

# 실시간 서비스의 QoS 향상을 위한 알고리즘

곽재원\*, 한만호\*\*, 홍계표\*

\*서울통신기술

e-mail:sulwon93@unitel.co.kr

## A Study on Algorithm for QoS improvement of Real Time Service

Jae-Won Kwak\*, Man-Ho Han\*\* Gye-Pyo Hong\*

\*Seoul Communication Technology

### 요 약

VoIP 기술의 확산과 그에 따른 IP기반의 망을 포함한 Packet, Multimedia 서비스를 제공하는 서비스가 늘고 있다. 실시간 서비스를 필요로 하는 음성 트래픽 같은 경우에는 그에 따른 경로에 확실한 QoS의 보장 조건이 요구되며 사용자가 지불한 대금에 따라 서비스에 차별성을 두는 차등 서비스에 대한 연구가 활발해지고 사용자들에게 신뢰성 있는 서비스를 제공할 수 있는 기술이 필요하게 되었다. IP 네트워크에서의 음성전송은 현재의 전화통신요금보다 절반 이상 저렴하고 여러 가지 부가 서비스를 창출할 수 있다. 하지만 Best-effort Service만을 지원하는 기존의 망에서는 실시간 서비스의 품질을 보장할 수가 없기에 실시간 서비스에 대한 품질보장이 반드시 필요하다.

### 1. 서론

음성 및 비디오와 같은 멀티미디어 데이터와 다양한 실시간 응용 프로그램들의 등장으로 좀더 좋은 질의 서비스를 받기 위한 사용자들의 요구가 급증하게 되었고 QoS 보장을 요구하는 새로운 응용 서비스들의 출현과 함께 IP QoS의 문제는 차세대 인터넷에서 가장 중요한 과제의 하나로 등장하고 있다. 현재의 서비스 전달 방식인 Best-effort 방식은 가능한 한도 내에서 최대한 빠르게 트래픽을 처리하지만 시간 측면이나 실제 전달 여부에서는 어떠한 보장도 해줄 수 없기 때문에 사용자들에게 차별화된 서비스를 제공해 줄 수가 없다. 이에 차별화된 서비스를 제공할 수 있도록 하는 방안으로 DiffServ와 IntServ, MPLS에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 기존에 연구되어진 QoS에 대한 제안된 방법들과 실시간 트래픽에 대한 전송방안을 살펴보고 문제점을 고찰하여 보다 성능을 향상시킬 수 있으며 QoS를 제공해 줄 수 있는 알고리즘과 방안을 제시하였다.

보안하고자 서비스의 클래스를 유한 개수로 한정, DiffServ WG에서 제안된 IP망에서 QoS를 보장하는 기술이다. DiffServ 영역의 입구노드(ingress node)는 그림 1에서처럼 도착된 패킷의 IP 헤더 내의 ToS(Type of Service)를 검사하여 그 영역내의 모든 노드에서 그 패킷이 받게 될 패킷 전달 서비스 즉 PHB(per hop behavior)에 따라 분류한다. 이 때, 동일한 패킷 전달 서비스를 받게 될 패킷들의 집합을 BA(behavior aggregate)라고 부른다. 한 BA에 속한 모든 패킷은 동일한 DSCP(DiffServ Codepoint)를 부여 받게되고 망 내부 노드들 사이에서는 패킷 포워딩시 이 DSCP 필드만을 참조하여 해당 패킷에 대해 적절한 스케줄링(scheduling)과 패킷 폐기 처리(dropping)를 행하게 된다. 때문에 플로우별로 상태나 정보를 유지할 필요가 없으며, 복잡한 트래픽 조절(traffic conditioning) 기능을 모두 망의 경계 노드(boundary node)에서 수행하므로 확장성에 장점이 있다.

