MPLS 망에서 데이터 전송의 빠른 복구를 위한 경로 재설정 방법

최 현 정, 박 문 화
성신여자대학교 컴퓨터정보학부
e-mail : hjchoe@cs.sungshin.ac.kr

A Rerouting Method for the Fast Recovery of Data Transmission in MPLS Networks

Hyun-Jung Choe, Moon-Hwa Park
School of Computer Science and Engineering, Sungshin Women's University

요 약

인터넷 사용자 수가 급격히 증가되고 사용자들의 요구도 다양해짐에 따라 네트워크 자원의 물리적 증가뿐만 아니라 자원의 제한이라는 상태에서 더 적은 자원으로 만족할 만한 서비스를 제공할 수 있는 트래픽 엔지니어링 기술이 부각되고 있다. 트래픽 엔지니어링은 자원의 효율성을 최적화하는 동시에 네트워크의 성능을 최적화 시킬 수 있는 기술로 비용이 많이 드는 대규모 망일수록 중요한 기술이기 때문에 네트워크 관련 사업자들에게 필수 요구사항이 되었다. 본 논문에서는 트래픽 엔지니어링 기술의 하나로 MPLS 망에서 경로에 이상이 발생하였을 때 빠른 데이터 전송 복구를 위한 경로 재설정 방법을 제안하였다. 전송 전 대체 경로를 미리 지정하고 주 경로와 대체 경로에 우선순위를 두어 대체 경로를 다른 트래픽에서도 사용할 수 있게 하여 자원 이용률을 높이고 재전송에 따른 지연 시간도 줄였다.

1. 서론

최근 인터넷을 사용하는 인구가 폭발적으로 많아지고 인터넷이 상업적인 목적으로 사용되면서, 인터넷 망의 규모도 커지고 사용자의 요구도 훨씬 다양해지고 있다. 이러한 이유로 차세대 인터넷을 위한 여러 가지 신기술들이 나오고 있는데, 그 중 3 계층 스위칭 기술을 제공하는 MPLS(MultiProtocol Label Switching)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

현재 사용되고 있는 네트워크 계층의 IP 기반 라우팅은 한 라우터에서 다른 라우터로 전송될 때 각 라우터가 독립적으로 들어온 패킷의 IP 헤더에 있는 목적지 정보를 분석하여 라우팅을 한다.

MPLS 는 먼저 라우팅 프로토콜을 통해 라우팅 테이블을 구성하고 각 라우터들과의 정보 전송을 통해 LDP(Label Distribution Protocol)[1,6]를 이용하여 레이블을 분배한다. MPLS 망 내부로 패킷이 들어오면 패킷 정보를 이용하여 ingress LSR 에서 단 한 번의 FEC(Forwarding Equivalance Entry)[1]에 대한 assign 이 일어난 후 FEC 에 여해당하는 짧은 고정길이의 레이블을 붙인다. Egress LSR 에 도착하여 레이블을 제거할 때까지 중간 라우터에서는 IP 헤더를 분석하지 않고 레이블 정보를 이용하여 포워딩만 해주면 되기 때문에, 레이블 lookup 과 교체, 포워딩을 위한 간단한 기능만 갖추면 된다.

트래픽 엔지니어링은 네트워크 자원의 효율성을 최적화하는 동시에 효율적이고 신뢰성 있는 네트워크 동작을 위해 필요한 기술로, 대규모 망일수록 많은 비용이 들기 때문에 네트워크 관련 사업자들에게는 트래픽 엔지니어링 기술이 필수적이다.

본 연구는 '여자대학교 연구기반 확충사업'에 의하여 지원되었음

트래픽 엔지니어링의 한 방법인 경로 재설정은 데이터 전송 중 경로에 문제가 발생하였거나 특정 노드에 부하가 생겨 정상적인 데이터 전송을 하기 어려울 때 전송이 실패하지 않도록 새로운 경로를 설정해 주는 방법이다.

