

IP/ATM 하이브리드 시스템에 대한 적응형 플로우 분류기

(An Adaptive Flow Classifier for IP/ATM Hybrid System)

조 대 우 [†] 이 선 우 ^{**} 변 태 영 ^{***}

(Dae-Woo Cho) (Sun-Woo Lee) (Tae-young Byun)

한 기 준 ^{****} 장 성 식 ^{*****} 정 연 쾌 ^{*****}

(Ki-jun Han) (Sung-Sik Jang) (Youn-Kwae Jeong)

요 약 최근 인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화 그리고 이에 따른 고속 인터넷 액세스 기술의 도입으로 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다. 이러한 이유로 인터넷 패킷 전달에 2계층 스위칭 기술과 3계층 라우팅 기술을 접목한 IP/ATM Hybrid system이 등장하게 되었다. 이러한 시스템에서의 중요한 자원은 2계층 스위칭 기술을 사용하기 위한 유한한 VCI/VPI 공간이다. 이 VCI/VPI 공간을 효과적으로 관리하기 위한 방안으로 많은 방안들이 제시되고 있다. 특히, 흐름(flow) 기반의 IP/ATM Hybrid system에서는 흐름 분류기를 사용 함으로서 VCI/VPI 공간을 관리하고 있다. 본 논문에서 주장하는 적응형 X/Y 흐름 분류기가 유한한 VCI/VPI 공간을 효율적으로 관리하기 위한 한 방안임을 제시하고, 이에 대하여 실험을 통하여 성능 평가를 실시하였다. 특히, 동일한 VCI/VPI 공간에서 X/Y 분류기와의 비교 실험에서 적응형 X/Y 분류기의 성능이 높은 스위칭 율로 나타나고 있다. 즉, 적응형 X/Y 분류기가 X/Y분류기에 비하여 효율적으로 VCI/VPI를 관리함을 보이고 있다.

Abstract Recently, Internet traffic is rapidly increasing by development of high speed Internet access technologies, enormous number of Internet users, introduction of various Internet-based applications, and so on. IP/ATM Hybrid system combing layer 2 switching technology and layer 3 routing technology is proposed to cope with this situation. The most important resource on this system is a limited VCI/VPI space. Efficient methods for managing limited VCI/VPI space have been suggested. In this paper, we devise an adaptive X/Y flow classifier that provides more efficient management of VCI/VPI spaces than that of existing flow classifiers. So, we evaluated the performance of proposed scheme by simulation. As a result, our adaptive X/Y classifier shows higher switching (cut-through) ratio than existing scheme under same limited VCI/VPI spaces, and this means our scheme efficiently manages VCI/VPI spaces.

1. 서 론

최근 인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화 그리고 이에 따른 고속 인터넷 액세스 기술의 도입은 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다. 이러한 인터

넷 트래픽의 증가와 함께 새로운 서비스의 요구를 수용하기 위해서는 현재의 인터넷을 확장한 새로운 인터넷 백본망을 구축할 필요성이 요구되고 있다. 이러한 차세대 인터넷 백본망을 구축하는데 있어서 인터넷의 기술

[†] 비 회 원 : 삼성전자 중앙연구소 NS lab. 연구원
daewoois@chollian.net

^{**} 학생회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
sunwlee@netlab.ce.knu.ac.kr

^{***} 정 회 원 : 경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수
tybyun@tour.kyongju.ac.kr

^{****} 종신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
jangss@www.kimcheon.ac.kr

^{*****} 정 회 원 : 김천대학교 전산정보처리과 교수
kjhan@bh.knu.ac.kr

^{*****} 정 회 원 : 한국전자통신연구원 MPLS H/W팀
ykjeong@etri.re.kr

논문접수 : 2000년 12월 1일
심사완료 : 2000년 12월 23일

적인 표준을 결정하고 있는 IETF의 internetworking over NBMA (Nonbroadcast Multiple Access) 워킹그룹에서는 1992년부터 IP over ATM 연동에 있어서 기술적인 과제를 다루어 왔다.

IETF의 RFC 1932에서 3계층 라우팅 기술과 2계층 스위칭 기술을 접목한 IP/ATM hybrid system을 제안하고 있다[1]. 이러한 IP/ATM hybrid system에는 MPOA(Multi Protocol over ATM), CSR(Cell Switched Router), Tag Switching, ARIS(Aggregate route-based IP Switching)등이 개발되어 있다.[2, 3, 4, 5, 6]. 언급된 IP/ATM hybrid system의 통합을 위해 1997년 IETF에서 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 워킹그룹이 발주되어 지속적인 연구중이다 [7].

IP/ATM hybrid system과 MPLS는 인터넷 백본망을 위한 기술이며, 레이블 교환(label swapping)을 기반으로 한 하드웨어 스위칭 기술을 기본 개념으로 하고 있다. 그리고, 이 기술에서는 동일한 목적지로 향하는 패킷의 그룹에 대하여 FEC(Forwarding Equivalent Class) 또는 흐름(flow)이라고 표현하고 있다[7]. 여러 응용 서비스와 여러 호스트들로부터의 패킷들은 하나의 흐름을 형성하고, 이러한 흐름들은 동일한 레이블 또는 VCI/VPI를 가지게 된다. 그리고, 이 레이블 또는 VCI/VPI를 통하여 2계층 스위칭을 위한 경로가 결정되고 스위칭이 이루어진다.

IP/ATM hybrid system에서 VCI/VPI는 한정된 자원이기 때문에 IP 패킷을 전달하기 위하여 사용되는 VCI/VPI의 할당정책이 중요한 과제이다. 이러한 이유로 VCI/VPI의 할당정책에는 여러 정책이 있다.

