

MPLS 기반의 복구 구조

Framework for Multi-Protocol Label Switching (MPLS) based Recovery

소프트웨어공학과 3학기 남경아

정보통신학과 4학기 김승열

정보통신학과 4학기 문현진

정보통신학과 4학기 염흥수

정보통신학과 4학기 한지희

정보산업학과 4학기 윤오훈

정보산업학과 3학기 이상각

정보통신학과 3학기 박숙경

정보통신학과 3학기 김남웅

정보통신학과 3학기 김종식

정보통신학과 3학기 허정수

목 차

contents

1. 소개	1
Introduction	
1.1 배경	1
Background	
1.2 MPLS 기반의 복구 동기	2
Motivation for MPLS-Based Recovery	
1.3 목적/목표	3
Objectives/Goals	
2. 개요	4
Overview	
2.1 복구 모델	5
Recovery Models	
2.1.1 재 라우팅	5
Rerouting	
2.1.2 보호 교환	5
Protection Switching	
2.2 복구 주기	5
The Recovery Cycles	
2.2.1 MPLS 복구 주기 모델	5
MPLS Recovery Cycle Model	
2.2.2 MPLS 복귀 주기 모델	7
MPLS Reversion Cycle Model	
2.2.3 동적 재 라우팅 주기 모델	9
Dynamic Re-routing Cycle Model	
2.2.4 복구 주기 예제	10
Example recovery Cycle	
2.3 정의와 용어	11
Definitions and Terminology	
2.3.1 일반적인 복구 용어	11
General Recovery Terminology	
2.3.2 장애 용어	14
Failure Terminology	
2.4 약어	14
Abbreviations	
3. MPLS 기반의 복구 원리	15
MPLS-based Recovery Principles	
3.1 복구 형상	15
Configuration on Recovery	

3.2	길 설정 개시	15
	Initiation of Path Setup	
3.3	자원 할당 시작	16
	Initiation of Resource Allocation	
3.3.1	보호 교환의 하부 유형	17
	Subtypes of Protection Switching	
3.4	복구 범위	17
	Scope of Recovery	
3.4.1	위상	17
	Topology	
3.4.2	길 사상	19
	Path Mapping	
3.4.3	우회 터널	20
	Bypass Tunnels	
3.4.4	복구 입도	20
	Bypass Granularity	
3.4.5	복구 길 자원 사용	21
	Recovery Path Resource use	
3.5	장애 검출	21
	Fault Detection	
3.6	장애 통지	22
	Fault Notification	
3.7	스위치 오버 동작	23
	Switch-Over Operation	
3.7.1	복구 발생	23
	Recovery Trigger	
3.7.2	복구 행동	23
	Recovery Action	
3.8	복구 後(후) 운영	23
	Post Recovery Operation	
3.8.1	고정된 보호 사본	24
	Fixed Protection Counterparts	
3.8.2	동적 보호 사본	25
	Dynamic Protection Counterparts	
3.8.3	복구와 통지	25
	Restoration and Notification	
3.8.4	이전 길로의 복귀(혹은 제어된 재배열)	26
	Reverting to Preferred Path(or Controlled Rearrangement)	
3.9	성능	26
	Performance	
4.	MPLS 복구 특징	26

MPLS Recovery Features	
5. 비교 기준	27
Comparison Criteria	
6. 보안 고려사항	29
Security considerations	
7. 지능적 자산 고려사항	29
Intellectual Property Considerations	
8. 감사	29
Acknowledgements	
9. 참고문헌	30
References	
9.1 기준적 참고문헌	30
Normative References	
9.2 정보성 참고문헌	31
Informative References	
10. 공헌 필자	31
Contributing Authors	
11. 필자 주소	34
Author's Addresses	
12. 전체 저작권 성명	35
Full Copyright Statement	

1. 소개

이 규격은 MPLS 기반 복구를 위한 프레임워크를 설명한다. 복구 용어의 상세한 분류를 하고 MPLS 기반 복구를 위한 동기 및 목적과 요구사항에 대해 논한다.

MPLS 기반 복구를 위한 원리에 대해 간단히 언급하고 다른 복구 기법들을 비교하고 평가하기 위한 근거로 제공할 수 있는 비교 기준을 제공한다.

이 문서에서 여러 관점에서, 어떤 복구 목적을 이루기 위한 운영 및 생존 가능성에 관한 약간의 견해를 밝힌다. 이런 것들은 IETF의 통합 정리된 견해가 아니라 저자의 의견으로 봐야만 한다.

이 문서는 informational 이고, 현재 TE WG에서 규정된 필요성을 만족하도록 이 문서의 일부 분(subset)을 기술한 표준화 트랙 문서가 개발되기를 희망한다.

1.1 배경

오늘날 네트워크 라우팅은 주로 연결성에 중심을 두고 있고 일반적으로 best effort 클래스인 단 하나의 서비스 클래스만 제공한다

반면에 링크 로컬 라벨의 라벨 스위칭에 기반한 포워딩과 네트워크 계층 라우팅을 통합한 멀티 프로토콜 라벨 스위칭 [1]은 새로운 라우팅 서비스 제공에 유연성을 제공한다. MPLS는 라벨 스위칭으로서 미디어 특성의 포워딩 메커니즘을 이용할 수 있도록 허용한다. 이것은 서비스 품질 (QoS)과 트래픽 엔지니어링 [2]과 같은 몇몇 정교한 특징들을 좀 더 쉽게 구현될 수 있도록 해 준다. 그러나 QoS를 제공하는 중요한 컴포넌트는 데이터를 신뢰성 있고 효율적으로 전송할 수 있는 기능이 있다. 비록 현재의 라우팅 알고리즘이 강력하고 존속 가능하다 할지라도, 수 초 혹은 수 분의 단위인 장애로부터 복구하는데 걸리는 시간의 양이 중요해 질 수 있다(IGPs(Interior Gateway Protocols)의 경우는 수 초 단위이고 BGP(Border Gateway Protocol) 같은 EGP(Exterior Gateway Protocols)의 경우에는 수 분 단위다.). 왜냐하면 중간에 어떤 응용(Application)을 위한 서비스가 중단될 수 있기 때문이다. 아주 신뢰성 있는 서비스를 제공하고자 하는 상태에서는 수 초 단위의 복구 시간은 받아들일 수 없고 10ms까지 내려가야 한다. IP 라우팅은 대역 복구를 제공하지 못할 수도 있다. 이것은 우회 경로뿐만 아니라 원래 경로 상에서 가용한 동일한 대역을 제공해 주기 위한 목적이다. (대역 복구 방법에 대한 최근 동향은 참고문헌 [3]을 참고하라.) 이런 응용의 예로 가상 전용선 (Virtual Leased Line) 서비스, 증권 거래 (Stock Exchange) 데이터 서비스, 음성 트래픽, 비디오 서비스 등이 있다. 즉 서비스에 결함이 오랫동안 발생하면 서비스 계약과 요구한 수준의 질을 유지할 수 없는 모든 응용(Application)들이다.

MPLS 복구는 현재의 라우팅 알고리즘의 복구 시간을 개선하기 위해서는 제약이 있다는 생각에서부터 동기가 되었다. 이런 알고리즘에 MPLS 복구 메커니즘 [3]을 추가하여 부가적인 기능 향상을 가져올 수 있다.

MPLS가 미래의 IP 기반 잔달 네트워크에서 선택 가능한 기술이기 때문에 MPLS가 트래픽의 보호 복구를 제공할 수 있다는 것은 아주 실용적이다. MPLS가 공통 제어 및 관리 평면 상에서 네트워크 기능의 수렴을 용이하게 한다. 게다가, 보호 우선 순위는 가상 전용선(Virtual Leased Line) 서비스, 우선 순위 음성 및 비디오 트래픽과 같은 서비스 높은 신뢰성을 요구하는 프리미엄 서비스를 위한 차별화된 메커니즘으로서 사용될 수 있다.

이 문서의 나머지 부분은 MPLS 기반 복구를 위한 프레임워크를 규정한다. 이것은 개념적인 수준에 초점을 맞추고 동기, 목적과요구사항을 이야기 할 계획이다.

복구 경로를 따라 전달되는 메커니즘, 정책, 라우팅 계획등의 이슈와 트래픽 특성은 이 문서의 범주 밖이다.

1.2 MPLS 기반의 복구 동기

트래픽의 MPLS 기반 보호(MPLS 기반 보호라고 부름)는 여러가지 이유로 아주 유용하다. 가장 중요한 것은 여전히 계층 3에서 주는 네트워크에 가시성을 제공해 주면서 전통적인 계층 3 (혹은 IP 계층) 접근방식에서 가능했던 것 보다 장애에 더 빠른 응답이 할 수 있어서 네트워크의 신뢰성을 증가할 수 있다는 점이다. 더군다나 MPLS를 이용한 보호 메커니즘 IP 트래픽이 WDM 광 채널에 직접적으로 들어갈 수 있으며 중간의 SONET 계층 혹은 광 보호 기능 없이도 보호 옵션을 제공할 수 있다. 이것은 빠른 복구 능력을 요구하는 IP over WDM 네트워크의 구성을 원활하게 할 수 있다. (여기서 의미하는 것은 WDM 링크를 제어하는 Generalized MPLS가 아니라 WDM 링크 상의 IP 트래픽 전달을 말한다.)

MPLS 기반 복구는 다음과 같은 이유 때문에 필요하다:

I. 계층3 혹은 IP 재라우팅(rerouting)은 IP 라우팅 프로토콜의 수렴 시간 보다 더 작은 복구 시간을 지원할 수 있는 코어 MPLS 네트워크 보다 너무 느리다.

II. 계층 3 혹은 IP 재라우팅(rerouting)은 특정 플로우(예를 들면, VoIP, 가상 전용선 서비스)에 대역 보호 제공 기능을 제공해 줄 수 없다.

III. 계층 0 (예를 들면, 광 계층) 혹은 계층 1 (예를 들면, SONET) 메커니즘은 자원 사용에 있어서 낭비가 될 수 있다.

IV. 하위 계층에서 트래픽을 보호할 수 있는 세분화(granularity)가 MPLS 기반 메커니즘을 이용하여 교환 되는 트래픽에 비해 너무 굵다(coarse).

V. 계층 0 혹은 계층 1 메커니즘은 상위 계층 동작에 가시도(visibility)를 가지고 있지 않다. 따라서 예를 들면, 링크 보호를 제공하는 동안에 노드 보호 혹은 계층 3에서 전달된 트래픽의 보호를 쉽게 제공할 수 없다. 게다가, 하위 계층은 트래픽 요구에 기반한 복원을 할 수 없도록 한다. 예를 들면, 빠른 회복을 필요로 하는 트래픽에 대해서는 빠른 회복을 하고 빠른 복원을 필요치 않는 트래픽에 대해서는 좀 느린 복원 (가능한 더 많이 리소스를 최적으로 이용하면서)을 한다. 후자 클래스의 트래픽이 많은 네트워크에서는 모든 클래스의 트래픽에 빠른 복원을 제공하는 것은 서비스 제공자 전망에서는 비용 효율적이지 못 할 수 있다.

VI. MPLS는 비 연결형 네트워크를 위한 복구 목적으로 적용될 때 필요한 합당한 속성들을 가지고 있다. 특별히, LSP는 소스에서 경로가 결정되고 복구를 위한 포워딩 경로는 "고정(pinned)"될 수 있으며 장애시나리오에 의해 제시된 SPF 라우팅에서 순간적인 불안정에 의해

영향을 받지 않는다.

VII. IP 혹은 MPLS 네트워크에서 서로 다른 밴더로부터 라우터/LSRs 간에 보호 메커니즘의 상호 운용성을 형성하는 것은 복구 메커니즘이 다중 밴더 환경에서도 가능하고 MPLS 코어에 어떤 보호되는 서비스를 전환을 가능하도록 하기를 원한다.

1.3 목적/목표

MPLS 기반 복구를 위해 다음과 같은 중요한 목적이 있다.

