

VPN Hose 모델을 지원하기 위한 자원 예약 방안

변해선^o 이미정

이화여자대학교 컴퓨터학과

ladybhs@ewhain.net^o, lmj@ewha.ac.kr

Resource Reservation for Hose model in Virtual Private Networks

Haesun Byun^o Meejeong Lee

Ewha Woman's University, Computer Science and Engineering Department

요 약

현재의 RSVP-TE는 VPN hose provisioning 메커니즘들을 고려하여 자원예약을 수행하지 못한다. 이 논문에서는 Provider Provisioned-Virtual Private Network(PP-VPN)에서 Quality of Service(QoS)를 제공하는 Hose 모델 기반의 provisioning 메커니즘들을 네트워크에 적용하여 자원예약을 수행하도록 하기 위해 Resource Reservation Protocol Traffic Engineering(RSVP-TE)의 확장방안에 대해 설명한다. 동일한 VPN을 서비스하는 LSP들 간 자원을 공유할 수 있게 함으로써 네트워크 상에 요구되는 자원을 최적화하였으며, VPN 고객을 서비스하기 위한 효율적이고 자동적인 자원예약이 가능하도록 하였다. 이 논문에서는 솔루션의 프로토콜 elements와 procedure에 대하여 설명한다.

1. 서 론¹⁾

VPN이란 인터넷 망을 사용하여 둘 이상의 네트워크를 안전하게 연결하기 위하여 가상의 터널을 만들어 암호화된 데이터를 전송할 수 있도록 만든 가상사설망이다[1]. VPN에서 가장 중요한 이슈로는 사설망과 비슷한 수준의 보안과 QoS를 제공해주는 것이다. 그 중 VPN에서 QoS를 제공해주기 위한 서비스 모델로 Pipe 모델과 Hose 모델이 제안되었다[2,3,4]. Pipe 모델은 VPN에서의 전통적인 서비스 모델로 VPN 사이트(Site) 쌍 간 QoS 요구 사항을 만족시킬 수 있을 만큼의 자원을 할당하는 모델이다. 이와는 달리, hose 모델은 각각의 VPN 사이트를 백본 네트워크에 hose 인터페이스로 연결하고, hose의 스펙으로는 VPN 사이트에서 백본 네트워크로 군집(aggregate)하여 보내고 받을 수 있는 트래픽의 양과 성능기대치를 명시한다. 네트워크 서비스 제공자는 hose 군집 트래픽의 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있을 만큼의 자원을 백본 네트워크에 할당한다. 이러한 hose 모델로 VPN 고객은 간단한 QoS 스펙, 멀티플렉싱 이점, 유연성 있는 트래픽의 전송, hose 특성화의 용이 등 많은 이점을 얻을 수 있다[2,3]. VPN 고객뿐만 아니라 네트워크 서비스 제공자도 백본 네트워크에서의 멀티플렉싱의 이점을 활용하여 자원의 활용율을 높일 수 있다. 그러나 간단해진 QoS 요구사항 스펙을 가지고 네트워크를 프로비저닝 해야 하는 네트워크 서비스 제공자는 높은 멀티플렉싱 이점을 얻기 위해서 효율적인 프로비저닝 및 자원관리 메커니즘이 필요하게 되었다.

Hose 모델을 네트워크 상에 구현하기 위한 프로비저닝 및 자원관리 메커니즘에 대한 연구들이 진행되어 왔다[2,3,4,5,6]. 이에 관한 대표적인 연구로는

Hose-Provisioning[2,3]이 있다. Hose-Provisioning에서는 provider-pipe 방법, hose-specific state 방법, VPN-specific state 방법을 제안하였다. Provider-Pipe 방법은 hose 군집 트래픽의 요구사항을 모두 만족시킬 수 있도록 ingress 노드와 egress 노드 쌍 간 pipe를 설립하는 방법이다. Hose-specific state 방법은 특정 링크에서 호스차원으로 자원을 예약하는 방법으로, 어떤 특정 hose를 서비스하는 링크상에서 ingress(or egress) 노드의 hose 파라미터 값과 그 링크를 지나는 egress(or ingress) 노드의 hose 파라미터의 할 중 에서 더 적은 값이 그 링크상에 할당된다. VPN-specific state 방법은 네트워크상의 동일 VPN 고객을 서비스하는 모든 hose 파라미터를 각 링크에서 VPN 차원으로 고려한다. 이와 같이 네트워크상에 요구되는 대역폭을 최적화하기 위한 hose 프로비저닝 메커니즘들을 네트워크에 구현하여 QoS를 제공해 주기 위해서는 RSVP-TE와 같은 자원예약 메커니즘을 사용하여 네트워크 상에 자원예약이 이루어져야 한다.

