

# 세포 자동자(Cellular Automata) 시뮬레이션을 이용한 네트워크 중심전 전투효과도 평가 연구

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

정성진, 조성진, 홍성필

서울대학교 산업공학과 (uboot@optima.snu.ac.kr)

### Abstract

The recent notion of Network Centric Warfare (NCW) emphasizes the ability to distribute right information at the right time to maximize the combat effectiveness. Accordingly, in the modern combat system, the importance of non-physical element, such as 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.

keywords: combat effectiveness, CA simulation

### 1. 서론

전투효과도는 다양한 요소들의 평가가 필요하다. 적보다 우세한 화력, 조기 탐지 능력, 장거리 타격력 그리고 정보공유 체계 등이 이러한 중요한 요소들의 예이다. 또한, 이러한 요소들 중에는, 계량적 분석이 비교적 용이한 물리적 전투력 뿐 아니라, 객관적 계량 평가기준이 확립되어 있지 않은 정보전과 같은 비 물리적 요소들이 존재한다. 그런데, 미래 전투 모형에 대해 물리적 요소와 정보전 요소의 영향도를 종합적으로 분석하는 것은 복

잡한 문제이다. 최근에는 정보전 개념에 포함되는 네트워크 중심전(Network Centric Warfare : NCW)이 전투효과에 미치는 영향에 대해 관심이 높아지고 있다. 수리적 전투효과 모형은 각 요소를 종합적 특성으로 표현하고 있어 특성차가 뚜렷한 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, 엘트로피 개념, 복잡성과학 개념을 이용한 방법 등이 계속 연구되고 있다.

본 연구에서는 물리적 요소와 NCW의 정보전 요소에 대한 종합적인 전투효과도 평가를 위해 CA(Cellular Automata)<sup>1)</sup> 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 바탕으로 각 개체(agent)가 주어진 규칙을 바탕으로 매 상황에 적응하면서 목적인 임무를 수행하는 시뮬레이션이다. 본 연구의 구성은 2절에서 NCW 소개와 시뮬레이션 분류, 3절에서는 란체스터 모형과 CA 시뮬레이션의 개념, 4절에서는 CA를 이용한 해상전투 시뮬레이션 프로그램, 5절에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 전투효과도를 평가 분석하여 CA 시뮬레이션 모형이 유용함을 보이고자 한다.

### 2. 네트워크 중심전과 시뮬레이션의 분류

#### 1) 네트워크 중심전<sup>2)</sup>

플랫폼 중심전(Platform Centric Warfare : PCW)은 각 전투세력의 개별적 전투능력을 중심으

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

2) 김영길, "네트워크 중심 미래전력의 전력효과 측정," 「국방정책연구」, 한국국방연구원(KIDA), 2002년 봄.

로 전투를 수행하는 것이다. NCW는 개별적 전투 능력을 네트워크화하여 전투능력의 시너지 효과를 발휘하기 위한 개념이다. PC(Personal Computer) 통신 초창기에는 단순 터미널 역할을 하던 PC가 하드웨어 및 초고속 네트워크의 발달로 각 PC의 정보 가치가 중심이 되는 시대가 되었다. 각 PC는 하나의 전투세력으로 볼 수 있으며 다른 전투세력과 정보 네트워크의 공유를 통해 전투효과를 상승시키는 것이 NCW의 목적이다. 이미 미군은 효과 중심작전(Effects Based Operation : EBO) 분석을 위해 복잡성과학 개념을 하나의 접근 방법으로 연구하고 있다<sup>3)</sup>.

## 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 [그림2.1]과 같이 3가지로 나누어질 수 있다<sup>4)</sup>:

첫째, 개념(constructive) 시뮬레이션은 분석용, 획득용 시뮬레이션으로 결과 분석, 예측 등에 활용하기 위한 유형이고,

둘째, 가상(virtual) 시뮬레이션은 실제 장비를 사용하여 훈련시 제약을 받을 경우 실제 장비와 동일한 모의장비(simulator)를 활용하는 것으로 '비행 시뮬레이터'가 해당되며,

셋째, 실제(live) 시뮬레이션은 실제와 동일한 환경에서 실제 장비를 가지고 훈련하는 것으로 '육군 과학화 전투 훈련장'이 해당된다.

