

# 전투 시뮬레이션에서 정보효과 분석을 위한 정보처리 개념 모델링

노현일<sup>\*,1),2)</sup> · 이영우<sup>1)</sup> · 이태식<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 한국과학기술원 산업 및 시스템공학과

<sup>2)</sup> 대한민국 육군, 방위사업청

## A Modeling of Information Process Concept for Analyzing Information Effect in Combat Simulation

Hyunil Noh<sup>\*,1),2)</sup> · Youngwoo Lee<sup>1)</sup> · Taesik Lee<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Industrial and System Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea

<sup>2)</sup> Republic of Korea Army, Defense Acquisition Program Administration

(Received 5 April 2016 / Revised 25 July 2016 / Accepted 4 November 2016)

### ABSTRACT

Network-Centric Warfare is a forthcoming military revolution paradigm for maximizing combat effectiveness in terms of information superiority. However, quantitative assessment of information effect is a challenging issue. Among the many approaches, war-game is a well known method to evaluate combat effectiveness. However, previous researches and current models have a limited function or logic to simulate information process, which is core concept of NCW. So this research suggests a concept of simulation modeling method to describe the information process as defining of combat information process based on probability decision model. In addition, we suggest a simple scenario to represent proposed concept modelling method. This results can be used in designing war-game analysis model for enhanced information effectiveness.

Key Words : Network Centric Warfare, Information Process Modeling, Probability Decision Model

### 1. 서론

클라우제비츠는 전장의 불확실성과 가변성을 설명하기 위해 전장에서 수집되는 정보의 많은 부분은 모

순된 것이고, 더 많은 부분은 틀린 정보이며, 가장 많은 부분은 불확실하다고 하였다<sup>1)</sup>.

따라서 현대전은 과학 기술, 정보통신 기술을 토대로 전장의 불확실성, 가변성을 최소화하고, 작전의 효과는 극대화하기 위해 네트워크 중심전(Network Centric Warfare, 이하 NCW), 효과중심 작전(Effective Based Operation, 이하 EBO) 등과 같은 새로운 개념을 적용

\* Corresponding author, E-mail: kma6479@kaist.ac.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

하는 양상을 보이고 있다<sup>2)</sup>. 이를 통하여 정보의 모순, 부정확성, 불확실성을 최소화하고 있다. 이러한 개념들은 일종의 군사혁신에 관한 이론들이라 할 수 있다. 그 중 NCW 개념은 1998년 미군의 세브로스키 제독이 그의 저서<sup>3)</sup>에서 언급한 이후 많은 국가에서 미래의 군사력을 건설하기 위한 방향으로 선정하였다. 우리나라 또한 ‘국방개혁 307 계획’에서 군사력을 건설하거나 무기체계를 도입할 때 NCW 개념을 적용하여 군 구조의 경량화, 기동화를 지향하고 있다<sup>4)</sup>.

NCW 개념은 아래 Fig. 1과 같이 첨단화된 지휘통제통신 체계를 통해 전투개체간의 단절 없는 격자(grid)를 형성한다. 이러한 변화는 전체 시스템의 정보영역, 인지/사회 영역, 물리 영역과 관련된 프로세스를 향상 시키게 된다. 다시 말해, 전투개체 간에 정보를 공유(sharing)하고, 협동(collaboration) 능력을 배가하고, 자기 동기화(self-synchronization) 하여 궁극적으로 전투효과와 승수 현상을 일으키게 된다<sup>5)</sup>.

NCW를 통한 전투효과와 승수 현상은 실 사례 및 각종 보고서에서도 소개하고 있다. 이라크전을 분석한 보고서<sup>3)</sup>에서는 동등한 전력(재래식 무기체계 기준)임에도 불구하고 미군이 이라크에 비해 약 5,000배 이상의 전투효과를 보였다고 평가하고 있다. 미국 RAND 연구에서는 미래 스트라이커 여단의 사례를 분석하여 NCW 효과로 인하여 약 10배 이상<sup>6)</sup>의 전투력 상승 효과가 있을 것이라고 주장하였다. 우리 육군에서도 각종 전력소요 및 전투실험 시에 C4ISR의 전력지수를 약 10.4<sup>7)</sup>로 평가하고 있다.

위와 같이, NCW의 개념이 구현된다면 전투효과를 향상시키는 것은 분명한 것으로 받아들여지고 있다. 그러나 이를 일반화하거나 공식화 하는 데에는 아직 한계가 있다. 그 이유는 정보라는 것이 전투효과에 직간접적으로 영향을 미치는 요소이기 때문에 그 실체를 명확하게 파악하기 어렵다는 점이다. 따라서 많은 연구에서 다양한 방법으로 정보에 의한 전투효과와 실체를 밝히기 위해 노력하고 있다.

전투효과를 분석하는 일반적인 방법은 일정 시점을 기준으로 전력을 비교하는 정태적인 방법과 일정 기간 동안 전투 결과를 비교하는 동태적인 방법으로 구분할 수 있다<sup>8)</sup>. 정태적 방법은 비교적 일관된 결과가 나온다는 장점이 있으나, 현대전과 같이 복합적인 요소를 고려하지 못한다는 단점이 있다. 반면, 동태적 방법은 정태적 방법의 한계를 보완하기는 하나, 일반화의 어려움이 있다. 동태적 방법 중 대표적인

것이 위게임 분석이다. 이러한 일반적인 방법 외에도 소모 기반 란체스터 방정식에 정보효과를 반영하여 분석하는 연구<sup>10,11)</sup>, 메트칼프 법칙을 적용하여 네트워크의 연결성을 측정하는 연구<sup>12)</sup>, 사회 연결망을 이용하여 네트워크에 의한 정보효과를 분석한 연구 등이 있다<sup>13)</sup>.

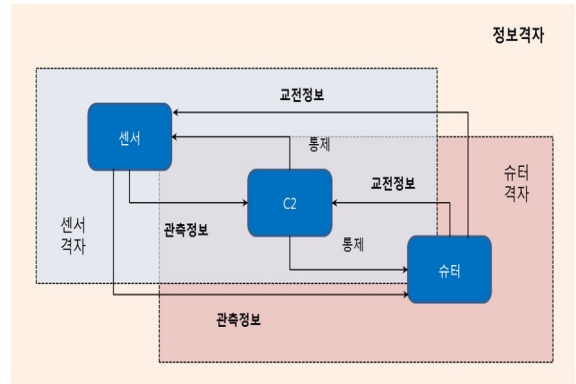


Fig. 1. NCW basic 3 elements system

이러한 다양한 연구방법들 또한 궁극적으로는 NCW 개념에 의해서 향상되는 실질적인 정보효과를 분석하려는 것이기 때문에 특정 접근 방법이 옳다고 하기 보다는 분석의 목적에 따라 접근 방법은 달라질 수 있다고 보는 것이 타당할 것이다.

본 연구는 위에서 언급한 방법들 중 현대전 분석에 조금 더 적합하다고 알려져 있는 위게임 분석방법에 대해서 살펴보고자 한다. 위게임은 양 세력의 전투 현상을 분석하는 일종의 시뮬레이션 분석 방법이다. 시뮬레이션 방법으로 분석하기 위해서는 모델이 필요한데, 모델을 구현하기 위한 과정에서 가장 기본이자 중요한 것은 실세계의 핵심 요소들을 모델의 모의논리를 통해 반영하는 것이다. 이를 실현할 수 있는 개념적 모델은 광범위한 문제에 대한 공통된 인식과 목적을 명확히 하고, 입/출력 값을 구체화할 수 있는 장점이 있다<sup>14)</sup>.

본 논문은 기존 문헌 및 연구를 심도 있게 고찰하여 NCW 개념 및 전장에서의 정보를 명확하게 정의하고, 향상된 정보에 의해서 전투효과를 분석할 수 있는 개념적 모델을 제안하고자 한다. 논문의 구성은 2장에서 관련 연구, 3장에서는 제안하는 모델링 개념을 설명하고, 4장에서는 간단한 시나리오를 예시하여 모델링 방안을 구체화한다.

