

VOQ-PHB 구조를 갖는 Diffsev 지원 MPLS 라우터의 구현에 관한 연구

이태원*, 김영철**

*전남대학교 전자공학과

**전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

e-mail:twlee@neuron.chonnam.ac.kr

Study on Implementation of MPLS Router Supporting Diffserv with VOQ-PHB

Tae-Won Lee*, Young-Chul Kim**

*Dept of Electronics Engineering, Chonnam Nat'l University

**Dept of Electronics, Computer & Information Engineering, Chonnam Nat'l University

요 약

인터넷 트래픽의 급격한 증가에 따라, 새로운 멀티미디어 서비스의 요구를 수용하기 위해서 MPLS 가 제안되었으며, MPLS는 QoS를 보장하는 Differentiated Service를 제공하는 방향으로 진화되고 있다. 또한 MPLS에서 Giga/Tera 라우터에서 제공하는 고속의 스위칭과 확장성을 보장할 필요성이 증가 되었다. 본 논문에서는 고속의 스위칭이 가능하고 QoS를 보장하는 MPLS 라우터의 구조를 제안한다. 스위치는 입력 큐잉 방식으로 QoS를 보장하도록 VOQ와 PHB별 큐를 확장한 방식이며, 이의 스케줄링 알고리즘으로는 Priority-iSLIP 알고리즘을 사용하였다. 제안한 구조는 NS-2 시뮬레이터로 모델링 하여 검증하였다

1. 서론

최근 인터넷 사용자의 급격한 증가와 멀티미디어 응용 서비스의 증가로 인하여 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다. 이러한 트래픽의 증가와 함께 실시간 서비스의 요구를 수용하기 위해서 현재의 인터넷을 확장한 새로운 인터넷 백본망을 구축할 필요성이 부각되었다. 이에 따라 MPLS망을 이용하여 트래픽 플로우에 대한 QoS를 보장하며 다양한 서비스를 제공하고자 하는 Differentiated Service (Diffserv)의 적용이 본격적으로 진행되고 있다.

MPLS망에서 Diffserv를 지원하기 위해서는 Diffserv 트래픽 분류, 미터(meter), 마킹(marking) 등의 기능을 수행하는 트래픽 조절기와 각 PHB(Per Hop Behavior)를 지원하는 모듈을 구성해야 한다.

따라서 PHB 처리 모듈의 성능이 Diffserv를 지

원하는 고속 라우터의 전반적인 QoS와 고속 처리성능에 크게 영향을 미치고 있다.

본 논문에서는 Diffserv 지원하는 고속 라우터에서는 VOQ (Virtual Output Queuing) 방식의 스위칭 패브릭과 PHB 모듈의 구현을 통해 고속의 Diffserv 지원 MPLS 라우터 스위칭 구조를 제안하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Diffserv를 지원하는 MPLS 라우터의 구조 및 기능에 대해서 설명하고, 3장에서는 Diffserv를 지원하는 고속 VOQ-PHB 구조 및 알고리즘에 대해서 설명하며, 4장에서는 실험결과를 보이고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. Diffserv over MPLS Router

MPLS는 패킷 전달을 고속화하기 위해 짧고 고정된 길이의 레이블을 이용하여 3계층을 거치지 않고 패킷을 포워딩 할 수 있게 하는 방식으로 단순한 포

이 논문은 2002년도 전남대학교 학술행위 지원에 의하여 연구되었음.

위딩 과정을 통해 기존의 IP 포워딩에 비해 망에서의 전달 속도를 증가시킨다는 장점을 가지고 있다.

