



Received: 2025/08/28
Revised: 2025/09/08
Accepted: 2025/09/29
Published: 2025/09/30

***Corresponding Author:**

Seunghoon Jung
E-mail: seunghoon.jung@hanwha.com

Link-22 육상-도서기지 원격운용 통신망 확인 및 검증 지원 장치 연구

A Study on the Development of a Verification and Support Device for Link-22 Remote Operation Communication Networks between Land-based and Island Bases

이정언¹, 한준호², 정승훈^{3*}

¹한화시스템 C4I연구소 전문연구원

²한화시스템 C4I연구소 선임연구원

³한화시스템 C4I연구소 수석연구원

Jeongeon Lee¹, Juneho Han², Seunghoon Jung^{3*}

¹Senior engineer, C4I Research Institute, Hanwha Systems

²Engineer, C4I Research Institute, Hanwha Systems

³Chief engineer, C4I Research Institute, Hanwha Systems

Abstract

본 연구는 한반도의 지리적 특성상 중요한 도서기지 작전 환경에서 발생하는 통신 문제를 해결하기 위한 경량화된 Link-22 운용 지원 장치를 제안한다. 도서기지는 전략적 요충지이나, 통신 인프라 제약으로 육상 지휘소와의 원활한 전술데이터 교환이 어려운 한계가 있다. 고가의 Link-22 Full-Set 장비를 모든 도서기지에 구축하는 것은 비효율적이며, 본 연구는 RTS 및 SPC 장비와 연동하여 통신 상태를 진단하는 경량화된 지원 장치 설계 방향을 제시한다. 제안된 장치는 직관적인 LED 표시와 단순화된 진단 회로를 통해 운용자가 통신 문제를 신속히 파악하고 대응할 수 있도록 한다. 이를 통해 Link-22 운용 중 발생하는 음영구역, 주파수 간섭, 암호화 채널 충돌 등 통신 문제를 사전에 확인하여 도서기지의 운용 효율성과 데이터 전송 신뢰성을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대된다.

This study proposes a lightweight support device for Link-22 operations to solve communication issues in the strategically critical island base environment of the Korean Peninsula. While these bases are vital, their limited communication infrastructure hinders seamless tactical data exchange with mainland command centers. Due to the inefficiency of deploying expensive Link-22 Full-Set equipment to all island bases, this research presents a design for a lightweight device that interfaces with RTS and SPC equipment to diagnose communication status. The proposed device uses intuitive LED indicators and simplified diagnostic circuits, enabling operators to quickly identify and address issues. This system is expected to proactively detect common Link-22 problems like blind spots, frequency interference, and encryption channel conflicts, thereby enhancing both operational efficiency and data transmission reliability for island bases.

Keywords

연합해상전술데이터링크(Link-22), 전술데이터링크(Tactical Data Link), 도서기지 운용(Island Base Operation), 원격통신망 검증(Remote Network Verification), 통신 지원장치(Communication Support Device)

Acknowledgement

이 논문은 2025년도 한국해군과학기술학회 하계학술대회 발표 논문임.

1. 서론

한반도는 동해, 서해, 남해의 세 바다에 둘러싸여 있으며, 북쪽으로는 북한과 접경하고 있다. 이러한 지리적 특수성은 한반도의 안보 전략 수립에 있어 해양 작전의 중요성을 크게 높이고 있다. 서해안은 중국 어선의 영해 침범 문제로 인해 지속적으로 긴장이 고조되고 있으며, 동해와 남해 역시 러시아 및 일본과의 지정학적 관계 속에서 전략적 고려가 필요하다. 이러한 상황에서 도서 지역에 위치한 군사 기지는 단순한 전초기지가 아니라 국가 영해 방어와 감시·정찰, 나아가 연합작전 수행을 위한 핵심 거점으로 기능한다[1].

그러나 도서기지를 효율적으로 관리하고 운용하기 위해서는 육상 지휘소와 도서기지 간에 원활한 통신망 구축이 필요하다. 해양 환경은 기상 조건에 따른 신호 간섭, 지형적 요인으로 인한 음영 지역 발생 등 다양한 제약 요인을 포함하고 있어 단순한 통신 체계로는 안정성을 확보하기 어렵다. 특히 도서기지 운용 특성상 장기간에 걸친 이동 및 보급에 어려움이 존재하므로, 효율적인 원격 운용 및 통신 검증 체계는 필수적이다. 이러한 점은 현재 해군에서 구축하고 있는 연합해상전술데이터링크(이하 Link-22)에도 동일하게 적용된다.

