

차세대 전술데이터링크 통합메시지의 네트워크 효율성 검증

최신욱, 구영훈, 송대영, 정의민, 박지현, 김재원

국방과학연구소

schoi@add.re.kr, gyh0808@add.re.kr, daeyoungsong@add.re.kr, jung@add.re.kr, jhpark@add.re.kr, arbor405@add.re.kr

Evaluation of Network Efficiency of Unified Messages for Next-Generation Tactical Data Link

Sinuk Choi, Young-Hoon Goo, Daeyoung Song, Eui Min Jung, Jihyeon Park, Jaewon Kim

Agency for Defense Development

요약

현재 한국군은 미군 표준 기반의 Link-K, ISDL-II, KVMF 등 다양한 전술데이터링크를 운용중에 있다. 이들 전술데이터링크는 서로 다른 표준의 메시지 포맷 및 프로토콜을 기반으로 구현되어 연동이 제한되며 상호운용성이 떨어져 있다. 차세대 전술데이터링크 기술 개발이 필요하다. 차세대 전술데이터링크의 통합메시지는 상호운용성을 만족시키면서 점차 늘어가는 플랫폼, 정보 등을 수용할 수 있도록 네트워크 자원을 효율적으로 사용해야 한다. 본 논문에서는 SimPy 기반의 시뮬레이터 제작을 통해 차세대 전술데이터링크용으로 설계한 통합메시지의 네트워크 효율성에 대해 검증하였다. 동일 작전 수행시 기존 전술데이터링크인 Link-K와 통합메시지의 타임슬롯 요구량과 작전 운용 시간을 산출하여 비교하였으며, 통합메시지가 상대적으로 적은 타임슬롯과 짧은 작전 운용 시간을 요구하는 등 보다 우수한 네트워크 효율성을 보였다.

I. 서론

전술데이터링크는 전술정보를 근실시간으로 공유하여 전투 효과를 상승시키는 네트워크중심전(NCW: Network Centric Warfare)의 핵심 체계이다[1]. 국내에서 육군은 KVMF, 해군은 ISDL-II, 공군은 Link-16을 운용 중이며 합동작전은 Link-K를 활용하는 등 다양한 전술데이터링크를 운용중이다. 이들 전술데이터링크는 표준의 메시지 포맷 및 프로토콜이 각기 다르고 각 군별 개별적으로 개발 및 적용되어 서로 간의 상호운용성이 유지에 어려움이 있으며, 미국 표준을 기반으로 구현되어 수출에도 제약이 따른다. 또한, 복잡한 전장환경에서 유무인 복합체계 등 다양한 무기체계간의 증가하는 연동 요구사항을 만족시키기 위해서는 한국군 독자적인 차세대 전술데이터링크를 위한 통합메시지 개발이 필수적이다.

통합메시지는 기존 전술데이터링크인 Link-K, ISDL-II, KVMF에 대한 심도 깊은 분석을 통해 공통된 요소를 중심으로 상호운용성을 고려하여 설계를 수행하였다. 또한, 통합메시지는 상호운용성 뿐만 아니라 늘어나는 플랫폼과 정보들을 고려하여 한정된 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계되었다. 기존 전술데이터링크에서 한국군에서 실제 사용하지 않는 정보를 배제하여 필요한 정보만 송신되도록 간소화하고, 한국군 전장 환경에 적합한 위치정보와 자함소 및 트랙 번호체계를 설계하여 정보 전송에 소요되는 비트 수를 감소시켰으며, 전송 주기에 따라 메시지 분류하여 유사한 주기의 메시지가 같이 전송될 수 있도록 설계함으로써 네트워크 자원 효율성을 증대시키고자 하였다[2,3].

본 논문에서는 설계된 통합메시지의 네트워크 효율성을 SimPy 기반의 시뮬레이터를 통해 제시하였다. 전술데이터링크는 기본적으로 무선 자원에 대해 TDMA 통신 방식을 따른다. 일정 시간을 타임슬롯 단위로 쪼개고, 각 타임슬롯마다 송신 플랫폼을 할당하여 운용되며 동일한 전술정보

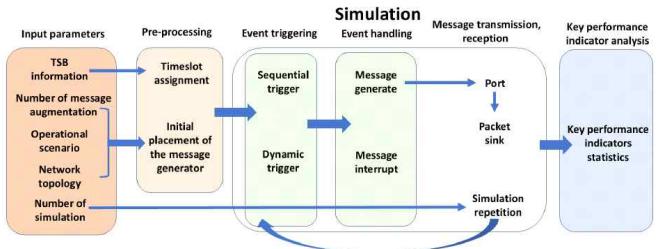


그림 1. 전술데이터링크 네트워크 모의를 위해 수정된 SimPy 구조

를 전송하는데 있어서 소요되는 타임슬롯량이 적을수록 네트워크 효율성이 우수하다고 판단할 수 있다. SimPy는 파이썬 기반의 이산사건 시뮬레이션 프레임워크로서 event-triggered 방식으로 동작하며 전술데이터링크의 전송 프로토콜을 반영할 수 있도록 수정하였다. 수정된 SimPy 시뮬레이터의 구조는 그림 1과 같다[4].

