

논문 2007-44TC-9-6

항공 데이터버스용 링크 우회방식을 가진 고장감내 이더넷 시스템의 성능 분석

(Performance of Fault-tolerant Ethernet System with Link-bypass
scheme for Airbone Databus)

송대연*, 윤종호**, 정한균*, 김승환*

(Dae-Yoen Song, Chong-Ho Yoon, Han-Gyun Jung, and Seung-Hwan Kim)

요약

일반적인 이더넷 브리지망에서의 링크장애복구는 Spanning Tree Protocol(STP) 또는 Rapid STP에 의존하여 왔다. 그러나, 이러한 STP는 기본적인 복구지연시간 때문에 항공기제어와 같은 실시간 서비스에 필요한 신속한 장애 복구기능을 제공하지 못한다. 본 논문에서는 BcN의 백본 장비간의 내고장성을 제공하는 ITU-T의 Automatic Protection Switching(APS)기술과 최근 A380에 항공기용 데이터버스로 기본 장착되고 있는 ARINC 664의 Avionic Full Duplex Switched Ethernet(AFDX)의 성능을 비교한 후, AFDX기술의 성능 향상을 위하여 기존 AFDX망을 메쉬 형태로 모든 스위치들을 연결하고, 링크 장애 발생 시 장애가 발생한 링크를 우회하여 데이터를 전송하여 고장 감내 기능을 향상시킬 수 있는 링크 우회 기법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 비교 검증하기 위하여 NS-2를 사용하여 기존의 이더넷과 AFDX, APS 및 제안된 기법을 모의실험하였다. 이러한 AFDX기술은 항공기뿐만 아니라 일반적인 BcN 백본망이나 산업자동화 통신망에서도 적용될 수 있는 특징이 있을 것이다.

Abstract

The link-fault recovery in the normal Ethernet bridged networks has relied on the Spanning Tree Protocol (STP) or Rapid STP. However, STP can not offer fast error recovery which is needed real-time services such as aircraft. In this paper, we compare automatic protection switching (APS) providing fault-tolerant function in the BcN back bone system with Avionic Full Duplex Switched Ethernet (AFDX) which is recently equipped in the A380 for Airbone Databuses. Also, we propose a link-bypass scheme for improving fault-tolerant performance of the AFDX by connecting switches and bypass fault section when a fault is originated on the link. For comparing and verifying the performance of proposed scheme, we simulated Ethernet, AFDX, APS and proposed AFDX with link-bypass scheme using NS-2. The proposed AFDX with link-bypass scheme can be applied to aircrafts, BcN backbone networks and industrial automatic networks.

Keywords : IEEE 802.3D, APS, AFDX, Fault-tolerant, Link-bypass

I. 서론

장애에 대한 끊임없는 연결을 제공하기 위한 망 구조를 고장 감내형 구조라 하고, 이를 위하여 스위치나 링크를 2중, 3중으로 추가한다. 스위치들로 연결된 기

존의 이더넷 망에서는 IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol(STP)를 사용하여 링 또는 메쉬 형태로 다중 연결된 스위치 간에 전달 경로를 재설정함으로써 이러한 고장 감내 기능을 제공한다^[1]. 이러한 브리지 망에서, STP의 경우 망의 루프를 없애어 트리 형태로 네트워크를 구성하기 때문에, 망의 장애 시, 대체 연결로를 설정하는데 30~50초의 시간이 소요되어 실시간 전송이 필요한 산업계나 시간에 민감한 응용에는 적용될 수 없다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 1980년대 말부터 망

* 학생회원, ** 정회원, 한국항공대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Telecommunication
Eng, Korea Aviation University)

※ 본 연구는 한국과학재단 (No. R01-2006-000-
10885-0)의 지원에 의해 수행되었습니다.

접수일자: 2007년5월16일, 수정완료일: 2007년9월3일

의 장애 시, 데이터의 손실을 최소화하거나 없애기 위한 다양한 고장 감내 기술이 개발되었다^[1~4]. 대표적인 예로, ITU-T의 Automation Protection Switching (APS)기술은 2계층 링 토폴로지에서의 링크장애를 감지하고 50usec내에 우회하는 기술이다^[3]. 또한 최신 항공기인 A-380의 기본적인 제어용 데이터버스로 채택된 ARINC 664 표준의 Avionic Full Duplex Switched Ethernet (AFDX)는 단말 및 스위치 간에 이중 링크로 연결되어, 실시간 및 내고장성 기능을 제공하는 기술이다^[4~6].

본 논문에서는 실시간 및 고장 감내 전송을 지원하는 이러한 APS와 AFDX에 대한 분석과 성능 평가를 수행한 후 기존 AFDX망을 메쉬 형태로 모든 스위치들을 연결하여, 링크 장애 발생 시 장애가 발생한 링크를 우회하여 데이터를 전송하여 고장 감내 기능을 향상시킬 수 있는 새로운 링크 우회 기법을 제안한다. 이를 위해, 기존의 이더넷과 AFDX, APS의 실험 모델을 구축하고, NS-2를 사용하여 모의 실험한 결과를 바탕으로 데이터 손실률을 비교, 분석한다.

