

MPLS 망에서 우선 순위가 높은 트래픽을 위한 빠른 복구 방법[☆]

A Fast Restoration Method for the High Priority Traffics in MPLS Networks

이 봉 하*
Bong-Ha Lee

김 응 하**
Eung-Ha Kim

송 정 길***
Jung-Gil Song

요 약

MPLS 망에서 망의 생존성을 높이기 위하여 사용되는 경로 복구는 작업 경로의 링크나 노드에 장애가 발생했을 때 트래픽을 복구 경로로 전달함으로써 신뢰성 있는 서비스를 제공하는 기술이다. 본 논문에서는 링크 장애시에 높은 우선 순위의 트래픽을 위한 경로 복구 방법으로 작업 경로의 이중화를 통하여 경로를 복구하는 방법을 제안한다. 기존의 복구 방법은 링크 장애시에 트래픽의 우선 순위에 관계없이 동일하게 복구 경로로 전송되어 우선 순위가 높은 트래픽의 복구 시간이 많이 소요되는 문제점이 있었다. 이에 반해 제안된 복구 방법은 우선 순위가 높은 트래픽이 전송되는 작업 경로에 대해서 이중화된 경로를 설정하여 트래픽을 전송할 수 있어 신속히 연결이 복구되는 장점을 갖는다. 그리고 이중화 경로를 이용한 복구 시스템의 성능을 분석하고, 우선 순위가 높은 트래픽에 대해서 제안한 경로 복구 방법이 기존의 경로 복구 방법보다 성능이 우수함을 시뮬레이션을 통하여 제시한다.

Abstract

Path restoration, which is needed to increase network survivability in MPLS networks, is a technology of supplying reliable service by delivering the traffics through restoring the paths when links or nodes of a working path are failed. In this paper, we propose a path restoration method using duplication of working paths for link failure as a method of restoring paths for the high priority traffics. The existing path restoration method transmits the traffics to the path restoration uniformly in regardless of the priority while link obstacle. It has a problem to take a long time to restore the connection of the high priority traffics. On the other hand, the suggested restoration method establishes the duplication path for the working path, which transmits the high priority traffics and transmit the traffics through the duplication path. It has a strong point to restore the connection quickly. Also, through simulation we analyze the performance of the restoration system using the duplication path and prove that the proposed restoration method is superior in performance to the existing restoration methods regarding to the high priority traffics.

· Keyword : Restoration, Duplication, MPLS, ATM

1. 서 론

MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 기술은 IP 라우팅과 레이블 스위칭을 결합한 구조로서 QoS

* 정 회 원 : 공주영상정보대학 전자상거래학과 조교수
bhlee@kccac.ac.kr(제1저자)

** 비 회 원 : 한국전자통신연구원 선임연구원
ehkim@etri.re.kr(공동저자)

*** 종신회원 : 한남대학교 정보통신·멀티미디어 공학부 교수
jksong@mail.hannam.ac.kr(공동저자)

☆ 이 논문은 2003년도 한남대학교 학술연구비 조성비 지원에 의하여 연구되었음

(Quality of Service)를 제공하면서 IP의 유연성과 확장성을 제공하는 것을 주요 목적으로 하고 있다[1,2]. 그러나 MPLS 망에서 망 장애로 인하여 장시간 서비스를 제공하지 못할 경우 사용자에게 치명적인 손실을 안겨줄 수 있을 뿐만 아니라 망 사업자의 수입에 결정적인 영향을 미치게 된다. 특히 고속 패킷 교환 장치와 DWDM(Dense Wave Division Multiplexing) 기반의 광 인터넷이 구축될 경우 라우터 간 하나의 광 케이블을 통해서 수십만 혹은 그 이상의 트래픽 흐름(flows)이 전달

되고 있기 때문에 한 물리 링크의 장애는 수 많은 사용자의 서비스를 불통 상태로 만들어 버리게 되어 막대한 데이터의 손실을 초래하게 된다.

