

# Diffserv를 지원하는 MPLS 망에서 VC-Merge가 가능한 Scheduler구현

임명주\*, 이태원\*, 김영철\*

\*전남대학교 전자공학과

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

## A Study on a VC-Merge Capable Scheduler Supporting Diffserv on MPLS

Myoung-Ju Lim\*, Tae-Won Lee\*, Young-Chul Kim\*

\*Dept of Electronics & Computer Engineering,

Chonnam National Univ.

### 요 약

최근 고속 데이터 전송과 멀티미디어 서비스에 대한 요구의 증가로 인한 문제점을 해결하고 서로 다른 서비스별 QoS를 보장 하고자 새로운 방안이 필요하게 되었다. MPLS는 이러한 요구사항에 부응하는 기술로 레이블이라는 짧고 고정된 길이의 식별자를 사용하여 패킷 포워딩을 하는 3계층 스위칭 방법이다. MPLS망에서 Differentiated Service를 지원함으로써 QoS를 보장하며 또한 동일한 서비스를 받는 PHB(Per-Hop Behavior)별로 VC merging을 함으로써 라우터가 관리하는 레이블의 수를 효율적으로 사용하여 망의 확장성을 높일 수 있다. 본 논문에서는 ATM기반 MPLS 망에서 Diffserv를 지원하며 트래픽의 QoS에 따른 VC merging과 Non VC merging 기술을 시뮬레이션을 통해 각각 비교 분석하고 VC merging 스케줄러를 모델링하여 검증하였다.

### 1. 서론

최근 인터넷의 급속한 성장과 인터넷을 통한 실시간 멀티미디어 서비스의 증가로 인하여, 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다. 이러한 트래픽의 증가로 인한 문제점과 새로운 서비스의 요구를 수용하기 위해서 현재의 인터넷을 확장한 새로운 인터넷 백본망을 구축할 필요성이 부각되었으며, MPLS는 확장성과 QoS 보장 측면에서 크게 각광받고 있다.

MPLS망에서 망의 확장성을 높이고 트래픽의 특성에 따라 DS를 지원하기 위해서는 PHB별 QoS를 보장하기 위한 레이블 정보를 가져야 하는데 이로 인한 심각한 확장성 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 동일한 목적지로 향하는 다수의 스트림을 통합해서 전달해야 한다. 본 논문에서는 스트림 통합 방법 중 하나인 VC merging 방법을 선택하여 동일한 목적지와 PHB를 갖는 패킷들을 merging하여 전송함으로써 확장성의 문제를 해결하고 QoS를 보장할 수 있는 VC merging 구조

를 제안한다.

본 논문에서는 현재 개발중인 ATM 기반 MPLS에서 DS를 지원하는 VC merging 스케줄러 구현에 대해 기술한다. 2장에서는 MPLS개념과 VC merging 방법에 대한 설명과 DS의 PHB의 개념에 대해 설명하고, 3장에서는 제안한 VC merging 스케줄러 구조와 알고리즘에 대한 내용, 4장에서는 시뮬레이션 결과를 기술한다. 그리고 마지막으로 결론을 내린다.

### 2. VC merging 과 Diffserv의 PHB

MPLS 기술은 짧은 고정길이의 레이블에 의해 IP 패킷을 전송하여 라우터에 비해 처리 성능을 획기적으로 높이는 방안으로 3계층의 라우팅 정보를 2계층 레이블로 매핑 시킴으로써 MPLS망 내에서 IP 트래픽이 2계층 스위칭에 의해 전달되도록 하는 기술이다.

MPLS에서는 가상연결의 수를 감소하여 보다 개선된 확장성을 제공하는 레이블 통합 기능(merge & aggregation)이 있다. 이러한 merging 방법에는 입

력 VPI를 통합하는 방식인 VP merging 방식과 동일한 목적지를 가지고 있는 입력 VC 레이블들을 동일한 출력 레이블로 매핑하는 방법인 VC merging 방식이 있다.

VP merging 방식의 경우에는 merging한 후에 각 패킷을 구별하는 고유의 VCI가 있어 패킷이 섞이는 문제가 없지만 레이블 공간이 12비트의 크기를 갖기 때문에 레이블 수의 제한이 있다는 단점이 있다.

반면에 VC merging 방식의 경우에는 레이블 공간이 16비트의 크기를 갖기 때문에 확장성의 문제는 없지만 패킷이 통합된 후 각 패킷별로 구별할 수 없다는 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위한 방안으로 VC merging을 한 후 출력단에 Reassembly Buffer를 두어 패킷이 섞이는 것을 방지한다. VC merging 방식은 입력으로 들어온 패킷들이 각각 별개의 출력 레이블을 할당받아 다음 홉으로 전달되는 non VC merging과 달리 같은 목적지로 향하는 입력 패킷들은 동일한 출력 레이블을 할당받아서 전달하게 된다.

