

논문 2008-45TC-3-10

패킷 손실을 최소화할 수 있는 이더넷 망 보호 시스템의 성능 분석

(Performance of Ethernet Protection Switching System to Minimize
Packet Loss)

이 범 재*, 이 창 민*, 이 재 훈**, 강 태 규***

(Beomjae Lee, Changmin Lee, Jaehwoon Lee, and Taekyu Kang)

요 약

이더넷은 사설 근거리 통신 망에서 매우 성공한 기술로써, 이더넷을 공중 망에도 적용하면 프로토콜 변환 등으로 인한 네트워크 오버헤드가 줄어든다는 장점이 있다. 그렇지만 공중 망에서는 종단간 끊임없는 연결을 제공하기 위하여 장애가 발생하는 경우에 50msec 이내에 망을 복구하는 것이 필수적이다. 이를 위하여 ITU-T에서는 APS(automatic protection switching) 기반의 이더넷 망 보호 교환 시스템을 표준화하였다. 이 논문에서는 망에 장애를 복구하는 경우에 발생할 수 있는 프레임 손실을 최소화하기 위한 향상된 이더넷 망 보호 교환 메커니즘을 제안한다. 제안된 메커니즘의 성능은 ns-2 기반의 모의실험을 이용하여 분석되었으며, 제안 메커니즘이 기존 방법보다 우수한 성능을 제공하는 것을 알 수 있다.

Abstract

Ethernet is the very successful technology in private local area network. Therefore, we can obtain the advantage to reduce network overhead due to such as protocol translation when to apply Ethernet to the public backbone network. However, in order to do that, it is required to restore the network within 50msec when link failure occurs, in order to provide seamless connections to end users. Currently, ITU-T standardized the automatic protection switching (APS) based Ethernet protection switching system. In this paper, we propose the improved Ethernet protection switching system to minimize the number of Ethernet frames lost when the network is restored from the failure. The proposed mechanism is analyzed by using simulation based on ns-2 and numerical results show that the proposed one provides superior performance.

Keywords: 이더넷, 망 보호 시스템, APS

I. 서 론

인터넷은 21세기 정보화 사회의 핵심 인프라로 자리 잡고 있으며, 인터넷을 통하여 전송되는 트래픽도 과거

* 학생회원, ** 평생회원-교신저자, 동국대학교
정보통신공학과
(Dongguk University)

*** 정회원, 한국전자통신연구원 이동통신연구본부
(ETRI)

※ 본 연구는 ETRI와 21세기 프론티어 연구개발사업
의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터
스 컴퓨팅 및 네트워크원천기반기술 개발사업의 지
원에 의하여 이루어졌음.

접수일자: 2008년1월18일, 수정완료일: 2008년3월19일

의 텍스트 모드의 트래픽에서 VoIP와 Internet TV와 같은 고품질의 실시간 처리를 필요로 하는 멀티미디어 트래픽으로 변화하였다. 멀티미디어 트래픽은 기존의 텍스트 모드의 트래픽에 비하여 데이터의 양도 방대하며 지연과 지터에 민감하다는 특징을 가지고 있다. 따라서 차세대 인터넷 망에서 이러한 서로 다른 특징을 갖는 트래픽들이 요구하는 QoS를 제공하기 위한 노력이 계속되어 왔다.

인터넷은 가입자 액세스 망, 기업 망, 메트로 영역 망, 그리고 백본 망으로 구분할 수 있다. 이전의 가정에서는 56kbps의 모뎀을 이용하는 전화망 가입자가 대부분이었으나 최근에 광섬유와 Cable 망을 이용한 이더넷

