

메트로 이더넷 망에서 링크 보호 기술 연구

안계현^o, 정영식, 이유경
캐리어이더넷연구팀 한국전자통신연구원
khyun@etri.re.kr

A Study of Link Protection in Metro Ethernet Networks

Kye-Hyun Ahn^o, Young-Sik Chung, Yoo-Kyoung LEE
Carrier Class Ethernet Research Team, ETRI

요 약

본 논문에서는 MEF(Metro Ethernet Forum) 기술 문서를 기반으로 메트로 이더넷 망을 위한 보호 기술을 소개하고 메트로 이더넷 망을 위한 링크 보호 알고리즘을 설계한다. 제안한 링크 보호 알고리즘은 각 서비스가 요구하는 링크 복구 시간(restoration time)을 고려하여 백업 경로를 미리 설정하는 방법과 장애가 발생한 이후에 우회 경로를 설정하는 방법을 사용한다. 백업 경로를 미리 설정함에 따라 자원의 이용률이 감소하므로 이를 해결하기 위하여 백업 경로 간 자원의 공유 방법을 도입하였으며, 서비스 특성에 따라 복구 경로에서 제한된 QoS를 제공하도록 하여 망의 가용성을 증가시킬 수 있다.

1. 서 론

메트로 이더넷은 LAN(Local Area Networks) 뿐만 아니라 WAN(Wide Area Networks) 구간에서 고가의 라우터나 전송장비를 이용하지 않고 기가비트이더넷 스위치나 고속이더넷 스위치를 이용해, LAN 방식으로 가입자를 연결하는 서비스이다. 상대적으로 저렴한 장비 가격, 효율적이고 증명된 기술 등을 바탕으로 보다 높고 안정적이며 사용자가 원하는 다양한 속도의 대역폭을 제공할 수 있는 유연성 등의 장점을 갖는다. 하지만 LAN 구간에서 사용하던 이더넷 기술을 WAN 구간에 적용할 때, LAN의 확장 개념에서는 중요하지 않았던 지연, 지터, 패킷 손실, CIR(Committed information Rate), 보안 등의 다양한 기술들이 메트로 이더넷 서비스에서는 요구하게 된다. 특히 [1]에 의하면 메트로 이더넷 망에서 서비스 기술 또는 서비스 장비 선택에 있어서 고가용성(High Availability)이 가장 중요한 기준이 되는 것으로 나타났다. 고가용성은 서비스 장애 없이 얼마나 오랫동안 서비스를 안정적으로 이용할 수 있는가를 의미한다. 이를 위해서는 장애빈도가 매우 낮아야 하며 장애가 발생한 경우라도 그 복구시간이 매우 짧아야 한다. 따라서 높은 수준의 가용성을 제공하기 위해서 메트로 이더넷 망은 물리적인 요소들의 이중화 및 소프트웨어적인 요소들의 복구 능력을 충분히 고려해야 할 것이다. 본 논문에서는 소프트웨어적인 요소들 중에서도 링크 또는 경로의 장애에 대한 빠른 복구를 지원하는 방안에 대하여 다룬다.

장비 간 회선의 장애에 대비하여 우회경로를 구성할 때, 루핑을 방지하기 위하여 STP(Spanning Tree Protocol)를 운영할 수 있다. 그러나 STP는 Listening, Learning과 관계된 지연 시간으로 인해 우회경로를 통해 트래픽을 전달하는데 최소 30초 이상이 요구된다. 이러한 STP의 단점을 극복하기 위해 제안된 Rapid STP는 2~3초 정도만 소요하게 할 수 있다. 이에 따라 유연하게 서비스할 수 있고 확장성이 보장되는 메트로 이더넷

을 구성하기 위해서는 SONET이 제공하는 50ms 이내 정도의 빠른 장애 복구 시간을 보장할 수 있는 새로운 링크 보호 기술이 필요하다.

