

Link-22 SNC 연동을 위한 전술데이터링크 처리 구조 확장 개선 연구

정석호* · 황정은* · 이윤정** · 박지현***

A Study on the Expansion and Improvement of the Tactical Data Link Processing
Structure for Link-22 SNC Interface

Suk-Ho Jung* · Jung-Eun Hwang* · Youn-Jeong Lee** · Ji-Hyeon Park***

요 약

현대전은 감시체계, 지휘통제체계, 타격체계가 첨단 정보통신기술로 상호 연결되어 전장상황을 공유하는 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)으로 변화해 가고 있다. 한국군은 각 군의 전장상황에 맞게 Link-K, Link-16, Link-11, KVMF 등 다양한 전술데이터링크(TDL: Tactical Data Link)를 활용하고 있다. 한국형 합동 전술데이터링크체계(JTDLS: Joint Tactical Data Link System)는 지상/해상/공중 합동전력간 근실시간으로 전술정보를 공유하는 체계로 Link-K, Link-16, KVMF에 Link-22를 추가 개발하고 있다.

본 논문에서는 JTDLS 체계에 Link-22를 적용하기 위하여 체계 구성, Link-22 메시지 분석 및 전술 데이터 링크 처리기와 Link-22의 연동 구조를 제시하고자 한다.

ABSTRACT

Modern Warfare is transforming into a Network Centric Warfare(NCW) where surveillance systems, command control systems and strike systems are interconnected with advanced IT technologies to share battlefield situations. The South Korean military is using the various tactical data links(TDL) such as Link-K, Link-16, Link-11 and KVMF depending on each military's battlefield situation. Joint Tactical Data Link System(JTDLS) is a system that shares tactical information in near-real time between army/navy/air joint forces and additionally establishes Link-22 in Link-K, Link-16 and KVMF.

In this paper, we propose the Link-22 system structure, Link-22 message analysis and the interface structure between the tactical data link processor and Link-22 to apply Link-22 to the JTDLS.

키워드

Tactical Data Link, Data Link Processor, Tactical Message, JTDLS, Link-22
전술 데이터 링크, 데이터 링크 처리기, 전술 메시지, 한국형 합동 전술 데이터 링크 체계, Link-22

* 한화시스템 다계층네트워크팀
(shjung01@hanwha.com, je0301.hwang@hanwha.com)

** 국방과학연구소 (youn@add.re.kr)

*** 교신저자: 국방과학연구소

• 접수일 : 2021. 09. 28
• 수정완료일 : 2021. 11. 07
• 게재확정일 : 2021. 12. 17

• Received : Sep. 28, 2021, Revised : Nov. 07, 2021, Accepted : Dec. 17, 2021

• Corresponding Author : Ji-Hyeon Park

Agency for Defense Development

Email : jhpark@add.re.kr

1. 서 론

미래의 전쟁은 각 무기체계의 플랫폼 중심에서 적보다 더 나은 상황인식을 획득 활용하여 정보우위의 기반으로 전쟁을 수행하는 네트워크 중심전으로 작전 운용 환경과 개념이 빠르게 변화하고 있다[1]. 다양한 정보통신 기술의 발전에 따라 병력과 화력에 의한 전쟁 수행방식에서 탈피하여 감시체계, 지휘통제체계, 타격체계가 첨단 정보통신기술로 상호 연결되어 전장 상황에 대한 정보우위(Information Superiority), 증가된 명령전달 속도, 신속한 작전을 바탕으로 적을 제압하는 네트워크 중심전으로 변화해 가고 있다. 전장에 참여하는 임무를 수행하는 체계들은 네트워크를 통하여 수집한 전술상황을 전파, 획득한 상황자료의 융합, 공통 상황인식에 기반을 둔 지휘통제를 수행하게 되며, 주요 네트워크 수단으로 전술데이터링크(Tactical Data Link)를 사용한다[2].

