

## 항공전자 이더넷의 네트워크 성능 향상을 위한 동적 라우팅 기법 및 우선순위기반 데이터 전송 기법

# Dynamic Routing and Priority-based Data Transmission Schemes in Avionic Ethernet for Improving Network QoS

이 원 진 · 김 용 민  
국방과학연구소

Won Jin Lee · Yong Min Kim

Agency for Defense Development, Daejeon, 34186, Korea

### [요 약]

항공 데이터 네트워크 (ADN; aircraft data network)는 항공기 항전장비들 간 신호데이터 송수신을 위한 네트워크로써 항공기 운용 환경을 고려해 MIL-STD-1553B와 같이 고신뢰성 프로토콜이 사용되어왔다. 최근에는 고속통신의 필요성이 증가함에 따라 상용 이더넷이 ADN으로 활용되고 있으며, 적용 범위가 증가하고 있는 추세이다. 이더넷은 MIL-STD-1553B 프로토콜에 비해 고속 데이터 전송이 가능하다는 장점이 있지만, 지연시간이 길다는 낮은 단점이 있다. 본 논문에서는 ADN으로 활용되는 이더넷의 성능 향상을 위한 동적 라우팅 기법과 우선순위 기반 데이터 전송기법을 제시한다. 제시기법은 이더넷 스위치에 적용되어 네트워크 트래픽의 효율적 관리 및 고우선순위 데이터 전송시간 단축시킬 수 있다. 본 논문에서는 이더넷 스위치 기반 항공전자 네트워크 환경에서 시뮬레이션을 통해 제시기법이 기존 이더넷에서 사용되는 스페닝 트리 프로토콜에 비해 데이터 전송시간을 단축시킬 수 있음을 입증한다.

### [Abstract]

Aircraft data network (ADN) is a data networking for signal transmission among avionic systems in aircraft, and it mostly has been applied MIL-STD-1553B that guarantees high reliability considering its application environments. However, commercial Ethernet has been widely applied for ADN recently, and its range of applications have increased. Ethernet provides high speed of data transmission, however, it could not guarantee quality of service (QoS) so high as MIL-STD-1553B. In this paper, we propose dynamic routing and priority based data transmission schemes in order to improve the QoS of legacy Ethernet. Our propose schemes can be applied to Ethernet switch, and it is able to manage network traffic efficiently, and reduce the time for data transmission. We analyze the packet transmission time for both legacy and proposed schemes in Ethernet environments using simulation, and we show that our proposed scheme can reduce the time for data transmission compare to legacy spanning tree protocol.

**Key word** : Ethernet, Aircraft data network, Quality of service, Routing algorithm, Scheduling.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.4.302>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 6 August 2019; Revised 10 August 2019  
Accepted (Publication) 26 August 2019 (30 August 2019)

\*Corresponding Author; Won Jin Lee

Tel: +82-42-821-2303  
E-mail: wjlee@add.re.kr

## 1. 서론

항공 데이터 네트워크 (ADN; aircraft data network)는 항공기 운용 및 조종사 임무수행을 위한 다양한 항공전자 장비들 간의 네트워크를 의미한다 [1]-[3]. 기존에는 주로 고신뢰성을 보장하는 MIL-STD-1553B 프로토콜이 적용되었다 [4],[5]. 그러나 항공전자 장비들의 증가하는 데이터 요구에 따라 최근 상용으로 주로 사용되었던 이더넷의 ADN 사용이 증가하고 있는 추세이다[6]-[9]. 이더넷은 IEEE 802.3 표준규격으로 버스토폴로지의 half-duplex 통신 방식과 이더넷 스위치를 적용한 full-duplex 통신 방식을 지원한다[10]. 이더넷은 10 Gbps 이상의 전송속도를 지원하여 기존 ADN으로 주로 적용되었던 MIL-STD-1553B에 비해 1,000배 이상 고속 데이터 전송을 제공할 수 있는 장점이 있다[11].

이더넷을 이용한 항전장비 연동구성의 예시는 그림 1과 같다. 그림 1에서 통합위성관성항법장치 (EGI; embedded GPS and INS), 비행제어장치 (FLCC; flight control computer)와 같은 항공기 항법장비, 레이더 (RADAR; radio detection and ranging) 등의 센서 장비, 종합정비패널 (CMP; central maintenance panel), 항공기의 임무컴퓨터 (MC; mission computer), 무장관리컴퓨터 (SMC; store management computer)가 이더넷 스위치를 통해 연동될 수 있다. 그림 1의 항공전자 장비 간 이더넷 연동은 하나의 예시로서 제시 외 다른 항공전자 장비들과도 연동될 수 있으며, 네트워크 환경 및 사용자의 요구에 따라 MIL-STD-1553B와 함께 ADN을 구성할 수 있다.

