

碩士學位 請求論文

이동 IP 에서 NHRP 를 이용한
단거리 터널링 기법의 수학적 분석

慶州大學校 教育大學院

電算教育專攻

金 顯 吉

指導教授 卞 兌 榮

2002 年 8 月

이동 IP 에서 NHRP 를 이용한
단거리 터널링 기법의 수학적 분석

慶州大學校 教育大學院

電算教育專攻

金 顯 吉

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함.

指導教授 卞 兌 榮

2002 年 8 月

<목 차>

Abstract

I. 서론	1
II. 이론적 배경	3
2.1 중첩 모델 기반의 연동 기술	3
2.1.1 LAN 에멀레이션	3
2.1.2 LAN 에멀레이션의 구조 및 동작	4
2.1.3 MPOA	6
2.1.4 Classical IP over ATM	8
2.2 이동 IP	11
2.2.1 이동 IP의 구성	11
2.2.2 캡슐화(Encapsulation)	12
2.2.3 이동 IP의 동작	13
2.3 경로의 최적화	18
2.3.1 바인딩 캐시	18
2.3.2 Smooth Handoff	18
2.3.3 스페셜 터널링	19
2.4 NHRP	21
2.4.1 NHRP 개요	21
2.4.2 NHRP 개선 기법	21

III. 이동 IP에서 NHRP를 이용한 단거리 터널링 기법의 수학적 분석	25
3.1 ATM 및 LAN 기반의 이동 IP망 연동 방안	25
3.2 시나리오 1	28
3.2.1 동작	28
3.2.2 수학적 분석	31
3.3 시나리오 2	34
3.3.1 동작	34
3.3.2 수학적 분석	37
3.4 시나리오 3	39
3.4.1 동작	39
3.4.2 수학적 분석	42
3.5 시나리오 4	44
3.5.1 동작	44
3.5.2 수학적 분석	47
3.6 고찰	49
IV. 결론	51
참고문헌	52

<표 목차>

표 1. 수식에서 사용되는 기호의 정의	13
표 2. 단거리 터널링 적용이 가능한 경우	15

<그림 목차>

그림 1. ELAN 구성요소	5
그림 2. MPOA 시스템의 구성 및 동작	7
그림 3. (a) Classical IP over ATM	9
그림 3. (b) Classical IP over ATM	10
그림 4. 캡슐화	13
그림 5. 이동 IP의 동작	15
그림 6. 삼각 라우팅	16
그림 7. 바인딩 캐쉬를 이용한 이동 IP라우팅	17
그림 8. 바인딩 캐시	18
그림 9. Smooth Handoff	19
그림10. 스페셜 터널링	20
그림11. 새로운 기법 내에서의 동작	22
그림12. 새로운 NHRP에서 등록과 주소 변환	24
그림13. 이동 IP에서 NHRP를 이용한 단거리 터널링 개념	26
그림14. (a) 시나리오 1의 기존 IP 라우팅	29
그림14. (b) 시나리오 1의 NHRP를 이용한 단거리 터널링	30
그림15. ATM 망에서의 LISs 내부 구성도	31
그림16. (a) 시나리오 2의 기존 IP 라우팅	35
그림16. (b) 시나리오 2의 NHRP를 이용한 단거리 터널링	36
그림17. (a) 시나리오 3의 기존 IP 라우팅	40
그림17. (b) 시나리오 3의 NHRP를 이용한 단거리 터널링	41
그림18. (a) 시나리오 4의 기존 IP 라우팅	45
그림18. (b) 시나리오 4의 NHRP를 이용한 단거리 터널링	46

Mathematical Analysis of Shortcut Tunnel Establishment Scheme Using NHRP over Mobile IP Networks

Kim, Hyun Gil

**Department of Computer and Electronic Engineering,
The Graduate School, Kyongju University**

(Supervised by Professor Byun, Tae Young)

(Abstract)

In this paper, we evaluate end-to-end transmission delays between HA(Home Agent) and MN(Mobile Node), in which we consider existing tunneling scheme based on a legacy IP routing technology and a short-cut tunneling scheme based on ATM cell switching technology. The concept of short-cut tunneling was introduced in existing studies and short-cut tunnel can be established by using NHRP over mobile IP networks consisting of LAN-based IP networks and ATM-based IP networks.

To ease the mathematical analysis, we considered the locations of HA, FA, CN and MN to classify geographical relations of those locations into four cases.

To confirm the advantage of the short-cut tunnel, we mathematically compared short-cut tunneling method with existing tunneling establishment in terms of transmission delay over tunnel.

The analysis shows that transmission delay over short-cut tunnel is lower than that over existing tunnel based on IP routing, that is due to considerably removed store-and-forward processing delay on short-cut tunnel over ATM network.

I. 서론

휴대 이동 전화, PDA, 노트북 등 이동 컴퓨팅 장비들의 보급이 대폭적으로 증가하고 이동 단말의 컴퓨팅 기능이 점차 고성능화 되어감에 따라 이동 단말장치가 제공할 수 있는 서비스의 품질이 높아지고 그 영역이 더욱 다양화하고 있다. 이와 더불어 이동 및 무선 인터넷의 필요성이 더욱 커지고 이동 단말장치에 인터넷 접속 기능이 부여됨에 따라서 시간과 장소에 구애 받지 않고 언제든지 인터넷 접속이 가능하게 되었다.

이동 IP(mobile IP) 기술은 기존의 IP 망에서 임의의 MN(Mobile Node)이 자신의 망을 벗어나 다른 망으로 이동할 경우 자신의 고유한 IP 주소를 이동된 곳에서 사용할 수 없는 단점을 해결하고자 등장한 기술로써 현재 및 향후에도 연구가 활발하게 이루어질 것으로 예상된다. 이동 IP에서는 종단간 데이터 전달을 위하여 라우터들 사이에 저장 후 전달(store-and forward)에 기반한 데이터 전달 기법을 기본으로 하고 있다.

본 논문에서는 ATM망과 기존 LAN망 기반의 인터넷 망 환경에서 두 이질적인 망간에 데이터의 전달이 필요한 경우, 기존의 NHRP와 이동 IP 기술의 적용 방안에서 종단간 데이터 전달 지연 시간을 수학적으로 분석하였다. 이동 IP 기술에 NHRP를 적용한 터널링 설정 기법에서는 터널의 경로 범위가 기존의 LAN 기반 인터넷 망과 ATM 기반 인터넷 망에 걸쳐서 존재할 수 있다. 따라서 ATM 망 내부에서는 NHRP의 주소 해석 기능을 이용하여 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent) 사이에 SVC(Switched Virtual Connection)를 이용한 단거리 경로(short-cut)로 터널링 구간을 설정함으로써 종단간 데이터 전달 지연을 개선시킬 수 있다. 기존의 LAN 기반의 인터넷 망과 ATM 기반의 인터넷 망 사이에 IP호스트, HA 및 FA, MN이 위치하는 다양한 경우에 따라 단거리 터널링의 적용 가능성과 전달지연 시간을 수학적으로 분석해 본다. IP 라우팅에 기반한 터널링 설정 방안과 본 논문의 단거리 경로에 기반한 터널링 설정 방안에서의 데이터 전달 지연을 비교한 결과 단거리 터널링 기법이 보다 작은 종단간 데이터 전달지연시간을 가지는 것을 확인하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면 2장에서는 오버레이 모델 기반의 연동 기술, 이동 IP, NHRP 및 이동 IP 기술에 NHRP 적용 방안에 관한 기존 연구들을 고찰하였다. 3장에서는 이동 IP 기술에 NHRP를 적용하는 경우, 단거리 터널링 설정 기법의 종단간 데이터 전달 지연 시간 및 기존 방안과 비교하여 종단간 전달 시간의 개선 정도를 수학적으로 분석하였다. 마지막으로 결론을 기술하였다.

II. 이론적 배경

본 논문과 관련 있는 연구로써 오버레이 모델 기반의 연동 기술, 이동 IP와 NHRP를 들 수 있다. 이동 노드의 이동성 지원을 위한 이동 IP와 NHS(Next Hop Server) 사이의 주소 해석을 통한 NHRP를 접목시켜 실질적인 두 망 사이에 패킷 전달을 위한 단거리 터널링을 설정하고자 한다.

2.1 중첩(overlay) 모델 기반의 연동 기술

ATM망에서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 방식은 접근 방식에 따라 크게 4가지로 분류 할 수 있다. IP 라우터와 ATM 스위치에서 라우팅이 어떻게 이루어지는가에 따라 계층 라우팅과 통합 라우팅으로 분류되고 IP 라우터와 ATM 스위치 상호간에 어떤 관계를 가지고 동작하는가에 따라 오버레이 모델과 동등 모델로 분류된다. 오버레이 모델에서는 IP 라우터는 IP 라우터끼리만 동작하고 ATM 스위치는 스위치끼리만 동작한다. 하지만 IP 라우터와 ATM 스위치는 상호 동료로서 동작하지 못한다. 이러한 오버레이 모델에서는 링크계층 프로토콜과 IP 프로토콜은 독립적으로 동작한다. IP 계층은 IP 라우팅 프로토콜에 의해서 목적지 IP의 경로를 결정한다. 그리고 실제적인 IP 패킷의 전달은 서브 네트워크에 기반을 두고 있는 링크 계층에 기반을 두고 있기 때문에 목적지 IP 주소에 해당하는 목적지의 링크 계층 주소를 찾는다. 이러한 과정을 주소 변환 과정이라 부른다. 그리고 이 링크계층 주소를 사용하여 목적지 호스트로 이르는 경로를 찾아가게 된다. 이러한 오버레이 모델에 기반을 둔 IP와 ATM의 가장 단순한 연동 기술로는 IETF의 IPOA(Classical IP over ATM)이다.

2.1.1 LAN 에뮬레이션

기존의 대부분의 데이터 트래픽이 IEEE 802.3과 IEEE 802.5 망과 같은 LAN 서비스를 이용해서 전송된다. LAN은 ATM에서 제공하는 서비스와는

다른 비연결형이며, 멀티캐스팅과 멀티캐스팅이 공유 매체를 통하여 쉽게 제공되고, LAN의 MAC 주소는 망 토폴로지와 독립적으로 결정되어 사용된다. ATM 도입시기에 이러한 LAN의 응용 서비스를 ATM 망 위에서 수용하여 기존 LAN과의 상호 운용성을 보장하기 위한 방안이 필요하게 되었다. 그러한 방안으로 ATM 포럼에서는 ATM 망에서 Ethernet 과 Token Ring을 에뮬레이션하는 LANE를 제안하였다[1][2].

LANE는 망 계층의 하위 계층인 데이터 연결 계층 프로토콜로서 ATM 상위에 위치하는 다른 연동 방안과는 달리 LLC(Logical Link Control) 계층의 하위 계층인 MAC 계층의 프로토콜로서 ATM 상위에 위치한다. LANE는 ATM 스위치를 통한 투명성을 보장하고, ATM 망을 통해 브릿징을 제공하여 망 계층과 상위 계층을 ATM 요소로부터 숨겨준다. 이는 기존 응용 소프트웨어들이 기존의 LAN에서 동작하는 것처럼 NetBIOS, IPX, TCP/IP 등의 네트워크 계층 프로토콜을 통하여 ATM 망에 액세스 할 수 있다. 그러나 브릿징에 다른 확정성과 성능면에서 제약을 가지고 있으므로 LANE는 Ethernet과 같은 기존 LAN을 대체하거나 기존의 LAN의 백본으로 적합하다.

2.1.2 LAN 에뮬레이션의 구조 및 동작

LANE의 기본적인 목적은 기존의 응용 프로그램이 기존의 LAN에서 동작하는 것처럼 기존 네트워크 계층 프로토콜 스택을 통해서 ATM망을 액세스 할 수 있도록 하는데 있다. 이러한 서비스를 하기 위해서 LANE는 하나의 ATM망을 다수의 에뮬레이트된 LAN(ELAN : Emulated LAN)으로 구성한다. 이들 ELAN은 서로 상호 독립적으로 작동함으로 라우터나 브리지를 통해서만 통신이 가능하다. 그림 1에서는 LEC와 LECS, LES, 그리고 버스로 구성된 LE 서비스로 구성되어 있는 ELAN 구성을 요소들을 보여 주고 있다.