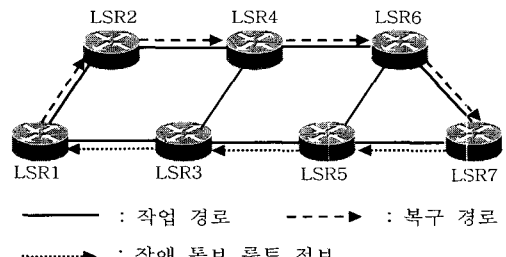
본 논문에서는 MPLS 망에서 링크 장애가 발생했을 때 노드 내에서 작업 경로의 이중화를 통하여 경로를 복구하는 방법에 대하여 연구하였다. 경로 이중화 방법으로는 노드내의 하드웨어 장치를 이중화 하는 방법과 작업 경로(Working Path)와 복구 경로(Restoration Path)를 설정하는 소프트웨어를 이용하여 내부 경로를 이중화 하는 방법이 있다[3,4,5]. 전자의 방법은 신뢰도의 향상을 꾀할 수 있지만 제품 단가의 상승에 따른 제품 가격 경쟁력을 상실할 수 있다. 후자의 방법은 하드웨어에 의한 이중화 방법보다 장애 복구 시간이 다소 긴 단점이 있지만 교환 노드 즉 LSR(Label Switch Router)의 신뢰도 측면으로 볼 때 많은 장애가 발생하지 않으리라 추측되기 때문에 링크 장애에 대한 소프트웨어의 장애 복구 방안은 경제적이고 효율적인 방안이 될 수 있다. 그러나 기존의 소프트웨어에 의한 경로 복구 방법은 링크 장애시에 트래픽의 우선 순위와 관계없이 동일하게 복구 경로로 전송되는 방법이다. 반면에, 본 논문에서 제안한 이중화 경로 설정 장애 복구 방법은 우선 순위가 높은 트래픽이 전송되는 작업 경로에 대해서 이중화 경로를 설정하여 링크 장애시에 우선 순위가 높은 트래픽은 복구 경로로 전송하지 않고 이중화 경로를 이용한 빠른 복구 경로로 전송함으로써 우선 순위가 낮은 트래픽에 대해 차별화를 두기 위한 방법이다. 그리고 기존의 경로 복구 방법은 어떤 노드에서 링크 장애가 발생하면 반드시 입구 노드를 거쳐서 복구 경로로 트래픽을 전송해야 하기 때문에 연결이 복구되는데 시간이 많이 소요되는 문제점이 있으나 이에 반해 제안된 장애 복구 방법은 해당 노드에서 이중화된 경로로 트래픽을 바로 전송할 수 있어 신속히 연결이 복구되는 장점을 갖는다. 따라서, 전송 지연 시간을 최소화 하고 전송 손실율도 최소로 해서 전송되어야 할 높은 우선 순위의 트래픽을 위한 경로 복구 방

법으로는 매우 효율적이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제안된 경로 복구 방법들에 대해서 살펴보고, 3장에서는 MPLS 망을 구성하는 MPLS ATM 시스템에서의 이중화 경로 설정 방법과 경로 복구 알고리즘을 제안한다. 또한, 4장에서는 제안된 복구 시스템의 시뮬레이션 결과를 분석하고, 기존의 경로 복구 방법과 제안된 복구 방법의 성능 비교를 한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 추후 연구 방향에 대하여 기술한다.

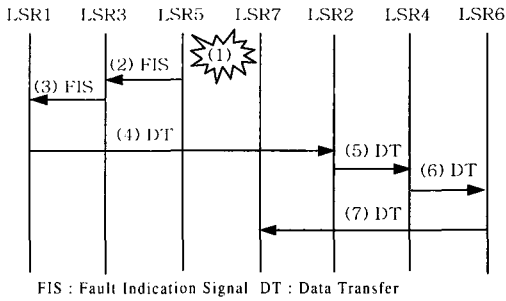
2. 기존 연구 동향

장애에 대한 복구 방법에는 크게 사전 설정(Pre-Established) 방법 및 요구시 설정(Established-on-Demand) 방법이 있다[6]. 사전 설정 복구 방법은 작업 경로(Working Path)의 장애 발생에 대비해 미리 복구 경로를 설정해놓는 방법이고, 요구시 설정 복구 방법은 장애 발생 후 복구 경로를 설정하고 트래픽 전환을 수행하는 방법이다. 제안한 복구 방법은 사전 설정 복구 방법에 속하며, 기존의 복구 방법에 대하여 비교 설명하기 위하여 (그림 1)과 같이 구성된 MPLS 망을 가정한다.

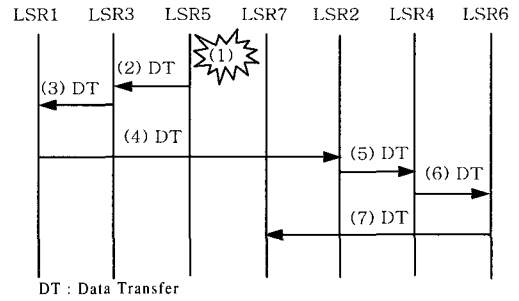
(그림 1)에서 입구 LER인 LSR1은 작업 경로의 장애 발생시 복구 경로로 트래픽 전환 기능을 수행하는 PSL(Path Switch LSR)이고 출구 LER인 LSR7은 장애 발생시 작업 경로와 복구 경로의 트래픽을 합병시키는 PML(Path Merge LSR)이며, LSR2 부터 LSR6 까지 5개의 LSR은 MPLS 보호 도메인을 구성한다.