ADN은 항공기에 적용되는 특수성에 따라 네트워크의 실시간성이 무엇보다 중요하다. 그러나 상용으로 사용되었던 이더넷은 데이터 전송 지연시간이 길고 네트워크의 QoS 보장이 어려운 단점이 있으며, 민간 및 군용 항공기로 적용된 사례가 MIL-STD-1553B에 비해 적기 때문에 네트워크 적용 적합성에 대한 이슈가 끊임없이 제기되었다 [11-13]. 본 논문에서는 ADN으로 적용되는 상용 이더넷의 QoS를 증가시킬 수 있는 기법으로써 이더넷 스위치의 기존 라우팅 프로토콜인 스페닝 트리 프로토콜 (STP; spanning tree protocol)의 한계를 보완한 동적 라우팅 기법을 제시한다. 또한, 이더넷 스위치의 우선순위 기반 스케줄링을 제시하여 우선순위가 높은 데이터를 선별적으로 처리하여 고우선순위 데이터의 전송지연시간을 낮추는 방안을 제시한다. 본 논문은 2절에서 이더넷의 발전과 이더넷 프레임 포맷 및 스페닝 트리 알고리즘에 대해 자세히 설명하고, 3절에서는 본 논문의 제시기법에 대해 소개한다. 4절에서는 시뮬레이션 환경 및 결과를 설명하고 5절에서 결론을 맺는다.

## II. 이더넷 프레임 포맷 및 라우팅 기법

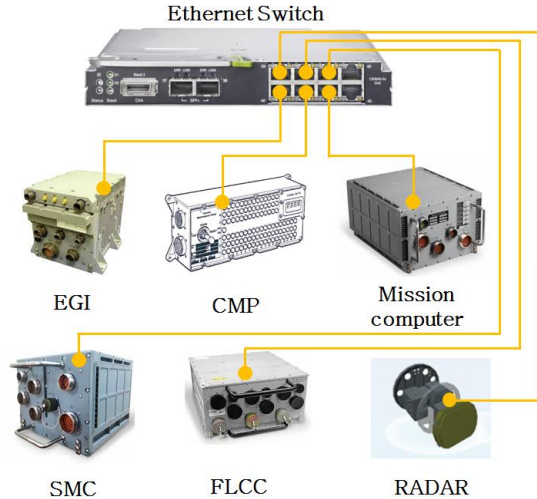


그림 1. 이더넷 스위치를 통한 항전연동 구성도 예시  
 Fig. 1. Example of block diagram for avionics system with Ethernet switch.

이더넷은 IEEE 802.3 표준에 정의된 규격으로 1977년 동축케이블 기반으로 이용되었으며, 현재까지도 지역망 (LAN; local area network)으로 활발히 적용중인 유선통신 규격이다[10]. 초기 이더넷의 전송속도는 10 Mbps 수준이며, 버스형태의 네트워크 토폴로지를 적용하여 노드(E/S; end system)간 전송채널을 공유하였다. 이러한 네트워크 환경에서 이더넷은 E/S의 다중접속을 위해 carrier sensing multiple access/collision detection (CSMA/CD)를 적용한 half-duplex 통신방식을 제공한다. CSMA/CD가 적용된 half-duplex 환경에서는 다수의 E/S가 동시에 데이터 송신을 하게 될 경우, 데이터 전송간 충돌이 발생하는 문제가 발생한다[10]. E/S의 데이터 전송 간 충돌이 발생한 경우, E/S는 해당 데이터를 재전송하는 절차를 수행하는데 이러한 과정에서 데이터 전송 시간이 증가하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이더넷은 스위치를 적용한 full-duplex 통신방식으로 발전하였고, full-duplex가 적용된 환경에서 E/S는 전용 전송선로를 할당받아 데이터 전송 환경이 개선되었다. 또한, 이더넷의 전송속도는 급격히 증가해 초당 기가비트 이상의 데이터 전송속도를 제공할 수 있는 장점이 있다. 그러나 여전히 이더넷은 MIL-STD-1553B와 같이 고신뢰성을 보장하는 프로토콜에 비해 데이터 전송의 지연시간과 네트워크 QoS 등에 따른 문제가 존재한다.

