

# 차별화 서비스를 위한 MPLS ATM 교환 시스템의 응용 기반 포워딩 모델 설계

정희원 김 응 하\*, 조 영 중\*\*

## An Application-based Forwarding Model of MPLS ATM Switching System for Differential Services

Eung-Ha Kim\*, Young-Jong Cho\*\* *Regular Member*

### 요 약

현재 라우터들의 인터넷 속도 개선을 위하여 제안된 MPLS ATM 교환 시스템도 다양한 응용을 사용하는 인터넷 사용자들을 충분히 만족시키지는 못한다. 따라서 서비스 클래스별로 서비스 처리를 구별하는 차별화 서비스 지원이 요구된다. 본 논문에서는 차별화 서비스를 MPLS ATM 교환 시스템에 지원하기 위해서 확장된 LDP 메시지를 이용하여 각 FEC 마다 서비스 클래스별로 설정된 LSP를 제어하는 방법을 제안한다. 또한 응용 범주에 따라 차별화 서비스가 되도록 ATM CLP를 이용한 마킹 알고리즘을 제안한다. 그리고 LSP 제어 방법과 마킹 알고리즘을 이용한 포워딩 절차를 제시한다. 이 포워딩 절차를 적용한 포워딩 모델은 기존 MPLS ATM 교환 시스템의 변경을 최소화하여 쉽게 구현할 수 있어 구현하는데 드는 비용 및 시간을 줄일 수 있다. 끝으로 시뮬레이션을 통하여 제안한 응용 기반 포워딩 모델의 성능 결과를 보인다.

### ABSTRACT

A number of MPLS ATM switching system have been proposed to increase the access speed of current routers, but they cannot satisfy the Internet users who use diverse applications. So they are required to support the so-called differential service, which discriminates service behaviors according to the service class. In this paper, to support this differential service we suggest an LSP control method, which uses the extended LDP message and establishes several different LSPs for each FEC according to the service class. Also, we propose an marking algorithm using the cell loss priority field of ATM cells in order to process the differential service according to application categories. In addition, we present a forwarding procedure based on the LSP control method and the marking algorithm. A forwarding model applied this forwarding procedure can be easily implemented with a minimum modification of existing MPLS ATM switching systems. Therefore, we can save cost and time needed to implement the proposed model. Finally, we estimate the performance behaviors of the proposed application-based forwarding model by the AweSim simulation package.

### 1. 서 론

현재까지의 인터넷은 최선형(best-effort) 서비스 지원을 목적으로 하고 있기 때문에 빠른 데이터 전

송 속도 및 다양한 QoS(Quality of Service)를 요구하는 사용자들을 충족시키기에는 많은 문제가 있었고, ATM 교환망은 고속의 데이터 전송, 확장성, QoS를 제공할 수 있다는 장점은 가지고 있지만, 서비스 부재로 인하여 가입자의 관심을 끌어내지 못

\* 한국전자통신연구원 네트워크기술전략팀(ehkim@etri.re.kr), \*\* 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 (yjcho@madang.ajou.ac.kr)  
논문번호 : 010285-1015, 접수일자 : 2001년 10월 15일

하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 IP와 ATM를 통합한 MPLS(MultiProtocol Label Switching) ATM 교환 시스템이 제안되어 구현되었다<sup>[1]</sup>. MPLS 제어기와 ATM 스위치로 구성된 MPLS ATM 교환 시스템은 레이블 분배 프로토콜인 LDP(Label Distribution Protocol)를 수행하여 LSP(Label Switched Path)를 설정하고, 레이블을 이용하여 동일한FEC(Forwarding Equivalence Class)에 속하는 IP 패킷을 설정된 LSP로 전달함으로써 기존 라우터의 IP 패킷 전달 방식에 비해 전달 속도를 향상시켰다. 하지만 고속 모뎀, 케이블 모델 및 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) 등과 같은 다양한 고속 액세스 장비를 이용하는 사용자들이 늘어남에 따라 사용자들이 사용하는 응용들이 다양해지고 이와 같은 응용에 적절한 QoS 제공이 가능하기 위해서 현재 IETF에서 연구중인 IntServ(Integrated Service)나 DiffServ (Differentiated Service)를 지원하는 것이 중요한 이슈로 제기되고 있다<sup>[2]</sup>. IntServ나 DiffServ를 MPLS ATM 교환망에서 수용하기 위해서는 기존의 MPLS ATM 교환 시스템 뿐만 아니라 기존의 라우터들도 모두 IntServ나 DiffServ를 수행할 수 있도록 교체되어야 한다. 그러나 현재의 IntServ나 DiffServ를 지원하지 않는 라우터들을 모두 차별화 서비스를 지원하는 라우터들로 교체하는 비용은 매우 클 뿐만 아니라 구현하는데도 상당한 시간이 소요될 것이다.

