

# 이동성을 지원하는 MPLS 방식 가상사설망

정회원 이영석\*, 최훈\*

## An MPLS VPN with Mobility Support

Young-seok Lee\*, Hoon Choi\* *Regular Members*

### 요약

MPLS 방식 공중망에 구축된 가상사설망(VPN)에서 이동성 지원 방안을 기술한다. 이 논문에서 제시된 MPLS VPN은 CE(Customer Edge) 라우터 기반의 VPN이다. MPLS VPN에서 Customer 사이트에 속한 노드의 이동 서비스를 지원하기 위해 CE 라우터에 이동 엔티티(홈 에이전트, 외부 에이전트, 대응 에이전트) 기능이 추가된다. 노드가 같은 VPN 내의 사이트로 이동하는 경우, 다른 VPN 내의 사이트로 이동하는 경우, 그리고 일반 인터넷 지역으로 이동하는 경우를 고려하여 이동성 지원 프로토콜을 설계한다. 시뮬레이션 도구 COVERS를 사용하여 프로토콜을 구현하고 성능 분석을 수행하며, PE(Provider Edge) 라우터 기반의 MPLS VPN과의 성능을 비교한다.

### ABSTRACT

In this paper, we describe a mechanism that supports the mobility service for VPN(Virtual Private Network) users on MPLS(Multiprotocol Label Switching) network. The MPLS VPN considered in this study is controlled by CE(Customer Edge) routers. In such a VPN, CE routers have additional functions to support mobile VPN users, i.e., Home Agent function, Foreign Agent function, Correspondent Agent function. This mechanism is applied when a VPN node moves to other site of the same VPN, or when it moves to other site of a different VPN, or to a non-VPN site. We perform a simulation study to compare the performance of CE based MPLS VPN with that of PE(Provider Edge) based MPLS VPN with mobility support.

### I. 서론

VPN(Virtual Private Network)이란 공중망(public network)에서의 물리적인 구성과 무관하게 논리적으로 폐쇄된 사용자 집단(closed user group)을 구성하여 각종 통신 서비스를 제공하는 기술이다<sup>[1]</sup>. 이러한 VPN 기술의 구현을 통하여 낮은 비용으로 실제 사설망에서 제공될 수 있는 서비스를 지원하는 것이 가능하다. MPLS를 이용한 VPN 구축 기술은 여타 다른 방식에 비해 QoS나 보안 등 많은 장점을 갖는다. MPLS는 하나의 IP 세션 내에 있는 패킷들을 네트워크 계층에서 하나의 흐름으로 묶은 다음, 경로를 따라 라우터를 쉽게 통과할 수 있도록 각각의 세션에 레이블을 달아준다. MPLS의 레이블

을 이용하여 서로 다른 VPN 간에 트래픽을 격리시켜 효율적인 패킷 전송을 하는 것이 MPLS 기반 VPN 기술의 핵심이며, 이를 간단히 MPLS VPN이라 한다. 결과적으로, MPLS VPN은 높은 확장성, 효율적인 비용, 그리고 사용자가 요구한 다양한 QoS를 제공하여 IP 터널링 방식을 이용한 VPN에 비해 낮은 비용으로 서비스를 제공해 준다.

MPLS를 이용하여 VPN을 구성하는 여러가지 방식 가운데, 참고문헌<sup>[2]</sup>에서 제안된 BGP/MPLS VPN은 ISP(Internet Service Provider) 내의 PE(Provider Edge) LER(Label Edge MPLS Router)에서 VPN 서비스를 위한 모든 기능이 수행된다. 참고문헌<sup>[2]</sup>와 같은 PE 라우터 기반 MPLS VPN에서는 VPN 사이트를 추가하거나 삭제하는 경우, PE

\* 충남대학교 컴퓨터공학과({yslee, hchoi}@ce.cnu.ac.kr)

논문번호 : 010175-0710, 접수일자 : 2001년 7월 10일

※ 본 연구는 한국과학재단 산학협력연구과제(2001-30300-012-1) 지원으로 수행되었습니다.

라우터에서 모든 VPN 관련 정보를 관리하기 때문에 VPN 서비스의 자원에 많은 부담을 갖는다. PE 기반 MPLS VPN에서 라우터의 성능을 개선하기 위해, 참고문헌<sup>[3]</sup>에서는 CE(Customer site Edge) 라우터가 VPN 서비스를 지원하는 MPLS VPN을 제안하였다. CE 라우터 기반 MPLS VPN에서는 VPN 사이트에 속한 CE 라우터가 VPN 서비스를 수행하기 위한 기능이 추가되는 단점이 있지만, 사용자의 다양한 요구사항을 수용할 수 있도록 유연성을 보장해준다. 뿐만 아니라, 제공자 네트워크에서는 VPN 서비스를 위한 최소한의 위치정보만을 갖게 되므로 시스템의 성능에 부담을 주지 않게 되고, 각 Customer 사이트의 독립성이 보장되는 등 여러 측면에서 장점을 갖는다.

