

# NCW 전장 환경에서 통신 효과 분석 방법에 대한 연구

\*강봉구, \*\*배장원, \*성창호, \*김탁곤, \*\*\*안명길, \*\*\*이상일  
\*한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
\*\*한국과학기술원 산업 및 시스템 공학과  
\*\*\*국방과학기술 연구소  
e-mail: bgkang@smslab.kaist.ac.kr

## Research on Methodology of Analyzing Effectiveness of Communication to Network Centric Warfare

\*Bong Gu Kang, \*\*Jang Won Bae, \*Changho Sung, \*Tag Gon Kim,  
\*\*\*Myung Kil Ahn, \*\*\*Sang Il Lee  
\*Department of Electrical Engineering, KAIST  
\*\*Department of Industrial and Systems Engineering, KAIST  
\*\*\*Agency for Defense Development

### Abstract

Due to changing from Platform Centric Warfare(PCW) to Network Centric Warfare(NCW) in Defense Modeling and Simulation, the effectiveness of communication in War-Game Simulator(WGS) has increased. Even though researches on reflecting effectiveness of communication in WGS has conducted, there is limitation caused by the large disparity of abstraction level of simulators. Moreover, there is no research on connecting Measure Of Effectiveness(MOE) in WGS with Measure Of Performance(MOP) in Communication Effectiveness Simulator(CES). This paper introduces methodologies of connecting between WGS and CES, which are largely dispersed abstraction level. Moreover, we suggests a methodology to figure out the relation between MOP in CES and MOE in WGS using Object-Analysis Index(OAI) matrix in a hierarchical approach.

### I. 서론

과거 국방 Modeling & Simulation (DM&S)에서 사

용되는 워 게임 시뮬레이터는 주로 플랫폼 중심전 (PCW : Platform Centric Warfare)으로 모델링되어 사용되어왔다. 그러나 이러한 플랫폼 중심의 워 게임은 첨단 IT로 이루어진 네트워크 중심전 (NCW : Network Centric Warfare)의 전장상황을 모의하는데 한계가 있다[1]. NCW에서는 통신효과를 반영하지 않을 경우 실제 전장상황을 현실성 있게 묘사하는데 한계를 지니기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 워 게임 시뮬레이터에 통신효과를 반영하기 위한 연구가 진행되어왔다[2][3].

워 게임의 형태가 NCW 기반으로 변화함에 따라, 효과도(MOE: Measure of Effectiveness)를 측정하는 방법 역시 변화해야 한다. 하지만, 통신의 영향이 반영된 워 게임의 효과도를 측정하는 것은 어려움이 있다. 그림 1은 워 게임 모델과 통신 모델을 국방 M&S 피라미드에 대응시킨 것이다[4].

국방 M&S의 모의수준은 M&S의 목적 및 상세도에 따라 전구급(Theater), 임무/전투급(Mission/Battle), 교전급(Engagement), 공학급(Engineering) 총 4가지 단계로 분류된다. 전구급(Theater)은 연합/합동 훈련을 통한 전력 구조 분석의 목적으로 사용되고, 합동 및 연합군의 부대 운용 및 교전으로 구성된다. 임무/전투급(Mission/Battle)은 부대 훈련(병력 배치, 무기 통합,

전력평가)의 목적으로 사용되고, 다수 대 다수의 교전으로 구성된다. 교전급(Engagement)은 전투 체계 개발(전술 평가, 체계 효과)의 목적으로 사용되고, 단일 혹은 소수 아군 및 피아 교전으로 구성된다. 공학급(Engineering)은 단일 무기체계 분석(무기 성능, 제원)의 목적으로 사용되고, 물리 및 공학에 대해 사용된다.

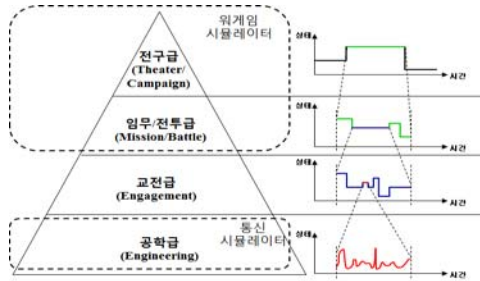


그림 1. 국방 M&S 모의수준과 입출력 데이터 관계

그림 1의 오른쪽 그래프와 같이 국방 M&S 피라미드의 인접한 수준의 모델은 서로의 입출력이 다른 모델에 영향을 준다. 예를 들어, 교전-공학급 모델의 연결의 경우에는 각 모델의 입, 출력이 다른 모델에 직접적으로 영향을 주는 것을 보여주는 연구가 있다[5][6]. 하지만, NCW 기반의 위게임 시뮬레이터는 임무급 이상의 모델로 이루어져 있고, 통신 시뮬레이터는 공학급 모델로 이루어진다. 그림 2는 교전급-공학급 모델을 연결하는 것과 임무급-공학급 모델을 연결하는 것이 차이가 있음을 나타낸다. [10]에서 수준이 다른 모델의 입, 출력 데이터의 관계를 연구한 바 있다. 그 연구 결과에 의하면, 교전급-공학급 모델과 같이 한 단계 윗수준의 모델은 아래의 관계가 성립 한다.

