

# 제1회 정보통신표준화 우수논문집

## 04 우수상 / 학생부문

호스 기반 VPN QoS 프로비저닝을 위한 자원예약 프로토콜

A Resource Reservation Protocol for Hose-based VPN QoS Provisioning

변해선 / 이화여자대학교 컴퓨터학과

HaeSun Byun / Dept of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

I. 서론

II. 관련연구

III. VPN QoS 프로비저닝을 위한 자원예약 프로토콜

IV. 결론

## 호스 기반 VPN QoS 프로비저닝을 위한 자원예약 프로토콜

### A Resource Reservation Protocol for Hose-based VPN QoS Provisioning

변해선 / 이화여자대학교 컴퓨터학과

HaeSun Byun / Dept of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

#### 요약

VPN(Virtual Private Network)을 위한 QoS(Quality of Service) 자원모델 가운데 하나인 Hose 모델은 VPN 고객 입장에서 요구사항 명세가 간편하고 활용이 유연하며 멀티플렉싱 효과를 얻기에 용이한 장점을 가진다. Hose 모델을 기반으로 VPN QoS를 지원할 때, 네트워크의 각 링크에 얼마만큼의 자원을 예약해야 하는지를 결정하는 프로비저닝 메커니즘들이 다양하게 제안되었는데, 이와 같은 프로비저닝이 동적이고 자동적으로 이루어지도록 하기 위해서는 자원 예약 시그널링 프로토콜이 필요하다. MPLS(Multiprotocol Label Switching) 네트워크에서 자원이 예약된 LSP(Label Switched Path)를 설립하기 위한 프로토콜들이 기존에 제안된 바 있으나, 이들은 자원 공유나 레이블 할당 방식 및 예약 자원의 양 계산 방식 등에 있어서 네트워크 서비스 사업자 입장에서 효율적인 Hose 모델 프로비저닝 메커니즘을 지원하기에는 적합하지 못하다. 이에 본 논문에서는 Hose 모델 기반의 VPN QoS 지원을 위해 MPLS 네트워크에서의 멀티캐스트 전송을 위한 자원 예약 프로토콜로 제안된 바 있는 P2MP RSVP-TE를 수정한 새로운 자원예약 프로토콜을 제안한다. 구체적으로, Hose 모델 프로비저닝 메커니즘들 중 멀티플렉싱과 자원공유가 가능하여 자원 활용도가 높은 Hose-specific state와 VPN-specific state 메커니즘 각각에 대하여 RSVP 메시지 구조, PSB(Path State Block) 및 RSB(Reservation State Block) 구조, RSVP 메시지 프로세싱 방법, 각 프로비저닝 메커니즘에 따라 예약되어야 하는 자원의 양을 계산하는 방식 등을 정의하였다. 제안하는 프로토콜에 의해 네트워크 서비스 사업자는 VPN QoS 지원을 위한 효율적이고 자동적인 자원예약을 수행 할 수 있다.

## I. 서론

VPN(Virtual Private Network)은 인터넷과 같은 공중망을 이용하여 둘 이상의 네트워크를 안전하게 연결한 가상사설망이다. 현재 VPN은 주로 기업 고객을 대상으로 사설망을 보완하거나 대체하는 역할을 하고 있지만, 가까운 장래에 VCN(Virtual Community Network) 그룹, 온라인 가상 게임, 소규모의 동호회 그룹 등 개인 사

용자 그룹이 활성화됨에 따라 VPN의 수요가 증가하고 동적 VPN 형성 및 QoS(Quality of Service) 지원이 매우 중요한 이슈로 등장할 것으로 예상된다. 동적인 VPN QoS 지원을 위해서는 사업자와 고객간의 SLA(Service Level Agreement), 다양한 사업자 간의 SLA, 네트워크 관리, 라우팅, 트래픽 엔지니어링, 접근 제어, 자원 프로비저닝과 이를 동적으로 네트워크에 적용하기 위한 자원예약 프로토콜 등이 제공되

어야 한다.

VPN QoS를 지원하는 전통적인 서비스 모델은 Customer Pipe 모델이다. Customer Pipe 모델에서는 사용자가 각 VPN 사이트 쌍간 요구 대역폭을 QoS 요구사항으로 명시하므로, 이에 따라 VPN CE(Customer Edge) 라우터 간 Customer Pipe에 대하여 자원이 예약되어야 한다. 이러한 Customer Pipe 모델은 QoS 요구사항 명시가 어렵고, 멀티플렉싱 이점을 전혀 얻을 수 없다는 문제점을 가진다.

이에, [1]과 [2]에서는 Hose 모델이라는 새로운 VPN QoS 서비스 모델을 제안하였다. 호스(Hose)는 각각의 VPN CE 라우터를 서비스 제공자 네트워크의 PE(Provider Edge) 라우터에 연결하는 인터페이스를 의미하며, Hose 모델에서는 QoS 요구사항으로 VPN 사이트에서 서비스 제공자 네트워크로 내 보내고 받아들일 수 있는 총 트래픽의 양과 성능기대치를 명시한다. 이러한 Hose 모델은 Customer Pipe 모델에 비해 QoS 요구사항 명시가 용이하고, 호스를 통해 유입되는 VPN 사용자 트래픽이 동일 VPN에 속하는 사이트 중 어느 곳이라도 전송될 수 있으므로 유연하게 활용할 수 있다.

그리고 일반적으로 Customer Pipe들이 필요로 하는 대역폭의 합보다는 호스에 대해 적은 양의 대역폭을 구입해도 되므로 사용자가 엑세스 링크에서의 멀티플렉싱 이점을 취할 수 있다. 그러나 네트워크 서비스 제공자의 입장에서는 간단해진 VPN 고객의 QoS 요구사항 명세를 가지고 네트워크를 프로비저닝 해야 하기 때문에

효율적인 프로비저닝 및 자원관리 메커니즘이 요구된다. 이를 위해 통계적 멀티플렉싱, 동적 트래픽 측정과 자원 재배정, 라우팅 알고리즘 등 VPN을 위해 네트워크상에 예약되어야 하는 자원의 양을 최소화하기 위해 많은 연구가 이루어졌다[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10].

Hose 모델 구현을 위해 사업자 네트워크상에 자원을 프로비저닝 하는 대표적인 메커니즘으로는 Provider Pipe, Hose-specific state, VPN-specific state 등이 있다[1,2]. Provider Pipe 프로비저닝은 각 호스에 대하여 해당 PE 라우터 쌍간에 디폴트 최단 경로를 따라 Provider Pipe를 설립한다. 이 프로비저닝은 가장 간단하지만 자원 낭비가 커서 실제 네트워크에 적용하기에는 비효율적일 수 있다. Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝은 VPN을 위해 예약해야 하는 자원의 양을 최소화하기 위해 명시적인 라우팅(explicit routing)을 사용하고 VPN을 구성하는 호스 파라미터들을 종합적으로 고려하며 자원이 공유되는 것을 고려한다.

위와 같은 네트워크 자원 활용 개선과 함께, VPN QoS 프로비저닝을 위해 고려되어야 할 또 다른 매우 중요한 문제는 이들 프로비저닝 메커니즘들을 네트워크에 동적이고 자동적으로 적용하는 방법에 관한 것이다. 이를 위해서는 이들 프로비저닝 메커니즘에 따라 자원예약을 수행하는 프로토콜이 필요하지만, 아직 이 문제에 관해서는 연구된 바가 거의 없다.

일반적인 MPLS(Multi-Protocol Label

Switching) 네트워크에서의 자원예약 프로토콜로는 RSVP-TE(resource ReSerVation Protocol Traffic Engineering) [11]와 P2MP(Point-to-MultiPoint) RSVP-TE[12]가 제안된 바 있다.

