

통신 효과를 반영한 네트워크 중심전의 전투 효과도 분석 방법

배장원^{1*} · 강봉구² · 김병수² · 성창호² · 김탁곤² · 안명길³ · 이상일³

Methodology of Analyzing the Measure of Combat Effectiveness Reflecting Communication Effects in Network Centric Warfare

Jang Won Bae · Bong Gu Kang · Byeong Soo Kim · Changho Sung · Tag Gon Kim · Myung Kil Ahn · Sang Il Lee

ABSTRACT

As a future warfare is changed to network-centric warfare (NCW), importance of research on the relation between combat effectiveness and communication effect has increased. The combat effectiveness has been analyzed using war game simulator and the communication effect has been analyzed using communication simulator. However, the relation of them has not been researched so far. In this paper, we describe a methodology of analyzing the measure of effectiveness reflecting communication effects in NCW. In the methodology, firstly, simulation interoperation environment between the war game simulator and the communication simulator is developed. Especially, we propose an interface model and interoperation interface to support the simulators for simulation interoperation. Then, we statistically analyze the output data of the simulation interoperation environment and develop a meta-model which illustrates the relation between war game and communication simulator directly. With this methodology, we can figure out the relation between the war game and communication simulator directly. Moreover, we expect that this relation effects on developing doctrines, communication operation and communication devices.

Key words : War game simulator, Communication simulator, Simulation interoperation, Network Centric Warfare

요약

네트워크 중심전(NCW)이 미래 전쟁의 양상으로 발전 하면서, 네트워크 통신 효과에 의한 전투 효과도를 분석하는 연구의 중요성이 증가 하고 있다. 기존의 전투 효과도 분석은 위게임 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션을 통하여 이루어졌고, 통신 효과의 분석은 통신 네트워크 시뮬레이터를 이용 했다. 그러나 통신 효과에 의한 전투 효과도를 파악하는 연구는 이루어지지 않았다. 통신 효과를 반영한 전투 효과도 분석은 통신 모델의 파라미터와 전투 효과도의 관계를 파악하는 것을 통해 이루어질 수 있다. 본 논문에서는 통신 효과와 NCW 전투 효과도의 관계를 분석하는 방법을 기술한다. 특히, 본 방법론에서는 통신 모델의 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 분석하기 위해 계층적인 OAI 매트릭스를 개발 하고, 그 결과를 NCW 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터의 연동 시뮬레이션으로 검증 한다. 또한, 연동 시뮬레이션의 실험 결과를 통해 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 메타모델(meta-model)로 표현 한다. 이 과정에서 통신 시뮬레이터와 NCW 전투 시뮬레이터의 추상화 수준 차이를 보정해주기 위한 인터페이스 모델을 제안 한다. 본 논문의 방법론을 통해, NCW 전투 효과도와 통신 모델 파라미터의 직접적인 관계를 파악할 수 있고, 이 관계를 이용해서 NCW 상황에서 부대 교이나 통신 운용과 통신 시스템의 장비 설계 등에 영향을 줄 것으로 기대한다.

주요어 : 위게임 시뮬레이터, 통신 시뮬레이터, 시뮬레이션 연동, 네트워크 중심전

* 본 연구는 국방과학연구소 연구용역과제(UD110086ED)의 지원 및 관리로 수행되었습니다.
접수일(2012년 9월 11일), 심사일(1차 : 2012년 9월 20일),
게재 확정일(2012년 9월 21일)
¹⁾ KAIST 산업 및 시스템 공학과
²⁾ KAIST 전기 및 전자 공학과
³⁾ 국방과학기술연구소(ADD)
주 저 자 : 배장원
교신저자 : 배장원
E-mail; reputed207@gmail.com

1. 서론

전쟁에서 네트워크 통신의 역할이 증대함에 따라, 미래 전쟁의 양상이 기존의 플랫폼 중심전 (Platform-Centric Warfare, PCS)에서 네트워크 중심전(Network-Centric Warfare, NCW)로 변화하고 있다^[1]. NCW에서는 C4ISR

을 기반으로 전쟁 상황을 지휘 통제한다. C4ISR체계는 지휘(Command), 통제(Control), 통신(Community anions), 컴퓨터(Computers), 정보(Intelligence), 감시(Surveillance) 및 정찰(Reconnaissance)로 구성된다. C4ISR체계는 ‘탐지 - 지휘통제 - 타격’의 과정으로 이루어져 있다. 모든 C4ISR체계 안의 모든 제대가 실시간으로 전장 상황을 동일하게 인식하고, 최적의 지휘결심 및 임무 지원을 목표로 한다. C4ISR의 개념은 구축되었으나, 현재 군 체제에 효과적으로 반영하기 위해서는 C4ISR의 효과도에 대한 체계적인 분석이 필요하다. 특히, 기존의 PCS에서는 거의 고려하지 않았던, 통신 시스템을 고려한 전투 효과도(Measure of Effectiveness, MOE)를 분석하는 것이 필요하다. 기존의 PCS 환경에서는 통신 효과와 전투 효과도는 각각 통신 모델과 위게임 모델을 통해 독립적으로 분석되었다. 통신 모델의 경우에는 자체적인 통신 데이터베이스를 시나리오로 입력하고 그에 따른 출력 데이터를 분석하여 통신 효과를 파악해 왔다²⁾. 위게임 모델의 경우에는 통신 효과를 다음과 같은 세 가지 방법으로 적용하였다. 첫 번째는 통신 시스템을 고려하지 않거나 간단하게 반영하는 방법이다³⁾. 위게임 모델에 영향을 주는 통신의 효과가 크지 않다고 판단하고, 통신 효과를 추상화 시킨 경우이다. 두 번째로, 상황에 따른 통신 효과를 데이터베이스화해서 위게임 모델 내부에서 사용하는 방법이다. 기존의 통신 모델의 실험 데이터를 축적하여 데이터베이스화 하고, 이 데이터베이스를 위게임 모델에서 참조하는 것이다. 그러나 정적인(static) 데이터베이스의 정보가 위게임 모델의 동적인(dynamic) 상태를 모두 반영하지 못하는 한계가 있다. 세 번째로, 위게임 모델 내부에 통신 효과를 모의할 수 있는 모델을 사용하는 방법이다⁴⁾. 그러나 하나의 시뮬레이션에 통신 모델과 위게임 모델을 실행하는 경우, 통신 모델들 간의 간섭을 모의하기가 어렵다는 단점이 있다. NCW 환경에서는 통신 모델과 위게임 모델을 통합적인 시각으로 분석하는 것이 필요하다. NCW 체계에서의 통신 효과가 전투 효과도에 큰 영향을 끼칠 수 있기 때문이다. 이들 두 시스템의 연동 시뮬레이션을 통한 분석의 필요성에 대한 연구는 소개되었다¹⁹⁾. 그러나 두 시스템의 관계를 연관시켜 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도를 분석하는 방법에 관한 연구는 진행되지 않았다.