I. MPLS 기반 복구 메커니즘은 자원을 최적으로 이용하는 트래픽 엔지니어링 목적에 맞아야 한다.

II. MPLS 기반 복구 메커니즘은 최종 사용자 응용을 위해 충분히 빠른 회복 시간을 쉽게 하도록 하는데 목적을 두어야 한다. 즉 최종 사용자 응용 요구사항에 더 잘 맞추는 것이다. 어떤 경우에는, 이것이 10ms 만큼 짧을 수도 있다.

I.과 II.는 서로 대립되는 목적을 가지고 있다. 둘 간에 트레이드 오프(trade off)가 존재한다. 최선의 선택은 최종 사용자의 비용에 대한 민감성뿐만 아니라 네트워크에서 복원을 도입하는 데 복원 시간과비용 영향에 최종 사용자 응용 민감성에 달려있다.

III. MPLS 기반 복구는 네트워크 신뢰성과 이용도를 극대화 하는데 목적이 있어야 한다. 트래픽의 MPLS 기반 복구는 MPLS 보호된 도메인에서 한 포인트의 장애의 수를 최소화 하는데 목적이 있어야 한다.

IV. MPLS 기반 복구는 전환된 자원에 의해 전달되는 트래픽을 최소한으로 혹은 예측 가능하게 낮추면서 동시에 보호된 트래픽의 신뢰성을 향상하는데 목적이 있어야 한다.

V. MPLS 기반 복구 기술은 다양한 세분화(granularities)에서 트래픽 보호가 적용될 수 있도록 하는데 목적이 있다. 예를 들면, 각 경로에 있는 트래픽의 일부분, 각 경로 상에 모든 트래픽 혹은 경로 그룹 상의 모든 트래픽에 대하여 MPLS 기반 복구를 명세하는 것이 가능해야 한다. 한 경로는 일반적인 용어로 사용되고 한 링크, IP 루트 혹은 LSP와 같은 개념을 포함함을 유념하라.

VI. MPLS 기반 복구 기술은 종단간 전 경로 혹은 종단간 경로의 세그먼트를 위해 적용될 수 있다.

VII. MPLS 기반 복구 메커니즘은 하위 계층의 복구 실행을 고려해야 한다. MPLS 기반 메커니즘은 하위 계층 보호 교환을 트리거 하거나 하위 계층 교환이 발생했거나 발생할 것 같을 때 MPLS 기반 메커니즘이 트리거되도록 해서는 안 된다.

VIII. MPLS 기반 복구 메커니즘은 복구 동작 동안 데이터의 손실과 패킷 재배열(reordering)을 최소화 하는데 목적이 있어야 한다. (현재의 MPLS 규격 자체에는 재배열(reordering)에 관한 명시적인 요구사항은 없다)

IX. MPLS 기반 복구 메커니즘은 유지하고 있는 각 복구 경로에 대하여 초래된 상태 오버헤드를 최소화 하는데 목적이 있어야 한다.

X. MPLS 기반 복구 메커니즘은 복구 경로를 설정 유지 및 결함을 통지하는 시그널링 오버헤드를 최소화하도록 해야 한다.

XI. MPLS 기반 복구 메커니즘은 원한다면 스위치 오버 후에 트래픽에 제약사항을 유지할 수 있도록 해야 한다. 즉 원한다면, 복구 경로는 워킹 경로와 같은 자원 요구사항과 성능 특성을 충족할 수 있어야 한다.

위에 언급한 것 중에 일부는 대립되는 목적이다. 그리고 실제적인 도입은 비용, 최종 사용자 응용 요구사항, 네트워크 효율성, 복잡성, 수익 고려사항과 같은 다양한 요소들에 기반하여 엔지니어링 절충을 종종 포함한다. 따라서 이런 목적은 상기 고려사항에 근거하여 트레이드 오프(trade off) 되어야 한다.

2. 개요

트래픽 보호를 제공하는데는 몇가지 선택이 있다. 가장 일반적인 요구는 Layer 3 (or IP) 에서 재라우팅을 이용한 것 일지, MPLS 보호 스위칭 또는 재라우팅 실행을 통해서 인지에 대한 명세이다. 일반적으로 네트워크 운영자는 가장 빠르고, 가장 안정되고 타당한 가격으로 제공될 수 있는 가장 최선의 보호 메커니즘을 제공하는 것을 목표로 한다. 보호 레벨이 높아질 수록 더 많은 자원이 소비된다. 그러므로, 네트워크 운영자는 서비스 수준의 범위로 제공될 것이다. MPLS 기반 복구는 복구 메커니즘을 선택하고, 트래픽이 보호되는 단위정보 (granularity)를 선택하고 네트워크 관리자에게 tradeoff를 더 제어하기 위해서 보호되는 트래픽의 특정 형태를 선택할 수 있는 유연성을 제공해야 한다. MPLS 기반 복구를 사용하면 그들의 서비스 요구 사항에 따라 다른 서비스 형태를 다른 수준의 보호를 제공할 수 있다. 예를 들면, 아래에 약속한 접근 방법을 사용하여, 가상 전용 라인 (VLL) 서비스 혹은 VoIP와 같은 실시간 응용이 이미 형성되어, 예약 되어 있는 경로 보호를 가지고 링크/노드 보호를 이용하여 제공될 수 있다. 반면에, 최선형 트래픽은 요구 즉시 설정된 경로 보호를 이용하던지 단순히 IP 재경로(re-route) 혹은 상위 계층 복구 메커니즘에 의존할 수 있다. 응용의 범위에 또 다른 예로서, MPLS 기반 복구 전략이 라벨 교환 경로를 따라 포워딩 되는 트래픽 뿐만 아니라 정상적으로 홉 에서 홉으로 보내지는 IP 트래픽 처럼 원래 라벨 교환 경로를 따라 보내지지 않는 트래픽을 보호하기 위해 사용된다.

2.1. 복구 모델

경로 복구를 위한 두가지 기본적인 모델이 있다: 재라우팅(rerouting)과 보호 스위칭

(protection switching)

아래에 정의된 것처럼 보호 스위칭과 재라우팅은 함께 사용될 수도 있다. 예를 들면, 재라우팅(rerouting)은 좀 더 지난 시간에 필요한 만큼의 새로운 최적 네트워크 구성과 재구성된 경로를 정의할 때, 복구 경로로의 보호 스위칭은 빠른 연결 복원을 위해 사용될 수 있다.

2.1.1. 재라우팅

재라우팅에 의한 복구는 장애가 발생한 후에 트래픽을 복원하기 위해 요구 즉시 새로운 경로 혹은 경로 세그먼트를 설정하는 것으로 정의한다. 새로운 경로는 장애정보, 네트워크 라우팅 정책, 이미 설정된 구성 및 네트워크 토폴로지 정보에 기반하게 된다. 따라서 장애를 감지되면 장애를 우회하기 위한 경로 혹은 경로 세그먼트가 시그널링을 이용하여 설정된다.

일단 네트워크 라우팅 정보가 장애후에 수렴하게 되면 어떤 경우에는 네트워크와 네트워크 정책의 현재 상태에 기반하여 경로변경(reroute)을 수행하여 네트워크를 다시 최적화 하는 것이 바람직하다.

이것은 세션 3.8에서 좀 더 자세히 설명한다.

세션 3에서 정의된 원칙에서 볼 때, 경로변경(reroute) 복구는 요구 즉시 예약된 자원으로 바로 설정된 경로를 사용한다. 보호 교환(Protection switching) 복구 메커니즘은 네트워크 라우팅 정책, 워킹 경로 상의 트래픽 복원 요구사항과 관리상의 요구사항에 기반하여 복구 경로 혹은 경로 세그먼트를 미리 설정한다. 복구 경로는 워킹 경로와 링크와 노드가 분리될 수도 있고 안 될 수도 있다. 그러나 만약 복구 경로가 워킹 경로와 장애소스를 공유하면 구성의 전체적인 신뢰성이 떨어지게 된다. 장애가 검출되었을 때, 보호된 트래픽은 복구 경로로 스위치 오버되고 복원된다.

세션 3에서 정의된 원칙에서 볼 때, 보호 교환(protection switching)은 이미 설정된 복구 경로를 이용하고 만약 자원 예약이 복구 경로에 요구되면 자원을 미리 예약해 둔다. 다양한 유사 형태의 보호 교환(protection switching)이 이 문서의 세션 4.4에서 상세히 설명된다.

2.2. 복구 주기

3가지로 정의된 복구 주기가 있다: MPLS 복구 주기, MPLS 전환 주기, 동적 재라우팅(re-routing) 주기.

첫번째 주기는 MPLS 기반 복구 경로 상에서 장애를 검출하고 트래픽을 복원한다. 만약 복구 경로가 최적화되어 있지 않으면, 다시 최적화된 네트워크를 이루기 위하여 두개의 뒤 주기가 따라오게 된다. 전환 주기는 임의의 동적 라우팅 프로토콜이 수렴되는데 의존하지 않는 명시적인 경로 트래픽에 대해 적용한다. 동적 재라우팅(re-routing) 주기는 홉 에서 홉으로의 라우팅에 기반하여 포워딩되는 트래픽에 적용한다.

2.2.1 MPLS 복구 주기 모델

MPLS 복구 주기 모델을 그림 1에서 보여준다.

약어의 정의와 요지는 다음과 같다..

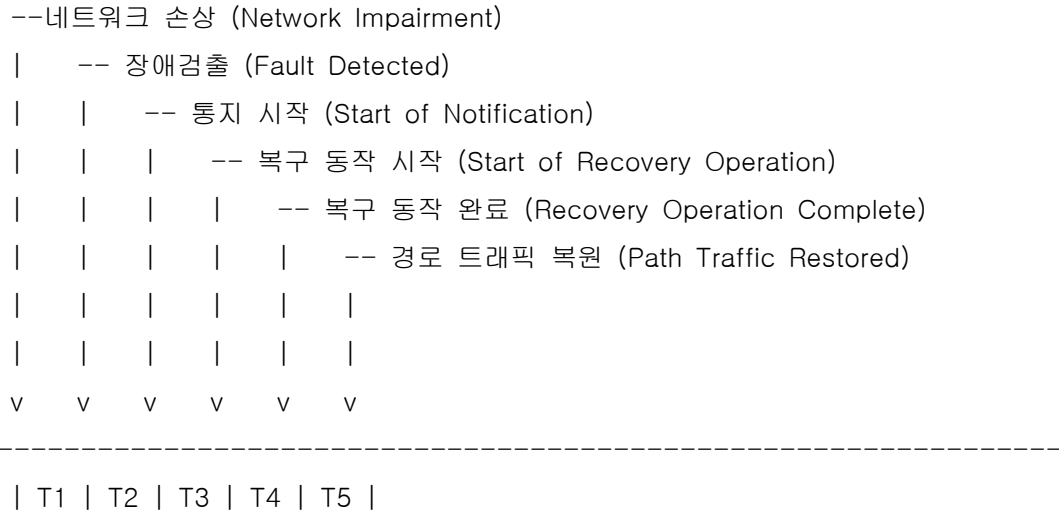


그림 1. MPLS 복구 주기 모델

이 모델에 사용된 다양한 타이밍 기준을 아래에 설명한다.

- T1 장애검출 시간
- T2 장애 홀드 오프 시간
- T3 장애 통지 시간
- T4 복구 동작 시간
- T5 트래픽 복구 시간

복구 주기 시간의 정의는 다음과 같다:

장애검출 시간

네트워크 손상이 발생한 시점과 MPLS 복구 메커니즘에 의해 장애가 검출된 시점간의 시간이 다. 이 시간은 하위 계층 프로토콜에 아주 의존하게 된다.

장애 홀드 오프 시간

하위 계층 보호를 위한 시간이 효과가 있도록 하기 위해, 장애를 검출한 후부터 MPLS 기반 복구 실행까지의 구성 설정을 위해 기다리는 시간이다. 장애 홀드 오프 시간 (Fault Hold-Off Time) 시간은 0일 수도 있다.

참조 : 홀드 오프 (Hold Off) 시간은 만약 노드가 스위치 오버에 책임을 지고 있다면 통지 시간 간격 후에 일어나게 된다. 검출한 LSR 보다는 경로 스위치 LSR (PSL)이 구성 설정을 위해 기다리게 된다.