## 2. 관련연구 고찰

### 2.1 워게임 기반 전투효과 분석

워게임의 역사는 고대로 거슬러 올라가지만 현재 워게임의 원형은 컴퓨터의 역사와 함께 하고 있다. 특히, 1980년대 미국에서 SIMNET을 개발하면서부터 군의 실 기동 훈련을 지원하거나 또는 대체하는 형태로 발전하기 시작 했다. 90년 후반부터 컴퓨팅 기술, 인터넷 기술의 발전으로 분산되어 독립적으로 운영하던 많은 시뮬레이션을 통합 및 연동하는 노력이 수행되었다<sup>15)</sup>.

워게임 분석은 명확한 해석이 어렵고 시나리오에 따라 변동의 폭이 많다는 단점에도 불구하고 전장과 같은 복잡계(complex system)를 분석하기에 적합하다는 장점으로 다양하게 활용되고 있다. 더욱이 최근에는 에이전트 기반 모델링(agent based modeling)과 같은 상향식, 객체지향 모델링 기법을 통하여 전투 객체 개개의 전투요소들을 모의할 수 있게 되어 더욱 현실적인 분석이 가능해지고 있다.

워게임의 종류는 아래 Table 1과 같이 연습용, 분석용 모델로 구분할 수 있다. 장기 게임을 예로 들면, 장기의 청군과 홍군을 사람이 직접 참여하되, 장기판이 아닌 컴퓨터로 장기 게임을 하는 것을 연습용 워게임이라 할 수 있고, 장기의 각종 수 전략을 실험하기 위해 한 사람이 청군과 홍군의 시나리오를 함께 분석하는 것을 분석용 워게임이라 할 수 있다<sup>16)</sup>.

워게임의 많은 연구들과 개발의 비중이 분석용 모델보다는 연습용 모델에 치중되고 있는데, 이는 현 군사력 운용을 직접적으로 지원하는 연습용 모델이 상대적으로 중요하기 때문이라 사료된다. 아래의 Table 1과 같이 분석용 모델과 연습용 모델의 주요한 차이점은 모의하는 방식과 참여인원의 규모이다.

분석용 워게임의 용도는 군사력의 건설 분야와 운용 분야로 구분할 수 있다<sup>16)</sup>. 군사력 건설 분야는 새로운 군사 패러다임 또는 무기체계의 도입에 따른 타당성을 검증하는 목적으로 활용되며, 군사력 운용 분야에서는 현행 작전계획이나 새로운 방책의 타당성을 검증하는데 활용하고 있다. 연습용 모델의 용도는 검증된 작전 계획 하에서 실제 지휘관과 참모들이 참여하여 훈련하는데 있다.

NCW와 같은 신개념을 군에 적용하기 위해서는 새로운 지휘통제체계, 정밀타격 무기체계 등을 도입하거나 새로운 방책을 검증하는 등의 전투실험이 필요하

며, 이에 적합한 모델은 분석용 모델이다. 즉 소수의 분석관이 NCW 시나리오를 개발하여 실험해보고, 군 구조를 변경하거나 새로운 무기체계에 관한 파라미터를 변경하는 등 반복적인 실험을 수행해야 한다. 따라서 분석을 효율적으로 수행하기 위해서는 전장의 객체들이 교범과 교리에 기초하여 자율적인 행동이 모의 되어야 한다. 이는 위에서 잠시 언급한 바와 같이 에이전트 기반 모델링 방법을 활용하여 각각의 에이전트들의 행동 양식을 규정함으로써 가능할 것이다.

Table 1. Analysis M&S(war-game)

구 분	연습모델	분석모델
목 적	전투지휘 능력 배양	방책분석, 전력소요 검증
방 법	대화형	자동형
인 원	다수 인원	소수 인원
구성 요소	적군/아군/통제관	적군/아군
모의 방법	게이머 모의	자동 모의
특 징	지휘관/참모의 상황 조치 중시	결과에 대한 신뢰도 중시

정보의 효과를 분석 하는데 있어서 여러 연구<sup>17,18)</sup>에서도 에이전트 기반 모델링 방법을 활용하고 있는데, 다음은 그 이유에 대해서 정리한 것이다.

- 전투개체가 환경과 직접적으로 상호작용이 가능하다.
- 전투개체간의 직접적인 의사소통이 가능하다.
- 전투개체의 제한된 상황인식을 모의할 수 있다.
- 군 조직과 비슷한 위계적인 구조와 정보의 위계적인 프로세스의 모의가 가능하다.

### 2.2 정보효과 분석을 위한 NCW 개념 고찰

NCW 개념 발전에 관한 연구는 미 국방성 산하 연구소 CCRP<sup>1)</sup>, 호주 국방부 산하기관인 DSTO<sup>2)</sup> 등이 주도하고 있다. CCRP에서 편찬한 주요 보고서<sup>12,19,20)</sup>에서는 NCW 개념을 아래의 Fig. 2와 같이 정보영역, 인지영역, 물리영역, 사회영역으로 구분하여 설명하고 있다.

1) CCRP : Command and Control Research Program  
2) DSTO : Defense Science and Technology Organization

NCW 개념을 구현하게 되면 전투력에 승수효과가 생길 것으로 기대한다. 이는 전투개체들 간의 강건한 네트워크로 인하여 상호간의 정보 및 상황인식을 공유할 수 있게 되고 협동능력을 강화시키기 때문이다. 결국 전투개체 스스로가 전장 내에서 발생하는 모든 상황을 인지하게 되는 수준(자기 동기화)이 되어 주어진 임무를 더욱 효과적으로 달성할 수 있다.

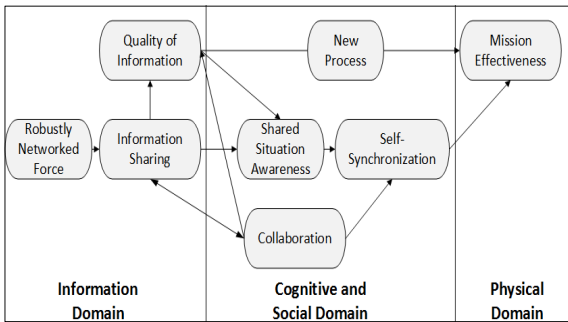


Fig. 2. NCW value chain<sup>[5]</sup>

NCW와 같은 정보에 의한 전투효과의 승수효과를 분석하기 위해서는 Fig. 2의 가치사슬과 같이 정보의 질에 따라 정보를 공유하는 능력이 변화되는 부분을 모의할 수 있어야 하고 정보 공유 능력에 따라 전투개체의 상황인식 능력이 향상되면서 각종 전술행위가 달라짐을 모의할 수 있어야 한다.

위의 보고서<sup>[20]</sup>에서는 NCW 개념의 구현 정도를 성숙도 모델을 통해 설명하고 있다. 아래 Fig. 3과 같이 상황인식 능력과 지휘통제체계와의 관계를 통해서 NCW 구현 정도를 0단계에서 부터 4단계로 구분하였다. 1단계는 정보가 공유되는 상황 하에서 전통적인 지휘통제 방식이라 할 수 있으며, 4단계는 NCW가 완전히 구현된 수준으로서 전투개체가 실시간으로 모든 상황인식을 공유하는 형태로 변화하며, 이 때, 지휘통제방식은 자기 동기화 형태로 변화한다는 것이다.