그림 1은 VCI/VPI 할당 정책의 종류에 따른 계층구조를 보이고 있다. 트래픽을 기반으로 한 VCI/VPI 할당 정책과 망의 구조(topology)를 기반으로 한 VCI/VPI 할당 정책이 있다. 망의 구조 기반으로 VCI/VPI를 할당할 경우 패킷이 망에 도착하기 전에 라우팅 테이블에 존재하는 모든 연결(connection)에 대하여 VCI/VPI를 할당하는 반면, 트래픽 기반인 경우는 새로운 패킷이 망에 도착했을 때 VCI/VPI를 할당한다. 즉 트래픽이 발생한 경우에만 VCI/VPI를 할당 하게 되므로 적은 양의 VCI/VPI로 패킷을 전달할 수 있는 능력을 가진다[8].

트래픽 기반의 경우는 지연 할당 정책과 패킷량 측정 후 할당 정책의 두 가지 방안이 있다. 전자의 경우는 망에 도착한 패킷에 대하여 LSP(Label Switching Path)를 형성할 때 까지 지연을 시키는 방안이다. 후자의 경

우는 최초의 도착한 패킷에 대하여 3계층 라우팅을 시킴(default VCI/VPI를 사용)과 동시에 LSP를 형성하는 방안이다[7]. 여기에서 LSP가 형성되어 VCI/VPI를 할당 받아서 최종 목적지까지 도착 시간을 고려 한다면 패킷량 측정 후 할당 정책이 보다 효율적이다[8].

보다 효율적이라고 할 수 있는 패킷량 측정 후 할당 정책에서는 한정된 VCI/VPI 공간을 보다 효율적으로 사용하기 위하여 흐름 분류기를 사용한다. 흐름 분류기는 LER(Label Edge Router)에 설치되어 망으로 유입되는 패킷을 각 흐름별로 분류하고, 분류된 흐름의 패킷량을 측정하여 VCI/VPI를 할당할 시기를 결정한다. 이러한 흐름 분류기에는 X/Y 분류기, Protocol 분류기, 그리고 Port 분류기가 있다[8].

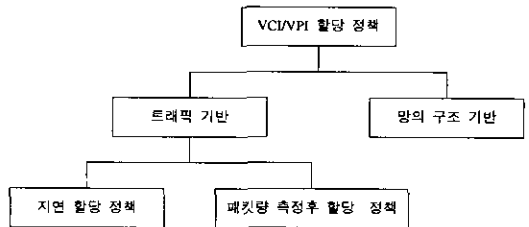


그림 1 IP/ATM Hybrid System에서VCI/VPI 할당 정책에 대한 계층구조

그림 2는 흐름 분류기의 동작 방식이다. 망으로 유입되는 패킷은 LER의 입력모듈에서 흐름 분류 요소에 의하여 분류된다. 이렇게 분류된 흐름은 흐름 분류기에 의하여 그 흐름의 상황에 따라서 VCI/VPI를 할당 또는 반환하게 된다. 즉, 흐름이 흐름 분류기에 의하여 VCI/VPI를 할당 받은 경우는 2계층 스위칭을 사용하여 전달되고, 흐름 분류기에 의하여 이미 할당 받은 VCI/VPI를 반환하는 경우는 3계층 라우팅을 통하여 전달된다. 결과적으로 흐름을 기반으로 한 VCI/VPI 할당 정책을 사용할 경우 흐름 분류기가 그 IP/ATM Hybrid System 의 성능에 많은 영향을 끼치게 된다.

본 논문에서는 유한한 VCI/VPI 공간을 효율적으로 사용하여 흐름을 분류 할 수 있도록 기존의 X/Y 분류

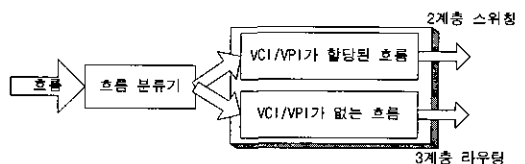


그림 2 흐름 분류기의 동작 방식

기 알고리즘에 새로운 개념을 도입하려고 한다. 2장에서는 기존의 IP/ATM Hybrid System 의 VCI/VPI 공간의 관리방안과 흐름 분류기에 대해 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제시하고 있는 새로운 개념을 적용시켜 성능을 향상시킨 적응형 X/Y 분류기에 대해 설명하고, 4장에서는 실제 tcpdump를 통하여 얻어진 패킷 트레이스 자료를 가지고 실험을 통하여 제안된 알고리즘의 성능과 분석을 실시하였고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

2.1 IP/ATM Hybrid System에서 흐름 분류기를 통한 VCI/VPI 관리 방안

트래픽 기반의 IP/ATM Hybrid System은 망 구조 기반의 IP/ATM Hybrid System보다 VCI/VPI를 절약할 수 있다[9]. 트래픽 기반의 IP/ATM Hybrid System 망에서 VCI/VPI 공간을 관리하기 위하여 각 LER은 각각의 흐름마다 트래픽 패턴을 어떤 함수로 표현하고, 이 함수를 응용한 흐름 분류기는 VCI/VPI의 할당 또는 반환을 결정한다. 그리고, 흐름 분류기는 계속적으로 각 흐름을 관찰한다.

각 LER에서 VCI/VPI 공간을 관리하기 위하여 기존에 제안된 흐름 분류기에는 port분류기, protocol 분류기, 동적 자원관리를 통한 흐름 분류기, 그리고 X/Y 분류기가 있다[8,10].

Port 분류기는 트래픽을 표현하는 함수로서 port번호를 사용하고 있다. 즉, port번호에 의하여 VCI/VPI를 할당하는 알고리즘을 가지고 있다. 이러한 port번호에 따른 VCI/VPI 할당 정책은 네트워크 관리자에 의하여 정의 된다. 예를 들면, ftp(21), telnet(23), http(80), nntp(119) 등과 같은 경우는 오랫동안 지속되거나 많은 양의 데이터그램을 갖으므로 VCI/VPI를 할당한다고 정의하여 port분류기를 사용할 수 있다.

