

# 제한된 대역폭에서 무인 원격 사이트의 전술 운용을 위한 Link-16 호스트 시스템 설계 및 구현

정 민 규\*

## Design and Implement a Link-16 Host System for Tactical Operation of Unmanned Remote Sites with Limited Bandwidth

Mingyu Jung\*

---

이 논문은 2024년 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임

---

### 요 약

Link-16 전술데이터링크 필수 구성요소인 호스트 시스템은 전술정보 처리, 전시 및 송수신을 담당하는 핵심 모듈이다. 하지만, 현재 운용중인 호스트 시스템은 모두 해외 도입 장비로 확장개발, 정비 등의 유지보수가 필요할 때 상당한 시간, 경제적 비용이 요구된다. 따라서 국내 최초의 Link-16 호스트 시스템을 개발했으며 환경 요구사항에 따라 제한된 대역폭에서 포화도 관리, 압축처리 등의 기술을 적용했고 서버-클라이언트 구조로 설계하여 무인 원격 사이트의 효과적인 운용이 가능하도록 구현했다. 개발 호스트는 해외 장비를 활용한 테스트 베드를 구성하여 호스트 시스템의 기능 검증을 완료했으며 추가적으로, 강건성 확보를 위해 대량 전술 메시지 처리 등의 시험을 진행했다. 결과적으로, Link-16 호스트 시스템 국산 개발을 통해 해외 장비를 대체 하여 기술지원 및 대응이 신속히 이루어질 것으로 기대한다.

### Abstract

The host system for operating link-16 data link is the core module responsible for processing, displaying, and transmitting tactical information. However, the host systems currently in operation are all overseas-imported equipment, which requires considerable time and economic costs when maintenance such as expansion and development is required. Therefore, we developed the first Link-16 host system in Korea, and applied technologies such as saturation management and compression processing in limited bandwidth according to environmental requirements, and designed it as a server-client structure to enable effective operation of unmanned remote sites. The host system has completed basic function verification by configuring a testbed utilizing overseas equipment, and furthermore, a large-scale tactical message processing test was conducted to ensure robustness. As a result, the development of the Link-16 host system is expected to replace overseas equipment and enable rapid technical support and response.

### Keywords

data link, link-16, host system, gateway manger, MIDS terminal, JREAP

---

\* 국방과학연구소 연구원  
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5270-2003>

· Received: Apr. 02, 2024, Revised: May 08, 2024, Accepted: May 11, 2024  
· Corresponding Author: Mingyu Jung  
Command and Control Systems PMO, Agency for Defense Development  
05771 Songpa P.O Box 132, Seoul, Republic of Korea  
Tel.: +82-2-3400-2776, Email: [mgjung@add.re.kr](mailto:mgjung@add.re.kr)

## 1. 서 론

전술데이터링크는 레이더, SONAR, 피아식별(IFF, Identification Friend or Foe), 전자기전(Electric warfare) 등의 처리된 전술정보를 송수신할 수 있는 수단을 제공한다. 과거에는 음성 위주의 무선망으로 전술정보를 교환하고 수동으로 정보를 처리하였으나 현재는 데이터통신 기술의 발달로 NATO, 미 국방부에서 정의한 STANAG, MIL-STD에서 규정된 다수 전술데이터링크 프로토콜을 통해 전술정보를 처리한다[1]. 전술데이터링크의 종류는 지상, 해상, 공중 플랫폼 등 사용 목적에 따라 Link-16, Link-11, Link-22, VMF, CDL(Common Data Link) 등으로 구분된다[1][2].

현재 군에서는 목적에 맞는 전술데이터링크 프로토콜을 사용하여 전략 체계를 운용함과 동시에 독자적인 전술데이터링크인 Link-K 개발에 힘쓰고 있으나, 주요 전략 무기, 감시/정찰 자산 운용 및 연합작전에 초점을 맞추기 위해선 Link-16 전술망 구성이 필수적이다. Link-16 기반의 전술데이터링크 구성 개요는 그림 1과 같다. 무선 구간 전술 데이터 송수신을 위한 MIDS(Multifunctional Information Distribution System) LVT(Low Volume Terminal), 전술정보를 각 프로토콜에 맞게 처리하기 위한 데이터링크처리기(DLP, Data Link Processor), 운용자가 전술 상황을 확인하고 운용 가능하도록 하기 위한 전술상황전시기(TSD, Tactical Situation Display)로 구성된다[3]-[5].

방공통제소와 같은 고정된 지상 전력의 전술데이터링크 구성은 위 구성과 기본적으로 같으며 유선 인터페이스가 추가로 구성된다. 유선 인터페이스는 대표적으로 LOS(Line-of-Sight), 잠음과 같은 무선 통신의 환경변수에 비하여 빠르고 안정적인 통신 수단을 제공할 수 있어 고정된 위치의 지상전력에 주로 사용된다. 대표적으로 JREAP(Joint Range Extension Application Protocol), SIMPLE(Standard Interface For Multiple Platform Link Evaluation) 인터페이스를 사용한다[6][7].

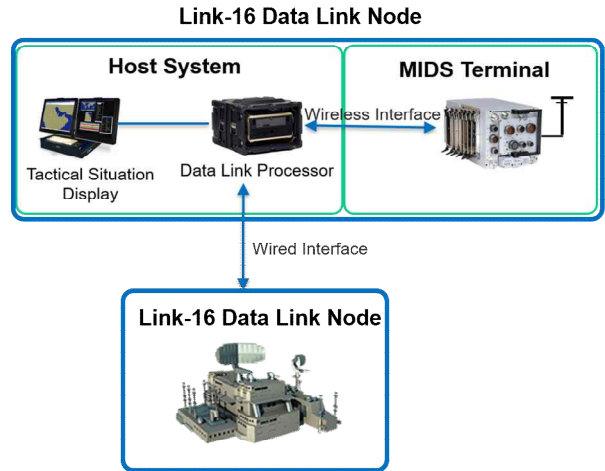


그림 1. Link-16 데이터링크 개요  
Fig. 1. Link-16 Data link overview

전술데이터링크의 호스트 시스템이란 그림 1과 같이 DLP, TSD 포함하는 전술자료 처리와 사용자 인터페이스를 제공하는 시스템을 의미한다. 현재 군에서 운용중인 Link-16 호스트 시스템, MIDS 터미널은 모두 해외 도입 장비를 사용한다. 해외 도입 장비는 자체 도입 비용이 클 뿐만 아니라 장비의 하드웨어 및 소프트웨어 업그레이드, 결함 및 추가 요구사항이 있을 때 요구되는 시간과 비용이 과도하게 들어간다. 이러한 측면에서 호스트 시스템과 MIDS 터미널의 국산화 필요성이 대두되지만, MIDS 터미널의 경우 암호모듈에 대한 접근 권한 문제로 국산 개발이 불가능하다. 반면에, 호스트 시스템은 NATO 또는 미 국방부에서 승인받은 각 프로토콜의 ICD(Interface Control Document) 문서에 따라 국산 개발이 가능하다. 이에 따라서 우리는 노후 교체 비용 절감, 확장개발 비용 절감 등 유지보수 측면에 유리한 이점을 가지며 해외 기관에 대한 의존도를 낮추기 위해 국산 호스트 시스템을 개발했다.

개발 호스트 시스템은 그림2와 같이 운용 요구사항을 반영했다. 운용 요구사항은 첫째로 한 개 운용노드에서 다수 무인 원격 사이트의 운용이 가능해야 한다. 여기서, Link-16 유선망을 통한 단순 전술 정보 교환이 아닌, MIDS 터미널 설정 정보 및 운용 정보 등 직접 통제가 필요한 정보를 설정할 수 있어야 한다. 둘째로 WAN 구간의 제한된 대역폭을 고려해야 한다. WAN 구간 송수신 정보는 Link-16 전술정보, 연동 정보, 설정 정보 등 전술정보 이외의 다수 정보가 존재한다.

