

GMPLS망에서 생존성을 위한 경로 복구 방안

이완섭^{0*} 김기일* 양미정** 김상하*

충남대학교, 컴퓨터과학과*

한국전자통신연구원**

{wslee, kikim, shkim}@cclab.cnu.ac.kr* mjyang@etri.re.kr**

A Path Restoration Scheme for Survivability in GMPLS Network

Wan-Seop Lee*, Ki-Il Kim*, Mi-Jung Yang** and Sang-Ha Kim*

Department of Computer Science, Chungnam National University*

Electronic and Telecommunications Research Institute**

요 약

광 네트워크상의 SONET계층에서 수행되었던 망의 고장에 대한 복구 등의 요구사항은 Generalized Multiprotocol Lambda Switching (GMPLS)에서 해결해야 할 가장 중요한 문제중의 하나이다. GMPLS망 구현 시 고려되어야 할 사항중의 하나는 중단 없는 서비스를 제공하고 망의 효율을 극대화하기 위하여 망의 고장이나 성능의 저하를 대응하기 위한 관리 방안이다. 신뢰성 있는 망 서비스를 제공하기 위한 망 복구 기능에 있어서 주요 과제는 복구의 대상으로 하는 작업 경로에 대한 대체 경로를 설정하는 것이다. 본 논문은 GMPLS를 이용하여 광 네트워크에서 최소한의 링크 정보로 망 자원의 효율성을 증가시키는 동시에 모든 작업 경로와 대체 경로의 경로 구성 정보를 이용하여 정확한 대역 공유가 가능한 경로 자동 복구 기법을 제안한다. 본 메커니즘의 경우 확장된 CR-LDP 프로토콜을 이용하게 되므로 망의 변형을 최소화하는 동시에 효율성 면에서 매우 뛰어난 메커니즘이라 할 수 있다.

1. 서 론

현재 WDM망 구성에서 SONET/SDH계층은 상위 계층과의 인터페이스를 위한 기본적인 계층으로 사용되고 있다. 기존의 광 네트워크에서 SONET/SDH 계층의 가장 중요한 역할 중의 하나는 망의 장애를 감지하고 이를 복구 또는 예방하는 것이다. 하지만, 현재의 표준화와 상용 제품들은 이러한 SONET/SDH과 ATM과 같은 중간계층을 없애고 IP계층을 WDM계층 위에서 바로 연동시키고자 하는 점진적인 접근 방향의 연구가 이루어지고 있다[1]. 이러한 방안 중에 하나가 Generalized Multiprotocol Label Switching(GMPLS)이다.

따라서, SONET/SDH계층에서 보장해주고 있던 망의 장애에 대한 대체 방안과 복구 방안은 자동적으로 GMPLS계층의 역할로 흡수되고 있는 상황이다. 망이 안정적으로 동작하여 이용자에게 중단 없는 서비스를 제공하고 망의 효율을 극대화 시키기 위해서는 GMPLS는 망의 고장이나 성능의 저하에 대응하기 위한 관리 방안이 필수적이라 할 수 있다.

신뢰성 있는 망 서비스를 제공하기 위한 망 복구 기능에 있어서 주요한 과제는 복구의 대상으로 하는 작업 경로에 대한 대체 경로를 설정하는 것이다. 따라서, GMPLS망 복구를 위해서는 어떠한 대체 경로 설정 모델을 적용할 것인가, 복구 범위는 구간으로 할 것인지 아니면 전체

복구를 할 것인지에 대한 고려가 필요하다. 또한 고장이 발생한 작업 경로에서 대체 경로로 트래픽을 매핑시키는 알고리즘이 반드시 정의 되어야 한다. 하지만 현재 제안되고 있는 GMPLS망 복구 기법은 부분적인 고장 통보와 대체 경로에 대한 알고리즘만을 제안하고 있으며 고속/고품질의 서비스 보장을 위한 대체 경로에 대한 대역폭 고려는 이루어지고 있지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문은 모든 작업 경로와 대체 경로의 구성 정보를 이용하여 대체 경로간의 정확한 대역 공유가 가능한 방법을 제안한다. 본 메커니즘은 이를 위하여 확장된 CR-LDP[5] 프로토콜을 이용하게 된다. 확장된 CR-LDP 프로토콜을 이용함으로써 기존 프로토콜과의 연동성을 최대화할 수 있는 동시에 망의 변형은 최소로 할 수 있게 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 현재 WDM망에서의 GMPLS의 요구사항을 설명한 서론에 이어 2장에서는 GMPLS망에서 고려되어야 할 사항에 대하여 간략히 설명한다. 3장에서는 제안된 메커니즘에 대하여 설명하고 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다..

