

논문 2014-51-10-5

고신뢰성을 보장하는 패킷전달망-IP망 상호연동 방법

(Reliable Methods of Interoperability between Packet Transport Networks and IP Networks)

이 광 국*, 이 호 송*, 이 영 옥*, 정 기 태*

(Kwang-koog Lee[Ⓢ], Hosong Lee, Youngwuk Lee, and Kitae Jeong)

요 약

패킷전달망은 기존 회선 기반의 전달 방식을 패킷 기반으로 전환한 기술로써 통계적 다중화 기반의 전송 효율을 통해 비트당 전송 비용을 절감하고, 회선망 수준의 강력한 OAM 및 50ms 이내의 보호절체 기능을 제공하는 기술을 말한다. 최근들어 IEEE PBB-TE 및 ITU-T, IETF MPLS-TP 등의 캐리어급 패킷전달망 기술의 표준화로 통신사업자의 기존 회선 중심의 전달망은 연결지향형 기반의 패킷망으로 진화 및 발전이 이루어지고 있는 추세이며, 이와 관련하여 기존망과의 상호연동에 있어 고신뢰성 및 관리 기능의 측면에서 다양한 기술적 이슈들이 제기되고 있다. 본 논문은 통신사업자 입장에서 패킷전달망 전환 시 IP 라우터망 장비와의 정합을 통해 발생될 수 있는 연동구간 장애 감지 문제를 정의하고, 해당 장애를 효과적으로 감지할 수 있는 다양한 방안들을 제시함과 동시에 MEF에서 정의된 이더넷 서비스 조합을 통해 예비 회선이 없는 상황에서 IP 트래픽을 신뢰성 있게 전달하는 방법 등 사업자 입장에서 보다 안정적으로 망을 운영할 수 있는 가이드라인을 제공하는데 있다.

Abstract

With the economical data service delivery, the packet transport network (PTN) technologies have emerged as an important player in the next-generation transport networks. As the PTN continues to make such considerable progress, it is being challenged by network providers who need rapid and reliable recovery capabilities to guarantee the availability of their services. This paper introduces several fault detection mechanisms for a client signal failure in packet transport networks and proposes a reliable transmission method of IP flows from routers using the combination of Ethernet services. Based on the first fault detection methods, client signal fault is detected within tens or hundreds of milliseconds. It enables the client network devices to perform their own recovery processes within one second. The second mechanism enables failed Ethernet services to be bypassed via other Ethernet services over disjoint paths, so as to contribute on reducing packet loss of IP traffic.

Keywords : resiliency, packet transport network, OAM, protection switching, client signal failure

I. 서 론

* 정회원, KT 융합기술원 인프라연구소
(Institute of Convergence Technology Infra R&D Laboratory)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: kwangkoog.lee@kt.com)

※ 본 논문은 한국산업기술평가위원의 한국전자통신연구원 연구개발지원 사업(차세대 광전달망 구축을 위한 테라급 광-회선-패킷 통합 스위칭 시스템 기술 개발, 과제번호 : 10041414)의 연구 결과물입니다.

접수일자: 2014년08월10일, 수정일자: 2014년09월17일
게재확정: 2014년09월26일

최근 들어 스마트TV, IPTV, 인터넷 비디오 등과 같은 멀티미디어 서비스의 확산, 그리고, 스마트폰 및 태블릿 등의 다양한 형태의 무선기기 확산에 따른 모바일 데이터 서비스들의 급증으로 통신사업자들은 보다 넓은 전송 대역폭 확장 요구를 지속적으로 받고 있다^[1]. 하지만, 음성 서비스 중심으로 망을 운영하는 통신사업자들

의 수익은 데이터 서비스 트래픽의 급격한 증가로 인해 정제 내지 설비 증설에 따른 과다 운영비용 발생으로 오히려 감소하는 상황에 처해 있으며^[2], 이에 따라, 통신사업자들은 새로운 서비스 창출을 통한 수익 증대와 함께 투자 및 운영 비용 감축을 통한 이익 전환을 최대 현안으로 삼고 있다.

