

특 집

광 네트워크에서 보호(Protection)와 복구(Restoration)

한 치 문*, 이 순 석**, 김 영 부**

*한국외국어대학교 전자정보공학부 **한국전자통신연구원 네트워크기술연구소

I. 서 론

오늘날 네트워크 모델은 많은 데이터 트래픽을 전달하는데 적합한 구조로 진화하고 있다. 이러한 네트워크 모델의 대표적인 예가 OTN(Optical Transport Network)의 IP/MPLS 구조이며, 현재의 네트워크 모델은 IP/ATM/SDH/WDM 형태이다.

이처럼 오늘날 네트워크는 IP, FR/ATM, SDH, WDM 등이 구조적으로 혼합된 계층적 네트워크 구조를 가지며, 각 계층별 운용체계가 독립적이며 또한 복잡한 형태로 운용되고 있다. 따라서 통신망의 설계는 통신망 내의 어떤 장애가 발생하였을 때, 받아질 수 있는 서비스 레벨을 유지하도록 하여야 한다. 특히 오늘날 네트워크는 중단 대 중단 서비스 요구조건을 만족시키기 위해 내부에 클라이언트-서버 관계로 동작하는 네트워크 계층에서 통합하는 다양한 기술 중 하나를 이용하여 구축한다. 모든 서비스는 유용성으로 자신의 요구사항을 가지고 있다. 반대로 각 네트워크 계층은 전형적으로 네트워크 생존성을 유지하기 위해 보호 또는 복구 전략을 선택할 권리를 가지고 있다.

이러한 개념을 바탕으로 단일계층 생존전략은 오래 동안 연구되어 왔으며, SDH처럼 일부 계층에 대해 보호기술이 표준화되어 있다. 그러나 단일 계층 네트워크에서 동작하는 한 개의 생존성 기술의 사용은 정당한 가격으로 모든 서비스에 대해 요구하는 QoS 레벨을 제공하기 위한 최선

의 방법은 아니다. 다중 계층 생존성 기술은 서로 다른 네트워크 계층에서 제공하는 생존성 기술을 통합함으로써 상기의 문제들을 해결할 것으로 기대된다.

이상의 관점에서 오늘날 다중 계층 생존성 연구는 IP over WDM 네트워크 구조에 초점을 둔다. 예를 들면, IP/POS/WDM, IP/DPT/WDM, IP/GbE/WDM이다. 다시 말하면 광네트워크이다.

따라서 본 고에서는 광네트워크의 생존성 기술로 보호와 복구에 대해서 알아보고, 장애복구를 위한 GMPLS 모델에 대해 장애 복구 방법 및 방식에 대해 검토한다.

II. 광계층에서 네트워크 생존성 기술

전달망 생존성의 향상은 보호(Protection)와 복구(Restoration)라는 2가지 전략을 이용하여 얻을 수 있다. 보호는 장애 혹은 노화된 전송 개체를 대체하기 위하여 노드 사이에 미리 할당된 용량을 이용하며, 주로 링형과 메쉬형 네트워크에서 이용되고 있다. 복구는 장애 개체를 대체할 수 있는 전달 개체를 찾기 위하여 노드 간에 가능한 용량을 이용한다. 이는 메쉬형 네트워크에서 주로 사용된다. 복구는 장애가 발생하였을 때, 장애가 발생한 네트워크 개체를 회복시키기 위해 새로운 경로를 찾는 재라우팅 알고리즘에 기반을 두고 있다.

1. 보호(Protection)

ITU-T 권고 G.872에 따르면, 광계층(Optical Layer)은 3개의 부계층 즉 Optical Channel Layer(OCh), Optical Multiplexer Section Layer(OMS), 그리고 Optical Transmission Section Layer(OTS)로 나누어진다. 자동 보호는 OMS 및 OCh 계층에서 이루어진다.

OMS 보호는 광섬유에 의해 운반되는 모든 파장들이 함께 보호되는 형태의 bulk 보호이다. 이러한 형태의 보호는 간단하며, 빠르고 견고하다. 결점은 네트워크 이용 효율이 낮으며, 정밀하지 못하다. 즉 광섬유 레벨에서 보호되고 있다.

OCh 보호에서는 오직 선택된 파장만이 자동적으로 미리 할당된 보호 채널로 교체된다. 보호의 정교성은 OMS 보호보다 우수하며, 네트워크 자원의 효율적 이용이 가능하다.

OMS 보호와 OCh 보호는 전용(dedicated) 또는 공유(shared) 형태로 이용될 수 있다. 전용보호에서 각 동작 채널(working channel)은 항상 서로 다른 경로로 이중화되어 있다. 수신측에서 가장 좋은 채널을 선택한다. 그러므로 네트워크에서 전송 능력의 1/2은 보호를 위해 항상 예비 능력으로 남겨 두어야 한다.

반대로 공유보호(shared protection)에서 각 보호 자원은 장애 시에 다른 동작 채널로 복구하는데 이용된다. 따라서 공유보호는 전용보호(dedicated protection)보다 네트워크 이용 효율이 높다. 따라서 적절한 대기 capacity의 양은 주로 네트워크 토폴로지와 노드 사이의 트래픽 분배에 의존한다.

오늘날 OMS 전용보호는 전형적으로 WDM 점대점(point-to-point) 시스템으로 구현된다. 여기서 OCh 보호는 점대점 시스템과 OADM(Optical Add-Drop Multiplexer) 링에 이용된다. 가까운 장래에 OMS 공유 링이 가능하게 될 것이다.

2. 복구(Restoration)

복구방법(restoration scheme)은 적용되는

네트워크 계층과는 독립된 특징을 가지고 있다. 복구 절차(restoration process)는 5개 주 단계로 이루어진다. 즉 ① 장애 검출(detection of failure), ② 어메시지 전파(propagation of control message), ③ 새로운 경로 선택(selection of the new route), ④ 재라우팅(re-routing), ⑤ 정상상태 복구(return to normal)이다.