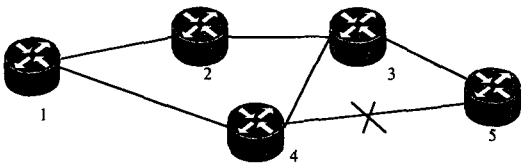
본 논문에서는 경로 재설정 방법 중 경로에 문제 발생 시 자원의 이용 효율을 높이면서 빠르게 대체 경로로 트래픽을 돌려 전송을 복구하는 1:1 경로 재설정 방법에 대해 연구하였다. 2 장에서는 경로 재설정에 대한 관련연구, 3 장에서는 제안한 경로 재설정 방법에 대해 설명하고 마지막으로 4 장에서는 결론과 앞으로 더 연구되어야 할 향후 과제에 대해 기술하였다.

2. 관련연구

경로 재설정은 링크가 끊어져서 설정된 경로로의 트래픽 전송이 불가능하거나 특정 노드에 부하가 많아져 원하는 서비스를 제공하기 어려울 때 트래픽 엔지니어링을 위해 필요한 방법이다.[2,4]

이번 장에서는 경로 재설정 방법과 관련하여 링크에 문제 발생 시로부터 경로를 재계산하여 데이터를 재전송하는 동적인 경로 재설정 방법[7]과 미리 여분의 대체 경로를 지정해 놓는 1+1 경로 재설정 방법에 대해 기술하였다.

2.1. 동적 경로 재설정



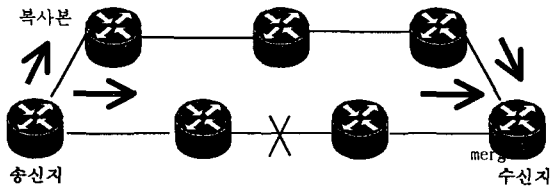
[그림 1. 동적 경로 재설정]

<그림 1>에서 1-4-5 로 설정되어진 트래픽 전송 경로 중 4-5 링크가 끊어져 트래픽 전송이 더 이상 불가능할 경우, 인접 노드 5 에서 노드 4 로의 전송이 불가능하다는 것을 알게 되고 노드 3 을 통해 다른 레이블을 요청한다. 노드 4 에서 변경된 레이블을 결정하고 다시 메시지를 보내어 확정되면 문제가 발생된 1-4-5 경로는 1-4-3-5 로 변경된다.

위의 경우처럼 문제 발생 시에 동적인 경로 설정을 해주면 주어진 자원과 트래픽 분배 상황에 맞춰 가장 적절한 대체 경로를 설정해줄 수 있는 장점이 있다. 하지만 문제 발생 시점부터 대체 경로를 계산하여 데이터 재전송이 시작될 때까지 걸리는 지연시간이 너무 큰 단점이 있어 서비스 요구조건을 만족시켜야 하는 트래픽의 경우 사용하는데 문제가 있다.

2.2. 1 + 1 경로 재설정

처음 경로를 설정할 때, 문제 발생 시 빠른 데이터 전송 복구를 원하는 경로에 대체 경로를 미리 설정해놓는다. 경로에 문제가 발생하지 않을 때는 송신지에서 주 경로에 트래픽을 전송하면서 대체 경로에도 똑 같은 트래픽을 복사하여 전송하고 수신지에서는 도착하는 데이터를 중복되지 않도록 병합하여 전송한다.



[그림 2. 1+1 경로 재설정]

경로에 문제가 발생하면 송신지에서는 주 경로로의 전송을 중단하고 대체 경로로 복사본이 아닌 원본 트래픽을 전송한다. 이미 송신지에서 문제 발생 노드까지 전송되었던 트래픽은 버린다.

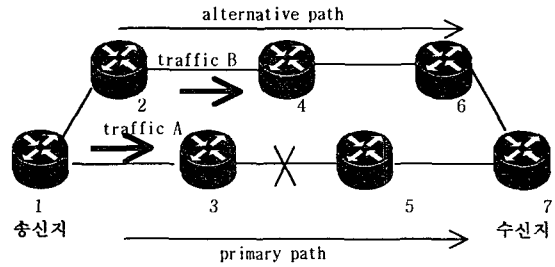
1+1 경로 재설정 방법은 경로에 문제가 발생하더라도 수신지에서는 아무 영향 없이 트래픽이 도착하게 되므로 시간 조건을 지켜야 하는 중요한 임계 데이터 전송에 적합하다. 그러나 자원을 이중으로 예약하기 때문에 낭비가 심하므로 일반적인 데이터 전송에는 사용하기 어렵다.

