

MPLS 네트워크에서 Diffserv 제공 방안에 대한 연구

송용주*, 이광휘*, 김한경*
*창원대학교 전자계산학과
e-mail : yjsong99@cdcs.changwon.ac.kr

A Study on Providing Differentiated Services in MPLS Networks

Yong-Ju Song*, Kwang-Hui Lee*, Han-Kyoung Kim*
*Dept. of Computer Science, Chang-won National University

요 약

버스트(Burst)한 트래픽에 대해 QoS 를 보장하는 것은, 사용자의 경우 최대한의 서비스 보장을 받으려는 반면 사업자의 경우는 회선에 대한 최대한의 multiplexing 이득을 통해 자원활용의 극대화를 요구하기 때문에 적절한 타협점을 찾는 것이 용이하지 않다. 본 논문에서는 사용자와 공급자의 요구를 최대한 수용할 수 있는 서비스에 대해 논증하고 이를 적절하게 수용할 수 있는 MPLS 시스템을 설계해보고자 한다.

1. 서론

최근 인터넷에서는 음성, 영상과 같이 QoS(Quality of Service)가 보장되기를 바라는 다양한 멀티미디어 서비스들의 출현으로 인해, IP 상의 QoS 를 보장하는 문제가 차세대 인터넷에서 가장 주요한 과제로 등장하게 되었다.

IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 다양한 멀티미디어 서비스에서 QoS 를 보장하기 위해, 인터넷 통합 서비스(Intserv: Integrated Service) [1] 를 IETF Int-Serv 워킹 그룹에서 연구해 왔었다. 이 모델은 실시간 응용 서비스에서 발생하는 패킷을 자원 예약 프로토콜인 RSVP(Resource Reservation Protocol) 신호 프로토콜을 [2] 이용하여, 흐름(flow)단위로 사전 연결 수락 제어와 자원 예약 정보를 망의 라우터가 유지하기 때문에 확장성의 문제를 지닌다. 그래서 IETF 는 이러한 인터넷 통합 서비스의 확장성 한계점을 극복하기 위해 흐름 단위로 QoS 를 보장하지 않고 흐름들의 집합(aggregation)을 단위로 서비스 차별을 적용함으로써 대규모의 망에 적용 가능한 차별화된 서비스(Diffserv : Differentiated Service)를 제안하였다.[3]

본 연구는 2000년도 창원대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.

또한 인터넷 트래픽의 증가와 고속 대용량 백본의 필요성은 흐름 기반 고속 스위칭 기술중의 하나로서 QoS 의 보장과 VPN 및 Traffic Engineering 의 다양한 기능을 제공하는 MPLS 를 거대한 IP 네트워크를 위한 중요한 표준기법으로 자리 잡게 하였다. [4][5]

본 논문에서는 MPLS 네트워크상의 서비스 정의를 나타내고, 확장성 있는 QoS 를 제공하기 위한 효과적인 MPLS 도메인과 Diffserv 도메인간의 서비스 연동을 소개하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 Diffserv

Diffserv 는 오늘날의 인터넷 백본 네트워크를 위해 적은 비용으로 QoS 를 제공할 수 있는 모델이며 각 패킷의 QoS 요구사항을 구분하기 위해 IP 헤드의 DS 필드 (또는 TOS 옥텟)를 사용한다. 네트워크 경계에서 IP 패킷은 DS 필드의 설정에 따라 몇 개의 흐름 집합으로 분류되고, 네트워크 내부에서는 Diffserv CodePoint(DSCP)[6]에 기반하여 단순히 패킷을 전달하는 Per-Hop Behavior(PHB)기능을 사용한다. Diffserv 에서는 PHB 에 기반하여 Expedited Forwarding(EF) PHB [7], Assured Forwarding (EF) PHB[8], Best Effort (BE) PHB

인 세가지 형태의 서비스를 제공한다. 그림 1은 제안된 Diffserv 모델의 구조를 보여준다.