복구(restoration) 기술은 특성에 따라 다음과 같이 나누어지며, 그 중 하나로 구현될 수 있다.

- 집중 대 분산 제어구조(centralized vs. distributed control architecture)
- 동적 대 사전 계획 라우팅 전략(dynamic vs. pre-planned routing strategy)
- 복구 유형(restoration type) : 인접 노드, 중간 노드 혹은 종단 노드

집중제어 구조에서, 복구과정은 집중된 제어장치로부터 동작한다. 이 장치는 가끔 NMS(Network Management System)에 통합되기도 한다. 반면에, 분산제어 구조에서 복구과정은 네트워크 요소(element)에 위치한 제어장치에 의해 동작한다. 분산복구 방법은 전형적으로 집중 복구 방법보다 복구 속도가 빠르다. 그러나 네트워크 구조가 복잡하다.

동적 라우팅 전략은 복구 요구 시에 복구 경로는 네트워크 상태를 기초로 하여 결정한다. 반면에 사전 계획 라우팅 전략은 look up 테이블에 저장된 사전 계산된 경로를 따라 네트워크를 재구성한다. 사전 계획 복구(pre-planned restoration)는 전형적으로 동적복구 방식보다 보다 빠르게 복구된다. 그러나 항상 재라우팅 테이블의 갱신을 요구한다.

종단대종단 복구에서 장애 받은 트래픽을 다시 라우팅하기 위해 종단 노드들 사이에 새로운 경로를 찾아야 한다. 인접 노드 복구에서 장애 받은 트래픽은 장애를 받은 링크에 인접한 노드들 사이에서 재라우팅 된다. 중간노드 복구에서 장애 받은 트래픽은 복구 경로 선택에 어떠한 제한도

없이 재라우팅 된다. 중단대중단 복구는 동일한 장애 들에 대해 인접 노드 복구방식보다 적은 자원을 요구한다. 그러나 이는 복구 경로 사이에서 고도의 자원 공유 방법이 필요하다.

광네트워크에서 복구 기술은 각 노드가 OXC로 구성된 그물망 토폴로지(mesh topology)를 이용한 OCh 계층에서 구현될 수 있다. 오늘날 좋은 성능을 갖는 OXC 장비는 아직 실용화되어 있지 않다. 그러나 일부 벤더들은 빠른 분산 복구 방식을 위해 설계된 Opto-Electro Cross Connect를 개발하고 있다.

복구를 위해 예비 능력(standby capacity)에 관심을 가지다면, 한 개 링크 혹은 노드 장애에 대해 생존성을 보장하기 위해 복구에 필요한 여분의 파장 비율로 측정할 수 있다. 기본적인 특성을 달성을 위해서, 중단대중단 복구 방식에서는 60%, 인접 노드 방식에서는 약 80%가 필요하다는 보고가 있다.

3. 광전달 계층에서 우선 순위(Priority

Classes in the Optical Transport Layer)

광계층에서 이용 가능한 서로 다른 보호와 복구 기술이 클라이언트 계층과 서비스 요구 사항을 충족시킬 수 있는 네트워크 생존성 정책을 구현하기 위하여 함께 사용될 수 있다. 광전달 계층에서 네트워크 생존성 정책 구현은 네트워크 회복 성능(recovery performance)과 관련하여 상이한 등급의 서비스 제공 가능성을 고려하여야 한다. 따라서 생존성 우선 등급 개념을 개발해야 한다. 이것은 저장된 트래픽량(ex. 100%, 50%, 25%, 0%) 그리고 복구 시간(ex, 50msec, 1min, no guaranteed time), 그에 따른 비용으로 서로 상이한 효율에 의해 정의된다. 이와 같은 두 특성의 결합으로 다양한 것들이 제공될 수 있다. 생존성 성능의 보증은 최악의 경우 사용자가 그 성능을 이용 가능함과 동시에 더 좋은 성능 이용이 가능함을 의미한다.

복구 시간은 생존성을 구현을 위해 선택한 기술에 직접 관련이 있다. 이것은 장애 검출 속도(failure detection speed), 사용하는 프로토콜

및 알고리즘의 효율에 달려 있다. 보호 방식을 적용할 때, 전형적으로 50msec로 제한된다. 그러나 효율이 낮은 등급에서는 더 긴 시간이 허용된다. 만약에 100% 효율을 갖기 위한 복구 방식을 사용한다면, 복구 시간은 약 200msec일 것이다(동적 분산복구 방식 적용). 복구 효율은 복구 전략(1+1, 1:1, m:n) 또는 복구시 네트워크 복구의 가용 자원 그리고 네트워크에서 서로 다른 파장을 위한 라우팅 조건에 의존한다.

다음은 네트워크 운영자가 사용자에게 제공할 수 있는 우선 등급의 예를 정리한 것이다.

- High priority class I: (100%, 50msec) protection for path failure
사용자는 동일한 경로 내에서 노드 장애, 단일 링크 또는 다중 링크에 대해 SDH 시간 제한 내에서 모든 트래픽을 보호한다.
- High priority class II: (100%, 50msec) protection for single link failure
단일 링크 장애에 대해 SDH 시간 제한 내에서 100% 보호 효율 제공
- Medium priority class: (5%, 50msec)
이는 path failure coverage class와 link failure coverage class 내에서 여러 등급으로 구분한다.
- Low priority class: (50%, 1min)
- No protection

만약에 네트워크 내에 있는 모든 클라이언트 신호(client signal)가 high priority class I을 요구하면, 가능한 유일한 해는 1+1 OMS 혹은 OCh 자동 보호 방식을 사용하는 것이다. 반대로 클라이언트가 서로 다른 우선 등급을 요구하면, 광계층에서는 생존성 방법은 다음과 같은 특성을 가져야 한다.

- OCh 보호는 보호해야 할 파장 선택을 허용한다.
- 공유 보호 방식은 보호 채널에서 비보호 low priority 트래픽의 전송을 허용한다. 즉 high priority traffic이 protection을 요구할 때 폐기시킨다.