이와 같이 port번호에 따라 VCI/VPI를 할당할 경우 다음에 개발되어질 환경 또는 서비스에 대하여 적용하는데 많은 시간적 손실이 야기되고, 같은 서비스에 대하여 다른 port번호를 사용할 경우 VCI/VPI를 할당 받지 못하는 경우가 발생하므로 전체적으로 망의 효율을 저하시킬 수 있다 [8].

Protocol분류기는 트래픽을 표현하는 함수로 protocol 종류를 사용하고 있다. 즉, protocol 종류에 따라서 VCI/VPI 할당 정책을 갖는다. 이러한 protocol 종류에 따라서 VCI/VPI를 할당하게 됨으로써 한정적인 VCI/VPI 공간에서 VCI/VPI를 얻지 못하는 흐름이 발생할 수 있다. 패킷의 양이 충분히 많은 흐름임에도 불

구하고 VCI/VPI의 공간 부족으로 인하여 3계층 라우팅을 사용하게 되므로 전체적으로 망의 효율을 저하시킨다[8].

동적 자원관리를 통한 흐름 분류기는 네트워크 시스템의 VCI/VPI 용량을 최대한 사용하는 알고리즘으로 만들어 졌다. 즉, 현재 연결이 설정되어 VCI/VPI를 사용중인 흐름의 개수와 VCI/VPI를 원하는 흐름의 개수를 파악하여 VCI/VPI 용량을 최대한 사용하는 방향으로 VCI/VPI를 할당하는 정책을 갖는다. 이러한 방법으로 소프트웨어 전달방법을 사용한 3계층 라우팅을 최소화할 수 있다. 그러나, 동적 자원관리를 통한 흐름 분류기는 많은 패킷의 양을 갖는 흐름과 그렇지 않은 흐름의 구분을 두지 않아서, 실제 스위칭 율의 저하를 초래할 수 있다[10].

X/Y 분류기는 각 흐름에 대하여 단위시간(X)당 들어온 패킷의 개수에 따라 VCI/VPI를 할당 또는 반환을 결정한다. 즉, VCI/VPI가 할당되지 않은 각 흐름에 대하여 단위시간(X)당 접근하는 패킷의 개수가 네트워크 관리자에 의하여 정해진 경계 값(Y) 보다 많은 개수의 패킷이 접근했을 때 VCI/VPI(dedicated VC)를 할당한다. 이에 반하여 VCI/VPI가 할당된 흐름에 대하여 패킷의 수가 네트워크 관리자에 의해 정해진 경계 값(Y) 이하일 경우 연결해제 타이머(disconnect timer)를 구동시키게 된다[8]. 이 때 연결해제 타이머에 명시된 시간 내에 패킷의 개수가 경계 값(Y)을 넘지 못했을 때 VCI/VPI(dedicated VC)를 반환한다. 이러한 X/Y 분류기에서는 관리자에 의하여 정적으로 정해 지는 값인 경계 값(Y), 단위시간(X) 그리고 연결해제 타이머의 시간에 따라서 성능의 차이를 보인다. 다시 말하면, 이들의 값을 어떻게 정하는가에 따라서 VCI/VPI(dedicated VC)의 할당과 반환하는 시간이 달라지게 되고, LER과 망의 성능이 달라지게 된다.

그림 3에서 X/Y 분류기의 동작 사례를 보이고 있다. 이에 대한 조건은 다음과 같다.

- 단위시간(X) : 1초 단위
- 경계 값(Y) : 20개
- 연결해제 타이머 : 2초

그림 3에서는 분류된 한 흐름에 대하여 X/Y 분류기의 동작 사례를 보이고 있다. 즉, 2초에서 이 흐름에 VCI/VPI가 할당되어서 2계층 스위칭을 하게 된다. 또한, 4초에 이르러 연결해제 타이머가 동작을 시작하고 계속적인 2계층 스위칭이 이루어진다. 이후 5초에 이르러 도착한 패킷의 양이 경계 값(Y)을 넘기 때문에 연결해제 타이머는 갱신되고, 이후 도착한 동일한 흐름의 패

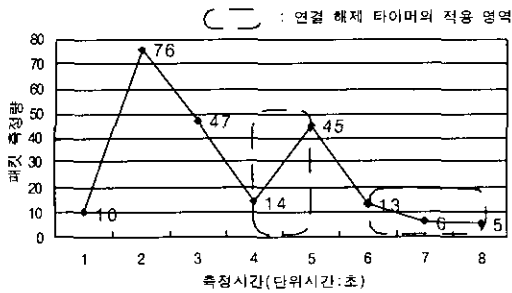


그림 3 X/Y 분류기의 적용 사례

킷을 2계층 스위칭하게 된다. 6초에 이르러 패킷의 양이 경계 값(Y) 이하가 되므로 연결해제 타이머가 동작하게 되고 계속적으로 2계층 스위칭을 하게 된다. 그리고, 8 초가 지난 다음 이 흐름은 VCI/VPI를 반환하고 3계층 라우팅을 하게 된다. 즉, 8초 이후에 도착한 동일한 흐름의 패킷은 3계층 라우팅을 통하여 전달되게 된다.

이와 같이 X/Y 분류기는 VCI/VPI를 반환 할 때 연결해제 타이머의 도움을 받게 된다. 그러나, 연결해제 타이머가 동작 중일 때 흐름은 적은 양의 패킷을 가지게 된다. 연결해제 타이머가 동작중인 흐름이 VCI/VPI를 사용하게 되면, 한정된 VCI/VPI 공간에서 패킷의 양이 많은 다른 흐름이 VCI/VPI공간의 고갈로 인하여 VCI/VPI를 사용할 수 없는 결과를 낳게 되어서 효율적인 VCI/VPI 공간의 활용을 저해하게 된다. 그림4에서 전체 사용중인 VCI/VPI 개수 중에 연결해제 타이머가 동작 중인 VCI/VPI의 비율을 보이고 있다. 연결해제 타이머의 동작이후 VCI/VPI를 반환 또는 유지될 가능성을 내포한 VCI/VPI의 개수가 전체 사용중인 VCI/VPI의 개수 중 약 50~60%정도 임을 알 수 있다. 즉, 연결해제 타이머로 인한 VCI/VPI 공간의 사용의 비효율성을 나타내고 있다.