통신사업자가 직면하고 있는 전달망의 현안을 해결하기 위해 비용 절감과 고품질/대용량의 전달 성능을 동시에 달성할 수 있는 방법으로는 회선 기반의 전달 방식을 패킷 기반으로 전환하여 유휴 서비스 트래픽들에 대한 통계적 다중화로 패킷 전달의 효율성을 높이는 방법이 있다. 기존의 패킷망은 IP를 기반으로 하는 비연결성 구조로 회선망에서 제공하는 강력한 OAM (Operations, Administration, and Management) 기능 및 50ms 이하의 보호절체(Protection Switching) 기능을 지원하지 못했지만, 최근 들어 회선 기반의 견고한 OAM 및 보호절체 기능들을 패킷 망에서 제공하는 PBB-TE (Provider Backbone Bridges-Traffic Engineering)^[3] 및 MPLS-TP(Multi-Protocol Label Switching - Transport Profile)^[4] 등의 패킷전달망 기술들이 표준화되면서 보다 안정적인 연결지향형 기반의 패킷 전송 기술로의 진화 및 발전이 이루어지고 있는 추세에 있다. 결국, 패킷전달망 시장의 성장과 함께 패킷 전달 시스템 확산은 기존 스위치 및 라우터 장비들을 지속적으로 대체해 나아갈 것이며, 증가되는 데이터 트래픽을 효율적으로 수용함으로써 통신사업자들의 CAPEX (Capital Expenditure) 및 OPEX (Operational Expenditure) 비용을 획기적으로 감축할 수 있을 것으로 예상된다.

통신사업자 입장에서 패킷전달망 전환은 기존 회선망 전체의 점진적인 전환을 기반으로 이루어지는 것이 통상적이므로, 기존 레거시망과의 상호연동은 서비스 전달 관점에서 전달망 전환의 매우 중요한 요인 중 하나이다. 예를 들면, 레거시망과 패킷전달망이 연결되는 연동구간에서 장애가 발생될 때, 이종망간 공통적으로 수행 가능한 장애처리 기능의 부재로 통신사업자가 요구하는 고신뢰성 기준(50ms 이내)을 만족하지 못할 수 있다. 일반적으로 기존 회선망 연동은 종속 신호(Tributary Signal) 측에서 갖고 있는 복구 메커니즘을 통해서 신뢰성이 보장될 수 있으며, 라우터 혹은 스위치 등 패킷장비로부터의 포트 연결이 이더넷 서비스

혹은 슈도와이어 서비스로 정의되는 경우 패킷전달망에서 LLCF (Link Loss Carrier Forwarding)와 같은 기능을 이용하여 연동구간의 광모듈을 차단함으로써 라우터와 스위치가 장애를 감지할 수 있게 만들 수 있다. 하지만, 라우터 혹은 스위치로부터 VLAN(Virtual LAN) 플로우가 패킷전달망의 서비스로 정의되는 경우 연동 구간 장애 처리는 LLCF 활용이 불가능하므로 라우터망 혹은 패킷전달망과 라우터망 간의 연동이 가능한 OAM 기법들을 활용해야 하며, 통신사업자 망과 장비 환경에 맞는 설정 방법을 고려하여 장애 관리가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 통신사업자 입장에서 패킷전달망 전환시 IP 라우터망 장비와의 정합을 통해 발생될 수 있는 연동구간 장애 감지 문제를 정의하고, 해당 장애를 효과적으로 감지할 수 있는 다양한 방안들을 제시한다. 또한 MEF(Metro Ethernet Forum)에서 정의된 다양한 이더넷 서비스의 조합을 통해 예비회선이 없는 상황에서도 IP 트래픽을 신뢰성있게 전달하는 방법을 제공함으로써 사업자 입장에서 보다 안정적으로 망을 운영할 수 있는 가이드라인을 제공하는데 있다.

