

논문 2004-41TC-5-7

GMPLS에서 Sub-Network을 이용한 동적 복구 방식 및 특성

(Sub-Network based Dynamic Restoration Schemes and Its Characteristics on GMPLS Network)

권 호 진*, 이 상 화**, 김 영 부***, 한 치 문**

(Ho Jin Kwon, Sang Hwa Lee, Young Bu Kim, and Chi Moon Han)

요 약

본 논문에서는 GMPLS 네트워크의 생존성을 높이기 위해 서브네트워크를 이용한 2가지 유형의 동적 복구 방안을 제안하고, 그의 특성을 분석한다. 제안한 방식은 전체 GMPLS 네트워크를 몇 개의 서브네트워크로 나누고, 장애가 발생된 장소에 따라 복구 방식과 보호 방식을 혼합하여 적용한 방식과 GMPLS 네트워크를 주 서브네트워크와 보조 서브네트워크로 나누고 장애가 발생한 지점에 따라 서브네트워크 별로 복구 방식을 적용하는 방안이다. 두 방식의 성능을 시뮬레이션을 통해 네트워크 자원 이용 율과 복구 성공률, 평균 복구 시간을 분석하고, 기존 방식과 비교 분석하였다. 그 결과 기존 1+1, 1:1, 1:N의 보호 방식 보다는 두 방식 모두 자원이용 효율은 증가 하였다. 복구 성공률과 평균 복구 시간은 기존의 경로 복구 방식에 비해, 단일 장애에 대해서는 우수하지만 다중 장애에 대해서는 약간 열세임을 확인하였다. 그러나 단일 경로에서 다중 링크 장애가 발생할 확률은 낮으므로, 실제 적용 시 문제가 되지 않는다.

Abstract

This paper proposes two types of sub-network based on dynamic restoration schemes to improve survivability of GMPLS networks and analyzes characteristics of these two schemes. The first proposed scheme divides with a whole GMPLS network into several sub-networks, applies a mixture of both restoration and protection methods according to fault location. The other scheme divides a whole GMPLS network into primary and secondary sub-networks, applies a restoration method in each sub-network according to fault location. In our simulation, we evaluate the performances of network resource utilization, restoration success rate, and mean restoration time and conduct its comparative analysis with conventional schemes. The simulation results show that the efficiency of network resource utilization in the proposed schemes is increased as compared with conventional restoration schemes (1+1, 1:1, 1:N) in case of single-failed link. By contrast, we found that the performances of restoration success rate and mean restoration time in case of multi-failed link is lower than conventional restoration schemes. However, the probability that multi-failed link is occurred is very low so that the problem in practical GMPLS network is negligible.

Keywords : GMPLS network, Restoration, Protection, Survivability, Sub-network

I. 서 론

최근 통신망의 하부구조에 의해 전달되는 트래픽량이 현저하게 증가하였으며, 이 트래픽은 주로 인터넷의 보편화에 의해 발생되었다. 금후 통신 트래픽은 계속

성장 할 것으로 예측된다. 따라서 네트워크 모델도 대량의 데이터 트래픽(음성, 영상, 일반 데이터)을 전달하는데 적합한 OTN(Optical Transport Network)을 기반으로 한 GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching) 구조로 진화 할 것이다^[1].

GMPLS 네트워크에서 장애가 발생하면 짧은 시간에 대량의 데이터가 손실되기 때문에 장애에 대한 네트워크 생존성이 큰 문제로 부각되고 있다. MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 네트워크에서 발전한 GMP LS는 광과장 스위칭 및 일반 패킷 스위칭까지 지원하

* 학생회원, ** 정회원, 한국의국어대학교 전자정보공학부

(HUF.S., School of Electronics & Inform. Eng.)

***정회원, 한국전자통신연구원 광대역통합망연구단

(BCN Research Div., ETRI)

접수일자: 2004년4월9일, 수정완료일: 2004년4월28일

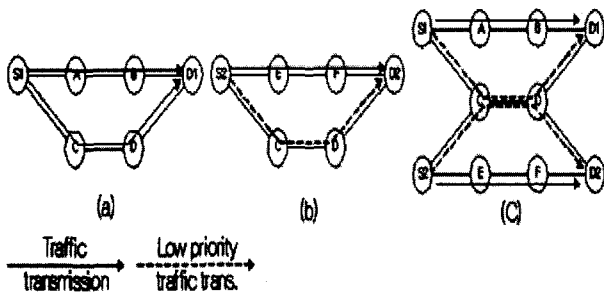


그림 1. 전용 및 공유 보호 방법

Fig. 1. Dedicated and shared protection schemes

기 때문에^[2] 각각의 데이터 유형에 따른 다계층 생존성 전략이 필요하다.

현재 생존성 전략으로는 보호 방식과 복구 방식이 존재한다. 보호 방식에는 크게 전용 보호, 공유 보호 두 가지로 나뉘어지며, 보다 세밀하게 1:1, 1+1, 1:N, M:N 보호 방식으로 나눌 수 있다.

보호 방식은 복구 시간이 짧다는 장점이 있다. 하지만, 그림 1 (a)의 1+1 보호방식이나 그림 1 (b)의 1:1과 같은 전용 보호 방식은 전체 네트워크 자원의 50%를 미리 복구를 위하여 할당을 하여야 하기 때문에 자원 이용율이 매우 낮지만, 복구 시간은 빠르다. 이러한 보호 방식의 단점을 보완하는 방안으로 그림 1 (c)의 1:N과 M:N 공유 보호 방식이 있다, 이와 같은 공유 보호 방식은 여러 개의 전송 경로에 대한 동시 복구를 위해 복잡한 메카니즘의 복구 방식을 사용하여야 한다^[3].