### 2-1 이더넷 프레임 포맷

이더넷에서 제공하는 프레임 구조는 그림 2와 같이 프레임블, start frame delimiter (SFD), 목적지 및 송신지의 MAC (media access control) 주소, Ether type, 데이터(payload)

및 FCS (frame check sequence)로 구성된다[10]. 프리앰블은 사용자간 동기를 맞추기 위해 7 byte로 할당되어 사용되며, SFD는 새로운 프레임의 시작을 알리기 위한 목적으로 사용된다. 목적지 및 송신지의 MAC 주소는 6 byte의 크기로 할당되며, 데이터 필드의 길이 정보 제공을 위해 2 byte의 Ether Type이 사용된다. 데이터(payload)는 46 바이트에서 1,500 바이트의 크기로 적용되며, 마지막으로 데이터 전송 간 오류 검출을 위해 4 바이트 CRC (cyclic redundancy check)가 적용된다.

**2-2 우선순위기반 이더넷**

우선순위기반 이더넷은 IEEE 802.1Q에서 정의한 규격으로 그림 2의 이더넷 포맷에서 4바이트 크기 헤더가 추가된다 [14]. 추가된 헤더는 프레임을 식별하기 위한 TPID (tag protocol identifier) 필드(2바이트) 및 우선순위 등을 위한 TCI (tag control information) 필드(2바이트)가 있다 [14]. 이러한 필드를 통해 사용자는 데이터 별 우선순위를 설정하고, 우선순위가 높은 데이터의 전송을 선별적으로 처리함으로써 해당 데이터 전송의 지연시간을 줄일 수 있다.

**2-3 라우팅 알고리즘: 스페닝 트리 프로토콜**

스패닝 트리 프로토콜은 IEEE 802.1D에서 정의한 표준으로 이더넷 환경에서 데이터 전송을 위한 라우팅 알고리즘으로 적용된다[15]. 스페닝 트리 프로토콜은 bridged LAN 환경에서 발생할 수 있는 루프를 방지하기 위한 목적으로

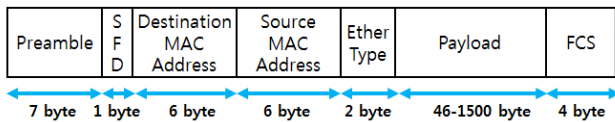


그림 2. 이더넷 프레임 포맷  
Fig. 2. Ethernet frame format.

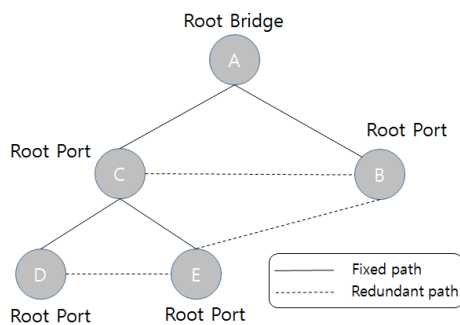


그림 3. 스페닝 트리 프로토콜  
Fig. 3. Spanning tree protocol.

사용되며, 특정 링크에서 장애가 발생하였을 경우 redundant 경로를 제공하는 역할을 한다. 스페닝 트리 프로토콜은 그림 3과 같이 하나의 root 브릿지를 선정하고, root 이외의 브릿지에서는 root 브릿지로 갈 수 있는 최단거리의 포트를 root 포트로 선정한다. 이를 통해 네트워크 토폴로지 내 루프를 방지하고 특정 링크의 장애 발생 시 우회경로를 제공할 수 있다. 따라서 스페닝 트리 프로토콜이 적용된 스위치 환경에서는 기 설정된 경로로만 데이터가 전송되며, 특정 브릿지의 링크장애 발생 시에는 대체 경로를 통해 라우팅을 수행한다.

**III. 동적부하 라우팅 기법 및 우선순위 기반 데이터 전송기법**

**3-1 동적 부하기반 라우팅 기법**

스패닝 트리 프로토콜은 IEEE 802.1D에 정의된 표준으로 네트워크의 라우팅을 위해 가장 많이 활용되는 프로토콜이다. 이러한 스페닝 트리 프로토콜은 라우팅을 위한 제어정보를 최소화 및 데이터 전송을 위한 최단 경로를 제공하며, 네트워크 내 링크장애 발생 시 대체경로를 찾아 복구하는 기능을 제공한다. 그러나 스페닝 트리 프로토콜은 링크장애가 발생하지 않은 일반적인 운용환경에서 기 설정된 링크로만 데이터를 전송하기 때문에 특정링크에 부하가 집중된 환경에서 네트워크 트래픽을 효율적으로 제어할 수 없는 단점이 있다.