본 논문에서는 MEF(Metro Ethernet Forum) 기술 문서를 기반으로 메트로 이더넷 망을 위한 보호 기술을 소개하고 메트로 이더넷 망을 위한 링크 보호 알고리즘을 설계한다. 제안한 링크 보호 알고리즘은 각 서비스가 요구하는 링크 복구 시간(restoration time)을 고려하여 백업 경로를 미리 설정하는 방법과 장애가 발생한 이후에 우회 경로를 설정하는 방법을 사용한다. 백업 경로를 미리 설정함에 따라 자원의 이용률이 감소하므로 이를 해결하기 위하여 백업 경로 간 자원의 공유 방법을 도입하였으며, 서비스 특성에 따라 복구 경로에서 제한된 QoS를 제공하도록 하여 망의 가용성을 증가시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 메트로 이더넷 기술과 관련한 국제 단체인 MEF에서 제시한 보호 관련 기술을 소개하고, 3장에서는 본 논문이 제안한 링크 보호 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 모의 실험을 통해 백업 경로를 미리 설정함에 따라 자원의 이용률이 어떻게 영향을 받는지를 분석하였으며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. MEF에서 개발한 Protection 모델

본 장에서는 MEF에서 개발한 Protection 모델 초안과 솔루션 프레임워크를 소개한다. 2004년 2월에 MEF에서는 메트로 이더넷 망을 위한 표준 기술 문서로서 메트로 이더넷 망 보호(Protection)를 위한 요구사항을 작성하였다[2]. ALNP(Aggregated Link and Node Protection)와 EEPP(End-to-End Path Protection) 모드 등을 사용하여 백업 경로를 설정하며, 일단 구성(configuration)이 완료되면 네트워크 운영자의 별다른 간섭 없이 망 보호(Protection)는 자동적으로 제공된다.

(1) ALNP (Aggregated Link and Node Protection)

ALNP는 다수개의 링크 또는 노드에 대한 Local

protection을 제공한다. 주(primary) LSP와 물리적인 경로가 분리된 백업 또는 Detour LSPs를 생성한다. RFC 3032는 MPLS 레이블에 페이로드 데이터를 encapsulating하는 방법을 제안한다. MPLS 패킷은 전송(transmission)을 위해 이더넷 프레임 안에 삽입된다. 각 NE는 MPLS 레이블을 읽을 수 있고 패킷을 전달할 경로를 결정할 수 있다.

장애(Fault)가 발생했을 때, 실패한 리소스 전에 위치하고 있는 NE는 주 LSP를 미리 설정한 detour LSP로 우회시키기 위해 별도의 레이블을 추가 시켜, 실패한 리소스를 건너뛴 다음 NE까지 연결시킨다. 다음 NE는 추가되었던 레이블을 빼내어 주 경로를 따라 트래픽이 전달되도록 한다. Detour LSPs를 위해 할당하는 대역은 보호(protection)를 위해 사용하지 않는 경우에는 초과 트래픽 전달을 위해 사용하도록 함으로써 대역 낭비를 최소화 시킨다. Detour LSP는 1:n protection 또는 1:1 protection 형태로 구성할 수 있다.

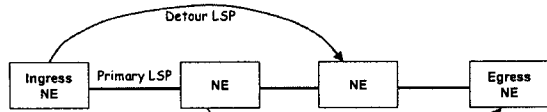


그림 1. ALNP

(2) EEPP(End-to-End Path Protection)

EEPP는 인입 NE로부터 출력 NE까지 이르는 2 이상의 end-to-end 이중 경로를 만든다. 인입 NE와 출력 NE는 hello message를 보내 두 경로의 상태를 판단한다. 인입 NE는 대개 주 경로를 따라 트래픽을 전송하고 주 경로가 제대로 동작하지 않을 때, 나머지 다른 경로로 트래픽을 보낸다.

이 보호 모드는 ALNP를 지원하지 않는 장비를 이용한 네트워크에게 중복성(redundancy)을 제공한다. 또한 캐리어와 서비스 제공자에게는 사용 중이던 네트워크 인프라와 장비를 이용하여 문제없이 망 복구능력을 서비스할 수 있다.