장애 통지 시간

장애를 검출한 LSR에 의해 장애지시 신호 (FIS)가 시작되는 시점과 경로 스위치 LSR(PSL)이

복구 동작을 시작하는 시점간의 시간이다. 만약 PSL이 장애자체를 검출하거나 주변의 장애때문에 그런 이벤트로부터 장애를 추정하게 되면 이 값은 0 이다.

참조 : 만약 PSL이 장애자체를 검출한다면, 여전히 검출과 복구 동작 시작사이의 기간이 장애 홀드 오프 시간 (Fault Hold Off Time)이 된다.

복구 동작 시간

첫 복구 동작과 마지막 복구 동작 사이의 시간이다.

이것은 복구 동작을 조정하기 위하여 PSL과 PML 사이의 메시지 교환을 포함할 수 있다.

트래픽 복구 시간

마지막 복구 실행과 트래픽이 (만약 있다면) 완전히 복구되는데 시점 간의 시간이다.

이 구간은 장애발생 때문에 서비스가 두절되고 품질이 저하가 발생한 네트워크 지점(즉, PML)에 트래픽이 다시 한번 도착하는데 요구되는 시간을 고려하도록 한다. 이 시간은 장애의 위치, 복구 메커니즘과 복구 경로의 전달 지연에 따라 달라진다.

2.2.2 MPLS 복구 주기 모델

보호 교환(Protection Switching), 전환 모드는 경로상의 장애가 제거될 때 트래픽이 우선 경로로 다시 교환될 수 있도록 요구한다.

MPLS 전환 주기 모델을 그림 2에 설명한다. 아래에 보인 주기는 그림 1에서 보인 복구 주기 뒤에 오는 것임을 유의하라.

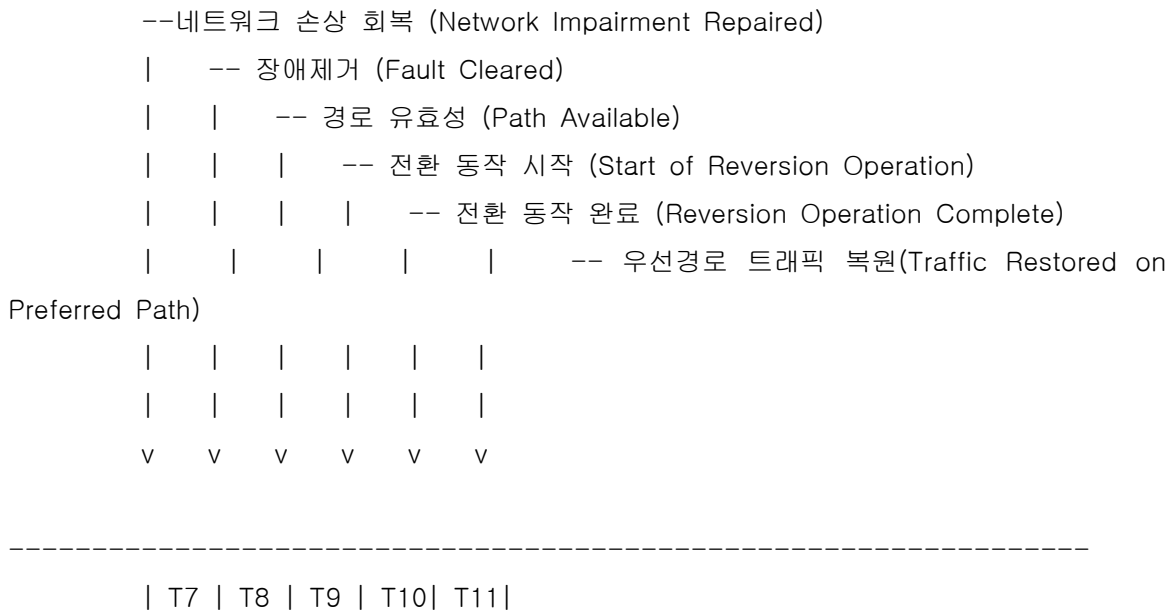


그림 2. MPLS 전환 주기 모델

이 모델에 사용된 다양한 타이밍 기준을 아래에 설명한다.

- T7 장애제거 시간 (Fault Clearing Time)
- T8 제거 홀드 오프 시간 (Clear Hold-Off Time)
- T9 제거 통지 시간 (Clear Notification Time)
- T10 전환 동작 시간 (Reversion Operation Time)
- T11 트래픽 전환 시간 (Traffic Reversion Time)

T6 (위에서 언급하지 않았음)는 네트워크 손상이 회복되지 않고 트래픽이 복구 경로 상으로 흐르게 되는 경우를 위한 시간임을 유념하라.

전환 주기 시간의 정의는 다음과 같다:

장애제거 시간 (Fault Clearing Time)

네트워크 손상 회복과 MPLS 기반 복구 메커니즘이 장애가 제거되었음을 알게 되는 시점 간의 시간이다. 이 시간은 하위 계층 프로토콜에 아주 의존하게 된다.

제거 홀드 오프 시간 (Clear Hold-Off Time)

장애를 제거하고 MPLS 기반 복구 실행간에 설정된 대기 시간이다. 대기 시간은 경로가 안정적이도록 유지해 주고 장애가 주기적으로 발생하는 곳에서 플래핑(flapping)을 피하기 위해서 필요하다. 제거 홀드 오프 시간 (Clear Hold-Off Time)은 0일 수도 있다.

참조 : 제거 홀드 오프 시간 (Clear Hold-Off Time)은 만약 PSL이 기다리도록 설정되면 통지 시간 간격 후에 생길 수도 있다.

장애 통지 시간 (Clear Notification Time)

LSR이 장애를 제거하고서 장애복구 신호 (FRS)를 보내기 시작하고 경로 스위치 LSR이 전환 동작을 시작하는 시점 간의 시간이다. 이 시간은 만약 PSL이 장애자체를 제거했다면 0이 된다.

참조 : 만약 PSL이 장애자체를 제거하면, 장애제거와 전환 동작 시작 간에 대기-복원 시간 (Wait-Restore Time)이 여전히 있을 수 있다.

전환 동작 시간 (Reversion Operation Time)

첫번째 마지막 전환 동작 간의 시간이다. 이것은 전환 동작을 조정하기 위해 PSL과 PML 간에 메시지 교환을 포함할 수도 있다.

트래픽 전환 시간 (Traffic Reversion Time)

마지막 전환 동작과 트래픽이 (만약 있다면) 완전하게 우선 경로에 복원되는 시점 간의 시간이다. 이 기간은 두 경로가 동작 중에 있으므로 아주 작아야 하며 트래픽 손상을 제한하도록 (예를 들면, “make before break” 기술과 동기 스위치 오버를 이용) 주의해야 한다. 실제로는, 전환 주기에서 단지 관심 있는 시간은 트래픽 전환 시간 (Traffic Reversion Time) (혹은 트래픽 손상의 일부 다른 기준)과 함께 제거 홀드 오프 시간(Clear Hold-Off Time)과 전환 동작 시간 (Reversion Operation Time)이다. 첫번째 간격은 복구된 경로의 안정성을 지켜주는 것이고 마지막 간격은 전환 동작이 진행중인 동안에 손상을 최소화하는 것이다.

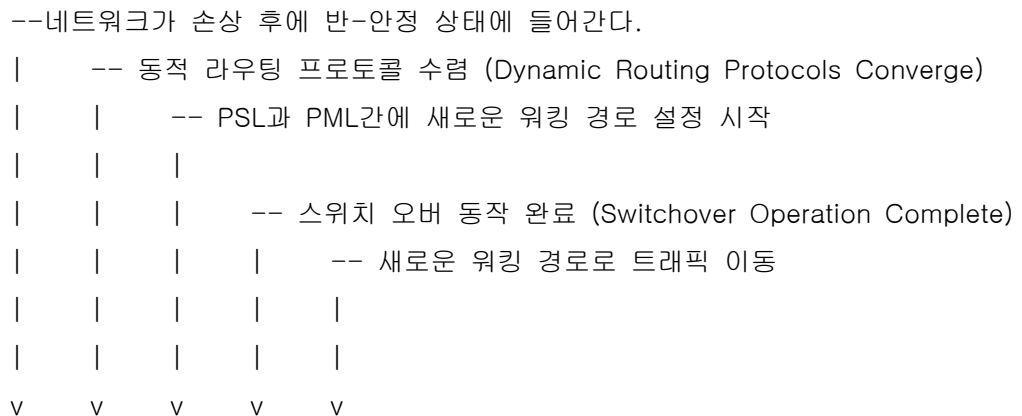
두 쪽 경로가 모두 사용가능할 때, 새로운 결함을 야기할 수 있는 빠른 동작은 필요치 않으며 최소한의 손상으로 잘 제어된 스위치백(switch-back)이 바람직하다. (아마도, 복구 경로가 우선 경로와 상응하는 서비스 품질을 제공할 수 없을때는 제외한다.)

2.2.3 동적 재 라우팅(Re-routing) 주기 모델

동적 재라우팅(rerouting)은 네트워크 손상이 발생된 후에 IP 네트워크가 안정된 상태를 가져오도록 하는 것이 목적이다. 라우팅 프로토콜이 수렴된 후에 다시 최적화된 네트워크를 이룰 수 있고 트래픽은 복구 경로에서 (가능한) 새로운 워킹 경로로 이동된다.

이 모드에서 포함된 단계는 그림 3에 설명한다.

아래에 보인 주기는 그림 1에 보인 복구 주기, 혹은 그림 2에 보인 전환 주기, 혹은 둘다 (복구 주기와 전환 주기 둘다 라우팅 프로토콜 수렴 전에 일어나는 이벤트일 경우에)에 오버레이 될 수 있다. 그리고 라우팅 프로토콜의 수렴 이후에 워킹 경로를 위한 더 좋은 길이 (온라인 알고리즘 혹은 오프 라인 트래픽 엔지니어링 툴, 네트워크 구성, 혹은 다양한 다른 가능한 기준에 따라서) 결정된다.



| T12 | T13 | T14 | T15 |

그림 3. 동적 재라우팅 (rerouting) 주기 모델

이 모델에서 사용되는 다양한 타이밍 기준을 아래에 설명한다.

T12 네트워크 경로 수렴 시간 (Network Route Convergence Time)

T13 홀드 다운 시간 (Hold-down Time) (선택사항)

T14 스위치 오버 동작 시간 (Switchover Operation Time)

T15 트래픽 복원 시간 (Traffic Restoration Time)

네트워크 경로 수렴 시간 (Network Route Convergence Time)

네트워크가 안정된 상태에 도달할 수 있도록 네트워크 라우팅 프로토콜이 수렴하도록 하는데 걸리는 시간을 네트워크 경로 수렴 시간으로 정의한다.

홀드 다운 시간 (Holddown Time)

복구 경로가 반드시 사용되어야 하는 제한된 시간으로 홀드 다운(holddown) 시간을 정의한다. 어떤 시나리오에서는, 워킹 경로가 안정되어 있다면 결정하는 어려움이 있을 수 있다. 이런 경우에는, 홀드 다운(holddown) 시간이 워킹 경로와 복구 경로 간에 트래픽의 플래핑(flapping)을 초과하지 않도록 하는데 이용될 수 있다.

스위치 오버 동작 시간 (Switchover Operation Time)

처음과 마지막 스위치오버 동작간의 시간이다. 이것은 스위치오버 동작을 조정하기 위한 PSL과 PML간의 메시지 교환을 포함할 수도 있다.

트래픽 복원 시간 (Traffic Restoration Time)

마지막 복원 동작과 트래픽(만약 존재한다면)이 새로운 우선 경로상으로 완전히 복원되는 시간 사이의 간격이다.

2.2.4 복구 주기 예제

복구 주기의 예로서, 네트워크 손상이 발생한 이후에 동적 재라우팅(rerouting) 후에 바로 보호 교환(Protection Switching)이 이루어질 때 일어난 연속 이벤트를 나타낸다.