[RFC3209]는 MPLS 네트워크에서 Point-to-Point Traffic Engineered Label Switched Paths(P2P TE LSPs)를 셋업 하기 위한 메커니즘을 정의하고 있다[5]. 일반적으로 네트워크상의 자원예약은 [RFC3209]에서 정의한 RSVP-TE 메커니즘을 이용하여 가능하다. 그러나 Hose-specific state 방법, VPN-specific state 방법은 아래와 같은 몇 가지 이유로 RSVP-TE 메커니즘을 이용하여 자원예약을 수행할 수 없다. 첫째, 위의 두 메커니즘들은 동일한 VPN을 서비스하는 endpoint들 간 Point-to-Multipoint (P2MP) TE LSP의 설립을 요구한다. RSVP-TE는 P2MP TE LSP를 지원하지 못한다. 둘째, 두 메커니즘들은 동일 hose를 서비스하도록 설립된 P2MP TE LSP에 속하는 sub-LSP들간 또는 동일 VPN을 서비스하도록 설립된 P2MP TE LSP간 자원공유를 요구한다. 그러나 RSVP-TE는 VPN hose 모델을 고려한 LSP들 간의 자원 공유를 지원하지 못한다. 마지막으로,

본 논문은 산업자원부의 산업기술개발사업(한국산업기술평가원)과 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터, 육성,지원사업의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

두 메커니즘은 군집 트래픽의 QoS 요구사항을 만족시킬 만큼의 자원을 예약을 요구한다. 임의의 링크상에 예약될 자원의 양은 특정 Hose의 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있는 양이거나 또는 특정 VPN의 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있는 양이다. RSVP-TE는 소스와 목적지 쌍간 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있는 양을 예약하기 때문에 Hose 차원 또는 VPN 차원을 고려하여 예약될 자원의 양을 계산하지 않는다. 따라서 VPN hose 프로비저닝 메커니즘을 적용하여 자원예약을 수행하기 위해서 RSVP-TE의 수정이 요구한다.

이 논문에서는 Hose 모델 기반의 프로비저닝 메커니즘들을 실제 네트워크상에 적용할 때 요구되는 자원예약 서비스를 제공하기 위해 [RFC3209]를 확장한다.

2. 관련연구

[P2MP]는 P2MP TE LSPs를 셋업하기 위해 [RFC3209]를 확장한 메커니즘으로 멀티캐스트 트래픽 전송을 위한 자원예약 메커니즘을 제공하고 있다[7]. [P2MP]에 의해서 셋업된 P2MP TE LSP는 하나 이상의 P2P sub-LSP들로 구성되어 있으며, 동일한 P2MP TE LSP에 속하는 P2P sub-LSP들 간에는 서로 자원을 공유한다. [P2MP]는 VPN Hose 프로비저닝 메커니즘 중 Hose-specific state 방법에서의 멀티캐스트 트래픽 전송을 위한 P2MP TE LSP의 설립에 응용될 수 있다. 그러나 [P2MP]는 멀티캐스트 트래픽 전송을 고려하였기 때문에 VPN hose 모델 기반의 유니캐스트 트래픽 전송에는 적절하지 못하다. 또한 [P2MP]는 RSVP-TE 메커니즘과 마찬가지로 동일 VPN을 서비스하도록 설립된 P2MP TE LSP들 간 자원공유를 지원하지 못한다.

