

트래픽 구분을 통한 차등화 서비스의 성능 분석

천 상 훈*

Performance Analysis of Differentiated Services by Classifying Traffic

Sang Hun Chun*

요 약

본 논문에서는 개별 트래픽에 적용된 차등화 서비스의 성능을 고찰하였다. 이를 위해 QoS 특성이 다르고 특정 송신원에서 수신원으로 향하는 패킷들을 발생시키는 세 개의 트래픽을 사용하였다. 각 트래픽에는 서비스 품질에 따라 적절한 코드 포인트를 할당하기 위해서 간단한 3 색 표식을 갖는 타임 슬라이딩 윈도우의 정책 모델을 공통의 정책으로 적용시켰다. 성능 평가를 위해 개별 트래픽에 대해서 코드 포인트를 조사하여 비교하였다. NS-2를 이용한 실험 결과 각 트래픽의 전송속도 1Mbps, 2.5Mbps, 4Mbps에 따라 차등적으로 코드 포인트가 10, 11, 12로 할당됨을 확인할 수 있었다.

Key Words : Policer, Differentiated Services, Code Point, TSW3CM, Edge Router

ABSTRACT

This paper examined the performance of differentiated services applied to each different traffic. For this purpose, we used three traffics which have a different quality of service and generate packets from a specific source to destination. To allocate a proper code point according to QoS, a common policy which is the simple policy model of time sliding window with 3 color marking (TSW3CM) was established to each traffic. To evaluate the performance, we investigate and compare code points to each traffic. Simulation results using NS-2 showed that the code points 10, 11, and 12 can be differently allocated to each traffic according to its sending rates 1Mbps, 2.5Mbps, and 4Mbps.

I. 서 론

기존의 인터넷에서 모든 트래픽은 네트워크 내부에서 똑같은 취급을 받는다. 즉 인터넷 프로토콜은 기본적으로 서비스 품질의 보장을 제공하지 못한다. 과도한 트래픽을 유발하여 네트워크에 혼잡을 발생시키는 멀티미디어 어플리케이션, 연결 설정을 요구하는 호 제어 연결, 서비스 중인 연결 등 특성이 다른 트래픽들에 대해서 중요도에 따라 차별화된 서비스가 필요함에도 불구하고 인터넷에서는 이들

모두가 동일한 서비스 품질의 트래픽으로 취급되는 것이다. 이러한 문제를 해결하여 IP(Internet Protocol) 네트워크에서 서비스 품질을 제공하고자 다양한 기법이 제안되었다¹⁻³⁾. 그 중에서도 차등화 서비스는 비용적 측면과 확장성 측면에서 가장 유리한 것으로 평가받고 있다⁴⁾.

차등화 서비스는 사용자의 서비스 보장 요구를 충족시키기 위해 차별화된 수준별 서비스를 제공한다. 사용자 트래픽의 패킷들에 코드 포인트가 부착되고, 이 패킷들은 사전에 사용자와 네트워크 간에

* First Author : 인천재능대학교 정보통신과 부교수, wintari@naver.com, 중신회원
논문번호 : KICS2013-06-239, 접수일자 : 2013년 6월 12일, 최종논문접수일자 : 2013년 8월 27일

이루어진 서비스 수준에 따라 특정 서비스를 받도록 처리된다. 서비스 수준은 서비스 정책에 의해서 결정되는데, 서비스 정책은 정책유형, 목표치 등으로 정의되며, 정책유형에는 TSW2CM(Time Sliding Window with 2 Color Marking), TSW3CM(Time Sliding Window with 3 Color Marking), 목표치에는 CIR(Committed Information Rate), PIR(Peak Information Rate), CBS(Committed Burst Size) 등이 있다. 서비스 정책은 두 개 이상의 코드 포인트를 사용하며, 코드 포인트는 트래픽의 목표치와 현재전송속도를 비교하여 결정된다.

