

LXC 환경을 이용한 한국형 합동 전술데이터링크체계의 소프트웨어 모의시험에 관한 연구

함형석* · 구영훈** · 송대영***

A Study on the Software Simulation Test of the Joint Tactical Data Link System Using the Linux Container Environment

Hyeong-Seok Ham* · Young-Hoon Goo** · Dae-Young Song***

요약

전장 환경에서 점차 네트워크의 중요성이 확대되고 있다. 시간이 지날수록 한국형 합동 전술데이터링크 체계에서 사용하는 전술데이터링크의 종류가 많아지고 있으며 그만큼 전술데이터링크 시스템을 탑재한 군의 무기체계가 증가하고 있다. 광범위해지는 전장에 안정적인 소프트웨어를 제공하기 위해 철저한 품질 검증이 요구된다. 본 연구는 한국형 합동 전술데이터링크 체계사업의 안정성 검증을 위해 리눅스 컨테이너 환경을 이용하여 최소한의 물리적 공간과 하드웨어 자원으로 다양한 모의시험을 수행하는 방안에 대해 살펴본다. 이를 통해 유사한 성격의 리눅스 기반 체계사업에서도 한정된 시험환경에서 최대한의 시험 역량을 확보하여 보다 높은 안정성과 신뢰성을 확보하는데 기여하고자 한다.

ABSTRACT

The importance of networks is gradually expanding in the battlefield environment. As time goes by, the types of tactical data links used in the Korean JTDLS are increasing, and the military's weapon systems equipped with tactical data link systems are increasing. Thorough quality verification is required to provide stable software to the wider battlefield. This study examines how to prepare an environment in which various simulation tests to verify the stability of the Korean JTDLS project can be conducted as diverse as possible using minimal physical space and Hardware resources. Through this, it is possible to improve the completeness of the project and secure the stability of the program, and it is intended to contribute to securing higher stability and reliability by securing maximum test capabilities in a limited test environment even in Linux based system project of a similar environment.

키워드

Joint Tactical Data Link System Batch II, Linux Container, LXC, Software Quality Management
한국형 합동 전술 데이터링크체계, 리눅스 컨테이너, 소프트웨어 품질 관리

* 한화시스템 선임연구원(hs89.ham@hanwha.com)

** 국방과학연구소 선임연구원 (gyh0808@add.re.kr)

*** 교신저자 : 국방과학연구소 연구원

• 접수일 : 2023. 10. 25

• 수정완료일 : 2023. 11. 18

• 게재확정일 : 2023. 12. 27

• Received : Oct. 25, 2023, Revised : Nov. 18, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023

• Corresponding Author : Dae-Young Song

Dept. AGENCY FOR DEFENSE DEVELOPMENT

Email : daeyoungsong@add.re.kr

1. 서론

한국형 합동 전술데이터링크체계(JTDLS)는 섬세하고 즉각적인 데이터 전달을 위해 군사작전에 사용되며, 데이터 전달 과정에서 시스템의 문제가 발생하거나 명령 하달이 제대로 이뤄지지 않으면 막대한 군사적 피해를 초래한다. 또한, 각 플랫폼에서 시스템이 차지하는 비중이 증가하고, 작전운용성 향상을 위한 다양한 기능이 추가됨에 따라, 소프트웨어의 복잡도가 크게 증가하고 있다[1].

때문에, 한국형 합동 전술데이터링크 체계의 시스템 개발은 소프트웨어의 안정성 향상과 상호운용성 보장이 대단히 중요하다. 소프트웨어의 체계적인 개발 및 품질 향상과 상호운용성 관리를 위한 정부기관의 훈령 및 지침에서는 이를 위한, 프로세스 및 매뉴얼을 제시하고 있으며, 각 플랫폼의 연동 환경구성에 따라, 정교한 기준과 절차를 적용하여 시험하여야 한다.

하지만 이러한 세부 기준과 방법들을 만족시키기 위한 절차는 다수의 플랫폼과 복잡한 환경이 요구된다. 시험환경 구성을 위한 많은 하드웨어 자원이 필요하며, 이런 하드웨어를 수용할 넓은 공간과 구축에 필요한 인력과 시간이 필요하다.