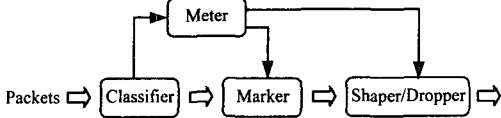


그림 1. 패킷 분류자(classifier)와 트래픽 조건자(conditioner)

2.2 MPLS

MPLS는 IP 패킷의 헤드를 짧은 길이로 재표현한 고정길이의 레이블(label)을 사용하여 트래픽을 전송한다. Ingress LSR은 들어오는 패킷의 IP 헤드를 분석한 후, 적절한 MPLS 헤드를 선택해서 패킷과 함께 캡슐화하며 이러한 작업에는 FTN(FEC-to-NHLFE MAP) 테이블을 사용한다. Core LSR에 도착한 incoming 레이블은 NHLFE(Next Hop Label Forwarding Entry)를 포함하고 있는 ILM(Incoming Label Map)테이블의 인덱스로 사용되어지고 테이블의 outgoing 레이블로 재매치되어 다음 홉으로 전송되어진다. Egress LSR에서는 MPLS 헤드를 떼어내고 패킷을 네트워크로 떠나 보낸다.

Ingress LSR에서 Egress LSR까지 연속되는 레이블이 위치하는 경로를 LSP라 부른다. LSP 설정은 Control-driven 방식과 Data-driven 방식이 존재하며 LSP를 초기화 하는 방식에 따라 downstream과 downstream-on-demand으로 나뉘어진다. FEC는 전송 목적을 위해 동등한 방법으로 취급되어질 수 있는 패킷의 그룹으로 이러한 매핑은 Ingress LSR에서 이루어진다.

MPLS에서 차등 서비스를 제공하기 위해서 패킷은 트래픽 클래스로 나뉘어 져야 하며, 하나 이상의 트래픽 클래스는 트래픽 trunk로 수렴된다.[9] 트래픽 trunk와 LSP간의 관계는 그림 2에 자세히 표현되어져 있다.

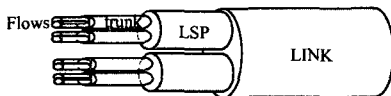


그림 2. 트래픽 trunk와 LSP의 관계

LSP는 설정 방법에 따라 MPLS 패킷 헤드의 3bit EXP 필드에 의해 지시될 수 있는 EXP-Inferred-Perhop Scheduling Class LSP(E-LSP)와 label과 EXP 필드에 의해 서비스 클래스에 의해 지시될 수 있는 Label-Only-Inferred-PSC LSP(L-LSP)로 나뉘어진다. [10] E-LSP의 경우 Diffserv의 BAs(Behavior Aggregates)는 8개 이상 정의될 수가 없고, 더 많은 서비스 클래스가 요구될 시에는 L-LSP가 설정되어야 한다. 그러나 E-LSP의 경우 EXP 필드에 의해서만 서비스가 추론 되어질 수 있기 때문에 더욱 더 확장 적이다.

2.3 Traffic Engineering 과 Constraint-based Routing

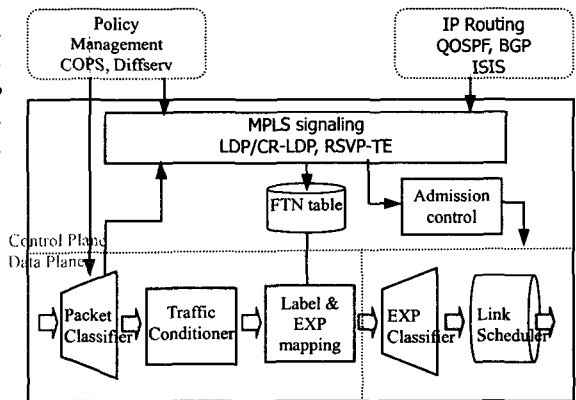
Traffic Engineering [11]은 네트워크 활용의 제약에

다른 혼잡(congestion)을 피하기 위한 방법으로 라우팅 프로토콜에 의해 연산되는 최단거리에서 벗어나 트래픽 기반 또는 자원기반으로 대체 경로를 배정하는 방법이다. 연산은 트래픽 또는 자원 기반에 의해 이루어지며, 전자의 경우 지연(delay), 패킷손실, 전송율과 같은 트래픽 특성 최적화와 관련이 있고, 후자의 경우는 혼잡과 네트워크 효율성이 떨어지는 측면에서 가장 효과적인 방법을 제공하는 것과 연관된다.