이러한 차등화 서비스의 성능 평가를 위해서 차등화 서비스 구축, 멀티미디어 어플리케이션의 서비스 품질 관리, 네트워크 혼잡상태에서의 트래픽 서비스 품질 관리, 큐 제어 파라미터에 따른 서비스 품질 관리 등 다양한 시도가 있었다⁵⁻⁸⁾. 하지만 이들 성능평가 방법은 여러 사용자의 통합된 트래픽에 대해서 이루어진 서비스 품질 관리 능력을 평가하는 것에 초점이 맞추어져 있다. 따라서 특정 사용자로부터의 개별 트래픽에 대한 차등화 서비스의 서비스 품질 관리 능력에 대한 검증이 부족하였다.

본 논문은 사용자별로 트래픽을 구분하고, 각 트래픽에 서비스 품질 요구 수준을 달리해 가면서 차등화 서비스의 품질 관리 능력을 분석한다. 이를 위해 각 트래픽에 대해서 서로 다른 전송속도를 할당하고, 동일한 CIR과 PIR 값을 할당한 3 색 표식을 갖는 타임 슬라이딩 윈도우 정책 모델(TSW3CM)을 적용시키고, RED(Random Early Discard) 큐 관리 기법을 사용하여 실험을 수행한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 실험에 사용된 네트워크 모형과 실험환경 등을 설명하고, III 장에서는 개별 트래픽 서비스 수준에 따라 차등화 서비스가 서비스 품질을 관리할 수 있음을 보이기 위해 NS-2를 활용하여 모의실험을 수행하고 결과를 분석하며, IV 장에서 결론을 맺는다.

II. 네트워크 모델 및 차등화서비스 정책

본 논문에서는 사용자 별로 트래픽을 구분하여 차등화 서비스의 서비스 품질 관리 성능을 분석하기 위해 그림 1의 실험 망 모델을 사용한다.

송신원 S0는 경계 라우터 E0에 연결되고 코어 라우터 C0와 경계 라우터 E3를 경유하여 목적지 D에 연결된다. 송신원 S1은 경계 라우터 E1에 연결되고 코어 라우터 C0와 경계라우터 E3를 경유하여

목적지 D에 연결된다. 송신원 S2는 경계 라우터 E2에 연결되고 코어 라우터 C0와 경계라우터 E3를 경유하여 목적지 D에 연결된다. 송신원 S0, S1, S2는 0초에 동시에 1000 바이트 크기의 패킷을 갖는 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 발생시켜 UDP(User Datagram Protocol) 프로토콜을 통해 목적지 D로 전송한다. 각 송신원의 서비스 품질을 차별화하기 위해서 각 송신원의 전송속도를 달리한다. 즉 송신원 S0는 1Mbps, 송신원 S1은 2.5Mbps, 송신원 S2는 4Mbps의 전송속도로 패킷을 전송하도록 설정하였다.

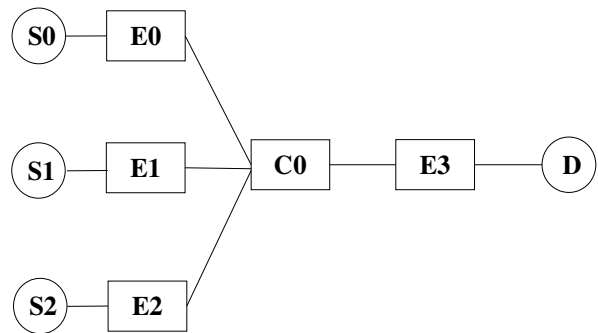


그림 1. 실험 망 모형
Fig. 1. Simulation Network Model

각 송신원 S0, S1, S2와 이에 연결된 경계 라우터 E0, E1, E1 간의 링크는 10usec의 지연시간과 10Mbps의 대역폭을 갖도록 설정하였다. 목적지 D와 이에 연결된 경계 라우터 E3 간의 링크는 10usec의 지연시간과 10Mbps의 대역폭을 갖는다. 경계 라우터 E0, E1, E2와 코어 라우터 C0 간의 링크는 0.1ms의 지연시간과 10Mbps의 대역폭을 갖는다. 코어 라우터 C0와 경계 라우터 E3 간의 링크는 0.1ms의 지연시간과 10Mbps의 대역폭을 갖도록 설정하였다.

