

MPLS 에서 F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방안

김광수*, 이재기*
*동아대학교 컴퓨터공학과
e-mail : sun8559@korea.com

A Label Assignment Scheme using F/T Classifier in MPLS

Kwang-Su Kim*, Jae-Kee Lee*
*Dept. of Computer Engineering, Dong-A University

요 약

MPLS(Multiprotocol Label Switching)에서 레이블은 패킷의 스위칭에 사용되는 중요한 인자이다. 할당되는 레이블 수에 따라 MPLS 네트워크의 성능에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 할당되는 레이블 수를 최소화하기 위해 F/T 분류기를 이용하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 기존의 방법에 T 시간만큼을 더 경과한 후에 유입된 플로우들을 하나의 레이블로 할당하는 방법으로, 기존의 방법보다 할당되는 레이블 수가 감소함을 네트워크 시뮬레이션을 이용한 실험으로 확인하였다.

1. 서론

현재 IP 와 같은 비연결형 네트워크 계층의 프로토콜에서 패킷은 하나의 라우터에서 다음의 라우터로 각 노드의 독립적인 결정에 의해 포워딩된다. 이러한 방식에서는 각 라우터가 소프트웨어의 동작속도로 인하여 병목현상을 발생시킬 수 있다는 문제점과 패킷 분석시에 사용되는 라우팅 테이블의 양적 증가는 네트워크의 확장성에도 문제를 일으키게 된다.

이를 해결하기 위하여 계층 3인 IP 계층에서 가변적인 IP 주소를, 이용하여 라우팅을 수행하지 않고 스위치 계층에서 고정된 길이의 레이블을 이용해서 스위칭하는 레이블 스위칭(Label Switching) 기법이 도입되고 있다. 레이블 스위칭은 데이터 패킷에 있는 일정한 크기의 레이블만을 보고 패킷이 어디로 전송될지 결정할 수 있고, 고정된 길이의 레이블을 이용해 하드웨어로 구현이 쉽기 때문에 높은 데이터 처리 속도를 얻을 수 있다.

MPLS 의 기본적인 동작은 IP 프로토콜과 같은 네트워크 계층에서 목적지 기반 홉 단위의 포워딩 대신 레이블 교환 방식의 단순한 패킷 포워딩엔진을 사용하여 고속 라우팅과 확장을 용이하게 할 수 있다 [2][3].

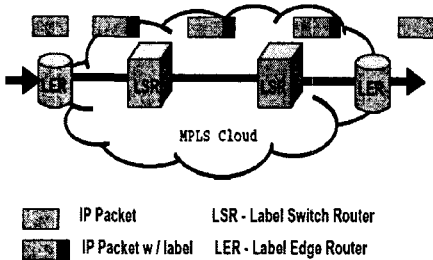
연속적인 패킷 스트림에게 레이블을 부착시켜 포워딩하는 MPLS 에서 레이블의 의미는 네트워크 성능에 많은 영향을 끼친다. 만일 라우터에 유입되는 모든 패킷에 레이블을 할당하여 포워딩을 시킨다면 패킷이 스위칭되는데 걸리는 시간은 줄어든다. 그렇지만 라우터에서 유지되는 LIB(Label Information Base)의 항목이 많아지게 되고 결과적으로 테이블 검색시간이 길어질 뿐만 아니라 레이블 공간의 고갈을 가지고 와서 차후에 도착하는 패킷의 스위칭은 불가능하게 된다.

그러므로 레이블은 네트워크의 자원 이용률을 결정하는 중요한 인자이다. 본 논문에서는 MPLS 네트워크에서 F/T 분류기를 이용하여 할당되는 레이블 수를 최소화하면서 더 작은 레이블 공간을 사용하므로써 네트워크 자원 이용률을 효율적으로 사용하는 방법을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 레이블 공간과 관계 있는 MPLS 의 기술적 사항과 기존의 연구에 대해서 소개한다. 3 장에서는 제안된 F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방법에 대해서 설명하고, 4 장에서는 제한된 F/T 분류기의 성능 평가를 수행하고 그 결과를 분석한다. 마지막으로 5 장에서는 결론을 맺고 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

2. MPLS 레이블 기술 및 관련 연구

레이블 교환은 계층 3 의 패킷을 계층 2 의 레이블 또는 계층 2 와 계층 3 사이에 Shim 레벨의 레이블로 바꾸어 포워딩 할 수 있게 해주는 기술이다. 이러한 레이블은 계층 3 의 주소를 분석함으로써 얻어지고 일단 레이블이 할당되면 차후의 포워딩에서는 계층 3 주소에 의한 라우팅 테이블 탐색이 불필요하게 되어 고속의 라우팅 및 포워딩이 이루어지게 된다.