Link-22 전술데이터링크는 NATO 연합작전을 위해 개발된 최신형 데이터 링크로, Link-11을 대체할 수 있도록 보안성과 신뢰성을 크게 향상시켰다[2]. 그러나 모든 도서기지에 Link-22를 full-set로 완비하는 것은 예산 부담뿐만 아니라 장비 설치, 유지보수 인력 확보 등 운용 측면에서 실질적인 제약이 따른다. 현재로서는 육상 지휘소와 도서기지를 혼합 구성하여 효율적으로 운용하는 방식이 가장 현실적이다. 이러한 환경에서 원격 통신망의 신뢰성 있는 확인과 검증을 보장하는 기술적 장치 개발은 필수적인 연구 과제라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 육상-도서기지 간 원격운용 통신망을 검증·지원할 수 있는 경량화 장치의 필요성을 제기하고, 이를 구체적으로 설계하여 제안한다. 제안된 장치는 RTS와 SPC 장비와 연동되어 실제 신호의 입력과 출력을 비교·분석하며, 단순화된 LED 기반의 인디케이터를 통해 운용자가 빠르게 문제를 식별하고 조치할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 도서기지에서의 Link-22 운용 안정성을 높이고, 나아가 연합작전 환경에서 신뢰성 있는 정보공유 체계를 확립하는데 기여할 수 있다.

2. 관련 연구

2.1 Link-22 주요 장비 특성

Link-22 체계를 구성하는 주요 장비는 데이터처리기(data link processor, DLP), 시스템통제 소프트웨어(system network controller, SNC), 연합암호장치(link level crypto, 이하 LLC-7M), 신호처리기(signal processing controller, SPC), 통신기(radio) 등이다. 신호분배기(receive/transmit splitter, RTS)는 필수 장비에 포함되지 않지만, 도서기지와 육상 지휘소를 연결하는 핵심적 역할을 수행한다. RTS는 송신(Tx)과 수신(Rx)을 분리하여 지연 시간을 보정하며, 이 과정에서 Link-22 데이터 신호를 안정적으로 전송할 수 있도록 한다[3,4].

Link-22 공식 웹사이트에서 Link-22 체계 주요 구성장비의 연결도를 Fig. 1과 같이 확인할 수 있다[3]. 그림에서 보는 바와 같이 주요 구성장비가 각각 연결됨을 알 수 있는데, 이중 주목해야 할 부분은 연합암호장치인 LLC-7M이다. 그림에서 LLC-7M과 SPC가

지 연결된 구간을 보면 동시에 최대 4개 채널까지만 암호화가 가능하다는 점을 알 수 있다. 이는 여러 도서기지를 동시에 연결할 경우에도 4개 채널 이상 운용할 수 없다는 제약으로 작용한다. 따라서 실제 운용에서는 육상-도서기지 간 연결을 효율적으로 설계해야 하며, 이 과정에서 통신망 확인 및 검증 장치의 필요성이 더욱 두드러진다. 본 연구에서 주로 논의되는 SPC 및 RTS의 형상은 Fig. 2와 같다.

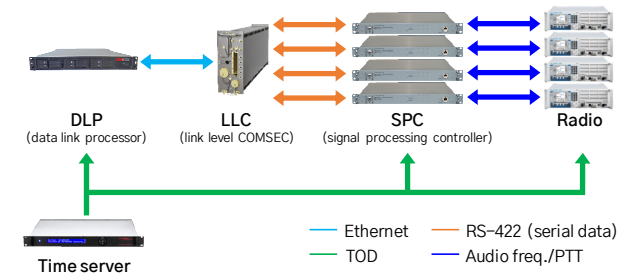


Fig. 1. Link-22 system[3]



Fig. 2. Link-22 SPC & RTS[4,5]

