

MPLS망에서 효율적인 자원 사용과 빠른 연결 복구를 위한 보호 경로 설정 방법

김미희^o, 정민영, 이재섭
인터넷기술연구부, 한국전자통신연구원
{kimmh, mychung, jaesup}@etri.re.kr

A Protection Path Setup Scheme for Effective Resource Use and Fast Path Recovery in MPLS Networks

Mi-Hee Kim^o, Min-Young Chung, Jae-Sup Lee
Internet Technology Department, Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

최근 인터넷의 트래픽이 다양해 지고, 서비스 질 보장에 대한 사용자의 요구가 증가하며, 가상 사설망(VPN, Virtual Private Network)이나 트래픽 엔지니어링 등 향상된 IP 서비스가 요구되고 있다. 이러한 요구 사항을 충족 시켜주기 위하여 IETF에서는 MPLS(Multiprotocol Label Switching) 기술을 표준화하고 있다. 다양한 서비스와 QoS 보장을 가능하게 하는 MPLS 망에서 신뢰성(Reliable) 보장은 또 하나의 중요한 문제이다. 본 논문에서는 이러한 MPLS 망의 신뢰성을 보장하기 위한 기존의 방법들을 설명하고 기존 방법의 문제를 해결하기 위해 선택적인 보호 연결(Protection Path) 설정 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 보호 연결 설정 방법은 과거의 특정 장애 정보를 이용하여 선택적으로 보호 연결을 미리 설정함으로써 빠른 연결 복구를 수행하게 하고 보호 연결 설정으로 인한 자원의 낭비를 최소화 하고자 하는 방법이다.

1. 서론

최근 인터넷의 트래픽이 다양해 지고, 다양한 멀티미디어 트래픽에 대한 QoS 보장 문제가 중요시되며, 가상 사설망(VPN, Virtual Private Network)이나 Voice over IP, Video over IP, 웹 호스팅, 전자 상거래, 트래픽 엔지니어링 등 향상된 IP 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구 사항을 충족시켜 주고, 라우팅의 속도 문제나 다양한 트래픽의 차별화 된 서비스 부족 등의 현 인터넷의 문제를 해결하기 위하여 IETF에서는 MPLS 기술을 표준화하고 있다. 이러한 MPLS는 IP 라우팅과 레이블 스위칭을 결합한 구조로서 ATM이나 프레임 릴레이의 QoS를 제공하면서 IP의 유연성과 확장성을 제공하는 것을 주요 목적으로 하고 있다[1,2]

이러한 기능의 MPLS 네트워크에서 필수적으로 제공되어야 할 또 하나의 과제는 신뢰성 있는 네트워크의 제공이다. 이를 위해서는 장애 발생 시 신속한 복구 방법에 제공되어야 한다[2]. 2장에서는 MPLS의 기본 개념을 설명하고, 3장에서는 기존에 제안된 연결 복구 방법들의 구조와 문제점을 설명하며, 4장에서는 기존 방법의 문제점을 최소화하기 위한 복구 방법을 제안한다. 마지막으로 결론과 함께 향후 연구 계획을 제시함으로써 본 논문을 마치고자 한다.

2. MPLS

MPLS는 기존의 IP 라우팅 프로토콜의 변화 없이 패킷 포워딩의 속도를 향상 시키기 위해서 ATM 과 흡사한 레이블 스위핑을 사용하는 IP 스위칭의 다양한 응용의 통합이라 할 수 있다. 이를 위하여 라우터의 기능을 포워딩 부분과 제어 부분으로 나누어 제공한다. 이러한 패킷 포워딩을 위해 사용되는 레이블은 네트워크 계층의 프로토콜에 상관없이 짧은 고정 길이의 레이블이다. 이러한 레이블 스위핑을 사용함으로써 기존 라우터에서 사용하는 Longest Prefix Matching보다 처리가 훨씬 간단해져서 성능과 가격, 그리고 망 구성의 유연성 향상의 결과를 가져오게 되었다.