경계 라우터 E0에는 송신원 S0에서 목적지 D로 향하는 순방향 패킷들로 구성되는 트래픽에 대해서 3 색 표식을 갖는 타임 슬라이딩 윈도우(TSW3CM)의 서비스 정책을 적용한다. 마찬가지로 방법과 내용으로 경계 라우터 E1에는 송신원 S1에서 목적지 D로 향하는 트래픽에 대해서, 경계 라우터 E2에는 송신원 S2에서 목적지 D로 향하는 트래픽에 대해서 TSW3CM 서비스 정책을 적용한다. 반면에 경계 라우터 E3에는 목적지 D에서 송신원 S0, S1, S2로 향하는 혼성 패킷들로부터 각 송신원으로 향하는 역방향의 트래픽을 구분하여 3 색 표식을 갖는 타임 슬라이딩 윈도우(TSW3CM)의 서비스 정책을 적

용하고 코드 포인트를 부착시키며, 패킷에 부착된 코드 포인트에 따라 각 패킷을 해당하는 가상 큐에 입력시킨다.

TSW3CM 정책은 순방향 및 역방향 트래픽에 대해서 3 개의 가상 큐를 갖는 하나의 물리 큐를 설정하고, 서비스 품질을 평가하기 위한 상태변수 CIR, PIR의 값을 2Mbps와 3Mbps로 설정한다. 패킷의 서비스 품질을 판단하기 위해서 경계 라우터에 도착한 패킷의 평균 전송속도를 측정하고, 이 값이 CIR보다 낮으면 최상 등급, CIR과 PIR 사이에 있으면 중간 등급, PIR 보다 높으면 최하 등급으로 판정한다. 패킷의 측정된 서비스 품질의 등급을 토대로, 최상 등급의 패킷에는 코드 포인트 10, 중간 등급에는 코드 포인트 11, 최하 등급에는 코드 포인트 12를 할당한다. 이러한 내용을 토대로 표 1에 각 송신원의 서비스 품질 등급에 대한 코드 포인트의 매핑 관계를 표시하였다.

표 1. 서비스 품질에 따른 패킷 매핑
Table 1. Mapping the packet depending on QoS.

Source	Sending Rate (Mbps)	Class of QoS	Code Point
S0	1	최상 등급	10
S1	2.5	중간 등급	11
S2	4	최하 등급	12

코드 포인트 10의 패킷은 가상 큐 0번에 입력되고, 마찬가지로 방법으로 코드 포인트 11, 코드 포인트 12의 패킷은 가상 큐 1번, 가상 큐 2번에 입력된다. 가상 큐 0번은 최소 문턱값 20, 최대 문턱값 40, 최대 패킷 폐기 확률 0.02를 갖는다. 가상 큐 1번은 최소 문턱값 10, 최대 문턱값 20, 최대 패킷 폐기 확률 0.1을 갖는다. 가상 큐 2번은 최소 문턱값 5, 최대 문턱값 10, 최대 패킷 폐기 확률 0.5를 갖는다. 따라서 가상 큐 0번에 입력되는 패킷은 최대의 큐 길이를 할당받고 최소의 패킷 폐기 확률로 서비스를 받게 된다. 반면에 가상 큐 2번에 입력되는 패킷은 최소의 큐 길이를 할당받고 최대의 패킷 폐기 확률로 서비스를 받게 된다. 가상 큐 1번에 입력되는 패킷은 가상 큐 0번과 가상 큐 2번의 중간 단계로 서비스를 받게 된다. 표 2는 이러한 내용을 토대로 코드 포인트와 가상 큐의 매핑 관계를 나타낸다.

경계 라우터에서는 각 트래픽을 구분하여 서비스

정책을 할당하여 서비스 품질에 따라 처리하는 반면에, 코어 라우터 C0에는 트래픽의 소속에 상관없이 표 2와 같이 입력되는 패킷의 코드 포인트만을 확인하여 서비스 품질에 따라 가상 큐를 할당하고 스케줄링한다. 즉 10번 코드 포인트의 패킷은 0번 가상 큐에, 11번 코드 포인트의 패킷은 1번 가상 큐에, 12번 코드 포인트의 패킷은 2번 가상 큐에 입력시킨다.