또한 전술데이터링크 특성상 주기적으로 송수신되는 정보가 다수 존재하여 이를 고려한 설계가 필요하다. 이러한 요구사항은 기존 호스트 시스템으로 달성하기 어려우며 개발 호스트 시스템은 운용 요구사항을 만족하기 위해 서버-클라이언트 구조설계를 진행했다. 먼저 서버와 클라이언트 단 기능 분배를 위한 모듈화를 진행했다. 인터페이스 연동, 메시지 처리 및 중계를 수행하는 처리 모듈과 연동 관리, 상황도 전시 기능 등의 전시 모듈을 분리하고 운용 노드는 전시 모듈, 무인 원격 사이트에는 처리 모듈을 배치했다. 하지만, 각 노드의 연동은 WAN 구간의 대역폭은 제한적으로 대량의 전술 메시지가 송수신되는 경우 원활한 통신이 불가능하다. 따라서 개발 호스트 시스템은 WAN 구간 대역폭을 고려한 전시 필터링, 용량 포화도 관리, 압축처리 기법을 반영했다. 전시 필터링이란 전술 상황전시, 전술 자료처리 모듈 간 송수신 전술정보를 감소하기 위한 기법으로 설정된 용량 포화도화 같이 작용하여 WAN 구간 대역폭을 줄일 수 있다. 압축처리는 로그 데이터와 같이 실시간 송수신이 불필요한 정보에 압축처리를 하여 프로세싱 타임 대비 용량을 효과적으로 줄일 수 있었다.

마지막으로 개발 호스트 시스템은 검증된 해외장비와 연동하여 기능 및 성능을 평가했다. 시험을 통해 개발 호스트 시스템의 기본적인 전술정보 처리 및 전시 능력과 인터페이스 연동 및 관리 능력을 확인할 수 있었으며, 대량 전술정보 처리 및 관리 능력도 확인했다.

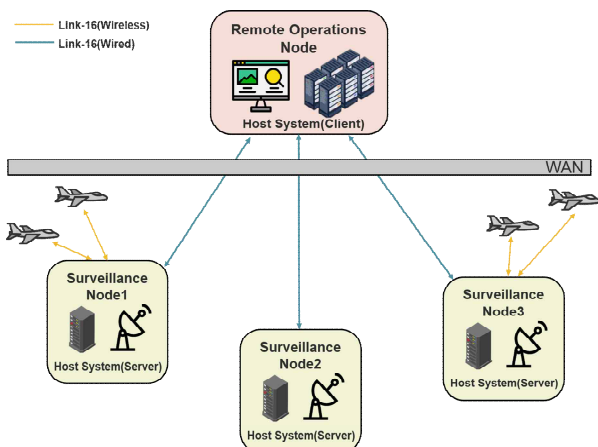


그림 2. 호스트 시스템 운영 개념  
Fig. 2. Host system operational concept

## II. 관련 연구

Link-16 전술데이터링크는 호스트 시스템과 MIDS 터미널로 구성된다. 각 시스템은 기술 개발에 따라 형태와 기능이 발전했으며, MIL-STD-6016, 3011, MIDS ICS(Interface Control Specification), SS(System Specification) 등의 표준 문서가 개정됐다 [8][9]. 호스트 시스템은 처리 모듈인 DLP와 전시 모듈인 TSD로 구성되며, 유기적인 관계로 인해 1개 SW로 구성되거나 목적에 따라 서버-클라이언트 형태를 가진다. 현재 군 체계에서 운용중인 대표적인 Link-16 호스트 시스템은 GM, JRE가 있으며, GM은 주로 MIDS 연동 노드, JRE는 유선 연동 노드에 사용된다. 이는 사용 목적에 따라 구현된 표준의 범위가 다르기 때문이다. GM, JRE 모두 로컬 망에서의 사용을 전제로 개발된 제품으로, 현재 개발 요구사항인 대역폭이 제한된 원격지 간 운용을 위해서 서버-클라이언트 구조에 전술정보 관리 기술 적용이 요구된다.

MIDS 터미널은 전술데이터링크의 무선 통신을 담당하며 SDU(Secure Data Unit)인 암호장비가 삽입된다. 그림 1과 같은 외형을 가지며 호스트 시스템의 DLP와 연동된다. 전술정보는 16-Bit 형태의 FIM/FOM으로 정의되며 전술정보뿐만 아니라 네트워크 파일, 시간 동기, 안테나 출력 등의 설정 정보가 송수신된다. 최근 MIDS 터미널의 기능 및 보안성 향상을 위한 상위 버전의 제품이 출시됐다. 기존 호스트 연동 방식인 1553B 시리얼에서 이더넷 연동으로 변경됐으며, 탑재된 연합암호 장비가 신형 암호장비로 교체되었다. 또한 향상된 대역폭(ET: Enhanced Throughput), 주파수 재할당(FR, Frequency Remapping), 동시 수신(CCR, Concurrent Contention Receive), 망 동시 운용(CMN, Concurrent Multi Netting) 등 향상된 기능이 추가로 구현되었다. 암호장비 및 신규 기능을 사용하기 위해선 모든 Link-16 무선 연동체계가 같은 버전의 터미널을 사용해야 하며, 신형 MIDS 터미널 운용을 위한 호스트 시스템 또한 추가 개발 및 교체가 필수적이다. 이에 따라서 개발 호스트 시스템은 신규 터미널의 연동 인터페이스 규격 개발, 신규 기능 활성화 및 활용을 위한 기능을 구현이 필요하다.

국내 개발 Link-16 호스트 시스템은 없으며, 타종 데이터링크는 대표적으로 Joint Tactical Data Link System(JTDLS) 체계가 있다. JTDLS는 Link-16을 기반으로 개발된 Link-K 전술데이터링크를 운용하는 체계를 의미한다. Link-K는 유선, 무선, 위성 네트워크로 구분되며, 무선 네트워크는 Link-16과 같이 MIDS 터미널과 같은 통신 단말을 사용하여 UHF 대역에서 TDMA 접속방식을 기반으로 전술정보를 교환한다.

MIDS 터미널은 Link-16 암호장비의 보안 문제로 국내 개발은 불가하지만, 기능 모의를 수행하는 에뮬레이터는 개발된 사례가 있다. 최근 국내 MIDS 터미널 에뮬레이터 제품으로는 ELITE(Emulator for Link-16 MIDS Terminal)가 존재한다[3]. ELITE는 구형 MIDS 터미널의 TDMA 특성에 따른 네트워크 설계 파일 해석 및 망 운용 모의가 가능하며, 현재 Link-16 호스트 시스템 개발 및 시험환경에 사용 중이다[3][5].

결과적으로 GM, JRE의 해외 제품 분석을 통해 기본 기능 구현 및 사용자 편의성을 개선하고, 신형 MIDS 터미널의 인터페이스 규격, 신규 기능 활성화를 위한 기능을 구현하여 해외 장비를 대체할 수 있는 Link-16 호스트 시스템을 개발하고자 한다.

Link-16 호스트 시스템은 전술자료처리부와 전술 상황전시부로 구성된다. 전술자료처리부는 크게 외부 인터페이스의 연동을 관리하고 규정된 형태의 전술 메시지를 생성, 해석하여 송신 및 수신하는 역할을 담당한다. 전술상황전시부는 운용자 인터페이스를 의미하며, 처리된 전술정보를 상황도기반 심볼 형태로 전시하여 운용자가 전술 상황을 알 수 있도록 한다. 그림3과 같이 개발한 호스트 시스템은 기존 호스트 시스템 구성에 더하여 총 6개의 모듈인 연동 및 중계, 전술자료처리, 전술상황전시, 인터페이스 관리, 모니터링 처리, 모니터링 전시 모듈로 구성된다.

연동 및 중계 모듈은 다중 인터페이스 연동 관리, 처리 및 중계 기능을 수행하는 소프트웨어 모듈로서 호스트 시스템의 입력, 출력단에 위치한다. 전술자료처리 모듈은 연동 및 중계 모듈에서 수신받은 전술정보 중 Link-16 전술정보를 해석하고 관련 절차를 처리하는 호스트 시스템의 핵심 모듈이다. 인터페이스 관리 모듈은 연동 및 중계 모듈의 인터페이스 운용 및 설정을 관리할 수 있는 GUI기반 소프트웨어로 JREAP-C, MIDS 터미널 및 GPS 연동에 관련된 정보들을 운용자가 설정 및 변경할 수 있도록 하는 운용자 인터페이스를 의미한다.