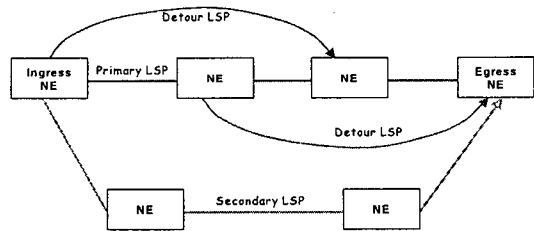


그림 2. EEPP

(3) 메트로 이더넷을 위한 보호 기법 요구 사항

[2]는 메트로 이더넷을 위한 보호 (Protection) 요구 사항으로 15가지를 제시하였다. 이들 중에서 주요한 몇 가지를 정리해보면 다음과 같다.

먼저 가입자는 트래픽에 대하여 서로 다른 보호 파라미터(Protection parameter)를 요구할 수 있다. 보호 파라미터에는 회선 복구시간, SLS 복구시간 등이 포함되며,

각 플로우별 또는 서비스 그룹별로 정의된다. 가입자가 요구하는 복구시간을 50ms 이내, 200ms, 2sec, 5sec과 같이 4종류로 나누었다.

워킹 경로와 이를 보호하기 위해 설정한 보호 경로(Protection path) 사이에는 서로 동일한 자원을 공유하지 않아야 한다. 이를 Resource Diversity라고 하는데, 어느 정도의 Diversity를 허용할지는 정책(policy)에 따라 결정할 수 있도록 한다. 보호경로에서 본래의 QoS (Original QoS)를 어느 수준까지 보존할 것인지를 네트워킹 관리자가 정의할 수 있어야 한다.

3. 제안한 링크 장애에 대한 보호 기법

메트로 이더넷을 위한 보호 기법(Protection scheme)을 위해 MPLS와 VLAN(Virtual LAN) 태깅(tagging)을 사용할 수 있다. 본 논문에서는 백업 경로를 만들기 위한 default 방법으로 MPLS를 우선적으로 사용한다. 이는 MPLS가 VLAN 태깅에 비하여 속도, 용량, 확장성, 유연성 관점에서 더 좋기 때문이다.

망의 에지 노드 중에서 임의의 두 개를 선택하여 인입(ingress) NE(Network element) *s*와 출력(egress) NE *d* 사이를 연결하는 경로에 대하여 생각한다. 인입 NE와 출력 NE 사이에는 다수개의 NE가 존재하고, 각 NE들은 LSP(Label Switched Path)를 설정함으로써 *s*와 *d* 사이에 단일 워킹 경로가 설정된다.

인입 NE *s*에 목적지 *d*까지의 서비스 요구가 전달된다. 연결 설정 요구 메시지는 목적지 주소, 대역폭, 요구하는 장애 복구 시간(restoration time), QoS 제한 가능 여부 등의 정보를 포함한다. 인입 NE는 *s*와 *d* 사이에 라우팅을 수행하여 워킹 경로를 결정한다. 생성된 워킹 경로를 따라 주 LSP들을 설정한다. 이 때 연결 설정 요구 메시지가 빠른 장애 복구 시간을 요구하는 경우에는 빠른 복구 시간을 달성하기 위하여 MEF에서 제시한 모델 중에서 ALNP 방법을 우선적으로 사용한다. 즉, 워킹 경로를 구성하는 각 LSP를 설정하면서 해당 주 LSP에 대한 로컬 복구경로를 함께 설정한다. 제안한 기법에서는 빠른 복구 시간을 요구하는 서비스를 [2]에서 밝힌 4가지 종류 중에서 50ms이내와 200ms를 요구하는 서비스로 구분한다. 서비스가 전달되는 도중에 주 LSPs가 사용하는 임의의 단일 링크에서 장애가 발생하는 경우, 해당 링크의 장애를 감지한 노드는 실패한 주 LSP를 대신하여 미리 설정해 놓은 백업 경로를 가리키는 백업 LSP로 트래픽을 우회시킨다. 백업 경로가 이미 설정되어 있고, 로컬 보호(Protection)를 제공하기 때문에 충분히 빠른 복구 시간을 기대할 수 있다. 하지만 백업 LSP를 위해 미리 자원을 할당해야하기 때문에 자원을 효율적으로 이용하지 못하는 단점이 있다.