ELAN은 LAN 에뮬레이션 클라이언트 집합(LE Client)과 단일 LAN 에뮬레이션 서비스(LE Service)로 구성된다. LEC는 ATM의 종단 시스템에 부착되어 종단 시스템의 MAC 주소로 구별되며, LES는 종단 시스템이나 스위치에 부

착되며, 중앙 집중 식이던가 여러 스테이션에 분산되어 분포될 수도 있다. LEC는 데이터 전송, 주소 변환, 기타 제어 기능 등을 수행한다. 이것은 상위 레벨 소프트웨어에게 MAC 레벨의 애플리케이션 된 인터페이스를 제공하고 LAN내에서 다른 개체와 통신을 수행할 LUNI를 구축한다.

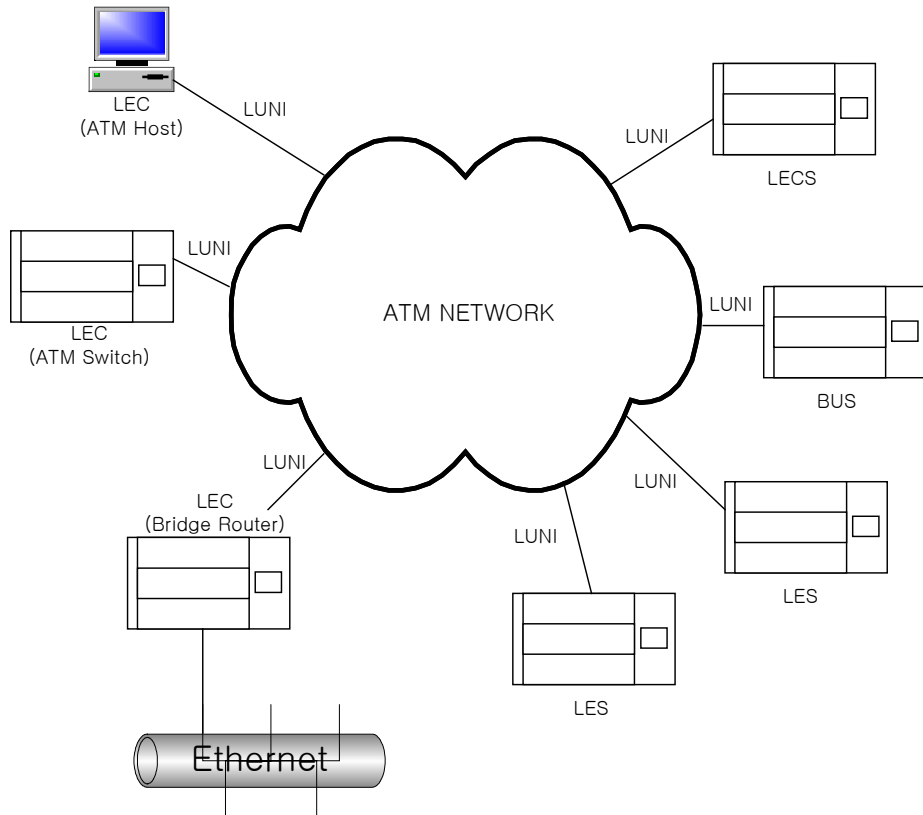


그림 1. ELAN 구성요소

LES는 ELAN에 대한 제어, 조정 기능을 수행한다. LES는 MAC 주소 또는 라우터 디스크립터를 ATM 주소로 등록, 변환하는 기능을 수행한다. LEC는 LES에 목적지를 등록하여, MAC 주소 변환과 ATM 주소 라우팅을 LES에게 요청하도록 한다. LES는 LSC에게 직접 응답하거나, 아니면 응답할 수 있는 다른 LEC에게 그 요청을 전송하고, BUS는 LEC에 대한 모든 브로드캐스트, 멀티캐스트, 그리고 그 외의 주소가 알려지지 않은 프레임을

처리한다. LECS는 클라이언트가 제공하는 구성 데이터 베이스 및 정보를 이용해서 임의의 LEC에게 특정한 에플리케이션 된 LAN을 할당한다.

LEC와 LE 서비스간의 상호 작용은 LUNI에서 정의되어 있다. LEC는 최초에 망에 연결 시에 LAN 에플리케이션의 서비스를 받기 위해 LES에 등록을 한다. 이런 한 등록을 하기 위해 먼저 LES의 ATM의 주소가 필요하며, 이것은 LECS를 통해 획득할 수 있다. LECS의 주소는 ILMI(Interim Local Management Interface)절차를 이용하거나, 잘 알려진 ATM 주소나, 관리자에 의해 정해진 주소를 이용하는 방법이 있다. 이렇게 획득한 LES의 ATM 주소를 이용하여 LES와 연결 설정을 하고 자신의 MAC 주소와 ATM 주소를 LES에게 알려주어 자신을 등록한다. LEC는 LES로부터 고유번호와 BUS의 ATM주소를 받아서 새로운 연결 설정을 한다. BUS는 알려지지 않은 호스트와 모든 호스트에 전달하는 역할을 담당한다.

LES에 등록이 된 LEC가 목적지 노드의 데이터를 전달하기 위해서는 목적지 노드의 ATM 주소가 필요하다. 목적지 노드의 ATM 주소는 LES에 의해 제공된다. LEC는 목적지 노드의 ATM 주소를 요청하기 위해 LE_ARP 요구 메시지를 통해 목적지 노드의 MAC를 실어 보낸다. 이때 LES로부터 응답이 오기를 기다리는 동안 BUS에 데이터를 보낸다. BUS는 전달받은 데이터를 자신에게 연결되어 있는 모든 호스트에게 브로드캐스팅을 한다. 목적지의 ATM 주소를 요청 받은 LES는 자신에게 등록된 LEC를 검색하여 주소 정보를 요청한 LEC에게 응답하여 준다. 이로써 LEC는 목적지 노드의 ATM 주소를 알 수 있으며, 이 주소를 사용하여 데이터를 전송한다.

2.1.3 MPOA(Multiprotocol Over ATM)

MPOA(Multiprotocol Over ATM)란 ATM 망상에서 망 계층 프로토콜의 지름길 전송을 위해 ATM Forum의 멀티프로토콜의 서브워킹 그룹에서 개발한 방안이다. LANE는 서브넷 내의 호스트들에게 브리지 방식을 통한 ATM망에서 패킷 전송을 제공한다. 그러나 LANE에는 라우터를 통한 포워딩이 필요하다. 이러한 단점을 극복하여 LANE를 서브넷 간의 모델로 확장한 것이 MPOA이다.

동일한 서브넷 내의 호스트간에는 LANE와 동일하게 동작한다. 그러나 서로 다른 서브넷에 속한 호스트간에는 전통적인 라우트의 경로를 통해서 전달되며, 이러한 전달이 일정시간 지속되면 송신 측에서는 목적지와 short-cut VC를 설정하여 패킷을 전달한다[4][5].

2.1.3.1 MPOA의 구성 및 동작

MPOA는 클라이언트/서버 구조로 동작하며, 논리적 구성 요소로써 MPOA 클라이언트(MPOA)와 MPOA 서버(MPS)가 존재한다. MPS는 LANE를 통해 연결된다. 그림 2는 이러한 MPOA 시스템내의 구성 요소를 보여 주고 있다. MPOA 클라이언트(MPC)는 ATM망에 접속된 IP 호스트에 위치하며, MAC계층 혹은 네트워크 계층에서의 전달을 수행한다. 또한 패킷들의 일정한 흐름을 감지하여 해당 목적지의 지름길을 설정하며, 이러한 목적지의 ATM 주소를 알아내기 위해 MPS에게 NHRP 기반의 질의 응답 프로토콜을 사용한다. 그리고 다른 MPC로부터 자신의 지연 인터페이스/사용자로 전달 될 네트워크 데이터 프레임을 수신하여 상위 계층으로 전달한다. MPC는 하나 이상의 LEC를 서비스할 수 있고 하나 이상의 MPS와 통신할 수 있다.

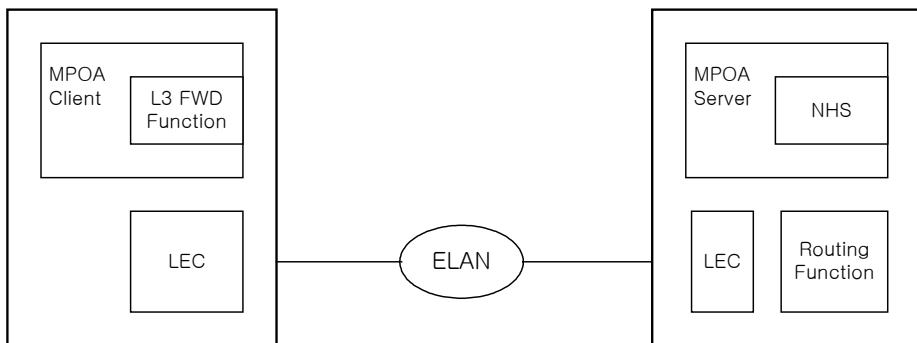


그림 2. MPOA 시스템의 구성 및 동작

MPOA 서버(MPS)는 라우터에 위치하여 MPC에게 내부 망의 계층 정보를 NHRP 기반의 질의-응답 프로토콜을 이용하여 제공한다.

MPOA의 구성 요소들은 LANE_ARO 프로토콜을 이용하여 자동적으로 서

로를 발견할 수 있다. 이 정보는 동적으로 발견되고 필요할 때 이용된다. 또한 MPOA의 주소 변환은 MPC들이 지름길을 설정하기 위한 중단점 ATM주소를 결정할 수 있도록 확장된 NHRP-Resolution -Request를 사용한다. 호스트는 전송할 패킷이 발생하면 목적지 IP 주소를 갖고 전달 경로를 설정하며, 목적지 노드가 다른 서브넷에 속한 호스트라면 전통적인 IP 패킷 전달 방식으로 디폴트 라우터에 전달한다. 이러한 동작을 ATM의 관점에서 본다면 서브넷 마다 VC가 설정되어 셀을 전달하는 것이 된다. 만약 이러한 패킷의 전달이 일정시간 계속된다면 호스트는 지름길을 설정하여 목적지로 패킷을 전달하게 된다.

2.1.4 Classical IP over ATM

IPOA에서는 동일한 ATM망에서 IP 서브네트워크들이 IP 라우터에 의해 연속적으로 연결되어 있는 구조에서 LIS(Logical IP Subnetwork)라 불리는 IP 서브네트워크를 기본 구성 단위로 하고 있다. LIS는 ARP라 불리는 하나의 주소 변환 서버에 의해 설정할 수 있다[3].

ARP 서버는 ATM host의 요청에 의해 목적지의 IP 주소를 ATM 주소로 변환하는 작업을 수행하여 ATM host에게 전송한다. 이 주소를 사용하여 LIS 내의 다른 ATM host와 직접적인 연결을 할 수 있다. 하지만 다른 LIS에 소한 IP host간에 직접적인 ATM 연결 설정을 할 수 없고 반드시 LIS를 연결하는 라우터를 통해서 ATM 연결이 이루어진다.

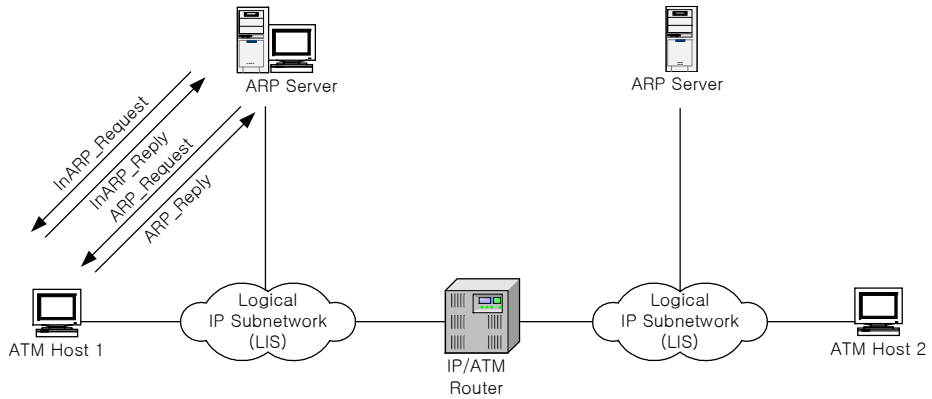


그림 3.(a) Classical IP over ATM

그림 3. (a)는 LIS로 구성된 고전적인 모델을 보여주고 있다. 고전적인 IP 모델에서 하나의 독립적인 관리 개체는 하나의 LIS 내의 호스트와 라우터로 구성된다. 동일한 ATM망 위에서 각 LIS는 다른 LIS들과 서로 독립적으로 동작하고 통신한다. ATM host가 속한 LIS를 관리하는 ARP 서버와는 직접적인 ATM 연결을 하여 통신한다. 그리고 서로 다른 LIS에 속한 호스트와의 통신은 반드시 중간에 IP 라우터를 경유하여 통신한다. ATM망을 통해서 IP 패킷을 전송하려 할 때 제일 먼저 수행해야 할 것은 목적 노드의 ATM 주소를 획득하는 것이다. ATM host는 목적지 노드의 ATM 주소를 획득하기 위해 자신이 속한 LIS를 관리하는 ARP에게 주소 해석을 요청하여 목적 노드의 ATM 주소를 획득할 수 있다. 이 주소를 사용하여 목적 노드와 ATM 연결을 하여 데이터를 전송한다. 이러한 동작 과정은 그림 3. (b)에서 보여주고 있다.