- I. 링크 혹은 경로 장애가 발생한다.
- II. 검출된 장애를 알리기 위한 시그널링(FIS)이 시작된다.
- III. FIS가 PSL에 도착한다.
- IV. PSL은 이미 설정된 복구 경로에 보호 교환(Protection Switching)을 시작한다.
- V. PSL은 워킹 경로로부터 보호 경로까지 트래픽을 스위치 오버 한다.
- VI. 네트워크는 반-안정 상태에 들어간다.
- VII. 장애이후에 동적 라우팅 프로토콜이 수렴하고 새로운 워킹 경로가 (예를 들면, 세션

2.1.1.에 언급한 몇가지 기준에 따라서) 계산된다.

VIII. 새로운 워킹 경로가 PSL과 PML 간에 형성된다. (PSL과 PML은 변하지 않는다고 가정)

IX. 트래픽은 새로운 워킹 경로로 스위치 오버된다.

2.3. 정의와 용어

이 문서는 [1]에 주어진 용어를 가정하고 추가로 다음과 같은 새로운 용어를 소개한다.

2.3.1 General Recovery Terminology

재라우팅 (Re-routing)

워킹 경로 상에 장애를 검출한 후에 복구 경로 혹은 경로 세그먼트가 동적으로 생성되는 복구 메커니즘이다. 바꾸어 말하면, 복구 경로가 미리 설정되어 있지 않은 복구 메커니즘이다.

보호 교환 (Protection Switching)

워킹 경로 상에 장애를 검출하기 전에 복구 경로 혹은 경로 세그먼트가 생성되는 복구 메커니즘이다. 바꾸어 말하면, 복구 경로가 미리 설정되어 있는 복구 메커니즘이다.

워킹 경로 (Working Path)

장애가 발생하기 전에 트래픽을 전송하는 보호된 경로이다. 워킹 경로는 PSL과 PML 사이에 존재한다. 워킹 경로는 다른 종류들이 있을 수 있다; 홑 바이 홑 경로, 트렁크, 링크, LSP 혹은 다중 점 대 점 (multipoint-to-point) LSP의 한 부분. 워킹 경로와 같은 동의어로서 우선 경로와 액티브 경로가 있다.

복구 경로 (Recovery Path)

장애가 발생한 이후에 트래픽이 복원되지는 경로이다. 바꾸어 말하면, 트래픽이 복구 메커니즘에 의해 지시되는 경로이다. 복구 경로는 MPLS 수단에 의해 형성된다. 복구 경로는 워킹 경로와 비교하여 동등한 복구 경로이면서 서비스 품질에 감소가 없을 수도 있고 워킹 경로와 비교하여 제한된 복구 경로로서 같은 서비스 품질 (혹은 다른 성능 기준) 을 보장하지 않을 수도 있다. 제한된 복구 경로는 확장된 시간동안 사용되도록 기대할 수 없다. 복구 경로와 같은 동의어로서 백업 경로, 우회 경로와 보호 경로가 있다.

보호 상대 (Protection Counterpart)

이미 계획된 보호 교환 (protection switching) 계획에서 논의할 때 “또 다른” 경로. 워킹 경로의 보호 상대는 복구 경로이고 반대로도 된다.

경로 교환 LSR (Path Switch LSR (PSL))

워킹 경로와 복구 경로 사이에서 트래픽을 교환하거나 응답하는데 책임을 지고 있는 LSR이다.

경로 합병 LSR (Path Merge LSR (PML))

복구 경로 트래픽을 수신하고 워킹 경로 상의 트래픽을 합병하거나, 만약 목적지가 자기 자신이면 상위 계층 프로토콜에 트래픽을 전달해 주는 책임을 가진 LSR이다.

회복 지점 (Point of Repair (POR))

MPLS 복구를 수행하기 위해 설정된 LSR이다. 바꾸어 말하면, LSP의 회복 실행에 책임을 진 LSR이다. 예를 들면, POR은 시행된 복구 방법의 유형에 따라서 PSL 혹은 PML일 수도 있다.

중간 LSR (Intermediate LSR)

PSL도 아니고 PML도 아닌 워킹 혹은 복구 경로 상에 있는 LSR이다.

경로 그룹 (Path Group (PG))

여러 개의 워킹 경로들의 논리적인 묶음이다. 각각은 경로 스위치 LSR과 경로 합병 LSR 사이에서 동일하게 보내지게 된다.

보호 경로 그룹 (Protected Path Group (PPG))

보호를 요구하는 경로 그룹이다.

보호된 트래픽 부분 (Protected Traffic Portion (PTP))

보호를 요구하는 각각의 경로 상에 있는 트래픽의 부분이다. 예를 들면, shim 헤더의 EXP 비트에 있는 코드 포인트로 보호된 부분을 식별할 수 있다.

우회 터널 (Bypass Tunnel)

라벨 스택킹 접근 방법[1]을 사용하여 워킹 경로 집합 백업을 담당하는 경로이다. 워킹 경로와 우회 터널은 반드시 모두 같은 경로 스위치 LSR (PSLP과 경로 합병 LSR (PML)을 공유해야 한다.

스위치 오버 (Switch-Over)

트래픽이 하나 혹은 더 이상의 우회 경로 상으로 전달되고 있는 경로로부터 트래픽을 교환하는 과정이다. 이것은 워킹 경로의 트래픽을 하나 혹은 더 이상의 복구 경로로 이동 하거나 복구 경로에 있는 트래픽을 여러 개의 최적 워킹 경로로 이동하는 것을 포함한다.

스위치백 (Switch-Back)

하나 혹은 더 이상의 복구 경로에서 워킹 경로로 트래픽을 되돌리는 과정이다.

전환 모드 (Revertive Mode)

워킹 경로의 복원을 통해 장애없음 상태가 되면 복구 경로에서 원래의 워킹 경로까지 트래픽이 자동적으로 스위치백 되는 복구 모드이다. 이것은 장애가 생긴 워킹 경로가 네트워크에서 자동적으로 자원을 내준 것은 아니라고 가정한다.

비전환 모드 (Non-revertive Mode)

워킹 경로가 자동적으로 장애가 없는 상태로 복원된 후에 트래픽이 원래의 워킹 경로로 자동적으로 스위치백 되지 않는 복구 모드이다. (환경 설정에 따라서, 원래의 워킹 경로가 장애가 없는 상태로 이동하자마자 복구 경로가 되거나 혹은 새로운 워킹 트래픽으로 사용되거나 더 이상 원래의 복구 경로와 관련되지 않을 수도 있다. 즉 네트워크에 따라 달라진다)

MPLS 보호 도메인 (MPLS Protection Domain)

워킹 경로와 그와 대응되는 복구 경로가 설정되는 LSR의 집합

MPLS 보호 계획 (MPLS Protection Plan)

주어진 시간에서 MPLS 보호 도메인에서 사용되는 모든 LSP 보호 경로의 집합과 워킹 경로와 보호 경로의 매핑 관계이다.

Liveness 메시지

링크 검사(probing) 메커니즘을 수행하는 두 인접 LSR간에 주기적으로 교환되는 메시지이다. 이것은 이웃 노드가 살아 있음을 검사하는 것뿐만 아니라 두 LSR간의 링크의 앞쪽 방향과 뒤쪽 방향의 무결성 검사를 할 수 있다.

경로 연속성 검사 (Path Continuity Test)

경로 혹은 경로 세그먼트의 무결성과 연속성을 검증하는 검사이다. 이런 검사의 자세한 내용은 이 문서의 범주 밖이다.

(예를 들면, 이것은 데이터 트래픽 혹은 유사한 것들이 내용 없는 트래픽과 피드백에 의해 검

사될 수 있듯이 같은 링크나 노드를 따라 제어 메시지를 전달함으로써 수행할 수 있다.)

2.3.2 장애 용어

경로 장애(Path Failure (PF))

경로 장애는 MPLS 기반 복구 메커니즘에 의해 검출된 장애이다. 이것은 경로 연결이 끊어졌다는 것을 지시하는 liveness 메시지 검사 혹은 경로 연속성 검사의 실패로 알 수가 있다.

경로 성능 저하 (Path Degraded (PD))

경로 성능저하는 경로의 품질이 받아 들일 수 없다는 것을 지시하는 MPLS 기반 복구 메커니즘에 의해 검출된 장애이다.

링크 장애 (Link Failure (LF))

링크 연결이 끊어졌다는 것을 지시하는 하위 계층 장애이다. 이것은 하위 계층에 의해 MPLS 기반 복구 메커니즘에게 전달된다.

링크 성능 저하 (Link Degraded (LD))

링크가 받아 들일 수 있는 수준 이하의 성능이라는 것을 MPLS 기반 복구 메커니즘에게 하위 계층이 지시

장애지시 신호 (Fault Indication Signal (FIS))

경로를 따라 장애가 발생 했음을 지시하는 신호이다. MPLS 복구를 수행하여 설정된 LSR (POR)에 도착할 때까지 이 신호가 각 중간 LSR에 의해 업스트림 혹은 다운스트림 이웃에게 전달된다. FIS는 구성 가능한 시간 동안 혹은 전송 노드가 자신의 이웃 노드로부터 응답을 받을 때까지 장애가 발생한 가장 가까운 노드에 주기적으로 전송된다.

장애복구 신호 (Fault Recovery Signal (FRS))

워킹 경로를 따라 장애가 복구되었다는 것을 지시하는 신호이다. 다시 FIS처럼, 원래 경로의 복구를 수행하는 LSR에 도착할 때까지, 이 신호가 각 중간 LSR에 의해 업스트림 혹은 다운스트림 이웃에게 전달된다. FRS는 구성 가능한 시간 동안 혹은 전송 노드가 자신의 이웃 노드로부터 응답을 받을 때까지 장애가 발생한 가장 가까운 노드에 주기적으로 전송된다.

2.4 약어

FIS : Fault Indication Signal .

FRS : Fault Recovery Signal .

LD : Link Degraded .

LF : Link Failure .

PD : Path Degraded .

PF : Path Failure .

PML : Path Merge LSR .

PG : Path Group .
POR : Point of Repair PPG : Protected Path Group .
PTP : Protected Traffic Portion .
PSL : Path Switch LSR .

3 . MPLS 기반의 복구 원리

MPLS 기반 복구는 MPLS 기능을 가진 네트워크에서 장애에 의해 영향을 받는 트래픽이 빠르고 완전한 복원이 가능하도록 하는 능력을 말한다. 장애는 IP 트래픽이 전달되면서 IP 계층 혹은 하위 계층에서 검출될 수 있다. 가장 빠른 MPLS 복구는 보호 교환(Protection Switching)으로 가능하다고 보고 MPLS LSR 교환 완료 시간이 SONET 계층에서 50ms 스위치오버 완료 시간과 동일하거나 비슷하다고 볼 수 있다. 게다가 MPLS 기반 복구는 이를 요구하는 경로에 대하여 대역 보호를 제공할 수 있다.

이 세션은 MPLS 기반 복구의 개념과 원리에 대한 논의를 한다. 개념은 복구 접근 방법을 명세하기 위해 조합된 아직 작고 근원적인 용어에 기초를 두고 설명할 것이다. 하부의 계층 1 혹은 계층 2 전달 메커니즘 혹은 그것들의 복구 메커니즘에 관한 어떤 가정도 하지 않는다.

3.1 복구 형상

LSR은 각 경로 기반으로 다음과 같은 복구 옵션을 일부 또는 모두를 지원해야 할 것이다:

디폴트-복구 (MPLS 기반 복구가 가능하지 않음) :

워킹 경로 상의 트래픽은 계층 3, 혹은 IP 재라우팅 (rerouting) 혹은 일부 하위 계층의 SONET APS 같은 메커니즘을 이용하여 복구된다. 이것은 MPLS 기반 복구가 없는 경우와 동일하다. 이 옵션은 낮은 우선 순위 트래픽 혹은 다른 방식으로 복구되는 트래픽을 위하여 사용될 수 있다. (예를 들면, 같은 방향의 워킹 경로 상의 부하를 공유한 트래픽은 남아있는 워킹 경로들에서 트래픽을 분산함으로써 워킹 경로들 중 한 경로를 따라 장애가 자동적으로 복구될 수 있다.)

복구 가능한 (MPLS 기반 복구가 가능 함) :

이 워킹 경로는 재라우팅(rerouting) 혹은 보호 교환(Protection Switching)을 통해 하나 혹은 더 많은 복구 경로를 이용하여 복구될 수 있다.