본 논문은 차별화 서비스를 지원하기 위해서 최선형 서비스만을 수용하는 기존의 라우터로 부터 전달된 패킷들의 목적지 주소와 포트 번호를 이용하여 사용되는 응용을 구별하고, 응용의 종류에 따라서 차별화 서비스를 지원하는 MPLS ATM 교환 시스템의 응용 기반 포워딩 모델 설계에 관한 연구이다. 이렇게 포트 번호를 사용함으로써 시스템의 기능 변경 없이 현재 인터넷 구조상에서 차별화 서비스를 더 쉽고 빠르게 구현할 수 있다는 장점이 있다. MPLS ATM 교환 시스템에 차별화 서비스를 지원하기 위해서 확장된 LDP 메시지를 이용하여 각 FEC에 서비스 클래스별로 LSP를 설정하고 제어하는 방법과 응용 범주에 따라서 차별화 서비스 하는데 사용되는 ATM 헤더내의 CLP(Cell Loss Priority) 필드를 마킹하는 알고리즘을 제안한다. 응용의 범주는 응용의 특성인 지연 시간과 처리 성능에 따라 네가지로 분류하였다. 그리고 기존의 MPLS ATM 교환 시스템에 최소한의 기능 변경만

으로 쉽고 빠르게 구현할 수 있는 응용 기반 포워딩 모델을 설계하고, 확장된 LDP 메시지를 이용하여 설정된 LSP와 마킹 알고리즘에 기반한 포워딩 절차를 기술하였다. 또한 이 포워딩 절차를 적용한 응용 기반 포워딩 모델을 시뮬레이션을 이용하여 차별화 서비스 성능 결과를 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 MPLS 기술과 DiffServ 기술의 기본 개념을 살펴보고, 3장에서는 MPLS ATM 교환 시스템의 구성 및 차별화 서비스 지원을 위해 확장된 LDP 메시지를 이용한 LSP 제어 방법에 대해서 기술한다. 4장에서는 분류된 응용 범주와 차별화 서비스의 매핑 방법과 ATM CLP를 이용한 마킹 알고리즘 그리고 응용 기반 포워딩 모델의 포워딩 절차를 기술한다. 5장에서는 응용 기반 포워딩 모델의 성능 결과를 보이고, 마지막으로 6장에서 결론 및 추후 연구 방향에 대하여 기술한다.

## II. MPLS와 DiffServ 모델

### 1. MPLS

MPLS 망은 망 내부에 존재하는 핵심 라우터인 LSR(Label Switched Router)과 타 망에서 MPLS 망으로 패킷이 입력되는 쪽에 위치한 입구(Ingress) LER(Label Edge Router) 그리고 MPLS 망을 떠나는 쪽에 위치한 출구(Egress) LER로 구성된다. 각 입구 LER과 LSR들은 레이블 스위칭을 위해 각 FEC마다 레이블을 할당하게 된다. 이러한 레이블 할당 및 해지를 위해 각 LER과 LSR에는 LDP가 동작하며, LDP 동작을 통해 설정된 IP 패킷이 전달될 경로를 LSP라 한다<sup>[3]</sup>.

shim 헤더로 사용되는 MPLS 레이블의 구조는 그림 1과 같이 표현된다<sup>[4]</sup>. 레이블은 20 비트로 LSP에 직접적으로 매핑되는 값이고, FEC에 바인딩된다. EXP의 3비트는 향후 새로운 서비스의 정의를 위해 남겨 두었는데 최근 이 영역이 DiffServ로 활용되는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 스택의 1비트는 레이블 스택의 끝임을 나타내고, TTL은 생존 시간(Time-to-Live)의 8비트이고 IP의 TTL과 같은 개념을 가진다. 레이블은 어떤 미디어를 사용하는지에 따라 다양한 유형의 표기 방식이 가능하며, 레이블을 어느 위치에 표기할 것인가에 따라 그림 1과 같이 여러 가지 레이블 인코딩 방식이 사용될 수 있다<sup>[5]</sup>.

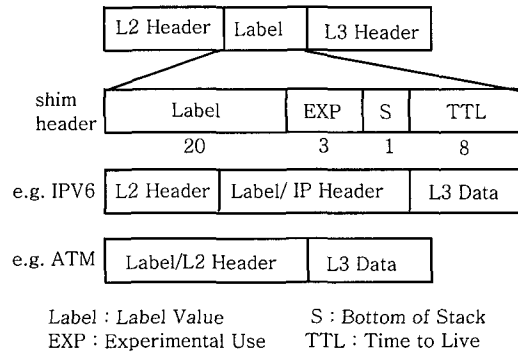


그림 1. MPLS 레이블 구조 및 인코딩 방식

FEC는 패킷의 흐름 중 공통되는 서비스들을 분류한 것으로서, 하나의 FEC는 QoS에 의한 하나의 서비스 클래스인 동시에 같은 목적지를 가지는 패킷의 흐름이다<sup>6)</sup>. FEC는 네트워크에 패킷이 들어올 때 결정되고, 레이블을 할당하여 포워딩하게 된다. 각 FEC마다 레이블을 할당하는데 하나의 레이블만을 가질 수도 있고, 같은 FEC에 여러 개의 레이블을 할당하는 것도 가능하며, 같은 레이블이 부여된 모든 패킷은 동일하게 처리된다.

MPLS ATM 교환 시스템에서는 LER과 LSR들 사이에서 패킷이 전달되는 단위가 ATM 셀이기 때문에 레이블 스위칭을 위해 사용하는 레이블은 ATM VPI/VCI를 갖고 사용하고, MPLS shim 헤더의 레이블은 이용하지 않는다. MPLS shim 헤더는 입구 LER에서 들어온 패킷에 붙이는데, 단지 MPLS shim 헤더의 스택 비트를 1로 정하여 출구 LER에게 마지막이라는 것을 알려주어 MPLS shim 헤더를 제거하기 위하여 이용된다. 출구 LER은 비 MPLS 영역으로 연결된 경우에는 IP 라우팅을 하여 해당 목적지로 패킷을 전달하고, MPLS 영역이면 다시 새로운 MPLS shim 헤더를 붙여서 패킷이 전달되도록 하였다.

