

# IPv6 플로우 레이블을 이용한 실시간 트래픽의 QoS 개선 방안

(A QoS Improvement Scheme for Real-time Traffic using  
IPv6 Flow Labels)

이 인 화 <sup>†</sup>      김 성 조 <sup>\*\*</sup>  
(Inhwa Lee)      (Sungjo Kim)

**요 약** IPv6(IP version 6)는 QoS(Quality of Service) 제공을 위해 플로우 레이블이라는 새로운 필드를 정의하고 있다. 기존 플로우 레이블 부여 방안인 랜덤 넘버(Random Number) 방식은 플로우에 대한 식별자 기능만을 수행함으로써 다양한 실시간 트래픽 특성에 따른 차별화된 서비스 제공에는 제약이 따른다. 본 논문에서는 플로우 레이블 필드를 플로우의 구성요소 및 QoS 파라미터로 사용하는 하이브리드(Hybrid) 방안을 제시하였다. 즉, 플로우 레이블에 사용되는 파라미터를 사용자가 표시하게 함으로써 실시간 트래픽에 대한 중단간 품질 보장과 함께 백본의 전송 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방법을 제시한다. 본 논문에서는 백본을 MPLS-TE(Multi Protocol Label Switching - Traffic Engineering) 환경으로 가정하고 시뮬레이션을 통해 랜덤 넘버 방식과 제안된 하이브리드 방식에 대한 성능을 평가하였다. 그 결과 하이브리드 방식이 랜덤 넘버 방식에 비해 처리 성능 및 백본 자원의 활용 측면에서 효율적인 것을 알 수 있었다.

**키워드** : IPv6, 플로우 레이블, 하이브리드 방식, 품질

**Abstract** The flow label field in IPv6 has been proposed to provide the QoS. Since the existing flow label specification scheme like random-number format utilizes the label only as the identifier of flow, it is not appropriate for providing differentiated services according to the characteristics of various types of real-time traffic.

This paper proposes a hybrid scheme that makes use of the flow label fields as components of flow and QoS parameters as well. To be specific, this paper investigates a scheme that both guarantees the end-to-end service quality and utilizes efficiently backbone resources by allowing users to specify QoS parameters using flow labels. Assuming an MPLS-TE network as the backbone, we compare the performance of our proposed scheme with that of random-number scheme through simulation. The simulation result shows that our scheme is more efficient than the existing one in terms of the transmission rate as well as the resource utilization of the backbone.

**Key words** : IPv6, Flow Label, Hybrid Scheme, QoS(Quality of Service)

## 1. 서 론

현행 IPv4 기반의 인터넷 환경에서는 통신 기술의 급속한 발달과 인터넷 사용자 수의 기하급수적인 증가로 인해 새롭고 다양한 응용 서비스들이 나타나고 있다. 하지만 기존 최선형(Best Effort) 기반의 인터넷 환경에서는 각 응용 서비스들의 특성에 맞게 트래픽을 처리하여

품질을 보장하는데 많은 문제점을 지니고 있다. 이에 따라 ISP들은 한정된 망 자원을 효율적으로 활용하여 가입자에게 VoIP(Voice over IP)와 VPN(Virtual Private Network) 등의 고품질 서비스를 차별적으로 제공하기 위해 MPLS 기술을 백본에 적용하고 있는 추세이다[1].

차세대 인터넷은 음성과 데이터의 통합된 환경 즉, NGcN(Next Generation Converged Network)으로 진화할 것으로 예상되므로 실시간 고속 처리를 요구하는 응용 서비스의 품질을 만족시키는 것이 중요하다. 이에 따라 IPv6에서는 기존의 IPv4에서 해결하지 못한 실시간 응용 서비스의 품질을 보장할 수 있는 대안으로서

<sup>†</sup> 정 회 원 : CST 상무이사

inhlee@cst.co.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 중앙대학교 컴퓨터학부 교수

sikim@cau.ac.kr

논문접수 : 2003년 6월 24일

심사완료 : 2003년 10월 16일

기본 헤더에 20비트의 플로우 레이블을 할당하고 있다. 이 플로우 레이블은 실시간 서비스 등 차별화된 QoS를 요구하는 서비스에 한하여 사용될 수 있다[2].

본 논문에서는 각 응용 서비스에서 필요로 하는 품질 특성(즉 요청대역폭, 버퍼요구량, 지연값)을 플로우 레이블로 표기하여 응용 서비스가 요구하는 네트워크 자원을 예약할 수 있는 메커니즘을 설계하였다. 이때 플로우 레이블은 사용자 단말에서 할당되어 전송되므로 품질 서비스 제공이 가능하고, 플로우의 식별자 역할을 수행하므로 동일 플로우에 대하여 처리 속도를 향상시킨다. 특히, 플로우 레이블과 백본의 MPLS-TE 기술[3]을 결합하여 기존 QoS 제공 모델인 Integrated Service(Int-Serv)의 확장성 문제를 해결하고 동시에 MPLS LSP(Label Switched Path) 자원의 자동화된 할당을 통해 백본 자원 이용의 효율성을 증대할 수 있다.

실시간 트래픽의 중단간 QoS 보장 방안과 백본 자원의 효율적 활용 방안을 제시하고 있는 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실시간 응용 서비스의 QoS 보장 방안과 IPv6 환경에서 플로우 레이블을 이용한 QoS 제공 관련 기법들에 대하여 살펴보고, 3장에서는 효율적인 자원 활용과 차별화된 서비스 제공을 위한 플로우 레이블의 필드를 이용한 하이브리드 방안을 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 위한 환경을 설명하고 검증 데이터를 통해 제안된 기법의 효율성을 증명하며, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## 2. 관련 연구

기존 IPv4 기반 인터넷에서 실시간 응용 서비스의 QoS를 지원하기 위한 대표적인 방식으로는 Integrated Service(Int-Serv)[4] 방식과 Differentiated Service(Diff-Serv)[5] 방식이 있다. Int-Serv는 실시간 응용 서비스에서 발생하는 패킷의 흐름 즉 플로우 단위로 하여 보장형 서비스와 비보장형 서비스로 구분하여 패킷을 전달한다. 보장형 서비스는 자원 예약 프로토콜인 RSVP(Resource Reservation Protocol) 시그널링을 이용하여 연결 수락 제어와 자원 예약을 수행하여 패킷의 전달 지연을 보장한다. Int-Serv는 각 플로우에 대한 상태 정보를 네트워크 상의 라우터가 모두 유지하고 있어야 하기 때문에 네트워크 규모가 커질 경우 확장성 문제가 심각하다. Diff-Serv는 확장성 문제점을 지닌 Int-Serv의 한계를 극복하고 인터넷 백본망에서 적용될 수 있는 QoS 제공 모델로서 플로우 단위로 QoS를 보장하지 않고 패킷을 정해진 기준에 따라 분류하고 서비스를 차별화하여 제공한다.

IPv6에서는 실시간 응용 서비스의 QoS 지원을 위해

플로우 레이블 필드가 정의되어 있으며, 사용방법 특히 플로우 식별자로서의 사용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Schmid의 IPv6 네트워크에서의 실시간 트래픽의 QoS제공에 관한 연구에서는 IPv4에서 발생되던 계층 위반(Layer Violation) 문제를 해결하기 위한 방안으로서 IPv6 플로우 레이블의 활용방안을 제시하였다[6]. 일반적으로 패킷의 경로 설정과 포워딩을 위해서는 네트워크 계층에서의 처리만이 필요하지만 실시간 데이터를 분류하기 위해서는 전송 계층 또는 응용 서비스 계층까지 처리해야 하는 문제점을 지니는데 이를 계층 위반(Layer Violation)이라 한다. IPv6에서는 기본헤더에 있는 플로우 레이블을 이용하여 플로우를 식별하므로 Layer Violation 문제가 발생하지 않게 되고 이로 인해, 네트워크 상에 있는 라우터들의 플로우 처리 시간이 감소된다. Rajahalme의 연구에서는 플로우 레이블의 부여와 플로우 상태 및 처리를 위한 요구사항을 정의하고 있다[7]. 먼저, 플로우 레이블은 전송 계층과 응용 서비스와는 무관하게 송신지에서 할당되고, 그 값이 0인 경우 QoS를 요구하지 않는 일반적인 트래픽으로 처리된다. 송신지에서 플로우 레이블을 할당할 때 동일 송신지 및 수신지 주소를 갖는 플로우들에 대해 동일한 플로우 레이블이 부여되지 않도록 해야 하므로 송신지 노드는 현재 사용되고 있거나 최근에 사용된 플로우 레이블을 유지하고 있어야 한다. 플로우 상태 및 처리 방법은 플로우 레이블 상태 정보가 60초 동안은 유지되어야 하고 요청된 플로우 상태 정보가 존재하지 않을 경우 새로운 상태 정보를 수집하여 요청된 플로우를 처리할 수 있어야 한다는 기본 원칙에 따라야 한다.

