

Linux 기반의 Diffserv 라우터 구현 및 성능 분석

(Implementation and Performance Evaluation of a Linux-based Diffserv Router)

황진호[†] 김영한^{**} 신명기^{***}

(Jin-ho Hwang) (Young-Han Kim) (Myung-Ki Shin)

요약 본 논문에서는 차등화서비스모델(differentiated service model)를 지원하는 라우터를 리눅스상에서 구현하였다. 구현한 라우터는 기존 구현과 달리 입력 단에서부터 패킷마킹이 가능하도록 하였다. 입력 단에서부터 패킷마킹이 가능한 에지 라우터는 네트워크 병목현상이 발생한 경우에도 각 클래스간 독립적으로 서비스를 보장해 줄 수 있다. 구현된 라우터는 기존 라우터와의 성능비교를 하였으며, 망의 입력 라우터의 트래픽 조절 규칙과 망 내의 PHB(per hop behavior) 특성을 규격화하여 정의되는 PDB(per domain behavior) 실험을 통하여 성능을 측정하며 검증하였다.

키워드 : 차등화서비스, 리눅스, 패킷마킹, PDB

Abstract In this paper, we implement a diffserv-capable router on the linux system and evaluate its performance. The router supports the packet marking for the input links that is different from the previous implementation. The edge diffserv-capable router can guarantee the performance of each class, even in a congested condition. We compare the performance of the diffserv-capable router with that of the normal router in terms of PDBs (per domain behaviors), which are defined with traffic conditioning rules and PHBs (per hop behaviors).

Key words : Differentiated Service, Linux, Packet Marking, PDB

1. 서론

인터넷의 다양한 서비스 품질 요구는 기존의 최선형 서비스 환경을 변화시키는 기술을 필요로 하고 있다. 인터넷 차등화 서비스는 이러한 다양한 품질을 요구하는 트래픽을 위하여 각기 차별화된 패킷전달 방식으로 표준화된 PHB[1~5]를 통해 인터넷 품질 서비스의 실제 구현 가능한 방식으로 여겨지고 있다. IETF Diffserv Working Group[1]에서는 차등화서비스의 기반 구조와 한 노드에서의 패킷전달 특성인 PHB에 대한 표준화 작업을 마치고, 단일 도메인의 망차원에서의 처

리 방침인 PDB[6]을 제안하였다. 본 논문에서는 리눅스 환경 하에 차등화서비스 라우터 기능을 구현하여 정의된 PHB, PDB[7~10]들을 검증하였다.

기존에 구현되어 있는 리눅스 기반 차등화서비스 라우터는 제한된 환경에서 사용되도록 설계가 되어있다. 즉, 차등화서비스를 처리하기 위해 구현된 패킷전달 구조는 모든 클래스를 하나의 FIFO(first in first out) 큐를 통해 처리하도록 구성되었기 때문에, 출력 대역폭보다 많은 양의 트래픽이 입력될 경우, 패킷 폐기 우선순위가 지켜지지 않게 되어 입력되는 모든 트래픽에 대해서 사용자 계약한 수준의 서비스를 독립적으로 보장될 수 없게 된다. 또한 기존 리눅스 기반 라우터는 AF 클래스를 위한 마커(marker)가 trTCM대신 srTCM(single-rate three color marker)으로 구현되어 AF 트래픽 처리가 미흡하다[11~15].

본 논문에서는 각 클래스 별로 독립적 미터링(metering)과 마킹(marking)을 하여 각각의 큐로 서비스되는 구조로 설계, 구현하였다. 특히 구현된 마커는

[†] 비회원 : 케이티프리텔 N/W연구소 연구원
hjh@ktf.com

^{**} 비회원 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수
yhkim@dcn.ssu.ac.kr

^{***} 정회원 : 한국전자통신연구원 표준연구센터 연구원
mkshin@etri.re.kr

논문접수 : 2002년 2월 28일

심사완료 : 2002년 10월 8일

AF 클래스를 위해 제안된 trTCM[14]를 포함하여 보다 정확하게 AF PHB[5]를 수용할 수 있게 하였다.

