

세포 자동자 시뮬레이션을 이용한 네트워크 중심전 전투효과도 평가 연구*

정성진** · 조성진*** · 홍성필**

A Study on the Analysis of NCW (Network Centric Warfare) Combat Effectiveness Using Cellular Automata Simulation*

Sung-jin Chung** · Sung-jin Cho*** · Sung-pil Hong**

■ Abstract ■

The recent notion of Network Centric Warfare (NCW) emphasizes the ability to distribute the right information at the right time to maximize the combat effectiveness. Accordingly, in the modern combat system, the importance of non-physical elements, such as a communication system, is increasing. However, an NCW-support communication network system is expensive. Therefore, it is essential to develop a proper combat system evaluation method to establish an efficient NCW-support combat system. Traditionally, combat system effectiveness is measured in terms of physical elements such as men and fire power. Obviously, such method is hardly applicable to a modern combat system. To overcome this difficulty, we propose an evaluation model based on CA (Cellular Automata) simulation. A set of preliminary combat simulations show that CA simulation may be promising in evaluating non-physical element of a modern combat system.

Keyword : NCW, Combat Effectiveness, Lanchester Law, CA Simulation

본 논문은 2005년도 한국경영과학회 추계학술대회(2005년 10월 29일) 최우수논문상(응용부문) 수상논문으로 소정의 심사과정을 거쳐 게재 추천되었음.

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 지원으로 수행되었음(과제번호 : R01-2005-000-10271-0).

** 서울대학교 산업공학과

*** 서울대학교 대학원 산업공학과(교신저자)

1. 서론

전투효과도에는 다양한 요소들의 평가가 필요하다. 예로서 적보다 우세한 화력, 조기 탐지 능력, 장거리 공격력 그리고 정보공유 체계 등이 중요한 요소들이다. 이러한 요소들 중에는 계량 평가가 비교적 용이한 물리적 전투력 뿐 아니라, 정보전과 같이 객관적 계량 평가 기준이 확립되어 있지 않은 비물리적 요소들도 존재한다. 최근에는 정보전 개념에 포함되는 네트워크 중심전(Network Centric Warfare : NCW)이 전투효과에 미치는 영향에 대해 관심이 높아지고 있다. 그렇지만 전투 효과에 대해 물리적 전투력 요소와 정보전 요소의 영향도를 종합 평가할 수 있는 모형의 구성은 어려운 문제이다.

수리적 전투 모형은 각 요소를 종합적 특성으로 표현하고 있어 뚜렷한 특성차를 가진 무기체계에 대해서는 모형화가 쉽지 않다. 전투효과 분석을 위해 물리적 요소의 평가는 란체스터 모형, 전문가적 방법, 전력지수 비교 등 다양한 분석 방법이 있으며, 정보전 요소는 란체스터 응용, 엔트로피 개념, 복잡성과학 개념을 이용하는 방법 등이 연구되고 있다.

본 연구에서는 물리적 요소와 NCW의 정보전 요소에 대한 종합적인 전투효과도 평가를 위해 CA(Cellular Automata)¹⁾ 시뮬레이션 방법을 제시하고자 한다. 기존의 고정된 경로와 사건 중심의 시뮬레이션은 다양한 경로와 사건 가능성이 존재하는 전투상황을 모형화 하기에는 어려운 점이 있다. CA는 복잡성과학(complexity science) 개념을 적용한 것으로 각 개체(agent)가 주어진 규칙을 바탕으로 매 상황에 적응하면서 목적한 임무를 수행하는 시뮬레이션이다. 본 연구의 구성은 2장에서 NCW 소개와 시뮬레이션 분류, 3장에서는 란체스터 모형과 CA 시뮬레이션, 4장에서는 CA를 이용

한 해상전투 시뮬레이션 프로그램 그리고 5장에서는 시뮬레이션 결과분석으로 이루어져 있으며, CA 시뮬레이션 모형이 전투효과도를 평가하는데 유용함을 보이고자 한다.

2. NCW와 시뮬레이션의 분류

2.1 NCW(네트워크 중심전)

플랫폼 중심전(Platform Centric Warfare : PCW)은 각 세력의 개별적 전투능력을 중심으로 전투를 수행하는 것이다. NCW는 개별적 전투능력을 네트워크화하여 전투능력의 시너지 효과를 발휘하기 위한 개념이다. 즉 각 세력들을 하나의 단일체로 묶어서 전투를 수행하려는 것이다. PC(Personal Computer) 통신 초기에는 단순 터미널 역할을 하던 PC가 하드웨어 및 초고속 네트워크의 발달로 인해 각 PC의 정보가 중심인 시대가 되었다. 각 PC는 하나의 전투세력으로 볼 수 있으며 다른 세력과의 네트워크 정보공유를 통하여 전투효과를 상승시키는 것이 NCW의 목적이다[5]. NCW의 중요 요소는 통신에 의한 정보공유와 탐지장비에 의한 정보 획득이 있다. 이미 미군은 NCW 개념이 포함된 효과 중심작전(Effects Based Operation : EBO) 분석을 위해 다양한 접근방법으로 연구하고 있다[7].