기반의 고속 LAN(Local Area Network) 기술이 개발되어 가정에서도 적은 비용으로 수십 Mbps의 속도로 인터넷을 이용할 수 있게 되었다. 또한 회사 내에서 사용하는 LAN의 경우에는 이전의 10Mbps 이더넷에서 100Mbps, 그리고 1Gbps로 속도가 증가하였으며, 이더넷 스위치가 보편적으로 사용됨으로써 기업 망 이용자에게 훨씬 더 많은 대역폭을 제공할 수 있게 되었다. 이와 같이 이더넷은 LAN 시장에서 대단히 성공한 기술로써 이미 대량 생산 시스템에서 생산, 관리되고 있어서 이더넷과 관련된 칩과 장비의 가격이 싸고 관리 및 운용이 용이하며 오랫동안 LAN 영역에서 사용되어 오면서 망 관리자에게 매우 익숙해져 있어서 이미 LAN의 95% 이상이 이더넷으로 구축되어 있으므로 사설 망 뿐만 아니라 메트로 영역 망이나 백본 망과 같은 공중 망도 이더넷 기반으로 구축하면 프로토콜 변환 등의 네트워크 오버헤드가 제거된다는 장점이 있다. 이러한 이더넷 기술을 공중 망에 적용하기 위해서는 망에 장애가 발생하는 경우에 50msec 이내에 절체 및 복구를 통하여 종단간 끊임없는 빠른 망 보호 기능을 제공하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 그렇지만 기존의 이더넷 망에서 사용되는 스패닝 트리 기반의 브리징 프로토콜은 망의 장애로부터 복구하는데 30~50초 정도의 시간이 소요되어 공중망에서는 사용될 수가 없다^[1]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 ITU-T에서는 APS(Automatic Protection Switching) 기술을 이용하여 50msec 이내에 망의 장애를 감지하고 우회 경로를 설정함으로써 종단간 지속적인 연결을 유지하기 위한 이더넷 망 보호 교환 기술을 표준화하였다^[2]. 비록 APS 기반의 빠른 망 보호 교환 기술이 표준화되었지만, 이 기술에서는 망의 장애를 감지하고 우회 경로를 통하여 트래픽이 전송되기 전까지는 트래픽의 손실이 발생하게 된다.

본 논문에서는 ITU-T에서 정의된 APS 기반의 이더넷 망 보호 교환 환경에서 트래픽의 손실을 최소화할 수 있는 메커니즘을 제안한다. 그리고 제안된 메커니즘의 성능을 ns-2 기반의 모의실험을 통하여 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 장에서는 이더넷 망 보호 기술의 관련 연구에 대해서 살펴보고, 제 III 장에는 이 논문에서 제안하는 트래픽 손실을 최소화할 수 있는 APS 기반의 향상된 이더넷 망 보호 교환 기술의 동작에 대해서 설명한다. 제 IV 장에서는 제안된 메커니즘의 성능을 분석하고, 제 V 장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

기존의 인터넷은 CSMA/CD 기반의 공유 매체 액세스 프로토콜을 기반으로 하는 망이다. 이러한 프로토콜은 종단간 거리가 길면 길수록, 또한 접속되는 노드의 수가 많으면 많을수록 성능이 나빠지게 되어 리피터나 허브와 같은 제 1 계층의 장비를 이용하여 망을 확장하는 데에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위한 한 가지 방법은 이더넷 스위치(또는 브리지)를 사용하는 것이다. 하나의 이더넷 스위치를 이용하여 여러 개의 이더넷을 접속함으로써 하나의 망을 구성하는 경우에는, 만일 스위치에 장애가 발생하면 망이 단절되어 종단간 통신이 두절되는 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하는 방법은 여러 개의 스위치를 이용하여 망을 구성하고 종단간에 서로 다른 스위치를 거치는 여러 개의 경로가 설정될 수 있도록 하는 것이다. 그런데 이 경우에는 망에 루프가 발생하여 브로드캐스트 또는 확인되지 않은 목적지 주소를 가지는 이더넷 프레임이 망에 들어오는 경우에는, 이 프레임은 망에서 삭제되지 않고 망 내에서 계속 전송되어 망의 자원이 낭비되는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 물리적으로는 루프가 발생할 수 있는 망 토폴로지에서 논리적으로 Spanning Tree를 만들어 루프를 없애도록 하는 STP(Spanning Tree Protocol)이 정의되었다^[1]. 그렇지만 STP가 동작하는 이더넷 망에서 장애가 발생하면, 망을 구성하고 있는 스위치들이 새로운 Spanning Tree를 구축하여 망의 장애를 복구하고 종단간 통신이 가능하기까지 약 30~50초 정도의 시간이 걸려서 STP를 공중 망에 적용할 수는 없다. STP의 느린 망 복구 시간을 단축하기 위하여, 소규모 망의 경우에 망에 장애가 발생하면 약 3초 이내에 새로운 Spanning tree를 구성할 수 있도록 하기 위한 RSTP(Rapid STP)가 정의되었다^[3]. 그렇지만 RSTP도 공중 망에서 요구하는 50msec의 요구사항을 만족하지는 못한다는 단점이 있다.