RSVP-TE는 MPLS 네트워크에서 P2P TE LSPs(Point-to-Point Traffic Engineered Label Switched Paths)를 설정하기 위한 프로토콜을 정의하고 있다. Hose 모델을 위한 프로비저닝 메커니즘 중 Provider Pipe는 RSVP-TE 메커니즘을 그대로 적용함으로써 구현할 수 있다.

그러나 임의의 링크상에서 호스 파라미터들을 종합적으로 고려하고 자원을 공유하도록 하는 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝은 단순히 RSVP-TE 메커니즘을 적용함으로써 구현할 수 없다. 즉, RSVP-TE 메커니즘에 의해서는 자원 프로비저닝에서 멀티플렉싱 효과를 기대할 수 있는 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝은 구현할 수 없다.

MPLS 네트워크에서의 또 다른 자원예약 프로토콜인 P2MP RSVP-TE는 RSVP-TE를 확장한 메커니즘으로 멀티캐스트 트래픽 전송을 위한 자원예약 메커니즘을 제공하고 있다. P2MP RSVP-TE는 Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝을 위해 필요한 사항들 즉, 호스 파라미터들을 종합적으로 고려하고 자원을 공유하는 것을 지원할 수 있으나, Hose-specific state 또는 VPN-specific state

프로비저닝에서 각 링크에 예약되어야 할 자원의 양을 계산하는 방식을 적용하지 못한다. 또한 멀티캐스트 데이터 전송을 목적으로 하므로 유니캐스트 전송을 위한 레이블 할당 및 스위칭이 이루어지지 않는다.

결론적으로, MPLS 네트워크를 위한 기존의 두 가지의 자원예약 프로토콜인 RSVP-TE와 P2MP RSVP-TE에 의해서는 VPN QoS를 위한 효율적인 자원 프로비저닝 알고리즘에 따라 자원을 예약할 수 없다.

이에 본 논문에서는 Hose 모델 기반의 VPN QoS 지원을 위해 P2MP RSVP-TE를 수정한 새로운 자원예약 프로토콜을 제안한다. 구체적으로 Hose 모델을 위한 자원 프로비저닝 메커니즘 가운데, 멀티플렉싱과 자원공유가 가능하여 자원 활용도를 높이는 Hose-specific state와 VPN-specific state 메커니즘 각각에 대하여 RSVP 메시지 구조, PSB(Path State Block) 및 RSB(Reservation State Block) 구조, RSVP 메시지 프로세싱 방법, 각 프로비저닝 메커니즘에 따라 예약되어야 하는 자원의 양을 계산하는 방식 등을 정의하였다. 제안하는 프로토콜에 의해 VPN 서비스 사업자는 VPN QoS 지원을 위한 효율적이고 자동적인 자원예약을 수행할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어, 2장에서는 관련연구로서 세 가지의 Hose 모델 프로비저닝 메커니즘과 MPLS 네트워크를 위해 표준화 혹은 제안된 두 가지의 자원예약 프로토콜들을 설명한다. 3장에서는 제안하는 프

로토콜의 자세한 내용을 설명하고, 마지막으로 4장에서는 이 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

이 장에서는 Hose 모델을 위한 세 가지의 자원 프로비저닝 메커니즘을 설명한다. 또한, MPLS 네트워크에서의 자원예약을 위해 표준화 혹은 제안된 두 가지의 프로토콜을 살펴보고, 이들이 왜 Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝을 위한 자원예약 프로토콜로 사용되기에 부적합한지에 대해 설명한다.

### 1. Hose 모델을 위한 자원 프로비저닝 메커니즘

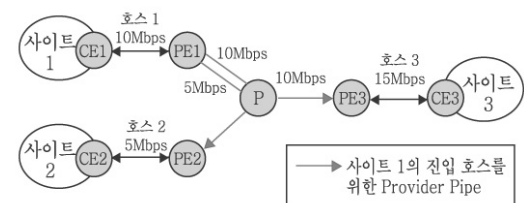
1장에서 소개한 Hose 모델 프로비저닝 메커니즘 중 가장 간단한 Provider Pipe 프로비저닝은 (그림 1-1)과 같이 CE와 PE간의 호스 각각에 대하여 해당 PE 라우터 쌍간에 디폴트 최단 경로를 따라 Provider Pipe를 설정하되, 각 Provider Pipe에는 그 Provider Pipe의 진입 호스(CE로부터 PE로 가는 방향의 호스)로부터 유입될 수 있는 트래픽 전체가 해당 Provider Pipe의 진출 호스(PE로부터 CE로 가는 방향의 호스)로 모두 나가는 최악의 경우에 해당하는 트래픽 분포를 가정하고 자원을 할당한다.

또한, Provider Pipe간의 자원공유를 고려하지 않기 때문에 각 링크에서는 VPN의 Provider Pipe별로 자원을 할당하며, 각 Provider Pipe를

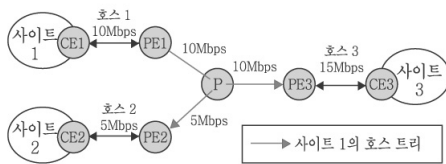
위해 그 Provider Pipe의 진입 호스와 진출 호스 크기 중 더 작은 값만큼의 자원을 할당한다.

Hose-specific state 프로비저닝에서는 자원 공유 가능성과 Hose-specific state 정보를 활용하여 네트워크에서 VPN을 위해 할당해야 하는 자원 양을 절감한다.

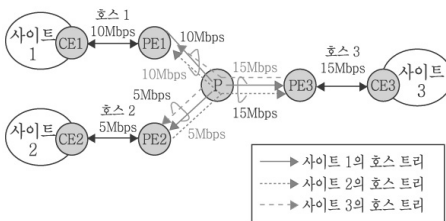
Hose-specific state 프로비저닝에서는 (그림 1-2)에서와 같이 VPN의 각 진입 호스가 연결되어 있는 PE를 루트로 하여 그 호스 트래픽의 목적지가 될 수 있는 모든 진출 호스들이 연결되어 있는 PE에 이르는 트리(이하에서 이를 호스 트리라 부르기로 함)를 형성한다. 그리고 호스 트리의 진입, 진출 호스 파라미터들의 정보와 함께 호스 트리를 구성하는 PE간 Provider Pipe들이 자원을 공유할 수 있음을 고려하여 호스 트리 상의 각 링크에 예약되는 자원의 양을 결정한다. 구체적으로 Hose-specific state 프로비저닝에서는 각 링크에 호스 트리별로 자원을 예약하며, 임의의 링크에서 특정 호스 트리를 위해 예약하는 자원의 양은 그 호스 트리의 진입 호스 크기와 임의의 링크를 경유해서 도달할 수 있는 PE의 진출 호스들 크기의 합 중 더 적은 값이 된다[1, 2].



(그림 1-1) Provider Pipe 프로비저닝에서 사이트 1의 진입 호스를 위한 자원할당



(그림 1-2) Hose-specific state 프로비저닝에서 사이트 1의 호스 트리를 위한 자원할당



(그림 1-3) VPN-specific state 프로비저닝에서의 자원할당

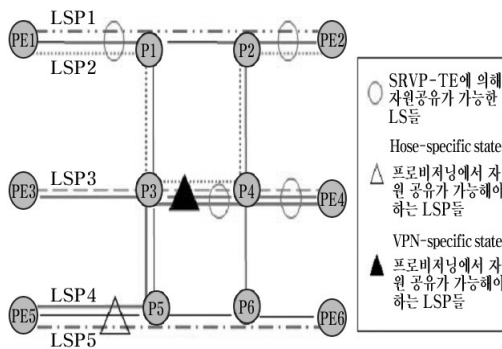
마지막으로, VPN-specific state 프로비저닝에서는 (그림 1-3)에서와 같이 VPN을 구성하는 모든 호스들의 파라미터 정보를 동시에 고려한다. 또한 해당 VPN을 서비스하는 PE들을 모두 연결하는 그래프 혹은 트리 상에 예약되는 자원은 그 VPN에 속하는 모든 호스트들에 의해서 공유할 수 있음을 고려하여 예약될 자원의 양을 결정함으로써 한층 더 VPN을 위해 할당하는 자원의 양을 절감한다.