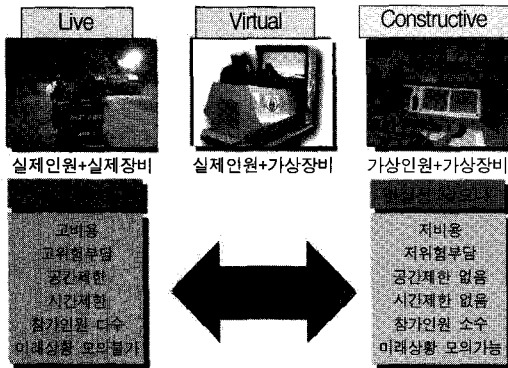
2.2 국방 시뮬레이션의 분류

국방 시뮬레이션의 필요성은 현실적으로 실전 이외에는 타당성 확인이 어려운 경우, 전투실험이 위험하고 비용이 크게 요구되는 경우이다. 국방 모델링 및 시뮬레이션의 영역은 분석, 훈련, 획득 분야이며, 여기에 사용되는 시뮬레이션 유형은 <그림 1>과 같이 3가지로 나누어질 수 있다[7].

첫째로 개념(constructive) 시뮬레이션은 분석·획득용 시뮬레이션으로 결과 분석, 예측 등에 활용하기 위한 유형이다. 둘째로 가상(virtual) 시뮬레이션은 실제 장비로 훈련할 때 제한을 받는 경우

1) 동일한 개념으로 개체 중심 시뮬레이션(Agent Based Simulation), 개체 중심 모델링(Agent Based Modeling)이 있다.

실제 장비와 동일한 모의장비(simulator)를 활용하는 것으로 '비행 시뮬레이터'가 해당된다. 셋째로 실제(live) 시뮬레이션은 실제와 동일한 환경에서 실제 장비를 가지고 훈련하는 것으로 '육군 과학화 전투 훈련장'이 해당된다.



<그림 1> 시뮬레이션의 분류

2.3 정보전 평가 모형의 필요성

새로운 무기체계의 발달과 기동성의 증가는 전술의 개념을 변화시켰고, 통신 능력의 발달이 가져온 정보전은 전투 승패에 보이지 않는 무형적 요소로 큰 역할을 하게 되었다.

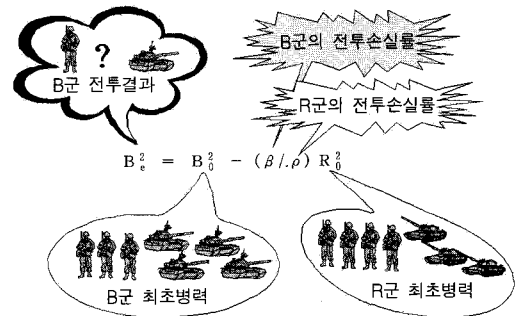
무형적인 NCW의 효과성을 설명하기 위해 정보 효과는 네트워크에 연결된 마디(node) 개수의 자승에 비례한다고 하는 메트칼프의 법칙(Metcalf's law)이 인용하기도 한다. 그렇지만 메트칼프의 법칙은 개념적 접근 설명이지 구체적으로 계량적 접근을 하기에는 부족한 점이 있다. 이러한 정보 효과를 분석하기 위해 수리적 접근 모형[10, 12]과 복잡성과학 개념을 적용한 모형[14]의 연구가 계속되고 있다.

3. 란체스터 모형과 CA 시뮬레이션

3.1 란체스터 모형의 개념

란체스터 모형은 전쟁모의 논리에 가장 많이 사

용되고 있으며 <그림 2>는 란체스터 자승법칙을 이용하여 R군이 전멸할 때 생존하는 B군을 구하는 식이다. 란체스터 모형은 제1차 세계대전까지의 전투 유형에 적합하다. 당시까지의 전투는 주로 평지에서 전투를 했기 때문에 지형 효과에 대한 고려가 불필요하였다. 무기체계도 보병과 포병이 중심이 되는 단순한 병력중심 체계였다. 이러한 특징으로 란체스터 모형은 발전된 현대 지상전보다는 지형적 제한 조건이 없는 해상전에 더 적합하다.



<그림 2> R군 전멸시 B군의 생존병력

란체스터 자승법칙은 단위시간에 대한 병력의 손실은 각 병력의 자승에 비례한다는 개념이다. 예로 청군과 홍군은 각 1,000명의 병력을 가지고 있다. 청군은 1,000명을 투입하고 홍군은 500명씩 나누어 투입하면, 측차 투입된 홍군 1,000명이 전멸할 때 청군은 707명이 생존하게 된다.

이러한 란체스터 모형을 발전시킨 것으로는 비정규전을 다룬 란체스터 혼합법칙, 시간 경과에 따른 전투 소모율 변화를 다룬 란체스터 지수법칙 등이 있다[1].

3.2 란체스터 모형의 적용 한계

란체스터 모형은 기본적으로 양측이 동일한 무기체계를 갖추고 지형적 제한이 없다는 전제하에 총력전 형태의 전투결과를 가정하고 있다. 기본 모형에서 발전된 연구[13]도 있지만 다양한 요소를 제한된 입력 변수로 모형화하기에는 어려운 점이

있다.