특히 한국형 합동 전술데이터링크체계가 탑재되는 각 지점은 각기 다른 환경설정을 가지고 운영하게 된다. 그뿐만 아니라 향후 신규 플랫폼 및 운용 데이터링크 추가를 고려하였을 때, 시험을 위한 환경구성의 경우의 수는 크게 증가한다.

본 논문은 한국형 합동 전술데이터링크체계를 예로 들어 기술한다. 이를 통해 추후 한국형 합동 전술데이터링크체계와 유사한 리눅스 환경을 사용하는 여러 시험에 참고 사례로 활용될 수 있도록 하고자 한다. 이를 통하여 본 논문은 안정성 검증을 위한 소프트웨어 모의시험에 대한 개요, 한국형 합동 전술데이터링크체계 사업의 특성을 살펴보고 이에 따른 소프트웨어 모의시험을 통한 기대 효과를 기술한다.

II. 가상화 기술 및 필요성 분석

2.1 LXC와 가상머신

일반적으로 가상머신을 말하면 윈도우 기반의 가상머신들을 떠올리게 된다. 하지만 LXC는 Linux

Container의 약자로 리눅스 운영체제에서 동작하는 가상머신이다. 가상머신이라는 큰 틀에서 보면 가상머신과 LXC는 그 성질이 흡사하나 실상은 껍을 달리한다. 흔히 사용하는 가상머신은 VMware, Oracle, VirtualBox, HyperV, KVM 등 다양하다. 하지만 이런 가상머신의 경우 하나의 컴퓨터 내에 새로운 물리적 컴퓨터를 만들어내는 것과 같다.

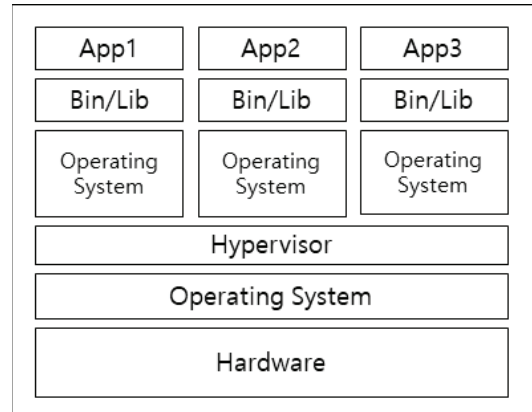


그림 1 가상머신의 구조
Fig. 1 Architecture of virtualization machine

그림 1과 같이 일반적인 가상머신의 구조는 호스트 운영체제에 각 가상머신을 관리하기 위한 Hypervisor가 탑재되고 각 가상머신에는 각기 다른 게스트 운영체제가 설치된다. 만약 각 게스트 운영체제가 서로 다른 운영체제로 동작해야 하는 조건이라면 위의 구조가 효율적일 수 있으나, 한정된 자원을 이용하여 시스템을 구성해야 하는 조건에서 이와 같이 운용하기 위해서는 필요 이상의 아주 높은 사양의 하드웨어가 요구된다. 뿐만 아니라 동일한 하드웨어를 공유하고 있음에도 각 가상머신마다 하드웨어 구성을 설정하고 이를 사용할 수 있도록 하드웨어와 연관된 유틸리티의 소프트웨어들과 디바이스 드라이버들을 게스트 운영체제마다 동일하게 반복 설치해야 한다. 이러한 설치 유틸리티 소프트웨어들과 디바이스 드라이버, 환경 설정 파일들이 각 운영체제마다 반복적으로 설치될 경우 한정된 하드웨어 자원이 불필요하게 소모되고 설치하는 과정에서 운용자의 불필요한 시간소모까지 발생한다.

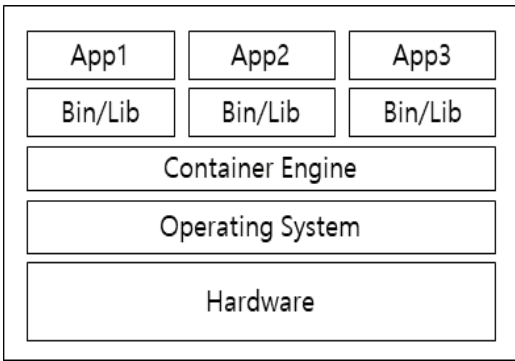


그림 2 리눅스 컨테이너 구조
Fig. 2 Linux container architecture

반면, LXC의 경우 그림 2와 같이 메인 운영체제를 각 컨테이너가 함께 사용하고 있고, 각 어플리케이션이 격리 환경으로 분리되며, 모든 컨테이너는 하나의 운영체제 위에서 동작한다.