3. RSVP-TE 확장방안

본 논문에서는 Hose 모델 기반의 프로비저닝 메커니즘들을 실제 네트워크상에 적용하여 자원예약 서비스를 제공하기 위해 [RFC3209]를 확장한다. RSVP 메시지의 전달과정과 RSVP Objects는 [P2MP]를 응용한다.

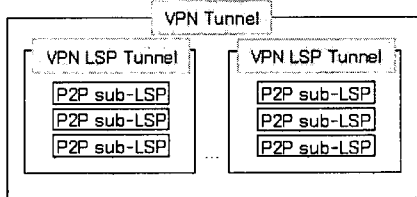


그림 1. VPN Tunnel과 VPN LSP Tunnel

그림 1은 동일 hose association과 동일 VPN association을 통해 VPN LSP Tunnel(VPN TE LSP)과 VPN Tunnel(VPN LSP)의 관계를 보여주고 있다. P2P sub-LSP는 동일 VPN에 속하는 endpoint들인 임의의 ingress 노드와 egress 노드 간에 설립된 LSP이다. 이러한 P2P sub-LSP들이 동일한 ingress 노드에서 시작되었다면 그 P2P sub-LSP들은 동일 Hose를 서비스하기 위해 설립된 LSP들이며 하나의 VPN LSP Tunnel로 association 된다. VPN SESSION object와 VPN SENDER_TEMPLATE object는 동

일 Hose에 속하는 P2P sub-LSP들을 Association하기 위해 사용된다. VPN SESSION object와 VPN SENDER_TEMPLATE object는 [P2MP]에서의 P2MP SESSION object와 P2MP SENDER_TEMPLATE object를 재정의 한 것이다. 동일 VPN에 속하는 하나 또는 그 이상의 VPN LSP Tunnel들은 하나의 VPN Tunnel로 association 된다. VPN SESSION object는 동일 VPN에 속하는 P2P sub-LSP들을 Association하기 사용된다.

VPN Hose 모델에서의 자원예약을 위한 Path 메시지의 전달은 Default Shortest Path로 전달되는 경우와 Explicit route를 따라 전달되는 경우로 나눌 수 있다. Path 메시지가 Default Shortest Path로 전달되는 경우는 하나의 Path 메시지가 하나의 P2P sub-LSP를 시그널하며, hop-by-hop routing으로 path 메시지가 전달된다. Path 메시지가 Explicit route를 따라 전달되는 경우는 [P2MP]에서와 같이 하나의 Path 메시지가 하나의 P2P sub-LSP를 시그널 할 수도 있으며 또는 여러 개의 P2P sub-LSP를 시그널 할 수도 있다. Explicit route를 따라 하나의 path 메시지가 하나의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우 [P2MP]와 마찬가지로 EXPLICIT_ROUTE object(ERO)와 egress LSR의 주소가 포함되어 있는 P2P_SUB_LSP object(PSLO)가 하나의 P2P sub-LSP를 나타내는 튜플로 사용된다. Explicit route를 따라 하나의 Path message가 여러 개의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우에도 [P2MP]에서와 동일한 프로시저를 따른다. 첫 번째 P2P sub-LSP의 path는 ERO에 기록되며, 그 ERO는 첫 번째 PSLO와 대응한다. 첫 번째 PSLO 이후에 연속되는 PSLO가 있다면 그 object들은 연속되는 SERO와 일대일로 대응한다. 또한 [P2MP]에서와 같이 explicit route의 반복을 최소화하기 위하여 SERO에는 branch LSR로부터의 Egress LSR까지의 패스만 포함한다. 이에 관한 자세한 동작과정은 [P2MP] 섹션 3.4를 참조하도록 한다.