Constraint-based routing[12]은 명시적(explicit) 경로와 QoS 제약을 가지는 라우터를 연산하기 위해 사용되어진다. MPLS에서 명시적인 경로는 레이블이 할당됨과 동시에 정해짐으로써 경로에 따른 취급이 필요하지 않다. 명시적 경로는 매뉴얼 설정 또는 OOSPF[13]와 같은 라우팅 프로토콜을 사용해서 동적으로 설정될 수 있다.

3. 서비스 아키텍처

그림 3은 Ingress 라우터의 아키텍처를 나타내고 있다.



3.1 LSP 설정

LSP를 설정하기 위해서는 먼저 레이블이 협정되어지고, LSR은 label/FEC를 결합해서 만든 시그널링 메시지를 통해 분산되어진다. 이와 같은 레이블 분산 정보는 CR-LDP[14]와 같은 새로운 프로토콜을 이용하거나, 현존하는 RSVP 프로토콜을 piggyback 되도록 확장하여 사용한다. LSP가 설정되기 위해서는 적어도 LSP를 가로지르는 flow들의 트래픽 패러미터의 합을 반영할 수 있어야만 한다.

CR-LDP(또는 확장된 RSVP) 모듈은 outgoing 인터페이스의 link admission control 모듈에게 요구된 대역폭을 예약할 수 있는 패스가 존재하는 다음 홉을 검사하게 한다. 성공적이면 link의 남아 있는 용량은 (r,b)에 의해 감소하고 레이블 요청메시지는 다음 홉의 LSR로 보내진다. 이러한 행위는 Egress LSR에 도착 되어질 때까지 계속되며, Egress LSR은 자원을 예약하기 위해 Label Mapping 메시지를 명시적 경로를 통해 되돌려 보낸다. Control-load를 제공하기 위해

admission control 모듈과 trunk admission control 모듈이 사용되어진다.[15]

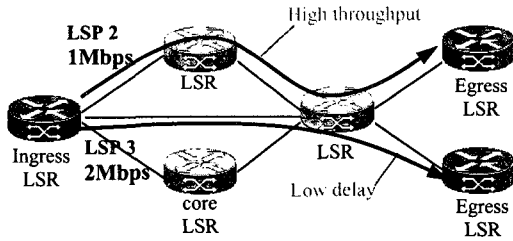


그림 4. Link admission control

그림 4와 같이 LSR1과 LSR2 간의 LSP와 LSR1과 LSR3 간의 LSP가 설정되었을 때 Ingress LSR인 LSR1의 FTN 테이블의 구성과 연관된 대역폭 정보는 표 1과 같다.

표 1. FTN 테이블의 레이블 정보와 관련된 대역폭 정보

LSP ID	Label Out	Total	Used
2	21	1Mbps	0
3	31	2Mbps	0

3.2 패킷 분류자(Packet Classifier)

패킷 분류자는 MPLS의 ingress LSR에서 요구되는 기능으로, 패킷을 분류하는 기능 이외에도 입력된 패킷과 연관된 FEC에 대한 인식(레이블)을 제공하는 것을 목적으로 한다. 즉, 분류자는 들어오는 IP 패킷에서 하나 이상의 헤더 필드를 참조하여 flow에 대한 레이블과 EXP를 인식하고 패킷을 분류한다. 표 2는 각 LSP별 Flow의 대역폭 합이 40kbps일 때 레이블 정보와 관련된 대역폭 정보를 나타낸다.

