

태그 스위칭 기술 성능 분석

*오 경 희, *이 수 경, **손 홍 세, *송 주 석
*연세대학교 컴퓨터과학과 **한국전자통신연구원

Performance Evaluation of Tag Switching

*KyungHee Oh, *SuKyoung Lee, **HongSe Son, *JooSeok Song
*Dept. of CS. Yonsei University **Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

인터넷의 등장과 네트워킹 기술의 빠른 발전은 다양한 응용의 등장 및 사용자의 증가에 의한 대역폭 요구량 증가 등의 변화를 가져왔다. 이러한 변화와 기존 라우터의 한계점으로 인해 스위칭과 라우팅 장비의 고성능화, 확장된 라우팅 기능의 제공 등이 필요하게 되었고, 이를 위하여 IETF는 현재 MPLS라는 label switching 방식을 표준화 중이다. 이 표준화 작업에 기반이 된 기술 중의 하나가 태그 스위칭 기술이며, 본 논문에서는 이 기술에 대한 성능을 분석하였다. 표준 및 스위치 개발이 연구 중인 현 시점에서, 태그 스위칭 기술의 성능 평가 결과는 특히, ATM의 스위칭 능력과 IP 계층 능력의 효율적인 활용의 기반 자료가 될 것이다. 본 논문은 라우터와 태그 스위치를 포함하는 망을 구성하고 NLNR에서 제공하는 인터넷 트래픽을 입력 트래픽 소스로 하여 성능 평가를 수행하였으며, 태그 스위칭의 구조 및 ATM testbed에서의 구현 시, 이 기술이 갖는 스위칭의 기능성 및 성능을 분석하였다.

1. 서 론

인터넷은 최근 5년 동안 인터넷 호스트의 수에서 연평균 40% 이상의 성장률을 보이고 있다. 또한 비실시간 데이터 전송 위주였던 인터넷 서비스에서 탈피하여 음성 및 실시간 화상 데이터 등 QoS(Quality of Service)를 요구하는 서비스를 포함하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 그런데, 기존 망 라우터들의 성능은 유입되는 데이터그램들의 목적지 주소를 검사하고 다음 홉(hop)을 결정하기 위해 라우팅 테이블을 검색해야 하는 점과, 데이터그램들을 다시 출력 인터페이스로 복사해야 한다는 점에서 제한된다. 라우팅 테이블 검색은 일반적으로 약 231개에 이르는 주소에 대해 longest prefix match를 찾아야 하므로 상당한 시간이 소요된다. 이와 같은 단점을 해결하기 위한 기술들이 제안되어 왔다.

이러한 트래픽의 증가 및 라우터의 한계점으로 인해 인터넷에 새로운 하부 구조를 필요로 하는데, 그 한가지 방안이 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기반의 초고속정보통신망을 활용하고 그 위에서 인터넷을 운용하는 구조이다. 이 구조는 ATM 계층의 스위칭 기능을 이용해 고속으로 IP 패킷을 전송할 수 있으며 QoS 보장이 용이하다. ATM 기반의 데이터 전달 프로토콜은 고속화, 성능 대 가격 비의 향상, 다양한 서비스 품질의 지원 그리고 확장성을 높이기 위한 방향으로 발전해왔으며 특히 ATM의 스위칭 능력을 활

용하여 3 계층 처리 능력을 극대화하는 방안이 관심이 모이고 있다.

본 논문에서는 ATM과 IP 통합 기술로써 현재 표준화 중인 MPLS(Multiprotocol Label Switching)의 기반이 된 태그 스위칭 기술에 대한 성능 평가를 수행하였으며, 태그 스위칭의 구조 및 ATM testbed에서의 구현 시, 이 기술이 갖는 스위칭의 기능성 및 성능을 분석하였다.

2. 태그 스위칭 기술 분석

ATM 하드웨어를 이용하여 IP 패킷을 전달하기 위하여 두 계층을 하나의 라우팅 프로토콜을 통합하는 방법들로 Ipsilon 사의 IP switching, Toshiba의 CSR(Cell Switch Router), Cisco의 태그 스위칭(Tag Switching), IBM의 ARIS(Aggregate Router-based IP Switching) 등이 제안되었다. 현재 이들 개념을 결합하여 MPLS로 표준화가 진행되고 있다.[1]

이러한 방식들은 2 계층 경로를 생성하기 위하여 사용되는 방법에 따라, data-driven 방식과 control-driven 방식으로 나누어 볼 수 있다.[1] Control-driven 방식에서는 데이터 전송이 이루어지기 전에 제어신호에 의해 망 내부에 ATM 스위치의 2 계층 경로가 생성된다. 망으로 전달되는 IP 패킷들은 이 경로를 통하여 2계층으로 스위칭되어 전달된다. 이 방식은 다수의 플로우들을 그룹화하여 하나의 플로우

우로 결합할 수 있는데, 이를 위해서는 VC merge나 VP merge 기능이 ATM 하드웨어에 포함되어야 한다.