본 논문은 본 서론에 이어, 제II장에서는 기존의 스위치로 구성된 이더넷 시스템을 다룬다. 제III장에서는 고장감내 기능이 채용된 전송 기술인 APS와 AFDX에 대하여 분석하였다. 제IV장에서는 본 논문에서 제안하는 새로운 링크 우회 기법을 다룬 후, 제V장에서는 NS-2를 사용한 모의실험 결과를 바탕으로 기존 이더넷 브리지망, APS방식, AFDX방식 및 제안된 기법을 비교 분석한다. 마지막으로 제VI장에서는 결론을 제시한다.

II. 기존 이더넷 브리지망에서의 고장감내 기술

기존 이더넷 브리지 망에서는 IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol (STP)를 사용하여, 물리적으로 연결된 스위치들 간에 루프가 없는 논리적인 경로를 생성함으로써, 충돌을 예방한다. 하지만, STP에 의해 망의 장애를 복구하는데 걸리는 시간은 30초에서 최대 50초에 이른다. 이를 개량한 IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)은 소규모 망의 경우 3초 내에 새로운 망을 설정할 수 있어, 기존의 STP보다 더 빠른 내고장 성능을 갖는다^[2]. 하지만, RSTP도 링 구조의 망에서는 최대 31개의 스위치만 접속할 수 있기 때문에 확장성에 문제점이 있다.

이러한 이유로, 이더넷에서 STP/RSTP를 사용하는

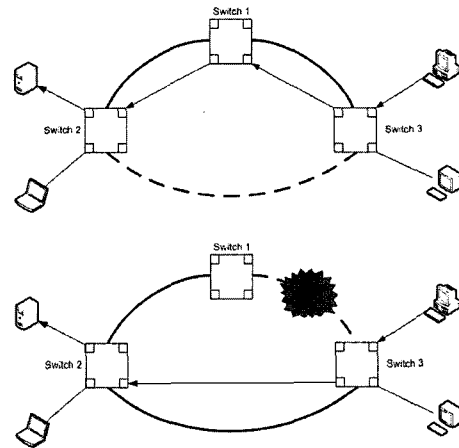


그림 1. 링구조 망에서의 내고장성을 지원하는 STP의 동작

Fig. 1. Operation of STP providing fault-tolerance in ring topology.

것은 실시간 전송에 적합하지 않다. 따라서 이더넷의 문제점을 해결하기 위하여, 그 동안 여러 가지의 시도가 있었고, 그 대표적인 예로 ITU-T의 Automatic Protection Switching (APS) 및 ARINC의 Avionic Full Duplex Switched Ethernet (AFDX)기술이 있다.

III. Automatic Protection Switching (APS)과 Avionic Full Duplex Switched Ethernet (AFDX)

1. Automatic Protection Switching

Automatic Protection Switching(APS)은 2계층 링 구조에서 내고장성을 지원하는 기술로써 종단 장치간의 끊임없는 연결을 제공한다. APS는 예비경로를 어떻게 사용하느냐에 따라 1:1 방식과 1+1 방식으로 나눌 수 있다^[7~8].

1:1 APS는 <그림 2>와 같이 하나의 주 경로(working path)에 대하여 예비경로(backup path)를 할당해 두는 방식이다. 일반적인 환경에서 데이터는 주 경로를 통하여 전송이 이루어진다. 하지만 주 경로상에서 장애가 발생한 경우, 장애를 감지한 노드는 마스터 교환기에게 이러한 장애사실을 통보하고, 마스터 교환

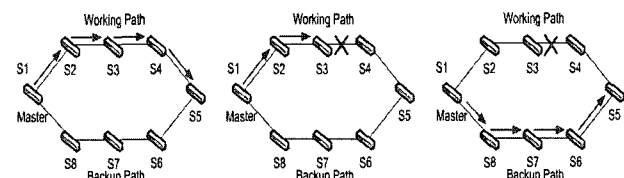


그림 2. 1:1 APS 방식에서의 고장 감내 절차

Fig. 2. Fault-tolerant Process in the 1:1 APS.

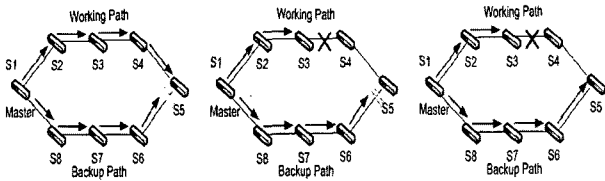


그림 3. 1+1 APS 방식에서의 고장 감내 절차
Fig. 3. Fault-tolerant Process in the 1+1 APS.

기는 예비경로를 통하여 데이터를 전송하게 됨으로써 고장감내 기능을 수행한다.

<그림 3>은 1+1 APS 방식으로 하나의 주 경로에 동일한 특성의 예비 경로를 준비해 두는 것은 1:1 방식과 유사하나 1+1의 경우 데이터를 보낼 때, 주 경로 뿐 만 아니라 예비경로도 동일한 데이터를 중복 전송한다. 정상적인 상황에서 수신측은, 주 경로로 들어오는 데이터를 수신한다. 하지만 수신측이 주 경로상의 장애를 감지하면, 주 경로 대신에 예비경로로부터의 데이터를 수신하게 된다. 이는 1:1 방식 보다 더 빠른 복구 수행이 가능하다.