(그림 1) MPLS 의 개념

LSR 에서는 일련의 패킷 플로우들에게 하나의 레이블을 할당하는데 MPLS 에서는 하나의 레이블을 할당 받은 패킷의 플로우들을 FEC(Forwarding Equivalence Class)라 한다. 하나의 레이블을 할당 받은 FEC 를 규정짓는 방법은 일반적으로 송신측과 수신측의 주소 및 포트번호, 네트워크 prefix 등으로 분류될 수 있다.

레이블 할당 방식에는 제어 기반(Control-driven)방식과 데이터 기반(Data-driven) 방식으로 분류한다.

제어 기반 방식은 데이터가 전송될 수 있는 모든 가상 경로(Virtual Connection)에 레이블을 할당하고 전체 데이터를 스위칭 기법으로 전송한다. 그러나 가상 경로의 수가 레이블 개수보다 크기 때문에 모든 가상 경로에 서로 다른 레이블을 할당 할 수 없으므로 여러 개의 가상 경로들 중에 대해서는 하나의 레이블로 전송하는 가상 경로 병합(Virtual connection Merging)이 필요하다. 그러므로 가상 경로 병합은 중간 목적지에 도달하면 데이터가 어느 방향으로 갈지 결정하기 위해 IP 라우팅을 재 수행해야하는 단점을 가진다.

데이터 기반 방식은 레이블 스위칭 네트워크로 패킷이 도달하면 흐름 분류(Flow Classification)를 통해 각 패킷을 스위칭으로 전송할지 기존의 IP 라우팅으로 전송할지 결정한다. 스위칭으로 전송하기로 결정된 패킷의 IP 주소에는 이에 대응되는 레이블이 할당되고 이 레이블을 통해서 데이터를 스위칭 기법으로 전달한다. 이때 흐름 분류를 위한 정보와 스위칭을 위한 정보를 저장할 필요가 있다. 이것이 저장되는 장소가 LIB 이다. 이는 앞에서 언급한 것과 같이 네트워크 성능에 큰 영향을 미친다.

현재 IETF 에서는 MPLS 네트워크에 크게 두 가지 형태의 LSP 설정 방식을 제시하고 있다[2][3].

트래픽 기반(Traffic-driven) 방법은 LSR 에 유입되는 패킷이 존재할 때 레이블을 할당하는 방법이다. 이 경우 LSP 는 해당 LSP 로 포워딩 되는 패킷이 존재하는 동안 계속 유지되고 더 이상 패킷이 전송되지 않는

경우 해체된다.

토폴로지 기반(Topology-driven) 방법은 LSP 를 라우팅 정보 등에 의존하여 미리 설정하는 방법이다. LSP 는 라우팅 테이블에 해당 노드의 엔트리가 존재하는 한 계속 유지되고 엔트리가 삭제될 때 해제된다.

이 두 가지 방법은 각각의 특징이 존재하는데 트래픽 기반 방법의 경우 유입되는 패킷이 존재할 때만 레이블을 할당하므로 레이블의 개수와 관리해야 되는 레이블 공간이 줄어든다는 장점이 있고 토폴로지 기반 방법의 경우 미리 LSP 가 설정되어 있으므로 모든 데이터 패킷이 계층 2 의 스위칭 능력을 이용할 수 있다는 장점이 있다[6].

MPLS 에서 필요한 레이블의 개수는 앞에서 언급한 것과 같이 여러 가지 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 이에 따라 레이블 공간을 효율적으로 사용하기 위해 다양한 방법들이 제시되었는데 이들은 크게 LSR 의 관점에서 사용하는 방법과 FEC 의 관점에서 레이블을 할당하는 방법으로 나눌 수 있다[9].