3.2 길 설정 개시

복구 경로 설정 개시를 위해서 3가지 옵션이 있다. 능동 경로와 복구 경로는 RSVP-TE[5],[6] 혹은 CR-LDP[7]를 이용하거나 SNMP를 포함한 다른 수단에 의해 설정될 수 있다.

사전 설정 (Pre-established) :

이것은 보호 교환 (protection switching) 옵션과 같다. 여기서 복구 경로는 워킹 경로 상의 임의의 장애에 앞서 미리 설정된다. 경로 선택은 중앙 집중된 관리 도구에 의해 결정되거나 PSL과 가능한 중간 노드에서 구현된 몇몇 알고리즘에 기반하여 선택된다. 미리 설정된 복구 경로가 워킹 경로 보다 이전에 혹은 동시에 장애가 생기는 상황을 대비하기 위하여, 복구 경로는 아래 세션 3.3.에 설명한 것 처럼 부차적인 설정 옵션을 가지고 있어야 한다.

사전 검증된 (Pre Qualified) :

미리 설정된 경로는 만들어질 필요가 없다. 이것은 사전에 검증될 수 있다. 사전 검증된 복구 경로는 워킹 경로를 보호하기 위하여 일부러 만들어지지 않는다. 그러나 대신에 워킹 경로 트래픽을 전달하기 위한 받아 들일만한 대안이라는 것을 결정한 후에 복구 경로로 명시할 다른 목적을 위해 만들어진 경로가 있다. 광 경로 혹은 트레일이 구성되는 경우도 포함하지만 스위치는 두지 않는다.

요구 즉시 설정 (Established-on-Demand) :

이것은 재라우팅 (rerouting) 옵션과 같다. 여기서, 복구 경로는 워킹 경로상에 장애가 검출되고서 PSL에게 통지된 후에 설정된다. 복구 경로는 사전 설정(pre-computed)되거나 요구즉시 (on demand) 계산 될 수 있다. 이것은 복구 시간에 영향을 준다.

3.3 자원 할당 시작

복구 경로는 워킹 경로와 같은 트래픽 계약을 지원할 수도 있고 하지 않을 수도 있다. 다른 부가적인 용어를 이용하여 이런 두가지 상황을 구분할 것이다.

만약 복구 경로가 서비스의 질을 낮추지 않고 워킹 경로를 대신할 수 있는 능력이 있다면 이를 동등 복구 경로라고 부른다.

만약 복구 경로가 서비스의 질을 낮추지 않고 워킹 경로를 대신 하기 위해서는 자원 (혹은 자원 예약)이 부족하다면 이를 제한된 복구 경로라고 부른다.

여기에 기반하여, 자원 할당 개시를 위한 두가지 옵션이 있다:

사전 예약 (Pre-reserved) :

이 옵션은 보호 교환 (protection switching)에만 적용한다. 여기서, 이미 설정된 복구 경로는 경로 설정시 경로를 따라 모든 홉에 요구된 자원을 예약한다. 비록 각 노드에서 예약된 자원 (즉, 대역폭과/혹은 버퍼)이 더 많은 워킹 경로를 받아 들일 수 없을지라도, 장애가 발생하기 전에 노드에 있는 모든 트래픽에 의해 자원이 사용될 수 있도록 한다. 한쌍의 복구 경로가 가지고 있는 자원은 동시에 결함이 발생하지 않도록 자원을 보호할 수 있다면 공유될 수도 있다.

요구 즉시 예약 (Reserved-on-Demand) :

이 옵션은 재라우팅(rerouting) 혹은 보호 교환 (protection switching)에 적용될 수 있다. 여

기서, 복구 경로는 워킹 경로 상에 장애가 검출되어 PSL에 통지된 뒤와 워킹 경로의 트래픽이 복구 경로에 스위치 오버되기 전에 요구된 자원을 예약한다.

위의 두가지 옵션에서는 복구 경로 상에 예약된 자원의 양에 따라서, 동등 복구 경로 혹은 제한된 복구 경로가 될 수 있다.

3.3.1 보호 교환의 하부 유형

복구 경로 상의 자원(대역폭, 버퍼, 프로세싱)은 워킹 경로 트래픽 복사본 혹은 보호 교환이 발생할 때 옮겨진 여분의 트래픽을 전달하기 위해 사용될 수 있다.

1+1("one plus one") 보호에서는, 복구 경로 상의 자원(대역폭, 버퍼, 프로세싱 용량)은 완전히 예약되고 워킹 경로와 같은 트래픽을 전달한다. 워킹 경로와 복구 경로상의 트래픽간 선택은 경로 합병 LSR (PML)에서 이루어진다. 사실상, PSL 기능은 워킹 및 복구 경로 설정 및 단순 복사 기능과 반대된다. 복구 정보는 PML에게 위임된다.

1:1 ("one for one") 보호에서는, 복구 경로상에 할당된 자원은 워킹 경로상에 결함이 발생할 때 복구 경로가 사용하는 것을 제외하고는 먼저 점유가능한 낮은 우선 순위 트래픽에까지 모두 가용하다. 다르게 이야기하면, 1:1 보호에서는, 보호된 트래픽이 일반적으로 워킹 경로 상으로만 전달되고 워킹 경로가 결함이 발생할때만 복구 경로로 교환된다. 일단 보호 교환이 시작되면, 복구 경로상에 전달되고 있는 낮은 우선 순위 트래픽은 보호된 트래픽에 의해 옮겨지게된다. 이 방법은 복구 경로 자원을 효율적으로 사용하도록 한다.

이 개념은 1:n (one for n)과 m:n (m for n) 보호에까지 확장될 수 있다.

3.4 복구 범위

3.4.1 위상

3.4.1.1 로컬 복구

로컬 복구의 의도는 링크 혹은 이웃 노드 장애에 대비하여 보호하고 장애전파를 위해 요구되는 시간을 최소화하는 것이다. 로컬 복구(local repair, also known local recovery)에서, 장애가 발생한 바로 업스트림쪽 노드가 복구(재라우팅(rerouting) 혹은 보호 교환(Protection switching))를 개시하는 곳이다.

로컬 복구는 두가지 유형이 있을수 있다:

링크 복구/복원

이 경우에, 복구 경로는 신뢰 할 수 없다고 생각되는 어떤 링크 주변으로 경로가 정해지도록 구성된다. 만약 보호 교환(Protection switching)이 사용되면, 몇몇 복구 경로는 각각이 장애

에 대비하여 보호한 특정 장애가 있는 링크에 따라서 한 워킹 경로에 대하여 설정될 수 있다. 대안으로, 만약 재라우팅(rerouting)이 사용되면, 특정 링크 상에 장애가 발생하자마자 각 경로는 장애가 있는 링크 주변으로 우회 하기 위하여 새로 만들어진다. 이 경우에, 복구 경로는 워킹 경로 상에 있는 특정 링크에서 워킹 경로와 분리될 필요가 있고 워킹 경로와 겹쳐진 세그먼트를 가질 수도 있다.

워킹 경로 상의 트래픽은 장애가 발생한 링크에 연결한 업스트림 LSR에서 대체 경로로 스위치 오버된다. 이 방법은 어쩌면 스위치 오버를 가장 빠르게 수행할 수 있고 어떤 경로 컴포넌트가 다른 것 보다 더 많이 신뢰할 수 없는 상황에서 효과적일 수 있다.

노드 복구/복원

이 경우에는, 복구 경로가 신뢰 할 수 없다고 생각되는 어떤 이웃 노드 주변으로 경로가 정해지도록 구성된다. 따라서 복구 경로는 그 노드에 있는 워킹 경로와 관련된 특정 노드와 링크에서만 워킹 경로와 분리되게 된다.

한번 더, 우선 경로에 있는 트래픽은 결함이 발생한 노드와 직접적으로 연결된 업스트림 LSR에서 복구 경로에 스위치 오버되고 복구 경로는 워킹 경로와 겹쳐진 부분을 공유한다.

3.4.1.2 글로벌 복구

글로벌 복구의 의도는 보호된 경로 세그먼트의 입구 노드에서 발생하는 아주 예외적인 장애를 가진 경로 혹은 경로의 세그먼트 상의 임의의 링크 혹은 노드 장애에 대비하여 보호하는 것이다. 글로벌 복구에서는, POR이 대개 결함으로부터 멀리 떨어져 있고 FIS에 의해 통지될 필요가 있다. 또한 글로벌 복구에서는, 종단간 경로 복구/복원이 적용된다.

많은 경우에서, 복구 경로는 그것의 워킹 경로와 완전히 분리된 링크나 노드가 만들어질 수 있다. 이것은 워킹 경로 (종단간 경로 혹은 경로 세그먼트)에 모든 링크나 노드 장애에 대비하여 보호할 수 있는 장점을 가진다. 그러나, 일부 경우에 있어서는, 장애 통지 메시지가 복구 실행을 트리거하기 위해서 POR에까지 지금 전달되어야 하기 때문에 로컬 복구 보다 더 느리다.

3.4.1.3 우회 출구 복구 (Alternate Egress Repair)

장애가 발생한 경로를 특정하게 복구하지 않고 서비스를 복원할 수도 있다. 예를 들면, 최선형 서비스의 경우에 워킹 경로로부터 다른 출구 지점을 가지고 있는 복구 경로를 선택하는 것이 가능하다 (즉, PML이 없다.). 복구 경로 출구는 (루핑(looping)이 발생되지 않고) 반드시 워킹 경로에 의해 전달된 FEC를 포워딩 하기에 만족스러운 라우터이어야 한다.

엔지니어링 관점에서는, 대체 출구를 가진 특정 대체 FEC/LSP 매핑이 형성될 수 있다. 이것은 묵시적으로 형성된 MPLS 토폴로지의 신뢰성을 간단하게 향상할 수 있다. PSL은 워킹 경로와 접해 있는 다운 스트림 LSR과 단순히 분리된 링크와 노드 만큼 후보 복구 경로에 LSP/FEC 바인딩을 할 수 있게 할 수도 있다.

3.4.1.4 다중-계층 복구

다중 계층 복구는 다중 네트워크 계층이 전체 네트워크 목적을 이루기 위해 함께 관리될 수 있는 경우를 위해 네트워크 설계자 도구 항목을 많게한다.

다중 계층 복구가 적절한 때를 결정하기 위한 특정 기준은 이 문서의 범주 밖이다.

3.4.1.5 연결된 보호 도메인

주어진 서비스는 여러 개의 네트워크를 교차하고 다른 복구 메커니즘이 실행될 수 있다. 서비스 복구가 중단간 제공될 수 있도록 하기 위해서는 보호 도메인을 연결하는 것이 가능하다. 다른 도메인에 있는 복구 메커니즘이 자동적으로 동작되고 이와 결부된 여러 개 지점이 (단일 장애 지점이 아니라는 것을 보증하기 위해) 도메인간에 사용될 수 있도록 고려한다.

우회 출구 복구는 명시적인 MPLS 장애지점(PML)에서 정의에서 제외된 연결된 도메인의 관리를 요구한다.

연결된 보호 도메인에 대한 자세한 사항은 이 문서의 범주 밖이다.

3.4.2 길 사상

경로 매핑은 장애가 있는 워킹 경로에서 복구 경로로 트래픽을 매핑 하는 방법을 말한다.

아래에 설명된 것처럼, 여기에는 여러가지 옵션들이 있다.

아래의 옵션들은 워킹 경로와 보호 경로가 어떻게 서로 매핑 되는가에 대해서만 설명하기 위해 아주 작은 용어로서 살펴본다.

이런 경로를 따른 자원 예약 이슈와 좀 더 일반적으로 어떻게 스위치오버를 실질적으로 수행 하는지에 대해 세션 4.3.1에서 설명한 1+1과 1:1 보호와 같은 합성 함수 용어를 사용한다.