II. 패킷전달망과 IP망과의 상호연동

패킷전달망은 종속 회선 및 패킷 시그널을 전달망 구간에서 서비스로 재정의하여 패킷전달망의 표준화된 OAM 및 보호절체 기능을 통해 전달되는 서비스 트래픽을 신속하고 안정적으로 전달한다. 통상적으로 종속의 서비스는 MEF의 이더넷 서비스(E-Line, E-LAN, E-Tree, E-Access) 혹은 IETF의 슈도와이어 서비스(VPWS, VPLS) 등으로 정의될 수 있다. 상기 서비스들은 서비스 트래픽 유입 이전에 종속 시그널이 유입되는 중단 노드의 UNI(User-to-Network Interface) 구간에 설정되며, 패킷전달망에서는 NNI(Network-to-Network Interface) 구간에 논리적인 주 터널을 생성함으로써 기 설정된 서비스의 전달이 이루어진다. 만일, 서비스의 생존성이 요구되는 경우 주 터널과 물리적으로 분리된 예비 터널을 추가적으로 생성해야 한다. 생성된 주 터널과 예비 터널은 서비스 트래픽과는 독립적으로 3.3ms 간격으로 CCM(Continuity Check Message) OAM 메시지를 송수신하여 생성된 터널의 이상 유무를 판단하며, 장애가 감지될 경우(CCM 미수신) 터널 중단 노드

에서 미리 설정된 보호절체 메커니즘^[6-7]을 통해 50ms 이내에 예비 터널로 서비스 트래픽을 절체함으로써 서비스의 신뢰성을 보장할 수 있다.

통신사업자망에서 라우터가 패킷전달망과 연결되는 구조는 듀얼 호밍 기반 구성(그림 1)과 싱글 호밍 기반 구성(그림 2)으로 나누어질 수 있다. 우선, 듀얼 호밍 기반 구성의 경우 그림 1과 같이 라우터 A로부터 이중화된 링크는 각각 다른 패킷전달망 노드 B와 노드 C로 연결되고, 패킷전달망 구간에서 예비 터널없이 구간별로 분리된 주 터널을 통해 미리 정의된 이더넷 서비스를 통해 라우터로부터 유입된 IP 트래픽을 전달할 수 있다. 일반적으로 통신사업자의 라우터망 구조는 이중화를 기반으로 연결성을 갖기 때문에 패킷전달망 구간에서 이중화를 수행할 경우 4배의 대역폭이 요구됨으로 회선 사용면에서 효율성이 저하된다. 따라서, 패킷전달망 구간은 라우터로부터 로드밸런싱된 IP 트래픽을 듀얼 호밍 구조로 연결하고 패킷전달망에서 생성된 두 개의 주 터널을 통해 전달만을 수행한다.

한편, 싱글 호밍기반의 연결 구조의 경우 그림 2와 같이 라우터 A로부터의 이중화된 링크는 동일한 패킷 전달망 노드 B의 다른 라인카드를 통해 각각 연결되며, 패킷전달망 구간에서 주 터널과 예비 터널을 생성하여 서비스 전달을 수행할 수 있다. 싱글 호밍의 경우 듀얼

호밍과는 다르게 경로에 대한 이중화만이 보장되므로 패킷전달망 노드 자체에 장애가 발생할 경우 서비스가 중단되는 단점을 갖는다.

