

# 계층형 MPLS 네트워크에서 다중 경로를 이용한 장애 복구 방안에 관한 성능 분석

장성진\* · 김기용\* · 장종욱\*  
\*동의대학교 컴퓨터공학과

## Performance Analysis about the Failure Restoration Scheme Using a Multi-path in Hierarchical MPLS Networks

Seong-jin Jang\* · Ki-yong Kim\* · Jong-wook Jang\*  
\*Dept. of Computer Engineering, Dong Eui University  
E-mail : ch99jin@hanmail.net

### 요 약

MPLS 네트워크에서 QoS(Quality of Service)에 관한 요구가 증대함에 따라 확장성을 보장하고 장애 복구를 위한 다중 경로 계산 방안들에 관한 여러 기술들이 제시되고 있다. 그러나 MPLS 네트워크는 트래픽에 관한 확장성 문제와 기존의 장애 복구 방식들의 경우 자원 낭비와 많은 지연 발생으로 인한 손실이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 LSP 다중경로 라우팅 알고리즘을 적용한 망의 효율적인 관리 및 신속한 장애 복구를 위해 H-MPLS(Hierarchical-Multiprotocol Label Switching) 네트워크 제안한다. 또한 확장된 규모의 망을 계층형 MPLS로 구성하여 기존의 장애복구 방식을 다양한 네트워크 모델로 적용하고, 이를 NS 시뮬레이터를 통해 성능 분석하여 그 효율성 및 확장성의 개선방안을 제시하고자 한다.

### ABSTRACT

MPLS networks architectures have been prevailed as scalable approach to provide quality of service in the Internet. Many researches have been mainly focused on scalability and multi-path calculation scheme for failure restoration. However, the MPLS network have an scalability problem about traffic, and the existing failure restoration methods are wasted resources, and it has the problem that loss of a packet by a lot of delay occurs in too. Therefore in this paper, we propose a H-MPLS (Hierarchical-Multiprotocol Label Switching)network for rapidly failure restorations and effective management of network extended. The proposed H-MPLS Network apply LSP multi-path routing algorithm and consists of several MPLS. After comparing the performance among the existing failure restoration methods with various network models, we use NS simulator in order to analyze the performance. Finally, we present an improvement scheme of the efficiency and scalability.

### 키워드

H-MPLS, MPLS, multi-path routing, LSP, Failure Restoration

### 1. 서 론

통신 사업자의 주요 운영 정책과 인터넷 트래픽의 증가에 따라 인터넷망을 효율적으로 운영할 수 있는 기능이 필수적으로 요구되어진다. 또한 QoS와 관련된 트래픽 엔지니어링을 위한 많은 연구들이 제시되었다. 네트워크 링크의 폭주 현상이나 대역폭 제약 조건을 만족시키는 대체 경로나 다중 경로를 계산하여 트래픽을 분산시키기

위한 LSP 다중 경로 계산 기능이 반드시 필요한 핵심 기술이 될 것이다. 이러한 문제점을 해결하고 통신사업자의 쉬운 관리와 망 자원을 최대한 활용하여 망 전체 성능을 높일 수 있을 것으로 예상되는 기술이 MPLS (Multiprotocol Label Switching)이다. 하지만 MPLS 네트워크의 망의 크기가 확장될수록 전체 네트워크 상태를 항상 파악하고 관리해야 하는 입구 노드(LER)의 역할이 가중됨에 따라 효율적으로 네트워크를 관리하

기 위한 H-MPLS (Hierarchical-Multiprotocol Label Switching) 기술이 필요하다. 망 자원의 장애 발생 대비를 위한 보호(protectioen) 및 복구(restoration) 방식으로는 Pre-assigned 모델과 On-demand 모델이 있으며 이러한 방식들은 자원의 낭비와 패킷의 손실 등의 문제점이 지적되었다.