[1]에서는 IP 스위칭에서 기본적인 플로우 타입에 대해서 X/Y(X: 패킷수, Y: 플로우 종료시간) 플로우 분류방법의 성능평가를 하였다. [6]에서는 IP 스위칭의 트래픽 기반 레이블 할당 방법과 태그 스위칭의 토폴로지 기반 레이블 할당 방법을 혼합한 방법을 이용한 레이블 할당 방법을 제안하였다. 즉 LSR 을 Borer Gateway Protocol(BGP) LSR 과 Interior Gateway Protocol(IGP)로 구분한 다음 BGP LSR 간에는 Traffic-driven 방법을 사용하고 IGP LSR 간에 Topology-driven 방법을 사용하여 레이블을 할당한다.

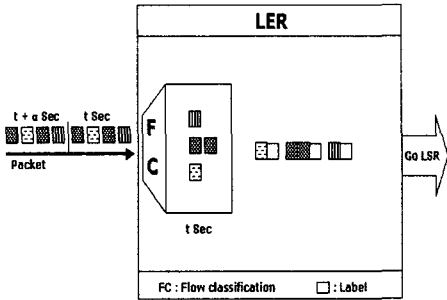
[7]에서는 플로우 스위칭 네트워크에서의 플로우 결합의 형태에 따른 효과를 설명하였다.

3. F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방안

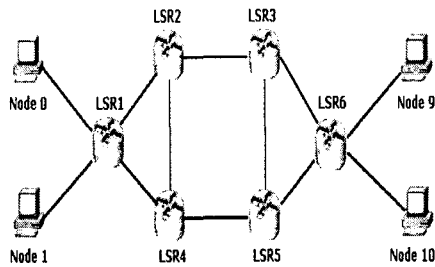
본 장에서는 F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방안에 대해서 설명한다. F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방안은 트래픽 기반 IP 스위치의 X/Y 플로우 구분 방법을 응용하여 사용하는 방법이다.

지금까지 연구된 플로우 분류기(Flow Classifier)로는 프로토콜 분류기(Protocol Classifier), 포트 분류기(Port Classifier), X/Y 분류자(X/Y Classifier)등이 있다[1][10]. 이 중 X/Y 분류자는 Y 시간 안에 X 개의 패킷이 오면 이를 플로우라고 분류하는 방법으로 간단하고 확장성이 뛰어나 MPOA 에서 기본적인 플로우 분류 방법으로 제안되고 있다[1][11].

기존의 레이블 할당 방법은 유입되는 패킷에 대해서 플로우 분류를 통하여 같은 목적지를 가지는 데이터 패킷에 대해서 레이블을 할당하는 방법이다. 만약 유입된 패킷이 레이블의 제일 마지막에 위치하였다고 할 때 이를 검색하는 시간이 상당히 길어진다. 그리고 유입되는 패킷에 대하여 더 이상의 할당할 수 있는 레이블 공간이 없다고 할 때 차후에 도착하는 패킷의 스위칭은 불가능하게 된다는 문제점이 있다.

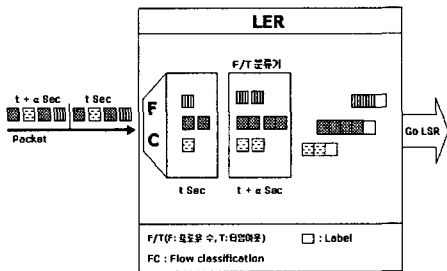


(그림 2) 기존의 레이블 할당 방법



(그림 4) 시뮬레이션 구성도

본 논문에서 제안하고자하는 F/T 분류기를 이용한 레이블 할당방법은 IP 스위치의 X/Y(X: 패킷 수, Y: 타임아웃) 플로우 구분방법을 응용한 F/T(F: 플로우 수, T: 타임아웃)를 이용하여 레이블을 할당하는 방법이다. 즉, Y 시간 이내에 입력되는 패킷 X 개를 플로우로 구분하고 라우팅의 prefix를 할당한 후 T 시간동안을 더 기다려 들어온 플로우들에 대해서 하나의 레이블을 할당하는 방식이다. 그러므로 기존의 레이블 할당 방법보다 할당되는 레이블 수를 크게 줄일 수 있을거라고 예상되며 레이블의 공간을 기존의 방식보다 더 줄일 수 있으므로 네트워크 자원 이용에 보다 더 효과적이다. 그리고 T 값을 크게 잡으면 잡을수록 할당되는 레이블 수를 크게 줄일 수 있지만 T 시간만큼 기다리는 동안 오버헤드가 너무 크기 때문에 T 값을 실험을 통해서 적절히 조절하는 것이 중요하고 이를 결정해야 한다.



