

Hose 모델 VPN 서비스를 위한 NSIS 기반 자원 예약 프로토콜

변 해 선[†] · 이 미 정^{**}

요 약

본 논문에서는 NSIS(Next Step in Signaling) 시그널링 프로토콜을 기반으로 VPN(Virtual Private Network) QoS(Quality of Service) 서비스 모델인 Hose 모델 자원 준비(Resource Provisioning) 메커니즘에 따라 자원을 예약하고 관리하는 Hose-NSIS-QoS를 제안한다. 구체적으로 Hose-NSIS-QoS를 위한 NSIS 메시지 객체(Objects), QoS NSLP(NSIS Signaling Layer Protocol)/NTLP(NSIS Transport Layer Protocol)/RMF(Resource Management Function) 상태 테이블, NSIS 노드에서의 메시지 처리 과정을 정의하였다. 또한, MPLS 네트워크에서의 VPN의 Hose 기반 QoS 서비스 모델을 지원하기 위해 확장된 RSVP-TE(Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering)를 이용하는 시그널링 방안인 Hose-RSVP-TE-QoS와 본 논문에서 제안하는 방안인 Hose-NSIS-QoS를 비교하였다.

키워드 : 시그널링 프로토콜, NSIS, 가상사설망, 서비스 품질, 자원관리

An NSIS based Resource Reservation Protocol for Hose model VPN Service

Byun, Haesun[†] · Lee, Meejeong^{**}

ABSTRACT

In this paper, we define a Hose-NSIS-QoS, which reserves and manages resources according to the hose based resource provisioning mechanisms for supporting the VPN QoS(Quality of Service) using the NSIS(Next Step in Signaling) signaling protocol. Specifically, we specify the NSIS message objects, the structures of QoS NSLP(NSIS Signaling Layer Protocol)/NTLP(NSIS Transport Layer Protocol)/RMF(Resource Management Function) state tables and the processing of the signaling messages in NSIS nodes. Also, we compare the Hose-NSIS-QoS with the Hose-RSVP-TE-QoS that supports the hose based VPN QoS in the MPLS networks using the extended RSVP-TE mechanism.

Key Words : Signaling Protocol, Virtual Private Network, Quality of Service, Resource Management

1. 서 론

VPN(Virtual Private Network)은 인터넷과 같은 공중망을 이용하여 둘 이상의 네트워크를 안전하게 연결하는 가상사설망으로, 차세대 네트워크에서의 대표적인 서비스 중 하나로 각광받고 있다. VPN에서 QoS를 지원하기 위한 대표적 서비스 모델로는 Hose 모델이 있다. Hose 모델에서 Hose는 VPN CE(Customer Edge) 라우터를 서비스 제공자 네트워크의 PE(Provider Edge) 라우터에 연결하는 인터페이스이다. Hose

모델 기반으로 VPN QoS 서비스를 위한 자원 준비 메커니즘으로는 제공자 파이프(Provider Pipe), Hose-specific 상태 자원 준비, VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘이 제안된 바 있다[1].

VPN에서 Hose 모델 기반으로 QoS를 지원하기 위해서는 이들 자원준비 메커니즘들을 네트워크에 동적이고 자동적으로 적용할 수 있어야한다. 이를 위해 이들 자원준비 메커니즘에 따라 자원예약을 수행하는 프로토콜이 필요하다.

MPLS(Multiprotocol Label Switching) 네트워크를 위한 일반적인 자원예약 프로토콜로는 RSVP-TE(Resource ReSerVation Protocol Traffic Engineering)와 P2MP(Point-to-Multipoint) RSVP-TE가 제안된 바 있지만 [2,3], 이 두 프로토콜들은 Hose 모델 기반 자원준비 메커니즘에 적용하기에는 적당하지 않은 측면이 몇 가지 있다. 먼저, 제공자 파이프 자원준비 메커니즘은

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2007-(C1090-0701-0036))

† 준 회 원 : 이화여자대학교 과학기술대학원, 컴퓨터정보통신공학과 박사과정

** 정 회 원 : 화여자대학교 공과대학 컴퓨터정보통신공학과 교수
논문접수 : 2007년 6월 11일, 심사완료 : 2007년 10월 30일

RSVP-TE 메커니즘을 그대로 적용함으로써 구현할 수 있다. 그러나 Hose-specific 상태 자원 준비와 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘은 단순히 RSVP-TE 메커니즘을 적용함으로써 구현할 수 없다. RSVP-TE에서는 자원공유 옵션 중에 하나인 SE(Shared Explicit) 스타일을 이용하여 동일한 세션에 속하는 LSP들간 자원공유를 허용한다. 그런데 RSVP-TE의 세션 객체를 식별하는 요소 중 하나로 세션을 실행하고자 하는 터널의 진출 종단점 주소가 들어가기 때문에 결국 RSVP-TE를 이용한 자원공유는 터널의 진출 종단점이 동일한 LSP들간 자원 공유만이 지원 가능하다. 반면, Hose-specific 상태 자원 준비나 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘은 터널의 진출 혹은 진입 종단점이 동일하지 않는 LSP들 간의 자원 공유도 지원해야 한다.

P2MP RSVP-TE는 P2MP TE LSP 설정을 위해 RSVP-TE를 확장한 프로토콜로 멀티캐스트 트래픽 전송을 위한 자원예약을 수행한다[3]. P2MP RSVP-TE는 서로 다른 진입/진출 종단점을 가진 LSP들간 자원 공유를 지원할 수 있다는 측면에서는 Hose/VPN-specific 상태 자원준비 메커니즘 구현에 있어서 RSVP-TE보다 더 적합하지만, P2MP RSVP-TE는 멀티캐스트 데이터 전송을 목적으로 하므로 유니캐스트 전송을 위한 레이블 할당 및 스위칭이 이루어지지 않는다. 또한 Hose-specific 상태 자원 준비와 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에서 각 링크에 예약되어야 할 자원의 양을 계산하는 방식을 적용하지 못한다.

기존의 자원예약 프로토콜이 Hose 기반 VPN QoS를 지원하지 못하는 문제를 해결하기 위해 [4]와 [5]에서는 MPLS(MultiProtocol Label Switching) 네트워크상에 확장된 P2MP RSVP-TE(RSVP-Traffic Engineering)를 이용하여 자원을 예약하는 방안(이하에서 이를 Hose-RSVP-TE-QoS로 부르기로 함)과 이 자원예약 프로토콜을 사용하여 VPN-specific 상태 자원준비 프로비저닝을 따라 자원을 예약할 때 발생하는 자원 사용의 비공정성 문제를 해결하기 위해 각 VPN 사이트의 Hose 대역폭에 따라 공정하게 자원을 활용할 수 있게 하는 패킷 스케줄링 기법을 제안하였다. 그러나 [4],[5]에서 제시된 방안은 MPLS 네트워크에서만 사용할 수 있는 한계점을 가지고 있어서 차세대 통합 네트워크 환경에 적용하기에는 부적절하다. 즉, [4],[5]의 방안에서는 자원예약 프로토콜 메시지 내에 Point-to-Point LSP 별 MPLS 레이블을 포함하여 전달하고 VPN 트래픽 전달 시 MPLS 레이블에 따라 데이터 전송이 이루어진다. 그러나 일반적으로 VPN에서 사이트들은 여러 지역에 흩어져 있으며, 각 사이트들간 가상 연결을 위해 하나 이상의 다양한 네트워크 도메인을 거쳐 통신할 수도 있기 때문에 특정 MPLS 네트워크에서만 사용할 수 있는 [4],[5]의 방안은 다양한 네트워크로 구성된 차세대 네트워크에서 VPN QoS를 지원하기 위한 종단간 자원예약을 위해 사용할 수 없다. 따라서 차세대 네트워크를 위한 범용의 시그널링 프로토콜인 NSIS(Next Step in Signaling)를 사용하여 네트워크 도메인의 종류에 제한 없이 VPN QoS를 지원해 줄 수 있는 모델에 관한 연구가 필요하다.

이에, 본 논문에서는 Hose-NSIS-QoS를 제안한다. 제안하는 Hose-NSIS-QoS는 VPN Hose QoS를 지원하는 자원 준비 메커니즘들 가운데, 자원공유 효율성이 높은 Hose-specific과 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 따라 NSIS 프로토콜을 이용하여 자원을 예약하고 관리할 수 있게 하는 모델이다. NSIS 프로토콜은 차세대 네트워크를 위한 범용의 시그널링 프로토콜로 현재 IETF(Internet Engineering Task Force)의 NSIS워킹 그룹에서 이에 대한 표준화 작업을 진행하고 있는 가운데[6], 우선적으로 NSIS 프로토콜을 QoS(Quality of Service) 지원을 위한 시그널링 프로토콜로 사용하는 방안에 대해 활발히 연구하고 있다[7]. 본 논문에서는 VPN Hose QoS를 지원하기 위해 NSIS 프로토콜을 사용하는 경우, 추가적으로 요구되는 NSIS 메시지 객체(Object), QoS NSLP(NSIS Signaling Layer Protocol)/NTLP(NSIS Transport Layer Protocol)/RMF(Resource Management Function) 상태 테이블, 시그널링 메시지 처리 과정을 자세히 정의하였다. 또한, Hose-RSVP-TE-QoS와 제안하는 방안인 Hose-NSIS-QoS에 대해 추가적으로 발생하는 오버헤드 측면에서 비교하였다.

