
IP 스위칭에서 VC 사용량에 따른 동적 흐름 분류 방법

박세환*, 박광채**

The Dynamic Flow Classification Method According to the VC Usage in IP Switching

Se Hwan Park, Kwang Chae Park

요 약

IP 스위칭은 IP 라우터의 성능을 개선시키기 위해 제안된 라우팅 기술이다. IP 스위칭에서 흐름 분류는 중요한 이슈 중에 하나이다. 보다 좋은 성능을 발휘하기 위해서 흐름 분류 방법은 다양하게 변화하는 IP 트래픽에 대하여 일치하도록 조절되어야 하며 IP 스위치는 가능한 많은 스위치의 하드웨어 자원을 사용해야 한다. 본 논문에서는 IP 스위칭에 대한 동적 흐름 분류 방법을 제안한다. 스위치에서 현재 사용되어지고 있는 하드웨어 스위칭 자원들에 따라서 제어 파라미터 값을 동적으로 조절함으로써 다양한 IP 트래픽에 대하여 기존의 방법보다 하드웨어 자원을 효율적으로 이용함으로써 IP 스위치의 성능을 개선시킬 수 있다.

핵심용어: IP 스위칭, 흐름 분류, 라우팅

ABSTRACT

IP Switching is a new routing technology proposed to improve the performance of IP routers. Flow classification is one of the key issues in IP Switching. To achieve better performance, flow classification should be matched to the varying IP traffic and an IP switch should make use of its hardware switching resources as fully as possible. This paper proposes an dynamic flow classification method for IP Switching. By dynamically adjusting the values of its control parameters in response to the present usage of the hardware switching resources, this dynamic method can efficiently match the varying IP traffic and thus improve the performance of an IP switch.

Key words: IP switching, Flow Classification, Routing

* 여수공업대학 인터넷 S/W학과

** 조선대 전자·정보통신공학부

접수일자: 2000. 11. 24

I. 서론

인터넷 사용자의 증가와 멀티미디어 응용 서비스들의 출현으로 인하여, IP 트래픽은 지난 몇 년 동안 급속하게 증가하였으며, 네트워크 내의 라우터는 인터넷 병목 현상을 일으키게 되었다. 라우터에 의해 기본적으로 수많은 서브 네트워크의 상호연결들로 이루어진 인터넷 네트워크의 구조는 초기 단계에는 기본적인 트래픽에 대한 설계만이 필요로 하였다. 그러나 오디오나 비디오 같은 멀티미디어 응용 서비스들은 높은 전송률과 낮은 통신 지연 그리고 확장성 등을 필요로 하게 됨에 따라 인터넷 구조는 이와 같은 변화와 트래픽 요구에 대해 적응을 위해 새로운 네트워크 기술들이 개발되었으며, 그 중에서 가장 중요한 것 중 하나인 자원 예약과 대역폭 조절 그리고 낮은 데이터 전송지연을 가능하게 하는 ATM 기술이다. 더욱이 ATM은 B-ISDN 뿐만 아니라 LAN과 WAN 환경에서 이용이 가능하다.

ATM 통합을 위해 특히 CLIP(Classical IP over ATM)와 LANE(LAN Emulation)과 같은 연구가 이루어 졌다. CLIP와 LANE는 같은 IP 서브 네트워크에 대해 연결되는 ATM 호스트들 사이에서 효과적인 통신 채널들을 제공한다. 일반적으로 서로 다른 서브 네트워크 사이에서 통신은 라우터들을 경유하여 수행되게 되며, 이는 추가적인 전송 지연을 일으키게 된다.

이러한 라우팅 지연을 최소화하기 위해 IP Switching[1], Tag Switching[2], ARIS(Aggregate Route-based IP Switching)[3], CSR(Cell Switch Router)[4]과 같은 방법들이 개발되었다.

