

# 패킷망에서 NGN을 위한 라우팅 프로토콜MPLS망에서 장애 개선을 위한 복구 기법

정희원 인 치 형\*

## A Restoration Method for Improving Fault Recovery in MPLS Networks Routing Protocol

Chi-Hyung In\* *Regular members*

요 약

향후 NGN(Next Generation Network)은 패킷 기반의 QoS가 제공되는 네트워크로 발전하고 있다. 본 논문에서는 MPLS 네트워크에서의 보다 효율적인 경로 선택에 관한 기법으로 Service interruption time을 줄이는 복구방법을 제안한다. 장애복구의 주요 성능 중의 하나인 복구자원사용의 효율성을 높이기 위해서 각 노드들 간의 state information을 fault detector 와 bandwidth broker가 서로 공유하여 장애 발생 시 복구를 위한 message transmission time을 줄였다. 또한 트래픽량의 변화에 따라 망 전체의 필요한 대역폭을 효과적으로 관리하고 변화 시킴으로써 대역폭 사용의 효율성을 개선하였다. 그리고 우선순위 서비스를 제공할 수 있는 MPLS 망에서 우선순위에 따른 트래픽에 대해서도 전체 망에 도메인을 나눔으로써 우선순위가 높은 트래픽에 대한 중단간 복구방법에 대해 효율적인 자원 할당을 하며 낮은 우선순위의 트래픽에 대해서 장애가 발생한 도메인 내에서만 경로 복구를 하여 재설정을 위한 시간을 줄일 수 있고, 불필요한 메시지의 전달을 줄일 수 있다

Key Words : NGN, 장애개선, 경로복구, MPLS

### ABSTRACT

Nowadays, NGN(Next Generation Network) is evolving into network with packet based QoS. This paper presents the recovery method as a selecting way of more efficient path in MPLS network that reduces the service interruption time. In order to increase the efficiency of usage of recovering resource which is one of major functions of disorder recovering, it opens the state information of each Node both to fault detector and bandwidth broker so that it reduces message transmission time for recovery when functional disorder occurs. in addition, by effective management and adjustment of required bandwidth of entire network depending on the changes of traffic load, it improves the efficiency of bandwidth usage. and in MPLS network supporting priority selection function, it allocates domains depending on the traffic relating to priority order to the entire network so that? it efficiently allocates proper resources to the restoring process between the entry and the end for the traffic of high priority and for low priority traffic, it restores path only inside disordered domain. by doing this, it reduces resetting time and unnecessary message transmission.

\* (주)플랜티넷 기술연구소(in@plantynet.com)

논문번호 : #040163, 접수일자 : 2004년 4월 21일

## I. 서론

최근 패킷망에서의 중요한 요소는 실시간 트래픽과 QoS를 보장받기 원하는 트래픽을 IP망에서 제공하는 것이다. 현재 라우팅 알고리즘들은 장애 발생 시 복구를 하기 위해서는 수초에서 수분까지 걸릴 수 있고 이로 인하여 ISP(Internet Service Provider)들은 신뢰성있는 서비스를 제공하기에는 어느 정도의 한계가 있으므로 높은 신뢰성을 요구하는 네트워크의 필요성이 대두된다.

사용자의 요구가 점차 광대역 트래픽을 동반하는 멀티미디어서비스 및 양방향 실시간서비스, 대용량의 다운로드서비스등으로 확장되고 있어서 빠른 패킷처리 능력과 대역폭의 효율성을 높이고 사용자들의 다양한 서비스 요구사항을 제공할 수 있는 새로운 개념의 네트워크 구조가 필요하게 되었다.1

차세대 네트워크 기술로 IP 라우팅과 ATM 스위칭이 결합된 IP 스위칭 제품이 출시된 이래로 레이블 스위칭 기술은 IP 라우터의 고속화 및 IP와 ATM을 결합하는 기술로 대두되었다.[1] 이러한 레이블 스위칭 기술에 대한 표준화의 필요성이 대두됨에 따라 IETF(Internet Engineering Task Force)의 MPLS (Multiprotocol Label Switching) WG에서는 레이블 스위칭 기술의 표준화를 진행하고 있다.[2]

MPLS의 기본 개념인 L2(Layer 2)에서 레이블 교환을 통한 IP 트래픽의 고속 포워딩은 원래 IP 라우터의 고속화를 위해 고안되었다. 그러나 IETF의 주도로 표준화가 진행되면서 MPLS가 갖는 효율적인 VPN 서비스 지원 능력과 기존 IP 라우팅이 지원하지 않는 트래픽 엔지니어링 및 QoS(Quality of Services)를 보장하는 능력이 점차 부각되고 있다.[3] 즉, MPLS는 고속·고품질의 서비스에 대한 가입자의 욕구를 충족시키면서, 트래픽을 적절히 제어하여 망 자원의 소비를 최적화하고 VPN(Virtual Private Network)과 같은 IP 부가 서비스를 효율적으로 지원할 수 있는 기법으로 인식되고 있는 것이다. 이러한 MPLS 기술은 기존 IP 라우팅 망을 대체할 차세대 인터넷 전달 기술로서도 인식되고 있는 상황이다. 또한 멀티프로토콜(Multiprotocol)이라 불리는 이유는 IP, ATM, 프레임 릴레이 프로토콜 등과 함께 동작하기 때문이다. 즉, MPLS는 고속 패킷 전송을 위해 2계층의 교환기술을 사용하고 3계층의 망의 확장성 그리고 기존 프로토콜(Protocol) 간의 호환성등 각 계층간의 장점을 그대로 유지할

수 있는 것이다. IP망에 호스트를 추가하기 위해서는 IP주소를 할당하고, 라우터에 연결하는 것에 의해 망을 확장할 수 있다. 또한 각 IP 연결의 상태정보를 저장할 필요가 없는 데이터그램 방식의 동적인 라우팅과 링크 오류, 토폴로지의 변화 시 IP 라우팅 망의 유연한 재구성이 가능한 장점을 갖는다. 반면, 단점으로는 현재의 IP 라우팅 프로토콜은 목적지까지 최단 경로를 따라 패킷을 라우팅하므로 특정 노드로만 트래픽이 집중될 수 있고, 이로 인해 망 자원을 효율적으로 이용할 수 없게 된다.