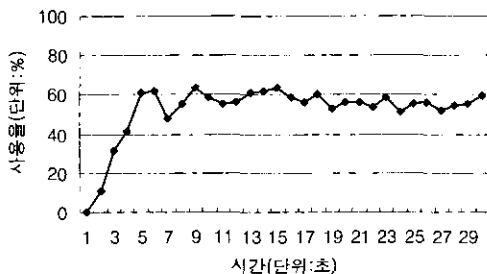


그림 4 X/Y 분류기에 사용되는 VCI/VPI 개수에 대한 연결해제 타이머가 동작중인 VCI/VPI의 비율

IP/ATM hybrid system으로 구성된 백본망에서의 흐름의 개수는 무수히 많다. 그러므로, 유한한 VCI/VPI 공간에서 2계층 스위칭에 대한 VCI/VPI를 가능하다면 보다 빨리 반환할 필요성을 갖는다. 다음절에서 설명될 적응형 X/Y 분류기는 연결해제 타이머의 도움 없이 LER에 접근하는 동일한 흐름으로 간주된 패킷들에 대하여 흐름 변화량을 기본으로 하여 VCI/VPI를 할당과 반환한다. 또, 실험으로 적응형 X/Y 흐름 분류기는 한정된 VCI/VPI 공간에서 보다 효율적으로 VCI/VPI를 할당과 반환해주는 한 방안임을 보이고자 한다.

3. 적응형 X/Y 분류기

본 논문에서 제시하고 있는 적응형 X/Y분류기는 트래픽 패턴을 표현하는 함수로서 흐름 변화량을 사용한다. 즉, 어느 한 흐름의 단위시간(X)당 접근하는 패킷의 개수를 흐름 변화량으로 표현하여 VCI/VPI의 할당과 반환의 시기를 결정한다. 적응형 X/Y분류기는 기본적으로 X/Y분류기의 동작원리를 그대로 내포하고 있다.

3.1 흐름 변화량

백본망으로 접근하는 실제 패킷 흐름을 단위시간당 도착한 패킷의 개수로 표현할 수 있다. 이를 이용하여 본 절에서는 패킷 흐름 편차를 이용하여 흐름 변화량(Δy_i)을 기술한다. Δy_i 의 기술에 앞서 다음과 같이 변수를 정의한다.

- X: 패킷의 개수를 측정하기 위한 단위시간
- Y: 네트워크 관리자에 의하여 정해진 VCI/VPI 할당과 반환의 경계 값(threshold)
- X_i : 한 개의 흐름을 패킷의 개수를 측정하는 i번째의 단위시간(X)
- y_i : X_i 에서 측정된 패킷의 개수
- Δy_i : 단위시간당 패킷 개수 변화량, 즉 흐름 변화량 Δy_i 를 설명하기 위하여 패킷 흐름의 1차 편차와 2차 편차를 정의한다. 1차 편차는 (x_{i-1}, y_{i-1}) 와 (x_i, y_i) 의 편

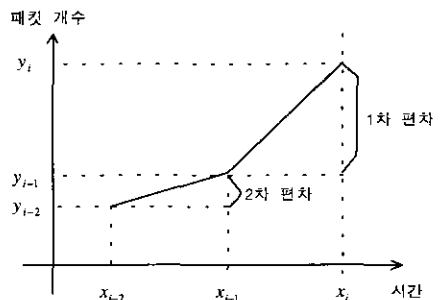


그림 5 흐름의 1차 편차와 2차 편차

차로 나타낸다. 2차 편차는 (x_{i-2}, y_{i-2}) 와 (x_{i-1}, y_{i-1}) 의 편차로 나타낸다. 그림 5는 한 흐름에 대하여 1차 편차와 2차 편차를 나타내고 있다.

Δy_i 은 x_i 를 기준으로 x_{i-1} 과 x_{i-2} 동안 측정된 y_i, y_{i-1}, y_{i-2} 의 편차의 비율로 나타낸다. 즉, Δy_i 은 과거에 측정된 패킷의 개수가 현재 측정된 패킷의 개수에 영향을 미친다는 가정을 두고 설정하였다. 1차 편차와 2차 편차를 이용하여 Δy_i 을 수식(1)을 통하여 구할 수 있다.

$$\Delta y_i = \left(\frac{y_{i-1} - y_{i-2}}{y_i - y_{i-1}} \right) \quad (1)$$

그러나, 수식 (1)은 y_i, y_{i-1}, y_{i-2} 에 의하여 일관성 없이 양의 실수 값과 음의 실수 값을 취하게 된다. 여기에서 일관성을 부여하기 위하여 편차 비율을 갖는 같은 의미의 수식 (2)를 유추할 수 있다.

$$\Delta y_i = \left(\frac{y_{i-1} \times y_{i-2}}{y_i \times y_{i-1}} \right) = \left(\frac{y_{i-2}}{y_i} \right) \quad (2)$$

수식 (2)는 편차 비율이, 만으로 이루어져서 충분한 과거의 자료를 갖지 못하여 효율적으로 Δy_i 을 표현할 수 없다. 이러한 이유로 일관성을 부여 하면서, 또 충분한 과거의 자료를 갖게 하기 위하여 수식 (3)과 같이 변형하였다.

$$\Delta y_i = \left(\frac{y_{i-1} \times y_{i-1}}{y_i \times y_{i-2}} \right) \quad (3)$$

최종적으로 수식 (3)을 구하였다. Δy_i 은 8가지 경우로 나누어 설명할 수 있다. 이 8가지의 경우에 따른 Δy_i 을 그림 6과 그림 7에서 보다 자세히 설명한다.