태그 스위칭은 Control-driven 방식으로, 라우터, ATM 스위치 등 다양한 장치에서 구현이 가능하다. ATM 백본망에서 태그 스위칭을 지원하기 위해서는 소프트웨어적인 수정만으로도 가능하며, 라우터의 하드웨어적인 개선은 필요하지 않다. [2,3]

태그 스위치는 라우팅과 스위칭이 결합됨으로써 두 기능에서 오는 장점을 흡수하게 된다. 태그 스위칭을 수행하는 망 구성 요소로 ATM-TSR과 Edeg TSR이 있다.[2] TSR은 태그 스위칭의 기본 기능을 수행한다. ATM-TSR은 ATM 스위치에 기반한 TSR이며 TC-ATM(Tag Switching Controlled ATM) 인터페이스를 갖는다. ATM Edge TSR은 ATM-TSR로 구성된 태그 스위칭 망에 전달된 패킷들에 태그를 추가하고 제거하는 기능을 수행한다.

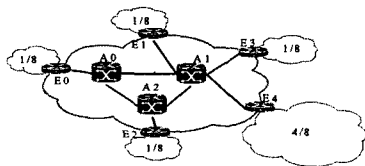
태그 스위칭의 기본 기능은 포워딩(forwarding)과 제어(control)의 두 가지로 구성된다.[2] ATM 포워딩 기능은 VCI와 VPI 값을 변환시킴으로써 셀을 스위치하지만 하면 되므로 태그 스위칭의 포워딩은 기존의 ATM 망에서의 스위치 기능과 다를 바가 없다. 즉, VCI가 태그가 된다. ATM 스위치의 제어기는 VCI와 IP 루트(route)를 바인드(bind)하기 위해 TDP[3]를 적용하며 IP 라우팅 프로토콜에도 관여한다. 각 ATM TSR은 자신이 사용할 모든 IP 루트 목록을 TFIB(Tag Forwarding Information Base)에 유지하고 있으며, 이는 TDP를 통해 TFIB에 만들어진다.

3. 태그 스위칭 기술 성능 평가 및 분석

3.1. 성능 평가 환경

본 논문에서는 태그 스위치가 망에 도입되었을 때, 망 성능에 대한 영향을 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 망 내에 유입되는 IP 트래픽에 대해서 태그 스위칭을 하는 경우와 태그 스위칭 없이 일반적인 라우팅 과정을 거치는 경우를 비교한다.

[4]에서는 한 개의 IP 스위치를 성능 평가 모델로 잡았으며 이것은 IP 스위칭이 hop-by-hop으로 이루어지는 알고리즘이기 때문에 가능하다.[4] 그러나 본 논문에서는 태그 스위칭 기술을 성능 평가하기 위해 그림 1과 같은 망 구성을 잡는다. 그리고 일반적으로 각 태그와 관련된 VC는 ATM CBR PVC(Permanent VC)로 간주된다.



[그림 1] 성능 평가 시스템의 망 구성도

그리고, NLNR(National Laboratory for Applied Network Research)에서 제공하는 인터넷 트래픽의 패킷 헤더 트레이트들을 성능 평가에 대한 입력 트래픽으로 사용하였다.[5] 외부 망에서 각 edge TSR에 입력된 패킷들이 다른 edge TSR로 전달될 확률은 그림 1에서 각 edge TSR에 연결된 네트워크의 크기와 같다. 그래서, 입

력 트래픽의 절반이 E4를 egress TSR로 잡도록 하며, 결국 ATM TSR들 중 A1에 부하가 집중되도록 한다.

3.2. 성능평가 파라미터

태그 스위칭에 대한 성능 평가 수행 시 측정되는 성능 평가 파라미터는 지연시간과 패킷 손실률이다.[4]

전송 시간은 edge TSR(혹은 라우터)로부터 다른 edge TSR로 패킷이 전송되는데 걸리는 시간을 의미한다. 전파지연시간(propagation delay)은 전송 매체의 물리적인 특성에 기반하기 때문에 고려하지 않는다. 그리고, 지연 시간에는 라우터나 스위치에서의 처리 시간, 큐에서의 대기 시간 및 전송 시간이 포함되어 있다. 즉, 다른 모든 edge TSR(혹은 라우터)로부터 전송되어 온 패킷들이 각 edge 라우터로 도착하는 데 걸리는 평균 시간으로 정의한다. 그러나 VC merge 성능평가에서 지연시간은 ATM TSR A1에서의 버퍼에서의 대기 시간과 egress TSR에 이르기까지의 시간을 의미한다.