IP Version	IP Header Length
DSCP(6bit)	currently unused
(rest of IP Header)	

그림 1. IP 헤더에서 DSCP field

### 2. Diffserv over MPLS망의 구성

DiffServ는 IETF에서 Intserv모델의 확장성 문제를

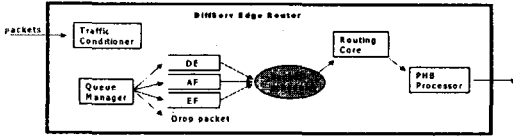


그림 2. Diffserv packet scheduling algorithm

DiffServ 제공능력을 갖는 DS망은 여러 ISP망으로 구성될 수 있다. ISP를 연결하는 링크 사이의 경계에 경계 라우터(Edge router)가 존재하며, 또한 DS망과 Non-DS망과 연결되는 위치에도 경계라우터가 존재하게 된다. 또한 QoS를 제공하기 위한 망의 자원관리 및 SLA(Service Level Agreement)에 따른 자원 할당을 위한 Agent인 BB(Bandwidth Broker)가 있다. 대역폭 브로커는 SLA(Service Level Agreement)에 의하여 할당된 대역폭에 관한 정보를 저장, 할당을 위한 소프트웨어라고 볼 수 있다. IP 망에서 DiffSserv를 지원할 경우 초고속통신망인 MPLS망에서도 DiffServ를 지원해주어야 중단간 QoS를 보장할 수 있기 때문에 두 가지 기술의 연동에 관한 연구가 MPLS WG에서 진행되고 있다. DiffServ와 MPLS는 방식 상 유사성을 갖는다. MPLS도 입구노드에서 패킷의 FEC(packet equivalence class)에 부합하는 Label을 할당하면 내부노드에서는 입력 레이블을 출력 레이블로 변환(swapping)만 해주면 된다. 때문에 3계층을 매번 참조하지 않고 2계층의 초고속전송이 가능한 것이다. 하지만 고속 패킷 전달과정에서 어떤 스케줄링과 패킷 폐기 처리로 전달되는가에 관한 패킷의 전달 QoS 결정은 DiffServ에 의해 이루어지고, 패킷의 전달과정은 MPLS의 labels 에 의해 결정된다.

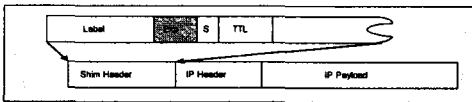


그림 3. MPLS망에서 shim header 구조

DSCP값은 MPLS헤더의 값으로 매핑되는데 DiffServ는 IP패킷의 6bit의 DSCP를 보고 PHB를 결정하게 된다. 이러한 DiffServ의 정보를 MPLS에 전달하는데 두가지 방법이 제안된다. 첫 번째 방법인 E-LSP(EXP - inferred PSC LSP)는 MPLS Domain내의 한 노드에서 다른 노드로 두 PHB class의 패킷이 전달된다고 할 때 동일한 LSP(같은 label값)을 통해서 전달되나 EXP 값에 의해서 다른 버퍼에 들어간다. E-LSP는 단지 MPLS의 EXP-field를 DiffServ의 DSCP 필드와 매핑한다. 이 방법은 EXP 필드에 의해 8 PHBs의 다른 서비스를

제공하도록 하는 것이다.

두 번째 방법인 L-LSP(Label inferred PSC LSP)는 다른 label값에 의해서 다른 버퍼에 들어가거나 폐기 우선 순위는 EXP 값에 의해 결정된다. L-LSP는 label과 FEC 사이의 결속하여 하나의 LSP를 매핑하는 방법이다. 같은 AF 클래스 패킷은 같은 버퍼에 들어간다. 들어간 패킷은 EXP에 의해 8 클래스의 차등화 된 서비스를 제공하는 방법이다. L-LSP의 방법은 여섯 개의 L-LSP를 설치하여 Codepoint의 3bits를 분석해서 여섯 가지의 Class로 나눈다. Class는 표 1과 같이 구성된다. 앞의 3bits에 의해 다른 L-LSP로 들어간 후 표2에서와 같이 나머지 3bits로 우선 순위가 결정된다.