이더넷을 공중망에 적용하기 위하여 ITU-T에서는 망에 장애가 발생하는 경우에 50msec 이내에 경로를 절체하여 종단간 끊임없는 연결을 제공하기 위한 APS 기반의 빠른 망 보호 기술이 표준화되었다^[2]. APS 기반의 빠른 망 복구 기술을 그림 1의 예를 이용하여 설명하고자 한다. 소스 노드(즉, N1)와 목적지 노드(즉, N5) 사이에는 서로 겹치지 않는 두 개의 경로가 설정된다. 하나의 경로는 주 경로(Working Path)라고 하며 그림에서는 N1-N2-N3-N4-N5의 연결로 구성된다. 또 다른

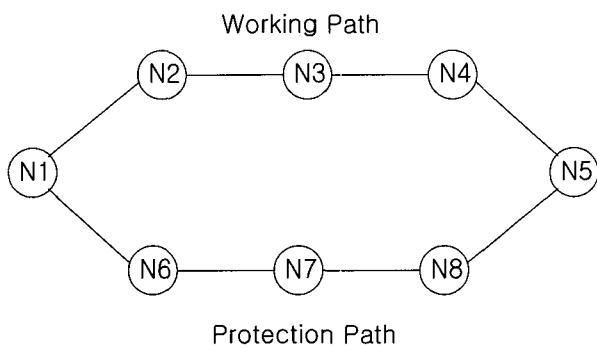


그림 1. 이더넷 보호 교환 구조의 예

Fig. 1. Example of Ethernet protection switching system.

하나의 경로는 보호 경로(Protection Path)라고 하며 그림에서는 N1-N6-N7-N8-N5의 연결로 구성된다. 소스 노드는 각각의 경로에 대해서 주기적으로(일반적으로 매 3.3msec마다) CCM(Continuity Check Message)라고 하는 제어 메시지를 교환함으로써 목적지 노드로 하여금 각각의 경로에 장애가 발생했는지를 감지하도록 한다. 이러한 CCM 제어 메시지는 데이터 프레임보다 높은 우선순위를 가지고 있어서, 소스 노드로부터 먼저 전송된 데이터 프레임보다 먼저 목적지 노드에 도착할 수 있다. 또한 경로를 구성하고 있는 각각의 스위치는 링크로 연결되어 있는 Downstream 스위치에게 주기적으로 CCM 제어 메시지를 전송함으로써 목적지 노드로 하여금 링크에 장애가 있는지를 감지하도록 한다. APS 방식은 보호 경로를 어떻게 사용할 것인가에 따라서 1+1 방식과 1:1 방식으로 구분할 수 있다.

1+1 방식의 망 보호 기술의 동작은 다음과 같다. 소스 노드는 데이터 프레임을 복제하여 두 개의 프레임으로 만든 후에 각각의 프레임을 주 경로와 보호 경로로 중복해서 목적지 노드에게 전송한다. 비록 주 경로와 보호 경로를 통해서 프레임이 중복되어 수신 노드에게 들어오지만, 주 경로에 장애가 발생하지 않은 경우에는 수신 노드는 자신의 수신 포트를 주 경로로 설정하여 주 경로를 통하여 들어오는 프레임을 수신하고 보호 경로를 통하여 들어오는 프레임은 버린다. 만일 목적지 노드가 소스 노드로부터 전송되는 CCM 제어 메시지를 정해진 수만큼 (보통 3개) 수신하지 못하게 되면, 목적지 노드는 주 경로에 장애가 발생했다고 간주하고 자신의 수신 포트를 보호 경로로 설정함으로써 보호 경로를 이용하여 데이터 프레임을 수신한다. 이 방식을 이용하면 망에 장애가 발생하는 경우에 빠른 복구가 가능하다. 그렇지만 1+1 방식은 동일한 데이터 프레임을 주

경로와 보호 경로 모두에 복제해 전송하므로 트래픽이 2배로 증가하게 되어 종단간 지연이 증가하고 혼잡이 발생할 수 있다. 또한 송신 노드에서는 주 경로와 보호 경로 각각에 데이터 프레임을 전송하기 위한 송신 포트가 2개가 구축되어 있어야 함으로 인한 오버헤드가 증가한다는 단점이 있다.

