

이종 전술데이터링크 연동 간 DLP 부하 저감을 위한 우선순위 기반의 전술메시지 처리모듈 설계

장 종 인*, 임 재 성^o

Priority-Based Tactical Message Design for DLP Load Reduction Interworking between Heterogeneous Tactical Data Links

Jongin Jang*, Jaesung Lim^o

요 약

현대전을 수행하기 위해서는 다양한 형태의 무기체계에 탑재되어 있는 전술통신 장비들이 연동되어 전술정보가 끊김이 없고 막힘이 없이 실시간으로 운용되어야 한다. 특히, 이종의 전술데이터링크를 채택하고 있는 체계 간에는 상이한 메시지 포맷으로 인하여 정보 공유가 제한되기 때문에, 특히 여러 호스트를 지원하는 Data Link Processor(DLP)에서는 메시지 포맷의 실시간 변환이 매우 중요하다. 따라서 DLP에서의 트래픽 부하 저감을 위한 연구가 진행되었으나 DLP에서 처리할 수 있는 트래픽을 초과하거나 우선순위가 높은 전술메시지가 대량 또는 반복적으로 발생할 경우, 우선순위가 상대적으로 낮은 전술메시지는 지속적으로 배제되게 되어 결과적으로 낮은 우선순위의 전술메시지에 대한 실시간성이 결여되는 문제를 해결하기 위한 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 DLP의 부하를 저감함은 물론 트래픽 급증 상황에서도 운용되는 모든 무기체계의 신뢰성 있는 정보 공유를 위해 단위 무기체계의 중요도와 메시지 처리 비율을 고려한 선택적 우선순위 기반의 전술메시지 처리 방법과 중복 전송되거나 실시간성이 결여된 전술메시지를 식별하여 드랍핑하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법의 효과성을 검증하기 위해서 한국군의 전술데이터링크 운용환경을 모사한 가상환경을 구현하였고 제안하는 방법이 적용된 Database(DB) 액세스 모듈과 큐관리 모듈을 가상환경의 소프트웨어에 적용하여 모의실험을 진행하였다. 이를 통해 제안하는 방법이 DLP의 부하를 저감하는 것은 물론, 트래픽의 급증 등에 의한 장애 발생을 예방하는 동시에 운용되는 모든 무기체계의 정보 공유에서도 신뢰성을 확보할 수 있는 개선된 방법임을 확인하였다.

Key Words : DLP, Data Link Processor, Tactical message

ABSTRACT

In order to carry out modern warfare, tactical communication equipment mounted on various types of weapon systems must be interlocked and operated in real time without interruption of tactical information. In particular, since information sharing is limited due to different message formats between systems employing heterogeneous tactical data links, real-time conversion of message formats is very important, especially in data link processors (DLPs) supporting multiple hosts. Previously, research has been conducted to reduce traffic load in DLP. However when the traffic that can be handled by DLP exceeds the traffic that can be handled by the DLP or a high-priority tactical message occurs in bulk or repeatedly, tactical messages with a relatively low

* First Author : Hanwha Systems Co., Ltd., jongin.jang@hanwha.com, 정희원

^o Corresponding Author : Ajou University Department of Military Digital Convergence, jaslim@ajou.ac.kr, 종신희원
논문번호 : 202207-145-B-RE, Received July 20, 2022; Revised July 29, 2022; Accepted August 11, 2022

priority are continuously excluded. As a result, research to solve the problem of lack of real-time has not been conducted. In this study, a selective priority-based tactical message processing method that considers the importance of a unit weapon system and a message processing rate for reliable information sharing of all weapon systems operating even in a traffic surge situation, and a tactical message that is transmitted redundantly or lacks real-time A method of identifying and dropping was proposed. In order to verify the effectiveness of the proposed method, a virtual environment simulating the tactical data link operation environment of the Korean military was implemented, and the proposed method was implemented by applying the database(DB) access module and queue management module to the software to which the proposed method was applied. It was confirmed that it is an improved method that can reduce the load on the DLP to prevent failures due to rapid traffic, and at the same time secure reliability in information sharing of the operated weapon system.

I. 서 론

전술메시지는 전술데이터링크 표준에서 정의한 표준화된 메시지 포맷을 준수하고 있다. 따라서 이종의 전술데이터링크 간 메시지 교환을 위해서는 전술메시지의 구조를 각각의 전술데이터링크 포맷에 맞게 변경할 수 있어야만 상호 소통할 수 있다.^[1-4]

이종의 전술데이터링크 간 메시지 교환 성능을 향상하기 위한 연구로는 전술메시지가 저장된 Database(DB)의 구조를 변경하여 송신 주기가 지난 전술메시지만 송신하는 연구^[5]와 변환 효율이 높은 레코드 구조로 이종의 전술메시지를 변환하는 연구^[6]가 선행되었으나 복수의 이종 전술데이터링크에서 짧은 시간 동안 다량의 전술메시지가 전송될 경우, 또는 데이터 루핑^[7] 현상 등으로 병목현상이 발생하는 경우와 같이 Data Link Processor(DLP)에서 허용하는 처리 용량을 넘어서는 부하 발생 시에 대한 대비는 충분하지 않아^[8] 전술메시지 처리 지연에 대한 문제점은 여전히 해결되지 않고 있다.