III. 라우터-패킷전달망 상호연동시 장애 감지 방안

1. 라우터 장비간 Ethernet OAM 연동 방안

우선 라우터 장비가 ITU-T Y.1731 또는 IEEE 802.1ag 등의 이더넷 OAM 표준을 지원할 경우 그림 3 처럼 라우터 장비간 MEP (Maintenance End Point)를 생성하여 CCM 기반의 연결성 체크를 수행할 수 있다. 만일 라우터 구간에서 CCM 주기를 3.3ms로 설정하는 경우 라우터로부터 패킷전달망 구간 상의 어떠한 장애 상황도 10 ms 이내에 감지가 가능하다. 라우터 장비간 이더넷 OAM 기능을 연동을 할 때 라우터에서 패킷전달망 장비로 전달된 OAM 패킷이 패킷전달망 혼잡 (Congestion) 상황에서도 원활한 전송이 이루어질 수 있도록 패킷전달망 UNI 및 NNI에서 QoS 기능이 설정되어야 한다.

2. 라우터 장비간 BFD 연동 방안 및 Hello Timer 조정 방안

이더넷 OAM 연동 방안과 유사하게 라우터 사이에 BFD(Bi-directional Forwarding Detection) 기능 연동을 통해 BFD 세션이 생성된 경로의 장애를 1초 이내에 감지할 수 있다. 단, BFD 세션 연결 설정이 라우터에서 소프트웨어적으로 구현된 경우 성능 및 확장성 이슈가 존재하며, BFD 기능을 사용하지 않는 통신사업자 입장에서 BFD 설정을 통한 프로세싱 오버헤드 증가를 통해 예기치 않은 문제들이 발생할 수 있다.

BFD 연동 방안 이외에 라우터의 IGP(Internet Gateway Protocol)인 OSPF 또는 IS-IS 라우팅 프로토콜의 Hello 타이머 자체의 주기를 조정하는 방안이 추가적으로 존재한다. OSPF 및 IS-IS 프로토콜은 기본적으로 10초 주기로 Hello 메시지를 전달하고 40초 이내에 Hello 메시지가 전달되지 않을 경우를 장애 상황으로 선언하기 때문에 Hello 메시지 전송 주기를 조정하여 수 초 이내로 클라이언트 장애 상황을 감지할 수 있다. 이 방식 역시 BFD와 마찬가지로 확장성 및 성능의 이슈가 존재할 수 있다.

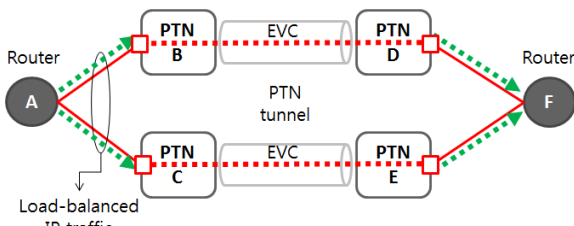


그림 1. 듀얼 호밍 기반의 라우터-패킷전달망 연동 방안

Fig. 1. A method of dual-homing-based interconnection between routers and PTN devices.

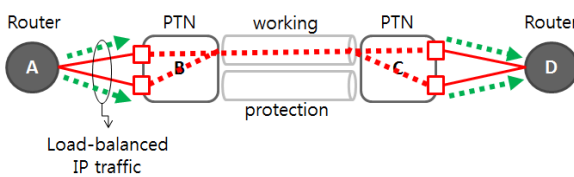


그림 2. 싱글 호밍 기반의 라우터-패킷전달망 연동 방안

Fig. 2. A method of single-homing-based interconnection between routers and PTN devices.

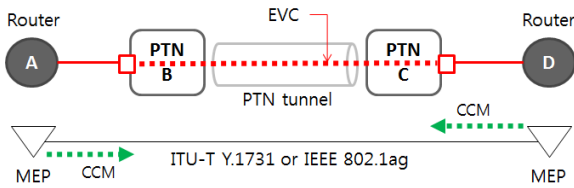


그림 3. 라우터 이더넷 OAM 연동 방안
Fig. 3. Use of Ethernet OAM Mechanisms on router-side.