운영체제를 공용으로 사용할 경우 동일한 하드웨어 사양이 요구되는 구성에서 각각의 커널 패키지와 디바이스 드라이버를 한 번만 설치 하면 각 어플리케이션 영역에서 동일하게 적용된다.

결론적으로 리눅스 컨테이너를 사용할 경우 각 운영체제를 사용하기 위한 하드웨어 자원을 절약하여 물리적 공간을 더 확보할 수 있다. 그리고 veth와 같은 가상 이더넷 드라이버를 이용하여 하드웨어 구성을 자유롭고 간편하게 설정이 가능하다. 또한 동일한 소프트웨어를 반복적으로 설치할 필요가 없으며, 새로운 컨테이너를 생성하는 데 걸리는 시간을 아껴 설치의 편의성이 확보된다.

2.2 한국형 합동 전술데이터링크체계(JTDLs)

한국형 합동 전술데이터링크체계 사업은 한국형 합동 전술데이터링크체계가 지원하는 각 전술 데이터링크(Link-16, Link-K, KVMF 등)의 메시지 프로토콜 표준문서와 서로 다른 데이터링크 간의 메시지를 서로 교환할 수 있도록 규정한 중계 표준문서의 최신 개정본을 적용하며, 신규 데이터링크의 체계 내 가입과 통합을 위한 개발을 진행하는 사업이다[2-3].

지속적으로 한국형 합동 전술데이터링크체계가 다양한 데이터링크를 포함하며 확장됨에 따라 지상, 함정, 차량, 항공기 및 헬기 등 다양한 플랫폼에 대한

검증 및 시험이 요구된다.

특히 한국형 합동 전술데이터링크체계의 기반이 되는 데이터링크인 Link-K의 경우 합동 전력의 핵심이 되는 만큼 이중 데이터링크 간의 상호운용성을 확보하기 위해 심층적인 검증 및 다양한 시험이 필요하다 [4].

III. 한국형 합동 전술데이터링크 시험에 LXC적용 방안

3.1 사업의 특성

한국형 합동 전술데이터링크체계의 중심이 되는 Link-K는 무선, 유선, 위성 네트워크 타입을 사용한 동일한 플랫폼이라도 사용하는 네트워크에 따라 각기 다른 환경이기 때문에 경우의 수가 기하급수적으로 늘어난다. 일부 플랫폼들은 그 용도가 명확하여 사용하는 네트워크가 확정적인 반면 그 외의 경우엔 모든 네트워크 조합을 고려해야 할 수밖에 없다.

하나의 플랫폼을 구성하기 위해서는 스위치나 라우터, 모뎀, GPS등 추가적인 장비들을 제외하더라도 필수적으로 데이터링크 처리기(DLP)와 체계 상태 관리기(SSMS)가 탑재되는 리눅스 운영체제 장비, 전술 상황 전시기(TSD)와 네트워크 관리기(NMSS)가 탑재되는 윈도우 운영체제 장비, 두 개의 장비가 필요하다.

최소한의 구성으로 준비할 경우에도 플랫폼이 Link-K 종류로만 약 10가지 이상으로, 다중화 지점의 경우까지 포함할 경우 그 수가 더 늘어나게 된다. 이런 모든 플랫폼을 다양한 링크와 네트워크 구성을 연동하여 시험할 경우 해당 장비 및 추가적인 물품을 놓기 위한 많은 물리적 공간이 요구되며, 전력, 인력, 시간 등 다양한 부분에서 많은 비용이 발생한다[5].