Diffserv를 지원하는 망에서 트래픽 스트림들은 특별한 홉 단위의 전송방식을 받기 위해 진행되는 경로상의 라우터들로부터 분류되고 마킹되는데, 망의 경계나 호스트들에게서 주로 복잡한 분류와 마킹, 폴리싱(Policing), 셰이핑(Shaping)등의 트래픽 조절이 수행되고, 내부에서는 마킹된 값에 근거해서 입력된 패킷을 미리 계약된 서비스에 맞추어 처리하기 때문에 플로우의 흐름이 많은 망의 코어 부분에서는 매 플로우별로 상태나 정보를 유지할 필요가 없다는 장점이 있다.

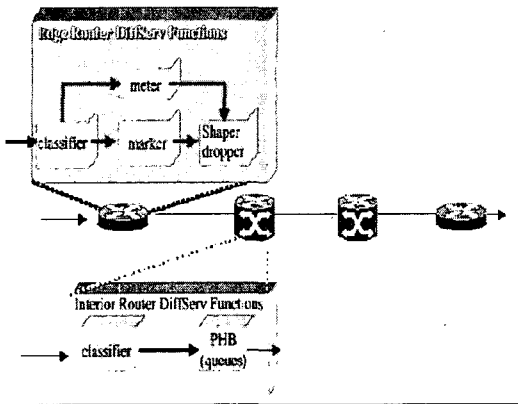


그림 1. Diffserv 지원 라우터의 기능

그림 1은 Diffserv 라우터의 기능을 나타내고 있다. Boundary 노드에서는 패킷을 분류하고, 폴리싱과 사용자 협약에 맞게 적절하게 트래픽을 조절하여 트래픽의 특성에 맞게 PHB를 지정하여 트래픽의 QoS를 보장하는 구조이며, Core 노드에서는 간단히 트래픽의 분류와 PHB 지정만을 처리하는 구조이다.

MPLS망에서 Diffserv를 지원하기 위해서는 트래픽 조절과 PHB 폴리싱, PHB 매핑, QoS와 레이블 매핑 등의 기능이 지원되어야 한다.

그림 2는 PHB 처리 모듈의 일반적인 구조를 나타내고 있다. 트래픽 조절기에서 패킷의 분류와 미터링, 셰이핑을 거친 패킷들은 정의된 PHB로 마킹된다. PHB는 EF(Expedited Forwarding), AF(Asured Forwarding)xx, DF(Default Forwarding) 등으로 구분하고 있다. 각 PHB는 QoS의 용이한 보장을 위해 각 PHB별로 구성된다. EF와 DF 트래픽을 위한 버퍼는 단순한 FIFO 구조로 관리되고, AF

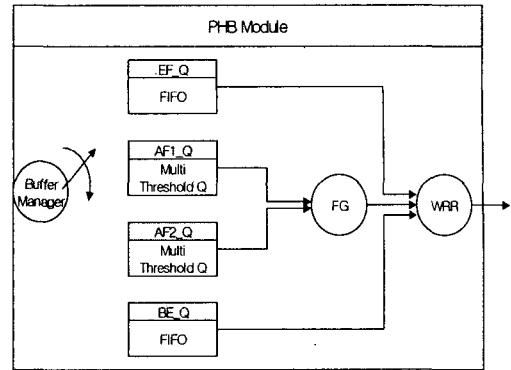


그림 2. PHB 처리 모듈

트래픽은 CLP비트의 종류에 따라 다른 폐기 확률을 지원하기 위해 멀티 임계값을 갖는 버퍼가 사용된다. 버퍼에서 패킷을 선택하는 스케줄링 알고리즘으로는 FQ (Fair Queuing), WRR(Weighted Round Robin), PS(Priority Scheduling) 등이 이용된다. 이러한 PHB 처리 모듈은 라우터의 출력 포트에 포함되거나 입력 포트 혹은 스위치 전단에 위치한다.

Diffserv 지원 고속 스위칭 방식으로 기가비트/테라비트 라우터에서는 입력 큐잉 방식과 크로스바 스위치 패브릭, 그리고 출력 큐로 구성된다. 입력 큐잉 방식중 대표적인 방법은 VOQ(Virtual Output Queuing)이다. 그러나 이는 HOL(Head Of Line) 블록킹 문제를 발생시키고, 불공정한 서비스를 초래한다.