상기와 같이 보호 방식은 복구 시간이 짧다는 장점이 있지만, 네트워크 자원의 낭비가 심하다는 단점이 있다. 또 네트워크 자원 이용 효율을 좋게 하기 위한 1:N이나 M:N 공유 보호 방식은 구현이 어려우며, 동시에 여러 경로에서 발생하는 장애를 복구 할 수 없다는 단점이 있다.

기존의 MPLS망에 적용되는 경로 복구에는 일반적으로 1+1, 1:1, 1:N 등의 방식이 제안되고 있다. 그러나, 이 방식들은 복구 경로 설정시 자원의 낭비를 초래하며 GMPLS에 적용시에도 MPLS망과 동일한 문제점을 야기한다. 또한 기존에 연구되었던 복구 방식들도 장애 검출 후 이를 국부화 시키고, 장애 검출 노드에서 각 종단 노드로 이를 통보하여 종단 노드에서 재라우팅을 통해 장애를 복구 하는 전략으로, 장애 복구 시간이 길다는 단점이 있다. 만약 이러한 복구 방식을 사용하여 네트워크를 복구하게 된다면, GMPLS에서 수십 Gbps~수백 Gbps의 데이터 손실이 발생하기 때문에 빠른 장애 복구가 필요하다. 본 논문에서는 전 GMPLS 네트워크를 서브네트워크 단위로 나누고, 서브네트워크 단위로

복구 방식을 다양하게 적용하여, 네트워크 자원 이용 효율 개선 및 장애 복구 시간을 감소시킬 수 있는 복구 방안을 제안한다. 이하 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 기존의 복구 방식에 대하여 설명하고, 제 III장에서는 제안한 복구 방식에 대하여 설명한다. 제 IV장에서는 제안한 방식의 성능을 평가 하고, 제 V장에서는 결론을 나타낸다.

II. 복구 방식

트래픽 전송 경로에 대한 복구 경로를 설정하는 방식에는 1+1, 1:1, 1:N 등의 보호 방식이 있다. 이와 같은 보호 방식은 모든 동작 경로에 대해 대체 경로를 설정하여야 하기 때문에, 네트워크 자원의 낭비가 심하다. 그래서 효율적인 네트워크 자원 이용을 위해 재라우팅을 이용하는 복구 방식이 있다. 복구 경로의 설정에서 장애가 발생 검출 후 복구 대역을 정하게 되면, 각 복구 경로 별로 대역을 할당하는 경우보다 훨씬 자원의 낭비를 감소시킬 수 있다. 이러한 개념이 재라우팅을 통한 복구 방식이다.

1. 복구 방식

복구 방식은 장애 발생 후에 사용 가능한 여분의 네트워크 자원을 이용한다. 복구 방식은 적용되는 네트워크 계층과는 독립된 특징을 갖고 있다. 복구 절차는 주로 5단계 즉 장애검출, 제어 메시지 전파, 새로운 경로 선택, 재라우팅, 정상상태 복구로 이루어진다. 50 ms 이내에 복구가 가능하여야 하기 때문에 보호 방식들에 많은 연구를 해왔다^[3]. 그러나 복구 방식은 보호 방식에 비해 많은 이점들을 가지고 있다. 예를 들면, 복구에서는 장애를 위해 보조경로(backup route)가 구체적으로 계산 되고, 보조경로를 위한 자원은 장애가 실제로 발생하기 전까지는 준비되지 않기 때문에 보호 방식보다 효율적으로 대역폭 이용이 가능하다. 복구의 또 다른 중요한 이점은 동시에 다중 파이버(fiber) 장애가 발생하더라도 자연스럽게 대처 할 수 있다. 그러나 보호 방식에서는 사전에 동시 장애의 수를 고려하여 설계하여야 한다. 그러나 복구는 단일 파이버 장애로 설계한다.

복구 방식에는 그림 2와 같이 3가지의 형태가 있다^[4]. 그림 2의 (a)는 경로 복구 방식으로, 하나의 파이버에 장애가 발생 할 때, 장애 파이버의 상류 노드(소스 노드에 가까운 노드)는 장애가 발생한 광 LSP(Label Switched Path)의 소스 노드로 경고(alarm) 메시지를

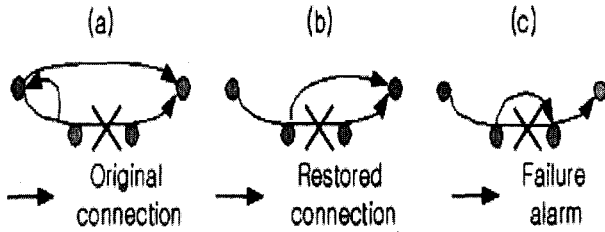


그림 2. 복구 방식의 예
Fig. 2. An example of restoration schemes

보내며, 동시에 하류 노드는 광 LSP의 목적지 노드로 경고 메시지를 보낸다. 소스 노드는 대체 경로를 통하여 목적지 노드로 새로운 경로 설정 메시지를 보냄으로써 광 LSP 복구를 시도한다.

그림 2의 (b)는 Subpath 복구 방식으로, 하나의 파이버에 장애가 발생할 때, 장애가 발생한 파이버의 상류 노드는 장애가 발생한 광 LSP의 소스 노드로 경고 메시지를 보내지 않는다. 그 대신에 상류 노드는 목적지 노드로 경로 설정 메시지 보냄으로써 광 LSP의 복구를 시도한다. 그 동안에, 하류 노드는 광 LSP의 목적지 노드로 경고 메시지를 보낸다.

