

MPLS 망에서 Differentiated Services를 이용한 QoS 지원 방안에 관한 연구

A Study on Scheme to Support QoS using Differentiated Services in MPLS Network

朴天寬* , 全炳千**

(Chun-Kwan Park* , Byung-Chun Jeon**)

요 약

인터넷에서 VoIP, VPN과 같은 QoS 보장을 요구하는 새로운 어플리케이션이 등장함에 따라, IP QoS 문제가 차세대 인터넷에서 가장 중요한 이슈중 하나이다. IETF는 인터넷에서 IP QoS를 제공하기 위하여 통합서비스 모델(Int-Serv)와 차별화된 서비스 모델(Diff-Serv)을 정의하였다. 통합서비스 모델은 각 IP 흐름의 상태 정보를 사용하기 때문에, 트래픽 특성에 따라 QoS를 만족시킬 수 있지만, 흐름수가 증가함에 따라 상태 정보양이 증가하게 된다. 차별화된 서비스 모델은 PHP를 사용하며, 지연 및 손실 민감도에 따라 서로 다른 트래픽에 서로 다른 서비스를 제공하는 잘 정의된 클래스가 있다. 차별화된 서비스 모델은 각 흐름에 대한 어떠한 상태 및 신호 정보를 갖지 않기 때문에 인터넷에서 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

MPLS는 라벨에 기초한 패킷 포워딩 기술을 사용하기 때문에, 네트워크에서 트래픽 엔지니어링을 쉽게 구현할 수 있다. MPLS는 서로 다른 파라미터를 가진 경로를 구축가능하고, 각 경로에 특정 클래스의 서비스를 할당해 줄 수 있다. 그러므로 잘 정의된 클래스를 가진 차별화된 서비스 모델을 지원하는 것이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 인터넷에서 여러 가지 서비스 클래스를 보장하기 위하여 MPLS 네트워크에서 차별화된 서비스 모델의 성능향상을 비교분석 한다.

Abstract

As with appearing new applications that requires QoS guarantee such as VoIP, VPN in Internet, problems of IP QoS has been one of most important issues in next-generation Internet. IETF has proposed integrated services model(Int-Serv) and differentiated service(Diff-Serv) to supply IP QoS in Internet. Int-Serv model uses the 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 model uses PHP(Per Hop Behavior), 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.

* 國立木浦海洋大學校 海洋電子通信工學部
(School of Marine Electronics & Communications
Eng., Mokpo National Maritime Univ.)

接受日: 2001年 7月14日, 修正完了日: 2001年11月15日

** 韓國電子通信研究院, 網研究所
(Network Technology Laboratory, Electronics and
Telecommunications Research Institute)

As MPLS uses the packet forwarding technique based-on label, it implements the traffic engineering in the networks easily. The MPLS can set up the path with different traffic parameters, and assign each path to particular Class of Services. Therefore it is possible to support the Diff-Serv model with well-defined classes. In this paper we investigate the performance improvement of Diff-Serv function in the MPLS network to guarantee class of services in Internet.

Keywords : MPLS, QoS, PHP, Diff-Serv, Int-Serv

1. 개요

인터넷상에서 QoS(Quality of Service)는 네트워크를 통하여 흐르는 패킷의 성능을 나타내는 것으로 서비스의 가용여부, 지연시간, 지연시간변이, 수율(Throughput), 그리고 손실을 등과 같은 성능요소로 표현된다[1]. 현재 인터넷은 패킷 전달 시간이나 전달 그 자체에 대한 보장이 없는 최선형 서비스(Best Effort)라는 단일 서비스만 제공하기 때문에, 인터넷 QoS의 주 목적인 사용자 트래픽에 대한 종단간 QoS 보장이 어렵다. 특히 IPv4(Internet Protocol Version 4)에서 정의된 ToS(Type of Service) 필드는 다양한 어플리케이션들이 작은 지연시간, 높은 수율, 낮은 손실을 나타내기 위하여 사용되었지만 기존 라우터에서는 이런 다양한 어플리케이션의 요구를 거의 무시하고 모든 패킷들을 동일하게 처리하고 있다.

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 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. 이런 이유 때문에 Int-Serv 모델은 확장성에 심각한 문제점을 안고 있다.