Banerjee의 연구에서는 하이브리드 방식을 이용하기 위한 IPv6의 플로우 레이블 포맷을 제시하였다[8]. 이 연구에서는 현재까지 논의되고 있는 플로우 레이블의 다양한 형태를 수용하기 위해 20비트의 플로우 레이블을 3비트의 타입 필드와 17비트의 사용형태를 나타내는 필드로 구분하여 재정의하고 있다. 이 연구에 따라 플로우 레이블의 포맷을 분류하면 그림 1과 같이 5가지로 분류될 수 있고, 그 특징은 표 1과 같이 요약될 수 있다.

플로우 레이블의 첫 번째 포맷은 IETF에서 정의한 랜덤 넘버 방식으로 Int-Serv 환경에서 IPv6의 플로우 레이블은 플로우를 식별하기 위한 식별자로서 이용될 수 있도록 랜덤하게 부여된다. 이 경우 플로우 레이블은 식별자 역할만 수행하므로 실시간 트래픽 내에서 차별화된 트래픽 처리는 불가능하다. 두 번째, Hop-by-Hop Extension Header 방식은 QoS 제공시 플로우 레이블은 무시되고 단지 IPv6의 Hop-by-Hop Extension Header에 기록된 값을 이용하여 중간 라우터가 트래픽을 처리하는 방법이다. 세 번째, PHB-ID(Per Hop

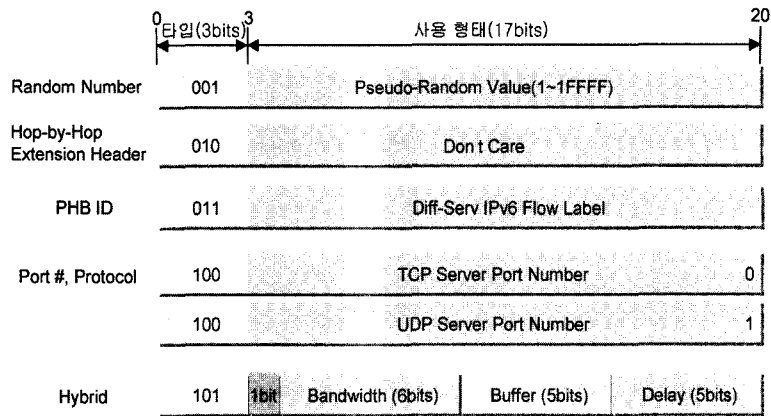


그림 1 플로우 레이블의 포맷 종류

표 1 플로우 레이블의 포맷별 특징

| 플로우 레이블 포맷 |                             | 특징                                       |
|------------|-----------------------------|--|
| 001        | 랜덤 넘버                       | Int-Serv 환경에 적합                          |
| 010        | Hop-by-Hop Extension Header | Int-Serv 환경에 적합<br>확장헤더에 QoS 정보가 제공됨     |
| 011        | PHB ID                      | Diff-Serv 환경에 적합<br>Multi-Field로 활용      |
| 100        | 포트 번호, 프로토콜                 | 포트 번호나 프로토콜 기반의 필터링 정책 적용                |
| 101        | 하이브리드                       | Diff-Serv 환경에 적합<br>QoS 정보를 기반으로 분류가 가능함 |

Behavior-Identification) 방식은 Diff-Serv 환경에서 플로우 레이블을 이용하여 PHB를 결정할 수 있도록 하는 방법이다. 네 번째, 포트 번호와 프로토콜 방식은 플로우 레이블에 해당 전송 계층의 포트 번호와 프로토콜을 부여하여 플로우를 식별한다. 이 방법은 포트 번호와 프로토콜 기반의 필터링 정책을 적용할 경우에 유용하다. 다섯 번째, 하이브리드 방식은 트래픽에서 요구하는 QoS 정보(즉, 요청대역폭, 버퍼요구량, 지연값)를 플로우 레이블에 기록하여 전송한다. 이때, Diff-Serv는 플로우 레이블에 기록된 QoS 정보를 기준으로 응용 서비스를 분류하고, 분류된 트래픽을 정의된 정책에 따라 차별적으로 처리한다. 네트워크에서는 플로우 레이블에 기록된 QoS 정보만을 활용하여 간단하게 서비스별 품질을 보장할 수 있다.

하이브리드 방식의 포맷은 그림 1과 같이 5개의 필드로 구성되어 있다. 첫 번째 필드(3비트)는 타입필드로서 101이 할당된다. 두 번째 필드(1비트)는 실시간 트래픽의 속성을 나타낸다. 즉, 실시간 트래픽 중 VoIP, 비디오 컨퍼런스과 같이 실시간 특성이 강한 트래픽은 하드 실시간(Hard Real-Time)으로 구분하여 '1'을 할당하고, VoD와 같은 실시간 특성이 상대적으로 약한 트래픽은

소프트 실시간(Soft Real-Time)으로 구분하여 그 값을 '0'으로 할당한다. 세 번째 이후 필드는 구체적으로 각 응용 서비스에서 요구하는 QoS 정보를 제공하며, 응용 서비스별로 차별화된 품질 서비스 제공에 필요한 기초 정보를 제공한다. 세 번째 필드 6비트는 트래픽이 요청하는 대역폭을 나타내며, 네 번째(5비트)와 다섯 번째 필드(5비트)는 각각 트래픽이 지나갈 때 중간 경로상의 라우터들에 대한 버퍼 요구 사항과 트래픽의 지연에 대한 정보를 나타낸다. 하지만 하이브리드 방식의 모든 QoS 파라미터를 이용하기에는 현실적으로 다음과 같은 제약이 있다. 첫째, 경로상에 있는 모든 라우터들이 QoS 파라미터에 대한 정보를 가지고 있어야 하므로 QoS 라우팅이 가능하여야 한다[9]. 둘째, QoS 라우팅을 위하여 현재 라우터들이 가지고 있는 포워딩 테이블 이외에 QoS 테이블을 가지고 있어야 한다. 그러나 라우터가 각 인터페이스에 따라 트래픽이 요구하는 QoS 파라미터를 가지고 있기에는 현실적으로 너무 복잡한 메커니즘이 필요하므로 실제 구현에는 많은 어려움이 예상된다. 따라서, QoS 라우팅과 Int-Serv와 같은 QoS 제공 방안은 인터넷의 단순성(Simplicity)[10] 측면을 고려할 때 적합하지 않다. 이에 따라, 네트워크 사업자들은

자사의 백본을 MPLS로 구축하는 경향을 보이고 있으며, 서비스 제공자와 사용자 간에는 SLA(Service Level Agreement)[11]를 맺어 차별화된 서비스를 제공하고 있다.