그림 2의 (c)는 링크 복구 방식으로, 하나의 파이버에 장애가 발생할 때, 상류 노드는 소스 노드로 경고 메시지를 보내지 않고, 하류 노드도 목적지 노드로 경고 메시지를 보내지 않는다. 그 대신에, 상류 노드는 하류 노드로 경로 설정 메시지를 보냄으로써, 장애가 발생한 링크 주위로 광 LSP의 재라우팅을 시도한다.

상기 검토한 복구 방식은 네트워크 자원을 효율적으로 이용할 수는 있으나, 복구 시간이 길어 GMPLS에서는 대량의 데이터 손실을 초래하게 된다. 따라서 아래와 같은 복구 시간을 짧게 하기위한 복구 방식들이 연구되고 있다.

2. 경로 설정에 따른 분류

전송 경로의 장애에 대한 복구 경로 설정 방식은 다음과 같이 2 방안이 있다^[5].

- 사전 확보(Pre Qualified) : 장애에 대해 전송 경로가 만들어지는 동시에 복구 경로로 라우팅은 하지만, 복구 경로로 할당하지 않는다. 만약 전송 경로에 장애가 발생하면, 이미 라우팅된 경로를 따라 자원을 예약하여 장애를 복구 하는 방식이다. 그리고 이미 라우팅된 경로의 자원을 예약 할 수 없다면, 즉시 라우팅 및 자원 예약을 행하여 장애를 복구한다.

- 요구 즉시 설정(Established-on-Demand) : 요구

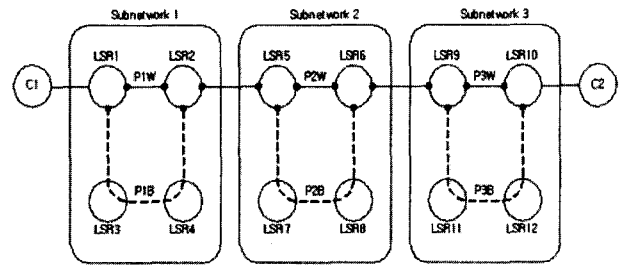


그림 3. 서브네트워크 장애 복구 방식
Fig. 3. Subnetwork based restoration scheme

즉시 설정 방식은 전송경로에 장애가 발생하면 이를 검출 하고 PSL(Path Switch LSR)에 통지된 후, 재라우팅을 통해 경로를 설정된다.

이처럼 복구 경로가 사전 계산(pre-computed)되거나 요구 즉시(on demand)에 계산 될 수 있다. 이것은 복구 시간에 영향을 준다.

그리고 복구 경로가 전송 경로와 동등한 양의 자원 예약을 할 수도 있고, 하지 않을 수도 있다. 복구 경로가 전송경로와 동등한 양의 자원을 예약 할 수 있다면, 이를 동등 복구 경로라 한다. 또 복구 경로가 자원이 부족하여 전송경로와 동등한 양의 자원을 예약 할 수 없다면, 이를 제한된 복구 경로라 한다. 복구 방식에서 자원 예약은 전송 경로 상에 장애가 검출되어 PSL에 통지한 후, 전송 경로상의 전송 트래픽이 복구 경로로 스위칭 되기 전에 요구된 자원을 예약하게 된다^[5].

III. Subnetwork를 이용한 경로 복구 방안

앞 장에서 설명한 복구 방식의 단점인 자원 이용 효율의 저하 및 긴 복구 시간을 해결하기 위해 서브네트워크 개념을 적용한 경로 복구 방식을 제안한다.

1. Subnetwork 장애 복구 방식^[6]

서브네트워크 장애 복구 방식은 그림 3과 같이 전체 네트워크를 여러 개의 서브 네트워크 단위로 나누고, 장애 복구도 서브 네트워크 단위로 수행하는 방식을 말한다. 네트워크에서 복구 LSP는 동작 LSP가 통과하는 모든 서브네트워크에서 미리 설정하는 방식이다. 각 복구 LSP는 서브네트워크내의 ingress 노드에서 egress 노드로 라우팅 된다.

만약 장애가 발생하면, 장애가 발생한 서브 네트워크 별로 동작 중인 LSP에서 검출된 후, 트래픽은 장애가 검출된 서브네트워크 내에서 동작 LSP에서 복구 LSP로 교체 된다.

신호 관점에서 볼 때, LSR1과 LSR10은 동작 중에 있는 LSP의 소스 노드와 목적지 노드이다. 동작 LSP는 LSR1-LSR2-LSR5-LSR6-LSR9-LSR10 경로를 따라 라우팅되고 있다. 서브네트워크 1에서 동작 LSP를 위한 보호 세그먼트는 ingress 노드 LSR1에서 시작하여 egress 노드 LSR2에서 종료된다. 이 세그먼트에서 복구 LSP인 P1B는 LSR1-LSR3-LSR4-LSR2 경로를 따라 라우팅된다. 같은 방식으로 복구 LSP인 P2B, P3B는 각각 LSR5-LSR7-LSR8-LSR6, LSR9-LSR11-LSR12-LSR10 경로를 따라 라우팅된다. 동작 LSP 중의 한 노드가 장애가 발생할 때, 장애 지시 정보 신호를 해당 서브네트워크의 기점 노드 및 종점 노드로 전달하여 복구 동작을 수행한다.

서브네트워크 보호 방식에서 보호 세그먼트에서 필요한 시간은 동작 중에 있는 LSP에서 요구되는 시간보다 짧다. 상대적으로 경보 전송 시간과 신호 시간이 서브네트워크에서 발생하기 때문에 짧다. 즉 장애 복구 시간이 빠르다.

