

함정 네트워크 성능 분석을 위한 HIL 시뮬레이션 시스템 설계

김재우, 권기협⁺, 김동성^{*}

+ICT융합특성화연구센터, *금오공과대학교

jaewookim@kumoh.ac.kr, navkwon@kumoh.ac.kr, *dskim@kumoh.ac.kr

Design of HIL Simulation System for Naval Ship Networks

Jae-Woo Kim, Gi-Hyeob Kwon⁺, Dong-Seong Kim^{*}

+ICT Convergence Center, *Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 함정 네트워크의 성능을 분석하기 위해 가상의 시뮬레이션과 실제 네트워크 노드들을 연결하여 시험할 수 있는 HIL(Hardware-in-the-Loop) 시뮬레이션 시스템을 설계하였다. HIL은 실제 하드웨어 장치와 가상의 시뮬레이션 환경을 결합하여 시스템을 테스트하고 검증하는 기술이다. 차세대 함정 네트워크를 효율적으로 설계하기 위해 네트워크를 사전 시뮬레이션하고 시뮬레이션 결과의 유효성을 검증해야 한다. 제안하는 HIL 시스템은 함정 네트워크 성능 평가를 위해 네트워크 시뮬레이션 도구를 사용하여 함정 특화 네트워크 트래픽을 시험하는 시뮬레이션 소프트웨어와 시뮬레이션 시나리오와 같이 실제 네트워크 노드에서 테스트할 수 있는 시험 소프트웨어를 구동할 수 있도록 설계하였다. 시뮬레이션 소프트웨어와 시험 소프트웨어를 통합하여 시험을 진행하는 HIL 시스템을 설계하였다.

I. 서론

해군 함정 내에는 전투체계, 센서 체계, 통신 체계 등 다양하고 복잡한 체계들을 탑재하고 있으며 이를 통제적 측면에서 전투관리체계, C4I(Command, Control, Communications, and Intelligence)체계, 통합기 관체계, 행정체계로 분류할 수 있다[1]. 다수의 복합 체계로 구성된 함정 체계는 복잡한 네트워크로 구성되며 점차 체계간 데이터들이 통합되고 있다[2]. 새로운 통합 함정 네트워크를 설계하기 위해서는 사전 네트워크 시뮬레이션을 통해 성능을 검증해야 한다. 네트워크 시뮬레이션을 위해 기존 시뮬레이션 도구인 OPNET이나 NS3 등이 사용되었다[3]. 그러나 기존 시뮬레이션 도구들은 함정 네트워크 특성을 반영한 시험 시나리오 설정과 구현이 추가적으로 필요하다. 함정 네트워크의 시뮬레이션과 같은 국방 시뮬레이션은 얼마나 실제와 유사한 결과를 도출하는 것이 중요하다. 이러한 시뮬레이션의 유효성을 검증하기 위해서는 실제 환경에서 테스트한 결과와 시뮬레이션 결과를 비교 검증하여 해결될 수 있다.

현재 방산기업과 국방연구기관에서는 함재기 탑재함과 같은 차세대 함정 네트워크를 설계하고 검증을 진행하고 있다. 주로 검증 단계에서는 함정 네트워크의 일부를 프로토타입으로 장비를 구성하여 시험을 진행한다. 이때 프로토타입은 실제 함정에 탑재될 네트워크 장비와 단말 노드들로 구성되며 실제 함정에서 운용할 소프트웨어를 탑재하고 있다. 함정 네트워크 검증을 위해 각 노드들에게 네트워크 시험도구를 이식하여 시험을 진행한다. 네트워크 시험도구는 네트워크를 설계하고 구성하기 전 사전에 성능을 평가하기 위해 사용된다. 특히 네트워크를 실제로 운용하기 전 네트워크 환경에서 발생하는 문제들을 확인하고 네트워크의 최대 성능을 확인하기 위한 시험 절차이다. 네트워크를 사용하면 네트워크 환경에서 발생 대역폭 부족, 패킷 손실, 지연 시간 등의 문제를 식별하여 대처할 수 있다. 특히 안정성이 강조되는 국방 네트워크에서는 더욱 사전에 장애를 식별하고 해결하는 것이 필요하다. 현재 사용되고 있는 상용 네트워크 시험도구는 네트워크의 패킷을 캡처하고 분석하는 기능을 제공하는 Wireshark와 보안 관련 네트워크 성능을 측정할 수 있는 Nmap, 네트워

크 대역폭 및 사용률, 패킷 손실 등 측정하고자 하는 성능 파라미터에 따라 다양한 도구가 개발되었다[4]. 본 논문에서는 함정 네트워크를 사전에 시뮬레이션할 수 있는 가상의 시뮬레이션 방법과, 실제 함정 네트워크에서 시험할 수 있는 방법 그리고 이 둘을 통합한 형태인 시뮬레이션과 실제 하드웨어를 결합한 HIL 시뮬레이션 시스템을 제안하였다. 프로토타입으로 구성된 함정 네트워크 환경에서는 실제 함정과 같은 대규모 네트워크 시험이 불가능하다. 따라서 시뮬레이션환경과 실제 환경을 복합적으로 테스트하여 대규모 네트워크 테스트를 진행하고 그 결과의 신뢰성 또한 보장할 수 있다.

