LIVERPOOL JOHN MOORES UNIVERSITY

LJMU Research Online

Park, G, Jeon, H, Lee, GM and Jeon, B

A Study on Implementation and Improvement of Triple-Metric Based QoS for Military Networks

https://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/23875/

Article

Citation (please note it is advisable to refer to the publisher's version if you intend to cite from this work)

Park, G, Jeon, H, Lee, GM ORCID logoORCID: https://orcid.org/0000-0002-2155-5553 and Jeon, B (2022) A Study on Implementation and Improvement of Triple-Metric Based QoS for Military Networks. Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, 47 (7), pp. 1025-

LJMU has developed **LJMU Research Online** for users to access the research output of the University more effectively. Copyright © and Moral Rights for the papers on this site are retained by the individual authors and/or other copyright owners. Users may download and/or print one copy of any article(s) in LJMU Research Online to facilitate their private study or for non-commercial research. You may not engage in further distribution of the material or use it for any profit-making activities or any commercial gain.

The version presented here may differ from the published version or from the version of the record. Please see the repository URL above for details on accessing the published version and note that access may require a subscription.

For more information please contact researchonline@ljmu.ac.uk

http://researchonline.ljmu.ac.uk/

3-메트릭 중심 QoS의 군 통신망 구현 사례 및 개선 연구

(A Study on QoS Implementation and Improvements of Military Networks Focusing on the Triple-Metric)

요 약

통신망은 대다수 무기체계들이 의존하는 핵심 기반구조다. 비용 효율성 향상을 위해 무기체계별 전용 통신망 운용에서 공통 통신망 공유로 발전 요구되며, 이 때 QoS 적용이 필수적이다. 이 연구는 중요도와 긴급도를 고려하여 군 통신망의 QoS 구현을 위해 DiffServ 접근이 적합하다고 판단하고, 군 통신망에서의 DiffServ 기반 QoS 구현 사례들을 분석하고, 문제점을 식별하고, 개선 방안을 제안하고, 실험을 통해 타당성을 보인다.

ABSTRACT

Most weapon systems depend on the communication networks as an essential infrastructure. In order to improve efficiency, it is required to transform from dedicated communication networks to shared communication networks, and the adoption of QoS support technology is essential for this. Based on the judgment that the DiffServ approach is suitable to implement QoS considering importance and urgency for military communication networks, this study analyzes the typical implementation cases, identifies problems, suggests improvements, and proves the feasibility of the suggestions.

키워드 : QoS, DiffServ, 성능, 중요도, 긴급도

Keywords : QoS, DiffServ, Performance, Importance, Urgency

Ⅰ. 서 론

군 통신망은 대다수 무기체계들이 의존하는 핵심 기반구조다. 우리 군은 무기체계별로 상이한 QoS(Quality of Service) 요구를 전용의 통신망을 구축하거나 전용의 대역폭을 할당하여 충족하고 있다. 하지만 이는 비용이 매우 많이 드는 접근이다. 그래서 통신망을 공통 기반구조로서 구축하여 다수 체계가 공유하도록 하는 추세이며, 최근 우리 군도 같은 방향의 통신망 발전을 적극 고려하고 있다.

다수의 체계들이 하나의 통신망을 공유하는 경우 체계 간 트래픽 혼잡이 발생할 수 있고, 그 결과 중요하고 긴급한 트래픽의 적시 전달이 어렵거나 불가능해 질 수 있다. 그래서 민간에서는 오버-프로비저닝을 통해 혼잡 발생 자체를 방지하기도 하나 군에서는 그러한 접근이 제한된다. 군 통신망, 특히 전술망은 SWaP(Size, Weight and Power) 이슈에 매우 민감하기 때문이다. 그래서 군 통신망에서는 적절한 QoS 구조와 정책의 적용이 필수적이다. 한편 저자는 이미 [1]을 통해 한국군 통신망에 대한 QoS 적용 필요성을 주장한 바 있다.

