

확률과정을 따르는 전투 네트워크 시물레이션 연구

민현준¹ · 홍윤기^{2*}

A Simulation Study of Stochastic Combat Networks

Hyun Joon Min · Yoon Gee Hong

ABSTRACT

The interest in combat network systems rises among specialists as the military technology advances. This study considers some new elements such as characteristics of weapon systems, force moving rules at the end of each small battle, etc. to improve the accuracy of the analysis of series of mini battle problems. There is a significant difference in MOEs among the scenarios and the models. This study suggests some further works in weapon allocation, moving speed, tactics, weather, and topography which need to be investigated.

Key words : Stochastic Combats, Combat Network System, Moving Rules, Series of Mini Battles

요약

첨단 국방과학기술이 발전을 거듭하면서 군사 전문가들은 전투 네트워크 시스템에 대한 관심이 커지고 있다. 소규모 전투끼리 네트워크 형태로 이어지는 전투상황의 실전적 모사를 위해 청군과 홍군의 배치와 편제무기체계의 특성에 따라 유효사거리와 살상반경을 반영하고 교전 결과 잔여부대의 부대 재조직을 위한 이동규칙을 지정하여 추가 교전의 기회를 제공하였다. 전투 시나리오로 실질적으로 모의하므로 기존 모델과의 신뢰도 차이를 추구하였다. 무기체계 배치 변화, 전투원 이동속도, 측/후방공격을 포함하는 전술의 변화, 지형 및 기상 등의 변수가 포함된 향후 연구과제도 제시되었다.

주요어 : 확률형 전투모델, 소부대 전투 네트워크 형태 교전, 부대재조직 위한 이동규칙, 전투지역 노드

1. 서론

최근 NCW(Network Centric Warfare)개념의 강조와 함께 C4ISR+PGM(Precision Guided Munitions)의 분야별로 최신 과학기술이 접목되어 발전하고 있다. 부대단위 교전결과와 타격무기의 살상율로 전투의 효과측도가 정해지고 C4ISR의 효과를 포함하는 모델이 발전되며 워게임 시물레이션 분야에도 소부대 전투의 실전적 모의를 위한 새로운 패러다임이 제기되고 있다.

현재 군에서 운용하는 대다수 분석 및 훈련모델은 해외에서 도입되어 제대별의 지휘소 연습지원과 전력소요

분석 등에 활용중이다. 지상전 모델은 Lanchester 방정식 기반의 결정적 소모모델이, 해상 및 공중전 모델은 물리방정식과 Monte Carlo 시물레이션 기반의 확률적 소모모델이 주축을 이루며, 무기체계의 화력과 기동력에 분석의 초점이 맞추어져 있다. 미래의 NCW 전장환경에서는 전투요소는 동일하더라도 전투요소들 간의 디지털자동화 네트워킹을 기반으로 전장정보를 실시간으로 교환해야 하며, 이를 위해 해외에서는 기존의 전투모델에 C4ISR 요소들을 에이전트로 표현하여, ABMS기술을 기존모델과 연동하는 방안과 시물레이션 개발환경 자체를 에이전트 소프트웨어 기술을 적용하여 인텔리전트시스템과 다중에이전트시스템 구조로 복잡성 이론을 적용한 새로운 모델로 접근하는 두 모습으로 발전하고 있다²⁾.

기존의 방정식기반 소모모델은 전체 부대의 누적 평균 전투결과를 비교적 간단하게 추정할 수 있는 장점이 있으나 모든 전투 상황요소를 동일 조건으로 하는 기본전제하에 모델을 구성하므로 실전적 전투상황요소의 개별 특성과 동태적 특성을 모델에 반영할 수 없는 단점이 있다.

* 본 연구는 2008년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임.
2009년 11월 18일 접수, 2010년 3월 9일 채택

¹⁾ (주) 심네트

²⁾ 한성대학교 산업경영공학과

주 저 자 : 민현준

교신저자 : 홍윤기

E-mail: yhong@hansung.ac.kr

과거 전투 모형에 관한 연구들로는 Lanchester에 의해 제시된 결정적 모델(Deterministic Lanchester Model, DL)에서부터 확률적 개념 도입이 시도된 지수모델(Exponential Lanchester Model, EL), 전투실상을 감안한 최적 사격시간분포를 가정한 확률적 모델(Stochastic Lanchester Model, SL)이 있다^{5,6,8)}.

비록 SL 모델의 수식표현 복잡성 때문에 유효한 해석적 또는 수치적 결과를 이끌어내는 데에 어려움이 있음을 확인하였지만, 작은 단위 전투에 대한 해석해를 통하여 여러 소단위 전투가 네트워크 형태로 연결되어 전투규모를 확대 모의할 수 있는 가능성을 제시하였다^{7,9,10,12)}.

기존 모델에서 전투모의는 부대단위로 가시거리 안에서 발생한다고 가정하였다. 그러나 실제 전투는 네트워크 시스템 형태로 지형 및 기상, 무기체계의 배치 등 여러 요인에 의해 여러 소규모 전투들이 통합적으로 연계하여 모의될 수 있다고 가정하기에 이르렀다¹¹⁾.

이와 관련된 선행 연구로서 전투지역을 두 노드 지정하여 1:1 전투를 통합 개념과 화력분배를 도입하여 해석해를 구한 연구, 분산 시뮬레이션 환경을 도입하여 전투지역 각 노드에서 일어나는 전투 정보를 모든 노드에서 상호 참고하여 전투가 이루어지도록 모델을 설계한 연구 등이 있다^{3,4)}. 이들 연구에서 종전의 연구들과 비교하여 승리확률, 생존자 수, 전투시간 등에서 차이가 발견되었다.

종전의 연구를 배경으로, 본 연구에서는 기존 모델이나 연구보다 소부대에서 실전적 전투요소를 전투지역 노드로 선정하여 부대를 편성하고 편제 무기체계의 유효사거리와 살상효과, 노드교전 후 부대 재조직을 위한 이동규칙 등의 상호작용을 수학적 또는 절차적 행위로 표현하는 기술을 적용함으로써 전투객체 행동모형을 제시하고 비교·분석하고자 하였다. 실전적 전투에 가까운 모의실험을 위해 설정한 교전 시나리오를 통하여, 첫째, 설정한 ‘이동규칙에 따른 전투결과 차이’를 분석함으로써 실전적 모의의 신뢰성을 검토해본다.