2. DiffServ 모델

IETF에서 인터넷의 QoS를 제공하기 위해 연구중인 DiffServ 모델은 흐름별로 트래픽을 차별화하는 것이 아니라, 지연 및 손실 민감도에 따라 서로 다른 서비스를 제공할 수 있도록 서비스 클래스를 정의한다<sup>7)</sup>. 이 모델은 다수의 QoS를 가진 흐름들을 네트워크 내에서 소규모의 차별화 된 집합으로 분류함으로써 핵심 라우터에서 개별 흐름에 대한 정보를 인식하고 저장할 필요성을 없애 주어 광범위하고 융통성 있는 서비스를 제공하는 확장성

(Scalability)이 있어 백본망에 사용될 것으로 예상된다.

DiffServ 모델에서 사용하고 있는 차별화 서비스 필드는 IPv4의 TOS 옥텟 또는 IPv6의 트래픽 클래스 옥텟의 기존 정의 대신 사용되는 헤더 영역을 말하고, 그림 2와 같이 구성되어 있다<sup>8)</sup>. 차별화 서비스 필드중 6비트의DSCP(Differentiated Service Code-point)는 각 노드에서 PHB를 선택하기 위해 사용되고, DSCP 다음의 두 비트(CU : currently unused)는 현재 사용되지 않는다. 망내 각 라우터에서는 해당 DSCP 값에 따라 차별화 서비스 행위 집합인 BA(Behavior Aggregate)를 분류하고, BA로 분류된 패킷은 각각 이 패킷을 처리하는 방법인 PHB(Per-Hop Behaviors)로 매핑되고 이에 따라 패킷은 처리된다. PHB는 라우터가 BA에 대하여 자원을 할당하는 수단이고, 다른 PHB에 비해 자원(버퍼, 대역폭), 우선 순위 또는 상대적인 관찰이 가능한 트래픽 특성(지연, 손실)에 의하여 명시될 수 있다<sup>9)</sup>.

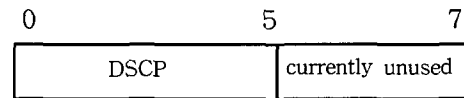


그림 2. 차별화 서비스 필드

MPLS ATM 교환 시스템은 차별화 서비스를 지원하기 위해서 확장성과 자원 절약의 장점을 갖고 있는 DiffServ 모델 방식을 수용하고, DSCP가 제공되지 않는 라우터에서 들어오는 패킷의 목적지 IP 주소와 목적지 포트 번호를 가지고 패킷을 구별하는 방법을 사용하였다.

Ⅲ. 차별화 서비스를 위한 LSP 연결 제어

1. MPLS ATM 교환 시스템

MPLS ATM 교환 시스템은 비 MPLS 도메인에 속하는 기존의 라우터들이나 인접 LSR과 연결되어 있는 LER로 구성되거나 인접 LSR이나 LER과 연결되어 있는 LSR로 구성될 수 있으며, LER과 LSR의 시스템 구성은 동일하다. 그림 3은 MPLS ATM 교환 시스템의 논리적인 구성도를 나타낸다. MPLS ATM 교환 시스템은 MPLS 제어기인 IPCP(Internet Protocol Control Processor)와 ATM 스위치를 구성하고 있는 OMP(Operation Maintenance Processor), CCCP(Call and Connection Control Processor),

FE(Forward Engine), IM(Interface Module)로 이루어져 있다. IM은 비 MPLS 도메인에 속하는 기존의 라우터들이나 인접 LSR이 영구 가상 채널인 PVC(Permanent Virtual Channel)로 연결되어 LDP 메시지와 라우팅 메시지를 송수신하게 된다. IPCP 프로세서는 라우팅 메시지를 수신하여 라우팅 정보 테이블과 포워딩 정보 테이블을 구성하고, LDP 메시지를 수신하여 포워딩 엔진에서 패킷 포워딩을 하기 위해 필요한 레이블 정보 테이블을 구성한다. IPCP 프로세서와 스위치 제어기 프로세서인 OMP 프로세서는 스위치 제어를 위하여 표준 프로토콜인 GSMP(General Switch Management Protocol) 프로토콜을 사용하며<sup>10)</sup>, 이더넷을 이용한 IPC 메시지에 의해서 GSMP 메시지를 전달한다.

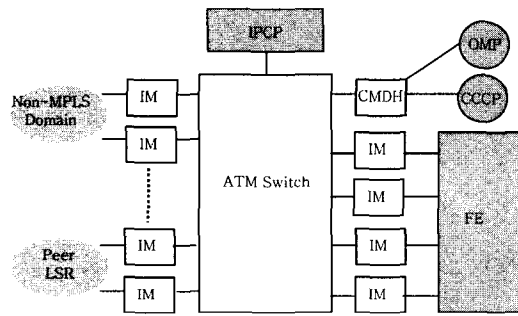


그림 3. MPLS ATM 교환 시스템의 논리적인 구성도

2. LSP 설정 절차 및 포워딩 정보 테이블 구성

그림 4는 MPLS ATM 교환 시스템의 LSP 설정 절차 및 포워딩 정보 테이블 구성을 보여준다. LSP 설정 절차는 (1) 에서 (12) 까지 순서대로 다음과 같이 처리된다. 먼저 운용자가 사전에 MMC(Man-Machine Command) 명령어를 통하여 MPLS ATM 교환 시스템에서 수용할 IP 주소에 대한 RIB 정보 생성을 라우팅 프로토콜 처리 블록인 RPHF (Routing Protocol Handling Function)에게 요구하면 RPHF는 전달받은 IP 정보를 이용하여 RIB (Routing Information Base) 정보를 만든다. RPHF로부터 생성된 RIB 정보를 LDPCF(Label Distribution Protocol Control Function)가 수신하면 RIB 정보와 FEC를 이용하여 FIB 정보를 구성한다.