1:1 방식에서는 주 경로에 장애가 없는 경우에는 소스 노드는 주 경로를 통해서만 데이터 프레임을 전송하고, 목적지 노드 역시 주 경로를 이용하여 데이터 프레임을 수신한다. 만일 주 경로를 구성하고 있는 하나의 링크에서 장애가 발생하면, 목적지 노드는 소스 노드로부터 전송되는 CCM 제어 메시지를 일정 시간동안 수신하지 못하게 될 것이다. CCM 제어 메시지를 일정 시간동안 수신하지 못하게 되면, 목적지 노드는 주 경로에 장애가 발생했다고 간주하고, 주 경로에 장애가 발생했다는 것을 알리기 위하여 APS 제어 메시지를 만들어 보호 경로를 통하여 소스 노드에게 전송한 후 자신의 수신 포트를 당초의 주 경로에서 보호 경로로 변경하며 이 이후부터는 보호 경로를 통하여 들어오는 데이터 프레임을 수신한다. 보호 경로를 통하여 전송된 APS 제어 메시지를 수신한 소스 노드는 자신의 송신 포트를 당초의 주 경로에서 보호 경로로 변경하고 이 이후부터는 소스 노드와 목적지 노드 사이에는 보호 경로를 통하여 데이터 프레임이 전송된다.

1:1 APS 기반 망 보호 메커니즘에서는 CCM 제어 메시지는 데이터 프레임보다 높은 우선순위를 가지고 있으므로, 수신 노드가 주 경로의 장애를 감지한 후 보호 경로를 통하여 APS 제어 메시지를 소스 노드에게 전송하고 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경하게 되면, 장애가 발생한 링크에 접속되어 있는 노드로부터 수신 노드 사이에 있는 데이터 프레임들은 모두 손실되는 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위한 한 가지 방법은 목적지 노드가 소스 노드에게 APS 제어 메시지를 전송하자마자 바로 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경하지 않고 주 경로를 통하여 전송된 데이터 프레임을 모두 수신할 때까지 기다리는 것이다. 그런데 목적지 노드는 데이터 프레임이 언제까지 들어올지를 모르기 때문에, 타이머를 구동하고 주 경로를 통하여 데이터 프레임을 수신할 때마다 타이머를 리셋한 후에 다시 타이머를 구동하는 것이다. 만일 타이머에 타임-아웃이 발생하면, 목적지 노드는 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경한다. 그런데 타이머를 이용하는 경우에는 타임-아웃이 발생하기 전까지는 목적지 노드의 수신 포트

는 주 경로에 접속되어 있기 때문에 이 기간 동안에 보호 경로를 따라 들어오는 데이터 프레임은 모두 손실되는 문제가 발생한다. 따라서 이 논문에서는 1:1 APS 기반의 망 보호 방식에서 주 경로에 장애가 발생하는 경우에 데이터 프레임의 손실을 최소화하면서도 타이머의 구동을 필요로 하지 않는 향상된 망 보호 메커니즘을 제안한다.

III. 프레임 손실을 최소화할 수 있는 향상된 1:1 APS 기반 망 보호 메커니즘

본 논문에서는 타이머의 구동을 필요로 하지 않으면서도 기존의 1:1 APS 기반의 망 보호 기법에서 발생할 수 있는 데이터 프레임의 손실을 최소화할 수 있는 향상된 망 보호 기법을 제안한다. 제안된 메커니즘의 동작을 그림 1의 예를 이용하여 설명하고자 한다. 소스 노드 N1과 목적지 노드 N5는 주 경로와 보호 경로의 두 개의 경로로 연결되어 있다. N1은 주기적으로 CCM 제어 메시지를 N5에게 주 경로와 보호 경로의 두 경로에 전송함으로써 각각의 경로에 장애가 있는지를 검사하도록 한다. 또한 경로를 구성하고 있는 각각의 스위치는 자신의 downstream 스위치에게 일정시간마다 CCM 제어 메시지를 전송함으로써 downstream 스위치로 하여금 링크에 장애가 발생했는지를 감지하도록 한다. 이러한 제어 메시지는 데이터 프레임보다 높은 우선순위를 가지고 있어서 송신측에서 전송된 시간 간격

대로 수신측에서 수신할 수 있다.