전술데이터링크의 대표적인 기술로서 Link-16 및 Link-22가 있는데 미군과 북대서양조약기구(NATO: North Atlantic Treaty Organization)는 연합작전 시 무기체계 간 상호연동성을 보장하기 위하여 기존 구형 전술데이터링크 기능을 통합한 Link-16과 해군에서 사용하는 Link-11의 성능개선을 위해 Link-22의 표준화 및 체계개발을 공동으로 수행하고 있다[3]. 한국군에서는 각 군의 무기체계 및 전장상황에 맞는 데이터링크를 구축하여 운용하고 있고, 대표적으로 육군은 KVMF, 해군은 ISDL, 공군은 Link-16이 있다.

한국형 합동 전술데이터링크 체계는 지상·해상·공중 무기체계간 전술자료를 실시간으로 공유할 수 있도록 합동군 레벨의 전술데이터링크인 Link-K를 개발하였다[4]. 그림1은 한국형 전술데이터링크인 JTDLS체계가 다중 전술데이터링크를 운용하는 개념을 보여준다[5].

JTDLS체계는 Link-K를 기반으로 Link-16, KVMF, ISDL을 연동하여 운용중이며, 각 전술 메시지 프로토콜의 처리 규칙을 정의한 표준문서와 서로 다른 포맷의 메시지 간 상호 교환할 수 있도록 규정한 중계 표준문서를 따른다. Link-11의 교체 시점이 도래함에 따라 JTDLS(완성형)체계 개발 사업에서는 Link-22 처리가 추가되었으며, Link-22 프로토콜 표준에 따라 개발을 진행하고 있다.



그림 1. 한국형 합동 전술데이터링크체계 운용 개념도
Fig. 1 Overview about operation environment of JTDLS

JTDLS(완성형)이 개발됨에 따라 기술능력이 없어 외국 전술데이터링크 구매시 막대한 예산을 절감할 수 있고, 한국군의 작전요구성능에 따라 탑재전력 형태별로 합동작전 및 연합작전을 주도적으로 작전수행 능력을 보장 받게 될 것이다[6][7]. 또한 상호운용성에 기반으로 한 전술데이터링크 개발로 표준화된 메시지 전송과 정보 공유 등을 통해 합동작전을 수행하고 각 무기체계간의 시너지 효과를 발휘할 수 있다[8].

이에 본 논문에서는 JTDLS체계에서 Link-22를 도입하기 위하여 Link-22 체계의 구성품 및 구성품들 간 연동 구조를 설명한다. 그리고 SNC 연동을 위한 SW 구조 및 Link-22 메시지 분석을 통해 JTDLS체계에서 Link-22 연동 구조 및 전술데이터링크 처리기(DLP: Data Link Processor)의 메시지 파싱 및 처리를 위한 내부 구조를 제시하고자 한다.

II. Link-22 특징 및 분석

2.1 Link-22 특징

Link-22는 Link-11의 성능을 개선할 필요에 따라 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 영국, 미국 국가간 MOU(Memorandum of Understanding)의 보호 아래 협력하여 수행하고 있다. Link-22 는 NILE(NATO Improved Link Eleven)이라는 프로그램으로 Link-11을 개선하여 새롭게 개발한 전술데이터링크 체계이다. Link-22 메시지는 고정 포맷 형태 메시지 구조로 정의되어 있다. 그리고 내부 필드는 Link-16의 데이터사전을 공유하여 DFI/DUI를 정의함으로써

Link-16과 연동 및 메시지 변환을 완벽히 지원한다. Link-22는 Link-16과 같이 모든 작전운용환경을 지원하고, Link-11과 Link-16보다 자동화되고 간편하게 운용되며 관리가 용이하도록 설계되었다.

Link-22는 개방형 시스템 아키텍처로 계층화된 통신 스택 접근 방식을 사용하고 각 구성품은 인터페이스 설계 명세서(IDD: Interface Design Descriptor) 또는 표준으로 정의된 인터페이스를 통해 연동한다. 이러한 접근 방식을 통해 확장성을 극대화하고 여러 공급자를 통해 그 기여도를 높일 수 있다. 그리고 모든 Link-22 시스템의 구성품은 합동으로 정의되고 설계된 구조를 사용한다. SNC(: System Network Controller), LLC(: Link Level Communications Security)는 공통으로 개발하고 사용하는 Joint Development 계층이고, SPC(: Signal Processing Controllers), Radio, TDS/DLP(: Tactical Data System/Data Link Processor), TOD(: Time of Day)는 NILE에서 허가한 국가 및 제조사에서 제작하고 공급하는 National Responsibility 계층으로 나뉜다.