### III. 호스트 시스템 구조 설계

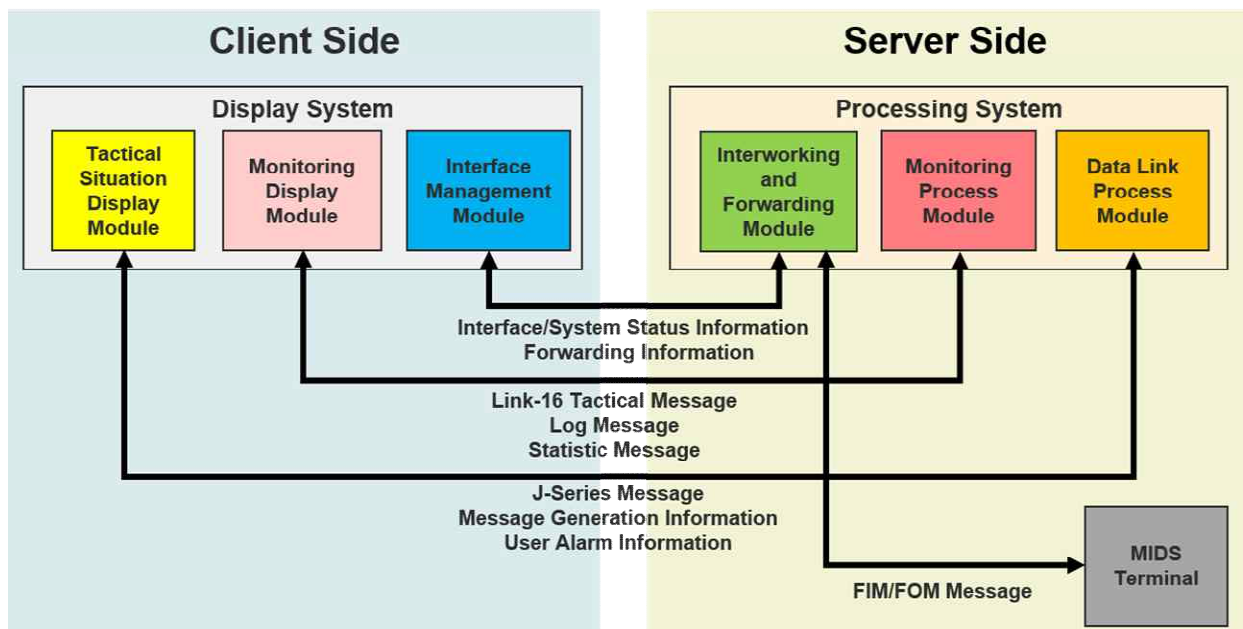


그림 3. 호스트 시스템 구성도

Fig. 3. Host system diagram



전술상황전시 모듈은 전술자료처리에서 해석 및 처리된 전술정보를 상황도기반의 심볼 전시를 통해 운용자가 전술정보를 확인하고 운용할 수 있도록 설계된 모듈이다. 모니터링은 처리부와 전시부로 나뉘어 있으며 처리부에서는 각 인터페이스에서 수신된 메시지를 분석 및 저장하는 역할을 담당하고 메시지 모니터링 전시부는 처리부에서 수신한 메시지를 인터페이스별 규정된 포맷에 따라 필드 단위로 해석하여 운용자에게 전시하는 역할을 한다. 결과적으로 운용자 인터페이스를 위한 모듈은 인터페이스 관리, 전술상황전시, 모니터링 전시 모듈이며, 전술정보를 처리하고 관리하는 모듈은 전술자료처리, 연동 및 중계, 모니터링 처리로 구성된다. 다음으로는 각 모듈의 특징과 역할에 대해 세부적으로 설명한다.

### 3.1 인터페이스 연동 및 중계 관리

인터페이스 연동 및 중계를 관리하는 모듈은 전시 모듈의 인터페이스 관리와 처리 모듈의 연동 및 중계 모듈이다. 인터페이스 관리와 연동 및 중계 모듈의 전체적인 구조는 그림4와 같다. 각 모듈의 내부 연동 메시지는 WAN 구간에서 인코딩된 메시지 포맷으로 송수신된다. 연동 및 중계 모듈에서는 통제 및 관리, 메시지 모니터링 처리, 전술자료처리 모듈과 연동되어 연동 인터페이스에서 송수신되는 전술 메시지를 각 모듈로 연결하는 매개체 역할을 담당하며 통제 및 관리 모듈은 연동 인터페이스 상태정보를 수신 및 전시하여 운용자가 인터페이스 연동 상태를 확인할 수 있도록 하고 설정된 인터페이스 운용, 관리 정보를 연동 및 관리 모듈에 송신하여 적용한다.

본 호스트 시스템에서는 3개 연동 인터페이스를 고려했으며 유선 통신을 위한 JREAP-C 연동, 무선 통신을 위한 MIDS 터미널 연동, 위치 및 시각 정보를 위한 GPS 연동으로 구성된다.

JREAP-C 인터페이스는 고정된 위치의 전술 플랫폼에서 주로 사용되는 통신 프로토콜이며 OSI 구조 기반의 이더넷 TCP, UDP Unicast, Multicast 통신 기능을 지원한다. JREAP-C는 MIL-STD-3011C의 표준 문서에서 메시지 처리 절차와 메시지 구조에 대한 설명을 상세히 기술하고 있으며, 시각 동기화, 연동, 필터 설정, 중계 설정, 전술정보 송수신을 위한 X-

메시지를 정의하고 있다.

JREAP-C의 초기 인터페이스 연동은 양측 노드 간 TCP, UDP 등의 통신 방식뿐만 아니라 시각 동기화 또한 고려된다. JREAP-C에서 시각 동기화는 CTR(Common Time Reference) 메시지 교환을 통해 이루어지며 크게 UTC(Universal Time Coordinated) 시각 정보와 RTT(Round Trip Time) 시각 정보를 이용한 동기화 방식이 존재한다. 동기화는 각 JREAP 노드 간 CTR 협상 상태 전이(CTR state transition)를 통해 이루어지며 사용 가능한 시각 정보, 선호하는 시각 정보를 바탕으로 조건에 따라 Listening, Established, Final, Fail의 상태가 존재하며 Final 및 Established 상태에서 정상적인 JREAP-C 연동이 가능하다. 개발 호스트 시스템은 TCP, UDP Unicast, Multicast 방식을 포함한 JREAP-C 인터페이스를 수십 개까지 동시 연결을 지원한다. JREAP-C 인터페이스에서 주로 사용되는 메시지는 Link-16 전술정보 송수신을 위한 메시지 및 NPG 할당이 가능한 메시지가 있으며 운용 관리 메시지는 필터정보 설정, 송신 지연 값 관리, 중계 설정 관리 등의 메시지가 주로 사용되며 이외에도 다양한 목적의 메시지가 존재한다. 본 시스템에서는 수십 종의 X 시리즈 메시지를 구현했으며, 그림 4와 같이 연동 및 중계 모듈의 JREAP 컴포넌트에서 그 기능을 수행한다.

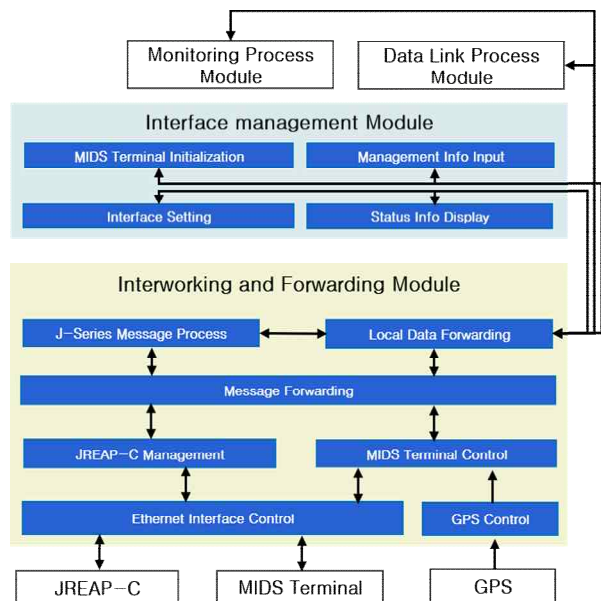


그림 4. 인터페이스 관리 및 연동 및 중계 모듈 구성도  
Fig. 4. Interface management and interworking and forwarding diagram

Link-16 메시지의 무선 송수신을 위해선 암호모듈이 탑재된 MIDS 터미널 연동이 필수적이다. 터미널 인터페이스 연동은 타 인터페이스와 같이 규정된 ICD에 관련 절차와 메시지가 상세히 규정되어있다. 관련 문서는 크게 SS(System Specification), ICS(Interface Control Specification) 문서가 존재한다. 연동 매체는 MIDS 터미널의 플랫폼 종류와 사용 목적에 따라 1553B 시리얼, 이더넷 IEEE 802.3 인터페이스로 구분된다. 본 개발 호스트 시스템은 연동 터미널의 플랫폼과 요구사항을 고려하여 이더넷 기반 연동 인터페이스를 개발했다. 이더넷은 터미널과 호스트 간 10/100 Mbps 데이터 전송률을 보장하며, 1553B의 1Mbps보다 최소 10배 이상의 데이터 전송률을 나타낸다. ICS에 정의된 터미널 연동을 위한 필수 구현 메시지는 BIM, BOM, FIM, FOM 메시지로 구성된다. 여기서 BIM, FIM은 호스트에서 터미널로 입력되는 메시지를 의미하고, BOM, FOM은 그 역순을 의미한다. OSI 7계층 대비 BIM, BOM 메시지는 Physical Layer부터 Transport Layer까지 FIM, FOM 메시지는 Application Layer 기능을 담당하는 메시지다. 따라서 BIM, BOM 메시지에는 최소 1개 FIM, FOM 메시지가 포함되고 운용자는 FIM, FOM 메시지를 통해 Link-16 전송정보를 확인할 수 있다.