소스 노드는 주 경로에 장애가 없는 경우에는 주 경로를 이용하여 데이터 프레임을 목적지 노드에게로 전송한다. 만일 N2와 N3 사이의 링크에 장애가 발생하면, N3는 N2로부터 전송되는 CCM 제어 메시지를 수신하지 못하게 될 것이다. 만일 N3가 N2로부터 전송되는 CCM 제어 메시지를 정해진 수만큼 연속해서 수신하지 못하게 되면, N3는 N2-N3간 링크에 장애가 발생했다고 간주하고, 자신의 경로 테이블에 있는 정보를 이용하여 목적지 노드에게 경로에 장애가 발생했다는 것을 알리기 위한 SF(Signal Failure) 제어 메시지를 목적지 노드에게로 전송한다. 이 SF 제어 메시지는 데이터 프레임보다 높은 우선순위를 갖는다. 또한 N3는 하나의 END 제어 메시지를 만들어 목적지 노드에게로 전송한다. END 제어 메시지는 데이터 프레임과 동일한 우선순위를 갖는다. 즉, END 제어 메시지는 장애가 발생한 링크의 downstream 스위치로부터 전송되며, 주 경로를 통하여 전송되는 마지막 프레임이 된다.

목적지 노드가 주 경로를 구성하고 있는 스위치로부터 SF 제어 메시지를 수신하거나 또는 소스 노드로부터 주기적으로 전송되는 CCM 메시지를 일정시간동안 수신하지 못하게 되면, 목적지 노드는 주 경로에 장애가 발생했다고 간주하고, 이를 소스 노드에게 알리기 위하여 APS 제어 메시지를 보호 경로를 통하여 소스 노드에게 전송한다. 그렇지만 목적지 노드는 자신의 수신 포트를 변경하기 않고 주 경로를 통해서 전송되는

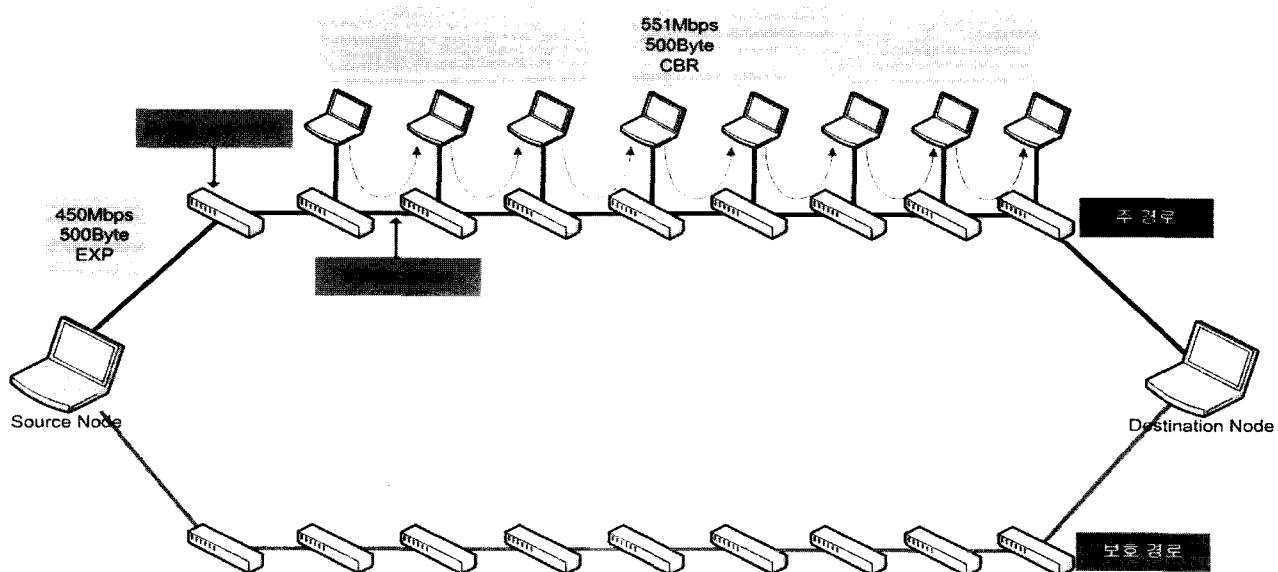


그림 2. 모의실험을 위한 망 구성도
Fig. 2. simulation network Topology.

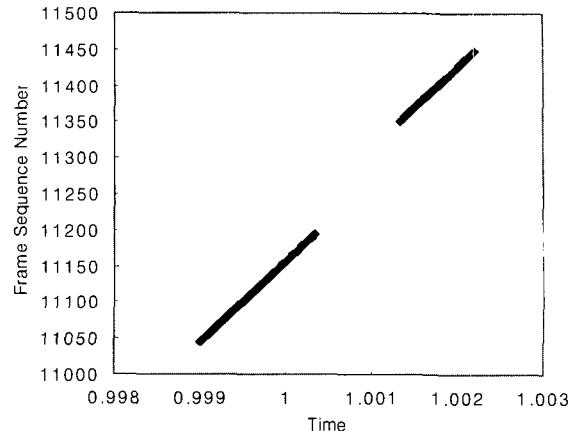
데이터 프레임을 계속 수신한다. 목적지 노드가 주 경로를 통하여 END 제어 메시지를 수신하면, 목적지 노드는 소스 노드로부터 전송된 데이터 프레임이 더 이상 주 경로를 통하여 들어오지 않을 것이라 간주하고 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경한다.