서론에 이어서 2장에서는 차등화서비스의 구성요소를 개관하고, 3장은 리눅스를 기반으로 구현한 차등화서비스 라우터 구조를 연구한다. 특히 기존 리눅스 트래픽 제어부 구조의 단점을 개선하기 위해 구현한 입력단 마커(ingress marker) 구조를 살펴본다. 4장에서는 기존 라우터와의 성능차이를 보이며, 4가지 PDB 실험을 통하여 구현된 라우터의 성능을 검증하고, 마지막 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 차등화서비스의 구성요소

2.1 차등화서비스 라우터의 구성요소

망에서 라우터는 망의 에지(edge)와 코어(core)용에 따라 구성 차이를 갖는다. 망의 에지에서는 개개의 플로우를 분류(classification)해주고, 각 서비스 계약에 입력 트래픽 수준이 맞는지를 측정해서 정해진 PHB에 따라 처리되도록 패킷 헤더내의 DSCP(differentiated service code point)[3]값을 마킹하게 된다. 또한 계약을 어겼을 경우 망의 정책과 각 PHB 특성에 맞는 조치(policing)를 취하게 된다. EF(expedited forwarding) PHB는 계약을 어긴 트래픽은 폐기시키고, 준수한 트래픽은 패킷의 DSCP에 권고된 값으로 표시하여 망 내부로 보내준다[4]. AF PHB는 분류된 패킷을 EF PHB와는 다른 방법으로 마킹하게 된다. 분류자를 거친 4개의 AF 클래스는 각각의 미터링을 수행해서 계약 여부에 따라 3개의 폐기 우선순위를 받게 된다[5].

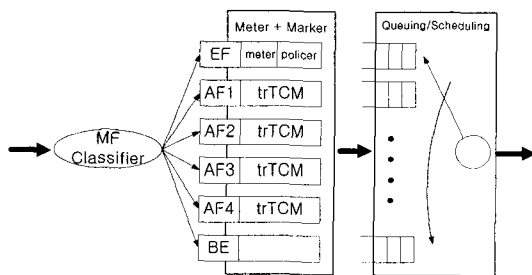


그림 1 차등화서비스 에지라우터 모듈별 구조

그림 1에 에지라우터의 모듈별 구조를 나타내었다. 에지라우터에서 입력된 패킷은 송수신 IP주소 및 포트 번호 등의 MF(multi field)의 정보를 가지고 EF, AF, BE(best effort) 클래스로 분류되며, 분류된 패킷은 각 특성에 맞는 미터링과 마킹 처리를 받게 된다.

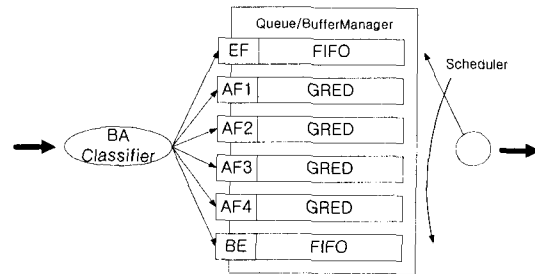


그림 2 차등화서비스 코어라우터 모듈별 구조

망의 내부에서는 에지에서 분류되어진 패킷의 DSCP만으로 각 클래스를 분류해서 각각의 큐에 넣어준다. 이때 큐의 오버플로 등을 제어하고 이에 따른 클래스별 적절한 서비스 제공을 위한 큐 관리정책(queueing discipline)은 필수적으로 구현된다. 또한 각 클래스별로 별도의 큐를 사용하므로 각 큐에서 출력 링크에 내보낼 적절한 패킷의 선택을 위해 스케줄링 알고리즘이 필요하게 된다[11].

2.2 PDB(Per Domain Behavior)

Diffserv WG[1]에서는 차등화서비스의 기반 구조와 한 노드에서의 패킷 전달특성인 PHB에 대한 표준화 작업을 마쳤으며 많은 연구 결과를 통해 한 노드에서의 차등적 처리는 검증되고 있다. 그러나 망 차원에서 실질적인 서비스를 적용시키기 위해서는 해결되어야 할 사항들이 남아있다. 또한 종단간의 QoS 보장을 위해서는 망 내는 물론이고 관리 형태가 다른 망 사이의 관계도 고려되어야 한다. 이를 해결하기 위해 Diffserv WG에서는 하나의 도메인에서의 처리방침인 PDB를 제안하고 있다[6]. 이런 배경 하에 정의된 4가지 PDB의 규격은 다음과 같다.