이러한 MPLS 망에서의 연결인 LSP는 MPLS의 연결 설정 프로토콜인 LDP(Label Distribution Protocol)에 의해 설정되고, LSP에서의 패킷 전달은 레이블이란 짧은 헤더를 이용하여 교체됨으로 효율적이고 빠르게 3계층의 패킷을 전송할 수 있다. 이러한 MPLS 망의 구성 요소는 기존 망과의 경계점에 위치해 IP 패킷에 레이블을 첨부하여 MPLS 패킷을 만들어 MPLS 망에 진입시키는 역할과 MPLS 망에서 다른 기존 망으로 가기 위하여 MPLS 연결을 중단시키는 역할을 하는 LER(Label Edge Router)과 레이블 교체 역할을 하는 LSR(Label Switched Router)로 구성되어 있다. 또한 연결 구조는 그림 1에 도시된 바와 같이 가입자는 라우팅 기능을 수행하는 종단 시스템(End System)에 연결되어 MPLS 도메인을 통해 MPLS 서비스를 받을 수 있다. 여기에서 장애 발생시, 빠른 연결 복구가 보장되어 있는 LSR들의 집합을 보호 도메인(Protection Domain)이라고 하는데, 이는 MPLS 도메인의 부분 집합이다.

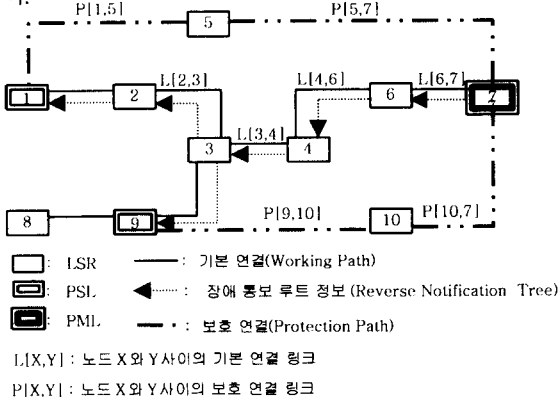


[그림 1] 일반적인 MPLS망에서의 MPLS 도메인과 연결 복구를 위한 보호(Protection) 도메인

3. 기존의 연구 동향

MPLS 망에서 연결 복구를 위한 연구는 IETF 표준화 기구를 통하여 진행되고 있으며, 아직 표준화된 사항은 없고 전체적인 구조를 정하는 단계에 있다. 이들 연구의 주 목표는 MPLS 망에서 장애에 대한 빠

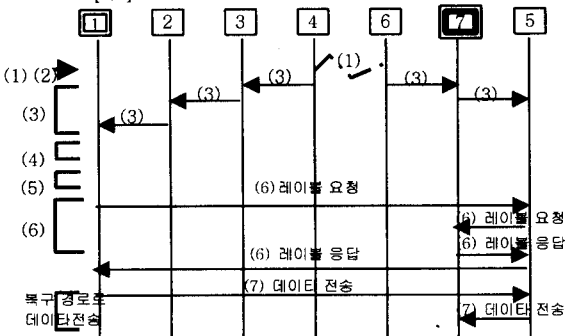
른 복구를 수행함으로써 망의 신뢰성을 높이는데 있다[3]. 장애에 대한 복구 방법에는 크게 IP 계층의 Rerouting 방법과 MPLS 복구 방법을 사용하는 Pre-Establish 방법, MPLS 복구 방법을 이용한 Established-on-Demand 방법이 있다. 이러한 각 복구 방법에 대하여 비교 설명하기 위하여 그림 2와 같은 네트워크를 가정한다. LSR 10개로 구성된 MPLS 보호 도메인은 그림 2와 같은 링크로 연결되어 있고, 특히 LSR1과 LSR9는 기본 연결의 장애 발생시 보호 연결로 트래픽 전환(switchover) 기능을 수행하는 PSL(Path Switching LSR)이고, LSR7은 장애 발생시 기본 연결과 보호 연결의 트래픽을 합병(merge)시키는 LSR이다.



[그림 2] MPLS 보호 도메인의 구성 예[4]

3.1. IP Rerouting 방법

IP Rerouting 방법은 MPLS 계층과는 상관없이 (1) IP 계층의 라우팅 프로토콜에 의해 장애가 발견되어, (2) 라우팅 정보가 변경되고, (3) 이러한 정보 변경이 전체 네트워크에 전달되고 수립되어, (4) 다시 라우팅 계산에 의해 최적의 라우트가 결정되고, (5) 이러한 라우팅 테이블 변경에 의해 레이블 분배 프로토콜인 LDP가 구동되어 (6) 새로운 LSP가 설정되고 (7) 새로운 보호 연결로 데이터가 전송된다. 이러한 IP Rerouting 방법에 의한 연결 복구 절차는 그림 2와 같은 네트워크를 가정하고, LSR4와 LSR6의 링크에 장애가 발생하였을 때, 그림 3과 같은 과정으로 수행된다[3,4].