(그림 1) MPLS 보호 도메인이 구성된 MPLS 망



(그림 2) Makam의 복구 절차



(그림 3) Haskin의 복구 절차

사전 설정 방법에는 Makam에 의해 제안된 방법과 Haskin에 의해 제안된 방법이 있다[3,4]. Makam의 사전 설정 방법은 장애 발생시 트래픽 전환을 수행하거나 복구 경로 설정을 수행하는 LSR인 PSL과 작업 경로와 복구 경로의 트래픽을 병합시키는 LSR인 PML과 PML에서 PSL로 장애 정보를 전달하기 위한 루트 정보인 RNT(Reverse Notification Tree)를 포함하여 수행된다. RNT는 PSL에게 알람 정보를 전송하기 위한 루트 정보로서 각 연결의 역방향 정보이다.

이러한 사전 설정 방법에 의한 경로 복구 절차는 (그림 1)에서 LSR5와 LSR7의 링크에 장애가 발생하였을 때 (그림 2)의 (1)에서 (7)까지 순서대로 다음과 같은 과정으로 수행된다. 작업 경로에 장애가 발생하면 장애 발생 링크의 LSR5는 트래픽 전환을 수행하는 PSL인 LSR1에게 장애 통보 정보인 FIS(Fault Indication Signal)을 RNT 정보에 따라 전송한다. 이 때 FIS를 수신한 LSR1은 미리 설정해 놓은 복구 경로로 트래픽을 전환하게 된다. 이 방법은 장애 발생에 대비해 미리 복구 경로를 설정해 놓고, 장애 발생시 장애 통보 정보인 FIS를 PSL에게 즉시 전달함으로써 빠른 복구가 가능하다는 장점은 있지만, 트래픽의 구별 없이 트래픽을 동일하게 복구 경로로 전송하여 우선 순위가 높은 트래픽의 복구 시간이 많이 소요된다.

한편 Haskin의 사전 설정 방법은 작업 경로와 중복되지 않도록 복구 경로의 일부를 설정하고

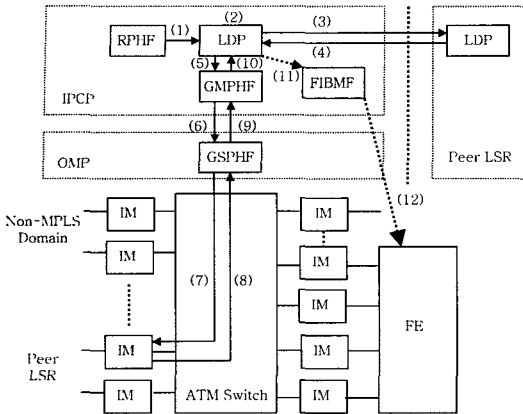
또한 작업 경로의 반대방향으로 복구 경로의 일부를 설정하여 두 복구 경로를 연결하여 하나의 복구 경로로 설정한다. 이러한 사전 설정 방법에 의한 경로 복구 절차는 (그림 1)에서 LSR5와 LSR7을 연결하는 링크에 장애가 발생하였을 때 (그림 3)과 같이 LSR3-1-2-4-6-7의 복구 경로로 바로 트래픽을 전달할 수 있어서 데이터 손실이 거의 없어 Makam 방법보다 좋지만 PSL과 장애가 발생한 LSR5까지의 거리를 왕복해야 하므로 데이터의 전송 시간이 길어지게 되어 Makam 방법보다 떨어진다.

3. 경로 이중화를 이용한 경로 복구 방법

3.1 작업 경로 설정 절차

작업 경로인 LSP(Label Switched Path) 설정 절차는 (그림 4)와 같으며, 아래에서 (그림 4)에 표기된 (1)~(12)까지 순서대로 처리된다.

비 MPLS 도메인으로부터 들어온 패킷은 목적지 IP 주소와 포트 번호를 이용하여 포워딩 테이블을 검색해서 포워딩 테이블에 포워딩 엔트리가 구성되어 있지 않는 경우 RIB(Routing Information Base)의 정보를 추가하기 위해서 라우팅 프로토콜 처리 블록인 RPHF(Routing Protocol Handling Function)에게 알려주어 입력된 패킷 헤더의 정보를 갖고 RIB 정보를 만든다. 그러나 실제로 MPLS ATM 시스템 운용시에는 이러한 경우는 거의 없