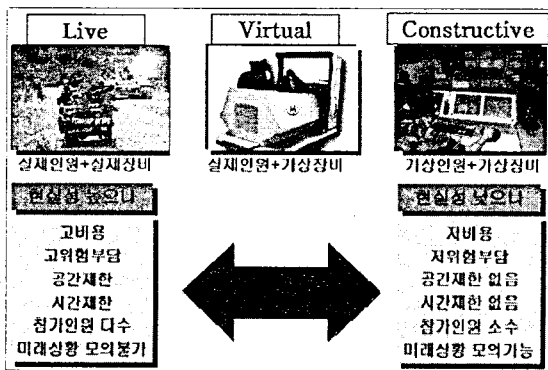


그림 2.1 시뮬레이션의 분류

## 3. 란체스터 모형과 CA 시뮬레이션 개념

### 1) 란체스터 모형<sup>5)</sup>의 개념

란체스터 모형은 전쟁모의 논리에 가장 많이

3) 김진우 외 1명, "현대전 양상에 부합한 모의분석 체계 발전방향," 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2002. 7. 8.

4) 상계서.

5) 김충영 외 5명, "제8장 란체스터형 전투모형과 응용," 「군사 OR 이론과 응용」, 두남, 2004. 1.

사용되고 있으며 [그림3.1]은 란체스터 자승법칙을 이용하여 R군이 전멸시 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 중심인 단순한 병력중심 체계였다. 이러한 특징으로 란체스터 모형은 발전된 현대 육상전투보다는 지형적 제한 조건이 없는 해상전투에 더 적합하다.

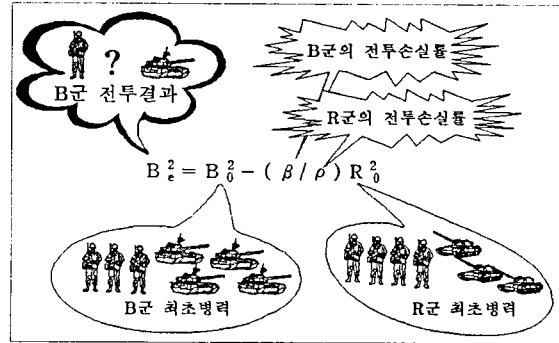


그림 3.1 R군 전멸시 B군의 생존병력

란체스터 자승법칙은 단위시간에 대한 병력의 손실수는 각 병력수의 자승에 직접 비례한다는 개념이다. 예로 청군과 홍군은 각 1,000명의 병력을 가지고 있다. 청군은 처음부터 1,000명을 투입하고 홍군은 500명씩 나누어 투입하면, 축하 투입된 홍군 1,000명이 전멸할 때 청군은 707명이 생존한다.

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

### 2) 정보전 평가 모형의 필요성

새로운 무기체계의 발명과 기동성의 증가는 과거 개념의 전술을 무용지물로 만들었고, 통신 능력의 발달이 가져온 정보전은 전투 승패의 보이지 않는 무형적 요소로 큰 역할을 하게 되었다.

무형적인 NCW의 효과성을 설명하기 위해 정보 효과는 네트워크에 연결된 노드 개수의 자승에 비례한다고 하는 메트칼프의 법칙(Metcalfe's law)이 인용하기도 한다. 그렇지만 메트칼프의 법칙은 정보전의 개념적 설명이지 실제 응용하여 계량적 분석평가를 할 수 있는 모형은 아니다. 이러한 요소를 분석평가하기 위해 란체스터 모형을 발전시키는 연구와 복잡성과학 개념을 적용한 모형<sup>6)</sup> 개발이 계속적으로 연구되고 있다.

### 3) Cellular Automata

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

6) 미국의 ISAAC, EINSTEIN, MANA, TRANSIM 모형 등이 있다. 미해군 분석센터에서 만든 EINSTEIN은 ISAAC을 향상시킨 모형으로 [www.cna.org/isaac](http://www.cna.org/isaac)에서 자료를 받을 수 있다.

CA 개념은 존 폰 노이만이 세포의 자기증식 현상에서 힌트를 얻어 자기복제 기계를 생각하였고, 이를 구체화하는 격자 구조를 생각하였다. 격자 내에는 개체들이 있고 규칙에 따라 다음 단계에서 새로운 격자로 이동한다. 반복되는 이러한 과정 속에서 자기 복제 개념에 대해 연구하였다. 이와 같은 개념으로 만들어진 것이 존 콘웨이의 "생명 게임[그림3.3]"이며 간단한 규칙을 주어 예측 할 수 없는 다양한 모습의 격자를 생성하였다.