따라서, 본 논문의 연구는 LSP 다중경로 계산 알고리즘을 적용하여 최적의 LSP를 설정하여 전체 네트워크의 효율적 관리와 신속, 장애 발생시 신속성과 신뢰성을 보장해주는 H-MPLS 네트워크를 제안하였다. 또한 기존의 MPLS 네트워크 장애 복구 방식을 비교하였다. 그리고 각 방법의 문제점과 MPLS 네트워크 확장시 MPLS 네트워크와 H-MPLS 네트워크의 가장 효율적인 복구방식을 다양한 네트워크 모델을 적용하여 NS 시뮬레이터로 그 결과를 비교 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 다중경로 알고리즘의 필요성과 기존 MPLS의 장애복구방식의 문제를 제시하며, 3장에서는 MPLS를 확장할 경우 가장 효율적인 H-MPLS 토폴로지와 장애 복구 방식에 대해 제안하고 4장에서는 시뮬레이션을 통해 성능 분석하여 그 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구와 문제 정의

본 장에서는 기존의 MPLS와 다중 경로 라우팅 알고리즘의 문제점을 제시함으로써 본 논문에서 구현하고자하는 메커니즘의 배경을 제시하고자 한다.

네트워크에서 링크의 메트릭은 효과적인 망 운영과 성능에 중요한 영향을 미치기 때문에 일반적으로 망 운영자는 대역폭이 큰 링크들을 이용하여 지연이 최소인 경로를 선택하기를 원한다[1]. 기존의 단일 경로 방법인 CMPF(Constrained Multi-Path Finding), WSP(Widest Shortest Path)[2], SWP(Shortest Widest Path)[3] 방법들은 폭주가 발생할 경우에 다른 대체 경로를 이용하여 트래픽을 분산시킬수 없다. 또한 다중 경로를 이용하여 가용 대역폭 비율을 최대화하면서 동시에 지연 값을 최소화하는 방법이 제안되었으나 이들 방법들은 NP-complete 문제로 알려져 있다 [4]. 이러한 NP-complete 문제를 해결하기 위해서 최적경로를 찾는 방식보다 다항식 시간 복잡도 (polynomial time complexity)를 가지는 다수의 경험적 방식들에 관한 연구가 진행되어 왔다[5, 6]. 다중 메트릭 중의 하나를 제외한 코드 메트릭을 유한 정수 값으로 변환하여 문제를 해결하려는 방법과 WFQ(Weighted Fair Queuing) 방법을 이용하여 지연이나 지연 지터 값을 하나의 대역폭에 관한 함수로 변환하여 문제를 해결한 방법도 있었다[7]. 또한 MPLS 네트워크에서 장애 발생시 다중 경로를 계산하여 트래픽을 분산시키기 위해 메트릭(대역폭, 홉)을 최적화시킬 수 있는 알고리즘으로 WKS(Widest-K- Shortest) 방법과

SKW(Shortest-K-Widest) 방법이 제안되었다[8].

MPLS 네트워크의 규모가 확장됨에 따라 집중화된 입구 노드(LER)의 역할을 분산하여 네트워크를 효율적으로 관리하기 위한 Hierarchical MPLS 네트워크를 기반으로 망 자원의 장애 발생 상황을 보호(protectioen) 및 복구(restoration) 기술이 필요하다[9].

이러한 문제점을 보완하여 H-MPLS에서 장애 복구를 위한 LSP 다중 경로 계산 알고리즘으로 SKW를 적용하여 rerouting 하였다. SKW는 대역폭과 홉을 최적화시킬 수 있는 다중 경로 알고리즘으로 라우팅 테이블에 대체 경로가 미리 계산되어 있어 장애가 발생했을 경우 신속한 복구가 가능하다. 장애 복구 방식은 복구 경로를 장애가 발생하기 전에 미리 설정하는 선점 복구 방법 (Pre-assigned Restoration)과 장애 발생 후에 복구 경로를 설정하는 동적 복구 방법(On-demand Restoration)이 있다. 현재 지원하는 방식인 Pre-assigned, On-demand와 본 연구에 적용한 multipath rerouting에서 MPLS 네트워크 확장했을 경우 가장 효율적인 방식을 제시하였다.

## III. H-MPLS 장애 복구 기법 제안

MPLS 네트워크에서 새로운 노드의 추가 및 제거시 재구성을 위한 많은 트래픽이 망 전체에 발생하게 되며 전체 네트워크의 구조 및 상태를 파악하기 위해 PE라우터의 역할 및 복잡성 (complexity)이 증가하게 된다. 따라서 PE 라우터의 기능의 집중으로 장비 성능이 저하되며 자체 확장성과 네트워크의 전반적인 확장성이 제한되어지게 된다. 이러한 MPLS의 확장성 문제를 해결하기 위해 H-MPLS 모델을 사용할 수 있다. H-MPLS(Hierarchical MPLS)는 시그널링 과부하와 LER에서 패킷 복제의 필요성을 줄여줌으로 네트워크를 효율적으로 관리 할 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 H-MPLS 네트워크에서 다중경로를 이용한 장애 복구 방식을 제안한다.