Diff-Serv 모델은 ToS를 DS(Differentiated Service) 필드로 다시 정의하여 PHP라 하는 기본적인 패킷 전송 방법을 정의하고 있다. 이와 같이 Diff-Serv 모델은 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 라우터

에서 흐름별 상태 및 신호에 대한 정보를 보유할 필요 없이 인터넷에서 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있다.

다양한 새로운 스위칭과 라우팅 기술을 접목시킨 MPLS 라는 스위칭 방식은 패킷 포워딩(forwarding) 기능을 강화시킬 수 있는 기술 중 하나이며, 두 가지 이유 때문에 백본의 구현과 설계에 활용될 수 있다[4][5]. 첫번째로 MPLS에서 라벨 스위칭은 강화된 라우팅 기능을 ATM 스위칭의 융통성과 결합하여 두 개의 서로 다른 체제를 통합시킬 수 있는 수단이 될 수 있다. 두 번째로 라우팅 테이블이 라벨 정보 베이스(LIB : Label Information Base)와 통합될 수 있어, 동일 목적지, 즉, 동일 네트워크, 호스트 또는 어플리케이션으로 가는 패킷들은 하나의 유일한 라벨에 의하여 식별될 수 있다. 그리고 MPLS망에서 MPLS 노드는 입력 라벨을 출력 라벨로 연결시켜 주기 때문에 네트워크에서 라벨 연결에 따른 스위칭 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. MPLS 기본 프로토콜에서는 최선형 및 트래픽 엔지니어링에 따른 경로 설정을 기본으로 하기 때문에 Diff-Serv와는 다르나 최근 MPLS와 Diff-Serv를 접목시키고자 하는 draft들이 제시되고 있다. 특히 MPLS 망에서 고품질 트래픽을 전달하는 방안으로 MPLS 기반의 TE(Traffic Engineering), TE-DS 등을 제시하고 있다.[6][7][8]

따라서 본 논문에서는 MPLS가 각 경로에 특정 CoS를 할당할 수 있도록 하여 DS 필드를 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함에 따라 몇 개의 차별화된 서비스 클래스를 생성시켜 주는 IP QoS 메커니즘 중 Diff-Serv 모델을 MPLS에서 수용하는 방안을 적용하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석한다. 본 논문 구성은 2장에서 IP QoS 메커니즘의 두

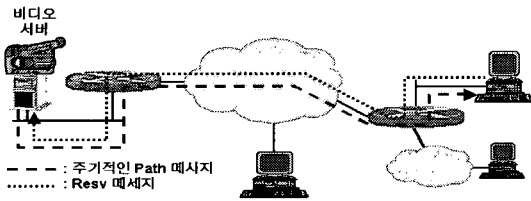


그림 1. Int-Serv 서비스 모델
Fig 1. Int-Serv Service Model

가지 모델에 관하여 언급하고, 3장에서는 MPLS와 Diff-Serv 구성과 동작 특성에 관하여 언급하고, 4장에서는 제안된 MPLS와 Diff-Serv의 모델을 언급하고 시뮬레이션을 통한 성능을 고찰을 한다. 그리고 5장에서 결론을 맺는다.

I. IP QoS

IETF에서는 인터넷에서 QoS를 제공하기 위한 두 가지 모델이 있다[1]. 하나는 Int-Serv 모델로 자원 예약에 근간을 둔 모델이다. 그림 1에서와 같이 RSVP에 의하여 전달되는 IP 흐름에 대한 QoS 요구사항을 충족시켜 주며, 패킷이 전달되는 경로의 RSVP 라우터에서 수락제어 및 자원예약이 이루어진다. Int-Serv 모델에는 GS(Guaranteed Service)와 CLS(Controlled-Load Service)와 같은 두가지 QoS 서비스가 정의되고 있다. 이들 서비스는 서비스 보장을 얼마나 엄격히 제공하느냐에 차이가 있다. GS는 종단간(End-to-End) 최대 전송지연시간 (Maximum Delay)의 엄격한 보장을 요구하며, CLS는 장기적으로 일정 수준 이상의 품질 보장을 요구한다.