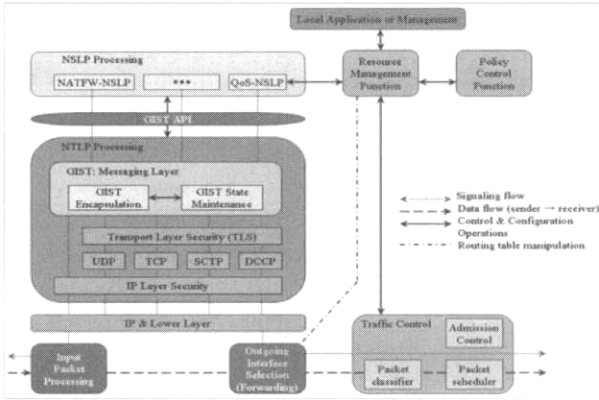
본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어, 2장에서는 관련연구로서 NSIS 프로토콜과 VPN Hose 서비스를 위한 자원 준비 메커니즘에 대해 간단하게 설명한다. 3장에서는 제안하는 방안에 대해 자세히 설명하고, 4장에서는 Hose-RSVP-TE-QoS와 제안하는Hose-NSIS-QoS를 비교한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

이 장에서는 제안하는 Hose-NSIS-QoS에서 자원 예약을 위한 시그널링 프로토콜로 사용하는 NSIS 프로토콜의 시그널링 프레임워크와 VPN Hose QoS를 지원하는 자원 준비 메커니즘인 Hose-specific과 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 대해 설명한다.

2.1 NSIS

(그림 1)은 NSIS 시그널링의 프레임워크를 보여준다. NSIS는 다양한 종류의 시그널링 어플리케이션을 지원하는 NSLP 계층과 시그널링 어플리케이션에 독립적으로 시그널링 메시지를 전달하는 역할을 수행하는 NTLP 계층으로 나뉘어진다. 현재, NSLP 계층에는 QoS 시그널링을 지원하기 위한 QoS NSLP[7]와 NAT/Firewall 시그널링을 지원하기 위한 NATFW NSLP[8] 등이 정의되어 있다. NTLP 계층은 NSLP 계층 하단에 위치하며, GIST(General Internet Signaling Transport) API를 통해 NSLP와 서로 통신한다. NTLP는 NSLP 종류에 상관없이 데이터 경로 상에 위치한 피어(peer) 간 업스트림(upstream), 다운스트림(downstream) 통신으로 시그널링 메시지를 전달하는 역할을 수행한다. 이러한 NTLP를 위한 하나의 구체적인 솔루션으로 GIST(General Internet



(그림 1) NSIS 시그널링의 프레임워크

Signaling Transport)가 제안되었다[9]. GIST에서는 다양한 어플리케이션의 NSLP 메시지를 일관되게 처리하기 위해 전송 프로토콜과 보안 프로토콜을 기반으로 하여 캡슐화를 수행한다.

QoS 시그널링을 지원하기 위한 NSIS 프로세싱은 로컬 어플리케이션 또는 관리 개체(Management Entity)에서 QoS를 요청하거나, 업스트림 피어로부터 QoS 시그널링 메시지를 받음으로 시작된다. 로컬 어플리케이션 또는 관리 개체가 QoS를 요청하는 경우, QoS 요청에 대한 요구사항이 RMF에게 전달된다. 업스트림 피어로부터 시그널링 메시지를 받은 경우, 진입 패킷 프로세싱(input packet processing)에 의해 먼저 GIST에게 전달된다. GIST는 QoS 시그널링 메시지에 상응하는 QoS NSLP가 있으면 NSLP 계층으로 시그널링 메시지를 전달한다. QoS NSLP는 RMF에게 QoS 요구사항 및 제어 관련 정보를 전달한다. RMF가 로컬 어플리케이션, 관리 개체 또는 QoS NSLP로부터 QoS 요구사항 및 제어 관련 정보를 받으면, 자원승인(grant) 및 자원구성을 수행한다. 이때, 자원 승인 여부 결정(decision)은 정책 제어(Policy Control)와 승인 제어(Admission Control) 모듈에 따라 처리된다. 정책 제어 모듈은 자원 예약의 권한부여를 결정하고, 승인 제어 모듈은 요청한 QoS를 충분히 지원할 수 있는지를 결정한다. 결정 모듈에 의해 자원승인이 완료되면 트래픽 제어(Traffic Control)의 패킷 분류자(Packet Classifier)와 링크 계층의 인터페이스에 QoS 매개변수를 설정(setting)한다.

자원 구성이 완료되면 QoS NSLP은 자원 예약과 관련된 시그널링 메시지를 생성하고 처리하는 역할을 수행한다. 자원 예약과 관련된 시그널링 메시지 종류로는 데이터 경로 상에 자원의 상태를 파악하는 QUERY, 자원 예약을 요청하는 RESERVE, 자원 예약 완료를 알리는 RESPONSE, 오류 상태에 연관된 결과를 제공하는 NOTIFY가 있다. QoS NSLP에 의해서 구성된 시그널링 메시지는 GIST API를 통해 NTLF 계층으로 전달된다. NTLF 계층의 GIST에서는 전달 경로의 다운스트림 피어에 대한 라우팅 상태 정보를 구성한 후 시그널링 메시지를 다운스트림 피어에게 전달한다.

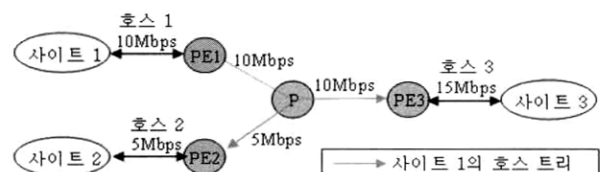
2.2 VPN Hose 서비스를 위한 자원 준비

Hose는 각각의 VPN 사이트를 서비스 제공자 네트워크에 연결하는 인터페이스를 의미한다. Hose 모델에서는 QoS 요구사항으로 VPN 사이트에서 서비스 제공자 네트워크로 내보내고 받아들일 수 있는 총 트래픽의 양과 성능기대치를 명시한다. Hose 모델은 VPN 고객의 QoS 요구사항 명시가 용이하고, Hose를 통해 유입되는 VPN 사용자 트래픽이 동일 VPN에 속하는 사이트 중 어느 곳이라도 전송될 수 있으므로 사용에 있어서 유연성을 제공한다. 그리고 일반적으로 VPN 종단점 간 파이프에 대해 자원을 예약하는 고객 파이프(Customer Pipe) 모델이 필요로 하는 대역폭의 합보다는 Hose에 대해 적은 양의 대역폭을 구입해도 되므로 사용자가 액세스 링크에서의 다중화 이점을 취할 수 있다.

Hose 모델은 여러 가지 장점을 제공하지만, 네트워크 서비스 제공자의 입장에서는 간단해진 VPN 고객의 QoS 요구사항 명세를 가지고 네트워크 자원을 준비해야 하기 때문에 효율적인 자원 준비 및 자원관리 메커니즘이 요구된다. 진술한 바와 같이, Hose 모델을 위한 자원 준비 메커니즘으로는 제공자 파이프(Provider Pipe), Hose-specific 상태 자원 준비, VPN-specific 상태 자원 준비 등이 제안된 바 있다[1]. 제공자 파이프는 서비스 제공자의 PE 간에 디폴트 최단 경로를 따라 제공자 파이프를 설정한다. 각 제공자 파이프에는 그 제공자 파이프의 진입 Hose로부터 유입될 수 있는 트래픽 전체가 해당 제공자 파이프의 진출 Hose로 모두 나가는 최악의 경우에 해당하는 트래픽 분포를 가정하고 자원을 할당하며 파이프간 자원 공유를 고려하지 않는다. 반면, Hose-specific과 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘은 Hose 또는 VPN 차원에서 자원 공유를 고려하여 예약될 자원의 양을 계산하기 때문에 제공자 파이프 메커니즘보다 자원공유 효율성이 높다. 따라서 제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서는 적용할 자원 준비 메커니즘의 대상으로 Hose-specific과 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 고려하였다. 이 섹션에서는 Hose-specific과 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 대해 설명한다.