중요한 점은 망의 폭발적인 확산과 초고속화에 따라 망의 장애발생에 대한 영향은 망의 공급자나 사용자에 대해 많은 부담을 주게 된다. 특히 WDM(Wavelength Division Multiplexing)기반의 광 인터넷과 같은 네트워크에서는 물리적 링크 또는 논리적 채널에서의 장애 발생은 막대한 데이터의 손실을 불러 일으키게 된다. 따라서 차세대 인터넷에서의 장애에 대한 효율적인 복구기법은 우리가 당면한 과제이며 반드시 풀어야 할 문제이다. 그러므로 장애 복구에 대한 네트워크의 대처 시 망 자원의 효율성을 높이는 것과 복구 시간을 최대한으로 줄이는 병행된 방법이 중요하고 그 기법에 중점을 두어 개선하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 MPLS에서의 망 복구 구조 및 기본적인 복구 방법에 대하여 알아본다. 3장에서는 제안한 효율적인 자원 사용을 고려한 제안한 망 복구 방식을 알아본다. 4장에서는 시뮬레이션을 통한 제안된 방법의 성능을 측정하여 분석하고, 5장 결론으로 논문의 내용을 정리하고, 앞으로의 연구 방향을 서술하였다.

## II. MPLS망에서의 장애복구

### 2.1. MPLS 복구방법

#### 가. MPLS 복구의 필요성

네트워크에서 서비스경로나 노드등에 장애가 발생하여 트래픽 전송이 불가능한 경우, 이를 복구하기 위해 대체 경로를 찾게 된다. 초고속망에서는 라우터 사이당 하나의 광케이블을 통해 수만에서 수십만 혹은 그 이상의 트래픽이 발생하기 때문에 하나의 물리링크에서의 장애는 수많은 서비스를 마비시키게 된다. 따라서, 네트워크의 고속화는 망에 대한 영향을 더욱 가중시키는 것이다. 기존의 네트워크 라



우팅은 주로 연결성에 중심을 두어 일반적인 서비스 클래스인 Best Effort의 서비스만을 지원한다. 따라서 현재의 라우팅 알고리즘은 장애 발생 시 복구를 위해서는 수초에서 수분까지 걸릴 수 있으므로 ISP들은 서비스 제공을 원활하게 할 수 없고 사용자들은 높은 신뢰성을 요구하기 때문에 장애 발생 시 복구 기법은 망의 발전함에 따라 더욱 절실히 풀어야 할 과제이다.

하지만 MPLS는 링크 로컬 레이블의 레이블 스위핑을 기본으로하는 포워딩을 네트워크 계층 라우팅과 통합함으로써 새로운 라우팅 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 MPLS는 QoS 제공이나 트래픽 엔지니어링을 효율적으로 할 수 있는 것이다. 그러므로 MPLS에서는 신뢰성있는 서비스 제공을 위해 장애 발생 시 다른 경로에서 대신 트래픽을 전송하는 복구 기법이 필요하다. 이를 위해 MPLS의 각 LSR은 장애 탐지(Fault detection), 장애 알림(Fault notification), 장애 복구(Fault recovery) 등의 과정들이 제공되고, MPLS 시그널링은 경로 복구를 위한 신호절차를 제공한다.

나. MPLS 복구 모델

모든 망은 호스트나 라우터에 해당하는 노드와 노드들을 연결하는 링크, 그리고 링크들로 연결되는 경로로 구성된다. 이러한 망에서 장애에 대한 복구를 위해서는 서비스경로를 대체할 수 있는 대체 경로가 필요하다. 따라서 대체 경로의 설정에는 대체 경로를 네트워크 구성 시 미리 설정해 두는 보호 스위칭(Protection switching)과 장애 발생 후 새로운 경로를 계산하는 경로 재설정(Restoration)이 있다.

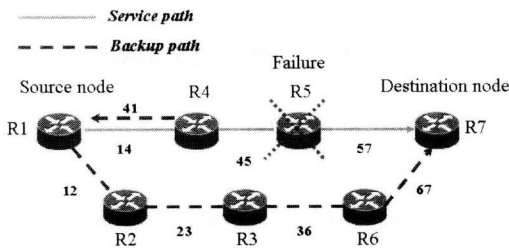


그림 1. 보호  
Figure 1. Protection

① 보호(Protection)

망의 라우팅 정책, 서비스경로의 트래픽 요구사항, 그리고 관리 사항들을 고려하여 네트워크 구성 시 미리 복구 경로나 복구 경로 세그먼트를 설정하는

방법으로 복구 자원을 미리 할당함으로써 장애 발생 시 빠른 복구를 할 수 있지만, 자원의 효율성은 떨어진다. 서비스경로에서 장애를 탐지하면 소스노드는 즉시 미리 할당된 복구 경로 트래픽을 대체하게 되므로 빠른 복구가 가능하다. protection 스위칭 모델에서는 복구를 시작하고 대체 경로로 스위칭을 수행하는 소스노드에게 장애 발생 메시지가 전달되어야만 복구를 수행하므로 장애발생을 알려주는 메시지가 필요하다. 그리고 복구경로는 서비스경로와 사용링크나 노드가 같거나 다를 수 있다. 하지만 복구경로가 서비스경로와 장애가 발생한 자원을 공유하면 네트워크의 신뢰성은 낮아지게 된다. 다음은 Protection 메커니즘의 네가지 타입이다.[4][5]

[1+1 protection] : 1+1 protection 메커니즘은 복구 경로상의 자원(대역폭, 버퍼 처리용량)은 서비스경로와 동일하게 예약하고, 서비스경로를 따라 트래픽을 전달할 때, 동시에 동일한 트래픽을 예약되어 있는 보호 경로로 전송한다. 그리고 경로의 목적지 노드는 두 경로로부터 같은 트래픽을 받게 되고, 트래픽의 선택은 중단 노드에서 이루어진다. 따라서 하나의 서비스경로 설정 시 두 배의 자원을 필요로 한다.

LSR4 와 LSR5에 장애가 발생하였고 LSR4는 서비스 경로의 레이블 14를 백업(backup) 경로의 레이블 41로 스위핑함으로써 빠른 복구를 제공한다.

[1:1 protection] : 복구 경로에 할당된 자원은 장애가 발생하지 않은 정상적인 경우에는 서비스경로로만 트래픽이 전송되므로 복구 경로에 할당되어 있는 자원은 낮은 우선 순위를 가진 트래픽이 사용할 수 있다. 따라서 1:1 protection에서는 서비스경로에서 장애가 발생하면 복구 경로로 스위칭을 하게 되고, 기존에 복구 경로에 전송되고 있던 낮은 우선순위의 트래픽은 복구경로에서 제거 된다.