### 3. 하이브리드 방식을 이용한 트래픽별 QoS 제공 방안

본 논문은 IPv6의 플로우 레이블을 활용하여 IPv6 응용 서비스를 순수 IPv6 네트워크에서 제공함으로써 기존 IPv4에 비해 개선된 성능을 제공하는 방안을 제시한다. 고품질 서비스를 위한 프리미엄 서비스망을 구성하여 가입자에게 서비스를 제공하는 사업자가 플로우 레이블의 하이브리드 방식의 장점을 최대한 활용할 수 있게 하기 위해서는 QoS 라우팅이 제공되어야 한다. 즉, 경로상의 모든 라우터가 QoS 정보를 수집, 유지하여 플로우 레이블에서 요구하는 경로에 맞게 트래픽을 포워딩해야 한다. 하지만, QoS 라우팅은 관련 QoS 정보를 관리하는 측면과 장애가 잦은 IP 환경을 고려할 때 현실적으로 제약이 많다. 또한, 패킷 스위치 네트워크의 가장 큰 문제점이 망의 복잡성인 것을 고려할 때, QoS 라우팅의 복잡성을 개선하고 네트워크의 단순성을 제공하는 것은 차세대 인터넷에서 아주 중요하다. 따라서 본 논문에서는 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 네트워크와 연계하여 하이브리드 포맷의 플로우 레이블을 이용하는 방안을 제시한다. MPLS 환경에서 각 플로우 레이블에 할당된 값을 미리 정의된 정책에 따라 집합화(Aggregation)하고, 이를 MPLS의 LSP(Label Switching Path)로 대응하여 QoS를 제공한다. MPLS 네트워크에서 플로우 레이블은 실시간 서비스를 위한 LSP 할당과 동적으로 LSP의 대역폭을 재조절(Resizing)하기 위해 사용된다. 이를 통해 기존 QoS 라우팅 방식에 비해 상태 테이블의 크기를 줄이고, 네트워크 상에서의 QoS 정보 수집 오버헤드도 감소시킴으로써 대규모 인터넷 망에서 확장성 문제를 최소화할 수 있다.

또한, 자동적인 대역폭 재조절을 통해 VoIP 등과 같이 엄격한 품질 보장을 요구하는 실시간 서비스에 대해 보장을 강화하고 네트워크 자원 이용의 효율성을 향상시킬 수 있다.

#### 3.1 시스템 모델

그림 2는 본 논문에서 제안한 하이브리드 포맷 기반의 QoS 제공 메커니즘에 대한 시스템 모델을 나타낸다. 그림 2에서 CE(Customer Edge)는 가입자 네트워크에서 사업자 또는 백본 네트워크와 접속되는 가입자 장비를 의미하고, LSR(Label Switch Router)은 MPLS 기능을 탑재하고 있는 라우터를 나타낸다. LSR 사이에는 MPLS 패킷 전달을 위해 LSP가 설정되고 IPv6 패킷은 MPLS 패킷에 캡슐화(Encapsulation)되어 교환된다. 플로우 레이블을 이용한 QoS 제공을 위해 CE와 LSR 구간에는 Diff-Serv, 백본 구간인 LSR 사이에서는 MPLS-TE 기술이 적용된다. 송신지는 플로우 레이블에 QoS 정보를 명시적으로 지정해 주며, CE에서는 이 정보를 이용하여 Diff-Serv 방식에 따라 실시간 플로우들을 집합화하여 차별적으로 처리한다. IPv6 플로우 레이블의 고유 기능인 플로우 식별자로서의 기능을 활용하기 위해 각 노드는 플로우 상태 테이블(FST : Flow State Table)을 유지하고, 패킷은 FST에 따라 동일하게 처리된다. 트래픽의 종류는 응용 서비스의 특성에 따라 다양하게 분류가 가능하지만, 본 논문에서는 Banerjee의 연구에서 제안한 플로우 분류 기준을 활용하여 실시간 트래픽을 하드와 소프트 트래픽으로 분류하고 그의 비실시간 트래픽은 최선형으로 분류하였다.

플로우 레이블을 이용한 하이브리드 방식은 표 2에서 나타난 것과 같이 RSVP 수준의 서비스별 QoS를 보장하면서도 기존 RSVP가 지닌 문제점들을 상당 부분 해소할 수 있다. RSVP는 전체 네트워크상의 라우터들이 각 플로우에 대한 상태 정보를 유지해야 하기 때문에 발생하는 확장성 문제와 플로우 식별을 위해 4계층 이상의 정보를 검색해야 하는 계층 위반(Layer Violation)

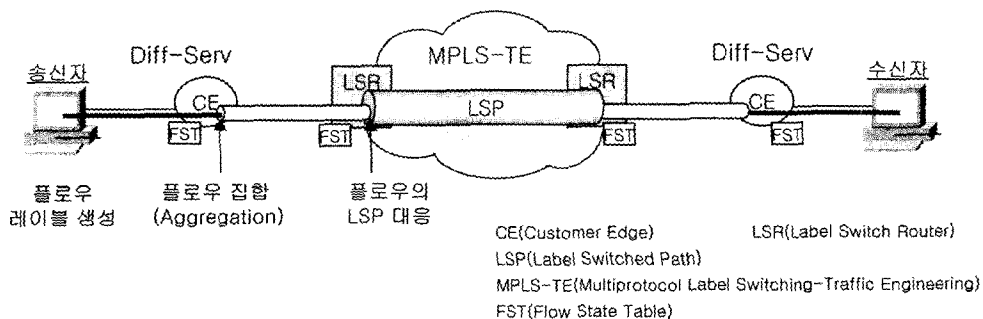


그림 2 차별화된 QoS 제공을 위해 플로우 레이블을 이용한 시스템 모델

표 2 기존의 IPv6 RSVP와 IPv6 하이브리드 플로우 레이블의 비교

| 구분                     | 기존의 IPv6 RSVP   | IPv6 하이브리드 플로우 레이블                                       |
|------------------------|---|--|
| 시그널링                   | RSVP 사용   | RSVP 사용 안함   |
| 플로우 구성요소               | 5개: 송신지 주소, 수신지 주소, 송신지 포트 넘버, 수신지 포트 넘버, 프로토콜 타입                 | 3개: 송신지 주소, 수신지 주소, 플로우 레이블                              |
| 계층위반 (Layer Violation) | 있음  | 없음   |
| 분류 방법                  | UDP/TCP 포트번호로 식별<br>여러 개의 가변길이 IP 헤더를 삽입하므로 QoS 적용을 위한 패킷 분류가 어려움 | IPv6 기본헤더의 플로우 레이블 필드를 사용함으로써 분류가 간단함                    |
| 보안 (Security)          | IPSec에서 전송계층 전체를 암호화함으로써 중간 라우터에서 데이터 패킷의 포트 번호가 은폐됨              | 식별자가 IPv6 기본 헤더에 있으므로, IPSec 사용과 호환됨                     |
| 간단성 (Simplity)         | RSVP 시그널링을 통한 자원예약이 필요하므로 복잡성이 증가함                                | 특별한 시그널링 없이 패킷의 플로우 레이블을 이용하여 FST(플로우 상태 테이블) 생성         |
| 견고성 (Robustness)       | 장애로 인해 플로우 상태 테이블이 사라지면, 다시 RSVP 시그널링을 수행한 후 플로우 상태 테이블 생성        | 장애로 인해 플로우 상태 테이블이 사라지더라도, 네트워크 프로세싱을 통해 플로우 상태 테이블을 재구축 |

문제점이 있다. 이외에도 IPSec 암호화에 따른 패킷 분류 문제와 시그널링 방식을 사용함으로써 장애 발생시 빠른 대처가 어렵다. 이에 반해 플로우 레이블의 하이브리드 방식은 3계층에서 플로우에 대한 분류가 이루어지므로 Layer Violation과 IPSec 암호화 문제를 유발하지 않으며 RSVP와 같은 시그널링을 사용하지 않고 플로우의 첫 번째 패킷에 의해 FST가 생성, 관리되므로 장애 발생시 빠른 대처가 가능하다.