1:1 보호

1:1 보호에서는 워킹 경로가 특정 워킹 경로를 복구 하기 위해서만 사용될 수 있도록 정해진 복구 경로를 가진다.

n:1 보호

n:1 보호에서는, 단지 하나의 복구 경로를 이용하여 n개의 워킹 경로까지 보호한다. 만약 임의의 워킹 경로 상에서의 어떤 단일 장애에 대비하여 보호를 하고자 한다면 n 워킹 경로는 같은 PSL과 PML 사이에서 별개로 경로가 정해져야 한다. 일부 경우에는, PSL과 PML간에 주고 받는 것으로 복구가 완료되도록 요구할 수도 있다. 여기에 대한 자세한 내용은 이 문서의 범주 밖이다.

n:m 보호

n:m 보호에서는, m개의 복구 경로를 이용하여 n개 까지의 워킹 경로를 보호한다. 만약 임의의 n개의 워킹 경로 상에서 어떤 단일 장애에 대비하여 보호를 하고자 한다면 n개의 워킹 경로와 m개의 복구 경로는 같은 PSL과 PML 간에 별개로 경로가 정해져야 한다. 일부 경우에

서는 PSL과 PML간에 주고 받는 것으로 복구가 완료되도록 요구할 수도 있다. 여기에 대한 자세한 내용은 이 문서의 범주 밖이다. n:m 보호는 좀 더 연구가 필요하다.

분할(split) 경로 보호

분할 경로 보호에서는, 다중의 복구 경로가 어떤 설정 가능한 부하 분할 비율 (splitting ratio)에 기반하여 워킹 경로의 트래픽을 전달하도록 허용할 수 있다. 이것은 특히 장애가 발생한 경우에 워킹 경로의 전체 트래픽을 전달할 수 있는 하나의 복구 경로도 존재하지 않을 경우에 유용하다. 분할 경로 보호는 PSL과 PML간에 주고 받는 것이 필요하게 되고 PML이 워킹 경로와 함께 다중의 복구 경로 상에 도착하는 트래픽과 서로 연관되도록 요구할 수 있다. 비록 이것은 관심을 끄는 옵션은 아니지만, 분할 경로 보호는 이 문서의 범주 밖이다.

3.4.3 우회 터널

어떤 경우에는 PSL과 PML 사이에 PPG를 위한 “우회 터널”을 형성하는 것이 그것에 의하여 여러 개의 복구 경로가 개입된 LSRs에 투명하게 되도록 하기 때문에 좋을 수 있다. 이런 경우에는, 한 개의 LSP (터널)가 만족스러운 경로를 따라 PSL과 PML 사이에 형성되고 수 많은 복구 경로가 라벨 스택킹에 의해 터널을 통해 지원된다. 우회 터널을 이용할 때 라벨 스택킹을 꼭 적용할 필요는 없다. 우회 터널은 이전 세션에서 논의하였던 임의의 경로 매핑 옵션과 같이 사용될 수 있다.

복구 경로를 가지고, 우회 터널은 서비스 성능이 저하되지 않고 복구를 제공하기에 충분한 자원 예약을 할 수도 있고 하지 않을 수도 있다. 우회 터널은 여러 개의 워킹 경로를 복구하기 위해 충분한 자원을 가지고 있을 수도 있지만 동시에 모두 그렇지 않다. 만약 임의의 주어진 시간에 터널에 트래픽을 전달하는 복구 경로의 수가 제한되어 있다면, 이것은 세션 3.4.2에서 언급한 n:1 혹은 n:m 보호 경우와 유사하다.

3.4.4 복구 입도

또 다른 복구의 범위는 보호를 요구하는 트래픽의 양을 고려한다. 이것은 한 경로의 일부에서부터 여러 경로의 묶음까지 분류할 수 있다.

3.4.4.1 선택 트래픽 복구

이 옵션은 같은 경로 내에 있는 트래픽의 한 부분에 대한 보호를 허용한다. 보호를 요구하는 각각의 경로상의 트래픽의 부분을 보호된 트래픽 부분 (PTP)라고 부른다. 하나의 경로가 서로 다른 보호 요구사항을 가지고서 다른 클래스의 트래픽을 전송할 수도 있다. 이 트래픽의 보호된 부분은 트래픽의 클래스에 의해 예를 들면, MPLS shim 헤더의 EXP 비트 혹은 ATM 헤더의 우선 순위 비트를 통해 식별될 수 있다.

3.4.4.2 번들링(Bundling)

번들링은 동시에 여러 개의 워킹 경로를 복구 하기 위하여 여러 워킹 경로를 함께 모으기 위해 사용되는 기술이다. 보호를 요구하는 여러 워킹 경로의 논리적인 번들링을 보호 경로 그룹 (PPG)이라고 부른다. 워킹 경로 각각이 PSL과 PML사이에서 동일하게 경로가 정해진다. PPG를 전달하는 워킹 경로 상에 장애가 발생할 때, PPG는 대개 우회 터널로 교환 되도록 하거나 복구 경로로 교환되게하여 보호될 수 있다.

3.4.5 복구 길 자원 사용

이미 예약된 복구 경로인 경우에, 복구 경로가 사용 중이지 않을 때 이런 자원을 사용할 수 있는가의 문제가 있다. 여기에는 두가지 옵션이 있다.

전용 자원 (Dedicated-resource) :

만약 복구 경로 자원이 전용으로 할당되어 있으면, 이 자원은 워킹 트래픽을 전달하는 이외에 어떤 것을 위해서도 사용될 수 없다. 예를 들면, 1+1 보호의 경우에, 워킹 트래픽은 항상 복구 경로 상에 전달된다. 비록 복구 경로가 항상 워킹 트래픽을 전달하지 않더라도, 이런 자원을 사용하도록 다른 트래픽에게 허용하는 것은 가능하거나 바람직 하지 않다.

여분의 트래픽 허용 (Extra-traffic-allowed) :

만약 복구 경로가 워킹 경로가 장애가 발생할 때 워킹 트래픽만 전달한다면, 다른 시간에는 예약된 자원을 여분의 트래픽이 이용할 수 있도록 할 수 있다. 여분의 트래픽은 정의에 의해 복구 경로 자원이 워킹 경로 트래픽 전달을 위해 필요로 될때마다 (서비스 계약을 위반하지 않고) 옮겨질 수 있는 트래픽이다.

공유 자원 (Shared-resource) :

공유된 복구 자원은 (SRLGs에 따라서) 동시에 장애가 발생하지 않을 것으로 기대되는 여러 개의 우선 자원에 의해 사용할 수 있도록 내 놓는다.

3.5. 장애검출

하위 계층 장애 혹은 IP 계층에서의 장애 혹은 MPLS 기반 메커니즘의 동작에서 장애를 검출한 후에 MPLS 복구가 시작된다. 여기에서 4가지 클래스의 손상을 고려한다. : 경로 장애, 경로 성능 저하, 링크 장애와 링크 성능 저하

경로 장애(Path Failure (PF))은 경로의 연결이 끊어졌다는 것을 MPLS 기반 복구 기법에 지시하는 장애이다. 이것은 PSL과 PML 간의 경로 연속성 검사에 의해 검출할 수 있다. 일부, 가장 일반적으로, 경로 장애는 이웃 LSR간에 링크 검사(probing) 메커니즘을 이용하여 검출될 수 있다.

검사 (probing) 메커니즘의 예는 피어(peer) LSR간에 워킹 경로를 따라서 주기적으로 교환되는 liveness 메시지이다 [3].

링크 검사(probing) 메커니즘 혹은 경로 연속성 검사가 효과적이기 위해서는 검사 메시지가 검증된 세그먼트 상에서 워킹 경로 혹은 복구 경로와 같은 경로를 따라 반드시 보장되어야만 한다. 추가로, 경로 연속성 검사는 경로 합병 지점을 반드시 고려해야 한다. 양방향 링크가 두개의 단방향 링크로 구현된 경우에 경로 장애는 하나 혹은 두개의 단방향 링크가 손상된 것을 의미할 수 있다.

경로 성능저하 (PD)는 경로가 연결이 되어 있지만 연결의 품질이 받아들이기 어려운 경우에 MPLS 기반 복구 계획/메커니즘에 지시하는 장애가다. 이것은 경로 혹은 경로 상의 일부분에 발생한 어려움을 결정하기 위한 경로 성능 모니터링 메커니즘 혹은 일부 다른 메커니즘에 의해 검출될 수 있다. 이것은 LSR에 특정하고 예를 들면, 라벨 미스매치(mismatch) 혹은 TTL 에러에 의해 인터페이스에서 과도한 패키 패킷으로 구성된다.

링크 장애(LF)은 전달되는 경로 상에 있는 링크가 장애를 가지고 있다는 하위 계층의 지시한다. 만약 하위 계층이 이런 장애(즉, 링크 장애를 지시하는 어떤 결함, 예, SONET LOS) 검출과 보고를 지원하면, 이것은 MPLS 복구 메커니즘을 이용할 수 있다. 어떤 경우에는, LF 지시를 이용하는 것이 MPLS 기반 장애 검출 메커니즘을 이용하는 것 보다 더 빠르게 장애를 검출할 수도 있다.

링크 성능 저하 (LD)는 전달되는 경로 상에 있는 링크가 받아 들일 수 있는 수준 이하의 성능에 있다는 하위 계층의 지시이다. 만약 하위 계층이 이런 장애의 검출과 보고를 지원하면, 이것은 MPLS 기반 복구 메커니즘을 이용할 수 있다. 일부 경우에는, LD 지시를 이용하는 것이 MPLS 기반 장애검출 메커니즘만 사용하는 것 보다 더 빠르게 장애검출을 할 수 있다.

3.6. 장애통지

MPLS 기반 복구는 장애에 대해 빠르고 신뢰성 있는 통지에 의존한다. 일단 장애가 검출되면, 장애를 검출한 노드는 장애가 경로 복구를 요구해야 할 정도로 심각한지를 결정해야 한다.

만약 노드가 직접적인 실행을 개시할 수 없으면 (즉 복구 지점, POR), 노드는 POR에게 FIS를 전달하여 장애통지를 할 수 있어야 한다.

이것은 여러가지 형태를 가질 수 있다:

- (i) 제어 평면 메시징 : POR에 도착할 때까지 장애가 발생한 LSP 경로 업스트림을 따라 흠바이 흠으로 전달된다.
- (ii) 사용자 평면 메시징 : 장애를 제거하는 액션을 취하든지 (1+1 POR 처럼) 임의의 여러 수단에 의해 (1:n) POR과 통신을 통해 PML에 다운스트림으로 보내진다.
 - 제어 평면 메시징
 - 사용자 평면 응답 경로 (양방향 LSP 혹은 다른 수단을 이용)

FIS는 제어 메시지가기 때문에, 영향을 받은 POR 쪽으로 빠르게 전파되도록 하기 위해 높은 우선 순위를 가지고 전달되어야 한다. 장애통지가 MPLS 도메인의 LSR에 어떻게 설정되느냐

에 따라서 FIS는 계층 2 혹은 계층 3 패킷[4]처럼 보내질 수 있다. 계층 2 기반 통지를 이용하는 것은 POR에 직접 연결된 계층 2 경로를 요구한다.

FIS의 예는 다운스트림 LSR이 자신의 업스트림 이웃에게 부가적인 장애통지 필드를 설정해서 liveness 메시지를 보내거나 teardown 메시지의해 묵시적으로 지시할 수도 있다. 선택적으로 독립된 장애통지 패킷일 수도 있다. 중간 LSR은 FIS를 전파하기 위해서 어느 링크가 들어오는 링크인지를 식별할 수 있어야 한다.

3.7. 스위치 오버 동작

3.7.1 복구 발생

장애의 검출 혹은 통지 후에 뒤따르는 MPLS 보호 스위치의 실행은 PSL에서 트리거 메커니즘을 요구한다. MPLS 보호 교환(Protection Switching)은 자동 입력 혹은 외부 명령에 의해 개시될 수 있다. MPLS 보호 스위치의 자동 실행은 결함에 대한 응답, 혹은 PSL에서 검출된 장애 상태, 혹은 PSL에서 수신한 장애 통지 때문에 생긴다.

장애 검출과 트리거 메커니즘은 결합될 수 있다. PF, PD, LF, 혹은 LD가 PSL에서 검출될 때 보호 스위치가 복구 경로로 트리거한다. 그러나, 대부분의 경우에, 검출 및 트리거 메커니즘은 별개이다. POR에서 보호 스위치 트리거 역할을 하는 FIS를 따라 POR에 장애 통지 전파에 뒤따르는 일부 중간 LSR에서 장애 검출을 포함한다.