이러한 네트워크 트래픽 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 스위치의 부하기반 라우팅 기법을 제시한다. 제시 기법의 이더넷 스위치는 그림 4와 같이 목적지 E/S로 전달 가능한 다수의 경로가 존재할 경우, 경로간 거리와 해당 경로의 부하를 동시에 고려하여 라우팅을 수행한다. 이를 통해 스위치는 현재 네트워크의 트래픽 상태에 따라 동적으로 라우팅을 수행하여 네트워크 부하를 효율적으로 관리할 수 있다.

부하기반 라우팅 기법을 적용한 스위치의 동작 순서도는 그림 5와 같다. 스위치는 자신에게 연결된 E/S 및 이웃 스위치로부터 데이터를 수신하고, 수신된 데이터의 목적지를 파악한다. 만약 목적지 주소가 자신에게 연결된 E/S로 설정된 경우, 수신된 데이터를 해당 E/S에게 전달한다. 만약, 수신된 데이터의 목적지가 자신이 아닐 경우에는 목적지 스위치와의 거리를 파악한다. 이 후, 해당 스위치는 목적지 스위치와 자신과의 거리가 1-hop일 경우에는 목적지 스위치로 데이터를 전달한다. 그러나 목적지 스위치와 2-hop 이상의 거리이고, 2개 이상의 전송경로를 가지는 경우, 기 설정된 next-hop 스위치의 부하와 임계값을 비교한다. 만약, next-hop 스위치의 부하가 기 설정된 임계값 이하일 경우에는

next-hop으로 데이터를 전달하고, next-hop 스위치의 부하가 임계값 이상일 경우, 이웃 E/S들의 거리와 부하를 동시에 판단하고 그 결과가 최소인 스위치로 데이터를 전달한다.

본 논문에서 제시하는 부하기반 라우팅은 트래픽 부하를 고려하지 않고 기 설정된 경로로만 데이터를 전달하는 기존 기법에 비해 유동적으로 전체 네트워크의 부하를 조절할 수 있다. 네트워크 부하를 유동적으로 조절함으로써 네트워크 특정 링크의 트래픽 과부하 발생 시 데이터 전송의 지연시간을 단축시킬 수 있다.

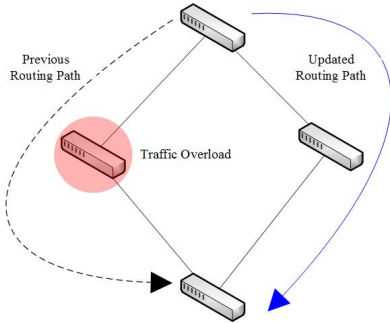


그림 4. 부하기반 라우팅 기법  
Fig. 4. Load-based routing scheme

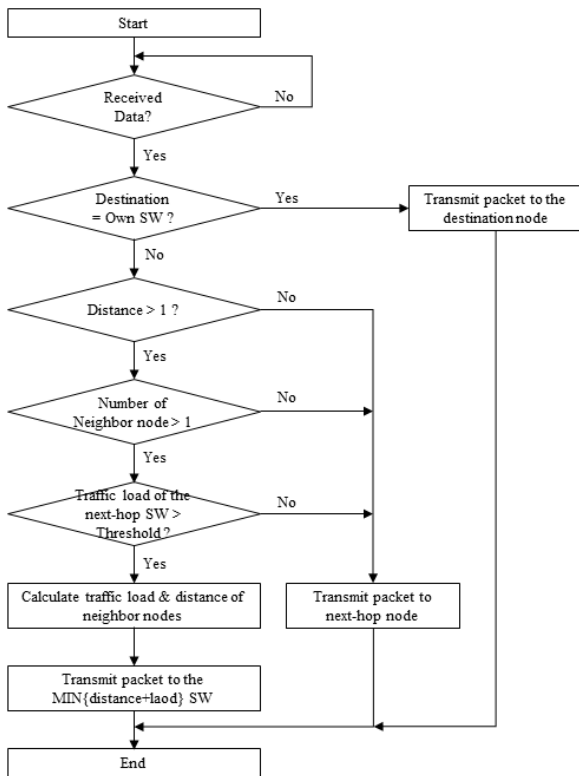


그림 5. 부하기반 라우팅 기법의 이더넷 스위치 동작 순서도  
Fig. 5. flow chart of Ethernet switch for load-based routing scheme