두 번째는 차별화된 서비스(Diff-Serv) 모델로 자원 예약이 없는 것에 근간을 둔 모델이다. 이것은 패킷들을 소규모의 서비스 형태로 분류하고, 해당 트래픽에 적당한 QoS를 제공하기 위하여 우선 순위 매커니즘을 이용한다. 네트워크 노드가 트래픽을 차별화 해서 처리하기 위하여 지능적인 큐잉 매커니즘을 사용할 필요가 있음에도 불구하고, 어떠한 명시적인 자원 예약 또는 수락 제어를 사용하지 않는다.[2][3]

Diff-Serv 모델은 IP 헤더의 ToS(Type of Service) 필드를 사용함으로써 취합된 흐름들을 서로 다르게 취급하는 것을 목표로 한다. ToS에 따라 분류된 흐름들의 개념이 클래스로 분류되며, 서로 다른 흐름들에

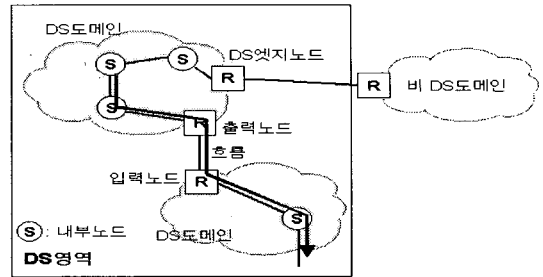


그림 2. Diff-Serv 서비스 모델
Fig 2. Diff -Serv Service Model

속한 패킷들은 패킷 우선순위에 따라 네트워크 경계에서 주어진 클래스와 관련된다. 그림 2는 Diff-serv 서비스 모델을 나타낸 것으로 Diff-serv 서비스를 제공할 수 있는 능력을 갖는 망은 여러 개의 ISP망으로 구성될 수 있다. ISP를 연결하는 링크상에 경계노드가 존재하며, DS망이 Non-DS 망과 연결되는 위치를 에지라고 하며 망과 연동을 수행한다. DS 도메인은 DS노드들의 연속적인 집합으로 같은 관리를 갖는 여러 네트워크로 구성되며 여러 개의 DS 도메인들이 서로 연결되어 DS 영역을 구축한다. DS영역은 에지노드와 내부노드로 구성된다.

Diff-serv 모델의 목표는 모든 라우터에서 흐름별 상태 및 신호에 대한 정보 없이 인터넷에서 다양한 서비스를 제공하는 것이다. 이 모델은 흐름별로 트래픽을 차별화하는 것이 아니라, 지연 및 손실 민감도에 따라 서로 다른 서비스를 제공할 수 있도록 정의된 클래스가 있다. 이 모델에서 다수의 QoS를 가진 흐름들을 네트워크내에서 소규모의 차별화된 집합으로 분류함으로써 코어 라우터에서 개별 흐름에 대한 정보를 인식하고 저장할 필요성을 없애 준다. 따라서 확장성(Scalability)은 광범위하고 융통성 있는 서비스를 제공하기 위하여 소규모의 간단한 패킷 취급을 대규모의 흐름 당 폴리싱과 결합시킴으로써 가능하다.

II. MPLS 와 Diff-Serv

MPLS 기술은 작은 고정길이의 레이블에 의해 IP 패킷 forwarding을 수행하도록 하여 라우터에 비해 처리 성능을 획기적으로 높이는 방안으로 제안되었다 [4][5]. 즉 3계층의 라우팅 정보를 2계층 레이블 스위치의 레이블로 매핑시킴으로써 MPLS 망내에서는 IP

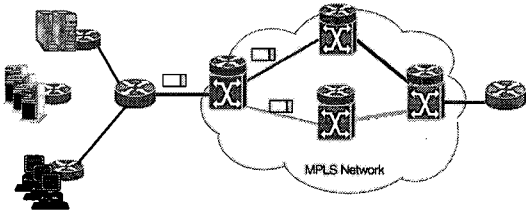


그림 3. MPLS 망 구성도
Fig 3. MPLS Network Configuration

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 3과 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 4는 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.