특히, 복합체계로 구성되는 작전환경에서는 단일 시스템 안에서도 다양한 전술데이터링크 표준이 존재하고 또한 동시 운용이 일반적으로 요구되는 상황이며, 성능이 낮은 소형/경량의 임베디드시스템에서도 전술메시지의 원활한 전송이 요구되고 있으므로 이러한 배경을 고려한 전술메시지 처리모듈 설계가 필요하다.

제안하는 설계 방법으로는 첫 번째로 선행 논문^[5]과 같이 우선 처리 순위(긴급: Urgent, 우선: Priority 및 일반: Routine) 구분 방식을 적용하되, 종래 방식이 전술데이터가 전송될 때마다 고정된 우선 처리 순서를 적용하는 것과는 달리 본 연구에서는 이종 전술데이터링크에서 전송되는 전술메시지를 단위 무기체계

의 중요도에 따라 상대적으로 우선순위를 부여할 수 있도록 우선 처리 모듈을 구현하되, 전송되는 전술메시지를 사전에 설정된 우선 처리 기준에 따라 우선순위를 부여하거나 필요시 특정 무기체계를 우선 처리하거나 우선 처리 하는 비율을 임의 조정하거나 또는 시스템의 리소스를 고려하여 실시간성 보장에 영향이 없도록 적응적으로 변경할 수 있도록 설계함으로써 DLP의 부하를 효과적으로 관리할 수 있는 방식을 제안하였다.

두 번째로 선행 논문^[5]에서 제시한 전술메시지를 송수신된 순서대로 순차적으로 처리하지 않고, 본 연구에서는 전송시간이 전송 주기 이상 경과된 표적을 큐잉하는 설계 방법과 함께 동일한 전술메시지가 반복적으로 송수신되었는지를 판단할 수 있도록 중복 판단 모듈을 추가하여 업데이트가 불필요한 전술메시지는 처리하지 않게 하는 방식을 제안하였다.

세 번째로 큐 구조를 개선하여 일정 시간이 경과되었거나 실시간성이 결여된 전술메시지가 처리되는 것을 차단할 수 있도록 큐 관리 모듈을 개선하는 방식을 제안하였다.

본 논문에서는 제안한 설계 방식을 검증하기 위하여 선행 논문^[5]에서 제시한 모의실험 환경과 동일하게 한국군의 전술데이터링크 운용환경을 모사한 가상환경을 구축하고 송신 메커니즘이 개선된 DLP의 성능 개선 방법(DB 스캐닝 개선 방법 및 전술자료의 큐잉 개선 방법)을 검증하기 위해 수행한 성능 평가 절차를 준수하여 모의실험을 실시한 결과, 본 연구에서 제안한 DB 액세스 모듈(우선 처리 모듈과 중복 판단 모듈)과 큐 관리 모듈이 종래 방식의 DLP 부하를 줄이기 위한 설계 방안 보다 효율적이며 개선된 방안임을 확인하였다.

II. 전술데이터링크 구조 및 전송 메커니즘

2.1 전술데이터링크의 개요

전술데이터링크란 미 합참의 군사용어집에서 “디지털 정보전송에 적합한 표준화된 통신링크이며, 전술메시지 교환을 위해 하나 이상의 통신구조와 통신매체를 경유하여 2개 이상의 Command and Control(C2) 체계 또는 무기체계와의 인터페이스를 갖는 것”으로 정의^[9]하고 있으며, 전술데이터링크의 일반적인 구성도는 그림 1과 같다.

구성도에서 호스트 시스템은 DLP를 통해 전술메시지를 수신하고 연결된 센서에서 획득되는 정보와 운용자가 생성하는 전술메시지를 DLP를 통해 다른 사용자에게 송신하게 된다. DLP는 호스트 시스템을 통해 수신된 전술메시지를 각각의 데이터링크 표준에 따라 변환(메시지 패킹, 메시지 큐, 암호화, 복호화 포함)하고 정해진 송신 타이밍에 맞추어 전술메시지를 모뎀에 전달하여 송신할 수 있도록 한다.

모뎀은 무선 또는 위성 장비 등에 연결되어 전술데이터를 송신하며 트랜시버는 무선 또는 위성 통신장비 등을 이용하되 통신방식으로는 일반적으로 Time Division Multiple Access(TDMA) 등을 사용하고 있다.

과거에는 생성 및 유통되는 전술메시지가 많지 않아 DLP의 부하에 대한 고려나 관리 소요가 크지 않았지만, 전술데이터링크를 적용한 무기체계가 증가하고 단위 센서 체계의 숫자와 생성되는 전술메시지의 숫자가 크게 증가함에 따라 호스트 시스템에서 DLP로 송신되는 전술메시지가 크게 증가하여 DLP의 부하에 대한 관리의 필요성이 대두되고 있다.