<표 1>과 같이 1991년 걸프전에서 다국적군의 일방적 승리는 기존 란체스터 모형으로서 예측하기 어려운 전투결과이었다[2]. 즉, 란체스터 모형은 스마트 무기(높은 명중률), AH-64 헬기(강력한 대전차공격 능력), Joint-STAR(실시간 지상정보 수집·전파 항공기) 등 뚜렷한 특성차를 가진 요소들이 전투에 미치는 영향을 평가하기에는 한계가 있다.

<표 1> 걸프전에서 군사력과 전투 손실

구 분	군 사 력		전투 손실	
	병 력	전 차	병 력	전 차
다국적군	54만명	3,700대	300명	경미
이라크군	100만명	5,500대	10만명	4,000대

3.3 CA(Cellular Automata)

복잡성과학의 개념은 각 요소들이 상호 작용하여 창발성을 나타내는 것을 연구하는 것으로 비선형 동역학, CA, 카오스, 프랙탈, 유전자 알고리즘 등이 있다[4].

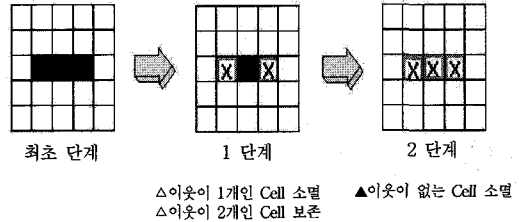
CA 개념은 존 폰 노이만이 세포의 자기복제 현상에서 힌트를 얻어 자기복제 기계를 생각하였고, 이를 구체화하는 격자 구조를 생각하였다. 격자 내에는 개체들이 있고 규칙에 따라 다음 단계에서 새로운 격자로 이동한다. 반복되는 이러한 과정에서 자기복제 개념을 연구하였다.

이와 같은 개념으로 만들어 진 것이 존 콘웨이의 생명 게임이며 <그림 3>과 같이 간단한 규칙을 바탕으로 다양한 모습의 격자를 생성할 수 있다. 크레이그 레이놀즈는 CA의 상호관계 개념을 새페 모습의 그래픽에 적용하여 자연스러운 움직임을 보여주었다.

또한 영화 반지의 제왕에서의 대규모 전투 장면은 CA 개념을 이용한 MASSIVE 소프트웨어를 사용하여 제작되었다[16].

CA 개념을 전투 시뮬레이션에 적용하기 위해서

는 무기체계, 전투조직에 대한 지식과 함께 전투과정에서 여러 요소들의 상호관계에 대한 관찰력도 필요하다.



<그림 3> 생명 게임 규칙 예

3.4 기존 CA 전투 시뮬레이션 연구

CA 시뮬레이션 개념으로 만든 것 중 미해군 분석센터에서 만든 EINSTEIN 모형²⁾이 있다[17]. EINSTEIN은 CA 개념을 이용하여 제작된 DOS용 전투 시뮬레이션 ISAAC을 윈도우용으로 발전시킨 모형이다. EINSTEIN 모형에서 각 개체는 전투 목적에 따라 스스로 행동하며 전투를 수행한다. 그리고 전투 시나리오에 따라 목표 점령, 목표 방어, 총력전 등이 있으며 지형 편집도 가능하다. EINSTEIN 모형에서는 각 개체가 가지는 선호도를 성격 특성 값으로 입력하고 보조 규칙을 사용하여 지상전 시뮬레이션을 구현한다.

기존의 EINSTEIN 모형을 이용한 연구는 지상전의 복잡한 요소가 전투에 미치는 영향을 평가하기 위한 방법으로 이용하였다[11, 15]. 특히 비정규전 같은 전투는 그 특성상 수리모형으로 묘사가 어려운 분야이며 이러한 분야에 EINSTEIN 모형이 유용함을 보였다[9].

3.5 CA 전투 시뮬레이션의 유용성

CA 시뮬레이션은 사건 중심 시뮬레이션과는 다르게 공간에서 자유도가 높은 경우 유용하게 적용

2) EINSTEIN 모형은 2005년 10월 현재 Version 1.33 까지 개발되고 있다.

할 수 있다. 즉, 전투 공간은 고정된 이동경로가 없으며 각 전투요원은 임무와 상황에 따라 이동경로와 행동을 선택하게 된다.

CA 전투 시뮬레이션은 란체스터 개념의 수리모형과는 다른 연구 방법으로써 각 요소의 특성을 개체로 표현하여 가상의 전투 실험을 통해 연구한다. 각 개체는 현재 위치에서 탐색, 이동, 공격 등 취해야 할 행동을 임무와 주위 환경을 고려하여 결정한다. 임무는 목표 점령, 방어, 총력전 등 다양하게 부여할 수 있으며, 지휘관 개체는 상황에 따라 임무 목표를 변경시킬 수도 있다. 이동 속도는 지형에 따라 다르게, 공격력은 무장 특성에 따라 값을 정하며, 개체간의 교전 결과 판정은 실제 전투실험, 전투사례 등을 이용할 수 있다.

CA의 장점은 개체의 움직이는 과정이 모형 논리이므로 진행상황을 시각적으로 보여줄 수 있다는 점이다. 또한 전투 과정의 시각적 묘사는 군사전문가가 연구개발에 참여할 수 있다는 장점도 있다.

