

가상 세계 내 지뢰 지대 피해 평가를 위한 전투 시뮬레이션 모델 개발

이순주*, 최창범*, 김탁곤*

Development of combat model for mine warfare assessment in virtual world

Sun Ju Lee, Changbeom Choi, Tag Gon Kim

Abstract

The modern military training tends to do Live-Virtual-Constructive (LVC) joint training by using modeling and simulation (M&S) technology rather than to do traditional live training. In the LVC joint training, inefficiency of traditional live training can be reduced through the various M&S in the virtual world. Among the combat modeling in the virtual world, a mine warfare model describes the mine battlefield situation and transmits the combat damage to the trainee for assessment. For damage assessment, the model can utilize various damage algorithms, but there are requirements of sufficiently reflecting the real-world and of applicability to the real-world system. This paper presents a combat model for mine warfare assessment in virtual model. The proposed model has a flexible model structure to analyze mine warfare damage assessment by applying various damage algorithms, and it is applicable to the present LVC system. Based on the Discrete Event Systems Specification (DEVS) formalism, the combat model estimates the relative network traffic load for various mine warfare damage assessment algorithms.

Key Words : Discrete Event Systems Specification (DEVS), mine warfare, virtual world

* 한국과학기술원

1. 서론

모델링 및 시뮬레이션(M&S: Modeling and Simulation)은 국방, 산업 제조, 통신 등과 같은 많은 분야에서 시스템의 설계, 개발, 분석, 획득 시에 활용되고 있다[1]. 특히 국방 분야에서는 M&S 기술을 활용하여 재래식 실기동 훈련의 제약을 벗어나 Live-Virtual-Constructive (LVC) 연동 훈련을 수행하는 추세이다. 재래식 실기동 훈련은 시간과 자원이 많이 들고, 장소의 제약이 있으며, 훈련 중에 훈련자들이 다치는 등의 비효율성이 존재한다. 반면에 LVC 연동 훈련에서는 가상 세계 내에서 곡사화기, 화확전, 지뢰 지대 전투 모의와 같은 다양한 교전 모의를 수행함으로써 재래식 실기동 훈련의 비효율성을 줄일 수 있다.

가상 세계내의 다양한 교전 모의는 Live와 Constructive 간의 연동을 통하여 구현된다. 다양한 교전 모의 중에서 사이버 지뢰 지대 모의는 타 모의 방법과는 달리 훈련자와 가상 세계 내 지뢰 지대와의 상호작용을 통하여 교전이 모의된다. 즉, 타 교전 모의는 교전 정보를 중앙통제소로(EXCON: EXercise CONtrol [2])부터 피해 값을 전달 받아 피해를 평가하는 단방향성 피해 평가이다. 이와는 달리 지뢰 지대는 훈련자가 지뢰 지대에 진입한 후 지뢰가 격발되면 이 정보를 가상 세계 내에 적용하는 양방향성 피해 평가 방식이다. 따라서 사이버 지뢰 지대 피해 모의 방법은 복잡하며, 다양한 알고리즘의 적용을 통해 정밀도와 훈련장 내 체계의 자원 할당량이 변화된다. 따라서 사이버 지뢰 지대 피해 평가 알고리즘에 따라 LVC 훈련장 내의 자원 할당량이 결정된다. 또한 알고리즘의 종류에 따라 현실 지뢰 지대 훈련의 요구사항을 만족하지 못하는 경우도 발생하여 사이버 지뢰 지대 전투 모의에서 피해 평가 알고리즘의 선택과 분석

이 중요하다.

본 논문에서는 이산 사건 시스템 명세(DEVs: Discrete Event Systems Specification)를 사용하여 LVC 체계 내에 적용 가능한 사이버 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 분석할 수 있는 가상 훈련장 모델을 개발하였다.

