체의 세 번째 유전자(R3)에 변이 연산이 적용된 예를 보인다. 그림에서와 같이 기존의 추적 명령이 변이 발생 후 공격 명령으로 변경된다.

### 3.5 5단계 : 전술 분석 단계

일반적인 전술의 정의를 살펴보면 전쟁 또는 전투상황에 대처하기 위한 기술과 방법, 즉 전투에서 병력을 가장 효율적으로 배치, 기동, 공격하는 기술을 뜻한다<sup>[11]</sup>. 전술에는 서로 협력하여 공격하는 집중사격, 함정의 후미를 공격하는 후미공격, 적을 유인 후 공격하는 기만 전술, 피해를 줄이기 위한 회피 전술 등이 있다<sup>[12]</sup>. 이러한 전술 등의 생성여부를 이 단계에서 분석 할 수 있다.

위와 같은 5단계의 과정을 거쳐 복잡한 함정전투체계에서의 효율적인 전술을 생성할 수 있다.

## 4. 사례 연구 : 3:3 함정교전 시뮬레이션

3장에서 기술한 개발 방법론을 토대로 다대다 함정교전 시뮬레이션 시스템을 만들었다. 이 시스템은 진화론적 시뮬레이션을 이용한 다대다 함정교전 시뮬레이션 시스템으로, Visual C++ 2008환경에서 DEVS 모델링 기반의 DeSim 도구를 이용하였고, DirectX 9.0 기반의 3D로 개발되었다.

### 4.1 시뮬레이션 시나리오

전술 생성 방법론의 검증을 위한 시뮬레이션 시나리오는 서해 교전을 참조하였다. 전장 환경은 연평도 근해의 지형을 모의하였으며, 적군은 SO-1급 초계정 3척, 아군 함정은 참수리 고속정 3척을 모델링하였다(그림 3 참조).

시뮬레이션 종료 조건은 한 쪽 진영의 함정이 모두 침몰되거나, 포탄을 다 소진하였으나 함정들이 침몰 시키지 못했을 경우 무승부로 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

적군의 전술은 공격 위주의 휴리스틱 전술을 부여하였고, 아군의 전술은 유전 알고리즘에 의해 진화하도록 하

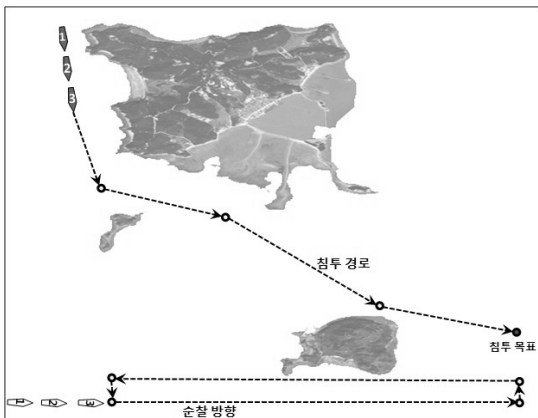


그림 3. 함정 교전 상황도(초기전술)

였다. 유전 알고리즘 진화 세대 수는 20세대, 개체 수는 40개로 설정하였다.

## 4.2 시뮬레이션 결과 분석

### 4.2.1 진화과정 분석

시뮬레이션 결과로 그림 4와 같이 아군 함대의 세대별 당대 전체 전술 탐색체의 평균 교전 효율을 그래프로 표현하였다. 전체 전술 탐색체의 평균 교전 효율은 1세대에서 약 0.1이던 교전 효율이 9세대 이후 0.8에 수렴하는 모습을 확인할 수 있다. 이를 통해 공격 위주의 휴리스틱 전술로 설정된 적군과의 교전에서 진화를 통해 적군의 전술과 대등하거나 효율적인 전술이 생성되었음을 알 수 있다.

### 4.2.2 생성된 창발적 전술 분석

생성된 창발적 전술 분석을 위해 유전자 풀에 축적되어 있는 전술을 분석하였으며, 다양한 전술 중에 생성된 창발적 전술인 기만 전술에 대해 상세히 설명하고자 한다.