MPLS에서는 IP 패킷 교환 기능과 IP 패킷의 전달 경로를 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 5에서와 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

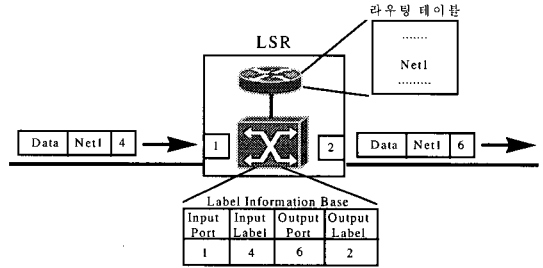


그림 4. LSR 동작
Fig 4. LSR behavior

Network) 구성을 위한 터널링 정보들이 함축되어 다양한 기능을 발휘할 수 있으므로, MPLS는 고품질, 고기능의 차세대 인터넷 서비스를 위한 기반 기술로 자리잡고 있다[8][9].

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 자유롭게 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.

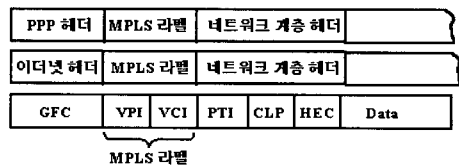


그림 5. MPLS 라벨 삽입
Fig 5. MPLS Label insertion

MPLS는 IP의 비연결형 라우팅 환경에 회선교환 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 흐름을 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 강점인 QoS 능력과 서비스 등급 능력을 제공해 주는 ATM VC(Virtual Channel)로 직접 매핑될 수 있다. 예를들면, MPLS 라벨은 CBR(Constant Bit Rate) 또는 VBR(Variable Bit Rate) 서비스를 필요로 하는지 나타낼 수 있으며, ATM 네트워크는 보장이 만족되었다는 것을 보장해 줄 것이다.

현재 Internet working 그룹에서 MPLS와 Diff-Serv 간 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 그

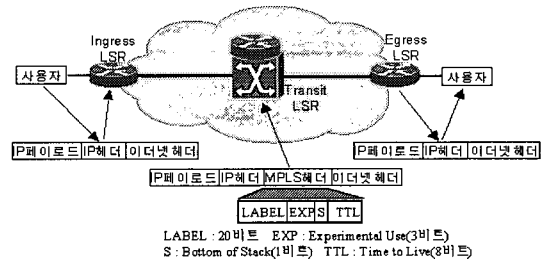


그림 6. MPLS와 Diff-Serv
Fig 6. MPLS and Diff-Serv

림 6에 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

III. MPLS Diff-Serv 모델 및 고찰

ATM 교환기가 MPLS-LSR로 동작하기 위해서는 IP 라우팅 프로토콜과 LDP를 수행하는 MPLS 제어 기능이 있어야 한다. 통상적으로 ATM 교환기는 ATM 서비스를 의한 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 구

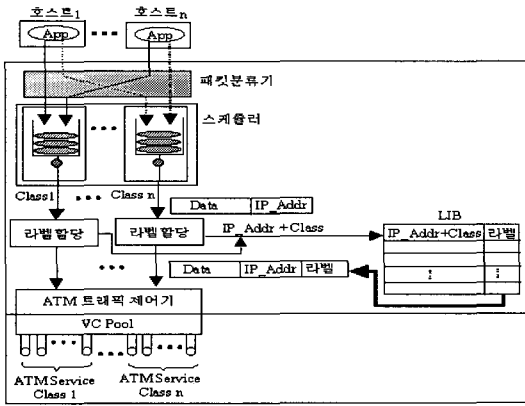


그림 7. LER의 Diff-Serv 지원 모델

Fig 7. Model to support Diff-Serv model of LER

성한다[11].

그림 7은 MPLS에 Diff-Serv 모델을 적용했을 경우의 성능 개선효과를 검증하기 위한 시뮬레이션 모델을 나타낸다. 이 그림에서 특정 ATM 서비스 클래스에 속하는 각각의 ATM VC(Virtual Channel)들은 동적으로 생성되며, 대역폭이 트래픽 부하에 따라 변할 수 있는 네트워크 인터페이스이다. 동작을 살펴보면 다음과 같다.