본 논문에서 제안하는 가상 훈련장 모델에 다양한 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 적용하여 각 알고리즘의 상대적인 자원 할당량을 측정할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로 LVC 체계 내의 사이버 지뢰 지대 모의 방법과 지뢰 지대 피해 평가 알고리즘에 대해 소개한다. 3장에서는 다양한 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 분석할 수 있는 DEVs 형식론을 사용한 전투 시뮬레이션 모델을 제안한다. 4장에서는 제안한 모델을 사용하여 각 알고리즘 간의 상대적인 네트워크 부하를 분석하는 실험과 그 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 LVC 체계 내의 사이버 지뢰 지대 모의 절차

훈련장에서 사이버 지뢰 지대 피해 평가 절차는 그림 1과 같다. 지뢰 지대는 지뢰 지대의 위치와 지뢰 발수를 입력하여 EXCON에서 생성한다. 지뢰 지대가 생성되면 훈련자의 위치를 확인하여 지뢰 지대에 근접하였을 경우 EXCON에서 훈련자에게 지뢰 지대 정보를 전송한다. 훈련자는 PU(Personal Unit)라는 장치를 장착하고 있는데, 이 장치는 지뢰 지대 정보를 수신하여 훈련자가 지뢰지대에 진입하여 이동할 때 아래와 같은 피해 평가 조건을 만족하는 경우에 대해 피해 평가를 수행한다.

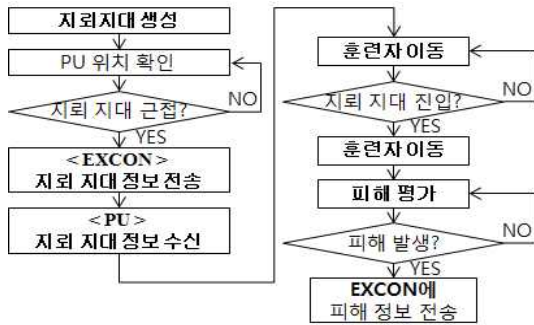


그림 1 지뢰 지대 전투 모의 절차

$$\text{이동거리} \geq \text{평가거리}$$

평가 거리는 지뢰 지대 내 지뢰 사이의 거리를 의미하고, 이동 거리는 훈련자의 실제 이동 거리로 이동 거리가 평가 거리 보다 큰 값을 가질 때까지 1초 주기로 계산된다. 피해 평가를 하여 피해가 발생한 경우 EXCON에 피해 정보를 전송한다. 피해가 발생하지 않은 경우 훈련자는 계속해서 이동하며 피해 평가 조건을 만족하는 경우에 대해 피해 평가를 반복하여 수행한다.

2.2 지뢰 지대 피해 평가 알고리즘

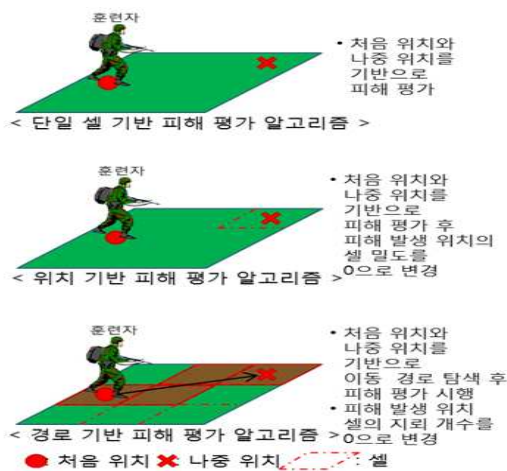


그림 2 지뢰 지대 피해 평가 알고리즘

지뢰 지대 피해 평가 알고리즘 중에는 다음 세 가지와 같은 것이 있다.

2.2.1 단일 셀 기반 피해 평가 알고리즘

그림 2와 같이 지뢰 지대를 하나의 셀로 관리하는 방식으로, 피해 평가 조건을 만족하는 경우 피해 평가가 수행된다. 실 체계에 운용이 쉽다는 장점이 있지만 지뢰의 폭발 위치를 관리하지 않기 때문에 동일한 위치에서 2번 이상의 피해가 발생할 수 있다.

2.2.2 위치 기반 피해 평가 알고리즘

그림 2와 같이 지뢰 지대를 여러 개의 셀로 관리하는 방식으로, 동일한 위치에서 2번 이상의 피해가 발생하는 단일 셀 기반 피해 평가 알고리즘의 문제점을 보완하기 위한 방안이다. 이때 셀의 개수는 지뢰 개수와 동일하게 생성한다. 피해 평가 조건을 만족하는 경우 피해 평가가 수행되며, 특정 셀에서 피해가 발생할 때 해당 셀의 지뢰가 폭발했다는 정보를 저장한다. 이 정보를 지뢰 지대 내에 생존한 훈련자들에게 전송함으로써 동일한 위치에서 2번 이상의 피해가 발생하는 것을 방지한다. 하지만 피해 평가 시점에서의 훈련자의 위치에 대해서만 피해 평가를 수행하기 때문에 피해 평가 시점까지 훈련자가 지나온 경로 상의 셀에 대해서는 피해 평가가 수행되지 않는다.