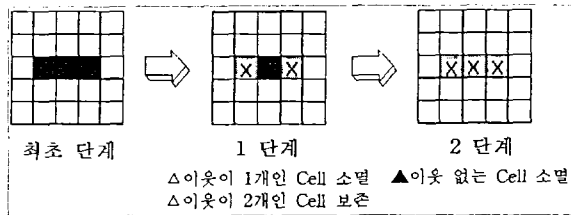


그림 3.3 생명 게임 규칙 예

크레이그 레이놀즈는 CA의 상호관계 개념을 새 때 모습의 그래픽에 적용하여 자연스러운 움직임을 보여주었다. 또한 영화 "반지의 제왕"에서의 대규모 전투 장면은 CA 개념을 이용한 "MASSIVE"<sup>7)</sup> 라는 소프트웨어를 사용하여 제작되었다.

CA 개념을 전투 시뮬레이션에 적용하기 위해서는 무기체계, 전투조직에 대한 지식과 함께 전투과정, 전투시 보이지 않는 여러 요소들의 상호관계에 대한 관찰력이 필요하다.

#### 4) CA를 이용한 전투 시뮬레이션

CA 시뮬레이션 개념으로 만든 것 중 미해군 분석센터에서 만든 EINSTEIN이 있다. EINSTEIN 모형에서는 각 개체가 전투 목적에 따라 스스로 행동하며 전투를 수행한다. 그리고 전투 시나리오에 따라 목표 점령, 총력전 등이 있으며 [그림3.4]와 같이 지형 편집도 가능하다.

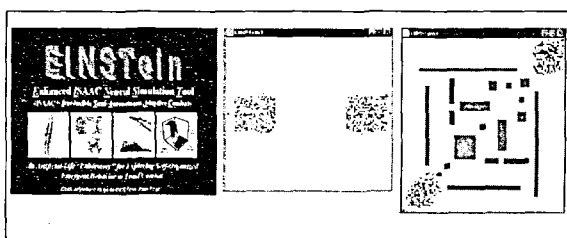


그림 3.4 EINSTEIN 홈페이지 및 시뮬레이션 화면

[표3.1]과 같이 걸프전에서 다국적군의 일방적인 승리는 기존 수리모형으로 예측하기 어려운 전투결과이었다. 즉, 수리모형 방법은 스마트 무기(높은 명중률), AH-64 헬기(강력한 대전차공격 능력), Joint-STAR(실시간 지상정보 수집·전파 항공기) 등 뚜렷한 특성차를 가진 요소들이 전투효과에 미치는 영향을 평가하기에 어려운 점이 있다.

7) Dan Koepfel, "MASSIVE ATTACK," *Popular Science Magazine*, December 2002 edition.

표 3.1 걸프전에서 군사력과 전투 손실<sup>8)</sup>

구분	군사력		전투 손실	
	병력	전차	병력손실	전차손실
다국적군	54만명	3,700대	300명	경미
이라크군	100만명	5,500대	10만명	4,000대

이에 대해 새로운 접근 방법으로 각 요소의 특성을 개체로 표현하는 CA 시뮬레이션 방법이 연구되었다. 각 개체는 현재 위치에서 목표를 탐색하며, 이동할 것인지 또는 공격할 것인지를 임무와 주위 환경을 고려하여 결정한다. 임무는 목표 점령, 방어, 총력전 등 다양하게 부여할 수 있다. 지휘 임무를 수행하는 개체는 상황에 따라 목표를 변경시킬 수도 있다. 이동 속도는 전장 지형에 따라 다르게, 공격 능력은 무장 특성에 따라 특성값을 정할 수 있다. 공격 결과 판단은 목표의 탐지여부, 거리, 시정, 지형 특성에 대하여 실제 전투실험, 전투사례 자료 등을 이용할 수 있다. CA의 장점은 개체의 움직이는 과정 자체가 모형 논리이므로 진행상황을 시각적으로 보여줄 수 있다는 점이다.