### 3-2 우선순위기반 데이터 전송 기법

ADN에 적용되는 네트워크 환경의 대부분 데이터는 실시간 목적으로 운용되는 데이터이고, 항전장비 별 중요도에 따른 우선순위가 존재할 수 있다. 그러나 기존 이더넷 프레임 포맷은 2절에서 소개한 것과 같이 데이터의 우선순위를 고려하지 않는다. 그러므로 데이터를 수신한 이더넷 스위치는 데이터의 우선순위와 관계없이 먼저 도착한 데이터를 우선적으로 처리하는 FIFO (first in first out) 방식의 기본적인 스케줄링을 제공한다. 따라서 기존의 이더넷은 네트워크의 QoS를 제공할 수 없는 문제가 존재하며, 이는 공중에서 실시간으로 임무를 수행하는 항공기 환경에서는 심각한 문제를 야기할 수 있다.

본 절에서 제시하는 우선순위기반 데이터 전송기법은 기존과 동일한 이더넷 프레임 포맷을 유지하면서 우선순위를 식별할 수 있는 비트를 추가하는 방식으로 우선순위에 기반을 둔 데이터 전송기법을 제시한다. 비트의 수는 우선순위를 구분하는 종류에 따라 결정된다. 예를 들어 네 가지 종류의 우선순위를 구분하기 위해서는 2비트( $2^2 = 4$ )를 필요로 하고 ‘00’비트를 최우선순위 데이터로 ‘11’비트를 최하위 순위 데이터로 지정할 수 있다. 일반적으로 실시간 운용체제 (RTOS; real time operating system)에서는 256개의 우선순위를 구분하고, 이를 위해 8 비트(1 바이트) 크기의 우선순위 비트를 할당한다. 이와 유사하게 본 제시 기법에서는 1 바이트 크기의 우선순위 비트를 할당하는 것을 제시하며, 제시 기법에 적용한 우선순위 비트의 크기는 하나의 예시로 사용자의 요구에 따라 증가 또는 감소되어 운용할 수 있다.

우선순위 기반 데이터 전송 기법에서는 2절의 그림 2에서 보여주는 기존의 이더넷 프레임 포맷에서 우선순위비트가 추가된 그림 6의 프레임을 사용하는 것을 제시한다. 본 제시 기법의 이더넷 프레임은 우선순위를 나타내는 데이터를 payload 다음 비트에 1 바이트 크기로 추가하여 데이터 우선순위에 대해 256 가지의 종류로 나타낼 수 있다. 이로 인해 데이터 전송가능 크기는 기존의 46-1500 바이트 크기 중 1 바이트를 우선순위비트로 할당하여 45-1499 바이트 크기로 줄어든다. 그러나 이는 전체 전송 데이터에 비해 굉장히 작은 크기로 최대 전송 데이터와 비교해 약 0.07% 줄어든 크기로 이더넷 데이터 전송 환경에 큰 영향을 초래하지 않는다. 또한, IEEE 802.1Q에 비해 우선순위를 위한 비트 수를 늘려 데이터 종류에 따라 더욱 다양하게 우선순위를 구분할 수 있는 장점이 있다.

제시하는 우선순위 기반 데이터 전송 기법이 적용된 E/S는 자신이 전송하는 데이터의 우선순위를 식별하여 그림 6과 같은 이더넷 프레임 포맷을 이용해 전송한다. 이를 수신한 이더넷 스위치는 데이터의 우선순위에 따라 그림 7과 같이 스케줄링을 수행한다. 스위치가 데이터를 수신하면 데이터의 목적지 MAC 주소를 파악하고 해당 포트로 데이터를 전달하는

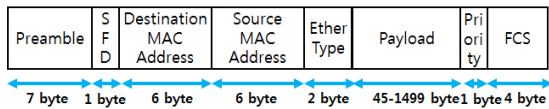


그림 6. 우선순위가 기반 데이터 전송을 위한 이더넷 프레임 포맷  
 Fig. 6. Ethernet frame format for priority based data transmission.