2.2.1 VW(Virtual Wire) PDB

VW PDB는 인터넷상에서 일반 전용회선과 같은 특성을 갖는 한 도메인내의 서비스로서 정의된다. 이 특성을 지원하기 위해서 망의 입력 라우터에는 계약한 양보다 크게 입력되는 트래픽은 조건 없이 폐기시키는 규칙이 적용되고 망의 입력 점과 출력점 상의 모든 라우터에는 EF PHB가 적용되어야 한다. 또한 망의 출력 라우터에서도 엄격한 셰이핑(shaping)이 수행되도록 정의하고 있다[7].

2.2.2 AR(Assured Rate) PDB

AR PDB는 네트워크 혼잡이 발생하였을 때 계약한 트래픽 양보다 낮게 입력되어 낮은 폐기 확률을 갖게 되는 트래픽은 상대적으로 높은 폐기확률로 처리되도록 마킹

된 트래픽에 비해 우선적으로 서비스가 되게 하는 서비스이다. 이를 위해서 에지라우터에서는 trTCM과 같은 마커를 사용해서 CIR(committed information rate)을 만족하는 패킷은 GREEN으로 마킹되도록 하여 네트워크 혼잡이 발생하였을 때 YELLOW, RED로 마킹된 패킷에 비해 높은 우선순위로 처리되도록 정의된 서비스이다[8].

2.2.3 BH(Bulk Handling) PDB

BH PDB는 최선형 트래픽보다 낮은 우선순위로 서비스되어도 되는 트래픽 전송을 위해 정의된 서비스이다. BH PDB는 입력된 트래픽의 특성정보를 요구하지 않으며, 네트워크에 일반 트래픽의 서비스를 위한 자원이 남은 시간에만 네트워크의 자원을 사용하도록 한 서비스이다. 만약 다른 트래픽이 자원을 사용하여 네트워크 자원이 부족하게 되면, BH 트래픽은 서비스되지 않고 폐기된다. 이들 트래픽은 기존 일반 최선형 트래픽과도 구별하기 위해 에지 라우터에서 별도의 BH 그룹용 DSCP값으로 마킹한다[9].

2.2.4 MM(Min Max) PDB

MM PDB는 트래픽의 최소요구 대역폭은 보장해주고 그 이상부터 최대 입력 가능한 트래픽의 요구 대역폭은 많이 혼잡하지 않을 경우에 한하여 서비스 해주는 형태의 PDB이다. MM PDB는 홉 단위 처리 방침으로 AF PHB가 경로 상의 라우터에 구현되어 있어야 하고, 변형된 trTCM 모듈을 통해 GREEN 패킷의 최대 버스트 크기는 CBS(committed burst size), YELLOW 패킷의 최대 버스트 크기는 PBS(peak burst size)로 제한함으로써 입력 트래픽을 조절하게 된다[10].

3. 리눅스 기반 차등화서비스 라우터 구현

기존의 리눅스 환경에서 구현된 에지 라우터에서는 입력 패킷에 대하여 미터링, 폴리싱을 수행하고 출력단의 하나의 큐에 저장후 패킷 출력시에 마킹하는 구조로 설계되어 있다. 이러한 구조에서는 입력되는 트래픽 양이 출력 대역폭을 초과할 경우 예정된 서비스를 보장할 수 없게 된다. 그림 3에 기존의 리눅스 기반 에지 라우

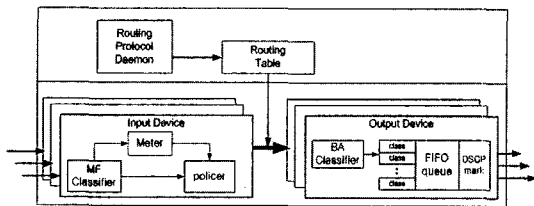


그림 3 기존 에지라우터 구조

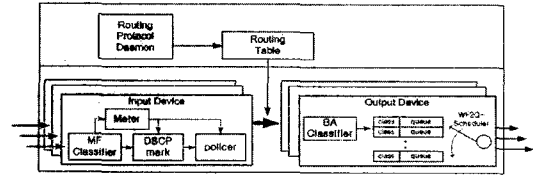


그림 4 Ingress Marker를 사용한 에지라우터 구조

터의 구조를 나타냈다.