구체적으로 VPN-specific state 프로비저닝에서는 VPN 별로 자원을 할당하되 임의의 링크에 특정 VPN을 위해 예약하는 자원의 양은 그 링크를 경유하는 해당 VPN의 모든 호스 트리들의 진입 호스 크기의 합과 진출 호스 크기 합 중 더 적은 값이 된다[1, 2].

## 2. MPLS 네트워크를 위한 자원예약 프로토콜

RSVP-TE는 MPLS 네트워크에서 P2P TE LSP를 설정하기 위한 프로토콜이다[11]. Hose 모델을 위한 프로비저닝 메커니즘 중 Provider Pipe는 RSVP-TE 메커니즘을 그대로 적용함으로써 구현할 수 있다. 그러나 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝은 단순히 RSVP-TE 메커니즘을 적용함으로써 구현할 수 없다. RSVP-TE에서는 자원공유 옵션 중에 하나인 SE(Shared Explicit) 스타일을 이용하여 동일한 세션에 속하는 LSP들간 자원공유를 허용할 수 있다. 그런데 RSVP-TE의 세션 객체를 식별하는 요소 중 하나로 세션을 설립하고자 하는 터널의 진출 종단점 주소가 들어가기 때문에 결국 RSVP-TE를 이용한 자원공유는 터널의 진출 종단점이 동일한 LSP들간 자원 공유만이 지원 가능하다. 반면, Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝 메커니즘은 터널의 진출 혹은 진입 종단점이 동일하지 않는 LSP들간의 자원 공유도 지원해야 하기 때문이다. (그림 2)에서 LSR(Label Switching Router)인 PE5와 P5를 연결하는 링크를 통과하는 LSP4와 LSP5는 터널의 진출 종단점이 다르지만 VPN의 동일 호스를 서비스하는 LSP들이라면 Hose-specific state 메커니즘으로 자원을 프로비저닝하는 경우 서로 자원을 공유할 수 있어야 한다. P3과 P4를 연결하는 링크를 통과하는 LSP2, LSP3, LSP4는 터널의 양 종단점이

모두 다른 경우이지만 VPN-specific state 프로비저닝의 경우 동일 VPN을 서비스하는 LSP들이라면 서로 자원을 공유할 수 있어야 한다. 따라서 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝을 위해 RSVP-TE를 사용하는 것은 부적합하다.



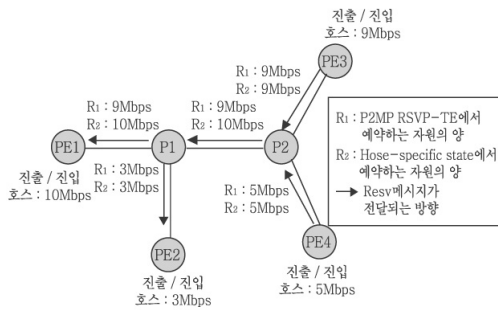
(그림 2) RSVP-TE와 Hose/VPN-specific state 프로비저닝에서의 자원공유

P2MP RSVP-TE는 P2MP TE LSP 설정을 위해 RSVP-TE를 확장한 프로토콜로 멀티캐스트 트래픽 전송을 위한 자원예약을 수행한다 [12]. P2MP RSVP-TE에 의해서 설정된 P2MP TE LSP는 특정 집합의 진입 PE를 루트로 하여 트리를 구성하는 하나 이상의 P2P sub-LSP들로 구성되며, 동일한 P2MP TE LSP에 속하는 P2P sub-LSP들 간에는 P2P sub-LSP 터널의 진출 PE가 다르더라도 서로 자원을 공유하도록 한다. 또한 P2MP Tunnel은 동일한 P2MP 세션에 속하는 여러 P2MP TE LSP들로 구성되는데, 하나의 P2MP Tunnel에 속하는 P2MP TE LSP들의 P2P sub-LSP들의

양 중단점이 모두 다르더라도 서로 자원을 공유할 수 있다. 이와 같은 P2MP RSVP-TE의 특성은 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝의 자원공유 요건을 만족한다.

그러나, P2MP RSVP-TE에서는 Hose-specific state 또는 VPN-specific state 프로비저닝에서 각 링크에 예약되어야 할 자원의 양을 계산하는 방식을 적용하지 못한다. (그림 3-1)과 (그림 3-2)는 P2MP RSVP-TE에서 각 링크에 예약하는 자원의 양이 Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝에서 예약되어야 하는 자원의 양과 다른 예를 각각 보이고 있다. (그림 3-1)에서 보인 바와 같이, P2MP RSVP-TE에서는 기존의 RSVP-TE 메커니즘을 이용하여 자원을 예약하기 때문에 중간 LSR에서는 진입 PE에서 예약을 요청하는 자원의 양을 그대로 예약해준다. 만약 진입 PE에서 요청하는 자원의 양을 모두 예약해 줄 수 없을 경우에는 자원을 공유하는 P2P sub-LSP들을 위해 예약되는 자원의 양 중에서 최대값을 예약하게 된다. 그러나 Hose-specific state 프로비저닝에서는 각 링크에서 진입 PE의 호스의 값과 그 링크를 통과해서 P2P sub-LSP가 맺어지는 진출 PE들의 호스 파라미터의 합 중 더 적은 값에 해당하는 자원을 예약해야 한다. (그림 3-1)에서 LSR인 P2에서 P1로 가는 방향의 링크를 예로 보면, PE1에서의 진입호스를 위해 P2MP RSVP-TE는 PE3-P2 링크에서 예약하는 자원의 양과 PE4-P2 링크에서 예약하는 자원의 양 중 더 큰 값을 예약하는 반면, Hose-

specific state에서는 PE1의 진입호스의 크기와 PE3, PE4의 진출호스의 합중 더 적은 값을 예약한다.

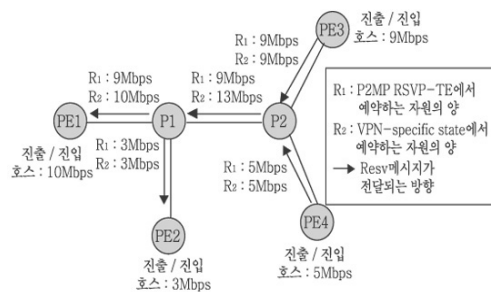


(그림 3-1) PE1의 진입 호스를 위해 P2MP RSVP-TE와 Hose-specific state 프로비저닝에서 각 링크에 예약하는 자원의 양

(그림 3-2)는 P2MP RSVP-TE와 VPN-specific state 프로비저닝에서 각 링크에 예약하는 자원의 양이 다른 예를 보인 그림이다. P2MP RSVP-TE에서는 여러 개의 진출호스에 대한 P2MP TE LSP가 경유하는 링크에서 이들 P2MP TE LSP중 가장 지원 요구가 큰 P2MP TE LSP가 요구하는 값을 예약하는 반면, VPN-specific state 프로비저닝에서는 각 링크 상에서 그 링크를 경유하는 모든 진입 PE의 호스 파라미터의 합과 모든 진출 PE의 호스 파라미터의 합 중 더 적은 값에 해당하는 자원을 예약한다.

(그림 3-2)의 P2에서 P1로 가는 링크에는 PE1의 진입 호스를 위한 P2MP TE LSP와 PE2의 진입 호스를 위한 P2MP TE LSP가 지나간다. 이때 P2MP RSVP-TE의 P2MP

Tunnel 차원에서 공유할 자원의 예약될 양은 PE1을 위해 예약하는 자원의 양과 PE2를 위해 예약되는 자원의 양 중 더 큰 값인 9Mbps를 예약하는 반면, VPN-specific state에서는 PE1과 PE2의 진입 호스의 합과 PE3과 PE4의 진출 호스의 합 중 더 적은 값인 13Mbps를 예약한다.