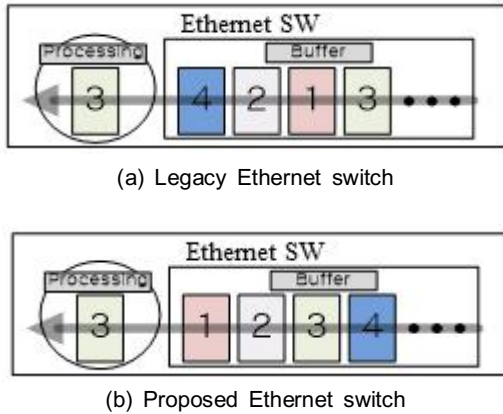


그림 7. 이더넷 스위치 스케줄링  
 Fig. 7. Scheduling of Ethernet switch.

역할을 한다. 이는 그림 7에서 스위치의 프로세싱 동작으로 해당 과정에서 이더넷 스위치는 데이터의 목적지 주소를 파악하고 목적지 포트에 데이터를 전송하는 과정을 의미한다. 이 때 추가적으로 수신하는 데이터는 스위치의 버퍼에 저장되어 이전 데이터의 프로세싱이 종료되면 버퍼에 저장된 데이터의 프로세싱 절차를 수행한다.

기존 기법이 적용된 이더넷 스위치는 데이터의 우선순위를 고려하지 않기 때문에 데이터가 도착한 순서에 따라 스케줄링을 수행한다. 그러나 제시기법이 적용된 이더넷 스위치는 현재 프로세싱 중인 데이터를 제외하고 버퍼에 데이터를 우선순위에 기반한 스케줄링을 수행할 수 있다. 따라서 우선순위가 높은 데이터의 도착시간이 우선순위가 낮은 데이터보다 늦은 경우에도 제시기법이 적용된 이더넷 스위치는 우선순위가 높은 데이터를 먼저 처리할 수 있다.

이러한 기법을 통해 항공기에서 운용하는 항법장비 및 센서 등의 다양한 항전장비 데이터 중에서 우선순위가 높은 데이터에 대해 스위치 버퍼에 저장되는 시간을 최소화할 수 있다. 결과적으로 이는 고우선순위 데이터의 전송 지연시간을 단축시킬 수 있기 때문에 기존 기법과 비교했을 때 네트워크의 QoS를 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문의 성능평가는 그림 8과 같은 네트워크 토폴로지 환경에서 네트워크 부하에 따른 기존 기법과 제시 기법의 데이터 전송 시간을 비교하였다. 성능평가에 적용된 네트워크 환경은 ADN의 환경의 고정된 토폴로지로서 스위치간 거리는 모두 동일하다고 가정하였다. 또한, 각 이더넷스위치는 2 개의 항공장비 (E/S)가 연결되었다고 가정하였고, 각 E/S는 자신을 제외한 임의의 E/S를 목적지로 하는 데이터를 생성하는 것으로 설정하였다. E/S가 생성하는 데이터는 트래픽 부하조건에 따라 평균 주기를 가지나 설정된 평균주기 동안랜덤으로 생성된다. 기존 기법은 모든 데이터 데이터가 동일한 우선순위를 가지며, 제시 기법은 1부터 4까지 4 종류의 우선순위 데이터가 모든 장비에서 랜덤으로 발생된다고 가정하였다. 또한, 기존 기법의 경우 스위치 간 다중홉 데이터 전송 시 next-hop 스위치가 랜덤으로 선택된다고 가정하였으며, 제시 기법의 경우 next-hop 스위치의 부하가 적은 쪽을 선택하는 것으로 설정하였다. 각 이더넷 스위치의 처리율은 1 G bit/sec로 설정하였으며, 이더넷 데이터 크기는 12,000 byte로 설정하였다. 자세한 시뮬레이션 파라미터 설정은 표 1과 같다.

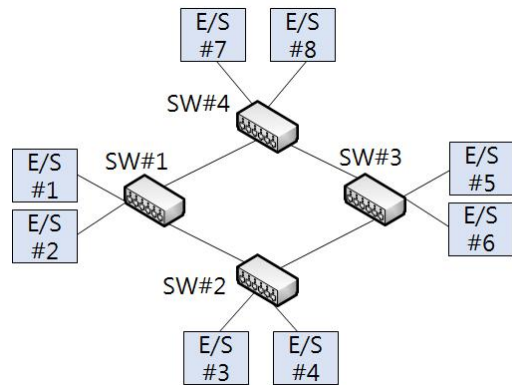


그림 8. 시뮬레이션 네트워크 토폴로지  
 Fig. 8. Network topology for simulation

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
 Table 1. Simulation parameters.