<그림 1>은 H-MPLS 네트워크 구조를 보여주고 있다. (a)는 하나의 MPLS 네트워크로 구성된 토폴로지이며 (b)는 세 개의 MPLS 네트워크로 구성된 토폴로지이다. MPLS 네트워크(그림 1 (a))의 경우 노드나 링크에 장애가 발생했을 경우 망 전체를 고려하여 복구를 해야 하기 때문에 긴 지연과 많은 대역폭이 필요하여 패킷의 손실이 발생할 수 있다. 이에 반해 H-MPLS 네트워크(그림 1 (b))는 장애가 발생했을 경우 MPLS Edge(A), MPLS Core(B), MPLS Edge(C) 각각 세 개의 그룹별로 부분적인 복구를 수행하기 때문에 지연을 줄일수 있으며 대역폭을 효율적으로 관리 할 수 있게 된다.

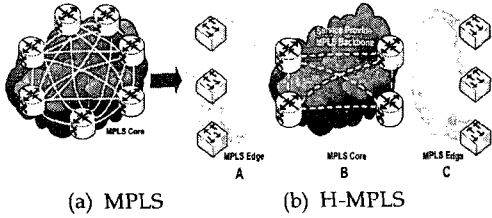


그림 1. H-MPLS 네트워크 구조

제안된 H-MPLS 장애 복구 방식은 SKW 알고리즘을 이용하여 보다 신뢰성 있는 트래픽 엔지니어링을 지원하기 위해 각각의 그룹별로 미리 계산해 놓은 복구 경로(다중 경로)를 이용하여 리라우팅 시킨다.

따라서 그룹별로 전체 네트워크의 상태 정보를 유지할 수 있어 보다 신뢰성 있고 신속한 복구를 할 수 있어 시간 및 자원의 낭비를 줄여 보다 높은 성능을 보장할 수 있다.

IV. 성능 평가

제안된 메커니즘의 성능 분석을 위해 NS-2(network simulator)를 사용하였으며, 성능 평가를 위한 MPLS 네트워크는 <그림 2>와 같이 7x7 Mesh 네트워크 모델로 구성하고 H-MPLS 네트워크는 <그림 3>과 같이 4x4 Mesh 네트워크를 3개의 MPLS 네트워크로 구성하였다. 상용 MPLS 네트워크에서 서로 다른 링크의 대역폭과 지연이 설정되어 있으므로 시뮬레이션의 신뢰성을 높이기 위해 링크의 대역폭과 지연은 노드마다 달리 설정하였다.

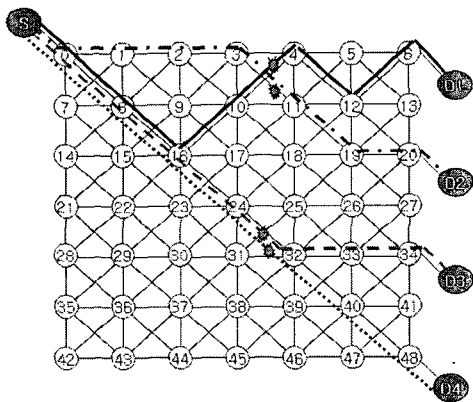


그림 2. MPLS 네트워크 모델

MPLS와 H-MPLS 네트워크에서 임의의 4개 노드에 장애가 발생했을 경우 각각 Pre-assigned, on-demand, multi-path rerouting 장애 복구 방식에 따라 패킷이 목적지까지 도달하는 장애 복구 시간의 평균을 계산하여 분석하였다. 시뮬레이션 결과는 <그림 4>와 같다. MPLS 네트워크와

H-MPLS 네트워크에서 multi-path rerouting 방식이 가장 좋은 장애 복구 시간을 보였으며 on-demand 방식은 multi-path routing과 pre-assigned 방식의 장애 복구 시간에 비해 장애 복구 시간의 차이가 가장 크게 나타났다. 또한 MPLS 네트워크와 H-MPLS 네트워크를 비교했을 경우 모든 장애 복구 방식에서 H-MPLS 네트워크가 좋은 결과를 보였다.

multi-path rerouting과 on-demand 방식은 장애가 발생하는 링크에 따라 각각 안전된 복구 시간을 보였으나 Pre-assigned 방식의 경우 장애가 발생하는 링크에 따라 장애 복구 시간의 일관성 없이 평균 복구 시간이 불안정함을 보였다.

