

碩士學位論文
指導教授 洪允基

확률과정을 따르는 이종 무기체계 전투시뮬레이션 모델

A Stochastic Combat Simulation Model with
Heterogeneous Weapon Systems

2008年6月 日

漢城大學校 大學院
産業 시스템 工學 科
産業 시스템 工學 專攻
鄭 龍 勳

碩 士 學 位 論 文
指 導 教 授 洪 允 基

확률과정을 따르는 이중 무기체계 전투시물레이션 모델

A Stochastic Combat Simulation Model with
Heterogeneous Weapon Systems

위 論文을 産業시스템工學 碩士學位論文으로 提出함

2 0 0 8 年 6 月 日

漢 城 大 學 校 大 學 院
產 業 시스템 工 學 科
產 業 시스템 工 學 專 攻
鄭 龍 勳

鄭龍勳의 産業시스템工學 碩士學位論文을 認准함

2008年6月 日

심사 위원장 노광현 

심사 위원 손영환 

심사 위원 홍윤기 

목 차

제 1 장 서론.....	1
제 2 장 연구 배경.....	4
제 1 절 연구의 필요성.....	5
제 2 절 선행연구 검토.....	8
1) 란체스터의 법칙.....	8
2) 다 대 다 동종 무기체계간의 확률적인 교전모델.....	9
제 3 장 개념 모델 설계.....	12
제 1 절 개념 모델 상황 이해.....	12
제 2 절 개념 모델 목표 설정.....	15
제 3 절 입출력 프로세스 설계.....	17
제 4 절 시뮬레이션 모델.....	23
1) 변수정의.....	23
2) 일반분포.....	24
3) 경험분포.....	25
4) PH.....	26
5) PK.....	27
6) 사격형태.....	28
제 5 절 UI설계.....	29
제 4 장 모의실험.....	33
제 1 절 실험 개요.....	33
제 2 절 모델 검증(Verification).....	34
1) 입력.....	34
2) 출력.....	35
3) 결과 분석.....	37

제 3 절 이중 무기체계간 교전모의	38
1) 입력	38
2) 출력	41
3) 결과분석	44
제 4 절 동종 무기체계간 교전모의	44
1) 입력	45
2) 출력	47
3) 결과분석	48
제 5 장 결론 및 향후 연구 과제	49
참고 문헌	51
ABSTRACT	52

표 목 차

<표 2-1> AWAM 모델의 사격시간간격 및 모의변수.....	6
<표 2-2> 현재 운용 중인 모델에서의 사격시간간격 및 모의 변수.....	7
<표 3-1> 사격시간간격 및 교전모의 변수 비교.....	13
<표 3-2> 실험모델에 고려되는 변수.....	16
<표 3-3> 무기체계 속성.....	18
<표 3-4> 교전 실험 결과 변수.....	22
<표 3-5> 변수 정의.....	23
<표 3-6> 일반분포 호출 변수설명.....	24
<표 3-7> 경험분포 호출 변수설명	25
<표 4-1> 무기체계 종류 및 규모(Verification).....	34
<표 4-2> 무기체계 속성(Verification).....	34
<표 4-3> 출력 결과(Verification).....	36
<표 4-4> 무기체계 종류 및 규모(Heterogeneous).....	38
<표 4-5> 일반분포 및 경험분포 적용 무기체계 속성(Heterogeneous).....	39
<표 4-6> 상수로 정의된 무기체계 속성(Heterogeneous).....	39
<표 4-7> 일반분포 및 경험분포를 적용 모델의 무기체계 생존자수...	42
<표 4-8> 사격시간에 상수를 적용한 모델의 무기체계 생존자수.....	43
<표 4-9> 청군/홍군 승률 및 교전종료시간(Heterogeneous).....	43
<표 4-10> 무기체계 종류 및 규모(Homogeneous).....	45
<표 4-11> 본 연구 개발 프로그램에서의 무기체계 속성(Homogeneous).....	45
<표 4-12> 선행연구 개발 프로그램에서의 무기체계 속성(Homogeneous).....	47
<표 4-13> 실험 결과(Homogeneous)	47

그림 목차

[그림 1-1]	위게임모델의 수준별 구분	2
[그림 2-1]	사격시간간격에 일반분포를 적용한 선행연구 결과	10
[그림 3-1]	일반분포에서 사격시간 생성	14
[그림 3-2]	경험분포에서 사격시간 생성	15
[그림 3-3]	실행 프로세스	18
[그림 3-4]	사격 분포 테이블	19
[그림 3-5]	경험분포 입력 테이블	20
[그림 3-6]	Unit 실행 프로세스(AreaFiring Weapon System)	21
[그림 3-7]	메인 윈도우	30
[그림 3-8]	Add Distribution dialog box	30
[그림 3-9]	Add Weapon System dialog box	31
[그림 3-10]	Modify Weapon System dialog box	32
[그림 4-1]	무기체계 배치 화면(Verification)	35
[그림 4-2]	Event window	37
[그림 4-3]	45 대 20 무기체계 배치(Heterogeneous)	41
[그림 4-4]	시간흐름에 따른 각 무기체계 위치와 생존자 수의 변화	42
[그림 4-5]	30 대 25 무기체계 배치(Homogeneous)	46

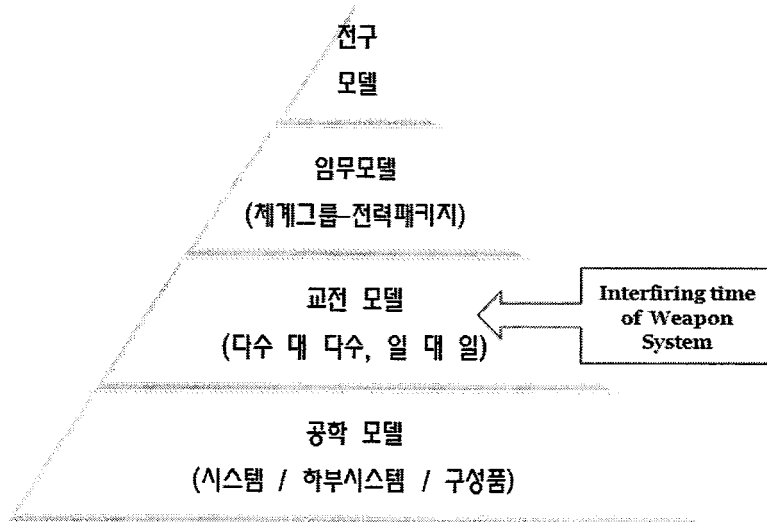
제 1 장 서론

전쟁은 그 시대와 장소에 따라 목적은 다를지라도 인류가 출현한 이후로 현재까지 끊임없이 반복되고 있다. 우리나라는 지역 특성상 과거부터 끊임 없는 외침을 받아 왔었고, 1950년 6.25전쟁을 비롯하여 현재 까지도 북측과 군사적으로 대치하고 있는 상황이다. 뿐만 아니라 변화하는 국제정세 및 동북아 안보 환경을 고려하였을 때 국가 방위력을 튼튼히 하는 것은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다.

한국은 1960년대 박정희 대통령이 경제개발 5개년 계획을 착수 하면서부터 눈부신 속도로 경제 발전을 이룩했으며, 오늘날 첨단 기술 분야라고 할 수 있는 PC 메모리, 휴대폰 통신 등의 IT분야는 세계 최고의 기술을 보유하고 있다. 하지만 이러한 첨단 기술의 비약적인 발전에도 불구하고 한국의 군사 기술 분야는 아직까지 기초연구가 부족하여 대부분의 군사 기술을 미국이나 유럽에서 도입해 사용하고 있는 것이 현실이다. 미국, 유럽 선진국의 첨단 기술 연구가 군사 분야에서 시작해 민간 분야로의 전파되는 spin-off 방식이라면 한국의 기술 분야는 민간 분야에서 시작해서 군사 분야로 전파되는 spin-on 방식이 될 것으로 예상된다.

국방 분야에서 모델은 대상수준에 따라 전구급, 임무급, 교전급, 공학급 모델로 구분된다. 전구 수준의 모델은 국가 급 전쟁에 관한 모델이고, 임무 수준의 모델은 사단, 연대 급에 해당하는 모델이다. 교전모델은 연대, 대대 및 소부대 급의 모델이고, 공학 모델은 무기체계 플랫폼, 그리고 구성요소 수준의 모델이다.

모델 대상수준에 따라 모델링 추상화 정도가 달라진다. 상위 모델일수록 추상화 정도가 높고 하위 모델일수록 더욱 구체적이고 그 결과에 대한 신뢰도도 더 높다. [그림 1-1]은 위게임의 모델 수준별 구분에 관한 그림이다.



[그림 1-1] 위게임모델의 수준별 구분

본 연구는 현재 한국군에서 운용 중 모델에서 단순화 적용하고 있는 사격 시간간격을 현실에 더 유효하게 적용하기 위해 이종의 무기체계간의 교전에서 상수로 정의된 사격시간을 이용한 모의와 같은 평균이더라도 시간간격 일반분포 및 경험분포를 적용하여 모의한 결과가 다르다는 것을 실험을 통해 보이고, 현존하는 stochastic 모델보다 더 개선된 모델로써 향후 개발 예정 모델 및 기존 모델 보완을 위한 기초 연구에 목적이 있다.

본 연구의 수준은 세부적인 교전의 한 부분인 사격시간간격 분포에 관한 연구이므로 규모면에서 세 번째에 속하는 교전모델 급 수준인 중대급 규모로 연구를 진행 하였고, 그중에서도 사격시간간격의 묘사를 좀 더 세밀하게 표현하기 위해 노력 하였다.

본 연구를 진행하게 된 배경에 대해 2장에서 설명하고, 3장에서는 사격시간간격에 일반분포와 경험분포를 확률적으로 적용하여 실험하기 위한 모델

구현에 기초가 되는 개념설계와 구현된 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 대해 설명하고, UI 및 프로그램 실행방법에 대해 설명하였다.

4장에서는 구현된 프로그램의 의도한 방향으로 실행이 되는지에 대한 verification과 이종 무기체계간 교전의 모의실험 및 선행연구와 비교를 위한 동종 무기체계간 교전을 시뮬레이션 하여, 실험 결과를 비교 분석하였고, 5장에서는 분석 결과를 바탕으로 향후 추가적으로 연구되어야 할 내용들에 대해 언급하였다.

제 2 장 연구 배경

현재 한국군의 위게임 모델은 미군 위게임 모델을 바탕으로 하여 모의 논리와 자료(Data Base)를 개발하였고, 훈련용과 분석용 및 획득용으로 활용되고 있다. 현재 운용중인 위게임 모델은 화기 교전에 따른 피해살상과 개략적인 수준의 지휘통제/정보감시를 모의하고 있다.

현재 한국군은 실 기동 시뮬레이션의 일환으로 육군 과학화 전투 훈련단 KCTC(Korea Combat Training Center)를 운영하고 있다. 실 기동 시뮬레이션은 구조적 시뮬레이션과 가상 시뮬레이션에 비교하여, 교전 상황을 가장 세밀하게 묘사 할 수 있는 장점이 있는 반면에 많은 비용이 들어간다는 단점이 있다. 하지만 실기동 훈련이 필요한 이유는 실제 전쟁을 그대로 묘사하고 장비 및 인명의 피해 없이 실 전쟁에 가장 비슷한 시뮬레이션을 할 수 있기 때문이다.

이미 한국에는 이러한 첨단 시설이 갖추어져 있고, 한 번의 훈련에 막대한 비용이 소모 되고 있으므로 그 훈련효과를 극대화하기 위해서는 한 번의 훈련으로 얻을 수 있는 데이터를 최대한으로 활용할 수 있어야 한다. 데이터의 가치란 올바르게 가공하면 할수록 더 유용한 가치를 부여 할 수 있다.

