

함정 전투체계를 위한 네트워크 시뮬레이터의 사용자 경험 향상 기법

이승민¹, 이늘솜², 장민희³, 이재민⁴, 전태수⁵, 김동성^{*}

금오공과대학교 {IT융복합공학과^{1,2,3,4,*}, 컴퓨터소프트웨어공학과⁵}

{tmdals6164¹, 2alwaysom², jmhee³, ljmpaul⁴, taesoo.jun⁵, dskim^{*}}@kumoh.ac.kr

Scheme to Enhance User Experience for a Naval Combat System Network Simulator

Seung-Min Lee¹, Neul-Som Lee², Min-Hui Jang³, Jae-Min Lee⁴, Tae-Soo Jun⁵ and
Dong-Seong Kim^{*}

Kumoh National Institute of Technology Dept. of {IT Convergence^{1,2,3,4,*}, Computer Software⁵} Eng.

요약

초기 해군 전투체계는 성능, 안정성, 생존 가능성, 확장성 등의 요구사항을 충족하도록 설계되었으나, 차세대 함정 전투체계는 전투체계의 효율성 상승, 체계 중량 감소, 운용성 및 보안성 향상 등의 추가적인 요구사항이 필요로 하며, 초기 설계만으로는 이를 충족하기 어렵다. 또한, 분산 제어망의 센서 노드들이 실시간으로 대량의 데이터를 교환하면서 CPU 처리 능력에 부담을 주고, 성능 저하 및 기타 문제를 초래한다. 이를 해결하기 위해 네트워크 성능 분석 및 최적화 연구가 필요하며, NS-3는 데이터 수집, 시뮬레이션 결과의 시각화 및 분석에서 이점을 제공하므로 해상 네트워크 설계를 검증하는 데 적합한 도구이다. 그러나 NS-3는 초기 설정이 부족하고 시각화 도구가 부족하다는 단점이 있어 본 논문에서는 3D 네트워크 시뮬레이션 기반의 함정 전투체계 기법을 제안한다.

I. 서론

초기 함정 전투체계는 성능, 안정성, 생존 가능성, 확장성 등의 요구사항을 충족하는 데 중점을 두고 설계되었으나 차세대 함정 전투체계는 전투체계의 효율성 상승, 체계 중량 감소, 운용성 및 보안성 향상 등을 추가로 고려해야 하므로 초기 함정 전투체계의 설계만으로는 이러한 추가적인 요구사항을 충족하는 데 한계가 존재한다[1]. 또한, 함정 전투체계에 설치된 분산 제어망의 다양한 센서 노드들이 실시간으로 대용량 데이터를 교환하면서 발생하는 네트워크 트래픽이 CPU의 처리 부하를 증가시켜 성능 저하와 정비 문제를 일으킬 수 있으며, 전투정보시스템 내의 소음과 발열 등 추가적인 문제도 발생시킨다[2]. 이를 해결하기 위해 함정 전투체계의 새로운 네트워크 구조 및 최적화 기법의 필요성이 증가하고 있으며, 네트워크의 성능 분석을 위한 시뮬레이터와 기법에 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다[3]. 최적화된 네트워크 성능 분석을 위해서는 전투체계의 요구사항 및 특성에 적합한 도구를 선택하고, 이에 맞는 시뮬레이션 환경을 구성하는 것이 중요하다. 시뮬레이션 도구 중 NS-3는 높은 유연성과 확장성이 뛰어나 함정 전투체계 네트워크 구조평가에 사용하기 적합하다. 그러나 C++ 기반으로 직관성 및 시각화 도구가 부족하다는 단점이 있어 개선이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 NS-3를 언리얼 엔진과 연동하여 3D 기반의 시각화 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 3D 가상환경을 활용하여 실제 체계환경과 유사한 네트워크 모델을 설계하고, 시뮬레이션 결과를 시각적으로 표현할 수 있는 GUI를 제공한다. 이를 통해 기법의 신뢰성을 확보하는 동시에 사용성과 직관성을 개선하여, 효율적이고 간결한 네트워크 개발 및 성능 분석 환경을 구축하고자 한다. 또한, 3D 기반 시각화는 기존 2D 방식의 시각화보다 더 명확하고 직관적인 이해를 가능하게 한다.