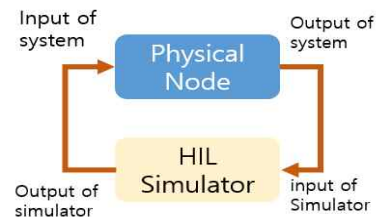


그림 1 단일 노드 HIL 시뮬레이터 블록도

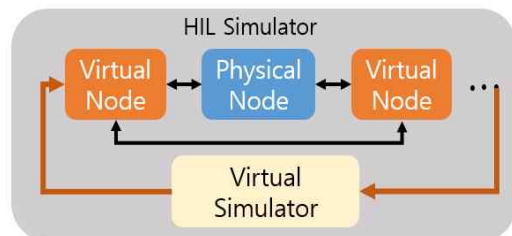


그림 2 가상 노드를 포함하는 HIL 시뮬레이터 블록도

II. 본론

1) Hardware In the Loop 시스템

HIL 시뮬레이션 시스템은 실제 하드웨어 컨포넌트를 시뮬레이션 환경에서 통합하여 실시간으로 시험을 진행하는 방법이다[5]. 그림1은 단일 물리

적 노드를 대상으로 HIS 구성을 보여주는 블록도이다. 실제 하드웨어와 HIS 시뮬레이션 환경을 연결하여 HIS 시스템의 입력과 출력이 실제 하드웨어의 입력과 출력으로 각각 연결되어 다양한 입출력 변수들을 통해 시뮬레이션할 수 있는 구조이다. 그림2는 다수의 가상 노드들과 일부 노드는 실제 하드웨어로 구성된 HIS 구성 블록도이다. 가상 노드는 실제 하드웨어 노드와 동일하게 또는 시험 환경에 따라 차이를 둘 수 있다. 다수 HIS 시뮬레이터는 가상 시뮬레이터를 블록을 포함하여 시험절차나 입력을 생성하고 출력을 모니터링할 수 있다.

2) 제안하는 합정 네트워크 시험을 위한 HIS 시뮬레이션 시스템

현재 합정 네트워크를 사전 시험하기 위한 시뮬레이션과 실제 네트워크 성능을 측정하기 위한 시험 소프트웨어 개발이 진행되고 있고 [6-7].

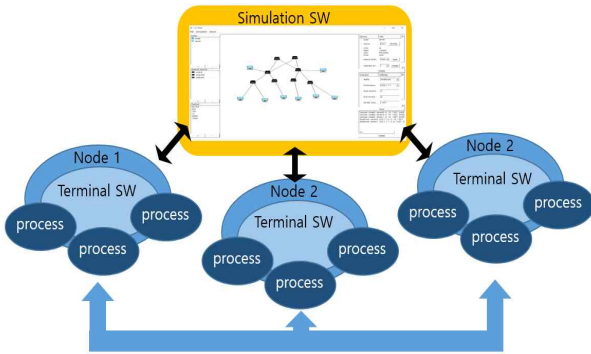


그림 3 합정 네트워크 시뮬레이션 & 시험 SW 개념도(6-7)

본 논문에서는 이들 연구를 결합한 형태의 HIL 시뮬레이션 시스템을 제안한다(그림4). 합정 네트워크에는 전시정보, 전술정보, 연동정보 등 전투 및 운용에 필요한 정보들이 송수신된다. 합정 네트워크 시뮬레이션의 목적은 합정 네트워크에 예상되는 전시 및 전술 데이터를 운용할때 네트워크의 사용율과 데이터량을 증가하였을 때 부하지점, 지연시간 등을 측정하기 위해 사용되며 네트워크 시험의 또한 실제로 구성된 네트워크에서 시뮬레이션의 결과와 같이 데이터가 올바르게 운용되는지 검증하기 위해 사용된다. 따라서 시뮬레이션과 실제 시험을 위해 동일한 시나리오와 동일한 합정 네트워크 구조모델을 사용한다.