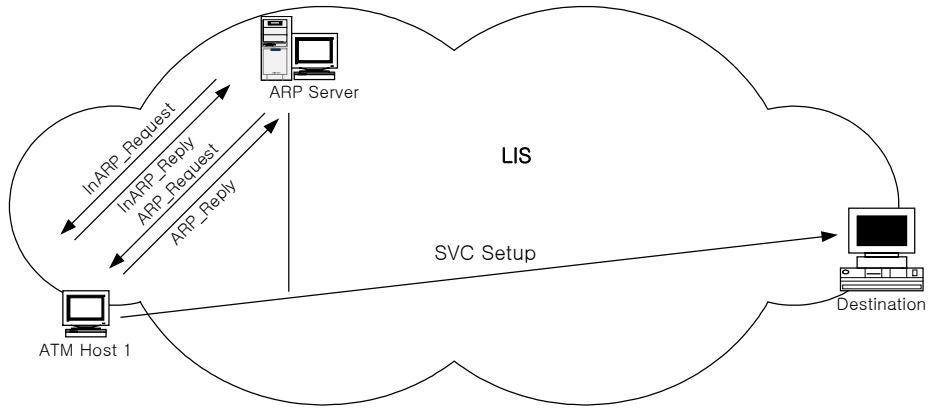


그림 3. (b) Classical IP over ATM

Classical IPOA 모델에서는 서로 다른 LIS에 속한 호스트간의 통신에는 직접적인 ATM 연결을 할 수가 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 서로 다른 LIS내의 호스트간에 직접적인 ATM 연결 설정이 가능하도록 확장한 것이 NHRP 프로토콜 모델이다.

2.2 이동 IP (Mobile IP)

기존의 단말의 경우 일정한 기지국에서 다른 기지국으로 이동할 경우 인터넷 접속을 계속 유지한 채로 사용할 수 없게 된다. 그 이유는 기존의 인터넷 라우팅 프로토콜은 일종의 PPP(Point to Point Protocol)이기 때문에 종단간 데이터를 전달하고 전달 받을 수 있을 뿐 노드가 다른 네트워크로 이동할 경우 새로운 위치에서 계속적으로 데이터를 전달 받을 수 없기 때문이다. 그래서 IP 서브넷과 매체간의 이동성을 제공하기 위해서 탄생한 것이 이동 IP로, IETF mobile IP WG(working group)에서 제안하였다[6][7].

이동 IP는 MN의 이동성을 지원하고 하나의 IP를 가지고 어디서나 인터넷에 접속하는 것을 가능케 하였다. 이 이동 IP는 전송 계층의 연결 유지와 IP 계층의 라우팅 문제를 해결하기 위하여 2개의 IP주소를 가진다. 즉, 자신의 고유 식별 번호로서의 IP와 MN이 이동한 지역의 위치를 파악하고자 하는 주소로서 COA(Care-of Address)를 가진다. 이 COA는 MN이 항상 다른 망으로 이동한 때마다 변경되는 주소로 자신의 위치정보를 FA(Foreign Agent)를 통하여 HA(Home Agent)에게 전달함으로써 항상 자신의 위치에 대한 최신의 이동 정보를 알려주고 있는 주소이다. 이를 통하여 MN은 연결을 계속 유지할 수 있다.

2.2.1 이동 IP의 구성

이동 IP는 MN과 MN이 원래 속한 HA, 그리고 MN이 이동해 속하여진 FA와 FA로부터 할당된 COA, 그리고 MN에 패킷을 보내는 IP 호스트로 구성되어 있다. 이들 각각에 대하여 자세히 살펴보면

- MN은 이동 노드라고 하는데 자신의 IP 주소를 바꾸지 않고 접속점(point off attachment)을 바꾸는 호스트 혹은 라우터이다.
- HA는 MN의 홈 네트워크에 존재하는 라우터 혹은 호스트이다. MN이 홈 네트워크를 벗어났을 경우 HA내의 테이블에 MN이 이동한 위치의

주소를 갱신시켜 MN이 이동한 FA의 주소로 패킷을 캡슐화(encapsulation)하여 터널링(tunneling) 시킨다. 이 과정을 통하여 MN이 이동한 현재 위치를 계속적으로 알아내어 패킷을 MN에 전달할 수 있다.

- FA는 MN이 이동한 네트워크에 존재하는 라우터 혹은 호스트이다. MN이 FA로 이동하여 제일 처음 FA의 광고(advertisement) 메시지를 통하여 MN이 FA에 등록(registration)하고 HA에게 FA의 주소를 등록시킨다. MN이 FA의 주소를 등록시킴으로써 자신의 위치를 계속 HA에게 알린다. 또한 HA에서 온 패킷을 디-터널링(de-tunneling)하고 MN에게 전송한다.

- COA(Care-of Address)는 MN의 현재 접속점을 의미한다. 즉, FA의 주소로 HA로 터널링 되는 패킷의 목적지이다.

2.2.2 캡슐화(encapsulation)

대표적인 캡슐화 방법으로는 IP-in-IP encapsulation(RFC 2003), minimal encapsulation(RFC 2004)이 있다. 터널의 입구인 HA에서 자신에 등록된 MN의 COA를 목적지로 하는 데이터그램의 캡슐화는 원래의 IP 데이터그램의 헤더를 변경하거나 새로운 헤더를 추가적으로 씌우는 형태로 이루어진다.

■ IP-in-IP 캡슐화

IP-in-IP에서는 그림 4같이 원래의 IP 데이터그램 맨 앞에 새로운 IP헤더(바깥 IP헤더, outer IP header)를 씌운다. 바깥 IP헤더는 MN의 COA가 목적지 IP주소로 등재되며, 이 주소가 터널의 출구가 된다. 원 IP 데이터그램은 TTL이 하나 줄어든 채로 캡슐화된 데이터그램의 페이로드 부분을 차지한다. FA는 수신한 데이터그램에서 바깥 IP헤더를 제거하고 원래의 IP 데이터그램을 추출한 후 MN에 전달한다.

■ Minimal 캡슐화

Minimal 캡슐화는 IP-in-IP에서와 같이 원래의 IP 데이터그램 맨 앞에 MN의 COA를 새로운 목적지 IP 주소로 갖는 바깥 IP 헤더를 씌운다. IP 바깥 헤더와 페이로드 사이에 일반 IP 헤더보다 크기는 작으며 원래의 발신지 및 목적지 주소를 포함하는 새로운 IP 헤더(minimal 헤더)를 삽입한다. 이 헤더에서는 새로운 헤더를 추가함에 따른 헤더상의 중복되는 내용을 삭제함으로써 오버헤드를 줄였다. IP-in-IP에 비하여 오버헤드가 작지만 분할(fragmentation)의 어려움이 있고 원래의 데이터그램을 추출하기 위해 바깥 헤더와 minimal 헤더의 정보를 결합해야 하는 복잡한 과정을 거친다.

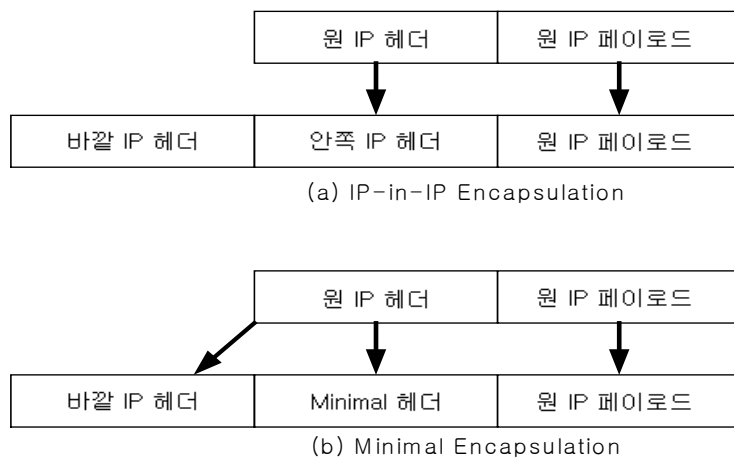


그림 4. 캡슐화

2.2.3 이동 IP의 동작

이동 IP는 MN의 네트워크 주소 부분이 HA의 주소와 다를 경우 발생하는 경로 배정 문제를 HA의 바인딩 테이블에 COA를 포함함으로써 해결을 할 수 있다. 즉, MN이 자신의 네트워크 망이 아닌 다른 네트워크 망으로 이동하였을 경우 자신이 다른 네트워크 망으로 이동했음을 감지하는 광고 메시지를 접수 받고 MN은 자신의 원래 속해 있던 HA로 자신이 이동한 주소인 COA를 보냄으로써 해서 지속적인 연결을 확인한다. 동작절차를 그림 5를 통해 보면, ① MN이 자신이 속해있던 HA로부터 다른 망인 FA로 이동하였다.

② FA는 지속적으로 자신의 망 내부에 광고메시지를 보내어 MN들의 등록을 유도한다. ③ MN은 자신이 있던 HA에서 다른 망인 FA로 이동하였음을 FA의 광고 메시지를 통해 감지하여 MN의 주소를 입력시키고 MN에 응답 메시지를 보낸다. 또한 FA는 MN이 HA에 등록 요구 메시지를 보낸다. ④ FA는 자신의 테이블에 MN의 주소를 입력시키고 MN에 응답 메시지를 보낸다. 또한 FA는 MN이 HA에서 FA로 이동하여 얻은 새로운 주소인 COA를 MN의 원래 주소인 HA에 전송하여 준다. HA는 자신의 테이블에 있던 MN의 주소에 FA로부터 새로 부여된 COA 주소로 갱신시킨다. ⑤ IP 호스트는 패킷을 MN의 원래 주소인 HA로 전송한다. ⑥ HA는 자신의 영역내부에 MN이 FA로 이동하였음을 테이블의 주소로 확인하고 IP 호스트로부터 보낸 패킷을 MN이 이동한 FA의 주소인 COA로 캡슐화 하여 터널링시킨다. ⑦ 터널링 되어온 패킷을 FA가 받아서 자신의 테이블에서 확인하고 MN에 최종적으로 전달한다. ①~④는 MN의 등록과정을 나타내었고 ⑤~⑦은 패킷의 흐름을 나타내고 있다. 이런 등록 과정을 함으로써 MN이 자신의 망으로부터 다른 망으로 이동하여도 지속적으로 패킷을 전달 받을 수 있으므로 해서 호스트의 이동성을 지원할 수 있다.

그림 5는 또한 터널링 개념을 보여주고 있다. HA는 IP 호스트로부터 들어온 패킷을 현재 자신의 망 내부에 MN이 없음을 HA는 자신의 테이블에 갱신된 COA주소를 통해 확인하고 패킷을 캡슐화시켜 COA를 목적지로 하여 터널링이란 방법을 통하여 전달시킨다. 터널링은 패킷을 다른 네트워크로 전송하기 위한 방법으로 원래의 패킷 정보에 부가적인 헤드정보를 덧붙여 보내는 방법을 말한다. 부가적인 헤드정보는 원래의 패킷에 MN이 이동한 곳의 FA의 주소인 COA를 추가하는 것을 말한다. 기존의 패킷에 헤드 및 COA주소를 추가하는 것을 캡슐화라고 하고 캡슐화된 패킷이 유효한 동안의 전송을 터널링이라 한다.