실 기동 훈련장에서 사용되는 무기체계에 사격시간을 체크하는 센서를 장착한다면 실시간으로 사격이 되는 정보를 데이터화 하여 저장할 것이다. 그리고 이 저장된 데이터를 위게임 모델에 적절히 적용하여 사용한다면, 현재 운용중인 모델에서 개략적으로 묘사하고 있는 사격시간의 유효성을 더 높여줄 수 있을 것이라는 생각이 본 연구의 착안점이다.

제 1 절 연구의 필요성

워게임이란 “전쟁에서 둘 또는 그이상의 적대 세력 간에 발생하는 군사적 행사를 모의하는 게임”이다. 워게임은 고대 장기, 바둑, 체스(chess) 등으로부터 그 기원을 찾을 수 있으나, 현대적 워게임 형태는 1811년 Von Reisswitz라는 프러시아 중위가 창안한 군사게임에서 비롯되었다. 군사 지도에 말을 사용하여 쌍방 부대를 표시하였고, 게임 심판관이 있었다. 그리고 게임을 위한 규칙을 만들어서 전술적인 상황을 묘사하였다. 근대에 와서 제 1차 세계대전과 제2차 세계대전 기간 중에 전쟁 계획수립을 위하여 워게임을 사용한 기록을 찾아 볼 수 있고, 오늘날에 와서는 모델링 및 시뮬레이션 기술의 급속한 발전으로 충실도가 매우 높은 컴퓨터 워게임이 보편화되었다.

한국군에서 현재 운용중인 대부분의 워게임 모델들은 미국이나 유럽 선진국의 모델을 도입한 것이지만, 한국군 실정에 맞지 않는 부분이 많아서 한국군 자체적으로도 육군의 창조21, 해군의 청해, 공군의 창공, 해병대의 천자봉 모델 등을 개발 및 운용 중에 있으며 지속적인 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 취지에서 본 연구는 군사 워게임 분야 기초 연구의 일환으로 현재 운용중인 워게임 모델에서 단순화하여 구현되어 있는 무기체계의 사격 시간간격에 대해 더 현실성 있는 데이터를 적용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

<표 2-1>은 현재 운용중인 지상 무기체계 효과 분석 모델인 AWAM (Army Weapons Analysis Model)에서 묘사 하고 있는 무기체계의 사격시간간격의 상수적용을 보여준다.

<표 2-1> AWAM 모델의 사격시간간격 및 모의변수

화기 ID	화기명	저지 시간 (초)	조준 시간 (초)	재장 전 시간(초)	격발당 발사 탄수	일회당 격발수	탄속 (km/sec)	최소 단발살상 확률	유도 방식	이동 간 사격	탐재 센서 번호	암재 고도 (m)	MOPP 시간 인수	MOPP 명중률 인수
17	K-4/40 HE	5.0	1.0	20.0	4	48	0.242	5	0	1	0	0	1.23	0.08
20	5.56mm Rfi	4.0	1.0	2.0	10	20	0.600	5	0	3	0	0	1.20	0.08
21	5.56mm MG	5.0	0.2	5.0	1	180	0.965	5	0	1	0	0	1.20	0.08
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

※ AWAM 사용자 지침서

<표 2-2>는 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 시간을 적용함으로써 한 번의 사격시간을 산출하게 된다. 여기서 평균 사격시간이라 함은 항상 같은 시간이 입력되는 상수(constant)의 의미이다.

<표 2-2> 현재 운용 중인 모델에서의 사격시간간격 및 모의 변수

	DNS 독일 지상군 C4ISR효과 분석 모델	지상무기효과 분석 모델(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

어떠한 사건의 소요시간을 말할 때 평균 OO분, OO초가 소요되었다는 표현을 많이 쓴다. 예를 들어 “은행의 고객 한명의 서비스 시간은 평균 OO분 OO초 걸린다.” 등의 표현은 일상생활에서 많이 쓰는 표현이다. 하지만 이러한 평균 시간을 말하기 위해서는 시간이 무한대라는 가정 하에서 가능하다고 알려져 있다. 평균 시간을 산출하기 위한 수식은 잘 알려져 있듯이 $\frac{\text{총 시간}}{\text{발생횟수}}$ 과 같이 정의할 수 있다. 하지만 앞의 수식에는 “시간은 무한대이다.”라는 가정이 포함되어야 정확한 표현일 것이다. 은행 업무 시간 역시 끝(terminating time)이 존재하는 사건이고, 만약 이 은행 업무에 대한 시뮬레이션을 한다면 항상 단위 사건에 평균 시간을 적용한다는 것은 실제와 다른 결과를 산출 할 수 있다. 실제 고객에 따라서 긴 시간을 서비스해야 하는 손님이 있고, 상대적으로 서비스 시간이 짧은 고객이 있기 마련인데, 이러한 편차를 무시하고, 단순히 평균 서비스 시간만을 고려하여 하루의 업무에 대한 모의실험을 한다면 비슷한 결과를 얻을 수는 있더라도 정확한 현실을 모의 했다고는 말할 수 없을 것이다.

위의 예제와 마찬가지로 교전모의 모델에서도 대부분의 경우 종료이벤트가 존재한다. 시뮬레이션에서 어떠한 사건의 단위 시간을 정의할 때 평균으로 정의한다는 것은 실제와 다른 결과를 초래할 수 있는 가능성을 무시할 수 없다. 이러한 관점에서 사격시간(interfiring time)의 평균을 사용하여 모의하는 현재 운용중인 모델들 보다는 더 현실적인 사격시간 묘사 방법의 제시가 필요하다.

제 2 절 선행연구 검토

본 절에서는 범위 전투와 확률 전투의 기본적으로 적용이 되는 란체스터의 법칙에 대해 간단히 서술하고, 본 연구에서 중요하게 다루고 있는 사격시간간격 연구에 기초가 되었던 동종 무기체계간 교전모의 연구에 대해 서술할 것이다.

1) 란체스터의 법칙

과거 창과 칼로 전쟁을 하던 시대로 거슬러 올라 가보면 전투력 및 피해율의 계산은 단순하다. 실제 전투에서는 전투원의 수 이외에 다른 많은 변수들이 존재 하겠지만, 단순히 전투력만을 고려할 때 무기 성능이 같다면 병력이 많은 쪽이 이기고, 병력이 같다면 무기의 성능이 높은 쪽이 이기게 된다. 이것이 아래에서 보여주는 란체스터 제 1 법칙이다.

국지전에서는 무기 효율이 같다면 전투력은 병력 수에 비례한다.

제 1 법칙(1 : 1 전투) : 공격력 = 병사 수 × 무기 성능

이 법칙은 세계 제1차 대전을 계기로 영국의 항공공학 엔지니어인 F.W.란체스터가 고안 하였다. 세계 제1차 대전의 양상은 칼과 창이 주력이 아닌 총과 포가 주력이 되는 전투였기 때문에 제 1 법칙의 적용은 힘들다고 하여 제 2 법칙을 제시 한 것이다.

광역전에서는 무기 효율이 같다면 전투력은 병력 수의 제곱에 비례한다.

제 2 법칙(그룹간 전투) : 공격력 = (병사 수)² × 무기 성능

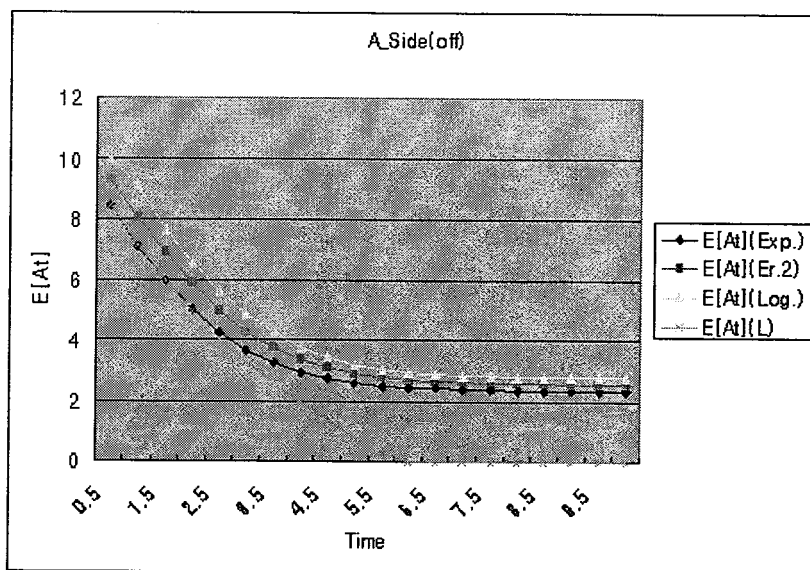
위의 두 법칙을 요약하자면 칼과 창으로 전투를 하는 국지전의 경우 무기 효율이 같다면 총 전력은 단순히 병사의 수에 비례하지만, 총과 포 등이 사용되는 확률 전, 광역 전의 경우에 무기효율이 같다면 총 전력은 병사의 수의 제곱에 비례한다는 것이다. 이러한 법칙이 가능한 이유는 많은 수의 병력을 보유한 측이 집중사격을 하여 확률을 높일 수 있기 때문에 최종 생존한 전투원의 수는 $A-B$ 로 표현 되는 것이 아니고 $\sqrt{A^2-B^2}$ 로 표현 된다는 것이다. 란체스터의 제 2 법칙은 과거 확률 전을 단순하게 묘사하고 있지만, 현대전의 복잡한 교전을 모의하는 위게임 모델에서 그 논리가 아직까지도 사용 되고 있는 것이 현실이다.

2) 다 대 다 동종 무기체계간의 확률적인 교전모델

사격시간간격에 단순한 란체스터 미분 방정식에 의한 계산이 아닌 일반분포를 적용한 연구는 과거에 있었고, 신뢰할 만한 결과물도 제출 되었다. 일반분포를 교전모델에 적용한 연구로 A.V.Gafarian, Y.G.Hong, D.G.Harvey, M.D.Kronauer(1991)이 있다.

FORTTRAN 언어로 구현하여 실험한 이 연구 보고서의 가정에서는 이동모

의는 고려되지 않았고, 동종의 무기체계만을 고려하여, 배치된 모든 무기체계는 각각의 사거리 안에 있는 가정 하에 구현되었다. 아래 [그림 2-1]은 같은 상황 하에서 입력요소 중 무기체계의 사격 분포만을 변화하여 실험한 결과 중 시간흐름에 따른 A측 생존자 수의 대한 그래프이다. 사격 중 조준하고 있던 목표가 아군의 다른 무기체계의 사격으로 제거되는 경우 사격시간 생성의 옵션인 reselect가 있다. reselect 옵션은 on, off로 선택을 할 수가 있다. reselect on의 경우 사격시간을 생성 후 처음 조준하고 있던 목표가 사라지게 되면, 다른 목표로 재 조준하면서, 다시 사격시간을 생성하게 된다. 반면에 reselect off의 경우는 첫 목표에서 생성된 사격시간을 그대로 사용하여 다음 목표를 사격하는 시나리오를 갖게 된다. [그림 2-1]의 A_Side우측 팔호에 있는 off는 reselect옵션의 선택사항을 가리킨다.



[그림 2-1] 사격시간간격에 일반분포를 적용한 실험연구 결과

그래프에서 볼 수 있듯이 최초 10 대 10의 동종의 무기체계에 A측과 B측의 명중률만 다르게 하여 Lanchaster Equation(L)과 일반분포인 Exponential Distribution(exp.), Erlang-2 Distribution(Er.2), LogNormal

Distribution(Log.) 입력에 대한 시간에 따른 생존자의 수를 산출한 결과이다. 이 실험에서는 적용된 세 가지 분포에 적합한 무기체계가 존재하지 않을 가능성은 있지만, 단순한 평균 사격시간이 아닌 일반분포를 사격시간에 적용함으로써 다른 결과 값이 산출 됐다는 것이 주목할 만한 내용이다. 이 실험에서는 한 무기체계는 어떠한 일반분포에 적합할 것이라는 가정 하에 실시 된 것이다. 하지만 현대에 존재하는 무수한 무기체계의 사격시간간격이 이미 존재하는 일반분포에 모두 적합하다는 가능성은 희박하다.