3.2 시험 대상 선정

한국형 합동 전술데이터링크체계는 전체 메시지를 처리하는 전술데이터링크 처리기와 각 CSCI 간에 상태를 관리하는 체계 상태 관리기가 리눅스 운영체제에서 동작한다. 그리고 운용자에게 인터페이스를 제공하는 전술 상황 전시기와 망 관리를 위한 네트워크 관리기가 윈도우 운영체제에서 동작하도록 구성되어 있다. 이 중 기능의 가장 중요한 기능은 리눅스 운영체제에서 동작하는 데이터링크 처리기이다[6].

전술데이터링크 처리기에서는 전술 상황 전시기에서 생성되는 메시지나 외부 Link로부터 수신하는 메시지를 처리하여 목적에 맞게 전술 상황 전시기로 송신하여 운용자가 볼 수 있게 하거나, 각 링크에 맞게 가공하여 송신하여 타 플랫폼으로 메시지를 전달한다. 체계의 기능과 각 메시지에 대한 정상 동작을 시험하기 위해서는 전술데이터링크 처리기에 대한 시험이 가장 중요하다.

전술데이터링크 처리기가 동작하는 리눅스 기반의 장비는 동일한 하드웨어와 동일한 리눅스 버전, 동일한 리눅스 커널 패키지를 설치하고 사용하도록 되어 있다. 이러한 점에서 한국형 합동 전술데이터링크체계는 각각의 플랫폼을 커널 공간을 공유하는 리눅스 컨테이너 환경을 이용하여 구성했을 때 물리적 공간 및 하드웨어 사용 최소화, 환경 구축 시간 감소에 있어 상당한 이점이 있다.

3.3 시험 수준 정의

앞서 기술한 바와 같이 한국형 합동 전술데이터링크체계 사업은 다양한 플랫폼과 각 플랫폼에서 사용하는 여러 네트워크 방식에 의해 경우의 수가 많고 가능한 많은 경우의 수를 다양한 시험을 통해 검증하여 안정성을 확보하는 것이 중요하다.

본 연구의 가장 핵심이 임베디드 시스템과 같이 한정적인 자원을 갖는 환경에서 플랫폼 환경 구축에 필요한 최소한의 하드웨어 자원을 사용하여, 최대한 많은 플랫폼을 구축하는 것이다. 따라서 시험환경에 얼마나 많은 플랫폼을 구현할 수 있는지가 핵심 요소이다. 하나의 컨테이너에 데이터링크 처리기와 체계 상태 관리를 설치하여 정상 동작 시 자원을 얼마나 소모하는지 판단 할 수 있는 기준이 필요하다. 하나의 컨테이너를 운용할 때 휴지기와 가장 많은 메시지를 송수신 중일 때 자원 사용량을 확인한다.

최소한의 자원으로 최대 운용 가능 컨테이너 동작 수를 측정한다.

각 컨테이너의 데이터링크 처리 기능이 정상적으로 수행되는지 확인하기 위해 송신플랫폼에서 발생한 메시지가 컨테이너에 도달하여 표준에 맞게 데이터를 정상적으로 변환하여 송신되는지 확인한다. 확인하고자 하는 컨테이너에 전술 상황 전시기를 설정하여 내부 메시지 또한 확인한다.

수신플랫폼에서 송신플랫폼의 메시지와 비교하여 메시지 정상 여부를 확인한다. 또한 운용자의 조작이 요구되는 메시지들이 있다. 이 경우에 본 시험환경에서 가능한 메시지와 불가능한 메시지를 구분한다.

송신플랫폼과 수신플랫폼을 직접 연결했을 때 메시지 도달 시간과 컨테이너를 통한 메시지 도달 시간을 측정하여 성능 차이 여부를 확인한다.

IV. 한국형 합동 전술데이터링크 시험수행 방안

4.1 개요

본 시험은 리눅스 컨테이너를 이용한 한국형 합동 전술데이터링크체계의 시험에 편의성과 효율성을 추구하는 시험이다. 해당 시험을 통해 기존 대비 시험에 필요한 공간과 하드웨어 자원 사용, 환경구성의 편의성 개선 여부를 중점적으로 확인하며 기존 시험과 동일한 성능 결과를 확인한다.

4.2 시험환경 구성

최소한의 공간과 하드웨어를 이용하기 위해 세 대의 노트북과 8포트 L2 스위치 허브로 시험환경을 구성했다.