(그림 4) 작업 경로인 LSP 설정 절차

고 운용자가 사전에 MMC(Man-Machine Command)를 통하여 RPHF에게 알려주어 시스템에서 처리될 IP 주소에 대한 RIB정보를 구성한다. RPHF로부터 생성된 RIB 정보를 LDP(Label Distribution Protocol)가 수신하면 RIB 정보와 FEC(Forwarding Equivalence Class)를 이용하여 FIB(Forwarding Information Base) 정보를 구성한다. 그리고 LIB(Label Information Base) 정보를 생성하기 위해서 해당 LSP 설정을 위한 LDP 절차가 구동된다. LDP는 인접 노드에게 레이블 바인딩을 요구하고, 이 요구가 최종 IP 주소를 처리하는 출구 LER(Label Edge Router)을 경유하여 응답 메시지를 받게 되면 LIB을 구성한다. LDP는 GSMP(General Switch Management Protocol)[7] 마스터인 GMPHF(GSMP Master Protocol Handling Function)를 통해 ATM 스위치에게 PVC 연결을 GSMP 메시지를 이용하여 GSMP 슬레이브인 GSPHF(GSMP Slave Protocol Handling Function)에게 요구한다. GSMP 메시지를 GSPHF가 수신하면 메시지내의 입력 포트, 입력 레이블과 출력 포트, 출력 레이블을 갖고 요구된 LSP 연결을 설정한다.

3.2 이중화 경로 설정 방법

기존의 MPLS ATM 교환 시스템의 변경을 최소화하면서 우선 순위가 높은 트래픽이 전달되는

0	15	31
0	Label Request/ Label Mapping	Message Length
Message ID		
FEC TLV		
Diff-Serv TLV (optional)		

(a) Request/Mapping message

0	15	31
U	F	Type=PSC
T	Reserved	
Length		PSC

(b) DiffServ TLV

(그림 5) 확장된 LDP 메시지

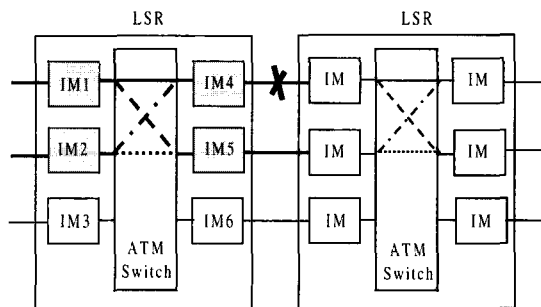
작업 경로의 이중화 연결을 설정하기 위하여 LDP 구동 절차는 그대로 사용하면서 차별화 정보가 포함된 확장된 LDP 메시지를 사용하였다. 확장된 요구 및 매핑 LDP 메시지는 (그림 5(a))와 같이 메시지 종류만 다르고 동일하게 구성되어 있으며, 기존의 LDP 요구 및 매핑 메시지에 DiffServ TLV(Type, Length and Value)가 추가되어 구성된다[8].

추가된 DiffServ TLV의 구조는 (그림 5(b))와 같고, 순서 제약을 갖는 PHB(Per-Hop Behaviors)[9]의 집합을 하나의 집합으로 하는 PSC(PHB Scheduling Class) 정보를 갖고 있다. 확장된 LDP 요청 메시지를 인접하는 LSR 및 LER에 전달할 때에 DiffServ TLV의 PSC 정보에 해당 LSP가 지원할 차별화 서비스 클래스인 EF(Expedited Forwarding), AFn(Assured Forwarding), DF(Default Forwarding)를 할당하여 전송한다. LSR 교환 노드에서 확장된 LDP 메시지의 PSC 정보 요소에 우선 순위가 가장 높은 EF가 저장되어 있는 경우에 이중화 경로 연결 설정이 이루어지는데 기존의 LDP 구동 절차에서와 같이 하나의 입력 포트, 입력 레이블과 하나의 출력 포트, 출력 레이블을 갖고 작업 경로의 기본 LSP 연결을 설정할 뿐만 아니라 작업 경로의 이중화 경로를 구성하기 위하여 다른 출력 포트에 복구 LSP 연결을 설정한다. 또한 기본

LSP 연결이 설정된 입력 포트에 대해서도 이중화 경로를 구성하기 위하여 다른 입력 포트에 기본 LSP 연결이 설정된 기본 출력 포트와 복구 LSP 연결이 설정된 복구 출력 포트에 대해서 각각 복구 LSP 연결을 설정한다. 이때, 설정된 복구 LSP 연결의 입력 및 출력 레이블 정보인 VPI/VCI는 기본 LSP 연결의 입력 및 출력 레이블의 VPI/VCI와 동일한 것으로 설정한다.