IP Switching은 기존의 IP 라우터들의 성능을 개선시키기 위해 제안된 효율적인 라우팅 기술이다. IP 스위치는 ATM 하드웨어에서 직접 교환을 할 것인지 아니면 라우팅 소프트웨어에 의해서 hop-by-hop으로 전송할 것인지를 결정하기 위해 흐름 분류를 실행해야 한다. 이 작업은 패킷의 헤더 필드 값을 조사함으로써 실행된다. 일반적으로, 많은 패킷들을 가지고 있는 긴 흐름들은 ATM 스위칭에서 교환되고, 적은 수의 패킷을 가지고는 짧은 흐름들은 hop-by-hop 전송으로 다뤄진다[1]. 이 목적을 위해, 흐름 분류는 짧은 주기의 흐름과 긴 주기의 흐름들인 들어

오는 흐름들을 효율적으로 분류하여야 한다. 보다 나은 성능을 위해 여러가지의 흐름 분류 방법과 알고리즘들이 제안되었다[1][5][6]. 제안된 대부분의 알고리즘의 특징은 정적이고 또한 제어 파라미터 값들이 정적으로 고정되어있다. 그러나 IP 트래픽은 매우 변화가 많아 정확한 트래픽 특징들의 예측과 최적의 표준이나 제어 파라미터의 설정이 어렵다. 이러한 이유로 정적 흐름 분류 방법/알고리즘은 변화하는 IP 트래픽에 대한 적응과 이상적인 실행을 하기가 어렵다. 성능을 개선하기 위해서 흐름 분류는 변화하는 IP 트래픽의 특징들을 고려해야 한다. 게다가, IP 스위치는 더 좋은 성능을 위해 가능한 모든 하드웨어 스위칭 자원을 사용해야 한다. 이러한 요지에 근거를 두고 본 논문에서는 IP 스위칭에 대한 동적 흐름 분류 방법을 제안하였다. 하드웨어 스위칭 자원들의 현재 사용량에 대하여 이들의 제어 파라미터 값을 동적으로 조절함으로써 이 동적 방법은 변화하는 IP 트래픽에 효율적으로 조절이 되며 IP 스위치의 성능을 개선시킬 수 있다.

II. 정적 흐름 분류 방법

Protocol-based policy[5]는 프로토콜에 의해 흐름을 간단하게 분리하는 하나의 흐름 분류 방법이다. 이 방법은 라우팅 소프트웨어에 의해 모든 TCP 흐름들은 ATM 스위칭으로 선택되고, 반면 모든 UDP 흐름들은 hop-by-hop으로 전송되어진다. 이 방법은 연결형 서비스들이 일반적으로 짧은 시간 동안 비연결형 서비스들 보다 전송해야할 패킷들이 더 길고 많이 가지고있다는 것이다. 유사하게 흐름들 또한 FTP, SMTP, HTTP와 같은 응용들에 의해서도 분류된다[6]. 이 Application-based policy는 각 흐름의 패킷들의 평균 지속 시간과 평균수의 통계적 측정으로 결정된다. 오랫동안 지속되는 흐름들을 발생하고 많은 수의 패킷들의 수를 가지고 있는 응용 서비스들은 ATM 스위칭에 선택되는 경향이 있다. 이 두 방법들 모두 긴 지속 기간의 흐름으로부터 짧은 지속 기간의 흐름을 분리하는데 있어서 효율적이지 못하다.

또 다른 흐름 분류 알고리즘[1]은 각 흐름으로부터 수신된 패킷들의 수를 계산하여 각 흐름의 처음

X 패킷들은 항상 라우팅 소프트웨어에 의해서 전송을 하고 반면 더욱 많은 패킷들은 ATM 하드웨어에서 교환되어지며, 프로토콜과 응용들에 무관하다. 개선된 방법이 X/Y 알고리즘이다. 이 알고리즘 또한 각 흐름들에서 수신된 패킷들의 수를 계산한다. Y초 내에 수신된 흐름의 패킷들의 수가 X를 초과하게 되면 흐름의 많은 패킷들은 ATM 하드웨어에서 교환되어 질 것이다. 이 두 알고리즘의 기본은 만약 흐름에서 수신된 X 패킷을 이미 가지고 있다면(Y초 이내) 이는 이 흐름이 더욱 많은 패킷을 가진다고 예상할 수 있다는 것이다.

