

MPLS망에서 Differentiated Services 기반 QoS 지원 방안

박천관* · 정원일**

요 약

IETF는 인터넷에서 IP QoS를 지원하기 위하여 통합서비스(Int-Serv) 모델과 차별화된 서비스(Diff-Serv) 모델을 정의하였다. Int-Serv 모델은 IP 플로우별로 상태정보를 이용하기 때문에, 트래픽 특성에 따라 QoS를 만족시킬 수 있지만, 흐름 수가 증가함에 따라 관리하여야 할 흐름 상태 정보의 양이 증가하게 된다. Diff-Serv 모델은 PHP(Per Hop Behaviour)를 사용하며, 지연 및 손실 민감도에 따라 차별화된 트래픽에게 서로 다른 서비스를 제공하기 위하여 잘 정의된 서비스 클래스가 있다. Diff-Serv 모델은 흐름별 상태 및 신호 정보를 가지지 않기 때문에 인터넷에서 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있다. MPLS는 라벨에 근거를 둔 패킷 포워딩 기술을 사용하기 때문에, 고성능의 포워딩 엔진을 쉽게 구현할 수 있다. MPLS는 서로 다르고 가변적인 대역폭을 갖는 경로를 구축할 수 있고, 각 경로에 특정 CoS(Class of Service)를 할당해 줄 수 있다. 그러므로 서로 다른 트래픽에게 IETF의 IP QoS 모델중 지연 및 손실 민감도에 따라 서로 다른 서비스를 제공해 줄 수 있는 잘 정의된 클래스의 Diff-Serv 모델을 지원해 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 IP QoS를 제공하기 위하여 Diff-Serv 모델을 사용할 수 있는 방안을 제안한다. 그리고 트래픽 클래스에 따라 스케줄링 정책을 적용함으로써 시스템 성능을 분석하였다.

1. 서론

정보는 21세기에 가장 중요한 가치를 발휘하는 것 중의 하나이며 이를 통하여 여러 분야에서 그 위력을 발휘할 것이다. 이와 같은 정보가 효율 가치를 실현하기 위하여 이를 유통시킬 수 있는 수단이 필요하며, 이 수단을 통하여 사회 구성원 모두가 혜택을 누릴 수 있다. 이 수단은 전화망이 주류를 이루어 왔으나 최근 인터넷의 확산에 따라 인터넷이 그 역할을 대신하게 되었다. 이것은 음성통신이 지배하던 통신세계에 커다란 변혁을 몰고 올 것이 예상되며 이미 그 시대에 접어들고 있다고 볼 수 있으며, 데이터 통신은 문자나 그래픽이외에 음성을 통합한 멀티미디어로 진행되고 있다[3][4].

인터넷 사용의 폭발적인 증가와 더불어 다양한 실시간 멀티미디어 서비스들이 출현하고 있지만 기존 IP 서비스인 최선형 서비스로는 폭발적으로 증가하고 있는 네트워크 트래픽 수용과 더불어 사용자에게 종단간 QoS 보장이 어렵다 [1][2]. IETF에서는 현재 IP의 문제점을 해결하기 위하여 기존 IP에 새로운 구성 요소들과 방법들을 첨가하는 방향으로 새로운 서비스 모델을 제안하고 있다. 이중 Integrated Service & RSVP(Resource reSerVation Protocol), DS(Differentiated Service), MPLS 등을 제안하고, 그리고 Queuing, Admission Control, Routing, Congestion Control, Traffic Shaping 등의 다양한 QoS 관련 매카니즘을 연구하고 있다[1][2].

IETF에서 인터넷 QoS를 제공하기 위하여 상태 정보를 이용하는 Int-Serv(Integrated Services) 모델과 PHP(Per Hop Behavior)을 이용하는

* 국립목포해양대학교, 해양전자통신공학부 조교수
** 국립한남대학교, 전자공학과 교수

Diff-Serv(Differentiated Service) 모델을 정의하고 있다[1][2]. Int-Serv 모델은 실시간 응용서비스에서 발생하는 패킷 플로우를 단위로 하여 QoS 보장형 서비스와 비보장형 서비스로 구분하여 패킷을 전달한다. 따라서 Int-Serv 모델은 패킷 흐름별로 상태 정보를 라우터에서 유지하고 있어야 하기 때문에 많은 저장 공간이 필요하고, 관리에 따른 부하가 증가한다. 이런 이유 때문에 대규모 망에 적용하는데 문제점이 있다. 이런 Int-Serv 모델의 한계를 극복하고 대규모 인터넷망에 적용할 수 있는 모델로서 Diff-Serv 모델은 플로우 단위로 QoS를 보장하지 않고, 지연 및 손실 민감도에 따라 차별화된 트래픽에게 서로 다른 서비스를 제공할 수 있도록 정의된 클래스가 존재하기 때문에 모든 라우터에서 흐름별 상태 및 신호에 대한 정보를 보유할 필요 없이 인터넷에서 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있으며, 훨씬 간단하고 대규모 공중망에 적용이 가능하다.

MPLS는 포워딩 속도를 향상시키기 위한 방안으로 모색되어, 대규모 IP 네트워크를 위한 새로운 대안을 제공해 주는 중요한 표준 기술로 대두되고 있다[4][5][6]. 네트워크 운영자가 트래픽이 MPLS 네트워크에서 취할 수 있는 경로를 나타낼 수 있는 능력인 트래픽 엔지니어링, VPN(Virtual Private Network) 지원은 MPLS가 현재 운용중인 IP 네트워크보다 우수하다는 것을 나타내는 두 가지 주요 요소이다. MPLS에서 라벨 스위칭은 강화된 라우팅 기능을 ATM 스위칭의 융통성과 결합하여 두개의 서로 다른 체제를 통합시킬 수 있는 수단이 될 수 있으며, 라우팅 테이블이 LIB(Label Information Base)와 통합될 수 있어, 동일 목적지(동일 네트워크, 호스트 또는 어플리케이션)로 가는 패킷들은 하나의 유일한 라벨에 의하여 식별될 수 있다. MPLS망 내의 MPLS 노드는 입력 라벨을 출력

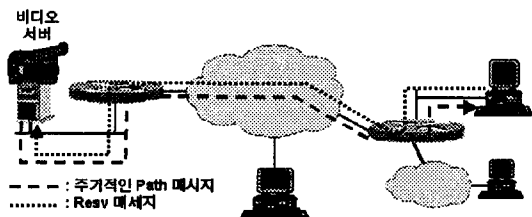
라벨로 연결시켜 주기 때문에 네트워크에서 라벨 연결에 따른 경로가 형성된다. 이런 방법을 통하여 MPLS 네트워크 도메인의 한 종단간 다수의 경로가 존재할 수 있으며, 경로에 따라 서로 다르고 가변적인 대역폭과 이용도를 가질 수 있다. 이와 같이 각 경로에 특정 형태의 CoS(Class of Service) 할당이 가능하기 때문에 각 경로에 차별화된 특성을 제공할 수 있다.