이를 극복하기 위하여 단일의 백업 LSP를 이용하여 다수개의 주 LSP들에 대한 보호 경로를 제공하는 방법이 가능하다. 이때 공통된 백업 LSP를 공유하는 주 LSP들은 서로 다른 물리적인 링크를 사용하고 있어야 한다. 제안한 알고리즘에서는 백업 LSP를 설정할 때 해당 링크의 할당 가능한 대역폭의 비율이 $T_{BackupSharing}$ 이하인 경우 이미 설정되어 있는 백업 LSP를 공유할 수 있는지

를 판단하도록 한다.

2sec 이상의 복구시간을 허락한 서비스에 대해서는 주 LSP를 설정하는 과정에서 백업 LSP를 미리 설정하지 않는다. 링크에 장애가 발생한 이후에, 해당 LSP로 전달 하던 트래픽을 우회시키기 위한 우회경로를 설정한다. 우회 경로를 설정하기 위한 시그널링 절차가 요구되므로 상대적으로 긴 복구시간을 요구한다. 하지만 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있다.

효율적인 자원 이용과 망 보호 능력의 향상을 위해 링크의 장애 복구 시 서비스가 요구하는 QoS를 제한하는 것이 가능한지 나타내는 QoS_limit라는 요소를 함께 고려할 수 있다. 개별 플로우 또는 서비스 그룹별로 복구 경로 상에서 요구하는 최소 SLS(Service Level Specification)를 명시적으로 정의할 수 있으며, 링크 보호 기법은 이를 고려한 복구 경로를 설정할 수 있어야 한다. 이를 고려하기 위해 제한한 기법에서는 QoS_limit를 정의하고, 망 자원의 상태에 따라 복구경로를 통해 본래의(original) QoS를 일정부분 제한시킨 서비스를 허락하는 가에 대한 여부만을 고려하였다. 예를 들어 패킷 손실에 민감한 서비스인 경우에는 복구 경로에서도 충분한 자원을 할당받아 트래픽이 전달될 수 있도록 QoS_limit를 FALSE로 설정한다. 반면 패킷 손실에 둔감한 서비스인 경우에는 QoS_limit를 TRUE로 설정하여, 장애가 발생한 링크를 우회하는 복구 경로를 설정할 때, 망 자원의 상태에 따라 일정 비율만큼 감소한 대역폭만을 할당받아 트래픽을 전달하도록 한다. 이에 따라 메트로 이더넷 망의 가용성을 증가시킬 수 있다.

4. 모의 실험

본 논문에서 제안한 메트로 이더넷 망을 위한 링크 보호 기법에서는 50ms 이내의 빠른 장애 복구 시간을 제공하기 위해 장애가 발생하기 전에 미리 백업 경로를 설정하였다. 하지만 이 방법은 보호 경로에 대한 자원이 미리 할당되기 때문에 망 자원의 이용률 관점에서는 비효율적인 단점을 갖는다. 이에 따라 본 장에서는 보호 경로를 미리 설정함에 따라 얻어지는 자원의 이용률을 임의의 망 구조에서 모의 실험을 통해 살펴보았다. 모의 실험을 위한 망 구조는 그림 3과 같이 가정하였다.