Parameters	Value
Simulation Time	1,000 sec
The number of nodes	8 EA
The number of SW	4 EA
SW throughput	1 Giga bit/sec
Data size	12,000 Bytes (fixed)
Data transmission period	Low : 100 micro second Med : 80 micro second High : 60 micro second

이러한 환경에서 네트워크 부하에 따른 평균 데이터 전송 시간의 결과를 그림 9에서 보여준다. 부하가 적은 경우, 기존 기법과 제시 기법의 평균 데이터 전송 시간은 거의 유사하게 나타났다. 그러나 네트워크의 부하가 증가할수록 제시기법의 평균 데이터 전송 지연시간은 기존 기법에 비해 단축되는 것을 확인할 수 있다. 네트워크의 부하가 가장 높은 경우, 제시기법은 기존 기법에 비해 약 10.6% 낮은 데이터 전송지연시간을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 전체 네트워크의 부하가 증가할수록 스위치의 다중홉 전송 시 부하가 적은 스위치를 next-hop으로 설정해 데이터를 전송하는 할 때 데이터의 전송 시간을 단축시킬 수 있다는 것을 보여준다.

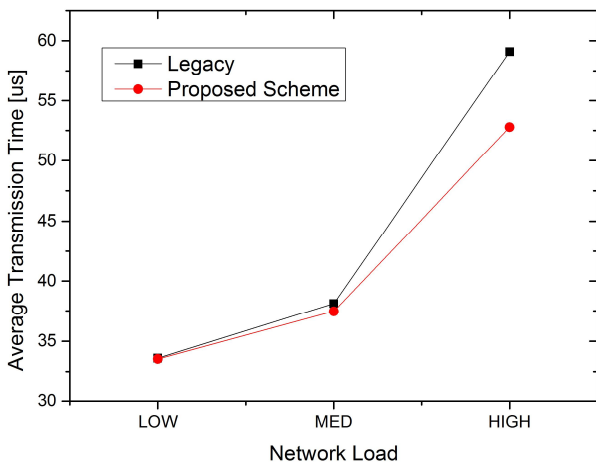


그림 9. 네트워크 부하에 따른 데이터 평균 전송시간  
 Fig. 9. Average data transmission time with varying traffic load.

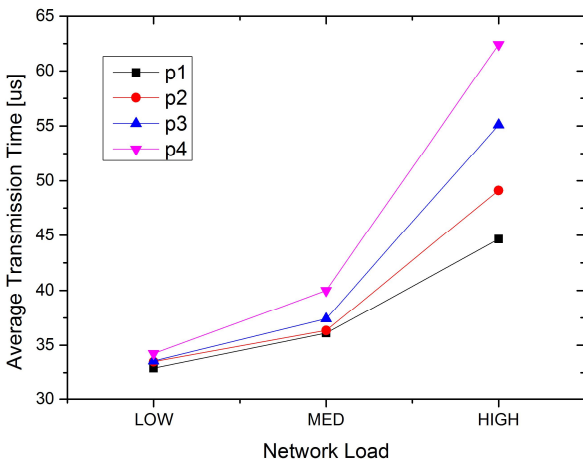


그림 10. 네트워크 부하에 따른 우선순위 데이터 평균 전송시간 (우선순위 : p1 > p2 > p3 > p4)  
 Fig. 10. Average prioritized data transmission time with varying traffic load. (Priority : p1 > p2 > p3 > p4)

그림 10은 네트워크 부하에 따른 우선순위 데이터의 평균 전송지연시간을 보여준다. 제시기법의 우선순위 기반 스케줄링 알고리즘이 적용된 이더넷 스위치는 자신의 버퍼에 다수의 데이터가 쌓였을 경우, 우선순위가 높은 데이터를 우선적으로 스케줄링한다. 이러한 효과는 그림 10에서 보여주듯 네트워크의 부하가 높을 경우, 더욱 확연히 나타난다. 네트워크의 부하가 가장 높은 환경에서 우선순위가 높은 데이터의 평균 처리시간이 우선순위가 낮은 데이터의 평균 처리시간에 비해 약 28.5% 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 항공기에서 활용되는 이더넷 기반 ADN 환경에서 이더넷의 QoS를 향상시키기 위해 방안을 제시하였다. 이를 위해 본 논문에서는 부하기반 라우팅 방안과 우선순위기반 데이터 전송방안을 제시하였다. 기존 이더넷 스위치의 라우팅 프로토콜로 사용되는 STP는 네트워크의 루프를 방지하는 목적으로 운용되는 한계를 가지나, 부하기반의 동적 라우팅 기법을 적용 시 네트워크 전체의 트래픽 부하를 균형적으로 조절해 효율적인 네트워크 망 관리할 수 있는 장점이 있다. 또한, 본 논문에서는 이더넷 데이터의 우선순위를 설정하여 고우선순위 데이터 전송의 지연시간을 단축시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 제시하는 우선순위기반 데이터 전송 기법을 통해 항공기의 다양한 항전장비가 생성하는 데이터 신호 중 우선순위가 높은 데이터의 전송시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 제시하는 부하기반 라우팅 방안과 우선순위기반 데이터 전송 방안이 기존 방안에 비해 데이터 전송시간을 단축시킬 수 있다는 것을 시뮬레이션 결과를 통해 입증하였다.

