

확률과정을 따르는 혼합 무기체계 전투시물레이션 모델*

정용훈¹ · 홍윤기^{2†}

A Stochastic Combat Simulation Model with Heterogeneous Weapon Systems

Yong-Hun Chung · Yoon Gee Hong

ABSTRACT

The real data obtained from field exercises has a crucial role in modeling and simulation of a combat or a wargame. This becomes an important input especially in analyzing weapon systems realization. Many existing models have been using the mean value of the time between each fire. The firing data can be incorporated into a known probability distribution or used directly as an empirical distribution. Data of field exercises are very useful instead of the real combat outcomes. This study finds a new modeling approach and techniques to compare the data with the previously generated outcomes. This fundamental research work will continue to consider more of the various weapon systems, the sizes, and other tactical aspects.

Key words : Combat, Interfiring times, Weapon systems, Empirical distribution, Stochastic models

요약

실 기동 훈련을 기반으로 획득한 데이터는 전투 또는 위게임 모델링 및 시물레이션에 중요한 역할을 지니게 된다. 특히 이들 데이터는 무기체계 분석을 위한 중요한 입력자료로 활용하게 된다. 현존하는 분석모델들은 사격시간간격의 평균값을 상수로 지정하여 적용하여 왔으나 사격시간간격은 기존 확률분포 또는 경험분포로 적합하여 사용함이 보다 현실적이라고 할 수 있다. 실제 전장의 데이터를 획득하기 어려운 여건이므로 실기동 훈련으로 획득된 경험 데이터를 활용할 수 있는 방법을 제시한다. 본 연구는 확률과정을 따르는 전투상황을 보다 근접하게 모의할 수 있는 새로운 접근방법 및 기법을 연구하고 비교한다. 이 연구는 다양한 혼합 무기체계, 적정 전투의 규모, 그리고 전술적 측면 등을 포함하는 향후 연구과제의 필요성을 제기하면서 이를 위한 첫 번째 단계에 해당하는 기초연구이다.

주요어 : 전투모델, 경험분포, 사격시간간격, 확률과정모델

1. 서론

현재 우리나라는 첨단 기술 분야라고 할 수 있는 PC 메모리, 휴대폰 통신 등의 IT분야는 세계 최고의 기술을 보유하고 있다. 하지만 이러한 첨단 기술의 비약적인 발전에 비해 한국군의 위게임 기술 분야는 응용분야의 획기

적 발전은 많았으나 기초이론 분야에 대한 연구결과는 미미하여 기반이 될 알고리즘이나 기초이론은 미국이나 유럽의 것을 그대로 사용하고 있는 것이 현실이다^{1,5)}. 이는 미국, 유럽 선진국의 군사 전문 연구기관이 관련 기초연구를 담당하는 것에 비해 한국은 여건이 제한되므로 기초이론 연구가 가능한 민간대학에서 이러한 역할을 하는 것이 필요하다고 본다.

국방 M&S(Modeling & Simulation)는 진보된 기술발전 전에 힘입어 여러 가지 단계를 거치면서 그 모습 또한 변화를 거듭해왔다³⁾. 예를 들어서, 복잡한 상호작용으로부터 시작되어 질 좋은 화상, 원만한 모델 간 연동, 그리고 빠르고 정확한 해석해를 얻기 위한 소프트웨어엔진 등이

* 이 연구는 2007년도 한성대학교 지원과제임.
2008년 12월 10일 접수, 2009년 2월 25일 채택

¹⁾ 주식회사 심네트

²⁾ 한성대학교 산업시스템공학과

주 저 자 : 정용훈

교신저자 : 홍윤기

E-mail: yhong@hansung.ac.kr

가시화되기에 이르렀다. 그러나 위게임의 개념모델을 이해하는 문제나 다양한 분야의 국방 M&S를 고려하는데 사용되는 주요 원리들은 대체로 기초과학의 발전과 맥을 같이 한다고 볼 때, 오늘날의 위게임 관련 업무 또는 연구에 적용하는 데에는 많지 않은 기초연구로 인해 보다 더 발전할 수 있는 추동력을 갖지 못하는 아쉬움을 남기고 있다⁸⁾.

본 연구는 한국군의 위게임 관련 연구에 미래지향적 발전을 꾀하는데 도움이 되고자 상상피해의 기초가 되는 사격시간간격과 이동모의에 대한 내용을 다룬다. 한국군 위게임모델은 상수 사격시간간격 또는 란체스터 미분방정식 해를 적용하고 있으나, 미국의 확률모델 연구 및 사례를 찾아볼 수 있다^{4,9,10)}. IT 기술의 발달과 컴퓨터 네트워크의 기반하에서 위게임 모델링 및 시뮬레이션의 중요 자료로 사용되는 전투피해평가와 관련된 기초이론 연구 수준을 한 단계 높이는 결과를 기대한다.

2. 연구 배경

2.1 확률과정 적용의 필요성

표 1은 현재 한국군이 운용중인 대표적 분석모델이라 할 수 있는 AWAM모델과 독일 지상군 C4ISR(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) 효과 분석 모델 DNS(Die Neue Simulation Framework)의 교전모의에서 중요하게 적용되는 변수들에 대한 설명이다. 표에서 보여주는 바와 같이 현재 한국군에서 운용중인 위게임 모델에서는 무기체계 별로 사격 절차를 정의하고 각 사격 절차에 평균 시간

표 1. DNS, AWAM모델 사격시간간격 및 모의 변수

	DNS 독일 지상군 C4ISR 효과 분석 모델	지상무기효과 분석모델 (AWAM)
규모	육군사단급	육군대대, 연대급
사격 시간간격	조준시간, 사격 준비시간의 상수 평균을 이용한 사격시간 계산	조준, 재장전, 거치시간, 탄속 값들의 평균 시간을 이용한 상수로 정의
PH (Probability of Hit)	화기, 탄종, 표적유형, 거리, 방호도 여부에 따라 구분	거리에 의존해 자세, 노출, 이동 여부에 따라 구분
PK (Probability of Kill)	PH에 의존한 조건부 확률	거리에 의존해 표적 자세, 노출 여부에 따라 구분

을 적용함으로써 한 번의 사격시간을 산출하게 된다. 여기서 평균 사격시간이라 함은 항상 같은 시간이 입력되는 상수(constant)를 의미한다.