둘째로, 설정된 부대 재조직을 위한 이동규칙변경으로 ‘이동규칙에 따른 전투결과 차이’를 비교·분석하여 실전적인 규칙을 판단해 본다. 마지막으로, ‘기존 부대단위 통합 전투와 전투 네트워크 형태 개념 전투의 결과차이를 비교·분석하여 실전적 전투 네트워크 형태 모의의 중요성과 당위성을 알아보는데 목적을 둔다.

2. 전투 네트워크 형태 모의 모형

실제 전장에서 전투는 소규모 전투가 동시다발로 여러 지역에서 이루어지는데 그 동안의 연구는 소부대단위 전체가 하나의 교전으로 모의하는 것을 전제하였다. 본 연구는 실전적 전투양상을 감안하여 최대한 유효사거리 이내의 전투로 분할된 소규모의 교전결과를 적용하고 지속되는 부대 재조직개념을 적용하여 그 차이점을 규명하고자 한다.

분할된 소규모 교전결과는 시간의 진전에 따라 부대 재조직을 위한 이동규칙을 적용하여 다른 소규모전투가 수행되는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 전체 교전은 시간대별로 일어나는 소규모전투의 결합이며, 특히 이전 소규모 교전의 잔여병력은 재조직되어 주변 소규모전투에 참여하게 된다.

기존 부대단위 교전의 개념에서 구성원 모두가 동시에 쌍방 간 교전을 모의하던 개념과 다르게 소규모 전투가 실제전장과 유사하게 진행되고 교전결과에 따라 부대를 재조직하는 실전적인 개념이 적용 될 것이다.

전투 네트워크 형태 모의모형은 하나의 전투가 공격과 방어 작전형태 각각 진지에서 소부대의 전투원들이 참여하는 여러 개의 전투지역 노드에서 소규모 교전의 결과에 따라 전투가 진행되는 네트워크 형태의 모의모형이라고 정의한다.

이동규칙의 적용과 무기체계 성능의 반영으로 기존모델과 달리 실전상황에 가깝도록 접근하는데 목표를 두었다. 특히 기존 AWAM모델은 이동시 경로를 사전에 설정해 주는 어려움이 존재하고, 이동규칙을 정하여 모의하는 모델은 주변에서 발견할 수 없다.

예를 들어, 전투력 규모가 청군은 증강된 분대규모(13명)로 : 홍군은 감소된 분대규모(6명)로서 4개 전투지역 노드에 병력이 분산 배치되어 전투를 모의한다. 전투지역 별 병력의 규모는 전투지역 Node1에는 3(청) : 2(홍), 전투지역 Node2에는 3(청) : 2(홍), 전투지역 Node3에는 3(청) : 1(홍), 전투지역 Node4에는 4(청) : 1(홍)로 분산 배치되어 전투준비하고 있는 태세라고 하여 모의를 개시하면 그림 1은 전투지역 노드 간 교전 종료 시 잔여 병력은 근접전투지역 노드로의 부대 재조직을 위한 이동을 적용한 전투 네트워크 모형에 대한 case1이다, 이 경우는 전투모의 시작 후 시간이 58초가 되었을 때, 전투지역 Node4의 교전은 종료되고 청군의 잔여병력(4명)은 근접한 전투지역 Node2로 부대 재조직을 위한 이동 후 전투

지역 Node2에 있는 부대와 재조직되어 교전은 계속 진행된다. 마찬가지로 시간이 2분12초, 4분40초가 되면, 전투 지역Node3, 1의 교전은 종료되고 전투지역Node3, 1 각각의 청군 잔여병력(2명, 3명)은 이동규칙에 따라 전투지역Node2로 이동, 합세한다.

그림 2는 case1과 달리 아군 잔여 병력이 가장 적은 전투지역노드로 이동하도록 설정된 전투 네트워크 모형 개념이다.

전투모의 시작 후 시간이 1분7초가 되었을 때 전투지역Node 3의 교전은 종료되며 청군의 잔여병력(3명)은 아군 수가 가장 적은 전투지역 Node 2로 부대 재조직을 위한 이동, 아군과 합세하고 교전은 다시 시작된다. 마찬가지로 시간이 3분13초, 6분10초가 되면, 전투지역Node 4, 2의 교전은 종료되고 전투지역Node 4, 2의 청군 잔여병력(3명, 4명)은 Node 1로 이동, 합세한다. 6분41초가 되면 전체 전투는 종료되며 이 전투의 승리한 진영은 청군이며 7명이 생존하였음을 알 수 있다.

3. 전투 네트워크 형태 모의 모형 설계

본 연구에서 구현하고자 하는 전투 네트워크 형태 모의모형은 전투지역 노드를 구분하여 전투실상을 모의하는 이동규칙에 따른 전투 결과의 차이를 아는데 목적이

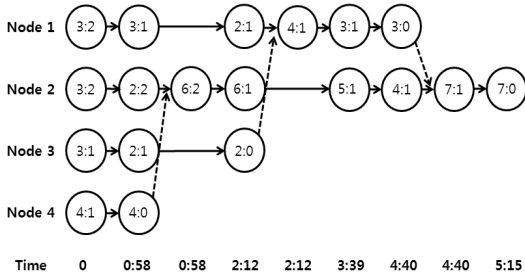


그림 1. 전투 네트워크 형태 모의모형 case 1

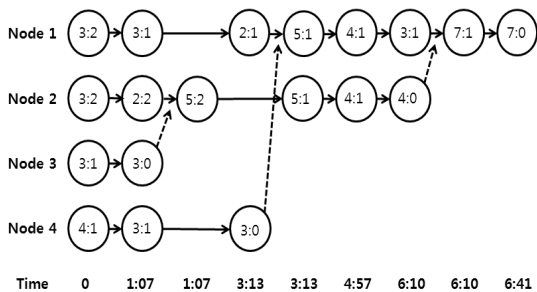


그림 2. 전투 네트워크 형태 모의모형 case 2

있다. 그러므로 구현 시 모형의 의미를 고려하여 이동규칙 등을 제외한 나머지의 여러 요소들에 대한 변수는 고정하여 설계한다. 이 부분에서는 전투 네트워크 모형의 입·출력 자료와 그와 관련된 요소들의 수준 소부대 전투 모의가 연계된 전투가 수행되기 위해 우선적으로 이루어져야 하는 전투지역 노드교전 종료조건과 본 연구의 중점 사항인 이동규칙, 소부대 전투 연구 프로세스에 대해 기술한다.

3.1 모형 입·출력자료

입력자료는 시뮬레이션을 수행하기 위해 사용자가 개체, 환경 등과 관련된 자료를 입력하거나 또는 시뮬레이션 모드(mode)를 설정하는 것이다.