Link-22의 시스템 구성은 다음 그림2와 같다.

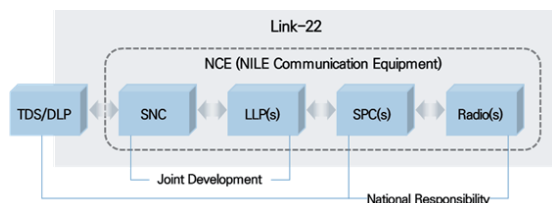


그림 2. Link-22 시스템 구성
Fig. 2 Link-22 system architecture

TDS/DLP는 전술 메시지를 처리하고 SNC와 연동하여 전술 메시지를 송수신하고 SNC를 통제하는 역할을 수행한다.

SNC는 Link-22 시스템의 네트워크를 통제하는 역할을 가진 구성품으로 모든 Link-22 네트워크에 참가하는 노드는 동일한 SNC SW를 사용하여야 한다.

LLC는 Link-22 네트워크에 송수신되는 데이터의 암호화/복호화하는 역할을 한다.

SPC는 참가 노드가 네트워크를 사용하기 위하여 각 무선 장비를 설정하고 제어하는 역할을 수행한다. 운용 주파수는 HF, UHF이며, 모드는 고정 주파수 모드와 주파수 호핑 모드가 있다.

Radio는 무선 송수신기, 전원 공급장치, 안테나로 구성되며, SPC에서 설정된 값에 따라 고정 주파수 또는 주파수 호핑 모드로 전술 메시지를 송수신하는 역할을 한다.

TOD는 DLP, SNC, SPC와 Radio에 시간정보를 공급하는 구성품으로 기준 시간대는 협정 세계시(UTC, Coordinated Universal Time)을 사용한다.

2.2 SNC 연동기능 분석

Link-22 연동을 위한 SNC는 NILE에서 관리하며 SW를 개선하고 있다. SNC를 연동하기 위해서는 IDD에 정의된 통신방식, 메시지 형식과 메시지 처리절차를 따라야 한다.

DLP는 SNC는 Ethernet 기반의 TCP/IP 통신방식을 사용한다.

DLP와 SNC 연동 메시지는 전술 메시지와 통제 메시지로 구분 된다. 통제 메시지는 Link-22 네트워크를 초기화하고 관리할 때 사용하는 메시지이다.

다음 그림 3은 SNC를 초기화하고 전술 메시지를 송수신하는 절차이다.

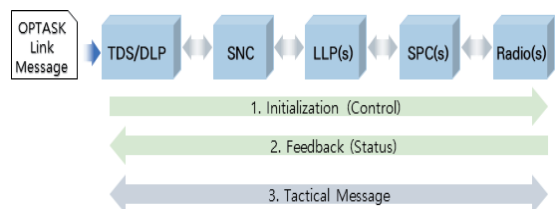


그림 3. 초기화 및 전술 메시지 송수신
Fig. 3 Initialization and Tactical Message Transmission/reception

초기화 절차는 2단계로 구분된다. 1단계는 NILE Unit(: NU)의 초기화를 수행한다. OLM(: OPTASK Link Message)을 분석을 통해 NILE Unit(: NU)의 번호, 플랫폼 정보 등을 설정한다. 2단계에서는 NILE Network의 초기화를 수행한다. Network 초기화는 Network에서의 역할, DTDMA 여부, LLC 초기화 및 SPC 초기화 정보를 포함한다. 초기화 결과는 Status 메시지로 SNC가 송신한다.