Link-16 터미널 운용은 초기 이더넷 연동 절차 이후 IDL(Initialization Data Load) 형태의 초기 설정 정보 파일 장입이 요구된다. IDL은 Time Slot, NPG, NTR과 같은 네트워크 정보와 전송모드, LTTI, Control 채널 등 운용에 필수적인 정보들이 내포돼 있다. IDL은 터미널에 총 8개까지 장입할 수 있으며, 개발 호스트 또한 8개 IDL 파일 장입 및 전시가 가능하다. 호스트와 터미널 연동 간 Link-16 관련 J-메시지는 MIDS 터미널 개발에 따라 크게 2가지로 나뉘며 만약 ET(Enhanced Throughput) 기능이 활성화되었다면 기존과 다른 종류의 FIM, FOM 메시지 포맷을 통해 송수신된다. IDL은 기본적인 네트워크, 플랫폼 설계 정보가 반영된 파일이지만 실시간 운용에 따라 변경될 수 있고 그 정보는 터미널이 유지하고 있다. 따라서 개발 호스트 시스템은 지속적으로 터미널에 BIT 정보, 시각 정보, ETR, NPG 등 주요한 운용정보를 선별 요청해 전시한다.

이는 본 시스템의 인터페이스 관리 모듈에서 연동 및 중계 모듈을 통해 지속적으로 터미널에게 상태 정보를 요청하고, 수신된 메시지를 전시하는 구조로 운용된다.

마지막 연동 인터페이스는 GPS이다. 작전 운용 체계 간 합의된 정확한 시각 정보는 필수적으로, 일반적으로 GPS기반 시각 정보를 활용한다. 군용 GPS를 통해 시각 및 위치 정보는 NMEA 프로토콜을 이용해 수신할 수 있다. 개발 호스트 시스템은 군용 GPS와 시리얼 연결을 위한 RS-232 전송 규격을 준수해 개발했으며 NMEA 규격에 따른 디코딩 모듈과 시각 정보 전달을 위한 인터페이스를 설계했다.

### 3.2 전송자료 처리 및 전시

Link-16 호스트 시스템의 핵심 모듈로 Link-16 전송정보를 처리하고 운용자에게 전시하는 기능은 전송자료처리, 전송상황전시 모듈에서 수행한다. 일반적으로 전송자료처리 모듈에서는 Link-16 정보만 처리하며 인터페이스 관련 메시지는 연동 및 중계, 인터페이스 관리 모듈에서 처리한다. 이에 따라서 개발 호스트 시스템의 Link-16 전송정보 처리 절차는 다음과 같다. 연동 및 중계 모듈을 통해 JREAP-C, MIDS 터미널 인터페이스에서 메시지가 수신되면 메시지 디코딩 후 처리대상 메시지 여부, 중계 여부를 판단하여 전송자료처리 모듈로 송신되거나 중계 처리된다. 전송자료처리 모듈로 송신되는 메시지는 Link-16 전송정보를 포함하고 있는 처리대상 메시지로서 MIL-STD-6016 문서의 절차에 따라 처리되고 중계 모듈로 송신되는 메시지는 처리대상 메시지가 아니거나 지정 노드가 아닌 경우 중계 표 설정에 따라 중계된다.

전송자료처리 모듈은 크게 메시지 해석 및 생성, 트랙 처리, 전송자료 관리, 재생정보 저장관리부로 구성된다. 첫째로, 메시지 해석부는 수신 Link-16 메시지를 표준 규격을 준수하여 필드 단위별 해석을 진행한다. 만약 해석된 메시지가 표준 규격을 준수하지 않을 때 해당 메시지를 버리고 정상적으로 해석된 메시지는 전송자료 관리부로 전송된다. 전송자료 관리부에서는 전송자료 트랜잭션 처리, 사용자 입력 처리를 수행한다[10].

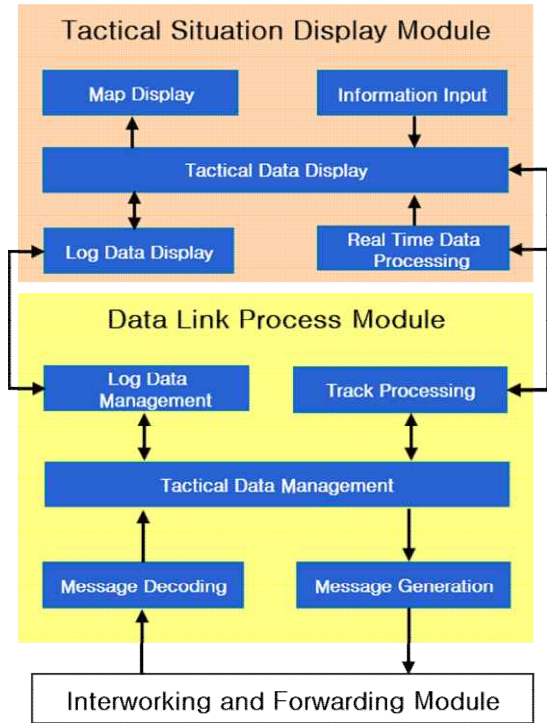


그림 5. 전술자료 처리 및 전시 구성도  
Fig. 5. Data link processing and display diagram

트랜잭션이란 구체적인 작업을 수행하기 위한 1 개 또는 다수의 관련된 처리 시퀀스를 의미한다. Link-16 관련 트랜잭션은 기존 수신 메시지의 속성 변경 절차, 트랙 처리, PPLI 처리, 명령 처리, 텍스트 메시지처리 등 다수 존재한다. 전술자료 관리부는 전술상황 전시 모듈과 직접적으로 메시지를 송수신하여 처리된 전술자료를 송신하거나 운용자 입력을 처리한다. 둘째로, 트랙 처리부는 트랙 DB 관리, 트랙 처리/전시 용량 관리 작업을 수행한다. 트랙은 시간에 따른 보외법, 제거 등의 처리가 핵심적이기 때문에 수신 시간에 따른 위치, 속도, IFF, 타입 등의 속성 정보를 관리한다. 트랙 처리/전시 용량은 대량의 전술 메시지가 송수신될 때 사용되는 기능으로 WAN 구간 대역폭을 고려해 설계됐다. 이는 4장에서 상세히 설명한다. 다음으로, 재생정보 저장 관리부는 운용자가 과거 시간의 전술정보를 전술상황 전시 모듈에서 확인할 수 있도록 현재 송수신 되는 데이터를 저장 관리하는 기능을 수행한다. 마지막으로 메시지 생성부는 처리된 전술 메시지 또는 운용자 입력에 의한 전술 메시지를 송신할 때 Link-16 메시지 포맷 및 규격에 따라 전술 자료를 생성한다.

전술상황전시 모듈은 지도 전시, 정보입력, 재생 전시, 전술자료 전시부로 구성된다. 첫 번째로, 지도 전시는 상황도 기반의 트랙, PPLI 등의 전술정보를 심볼 형태로 처리하는 작업을 수행한다. 정보입력에서는 운용자가 GUI 내 설정한 입력을 처리하며 대표적으로 텍스트 입력, 포인터 생성, 전시 대상선정 등이 있다. 다음으로 재생 전시 처리에서는 실시간 현황전시 이외의 기록된 과거 데이터를 기반으로 재생 작업을 수행한다. 재생 작업에서는 현황전시와 반대로 텍스트 생성, 포인트 생성과 같은 작업은 제한된다. 전술자료 전시에서는 전술자료 처리 모듈에서 수신한 정보를 상황도에 전시할 수 있도록 데이터를 변환하는 작업을 수행하며, 대표적으로 트랙 속성, 개수, 경로, 위치 전시를 처리하고, 텍스트, 명령, 운용 메시지 등 운용자 알림이 필요한 메시지의 경고 이벤트를 생성한다.