IV. 이더넷 서비스 조합을 통한 IP 패킷의 고신뢰성 보장 방법

패킷전달망에서 라우터로부터 유입된 IP 패킷은 패킷전달망 종단 노드의 설정된 서비스와 매핑되고, 해당 이더넷 서비스와 매핑된 주 터널을 통해 전달이 이루어질 수 있으며, III장에서 소개된 BFD 및 이더넷 OAM 기능 등을 활용하여 라우터와 패킷전달망 연결구간에 대해서 장애 감지가 가능하다.

한편, 상기와 같은 방법 외에도 라우터와 패킷전달망이 상호연동시, 패킷전달망에서 설정되는 이더넷 서비스의 조합을 통해 패킷전달망 구간에서 예비 터널이 없는 경우에도 IP 트래픽의 신뢰성을 보장하는 방안이 제공될 수 있다.

라우터는 OSPF 및 IS-IS IGP 라우팅 프로토콜을 통해 IP 연결성이 제공될 경우 자동적으로 다중 경로를 생성하고 로드밸런싱을 수행할 수 있기 때문에, 다중 이더넷 서비스의 조합을 통해 장애시 서비스 레벨에서 트래픽을 우회시킬 수 있다. 예를 들면, 그림 4에서 보는 바와 같이, 라우터 A와 B가 패킷전달망을 경유하여 라우터 C로 연결되는 경우 라우터 A로부터의 트래픽은 패킷전달망 노드 D와 F간 생성된 터널 T₁과 노드 E와 G간 생성된 터널 T₃의 E-Line E₁과 E₃를 통해 라우터 C로 전달된다. 라우터 B 역시 패킷전달망에서 생성된 터널 T₂와 터널 T₄의 E-Line E₂와 E₄를 통해 라우터 C와 연결된다. 또한 라우터 A와 B는 패킷전달망 노드 D와 E간 생성된 터널 T₅의 E-LAN 서비스 E₅를 통해 IP 트래픽을 주고 받는다.

그림 4에서 터널 T₁에서 장애가 발생하는 경우, 라우터 A로부터의 IP 패킷은 라우터 A가 장애를 감지한 이후 터널 T₃을 통해서만 전달이 이루어진다. 만일, 터널 T₃에서도 장애가 발생되면 라우터 A로부터의 IP 트래

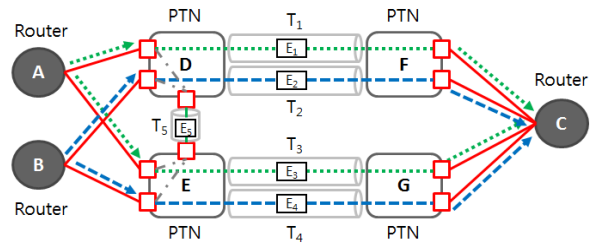


그림 4. 다중 라우터와 패킷전달망간 연동 예
Fig. 4. Example of packet transport networks connecting through multiple routers.

픽은 터널 T₁과 T₃의 E-Line 서비스인 E₁과 E₃를 통해서 더 이상 전달이 될 수 없으나 라우터 A의 IP 패킷은 라우터 A와 B간의 생성된 E-LAN E₅를 경유하여 라우터 B로 전달이 될 수 있고 라우터 B에서는 기존의 생성된 E-Line E₂와 E₄를 통해 라우터 C로 트래픽을 전달할 수 있다.

MPLS-TP와 같은 패킷전달망 기술은 제어 평면을 반드시 구현할 필요가 없기 때문에 이중화되지 않은 회선에 대해서 장애가 발생하면 생성 가능한 대체 경로가 있음에도 불구하고 서비스 트래픽을 전달할 수 없다. 하지만, 상기의 경우와 같이 라우터 망 연동시 이더넷 서비스의 조합을 이용하면 GMPLS의 Restoration 기능과 동일한 효과를 가질 수 있으며, 3장에서 소개된 BFD 및 이더넷 OAM 기능을 활용할 경우 수십 ms 이내에 장애 복구가 가능할 수 있다^[5].