성숙도 모델을 기준으로 비추어 볼 때 실제 지휘통제체계와 연계를 시킨다면 1단계는 제한된 음성통신, 2단계는 실시간 음성통신, 3단계는 제한된 데이터 통신, 4단계는 실시간 데이터 통신으로 가정할 수 있다. 우리 군의 경우 소대급 까지 C4I 체계를 확장하려는 차세대 전술통신체계(TICN) 사업의 전력화를 앞두고 있는 시점을 고려한다면 현재 수준은 2단계에서 3단계로 변화하는 과정에 있다고 사료된다. 본 NCW 성숙도 모델은 전투실험 시 부대의 NCW 수준을 설정

할 때 활용할 수 있으며, 추후 정보에 따라 전투효과에 미치는 정도를 분석할 때 실험 변수들의 수준(level of factors)으로 활용 가능하다.

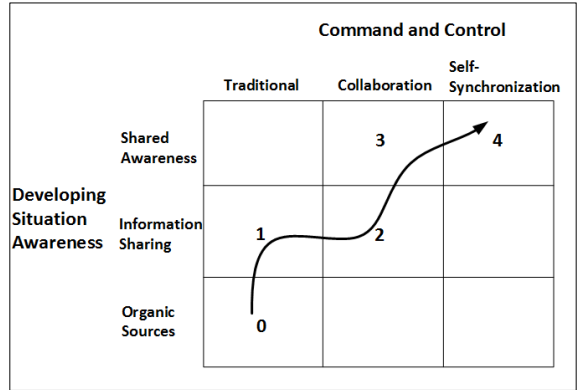


Fig. 3. NCW maturity model<sup>[20]</sup>

다음 아래의 Fig. 4는 지휘통제의 4가지 구조인 완전한 중앙지휘통제방식, 중앙지휘 및 분산 통제 방식, 협조적 지휘통제 방식, 분산화된 지휘통제 방식을 보여주고 있다. 위 보고서<sup>[20]</sup>에서 강조하는 점은 NCW 개념이 구현되면, 지휘통제 구조는 달라질 수 있다는 것이다. 전투개체 간의 정보와 상황인식이 실시간 공유되고 협동이 가능하게 된다면 중앙지휘통제 방식 보다는 분산화된 지휘통제 방식이 효과적일 수도 있다는 것이다.

따라서, 제시된 다양한 지휘통제구조 형태는 전투실험 시 다양한 지휘구조의 형태로 활용할 수 있고, 작전환경 및 NCW 수준에 따라 가장 적합한 지휘구조를 찾는 기준으로도 활용할 수 있을 것이다.

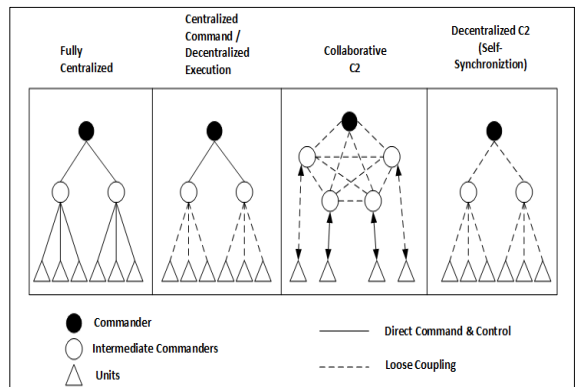


Fig. 4. Spectrums of C2 structure<sup>[20]</sup>

NCW 개념에서 중요한 요소 중 또 다른 하나가 전투효과의 성과지표이다. 서론에서 언급한 바와 같이 현대전은 NCW, EBO 개념으로 발전하다 보니 전통적으로 활용하던 살상률, 소모율만으로 성과를 측정하기에는 적절치 않다. 많은 연구에서 NCW에 적합한 다양한 성과지표를 제시하고 있는데, 아래 Table 2는 김영길 등(2000)<sup>[8]</sup>에서 제시한 MOM(Measure Of Merits) 기준의 성과지표이다. 이 연구에서는 소모율, 살상률 뿐 아니라 작전의 템포, 세력 운영의 유연성, 적 제압의 효율성 측정 등을 제안하고 있다.

Table 2. NCW performance index<sup>[8]</sup>

	Sensor	C2	Shooter
MOP	센서 성능변수 - 탐지확률 - 탐지범위 - 탐색율	정보처리 성능 - 저장용량 - 처리속도 정보전파 성능 - 네트워크 수준 - 전송속도/용량	무기체계 성능 - 단발 명중률 - 단발 파괴율 - 발사속도 - 사거리/고도
MOE	자료융합 능력 - 탐지/추적/식별 확률 - 표적정보 신뢰도	의사결정 능력 - OODA 주기 - 지휘결심 과정 정확도 - C2 조직 효율성	무기체계 제압 - 표적파괴 수 무기운용 효율성 - 탄약소모 절약
MOFE	작전템포 기여 - 지휘속도 - 차기 작전 준비 시간	세력운용 유연성 - 자산할당	적 제압 효과 - 전선이동 - 경제성 - 목표달성 대비 자원소모

기존의 전투효과의 측정은 소모 기반의 살상율, 생존율 등이 주 관심사였다면, NCW 개념 하에서는 지식/정보의 향상에 따르는 체계의 경제성, 유연성, 효율성과 같은 요소들이 측정 대상에 포함된 것이다. 위게임 모델에서도 이러한 요소들을 측정 가능하도록 설계하는 것이 필요하다고 사료된다.

2.3 국내외 유사연구

NCW 개념을 반영한 위게임에 관한 연구는 아래의 Table 3과 같이 90년대 후반부터 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 특이한 점은 많은 연구들이 에이전트 기반 모델링 방법을 활용하였다는 점이다. 이러한 연

구의 시초는 미국 해군 분석 지원센터에서 자율적인 전투객체를 설계하여 최초로 ISSAC 모델을 개발한 이후라 볼 수 있다. 그 이후에 실제 전장과 같은 전술을 구현하고자 확장한 것이 EINSTEIN 모델이다. 이와 병행하여 호주 국방성 CROCODILE 모델, WISDOM 모델이 개발되었다<sup>[21]</sup>.

국내에서는 국외 연구들의 연구결과를 바탕으로 실제 전장에서와 같은 전술적인 행위를 하는 에이전트들을 설계하는데 중점을 두었다. 정찬호 등(2009)<sup>[24]</sup> 및 박세연 등(2010)<sup>[23]</sup>은 해상전에서의 소수 함정들의 전술적 기동 및 행위를 모의했으며, 고영훈 등(2014)<sup>[22]</sup>은 지상전에서의 임무급 부대단위의 행위를 모의하는 연구를 수행했다.

연구들의 특징은 에이전트 기반 모델링을 통해 전장의 개체들이 자율적인 의사결정을 할 수 있도록 모의하였다는 점으로 본 연구도 이러한 연구들의 연장선 상에 있다고 할 수 있다.

Table 3. Relevant prior research

구 분	주요 내용
고영훈 등(2014) <sup>[22]</sup>	지상전, 전술 수준 구현
박세연 등(2010) <sup>[23]</sup>	해상전, 교전 수준 구현
정찬호 등(2009) <sup>[24]</sup>	해상전, 교전 수준 구현
WISDOM(2005) <sup>[25]</sup>	지상전, 전술 수준 구현
CROCODILE(2002) <sup>[26]</sup>	지상전, 전술 수준 구현
ISSAC(1997) <sup>[27]</sup>	지상전, 교전 수준 구현

3. 정보효과 분석 모델링 개념 제안

3.1 정보효과 분석 모델링 요소

본 장에서는 정보효과를 분석하기 위한 모델링 요소를 전장정보 흐름 아키텍처를 활용하여 기술하고자 한다. 전장정보 흐름이란 부대 내 정보를 통해 전투효과를 발생시키는 일련의 과정으로써, 센서가 정보를 수집하고 통신을 통해 지휘관 및 주요부대에 정보를 전파하며, 전투효과를 획득하기 위해 정보를 분석, 활용하는 과정들을 포함한다. 전장정보 흐름 아키텍처는 Fig. 5와 같이 C4ISR 아키텍처<sup>[28]</sup>의 OV-2(operational node), OV-5(activity model)를 기준으로 작성하였다<sup>[29,30]</sup>.