본 모형 입력자료는 표 1에 나타난 바와 같이 크게 3가지로, 전투편성, 무기체계 제원, 그리고 환경으로 나뉜다. 전투편성은 교전하는 그룹으로 청군과 홍군 중 택일하며 교전에 필요한 무기체계를 선택하여 전투지역 노드에 배치한다. 무기체계 제원으로 교전에 필요한 유효사거리, 거리별 명중률, 그리고 사격형태 등을 입력한다.

실전적 교전을 위해 거리별 명중률은 적과의 거리에

표 1. 전투 네트워크 형태 모의 입력자료

구분		내용	
전투 편성	청군&홍군	청군/홍군 중 택일	
	무기체계	교전을 위해 사용할 무기체계 선택	
무기 체계 제원	무기체계 명	무기체계 이름	
	유효사거리(ER)	무기체계 유효사거리	
	명 중 륜 PH	ER×0.8	적군과 거리 (ER×0.6~ER×0.8)일 경우 명중률
		ER×0.6	적군과 거리 (ER×0.4~ER×0.6)일 경우 명중률
		ER×0.4	적군과 거리 (ER×0.2~ER×0.4)일 경우 명중률
ER×0.2		적군과 거리 (ER×0.0~ER×0.2)일 경우 명중률	
ER×1.0	적군과 거리 (ER×0.8~ER×1.0)일 경우 명중률		
사격 분포	분 포	Exponential, Uniform, Erlang-2, Fixed Value 분포 중 택일	
	모수	각 분포에 해당하는 모수 입력	
사격 형태	직접 사격	Area firing에 1을 입력할 경우	
	지역 사격	Area firing에 1보다 큰 수 입력	
환경	시뮬레이션 종료	시뮬레이션 반복 횟수 등 입력	

다른 명중률의 변화로서 무기체계의 특성을 고려 5등분한다. 예를 들어, K2 유효사거리가 250m, 명중률이 0.7이라 하면, 적과의 거리가 0m~50m, 50m~100m, 100m~150m, 150m~200m, 200m~250m일 때의 명중률을 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7로 입력하여 적과의 거리에 따른 명중률을 다르게 한다.

사격 형태는 직접사격(Direct firing)과 지역사격(Area firing)으로 나뉜다. 직접사격은 소총과 같은 한 대상에 대해서만 사격이 되는 무기체계를 말하며, 지역사격은 KM202 유탄발사기의 살상반경을 고려할 수 있는 사격을 의미한다.

환경부분은 시뮬레이션 종료와 관련된 부분으로 반복여부와 반복회수 등을 입력한다.

본 연구에서 출력자료는 중요 사항인 이동규칙에 따른 교전결과들이 출력된다. 출력자료는 다양한 교전 시나리오에 따른 반복수행으로 청·홍군의 승리, 각 진영 승리했을 때 생존자 수 등에 관한 통계량으로 내용은 표 2와 같다.

3.2 모의모형 범위 및 수준

모의모형 범위는 구현에 필요한 구성요소들에 대해 알아보고 확인하는 것으로서, 전투편성의 종류, 전투가 발생하는 전투지역 노드, 전투원에 편제된 무기체계로 나뉜다.

모의모형 수준은 모형범위에서 언급한 구성요소들의 세부사항 및 이들의 의미를 뜻한다.

청군은 공격작전형태로 기동이 가능하며 홍군은 방어 작전형태로 배치된다. 전투지역노드는 전투 네트워크 형

표 2. 전투 네트워크 형태 모의 출력 자료

구 분	내 용
이동규칙	설정된 이동규칙 명
P(B) & P(R)	청군(Blue)과 홍군(Red) 승리 확률
E(B) & E(R)	청군과 홍군 평균 생존자
S(B) & S(R)	청군과 홍군 생존자 표준편차
E[B/Win]	청군이 승리했을 때 평균 생존자
E[R/Win]	홍군 승리했을 때 평균 생존자
S[B/Win]	청군 승리했을 때 생존자 표준편차
S[R/Win]	홍군 승리했을 때 생존자 표준편차
E[T _D]	평균 전투 종료시간
E[T _D /B Win]	청군 승리했을 때 평균 종료시간
E[T _D /R Win]	홍군 승리했을 때 평균 종료시간
S[T _D /B Win]	청군 승리했을 때 종료시간 표준편차
S[T _D /R Win]	홍군 승리했을 때 종료시간 표준편차

태 모의모형 구현 시 증강된 소대의 전투 지역과 부대 재조직을 위한 이동규칙에 따른 교전의 의미를 가질 수 있도록 4개 전투지역 노드로 한다. 무기체계는 전투지역노드마다 전투원의 편제 무기체계가 배치되도록 한다. 전투원의 이동속도는 포함하지만 부대 재조직을 위한 이동규칙에 따른 교전결과 차이를 위해 모두 동일하다고 한다. 무기체계와 관련된 입력자료인 유효사거리, 명중률, 사격 분포, 사격형태 등은 교전에 중요한 사항으로 포함한다.

3.3 전투지역 노드교전 종료 조건

본 연구의 중요사항인 부대 재조직을 위한 이동규칙이 적용되려면 선행과정으로 전체 전투에 있어서 어떤 한 전투지역 노드교전이 종료되어야 한다. 또한 실질적으로 부대 재조직을 위한 이동규칙은 기동이 가능한 청군만이 적용되며 어떤 한 전투지역 노드교전에서 홍군이 승리하면 홍군은 이동하지 않고 초기에 배치된 위치에 계속 머무른다. 표 3에서 설명하는 바와 같이, 전투지역 노드 종료조건은 청군이 홍군을 전멸시키거나 청군이 홍군진지에 도착하면 해당 전투지역 노드교전은 종료된다. 홍군진지 도착 시 노드교전 종료는 적진지를 탈취 확보함을 의미한다. 또한 전체 전투종료는 한 진영이 전멸하거나 마지막 전투지역 노드에서 청군이 홍군진지를 탈취 확보할 때까지 이루어진다.

3.4 부대 재조직 위한 이동규칙

부대 재조직을 위한 이동규칙은 실제 전투에 가까운 소규모 전투 간 네트워크 형태 모의를 구현하기 위해 표 4와 같이 정의한다.