본 논문에서는 경로에 따라 서로 특정 형태의 CoS 할당이 가능하여 차별화된 특성을 제공할 수 있는 MPLS를 통하여 인터넷 QoS 모델중 개별적인 어플리케이션 플로우를 구별하지 않고 단지 여러 흐름을 집합으로 하여 이 집합에 차별화된 서비스를 제공하는 Diff-Serv 모델을 수용하는 방안을 제시하고자 한다. 논문 구성은 2장에서 인터넷 QoS 모델링 언급하고, 3장에서는 MPLS와 Diff-Serv에 관하여 개별적인 특성과 매칭 요소에 관하여 언급한다. 4장에서는 3장의 내용에 따라 MPLS에서 Diff-Serv 모델을 수용할 수 있는 방안을 제안하며, 5장에서 시뮬레이션과 고찰을 하고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 인터넷 QoS 모델

IETF에서 인터넷 QoS를 제공하기 위하여 제안하고 있는 IP QoS는 상태 정보를 이용하는 Int-Serv(Integrated Services) 모델과 PHP(Per Hop Behavior)을 이용하는 Diff-Serv(Differentiated Service) 모델을 정의하고 있다[1][2]. Int-Serv 모델은 그림 2-1에 나타나 있으며, 실시간 응용서비스에서 발생하는 패킷 플로우를 단위로 하여 QoS 보장형과 비보장형 서비스 형태로 분류하여 패킷을 전달한다. 보장형 서비스

는 RSVP(Resource Reservation Setup Protocol) 신호 프로토콜을 통하여 사전에 연결수락제어와 자원예약을 수행하여 패킷의 전달지연을 보장해 준다. Int-Serv 모델은 흐름 단위로 경로를 설정하는 모델이며 트래픽 특성에 따라 QoS를 만족시킬 수 있으나, 흐름별로 상태를 유지하여야 하기 때문에 흐름 수가 증가하면 흐름 상태 정보 양이 증가한다. 따라서 상태 정보를 저장하기 위한 많은 저장 공간이 필요하며 이를 관리하는데 따른 부하가 증가한다. 이런 이유 때문에 Int-Serv 모델은 확장성에 심각한 문제점을 안고 있다.



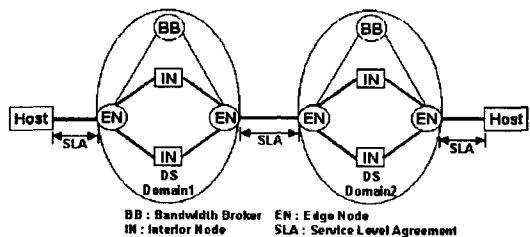
(그림 2-1) Int-Serv 서비스 모델

대규모 인터넷 전달망에서 확장성 문제를 가지고 있는 Int-Serv 모델에 대한 대안으로 Differentiated Service(Diff-SerV) 모델이 1997년부터 IETF에서 대두되기 시작하였다. Diff-Serv 모델은 흐름 단위로 QoS를 보장하지 않고 플로우들의 집합을 단위로 하고 단위별 차별화된 서비스를 제공함으로써 간단하면서 대규모 공중망에 적용이 가능하다.

그림 2-2는 Diff-Serv 모델에 따른 망의 기본 구조와 구성요소를 나타낸다. 이 그림에서 DS망 사용자는 먼저 DS망 관리자와 서비스 사용을 위한 협의를 한다. 이것은 쌍방간 합의된 SLA이며, 사용자는 SLA에 의하여 DS망을 통하여 전달하려는 패킷 플로우의 집합을 정의하게 된

다. DS망 경계 라우터는 SLA에 의하여 정의된 패킷 플로우의 집합체에 대한 트래픽 분류와 조절기능을 수행한다. 패킷 조절기능은 트래픽 분류에 따른 표시(Mark), 플로우의 측정(Meter), 셰이핑(Shaping)과 폴리싱(Policing) 기능이 있다. DS 망 내부에서는 경계에서 표시된 코드에 의하여 단순히 패킷을 전달하게 된다. 이와 같이 DS 망 내에서 패킷전달기능을 PHB(Per-Hop Behavior)이라한다.

따라서 Diff-Serv 모델은 ToS(Type of Service)를 DS(Differentiated Service) 필드로 다시 정의하여 PHP라 하는 기본적인 패킷 전송 방법을 정의하고, 이에 따라 패킷의 DS 필드를 어플리케이션에 따라 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함에 따라 몇 개의 차별화된 서비스 클래스를 생성하는 것으로 상대적인 우선순위 기법이다. 따라서 흐름별로 트래픽을 차별화하는 것이 아니라, 지연 및 손실 민감도에 따라 차별화된 트래픽에게 서로 다른 서비스를 제공할 수 있도록 정의된 클래스가 존재하기 때문에 모든 라우터에서 흐름별 상태 및 신호에 대한 정보를 보유할 필요 없이 인터넷에서 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있다.



(그림 2-2) Diff-Serv 서비스 모델

Diff-Serv는 QoS 예약 설정/해제를 위하여 RSVP(Resource Reservation Protocol)를 사용하는 Int-Serv의 많은 복잡성을 제거 시킨 것이며,

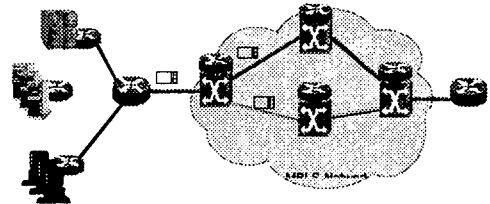
기존의 IPv4 패킷의 헤더에 있는 ToS를 새롭게 정의한 것이다. ToS 필드의 원래 의도는 QoS와 같은 능력을 지원하여, 각종 어플리케이션이 상위 또는 하위 지연시간, 신뢰성, 그리고 수율 요구조건을 명시할 수 있도록 한 것이지만, 보편적으로 사용되지 않았다.