기만 전술에 대한 시뮬레이션 결과를 단계별로 표 2에 설명하였다. 표에서 시작 단계는 시뮬레이션 시간  $t=1682$ 초가 경과된 후의 상황으로 적군 1,2,3번 함정의 함대 사령관이 침투 명령을 하달하여 경로를 따라 남하 하게 된다. 이때 경계 근무를 수행하던 아군 1,2,3번 함정이 센서를 통해 적군의 NLL침범에 대한 보고를 하게 되고, 함장은 이를 분석하여 함대사령관에게 ‘적함도발’이라는 보고를 한다. 이를 보고 받은 함대사령관은 전술/전략수립을 위해 적군 및 환경에 대한 정보를 분석한 뒤 ‘추적’ 명령을 내리게 되어 교전이 시작된다.

유인 단계는  $t=2333$ 초가 경과된 후의 상황으로 적군 1,2,3번 함정은 센서로 확인된 아군 1번 함정을 공격하기 위해 기동하여 아군 1번 함정을 향해 공격을 하게 된다. 이때, 아군 1번 함정의 유인으로 아군 2, 3번 함정은 적군

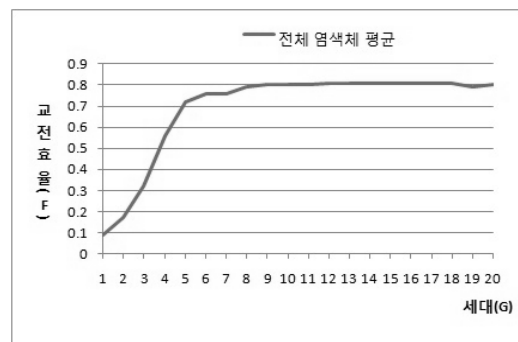


그림 4. 세대별 교전 효율

표 2. 생성된 창발적 전술의 예 1: 기만 전술(상세 설명)

시뮬레이션 단계(시간)	상황도 적군(회색), 아군(흰색)	함정	작전 명령	행동
시작 단계 (t = 1 ~ 1682)		적군1	침투	침투 위치로 기동
		적군2	침투	침투 위치로 기동
		적군3	침투	침투 위치로 기동 중 센서에 아군 발견
		아군1	경계임무	경계임무 수행 중 센서에 적군 발견
		아군2	경계임무	경계임무 수행 중 추적 명령을 받아 기동
		아군3	경계임무	경계임무 수행 중 추적 명령을 받아 기동
유인 단계 (t=1682 ~ 2333)		적군1	아군1번 함정 공격	아군1번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동
		적군2	아군1번 함정 공격	아군1번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동
		적군3	아군1번 함정 공격	아군1번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동
		아군1	적군3번 함정 공격	적군3번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동 후 공격
		아군2	적군3번 함정 공격	적군3번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동 후 공격
		아군3	적군3번 함정 공격	적군3번 함정을 공격하기 위한 위치로 기동 후 공격
기습공격 단계 (t=2333 ~ 3670)		적군1	아군3번 함정 공격	아군1번 공격 중 센서로 아군 2,3번 발견 후 아군 3번 함정 공격
		적군2	아군3번 함정 공격	아군1번 공격 중 센서로 아군 2,3번 발견 후 아군 3번 함정 공격
		적군3	아군1번 함정 공격	아군 1번 함정과 교전
		아군1	적군3번 함정 공격	적군3번 함정과 교전
		아군2	적군2번 함정 공격	센서로 적군 1,2 함정 발견 후 근접한 적군 2번 함정 공격
		아군3	적군2번 함정 공격	센서로 적군 1,2 함정 발견 후 근접한 적군 2번 함정 공격
교전 단계 (t=3670 ~ 5313)		적군1	아군3번 함정 공격	아군 3번 함정 공격
		적군2	아군3번 함정 공격	침몰
		적군3	아군1번 함정 공격	아군1번 함정과 교전 중
		아군1	적군3번 함정 공격	적군3번 함정과 교전
		아군2	적군1번 함정 공격	적군2번 함정 섬멸 후 아군 1번 함정과 적군 1번 함정 공격
		아군3	적군1번 함정 공격	적군2번 함정 섬멸 후 아군 1번 함정과 적군 1번 함정 공격
종료 단계 (t=5313 ~ 6799)		적군1	아군3번 함정 공격	침몰
		적군2	아군3번 함정 공격	침몰
		적군3	아군1번 함정 공격	침몰
		아군1	적군3번 함정 공격	적군 3번 함정과 교전 중
		아군2	적군3번 함정 공격	적군 1번 함정 섬멸 후 적군 3번 함정 공격
		아군3	적군3번 함정 공격	적군 1번 함정 섬멸 후 적군 3번 함정 공격

3번 함정을 공격하기 위해 섬을 우회하여 기동 위치로 기동 하게 된다.