CA를 이용한 분석, 획득용 시뮬레이션에서는 실제 전투와 같이 다양한 효과척도(Measure Of Effectiveness : MOE)를 분석 자료로 산출할 수 있다. 산출 자료로는 이동거리, 연료 소모량, 탄약소모량, 무기체계별 전투 기여도(지상전에서 헬기, 전차를 함께 묘사하여 더 효과적인 무기 식별) 등이 있다.

연습용 시뮬레이션에서는 게임어 수가 적을 때 효율적인 위게임 운용을 가능하게 할 수 있다. 예로 1명의 게임어가 함정 전투부대를 지휘하는 경우 수많은 세력에 대해 이동, 사격 등 세부적 행동까지 명령해야 한다. 세력 이동시에는 진형을 유지하거나 변경할 때, 그리고 사격할 때도 단순 조작을 반복해야 한다. 실제 상황에서 이러한 문제는 자동으로 처리되며, CA를 이용한다면 조작보다 작전에 집중할 수 있는 연습용 시뮬레이션이 될 수 있다. 특히 대항군은 적은 게임어로 운용되기 때문에 CA 개념을 이용한다면 효율적인 위게임 모형을 제작할 수 있을 것이다.

4. CA 시뮬레이션을 이용한 해상 전투 프로그램

4.1 해상전투 시뮬레이션 프로그램 개요

본 연구에서 제작한 시뮬레이션 프로그램은 개념(constructive) 시뮬레이션으로 해상전투에서 조기경보헬기와 표적정보의 공유가 전투에 미치는 영향을 평가하기 위한 CA 모형이다. 전투세력은 청군과 홍군으로 나누어지며, 상대적인 전투결과를 분석하기 위해 홍군은 15척 세력으로 고정하였다. 청군 세력은 홍군에 대해 전투합정 비율, 조기경보헬기 운용, NCW에서 표적정보 전달 속도 등 세 가지 요소를 변화시킬 수 있도록 하였다.

본 프로그램에서 함정의 레이더 탐지거리, 속력, 무장 등은 청군, 홍군이 서로 동일하며, CA 시뮬레이션을 이용하는 연구 방법이 목적이므로 가상의 값을 사용하였다.

4.2 효과척도(MOE)

국방 분야에서 전투효과도를 평가하는 목적은 신 개념의 전술평가, 무기체계 획득 등 의사결정이 필요한 경우에 타당성과 합리성을 제공하기 위해서이다. 그러므로 전투효과도를 나타내는 MOE는 결과의 특성을 잘 나타낼 수 있어야 하며, 비전문가도 이해하고 공감할 수 있어야 한다. 이는 최종 의사결정권자의 관점에서 연구 결과의 이해를 높일 수 있는 표현을 사용해야 하기 때문이다.

본 연구에서는 <표 2>와 같이 함정생존율과 손실교환비로 MOE를 나타내었다.

<표 2> 해상전투결과 효과척도(MOE)

구분	MOE
함정생존율	전투후 함정수/최초 투입 함정수
손실교환비	적함 손실 함정수/아군 손실 함정수

함정생존율은 최초 투입 척수에서 전투 후 생존

척수의 비율이다. 손실 교환비는 1척을 손실할 때 격침시킨 상대측 척수이다. 두 가지 효과척도의 값이 클수록 높은 전투효과를 나타낸다 할 수 있다. 이 두 요소들은 의사결정자의 판단 관점에서 중요하므로 본 연구의 MOE로 정의하였다.

4.3 해상전투 시뮬레이션 모형

청군 세력에 대한 세 가지 선택 요소로는 <표 3>과 같이 조기경보헬기 운용 여부, NCW 수준, 전투함 비율 선택 등이 있다.

<표 3> 청군 세력 선택 요소

선택 요소	선택 내용
조기경보 헬기	청군의 조기경보헬기 운용 여부
NCW	수준 1 : 실시간 표적정보 공유 수준 2 : 시간 지연된 표적정보 공유 수준 3 : 표적정보 공유하지 않음
전투함 비율	홍군 대비 최초 전투함정수 40%, 60%, 80%, 100%, 120% (6척, 9척, 12척, 15척, 18척)

미사일 사정거리는 레이더 탐지거리보다 크며, 청군은 다른 함정과의 표적 정보를 공유하면서 미사일 공격을 할 수 있다. 본 모형에서는 대공미사일을 고려하지 않았고, 홍군은 청군 헬기에 대해 미사일 공격을 할 수 없다. 시뮬레이션은 청군의 선택 요소를 조합한 30개의 시나리오에 대하여 각 50회 실시하였다.

프로그램을 실행하면 각 세력의 레이더 탐지범위를 나타내는 원이 표시되며, 탐지 전에는 사전에 지정된 지점으로 이동하고 탐지한 후에는 목표를 향해 이동, 공격한다. 전투 종료 조건은 한쪽이 완전 무력화될 때까지이다. 각 세력이 가진 기본적인 임무는 <표 4>와 같다.

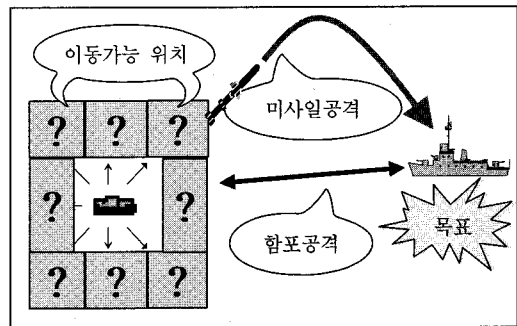
<그림 4>는 각 개체가 반복적으로 선택해야할 행동이며 단계별 내용은 다음과 같다.