입력되는 패킷을 미리 정의된 서비스 프로파일과 일치여부 조사하여 패킷 프로파일에 따라 in 또는 out(네트워크 내에서 우선적으로 drop) 결정한다. 이 값은 ATM 헤더의 CLP(Cell Loss Priority) 비트에 매핑시킨다. 다음으로 패킷 헤더의 ToS(Type of Service)를 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 IP주소 이외에 포트번호를 이용하고, IPv6에서는 flow id 필드를 이용하여 분류가 가능하다. 이와 같이 분류된 패킷들은 트래픽 제어기의 제어를 받은 패킷 스케줄러에 의하여 서로 다른 서비스를 제공해 주는 클래스가 할당된다. 이때 각 클래스에 할당된 모드 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 서비스

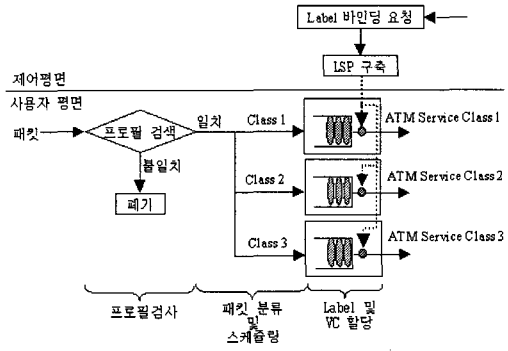


그림 8. LER 모델의 동작 흐름도
Fig 8. Flow Chart of LER Model

되고 손실에 민감한 클래스의 트래픽은 좀 더 큰 큐를 이용할 것이다.

라벨 할당은 패킷의 목적지 또는 미리 정해진 어떤 전략에 따라 ingress LSR(Label Switch Router)에서 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 이루어지는 것을 그림 7에서 보여 주고 있다. ATM 트래픽 제어기에서는 패킷 분할 및 조립을 수행하며 라벨 값인 VPI/VCI를 헤더에 삽입한다. 끝으로 ATM 자원 관리기는 LDP에 의하여 설정된 LSP(VC : Virtual Channel)에 대한 제어 및 관리를 수행한다. 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 8은 그림 7에 따른 동작 흐름도를 보여 주고 있다.

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.

그림 8은 시뮬레이션 모델을 나타낸다. 이 모델에

<표 1> Diff-Serv 모델과 ATM간 QoS 매핑

<Table 1> QoS Mapping Between Diff-Serv Model and ATM

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

서 Ingress LER은 입력되는 패킷 스트림들을 미리 결정된 FEC(Forwarding Equivalent Class)에 따라 구분한다. 구분된 각 패킷들은 적당한 레이블을 이용하여 캡슐화 한 후 출구 인터페이스를 통하여 전송한다. MPLS 망내에서 각 패킷들은 역시 미리 할당된 경로 즉 LSP를 따라 Egress LER까지 전달된다. Egress LER로 전달된 패킷에서 MPLS 레이블 헤더를 제거하고 일반적인 라우팅 기능을 이용하여 목적지로 패킷을 전달한다. 한편 MPLS에서는 데이터 패킷을 전달하기 전에 시그널링 프로토콜을 이용하여 LSP를 미리 연결한다. 시그널링 결과 LSP 상의 모든 LSR들에게 레이블 바인딩 정보가 제공된다.

표 1은 Diff-Serv 모델과 ATM간 QoS 매핑 관계를 보여주고 있다. 현재 인터넷 서비스의 주류를 이루는 Best Service는 잘 알려진 ATM UBR 서비스로 매핑될 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 모델 중 Diff-Serv와 ATM 서비스간 적당한 매핑 관계가 있어야 한다.

시뮬레이션에 사용된 입력 트래픽은 표2와 같이 다수의 LAN 및 워크 스테이션이 발생하는 프레임 단위의 비연결형 데이터로 가정하고, 패킷 길이의 발생 확률과 패킷 길이에 따른 AALS의 셀 수를 나타낸다 [12][13].

LER에서 시뮬레이션은 부하를 30Mbps~210Mbps까지 수행한다. LER에서 트래픽 발생은 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비율은 6대 4의 비율로 하였으며[13][14], 스케줄링 정책에 따른 Flow Time, 큐 길이, Waiting time, 그리고 셀 손실률을 측정하였다. 스케줄링 정책은 단일 큐를 이용한

<표 2>. 패킷 길이 분포

<Table 2> Packet Length Distribution

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

FIFO 방법과 서비스별로 다른 큐를 이용한 priority 방법과 RR(Round Robin) 방식을 고려하였다. RR방식에서는 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비율을 2대 1로 하였다.