외부 명령에 응답하는 MPLS 보호 교환(Protection Switching)은 운영자가 POR에게 명령에 의해 (혹은 부가적으로 POR 쪽으로 FIS를 보내는 중간 LSR에 구성 명령에 의해) 보호 스위치를 시작할 때 생긴다. PF 장애는 하드(hard) 장애(파이버 절단 (fiber cuts), 송신자(transmitter) 장애, 혹은 LSR 패브릭 장애)에 적용한다. LF 장애도 마찬가지이다. LF가 MPLS 기반 복구 메커니즘과 통신하는 하위 계층 결함이라는 차이를 가지고 있다는 것을 유념하라.

반면에, PD (혹은 LD) 장애는 소프트 결함(예를 들면, 링크 상에 잡음 때문에 생긴 과도한 에러)에 적용한다. PD (혹은 LD)는 손실된 패킷의 백분율이 주어진 임계치를 초과할때만 장애 선언으로 귀착된다. 여기서 임계값은 서비스 제공자와 고객 간에 사실상 서비스 수준 동의(service level agreement(s))에 기반하여 제공되고 설정된다.

3.7.2 복구 행동

장애가 검출되거나 POR로부터 FIS를 수신 받은 후에, 복구 실행은 재라우팅(rerouting) 혹은 보호 교환(Protection Switching) 동작에 들어간다. 양쪽 시나리오에서, 복구 경로를 위한 다음 번 홉 라벨 포워딩은 워킹 경로에 한정된다.

3.8. 복구 후 운영

트래픽이 복구 경로 상으로 흐르고 있을 때, 트래픽을 복구 경로에 남겨두고서 이것을 새로운 워킹 경로로 간주할 것인지 아니면 이전의 혹은 새로운 워킹 경로로 교환을 할 것인지를 결정한다. 이런 복구 후 동작은 두가지 스타일을 가지고 있다. 하나는 보호 상대들, 즉 워킹 경로와 복구 경로가 자신의 경로에 편향이 없거나 “고정(pinned)”된 경우이고, 또 하나는 실시간 장애 정보를 가지고 있는 PSL 혹은 다른 네트워크 엔터티가 동적으로 보호된 서비스를 구성하는 경로의 재설정과 통제된 재배치를 수행하는 것이다.

3.8.1 고정 보호 사본

고정 보호 상대들을 위하여 PSL은 원래의 고정된 경로가 서비스 할 수 있도록 복원될 때 취해야 할 적절한 작동 상태로 사전에 설정될 것이다. 선택은 복귀와 비-복귀 모드이다. 선택은 전형적으로 워킹과 보호 경로의 상태적인 비용과 다시 교환 경로의 영향에 서비스의 허용오차(tolerance)에 따라 달라지게 된다. 이런 보호 모드는 보호 트래픽에 대한 선호 경로가 있는지 없는지를 지시한다.

3.8.1.1 복귀 모드 (Revertive Mode)

만약 워킹 경로가 항상 선호 경로이면, 이 경로는 이용가능할 때마다 사용될 수 있을것이다. 따라서, 이 경로의 장애 이벤트때, 이 경로의 사용되지 않은 자원을 장애가 있는 네트워크에게 다시 요구하지 않을 것이다. 만약 워킹 경로가 장애를 가지고 있다면, 트래픽은 복구 경로로 교환된다. 복귀 모드의 동작에서, 선호 경로가 복원될 때, 트래픽은 자동적으로 선호경로로 스위치백 된다.

워킹과 복구 경로를 고정(pinned)하는데 많은 연관관계가 있다.

- 장애가 발생하고 트래픽이 복구 경로로 이동된 후에, 트래픽은 원래의 워킹 경로에 결함이 생긴 경로가 복구되고 경로가 서비스할 수 있도록 복원되는 시간까지 보호 되지 않고 있다.
- 장애가 발생하고 트래픽이 복구 경로로 이동된 후에, 원래 경로와 관련된 자원은 예약 상태로 유지된다.

3.8.1.2 비-복귀 모드 (Non-revertive Mode)

비-복귀 모드 동작에서는, 우선 경로가 없거나 복귀 교환 동작에 통해 야기된 더 이상의 서비스 분열을 최소화하는 것이 바람직하다. 원래 워킹 경로로의 스위치백은 원래의 경로가 그 경로 상의 장애 발생 후에 더 이상 존재하지 않기 때문에 바람직하지 않거나 가능하지가 않다.

만약 워킹 경로에 장애가 있다면, 트래픽은 복구 경로로 교환된다. 장애가 발생한 경로 (원래 워킹 경로)가 복원될 때 혹은 복원 되다면, 복구 경로가 될 수 있다 (구성 설정에 의해서 혹은 원한다면 관리 동작을 통해서).

비-복귀 모드 동작에서, 워킹 트래픽은 새로운 최적 워킹 경로 혹은 원래의 워킹 경로에 복원되거나 되지 않을 수도 있다. 이것은 일부 경우에 어느 하나에 유용할 수 있기 때문이다:

(a) 경로의 무결성에 관해 좀더 확신을 얻은 후에 원래의 워킹 경로로 스위치 백하여 관리적으로 보호를 수행한다. 혹은

(b) 복구 경로 상에 동작을 연속하는 것이 만족스러울 수도 있다. 혹은

(c) 네트워크 토폴로지와 네트워크 정책에 기반하여 계산된 새로운 최적 워킹 경로에 트래픽을 이동하는 것이 바람직할 수도 있다.

일단 새로운 워킹 경로가 정의되면, 관련된 복구 경로도 설정될 수 있다.

3.8.2 동적 보호 사본

동적 보호 상대들에 대하여 트래픽이 복구 경로로 스위치오버될 때, 원래의 워킹 경로와 복구 경로 간에 관련성이 더 이상 존재하지 않는다. 왜냐하면 원래의 경로 자체가 장애 후에 더 이상 존재하지 않기 때문이다. 대신에 네트워크가 라우팅 수렴을 통해 안정된 상태에 도달할 때, 복구 경로는 새로운 네트워크 토폴로지와 관련된 정보에 기반한 최적화나 사전에 설정된 정보에 기반한 최적화로 다른 우선 경로로 스위치 오버 될 수 있다.

동적 보호 상대들은 결함이 있을대, PSL 혹은 다른 네트워크 엔터티가 만약 또다른 스위치 오버가 수행될 거라면 새로운 워킹 경로를 설정할 것이라고 가정한다.

3.8.3 복구와 통지

MPLS 복원은 복구 경로에서부터 원래의 혹은 새로운 워킹 경로까지 워킹 트래픽을 되돌려주도록 해 준다. 복귀는 FRS를 따라 통지를 받았서 워킹 경로가 복구되었음을 나타내거나 혹은 새로운 워킹 경로가 설정되었다는 통지를 받았을 때 PSL에 의해 수행된다.

복귀 모드에서 고정된 상대들에 대하여, 워킹 경로 상에 장애를 검출한 LSR이 워킹 경로의 복원을 또한 검출한다. 만약 워킹 경로가 LF 결함이 발생하게 되면, LSR은 자신의 피어(peer)로부터 liveness 메시지 받고서 정상 동작으로 복귀를 검출한다. 만약 워킹 경로가 LSR 인터페이스에서 LD 결함이 발생하게 되면, LSR은 인터페이스 상에서 에러 없는 패킷을 수신 재개하고 정상 동작으로 복귀를 검출할 수 있다. 대안으로, LF 결함을 더 이상 검출할 수 없는 하위 계층은 자신의 피어(peer) LSR에 링크가 사용가능한 LSR에서 MPLS 기반 복구 메커니즘을 알려줄 수 있다. 그런 후 LSR은 워킹 경로 상으로 트래픽을 전달하는 업스트림 LSR에 FRS를 보낸다. PSL이 FRS를 받는 시점에서 원래의 워킹 경로로 다시 워킹 트래픽을 교환한다.

예를 들면 토폴로지 갱신과/혹은 네트워크 수렴이 설치를 트리거 하거나 새로운 워킹 경로를 설정하고 스위치 오버를 수행하기 위해 PSL에 통지를 보낼 수도 있는 동적 상대들을 위해 유사한 방법이 사용된다.

만약 PSL을 향하여 복구 경로쪽으로 다시 장애 정보를 전달하는 방법이 있고 만약 복구 경로

가 동등한 워킹 경로가 있다면, 일단 원래의 워킹 경로가 잇따르는 장애를 복구하면 워킹 경로와 복구 경로가 역할을 바꾸는 것이 가능하다. 이것은 그런 경우에 복구 경로가 효과적으로 워킹 경로가 되기 때문이고 복원된 워킹 경로는 원래의 복구 경로를 위하여 복구 경로로서 기능을 한다. 이것은 복구 경로가 보호되지 않은 상태로 두지 않고, 세션 4.8.1에 개략적으로 설명한 비-복귀 스위치 동작의 이득을 얻을 수 있기 때문에 중요하다.

3.8.4 이전 길로의 복귀

복귀 모드에서, 네트워크 결함이 발생할 때 보호 교환(Protection Switching)을 수행하는 것보다 덜 파괴적인 “make before break” 복원 교환이 사용될 수 있다. 이것은 패킷 손실과 패킷 재배열(reordering) 모두를 최소화할 것이다. 경로의 통제된 재배치는 또한 MPLS 도메인을 따라 부하 균등을 위한 트래픽 엔지니어링 요구사항을 만족시키기 위해서 사용될 수 있다.

3.9. 성능

복구 경로를 위한 자원/성능 요구사항들은 다음과 같은 속성으로 명세될 수 있어야 한다:

I. 자원 클래스 속성 : 동등 복구 클래스 : 복구 경로는 워킹 경로와 똑 같은 성능 보장을 할 수 있다. 바꾸어 말하면, 복구 경로는 워킹 경로와 같은 SLA를 만족한다.

제한된 복구 클래스 : 복구 경로는 워킹 경로와 같은 성능 보장을 하지 않는다.

A. 낮은 클래스 : 복구 경로는 워킹 경로 보다 좀 더 낮은 자원 요구사항 혹은 덜 엄격한 성능 요구사항을 가진다.

B. 최선형 클래스 : 복구 경로가 최선형이다.

II. 우선(priority) 속성 : 복구 경로는 워킹 경로와 같은 우선 속성을 가진다 (즉, 관련 트래픽 트렁크의 우선 속성). 이것은 워킹 경로 혹은 더 낮은 우선 순위의 경로와 같은 우선권을 가질 수 있다.

III. 선취(preemption) 속성 : 복구 경로는 워킹 경로 혹은 더 낮은 경로와 같은 선취 특성을 가질 수 있다.

4. MPLS 복구 특징

다음과 같은 특징이 운영의 관점에서는 바람직하다:

I. MPLS 복구는 보호 그룹(PPGs)과 보호 부분(PTPs)을 식별하기 위한 옵션을 제공하는 것이 바람직하다.

II. 각 PSL은 손상의 검출 혹은 손상 통지를 받고서 MPLS 복구를 수행할 수 있어야 한다.

III. MPLS 복구 방법은 매뉴얼 보호 교환 (protection switching) 명령을 제외해서는 안 된다. 이것은 일단 워킹 경로가 장애를 가지고 운영될 때, 워킹 경로에서부터 복구 경로까지 트래픽을 전달하거나 혹은 복구 경로에서부터 워킹 경로까지 트래픽 전달하기 위한 관리상의 명령이 가능할 수 있다는 것을 의미한다.

IV. PSL은 장애가 제거된 후에 원래의 워킹 경로로 스위치백 하거나 더 많은 최적 워킹 경로 발견 및 설정하여 새로운 워킹 경로로 스위치 오버를 수행할 수도 있다.

V. 복구 모델은 중간 LSR에서 경로 합병을 고려해야 한다. 만약 장애가 합병된 세그먼트에 영향을 미치면, 합병된 세그먼트를 공유하는 모든 경로는 복구할 수 있어야 한다. 유사하게, 만약 장애가 합병 되지 않은 세그먼트에서 영향을 미치면, 장애에 영향을 받는 단지 하나의 경로만 복구되어야 한다.