에지 라우터 입력 단에 처음 입력된 트래픽은 내부적으로 다중 필터를 통하여 분류되고 미터링되어 폴리싱되며, 특히 AF 클래스의 트래픽은 srTCM을 통하여 수행된다. 라우팅 목적지에 맞는 출력 단으로 전달된 패킷은 클래스별로 분류가 되어 해당 클래스를 거쳐 FIFO 큐에 놓여지고 IP 헤더에 있는 TOS 영역에 클래스에 해당하는 DSCP 값으로 마킹하는 구조로 되어 있다[15][16].

본 논문에서 구현한 Ingress Marker를 사용하여 설계된 에지라우터 구조는 그림 4와 같다. 입력 단에서 각 패킷별로 마킹이 되었기에 라우팅을 통하여 출력 단으로 전달된 패킷은 같은 클래스별로 처리가 되어 각기 다른 클래스의 큐로 서비스된다. 각각의 큐를 스케줄하기 위해 WF2Q+(worst-case fair weighted fair queuing) 스케줄러[12]를 사용했다. 기존의 priority 스케줄러에서는 EF, AF 클래스의 보장형서비스로 인해 최선형 서비스가 서비스되지 못하는 상황이 발생하기에 최소한의 서비스를 보장하기 위해 WF2Q+를 사용하였으며, 가중치가 서로 다른 클래스 간에 공평성을 보장하기 위해 사용하였다.

그림 5는 입력 단으로 들어온 패킷을 처리하기 위한 Ingress Marker의 내부 구조를 나타낸다. Ingress Marker로 들어온 패킷은 다중 영역을 통해 패킷을 분류한 후, 각 클래스별로 제약에 따라 미터링되어 그 결과에 따라 클래스에 따라 표준화된 DSCP 값으로 IP 헤더의 TOS 영역에 마킹하게 된다. 특히 AF 트래픽은 trTCM을 통하여 미터링이 수행되어 지며, 기존의 최선형 트래픽과의 차별화를 위해 BH 트래픽을 관리하는 모듈이 별도로 구현되어 있다.

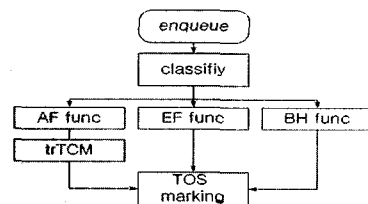


그림 5 Ingress Marker의 내부 구조

일반적으로 여러 개의 링크를 갖는 라우터는 라우터로 들어온 패킷의 목적지 주소를 통해 라우팅하여 패킷을 해당하는 출력링크로 전달하게 된다. 출력링크의 자원을 초과하는 트래픽이 라우터로 들어올 경우, 기존의 라우터와 제안한 라우터의 서비스는 차이가 생긴다. 즉, 병목현상이 발생한 경우 기존의 차등화서비스 라우터 구조에서는 계약한 트래픽을 보장할 수 없다. 그림 3과 같은 기존 라우터에서는 출력링크가 단일 큐로 구성되어 큐의 버퍼량을 초과할 경우, 보장받아야 하는 트래픽에 관계없이 오버플로우된 패킷이 폐기된다. 그러나 그림 4의 구조를 갖는 라우터는 각 클래스별로 큐가 있어 계약을 어긴 트래픽 만이 폐기되며, 갑자기 많은 트래픽을 보내는 최선형 서비스에 영향을 받지 않는다. 또한 제안된 라우터는 trTCM을 통하여 AF 클래스의 미터링을 수행한다.

4. 실험 및 성능분석

제안된 Ingress Marker를 사용하여 구현한 라우터와 기존의 구조를 갖는 라우터간의 성능비교를 하였으며, IETF에서 제안된 VW PDB, AR PDB, BH PDB와 MM PDB를 실험하여 구현한 에지 라우터의 성능을 고찰하였다. 본 실험에 사용된 망 구성은 그림 6과 같으며 각 링크는 모두 10Mbps의 대역폭을 갖는다. 모든 PDB 실험에서 발생하는 트래픽의 양은 에지 라우터의 출력 링크 자원 이상으로 발생시켜 혼잡시의 성능 보장 여부를 측정하였다.

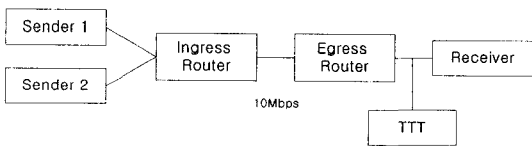


그림 6 PDB 실험환경

패킷은 MGEN(multi generator)[17]을 이용하여 CBR(constant bit rate)로 발생하였으며, 이 수신 결과는 수신단에 있는 TTT(tele traffic tapper)[18]을 이용하여 관찰하였다.