2. Avionic Full Duplex Switched Ethernet

AFDX기술은 이더넷 브리지망에서 이중 링크를 사용하여 내고장성을 지원하는 또 다른 기술로써, 에어버스사의 최신 기종인 A-380에 채용되었다. AFDX는 고장 감내 기능뿐만 아니라, 전송주기를 결정하는 Bandwidth Allocation Gap(BAG)에 의한 대역할당과 토큰버킷을 사용하는 트래픽 폴리싱 기능을 이더넷 스위치 기반에서 제공함으로써 전달지연시간과 손실률, 대역폭 보장 등의 QoS기능을 제공한다^[9]. 본 논문에서는 AFDX의 redundancy 제공에 의한 고장 감내 기능을 증점적으로 다룬다.

AFDX기술에서의 고장 감내 기술의 핵심은 데이터 무결성 및 2, 3중의 링크를 사용한 내고장성 지원이다.

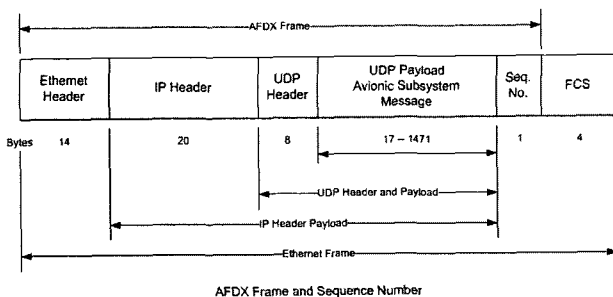


그림 4. AFDX 프레임의 구조와 링크계층용 순서번호
Fig. 4. Structure of AFDX frame and Sequence Number for Link Layer.

즉 이 기술은 일반 사무실 환경에서 사용되는 LAN과는 달리, 2개 이상의 링크 상에 하나의 프레임을 동시에 전송하고 이를 수신 측에서 비교 검증하는 2계층에서의 내고장성 기능을 지원한다. 특히, 수신되는 프레임의 중복 검사를 위하여 이더넷 프레임 내에 2계층용 순서번호 영역이 추가된 특징을 갖는다. <그림 4>는 AFDX 프레임의 형식과 MAC계층에서 사용되는 순서번호의 사용을 도기한 것이다.

3. AFDX 네트워크에서의 고장 감내 기술

AFDX망은 <그림 5>와 같이 단말(end-system), 스위치, 이중 링크들로 구성된다. 특히 링크 및 스위치, 이중 링크들로 구성된다. 특히 링크 및 스위치의 장애를 대비한 Redundancy를 제공하기 위해 2개의 독립된 스위치 망을 사용한다.

단말에서 전송되는 각 프레임들은 복사되어 두 개의 스위치 망으로 짧은 시차를 두고 중복 전송된다. 따라서 정상적인 동작 시에는, 수신측 단말은 2개의 중복된 이더넷 프레임들을 수신하면 이더넷 프레임에 수납된 순서번호를 검사하여 하나를 상위계층에 전달함으로써 중복 수신을 예방한다. 각 시스템의 구성요소의 동작은 다음과 같다.

• 송신측 단말

이더넷 프레임을 전송하는 단말은 각 프레임에 링크 계층용 순서번호를 삽입한 후, 프레임을 복사하여 2개의 링크로 짧은 시차를 두고 전송한다. 순서번호는 1부터 255까지 사용되며, 255번 이후에는 1번부터 사용한다. 순서번호 0번은 단말의 reset을 위한 번호로 예약되어 있다.

• 수신측 단말

A와 B의 스위치 망으로부터 중복된 프레임을 수신한 단말은 “First valid message Wins” 정책을 사용한다. 이는, A 또는 B 네트워크를 통해 수신된 동일한 순서번호를 갖는 프레임들 중에서 먼저 무결성 검사부에

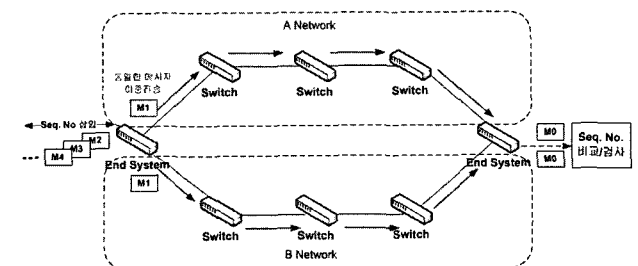


그림 5. AFDX 시스템의 구조
Fig. 5. Architecture of AFDX system.

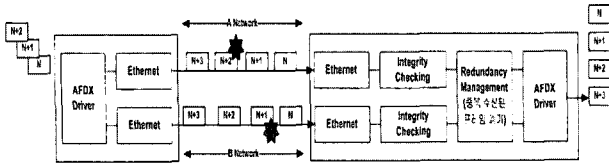


그림 6. AFDX에서의 고장감내 절차
Fig. 6. Fault Recovery Scheme of AFDX.

서의 FCS검사를 통과한 프레임은 받아들이고 나중에 수신된 프레임은 버리는 정책이다.

이렇듯, AFDX는 2개의 이더넷 링크를 사용함으로써 단말이나 링크의 장애가 발생하더라도 끊임없는 데이터의 전송이 가능한 특성을 가지고 있다.