[1:N protection] : 1:n protection 메커니즘은 하나의 복구 경로가 한개 이상의 서비스경로들을 보호하기 위해 사용된다. 레이블의 swapping과 pushing 과정을 통해 보호받는 서비스경로들을 구별하며 소스 LSR과 목적지 LSR은 같아야 한다. 1:1 메커니즘과 다른 점은 목적지의 예비경로를 통해 보호 트래픽을 터널링하는 MPLS 레이블 스택킹(stackng)을 사용하는 것이다.[6]

[M:N protection] : M:N protection 메커니즘은 N개의 주 경로를 M개의 보호경로를 통해서 장애 발생 시 복구 하는 것이다.

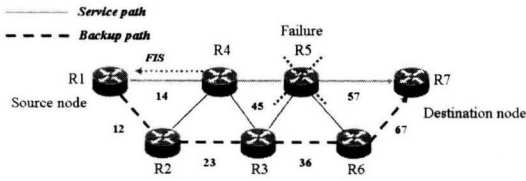


그림 2. 복구  
Figure 2. Restoration

② 복구(Restoration)

장애 발생 시 복구 경로를 설정하여 네트워크의 자원 효율성을 높이는 방법으로 장애가 발생한 후에 트래픽 복구를 위해서 요구된 새로운 경로나 경로 세그먼트를 설정하게 된다. 새로운 경로는 장애 정보, 네트워크 라우팅 정책, 미리 정의된 구성요소와 네트워크 토폴로지 정보에 근거를 둔다. Restoration 메커니즘은 장애 발생 후에 수행되므로 Protection 메커니즘 보다는 복구 시간이 느리다. 하지만 네트워크 자원의 효율성면에서 보면 보다 나은 방법이다. 이유는 장애가 발생하고 장애 지점이 소스노드에게 알려지기 전까지 네트워크 자원의 낭비가 없기 때문이다. 네트워크의 라우팅 알고리즘이 장애 발생 후 망의 현재 상태와 정책을 기반으로 재 경로를 계산함으로써 망을 최적화시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 복구 시작노드는 서비스경로의 소스노드가 될 수도 있고 장애를 탐지한 노드가 될 수도 있다. 그러나 노드의 장애나 서비스경로의 여러 링크에서 다중 장애가 발생한 경우에는 Restoration 메커니즘이 Protection 메커니즘보다 비효율적일수도 있다. 이유는 다중 장애인 경우 중단 대 중단 경로 재설정은 Protection보다 많은 복구시간과 자원사용이 될 수도 있기 때문이다. 그래서 이러한 Protection모델과 Restoration모델은 같이 사용되기도 한다.

다. MPLS 복구절차

망 복구를 위한 단계는 장애 감지, 장애 통보, 장애 복구 및 장애 복구 단계로 구성된다.

① 장애 탐지

망에서의 복구는 하위 계층에서의 장애 탐지나 MPLS인 경우 IP계층 또는 MPLS 계층에서 논리적 채널에 의해 탐지된다.[7] 경로 장애는 두 종류로 구분하는데 하나는 경로 자체의 연결성을 잃어버린 경우로 전송이 불가능한 경로 장애(PF(Path Failure))이다. 다른 하나는 경로의 연결성에는 문제성이 없지만 연결상태가 제한 수준 이하로 떨어지는 경로 지연PD (Path Degrade)이다. 이런 장애의 종류는

동일하게 링크에 적용되어 LF(Link Failure)와 LD(Link Degrade)로 구분된다.

[경로 장애] : 경로의 연결성이 끊어졌음을 알리는 장애이다. PSL 이나 PML(Path Merge LSR)사이의 경로 연결성 시험에 의해 탐지된다. 또는 일반적으로 Path Fail은 인접하는 LSR 사이에 Probing 메커니즘에 의해 탐지된다. probing mechanism의 예는 인접하는 LSR 사이에 주기적으로 liveness 메시지를 교환하는 것이다.

[경로 지연] : 경로 연결성은 유지하지만 그 경로의 제한 수준이하로 떨어지는 경우이다. 경로 수행 모니터링 메커니즘(Path performance monitoring mechanism)이나 경로의 구간에서 에러율을 결정하는 다른 메커니즘에 의해 탐지된다.

[링크 장애] : 링크에 장애가 발생하였음을 알리는 것이다. 하위계층이 장애를 탐지하고 알려주는 역할을 함으로서 MPLS 복구 메커니즘에 의해 사용될 수 있다.

[링크 지연] : 링크가 받아들일 수 있는 레벨아래에서 트래픽을 전송하고 있음을 하위계층으로부터 알려준다. 하위계층이 이 장애를 검출하고 알려주는 역할을 한다면 MPLS 복구 메커니즘에 의해 사용될 수 있다.

② 장애 알림

장애가 발생하면 장애를 탐지한 노드는 장애 알림 신호(FIS : fault indication signal)를 전달하여 장애발생을 인접노드나 소스노드에게 알리게 된다. 즉, 노드가 장애의 영향을 받는 서비스경로상의 트래픽을 업스트림 LSR로 FIS를 보냄으로써 장애 알림을 보낸다. 이 FIS가 PSL에 전송될 때까지 업스트림으로 인접한 각 LSR에 의해 홉 바이 홉 전송된다. PSL은 FIS를 중단점하고 서비스경로에서 복구경로로 복구 스위칭을 초기화하는 LSR이다.

③ 장애 복구

FIS가 복구 소스 노드에 도착하면 복구 소스 노드는 미리 설정된 복구 경로 또는 새로운 경로를 계산하여 트래픽을 전환한다.[8][9]

[복구 트리거(Recovery Trigger)] : 장애탐지나 알림 후에 MPLS 복구 동작을 위해 PSL에서 트리거 메커니즘을 필요로 한다. MPLS 보호 스위칭은 자동 입력이나 외부 명령에 의해서 초기화 될 수 있다. 자동동작은 PSL에서 감지된 장애 상황 혹은 PSL에 전달된 장애 인식에 대한 응답으로 시작된다. PSL에서 PF, PD, LF, LD 메시지가 탐지되고 복구경로로 보호 스위칭을 트리거 하는 경우 장애



감지와 트리거 메카니즘이 결합될 수 있다.

[복구 활동(Recovery Action)] : 장애가 탐지되고 FIS가 PSL에 전달된 후 복구 활동은 경로 재설정이나 보호 스위칭 동작과 연관된다. 따라서 복구 경로를 위한 다음 홉 레이블 전송 엔트리가 서비스 경로에 바운드된다.