본 논문에서는 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도를 분석하기 위해 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 파악하는 방법에 대해서 기술한다. NCW 체계를 실제 전투 체제에 적용하기 위해서는 통신효과와 전

투 효과도의 관계를 파악하는 과정이 필요하고, 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 통해서 이를 달성할 수 있다. 파악된 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계 정보를 통해, 실제 전투 체제의 통신 모델과 전투 교리의 설계에 대한 기초 정보로 활용될 수 있다. 이를 위해서, 모델의 속성 변수와 분석 지수의 관계를 표현하는 OAI(Objective - Attribute - Index) 매트릭스⁵⁾를 계층적으로 적용하여 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 파악 하고, 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도를 실험적으로 파악하기 위해서 통신 시뮬레이터와 NCW 전투 시뮬레이터를 이용하여 연동 시뮬레이션 환경을 개발한다. 이 과정에서 연동 시뮬레이션 환경 개발에 필요한 인터페이스 모델 개념과 역할을 소개한다. 개발된 연동 시뮬레이션 환경에 계층적 OAI 매트릭스를 적용하여 시나리오와 모델의 초기값을 결정한 후, 결과로 얻은 출력 데이터로 통신 모델 파라미터와 전투 효과도의 관계를 검증한다. 마지막으로, 검증된 관계와 연동 시뮬레이션의 결과 데이터를 통해, 통신 모델 파라미터와 전투 효과도의 관계를 직접적으로 표현 하는 메타모델(meta-model)¹⁹⁾을 정립한다. 개발된 메타모델은 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도를 분석할 수 있을 뿐만 아니라, NCW 환경에서 통신 체계 및 전투 체계 개발의 기초 자료로 사용 되어 미래 전투 체계와 통신 체계의 설계에 필요한 분석 도구로 사용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 배경 지식을 소개 한다. 3장에서는 방법론의 절차와 세부 과정들에 대해서 설명 한다. 마지막으로 4장에서는 방법론의 기대 효과에 대해 설명을 하고 결론을 맺는다.

2. 배경 지식

이번 장에서는 본 논문의 배경 지식에 대해서 소개한다. 특히, NCW 환경에서의 전투 효과도 측정과 관련된 연구를 소개하고, 통신 시스템과 NCW 전투 시스템의 시뮬레이션이 어려운 이유에 대해서 소개 한다. 그리고 방법론에서 사용하는 메타모델에 대해서 소개 한다.

2.1 기존 연구 사례

이번 장에서는 NCW 전투 효과도 분석에 관한 기존 연구에 대해서 소개한다. NCW 전투 효과도 분석과 관련된 연구는 전투 효과도 항목 설정과 전투 효과도 측정 방법에 대한 연구로 나눌 수 있다.

전투 효과도 항목 설정에 관한 연구는 NCW 전투 효

과도 측정 항목으로 네트워크 파워, 정보의 우위 그리고 비과 속도를 정하고, 이에 대한 분석방법을 소개한 사례가 있다⁶⁾. 네트워크 파워는 시간 지연과 참여자 수의 제곱에 비례한다는 메트칼프 법칙에 의거하였고, 정보의 우위는 아군의 정보의 부재로 인해 지휘 통제 프로세스 안에서 발생하는 불확실성을 나타냈고, 마지막으로 비과속도는 표적 타격 지시 후 타격수단으로부터 표적까지의 비행속도를 의미한다. 그러나 위의 효과도 측정 항목들은 본 논문에서 관심을 갖고 있는 통신 효과를 고려하지 않았다는 한계점이 있다.

전투 효과도 측정방법에 관한 연구는 NCW 전투 효과도에 영향을 미치는 요소들과 전투능력 평가방법을 설명한 사례가 있다⁷⁾. 이 연구에서는 전투능력에 영향을 미치는 기초변수로 상황 인식 능력, 환경 적응 능력, 물자 보급 능력, 정보 유통 및 지휘 통제 능력을 설정하고 이러한 기초변수가 전투능력에 미치게 될 영향을 추론하였다. 또한 설정된 기초변수를 전제하여 대응소요 시간을 기반으로 전투능력을 평가하는 방법을 제시하였다. [7]의 연구에서는 대응 신뢰성 및 대응 효율을 평가함으로써 전투능력을 정량화 할 수 있으며, 정량화 된 자료를 축적함으로써 통계적으로 전투능력과 기초변수와의 상관관계를 설명하였다. 그러나 통신 효과가 기초 변수에 어떻게 반영되는지에 대한 설명이 부족하기 때문에, 통신 효과를 반영한 전투 효과도를 분석하는 것은 한계가 있다.

2.2 모의 수준에 따른 모델 분류

국방 Modeling & Simulation (Defense M&S)에서는 목적에 따라 다양한 모의 수준의 모델이 사용된다. 따라서 미 국방성에서는 국방 M&S의 모의 수준을 정의하고 국방 모델을 분류하였다. 그림 1은 미 국방성에서 제시한 국방 M&S 피라미드이다⁸⁾. 그림 1의 피라미드에서는 국방 M&S에서 사용하는 모델을 모의수준에 따라 전구급(Theater), 임무/전투급(Mission/Battle), 교전급(Engagement), 공학급(Engineering) 총 4가지 단계로 분류 한다. 국방 M&S의 분류를 C4ISR 체계에 적용하면, 부대 지휘 체계를 모의 하는 NCW 전투 시뮬레이터는 임무급 이상의 수준이고, 통신 네트워크를 모의하는 통신 시뮬레이터는 공학급 수준으로 표현할 수 있다. 이러한 임무급과 공학급 모델의 모의 수준 차이는, 인접한 모의 수준의 연동 시뮬레이션과는 다르게, 연동 시뮬레이션에 많은 문제점을 야기할 수 있다. 즉, 이러한 모의 수준의 차이는 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 모델의 효과도 항목의 관계를 파악하고, 시뮬레이터를 이용해서 연동 시뮬레이션 환

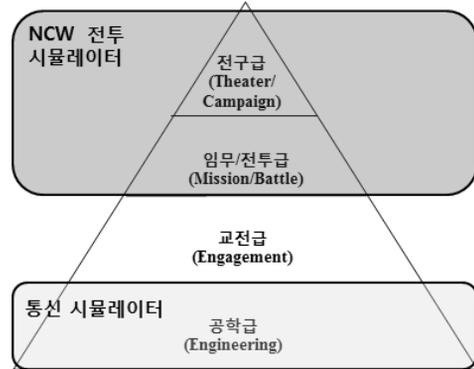


그림 1. 국방 M&S 피라미드

경을 구축하는 것에 문제점을 발생시켜, 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도를 파악하는 것을 어렵게 한다. 이러한 문제점과 그 해결법에 대해서는 3장에서 자세히 다루도록 한다.

2.3 OAI 매트릭스 및 메타 모델링

통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 분석하기 위해서는 시뮬레이션을 통한 실험적 결과를 파악하기 전에, 시뮬레이션 실험 계획을 세워야 한다. 이런 실험 계획을 구성하기 위한 방법 중의 하나로 OAI (Object-Attribute-Index) 매트릭스를 사용 한다⁵⁾.

그림 2는 OAI 매트릭스의 구성을 보여 준다. 매트릭스의 열(Col.)에는 측정 대상의 분석 지수(효과도)를 나타내고, 매트릭스의 행(Row)에는 효과도 측정에 필요한 객체의 속성 변수(파라미터)를 나열한다. 이와 같은 OAI 매트릭스를 통해서 모델의 효과도와 파라미터의 관계 여부를 표현할 수 있다. 모델의 효과도와 파라미터의 관계는 전문가의 의견과 경험을 통해 이루어진다. OAI 매트릭스의 결과는 실험 계획의 근거로 사용 된다.