표 2. 코드 포인트와 가상 큐의 매핑
Table 2. Mapping the code point to virtual queue.

Code Point	Virtual Queue	Minimum Threshold	Maximum Threshold	Maximum Dropping Probability
10	0	20	40	0.02
11	1	10	20	0.1
12	2	5	10	0.5

III. 모의실험 수행 및 분석

모의실험은 네트워크 시뮬레이터 ns-2.35를 사용하여 100초 동안 수행하였고, 각 경계 라우터에서의 코드 포인트의 할당 변화 추이와 각 코드 포인트에서의 패킷 전송량을 분석하였다.

3.1. 모의실험 조건

표3은 송신원 S0, S1, S2에서 목적지 D로 향하는 트래픽에 대해서 경계 라우터 E0, E1, E2에 설정한 서비스 정책, 초기 코드 포인트, CIR, PIR 값으로 구성되는 정책 테이블을 나타낸다.

표 3. 정책 테이블
Table 3. Policy Tables.

Edge Router	Policer	Initial Code Point	CIR (Mbps)	PIR (Mbps)
E0	TSW3CM	10	2	3
E1	TSW3CM	10	2	3
E2	TSW3CM	10	2	3

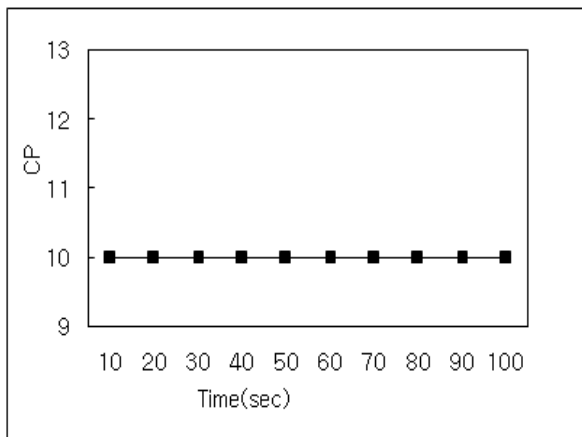
표 3으로부터 각 경계 라우터에 적용된 정책과 이에 관련된 파라미터 값들이 동일함을 알 수 있다. 이것은 동일한 정책 조건하에서 각 경계 라우터를

통과하는 개별 트래픽의 전송속도에 따라 서비스 품질이 조정되는 양상을 확인하기 위한 것이다. 예를 들면 코드 포인트의 초기 값을 10으로 설정하고 각 트래픽의 전송속도의 평균값을 측정하고, 이것을 CIR 값 및 PIR 값과 비교해서 측정된 서비스 등급이 최상등급이면 코드 포인트를 10, 중간 등급이면 코드 포인트를 11, 최하 등급이면 코드 포인트를 12로 설정하게 된다. 따라서 서로 다른 전송속도로 패킷을 발생하는 송신원 S0, S1, S2의 각 트래픽이 경계 라우터 E0, E1, E2에 적용된 표3의 정책에 따라서 서비스를 어떻게 받는지 확인하기 위해서 각 경계 라우터에서의 코드 포인트의 할당 변화 추이를 살펴보고, 각 코드 포인트에서의 패킷 전송량을 분석한다.