QoS 구현 접근은 크게 플로우 기반 접근과 클래스 기반 접근으로 구분된다. 각각의 대표적인 예로 IntServ와 DiffServ가 있다. 최근의 TSN(Time Sensitive Networking)과 DetNet(Deterministic Networking)은 플로우 기반 접근에 포함될 수 있으며, IntServ의 장점인 제한된 지연의 보장을 시간 동기화를 기반으로 제공한다[2]. 플로우 기반 접근은 우선순위가 높은 플로우의 QoS를 가장 확실하게 보장할 수 있다는 장점이 있으나, 복잡성으로 인해 확장성이 제한되는 단점이 있다. 그래서 현재 대다수의 QoS 구현들이 DiffServ를 기반으로 하고 있으며, 미군 또한 DiffServ를 기반으로 자신들의 주 통신망인 DoDIN(DoD Information Network)의 QoS를 구현하고 있다. 이러한 현황 또는 추세를 참고할 때 우리 군 통신망을 위한 QoS 역시 현재로서는 DiffServ 기반 구현 접근이 가장 적합하다고 판단된다.

우리 군은 군 통신망 구현에서 아직까지 QoS를 적극적으로 구현하거나 사용하고 있지 않다. 하지만 통신망 발전추세를 고려할 때 가까운 미래에 QoS를 반드시 적용하게 될 것으로 판단된다. 그래서 이 연구는 그에 대비하여 DiffServ 기반의 대표적인 군 통신망 QoS 구현 사례들을 분석하고, 주요 특징과 문제점을 식별하고, 그에 대한 해결을 위한 개선 방안을 제시하고, 실험을 통해 타당성을 입증한다.

Ⅱ. 사례 분석

QoS의 기본은 트래픽을 우선순위에 따라 차등화 처리하는 것이다. [3]은 트래픽 우선순위 부여 기준으로서 성능, 중요도, 긴급도를 제안한다. 성능은 트래픽의 유형에 따라 요구되는 서비스 품질이고, 중요도는 사용자 또는 임무에 따라 부여되는 우선순위다. 그리고 긴급도는 전달의 시한성과 관련된다. 이 연구는 DiffServ의 군 통신망 적용 사례들을 이 기준들을 중심으로 분석하여 주요 특징과 문제점을 식별한다.

1. DiffServ 표준

이 연구는 먼저 DiffServ 표준을 살펴본다. DiffServ 표준은 트래픽의 유형 또는 요구 성능을 기준으로 트래픽의 서비스 클래스를 분류하고, 그에 따라 차등화 처리하는 성능 기반 차등화 처리를 지원한다. 이를 위해 DiffServ 표준은 [표 1]과 같이 총 12개의 서비스 클래스 분류를 제안하고 있다[4]. 순서는 대체로 QoS 요구 성능의 내림차순이다.

표 1. DiffServ 표준 서비스 클래스 목록
Table 1. DiffServ Standard Service Class List

Network Control
Telephony
Signaling
Multimedia Conferencing
Real-Time Interactive
Multimedia Streaming
Broadcast Video
Low-Latency Data
OAM
High-Throughput Data
Standard
Low-Priority Data

DiffServ 표준에서 트래픽의 서비스 클래스 분류 정보는 IP 패킷 헤더의 DSCP(Differentiated Services Code Point) 코드를 통해 전달된다. DiffServ 장비는 수신한 트래픽을 서비스 클래스에 따라 적절한 큐에 할당하고, 각 큐는 홉별 행위(PHB, Per-Hope Behavior)에 따라 트래픽을 처리한다. [5]는 가능한 홉별 행위로서 디폴트 포워딩(DF, Default Forwarding), 보증 포워딩(AF, Assured Forwarding), 신속 포워딩(EF, Expedited

Forwarding), 그리고 클래스 셀렉터(CS, Class Selector)를 제시하고 있다. 그리고 DF와 AF에는 능동 큐 관리(AQM, Active Queue Management)가 추가로 적용될 수 있다. AQM의 대표적인 예로 RED(Random Early Detection)가 있다.

2. DoDIN

미국은 군사 기술 분야의 최선진국으로서 항상 다른 국가들의 벤치마킹 대상이 된다. 미군의 대표적인 군 통신망인 DoDIN 또한 DiffServ를 기반으로 QoS를 구현하고 있다.