단계 1에서 지휘함은 레이더에 탐지된 표적 정

보를 바탕으로 이동 목표지점을 결정한다. 단계 2에서는 표적 정보를 바탕으로 미사일 공격 가능 여부를 확인하여 공격한다. 단계 3에서는 미사일 소모 후 함포 공격 가능 여부를 확인하여 공격한다. 단계 4에서는 적합거리와 우군함 거리를 고려한 페널티 함수를 이용하여 목표지점과 최소 거리가 되는 지점으로 이동한다.

<표 4> 각 세력별 임무

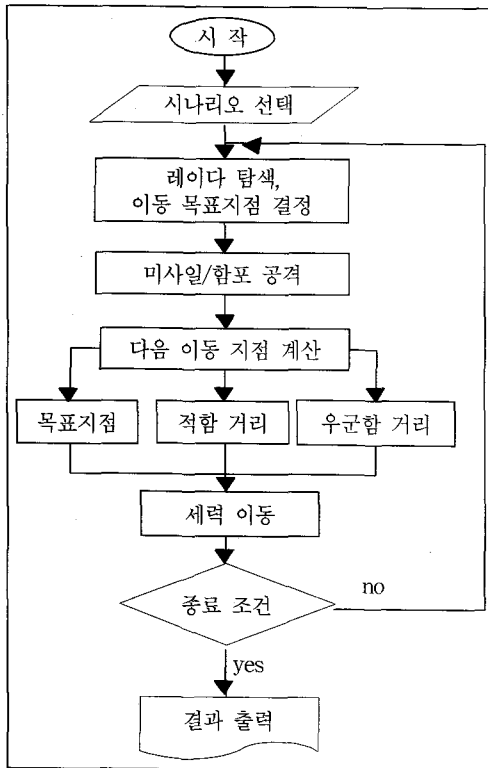
청군	전투함	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 각 세력간 표적정보 공유 가능 ◦ 대함 미사일 2기 보유 ◦ 미사일 소모 후 홍군에 접근하여 함포 공격
	헬기	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 진형 최전방에 위치하여 조기경보 임무 수행(접촉중인 표적정보 전파) ◦ 홍군 함포 사정거리 밖에서 기동
홍군	전투함	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 표적정보 공유 없음 (개별 접촉한 표적에 대하여 공격) ◦ 대함 미사일 2기 보유 ◦ 미사일 소모 후 청군에 접근하여 함포 공격



<그림 4> 반복적으로 선택해야할 행동

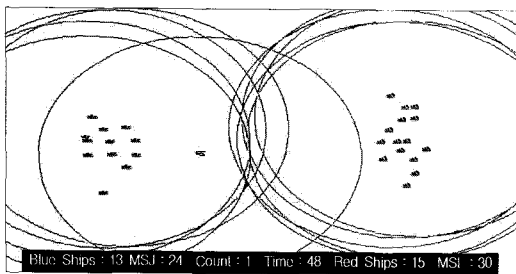
함정의 이동을 위한 페널티 계산은 유클리디언 거리로 계산된다. 즉, 다음 위치 결정 기준은 <그림 4>에서 9개(제자리 포함)의 이동 가능 위치에서 적합 및 우군함과의 제한거리 조건이 만족될 때 목표와의 최소거리가 되는 위치이다.

<그림 5>는 시뮬레이션 모형의 전체 흐름도를 나타내고 있다.



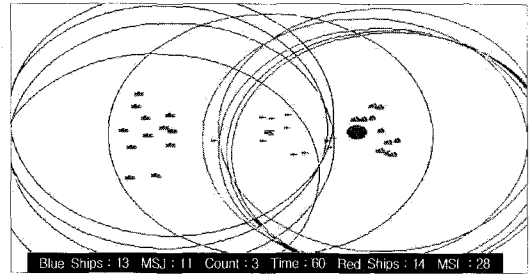
〈그림 5〉 시뮬레이션 모형 흐름도

시뮬레이션 시작시 최초 배치는 <그림 6>과 같이 좌측에는 청군이 우측에는 홍군이 위치한다. 청군 진형의 전방에는 조기경보헬기가 후방에는 전투함이 위치하며, 홍군도 후방에 15척의 전투함이 위치한다.



〈그림 6〉 청군과 홍군의 최초 배치

〈그림 7〉은 청군이 조기경보헬기의 정보를 바탕으로 홍군에게 미사일 공격을 하는 모습이다.