IV. AFDX망의 고장 감내 기능 향상을 위한 새로운 링크 우회 기법

본 논문에서는 기존의 AFDX에서 제공하는 고장 감내 기술을 향상시키기 위한 방법으로 새로운 링크 우회 기법을 제안한다. 기존 AFDX는 2개의 링크를 사용하여 송신단말로부터 같은 프레임을 송신하고, 수신단말에서는 2개의 링크를 통해 같은 프레임들을 수신함으로써, 한 쪽 링크가 장애를 일으키더라도 다른 한쪽의 링크를 통해 프레임을 수신함으로써, 데이터 손실률을 줄일 수 있다.

하지만, 송신단말이 한 개가 아닌 여러 개가 존재하고 링크의 장애 발생한 경우, 망으로 유입되는 데이터 양의 증가로 인하여, 2개의 링크를 사용할 때보다 데이터의 손실은 더욱 늘어나게 된다. 이를 대비하기 위하여, 본 논문에서는 링크의 장애가 발생 시, 그 구간을 우회하여 기존의 2개의 링크를 계속 사용할 수 있도록 하는 링크 우회 기법을 제안한다.<그림 7>의 C)와 D)는 각각 기존의 AFDX망에서의 정상 링크와 링크 장애 시의 동작이다. 한쪽의 링크에 장애가 발생한 경우, 링크가 복구될 때까지 한쪽의 링크로만 데이터를 송수신하게 된다.

반면에, <그림 7>의 E)는 AFDX망의 스위치들을 Mesh 형태로 연결하여, 한 쪽 링크에 장애가 발생하였을 경우 장애를 감지한 스위치가 다른 쪽 링크의 스위치를 경유하여 장애가 발생한 구간을 우회하여 전송함으로써, 수신단말에서는 정상적인 상황과 마찬가지로 2개의 링크로부터 동시에 데이터를 수신하게 함으로써 내고장성 특성을 향상시킬 수 있다.

또한, 스위치에서의 장애 감지는 이더넷에서 사용되

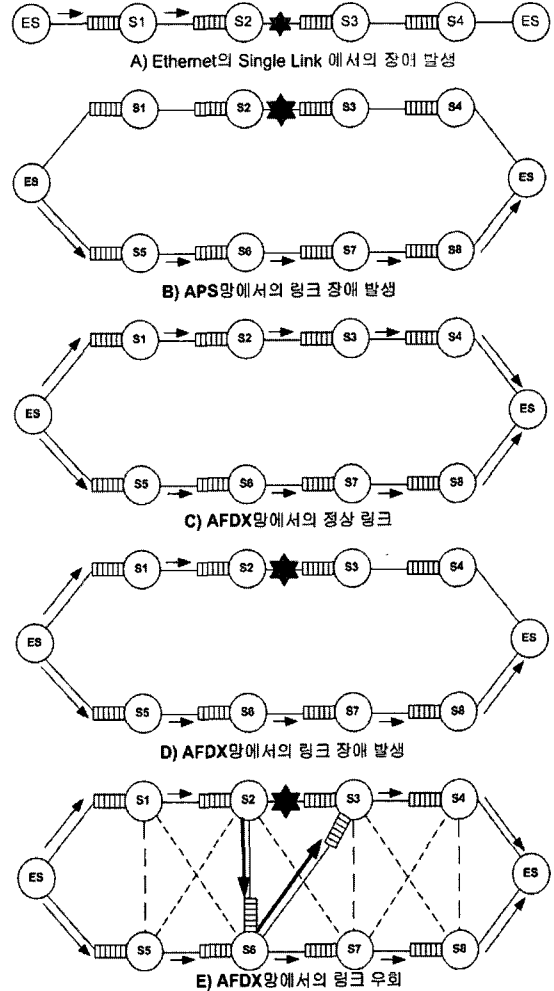


그림 7. 이더넷, APS, AFDX, 링크 우회 기법을 적용한 AFDX 실험 모델.

Fig. 7. Simulation model of Ethernet, APS, AFDX and AFDX with link-bypass.

는 링크 무결성 기능을 통하여 이루어진다. 각 스위치는 16ms마다 자신의 link integrity pulse를 상대방에게 송신하는데, 각 스위치는 프레임의 수신이 끝나거나, 이전의 link integrity pulse가 도착한 시간으로부터 50~150ms 기간 동안 관측하는 타이머를 기동하여, 이 기간 동안 link integrity pulse나 프레임이 도착하기를 기다린다. 만일, 이 기간 동안 link integrity pulse나 프레임이 도착하지 않으면, 오류가 발생한 것으로 판단한다^[10]. 이러한 방식에 의해, <그림 7>의 E)에서 만일, S2가 링크 장애를 감지하면 미리 설정된 경로 테이블을 확인하여, 백업 경로를 선택해서 S6으로 프레임을 전송한다. S6은 S2로부터 프레임을 수신하면, 자신의 경로 테이블 값에 따라, S3으로 해당 프레임을 보냄으로써 장애 구간을 우회시킨다. 이 경우, S6의 우회 링크 입력포트와 정상적인 링크의 출력 포트가 구분되어 있으며, 스위치

의 백 플레인 처리율은 매우 높으므로, S6에서 부하의 증가로 인한 지연은 발생하지 않는다.