2.2.3 경로 기반 피해 평가 알고리즘

위치 기반 피해 평가 알고리즘과 동일하게 지뢰 지대를 여러 개의 셀로 관리하는 방식이다. 위치 기반 피해 평가 방식과 다른 점은 피해 평가 시, 훈련자가 피해 평가 시점까지 지나온 경로 상의 각 셀에 대해 순차적으로 피해 평가를 수행하는 것이다. 이를 통해 위치 기반 피해 평가 알고리즘에서 무시되었던 훈련자의 이동 경로에 따른 피해 평가를 수행

할 수 있다. 하지만 피해 평가 시점의 훈련자의 실제 위치와 피해 평가로 인한 피해 발생 위치 사이의 오차가 발생할 수 있는 문제점이 있다.

3. 제안하는 모델 구조 및 설계

본 논문에서는 DEVS 형식론을 사용하여 LVC 체계 내에 적용 가능한 사이버 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 분석할 수 있는 가상 훈련장 모델을 개발하였다.

3.1 가상 훈련장 모델링 및 실험 틀

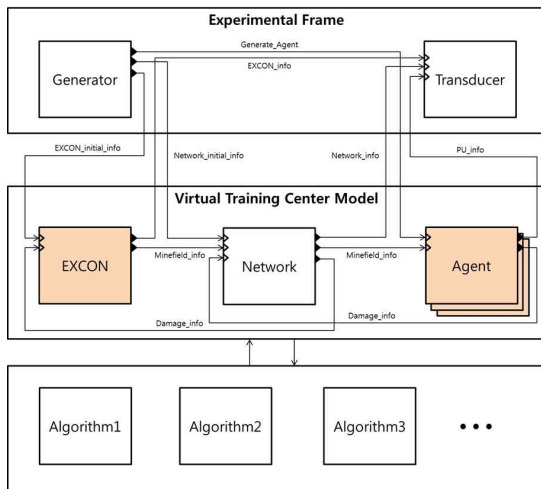


그림 3 가상 훈련장 모델과 실험 틀

LVC 체계 내 가상 훈련장에서 사이버 지뢰 지대의 정밀도와 훈련장 내 체계의 자원 할당량은 적용되는 알고리즘에 의해 변화될 수 있다. 이러한 효과를 분석하기 위해 본 논문은 그림 3와 같이 가상 훈련장을 모델링하고 실험 틀을 제안한다. 가상 훈련장 모델은 EXCON과 Network, 다수의 Agent 모델로 구성되고, 실험 틀은 Generator와 Transducer로 구성된다. Generator는 시나리오를 생성하고,

Transducer는 각각의 모델들로부터 발생하는 정보들을 취합하여 사용자가 분석할 수 있는 틀을 제공한다. 알고리즘을 가상 훈련장 모델에 반영하는 방법으로는 Co-modeling 기법을 사용하였다[6]. 이렇게 반영된 알고리즘에 따라 EXCON과 Agent의 기능이 결정된다. Agent 모델에 대해서는 3.2절에서는 자세히 다루기로 한다.

3.2 Agent 모델링

교범, 전술 등에 따른 훈련자의 다양한 행위를 모의하고 그것에 따른 효과를 분석하기 위해 본 논문은 Agent를 모델링한다. Agent 모델은 그림 4와 같다. Maneuver, Detect, Command & Control 모델을 포함하고 있어 교범과 전술에 따른 기동, 탐지, 교전 등을 표현할 수 있다. 그리고 PU 모델을 통해 훈련자의 위치 정보와 지뢰 지대 정보, 훈련자 정보, 교전 정보를 사용하여 피해 평가를 수행하고 그 결과와 그 외 PU의 정보를 생성해낼 수 있다. PU는 실제 피해 평가가 수행되는 부분이기 때문에 3.3절에서 자세히 다루겠다.