따라서 복구 LSP 연결은 포트 번호만 달리고 나머지 입력 및 출력 레이블 정보는 동일하게 하여 3개의 연결 설정 정보가 추가로 구성되어 LIB 정보 테이블에 저장된다. LSR에 위치한 LIB 정보 테이블은 이중화 경로인 복구 LSP 연결 항목을 추가하여 확장된다. 그리고 설정된 복구 LSP 연결은 기본 LSP 연결과는 서로 독립적인 경로를 가지도록 구성하기 위하여 기본 LSP 연결이 지나는 포트와 그에 대한 복구 LSP 연결이 지나는 포트가 한 IM에 공유되지 않도록 복구 LSP 연결을 설정하였다. 이와 같이 이중화 형상 구조를 갖음으로써 기본 LSP 연결에서의 장애가 복구 LSP 연결의 장애로 확산되는 것을 방지할 수 있다. 또한 이중화 경로의 쌍이 되는 포트 관리는 물리적으로 두개 이나 제어 관점에서 하나로 유지되도록 하여 이중화 경로를 이루는 두 개의 출력 포트 중 하나라도 서비스가 가능하면 트래픽 전달이 이루어지도록 하였다.

(그림 6)과 (표 1)은 이중화 경로의 설정 및 LIB 정보 테이블 구성의 한 예를 보여준다. IM1



(그림 6) 이중화 경로 설정

(표 1) LIB 정보 테이블

Input Port	Input Label	Output Port	Output Label	D-Output Port	D-Output Label
10	100	50	200	55	200
15	100	55	200	50	200

에 속하는 입력 포트 10, 입력 레이블 100과 IM4에 속하는 출력 포트 50, 출력 레이블 200을 갖고 기본 LSP 연결 설정 요구를 수신하면 기본 LSP 연결 설정을 하고 복구 LSP 연결 설정은 IM5에 속하는 출력 포트 55와 동일한 출력 레이블인 200을 갖고 설정한다. 또한 IM1과 이중화 형상 구조를 갖는 IM2에 대해서도 IM2에 속하는 입력 포트 15와 기본 LSP 연결의 입력 레이블 100과 기본 LSP 연결의 출력 포트인 55 및 50 그리고 출력 레이블 200을 갖고 IM4와 IM5에 각각 복구 LSP 연결을 설정한다. 이와 같이 기본 LSP 연결 및 복구 LSP 연결을 한 단위로 처리되도록 트랜잭션으로 처리하여 하나의 연결만 성공하고 나머지 연결 설정에 실패하면 설정되었던 연결을 해제하고 이중화 경로 연결 설정 실패를 통보한다. 연결 해제의 경우에도 기본 LSP 연결 정보와 쌍이 되는 이중화 경로를 모두 찾아 해제한다. 이와 같이 이중화 경로를 설정함으로써 신속한 복구로 트래픽을 계속 전달할 수 있어 서비스 품질 향상을 꾀할 수 있게 된다.

그러나 (그림 6)과 같이 이중화 경로를 요구하는 우선 순위가 높은 트래픽은 하나의 연결 설정 요구에 이중화 경로 연결이 최대 4배의 스위칭 자원을 점유하는 결과를 초래하므로 망 사업자는 높은 신뢰성을 요구하는 우선 순위가 높은 트래픽에 대해서는 그에 상응하는 과금 정책을 가지고 운용해야 한다.

3. 경로 복구 알고리즘

서비스 중인 경로의 장애 발생은 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 교환 노드 간의 물리적 링크

```

IF High Priority Traffic THEN
  IF Link Fail THEN
    IF Duplication Path is OK THEN
      Transfer Traffic to Duplication Path
    ELSE
      Transfer Traffic to Restoration Path
    FI
  ELSIF Node Fail THEN
    Transfer Traffic to Restoration Path
  FI
ELSE
  Transfer Traffic to Restoration Path
FI
    
```

(그림 7) 경로 복구 알고리즘

장애이고, 교환 노드 자체의 장애이다. 전자와 같이 링크 장애가 검출된 경우에는 이중화 경로가 설정되어 있는 링크의 상태를 조사하여 정상이면 이중화 경로로 원본 트래픽을 전송하도록 하여 경로를 복구한다.

경로 복구 알고리즘은 (그림 7)과 같이 수행되는데 우선 순위가 높은 트래픽에 대해서 링크 장애가 발생하면 이중화 경로가 사용 가능한 경우에는 이중화 경로로 트래픽을 전송하고, 이중화 경로가 사용 가능하지 않거나 노드 장애이면 복구 경로로 트래픽을 전송한다. 우선 순위가 높은 트래픽은 QoS 보장을 위하여 1:1 보호 경로 매핑 방법[10]을 이용하여 복구 경로를 설정한다. 또한 우선 순위가 낮은 트래픽에 대해서는 링크 장애나 노드 장애가 발생하면 바로 복구 경로로 트래픽을 전송하고, 자원의 효율성을 위하여 1:n의 보호 경로 매핑 방법[10]을 이용하여 복구 경로를

설정한다.