3. 1 대 1 경로 재설정

본 논문에서는 경로 설정 시 미리 대체 경로를 설정하고 링크에 문제가 발생하였을 때 설정된 대체 경로로 빠르게 전송을 복구할 수 있는 1:1 경로 재설정 방법[3,5]에 대해 연구하였다.

3.1 경로 설정

경로 설정 시 관리자나 네트워크 관리 프로그램을 사용하여 문제 발생 시를 대비해 대체 경로를 설정할 부분을 지정한다.



[그림 3. 1:1 경로 재설정]

FEC element	주 경로		대체 경로	
	Next Hop	Label	Next Hop	Label
x.y.z	3	13	2	12

[그림 4. 확장된 FTN]

<그림 3>에서 1-3-5-7 경로에 대해 대체 경로가 지정되면 송신지에 있는 FTN(FEC to NHLFE)에 대체 경로에 관한 정보를 추가하여 <그림 4>와 같이 확장한다. 경로에 문제가 발생하지 않은 경우에는 대체 경로를 예약 해 놓으면 자원이 낭비되기 때문에 다른 트래픽을 위한 경로로 사용한다.

이때 대체 경로로 전송되는 트래픽은 주 경로에 문제 발생 시 다른 대체 경로로 재전송되어야 하기 때문에 우선순위가 높은 트래픽인 경우 지연시간이 길어지기 때문에 전송 효율이 나빠진다. 그러므로 트래픽이 들어오면 주 경로에 전송되고 있는 트래픽의 서비스 레벨과 비교하여 낮으면 받아들이고 높으면 거절한다.

3.2. 우선순위

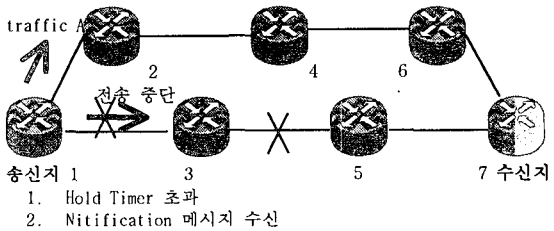
경로에 대한 트래픽의 setup 우선순위와 holding 우선순위는 0 부터 7 까지 정해져 있고, 0 을 가진 트래픽이 경로를 가장 먼저 사용하게 된다.

트래픽에 대해 주 경로로 전송되는 트래픽보다 대체 경로로 전송되어야 할 트래픽에 더 높은 우선순위를 주면, 정상적인 트래픽 전송 시 대체 경로를 다른 트래픽에 의해 사용할 수 있고 경로에 문제가 발생하면 대체 경로로 재전송 되어야 할 트래픽이 더 높은 우선 순위를 가지기 때문에 이미 전송되던 트래픽보다 먼저 대체 경로로 트래픽을 전송할 수 있게 된다.

경로에 문제가 발생하여 주 경로로의 트래픽 전송을 대체 경로로 복구해야 하는 경우 트래픽의 경로 사용에 대한 우선 순위를 한단계 더 높여주어 대체 경로로 전송한다.

3.3. 에러 발생 시 트래픽 전송

에러가 발생되었다고 결정하고 트래픽을 다른 경로로 재전송시키는 경우는 두 가지로 가정한다.

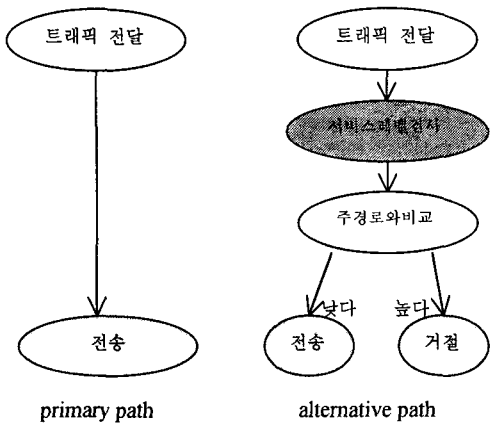


[그림 5. 에러 발생 시의 데이터 전송]