2.2.1 Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘

Hose-specific 상태 자원 준비에서는 자원공유 가능성과 Hose-specific 상태 정보를 활용하여 네트워크에서 VPN을 위해 할당해야 하는 자원 양을 감소시킨다. Hose-specific 상태 자원 준비에서는 (그림 2)에서와 같이 VPN의 각 진입 Hose가 연결되어 있는 PE를 루트로 하여 그 Hose 트래



(그림 2) Hose-specific 상태 자원 준비에서 사이트 1의 Hose 트래를 위한 자원할당

획의 목적지가 될 수 있는 모든 진출 Hose들이 연결되어 있는 PE에 이르는 트리(이하에서 이를 Hose 트리라 부르기로 함)를 형성한다. 그리고 Hose 트리의 진입, 진출 Hose 매개변수들의 정보와 함께 Hose 트리를 구성하는 PE 간 제공자 파이프들이 자원을 공유할 수 있음을 고려하여 Hose 트리 상의 각 링크에 예약되는 자원의 양을 결정한다. 구체적으로 Hose-specific 상태 자원 준비에서는 각 링크에 Hose 트리별로 자원을 예약하며, 특정 Hose 트리를 위해 예약하는 자원의 양은 그 Hose 트리의 진입 Hose 크기와 진출 Hose들 크기의 합 중 더 적은 값에 해당한다.

2.2.2 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘

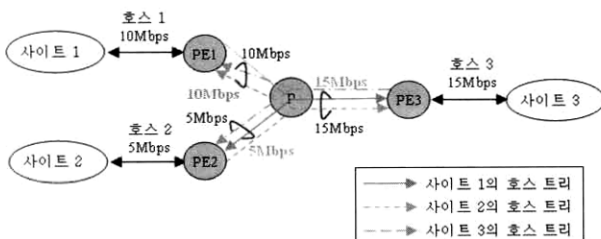
VPN-specific 상태 자원 준비에서는 (그림 3)에서와 같이 VPN을 구성하는 모든 Hose들의 매개변수 정보를 동시에 고려하고, 해당 VPN을 서비스하는 PE들을 모두 연결하는 그래프 혹은 트리 상에 예약되는 자원은 그 VPN에 속하는 모든 Hose 트리들에 의해서 공유할 수 있음을 고려하여 예약될 자원의 양을 결정함으로써 한층 더 VPN을 위해 할당하는 자원의 양을 감소시킨다. 구체적으로 VPN-specific 상태 자원 준비에 의해 임의의 링크에 특정 VPN을 위해 예약되는 자원의 양은 그 링크를 경유하는 해당 VPN의 모든 Hose 트리들의 진입 Hose 크기의 합과 진출 Hose 크기 합 중 더 적은 값에 해당하는 값이 된다.

3. 제안하는 Hose-NSIS-QoSM

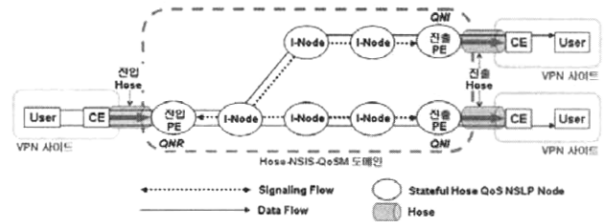
이 장에서는 제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서의 세션과 플로우의 개념, 시그널링 메시지 형태, 시그널링 메시지 프로세싱 및 상태 테이블 관리, VPN 데이터 전송 과정에 등에 대해 설명한다.

3.1 Hose-NSIS-QoSM에서의 세션과 플로우

(그림 4)는 VPN과 Hose-NSIS-QoSM 도메인에서의 컴포넌트들을 보여주고 있다. (그림 4)에서 보는 바와 같이, 각각의 VPN 사이트 내의 CE 라우터는 서비스 제공자 네트워크의 PE 라우터와 Hose 인터페이스를 통해 연결되어 있다. Hose 인터페이스는 CE로부터 PE로 가는 방향의 진입 Hose 인터페이스와 PE로부터 CE로 가는 방향의 진출 Hose 인터페이스로 구분된다. Hose-NSIS-QoSM 도메인은 진입



(그림 3) VPN-specific 상태 자원 준비에서의 자원할당



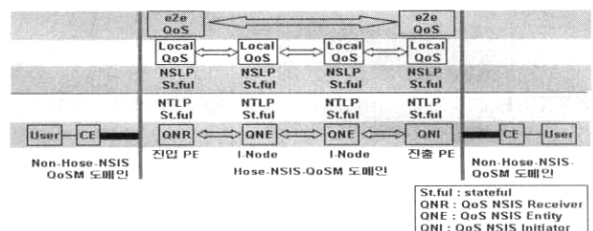
(그림 4) VPN과 Hose-NSIS-QoSM 도메인에서의 컴포넌트

PE부터 진출 PE까지이며, 이 도메인 내의 NSIS 노드들 즉, 진입 PE, I-Node, 진출 PE는 Hose-NSIS-QoSM을 기반으로 VPN QoS를 제공한다. Hose 인터페이스부터 VPN 사이트 내 종단 사용자(user)까지는 Hose-NSIS-QoSM을 사용하는 구간이 아니며, VPN 사이트 내 트래픽에 대하여 VPN 사용자별 또는 클래스별 QoS를 제공해 주기 위해 VPN 정책에 따라 NSIS 시그널링 프로토콜을 이용한 RMD 메커니즘 등을 사용할 수 있다.

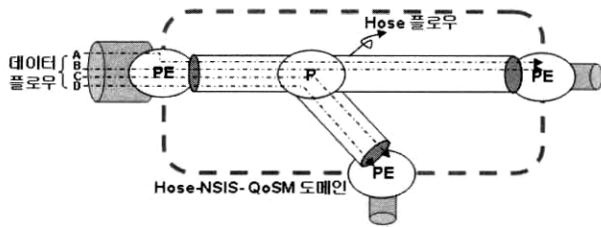
Hose-NSIS-QoSM에서 세션(session)의 정의는 하나의 PE(진입 PE)와 동일 VPN을 서비스 하는 나머지 모든 PE (진출 PE)들 사이에서 설립되는 P2MP(Point-to-MultiPoint) 세션을 의미한다. P2MP 세션은 각각의 진입 Hose 별로 하나씩 설립되기 때문에 이후부터는 Hose 세션이라 부르기로 한다. Hose 세션은 하나의 SESSION_ID를 가진다. 만약, 한 진입 PE가 동일한 VPN에 속하는 하나 이상의 진입 Hose 인터페이스를 가지고 있다면, 그 진입 PE에 대해서는 하나 이상의 Hose 세션이 만들어지며, 이들 Hose 세션도 각각의 SESSION_ID를 가진다. 따라서 SESSION_ID는 Hose 세션을 구분하는 식별자이다.

Hose-NSIS-QoSM에서는 VPN 사이트 내 종단 사용자간 자원을 예약을 위한 시그널링 메시지의 전달은 고려하지 않으며, VPN에 대한 자원 예약을 위해 Hose-NSIS-QoSM 도메인에서 PE들간 전달되는 시그널링 메시지만 고려한다. 따라서 Hose-NSIS-QoSM에서 시그널링 플로는 각 진입 PE와 동일한 VPN을 서비스하는 모든 진출 PE들간 전달되는 시그널링 메시지들의 집합으로 정의한다.

(그림 5)는 Hose-NSIS-QoSM에서의 상태정보 프로세싱을 위한 프로토콜 모델을 보여주고 있다. 진입 PE와 진출 PE를 포함한 Hose-NSIS-QoSM 도메인 내 모든 NSIS 노드들은 시그널링 플로우의 전달을 위해 NSLP와 NTLP 상태 정보를 유지한다.



(그림 5) Hose-NSIS-QoSM에서의 상태 정보 프로세싱을 위한 프로토콜 모델



(그림 6) 데이터 플로우와 Hose 플로우의 관계

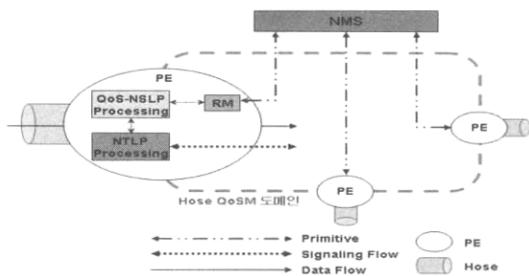
데이터 플로우는 VPN 사이트 내 중단 사용자인 데이터 송신자로부터 진입 Hose를 통해 Hose-NSIS-QoSM 도메인으로 들어오며, 진출 Hose를 통해 데이터 수신자에게 전달되는 일반적인 마이크로 플로우를 의미한다. 이러한 마이크로 플로우들이 Hose-NSIS-QoSM 도메인 내로 진입하면 Hose 플로우로 변환된다. 즉, 진입 PE는 데이터 패킷을 받으면 IP-in-IP 캡슐화를 수행하여 Hose 플로우로 변환시킨다. (그림 6)은 마이크로 플로우와 Hose 플로우의 관계를 도식화 한 그림이다. Hose 플로우는 하나의 진입 PE와 동일한 VPN을 서비스하는 여러 진출 PE들 간 전달되는 마이크로 플로우들의 집합이다.