III. 동적 흐름 분류 방법

2장에서 설명한 모든 흐름 분류 방법/알고리즘들은 정적이다. 트래픽 부하가 경부하이고 입력되는 흐름들이 대부분 짧은 기간의 흐름들이라고 가정하면, 소프트웨어 전송 자원과 하드웨어 스위칭 자원의 이용률 균형이 이상적인 성능을 발휘하지 못한다. IP 스위칭의 목적은 ATM 하드웨어를 활용에 의하여 기존의 IP 라우터의 전송 성능을 개선하는 것이다. 이 관점으로부터 ATM 스위치의 하드웨어 스위칭 자원들이 가능한 전체가 이용되도록 해야 이상적이다. 반면에, IP 스위칭은 그 자체에서 두 개의 다른 종류 자원들의 이용률이 자동적으로 조절되는 메커니즘을 제공해야 한다.

IP 스위치의 VC(virtual Circuit) 공간은 중요한 하드웨어 스위칭 자원이며 시스템 성능에 커다란 영향을 미친다. 흐름이 ATM 스위칭에 대하여 선택되었을 때, IP 스위치는 VC공간으로부터 VCI(Virtual Channel Identifier)를 요구해야 하며, 이렇게 함으로써 ATM 하드웨어에서 직접 교환할 수 있다. 커다란 VC 공간들은 ATM 하드웨어에서 교환되어지기 위한 많은 수의 흐름들에 대하여 허락을 할 것이며, 이는 보다 좋은 성능을 나타낸다. 그러나 IP 스위치의 VC 공간들이 제한되어 있다면, ATM 스위칭에 대하여 선택되어진 흐름들은 VC 공간에서 차단되어질 것이며, 이는 ATM 하드웨어에서 교환되어지지 않을 것이다. 보다 좋은 성능을 이루기 위해서는 ATM 스위칭에 대하여 가능한 많은 흐름들을 선택하는 것이 바람직하다. 반면에, 너무 많은 흐름들이 ATM

스위칭으로 선택되어지면, 이 흐름들은 짧은 기간의 흐름들에 의하여 VC 공간에서 비교적 길게 차단되어지므로 바람직하지 않다. 이러한 이유로 흐름 분류 알고리즘은 변화하는 IP 트래픽에 일치하도록 제어 파라미터 값을 동적으로 조절할 수 있어야 한다. 이 목적을 위해 동적 흐름 분류 방법을 제안한다.

제안된 방법은 정적 X/Y 알고리즘을 기본으로 하며, Y는 시간 간격을 나타내며, X는 Y초에서 수신된 패킷들의 수이다. 알고리즘의 목적은 가능한 많은 VC 공간을 사용하면서 긴 기간의 흐름들에 대하여 보다 좋은 성능을 제공하는 것이다. 변화하는 IP 트래픽에 일치시키기 위해서는 현재 VC 용량에 일치하는 정적 X/Y 알고리즘의 제어 파라미터(X 와 Y) 값을 동적으로 조절하는 것이 바람직하다. VC 용량은 표 1과 같이 X와 Y의 측면에서 단조로운 특징을 나타내고 있다. X의 증가 또는 Y의 감소에 의해서 VC 용량은 감소되어진다. 따라서 이러한 특징을 VC 용량의 동적 제어에 이용을 한다. 이 원리는 VC 용량이 작을 때 즉, X(또는 Y)가 적당히 감소 (또는 증가) 하면 보다 많은 흐름들이 ATM 하드웨어에서 교환되어질 것이다. 반대로 VC 용량이 과부하가 되면 즉, X(또는 Y)가 적당히 증가 (또는 감소) 하면 비교적 길고 많은 수의 패킷을 포함하고 있는 흐름들은 VC 공간에서 차단되지 않으며 ATM 하드웨어에서 교환될 것이다. 이 방법은 알고리즘에서 주기적으로 VC 용량을 측정하며 목표함수에서 어떻게 조절할 것인가를 결정한다.

표 1. X 와 Y의 측면에서의 VC 용량의 특징
Table 1. The property of the VC Usage with respect to X and Y

	X ↑	X ↓	Y ↑	Y ↓
C_n	↓	↑	↑	↓

조절은 이산 시간 n에서 주기적으로 수행된다고 가정하다. 대부분 손실이 없고, n이 정수 값이면 실제 조절은 고정된 시간 간격에서 일어난다. VC 공간 전체를 사용하기 위해서는 시간 n에서 VC 용량은 가능한 커야한다. 그러나 일반적으로 VC 공간에서 일어나는 블록킹의 경우 VC 공간의 크기와 같지 않

으며, 이러한 흐름들은 비교적 길고 ATM 하드웨어에서 교환되지 않는 많은 수의 패킷들을 포함하고 있다. 이러한 이유로 목표합수 또는 목표 영역은 다음과 같다.

$$C_l < C_n < C_m$$

여기에서 C_n 은 시간 n 에서 VC 용량이다. C_m 은 VC 공간의 크기이며 고정된 값으로 가정한다. 그리고 C_l 은 C_m 이 임계치이다. 이제 조절 목표가 VC 용량의 조절에서 목표 영역으로의 변환된다. X_n 과 Y_n 은 각각 시간 n 에서 X 와 Y 의 값이다. 이 두 값은 양의 값으로 다음과 같다.