이 논문에서는 VPN 사이트 내의 어떤 노드가 같은 VPN내의 다른 사이트로 이동하는 경우 또는 다른 VPN 내의 사이트로 이동하는 경우에서 모두 VPN 서비스를 지속하게 하는 이동성 지원 프로토콜을 제시하였다. 본 방식은 인터넷에서 이동성 서비스를 제공하는 Mobile IP 및 경로 최적화(Route Optimization)<sup>[4,5]</sup> 프로토콜을 확장하였다. 이동성 지원을 위해 CE 라우터가 이동 엔티티의 기능을 수행하며, 이동 엔티티(홈 에이전트, 외부 에이전트, 대응 에이전트)들은 인증을 가능하게 하는 정보를 상대방에게 제공할 수 있다. 본 논문에서는 참고문헌<sup>[3]</sup>에서 제안된 CE 라우터 기반 MPLS VPN를 대상으로 하여 이동성 지원 방식을 기술하였으나, PE 라우터 기반 MPLS VPN 에서도 적용될 수 있는 방식이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동성 지원을 위한 MPLS VPN의 구조를 기술하고, 3장에서는 MPLS VPN에서 이동성 지원 방안을 설명하였다. 4장에서는 이동성 지원 MPLS VPN에서 경로 최적화를 위한 패킷 라우팅 과정을 설명하였고, 5장에서는 제안된 방식에 따라 수행된 시뮬레이션의 결과를 분석하고 PE 라우터 기반 MPLS VPN 과의 성능을 비교하였다.

## II. MPLS VPN 구조

CE 라우터 기반 MPLS VPN<sup>[3]</sup>에서 VPN 사이트 구성을 위한 요구사항으로서 우선, VPN 사이트 내에 속한 CE 라우터는 MPLS 백본 네트워크 내에 LER인 PE 라우터와 스텝(stub) 링크를 통해 연결되며, 하나의 VPN 사이트에서만 VPN 서비스를

수행한다. 또한, VPN 사이트에 속한 CE 라우터는 ISP로부터 전세계적으로 유일한 IP 주소를 할당받고, 자신이 속한 VPN 사이트의 VPN-ID(Identification)를 알고 있다고 가정한다.

### 1. MPLS VPN 구성 방안

CE 라우터 기반 MPLS VPN<sup>[3]</sup>의 구성 예를 그림 1에 보였다. VPN A와 VPN B 두 개의 VPN이 ISP에 연결되고, 각 VPN은 몇 개의 사이트로 구성된다. 그림 1에서 PE는 ISP 상의 MPLS 라우터이고, CE는 고객 사이트 내의 MPLS 라우터이다. CE 라우터는 stub 링크를 통해 ISP의 PE 라우터와 연결된다. ISP 내의 P 라우터(Core LSR : Label Switch Router)는 ISP에서 수송을 제공한다. P 라우터는 계층3 프로토콜과 MPLS를 수행하며, 직접 CE 라우터에 접속되지 않는다<sup>[2]</sup>.

동일한 VPN 사이트 사이에서 MPLS 터널(LSP : Label Switched Path)을 구성하기 전에, VPN 사이트는 자신과 같은 VPN ID를 갖는 VPN 사이트들의 위치를 알아야 하고, 이 위치정보를 이용하여 각 VPN 사이트는 도달정보를 주고 받아야 한다. 이 위치정보와 도달정보를 주고 받는 과정과 터널을 생성하는 주체에 따라 크게 CE 라우터 기반 MPLS VPN과 PE 라우터 기반 MPLS VPN(또는, 네트워크 기반 MPLS VPN)으로 구분될 수 있다.

CE 라우터 기반 VPN<sup>[3]</sup>에서 CE 라우터는 자신의 VPN ID와 IP 주소로 구성된 위치 정보만을 stub 링크로 연결된 PE 라우터에게 알려준다. 이 정보를 받은 PE 라우터는 새로운 VPN 사이트가 생성되었음을 알 뿐 이 사이트의 도달 정보(Reachability Information)는 알지 못한다. PE 라우터는 이 정보를 저장한 뒤 새로 생성된 VPN 사이트의 VPN ID 및 위치정보, 즉 CE 라우터의 IP 주소를 BGP(Border Gateway Protocol)<sup>[6,7]</sup>에 piggybacking<sup>[8]</sup> 하여 모든 PE 라우터에게 전송한다. 결국, 모든 PE 라우터는 새로 생성된 VPN 사이트의 VPN ID와 위치정보만을 알 수 있게 되고, 이 정보는 PE 라우터에 저장된다. 또한, PE 라우터는 이웃 PE 라우터로부터 VPN 사이트의 VPN ID 및 위치정보를 받으면 이 정보와 같은 VPN ID를 갖는 VPN 사이트가 스텝 링크로 연결되어 있는지 조사하여 존재하면 이 정보를 같은 VPN ID를 갖는 CE 라우터에게 전송한다. 이 정보를 받은 CE 라우터는 자신과 같은 VPN ID를 갖는 VPN 사이트와 도달정보 교

환 및 터널을 구성한다. CE 라우터 기반 VPN에서는 PE 라우터는 단지 각 VPN 사이트의 위치정보만을 저장할 뿐, 도달정보 교환 및 LSP 설정은 CE 라우터에서 수행된다.