메타 모델(Meta-model)은 복잡한 시뮬레이션 모델의 빠른 결과를 예측하기 위해 상대적으로 간단하게 표현한 모델을 의미한다²²⁾. 그림 3과 같이 실제 시스템을 시뮬레이션 목적에 맞게 한번 추상화 시킨 것이 시뮬레이션 모델이고, 이 시뮬레이션 모델을 시뮬레이션 모델의 입, 출력 데이터에 기반을 두어 한 번 더 추상화 한 것이 메타모델이다. 메타모델은 간단한 모델로 표현되기 때문에 상대적으로 적은 계산이 필요하고, 입력과 출력 관계에 대한 직관적인 이해가 용이하다. 특히 일반적인 시뮬레이션 모델은 수식으로 표현하는 것이 불가능하기 때문에, 정량적인 분석을 위해서는 이와 같은 메타 모델의 개발이 필요

객체	속성 변수	분석 지수	
		분석 지수 1	분석 지수 2
객체1	변수 1	○	○
	변수 2	○	○
객체2	변수 1		○
	변수 2		○
객체3	변수 1	○	

그림 2. OAI 매트릭스 형식

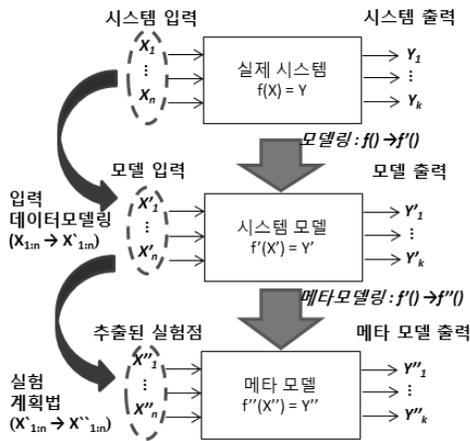


그림 3. 메타 모델링 과정

하다. 메타 모델의 적용은 통계적 방법 기반의 접근과 기계 학습(Machine Learning) 기반의 접근이 있다. 통계적인 방법의 예로는 회귀 모델^[14]를 사용하는 방법과 회귀 모델 보다 큰 차수의 실험에 적합한 kriging 메타모델^[23]을 사용하는 방법이 있다. 회귀 모델 방법은 구분적 선형 함수(piece-wise linear function)을 이용한 최적화를 구하는 방법^[22]으로 확장하여 사용되고 있고, kriging 메타 모델 방법은 결정적 모델^[24]과 확률적 모델^[25]에 적용하는 형태로 확장되어 여러 분야에 적용되고 있다. 기계 학습을 기반으로 한 방법의 예로는 신경망 네트워크^[15]를 사용하는 방법이 대표적이고, 제조 산업^[26]이나 전투 모델^[16] 분야에 적용되고 있다.

실제 시스템에서 메타 모델을 만드는 과정은 그림 3과 같다. 실제 시스템(f)에 시스템 입력(X)을 적용하여 시스템 출력(Y)을 얻는다. 실제 시스템을 모델링하여 시스템 모델(f')을 만들고 입력 데이터를 모델링하여 얻은 모델 입력(X')을 시스템 모델에 적용하여, 모델 출력 데이터(Y'')를 얻는다. 그 후, 실험 계획 방법(Experimental Design)

을 통해 실험점 ($X'_{1:n}$)을 추출하고 실험점을 시스템 모델에 적용하여 모델의 출력 데이터를 얻은 후에, 소개한 메타 모델링 방법을 이용하여 메타 모델(f'')을 개발한다. 실험 계획 방법의 대표적인 예로는, 완전요인배치방법(Full Factorial Design)^[20], 중심합성계획(Central Composite Design)^[20], 그리고 LHD(Latin Hypercube Design)^[21] 등이 있다. 실험계획방법으로 얻은 실험점 ($X'_{1:n}$)을 모델에 적용하여 모델의 출력 데이터 ($y'_{1:k}$)를 얻을 수 있고, 이를 이용해서 앞에서 소개한 방법들로 메타 모델을 개발할 수 있다. 이렇게 개발된 메타 모델은 시스템을 직관적으로 파악하는데 도움을 주고, 실제 시스템의 개발에 필요한 기초 자료로 사용 된다.

3. 통신 효과를 반영한 네트워크 중심전 전투 효과도 분석 방법

본 논문에서는 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도 분석하기 위해, 통신 모델의 파라미터와 NCW 전투 모델의 효과도 관계를 파악하는 방법을 제안한다.

구체적인 방법은 그림 4와 같은 단계로 구성된다. 1) 시뮬레이션 목적에 맞는 NCW 전투 효과도 항목을 설정하고 효과도 항목을 잘 표현할 수 있는 시나리오를 수립한다. 2) 공학급인 통신 시스템 모델과 임무급인 NCW 전투 모델의 모의 수준 차이를 보완하기 위한 인터페이스 모델을 설계 한다. 3) 설정한 전투 효과도 항목과 통신 시스템의 파라미터의 관계를 계층적인 OAI 매트릭스를 통해 작성한다. 4) NCW 전투 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터를 이용한 연동 시뮬레이션 환경을 개발하고, 계층적인 OAI 매트릭스를 반영한 시나리오와 모델 파라미터를 통

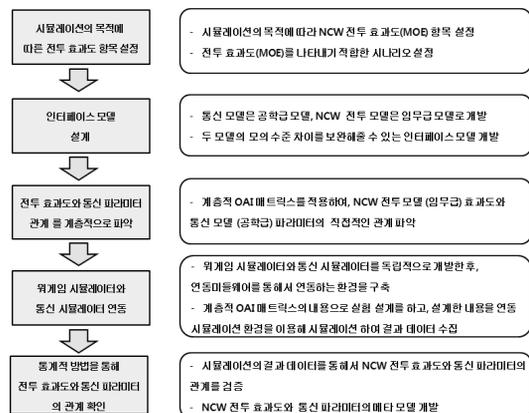


그림 4. 통신 효과를 반영한 NCW 전투 효과도 분석 단계

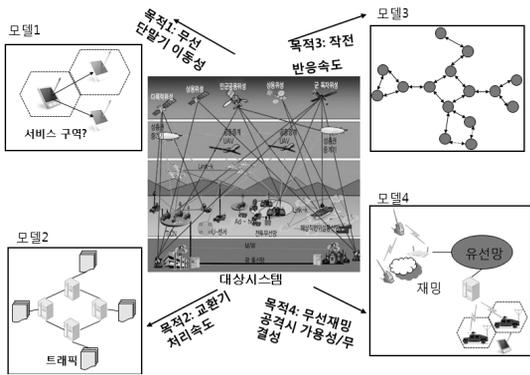


그림 5. 시뮬레이션 목적에 따른 모델링 방법

해 연동 시뮬레이션의 결과를 얻는다. 5) 시뮬레이션의 결과를 민감도 분석(Sensitivity analysis)에 적용하여 계층적 OAI 매트릭스의 내용을 검증한다. 검증된 결과와 연동 시뮬레이션의 결과를 이용하여, 통신 모델의 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 나타내는 메타모델을 개발한다. 각 단계의 세부 내용은 다음 절에서 설명 한다.