하지만 서브네트워크 간에 장애가 발생하거나 하나의 서브네트워크의 ingress, egress 노드에 장애가 발생하면, 이를 복구하기 위한 또 다른 복구 방식이 사용되어야 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 2가지 복구 방식을 제안한다.

2. 서브네트워크 기반 하이브리드 방식(방식-1)

본 방식은 그림 4과 같이 서브네트워크 내에서는 재라우팅을 통한 복구 방식을 사용하고 각 서브네트워크 사이에는 보호 방식을 사용하는 하이브리드 방식이다. 이를 서브네트워크 기반 하이브리드 방식(방식-1)이라 한다.

본 방식에서 각 노드들은 서브네트워크 내에 있는 노드, 링크 정보만을 가지며, 각 서브네트워크의 ingress, egress 노드들은 이웃하고 있는 다른 서브네트워크의 ingress, egress 노드와 보호 방식을 사용하여 장애를 복구한다. 만약 P1W, P3W, P5W 링크에 장애가 발생하면, 각각 LSR1, LSR5, LSR9에서 재라우팅을 통하여 P1B, P3B, P5B 경로로 스위칭 하여 장애를 복구 하게 된다. 그리고 서브네트워크 사이의 동작 LSP인 P2W, P4W 링크에 장애가 발생하면 1+1이나 1:1 보호 방식을 사용하여 P2B, P4B 경로로 스위칭되어 장애를 복구 한다. 이 구간에서는 자원 이용 효율을 개선 위하여 1:1 보호 복구 방식을 사용하며, 장애가 발생하지 않으면 P2B, P4B 경로로 낮은 우선순위의 트래픽을 전송한다.

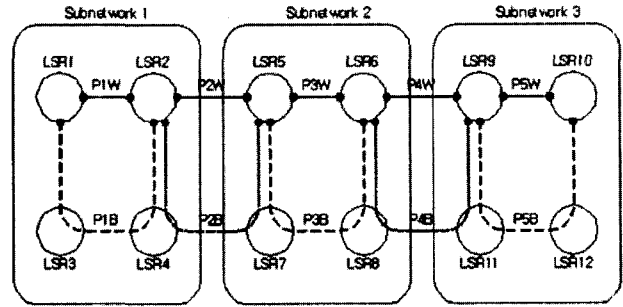


그림 4. Subnetwork 기반 하이브리드 장애 복구 방식
Fig. 4. Subnetwork based hybrid restoration scheme

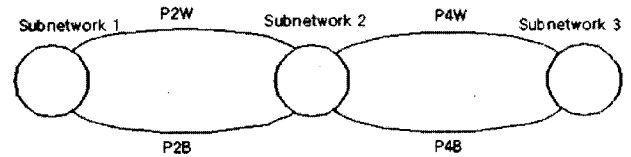


그림 5. 하이브리드 방식의 간략한 해석 모델
Fig. 5. Simple analysis model of subnetwork based hybrid restoration scheme

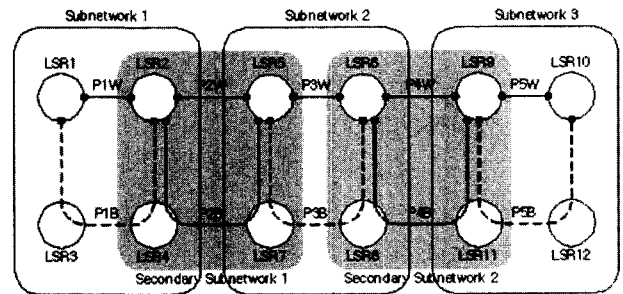


그림 6. Hierarchical subnetwork 장애 복구 방식
Fig. 6. Restoration scheme using hierarchical subnetwork

이러한 하이브리드 방식을 사용하면 그림 4의 네트워크 구조가 그림 5와 같이 보호만을 사용하는 네트워크 구조로 간략화하여 해석 할 수 있다.

이 방식은 자원 이용 효율이 보호 방식보다 좋으며, 복구 시간은 조금 길어지게 된다.

3. 계층적 서브네트워크 복구 방식(방식-2)

전체 네트워크를 그림 6과 같이 주 서브네트워크와 보조 서브네트워크로 나누고, 보조 서브네트워크의 구성을 주 서브네트워크의 ingress, egress 노드로만 구성한다. 주 서브네트워크의 ingress, egress 노드에 장애가 발생하면, 보조 서브네트워크에서 장애를 복구하는 방식이다. 이와 같은 방식을 계층적 서브네트워크 복구 방식(방식-2)라 한다.

본 방식은 장애가 서브네트워크 별로 동작 중인 LSP에서 검출된다. 그리고 경로는 장애가 검출된 서브네트워크에서 동작 LSP에서 복구 LSP로 교체된다. 이

는 방식-1과 같다. 그러나 동작 중인 P2W 경로나 P4W 경로에 장애가 발생하면, 방식 1과 달리 재라우팅을 통하여 P2W 및 P4W 경로가 각각 LSR2-LSR4-LSR7-LSR5 경로 및 LSR6-LSR8-LSR11-LSR9 경로를 따라 스위칭된다.

제안한 두 방식 모두 네트워크 내의 모든 노드 및 모든 링크에 대한 정보를 알 필요는 없지만, 자신이 속해 있는 서브네트워크의 노드 및 링크 정보는 정확히 알고 있어야 한다. 이를 위해 GMPLS에서 LMP(Link Management Protocol)^[2]를 사용하여 정보를 교환하고 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplex) 시스템에서 한 개의 파장을 제어 신호로 사용하고 있다.