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_n \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_n \dots\dots\dots (2)$$

ΔX_n 과 ΔY_n 은 시간 n 에서 조절 단계 크기이다. 조절 방법은 표 2에 있다. "0"은 변화 없음, "↓"은 감소 "↑"증가함을 나타낸다. 이론적으로 조절은 X_n 또는 Y_n 의 변화에 의해서 뿐만 아니라 모든 변화에 의해서 이루어진다.

표 2. X와 Y의 조절 방법
Table 2. Adjustment method of X and Y

	$0 < C_n < C_l$	$C_l < C_n < C_m$	$C_n = C_m$
(X_n, Y_n)	(↓, ↑)	(0, 0)	(↑, ↓)

다음은 어떻게 각 조절 시간마다 조절 단계 크기를 결정하는 것이다. 간단한 방법은 VC 공간의 현재 사용량에 무관하게 작은 고정된 값을 ΔX_n 과 ΔY_n 에 할당하는 것이다. 보다 좋은 성능을 위해서는 VC 용량이 목표영역으로 가능한 빨리 접근하는 것이 좋다. 그래서 보다 작은 VC 용량의 경우에는 보다 큰 ΔX_n 또는 ΔY_n 의 값이 바람직하다. VC 용량이 목표영역에 가까울 때 ΔX_n 또는 ΔY_n 의 값은 작게 되고 C_n 은 조절 범위를 넘어서지 않게 될 것이다. 그러므로 ΔX_n 과 ΔY_n 은 현재의 VC 용량

(C_n)과 원하는 VC 용량(C_d)사이에서 차액(L_n)에 기본을 두어 조절된다.

조절 단계의 크기는 다음과 같이 결정된다.

$$\Delta X_n = \begin{cases} 0 & |C_n - C_d| < C_m - C_d \\ -\lceil \frac{|L_n|}{L_0} * \Delta X_0 \rceil & C_d - C_n \geq C_m - C_d \\ \lceil \frac{|L_n|}{L_0} * \Delta X_0 \rceil & C_n - C_d \geq C_m - C_d \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta Y_n = \begin{cases} 0 & |C_n - C_d| < C_m - C_d \\ -\lceil \frac{|L_n|}{L_0} * \Delta Y_0 \rceil & C_d - C_n \geq C_m - C_d \\ \lceil \frac{|L_n|}{L_0} * \Delta Y_0 \rceil & C_n - C_d \geq C_m - C_d \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

여기에서 ΔX_0 와 ΔY_0 는 조절 단계 크기의 초기 값이며 $\lceil \omega \rceil$ 는 ω 의 정수 부분이다. 파라미터의 관계는 그림 1에 있다. 현재의 VC 용량과 원하는 VC 용량의 사이의 차이에 대한 비에서 이 방법은 (X,Y) 조절은 선형적이다.

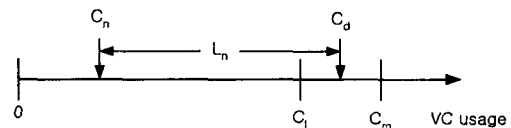


그림 1. 파라미터들의 관계
Fig. 1 Relationship of the parameters

IV. 시뮬레이션

본 장에서는 제안한 동적 알고리즘의 효율성을 증명하고, 시스템 성능의 개선을 보이기 위해 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

4.1 IP 스위칭 시뮬레이션 모델

처음 IP 스위칭 기술은 IP 스위치들에 기반을 둔 Ipsilon에 의해 개발되었으며, 하드웨어와 특별한 제어 소프트웨어를 제공하는 ATM 스위치들을 가지고 있다.[7][8] IP 스위치들은 인접한 스위치들 사이에 미리 설정된 ATM 채널들로부터 IP 패킷들을 수신

한 후에 처음에는 오직 전송 링크로 ATM을 이용하여 일반적인 라우터들로 동작을 한다.

