

미래 인터넷을 위한 데이터 전송경로 제어기법

¹김성수, ²John Strassner, ³최미정, ^{1,2}홍원기

¹포항공과대학교 컴퓨터공학과, ²포항공과대학교 정보전자융합공학부, ³강원대학교 컴퓨터공학과

^{1,2}{kiss, johns, jwkhong}@postech.ac.kr, ³mjchoi@kangwon.ac.kr

Data Transmission Path Control for Future Internet

¹Sungsu Kim, ²John Strassner, ³Mi-Jung Choi, ^{1,2}James W. Hong

¹Department of Computer Science and Engineering, POSTECH

²Division of IT Convergence Engineering, POSTECH

³Department of Computer Science, Kangwon National University

요 약

현재의 인터넷은 IP 주소 부족, 취약한 보안, 관리의 어려움 등 구조적인 문제를 보이며 이를 해결하기 위해 미래 인터넷 또는 차세대 네트워크라는 이름으로 완전히 새로운 미래 인터넷 아키텍처에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 관리 측면에서 현재 인터넷의 문제점을 분석하고 미래 인터넷의 관리를 위한 데이터 전송경로 제어기법을 제시한다. 미래 인터넷의 관리를 위해서는 동적으로 트래픽 전송 경로를 제어할 수 있는 기능이 로드 밸런싱, 혼잡 제어, 그리고 서로 다른 어플리케이션의 요구사항 반영을 위해 필수적이다. 미래 인터넷의 실험을 위해 OpenFlow 를 이용한 테스트베드를 구축하고 제안하는 데이터 전송경로 제어 기법의 실험을 통해 네트워크의 성능을 향상 시킬 수 있음을 보인다.

I. 서 론

현재 인터넷 라우팅은 단일 메트릭을 이용해 계산된 하나의 경로에 의존하므로 호스트간의 복수의 경로가 존재함에도 불구하고 선택된 경로상에 장애가 발생하거나 혼잡으로 인해 성능이 하락하는 경우에 다른 경로를 이용할 수 없는 태생적 한계를 가지고 있다. 다중 경로를 이용하기 위한 다수의 연구[2, 3, 4, 5]가 존재하나 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 그리고 OSPF(Open Shortest Path First)등 프로토콜의 수정을 요구할 뿐 아니라 과도한 제어 트래픽이 생성되는 문제점을 가지고 있다. 또한 현재의 네트워크 모니터링은 단지 현재 네트워크의 상태를 관리자에게 보고하는 기능 이외에 네트워크의 문제를 자체적으로 해결하는 기능을 가지고 있지 않다. 현재의 인터넷 아키텍처는 데이터 플레인(plane)에 의존적인 관리 및 제어 플레인으로 인해, 데이터 플레인상의 보안, 혼잡과 관련된 문제가 발생할 경우 관리 정보가 정상적으로 전달되기 힘든 문제를 가진다.

본 논문은 미래 인터넷 설계 방식들 중 clean-slate 방식[1]의 완전히 새로운 아이디어와 현재 인터넷과의 호환을 모두 고려하는 세 번째 접근방법을 따르며 프로토콜의 수정 없이 네트워크 모니터링을 이용하여 네트워크의 혼잡을 감지하고 트래픽의 경로를 동적으로 수정하는 전송경로 제어기법을 제안한다. 전송경로 제어는 미래 인터넷의 다중경로를 이용한 패킷 전송을

지원하기 위한 기능이며 다중 경로를 이용해 데이터, 제어 및 관리 플레인을 분리에 이용될 수 있다.

II. 본론

현재의 네트워크 모니터링은 네트워크의 상태를 감시하고 문제의 원인을 파악하는 기능을 수행한다. 미래 인터넷에서는 이러한 기본적인 모니터링 기능의 수행뿐만 아니라 네트워크 트래픽의 급격한 증가로 패킷 전송에 문제가 발생할 경우 트래픽 아이솔레이션(traffic isolation)이나 트래픽 리다이렉션(traffic redirection) 등의 트래픽 엔지니어링을 통해 네트워크에 비정상적인 동작을 미연에 방지하거나 혹은 비정상적인 동작을 빠른 시간 안에 복구 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 미래 인터넷의 라우터, 스위치 내에서 급격한 트래픽 양의 증가로 네트워크에 장애를 불러올 수 있는 1) 플로우들을 감지하고 2) 플로우가 이용할 수 있는 복수의 경로를 계산하며 3) 플로우의 경로를 변경하는 기능이 필요하다.