동종 무기체계간 교전모의 선행연구의 결과로 비추어 볼 때, 더 현실감 있는 교전모델을 표현하기 위해서 기존방식에서 변화가 있어야 한다는 것은 확실하다. 교전모델의 현실감을 높이기 위해 과거 여러 제한된 가정 하에서 여러 연구가 있었고, 기술 발전에 의해 그러한 가정들이 하나 둘씩 삭제되면서 더 현실에 가까운 모델들이 개발 되고 있다. 항상 같은 시간을 적용해 교전했던 모델에서 더 현실적으로 가기 위해 적용시켰던 일반분포에서 더 발전해 과거에는 적용할 수 없었던 실제 사격시간의 분포(Empirical Distribution)를 직접 적용 하여 실험 결과를 보이는 것이 본 연구의 주안점이라 하겠다.

제 3 장 개념 모델 설계

현대전의 복잡한 교전모의를 위해서 적용되는 변수는 상당히 많고, 현재 운용중인 교전모의 모델에서도 그러한 변수를 모두 포함하는 모델은 없다고 알려져 있다. 실전과 같은 모의를 하기 위해서는 교전에 영향을 주는 변수들을 최대한 현실적으로 적용할 것인가 하는 문제는 대단히 중요하다. 그러기 위해서 현재 운용중인 모델에서 단순화하여 표현하고 있지 않는 변수들에 대한 연구 및 실제 적용에 대한 노력은 계속 되어야 한다.

모델의 단순화 작업은 정확하지 않은 데이터를 이용하여 모델을 모의할 때 가져올 수 있는 결과의 부정확성을 줄이기 위해 모델의 개발에서 필수적으로 거치는 과정이다. 본 연구 역시 교전 상황에 적용될 수 있는 모든 변수들을 포함하여 실험을 하는 것은 아니다. 이미 알려져 있고, 현재 운용중인 모델에서 정의하고 있는 변수들 중 본 연구 실험의 결과에 큰 영향을 주지 않는 변수들은 간소화하거나 제외시키고 실험 모델을 개발할 것이다.

이 장의 구성은 개념 모델의 상황에 대해 간단하게 서술한 후 실험을 위한 모델 개발의 범위와 수준을 설정한 다음, 실험을 위한 입/출력 프로세스 설계를 하고, 변수 정의에 이어서 개발된 시뮬레이션 모델에 대해 서술을 할 것이다.

제 1 절 개념 모델 상황 이해

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 진행 되고 있다. 위에서 언급한 변수하나만을 고려한다고 해도 현실을 그대로 모의하려면 대단히 많은 경우의 수를 고려하지 않을 수 없을 것이다. 이러한 발상에서 모든 입력 변

수를 입력하지 않고 인공지능으로 선택하여 실행되는 방식의 에이전트 기반 모의모델 연구도 활발히 진행 중이다.(이동준, 2007)

실제 교전을 현실에 가깝게 모의하려는 노력은 현재도 계속 진행 중이고, 본 연구는 이러한 노력의 일환으로 운용중인 모델에서 단순화하여 사용하고 있는 사격시간 분포에 대한 연구를 목적으로 하고 있기 때문에 실험을 위해 모든 변수를 포함하지는 않는다. 실험 목적에 영향을 주지 않거나 큰 영향을 줄 수 없는 변수들은 제외하거나 단순화하여 모델에 적용하였다.

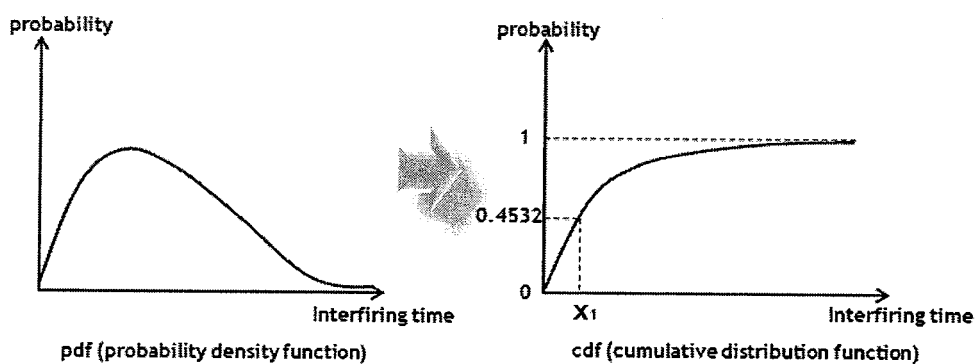
<표 3-1> 사격시간간격 및 교전모의 변수 비교

	DNS 독일지상군 C4ISR효과분석 모델	지상무기효과 분석 모델(AWAM)	본 연구의 실험을 위한 개발 모델
규모	육군 사단급	육군연대, 대대급	육군 소(중)대급
사격 시간간격	조준시간, 사격 준비시간의 평균을 이용한 사격시간 계산	조준, 재장전, 거치시간, 탄속 값들의 평균 시간을 상수로 정의	확률 분포를 따르는 사격시간간격의 산출
PH (Probability of Hit)	화기, 탄종, 표적유형, 거리, 방호도 여부에 따라 구분	거리에 의존해 자세, 노출, 이동 여부에 따라 구분	거리에 의존해 5구간으로 구분
PK (Probability of Kill)	PH에 의존한 조건부 확률	거리에 의존해 표적 자세, 노출 여부에 따라 구분	Move & fire, fire only, die 세 가지 구분

<표 3-1>은 현재 운용중인 모델에서의 사격시간간격과 교전 시 중요하게 적용되는 변수들과 가장 우측 열에 추가되어 있는 개발 모델은 본 연구의 실험을 위해 개발되는 시뮬레이션 모델이다. 개발 모델에서 사격시간간격은 여러 확률 분포를 적용함으로써 현재 운용중인 모델보다 확장된 개념이고, 다른 PH/PK등의 변수들은 비교 실험하는 결과 값에 크게 영향을 주지 않는 변수들이므로 현재 운용중인 모델들보다는 단순화하여 실험을 실시하였다.

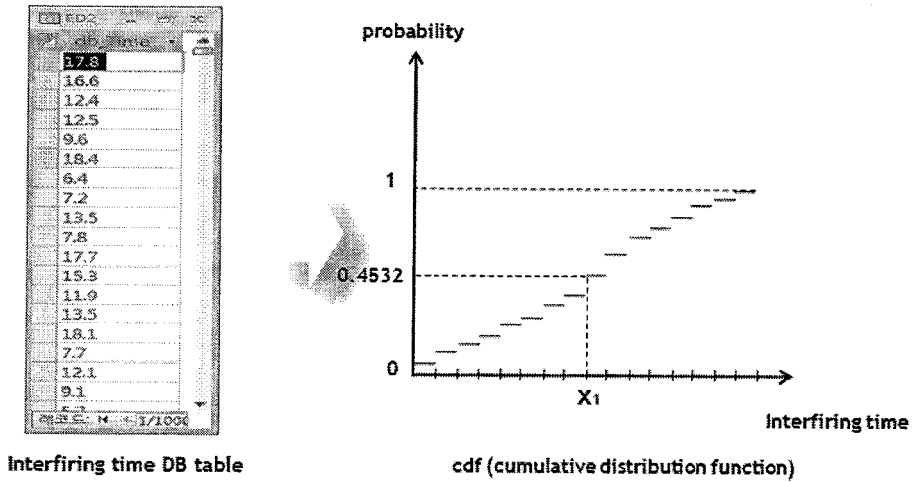
[그림 3-1]은 사격시간의 간격에 일반분포를 적용하는 방법을 보여준다.

일반분포의 확률밀도함수(pdf)를 누적하여 누적분포함수(cdf)를 도출 할 수 있고, 0 과 1 사이의 난수를 발생시켜 cdf에서 역변환을 하게 되면 한 번의 사격시간을 생성할 수 있다. 예를 들어 0.4532라는 난수를 발생하면 역 변환하여 생성되는 1회의 사격시간은 X_1 이 된다. 각 무기체계에 대하여 매번 같은 방식으로 난수 발생 및 사격시간이 생성이 되고 생성된 사격시간이 작은 값을 가진 무기체계부터 사격을 하게 된다.



[그림 3-1] 일반분포에서 사격시간 생성

[그림 3-2]는 실제 사격시간 데이터를 활용할 수 있다는 가정으로 경험분포(Empirical Distribution)에서 사격시간을 생성하는 과정인데, 기본 골자는 위의 일반분포의 cdf에서 사격시간이 생성 되는 것과 같은 과정을 따른다. 각 데이터들은 DB를 통해 입력이 되고, 입력된 데이터들을 이용하여 cdf를 생성하여, 생성된 cdf에 발생된 난수를 역변환 하여, 사격시간을 생성 할 수 있다. 데이터의 도수별로 확률 값이 생성되며 이 확률 값의 cdf로 사격시간을 산출해 낸다.



[그림 3-2] 경험분포에서 사격시간 생성

제 2 절 개념 모델 목표 설정

본 연구의 실험을 위해 개발되는 모델은 경험분포를 실제 시뮬레이션 모델에 어떻게 적용되는지를 보여주고, 동종 및 이종 무기체계 교전에 있어서 선행연구와 비교해 더 현실적인 모의가 가능해야한다.

실제 교전모의에서 고려해야할 변수는 상당히 많지만, 실험 모델에서 최소화 할 수 있는 부분은 단순화하여 표현한다. 아래 <표 3-2>는 실험을 위한 개발 모델에 포함되는 변수들과 모델 단순화를 위해 모델에서 고려되지 않은 변수에 대한 설명이다.

<표 3-2> 실험모델에 고려되는 변수

Contents	Detail	Include / Exclude	Comment
부대배치	개체배치	Include	최초 유닛의 배치는 마우스의 조작으로 하고, 세부 좌표를 유닛 윈도우에서 수정이 가능
	저장 / 불러오기	Include	최초 배치로 반복 수행을 하기 위해 포함된다.
이동모의	지정속도	Include	각 객체의 이동 속도는 동일하게 구현
	속도변화	Exclude	2D기반으로 모델이므로 경사도에 따른 이동속도의 변화는 모델에서 제외
	경로선정	Exclude	에이전트에 의한 경로 선정이 아닌 공격군은 최초 설정된 위치로 이동하면서 적과 조우 시 무조건 교전
정찰/ 탐지모의	탐지거리	Exclude	개체의 탐지 자산에 따른 탐지거리는 최대사거리와 동일하게 간주
	통신모의	Exclude	전투 객체 간 모든 통신은 가능하다고 가정
무기체계	무기명	Include	무기체계의 배치와 동시에 무기명은 같이 화면에 표시
	이동간격	Include	모든 무기체계는 같은 간격으로 같은 속도로 이동
	최대 사거리	Include	개체의 탐지 자산에 따른 최대사거리 표시
	PK(Probability of Kill)	Include	Move/fire, fire only, die 세 가지 상태에 대한 확률 값. 세 확률 값의 합은 항상 1인 상수.
	PH(Probability of Hit)	Include	목표간 거리에 의존한 확률 값으로 정의
	사격분포	Include	지수분포, 균등분포, 알랑-2분포, 경험분포
	사격형태	Include	AreaFiring, DirectFiring으로 구분
	피해범위	Include	반경으로 입력하여 반경안의 모든 무기체계에 대해 확률적으로 피해 산출
	전투원수	Exclude	실제로 박격포의 경우 1인 이상의 전투원이지만 모델의 단순화를 위해 모든 무기체계의 전투원 수는 1명으로 최소화

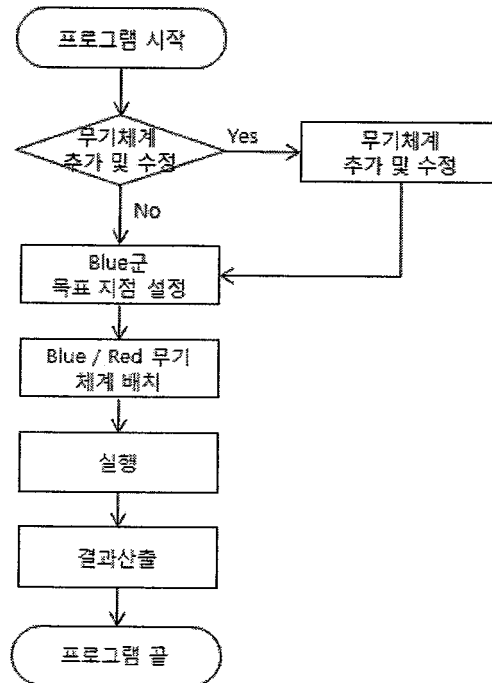
교전모의	탐지	Include	최초 공자와 방자로 나누어지며, 공자와 방자 중 먼저 탐지를 성공한 부대부터 공격을 시작
	직접/간접사격	Include	곡사화기의 경우 간접 사격에 대한 효과도 표현
	이동	Include	이동 명령은 공격 임무를 가진 부대만 적용
	시물레이션 시간	Include	전체 프로세스에 축으로서 포함
	시간간격 설정	Include	결과의 보고서 출력 시 시간간격 설정
	반복횟수	Include	같은 상황의 교전 반복 실행횟수 설정
	종료조건	Include	교전이 끝나는 시점을 정의
	사격절차	Exclude	준비 / 조준 / 사격의 시간을 하나로 묶어서 사격 분포의 간격만을 적용
	탄약량	Exclude	탄약의량은 무제한으로 가정

제 3 절 입출력 프로세스 설계

[그림 3-3]은 실험을 위한 프로그램의 전체 프로세스 이다. 최초 청군/홍군을 분류하여 각 무기체계 별로 마우스 클릭으로 부대배치가 가능하게 설계 되었다.