3.1 시뮬레이션 목적에 따른 효과도 항목 설정

모델링&시뮬레이션은 시뮬레이션의 목적에 따라 도구와 모델링의 방향이 결정 된다⁹⁾. 그림 5는 시뮬레이션의 목적에 따라 대상 시스템에 대한 모델링이 달라지는 것을 보여준다. 즉, 시뮬레이션의 목적에 따라 측정하는 효과도 역시 달라 질 수 있다는 것이다. 예를 들어, 그림 5와 같이 시뮬레이션 목적이 교환기 처리 속도라면, 측정할 수 있는 효과도 항목은 교환기 대기 평균 시간 등이 가능하다. 그러나 시뮬레이션의 목적이 작전 반응 속도라면, 효과도 항목으로는 임무 성공률 등이 가능할 것이다. 시뮬레이션 목적에 따른 효과도 항목을 정하면, 효과도 항목을 잘 표현할 수 있는 시나리오를 수립해야 한다. 예를 들어 효과도를 ‘작전 반응 속도’를 파악하는 것이라면, 교전 중심 보다는 명령 체계가 잘 표현되도록 시나리오를 수립해야 한다.

3.2 인터페이스 모델 설계

3.2.1 모의 수준이 다른 모델들의 통합 효과도 분석

이번 절에서는 공학급 모델인 통신 모델과 임무급 모델인 NCW 전투 모델이 통합적인 효과도 분석의 어려움을 통해 인터페이스 모델의 필요한 이유에 대해서 알아본다. 특히, 기존의 인접한 모의 수준의 모델들과 본 논문에서 다루는 인접하지 않은 모델들의 통합 효과도 분석 방

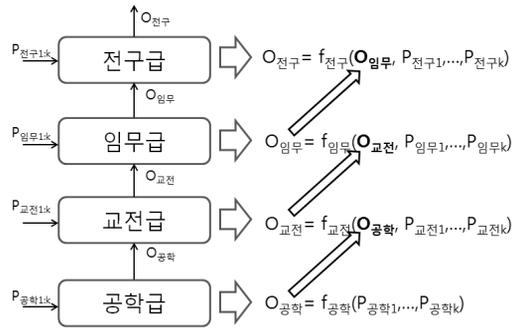


그림 6. 모의 수준이 다른 모델 사이의 입출력 관계

법의 차이점을 설명한다.

그림 6은 그림 1에서 소개 했던 모의 수준에 따른 모델들의 관계를 나타낸다. 교전급과 공학급과 같이 인접한 모의 수준의 모델들은 상위 수준 모델(교전급)은 하위 모델(공학급)의 출력 데이터를 상위 수준 모델의 파라미터와 같이 취급하여 출력 데이터를 생성하는 관계가 있다. 예를 들어, 공학급에서 얻을 수 있는 출력 데이터인 ‘명중률’은 교전급 모델에서 입력 파라미터로 사용된다. 그림 6의 오른쪽 수식은 이러한 관계를 함수를 이용하여 표현한 것이다. 이와 같은 인접한 모의 수준의 모델 간의 관계는 교전급, 임무급 그리고 전구급에도 동일하게 적용된다.

서로 다른 모의 수준의 모델들의 통합적인 효과도를 분석하는 방법 중에 하나가 연동 시뮬레이션이다. 연동 시뮬레이션이란 독립적으로 개발된 시뮬레이터들을 연동 미들웨어를 이용해 통합 시뮬레이션을 하는 것을 의미한다. 연동 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 두 시뮬레이터 중 한 시뮬레이터의 입력 데이터와 다른 시뮬레이터의 출력 데이터가 동일한 데이터가 존재해야 한다¹⁰⁾. 예를 들어, 연동 미들웨어 중, 국제 표준으로 지정된 HLA/RTI는 이러한 공통 데이터를 FOM이라는 형태로 정의하여 사용하고 있다¹¹⁾. 모의 수준 모델들의 입, 출력 관계는 연동 시뮬레이션 환경을 개발의 공통 데이터로 사용할 수 있다. 그림 7은 인접한 모의 수준의 모델에서 사용될 수 있는 공통 데이터의 예를 나타낸다. 예를 들어, ‘O_공학’은 공학급 시뮬레이터의 출력 데이터의 집합을 의미하고, ‘I_교전’은 교전급 시뮬레이터의 입력 데이터의 집합을 의미할 때, 그림 7과 같이 두 다이어그램 상의 교집합이 존재한다. 이러한 교집합은 특정 데이터가 교전급 시뮬레이터의 입력 데이터와 공학급 시뮬레이터의 출력 데이터로 사용된다는 것을 의미한다. 따라서 공학급과 교전급 시뮬레이터는 공통 데이터를 찾을 수 있어 연동 시뮬레이션이 가

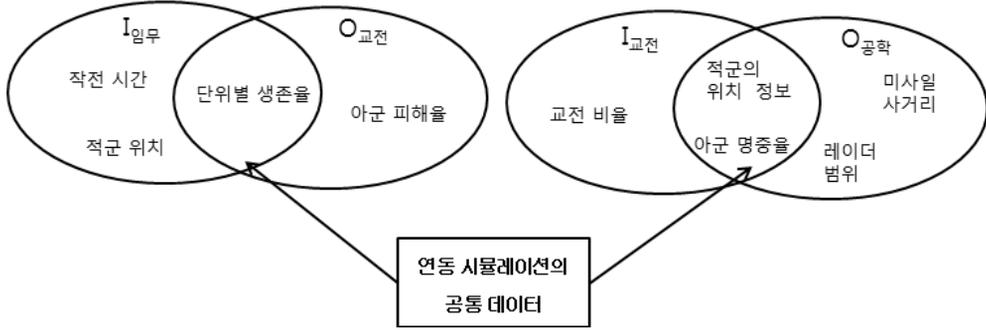


그림 7. 인접한 모의 수준 모델들의 공통 데이터

능 하다 (그림 7의 교집합). 이런 관계를 이용한 여러 연동 시뮬레이션 환경 개발 사례가 있고, 개발된 연동 시뮬레이션의 결과는 통해 인접한 모의 수준의 모델의 통합적인 효과도를 분석하는데 이용되었다^{[10][13]}.

그러나 인접하지 않은 모의 수준의 모델들의 경우에는 모의 수준 차이가 커서 공통 데이터를 찾을 수 없다. 즉, 두 모델 사이의 교집합이 존재하지 않는다. 예를 들어 임무-공학급 모델의 경우에는 그림 7과 같이, 두 모델의 관계를 파악할 수 없다. 따라서 인접하지 않은 모의 수준의 모델들을 통합적으로 분석하기 위해서는 추가적인 접근 방법이 필요하다. 이를 위한 방법으로 본 논문에서는 인터페이스 모델 (Interface Model)을 적용하였다.

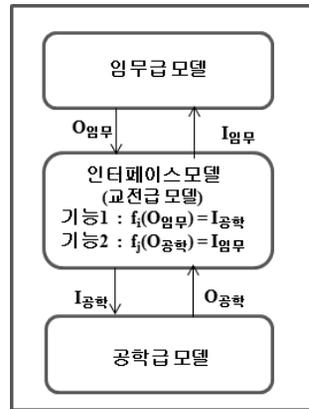


그림 8. 인터페이스 모델의 기능

3.2.2 인터페이스 모델

공학급인 통신 모델과 임무급인 NCW 전투 모델을 연동 시뮬레이션하기 위해서는 통신 모델과 NCW 전투 모델 사이의 수준 차이를 보완해주고 두 시뮬레이터의 입출력 데이터에 적합한 데이터를 생성 해주기 위한 방법이 추가적으로 필요하다. 본 논문에서는 이를 위한 방법으로 써 인터페이스 모델을 제안 한다^[17].