2.2 육상-도서기지 운용 예시

Link-22를 효과적으로 사용하기 위해서는 구축 과정에서 육상 지휘소와 도서기지 간 무선주파수를 병행적으로 운용하기 위한 방안을 고려해야 한다. 통신기가 동일하다는 이유로 육상과 도서기지가 동일한 주파수를 사용한 TDL 네트워크 채널을 구성하게 되면 데이터를 처리하는 SW에서 각 참여 유닛의 위치 정보에 오차가 발생할 확률이 높다. 따라서 해안지형 특성으로 인해 음영구역이 발생하는 일부 전력과의 소통을 고려한다면, 육상과 도서기지에서 사용되는 주파수대역을 각각 분리하여야 할 것이다. 이를 도식화하면 Fig. 3와 같다. 그림 하단에 제시된 구성장비들은 육상과 도서기지에 설치 및 운용되어야 할 장비들을 나타내고 있다.

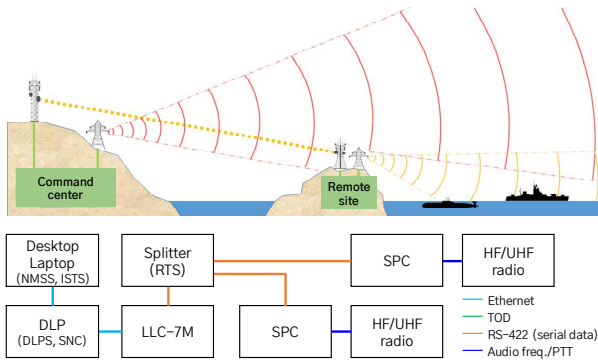


Fig. 3. Example of land-to-island base operations

도서기지가 최소한으로 연결되면 좋겠지만 해양 환경에 따라 음영구역 발생이 우려되는 경우 여러 도서기지와의 연결을 고려하여야 한다. 도서기지와의 연결은 우선 구간을 거쳐야 하는데 도서기지는 해저 광케이블이 구성되지 않은 섬이 훨씬 많으며 대부분 M/W를 통하여 육상과 연결되어 있다. 따라서 이러한 여러 상황을 복합적으로 가정하여 구성한 예시는 Fig. 4와 같다.

어떤 구간은 시리얼 통신을 해야 하고, 어떤 구간은 광 통신을 해야 하고, 어떤 구간은 이더넷 통신을 해야 하는 등의 복잡한 회선 구성 및 Link-22 주요 구성 장비 특성에 따른 통신기와의 연결도 고려하여야 할 것이다.

2.3 선택 스위치 운용 사례

선택 스위치는 단순한 형태에서부터 복잡한 형태로 사용자의 요구 및 편의에 따라 Fig. 5와 같이 다양하게 정의될 수 있다. 복잡한 구조를 갖는 경우도 있

으나, 본 연구에서는 Link-22 체계 특성을 고려해 단순하면서 직관적인 장치를 구현하였다. 이는 현장에서 빠른 운용과 유지보수를 지원하기 위함이다.



Fig. 5. Examples of selector switch operations[6-10]

3. 원격운용 통신망 확인 및 검증 지원 장치

3.1 장치 구성

Link-22의 육상-도서기지 운용 간 효과적인 작전지원이 가능하도록 원격운용 통신망 확인 및 검증 지원 장치(Verification and Support Device for Link-22 Remote Operation Communication Networks between Land-based and Island Bases, 이하 VSD22) 구성을 제안한다. 제안된 장치는 RTS와 SPC에 각각 설치되며, 신호 입력-분석-출력 과정을 단순화하여 직관적인 상태 확인을 가능하게 한다. 구체적으로, 입력 신호와 출력 신호를 비교하는 XNOR 기반 논리를 사용하여 일치 여부를 LED로 표시한다. 이 구조는 불필요한 복잡성을 제거하고, 신속한 현상 진단과 유지보수를 가능하게 한다. 이를 도식화하면 Fig. 6와 같다.