2. 이동성 지원을 위한 엔티티

MPLS VPN에서 이동 서비스 지원을 위해 Mobile IP에서 제시된 이동 엔티티(홈 에이전트, 외부 에이전트) 이외에 경로 최적화를 위해 참고문헌<sup>[9]</sup>에서 제안된 새로운 형태의 이동 엔티티(대응 에이전트)를 도입한다. 대응 에이전트(Correspondent Agent)는 이동 노드와 통신하고자 하는 대응 노드가 위치한 네트워크 상의 라우터이다. VPN 사이트 내에 속한 CE 라우터는 VPN 서비스를 지원하기 위한 구성 요소와 이동 서비스(Mobile IP) 지원을 위한 에이전트 기능(홈 에이전트, 외부 에이전트, 대응 에이전트)을 모두 포함한다. CE 라우터 기반 MPLS VPN에서 PE 라우터는 CE 라우터와는 달리 Mobile IP 서비스에 대해 투명하게 동작한다. 즉, VPN 서비스를 지원하기 위한 기능과 자료구조만을 정의한다.

MPLS VPN에서 이동성 방안을 제공하기 위한 기본 요구사항은 Mobile IP와 유사하며 차이점은 다음과 같다 :

- 같은 VPN내에서는 동일한 보안 파라미터가 적용된다.
- 다른 VPN에 속한 이동 엔티티들 간에 이동 보안 결합이 존재할 수 있다
- 대응 노드는 Mobile IP 기능에 투명하게 동작한다.

III. Mobile MPLS VPN 프로토콜

1. 동일 VPN 내의 사이트로 이동

그림 1와 같이 이동 노드가 자신의 홈 MPLS VPN 사이트(VPN A/site2)로부터 외부 VPN 사이트(VPN A/site3)로 이동하는 경우를 고려해 보자. 같은 VPN 내에서 이동 노드가 처음으로 외부 에이전트(Foreign Agent)에 의해 관리되는 MPLS VPN 사이트를 방문할 때, 이동 노드에 의해 수신된 첫 번째 메시지는 Mobile IP에 기술된 것처럼 외부 에이전트가 실행되는 CE<sub>A3</sub>으로부터의 AA(Agent Advertisement) 메시지이다.

AA 메시지에는 'VPN Information' Extension을 추가한다. 이동 노드는 'VPN Information' Extension

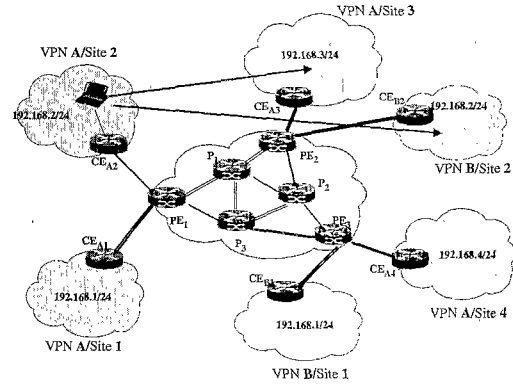


그림 1. MPLS VPN 구성 및 이동 예

을 통하여 같은 VPN 내로 이동했는지 다른 VPN으로 이동했는지 또는, 일반 인터넷 지역으로 이동했는지를 알 수 있게 된다. 또한, 이동 노드가 다른 VPN의 사이트 내로 이동한 경우라면, 이동 노드는 'VPN Information' Extension을 이용하여 이동한 사이트 내의 주소 영역이 이동 노드와 동일한 주소 영역을 사용하는 지를 알 수 있다. 'VPN Information' Extension에는 VPN-ID 및 VPN 사이트 관련 정보가 포함된다. 'VPN Information' Extension의 완전한 구조는 그림 2과 같다.

01234567890123456789012345678901

Type	Length	VPN ID
VPN ID		VPN ADDR
VPN ADDR		FA ID

Type :  
 Length : 16 byte  
 VPN ID : VPN의 32-bit identification  
 VPN ADDR : VPN 사이트의 32-bit IP address prefixes  
 FA ID : FA의 64-bit identification

그림 2. VPN Information Extension

AA 메시지를 수신한 이후에, 이동 노드는 등록 요청 메시지를 외부 에이전트에 보낸다. 외부 에이전트는 홈 에이전트로 이 등록 요청 메시지를 전달한다. 이 때, 이동 노드, 외부 에이전트, 그리고 홈 에이전트는 패킷의 무결성을 보장하기 위해 Mobile

IP에 정의된 Authentication Extension을 사용한다. 패킷의 무결성과 인증을 증명한 후에 홈 에이전트는 등록 응답 메시지를 갖고 외부 에이전트에게 응답한다. 그런 다음 외부 에이전트는 등록 요청을 보낸 이동 노드에게 등록 응답을 반환한다.