3.2 QoS 제공을 위한 CE 제어 방안

QoS를 요구하는 트래픽에 대해 CE에서는 SLA의 규격 범위 내에서 Ingress LSR까지 트래픽을 전달하는 기능이 수행되어야 한다. CE에서는 크게 두 가지의 작

업이 수행되는데 하나는 FST를 생성하는 일이고 두 번째는 TCB(Traffic Condition Block)와 큐 스케줄링을 통해 실시간 트래픽에 대한 QoS를 제공하는 일이다. 그림 3은 CE에서의 플로우 레이블 제어 메커니즘을 보여주고 있다.

입력 트래픽이 QoS를 요구하는 트래픽인지 여부는 패킷의 플로우 레이블에 의해 결정되는데, 플로우 레이블이 0으로 표기된 경우에는 최선형 서비스로 간주되어 라우팅 테이블(RT : Routing Table)을 통해 경로가 결정된다. 플로우 레이블이 0 이외의 값을 가질 경우 FST에 해당 플로우의 상태 정보 존재 여부에 따라 다르게 처리된다. FST에 해당 플로우의 상태 정보가 존

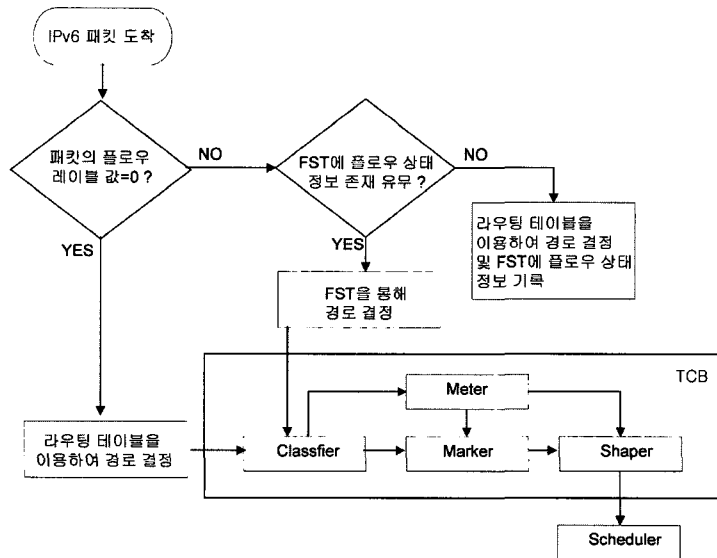


그림 3 CE에서의 플로우 레이블 제어 메커니즘

재하지 않을 경우 RT를 통해 경로를 결정하고 FST에 플로우 상태 정보를 기록한다. FST에 해당 플로우의 상태 정보가 있는 경우에는 FST의 경로 정보를 참조하여 경로가 바로 결정된다.

입력 트래픽의 경로가 결정된 후에는 Diff-Serv 방식에 따라 TCB와 큐 스케줄링을 통해 차별화된 QoS를 제공한다. TCB에서 분류기(Classifier)는 플로우 레이블을 참조하여 패킷을 하드, 소프트, 최선형 등으로 분류한다. 측정기(Meter)는 일반적으로 Leaky Bucket, Token Bucket 등과 같은 알고리즘을 통해 유입된 트래픽을 측정하여 SLA를 준수하는(In-Profile) 패킷인지 위반하는(Out-of-Profile) 패킷인지를 구별한다. 그러나 본 논문에서는 FST가 플로우의 요청대역폭 정보를 포함하고 있는 점을 활용하여 실제 트래픽 전송량을 측정하지 않고 플로우의 요청대역폭 정보만으로 In-Profile 인지 Out-of-Profile 인지의 여부를 판별한다. 이를 위해 SLA에 정의된 가입자별 하드와 소프트 트래픽의 허용대역폭과 FST에 있는 가입자별 하드와 소프트 플로우들의 요청대역폭의 합을 비교하여 SLA를 초과한 트래픽을 제거기(Dropper)를 통해 폐기되도록 한다. 표시기(Marker)는 허용 대역폭 내의 트래픽 중에서 플로우 레이블이 하드로 표기된 패킷은 EF(Expedited Forwarding), 소프트로 표기된 패킷은 AF(Assured Forwarding), 그 외 패킷은 BE(Best-Effort)로 마킹한다. 스케줄러(Scheduler)는 EF로 마킹된 패킷에 대해 PQ(Priority Queuing) 방식을 적용하고, AF와 BE로 마킹된 패킷은 WFQ(Weighted Fair Queuing)을 적용하여 트래픽 특성에 따른 차별적인 QoS를 제공한다.

3.3 QoS 제공을 위한 FST 관리

플로우의 전달 경로상에 있는 노드인 CE 및 MPLS 망의 Ingress LSR과 Egress LSR에서는 FST를 유지함으로써 동일 플로우에 대한 처리 메커니즘을 제공한다. FST의 관리는 플로우 상태 정보의 생성(Add)과 삭

제(Delete), 재설정(Refresh) 과정으로 이루어지며 이를 위해 플로우 타이머 값(t)이 사용되는데, 본 논문에서는 "IPv6 Flow Label Specification"을 참조하여 t값을 60초로 설정하였다.

그림 4는 CE에서 FST를 관리하는 메커니즘을 나타낸다. 플로우 레이블이 부여된 트래픽이 각 노드에 도착했을 때, FST에 플로우 상태 정보가 없는 경우 (즉, 플로우의 첫 번째 패킷이 도착하는 경우)에는 FST에 새로운 플로우 상태 정보를 생성한다. FST에서의 플로우 상태 정보의 관리는 플로우 타이머 값에 의해 결정되는데 플로우 생성시에는 60초로 설정되며 시간이 경과함에 따라 감소되다가 해당 플로우에 속한 패킷이 도착할 경우 다시 60초를 부여한다. 플로우 타이머 값이 0이 된 경우에는 해당 플로우를 FST에서 삭제한다.

FST은 각 플로우별로 플로우 레이블값, 송신지 주소, 목적지 주소, 트래픽 타입, 요청 대역폭, 플로우 타이머 등의 정보를 관리한다. 트래픽 타입 정보는 CE에서 Diffserv의 큐 스케줄링을 위해 사용되고 Ingress LSR에서는 서비스 타입별로 서로 다른 LSP에 대응시키기 위해 사용된다. 요청대역폭 정보는 CE의 측정기(Meter)에서 해당 플로우별로 SLA 준수 여부를 판별하기 위해 사용되고 Ingress LSR에서는 LSP 대역폭의 재조절을 위해서 사용된다.

MPLS망에서의 FST 관리 메커니즘 또한 CE에서의 방식과 유사하나 LSP 대응을 위해 가상 레이블(Virtual Label)이라는 추가 정보가 필요하다. 이에 관한 자세한 설명은 3.4절에서 제시한다.

3.4 LSP 자원의 효율적 사용을 위한 Ingress LSR 제어

MPLS-TE 기술은 ER-LSP(Explicit Routed-LSP) 경로 설정 기능과 IP 트래픽의 종류에 따라서 플로우를 분류하는 기능에 의해 트래픽 특성을 고려하여 논리적 데이터 채널을 구성하고, 각 논리적 채널인 LSP에 대해