〈그림 7〉 청군의 미사일 공격

5. 해상전투 시뮬레이션 결과 분석

5.1 란체스터 및 시뮬레이션 전투 결과

CA를 이용한 전투 결과와 비교하기 위해 란체스터 자승법칙을 이용하여 두 가지 경우의 결과를 계산하였다. 첫째는 양측 조건이 동일한 경우, 둘째는 청군만 정보공유와 조기경보헬기가 포함된 경우이다. 계산을 위한 란체스터 자승 법칙의 식은 다음과 같다:

β, ρ : 청군, 홍군의 전투 손실률

B_0 : 청군의 최초 세력

R_0 : 홍군의 최초 세력(15척)

R_e : 교전 후 홍군의 생존 세력

$$R_e^2 = R_0^2 - (\rho/\beta)B_0^2 \quad (1)$$

식 (1)은 홍군이 우세한 경우 청군이 완전 전멸할 때 홍군의 생존 세력을 구하는 식이다. 전투손실률 ρ/β 는 양군 전투능력이 동일하다 하였으므로 $\rho/\beta=1$ 로 하였다. 정보공유와 조기경보헬기가 있는 전투에서는 청군 세력에 따른 메트칼프 법칙의 가중치를 곱하였다. <표 5>는 전투형태와 청군 전투력 비율에 따른 란체스터 결과 값이다.

<표 6>은 란체스터 결과의 전투형태에 해당하는 CA 시뮬레이션 전투결과 값이다. CA 시뮬레이션을 이용한 전투결과 값은 청군의 조기경보헬기 (Airborne Early Warning : AEW) 운용 여부와 NCW 수준, 전투력 비율에 따른 30개의 시나리오

에 대하여 구하였다.

〈표 5〉 전투형태에 따른 란체스터 결과

(단위 : %)

구분 \ 전투력비		40	60	80	100	120
		40	60	80	100	120
동일 조건	청군	0	0	0	0	55
	홍군	91.6	80	60	0	0
조기 정보 있음	청군	0	0	62.8	79.8	87.3
	홍군	79.5	35.8	0	0	0

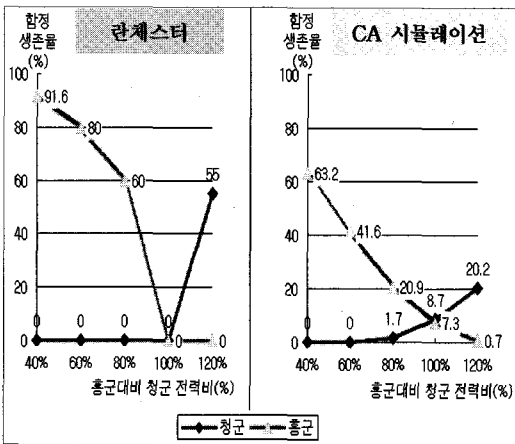
〈표 6〉 전투형태에 따른 CA 시뮬레이션 결과

(단위 : %)

구분 \ 전투력비		40	60	80	100	120
		40	60	80	100	120
동일 조건	청군	0	0	1.7	8.7	20.2
	홍군	63.2	41.6	20.9	7.3	0.7
조기 정보 있음	청군	0	38.8	82.8	90	92.5
	홍군	43.3	8.7	0	0	0

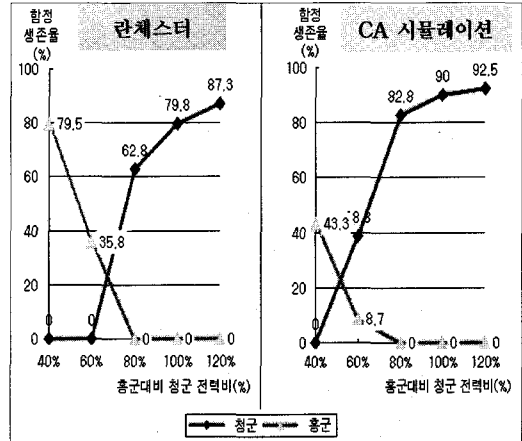
5.2 란체스터와 CA 시뮬레이션 결과 비교

〈그림 8〉은 양측 세력이 조기정보가 없고 정보 공유가 없는 동일한 조건에서 란체스터 전투결과와 CA 시뮬레이션 전투결과를 비교한 것이다.



〈그림 8〉 양측이 동일한 경우

〈그림 9〉는 청군 세력만 조기정보헬기와 정보 공유가 있는 조건에서 전투결과를 비교한 것이다.



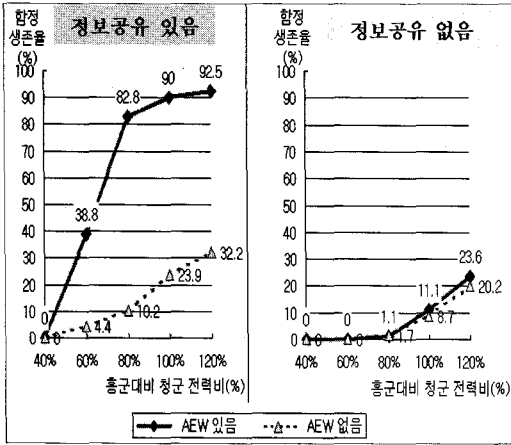
〈그림 9〉 청군만 AEW와 정보공유가 있는 경우

〈그림 9〉는 〈그림 8〉에 비해 청군 생존율이 급격하게 상승하는 변화를 보이고 있다. 이는 정보공유와 조기정보헬기가 전투력 상승효과에 중요한 영향을 미치는 요소임을 알 수 있다.