Diff-Serv 모델은 하나의 IP 패킷 플로우별로 서로 다른 QoS를 제공한다는 것이 아니라, 여러 플로우의 집합을 단위로 하여 각 집합별로 패킷 전달을 차별화해 준다. 그리고 QoS 보장을 위한 패킷 분류 기능은 라우터에서 고속의 처리 능력을 요구하는데, Int-Serv 모델은 망의 모든 라우터에서 패킷헤더정보에 따른 패킷분류기능을 수행하는 반면, Diff-Serv 모델은 패킷 분류와 같은 기능들을 망의 가장자리에서만 발생하게 하고 망 내부에서는 간단한 패킷 전달기능만 수행하도록 하였다. 따라서 망의 경계 라우터에서는 여러 플로우가 집합된 서비스에 따라 패킷을 분류하고 분류된 패킷에 표시를 한다. 망 내부의 라우터는 패킷에 표시된 정보에 따라 단순히 패킷 전달 기능만 수행한다. 또 자원예약 관점에서는 Int-Serv 모델은 각 라우터에서 연결수락 제어를 수행하는 반면에, DiffServ 모델에서는 망의 경계 라우터에서만 수행되고, 사용자와 서비스 계약에 따라 고정적으로 이루어질 수 있다. 사용자의 계약 준수 여부도 망의 경계 노드에서만 감시된다.

III. MPLS와 Differ-Serv

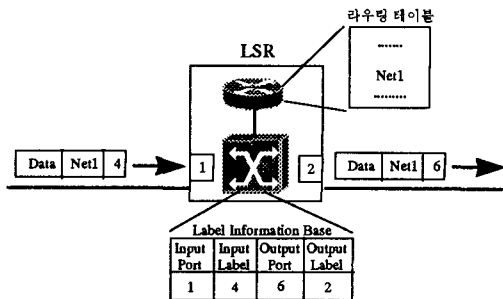
MPLS 기술은 작은 고정길이의 레이블에 의해 IP 패킷 forwarding을 수행하도록 하여 라우터에 비해 처리 성능을 획기적으로 높이는 방안

으로 제안되었다[4][5][6]. 즉 3계층의 라우팅 정보를 2계층 레이블 스위치의 레이블로 매핑시킴으로써 MPLS 망내에서는 IP 트래픽이 2계층 스위칭에 의해 전달되도록 하는 기술이다. MPLS 스위칭 기능을 제공하는 라우터를 LSR(Label Switch Router) 정의하며, LSR은 적용 위치에 따라 MPLS 에지 라우터(LER) 및 MPLS 코어 라우터(LSR)로 구분한다[6][7]. 그림 3-1과 같이 MPLS 에지 라우터에서는 입력된 패킷의 주소값으로 패킷이 전달될 경로에 할당된 레이블 값을 검색하여 이 값을 헤더로 하는 패킷을 망으로 전달한다. MPLS 코어 라우터에서는 레이블에 의해서 출력 경로를 선택하고 레이블 값을 검색된 출력 레이블로 교환하는 단순한 기능만을 수행한다. 에지 라우터와 코어 라우터 모두 IP 라우팅 프로토콜과 LDP(Label Distribution Protocol)에 의해 IP 패킷이 전달될 경로를 설정하며 각각의 경로에 레이블을 할당한다.



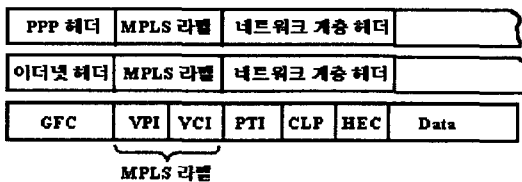
(그림 3-1) MPLS 망 구성도

그림 3-2는 LSR의 일반적인 기능을 보여주고 있다. 라벨은 패킷의 목적지 또는 미리 정해진 어떤 라벨 매핑 전략에 따라 ingress LSR에서 각각의 패킷에 부가된다. 다음에 이 패킷은 다음 홉으로 포워드 된다. 다음 홉에서, 그 라벨은 다음 홉과 새로운 라벨로 구성된 테이블에 대한 인덱스로 사용된다. 오래된 라벨이 새로운 라벨로 대체되고 다음 홉으로 포워드되어 Egress LSR까지 전송된다.



(그림 3-2) LSR 동작

MPLS에서는 IP 패킷 교환 기능과 IP 패킷의 전달경로를 결정하는 제어 기능이 명확하게 분리되어 각각의 기능을 별개로 발전시킬 수 있을 뿐만 아니라 IP 패킷 전달기능을 기존의 ATM 스위치, 프레임릴레이 스위치, 이더넷 스위치를 그대로 활용할 수 있다는 장점을 가진다. 그림 3-3에서와 같이 패킷 기반의 망에서는 IP 패킷에 32 비트의 레이블 헤더를 추가하며, ATM에서는 VPI/VCI를, 프레임릴레이에서는 DLCI(Data Link Connection Identifier)를 MPLS 레이블로 사용하기도 한다. MPLS에서 레이블은 목적지 정보뿐만 아니라 서비스 클래스 정보, 특정 트래픽 전달을 위한 explicit 경로 정보, VPN(Virtual Private Network) 구성을 위한 터널링 정보들이 함축되어 다양한 기능을 발휘할 수 있으므로, MPLS는 고품질, 고기능의 차세대 인터넷 서비스를 위한 기반 기술로 자리잡고 있다 [8][9].



(그림 3-3) MPLS 라벨 삽입

Diff-Serv에서 포워딩 결정은 DS 바이트에서 정의된 매개변수에 따라 이루어지며, PHB로 나타난다. 예를 들면, Diff-Serv 네트워크에서 디폴트 PHB는 FIFO(First-In First-Out) 큐잉을 이용하는 기존의 최선형 서비스(Best Effort Service)이며, 좀 더 높은 서비스 등급을 위하여 다른 PHB가 정의된다. 한가지 예는 신속한 포워딩(EF : Expedited Forwarding)이다. EF가 Diff-Serv 라우터로 입력되면, 그들은 짧은 큐에서 처리되고, 낮은 지연시간, 패킷손실, 그리고 지터를 유지하도록 빨리 서비스되는 것을 의미한다. 가변적인 우선순위를 허용하지만, 패킷이 정확한 순서로 도착하는 것을 보장해 주는 다른 PHB는 AF(Assured Forwarding)가 있다[2][3].

Diff-Serv는 PHB 분류, 마킹, 그리고 서열 절차를 표준화하였지만, 장비 제조업체와 서비스 제공업자가 PHB를 자유스럽게 할당할 수 있으며, 라우터 밴더는 효율적인 QoS 제어를 구비해 줄 수 있을 것으로 생각하는 매개변수와 능력을 정의할 것이며, 서비스 제공업자는 자신들의 QoS를 차별화하기 위하여 PHB 조합을 고안할 수 있다[15].