가. 성능 기반 차등화 처리

DoDIN은 성능 기반 차등화 처리를 위해 트래픽의 서비스 클래스를 [표 2]와 같이 총 14개로 분류하고 있다 [6].

표 2. DoDIN 서비스 클래스 목록
Table 2. DoDIN Service Class List

Aggregated Service Class	Granular Service Class
Network Control	Network Signaling
Inelastic Real-Time	User Signaling
	Short Message
	Assured Voice
	Non-Assured Voice
	Assured Multimedia Conferencing
	Non-Assured Multimedia Conferencing
	Broadcast Video
Preferred Elastic	Multimedia Streaming
	Low-Latency Data
	High Throughput Data
	OA&M
Elastic	Best Effort
	Low Priority Data

DiffServ 표준의 12개 분류에 비해서도 2개가 더 많은 14개의 서비스 클래스 분류는 상당히 복잡하고 정교한 QoS 구현을 의미한다. 하지만 매우 한정되고 불안정한 군 통신망, 특히 전술망 환경에서 이러한 복잡하고 정교한 QoS 구현이 과연 적합한지에 대해서는 재고가 필요하다. 시스코를 비롯한 전문 업체들 또한 매우 안정적인 상용 통신망의 경우에도 4개 이하 서비스 클래스 기반의 단순한 QoS 정책 적용을 권고하고 있다. 복잡한 처리는 지연의 원인이 될 수 있고, 정교한 처리는 불안정한 환경에서 의미가 없을 수 있다. 그래서 복잡하고 정교한 QoS 구현은 차량 또는 건물 내부와 같이 규모가 작고 안정적인 통신망 환경에서 주로 시도되고 있다. 또한 통상적인 네트워크 장비의 큐의 개수가 8개 이하인 점도 반드시 감안되어야 한다.

나. 중요도 기반 차등화 처리

DiffServ는 IntServ와 달리 플로우별 QoS 요구를 완전히 보장하지 못한다. 하지만 특히 실시간 음성 또는 화상 트래픽의 경우 IntServ가 보장하는 제한된 지연을 매우 필요로 한다. 그런데 만약 더 중요한 음성 통화 또는 화상 회의가 그렇지 못한 음성 통화 또는 화상 회의에 의해 방해 받는다면 특히 군사 분야에서는 상당한 문제가 될 수 있다.

DoDIN은 DiffServ 표준과 비교하여 음성 통화 서비스 클래스와 화상 회의 서비스 클래스를 보증과 비-보증으로 추가 분류하고 있다. 보증 음성 통화와 비-보증 음성 통화는 동일한 성능 요구를 가지며, 보증 화상 회의와 비-보증 화상 회의 또한 그러하다. 따라서 이는 보다 중요한 사용자 또는 임무를 위한 음성 통화 또는 화상 회의 트래픽을 보증 서비스 클래스로 분류하고, 나머지 트래픽을 비-보증 서비스 클래스로 분류하여 차등화 처리하기 위한 것으로 보는 것이 타당하다. 즉 DoDIN의 서비스 클래스 분류는 성능뿐만 아니라 중요도를 추가로 반영한다.

DoDIN은 다른 방식으로 중요도 기준을 한 번 더 적용한다. DoDIN은 DSCP 코드에 서비스 클래스 분류와 함께 트래픽의 중요도 수준을 추가로 부여하여 차등화 처리 기준으로서 활용한다. 예를 들어 특히 보증 음성 통화 또는 화상 회의 트래픽의 경우 비-보증 트래픽과 다른 큐에 할당하여 특별히 처리한다. 외부 세션 제어기를 활용하여 중요도 기반의 수락제어와 선점을 수행하는 것이다. 높은 중요도의 트래픽이 도착했을 때 가용 대역폭이 없다면 그 보다 낮은 중요도의 트래픽의 대역폭을 회수하여 신규 트래픽에 할당하는 방식이다. 하지만 외부 제어기와의 연결이 끊어졌을 때 이러한 동작이 제한될 수 있다는 것은 큰 단점이다.