미래 인터넷의 데이터 전송 경로 제어는 패킷 단위가 아닌 플로우 단위로 이루어져야 한다. 패킷 단위로 데이터 전송 경로를 제어할 경우에는 문제가 발생할 수 있다. 예를 들면, 현재의 대다수 어플리케이션은 TCP 프로토콜을 이용해 데이터를 전송하는데 TCP 는 혼잡 제어를 위해 빠른 재전송 알고리즘을 이용하며 목적지에서는 순서대로 잘 도착한 마지막 패킷의 다음 패킷의 순번을 ACK 패킷에 실어서 보낸다. 따라서

중간에 패킷하나가 손실되게 되면 보내는 측에서는 순번이 중복된 ACK 패킷을 받게 되고, 이것을 감지하는 순간 문제가 되는 순번의 패킷을 재전송해 줄 수 있다. 빠른 재전송은 중복된 순번의 패킷을 3개 받으면 재전송을 한다. 그리고 이런 현상에 대해 혼잡이 발생한 것으로 간주하고 창 크기(window size)를 줄이게 된다. 패킷단위의 경로 제어는 동일한 목적지를 가지는 패킷을 서로 다른 경로를 이용해 전송하기 때문에 패킷이 순서대로 도착하지 않을 수 있고 따라서 네트워크에 혼잡이 발생하지 않았음에도 혼잡한 상황으로 인식하고 창 크기를 줄여 대역폭 사용량이 감소할 수 있는 문제가 있다. 따라서 미래 인터넷을 위한 전송 경로 제어 기법은 플로우 기반으로 이루어져야 하며 본 논문에서 제안하는 기법 역시 플로우 단위로 전송경로를 제어한다.

플로우 전송경로 제어는 현재 인터넷에서도 충분히 가능하다고 생각되지만 현실적으로 스위치 제조사에서는 플로우 테이블을 수정할 수 있는 기능을 네트워크 관리자에 제공하지 않는다. 따라서 시뮬레이션을 통한 실험에 의존하는 한계를 가지고 있는데 스탠포드 대학에서 개발된 OpenFlow 스위치[6]는 이용자에게 플로우 테이블의 수정을 허용하기 때문에 이를 이용함으로써 실제 네트워크 트래픽을 이용한 실험이 가능한 장점을 가진다.