4.1 제안된 라우터와 기존의 라우터 성능비교

성능비교실험에서는 Sender1에서는 CIR을 2Mbps로 계약한 4개의 AF 트래픽을 각각 2.5Mbps씩, Sender2에서는 최선형 트래픽을 6Mbps로 발생하였다. 그림 7은 성능차이를 보여주고 있다. 기존의 TC(traffic control) 구조[16]을 갖는 라우터에서는 BE 트래픽으로 인해서

AF 트래픽 서비스가 보장되지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 36초경에 Ingress Marker를 사용하여 각 클래스에 따른 큐를 갖게 되는 라우터 구조에서는 CIR을 준수하는 AF 트래픽은 보장받도록 서비스됨을 확인할 수 있다.

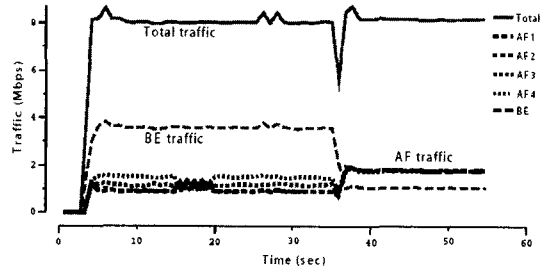


그림 7 제안된 라우터와 기존의 라우터 성능비교

4.2 VW PDB

VW PDB 실험은 EF PHB를 기반으로 구현하였으며 계약한 양보다 크게 입력되는 EF 트래픽은 조건없이 폐기시켜서 계약을 준수한 트래픽에 대한 보장을 고찰하였다. Sender1에서는 2Mbps로 계약한 2개의 EF 트래픽을 각각 2.5Mbps씩, 최선형 트래픽을 2Mbps로 발생시켰으며 Sender2에서도 같은 종류의 트래픽을 동일하게 발생시켰다.

그림 8은 트래픽을 발생하였을 때 수신단에 있는 TTT를 통해서 얻은 결과이다. 에지 라우터에서 TC를 아직 설정하지 않았을 경우와 TC를 설정하고 난 후의 트래픽 흐름을 볼 수 있다. 총 발생하는 트래픽의 양은 14Mbps 이다. 출력링크의 자원은 10Mbps 이기 때문에 TC를 설정하지 않았을 경우는 EF 트래픽이 예약된 대역폭을 보장받지 못하고 있음을 볼 수 있다. 그러나 23초경에 TC를 설정하고 난후 EF 트래픽은 최선형 트래픽에 대해서 보장받음을 확인할 수 있다. 또한 2.5Mbps로 보낸 사용자는 2Mbps로 폴리싱됨을 확인할 수 있다.