3.2 NMS(Network Management Server)로부터의 Hose QoS 요구

(그림 7)은 Hose-NSIS-QoSM 도메인내 네트워크 관리 서버인 NMS와 PE들 간 상관관계를 보여주고 있다. NMS는 동일한 VPN을 서비스하는 PE들에게 프리미티브(primitive)를 전달한다. 프리미티브 정보로는 Hose 요구사항, VPN ID, 명시적 경로(Explicit Route), 적용할 자원 준비 메커니즘 등이 포함되어 있다.

Hose 요구사항은 PE가 CE와 진입 및 진출 Hose 인터페이스를 설정하는데 사용되며, 또한 Hose-NSIS-QoSM 도메인 내 자원 예약을 요청하기 위해 QUERY 메시지에 포함되는 QSPEC 정보로 사용된다.

VPN ID는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 따라 자원을 예약 할 때, 동일한 VPN에 속하는 Hose 플로우들이 그 VPN을 위해 예약된 자원을 공유하도록 하기 위해 사용된다. 즉, Hose-NSIS-QoSM 도메인 내 라우터들은 시그널링 메시지에 포함되어 있는 VPN ID를 보고 동일한 VPN에 속하는 Hose 플로우들이 그 VPN을 위해 예약된 자원을 공유하도록 설정한다.



(그림 7) 도메인 네트워크 관리 서버(NMS)와 PE들간 관계

명시적 경로는 데이터 플로우가 전달되는 네트워크상에 효율적으로 자원공유를 지원할 수 있는 경로를 명시하고 있다. NMS는 중앙 집중 방법(Centralized way)으로 효율적으로 자원공유를 지원할 수 있는 명시적 경로를 결정하여 동일한 VPN을 서비스하는 PE들에게 전달한다. [10]은 중앙 집중 방법으로 명시적 경로를 결정하는 방법 및 이에 대한 효율성 입증에 대한 연구를 소개하였다.

마지막으로, 적용할 자원 준비 메커니즘 정보는 Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 사용할 것인지 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 사용할 것인지를 명시하고 있다. 이 정보는 VPN 고객과 서비스 제공자간 SLA에 의해 미리 협상된다.

3.3 Hose-NSIS-QoSM에서의 메시지 프로세싱

이 섹션에서는 Hose-NSIS-QoSM을 서비스하는 노드들 간 전달되는 시그널링 메시지의 형태, NSLP/NTLP/RMF 상태 정보 테이블, 시그널링 메시지 프로세싱 과정을 자세히 설명한다.

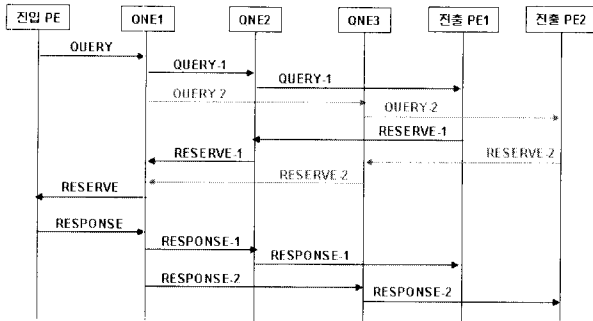
3.3.1 QUERY 메시지

NSIS에서의 자원 예약을 위한 시그널링 전송 타입에는 데이터 송신자가 RESERVE 메시지를 전송하는 송신자 시작 예약 방법과 데이터 수신자가 RESERVE 메시지를 전송하는 수신자 시작 예약 방법이 있다.

제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서는 진출 PE가 RESERVE 메시지를 생성하는 수신자 시작 예약 방법을 사용하는 것으로 가정하여 설명한다. Hose-NSIS-QoSM에서 수신자 시작 예약 방법을 사용하는 경우, 데이터 경로에 있는 모든 NSIS 노드들은 진입 Hose와 진출 Hose 대역폭을 다 함께 고려하여 링크에 예약할 자원의 양을 계산한다. 다시 말해, Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 이용하는 경우, 시그널링 메시지를 송신하는 PE의 진입 Hose 대역폭과 시그널링 메시지를 수신하는 진출 Hose들의 대역폭을 고려하여 링크에 예약할 자원의 양을 계산한다. VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 이용하는 경우, 동일 VPN에 속하는 해당 링크를 사용하는 모든 진입 Hose들과 진출 Hose들의 대역폭을 모두 동시에 고려하여 링크에 예약할 자원의 양을 계산한다.

만약, 송신자 시작 예약 방법을 사용하는 경우라면 NMS가 동일한 VPN을 서비스하는 PE들에게 각 PE의 진입 Hose 대역폭과 진출 Hose 대역폭을 전달해야 한다. NMS로부터 프리미티브를 받은 진입 PE는 QUERY 메시지의 송신 없이 RESERVE 메시지를 보낼 때 진입 Hose 대역폭과 진출 Hose 대역폭을 고려한 자원 예약을 수행한다.

(그림 8)은 Hose-NSIS-QoSM에서의 NSIS 노드간 시그널링 메시지가 전달되는 과정을 간략하게 보인 그림이다. [7]의 정의에 따르면, NSIS에서는 시그널링 메시지의 방향과 상관없이 RESERVE 메시지를 생성하는 노드가 QNI(QoS NSIS Initiator)이고, RESPONSE 메시지를 생성하는 노드가 QNR(QoS NSIS Receiver)이다. 따라서

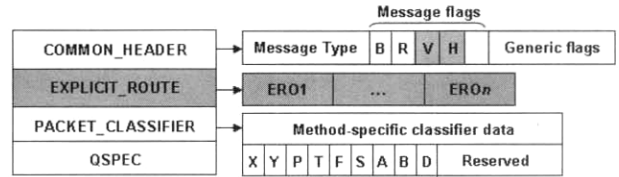


(그림 8) 시그널링 메시지 전달 과정

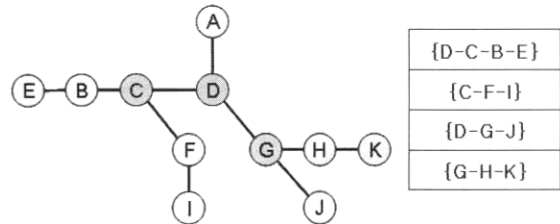
Hose-NSIS-QoSM에서 진입 PE는 QUERY 메시지를 생성하여 전달하고, RESERVE 메시지를 받았을 때 이에 대한 응답으로 RESPONSE 메시지를 생성하여 전달하는 QNR의 역할을 담당한다. 진출 PE는 QUERY 메시지를 받았을 때, 자원을 예약하기 위해 RESERVE 메시지를 생성하여 전달하는 QNI 역할을 담당한다. RESERVE 메시지가 진입 PE를 향해 전달되는 도중 이 RESERVE 메시지를 받은 NSIS 노드들(QNE:QoS NSIS Entity)은 Hose 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 따라 진출 PE 방향의 링크에 자원을 예약한다.

시그널링 메시지의 생성 및 전달과정은 구체적으로 다음과 같이 이루어진다. NMS로부터 프리미티브 정보를 전달받은 PE들은 프리미티브 정보 내 Hose 요구사항에 따라 CE와 진입/진출 Hose 인터페이스를 설정한다. 그리고 진입 PE들은 프리미티브 정보를 기반으로 하여 QUERY 메시지를 생성한다. QUERY 메시지의 형태는 (그림 9)와 같이 [7]에서 정의된 COMMON_HEADER, PACKET_CLASSIFIER, QSPEC 객체와 함께 제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서 추가적으로 요구되는 EXPLICIT_ROUTE 객체를 포함한다. 또한, COMMON_HEADER의 Message flags에는 적용할 자원 준비 메커니즘을 표시하기 위해 V 플래그와 H 플래그를 새롭게 정의하였다. (그림 9)에서 음영으로 표시된 부분이 Hose-NSIS-QoSM에서 새롭게 정의된 객체 및 플래그를 나타낸다.

COMMON_HEADER 객체는 메시지의 타입을 나타내는 Message Type 필드, 메시지 타입에 따라 다르게 정의되는 Message flags, 모든 메시지에 공통적으로 적용되는 Generic flags로 구성된다. 전술한 바와 같이, QUERY 메시지의 Message flag에는 V 플래그와 H 플래그를 새롭게 정의하였다. V 플래그는 NSIS 노드들에게 VPN-specific 자원 준비 메커니즘을 적용하도록 하기 위해 사용되고, H 플래그는 Hose-specific 자원 준비 메커니즘을 적용하도록 하기 위해 사용된다. 이들 플래그들은 NMS로부터 전달받은 적용할 자원 준비 메커니즘 정보를 기반으로 설정된다. R 플래그는 메시지 수신자가 QUERY 메시지를 받았을 때 RESERVE 메시지를 생성해야 한다는 것을 알리기 위해 사용된다. Hose-NSIS-QoSM에서 진입 PE는 항상 R 비트를 1로 설정해 진출 PE가 RESERVE 메시지를 보내도록 해야 한다.