II. 통합메시지의 네트워크 효율성 검증

본 논문에서 통합메시지의 네트워크 효율성을 검증하는 지표는 전술데이터링크를 활용하는 대표적인 작전을 대한 수행하는데 소요되는 타임슬롯 개수와 작전시간이다. 동일 작전을 다른 메시지로 각각 수행한 결과를 분석하여, 소요되는 타임슬롯 개수가 적을수록, 작전을 수행하는 시간이 짧을수록 해당 메시지의 네트워크 자원 사용에 대한 효율성이 우수하다고 평가할 수 있다. 동일한 작전 시나리오에서 다양한 트랙 개수 생성을 통해 전송해야 할 정보의 양을 조정하였으며 이에 따른 타임슬롯 소요량과 작전 수행시간을 산출하였다.

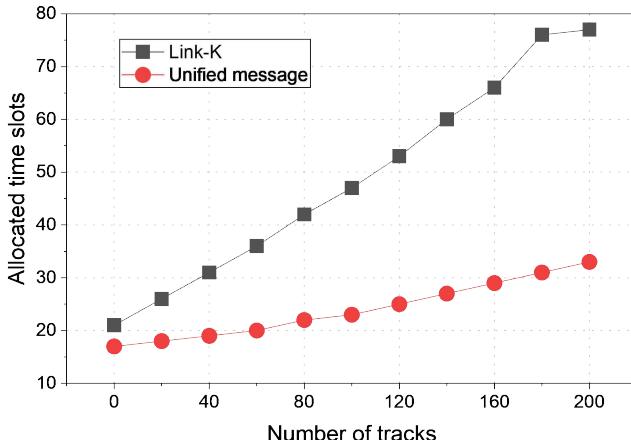


그림 2. 전송 트랙 개수에 따라 요구되는 타임슬롯 개수

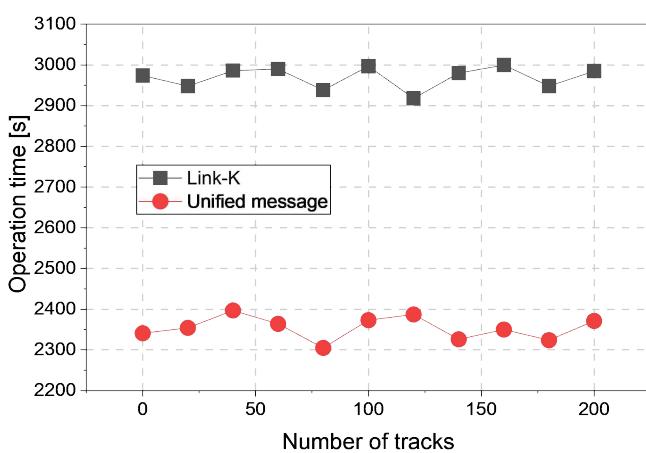


그림 3. 전송 트랙 개수에 따른 작전 수행 소요 시간

시뮬레이션에 수행된 전술데이터링크 메시지는 Link-K 메시지와 통합메시지이며 각각 작전 시나리오를 50번씩 수행하였다. 작전에 참여하는 모든 플랫폼의 송신 메시지는 12초의 지연 허용 시간을 가진다. 즉, 어떤 송신 메시지도 12초를 초과하여 송신이 지연될 시 할당된 타임슬롯 개수가 부족하다고 판단하고 추가 타임슬롯을 배정한 후 다시 동일 시나리오를 반복한다. 작전 시나리오를 50회 반복 수행해서 50회 모두 모든 송신 메시지가 12초 이하의 지연 시간을 가질 때 해당 타임슬롯이 적절하다고 판단한다. 정보량의 변화에 따른 네트워크 효율성을 살펴보기 위해 시나리오에서 생성되는 트랙 개수를 20개에서 200개까지 변화시켰다.