시뮬레이션에서 특정 사건의 단위 시간을 정의할 때 평균으로 정의하였을 경우 실제와 다른 결과를 초래할 수 있는 가능성을 무시 할 수 없다. 이러한 관점에서 사격시간(interfiring time)의 평균값을 사용하여 모의하는 현재 운용중인 모델들 보다는 더 현실적인 사격시간 묘사 방법의 제시가 필요하다.

2.2 연구 방법

2.2.1 선행연구결과 : 확률과정을 따르는 동종무기체계 간 교전

사격시간간격에 단순한 평균을 이용한 란체스터 미분방정식에 의한 계산이 아닌 일반분포를 적용한 연구는 과거에 있었고, 신뢰할 만한 결과물도 제출되었다^{6,7)}. 일반분포를 교전모델에 적용한 연구로 Gafarian, Harvey, Hong, and Kronauer가 있다¹⁰⁾. 사격시간간격이 지수분포와 Erlang-2 분포의 경우에 국한하여 오직 해석해를 이끌어 낼 수 있는 선택이어서 참값과의 비교가 가능하였고, 실제 데이터를 특정분포에 적합시키는 과정에서 모수값 변화에 따라 다양한 분포모양을 지나는 후보 확률분포 가운데 Lognormal 분포를 하나의 선택으로 꼽을 수 있다는 연구경험에 기초하여 본 연구에서도 실험에 적용하게 되었다¹¹⁾.

과거 연구의 가정은 란체스터 제곱법칙(square law)에 근거하고 있어서 무기체계의 이동모의는 고려되지 않았고, 동종의 무기체계 만을 고려하여, 배치된 모든 무기체계는 각각의 사거리 안에 있다는 가정 하에 연구 및 분석이 이루어졌다⁹⁾. 예를 들어서, 그림 1은 전투개시 같은 상황 하에서 입력요소 중 무기체계의 사격분포를 다르게

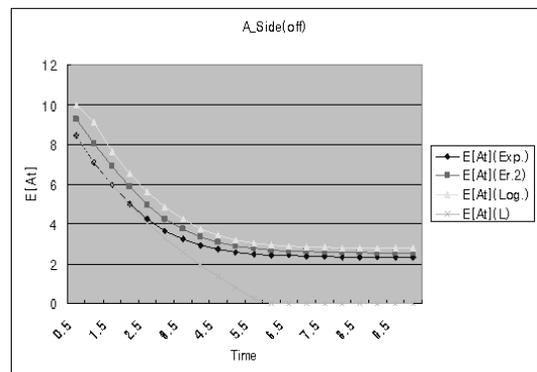


그림 1. 일반분포를 적용한 선행연구 결과

적용하되 평균시간은 같도록 유지하여 실험한 결과로 시간흐름에 따른 A측 생존자 수의 대한 그래프이다.

10 대 10의 동종 무기체제로 전투가 개시되어 A측과 B측의 명중률 및 사격간격시간을 다르게 하여 Lanchester Equation(L)과 일반분포로 지수분포(Exp.), Erlang-2분포(Er.2), 대수정규분포(Log) 입력에 대한 시간에 따른 생존자의 수를 산출한 결과이다. 이 실험에서는 적용된 세 가지 분포에 적합한 무기체계가 존재할 경우, 단순 평균 사격시간이 아닌 일반분포를 사격시간에 적용한 결과의 한 예를 보여주고 있다. 이들과 관련하여 세부적으로 비교 검토한 Ancker and Gafarian의 연구를 대표적으로 꼽을 수 있다^[9].

2.2.2 연구 목적 및 방법

동종 무기체계간 교전모의 선행연구로 란체스터 방정식, 지수분포모델, 그리고 확률모델에 대한 결과 비교 및 향후 제언 등을 포함한 대표적인 연구가 있었다^[9]. 혼합무기체계를 고려한 확률모델은 주변에서 찾아보기 어려운 실정이다. 첨단 과학기술, IT관련기술, 그리고 국방과학연구의 발전에 힘입어 과거 제한된 가정들이 하나 둘씩 해결되면서 실시간 및 연동모델 개발이 가속화되고 있다.

본 연구에서는 모델링 및 연구결과를 실제 모델에 바로 적용하는 응용모델을 다루지 않는다. 반면, 란체스터 제곱법칙(square law)의 한계를 벗어나고, 일정한 사격시간간격이 아닌 사격시간 확률분포, 실 전장상황에 보다 더 접근하는 모델링 방법 및 후속 연구를 위한 기초적인 실험모델링 및 결과분석을 연구목적으로 한다.

3. 개념 모델 설계

3.1 개념모델 상황이해

실제 교전에서 고려해야 하는 변수들은 상당히 많다. 이동, 탐지, 교전, 지형, 무기체계의 속성, 기상 등 변수가 존재하고, 심지어 전투원의 심리상태에 따른 변수들까지 고려하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 위에서 언급한 변수들 가운데 몇몇만을 고려하여 현실적으로 모의하더라도 대단히 많은 경우의 수를 고려하지 않을 수 없을 것이다. 이러한 발상에서 모든 입력 변수를 입력하지 않고 인공지능으로 선택하여 실행되는 방식의 에이전트 기반 모의모델 연구도 활발히 진행 중이다^[2].