IP 스위치는 미리 설정된 채널을 통해서 ATM 셀들로 분할된 IP 패킷들을 수신한다. 패킷을 재조립한 후에 IP 스위치 제어기는 다음 홉을 결정하고 새로운 흐름이 설정될 수 있는지를 확인하기 위해 패킷을 헤더를 분석한다. IP 스위치가 새로운 흐름을 확인하였을 때, 입력포트에 대한 VCI를 할당하고, 특정한 VC (virtual circuit)를 통하여 현재 전송되어질 흐름이 속해있는 모든 패킷들에 대한 정보를 상위 스위치로 수신 주소가 변경된 메시지를 되돌려 전송한다.

식별된 흐름에 대한 라우팅 정보는 기억장소에 저장되고, VCI에 의해 지시되어진다. 비록 이 과정이 일반적인 라우팅 보다 훨씬 효율적이라도, IP 스위칭의 실질적인 이점은 하위 IP 스위치가 스스로 같은 흐름을 확인하고 수신 주소가 변경된 메시지를 전송했을 때 나타난다. 현재 기본적인 IP 스위치는 흐름의 입력 VCI에서 출력 VCI로 맵핑하게 된다.

그러므로 중간에 위치한 스위치 내에서는 더 이상 전체 패킷을 재조립하는 것을 필요로 하지 않는다. 그러나 대신에 장치에서는 일반적인 ATM 스위치와 같이 흐름의 각 셀들을 직접적으로 바로 교환시켜야 한다. 이 처리과정은 특히 통과하는 지연을 감소시킴으로써 성능을 개선시킨다. 그림 2는 IP 스위치의 간단한 블록도를 나타낸 것이다.

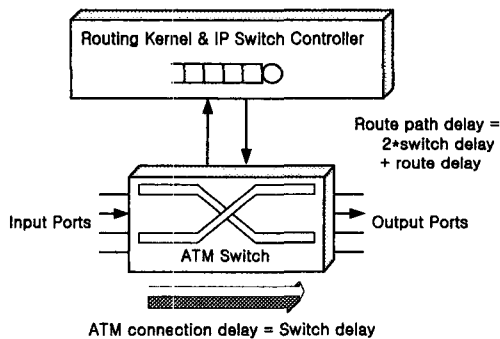


그림 2. IP 스위치의 블록도
Fig. 2 Block diagram of an IP switch

4.2 시뮬레이션 트래픽

시뮬레이션을 실행하기 위해 두 개의 서로 다른

트래픽 트레이스(trace)를 사용하였다. 표 3에 각각의 특징이 나타나 있다.

표 3. 각 트레이스의 주요 특징
Table 3. The main characteristics of each trace

Feature \ Trace	A trace	B trace
Number of Packets	869,690	5,049,790
Packets/s	249	1,403
% of TCP packets	96.2	76.5
Most used application prots	Telnet, nntp, ftp-data	ftp-data, dns, nntp, http

4.3 시뮬레이션 결과

각 추적 기간이 제한되어 있기 때문에, 시뮬레이션 결과는 240초 이내에서만 실행되었다. 일반적인 손실은 없고, 단지 host+port 흐름 형태[3]만 고려하였으며, 하나의 단일 IP 스위치 입력포트에 초점을 맞추었다. 조절 시간 간격은 5초로 하였다. 흐름 제거 시간은 30초로 설정되었으며 이 시간은 활성 VC의 대기 시간이다. 흐름에서 두 개의 인접한 패킷 사이의 도착 시간 간격이 흐름 제거 시간을 초과하게 되면, 여기에 상응하는 VC는 제거되고 이 흐름은 종결되어진다. 실험에서 트래픽 부하는 변화가 심하고 초기 VC의 사용은 "0"으로 가정하였다. 게다가

VC 공간의 사용률을 $\alpha_n = \frac{C_n}{C_m}$ 으로 하였다.

$C_m=2000$ flows 이고, $C_i=90\% C_m$ 이다.