[그림 3] IP Rerouting 방법을 이용한 복구 절차 예

이 방법은 장애가 발생된 후, 그 순간의 최적의 경로를 대체 경로로서 설정할 수 있지만, 장애 후 복구 시간이 수 분 이상 너무 오래 걸릴 수 있다는 문제가 있다.

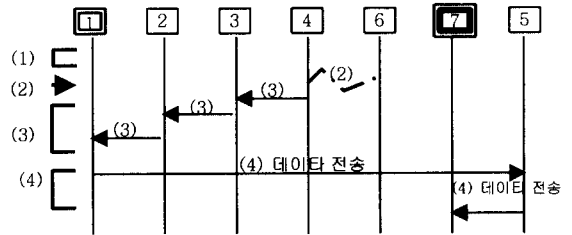
3.2. Pre-Established 방법

Pre-Established 방법은 기본 연결(Working Path)의 장애 발생에 대비해 미리 보호 연결(Protection Path)을 설정해놓는 방법이다.

이러한 설정 방법은 장애 발생시 트래픽 전환을 수행하거나 보호 연결 설정을 수행하는 LSR인 PSL(Path Switch LSR)과 기존 연결과 보호 연결의 트래픽을 병합시키는 LSR인 PML(Path Switch LSR)과 PML에서 PSL로 장애 정보를 전달하기 위한 루트 정보인 RNT(Reverse Notification Tree)를 포함하여 수행될 수 있다[3,4].

이러한 Pre-Established 방법에 의한 연결 복구 절차는 그림 2와 같은 네트워크를 가정하고, LSR4와 LSR6의 링크에 장애가 발생하였을 때, 그림 4와 같은 과정으로 수행된다.

먼저 (1) 기본 LSP 연결이 설정될 때, 보호 연결도 설정된다. 이후, (2) 기본 연결에 장애가 발생하면, (3) 장애 발생 링크의 LSR은 트래픽 전환을 수행하는 LSR인 PSL에게 장애 통보 정보인 FIS(Fault Indication Signal)을 전송한다. 이 때, PSL에게 알람 정보를 전송하기 위한 루트 정보를 RNT(Reverse Notification Tree)라고 하는데, 이는 각 연결의 역방향 정보이다. (4) 장애 통보 정보를 수신한 PSL은 미리 설정해 놓은 보호 연결로 트래픽을 전환하게 된다.



[그림 4] Pre-Established 방법을 이용한 복구 절차 예

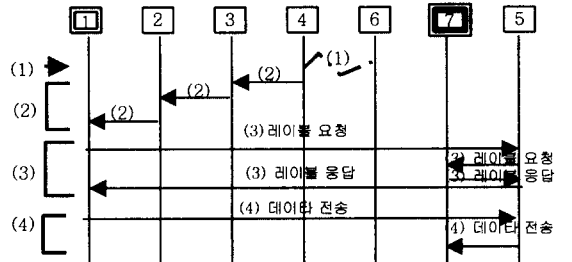
이 방법은 장애 발생에 대비해 미리 복구 연결을 설정해 놓고, 장애 발생시 장애 통보 정보인 FIS를 PSL에게 즉시 전달함으로써 빠른 복구가 가능하다는 장점은 있지만, 이러한 방법만으로 망의 연결 복구를 수행한다면, 보호 연결로 인해 이용 가능한 자원의 양이 줄어들기 때문에 비효율적인 자원 사용의 문제점을 초래하게 된다.

3.3. Established-on-Demand 방법

Established_on_Demand 방법은 장애 발생 후, 보호 연결을 설정하고 트래픽 전환을 수행하는 방법이다. 이 방법 또한 Pre-Established 방법 처럼 PSL, PML, FIS, RNT의 복구 매체와 정보를 이용하여 빠른 전달과 트래픽 전환을 수행할 수 있다[3,4].

이러한 Established_on_Demand 방법에 의한 연결 복구 절차는 그림 2와 같은 네트워크를 가정하고, LSR4와 LSR6의 링크에 장애가 발생하였을 때, 그림 5와 같은 과정으로 수행된다.