무기체계는 윈도우 플랫폼으로 DB와 연동하여 추가, 편집, 삭제가 가능하고, 무기체계 배치 모드가 되면 더 이상의 무기체계의 수정은 불가능하다.

청군 목표 지점 설정이란, 청군의 이동 목표지점이다. 실행을 하게 되면 청군은 가로, 세로 1pixel(10m)의 간격으로 목표 지점을 향해 이동하게 되고, 이동 간 조우하는 홍군과 교전을 실시하게 된다.



[그림 3-3] 실행 프로세스

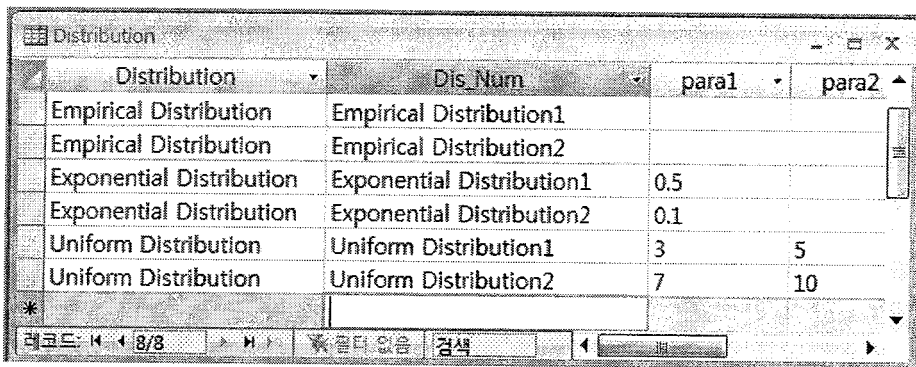
<표 3-3>은 무기체계의 기본 속성을 정의해 놓은 표이다. 최초 배치를 하게 되면 DB에 입력되어 있는 기본 속성 값을 가져오게 되고, 무기체계 배치 전 각 무기체계의 속성 값의 편집이 가능하다. 개발된 프로그램에서 사용된 DB는 microsoft사의 Access를 활용하였다.

<표 3-3> 무기체계 속성

무기 체계명	최대 사거리	PH 100	PH 80	PH 60	PH 40	PH 20	PK movefire	PK fireonly	PK kill	사격 시간분포	살상 반경	사격 형태
-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------------	----------------	------------	------------	----------	----------

모델에서 최대사거리는 각 무기체계가 최초로 사격을 하는 적과의 거리로 간주한다. PH(Probability of Hit)는 명중확률을 의미하며, 거리에 따라 변화한다. PH 아래의 숫자는 최대사거리를 기준으로 한 백분율이며, 최대사거리 일 때 100이다. PK(Probability of Kill)는 명중 시 살상확률을 말하며 사격과 이동 가능한 상태, 사격만 가능한 상태, 사살 세 가지로 구분되며, 각 무

기체계별 PK값 세 개의 합은 1.0이 된다. 사격시간분포는 각 무기체계 별로 가지는 사격시간의 분포를 말하며, 지수분포, 균등분포, 일랑-2분포, 경험분포가 사용된다. 지수분포, 균등분포, 일랑-2분포는 [그림 3-4]와 같이 각 분포의 파라미터 값을 부여하여 만들어진 사격분포가 무기체계에 적용된다. 경험분포는 [그림 3-5]와 같이 DB에 입력된 데이터들을 직접 사용하여 사격시간이 산출된다. 사격 형태에서는 직/간접 사격으로 나뉘며 직접 사격은 DirectFiring이고, 간접사격은 AreaFiring으로 정의 되는데, AreaFiring속성을 가진 무기체계는 지역표적에 사격을 하는 박격포와 같은 무기체계가 아니고, 직접 사격을 하지만 살상 범위를 가지는 유탄발사기 등의 무기체계를 말한다. DirectFiring을 하는 무기체계는 언제나 표적 사격을 하기 때문에 살상 반경은 1이고, Areafiring을 하는 무기체계는 살상 반경을 입력하여 반경 내의 모든 무기체계들에 대해 피해율을 계산하게 한다.



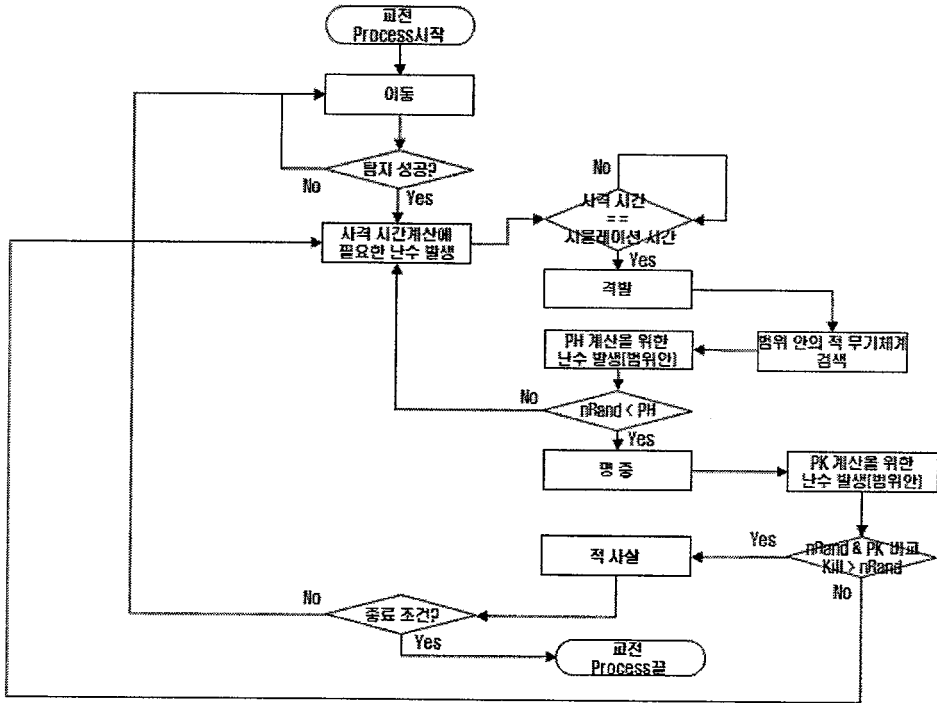
Distribution	Dis Num	para1	para2
Empirical Distribution	Empirical Distribution1		
Empirical Distribution	Empirical Distribution2		
Exponential Distribution	Exponential Distribution1	0.5	
Exponential Distribution	Exponential Distribution2	0.1	
Uniform Distribution	Uniform Distribution1	3	5
Uniform Distribution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

[그림 3-4] 사격 분포 테이블

db_FD1	db_FD2	db_FD3
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
29	19	2.5
20	10	0
38	15	0
54	20	1.5
44	16	3
49	30	1.5
57	13	4
45	17	3.5
31	20	3

[그림 3-5] 경험분포 입력 테이블

[그림 3-6]은 하나의 유닛에 대한 실행 프로세스이고, 그중 AreaFiring을 하는 무기체계에 대한 프로세스이다. 교전이 시작되는 시점부터 시물레이션시간이 진행된다. 이동 시나리오의 공격임무의 청군에게만 있으므로 청군이 이동하게 되고 청군, 홍군 중 어떤 무기체계라도 먼저 최대사거리 내에 적의 무기체계가 들어오게 되면 탐지된 시점에서 사격시간을 적용하여 교전을 하게 된다.



[그림 3-6] Unit 실행 프로세스(AreaFiring Weapon System)

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 Carlo) 방식으로 피해를 산출하게 된다. 같은 방식으로 실행횟수 n 회 만큼 실행된다.

몬테칼로 시뮬레이션 기법이란 난수를 사용하여 문제를 해결하는 방법 중 하나이다. 물리적 또는 수학적인 과정을 이론적으로 도출하는 것이 곤란한 경우에 난수를 사용하여 모의함으로써 해를 도출하는데 이 방법이 적용된다. 이는 2차 세계대전 중 미국에서 원자폭탄 제조에 사용되었는데, 이때의 프로젝트 이름인 “몬테칼로”로부터 유래되었다.

다음 예를 통하여 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 설명한다.

먼저 K-무기체계를 고려하고 T-표적에 대하여 제압할 확률이 0.7이라고 가정한다. 그러면 다음 단계에 따라 K-무기체계의 표적 제압 여부를 몬테칼로 시뮬레이션으로 모의할 수 있다.

단계 1 난수를 발생한다.

단계 2 난수와 제압 확률(0.7)과 비교한다.

단계 3 난수가 제압확률보다 작을 때 표적 제압사건이 발생한 것으로 간주하고, 클 때는 제압을 하지 못한 것으로 간주한다.

단계 4 단계 1로 가서 반복한다.

<표 3-4>는 실험 종료 후 산출할 수 있는 결과 변수 들이다. 각 변수들은 지휘관이 교전모의 모델에서 결과로 원하는 값들이라 할 수 있다. ‘전쟁에서 어떠한 무기체계로 교전을 했을 경우 이길 확률은 얼마나 될 것인가?’ 또 ‘이겼을 때 아군의 기대되어지는 생존자의 수는 몇 명인가?’ ‘교전의 종료시간은 언제인가?’ 이러한 질문들에 대한 답이 될 수 있는 변수들이다.

<표 3-4> 교전 실험 결과 변수

P(B)	청군 승리 확률
P(R)	홍군 승리 확률
E[B]	평균 청군 생존자의 수
S[B]	청군 생존자수의 표준편차
E[B]/BlueWin or RedWin	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 평균 청군의 생존자의 수
S[B]/BlueWin or RedWin	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 청군의 생존자수의 표준편차
E[R]	평균 홍군 생존자의 수
S[R]	홍군 생존자수의 표준편차
E[R]/BlueWin or RedWin	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 평균 홍군의 생존자의 수
S[R]/BlueWin or RedWin	청군 혹은 홍군이 이겼을 때 홍군의 생존자수의 표준편차
E[T _D]	교전종료 시간 평균
SD[T _D]	교전종료 시간 표준편차

전투의 종료시점은 양측의 어디라도 전투원이 0이 되거나, 청군이나 홍군의 남은 무기체계가 모두 이동이 불능 상태가 되어 어느 곳에서도 교전이 발생하지 않는 경우 또, 청군이 사거리안의 모든 적을 사살하고, 목표 지점에 도착한 경우 한 번의 교전이 끝나게 된다.