초기화가 완료되면 DLP는 전술 메시지를 송신할 수 있는 상태가 되고, 주기에 맞게 전술 메시지를 송신한다.

2.3 Link-22 전술 메시지 분석

Link-22 Tactical Message는 Link-16과 같은 J-Series Family 메시지로 분류된다. Link-16과의 연동을 고려하여 Link-16과 동일한 포맷으로 설계한 FJ-Series 메시지가 있고, Link-22 고유의 포맷으로 설계한 F-Series 메시지가 포함되어 있다. Link-22 전술 메시지는 Link-16 전술 메시지의 70bit word 구조와 다르게 72bit로 이루어져 있으며, 추가된 2bit의 값에 따라 F-Series와 FJ-Series를 구분한다. 그림 4와 같이 SER IND(: Series Indicator)는 고유한 F-Series 메시지 워드 여부를 나타내는 지시자이며, PMI(Packed Message Indicator)는 FJ-Series 메시지 워드 여부를 나타내는 지시자이다.

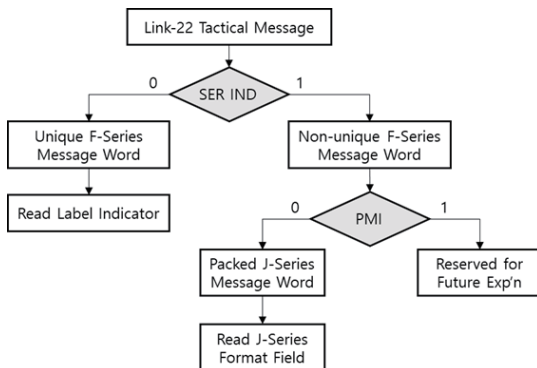


그림 4. Link-22 전술 메시지 구조
Fig. 4 Link-22 tactical message structure

전술 메시지는 송수신 규칙을 확인하고 비트 단위의 의미를 해석하는 파싱 과정을 거치게 된다. 파싱이 완료되면 DLP 내부에서 처리되는 전술 자료 레코드로 반환되고 전술 메시지의 처리 규칙에 따라 처리된다.

III. JTDLS체계에 Link-22 적용방안 제안

3.1 Link-22 연동 구조

전술데이터링크는 일반적으로 전술 메시지 송·수신을 위해 호스트 컴퓨터, 데이터링크 처리기, 암호장비, 데이터링크 터미널 장비, 통신장비 등의 분리된 요소들로 구성되며, 무선 및 위성 통신망을 사용하여 방송망(Broadcast) 방식으로 전술상황을 공유한다[9].

전술데이터링크 시스템의 구성 요소 중 DLP가 각각

의 전술데이터링크 프로토콜에 따라서 송수신하는 메시지를 파싱하고 유효성을 확인하며 전술 정보를 데이터베이스에 저장하고 관리하는 데이터 처리의 핵심 역할을 수행한다[10][11]. 호스트 컴퓨터 중 네트워크 관리기(NMS: Network Management System)는 전체 네트워크를 설계하고 배포하며, 각 플랫폼은 설계정보를 수신하여 Link-K, Link-16, Link-22를 운용하고 관리하는 역할을 수행한다.

JTDLS체계에서 Link-22 적용을 위하여 아래 그림5와 같은 Link-22 통신 장비(NCE: NILE Communication Equipment), DLP, NMS의 연동 구조를 제안한다.