(그림 3) 제안된 F/T 분류기를 이용한 레이블 할당 방안

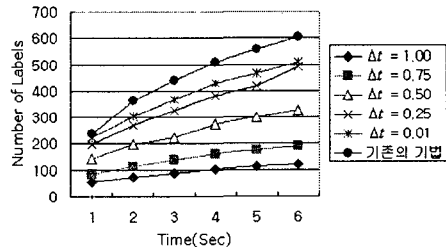
4. 성능 평가 및 분석

4.1. 실험환경

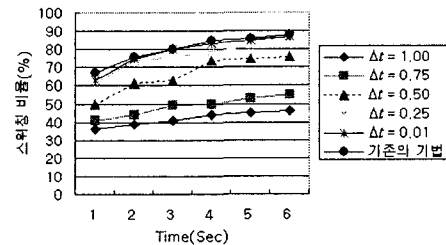
본 논문에서는 제안한 방법의 성능을 시험하기 위하여 MPLS 네트워크 시뮬레이터를 이용하였다[13]. 실험에 사용한 시뮬레이션 구성도는 (그림 4)와 같이 구성하였다. 그리고 Node 0 에서 매 초당 500 개의 패킷을 LSR1 으로 보내고, Node 1 에서도 Node 0 에서와 같이 매 초당 500 개의 패킷을 LSR1 에 보내도록 구성하였다.

4.2. 측정 및 분석

본 논문에 대한 성능 평가를 위하여 두 가지 척도를 가지고 측정을 하였다. 첫번째 척도는 레이블의 공간 비율(할당된 레이블 수)이고 두번째 척도는 스위칭 되는 비율이다. 일반적으로 이 두 가지는 서로 역 상관 관계가 있는데 스위칭 되는 비율을 높게 하기 위해서 전체 패킷에 대해 레이블을 할당해야 하지만 이 경우 레이블 공간의 고갈로 네트워크 성능에 큰 영향을 줄 수 있다[9]. 그러므로 이들 두 척도간에 적절한 타협점(Trade-off)을 찾는 것이 중요하다.



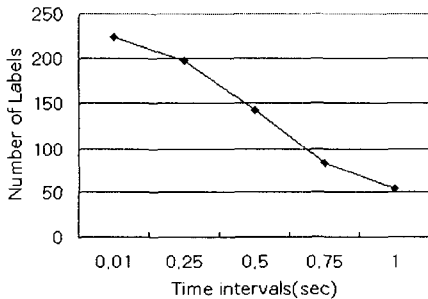
(그림 5) F/T 분류기에서 T 값에 의한 할당된 레이블 수



(그림 6) F/T 분류기에서 T 값에 따른 스위칭 비율

(그림 5)는 LSR1 에서 1 초에서 6 초 사이에 입력된 패킷에 할당된 레이블 수의 변화를 나타내었다. (그림 5)와(그림 6)에서 Δt 는 시간 간격을 의미한다. 기존의 방법은 1 초에는 약 240 개의 레이블이 할당이 되었고, 제안된 기법을 사용하였을 경우 T 의 값을 1 초로 정했을 경우에는 54 개, 0.75 초인 경우 84 개, 0.50 초인 경우 143 개, 0.25 초인 경우 197 개, 0.01 초인 경우 224 개로 레이블이 할당됨을 확인할 수 있다. 이는 기존의 기법보다 할당된 레이블 수를 최대 4.5 배에서 최소 1.1

배 감소되며 평균적으로 2 배정도 줄일 수 있다는 것이 확인되었고 이는 유입된 패킷에 대해서 레이블을 할당 할 수 있는 공간이 늘어나며 또한 레이블 테이블 검색 시간이 줄어들므로 효율적인 방안이라고 할 수 있다. 그러나 이에 따른 스위칭 되는 패킷의 비율이 T 를 크게 잡으면 잡을수록 현저하게 떨어지는 것을 (그림 6)에서 알 수 있다. (그림 6)에서는 시간 간격에 따라 스위칭 되는 패킷의 비율을 나타내고있다. 기존의 방법은 스위칭 비율이 평균 80%이며, 제안된 기법을 사용하였을 경우 T 의 값을 1 초로 정했을 경우에는 평균 45%, 0.75 초인 경우 평균 50%, 0.50 초인 경우 평균 70%, 0.25 초인 경우 평균 75%, 0.01 초인 경우 평균 78%로 나타난다. 이는 기존의 기법보다 스위칭 비율이 최대 35%에서 최소 2% 감소됨을 확인할 수 있다. 반면에 유입된 전체 패킷의 처리 시간을 살펴보면 기존의 방법은 6000 개의 패킷을 처리하는데 약 14.43 초가 걸리고 T 값을 1 초로 정했을 경우는 35%, 0.75 초인 경우 평균 27%, 0.50 초인 경우 평균 20%, 0.25 초인 경우 평균 11%, 0.01 초인 경우 평균 6%로 기존의 기법보다 오버헤드가 증가된다.