패킷 손실률은 TSR 내의 큐(라우터나 ATM 스위치의 큐)에 도착하는 패킷의 수가 큐의 크기를 초과할 때 발생하는 손실을 의미한다. 결국, 데이터 폐기율 및 overflow와 연관된다.

3.3. 성능 평가 결과 및 분석

3.3.1. 스위칭과 라우팅의 비교

A0, A1, A2가 ATM TSR로서 layer 2 스위칭을 하는 경우와 일반 라우터로서 layer 3 라우팅을 하는 경우, 패킷들이 전송되는 데 걸리는 시간을 측정하여 비교한다. 다음의 표 1은 ATM TSR에서 스위칭으로 인해 지연되는 시간 값을 라우팅으로 인한 지연에 대하여, 상대적으로 1/5의 값으로 지정할 경우이다. ATM 스위치에서의 큐 크기는 10(패킷 단위)으로, 라우터에서의 큐 크기는 40(패킷 단위)로 설정했다. 표에서의 Ingress, Egress는 각 edge TSR이 망에서 입구 및 출구 위치에 있을 때 유입되는 패킷 수이며, In, Out은 ATM TSR에서 입력되는 패킷과 출력되는 패킷의 수이다.

TSR	Overflow	Ingress/In	Egress/Out	Delay
E0	0	103809	12426	0.000275
E1	0	50416	19827	0.000274
E2	0	39537	31895	0.000272
E3	0	33675	25376	0.000264
E4	0	14185	152098	0.000315
A0	0	116235	116235	
A1	0	230368	230368	
A2	0	71432	71432	

<태그 스위칭 방식>

TSR	Overflow	Ingress/In	Egress/Out	Delay
E0	0	103809	12426	0.000478
E1	0	50416	19827	0.000466
E2	0	39537	31895	0.000465
E3	0	33675	25376	0.000459
E4	0	14185	152098	0.000516
A0	0	116235	116235	
A1	9	230368	230359	
A2	0	71432	71432	

<라우팅 방식>

스위칭 지연시간 : 0.00002 라우팅 지연시간 : 0.0001

[표 1] 태그 스위칭과 라우팅 방식의 지연 시간 및 패킷 손실률

태그 스위칭 없이 일반적인 라우팅만으로 데이터를 전송하는 경우, 전송 시간의 연장은 물론 트래픽이 집중되는 ATM TSR A1에서 혼잡 발생으로 인한 셀 초과(overflow) 및 그에 따른 폐기(discard)가 발생됨을 볼 수 있다. 반면에, 태그 스위칭 방식은 빠른 스위칭 속도로 이와 같은 현상이 발생하지 않는다.

3.3.2. VC merge 시 성능 평가

동일한 목적지로 향하는 VC들이 merge되는 여부에 따른 전송 특성 및 망 성능에 미치는 영향을 살펴본다. 스위칭으로 인한 지연 시간 및 큐 길이는 앞서와 같이 각각 0.0002 와 10(패킷 단위)으로 설정한다. VC merge 여부에 따른 성능 평가 결과는 표 2와 같다.

TSR	Overflow	In	Out	Delay
E0	83	103809	12426	0.000986
E1	0	50416	19827	0.000960
E2	0	39537	31895	0.000957
E3	0	33675	25376	0.001020
E4	121	14185	152015	0.001866
A0	0	116152	116152	0.000200
A1	0	230285	230285	0.000200
A2	0	71432	71432	0.000200

<Non-VC merging>

TSR	Overflow	In	Out	Delay
E0	83	103809	12426	0.000985
E1	0	50416	19827	0.000960
E2	0	39537	31895	0.000957
E3	0	33675	25376	0.001020
E4	0	14185	149554	0.001558
A0	0	116152	116152	0.000200
A1	2461	230285	227824	0.000435
A2	0	71432	71432	0.000203