제 4 절 시뮬레이션 모델

1) 변수정의

<표 3-5>는 개발 프로그램에서 사용된 변수명이다. 각 변수들은 무기체계들의 공통적인 속성이며 DB기반으로 저장되고, 윈도우 기반으로 추가와 수정이 가능하다.

<표 3-5> 변수 정의

변수	변수이름	내용
최대 사거리	m_uExtremeRange	개체의 탐지 자산에 따른 최대사거리 표시
PK(Probability of Kill)	m_dPKxx	Move/fire, fire only, die 세 가지 상태에 대한 확률 값으로 정의
PH(Probability of Hit)	m_dPH20~100	목표간 거리에 의존한 확률 값으로 정의
사격분포	strName	지수분포, 균등분포, 알랑-2분포, 경험분포
사격형태	m_strAreaFiring	Areafiring, Targetfiring으로 구분
피해범위	m_uRoD	반경으로 입력하여 반경안의 모든 무기체계에 대해 확률적으로 피해 산출

2) 일반분포

무기체계 DB에 저장 돼있는 한 무기체계의 속성 중 사격분포라는 속성이 일반분포중 하나의 분포를 따른다면 위의 분기문중 한곳으로 들어가서 한 개 혹은 두 개의 파라미터 값이 입력되어 사격시간이 계산된다. 파라미터 값은 Distribution DB에서 불러 와서 매번 사격 때마다 다른 값으로 계산되어 적용된다.

```

if (strName.CompareNoCase("Erlang2 Distribution") == 0)
{
    x = -(log(1-(rand()%10000)*0.0001)+log(1-(rand()%10000)*0.0001))/pDis->m_uParam1
}
else if (strName.CompareNoCase("Exponential Distribution") == 0)
{
    x = -(log(1-(rand()%10000)*0.0001))/pDis->m_uParam1
}
else if (strName.CompareNoCase("Uniform Distribution") == 0)
{
    x = pDis->m_uParam1 + (pDis->m_uParam2 - pDis->m_uParam1) * ((rand()%10000)*0.0001);
}
    
```

<표 3-6>은 일반분포 적용의 변수 설명이다.

<표 3-6> 일반분포 호출 변수설명

변수명	값
strName	사격시간간격 분포
x	사격시간간격
m_uParam1, m_uParam2	각 분포의 파라미터
pDis	현재 선택된 분포의 포인터변수

3) 경험분포

아래 코드는 경험분포 테이블에서 하나의 데이터를 가져오는 내용이고, <표 3-7>은 변수 설명이다.

```
else if (strName.CompareNoCase("Empirical Distribution") == 0)
{
    int nPos = 0;
    double nRandNum = ((rand())%10000)*0.0001;
    CString sNum = pDis->m_strDis_Num.Right(1);
    nPos = atoi(sNum);
    double param1 = m_EDList.GetShortTime(nPos, nRandNum);
}
```

<표 3-7> 경험분포 호출 변수설명

변수 및 함수 명	값
nPos	경험분포 테이블번호를 받기 위한 변수
m_strDis_Num.Right(1)	우측 첫 번째 문자를 가져오는 함수
GetShortTime()	선택된 경험분포 DB에서 데이터를 가져옴
x	한번 사격을 위해 산출되는 시간

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

각 경험분포의 DB는 누적 확률 분포로 존재하게 되고, 한 번의 사격 때마다 0.0000 ~ 1.0000 사이의 난수를 발생시켜 몬테칼로 방식에 의해 한 개의 사격시간을 DB에서 가져와서 사용한다.

4) PH

각 무기체계의 PH는 거리 별로 5구간으로 나뉘어 DB에 저장되어 있으며, 최대사거리 `m_uExtremeRange`에 비례하여 무기체계별로 20% - 100% 까지 5구간으로 거리가 계산되기 때문에, 무기체계의 최대사거리에 의존하여, PH의 변화는 짧은 거리 쪽으로 변할 수 있고, 큰 거리 쪽으로 변할 수도 있다.

```
if ( dArea <= (pWeapon->m_uExtremeRange/10)*0.2 ) // PH20
{
    isA = PH_Calc(pWeapon, pSubRU, pU, pWeapon->m_dPH20);
}
else if ( dArea <= (pWeapon->m_uExtremeRange/10)*0.4 ) // PH40
{
    isA = PH_Calc(pWeapon, pSubRU, pU, pWeapon->m_dPH40);
}
else if ( dArea <= (pWeapon->m_uExtremeRange/10)*0.6 ) // PH60
{
    isA = PH_Calc(pWeapon, pSubRU, pU, pWeapon->m_dPH60);
}
else if ( dArea <= (pWeapon->m_uExtremeRange/10)*0.8 ) // PH80
{
    isA = PH_Calc(pWeapon, pSubRU, pU, pWeapon->m_dPH80);
}
else if ( dArea <= (pWeapon->m_uExtremeRange/10)*1.0 ) // PH100
{
    isA = PH_Calc(pWeapon, pSubRU, pU, pWeapon->m_dPH100);
}
```

- isA: bool형 변수로 리스트에 올라온 유닛이 명중했는지 안했는지에 대한 판단을 하게 되는 변수

5) PK

PH 계산 후 명중의 경우 PK계산이 된다. PK는 명중했으나 경미하여 이동과 교전이 가능(fire & move), 부상이 심각하여 교전은 가능하나 이동은 불가능(fireonly), 사살(kill) 세 개의 확률로 DB에 저장하며, 이 세 확률의 합은 항상 1이다.

```
// 명중한 경우 PK 계산.
int nState = 3;
double d = (rand() % 1000) * 0.001;
if ( d <= pWeapon->m_dPKFi )
    nState = 0;
if ( d > pWeapon->m_dPKFi && d <= pWeapon->m_dPKFiMo + pWeapon->m_dPKFi )
    nState = 1;
if ( d > pWeapon->m_dPKFiMo + pWeapon->m_dPKFi && d <= pWeapon->m_dPKDeath +
    pWeapon->m_dPKFiMo + pWeapon->m_dPKFi )
    nState = 2;
switch (nState)
{
    case 0 :
        pRU->m_PK = PK_FI
        break
    case 1 :
        pRU->m_PK = PK_FIMO
        break
    case 2 :
        pRU->m_PK = PK_DEATH
        isDeathOK = TRUE
}
```

세형태의 피해 계산 역시 난수발생에 의한 몬테칼로 방식에 의해 산출되는데, 예를 들어 (fire & move)의 확률이 0.2, (fireonly)의 확률이 0.3, (kill)의 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.

- pRU: 교전 리스트에 올라온 적 무기체계중 현재 표적
- m_PK: 가리키고 있는 리스트의 상태이다.

6) 사격형태

직접 사격의 경우는 피타고라스 정리에 의해 구해진 적과의 거리와 유효 사거리 보다 작거나 같을 때 한 무기체계에 대해서만 사격을 하게 되고,

범위 사격의 경우는 타깃 사격과 마찬가지로 적 탐색 및 사격을 하지만, 표적이 되는 적의 주변에 피해반경 RoD(Radius of Damage)안에 있는 모든 적들에 대해 PH 및 PK의 계산을 하게 된다.

```
//타깃 사격인 경우
if (pWeapon->m_strAreaFiring.CompareNoCase(_T("Target Firing")) == 0)
{
    double dw = (pRU->m_uX-pU->m_uX)*(pRU->m_uX-pU->m_uX) +
    (pRU->m_uY-pU->m_uY)*(pRU->m_uY-pU->m_uY);
    double dArea = sqrt( dw ); //피타고라스 정리에 의한 거리계산
    .
    .
    .
}

//범위 사격인 경우

double uS = (pRU->m_uX-pSubRU->m_uX)*(pRU->m_uX-pSubRU->m_uX) +
    (pRU->m_uY-pSubRU->m_uY)*(pRU->m_uY-pSubRU->m_uY);
double dS = sqrt(uS); //피타고라스 정리에 의한 거리계산
if ( dS <= (pWeapon->m_uRoD/10) )
{
    double dw = (pSubRU->m_uX-pU->m_uX)*(pSubRU->m_uX-pU->m_uX) +
    (pSubRU->m_uY-pU->m_uY)*(pSubRU->m_uY-pU->m_uY);
    double dArea = sqrt( dw ); //피타고라스 정리에 의한 피해범위 내 적 유닛 계산
    .
    .
    .
}
```

- pRU: 표적이 되는 적의 리스트
- pSubRU: 피해 범위 안에 있는 적의 리스트
- m_uX: 각 리스트가 가리키는 X좌표
- m_uY: 각 리스트가 가리키는 Y좌표

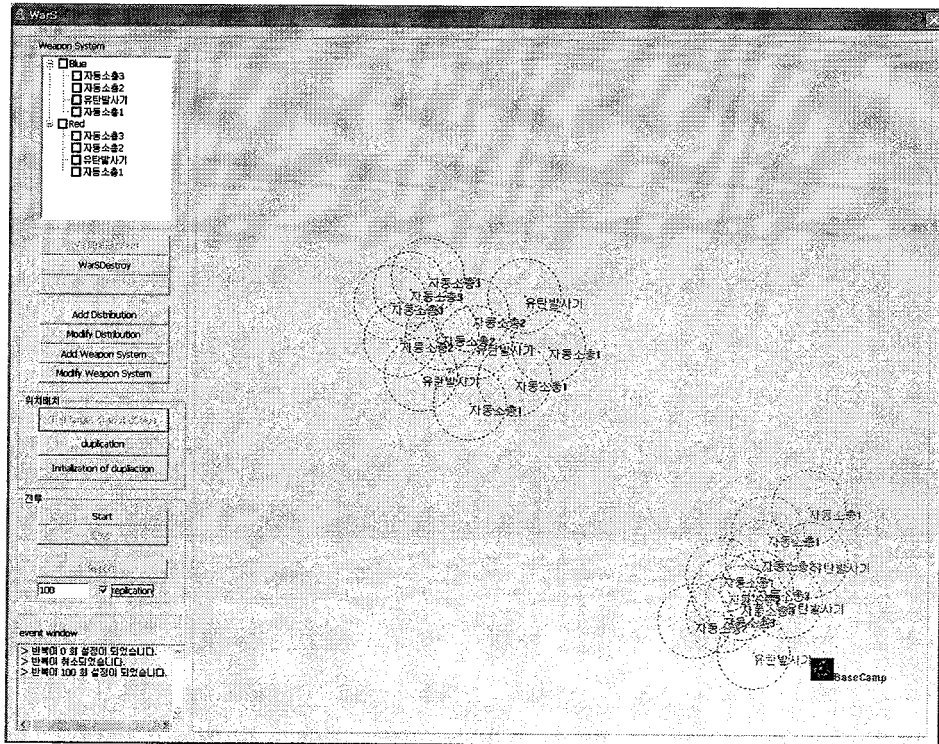
제 5 절 UI설계

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

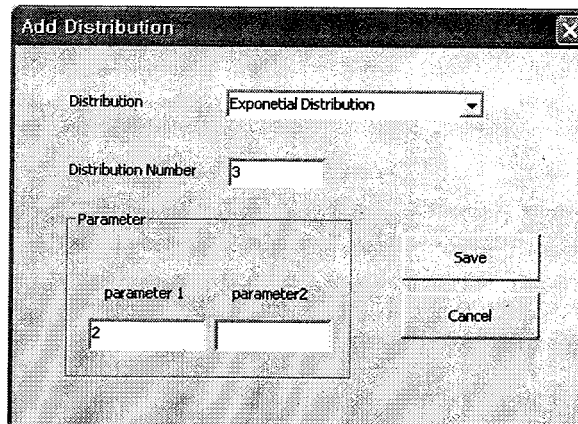
[그림 3-7]은 메인 윈도우이다. 좌측상단 무기체계 트리는 DB에 등록된 무기체계의 정보 중 무기체계명만 가져와서 출력해 준다. 무기체계의 선택과 배치와 동시에 DB에 등록된 무기체계의 모든 정보가 교전 리스트에 올라가게 된다. 그렇기 때문에 무기체계의 추가, 수정, 삭제작업은 무기체계 배치 전에 해야 하는 작업이다. WarInitialization 버튼과 WarDestroy 버튼은 그전에 메모리에 올라와 있는 모든 데이터를 지우고 프로그램 초기 상태로 만든다. 프로그램의 실행직후에는 WarInitialization 버튼을 이용하여 초기화를 시켜주고, 재실행의 경우에는 WarDestroy버튼을 사용해서 초기화를 시켜준다.