(그림 3-2) P2MP RSVP-TE와 VPN-specific state 프로비저닝에서 각 링크에 예약하는 자원의 양

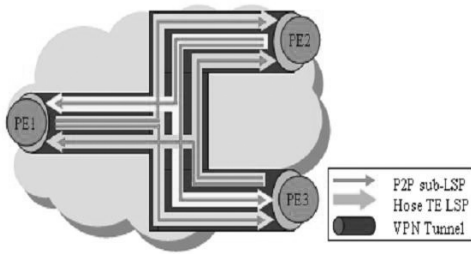
또한 P2MP RSVP-TE에서는 멀티캐스트 데이터 전송을 목적으로 하므로 유니캐스트 전송을 위한 레이블 할당 및 스위칭이 이루어지지 않는다. 따라서 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝을 위한 자원예약을 수행하기 위해서는 새로운 자원예약 프로토콜을 정의하거나 기존의 자원예약 프로토콜을 확장하여야 한다.

### III. VPN QoS 프로비저닝을 위한 자원예약 프로토콜

본 논문에서는 VPN QoS 프로비저닝을 위하여 전적으로 새로운 자원예약 프로토콜을 정의



하기 보다는 IETF(Internet Engineering Task Force)의 MPLS 워킹그룹에 의해 표준화가 진행되고 있는 P2MP RSVP-TE를 기반으로 확장한 자원예약 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 Hose-specific state 프로비저닝을 위해서는 각 호스별로 Hose TE LSP를 설립하고, VPN-specific state 프로비저닝을 위해서는 VPN별로 VPN Tunnel을 설립한다. (그림 4)는 P2P sub-LSP, Hose TE LSP, VPN Tunnel의 관계를 개념적으로 도식화한 것이다.



(그림 4) P2P sub-LSP, Hose TE LSP, VPN Tunnel의 관계

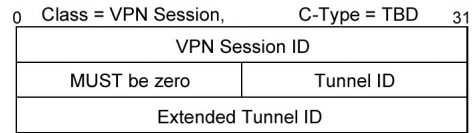
P2P sub-LSP는 P2MP RSVP-TE에서와 같이 임의의 진입 PE로부터 임의의 진출 PE까지의 P2P LSP를 의미한다. Hose TE LSP는 각 네트워크로의 진입 호스에 대해 정의되며, 임의의 진입 호스에 대한 Hose TE LSP는 해당 진입 호스에 대한 PE를 루트로 한다.

즉, 동일한 Hose TE LSP에 속하는 P2P sub-LSP들은 진입 PE가 모두 동일하다. VPN Tunnel은 특정 VPN을 서비스하는 모든 PE들을 연결하는 그래프 혹은 트리이다.

## 1. 메시지 형태

제안하는 방안에서는 VPN QoS를 위한 Hose-specific state나 VPN-specific state 프로비저닝을 기반으로 자원예약을 수행하기 위해 P2MP RSVP-TE를 기반으로 RSVP 객체(object) 중 다음과 같은 세 개의 객체를 재정의하거나 새롭게 추가하여 사용한다.

첫째, RSVP 메시지의 VPN Session 객체는 P2MP RSVP-TE에서의 P2MP Session 객체를 재명명한 것이다. VPN Session 객체의 형식은 (그림 5)와 같다.



(그림 5) VPN Session 객체 구조

VPN Session 객체에는 VPN Session ID, Tunnel ID, Extended Tunnel ID가 포함되어 있다. VPN Session ID는 VPN 세션을 구분하기 위한 ID이다. Tunnel ID는 동일 VPN 내에서 여러 개의 VPN Tunnel을 설립하고자 하는 경우 각각의 VPN Tunnel을 구분해준다. 본 논문에서는 하나의 VPN에서 하나의 VPN Tunnel을 설립하는 경우만을 다룬다. VPN-specific state 프로비저닝의 자원 공유방식을 지원하기 위해서 동일 VPN에 속하는 Hose TE LSP들은 하나의 VPN Tunnel과 연관된다. 즉, 동일한 VPN에 속하는 모든 Hose TE LSP들이 동일한

VPN Session ID와 Tunnel ID를 가지고 있어야 한다. 이를 위해 VPN을 서비스하는 PE들은 자원예약을 수행하기 전에 자신이 서브하는 VPN의 VPN Session ID와 Tunnel ID에 대한 정보를 알고 있어야 한다. 이에 대한 정보는 [13]에서 언급한 바와 같이 관리자에 의해 각각의 PE에 설정되거나, PE들이 VPN 멤버십을 파악한 후 BGP 기반의 광고(advertisement)를 통하여 전달될 수 있다. Extended Tunnel ID는 RSVP-TE나 P2MP RSVP-TE에서와 마찬가지로 일반적으로 0으로 설정된다.

둘째, P2MP RSVP-TE에서의 Path 메시지의 Sender Descriptor에 포함되어 있는 P2MP Sender Template 객체는 VPN Sender Template 객체로 재정의 하였으며, VPN Sender Template 객체에는 Hose ID 필드를 새롭게 추가하였다. VPN Sender Template 객체의 형식은 (그림 6)과 같다.

|   |              |
|---|--------------|
| 0    Class = VPN Sender Template,    C-Type = TBD    31 |              |
| IPv4 tunnel sender address                              |              |
| Hose ID   | LSP ID       |
| Sub-Group Originator ID                                 |              |
| Reserved  | Sub-Group ID |

(그림 6) VPN Sender Template 객체

VPN Sender Template 객체의 tunnel sender address에는 Path 메시지를 생성한 진입 PE의 IP 주소를 표시한다. 새롭게 추가된 Hose ID는 하나의 진입 PE에 동일 VPN에 속하는 사용자 사이트가 하나 이상 접속되어 있을 때, 이들을 식별하기 위한 것이다. 임의의 진입

PE에서 시작하는 서로 다른 호스가 두 개 이상인 경우, Hose-specific state에서는 각 호스 별로 Hose TE LSP를 만들게 된다. 이때 이들 호스 중 하나에 대해 자원 요구 사항이 변하거나 그 호스에 대한 Hose TE LSP 상에 문제가 발생하게 되면 해당 호스를 위한 Hose TE LSP를 재설정하게 된다. 이 때, 재설정을 위해 설립하는 Hose TE LSP에는 해당 호스를 위한 원래의 Hose TE LSP와는 별도의 LSP ID를 할당하지만 두 Hose TE LSP (원래의 것과 재설정 되는 것) 간에는 자원을 공유하도록 한다. 이를 위해 RSVP 자원예약 메시지에 자원공유가 필요함을 나타내는 SE 자원예약 스타일을 표시하는데, 기존의 RSVP-TE와 P2MP RSVP-TE에 의하면 SE 자원예약 스타일이 명시된 자원예약 메시지를 받은 임의의 중간 LSR은 VPN Session과 진입 PE값을 기준으로 이 두 값이 동일한 모든 Hose TE LSP 간에 자원이 공유되도록 한다. 결과적으로, Hose-specific state에서는 동일한 호스에 속하는 Hose TE LSP들 간에만 자원을 공유해야 하는데도 불구하고, 해당 진입 PE에 연결된 호스가 여러 개인 경우 이들 호스를 위한 Hose TE LSP들 모두가 자원을 공유하게 되어 버린다. 이에 제안하는 프로토콜에서는 동일한 진입 PE에 의해 서비스 받는 서로 다른 호스들을 구분하여 서로 다른 호스에 해당하는 Hose TE LSP간에는 자원 공유를 하지 않도록 하기 위해 호스를 구별할 수 있는 Hose ID를 정의하였다.