그리고 LIB 정보를 생성하기 위해서 해당 LSP를 설정을 위한 LDP 절차가 구동된다. LDPCF는 인접 노드에게 레이블 바인딩을 요구하고, 이 요구가 최종 IP 주소를 처리하는 출력 LER을 경유하여 응답

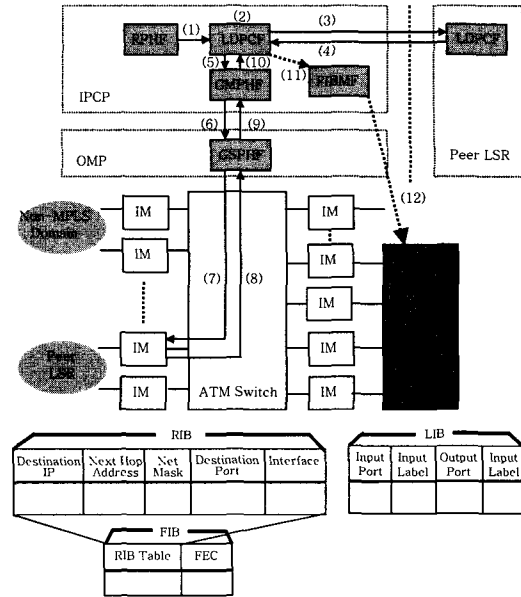


그림 4. LSP 설정 절차 및 포워딩 정보 테이블

메시지를 받게 되면 LIB를 구성한다. LDPCF는 GSMP 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. LSP 설정이 완료되었다는 GSMP 응답 메시지를 GSPHF가 수신하여 그 결과를 GMPHF에게 전송하고, 다시 그 결과를 GMPHF가 LDPCF에게 전송한다. LDPCF는 설정된 LSP 연결 정보로 구성된 LIB 정보와 FIB 정보를 FIB 관리 블록인 FIBMF(FIB Management Function)에게 전달하면 FIBMF는 FIB 정보와 LIB 정보로 구성된 포워딩 정보를 포워딩 엔진으로 전달한다.

3. 확장된 LDP 메시지를 이용한 LSP 연결 제어

MPLS 구조의 기본 도구는 LSP이고, 차별화 서비스를 지원하기 위해서 차별화 서비스의 BA와 LSP간의 매핑시키는 방법이 중요한 문제로 제기되고 있다. 현재 IETF에서는 E-LSP(EXP-Inferred-PSC LSPs) 방식과 L-LSP(Label-Only-Inferred-PSC LSPs) 방식이 연구되고 있다<sup>11)</sup>. E-LSP 방식은 단순히 3 비트의 EXP 필드를 이용하여, 동일 FEC내의 최대 8개 BA를 하나의 LSP에 할당하는 방법이

고, L-LSP 방식은 FEC만 보고 하나의 LSP가 설정되는 원래MPLS 구조와는 달리 BA 집합을 하나의 BA로 취급하는 OA(Ordered Aggregate) 개념을 이용하여, 하나의 <FEC, OA> 쌍에 대해 하나의LSP를 매핑하는 방법이다. ATM으로 구현된 MPLS 영역은 레이블의 EXP 필드를 사용할 수 없으므로 E-LSP는 사용할 수 없고, 오직 L-LSP만을 사용할 수 있다.

기존의 MPLS ATM 교환 시스템에 차별화 서비스를 지원하기 위해서 L-LSP를 설정하는 방법으로 각 FEC마다 표준화된 PHB 종류인 EF(Expedited Forwarding), AF(Assured Forwarding), DF(Default Forwarding)를 지원하는 LSP들을 설정하였다. 또한 기존의 MPLS ATM 교환 시스템의 변경을 최소화하기 위해 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. 추가된 DiffServ TLV의 구조는 그림 5(b)와 같고 순서 제약을 갖는 PHB의 집합을 하나의 집합으로 하는 PSC(PHB Scheduling Class) 정보를 갖고 있다.

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
		Length
T	Reserved	
		PSC

(b) DiffServ TLV

그림 5. 확장된 LDP 메시지

확장된 LDP 요청 메시지를 인접하는 LSR 및 LER에 전달할 때에 DiffServ TLV의 PSC 정보에

해당 LSP가 지원할 차별화 서비스 클래스인 EF, AFn, DF를 할당하여 전송한다. 확장된 LDP 요청 메시지를 수신한 인접 LSR 및 LER의 LDP는 수신된 DiffServ TLV의 PSC 정보에 따라 차별화된 LSP를 설정한 다음 확장된 LDP 매핑 메시지로 응답을 한다. 이와 같이 L-LSP가 설정된 후에는 MPLS ATM LER에서는 입력된 패킷의 목적지 주소와 포트 번호를 갖고 다음 장에 설명할 해당되는 응용 범주를 찾는다. 그래서 EF에 속하는 응용 범주인 경우에는 EF LSP로 패킷을 전달하고, AF에 속하는 응용 범주의 경우에는 AF LSP로 패킷을 전달하고, DF에 속하는 응용 범주의 경우에는 DF LSP로 패킷을 전달하여 차별화된 LSP를 제어한다. 이렇게 차별화되어 전송된 패킷은 그 다음 홉에 있는 LSR로 전달되고, 패킷을 전달받은 LSR은 LIB만을 보면서 레이블 스위칭을 하고 레이블 스위칭된 패킷은 차별화된 LSP의 우선 순위에 따라 전달되어 최종 LER까지 패킷이 전달되도록 LSP를 제어한다.