표 3. 미군 음성통화 우선순위 수준
Table 3. US Military Telephony Traffic Precedence Level

Level	Criterion
Flash Override(FO)	Commander
Flash(F)	Survival related
Immediate(I)	Security related
Priority(P)	Requiring expeditious action
Routine(R)	Government communication

미군은 음성통화에 대하여 [표 3]과 같은 기준으로 사용자 또는 임무에 대하여 내림차순 중요도 우선순위를 부여하고 있다[7]. 이 기준은 음성통화뿐만 아니라 화상회의, 그리고 실시간 협업 데이터 트래픽에 대해서도 적용 가능하다.

표 4. DoD IER 우선순위 수준
Table 4. DoD IER Precedence Level

Level	Criterion/Example
Category 1 Mission Critical	Commander/Emergency
Category 2 Mission Critical	Operation Supporting
Category 3 Mission Critical	Information Exchange
Mission Critical	-
Mission Support	Logistics, Transportation, Medical
Administrative	Personnel, Pay, Training

* IER : Information Exchange Requirements

또한 미군은 데이터 트래픽에 대해서는 [표 4]와 같은 내림차순 우선순위 기준을 가지고 있다[8]. 하나의 구현에서 이처럼 여러 기준을 적용하는 것은 구현을 복잡하게 하여 바람직하지 못하다. 그리고 미군은 중요도 기준을 서비스 클래스 분류 시와 서비스 클래스별 차등화 처리 시에 중복 적용하고 있다. 하지만 동일 기준을 여러 번 적용하여 다르게 처리하는 것은 효율성, 일관성, 직관성 등 여러 측면에서 그다지 바람직하지 못하다. 투자가 중복되고, 각각의 구현 간 상승과 감쇄가 일어날 수 있고, 그래서 그 결과를 예측하기가 어렵게 된다.

다. 긴급도 기반 차등화 처리

DoDIN은 QoS 구현에서 긴급도를 사용하지 않고 있지 않다. 대부분의 QoS는 높은 성능을 요구하는 실시간 멀티미디어 트래픽에 초점을 맞추는데, 이들 트래픽은 모두 같은 수준의 저-지연 성능 또는 긴급도를 요구하기 때문이다. 즉 긴급도를 차등화 부여하는 것이 불가능하여 긴급도에 의한 차등화 처리가 의미가 없게 된다. 하지만 실시간 멀티미디어 트래픽 외 트래픽의 경우 긴급도가 의미를 가질 수 있다.

3. TICN

우리 군의 대표적 전술 통신망인 TICN(Tactical Information Communication Network) 또한 DiffServ를 기반으로 QoS를 구현하고 있다.

가. 성능 기반 차등화 처리

[9]에 따르면 TICN은 서비스 클래스를 [표 5]와 같이 총 16개로 분류하고 있다. 순서는 역시 요구 성능의 내림차순이다.

표 5. TICN 서비스 클래스 목록
Table 5. TICN Service Class List

- Voice(Telephony, Conferecing)(1,2 Level)
- Simultaneously Command
- Hot-line
- Short Message(1, 2 Level)
- Voice(Telephony, Conferecing)(3-5 Level)
- Routing Control Message
- SNMP Message
- Video(Telephony, Conferecing)
- Telephony Control Message(1-4 Level)
- Short Message(3, 4 Level)
- Check Available Telephony(1-4 Level)
- Exteranl Interfacing Terminal Traffic
- Telephony Control Message(5 Level)
- Short Message(5 Level)
- Check Available Telephony(5 Level)
- Best Effort

나. 중요도 기반 차등화 처리

TICN 또한 DoDIN과 마찬가지로 일부 서비스 클래스 분류에 중요도를 추가로 고려하고 있다. 음성 트래픽을 1~2 수준과 3~5 수준으로 추가 분류한 것이 그 예이다. 하지만 미군 또는 DoDIN과 달리 중요도 우선순위를 명시적으로 고려한 서비스 클래스별 차등화 처리는 추가로 구현하고 있지 않다.

다. 긴급도 기반 차등화 처리

TICN은 긴급도를 고려한 추가적인 차등화 처리를 구현하고 있지 않다.