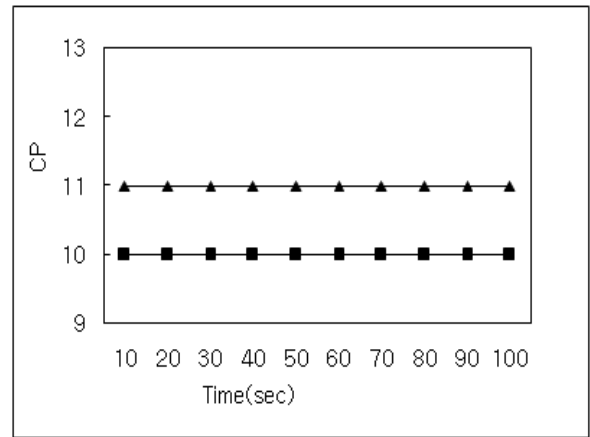
3.2. 코드 포인트 분석

그림2(a)는 송신원 S0가 1Mbps의 전송속도로 트래픽을 발생시키고, 이 트래픽이 경계 라우터 E0에 도달하여 TSW3CM 정책으로부터 판정받은 코드 포인트 값의 추이를 나타낸다. 경계 라우터 E0의 TSW3CM 정책은 입력되는 패킷들로부터 송신원 S0와 수신원 D의 짝으로 구성되는 트래픽을 추출하고, 해당 트래픽의 평균 전송속도를 측정한다. 측정된 전송속도는 TSW3CM 정책에 설정된 CIR, PIR 값과 비교 연산을 수행하고, 그 결과로부터 부합되는 코드 포인트를 할당함으로써 이후에 네트워크에서 받게 될 서비스 품질을 결정하여 표시하게 된다.

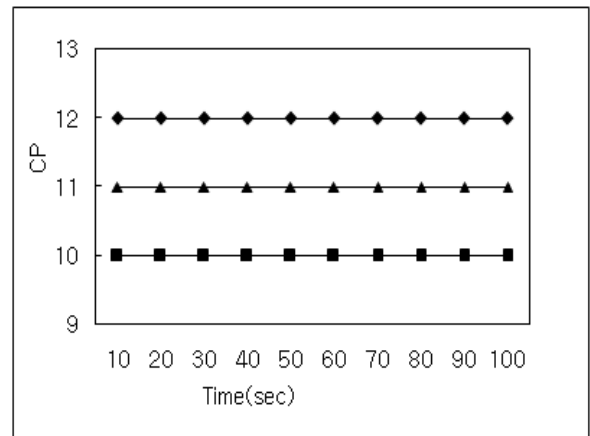
그림2(a)로부터는 코드 포인트 값이 시간에 관계 없이 일정하게 10만을 할당받고 있음을 알 수 있다. 이것은 S0의 전송속도가 CIR보다 작기 때문에 서비스 품질이 최상등급으로만 판정을 받아서 처리되고 있음을 나타낸다.



(a) Code Points at E0



(b) Code Points at E1



(c) Code Points at E2

그림 2. 경계 라우터에서의 코드 포인트
Fig. 2. Code points at the edge routers

그림2(b)는 송신원 S1이 2.5Mbps의 전송속도로 트래픽을 발생시키고, 이 트래픽이 경계 라우터 E1에 도달하여 TSW3CM 정책으로부터 판정받은 코드 포인트 값의 추이를 나타낸다. 경계 라우터 E1의 TSW3CM 정책은 입력되는 패킷들로부터 송신원 S1과 수신원 D의 짝으로 구성되는 트래픽을 추출하고, 해당 트래픽의 평균 전송속도를 측정한다. 측정된 전송속도는 TSW3CM 정책에 설정된 CIR, PIR 값과 비교 연산을 수행하고, 그 결과로부터 부합되는 코드 포인트를 할당함으로써 이후에 네트워크에서 받게 될 서비스 품질을 결정하여 표시하게 된다. 그림2(b)로부터 코드 포인트 값이 10과 11을 부여받고 있음을 알 수 있다. 이것은 S1의 전송속도가 CIR 2Mbps와 PIR 3Mbps 사이에 있어서 최하등급으로는 판정을 받지 않고 처리되고 있음을 나타낸다.