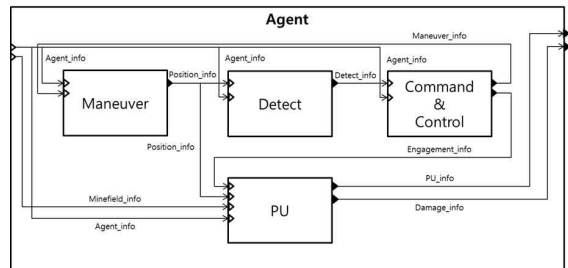


그림 4 가상 훈련장 모델 내 Agent의 DEVS 다이어그램

3.3 PU 모델링

PU는 목적에 따라 CPU와 통신 모델의 결합으로 보는 모델과 피해 평가 절차에 대한 모의를 수행하는 모델 등 다양한 수준으로 모델링 될 수 있지만, 본 논문에서는 사이버 지

뢰 지대 피해 알고리즘을 분석하기 위한 PU Assessment 모델을 그림 4과 같이 모델링하고 구현하였다.

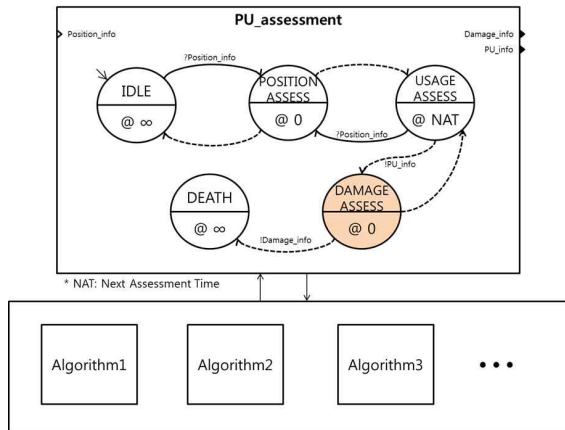


그림 5 PU Assessment 모델

PU Assessment 모델은 그림 1의 훈련장에서 사이버 지뢰 지대 전투 모의 절차를 기반으로 피해 평가 절차를 DEVS 형식론을 사용하여 모델링한 것으로서 그림 5에서 알 수 있듯이 다섯 가지 상태로 구성된다. 초기 상태는 IDLE에서 시작하여 훈련자의 위치 정보인 Position_info가 입력으로 들어오면 훈련자의 위치 평가를 수행하고 POSITION ASSESS 상태로 천이한다. 이와 동일한 방법으로 USAGE ASSESS 상태에서 Position_info가 입력으로 들어오면 위치 평가를 수행하고 POSITION ASSESS 상태로 천이한다. 위치 평가 시 현재 위치가 지뢰 지대 내부가 아닐 경우 내부 상태 천이에 의해 IDLE 상태로 가고, 지뢰 지대 내부일 경우 USAGE ASSESS 상태로 천이한다. USAGE ASSESS 상태에서는 PU의 정보인 PU_info를 발생시키고 DAMAGE ASSESS 상태로 내부 천이한다. DAMAGE ASSESS 상태에서는 모델 외부에서 정의된 알고리즘에 의해 피해 평가가 수행된다. 피해 평가 결과 피해가 발생하면 피해 정보인 Damage_info를 발생시키

고, DEATH 상태로 내부 천이 하고, 피해가 발생하지 않으면 USAGE ASSESS로 내부 천이한다.

3. 실험 및 결과

제안된 프레임워크를 활용하여 세 가지 피해 평가 알고리즘의 상대적인 네트워크 부하를 측정하는 실험을 수행하였다. 실험은 목적에 맞게 PU Assessment 모델을 사용하였고, 중대 규모의 지뢰 지대 전투 상황을 가정했으며, 피해 평가 주기는 1초로 가정했다. 그리고 시뮬레이터는 DEVS의 실행 환경 중 하나인 DEVSIM++ 환경에서 구현했다[5].

상대적인 네트워크 부하는 매 주기마다 EXCON에서 PU로 전송되는 정보의 양, PU에서 EXCON으로 전송되는 정보의 양으로 측정할 수 있다. 실험 결과는 그림 6과 같다.