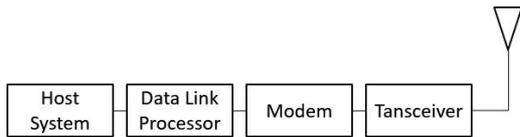


그림 1. 전술데이터링크의 일반적인 구성도
Fig. 1. General configuration diagram of tactical data link

2.2 DLP의 전술메시지 전송 메커니즘

이종의 전술데이터링크에서 수신된 전술메시지는 DLP에서 해당 데이터링크의 포맷에 따라 레코드 포맷 구조가 변경되고 이더넷을 통해 하위의 호스트 시스템으로 송신되며, 하위의 호스트 시스템에서 생성 및 획득된 전술메시지는 이더넷을 통해 DLP로 수신되고 DLP를 거쳐 각각의 전술데이터링크로 송신되며 이때, DLP가 각각의 전술데이터링크로 전술메시지를

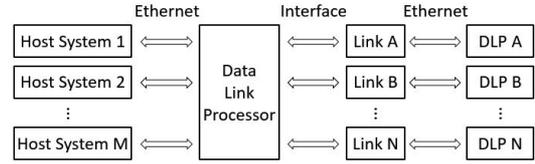


그림 2. 전술데이터링크 시스템에서의 전술메시지 흐름
Fig. 2. Tactical message flow in tactical data link system

송신하는 단계에서 부하가 주로 발생한다.

DLP는 그림 2와 같이 복수의 전술데이터링크 네트워크에 가입할 수 있으며, 전술데이터링크 별로 상이할 수 있는 통신매체의 규격에 따라 전술메시지를 검색하여 주기적 및 반복적으로 전술데이터링크에 송신해야 하므로 DLP가 전술메시지를 실시간 처리하기 위해서는 발생하는 부하를 효율적으로 관리해야만 한다.

또한, 과도한 트래픽이 집중될 경우, 전술데이터링크 시스템 내 DLP에 과부하가 주로 발생하게 되고 이로 인해 처리해야 하는 전술메시지가 지연 처리되거나 드랍되는 현상이 빈번히 발생하게 되어 해결방안 마련이 필요하게 되었다.

2.3 DLP의 전술메시지 처리 프로세스

전술메시지의 처리방법으로는 First-In First-Out (FIFO), Priority 큐잉과 같이 다양한 패킷 스케줄링 방법^[10]을 선택적으로 적용할 수 있으나 열악한 네트워크 환경을 고려한다면 다양한 패킷 스케줄링 기법 중에서 중요 전술메시지부터 우선 처리할 수 있는 Priority 큐잉^[8] 기법을 우선 고려할 수 있다.

그림 3은 일반적인 DLP의 전술자료 링크전송 메커니즘을 도식화한 것이다.^[5,11]

DLP는 호스트 시스템으로부터 송신된 전술메시지를 수신하였을 경우 또는 각각의 전술메시지의 종류

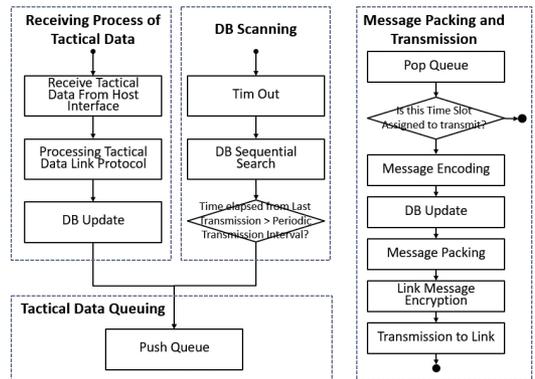


그림 3. 일반적인 DLP의 전술자료 링크전송 메커니즘
Fig. 3. Typical DLP tactical data link transfer mechanism

별로 사전에 정의된 전송 주기(타입아웃 이벤트)가 발생할 경우, 전송데이터링크로 전송메시지를 송신하게 된다.

전송메시지 수신 처리는 호스트 시스템으로부터 전송메시지를 수신하면 해당 전송데이터링크 프로토콜에 따라 전송메시지를 변환 및 처리 하고, DLP 내부에 있는 DB에 순차적으로 저장한 후 전송메시지는 큐잉을 거쳐 각각의 전송데이터링크로 송신되게 된다.

여기서 DB 스캐닝은 전송메시지에 있어서 주기적인 송신을 담당하며 전송메시지의 종류에 따라 사전에 전송 주기가 정해지고 DB를 검색하여 최종으로 송신된 시간으로부터 현재시간까지의 시간을 비교하여 전송 주기가 초과된 경우에 전송메시지 큐잉을 통해 해당 전송데이터링크로 전송메시지를 송신하게 된다.

전송메시지 큐잉은 호스트 시스템으로부터 송신된 전송메시지를 수신하거나 전송메시지가 주기적으로 송신되었을 경우 전송메시지의 큐잉이 이루어지게 되며 큐에 각각의 전송데이터링크로 송신할 전송메시지를 입력하게 된다.

메시지 패킹 및 송신 단계에서는 큐에 전송메시지가 삽입되면 전송메시지를 팝 하여 전송데이터링크 메시지 포맷으로 전송메시지를 인코딩하게 된다.

무선 통신환경 또는 위성 통신환경에서는 각각의 통신장비에 할당된 타임슬롯에 따라 전송메시지를 송신하고 유선 통신환경에서는 이더넷을 이용하여 즉시 송신한다.

III. 제안하는 전송메시지 처리방식

전송데이터링크 처리장치의 개발에는 상당한 시간과 비용이 발생하고 개발된 후에도 필요에 따라 전송데이터링크의 수정과 업그레이드 또는 이종의 전송데이터링크와의 호환과 같은 개선 요소가 종종 발생한다.