CA를 이용한 분석, 획득용 시뮬레이션에서는 실제 전투와 같이 다양한 효과척도(Measure Of Effectiveness : MOE) 자료를 산출할 수 있다. 산출 자료로는 누적 이동거리, 연료 소모량, 탄약소모량, 무기체계별 전투 기여도(지상전에서 헬기, 전차를 함께 묘사하여 더 효과적인 무기 식별) 등이 있다. 연습용 시뮬레이션에서는 게임여 수가 적을 때 효율적인 위게임 운용을 가능하게 할 수 있다. 예로 1명의 게임어가 함정 전투부대를 지휘할 때 수 많은 세력에 대해 이동, 사격 등 세부적 행동까지 명령해야 한다. 세력 이동 때에는 진형을 유지하거나 변경할 때 사격할 때에도 단순 조작을 반복해야 한다. 이러한 문제는 실제 상황에서 자동으로 처리되는 문제이며, CA를 이용한다면 조작보다는 작전에 집중할 수 있는 시뮬레이션이 될 수 있다. 특히 대항군은 적은 게임어로 운용하기 때문에 CA 개념을 이용한다면 효율적인 위게임 모형을 제작할 수 있을 것이다.

#### 4. CA 시뮬레이션을 이용한 해상전투 프로그램

##### 1) 해상전투 시뮬레이션 개요

본 연구에서 개발한 시뮬레이션 프로그램은 개념(constructive) 시뮬레이션으로 해상전투에서 표적정보의 공유가 전투에 미치는 영향을 구하기 위한 CA 모형이다. 전투세력은 청군과 홍군으로 나누어지며, 상대적 전투결과를 평가하기 위해 홍군은 15척 세력으로 고정하였다. 고정된 홍군 세력에 대해 청군 세력은 홍군에 대한 전투함 비율, 조

8) 노병천, 「도해 세계전사 (중보판)」, 21세기군사연구소, 1995. 3.

기정보헬기 운용, NCW에서 표적정보 전달 속도 같은 요소를 변화시킬 수 있다. 본 연구에서는 청군의 세 가지 요소 변화가 해상전투에 미치는 영향을 시뮬레이션으로 보이고자 한다. 함정의 레이더 탐지범위, 무장에 대해서는 청군, 홍군이 서로 동등하며, CA 시뮬레이션을 이용하는 연구 방법이 목적적이므로 각 함정들의 특성은 가상의 값<sup>9)</sup>을 사용하였다.

2) 해상전투 시뮬레이션 모형

해상전투 결과 산출되는 MOE는 [표4.1]과 같이 함정생존율과 손실교환비로 나타내었다.

표 4.1 해상전투결과 효과척도(MOE)

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

청군 세력에 대한 세 가지 선택 요소로는 [표4.2]와 같이 조기경보헬기 운용 여부, NCW 정보전달 속도 수준, 전투함 비율 선택 등이 있다.

표 4.2 청군 세력 선택 요소

요소	선택 내용
조기경보헬기	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)

전투함의 미사일 사정거리는 레이더 탐지범위보다 크며, 청군의 경우에는 다른 함정의 표적 정보를 공유하여 미사일 공격을 할 수 있다. 본 모형에서 대공미사일은 고려하지 않았으며, 홍군은 청군 헬기에 대해 미사일 공격을 할 수 없다. 시뮬레이션 실행은 청군의 선택 요소를 조합한 30개의 시나리오에 대하여 각 50회 실시하였다. 프로그램을 실행하면 각 세력의 레이더 탐지범위를 나타내는 원이 표시되며 자동적으로 50회 반복 실행된다. 레이더 탐지 전에는 사전에 지정된 지점으로 이동하지만 탐지 이후에는 주어진 임무대로 이동, 공격하게 된다. 전투 종료 조건은 한쪽이 완전 전멸할 때까지이다.

각 함정이 가진 기본적 임무는 [표4.3]과 같다.

9) 함정의 속력, 함포 사거리, 미사일 사거리, 명중률, 레이더 탐지범위 등에 대하여 가상의 값을 사용하였다.

표 4.3 각 세력별 임무

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

[그림4.1]은 각 세력이 반복적으로 취해야할 행동을 나타낸 것이며 단계별 내용은 다음과 같다:

- 단계 1. 표적의 레이더 탐지 여부 확인
- 단계 2. 탐지된 표적 정보를 바탕으로 지휘함은 전체 세력의 이동 목표지점 결정
- 단계 3. 표적 정보를 바탕으로 미사일 공격 가능 여부 확인(가능시 미사일 공격)
- 단계 4. 미사일 소진시 함포 공격 가능 여부 확인(가능시 함포 공격)
- 단계 5. 페널티 함수를 이용하여 이동 가능한 9개 지점에서 최소값을 가진 지점으로 이동 (목표지점, 적합거리, 우군함 거리 고려)