PHB	Codepoint
DF PHB	000000
AF PHB	AF1x, AF2x, AF3x, AF4x
EF PHB	101110

표 1. PHB의 Codepoint

Drop Precedence	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low	001010	010010	011010	100010
Medium	001100	010100	011100	100100
High	001110	010110	011110	100110

표 2. AF PHB의 Codepoint

MPLS의 장점은 Traffic Engineering이 가능하다는 것이다. Traffic Engineering은 네트워크내의 자원을 효율적으로 활용하고 원하는 대로 제어하는데 목적이 있다. 각 호스트들이 라우팅 프로토콜이 찾는 최단 경로로 패킷들을 전송할 때 한 지점만 집중될 수 있는 핫 스팟(hop spot)이 발생할 수 있다. 따라서 대체 가능한 다른 경로로 패킷들을 분배함으로써 혼잡을 막고 네트워크내의 자원을 균등하게 효율적으로 활용할 수 있게된다. 또한 링크가 failure가 될 경우를 대비한 Point-to-point LSP에 대한 빠른 재라우팅 경로설정 방식이 가능하다. 임의의 노드나 링크의 고장이 발생했을 경우 해당 LSP로 전송되던 traffic을 소스 쪽으로 되돌려보내고 미리 설정해 놓은 CR-LSP(Constraint based LSP)를 통해 트래픽을 빠르게 재 전송하는 것으로서 패킷 손실을 최소화하면서 트래픽의 고속 재라우팅되는 장점을 가진다.[7]

### 3. 차등서비스를 위한 고려사항 및 제안

현재 IP망에서의 차등 서비스를 제공하기 위해서는 위에서와 같은 MPLS의 Traffic Engineering 기능과 Diffserv의 기능이 동시에 작용될 때 가장 효

울적인 제공이 가능하다. 이에 DiffServ의 각 class에 따른 traffic의 전달과 Real-time Traffic과 같이 실시간 traffic을 보다 효율적으로 전달하기 위해 몇 가지 고려되어야 할 사항들을 제시하고 이에 대한 성능 향상을 위한 방안 및 시뮬레이션 결과를 제시하고자 한다.

- Class별 SLA(Service Level Agreement)에 대한 latency와 delivery의 확실한 보장을 위한 사항
  - MPLS망에서 확실한 보장을 위한 백업경로설정에 대한 사항
  - MPLS의 백업경로 설정시 Bandwidth의 낭비를 막기 위한 사항
  - Bandwidth의 유동적인 변동을 통한 자원의 효율성증대
- 첫 번째 사항의 경우 Expedited Forwarding service[5]의 경우에는 Low loss, Low jitter를 가지며 latency와 delivery가 보장되는 서비스로서 delay에 매우 민감한 서비스인 Voice 서비스의 전송에 할당한다.

Assured Service[6]의 경우 각 class와 Drop procedure를 이용하여 6개의 class만 사용가능하며 미리 계약된 SLA(Service Level Agreement)에 의해 latency와 delivery를 모두 보장하는 계약을 맺을 수도 있고, 최소한의 delivery를 보장하는 계약을 맺을 수도 있다. 또한 Best Effort Service로는 QoS를 고려하지 않은 일반 패킷 전송용으로 사용한다.

우선 EF Service의 경우 Voice traffic으로 사용되기 때문에 미리 계약된 latency와 delivery의 확실한 보장이 필요하게 된다. 또한 Voice traffic은 일반 packet의 대역폭보다 작은량의 bandwidth를 필요로 하게 되므로 Ingress LER에 도착한 voice packet이 경로를 찾고 label를 할당하기 위한 시간을 줄이고 그만큼의 여유 대역폭을 확보하지 못했을 경우를 대비하여 MPLS에서의 CR-LSP를 위한 전송경로를 항상 확보하게 한다.

Assured Service의 경우에도 latency 와 delivery가 동시에 Service를 하기로 계약되어 있을 경우 역시 미리 minimum의 bandwidth를 예약해 놓는 방법을 사용한다. 이 때 SLA(Service Level Agreement)계약 시 너무 많은 대역폭을 허용하지 않는 범위 한도에서 계약을 하게 한다. 만약 traffic이 계약을 초과할 경우에는 예약되어 있는 대역폭을 허용하지 않고 drop 시키거나 등급을 낮추어 전송한다.