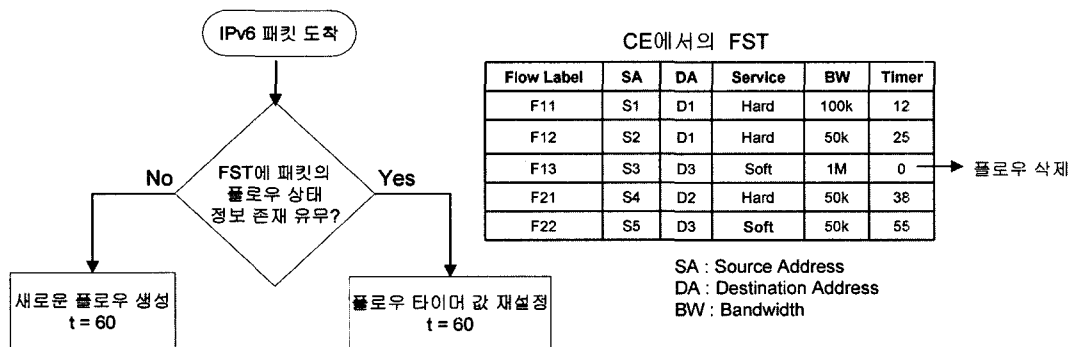


그림 4 CE에서의 FST 관리 메커니즘

자원 할당과 트래픽 흐름을 제어함으로써 가입자에게 차별적인 QoS를 제공한다[11]. 네트워크 사업자는 가입자와의 SLA 계약 내용(서비스 종류, 서비스별 요구 품질(요청대역, 지연, 손실 등))에 따라 이를 만족시킬 수 있는 ER-LSP를 설정하여 자원을 할당하고 유입되는 트래픽 특성을 고려한 ER-LSP 또는 LSP로 트래픽을 분배하여 고품질 서비스를 제공한다. 이때 트래픽 엔지니어링 경로(Traffic-Engineered Path)에 대해서는 지속적으로 계약된 성능을 만족하는지를 감시하고 필요시에 재 라우팅이나 대역폭 증감과 같은 대역폭 최적화(Re-optimization) 과정을 반복적으로 수행하여야 한다. 하지만 LSP에 대한 지연이나 손실, QoS/송신지/수신지 주소별 트래픽 양을 지속적으로 모니터링하여 계약된 SLA의 QoS 수준을 만족하는지를 감시하는 기능은 현실적으로 구현하기 매우 복잡하다.

본 논문에서는 자원 이용의 최적화를 위해 트래픽 양을 모니터링하는 기존 접근 방식과는 달리 플로우 레이블의 하이브리드 방식에서 플로우 레이블에 요청 대역폭이 표기되는 점에 착안하여 LSP의 자원 대역폭을 자동적으로 재설정하는 방안을 제시한다. 이를 위해, Ingress LSR에서는 LSP로 대응되는 플로우들의 상태 정보 처리를 위한 FST 관리, LSP 경로 설정을 위한 LFT를 관리, LSP로 대응되는 플로우들의 요청대역폭을 합산하여 설정된 LSP의 대역폭을 재조정하는 등 3가지 기능이 수행된다. Ingress LSR의 전체적인 트래픽 처리 절차는 그림 5와 같다.

Ingress LSR에서는 QoS를 요구하는 플로우의 처리

를 위한 FST와 MPLS망에서의 경로 설정을 위한 LFT (Label Forwarding Table)를 관리한다. LFT는 un-Labeled 패킷이 도착했을 때 참조하는 FTN(FEC-to-NHLFE Map)과 Labeled 패킷이 도착했을 때 참조하는 ILM(Incoming Label Map)으로 구성된다. Ingress LSR은 CE에서 전송된 트래픽을 패킷의 플로우 레이블에 따라 QoS를 요구하는 트래픽인지의 여부를 결정하고, 플로우 레이블이 0으로 표기된 경우에는 최선형 서비스로 기존 Ingress LSR에서 트래픽을 처리했던 방식과 같이 FTN(FEC-to-NHLFE Map) 테이블을 참조하여 처리한다. 플로우 레이블이 0 이외의 값을 가질 경우에는 앞의 3.2절에서 설명한 것과 동일하게 FST가 생성 및 관리되고, 부가적으로 FST에 가상 레이블(Virtual Label)에 대한 정보가 추가된다. 가상 레이블은 LFT에서 플로우 레이블에 대한 모든 정보를 관리해야 하는 부하를 줄이기 위한 값으로 동일한 FEC로 대응되는 LFT의 입력 레이블(Input Label) 값을 찾아 FST에 그 값을 기록한다. Ingress LSR은 플로우별로 가상 레이블을 사용하여 LSP에 대응시키는 기능을 수행하여야 한다. 이를 위해 Ingress LSR에서는 사전에 IP 프리픽스와 서비스 종류(하드, 소프트, 최선형)에 따라 FEC(Forwarding Equivalence Class)를 구성하고, 각 FEC에 대응되는 LSP를 설정한 다음 동일한 FEC에 대응되는 플로우들이 참조할 수 있도록 입력 레이블을 지정한다. FST에 새로운 엔트리를 추가할 시에는 LFT를 검색하여 동일한 FEC로 대응되는 입력 레이블 값을 찾아 FST의 가상 레이블로 지정하여 각 플로우가 LFT

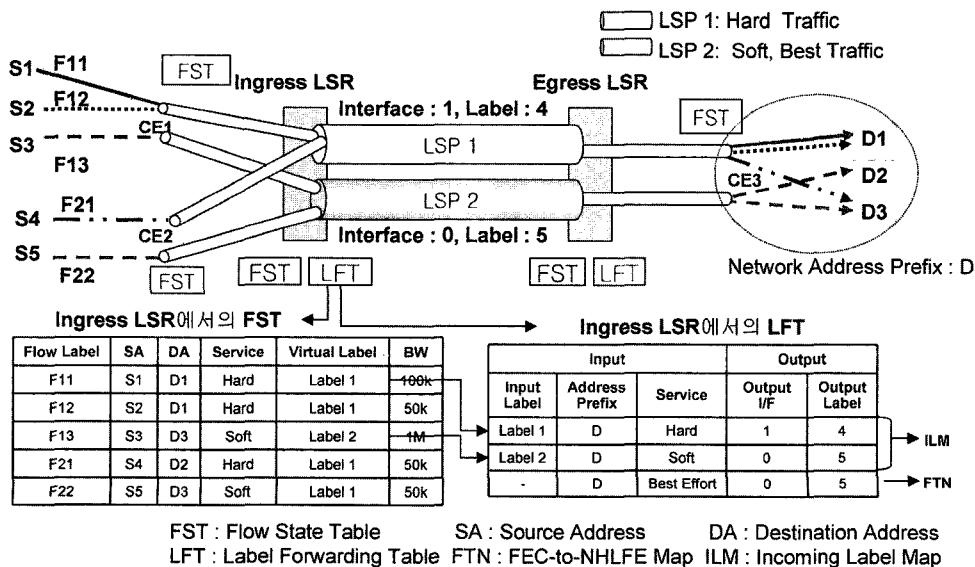


그림 5 Ingress LSR에서의 트래픽 처리 과정

에서 출력 인터페이스와 MPLS 출력 레이블을 선택하여 LSP로 대응될 수 있도록 한다. 결과적으로 Ingress LSR의 LFT는 입력되는 각각의 플로우에 대한 정보를 모두 기록하는 것이 아니라 가상 레이블로 집합화(Aggregation)하여 관리하므로 플로우로 인한 엔트리 수를 감소시킬 수 있다. LFT에서 트래픽을 LSP로 대응시에 하드 트래픽은 MPLS-TE LSP에 대응시켜 대역폭을 재조정하고, 소프트와 최선형 트래픽은 MPLS Diff-Serv를 적용한 LSP에 대응시켜 두 트래픽간에 QoS를 차별적으로 제공한다.

Ingress LSR에서 하드 트래픽이 대응된 LSP의 대역폭을 재조정하기 위해서는 현재 설정된 LSP 대역폭과 동일 가상 레이블을 가지는 하드 트래픽의 요청대역폭 합을 비교하는 과정이 필요하다. 이를 위해 Ingress LSR에서는 데이터베이스 유지가 필요한데, 데이터베이스는 하드 트래픽의 요청대역폭 합과 하드 트래픽용 LSP 설정대역폭에 대한 정보를 관리한다. 데이터베이스의 요청대역폭 합과 설정대역폭을 비교하여 LSP의 대역폭에 대한 재조정 여부가 결정되면 MPLS-TE 시그널링을 이용하여 대역폭을 재설정한다. 하드 트래픽용 LSP의 설정대역폭( $B_c$ )은 해당 LSP에 대응되는 플로우들의 요청대역폭 합( $B_s$ )에 따라 다음과 같이 갱신한다.