시험 결과를 실시간으로 확인하기 위해 일반적인 환경의 송신플랫폼과 수신플랫폼을 구성하여 전술 상황 전시기를 통해 송신과 수신을 확인할 수 있도록 한다. 리눅스 컨테이너는 성능에 맞춰 시험하고자 하는 플랫폼의 최대 수만큼 생성한다. [7][8]

이후 리눅스 컨테이너의 설정은 Link-K를 세 가지 유선, 무선, 위성으로 분류한 뒤 각각의 망을 이어주는 플랫폼들을 구성한다.

다양한 시험을 위해 플랫폼 대부분은 Link-K 단일 망을 사용하고, 일부 중계플랫폼들만 망을 연결하는 중계플랫폼으로 사용한다.

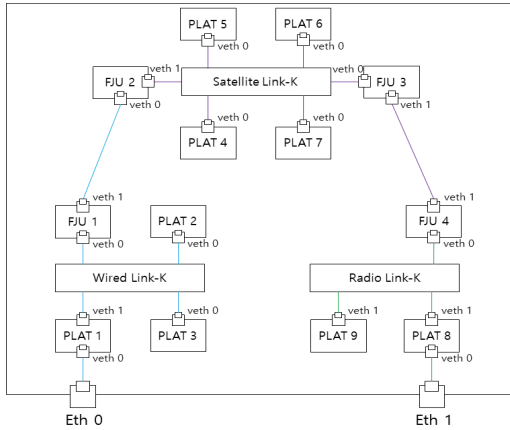


그림 3 한국형 합동 전술데이터링크 처리 소프트웨어 LXC 네트워크 구성도
Fig. 3 JTDLs LXC network configuration diagram

각 시험이 최대한 많은 조건에 해당하기 위해 다양한 플랫폼을 거쳐서 목적지에 도달하기 위해 컨테이너의 네트워크를 그림 3과 같이 직렬로 구성한다. [9][10]

4.3 시험 시 제한사항

컨테이너의 운영체제가 리눅스로 한정되는 만큼 윈도우 운영체제로 동작하는 프로그램의 경우 확인 및 동시 시험이 제한된다.

네트워크 관리의 경우 데이터링크 처리기의 환경 설정을 통해 네트워크 관리를 실행하지 않더라도 메시지를 주고받는 시험수행이 가능하지만 네트워크 관리 자체에 대한 시험은 진행할 수 없는 제한사항이 있다.

전술 상황 전시기의 경우 시험이 진행되는 동안 각 컨테이너의 상황을 확인할 수가 없다. 각 컨테이너의 상황을 확인하기 위해 전술 상황 전시기를 구성할 경우 결국 컨테이너의 수만큼 가상머신을 이용하거나 컨테이너 수만큼의 장치가 필요하다.

4.4 제한사항 극복 방안

본 시험은 데이터링크 처리기에 대한 수행 능력과 다양한 시험을 검증하기 위함으므로 네트워크 관리의 경우 별도 시험이 요구된다. 하지만 전술 상황 전시기의 경우 데이터링크 처리기 시험의 중간 과정 검

증을 위한 도구이므로, 사용해야 한다.

이를 극복하기 위한 첫 번째 방법으로 각 데이터링크 처리기에서 전술 상황 전시기로 송신하는 내부 메시지에 대한 로그를 확인하는 방법이 있다. 내부 메시지가 정상적으로 표준을 따라 송신되었다면 정상 동작으로 판단하는 방법이다. 하지만 이는 시험자가 직관적으로 확인할 수 있는 수단이 아니므로 두 번째 방법을 제안한다.