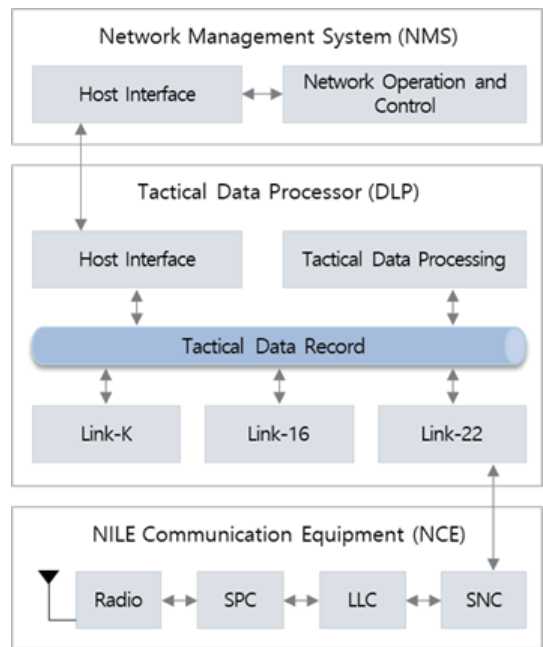


그림 5. Link-22 연동 구조도
Fig. 5 Link-22 interface structure

NMS는 Link-22 네트워크 초기화 및 네트워크 관리하는 기능을 수행한다. 네트워크를 초기화하기 위하여 OLM(: OPTASK Link Message)에서 노드 설정에 필요한 정보를 분석하고 SNC로 송신하기 위한 연동 메시지를 구성한다. 메시지는 호스트인터페이스를 통해 DLP를 거쳐 SNC로 송신되고 초기화를 진행한다. 네트워크 초기화 후 NMS는 Link-22의 네트워크의 상태를 모니터링하며 운용자의 조작에 따라 Link-22 네트워크

를 통제한다.

DLP의 역할은 SNC와 연동하여 전술 메시지의 송수신하고 처리하며, NMS로부터 수신한 네트워크 관리 메시지를 전달하는 기능을 수행한다. DLP는 전술 자료 처리 모듈과 연동 모듈로 구성된다. 연동 모듈에서는 전술 메시지를 전술 자료 레코드로 변환하여 전술 자료 처리 모듈로 송신하고, 전술 자료 처리 모듈은 전술 자료 레코드(Tactical Data Record) 단위로 수신된 메시지를 통합 처리한다. 전술데이터링크 간 일부 상충되는 규칙은 연동 모듈에서 처리함으로써 전술 자료 처리 모듈의 기능을 단순화 시킬 필요성이 있다.

3.2 SNC연동을 위한 DLP 처리 시퀀스

전술 메시지를 SNC로 송신하기 위해서는 아래 그림 6과 같은 송신 시퀀스가 필요하다.

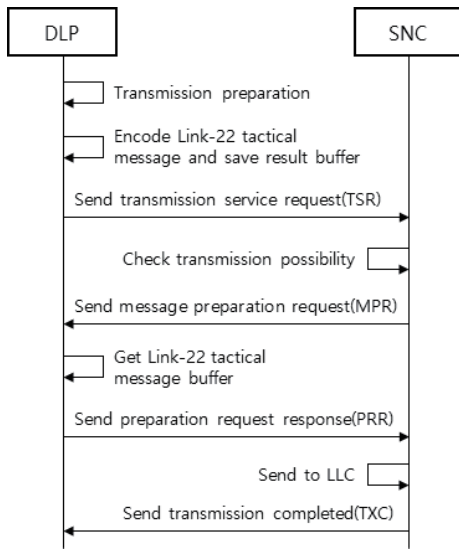


그림 6. 전술 메시지 송신 시퀀스
Fig. 6 Tactical message transmission sequence

송신 준비가 된 전술 메시지를 Link-22 파서로 인코딩하고 Transmission Service Request(: TSR)를 SNC로 송신한다. SNC는 송신 가능한지 확인 후 DLP로 Message Preparation Request(: MPR)를 송신한다. DLP는 Preparation Request Response(: PRR)에 인코딩한 버퍼를 저장하여 SNC로 송신한다. SNC는 LLC로 송신하고 결과로 Transmission Completed (TXC)를 DLP로 송신함으로써 전술 메시지 송신 절차가 종

료된다.

SNC로부터 전술 메시지를 수신하는 시퀀스는 아래 그림7과 같다.