II. 네트워크 시뮬레이션 시각화의 도구 분석 및 시각화의 요구사항

2.1 네트워크 시뮬레이션 도구 분석

네트워크 시뮬레이션 도구는 네트워크 시뮬레이션 방식에 따라 가상화 방식과 이산 이벤트 시뮬레이션 방식으로 구분된다. 가상화 방식은 가상 머신을 생성해 각 네트워크 노드를 구성하고, 시뮬레이션을 수행하는 반면, 이산 이벤트 시뮬레이션 방식은 네트워크 노드를 프로그래밍하고 이벤트를 정의하여 시뮬레이션을 진행한다. 따라서 유연한 네트워크 시뮬레이션 환경을 구축하기 위해서는 프로그래밍을 통해 다양한 시나리오 및 세부 설정을 조정하는 이산 이벤트 시뮬레이션 방식을 활용하는 것이 필요하다. 이산 이벤트 시뮬레이션 도구로는 OPNET, OMNet++, NS-3 등이 있으며, OPNET은 군사 및 방위산업에서 주로 사용되며, 성능 분석과 GUI를 지원하지만, 비용이 많이 들고 자원 요구가 크다. OMNet++는 오픈 소스 도구로 유연성과 확장성이 뛰어나지만, 초기 설정이 어렵고 사용자 정의가 복잡하다. NS-3는 교육과 연구에 적합하며, 확장성이 좋지만 C++ 기반으로 직관성이 떨어지고 시각화 도구가 부족하다[4]. 따라서 다양한 이산 이벤트 시뮬레이션 도구 중에서 본 논문에서는 함정 전투체계의 네트워크 구조평가 및 최적화하기 위한 기법으로 NS-3를 선택하여 설계하였다.

2.2 네트워크 시뮬레이션 시각화의 요구사항

네트워크 시뮬레이션 시각화에서는 사용자 편의와 현실감 있는 3D 환경이 중요하며, 정확성, 실시간 성능, 사용자 경험 등을 고려해야 한다. 네트워크 토폴로지와 장비 배치를 현실적으로 모델링하고, 사용자가 실제 환경에서 유사한 경험을 하도록 실시간으로 네트워크 동작을 시뮬레이션해야 한다. 이를 위해 사용자 친화적인 인터페이스와 데이터 분석 도구가 필요하다. NS-3와 언리얼 엔진의 통합은 이러한 요구를 충족시켜, 실시간

3D 시뮬레이션과 성능 모니터링을 동시에 제공한다.

III. 제안하는 기법

3.1 제안하는 네트워크 시뮬레이션 기법의 구조 설계

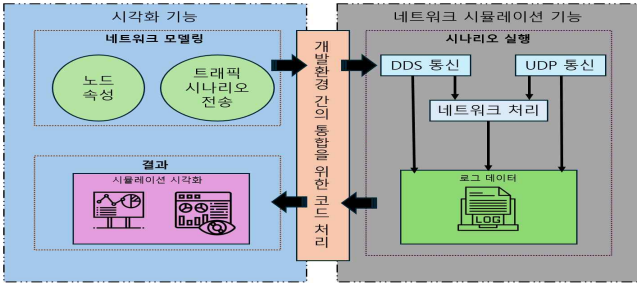


그림 1 3D 기반 네트워크 시뮬레이션 기법의 전체 구조도

본 논문에서 제안하는 함정 전투체계를 위한 3D 기반 네트워크 시뮬레이션 시각화 기법의 전체 구조도는 그림 1과 같다. 전체적인 구조는 시각화 기능과 네트워크 시뮬레이션 기능으로 구성된다. 시각화 기능에서 네트워크 모델링은 함정 전투체계의 네트워크 토폴로지를 구성하는 단계로, 시각화 기능이 포함된 GUI에서 노드의 속성 및 트래픽 전송 시나리오를 설정하는 작업을 포함한다. 네트워크 모델링 과정이 끝나면 설정된 노드 속성과 트래픽 전송 시나리오를 기반으로 NS-3를 사용하여 코드 처리가 진행되며, 이후 시뮬레이션이 실행된다. 코드 처리가 완료된 후에는 시나리오 실행 단계가 되어 DDS 통신과 일반 UDP 통신을 통해 네트워크 처리가 수행된다. 시뮬레이션이 완료되면 생성된 로그 데이터는 GUI를 통하여 시각화를 위한 코드 처리 과정을 거친다. 이 과정에서 분석된 로그 데이터를 바탕으로 네트워크 성능을 평가하기 위한 표, 그래프, 애니메이션 등 다양한 시각화 요소를 포함한 결과가 생성된다.

3.2 네트워크 토폴로지 GUI 설계

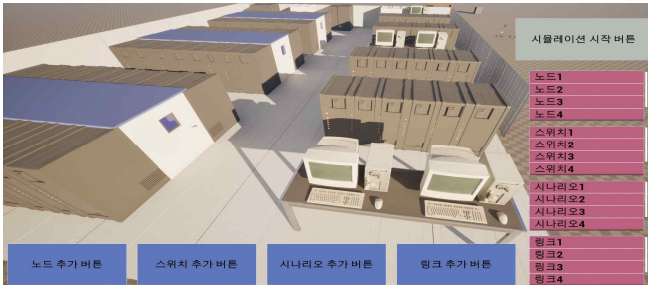


그림 2 네트워크 토폴로지 생성을 위한 GUI

본 논문에서 제안하는 시각화 기능은 네트워크 토폴로지 생성, 연동 코드 처리, 시뮬레이션 결과를 출력하는 기능을 포함한다. 네트워크 구성요소인 노드, 링크 및 시나리오 정보는 GUI를 통해 네트워크 모델링을 수행하면 이후 변수로 정의된 클래스 형태로 연동 코드 처리에 전달된다. 연동 코드 처리는 해당 클래스를 활용하여 NS-3 시뮬레이션 실행 코드를 구성한다. 코드 기반으로 자동으로 실행된 NS-3는 시뮬레이션을 진행하고, 생성된 로그 데이터를 분석한다. 연동 코드 처리는 이러한 데이터를 시각화할 수 있게 가공하며 시뮬레이션 결과 출력 GUI를 통해 시각화한다.