- OCh 복구는 장애에 의해 손상된 여러 채널의 재라우팅 순서에 우선순위를 허용한다.

동시에 제공되어지는 우선순위 등급의 수 및 그의 등급 그리고 제한 개체는 네트워크 설계에 중요한 파라미터이다.

III. 다중 계층 생존성 사이의 상호 동작 회피 방법

다중 계층 생존성 사이에 인터워킹 문제를 피할 수 있는 전략으로 다음과 같이 3가지를 고려할 수 있다.

- ① 신중한 생존성 전략 선택 (careful selection of the survivability schemes)
- ② 시스템에 Hold-off time 도입
- ③ 계층간에 신호 사용

위의 첫 두 전략은 산뜻한 네트워크 설계 전략이다. 원칙적으로 신호 혹은 메니지먼트 관점에서 네트워크 계층사이의 상호 작용은 요구하지 않는다. 그러나 클라이언트 계층의 네트워크 메니지먼트와 서버 계층의 네트워크 메니지먼트 사이의 통합은 약간의 이점을 가지고 있다.

세 번째 전략은 실시간 신호를 통해 얻을 수 있는 계층 사이에 강한 접속을 강요하는 것이다.

1. 메니지먼트 통합 (Management Integration)

오늘날 통신망에서 각 계층은 전적으로 계층간에 독립인 고유의 네트워크 메니지먼트를 가지고 있다. 이것은 IP/ATM/SDH/WDM 구조의 주요한 문제 중의 하나이다. 그러한 네트워크의 복잡성은 네트워크 동작에 요구되는 메니지먼트 시스템 수에 관계가 있다.

서버 계층(WDM OCh)은 각 클라이언트 신호에 의해 요구되는 어떤 레벨의 생존성을 요구하는지 알 필요가 있다. 반대로 클라이언트 계층이 각 서버 계층에 대해 어떤 정보를 알고 있다면 좀더 세련된 결정을 할 수 있다. 예를 들면 서버 계층의 정보는 다음과 같다.

- 토폴로지 (topology)
- 라우팅 (routing)
- 보호 형태 (type of protection)

예를 들면, IP 계층에서 라우팅을 위해 OSPF의 사용은 서로 다른 TOS를 위해 서로 다른 경로 정의를 허용한다. 그러나 이러한 응용은 링크 코스트에 상응하는 계산을 위해 라우터 사이에 커넥션 등에 대한 생존성 특성의 지식을 요구한다. 이러한 정보는 전형적으로 IP 계층에서는 불가능하다. 그러므로 통합 생존성 전략은 중단 없는 내부 계층 메니지먼트의 도입에 의해 개선될 수 있다.

2. 내부 계층간 신호 도입 (Inter-layer Signaling)

생존성 성능의 개선은 계층 사이에 실시간 신호(signaling)에 의해 달성할 수 있다. OAM 신호의 완벽한 셋은 현재 주로 장애 국부화(fault localization), 성능 감시(performance monitoring)를 위해 각 네트워크 계층 내에서 사용된다. 반면에 장비 내에서 이주 적은 정보만 서버에서 클라이언트 계층으로 전파된다. 이러한 정보의 예는 서버 계층에 의해 검출되는 장애를 클라이언트에 알리기 위한 신호로 Server Signal Fail이 있다.

다시 통합 생존성 전략에서 클라이언트 계층은 서버 계층의 상태에 대한 정보를 구체적이고 자세하게 실시간 정보를 얻는 장점을 가지고 있다.

예를 들면, 장애가 1+1 OCs 보호의 보호 채널에 영향을 줄 때, 이 정보는 클라이언트 계층으로 전달하지 않는다. 왜냐하면 서비스에 직접 영향을 주지 않기 때문이다. 그러나 이러한 장애는 광계층에서 자동 보호 가능성에 방해로 준다. 이 정보는 2차 장애가 동작 채널에 영향을 주는 경우에 클라이언트 계층이 효율적으로 재 반응하도록 한다.

각 계층사이의 OAM 신호 집합을 정의하는 문제는 꽤 복잡하다. 왜냐하면, 각 트랜스포트 계층은 일반적으로 서로 다른 클라이언트의 많은 다양성을 지원하도록 설계되어 있기 때문이다.

IV. 장애 복구를 위한 GMPLS 모델

광네트워크의 복구 방안 모델로 GMPLS을 상상하고, 장애 복구를 실현하는 방법과 라우팅 프로토콜, 신호 프로토콜에 대해 알아본다.

GMPLS에 의해 제어되는 WDM 광네트워크 구성은 <그림 1>처럼 전달평면과 제어평면으로 구성된다. 전달평면은 OXC, OADM 등의 스위치와 이러한 것들을 결합한 WDM 링크로 구성되며, 실제 사용자 데이터를 운반하는 평면이다. 제어 평면은 스위치를 제어하는 제어기와 이러한 것들을 결합하는 제어채널로 구성된다. 제어 채널 구현 방법은 SDH의 오버헤드를 이용하거나, WDM 링크의 1개 파장을 이용하여 구성한다. 제어평면과 전달평면의 토폴로지는 반드시 동일할 필요는 없다.

GMPLS의 기능은 라우팅과 시그널링으로 구분한다. 2개의 기능을 모두 이용할 필요는 없다. 예를 들어, GMPLS의 시그널링 기능만을 이용하고, 라우팅 방식은 경로 서버 등에 의한 집중제어로 사용하여도 된다.