$$O_{\text{교전}} \cap I_{\text{공학}} \neq \emptyset$$

$$I_{\text{교전}} \cap O_{\text{공학}} \neq \emptyset$$

( $O_{\text{수준}}$  = '수준' 모델의 출력,  $I_{\text{수준}}$  = '수준' 모델의 입력)

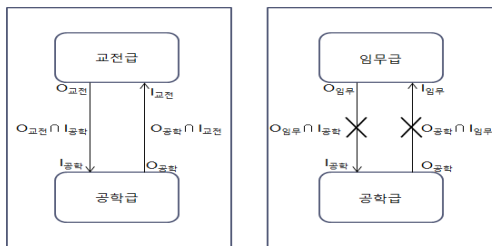


그림2. 교전급-공학급(좌) 임무급-공학급(우)의 연결

위의 관계에 의해서 교전 모델의 입, 출력과 공학 모델의 입출력에 공통부분이 존재하기 때문에 그림 2(좌)의 관계가 성립한다. 하지만 임무급-공학급 모델과 같은 한 수준 이상의 차이에서는 교전급-공학급 모델과 같은 관계가 성립하지 않는다. 따라서 임무급-공학

급 모델을 연결할 때는 다른 방법이 필요하게 된다.

본 논문에서는 임무급 이상의 위 게임 모델과 공학급의 통신 모델을 연결하는 방법에 대해서 알아보고, 이를 토대로 임무급 이상의 위 게임 모델의 전투 효과도에 반영되는 공학급 통신 모델의 영향을 파악하기 위한 방법을 제안한다.

## II. 본론

### 2.1 NCW 위게임 모델과 통신 모델의 연결

NCW 환경에서의 위게임 모델은 부대 간의 전투 보다는 부대 간의 명령 체계가 주로 표현 된다[1]. 그러므로 NCW 기반의 위게임 모델은 교전급 모델 보다는 임무급 모델로 표현되어야 한다. 반면에, 통신 모델은 통신 장비의 데이터 송, 수신을 모의하기 때문에 공학급 모델로 표현이 가능하다. 이러한 두 모델의 큰 수준 차이 때문에, 두 모델을 직접적으로 연결하는 것이 불가능하다.

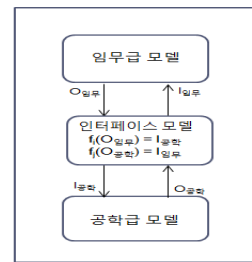


그림 3. 위게임 모델과 통신 모델의 연결

그림 3은 인터페이스 모델을 사용하여 위 게임 모델과 통신 모델을 연결하는 것을 보여준다. 인터페이스 모델은 임무급 모델의 출력을 입력으로 취해서 공학급 모델의 입력 데이터를 생성한다. 이러한 인터페이스 모델을 통해서 임무급 모델과 공학급 모델의 직접적인 연결이 가능하다. 왜냐하면, 인터페이스 모델은 공학급 모델과 임무급 모델의 한 수준 차이의 모델인 교전급 모델의 역할을 하여, 결과적으로 데이터를 두 모델이 처리 가능한 형태로 변환해주기 때문이다.

### 2.2 전투 효과도에 통신의 영향 파악 방법

이번 절에서는 위 게임 모델의 전투 효과도와 통신 모델의 성능도 사이의 관계를 파악하는 방법에 대해서 기술한다. 2.1 절에서 소개한 인터페이스 모델을 통해서 통신 모델의 성능도와 임무급 모델의 효과도를 계층적으로 접근하는 방법을 설명하고, 그것을 OAI 매트릭스를 통해서 체계적으로 분석하는 방법을 소개 한다.

2.2.1 계층적 접근을 통한 방법

임무급 이상의 위 계층 모델의 효과도의 예로는 살상율, 생존율 등이 있다. 살상율이나 생존율은 초기 전력과 시간에 따른 전력의 비로 표현이 가능하다. 그러나 위 계층 모델의 효과도와 통신 모델의 성능도[8]의 직접적인 연결 관계는 찾을 수 없다. 하지만 NCW 환경에서는 통신의 역할이 증대되었고 그에 따라 전투력에 미치는 영향이 크기 때문에, 위 계층 모델과 통신 모델의 관계는 재정의가 필요하다. 본 논문에서는 위 계층 모델과 통신 모델의 관계를 파악하는 방법으로 계층적인 접근 방법을 소개한다.