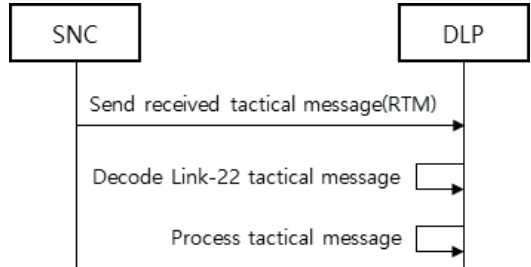


그림 7. 전술 메시지 수신 시퀀스
Fig. 7 Tactical message reception sequence

SNC는 외부에서 전술 메시지를 수신하면 DLP로 Received Tactical Message(: RTM)를 송신한다. DLP는 RTM에 포함된 전술 메시지 버퍼를 Link-22 파서로 디코딩하고 수신 처리한다.

Link-K는 Link-16을 기반으로 설계되어 Link-16과 호환이 되며, Link-22의 FJ-Series 메시지는 Link-16과 구조가 동일함으로 추가적인 메시지 처리가 필요하지 않다. 그러나 F-Series 메시지는 메시지 처리를 위하여 추가적인 처리가 필요하다.

DLP에서 Air Participant Location and Identification(: PLI) 메시지 처리하는 과정을 제시하고자 한다. Air PLI는 F-Series 메시지로 4개 워드(PLI Position(: POS), Air PLI Course and Speed(: CAS), Air PLI Additional Mission Composition(: AMC), PLI IFF)로 구성되어 있다. PLI POS와 PLI IFF는 Air/Surface/Subsurface/Land Point/Land Track PLI에서 공용으로 사용되는 워드이고, Air PLI CAS와 Air PLI AMC는 Air PLI에만 존재하는 워드이다. 메시지가 수신되어 Air PLI임을 식별하기 위해서는 Air PLI CAS와 Air PLI AMC같은 Air PLI에만 존재하는 워드가 필요하다.

Air PLI가 송신되는 경우를 확인해보면 표2와 같이 5가지로 정리된다.

표 1. Air PLI 송신 테이블
Table 1. Air PLI Transmission Table

	Occasion	Tx
1	Initial	PLI POS, Air PLI CAS, Air PLI AMC, PLI IFF
2	Periodic	PLI POS
3	Periodic(4)	PLI POS, Air PLI CAS
4	Periodic(16)	PLI POS, Air PLI CAS, Air PLI AMC
5	IFF(16)	PLI IFF

Initial report는 최초 보고할 때 송신, Periodic report는 매 주기 때 송신, Periodic(4) Report는 4 주기 때 송신, Periodic(16) report는 16 주기 때 송신, IFF(16) report는 16 주기 때 송신되는 워드로 구성된다.

Link-22 네트워크에 가입하고 처음으로 수신되는 타 노드의 PLI 메시지가 Initial report와 같이 모든 워드로 구성되어 있지 않을 경우가 있다. PLI POS와 PLI IFF 워드가 단독으로 수신되는 경우 DLP는 해당 노드로 FJ7.1 Data Update Request를 송신하여 모든 워드를 수신함으로써 Air PLI 메시지 처리를 시작할 수 있다. 이후에 수신되는 워드는 기존에 수신한 Air PLI 메시지에 업데이트 후 처리한다. 이와 같은 메시지 처리 방식은 모든 PLI, Track에 동일하게 적용해야 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 Link-K, Link-16, KVMF를 연동하는 JTDLS체계에 Link-22를 도입하기 위하여 Link-22 연동 구조, SNC를 연동하기 위한 SW 역할 구분, Link-22 전송 메시지 및 전송데이터링크 처리기에서 메시지를 송수신하는 방법을 제시하였다. JTDLS체계는 Link-K, Link-16, KVMF, Link-22 등 운용하는 전송데이터링크의 수가 점차 늘어가고 있다. 전송데이터링크마다 처리해야 할 규칙이 있고, 그 규칙이 서로 상충 될 경우 분기 처리함으로써 DLP의 복잡도가 증가하게 된다. 그림 5. Link-22 연동 구조도에 나타난 바와 같이 DLP와 NMS의 기능을 구분하고, DLP 내에서도 연동 모듈과 전송 자료 처리 모듈로 구분하여 처리함으로써 복잡도를 낮출 수 있다.