스트림 통합을 통해서 MPLS영역 내에서 동일한 출구 라우터를 거쳐 전달되는 여러 FEC를 하나의 FEC로 묶어 전달하면 LSR(label switching router)에서 관리하는 레이블의 수를 감소시킬 수 있다. 이러한 FEC 개념은 패킷 흐름을 집합별로 서로 다른 패킷 전달 품질을 제공 하고자 하는 개념인 DS의 PHB (Per-Hop Behavior)의 개념과 유사하다. 따라서 동일한 목적지 포트를 갖는 동일한 PHB class별로 merging을 함으로써 확장성의 문제를 해결할 수 있으며, PHB별로 서비스함으로써 QoS도 보장할 수 있다.

DS의 PHB에는 다음과 같은 종류가 있다.

- EF(Expedited Forwarding) PHB : 가장 우선순위가 높은 전달 방식
- AF(Assured Forwarding) PHB : 패킷 폐기 우선순위에 따라 좀 더 세분화된 클래스로 분류하여 다양한 서비스 실현의 가능
- DE(Default) PHB : 현재 인터넷 라우터에서 취해지고 있는 패킷 전달 방식인 best-effort 전달 방식

표 1은 DS의 PHB를 MPLS의 서비스 클래스에 매핑하여 MPLS망에서 DS를 지원하기 위한 방법을

보여 주고 있다. 이렇게 매핑된 정보로 MPLS망에 들어오는 PHB의 QoS에 따라 레이블을 할당하게 된다.

표 1. DS의 PHB별 클래스와 MPLS 서비스 매핑

QoS 등급별 PHB (Per Hop Behavior)	MPLS services class
EF(Expedited Forwarding) PHB	Gold service
AF1(Assured Forwarding) PHB	Silver service
AF2 PHB	Bronze service
DE(Default) PHB	Best effort

### 3. VC-merging 스케줄러 구조 및 알고리즘

그림 1은 ATM 기반의 VC merging이 가능한 스케줄러의 구조이다.

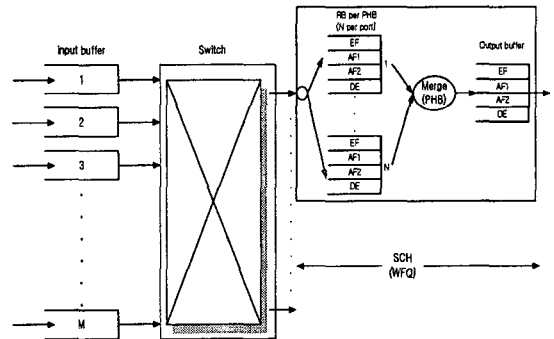


그림 1. VC merge가 가능한 스케줄러 구조

VC merging 스케줄러 구조는 공통버퍼형 셀 스위칭 구조와 OMs(Output Module)으로 구성되어 있다. 여기서 OM은 하나의 공통 메모리 풀로 구성할 수 있는데 구성은 OM은 입력 포트수에 따라 PHB별 RBs(Reassembly Buffer)와 4개의 PHB별 FIFO OB(Output Buffer)로 이루어져 있다. 각 OM의 개수는 출력 포트수와 동일하다.

입력으로 들어온 패킷들은 스위치를 통과한 후 PHB별 RBs에 저장된다. VC merging 스케줄러에 의해 저장된 PHB별 패킷들은 동일한 목적지에 따라 merging되고 각 클래스 별로 차별화된 서비스를 받은 후 출력된다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 간략한 구성도는 그림 2와 같다.