전투결과에서 두 그래프는 같은 형태를 가지고 있지만 생존율 값에서 차이를 보이고 있다. 이 결과를 바탕으로 어느 결과가 올바른 모형이라고 할 수 없다. 란체스터 식에서는 정확한 손실률을 구하는 것이 쉽지 않으며, CA 시뮬레이션은 상세한 모형 구축을 요구하기 때문이다.

5.3 NCW에서 정보공유의 영향도

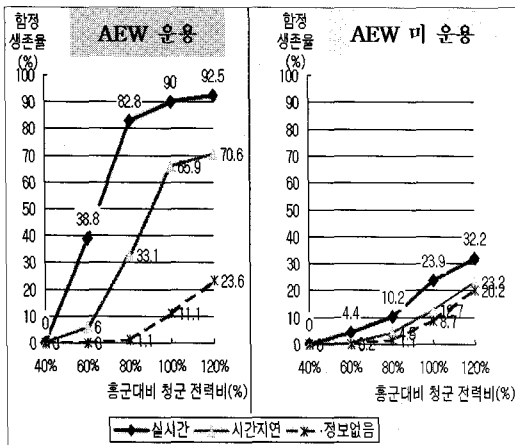
정보공유는 통신 네트워크 체계를 통한 세력간 정보교환 능력의 가치로서 평가될 수 있다. 〈그림 10〉은 CA 시뮬레이션에서 정보공유 유무에 따른 청군의 전투 후 함정생존율을 나타낸 것으로, 정보공유 유무에 따라 큰 차이를 나타내고 있으며, 정보공유가 있는 전투가 공유가 없는 경우보다 높은 생존율을 보이고 있다. 정보공유가 없다면 조기정보헬기를 운용하더라도 전투효과 상승에 별다른 영향을 미치지 못하고 있다.



〈그림 10〉 정보공유에 따른 평균 생존율

5.4 NCW에서 조기경보헬기의 영향도

조기경보헬기의 임무는 적의 정보를 조기에 탐지하여 전달하는 것으로 신속한 정보의 획득가치로서 평가될 수 있다. <그림 11>은 조기경보헬기 운용 여부에 따른 평균의 전투 후 합정생존율을 나타낸 것이며, 운용 여부에 따라 큰 차이를 보이고 있다.

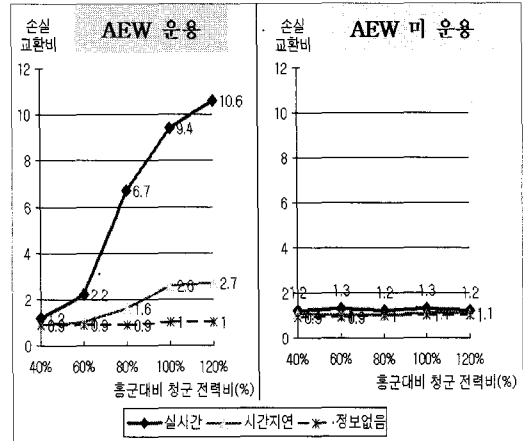


〈그림 11〉 AEW 운용에 따른 평균 생존율

<그림 12>는 평균 합정의 전투손실 교환비를 나타낸 것이며, 조기경보헬기 운용과 실시간 정보 공유시 1 : 10.6 수준의 높은 손실 교환비를 나타내

었다. 조기경보헬기 미 운용시는 1 : 1 수준의 손실 교환비를 보이고 있다.

시뮬레이션 결과에서 평균의 최고 전투효과도는 조기경보헬기를 운용하고 표적정보를 실시간 공유할 때이다. <그림 11>과 <그림 12>에서 조기경보헬기를 운용하더라도 정보공유가 없는 경우 낮은 생존율과 전투손실 교환비를 보여주고 있다. 조기경보헬기가 없고 정보공유가 있는 경우에는 생존율이 약간 증가하지만 전투손실 교환비는 거의 변화가 없다. 시간지연을 가지는 정보공유에 대해서는 조기경보헬기가 있는 경우에 더 높은 전투효과도를 보이고 있다.



〈그림 12〉 AEW 운용에 따른 평균 손실 교환비

5.5 정보공유와 조기경보의 효과도 분석

CA 시뮬레이션 결과를 통해 정보공유와 조기경보는 서로 시너지 효과를 발휘하여 높은 전투효과도를 나타내고 있다. 국방 분야에 대한 의사결정 관점에서 보면 실시간 정보공유는 통신 네트워크 체계의 정보 공유의 가치로서, 조기경보헬기는 정보 획득의 가치로서 평가되어질 수 있다.

두 가지 요소가 전투효과도에 높은 영향을 주면서 나타나는 군사적 효과는 상대방과 동일한 물리적 전투력을 유지하지 않아도 된다는 점이다. 특히 방어적 입장에서는 <표 6>의 '조기경보 있음'과 같

이 상대방 대비 전력비율을 60%까지 감축할 수 있다. 즉 전투결과 평균 생존율이 38.8% 이지만 공격 측인 홍군의 생존율은 8.7%가 되므로 공격 결심을 할 수 없기 때문이다.

그렇지만 전력비율이 40%이하에서는 청군이 전멸하기 때문에 정보 전력을 강화하더라도 기본적인 물리적 전투력은 필요하다. 높은 효율성을 가지는 전투 체계는 물리적 전투력과 정보 전력의 균형이 필요하다는 것을 알 수 있다. 특히 해전에서는 1회성 전투에 그 동안 투자된 인적, 물적 자산들의 존폐가 결정된다. 그러므로 국방 분야 의사결정자에게는 미래 전투에 대한 효과도 평가가 반드시 필요하므로 이러한 연구는 계속되고 있다.