## 2. 다른 VPN 내의 사이트로 이동

어떤 VPN(VPN A/site 2) 내에 속한 노드가 다른 VPN(VPN B/site 2)으로 이동한다면, 이동 노드는 방문한 VPN 사이트의 외부 에이전트로부터 AA 메시지를 수신하게 된다. 이 메시지를 통하여 이동 노드는 이동을 확인한다. 이 때, 외부 에이전트는 AA 메시지에 'VPN Information' Extension을 추가하여 전송해야 한다. 'VPN Information' Extension이 추가된 AA 메시지를 수신한 이후에, 이동 노드는 이동한 사이트의 주소 영역이 자신의 주소 영역과 동일한 지를 검사한다. 동일하다면, AA 메시지에 포함된 외부 에이전트의 Care-of-Address를 사용하여 등록 절차를 수행할 수 없다. 왜냐하면 이동한 사이트 내에서 이동 노드와 같은 주소를 사용하는 노드가 존재하여 주소 충돌이 발생할 수 있기 때문이다. 이러한 경우, 이동 노드는 방문 사이트에서 Co-located Care-of-Address를 할당받은 후에 등록 절차를 수행한다. 만일 동일하지 않다면, 이동 노드는 AA 메시지에 포함된 외부 에이전트의 Care-of-Address를 사용하여 등록 절차를 수행한다. 따라서, 모든 VPN의 외부 에이전트는 3장 1절에 기술된 것처럼 AA 메시지에 'VPN Information' Extension을 추가하여 전송한다.

이동 노드는 'VPN Information' Extension을 포함한 AA 메시지를 수신 한 후에, 외부 에이전트에 등록 요청 메시지를 전달한다. VPN 간 이동에서도 등록 과정 동안에 교환된 모든 메시지를 인증하는 것이 요구되며, Mobile IP에서와 같이 잠재적인 공격을 막기 위해 강력한 인증 메커니즘인 Keyed MD5를 사용한다. 그렇지만, 키 분배가 네트워크 키 관리 프로토콜의 부재로 인하여 어렵기 때문에, 외부 에이전트의 메시지는 모두 인증되도록 요구되지 않을 수도 있다. 그러나, 상업적인 환경에서는 서비스 제공자가 합법적 고객이 아닌 사용자에게 서비스를 제공하지 않기 때문에, 외부 에이전트와 홈 에이전트 사이에 모든 메시지들은 인증되어야 한다는 것이 매우 중요하다. 이러한 인증을 수행하기 위해 같은 VPN 사이트 이동을 위해 분배된 키 이외에

수많은 다른 VPN 이동을 위해 별도의 키 분배가 이루어지는 것은 어려운 일이다. 따라서, VPN간 이동에서 엔티티 간의 인증을 위해 공용키 구조(PKI : Public Key Infrastructure)가 사용될 수 있다. PKI는 모든 이동 엔티티가 신뢰성 있는 제3의 기관에 등록된 사설 키와 공용 키를 가져야 하는 것을 요구한다. PKI의 사용으로 모든 엔티티는 매우 안전한 방법으로 엔티티 간에 제3의 키(shared secret)를 교환하고 인증하는 것이 가능할 것이다. 만일 공용키 구조가 사용된다면, 공용 인증 센터(Trusted Center)와의 동작 절차를 제외하고는 이동 노드와 외부 에이전트의 등록 절차는 1절과 동일하다. 패킷의 무결성과 인증을 증명한 후에 홈 에이전트는 등록 응답 메시지를 갖고 외부 에이전트에게 응답한다.

## 3 일반 인터넷 지역으로 이동

일반 인터넷 지역으로 이동하는 경우에는 AA 메시지에 'VPN Information' Extension을 추가하는 것이 불가능하다. 따라서, 이 경우에 이동 노드는 외부 에이전트로부터 추가적인 확장 없이 AA 메시지를 수신한다. 이 때, 'VPN Information' Extension의 유무에 따라 이동 노드는 VPN 사이트를 방문한 것인지 일반 인터넷 지역으로 이동한 것인지를 판별한다. 만일, 이동 노드가 방문한 일반 인터넷 지역이 이동 노드가 속한 홈 VPN 사이트와 동일한 주소 영역을 사용한다면, 3장 2절에서 언급된 것처럼 Care-of-Address를 갖고 방문한 지역의 외부 에이전트를 통해 등록 절차를 수행할 수 없고 Co-located Care-of-Address를 이용하여 직접 등록 절차를 수행할 것이다.

이동 확인 이후에, 이동 노드는 등록 절차를 수행한다. 이후의 과정은 3장 2절의 내용과 동일하게 수행된다. 등록 이후에, 이동 노드는 MPLS VPN 내의 대응 노드와 통신을 시작할 것이다. 이동 노드가 방문한 일반 인터넷 지역의 외부 에이전트가 MPLS 기능을 지원하는 것은 어려운 일이다. 백본망을 MPLS 도메인으로 가정하였기 때문에, 외부 에이전트와 연결된 백본 상의 라우터(LER : Label Edge Router)는 외부 에이전트로부터 수신된 이동 노드의 패킷을 MPLS 도메인에 적합한 형태로 변환해야 한다. 또한 그 역도 수행된다. 그림 3은 외부 에이전트와 연결된 백본 상의 PE 라우터의 프로토콜 구조를 보여준다.