TICN은 DiffServ 표준의 성능 우선순위 기반 차등화 처리를 커스터마이징한 수준으로 QoS를 구현하고 있으며, 이 때 중요도를 일부 반영하고 있다. 그리고 앞서 언급하였듯이 우리 군의 통신망 운용개념은 체계별 전용 통신망 구축 또는 전용 대역폭 할당 운용이므로, QoS를 적용할 필요가 없거나 크지 않다. 그래서 실제로는 TICN에 구현된 QoS 기능이 사용되고 있지 않다고 한다.

Ⅲ. 개선 방안

이 연구는 앞서의 기존 사례 분석에서의 발견된 여러 문제점들의 해소를 포함한 군 통신망에서의 DiffServ 기반 QoS 적용 개선 방안을 다음과 같이 제안한다.

1. 성능 기반 차등화 처리 개선

이 연구는 DiffServ에서 성능 기반 차등화 처리를 위해 사용하는 서비스 클래스 분류를 [표 6]과 같이 개선할 것을 제안한다. 제안 분류는 서비스 클래스의 수를 기존 DoDIN의 14개, TICN의 16개 대비 4개로 크게 줄인 것이다. 한정되고 불안정한 환경에서 정교하고 복잡한 처리는 불가능하거나 의미가 없다고 판단되기 때문이다. 그래서 성능 요구가 비슷한 서비스 클래스들은 최대한 통합하여 단순하게 구현하는 것이 가능하고, 필요하다고 판단하였다. 또한 통상적인 네트워크 장비가 8개의 큐를 제공하므로, 4개의 서비스 클래스는 각기 다른 큐에 할당하여 처리하는 것이 가능하다. 또한 나머지 큐는 다른 용도로 활용할 수 있게 된다.

표 6. 개선 서비스 클래스 목록
Table 6. Improved Service Class List

Service Class	Examples	Note
Control	Network Control	-
Real-time Multimedia	Telephony, Conferencing	Inelastic
Low-Latency Data	Chatting, Messenger, Web Application	Elastic
Best Effort	OA&M, Others	Elastic

2. 중요도 기반 차등화 처리 개선

군사 분야에서 사용자 또는 임무에 따른 차등화 처리는 매우 중요하고 필요하다. DoDIN과 TICN의 경우 서비스 클래스 분류 시에도 중요도를 일부 반영하였으나, 이 연구는 서비스 클래스별 차등화 처리 시에서만 중요도를 적용하는 개선을 제안한다. 이를 통해 앞서 사례 분석을 통해 지적한 DoDIN의 문제점인 효율성, 일관성, 직관성 저하 문제를 상당히 해소할 수 있을 것으로 기대한다.

또한 미군은 음성통신과 데이터 각각에 대하여 상이한 중요도 기준을 가지고 있음을 확인하고, 이것이 구현을 복잡하게 만들 수 있다는 문제점을 지적하였다. 그래서 이 연구는 모든 트래픽 유형에 동일하게 적용 가능하도록 개선한 단일 중요도 분류 기준을 [표 7]과 같이 제안한다.

표 7. 개선 중요도 수준
Table 7. Improved Precedence Level

Level	Telephony/Conferencing	Data
FO	Commander	Commander/Emergency
F	Survival related	Operation Supporting
I	Security related	Mission Supporting
R	Official	Administrative

이 연구는 구현 복잡도를 줄이기 위해 중요도 수준을 4개로 줄였다. DoDIN의 음성 통신을 위한 중요도 기준으로서 포함되었던 '신속한 처리가 필요한 P 중요도'는 기존의 I(Immediate) 중요도와 통합 가능하다고 판단한 결과이다. 또한 DoDIN의 데이터를 위한 중요도 기준 또한 이 연구의 제안 기준과 적절히 매핑하여 단일화한다.

한편 DoDIN은 중요도 기반 수락제어와 선점 수행을 위해 외부 세션 제어기를 활용하고 있으나, 이 연구는 보다 현실적인 대안으로서 외부 세션 제어기에 의존하지 않는 장비 차원의 수락제어와 선점 구현을 제안한다. 매우 한정되고 불안정한 군 통신망, 특히 전술망에서 원격의 외부 장비에 대한 의존성은 없애거나 최소화하는 것이 바람직하기 때문이다.