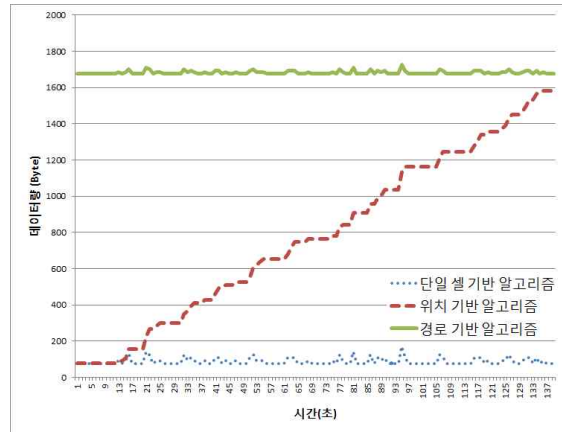


그림 6 알고리즘 별 상대적인 네트워크 부하

실험 결과를 통해 단일 셀 기반 알고리즘이 상대적인 네트워크 부하가 가장 작았고, 부하가 큰 변동 없이 일정함을 알 수 있다. 이는 지뢰 지대를 단일 셀로 관리하기 때문에 매 주기마다 일정하게 전송하는 지뢰 지대 정보량이 적고, 훈련자의 피해 발생 시에만 PU에

서 EXCON으로 전송되는 정보가 발생하기 때문인 것으로 분석할 수 있다.

위치 기반 알고리즘은 시간이 갈수록 상대적인 네트워크 부하가 증가하는 경향을 보임을 알 수 있다. 이는 지뢰 지대를 여러 셀로 관리하여 훈련자의 피해 발생 시 EXCON에서 피해 정보를 받아 훈련장 내 생존한 다른 사용자들에게 지뢰가 폭발한 셀의 정보를 누적해서 전송하기 때문인 것으로 분석할 수 있다.

경로 기반 알고리즘은 상대적인 네트워크 부하가 가장 크고, 부하가 큰 병동 없이 일정함을 알 수 있다. 그래프의 형태는 단일 셀 기반 알고리즘과 유사하지만 정보량의 차이만을 보인다. 이는 지뢰 지대를 여러 셀로 관리하되 훈련자의 이동 경로를 따라 피해 평가를 수행하기 위해 모든 셀의 정보를 매 주기마다 전송하기 때문인 것으로 분석할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 DEVS 형식론을 사용하여 LVC 체계 내의 사이버 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 분석할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 그리고 이 모델을 사용하여 사이버 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘의 상대적인 네트워크 부하를 분석하는 실험을 수행하였다. 이처럼 개발된 시뮬레이션 모델은 LVC 체계 내에 적용할 수 있는 사이버 지뢰 지대 전투 피해 알고리즘을 개발하고, 분석하며, 획득하는 데에 활용될 수 있다. DEVS 형식론을 사용하여 개발하였기 때문에 목적에 맞도록 모델을 수정하거나 추가하기가 용이하다는 장점이 있다. 또한 교범과 전술을 추가함으로써 보다 의미 있는 결과를 획득할 수도 있을 것으로 예상된다.

추후 연구로는 현실 체계를 반영하여 본 논문에서 개발한 시뮬레이션 모델을 고도화 하

고, 사이버 지뢰 지대 전투 피해 평가 알고리즘들의 PU 계산량을 측정하는 것으로 한다.

Acknowledgement

본 연구는 문화체육관광부 및 한국 콘텐츠진흥원의 2009 년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 김탁곤, "모델링 시뮬레이션 공학," 한국정보과학회지, vol. 25, no. 11, pp. 5-15, 2007년.
- [2] U.S.ARM Y SIMULATION OPERATIONS HANDBOOK ver.1.0
- [3] Benard, P. Zeigler., Herbert, P. and T.G. Kim. 2000. Theory of Modeling and Simulation(2nd Edition). Academic Press., 2000.
- [4] Hae Sang Song and Tag Gon Kim, "DEVS Diagram Revised: A Structred Approach For DEVS Modling," 2010 European Simulation and Modeling Conference, Hasselt, Belgium, Oct. 2010.
- [5] Tag Gon Kim, et. al. "DEVSIm++ Toolset for Defense Modeling and Simulation and Interoperation," The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology, Vol. 8, No. 3, pp. 129 - 142, July., 2011.
- [6] Changho Sung and Tag Gon Kim, "Collaborative Modeling Process for Development of Domain-Specific Discrete Event Simulation Systems", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, Vol. 42, No. 4, pp. 532-546, Jul 2012.