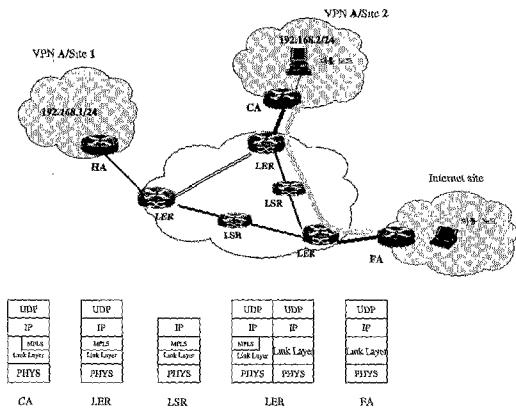


그림 3. CE/PE라우터(LER) 프로토콜 구조

#### IV. 라우팅

그림 1의 예제에서, 이동 노드가 VPN 사이트로 이동하여 등록을 성공적으로 수행한 후, 이동 노드와 대응 노드 사이의 패킷 라우팅 절차는 그림 4과 같은 순서를 따른다.

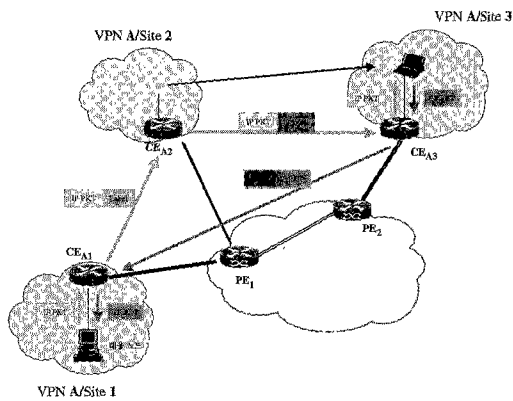


그림 4. 이동 서비스 이후의 패킷 라우팅

우선, 대응 노드(Correspondent Node)가 이동 노드를 목적지(Destination Address)로 하여 패킷을 CE 라우터(대응 에이전트)로 전송하면 대응 에이전트는 레이블 패킷(Labeled Packet)을 이동 노드의 홈 에이전트로 전달한다. 홈 에이전트는 이동 노드를 목적지로 하는 레이블 패킷을 인터캡트하여 이동 노드의 외부 에이전트로 패킷을 전달한다. 외부 에이전트는 레이블 삭제 후, 원래의 패킷을 이동 노드에게 전달한다. 이동 노드에서 대응 노드로의 패킷을 전달하는 경우, 외부 에이전트에서 대응 에

이전트로 설정된 LSP를 통해 직접 레이블 패킷을 전달한다. 외부 에이전트로부터 받은 레이블 패킷이 대응 에이전트에서 레이블 삭제 후에 대응 노드로 전달된다.

그러나, 이러한 기존 Mobile IP 서비스를 이용한 라우팅의 문제점은 Triangle 라우팅이다. 이 논문에서 제안된 이동성 지원 MPLS VPN에서 역시 같은 문제점이 발생된다. 이와 같은 Triangle 라우팅으로 인하여 이동 노드로 전달되는 패킷은 많은 지연을 야기하게 된다. 따라서, 이 문서에서는 Triangle 문제점의 해결방안으로 제안된 경로 최적화<sup>[5]</sup> 방안을 도입한다.

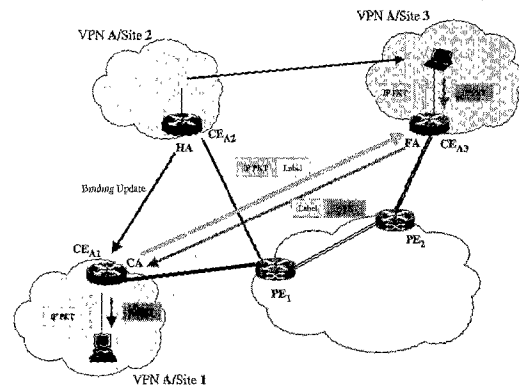


그림 5. 경로 최적화에서의 패킷 라우팅

경로 최적화 방안은 먼저, 홈 에이전트가 대응 노드에게 Binding Update 메시지를 통해 이동 노드의 Binding 정보를 전달한다. 그런 다음 대응 노드가 이동 노드의 Binding 정보를 가지고 직접 이동 노드에게 패킷을 전달하는 것이다. 이것은 대응 노드가 VPN 서비스와 Mobile IP 서비스에 투명하게 동작하는 것을 방해한다. 따라서, 이 논문에서는 참고문헌<sup>[9]</sup>에서 제안한 대응 에이전트의 개념을 사용한다. 홈 에이전트는 대응 노드에게 Binding Update 메시지를 전달하는 것이 아니라, 대응 노드가 속한 VPN 사이트의 CE 라우터 즉, 대응 에이전트에게 전달하게 된다. 대응 에이전트는 라우팅을 변경하여 이동 노드가 속한 외부 에이전트로 설정된 LSP 터널을 이용한다. 결국, 대응 노드는 이동 노드와의 통신에 있어 투명하게 동작한다. 경로 최적화 이후의 패킷 라우팅이 그림 5와 같이 이루어진다.