그림 8은 임무-공학급 모델의 연동 시뮬레이션에서 인터페이스 모델의 기능을 보여준다. 그림 8과 같이 인터페이스 모델은 임무급 모델과 공학급 모델 사이에 위치하여 두 모델의 입, 출력 데이터를 각 모델이 인지할 수 있는 형태로 변환하는 역할을 한다. 임무급-공학급 모델의 인터페이스 모델의 기능은 다음의 두 가지와 같다. 1) 임무급 시뮬레이터의 출력 데이터를 공학급 시뮬레이터의 입력 데이터로 변환 2) 공학급 시뮬레이터의 출력 데이터를 임무급 시뮬레이터의 입력 데이터로 변환해주는 역할을 한다. 임무-공학급 모델의 경우에 인터페이스 모델의 모의 수준은 교전급에 해당한다. 즉, 인접하지 않은 모의 수

준의 모델들을 위한 인터페이스 모델은 그 모델들의 중간 모의 수준으로 표현된다.

3.3 효과도 항목과 통신 파라미터 관계 파악

통신효과를 반영한 전투 효과도를 파악하기 위해서는 통신 모델과 NCW 전투 모델의 연동 시뮬레이션은 모델들 사이의 상호작용이 중요하다. 그러나 2.3 절에서 소개한 기존의 OAI 매트릭스는 한 모델의 파라미터와 효과도의 관계를 기술하기 때문에, 다른 모델 사이의 상호 작용을 파악하는데 사용할 수 없다. 따라서 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 파악하기 위해서는 기존의 OAI 매트릭스를 발전 시켜야한다. 통신 모델과 NCW 모델의 관계를 표현하기 위해서는 모의 수준 모델마다 OAI 매트릭스를 작성하고 이를 계층적으로 이용하여 다른 수준의 모델 간의 파라미터와 효과도의 관계를 기술해야 한다^[20]. 그림 9의 예제를 통해서 계층적인 OAI 매트릭스의 과정을 자세히 설명한다.

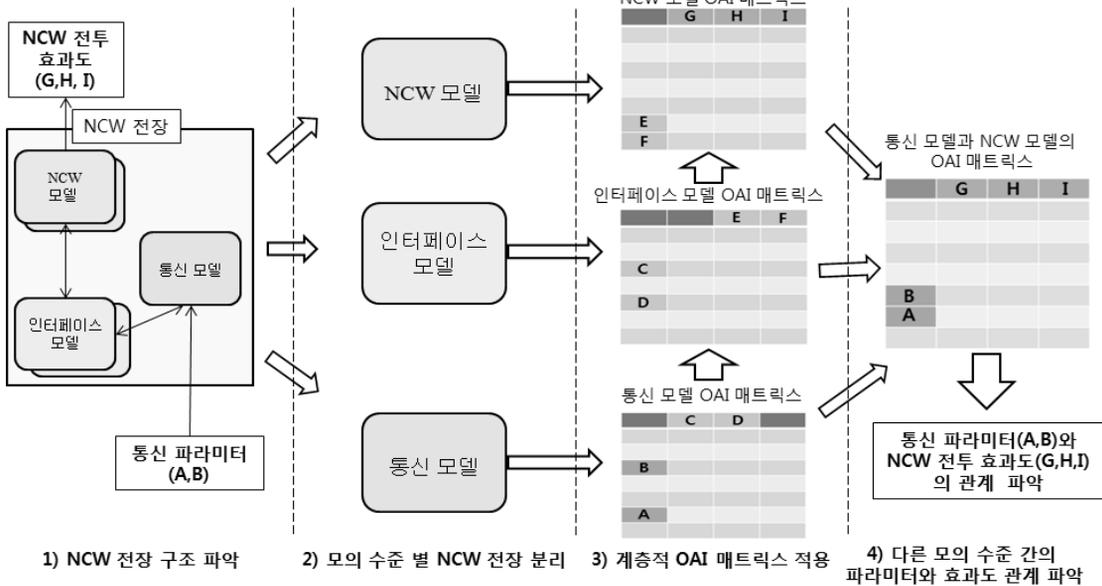
그림 9의 왼쪽 위는 공학급 수준의 통신 모델 OAI 매트릭스를 나타낸다. 통신 모델 OAI 매트릭스는 단말기 객체의 'Frame delay'와 'Queuing delay'가 분석 지수인 '전송 지연'과 '전송 여부'와 관련이 있음을 보여 준다. 그림 9의 오른쪽 위는 교전급 수준의 인터페이스 모델의 OAI 매트릭스를 나타낸다. 인터페이스 모델 OAI 매트릭스는 통신 모델 OAI 매트릭스의 분석 지수인 '전송 여부'와 '전송 지연'가 속성 변수로 추가 된다. 그림 9의 오른쪽 아래에는 임무급 수준의 NCW 모델 OAI 매트릭스를



그림 9. 계층적 OAI 매트릭스의 예제

나타낸다. NCW 모델 OAI 매트릭스는 인터페이스 모델의 OAI 매트릭스 작성과 같이, 인터페이스 모델의 OAI 매트릭스의 분석지수인 '부대 위치'와 '전투력'을 속성변수로 추가한다. 이와 같은 관계는 그림 6의 모의 수준에 따른 모델 입출력 관계를 참고하여 구성 된다. 이렇게 완성된 매트릭스를 통해서, 공학급의 통신 OAI 매트릭스의 속성 변수와 임무급의 NCW 모델 OAI 매트릭스의 분석 지수와의 관계를 파악할 수 있다. 즉, 그림 9의 왼쪽 아래와 같이, 계층적인 OAI 매트릭스를 통해서 통신 OAI 매트릭스의 속성 변수인 'Frame delay'와 'Queuing delay'가 NCW 모델 OAI 매트릭스의 분석지수인 '살상률'과 '생존률'과 관계가 있음을 나타낼 수 있다.

그림 10은 계층적 OAI 매트릭스를 통해서 통신 모델의 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 파악하는 전 과정을 보여준다. 1) 대상 전장의 구조를 파악하고, 2) 모의 수준 별로 분리를 한다. 예를 들어 그림 10의 NCW 모델은 임무급, 통신 모델은 공학급 그리고 3.2절에서 언급한 인터페이스 모델은 임무급과 공학급의 수준 차이를 보완해주는 교전급 수준으로 분리 한다. 3) 수준별로 분리된 결과를 이용하여, 가장 하위 단계부터 상위 단계까지 계층적 OAI 매트릭스를 작성한다. 4) 작성된 수준별 모델의 OAI 매트릭스를 이용하여, 최상위 모델의 효과도와 최하위 모델의 파라미터의 관계를 표현할 수 있다.



1) NCW 전장 구조 파악 2) 모의 수준 별 NCW 전장 분리 3) 계층적 OAI 매트릭스 적용 4) 다른 모의 수준 간의 파라미터와 효과도 관계 파악

그림 10. 계층적인 OAI 매트릭스를 이용한 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도 관계 파악

3.4 NCW 전투 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터의 시뮬레이션 연동

3.3절의 계층적인 OAI 매트릭스는 전문가의 의견과 경험을 반영하여 작성되기 때문에, 시뮬레이션의 결과를 통한 검증이 필요 하다. 본 방법론에서는 계층적인 OAI 매트릭스의 내용을 검증하기 위해서 NCW 전투 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터로 구성된 연동 시뮬레이션 환경을 개발한다. 연동 시뮬레이션 환경에 계층적인 OAI 매트릭스의 속성 변수 내용을 입력 데이터에 반영하고, 연동 시뮬레이션의 결과로 나온 데이터를 계층적인 OAI 매트릭스의 분석지수와 비교 한다.