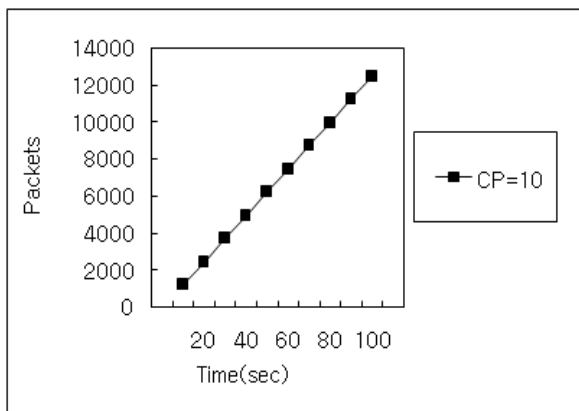
그림2(c)는 송신원 S2가 4Mbps의 전송속도로 트래픽을 발생시키고, 이 트래픽이 경계 라우터 E2에 도달하여 TSW3CM 정책으로부터 판정받은 코드 포인트 값의 추이를 나타낸다. 경계 라우터 E2의 TSW3CM 정책은 입력되는 패킷들로부터 송신원 S2와 수신원 D의 짝으로 구성되는 트래픽을 추출하고, 해당 트래픽의 평균 전송속도를 측정한다. 측정된 전송속도는 TSW3CM 정책에 설정된 CIR, PIR 값과 비교 연산을 수행하고, 그 결과로부터 부합되는 코드 포인트를 할당함으로써 이후에 네트워크에서 받게 될 서비스 품질을 결정하여 표시하게 된다. 그림2(c)로부터 코드 포인트 값이 10, 11, 12를 부여받고 있음을 알 수 있다. 이것은 S2의 전송속도가 PIR 3Mbps 보다 높기 때문에 최하등급으로 까지 판정을 받아서 처리되고 있음을 나타낸다.

이러한 결과로부터 경계 라우터에 구축된 TSW3CM 정책이 송신원 S1, S2, S3로부터의 트래픽을 구분하여 전송속도에 따라서 서비스 품질을 측정하고, 측정된 품질 등급에 맞추어 코드 포인트를 10, 11, 12 중에서 선택하여 할당함으로써 네트워크에서 받게 될 서비스를 조정 할 수 있음을 확인할 수 있다.

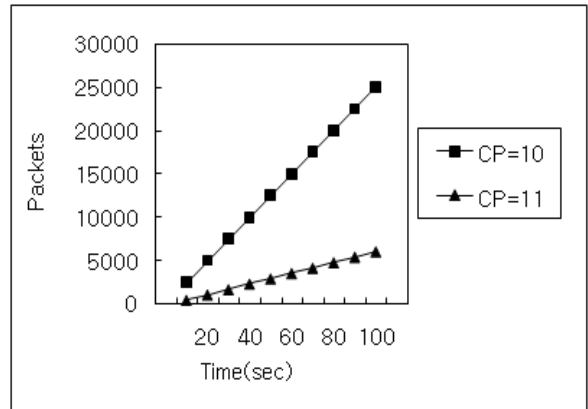
3.3. 출력패킷 분석

그림3은 각 경계 라우터에 도착한 패킷들에 대해서 TSW3CM 차등화 서비스 정책을 적용하고, 그 결과 부여받은 코드 포인트를 부착하고 목적지를 향해 출력되는 패킷들을 나타낸다.

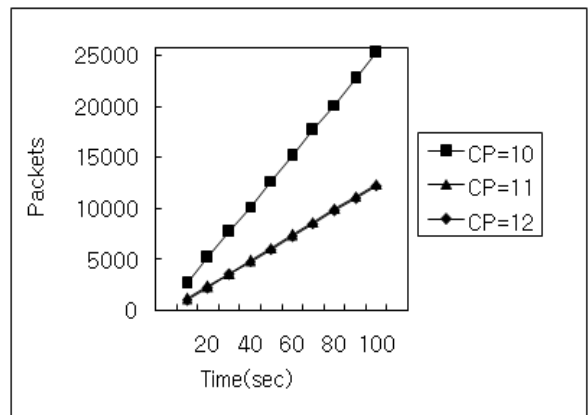
그림3(a)는 송신원 S0로부터 경계 라우터 E0에 도착한 패킷들에 대해서 TSW3CM 정책을 적용한 결과, 이로부터 할당된 코드 포인트 10을 부착하여 목적지 D로 향하는 패킷들을 나타낸다.