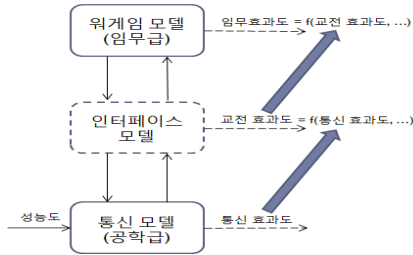


그림 4. 공학급에서 임무급으로의 계층적 접근 방법

그림 4는 임무급의 위 계층 모델의 임무 효과도와 공학급 통신 모델의 통신 성능도를 계층적으로 접근하는 것을 보여준다. 공학급에서 얻을 수 있는 통신 성능도는 공학급 모델의 파라미터로 표현된다. 계층적으로 관계를 파악하는 방법은, 예를 들어, 성능도 중에 데이터 지연은 교전급 모델의 입력 데이터로 받아 지휘 속도 및 자기 동기화에 영향을 주게 되고, 교전급 모델의 지휘 속도 및 자기 동기화는 임무급 모델의 임무 효과도인 살상율과 생존율 등에 영향을 주게 된다. 이러한 접근 방법을 통해서 통신 모델의 성능도와 임무급 모델의 효과도의 관계를 파악할 수 있다.

2.2.2 OAI 매트릭스

계층적 접근 방법을 사용하기 위해서는 모델 내부의 구성 요소와 효과도의 관계를 파악해야 한다. 이러한 관계 파악을 도와주는 도구로 OAI(Object-Analysis Index) 매트릭스를 사용 가능하다. OAI 매트릭스는 시스템의 효과도와 시스템 내부 객체의 속성 변수와의 관계를 나타내는 매트릭스이다[9]. 이 매트릭스를 통해 효과도에 영향을 주는 변수를 식별하는데 도움을 받을 수 있다. 이와 같은 OAI 매트릭스는 각 모델의 전문가들의 협의를 거쳐서 작성하게 된다. 그리고 반복적인 실험을 통해서 OAI 매트릭스를 검증 한다. 그림 5는 C2 시스템의 간단한 OAI 매트릭스 예제를 보여준다. 열에는 측정 대상이 되는 효과도를 입력하고, 행에는 모델 객체 및 변수를 입력한다. OAI 매트릭스 내부에는 각 객체의 변수와 효과도의 관계를 확인한다. 그림

5의 경우, 아군 생존 확률은 Rader system의 추적 주기, Target의 기동 속도, Weapon system의 비파 시간에 영향을 받을 것이다. 이를 모델링 하는 경우에 반영해야 하고, 분석하는 경우에 이 결과를 이용할 수 있다.

객체	속성 변수	MOE	
		아군 생존 확률	합당 비율
Radar System	추적 주기	o	
Target	기동 속도	o	
Weapon System	기동 속도		o
	비파 시간	o	o

그림 5. OAI 매트릭스 (예 : C2 시스템)

2.2.2 OAI 매트릭스를 적용한 계층적 접근 방법

그림 6은 OAI 매트릭스를 이용한 계층적 접근 방법을 보여준다. 우선, 그림 6과 같이 임무급, 교전급, 공학급에서 같이 각 각의 OAI 매트릭스를 정의한다. 공학급 모델의 효과도는 교전급의 속성 변수 중 하나로 표현될 수 있고, 교전급의 효과도는 임무급의 속성 변수 중 하나로 표현 가능하다. 이것은 [10]의 연구 내용을 기반으로 하고 있다. 이렇게 구성된 매트릭스를 통해서 공학급 모델의 통신 성능도와 임무급 모델의 임무 효과도의 관계를 파악할 수 있다. 예를 들어, 그림 6의 공학급 AOI 매트릭스의 A는 효과도 C에 영향을 미치며, C는 교전급 AOI 매트릭스의 효과도 F에 영향을 주고, F는 임무급 AOI 매트릭스 효과도 I에 영향을 주는 것을 계층적으로 확인할 수 있다.