그림 6에서 1번과 2번의 경우는 y_i 가 단순 증가 또는 단순 감소 하는 경우이다. 이러한 경우에 Δy_i 은 1에 근접하거나 1의 값으로 표현 된다. 그림 6에서 3번과 4번의 경우 x_i 에서 패킷 개수가 급증 또는 급감하는 경우이다. 이러한 경우 Δy_i 은 급증에 대해 0에 가까운 값으로 표현되고, 급감일 경우 1보다 큰 수로 표현된다. 즉,

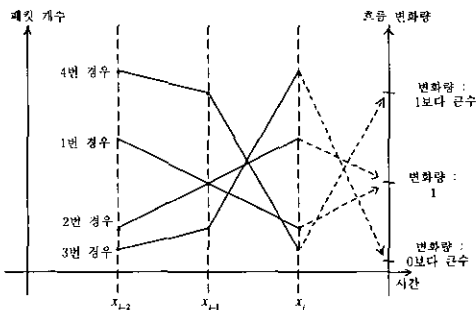


그림 6 단위시간(X)당 패킷 개수가 단순 증가 또는 감소, 급증 또는 급감 하는 경우

그림 6에서 증가를 나타내고 있는 2번과 3번의 경우 y_i 가 Δy_{i-1} 에 비하여 커지면 커질수록 Δy_i 의 값이 0에 근접한 값으로 표현됨을 알 수 있다. 그리고, 감소를 나타내고 있는 1번과 4번의 경우 y_i 가 y_{i-1} 에 비하여 작아지면 작아질수록 Δy_i 의 값이 1보다 큰 값으로 표현 됨을 알 수 있다.

그림 7은 x_{i-1} 에서 진동을 하는 경우에 대한 그림이다. 이 그림에서 x_{i-1} 에서 아래로 진동하는 경우에 대하여 Δy_i 이 1보다 작은 값으로 표현되며, 그 진동량이 커지면 커질수록 0에 근접한 값으로 Δy_i 가 표현된다. 그리고, x_{i-1} 에서 위로 진동하는 경우에 대하여 Δy_i 이 1보다 큰 값으로 표현되며, 그 진동량이 커지면 커질수록 1보다 커짐을 알 수 있다.

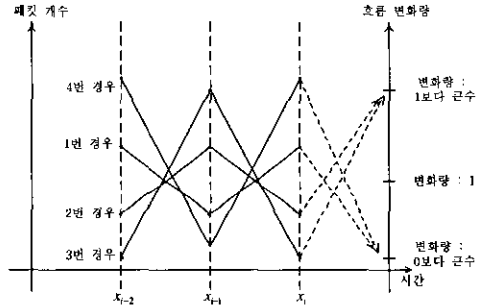


그림 7 단위시간(X)당 패킷의 개수가 i-1번째에서 진동 하는 경우

요약하면 한 흐름에 대하여 Δy_i 이 트래픽 패턴을 표현하는 한 방안임을 보여준다. 또한, 본 논문에서 제시하고 있는 적응형 X/Y 분류기는 Δy_i 을 이용하여 기존의 X/Y분류기에서 네트워크 관리자가 정의한 경계 값(Y)을 적응적으로 변화시킴으로써 연결해제 타이머의 도움 없이 유한한 VCI/VPI의 할당과 반환시기를 보다 효율적으로 관리하여 전체 흐름의 스위칭 유효를 증가 시킨다.

3.2 적응형 X/Y 분류기에 의 적용

본 절에서는 Δy_i 를 기존의 X/Y분류기에 적용하여 적응형 X/Y분류기를 설명한다. 적응형 X/Y분류기는 동작 원리는 기본적으로 기존의 X/Y분류기에 기반을 두고 있다. 즉, 단위시간(X) 동안 측정되는 패킷의 개수가 경계 값(Y)보다 큰 값인가 작은 값인가에 따라서 VCI/VPI를 할당 또는 반환하게 된다.

적응형 X/Y분류기는 단위시간(X)당 수식 (3)의 Δy_i 을 네트워크 관리자가 정한 경계 값(Y)에 반영하여 수

식 (4)의 새로운 경계 값(Y')을 취한다.

$$Y' = Y - \Delta y_i = Y - \left(\frac{y_{i-1}}{y_i} \times \frac{y_{i-1}}{y_{i-2}} \right) \quad (4)$$

새로운 Y'을 중심으로 VCI/VPI 할당의 경계 값으로 사용할 때 연결해제 타이머의 동작 없이 VCI/VPI를 적용적으로 VCI/VPI를 반환한다.

그림 8에서 적용형 X/Y분류기의 적용 사례를 보이고 있다. 여기에서 가변적인 경계 값(Y')을 중심으로 x_1 에서 x_4 , 그리고 x_5 에서 x_6 까지 2계층 스위칭이 되고, x_0 에서 x_1 까지, 그리고 x_4 에서 x_5 대하여 3계층 라우팅이 된다. 즉, x_1 과 x_5 에서 VCI/VPI를 할당 받게 되고, x_4 에서 VCI/VPI이 반환된다. 즉, 적용형 X/Y분류기는 가변적인 경계 값(Y')을 기준으로 VCI/VPI 할당과 반환이 이루어진다.