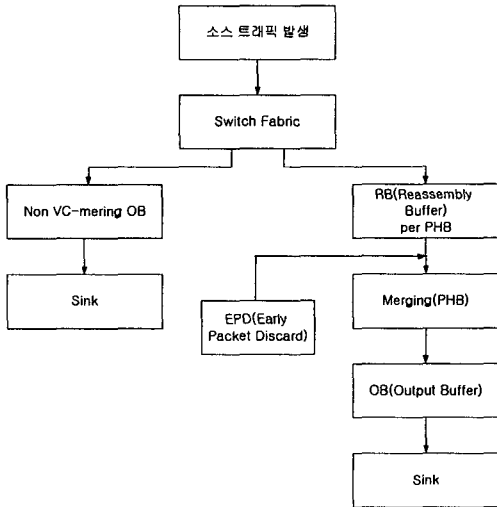


그림 2. 제안한 알고리즘

각 입력 소스에서 발생된 트래픽 셀들은 스위치를 통과한 후 Non VC merging 모듈과 VC merging 모듈로 전달된다. 전자로 입력된 셀들은 가중치에 따라 분류된 후 클래스에 따라 출력버퍼의 임계치를 조정된 다음, QoS에 따른 차등서비스를 받게 된다. 후자로 입력된 셀들은 패킷 정보에 포함되어 있는 PHB와 목적지에 따라 레이블을 할당받는다. 레이블을 할당받은 PHB별 패킷은 VC merging 방식의 단점인 셀 인터리빙을 방지하기 위해서 주어진 패킷에 대한 각 입력셀들은 패킷의 마지막 셀이 도착할 때까지 RB(Reassembly Buffer)에 저장되어야 한다. 셀 헤더의 EOP(End of Packet)에 의해 마지막 셀이 도착했을 때, 비로소 RB에 있는 모든 셀들은 다음 홉으로 전달되기 위해 출력 버퍼로 전달되고 동시에 동일한 목적지를 갖는 PHB를 입력 레이블을 출력 레이블로 변환함으로써 merging을 수행한다. VC merging 스케줄러는 WFQ의 방식을 적용하여 우선 순위가 높은 셀들에 더 높은 가중치를 부여하여 먼저 전송할 수 있도록 가중치에 따른 버퍼 크기를 달리하여 서비스를 차별화 할 수 있다.

또한 버퍼가 임계치 이상으로 찼을 경우 셀 손실이 발생했을 때 하나의 셀이 손실되었을 때 그 셀이 속한 패킷 전체를 사용할 수 없게 된다. 이러한 이유로 본 논문에서 적용하는 셀 폐기 알고리즘으로는

EPD(Early Packet Discard) 알고리즘을 적용하였다. EPD 알고리즘은 하나의 셀이 폐기되었을 경우 잇따르는 패킷 전체를 모두 폐기하는 버퍼 관리 알고리즘이다. 그리고 우선 순위가 가장 높은 EF PHB의 경우에는 FIFO 방식을 사용하여 버퍼 관리의 효율을 높였다.

#### 4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에 사용된 입력 트래픽은 PHB별로 구분하여 발생하였다. 우선순위가 높은 EF PHB와 AF1 PHB의 트래픽의 경우에는 ON-OFF 트래픽 모델을 사용하였고 AF2와 DE PHB의 경우에는 버스트한 특성을 잘 나타내는 IPP 모델을 이용하여 입력 트래픽을 발생하였다. 각 트래픽의 패킷 사이즈는 인터넷 패킷 사이즈의 분포의 결과 패킷 사이즈의 크기가 10셀 ~ 30셀의 범위에서 분포하기 때문에 셀의 크기를 변화 시켜 발생하였다. 출력링크의 전송속도는 ATM망의 기본 전송속도인 155 Mbps (365000 셀)를 사용하였다.

표 2. PHB별 트래픽 모델링

구분	EF PHB	AF1 PHB	AF2 PHB	DE PHB
트래픽 모델링	ON-OFF	ON-OFF	IPP	IPP
트래픽별 소스개수	20 %	35%	25%	20%

각 PHB별 버퍼는 WFQ스케줄링 방식을 적용하여 EF PHB와 같은 높은 우선순위를 갖는 클래스의 효율적인 서비스를 제공할 수 있도록 가중치에 따라 버퍼크기를 다르게 정하여 서비스를 차별화 하였다. 또한 각 버퍼의 관리를 위한 버퍼의 임계치 역시 시뮬레이션을 통하여 가장 최적인 버퍼의 70%로 결정하였다. 시뮬레이션은 C++를 사용하였고 셀이 입력된 후에 서비스를 받고 전송되어지는 모든 과정을 수행하는데 적절한 시간인 1.3초동안 실행시켰으며 시뮬레이션에서 사용된 시간의 단위는 ns이다.

그림 3은 패킷 크기를 평균 10셀로 하고 Load를 0.7로 했을 때 각 PHB별 패킷의 지연을 나타낸 것이다. VC merging을 수행한 경우에 RB에서 셀 지연 때문에 약 12셀 정도(1셀이 서비스되는 시간은

약  $0.2817e-5$ 의 지연이 더 발생하였다. 이는 OC-3의 속도를 가진 ATM 링크에서 약  $30\mu\text{sec}$ 와 비슷하므로 추가 지연시간은 대부분의 어플리케이션에서는 그다지 중요하게 작용하지 않는다.