④ 장애 회복

트래픽이 복구 경로를 따라 전송될 때, 장애 복구 정도에 따라 복구 경로로 계속 전송하게 할 것인지 기존의 서비스 경로로 전송할지 고려해야 한다. 이는 서비스 경로나 복구 경로가 그 경로로 고정되는 경우와 실시간 장애 정보를 가진 PSL이나 다른 네트워크 엔티티가 동적으로 경로를 재설정하는 방법이 있다. 일반적으로 복구 경로가 망 자원의 효율성면에서 서비스경로에 비해 최적의 경로가 아니므로 서비스경로가 다시 설정되면 복구 경로로부터 트래픽을 전환시키는 것이 좋다. 즉, 복구 경로가 고정된 경우에는 두 가지로 구분한다. 첫 번째로 주경로가 복구경로보다 항상 더 나은 경로로 설정되는 경우에는 장애 회복이 자동으로 수행되며 이러한 경우를 복귀 모드라 한다. 그렇지 않고 주경로와 복구 경로의 차이가 없는 경우에는 장애 회복이 수행되지 않으며 이를 비복귀(non-revertive)라 한다.

반면에 동적으로 경로를 재설정하는 경우에는 트래픽이 복구 경로로 스위칭된 후에 장애 발생하고 원래의 경로가 더 이상 존재하지 않기 때문에 네트워크가 안정된 상태에 도달하기까지 복구 경로는 다른 우선 경로로 스위칭 될 수 있다.

라. 장애 복구 비교 기준

MPLS 복구 성능비교를 위해 사용될 수 있는 지표들이며 실험결과에도 이 기준들로 비교 분석 한다.

[복구 시간(Recovery time)] : 장애 발생 후 복구 경로가 설정되는 시간을 말한다. 복구 시간은 장애 탐지시간, Hold-off time, 알림 시간, 복구 작용 시간, 트래픽 복구 시간 등의 시간 합이다.

[재배열(Reordering)] : 우선 경로에 트래픽을 되 돌려 주는 과정으로 패킷 재배열을 발생시킬 수 있다.

[손실(Loss)] : 경로복구동안 발생한 손실은 링크 속도와 비례해서 복구시간을 구해서 측정할 수 있다.

[백업 용량(Backup capacity)] : 복구 용량은 장애가 발생할 때마다 용량을 필요로 한다. 네트워크의

특성이나 경로 재설정, 시그널링에 의존한다.

[커버리지(Coverage)] : 복구 방법에 따른 여러 형태의 커버리지를 제공한다. 장애 형태에 따른 복구 방법은 링크장애, 노드 장애, 지연된 서비스가 있다. 또한 장애는 여러 개의 다중장애나 발생한 장애에 대한 하나 이상의 복구 경로가 설정된다. 그리고 발생한 장애에 대해 일정량의 복구가 되는 경우도 있다.

III. 장애개선 복구기법

전달만을 목적으로 하고 있는 트래픽의 경우는 전송 시의 기존의 방법으로도 큰 문제가 없다. 하지만 차세대 인터넷은 QoS를 제공해야 하는 방향으로 발전되고 있으며 QoS가 요구 되는 트래픽의 경우 전송 시에 문제가 발생하더라도 목적지에 도착 하였을 때 요구 되는 QoS를 만족시킬 수 있는 신뢰성을 제공해야 한다.[10][11] 그러므로 QoS를 보장하고 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 새로운 복구방법이 필요하다.

본 논문에서는 MPLS 네트워크에서 보다 효율적인 경로(Path) 선택에 관한 기법으로 신뢰성을 보장하고 서비스 중지 시간(Service Interruption Time)을 줄이는 복구 방법을 위해 각 도메인별로 복구 VP(Virtual path)를 설정하였다.[12][13] 이를 위해 각 노드(Node)들 간의 상태 정보를 관리하는 장애 탐지(Fault detector) 와 대역폭 관리자(Bandwidth manager)를 두어 서로 공유하여 장애발생 시 복구를 위한 메시지 전송시간을 줄였다. 또한 전송되는 트래픽 양의 변화에 따라 망 전체의 필요한 대역폭을 효과적으로 관리하고 변화시킴으로서 대역폭 사용의 효율성을 개선하였다.

3.1. 관련 연구

MPLS 네트워크에서 장애 복구 시 SLSP(Short Leap shared protection)를 이용하여 대역폭사용의 낭비를 줄이게 된다.[14][15] 일반적인 Protection 복구방법은 미리 백업 경로가 설정되어 있는 서비스 경로에 장애가 발생하면 즉시 백업 경로로 전환되지만, 여기에는 장애와 상관없는 노드나 링크에 관해서도 장애로 판단하여 백업경로로 바뀌게 된다. 이에 전체 망을 도메인(domain)으로 나누어 장애가 발생한 도메인 내에서만 백업경로로 전환하여 대역폭 낭비를 줄이게 된다.[16][17] 하지만 여전히 소스노드에게 장애 발생 메시지를 보내고 도메인내에

복구 경로에 대한 자원을 예약해야하는 단점이 있다. 동작 절차는 아래 그림3으로 나타내었다.

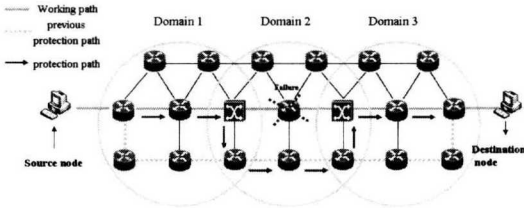


그림 3. 도메인 복구  
Figure 3. Domain Recovery

### 3.2. 복구기법

기존의 네트워크 복구 성능을 향상시켜 대역폭사용의 효율성을 높여 네트워크의 자원을 좀 더 활용할 수 있게 했으며, 각 도메인별로 자원은 할당하지 않고 경로만 설정하는 도메인별 VP를 사용한다. 즉, Protection 과 Restoration방법의 응용이다.