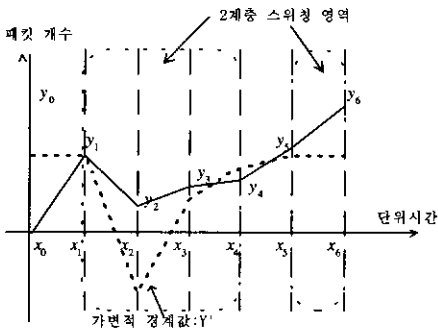


그림 8 적용형 X/Y 분류기의 적용 사례

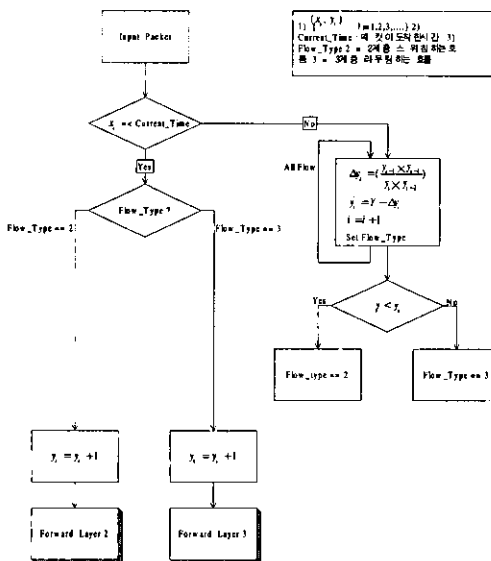


그림 9 적용형 X/Y분류기의 흐름도

그림 9는 적용형 X/Y분류기를 사용하기 위한 흐름도이다. LER의 입력 모듈에서 흐름 분류 요소에 의하여 분류된 모든 흐름들에 대하여 적용형 X/Y 분류기를 사용하게 된다. 적용형 X/Y분류기는 입력된 패킷의 시간을 조사하여 네트워크 관리자가 정의한 시간 내에 도착한 패킷인가를 검사한다. 정의된 시간 내에 도착한 패킷에 대하여 그 패킷이 속한 흐름의 상태에 맞게 전달 방법을 사용하여 전달한다. 이에 반하여 정의된 시간이 지나거나 같은 시간에 도착한 패킷이 발생하면 모든 흐름에 대하여 상태를 새롭게 조사하여 갱신한다. 이때, VCI/VPI를 가지지 못한 흐름의 가 Y'보다 크게 되면 VCI/VPI 공간에서 VCI/VPI를 할당하게 된다. 반대로 VCI/VPI를 가진 흐름의 y_i 가 Y'보다 작게 되면 VCI/VPI를 VCI/VPI공간에 반환하게 된다.

실제 조사된 패킷 트레이스를 토대로 적용형 X/Y분류기를 적용한 한 흐름에 대하여 그림 10에서 잘 표현되고 있다.

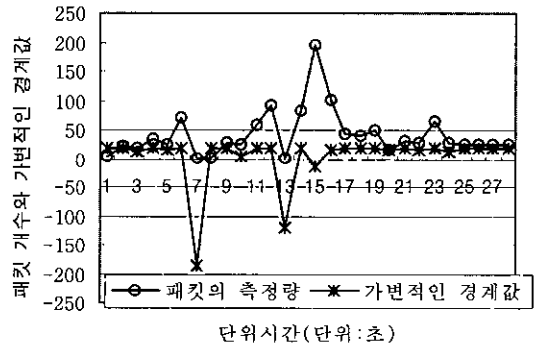


그림 10 단위시간(X)당 패킷 개수와 가변적 경계 값(Y')

그림 10에서 관리자가 정한 환경은 다음과 같다.

- 경계값(Y) : 20개의 패킷
- 단위시간(X) : 1초

여기에서 0초에서 2초 사이와 8초에서 9초 사이를 제외하고는 이 흐름의 모든 패킷은 스위칭되고 있다. 즉, 적용형 X/Y 분류기에서는 패킷 개수가 가변적인 경계 값(Y') 이하인 경우에 대하여 VCI/VPI를 반환한다.

실제로 기존의 X/Y분류기는 VCI/VPI를 할당 받아서 3계층 라우팅 되어야 할 흐름에 대하여 연결해제 타이머의 동작으로 VCI/VPI 반환 시기가 비효율적인 측면으로 늦추어 졌다. 그러나, 적용형 X/Y 분류기는 트래픽 패턴에 따라서 한 흐름에 대하여 VCI/VPI 반환 시기를 적절히 앞당길 수 있는 성능을 보인다. 유한한

VCI/VPI 공간에서 VCI/VPI의 반환 시기를 트래픽 패턴에 따라서 일적 반환 시키는 그 만큼 VCI/VPI공간을 효율적으로 사용하게 됨을 뜻한다.

4. 실험

4.1 실험 환경

본 논문에서는 실측 된 패킷 트레이스자료를 바탕으로 시뮬레이션을 하였다[11]. 이 자료는 1999년 2월에 30분 동안 UCLA 대학의 캠퍼스 백본망에서 tcpdump 를 통하여 얻은 자료이다. 실험의 주요 변수인 스위칭 율에 대하여 VCI/VPI 공간의 크기와 연결해제 타이머의 길이를 변화시킴으로써 실험을 하였다.

실험을 위한 전제 조건은 다음과 같이 정의 한다.
 • 흐름 분류의 기준 : 목적지의 IP주소 중 네트워크 주소가 같은 경우 동일한 흐름으로 간주한다.

• VCI/VPI 공간 : 흐름 분류의 기준에 근거하여 단위시간당 입력되는 패킷을 분류하였을 때, 그림 11에서와 같은 결과를 얻을 수 있다. 그림11를 참조하여 VCI/VPI의 개수를 100개, 75개, 50개로 정의 하고 각각에 대하여 실험한다. 그림 11에서 알 수 있듯이 단위시간당 입력되는 흐름의 개수가 35개를 넘지 않음을 알 수 있다. 이는 기존의 X/Y분류기에서 연결해제 타이머로 인하여 다음 단위시간으로 흐름의 개수가 누적된 흐름의 개수를 갖게끔 한다. 즉, 100개의 VCI/VPI공간은 적당한 공간임을 보이고 있다.

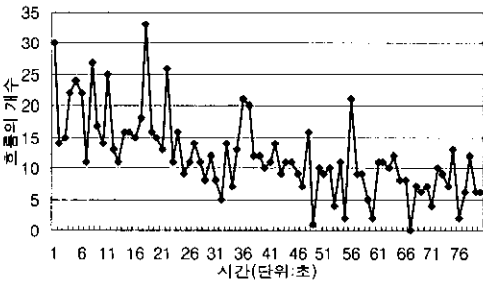


그림 11 단위시간당 입력되는 흐름의 개수

• 연결해제 타이머 : 적응형 X/Y 분류기와 비교 설명하기 위하여 연결해제 타이머의 시간을 5초, 10초, 15초 각각에 대하여 실험한다.