4. 성능 분석

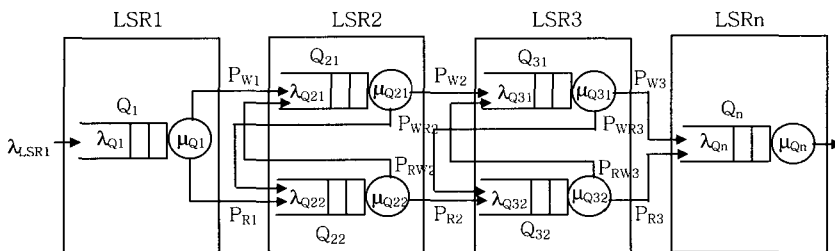
이 장에서는 시뮬레이션 기법을 활용하여 제안한 이중화 경로를 이용한 복구 시스템의 성능 평가를 수행하고자 한다. 특히 우선 순위가 높은 트래픽에 대해서 링크 장애시에 이중화 경로를 이용한 경로 복구 방법에 중점을 두었고, 범용 시뮬레이션 툴(AweSim)[11]을 사용하여 성능 분석을 수행한다.

제안한 이중화 경로를 이용한 복구 시스템의 시뮬레이션 모델은 (그림 8)과 동일하다.

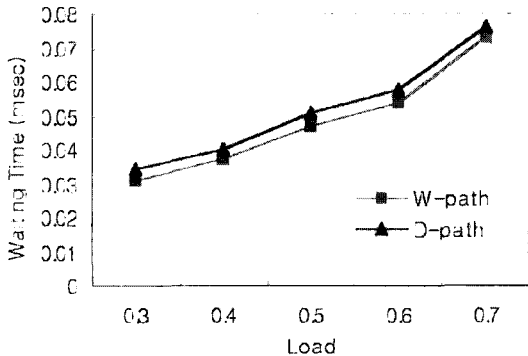
링크 장애는 한 곳에서만 발생한다고 가정하였고, 시뮬레이션 모델에서는 LSR3에서 링크 장애가 발생되었다고 가정하였다. MPLS ATM 시스템에서 하나의 셀을 처리하는데 걸리는 시간이 대략 1 셀 타임에서 최악의 경우에 10 셀 타임을 가지고, 1 셀 타임은 2.72 μ s가 된다[12]. ATM 셀 처리 시간 및 노드간 전달 지연 시간을 고려하여 2셀 타임이 소요되고, 노드 내의 이중화 경로에서는 1셀 타임이 소요된다고 가정하였다. 그리고 패킷의 크기는 ATM 셀 크기와 동일한 53 byte로 하고, 도착되는 우선 순위가 높은 트래픽은 평균 부하량이 0.5의 비율로 들어 온다고 가정한다.

시뮬레이션에 사용된 파라미터는 다음과 같다.

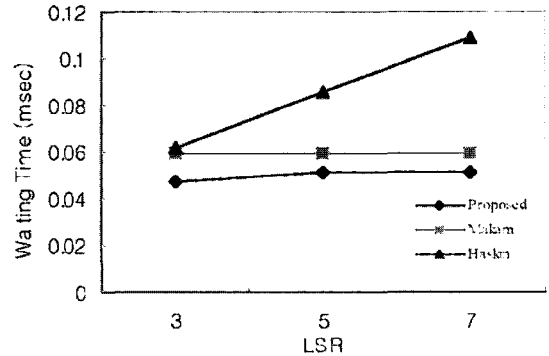
- 도착 시간 간격 : 0.010 ($\lambda_{LER} = 92.5$)



(그림 8) 복구 시스템의 큐잉 네트워크 모델



(그림 9) 작업 및 이중화 경로의 대기 시간 비교



(그림 10) 복구 방법별 지연 시간 비교

- 경로 확률 : $P_{W1}, P_{WR2}, P_{R2}, P_{W3}, P_{R3} = 1$
 $P_{R1}, P_{W2}, P_{RW2}, P_{RW3}, P_{RW3} = 0$
- 서비스 시간 : $0.0054 (\mu_{Q1}, \mu_{Q21}(P_{W2}), \mu_{Q22}(P_{R2}), \mu_{Q31}(P_{W3}), \mu_{Q32}(P_{R3}), \mu_{Qn} = 185)$
 $0.0027 (\mu_{Q21}(P_{WR2}), \mu_{Q22}(P_{RW2}), \mu_{Q31}(P_{WR3}), \mu_{Q32}(P_{RW3}), \mu_{Qn} = 365)$