표 3. 전투지역 노드교전 종료 조건

조 건	내 용
홍군 전멸	어떤 한 전투지역 노드에 대해 청군이 홍군을 전멸시키면 전투지역 노드교전 종료
홍군 기지 탈취 확보	어떤 한 전투지역 노드에 대해 청군 전투원 이 홍군 진지에 도착하면 노드교전 종료

표 4. 전투 네트워크 형태 모의모형 이동규칙

구 분	내 용
전투지역 노드 간 거리	어떤 한 전투지역 노드의 전투 종료 후 잔여 병력 전투지역 노드간의 거리가 가장 가까운 곳으로 이동
타 전투지역노드 청군 잔여병력 수	어떤 한 전투지역 노드의 전투 종료 후 잔여 병력이 타 전투지역 노드 아군 병력의 수가 가장 열세한 곳으로 이동

3.4.1 전투지역 노드 간 거리

모의구현을 고려하여 노드 수는 최대 4개로, 각 전투지역 노드크기는 동일한 직사각형 형태이며 서로 인접하도록 설계한다. 타 전투지역 노드로 이동 시 우선순위 설정 기준은 해당 전투지역 노드교전 종료 후 사각형에서 가로, 세로에 해당하는 인접 노드로 먼저 이동하며, 다음으로 대각선 방향의 노드로 이동하도록 한다.

표 5는 전투지역 노드이동 우선순위를 설명한다. 1번 노드의 경우, 교전이 종료되면 잔여병력은 2번 노드로, 다시 2번 노드교전 종료 후 3번 노드로, 다시 4번 노드로 이동한다. 다른 전투지역 노드도 위와 같은 방식으로 우선순위에 의해 이동한다.

3.4.2 타 전투지역 노드 아군 잔여병력 수

타 전투지역 노드 아군 잔여 병력 수에 따른 이동은 노드교전 종료 시 타 노드들 잔여 병력 수 비교에 의한 최소 아군 수 전투지역 노드로 기동을 의미한다. 그림 3은 잔여병력에 따른 이동규칙 프로세스이다.

예를 들어, 가장 먼저 1번 노드가 교전이 종료되면 그 순간 타 노드들(2, 3, 4번 노드) 아군 잔여 병력 수를 비교하여 아군 수가 최소인 지역으로 1번 전투지역 노드 잔여 병력이 이동한다.

한편, 어느 전투지역 노드교전 종료 시 주변 노드 잔여 병력이 최소인 곳이 두 군데 이상이면 1번 이동규칙에 의해 이동한다. 타 노드 아군 잔여 병력 수에 따른 프로세스는 그림 4와 같다.

3.5 소부대 전투의 연계된 전투 프로세스

그림 4는 소부대 전투의 연계된 전투 프로세스를 나타낸다. 설정된 무기체계들로 각 노드에서 전투가 시작 되면, 청군 무기체계들은 지정된 속도로 이동하면서 탐지하다가 각 무기체계 유효사거리 안에 홍군이 위치하면 사격을 한다. 사격을 누가 먼저 했는지는 전술적으로 홍군이 먼저 사격 하는 것이 원칙이나 설정된 사격분포와 난수를 이용하여 최소사격시간을 구함으로써 알 수 있다.

표 5. 타 전투지역 노드 이동 우선순위

노드	타 전투지역 노드 이동 우선순위
1	2번 → 3번 → 4번
2	1번 → 4번 → 3번
3	1번 → 4번 → 2번
4	2번 → 3번 → 1번

사격 후 설정된 거리에 의한 PH(명중률)와 난수를 비교하여 사격에 의한 홍군에 명중여부를 판단한다. 명중에 의한 PK(살상률)은 입력된 PK과 난수를 비교함으로써 알 수 있다.

4. 전투 네트워크 형태 모의 모형 구현

4.1 구현 방법

3장의 모의모형 설계에 이어서 객체지향 프로그래밍 언어인 C++, MFC, DB를 사용하여 전투 네트워크 형태 모의모형을 구현한다.

C++ 언어는 복잡성 수용, 신뢰성 확보, 그리고 향후 연구의 지속성을 위해 기본적인 틀을 마련하고자, 즉 모델의 재사용성과 확장성을 위해 사용하였다. MFC는 전투

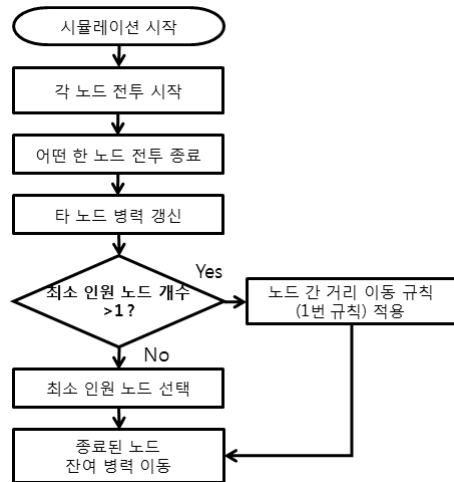


그림 3. 잔여 병력에 따른 이동규칙 프로세스

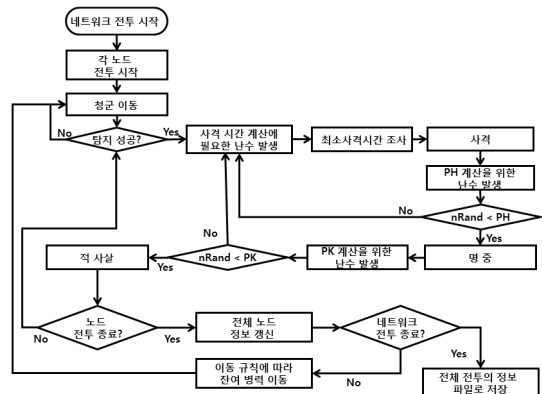


그림 4. 소부대 전투의 연계된 전투 프로세스

네트워크 상황을 2차원으로 현실감을 나타내기 위해 사용하였다. DB는 교전종료까지 무기체계 및 이들 속성들의 시간에 따른 변화를 관리하는데 사용하였다.

4.2 구현 결과

구현된 전투 네트워크 형태 모의 모형 U/I, 무기체계 편집 U/I를 보여준다.