6. 결 론

전투효과도에는 다양한 요소들의 평가가 필요하다. 이러한 요소들 중에는 계량분석이 비교적 용이한 물리적 전투력도 있지만, 정보전과 같은 비물리적 요소의 평가도 필요해지고 있다. 물리적 요소의 평가는 란체스터 모형, 전문가적 방법, 전력지수 비교 등 다양한 분석 방법이 있으며, 정보전 요소는 란체스터 응용, 엔트로피 개념, 복잡성과학 개념을 이용한 방법 등이 연구되고 있다.

본 연구에서는 물리적 요소와 정보전 요소에 대한 종합적인 전투효과도를 평가하기 위해 CA 시뮬레이션 방법을 제시하였다. CA 시뮬레이션은 기존의 사건 중심 시뮬레이션과는 달리 각 개체 간에 상호관계 규칙을 바탕으로 다양한 경로와 사건이 발생하면서 시뮬레이션을 수행한다.

응용 제작한 해상전투 CA 시뮬레이션에서는 고정된 홍군 15척 세력에 대해 청군 전력비를 변화시키고, 조기경보헬기 운용 여부, NCW에서 정보전달 속도 선택 등 30개 시나리오에 대한 전투결과를 구하였다. 시뮬레이션 결과에서는 조기경보헬기와 정보공유가 전투효과 상승에 큰 요소가 됨을 보였고, 정보전 능력을 향상 시키면 물리적 전투력을 감축시킬 수 있음도 보였다.

CA 단점으로는 어느 수준까지 모형을 구성해야 하는지, 모형이 복잡할수록 실험시간이 길어지는 문제, 그리고 결과에 대한 검정의 곤란성 등이 있다. 그렇지만 CA 시뮬레이션 모형의 장점은 해상 전투와 같이 대상 개체를 구분할 수 있고 개체의 특성 차이가 뚜렷하게 나타나는 경우, 비 물리적 요소인 정보전에 대한 모형 수립이 용이한 점 등을 고려한다면 새로운 전투효과도 평가 논리로써 계속 연구·발전될 필요성이 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김충영, 민계료, 하석태, 강성진, 최석철, 최상영, 「군사 OR 이론과 응용」, 도서출판 두남, 2004. 1.
- [2] 노병천, 「도해 세계전사 (증보판)」, 21세기군사연구소, 1995. 3.
- [3] 원은상, 「전력평가의 이론과 실제」, 한국국방연구원, 1999.
- [4] 장은성, 「복잡성의 과학」, 전파과학사, 1999.
- [5] 김영길, “네트워크 중심 미래전력의 전력효과 측정”, 「국방정책연구」, 한국국방연구원(KIDA), 2002년 봄.
- [6] 김영길, “엔트로피 기반전(EBW)”, 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2001. 9. 17.
- [7] 김진우 외 1명, “현대전 양상에 부합한 모의 분석체계 발전방향”, 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2002. 7. 8.
- [8] 서정해, “효과중심작전(EBO) 모델 소개”, 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2002. 6. 14.
- [9] 이기택, 강성진, “EINStein 모형의 비정규전 적용에 관한 연구”, 「한국국방경영분석학회지」, KMORS, 제26권, 제2호(2000. 12), pp.75-89.
- [10] 이수열, 이재영, “KNTDS의 전투력 상승 효과 측정에 관한 연구”, 「한국국방경영분석학회지」, KMORS, 제27권, 제2호(2001. 12), pp.

- 56-75.
- [11] 이태원, 강성진, "EINSTEIN 모형을 이용한 복잡계이론의 지상전 적용에 관한 연구", 「한국시뮬레이션학회논문지」, KSS, 제9권, 제1호 (2000. 3), pp.55-66.
- [12] 임희동, 권용수, "전장네트워크 기반 이지스급 함정의 공중방어능력에 관한 연구", 「한국국방경영분석학회지」, KMORS, 제28권, 제2호 (2002. 2), pp.137-150.
- [13] Chen, P.S. and P. Chu, "Applying Lanchester's Linear Law To Model the Ardennes Campaign," *Naval Research Logistics*, Vol. 48(2001), pp.653-661.
- [14] Ilachinski, A., "Exploring Self-Organized Emergence in an Agent-based Synthetic Warfare Lab," *Kybernetes, The International Journal of Systems & Cybernetics*, Vol.32, No.1-2(2003. 2), pp.38-76.
- [15] Ilachinski, A., "Irreducible Semi Autonomous Adaptive Combat (ISAAC): An Artificial Life Approach to Land Combat," *Military Operations Research*, Vol.5 No.3 (2000), pp.29-46.
- [16] Koepfel, D., "MASSIVE ATTACK," *Popular Science Magazine*, December 2002 edition. Available at http://www.popsci.com/popsci/science/d726359b9fa84010vgnvcm1000004_eebccdrerd.html.
- [17] Center for Naval Analyses "ISAAC/EINSTEIN," Available at <http://www.cna.org/isaac>.