

# MPLS 네트워크에서 VoIP 트래픽의 QoS 향상을 위한 DiffServ 지원 모듈 설계

김창민\*, 이재기  
동아대학교 컴퓨터공학과

## Design of DiffServ Support Module to improve QoS of VoIP Traffic in MPLS Network

ChangMin Kim, JaeKee Lee  
Dept. of Computer Engineering, Dong-A Univ.

### 요 약

본 논문에서는 차세대 인터넷으로 진화함에 있어 새로운 핵심 기술로 평가 받고 있는 MPLS 네트워크에서 VoIP 서비스 제공을 위하여, DiffServ 모듈을 지원하는 MPLS 네트워크를 NS-2로 구성하였다. 여기에 VoIP 트래픽이 혼잡할 때에도 전송 품질을 보장 받을 수 있는 DiffServ 모듈을 지원하는 QoS 모듈을 제안하였다. 이를 이용하여 VoIP 트래픽이 혼잡할 때에도 요구되는 전송 품질을 보장 받을 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인했다.

### 1. 서론

인터넷의 폭발적인 증가와 다양한 응용 서비스의 등장으로 인하여 기존의 인터넷 방식에 획기적인 변화가 요구되고 있다. 이런 변화를 수용할 수 있는 기술 중에서 가장 각광 받고 있는 기술이 MPLS(Multiprotocol Label Switching)이다. [3]

현재 인터넷은 다양한 미디어의 트래픽 특성에 따른 차별화된 서비스를 요구한다. 특히 VoIP(Voice over IP)와 같은 음성 트래픽은 실시간성을 요구하며 네트워크 상의 혼잡이 발생한 경우에도 우선적으로 처리되어야 하는 특성을 가진다. 이러한 서비스 요구를 수용하기 위해서는 대역폭, 접근 장치, 스위치, 라우터와 같이 제한적인 네트워크 자원의 활용도를 높

이고, 개별적인 응용프로그램에서 서비스 분류를 적용하는 기법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 서비스를 분류하고 적용할 목적으로 이전에 제안된 QoS(Quality of Service) 보장 기법을 알아보고, 인터넷 트래픽 증가에 따른 고속 대용량 백본 및 VPN(Virtual Private Network) 서비스와 같이 다양한 기능을 수용할 수 있는 MPLS 네트워크상에서 VoIP 트래픽의 QoS 보장 방법을 고찰하여 DiffServ 지원 모듈을 제안한다.

### 2. 관련연구

VoIP(Voice over IP)와 같이 인터넷에서 QoS 보장을 요구하는 새로운 응용 서비스들의 출현으로 IP

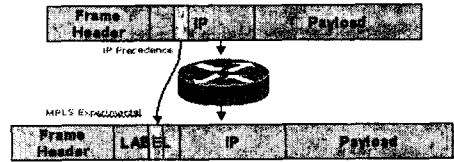
QoS가 중요한 과제로 대두되고 있다. 현재의 인터넷은 베스트 에포트 서비스만을 제공하기 때문에 서비스에 따른 패킷의 지연 등과 같은 요구 사항을 보장하지 못하고 있다. 따라서 인터넷에서 서비스의 QoS를 보장하기 위하여 제안된 서비스 모델인 IntServ(Integrated Services)와 DiffServ(Differentiated Services)이다. [4]

이 논문에서는 DiffServ 모델에 한정하여 특정한 예지간 서비스가 아닌 홉 단위의 큐 관리 및 스케줄링 기능인 PHB(Per Hop Behavior)로 QoS를 제공하는 것에 초점을 맞춘다. DiffServ 모델에서 표준화한 PHB는 다음과 같다.