IV. 성능 평가

성능 평가는 실제 네트워크 환경과 유사하게 시뮬레이션을 시도하였다. 예를 들면, 경로(path) 복구 방식에서, 하나의 파이버에 장애가 발생 할 때, 모든 장애가 발생한 LSP들의 소스 노드가 연결 복구를 시도한다. 이때, 부하가 높은 네트워크에서는 이것이 복구 요구 블로킹의 원인이 된다. 이 블로킹율은 복구 동작 성공율에 영향을 주게 된다. 만약 부하가 높으면 재라우팅을 통한 복구는 계속 실패 할 수도 있다. 따라서 시뮬레이션을 수행 할 때 동시 장애를 고려하여야 한다. 본 실험에서 복구 프로토콜은 네트워크가 첫 번째 파이버 장애로부터 복구하는 동안 두 번째 파이버 장애가 발생하는 경우까지 취급하였다.

1. 보호 방식 시뮬레이션 조건

보호 방식은 전용 보호와 공유 보호로 나누어 시뮬레이션 하였다. 전용 보호에서 보호 경로들은 자원을 공유하지 않으며, 각 동작 채널은 항상 다른 경로로 이중화되어 있다. 따라서 수신측에서는 가장 좋은 채널을 선택하도록 하였다. 공유 보호에서 보호 자원은 장애시에 여러 채널이 복구하는데 사용된다. 이때 보호 자원은 네트워크 토폴로지와 노드 사이의 트래픽 분배에 의해 의존한다.

그리고 시뮬레이션 알고리즘에서 모든 노드는 네트워크의 전 네트워크의 토폴로지와 모든 링크의 정보를 가지고 있다고 가정 하였다. 이는 링크 상태 정보에 추가하여, 모든 노드들은 다음과 같은 링크 정보를 가지고 있다고 가정 하였다.

- 링크의 risk ID

- 링크가 동작 경로에 의해 사용되어 지는지
- 링크가 보호 경로로 사용되어 지는지
- 링크가 지원해 주는 공유 보호 경로의 최대 개수

2. 복구 방식 시뮬레이션 조건

복구 방식에서 사용하는 라우팅은 참고 문헌 [7]과 같이 신호 프로토콜에 의해 이루어지지만, 시뮬레이션에서는 경로(Path) 복구 방식을 사용하였다. 모든 전송 경로는 소스 라우팅을 통하여 설정되며, 장애가 발생하였을 때도 소스 라우팅을 통해 복구 경로를 설정한다. 또 소스 라우팅은 explicit route LSP 설정과 TE(traffic engineering)을 지원한다. 즉 IP-over-WDM 네트워크에서 소스 라우팅은 우회 경로를 선택하는 것에 의해 혼잡 링크를 자동적으로 라우팅에서 제외한다^[7]. 이때 각 링크에서 한 개의 파장은 제어 신호를 전송하기 위해 사용한다.

경로 복구 방식에서 소스 라우팅의 계산은 자원(파장) 이용 율에 기초를 둔다. 그러나 링크 상태 갱신(update)에 시간이 걸리게 된다. 따라서 하나의 LSP의 설정이 다른 광 LSP의 설정 또는 teardown과 같은 것을 필요로 하게 되면, 소스 노드에서 이러한 새로운 정보를 이용할 수 없다. 그렇기 때문에 본 시뮬레이션에서 동시에 여러 개의 LSP가 설정 되지는 않는다고 가정하였다.

3. 제안된 방식-1 및 방식-2의 시뮬레이션 조건

본 논문에서 제안한 복구 방식의 시뮬레이션 조건은 서브네트워크를 하나의 독립된 네트워크 구조로 보고 그 서브네트워크 내에서 재라우팅을 통해 장애를 복구하는 복구 방식을 적용한다. 그렇기 때문에 전체 네트워크를 몇 개의 작은 서브네트워크로 나누고 각 노드들은 어떠한 서브네트워크에 속하여 있는지 알고 있어야 한다. 즉 제안된 복구 방식-1 및 2를 위해서는 다음과 같은 정보를 각 노드들은 알고 있다고 가정하였다. 그리고 서브네트워크를 구성하는 노드 수에 따라 복구 성능이 바뀌기 때문에, 노드 수는 네트워크 토폴로지에 따라 적절하게 결정되어야 한다.

- 각 서브네트워크는 고유의 ID를 가지고 있고, 각 링크 역시 고유의 ID를 가지고 있다.
- 모든 노드는 서브네트워크의 링크 정보와 노드 정보를 모두 알고 있다.
- 모든 노드는 자신이 소속되어 있는 서브네트워크의 고유 ID를 알고 있다.

- 동작 LSP 설정시 소스에서 소스 라우팅을 한다.

4. 네트워크 시뮬레이션 모델 및 조건

본 논문의 보호 방식, 복구 방식에서 적용한 최단 경로를 구하는 라우팅 알고리즘은 Dijkstra 알고리즘^[8]을 사용한다.

성능 평가는 네트워크 자원 이용율, 복구 성공율, 복구 시간에 대해 수행하였다. 네트워크 자원 이용율은 각 링크의 파장 수에 따라 가능한 총 광 LSP의 설정 개수로 정의된다. 복구 성공율은 장애가 있는 총 파이버의 수와 성공적으로 복구된 파이버의 총 개수와의 비를 나타낸 것이다. 복구 시간은 링크에 장애가 발생하면 각 링크의 부하에 따른 복구 완료하는데 소요되는 시간을 말한다.