V. 실험

1. 이더넷 서비스 조합을 통한 IP트래픽의 고신뢰성 보장 방법 실험결과 및 분석

이더넷 서비스 조합을 통해 IP 패킷의 고신뢰성을 보장하는 방안의 테스트 결과는 다음과 같다. 그림 5와 같이 패킷전달망 장비는 PBB-TE로 구현된 상용 제품 4대를 각각 연결하였으며, 통신사업자가 통상적으로 갖는 대도시간의 연결성을 위해 노드 A와 노드 B의 경우 선형으로 연결하고, 대도시권 내에 지역망을 형성화하기 위해 노드 B, C, D는 각각 링의 형태로 연결을 하였다. 한편, 라우터는 패킷전달망 노드 A, B, D에 각각 1대씩 연결하였고, OSPF 라우팅 프로토콜을 설정하였으며, 테스트 트래픽을 생성하기 위해 패킷 생성기 (Tester)를 3대의 라우터에 각각 연결하였다.

그림 5에 대한 E-Line과 E-LAN의 논리적인 회선

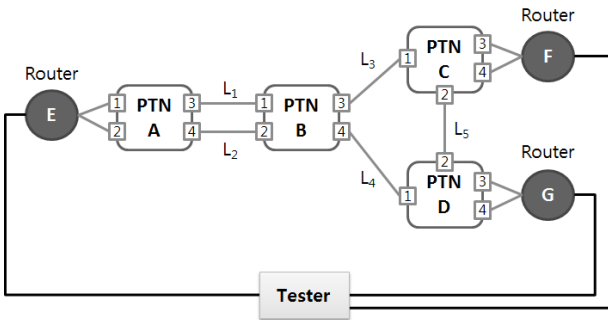


그림 5. 패킷전달망과 라우터 망 연동 실험 환경
Fig. 5. A test-bed for the interconnection between PTN devices and routers.

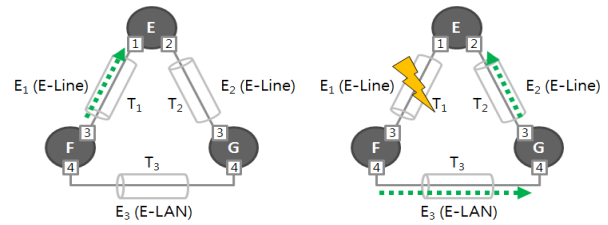


그림 6. 실험 환경의 E-Line 및 E-LAN 회선 구성 방안 (좌측) 및 E-Line 장애시 트래픽 흐름(우측)
Fig. 6. Logical E-Line and E-LAN service topology (left) and traffic flows under an E-line failure (right).

구성도는 그림 6과 같다. 대도시권 라우터 E와 지역 라우터 F는 E-Line E₁을 통해 연결되며, E₁은 링크 L₁과 L₃ 상에 생성되는 터널 T₁을 통해 연결이 이루어진다. 반면, 라우터 E와 G는 E-Line E₂를 통해 연결되며, E₂는 링크 L₂와 L₄ 상에 생성되는 터널 T₂를 통해 연결된다. 지역망 내의 라우터 F와 G는 E-LAN E₃를 통해 연결이 이루어지며, 링크 L₅ 상에 생성되는 터널 T₃를 통해 연결된다.

그림 5에서 링크 L₁에서 장애를 발생시켰을 때, 그림 6과 같이 E-Line E₁은 예비 터널이 존재하지 않기 때문에 라우터 F로부터의 IP 트래픽을 더 이상 전달받지 못하게 된다. 하지만 라우터는 경로 장애를 인지하는 즉시, 연결성 복구를 위해 2차 경로를 찾게 되고, 이 과정에서 패킷전달망 노드 C와 D간 생성된 터널 T₃의 E-LAN E₃를 통해서 IP 패킷의 포워딩이 계속해서 이루어지게 된다. 따라서 라우터 F로부터의 트래픽은 동일 지역망내에 존재하는 라우터 G로 전달이 이루어지고, 이후 라우터 G는 기존에 생성된 터널 T₂의 E-Line E₂를 통해서 트래픽을 라우터 E로 전달하게 된다. 표 1에서 보는 바와 같이 패킷 생성기에서 라우터 F와 E에

표 1. 패킷전달망-IP망 연동시 트래픽 손실 및 지연
Table 1. Packet loss and latency between nodes E and F under a link failure.