본 방식은 참고문헌<sup>[5]</sup>에 정의된 Smooth 핸드오프도 지원한다. Smooth 핸드오프 과정을 그림 6에 보였다.

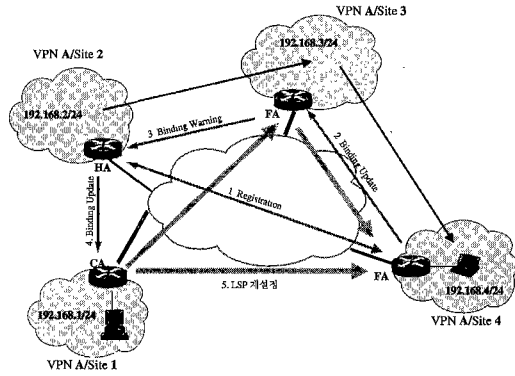


그림 6. Smooth 핸드오프 과정

### V. 성능 평가

본 논문에서는 이동 노드가 같은 VPN 내의 다른 사이트로 이동하는 경우, 다른 VPN 내의 사이트로 이동하는 경우, 그리고 일반 인터넷 지역으로 이동하는 경우 이동 엔티티들 간의 메시지 교환과 대응 노드에서 이동 노드로의 데이터 패킷 전송을 시뮬레이션 도구 COVERS<sup>[10]</sup>를 이용하여 구현하였다. 그림 1에 보여진 모델을 대상으로 시뮬레이션을 수행하기 위해, 모두 6개의 VPN 사이트와 각 사이트당 1개의 CE 라우터, 3개의 PE 라우터, 1개의 이동 노드, 그리고 1개의 대응 노드를 구성하였다. 본 연구에서 제안한 이동성 지원 방식을 CE 라우터 기반 MPLS VPN에 적용한 경우와 PE 라우터 기반 MPLS VPN에 적용한 경우의 성능을 비교하기 위해, 두 가지 VPN 구성 방식에서 CE/PE 라우터의 작업 부하(workload)와 이동시 데이터 패킷의 손실율을 측정하였다. 네트워크 내에서 이동 엔티티 사이에 전송되는 메시지의 손실은 없고, Customer 네트워크에서의 전송 지연과 Provider 네트워크에서의 전송 지연은 각각 평균 2, 5초의 값을 갖는 지수 분포를 따른다고 가정한다. 또한, 대응 노드는 rate 1.2(데이터 패킷/초)의 포아송 분포로 이동 노드에게 데이터를 전송한다고 가정한다.

CE/PE 라우터가 Mobile IP 계층 서비스를 지원하기 위해 수행되는 메시지의 처리 시간과 IP 계층에서의 메시지 처리 시간을 기준으로 CE/PE 라우터에 미치는 부하를 계산하였다. 펜티엄 II 450 MHz 사양을 갖는 컴퓨터에 리눅스 커널 버전 2.2.9를 설치한 후, Mobile IP 프로토콜을 직접 실행하여 Mobile IP 계층과 IP계층에서의 메시지 처

리 시간을 측정하였다. 측정값 중에서 가장 작은 처리 시간을 갖는 AA 메시지 처리 시간의 작업부하(workload)를 1로 설정하고, 그 비율에 따라 모든 메시지의 처리 시간에 대한 작업 부하를 결정하였다. 산출된 작업 부하의 값을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

- 외부 에이전트의 AA 전송 작업 부하 : 1
- 외부 에이전트에서 이동 노드의 등록 요청 작업 부하 : 1.2
- 외부 에이전트에서 홈 에이전트의 등록 응답 작업 부하 : 2.4
- 홈 에이전트에서 이동 노드의 등록 요청 작업 부하 : 2.5
- 이동 에이전트에서 IP 계층 작업 부하 : 633

위에 제시된 작업 부하 값 중에서 IP 계층에서의 작업 부하가 가장 크다. 이것은 리눅스 커널 내의 IP 계층에서 메시지를 처리하는 시간이 운영체제의 다른 작업 시간(예 : Context Switch, Interrupt 서비스 등)을 포함하고 있기 때문이다. CE 라우터 기반 MPLS VPN과 PE 라우터 기반 MPLS VPN의 CE/PE 라우터에서 측정된 작업 부하는 1개의 이동 노드에 의해 유발되는 값이다.

그림 7은 이동 노드의 핸드오프 비율에 따라 CE/PE 라우터에서 이동성 지원을 수행하기 위해 필요한 작업부하의 정도를 보여준다. 핸드오프 비율이 증가함에 따라, CE/PE에서는 더 많은 메시지를 처리해야 하므로 작업부하의 값이 증가하게 된다.