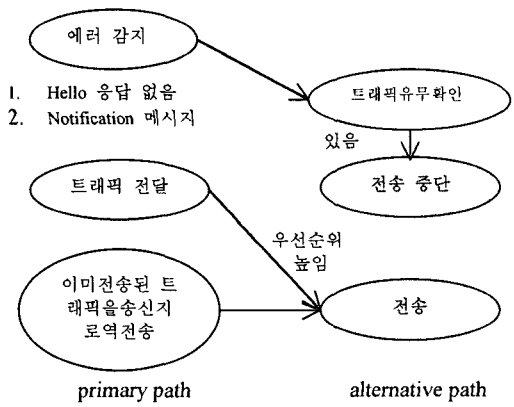
먼저 송신지에서 지정된 Holdtime 이 초과할 때까지 경로를 확인하기 위해 주기적으로 보내는 Hello 메시지에 대한 응답이 없을 때와 *downstream* 노드로부터 이상 발생에 대한 Notification 메시지가 왔을 때 송신지에서는 그 경로에 대한 트래픽 전송을 즉시 중단하고 대체 경로로 트래픽을 재전송한다.

<그림 4>에서 송신지가 3-5 링크에 대한 문제 발생을 발견하면 1-3-5-7 경로로 보내던 트래픽에 대한 전송을 중단하고 이후로 들어오는 트래픽은 미리 설정되어 있던 1-2-4-6-7 경로로 전송한다.

이미 문제가 발생된 경로로 전송된 트래픽은 송신지로 되돌려 송신지로부터 다시 대체 경로로 재전송된다. 이 경우 패킷들의 순서가 뒤바뀔 수가 있기 때문에 수신지에서는 패킷이 도착하면 순서에 맞게 병합하여 수신지가 egress LSR 이라면 3 계층 라우팅을 할 수 있게 레이블을 제거하고 상위 계층으로 보내고, 아니면 레이블을 변환하여 다음 노드로 전송한다.



[그림 6. 정상적인 트래픽 전송 절차]



[그림 7. 에러 발생 시 트래픽 전송 절차]

3.4. 서비스 레벨 검사

정상적인 트래픽 전송 시 주 경로에서 전송되는 트래픽과 다른 트래픽이 대체 경로를 사용할 때 대체

경로에서 전송되기 위해 들어오는 트래픽에 대한 서비스 레벨을 검사한다.

1:1 경로 재설정 방법은 우선 순위를 두어 주 경로와 대체 경로를 독립적으로 사용하다가 주 경로에 이상이 발생하면 주 경로에서 전송되던 트래픽을 대체 경로로 전송하고, 이미 대체 경로에서 전송되고 있던 트래픽은 전송을 중단하고 다른 대체 경로로 보내져야 한다. 그렇기 때문에 빠른 시간 내에 전송되어야 하는 중요한 데이터의 경우 대체 경로로 재전송 되는 동안 지연시간이 길어져 원하는 요구 조건을 만족시킬 수 없게 된다.

대체 경로를 사용하기 위해 도착한 트래픽은 먼저 요구하는 서비스 레벨을 검사하여, 현재 주 경로로 전송되고 있는 트래픽보다 서비스 레벨이 낮으면 전송을 수락하고, 같거나 높으면 전송을 거절한다.

3.5. 결과

제안하는 방법의 장점은 첫째, 경로에 이상 발생 전에 대체 경로가 미리 설정되어 있어 문제가 발생하면 재전송을 위한 경로 계산이 필요 없기 때문에 그만큼 전송 지연시간이 줄어든다. 둘째, 송신지에서만 대체 경로에 대한 정보를 유지하고 스위칭 해 주면 되기 때문에 중간 라우터에서는 복잡한 기능을 가질 필요가 없이 들어오는 패킷들에 대한 포워딩만 해주면 된다. 셋째, 트래픽이 주 경로에서 전송될 때와 대체 경로로 전송될 때의 우선순위를 다르게 두어 대체 경로에서 주 경로와는 다른 트래픽을 전송할 수 있기 때문에 정상적인 트래픽 전송 시 대체 경로에 대한 자원 낭비가 없다.