### 3.3 메시지 모니터링

전술상황전시 모듈에서는 상황도를 기반으로한 Link-16 전술정보를 심볼 형태로 확인할 수 있었다면, 모니터링 모듈에서는 인터페이스를 통해 송수신되는 X-시리즈, FIM/FOM, J-시리즈 메시지를 메시지 기반으로 확인할 수 있다. 모니터링 모듈의 특징은 인터페이스 단 메시지를 필드 단위로 표현해 운용자가 더 많은 정보를 확인할 수 있고 시간의 흐름에 따라 메시지를 도시하므로 메시지 송수신 흐름을 원활히 파악할 수 있다. 모니터링 모듈은 전시 기능 이외에도 필터 설정, 로그 저장 기능 등을 수행하며 전체적인 구조는 그림 6과 같다.

필터 설정 기능은 메시지 모니터링 전시 모듈에서 전체 메시지 중 일부 메시지만 선택적으로 전시하기 위한 기능으로 전시 대상선정 필터와 색상 필터로 구분된다. 전시 대상선정 필터는 운용자가 선택한 메시지만 전시하도록 설계된 필터로 J-메시지, X-메시지, FIM/FOM 메시지, 송수신 구분, STN 정보를 선택할 수 있으며, 특정 메시지를 선택하면 활성화되는 조건식 필터가 추가적으로 존재한다. 조건식 필터는 Link-16 트랙 정보와 관련된 속도, 방향과 같은 속성값을 설정할 수 있으며 J3.2, J3.3과 같은 메시지가 이에 해당한다.

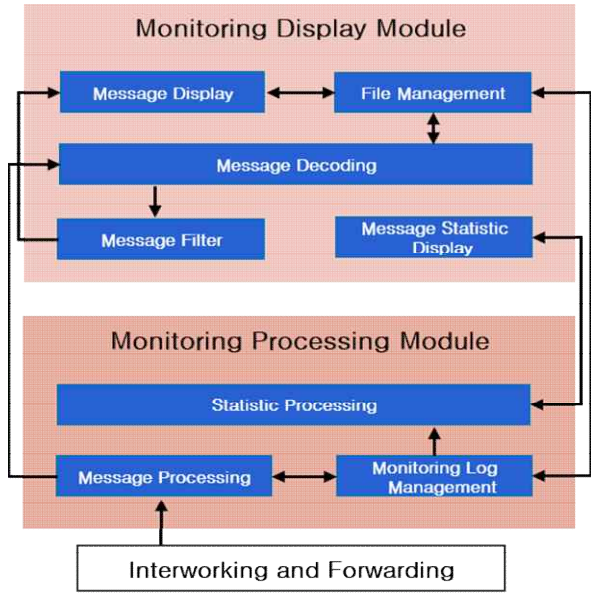


그림 6. 모니터링 처리 및 전시 구성도  
 Fig. 6. Monitoring processing and display diagram

전시 대상선정 필터는 각 메시지의 연관성을 고려하여 다음 수식과 같이 동작한다.

여기서  $M_A$ 은 운용자가 선택한 전시 대상 메시지 집합을 의미하며, 각 집합은 필터 설정 창에서 운용자가 전시 목적으로 선택한 요소가 포함된 메시지 집합을 의미한다. S는 STN, T는 송수신 구분,  $F_L$ 은 FIM/FOM 메시지 중 Link-16 메시지와 관련된 메시지,  $X_L$ 은 X-메시지 중 Link-16 메시지와 관련된 메시지, J는 Link-16 메시지, C는 조건식 필터, F는 FIM/FOM 메시지, X는 X-시리즈 메시지 집합을 의미한다. 운용자가 각 필터 속성에서 메시지를 선택하지 않았을 때, 각 집합은 전체 집합으로 간주한다. 이와 같은 전시 대상선정 필터를 활용하면 운용자가 필드 단위까지 고려하여 전시대상을 선정할 수 있을 뿐만 아니라 관리, 운용 메시지를 동시에 확인할 수 있어 기존의 필터링 방식에서 불편한 점을 개선할 수 있다.

$$M_A = S \cap T \cap ((F_L \cup X_L) \cap J \cap C) \cup (F - F_L) \cup (X - X_L) \quad (1)$$

색상 필터는 운용자가 선택한 메시지에 원하는 색상을 표기하는 필터로서, 속성과 기능은 전시 대상선정 필터와 같다. 색상 필터에서는 총 5개의 필

터를 설정할 수 있다. 5개의 색상 필터는 우선순위를 가지며 운용자가 우선순위를 변경할 수 있다. 각 필터의 적용 순서는 다음과 같다. 먼저 전체 메시지에 대해 전시 대상선정 필터가 적용되고 다음으로 색상 필터의 각 필터는 낮은 우선순위에 따라 선 적용된다. 따라서 색상 필터 메시지 집합을  $M_B$ 라고 할 때,  $M_B \subset M_A$ 이다.

로그 저장 기능은 인터페이스를 통해 송수신되는 전술정보를 저장하는 기능으로 현재 전시 중인 메시지와 별도로 저장된 로그를 전시할 수 있는 이력 전시 기능도 구현했다. 여기서 로그는 인터페이스 단에서 송수신되는 저장된 모든 전술 메시지를 의미하며 저장 용량 관리를 위해 바이너리 형태 및 압축 파일로 저장한다. 파일 저장 단위는 10분으로 정전과 같은 환경변수에 의해 저장 중인 로그 파일에 손상이 가는 것을 방지하기 위해 짧은 시간으로 설정했다.

#### IV. 서버-클라이언트 구조설계

일반적인 호스트 시스템은 전술 메시지 처리, 메시지 송수신 및 사용자 인터페이스를 위한 시스템으로 단일 SW 구조로 설계되어있다. 하지만 개발 호스트 시스템은 환경 요구사항을 충족하기 위해서 서버-클라이언트 이원화 구조로 설계했다. 요구되는 환경은 다음과 같다. 첫째로, 개발 호스트 시스템이 적용되는 다수 전술 노드의 각 위치는 큰 유클리드 거리를 가진다. 둘째로, 주 운용 노드에서 각 전술 노드의 호스트 시스템을 운용할 수 있어야 한다. 마지막으로, 제한된 대역폭을 고려한 데이터 패킷 처리량을 고려해야 한다. 결과적으로, 제한된 대역폭에서 각 전술 노드를 운용 노드에서 확인 및 운용 가능해야 한다. 여기서 운용 노드는 1개 이상이 될 수 있다. 다음으로 앞선 요구사항을 충족하기 위한 호스트 시스템 구조를 설명한다.

개발 호스트 시스템은 그림 3과 같이 총 6개의 SW 모듈로 구성된다. 크게 3개의 처리 모듈인 서버, 3개의 전시 모듈인 클라이언트로 구분되며 TCP/IP로 연동된다. 하지만 그림 2와 같이 서버, 클라이언트 간 WAN 구간의 대역폭이 제한적이다.



따라서 제한된 대역폭에 따른 메시지 처리량을 감소가 요구된다. 처리량 감소 방안으로는 송수신되는 불필요한 메시지를 줄이는 방안, 메시지 크기 자체를 축소하는 방안이 있으며 개발 호스트 시스템에서 설계된 메시지 처리량 감소 방안을 설명한다.

그림5, 6과 같이 전술상황전시, 모니터링전시 모듈의 이력 전시 기능은 운용자의 요청에 따라 특정 시각의 로그를 전시하는 기능이다. 이때 요청 이벤트를 기반으로 처리 모듈에서 전시 모듈로 로그를 송신하기 때문에 실시간 처리가 요구되지 않는다. 실시간성 등의 빠른 처리가 필요하지 않으면 전처리, 후처리 과정을 통해 데이터 크기 축소를 진행할 수 있다. Link-16 기반의 전술정보는 표준에 정의된 필드 구조에 따라 메시지가 구성되며, 일반적으로 다수의 상황에 대비한 다양한 필드가 존재하기 때문에, 일반적으로 메시지 필드의 대부분이 유효하지 않은 0 값을 가진다. 따라서, 로그 파일의 크기를 축소하기 위한 압축처리를 진행한다. 로그 압축은 모니터링처리 모듈에서 진행하며 운용자 요청과 상관없이 지속적으로 수행한다. 최소한의 자원으로 압축을 진행하더라도 이력전시 특성상 수행 빈번도가 크지 않으므로 요청 이전에 필요한 로그 압축을 수행할 수 있다. 압축된 데이터는 모니터링전시 모듈로 송신되고 데이터 해석을 위해 압축 해제를 진행한다. 결과적으로 이력전시 작업 전체 수행에 압축 해제 작업이 추가된다. 하지만, 데이터 특성에 따라 압축 해제 속도는 압축 속도보다 빠르며 압축에 의한 데이터 축소량은 평균 80% 정도로 나타난다. 따라서 압축처리 과정을 통해 송신 로그 메시지의 크기를 축소했을 뿐만 아니라 로그 데이터베이스도 효과적으로 운용 가능하다.