표 2. FTN 테이블의 레이블 정보와 관련된 대역폭 정보

FEC element	LSP_ID	EXP Value	Label Out	Total	Used
Flow2	2	111	21	1Mbps	40kbps
Flow3	2	111	21		
Flow5	3	110	31	2Mbps	40kbps
Flow7	3	101	31		

3.3 트래픽 조건자(Traffic conditioners)

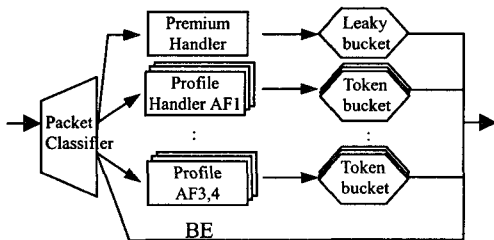


그림 5. Traffic conditioners

패킷 분류자에 의해 분류되어진 패킷은, Premium

트래픽일 경우 leaky bucket에 할당되어지고 out-of-profile이 되어진 트래픽은 폐기되어진다. 그러나 Assured 트래픽의 경우에는 token bucket에 할당되어지며 토큰이 사용가능하면 high drop precedence(H)가 주어지고, 그렇지 않다면 low drop precedence(L)이 주어진다. 그림 5에서는, Diffserv의 AF클래스를 MPLS EXP 필드에 효과적으로 매핑시키기 위해 각 AF(n=1,2,3)에 따라 Drop Precedence를 적용하는 것을 보여주고 있다. 표 3은 Diffserv 서비스 클래스와 MPLS EXP 필드와의 QoS 매핑을 나타낸다.

표 3. QoS 매핑 제안

Diffserv PHB	MPLS EXP	MPLS Service
EF	111	Premium
AF1x	110(L), 101(H)	Gold
AF2x	100(L), 011(H)	Silver
AF3x AF4x	010(L), 001(H)	Bronze
BE	000	Best Effort

표에서 보는 것과 같이 EF는 Premium 서비스로, AF는 Olympic 서비스로, BE는 Best Effort 서비스로 매핑되어진다. 또한 Olympic 서비스의 경우 Gold, Silver, Bronze로 나뉘어지며 각 서비스는 High와 Low Drop Precedence를 가진다.

3.3 레이블 할당

레이블은 ingress LSR에서는 FTN 테이블에 기반하여 할당되지만, Core LSR에서는 ILM 테이블에 기반하여 레이블이 교체(swapping)되어진다.[4] 이때 레이블은 제공되는 QoS에 따라 같은 목적지를 가질 지라도 다른 LSR에 관련된 레이블이 할당되어질 수 있다. 그림 4와 같이 요구되는 QoS가 Premium 서비스와 연관 있다면 지연성이 적은 LSP와 관련된 레이블이 할당되어지고, Olympic 서비스 또는 Best Effort 서비스와 연관 있다면 전송율을 최대한 보장할 수 있는 LSP와 관련된 레이블이 할당되어진다.

3.4 전송 엔진

본 논문에서는 [16]에서 제안된 전송 엔진 모델에서 패킷의 서비스 폐기 현상을 감소시키기 위해 효과적인 스케줄링 기법을 제시하고 이를 통해 성능을 향상시키고자 한다. Olympic 서비스의 경우, 계약된 대역폭을 일정하게 사용하는 경우가 드물며, burst(버스트) 트래픽의 특성을 가지고 있다. 그리고 트래픽의 폭주는 사용자의 응용프로그램상에서 일시적으로 발생하는 경향이 짙으므로, 서비스 등급에 따라 대역폭이 한정되는 것은 여분의 대역폭을 사용하지 못하게 하는 경직된 구조를 갖는다. 이를 기반으로 본 논문에서는, Olympic 클래스의 전송 보장율을 높이기 위해 높은 우선순위의 클래스에서 폭주가 발생했을 경우 낮은 우선순위 클래스의 대역폭으로 Drop되어질 패킷을 전송하는, 그림 7과 같은 전송 엔진 모델을 제안한다.

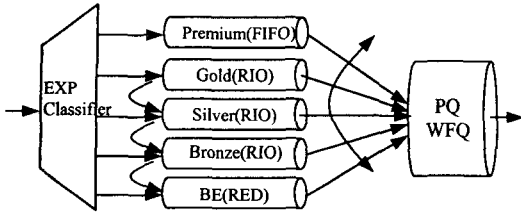


그림 7. Forwarding Engine

Premium 서비스는 높은 우선순위의 패킷을 위해 최소 서비스 지연을 주는 Tail-Drop 특성을 지닌다. Olympic 서비스는 Random Early Detection(RED) with In and Out(RIO)[17]을 사용한다. 우선 순위 큐들은 낮은 우선순위 큐에 의해 높은 우선 순위 큐가 기아에 빠지는 것을 방지하는 admission control 기능을 가져야만 한다.

