

효율적인 MPLS망 구축에 관한 연구

조용래, 김광철, 이기영
인천대학교 정보통신공학과
e-mail:cyr@venture.inchon.ac.kr

A Study on Design of Effective MPLS Network

Yong Rae Cho, Kwang Cheol Kim, Ki Young Lee*
*Dept of Information & Telecommunication Eng, Univ. of Incheon

요 약

본 논문은 현재 사용되는 라우팅 프로토콜을 이용하여 MPLS망에서 다중 LSP를 설정할 수 있도록 CLSR을 정의하고, CLSR을 이용하여 트래픽을 분산시킬 수 있는 방안을 제안했다. 이 방식을 통하여 MPLS망의 전체 Throughput을 향상시킬 수 있으며, fast rerouting에서 재 라우팅 되는 플로우가 입구 LSR을 거쳐야 하는 단점을 보완함으로써 기존의 fast rerouting 방식에 비해 평균 재전송 시간을 단축 시킴으로써 성능을 향상시켰다.

* 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

1. 서론

최선형 서비스를 제공하는 인터넷망에서는 고품질의 서비스를 요구하는 어플리케이션들에 대해서 만족할 만한 해결책을 제시하기 어렵다. 이에 따라 IETF에서는 MPLS(MultiProtocol Label Switching)라는 새로운 네트워킹 기술을 제안했다.[1]

MPLS는 입력단에서 각각의 FEC(Forwarding Equivalence Class)에 레이블을 할당하고 코어 망에서는 단순히 레이블 교환을 통해 패킷을 전달하는 방식으로써 고속의 패킷 전송을 가능하게 한다. 그러나 MPLS는 LSP(Label Switched Path)를 설정하기 위한 라우팅 프로토콜로 IGP를 사용하기 때문에 여전히 트래픽이 한쪽으로 몰림으로써 일어날 수 있는 혼잡의 가능성이 있고, 그로 인한 패킷 손실이 발생 할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 방법의 트래픽 엔지니어링 기술이 연구되어지고 있다.[1][2]

MPLS가 가지는 또 하나의 문제점은 망 내에서 노

드나 링크가 끊어졌을 때 발생할 수 있다. 고속 스위칭을 지원하는 MPLS는 Fault가 발생했을 때 패킷 손실을 줄이기 위해서 ER-LSP(Explicit Routed-LSP)를 이용하여 리 라우팅을 하게 되는데, 이때 각 패킷들은 입구 LSR(Label Switching Router)로 다시 보내지고 입구 LSR이 가지고 있는 ER-LSP를 통해서 목적지로 전송된다. 따라서 대역폭과 시간의 낭비를 가져온다. [3]

따라서 본 논문에서는 MPLS망을 설계 할 때 망이 가질 수 있는 최대 throughput에 가깝게 트래픽을 분산시키고 리 라우팅의 시간을 단축시키기 위한 방법을 제안했다.

2장에서는 본 논문의 이론적인 배경이 되는 Max-Flow/Min-Cut 이론과 Haskin이 제안한 fast rerouting 알고리즘을 소개하고 보다 효과적인 성능을 위한 CLSR을 제안, 3장에서는 CLSR을 적용시킨 MPLS 망을 설계했고, 4장에서는 시뮬레이션 결과를 보였다. 그리고 5장에서 결론을 보였다.

2. 배경이론

2.1 Max-Flow/Min-Cut 이론

네트워크 문제는 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 경로를 중요시하는 문제이고, 다른 하나는 흐름량을 중요시 여기는 문제이다. Max Flow/Min Cut 이론은 흐름 양에 관련된 중요한 네트워크 이론중의 하나이다. 먼저 최대흐름이란 Source에서 Destination까지 최대로 전송할 수 있는 트래픽 양을 말한다.

그림 1의 경우 노드 1에서 노드 5로 보낼 수 있는 Max Flow를 계산해 보면

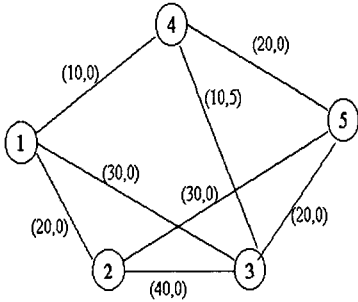


그림 1. Max flow 예

경우 : 경로 : 전송 가능한 트래픽 양

- [1] 1-3-5 $\min\{30, 20\} \Rightarrow 20$
- [2] 1-2-3-4-5 $\min\{20, 40, 10, 20\} \Rightarrow 10$
- [3] 1-2-5 $\min\{10, 30\} \Rightarrow 10$
- [4] 1-3-2-5 $\min\{10, 30, 20\} \Rightarrow 10$
- [5] 1-4-5 $\min\{10, 20\} \Rightarrow 10$

따라서 전송 가능한 최대 흐름은 60이다. 이 흐름량을 Max Flow라고 한다.