4.2.1 전투 네트워크 형태 모의 모형 U/I

그림 5는 시뮬레이션 준비 프로세스까지 완료된 모습이다. 200회 반복 시행하였는데, 이는 평균추정치에서 약 2배 표준오차 범위 내에 95%의 관측치들이 분포한다고 보았을 때, 표준오차는 추정치에 상대적으로 매우 작은 값을 나타내고 있다. 상대 또는 절대정도 측면에서 반복 시행회수의 크기에 관한 관심이 본 연구의 목적이 아닌 점을 감안하여 200회가 적절한 것으로 판단하였다. 1~4번 전투지역 노드는 청군과 홍군이 각각 10:5, 12:10, 8:4, 10:7 규모로 배치된 모습으로 청군은 증강된 소대규모가 4개의 전투지역 노드에 배치되었으며 홍군은 감소된 분대가 분산되어 배치된 상황을 가정한다. 신뢰도 향상과 기존모델과의 비교를 위하여 다른 비율로 실험한 결과도 제시한다.

4.2.2 무기체계 편집 U/I

그림 6은 무기체계 편집 U/I로서 KM202 유탄발사기 무기체계와 관련된 유효사거리, 거리별 PH 등 나타난 모습이다. 유효사거리는 500m, 거리별 명중률은 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9로서 적과의 거리가 가까울수록 높아지도록 되어 있다. 사격형태는 Area firing으로 반경 10m내외의 적군에 피해를 준다.

5. 소부대 연계된 전투결과 분석

5.1 교전 시나리오 설정

교전 시나리오설정은 연구목적에 명확히 식별하기위한 사전작업으로서, 모델의 유효성을 검증한다는 측면에서 무엇보다 중요하다.

본 연구목적 중에 하나가 부대 재조직을 위한 ‘이동규칙에 따른 전투 결과 차이’와 ‘기존 모델에서의 교전과 실전적 상황 모의를 위한 소부대 연계된 전투의 결과 차이 비교’를 확인하기 위함이다. 전투원 수, 전투지역 노드 수, 무기체계 속성은 소부대의 임무, 적 상황, 지형과 기상, 가용부대와 가용시간, 민간 요소 등을 고려하여 설정 할 수 있으나 금번 연구목적 상 교전시나리오와 무기체계 배치는 다음과 같다.

청군은 공격 작전형태로 기동 가능하며, 홍군은 방어작전형태로 배치된다. 전술적인 공격과 방어 개념에 의해 4개 전투지역 노드는 공격인원이 방어인원 보다 많다고 한다. 초기 청군과 홍군의 전투원 수는 각 40명, 26명으로, 교전이 이루어지는 전투지역 노드는 4개로 한다. 표 6, 7은 교전 시나리오 관련 전투지역 노드별 무기체계와 그에 관련된 속성을 나타낸다.

그림 7은 표 6, 표 7을 토대로 소부대 연계된 전투 실험을 위해 각 전투지역 노드에 배치한 무기체계 모습이다. 실험은 총200번 반복 시행한다.

5.2 이동규칙에 따른 전투결과 분석

전투지역 노드 간 거리와 타 전투지역 노드 잔여병력을 고려한 규칙 간 전투결과를 분석한다.

표 8에서 이동규칙에 따른 전투결과에 차이가 있음을 알 수 있다. 가까운 아군부대로 이동하는 규칙 1번보다

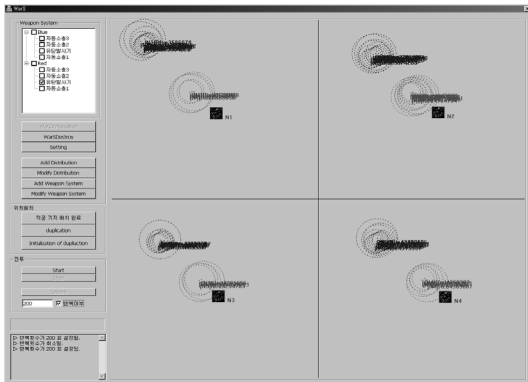


그림 5. 전투 네트워크 형태 모의 모형 U/I

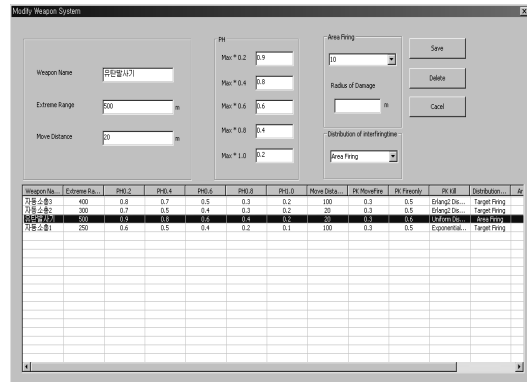


그림 6. 무기체계 편집 U/I

표 6. 교전 시나리오 관련 노드별 무기체계

내용 노드	진영	병력	무기체계
Node 1	청	10	자동소총1 - 6정 자동소총2 - 1정 자동소총3 - 1정 유탄발사기 - 2정
	홍	5	자동소총2 - 2정 유탄발사기 - 3정
Node 2	청	12	자동소총1 - 6정 자동소총2 - 2정 자동소총3 - 2정 유탄발사기 - 2정
	홍	10	자동소총1 - 2정 자동소총2 - 2정 자동소총3 - 3정 유탄발사기 - 3정
Node 3	청	8	자동소총1 - 5정 자동소총2 - 2정 유탄발사기 - 1정
	홍	4	자동소총3 - 2정 유탄발사기 - 2정
Node 4	청	10	자동소총1 - 6정 자동소총2 - 1정 자동소총3 - 2정 유탄발사기 - 1정
	홍	7	자동소총2 - 2정 자동소총3 - 2정 유탄발사기 - 3정

이군 열세지역으로 병력을 이동하는 규칙 2번으로 바뀌면서 청군은 승리확률 $P(B)$ 과 평균생존자 $[E(B), E[B/Win]]$ 가 낮아지고 홍군은 반대로 커진 것을 알 수 있다. 비록 두 가지 이동규칙 비교이긴 하지만 실전적 상황 하에서 가까운 곳에서 부대를 재조직하여 전투력 집중효과를 발휘할 수 있는 규칙 1번이 전투승리확률이 높은 것으로 분석할 수 있다.

또한 평균 전투모의 종료시간 $E[T_D]$ 은 두 이동규칙 간에 30초의 차이를 나타내고 있으며, 청군 또는 홍군 승리 시 조건부 평균 전투종료시간 차이가 대략 1분 및 1.5분 정도 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 설정한 이동규칙에 따른 전투 시 청·홍군 모두 ‘전투에 많은 시간을 소요되면 패할 확률이 높다’고 분석할 수 있다.

5.3 이동규칙 혼합 여부에 따른 전투결과 분석

이동규칙 혼합 여부에 따른 전투 결과 차이 비교’를 위해 ‘단일 이동규칙’과 ‘혼합 이동규칙’에 대한 전투결과를 분석한다.