(1) 기본 연결에 장애가 발생하면, (2) 장애 발생 링크의 LSR은 트래픽 전환을 수행하는 LSR인 PSL에게 장애 통보 정보인 FIS(Fault Indication Signal)을 전송한다. (3) 장애 통보 정보를 수신한 PSL은 PML까지의 보호 연결을 설정하고, (4) 기본 연결에서 보호 연결로 트래픽을 전환하게 된다.



[그림 5] Established_on_Demand 방법을 이용한 복구 절차 예

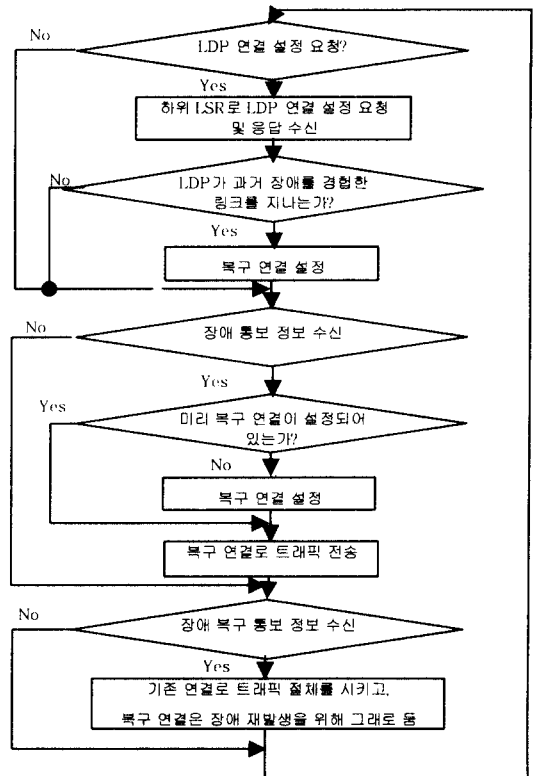
이 방법은 장애 발생 후 필요 시에만 보호 연결을 설정함으로써 자원의 낭비는 없지만, 장애 발생 후 Pre-Established 방법보다는 복구 시간이 길어 진다는 단점이 있다.

4. 제안한 보호 경로 설정 방법

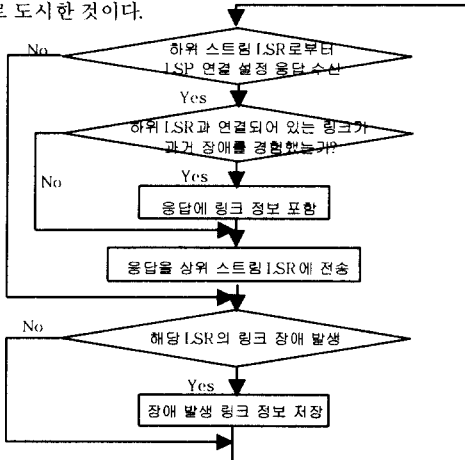
기존에 연구된 방법들의 문제점을 최소화하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 보호 경로 설정 방법을 제안한다. 제안된 방법을 설명하기에 앞서 MPLS 망에서의 연결 장애를 크게 두 가지로 나누어 설명하면 다음과 같다. 하나는 링크 연결 자체가 손상되어 전송이 불가능한 상황인 PF(Path Failure)이고, 또 하나는 링크의 연결성에는 문제가 없지만 연결 상태의 질이 어느 수준 이하인 PD(Path Degrade)이다. 여기에서 후자인 PD는 네트워크 선로나 물리적인 장비 자체에 문제가 될 수 있고, 트래픽의 양이 과잉이 되어 발생할 수도 있다. 만약 물리적 장비 자체에 문제가 있는 경우라면 그 자체를 교환하지 않는 이상 연결의 질을 높일 수 없을 것이고, 많은 경우 트래픽의 패턴은 일정한 주기로 변하기 때문에 트래픽의 혼잡도가 높은 링크에 대해서는 특별한 트래픽 엔지니어링이 수행되거나 링크의 용량을 증가하지 않는 한 일정 수준으로 질이 떨어질 확률은 높다. 본 논문에서는 이러한 장애의 특성을 이용하여, 두 종류의 장애 PF와 PD 중에 트래픽 특성이나 링크의 상황에 따라 장애 재발생률이 높아 과거 장애 정보를 복구 연결을 미리 설정하는 판단 정보로서 이용할 수 있는 PD를 이용한다. 즉, 과거의 PD를 경험한 링크를 통과하는 연결에 대해서만 복구 연결을 미리 설정해 놓으므로 해서 장애 재발생에 대비하고, 복구 연결의 선별적 설정으로 대역폭의 낭비를 최소화하고자 한다. 이러한 PD 정보는 각 LSR에서 장애 발생 시 마다 저장하고, LSP 연결 응답 시 해당 LSP에 과거 장애 발생 링크가 포함되면 이러한 정보를 포함하여 상위 LSR에게 전달하도록 하여 PSL에서 미리 복구 연결을 설정할 것인지의 판단 정보로 사용하게 한다.