시뮬레이션은 그림 7과 같은 16개의 노드와 27개의 물리적 링크로 구성된 네트워크 구조를 대상으로 하였다. 각 링크는 16개의 파장을 가지고 있으며 각 링크의 파장 중 한개 파장은 제어 신호를 위해 사용하였다. 모든 노드는 파장 스위칭의 기능을 가지고 있다. 두 노드의 물리적인 파이버의 길이는 모두 같고, 링크 전송 비용도 같다고 가정 하였다. LSP를 설정하는 소스와 목적지 노드는 무작위로 결정되며, 시뮬레이션에서 장애 파이버는 설정된 LSP 상에서 무작위로 선택하였다. 그리고 설정된 단일 LSP에서 다중장애가 발생 할 수 있다.

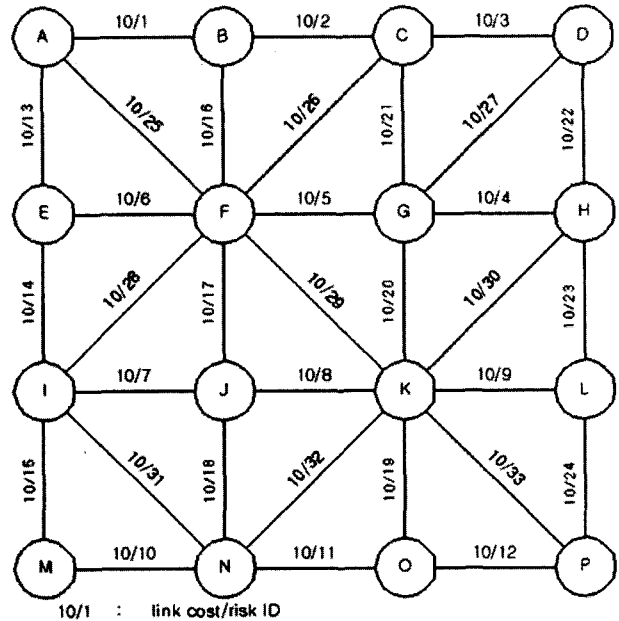


그림 7. 네트워크 시뮬레이션 모델
Fig. 7. Network simulation model

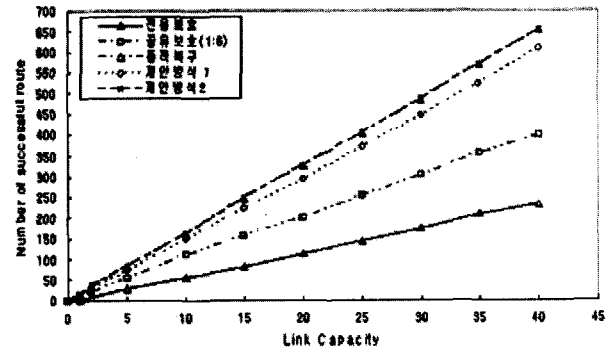


그림 8. 보호 및 복구 방식에 따른 자원 이용 효율
Fig. 8. Available network resource according to protection and restoration schemes

5. 시뮬레이션 결과 비교 및 분석

가. 네트워크 자원 이용 효율

네트워크 자원 이용 효율은 네트워크 자원인 링크의 용량이 증가 할수록 설정 가능한 LSP의 수로 나타났다. 그림 8에서 DWDM 시스템의 파장수 증가가 전체 네트워크의 성능에 미치는 영향을 각 복구 방식에 따라 나타났다. 그 결과, 전용 보호의 경우 소스와 목적지 노드 사이에 2개의 경로로 2 중화 되므로, 설정 가능한 LSP 수가 가장 적다. 그리고 공유 보호는 6개의 경로가 한개의 보호 경로를 공유하기 때문에, 1:1 전용 보호 방식보다 높은 자원 이용 효율을 갖는다. 경로 복구 방식과 제안 방식-2는 자원 이용 효율이 가장 높고, 제안 방식-1은 제안 방식-2보다 자원 이용 효율이 조금 낮다. 그 이유는 서브네트워크 사이에 장애가 발생할 경우, 보호 방식을 사용하기 때문이다. 따라서 보호 방식과 경로 복구 방식의 중간 정도의 네트워크 자원 이용 효율을 보이고 있다. 그러나 서브네트워크 사이에 보호 방식

중 공유보호 방식을 적용하면, 제안 방식-2와 비슷한 수준의 자원 이용 효율을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

그림 8에서 보면, 제안 방식-2와 경로 복구 방식은 장애가 발생하지 않으면 전 네트워크 자원을 LSP 설정에 사용할 수 있기 때문에 자원 이용 효율이 가장 높다.

나. 복구 성공율

복구 성공율은 네트워크의 상태에 따라 복구 재라우팅을 수행하였을 때 실패 할 수 있으므로, 경로 복구 방식과 제안 방식-1 및 2에 대해서만 비교 평가 하였다. 전용 보호나 공유 보호는 항상 복구를 위한 자원을 예비로 가지고 있기 때문에, 동작 경로와 복구 경로가 동

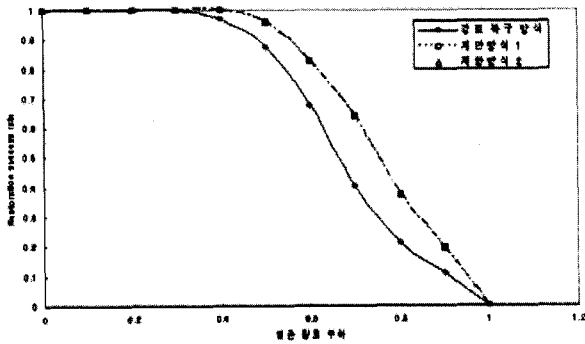


그림 9. 단일 장애에 대한 복구 성공 율
Fig. 9. Success rate of restoration for single failed link