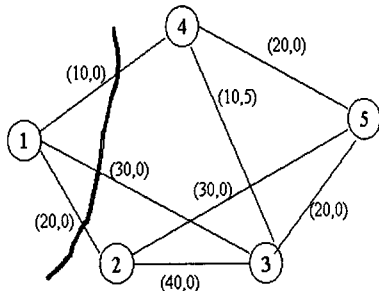


그림 2. Min cut 예

그림 1의 망을 두 개의 서브넷 S1과 S2로 나눈다고 가정할 경우 각 노드들은 두 서브넷 중 어느 하나에 속하게 된다. 이때 S1과 S2를 연결하는 링크들의 흐름량의 합을 최소로 하는 경우를 Min Cut이라고 하며 그 값은 Max Flow와 같다. 그림 2의 경우 S1={1}, S2={2,3,4,5}가 된다.

즉 Min Cut = Max Flow라는 공식이 성립되며 이를 Max Flow/Min Cut 이론이라고 한다.[4]

2.2 Haskin의 fast-rerouting 알고리즘

링크나 노드에 고장이 발생 할 때 일반적으로 라우팅 알고리즘이 고장에 대처하여 새로운 라우팅 경로를 찾아 복구한다. 그러나 그 시간이 오래 걸리기 때문에 다시 패킷을 받을 때까지의 시간이 공백이 길어질 뿐만 아니라 많은 패킷이 손실된다.[3] 이에 MPLS망에서의 고속 재라우팅 경로 설정 방식이 Haskin에 의해 제안되었는데 이 방식은 점 대 점 LSP의 임의의 한 곳에서 노드나 링크의 고장이 발생하면 해당 LSP에 전송되던 트래픽을 입구 LSR로 되돌려 보내고 입구 LSR은 미리 설정한 ER-LSP를 통해 목적지로 전송하는 방식이다. [5][6]

3. CLSR을 이용한 MPLS망 설계

MPLS에서 라우터는 LER(Label Edge Router)과 LSR로 나뉜다. LER의 경우 입력된 L3 패킷의 헤더를 검사하여 FEC를 결정하고 각 FEC에 레이블을 할당한다. 그러나 코어망의 LSR은 복잡한 기능을 배제하고 단순히 레이블 스와핑을 이용 패킷을 다음 홉에 스위칭 한다.

본 논문에서는 효율적인 망 설계를 위한 CLSR(Center Label Switching Router)를 정의한다. CLSR은 일반 LSR과 같이 레이블을 이용한 스위칭을 하며, ER-LSP를 가짐으로써 리 라우팅에 참여하게 된다. CLSR을 MPLS망에 추가함으로써 리 라우팅 시 입구 LER까지 플로우가 재전송됨으로써 발생하는 대역폭 및 시간 손실을 줄일 수 있다.

또한 입구 LER은 LSP를 설정하기 위해서 라우팅을 할 때 목적지까지의 경로를 계산하지 않고 CLSRs까지의 경로를 계산한다. CLSRs는 다시 목적지까지의 경로를 계산함으로써 원천지에서

CLSRs까지, CLSRs에서 목적지까지를 연결하는 LSPs를 설정할 수 있다. 이를 위해 CLSRs은 Min Cut을 이루는 지점에 위치하게 된다.

결과적으로 입구 LER - CLSRs - 목적지 LER을 연결하는 다중 경로가 생성되고 Max Flow에 근접하는 트래픽 전송이 이루어 질 수 있다.

그림 3의 경우 3번과 6번 LSR이 CLSR이 된다. 예를 들어 1번 LER을 통해서 8번 LER까지 전송하고자 하는 경우, 먼저 1번 라우팅 정보를 이용하여 3번 LSR과 LSP를 설정하고 3번 LSR은 다시 8번과 LSP를 설정한다. 같은 방식으로 1번과 6번

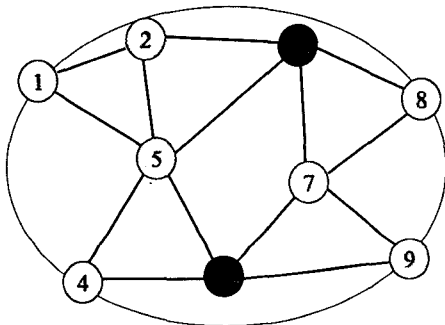


그림 3. 망구성도

을 연결하는 LSP와 6번과 8번을 연결하는 LSP가 설정이 된다.

4. 시뮬레이션 및 결과

첫 번째 시뮬레이션에서는 CLSR을 적용했을 때와 적용하지 않은 일반 MPLS망에 대해서 ns-2를 이용한 시뮬레이션을 통하여 성능평가를 하였다. 시뮬레이션 시 망 구성은 그림 3에 따르며 각 링크의 대역폭은 1Mbps, 데이터의 길이는 512bytes, 발생 간격은 10ms로 하였다. 각 노드의 전송 지연은 10ms이며 연결 수를 40까지 증가시키면서 Throughput을 측정하였다.