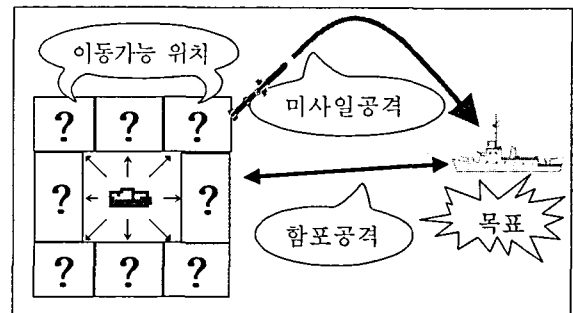


그림 4.1 취해야할 행동 고려 요소

함정의 다음 단계 이동을 위한 페널티 계산은 유클리디언 거리로 계산된다. 즉, 함정의 다음 위치 결정 기준은 [그림4.1]과 같이 이동 가능한 9개 위치(이동 없음 포함)에서 적 함정과 제한 접근거리와 우군 함정과 제한 접근거리 조건이 만족될 때 목표지점과의 최소거리가 되는 위치이다.

[그림4.2]은 시뮬레이션 모형의 흐름도를 나타내고 있다.

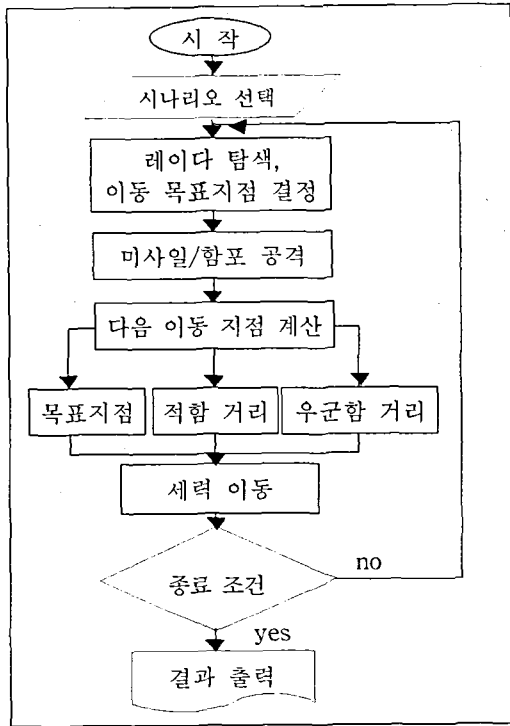


그림 4.2 시뮬레이션 모형 흐름도

청군과 홍군의 최초 배치는 [그림4.3]과 같으며, 청군 진형의 전방에는 조기경보헬기가 후방에는 전투함이 위치하며, 홍군도 후방에 15척의 전투함이 위치한다.

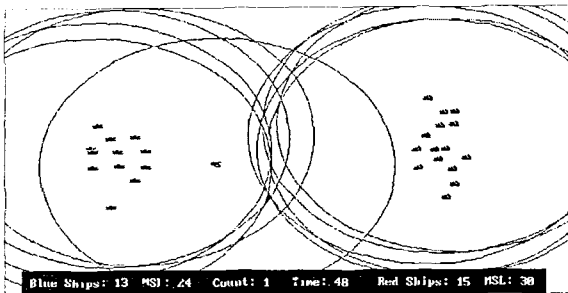


그림 4.3 청군과 홍군의 최초 배치

[그림4.4]는 청군이 조기경보헬기의 정보를 바탕으로 홍군에게 미사일을 공격하는 모습이다.

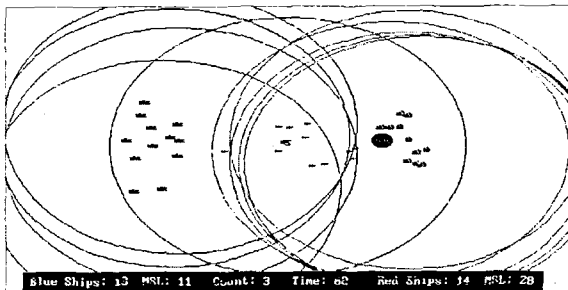


그림 4.4 청군의 미사일 공격

## 5. 해상전투 시뮬레이션 결과 분석

### 1) 란체스터 자승법칙에 의한 전투 결과<sup>10)</sup>

CA를 이용한 전투 결과와 비교하기 위해 란체스터 자승법칙을 이용한 전투 결과를 계산하였다. 청군의 정보 공유 효과에 대해서는 계산에 반영하지 않았으며 함정 수에 의한 전투결과를 구하였다. 계산을 위한 란체스터 자승 법칙의 모수와 변수는 다음과 같다 :