2. GMPLS

GMPLS는 여러 종류의 스위칭 즉 패킷은 물론 시간, 공간, 그리고 파장 도메인에서의 스위칭에도 적용할 수 있도록

설계되어졌다. 따라서 현존하는 IP 시그널링과 라우팅 프로토콜들의 확장이 필수적으로 요구된다. 따라서 GMPLS를 망에 적용하기 위해서는 다음의 사항들이 고려되어야 한다.

첫째, 기존의 라우터의 레이블은 OXC에서는 파장으로 TDM에서는 채널로 매핑이 된다. 하지만 라우터에서 할당할 수 있는 레이블 수에 비해서 OXC나 TDM스위치의 레이블 수는 상당히 적다. 그리고 라우터의 LSP에 할당된 대역은 연속적인 값을 갖을 수 있는데 비해서 OXC의 파장이나 TDM채널에 할당되는 대역은 훨씬 큰 크기의 값으로 구분된다. 이를 해결하기 위하여 같은 노드에서 광도매인으로 가는 MPLS LSP는 하나의 LSP로 군집(Aggregate)시키고 터널링 시키는 LSP hierarchy라는 개념을 도입한다[2].

둘째, 광 네트워크의 경우 이웃 하는 두 노드 사이의 링크 수는 라우터 사이의 링크 수 보다 훨씬 많다. 예를 들면 두 OXC간의 파장의 수는 수백 수천 개 혹은 그 이상이 될 수 있다. 이것을 모두 별도의 링크로서 취급할 경우 링크 정보 데이터베이스의 크기는 현재보다 수백 배 수천 배에 이를 것이다. 이를 해결하기 위해서 유사한 성격의 링크들의 속성을 군집시켰으며 이를 Link-bundling이라고 하며 이를 통해 링크 정보 데이터베이스의 크기를 줄일 수 있다[2].

셋째, 노드의 어느 포트가 이웃 노드의 어느 포트와 연결되어 있는지를 아는 것은 링크 관리에 있어서 중요한 요구 사항이다. 또한 링크에 장애가 발생했을 때 이것을 빨리 발견하고 다른 채널로의 대체가 필요하며 링크에서 제어 채널과 데이터 채널과 분리하여 관리하는 것이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하고 링크를 효율적으로 관리하기 위하여 Link Management Protocol(LMP)를 사용한다[4].

3. 제안 메커니즘

본 장에서는 확장된 CR-LDP를 이용한 GMPLS망에서의 대체경로 공유기법을 제안하고자 한다. 작업경로와 보호경로 간의 경로 매핑은 1:1방식이며 경로 스위칭 방식이다. 또한 동시에 하나의 링크가 고장 난 경우에만 완벽한 보호 경로를 제공한다.

대체경로를 설정할 때 원래의 작업 경로의 서비스 요구 조건을 충족시키기 위해서는 작업 경로에서 보장한 대역이 충족되도록 대체 경로를 설정해야 한다. 이 때, 모든 작업경로에 대한 대체 경로의 대역을 별도로 할당한다면 대체 경로의 설정으로 인한 대역의 낭비가 심해지게 된다[6]. 따라서 대체 경로의 설정에 있어서 모든 작업 경로와 대체 경로의 경로 구성 정보를 이용하고, 대역을 공유하여 경로를 설정하면 대역의 낭비를 훨씬 감소시킬 수 있다.

3.1 알고리즘

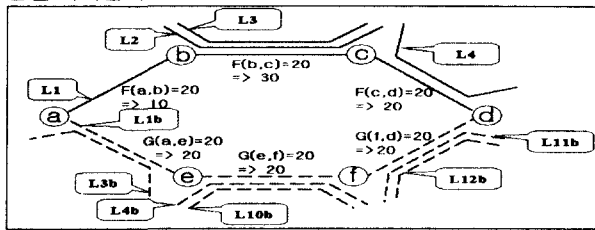
입력	G=(V,E,W) : 망 상태를 나타내는 가중치를 가진 방향성 그래프 가중치 W=R(i,j) : 링크(i,j)에 대해 현재 남아 있는 대역의 총합 s : ingress LSR, t: egress LSR, b: 작업 경로에서 요구하는 대역폭
출력	s에서 t로 가는 작업 경로와 대체 경로