5. 비교 기준

MPLS 기반 복구 기법의 비료를 위해 사용할 수 있는 기준은 다음과 같다:

복구 시간

복구시간은 장애가 발생한 후에 복구 경로가 실행되는데 (그리고 트래픽이 흐르는데) 요구되는 시간으로 정의한다. 복구 시간은 장애검출 시간, Hold-off 시간, 통지 시간, 복구 동작 시간, 트래픽 복원 시간의 합이다. 바꾸어 말하면, 네트워크에서 노드 혹은 링크의 장애사이의 시간과 복구 경로가 준비되고 트래픽이 복구 경로를 따라 흐르기 시작하는 시간이다.

완전 복원 시간

영구적인 복원을 위해 필요한 시간으로서 완전 복원 시간을 정의한다. 이것은 복구 시나리오에서 트래픽을 제어 가능하거나 충분히 엔지니어링 되는 링크 상으로 트래픽을 보내기 위해서 요구되는 시간이다. 이 시간은 동등한 복구 경로를 사용하는가 아니면 제약된 복구 경로를 사용하는가에 따라서 “복구 시간”과 다를 수도 그렇지 않을 수도 있다는 점에 유의하라.

설정 취약성 (Setup vulnerability)

워킹 경로 혹은 워킹 경로들의 집합이 복구 경로 계산과 복구 경로 설정 같은 작업 동안 보호 되지 않은 상태로 남겨진 시간의 양이 계획들을 비교하는데 이용될 수 있다. 이런 취약성의 특징은 고려되어야 한다. 즉 중단간 계획은 워킹 경로 취약성과 관련하고, 로컬 복구 계획은 워킹 경로를 교차하는 토폴로지 상관관계를 가지고, 네트워크 계획 접근 방법은 전체 네트워크에 영향을 주는 상관관계를 가진다.

백업 능력

복구 계획은 장애 이벤트에서 다른 양의 “백업 능력”을 요구할 수도 있다. 이 능력은 네트워크의 트래픽 특성에 따라 달라질 것이다. 그러나, 시그널링과 재라우팅(re-routing) 방법뿐만 아니라 특정 보호 계획 선택에 따라 달라질 수 있다.

부가적인 지연

복구 계획은 트래픽에 부가적인 지연 시간을 야기한다. 예를 들면, 복구 경로는 워킹 경로 보다 더 많은 홉이 필요하다. 이것은 복구 경로 선택 알고리즘에 따라 달라질 수 있다.

보호의 품질

복구 계획은 “상대적”에서부터 “절대적”까지 범위의 “패킷 생존성(survivability)”의 스펙트럼을 포함하도록 고려되될 수 있다. 상대적인 생존성은 패킷이 예를 들면, 장애에서 살아남은 네트워크 부분의 자원이 맞서는 같은 diff-serv 코드 포인트 (DSCP)처럼, 다른 트래픽과 같은 자격(footing)이 있음을 의미한다. 절대적인 생존성은 보호된 트래픽의 생존성이 명백한 보증이 가능함을 의미한다.

재배열(re-ordering)

복구 계획은 패킷의 재배열(re-ordering)이 필요할 수 있다. 또한 트래픽을 선호 경로에 넣도록 실행하는 것은 패킷 재배열(re-ordering)을 야기할 수 있다.

상태 오버헤드 (State Overhead)

보호 계획에서 복구 경로의 수가 증가함에 따라서, 이것을 유지하기 위해 필요한 상태가 또한 증가하게 된다. 계획이 어떤 수준의 적용을 유지하기 위하여 다른 수의 경로를 요구할 수도 있다. 요구되는 상태는 또한 복구하기 위해서 사용되는 특정 계획에 따라 달라진다. 많은 경우에, 상태 오버헤드는 복구 경로의 수에 비례하게 된다. 상태 오버헤드는 여러 매개변수의 함수일가 될 수 있다. 예를들면, 복구 경로의 수와 보호 설비의 수(링크, 노드 혹은 보호 링크 위험 그룹(SRLGs))가 있다.

손실 (Loss)

복구 계획은 복구 경로에 스위치 오버 되는 동안에 어떤양의 패킷 손실을 발생할 수 있다. 복구 동안 손실을 발생하는 계획은 링크 속도에 비례하여 복구 시간을 평가하여 이런 손실을 측정할 수 있다. 링크 혹은 노드 장애의 경우에는 약간의 패킷 손실은 불가피하다.

적용범위 (Coverage)

복구 계획은 다양한 종류의 failover 적용 범위를 제공할 수 있다.
전체 적용 범위는 여러가지의 메트릭(metric)으로 규정될 수 있다.

I. 장애 유형 : 복구 계획은 링크 장애만, 혹은 노드와 링크 장애를 함께, 또는 성능 저하된 서비스에 책임을 져야 한다. 예를 들면, 복구 계획은 노드 장애를 고려하기 위해 더 많은 복구 경로를 요구할 수도 있다.

II. 동시에 발생한 장애의 수 : 보호 계획에 있는 복구 경로의 배치에 따라 달라진다. 여러 개의 장애 시나리오를 이용하여 복원될 수 있다.

III. 복구 경로의 수 : 주어진 장애에 대하여, 하나 혹은 더 이상의 복구 경로가 있을 수 있다.

IV. 적용의 백분율 : 계획과 그것의 구현에 따라 달라진다. 장애의 몇 퍼센트가 보호될 수 있다. 이것은 링크 장애의 퍼센트와 노드 장애의 퍼센트로 세분화 될 수 있다.

V. 보호된 경로의 수에 따라 장애에 의해 영향을 받는 전체 경로가 얼마나 빨리 복구 될 수 있는지를 알 수 있다. 보호된 비율은 n/N 이다. 여기서 n 은 보호된 경로의 수이고 N 은 전체 경로의 수이다.

6. 보안 고려사항

이 문서중에 명시된 MPLS 복구는 MPLS 구조에 이미 언급되지 않은 어떤 보안 이슈도 제기하지 않는다.

복구 경로에 관한 정보의 기밀 혹은 암호화는 이문서의 범주 밖이지만 다른 상황에서 이를 할려고하는 어떤 방법도 이 문서에서 기술한 방법을 사용하게 될 것이다.

7. 지적 소유권 고려사항

IETF는 이 문서에 포함된 규격의 일부 혹은 모두에 관련하여 요구된 지적 소유권을 통지해 왔다.

더 많은 정보를 위해서는 공언된 권리의 온라인 리스트를 참고하십시오.

8. Acknowledgements

We would like to thank members of the MPLS WG mailing list for their suggestions on the earlier versions of this document. In particular, Bora Akyol, Dave Allan, Dave Danenberg, Sharam Davari, and Neil Harrison whose suggestions and comments were very helpful in revising the document.

The editors would like to give very special thanks to Curtis Villamizar for his careful and extremely thorough reading of the document and for taking the time to provide numerous suggestions, which were very helpful in the last couple of revisions of the document. Thanks are also due to Adrian Farrel for a through reading of the last version of the document, and to Jean-Phillipe Vasseur and Anna Charny for several useful editorial comments and suggestions, and for input on bandwidth recovery.

9. References

9.1 Normative

- [RFC3031] Rosen, E., Viswanathan, A. and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031, January 2001.
- [RFC2702] Awduche, D., Malcolm, J., Agogbua, J., O'Dell, M. and J. McManus, "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS", RFC 2702, September 1999.
- [RFC3209] Awduche, D., Berger, L., Gan, D., Li, T., Srinivasan, V. and G. Swallow, "RSVP-TE Extensions to RSVP for LSP Tunnels", RFC 3209, December 2001.
- [RFC3212] Jamoussi, B. (Ed.), Andersson, L., Callon, R., Dantu, R., Wu, L., Doolan, P., Worster, T., Feldman, N., Fredette, A., Girish, M., Gray, E., Heinanen, J., Kilty, T. and A. Malis, "Constraint-Based LSP Setup using LDP", RFC 3212, January 2002.

9.2 Informative

[MPLS-BACKUP] Vasseur, J. P., Charny, A., LeFaucheur, F., and Achirica, "MPLS Traffic Engineering Fast reroute: backup tunnel path computation for bandwidth protection", Work in Progress.

[MPLS-PATH] Haung, C., Sharma, V., Owens, K., Makam, V. "Building Reliable MPLS Networks Using a Path Protection Mechanism", IEEE Commun. Mag., Vol. 40, Issue 3, March 2002, pp. 156-162.

[RFC2205] Braden, R., Zhang, L., Berson, S., Herzog, S., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) -- Version 1 Functional Specification", RFC 2205, September 1997.

10. Contributing Authors

This document was the collective work of several individuals over a period of three years. The text and content of this document was contributed by the editors and the co-authors listed below. (The contact information for the editors appears in Section 11, and is not repeated below.)

Ben Mack-Crane
Tellabs Operations, Inc.
1415 West Diehl Road
Naperville, IL 60563

Phone: (630) 798-6197
EMail: Ben.Mack-Crane@tellabs.com

Srinivas Makam
Eshernet, Inc.
1712 Ada Ct.
Naperville, IL 60540

Phone: (630) 308-3213
EMail: Smakam60540@yahoo.com

Sharma & Hellstrand

Informational

[Page 37]

RFC 3469

Framework for MPLS-based Recovery

February 2003

Ken Owens

Edward Jones Investments

201 Progress Parkway

St. Louis, MO 63146

Phone: (314) 515-3431

E-Mail: ken.owens@edwardjones.com

Changcheng Huang

Carleton University

Minto Center, Rm. 3082

1125 Colonial By Drive

Ottawa, Ont. K1S 5B6 Canada

Phone: (613) 520-2600 x2477

E-Mail: Changcheng.Huang@sce.carleton.ca

Jon Weil

Brad Cain

Storigen Systems

650 Suffolk Street

Lowell, MA 01854

Phone: (978) 323-4454

E-Mail: bcain@storigen.com

Loa Andersson

E-Mail: loa@pi.se

Bilel Jamoussi
Nortel Networks
3 Federal Street, BL3-03
Billerica, MA 01821, USA

Phone:(978) 288-4506
E-Mail: jamoussi@nortelnetworks.com

Sharma & Hellstrand

Informational

[Page 38]

RFC 3469

Framework for MPLS-based Recovery

February 2003

Angela Chiu
AT&T Labs-Research
200 Laurel Ave. Rm A5-1F13
Middletown , NJ 07748

Phone: (732) 420-9061
E-Mail: chiu@research.att.com

Seyhan Civanlar
Lemur Networks, Inc.
135 West 20th Street, 5th Floor
New York, NY 10011

Phone: (212) 367-7676
EMail: scivanlar@lemurnetworks.com

11. Editors' Addresses

Vishal Sharma (Editor)
Metanoia, Inc.
1600 Villa Street, Unit 352
Mountain View, CA 94041-1174

Phone: (650) 386-6723
EMail: v.sharma@ieee.org

Fiffi Hellstrand (Editor)
Nortel Networks
St Eriksgatan 115
PO Box 6701
113 85 Stockholm, Sweden

Phone: +46 8 5088 3687
EMail: fiffi@nortelnetworks.com

12. Full Copyright Statement

Copyright (C) The Internet Society (2003). All Rights Reserved.

This document and translations of it may be copied and furnished to others, and derivative works that comment on or otherwise explain it or assist in its implementation may be prepared, copied, published and distributed, in whole or in part, without restriction of any kind, provided that the above copyright notice and this paragraph are included on all such copies and derivative works. However, this document itself may not be modified in any way, such as by removing the copyright notice or references to the Internet Society or other Internet organizations, except as needed for the purpose of developing Internet standards in which case the procedures for copyrights defined in the Internet Standards process must be followed, or as required to translate it into languages other than English.

The limited permissions granted above are perpetual and will not be revoked by the Internet Society or its successors or assigns.

This document and the information contained herein is provided on an "AS IS" basis and THE INTERNET SOCIETY AND THE INTERNET ENGINEERING TASK FORCE DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY WARRANTY THAT THE USE OF THE INFORMATION HEREIN WILL NOT INFRINGE ANY RIGHTS OR ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Acknowledgement

Funding for the RFC Editor function is currently provided by the Internet Society.