따라서 본 논문에서는 Diffserv를 지원하면서 동시에 고속 스위칭을 보장하는 입력 큐잉 방식과 PHB 모듈의 효율적인 구조를 제안한다.

3. VOQ-PHB를 이용한 Diffserv 지원 라우터

기존의 연구에서는 입력 큐잉 방식으로 VOQ 방식을 사용하여 출력 목적지별로 가상의 큐를 설정하고 스케줄링 알고리즘에 따라 출력 큐에 저장해서 다음 홉으로 전달된다. Diffserv를 지원하기 위해서는 출력 큐가 각 PHB별로 구성이 되거나 독립적인 PHB별 큐로 구성된 PHB 처리 모듈이 요구되며 또한 이의 지원을 위해 또 다른 스케줄러가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 출력 큐를 단순히 하여 PHB 별 처리와 스케줄링의 요소를 없애고, 추가적인 패킷 지연과 H/W를 요구하는 독립적인 PHB별 큐 처리 모듈을 사용하지 않으면서, 가상 큐를 설정해 놓은 입력 큐에서 PHB별 큐잉의 역할을 수행해

서 큐 효율을 높이고 처리 시간과 성능을 향상시키는 구조를 채택하였다. 그림 3은 제안한 VOQ-PHB 모듈 구조이다.

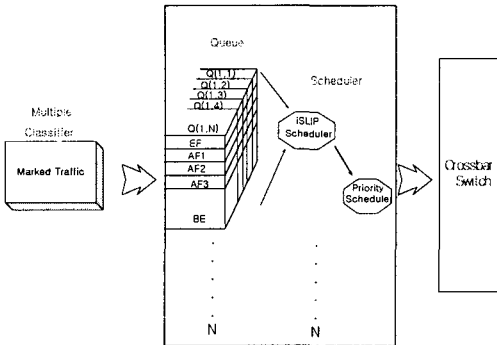


그림 3. 제안한 VOQ-PHB 구조 및 Scheduler

입력 큐는 출력 목적지별 가상 큐로 구성되어 있으며, VOQ각각은 각 PHB별로 가상으로 구분된다. 스케줄링 알고리즘으로는 Priority-iSLIP 알고리즘을 사용하였다. iSLIP 알고리즘은 PIM(Parallel Iterative Matching)의 랜덤선택과 달리 반복 라운드로빈 방식으로 포인터를 하나씩 증가시켜 최대매칭을 찾아낸다. 이러한 방식을 통하여 대역폭을 동등하고 공평하게 사용할 수 있고, 또한 고속 구현이 가능하다. 그리고 Diffserv QoS보장을 위해 간단한 우선 순위 알고리즘만으로 QoS를 보장할 수 있다.[1][2]

트래픽 조절기로부터 각 PHB로 분류된 트래픽은 신호 프로토콜에 의해 할당된 출력 포트와 PHB에 따라 해당되는 가상 큐에 저장된다. 각 트래픽은 도착한 순서로 스케줄러에 Request를 보내 크로스바 스위치 통과를 요구하게 된다. Request에 따라 iSLIP 스케줄러는 아비터(arbiter)를 통해 Grant와 Accept를 결정하고, Accept된 패킷을 전송하되, PHB 우선 순위에 따라 최우선 순위부터 순차적으로 다음 우선순위 PHB를 보낸다. PHB로는 EF, AF1, AF2, AF3와 DF등으로 구분하였으며, 이는 트래픽 조절기에서 마킹되어 입력된다. 우선 순위는 EF를 제일 높게 두고, DF를 가장 낮게 둔다.