$\beta, \rho$  : 청군, 홍군의 전투 손실률

$B_0$  : 청군의 최초 세력

$R_0$  : 홍군의 최초 세력

$R_e$  : 교전 후 홍군의 생존 세력

$$R_e^2 = R_0^2 - (\rho / \beta) B_0^2 \quad (5.1)$$

식(5.1)은 홍군이 우세한 경우 청군이 완전 전멸할 때까지 홍군 생존 세력을 구하는 식이다. 전투 손실률  $\rho / \beta$ 는 양군 함정의 전투능력이 동일하다 하였으므로  $\rho / \beta = 1$ 로 하였다. [표5.1]은 홍군 전투력 대비 청군 전투력비율(함정비율) 변화에 따른 생존율을 구한 값이다.

표 5.1 청군 전투력비율에 따른 전투 생존율

전투력비 구분	40%	60%	80%	100%	120%
청 군	0%	0%	0%	0%	55%
홍 군	91.6%	80%	60%	0%	0%

위 란체스터 결과값이 가정한 시나리오는 해상전투 시뮬레이션 모형에서 청군의 조기경보헬기가 없고 NCW 수준이 가장 낮은 경우이다.

### 2) CA 시뮬레이션을 이용한 해상전투 결과<sup>12)</sup>

전투결과는 청군의 조기경보헬기 운용 여부와 NCW 수준, 전투력 비율에 따른 30개의 시나리오를 시뮬레이션하여 구하였다.

[그림5.1]은 청군의 전투 후 생존율을 나타낸 것이며, 조기경보헬기 운용 여부에 따라 생존율이 큰 차이를 보이고 있다.

10) 여기서 란체스터 결과는 NCW 개념이 없이 함정과 미사일 보유수만을 고려하였다.

11) 전투손실률은 역사적 전투사례, 전투실험 등을 통해 실질적 값을 구해야한다. 그러나 해전사에서 대규모 미사일전을 치른 사례가 없으며, 실제 전투 실험도 곤란하므로 양측이 동일한 전투능력을 가진 조건으로 하였다.

12) 본 연구의 시뮬레이션 결과 값은 실제 값이 아니며 상대적 효과성을 나타내는 가상의 값으로 보편 된다.

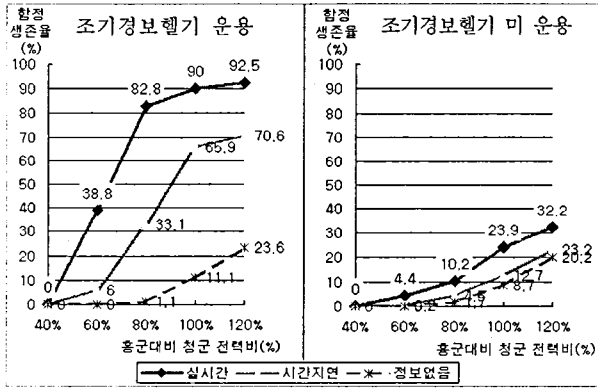


그림 5.1 청군 함정 전투 후 생존율

[그림5.2]은 청군 함정의 전투손실 교환비를 나타낸 것이며, 조기경보 운용과 실시간 정보 공유시 "1 : 10.56"이라는 높은 손실 교환비를 나타내었다. 조기경보헬기 미 운용시는 "1 : 1" 교환비를 보이고 있다.

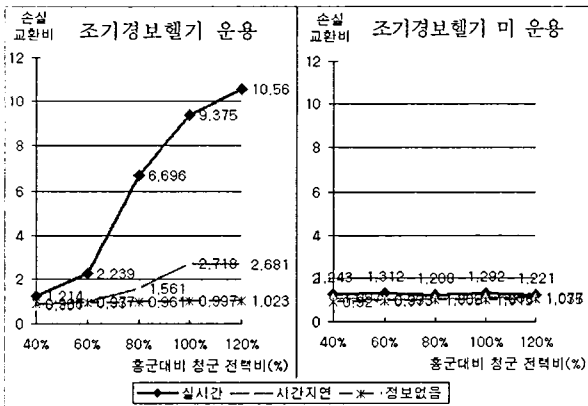


그림 5.2 청군 함정 전투손실 교환비(13)

[그림5.3]는 청군의 시나리오 선택에 따른 홍군의 전투 후 생존율을 나타낸 것이며, 상대와의 정보 수준에 따라 생존율의 차이를 보이고 있다.