#### IV. 응용 기반 포워딩 모델 설계

##### 1. 응용 범주 분류 및 차별화 서비스 매핑

MPLS ATM 교환 시스템에서 차별화 서비스를 제공하기 위해 지연 시간과처리 성능의 특성에 따라서 응용의 종류를 네가지 범주로 나누었고, 그 응용 범주는 다음과 같다<sup>[12]</sup>.

첫번째 범주는 인터넷 비디오나 오디오 실시간 응용으로써 보장된 대역이 필요하고 장시간의 개별적인 패킷 지연을 허용하지 않는 범주이다. 두번째 범주는 TELNET과 같이 상호 작용하는 인터넷 응용인데, 이러한 종류의 응용은 많은 대역을 필요로 하지 않지만 장시간의 지연은 허용되지 않는다. 세번째 범주는 HTTP나 FTP와 같이 가장 대중적인 TCP 기반의 응용이다. 이러한 응용들의 사용자는 개별적인 패킷 지연 보다는 전체적인 처리 성능에 의미가 있다. 마지막 범주는 E-mail과 같은 백그라운드 응용이다. 이러한 종류의 응용들은 데이터가 목적지에 도달하는데 걸리는 시간에 대해서는 덜 민감하다. MPLS ATM LER은 패킷이 어떤 범주에 속하는 지를 결정하기 위하여 패킷의 포트 번호를 검사하여 범주를 분류한다. 그리고 잘 알려진 포트 번호를 가지고 있지 않거나 사용하지 않는 응용들에 대해서만 MPLS ATM LER에게 시그널링 메시

지를 사용하여 패킷의 정보를 패킷 범주 테이블에 추가하여 패킷의 범주를 구별할 수 있도록 한다. 이와 같이 분류된 응용 범주와 이에 대응하는 차별화 서비스 매핑을 표1에 정의하였다.

응용 범주와 차별화 서비스 매핑은 Diffserv DSCP와 EXP 매핑하는 방법을 이용한다. EXP 필드는 <FCI, DPI>쌍으로 구성되는데, FCI(Forwarding Class Indicator)는 2비트의 크기로 MPLS 포워딩 클래스를 나타내고, DPI(Drop Precedence Indicator)는 1 비트의 크기로 폐기 우선 순위 정도를 나타낸다. 3 비트의 EXP 필드로 구성될 수 있는 8개의 BA는 Diffserv DSCP 클래스보다 작기 때문에 비슷한 서비스를 요구하는 Diffserv DSCP 클래스들을 하나의 MPLS 서비스 클래스로 그룹화한다. 응용 범주는 EXP의 FCI를 이용하여 11은 응용 범주1, 10은 응용 범주2, 01은 응용 범주3 그리고 00은 응용 범주 4로 분류하였고, FCI 값이 동일하게 매핑되는 Diffserv DSCP 클래스들을 동일한 응용 범주에 매핑하였다.

또한, EXP의 DPI에 해당하는 폐기 우선 순위 정도는 응용 범주별로 ATM 헤더의 CLP 필드를 이용하여 매핑하였다. 따라서 응용 범주1은 폐기 우선 순위가 낮기때문에 CLP 값을 0으로 정하여 EXP에 매핑하면 110에 해당되며, 응용 범주2도 폐기 우선 순위가 낮으므로 CLP 값을 0으로 정하여 EXP에 매핑하면 101에 해당된다. 또한 응용 범주3은 폐기 우선 순위가 높거나 낮을 수 있어서 CLP 값을 0

표 1. 응용 범주와 차별화 서비스 매핑

Diffserv		EXP		Application Category	CLP
PHB	DSCP	FCI	DPI		
EF	101110	11	0	Category1	0
AF11	001010	10	1	Category2	0
AF12	001100	10	0		
AF13	001110	10	0		
AF21	010010	10	1		
AF22	010100	10	0		
AF23	010110	10	0		
AF31	011010	01	1	Category3	0, 1
AF32	011100	01	0		
AF33	011110	01	0		
AF41	100010	01	1		
AF42	100100	01	0		
AF43	100110	01	0		
DF	000000	00	0	Category4	1

또는 1로 정할 수 있어 EXP에 매핑하면 011 또는 010에 해당되며, 응용 범주4는 폐기 우선 순위가 높으므로 CLP 값을 1로 정하여 EXP에 매핑하면 000에 해당된다. 이와 같이 CLP의 값을 응용 범주에 따라 0 혹은 1로 결정한 것은 네트워크 혼잡(Congestion)이 발생한 경우 폐기 우선 순위가 높은 응용 범주4에 속하는 패킷 플로우를 응용 범주1에 속하는 패킷 플로우 보다 먼저 폐기하도록 한 것이다.

## 2. 마킹 알고리즘

MPLS ATM LER은 응용 범주별로 차별화 서비스를 제공하기 위하여 EF, AF 및 DF 서비스를 지원 해야 한다. EF 서비스를 받은 패킷은 거의 큐잉 지연없이 포워딩되어야 하고 AF IN 서비스를 받은 패킷은 망 정체시에 거의 폐기되지 않는다. 반면에 AF OUT 서비스와 DF 서비스를 받은 패킷은 망 정체시에 폐기된다.

```

if CAT1 then
  mark CLP 0
  transfer the cells into EF queue
else if CAT2 then
  mark CLP 0
  transfer the cells into AF queue
else if CAT3 then
  if AF IN is OK then
    mark CLP 0
    transfer the cells into AF queue
  else
    mark CLP 1
    transfer the cells into DF queue
else if CAT4 then
  mark CLP 1
  transfer the cells into DF queue
    
```