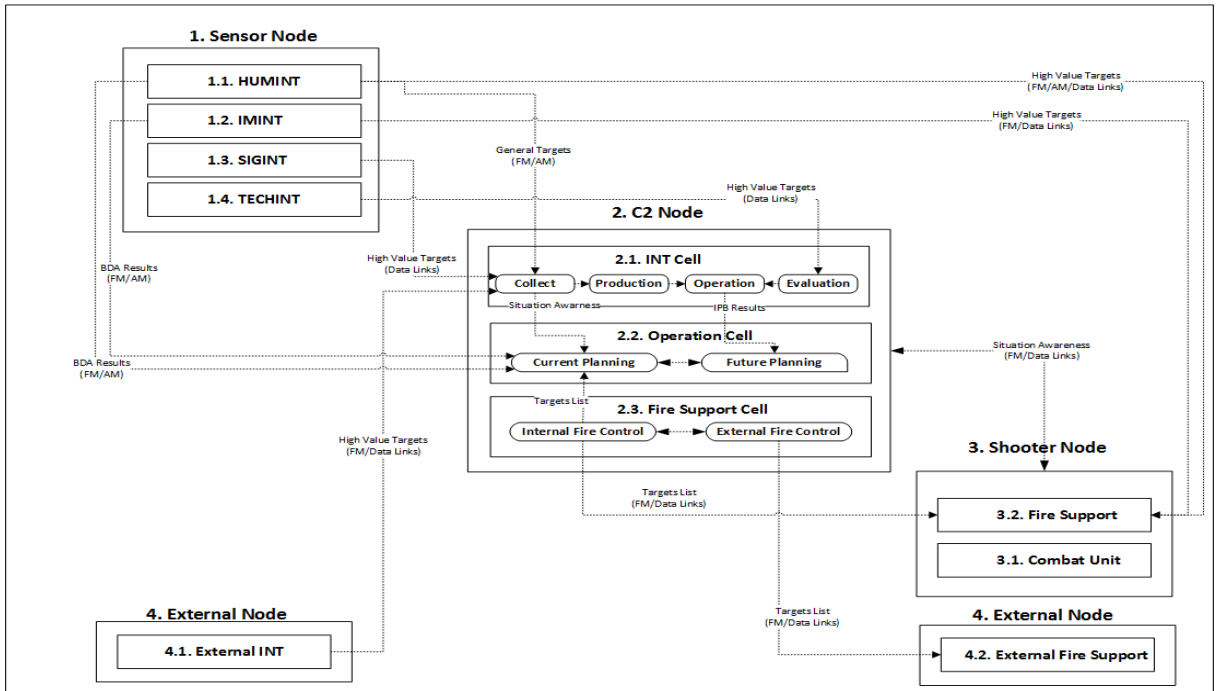


Fig. 5. Combat information flow architecture<sup>[29,30]</sup>

아키텍처는 센서(1번 노드), 지휘통제(2번 노드), 슈터 노드(3번 노드)로 구성되어 있으며, 전장정보의 흐름단계(수집, 전파, 분석, 활용)에 해당하는 절차 및 대상을 식별하는 용도로 활용할 수 있다.

첫 번째, 「정보의 수집」 모델 요소는 1번 노드에 있는 센서(인간, 영상, 신호, 기술)를 대상으로 하며 지형, 기상 등 환경적 요소와 관측 거리, 관측 장비 능력 등 상황적 요소를 고려해야 한다. 모델 요소는 정보 획득의 가/부를 결정하고, 수집 능력 및 상황에 따라 획득된 정보가 달라짐을 모의할 수 있어야 한다. 또한 정보를 수집하는데 소요되는 시간을 모의하여야 한다. 이를 단순화하여 구현한 방법으로는 거리에 따른 탐지 함수를 적용하여 정보 획득의 가/부를 결정하도록 하는 모의방식(비전21 모델<sup>[31]</sup>, DNS 모델<sup>[16]</sup>)이 있으며, 보다 정교한 방법으로는 남호창 등(2013)<sup>[32]</sup>이 환경 및 상황요소로 부터 입력 값을 받아 정량적 모의논리를 통해 관측 가/부를 구현한 사례가 있다.

두 번째, 「정보의 전파」는 아키텍처의 1번 노드에 있는 센서와 2번의 지휘통제, 3번 노드의 슈터(3.2)와의 통신체계의 구현이다. 정보 수집과 마찬가지로 환경요소와 상황요소가 고려되어야 하는데, 정보 수집과

다른 점은 통신체계의 능력을 충실하게 반영해야 하는 점이다. FM/AM/Link 장비 별로 통신 범위/속도/데이터량을 반영해야 통신장비의 성능과 환경적인 요소에 따라서 향상된 정보 전송의 결과를 기대할 수 있다. 요구되는 모델링 요소는 통신의 가/부와 장비에 따른 정보의 전송 시간의 차이이다. 단순한 방법으로는 각 통신체계 종류에 따라 고정된 통신 능력 및 통신 거리를 선정하여 모의하는 방식(DNS 모델<sup>[16]</sup>)이 있으며, 보다 정교한 방법으로는 신규현 등(2013)<sup>[32]</sup>이 통신장비 및 환경요소에 따라 장비에 사용하고 있는 전파의 특성을 반영하여, 손실되는 신호의 양을 계산하여 모의한 사례가 있다.

세 번째, 「정보의 분석」은 1번 센서 노드에서 2번 지휘통제 노드의 정보반(2.1), 작전반(2.2)으로 전송되는 정보를 분석하는 과정이다. 요구되는 모델링 요소는 센서로부터 수집된 여러 종류의 교전 수준 정보를 기초로 하여 적의 위협을 추론할 수 있도록 모의하는 것이다. 이를 구현할 수 있는 단순한 방법으로는 사례 기반 추론을 활용하여, 특정 표적을 획득하는 경우 미리 선정된 위협결과와 연결하는 것이다. 이를 더욱 현실적으로 모의하는 방법으로는 적의 방책과 교전 수

준 정보들과의 확실적인 관계를 정의한 후, 모의환경에서 특정 정보를 수집할 때, 정보/작전실(2.1/2.2)의 에이전트가 적 위협의 우선순위를 도출하는 것이다.

마지막, 「정보의 활용」은 교전 수준과 전술 수준으로 구분할 수 있다. 먼저 교전 수준은 1번 센서 노드에서 2번 노드의 화력지원실(2.3)로 전송되는 교전 수준 정보를 활용하는 과정을 모의한다. 요구되는 모델링 요소는 슈터(3.2) 에이전트가 수집된 정보의 표적 중요도를 고려하여 타격 여부 및 적합한 화력지원 수단을 결정할 수 있도록 하는 것이다. 단순한 방법(육군 화력운용분석 모델)으로는 미리 선정된 조건을 만족하게 되면 자동으로 의사결정을 내리도록 설정하는 것이며, 이를 더욱 현실적으로 모의하기 위해서는 표적의 중요도와 정보의 불확실성에 따라 타격 여부와 적합한 화력지원 수단을 선택하는 의사결정 모델을 구현하는 것이다. 그리고 전술 수준에서는 정보 분석에서 산출된 전술 수준 정보를 통해서 적의 위협 순위에 따라 슈터(3.1)의 초기 부대배치를 수행하는 의사결정 모델을 구현하는 것이다.

### 3.2 교전 및 전술 정보의 역할 및 표현

교범에서 정의하는 전장에서의 정보는 주로 협의의 정보인 첩보(intelligence)를 의미한다. 첩보란 작전계획이나 군사활동에 사용될 수 있는 모든 산출물을 말한다<sup>33)</sup>. 교범에서 정의하는 바와 같이 정보의 궁극적인 목적은 군사적 의사결정에 활용함에 있다. 전장에서 정보에 영향을 받는 주요 의사결정의 종류는 표적을 탐지하고 타격하는 결심, 적의 의도를 추론하여 적 위협을 판단하는 결심으로 구분할 수 있다. 이를 다시 정보의 관점으로 정의하자면, 표적을 탐지하고 타격하는 결심에 관련된 교전 수준의 정보(이하 교전 정보), 적의 의도를 추론하여 적 위협을 판단하는 결심에 관련된 전술 수준의 정보(이하 전술 정보)로 구분할 수 있다.