그림 2는 트랙 개수 변화에 따라 메시지 별로 요구되는 타임슬롯 개수를 보여준다. 전체적으로 통합메시지의 요구되는 타임슬롯 개수가 기존 Link-K 메시지보다 적음을 알 수 있으며 이는 통합메시지의 우수한 네트워크 효율성을 입증한다. 트랙의 개수가 적을 때는 Link-K 메시지와 통합메시지 간의 요구되는 타임슬롯 개수가 차이가 크지 않으나, 트랙의 개수가 많아질수록 즉, 공유해야 하는 정보량이 많아질수록 통합메시지가 Link-K 메시지 대비 훨씬 적은 양의 타임슬롯이 요구됨을 알 수 있다.

그림 3은 트랙 개수 변화에 따른 Link-K 메시지와 통합메시지의 작전 수행 시간을 나타낸다. 트랙 개수 변화에 관계없이 동일 작전을 수행함에 있어 통합메시지의 작전 수행 시간이 Link-K 메시지 대비 20% 정도 짧음을 알 수 있다. 이러한 차이는 통합메시지에서 타 플랫폼에 대한 통제권 수행에 대한 효율적 절차 개선 등에 의한 것으로 판단된다. 아직 미통제 플랫폼의 통제 메시지에 대한 설계가 완벽히 이루어지지는 않아 약간의

변동은 있을 것으로 사료되나, 해당 설계가 완료되어도 크게 변하지 않는 수준으로 경향성은 유지될 것이다. 트랙 개수 변화에 따른 작전 수행 시간은 두 메시지 모두 큰 변화없이 일정하였다. 적절한 타임슬롯 개수를 산출하는 기준이 12초라는 자연 허용 시간이므로 트랙 개수가 증가하더라도 타임슬롯량이 늘어나 12초 초과의 자연이 발생하지 않는다. 따라서, 트랙 개수의 증가하더라도 자연 시간이 유사하므로 작전 수행 시간은 거의 변화가 없는 것으로 사료된다. 작전 시나리오는 작전을 수행하는 세부절차로 세분화되어 있으며 각 세부절차를 수행하는 시간은 산업공학적으로 인간의 일반적인 행동 소요시간을 분석한 결과를 반영하였다. 다만, 세부절차내에 수행하는 행동 및 이벤트 사이에는 랜덤한 자연 시간을 적용하여 실제 상황과 좀 더 유사하게 모의하였으며, 인간의 행동에도 다소의 차이가 있으므로 인간의 일반적인 행동 소요시간을 평균으로 랜덤값을 반영하였다. 트랙 개수 변화에 따라 나타나는 약간의 작전 수행 시간 변화는 이러한 랜덤 자연 시간에 따른 것으로 판단된다.

III. 결론

본 논문에서는 차세대 전술데이터링크를 위해 설계한 통합메시지의 메트워크 효율성에 대해 검증하였다. 통합메시지는 기존의 다양한 전술데이터링크 대비 상호운용성 향상과 한국군 전장환경에 적합한 메시지 포맷 및 프로토콜을 적용하여 더 우수한 네트워크 효율성을 가지도록 설계되었다. 파이썬 기반의 이산사건 시뮬레이션 프레임워크인 SimPy를 전술데이터링크 프로토콜에 적합하도록 수정하여 동일 작전 수행시 Link-K와 통합메시지 각각 요구하는 타임슬롯량과 작전 수행 시간을 산출하고 이를 분석하였다. 통합메시지는 Link-K 대비 적은 타임슬롯 요구량을 보였으며 전송할 정보가 증가함에 따라 타임슬롯 요구량은 더 큰 차이를 나타내었다. 작전 수행 시간은 통합메시지가 Link-K 대비 20% 더 짧은 결과를 보였으며, 정보량에 따라서는 크게 변하지 않았다. 본 연구를 통해 통합메시지의 우수한 네트워크 효율성이 검증되었으며, 차세대 전술데이터링크 메시지로서의 가능성을 입증하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2026년 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임

참 고 문 헌

- [1] J.-W. Kim, et al., "A Study on Fast Frequency Hopping Communication for Anti-Jamming in TDL System", J. KICS, Vol.43, No.01, pp. 175-180, 2018.
- [2] H.J. Jeong, et al, "Analysis on Integrated Message Technology of Advanced Tactical Data Link", Conf. KIMST, pp. 1443-1444, 2024.
- [3] J. Park, et al, "Study on the Design of Next-generation Tactical Data Link Unified Message Format", Conf. KIMST, pp. 1138-1139, 2025.
- [4] D. Song, et. al, "A SimPy-based Simulator for Verification of TDMA Resource Allocation in Tactical Data Links", J.KSIS, Vol.48, No.4, pp. 34-43, 2025.