V. 성능 분석

본 장에서는, 점대점 연결에서 하나의 링크만 사용하는 기존 이더넷 브리지 망과 이중 링크를 사용하는 APS 및 AFDX 망에서의 성능분석을 위하여 <표 1>과 같은 파라미터를 사용하여 모의실험 프로그램인 NS-2를 사용하여 실험하였다.

각 실험 모델은 제 4 장의 <그림 7>에 제시된 큐잉 모델을 사용하였다. 각 스위치는 M/M/1/K 큐잉 시스템이며 K-1개의 유한버퍼를 갖는다. 또한, 단말은 λ 의 프레임 발생률을 갖는 Poisson 프로세스의 이더넷 프레임 생성하며, 각 스위치의 프레임 처리율은 μ 로 설정하였다.

특히, 링크 장애에 따른 전송 지연 시간은 <그림 8>과 같이 설정하였다.

- T_{ED} : 링크 장애를 감지하는데 걸리는 시간. (150ms)
- $T_{so(1to1)}$: 1:1 APS에서 링크 장애에 대처하는데 걸리는 절체지연시간.
- $T_{so(1plus1)}$: 1+1 APS에서 링크 장애에 대처하는데 걸리는 절체지연시간.

단일 링크를 사용하는 이더넷의 경우, 장애 발생 시간(2초)동안 모든 프레임을 손실하게 된다. 또한, 1:1 APS과 1+1 APS는 T_{ED} (150ms)와 $T_{so(1to1)}$ 시간 후에 장애 복구가 이루어진다. AFDX의 경우에는, 2개의 링크로 동시에 전송이 이루어지기 때문에, 한쪽의 링크에 장애가 발생하더라도 다른 하나의 링크로 인하여 장애에 바로 대처할 수 있다.

반면에, 제안하는 링크 우회 기법을 적용한 AFDX의 경우 T_{ED} (150ms) 시간 이후에 장애 구간을 우회함으로써 2개의 링크를 계속 사용하게 되고, 기존의 AFDX

표 1. 모의실험 파라미터 설정
Table 1. Configuration of experiment parameters.

파라미터	값
대역폭	100Mbps
평균 프레임 길이	100byte
노드 갯수	Single Link : 6개
	Dual Link : 10개
모의실험 시간	6초
링크장애 발생시간	2~4초
링크장애 감지시간	150 ms

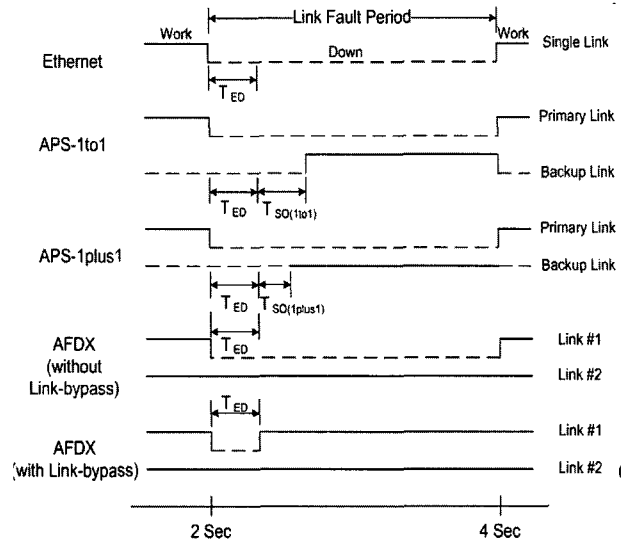


그림 8. 링크 장애에 의해 발생하는 지연시간.
Fig. 8. Delay time when link-error is occurred.

보다 프레임의 손실을 줄일 수 있게 된다.

<그림 9>는 장애 구간이 발생하는 이더넷, APS, AFDX 네트워크망에서의 프레임 손실을 시간 축 상에서 비교한 것으로 이더넷은 장애 구간 동안 모든 프레임을 손실하게 된다.

APS의 경우에는, 망의 장애가 발생 시 대체경로를 사용함으로써, 프레임의 손실을 줄일 수 있지만, 송신 단말이 망의 장애를 감지하는 시간동안에는 프레임의 손실을 피할 수 없는 단점이 있다. 반면에 AFDX는 2개의 링크를 사용하여 동시에 프레임을 전송하므로 APS보다 프레임 손실을 더 줄일 수 있게 된다. 또한, 새로운 링크 우회 기법을 적용한 AFDX의 경우 기존의 AFDX와 비교하여 링크 장애 구간 동안에도 거의 손실이 없는 더 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. <그림 10>의 (c'), (d')는 <그림 9>에서 기존의 AFDX와 제안된 링크 우회 기법을 적용한 AFDX의 링크 장애에 따른 프레임 손실 구간을 확대한 것으로, 제안된 AFDX에서 기존의 AFDX보다 더 적은 프레임 손실이 발생함을 알 수 있다.