Table 4. Engagement/tactical information

구분	의미	값
교전 정보	표적의 중요도	핵심(p), 고가치(v), 일반(g)
전술 정보	주타격(방어) 축선	왼쪽(l), 중앙(m), 오른쪽(r)

교전 정보는 센서에서 바로 획득된 정보로서 군에서 사용하고 있는 첩보보고 양식에 따라 전투개체의 관측시간, 위치, 형태, 무기, 규모, 활동들이 포함된다. 위치는 좌표, 형태는 보병/포병/기갑 등 병과로서 표현되며, 무기는 화기의 종류, 규모는 소대/중대 등으로 기술되며 활동은 이동/방어 등과 같은 행위로 기술된다. 이렇게 수집된 내용을 바탕으로 표적의 중요도를 산출하게 되는데, 표적의 중요도에 관한 추정결과는 Table 4와 같이 불확실성을 갖게 된다. 표적의 중요도는 본 연구에서 제안하는 모델에서 「정보의 활용 및 분석」의 입력요소로 활용된다.

전술 정보는 여러 개의 교전 정보를 토대로 추론한 결과로 세력의 규모, 목적을 포함한다. 규모는 작전지역 내에 있는 세력의 최종적인 규모, 목적은 세력이 달성하고자 하는 지역과 대상에 관한 것이다. 이를 바탕으로 세력의 의도를 추론하게 되는데, 교전 정보와 마찬가지로 Table 4와 같이 추론 결과는 불확실성을 갖게 된다. 세력의 의도는 본 연구에서 제안하는 모델에서 「정보의 분석」의 출력요소 및 「정보의 활용」의 입력요소로 활용된다.

Table 5는 위에서 언급한 모델링 요소들을 정보 흐름 단계에 맞도록 정리한 것이다. 본 연구에서는 기존 연구들과 현행 위게임 모델에서 활발히 연구되었던 정보의 수집 및 전파의 모델링보다는, 「정보의 활용과 분석」에 비중을 두고 모델링 개념을 기술하고자 한다. 「정보의 활용 및 분석」의 모델링 요소인 교전/전술 정보의 표현과 지휘통제 노드 및 화력지원 부대의 의사결정 구현에 초점을 둔다. 의사결정 및 적 위협 추론은 인간의 의사결정을 합리적으로 모의할 수 있는 방법론이 요구되기 때문에, 구체화된 연구가 적을 뿐더러 유효한 검증을 받기가 어렵다는 점이 있다. 이러한 어려움에도 불구하고 C4ISR체계에 의한 정보 효과를 정밀하게 분석하기 위해서는 「정보의 활용과 분석」의 모델링이 필요하다 사료된다.

### 3.3 정보효과 분석을 위한 의사결정 모델링 개념

본 장에서는 「정보의 활용 및 분석」 모델링 요소인 의사결정 모델에 관해 기술한다. 제안하는 의사결정 모델의 주요 개념은 에이전트의 의사결정 결과가 3.2 절에서 정의한 정보의 불확실성에 따라 변화됨을 반영하는 것이다. 이를 위해 정보의 수준에 따라 확률 모델을 활용하여 불확실성을 정량화하고, 이를 의사결정의 주요 기준으로 활용한다.

Table 5. Modeling requirements for each phase of information flow

구 분	아키텍처	입력/출력
	모델링 요소	
정보 수집	1번 노드 (1.1, 1.2, 1.3, 1.4)	입력 : 환경요소, 표적객체 출력 : 교전정보
	1. 표적탐지의 가/부 2. 불완전한 교전 정보 획득 3. 관측시간의 산출	
정보 전파	1번 노드 → 2, 3번 노드	입력 : 환경요소, 교전 정보 출력 : 교전 정보, 통신시간
	1. 통신의 가/부 2. 통신시간의 산출	
정보 분석	2번 노드 (2.1, 2.2)	입력 : 교전 정보 출력 : 전술 정보
	1. 교전/전술 정보의 표현 2. 에이전트의 적 위협 추론 과정	
정보 활용	2, 3번 노드 (2.3, 3.1, 3.2)	입력 : 교전/전술 정보 출력 : 화력지원 의사결정 부대배치 의사결정
	1. 화력지원 의사결정 과정 2. 부대배치 의사결정 과정	

교전 정보의 불확실성 요소는 위에서 기술한 바와 같이 타격이라는 의사결정을 내릴 때, 표적의 중요도를 추정한 확률 값이며, 전술 정보의 불확실성 요소는 세력의 의도를 추론한 확률 값이다. 전장에서 획득한 표적을  $i$ 라 할 때( $i=1,2,\dots,n$ ), 교전 정보에서는 표적  $i$ 의 실제 중요도를  $E_i$ , 추정된 표적의 중요도를  $\hat{E}_i$ 라 한다. 이 때, 표적의 중요도를 추정한 이후의  $n$ 개 표적 각각의 실제 중요도의 확률은  $P(E_i|\hat{E}_i)$ 로 정의한다. 전술 정보에서는 세력의 실제 의도를  $T$ , 추정에 활용한 표적  $i$ 의 축선 위치를  $L_i$ 라 한다면 세력의 의도를 추론한 확률은  $P(T|L_1, L_2, \dots, L_n)$ 로 정의한다.

다음은 위에서 정의된 확률 식을 활용하여 교전 및

전술 수준의 의사결정 모델에 대해서 설명한다. 제안하는 의사결정 모델은 「정보의 활용 및 분석」에 초점을 맞추기 위해 몇 가지를 가정하였다. 첫째, 의사결정은 다른 의사결정과 독립적이다. 둘째, 의사결정 수준별 불확실성 요소의 상태에 가장 적합한 대안이 있으며, 이 대안이 가장 큰 효과를 발생시킨다. 셋째, 의사결정자는 각 대안에 따른 전투효과를 예상할 수 있다. 넷째, 의사결정 논리는 기대효용이론을 따른다. 마지막으로 정보의 질은 표적 중요도에 관한 추정 능력을 TP(True Positive)의 확률로 추상화 한다.

에이전트의 교전 수준의 의사결정의 기준은 식 (1)과 같이 각 대안의 예상 효과와 의사결정의 수준에 따른 불확실성을 추정 또는 추론한 확률에 따른 기대효과를 계산하여, 기대효과를 최대화하는 대안을 선택하게 된다.

$$U_i(a_j) = \sum_{E_i} P(E_i) a_j(E_i) \quad (1)$$

$U_i(a_j)$  : 표적  $i$ 에 대해  $a_j$ 를 선택했을 때의 기대효과

$E_i = p, v, g$  : 표적 중요도

$P(E_i)$  : 표적 중요도에 관한 사전 확률

$a_j = 60 \text{ mm}, 81 \text{ mm}, 155 \text{ mm}$  : 의사결정 시 대안

$a_j(E_i)$  :  $E_i$ 의 값에서  $a_j$ 를 선택했을 때 예상 전투효과

교전 수준에서의  $P(E_i)$ 는 표적이 획득되었을 때, 일반적으로 추정하고 있는 표적 중요도에 관한 값이다. 하지만 실제로 표적이 획득되었을 때는 정보의 질에 따라 표적의 중요도에 관한 확률 값이  $P(E_i|\hat{E}_i)$ 의 값으로 갱신되게 된다. 이 때, 각 대안에 대한 기대효과가  $P(E_i|\hat{E}_i)$  값에 따라 변화하게 되어, 기대효과를 최대화하는 최종적인 의사결정 대안이 산출된다.