그림 9는 LER에서 Flow Time(Waiting Time)을 보여주고 있다. 두 가지 트래픽을 하나의 큐에서 FIFO 방식으로 처리한 경우, rt_VBR과 Best Effort가 거의 같은 Flow Time을 보여주며, rt_VBR를 우선적으로 처리하는 Priority 방법을 사용한 경우 rt_VBR의 Flow Time이 가장 적은 것으로 나타나 있다. 그리고 2대 1의 서비스율을 가진 RR 방식인 경우 Priority방법보다 두 트래픽간 차이가 적은 것으로 나타나 있다.

그림 10은 LER에서 스케줄링 정책에 따른 큐 길이를 보여주고 있다. 두가지 트래픽이 단일 큐를 사용하고 FIFO 형태로 처리되는 경우 가장 큰 큐 길이를 보여주고 있으며, 서로 다른 큐를 사용하고, Priority 정책을 이용한 방법에서 rt_VBR이 가장 낮은 큐 길이를 나타내고 있으며 두 트래픽간 차별화된 처리를 명확히 보여주고 있다. 그리고 서로 다른 큐를 사용하고, RR 정책을 이용한 방법에서는 두 트래픽의

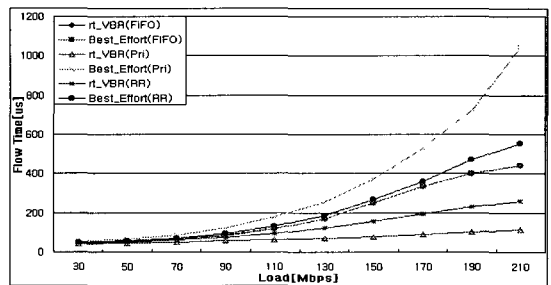


그림 9. LER에서 Flow Time

Fig 9. Flow Time in LER

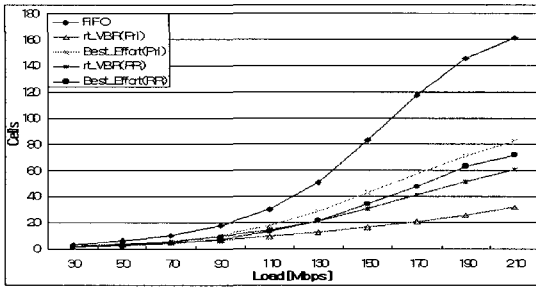


그림 10. LER에서 큐길이
Fig 10. Queue Length in LER

큐 길이는 별로 차이가 없는 것으로 보인다. 하지만 RR 방식에서 두 트래픽간 서비스율을 2대1에서 rt_VBR의 서비스율을 더 높인다면 다른 양상을 보일 수 있을 것이다.

그림 11은 LER에서 셀 손실을 보여주고 있다. 이 그림에서 Priority 스케줄링 정책을 이용한 경우, rt_VBR의 셀 손실이 가장 적으며 Best Effort가 가장 큰 것으로 나타난다. 단일 큐에서 FIFO 정책을 사용한 경우 트래픽량이 많은 rt_VBR이 Best Effort보다 많은 셀 손실이 있는 것으로 나타나 있고, 2대1의 서비스율을 가지고 있는 RR 방식을 사용한 경우 거의 비슷한 특성을 보여주고 있다.

그림 12는 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 스위핑된 트래픽과 LER2에서 발생하여 LSR1을 거친 트래픽은 LSR3에 집중이 되며, LSR3에 집중된 트래픽은 라벨 스위핑을 거쳐 LER3로 전달된다. 이