LSP ID는 Hose TE LSP를 구분하기 위한 ID

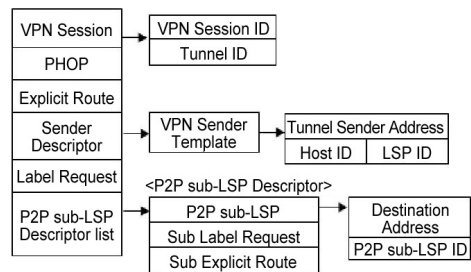
이다. Sub-Group Originator ID와 Sub-Group ID는 브랜치(branch) LSR에서 사용하는 필드이다. Hose TE LSP는 진출 PE를 목적지로 하는 P2P sub-LSP들의 집합이기 때문에 하나의 Path 메시지에 Hose TE LSP의 전체 경로를 모두 기록하기 어려울 수 있다. 브랜치 LSR은 마치 서브 트리와 같은 의미로 Path 메시지를 만들어서 시그널할 수 있다. 이때 Sub-Group Originator ID에는 P2MP RSVP-TE에서와 같이 브랜치 LSR의 주소가 설정된다.

VPN-specific state 프로비저닝에서는 VPN Session 객체를 이용하여 동일한 VPN Tunnel에 속하는 LSP들이 자원을 공유하도록 하며, Hose-specific state 프로비저닝에서는 VPN Session 객체와 VPN Sender Template 객체를 이용하여 동일한 Hose TE LSP에 속하는 P2P sub-LSP들이 자원을 공유하도록 한다. Path 메시지의 VPN Sender Template 객체는 RSVP-TE에서와 같이 Resv 메시지에서 Filter spec 객체로 사용된다.

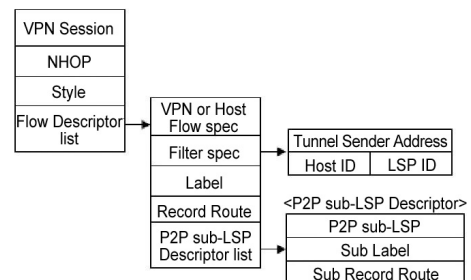
셋째, 각 P2P sub-LSP에 별도의 레이블을 할당하기 위해서 P2MP RSVP-TE에서 정의한 Path 메시지와 Resv 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor 객체에 Sub Label Request 객체와 Sub Label 객체를 각각 추가하였다. P2MP TE LSP는 멀티캐스트 데이터 전송만을 위해 사용되므로 P2MP TE LSP를 위한 레이블을 하나만 할당하면 되지만 VPN TE LSP는 유니캐스트 데이터 전송을 위해 사용될 수도 있기 때문에 각 P2P sub-LSP 별로 별도의 레이블을 할당한

다. Path 메시지의 Label Request 및 Sub Label Request 객체는 각각의 P2P sub-LSP에 대하여 레이블 할당을 요구하고 Resv 메시지의 Label 및 Sub Label 객체는 할당된 레이블 정보를 기록하기 위해 사용된다. 이 두 객체들의 형태는 RSVP-TE에 정의되어 있는 Label Request 및 Label 객체와 동일하다.

위와 같이 새롭게 추가되거나 재정의된 객체들을 포함한 Path와 Resv 메시지의 형태는 (그림 7) 및 (그림 8)과 같다. Resv 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor는 Path 메시지의 Sub Explicit Route 객체가 Sub Record Route 객체로 변경되고, Sub Label Request 객체가 Sub Label 객체로 변경된 것 외에는 Path 메시지에서의 P2P sub-LSP Descriptor와 동일한 형태를 가진다.



(그림 7) Path 메시지 형태



(그림 8) Resv 메시지 형태

## 2. Path 메시지 프로세싱

모든 LSR은 Path 메시지에 대한 정보를 유지하기 위해 각 인터페이스에 대해 PSB를 유지한다[14]. PSB는 Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝인 경우 모두 <VPN Session, VPN Sender Template> 별로 하나씩 생성된다. 즉, Path 메시지가 도착한 인터페이스 상에 Hose TE LSP별 PSB를 유지한다. (그림 9)는 PSB의 구조를 보여주고 있다.

| VPN Session | VPN Sender Template | Sender Tspec | PHOP | In Intf | P2P sub-LSP Descriptor | Out Intf | Expiration time |
|-------------|---------------------|--------------|------|---------|------------------------|----------|-----------------|
|             |                     |              |      |         | P2P sub-LSP Descriptor | Out Intf | Expiration time |

(그림 9) PSB의 구조

PSB의 PHOP에는 현재 Path 메시지를 수신한 LSR의 이전 LSR의 주소를 저장하고, In Intf(Incoming Interface)는 Path 메시지를 수신한 인터페이스를 기록한다. P2P sub-LSP Descriptor에는 P2P sub-LSP에 담긴 정보가 그대로 복사되고, Out Intf(Outgoing Interface)에는 Path 메시지를 다음 LSR로 보내는 인터페이스를 기록하며, Expiration Time에는 각 P2P sub-LSP에 대한 상태 정보를 폐기할 만료 시간을 표시한다. VPN Session, VPN Sender Template 등의 필드에 대한 정의는 Path, Resv 메시지의 형태에서 정의한 필드명과 동일하며 Sender Tspec은 P2MP RSVP-TE에서의 정의와 동일하다.

진입 PE는 자신에게 접속되어 있는 각 진입 호

스에 대해 동일 VPN에 속하는 모든 진출 PE들과 자원이 예약된 P2P sub-LSP를 설립하기 위해 PSB 정보를 이용하여 Path 메시지를 만들고, 이를 해당 호스 트리의 목적지들을 향해 전송한다. 이때 Hose-specific state 또는 VPN-specific state 중 어느 프로비저닝 방법으로 자원을 예약할 것인지를 나타내기 위하여 Path 메시지 객체들의 C-Type에 VPN별 프로비저닝 방법을 표시한다. VPN별 프로비저닝 방법은 VPN 고객에 의해 결정되고, 서비스 제공자 네트워크의 진입 PE들이 이를 알고 있다고 가정한다.

진입 PE에서 보내는 Path 메시지에는 P2MP RSVP-TE에서와 마찬가지로 호스 트리의 목적지를 나타내는 하나 이상의 P2P sub-LSP Descriptor를 포함하고 있다. 만약, 하나의 P2P sub-LSP Descriptor가 들어있는 경우 Path 메시지는 라우팅 방법에 따라 디폴트 최단 경로로 전달되거나, 명시적 경로(explicit route)를 따라 전달된다. Path 메시지가 디폴트 최단 경로로 전달되는 경우 P2P sub-LSP Descriptor의 P2P sub-LSP 객체의 목적지 주소를 보고 다음 홉을 결정한다. 따라서 RSVP-TE와 P2MP RSVP-TE에서 명시적 경로를 표시하기 위해 정의한 Explicit Route 객체와 Sub Explicit Route 객체는 사용되지 않는다. Path 메시지가 명시적 경로를 따라 전달되는 경우 Explicit Route 객체를 보고 다음 홉을 결정한다. 오직 하나의 P2P sub-LSP만 명시적으로 시그널하기 때문에 여러 개의 P2P sub-LSP의 명시적 경로를 명시하기 위해 사용되는 Sub Explicit Route

객체는 사용되지 않는다. 두 경우 모두, P2P sub-LSP의 목적지 주소는 P2MP RSVP-TE에서 P2P sub-LSP의 정보를 표시하기 위해 정의한 P2P sub-LSP 객체에 저장된다.