그림 11은 NCW 통신 시뮬레이터와 전투 시뮬레이터를 연동 인터페이스를 통해 연결한 연동 시뮬레이션 환경을 나타낸다. 연동 시뮬레이션 환경에 계층적인 OAI 매트릭스의 통신 모델 파라미터 (그림 10의 A, B)를 입력으로 하고, 출력으로 통신 환경을 반영한 NCW 전투 시뮬레이터의 전투 효과도를 얻는다. 이 출력 데이터는 OAI 매트릭스의 분석지수(그림 10의 G, H, I)와 비교하고 분석하는 데이터로 사용된다. [4]의 연구에서는 위게임 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터를 연동 시뮬레이션 할 때, 고려해야 하는 재전송과 통신 연결 등의 부분에 대해서 설명하였다. 따라서 본 논문에서는 시뮬레이터의 구조 보다는 방법론의 설명에 주안점을 둔다. 아래의 세부 절에서는 일반적인 연동 시뮬레이션에 참여하는 방법 외에, 통신 시뮬레이터와 NCW 전투 시뮬레이터를 이용하여 연동 시뮬레이션 환경을 개발할 때 발생할 수 있는 문제점에 대해서 설명한다.

3.2절에서 언급하였듯이, 국방 M&S 피라미드의 인접하지 않은 모의 수준 시뮬레이터들의 공통 데이터를 찾는 것은 불가능하다. 따라서 인접하지 않은 모의 수준의 시뮬레이터들을 이용해서 직접 연동 시뮬레이션 환경을 개발하는 것은 불가능하다. 그림 12는 이런 문제점을 다이어그램으로 보여 준다. 그림 12의 왼쪽 다이어그램은 교



그림 11. NCW 전투 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션 연동 환경

전-공학급 시뮬레이터의 연동을 보여준다. 이 경우에는 교전 시뮬레이터의 출력과 공학급 시뮬레이터의 입력, 혹은 그 반대의 경우의 공통 데이터를 찾을 수 있어($O_{교전} \cap I_{공학} \neq \emptyset$, $O_{교전} \cap I_{공학} \neq \emptyset$) 연동 시뮬레이션이 가능 하다. 그러나 그림 12의 오른쪽 다이어그램과 같이 임무-공학급과 같은 경우에는 입출력 데이터 사이에 모의 수준차이가 커서 공통 데이터를 찾을 수 없고($O_{공학} \cap I_{임무} = \emptyset$, $O_{임무} \cap I_{공학} = \emptyset$), 두 시뮬레이터 사이의 연동 시뮬레이션이 불가능하다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고 임무-공학급 시뮬레이터 간의 연동 시뮬레이션을 하기 위해 3.2절에서 제안한 인터페이스 모델을 적용한다.

인터페이스 모델은 모의 수준 차이가 큰 시뮬레이터들의 수준 차이를 보완해주는 역할을 한다. 그림 13은 인접하지 않은 모의 수준의 시뮬레이터들의 연동 시뮬레이션에서 인터페이스 모델의 역할을 보여 준다. 인터페이스 모델은 그림 13의 오른쪽 다이어그램과 같이 임무-공학급 사이에서 교전급 모델과 같이 동작하여 임무-공학급 사이에 존재 하지 않았던 공통 데이터 (단위별 생존율, 기동

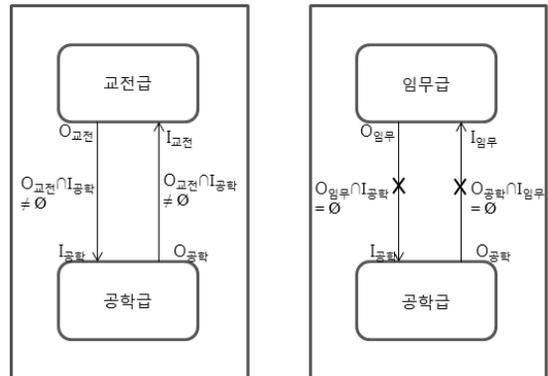


그림 12. 교전급-공학급(좌)와 임무급-공학급(우)의 연동

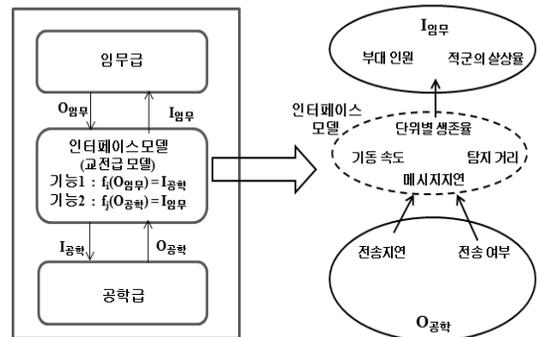


그림 13. 인터페이스 모델의 역할

속도, 탐지 거리, 메시지 지연 등)가 존재하게 해준다. 이런 공통 데이터들을 통해서 임무-공학급 시뮬레이터들의 연동 시뮬레이션이 가능해진다.

3.5 통계적 방법을 통한 검증 및 메타모델 개발

이번 절에서는 3.3절과 3.4절의 결과를 이용해서 계층적인 OAI 매트릭스를 검증 하고, 전투 효과도와 통신 모델 파라미터의 관계를 직접적으로 표현하는 메타 모델을 개발하는 과정을 소개 한다.

그림 14는 계층적인 OAI 매트릭스와 연동 시뮬레이션 환경을 이용해 효과도와 통신 모델 파라미터의 관계를 검증하는 과정을 보여준다. 연동 시뮬레이션 환경은 NCW 전투 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터로 구성되며, 각각은 부대 운용, 전술과 네트워크 환경 기반의 통신을 모의한다. 연동 시뮬레이션의 입력 데이터는 계층적인 OAI 매트릭스의 통신 모델 속성변수를 기반으로 시나리오와 모델 파라미터를 설계 한다. 이러한 연동 시뮬레이션과 입력 데이터의 결과로 얻어진 결과 데이터는 통신 효과가 반영된 NCW 전투 효과도를 나타낸다. 이 결과 데이터와 사용된 입력 데이터를 민감도 분석 (Sensitivity Analysis)에 적용하여, 계층적인 OAI 매트릭스의 내용과 비교 분석한다. 민감도 분석은 모델의 출력에 대한 불확실성(Uncertainty)이 모델의 입력 불확실성의 차이에 따라 어떻게 변화하는지를 파악하는 분석 방법이다. 예를