## References

- [1] N. Thanthy, M. S. Ali, and R. Pendse, "Security, internet connectivity and aircraft data networks," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol. 21, No. 11, pp. 3-7, Aug. 2016.
- [2] N. Thanthy, S. Shingvi, and R. Pendse, "Aircraft data networks and performance enhancement proxies," in *Proceedings of the IEEE 25th Digital Avionics Systems Conference*, Portland: OR, pp. 1-6, Oct. 2006.
- [3] Michael Hegarty, "Leveraging MIL-STD-1553's physical layer for use in aircraft data networks," in *Proceedings of the IEEE Digital Avionics Systems Conference*, Seattle:

- WA, pp. 1-8, Oct. 2011.
- [4] MIL-STD-1553B, "Aircraft Internal Time Division Command/Response Multiplex Data Bus," 1978.
- [5] Mike Glass, "IRIG 106 chapter 10 standardizes MIL-STD-1553B data recording," in *Proceedings of the 26th Digital Avionics Systems Conference*, Dallas: TX, pp. 1-9, Oct. 2017.
- [6] K. Bisson and T. Troshynski, "Switched Ethernet testing for avionics applications," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol. 19, No. 5, pp. 31-35, May 2004.
- [7] V. M. Konyushko, "Ethernet based aircraft control," in *Proceedings of the 2nd IEEE Methods and Systems of Navigation and Motion Control International Conference*, Ukraine, pp. 161-163, Oct. 2012.
- [8] J. Li, J. Yao, and D. Huang, "Ethernet-based avionic databus and time-space partition switch design," *Journal of Communications and Networks*, Vol. 17, No. 3, pp. 286-295, June 2015.
- [9] M. Kreitlow, R. Kebe, F. Nieder, F. Sabath, F. Smailus, and T. Stadtler, "Robustness of Ethernet in complex aircraft environment," in *Proceedings of the 2015 Asia-Pacific Symposium*, Taiwan, pp. 657-660, May 2015.
- [10] IEEE Computer Society: IEEE Standard for Ethernet, 2016.
- [11] Y. T. Kim, Y. C. Jung, and S. W. Kim, "QoS-guaranteed realtime multimedia service provisioning on broadband convergence network (BcN) with IEEE 802.11e wireless LAN and fast/gigabit Ethernet," *Journal of Communications and Networks*, Vol. 9, No. 4, pp. 511-523, Dec. 2007.
- [12] A. Gomez-Sacristan, V. M. Sempere-Paya, and M. A. Rodriguez-Hernandez, "Virtual laboratory for QoS study in next-generation networks with metro Ethernet access," *IEEE Transactions on Education*, Vol. 59, No. 3, pp. 187-193, Aug. 2016.
- [13] Y. S. Lee, J. H. Kim, and J. W. Jeon, "FlexRay and Ethernet AVB synchronization for high QoS automotive gateway," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 66, No. 7, pp. 5737-5751, July 2017.
- [14] IEEE Computer Society: IEEE Standard for Bridges and Bridged Networks, 2014.
- [15] IEEE Computer Society: IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: media access control (MAC) bridges, 2004.



**이 원 진 (Won Jin Lee)**

2012년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
2017년 2월 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 (공학석사)  
2017년 2월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원  
※ 관심분야 : 항공전자 시스템, 항공통신



**김 용 민 (Yong Min Kim)**

1994년 3월 : 공군사관학교 기계공학과 (공학사)  
1994년 3월 ~ 현재 : 대한민국 공군  
2010년 3월 : 한서대학교 컴퓨터공학과 (이학석사)  
2017년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 현역파견연구원  
※ 관심분야 : 항공전자 시스템, 미사일 데이터 링크