MPLS의 전송시간에서 packet이 전송되는 시간을  $T_t$ 라 하면 미리 path가 설정되어 있을 경우 곧바로 전송이 가능하므로  $T_t$ 의 시간이 걸리게 되며,

Ingress LER에 traffic이 전송되어진 후 path를 계산하고( $T_c$ ), ER-LSP를 설립( $T_p$ )하고, traffic을 전송하는 시간( $T_t$ )의 경우에는  $T_c+T_p+T_t$ 의 시간이 걸리게 되며, CR-LSP 설립이 실패하였을 경우 경로 재설정시간( $T_r$ )이 포함될 경우에는  $T_c+T_p+T_t+T_r$ 의 시간이 걸리게 되므로  $T_t$  시간의 경우가 가장 빠르게 전송이 이루어지게 되고 확실한 보장이 가능하다. 각 링크의 대역폭과 그 외의 자원을 바탕으로 경로설정에 필요한 메트릭 계산은 다음과 같다.

$$UR_l = \frac{TQ_c}{BQ_o + BQ_a}$$

$UR_l$ : 링크이용률,  $TQ_c$ : 현재의 트래픽

$BQ_o$ : 사용중인 용량,  $BQ_a$ : 여유용량

$$BW_r = \frac{BW_s + BW_o}{BW_t}$$

$BW_r$ : 대역비,  $BW_s$ : 현재설정대역폭

$BW_o$ : 이미 사용중인 대역폭,  $BW_t$ : 전체대역폭

내부적으로는 그림 4와 같이 구성하여 음성신호가 들어올 경우 우선적인 queueing이 이루어지게 한다.

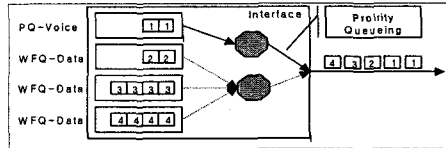


그림 4. Low Latency Queueing

두 번째 사항의 경우 diffServ over MPLS망에서 백업설정에 대한 방법으로 voice와 같이 latency와 delivery에 민감한 traffic의 경우에는 우선적으로 전송대역폭 100%를 백업경로를 설정해준다. MPLS의 경우 connection-oriented 전송방식이므로 Ingress LER와 Egress LER간의 백업경로설정이 이루어지게 되며, 백업경로 예약 시 전송링크를 공유하지 않는 최단거리의 경로를 설정한다. MPLS망에서 그 traffic에 해당하는 packet이 모두 egress LER을 빠져나갔을 경우에는 이에 대한 예약된 bandwidth를 해제한다. Assured Service의 경우 latency 보다 delivery를 중요 요인으로 설정하기 때문에 적절한 queueing이 가능하게 된다. 그러므로 전송경로를 설정한 후 각 class별로 백업경로를 설정하게 되나 class가 높은 traffic의 전송경로 및 백업경로 설정이 있을 경우 예약되어 있는 경로를 허용하게 한다.

세 번째 사항의 경우 백업경로의 예약으로 인해 bandwidth의 낭비를 막기 위한 방안으로 예약된 링크의 공유를 하게 한다. 즉 EF와 같이 대역폭을 그

리 많이 차지하지 않으며 보장된 Service가 필요한 경우에는 각각의 백업경로를 설정하게 한다. 그러나 Assured Service의 경우에는 bandwidth의 낭비를 줄이기 위해 링크를 공유하는데, 단 각각의 전송경로에서 노드 및 링크가 겹치지 않는 경우에 한해서만 백업경로를 공유하게 한다. 즉 AF1과 AF2가 있을 경우 서로 전송 경로 및 노드가 완전히 다를 경우에만 백업경로를 공유함으로써 둘 중 하나의 링크가 failure가 일어날 경우에 사용하게 한다.