그림 2는 실제 사격시간 데이터를 활용할 수 있다는 가정으로 경험분포(Empirical Distribution)에서 사격시간을 생성하는 과정인데, 각 데이터들은 DB를 통해

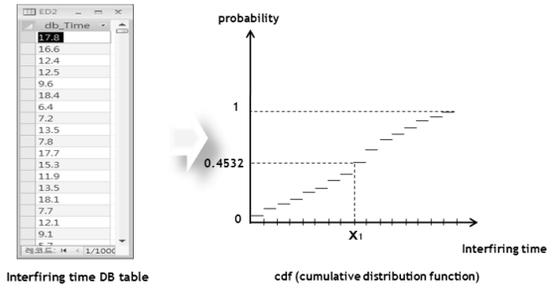


그림 2. 경험분포에서 사격시간 생성

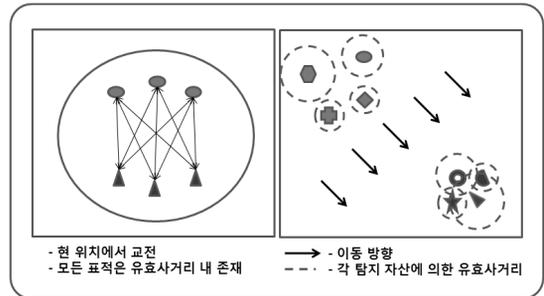


그림 3. 선행연구와 본 연구의 실험방법 차이

입력이 되고, 입력된 데이터들을 이용하여 cdf를 생성하여, 생성된 cdf에 발생된 난수를 역변환 하여, 사격시간을 생성할 수 있다. 데이터의 도수별 확률값이 생성되며 이 확률 값의 cdf로 사격시간을 산출해 낸다.

그림 3에서 선행연구 Gafarian, Harvey, Hong, and Kronauer에는 동종무기체계들 사이에 이동시나리오가 없이 모든 표적은 유효사거리에 있다는 가정으로 실험하였지만, 본 연구에서는 유효사거리, 적중률, 살상률, 사격시간 분포, 사격형태가 다른 혼합 무기체계들이 최초 배치에서 적 방향으로 이동하여 조우 시 교전하게 되며, 무기체계별 위치와 사거리에 의해서 교전 순서가 결정된다.

3.2 개념모델 목표설정

본 연구에서 제시되는 모델은 경험분포를 실제 시뮬레이션 모델에 어떻게 적용되는지 검토하고, 동종 및 혼합 무기체계 교전에 있어서 선행연구와 비교해 더 현실적인 모의가 가능해야 한다. 선행연구와 비교하여 경험분포의 적용, 유효 사거리, 명중확률과 살상확률 분리, 이동의 모의, 그리고 직·간접사격 등을 추가로 고려하고 있다.

실제 교전모의에서 고려해야할 변수는 상당히 많지만, 실험 모델에서 최소화할 수 있는 부분은 단순화하여 표현한다. 아래 표 2는 실험을 위한 개발모델에 포함되는 변

표 2. 실험모델에 고려되는 변수

속성	세부 사항	포함/생략	내용
부대 배치	개체 배치	포함	최초 유닛의 배치는 마우스의 조작으로 하고, 세부 좌표를 유닛 윈도우에서 수정이 가능
	저장/불러오기	포함	최초 배치로 반복 수행을 하기 위해 포함된다.
이동 모의	지정 속도	포함	각 객체의 이동 속도는 동일하게 구현
	속도 변화	생략	이동속도의 변화는 모델에서 제외
	경로 선정	생략	에이전트에 의한 경로 선정이 아닌 공격군은 최초 설정된 위치로 이동하면서 적과 조우 시 교전
정찰/탐지 모의	탐지 거리	생략	개체의 탐지 자산에 따른 탐지거리의 최대사거리와 동일하게 간주
	통신 모의	생략	전투 객체 간 모든 통신은 가능하다고 가정
무기 체계 속성	무기명	포함	무기체계의 배치와 동시에 무기명은 같이 화면에 표시
	이동 간격	포함	모든 무기체계는 같은 간격으로 같은 속도로 이동
	최대 사거리	포함	개체의 탐지 자산에 따른 최대사거리 표시
	PK	포함	명중 시 살상확률을 말하며 사격과 이동 가능한 상태(movefire), 사격만 가능한 상태(fireonly), 사살(kill)세 가지로 구분
	PH	포함	명중확률을 의미하며, 최대사거리에 비례하여 100, 80, 60, 40, 20으로 구분하여 입력
	사격 분포	포함	각 무기체계 별로 가지는 사격시간의 분포를 말하며, 지수분포, 균등분포, 일량-2 분포, 경험분포가 사용됨
	사격 형태	포함	사격형태에 따른 직/간접 사격 구분 DirectFiring / AreaFiring
	살상 반영	포함	Areafiring을 하는 무기체계는 살상 반영을 입력하여 반영 내의 모든 무기체계들에 대해 피해를 계산
교전 모의	탐지	포함	최초 공격자와 방어자로 나누어지며, 공격자와 방자 중 먼저 탐지를 성공한 부대부터 공격을 시작
	직접/간접 사격	포함	곡사화기의 경우 간접 사격에 대한 효과도 표현
	이동	포함	이동 명령은 공격 임무를 가진 부대만 적용
	시뮬레이션 시간	포함	전체 프로세스에 축으로서 포함
	반복 횟수	포함	같은 상황의 교전 반복 실행횟수 설정
	종료 조건	포함	교전이 끝나는 시점을 정의
	사격 절차	생략	준비 / 조건 / 사격의 시간을 하나로 묶어서 사격 분포의 간격만을 적용
	탄약량	생략	탄약의 양은 무제한으로 가정

수들과 모델 단순화를 위해 모델에서 고려되지 않은 변수에 대한 설명이다^[11].