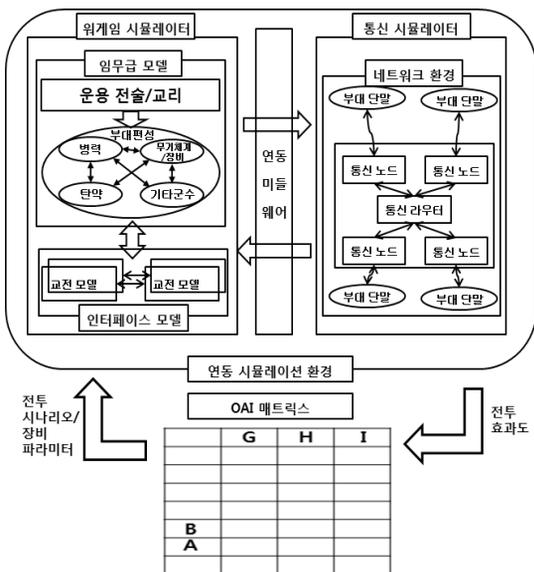


그림 14. 통계적 방법을 통한 효과도와 통신 모델 파라미터 관계 검증 방법

들어, 그림 9의 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 모델의 OAI 매트릭스는 속성 변수인 'Frame delay'와 'Queuing delay'가 NCW 모델 OAI 매트릭스의 분석지수인 '살상률'과 '생존률'과 관계가 있음을 나타내고 있다. 이를 검증하기 위해서는, 시나리오를 '살상률'과 '생존률'의 전투 효과도에 적합하게 구성하고, 통신 모델 파라미터 'Frame delay'와 'Queuing delay'의 값을 변경하여 반복 시뮬레이션을 하여 전투 효과도를 얻는다. 결과로 나온 전투 효과도와 입력 통신 모델 파라미터를 민감도 분석에 적용하여, '살상률'이 'Frame delay'에 어떻게 변화하는지 파악할 수 있다. 위의 과정을 반복적으로 수행하면, 검증된 전투 효과도와 통신 모델 파라미터의 관계를 얻을 수 있다.

통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계는 연동 시뮬레이션의 결과를 통해서 확인할 수 있지만, 이를 실제 시스템의 설계 및 분석에 적용하기 위해서는 직관적이고 간략화하여 표현하는 것이 필요하다. 왜냐하면 연동 시뮬레이션은 많은 시간이 필요할 뿐만 아니라, 연동에 참여하는 모델이 복잡할수록, 모델을 직관적으로 파악하는 것이 어렵기 때문이다. 따라서 통신 모델 파라미터와 효과도의 관계를 정량적으로 분석하고, 그 결과를 간략화한 모델로 표현하는 것이 필요하다. 본 방법론에서는 이를 해결하기 위해서 메타모델(Meta-model)을 적용한다. 실험 결과 데이터와 민감도 분석의 결과를 2.3절에서 소개한 메타 모델의 방법에 적용 하여, 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 직접적으로 표현하는 메타 모델을 개발할 수 있다. 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 표현한 메타 모델은 앞으로의 미래 NCW 전투 시스템의 분석 및 설계를 하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 메타 모델의 역모델(Inverse Model)을 개발하여 정해진 효과도를 달성하기 위해 필요한 통신 시스템의 요구 분석에도 사용 될 수 있다^[21]. 그림 15는 연동 시뮬레이션의 결과를 통해 민감도 분석을 수행하고,

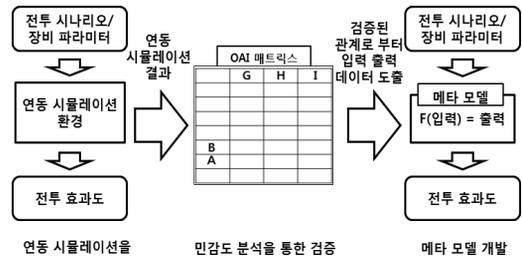


그림 15. 통신 모델 파라미터와 전투 효과도 관계 검증과 메타 모델 개발 과정

메타 모델을 개발하는 과정을 그림으로 표현하였다.

4. 결 론

현대 전쟁에서 통신의 중요성은 증가하고 있지만, 통신 효과를 반영한 전투 효과도를 분석하는 방법에 대한 연구는 수행되지 않고 있다. 본 논문에서는 네트워크 중심전(NCW)이라는 통신이 중요한 전쟁 형태의 전투 효과도를 통신 효과를 반영하여 분석할 수 있는 방법론을 제안한다. 방법론은 다음과 같은 세부 과정으로 이루어진다. 우선, 시뮬레이션 목적에 맞는 효과도 항목을 선정하고, 효과도를 잘 나타낼 수 있는 시나리오를 설계 한다. 모의 수준의 차이를 보완하기 위해 인터페이스 모델을 설계하고, 선정된 전투 효과도 항목과 통신 모델 파라미터와의 관계를 계층적 OAI 매트릭스를 이용해서 표현한다. 그리고 OAI 매트릭스의 내용을 실험적으로 검증하기 위한 통신 시뮬레이터와 NCW 전투 시뮬레이터로 구성된 연동 시뮬레이션 환경을 개발한다. 이 과정에서, 두 시뮬레이터의 모의 수준 차이를 보완해주는 인터페이스 모델의 개발이 필요하다. 개발된 연동 시뮬레이션 환경에 계층적 OAI 매트릭스를 적용하여 실험 설계를 하고, 반복 시뮬레이션의 결과 데이터를 얻는다. 연동 시뮬레이션의 입, 출력 데이터에 민감도 분석을 적용하여 계층적 OAI 매트릭스의 내용을 검증한다. 검증된 OAI 매트릭스의 내용과 실험으로 얻어진 데이터를 토대로 통신 모델의 파라미터와 NCW 전투 모델의 효과도의 관계를 나타내는 메타 모델을 개발한다. 통신 모델 파라미터와 NCW 전투 효과도의 관계를 표현한 메타 모델을 통해 통신 모델 파라미터와 효과도의 관계를 직관적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 수치적으로 분석할 수 있고 이를 실제 시스템에 적용하는 것도 용이 해진다. 본 방법론을 통해 얻은 결과로 통신 효과를 반영한 미래 전쟁의 부대 운용이나 교리 등을 설계할 수 있고, 통신 시스템 장비의 개발에도 기초 자료로 사용이 가능할 것으로 기대 한다.

추후 연구로는 본 논문에서 제안한 방법론을 실제 NCW M&S 모델에 적용하여 통신 효과가 전투 효과도에 미치는 영향을 파악해 보고, 이를 메타 모델로 개발하는 것이 있다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 연구용역과제(UD110086ED)의 지원 및 관리로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이남택, 오명호, 김태우, 김영준, 신내호, “제2장 육군의 미래 NCW 개념 및 구현 방안 연구”, 2006년 육군 전투 발전, pp. 109-132.
2. Yoram Halevi, Asok Ray, “Integrated Communication and Control Systems : Part I - Analysis”, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol. 110, 1988.
3. 김정훈, 최창범, 문일철, 김탁곤, “임무-교전급 시뮬레이션 모델의 연동을 통한 전투실험: 함대 대공 방어 효과도 분석 사례”, 한국군사과학기술학회 '10종합학술대회, pp. 2022-2025, 2010년 6월.
4. 김덕수, 배장원, 김탁곤, “통신 효과 시뮬레이터와의 연동을 고려한 DEVS 기반의 위게임 시뮬레이터 개발”, 한국군사과학기술학회 '11종합학술대회, pp. 115-118, 2011년 6월.
5. Tag Gon Kim and Chang Ho Sung, “Objective-driven DEVS Modeling Using OPI Matrix for performance Evaluation of Discrete Event Systems”, SCSC-2007, pp. 386-391, San Diego, USA, Aug. 2007.
6. 이용복, 정환식, 김용흡, 이재영(2009), “전장 정보체계의 전투력 상승효과 측정을 위한 새로운 MOO 제안”, IE Interfaces Vol. 22, No. 3, pp. 205-213.
7. 정종문, 고동철, “NCW 체제하의 전투 능력 평가 방안 연구”, 한국통신학회지 제 26권 3호 2009.2, pp 3-8/
8. Committee on Technology for Future Naval Forces, National Research Council. Creating and Improving Intellectual and Technological Infrastructure for M&S. Technology for the United States Navy and Marine Corps, 2000-2035: Becoming a 21st-century Force: Volume 9: Modeling and Simulation, Chapter 6. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1997, pp. 70-90.
9. 김탁곤, “모델링 및 시뮬레이션”, 제 2회 군 전자통신 워크숍, 2008.11
10. Junghoon Kim, Il-Chul Moon and Tag Gon Kim, “New Insight into Doctrine via Simulation Interoperation of Heterogeneous Levels of Models in Battle Experimentation”, SIMULATION: Transactions of The Society for Modeling and Simulation International, Vol. 88, Issue 6, Jun 2012, pp. 649-667
11. IEEE Std. 1516-2000, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA), Object Model Template(OMT) Specification, IEEE Computer Society, 2001.
12. Jeong Hoon Kim, Chang Beom Choi, and Tag Gon Kim, “Battle Experiments of Naval Air Defense with Discrete Event System-based Mission-level Modeling