이에 따라, 메시지의 타입에 따라 맵핑하는 기준을 전송데이터링크마다 다르게 설정할 수 있도록 소프트웨어적으로 변경 가능하도록 구현해야 함은 물론, 보다 용이하게 전송데이터링크 간의 다양한 표준과 규칙을 호환성 있게 적용할 수 있어야 한다.

일반적인 네트워크 환경에서 수신되는 링크의 속도와 송신되는 링크 간의 전송속도를 보정하기 위해서는 링크 간 버퍼 또는 큐를 두고 일정 수의 전송메시지를 모아 처리해야 하며 패킷의 처리 우선 처리를 정하는 방법으로는 패킷 스케줄링 기법 또는 큐잉 기법의 적용이 필요하다.

3.1 DB 액세스 모듈 개선

데이터 송수신 장치는 유선과 무선 또는 위성과 같이 다양한 네트워크 환경하에서 각각의 데이터 송수신 장비로 들어오는 트래픽을 사전에 설정된 키값을 고려하여 패킷 데이터를 순차적으로 DB에 저장한다.^[5]

이때, L개의 전송메시지를 단시간이 처리하고 관리하기 위해서는 DB 스캐닝 단계에서부터 L개의 전송메시지를 검색하고 도착시간을 확인하여 순차적으로 큐에 삽입해야 하는데 종래의 메커니즘은 그림 4과 같이 전송되는 순서대로 순차적으로 처리한다.

그러나 가입되는 전송데이터링크의 수만큼 개별로 DB를 관리해야 하므로 가입되어있는 전송데이터링크의 수가 증가하면 할수록 DB 스캐닝으로 인한 DLP의 부하 역시 비례하여 증가하게 되는 문제점이 발생하게 된다.

제안하는 개선된 DB 액세스 모듈은 우선 처리 모듈과 중복 판단 모듈로 구성되며 첫 번째로 우선 처리 모듈을 적용한 개선 방식은 그림 5와 같이 도착순서보다 수신단에서 관리하는 우선 처리 모듈 내의 우선 처리 기준(체계 중요도 순서, 시간적 중요도 순서)을 적용하여 상대적으로 우선순위가 높은 전송메시지가 그렇지 않은 전송메시지 보다 늦게 도착하더라도 우선 처리 하게 하였다.

특히, 선행 논문^[8]에서 제안한 우선순위 처리 방법인 가장 최근에 전송되는 우선순위에 따라 우선순위를 재설정하는 것과는 달리 전송된 전송메시지를 전송 순서대로 정렬하지 않고 우선 처리 여부를 우선 처리 모듈을 활용하여 비교한 후 우선 처리가 필요한 중요한 전송메시지를 먼저 처리하고 우선 처리 대상이 아닌 전송메시지는 후 순위로 처리하게 하되, 시스템의 처리용량상 유효시간 내 처리가 가능하다면 후 순위의 전송메시지라도 순차적으로 처리할 수 있도록 설계하여 전체적인 부하 로드밸런싱을 가능하게 하였고, 복수의 전송메시지가 동시에 수신단의 동일한 우

Data Type	Tactical Data Base of Link N						
Target Number(Key)	1	2	3	4	5	...	L
Last Transmission Time	12:00:01	12:00:13	12:00:22	12:00:37	12:00:44		12:54:12

그림 4. 개선 전 DB 구조
Fig. 4. Pre-improvement DB structure

Data Type	Tactical Data Base of Link N						
Target Number(Key)	U1	U2	U3	U4	U5	...	RL
Last Transmission Time	12:00:37	12:05:33	12:08:51	12:14:21	12:19:39		12:48:43

그림 5. 개선 후 DB 구조
Fig. 5. DB structure after improvement

선 처리의 키값으로 수신되는 경우에는 전송메시지의 도착시간 순으로 처리순위를 부여하게 하였다.

두 번째로 중복 판단 모듈을 적용하여 과도한 트래픽이 발생하거나 데이터 루핑현상 등으로 동일한 전송메시지가 시간차를 두고 반복적으로 수신될 경우, 중요도가 높은 표적은 동일한 전송메시지가 전송되었더라도 적어도 2회까지는 바로 업데이트 하고 3회 이상 반복 수신될 경우에는 우선순위를 한단계 낮추며 일정 시간이 경과 후에도 동일한 전송메시지가 수신되면 바로 드랍핑 하게 하였다. 반면 낮은 우선순위의 표적정보는 동일한 전송메시지가 반복 수신되면 바로 드랍핑하도록 하였다.

전송메시지에는 표적의 다양한 정보가 저장되지만 본 연구에서는 전송속도 개선이 주 목적이므로 각각의 표적 상세 정보 중 우선 처리 대상 정보와 링크 전송에 필요한 정보인 최종 송신 시간만을 고려하여 구현하였다.

그림 6은 수신된 전송메시지를 스캐닝하는 개선전 프로세스와 개선후 프로세스이다.

개선 전에는 표적 1번으로부터 표적 L번까지 순차적으로 스캐닝하며, 최종 전송시간이 전송 주기 이상 경과된 표적은 큐잉하게 된다.

DLP는 주로 초 단위로 계산하며, 모델로 전송메시지가 송신하기 때문에 DB 스캐닝은 1초 이내에 이루어져야 혼잡(congestion) 발생 없이 링크로의 전송이 가능하다.