1. GMPLS의 라우팅

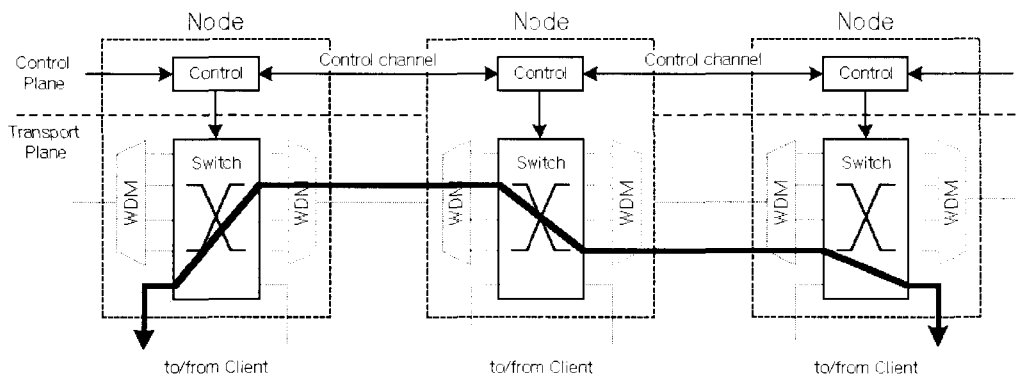
GMPLS의 라우팅은 인접 발견, 토폴로지 발견, 경로 계산의 3가지 기능으로 나눈다. 인접 발견은 각 노드가 자신 주변의 국소적인 링크상태 정보(토폴로지, 리소스 사용 상황 등)를 얻는 기

능이다. 예를 들면, “어떤 링크가 자신 노드의 어느 단자와 인접 노드의 어느 단자에 접속되어 있고, 이 링크에서 사용하지 않는 파장은 몇 개인가”하는 정보이다. IP 네트워크에서는 이러한 기능은 OSPF의 Hello 등 라우팅 기능의 하나로 실현되고 있지만, 광네트워크에서는 제어평면과 전달 평면의 토폴로지가 반드시 동일하지 않기 때문에 Link Management Protocol(LMP) 등의 전용 제어(control)를 이용할 필요가 있다.

토폴로지 발견은 인접 발견에서 얻은 국소적인 링크상태 정보를 모아서 네트워크 토폴로지나 리소스 사용 현황을 얻는 기능이다. GMPLS에서는 전달평면의 링크 상태 정보를 운반하도록 확장한 OSPF-TE 등의 라우팅 프로토콜에 의해 실현 된다. 그 결과 모든 노드가 네트워크 전체의 링크상태 정보를 저장하는 토폴로지 데이터베이스를 가지고 있고, 각 노드의 토폴로지 데이터베이스는 상호 동기되어 있다.

경로 계산은 경로의 기점 노드가 종점 노드까지의 경로를 토폴로지 데이터 베이스에 기초하여 계산하는 기능이다. 경로 계산은 기점 노드에서만 수행하기 때문에 표준화 대상은 아니지만, 일반적으로 어떤 조건 혹은 제약(예 : 남은 파장 수가 1 이상)을 만족하는 링크의 집합을 이용하여 최소 메트릭 경로를 계산하는 Constrained Shortest Path First(CSPF)라는 알고리즘이 이용된다.

또 GMPLS에서는 경로 계층을 제공하기 위하여 Forwarding Adjacency(FA)라는 개념



<그림 1> GMPLS에 의해 제어되는 WDM 광네트워크

이 도입되고 있다. FA는 어떤 계층의 패스가 상위 계층에서는 링크가 되도록 라우팅 프로토콜로 광고하는 것이다. 광고된 FA는 상위 계층의 패스 경로 일부로 이용되는 것이 가능하다. 예를 들면, 노드 A와 B간에 파장 패스를 설정하고, 이것을 FA로 광고한다. 그 결과, 다음에 SDH의 경로를 설정 할 때에는 노드 A와 B간에 가상적인 링크가 있는 것처럼 보여진다. 경로계산 결과, SDH 패스 경로의 한 부분으로 A, B간의 FA가 선택되면, 파장 패스에 SDH 패스가 수용되는 계층 구조가 만들어진다.

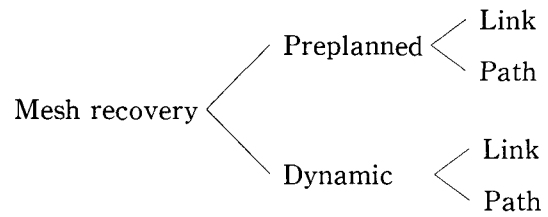
2. GMPLS의 시그널링

시그널링은 경로의 설정, 삭제, 경고(alarm)의 전달, 정보의 조회 등을 위하여 노드간에 이루어지는 신호이다. GMPLS의 시그널링은 확장된 RSVP-TE 또는 CR-LDP라 하는 시그널링 프로토콜에 의해 실현된다. 예를 들면, 패스 설정을 위해 시그널링 메시지는 패스의 경로, 레이블, 기타 속성 정보를 가지고, 패스의 경로를 따라 기점 노드와 종점 노드간에 왕복한다. 경로는 경로계산의 출력이며, 기점에서 종점까지의 노드 또는 링크의 집합이다. GMPLS의 레이블은 MPLS의 레이블의 개념을 일반화 한 것이며, 링크의 어떤 패스를 특정화 하기 위해 식별자 역할을 한다. 예를 들면, 파장 패스는 파장 번호나 OXC의 단자 번호에 의해 식별 되며, SDH 패스는 타임슬롯 번호에 의해 식별된다. 이와 같이 일반화된 레이블을 경로 상의 인접 노드간에 주고 받음에 의해 1개의 패스를 기점에서 종점까지 연결하는 것이 가능하다. 또 GMPLS에서 한 개에 쌍방향 패스를 지원한다. 이 경우는 한 개의 시그널링 메시지가 상하 양방향 레이블을 운반한다.

V. GMPLS에서 장애 복구 방식

1. 장애 복구 방식

〈그림 2〉에 메쉬(mesh) 복구 방식의 분류를



〈그림 2〉 장애 복구 방식의 분류

나타냈다. 메쉬 장애 복구 방식은 현재 운용하고 있는 경로에 대해 예비경로를 미리 계산해 두는 사전 계획 방식과 장애 검출 후에 예비경로를 계산하는 동적 방식으로 분류된다. 각각은 다시 장애를 링크 단위로 복구하는 링크 장애 복구와 패스(path) 단위로 복구하는 패스 장애 복구로 나눈다. 링크장애 복구에서는 장애가 발생한 링크의 양단에서 예비 경로로 교체한다. 한편, 패스장애 복구는 기점에서 종점까지의 패스 전체를 예비 경로로 교체한다.