좌측 하단에 event window에서는 교전 중 발생하는 이벤트에 대해서 detect, shoot, kill이벤트로 분류되어 시간 흐름에 따라 출력되고, 바로 위 반복 실행 설정 edit box는 반복 실행 횟수를 입력할 수 있다.

Add Distribution버튼과 Modify Distribution버튼은 새로운 사격분포의 일반함수 추가와 수정에 사용 된다. [그림 3-8]은 Add Distribution 다이얼로그 박스인데, 일반함수의 선택과 파라미터의 입력을 통해 새로운 분포를 생성할 수 있다.



[그림 3-7] 메인 윈도우



[그림 3-8] Add Distribution dialog box

[그림 3-9]는 무기체계의 추가를 윈도우 플랫폼에서 할 수 있는 다이얼로그 박스이다. 무기체계의 속성을 빈칸에 입력하게 되면 DB에 업데이트가 되고, 교전 초기화시 새로 추가된 무기체계는 무기체계 트리에 출력시켜 배치를 할 수 있다.

[그림 3-9] Add Weapon System dialog box

무기체계의 모든 속성은 Edit box와 Combo box형태로 입력이 가능하다. Weapon Name box에는 한글 및 영문으로 무기체계명을 입력할 수 있다. Extreme Rage box에는 최대 사거리를 정수로 입력하고, 입력된 최대사거리는 거리에 의존한 PH계산 시 이용되며, 메인 윈도우에 무기체계 배치 시 무기체계를 기준으로 원 형태로 표시가 된다. PH는 0에서 1사이의 소수로 5개 구간으로 구분하여 입력이 가능하다. PK는 0에서 1사이의 소수로 세 값의 합이 항상 1이 돼야한다. AreaFiring box는 타겟사격, 범위사격을 선택할 수 있다. Radius of Damage 박스는 범위사격인 경우 피해반경을 입력하는 box이다. 그리고 Distribution of interfiringtime box는 DB에 입력돼있는 분포에서 무기체계의 사격시간간격을 선택할 수 있다.

[그림 3-10]은 무기체계 수정 및 삭제 다이얼로그 박스이다. DB에 입력된 무기체계의 속성을 수정 및 삭제를 할 수 있다.

Weapon No...	Extreme Ra...	PH0.2	PH0.4	PH0.6	PH0.8	PH1.0	Move Dist...	PK MoveFire	PK Fireonly	PK Kill	Distribution...	Ar
k201	150	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	20	0.1	0.3	0.6	Uniform Dis...	Ar
60mm	1200	0.8	0.6	0.4	0.3	0.1	200	0.2	0.1	0.7	Uniform Dis...	Ar
81mm	3950	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3	500	0.2	0.1	0.7	Uniform Dis...	Ar
K3	460	0.9	0.8	0.6	0.4	0.2	100	0.8	0.1	0.1	Uniform Dis...	Tar

[그림 3-10] Modify Weapon System dialog box

무기체계의 배치는 마우스 조작으로 원하는 무기체계를 원하는 윈도우 위치에 배치를 할 수 있는데 무기체계 트리에서 배치할 무기체계를 선택하고, Duplication 버튼을 누른 상태에서만 배치가 가능하다. The target of spot 버튼은 청군의 이동 목표 포인트 설정에 쓰인다. 재배치를 위해서는 Initialization of Duplication 버튼 클릭으로 가능하다.

제 4 장 모의실험

제 1 절 실험 개요

복잡한 여러 변수를 생략하고 단순한 상황 하에 구현된 프로그램이지만, 현재 운용중인 모델 즉, 사격시간간격이 상수로 정의된 모델과 비교에 의미에서 이종 무기체계간 교전을 모의할 수 있다. 이종무기체계들의 동일한 배치에서 사격시간간격에 상수가 적용된 모델과 일반분포 및 경험분포가 적용된 모델의 모의를 함으로써, 각 결과의 차이를 보일 것이다. 두 결과의 비교를 통해 앞으로의 교전모델이 더 현실적으로 나아가야 할 방향에 대해 발견하는 것이 본 실험의 목적이라 하겠다.

모의실험에 앞서 구현된 프로그램에서 사격시간간격에 일반분포 및 경험분포의 적용이 적절히 되어 교전을 하는지에 대한 verification이 필요하다. 이는 모의실험 전 detect, shoot, kill 이벤트 시간의 로그를 출력하여 확인할 수 있을 것이다.

그리고 선행연구에서 있었던 동종의 무기체계간 교전모델과의 비교를 통해 제약되었던 가정들 즉, 이동, 거리에 의존한 PH, 세분화된 PK, 최대사거리가 추가됨으로써 교전결과에 어떤 차이가 있는지를 실험하기로 한다.

제 2 절 모델 검증(Verification)

1) 입력

간단한 입력으로 정확한 데이터의 흐름을 본다. <표 4-1>은 verification을 위해 배치되는 무기체계의 종류와 숫자이며, <표 4-2>는 각 무기체계의 속성으로 교전에 사용되는 데이터이다.

정확한 이벤트와 시간 흐름을 보기 위한 실험이므로, 반복 횟수 설정 없이 1회 실험을 한다.

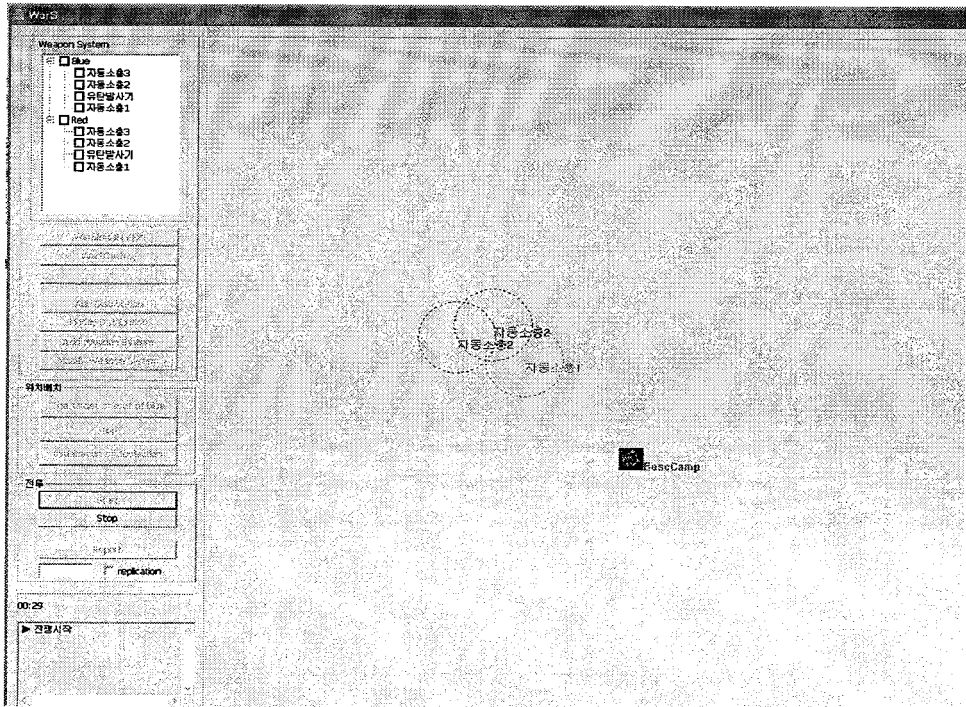
<표 4-1> 무기체계 종류 및 규모(Verification)

구분	무기체계 명	배치 수
청군	자동소총2	2
홍군	자동소총1	1

<표 4-2> 무기체계 속성(Verification)

	최대 사거리	PH 20%	PH 40%	PH 60%	PH 80%	PH 100%	PK fire only	PK fire& move	PK kill	사격 시간분포	parameter
자동 소총1	500m	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	Uniform Distribution	Upper:6.0 Lower:0.0
자동 소총2	500m	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.2	0.3	0.5	Empirical Distribution	구간: 0.0-4.5 평균: 2.18 표준편차: 1.43 데이터 수: 1000

[그림 4-1]은 위의 설정으로 메인 윈도우에 배치된 상태에서 실행을 한 장면이다.



[그림 4-1] 무기체계 배치 화면(Verification)

2) 출력

<표 4-3>은 모델검증을 위한 2:1 교전의 출력 결과이다. 출력 로그는 detect, shoot, kill의 세 가지 이벤트로 나뉘어 출력 되었고, detect이벤트에서는 사격시간계산을 하고 있다. 청군, 홍군 구분과 무기체계명 사이의 숫자는 각 무기체계가 배치될 때 부여 되는 ID이다. detect 이벤트에는 자신의 사격시간 분포에 의해 사격시간을 계산하게 되고, 사격시간이 계산된 시간부터 계산된 시간까지 흐른 후 shoot을 하게 된다. 최초 사거리가 같은 청군과 홍군의 무기체계가 교전 시작 후 47초에 서로를 발견하고, 동시에 사격시간을 계산하게 되지만, 더 빠른 시간이 계산된 청군 무기체계의 사격 이벤트

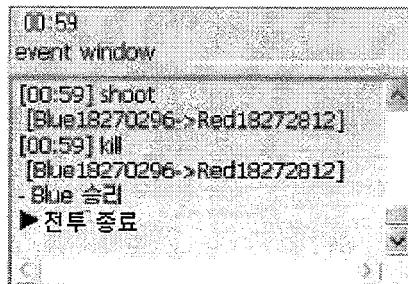
가 먼저 있게 된다.

<표 4-3> 출력 결과(Verification)

[00:47] Detect
Empirical 1.500000[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:47] Detect
Uniform 5.080200[Red18272812자동소총1->Blue18270296자동소총2]
[00:49] shoot
[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:50] Detect
Empirical 3.000000[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:52] shoot
[Red18272812자동소총1->Blue18270296자동소총2]
[00:53] shoot
[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:53] Detect
Uniform 4.177200[Red18272812자동소총1->Blue18270296자동소총2]
[00:54] Detect
Empirical 4.500000[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:57] shoot
[Red18272812자동소총1->Blue18270296자동소총2]
[00:58] Detect
Uniform 4.887000[Red18272812자동소총1->Blue18270296자동소총2]
[00:59] shoot
[Blue18270296자동소총2->Red18272812자동소총1]
[00:59] Kill
Blue18270296 자동소총2이(가) Red18272812 자동소총1을(를) 제거

3) 결과 분석

결과 로그에 의하면 총 6회의 detect 이벤트와 5회의 shoot이벤트 1회의 kill이벤트가 있었고, 그 1회의 kill 이벤트가 blue->red로 발생했기 때문에 홍군의 무기체계만 제거 된 후 교전이 종료 되었다. 아래 [그림 4-2]는 교전 종료 직후 event window의 출력 내용이다.



[그림 4-2] Event window

위 실험에서 detect 이벤트가 6회인 반면 shoot이벤트가 5회인 이유는 선택된 적이 리스트에서 제거되면서 사격 기회를 잃었고, 계산된 사격시간이 되기 전에 교전종료 조건이 되었기 때문이다. 만약 리스트에 다른 적이 있다면, 다시 이동 및 detect 이벤트를 통해 사격시간이 재계산된다.

실험 결과의 검토 결과 입력 범위 안에서 정확한 사격시간의 출력하고 있다. 그리고 detect, shoot, kill이벤트의 로그 시간을 시간흐름에 따라 검토해보면 제시간에 정확히 교전이 되고 있음을 보여 주고 있기 때문에 시뮬레이션 모델이 연구의 의도에 맞게 실행되고 있음을 검증해 보았다.