[P2MP]는 멀티캐스트 트래픽을 고려한 자원예약을 위해 제안되었다. 따라서 Branch node는 동일 P2MP LSP Tunnel에 속하는 인터페이스상에 멀티캐스트 데이터 패킷을 replication해서 보낸다. 이는 동일 VPN 또는 동일 VPN hose에 속하는 LSP들이 자원을 공유하면서 유니캐스트 트래픽을 전달해야 하는 경우에는 적절하지 못하다. 동일 VPN 또는 동일 VPN hose에 속하는 LSP들이 자원을 공유하면서 유니캐스트 트래픽을 전달하기 위해서는 각각의 P2P sub-LSP들마다 레이블을 할당해야 한다. 이를 위해 P2P sub-descriptor에 SUB_LABEL object(SLO)를 새롭게 추가하였다. SLO의 format은 [RFC3209]에 정의되어 있는 LABEL object와 동일하다. 하나의 path message가 하나의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우에는 기존의 [RSVP-TE] LABEL object를 그대로 이용하여 레이블 할당을 요구한다. 하나의 Path 메시지가 여러 개의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우, 각각의 P2P sub-LSP에 대해 레이블 할당을 요구하기 위해 SLO를 이용한다. Path message에는 P2P sub-LSP들에 대한 P2P_SUB_LSP object와 함께 SLO가 포함된다. Resv message는 Path 메시지의 reverse path를 따라서 ingress LSR까지 전달된다. Resv 메시지의

를 받은 모든 LSR들은 P2P sub-LSP를 위해 자원예약을 해야 하며 레이블을 할당해야 한다. 각 LSR들은 Resv 메시지를 받았을 때, P2P sub-LSP의 유니캐스트 트래픽 전송을 지원하기 위해 Resv 메시지의 P2P sub-descriptor list에 있는 <P2P_SUB_LSP>의 수만큼 레이블을 할당한 후 업스트림 노드로 전달해야 한다.

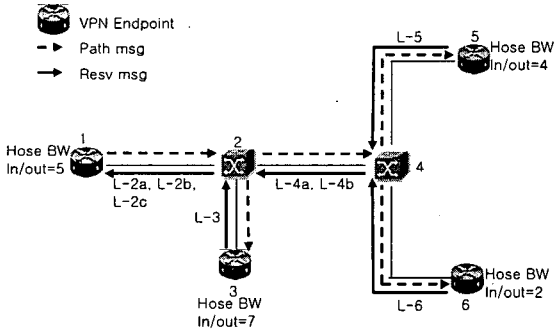


그림 2. RSVP 메시지 전달 및 레이블 할당

그림 2는 RSVP 메시지의 전달, 레이블 할당, 자원예약에 대하여 나타낸 그림이다. 그림 2에서 LSR 1이 보낸 path 메시지는 3, 5, 6에게 전달된다. Path 메시지를 받은 3, 5, 6는 각각의 Resv 메시지를 보낸다. LSR 4는 5와 6에서 보낸 Resv 메시지를 받으면 각각의 P2P sub-LSP를 위해 두 개의 레이블을 할당하게 된다. 만약 LSR 4가 Resv 메시지를 각각 전달한다면 각 Resv 메시지에 해당하는 P2P sub-LSP에 대해 하나씩의 레이블을 할당한다. LSR 4는 5와 6에서 보내온 Resv 메시지를 하나의 Resv 메시지로 Combine해서 전달할 수도 있다. 자원의 공유는 멀티플렉싱 메커니즘에 따라 VPN Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들에 대하여 자원을 공유하도록 하는 방법과 VPN LSP Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들에 대하여 자원을 공유하도록 하는 방법으로 나뉘어 질 수 있다. Hose-specific state 방법은 VPN LSP Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들에 대하여 자원을 공유하도록 하는 방법이다. 동일한 VPN SESSION object와 VPN SENDER_TEMPLATE object를 가진 모든 P2P sub-LSP들은 하나의 VPN LSP Tunnel에 속한다. 특정 링크상에 임의의 VPN LSP Tunnel을 위해 할당된 자원은 그 링크를 지나는 VPN LSP Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들이 공유한다. VPN-specific state 방법은 동일 VPN TE Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들에 대하여 자원을 공유하는 방법이다. 동일한 VPN SESSION object를 가지는 모든 P2P sub-LSP들은 하나의 VPN Tunnel에 속한다. 즉, 동일한 VPN SESSION object를 가지고 있는 VPN LSP Tunnel들은 하나의 VPN Tunnel에 속하게 된다. 특정 링크상에 임의의 VPN Tunnel을 위해 할당된 자원은 그 링크를 지나는 VPN Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들이 공유한다. 그림 2를 예로 들어 hose-specific state 방법과 VPN-specific state 방법에서의 자원공유는 다음과 같이 이루어질 수 있다. 2에서 4로 가는 링크에는 두 개의 VPN TE LSP가 경유한다. VPN TE LSP:1와 VPN TE