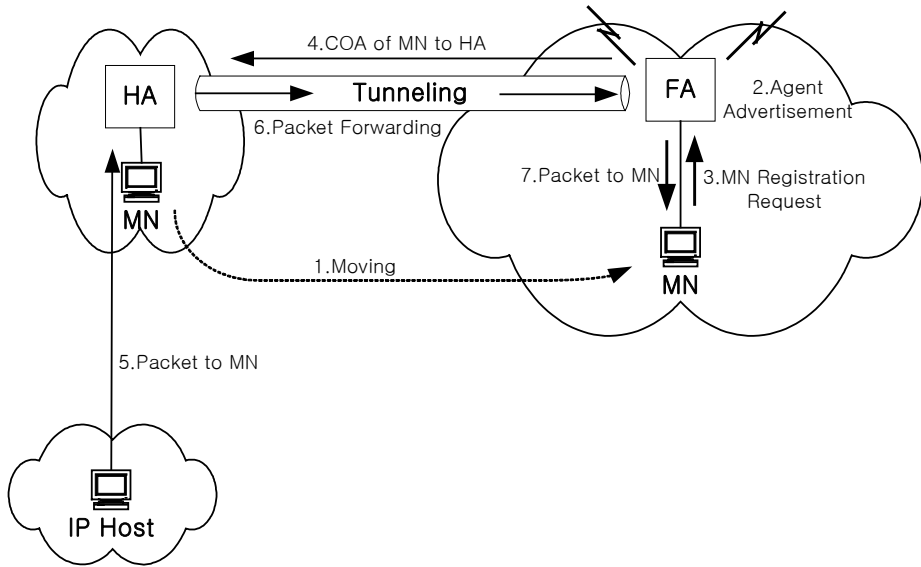


그림 5. 이동 IP의 동작

이동 IP는 호스트의 이동성을 HA에 갱신된 COA주소와 패킷을 HA에서 FA까지 터널링 시킴으로써 지원하고 있다. 여기에서 이동 IP의 두 가지 주소, 즉 HA 내의 MN의 고유한 주소와 FA로 이동한 뒤에 FA로부터 부여 받은 새로운 주소인 COA, 두 주소를 가지고 있다. 이동 IP의 두 가지 주소 방식으로 인하여 종단간 각각 IP 호스트에서 MN으로, MN에서 IP 호스트로 전달 경로가 다른 삼각 라우팅(triangle routing) 현상을 가지고 있다. 즉, IP 호스트 근처에 MN이 위치하더라도 IP 호스트는 패킷을 HA를 경유하여 전송하고 MN은 데이터를 자신의 HA를 경유하지 않고 바로 IP 호스트에게 전달하는 비균형적인 관계가 형성되는 문제가 발생한다. 그림 6에서 삼각 라우팅 문제를 보여주고 있다.

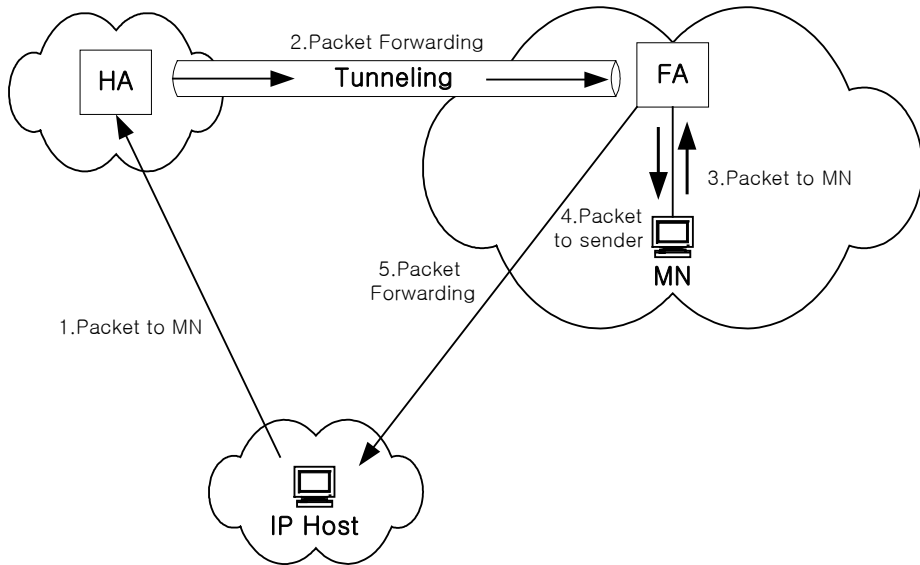


그림 6. 삼각 라우팅

그림 6의 삼각라우팅 문제를 해결하고자 나온 것이 그림 7의 바인딩 캐시(binding caches)이다. 바인딩 캐시 메시지를 통해 MN의 주소에 FA로부터 부여 받은 COA를 갱신시킴으로써 삼각 라우팅 문제를 해결할 수 있다. 즉, 바인딩 캐시는 MN이 FA로 이동하여 FA의 광고 메시지에 의해 MN은 FA에 등록하고 FA로부터 새로 부여 받은 주소인 COA를 HA에 전달함으로써 HA에 있는 캐시 테이블에서 MN의 주소를 갱신한다. IP 호스트는 MN으로 보내는 패킷을 HA로 보내고 HA는 MN으로 가는 패킷을 받아 분석을 한다. HA는 자신의 테이블에 MN이 없음을 확인하고 MN이 이동한 FA로 캡슐화하여 터널링 시켜 보낸다. 이와 동시에 HA는 IP호스트에게 MN이 이동한 주소인 COA를 실어 바인딩 캐시라는 메시지를 IP 호스트에게 보내어 MN의 캐시 테이블을 갱신시킨다.

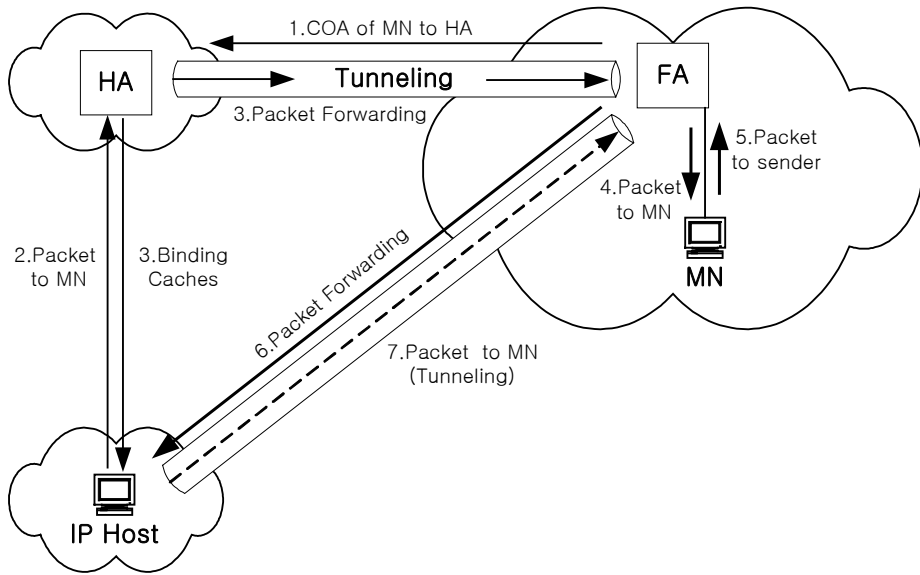


그림 7. 바인딩 캐쉬를 이용한 이동 IP 라우팅

첫 번째 패킷 이후 모든 패킷의 전달은 IP 호스트에서 바로 FA로 터널링 되어 MN으로 전달된다. 이러한 일련의 과정을 통하여 IP 호스트에서 HA를 거쳐 MN으로 전달되는 경로에 비해 IP 호스트에서 MN이 있는 FA로 HA를 거치지 않고 가게 됨으로써 경로 최적화를 이룰 수 있고 또한 MN에서 IP 호스트로 가는 경로와 동일한 경로를 설정한다. 그림 7을 보면 IP 호스트에서 MN으로 가는 경로가 바인딩 캐시에 의한 갱신 이후 점선으로 나타나고 있다. 바인딩 캐시 외에 최적경로 IP 라우팅에는 smooth 핸드오프, 스페셜 터널링이 있다.

2.3 경로의 최적화

2.3.1 바인딩 캐시

바인딩 캐시 방법에서는 CN(Correspondent Node)이 최근에 교신한 MN의 COA 정보를 저장한 바인딩 캐시를 갖고 있다. 캐시에 수록된 MN으로 전송할 데이터그램이 발생하면 그 MN의 HA로 데이터그램을 전송하지 않고 직접 캡슐화하여 MN의 COA로 데이터그램을 발송한다. 물론 MN이 바인딩 캐시에 없을 경우 MN의 HA로 전송한다. CN의 캐시에 저장된 MN의 COA 정보가 더 이상 유효하지 않을 때는 정보가 고쳐질 때까지의 데이터그램은 손실될 것이다. 이러한 손실을 줄이려는 시도로서 Smooth Handoff와 스페셜 터널링 등이 제안되었다.

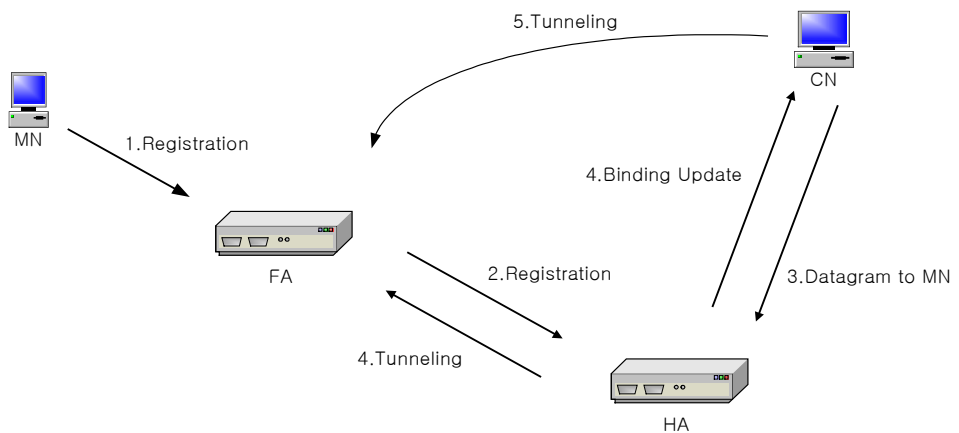


그림 8. 바인딩 캐시

2.3.2 Smooth Handoff

MN이 서브넷 간을 이동하게 되면 HA에 새로 등록을 하여 바인딩 리스트를 갱신하여야 한다. 그런데 FA와 HA가 멀리 떨어져 있는 경우, 바인딩 해제와 갱신에 걸리는 시간이 길어진다. Smooth Handoff는 신속한 바인딩

리스트 해제와 갱신을 통하여 MN이 서브넷을 이동할 때 발생할 수 있는 이러한 데이터그램의 손실을 최소화한다.

Smooth Handoff는 그림 9와 같이 MN이 서브넷을 옮겼을 경우 관할 FA는 이전의 FA로부터 해당 MN의 바인딩 정보를 전해 받는다. 모든 갱신 과정이 끝나기 전에 CN으로부터 데이터그램을 전송 받은 이동 전의 FA는 이 데이터그램을 다시 새 FA로 재 터널링(re-tunneling)하게 보내어 통신의 연속성을 유지한다.

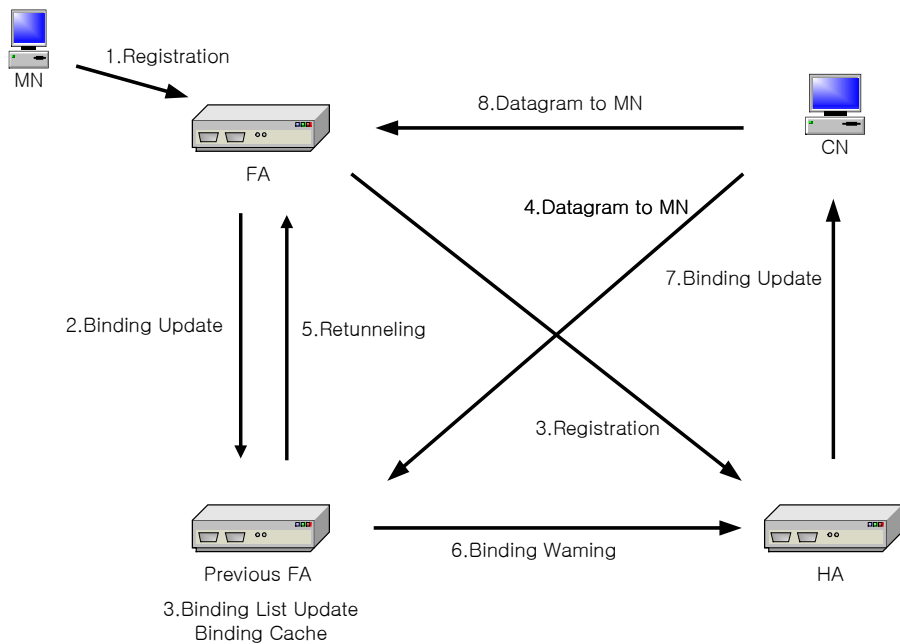


그림 9. Smooth Handoff

2.3.3 스페셜 터널링

터널링으로 수신한 데이터그램에서 목적지 MN이 FA의 방문자 리스트에 있으면 역 캡슐화하고, 리스트에는 없으나 바인딩 캐시가 있으면 smooth handoff 과정을 수행하면 된다. 그러나 FA에 리스트와 캐시가 모두 없다면

FA는 스페셜 터널링 과정을 수행한다. 이는 FA가 MN의 HA로 데이터그램을 터널링하여 보내는 것으로 일반 터널링과는 시작과 끝이 반대가 된다. 통보 받은 HA는 바인딩 리스트에 있는 MN의 COA로 터널을 개설하여 데이터그램을 보내고, 바인딩 갱신 메시지를 CN과 FA로 보내어 CN과 FA의 바인딩 캐시를 갱신하도록 한다. 이후부터는 CN은 직접 FA로 터널링하여 데이터그램을 전송한다.