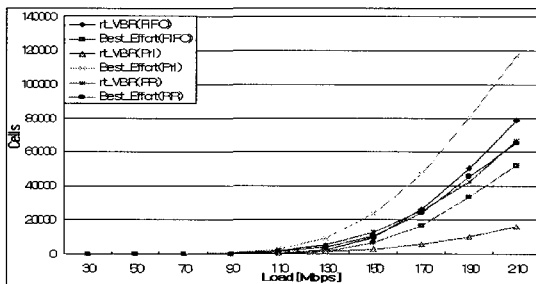


그림 11. LER에서 Cell Loss
Fig 11. Cell Loss in LER

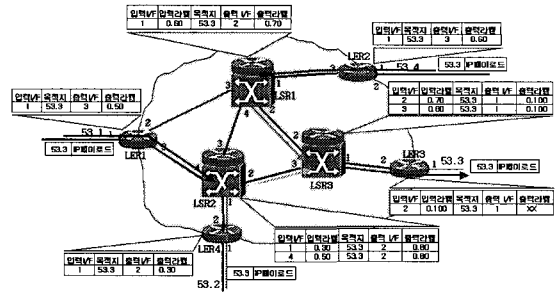


그림 12. MPLS망 모델
Fig 12. MPLS Network Model

때 LER1, LER4, 그리고 LER2에서 발생한 트래픽 LER3에서 총 합계가 30Mbps~210Mbps를 가지도록 분포되며, LER에서와 같이 Assured Forwarding 서비스와 Best Effort 서비스의 비율은 6대 4의 비율로 하였으며, 스케줄링 정책에 따른 Flow Time, 큐 길이, Waiting time, 그리고 셀 손실율을 측정하였다.

그림 13는 MPLS망에서 Flow Time을 보여주고 있다. 이 그림에서 두가지 트래픽을 하나의 큐에서 FIFO 방식으로 처리한 경우, rt_VBR과 Best Effort가 거의 같은 Flow Time을 보여주며, Best Effort를 우선적으로 처리하는 Priority 방법을 사용한 경우, rt_VBR의 Flow Time이 가장 적은 것으로 나타나 있다. 따라서 MPLS망 내에서는 라벨 스위핑에 의한 데이터 포워딩만 수행하기 때문에 Ingress LER에서의 특성과 거의 같은 특성을 보여주고 있다. 그리고 서비스율이 2대1인 RR 방식은 두 트래픽간 차이가 Priority 방법보다 적게 나타난 것을 알 수 있다. 따라서 서비스율을 변경하면 다소 다른 양상을 보일 것이 예상된다.

그림 14는 MPLS망에서 스케줄링 정책에 따른 큐

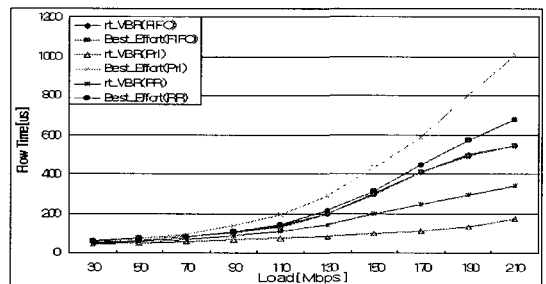


그림 13. MPLS망에서 Flow Time
Fig 13. Flow Time in MPLS Network

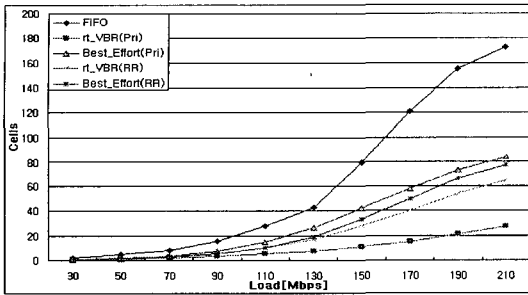


그림 14. MPLS망에서 큐길이
Fig 14. Queue Length in MPLS Network

길이를 보여주고 있다. Ingress LER에서와 같이 두가지 트래픽이 단일 큐를 사용하고 FIFO 형태로 처리되는 경우 가장 큰 큐 길이를 보여주고 있으며, 서로 다른 큐를 사용하고, Priority 정책을 이용한 방법에서 rt_VBR이 가장 낮은 큐 길이를 나타내고 있다. 그리고 서로 다른 큐를 사용하고, RR 정책을 이용한 방법에서는 두 트래픽의 큐 길이는 별로 차이가 없는 것으로 보인다. 하지만 RR 방식에서 두 트래픽간 서비스율을 2대1에서 rt_VBR의 서비스율을 더 높인다면 다른 양상을 보일 수 있을 것이다.

그림 15는 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. 단일 큐에서 FIFO 정책을 사용한 경우 트래픽양이 많은 rt_VBR이 Best Effort보다 많은 셀 손실이 있는 것으로 나타나 있고, 2대1의 서비스율을 가진 RR 방식을 사용한 경우 거의 비슷한 특성을 보여주고 있다.