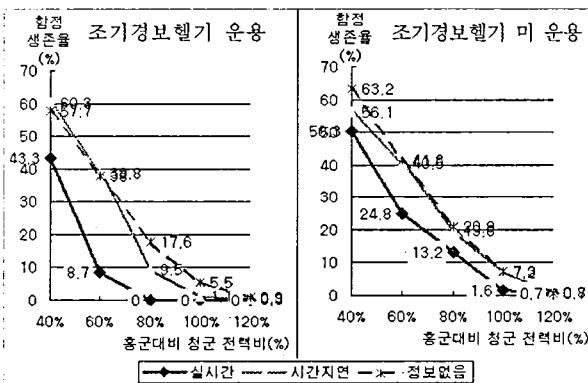


그림 5.3 홍군 함정 전투 후 생존율

13) 홍군의 전투손실 교환비는 청군 값의 역수이다.

### 3) 의사결정 관점에서 본 전투효과도 평가

시뮬레이션 결과에서 가치있는 전투효과도는 높은 함정 생존율과 높은 손실 교환비를 가진 경우이다. 최고의 전투효과도를 나타내는 조건은 청군이 조기경보헬기를 운용하고 실시간 정보공유를 할 때이다. [그림5.1]과 [그림5.2]에서 조기경보헬기를 운용하더라도 정보공유가 없는 경우에는 낮은 생존율과 낮은 손실 교환비를 보여주고 있다. 헬기를 운용하지 않더라도 정보공유가 있는 경우에는 생존율이 약간 높아지지만 손실 교환비는 변화가 없음을 보여주고 있다. 시간지연을 갖는 정보에 대해서는 조기경보에 의해 정보를 공유하는 것이 더 나은 전투효과도를 보이고 있다. 이것은 조기경보 요소가 큰 비중이 있음을 뜻하지만 계량적 균형 평가를 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

[그림5.4]는 양측 세력이 조기경보가 없고 정보공유가 없는 조건에서 란체스터 전투결과와 시뮬레이션 전투결과를 비교한 것이다.

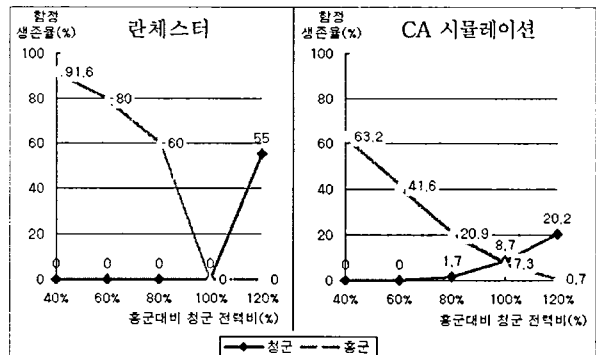


그림 5.4 란체스터와 시뮬레이션 전투결과 비교

두 그래프는 같은 형태를 가지고 있으나 생존율 값에서 큰 차이를 보이고 있지만, 어느 것이 맞는 모형이라고 할 수는 없다. 란체스터 식에서는 손실 계수를 구하는 것이 쉽지 않으며, 시뮬레이션은 현실에 부합하는 상세한 모형 구축을 요구하기 때문이다. 그러므로 적절한 접근 방법이라는 기준이 없기 때문에 란체스터 개념에 정보전을 포함한 전투효과도 평가와 복잡성과학 개념을 이용한 전투효과도 평가 방법은 계속 연구되고 있다.

특히 해전에서는 1회성 전투에 그 동안 투자된 인적, 물적 자산들의 존재가 결정된다. 그러므로 국방 의사결정자에게는 현존하지 않은 미래 전투에 대한 효과도 평가가 반드시 필요하므로 이러한 연구는 계속되고 있는 것이다.

조기경보와 정보공유는 서로 시너지 효과를 가지고 있음을 결과에서 알 수 있으며, 높은 전투효과도를 발휘하기 위해서는 두 가지 요소가 반드시 포함되어야 할 것이다. 실제 국방획득 의사결정문제 관점에서 조기경보헬기는 조기경보라는 물리적 자산의 획득 가치로서, 실시간 정보공유는 통신 네트워크체계<sup>14)</sup> 구축이라는 정보 자산의 획득 가치로서 평가되어질 수 있다.