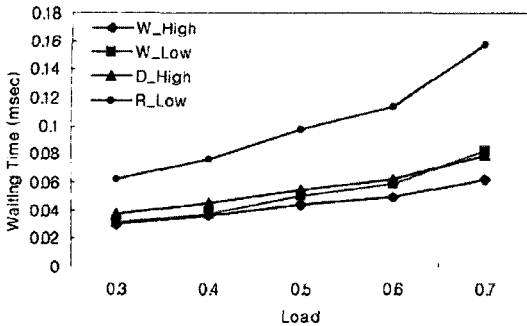
(그림 9)는 트래픽 부하를 변화시키면서 우선 순위가 높은 트래픽이 작업 경로로 전달되는 경우와 이중화 경로로 전달되는 경우의 평균 대기 시간을 나타낸 것이다. 작업 경로로 트래픽이 전달되는 경우 보다 이중화 경로로 트래픽이 전달되는 경우가 모든 트래픽 부하에 대해서 평균 대기 시간이 느린 것으로 나타나는데 이는 링크 장애에 따라 작업 경로에서 이중화 경로로 절체되는 시간이 소요되기 때문이다. 따라서 이중화 경로로 우선 순위가 높은 트래픽을 전송한 경우에는 작업 경로로 트래픽을 전송한 경우에 비해 평균 전송 지연 시간이 최소 0.003ms에서 최대 0.004ms 정도의 차이가 나는데 이 정도의 차이는 작업 경로로 트래픽을 전송하는 경우와 거의 근접한 성능임을 알 수 있다.

(그림 10)은 우선 순위가 높은 트래픽을 전송하는 중에 링크 장애가 발생했을 때 앞에서 언급한 기존의 복구 방법인 Makam 방법, Haskin 방법을 제안한 복구 방법과 동일한 조건에서 시뮬레이션을 하였으며, 이를 근간으로 제안된 복구 방

법과의 평균 대기 시간을 비교한 것이다. 적용된 시뮬레이션 모델은 (그림 1)의 구성 환경과 동일하다. 링크 장애는 한 곳에서만 발생한다고 가정을 하였으며, LSR3, LSR5 및 LSR7에서 각각 링크 장애가 발생했을 때 기존 및 제안한 복구 방법의 평균 대기 시간을 측정하였다.

시뮬레이션 결과에 의하면 제안한 복구 방법이 장애가 발생한 LSR 위치에 관계없이 평균 대기 시간이 일정하여 FIS 메시지 처리로 인해 평균 대기 시간이 증가하는 Makam 방법과 장애가 발생한 LSR 위치에 따라 평균 대기 시간이 증가하는 Haskin 방법보다 우수한 것으로 분석되었으며, Makam 방법도 신속한 FIS 메시지 처리로 인하여 Haskin 방법보다 평균 대기 시간이 우수한 것으로 분석되었다.

(그림 11)은 (그림 1)에서 LSR5에서 링크 장애가 발생했을 때 트래픽 부하를 변화시키면서 우선 순위가 높은 트래픽이 작업 경로 및 이중화 경로로 전달되는 경우와 우선 순위가 낮은 트래픽이 작업 경로 및 복구 경로로 전달되는 경우의 평균 대기 시간을 나타낸 것이다. 이중화 경로로 우선 순위가 높은 트래픽을 전송한 경우에 비해 평균 대기 시간이 최소 0.008ms에서 최대 0.017ms 정도의 차이가 나는 것으로 관찰되었다. 한편 복구 경로로 우선 순위가 낮은 트래픽을 전송한 경우에 작업 경로로 우선 순위가 낮은 트



(그림 11) LSR5에서 링크 장애인 경우 작업, 이중화 및 복구 경로의 비교

래픽을 전송한 경우에 비해 평균 대기 시간이 최소 0.031ms에서 최대 0.074ms 정도의 차이가 나는 것으로 관찰되었다. 그리고 우선 순위가 높은 트래픽은 이중화 경로로 전송되어 LSR3에서 링크 장애가 발생한 경우는 작업 경로로 전송한 평균 대기 시간과 동일하게 나타나고, LSR7에서 링크 장애가 발생한 경우는 LSR의 위치에 영향을 받지 않고 일정하게 유지되어 LSR5에서 링크 장애가 발생한 경우와 동일하게 나타난다. 반면에 우선 순위가 낮은 트래픽은 복구 경로로 전송되어 LSR3에서 링크 장애 발생한 경우에는 평균 대기 시간이 최소 0.016ms에서 최대 0.037ms 정도의 차이가 나고, LSR7에서 링크 장애가 발생한 경우는 평균 대기 시간이 최소 0.047ms에서 최대 0.116ms 정도의 차이가 나게 되어 LSR의 위치에 따라 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다. 따라서 LSR 링크 장애시에 제안된 복구 알고리즘에 따라 우선 순위가 높은 트래픽이 우선 순위가 낮은 트래픽에 비해서 차별화 되어 최종 목적지 까지 전송되는 것으로 분석되었다.