Stream	Tx Test Packets	Rx Test Packets	Packet Loss	Average Latency
F->E	1,314,444	1,144,582	169,862	102.78 us
F<-E	1,314,445	1,145,471	168,974	103.51 us

대해 양방향으로 1,400 바이트의 IP 패킷을 초당 5,000 패킷을 생성하여 전송후, 링크 L₁에 장애를 발생시켰을 때, 양방향으로 약 17만개의 패킷 손실이 발생하였다. 이를 시간으로 환산하게 되면 34~35초의 시간이 되는데, OSPF의 Hello 메시지 간격은 10초, Hold Time은 기본적으로 40초로 설정이 이루어지므로, 30초 동안 양방향으로 3개의 Hello 메시지를 수신하지 못한 라우터 F와 라우터 E는 30초 이후 장애를 감지하고 Hold Time이 만료되고나서 2차 경로를 찾기 위한 라우팅 테이블을 업데이트하기 때문이다.

2. 라우터와 패킷전달망 연동구간의 장애 감지 방법 실험결과 및 분석

상기 실험에서 알 수 있듯이 라우터가 설정하는 기본적인 장애 감지 시간을 단축하면 패킷의 손실을 보다 더 줄일 수 있다. 이를 위한 라우터와 패킷전달망 장애 감지 방안 중에서 BFD 연동 방안을 테스트한 결과는 다음과 같다. 테스트 환경은 그림 7과 같다. 패킷전달망 장비(PE1, PE2)는 PBB-TE 장비로 구성이 이루어졌으며, 라우터는 상용 IP/MPLS 장비로 구성이 이루어졌다. 라우터는 IS-IS 라우팅 프로토콜을 사용하였으며, BFD 기능을 연동하여 CE2-CE4 장비간 50ms마다

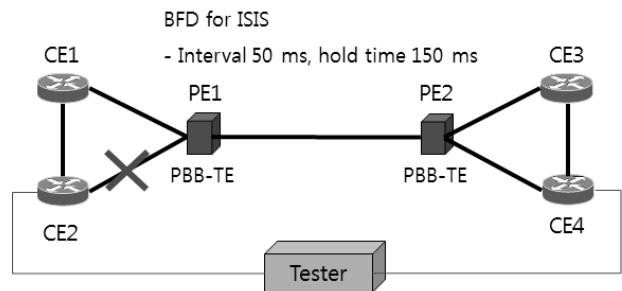


그림 7. 라우터-패킷전달망 상호연동 실험 환경
Fig. 7. A test-bed for the fast failure detection between routers via packet transport networks.

표 2. 패킷전달망-IP망 연동시 라우터의 장애 감지 시간

Table 2. Packet loss and latency between nodes CE2 and CE4 under a link failure.

Stream	Tx Test Packets	Rx Test Packets	Rx Packet Loss	Average Latency
CE2->CE4	1,030,000	1,027,782	2,218	83 us

BFD 메시지를 전달하고 150ms를 hold-time으로 설정하여 장애 선언 시간을 선정하였다.