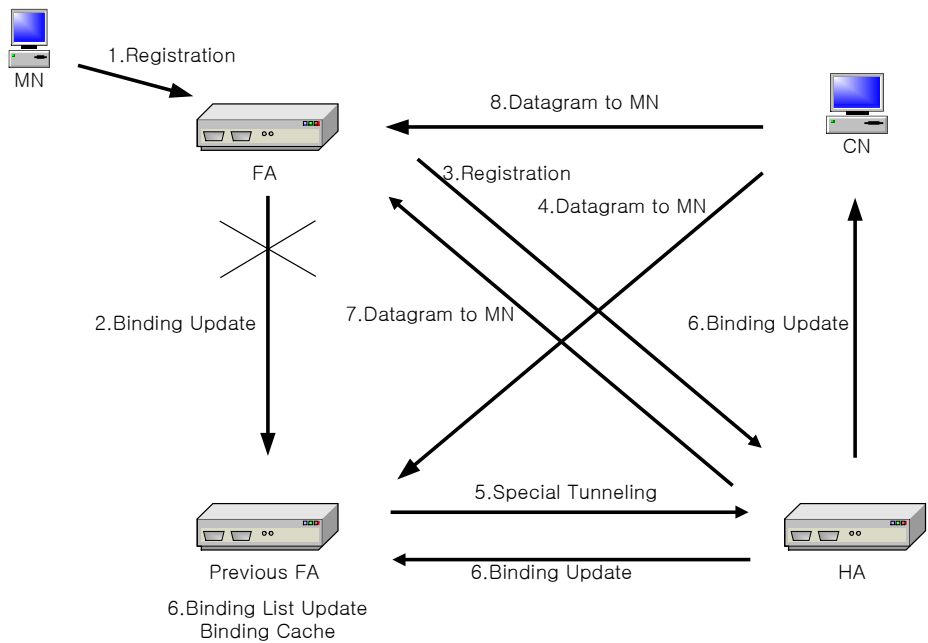


그림 10. 스페셜 터널링

2.4 NHRP

2.4.1 NHRP 개요

NHRP는 고전적인 ATMARP 모델의 확장된 기법이다. ATMARP에서 자신이 관리하는 LIS 영역을 벗어나는 연결에서는 ATM의 특성을 적용할 수 없으며, 기존의 IP 라우팅 기법을 적용해야 하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결 하기 위해 NHRP가 제시되었으며, NHRP 모델은 다중 LIS에서의 주소 변환 동작을 수행한다. LIS내에서의 주소 해석을 위해 ATMARP 서버와 비슷한 NHS 서버가 존재하여 LIS간의 주소를 변환하여 전달해준다. NHRP는 라우팅 프로토콜이 아니고, LIS사이에서 주소 변환을 수행하는 프로토콜이다. NHRP의 기술적인 기법은 RFC2332에서 잘 나타내고 있다[8].

고전적인 모델에서는 서로 다른 LIS에 있는 IP 호스트간에 직접적인 ATM 연결을 할 수가 없다. 호스트는 다른 LIS의 호스트와 연결하기 위해 LIS의 라우터와 VC 연결을 한 후 다시 라우터로부터 새로운 VC 연결을 하여 호스트와 연결을 하는 비효율적인 동작을 수행했다. 그러나 NHRP에서는 이러한 홉간 연결의 한계를 극복하고 동일한 ATM 망에 있는 호스트간에는 서로 다른 LIS에 존재하더라도 NHS를 통하여 목적지 노드의 ATM 주소를 획득하여 호스트간에 직접적으로 VC 연결을 가능하게 한다.

2.4.2 NHRP 개선 기법

기존의 NHRP를 개선한 새로운 기법의 동작 방식은 기존의 NHRP 모델의 동작 방식과 비대칭적으로 메시지를 처리할 수 있는 기법을 병행 수행하여 기존의 NHRP 모델에서 보이고 있는 메시지 전달 과정의 저장 후 전달의 전송 지연을 해결하였다[9][10].

제안된 기법에서 새로이 추가된 동작은 NHRP-Resolution-Reply를 NHC에게 직접 전달하는 비대칭적 전달 방법으로 NHS를 거치면서 생기는 NHS의 주소 테이블 갱신 시간을 응답 메시지 전송 시간에서 제거하였다. 또한 NHS의 주소 테이블의 갱신은 NHC가 목적지 노드와 DATA 통신을 하는

것과는 별개로 분리하여 전달 경로의 양단에서 NHRP-Resolution-Reply 메시지를 전달함으로써 기존의 주소 테이블의 갱신 시간을 단축 시켰다. 그림 11은 본 논문에서 제안한 새로운 비대칭 메시지 전달 방식에 의한 동작 방식을 보여 주고 있다.

ATM망에 연결된 NHC가 목적지 ATM host의 ATM 주소를 알기 위해 자신이 속해 있는 LIS의 기본 NHRP 서버에게 주소 해석을 요청하기 위해 NHRP-Resolution-Request 메시지를 보낸다. 이때 NHC가 보내는 NHRP-Resolution-Request 메시지에는 자신의 ATM 주소와 IP 주소 그리고 목적지 노드의 IP 주소를 포함한다. 여기에 포함된 NHC의 주소 정보는 나중에 NHS에 의해 단거리 경로를 설정하는 데에 사용 되어진다.

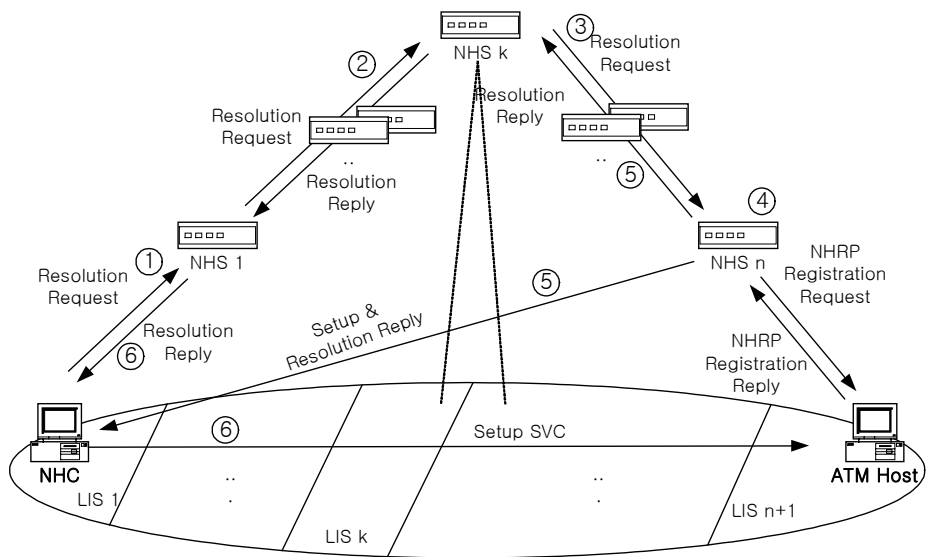


그림 11. 새로운 기법 내에서의 동작

NHC로부터 주소 요청을 받은 NHS₁은 자신의 테이블에서 목적지 ATM 호스트의 ATM 주소를 검색한다. 만약 자신이 주소 정보를 가지고 있다면 주소 정보를 NHC에게 전달해 준다. 자신의 검색 테이블에 정보가 없다면 디폴트 경로로 설정된 다음의 NHS에게 주소 해석을 요청한다. 이와 같은

동작은 NHS_n 를 만날 때 까지 반복 수행한다. NHRP-Resolution-Request 메시지의 전달상의 동작은 기존의 NHRP 모델의 동작과 유일한 동작을 한다.

주소정보를 가지고 있는 NHS_n 은 NHRP-Resolution-Reply_{forward}에 목적지 노드의 ATM 주소를 담아서 전송한다. 기존의 NHRP 모델에서는 응답 메시지가 전달되어진 경로의 역순으로 NHRP-Resolution-Reply를 전달했다. 그러나 본 논문에서 제안한 NHRP 모델에서는 기존의 메시지 전달 방법과 함께 새롭게 NHC가 주소해석을 요청할 때에 포함시켰던 NHC의 ATM 주소 정보를 사용하여 주소를 해석한 NHS_n 이 NHC와 SVC를 새로 연결하여 NHRP-Resolution-Reply_{forward}를 전달하는 방법을 사용한다. NHS로부터 SVC를 통해 NHRP-Resolution-Reply_{forward}를 전달 받은 NHC는 메시지 안에 포함된 목적지 노드 ATM 호스트의 ATM 주소를 사용하여 목적지 노드와 연결 설정한 후 데이터를 전송한다. 그리고 자신이 주소 해석을 요청했던 NHS에게 전달 받은 주소 정보를 담은 NHRP-Resolution-Reply_{backward} 메시지를 재전송한다. NHC로부터 전달되어진 NHRP-Resolution-Reply_{backward} 메시지를 받은 NHS1은 주소 테이블을 갱신하고 메시지를 주소 해석을 요청했던 다음의 NHS의 전달 경로로 재전송한다. 이로써 주소 해석 응답 메시지는 NHRP-Resolution-Request 메시지가 전달 되었던 경로의 양쪽 방향에서 NHRP-Resolution-Reply_{forward}와 NHRP-Resolution-Reply_{backward} 메시지가 전달된다. 전달 경로상의 NHS들은 먼저 도착한 NHRP-Resolution-Reply 메시지를 참조하여 자신의 주소 테이블을 갱신한다. 그리고 경로상의 NHS들 중에서 동시에 NHRP-Resolution-Reply 메시지를 전달 받은 NHS는 두 개의 메시지를 비교하여 테이블을 갱신하고 두 개의 NHRP-Resolution-Reply 메시지를 폐기하고 전달을 마친다. 이로써 각 NHS들의 주소 테이블 갱신은 끝이 나게 된다.

그림 12에서는 응답 메시지의 전달 경로를 보여주고 있다. 영역 a는 응답 메시지를 받은 NHC로부터 NHS에게 NHRP-Resolution-Reply_{backward}가 전송 되어지는 영역이며, 영역 b는 기존과 동일한 방법으로 전달되어 지는 NHRP-Resolution-Reply_{forward}가 전송되는 영역이다. 기존의 NHRP 모델에서는 NHRP-Resolution-Reply 메시지가 전달 경로의 전 경로를 거쳐야 했지만 본 논문에서 제안된 비대칭 전달 기법은 전달 구역을 나누어 전달함으로 테이

블 갱신 완료 시간이 앞당겨졌다.