MPLS는 IP의 비연결형 라우팅 환경에 회선 교환 스위칭 개념을 가미한 IP 스위칭과 태그 스위칭 기술에 근간을 두고있다. MPLS 에지 디바이스에서 IP 패킷의 헤더에 32비트(4바이트)의 라벨을 첨가된다. 기본적으로 라벨은 패킷이 미리 결정된 경로를 이용하여 백본상에 전달되도록 해주는 라우팅 정보를 제공한다. 이들 경로는 계층 3에서 동작하거나 또는 ATM 또는 프레임 릴레이와 같은 계층 2에 직접 매핑될 수 있다. MPLS는 패킷 경로상에 각 라우터와 스위치가 기존의 리던던시 어드레스 룩업과 경로 계산을 필요 없게 함으로써 인터넷 확장성을 개선시켜 준다.

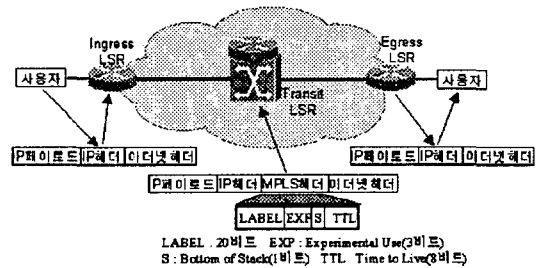
MPLS는 또한 패킷이 네트워크를 통하여 취하게 될 홉을 미리 나타내 주는 명시적인 백본 라우팅을 허용한다. 명시적인 라우팅을 통하여 IP 트래픽은 백본을 통한 종단간 연결의 형태를 보여준다. 이것은 QoS를 보장해 주기 위하여 사용될 수 있는 좀 더 결정적이거나 또는 미리 예견할 수 있는 성능을 가능하게 한다.

IP QoS 매개변수의 MPLS 정의는 제한된다 [7][8]. 총 32비트 가운데 MPLS 라벨은 QoS를 나타내기 위하여 단지 3비트만 할애한다. LSR은 단지 이들 3비트를 조사하여 적당한 QoS 레벨을 제공하는 경로를 통하여 패킷을 포워딩해 준다. 그러나 실험용 비트라 불리는 비트의 정확한 값과 기능은 아직 정의되지 않았다. MPLS는 QoS 정의보다는 백본 네트워크 구조와 트래픽 엔지니어링에 좀 더 초점을 맞추고 있다. ATM 기반 MPLS를 이용하는 계층3/계층2에서, MPLS 태그는 ATM의 장점인 QoS 능력과 서비스 등급 능력을 제공해 주는 ATM VC(Virtual Channel)로 직접 매핑될 수 있다. 예를 들면, MPLS 라벨은 CBR(Constant Bit Rate) 또는 VBR(Variable Bit Rate) 서비스를 필요로 하는지 나타낼 줄 수 있으며, ATM 네트워크는 보장이 만족되었다는 것을 보장해 줄 것이다.

현재 Internet working 그룹에서 MPLS와 Diff-Serv간 관계를 정의하기 위하여 상당한 노력을 진행 중에 있다. Diff-Serv는 IPv4의 TOS 필드를 다시 정의하여 DS 코드 포인트(DSCP : DS Code Point)라 하였다. 이 필드는 MPLS 중간 라우터에서 처리될 필요가 없지만, 입력 LSR과 출력 LSR에서 중요하다. 그림 5에 나타나 있듯이, 출력 라우터는 MPLS 라벨을 코딩하는 법을 결정하기 위하여 DSCP를 사용할 수 있다. 그러므로 DSCP가 라벨을 결정하기 위하여 사용하는 경우, 라벨 선택은 트래픽이 네트워크에서

어떻게 처리되는지 결정해 줄 수 있다. MPLS 헤더 형식은 그림 3-4에 나타나 있으며 다음 필드로 구성된다[9][10].

- 라벨 : 20비트의 라벨 값. 이 값은 MPLS 라벨을 포함한다.
- EXP : 3비트의 실험용. 이 필드는 아직 충분히 정의되지 않았음.
- S : Stacking 비트. 다수의 라벨을 스택하기 위하여 사용됨
- TTL : Time to Live 8비트. MPLS PDU가 통과하는 홉수에 대한 제한으로, IP TTL 필드가 중간 LSR에서 조사되지 않기 때문에 필요한 부분



(그림 3-4) MPLS와 Diff-Serv

IV. MPLS에서 Diff-Serv 지원 모델

ATM 교환기가 MPLS-LSR로 동작하기 위해서는 IP 라우팅 프로토콜과 LDP를 수행하는 MPLS 제어 기능이 있어야 한다. 통상적으로 ATM 교환기는 ATM 서비스를 위한 호처리 기능을 그대로 두고 MPLS 기능을 추가하는 형태로 기능 개선이 이루어진다. ATM 교환기는 ATM UNI(User Network Interface) 또는 PNNI

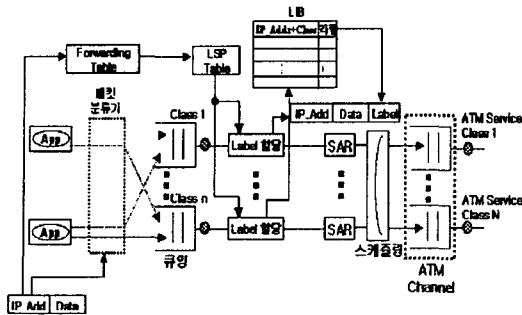
(Private Network Network Interface) 신호 프로토콜을 해석하여 가상연결 정보를 라인 인터페이스에 있는 테이블에 써넣음으로 가상연결이 설정된다. MPLS LSP 설정을 위한 경로 정보는 MPLS 기능의 IP 라우팅 프로토콜과 LDP에 의해 생성되며 이 정보를 자원관리 기능으로 전달하여 LSP를 설정하도록 한다. 따라서 대부분의 ATM 교환기의 경우 소프트웨어 기능 보완만으로 MPLS LSR 기능을 추가할 수 있다. 일반적으로 자원 관리 기능과 MPLS 기능간에는 GSMP(General Switch Management Protocol)와 같은 표준화된 교환기 제어 프로토콜 적용하여 향후 기능개선이나 멀티서비스 스위치로의 확장이 용이하도록 구성한다[11][12].

그림 4-1은 IP QoS 메커니즘 중 Diff-Serv 모델은 MPLS에서 수용하기 위한 Ingress LSR의 기능을 제안한 것이다. 이 그림에서 특정 ATM 서비스 클래스에 속하는 각각의 ATM VC(Virtual Channel)들은 동적으로 생성되며, 대역폭이 트래픽 부하에 따라 변할 수 있는 네트워크 인터페이스이다.