(그림 9) QUERY 메시지의 형태



(그림 10) EXPLICIT ROUTE의 예

EXPLICIT_ROUTE 객체는 QUERY 메시지의 명시적인 경로를 표현하기 위해 사용되는 객체이며, EXPLICIT_ROUTE 객체에 들어가는 명시적 경로는 NMS로부터 전달 받는다. EXPLICIT_ROUTE 객체의 형태와 전달 메커니즘은 [3]에서 정의된 것을 사용한다.

(그림 10)은 EXPLICIT_ROUTE 객체 구성 형태의 한 예를 보여주고 있다. EXPLICIT_ROUTE 객체의 각 첫 번째 노드가 분기(branch) 노드가 된다. 분기 노드는 QUERY 메시지를 받으면 분기되는 경로 상으로 각각의 QUERY 메시지를 보낸다. 예를 들어, 분기 노드 D는 노드 C에게 보내는 QUERY 메시지에 {C, B, E}, {C, F, I} 두 개의 EXPLICIT_ROUTE 객체를 포함하여 전달한다. 또한, 노드 G에게 {G, J}, {G, H, K} 두 개의 EXPLICIT_ROUTE 객체를 포함한 QUERY 메시지를 전달한다. 최종적으로 QUERY 메시지는 동일한 Hose 세션에 속하는 모든 진출 PE들에게 전달된다.

PACKET_CLASSIFIER 객체는 QoS NSLP에서 분류자(Classifier)로 사용되는 값이다. 제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서는 진입 PE의 주소, 진출 PE의 주소 리스트, 포트 번호, 플로우 레이블을 분류자의 일부로 사용하기 때문에 Method-specific classifier data 필드에 플로우 레이블을 반드시 포함해야 하고, 이를 인식해야 한다는 것을 알리기 위해 X(소스 주소와 프리픽스), Y(목적지 주소와 프리픽스), F(플로우 레이블), A(소스 포트번호), B(목적지 포트번호) 플래그를 1로 설정해야 한다.

PACKET_CLASSIFIER가 패킷 분류에 어떻게 활용되는지에 대해서는 RESERVE 메시지를 받았을 때 처리되므로 3.3.2의 RESERVE 메시지 수신 과정에서 설명한다.

마지막으로 QSPEC(QoS specification) 객체는 NMS로부터 전달 받은 진입 Hose의 QoS 대역폭을 명시한다. 즉, QSPEC에는 <QoS Desired>와 <Minimum QoS>가 명시되며 QSPEC 형태는 [11]에 정의된 것을 따른다.

SESSION_ID
FLOW_ID
SII-Handle for each upstream and downstream peer
RSN from the upstream peer
The latest local RSN
List of RII for outstanding responses with processing information
State lifetime
List of bound sessions
Scope of the signaling

(그림 11) NSLP 상태 테이블의 구조

진입 PE의 QoS NSLP는 QUERY 메시지의 생성과 함께 NSLP 상태 테이블에 현재 세션에 대한 엔트리를 생성한다. (그림 11)은 [7]에서 정의된 NSLP 상태 테이블 구조를 보인 것이다. NSLP 상태 테이블은 세션이 유지되는 동안 지속적으로 저장하고 있어야 하는 정보들과 메시지를 처리하기 위해 임시적으로 필요한 API 파라미터들을 저장하는데 사용된다. (그림 11)에서 음영으로 표시된 부분이 Hose-NSIS-QoSM을 위해 유지해야 하는 정보가 달라지는 필드들이다.

SESSION_ID는 NSLP 상태 테이블의 기본 키로 Hose 세션 ID를 저장한다. FLOW_ID에는 각 Hose 플로우를 구별하기 위한 정보로서 송신자 주소에 진입 PE, 수신자 주소에 진출 PE의 주소 리스트, Hose 플로우에 할당된 플로우 레이블 등을 저장한다. SII(Source Identification Information)-Handle 필드는 명시적으로 업스트림 피어와 다운스트림 피어를 핸들하는 필드이며 RSVP에서 RSVP-HOP 필드(예, Next Hop, Previous Hop)의 역할과 같다. Hose-NSIS-QoSM에서는 분기 노드의 경우 QUERY 메시지가 하나 이상의 다운스트림 피어에게 전달되므로 다운스트림 피어를 위한 SII-Handle이 리스트로 저장된다. 그 밖의 필드들은 [7]의 정의에 따라 유지해야 하는 정보들이다.

진입 PE의 QoS NSLP는 NSLP 상태 테이블 엔트리 생성 후, NTLT 계층으로 QUERY 메시지를 전달한다. 이때, QUERY 메시지(NSLP-Data)와 함께 NSLP-Data-Size, NSLP-Message-Handle, NSLP_ID, SESSION_ID, MRI (Message Routing Information), SII-Handle 등의 정보도 함께 전달한다[7].

NTLT 계층에서는 QoS NSLP로부터 받은 프리미티브 정보를 기반으로 GIST 라우팅 상태 테이블에 엔트리를 생성한다. GIST 라우팅 상태 테이블의 엔트리는 MRI, SESSION_ID, NSLP_ID를 기본 키로 하여 생성되며 (그림 12)와 같은 형태를 가진다[9]. (그림 12)에서 음영으로 표시된 부분이 Hose-NSIS-QoSM을 위해 유지해야 하는 정보가 달라지는 필드들이다. MRI는 송신자 주소로 진입 PE 주소, 수신자 주소 필드에는 나가는(Outgoing) 인터페이스를 통해 전달될 수 있는 명시적 경로의 마지막 노드인 진출 PE의 주소 리스트, 플로우 레이블 등이 저장되고, SESSION_ID에는 Hose 세션 ID가 저장된다. 분기 노드의 경우 진출 PE를

* MRI
* SESSION_ID
* NSLP_ID
Peer identity
UDP port number
Reference to one or more MAs

(그림 12) GIST 라우팅 상태 테이블

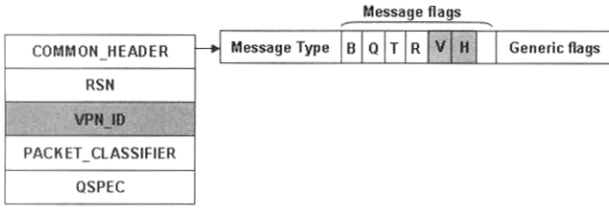
향해 보내는 QUERY 메시지가 하나 이상이므로 GIST 라우팅 상태 테이블 엔트리도 진출 PE들로 향하는 다운스트림 피어들에 대해 각각 하나씩 생성된다. 이때, GIST 라우팅 상태 테이블에 MRI에는 각 QUERY 메시지가 나가는 인터페이스를 통해 전달될 수 있는 명시적 경로의 마지막 노드인 진출 PE의 주소가 리스트로 저장된다. (그림 10)을 예로 설명하면, 분기 노드 D는 두 개의 GIST 라우팅 테이블을 갖게 되며, 첫 번째 GIST 라우팅 상태 테이블의 MRI에는 송신자 주소로 {A}, 수신자 주소로 {E, I}, 플로우 레이블이 저장된다. 두 번째 GIST 라우팅 상태 테이블의 MRI에는 송신자 주소로 {A}, 수신자 주소로 {J, K}, 플로우 레이블이 저장된다.

진입 PE는 QoS NSLP로부터 받은 NSLP-Data에 GIST 헤더를 추가한 QUERY 메시지를 명시적 경로를 따라 다음 노드에게 전달한다. 명시적 경로상에 있는 모든 NSIS 노드들은 QUERY 메시지를 받으면 3.3.1에서 설명한 NSLP/GIST 동작을 반복하여 수행하고, 최종적으로 QUERY 메시지는 진출 PE에게 전달된다.

3.3.2 RESERVE 메시지

각 진출 PE들은 QUERY 메시지를 받으면 업스트림 피어에게 보낼 RESERVE 메시지를 생성한다. 제안하는 Hose-NSIS-QoSM에서의 RESERVE 메시지는 (그림 13)과 같은 형태를 갖는다. RESERVE 메시지의 형태는 [7]에서 정의된 COMMON_HEADER, RSN, PACKET_CLASSIFIER, QSPEC 객체와 함께 Hose-NSIS-QoSM에서 새롭게 추가한 VPN_ID, RECORD_ROUTE 객체를 포함한다. 또한, QUERY 메시지의 COMMON_HEADER에서와 유사하게 Message flags에는 적용할 자원 준비 메커니즘을 표시하기 위해 V 플래그와 H 플래그를 새롭게 정의하였다. (그림 13)에서 음영으로 표시된 부분이 Hose-NSIS-QoSM을 위해 RESERVE 메시지에 대해 새롭게 정의된 객체 및 플래그를 나타낸다.