목적지 노드로부터 APS 제어 메시지를 수신한 소스 노드는 주 경로에 장애가 발생했다고 간주하고 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경하며, 이 이후부터는 보호 경로를 통하여 데이터 프레임이 전송된다.

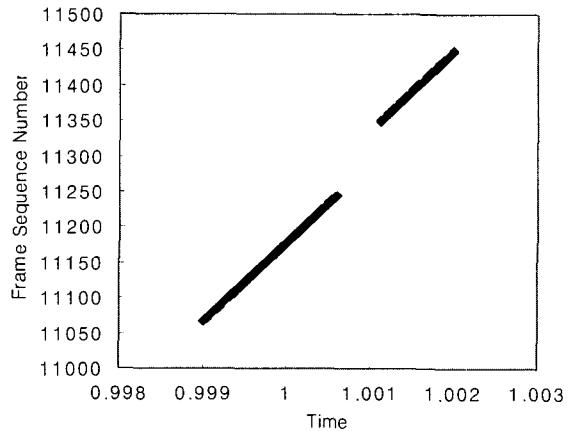
IV. 성능 분석

이 장에서는 ns-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 이 논문에서 제안된 메커니즘의 성능을 분석하고자 한다. 모의실험을 위한 망 구성도 및 파라미터는 그림 2에 나타나 있다. 소스 노드와 목적지 노드 사이의 주 경로와 보호 경로는 각각 9개의 스위치로 구성되어 있으며, 따라서 각각의 경로는 10개의 링크로 구성된다. 각 링크의 대역폭은 1Gbps이며 지연 시간은 40us이다. 또한 각 스위치의 입력 및 출력 버퍼는 각각 100개의 프레임을 저장할 수 있다. 첫 번째 스위치를 제외한 나머지 스위치에는 트래픽을 발생시키기 위한 노드가 연결되어 있으며, 각 노드는 551Mbps의 속도로 CBR 트래픽을 그 노드가 연결되어 있는 스위치의 downstream 스위치에 연결되어 있는 노드에게로 전송한다. 또한 소스 노드는 평균 450Mbps를 갖는 exponential의 분포로 목적지 노드에게 프레임을 전송한다.

그림 3(a)는 소스 노드는 0.9초부터 프레임을 전송하기 시작하고, 1초에 첫 번째 스위치와 두 번째 스위치 사이의 링크에 장애가 발생한 경우에 참고문헌 2에서 정의된 APS 메커니즘을 적용한 망 구조에서 목적지 노드에서 수신한 프레임의 순서번호를 보여준다. 반면 그림 3(b)는 이 논문에서 제안한 메커니즘을 적용한 경우에 목적지 노드에서 수신한 프레임의 순서번호를 보여준다. 링크가 끊어지기 전까지는 소스 노드에서 발생한 프레임은 모두 목적지 노드에게로 전송된다. 만일 링크가 끊어지면, 링크에 장애가 발생했다는 것을 감지한 downstream 스위치는 목적지 노드에게 SF 제어 메시지를 전송하고, 이를 수신한 목적지 노드는 소스 노드에게 경로를 주 경로에서 보호 경로로 변경하라는 것을 알려주기 위하여 APS 제어 메시지를 전송한다. 소스 노드는 APS 제어 메시지를 수신하기 전까지는 주 경로에 장애가 발생했는지를 알 수 없기 때문에 기존의 주 경



(a) 기존 메커니즘의 경우



(b) 제안 메커니즘의 경우

그림 3. 링크에 장애가 발생한 경우에 수신 노드에서 수신하는 프레임의 순서 번호

Fig. 3. Sequence number of the frame received by the receiver when link failure occurs.