그림 4는 연결수의 증가에 따른 처리량을 나타낸다. 일반적인 경우에 연결수가 증가할수록 처리량이 증가 하지만 포화점을 지나면서 일정한 수준을 나타낸다. CLSR을 이용한 다중 경로 사용 시 더 높은 처리량을 나타냄을 볼 수 있다.

두 번째 실험은 노드수가 더 큰 망을 정의한 후 입구 LER에서부터 출구 LER까지의 링크들을 차례로 끊은 다음 fast rerouting 알고리즘을 적용한 망에서의 rerouting 시간과 CLSR을 이용한

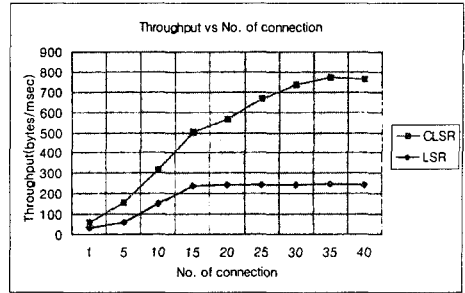


그림 4 연결수 대 처리량

rerouting 시간을 비교했다.

그림 5는 fast rerouting 알고리즘을 이용한 결과이고 그림 6은 CLSR을 적용한 결과이다.

fast rerouting 알고리즘은 입구 LER에서 멀리 떨어진 곳의 링크에서 고장이 날수록 출구 LER이 재전송받는 시간은 길어짐을 알 수 있다. 그에 비해 CLSR은 입구 LER에서 멀리 떨어져도 출구 LER의 재전송받는 시간은 짧아짐을 알 수 있다. 즉, 그림5, 6에서 알 수 있듯이 fast rerouting 알고리즘을 적용한 것 보다 CLSR을 적용한 경우가 더 작은 재전송시간을 가진다는 것을 알 수 있다.

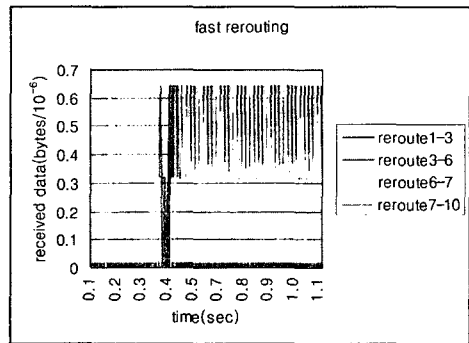


그림 5 fast rerouting

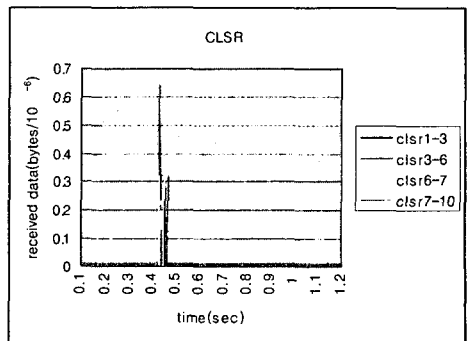


그림 6 CLSR

5. 결론

본 논문에서는 CLSR을 이용하여 다중LSP를 설정함으로써 트래픽을 분산시킬 수 있도록 했고, NS 시뮬레이터[7][8]를 수정하여 구현하였다. 각 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 링크의 고장에 따른 rerouting시 fast rerouting보다 재전송 받는 시간이 단축됨을 알 수 있다. CSLR방식의 사용은 MPLS망 전체의 Throughput을 향상시킨다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Xipeng Xiao, Alan Hannan, "Traffic Engineering with MPLS in the Internet" IEEE Network March/April 2000, pp.28-33
- [2] Daniel O. Awduche, "MPLS and Traffic Engineering in IP Networks" IEEE Communication Magazine. December 1999, pp.42-47
- [3] 이원주 "MPLS망에서 다중점 대 점 LSP의 보호를 위한 고속 재라우팅 알고리즘" 한국통신학회 추계학술대회 논문집 2000
- [4] 인치형 "제한된 난수에 의한 트래픽 분산 라우팅 기법" 한국통신학회 논문지 '00-11 Vol.25 No.11A
- [5] Dimitry Haskin "A Method for Setting an Alternative Label Switched Paths to Handle Fast Reroute" <draft-haskin-mpls-fast-reroute-04.txt>
- [6] Srinivas Makam "Frame for MPLS-based Recovery"<draft-makam-mpls-recovery-frmwkr-01.txt>
- [7] URL: <http://www.roanet.com>
- [8] URL: <http://www.isi.edu.nsnam/ns>