그림 6. 마킹 알고리즘

차별화 서비스 지원을 위한 응용 기반 마킹 알고리즘은 그림 6과 같고, 다음과 같이 수행된다. CAT1에서 CAT4는 각각 응용 범주1에서 응용 범주4에 속하는 응용 범주를 표시한다. CAT1은 EF 서비스를 사용하고, CAT2는 AF 서비스를 사용하며, CAT3는 AF와 DF 서비스를 사용하고 CAT4는 단지 DF 서비스만을 사용한다. CAT1에 속하는 패킷들은 EF 서비스에 해당하여 CLP 값을 '0'으로 마킹하고 EF 큐로 전달되며, CAT2에 속하는 패킷들은 AF IN 서비스에 해당하여 CLP 값을 '0'으로 마킹하고 AF 큐로 전달된다. CAT3에 속하는 패킷들은 AF IN 서비스를 받을 수 있으면 CLP 값을 '0'으로 마킹하고 AF 큐로 전달하고, AF IN 서비

스를 받을 수 없으면 CLP 값을 '1'로 표시하여 DF 서비스를 받을 수 있는 지를 검사하여 DF 서비스를 받을 수 있다면 DF 큐로 전달하여 CAT4와 같이 처리된다. CAT4에 속하는 패킷들은 최선형 서비스를 사용하는 DF 서비스에 해당하여 CLP 값을 '1'로 마킹하여 DF 큐로 전달된다.

### 3. 응용 기반 포워딩 모델

응용 기반 차별화 서비스 지원 포워딩 모델은 패킷이 전달되기 전에 각 응용 범주의 서비스를 제공할 수 있도록 동일한 FEC에 대해서 EF, AF, DF에 해당하는 LSP의 연결을 먼저 설정하고, EF LSP, AF LSP, DF LSP 우선 순위로 스케줄하여 차별되게 다음 홉인 LSR로 패킷이 포워딩 되도록 설계하였다. 응용 기반 포워딩 모델은 그림 7과 같고, 패킷이 LER로부터 LSR로 전달되는 과정을 보여주는 포워딩 절차는 다음과 같다.

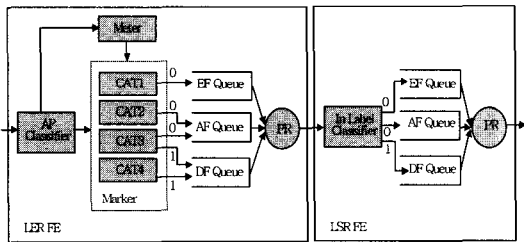


그림 7. 응용 기반 포워딩 모델

패킷 플로우가 LER 포워딩 엔진으로 들어가면 포워딩 엔진내의 패킷 분류기에서는 패킷 플로우 정보중에 목적지 주소와 디폴트 포트 번호를 통하여 들어온 패킷 플로우가 어떤 응용 범주에 포함되는 지를 분류한다. 미터는 트래픽 프로파일을 기반으로 측정하여 각각의 패킷 플로우가 계약을 준수하는 IN 프로파일인지 계약을 준수하지 않는 OUT 인지를 판단하여 마커에게 알려준다. 마커는 패킷 플로우가 응용 범주 1에 속하면 EF 서비스로서 CLP의 값을 0으로 마킹하고, 응용 범주 2에 속하면 AF IN 서비스로서 CLP의 값을 0으로 마킹을 하고, 응용 범주3에 속하고 AF IN 서비스로 수용될 수 있으면 CLP의 값을 0으로 마킹하고 그렇지 못하다면 DF 서비스로 수용되기 위하여 CLP의 값을 1로 마킹을 한다. 마지막으로 응용 범주4에 속하면 DF 서비스로서 CLP의 값을 1로 마킹을 한다. 마킹이 완료되면 입력된 패킷의 목적지 주소에 해당하는 FEC와 응용 범주에 대응하는 LSP의

VPI/VCI 레이블로 ATM 헤더를 조합하여 ATM 셀로 변환시킨다. 조합된 셀들중에서 응용 범주1에 속하며 CLP 값이 0으로 마킹된 셀들은 EF 큐에 저장되고, 응용 범주2에 속하며 CLP 값이 0으로 마킹된 셀들과 응용 범주3에 속하며 CLP 값이 0으로 마킹된 셀들은 AF 큐에 저장되며 응용 범주3에 속하며 CLP 값이 1로 마킹된 셀들이나 응용 범주4에 속하며 CLP 값이 1로 마킹된 셀들은 DF 큐에 저장된다.

큐에 저장된 셀들은 스케줄러에 의해서 가장 높은 우선 순위를 갖고 있는 EF 큐부터 가장 낮은 순위를 갖고 있는 DF 큐의 순서대로 출력 포트 번호와 레이블을 보고 다음 홉인 LSR로 전달된다. LER로부터 전달된 셀들이 입력된 LSR FE는 LSR 포워딩 테이블을 보고 입력된 셀의 입력 포트와 레이블에 대응되는 출력 포트와 레이블로 교환하고 입력된 CLP 값을 그대로 가지고 해당 큐에 저장 되면 스케줄러에 의해서 가장 높은 우선 순위를 갖고 있는 EF 큐부터 가장 낮은 순위를 갖고 있는 DF 큐에 있는 셀들을 출력 포트 번호와 레이블을 보고 다음 홉인 LSR 혹은 LER로 셀을 전달하여 최종적으로 출구 LER에 셀이 전달되면 셀을 패킷으로 변환하여서 최종 사용자에게 신속하게 패킷을 전달한다.