로를 통하여 프레임을 전송하며, 이러한 프레임은 모두 손실된다. 기존 방법에서는 소스 노드로부터 전송되는 CCM 제어 메시지를 목적지 노드가 일정 횟수 이상 연속적으로 수신하지 못하면 목적지 노드는 링크에 장애가 발생했다고 간주하여 APS 제어 메시지를 전송한다. 반면 제안 메커니즘에서는 링크의 장애를 감지한 downstream 스위치가 목적지 노드에게 SF 제어 메시지를 전송하며, 이 메시지를 수신한 목적지 노드는 곧바로 소스 노드에게 APS 제어 메시지를 전송한다. SF 제어 메시지와 CCM 제어 메시지는 모두 데이터 프레임에 비하여 높은 우선순위를 가지므로 스위치에서의 지연이 거의 발생하지 않는다. 따라서 기존 메커니즘과 제안 메커니즘에서의 목적지 노드로부터 소스 노드로

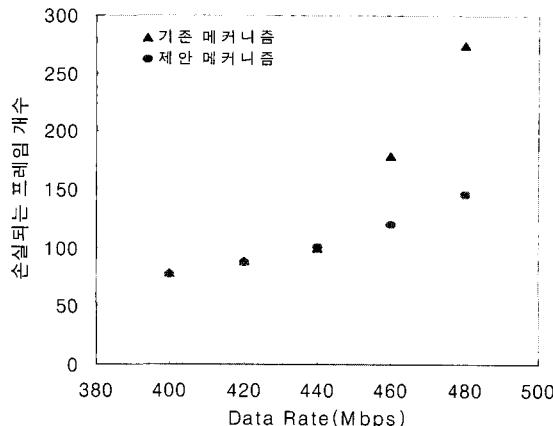


그림 4. 소스 노드로부터 전송되는 데이터 프레임의 전송율에 대한 프레임 손실 개수

Fig. 4. Number of frame lost vs. frame rate sent from the source node.

APS를 전송하는 시간의 차이는 크지 않다. 반면 기존 메커니즘에서는 링크에 장애를 감지한 목적지 노드는 즉시 자신의 수신 포트를 보호 경로로 변경함으로써, 장애가 발생한 링크의 downstream 스위칭에서 목적지 노드 사이에 있는 스위치에 저장되어 있는 프레임들도 모두 손실되게 된다. 그렇지만 제안 메커니즘에서는 비록 목적지 노드가 장애를 감지하더라도 곧바로 수신 포트를 변경하지 않고 END 제어 메시지가 수신되기를 기다린 후에, 이 메시지를 수신한 후에야 비로소 수신 포트를 보호 경로로 변경하기 때문에, 장애가 발생한 링크의 downstream 스위치와 목적지 노드 사이에 있는 프레임들이 손실되지 않고 모두 목적지 노드에 도착하게 되어 프레임 손실이 줄어들게 된다. 따라서 그림 3에서 나타난 것과 같이 기존 메커니즘의 경우에 목적지 노드에서 데이터 프레임을 수신하지 못하는 간격에 비해서 제안 메커니즘을 적용하는 경우에 목적지 노드에서 데이터 프레임 손실이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

그림 4는 소스 노드에서 데이터 프레임의 전송 속도를 증가하는 경우에 프레임의 손실 개수를 보여준다. 소스 노드에서의 프레임 전송율이 낮은 경우에는 스위치의 버퍼에 프레임이 저장되지 않고 프레임이 스위치에 도착하자마자 바로 출력 포트로 전송된다. 따라서 기존 메커니즘이나 제안 메커니즘의 성능은 비슷하다. 그렇지만 소스 노드의 데이터 프레임의 전송율이 증가하여 스위치에 들어오는 프레임의 전송율이 링크의 대역폭과 비슷하거나 초과하는 경우에는 스위치의 버퍼에

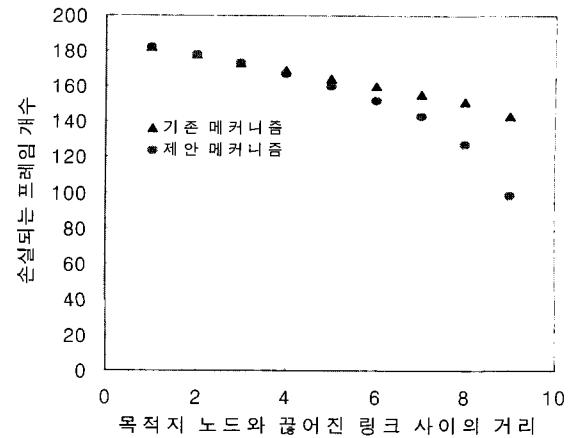


그림 5. 장애가 발생한 링크의 위치에 대한 프레임 손실 개수

Fig. 5. Number of frame lost vs. position of the link that failure occurs.