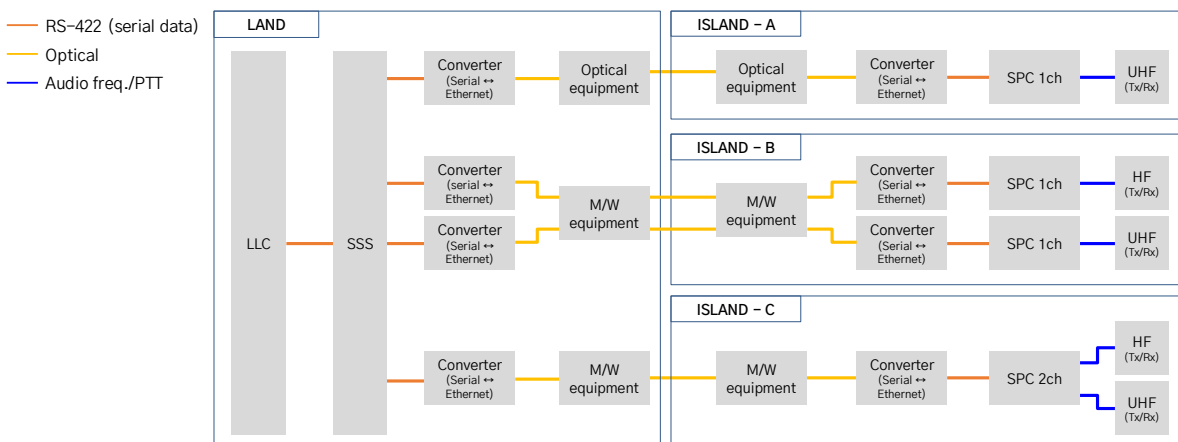


Fig. 4. Sample of land-to-island base Link-22 System

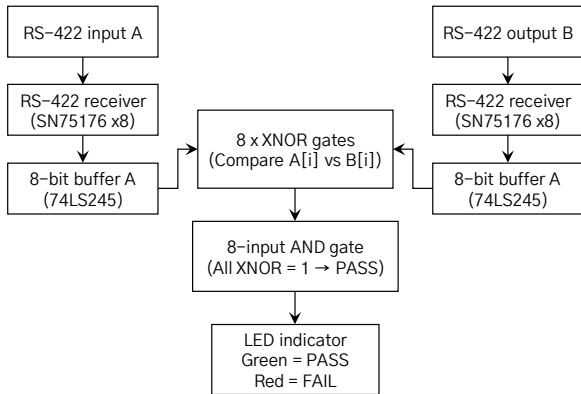


Fig. 6. Device configuration diagram

3.2 VDS22 장치 적용 예시

Link-22 신호분배기와 신호처리기의 전면 LED만으로는 운용 상태 확인이 제한된다. 특히 관제 단말기를 사용할 수 없는 상황에서는 운용자가 직관적 판단을 내리기 어렵다. 본 연구에서 제안하는 장치는 LED 기반의 독립적 확인 체계를 제공함으로써 이러한 한계를 보완한다. 더 나아가 Web UI를 통한 원격 모니터링 기능과의 결합도 가능하며, 다양한 작전 환경에서 효율적인 적용이 가능하다. 장치의 적용은 Fig. 7의 예시와 같이 구성할 수 있다.

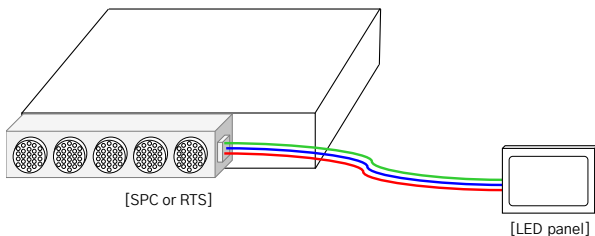


Fig. 7. Example of VDS22 device

본 연구에서 제안하는 VDS22는 다음과 같은 주요 특징을 가진다.

- (1) RTS 및 SPC 연동 기능: RTS 및 SPC 장비와 직접 인터페이스하여 입력 신호와 출력 신호를 비교·분석한다. 신호 불일치나 손실이 감지될 경우 LED 인디케이터를 통해 즉각적으로 운용자에게 경고한다.
- (2) LED 기반 직관적 표시 장치: 복잡한 데이터 분석 과정을 거치지 않고도 운용자가 통신망의 정상 동작 여부를 직관적으로 확인할 수 있도록

설계되었다. 색상(예: 녹색=정상, 황색=주의, 적색=이상)과 점멸 패턴을 통해 상황을 구체적으로 표현한다.