EF(Expected Forwarding)는 경로상의 모든 라우터들이 EF 패킷에 대한 처리를 적어도 패킷들이 도착하는 속도보다는 빠르게 하도록 요구하기 때문에 PDR(Peak Data Rate)로 자원을 예약하여야 한다. AF(Assured Forwarding)는 예지간 서비스를 위한 하나의 PHB Group으로서, 지연에 민감하지 않으며 폐기우위를 갖고 있어 CDR(Committed Data Rate)로 예약하여도 무방한 클래스이다. LSP(Label Switched Path)는 MPLS 네트워크에 입력된 패킷을 목적지 주소와 포트번호를 갖고 EF에 속하는 응용 범주인 경우에는 EF LSP로 패킷을 전달하고 AF에 속하는 응용 범주인 경우에는 AF LSP로 패킷을 전달하고, DF에 속하는 응용 범주의 경우에는 DF LSP로 패킷을 전달하도록 차별화된 LSP를 제어한다. 이렇게 차별화되어 전송된 패킷은 그 다음 홉에 있는 LSR(Label Switch Router)로 전달되고, 패킷을 전달받은 LSR은 LIB(Label Information Base)만을 보면서 레이블 스위칭을 하여 패킷을 최종 LER(Label Edge Router)까지 전달하도록 LSP를 제어한다.

MPLS 네트워크에서 DiffServ 모델을 지원하기 위해서는 IP 헤더에 있는 DSCP(Differentiated Service Code Point) 코드에 따라 DiffServ 클래스의 BA(Behavior Aggregate)를 지원할 수 있도록 다른 기능을 추가하여야 한다. MPLS에서는 그림 1과 같은 헤더 포맷을 가지며 헤더의 EXP 필드가 DSCP와 같은 목적으로 사용할 수 있으나 EXP 필드의 길이는 3비트이다. 이로 인해 6비트 DSCP의 모든 값을 EXP

필드로 일대일 사상시키는 것이 불가능하므로 IETF에서는 MPLS에 DiffServ를 지원하는 두 가지 방법을 제안하고 있다.[5]



[그림 1] MPLS Label 포맷

### 2.1 E-LSP(EXP-Inferred PSC LSPs)

단일 LSP를 위한 단일 FEC(Forwarding Equivalency Class)에 8개의 BA를 사상시켜 DiffServ 모델을 지원하는 방법으로, MPLS 헤더의 EXP 필드 3비트를 이용하여 패킷에 적용할 PHB를 결정하는데 사용한다. LSP에 대한 EXP 필드로부터 PHB로의 사상은 레이블 설정 시 명시적으로 나타내거나 미리 구성해 놓은 사상을 사용한다. 이 방법은 MPLS 헤더의 EXP 필드를 사용하므로 추가로 신호 처리 프로토콜이 필요 없고, 어떠한 레이블 분배 프로토콜과도 잘 어울린다는 장점이 있다.

### 2.2 L-LSP(Label-Only-Inferred PSC LSPs)

E-LSP를 사용한 방법이 8개의 PHB만 지원하기 때문에 그 이상의 PHB를 지원하기 위해 제안된 방법이 L-LSP이다. 이 방법은 디폴트 패킷과 프리미엄 패킷을 위한 LSP와 단일 AF의 클래스, 예를 들면 AF1y를 처리하기 위한 LSP를 각각 사용한다. 여기에 AF 클래스인 경우에는 EXP 필드를 추가로 사용하여 드롭 우선 순위를 표시한다. 어느 PHB가 어느 레이블과 결합되는지를 결정하기 위해서 FEC로 주로 사용되는 프리픽스와 PHB가 함께 레이블을 결정하도록 LDP(Label Distribution Protocol)를 확장해야 한다는 단점이 있다.

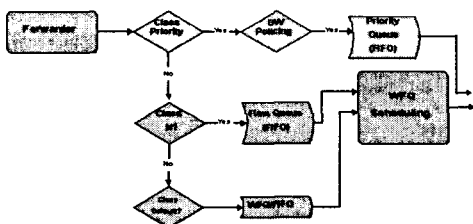
DiffServ 모델은 플로우에 따라 개별적인 서비스

를 제공받으려는 IP 트래픽을 한정된 수의 서비스 클래스로 분류하는 것을 허용한다. 따라서 DiffServ 모델의 서비스 클래스는 더 적은 수의 서비스 클래스로 집약화 될 수 있다.