다음으로는 WAN 구간의 메시지 양을 줄이기 위한 전시 필터링 기법에 대하여 설명한다. 전술상황전시 모듈에서 전시되는 전술정보가 폭발적으로 늘어나면 운용자가 상황도의 각 심볼을 분간하기 어렵고 대량 전술정보 처리작업에 상당한 자원이 소모된다. 또한 WAN 구간에서 송수신되는 전술 메시지 자체도 증가한다. 이에 따라서 개발 호스트 시스템은 전시 필터링 방안을 적용했다.

전시 필터링이란 전술자료처리 모듈에서 전술상황전시 모듈로 송신하는 전술정보 중 일부 메시지

를 제외하는 방법이다. 제외 메시지 개수는 각 모듈의 상한 용량 및 인터페이스 수신 메시지 개수에 따라 결정된다. 전시 모듈의 경우 운용자가 심볼을 식별할 수 있는 최대 수준을 고려했고, 처리 모듈은 보외 처리, 삭제 처리 등 트랙, PPLI 등의 전술정보를 처리할 수 있는 최대 수준을 고려했다. 처리 모듈의 상한 용량은 전시 모듈의 10배 수준이다.

필터링을 통해 제외되는 전술정보는 우선순위에 따라 결정된다. 전술정보의 우선순위를 정량적으로 결정될 수 없지만, 일반적인 상황에 따라 우선순위가 높은 전술정보는 PPLI, Emergency/Force Tell 트랙으로 식별했고, 기타 트랙 및 포인터와 같은 정보는 낮은 우선순위로 결정했다.

필터링 이후에 우선순위가 높은 전술정보가 수신됐을 때 기존 전시중인 전술정보의 조정이 필요하다. 하지만, 전시중인 전술정보를 표준 처리 이외의 방법으로 삭제 처리는 제한된다. 이에 따라서 처리, 전시 모듈의 상한 용량 일부를 버퍼로 지정해서 필터링을 수행한다. 만약 처리/전시 상한 용량이 5000/500으로 설정하고 버퍼 크기를 10%로 설정했다면 필터링은 4500/450 크기로 진행된다. 이러한 방식으로 만약 PPLI, Emergency 등과 같은 우선순위가 높은 전술정보가 수신된다면 기존 전술정보를 삭제 처리하지 않고 추가 전시할 수 있다.

WAN 구간에서 위와같은 필터링 기법을 적용하면 송수신되는 전술정보 메시지 양을 상당히 축소할 수 있다. 하지만, 전시되지 않는 전술정보를 운용자가 확인할 수 있도록 전시 모듈에서는 상한 용량 대비 현재 용량을 표기한다. 또한 전술자료처리 모듈에서는 모든 전술정보를 저장하기 때문에 추후 미전시된 전술정보를 확인할 수 있다.

## V. 테스트베드 설계 및 실험 결과

Link-16 호스트 시스템의 기능 및 성능 시험을 위해 그림7과 같이 실 체계와 연동이 검증된 해외 장비를 통해 테스트베드를 구성했다. 실제 운용되는 환경과 유사성을 높이기 위해 주 운용 노드와 1개 전술 노드를 중심으로 서버-클라이언트 구간을 나누어 구성했다. 주 운용 노드에는 개발 호스트 시스템의 원격 운용 시스템이 구성되며 JREAP-C 구간 검

증을 위한 해외장비인 JRE가 호스트로 배치되고 트랙과 같은 전술정보 생성을 위해 NETX 해외장비가 JRE와 연동된다[9][11]. 서버 측의 개발 호스트 시스템은 로컬망 테스트를 위해 전시, 처리 모듈을 모두 구성했으며 MIDS 터미널과 플랫폼 노드 기능을 모의하기 위해 TIGER를 배치했다[12]. 전술 노드와 운용 노드 구간 연동 구간은 제한된 대역폭의 WAN 구간을 모의하기 위해 E1회선으로 설정했다. 주 테스트 대상 장비는 그림 7의 하늘색 바탕의 개발 호스트이며 나머지 자주색 바탕의 해외 장비를 통해 개발 호스트 시스템의 기능 및 성능을 확인한다.

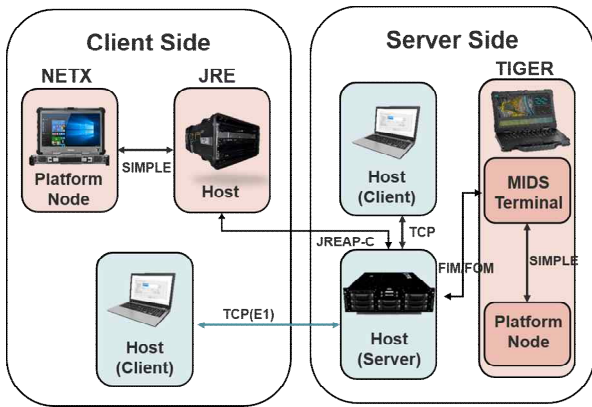


그림 7. 테스트베드 구성도  
Fig. 7. Testbed diagram

표 1. 시험 목록  
Table 1. List of experiments

Experiments	Equipment under test	Experimental confirmations
Processing and forwarding function	JRE, TIGER	Track, PPLI processing and forwarding wired and wireless interfaces
MIDS interface interworking function	TIGER	IDL file transfer procedures and platform parameter setting
JREAP-C interface interworking function	JRE	Interworking settings and CTR negotiation
Processing large amounts of tactical information	JRE, TIGER, NETX	Display filter and capacity managements

기능 및 성능 시험 항목은 표 1과 같다. 첫째로, Link-16 호스트 시스템의 기본 및 핵심 기능 동작 확인을 위해 트랙 및 PPLI 메시지 처리 및 전시 기능을 확인한다. 둘째로, 각 인터페이스의 연동, 관리 기능 시험을 위해 MIDS 터미널, JREAP-C 인터페이스 연동, 관리를 위한 기능을 확인한다. 셋째로, 제한된 대역폭에서 개발 호스트의 전술자료 처리 능력을 확인하기 위해 모의자료 생성기를 활용해 다중 JREAP-C 인터페이스에서 대량 전술 메시지를 발생시켜 개발 호스트의 처리 능력을 시험한다.

### 5.1 전술자료 처리 및 전시 실험

개발 호스트 시스템의 Link-16 전술정보 처리 능력 및 중계 능력을 시험하기 위해 JRE와 개발 호스트, TIGER 간 전술정보를 생성 및 교환하는 시험을 진행했다. 또한 JRE 노드는 JREAP-C 인터페이스, TIGER 노드는 MIDS 터미널 인터페이스로 구성하여 각 인터페이스 처리 능력을 확인한다. 시험에 사용되는 전술정보는 각 노드의 자노드 정보와 TIGER에서 생성한 다 종류의 트랙 정보이다. TIGER에서 생성된 트랙 정보는 중계 설정에 따라 개발 호스트에서 JRE 노드로 송신된다. 각 노드의 자노드 정보 또한 중계 설정에 따라 모든 노드에 송신된다. 결과적으로, 모든 노드가 같은 정보를 전시하는지 확인하면 개발 호스트의 전술정보 처리 및 중계 능력의 신뢰성을 확보할 수 있다. 그림 8에서는 각 노드의 전술 상황전시 화면을 나타낸다. 상단의 개발 호스트 화면에 자노드 정보와 각 연동 노드의 자노드 정보를 녹색 사격형으로 표시했다. 5자리 숫자는 식별자 역할을 하는 STN 값으로 8진수로 표기된다. JRE와 TIGER 전시 화면에서도 같은 위치에 자노드 정보를 확인할 수 있다.