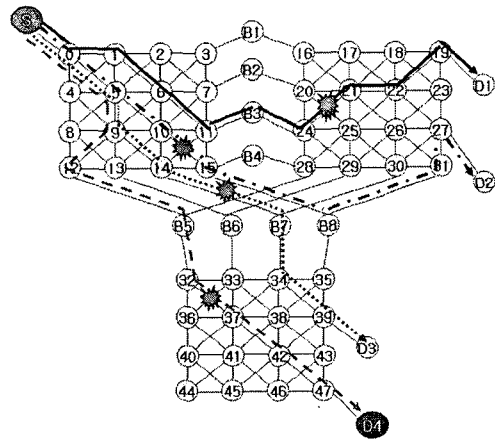


그림 3. H-MPLS 네트워크 모델

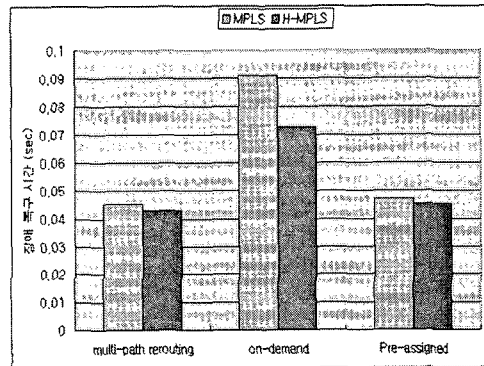


그림 4. 링크 장애 발생에 따른 장애 복구 시간

V. 결론

본 연구에서는 장애 발생시 보다 신속한 복구를 위해 다중 경로 계산 알고리즘인 SKW를 이용하는 H-MPLS 네트워크를 제안하였다. MPLS 네트워크와 H-MPLS 네트워크에서 기존 장애 복구 방식과 multi-path rerouting 방식을 비교했을 경우

H-MPLS 네트워크의 multi-path rerouting이 높은 성능을 보임으로써 망 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

향후 과제로는 제안된 H-MPLS 네트워크에서 MPLS Core와 MPLS Edge 사이의 LER 노드 수에 따른 성능의 차이를 분석하여 보다 효율적인 망 관리 기술에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 윤상식, "MPLS LSP의 가용 대역폭과 지연을 고려한 다중 경로 계산 방법에 관한 연구" 전남대학교 대학원 전산학과 박사학위논문, 2003.
- [2] G.Apostolopoulos, D. Williams, S. Kamat. R. A. Guerin, and A. Orda, "QoS Routing Mechanisms and OSPF Extensions", IETF RFC 2676, August 1999.
- [3] A.Wang and J. Crowcroft, "QoS Routing for Supporting Multimedia Applications", IEEE Journal on Selected Areas of Communications, Vol. 14, pp. 1228-34, September 1996.
- [4] Don Fedyk et al, "Multiple Metrics for Traffic Engineering with IS-IS and OSPF", IETF Internet-Draft, November 2000.
- [5] L. Franck and B. sales, "QoS based Routing for ATM Networks", ICCCN '95, p.p.643-646, 1995.
- [6] Z. Wang and J. Crowcroft, "Bandwidth-delay Based routing Algorithms," Int.
- [7] Q. Ma and P. Steenkiste, "Quality-of-Service Routing with Performance Guarantees", Proceeding of the 4th International IFIP Workshop on Quality of Service, May 1997.
- [8] Yongho Seok, Youngseok Lee, and Yanghee Choi, "Dynamic Constrained Multipath Routing for MPLS Networks", IEEE ICCCN 2001, Phoenix, October 2001.
- [9] Cisco System, "<http://www.cisco.com/global/KR/about/packet/tech/>", 2006.