- 단위시간(X) : 5초.
- 경계 값(Y) : VCI/VPI 할당과 반환의 경계 값으로서 5로 정의하였다.

실험의 절차는 아래 그림 12와 같이 실시하였다.

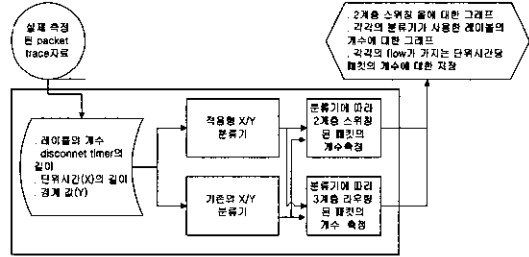


그림 12 실험 절차

4.2 실험 결과

기존의X/Y분류기의 문제점은 연결해제 타이머 동작의 비효율성이다. 실험에서는 다양한 연결해제 타이머 시간과 VCI/VPI 공간을 주요 변수로 하였다.

그림 13에서 연결해제 타이머의 작동 시간을 변화하면서 VCI/VPI의 공간을 변화 시켰을 때의 각각에 대한 스위칭 율을 보이고 있다. X축의 단위는 [연결해제 타이머의 시간, VCI/VPI공간의 크기]의 형태로 나타내고 있다. 그림 13에서 기존의 X/Y 분류기와 적응형 X/Y 분류기에 대한 비교 이다.

그림 13에서 기존의 X/Y분류기의 비효율적인 측면인 연결해제 타이머의 시간을 5초, 10초, 15초로 하여 실험을 실시하였다. 이때, 동일한 VCI/VPI공간에서 각 연결해제 타이머의 시간이 커질수록 VCI/VPI공간에 비례한 스위칭 율의 편차가 커지고, 스위칭 율이 저하됨을 알 수 있다. 이는 연결해제 타이머의 동작으로 인하여 그 만큼 비효율적으로 VCI/VPI공간을 관리해 줌을 알 수 있다. 또한, 연결해제 타이머의 시간이 작아질수록 VCI/VPI할당과 반환의 주기가 짧아지게 된다. LER에서 패킷의 스위칭에 대한 부하보다 VCI/VPI를 할당하고 반환하는데 소요되는 부하가 더 크게 되어 전체적으로 LER의 성능을 저하시키는 원인이 된다.

실험 환경에서 정의한 본 실험의 적절한 VCI/VPI공간은 100개의 VCI/VPI공간이다. 50개의 VCI/VPI공간은 너무 작은 공간이고, 75개의 VCI/VPI공간은 작은 공간을 뜻하며, 1000개의 VCI/VPI공간은 무한히 많은 VCI/VPI를 가지는 공간을 뜻한다. 그림 13에서 기존의 X/Y분류기는 VCI/VPI공간이 크면 클수록 높은 성능을 보이고 있다. 그러나, 적응형 X/Y분류기는 적절한 VCI/VPI공간까지는 스위칭 율의 향상을 보이고 있지만, 필요 이상의 많은 1000개의 VCI/VPI공간에서는 뚜렷한 스위칭 율의 향상을 보이고 있지않다. 이러한 이유는 기존의 X/Y 분류기의 특성상 연결해제 타이머로 인하여 불필요하게 사용되는 VCI/VPI가 존재하기 때문이고,

적용형 X/Y 분류기는 망으로 접근하는 수 많은 흐름에 대하여 적절히 VCI/VPI 공간을 관리하기 때문이다.

그림 13에서 X축이 [10,100]에서 기존의 X/Y분류기와 적용형 분류기의 스위칭 율이 거의 같은 값을 보이고 있다. 즉, 본 실험의 입력 자료를 측정된 망에서의 가장 적절한 흐름 분류기는 적용형 분류기와 연결해제 타이머를 10초로 하고 VCI/VPI공간이 100개의 상태의 기존의 X/Y분류기임을 알 수 있다.

요약하면 한정된 VCI/VPI 공간에서 적용형 X/Y 분류기가 X/Y 분류기보다 보다 우수하게 스위칭 율을 보이고 있음을 알 수 있다.

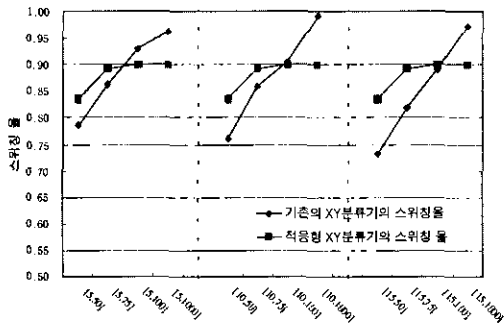


그림 13 연결해제 타이머와 VCI/VPI 공간의 변화에 따른 스위칭 율의 비교

5. 결 론

IP/ATM Hybrid system에서 트래픽을 기반으로 한 VCI/VPI 할당 정책이 망의 구조 기반으로 VCI/VPI 할당 정책보다 한정된 VCI/VPI 공간을 보다 효율적으로 사용할 수 있다. 트래픽 기반의 VCI/VPI 할당 정책을 갖는 LER에서 VCI/VPI의 할당과 반납을 구분 하여 주는 흐름 분류기의 성능에 따라서 VCI/VPI 공간의 효율성이 다르다. 본 논문에서는 기존의 X/Y 분류기의 성능 평가와 X/Y 분류기의 새로운 개념인 흐름 변화량()을 접목시킨 적용형 X/Y 분류기에 대하여 실험을 통하여 그 성능 평가를 실시하였다. 실험은 실제 측정된 자료를 입력으로 하여 실시 하였다. 이러한 실험 통하여 얻어진 흐름 변화량() 값이 한 흐름에 대하여 충분히 표현 되고 있고, 이를 적용한 새로운 경계 값(Y')을 기준으로 적용형 X/Y 분류기는 VCI/VPI를 할당과 반환을 결정하게 된다.