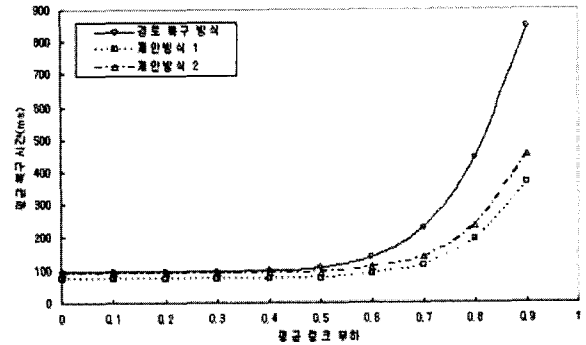


그림 11. 단일장애에 대한 평균 복구 시간
Fig. 11. Mean restoration time for single failed link

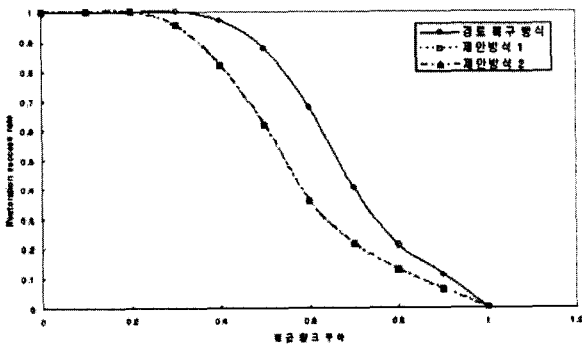


그림 10. 다중장애에 대한 복구 성공 율
Fig. 10. Success rate of restoration for multi-failed link

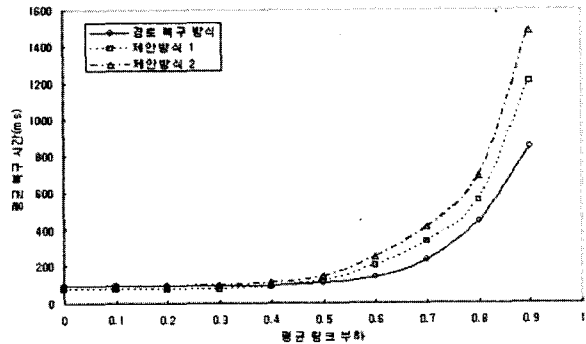


그림 12. 다중장애에 대한 평균 복구 시간
Fig. 12. Mean restoration time on multi failed link

시에 장애가 일어나지 않으면 100% 복구가 가능하다. 그러나 복구 방식은 장애가 발생한 후, 재라우팅을 하여 자원을 예약하기 때문에 네트워크의 부하에 따라 복구가 실패할 수 있다. 만약 복구 시도가 실패하게 되면, 여러 번 복구 시도를 한다.

그림 9는 경로상에 단일 링크 장애가 발생 하였을 때, 네트워크의 링크 평균 부하에 따른 복구 성공율을 방식별로 나타냈다. 경로 복구 방식에서는 장애가 일어난 링크뿐만 아니라 모든 링크(경로)에 대해서도 복구를 수행하기 때문에 평균 링크 부하가 0.4 만 되어도 복구 실패가 일어날 수 있다. 제안 방식은 서브 네트워크 내에서만 복구 방식이 적용되기 때문에 장애가 일어난 링크에 대해서만 복구가 이루어지므로 복구 성공율이 높다. 만약에 단일 경로 상에 다중 링크 장애(링크 2개 장애 발생)가 발생하게 되면, 경로 복구 방식은 전체 경로를 복구하기 때문에 단일 장애가 발생한 경우와 동등한 복구 성공율을 보이고 있다.

제안 방식(방식-1 및 방식-2)은 장애가 발생한 각각의 링크에 대해 복구를 수행하기 때문에, 링크의 부하가 낮은 경우에도 복구 실패가 가능하게 된다. 하지만 각각의 링크 장애가 동시에 일어날 확률은 충분히 작을

수 있기 때문에 전체적인 복구 성능에 있어서는 경로 복구 방식 보다는 보다 좋은 결과를 보이고 있다.

다. 복구 시간

복구 시간에 대해서 분석하면, 복구 방식은 복구를 위해 자원 예약에 실패할 경우, 재시도함으로써 복구 성공율을 향상시킬 수 있다. 경로 자원 예약이 실패하는 주 이유는 복구 요청들 사이의 충돌에 의한 것이다 [5].

이 시뮬레이션에서는 소스 노드의 프로세서 지연을 감안하여 복구 동작의 실패를 알려 주는 실패 통보 메시지가 소스 노드에 도달한 후에 1ms 지나서 복구 동작의 재시도가 실행되도록 하였다. 이 지연은 성공 복구 성공율에 약간의 영향을 끼친다. 그러나 이 지연의 증가는 복구 시간의 증가를 초래한다.

각 방식에 대해 단일 장애에 대한 평균 복구 시간을 그림 11에 나타냈다. 링크 부하에 따른 복구 시간은 제안 방식-1 및 2가 경로 복구 방식에 비해 빠르다. 이는 제안 방식이 경로 복구 방식에 비해 복구 성공율이 높기 때문이다.

그림 12에 단일 경로에서의 다중 장애에 대한 평균

복구 시간을 방식별로 나타냈다. 다중 장애에 대해서는 경로 복구 방식이 제안 방식 -1 및 2보다 복구 성공율이 높기 때문에, 평균 복구 시간도 제안 방식-1 및 2보다 빠르다.

V. 결 론

GMPLS 네트워크에서 장애가 발생하면 대량의 데이터가 손실될 수 있다. 그렇기 때문에 기존에 생존성 전략으로 보호와 복구 방식을 사용한다. 보호 방식은 복구 시간은 짧지만 자원 이용효율이 좋지 않고, 복구 방식은 자원 이용 효율은 높지만 복구 시간이 길다. 따라서 이러한 단점들을 보완하기 위해 서브네트워크를 이용하여 장애를 복구하는 방식이 제시되었지만, 서브네트워크 사이에 장애가 발생하면 복구를 수행 할 수 없다.