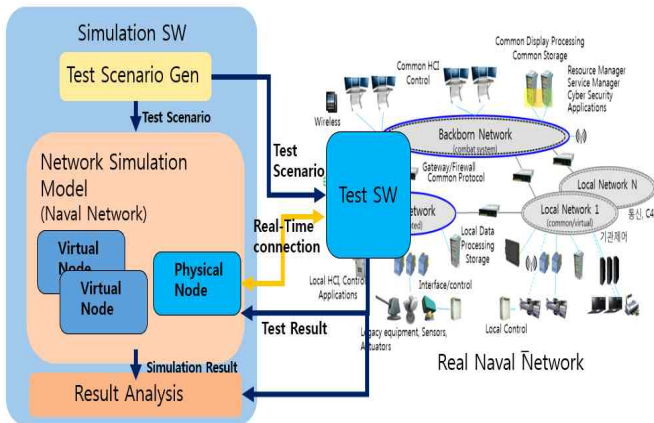


그림 4 제안하는 합정 네트워크 HIL 시스템

제안하는 합정 네트워크 HIL 시스템은 시뮬레이션 소프트웨어와 시험 소프트웨어를 포함한다. 시뮬레이션 소프트웨어는 NS3와 같은 네트워크 시뮬레이션 라이브러리를 활용하여 구현할 수 있고, 합정 네트워크를 모델링할 수 있는 사용자 인터페이스를 지원하거나 프로그래밍 언어를 사용한다. 시험 소프트웨어는 실제로 네트워크 노드들에 이식되어 네트워크 트래픽을 시험할 수 있도록 설계한다. 이때 네트워크 트래픽량은 사용자에 의해 조절될 수 있다. 그리고 HIL 시험을 구현하기 위해 시뮬레이션

소프트웨어에 정의된 노드들은 가상노드(Virtual Node)와 물리노드(Physical Node)로 구분하고 물리노드는 시험 소프트웨어가 이식되어 있는 실제 장비와 실시간으로 연결된다. 이를 통해 시뮬레이션이 수행될때 실제 노드와 실시간으로 연결된 물리노드는 실제 시험 결과를 HIL 시뮬레이션 결과에 반영한다. 제안하는 HIL 시스템은 합정 네트워크 시뮬레이션만을 수행할 수 있다. 노드의 갯수를 늘려 대규모 테스트를 원한다면 네트워크 모델의 가상노드를 늘리고 그 일부를 실제노드와 연결하여 대규모 테스트를 진행할 수 있다. 또한 제안하는 HIL 시스템은 테스트 시나리오를 실제 장비에 이식되어 있는 시험 소프트웨어에 전달하여 가상 시뮬레이션을 배제한 실제 시험만을 진행할 수 있도록 설계하였다.

III. 결론

본 논문에서는 합정 네트워크 성능을 분석하기 위해 가상의 시뮬레이션과 실제 네트워크 노드들을 연결하여 시험할 수 있는 HIL 시뮬레이션 시스템을 제안하였다. 제안하는 HIL 시스템은 합정 네트워크 성능 평가를 위해 네트워크 시뮬레이션 도구를 사용하여 합정 특화 네트워크 트래픽을 시험하는 시뮬레이션 소프트웨어와 시뮬레이션 시나리오와 같이 실제 네트워크 노드에서 테스트할 수 있는 시험 소프트웨어를 구동할 수 있도록 설계하였다. 또한 시뮬레이션 소프트웨어와 시험 소프트웨어를 통합하여 시험을 진행하는 HIL 시스템을 설계하였다. 제안하는 HIL 시스템을 이용하여 다양한 네트워크 시나리오를 시뮬레이션 뿐만아니라 실제 네트워크에서도 시험할 수 있다. 각 시험의 결과 비교를 통해 합정 네트워크의 효율성을 사전에 검증할 수 있으며, 대규모 네트워크 시험이 가능하다. 또한 시뮬레이션 결과에 신뢰성을 확보할 수 있다. 향후 제안하는 HIL 시스템을 실제로 구현하여 합정 프로토타입 시험 환경에서 검증할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업과 기초연구사업으로 수행된 연구임(2018R1A6A1A03024003, 2022R1H1A1A010701058).

참고 문헌

- [1] 오성원, "합정 통합체계의 통합 아키텍처 연구", 한국군사과학기술학회지, Vol. 21. No 1, pp. 103-114, 2018
- [2] 김동성, 허성길, "합정 전투 시스템의 분산 제어 통신망 기술." The Magazine of Kiice, Vol 13. No 2, pp 47-53, 2012
- [3] George F Riley and Thomas R Henderson, "The ns-3 network simulator In Modeling and tools for network simulation, pp 15-34, Springer, 2010
- [4] Lamping, Ulf, and Ed Warnicke. "Wireshark user's guide." Interface 4.6, 2004
- [5] Mihalic, F., Truntic, M., Hren, A. "Hardware-in-the-Loop Simulations: A Historical Overview of Engineering Challenges" MDPI electronics, Vol 11, pp. 2462, 2022
- [6] 류원재, 김재우, 이재호, 유재학, 김동성, "합정 전투체계용 네트워크 및 처리장치 범용 성능 분석 도구 설계 및 구현", 한국통신학회 학술대회논문집, 179-180. 2024
- [7] 김재우, 류주연, 유재학, 김동성, "합정 네트워크 성능 시험을 위한 트래픽 시험도구 설계 및 구현", 한국통신학회 학술대회논문집, 53-54. 2023