하나의 Path 메시지에 여러 개의 P2P sub-LSP Descriptor가 존재하는 경우 P2P sub-LSP들이 자원을 공유하는 링크가 가능한 한 많도록 하기 위해서 Path 메시지는 명시적 경로를 따라 전달되어야 하며, P2MP RSVP-TE에서와 동일한 수행절차를 따른다. 여러 개의 P2P sub-LSP를 시그널 하기 위해 P2MP RSVP-TE에서 정의한대로 P2P sub-LSP Descriptor에 시그널 하고자 하는 P2P sub-LSP들에 대한 정보를 기록한다. 첫 번째 P2P sub-LSP의 명시적 경로는 Explicit Route 객체에 기록되며, 그 Explicit Route 객체는 첫 번째 P2P sub-LSP Descriptor의 P2P sub-LSP 객체와 대응한다. 첫 번째 P2P sub-LSP Descriptor 이후에 연속되는 P2P sub-LSP Descriptor가 있다면 각 P2P sub-LSP 객체들은 연속되는 Sub Explicit Route 객체와 일대일로 대응한다. 또한 P2MP RSVP-TE에서와 같이 명시적 경로의 반복을 최소화하기 위하여 Sub Explicit Route 객체에는 브랜치 LSR로부터 진출 PE까지의 경로만 포함한다. 이에 관한 자세한 동작과정은 P2MP RSVP-TE 섹션 3.4를 참조하도록 한다.

Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝에서는 동일 VPN 또는 동일 호스에 속하는 LSP들이 자원을 공유하지만 트래픽은 유니캐스트로 전송될 수 있도록 해야 한다. 이를

위해 3장의 1에서 설명한 바와 같이 P2P sub-LSP Descriptor에 Sub Label Request 객체를 추가였다. 이 객체는 Path 메시지에 여러 개의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우 P2P sub-LSP별로 레이블 할당을 요청하기 위한 것이다. 하나의 Path 메시지가 하나의 P2P sub-LSP를 시그널 하는 경우에는 기존의 RSVP-TE의 Label Request 객체를 그대로 이용하여 레이블 할당을 요구한다. LSR은 Path 메시지를 받게 되면, Path 메시지를 수신한 인터페이스에 대해 Path 메시지의 <VPN Session, VPN Sender Template>에 대해 해당하는 PSB가 있는지 검색한다. 이 검색에서 발견된 PSB를 Matching PSB라 부르기로 한다. Matching PSB가 존재한다면 Matching PSB안에 수신한 Path 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor 정보가 있는지 확인한다. P2P sub-LSP Descriptor 정보가 존재한다면 Matching PSB 정보 및 P2P sub-LSP Descriptor를 리프레시하고 존재하지 않는다면 수신한 Path 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor를 Matching PSB에 추가한다. Matching PSB가 존재하지 않는다면 새로운 PSB를 생성하며, Matching PSB를 생성 혹은 리프레시한 후 Path 메시지는 목적지를 향한 다음 홉으로 전달한다.

### 3. Resv 메시지 프로세싱

진출 PE는 Path 메시지를 받으면 Resv 메시지를 생성하고, 이에 대한 정보를 기록하기 위해 RSB를 유지한다[14]. RSB는 자원이 예약되는

인터페이스에 대해 VPN-specific state인 경우 <VPN Session, Filter Spec list>별로 유지되고, Hose-specific state인 경우 <VPN Session, Filter spec>별로 유지된다. 즉, VPN-specific state인 경우 VPN Tunnel별로 Hose-specific state인 경우 Hose TE LSP별로 생성된다. 각각의 프로비저닝에 대한 RSB의 구조는 (그림 10-1), (그림 10-2)와 같다.

RSB의 Resv Intf(Reservation Interface)는 자원이 예약되는 인터페이스를 표시한다. Style에는 자원공유의 형태를 기록한다. Hose-specific state의 자원 공유 형태는 FF(Fixed Filter) 스타일이 되고 VPN-specific state의 경우에는 SE 스타일이 된다. Hose Flow spec과 VPN Flow spec에는 각각의 프로비저닝에 따라 예약되는 대역폭을 기록한다. NHOP(Next HOP)에는 자원이 예약되는 인터페이스로 나가는 (트래픽이 나가는)방향의 다음 LSR을 표시한다. 그 외 필드에 대한 정의는 PSB에서와 동일하다.

| VPN Session | Resv Intf | Style | Hose Flow spec | Filter spec | NHOP | P2P sub-LSP Descriptor | Expiration time |
|-------------|-----------|-------|----------------|-------------|------|------------------------|-----------------|
|-------------|-----------|-------|----------------|-------------|------|------------------------|-----------------|

(그림 10-1) Hose-specific state에서의 RSB 구조

| VPN Session | Resv Intf | Style | VPN Flow spec | Filter spec | NHOP | P2P sub-LSP Descriptor | Expiration time |
|-------------|-----------|-------|---------------|-------------|------|------------------------|-----------------|
|             |           |       |               | Filter spec | NHOP | P2P sub-LSP Descriptor | Expiration time |

(그림 10-2) VPN-specific state에서의 RSB 구조

진출 PE는 Resv 메시지를 생성할 때 Path 메시지의 객체에 표시된 C-Type을 보고 Hose-specific state 또는 VPN-specific state 프로비저닝 중 어느 방법으로 자원을 예약할 것인지

결정하고 자원예약 스타일을 명시한다. Hose-specific state 프로비저닝으로 자원을 예약하는 경우 동일한 호스에 속하는 P2P sub-LSP들간에만 자원을 공유하고, 다른 호스간에는 자원공유를 하지 않기 때문에 Resv 메시지의 Style 객체의 Reservation Attribute에 FF 스타일로 자원을 예약한다(경로 재설정이나 대역폭 증가를 위해 RSVP-TE에서와 같이 SE 스타일을 사용할 수도 있다. 그러나 이 논문에서 경로 재설정이나 대역폭 증가에 대한 설명은 제외한다). VPN-specific state 프로비저닝의 경우에는 동일한 VPN에 속하는 모든 호스들이 자원을 공유하기 때문에 항상 SE 스타일을 명시한다.

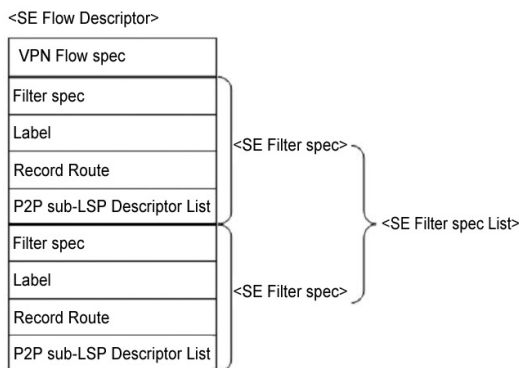
<FF Flow Descriptor List>

| Hose Flow spec              |  |
|-----------------------------|--|
| Filter spec                 |  |
| Label                       |  |
| Record Route                |  |
| P2P sub-LSP Descriptor List |  |
| Hose Flow spec              |  |
| Filter spec                 |  |
| Label                       |  |
| Record Route                |  |
| P2P sub-LSP Descriptor List |  |

(그림 11-1) Hose-specific state에서의 Resv 메시지의 FF Flow Descriptor List구조

RSVP에서는 동일한 VPN Session을 가진 Resv 메시지들을 하나의 Resv 메시지로 통합하여 보낼 수 있다. (그림 11-1)과 (그림 11-2)는 다운스트림 노드로부터 받은 Resv 메시지들을 하나의 Resv 메시지로 통합했을 때 FF 스타일과 SE 스타일의 Flow Descriptor의 예를 보인 것이다. 동일한 VPN Session 객체를 가지