동적 장애 복구는 장애가 반드시 복구된다고 보증할 수 없기 때문에, 백본 광네트워크에서는 사전 계획이 실패한 경우 백업용으로 이용되어야 한다. 링크 장애 복구와 패스 장애 복구를 비교하면, 링크 장애 복구의 프레임은 비교적 단순하여 GMPLS와 같은 제어평면의 기능을 이용하는 것보다 전달평면의 하드웨어에 실장 하는 것이 일반적이다. 또 패스 장애 복구에는 ① 기점 노드, 종점 노드 이외의 노드 장애도 복구가 가능하며, ② 예비 패스로 교체되기 전에 장애 위치를 특정화 할 필요가 없다는 장점이 있다. 장애 위치의 특정화 문제는 투명한 네트워크를 상상한 경우는 어려운 문제가 된다. 이상의 이유에서 GMPLS을 이용한 사전 계획 패스장애 복구를 실현하기 위하여 라우팅이나 시그널링 확장이 필요하다.

2. Shared Risk Link Group(SRLG)

SRLG는 장애의 위험을 공유하고 있는 링크의 집합이며, SRLG ID로 식별된다. 한 개의 링크가 복수의 SRLG에 소속되는 것이 가능하다. 예를 들면, 관로 1에 광 파이버 a, b가 깔려 있고, 각각의 광파이버에 32개 파장이 다중화되어 있다

고 하자. 광 파이버 a, b와 관로 1에 각각 Sa, Sb, S1이라는 SRLG ID를 할당하고, 각 파장을 링크로 보면 광파이버 a 중 32개 파장은 Sa 과 S1, 광파이버 b 중 32개 파장은 Sb 와 S1이라는 SRLG에 속하게 된다. 또 1개의 노드에 접속되어 있는 복수의 링크는 그 노드 전체에 장애가 발생하면 사용이 불가능하기 때문에 노드에 SRLG ID를 할당하는 것이 가능하다.

어떤 2개의 패스가 각각 경유하는 모든 SRLG ID가 상호 1개도 중복되지 않는 경우(기점과 종점 노드는 제외), 2개의 패스는 “SRLG disjoint”라 한다. 패스 장애 회복에서 단일 SRLG 장애를 반드시 복구하기 위해서는 현재 운용하고 있는 패스와 예비 패스가 SRLG disjoint될 필요가 있다.

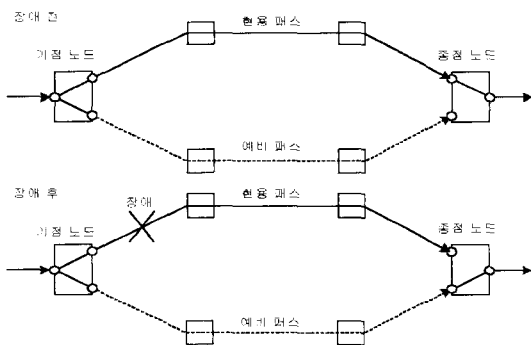
3. 패스 장애 복구 유형

1) 1+1 패스 장애 복구

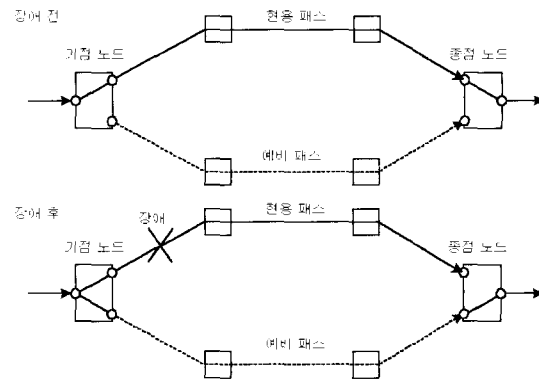
SRLG disjoint인 현재 운용(약칭 현용이라 함)중인 패스와 예비 패스를 설정하고, 양쪽으로 사용자 데이터를 보낸다. 종점 노드에서 현용 패스에 장애가 검출 되지 않았을 때는 현용 패스 그대로 사용하고, 장애를 검출하였을 때는 <그림 3>과 같이 예비 패스에서 사용자 데이터를 수신한다.

2) 1:1 패스 장애 복구

SRLG disjoint인 현용 패스와 예비 패스를



<그림 3> 1+1 패스 장애 복구 방법



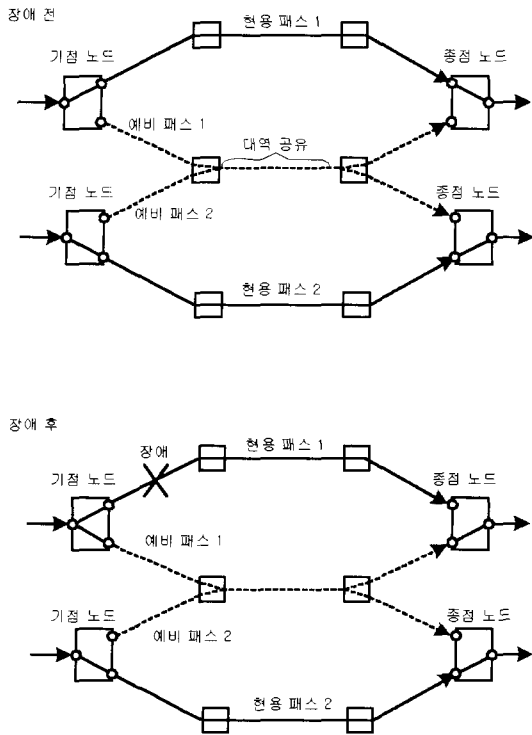
<그림 4> 패스 장애 복구 방법

설정한다. 단 예비 패스 상에 있는 노드의 스위치에서는 패스가 설정되어 있지 않다. 현재 운용 중인 패스에 장애가 검출되지 않으면, 현용 패스를 이용하여 사용자 데이터를 보낸다. 현용 패스에 장애가 검출되면, <그림 4>와 같이 예비 패스에 있는 노드의 스위치는 패스를 설정하여 예비 패스로 데이터를 보낸다. 1:1 패스 장애 복구는 shared 패스 장애 복구의 서브셋(subset)이다.