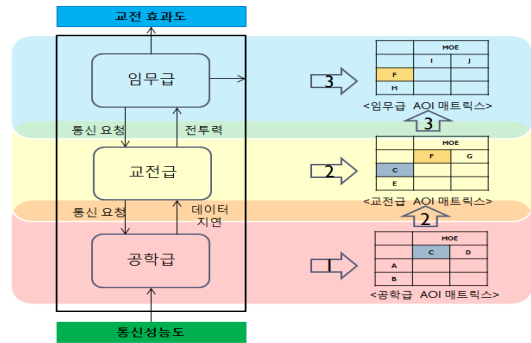


그림 6. 모의 수준에 따른 각 각의 OAI 매트릭스

III. 사례 연구

이번 장에서는 II장에서 언급한 방법론을 통해 실제로 적용한 예제를 살펴본다. 예제는 NCW 환경의 연대급 부대를 대상으로 하며, 연대 부대는 임무급 모델로 이루어져 있고, 부대 내부에서 사용하는 통신망 모델은 공학급으로 표현 된다. 그림 7은 임무급 교전 효과도에 미치는 공학급 모델의 성능도를 파악하기 위한 OAI 매트릭스 작성 과정을 보여준다. 공학급 모델의 OAI 매트릭스를 모델의 성능도에 관련하여 작성 한다. 그런 후에, 공학급 OAI 매트릭스의 효과도를 교전급

모델의 변수로 취하여 OAI 매트릭스를 작성 한다. 이러한 과정이 임무급 OAI 매트릭스에도 순차적으로 적용되어 최종적으로 공학급 성능도와 임무급 효과도를 연결시킬 수 있다. 예를 들어 그림 7에서 공학급 모델의 성능도 중에 Queuing Delay는 계층적으로 구성된 OAI 매트릭스에 의해 임무급 모델의 부대위치와 전투력에 영향을 줄 수 있는 것을 확인 할 수 있다. 이를 확인하기 위해서는 반복적인 시뮬레이션 실험이 수행되어야 한다.



그림 7. 계층적 OAI 매트릭스 구성 예제

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

현대 전장이 플랫폼 중심에서 통신의 영향이 증대되는 NCW 환경으로 변화하고 있지만, 전장을 모의하는 위 게임 시뮬레이터는 전쟁 결과에 영향을 미치는 통신의 효과를 제대로 표현하지 못하고 있다. 이로 인해, 임무급 이상의 위 게임 시뮬레이터의 효과도에 통신이 미치는 영향의 정도를 파악하는 것은 어렵다.

본 논문에서는 임무급 이상의 위 게임 시뮬레이터와 공학급의 통신 시뮬레이터를 연결하는 방법을 설명하고, 이를 통해서 임무급 위 게임 시뮬레이터의 임무 효과도와 공학급 통신 모델의 통신 성능도의 관계를 파악하는 방법을 기술한다. 위 게임 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터를 연결하는 방법으로 위 게임을 적절히 반영할 수 있는 인터페이스 모델을 사용한 연결을 제안 한다. 위게임 시뮬레이터의 임무 효과도와 통신 모델의 통신 성능도의 관계를 파악하기 위해서는 OAI 매트릭스를 이용하여 계층적으로 접근하는 방법을 사용하였다.

추후 연구로는 지금까지 제안한 방법을 적용하여, 위 게임 모델과 통신 모델의 관계를 파악한 결과를 검증하는 연구가 있다. 또한, 검증된 결과를 가지고 위 게임 모델과 통신 모델을 양방향으로 분석하는 방법을 연구하려고 한다.

#### 감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 연구용역과제(UD110086E

D)의 지원 및 관리로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] 노훈, 손태종(2005), “NCW:선진국 동향과 우리 군의 과제” 주간국방논단 제 1046호(05-19), 한국국방연구원
- [2] 김덕수, 배장원, 김탁근, “통신 효과 시뮬레이터와의 연동을 고려한 DEVS 기반의 위게임 시뮬레이터 개발” 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2011년 6월
- [3] Hans Jurgen Rech, “Command and Control Assessment using the German Simulation System FIT”, RTO SAS Symposium on “Analysis of the Military Effectiveness of Future C2 Concepts and Systems”, NC3A, The Hague, The Netherlands, 23-25 April 2002
- [4] Harrison N, Gilbert B, Lauzon M, Jeffrey A, Lalancette C, Lestage R, et al. A M&S process to achieve reusability and interoperability. In: Proceedings of the RTO NMSG Conference, Paris, October 2002.
- [5] 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
- [6] 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
- [8] Yang Juniang, Du Jia and Li Zhangwei, “Researche on Indexes System for eveluating C4ISR system for NCW”, IHMSC’09, Hangzhou, Zhejiang, China26-27 August 2009
- [9] Tag Gon Kim and Chang Ho Sung, “Objective-driven DEVS Modeling Using OPI Matrix for Performance Evaluation of Discrete Event Systems,” SCSC-2007, San Diego, USA, pp. 305 - 311, Aug., 2007
- [10] JeongHoon 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, Aug. 2011, DOI: 10.1177/0037549711414773