두 요소가 전투효과도에 높은 영향을 주면서 나타나는 긍정적인 효과는 상대방과의 동일한 전투력(병력)<sup>15)</sup>을 유지하지 않아도 된다는 점이다. 특히 방어적 입장이라면 [그림5.1]의 경우 상대방 대비 전력비율을 60%까지 감축할 수 있다는 점이다. 즉 평균 생존율이 38.8% 이지만 공격측인 홍군의 생존율은 8.7%가 되므로 공격 결심을 할 수 없기 때문이다.

그렇지만 정보전력을 강화하더라도 기본적인 물리적 전투력은 가져야함을 간과해서는 안 된다. [그림5.1]에서 알 수 있듯이 전력비 40%이하에서는 청군이 전멸하기 때문이다. 높은 효율성을 가지는 전투력 체계는 물리적 전투력과 정보전력의 균형이 어느 정도 되어야 하는지 지속적인 연구가 필요하다.

## 6. 결 론

전투효과도는 다양한 요소들의 평가가 필요하다. 이러한 요소들 중에는 계량분석이 비교적 용이한 물리적 전투력도 있지만, 통신 네트워크의 발달은 비 물리적 요소인 정보전에 대한 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 고정된 경로를 바탕으로 진행되는 사건 중심 시뮬레이션과는 달리 각 개체간 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 시나리오의 전투결과를 구하였다. 시뮬레이션 결과는 조기경보헬기와 정보공유가 전투능력 향상에 큰 요소가 됨을 보였고, 정보전 능력을 향상 시키면 물리적 전투력을 감축시킬 수 있음도 보였다. 또한 국방획득 의사결정 관점에서 조기경보 능력은 물리적 자산의 획득 가치로서 실시간 정보공유는 정보 자산의 획득 가치로서 전투효과도 평가 가치를 설명하였다.

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 각 개체의 특성이 뚜렷하게 차이 나는 경우에 적용하기 용

이하며, 비 물리적 요소인 정보전에 대한 모형 수립이 용이한 점을 고려한다면 새로운 전투효과도 평가 논리로써 계속 연구·발전될 필요성이 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 원은상, 「전력평가의 이론과 실제」, 한국국방연구원, 1999.
- [2] 장은성, 「복잡성의 과학」, 전과과학사, 1999.
- [3] 노병천, 「도해 세계전사 (증보판)」, 21세기군사연구소, 1995. 3.
- [4] 김충영, 민계료, 하석태, 강성진, 최석철, 최상영, 「군사 OR 이론과 응용」, 도서출판 두남, 2004. 1.
- [5] 김진우 외 1명, “현대전 양상에 부합한 모의분석체계 발전방향,” 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2002. 7. 8.
- [6] 서정해, “효과중심작전(EBO) 모델 소개,” 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2002. 6.14.
- [7] 김영길, “엔트로피 기반전(EBW),” 「주간국방논단」, 한국국방연구원(KIDA), 2001. 9.17.
- [8] 김영길, “네트워크 중심 미래전력의 전력효과 측정,” 「국방정책연구」, 한국국방연구원(KIDA), 2002년 봄.
- [9] 이수열, 이재영, “KNTDS의 전투력 상승효과 측정에 관한 연구,” 「한국국방경영분석학회지」, KMORS, 제27권, 제2호, 2001.12.31., pp.56-75.
- [10] Dan Koeppel, “MASSIVE ATTACK,” *Popular Science Magazine*, December 2002 edition, Available WWW : [www.popsci.com/popsci/science/d726359b9fa84010vgnvcm100004eecbccdrerd.html](http://www.popsci.com/popsci/science/d726359b9fa84010vgnvcm100004eecbccdrerd.html).
- [11] Dr. Andy Ilachinski, “Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat (ISAAC) : An Artificial Life Approach to Land Combat,” *Military Operations Research*, V5 N3 2000., pp.29-46.
- [12] Patrick S. Chen, Peter Chu, “Applying Lanchester’s Linear Law To Model the Ardennes Campaign,” *Naval Research Logistics*, Vol.48(2001), pp.653-661.
- [13] Center for Naval Analyses “ISAAC/EINSTEIN” homepage : [www.cna.org/isaac](http://www.cna.org/isaac).

14) 음성 통신이 아닌 NCW를 위한 실시간 무선 데이터 전송 체계.

15) 병력, 전차, 함정, 항공기와 같은 하드웨어 무기 체계를 의미한다.