L개의 표적을 관리하는 DB에서 1초 이내로 DB를 스캐닝하기에는 시스템의 하드웨어 성능이 제한되므로 DB 구조를 변경하여 전체 DB를 대상으로 스캐닝하는 것이 아닌 우선 처리가 필요한 전송메시지를 우선 처리하거나 송신주기가 지난 전송메시지에 한하여

스캐닝을 수행하도록 DB 구조를 변경하였다.

구체적인 설계 방법으로 첫 번째는 DB의 레코드에 우선 처리를 고려할 수 있는 'Next Transmission Time' 필드를 추가하고 링크 송신시 우선 처리를 반영하여 순서를 재조정하고 다음 송신시간을 계산하여 업데이트한다. 두 번째는 DB의 키값인 Target Number로 정렬하여 관리하는 것이 아니라 우선 처리 그룹 및 Next Transmission Time의 순으로 정렬하여 DB를 관리하는 것이다.

DB 구조를 이와같이 변경하면 DB 스캐닝 필요시 DB의 모든 표적정보를 검색할 필요가 없이 우선 처리 대상과 전송 시간이 도래한 DB만을 검색하여 큐잉하게 되므로 부하 관리가 용이하다.

우선 처리의 기준은 대상체계의 중요도에 따라 3가지 단계(Urgent, Priority 및 Routine)로 구분하는 방식을 적용하여 측정된 시간이 지연 임계값보다 크거나 작을 경우, 우선처리를 한 단계씩 상향 또는 하향 조정할 수 있도록 모듈을 설계하였고, 링크 송신 후 일정 시간이 지난 후에도 송신이 이루어지지 않을 경우, 자동으로 우선순위를 재조정하는 흐름 제어를 통해 데이터 송신을 보다 신뢰성 있게 조정하는 방법을 선택적으로 적용할 수 있도록 설계하였다.

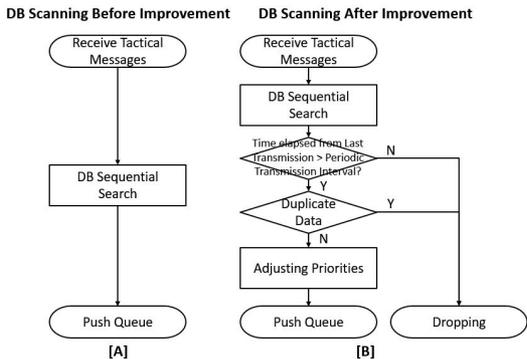
3.2 큐 관리 모듈 개선

DLP는 전송메시지를 각각의 링크로 전송할 때, 큐를 활용하게 된다.

그림 7과 같이 호스트 시스템으로부터 전송메시지를 수신 시 링크로 즉시 전송할 필요가 있는 경우에는 DB 스캐닝을 통해 송신 주기가 도래하면 큐잉을 통해 전송메시지를 링크로 송신하게 된다.

또한 동일 표적이 호스트 시스템으로부터 초 단위로 업데이트되면 DLP도 링크로 초 단위로 동일 표적 정보를 전송할 수 있어야 한다.

그러나 전송데이터링크 시스템에서 전송메시지는 실시간성이 요구되며 최신의 표적정보만 유효하기 때문에 최신의 전송메시지 이외의 과거 전송메시지를 링크로 전송하는 것은 전송데이터링크 네트워크 트래픽 측면에서는 부하만 증가시키는 원인이 된다.



[A] 개선전 DB 스캐닝 프로세스, [B] 개선후 DB 스캐닝 프로세스

그림 6. 개선 전후 DB 스캐닝 구조
Fig. 6. DB scanning structure before and after improvement

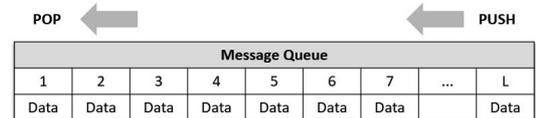


그림 7. 개선 전 데이터링크 송신을 위한 메시지 큐
Fig. 7. Message queue for data link transmission before improvement

트래픽 측면에서의 부하를 줄이기 위해 큐를 개선하여 시간이 경과되었거나 중복된 표적정보가 전송되는 것을 차단한다면 DLP 성능개선뿐만 아니라 전송 데이터링크 네트워크 대역폭 확보에도 도움이 될 것이다.

구체적으로 큐의 팝, 푸시, 검색 및 업데이트의 성능 향상을 위해 기존에 실제 데이터로 관리하던 큐를 DB의 포인터로 관리하는 큐로 변경하면 링크 전송 프로세스의 부하를 줄일 수 있다. 아울러, 메시지 큐에서 중복된 표적정보 큐잉을 방지하기 위해서는 큐에 세 가지 기능이 추가되어야 한다.

첫 번째, 무기체계의 중요도에 따라 가중치를 가변적으로 부여할 수 있도록 DB를 구성하고 두 번째, 큐에 검색 기능을 추가하여 전송메시지를 큐에 푸시하기 전에 DB상의 가중치 부여 여부 확인 및 동일한 전송메시지인지 여부를 검색하는 기능과 세 번째, 중요도가 낮은 무기체계의 전송메시지나 동일한 전송메시지가 중복 존재한다면 해당 표적정보를 큐에 푸시하지 않도록 기능을 구현하여 전송메시지가 링크로 중복 전송되는 것을 제한할 수 있다.