그림 4는 본 논문에서 제안한 VOQ-PHB 구조를 갖는 Diffserv 지원 MPLS 라우터의 구조이다. 그림에서 보듯이 트래픽 조절기, VOQ-PHB 처리 모듈, 크로스바 스위치로 구성되어 있다. 트래픽 조절기에서는 트래픽 분류, 마킹의 기능을 수행하며, 신호 프로토콜에 의해 입·출력 인터페이스가 결정되면, 트

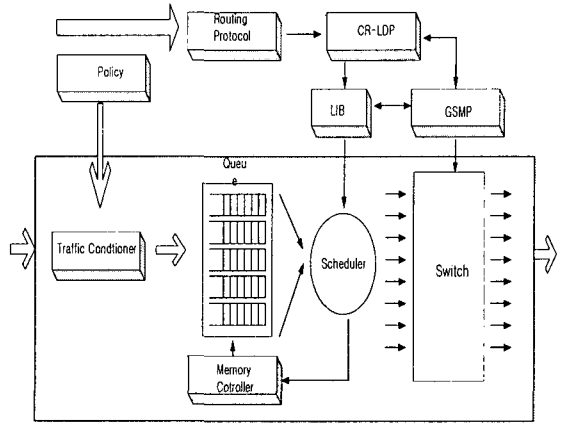


그림 4. 제안한 Diffserv지원 MPLS 라우터의 구조

래픽은 PHB와 출력 포트에 따라 가상 큐에 저장되고 스케줄링되어 전송된다. 큐의 효율적인 사용을 위해 메모리 컨트롤러가 구성되며, 스케줄링 모듈에서는 iSLIP 알고리즘의 아비터와 우선 순위 알고리즘이 구성된다. 스위치는 8X8 크로스바 스위치를 사용하였다.

본 논문에서의 트래픽 처리 절차는 다음과 같다. 링크 폴딩에서 정해진 정책에 따라 입력된 트래픽은 트래픽 조절기에서 분류/미터/셰이핑 등의 기능을 수행후 DSCP(DiffServ Code Point)를 할당받게 된다. MPLS 신호 프로토콜인 LDP(혹은 CR-LDP)와 FIB(Forwarding Information Base), 그리고 DSCP를 기초로 하여 LIB(Label Information Base)를 구성하고, 이 LIB를 통해 각 트래픽에 할당되어야 할 VOQ의 출력 포트와 PHB 큐를 결정하게 된다. 입력 큐에 저장된 각 트래픽은 Priority-iSLIP 스케줄링 알고리즘에 따라 크로스바 스위치를 통과하여 출력 큐에 저장되어 다음 홉으로 전송된다.

4. 실험 결과

제안한 구조의 검증을 위해 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 실험하였다. 기존의 입력 큐잉 구조를 가지며 출력 포트에서 PHB별로 저장한 후 스케줄링하는 방식1과 독립적으로 PHB 모듈을 구현한 방식 2, 그리고 제안한 VOQ-PHB 방식을 비교하였다. 실험을 위하여 각 PHB별로 트래픽을 발생시켰다. EF는 EF의 특성에 맞게 CBR, UDP 패킷으로 발생시켰고, AF, BE는 VBR 트래픽의 On-OFF 소스를 사용하였다. 출력링크의 전송속도는 155 Mbps를 사용

하였고, 트래픽은 각 PHB별로 EF 20%, AF1 20%, AF2 15%, AF3 15%, BE 30%의 비율로 발생시켰다.