Olympic 서비스와 BE 서비스는 Round-Robin 방식으로 토큰이 사용가능하면 해당 등급의 큐로 전송하고 그렇지 않으면 하위 등급의 큐로 트래픽을 전달한다. 다음은 토큰을 이용한 Round-Robin 방식을 설명한 알고리즘이다.

```

If (packet is Olympic) {
  While (true) {
    If (EXP == 110) {
      if (token available) {
        insert the packet into the Gold-In-queue;
        break;
      } else EXP-- //2 진연산
    }
    else if (EXP == 101) {
      if (token available) {
        insert the packet into the Gold-Out-queue;
        break;
      } else EXP--;
    }
    else if (EXP == 100) {
      if (token available) {
        insert the packet into the Silver-In-queue;
        break;
      } else EXP--;
    }
    :
    :
  }
  else
    if (token available) {
      insert the packet into the BE-queue;
      break;
    } else {discard packet; }
}
    
```

4. 결론

본 논문에서는 Olympic 서비스와 같은 버스트(burst) 트래픽을 최대한 보장할 수 있는 모델을 구현할 수 있는 방안을 논의 하였다. QoS가 보장될 때 공급자와 사용자간의 이익을 극대화 하기 위한 적절한 타협점을 찾는 것이 쉽지는 않지만, 본 연구를 통해

서비스를 보장하려는 의도에 따라 여러가지의 접근법이 존재할 것이라는 결론에 도달하게 되었다. 향후에는 ns 시뮬레이터를 통해 효율적인 PHB<->EXP 매핑 관계를 찾아내고 접근에 따른 서비스별 QoS 추이를 분석 및 평가해 볼 것이다.

참고문헌

- [1] Barden, R., Clark, D. and Shenker, S., "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", Internet RFC 1633, June 1994
- [2] Barden, R., Zhang, L., Berson, S., Herzog, S. and Jamin S., "Resource Reservation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification", RFC 2205, Proposed Standard September 1997
- [3] S.Blake et. al. "An Architecture for Differentiated Service", RFC 2475, December 1998.
- [4] Rosen et al., "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031, January 2001.
- [5] R. Callon, et al., "A Framework for Multiprotocol Label Switching", draft-ietf-mpls-framework-03.txt, June 1999.
- [6] Nichols, Kathleen, et al., "Definition of the Differentiated Services Field(DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, December 1998.
- [7] Jacobson, et al., "An Expedited Forwarding PHB", Internet RFC 2598, June 1999.
- [8] Heinanen, et al., "Assured Forwarding PHB Group", Internet RFC 2597, June 1999.
- [9] T. Li, Y. Rekhter, "A Provider Architecture for Differentiated Services and Traffic Engineering(PASTE)", RFC2430, October 1998.
- [10] Le Faucheur et al., "MPLS Support of Differentiated Services", draft-ietf-mpls-diff-ext-02.txt, February 2001.
- [11] Jamoussi et al., "Constraint-Based LSP Setup using LDP", draft-ietf-mpls-cr-ldp-03.txt, October 1999.
- [12] R. Jain, et al., "Quality of Service using Traffic Engineering over MPLS: An Analysis", Internet Draft, draft-bhani-mpls-te-anal-00.txt, March 1999.
- [13] R. Guerin et al., "QoS Routing Mechanisms and OSPF Extensions", draft-guerin-QoS-routing-ospf-03.txt, January 1998.
- [14] Jamoussi et al., "Constraint-Based LSP Setup using LDP", draft-ietf-mpls-cr-ldp-03.txt, June 1999.
- [15] Jamin S et al., "Comparaison of measurement-based admission control algorithms for controlled-load service", Proc. IEEE INFOCOM 97, April 1997.
- [16] Nicolas, Eric et al., "Differentiated Services and Integrated Services use of MPLS", IEEE ISCC 2000 July 2000.
- [17] D. Clark and J. Wroclawski, "An approach to service allocation in the Internet", draft-clark-different-svc-alloc-00.txt, July 1997.