RSN은 RESERVE 메시지의 순서번호이다. VPN_ID는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 사용하는 경우, 동일한 VPN에 속하는 Hose 플로우들이 자원을 공유하도록 하기 위해 사용된다. VPN_ID는 VPN별 고유한 ID를 부여하기 때문에 각 VPN의 식별자로 사용되며 NMS로부터 할당받는다. Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 이용하



(그림 13) RESERVE 메시지의 형태

는 경우에는 VPN별 자원 공유를 고려하지 않기 때문에 VPN_ID를 포함하지 않아도 된다. PACKET_CLASSIFIER는 QUERY 메시지의 PACKET_CLASSIFIER을 그대로 복사한다. 마지막으로, RESERVE 메시지의 QSPEC에는 QUERY 메시지에 포함되어 있던 <QoS Desired>, <Minimum QoS> 및 업스트림 피어와 RESERVE 메시지를 생성하는 피어 사이에 있는 링크상에 예약해야 할 대역폭 양인 <QoS Available>이 들어간다. <QoS Available>은 RMF가 계산하여 QoS NSLP에게 전달한다.

진출 PE의 QoS NSLP는 RMF가 <QoS Available>을 계산하고, RMF 상태 관리 테이블을 유지하도록 하기 위해 VPN_ID, SESSION_ID, QSPEC, PACKET_CLASSIFIER, 업스트림 피어, COMMON_HEADER의 H 플래그와 V 플래그 상태 정보를 전달한다. RMF는 이들 정보를 RMF 상태 테이블에 저장하는데, 이때 RMF 상태 테이블은 H 플래그와 V 플래그 상태 정보 즉, Hose-specific 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 따라 다르게 구성된다. (그림 14)와 (그림 15)는 Hose-NSIS-QoSM에서 각각의 메커니즘에 따라 새롭게 정의한 RMF 상태 테이블을 보여준다. (그림 14)에서와 같이, Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우 Hose 세션별 자원 예약이 이루어지기 때문에 RMF 상태 테이블을 세션별로 유지하고, (그림 15)에서와 같이, VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우 세션별로 유지해야 하는 정보와 VPN 별로 유지해야 하는 정보를 구분하여 유지한다. 각 RMF 상태 테이블에는 각각 SESSION_ID, Upstream Peer, <QoS Desired>, <Minimum QoS>, Out Interface, <QoS Available>, <QoS Reserved>가 유지된다. 이때, 진출 PE가 둘 이상의 진출 Hose를 가지고 있는 경우에는 RMF 테이블의 Out Interface는 진출 인터페이스별로 <QoS Available>과 <QoS Reserved>을 유지한다. VPN_ID는 VPN-specific RMF 상태 테이블에만 포함된다.

진출 PE의 RMF는 QoS NSLP로부터 받은 VPN_ID, SESSION_ID, 업스트림 피어 정보를 RMF 상태 테이블에 저장하고, RMF 상태 테이블의 진출 Hose가 설립된 인터페이스 번호에 해당하는 행의 <QoS Desired>와 <Minimum QoS>에는 QUERY 메시지를 통해서 얻은 QSPEC의 <QoS Desired>와 <Minimum QoS>을 저장하며, <QoS Available>에는 진출 Hose의 대역폭 값을 저장한다. <QoS Reserved>에는 추후에 RESPONSE 메시지를 받았을 때 RESPONSE 메시지에 들어있는 <QoS Reserved>을 저장한다.

SESSION_ID		
Upstream Peer		
QoS Desired		
Minimum QoS		
Out Interface 1	QoS Available	QoS Reserved
...
Out Interface n	QoS Available	QoS Reserved

(그림 14) Hose-specific RMF 상태 테이블

VPN_ID	VPN_ID		
SESSION_ID	Out Interface 1	QoS Available	QoS Reserved
Upstream Peer
QoS Desired
Minimum QoS	Out Interface n	QoS Available	QoS Reserved

(a) 세션 RMF 상태 테이블

(b) VPN RMF 상태 테이블

(그림 15) VPN-specific RMF 상태 테이블

그런 후에, RMF는 트래픽 제어를 위해 QoS NSLP로부터 받은 PACKET_CLASSIFIER에 포함된 송신자/수신자 주소, 송신자/수신자 포트번호, 플로우 레이블 및 QoS 매개변수(QoS Available)를 패킷 분류자와 링크의 진출 인터페이스에게 전달한다. 이는 데이터 패킷 헤더안에 이 정보와 일치하는 정보를 포함하고 있는 데이터 패킷을 진출 Hose가 설립된 진출 인터페이스를 통해 전달되도록 패킷 분류자와 인터페이스에 구성정보를 설정하기 위한 것이다(그림 1 참조).

마지막으로, RMF는 업스트림 피어에게 보낼 RESERVE 메시지의 <QoS Available>에 들어갈 값을 계산한다. 이때, Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘으로 예약하는지, VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘으로 예약하는지에 따라 RMF에서 계산하는 방법이 달라진다. 이에 대한 계산 방법은 [1]에서 제시된 메커니즘을 반영한다.

$$\begin{cases}
 \text{Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우,} \\
 R_{Hose} = \min(C_{QoS_Desired}, \sum_{s \in S} EH_s) \\
 \text{VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우,} \\
 R_{VPN} = \min(\sum_{k \in K} R_{QoS_Desired}^k, \sum_{s \in S} EH_s)
 \end{cases}$$

RMF 상태 테이블의 현재 처리되고 있는 Hose 세션에 대한 엔트리를 대응 엔트리 C라고 정의한다면, $C_{QoS_Desired}$ 는 대응 엔트리 C의 <QoS Desired>를 의미하고, S는 해당 진출 PE가 서비스하는 모든 VPN 사이트 집합을 의미하며, EH_s 는 진출 PE에서 VPN 사이트 s로 데이터를 내보내는 진출 Hose의 크기를 나타낸다. 또한, K는 대응 엔트리 C의 [VPN_ID, Upstream Peer]와 동일한 [VPN_ID, Upstream Peer]를 가지는 엔트리들의 집합을 의미하고, $R_{QoS_Desired}^k$ 는 엔트리 k의 <QoS Desired>를 의미한다.

RMF는 이 계산된 R_{Hose} 또는 R_{VPN} 즉, <QoS Available>을 QoS NSLP에게 전달한다. QoS NSLP는 RMF로부터 받은 <QoS Available>을 RESERVE 메시지의 QSPEC에 추가하고, 동일한 Hose 세션에 해당하는 NSLP 상태 테이블을 업데이트 한 후, GIST를 통해 RESERVE 메시지를 업스트림 피어에게 전달한다.

중간 NSIS 노드는 다운스트림 피어로부터 RESERVE 메시지를 받으면 다음과 같은 몇 가지를 제외하고 진출 PE와 거의 유사하게 동작한다. 먼저, 중간 NSIS 노드가 분기노드인 경우, RMF는 둘 이상의 나가는 인터페이스에 자원을 할당해야 한다. 따라서 RMF 테이블의 Out Interface는 해당하는 인터페이스별로 <QoS Available>과 <QoS Reserved>를 유지한다. 이때, RMF 테이블의 <QoS Available>에는 RESERVE 메시지의 QSPEC의 <QoS Available>을 RESERVE 메시지를 받은 인터페이스 번호에 해당하는 행의 <QoS Available>에 저장한다. 마지막으로, 중간 NSIS 노드 RMF는 업스트림 피어에게 보낼 RESERVE 메시지의 <QoS Available>에 들어갈 값을 계산한다. 이 계산 방법은 [1]에서 제시된 메커니즘을 반영하며, Hose-specific 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘에 따라 다음과 같이 계산된다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우,} \\ R_{Hose} = \min(C_{QoS_Desired}, \sum_{o=O} C_{QoS_Available}^o) \\ \\ \text{VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우,} \\ R_{VPN} = \min(\sum_{k \in K} R_{QoS_Desired}^k, \sum_{r \in V} R_{QoS_Available}^r) \end{array} \right.$$

여기에서 O 는 대응 엔트리 C 의 진출 인터페이스의 집합을 나타내고, $C_{QoS_Available}^o$ 는 진출 인터페이스 o 의 <QoS Available>을 의미한다. 또한, V 는 대응 엔트리 C 와 동일한 VPN_ID를 가지는 VPN별 RMF 상태 테이블의 진출 인터페이스의 집합을 의미하고, $R_{QoS_Available}^v$ 는 v 의 <QoS Available>을 의미한다.

RMF는 이 계산된 <QoS Available>을 QoS NSLP에게 전달한다. QoS NSLP는 RMF로부터 받은 <QoS Available>을 RESERVE 메시지의 QSPEC에 추가하고, 동일한 Hose 세션에 해당하는 NSLP 상태 테이블을 업데이트 한 후, RESERVE 메시지를 GIST를 통해 업스트림 피어에게 전달한다. 최종적으로 RESERVE 메시지는 진입 PE에게 전달되고, 진입 PE는 RESERVE 메시지를 받으면 이에 대한 응답으로 RESPONSE 메시지를 생성한다[7].