#### 가. MPLS 복구

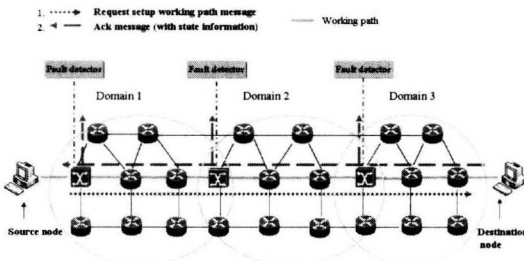


그림 4. 망 구성시 초기화  
Figure 4. Initialization for Network Topology

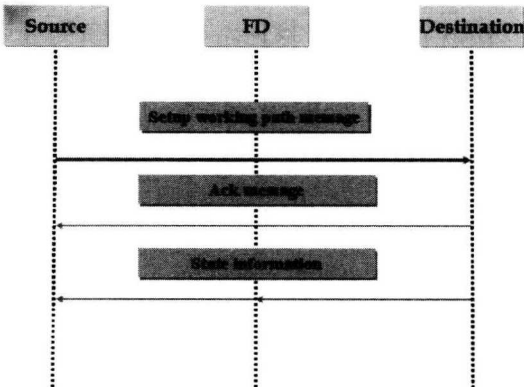


그림 5. 망구성 시 신호절차  
Figure 5. Signaling Flow for Network Topology

① 망의 관리자는 임의의 도메인으로 망을 구성한다. 각 구성되는 노드의 수나 홉의 수로 도메인을 나누게 된다.

② 트래픽을 전송할 소스 노드는 목적지 노드에 게 서비스 경로 요청 메시지를 서비스 경로를 설정하기 위해 보낸다.

③ 목적지 노드는 소스의 요청 메시지를 받은 다음 그 응답으로 ACK(Acknowledge) 메시지를 응답으로 보내게 된다. 이때 Ack 메시지에는 서비스 경로의 상태(필요 대역폭, 백업 용량등)을 포함하고 있다.

④ 각 도메인마다 이웃하는 도메인과 중첩되는 부분에 장애탐지 기능을 두어 Ack 에 포함되어 있는 노드와 링크의 상태 정보를 저장해 두고 소스에게 전달한다.

⑤ Ack를 받은 소스는 서비스 경로를 설정하고 상태 정보에 따라 도메인에 따라 백업 VP를 미리 설정해 둔다.

#### 나. 경로 장애시

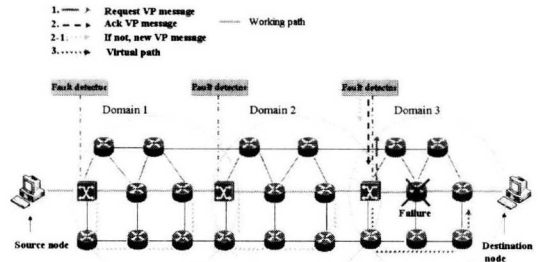


그림 6. 장애 발생시 서비스 경로 복구  
Figure 6. Service Path Recovery When Fault Occurs.

망의 도메인별로 소스노드에 장애 탐지를 두어 서비스경로 장애 시 새로운 경로와 적용을 중단 소스노드에서가 아닌 장애가 발생한 도메인의 중첩 노드에서 처리함으로써 기존의 방식보다 장애 시 일어나는 메시지 전송을 줄였으며, 서비스경로 설정 시 각 노드에 필요한 대역폭양을 장애탐지내의 BM(bandwidth manager)에게 전송하여 중단 소스에서 데이터 전송양의 변화에 따라 노드에 필요한 대역폭양을 동적으로 조절할 수 있으므로 대역폭의 낭비를 줄였다.

① 노드에서 장애가 발생한 경우 인접한 노드에서 장애를 탐지하고 FIS를 인접해 있는 중첩 구간의 노드에게 보내게 된다.



② FIS를 받은 중첩된 구간의 노드는 FIS메시지를 소스에게 통보만 하고 장애가 발생한 도메인내의 장애탐지기능을 가진 중첩된 노드에서 미리 설정된 VP로 신속하게 복구하게 된다. 만약 망 구성시 설정해두었던 VP가 장애 발생 시 사용할 수 없게 된다면 도메인내의 소스 노드는 기존의 상태정보를 가지고 VP를 재설정하는 다음, 서비스 경로를 복구하게 된다. 따라서 protection 스위칭 방법에서의 장애와 관계없는 기존의 노드들은 그대로 사용할 수 있으며 Restoration 방법처럼 경로를 재계산해야 하는 지연시간을 줄이고 VP의 이상 시 기존의 소스노드에서 재설정하는 것을 장애가 발생한 도메인내의 소스노드에서 함으로 불필요한 메시지 전송을 줄였고 대역폭의 낭비를 막을 수 있게 되었다.

③ 소스에서 전송되는 트래픽은 장애 이전의 노드에서 새로운 서비스 경로로 트래픽이 전송된다.

다. 대역폭 변경

제안하는 알고리즘의 또 다른 장점으로서는 필요 대역폭의 변화를 신속히 망에 적용할 수 있는 것이다. 목적지 노드에서 데이터 전송량 변경요청을 하면 망의 필요 대역폭양과 각 노드간에 필요한 대역폭양을 즉시 업데이트하여 네트워크의 자원사용을 좀 더 효율적으로 만드는 방법이다.

목적지 노드에 트래픽 혼잡(Congestion)이나 병목 현상으로 데이터양이 바뀐 경우에[18][19], 목적지 노드는 서비스 경로를 통하여 중단 소스에 바뀌어진 대역폭 양을 알려주고 각 도메인내의 소스노드에 있는 BM에 변경된 대역폭 정보를 업데이트 한다. 그 후, 중단 소스노드에서 받은 메시지에 대해 정보를 수렴하여 전송량을 바꾸어 이전의 마지막 데이터에 ACK메세지를 넣어 이전의 대역폭양을 끝내고 목적지노드에게 전송한다. 이렇게 함으로써 대역폭 변경 시 기존의 대역폭을 유지함으로써 낭비되는 네트워크의 자원을 줄였다.[20]

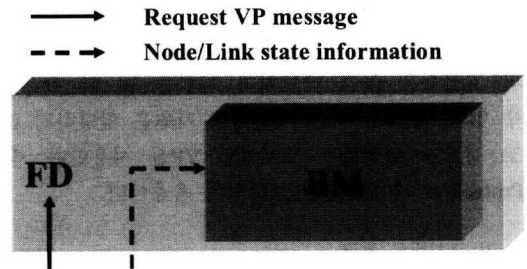


그림 9. 장애 탐지  
Figure 9. Fault Detection

그림 9에서와 같이 노드/링크에 관한 대역폭은 BM이 관리한다. 이와 같이 중첩된 노드에 FD와 BM를 사용함으로써 장애발생 시 보다 효율적인 경로 선택을 할 수 있고 네트워크 자원의 낭비를 줄일 수 있다. FIS 메시지는 기존의 노드에서 수행하는 것처럼 포워딩되고 BM부분에서는 각 노드의 상태 정보를 파악하고 테이블에 저장해두어 대역폭 변경이 있거나 경로 재설정을 필요로 할 때 노드에 대한 정보를 제공한다.