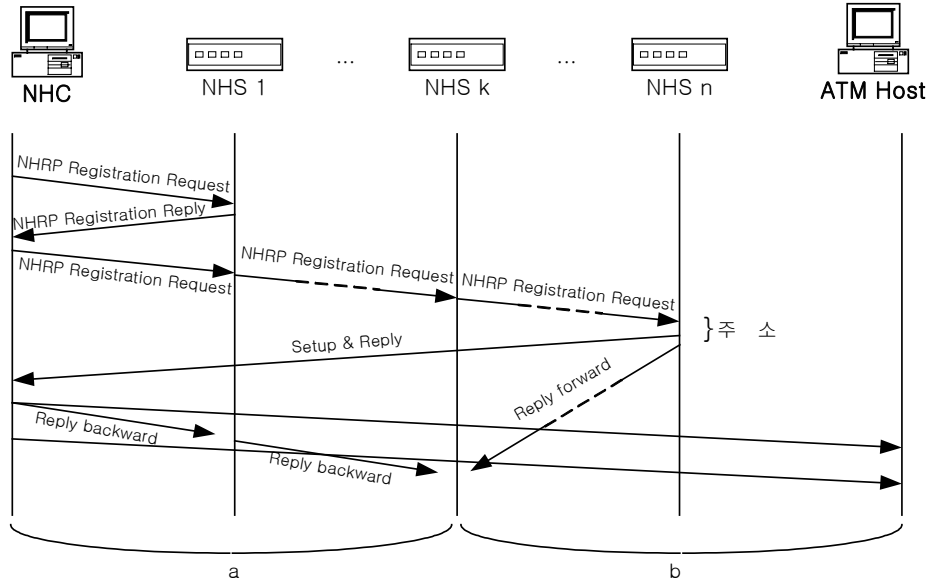


그림 12. 새로운 NHRP에서 등록과 주소 변환

Ⅲ. 이동 IP에서 NHRP를 이용한 단거리 터널링 기법의 수학적 분석

3.1 ATM 및 LAN 기반의 이동 IP망 연동 방안

IP 호스트에서 HA까지는 일반적인 IP 라우팅 방식을 이용하고 HA에서 MN이 있는 FA로 전달 될 때 NHRP의 주소 해석으로 연결 설정된 구간을 통하여 패킷을 전달한다. 그리고 바인딩 캐시에 의해 갱신된 HA가 IP 호스트에서 보낸 패킷을 바로 MN이 있는 FA로 전달될 때도 NHRP의 주소 해석을 통해 연결된 설정 구간으로 전달한다. 전자를 이동 IP 라우팅에서의 NHRP의 적용한 방법과 후자를 최적경로 IP 라우팅 방식에서의 NHRP로 나누어 살펴보기로 한다.

이동 IP의 터널링 개념은 앞에서 이미 기술하였다. 여기서는 이러한 이동 IP 개념을 ATM 망에 적용할 경우 HA에서 MN이 있는 FA까지 일부 구간을 NHRP에 의한 주소 해석을 통해 단거리 터널링을 설정하고자 한다.

터널링의 개념은 기존의 LAN 기반의 인터넷 망과 ATM 망 내부에 존재하는 HA와 FA 사이에서 패킷의 전달을 기존의 일반적인 IP 라우팅 방식에 의하지 않고, ATM SVC의 연결 설정을 통한 단거리 터널링으로 이루어지도록 한다. 따라서 HA에서 FA로의 연결 설정을 통한 단거리 터널링을 이루기 위하여 HA는 COA를 가지는 FA의 ATM 주소를 필요로 하며, 이 ATM 주소 정보를 획득하기 위하여 기존의 NHRP를 이용할 수 있다. 현재 NHRP에 관한 몇 가지 변형된 방안이 제안되었으며 이러한 방안들을 그대로 활용할 수 있다[11][12][13].

그림 13 이하 모든 그림들은 MN이 HA로부터 FA로 이동하여 FA의 광고 메시지를 받고 MN은 FA에 등록하여 HA에게 COA를 보내어 HA는 MN이 이동한 외부망에 존재하는 FA의 COA 주소를 HA의 테이블에 갱신된 상태임을 전제하여 시나리오를 전개하였다.

그림 13에서 동작 과정을 순서에 따라 살펴보면 ① ATM 망에서 IP 호스트가 패킷을 MN의 주소를 목적지로 하여 보낸다. 이때는 일반적인 IP 라

우팅 방식을 이용하여 HA에 전달된다. ② HA는 자신의 테이블에서 MN이 FA로 이동하였다는 것을 HA내의 테이블을 보고 알아차리고 FA의 주소인 COA 주소로 보내려 하지만 ATM 주소를 알 수 없어서 단거리 터널링을 설정할 수 없기에 NHRP를 이용한다. HA에 있는 NHS3에서 주소해석 메시지를 다음 NHS4에 보낸다. ③ NHS4 테이블에 FA 주소가 있는 것을 확인하고 ATM 주소를 응답 메시지에 실어 HA로 보낸다. ④ HA는 응답 메시지의 내용을 분석하여 알게된 ATM 주소를 통하여 HA에서 FA로의 단거리 터널링을 설정한다. MN으로 전달되는 패킷은 미리 설정 되어진 경로인 단거리 터널링으로 패킷을 전달한다. 패킷의 전달 순서를 그림 13에서 나타내고 있다.

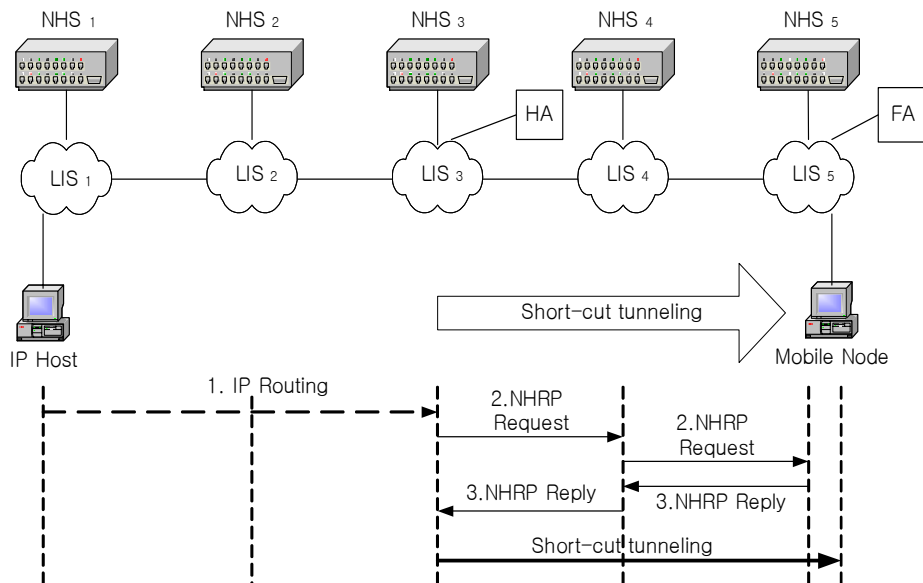


그림 13. 이동 IP에서 NHRP를 이용한 단거리 터널링 개념

IP 호스트와 HA, FA, MN의 구성 요소들이 기존의 LAN 기반의 인터넷 망과 ATM 기반의 인터넷 망 사이에 다양하게 존재할 수 있는 경우 중 HA와 FA 사이의 단거리 터널링을 효과적으로 수행할 수 있는 4가지의 경우를 표 1에 기술하였다.

표 1. 단거리 터널링 적용이 가능한 경우

시나리오	CN 위치	HA 위치	FA 위치	MN 위치
1	LAN	LAN	ATM	ATM
2	LAN	ATM	ATM	ATM
3	ATM	LAN	ATM	ATM
4	ATM	ATM	ATM	ATM

3.2 시나리오 1

3.2.1 동작

시나리오 1의 동작은 그림 14에 나타나 있고 이 경우 IP 호스트와 HA는 LAN 기반 인터넷 망에 있고 FA와 MN는 ATM 기반 인터넷 망에 있을 경우이다. 시나리오 1은 HA에서 FA로 가는 경로 중 일부가 ATM에 있는 경우 ATM 기반 인터넷 망에 진입하는 진입점을 ATM 엣지 라우터(ATM edge route)라 한다. HA에서 FA가 있는 ATM 기반 인터넷 망의 ATM 엣지 라우터까지는 LAN 기반 인터넷 망으로 기존의 이동 IP 터널링과 ATM 엣지 라우터 부터는 NHRP를 이용한 주소 해석으로 FA에 있는 MN의 위치를 파악하여 단거리 터널링 두 가지를 병행하여 사용한다. 그림 14의 패킷의 경로를 순서대로 살펴보면 ① IP 호스트에서 패킷을 MN이 있는 HA로 보낸다. ② HA는 자신의 테이블을 검색하여 MN이 FA로 이동하였음을 확인하고 FA의 주소로 터널링 시킨다. 하지만 LAN 기반 인터넷 망 끝에 있는 ATM 기반 인터넷 망의 진입점인 ATM 엣지 라우터까지만 이동 IP 터널링되어 간다. ③ ATM 엣지 라우터에서 NHRP 동작을 이용하여 FA의 주소를 해석하고자 NHRP 주소해석 메시지를 NHS1에게 보낸다. 이웃하는 NHSi에게 주소해석을 요청하였으나 실패한 경우 다음 NHSi+1에 주소 해석을 요청하고 필요한 경우 순차적으로 이 과정을 반복한다. ④ NHSn-1에 의해 해석된 ATM 주소를 NHRP 응답 메시지에 담아서 역방향의 NHS들을 거쳐오면서 최종적으로 ATM 엣지 라우터로 전달한다.

아래 그림들에서 인덱스는 변수 i, j, r, ℓ 은 다음의 조건, $1 \leq i < j < \ell \leq n$ 을 만족하며 반복한다.