- 1) 출발지 노드인 s에서 가중치 W가 b미만인 링크를 제거한 그래프에서 s와 t간 최단 경로를 계산하고 이를 작업 경로 LSP1이라 한다.
- 2) LSP1의 경로 설정을 위해 CR-LDP로 경로 설정 요청 메시지를 송신한다.
- 3) s의 CR-LDP에서는 LSP1의 각 LSR을 명시적 경로를 지정하여 레이블 할당 요청 메시지를 송신한다.
- 4) 레이블 할당 요청 메시지를 수신한 각 LSR은 자신의 링크를 공유하는 작업 LSP의 ID를 레이블 할당 요청 메시지에 삽입하여 전달한다.
- 5) 목적지 노드 t에서는 각 LSR에서 삽입한 작업 LSP 정보가 포함된 레이블 매핑 메시지를 생성하여 s로 송신한다.
- 6) 레이블 매핑 메시지를 수신한 s는 LSP1과 분리된 최단 경로를 계산하고 이를 대체 경로 LSP1b라 한다. 또, LSP1과 링크를 공유하는 작업 LSP들에 대응하는 대체 LSP를 찾는다.
- 7) LSP1b의 경로 설정을 위해 레이블 할당 요청 메시지를 CR-LDP로 전송한다.
- 8) s의 CR-LDP에서는 LSP1b의 각 LSR을 명시적 경로로 지정하고 6)에서 찾은 대체 LSP 정보가 포함된 레이블 할당 요청 메시지를 송신한다.
- 9) 레이블 할당 요청 메시지를 수신한 각 LSR은 실제 LSP1b 설정에 요구되는 대역을 다음과 같이 계산하고 대역을 확보하고 레이블 할당 요청 메시지를 전달한다.
 - A. LSR내의 경로 정보 테이블과 레이블 할당 요청 메시지에 포함된 대체 LSP 정보에 동시에 포함된 LSP들을 찾아 대체 LSP집합 S라 한다.
 - B. S내 모든 경로의 요구 대역과 b의 합이 해당 LSR에서의 LSP1b설정을 위한 필요 대역 n이 된다.
 - C. n이 이미 대체 경로를 위해 할당되어 있는 대역 미만인 경우에만 그 차이만큼 공유 대체 경로 대역으로 추가 확보한다.
- 10) 목적지 노드 t에서는 기존의 레이블 매핑 메시지를 생성하여 s로 송신한다.

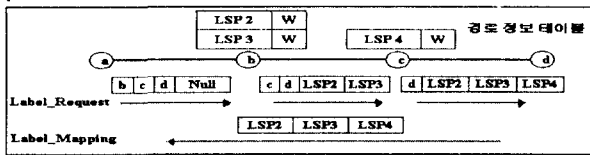
3.2 적용 방안

[그림 1]은 제안된 메커니즘을 실제 망에 적용한 경우의 예를 보여준다. 문자들은 각 OXC를 나타내며 이러한 OXC는 GMPLS에서는 LSR로 매핑된다. OXC사이의 선들은 LSP이며 마찬가지로 GMPLS에서는 광선로(lightpath)와 매핑된다. 실선은 작업 경로이며 점선은 대체 경로를 의미한다. 그리고 F(i,j)는 링크 (i,j)를 지나는 작업

경로의 합을 의미하며 $G(i,j)$ 는 (i,j) 를 지나는 대체 경로의 합을 의미한다.