저장되는 프레임의 수가 증가하게 되며, 따라서 링크에 장애가 발생하는 경우에 기존 메커니즘에서는 스위치에 저장된 프레임이 모두 손실되는 반면에 제안 메커니즘은 이런 프레임들이 손실되지 않고 수신 노드에 도착하게 되어 패킷의 손실율이 줄어들게 된다.

그림 5는 장애가 발생한 링크의 위치에 따라 손실되는 프레임의 수를 비교한 것이다. 기존 메커니즘이나 제안 메커니즘이 모두 소스 노드로부터 장애가 발생한 링크의 upstream 스위치에 저장되는 프레임은 모두 손실된다. 반면 장애가 발생한 링크의 downstream 스위치로부터 목적지 노드 사이에 있는 프레임의 경우 기존 메커니즘에서는 이러한 프레임은 모두 손실되는 반면에 제안 메커니즘에서는 수신 노드에서 수신한다. 장애가 발생한 링크가 목적지 노드에 가까우면 가까울수록 downstream 스위치와 목적지 노드 사이에 저장되는 프레임의 수는 적게 되며 따라서 기존 메커니즘과 제안 메커니즘의 성능 차이는 별로 없다. 그렇지만 장애가 발생한 링크가 목적지 노드로부터 멀리 떨어지면 떨어질수록 downstream 스위치와 목적지 노드 사이에 저장되는 프레임의 수가 많아지게 되며, 따라서 제안 메커니즘이 기존 메커니즘에 비해서 좋은 성능을 제공한다.

V. 결 론

1:1 APS 기반의 이더넷 망 보호 기법에서는 CCM 제어 메시지를 주기적으로 전송함으로써 링크의 장애를 감지하고, 장애가 발생하게 되면 보호 경로를 통하여

APS 메시지를 소스 노드에게 전송하여 보호 경로로 링크를 변경하게 된다. 이러한 과정이 진행되는 동안 주 경로에서 장애가 발생한 링크보다 앞서 전송된 정상적으로 도달할 수 있는 프레임들도 같이 손실이 되는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 APS 기반의 망 보호 기법에서 발생하는 손실을 최소화 할 수 있도록 END 제어 메시지를 정의하였다. 이러한 END 메시지는 주 경로를 통하여 전송되는 마지막 프레임이며, 따라서 목적지 노드는 주 경로를 통하여 전송되는 손실되지 않아도 되는 프레임들을 수신할 수 있다. 그 결과 기존 메커니즘에 비하여 제안 메커니즘이 프레임 손실 측면에서 좋은 성능을 제공하는 것을 모의실험을 통하여 확인 할 수 있었다. 또한 데이터 트래픽이 증가 할수록, 장애가 발생한 링크가 목적지 노드보다 멀어질수록 성능이 향상 되는 것을 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.1D IEEE Standard for Local and Metropolitan area network: Media Access Control (MAC) Bridges, 2004.
- [2] ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342, Ethernet Protection Switching, 2006.
- [3] IEEE Standard for local and metropolitan area networks - common specification, Part 3: media access control (MAC) bridges - amendment 2 : rapid reconfiguration.

저 자 소 개



이 범 재(학생회원)
2006년 동국대학교 정보통신
공학과 학사
2007년 ~ 현재 동국대학교 정보
통신공학과 석사과정
<주관심분야 : 고속 이더넷, 애드
혹 네트워크, 인터넷 프로토콜>



이 창 민(학생회원)
2000년 동국대학교 전자계산학과
학사
2008년 동국대학교 정보통신
공학과 석사
<주관심분야 : 고속 이더넷, 애드
혹 네트워크, 인터넷 프로토콜>



이 재 훈(평생회원)-교신저자
1985년 한양대학교 전자공학과
학사
1987년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사
1995년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 박사

1987년 ~ 1990년 데이콤
1990년 ~ 1999년 삼성전자 정보통신총괄
1999년 ~ 현재 동국대학교 정보통신공학과 부교수
<주관심분야 : 초고속통신망, 다중 액세스 프로토
콜, 인터넷 프로토콜>



강 태 규(정회원)
1998년 전북대학교 전자공학과
학사
2000년 전북대학교 전자공학과
석사
2002년 ~ 현재 ETRI 네트워크
연구부
<주관심분야 : 초고속 이더넷, 공중 이더넷>