• LSP 설정대역폭을 감소시키는 경우

$$B_c = B_s \cdot (1 + \delta) \quad (B_s < B_c \cdot \alpha)$$

• LSP 설정대역폭을 증가시키는 경우

$$B_c = \text{Max}(B_s \cdot (1 + \delta), B_c \cdot (1 + \delta)) \quad (B_s > B_c \cdot \beta)$$

위의 식에서  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 각각 대역폭 재조정을 위한 상위 및 하위 임계치로  $0 < \alpha < \beta < 1$ 의 범위를 가지며,  $\delta$ 는 재조정에 따른 여유 대역폭 확보를 위한 마진율을 나타낸다. LSP의 요청대역폭 합( $B_s$ )이 설정대역폭( $B_c$ )의 하위 임계치보다 적을 경우에 요청대역폭 합( $B_s$ )에 마진율을 고려하여 LSP 대역폭을 감소시킨다. LSP의 요청대역폭 합( $B_s$ )이 설정대역폭( $B_c$ )의 상위 임계치를 초과할 경우에 요청대역폭의 합( $B_s$ )과 설정대역폭( $B_c$ ) 값 중 더 큰 값에 마진율을 고려하여 LSP 대역폭을 증가시킨다. 현재, 플로우 레이블의 6비트 요청대역폭 필드가 나타내는 범위는 Banerjee의 연구에서 32Kbps에서 1Tbps까지로 제시되어 있지만, 명확한 대역폭 설정 기준이 없어 향후 요청대역폭 필드 사용에 대한 구체적인 표준 마련이 필요하다.

### 3.5 QoS 제공을 위한 함수

플로우 레이블을 활용한 IPv6 환경에서 실시간 트래픽의 중단간 QoS를 차별적으로 제공하면서 동시에 백본 자원의 효율성을 증대시키기 위하여 필요한 함수들은 다음과 같이 정의될 수 있다.

1) Flow\_Label Marking () : 송신지에서 사용자가

QoS를 요구하는 트래픽에 대해 플로우 레이블을 부여한다.

- 2) Flow\_Classification () : 각 노드에서는 플로우를 정의된 서비스 유형에 따라 분류하고, 해당 큐의 가용 여부를 검사한다.
- 3) Flow\_State\_Table Timer () : FST는 플로우 상태 정보의 생성과 삭제 및 재설정을 위해 플로우의 타이머(Timer) 값을 사용한다.
- 4) Flow\_Add () : 각 노드에 플로우의 첫 번째 패킷이 도착한 경우, FST에 새로운 플로우 상태 정보를 추가(Add)한다. 이 때 플로우 타이머 값은 60초로 설정된다.
- 5) Flow\_Refresh () : 플로우 생성시 60초로 설정된 타이머 값은 시간이 지남에 따라 감소되다가 해당 플로우에 속하는 패킷이 도착하면 다시 60초로 재설정(Refresh)된다.
- 6) Flow\_Delete () : 플로우 타이머 값이 0이 된 경우, 해당 플로우를 FST에서 삭제(Delete)한다.
- 7) Input\_Label Assignment () : Ingress LSR에서는 사전에 IP 프리픽스와 서비스 종류에 따라 FEC (Forwarding Equivalence Class)를 구성하고, 각 FEC에 대응되는 LSP를 설정한 다음 동일한 FEC에 대응되는 플로우들이 참조할 수 있도록 입력 레이블(Input Label)을 지정한다.
- 8) Virtual\_Label Assignment () : Ingress LSR에서 FST에 새로운 엔트리를 추가할 때 LFT(Label Forwarding Table)를 검색하여 해당 플로우와 동일한 FEC로 대응되는 입력 레이블(Input Label)을 찾아 FST의 가상 레이블(Virtual Label)로 지정한다.
- 9) LSP\_Resizing Decision () : LSP의 대역폭과 해당 LSP로 대응되는 트래픽들의 요청대역폭의 합을 비교하여 LSP 대역폭의 재조정(Resizing) 여부를 결정한다.
- 10) LSP\_Resizing () : LSP 대역폭에 대한 재조정이 결정되면, MPLS-TE 시그널링 프로토콜인 CR-LDP 또는 RSVP-TE를 이용하여 대역폭을 재설정한다.

위의 함수들은 송신자와 경로 상의 모든 노드, Ingress LSR에 각각 적용된다. 함수 1)은 송신자 단말에, 함수 2)에서 6)은 플로우 전달 경로상에 있는 모든 노드에, 함수 7)에서 10)은 MPLS망의 Ingress LSR에 적용된다. 함수 3)에서 6)은 동일 플로우의 빠른 처리를 위한 FST의 동작에 관한 것이고, 7)과 8)은 Ingress LSR에서 LFT의 플로우로 인한 확장성 문제를 해결하기 위한 함수이다. 마지막으로 함수 9)와 10)은 백본 자원의 효율적인 활용을 위해 LSP의 대역폭을 요구량에



맞게 재조절한 것이다.

#### 4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 QoS 개선방안의 성능을 비교 분석하기 위해 2장의 관련 연구에서 기술된 랜덤 넘버 방식과 하이브리드 방식에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 네트워크 시뮬레이터인 ns-2[12]를 사용하였고, TCL/TK 기반 도구인 nam[13]을 이용하여 시뮬레이션 결과를 보였다.

##### 4.1 시뮬레이션 시나리오

그림 6은 본 시뮬레이션에 사용된 ns-2에서의 토폴로지를 나타낸 것으로 CE와 Ingress LSR사이의 액세스(Access) 구간은 Diff-Serv 메커니즘을 사용했고 백본 구간은 MPLS 기술을 적용하였다.

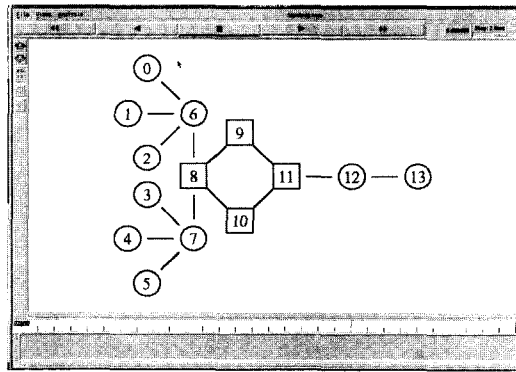


그림 6 ns-2 시뮬레이션 토폴로지

그 밖에 시뮬레이션을 위해 가정한 사항을 요약하면 아래와 같다.

- 트래픽을 발생하는 송신지는 노드 0,1,2,3,4,5 이다.
- CE 노드는 6,7이며 Diff-Serv(WFQ) 기능을 통해 트래픽을 분류하여 해당 큐로 전송한다.
- MPLS 도메인은 노드 8,9,10,11이며, 노드 8,11은 각각 Ingress LSR, Egress LSR 기능을 수행한다.
- 하드 트래픽과 소프트 트래픽은 노드 8,9,11을 경유하여 LSP를 형성한다.
- 노드 12는 더미(Dummy) 노드로서 일반적인 라우터의 역할을 수행한다.
- 노드 13은 트래픽이 전송되는 수신지이다.