트랙 정보 처리 및 중계 기능을 확인하기 위해 TIGER에서 다수 트랙을 한반도의 왼쪽에 일렬로 생성했다. 트랙의 Identity는 모두 Hostile로 설정하여 적색으로 표기된다. 노락색 박스로 표기된 트랙은 타격지점을 나타내는 Impact Point로 각 노드의 전시 화면에서 모두 다른 심볼 모양을 나타내고 있다. 심볼 형태는 표준에 따라 전시하는 것이 원칙이지만, 일부 전술정보는 표준에 규정되지 않아 이와 같

은 결과가 나타난다. 그림 8의 상단 측면은 개발 호스트의 전시 부가 기능을 나타낸다. 왼쪽은 현재 전 시기에 표기되는 모든 트랙 정보 리스트를 나타내 고, 오른쪽은 해당 트랙을 클릭했을 때, Link-16 전 술정보를 필드 단위로 상세하게 확인할 수 있는 기 능을 제공한다. 그림8의 트랙 상세정보 화면을 통해 노란색 박스로 표기된 트랙이 Impact Point임을 확 인할 수 있다.



그림 8. 전술정보 처리 및 증계 시험 결과

Fig. 8. Tactical data processing and forwarding test result

## 5.2 인터페이스 연동 관리 실험

개발 호스트의 인터페이스 연동 및 운용 능력을 확인하기 위해 JREAP-C, MIDS 터미널 연동 및 관 리 기능을 표 2와 같이 설정하여 시험을 진행했다.

표 2. MIDS 터미널 설정 목록

Table 2. List of MIDS terminal settings

	HOST	TIGER
Terminal type	JTRS	JTRS
Communication type	Ethernet/Client	Ethernet/Server
IP/port	192.168.20.13 /1024	192.168.20.13 /1024
IDL type/pos.	IDL/CUS	-
Emergency indicator	Enabled	-

첫째로, MIDS 터미널 연동 관리 능력을 확인하 기 위해 개발 호스트와 TIGER 간 MIDS 터미널 연 동 시험을 진행했다. 그림 9의 상단 그림과 같이 개 발 호스트에서는 MIDS 터미널 연동 설정을 위한 다양한 값을 설정할 수 있다. 연동 대상 MIDS 터미

널은 TIGER에서 지원하는 MIDS 터미널 규격인 Platform I 이더넷 연동 기반 JTRS이다. 호스트 시 스템에서 그림 9와 같이 연결 정보를 설정하면 상 태표시 등을 통해 정상 연동이 됨을 확인할 수 있 다. 연동이 정상적으로 수행되면 전술 망 가입을 위 한 IDL 장입 절차를 진행해야 한다. IDL 장입은 개 발 호스트의 인터페이스 관리 모듈에서 수행하며 그림과 같이 IDL 파일을 선택 후 CUS 또는 Stored Set에 장입할 수 있다. 그림 9의 상단 그림은 id001 파일을 CUS에 장입하는 과정으로 상단 우측 그림 에서 개발 호스트와 TIGER에서 연동 및 IDL 장입 상태를 확인할 수 있다. 다음으로, MIDS 터미널의 운용정보 확인 및 변경 기능을 실험했다. 그림 9의 하단 예시와 같이 MIDS 터미널의 파라미터를 확인 및 변경할 수 있으며, 개발 호스트에서 Emergency Indicator를 1로 변경시, TIGER에서 변경이 완료됨 을 확인할 수 있다.

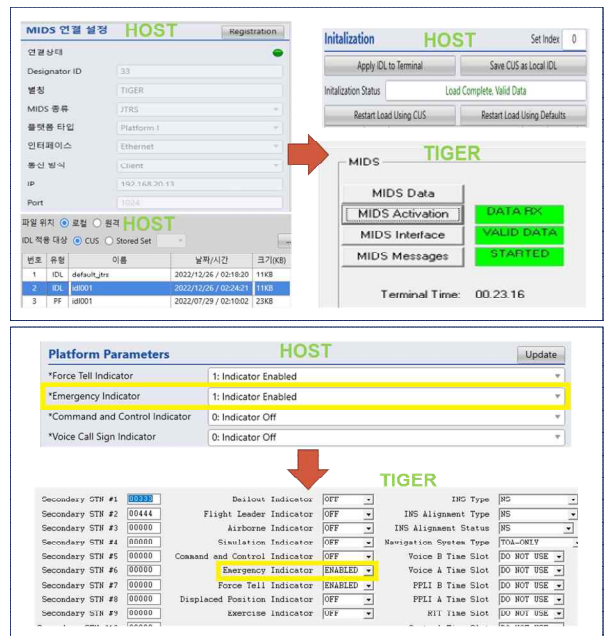


그림 9. MIDS 터미널 연동 및 운용 시험 결과

Fig. 9. MIDS terminal interworking and operation test result

둘째로, 개발 호스트 JREAP-C 연동 및 관리 능 력을 확인하기 위해 개발 호스트와 JRE 간 연동 능 력을 시험했다. JREAP-C는 이더넷 기반 통신 프로 토콜로 개발 호스트는 TCP/IP의 서버, JRE는 클라 이언트로 설정 후 연동을 수행했다.

이는 그림 10 왼쪽의 JREAP-C 인터페이스 설정 화면에서 확인할 수 있다. JREAP-C 연동 설정 항목 중 하나인 CTR은 각 노드에서 선호하는, 사용 가능한 시간정보에 따라 결정된다. 그림10 왼쪽 화면에서 개발 호스트와 JRE는 UTC와 RTT 시각 정보 활용이 가능하며 RTT를 선호한다고 설정했으며, 오른쪽 그림에서 CTR 상태가 Listening에서 Established로 변경된 것을 확인할 수 있다. CTR 절차를 위한 전술정보 교환은 개발 호스트의 메시지 모니터링 화면을 통해 확인할 수 있다.

표 3. JREAP-C 설정 목록  
Table 3. List of JREAP-C settings

	HOST	JRE
Communication type	Ethernet/Server	Ethernet/Client
IP/port	192.168.20.11 /10052	192.168.20.11 /10052
CTR preference	RTT	RTT
CTR capability	RTT, UTC	RTT
Threshold of latency	4sec	4sec

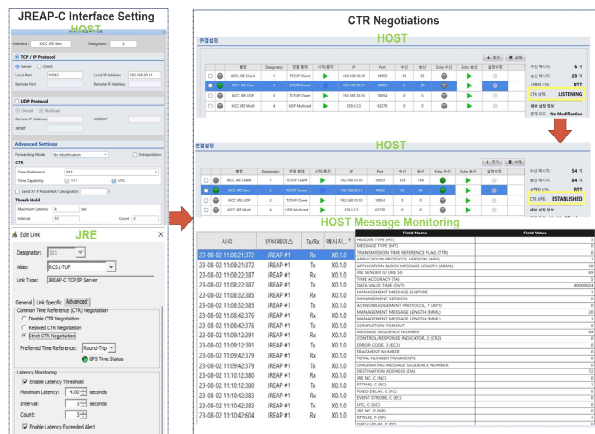


그림 10. JREAP-C 연동 및 운용 시험 결과  
Fig. 10. JREAP-C interworking and operation test result

### 5.3 대량 전술정보 처리 시험

마지막으로 개발 호스트의 제한된 대역폭에서 대량 메시지 처리 능력을 검증하기 위한 시험을 진행했다. 그림7의 테스트베드에서 대량 전술메시지 생성이 어려움으로 모의자료 생성기를 사용했다. 모의자료 생성기는 1개 SW로 다수 JREAP-C 노드를 모

의할 수 있으며 각 노드에서 대량의 Link-16 전술정보를 생성할 수 있다. 따라서 시험환경은 JRE를 대체한 모의자료 생성기에서 5개의 JREAP-C 노드, MIDS 터미널 인터페이스인 TIGER로 구성된다. 5개의 JREAP-C 노드에서 생성되는 전술정보의 총 개수는 3,500개로 각 노드에서 PPLI 60개, 트랙 640개, 즉 PPLI 300개, 트랙 3200개의 전술정보를 개발 호스트 시스템에 송신한다. 전시/처리 용량 포화도는 전술 자료처리 모듈과 전술 상황전시 모듈의 최대 용량 대비 처리 비율을 나타내는 수치로 처리/전시 모듈의 최대 용량 및 포화도 설정값은 3500/500, 80/90이다. 구체적 시험 설정 수치는 표4와 같다.