그림 8은 큐의 자료구조를 실제 데이터 대신에 DB 포인터로 관리하도록 변경하고, 전송메시지의 키값으로 중복 정보를 검색하고 업데이트할 수 있도록 변경한 구조이다.

큐의 데이터 송신 후 송신 시간을 포함하여 주기적 송신을 위한 정보를 DB에 업데이트해야 한다. 전송메시지 큐잉 개선 전에는 큐의 데이터를 팝한 후 링크로 송신하고, 다시 DB를 검색하여 송신 정보를 DB에 업데이트한다. 큐의 자료구조 개선 후에는 큐가 데이터의 DB 포인터를 관리하기 때문에 DB를 다시 검색할 필요 없이 DB의 데이터에 직접 접근이 가능하다.

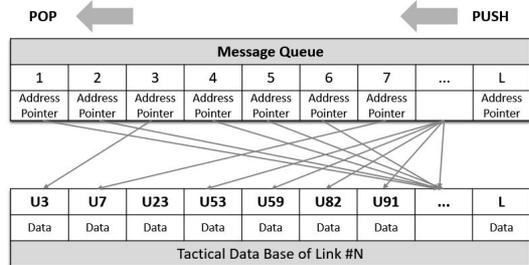


그림 8. 개선 후 데이터링크 송신을 위한 메시지 큐
Fig. 8. Message queue for post-improvement data link transmission

IV. 모의실험 및 성능 평가

본 연구에서는 DLP 부하 실험을 위해 선행 논문¹⁾과 같이 실제 군에서 운용 중인 전송데이터링크 시스템에서 수행할 수 없으므로 한국군의 전송데이터링크 운용환경을 모사한 가상의 환경을 소프트웨어적으로 구현하여 모의실험을 진행하였다.

모의실험 환경은 Central Processing Unit(CPU) Intel Core i7-9750H 2.60GHz, Memory 16GB, 운영체제 Windows10 64비트 환경에서 가상 머신(Fedora 30)에 설치된 DLP 소프트웨어와 전송메시지를 생성하여 DLP로 송신하는 메시지 시뮬레이터를 활용하여 진행하였다.

그림 9와 같이 실험에서 영향을 주는 파라미터는 선행 논문¹⁾과 같이 전송메시지의 양으로 한정하였고 DLP 소프트웨어가 구동하는 모의실험 환경상의 Personal Computer(PC)의 CPU 점유율을 기준으로 CPU 점유율이 낮을수록 DLP의 성능이 개선된 것으로 모의 결과를 판단하였다.

상세 실험방법으로 DLP 소프트웨어를 M 초의 주기로 링크 메시지를 송신하도록 설정하고 시뮬레이터에서 DLP 소프트웨어로 호스트 인터페이스 전송메시지가 M 초마다 송신될 때를 가정하여 1분간의 평균 CPU 점유율을 데이터화하였고 10회 반복적으로 모의 실험을 수행하여 확보된 데이터의 평균값으로 분석을 진행하였다.

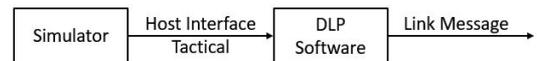


그림 9. DLP 성능에 대한 모의실험 모델
Fig. 9. Simulation model for DLP performance

4.1 DB 액세스 모듈 모의실험

DLP의 부하를 줄이기 위해 설계 방안으로 전송메시지의 중요도를 판단할 수 있는 우선 처리 모듈을 추가하고 중요도에 따라 3단계(Urgent, Priority 및 Routine)의 우선 처리를 부여하면 전송메시지의 수가 증가할수록 성능개선에 대한 효율이 향상하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10에 보이는 것처럼 처리해야 할 표적정보가 통상 전송메시지 처리 수준인 5,000개일 경우 CPU 점유율이 37%에서 22%로 약 15% 감소하였다. 이것은 링크 전송 프로세스의 성능이 개선하기 전의 기준 방식 대비 약 41%가 개선되었음을 의미한다.

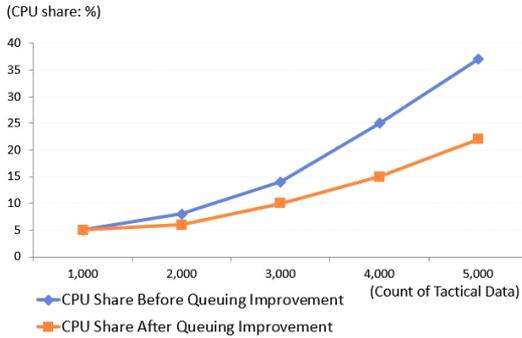


그림 10. 우선처리 모듈 적용후의 CPU 점유율 비교
Fig. 10. Comparison of CPU shares after application of priority processing module

4.2 큐 관리 모듈 모의실험

큐의 자료구조를 실제 데이터 대신에 DB 포인터로 관리하도록 변경하고, 전송메시지의 키값을 DB 상의 키값과 단위 무기체계의 중요도를 고려하여 업데이트 하면 우선 처리 모듈 개선과 마찬가지로 표적정보의 수가 증가할수록 성능개선의 효율이 높아짐을 확인할 수 있었다.