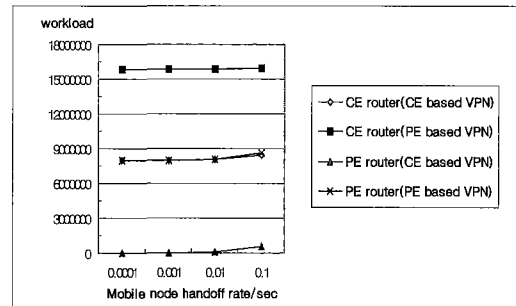


그림 7. 이동 노드 핸드오프 rate에 따른 CE/PE 라우터의 평균 작업 부하

CE 기반 MPLS VPN에서의 이동성 지원이 PE 기반 MPLS VPN보다 CE/PE 라우터에서 작업부하의 값이 상당히 적다. 이것은 CE 기반 MPLS VPN에서 이동성 지원을 위해 수행되는 메시지 처리 시

간이 짧아 CE/PE 라우터에 부하를 적게 주기 때문이다. CE 기반 MPLS VPN에서 PE 라우터는 CE 라우터보다 매우 적은 작업 부하를 갖는다. 이것은 라우터에 많은 영향을 주는 AA 메시지와 이동 서비스를 위한 다른 메시지들을 CE 라우터에서만 처리하고 PE 라우터는 이동 서비스 지원에 투명하게 동작하기 때문이다. PE 라우터는 단지 CE 라우터들 사이에 전달되는 메시지의 수송만을 담당한다. 즉, PE 라우터는 IP 계층에서의 작업 부하만을 갖는다.

PE 기반 MPLS VPN에서 이동성 지원 역시 PE 라우터보다 CE 라우터에 많은 영향을 준다. 이것은 PE 라우터에서 전송된 AA 메시지를 처리 하기 위해 CE 라우터에 많은 부하를 야기하기 때문이다. PE 기반 MPLS VPN에서의 CE 라우터의 작업 부하는 CE 기반 MPLS VPN에서의 CE 라우터의 작업 부하보다 크다. 왜냐하면, PE 기반 MPLS VPN에서의 CE 라우터는 AA 메시지의 수신한 후, 처리하고 다시 송신하는 과정을 수행하기 때문이다.

이에 비해서 CE 기반 MPLS VPN에서의 CE 라우터는 AA 메시지를 생성해서 송신하는 과정만을 수행하기 때문에 전자에 비해 처리 시간이 적게 소요된다. PE 기반 MPLS VPN에서 PE 라우터는 AA 메시지를 자신의 VPN 사이트로 전송한다. 만일 이동 노드가 같은 PE 라우터에 의해 관리되는 다른 사이트로 이동한다면, 이동 노드는 자신의 이동을 감지하지 못한다. 왜냐하면 동일한 AA 메시지를 수신하기 때문이다. 그러므로, CE 라우터는 PE 라우터로부터 AA 메시지를 수신하고 이동 노드의 이동 감지를 위해 자신의 VPN 사이트 정보를 메시지 내에 삽입한다. 이것은 CE 라우터의 IP 계층 뿐만 아니라 Mobile IP 계층의 작업 부하에 영향을 준다. 반면에, CE 기반 MPLS VPN의 CE 라우터에서 수행되는 연산은 AA 메시지를 생성하여 이동 노드에게 전송하기 때문에 PE 기반 MPLS VPN의 CE 라우터보다 작업 부하가 상대적으로 적다.

MPLS VPN에서 이동성 지원을 위해 CE/PE 라우터에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 주기적으로 전송되는 AA 메시지이다. 그림 8은 AA 메시지 전송 간격에 따른 CE/PE 라우터의 작업 부하를 보여 준다. 이 메시지의 전송 간격이 길어짐에 따라 CE/PE 라우터에서의 작업 부하가 줄어드는 것을 알 수 있다. 위에서 설명한 것과 같이 PE 기반 MPLS VPN 모델에서의 CE 라우터가 가장 많은 작업 부하를 갖는다.

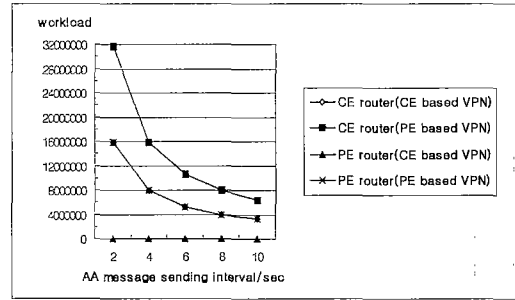


그림 8. AA 메시지 전송 간격에 따른 CE/PE 라우터의 평균 작업부하

표 1은 이동 노드의 핸드오프 비율에 따라 대응 노드에서 전송된 데이터 패킷의 수와 이동 노드에서 수신한 패킷의 수를 백분율로 표시하였다. 이동 노드의 핸드오프 비율이 증가하면 이동 노드가 더 자주 비연결 상태에 놓이기 때문에, 이동 노드에서 데이터 패킷의 수신율이 저하됨을 알 수 있다. CE 기반 MPLS VPN과 PE 기반 MPLS VPN에서의 데이터 패킷 수신율은 거의 같다. 결국, 이동 노드에서의 데이터 패킷 수신은 MPLS VPN의 구성 방식에 거의 영향을 받지 않는다.