본 논문에서는 서브네트워크 간에 장애가 발생하는 경우, 복구를 수행하는 복구 방식을 2가지 제안하고 분석하였다. 제안 방식-1은 서브네트워크사이에 장애가 발생하면 보호 방식을 이용하여 장애를 복구 하는 방식이고, 제안 방식-2는 서브네트워크 안에서 인접된 노드만으로 구성된 또 다른 서브네트워크를 사용하여 장애를 복구 하는 방식이다.

제안한 복구 방식의 특성을 자원 이용 효율, 장애 복구 시간, 장애 복구 성공율에 대해 경로 복구 및 보호 방식과 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다. 그 결과, 자원 이용 효율은 경로 복구 방식과 제안 방식 2가 가장 좋은 결과를 나타냈다.

장애 복구 시간은 단일 링크 장애에 대해서는 제안 방식 1 및 2가 기존 방식에 비해 빠르다. 다중 링크 장애에 대해서는 부하가 높을 때, 경로 복구 방식이 제안 방식-1 및 2보다 우수하다.

장애 복구 성공율은 단일 장애의 경우, 제안 방식이 기존의 경로 복구 방식보다 복구 성공율이 높다. 다중 장애의 경우, 복구 성공율은 제안 방식보다 경로 복구 방식이 우수하다. 그러나 네트워크에서 경로에 다중 링크 장애가 일어날 확률은 매우 낮다. 따라서 제안 방식이 GMPLS에 적용하면, 기존의 복구 방식에 비해 특성이 우수함을 알 수 있다.

금후, 본 방식을 GMPLS 네트워크에 적용하기 위해 프레임에 추가 되어야 할 데이터의 양과 부하에 대해 정량적으로 연구 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T, "Architecture of Optical Transport Network," Recommendation G.872, Nov. 2001.
- [2] E. Mannie(Editor) et al., "Generalized MPLS Architecture," draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-03.txt, Aug. 2002.
- [3] Peter Tomsu and Christian Schmutzer, "Next Generation Optical Networks," Prentice Hall PTR, pp 161-180, 2002.
- [4] Jian Wang, et al., "Path vs. Subpath vs. Link Restoration for Fault Management in IP-over-WDM Network : Performance Comparisons Using GMPLS Control Signaling," IEEE, Comm. Magazine, Vol.40, No.11, 2002.
- [5] V. Sharma and F. Hellstrand (Editors), "Framework for Multi-Protocol Label Switching (MPLS)-based Recovery," IETF RFC 3469, Feb. 2003.
- [6] Y. Suemura et al., "Protection of Hierarchical LSPs," draft-suemura-protection-hierarchy-00.txt, June, 2002.
- [7] P. Ashwood-Smith et al., "Generalized MPLS -Signaling Functional Description," IETF RFC 3471, Jan. 2003.
- [8] Shengli Yuan and Jason P. jue, "Shared Protection Routing Algorithm for Optical Networks," IEEE, Optical Networks Magazine, Vol.3, No.3, 2002.

저 자 소 개



권 호 진(학생회원)
 2002년 2월 한국외국어대학교
 전자공학과 졸업(공학사).
 2002년 9월~현재 한국외국어대학교
 대학원 전자정보학과
 석사과정

<주관심분야: 광 네트워크, MPL S 및 GMPLS
 OAM>



이 상 화(정회원)
 1979년 2월 경북대학교 전자공학과
 졸업(공학사).
 1983년 2월 경북대학교 대학원
 전자공학과 졸업(공학석사)
 2000년 2월~현재 한국외국어대학교
 대학원 전자정보공학과 박사 과정

1983년4월~1984년 7월 한국전자통신연구소(ETRI)
 1984년10월~1986년11월 :동광텔레콤
 1992년2월~현재 (주) CST 근무
 <주관심분야: 차세대인터넷, 광인터넷, MPLS 및
 GMPLS, 초고속정보통신 설계 및 해석>



김 영 부(정회원)
 1982년 2월 한양대학교 전기공학
 과 졸업(공학사)
 1984년 2월 한양대학교 대학원
 전기공학과 졸업(공학석사)
 1983년 3월~현재 한국전자통신
 연구원(ETRI) BcN 설계
 팀장(책임연구원)

1984년 3월~1991년 12월 전전자교환기(TDX-1,
 TDX-1A, TDX-1B, TDX-10)개발 참여
 1992년 1월~1998년 12월 ATM교환기 (ACE-64/
 256/2000) 구조 연구 책임자
 1999년 1월~2000년 12월 HAN/B-ISDN
 Nwt대가 Engineering 연구 책임자
 2001년 1월~현재, BcN 설계 책임자
 <주관심분야: 광인터넷, 차세대 네트워크 기능 구
 조 및 설계>



한 치 문(정회원)
 1977년 2월 경북대학교 전자공학
 과 졸업(공학사)
 1983년 8월 연세대학교 대학원
 전자공학과 졸업(공학석사)
 1990년 9월 The University of Tokyo
 전자정보공학과 공학박사.

1997년 2월~1993년 3월 한국과학기술원(KIST),
 연구원
 1993년 4월~1997년 2월 한국전자통신연구원(ETRI)
 책임연구원, 교환기술연구단
 계통연구부장 역임
 1997년 3월~현재 한국외국어대학교
 전자정보공학부 교수
 <주관심분야: 광인터넷, MPLS 및 GMPLS,
 홈네트워크, Network Security 등>