3.3 입출력 프로세스 설계

표 2의 무기체계속성에서 정의한 변수들을 DB의 무기체계 테이블에서 관리한다. 무기체계 속성은 무기체계배치전에 정의하고, DB에 정의된 무기체계에 한해서 배치가 가능하다. 이는 4.3절 UI설계에서 설명된다.

그림 4는 사격분포 정의 테이블로 각 분포의 파라미터 값을 부여하여 만들어진 사격분포가 무기체계에 적용된다.

경험분포는 그림 5와 같이 DB에 입력된 데이터들을 직접 사용하여 사격시간이 산출된다.

그림 6은 하나의 유닛에 대한 실행 프로세스이고, 그중 DirectFiring을 하는 무기체계에 대한 프로세스이다. 교전이 시작되는 시점부터 시뮬레이션시간이 진행된다. 이동 시나리오는 공격임무의 청군에게만 있으므로 청군이 이동하게 되고 청군, 홍군 중 어떤 무기체계라도 먼저 최대 사거리 내에 적의 무기체계가 들어오게 되면 탐지된 시점에서 사격시간을 적용하여 교전을 하게 된다.

예를 들어, 사거리가 동일한 무기체계가 동시에 적을 발견을 하였다면 그 시점에서 각 무기체계는 각각의 사격시간을 생성하게 되고 확률적으로 생성된 시간간격이 더 짧은 무기체계부터 사격을 하게 되는 것이다. 이렇게 사격이 시작되면 PH와 PK의 확률에 의해 몬테칼로(Monte

Distribution	Dis_Num	para1	para2
Empirical Distribution	Empirical Distribution1		
Empirical Distribution	Empirical Distribution2		
Exponential Distribution	Exponential Distribution1	0.5	
Exponential Distribution	Exponential Distribution2	0.1	
Uniform Distribution	Uniform Distribution1	3	5
Uniform Distribution	Uniform Distribution2	7	10

그림 4. 사격 분포 테이블

db_ED1	db_ED2	db_ED3
46	22	1.5
24	12	2
27	28	0.5
26	22	4
22	21	1.5
24	25	4.5
53	26	0
29	25	1
37	23	1.5
51	20	0
44	12	3.5
44	30	2

그림 5. 경험분포 입력 테이블

4. 시물레이션 모델

4.1 일반분포 및 경험분포 적용

사격시간간격을 적용하는데 있어서 각 일반분포는 분기문 형태로 코드화 되었고, 무기체계의 속성 중 사격분포라는 속성이 일반분포 중 어느 특정분포를 따른다면 해당하는 분포의 분기문에서 하나 혹은 두 개의 파라미터 값이 입력되어 사격간격시간이 계산된다. 파라미터 값은 Distribution DB에서 불러와 매번 사격 때마다 다른 값으로 계산되어 적용된다.

경험분포를 가공하는 알고리즘은 경험분포 DB의 첫 데이터부터 시작하여 같은 시간을 체크하여 각 시간의 도수를 검색한다. 그리고 총 도수로 나누어 각 시간별 확률분포를 찾아 낸 후, 작은 시간부터 누적하여 각 시간 분포에 누적된 확률 값으로 가공한다.

각 경험분포의 DB는 누적 확률분포로 존재하게 되고, 매번 사격마다 0.0000~1.0000 사이의 난수를 발생시켜 몬테칼로 방식에 의해 한 개의 사격간격시간을 DB에서 가져와 사용한다.

표 4는 경험분포가공 후 산출된 확률 값을 보여준다. 최종으로 산출된 누적 확률값을 발생된 난수와 비교하게 되고 최종적으로 해당되는 구간에서 한 개의 데이터를 추출하게 된다.

표 4. 경험분포 테이블 가공 예

data	도수	확률 값	누적확률 값
2.0	43	0.043	0.043
2.5	35	0.035	0.078
3.0	50	0.050	0.128
...	1.0

4.2 PH 및 PK 적용

각 무기체계의 PH는 거리별로 5개의 구간으로 구분되어 DB에 저장되어 있다. 최대사거리에 비례하여 무기체계별로 20% - 100% 까지 5구간으로 거리가 계산되기 때문에 무기체계의 최대사거리에 의존하게 되며, PH의 변화는 짧은 거리 폭으로 변할 수 있을 뿐만 아니라 큰 거리 폭으로 변할 수도 있다.