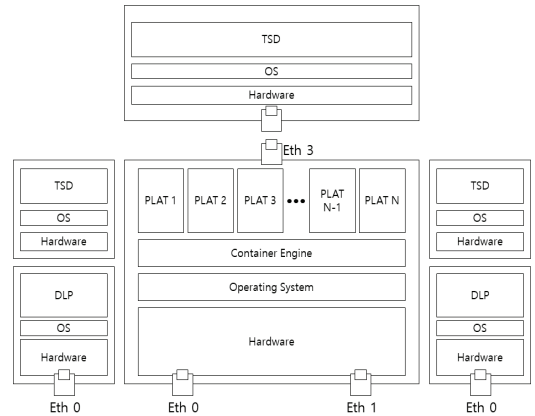


그림 4 컨테이너를 이용한 시험환경 구성안
Fig. 4 Diagram of a test environment using container

두 번째 방법은 그림 4의 상단부와 같이 이더넷 포트를 하나 이용하여 전술 상황 전시기를 단독으로 운영하는 장치를 마련한다. 이후 모든 컨테이너에 veth를 생성하여 eth3번 포트와 연결한다. 이후 각 컨테이너에 맞는 IP로 전술 상황 전시기에 내부 메시지를 송신한다.

전술 상황 전시기는 확인하고자 하는 컨테이너에서 송신하는 IP에 맞게 환경설정 파일의 수신 IP를 바꿔가며 해당 컨테이너가 송신한 메시지를 정상적으로 전시험을 확인한다.

V. 리눅스 컨테이너를 이용한 모의시험

5.1 모의시험

시험을 위해 Intel i7-8550U 1.8GHz 옥타코어에 메모리 DDR4 16GB인 노트북에 쿼드코어에 메모리

4GB인 리눅스 가상머신을 운용했다. 리눅스 컨테이너를 사용시 메인 시스템에서 top 명령어로 CPU사용률을 보면 100%로 표기된다. 이를 메인 시스템에서 # docker stats을 통해 실제 컨테이너가 사용하는 자원을 확인 할 수 있다. 시험 결과 하나의 컨테이너에 메시지를 송수신하는 과정에서 사용되는 CPU는 8개 코어 중 4개 코어를 사용하는 가상머신에서 5% 미만이었다. 대량의 메시지를 생성할 경우를 대비하여 6개의 컨테이너를 생성하여 시험을 진행하였다.

송신플랫폼과 수신플랫폼의 경우 데이터링크 처리기를 가상머신에서 운용하고 전술 상황 전시기를 가상머신이 동작 중인 윈도우로 구성하였다.

5.2 시험 결과

노트북 여덟 대로 수행해야 할 시험을 세 대로 수행할 수 있었다. 장비 수의 감소에 비례하여 시험 공간 또한 대폭 축소되었다. 이를 통해 시험에 고성능 장비를 사용할 경우 장비의 성능에 비례하여 물리적 공간과 하드웨어 비용이 대폭 감소함을 확인했다.

시험환경구성의 경우 모든 컨테이너의 리눅스 커널을 한 번만 구성하면 되어 반복 작업이 대폭 감소하였으며, 기준 컨테이너를 설정 후 복제하는 방식으로 진행하여 시간이 대폭 감소하였다.

송신플랫폼에서 하루 동안 생성한 약 14만 개의 각종 메시지가 정상적으로 수신플랫폼에 도달하는 것을 확인했다. 메시지 송수신의 중간 과정을 확인하기 위해 설치한 전술 상황 전시기에도 정상적으로 전시되었다.

기존 시험 대비 시험환경 구성에 드는 물리적 공간과 하드웨어 자원, 시험환경 구성에 걸리는 시간이 대폭 감소하였음에도 시험의 안정성과 성능이 기존 시험과 동일함을 확인했다.

5.3 시험 시 문제점

사전시험 중 컨테이너 환경설정 누락으로 송신한 메시지가 수신플랫폼에 정상적으로 도달하지 못했을 경우 이를 각 컨테이너의 로그를 하나씩 확인하는 과정에 많은 시간이 소요되었다.

일반적으로 메시지 관리기를 통해 송수신 메시지를 확인한다. 메시지 관리기 역시 윈도우 프로그램이므로 이 과정을 각 컨테이너가 데이터링크 처리기의 로그

를 통해서 확인하는 방법으로 대체하였다. 이때 각 컨테이너가 소량의 로그를 저장해도 실제 하드웨어의 저장공간에는 컨테이너 수만큼 로그가 쌓여 지속적인 저장공간 관리기능이 필요하였다.