[대역폭 관리자 기능] : 기존의 대역폭 관리 (bandwidth broker)는 네트워크의 모든 자원을 관리 하였다. 여기에서 얻어진 정보를 사용하여 서비스 정책을 설정하고 자원할당이 이루어졌다.[21] 이런 기능은 망의 규모가 커질수록 각 노드들에게 부하가 걸리는 원인을 제공하며 지연시간 역시 늘어나게 되었다. 따라서 이러한 지연시간을 줄이고자 도메인을 나누어 중첩된 도메인내의 노드에게 대역폭 관리자를 두어 전체가 아닌 그 도메인 내에서만 대역폭 관리를 하게 했으며 노드의 상태를 테이블에 저장하는 것은 망의 초기 구성 시와 특정 도메인내의 장애 발생 후, 그리고 서비스경로의 대역폭의 변화가 있을시 대역폭을 관리하여 이전보다 대

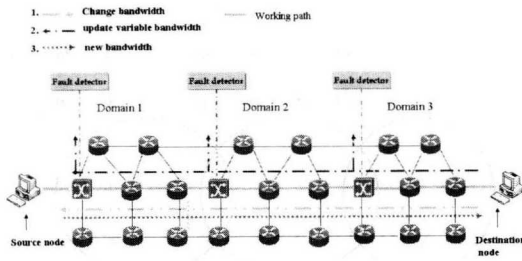


그림 7. 대역폭 변경 시 경로 업데이트  
Figure 7. Path Update When B/W is Changed

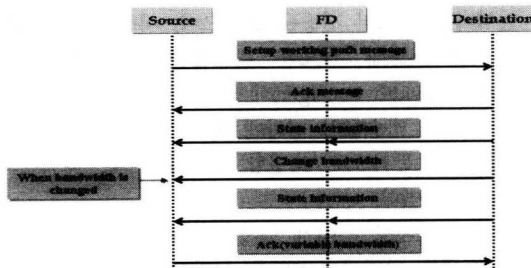


그림 8. 대역폭 변경 시 신호절차  
Figure 8. Signaling Flow When B/W is Changed

역폭 관리에 의한 지연시간을 줄였다.

#### IV. 시험결과 및 분석

본 논문에서 제안하는 복구기법의 성능을 측정하기 위하여 그림 10과 같이 망을 구성하였다.

망의 구성은 노드 24개, 링크 44개를 사용하였고, 링크 용량은 10Mbyte/sec로 정하였다.

제안하는 복구기법의 두가지 측면에서 시험하였다. 하나는 장애 복구 시 걸리는 시간을 에러 위치에 따라 측정하였고, 다른 하나는 전체 전송시간과 자원 이용율을 비교 검증하였다.

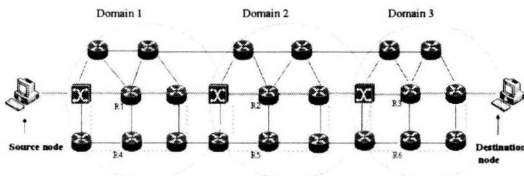


그림 10. 망 구성도  
Figure 10. Network Topology

##### 4.1. 장애 복구 시간

구성된 망에서 에러를 순차적으로 증가하여 총 여섯 개까지 만들었으며, 네 번째 에러부터는 의도적으로 백업 VP와 protection의 복구 경로에도 에러를 발생시켜 성능을 비교 하였다. 그리고 각 에러당 세번의 실험을 하여 평균값을 사용했으며 하나의 도메인에는 노드 에러의 갯수가 2개를 초과하지 못한다. 장애 복구 시간은 에러가 발생하여 인접노드가 인지한 후, 복구 경로로 트래픽을 스위칭하는 시간을 말한다. 트래픽은 CBR 2Mbyte/sec를 보낸다.

아래 그림 11에서와 같이 초기의 에러일 경우는 protection과 제안한 기법이 비슷한 수치를 가지며 restoration의 경우는 확연히 차이가 난다. 이유는 protection의 경우 미리 복구 경로에 대한 자원을 할당함으로써 장애 시 가장 신속하게 복구를 할 수 있지만 자원의 효율성은 떨어진다. 제안된 방법의 경우, 자원은 미리 할당하지 않고 경로만 설정해서 자원의 효율성을 높이고 복구 시간도 protection과 유사하게 나타난다. restoration의 경우는 장애발생 시 경로 재설정을 함으로 위의 두 방법과는 확연히 차이가 난다. 네 번째부터의 에러 위치는 최악의 조건으로 백업 경로에 에러가 발생했을 경우이다. 이 경우 protection은 새로운 복구 경로를 설정하기 위

해 중단간의 복구 경로를 재설정해야 하지만 [22][23], 제안된 방법의 경우 에러가 발생한 도메인의 백업 VP만 재설정하면 되므로 더 나은 결과를 보여준다. protection 방식은 backup path에 장애가 발생하여 복구 시간이 restoration 방식과 비슷해지는 반면 제안된 기법은 도메인 내에서 재설정하므로 protection과 restoration방식보다는 복구 시간이 단축된다.(표 1 참조)

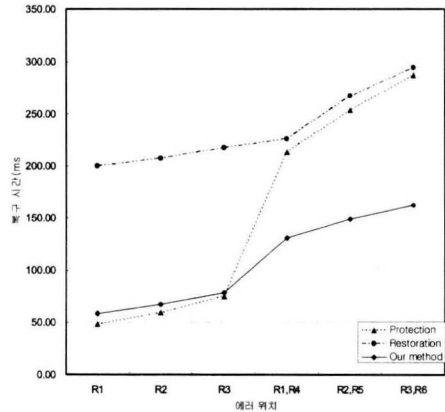


그림 11. 장애복구 시간  
Figure 11. Fault Recovery Time

표 1. 장애복구 시간

Table 1. Fault Recovery Time

R1 평균시간 (ms)	기법	복구 시간(ms)			
		48	49	49	48.67
R1	protection	48	49	49	48.67
	our method	56	59	62	59
	restoration	194	201	204	199.67
R2	protection	59	60	60	59.67
	our method	67	67	68	67.33
	restoration	201	212	209	207.33
R3	protection	75	76	75	75.33
	our method	79	78	79	78.67
	restoration	210	211	224	217.67
R1,R4	protection	212	214	214	213.33
	our method	131	132	131	131.33
	restoration	226	228	225	226.33
R2,R5	protection	254	253	254	253.67
	our method	148	149	149	148.67
	restoration	267	266	268	267
R3,R6	protection	286	287	287	286.67
	our method	162	163	162	162.33
	restoration	294	294	295	294.33