제 3 절 이중 무기체계간 교전모의

이 실험은 현재 운용중인 모델에서 무기체계의 사격시간으로 사용되고 상수 값을 적용한 모의와 무기체계 사격시간에 일반분포 및 경험분포를 적용한 모의를 비교하기 위한 실험이다. 더 정확한 비교를 위해서는 현재 운용중인 AWAM 등의 모델에서 사격시간분포에 일반분포 및 경험분포를 적용하여 실험하는 것이 정확 하지만, 군에서 운용중인 모델을 활용할 수 없는 제약이 있기 때문에 그 대체로 본 연구를 위해 구현된 모델에서 무기체계 사격시간을 운용 중 모델과 같은 상수로 정의하여 모의하고, 비교 모델로 일반분포 및 경험분포를 적용한 모의를 하여 두 실험의 결과를 비교할 것이다.

1) 입력

<표 4-4>는 위 실험을 하기 위해 배치되는 무기체계의 종류와 규모이고, 전체 교전 규모는 청군 45 : 홍군 20이다.

<표 4-4> 무기체계 종류 및 규모(Heterogeneous)

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

<표 4-5>와 <표 4-6>은 실험을 위해 배치된 무기체계의 속성 값 들이다.
표에서 보이듯 모든 무기체계의 속성은 동일하며, 각 무기체계 별 사격시간
의 분포만 다르다.

<표 4-5> 일반분포 및 경험분포 적용 무기체계 속성(Heterogeneous)

	최대 사거리	PH 20%	PH 40%	PH 60%	PH 80%	PH 100 %	PK fire only	PK fire& move	PK kill	사격 시간분포	parameter
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
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
자동 소총3	300m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.4	0.5	Exponential Distribution	mean = 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
유탄 발사기	700m	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.1	0.1	0.8	Erlang2 Distribution	mean = 8.0

<표 4-6> 상수로 정의된 무기체계 속성(Heterogeneous)

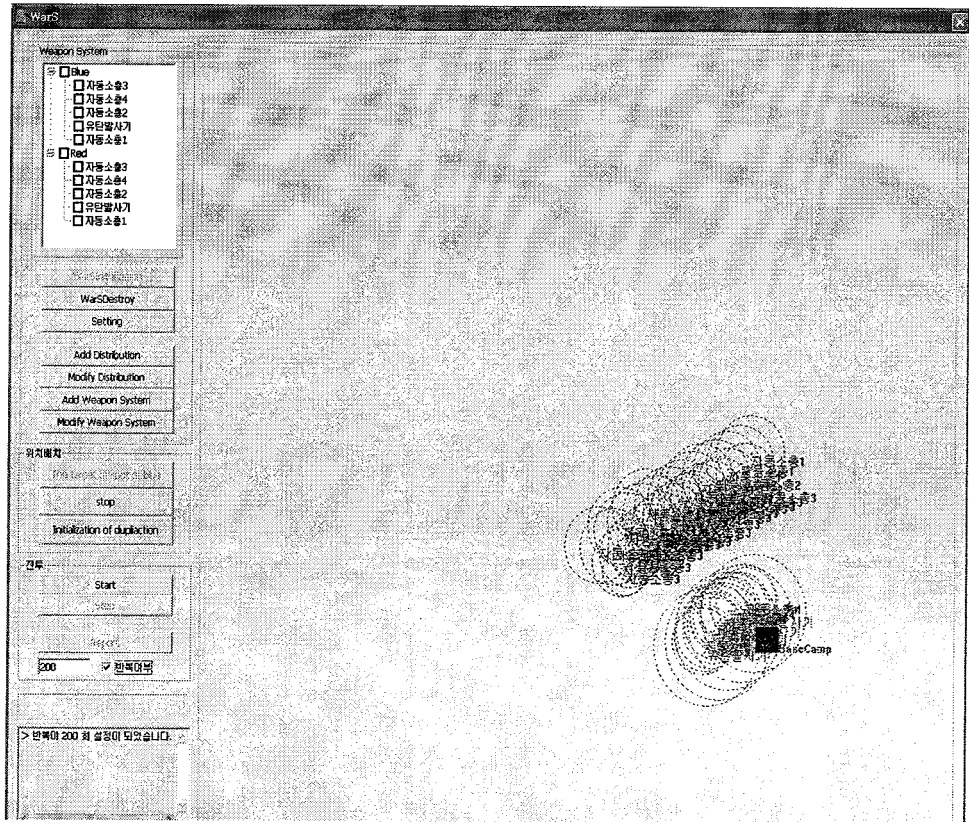
	최대 사거 리	PH 20%	PH 40%	PH 60%	PH 80%	PH 100 %	PK fire only	PK fire& move	PK kill	사격 시간분포	parameter
자동 소총1	450m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	fixed	4.0
자동 소총2	400m	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.1	0.2	0.7	fixed	2.0
자동 소총3	300m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.4	0.5	fixed	4.0
자동 소총4	400m	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.1	0.2	0.7	fixed	3.0
유탄 발사기	700m	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.1	0.1	0.8	fixed	8.0

본 연구에서 지형, 방호, 은폐, 엄폐 등의 변수들은 모의하고 있지 않기 때문에 방자인 홍군에는 청군과 비교해 더 높은 PH를 부여 하였고, 공자인 청군에게 전투원 규모에서 홍군 보다 더 많은 수를 배치하였다.

각각의 모델을 200회 반복 실험하며, 매회 종료 조건은 아래의 두 조건이 만족할 때 교전이 종료되고 다음 반복을 수행한다.

- 청군이나 홍군 중 어느 한쪽이라도 전멸한 경우
- 청군의 모든 무기체계가 죽거나 이동 불능인 상태여서 유효 사거리 안에 어떠한 적도 탐지를 할 수가 없어서 더 이상 교전이 불가능 한 경우 (청군의 무기체계가 이동 중 교전을 마치고 목표점에 도착한 경우도 해당)

[그림 4-3]은 이종 무기체계간 교전모의실험을 위해 메인 윈도우 위에 무기체계를 배치한 그림이다. 실험의 효율성을 위해 청군과 홍군의 배치는 양측의 최대사거리 밖으로만 위치 할 수 있게 최대한 가까이 배치하였다.

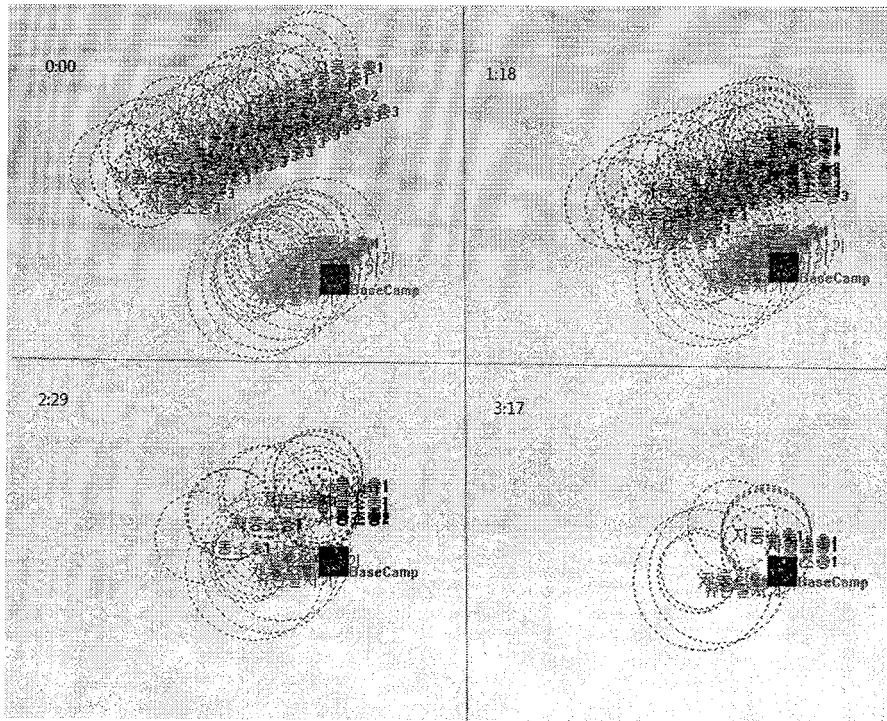


[그림 4-3] 45 대 20 무기체계 배치(Heterogeneous)

2) 출력

각 모델을 200회 반복 한 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다. [그림 4-4]는 시간흐름에 따라 변하는 각 무기체계의 위치와 생존자의 수를 보여준다.

<표 4-7>과 <표 4-8>은 무기체계의 사격시간에 일반분포 및 경험분포를 적용한 모델과 상수로 정의한 모델에서의 교전종료 후 각 무기체계별 생존자의 수의 평균 및 표준편차를 보여준다.



[그림 4-4] 시간흐름에 따른 각 무기체계 위치와 생존자 수의 변화

<표 4-7> 일반분포 및 경험분포를 적용 모델의 무기체계 생존자수

	자동소총1 (청군)	자동소총2 (청군)	자동소총3 (청군)	자동소총1 (홍군)	자동소총4 (홍군)	유탄발사기 (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

※E[W]: Expected value of Weapon type

<표 4-8> 사격시간에 상수를 적용한 모델의 무기체계 생존자수

	자동소총1 (청군)	자동소총2 (청군)	자동소총3 (청군)	자동소총1 (홍군)	자동소총4 (홍군)	유탄발사기 (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

E[W]는 교전종료 후 각 무기체계별 평균 생존자의 수이고, S[W]는 생존자수의 표준편차이다. E[B]/WinB, S[B]/WinB, E[R]/WinR, S[R]/WinR은 청군 및 홍군이 이겼을 때 결과로 출력된 조건부 생존자수 평균 및 표준편차이다.

<표 4-9>는 위 두 모델에 대한 청군 승률P(BWin), 홍군 승률P(RWin) 및 교전종료시간의 평균E[TD] 및 표준편차S[TD]이다.

<표 4-9> 청군/홍군 승률 및 교전종료시간(Heterogeneous)

	P(BWin)	P(RWin)	E[TD]	S[TD]
일반분포 및 경험분포 적용 모델	0.290	0.710	3:03	0:20
상수 적용 모델	0.520	0.480	2:50	0:26

3) 결과분석

두 모델의 실험결과에서 가장 눈에 띄는 결과는 승률의 변화이다. 단순한 가정에서 짧은 반복을 통해 얻은 결과임에 불구하고 사격시간을 상수로 정의한 모델과 일반분포 및 경험분포를 적용한 두 모델은 교전 결과 중 가장 중요한 요소라 할 수 있는 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 경우의 경우에서 보면 더 확연한 차이를 보인다. 일반분포 및 경험분포를 적용한 모델에서 청군이 승리하였을 경우 홍군의 무기체계중 최대사거리가 상대적으로 작은 홍군의 자동소총1과 자동소총4는 200회의 반복에서 한명의 생존자도 없었고, 홍군의 승리하였을 경우 청군의 자동소총2와 자동소총3 역시 200회의 반복에서 0의 생존확률을 결과로 출력했다. 이 결과는 상수로 정의된 모델에서도 거의 비슷하게 나타났다.

제 4 절 동종 무기체계간 교전모의

이 실험은 선행연구에서 있었던 동종의 무기체계간 교전모델과의 비교를 통해 제약되었던 가정들 즉, 이동, 거리에 의존한 PH, 세분화된 PK, 최대사거리를 추가함으로써 어떤 결과의 차이가 있는지를 보기 위한 실험이다.

1) 입력

<표 4-10>은 위 실험을 하기 위해 배치되는 무기체계의 종류와 규모이고, 전체 교전 규모는 청군 30 : 홍군 25이다.

<표 4-10> 무기체계 종류 및 규모(Homogeneous)

구분	무기체계 명	배치 수
청군	자동소총1	30
홍군	자동소총2	25

<표 4-11>은 동종 무기체계 간 교전모의실험을 위해 배치된 무기체계의 속성 값들이다.