패킷의 개수가 작음에도 불구하고 기존의 X/Y 분류기에서는 단위시간(X)당 경계 값(Y)을 넘지 않으면서, 연결해제 타이머의 동작으로 인하여 VCI/VPI를 갖는 흐름이 발생한다. 이는 효율적인 VCI/VPI 공간의 사용

을 저해하는 요소이다. 이에 반하여 본 논문에서 제시한 적용형 X/Y 흐름 분류기는 연결해제 타이머의 도움 없이 가변적인 경계 값(Y')을 사용하기 때문에 기존의 X/Y 분류기의 비효율적인 측면을 배제 하여 효율적으로 유한한 VCI/VPI 공간을 관리하여 준다. 이는 동일한 VCI/VPI 공간에서 그림 13에서 보듯이 보다 높은 스위칭 율로 나타났다.

본 논문에서는 한 흐름에 대하여 VCI/VPI 생성에 걸리는 지연시간을 배제하였다. 그러나, 실제 망에서 VCI/VPI의 생성시간이 따라서 흐름의 2계층 스위칭 시기에 많은 영향을 준다. 이러한 VCI/VPI 생성 시간을 실제 얻어진 패킷 트레이스자료에서는 얻을 수 없다. 향후 가상의 IP/ATM Hybrid System 망을 통하여 VCI/VPI 생성 시간에 따른 시뮬레이션을 실시하여 보다 실제에 가까운 흐름 분류기에 대하여 연구가 필요하다. 그리고, 실험에서 사용된 제한적인 흐름 분류 요소를 벗어나 보다 다양한 흐름 분류 요소에 대하여 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] R. Cole, D.Shur, and C. Villamizar, "IP over ATM: A framework document," *IETF RFC 1932*, Apr. 1996.
- [2] "Multi-protocol over ATM version 1.0," *Letter Ballot. The ATM Forum Technical Committee*, May 29, 1997.
- [3] P. Newman, T.Lyon, and G. Minshall, "Flow labeled IP: A connectionless approach to ATM," in *Proc. Infocom 96*, 1996, p. 10b.2.1.
- [4] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz, E. Rosen. And G. Swall, "Tag switching architecture overview," *IETF Internet Draft, draft-rekhter -ip-atm-architecture.txt*, Sept. 1996.
- [5] K. Nagami, Y. Katsube, Y. Shobatake, A. Mogi, S. Matsuzawa, T. Jinmei, and H. Esaki, "Flow attribute notification protocol(FANP) specification," *IETF Internet-draft, draft-rfcd -info-nagami-00.txt*, Feb. 1997.
- [6] R. Woundy, A. Viswanathan, N. Feldman, and R. Boivio, "ARIS: Aggregate route-based IP switching," *IETF Internet Draft, Draft-woundy-aris-ipswitching-00.txt*, Nov. 1996.
- [7] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, G. Swallow, and A. Viswanathan, "A framework for multiprotocol label switching," *Proposal at IETF MPLS Working Group*, Apr. 1997.
- [8] Steven Lin, and Nick McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," *SIGCOMM*, April, 1997

- [9] ken-ichi Nagami, Hiroshi Esaki, Yasuhiro Katsube, and Osamu Nakamura, Flow Aggregated, Traffic Driven Label Mapping in Label-Switching Networks, *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, VOL. 17, NO. 6, JUNE 1999
- [10] Hao Che, San-qi Li, and Arthur Lin, Adaptive Resource Management for Flow-Based IP/ATM Hybrid Switching Systems, *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*, VOL. 6, NO. 5, OCTOBER 1998
- [11] "ftp.cs.ucla.edu/pub/ritke/traces," *Department of Computer Science, University of California, Los Angeles*

통신망 B-ISDN MAN/LAN, 분산처리 임.



장 성 식

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1989년 경북대학교 전자공학과 졸업(석사). 1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 수료(박사). 1994년 ~ 현재 김천대학 조교수. 관심분야는 무선 ATM, PCS망 관리, Mobile IP.



정 연 께

1982년 경북대학교 공과대학 전자공학과(전산공학) 학사. 1984년 경북대학교 대학원 전자공학과(전산공학) 석사. 1996년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사. 1983년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 관심분야는 MPLS 기반 IP스위치, 차세대 인터넷 통신, ATM 교환, CDMA 이동통신, 실시간 고속 통신망.



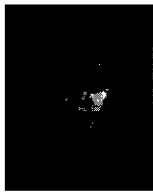
조 대 우

1999년 대구대학교 통계학과(학사). 2001년 경북대학교 정보통신학과(석사). 2001년 ~ 현재 삼성전자 중앙연구소 연구원. 관심분야는 고속 통신망, All IP, TCP/IP, 차세대인터넷



이 선 우

1995년 경북대학교 컴퓨터공학과(학사). 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사). 1997년 ~ 현재년 경북대학교 컴퓨터공학과 (박사과정). 관심분야는 차세대인터넷, ATM, Multicast Communication



변 태 영

1994년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2000년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사). 1994년 (주)SKC 정보시스템부. 1997년 ~ 1999년 김천대학 전산정보처리과 겸임교수. 1998년 ~ 1999년 (주)새빛정보 대표이사. 2000년 3월 ~ 현재 경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수. 관심분야는 ATM Interworking, IP Multicasting over ATM, 무선통신시스템, WAP 등



한 기 준

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1981년 한국과학기술원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(석사). 1987년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(박사). 1981년 ~ 1984년 국방과학연구소 연구원. 1988년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 전산망 프로토콜, 멀티미디어