	동적인방법	1 + 1	1 대 1
지연 시간	길다	없다	약간
자원이용도	높다	낮다	높다
다른트래픽에대한영향	없다	없다	있다

[표 1. 경로 재설정 방법 비교]

4. 결론 및 향후 과제

데이터 전송 중에 경로에 문제가 발생하였을 때, 문제 발생 시점에 대체 경로를 찾는 동적인 경로 재설정 방법의 경우, 상황에 맞는 가장 적절한 경로를 계산하여 트래픽을 전송할 수 있기 때문에 효율적으로 자원을 이용할 수 있지만, 재전송을 시작할 때까지의 지연 시간이 너무 오래 걸려 제한된 전송 시간 내에 서비스 되어야 할 트래픽의 경우 지연 시간 초과로 원하는 서비스를 할 수 없기 때문에 best-effort 서비스 정도를 요구하는 트래픽 전송에 적합하다.

다른 방법으로 데이터 전송을 시작하기 전에 여분의 대체 경로를 미리 지정해 놓는 1+1 경로 재설정 방법의 경우, 경로에 문제가 발생하지 않을 때엔 항상 설정된 대체 경로가 낭비되어 효율적인 자원의 관리가 어렵게 된다. 그러나 수신지에서는 한 경로에서 문제가 발생하였을 경우에도 변함없이 다른 경로로 트래픽을 받을 수 있기 때문에, 요구되는 시간 동안 반드시 서비스 되어야 할 임계 데이터 전송의 경우 적합하다.

본 논문에서는 미리 대체 경로를 지정한 후 주 경로로의 사용과 대체 경로로의 사용에 다른 우선 순위를 두어 에러가 발생하지 않는 경우에는 대체 경로를 다른 트래픽의 경로로 사용할 수 있게 하여 경로 설정에 따른 지연 시간을 줄이면서 자원의 이용률을 높였다. 그리고, 대체 경로를 사용하기 위한 다른 트래픽 전송을 위해서는 주 경로로 전송되고 있는 트래픽과의 서비스 레벨 비교를 통하여 경로에 문제가 발생하였을 때 대체 경로로 전송되던 트래픽에 미치는 영향을 줄였다.

향후 과제로 경로 재설정 시 대체 경로를 사용하고 있던 다른 트래픽에 대한 영향을 최소화 하기 위하여 서비스 레벨 비교 후, 주 경로에서 전송되고 있는 트래픽을 기준으로 대체 경로를 사용하기 위해 수락되어야 할 트래픽의 구체적인 서비스 레벨을 결정하는 연구가 필요하다. 또한 현재 사용되고 있는 신호 프로토콜인 CR-LDP 와 RSVP-TE 을 사용하여 제안된 방법을 실험하였을 때 어느 프로토콜에서 더 좋은 결과를 얻을 수 있는지 성능 분석을 할 계획이다.

그리고, 다중 에러 발생 시에 자원의 이용률을 최대화 하고 트래픽 전송에 따른 지연시간을 최소화 할 효과적인 트래픽 엔지니어링을 위한 경로 재설정 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, Ross Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," IETF Internet draft (work in progress: draft-ietf-mpls-arch-05.txt), April. 1999.

[2] D. Awduche, J Malcolm, J. Agogbua, M. O'Dell, J McManus, "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS," RFC 2702, September. 1999.

[3] S. Makam, V. Sharma, K. Owens, C. Huang, "Protection/Restoration of MPLS Networks," IETF Internet draft(draft-makam-mpls-protection-00.txt), October. 1999.

[4] George Swallow, "MPLS Advantages for Traffic Engineering," IEEE Communications, December. 1999.

[5] Dimitry Haskin, Ram Krishnan, "A Method for Setting an Alternative Label Switched Paths," IETF Internet draft (work in progress: draft-haskin-mpls-fast-reroute-03.txt), March. 2000.

[6] Paul Brittain, Adrian Farrel, DATA Connection, "MPLS Traffic Engineering: A Choice of Signaling Protocols", January, 2000.

[7] P. Aukia, M. Kodialam, P. V. Koppol, T. V. Lakshman, H. Sarin, B. Suter, "RATES: A Server for MPLS Traffic Engineering," IEEE Network