- (3) 단순화된 회로 및 유지보수 용이성: 최소한의 부품으로 구성된 모듈형 회로 구조를 채택하여 고장 원인을 신속하게 파악할 수 있다. 현장 운용 인력이 전문적 장비 지식 없이도 교체 및 수리를 수행할 수 있다.
- (4) 문제 사전 식별 및 대응 기능: Link-22 운용에서 자주 발생하는 주파수 간섭, 음영 구역, 암호화 채널 충돌 문제를 모니터링한다. 실시간으로 발생 가능한 데이터 전송 오류를 최소화하고, 안정적인 네트워크 운영을 지원한다.

4. 결론

본 연구는 한반도의 지정학적 특수성과 군사적 요구를 고려하여, 도서기지 환경에서 효율적이고 신뢰성 있는 Link-22 원격운용을 지원하는 검증 장치인 VDS22를 제안하였다. 제안된 장치는 RTS 및 SPC와 연동하여 입력·출력 신호를 분석하고, LED 인디케이터와 단순화된 회로 구조를 통해 운용자가 신속하게 문제를 인식할 수 있도록 지원한다.

VDS22 운용을 통해 예상되는 장점은 다음과 같다. OLM 정보와 실제 운용 장비 간의 일치성 검증을 실시간으로 제공하여 운용 신뢰성을 높일 수 있으며 관제 단말기 부재 환경에서도 독립적인 확인 수단을 제공하여 운용 유연성을 확보할 수 있다. 또한, Link-22 운용 상태를 제한사항을 조기 탐지하여 문제 해결 소요 시간을 크게 줄일 수 있다.

향후 연구에서는 본 장치에 Web UI 및 모바일 기반 원격 모니터링 기능을 추가하고, 자동 로그 기록 및 오류 예측 알고리즘을 연동함으로써 한층 발전된 통신망 검증 체계로 확장할 수 있다. 이러한 발전은 해양 작전의 실시간성, 안정성, 신뢰성을 보장하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 구민교, “미중 간의 신 해양패권 경쟁: 해상교통로를 둘러싼 ‘점-선-면’ 경쟁을 중심으로,” 국제지역연구, Vol. 25, No. 3, pp. 37-65, 2016.

- [2] 정승훈, 이정언, “국내 개발 전술데이터링크 표준 발전방향 연구,” Journal of the KNST, Vol. 7, No. 3, pp. 378-383, 2024. 9.
- [3] NILE PMO, “Customer Information Guide(CIG),” LINK 22 Official Website, 2020. 11. 3, http://www.link22.org/uploads/7/9/3/2/7932022/20201001_nile_cig_v2.3.pdf (검색일: 2025. 7. 11)
- [4] Elbit Systems Deutschland, “Tactical Data Links,” Elbit Systems Deutschland Official Website, 2025. <https://elbitsystems-de.com/en/products-and-solutions/communication/tactical-data-links/> (검색일: 2025. 7. 11)
- [5] Leonardo DRS, “Tactical Data Link(TDL) Terminal Sets,” Leonardo DRS Official Website, 2025. <https://www.leonardodrs.com/what-we-do/products-and-services/tactical-data-link-tdl-terminal-sets/> (검색일: 2025. 7. 11)
- [6] Ansarrio, “리모콘과 큰 버튼이 있는 기계 장치 전기 선택 스위치 버튼 스위치 전기 스위치 기어,” Freepic Website, 2025. https://kr.freepik.com/premium-photo/mechanical-device-with-remote-control-large-buttons-electrical-selector-switch-button-switch-electrical-switch-gear_36090806.htm (검색일: 2025. 6. 8)
- [7] Coms, “컴스 USB 3.0 2대1 선택기,” Coupang Website, 2025. <https://www.coupang.com/vp/products/1339235299> (검색일: 2025. 6. 8)
- [8] 산와서플라이, “수중 스위치 PC 자동 전환 장치(2 : 1),” Navimro Website, 2025. <https://www.navimro.com/g/397301/> (검색일: 2025. 6. 8)
- [9] 코비스, “판넬 스위치,” Covis Website, 2025. https://www.covis.co.kr/kor/control/sub_01.html?sNum=10 (검색일: 2025. 6. 8)
- [10] 하니웰, “삼성 래미안 온도조절기 ST200-S000-A,” G Market Website, 2025. <https://item.gmarket.co.kr/Item?goodscode=4212473310> (검색일: 2025. 6. 8)