VI. 결 론

전장을 구성하는 플랫폼들은 점점 디지털화되어가고 있으며 이는 곧 한국형 합동 전술데이터링크를 탑재하여 보다 신속 정확하게 상황을 판단하고 효율적으로 지휘를 할 수 있게 되는 환경으로 이어진다. 점차 더 많은 플랫폼이 한국형 합동 전술데이터링크에 가입하는 만큼 개발 과정에서 모든 플랫폼을 시험하기 위한 환경구성에 많은 자원이 소모될 것이다. 현실에 타협하여 간소화한 시험을 통해 검증이 진행될 경우 실 전장에서 발생할 수 있는 모든 장애 상황을 방지할 수 없다. 실 전장에 투입되었을 때를 대비하여 가능한 모든 메시지의 안정성 검증과 과부하 시험을 최소한의 자원을 이용하여 많은 경우의 수로 시험할 때 최대의 안정성을 확보할 수 있다.

해당 연구를 통해 같은 시험 공간과 자원을 이용하여 보다 많은 경우의 모의시험을 할 수 있는 기반이 마련될 것이다. 본 연구를 통해 관련 사업의 완성도가 향상되어 대한민국 군의 안정적인 작전 운용에 도움이 되길 기대한다.

감사의 글

본 논문은 2023년도 정부의 재원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Y. Song, Y. Lee and Y. Goo "A Study on the Weapon System Software Reliability Testing for the Joint Tactical Data Link System Project Case", *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. pp. 663-670, vol. 17, no. 4, Aug. 31. 2022
- [2] J. Hang, S. Jung and K. Lee "A Study On the Multi-tactical Data Link Data Management", *J.*

of *The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. pp. 457-464, vol. 15, no. 3, Jun. 30. 2020

- [3] S. Jung, J. Park, Y. Lee and J. Hwang "A Study on the Expansion and Improvement of the Tactical Data Link Processing Structure for Link-22 SNC Interface", *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. pp. 1045-1052, vol. 16, no. 6, Dec. 31. 2021
- [4] Agency for Defense Development "CDR Agenda of JTDLs Batch II program", *Joint Tactical Data Link System Critical Design Review Report*, Nov. 2021
- [5] B. Chae and Y. Goo "A study on interoperability between tactical data links", *J. of Korea Institute of Military Science and Technology*, Daejeon, Nov. 2022, pp. 551-552
- [6] K. Lee "A Study on the Improvement of Transmission Speed of Data Link Processor", *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. pp. 1069-1076, vol. 14, no. 6, Dec, 31. 2019
- [7] H. Cho "A Study on the In-Memory Network Performance between Virtual Machines in Server Virtualization", *The Journal of Korean Institute of Communication and Information Sciences*, Jeju, June. 2015, pp. 334-336.
- [8] C. Jeong and T. Kang "Performance Comparison of Virtualization Domain in User Level Virtualization", *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. pp. 1741-1747, vol. 8, no. 11, Dec. 31. 2013
- [9] Y. Lee, S. Kim and M. Lim "Methodology of Interoperating Link-K Track Number in Multi TDLS", *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38C, no. 12, pp. 1186-1195, 2013.
- [10] J. Choi, J. Lee and S. Park "A Study on the Configuration of High Availability C2 System Node based on Tactical Data Link", *Conf. of Korea Institute of Military Science and Technology*, Jeju, June. 2019, pp. 1199-1200

저자 소개



함형석(Hyeong-Seok Ham)

2014년 영남대학교 학과 졸업(공학사)

2014년 ~ 2020년 SECUI 재직

2021년 ~ 현재 한화시스템 재직

※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 네트워크, 전술데이터 통신시스템



구영훈(Young-Hoon Goo)

2016년 고려대학교 컴퓨터정보학과 졸업(공학사)

2020년 고려대학교 대학원 컴퓨터정보학과 졸업(이학박사)

2020년 ~ 2021년 한국과학기술정보연구원 박사후연구원

2021년 ~ 현재 국방과학연구소 선임연구원

※ 관심분야 : 전술데이터링크, Link-K, Link-16, Link-22, 소프트웨어, 네트워크



송대영(Dae-Young Song)

2017년 한남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2019년 충남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2019년 ~ 2022년 슈어소프트테크 재직

2022년 ~ 현재 국방과학연구소 연구원

※ 관심분야 : 전술데이터링크, 소프트웨어, 소프트웨어 시험