3. 긴급도 기반 차등화 처리 개선

TICN은 물론이고 DoDIN 또한 긴급도를 명시적으로 사용하고 있지 않다. 하지만 이 연구는 일부 트래픽의 경우 전달 시한을 가지며, 시한 경과 후에는 전달하는 것이 의미가 없고 자원만 낭비할 수 있다는 점에 주목한다. 주기적으로 갱신되는 트랙 위치 정보 등이 그 예가 될 수 있다. 그래서 이 연구는 긴급도의 명시적 적용한 차등화 처리 개선을 제안한다.

Ⅳ. 실험

이 연구는 실험을 통해 본 연구에서 제안한 성능 기반 차등화 개선 또는 서비스 클래스 분류 개선의 타당성을 보인다. 그리고 방향성 수준으로 제시한 중요도 및 긴급도 기반 차등화 개선에 대해서는 후속 연구를 통해 AQM 알고리즘을 포함하여 더욱 구체화 발전시킬 예정으로, 이 연구의 실험 범위에서는 제외한다.

이 연구는 대표적인 M&S 도구인 리버베드 모델러를 활용하여, DoDIN의 서비스 클래스 분류와 제안 서비스 클래스 분류를 나머지 모든 조건을 동일하게 적용하고, 80%, 90%, 100%, 110%, 120% 등으로 부하를 달리하면서 지연(delay), 지연변이(jitter or delay variation), 손실 또는 수신(loss or received), 처리량(throughput) 성능을 비교 실험하였다.

먼저 DoDIN의 14개 서비스 분류와 이 연구의 4개 서비스 분류는 다양한 부하 조건에서 전체적으로 유사한 처리량 성능을 보였다. [그림 1]과 [그림 2]은 그 중 일부 결과를 발췌한 것이다.

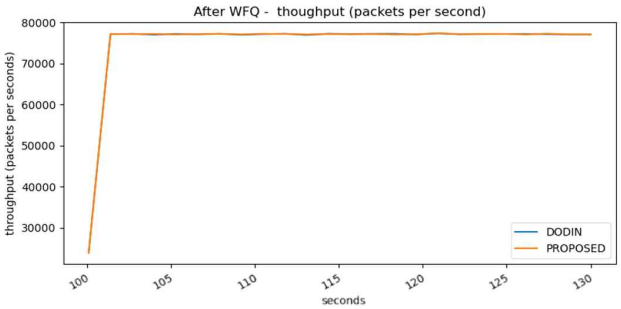

Fig. 1. 80% 부하 시 처리량 비교

그림 1. Throughput comparison at 80% load

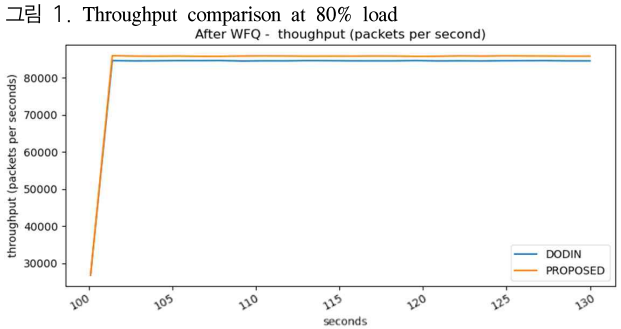

Fig. 2. 120% 부하 시 처리량 비교

그림 2. Throughput comparison at 120% load

그리고 동일 또는 유사 서비스 클래스들 간 비교에서도 지연, 지연변이, 손실 각각에 대하여 유사하거나 일부 더 나은 성능을 보였다[그림 3][그림 4][그림 5].