그림 7과 같이 CE2-PE1 구간 링크에서 장애가 발생되면 BFD를 통해 CE4에서 링크 장애를 감지하고 라우팅 테이블을 업데이트하게 된다. CE2에서 CE4로 전달되는 트래픽은 64바이트 패킷에 대해서 초당 10,000 패킷이 전달되었고 실험결과에 따르면 아래 표 2와 같이 CE2에서 CE4로 전달되는 트래픽은 약 220ms 이내에 CE1을 경유하여 정상적으로 전달이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 통신사업자 입장에서 종래 패킷망을 패킷전달망으로 전환하는데 따른 패킷전달망과 라우터망의 상호연동시 장애를 효과적으로 감지할 수 있는 이더넷 OAM 연동 및 라우터의 BFD 설정 방안들을 제시하였고, 이중화되지 않은 패킷전달망에서 다중 이더넷 서비스 회선을 이용하여 장애시 IP 패킷의 고신뢰성을 보장할 수 있는 방안을 제시하였다. 실험을 통해 BFD 연동 방안을 적용할 경우 150 ms 이내에 패킷전달망과 라우터망 연동 구간의 장애를 감지하고 300 ms 이내에 트래픽을 안정적으로 전달할 수 있음을 확인하였으며, 다중 이더넷 서비스 조합을 이용한 트래픽 우회를 통해 라우터의 기본적인 수렴시간 내에서 IP 트래픽의 신뢰성이 보장됨을 실험을 통해 증명하였다.

REFERENCES

[1] Cisco, Visual Networking Index, Forecast and Methodology, 2012-2017, May, 2013.
[2] Celentano, J. M. ,“Carrier Capital Expenditures,” IEEE Comm. Mag.Vol.46, No.7, pp.82-88, June,2008.
[3] IEEE 802.1Qay - Provider Backbone Bridge

Traffic Engineering,
www.ieee802.org/1/pages/802.1ay.html

[4] IETF Multi-protocol Label Switching Working Group, <http://datatracker.ietf.org/wg/mpls/charter/>
[5] Kwang-koog Lee, Dong-ju Kim, Hosong Lee, Eun-joo Kwak, Youngwuk Lee, and Kitae Jeong, “Detection Mechanisms for Client Signal Failure in Packet Transport Networks,” IEIE 15th Conference on Electronics & Information Communications.
[6] Kwang-koog Lee, Jeong-dong Ryoo, Taesik Cheung, Je Hoon Yu, and Bheom Soon Joo, “Investigation on the Scalability of a Shared Mesh Protection Switching Method in MPLS-TP Packet Transport Networks,” IEIE Summer Conference, 2012.
[7] Kwang-koog Lee, Hosong Lee, Youngwuk Lee, and Kitae Jeong, “A Method to Guarantee High Reliability of IP Traffic from Routers in Packet Transport Networks,” IEIE Summer Conference, 2014.

저 자 소 개



이 광 국(정회원)
 2006년 강원대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사)
 2008년 강원대학교 전자통신공학과 졸업 (석사)
 2012년 과학기술연합대학원대학교 광대역네트워크공학과 졸업 (공학박사)

2012년 한국과학기술원 전산학과 박사후연구원
 2012년~현재 KT 융합기술원 Infra연구소 선임연구원
 <주관심분야 : Packet Transport Network, Software Defined Network>



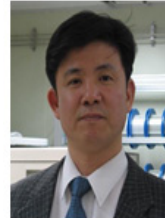
이 호 승(정회원)
 2002년 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2004년 충남대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 2004년~현재 KT 융합기술원 Infra연구소 책임연구원

<주관심분야 : Packet Optical Transport Network, IP Network, Contents Caching, Traffic Analysis/Management>



이 영 옥(정회원)
 1989년 서강대학교 물리학과 졸업 (학사)
 1991년 서강대학교 물리학과 (이학석사)
 2002년 한국과학기술원 물리학과 (이학박사)

1993년~현재 KT 융합기술원 Infra연구소 수석연구원
 <주관심분야 : Optical Network, Packet Optical Transport Network>



정 기 태(정회원)
 1985년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 일본 동북대학교 전자공학과 졸업 (공학박사)
 1986년 KT 연구개발본부 입사

1986년~현재 KT 융합기술원 Infra연구소 상무보
 <주관심분야 : Network Innovation, Optical Network, Giga-Internet, Reasonable Traffic Management