다음은 시뮬레이션 모델을 바탕으로 NS-2를 이용하여 성능을 비교한 것으로, 각 모의 실험에 있어 단일 링크를 사용하는 이더넷, 이중 링크를 사용하는 1:1 APS, 1+1 APS, AFDX, 그리고 제안된 링크 우회 기법을 사용한 AFDX에서 0초에서 6초 동안 모의 실험하였으며, 2초에서 4초 동안의 링크 장애가 발생하도록 실험하였다. 이때, 트래픽 양의 증가에 따른 손실률과 스위치에서의 큐 크기를 증가 시켰을 때의 손실률을 비교하였

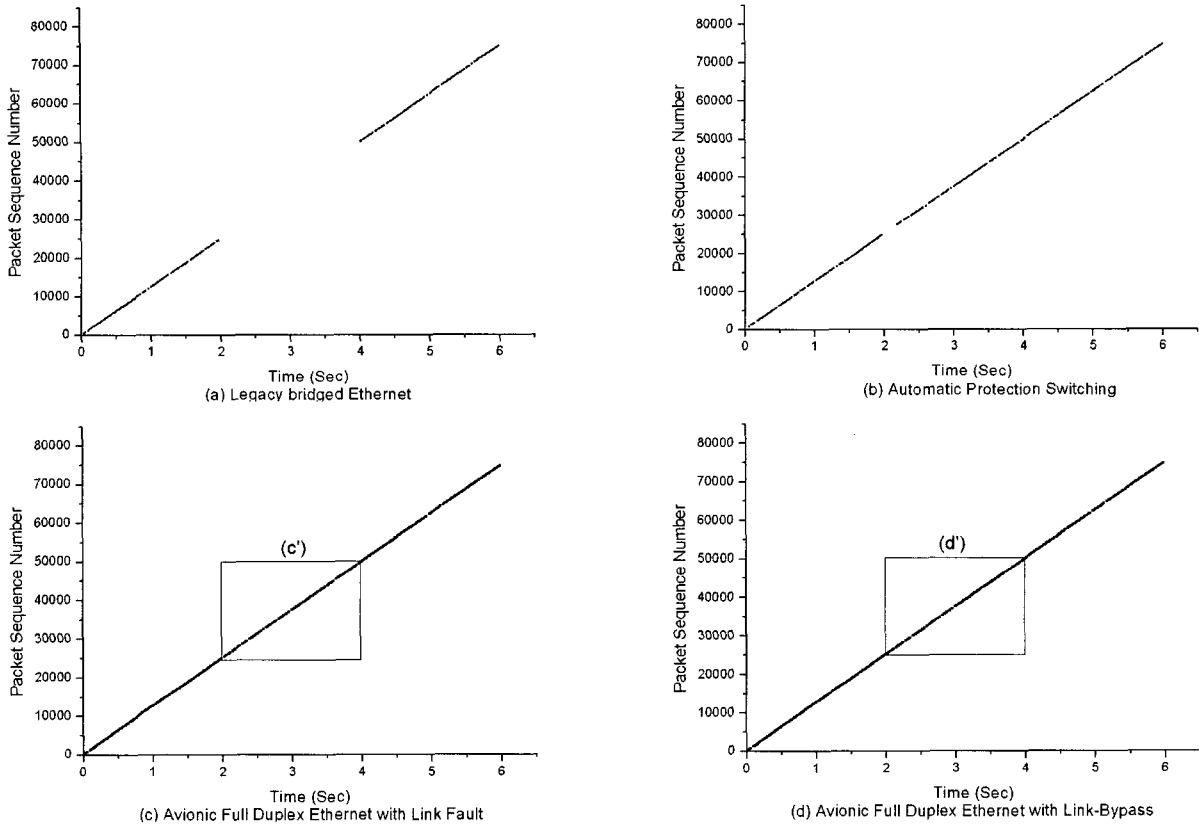


그림 9. 이더넷, APS 및 AFDX와 새로 제안된 AFDX에서의 링크 장애에 따른 프레임 손실 (2~4초 동안 장애발생)

Fig. 9. Frame loss as link fault in the ethernet, APS, AFDX and proposed AFDX. (link fault for 2~4 sec)

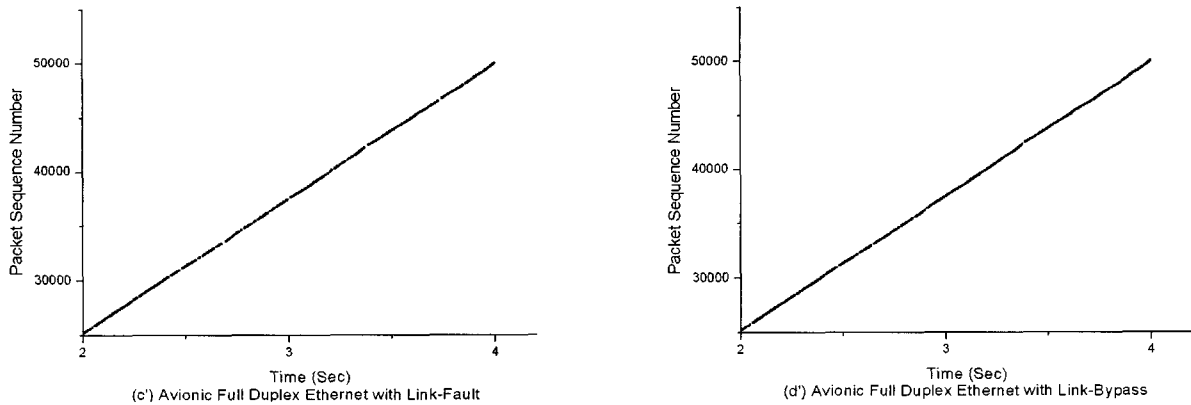


그림 10. AFDX와 제안된 AFDX의 링크 장애에 따른 프레임 손실 구간 확대

Fig. 10. Enlargement of frame loss period by link fault in AFDX and proposed AFDX.