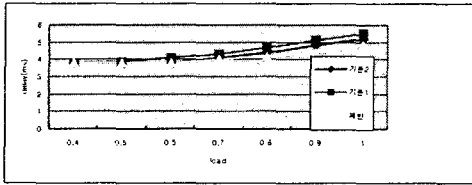
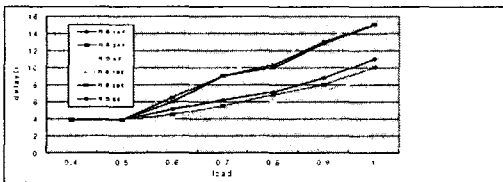
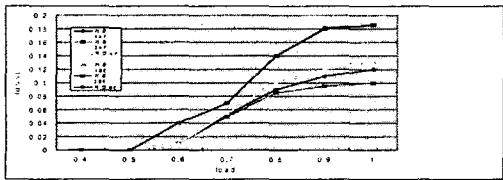


그림 5. load에 따른 EF 패킷 지연

그림 5에서 보듯이 제안한 VOQ-PHB 방식이 기존의 방식들보다 지연 시간이 적었고 이는 큐를 더 효율적으로 사용한 결과이다. 손실률에서는 세 방식에서 거의 손실이 발생하지 않았으며, 방식간에도 거의 차이가 없었다.



가. AF, DF의 패킷 지연

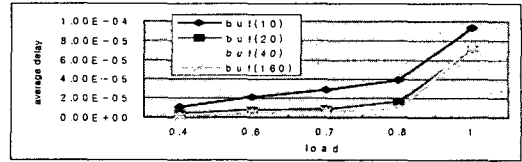


나. AF, DF의 손실률

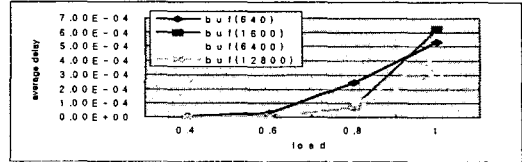
그림 6. AF, DF 패킷의 손실률과 지연

그림 6에서는 AF, DF 패킷의 손실률과 지연을 보이고 있다. AF의 경우에서 같은 버퍼 관리 알고리즘이 사용되었다. 기존 방식의 스케줄링 방식에 비해 drop되는 패킷의 수가 많았으나, QoS 보장에는 크게 지장을 초래하지 않았고, 지연은 감소하여 고속 스위칭에 적합함을 알 수 있었다.

그림 7에서는 방식1과 제안한 방식의 버퍼 효율을 나타내고 있다. 두 방식에서 특정 버퍼 크기 이상에서는 동일한 결과를 나타냄을 알 수 있었고, 제안한 방식에서 단일 포트일 경우 약 2배 이상 적은 양의 버퍼를 사용하여 더 효율적임을 알 수 있다.



가. VOQ-PHB 구성시 버퍼 효율



나. 출력 포트에 PHB 별 구성시 버퍼 효율

그림 7. 버퍼 효율

5. 결론

Diffserv를 MPLS망에서 제공하기 위해서는 각각의 PHB를 적절히 서비스할 수 있도록 스케줄링 구조와 큐 구조가 수정되어야 한다.

본 논문에서는 큐를 효율적으로 이용하여 QoS와 고속의 스위칭이 가능한 구조를 제안하였다. 실험 결과 고속 라우터에 쓰이는 입력 큐 방식보다 제안한 VOQ-PHB 방식이 더 우수한 결과를 보임을 알 수 있었다. 제안된 구조는 H/W 모델링하여 설계할 예정이다.

참고문헌

- [1] Pankaj Gupta and Nick McKeown, "Design and Implementation of a Fast Crossbar Scheduler", Hot Interconnects VI, Stanford University, August 1998
- [2] S. Sahu, D. Towsley, J. Kurose, "A Quantitative Study of Differentiated Services for Internet", CMPSICI Technical Report 99-09
- [3] Francois Le Faucheur, Liwen Wu, "MPLS Support of Differentiated Services", IETF Internet Draft
- [4] M. Carlson, W. Weiss, S.Blake, Z. Wang, D. Black, E. Davies, "An Architecture for Differentiated services", IETF RFC 2475, Dec. 1998
- [5] Tae-Won Lee, Young-Chul Kim, "Implementation of a MPLS Router Supporting Diffserv for QoS and High-speed Switching", HSNMC2002, P51-55, July, 2002