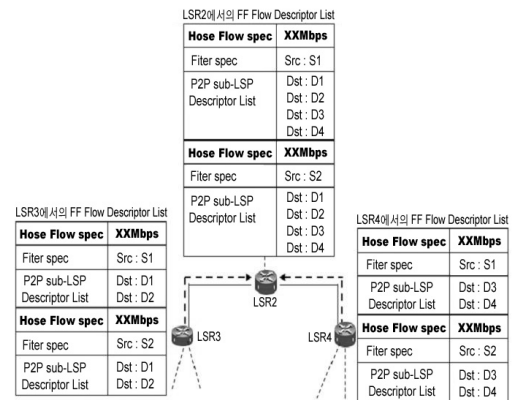
고 있지만, Filter spec이 다른 즉, 서로 다른 호스를 서비스하는 Resv 메시지를 받아 하나의 Resv 메시지로 통합할 수 있다. FF 스타일로 자원예약을 하는 Hose-specific state 프로비저닝의 경우, 각각의 구별되는 Filter spec 별로 별도의 FF Flow Descriptor가 만들어진다. 각 FF Flow Descriptor에는 Hose Flow spec, Filter spec, Label, Record Route, P2P sub-LSP Descriptor List 등이 들어간다. 동일한 Filter spec을 가지고 있는 Resv 메시지를 각각 다른 LSR로부터 수신했을 때 그 Resv 메시지는 동일한 Hose에 대한 것이므로 하나의 FF Flow Descriptor로 통합되며, 통합된 FF Flow Descriptor의 P2P sub-LSP Descriptor List에는 수신한 Resv 메시지들의 P2P sub-LSP Descriptor List에 들어있던 정보가 모두 기록된다. FF 스타일에서는 FF Flow Descriptor 간에 자원 공유는 하지 않으며, 동일한 FF Flow Descriptor에 속하는 P2P sub-LSP들만 Hose Flow spec에 명시되어 있는 자원을 공유한다.



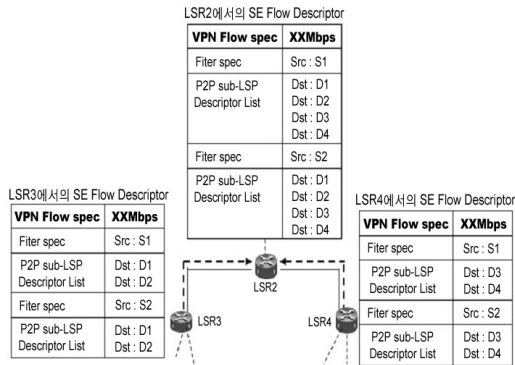
(그림 11-2) VPN-specific state에서의 Resv 메시지의 SE Flow Descriptor 구조

SE 스타일로 자원예약을 하는 VPN-specific state 프로비저닝의 경우, 동일한 VPN Session에 속하는 하나 이상의 진입 호스별 Filter spec에 대해 하나의 SE Flow Descriptor가 만들어지며, SE Flow Descriptor에는 하나의 VPN Flow spec이 있고 그 객체를 이어서 각각의 진입 호스에 해당하는 Filter spec 별로 SE Filter spec이 만들어진다.

각 SE Filter spec의 P2P sub-LSP Descriptor List에는 FF 스타일에서와 같이 수신한 Resv 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor List에 들어있던 정보가 모두 기록된다. SE 스타일에서는 SE Flow Descriptor에 속하는 모든 P2P sub-LSP들이 VPN Flow spec에 명시되어 있는 자원을 공유한다.



(그림 12-1) Hose-specific state에서의 VPN Session과 Filter spec이 동일한 Resv 메시지를 통합하는 예



(그림 12-2) VPN-specific state에서의 VPN Session이 동일한 Resv 메시지를 통합하는 예

(그림 12-1)은 Hose-specific state의 경우 LSR2가 LSR3과 LSR4로부터 받은 Resv 메시지를 다음 홉으로 보낼 새로운 하나의 Resv 메시지로 통합하는 예를 보인 그림이다. LSR3으로부터 받은 Resv 메시지에도 Filter spec S1에 대한 FF Flow Descriptor가 있고, LSR4로부터 받은 Resv 메시지에도 Filter spec S1에 대한 FF Flow Descriptor가 있으므로 LSR2는 이 둘 Resv 메시지의 S1에 대한 FF Flow Descriptor들을 모아서 다음 홉으로 보낼 새로운 Resv 메시지에 넣을 S1에 대한 FF Flow Descriptor를 만든다. LSR3으로부터 온 Resv 메시지의 S1에 대한 FF Flow Descriptor에는 P2P sub-LSP Descriptor List에 D1과 D2가 있고, LSR4로부터 온 Resv 메시지에는 S1에 대한 FF Flow Descriptor의 P2P sub-LSP Descriptor List에 D3과 D4가 있으므로 다음 홉으로 보낼 새로운 Resv 메시지에 넣을 S1에 대한 FF Flow Descriptor의 P2P sub-LSP

Descriptor List에는 이들을 모두 모은 D1, D2, D3, D4가 들어가게 된다. Filter spec S2에 대한 FF Flow Descriptor도 비슷한 방식으로 준비된다. 예약 자원의 양인 Hose Flow spec은 FF Flow Descriptor 별로 명시된다.

(그림 12-2)는 VPN-specific state 경우 임의의 LSR인 LSR2가 LSR3과 LSR4로부터 Resv 메시지를 받았을때 이를 다음 홉으로 보낼 하나의 Resv 메시지로 통합하는 예를 보인 것이다. 통합된 Resv 메시지에서 각 Filter spec 별로 만들어지는 SE Filter spec 의 P2P sub-LSP Descriptor에 들어갈 정보를 만들어 내는 방법은 Hose-specific state에서 Filter spec 별 FF Flow Descriptor의 P2P sub-LSP Descriptor에 들어갈 정보를 얻는 방법과 동일하다. 그러나 Hose-specific state에서 예약하는 자원의 양인 Hose Flow spec을 FF Flow Descriptor 별로 명시하는데 반해, VPN-specific state에서는 모든 SE Filter spec에 대하여 하나의 VPN Flow spec을 명시한다. 즉, LSR3과 LSR4로부터 받은 Resv 메시지들의 VPN Flow spec으로부터 하나의 VPN Flow spec을 계산해 낸다. 다음 홉으로 보낼 통합된 Resv 메시지의 VPN Flow spec과 Hose Flow spec에 들어갈 예약 자원 양을 계산하는 방법은 다음에서 설명한다.

Resv 메시지를 받은 LSR은 먼저 PSB 리스트에서 수신한 Resv 메시지의 <VPN Session, Filter spec, P2P sub-LSP Descriptor, Resv Intf>와 일치하는 <VPN Session, VPN



Sender Template, P2P sub-LSP Descriptor, NHOP의 Out intf>를 가지는 PSB가 있는지 체크하고, 해당 PSB가 없는 Filter spec에 대해서는 그 Filter spec에 해당하는 P2P sub-LSP의 목적지 주소로 RERR(Reservation Error) 메시지를 보낸다. 이 검색에서 발견된 PSB를 corresponding PSB라 부르기로 한다. Corresponding PSB가 존재한다는 것은 그 LSR이 <VPN Session, Filter spec>에 대한 Path 메시지를 이전에 받은 적이 있고, 그 Path 메시지에 대한 응답으로 Resv 메시지를 받았다는 것을 의미한다. Corresponding PSB가 존재하는 Filter spec에 대하여 LSR은 Resv Intf에 속한 RSB들 가운데서 매칭되는 RSB를 찾는다. VPN-specific state의 경우에는 Resv 메시지와 VPN Session이 일치하는 RSB가 이에 해당되고, Hose-specific state 경우에는 Resv 메시지와 <VPN Session, Filter spec> 튜플이 일치하는 RSB가 이에 해당된다. 수신한 Resv 메시지에 대하여 매칭되는 RSB를 발견하면 수신한 Resv 메시지의 P2P sub-LSP Descriptor List의 각각의 P2P sub-LSP Descriptor에 대하여 RSB의 P2P sub-LSP Descriptor List에서 매칭되는 P2P sub-LSP Descriptor가 존재하는지 검색한다. 만약, 매칭되는 P2P sub-LSP Descriptor가 존재한다면 이를 리프레시하고, 그렇지 못한 경우에는 RSB의 P2P sub-LSP Descriptor List에 P2P sub-LSP Descriptor를 추가한다. 수신한 Resv 메시지에 대하여 매칭되는 RSB를 발견하지 못한 경우에는 새로운 RSB