4.2. 전송 시간

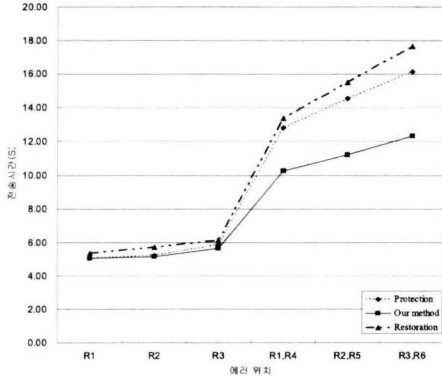


그림 12. 에러 발생수당 총 전송 시간  
Figure 12. Transmission Time versus error(R)

표 2. 에러 발생수당 총 전송 시간  
Table 2. Transmission Time versus error(R)

에러위치	기법	전송 시간(s)			
R1 평균시간(s)	protection	5.05	5.056	5.049	5.05
	our method	5.057	5.059	5.062	5.06
	restoration	5.352	5.354	5.353	5.35
R2	protection	5.2	5.21	5.21	5.21
	our method	5.14	5.15	5.15	5.15
	restoration	5.71	5.72	5.72	5.72
R3	protection	5.83	5.84	5.83	5.83
	our method	5.64	5.65	5.64	5.64
	restoration	6.13	6.12	6.13	6.13
R1,R4	protection	12.84	12.83	12.84	12.84
	our method	10.26	10.25	10.254	10.25
	restoration	13.31	13.42	13.42	13.38
R2,R5	protection	14.54	14.52	14.54	14.53
	our method	11.2	11.21	11.2	11.20
	restoration	15.51	15.54	115.52	15.52
R3,R6	protection	16.12	16.14	16.14	16.13
	our method	12.32	12.34	12.34	12.33
	restoration	17.65	17.64	17.65	17.65

구성된 망에서 임의의 경로에서 노드 에러위치를 달리하고 목적지 노드에 트래픽이 도착하는 시간을 측정하였다.[24][25] 네 번째 이후로는 protection의 복구 경로와 제안 기법의 백업 VP에 에러를 발생시켜 망의 최대 과부하를 주었다. 트래픽은 CBR 10Mbyte/sec를 2Mbps로 5초간 보낸다. 따라서 총 전송시간은 트래픽을 보내는 시간과 장애 발생 시

지연되는 복구 시간을 더하고 에러 갯수를 곱해야 한다. 그림 12와 같이 장애 갯수가 늘어날수록 제안 기법의 전송시간이 protection 보다 줄어든다. 여기서의 차이는 수십 ms 차이만 보이지만 트래픽을 더 오랫동안 전송하고, 망의 크기가 커진다면 그 차이가 훨씬 커질 것이다.

4.3. 자원 이용률

이번 실험에서는 제안된 기법과 기존의 기법에 대한 링크용량에 대한 자원 이용율을 알아본다. 기본 조건은 이전의 실험과 동일하고 링크의 용량은 10Mbyte/sec 이고, 트래픽을 VBR 5Mbyte/sec를 전송한다. 트래픽의 양이 고정된 값이 아니고 가변적이기 때문에 대역폭의 변화에 따라 망의 자원을 얼마나 효율적으로 사용했는지 알아본다.

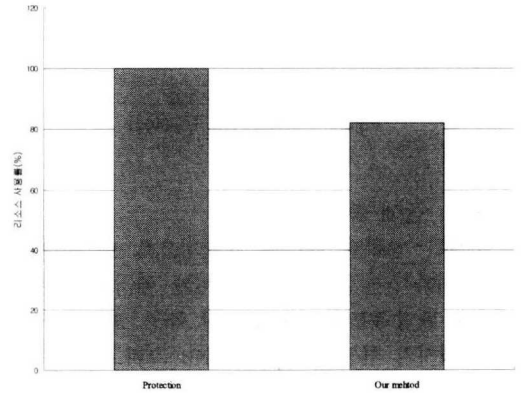


그림 13. 자원 이용률  
Figure 13. Resource Usage

전송되는 트래픽의 양이 가변적이므로 필요 대역폭 변경 시 효율적으로 대처하는지 검증하였다. 기존의 protection이나 restoration 기법들은 구성 시 설정된 링크의 대역폭 값을 쉽게 바꿀 수가 없다. 따라서 10Mbyte/sec의 링크 대역폭에 먼저 5Mbyte/sec로 트래픽이 전송되다가 2Mbyte/sec로 바뀐다면 기존의 기법은 그대로 링크 용량 10Mbyte/sec를 유지한 채 2Mbyte/sec의 트래픽을 전송하게 되어 대역폭의 낭비를 가져오게 되지만 제안된 기법은 그림 13과 같이 대역폭의 변경 시 기존의 5Mbyte/sec로 보내던 채널을 삭제하고 변경된 2Mbyte/sec의 대역폭으로 다시 채널을 구성하므로 대역폭의 낭비가 줄어든다.

## V. 결론

본 논문에서는 MPLS망에서 장애개선을 위한 복구방법에 대한 개념을 소개하고 향상된 기법을 제안하였다. 기본적인 protection 과 restoration 방법에서 두 개념의 장점과 단점을 살펴보았다. 복구과정에서 가장 중요한 신속성과 정확성을 높이기 위해 망을 도메인으로 나눈 후, 중첩된 도메인의 노드에 장애 탐지를 두어 대역폭 관리 및 VP에 대한 관리 기능을 부여 하였다. 장애와 관련 없는 노드에 대해 새로운 경로 설정 시 사용할 수 있게 하여 많은 자원을 필요로 하는 protection 방법의 단점인 보완했다.[26] 또한 Restoration 방식인 경로 재설정을 하는 복구 기법에 비교하여 경로를 재계산하는 대신에 VP를 두어 장애 시 빠른 복구를 지원하고 이미 설정된 VP에 문제가 있을 경우 FD의 BM에게 대역폭을 확인하여 빠른 복구가 가능하고 좀더 동적인 망을 만들어 자원 사용의 효율성을 높였다. 그리고 전송되는 트래픽의 대역폭양이 변할 시에도 BM이 각 링크의 대역폭양을 관리하여 변경 시 신속하게 필요 대역폭으로 변경할 수 있다. 이것은 기존의 복구 기법의 네트워크 자원 효율성에서 좀 더 성능을 높여준다. 경로 복구시간은 제안된 방법이 기존의 protection 보다는 최소 10ms에서 최대 80ms의 차이를 보인다. 전송 시간에 있어서는 최소 0.1s에서 1s의 차이를 보이는데 수치로는 크지 않지만 망의 크기를 고려하고 초고속망의 경우에는 단 몇 초의 차이가 많은 손실을 가져온다고 보면 향상된 것임을 알 수 있다.