본 논문에서는 네트워크의 확장성을 고려하여, 서비스 클래스를 프리미엄과 금의 한 가지 하위 클래스를 지나는 올링픽 클래스와 최선형 서비스로 구분하고 E-LSP 터널링 방식을 사용한다.

### 3. 제안 모델

인터넷 전화에서 상대방과 통화를 할 경우, 지연이 너무 크면 원활한 대화가 힘들어진다. ITU-T에서는 종단간 전화통화에서 단방향 지연시간을 400ms 이내로 권고하고 있다. 하지만, 인터넷 전화를 통해 원활한 통화 품질을 얻기 위해서는 지연 시간이 100ms 이내가 되어야 한다. 또한 인터넷을 통해 전송되는 음성 패킷이 손실되거나 패킷들이 일정하지 않게 들어오는 전송 지연의 편차가 너무 크게 되면 전화 통화 품질을 떨어뜨리는 요인이 된다. 그러므로 라우터에서 이러한 점을 고려한 그림 2와 같은 제안된 QoS 지원 모듈을 이용한 큐잉 방식을 이용하여 최소한의 지연 시간과 패킷 손실을 보장하고 지터를 줄여야만 한다.[6]



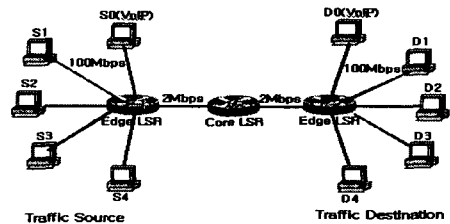
[그림 2] 제안 QoS 지원 모듈

그림 2에서 보여지는 것과 같이 제안된 QoS 지원 모듈에서는 VoIP 트래픽을 우선적으로 서비스하기 위해서 우선순위 큐를 해당 출력 인터페이스 쪽에 일정 크기의 대역폭으로 미리 선정을 해두고 그 외의 트래픽들은 해당 클래스에 매치하여 각각의 가중치가 부여된 큐들에 저장되어 스케줄링된다. 여기

에서 각 클래스의 구분은 MPLS 네트워크의 에지 LSR에 의해 부여된 EXP 필드의 값에 따라 수행된다. VoIP 트래픽에 대해 우선순위 큐를 적용함으로써 요구되는 지연시간과 패킷 손실을 보장하고 지터를 줄일 수 있을 것이다.

### 4. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안된 QoS 지원 모듈을 위한 시뮬레이션은 가상 네트워크 테스트 환경을 구축하기 위해 시도되고 있는 VINT 과제에서 구현된 NS-2 시뮬레이터를 사용하였다.[7] 시뮬레이션을 위한 네트워크 구성은 그림 3과 같다.



[그림 3] 시뮬레이션 토폴로지

그림 3에서 시뮬레이션 토폴로지는 모두 13개의 노드로 구성되고, 중간의 3개의 노드가 MPLS 노드로 동작하도록 구성하였다. E1 노드와 C 노드는 MPLS 노드이면서 제안된 QoS 모듈을 포함하고 있고, 각각의 트래픽 클래스의 정의는 아래의 그림 4와 같다.