본 논문에서는 Differentiated Services를 ATM 트래픽의 rt-VBR, UBR로 분류하여 서비스를 하였으며, 스케줄링 정책은 단일 큐를 사용하는 FIFO 스케줄링 정책, rt_VBR을 UBR 보다 우선적으로 처리해주는 Priority 정책, 그리고 rt_VBR과 UBR의 처리율을 2대1로 한 RR 방식을 고려 하였다. 시뮬레이션을 Ingress LER 자체와 MPLS 망으로 나누어 수행 하였고, MPLS망에서는 선로상의 전달 지연을 무시하였으며, LSR에서는 라벨 스위핑 기능을 수행하도록 하였다. 그리고 망내에서 발생된 트래픽이 LER3에 집중되도록 하였으며 LER3의 트래픽양을 Ingress LER만 고려하여 시뮬레이션 한 경우와 같이 30~210Mbps 분포가 되도록 하였다.

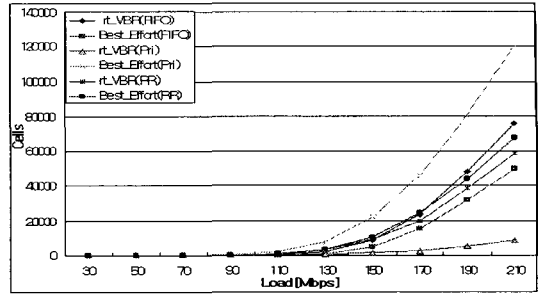


그림 15. MPLS망에서 Cell Loss
Fig 15. Cell Loss in MPLS Network

따라서 시뮬레이션을 통하여 MPLS망의 성능은 LER에 크게 의존하며, 망내에서 LSP 구축에 따라 LSR에서는 라벨 스위핑만 수행하기 때문에 라벨 스위핑은 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 있다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문은 MPLS를 통하여 IP QoS 모델중 Diff-Serv 모델을 수용하는 망의 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. MPLS 망에서 LDP에 의하여 라벨 연결에 따른 스위칭 경로가 형성된다. 그러므로 MPLS 네트워크 도메인의 한 종단간 다수의 경로가 존재할 수 있으며, 경로에 따라 서로 다르고 가변적인 대역폭과 이용도를 가질 수 있기 때문에 각 경로에 차별화된 특성을 제공할 수 있다. 그리고 Diff-Serv 모델은 패킷의 DS 필드를 어플리케이션에 따라 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함에 따라 몇 개의 차별화된 서비스 클래스를 생성한다.

그러므로 MPLS가 라벨을 통하여 네트워크내에 서로 다르고 가변적인 대역폭을 갖는 경로를 구축할 수 있고, 각 경로에 특정 CoS를 할당할 수 있는 것을 통하여 패킷의 DS 필드를 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함에 따라 MPLS에서 Diff-Serv 기반으로 QoS 지원이 가능하다.

앞으로 다양한 서비스율을 가진 RR방식의 스케줄링을 적용한 경우와 LDP 프로토콜을 고려한 시스템

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

참 고 문 헌

[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 Differented Service of Tomorrows 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 Engineeering 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.

저 자 소 개

朴 天 寬 (正 會 員)



1987년 2월 건국대학교 전자공학과 공학사
 1991년 8월 충남대학교 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 건국대학교 전자공학과 공학박사
 1997년 3월~ 1999년 3월 국립목포해양대학교 해양전자통신

공학부 전임강사
 1999년 4월~ 현재 국립목포해양대학교 해양전자통신공학부 조교수
 주관심분야 : ATM, MPLS, TCP/IP, 트래픽엔지니어링, Optical Packet Switching

全 炳 千 (正 會 員)



1986년 충남대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1992년 충남대학교 대학원 전자공학과 박사
 1987년-1988년 국방과학연구소 연구원
 1988년-2001년 현재 한국전자통신연구원 책임연구원

1988~1991 TDX-10 전전자 교환기 개발 사업 참여
 1992~1998 ATM 교환기 개발 사업 참여
 1999~2001 MPLS 시스템 개발 사업 참여
 1994~2000 ATM-KIG Working Group 의장
 2001년 MPLS Forum 기술분과 위원장
 관심분야 : 인터넷 네트워크 구조, MPLS 프로토콜