(그림 7) 시간 간격별 레이블 감소 비율

(그림 7)에서는 시간 간격에 따른 레이블의 감소 비율을 서로 비교해보았을 때 성능은 0.50~0.75 초에서 가장 좋은 것으로 측정되었다. 하지만 이 경우 기존의 기법에서는 스위칭 비율이 평균 80%인데 반해 본 논문에서 제안한 기법을 적용하였을 경우 스위칭 비율은 평균 60%로 보아 스위칭 비율이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 그 다음으로 성능이 좋은 0.25~0.50 초를 보면 스위칭 비율을 평균 70% 상회하면서 할당되는 레이블 수는 기존의 기법보다 1.2 배정도 줄일 수 있으므로 이를 적용했을 경우에 가장 적절한 것으로 판단된다. 그러므로 실제 레이블 할당 정책에 이를 적용했을 경우에도 효율적인 방안이라고 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

MPLS 네트워크는 플로우에 대해서 레이블을 할당하여 포워딩하는 방법을 사용하고 있으므로 레이블의 의미는 네트워크 성능에 큰 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 MPLS 네트워크에서 F/T 분류기를 이용하여 할당되는 레이블 수를 최소화하면서 더 작은 레이블 공간을 사용하므로써 네트워크 자원 이용률을 효율적

으로 사용하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 T 값을 0.25~0.50 초의 시간 간격을 지정하므로써 기존의 방식보다 상대적으로 적은 수의 레이블을 할당됨을 시뮬레이션을 통해서 확인하였다. 본 논문에서는 MPLS 네트워크 시뮬레이션을 통하여 실험 하였으므로 실제의 백본 네트워크와는 차이가 있다고 본다. 그러므로 향후에는 제안한 방법을 실제의 백본 네트워크를 통해 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] S. Lin and N. McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," SIGCOMM '97, 1997
- [2] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031, IETF, Jan. 2001
- [3] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, G. Swallow, and A. Viswanathan, "A framework for multiprotocol label switching", Internet draft draft-ietf-mpls-framework-05.txt
- [4] Awduche, D.O., Malcolm, J., O'Dell, M., McManus, J. "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS", draft-ietf-mpls-traffic-eng-00.txt, October 1998
- [5] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz, E. Rosen, G. Swallow, "Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview," RFC2105, Feb. 1997.
- [6] K. Nagami, H. Esaki, Y. Katsube, and O. Nakamura, "Flow Aggregated, Traffic Driven Label Mapping in Label-Switching Network," IEEE JSAC, vol.17, no.6, June 1999
- [7] T. Worster, and A. Doria, "Levels of Aggregation in Flow Switching Networks," IEEE Forum, May 1997
- [8] P. Newman, T. Lyon, and G. Minshall, "Flow labeled IP: a connectionless approach to ATM", in Proc. Of Infocom '96, 1996.
- [9] 이선우, 변태영, 한기준, 정연쾌, "MPLS 망에서 복수 연결해체 타이머를 이용한 레이블 공간의 효율적 사용방법" 한국정보과학회 논문지 I VOL.29, 2002.
- [10] H. Che and S. qi Li, "MPOA Flow Classification Design and Analysis" in IEEE INFOCOM'99, Mar. 1999
- [11] ATM Forum, Multiprotocol Over ATM Version 1.0
- [12] P. Boustead, J. Chicharo, and G. Anido, "Scalability and Routing Performance of Label Switching Network" in IEEE GROBECOM'98, Mar. 1999.
- [13] 안개일, 전우직, "MPLS Network Simulator," <http://www.raonet.com>, 2000.
- [14] Bruce Davie, Yakov Rekhter, "MPLS Technology and Applications", Academic Press, 2000.
- [15] Uyless Black, "MPLS and Label Switching Networks" Prentice Hall, 2001.