PH 계산 후 명중의 경우 PK계산이 이루어진다. PK는 명중했으나 경미하여 이동과 교전이 가능(fire & move), 부상이 심각하여 교전은 가능하나 이동은 불가능(fireonly), 그리고 사살(kill)로 세 개의 구분된 확률로 DB에 저장한

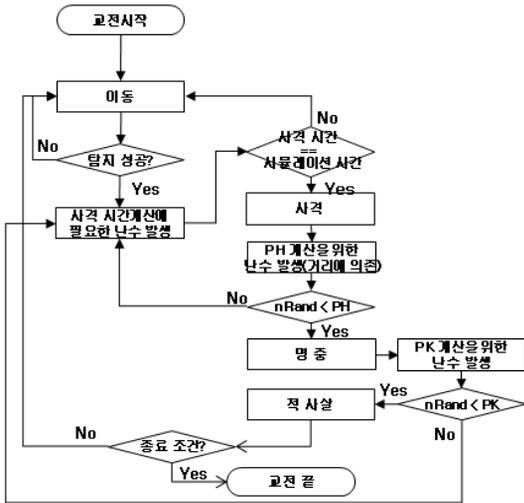


그림 6. 실행프로세스(DirectFiring)

표 3. 교전 실험결과 출력변수

P(B)	청군 승리 확률
P(R)	홍군 승리 확률
E[B]	평균 청군 생존자의 수
S[B]	청군 생존자수의 표준편차
E[B]/WinB or WinR	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 평균 청군의 생존자의 수
S[B]/WinB or WinR	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 청군의 생존자수의 표준편차
E[R]	평균 홍군 생존자의 수
S[R]	홍군 생존자수의 표준편차
E[R]/WinB or WinR	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 평균 홍군의 생존자의 수
S[R]/WinB or WinR	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 홍군의 생존자수의 표준편차
E[TD]	교전종료 시간 평균
S[TD]	교전종료 시간 표준편차

Carlo) 방식으로 피해를 산출하게 된다. 같은 방식으로 실행횟수 n회 만큼 실행된다.

표 3은 실험 종료 후 산출할 수 있는 결과 변수들이다. 각 변수들은 지휘관이 교전모의 모델에서 결과로 원하는 값들이라 할 수 있다. 특정 전투에서 어떠한 무기체계로 교전을 했을 경우 추정 승리확률은 얼마인가? 승리한 경우 아군의 기대되는 생존자 수는 몇 명인가? 교전의 기대 종료시간은 언제인가? 이러한 질문들에 대한 기댓값 및 표준편차를 얻어내는 출력변수들이다.

다. 이 세 확률값은 합이 반드시 1이 되어야 할 것이다. 세형태의 피해 계산 역시 난수발생에 의한 몬테카를로 방식에 의해 산출되는데, 예를 들어 fire & move의 확률이 0.2, fireonly의 확률이 0.3, kill의 확률이 0.5라 하면 난수 발생시 0.0~0.2 구간에 있으면 fire & move의 피해를 주게 되고, 0.2~0.5 구간에 있으면 fireonly의 피해, 0.5~1.0 사이의 난수가 발생된다면 kill의 피해를 주게 된다.

4.3 시설계

본 연구를 위해 개발된 모델의 개발은 Pentium4 3.0 GHz의 cpu, 2Gb memory의 하드웨어에서 microsoft사의 .Net2003 tool을 이용하여 MFC(Microsoft Foundation Class) framework 기반으로 개발되었고, 연동된 DB는 Microsoft Office Access 2007이다.

그림 7은 메인 윈도우이고, 그림 8은 메인 윈도우 좌측

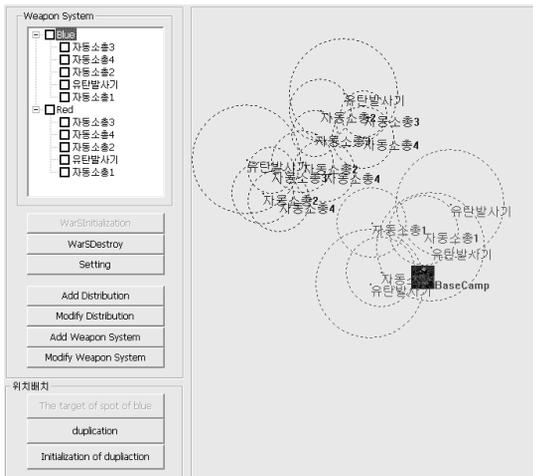


그림 7. 메인 윈도우



그림 8. 메인 윈도우 버튼

의 버튼을 확대한 그림이다. 좌측상단 무기체계 트리에는 DB에 등록된 무기체계의 정보 중 무기체계명만 가져와서 출력한다. 무기체계의 선택과 배치와 동시에 DB에 등록된 무기체계의 모든 정보가 교전 리스트에 올라가게 된다. 그렇기 때문에 무기체계의 추가, 수정, 삭제작업은 무기체계 배치 전에 완결되는 작업이다.

좌측 하단에 이벤트 윈도우에서는 교전 중 발생하는 이벤트에 대해서 detect, shoot, kill이벤트로 분류되어 시간 흐름에 따라 출력되고, 바로 위 반복실행 설정 에디트 박스는 반복 실행 횟수를 입력할 수 있다.

무기체계추가 윈도우에서는 무기체계를 추가할 수 있다. 그림 9 Weapon Name에는 무기체계명을 입력하고, Extreme Rage에는 최대 사거리를 정수로 입력한다. 입력된 최대사거리의 거리에 의존한 PH계산 시 이용되며, 메인 윈도우에 무기체계 배치 시 무기체계를 기준으로 원형태로 표시가 된다. PH는 0에서 1사이의 소수로 5개 구간으로 구분하여 입력이 가능하다. PK는 0에서 1사이의 소수로 세 값의 합이 반드시 1이 되어야 한다. AreaFiring 항목은 목표물사격, 범위사격을 선택할 수 있다. Radius of Damage는 범위사격인 경우 피해반경을 입력하는 항목이다. 그리고 Distribution of Interfiringtime에는 DB에 입력돼있는 분포에서 무기체계의 사격시간간격을 선택할 수 있다.