전술 수준은 교전 수준과 유사한 논리로 세력 의도 ( $T=l, m, r$ )에 관한 최초 추론 확률은  $P(T)$ 로 지형 분석(전장정보분석의 한 과정)으로 산출하게 된다. 이를 바탕으로 일정 기간 동안 획득한 표적( $n$ 개)에 따라 세력의 의도를 추정한 확률은 앞서 정의한  $P(T|L_1, L_2, \dots, L_n)$  값으로 갱신 된다. 이로 인하여 교전 수준과 마찬가지로 각 대안에 대한 기대효과가 변화하게 되어, 기대효과를 최대화하는 최종적인 의사결정 대안( $s_j = l, m, r$ )이 산출된다.



본 장에서 제안한 의사결정 모델은 궁극적으로는 정보의 양과 질에 따라 의사결정의 질이 변화되도록 구현하였다. 4장에서는 방어 작전 시나리오를 통해 본 모델에서 제안하고자 하는 개념을 구체적으로 설명하고자 한다.

#### 4. 시나리오 예제

##### 4.1 시나리오 설명

본 장의 주요 목적은 모델의 활용 방안을 구체화하는 것이다. 3장에서 기술한 모델링 요소 및 개념을 현재 대대와 미래 대대의 방어작전 시나리오를 예시로 설명한다. Table 6은 현재 대대와 미래 대대의 C4ISR 체계 및 무기 체계를 가정한 것이다. 주요 차이점은 미래 대대(Future Battalion, 이하 FBn)는 현재 대대(Current Battalion, 이하 CBn)보다 정보의 양/질에서 우세하다고 할 수 있는데, 표적을 많이 획득하고, 획득한 정보를 슈터에 보다 신속하게 전송할 수 있다. 본 시나리오에서는 이러한 정보의 우세를 정보의 질과 양의 관점으로 구분한다. 정보의 질은 표적 중요도의 추정을 TP의 확률로 추상화 하고, 정보의 양은 임의로 총 13개의 표적 중 현재 대대는 5회, 미래 대대는 10회 획득하도록 하였다.

Table 6. System of current/future battalion

구 분	감시 장비	지휘통신체계	슈터 장비
	표적 중요도 추정 능력		
CBn (NCW 2 level)	수색 부대	음성통신	60 mm 81 mm 155 mm
	TP 50 %, TN 50 %		
FBn (NCW 4 level)	UAVs	데이터통신	
	TP 90 %, TN 10 %		

전투의 전개는 Fig. 6과 같이 홍군은 오른쪽 축선을 주타격 방향, 왼쪽 축선을 보조 타격방향으로 계획된 공격을 수행하고, 청군은 지정된 지역에서 방어 작전을 수행하는 것으로 진행된다. 3.3절에서 제안한 의사결정 모델을 통해 청군(CBn, FBn)의 관점에서의 정보 수준에 따른 의사결정의 차이와 이로 인해 발생하는 전투효과와의 차이를 설명한다.

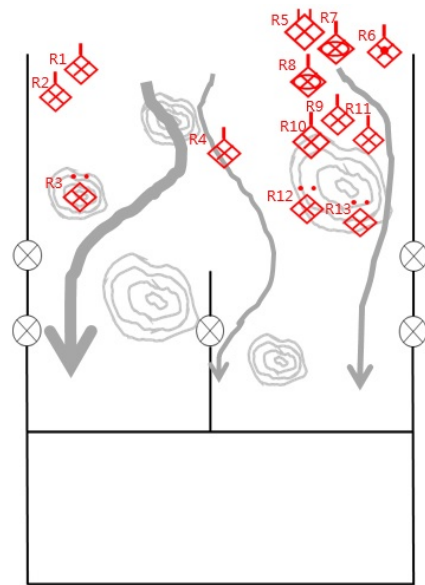


Fig. 6. Red force's scenario

##### 4.2 교전 정보 및 의사결정 모의

청군의 표적 중요도 추정에 따른 전투효과 값은 다음 Table 7과 같이 가정한다. 전투효과 값과 같이 각 표적의 중요도에 따라 적합한 화력지원 수단이 존재한다. 예를 들면, 아래의 예시와 같이 청군 FBn은 사전 분석을 통해 홍군의 표적 중요도 분포에 대한 정보를 획득하여 핵심표적일 확률,  $P(E_i = p) = 0.2$ , 고가치표적일 확률,  $P(E_i = v) = 0.2$ , 일반표적일 확률,  $P(E_i = g) = 0.6$ 으로 알고 있다고 가정한다. 표적을 획득한 이후 표적의 중요도를 핵심표적으로 추정할 경우 실제 핵심표적일 확률은 다음과 같다.

$$P(E_i = p | \hat{E}_i = p) = \frac{P(\hat{E}_i = p | E_i = p) P(E_i = p)}{P(\hat{E}_i = p)}$$

여기서  $P(\hat{E}_i = p) = \sum_{E_i = p, v, g} P(\hat{E}_i = p | E_i) P(E_i)$ 로 산출된

다. 이를 통해서 산출된 값은 실제 추정된 표적의 중요도가 핵심표적일 확률은 0.81, 고가치표적일 확률은 0.05, 일반표적일 확률은 0.14이다. 각 표적 중요도의 확률과 각 대안에 따른 예상 전투효과를 통해 산출된 기대효과는 식 (1)에 의해 60 mm인 경우 2, 81 mm인 경우 2.2, 155 mm인 경우 8.5로, 155 mm로 타격하는 것이 가장 큰 전투효과를 낼 수 있다.

<청군 FBn이 표적  $i$ 를 핵심표적( $p$ )으로 추정된 경우>

- FBn의 추정능력 : TP = 90 %, TN = 10 %

$$P(\hat{E}_i = p | E_i = p) = 0.9,$$

$$P(\hat{E}_i = v | E_i = p) = 0.05,$$

$$P(\hat{E}_i = g | E_i = p) = 0.05$$

- FBn의 표적  $i$ 에 대한 실제 추정결과

$$P(E_i = p | \hat{E}_i = p) = \frac{0.9 \times 0.2}{0.9 \times 0.2 + 0.05 \times 0.2 + 0.05 \times 0.6}$$

$$P(E_i = v | \hat{E}_i = p) = \frac{0.05 \times 0.2}{0.9 \times 0.2 + 0.05 \times 0.2 + 0.05 \times 0.6}$$

$$P(E_i = g | \hat{E}_i = p) = \frac{0.05 \times 0.6}{0.9 \times 0.2 + 0.05 \times 0.2 + 0.05 \times 0.6}$$

- FBn의 표적  $i$ 에 대한 의사결정 결과

$$EU(60) = 0.81 \times 1 + 0.05 \times 2 + 0.14 \times 8 = 2.0$$

$$EU(81) = 0.81 \times 2 + 0.05 \times 9 + 0.14 \times 1 = 2.2$$

$$EU(155) = 0.81 \times 10 + 0.05 \times 3 + 0.14 \times 2 = 8.5$$

선택한 대안 : 155 mm

Table 7. Engagement level  $a_j(E_i)$

표적의 중요도(i) 대안(j)	핵심 표적(p)	고가치 표적(v)	일반 표적(g)
60 mm	1	2	8
81 mm	2	9	1
155 mm	10	3	2

이러한 의사결정 논리에 따라 각 표적에 대한 기대 효과가 계산되며, 본 시나리오에서 CBn과 FBn의 획득 표적에 대해 각각 기대효과를 계산할 수 있다. 청군 CBn/FBn의 교전 정보 모의 및 의사결정에 관한 시나리오는 다음과 같다.