- and Simulations”, The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology, Vol. 8, No. 3, pp. 173-187, July, 2011.
13. Kyung-Min Seo, Hae Sang Song, Se Jung Kwon and Tag Gon Kim, “Measurement of Effectiveness for an Anti-torpedo Combat System Using a Discrete Event Systems Specification-based Underwater Warfare Simulator”, The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology, Vol. 8, No. 3, pp. 157-171, July, 2011.
 14. Box, G. and Wilson, K., “On the experimental attainment of optimum conditions”, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 13, No. 1, pp. 1-45, 1951.
 15. D.J. Fonseca, D.O. Navaresse and G.P. Moynihan, “Simulation metamodeling through artificial neural networks”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 16, No. 3, pp 177-183, 2003.
 16. Tolk, A., “Adjustable rulesets versus neural nets for order generation in closed combat simulation models”, in Proceedings of the 8th Conference on Computer Generated Forces and Behavior Representation, 1999, pp. 167-173.
 17. 강봉구, 배장원, 성장호, 김탁근, 안명길, 이상일, “NCW 전장 환경에서 통신 효과 분석 방법에 대한 연구”, 2012년 대하계종합학술대회, 대한전자공학회, 2012.06.
 18. Tag Gon Kim and Duk Soo Kim, “Joint Analysis and Communication System via Interoperation of War Game and Communication Simulators”, The 16th ROK-US Defense Analysis Seminar, pp 58-69, 2012.04.
 19. Barton, R. R., “Metamodels for simulation input-output relations”, Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, 289-299, 1992.
 20. S.L.C. Ferreira, R.E. Bruns, and H.S. Ferreira, etc. “Box-Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods”, 2007, Analytica Chemical Acta 597.
 21. Makay, M.D., Beckman, R.J., and Con over, W.J., “A Comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code”.
 22. Marcos Almeida Bezerra, Ricardo Erthal Santellia, Eliane Padua Oliveiraa, Leonardo Silveira Villara, Luciane Amélia Escaleraa, “Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry”, 2008, Talanta, journal homepage : www.elsevier.com/locate/talanta
 23. Jack P.C. Kleijnen, “Kriging metamodeling in simulation: A review”, European Journal of Operational Research, Volume 192, Issue 3, 1 February 2009, Pages 707-716, ISSN 0377-2217, 10.1016/j.ejor.2007.10.013.
 24. T.J. Santner, B.J. Williams, W.I. Notz, “The Design and Analysis of Computer Experiments”, Springer-Verlag, New York, 2003.
 25. W. Van Beers, J.P.C. Kleijnen, “Kriging for interpolation in random simulation”, Journal of the Operational Research Society (54) (2003) 255-262.
 26. Chen, M. and Yang, T., “Design of manufacturing systems by a hybrid approach with neural network metamodeling and stochastic local search”, International journal of production research, Vol. 40, No. 1, pp. 71. 92, 2002.



배 장 원 (repute@kaist.ac.kr)

2007 고려대학교 전기및전자공학과 학사
2009 KAIST 전기및전자공학과 석사
2009~2011 KAIST 시스템 모델링 연구실 연구원
2011~현재 KAIST 산업및시스템공학과 박사과정

관심분야 : 이산 사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 에이전트 기반 시스템 모델링 및 시뮬레이션



강 봉 구 (bgkang@smslab.kaist.ac.kr)

2011 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 학사
2011~현재 KAIST 전기및전자공학과 석사과정

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 이산 사건 시스템 모델링



김 병 수 (bskim@seslab.kaist.ac.kr)

2010 KAIST 전기및전자공학과 학사
2012 KAIST 전기및전자공학과 석사
2012~현재 2010 KAIST 전기및전자공학과 박사과정

관심분야 : 분산 시뮬레이션, 이산 사건 모델링&시뮬레이션



성 창 호 (chsung@smslab.kaist.ac.kr)

2003 부산대학교 전자전기통신공학부 학사
2011 KAIST 전기및전자공학과 박사
2011~현재 KAIST 정보전자연구소 연수연구원

관심분야 : 모델링/시뮬레이션 이론, 분산 및 하이브리드 시뮬레이션



김 탁 곤 (tkim@ee.kaist.ac.kr)

- 1975 부산대학교 전자공학과 학사
- 1980 경북대학교 전자공학과 석사
- 1988 Univ. of Arizona, 전기및컴퓨터공학과 박사
- 1980~1983 경북대학교, 통신공학과, 전임강사
- 1987~1989 (미)아리조나 환경연구소, 연구엔지니어
- 1989~1991 Univ. of Kansas, 전기및컴퓨터공학과, 조교수
- 1991~현재 KAIST 전자전산학과, 교수
- 한국시뮬레이션 학회 회장 역임
- 국제시뮬레이션학회(SCS) 논문지(Simulation) Editor-In-Chief 역임
- SCS Fellow
- 모델링 시뮬레이션 기술사(미국)
- *Who's Who in the World* (Marguis 16th Edition, 1999) 등재
- 연합사, 국방부/합참, 기품원 자문위원 역임
- KIDA Fellow 역임
- ADD 자문위원(현)

연구 실적

- 교재
 - Theory of Modeling and Simulation, Academic Press, 2000, 등 영어 교재/Chapter 8권 저술
- 연구 논문
 - 국·내외 학술지/학술대회 M&S 관련 논문 200여 편 발표
- 과제 수행
 - 훈련, 분석, 획득, 전투실험 관련 국방 M&S 과제 10여 건 수행(중)

관심분야 : 모델링/시뮬레이션 이론, 방법론 및 환경개발, 시뮬레이터 연동



안 명 길 (happymkahn@add.re.kr)

- 1997 충남대학교 정보통신공학과 학사
- 2003 서강대학교 컴퓨터학과 석사
- 1997~2006 LG전자 통신연구소
- 2006~현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 지휘통제, 상호운용성



이 상 일 (happyjoy@add.re.kr)

- 1994 성균관대학교 정보공학과 학사
- 1996 성균관대학교 정보공학과 석사
- 2010 성균관대학교 전기전자컴퓨터 공학박사
- 1996~현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 모델링&시뮬레이션, 지휘통제, 상호운용성