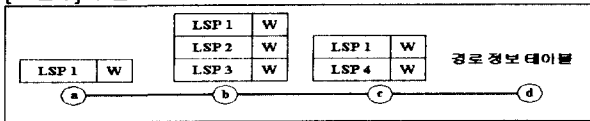
[그림 1] 제안한 대체 경로 공유방법



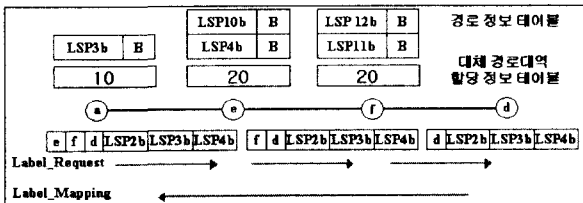
[그림 2] 작업 경로 LSP1 설정을 위한 시그널링의 예

- ① LSR a에서는 요구 대역은 10M이고 명시적 경로는 LSR b-> LSR c->LSR d인 TLV(Type length Value)가 포함된 레이블 요청 메시지를 생성하고 이를 LSR b로 송신한다.
단, 메시지에 포함된 b,c,d는 노드의 주소 뿐만 아니라 WDM의 채널 정보 및 unnumbered link정보를 모두 포함하고 있다[3].
- ② LSR b에서는 레이블 요청 메시지를 수신하고 명시적 경로중에서 자신을 제거하고 WP Route TLV에 링크 (b,c)를 경유하는 작업 경로 식별자를 삽입하여 LSR c로 전송한다. 또, LSR b내의 경로 정보 테이블에는 LSP1을 삽입한다.
- ③ LSR c에서는 2와 같은 과정을 반복한다.
- ④ LSR d에서는 레이블 요청 메시지를 수신하고 자신이 도착점임을 인식하고 아래와 같이 WP Route TLV가 포함된 레이블 매핑 메시지를 생성하여 LSR c, LSR b를 거쳐 LSR a로 송신한다. 동시에, LSR d내의 경로 정보 테이블에는 LSP1을 삽입한다.

LSP1이 설정된 후의 각 LSR 상태 정보 테이블 상태는 [그림 3]과 같이 변경된다.

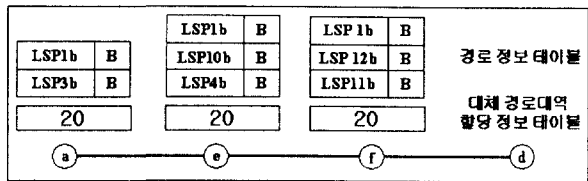


[그림 3] 작업 LSP1 설정 후 LSR별 상태 정보 테이블



[그림 4] 대체 경로 LSP1b 설정을 위한 시그널링 예

- ① LSR a에서는 LSP1과 분리된 대체 경로 LSP1b를 계산한다. 예제에서는 LSR a - LSR e - LSR f - LSR d가 대체 경로가 된다. 또, 레이블 매핑 메시지의 WP Route TLV내의 작업 경로에 대응하는 대체 경로를 찾는다. 예제에서는 LSP2b, LSP3b, LSP4b가 된다.
- ② LSR a에서는 BP Route TLV(LSP2b/LSP3b/LSP4b)가 포함된 레이블 요청 메시지를 생성한다. LSR a내의 경로 정보 테이블에 BP Route TLV에 포함된 경로가 있으면 이 경로 각각의 대역에 LSP1의 대역을 합한 값이 이미 설정되어 있는 대체 경로를 위한 대역의 합보다 큰 경우에만 추가로 할당된다.
- ③ LSR e와 LSR f에서는 2와 같은 과정을 반복한다.
- ④ LSR d에서는 레이블 요청 메시지를 수신하고 자신이 도착점임을 인식하고 레이블 매핑 메시지를 생성하여 반대 경로를 따라 LSR a로 송신한다.



[그림 5] 대체 LSP1b 설정 후 LSR별 상태 정보 테이블

4. 결론 및 향후 연구 방향

GMPLS는 SONET/SDH에서 보장해 주었던 망 복구 기능을 수행하여야만 한다. 따라서, 망 복구를 위해 작업 경로에 대한 대체 경로 설정은 망에 구현시 반드시 고려되어야 할 사항이다. 본 논문에서는 모든 작업 경로와 대체 경로의 경로 구성 정보를 이용하여 대체 경로간의 정확한 대역 공유가 가능하게 함으로써 망 자원 효율성을 최대한 증가시킬 수 있는 메커니즘을 제안하였다.

본 연구와 관련하여 추후 확장된 CR-LDP의 구체적인 형식이 새로 정의되어야 하며 Link bundling이 적용되는 경우 메커니즘의 변화에 대한 연구가 필요할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] N. Ghani et al., "On IP-over-WDM Integration," IEEE Commun. Mag., March 2000.
- [2] A. Banerjee et al., "Generalized Multiprotocol Label Switching: An Overview of Routing and Management Enhancements," IEEE Commun. Mag., January 2001.
- [3] A. Banerjee et al., "Generalized Multiprotocol Label Switching: An Overview of Signaling Enhancements and Recovery Techniques," IEEE Commun. Mag., July 2001.
- [4] J. P. Lang et al., "Link Management Protocol," Internet draft, draft-ietf-mpls-lmp-00.txt, August 2000.
- [5] L. Andersson et al., "Constraint-Based LSP Setup using LDP," Internet Draft, draft-ietf-mpls-cr-ldp-05.txt, February 2001.
- [6] S. Kini et al., "Shared backup Label Switched Path Restoration," Internet Draft, draft-kini-restoration-shared-backup-00.txt, November 2000.