CBn의 청군은 수색소대(센서 에이전트)를 통해 표적을 탐지하였으나, 관측 장비의 탐지거리가 짧아 Table 8(a)와 같이 총 13개의 표적 중 5개의 표적만을 획득하였다. 그 중 3개의 표적(R7, R8, R3)은 핵심/고가치 표적임에도 불구하고 도상을 기준으로 좌표를 산출하다 보니 위치 오차가 컸고, 수색소대는 은폐를 위해 산악에 위치하다 보니 통신 문제로 인하여 획득한 표적 정보를 20분 지연하여 전송 하였다. 교전 정보를

받은 대대의 화력지원 부대(슈터 에이전트)는 표적 정보가 지연되었고, 위치의 오차가 큰 점, 낮은 관측 신뢰도로 인하여 표적의 실제 중요도와 다르게 일반 표적으로 표적의 중요도를 추정하였으나, R7 및 R8 표적에 대해서는 155 mm으로 할당하고, R3 표적에 대해서는 60 mm로 타격하는 것이 효과적일 것이라 판단하였다. 반면, FBn의 청군은 무인기(센서 에이전트)를 통하여 Table 8(b)와 같이 총 13개의 표적 중 10개의 표적을 획득하였으며, 획득한 표적 정보는 실시간으로 화력 지원부대(슈터 에이전트)로 전송되었다. 표적 정보를 획득한 화력 지원부대는 10개의 표적 정보에 대한 표적 중요도를 정확하게 추정하였고, 가용 화력(60 mm, 81 mm, 155 mm)을 판단하여 각각의 표적 중요도에 적합한 화력을 할당하였다.

위의 시나리오와 같이 전투효과 측면에서 보면 CBn은 센서의 능력으로 인하여 표적을 상대적으로 적게 획득하고, 획득한 표적 정보 중에서도 위치의 오차, 정보의 지연 등으로 인하여 5회의 의사결정 중 1회의 의사결정에서 적합한 화력지원 수단을 선택하지 못하게 되어 총 38이라는 전투효과가 산출되었다. FBn은 센서의 능력으로 인하여 상대적으로 많은 표적을 획득하였고, 실시간 표적 정보가 전송되는 통신 능력으로 인하여 표적 중요도에 대해서도 정확하게 추정하여 10회의 의사결정 모두 적합한 화력지원 수단을 선택하게 되어 총 87이라는 전투효과가 산출되었다.

Table 8. Target acquisition of CBn (a) and FBn (b)

표적 번호	실제 중요도	CBn 추정결과 (p, v, g 확률)	대안	전투 효과
R7	핵심표적(p)	일반표적(g) (0.33,0.17,0.5)	155 mm	10
R2	일반표적(g)	일반표적(g) (0.13,0.13,0.75)	60 mm	8
R6	일반표적(g)	일반표적(g) (0.13,0.13,0.75)	60 mm	8
R8	핵심표적(p)	일반표적(g) (0.33,0.17,0.5)	155 mm	10
R3	고가치표적(v)	일반표적(g) (0.17,0.33,0.5)	60 mm	2
			총합	38

(a)

표적 번호	실제 중요도	FBn 추정결과 (p, v, g 확률)	대안	전투 효과
R1	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R6	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R9	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R5	핵심표적(p)	핵심표적(p) (0.82,0.05,0.14)	155 mm	10
R4	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R11	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R2	일반표적(g)	일반표적(g) (0.02,0.02,0.96)	60 mm	8
R8	핵심표적(p)	핵심표적(p) (0.82,0.05,0.14)	155 mm	10
R7	핵심표적(p)	핵심표적(p) (0.82,0.05,0.14)	155 mm	10
R3	고가치표적(v)	고가치표적(v) (0.05,0.82,0.14)	81 mm	9
			총합	87

(b)

4.3 전술 정보 및 의사결정 모의

청군의 전술정보 수준의 전투효과 값은 다음 Table 9와 같이 가정한다. 전술 정보의 추론은 교전 정보처럼 표적을 획득하면서 바로 추정하는 것이 아니라, 여러 표적들의 중요도(공격 축선의 위치)를 종합하여 추론할 수 있다. 적 방책에 관한 추론은 베이지언 네트워크를 활용하여 교범, 교리에 기초하여 구축할 수 있는데, 본 연구에서는 Fig. 7과 같이 노현일 등(2015)<sup>[34]</sup>에서 제안한 적 위협 분석 추론 네트워크를 적용하였다. 추론 네트워크는 핵심 표적/고가치 표적의 위치에 따라 적 세력의 최종 의도를 추론할 수 있도록 확률적인 관계(인과관계에 따른 조건부 확률)로 구성되었다. CBn 및 FBn의 정보반(C2 에이전트)은 지형분석(전장정보분석)을 통해서 총 3개의 축선(왼쪽, 중앙, 오른쪽)을 식별하였고, 장애물 등 지형요소를 분석하여 공격 축선의 가능성을 왼쪽 축선에 0.5, 중앙 축선에 0.2, 오른쪽 축선에 0.3으로 식별하였다.

Table 9. Tactical level  $a_j(T)$

대안(i) \ 축선(j)	왼쪽 축선(L)	중앙 축선(M)	오른쪽 축선(R)
왼쪽 축선 예비대	100	20	10
중앙 축선 예비대	30	90	30
오른쪽 축선 예비대	10	30	100

CBn의 정보반 및 작전반(C2 에이전트)은 지형분석 결과와 총 5개 표적을 통해 Fig. 8(a)와 같이 왼쪽 축

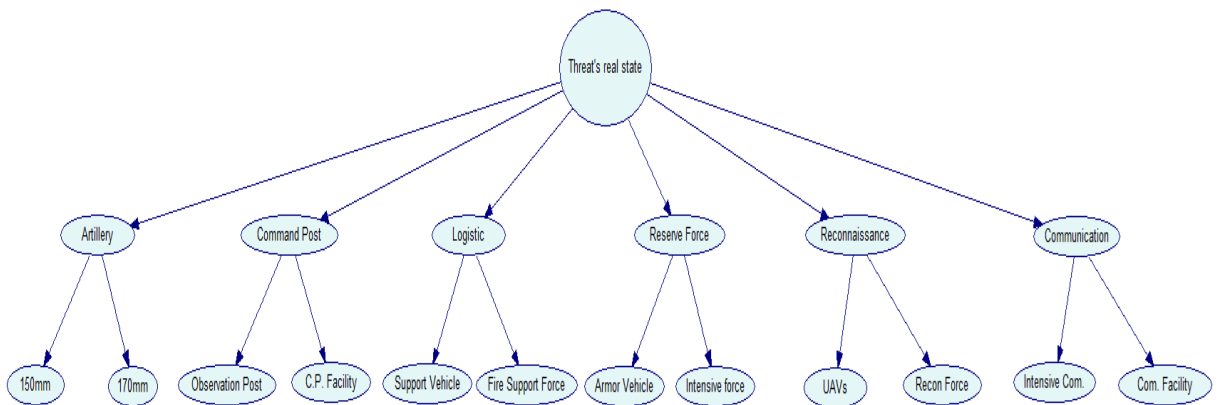


Fig. 7. Tactical inference structure<sup>[34]</sup>

선의 가능성을 48 %, 중앙 축선을 15 %, 오른쪽 축선을 37 % 추론하였다. 반면, FBn의 정보반 및 작전반(C2 에이전트)는 지형분석 결과와 총 10개의 표적을 통해 Fig. 8(b)와 같이 왼쪽 축선을 14 %, 중앙 축선을 13 %, 오른쪽 축선을 73 %로 추론하였다.