다. 특히, AFDX의 경우 이더넷 프레임에 부착된 순서 번호에 의해 중복 수신되거나 손상이 있는 프레임은 폐기하도록 하였다

1. 이더넷, APS, AFDX의 비교

<그림 11>은 하나의 링크를 사용하는 기존의 이더넷과 이중 링크를 사용하여 고장 감내를 지원하는 APS와

AFDX에서 링크의 장애가 2초 동안 발생하였을 경우의 프레임 손실률을 보여준다.

단일 링크를 사용하는 이더넷의 경우 링크 장애 시간동안 모든 프레임을 손실한다. APS의 경우, 다른 링크를 사용하여 프레임을 전송함으로써, 링크 고장에 대하여 뛰어난 성능을 보이며, 짧은 절체지연시간을 갖는 1+1 APS방식이 1:1 APS방식 보다 더 우수한 성능을

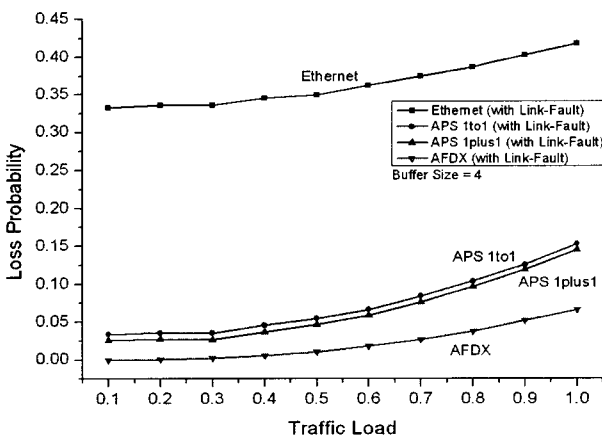
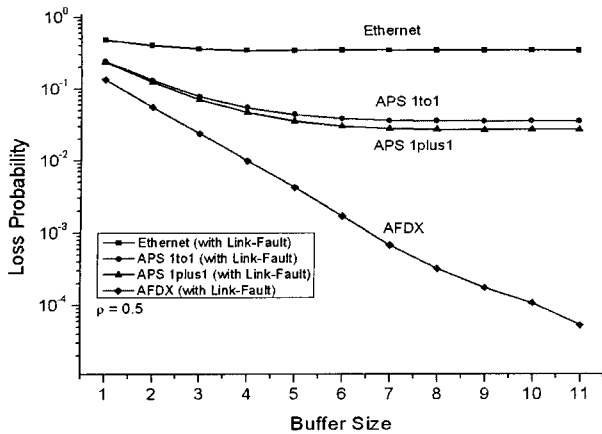


그림 11. 기존 이더넷과 APS, AFDX에서의 버퍼 크기와 트래픽 양에 따른 손실률 비교
 Fig. 11. Loss probability of legacy Ethernet, APS and AFDX as increasing buffer size and traffic load.

보인다. 반면에, AFDX의 경우, 수신단말은 2개의 링크로 부터 프레임을 동시에 수신한다. 따라서 한쪽의 링크에서 장애가 발생하더라도, 다른 한 쪽으로 수신되는 프레임으로 인해 기존의 이더넷이나 APS보다 더욱 손실을 줄일 수 있다.

2. 기존 AFDX와 링크 우회 기법을 적용한 AFDX

<그림 12>은 기존 AFDX와 링크 우회 기법을 적용한 AFDX에서의 트래픽 양과 큐의 크기에 따른 손실률을 비교한 것이다. 링크에 장애에 대하여 기존의 AFDX보다 링크 우회 기법을 적용한 AFDX의 경우 뛰어난 성능을 보여준다. 또한, 링크 장애가 발생하지 않는 경우와 비슷한 손실률을 보임을 알 수 있다.

링크 우회 기법을 적용한 AFDX의 고장 감내 기술은 스위치들을 메쉬 형태로 연결함으로써, 대용량 데이터를 고속 전송하는 것을 최선으로 하는 범용 이더넷 장치에 비하여 전송 효율이나, 자원 활용 면에서 불리하지만, 속도보다는 신뢰성을 요구하는 산업 네트워크 및