본 논문에서는 플로우 레이블의 하이브리드 방식을 시뮬레이션하기 위해 기존 ns-2의 기능을 확장 구현하였다. CE에서는 트래픽의 종류에 따라 서로 다른 큐를 할당할 수 있도록 WFQ 기능을 구현했고, Ingress LSR에서는 3.4절에서 기술한 FST 기능과 ILM 테이블에 가상 레이블을 할당하는 기능 등을 구현하였다. 표 3

표 3 시뮬레이션 환경

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Hardware             | Solaris Ultra 10 |
| Operating System     | Solaris 2.8      |
| Software             | NS-2 2.1b9       |
| Programming Language | C++, OTcl        |

표 4 트래픽 발생 송신지와 유형

| 트래픽 송신지       | 트래픽 타입                   | 트래픽 파라미터   | 각 송신지별 플로우 갯수 |
|---------------|--------------------------|--|---------------|
| 노드 0, 2, 3, 5 | 하드 트래픽 (Exponential 트래픽) | 패킷 크기 : 50 byte<br>Burst 시간 : 1000 ms<br>Idle 시간 : 1350 ms<br>전송 속도 : 300 Kbps | 2             |
| 노드 1, 4       | 소프트 트래픽 (CBR 트래픽)        | 패킷 크기 : 1000 byte<br>전송 속도 : 1 Mbps  | 1             |

표 5 구간별 링크 대역폭 및 지연

| 구간               | 링크 대역폭 | 링크 지연 |
|------------------|--------|-------|
| 트래픽 송신지에서 CE     | 1 MB   | 10ms  |
| CE에서 Ingress LSR | 3 MB   | 10ms  |
| MPLS 도메인의 각 링크   | 3 MB   | 10ms  |
| Egress LSR에서 수신지 | 10 MB  | 10ms  |

은 본 시뮬레이션에 사용된 시스템 환경을 나타낸다.

표 4와 5는 본 시뮬레이션에서 사용된 파라미터의 값을 나타낸다. 표 4에서 각 트래픽 타입별 특성을 반영하기 위해 하드 트래픽 타입은 VoIP 서비스, 소프트 트래픽 타입은 VoD(MPEG-2) 서비스로 전제하였다. 일반적으로 VoIP 트래픽은 Exponential 분포를 따르므로 ns-2의 Exponential 트래픽 에이전트를 이용하고, MPEG-2 트래픽은 CBR(Constant Bit Rate)과 VBR(Variable Bit Rate)를 지원[14]하므로 ns-2의 CBR 트래픽 에이전트를 이용하였다. 각 트래픽 타입별 패킷 사이즈와 전송 속도 등의 파라미터 값은 서비스별 특성을 반영하여 설정하였다.

구간별 링크 구성은 시뮬레이션을 용이하게 하기 위해 표 5와 같이 링크 속성값 중에 대역폭과 링크 지연만을 고려하였다. 송신지에서 Ingress LSR사이의 각 링크 대역폭은 송신지의 트래픽 전송 속도를 반영하여 패킷 손실이 발생하지 않도록 하기 위해 트래픽 송신지에서 CE구간은 1Mbps, CE에서 Ingress LSR 구간은 3Mbps로 대역폭을 설정하였다. Ingress LSR과 Egress LSR 사이의 각 링크 대역폭은 송신지들의 평균 트래픽의 합이 링크 대역폭을 초과할 수 있도록 3Mbps로 설정하였다. 이 같은 설정을 통해 MPLS 도메인에서 링크 처리용량 이상의 트래픽 부하를 부과하여 랜덤 방식과 하이브리드 방식에서 하드와 소프트 트래픽의 처리 성능 차이를 비교하였다.

본 논문에서 시뮬레이션은 두 가지 성능 메트릭에 초점을 두어 수행하였다. 첫 번째로 하이브리드 방식에서 LSP의 대역폭 재조절 기능의 수행 여부에 따른 LSP 대역폭 이용률의 변화를 비교하였다. 이를 위해 대역폭 재조절에 필요한 하드 트래픽을 발생하는 송신지 노드 0,2,3,5는 표 4의 Exponential 분포에 따라 트래픽을 생성하고, 이들 트래픽은 MPLS 노드 8,9,11 사이에 형성된 LSP를 통과하게 된다. 이때 LSP 대역폭의 초기값을 3Mbps로 설정하여 대역폭 재조절에 여부에 따른 LSP 이용률을 측정하였다.

두 번째로 하이브리드 방식과 랜덤 넘버 방식에 대해 트래픽 처리 성능의 차이를 비교하였다. 이를 위해 표 4의 설정값에 따라 각 송신지는 하드 또는 소프트 트래픽을 생성하고, 이들 트래픽은 MPLS 노드 8,9,11 사이에 형성된 LSP를 통과하여 수신지로 전송된다. 수신지에서는 랜덤 방식과 하이브리드 방식에 대해 하드와 소프트 트래픽의 처리 성능을 측정하였다. 이때 비교 대상인 하이브리드 방식과 랜덤 넘버 방식은 트래픽 분류 기준과 LSP 대역폭의 재조절 수행여부에서 차이가 있다. 즉, 랜덤 넘버 방식은 플로우 레이블 값이 표시된 트래픽에 대해 모두 엄격한 QoS를 요구하는 실시간 트래픽으로 간주하여 동일한 LSP로 대응하는 반면에 하이브리드 방식은 실시간 트래픽을 하드와 소프트로 구분하여 요구하는 트래픽의 우선순위에 따라 차별적으로 서비스를 제공하기 위해 서로 다른 LSP로 대응시킨다. 특히 하이브리드 방식은 하드 트래픽과 같은 엄격한 QoS를 요구하는 트래픽에 대해서는 보장성의 강화를 위하여 LSP 대역폭의 재조절을 허용한다.

따라서 본 시뮬레이션에서는 두 방식의 성능 차이를 공정하게 비교하기 위해 하이브리드 방식에서 하드와 소프트 트래픽을 별도의 LSP가 아닌 동일한 LSP로 대응시키고 LSP 대역폭을 3Mbps로 설정하고 재조절하지 않음으로써 랜덤 넘버 방식과 유사한 환경을 구현하였다. 단, 하이브리드 방식에서는 고정된 LSP 대역폭내에서 WFQ가 적용되는 각 큐별로 서비스되는 트래픽의 양(대역폭)을 동적으로 재조절하는 방식으로 트래픽 우선순위에 따라 차별화된 서비스 제공이 가능하도록 구성하였다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과 분석

그림 7은 노드 하이브리드 방식에서 하드 트래픽을 전송하는 LSP에 대한 대역폭 재조절 여부에 따른 이용률 변화를 나타낸다. 고정 대역폭을 사용하는 LSP의 경우에는 트래픽의 증감에 따른 대역폭 변동이 없기 때문에 전송 트래픽이 LSP 대역폭보다 적을 경우에는 이용률이 낮게 나타난다. 반면 대역폭을 재조절한 LSP의 경우에는 트래픽 증감에 따라 동적으로 LSP 대역폭 크기

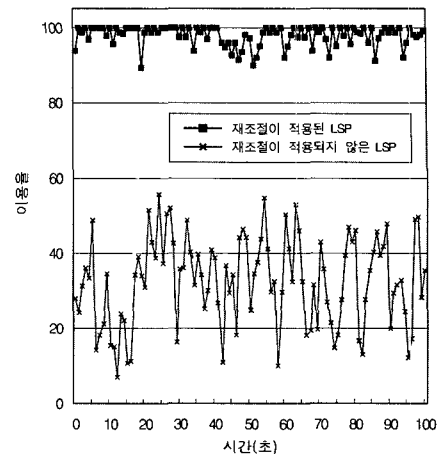


그림 7 하이브리드 방식의 LSP 대역폭 이용률

를 변화시키므로 거의 100%에 가까운 이용률을 보이고 있다. 이는 시뮬레이션 도구의 특성으로 인해 재조절에 따른 처리 지연, 대역폭 재조절의 임계치, 플로우의 요청 대역폭과 실제 전송 트래픽의 차이 등이 반영되지 않은 결과로서 실제 구현 환경에서는 이보다 낮은 이용률을 나타낼 것으로 예상된다.

그림 8과 9는 소프트와 하드 트래픽에 대해 수신지 노드 13에서 측정한 각 방식별 처리 성능을 나타낸다. 그림 8에서 보면 하드와 소프트를 포함하는 실시간 트래픽의 총 합계가 LSP 대역폭인 3Mbps를 초과하는 구간 즉, 소프트 트래픽인 CBR 트래픽의 합계가 2Mbps 이므로 하드 트래픽의 합계가 1Mbps를 넘는 구간에서 하이브리드 방식이 랜덤 넘버 방식에 비해 보다 많은 하드 트래픽을 처리한다. 반면에 소프트 트래픽의 경우에는 그림 9와 같이 실시간 트래픽의 총 합계가 LSP 대역폭을 초과하는 구간에서 하이브리드 방식에 비해 랜덤 넘버 방식의 처리 성능이 높게 나타난다.