3) Shared 패스 장애 복구

SRLG disjoint인 현용 패스와 예비 패스를 설정한다. 단 예비 패스 상에 있는 노드 스위치는 패스 설정을 하지 않는다. 현용 패스에 장애가 검출되지 않으면, 현용 패스로 사용자 데이터를 보낸다. 현용 패스에 장애가 검출되면, 예비 패스로 사용자 데이터를 보낸다. 복수의 예비 패스가 동일한 링크를 지나는 경우, 예비 패스는 사용하는 자원(대역, 파장 포트 등)을 공유하는 것이 가능하다. 단 복수의 예비 패스가 자원을 공유한다는 것은 각각의 현용 패스가 SRLG disjoint인 경우로 한정한다. 이상의 관계를 <그림 5>에 나타냈다.

이상의 유형에 비보호 패스 및 여분의 트래픽 패스를 추가하여, 5개를 패스 장애 복구 유형이라 한다. 비보호 패스에는 장애 복구가 없다. 여분의 패스는 1:1 또는 공유 예비 패스로 예약되어 있는 자원을 빌려서 설정되며, 리소스를 빌린 예비 패스에 대응하는 현용 패스에 장애가 발생



〈그림 5〉 Shared 패스 장애 복구 방법

하면 여분의 패스는 삭제된다.

1+1은 예비 패스로 교체 시에 시그널링을 사용할 필요가 없기 때문에 장애 복구 시간이 짧지만, 예비 패스를 여분의 트래픽 패스로 사용은 불가능하다. 1:1은 예비 패스로 교체 시에 예비 패스 경로를 따라 시그널링을 할 필요가 있기 때문에, 장애 복구 시간은 1+1보다 길지만 여분의 트래픽 패스로 사용하는 것이 가능하다. 또 자원 이용 효율이 1+1보다 높다. Shared에서 복수의 예비 패스는 리소스 공유가 가능하기 때문에, 1:1보다 더 높은 리소스 이용 효율이 기대된다. 단 예비 패스 리소스를 공유하고 있는 복수의 현용 패스에서 동시에 발생한 장애를 모두 복구 시키는 것은 불가능하다.

이처럼 서비스 클래스(장애 복구시간, 복구율)와 자원 이용 효율과는 trade off의 관계가 있으며, 고객이 요구하는 서비스 클래스에 가장 잘 상응하는 복구 방식을 선택하는 것이 중요하다.

4. 라우팅의 확장

패스 장애 복구를 실현하기 위하여, 각 노드는 현용 패스와 예비 패스의 경로를 SRLG disjoint로 계산될 필요가 있다. 그 때문에, 각 노드는 모든 링크와 SRLG 대응 관계를 알 필요가 있다. 이 대응 관계는 고정적인 것으로서 각 노드에 설정되어 있으면 좋지만, 운용 중 링크의 증설 등에 대응하기 위해서는 라우팅 프로토콜로 광고하는 것이 필요하다. SRLG를 광고하기 위하여 OSPF의 확장이 제안되고 있다.

또 Shared 패스 장애 복구를 행하는 경우, 각 링크의 미사용 대역이라는 제약 조건으로 경로 계산을 하면, 본래 사용 가능한 경로가 배제하는 경우가 있다. 예를 들면, 어떤 링크에서 미사용 대역이 0으로 되어 있어도, 예비 대역을 공유 시키면 그 링크를 새로운 예비 패스의 경로로 사용하는 것이 가능하다. 이 문제의 해결 방법은 미사용 대역뿐만 아니라 예비 패스로 예약한 대역도 광고하면 가능하다.

5. 시그널링 확장

Shared 패스 장애 복구에서 어떤 예비 패스에 할당된 대역을 다른 예비 패스와 공유시키기 위해서는 각 각의 현용 패스끼리 SRLG disjoint일 필요가 있다. 이러한 조건을 만족하는가 어떤가를 판단하기 위해, 예비 패스 초기 설정을 위한 시그널링 메시지에 현용 패스가 경유하는 모든 SRLG의 리스트를 추가하는 방법이 제안되고 있다. 그리고 앞서 설명한 레이블 고정과 레이블 비고정의 양 방식을 지원하기 위해서는 패스 설정의 시그널링 메시지에 레이블을 할당 할 것인가 아니면 하지 않을까를 표시하는 식별자가 필요하다. 이와 같은 RSVP-TE의 확장도 제안되고 있다.

1개의 네트워크에서 복수 패스 장애 복구 형태를 지원하는 경우, 패스 장애 복구 형태에 의해 장애 검출시의 각 노드의 동작이 다르기 때문에, 패스의 설정 시그널링 메시지에 패스 장애 복구 형태를 표시하는 식별자가 필요하다.

VI. GMPLS에서 계층적 장애 복구 방법

GMPLS의 특징은 복수 계층을 공동 제어 평면으로 제어하는 것이 가능하다. 복수 계층을 통합적으로 제어함으로 각각 계층별로 제어하는 경우보다 효율적으로 네트워크 자원을 이용하는 것이 가능하다. 이와 같은 경우, 장애 복구를 어느 계층에서 하는가가 문제이다. 예를 들면, 1개의 파장 패스에 복수의 SDH 패스가 다중화 되어 있는 경우, 파장 단위로 장애 복구 수행하면, 패스 1개 분의 장애 복구 시간밖에 걸리지 않는다. 그러나 장애가 1개의 SDH 패스에만 발생한 경우는 교체 할 필요가 없는 SDH 패스까지 예비로 교체하는 것이 되어 자원의 낭비가 크다. 한편 SDH 패스 단위로 장애 복구를 하면, 리소스 낭비는 발생하지 않지만, 파장 패스 전체에 장애가 발생한 경우 모든 SDH 패스를 개별적으로 교체 되어 장애 복구 시간이 길다. 이처럼 장애 복구를 하는 계층의 선택에서도 서비스 클래스와 이용 효율간에 tradeoff가 있으며, 요구된 서비스 클래스에 따라 장애 복구를 수행할 계층을 선택하는 것이 바람직스럽다.