## V. 성능 분석

이 장에서는 시뮬레이션 기법을 활용하여 MPLS ATM 교환 시스템의 응용 기반 포워딩 모델의 성능 분석을 수행하고자 한다. 특히 응용 범주에 기반한 포워딩 기법에 중점을 두었고, 범용 시뮬레이션 툴인 오심(AweSim)<sup>[13]</sup>을 사용하여 성능 분석을 수행한다. 시뮬레이션할 MPLS ATM 교환 시스템의 응용 기반 포워딩 모델은 그림 8과 같으며, 사용된 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 같다.

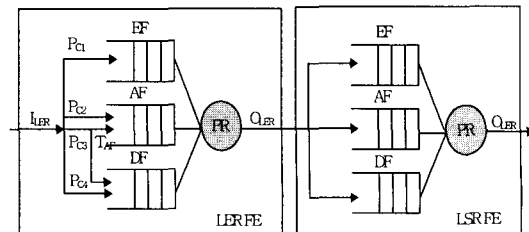


그림 8. 포워딩 시뮬레이션 모델

표 2. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	설명
$I_{LER}$	외부로부터 입력되는 셀의 도착률
$P_{C1}$	응용 범주1에 해당되는 셀이 들어올 확률
$P_{C2}$	응용 범주2에 해당되는 셀이 들어올 확률
$P_{C3}$	응용 범주3에 해당되는 셀이 들어올 확률
$P_{C4}$	응용 범주4에 해당되는 셀이 들어올 확률
$T_{AF}$	응용 범주3이 AF 큐를 사용할 수 있는 AF 큐의 한계치
$O_{LER}$	셀에 대한 서비스률

각 큐의 도착률은 포아송 프로세스를 따르며 서비스 시간 간격은 지수 분포로 가정한다. 응용 범주를 구별하여 해당 셀을 저장하는 큐는 EF, AF, DF 세 개의 우선순위 큐가 있고 이 세 개의 큐를 처리하는 서버는 한 개이다. 그리고 모든 큐는 제한된 큐의 크기를 갖고 그 크기는 지연 시간에 민감한 EF와 AF 큐는 동일하게 20으로 하고, DF는 100으로 가정하였다. 또한 최선형만 지원하는 MPLS ATM 교환 시스템에서 하나의 셀을 처리하는데 걸리는 시간이 대략 1 셀 전송시간에서 최악의 경우에 10 셀 전송시간을 가지고, 1 셀 전송시간은 2.72 us가 된다[14]. 차별화 서비스를 지원하는 MPLS ATM 시스템에서는 차별화 서비스 처리가 소요되는 시간을 반영하여 2 셀 전송시간이 소요된다고 가정하였다. 그리고 도착되는 응용 범주 비율은 동일하게 하였고, 패킷의 크기는 ATM 셀 크기와 동일하다고 가정하였다. 또한 응용 범주 3은 AF 큐의 사용 한계를 50% 경우와 75% 경우로 나누어서 시뮬레이션을 하였다.

그림 9는 트래픽 부하에 따른 응용 범주별 손실률을 나타낸 것이다. 응용 범주1과 응용 범주2는 트래픽 부하가 증가되어도 손실률이 작은 반면 응용 범주3은 트래픽 부하가 0.7를 넘으면서 급격하게 증가하고 응용 범주4는 트래픽 부하가 0.4를 넘으면

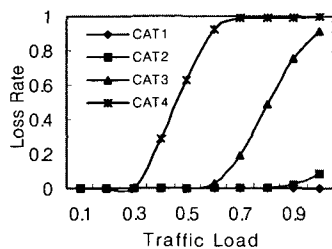


그림 9. 응용 범주별 손실률

서 급격하게 증가됨을 알 수 있다. 따라서 지연 시간에 민감한 응용 범주1과 응용 범주2의 특성이 잘 반영되고 있음을 알 수 있다.

그림 10은 트래픽 부하에 따른 응용 범주별 처리율을 나타낸 것이다. 응용 범주1과 응용 범주2는 거의 처리율이 일정하게 유지되어 응용 범주3과 응용 범주4에 비해 처리율이 높은 반면 응용 범주4는 트래픽 부하가 0.4를 넘으면서 손실률이 높아짐에 따라 처리율이 떨어지기 시작하고 응용 범주3은 트래픽 부하가 0.7을 넘으면서 처리율이 떨어져 응용 범주3이 응용 범주4에 비해서 처리율이 높음을 알 수 있다. 그림 11은 응용 범주 3이 AF 큐의 사용 한계를 50%와 75%로 정하였을 때 트래픽 부하에 따른 AF 서비스 및 DF 서비스로 처리되는 비율을 보이고 있다. 트래픽 부하가 0.8일 때에 응용 범주3이 AF 서비스와 DF 서비스로 거의 동일한 비율을 갖고 처리됨을 알 수 있다.

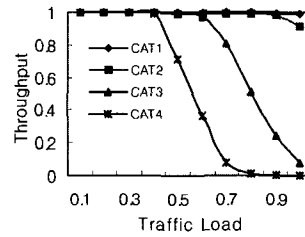


그림 10. 응용 범주별 처리율

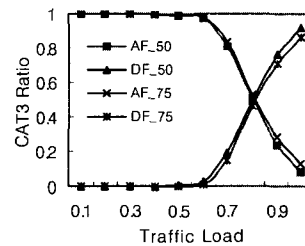


그림 11. 응용 범주3의 AF/DF 비율

그림 12는 응용 범주3이 AF 서비스 및 DF 서비스로 처리되었으나 실질적으로 처리된 비율을 나타낸다. AF 서비스로 처리된 응용 범주3은 트래픽 부하가 증가하여도 손실없이 처리가 되었으나 DF 서비스로 처리된 응용 범주3은 트래픽 부하가 0.4일 때는 손실없이 처리되나 트래픽 부하가 0.5를 넘기면서 손실률이 높아져 급격하게 처리율이 떨어짐을 알 수 있다. 그리고 AF 큐의 사용 한계를 50%를 사용하나 75%를 사용하나 AF 서비스로 처리된 경



우에는 거의 차이가 없었고, DF 서비스로 처리된 경우에는 트래픽 부하가 0.5일 때에 근소한 차이를 보이지만 트래픽 부하가 0.6을 넘으면서 거의 손실됨을 알 수 있다.