그림 11과 같이 통상 표적정보 처리 수준인 5,000 개의 전송메시지를 처리할 경우, 큐잉 개선을 통해 CPU 점유율이 37%에서 28%로 약 9% 감소하였는데 이것은 링크 전송 프로세스의 성능이 개선 전 대비 약 24%가 개선된 것을 의미하며 성능개선을 통해 관리할 수 있는 표적정보의 수를 확대하거나 정밀도가 높은 타임슬롯 계산을 가능하게 할 수 있음을 의미한다.

또한, 그림 12와 같이 단위 무기체계의 중요도를 고려하여 우선 처리 하는 비율을 가변적으로 변경할 수 있도록 설계하여 점진적으로 우선 처리 대상의 비율을 높인 결과 우선 처리 대상의 비율이 10%에서 40%까지 확대할 경우, CPU 점유율이 점진적으로 낮

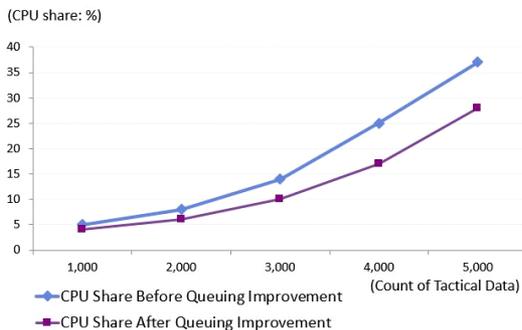


그림 11. 큐잉 개선후의 CPU 점유율 비교
Fig. 11. Comparison of CPU shares after queuing improvement

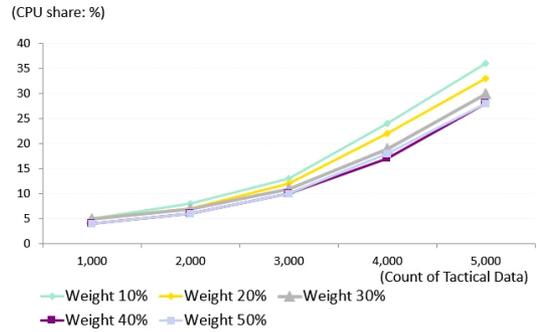


그림 12. 가중치에 따른 CPU 점유율 비교
Fig. 12. Comparison of CPU shares by weight

아졌으나 우선 처리 대상의 비율이 40%를 초과할 경우에는 CPU 점유율 개선 효과가 크지 않음을 확인하였고 이는 우선 처리 대상이 확대될수록 중복되거나 실시간성이 결여된 전송데이터를 드래핑하는 등으로 CPU의 부하를 저감하였으나 임의의 우선 처리 대상 지정비율이 40%를 초과할 경우에는 드래핑되는 데이터가 실질적으로 줄어들어 되어 40% 대비 개선효과가 미미해진다는 것을 의미한다.

4.3 DB 액세스 및 큐 관리 모듈 동시 적용 모의 실험

DB 액세스 모듈과 큐 관리 모듈을 동시에 적용할 경우, 개별 적용 대비 성능개선의 효율이 더욱 높아짐을 확인할 수 있었다.

그림 13과 같이 두 가지 방법을 동시에 적용할 경우, 링크 전송 프로세스의 CPU 점유율이 37%에서 13%로 약 24%가 감소하여 두가지 방법을 동시에 적용전의 패킷스케줄링 기법 대비 약 65%의 개선효과를 확인할 수 있었다.

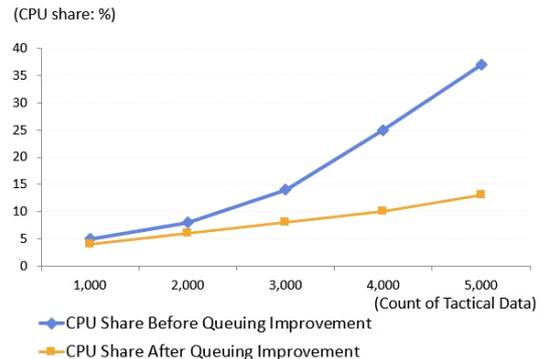


그림 13. 우선처리 모듈 및 큐잉 개선후의 CPU 점유율 비교
Fig. 13. Comparison of CPU share after priority processing module and queuing improvement

이는 링크의 수가 동일하다고 가정할 경우, DLP가 최대로 처리할 수 있는 전송데이터 수를 약 2.8 배 증가할 수 있다는 것을 의미하고, 전송메시지 수가 동일하면 DLP가 처리할 수 있는 링크의 수가 약 2.8 배 늘어날 수 있다는 것을 의미하는 것이며, 전송메시지의 주기적 송신 주기를 보다 단축하여 정밀성과 신뢰도가 높은 정보의 제공도 역시 가능하다는 것을 의미한다.

현재 전송데이터링크를 탑재한 무기체계가 증가하고 있고, 전송데이터링크 통신장비의 성능이 점차 증가하고 있으며, 전송메시지의 발생 원인인 센서 체계의 수와 성능이 모두 급격히 증가하는 추세이다.

이러한 추세 속에 전송데이터링크를 통해 전송되는 전송메시지의 양은 단위 무기체계에서 설계한 DLP의 처리용량의 범위를 벗어난 대량의 전송메시지가 유통될 것으로 예상되며 이로 인하여 DLP의 전송메시지 처리 및 DB 관리에 소요되는 비용도 급격히 증가할 수밖에 없을 것으로 예상된다.