입력되는 패킷을 미리 정의된 서비스 프로파일과 일치여부 조사하여 패킷 프로필에 따라 네트워크내에서 우선적으로 Drop하기 위한 in 또는 out를 결정하고, 이 값은 ATM 헤더의 CLP(Cell Loss Priority) 비트에 매핑시킨다. 다음으로 패킷 헤더의 ToS(Type of Service) 필드를 조사하여 우선 순위 여부, 지연 및 손실 민감 여부, CBR 연결과 동등한 premium 서비스, 대역폭이 통계적으로 할당되는 Assured Service, best-effort service 등으로 패킷을 분류한다. 기존 라우터는 패킷 헤더의 목적지 주소를 보고 경로를 결정하지만, 각 패킷에 대응될 CoS를 선택하는데 더 많은 정보가 필요하다. 이를 위해 IPv4에서는 송.수신 IP주소이외에 포트번호를 이용하고,

IPv6에서는 Flow ID 필드를 이용하여 분류가 가능하다. 이와 같이 분류된 패킷들은 패킷 스케줄러에 의하여 서로 다른 서비스를 제공해주는 클래스로 할당된다. 이때 각 클래스에 할당된 모든 패킷들은 해당 스케줄러에서 동일하게 처리되며 PQ(Priority Queuing) 또는 RR(Round Robin)에 따른 다수 큐를 이용한다. 따라서 지연에 민감한 클래스의 트래픽은 좀 더 빨리 서비스되고 손실에 민감한 클래스의 트래픽은 좀 더 큰 큐를 이용할 것이다. 따라서 본 논문에서는 PQ와 트래픽간 서비스율이 서로 다른 RR 방식을 고려하였다.

라벨 할당은 패킷의 목적지 또는 미리 정해진 어떤 전략에 따라 LER에서 각 패킷에 부가된다. 라벨 바인딩은 라우팅 프로토콜(OSPF, RIP 등)에 의하여 LIB가 구성된 후 각 엔트리에 대한 입출력 라벨이 할당되어 이루어지므로 패킷의 라우팅 경로에 따라 패킷이 사용할 라벨과 ATM 링크가 미리 설정된다. 이런 라벨의 요청 및 해제, 그리고 바인딩 정보 교환이 LDP에 의하여 이루어진다. 그리고 라벨 할당이 이루어진 패킷에 대하여 패킷 분할 및 조립을 수행하며 라벨 값인 VPI/VCI를 헤더에 삽입한다. 일단 인터넷 상의 QoS가 ATM 상으로 매핑된 경우, ATM VC를 관리하는 문제가 있게 된다. 즉, 클래스 단위로 어떤 VC를 얼마나 할당하여야 하는 문제가 있게 된다. 이것은 LDP에 따라 구축된 가상 경로가 QoS 지원과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 LDP의 정보에 따라 ATM 자원 관리기에서 수행한다.



(그림 4-1) Diff-Serv를 수용하기 위한 LER 모델

Diff-Serv는 지연 및 손실 민감도에 따라 서로 다른 서비스를 제공할 수 있는 클래스가 정의되기 때문에 클래스별로 요구되는 QoS를 만족시켜 줄 필요가 있다. LDP에 의하여 LSP가 구축된 경우, 이 LSP에 대한 QoS 보장이 가능하다는 것이 되기 때문에 해당 클래스에 대한 QoS 보장이 이루어지는 것이다.

본 논문에서는 일반적으로 QoS는 제공된 트래픽 패턴을 알 수 없으며 입력 트래픽이 폴리싱 또는 셰이핑되지 않았다고 간주한다. 더욱이 네트워크 관리자는 음성, 파일 전송, 또는 웹 브라우징과 같은 어플리케이션과 그들의 상대적인 중요성을 알고 있다고 간주한다. 매니저는 어플리케이션을 클래스로 세분화하고, 각각과의 서비스 계약을 구축해 준다. 그 계약은 클래스별로 대역폭 또는 지연시간 보장으로 구성될 수 있다. 그것은 스위치에 제공된 혼합된 트래픽의 평가를 반영할 수 있다. 도착 패턴에 대하여 어떠한 것도 예상할 수 없음에도 불구하고, 입력 트래픽이 폴리싱 또는 셰이핑된다면, 부가적인 보장을 제공할 수 있을 것이다.

표 1은 3가지 전송 우선순위를 가진 QoS 어플리케이션의 예를 보여준다[14][15]. 이 표에서 웹브라우징은 높은손실, 높은 지연시간을 허용

하는 트래픽으로 분류되며, VOIP는 낮은손실, 낮은 대기시간을 요하는 트래픽으로 분류된다. Best Effort(P0) 트래픽은 어떠한 대역폭 또는 지연시간 보장이 없는 4번째 클래스를 형성한다. 어떤 클래스는 계약된 대역폭을 넘어선 트래픽을 제공할 수 있다. 잘 동작하는 클래스는 합의된 속도보다 크지 않은 속도로 트래픽을 제공해 준다.

<표 1> 2차원적 트래픽 분류

목표	Low-Drop 확률	High-Drop 확률
최고전송 등급 P1	-전화, Circuit Emulation -대기시간 : <1ms -P3를 초과하지 않는 경우 Drop 없음	-교육 비디오 -대기시간 : <1ms -P3를 초과한 경우 우선 Drop
중간전송 등급 P2	-Interactive APP., Web Business -대기시간: <4~5ms -P2를 초과하지 않는 경우 Drop 없음	-중요치 않는 Interactive APP -대기시간: <4~5ms -P2를 초과한 경우 우선 Drop
최저전송 등급 P1	-E-mail, 파일백업 -대기시간: <16ms -P1를 초과하지 않는 경우 Drop 없음	-웹 브라우징 -대기시간 : <16ms -P1를 초과한 경우 우선 Drop

표 2는 4개의 QoS 구성 예를 나타낸다. SP (Strict Priority), Delay Bound, WFQ(Weighted Fair Queue), BE(Best Effort)라는 4개의 요소를 가질 수 있으며, 표 2에서는 이 요소를 조합한 QoS 구성 예를 나타낸다[15]. Best-Effort(P0) 트래픽은 다른 어느 클래스도 제공할 트래픽이 없는 경우, 대역폭을 받을 수 있는 클래스를 형성하기 때문에 ATM에서 UBR 서비스와 유사하다고 볼 수 있다.