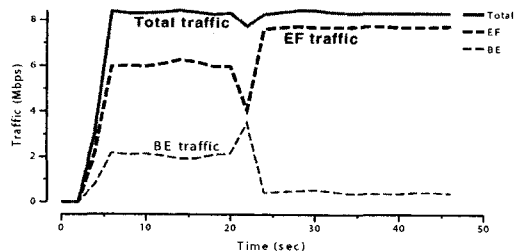


그림 8 VW PDB 실험결과

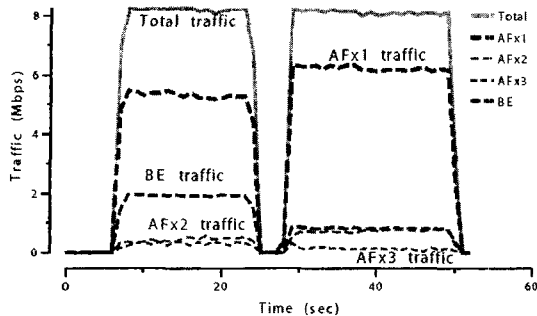


그림 9 AR PDB 실험결과

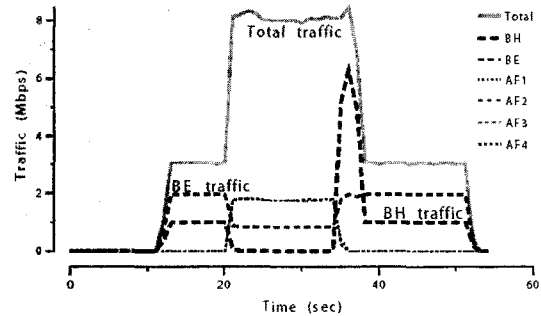


그림 10 BH PDB 실험결과

4.3 AR PDB

AR PDB 실험은 AF PHB를 기반으로 구현하였으며 네트워크 혼잡이 발생하였을 경우, 계약을 잘 준수하여 GREEN으로 마킹된 트래픽은 보장받으며 나머지 YELLOW, RED로 마킹된 트래픽은 보장받지 못함을 보인다. Sender1에서는 4개의 AF 트래픽을 각각 2Mbps로 동일하게 트래픽을 발생시켰고, Sender2는 최선형 서비스를 2Mbps로 발생시켰다.

TC를 설정하지 않은 상태에서 Sender1은 먼저 총 8Mbps인 AF 트래픽과 최선형 서비스 트래픽 2Mbps를 보낸다. 이때 계약을 잘 지킨 AFx1 트래픽이 최선형 서비스 트래픽에 의해서 보장받지 못함을 볼 수 있다. 약 30초경에 TC를 설정하고 난 후, 같은 트래픽을 발생시켰을 경우 GREEN으로 마킹된 AFx1 트래픽은 최선형 트래픽에 영향을 받지 않고 보장받으며, AFx2 트래픽은 최선형 트래픽보다는 높지 않으나 좀더 보장받고, RED로 마킹된 AFx3 트래픽은 최선형 서비스에 의해서 폐기됨을 확인할 수 있다.

4.4 BH PDB

BH PDB는 특별한 보장 없이 링크 자원이 남아있을 경우에만 보내고 자원이 부족할 경우에는 다른 트래픽에 영향을 미치지 않는 특성을 보인다. Sender1에서는 서로 목적지 포트가 다른 4개의 응용에 AF 트래픽을 각각 2Mbps로 발생하며, Sender2는 BH를 2Mbps로 발생하고, 최선형 서비스는 3Mbps로 트래픽을 발생시켰다.

TC를 설정하고 난 후, Sender2에서 BH 트래픽 1Mbps와 최선형 트래픽 2Mbps 발생한다. 약 20초경에 Sender1에서 AF 트래픽 8Mbps를 전송한다. 이때 출력단의 자원인 10Mbps를 넘기 때문에 BH 트래픽은 전송되지 못한다. 40초경에 TC를 설정하지 않았을 경우 BH 트래픽은 다시 전송되기 시작하여 AF 클래스 트래픽에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

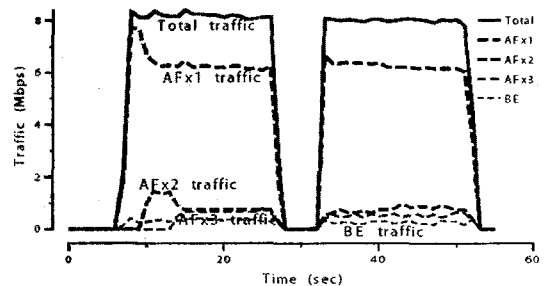


그림 11 MM PDB 실험결과

4.5 MM PDB

MM PDB 실험은 새로 제안된 수정 trTCM[10]을 통하여 계약을 잘 준수하는 트래픽은 손실없이 최소보장 대역이 보장받는 것을 보인다. Sender1, 2에서는 AF 트래픽을 각각 2Mbps로, 최선형 서비스 트래픽을 2Mbps로 동일하게 발생시켰다.

그림 11에서 왼편과 오른편은 각각 일반 trTCM과 수정 trTCM을 적용했을 경우로서, 초기에 GREEN의 버스트 크기인 CBS의 크기를 넘는 양이 순간적으로 GREEN 폐기확률로 마킹되며, 마찬가지로 YELLOW의 버스트 크기인 PBS를 넘는 양이 순간적으로 YELLOW의 폐기확률로 마킹됨을 확인할 수 있다. 그러나 MM PDB가 사용하는 수정 trTCM을 사용하여 트래픽을 발생시킨 결과 GREEN과 YELLOW의 순간 버스트 크기를 보장하며 서비스 받음을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 리눅스상에 각 클래스의 서비스를 정확하게 보장하는 차등화서비스 라우터를 구현하였다. 입력 단에서 패킷마킹이 가능한 에지 라우터는 네트워크 병목현상이 발생한 경우에도 각 서비스 클래스간 독립

적으로 서비스를 보장해 줄 수 있다.