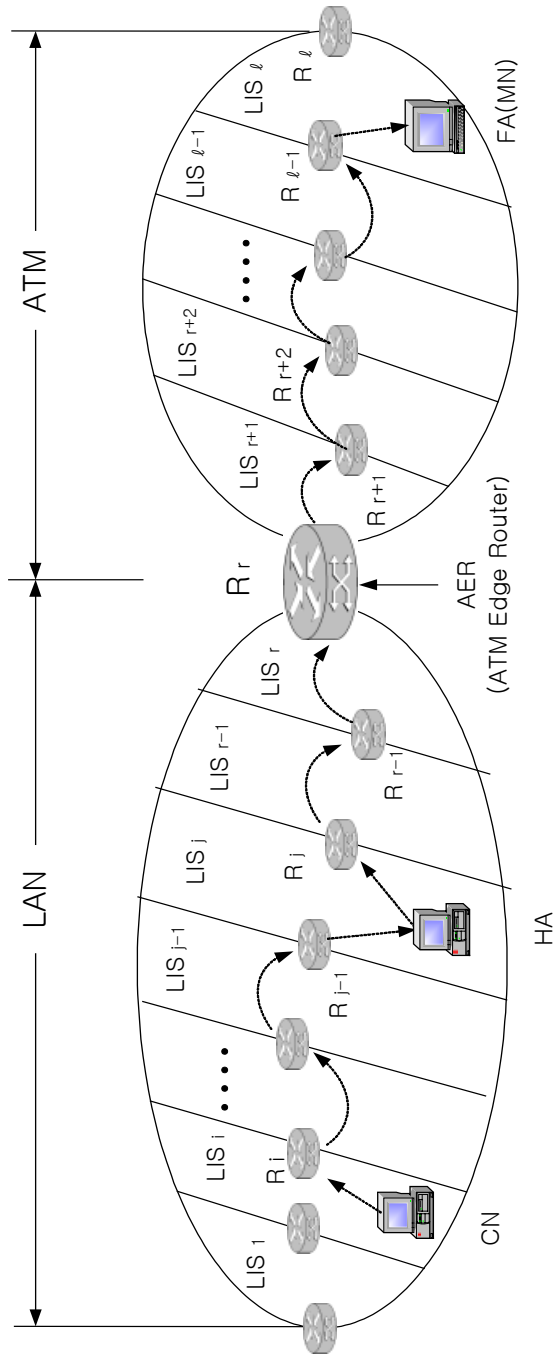


그림 14.(a) 시나리오 1의 기존 IP 라우팅

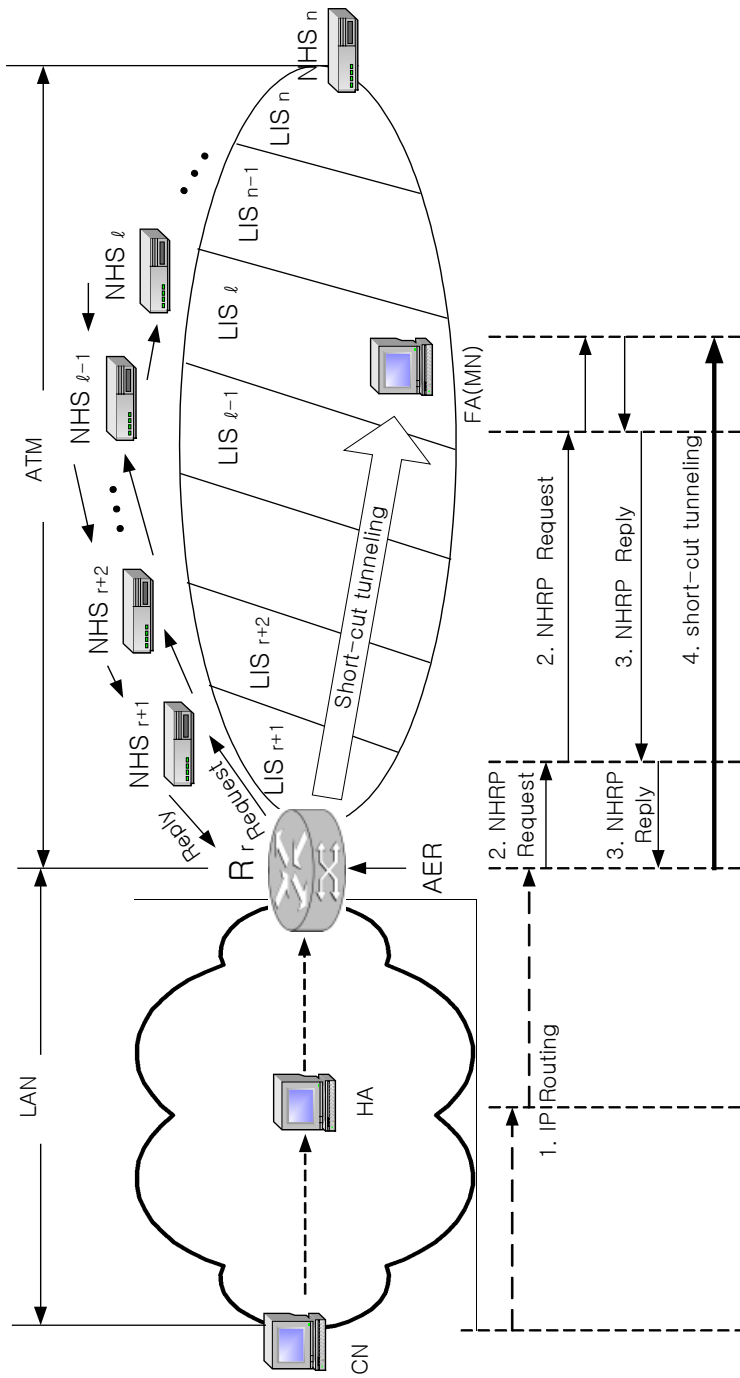


그림 14.(b) 시나리오 1의 NHRP를 이용한 단거리 터널

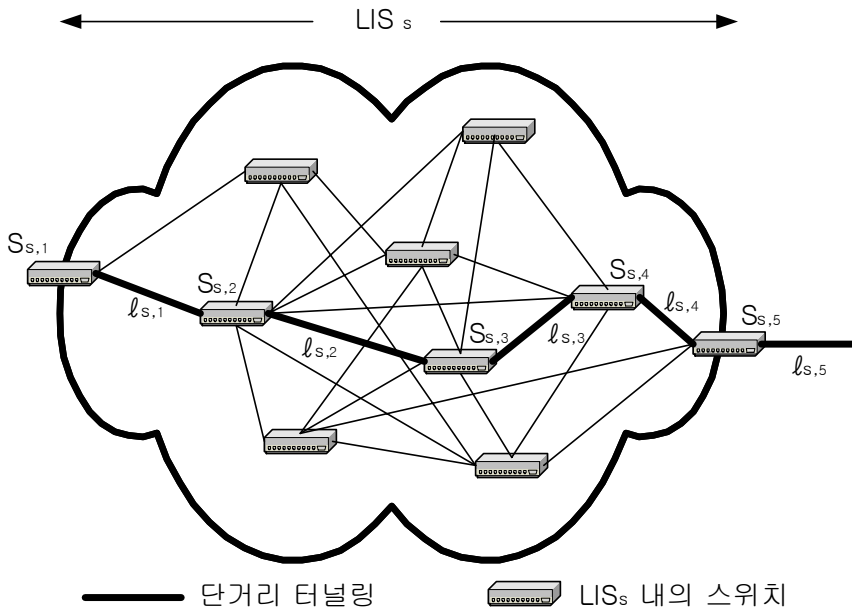


그림 15. ATM망에서의 LIS_s 내부 구성도, m_s=5

⑤ FA의 ATM 주소를 가지고 단거리 터널링 연결을 설정한다. 단거리 터널링 연결 설정을 통하여 패킷을 전달한다. ⑥ IP 호스트로의 패킷 전달은 일반적인 IP 라우팅 방식으로 전달된다.

3.2.2 수학적 분석

수식(1)에서 수식(3)은 그림 14(a)의 좌측 LAN망을 중심으로 설명한다.

■ CN에서 HA로의 패킷 전달 지연은 식 (1)로 표현된다.

$$D_{CN,HA}^{\text{시나리오1}} = L_{CN,R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{j-2} \{L_{k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} + L_{R_{j-1},HA}^{LAN} + \text{HPD} \quad (1)$$

■ HA에서 AER로의 패킷 전달 지연 시간은 식 (2)로 표현된다.

$$D_{HA,AER}^{시나리오1} = L_{HA,R_j}^{LAN} + R_{R_j}^{LAN} + \sum_{k=j}^{r-1} \{L_{R_k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\}, j \leq k \leq r-1 \text{ 이고} \quad (2)$$

HA에서 AER까지의 경로상에 존재하는 라우터 인덱스이다.

■ AER에서 FA로의 패킷 전달 지연 시간

① 일반적인 IP 라우팅에 기반한 터널 경로를 이용할 경우

$$D_{AER,FA}^{시나리오1} = \sum_{k=r}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1},FA}^{ATM} \quad (3)$$

② NHRP를 이용한 단거리 터널링 경로를 이용할 경우

그림 14(b)의 우측 ATM망 부분을 중심으로 기술한다. 또한 NHC와 NHS 사이 또는 NHS와 NHS 사이에 NHRP메시지(NHRP-request, NHRP-Reply)를 전달하는 경우 두 노드 사이에 ATM 수준에서의 SVC연결을 설정하는 것을 가정한다.

첫째, NHRP를 이용한 전체 주소 해석 지연 시간은 식 (6)으로 표현된다.

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,request} = S_{R_r,NHS_{r+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} \left\{ \sum_{k=1}^{n_s} (\lambda_{s,k} + s_{s,k}) \right\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} \quad (4)$$

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,reply} = \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_{s+1},NHS_s}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} \left\{ \sum_{k=1}^{n_s} (\lambda_{s,k} + s_{s,k}) \right\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + S_{NHS_{r+1},R_r}^{setup} \quad (5)$$

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,total} = ND_{r,\lambda}^{SVC,request} + ND_{r,\lambda}^{SVC,reply}$$

$$= 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda} \left\{ \sum_{k=1}^{n_s} (\lambda_{s,k} + s_{s,k}) \right\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r,NHS_{r+1}}^{setup} \quad (6)$$

둘째, 단거리 터널 경로를 통한 패킷 전달 지연 시간은 식 (7)과 같다.

$$D_{AER,FA}^{\text{시나리오1}} = S_{AER,FA}^{\text{setup}} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} LIS_s \quad (7)$$

LIS_s에 대한 설명은 다음과 같다. 각 LIS들 마다 존재하는 스위치들의 수가 다르므로 m_s는 LIS_s 내에 놓인 ATM 스위치 개수이다. 즉, 예를 들어 단거리 터널링 전체 경로 중 LIS_s에 속한 일부 단거리 경로상에 존재하는 스위치 개수를 m_s개라 한다. l_{ij}는 단거리 터널의 전체 경로 중 LIS_s에 속한 링크들로만 구성된 일부 터널 경로상에 존재하는 링크들을 번호로 매길 경우(numbering) 할 경우, i번째 링크의 전달 지연시간을 나타낸다. s_{ij}는 LIS_s 내의 j번째 ATM 스위치의 스위칭 시간을 나타낸다(그림 15).

■ FA에서 MN의로의 패킷 전달 지연 시간은 식 (8)과 같다.

$$D_{FA,MN}^{\text{시나리오1}} = L_{FA,MN}^{ATM} \quad (8)$$

3.3 시나리오 2

3.2.1 동작

시나리오 2의 동작을 나타내는 그림 16의 경우 IP 호스트가 LAN 기반 인터넷 망에 있고 HA와 FA, MN은 ATM 기반 인터넷 망에 있는 경우이며 두 망사이에는 ATM 엣지 라우터를 통해 연결되어 있는 구조이다. 그렇지만 그림 14의 시나리오 1과는 달리 HA가 ATM 망 내부에 있는 경우이다. 그림 16의 시나리오 2에서 패킷의 전달순서는 그림 14의 시나리오 1과 같다. 그러나 그림 16의 시나리오 2는 IP 호스트에서 ATM 엣지 라우터를 거쳐 HA까지 일반적인 IP 라우팅 방식을 거쳐 HA에 전달되고 HA에서 MN이 있는 FA의 ATM 주소를 해석하기 위해 NHRP 주소해석을 요청한다. 요청된 NHRP 응답 메시지를 통해 단거리 터널링 시킨다. MN에서 IP 호스트로 오는 경우는 일반적인 IP 라우팅 방식을 이용하여 전달된다.

시나리오 2의 경우 이동 IP 터널링 방법은 사용되지 않고 NHRP를 이용한 단거리 터널링을 설정하였다. 이런 이유는 HA의 위치가 ATM 망에 존재하여 ATM 망내부에서는 NHRP를 이용한 ATM 주소해석 요청과 응답을 통하여 단거리만 사용하였다.