<표 2> 4개의 QoS 구성 예

P3	P2	P1	Best-Effort	비고
			BE	Default
SP	Delay Bound		BE	
SP			WFQ	
			WFQ	

표 3은 Diff-Serv 모델과 ATM간 QoS 매핑 관계를 보여주고 있다. 표 2에서 QoS 요소를 조합한 구성에서 여러 구성을 선택할 수 있으나, 장비 제조업자 또는 서비스 제공업자가 자유롭게 선택할 수 있다. 현재 인터넷 서비스의 주류를 이루는 Best Service는 잘 알려진 ATM UBR 서비스로 매핑 될 수 있으며, 앞으로 인터넷상에서 전개될 다양한 Voice over IP를 포함한 다양한 실시간 멀티미디어 트래픽은 Assured Forwarding, Premium 서비스로 매핑될 수 있다 [13][14]. 따라서 Assured Forwarding는 rt-VBR, 그리고 best Effort 서비스는 UBR로 나누어 질 수 있다. 이와 같이 MPLS에서 IP 서비스의 QoS를 보장하기 위하여 IP QoS 모델중 Diff-Serv와 ATM 서비스간 적당한 매핑 관계가 있어야 한다.

〈표 3〉 Diff-Serv 모델과 ATM간 QoS 매핑

IP Service Class	ATM Service Class
Best Effort Service	UBR
Assured Forwarding (Voice/Video)	rt-VBR
Premium Service	

본 논문의 시뮬레이션에서 사용된 입력 트래픽은 표4와 같이 다수의 LAN 및 워크 스테이션이 발생하는 프레임 단위의 비연결형 데이터로 가정하였으며, 패킷 길이는 최대 1,500 바이트를 가질 수 있다. 패킷 길이의 발생확률과 패킷 길이에 따른 AAL5의 셀 수를 나타냈다[12][13].

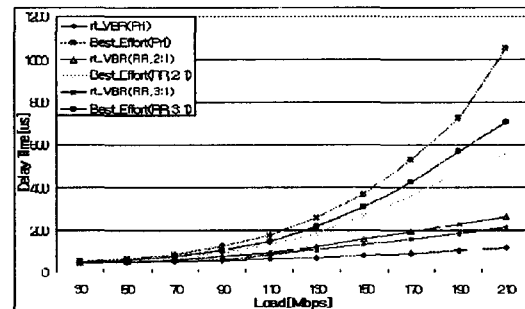
〈표 4〉 패킷길이 분포

길이(바이트)	확률	분포	셀수(AAL5)
64	0.304	0.304	2
144	0.083	0.387	4
220	0.080	0.467	6
576	0.100	0.567	14
1,027	0.250	0.817	25
1,500	0.183	1.000	35

V. 결과 및 고찰

LER에서 시뮬레이션은 부하를 30Mbps~210Mbps 까지 수행한다. LER에서 트래픽 발생은 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비율은 6대 4의 비율로 하였으며[12][13], 스케줄링 정책에 따른 지연시간, 큐 길이, 대기시간, 그리고 셀 손실율을 측정하였다. 스케줄링 정책은 서비스별로 다른 큐를 이용한 priority 방법과 RR(Round Robin) 방식을 고려하였다. RR방식에서는 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비율을 2대 1, 3대 1를 고려 하였다. 그리고 시뮬레이션 시간을 1초로 하였다.

그림 5-1은 LER에서 지연시간을 보여주고 있다. rt_VBR를 우선적으로 처리하는 Priority 방법을 사용한 경우, rt_VBR의 지연시간이 가장 적은 것으로 나타나 있다.

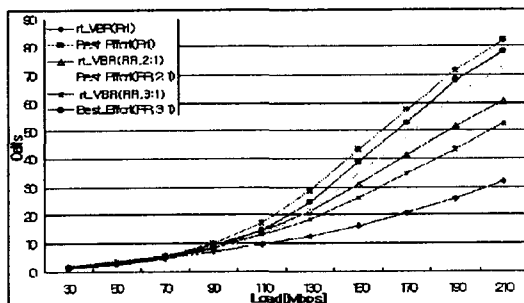


(그림 5-1) LER에서 트래픽별 지연시간

RR 방법에서 rt_VBR과 Best-Effort 트래픽간 서비스율이 3대 1인 경우가 2대 1인 경우에 비하여 rt_VBR의 지연시간이 개선되는 것을 알 수 있다. 이 그림을 통하여 알 수 있는 것은 서비스율을 3대 1이상으로 한 경우에는 RR 방법이 Priority 방법에 비하여 rt_VBR의 지연시간

을 개선시킬 수 있다고 볼 수 있으나, 표 1에 나타난 성능(P3인 경우 지연시간 1ms 미만)에 미치지 못할 수 있다는 것을 알 수 있으며, 서비스율이 3대 1인 경우 rt_VBR이 성능은 만족하면서 지연시간을 개선시킬 수 있는 것을 알 수 있다. 따라서 앞으로 인터넷상에 전개될 트래픽이 양극화되는 경우 Priority 방법을 사용하는 것이 바람직하다고도 볼 수 있으나, 다양한 QoS를 요구하는 트래픽을 사용하는 경우 다양한 priority 방법 또는 서비스율을 조절할 수 있는 RR 방법을 적절히 조합하여 사용하는 것이 바람직 할 수 있을 것이다.

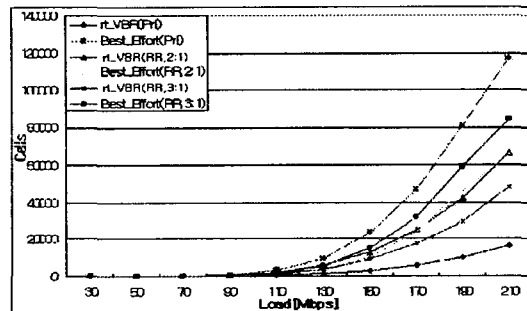
그림 5-2는 LER에서 스케줄링 정책에 따른 큐 길이를 보여주고 있다. 서로 다른 큐를 사용하고, Priority 정책을 이용한 방법에서는 rt_VBR이 가장 낮은 큐 길이를 나타내고 있으며 두 트래픽간 차별화된 처리를 명확히 보여주고 있다. 그리고 서로 다른 큐를 사용하고, RR 정책을 이용한 방법에서는 rt_VBR과 Best-Effort 간 서비스율이 2대1인 경우 두 트래픽의 큐 길이는 별로 차이가 없는 것으로 보인다. 하지만 RR 방식에서 두 트래픽간 서비스율을 3대1로 한 경우, 두 트래픽간 큐 길이에서 차이를 극명하게 볼 수 있다. 만일 서비스율을 3대 1이상으로 한 경우에는 두 트래픽간 차이가 더 극명



(그림 5-2) LER에서 트래픽별 큐 길이

하게 드러나겠지만 성능 요구조건을 고려하여 적당한 서비스율을 선택하는 것이 바람직할 것이다.