또한, 본 논문은 기존의 라우터와의 성능비교와 망 차원의 서비스를 지향하는 PDB 실험을 통하여 제안된 구조에 대하여 검증하였다. VW PDB에서는 EF PHB를 사용하여 실험하여, 에지 라우터에서 계약한 만큼만 할당 하도록 폴링싱을 하여 사용자의 트래픽을 보장하였으며, AR PDB는 네트워크 혼잡이 발생하였을 때 GREEN으로 마킹된 패킷이 폐기되지 않고 보장 받음을 확인하였고, BH PDB는 자원이 남아 있을 경우에만 보내기 때문에 다른 트래픽에 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 마지막으로 MM PDB에서는 계약을 잘 준수한 트래픽이 손실없이 보장받는 것을 확인 하였다. 실험한 결과 제안된 구조를 통하여 차등화 서비스의 트래픽 품질이 보장 받음을 확인할 수 있다.

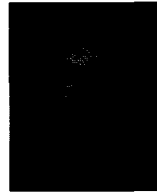
참 고 문 헌

- [1] IETF Differentiated Services Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/DiffServ-charter.html>
- [2] S. Blake et al., "An Architecture for Differentiated Services," RFC 2475, Dec.1998.
- [3] K. Nichols et al., "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers," RFC 2474, Dec. 1998.
- [4] V. Jacobson et al., "An Expedited Forwarding PHB group," RFC 2598, Jun. 1999.
- [5] F. Baker et al., "The Assured Forwarding PHB group," RFC 2597, Jun. 1999.
- [6] K. Nichols et al., "Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviors and Rules for their Specification," RFC 3086, Apr. 2001.
- [7] V. Jacobson et al., "The Virtual Wire Per-Domain Behavior," Internet draft, Jul. 2000.
- [8] N. Seddigh et al., "An Assured Rate Per-Domain Behavior for Differentiated Services," Internet draft, Jul. 2001.
- [9] B. Carpenter et al., "A Bulk Handling Per-Domain Behavior for Differentiated Services," Internet draft, Jan. 2001.
- [10] 강남희, "인터넷 차등화 서비스의 AF PHB를 적용한 MM PDB에 관한 연구", 숭실대학교 학위논문, Dec. 2000.
- [11] Y. Bernet et al., "An Informal Management Model for Diffserv Routers," Internet draft, Feb. 2001.
- [12] J.C.R. Bennett, H. Zhang, "WF²Q+: Worst-case fair weighted fair queuing," In Proceedings of IEEE INFOCOM'96, pp. 120-128, San Francisco, CA, Mar. 1996.
- [13] J. Heinanen et al., "A Single Rate Three Color Marker," RFC 2697, Sep. 1999.
- [14] J. Heinanen et al., "A Two Rate Three Color Marker," RFC 2698, Sep. 1999.
- [15] W. Almesberger et al., "Differentiated Services on Linux," Internet Draft, Jun. 1999.
- [16] W. Almesberger et al., "Linux Network Traffic Control - Implementation Overview," Feb. 2001.
- [17] Multi-Generator(MGEN), <http://manimac.itd.nrl.navy.mil/MGEN/>
- [18] Tele Traffic Tapper(TTT), <http://www.csl.sony.co.jp/person/kjc/software.html>



황진호

1996년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학과 졸업(공학사). 2002년 8월 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사). 2002년 8월 ~ 현재 케이티프리텔 N/W연구소 Core망연구팀. 관심분야는 Softswitch VoIP, NGN, Internet QoS 등



김영한

1984년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사). 1987년 1월 ~ 1994년 8월 디지털정보통신연구소 데이터통신연구부장. 1994년 9월 ~ 현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수. 현재 VoIP 포럼 차세대기술분과위원장 통신학회 인터넷연구회위원장. 관심분야는 NGN, All-IP Network



신명기

1992년 홍익대학교 전자계산학과 졸업(학사). 1994년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사). 1994년 ~ 현재 한국전자통신연구원(ETRI) 표준연구센터 차세대인터넷표준연구팀 선임연구원. 2002년 ~ 현재 IPv6포럼코리아 프로그램 WG 의장. 관심분야는 차세대인터넷기술, IPv6, 멀티캐스트