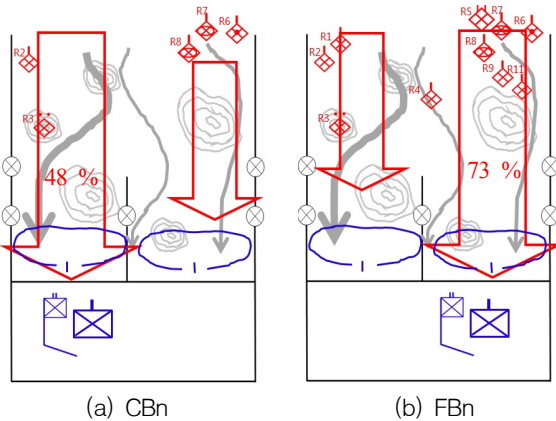


Fig. 8. Tactical level results

Table 10과 같이 CBn의 작전반(C2 에이전트)는 각 대안에 따른 가장 큰 기대효과를 갖는 방안으로 왼쪽 축선에 예비대(슈터 에이전트)를 배치하는 대안을 선택하는 의사결정을 수행하였으나, 주 타격방향을 정확하게 예측하지 못해 예비대가 근접전투에서 큰 역할을 수행하지 못하여 10이라는 전투효과를 얻게 되었다. FBn의 작전반(C2 에이전트)는 각 대안에 따른 가장 큰 기대효과를 갖는 방안으로 오른쪽 축선에 예비대를 배치하는 대안을 선택하는 의사결정을 수행하였고, 주 타격방향을 정확하게 예측하여 예비대에 의해서 공격을 저지할 수 있게 되어, 100이라는 전투효과를 얻게 되었다.

Table 10. Tactical combat effectiveness results

실제 홍군 의도	CBn 추정결과 (L, M, R 확률)	대안	전투 효과
오른쪽 축선(R)	왼쪽 축선(L) (0.48, 0.15, 0.37)	왼쪽 배치(L)	10
실제 홍군 의도	CBn 추정결과 (L, M, R 확률)	대안	전투 효과
오른쪽 축선(R)	오른쪽 축선(R) (0.14, 0.13, 0.73)	오른쪽 배치(R)	100

## 5. 결론

제안한 모델은 정보의 양과 질에 의해서 정보 및 의사결정의 수준에 따라 전투효과가 상이하게 변화될 수 있음을 보였다. 제안한 시나리오 상에서는 C4ISR 체계가 고도화될수록 교전, 전술 정보의 불확실성이 감소되면서 교전 정보 수준에서는 표적을 효과적으로 제압하는 대안을 선택하는 의사결정을 통해 전투효과가 상승됨을, 전술 정보 수준에서는 정확도가 높게 부대를 배치하는 대안을 선택하는 의사결정을 통해 전투 효과가 상승될 수 있음을 보였다.

본 연구는 정보에 의한 전투효과를 분석하기 위해 에이전트가 교전 정보로부터 전술 정보를 처리할 수 있는 과정에 대한 모의 개념을 제공했다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 추후 연구는 제안한 개념을 토대로 실제 위게임 모델과 연동하여 각종 정보효과에 관한 전투실험을 설계하고 분석하는 것이다.

미래전은 정보, 지식이 중요하게 인식되면서 C4ISR 체계에 많은 국방비가 투입되고 있다. 이와 발맞추어 C4ISR 체계의 효과를 검증할 수 있는 시뮬레이션 사업 또한 추진 중에 있다. 그러나 본 연구와 같이 에이전트가 인간행위를 대역하는 전투 시뮬레이션의 개발에서 유효하고 합리적인 방법론을 찾는 것이 매우 도전적인 과제이다. 따라서 본 연구가 이러한 연구와 개발 사업에 일조할 수 있기를 기대한다.

## 후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(UD140022PD).

## References

- [1] Clausewitz, "Vom Kriege," 1832.
- [2] Albert, et. al., "Network Centric Warfare," CCRP, pp. 88-103, 1999.
- [3] K. Cebrowski and John J. Garstka, "Network-Centric Warfare : Its Origin and Future," Naval Institute Proceedings, 1998.
- [4] [http://news.chosun.com/site/data/html\\_dir/2011/03/29/2011032900068.html](http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2011/03/29/2011032900068.html)

- [5] Office of Force Transformation, "The Implementation of Network-Centric Warfare," p. 19, 2005.
- [6] Daniel Gonzales et al., "Network-Centric Operations Case Study," RAND, 2005.
- [7] Y. Kwac, "How Much of C4I System Military Combat Index?," Journal of Korea Military World, pp. 48-54, 2006.
- [8] Y. Kim et al., "A Study on Combat Effect of the Network Centric Weapon System," Korea Institute for Defense Analyses Research Paper 00-1529, 2000.
- [9] O. Kwan and Y. Cho, "The Direction of the Assessment of the Army Combat Effectiveness," The Quarterly Journal of Defense Policy Studies, Vol. 31, 2015.
- [10] Connolly, B., "Information Mechanics," Ellis Horwood, Chichester, UK, 1988.
- [11] Strukel, S., "Quantifying the Value of Reconnaissance," Operations Research Center Technical Report FY93/93-7, U.S. Military Academy, West Point, New York, 1993.
- [12] Swarm, P. G. M., "The Functional Form of Network Effects," Information Economics and Policy, Vol. 4, No. 3, pp. 417-429, 2002.
- [13] Dekker, A. H., "Applying Social Network Analysis Concepts to Military C4ISR Architectures," The Official Journal of the International Network for Social Network Analysis, 2002.
- [14] Robinson S., "Conceptual Modeling for Simulation Part 1 : Definition and Requirements," Journal of Operation Research Society, Vol. 59, pp. 278-290, 2008.
- [15] Andreas Tolk et al., "Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation," Wiley, 2012.
- [16] Korea Combined Forces Simulation Instruction, 2014.
- [17] Aparna Malhotra, "Agent-Based Modeling in Defence," DRDO Science Spectrum, pp. 60-65, 2009.
- [18] Henrik Friman, Gary E. Horne, "Using Agent Models and Data Farming to Explore Network Centric Operations," Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, 2005.
- [19] David S. Alberts and Richard E. Hayes, "Power to the Edge," CCRP, p. 109, 2003.
- [20] David S. Alberts et al., "Understanding Information Age Warfare," CCRP, p. 183, 2001.
- [21] D. Lee and Y. Hong, "Agent Based Modeling & Simulation for Command and Control," The Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 16, 2007.
- [22] Y. Ko et al., "M&S Case Study for Information Sharing Enabled Combat Entities," KIMST, Vol. 17, No. 4, pp. 395-403, 2014.
- [23] S. Park et al., "Design of the Agent-based Network-Centric Warfare Modeling System," The Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 19, No. 4, pp. 271-280, 2010.
- [24] C. Jeong et al., "Multi-Platform Warship M&S System Using the Hierarchical Multi-Agent System," The Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 18, No. 4, pp 117-125, 2009.
- [25] A. Yang, H.A. Abbas, and R. Sarker, "WISOM-II ; A Network Centric Model for Warfare," LNAI, 3683, 2005.
- [26] Michael B., Adam Easton, "CROCODILE-An Open Extensible Agent-Based Distillation Engine," Information and Security, Vol. 8, No. 1, 2002.
- [27] Andrew Ilachinski, "Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat : An Artificial Life Approach to Land Warfare," Center for Naval Analyses Research Memorandum CRM, 1997.
- [28] Alexander H. Levis, Lee W., "C4ISR Architectures : 1. Developing a Process for C4ISR Architecture Design," System Engineering 3.4(2000) : 225-247.
- [29] Noh H. and Lee T., "M&S for NCW Analysis based on Combat Information Process," Korea Industrial Engineering Conference, May, 2014.
- [30] Noh H. and Lee T., "Imperfect Information Generating for NCW analysis M&S," Korea Army M&S Conference, November, 2014.
- [31] ROK army, "Vision 21 Model : Operational Guide," F.M. 8-7-3, 2007.
- [32] Shin K., Nam H., Lee T., "Communication Modeling for a Combat Simulation in a Network Centric Warfare Environment," Proceeding of the 2013

Winter Simulation Conference.

[33] ROK Army Field Manual, "Information Acquisition".

[34] Noh H. and Lee T., "Ground Threat Assessment

Framework in Agent Based Simulation," Proceeding of the 2015 Asia simulation Conference, November, 2015.