<표 4-11> 본 연구 개발 프로그램에서의 무기체계 속성(Homogeneous)

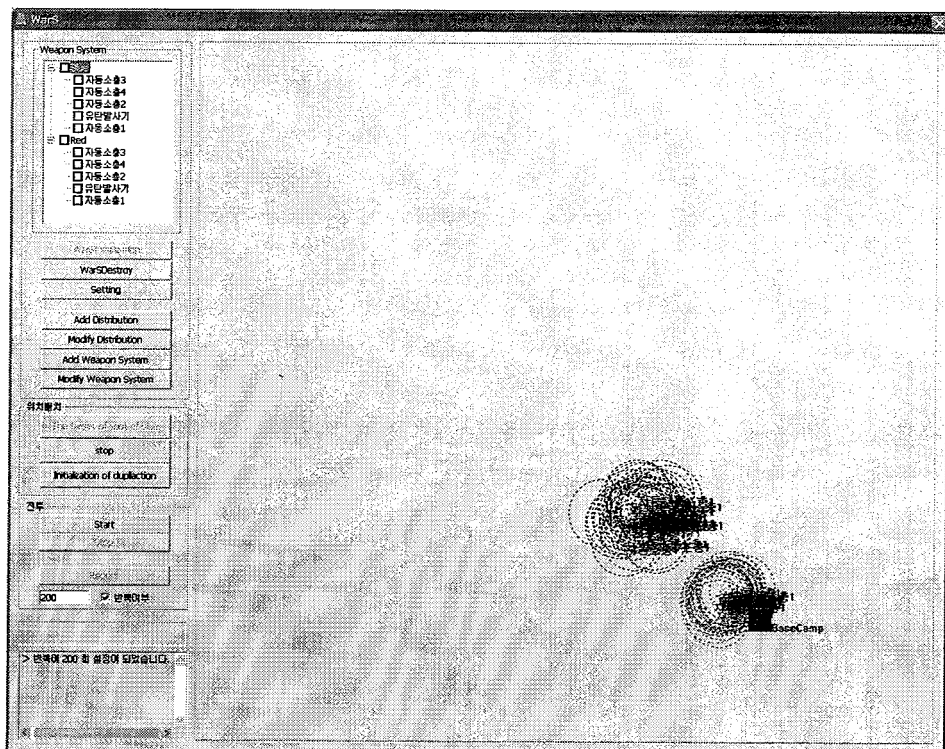
	최대 사거리	PH 20%	PH 40%	PH 60%	PH 80%	PH 100%	PK fire only	PK fire& move	PK kill	사격 시간분포	parameter
자동 소총 1 (청)	500m	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	Exponential Distribution	mean = 3
자동 소총 2 (홍)	500m	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.2	0.2	0.6	Exponential Distribution	mean = 2

위 이종 무기체계간 모의실험과 마찬가지로 방호, 은폐, 엄폐는 모의하고 있지 않기 때문에 방자인 홍군에는 청군과 비교해 더 높은 PH를 부여 하였고, 공자인 청군에게 전투원 규모에서 홍군 보다 더 많은 수를 배치하였다.

각각의 모델을 200회 반복 실험하며 매회 종료 조건은 아래의 두 조건이 만족할 때 교전이 종료되고 다음 반복을 수행한다.

- 청군이나 홍군 중 어느 한쪽이라도 전멸한 경우
- 청군의 모든 무기체계가 죽거나 이동 불능인 상태여서 유효 사거리 안에 어떠한 적도 탐지를 할 수가 없어서 더 이상 교전이 불가능 한 경우 (청군의 무기체계가 이동 중 교전을 마치고 목표점에 도착한 경우도 해당)

[그림 4-5]는 동종 무기체계간 교전모의실험을 위해 메인 윈도우 위에 무기체계를 배치한 그림이다. 실험의 효율성을 위해 청군과 홍군의 배치는 양측의 최대사거리 외곽에만 위치 할 수 있게 최대한 가까이 배치했다.



[그림 4-5] 30 대 25 무기체계 배치(Homogeneous)

<표 4-12>는 선행연구에서 개발된 모델의 실험을 위해 입력되는 변수들이다. 본 연구에서 개발된 모델과 다른 개념의 모델이므로, 정확히 같은 입력 변수를 입력 할 수 없는 한계는 있다. 선행 모델의 PH변수는 현 연구 모델 5구간에서의 PH의 평균으로 입력 하였고, 현 모델과 구분되는 다른 모의 개념은 우측에 표기하였다.

<표 4-12> 선행연구 개발 프로그램에서의 무기체계 속성(Homogeneous)

구분	PH	사격시간 분포	parameter	모의 개념
청군	0.46	Exponential Distribution	mean = 3	- 모델의 모든 무기체계는 교전 시작과 동시에 적 모든 무기체계가 사거리 내에 있음 - 무기체계의 이동은 없음 - 명중은 사살로 간주 - reselect 기능은 off로 설정
홍군	0.70	Exponential Distribution	mean = 2	

2) 출력

<표 4-13>은 두 모델의 200회 반복 실험을 한 결과이다. E[B], E[R]은 청군과 홍군의 교전종료 후 생존자수의 평균이고, S[B], S[R]은 생존자수의 표준편차이다. E[B]/BWin, S[B]/BWin, E[R]/RWin, S[R]/RWin은 청군 혹은 홍군이 이겼을 때 결과로 출력되는 조건부 생존자수의 평균 및 표준편차이다.

<표 4-13> 실험 결과(Homogeneous)

	E[B]	S[B]	E[R]	S[R]	E[B] / BWin	S[B] / BWin	E[R] / RWin	S[R] / RWin	P(B)	P(R)
본 연구 개발 모델	5.120	4.155	7.160	5.218	11.159	4.524	9.064	4.277	0.220	0.780
선행연구 개발 모델	0.765	3.062	13.920	5.682	10.929	4.890	14.968	4.354	0.070	0.930

3) 결과분석

실험 결과 두 모델의 $E[B]$, $E[R]$, $E[R]/R_{Win}$, $P(B)$, $P(R)$ 은 현저한 차이를 보였지만, $E[B]/B_{Win}$ 과 모든 표준 편차의 차이는 크지 않았다. 선행연구 모의실험에서 제약으로 두었던 PK, 이동 모의, 구간 별 PH값, 최대사거리의 추가입력으로 두 모델에서 승률($P(B)$, $P(R)$)과 생존자수($E[B]$, $E[R]$)의 차이가 현저하다는 것은 주목할 만한 점이다.

위의 실험은 [그림 4-5]와 같이 선행연구의 모델과 비교를 위해 최대한 비슷한 상황을 연출하기 위해 청군 및 홍군의 배치를 최대한 밀집 시킨 상태에서 실행했다. 현 모델에서 지형, 엄폐, 은폐, 방호와 같은 변수들을 생략한 모델이므로, 배치에 대한 교전모의는 세밀하게 시행 하지는 않았지만, 실제 밀집 배치가 아닌 분산된 배치에서는 청군의 승률이 향상되는 것을 간단한 모의실험을 통해 확인할 수 있었다. 배치 모의와 관련된 많은 변수를 생략한 모델이긴 하지만, 이동을 통해 적과 조우 시 더 유리한 조건, 즉 1:1이 아닌 2:1, 3:1의 상황이 만들어질 수 있는 배치를 통해 승률이 향상된 것은 선행연구모델과 비교하여 큰 차이라 할 수 있겠다.

제 5 장 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 현재 운용중인 교전모델에서 상수로 단순화하여 사용하고 있는 무기체계의 사격시간에 관한 연구로 과거 선행연구에서 다루었던 일반분포와 함께 경험분포를 적용할 수 있는 방법을 제시하고 있다.

이중 무기체계간 교전모의실험에서 사격시간간격을 상수로 정의한 모델과 일반분포 및 경험분포를 적용한 모델의 비교 실험을 통해 승률 및 생존자 수의 큰 차이를 보여줬다.

본 연구를 위해 개발된 모델은 선행 연구와 비교하여 이동 모의의 간단한 묘사와, 이중 무기체계간 교전모의, 거리에 의존한 PH의 변화, PH에 의한 조건부 PK 및 최대사거리 변수 등이 적용되어 교전모의 할 수 있는 현존하지 않는 stochastic model로써 성공적인 구현 및 모의실험을 하였기 때문에 향후 개발 예정모델 및 기존모델 보완을 위한 기초가 될 것이다.

본 연구는 동종 무기체계간 교전모의의 선행연구를 바탕으로 시작해서 앞선 연구에서 과제로 남겼던 이동 모의, 거리에 의존한 PH의 변화, 사격시간간격에 일반분포 적용에서 진화한 경험분포의 적용 등을 어느 정도 해결했지만, 교전모의를 더 현실에 유효하게 실험하기 위해서는 아직 많은 과제가 남겨져 있다.

본 연구에서 개발된 모델의 좌표 개념은 단순한 pixel개념의 좌표로 현실적인 무기체계의 좌표를 표현할 수는 없었다. 추후 업데이트 되는 모델에서는 실제전장의 위도 및 경도로 표시될 수 있는 월드 좌표계 개념을 도입한다면, 실존하는 한 전장을 묘사하여 더 현실적인 교전모의가 가능하게 할 수 있을 것이다.

또한 본 연구에서 깊이 다루었던 사격시간간격은 사격절차를 고려한 것이 아니고, 하나의 절차라 가정하고 일반분포 및 경험분포를 적용하였지만, 실

제 사격절차는 거치시간, 조준, 재장전시간, 탄속에 의존한 flying time등의 고려해야할 절차들이 존재하며, 사격절차들은 각각의 확률분포를 따를 것이다. 그렇기 때문에 각 사격절차에 확률분포를 적용한 모델에 관한 연구도 진행돼야할 부분이다.

그 밖에 향후 교전모의에 있어서 보다 깊은 연구가 필요한 부분은 본 연구에서 단순화하여 적용하지 않았던 지형, 은폐, 엄폐, 방호 등의 변수를 적용 하여, 공자, 방자의 교전모의를 더 현실 적으로 할 수 있을 것이다. 즉, 전략적인 배치 및 세분화된 이동 시나리오를 적용할 수 있을 것이다. 또한, 2차원적인 한 전장의 교전모의에서 벗어나 3차원적인 여러 전장의 교전을 동시에 모의할 수 있는 네트워크 교전모델의 연구도 지속적으로 진행해야할 것이다.

참고문헌

- 육군본부, 창조대 위게임 모델 사용자 지침서, 1986
- 이동준, “에이전트 기반 지휘통제 모의 방법론”, 시뮬레이션 학회지, 2007
- 최상영, 국방 모델링 및 시뮬레이션, 2007
- 함일환, 최상영, 송문호, “Firing State와 Observing State를 갖는 Lanchester형 전투 모형에 관한 연구” 한국국방경영 분석학회지, 17(2): 44-53, 1991
- 합동참모본부, 지상무기효과분석 모델(AWAM) 사용자 지침서, 2007
- 홍윤기 “확률 과정 전투에서 명중 시간간격 확률 분포의 발견”, 한국국방경영 분석학회지, 28(2):56-69, 2002
- 홍윤기 “전투시간의 확률 분포에 관한 연구”, 한국국방경영 분석학회지, 29(2):1-12, 2003
- A.V.Garian, D.G.Harvey, Y.G.Hong, M.D.Kronauer, “Some Many-on-Many Homogeneous Stochastic Combat Simulation Model”, Technical Report, 1991
- C.J.Ancker Jr., A.V.Gafarian, “The Validity of Assumptions Underlying Current Uses of Lanchester Attrition Rate”, 1987
- Stewart Robinson, *Simulation The Practice of Model Development and Use*, WILEY, 2003

ABSTRACT

A Stochastic Combat Simulation Model with Heterogeneous Weapon Systems

Chung, Yong-Hun

Major in Industrial Systems Engineering

Dept. of Industrial Systems Engineering

Graduate School, Hansung University

Heterogeneous weapon systems are considered in a modeling of combat simulation. Empirical data may be available from real field exercises and these can be utilized in a manageable way in the analysis of stochastic combat situation. Some sets of weapon systems are applied to this study to compare the output measures between existing results and the one from the proposed model.