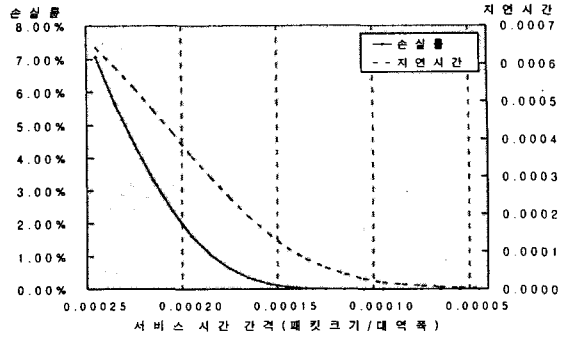
<VC merging>

[표 2] VC merge로 인한 지연 시간 및 패킷 손실률

VC merge를 하는 경우, ATM TSR에서의 지연과 혼잡에 의한 패킷 손실이 발생하는 것을 볼 수 있다. ATM TSR A1에서 egress TSR E4로 향하는 모든 트래픽이 같은 VCI를 갖고 동일한 VC로 전송된다. 따라서, 이 공유되는 VC에 할당된 대역폭을 초과하는 경우가 발생할 수 있다.

그러나 본 성능 평가에서는 실제 망에서와는 달리 많은 수의 트래픽을 merge했으며 적절한 대역폭의 할당은 자원 이용도를 향상시킬 것이다.

그림 2는 ATM TSR A0, A2와 edge TSR E1, E3에서 egress TSR인 E4로 네 개의 VC가 결합되어 E4로 전송될 경우, A1에서 VC가 결합될 때, 대역폭에 따른 패킷 손실률과 지연 시간이다. 같은 VCI 값을 갖는 VC의 대역폭은 0.0002(초/패킷)의 시간이며, A1에서 VC merge 시에도 이와 동일한 대역폭을 사용한 경우 패킷 손실과 지연에 있어서 성능 저하가 있음을 보여 준다. 그러나, A1에서 VC에 대한 대역폭을 두 배로 할당하면(서비스 시간 간격이 0.001로 줄어든다.) 패킷 손실과 지연시간이 현저히 줄어들음을 볼 수 있다. 그리고 VC merge를 하지 않은 경우, VC merge를 한 경우에 비하여 더 많은 VC와 그에 따른 대역폭을 필요로 하고 대역폭의 낭비를 초래할 수 있다. 따라서 VC merge된 VC에 적절한 크기의 대역폭을 설정하



[그림 2] VC merge 시 대역폭, 손실률, 지연 시간의 관계

여 줄 필요가 있으며 이는 ATM 스위치에서의 호 접속 제어나 대역폭 할당 알고리즘과 관련된다.

4. 결론

태그 스위칭은 라우터가 가진 라우팅 기능과 아울러 ATM 스위치가 갖는 다양한 큐잉 메커니즘을 동시에 제공한다. 즉, ATM 스위치를 ATM 서비스 및 IP 서비스가 함께 사용하게 된다. 특히, ATM 백본망에 기반한 WAN(Wide Area Network)에서, 태그 스위칭은 MPOA나 NHRP와 같은 SVC 기반의 IPeroverATM 방식들이 지원하지 못하는, ATM 스위치의 고유 기능인 멀티캐스트를 이용한 멀티캐스트 IP 포워딩, VC merge, 차별화 된 서비스 및 QoS 지원과 같은 기능들을 제공한다.

본 논문에서 수행된 성능 평가 결과로부터 태그 스위칭은 라우팅 과정을 거치지 않고 셀들을 스위칭하기 때문에 각 TSR에서 지연 시간이 줄어들게 됨을 알 수 있다. 결국, 태그 스위칭을 도입한 방식이 트래픽 처리 속도가 향상됨으로써 데이터의 지연 시간 및 손실률을 감소시킨 것이다. 그리고 태그 스위칭이 ATM 망에 도입될 경우, 발생하는 문제의 하나인 cell interleave를 해결하기 위해서 VC merge를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 망 성능 면에서 비교했다. 대역폭 이용률 면에서 VC merge가 필요함을 비교 결과가 보여주고 있다. 그러나 다수의 트래픽이 결합될 경우, 혼잡 발생을 줄이기 위하여 결합된 VC에 적절한 대역폭을 지정할 필요가 있다.

5. 참고 문헌

- [1] B. Davie, P. Doolan, Y. Rekhter, Switching in IP Networks, Morgan Kaufmann. Publishers, San Francisco, 1998.
- [2] Y. Rekhter et al., Cisco Systems tag switching architecture overview, IETF RFC 2105, Feb. 1997.
- [3] P. Doolan,, B. Davie, D. Katz, Y. Rekhter, and E. Rosen, Tag Distribution Protocol, IETF Internet Draft, draft-doolan-tdp-spec-01.txt, May. 1997.
- [4] S.Lin and N.McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," Technical Report CSL-TR-97-720, Apr. 1997.
- [5] NLANR homepage at <http://moat.nlanr.net/>