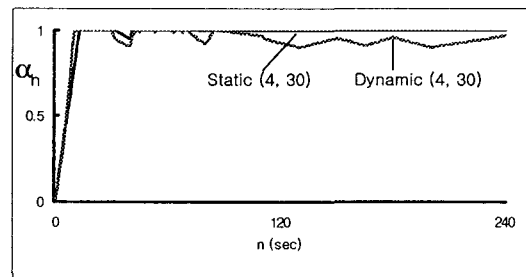


그림 3. 초기값(4, 30)에 따른 VC 사용량
Fig. 3 VC usage according to the initial value(4, 30)

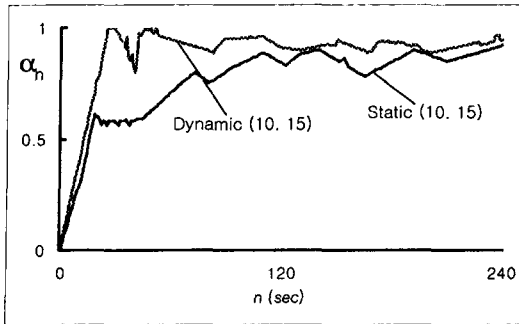


그림 4. 초기값(10, 15)에 따른 VC 사용량
Fig. 4 VC usage according to the initial value(10, 15)

그림 3, 4, 5는 정적 X/Y 알고리즘과 제안한 동적 알고리즘에 대한 VC 사용에서 (X, Y)의 다른 초기값의 영향을 나타낸 것이다. 각각의 결과는 (X_0, Y_0) 의 다른 설정에 대하여, VC 공간의 이용률은 천이 기간 후에 각각의 값에서 안정되는 경향을 나타냈다. 그러나 제안한 동적 흐름 분류 방법이 (X, Y)의 초기값에 관계없이 VC 사용량이 효율적으로 목표 영역으로 집중되는 것을 알 수 있다. VC 이용률은 목표 영역 내에서 매우 높게 유지되고 블록킹은 거의 발생하지 않는다. 이 의미는 제안된 알고리즘이 다양하게 변화하는 IP 트래픽의 특성에 효율적으로 적용된다는 것을 말한다.

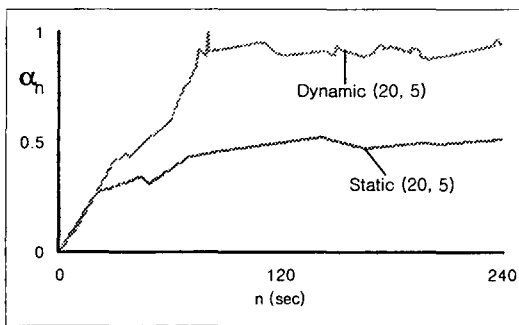


그림 5. 초기값(20, 5)에 따른 VC 사용량
Fig. 5 VC usage according to the initial value(20, 5)

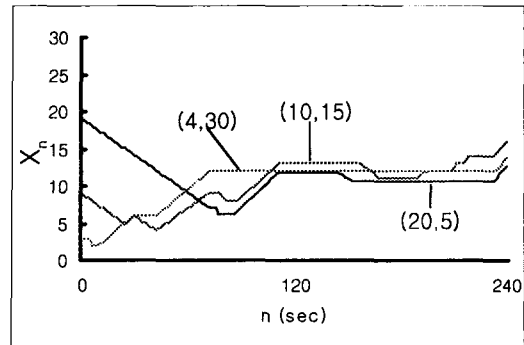


그림 6. X 값의 조절
Fig. 6 Adjustment of X

그림 6은 시뮬레이션에서 X 값을 조절한 것이다. X의 초기 값이 얼마나 큰 값인가에 관계없이 X_n 이 천이 기간 뒤에 안정된 상태로 접근해 간다.

그림 7과 그림 8은 각 트레이스에 대한 IP 스위치에서 교환되는 패킷의 수와 이용되는 VC 공간에 대하여 나타내고 있다.

교환되는 패킷의 수는 설정된 연결들의 최대 수와 관계가 있고, VC 공간에 의해 제한된다. 여기에서 흐름들은 ATM 스위칭에 대하여 선택되지 않고 모두 라우팅 소프트웨어에 의해서 전송된다. 교환되는 패킷들의 수의 관점에서 보면 긴 주기 기간의 흐름들에 대한 성능과 IP 스위치의 전체 성능 모두 효과적으로 개선되었다.