무기체계 수정 및 삭제 다이얼로그 박스에서는 DB에 입력된 무기체계의 속성을 수정 및 삭제를 할 수 있다. 무기체계 수정 및 삭제 윈도우는 그림 9와 같은 폼에 DB내용 확인을 위한 표를 하단에 추가한 다이얼로그 박스를

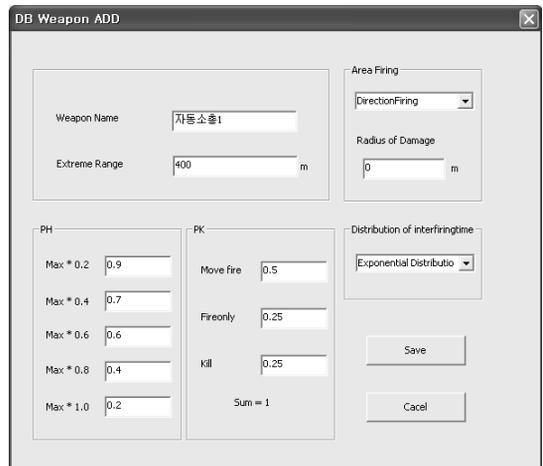


그림 9. 무기체계추가 윈도우

제공하여 무기체계의 속성을 DB와 연계하여 추가, 수정 및 삭제할 수 있도록 하였다.

교 모델로 일반분포 및 경험분포를 적용한 모의를 하여 두 실험의 결과를 비교하였다.

5. 모의실험 및 결과

5.1 실험개요

지금까지의 교전모델에서 생략하여 모의했던 변수들에 대해 변화를 주고 새로운 요소를 추가 또는 보완하여 새로운 환경으로 모델링하였다. 우선 확률과정 혼합 무기체계간 교전을 모의하도록 하였다. 혼합 무기체계가 적용된 전투에서 사격시간간격으로 상수가 적용된 기존모델과 일반분포 또는 경험분포가 적용된 제시된 모델의 모의결과 사이에 주요 특성치의 차이를 살펴보려고 한다. 이들 모델의 결과와 비교를 바탕으로 향후 개발이 예상되는 분석용 모델링 및 비교 분석 방법론 제고를 위한 전장의 추가 고려사항 및 학문적 연구접근방향에 대해 논의하고자 한다.

5.2 혼합 무기체계간 교전모의

현재 운용중인 모델에서 무기체계의 사격시간으로 사용되고 상수값을 적용한 모의와 무기체계 사격시간에 일반분포 또는 경험분포를 적용한 모의를 비교하기 위한 실험이다. 더 정확한 비교를 위해서는 현재 운용중인 AWAM 등의 모델에서 사격시간분포에 일반분포 및 경험분포를 적용하여 실험하는 것이 바람직하지만, 군에서 운용중인 모델을 직접 활용할 수 없는 제약이 있다. 따라서 이를 반영하여 본 연구를 위해 구현된 모델에서 무기체계 사격시간을 운용 중 모델과 같은 상수로 정의하여 모의하고, 비

5.2.1 입력

표 5는 위 실험을 하기 위해 배치되는 무기체계의 종류와 규모이고, 전체 교전 규모는 청군 45 : 홍군 20이다.

표 6은 실험을 위해 배치된 무기체계의 속성 값 들이다. 표에서 보듯이 모든 무기체계의 속성은 동일하며, 각 무기체계 별 사격시간의 분포만 다르다.

본 연구에서 지형, 방호, 은폐, 엄폐 등의 변수들은 모의하고 있지 않기 때문에 방어자인 홍군에는 청군과 비교해 더 높은 PH를 부여 하였고, 공격자인 청군에게 전투원 규모를 홍군보다 더 많은 수를 배치하였다.

각 모델을 200회 반복시행하며, 매회 종료 조건은 아래의 두 조건이 만족할 때 교전이 종료되고 다음 반복을 수행한다. 과거 연구경험을 토대로 200회 반복시행으로 만족할 만한 표준오차를 기대할 수 있었기 때문이다^[10].

- 청군 또는 홍군 중 어느 한쪽이라도 전멸한 경우

표 5. 무기체계 종류 및 규모

구분	무기체계 명	배치 수
청군	자동소총1	15
청군	자동소총2	15
청군	자동소총3	15
홍군	자동소총1	5
홍군	자동소총4	10
홍군	유탄발사기	5

표 6. 혼합 무기체계간 교전모의 실험을 위한 입력변수

	최대 사거리	PH 20	PH 40	PH 60	PH 80	PH 100	PK fire only	PK fire& move	PK kill	일반분포 및 경험분포 적용	상수 적용
자동 소총1	450m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	Uniform Distribution Upper : 6.0, Lower : 2.0	4.0
자동 소총2	400m	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.1	0.2	0.7	Empirical Distribution 구간: 0.0-4.5, 평균: 2.0 표준편차: 1.43, 데이터 수: 1000	2.0
자동 소총3	300m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.4	0.5	Exponential Distribution mean = 4.0	4.0
자동 소총4	400m	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.1	0.2	0.7	Exponential Distribution mean = 3.0	3.0
유탄 발사기	700m	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.1	0.1	0.8	Erlang2 Distribution mean = 8.0	8.0

- 청군의 모든 무기체계가 죽거나 이동 불능인 상태로 유효 사거리 안에 어떠한 적도 탐지를 할 수가 없어서 더 이상 교전이 불가능 한 경우

5.2.2 출력

각 모델을 200회 반복하여 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그림 10은 시간흐름에 따라 변하는 각 무기체계의 위치와 생존자의 수를 보여준다.

표 7과 표 8은 무기체계의 사격시간에 일반분포 및 경험분포를 적용한 모델과 상수로 정의한 모델에서의 교전 종료 후 각 무기체계별 생존자의 수의 평균 및 표준편차를 보여준다.