5.3.1 단일 및 혼합 이동규칙

단일 이동규칙은 본 연구에서 설정한 2가지 이동규칙으로 한다. 혼합 이동규칙은 단일 이동규칙을 각각의 전투지역 노드마다 적용한 규칙으로 단일 이동규칙과의 결과 비교를 위해 2가지를 설정한다.

표 9는 단일 및 혼합 이동규칙에 대한 내용이다. 혼합

표 7. 교전 시나리오 관련 무기체계 속성

내용 무기	진영	유효 사거리	거리별 명중률(PH)		사격 분포	사격 형태
			0~50	0.6		
자동 소총 1	청 홍	250	50~100	0.5	Exp (3)	직접 사격
			100~150	0.4		
			150~200	0.2		
			200~250	0.1		
자동 소총 2	청 홍	300	0~60	0.7	Erlang2 (2)	직접 사격
			60~120	0.5		
			120~180	0.4		
			180~240	0.3		
자동 소총 3	청 홍	400	0~80	0.8	Fixed (3)	직접 사격
			80~160	0.7		
			160~240	0.5		
			240~320	0.3		
유탄 발사기	청 홍	500	0~100	0.9	U (1, 5)	지역 사격 (10)
			100~200	0.8		
			200~300	0.6		
			300~400	0.4		
			400~500	0.2		

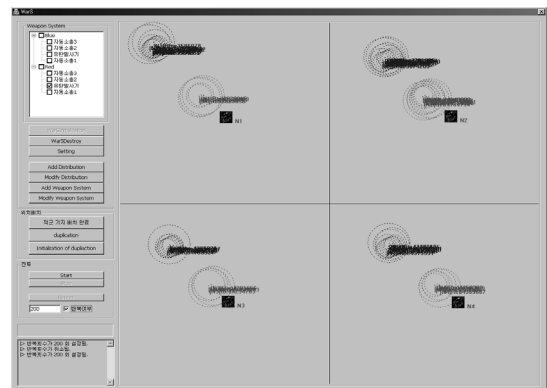


그림 7. 무기체계 배치

이동규칙 1번은 1, 4번 노드는 단일 이동규칙 1번인 노드 간 거리에 따른 이동, 2, 3번 노드는 단일 이동규칙 2번인 타 노드 아군 잔여 병력 수에 따른 이동을 적용한 규칙이다. 혼합 이동규칙 2번은 2, 3번 노드는 단일 이동규칙 1번, 1, 4번 노드는 이동규칙 2번을 적용한 규칙이다.

표 8. 이동규칙에 따른 전투 결과

구분		내용			
이동규칙		노드 간 거리		타 노드 아군 잔여 병력 수	
P(B)	P(R)	0.44	0.56	0.2	0.8
E(B)	E(R)	1.94	2.87	0.48	4.91
S(B)	S(R)	2.828	3.228	1.096	3.579
E[B/Win]		4.409		2.4	
E[R/Win]		5.125		6.138	
S[B/Win]		2.696		1.188	
S[R/Win]		2.643		2.902	
E[TD]	S[TD]	8분 31초	2분 59초	8분 2초	3분 9초
E[TD/B Win]		8분 52초		10분 31초	
E[TD/R Win]		8분 15초		7분 24초	
S[TD/B Win]		2분 10초		2분 16초	
S[TD/R Win]		3분 28초		3분 01초	

표 9. 단일 및 혼합 이동규칙

이동규칙	내용	
단일 이동규칙	이동규칙 1 - 노드 간 거리	
혼합 이동규칙	이동규칙 2 - 타 노드 아군 잔여 병력 수	
혼합 이동규칙	이동규칙 1 (1-2-2-1)	1, 4번 노드 : 이동규칙 1 2, 3번 노드 : 이동규칙 2
	이동규칙 2 (2-1-1-2)	2, 3번 노드 : 이동규칙 1 1, 4번 노드 : 이동규칙 2

5.3.2 전투결과 분석

표 8, 10의 전투결과를 살펴보면, 우선 단일 이동규칙의 경우처럼 혼합 이동규칙에서도 청군의 P(B), E(B), E[B/Win]와 홍군의 P(R), E(R), E[R/Win]에서 이동규칙 혼합에 의해 전투결과에 차이가 있음을 알 수 있다.

둘째로, 단일 이동규칙 1과 혼합 이동규칙 1, 단일 이동규칙 2와 혼합 이동규칙 2의 결과가 비슷한 것으로 보아 이동규칙 혼합에 의해 단일 이동규칙 전투와 큰 차이가 있다고는 볼 수 없다. 세 째로, 이동규칙 혼합 여부에 상관없이 전체 기대 전투종료시간 E[TD]은 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 청군은 상대적으로 P(B)가 높은 이동규칙일수록 E[TD/B Win]도 작아지는 것을 알 수 있다.

5.4 기존 모델과 전투모의 결과 분석 비교

기존 모델과 소부대 연계 전투의 결과 차이 비교'를 위해 소부대 연계 전투모의 이동규칙과 혼합 여부를 포함한

표 10. 혼합 이동규칙 전투결과

구분		내용			
이동규칙		이동규칙 1(1-2-2-1)		이동규칙 2(2-1-1-2)	
P(B)	P(R)	0.42	0.58	0.15	0.85
E(B)	E(R)	1.71	1.822	0.3	4.56
S(B)	S(R)	2.698	3.030	0.870	2.972
E[B/Win]		4.071		2	
E[R/Win]		5.224		5.365	
S[B/Win]		2.780		1.309	
S[R/Win]		2.332		2.458	
E[TD]	S[TD]	8분 15초	2분 13초	8분 19초	3분 20초
E[TD/B Win]		8분 57초		11분 51초	
E[TD/R Win]		7분 44초		7분 41초	
S[TD/B Win]		2분 07초		2분 38초	
S[TD/R Win]		2분 09초		3분 03초	

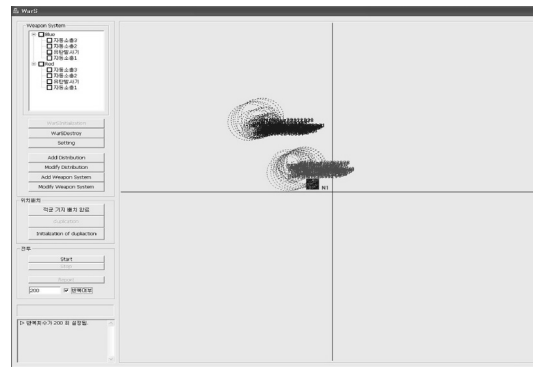


그림 8. 기존 개념 전투 무기체계 배치

전투모의 결과를 분석한다.