표 1. 이동 노드 핸드오프 rate에 따른 데이터 패킷 수신율

Handoff rate	Number of packets sent by CN	Number of packets received by MN	
		CE based VPN	PE based VPN
10 <sup>-4</sup>	17578	17568 (99.943%)	17577 (99.943%)
10 <sup>-5</sup>	17578	17406 (99.015%)	17404 (99.010%)
10 <sup>-2</sup>	17578	15912 (90.493%)	15898 (90.442%)
10 <sup>-1</sup>	17578	8735 (49.687%)	8615 (49.067%)

CN : Correspondent Node

MN : Mobile Node

시뮬레이션 결과로서 CE 기반 MPLS VPN에서는 PE 기반 MPLS VPN보다 이동성 지원을 수행하기 위해 CE/PE 라우터 모두 작업부하를 경감시키는 것을 보여준다. 특히, CE 기반 MPLS VPN의 PE 라우터는 이동 서비스에 투명하게 동작하므로 이동 서비스로 야기되는 부하에 거의 영향을 받지 않는다. 이것은 백본 네트워크의 성능을 향상시키는 요인이 될 것이다.

## VI. 결론

이 논문에서는 CE 라우터 기반 MPLS VPN을 대상으로 하여 Customer 사이트 내의 어떤 노드가 같은 VPN 내의 다른 사이트로 이동하는 경우, 다른 VPN내의 사이트로 이동하는 경우, 그리고 일반 인터넷 지역으로 이동하는 경우에 이동성 지원 방안을 제시하였다. CE 라우터 기반 MPLS VPN에서의 이동성 지원 방안의 성능을 검증하기 위해 COVER를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고, PE 기반 MPLS VPN 모델과의 성능을 비교 분석하였다.

CE 기반 MPLS VPN에서 이동성 지원은 VPN 사이트 내의 CE 라우터에서 이동 서비스를 수행하기 때문에 CE 라우터에 성능에 영향을 준다. 그러나, 이러한 영향은 PE 기반 MPLS VPN의 PE 라우터에서 이동 서비스를 지원하는 경우보다 더 적다는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 또한, CE 기반 MPLS VPN에서 PE 라우터는 이동 서비스에 투명하게 동작하기 때문에 이동 서비스 지원을 위해 거의 부담을 갖지 않는다. 이것은 결과적으로 ISP 서비스의 수준(QoS)을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, MPLS VPN에서의 이동성 지원 방안은 MPLS VPN 뿐만 아니라 다양한 VPN 구성 기술에서도 적용될 수 있다. MPLS VPN에서 Mobile IPv6 지원을 위한 고려사항이 향후 연구되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

[1] Paul Ferguson, Geoff Huston, "What is VPN," The Internet Protocol Journal, Volume 1, Number 2, June 1998.

[2] Eric Rosen, Yakov Rekhter, "BGP/MPLS VPNs," RFC2547, March 1999.

[3] 한민호, 이영석, 최 훈, 전우직, "CE 라우터 기반 MPLS VPN 설계 및 구현", 제 27회 한국정보과학회 추계학술대회, Vol. 21, No. 2, pp.251-253, 2000년 10월.

[4] Charles Perkins, "IP Mobility Support," Proposed Standard, RFC 2002, October 1996.

[5] Charles Perkins, David Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," Internet-Draft, November 2000.

[6] Paul Traina, Ravishanker Chandrasekeran, Tony Li, "BGP Communities Attribute," RFC1997, August 1996.

[7] Srihari Ramachandra, Daniel Tappan, Yakov Rekhter, "BGP Extended Communities Attribute," Internet-Draft, December 2001.

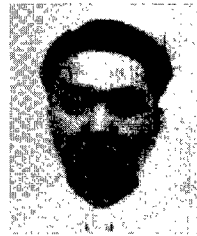
[8] Yakov Rekhter, Eric Rosen, "Carrying Label Information in BGP-4," Internet-Draft, September 2000.

[9] Cheng-Yin Lee, Glenn Morrow, Fayaz Kadri, "Intercepting Location Updates," Internet-Draft, November 2000.

[10] Experimental Object Technologies, COVERS Release 3.1 Reference Manual, 1999.

이 영 석(Young-seok Lee)

정회원



1992년 2월 : 충남대학교  
컴퓨터공학과 학사  
1994년 2월 : 충남대학교  
컴퓨터공학과 석사  
1997년 3월~현재 : 충남대학교  
컴퓨터공학과 박사과정

1994년~1997년 : LG정보통신(주)중앙연구소 연구원  
<주관심 분야> 분산시스템, 가상사설망, 이동컴퓨팅

최 훈(Hoon Choi)

정회원



1983년 2월 : 서울대학교  
컴퓨터공학과 학사  
1990년 12월 : Duke University  
전산학과 석사  
1993년 5월 : Duke University  
전산학과 박사

1983년~1996년 : 한국전자통신연구원 광대역  
통신망 연구부 선임연구원  
1996년~현재 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수  
2000년 : 미국 NIST(National Institute of Standards  
and Technologies) 객원연구원  
<주관심 분야> 분산시스템, 이동컴퓨팅, 컴퓨터통신,  
Fault-tolerant 시스템