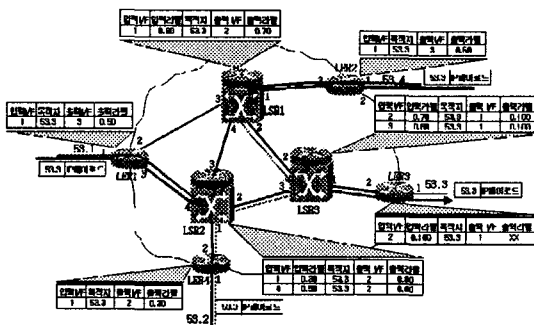
그림 5-3는 LER에서 셀 손실을 보여주고 있다. 이 그림에서 Priority 스케줄링 정책을 이용한 경우, rt_VBR의 셀 손실이 가장 적으며 Best Effort가 가장 큰 것으로 나타난다. rt_VBR과 Best-Effort간 2대1의 서비스율을 가지고 있는 RR 방식을 사용한 경우 거의 비슷한 특성을 보여주고 있으나, 3대 1로 한 경우 rt_VBR의 셀 손실이 확실히 줄어든다는 것을 알 수 있지만 성능 요구사항을 고려한 적당한 스케줄링 정책을 선택하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.



(그림 5-3) LER에서 셀 손실

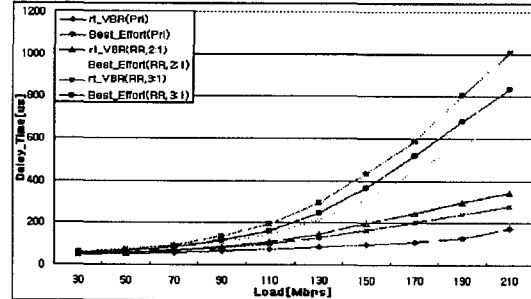
그림 5-4는 LER과 LSR로 구성된 MPLS망을 나타낸 것으로 이 모델은 모든 소스(LER)는 2가지 트래픽 클래스(rt-VBR, UBR)를 발생한다. LSR2는 LER1과 LER4에서 발생한 트래픽은 LSR2에 집중되며, LSR2에서 스와핑된 트래픽과 LER2에서 발생하여 LSR1을 거친 트래픽은 LSR3에 집중이 되며, LSR3에 집중된 트래픽은 라벨 스와핑을 거쳐 LER3로 전달된다. 이때 LER1, LER4, 그리고 LER2에서 발생한 트래픽이 LER3에서 총 합계가 30Mbps~210Mbps을 가지도록 분포되며, LER 모델에서와 같이 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비

율은 6대 4의 비율로 하였으며, 스케줄링 정책에 따른 Flow Time, 큐 길이, Waiting time, 그리고 셀 손실율을 측정하였다. 이때 측정은 LER1에서 발생된 rt-VBR과 Best-Effort가 LER3에 도착하였을 때를 고려하였다. 그리고 시뮬레이션 시간을 1초로 하였으며, 각 LER에서의 스케줄링 정책은 priority 방법과, rt_VBR과 Best-Effort간 서비스율이 2대 1, 3대1를 가진 RR 방법을 고려하였다.



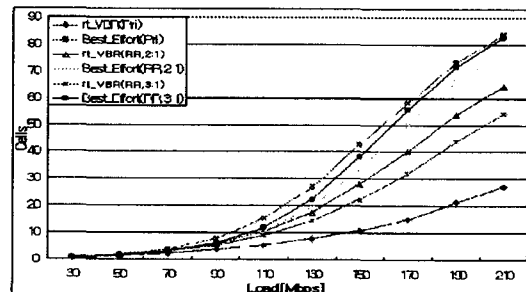
(그림 5-4) MPLS 네트워크 구성도

그림 5-5는 MPLS망에서 지연시간을 보여주고 있다. rt_VBR를 우선적으로 처리하는 Priority 방법을 사용한 경우, rt_VBR의 지연시간이 가장 적은 것으로 나타나 있다. 따라서 MPLS망 내에서는 라벨 스위핑에 의한 데이터 포워딩만 수행하기 때문에 Ingress LER에서의 특성과 거의 같은 특성을 보여주고 있다. rt_VBR과 Best-Effort간 서비스율이 2대 1인 경우, 두 트래픽간 큰 차이를 보여주지 못하지만, 3대 1인 경우 차이가 확실히 나타난다. 따라서 서비스율을 3대 1 이상으로 하면 더욱 확실한 차이가 있겠지만 성능 요구조건에 따라 적절한 서비스율 할당이 바람직할 것이다.



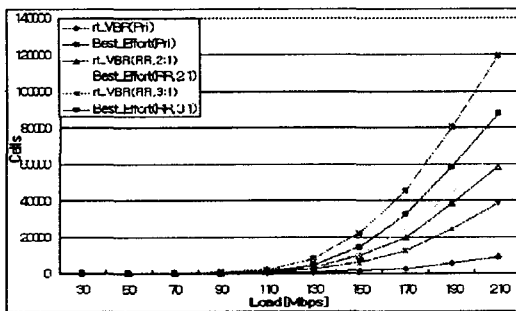
(그림 5-5) 네트워크에서 트래픽별 지연시간

그림 5-6은 MPLS망에서 스케줄링 정책에 따른 큐 길이를 보여주고 있다. Ingress LER에서와 같이 두 가지 트래픽이 서로 다른 큐를 사용하고, Priority 정책을 이용한 방법에서는 rt_VBR이 가장 낮은 큐 길이를 나타내고 있다. 그리고 서로 다른 큐를 사용하고, rt_VBR과 Best-Effort간 서비스율을 2대 1한 RR 정책을 이용한 방법에서는 두 트래픽의 큐 길이는 별로 차이가 없는 것으로 보인다. 하지만 두 트래픽간 서비스율을 3대 1로 한 경우를 보면 Best-Effort 트래픽의 큐 길이가 서비스율이 2대 1일 때보다 상당히 증가하며, rt_VBR은 오히려 상당히 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 서비스율을 3대 1 이상으로 하면 더욱 확실한 차이가 있겠지만 성능 요구사항을 고려하여 서비스율을 선택하여야 한다.



(그림 5-6) 네트워크에서 트래픽별 큐 길이

그림 5-7은 MPLS망에서 셀 손실을 보여주고 있다. 이 그림에서도 Ingress LER에서와 같이 Priority 스케줄링 정책을 이용한 경우, rt_VBR의 셀 손실이 가장 적으며 Best Effort가 가장 큰 것으로 나타난다. Rt_VBR과 Best Effort간 서비스율이 2대1인 RR 방식을 사용한 경우 두 트래픽간 차이가 거의 없는 것처럼 보이며, 서비스율을 3대 1로 한 경우는 Best Effort의 셀 손실이 2대 1인 경우보다 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 서비스율을 조절함에 따라 우선적으로 처리되어야 하는 트래픽의 성능 요구 조건을 만족시킬 수 있을 것이다.