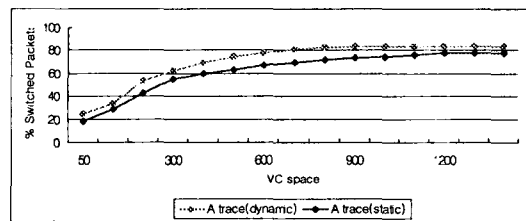


그림 7. 교환 패킷 수 대 VC 공간 (A 트레이스)
Fig. 7 % switched packets versus VC space(A trace)

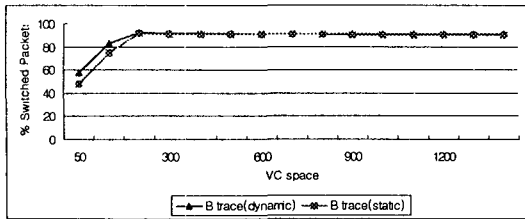


그림 8. 교환 패킷 수 대 VC 공간 (B 트레이스)
Fig. 8 % switched packets versus VC space(B trace)

V. 결론

본 논문에서는 IP 스위칭에 대한 동적 흐름 분류 방법을 제안하였다. 정적 X/Y 알고리즘에 기반을 둔 이 알고리즘은 현재 VC 사용량에 따라 제어 파라미터(X 또는 Y)의 값을 동적으로 조절한다. 시뮬레이션은 허용된 VC 용량이 효율적으로 목표 영역으로 집중되고 다양한 IP 트래픽에 적합하다는 것을 보여주고 있다. 또한 시뮬레이션 결과는 긴 주기 기간의 흐름들의 성능과 IP 스위치의 전체 성능이 교환되는 패킷의 수의 관점에서 모두 향상되었음을 보여주고 있다. 이 알고리즘은 VC 공간에 초점이 맞추어졌으며, 다른 시스템 자원은 비교적 작게 제한한 것으로 가정하였다. 그러나 실제로 circuit setup rate 같은 다른 시스템 자원들도 제한되었으며, 시스템 성능에 있어서 커다란 영향을 준다.

참고문헌

[1] Peter Newman, Greg Minshall and Thomas L. Lyon, "IP Switching-ATM under IP," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 6, No. 2, April 1998, pp.117-129.

[2] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz, E. Rosen, G. Swallow, "RFC 2105: Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview," February 1997.

[3] A. Viswanathan, N. Feldman, R. Boivie, R. Woundy, Internet draft "ARIS: Aggregate Route-Based IP Switching," March 1997.

[4] Y. Katsube, K. Nagami, H. Esaki, "Cell Switch Router-Basic Concept and Migration Scena-

rio," Network+Interop'96 Engineer Conference, July 1996.

[5] Hao Che, San-qi Li and Arthur Lin, "Adaptive Resource Management for Flow-Based IP/ATM Hybrid Switching Systems," IEEE/CM Transactions on Networking, Vol. 6, No. 5, October 1998, pp.544-557.

[6] Steven Lin and Nick McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," ACM SIGCOMM'97, pp.15-24.

[7] P. Newman, L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, G. Minshall, "Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4," RFC 1953, May 1996.

[8] P. Newman, L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, G. Minshall, "Ipsilon's General Switch Management Protocol Specification, version 1.1," RFC 1987, 1996.

박세환 (Se-Hwan Park)

1958년 10월 09일생
 1987년 2월: 호원대학교 전자공학과(공학사)
 1989년 2월: 조선대학교 일반대학원 전자공학과(공학석사)
 1999년 2월: 조선대학교 일반대학원 전기공학과(공학박사)
 1994년 4월 ~ 현재 : 여수공업대학 인터넷/SW학과 조교수
 ※주관심분야: 통신 및 프로토콜, ATM Network

박광채 (Kwang-Chae Park)

1975년 2월: 조선대학교 전자공학과(공학사)
 1980년 2월: 조선대학교 대학원 전자 공학과(공학석사)
 1994년 8월 : 광운대학교 대학원 전자 통신공학과(공학박사)
 1975년 3월~현재: 조선대학교 공과 대학 전자·정보통신공학부 교수
 ※주 관심분야: 데이터통신과 프로토콜, ATM Network, 디지털 교환기, 광대역정보통신