향후 과제는 대역폭의 변경 시 이전 대역폭의 채널을 끊고 변경된 대역폭의 채널을 다시 설정해야 하는데, 여기에 따른 지연시간에 대해 연구해야 할 것이다.

## 참고 문헌

[1] P. Newman et al, "Flow Labelled IP: A Connectionless Approach to ATM," IEEE Infocom Mar. 1996  
 [2] <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>  
 [3] C. Metz, "Layer 2 over IP/MPLS", IEEE Internete Computing, vol. 5, pp. 77-82, Aug 2001

[4] P. Trimintzios, I. Andrikopoulos, "A management and control architecture for providing IP differentiated services in MPLS-based networks, IEEE Communications Magazine, vol. 39, pp. 80-88, May 2001  
 [5] H. Zhang, A. Durresi, "Differentiated Multi-layer Survivability in IP/WDM networks", IEEE NOMS, pp. 53-63, Nov 2002  
 [6] Jian Wang, Biswanath Mukherjee, Laxman Sahasrabudde, "Path vs. Subpath vs. Link restoration for fault management in IP-over-WDM network", IEEE communication magazine, vol12. pp. 80-87, Nov. 2002  
 [7] Changcheng Huang, Vishal Sharma, Srinivas Makam, "Building reliable MPLS networks using a path protection mechanism", IEEE communication vol. 2, pp. 156-162, Mar 2002  
 [8] Yinghua Ye, Chadi Assi, Sudhir Dixit, "A simple dynamic integrated provisioning/protection scheme in IP over WDM Networks", IEEE communication magazine, vol 3, pp. 174-182, Nov 2001  
 [9] W. S. Lai et al., "Network Hierarchy and Multilayer Survivability". internet draft, work in progress, draft-ietf-tewg-restore-hierarchy-01.txt, July. 2002  
 [10] Rong Xu, Qian Gong and Peida Ye, "A Novel IP with MPLS over WDM-based Broadband wavelength switched IP Network", IEEE journal of lightwave technology. vol. 19, no 5, May 2001  
 [11] E. Rosen, D Tappan et al., "MPLS Label Stack encoding", IETF RFC 3032  
 [12] V. Sharma et al., "Framework for MPLS-based recovery", internet draft, draft-ietf-mpls-recovery-frmwrk-03. txt, work in progress, July 2001  
 [13] Radim Bartos, Mythilkanth Roman, "A Heuristic Approach to Service Restoration in MPLS Networks", IEEE communication CON. vol 1, pp. 152-160 May. 2001  
 [14] Pin-Han Ho and H. T. Mouftah "A Framework for Service-Guaranteed Shared



- protection in WDM Mesh Networks", IEEE Communication Magazine, vol. 40, pp. 97-103, Feb 2002
- [15] Guangzhi Li, Dongmei Wang, C. Kalmanek and R. Doverpike, "Efficient distributed path selection for shared restoration connections", IEEE INFOCOM, vol. 1, pp. 140-149, 2002
- [16] Panita pongpaibool, S. Hyong, "Integrated service provisioning and protection in IP-over-optical networks" NFOEC Sep, 2002
- [17] Dimitri papadimitriou, "Shared risk link group encoding and processing", IETF draft-papadimitriou-ccamp-srlg-processing-00, June 2002
- [18] Didier Colle, Sophie De Maesschalck, Chris Denvelder et al "Data-Centric Optical Networks and Their survivability", IEEE Journal in communication, vol. 20, Jan 2002
- [19] Robert Doverspike, Jennifer Yates, "Challenges for MPLS in optical network Restoration", IEEE communication lightwave, vol3. pp. 89-96, Feb. 2001
- [20] Chi-Chun Lo, Bin-Wen Chuang, "A Novel Approach of Backup path Reservation for Survivable High-speed networks", IEEE communication magazine, vol2 pp. 146-152, March. 2003
- [21] I. T. Okumus, Junseok Hwang, H.A. Mantar, S.J. Chaplin, "Inter-domain LSP setup using bandwidth management points", IEEE GLOBECOM, vol. 1, pp. 7-11, 2001
- [22] Q. Zheng, G. Mohan, "An Efficient Dynamic Protection Scheme in integrated IP/WDM networks", to appear, proc. IEEE ICC 2003, May. 2003
- [23] O. Hauser, M. Kodialam, T. V. Lakshman, "Capacity Design of Fast Restorable optical networks", IEEE INFOCOM 2002, pp. 817-826, June. 2002
- [24] David Griffith, Sukyoung Lee, "Hierarchical Restoration Scheme for Multiple Failures in GMPLS Networks", IEEE proceeding ICPPW vol. 10, pp. 150-162 October 2002
- [25] Jose L Marzo, Eusebi Calle, Caterina Scoglio, "Adding QoS protection in order to Enhance MPLS QoS routing", IEEE communication May. 2003
- [26] I. T. Okumus, Junseok Hwang, H.A. Mantar, S.J. Chaplin, "Inter-domain LSP setup using bandwidth management points", IEEE GLOBECOM, vol. 1, pp. 7-11, 2001

인 치 형(Chi-Hyung IN) 정회원  
 1989년 2월 : 경희대학교 전자공학과(공학사)  
 1993년 2월 : 경희대학교 전자공학과 대학원(공학석사)  
 2001년 2월 : 경희대학교 전자공학과 대학원(공학박사)  
 1993년 3월 ~ 2001년 3월 : 한국통신 연구개발본부  
 2001년 3월 ~ 2003년 11월 : KTF 기획조정실  
 2003년 4월 ~ 현재 : (주)플랜티넷 기술연구소  
 <주관심분야> 이동통신, 패킷QoS, 통신프로토콜