(a) Packet outputs at E0



(b) Packet outputs at E1



(c) Packet outputs at E2

그림 3. 패킷 출력
Fig. 3. Packet outputs

이것은 그림2(a)에서와 마찬가지로의 결과로서 송신원 S0로부터 목적지 D로 향하는 트래픽의 경우 전송속도가 CIR 보다 낮기 때문에 항상 최상등급인 코드 포인트 10이 부착되어 서비스를 받고 있음을 의미한다. 그림3(b)는 송신원 S1으로부터 경계 라우터 E1에 도착한 패킷들에 대해서 TSW3CM 정책을 적용한 결과, 이로부터 할당받은 코드 포인트 10 또는 코드 포인트 11을 부착하여 목적지 D로 향하는 패킷들을 나타낸다. 이것은 그림2(b)에서와 마찬가지로의 결과로서 송신원 S1으로부터 목적지 D로 향하는 트래픽의 경우 전송속도가 CIR 보다는 높고 PIR 보다는 낮기 때문에 최하등급인 코드 포인트 12를 제외한 상태로 서비스를 받고 있음을 의미한다.

그림3(c)는 송신원 S2로부터 경계 라우터 E2에 도착한 패킷들에 대해서 TSW3CM 정책을 적용한 결과, 이로부터 할당받은 코드 포인트 10, 코드 포인트 11, 또는 코드 포인트 12를 부착하여 목적지 D로 향하는 패킷들을 나타낸다. 이것은 그림2(c)에

서와 마찬가지로의 결과로서 송신원 S2로부터 목적지 D로 향하는 트래픽의 경우 전송속도가 PIR 보다 높기 때문에 최하등급인 코드 포인트 12를 포함한 상태로 서비스를 받고 있음을 의미한다. 그림3(c)에서 코드 포인트 11과 코드 포인트 12의 패킷 출력량이 비슷하여 두 결과가 그래프 상에서 겹쳐 보인다.

위의 결과에서 송신원 S0의 경우 전송속도가 CIR 보다 낮기 때문에 코드 포인트가 항상 10을 할당 받아서 서비스 받을 것으로 예상되며, 결과도 그러한 모습을 보인다. 하지만 송신원 S1의 경우 전송속도가 CIR 보다는 높고 PIR 보다는 작기 때문에 코드 포인트가 항상 11로 할당되어 서비스 받을 것으로 예상되나, 결과로부터는 코드 포인트 10으로도 할당받아 서비스 받고 있음을 알 수 있다. 마찬가지로 송신원 S2의 경우에 전송속도가 PIR 보다 높기 때문에 항상 코드 포인트 12로 서비스를 받을 것으로 예상되지만 결과로부터는 코드 포인트 11과 코드 포인트 10도 할당 받아서 서비스를 받고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과는 경계 라우터에 적용되는 TSW3CM 정책이 사용하는 RED 큐의 큐 제어 특성에 기인한 것으로 판단된다. RED 큐는 현재 물리 큐에 들어있는 패킷의 큐 길이를 고려하여 어느 가상 큐에 지금 막 도착한 패킷을 입력시킬지 결정하기 때문이다. 따라서 각 송신원의 전송속도와 함께 RED 큐의 큐 제어 메커니즘이 결합되어 이러한 양상이 나타나는 것으로 판단된다.

3.4. 검토결과

차등화 서비스 정책의 성능을 개별 트래픽 단위에서 분석하기 위해 서로 다른 전송속도를 갖는 송신원들을 같은 서비스 정책을 탑재한 각각의 경계 라우터에 연결시켜 실험을 수행하였고, 각 경계라우터에 입력되는 송신원의 트래픽이 할당받는 코드 포인트 값과, 이러한 코인트를 부착하고 출력되는 패킷을 검토하였다. 송신원 S0의 경우 전송속도가 1Mbps로서 CIR 2Mbps 와 PIR 3Mbps 보다 모두 작기 때문에 코드 포인트 10을 부여받으면서 최상의 서비스를 받았다. 송신원 S1의 경우 전송속도가 2.5Mbps로서 CIR 2Mbps와 PIR 3Mbps 사이에 있기 때문에 코드 포인트 10과 11을 부여받으면서 중간등급까지 서비스를 받았다. 송신원 S2의 경우 전송속도가 4Mbps로서 CIR 2Mbps 와 PIR 3Mbps 보다 모두 크기 때문에 코드 포인트 10, 11,