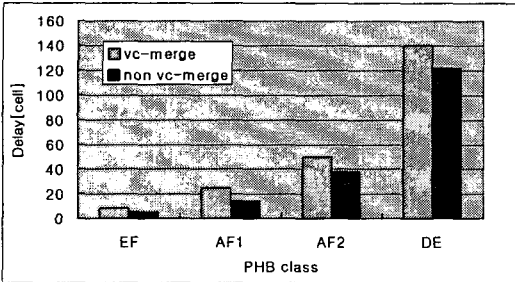


그림 3. PHB별 지연시간

그림 4는 Load를 0.7로 하였을 경우에 PHB별 패킷 손실율을 나타낸 것이다. non VC merging 방식과 비교하여 VC merging 방식을 적용했을 경우 셀 손실이 감소하였음을 볼 수 있다. 우선 순위가 높은 AF1의 경우 트래픽 발생량이 다른 PHB에 비해 많았기 때문에 다소 높은 손실률을 보였지만 역시 non VC merging과 비교하였을 때 VC merging의 경우 손실이 감소하였음을 볼 수 있다.

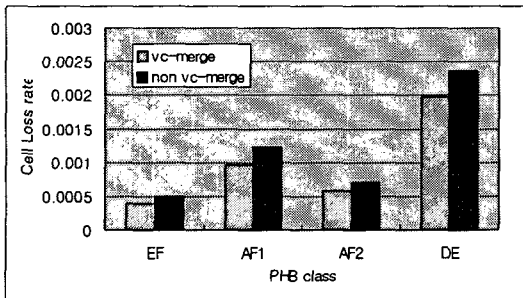


그림 4. PHB별 셀 손실률

그림 5는 각 Load 별 평균 패킷 손실률을 나타내는 그래프로써 Load가 0.6일 때까지는 VC merging 방식과 Non VC merging 방식이 거의 비슷한 비율로 패킷 손실이 일어나지만 Load를 증가시킬수록 VC merging을 적용했을 경우 RB와 버퍼 관리 알고리즘, 스케줄링 방식에 의해 셀 손실이 감소하였음을 알 수 있다. 즉, 망의 트래픽이 많은 대규모의 망의 경우 더 나은 효율을 보임을 예측할 수 있다.

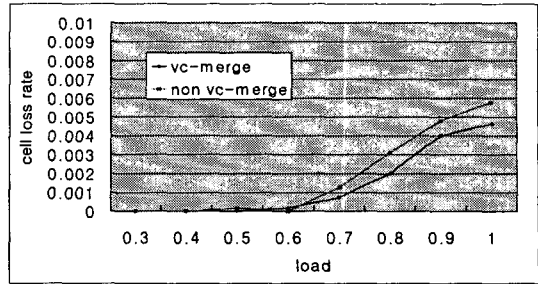


그림 5. 네트워크의 Load에 따른 셀 손실률

### 5. 결론

본 논문에서는 DS를 지원하는 MPLS망에서 PHB별 QoS를 보장할 수 있으며 효율적인 망자원 활용을 위한 Merging 방안을 제안하였다. 그리고 제안한 VC merging 스케줄러의 기능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 또한 VC merging을 적용했을 경우 발생하는 추가적인 지연의 경우 대부분의 어플리케이션에 영향을 미칠 정도로 크지 않았을 뿐 아니라 셀손실 측면에서 더 나은 결과를 보여 주었다.

VC merging은 망의 확장성 측면뿐만 아니라 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다는 점에서 망 구축 시 반드시 수행되어야 할 기능이다. 앞으로 수행되어야 할 과제중의 하나는 좀 더 확장된 PHB별 QoS의 보장을 위한 연구가 이루어져야 할 것이며 향후 더욱 고속화될 전송속도를 감안하여 제안한 알고리즘의 효율성을 증명할 수 있는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 이근구, 성종신, 홍석원, 이계상, "ATM 상의 인터넷 서비스 기술개론", ETRI,1999.1
- [2] Indra Widjaja, Anwar I. Elwalid, "Performance Issues in VC-Merge Capable Switches for IP over ATM Networks", IEEE 1999
- [3] Francois Le Faucheur, Liwen Wu, Shahram Davari, "MPLS Support of Differentiated Services", IETF Internet Draft, [draft-ietf-mpls-diff-ext-09.txt], April, 2001
- [4] Andreas L. Schmid, " Analysis of VC Merging in ATM", Computer Engineering and Networks Laboratory in Switzerland, March, 1998