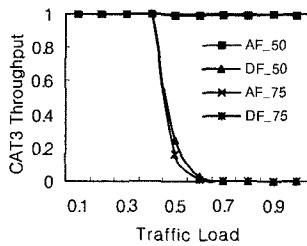


그림 12. 응용 범주3의 AF/DF 처리율

## VI. 결론

현재 대부분의 최선형 서비스만을 수용하는 라우터들로 부터 차별화 서비스를 지원하기 위하여 기존 라우터의 기능 변경 없이 IP 패킷의 포트 번호를 이용하여 응용을 구별함으로써 MPLS ATM 교환 시스템에서 차별화 서비스를 제공하였다. 또한 차별화 서비스를 제공하는 응용 기반 포워딩 모델의 성능 분석 결과에 따르면 우선 순위가 높은 응용 범주는 손실율이 낮아 처리율이 높은 반면에 우선 순위가 낮은 응용 범주는 트래픽 부하가 큰 경우에는 손실율이 매우 높아 처리율이 급격히 떨어지는 단점도 나타났다. 하지만 사용자는 실시간 및 높은 처리율을 요구하는 응용에 대해서 차별화 서비스를 제공받아 다양한 서비스 품질을 요구하는 사용자의 욕구를 만족시킬 수 있으리라고 본다. 그리고 기존의 LDP 구동 절차는 그대로 이용하고 확장된 LDP 메시지를 사용하여 차별화된 LSP 제어하는 방법을 제공하여 기존의 MPLS ATM 시스템에 최소한의 기능 변경만으로 차별화 서비스를 쉽고도 빠르게 구현할 수 있어 현재 인터넷 구조상에서 차별화 서비스를 구현하는데 드는 비용 및 시간을 최대한으로 줄일 수 있었다. 이와 같이 구현된 차별화 서비스를 지원해주는 MPLS ATM 교환 시스템은 ADSL과 같은 고속 액세스 장비를 이용한 인터넷 가입자가 증가됨에 따라 인터넷 백본망으로 수용될 것으로 판단된다.

추후 연구로는 차별화 서비스 모델을 수용하는 라우터들 상에서 차별화 서비스를 지원하기 위한 포워딩 엔진의 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 한국전자통신연구원, ATM 기반 인터넷 서비스 시스템(MPLS) 연구보고서, 1999.
- [2] N. Rouhana, et al., "Differentiated Services and Intergrated Services use of MPLS," IEEE Symposium on Computer and Communications, pp. 194-199, 2000.
- [3] L. Andersson, et al., "LDP Specification," Internet Draft <draft-ietf-mpls- ldp-11.txt>, Aug. 2000.
- [4] E. Rosen, et al., "Multiprotocol Label Switching Architecture," Internet Draft <draft-ietf-mpls- arch-07.txt>, July 2000.
- [5] E. Rosen, et al., "MPLS Label Stack Encoding," Internet Draft <draft-ietf- mpls-label-encaps-03.txt>, Sep. 1998.
- [6] I. Andrikopoulos, et al., "Supporting Differentiated Services in MPLS Networks," International Workshop on Quality of Service, pp. 207-215, 1999.
- [7] S. Blake, et al., "An Architecture for Differentiated Services," RFC2475, Dec. 1998.
- [8] K. Nichols, et al., "Definition of the Differentiated Services Field(DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers," RFC2474, Dec. 1998.
- [9] Brim, et al., "Per Hop Behavior Identification Codes," Internet Draft, Oct. 1999.
- [10] A. Doria, et al., "General Switch Management Protocol V3," Internet Draft <draft-ietf-gsmp- 04.txt>, Sep. 2000.
- [11] Francois, et al., "MPLS Support of Differentiated Services," Internet Draft <draft-ietf- mpls-diff-ext-07.txt>, Aug. 2000.
- [12] F. Wang, et al., "An Application Based Differentiated Service Model," IEEE International Conference on Networks, pp. 424-430, 2000.
- [13] A. Alan B. Pritsker, et al. "Simulation with Visual SLAM and AweSim I," System Publishing Corporation, 1997.
- [14] 류호용 외 4인, "IP 서비스 지원을 위한 MPLS ATM 스위치의 성능 분석," ETRI TM-1200-1999-332, 1999.

김 응 하(Eung-Ha Kim)

정회원



1987년 : 중앙대학교 전자계산학과 졸업

1989년 : 중앙대학교 전자계산학과 석사

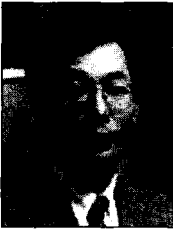
2000년 : 아주대학교 컴퓨터공학과 박사수료

1989년~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<주관심 분야> MPLS, 차별화 서비스, 트래픽 엔지니어링, 초고속 통신망

조 영 종(Young-Jong Cho)

정회원



1987년 : 서울대학교 전자공학과 학사

1985년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1989년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1990년~1996 : LG정보통신연구소 ATM 교환실 실장

1991년 : 미국 AT&T Bell Lab 교환연구원

1996년~현재 : 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 부교수

<주관심 분야> 광대역 통신, 유/무선 ATM, 성능분석, MPLS