$E[W]$ 는 교전종료 후 각 무기체계별 평균 생존자의 수이고 $S[W]$ 는 생존자수의 표준편차이다. $E[B]/WinB$, $S[B]$

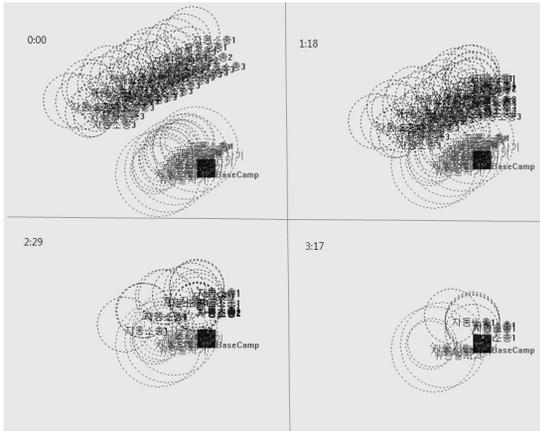


그림 10. 시간흐름에 따른 각 무기체계 위치와 생존자 수

표 7. 일반분포 및 경험분포를 적용 모델의 무기체계 생존자수

	자동소총1 (청군)	자동소총2 (청군)	자동소총3 (청군)	자동소총1 (홍군)	자동소총4 (홍군)	유탄 발사기 (홍군)
$E[W]$	2.810	0.015	0.040	1.030	1.590	2.840
$S[W]$	4.386	0.158	0.242	1.093	1.642	1.893
$E[W] / WinB$	8.862	0.052	0.138	0.000	0.000	0.293
$S[W] / WinB$	3.716	0.292	0.437	0.000	0.000	0.459
$E[W] / WinR$	0.338	0.000	0.000	1.451	2.239	3.880
$S[W] / WinR$	0.594	0.000	0.000	1.035	1.530	1.101

$/WinB$, $E[R]/WinR$, $S[R]/WinR$ 은 청군 및 홍군이 이겼을 때 결과로 출력된 조건부 생존자수의 평균 및 표준편차이다. 표 9는 위 두 모델에 대한 청군 승률 $P(B)$, 홍군 승률 $P(R)$ 및 교전종료시간의 평균 $E[T_D]$ 및 표준편차 $S[T_D]$ 이다.

두 모델의 실험결과에서 가장 눈에 띄는 결과는 승률의 변화이다. 주어진 가정 하에서 충분한 반복시행으로 얻은 결과를 감안하여 사격시간간격을 상수로 정의한 모델과 일반분포 및 경험분포를 적용한 교전 결과를 비교하였을 때, 중요한 전투측도인 승리확률에서 큰 차이를 보이고 있다. 사격시간간격을 상수로 정의한 모델에서는 청군 0.52, 홍군 0.48로 거의 비슷한 승률을 보였지만, 일반분포 및 경험분포를 적용한 모델에서는 청군 0.29, 홍군 0.71의 승리확률의 차이가 있었다. 그리고 한 가지 더 명확한 결과로 출력된 부분은 각 무기체계별로 생존확률의 차이가 있다는 것이다. 모델에서 정의된 최대사거리 즉, 탐지자원이 좋은 무기체계가 더 높은 생존확률을 보이고, 반면에 짧은 최대사거리를 가질수록 생존확률이 낮아졌다. 이는 어느 한쪽이 이겼을 경우에서 보면 더 확연한 차이를 보인다.

일반분포 및 경험분포를 적용한 모델에서 청군이 승리하였을 경우 홍군의 무기체계중 최대사거리가 상대적으로 작은 홍군의 자동소총1과 자동소총4는 200회의 반복

표 8. 사격시간에 상수를 적용한 모델의 무기체계 생존자수

	자동소총1 (청군)	자동소총2 (청군)	자동소총3 (청군)	자동소총1 (홍군)	자동소총4 (홍군)	유탄 발사기 (홍군)
$E[W]$	5.065	0.085	0.000	0.190	1.350	1.645
$S[W]$	5.411	0.398	0.000	0.515	1.956	1.497
$E[W] / WinB$	9.720	0.170	0.000	0.000	0.030	0.350
$S[W] / WinB$	3.838	0.551	0.000	0.000	0.171	0.520
$E[W] / WinR$	0.416	0.000	0.000	0.396	2.693	2.941
$S[W] / WinR$	0.588	0.000	0.000	0.694	2.941	0.915

표 9. 청군/홍군 승률 및 교전종료시간

	$P(B)$	$P(R)$	$E[T_D]$	$S[T_D]$
일반분포 및 경험분포 적용 모델	0.290	0.710	3:03	0:20
상수 적용 모델	0.520	0.480	2:50	0:26

에서 한명의 생존자도 없었고, 홍군의 승리하였을 경우 청군의 자동소총2와 자동소총3 역시 200회의 반복에서 0의 생존확률을 결과로 출력했다. 이 결과는 상수로 정의된 모델에서도 거의 비슷하게 나타났다.

부대이동은 상수 vs 일반분포 및 경험분포의 두 경우 같은 조건으로 행하여졌으며 따라서 차이는 전적으로 상수 vs 일반분포 및 경험분포에서 비롯되었다.