3.4 데이터 전송

제안하는 방안에서 진입 PE는 진입 Hose를 통해 VPN 사이트내 사용자의 데이터 트래픽을 받으면, (그림 16)에서와 같은 형태로 IP-in-IP 캡슐화를 수행한다. 이때, 외부(Outer)

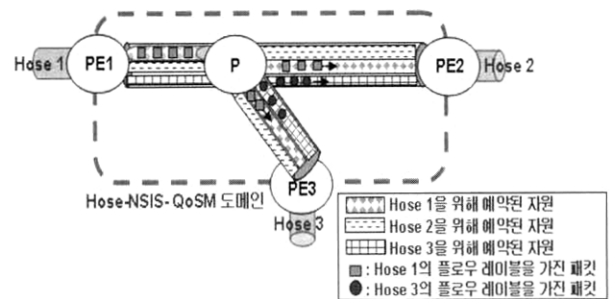
외부 IPv6 헤더	내부 IPv4 또는 IPv6 헤더	데이터
------------	--------------------	-----

(그림 16) 데이터 패킷 포맷

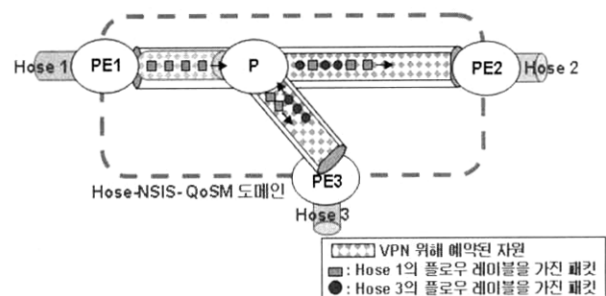
IP 헤더는 IPv6만 사용할 수 있는데, 이는 IPv6 헤더의 플로우 레이블을 명시적 경로상에 있는 모든 NSIS 노드들이 패킷 분류 정보의 일부로 사용하기 때문이다. 진입 PE는 외부 IPv6 헤더의 송신지 주소로 자신의 주소를 설정하고 목적지 주소로 진출 PE의 주소를 설정한다. 목적지를 서비스하는 진출 PE의 주소는 VPN 멤버십 정보를 통해 결정되는데, 제안하는 방안에서는 동일한 VPN을 서비스하는 모든 PE들간 VPN 멤버십 정보를 교환하는 방법으로 [12]에서와 같이 확장된 BGP 프로토콜을 사용한다고 가정한다. 그리고 외부 IPv6 헤더의 플로우 레이블은 QUERY 메시지를 보냈을 때 할당했던 플로우 레이블을 설정한다.

중간 노드들이 IP-in-IP 캡슐화 된 데이터 패킷을 받으면 외부 IPv6 헤더의 플로우 레이블 및 목적지 주소와 매핑하는 인터페이스로 패킷을 전달한다. (그림 17)은 Hose-NSIS-QoSM에서 Hose-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 이용하여 예약된 자원을 해당 Hose 플로우가 사용하는 것에 대한 예를 보인 그림이다. (그림 17)에서 보는 바와 같이, 링크상에는 각 Hose 플로우별로 자원이 예약되어 있다. 하나의 Hose를 통해 Hose-NSIS-QoSM 도메인에 들어온 Hose 플로우들은 목적지가 달라도 동일한 플로우 레이블을 가지고 있으므로 각 링크상에 그 Hose 플로우를 위해 예약된 자원을 공유하게 된다.

(그림 18)은 Hose-NSIS-QoSM에서 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 이용하여 예약된 자원을 동일한 VPN



(그림 17) Hose 별 플로우 레이블과 Hose 별 데이터 전달



(그림 18) Hose 플로우 레이블과 VPN 별 데이터 전달

에 속하는 Hose 플로우들이 공유하는 것에 대한 예를 보인 그림이다. (그림 18)에서 보는 바와 같이, 링크상에는 Hose 별이 아니라 VPN에 대해 자원이 예약되어 있다. Hose-NSIS-QoSM 도메인에 들어온 Hose 플로우들은 서로 다른 플로우 레이블을 가지고 있지만 동일한 VPN에 속한다면 그 VPN를 위해 예약된 자원을 공유한다. 시그널링 메시지 전달 과정에서 설명한 바와 같이, 데이터 전달 경로상에 모든 NSIS 노드는 데이터 패킷을 받았을 때 동일한 VPN에 속하는 Hose 플로우인지 아닌지에 대해 시그널링 메시지를 통해 이미 알고 있고, 동일한 VPN에 속하는 Hose 플로우에 할당된 플로우 레이블의 리스트를 가지고 있으며, 이에 대한 정보가 패킷 분류자에 설정되어 있다. 따라서 플로우 레이블을 보고 VPN을 위해 예약된 자원을 사용하도록 해야 하는지 Hose를 위한 자원을 사용해야 하는지 판단할 수 있다.

진출 PE는 데이터 패킷을 받으면 IP-in-IP 디캡슐화를 수행하여 외부 IPv6 헤더를 제거하고, 실제 IP 헤더의 목적지 주소와 매핑하는 진출 Hose상으로 패킷을 전달한다.

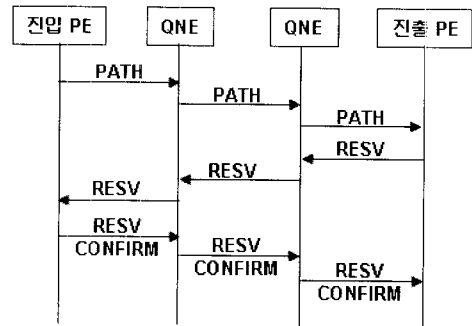
4. 시그널링 지연 및 프로토콜 오버헤드

이 장에서는 [4], [5]에서 제안된 Hose-RSVP-TE-QoSM과 본 논문에서 제안하는 Hose-NSIS-QoSM을 시그널링 지연, 시그널링 오버헤드, 프로세싱 오버헤드 측면에서 비교한다.

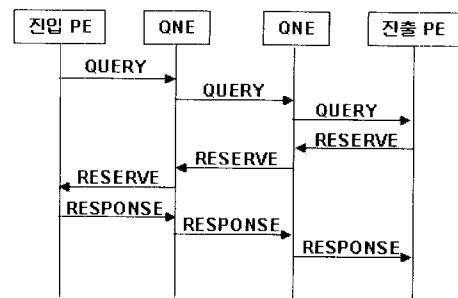
Hose-RSVP-TE-QoSM과 Hose-NSIS-QoSM은 Hose 기반 VPN QoS를 지원하기 위해 동일한 프로비저닝 메커니즘을 사용하기 때문에 자원 활용에 대한 효율성과 프로세싱 오버헤드에 있어서는 유사한 성능을 가진다. 또한 두 방안 모두 개별 사용자 플로우별 프로비저닝이 아닌 Hose 별 VPN 별 프로비저닝에 따라 자원예약을 수행하므로 RSVP와 같은 개별 플로우 사용자 수준의 확장성 문제를 야기하지 않는다. 그러나 Hose-NSIS-QoSM의 가장 큰 장점은 Hose-RSVP-TE-QoSM이 MPLS 네트워크에서의 사용에 국한되는 반면, Hose-NSIS-QoSM은 전달 네트워크의 종류에 관계없이 Hose 기반의 VPN QoS를 지원할 수 있다는 것이다. 또한, Hose-RSVP-TE-QoSM에서는 P2P sub-LSP 별 MPLS 레이블이 필요하지만 Hose-NSIS-QoSM에서는 Hose 별 하나의 플로우 레이블만 필요하므로 시그널링 메시지의 크기의 오버헤드가 적다. 송신자 시작 방법을 사용하는 경우 Hose-RSVP-TE-QoSM 보다 시그널링 지연이 더 적게 걸린다. 이는 시그널링 지연에 민감한 모바일 VPN 사용자를 위해 동적으로 자원예약을 수행하는 경우 유리할 것으로 예상된다.

4.1 시그널링 지연

그림 19와 20은 Hose-RSVP-TE-QoSM과 Hose-NSIS-QoSM를 이용하여 자원을 예약하는 시그널링 메시지의 전달과정을 간략하게 보인 그림이다. 다운 스트림과 업스트림 시그널링 지연을 D_d 와 D_u 로 정의하면, Hose-RSVP-TE-QoSM와 수신자 시작방법을 이용한 Hose-NSIS-QoSM의 시그널링 지연은



(그림 19) Hose-RSVP-TE-QoSM에서의 시그널링 메시지



(그림 20) 수신자 시작 방법을 이용한 Hose-NSIS-QoSM에서의 시그널링 메시지

모두 $D_d + D_u + D_d$ 이다. 반면, 송신자 시작방법을 이용한 Hose-NSIS-QoSM의 시그널링 지연은 QUERY 메시지의 송신과정이 없기 때문에 $D_d + D_u$ 이다.