그림 2는 네트워크 구성요소인 노드, 링크 등을 배치하여 네트워크 모델을 3D 형태로 구성 가능한 GUI의 설계를 보여준다. 네트워크 모델링 뷰는 각각의 버튼을 통해 생성된 네트워크 구성요소의 3D 모델을 화면에 Drag-and-Drop 하는 방식을 통해 배치함으로써 네트워크 토폴로지를 구성할 수 있는 가상의 3D 공간이다. 노드 추가 버튼은 사용자가 노드의 그래픽 유형을 선택하며, 노드의 이름, 유형 등과 같은 세부적인 정보를 지정함으로써 노드 모델을 만들 수 있다. 스위치 추가 버튼은 사용자가 스위치의 그래픽 유형을 선택하고, 스위치의 이름, 유형 등과 같은 세부적인

정보를 설정함으로써 스위치 모델을 생성한다. 시나리오 추가 버튼은 통신 방식, 보내는 노드, 받는 노드, 전송 데이터 크기, 전송 데이터 유형 등 실험하기를 원하는 시나리오를 생성하며, 마지막으로 링크 추가 버튼은 링크의 용량과 용량에 따른 색상, 대시 등을 지정하여 링크 모델을 생성한다. 각 패널 목록은 네트워크 모델링 뷰에 생성 및 적용된 노드, 스위치, 시나리오, 링크가 나열된 목록을 표시한다. 시뮬레이션 시작 버튼은 구축된 네트워크 모델링의 성능을 분석할 수 있는 기능이 연결된 버튼이다. 사용자는 노드, 스위치, 시나리오, 링크 버튼 및 패널을 통해 네트워크 모델링을 완성하며, 시뮬레이션 시작 버튼을 누름으로써 간단한 조작으로 네트워크 시뮬레이션을 진행할 수 있다. 이러한 시각화 기능을 통하여 사용자들은 3D GUI를 통해 네트워크의 구성요소인 노드, 링크 및 시나리오 정보를 시각적으로 배치할 수 있으며, 네트워크 토폴로지 구성이 용이하여 네트워크 구조를 직관적으로 파악하고 설계할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 함정 전투체계 네트워크의 시뮬레이션을 효과적으로 수행하고, 그 결과를 시각적으로 직관적이게 확인할 수 있는 3D 기반 시각화 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 기존의 네트워크 시뮬레이션 도구들이 가지고 있는 한계점을 보완하기 위해 NS-3와 언리얼 엔진을 연동하여 실제 환경과 유사한 시뮬레이션 환경을 구축하고, 네트워크의 모델링과 시뮬레이션 결과를 직관적으로 시각화할 수 있는 환경을 제공한다. 이를 통해 사용자는 복잡한 네트워크 구조를 쉽게 이해하고 분석할 수 있으며, 시뮬레이션 후 생성되는 결과값을 효율적으로 분석할 수 있다.

향후 연구에서는 디지털 트윈을 통해 실제 함정 전투체계의 운영 데이터를 실시간으로 반영하여 가상환경에서 시뮬레이션을 진행함으로써 더욱 정교하고 현실적인 네트워크 분석을 기대할 수 있다. 또한, 인공지능 기술을 도입하여 네트워크의 이상 징후를 자동으로 감지하고 적합한 대응을 할 수 있는 시스템을 개발함으로써 시뮬레이션의 정확도와 효율성을 향상하는 방안을 연구할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업(IITP-2024-RS-2024-00438430, 50%) 및 ICT혁신인재4.0 사업(IITP-2024-00156394, 50%)의 연구결과로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] S.-M. Kwon and S.-M. Jung, "Virtualization based high efficiency naval combat management system design and performance analysis," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 23, pp. 9-14, Nov. 2018.
- [2] D.-K. Kim, D.-J. Min and D.-S. Kim, "Design and Implementation of Naval Combat System Using Virtualization Technology," 2016 KICS Winter Conference, pp. 177-178, Jan. 2016.
- [3] M.-H. Jang, J.-H. Lee, S.-H. Lee, J.-M. Lee and D.-S. Kim, "Design and Implementation of Simulator for Performance Evaluation of Naval Combat Network," 2023 KICS Summer Conference, pp. 1,272-1,273, June. 2023.
- [4] J.-W. Kim, W.-J. Ryu, J.-M. Lee and D.-S. Kim, "An Analysis of the Network Simulation Tools for Military Network Design", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 40-50, Mar. 2023.