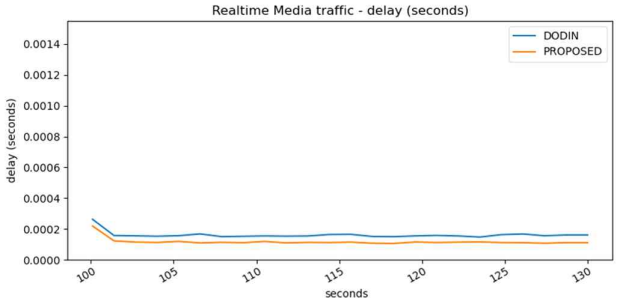

Fig. 3. 100% 부하 시 실시간 미디어의 지연변이 비교

그림 3. Delay variance comparison of realtime media at 100% load

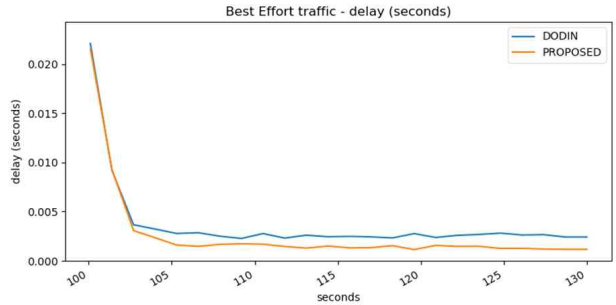

Fig. 4. 100% 부하 시 최선 노력의 지연변이 비교

그림 4. Delay variance comparison of best effort at 100% load

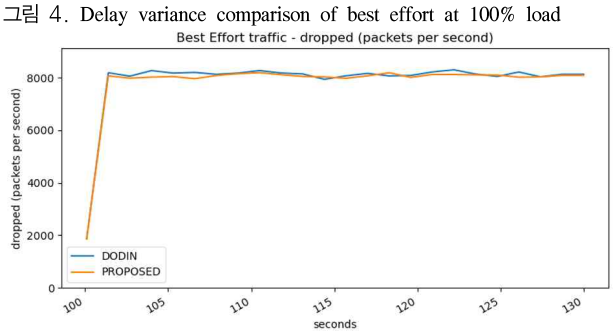

Fig. 5. 100% 부하 시 손실 패킷 비교

그림 5. Dropped packets comparison of low latency at 100% load

실험 결과를 요약하면 DoDIN의 14개 클래스 분류와 이 연구의 4개 클래스 분류는 동일 조건 하에서 거의 유사하거나 일부 더 나은 성능을 보이기도 하였다. 그렇다면 더 복잡한 분류와 구현을 선택할 이유가 없다.

V. 결 론

이 연구는 QoS의 군 통신망 적용 사례들을 성능, 중요도, 긴급도 기반 차등화 관점에서 체계적, 심층적으로 분석하여, 주요 특징과 문제점을 식별하고, 개선 방안까지 제시하였다. 이 연구의 결과는 특히 향후 우리 군이 군 통신망에 대하여 QoS를 구현 또한 개선할 때 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 저자는 일련의 후속 연구와 개발을 통해 이 연구의 결과를 지속적으로

발전시킬 예정이다.

References

〔1〕 G. Park, G. Lee, B. Roh, E. Kim, D. Ryu, A Study on Integrated Structure and QoS Policy for Heterogeneous Military Transports, JKICS, Vol 45 no 2, Feb. 2020

〔2〕 L. DENG, G. XIE, H. LIU, Y. HAN, R. LI, K. LI, A Survey of Real-Time Ethernet Modeling and Design Methodologies: From AVB to TSN, ACM Computing Surveys, Vol. 55, No. 2, Article 31, Jan. 2022

〔3〕 Y. Xue, C. Gedo, C. Christou, B. Liebowitz, A Framework for Military Precedence-Based Assured Services in GIG IP Networks, IEEE MILCOM 2007

〔4〕 J. Babiarz, K. Chan, F. Baker, RFC 4594, Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes, IETF Network Working Group, Aug. 2006

〔5〕 K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black, RFC 2474, Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, IETF Network Working Group, Dec. 1998

〔6〕 Unified Capabilities Requirements, DoD, 2013

〔7〕 CJCSI 6211.02D, Defense Information Systems Network (DISN) Responsibilities, JCS J-6, Jan. 2015

〔8〕 DoD Architecture Framework 1.5, DoD, Apr. 2007

〔9〕 E. Choi, B. Lim, J. Kim, Y. Kim, H. Choi, B. Kim, S. Nam, A Study on Measures to Ensure the Information Exchange Between Weapon Systems on the All-IP Tactical Network, Ajou Univ. 2014