4.2 시그널링 오버헤드

Hose-RSVP-TE-QoSM와 Hose-NSIS-QoSM에서 라이프타임이 n 초인 한 세션 동안에 시그널링에 소요된 대역폭 양 $B_{RSVP-TE}$ 와 B_{NSIS} 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$B_{RSVP-TE} = (\lfloor n/R_i \rfloor + 1) * (P_{path} + R_{resv} + C_{confirm}) + P_{path_tear} \tag{식1}$$

$$B_{NSIS} = (\lfloor n/R_i \rfloor + 1) * (P_{query} + R_{reserve} + C_{response}) + P_{reserve_with_tear} \tag{식2}$$

- P_{path}/P_{query} : PATH 또는 QUERY 메시지의 IP 페이로드 사이즈
- $R_{resv}/R_{reserve}$: RESV 또는 RESERVE 메시지의 IP 페이로드 사이즈
- $C_{confirm}/C_{response}$: RESV CONFIRM 또는 RESPONSE 메시지의 IP 페이로드 사이즈
- $C_{path_tear}/C_{reserve_with_tear}$: PATH TEAR 메시지 또는 RESERVE with TEAR 메시지의 IP 페이로드 사이즈
- R_i : 리프레시 인터벌(두 프로토콜 모두 기본 값은 30초)

기본적인 NSIS의 시그널링 메시지의 크기보다 RSVP-TE의 시그널링 메시지의 크기가 더 크지만 이 섹션에서는 프로토콜의 기본적인 시그널링 메시지 크기의 차이는 고려하지 않고, VPN Hose QoS를 제공하기 위해 추가적으로 요구되는 객체들이 차지하는 메시지의 크기만을 비교대상으로 고려한다.

Hose-RSVP-TE-QoS에서 시그널링에 소요된 대역폭 양에 영향을 주는 객체는 P2P sub-LSP Descriptor 객체이다. P2P sub-LSP Descriptor 객체는 진입 PE와 진출 PE간 LSP를 설립하는데 사용되며, [4], [5]에서 보인 바와 같이 진출 PE의 주소, LSP ID, 진입 PE와 진출 PE 간 명시적 경로, P2P LSP 별 MPLS 레이블 필드를 포함하고 있다. 반면, Hose-NSIS-QoS에서는 Hose-RSVP-TE-QoS에서의 진출 PE의 주소, LSP ID, P2P LSP 별 MPLS 레이블이 필요하지 않으며, P2P LSP 별 MPLS 레이블 대신 Hose 세션에 대해 하나의 플로우 레이블만 요구한다. 따라서 Hose-RSVP-TE-QoS가 Hose-NSIS-QoS 보다 (진출 PE의 수 * (진출 PE의 주소(24bytes) + LSP ID(4bytes) + MPLS 레이블(4bytes) + 객체 헤더(12 bytes))만큼 메시지 크기가 크다.

4.3 프로세싱 오버헤드

프로세싱 오버헤드는 한 세션에 속하는 시그널링 메시지를 처리하기 위해 요구되는 프로세싱의 양이다. 프로세싱 오버헤드는 프로토콜 개체가 갖는 복잡성(complexity)을 생각해 볼 수 있는데[13], Hose-RSVP-TE-QoS와 Hose-NSIS-QoS에서의 복잡성은 Hose-specific 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘을 사용함으로써 발생하기 때문에 거의 동일하다고 볼 수 있다. 두 프로토콜 모두 Hose 플로우 수가 f 라 할 때 PE 노드와 코어 노드에서 $O(f)$ 의 복잡성을 가지고 있다. Hose-RSVP-TE-QoS와 Hose-NSIS-QoS는 모두 Hose 플로우별로 상태를 유지하기 때문에 한 노드에서 유지해야 하는 상태의 수는 플로우 수에 비례한다.

또한, Hose-RSVP-TE-QoS와 Hose-NSIS-QoS에서는 수신자 시작 자원 예약 방법을 사용하기 때문에 Hose-RSVP-TE-QoS에서의 RESV 메시지, Hose-NSIS-QoS에서의 RESERVE 메시지에 대하여 머징(merging) 오퍼레이션이 수행된다. 이때의 머징 오퍼레이션은 자원 준비 메커니즘에 따라 수행되므로 동일한 자원 준비 메커니즘을 사용할 때 두 프로토콜 모두 동일한 복잡성을 가진다.

한편, R_{VPN} 과 R_{Hose} 를 계산하기 위한 시간측면에서 살펴보면 Hose-NSIS-QoS에서 R_{VPN} 을 계산하는 시간이 Hose-RSVP-TE-QoS보다 적게 걸린다. Hose-NSIS-QoS에서는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘의 경우 VPN 별 RMF 테이블을 따로 유지하기 때문에 동일한 VPN에 속하는 모든 세션의 RSVP 상태 테이블(RSB: Reservation State Block)을 검색해야 하는 Hose-RSVP-TE-QoS보다 더 짧은 검색 시간을 갖는다.

R_{Hose} 를 계산하는 시간은 두 방안 모두 해당 세션의

RMF 상태 테이블 혹은 RSB를 검색하므로 비슷한 검색 시간을 갖는다.

5. 결론

IETF NSIS 워킹그룹에서는 상이한 QoS 모델을 지원하는 다양한 네트워크에 대한 NSIS 기반 시그널링 방안들에 대해 표준화 작업을 진행하고 있다. 본 논문에서는 VPN의 Hose 기반 QoS 서비스 모델을 지원하기 위한 시그널링 방안으로 Hose-NSIS-QoS를 제안하였다.

제안하는 Hose-NSIS-QoS는 VPN Hose QoS를 지원하는 자원 준비 메커니즘인 Hose-specific 또는 VPN-specific 상태 자원 준비 메커니즘 따라 NSIS 프로토콜을 이용하여 자원을 예약하고 관리하는 모델이다. 본 논문에서는 Hose-NSIS-QoS를 위해 추가적으로 요구되는 NSIS 메시지 객체, QoS NSLP/NLTP/RMF 상태 테이블, 시그널링 메시지 처리 과정을 자세히 정의하였다. 또한, Hose-RSVP-TE-QoS와 본 논문에서 제안하는 Hose-NSIS-QoS를 VPN의 Hose 기반 QoS를 지원하기 위해 추가적으로 발생하는 오버헤드 차원에서 간략히 비교해 보았다. 이를 통해, 시그널링 지연 면에서는 Hose-RSVP-TE-QoS와 Hose-NSIS-QoS가 거의 유사하지만 시그널링 오버헤드와 프로세싱 오버헤드 면에서는 제안하는 Hose-NSIS-QoS가 Hose-RSVP-TE-QoS보다 약간 더 적음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 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
- [2] D. Awduche, L. Berger, D. Gan, T. Li, V. Srinivasan, G. Swallow, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels", RFC3209, December 2001
- [3] 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
- [4] HS. Byun, HJ. Woo, KM Kim, MJ Lee, "A Resource Management for Hose Model based VPN QoS Provisioning", ICOIN2006, January 2006
- [5] 변해선, 우현재, 김경민, 어미정, "Hose 기반 VPN에서의 서비스 품질 제공을 위한 자원예약 프로토콜과 패킷 스케줄링 기법, 한국정보과학회논문지:정보통신, 제33권 제3호, pp.247-256, 2006년 6월
- [6] R. Hancock, G. Karagiannis, J. Loughney, S. Van den Bosch, "Next Steps in Signaling(NSIS): Framework", RFC 4080, June 2005
- [7] J. Manner, G. Karagiannis, A. McDonald, "NSLP for Quality-of-Service Signaling", draft-ietf-nsis-qos-nslp-12.txt,

October 2006

- [8] M. Stiemerling, H. Tschofenig, C. Aoun, E. Davies, "NAT/Firewall NSIS Signaling Layer Protocol (NSLP)", draft-ietf-nsis-nslp-natfw-13.txt, October 2006
- [9] H. Schulzrinne, R. Hancock, "GIST: General Internet Signaling Transport", draft-ietf-nsis-ntlp-11, August, 2006
- [10] 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
- [11] G. Ash, A. Bader, C. Kappler, D. Oran, "QoS NSLP QSPEC Template", draft-ietf-nsis-qspec-13.txt, December 2006
- [12] Eric C. Rosen, Yakov Rekhter, "BGP/MPLS IP VPNs", draft-ietf-13vpn-rfc2547bis-03.txt, October 2004
- [13] J. Manner, X. Fu, "Analysis of QoS signaling", RFC4094, May 2005



변 해 선

e-mail : ladybhs@ewhain.net

2001년 광주대학교 컴퓨터학과(학사)

2003년 이화여자대학교 과학기술대학원
컴퓨터학과 졸업(공학석사)

2003년~현재 이화여자대학교 과학기술대학원,
컴퓨터정보통신공학과 박사과정

관심분야: 시그널링 프로토콜, 차세대 네트워크, QoS 트래픽
엔지니어링, 가상사설망, 무선 네트워크



이 미 정

e-mail : lmj@ewha.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학과
(학사)

1989년 University of North Carolina at
Chapel Hill 컴퓨터학과(공학석사)

1994년 North Carolina State University
컴퓨터공학과(공학박사)

1994년~현재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터정보통신공학과 교수
관심분야: 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을
위한 트래픽 제어, 인터넷 QoS, 트래픽 엔지니어링,
무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크