그림 11은 개발 호스트의 전술 상황전시화면이다. 전술상황전시 모듈에서는 전술정보를 심볼 및 개수로 확인할 수 있다. 그림11의 위쪽 그림에서 전시 모듈에 전시된 총 전술정보 개수는 452개로 AIR PPLI 300개, Indirect PPLI 3개, Land PPLI 1개, Air 트랙 147개로 구성된다. 처리 모듈의 경우 2804개로 Indirect PPLI 3개, Air PPLI 300개, Land PPLI 1개, Air 트랙 2500개로 구성된다. 처리 모듈에서 TIGER, JRE, NETX, 개발 호스트 PPLI, 모의자료 생성기의 PPLI 300개가 전부 처리되었다. 처리된 Air 트랙은 2500개로 모의자료 생성기의 3200개 대비 700개가 적게 처리됐다. 위와 같이 전시 필터링 설정값인 최대 용량, 설정 포화도에 따른 관리 전술정보가 달라진다. 다만 처리 우선순위에 따라서 전술자료처리 모듈에서는 PPLI를 전부 처리하기 위해 4개 용량을 초과해서 처리했고 전시 모듈도 마찬가지로 PPLI를 전부 처리하기 위해 2개 용량을 초과해 처리했다. 만약 PPLI 정보가 트랙 정보보다 먼저 수신됐다면 관리 용량에 따라 트랙 정보를 처리하지 않아므로 용량이 초과되지 않는다.

그림 11의 아래 화면은 현재 상태에서 Force tell, Emergency 지표가 설정된 트랙 정보가 수신됐을 때 개발 호스트 동작을 나타낸다. 기존 전시 항목을 제거할 수 없으므로 2개 트랙을 추가로 처리 및 전시함을 확인할 수 있다. 만약 Force Tell, Emergency 등의 지표가 설정된 트랙이나 PPLI 정보가 아니라면 용량 포화도 설정에 따라 처리 및 전시가 되지 않는다. 결과적으로 개발 호스트에서 대량 전술정보 수신에 따른 처리 기능이 정상 동작함을 확인했다.



표 4. TDP, TSD에서 용량 및 포화도 설정 항목 및 결과  
Table 4. List and results of capacity and saturation settings in TDP, TSD

	TDP	TSD
Maximum capacity	3500	500
Saturation	80%	90%
Number of entered tactical information	3504	3504
Number of managed tactical information	2804	452
Number of managed track	2500	148
Number of managed PPLI	304	304

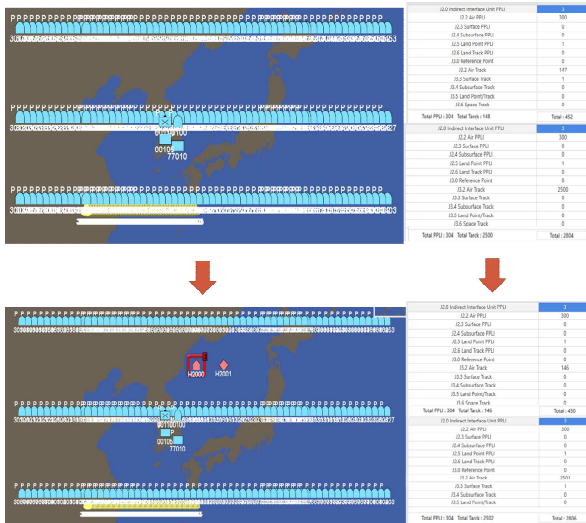


그림 11. 대량 트랙 처리 및 포화도 관리 시험 결과  
Fig. 11. Multiple track processing and saturation control test result

## VI. 결 론

본 논문에서는 Link-16 호스트 시스템을 개발하고 고려 사항에 대하여 설명했다. 연동 인터페이스는 유선 구간인 JREAP-C, 무선 구간인 MIDS 터미널을 고려했으며, 현재 체계 운용 중인 해외 장비의 기능분석 및 요구사항을 반영하여 추가적인 기능을 구현했다. 원격 무인 통신소와 주 운용 노드 간 전술 운용을 위해 서버-클라이언트 구조의 프레임워크를 구성했으며 이에 따라서 처리 모듈과 전시 모듈을 분리하여 개발했다. 또한 다중 인터페이스에서 대량의 전술 메시지가 송수신되는 상황 및 서버-클

라이언트 WAN 구간 대역폭을 고려한 메시지 처리 및 송수신 구조를 설계했다. 실험으로는 기본적인 Link-16 호스트 시스템의 전술 메시지 처리 및 전시 능력을 확인했으며, 인터페이스 연동 관리를 위한 다양한 기능을 확인했다. 또한, 모의자료 생성기를 통해 대량의 전술 메시지를 생성해 개발 호스트의 처리 능력을 확인하여 설계된 목표가 달성됨을 확인할 수 있었다.

개발 호스트는 최초로 개발되는 국산 Link-16 호스트 시스템으로서, 현재 Link-16 전술망을 운용 중인 해외 장비를 대체할 수 있으며, 노후 교체 비용 절감, 확장개발 비용 절감 등 유지보수 측면에 유리한 이점을 도출할 것으로 기대한다.

## References

- [1] H. K. Baek, S. M. Jeong, and J. S. Lim, "Tactical Data Link Technology Trends for Network Centric Operation", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 28, No. 7, pp. 59-69, Jul. 2010.
- [2] R. Sabatini, L. Aulanier, G. Marinoni, M. Martinez, B. Pour, and H. Rutz, "Multifunctional information distribution system (MIDS) low volume terminal (LVT) development and integration programs towards LINK-16 network centric allied/coalition operations", NATO: OTAN, MIDS International Program Office, 2007.
- [3] S. T. Lee, J. S. Kim, S. H. Wi, T. G. Lee, S. B. Jee, and S. C. Lee, "Design and Implementation of Framework Based Emulator Considering Expansion of MIDS LVT Platform", Journal of KIISE, Vol. 48, No. 1, pp. 61-70, Jan. 2021. <https://doi.org/10.5626/JOK.2021.48.1.61>.
- [4] R. Sabatini, L. Aulanier, H. Rutz, M. Martinez, L. Foreman, B. Pour and S. Snow, "Multifunctional information distribution system (MIDS) integration programs and future developments", MILCOM 2009 - 2009 IEEE Military Communications Conference, Boston, MA, USA, pp. 1-7, Oct. 2009.

<https://doi.org/10.1109/MILCOM.2009.5379806>.

- [5] K. Lee, K. Cho, and S. Lee, "Simulation Environment using MIDS LVT Emulator", Proc. of the Korea Information Processing Society Conference, pp. 380-381, Oct. 2016. <https://doi.org/10.3745/PKIPS.Y2016M10A.380>.
- [6] B. W. Davis, C. Graham, D. Stamm, and C. Parker, "Tactical Digital Information Link (TADIL) J Range Extension (JRE)", MILCOM 97 MILCOM 97 Proceedings, Monterey, CA, USA, Vol. 1, pp. 408-412, Nov. 1997. <https://doi.org/10.1109/MILCOM.1997.648742>.
- [7] J. Sorroche, "SISO J to SIMPLE translation advice and lexicon for enabling simulations: (SIMPLE tales)", Proc. of the 2008 Summer Computer Simulation Conference, No. 32, pp. 1-15, Jun. 2008. <https://doi.org/abs/10.5555/2367656.2367688>.
- [8] GM Data Sheet, <https://www.northropgrumman.com/wp-content/uploads/Gateway-Manager-GM-Rack-Mountable-Hardware-Specification-DataSheet.pdf>. [accessed: May 02, 2024]
- [9] Joint Range Extension, [https://www.saic.com/sites/default/files/2021-05/20-0305-JRE\\_3G\\_F.pdf](https://www.saic.com/sites/default/files/2021-05/20-0305-JRE_3G_F.pdf). [accessed: May 02, 2024]
- [10] W. Tian, C. Chen, F. Li, J. Song, and L. Du, "Link 16 Message Processing Based on Transaction", 2022 IEEE 5th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT), Hefei, China, pp. 53-56, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1109/ICEICT55736.2022.9909035>.
- [11] Netx, <https://www.diginext.fr/en/tactical-data-links> [accessed: May 02, 2024]
- [12] TIGER Data Sheet, <https://www.northropgrumman.com/wp-content/uploads/Tactical-Data-Link-Integration-Exerciser-TIGER-Multi-Link-Test-Training-and-Simulation-Brochure.pdf>. [accessed: May 02, 2024]

## 저자소개

정민규 (Min-Gyu Jung)



2020년 2월 : 충남대학교  
정보통신공학과(공학사)

2022년 2월 : 충남대학교  
전자전과정정보통신공학과  
(공학석사)

2022년 2월 ~ 현재 :  
국방과학연구소 연구원

관심분야 : 전술데이터링크, 시뮬레이션