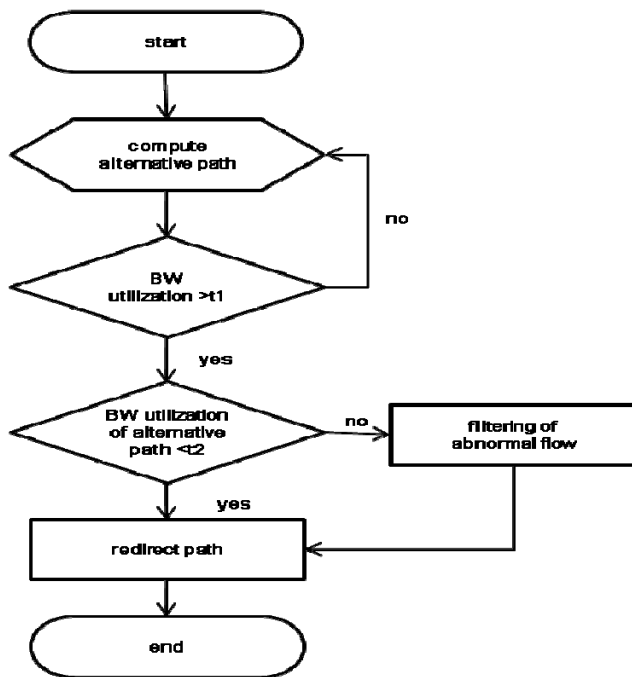


그림 1 전송경로 제어 알고리즘

도메인 내의 스위치 대역폭 모니터링은 각 스위치에서 제공하는 누적 데이터 전송량 정보를 3초 주기로 스위치 컨트롤러에 전송함으로써 이루어진다. 대역폭 모니터링은 OpenFlow 에서 기본적으로 제공하는 기능을 수정해 구현했다. OpenFlow 자체에서는 스위치가 동작을 시작했을 당시부터 현재까지 주고 받은 전체 바이트(Byte) 수와 패킷 수에 대한 정보를 제공하는 자체제공 함수가 있으나 본 논문에서는 현재의 대역폭 사용량을 모니터링 해야 하므로 모든 스위치에서 주기적으로 누적 대역폭 사용량에 대한 정보를 받고 현재 대역폭 사용량(현재까지 주고 받은 전체 바이트 수-이전 주기까지 주고 받은 전체 바이트 수)/ 모니터링 주기)을 계산해 현재의 대역폭 사용량을 모니터링 한다. 특정 링크의 대역폭 점유율이 일정수준 이상으로

높아지면 경로 제어 알고리즘을 이용해 플로우의 경로를 동적으로 변경한다. OpenFlow 에서 제공하는 Data path installer 를 통해 각 스위치의 flow 테이블과 각 flow 에 해당하는 action 을 변경한다.

그림 1은 모니터링 시스템의 전송경로 제어 알고리즘을 설명한다[6]. 네트워크의 각 스위치 별로 각 포트의 대역폭 점유율(bandwidth utilization)을 모니터링 하고 현재 스위치가 전달하고 있는 플로우에 또 다른 경로가 있는지 여부를 계산한다. 어떤 포트의 아웃 링크 대역폭 점유율이 임계값 t1을 넘을 경우 임의의 플로우 하나를 선택해 다른 경로에 해당하는 아웃 링크의 대역폭 점유율이 임계값 t2를 넘지 않을 경우 해당 플로우를 다른 포트로 포워딩 한다. 그러나 대안 경로에 해당하는 링크의 대역폭 점유율이 임계값 t2를 초과할 경우, 네트워크 관리정책에 맞게 되는데 만약 선택된 플로우가 네트워크에 대한 악의적인 공격을 위한 트래픽이라고 감지되었을 경우는 해당 필터링을 드롭하거나 필터링 규칙에 따라 차단할 수 있다. 현재 알고리즘은 단순히 플로우들의 대역폭을 검사하는 간단한 방법을 이용하고 있지만 추후에는 시그니처(signature)와 같이 비정상 트래픽을 더 정확하게 파악할 수 있는 기법들의 이용이 요구된다.

III. 결론

본 논문에서는 관리 측면에서 현재 인터넷의 문제점을 분석하고 문제점을 바탕으로 미래 인터넷 관리 요구사항과 미래 인터넷의 효율적인 네트워크 운용을 위해 필요한 데이터 전송경로 제어 알고리즘을 제안했다.

미래 인터넷의 효율적인 관리를 위해서는 현재의 인터넷 아키텍처에 존재하지 않는 아키텍처 자체에서 제공하는 관리기능이 필요하다. 향후에는 데이터 플레인과 관리 플레인의 분리 방안과 같이 미래 인터넷의 관리성을 획기적으로 증진시킬 수 기능을 제안하고 검증하는 심화된 연구가 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- [1] <http://cleanslate.stanford.edu/>.
- [2] A. Elwalid, C. Jin, and I. Widjaja, " MATE: MPLS adaptive traffic engineering," INFOCOM 2001. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE , vol.3, no., pp.1300-1309 vol.3, 2001.
- [3] D. Awduche, L. Berger, D. Gan, T. Li, V. Srinivasan, G. Swallow, " RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels ", RFC 3209, December 2001.
- [4] J. Song, S. Kim, M. Lee, and T. Suda, " Adaptive Load Distribution over Multipath in MPLS Networks" , IEEE International Conference on Communications (ICC' 03), Anchorage, Alaska, pp. 233-237, May 2003.
- [5] S. Kim, Y. Won, J. Strassner, and J. Won-Ki Hong, " Manageability of the Internet: Management with New Functionality" , the 12th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2010), Osaka, Japan, pp. 837-840, April 2010.
- [6] OpenFlow Consortium. OpenFlow website, " <http://openflowswitch.org/>" .