12를 부여받으면서 최하등급 서비스까지를 받았다. 이러한 검토결과 각 트래픽은 경계라우터에서 차등화 서비스 정책을 통해 각 트래픽의 전송속도에 따라 차별적으로 서비스를 제공받음을 확인 할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문은 사용자별로 트래픽을 구분하고, 각 트래픽에 서비스 품질 요구 수준을 달리해 가면서 차등화 서비스의 품질 관리 능력을 분석하였다. 이를 위해 각 트래픽에 대해서 서로 다른 전송속도를 할당하고, 동일한 CIR과 PIR 값을 할당한 3 색 표식을 갖는 타임 슬라이딩 윈도우 정책 모델(TSW3CM)을 적용시키고, RED 큐 관리 기법을 사용하여 실험을 수행하였다. 성능평가를 위해 서로 다른 전송속도로 패킷을 발생하는 송신원 S0, S1, S2의 각 트래픽이 경계 라우터 E0, E1, E2에 적용된 공통된 TSW3CM 정책에 따라서 서비스를 어떻게 받는지 확인하기 위해서 각 경계 라우터에서의 코드 포인트의 할당 변화 추이를 살펴보고, 각 코드 포인트에서의 패킷 전송량을 분석하였다. 실험결과 경계 라우터에 구축된 TSW3CM 정책이 송신원 S1, S2, S3로부터의 트래픽을 구분하여 전송속도에 따라서 서비스 품질을 측정하고, 측정된 품질 등급에 맞추어 코드 포인트를 10, 11, 12 중에서 선택하여 할당함으로써 네트워크에서 받게 될 서비스를 조정 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

References

- [1] K. Nichols, V. Jacobson, and L. Zhang, *A two-bit differentiated services architecture for the internet*, RFC 2638, July 1999.
- [2] X. Xiao and L. M. Ni, "Internet QoS: a big picture," *IEEE Network Mag.*, vol. 13, no. 2, pp. 8-18, Mar./Apr. 1999.
- [3] IETF, *Resource ReSerVation Protocol (RSVP)*, RFC 2205, Sep. 1997.
- [4] M. Mahajan and M. Parashar, "Managing QoS for multimedia applications in the differentiated services environment," *J. Network Syst. Management*, vol. 11, no. 4, pp. 469-498, Dec. 2003.
- [5] S. H. Chun, "A study on the performance

- evaluation of differentiated service using time sliding window with 3 color marking,” *J. Inst. Electron. Eng. Korea (IEEK)*, vol. 48, no. 3, pp. 16-19, Sep. 2011.
- [6] S. H. Chun, “QoS management using variations of RED parameters,” *J. Inst. Electron. Eng. Korea (IEEK)*, vol. 49, no. 11, pp. 205-210, Nov. 2012.
- [7] K.-M. Jung, S.-O. Lim, and S.-W. Min, “A dynamic priority control method to support an adaptive differentiated service in home networks,” *J. Korean Inst. Commun. Inform. Sci. (KICS)*, vol. 29, no. 7B, pp. 641-649, July 2004.
- [8] K. Hur, H. S. Lee, D. Shin, D.-S. Eom, and K. H. Tchah, “A configuration method of RIO for the assured service in differentiated services,” *J. Korean Inst. Commun. Inform. Sci. (KICS)*, vol. 27, no. 6C, pp. 571-580, June 2002.

천 상 훈 (Sang Hun Chun)



1992년 2월 한국과학기술원 전
기및전자공학과 석사졸업 대
2000년 2월 인하대학교 전자
공학과 박사졸업 대한민국
대한
2000년 3월~현재 인천재능
대학교 정보통신과 부교수

대한

<관심분야> 통신공학, 트래픽 제어, 네트워킹