네 번째 사항의 경우 EF Service의 SLA에 의해 500K가 계약되어 있을 경우, 일정 시간의 전송량이 300K 정도의 Traffic의 전송이 일어나고 있다면 나머지 200K 정도의 대역이 낭비를 하게 되므로 이를 제한하기 위한 방안으로 대역폭의 Min과 Max를 설정한다. 만약 300K이하의 traffic 전송될 경우에는 Min 인 300K 까지 대역을 줄이고 나머지 대역폭을 사용하게 하며, 단 계약되어 있는 500K까지의 전송은 유동 대역폭을 이용하여 SLA 보장을 한다.

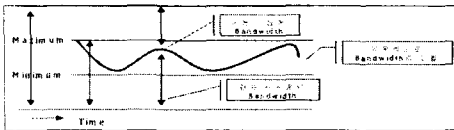


그림 5. Bandwidth의 할당

본 논문에서 사용된 전체적인 순서도는 그림 6과 같다.

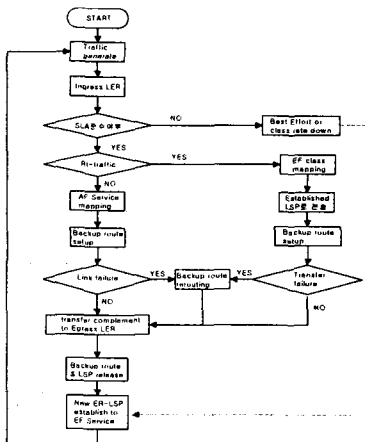


그림 6. 순서도

4. 모의 실험 및 결과

실험을 위해 EF에는 지연에 민감한 traffic을 발생시키고, AF1~4까지 각각의 data packet을 발생시켰

다. 임의의 가상망을 설정하여 각 class별로 트래픽 비율을 임의로 설정한 후의 트래픽 발생률과 성공률의 결과를 보여준다.

	비 적용		적용	
	발생traffic	성공한traffic	발생traffic	성공traffic
EF	1020	785	1125	1115
AF1	1852	1335	1895	1754
AF2	1735	1142	1754	1425
AF3	1758	1085	1691	1248
AF4	1635	995	1535	1045
total	8,000	5,342	8,000	6,587

표 3. 기존과 제안된 방법이 적용된 traffic의 성공률

5. 결론 및 추후 연구사항

본 논문에서는 망에서의 차등서비스를 제공하기 위한 방안으로 DiffServ over MPLS를 적용하였고, 실시간 Traffic에 대한 서비스보장과 class별 차등서비스를 제공하는데 있어서 고려되어지는 몇 가지 제안을 통한 모델을 제시하였다. 음성 Traffic의 경우에는 Delay에 민감하기 때문에 Traffic에 대한 shaping을 하지 않고 policing작업만을 수행하므로 확실하게 보장된 서비스와 Traffic Engineering을 통한 빠른 전송이 요구된다. 논문에 있어서 SLA를 준수하지 않는 Traffic에 대한 구체적인 class down rate와 Bandwidth의 유동적인 변화에 있어서 실험을 위한 고정된 값만을 사용하였다. 앞으로 DiffServ의 더 나은 성능을 제공하도록 Buffer 관리 및 Scheduling 방법을 개선하도록 해야 할 것이며, 실제 망과 흡사한 환경에서의 시뮬레이션이 필요하다.

참고문헌

- [1] X.Xiao and L.M Ni, Internet QoS:the big picture
- [2] IETF Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Working Group charter, <http://www.ietf.org/html.charters/mps-charter.html>
- [3] S.Blake, et al, "An Architecture for Differentiated Service", December 1998, Internet RFC 2475.
- [4] Y.Bernet, et al, "A Framework for Differentiated Services". February, 1999, Internet Draft, draft-ietf-diffserv-framework-02.txt
- [5] Jacobson, et al, "An Expedited Forwarding PHB", June 1999, Internet RFC 2598.
- [6] Heinanen, et al, "Assured Forwarding PHB Group", June 1999, Internet RFC2597
- [7] D.Haskin and R.Krishnan, "A Method for Setting an Alternative Label Switched Paths to Handle Fast Reroute", Internet draft. <draft-haskin-mpls-fast-reroute-04.txt>, May, 2000