Traffic class	Traffic Type	PHB	MPLS EXP	DSCP value	Bandwidth
Premium	VoIP	EF	0	46	300Kbps
Gold	Telnet, FTP	AF	1	10	1Mbps
Best Effort	Everything else	Default	2	0	700Kbps

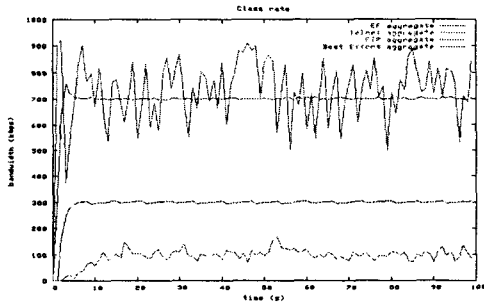
[그림 4] 클래스의 정의

S0 노드와 VoIP 트래픽을 생성하고 이 트래픽은 D0 노드를 목적지로 한다. 시뮬레이션을 위해 선택된 VoIP 트래픽의 코덱은 ITU-T G.723.1이고, 이 코덱은 전화 응용을 위해 만들어진 것이다. VoIP 트래픽

은 1.004초 ON 주기와 1.587초 OFF 주기를 가지는 지수 ON/OFF 분포로 모델링 하였고, 각 프레임은 30 ms 오디오 표본을 가지는 두 프레임들이 각 패킷으로 옮겨진다.

#### 4. 시뮬레이션 결과의 성능 평가 및 분석

그림 5에서 보여지는 것처럼, VoIP 트래픽이 속한 EF 클래스는 요구되는 300 Kbps의 대역폭을 우선 순위 큐의 일정한 크기의 대역폭을 선점을 통하여 정확하게 서비스 받는다는 것을 확인할 수 있다. 이에 반하여 AF 클래스에 해당하는 FTP 트래픽과 Telnet 트래픽은 각 트래픽이 해당하는 큐에 적용된 정책에 해당하는 서비스 받는다는 것을 알 수 있다.



[그림 5] 클래스별 서비스율

VoIP 트래픽이 해당하는 EF 클래스에선 전혀 패킷의 드랍이 일어나지 않지만, 일부 AF 클래스와 BE 클래스에 해당하는 트래픽들은 패킷이 드랍이 일어나는 것을 그림 6을 통해서 확인할 수 있다.

Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
0	23130	99.43%	0.57%	0.00%
10	540	100.00%	0.00%	0.00%
12	3123	100.00%	0.00%	0.00%
14	2287	67.12%	0.00%	32.88%
46	1369	100.00%	0.00%	0.00%
50	12663	0.00%	0.00%	100.00%
All	43152	68.56%	0.31%	31.13%

Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
0	46414	99.72%	0.28%	0.00%
10	1137	100.00%	0.00%	0.00%
12	6248	100.00%	0.00%	0.00%
14	4807	68.25%	0.00%	31.75%
46	2828	100.00%	0.00%	0.00%
50	25795	0.00%	0.00%	100.00%
All	87149	68.50%	0.15%	31.35%

[그림 6] 패킷 드랍 비율

#### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 MPLS 네트워크에서 VoIP 트래픽의 QoS를 향상시키기 위한 DiffServ 지원 모듈을 제안하였고, 이 모듈이 혼잡할 때에도 VoIP 트래픽에 대해 요구되는 서비스율을 정확하게 유지한다는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

향후 MPLS 네트워크에 CR-LDP(Constraints-Based Routing Label Distribution) 메커니즘을 적용하여 트래픽에 제약조건을 부가한 환경에서도 제안된 DiffServ 지원 모듈을 통해 VoIP 트래픽의 전송시 얼마만큼의 성능향상이 나타나는지에 대한 연구가 필요하다.

#### [참고문헌]

- [1] U. Black, "MPLS and Label Switching Networks", Prentice Hall, 2001
- [2] Sanjay Jha, Mahbub Hassan, "Engineering Internet QoS" Artech House, 2002
- [3] E. Rosen, A. viswanathan, R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031, January 2001
- [4] S. Blake et al, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 1998
- [5] F. Faucheur et al, "MPLS Support of Differentiated Services", RFC 3270, May 2002
- [6] 서진원, "VoIP Service 제공을 위한 Differentiated Service 와 MPLS", 정보과학회 2002년 추계학술대회, 2002
- [7] NS-2, "The Network Simulator - ns-2", <http://www.isi.edu/nsnam/ns>