하이브리드 방식에서는 Ingress LSR에서 하드와 소프트 트래픽을 별도의 큐로 관리하여 큐별 서비스 트래픽 양의 조절하므로 실시간 트래픽이 LSP 대역폭을 초과하여 유입되는 경우에는 그림 8과 같이 엄격한 QoS를 요구하는 하드 트래픽의 전송을 보장할 수 있다. 또한 실시간 트래픽이 LSP 대역폭 미만으로 유입되는 경우에는 하드 트래픽이 점유한 대역이외의 여유 대역폭을 소프트 트래픽이 사용 가능하게 되어 그림 9와 같이 소프트 트래픽의 처리 성능이 2Mbps가 초과하는 구간이 발생하게 된다.

랜덤 넘버 방식에서는 하드와 소프트 트래픽을 구분하지 않아 Ingress LSR에서 두 가지 트래픽이 동일한 큐에 할당되어 처리된다. 따라서 총 전송 트래픽이 LSP 대역폭을 초과할 경우에 초과된 트래픽에 대해 거의 동

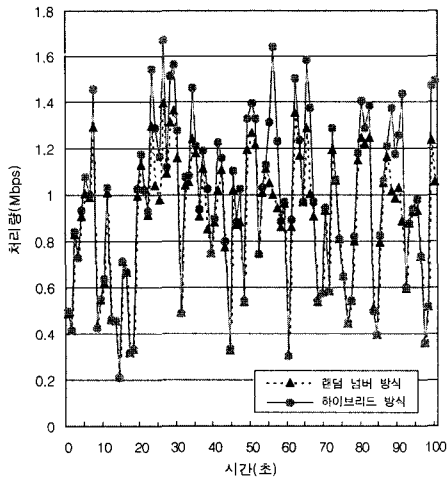


그림 8 하드 트래픽의 처리 성능

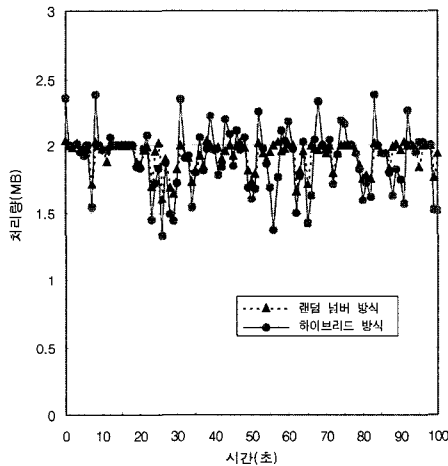


그림 9 소프트 트래픽의 처리 성능

일한 비율로 패킷의 지연 또는 폐기 현상이 발생하게 되어 하이브리드 방식에 비해 하드 트래픽의 처리 성능이 낮게 나타난다.

**5. 결론 및 향후과제**

본 논문에서는 IPv6의 플로우 레이블에 QoS 파라미터를 부여하는 하이브리드 방식을 기반으로 하여 실시간 트래픽에 대한 QoS 보장과 백본 자원의 효율성을 증대시키는 방안을 제시하였다. 송신자가 표시한 QoS 파라미터를 통해 실시간 트래픽을 엄격한 QoS를 요구하는 하드 트래픽과 상대적으로 느슨한 QoS를 요구하는 소프트 트래픽으로 구분하고, 하드 트래픽에 우선순위를 더 높게 부여하여 하드 트래픽의 QoS를 우선으로 보장하였다. 하이브리드 방식은 이 외에도 요청대역폭,

버퍼요구량, 지연값에 따른 트래픽 세분화가 가능하며 세분화된 트래픽별로 차별화된 서비스 제공이 가능하다.

본 논문에서 제안된 플로우 레이블의 하이브리드 방식은 트래픽을 플로우 단위로 처리하기 위해 라우터가 플로우 상태 테이블(FST)을 관리할 수 있어야 한다. FST를 통해 트래픽을 플로우 단위로 처리하여 트래픽 처리 속도를 향상시켰으며, 기존 Int-Serv에서 RSVP 시그널링 방식을 사용하여 FST를 생성한 것과는 달리 플로우의 첫 번째 패킷을 통해 FST가 생성되도록 간략화하고 FST의 장애에 대한 대처도 향상시켰다. 또한, 플로우 레이블의 요청대역폭 정보를 활용하여 MPLS 네트워크에서 LSP 자원의 이용 효율성을 증대하였다. 이를 검증하기 위해 시뮬레이션을 통해 하이브리드 방식의 성능을 평가하였다. 그 결과 대역폭 재조절을 통한 LSP 대역폭 이용률의 증대와 기존 랜덤 넘버 방식에 비해 하드 트래픽에 대한 처리 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 플로우 레이블의 하이브리드 방식은 향후 도입될 순수 IPv6망에서 실시간 트래픽에 대한 QoS 보장을 통해 가입자에게 차별화된 프리미엄 서비스를 제공하고자 하는 사업자에게 유용할 것이다. 향후 과제로는 QoS를 보장하면서도 라우터에서 FST를 간단하게 관리할 수 있는 방안과 플로우 레이블의 버퍼요구량과 지연값을 활용하여 보다 엄격하고 세분화된 QoS를 제공하는 방안에 대한 연구가 필요하다. 또, 플로우 레이블의 요청대역폭, 버퍼요구량, 지연값 필드의 설정 기준에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

**참고 문헌**

- [1] fabio M. Chiussi, et al., "Mobility Management in Third-Generation All-IP Networks," IEEE Commun. Mag., vol. 40 No.9, pp. 124-135, Sep. 2002.
- [2] S. Deering, and R. Hinden, et al., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, Dec. 1998.
- [3] D. Awduche, et al., "Requirements for Traffic Engineering over MPLS," RFC 2702, Sep. 1999.
- [4] R. Braden, et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification," RFC 2205, Sep. 1997.
- [5] Y. Bernet, et al., "An Informal Management Model for DiffServ Routers," RFC 3290, May 2002.
- [6] S. Schmid, et al., "QoS-based Real-time Audio Streaming in IPv6 Networks," from in Proc. of SPIE Vol. 3529, Internet Routing and Quality of Service, Boston, 1998.
- [7] J. Rajahalme, et al., "IPv6 Flow Label Specification," Work in Progress, Internet Draft, Dec. 2002.

- [8] R. Banerjee, et al., "A Modified Specification for Use of the IPv6 Flow Label for Providing an Efficient Quality of Service Using a Hybrid Approach," Work in Progress, Internet Draft, Apr. 2002.
- [9] E. Crawley, et al., "A Framework for QoS-based Routing in the Internet," RFC 2386, Aug. 1998.
- [10] R. Bush, et al., "Some Internet Architectural Guidelines and Philosophy," RFC 3439, Dec. 2002.
- [11] Walder, and Bob, "Service Level Agreements," Connections Newsletter from the NSS Group, Mar. 1998.
- [12] "The ns-2 simulator," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [13] "The nam animator," <http://www.isi.edu/nsnam/nam/>
- [14] A. Mehaoua and R. Boutaba, "The Impacts of Errors and Delays on the Performance of MPEG2 Video Communications," Proceedings of the IEEE International Conference On Acoustics, Speech, and Signal Processing 1999.



#### 이 인 화

경북대학교 전자공학과 공학사(1987년)  
 중앙대학교 정보대학원 공학석사(1994년). 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사수료(2000년). 대신증권 전산센터(1987년). 포스데이터 SI사업부(1992년). 1992년~현재 (주) CST 상무이사/CTO. 정보통신부 IPv6 실무추진단 위원. 한국전산원 과제평가 위원. 관심 분야는 IPv6, NGI, VPN, MPLS, Mobile IP

#### 김 성 조

정보과학회논문지 : 정보통신  
 제 30 권 제 4 호 참조