본 설계 방안은 이러한 환경을 고려하여 중요도 판단기준에 따라 전송메시지를 우선 또는 선택적 처리하므로 DLP의 부하를 선택적 또는 적응적으로 경감시킬 수 있으며 이를 통해 하드웨어적인 개조 없이도 소프트웨어적으로 성능을 개선할 수 있어 보다 용이하게 전송메시지 처리 및 DB 관리 비용을 보다 효율화시킬 수 있는 설계 방안임을 확인하였다.

V. 결 론

단위 무기체계는 고유의 메시지 포맷을 채택하고 있으며 무기체계간 전송메시지 교환을 위해서는 전송데이터링크가 필수적이다.

본 연구에서는 이중 전송데이터링크 연동간 전송메시지 가입자와 발생원이 증가함에 따라 전송데이터링크 내 DLP가 처리해야 할 전송메시지의 수가 빠르게 증가하는 현실을 고려하여 DLP에 과도한 트래픽이 집중되더라도 모든 표적정보가 실시간성을 가지고 교환이 가능하도록 단위 무기체계의 중요도와 우선 처리 비용을 고려한 우선순위 처리 방법과 중복 전송된 전송메시지의 처리 및 실시간성이 결여된 전송메시지의 드랍핑 방법을 제안하였고 모의실험을 통해 선행 논문^[5] 대비 DLP의 부하가 효과적으로 감소되어 전송데이터링크의 효율성과 성능이 크게 개선된 설계 방안을 확인하였다.

향후 열악한 임베디드 환경에서도 DLP 부하를 효과적으로 줄이기 위해 본 연구에서 제안한 DLP 부하

저감 방법을 더욱 개선하기 위한 추가 연구를 진행할 계획이다. 아울러 신속하고 정확한 판단으로 효율적인 지휘통제가 이뤄질 수 있도록 전송메시지 처리 방식을 공유하고 분석할 수 있는 기반이 마련되기를 기대한다.

References

- [1] B. Kim and T. Kim, "Packet scheduling algorithms that support diverse performance objectives in enterprise environment," *J. KIISE: Information Networking*, vol. 27, pp. 315-322, 2000.
- [2] 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. KITS*, vol. 12, no. 5, pp. 639-650, 2017. (<https://doi.org/10.34163/JKITS.2017.12.5.005>)
- [3] S. Kim, Y. Lee, J. Park, and J. Choi, "A study on variable period of tactical data link for Korean missile defense system," *Conf. KIMST*, pp. 907-908, Daejeon, Nov. 2018.
- [4] J. Choi, J. Lee, and S. Park, "A study on the configuration of high availability C2 system node based on tactical data link," *Conf. KIMST*, pp. 1199-1200, Jeju, Jun. 2019.
- [5] K. Lee, "A study on the improvement of transmission speed of data link processor," *J. KIECS*, vol. 14, no. 6, 2019. (<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2019.14.6.1069>)
- [6] J. Hwang, K. Lee, and S. Jung, "A study on the multi-tactical data link data management," *J. KIECS*, vol. 15, no. 3, 2020. (<https://doi.org/10.13067/JKIECS.2020.15.3.457>)
- [7] S. Woo and J. Lim, "A method for preventing data looping in multi tactical datalink operation," *J. KIMST*, vol. 16, pp. 314-321, 2013. (<https://doi.org/10.9766/KIMST.2013.16.3.314>)
- [8] S. Han, B. Kim, and H. Ahn, "Research on the feasibility of DAP-NAD for wideband tactical ad-hoc network," *J. Inst. Internet*

Broadcasting and Commun., vol. 11, no. 1, pp. 199-204, 2011.

(<https://doi.org/10.7236/JIWIT.2011.11.1.199>)

- [9] J. Kim, S. Kim, and M. Lim, "Overview of tactical data link technology," *Commun. KIISE*, vol. 25, no. 9, pp. 18-28, Sep. 2007.
- [10] H. Kim, S. Yoo, and S. Kim, "HFIFO (Hierarchical First-In First-Out) : A delay reduction method for frame-based packet transmit scheduling algorithm," *J. KICS*, vol. 27, no. 5C, pp. 486-495, 2002.
- [11] K. Yoon, J. Jin, and S. Kim, "A general purpose engagement simulator using a tactical datalink," *J. KIMST*, vol. 13, no. 2, pp. 218-226, 2010.

임재성 (Jaesung Lim)



1983년 2월 : 아주대학교 전자공학 학사

1985년 2월 : KAIST 영상통신 석사

1994년 8월 : KAIST 디지털통신 박사

1995년 9월~1998년 2월 : SK 텔레콤 중앙연구원 책임연구원

1998년 3월~현재 : 아주대학교 국방디지털융합학과 정교수

2006년 8월~현재 : 아주대학교 국방기술네트워크 연구센터장

<관심분야> 이동 및 위성통신, 무선네트워크, 국방 저술통신

[ORCID:0000-0003-0080-9398]

장종인 (Jongin Jang)



2005년 2월 : 전북대학교 전기전자공학 학사

2021년 3월~현재 : 아주대학교 국방디지털융합학과 석사과정

2008년 9월~현재 : 한화시스템 방산부문 차장

<관심분야> 국방저술통신, 위성통신

[ORCID:0000-0001-9784-4098]