5.4.1 기존 모델 전투모의

구성원 모두가 동시에 쌍방 간 교전을 모의하던 개념으로 교전은 병력 수와 무기체계 속성을 토대로 부대단위 전투력지수 모의된다. 전투력을 나타내기 위하여 편제인원과 장비제원이 입력되며 최초 상황에 따라 전투력을 비율로 나타내어 교전하게 되며 전투력 발휘 방향에 따라 전투력을 배분하여 사용 할 수 있다.

기존개념 교전은 무기체계 속성은 표 7을 토대로 한다. 전투 네트워크 시나리오와 다른 점은 청·홍군 간 전투인원 부분은 각 노드로 나누지 않은 40 대 26으로 그림 8과 같이 배치한다.

5.4.2 소부대 연계 전투모의 결과 분석

표 11, 12는 단일 이동규칙, 혼합 이동규칙, 그리고 기존 개념 교전결과를 비교·나열한 내용이다. 사례 1과 4에

표 11. 단일 이동규칙과 기존개념 전투모의 결과

구 분		청군(40) 대 홍군(26) : 사례 1					
이동규칙		이동규칙 1		이동규칙 2		없 음(기존)	
P(B)	P(R)	0.44	0.56	0.2	0.8	0.56	0.44
E(B)	E(R)	1.94	2.87	0.48	4.91	2.17	2.11
S(B)	S(R)	2.828	3.228	1.096	3.579	2.340	2.796
E[B/Win]		4.409		2.4		3.875	
E[R/Win]		5.125		6.138		4.796	
S[B/Win]		2.696		1.188		1.908	
S[R/Win]		2.643		2.902		2.195	
E[TD]	S[TD]	8분 31초	2분 59초	8분 2초	3분 9초	7분 57초	2분 26초
E[TD/B Win]		8분 52초		10분 31초		8분 15초	
E[TD/R Win]		8분 15초		7분 24초		7분 33초	
S[TD/B Win]		2분 10초		2분 16초		2분 6초	
S[TD/R Win]		3분 28초		3분 1초		2분 46초	

구 분		청군(60) 대 홍군(20) : 사례 2					
이동규칙		이동규칙1		이동규칙2		없음(기존)	
P(B)	P(R)	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
E(B)	E(R)	50.88	0.00	48.96	0.00	47.38	0.00
S(B)	S(R)	6.15	0.00	7.56	0.00	7.94	0.00
E[B/Win]		50.88		48.96		47.38	
E[R/Win]		0		0		0	
E[TD]		4분 10초		3분 41초		4분 07초	
E[TD/ B Win]		4분 10초		3분 41초		4분 07초	
E[TD/ R Win]		0분 00초		0분 00초		n/a	

구 분		청군(60) 대 홍군(30) : 사례 3					
이동규칙		이동규칙 1		이동규칙 2		없음(기존)	
P(B)	P(R)	1.00	0.00	1.00	0.00	0.97	0.03
E(B)	E(R)	33.68	0.00	30.04	0.00	19.83	0.22
S(B)	S(R)	10.84	0.00	11.43	0.00	9.49	1.13
E[B/Win]		33.68		30.04		20.44	
E[R/Win]		0		0		7.167	
E[TD]		7분 30초		7분 25초		4분 07초	
E[TD/B Win]		7분 30초		7분 25초		5분 28초	
E[TD/R Win]		0분 00초		0분 00초		6분 24초	

서 기존 개념 전투모의에서만 청군 승률이 높음을 알 수 있으며, 기존 개념 전투의 P(B)가 제일 높음에도 불구하고 E[B/Win]값을 비교해 보면 단일 이동규칙 1인 ‘노드 간 거리’ 전투보다 낮음을 알 수 있고 상대적으로 P(B)값이 작은 다른 소부대 연계 전투모의에 비해 E[B/Win]이 많이 크지 않음을 알 수 있다. 또한 기존 개념 전투는 P(B)>P(R) 임에도 불구하고 E[B/Win]이 E[R/Win]보다 작음을 알 수 있다. 이는 기존개념 전투는 소부대 연계 전투모의에 비해 이길 확률은 높더라도 효율적인 전투를 수행하지 못하고 있음을 볼 수 있다.

이를 통하여 병력 기동부분을 고려한 소부대 연계 전투모의와 기존 개념 전투모의에 있어서 ‘소부대 연계 전투모의가 기존개념 전투모의보다 상대적으로 효율적인 전투모의다.’라고 할 수 있다.

그리고 기존개념 전투모의가 E[TD], E[TD/B Win]이 작은 것으로 보아 교전시간에 있어서는 ‘병력의 이동으로 인한 재조직으로 전체 교전시간에 영향을 미친다.’라고 말할 수 있다.

표 11의 사례 2와 3은 청·홍군 비율을 각각 3:1과 2:1로 하되 4개의 전투지역 노드로 나누어 실시한 결과를 나타낸다. 이동규칙1의 경우 사례 2보다 3의 경우 E(B)가 50.88에서 33.68로 33.8% 감소하였고, E[TD]는 4분 10초에서 7분 30초로 3분 이상의 차이를 보이고 있다. 이동규칙 2에서도 유사점을 발견할 수 있다. 공격 대 방어 비율에 따라 결과에서 차이를 실감할 수 있다. 전투시간

표 12. 혼합 이동규칙과 기존개념 전투모의 결과

구 분		청군(40) 대 홍군(26) : 사례 4					
이동규칙		혼합 규칙 1		혼합 규칙 2		없음(기존)	
P(B)	P(R)	0.42	0.58	0.15	0.85	0.56	0.44
E(B)	E(R)	1.71	1.822	0.3	4.56	2.17	2.11
S(B)	S(R)	2.698	3.030	0.87	2.97	2.340	2.796
E[B/Win]		4.071		2		3.875	
E[R/Win]		5.224		5.365		4.796	
S[B/Win]		2.780		1.309		1.908	
S[R/Win]		2.332		2.458		2.195	
E[TD]	S[TD]	8분 15초	2분 13초	8분 19초	3분 20초	7분 57초	2분 26초
E[TD/B Win]		8분 57초		11분 51초		8분 15초	
E[TD/R Win]		7분 44초		7분 41초		7분 33초	
S[TD/B Win]		2분 07초		2분 38초		2분 6초	
S[TD/R Win]		2분 09초		3분 03초		2분 46초	

이 길어질수록 제시된 모델과 기존 모델 간 차이가 현저히 나타나고 있다.