를 생성한다. RSB에 들어갈 정보는 수신한 Resv 메시지의 해당 필드로부터 얻는다. 수신한 Resv 메시지에 의해 생성되거나 리프레시 되는 RSB를 그 Resv 메시지에 대한 Active RSB라 부르기로 한다. 이때, Active RSB의 Hose Flow spec과 VPN Flow Spec의 rate에 들어갈 값 와은 [1], [2]의 알고리즘을 적용하기 위해 다음과 같이 계산한다. 먼저, Hose-specific state 프로비저닝을 위해서는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{cases} \text{진출 PE 라우터의 경우, } R_{Hose} = \min(P_{corr\_PSB}, \sum_{s \in S} H_s) \\ \text{그 외 라우터의 경우, } R_{Hose} = M_{Hose} \end{cases}$$

여기에서  $P_{corr\_PSB}$ 는 corresponding PSB의 Sender Tspec의 대역폭을 의미하고, S는 해당 진출 PE가 서비스하는 모든 사용자 사이트 집합을 의미하며,  $H_s$ 는 진출 PE에서 사용자 사이트 s로 데이터를 내보내는 진출 호스의 크기를 나타내고,  $M_{Hose}$ 는 수신한 Resv 메시지의 Hose Flow spec에 표시된 대역폭을 의미한다.

VPN-specific state 프로비저닝을 위해서는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{cases} \text{진출 PE 라우터의 경우, } R_{VPN} = \min(\sum_{k \in K} P_k, \sum_{s \in S} H_s) \\ \text{그 외 라우터의 경우, } R_{VPN} = M_{VPN} \end{cases}$$

여기에서 K는 corresponding PSB의 <VPN Session, In Intf>와 동일한 <VPN Session, In Intf>를 가지는 PSB들의 집합을 의미하고,  $P_k$

는 PSB  $k$ 의 Sender Tspec의 대역폭을 나타내며,  $M_{VPN}$ 은 수신한 Resv 메시지의 VPN Flow spec의 대역폭을 의미한다.

다음으로 중간 LSR은 업스트림 노드들로 전달할 Resv 메시지들을 생성한다. 이때 Resv 메시지의 Hose Flow spec과 VPN Flow spec의 대역폭인  $M_{Hose}$ 와  $M_{VPN}$ 은 Hose-specific state와 VPN-specific state 프로비저닝 알고리즘을 적용하기 위하여 각각 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{cases} M_{Hose} = \min(P_{corr\_PSB}, \sum_{h \in H} R_{Hose}^h) \\ M_{VPN} = \min(\sum_{k \in K} P_k, \sum_{v \in V} R_{VPN}^v) \end{cases}$$

여기에서  $H$ 는 Active RSB의 <VPN Session, Filter spec, NHOP>과 동일한 <VPN Session, Filter Spec, NHOP>을 가지는 RSB들의 집합을 나타내고,  $R_{Hose}^h$ 는 RSB  $h$ 의 Hose Flow spec의 대역폭 값을 의미하며,  $V$ 는 Active RSB의 <VPN Session, NHOP>과 동일한 <VPN

Session, NHOP>을 가지는 RSB들의 집합을 나타내고,  $R_{VPN}^v$ 는 RSB  $v$ 의 VPN Flow spec의 대역폭이다.

## IV. 결론

본 논문에서는 VPN QoS를 위해 VPN-specific state 프로비저닝에 따라 동적이고 자동적으로 자원 예약을 수행하는 프로토콜을 제안하였다. 제안하는 프로토콜은 IETF의 MPLS 워킹그룹에 의해 표준화가 진행되고 있는 P2MP RSVP-TE를 기반으로 확장한 프로토콜로서, RSVP 메시지 구조, PSB 및 RSB 구조, RSVP 메시지 프로세싱 방법, 각 프로비저닝 메커니즘에 따라 예약되어야 하는 자원의 양을 계산하는 방식 등을 정의하였다. MPLS에 기반한 VPN 서비스를 제공하는 서비스 사업자는 제안하는 프로토콜을 이용하여 VPN을 위한 동적 자동 자원예약 시그널링을 수행할 수 있다.

### >> 참고문헌

- [1] N.G. Duffield, P. Goyal, A. Greenberg, P. Mishra, K.K. Ramakrishnan, J. E. Van der Merwe, "A Flexible Model for Resource Management in Virtual Private Networks", Networking, IEEE/AC Sigcomm, 1999
- [2] N.G. Duffield, P. Goyal, A. Greenberg, P. Mishra, K.K. Ramakrishnan, J. E. Van der Merwe, "Resource Management With Hoses: Point-to-Cloud Services for Virtual Private Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.10, No.5, October 2002
- [3] F. Chiuissi, J. De Clercq, S. Ganti, W. Cheong Laum, B. Nandy, N. Seddigh, S. Van den Bosch, "Framework for QoS in Provider-Provisioned VPNs", draft-chiuissi-ppvpn-qos-framework-01.txt
- [4] Alpar Juttner, Istvan Szabo and Aron Szentesi, "On Bandwidth Efficiency of the Hose Resource Management Model in Virtual Private Networks", IEEE INFOCOM 2003,

- [5] Satish Raghunath, Kartikeya Chandrayana, Shivkumar Kalyanaraman, "Edge-Based QoS Provisioning for Point-to-Set Assured Services", ICC 2002, Vol.2, No.28, April 2002
- [6] A. Kumar, R. Rastogi, A. Silberschatz, B. Yener, "Algorithms for Provisioning Virtual Private Networks in the Hose Model", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.10, No.4, August 2002
- [7] PANupam Gupta, Jon Kleinberg, Amit Kumar, "Provisioning Private Network: A Network Design Problem for Multicommodity Flow", STOC 2001
- [8] Gustavo de Veciana, Sangkyu Park, Aimin sang and Steven Weber, "Routing and Provisioning VPNs based on Hose Traffic Models and/or Constraints", Conference on Communication Control & Computing, 2002
- [9] Thomas Erlebach, Maurice Ruegg, "Optimal Bandwidth Reservation in Hose-Model VPNs with Multi-Path Routing", INFOCOM, Vol.4, March 2004
- [10] Yu-Liang Liu, Yeali S.Sun, Meng Chang Chen, "MTRA: An On-Line Hose-Model VPN Provisioning Algorithm", Technical Report, 2004
- [11] D. Awduche, L. Berger, D. Gan, T. Li, V. Srinivasan, G. Swallow, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels", RFC3209, December 2001
- [12] R. Aggarwal, D. Papadimitriou, S. Yasukawa, "Extensions to RSVP-TE for Point to Multipoint TE LSPs", draft-ietf-mpls-rsvp-te-p2mp-02.txt, July 2005
- [13] Eric C. Rosen, Rahul Aggarwal, "Multicast in MPLS/BGP IP VPNs", draft-ietf-l3vpn-2547bis-mcast-00.txt, May 2005
- [14] R. Braden, L. Zhang, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Message Processing Rules", RFC 2209, September 1997

## >> 저자 소개



**변 해 선(HaeSun Byun)**

Email : ladybhs@ewhain.net

Tel : +82-2-3277-3507

Fax : +82-2-3277-2306

2001. 2 : 광주대학교 컴퓨터학과 학사

2003. 2 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 석사

2003.8~현재 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사과정

주 관심분야 : 광대역통합망, 가상사설망, 무선 이동 네트워크, 인터넷에서의 QoS 지원