복수 계층에서 장애복구를 하는 경우는 동일 장애에 대해 서로 다른 계층에서 장애 복구 알고리즘이 동시에 동작한다. 소위 장애 복구의 경합을 회피하는 방법이 필요하다. 또 복수의 계층이

각각 중복하여 예비 자원을 가지면, 예비 자원이 낭비되기 때문에 계층간에 예비 자원의 분배 최적화가 필요하다. 이처럼 계층간에 경합이나 예비 리소스의 할당 문제에 대한 가장 간단한 해법은 1개의 트래픽에 대해 1개의 계층에서만 장애 복구를 하도록 한다.

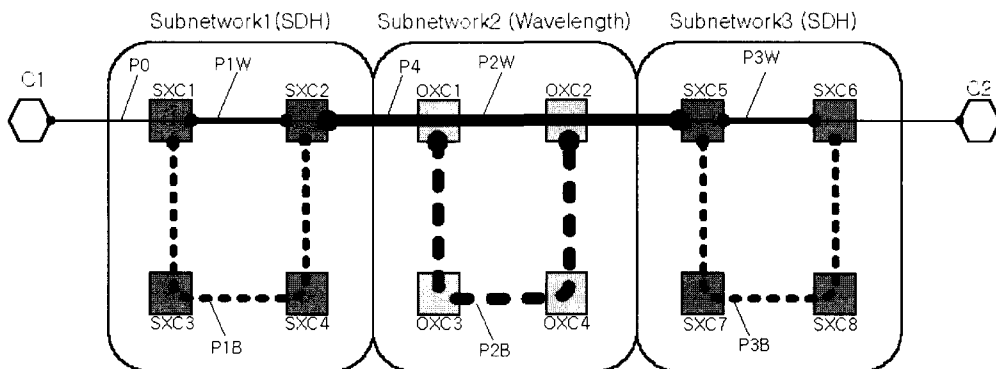
1:1과 1:N 장애 복구 방법은 장애가 발생한 후 복구 영역의 양단에서 신호를 필요로 한다. 그러나 1+1 복구 방법은 그렇지 않다. 복구에서 새로운 LSP는 장애가 발생한 후 트래픽 복구를 위해 설정된다. 대부분의 경우에 복구는 보호에 비해 장애로부터 회복하는데 느리다. 왜냐하면, 영향을 받고 있는 트래픽을 위해 패스 선택과 재라우팅을 하기 때문이다.

일반적으로 네트워크 계층은 ① 수직적 구조, ② 수평적 구조인 2개로 나누어 생각할 수 있다. 전자는 두 네트워크의 기술 계층이며 후자는 동일한 기술 계층에서 2개의 영역 사이 혹은 부 관 리영역 사이를 말한다.

계층화 패스 장애 복구에서 이상과 같은 과제를 해결하기 위해, 1) Subnet 장애 복구와, 2) End-to-end 장애 복구의 2가지 형태가 검토되고 있다.

1. Subnet 장애 복구 방식

서브네트워크 장애 복구 방식은 <그림 6>과 같이 전체 네트워크를 여러 개의 서브네트워크 단위로 나누고, 장애 회복도 서브네트워크 단위로



<그림 6> Subnetwork 장애 복구 방식

수행하는 방식을 말한다. 네트워크에서 예비용 LSP는 동작하는 LSP가 통과하는 모든 서브네트워크 내에서 사전에 설정하는 방식이다. 각 예비용 LSP는 서브네트워크 내의 ingress 노드에서 egress 노드로 라우팅 된다.

장애가 서브네트워크 별로 동작 중인 LSP에서 검출된 후, 보호 트래픽은 장애가 검출된 서브네트워크 내에서 동작 중인 LSP에서 예비 LSP로 교체된다. 이때 다른 서브네트워크 내에서는 패스 교체가 일어나지 않는다.

클라이언트 장치 C1, C2를 접속하는 클라이언트 패스 P0의 장애를 복구하기 위해, 서브넷 장애 복구 방식에서는 계층이 상이한 서브네트워크마다 하위 계층의 현용 FA(Forwarding Adjacency)와 예비 FA(Forwarding Adjacency)를 설정하고, 각 현용 FA(Forwarding Adjacency)에 비보호 클라이언트 패스 P0를 수용한다. 그리고 장애 복구는 서브네트워크마다 독자적으로 행한다.

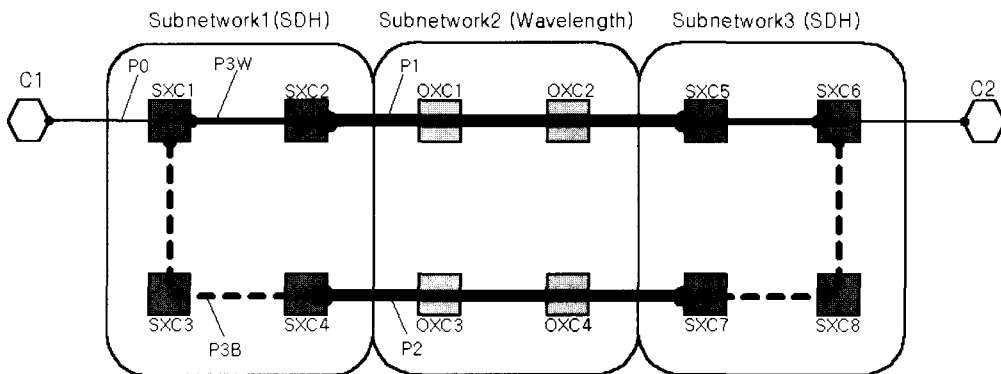
2. End-to-end 장애 복구 방식

end-to-end 장애복구에서는 <그림 7>과 같이 패스 P0의 ingress 노드에서 egress 노드까지 end-to-end에 현용 FA(Forwarding Adjacency)와 예비FA를 설정한다. 이러한 예비 FA와 현용 FA를 수용하는 하위 계층의 FA(P1과 P2)는

비 보호인 FA로 한다. 이처럼 항상 장애 복구용 FA를 설정함으로 상위 계층에서 end-to-end 장애 복구도 하위 계층의 서브네트워크 장애 복구도 “현용 FA와 예비 FA에 의한 패스 복구”라는 공통의 프레임으로 실현 가능하다. 또 복수 계층에서 중복하여 장애를 복구하지 않기 때문에 계층간의 장애 복구의 경합이나 예비 리소스의 배치 문제를 해결하고 있다.