향후 실제 JTDLS(완성형)체계 개발을 진행하면서 DLP와 NMS 간, DLP 내 모듈 간 상세 기능 구분을 명확화할 필요성이 있다.

Acknowledgement

이 논문은 한국형 합동 전술데이터링크체계의 개발 결과로 작성된 논문임.

References

- [1] S. Kim, and H. Lee, "Study on Korean Variable Message Format Construction for Battlefield Visualization," *J. of Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers*, vol. 15, no. 1, 2011, pp. 104-112.
- [2] Y. Lee, J. Kim, and M. Lim, "Methodology of Interoperating Link-K Track Number in Multi TDLs," *J. of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38C, 2013, pp. 1186-1195.
- [3] S. Jung and H. Shin, "Analysis on Technology Development of NCW and Tactical Data Link," *J. of Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 5, 2012, pp. 991-998.
- [4] W. Kim, M. Lee, S. Kim, and J. Park, "Method of Format Conversion Between Link-K and KMTF Messages," *J. of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 20, no. 2, 2017, pp. 264-271.
- [5] T. Yu, and W. Cho, "Improved Tactical Data Link Operation Method based on Cluster Network," *J. of Korea Institute of Next Generation Computing*, vol. 10, no. 6, 2014, pp. 22-35.
- [6] S. Kim, and H. Lee, "Development of Korean Joint Tactical Data Link System Based on CLIP," *J. of Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers*, vol. 15, no. 1, 2011, pp. 15-22.
- [7] S. Kim, and H. Lee, "Development of Korean Joint Tactical Data Link System Based on MDLIA," *J. of Information Technology and Architecture*, vol. 8, no. 1, Mar. 2011, pp. 73-80.
- [8] T. Kang, J. Kim, K. Kim, S. Jung, and J. Kim, "A Study of Command and Control System through Tactical Data Link Based on Interoperability," *Asia-pacific J. of Multimedia*

Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, vol. 7, no. 2, Feb. 2017, pp. 209-216.

- [9] S. Ji, C. Jin, K. Park, H. Park, C. Park, J. Ahn, and K. Lee, "Logical Subnet Configuration Scheme Using Cryptography in Tactical Data Link Environment," *J. of Knowledge Information Technology and Systems*, vol. 12, no. 5, 2017, pp. 639-650.
- [10] J. Hwang, K. Lee, and S. Jung, "A Study On the Multi-tactical Data Link Data Management," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 457-464.
- [11] K. Lee, "A Study On the Improvement of Transmission Speed of Data Link Processor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1069-1076.

저자 소개



정석호(Suk-Ho Jung)

2009년 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2008년 ~ 2019 쌍용정보통신 과장
2019년 ~ 현재 한화시스템 전문연구원
※ 관심분야 : 전송데이터링크, 네트워크 통신, Link-K, Link-16, Link-22



황정은(Jung-Eun Hwang)

2012년 한성대학교 정보시스템 공학 졸업(공학사)

2011년 ~ 2018 쌍용정보통신 대리
2019년 ~ 현재 한화시스템 선임연구원
※ 관심분야 : 전송 데이터링크, 네트워크 통신, Link-K, Link-16, Link-22

이윤정(Youn-Jeong Lee)



2001년 숭실대학교 정보통신공학과(공학사)
2003년 숭실대학교대학원(공학석사)
2006년 숭실대학교대학원(공학박사)
2015년 7월 ~ 2016년 6월 미국 University Southern California 박사후 연구원

2006년~현재 국방과학연구소 책임연구원
※ 관심분야 : 전송데이터링크, Link-K, Link-16, Link-22, 다중 전송데이터링크 간 중계

박지현(Ji-Hyeon Park)



2003년 부산대학교 컴퓨터공학과(공학사)
2005년 부산대학교대학원(공학석사)
2005년~현재 국방과학연구소 선임연구원

2005년 ~ 현재 국방과학연구소 선임연구원
※ 관심분야 : 전송데이터링크, Link-K, Link-16, Link-22, 소프트웨어, 체계종합