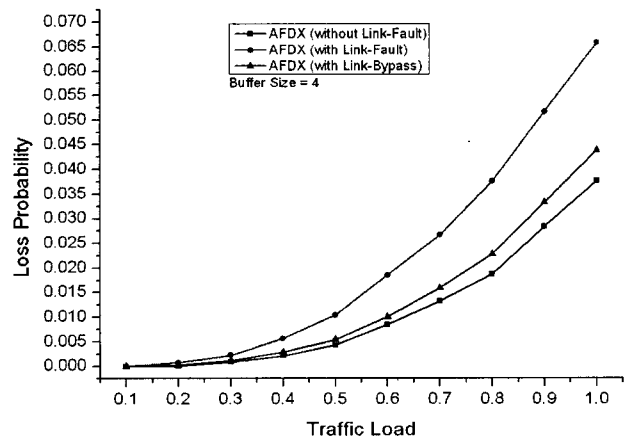
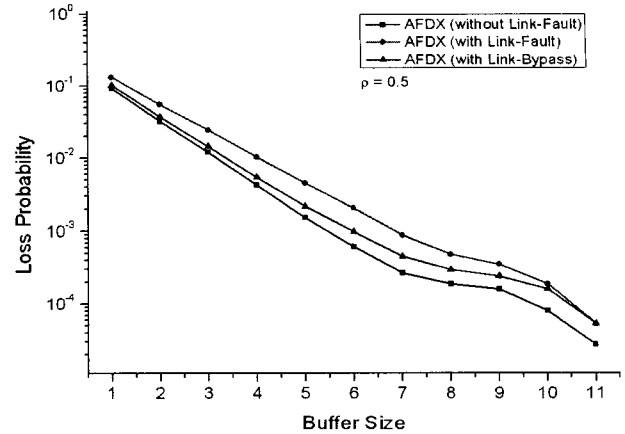


그림 12. 기존 AFDX와 링크 우회 기법을 적용한 AFDX에서의 버퍼크기와 트래픽 양에 따른 손실률 비교
 Fig. 12. Performace of Legacy AFDX and proposed AFDX as increasing queue size and traffic load.

항공 데이터버스 망에 있어서, 데이터의 손실을 최소화함에 목적이 있으며, 기존의 AFDX의 고장 감내 기술 보다 신뢰성 면에서 더욱 우수한 성능을 보인다.

VI. 결 론

현재까지 네트워크는 2계층에서의 Spanning Tree Protocol(STP)에 의존되어 왔으나, STP는 장애 복구 속도나 확장성 면에서 실시간 및 고 신뢰기능이 필요한 네트워크 분야에 적합하지 않다. 또한, IEEE802의 IEEE802.3ad Link Aggregation 기능에서 일부의 고장 감내 기능을 지원하지만, 이는 주 기능이 아니며 아직 까지 IEEE802에서의 고장 감내 기능에 대한 표준화 작업은 이루어지고 있지 않다. 국내 역시 아직 이더넷 상에서의 고장 감내 기능에 대한 연구가 없는 상황이다.

이에, 본 논문은 이더넷의 기술 고도화를 위한 이중 링크를 사용하는 고장 감내 기술인 Automatic Protection Switching (APS)과 Avionic Full Duplex

Switched Ethernet (AFDX)에 대해 다루었고, 특히 AFDX 망에서의 링크 장애에 대한 내고장성을 강화시킬 수 있는 새로운 링크 우회 기법을 제시하였다. 이중 링크를 사용하는 AFDX망에서 한 쪽의 링크에 장애가 발생할 시, 장애가 발생한 구간을 우회하여 2개의 링크를 계속 사용함으로써, 기존의 AFDX의 성능을 향상시킬 수 있다. 이러한 APS 및 AFDX 및 제안된 링크 우회 기법을 적용한 AFDX 기술을 활용한 이더넷 기반의 실시간 전송 및 내고장성 지원 기능은 고도의 신뢰성을 요구하는 항공 데이터버스 망에 활용할 수 있으며, 산업용 이더넷 및 항공/국방무기체계의 자동화 시스템에도 널리 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.1D, IEEE Standard for Local and Metropolitan area network: Media Access Control (MAC) Bridges, 2004.
- [2] IEEE standard for local and metropolitan area networks - common specification. Part 3: media access control (MAC) bridges - amendment 2 : rapid reconfiguration.
- [3] Automatic Protection Switching (APS) Technology White Paper : Issue 1.0, 2005, PMC - Sierra Inc.
- [4] AFDX/ARINC 664 Tutorial, Condor Engineering, Inc. 2005.
- [5] ARNIC-664 - Aircraft Data Network - Part 1 : System Concepts and Overview, 2002.
- [6] ARNIC-664 - Aircraft Data Network - Part 2 : Ethernet Physical and Data Link Layer Specification, 2002.
- [7] Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS) : Extreme Network White Paper. 2006.
- [8] RFC 3619 - Extreme Networks' Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS) Version 1.
- [9] Hussein Charara and Christian Fraboul, "Modeling and Simulation of an Avionic Full Duplex Switched Ethernet". Advanced Industrial Conference Telecommunications / Service Assurance with Partial and Intermittent Resource Conference / E-Learning of Telecommunication Workshop (AICT / SAPIR / ELETE '05) pp.207-212 , 2005.
- [10] IEEE Std 802.3 Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications, 2005.

저 자 소 개



송 대 연(학생회원)
 2006년 한국항공대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2006년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정
 <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 데이터 통신>



윤 중 호(정회원)
 1984년 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
 1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업.
 1991년 9월~현재 한국항공대학교 정보통신 공학부 교수
 <주관심분야 : MAC 기술 및 BcN 전달망 기술>



정 한 군(학생회원)
 2005년 한국항공대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2007년 한국항공대학교 정보통신 공학과 석사 졸업.
 2007년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과 박사과정
 <주관심분야 : QoS, 무선망 핸드오버>



김 승 환(학생회원)
 2007년 한국항공대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2007년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정
 <주관심분야 : 데이터 통신, 유무선 네트워크>