5. 결론

우선 순위가 높은 트래픽에 대해서 망 장애에 대한 빠른 복구를 수행하여 망의 신뢰성을 높일 수 있도록 링크 장애시에 노드 내에서 작업 경로의 이중화 경로를 통하여 복구하는 방법을 제

안하였다. 이중화 경로 설정은 신속한 복구로 트래픽을 계속 전달할 수 있게 되어 서비스 품질 향상을 높일 수 있어 전송 지연 시간을 최소화하여 전송되어야 할 가장 높은 우선 순위의 데이터를 위한 경로 복구 방법으로는 우수함이 기존 복구 방법과의 성능 비교 결과를 통해 나타났다. 그러나 이중화 경로를 요구하는 우선 순위가 높은 트래픽은 많은 스위칭 자원을 점유함에 따라서 망 사업자는 우선 순위가 높은 트래픽에 대해서는 그에 상응하는 과금 정책을 가지고 운용해야 한다. 추후 연구 과제로는 망 자원을 효율적으로 이용하면서 신속하게 경로를 복구하는 방법과 작업 경로에 부하가 많을 때 복구 경로를 이용하여 트래픽을 분배하는 방법에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] George Swallow, "MPLS Advantages for Traffic Engineering," IEEE Communications Magazine, pp. 54~57, Dec. 1999.
- [2] Thomas M. Chen, et al., "Reliable Services in MPLS," IEEE Communications Magazine, pp. 58~62, Dec. 1999.
- [3] S. Makam, et al., "Protection/Restoration of MPLS Networks," <draft-makam-mpls-protection-00.txt>, 1999.
- [4] D. Haskin, et al., "A Method for Setting an Alternative Label Switched Paths to Handle Fast Reroute," Internet Draft <draft-haskin-mpls-fast-reroute-03.txt>, 2000.
- [5] 박상택 외 2인, "STM-1 가입자 이중화 정합을 위한 자동보호절체 기능 구현," 차세대통신소프트웨어 학술대회 논문집, pp. 837~840, 12. 2001.
- [6] V. Sharma, et al., "Framework for MPLS-based Recovery," <draft-ietf-mpls-recovery-fmwrk-03.txt>, 2001.

- [7] A. Doria, et al., "General Switch Management Protocol V3," Internet Draft <draft-ietf-gsmp-04.txt>, Sep. 2000.
- [8] Francois, et al., "MPLS Support of Differentiated Services," Internet Draft <draft-ietf-mppls-diff-ext-07.txt>, Aug. 2000.
- [9] Brim, et al., "Per Hop Behavior Identification Codes," Internet Draft, Oct. 1999.
- [10] Dong-Yong Kwak, et al., "A Self-Healing Mechanism for ATM Networks," 13th International Conference in Information Networking, pp. 3C1.1~3c1.5, Jan. 1999.
- [11] A. Alan B. Pritsker, et al. "Simulation with Visual SLAM and AweSim I," System Publishing Corporation, 1997.
- [12] 류호용 외 4인, "IP 서비스 지원을 위한 MPLS ATM 스위치의 성능 분석," ETRI TM-1200-1999-332, 1999.

◎ 저자 소개 ◎



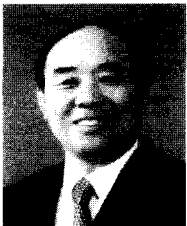
이 봉 하

1988년 울산대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1990년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)
 2001년 한남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사수료)
 1990년~1993년 한국전자통신연구원 연구원
 2002년 한국전자통신연구원 초빙 연구원
 2000~현재 : 공주영상정보대학 전자상거래학과 조교수
 관심분야 : MPLS, Restoration, 전자상거래, 소프트웨어 컴포넌트
 E-mail : bhlee@kcac.ac.kr



김 응 하

1987년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1989년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)
 2003년 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사)
 1989년~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야 : MPLS, Traffic Engineering,
 E-mail : ehkim@etri.re.kr



송 정 길

1966년 한남대학교 수학과(이학사)
 1982년 홍익대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
 1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)
 1990년~1991년 University of illinois 객원교수
 1979년~현재 : 한남대학교 정보통신·멀티미디어 공학부 교수
 관심분야 : 멀티미디어 문서처리(XML), 객체지향 모델링 및 방법론(UML), 전자상거래, 분산 시스템 및 실시간 시스템, MPLS
 E-mail : jksong@mail.hannam.ac.kr