청군과 홍군의 초기 부대규모 비율의 차이에 따른 결과의 차이는 방어자 홍군의 규모가 커지면서 전투시간은 길어지는 것이 당연한 것으로 판단된다. 따라서 3:1과 2:1의 경우를 상대적으로 비교할 때, 기대 생존자의 수도 청군과 홍군 모두 현저히 줄어드는 것으로 나타났음은 충분히 타당성이 인정된다.

단일 또는 혼합 이동규칙에 따라 후속 소부대 전투 규모가 재조직되어 동적으로 변화한다. 각 노드의 확률형 small-to-small 전투의 결과는 지속적으로 누적·통합되어 최종 전체 전투결과에 영향을 미치면서 근본적으로 기존 모델과의 차이가 발생하는 것으로 관찰된다.

가장 열세한 아군 노드로 이동시 잔여 홍군의 우세한 무기체계 가능성으로 인한 불리한 상황이 거듭되어 청군의 피해가 지속내지는 가중되는 것으로 나타났다. 반대로 근접 노드로 이동시 청군의 우세한 무기체계의 보충 가능성으로 인한 전장상황 우위의 기회로 승리확률 및 기대생존자 수에서 상대적으로 높은 기대치를 나타내는 것으로 관찰되었다. 이는 이동규칙에 따른 부대 재조직으로 청군의 손실을 감소가 기대됨을 보이는 것으로 전술적 원칙의 적용으로 볼 수 있겠다.

6. 결론 및 향후 연구

본 연구는 과거 전투모형에 적용해 온 이론 또는 모델들 가운데 사격간격시간을 임의의 분포로 갖는 확률형 모델의 개념을 기본으로 하였다. 더 나아가 현실적 전투전개 상황묘사의 방안으로 소규모전투 간 소부대 전투 연계('series of mini battles')개념에 입각하여 확률과정을 따르는 전투 네트워크 형태 모의모형에 대한 연구를 하였다.

소부대 전투 연계 전투모의의 전투상황묘사에 필요한 병력이동에 관하여 해당 규칙을 설정하고, 이에 따른 시나리오 설정과 모의실험을 통하여 부대 재조직을 위한 '이동규칙에 따른 소부대 전투 연계 모의 모형의 전투결과 차이', '이동규칙 혼합 여부에 따른 전투결과 차이', 그리고 '소부대 전투 연계 전투모의와 기존 개념 전투결과 차이'에 대하여 분석해 보았다.

현실적인 전투상황묘사를 위한 방안으로 두 가지 이동규칙인 '전투지역 노드 간 거리', '타 전투지역 노드 잔여 병력 수'를 도입하였다. 적용된 두 가지 이동규칙을 활용하여 혼합 이동규칙도 고려하였다. 비록 혼합 이동규칙에

대한 큰 의미는 찾지 못하였지만 '이동규칙에 따른 소부대 전투 연계 전투모의 결과'로 부대 재조직을 위한 이동규칙은 가까운 전투지역으로 재조직 되었을 때 승리확률이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 이동규칙에 대한 면밀한 관찰과 실험으로 진보된 전투 네트워크 형태 모의모형을 실전적 소부대 상황이 모의되는 분석용 모델개발에 적용됨이 바람직하다. 제시된 방안이 AWAM 모델이나 교전/임무급의 분석/훈련용 모델에 요소기술로 적용 시 운용효과를 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 핵심사항인 분산 및 이중무기체계를 고려한 확률형 및 이동규칙에 덧붙여 지형 및 기상, 전투원의 배치, 양 진영 간의 거리, 전투력 발휘 방향 등 다수의 주요 사항들을 고려할 수 있다. 현실적인 전투객체 행위모형의 개념을 제시하고 이를 전투 모델링 기술에 확장 적용하는 등의 향후 연구가 이어지기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 합동참모본부, 지상무기효과분석 모델(AWAM) 사용자 지침서, 2007년.
2. 이동준, "에이전트 기반 지휘통제 모의 방법론," 한국시물레이션 학회지, 2007년.
3. 홍윤기, "Fire Allocation and Combat Networking," 한국군사운영분석학회지, pp 110-131, 1998년.
4. 홍윤기, 권순중, "Development of Distributed Interactive Stochastic Combat Simulation (DISCSIM)Model," 한국군사운영분석학회지, pp. 15-30, 1999년.
5. Ancker, C. J. Jr., "A Proposed Foundation for a Theory of Combat," Naval Research Logistics Quarterly, vol. 42, pp. 311-336, 1995.
6. Ancker, C.J., Jr. and A.V. Gafarian, "The Validity of Assumptions Underlying Current Uses of Lanchester Attrition Rates," Naval Research Logistics, vol. 34, pp. 505-533, 1987.
7. Bathe, M. R., Manwell, J.Graham., Mcnaught, Kenneth.R., Modelling Combat as a Series of Mini-Battles, Systems Assessment Group RMCS, 1988.
8. Gafarian, A.V., Harvey, D.G., and Hong, Y.G., Some Many-on-Many Homeogenous Stochastic Combat Simulation Models, US Army TRADOC Analysis Command(TRAC), 1991.
9. Hong, Y.G., "Some Extensions of Stochastic Square Law Combat Models and Approximations," Ph.D. Dissertation, University of Southern California, 1989.

10. Parkhideh, S. and Gafarian A.V., "General Solution to Many-on-Many Heterogeneous Stochastic Combat," Naval Research Logistics, vol. 43, pp. 937-953, 1996.
11. Rowland, D., Field Trials and Modelling, International Symposium on Advances in Combat Modelling, The Royal Military College of Science, 1984.
12. Yang, J. and Gafarian, A. V., "A Fast Approximation of Homogeneous Stochastic Combat," Naval Research Logistics, vol. 42, pp. 505-533, 1995.



민 현 준 (rock-nation@hanmail.net)

2006 한성대학교 산업시스템공학 학사
2008 한성대학교 산업시스템공학 석사
2008 ~ 주식회사 심네트

관심분야 : 국방 모델링 & 시뮬레이션



홍 윤 기 (yhong@hansung.ac.kr)

1980 고려대학교 산업공학 학사
1985 USC OR 석사
1989 USC 산업시스템공학 박사
1989 ~ 1991 California State University, Northridge Information and Systems Operation Management, 조교수
1991 ~ 한성대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : 모델링 & 시뮬레이션, Combat Analysis, Combat Experimentation