기습공격 단계는  $t=3670$ 초가 경과된 후의 상황으로 아군 2,3번 함정이 적군 3번 함정을 공격하기 위해 섬을 우회하였지만, 센서를 통해 적군 1,2번 함정이 발견되어 근접해 있는 적군 2번 함정을 집중 사격을 하게 된다. 이때 적군 1,2번 함정도 아군 2,3번 함정을 센서를 통해 발견하여 근접해 있는 아군 3번 함정을 공격한다.

교전 단계는  $t=5313$ 초가 경과된 후의 상황으로 아군의 기습 공격과 집중 사격으로 인해 적군 2번 함정이 침몰되고, 아군 2,3번 함정은 근접한 적군 1번 함정을 집중 사격한다. 이때 적군 3번 함정과 아군 1번 함정은 교전 중에 있다.

종료 단계는  $t=6799$ 초가 경과된 후의 상황으로 아군 2, 3번 함정의 공격으로 적군 1번 함정도 침몰하게 되고, 적군 3번 함정도 아군의 집중 사격으로 섬멸된다.

이상에서 설명한 바와 같이, 전술 분석을 통해 얻은 예를 살펴보면 아군 에이전트의 규칙을 기반으로 적 발견 시 지형지물(섬 등)을 이용하여 아군 1번 함정이 적군 1,2,3번 함정을 유인하는 기만 전술을 수행하고, 아군 2,3번 함정이 섬을 우회하여 적군에게 기습공격을 함과 동시에 함대 사령관의 규칙 중 협업 전술(집중 사격) 등을 전개하여 승리할 수 있었다. 이는 단순한 규칙으로 유전 알고리즘을 이용하여 창발적 전술 생성이 가능함을 실험 분석을 통해 확인 할 수 있었다.

생성된 창발적 전술 중에 진형을 전개하여 교전한 사례가 있어 간략하게 설명하고자 한다. 횡렬진 교전 전술로 적군이 종으로 NLL을 침범하여 그림 5에서와 같이 교전이 이루어지게 된다. 적군 1,2,3번이 남하할 때 아군 3번 함정이 남하하는 것을 확인하여 보고를 하게 되고, 함대 사령관의 규칙 명령에 따라 근접해 있는 적을 집중 사격하라는 명령을 받게 된다. 각 함장들은 함대 사령관의 명령에 따라 적군 3번 함정을 섬멸하기 위해 에이전트의 규칙에 의해 의도하지 않은 횡렬진 진형을 전개하였고, 분석 결과 적군의 진형은 종렬진으로 전개되어 모든 공격력을 동원하기에는 역부족이었다. 따라서 명령에 따라 공격을 수행한 아군 함정이 우세하여 승리 할 수 있었다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 인간의 개입을 최소화한 새로운 전술 생성의 가능성을 검증하기 위해 유전 알고리즘을 이용한

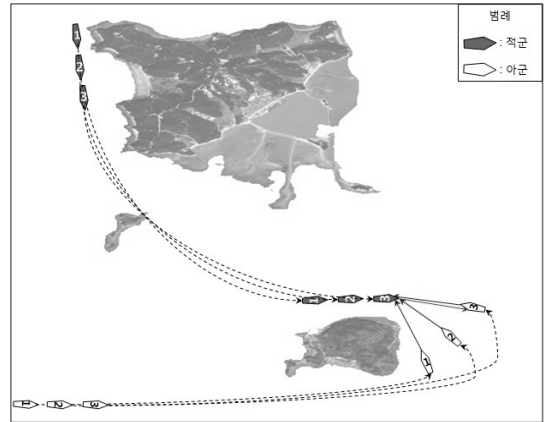


그림 5. 생성된 창발적 전술의 예 2: 횡렬진 교전 전술

전술 생성 연구를 진행하였다. 기존 단일 함정 간 함정 전투에 대한 연구에서 개별 전술만을 고려하였던 문제점과 유전 알고리즘을 이용한 다대다 함정전투 모델링 및 시뮬레이션에서 연구한 탐색체 구성, 연산 방법 및 교전 효율 평가 방법을 기반으로 연구를 진행한 결과 1) 주어진 시나리오에 유전알고리즘의 적용으로 다양한 전술을 반영한 실험으로 진화론적인 전술 생성과 분석이 가능하게 된 것, 2) 실험 분석을 통해 협업 전술(기만 전술, 집중 사격 등), 함정의 진형(종렬진, 횡렬진 등)을 전개하는 다양한 창발적 전술 생성이 가능함을 검증하였다. 향후 함대의 진형 및 이기종의 플랫폼 등을 고려하여 다양하고 실질적인 전술 생성에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(계약번호 UD100004KD).