LSP:3이다. VPN TE LSP:1에는 P2P sub-LSP1:5와 P2P sub-LSP1:6이 속한다. VPN TE LSP:3에는 P2P sub-LSP3:5와 P2P sub-LSP3:6이 속한다. Hose-specific state 방법의 경우, 2에서 4로 가는 링크상에 VPN TE LSP:1을 위해 할당된 자원은 P2P sub-LSP1:5와 P2P sub-LSP1:6이 동일한 Hose를 서비스하므로 서로 공유한다. 또한 VPN TE LSP:3을 위해 할당된 자원은 P2P sub-LSP3:5와 P2P sub-LSP3:6이 서로 공유한다. VPN-specific state 방법의 경우, 2에서 4로 가는 링크에는 하나의 VPN LSP가 경유한다. 하나의 VPN LSP에는 ingress LSR 1과 3에서 시작한 VPN TE LSP:1과 VPN TE LSP:3이 속한다. 각각의 VPN TE LSP에 속하는 P2P sub-LSP1:5, P2P sub-LSP1:6, P2P sub-LSP3:5, P2P sub-LSP3:6는 동일한 VPN을 서비스하는 LSP들이므로 서로 자원을 공유한다.

각 링크상에 예약될 자원의 양의 계산방법은 다음과 같다. Hose-specific 방법의 경우, 특정 링크상에 임의의 VPN LSP Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들이 공유하기 위해 예약될 자원의 양은 그 링크상에서 ingress(or egress) node의 hose parameter 값과 그 링크를 경유하는 egress(or ingress) nodes의 hose parameter의 합 중 에서 더 적은 값이다. VPN-specific 방법의 경우, 특정 링크상에 임의의 VPN TE Tunnel에 속하는 모든 P2P sub-LSP들이 공유하기 위해 예약될 자원의 양은 ingress(or egress) node의 hose parameter들의 합과 그 링크를 경유하는 egress(or ingress) node의 hose parameter의 합 중 에서 더 적은 값이다. 그림 2을 예로 들면, Hose-specific 방법의 경우 2에서 4로 가는 링크상에는 VPN TE LSP:1을 위해 BW 5, VPN TE LSP:3을 위해 BW 6이 할당된다. VPN-specific 방법의 경우, VPN LSP를 위해 BW 6이 할당된다.

4. 참고문헌

- [1] B. Gleeson, A. Lin, J. Heinanen, G. Armitage A. Malis, "A Framework for IP Based Virtual Private Networks", RFC 2764, Informational, 2000.
- [2] Duffield, N.G, Goyal, P. Greenberg, A. Mishra, P. Ramakrishnan, K.K. van der Merwe, J.E. Resource management with hoses: point-to-cloud services for virtual private networks, networking, IEEE/ACM Transactions on, Volume 10, Issue 5, Pages:679-692, Oct. 2002.
- [3] Duffield, N.G, Goyal, P. Greenberg, A. Mishra, P. Ramakrishnan, K.K. van der Merwe, J.E. A Flexible Model for Resource Management in Virtual Private Networks, Networking, IEEE/AC Sigcomm, 1999.
- [4] Juttner, A.; Szabo, I.; Szentesi, A. On bandwidth efficiency of the hose resource management model in virtual private networks, INFOCOM 2003, April 2003, Pages 386-395.
- [5] Framework for QoS in Provider-Provisioned VPNs, PPVPN WG, draft-chiussi-ppvpn-qos-framework-01.txt, March 2003.
- [6] Kumar, A.; Rastogi, R.; Silberschatz, A.; Yener, B., Algorithms for provisioning virtual private networks in the hose model, Networking, IEEE/ACM Transactions on, Volume 10 Issue 4, Pages:565-578, Aug. 2002.
- [7] Seisho Yasukawa, Requirements for Point to Multipoint extension to RSVP-TE, draft-ietf-mpls-p2mp-requirement-01, January 2004.