(그림 5-7) 네트워크에서 셀 손실

본 논문에서는 Differentiated Services를 ATM 트래픽의 rt-VBR, UBR로 분류하여 수용할 수 있는 방안을 제안 하였으며, 스케줄링 정책은 rt_VBR을 UBR 보다 우선적으로 처리해주는 Priority 정책, 그리고 rt_VBR과 UBR의 처리율을 2대1, 3대 1로 한 RR 방식을 고려 하였다. 시뮬레이션을 Ingress LER 자체와 MPLS 망으로 나누어 수행 하였고, MPLS망에서는 선로상의 전달 지연을 무시하였으며, LSR에서는 라벨 스와핑 기능을 수행하도록 하였다. 그리고 망내에서 발생된 트래픽이 LER3에 집중되도록 하였으며 LER3의 트래픽양을 Ingress LER만 고려

하여 시뮬레이션 한 경우와 같이 30~210Mbps 분포가 되도록 하였다. 시뮬레이션을 통하여 시스템에서 요구하는 성능을 최적으로 만족시킬 수 있는 스케줄링 정책을 선택하는 것이 다양한 QoS를 만족시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 라벨을 통하여 네트워크내 서로 다르고 가변적인 대역폭을 갖는 경로를 구축할 수 있고 각 경로에 특정 CoS를 할당할 수 있는 MPLS 특성을 통하여, 패킷의 DS 필드를 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함에 따라 몇 개의 차별화된 서비스 클래스를 생성시켜 주는 IP QoS 모델중 Diff-Serv 모델을 수용하는 방안을 제안하였다.

시뮬레이션을 통하여 MPLS망의 성능은 LER에 크게 의존하며, 망내에서 LSP 구축에 따라 LSR에서는 라벨 스와핑만 수행하기 때문에 라벨 스와핑은 전체 성능에 크게 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 그리고 스케줄링 정책에 따라 실시간적인 서비스와 비실시간적인 서비스를 차별화하여 서비스함으로써 서비스에 따른 QoS를 만족시킬 수 있다. 그리고 패킷 스케줄러에서 트래픽 특성에 따른 정확한 분류와 적당한 큐 용량, 큐잉 정책 및 스케줄링 정책을 고려함으로써 실시간 특성을 가진 서비스, 실시간 특성보다 셀 손실에 민감한 특성을 갖는 서비스의 QoS를 개선시킬 수 있다.

앞으로 LDP 프로토콜을 고려한 시스템 평가, 그리고 패킷 기반의 이더넷, DWDM(Dense Wavelength Division Modulation) 기반의 IP 망에 MPLS 프로토콜을 적용한 방식을 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Stinivas Vegesna "IP Quality of Service" Cisco Press. 2001.
- [2] K. nicholas, S. Blake, F. Barker and D. Black, "Definition of the Differentiated Service Field(DS Field) in the Ipv4 and Ipv6 Headers", RFC2474, DEC., 1998.
- [3] Vijay P.Kumar, T.V.Lakshman, and Dimitrios Stiliadis, "Beyond Best Effort : Router Architectures for the Differentiated Service of Tomorrow's Internet", IEEE Communications Magazine, pp152~164, May 1998.
- [4] Arun Viswanathan, Nancy Feldman, Zheng Wang, Ross Callon, "Evolution of Multiprotocol Label Switching", IEEE Communications Magazine, pp165~173, May 1998.
- [5] Philip Dumortier, "Toward a New IP over ATM Routing Paradigm", IEEE Communications Magazine, pp82~86, Jan. 1998.
- [6] Jerry Ryan, "Multiprotocol Label Switching (MPLS)", <http://www.techguide.com>, 2000.
- [7] Xipeng Xiao, Alan Hannan, and Brook Bailey, "Traffic Engineering with MPLS in the Internet", IEEE Network, pp28~33. Mar/Apr 2000.
- [8] UYLESS, "MPLS and Label Switching Networks", Prentice Hall PTR, 2001..
- [9] R. Callon, A. Viswanathan, and E. Rosen, "Multiprotocol Label Switching Architecture", IETF Internet Draft, Apr. 1999.
- [10] R. Callon, et al., "A. Framework for Multiprotocol Label Switching", IETF Internet Draft, June. 1999.
- [11] D. Awduche et al., "Extensions to RSVP and LSP tunnels", IETF Internet Draft, Mar. 1999
- [12] M. Murata, H. Miyahara, "LAN Interworking Through Broadband ISDN", IEICE Trans. Communication, Vol. E77-B, No.3, pp294~305, March 1994.
- [13] Rudiger Geib, "Differentiated Services for the Internet and ATM", <http://www.internet2.edu/qos/papers/I2QoS-geil-difs-atm-02html>
- [14] Sean Christensen "Voice over IP Solution", <http://www.juniper.net/techcenter/techpapers/200011-05.html>, White Paper, Juniper Networks Inc, 2001.
- [15] MVTX2604AG, "Integrated Single-Chip 10/100/1000Mbps Ethernet Switch(Advanced Information)", Mitel User's Manual

A Scheme to Support QoS based-on Differentiated Services in MPLS Network

Chun-Kwan, Park*, Won-Il, Jeong**

Abstract

IETF has proposed integrated services model(Int-Serv) and differentiated service(Diff-Serv) to supply IP QoS in Internet[1][2]. Int-Serv model uses state information of each IP flow, so satisfies QoS according to traffic characteristics, but increases the amount of flow state information with increasing flow number. Diff-Serv uses PHP(Per Hop Behaviour) and there are well-defined classes to provide differentiated traffics with different services according to delay and loss sensitivity. Diff-Serv model can provide diverse services in Internet because of having no the state and signal information of each flow.

As MPLS uses the packet forwarding technology based on label, it implements the forwarding engine of high performance easily. The MPLS can set up the path having different and variable bandwidth, and assign each path to particular CoS (Class of Service). Therefore it is possible to support the Diff-Serv model of well- defined classes that can provide the differentiated traffic with different services according to delay and loss sensitivity in IP QoS models of IETF. In this paper we propose a scheme that can accommodate Diff-Serv model to provide QoS. The system performance has been estimated by scheduling plan according to traffic classes.

* Mokpo National Maritime University, Division of Maritime Electronic&Communication Engineering

** Hanbat National University, Division of Electronic Engineering