6. 결론 및 향후 연구과제

현재 운용중인 대다수 교전모델에서는 무기체계의 사격간격시간을 상수로 단순화하여 사용하고 있다. 본 연구에서는 과거 선행연구에서 실험적으로 적용하였던 일반분포와 더불어 최근에 이르러서는 최첨단 과학화 훈련장에서 실제 데이터를 획득할 수 있다는 관점에서 경험분포를 적용할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 이는 워게임 기초연구에서 절실히 필요한 실제 데이터를 활용하는 연구이며, 특히 최근 육군이 KCTC 훈련장을 확장하고 무기체계 및 각종 가용장비를 용도에 맞도록 준비하면 더욱 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 사격시간간격을 상수로 정의한 모델과 확률과정을 정의한 모델을 비교하는데 있어서는 기존 워게임 모델을 활용하는 것이 바람직하지만, 실험모델에 적용하는 입력변수의 변화로 결과를 비교하고자 하였고, 기존 연구의 동종 무기체계와 보완된 혼합 무기체계간 교전모의실험에서 그 변화에 대한 비교 연구 그리고 일반분포 또는 경험분포를 적용한 모델의 비교 실험을 통해 연구의 결과를 기대하였다. 그 결과 승률 및 생존자 수의 큰 차이를 보여주고 있지만 각각이 갖는 유의미한 결과는 향후 과제로 제시하고자 한다.

본 연구에서 개발된 모델은 선행연구와 비교하여 이동모의 묘사, 혼합 무기체계간 교전모의, 거리에 의존한 PH의 변화, PH에 의한 조건부 PK, 그리고 최대사거리 변수 등이 적용되어 교전모의 할 수 있다. 제시된 모형은 현존하지 않는 확률모형으로 우선 지난 사십여 년 동안 이루어진 관련분야 학문적 기초이론에 근거하였다. 따라서 기존 사용모델 보완은 물론 향후 개발이 예상되는 분석용 응용모델 연구에 참고가 될 것으로 기대한다.

본 연구는 동종 무기체계간 교전모의 선행연구를 바탕으로 과제로 남아있던 이동 모의, 거리에 의존한 PH의 변화, 사격시간간격에 일반분포 적용뿐만 아니라 현장의 경험분포 적용으로 이어지는 방법을 모색하였지만, 교전모의를 더 현실에 유효하게 실험하기 위해서는 아직도 해결

해야 할 과제가 남아있다.

본 연구에서 사격시간간격은 거치시간, 조준, 재장전시간, 탄속에 의존한 flyingtime 등을 나누어서 고려한 사격절차가 아닌 하나의 이벤트로 가정하고 일반분포 또는 경험분포를 적용하였다. 각 사격절차는 해당 확률분포를 따르므로 이를 적절히 적용한 모델에 관한 연구도 진행해야 할 부분이다. 그 밖에 본 연구의 단순화 과정에서 적용하지 않았던 지형, 은폐, 엄폐, 방호 등의 변수를 적용하여, 공격자, 방어자의 교전모의를 더 현실적으로 접근할 수 있을 것이다. 전략적인 배치 및 세분화된 이동 시나리오를 적용하여야 할 것이다. 혼합무기체계 소규모 전투 확률모형의 상세수준 필요성과 이들이 복합된 네트워크시스템으로 모델링의 진화가 이루어져야 한다는 제언들에 귀를 기울일 필요가 있다⁹⁾.

본 연구에서 개발된 모델의 좌표 개념은 단순한 pixel 개념의 좌표로 현실적인 무기체계의 좌표를 표현할 수는 없었다. 추후 업데이트되는 모델에서는 실제전장의 위도 및 경도로 표시될 수 있는 월드좌표계 개념을 도입한다면, 실존하는 한 전장을 묘사하여 더 현실적인 교전모의가 가능하게 할 수 있을 것이다. 한편, 2차원적 단순 전장의 교전모의에서 나아가 3차원적 입체 전장의 교전을 동시에 모의할 수 있는 네트워크 교전모델의 연구도 향후 진행되고 발전되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 육군본부, 창조대 워게임 모델 사용자 지침서, 1986
2. 이동준, “에이전트 기반 지휘통제 모의 방법론”, 한국시물레이션 학회지, 2007.
3. 최상영, 국방 모델링 및 시물레이션, 2007.
4. 함일환, 최상영, 송문호, “Firing State와 Observing State를 갖는 Lanchester형 전투 모형에 관한 연구” 한국국방경영 분석학회지, 17(2):44-53, 1991.
5. 합동참모본부, 지상무기효과분석 모델 (AWAM) 사용자 지침서, 2007.
6. 홍윤기 “확률 과정 전투에서 명중 시간간격 확률 분포의 발견”, 한국국방경영 분석학회지, 28(2):56-69, 2002.
7. 홍윤기 “전투시간의 확률 분포에 관한 연구”, 한국국방경영 분석학회지, 29(2):1-12, 2003.
8. 홍윤기 “국방M&S 개발 연구 동향 및 실태”, 국방기술품질원, 국방과학기술정보, 7:142-151, 2007.
9. Ancker, C.J., Jr., Gafarian, A.V., “The Validity of Assumptions Underlying Current Uses of Lanchester Attrition Rate”, Naval Research Logistics, 1987.
10. Gafarian, A.V., Harvey, D.G., Hong, Y.G., Kronauer, M.D.,

“Some Many-on-Many Homogeneous Stochastic Combat Simulation Model”, Technical Report, White Sand Missile Range, 1991.

11. Stewart Robinson, Simulation The Practice of Model Development and Use, WILEY, 2003.



정 용 훈 (ghostwrath@naver.com)

2006 한성대학교 산업시스템공학과 학사
2008 한성대학교 산업시스템공학과 석사
2008~현재 (주)심네트

관심분야 : 모델링&시뮬레이션



홍 윤 기 (yhong@hansung.ac.kr)

1980 고려대학교 산업공학과 학사
1985 USC OR 석사
1989 USC 산업시스템공학 박사
1989~1991 캘리포니아 주립대(노스리지)조교수
1991~현재 한성대학교 산업시스템공학과 교수

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, Combat Analysis