본 논문의 연결 장애 복구를 위해 장애 발생 시, 기본 연결과 복구 연결 사이에 전환을 수행하는 PSL의 수행 과정은 그림 7과 같다. 새로운 LSP 연결 설정이 요청되었을 때, 미리 복구 연결을 설정할 것인가를 판단하기 위하여 LDP 연결 설정을 요청한 후 연결 설정 응답을 기다린다. 연결 설정 응답을 수신하면 해당 응답에 연결이 지나가는 링크 중에 과거 PD 장애를 경험한 링크 정보가 있는지 검사하여 있다면 복구 연결을 설정한다. 이러한 PSL이 장애 통보 정보를 수신한 경우에는 미리 복구 연결이 설정되어 있으면, 미리 설정된 복구 연결로 트래픽을 전환시키고, 그렇지 않은 경우에는 복구 연결을 설정한 후 절제를 수행한다.

또한 PSL이 장애 복구 통보 정보를 수신한 경우에는 기존 연결로 트래픽을 전환 시킨 후, 사용된 복구 연결은 장애 재발생을 위해 연결을 끊지 않고 그대로 둔다. 그림 6,7은 제안된 방법을 제공하기 위해 각각 중간 LSR과 PSL에서의 수행 과정을 순서도로 도시한 것이다.



[그림7] 제안한 보호 경로 설정 방법을 위한 PSL에서의 수행과정



[그림7] 제안한 보호 경로 설정 방법을 위한 LSR에서의 수행과정

5. 결론 및 향후 연구 계획

차세대 인터넷의 차별화된 서비스 제공과 서비스 질의 보장 및 다양한 서비스 제공을 위해 MPLS 라는 프로토콜이 표준화 되고 있다. 그리고 최근 이러한 MPLS 네트워크에서의 신뢰성 보장을 위해 연결 복구 방법들이 연구 되고 있다. 본 논문에서는 최근 연구되고 있는 연결 복구 방법과 구조에 대해 설명하고, 이들의 문제점을 지적하였다. 또한 이러한 문제점을 최소화하기 위하여 과거의 장애 정보를 이용하여 선별적으로 보호 연결을 미리 설정함으로써 빠른 연결 복구와 효율적인 자원 사용을 가능하게 하는 방법을 제안하였다.

앞으로 이러한 방법의 기본 개념을 기반으로 알고리즘의 확장 및 실제 프로토콜의 확장 설계에 대한 기존 연구를 분석하고[5,6], 현재 개발되고 있는 ACE 스위치 기반 MPLS 시스템에 적용하여 개발을 수행하고자 한다.

6. 참고 문헌

- [1] George Swallow, "MPLS Advantages for Traffic Engineering," IEEE Communication Magazine, Dec. 1999, P54-57
- [2] Thomas M. Chen and Tae H. Oh, "Reliable Services in MPLS," IEEE Communication Magazine, Dec. 1999, P58-62
- [3] Makam, S., Sharma, V., Huang, C., Owens, K., et al "Framework for MPLS-based Recovery", Work in Progress, Internet Draft <draft-makam-mpls-recovery-frmwk-01.txt>, July 2000.
- [4] Huang, C., Sharma, V., Makam, V., and Owens, K., "A Path Protection/Restoration Mechanism for MPLS networks", Internet Draft, Work in Progress, <draft-chang-mpls-path-protection-01.txt>, July 2000.
- [5] Huang, C., Sharma, V., Makam, V., and Owens, K., "Extensions to RSVP-TE for MPLS Path Protection," Internet Draft, <draft-chang-rsvp-te-path-protection-ext-00.txt>, June, 2000.
- [6] Mo, Li, "General Considerations for Bandwidth Reservation in Protection", Internet Draft, Work in Progress, <draft-mo-mpls-path-protection-00.txt>, July 2000.