## 참 고 문 헌

1. Wan S. C, "An Exploratory Analysis On The Effects Of Human Factors On Combat Outcomes", Master's Thesis, Naval Postgraduate School Monterey, Mar 2002.
2. Yang A., H. A. Abbass and R. Sarker, "Evolving Agents for Network Centric Warfare", Proceedings of the 2005 GECCO Conference on Genetic and Evolutionary, pp. 25-29, June 2005.
3. Lovgson J., D. Nash and M. Barnes, "OneSAF Tutorial", 2008 Defense Modeling and Simulation Conference (DMSC),



- Olando, FL, USA, March 2008.
4. D.E. Goldberg, "Genetic Algorithm in Search, Optimization & Machine Learning", Addison-Wesley, 1989.
  5. A.S. Yilmaz, B.N. McQuay, H. Yu, A.S. Wu, and J.C. Sciortino. "Evolving Sensor Suites for Enemy Radar Detection", In Genetic and Evolutionary Computation Conference Proceedings, Part II, pp. 2384-2395. July 2003.
  6. S.W. Soliday. "A Genetic Algorithm model for mission planning and dynamic resource allocation of airborne sensors", In Proceedings, 1999 IRIS National Symposium on Sensor and Data Fusion, Laurel, MD, May 1999.
  7. 이성용, 장성호, 이종식, "위게임 시뮬레이션에서 전장상황을 고려한 최적경로 모델링 및 시뮬레이션", 한국시뮬레이션학회 논문지, vol. 19, no. 3, pp. 27-35, 2010.
  8. 조정홍, 김정해, 김재수 외, "이산 경로 시스템에서 유전알고리즘을 이용한 최적음향탐색경로전략", 한국해양공학회지, vol. 20, no. 1, pp. 69~76, 2006.
  9. 지승도, 유용준, 정찬호 외, "완전한 인간 미개입형 함정전투 M&S 시스템에 관한 연구", 제7회 해양무기 학술대회, pp. 29, 2008.
  10. 류한일, 유용준 외, "유전알고리즘을 이용한 다대다 함정전투 모델링 및 시뮬레이션", 2010년도 군사과학기술학회 학술대회, pp. 49, 2010.
  11. 김용현 저, "군사학개론", 백산출판사, 2005.
  12. 정찬호, 유용준 외, "다중 에이전트 기반의 함정전투 M&S 시스템을 위한 전술 모델링에 관한 연구", 한국시뮬레이션학회 춘계학술대논문집, pp. 68-78, 2008.



**정 찬 호** (chanho66@hau.ac.kr)

2006 청운대학교 컴퓨터공학과 학사  
2008 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사  
2008~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 위게임



**류 한 얼** (haneul.ryu@lignex1.com)

2009 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사  
2011 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사  
2011~현재 LIG 넥스원 M&S 연구소 연구원

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 위게임, 유전알고리즘



**유 용 준** (ilog21c@hau.ac.kr)

2003 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사  
2005 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사  
2005~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 위게임, 네트워크 보안



**지 승 도** (sdchi@hau.ac.kr)

1982 연세대학교 전기공학과 학사  
1984 연세대학교 전기공학과 석사  
1985~1986 두산 컴퓨터(현 한국 디지털) 근무  
1991 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 박사  
1991~1992 미국 SIMEX Systems and S/W 회사 S/W 담당자로 근무  
1992~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심분야 : 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 컴퓨터 보안, 지능시스템 디자인 방법론, 시뮬레이션 기반 인공생명, 교통 모델링



**김 재 익** (jaeick@add.re.kr)

1990 경북대학교 전자공학과 학사  
1992 경북대학교 전자공학과 석사  
1992~현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 함정 전투체계 무장통제장치 개발, 전투체계 모델링 및 시뮬레이션, 전투체계 교전 효과도 분석