End-to-end 보호 방식에서, 장애가 동작 LSP에서 검출되면, 중단대중단 트래픽은 현용 LSP에서 예비 LSP로 전환된다. Disjoint 동작 및 예비 LSP는 각각 SXC1-SXC2-OXC1-OXC2-SXC5-SXC6, SXC1-SXC3-SXC4-OXC3-OXC4-SXC7-SXC8-SXC6 경로를 따라 라우팅 된다. 여기서는 SXC1과 SXC6 노드 사이에 단지 한 개의 보호 세그먼트(segment)가 있다. 현용 LSP 상의 한 노드가 장애를 검출 하면, 장애지시 검출 신호를 시작 노드 SXC1과 종료 노드 SXC6으로 보낸다. 만약에 필요하다면, 노드 SXC1과 SXC6 사이에서 신호는 예비 LSP를 통해 보낸다.

중단대중단 보호에서 보호 세그먼트는 서브네트워크 보호에서의 세그먼트보다 길다. 이것은 긴 회복시간을 야기시키며, 현용 LSP에 있는 모든 노드(SXC1과 SXC6는 제외)와 링크가 보호된다.



<그림 7> End-to-end 장애 복구 방식

Ⅶ. 결 론

본 고에서는 광네트워크 생존성 기술로 보호(Protection)와 복구(Restoration)에 대한 개념을 광 전달 계층에서 검토하고, GMPLS 모델을 상상한 광네트워크에서 장애 복구 방법과 계층적 장애 복구 방식을 나타냈다. 보호는 OCh 계층, OMS 계층, 그리고 OTS 계층에서 이루어진다. 복구는 네트워크에 적용되는 계층과 독립된 특징을 가진다.

금후 전개될 네트워크 구조는 다중계층으로 구성되므로 다중 계층에서 네트워크 생존성 전략에서 계층간의 인터워킹 회피 문제, 그리고 전달 계층에서 서비스에 따른 우선 순위를 적용한 네트워크 생존성 기술 등의 검토가 이루어져야 할 것이다.

앞으로 다계층 광네트워크에서 장애 회복 및 복구 방안을 적용하여 네트워크 생존성 향상에 기여하는 연구가 활발히 전개되리라고 본다.

참 고 문 헌

- [1] EURESCOM Project P918 "Integration of IP over Optical Networks: Networking and Management," Deliverable 5.
- [2] P. Ashwood-Smith et al., "Generalized MPLS-Signaling Functional Description" IETF International Draft, draft-ietf - mpl s - generaized - signaling - 07, work in progress.
- [3] G. Li et al., "RSVP-TE Extensions For Shared-Mesh Restoration in Transport Networks," IETF International Draft, draft-li-shared-mesh-restoration-01.txt, work in progress.
- [4] Y. Suemura et al., "Extensions to RSVP-TE for Supporting Multiple Protection and Restoration Types," IETF International Draft, draft-Suemura-gmpls-restoration-signaling-00.txt, work in progress.
- [5] Y. Suemura et al., "Protection of Hierarchical LSPs," IETF International Draft, draft-Suemura-Protection-Hierarchy-00.txt, work in progress.
- [6] Yoshihiko et al., "Routing and Signaling Technique for GMPLS Path Recovery," IEICE PS2002-04, 2002.
- [7] Jian Wang, et al., "Path vs. Subpath vs. Link Restoration for Fault Management in IP-over-WDM Networks: Performance Comparisons Using GMPLS Control Signaling," IEEE, Comm. Magazine, Vol.40, No.11, 2002.
- [8] Pin-Han Ho, et al. "A Novel Distributed Control Protocol in Dynamic Wavelength-Routed Optical Networks," IEEE, Comm. Magazine, Vol.40, No.11, 2002.

저자 소개



韓致文

1970년~1977년 경북대학교 전자공학과(공학사), 1981년~1983년 연세대학교 전자공학과(공학석사), 1987년 4월~1990년 9월 일본 동경대학 대학원 전자정보공학과(공학박사), 1977년 2월~1983년 3월: 한국과학기술연구원(KIST) 연구원, 1983년 4월~1977년 2월: 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원, 교환기술연구단 계통연구부장 역임, 1977년 3월~현재: 한국외국어대학교 정보산업공과대학장, 전자정보공학부 교수, <주관심 분야: 초고속 교환방식 및 네트워크 구조, 광인터넷, 네트워크 보안 등>



李淳昔

1988년 성균관대학교 산업공학과(공학사), 1990년 성균관대학교 산업공학과(공학석사), 1993년 8월 성균관대학교 산업공학과(공학박사), 1993년 7월~현재: 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 책임연구원, <주관심 분야: 광인터넷, 네트워크 진화 전략, 개방형 통신기술, 네트워크 구조 및 최적설계, 트래픽 엔지니어링, 네트워크 및 통신시스템 성능평가>



金榮夫

1982년 한양대학교 전기공학과(공학사), 1984년 한양대학교 전기공학과(공학석사), 1984년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원, 네트워크구조팀장, <주관심 분야: 광인터넷, 광인터넷 진화 전략, 네트워크 구조 및 망 계획, 개방형 네트워크 구조>