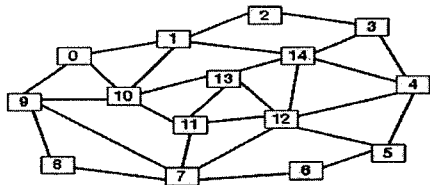


그림 3. 모의 실험에 사용한 망 구조

각 링크의 물리적인 길이를 무시하고 모두 동일한 하나의 홉으로 계산하여 가장 짧은 홉수를 갖는 경로를 우선적으로 선택하였다. 또한 각 링크가 제공하는 대역폭은 10unit으로 가정하였다. 연결은 가장 자리에 위치한 노드들(0번~9번) 간에만 설정되며 나머지 노드들은(10번~14번) 중간 노드 역할만을 담당한다. 발신지와 목적지는 10개의 노드 중에서 랜덤하게 결정하고, 50ms 이내의 빠른 restoration time을 가지며 1unit의 대역 할당

을 요구하는 서비스만을 생성하였다.

표 1은 모의 실험을 통해 얻어진 결과이다. 각각 10개, 50개, 100개의 연결을 설정하였을 때 각 링크마다 백업 링크를 설정하는 경우(Local)와 종단간 백업 링크(E2E)를 설정하는 경우에 대하여 실제 트래픽 전송에 사용되는 유효 대역폭의 비율, 백업 경로를 위해 예약된 백업 대역폭의 비율에 대하여 측정하였다. 또한 연결 설정이 거절된 개수도 나타내었다. 서비스가 도착하여 목적지까지의 경로를 설정할 때, 충분한 대역폭을 제공하는 링크들로 구성된 경로를 찾지 못하면 연결 설정이 거절된다. 또한 위킹 경로를 설정했다 하더라도, 백업 경로를 설정하지 못할 때에도 연결 설정이 거절되는 것으로 고려하였다.

표 1. 링크 자원 이용률

생성한 서비스의 개수	10개		50개		100개	
	Local	E2E	Local	E2E	Local	E2E
유효 대역폭의 비율	0.03	0.03	0.18	0.20	0.19	0.30
백업 대역폭의 비율	0.07	0.05	0.47	0.31	0.50	0.46
평균 워킹 링크수/연결	1.8	1.8	2.3	2.3	2.3	2.4
평균 백업 링크수/연결	4.3	2.8	6.0	3.5	6.1	3.8

각 링크에 대하여 지역적인 백업 링크를 설정하는 경우와 종단간 백업 링크를 설정하는 경우 모두 백업 경로를 위해 사용하는 대역폭의 비율이 실제 트래픽 전송에 사용되는 대역폭의 비율에 비하여 크다는 것을 알 수 있다. 특히 지역적인 백업 링크를 설정하는 방법은 비효율적인 특성이 매우 크게 나타났다. 이에 따라 연결 설정이 거절되는 서비스의 개수도 종단간 백업 링크를 설정하는 방법에 비하여 상대적으로 큰 값을 갖는다.

5. 결론

본 논문에서는 MEF 기술 문서를 기반으로 메트로 이더넷 망을 위한 보호 기술을 소개하고 링크 보호 알고리즘을 제안하였다. 또한 모의 실험을 통해 백업 경로를 미리 설정함에 따라 자원이 비효율적으로 사용되는 것을 확인하였다. 이러한 자원의 낭비를 최소화하기 위하여 제안한 알고리즘은 백업 경로들이 대역폭을 공유하도록 하였고, 망의 가용성을 증가시키기 위해 서비스의 특성을 고려하여 백업 경로에서 제한된 QoS를 제공하는 방법을 사용하였다.

메트로 이더넷 망에서는 링크 장애가 발생했을 때 약속한 서비스 품질을 요구하면서 빠른 장애 복구 메커니즘을 제공하는 것이 매우 중요한 기술 요소이다. 이를 위해 본 논문에서 제안한 보호 기법을 기반으로 망의 가용성을 증대시키고 서비스의 특징을 고려하여 차별화된 보호 기법을 제공하는 연구를 계속해서 진행해 나갈 것이다.

참고문헌

[1] S. Determan, C. Arthmann, "Carrier-Class Availability for Enterprises," Alcatel Telecommunications Review, 4th Quarter, 2002.
 [2] MEF2, "Requirements and Framework for Ethernet Service Protection in Metro Ethernet Networks," www.metroethernetforum.org