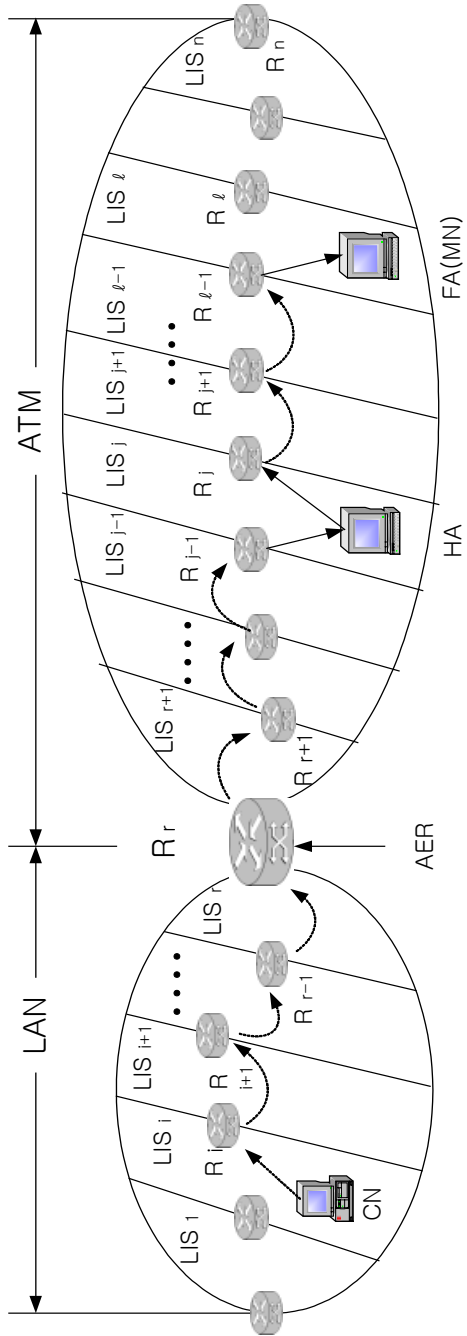


그림 16.(a) 시나리오 2의 기존 IP 라우팅

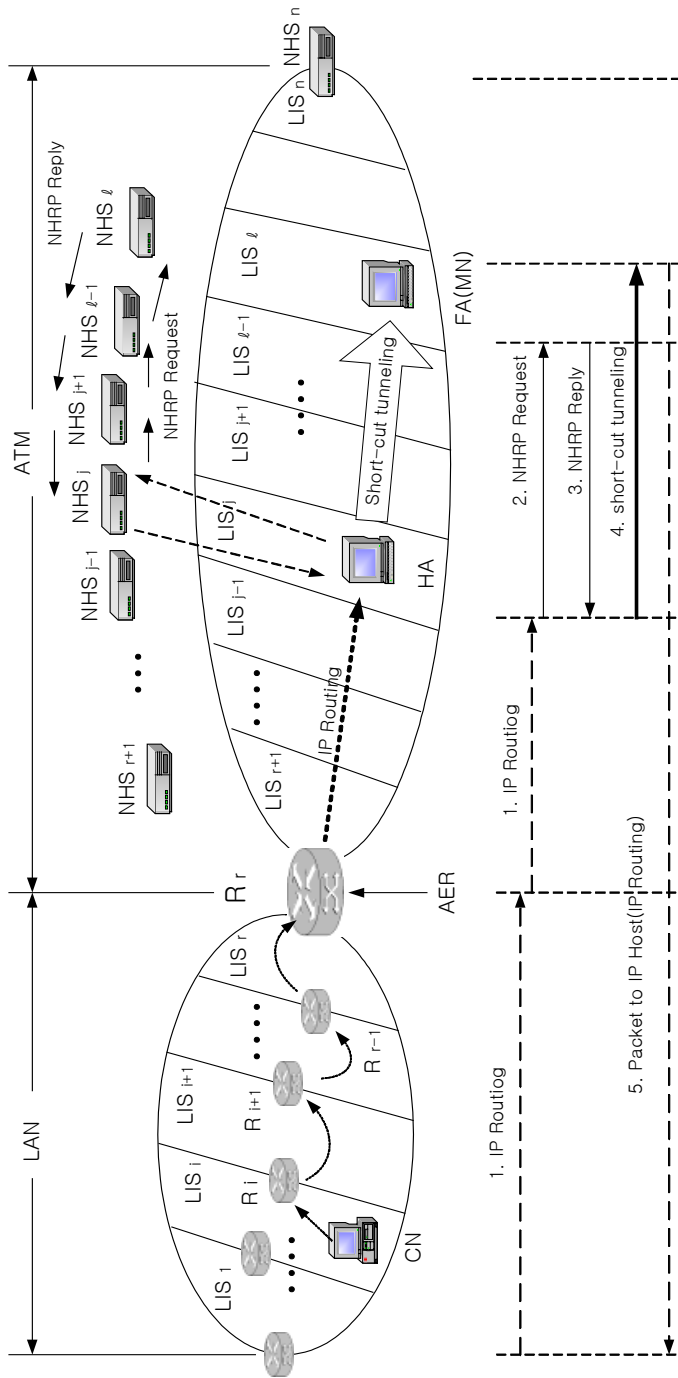


그림 16.(b) 시나리오 2의 NHRP를 이용한 단거리 터널

3.3.2 수학적 분석

■ CN에서 AER로의 패킷 전달 지연 시간은 식(9)와 같다.

$$D_{CN,AER}^{시나리오2} = L_{CN,R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (9)$$

■ AER에서 HA로의 패킷 전달 지연 시간은 식(10)과 같다.

$$D_{AER,HA}^{시나리오2} = \sum_{k=r}^{j-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{j-1},HA}^{ATM} + HPD \quad (10)$$

■ HA에서 FA로의 패킷 전달 지연 시간

① 일반적인 IP 라우팅에 기반한 터널 경로를 이용할 경우
그림 16(a)의 좌측 LAN망 부분을 중심으로 기술한다.

$$D_{HA,FA}^{시나리오2} = L_{HA,R_j}^{ATM} + R_{R_j}^{ATM} + \sum_{k=j+1}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1},FA}^{ATM} \quad (11)$$

② NHRP를 이용한 단거리 터널링 경로를 이용할 경우

그림 16(b)의 우측 ATM망 부분을 중심으로 기술한다. 또한 NHC와 NHS 사이 또는 NHS와 NHS 사이에 NHRP메시지(NHRP-Request, NHRP-Reply)를 전달하는 경우 두 노드 사이에 ATM 수준에서의 SVC 연결을 설정하는 것을 가정한다.

첫째, NHRP를 이용한 주소 해석 총 지연 시간은 식(14)와 같다.

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,request} = S_{HA,NHS_j}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{(\lambda_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} \quad (12)$$

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,reply} = \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_{s+1},NHS_s}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{(\lambda_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + S_{NHS_j,HA}^{setup} \quad (13)$$

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,total} = 2 \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{Q_{s,k} + S_{s,k}\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} \quad (14)$$

둘째, 단거리 터널 경로를 통한 패킷 전달 지연 시간은 아래와 같다.

$$D_{HA,FA}^{시나리오2} = S_{HA,FA}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} LIS_s \quad (15)$$

■ FA에서 MN의로의 패킷 전달 지연 시간은 식(16)와 같다.

$$D_{FA,MN}^{시나리오2} = L_{FA,MN}^{ATM} \quad (16)$$

3.4 시나리오 3

3.4.1 동작

그림 17는 시나리오 3을 나타내고 있으며 시나리오 3의 구성을 보면 HA는 LAN 망에 있고 IP 호스트와 FA, MN은 ATM 망에 있는 경우이다. 시나리오 3은 IP 호스트가 ATM 망내에 있을 때 ATM 망내에 있는 IP 호스트는 ATM 엣지 라우터를 거쳐 HA까지 IP 라우팅을 이용하여 전달되고 HA부터 ATM 엣지 라우터까지 이동 IP 터널링으로 전달되고 ATM 엣지 라우터로부터는 그림 13와 같은 NHRP의 동작을 통한 주소해석으로 패킷을 단거리 터널링 시킨다. 역방향의 패킷 전달은 IP 라우팅을 이용하여 전달한다.

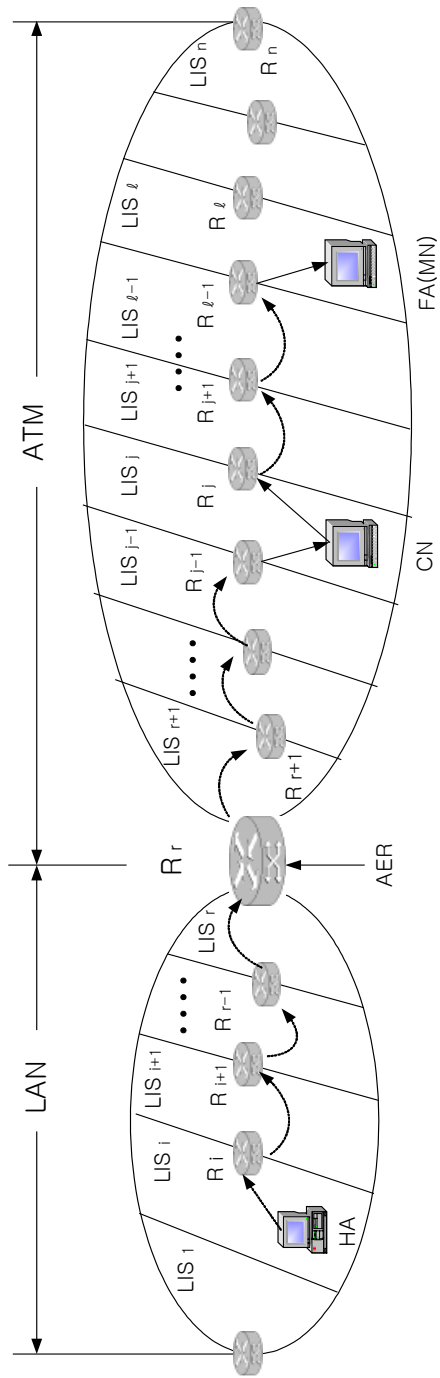


그림 17.(a) 시나리오 3의 기존 IP 라우팅

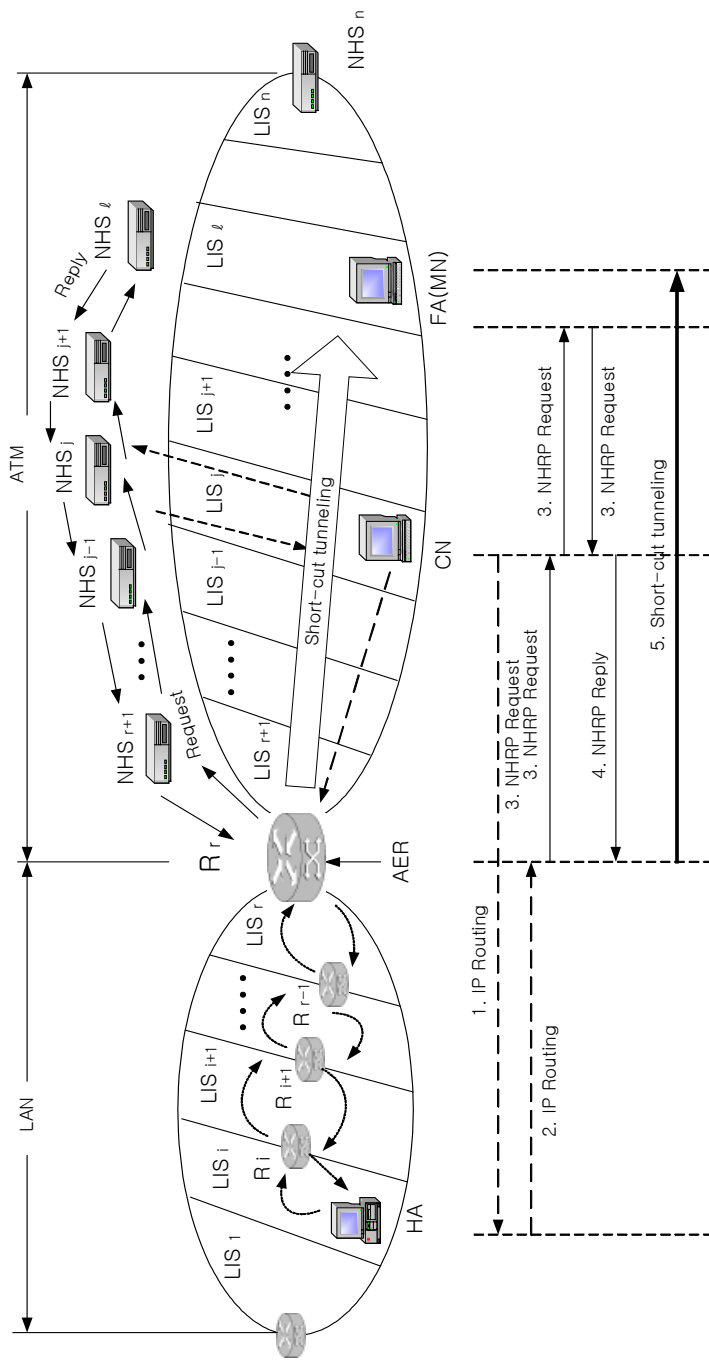


그림 17.(b) 시나리오 3의 NHRP를 이용한 단거리 터널

3.4.2 수학적 분석

■ CN에서 HA로의 패킷 전달 지연 시간은 식(17)와 같다.

$$D_{CN,HA}^{\text{시나리오3}} = L_{CN,R_{j-1}}^{ATM} + R_{R_{j-1}}^{ATM} + \sum_{k=r+1}^{j-1} \{L_{k+1,k}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k+1,k}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} + L_{R_i,HA}^{LAN} + \text{HPD} \quad (17)$$

■ HA에서 AER로의 패킷 전달 지연 시간은 식(18)와 같다.

$$D_{HA,AER}^{\text{시나리오3}} = L_{HA,R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (18)$$

■ AER에서 FA로의 패킷 전달 지연 시간

- ① 일반적인 IP 라우팅에 기반한 터널 경로를 이용할 경우
그림 17(a)의 좌측 부분 LAN부분을 중심으로 기술한다.

$$D_{AER,FA}^{\text{시나리오3}} = \sum_{k=r}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1},FA}^{ATM} \quad (19)$$

- ② NHRP를 이용한 단거리 터널링 경로를 이용할 경우

그림 17(b)의 우측 ATM망 부분을 중심으로 기술한다. 또한 NHC와 NHS 사이 또는 NHS와 NHS 사이에 NHRP메시지(NHRP-request, NHRP-Reply)를 전달하는 경우 두 노드 사이에 ATM 수준에서의 SVC연결을 설정하는 것을 가정한다.

첫째, NHRP를 이용한 주소 해석 총 지연 시간은 식(22)와 같다.

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,request} = S_{R_r,NHS_{r+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{\alpha_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} \quad (20)$$

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,reply} = \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_{s+1},NHS_s}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{\alpha_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + S_{NHS_{r+1},R_r}^{setup} \quad (21)$$

$$ND_{r,\lambda}^{SVC,total} = 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NH_s, NH_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{a_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NH_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NH_s}^{reply} + 2S_{R_s, NH_{s+1}}^{setup} \quad (22)$$

둘째, 단거리 터널 경로를 통한 패킷 전달 지연 시간은 아래와 같다.

$$D_{AER,FA}^{시나리오3} = S_{AER,FA}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} LIS_s \quad (23)$$

■ FA에서 MN의로의 패킷 전달 지연 시간은 식(24)와 같다.

$$D_{FA,MN}^{시나리오3} = L_{FA,MN}^{ATM} \quad (24)$$

3.5 시나리오 4

3.5.1 동작

그림 18은 시나리오 4의 동작을 나타내며 구성은 IP 호스트와 HA, FA, MN 모두가 ATM 망에 있는 경우이다. 그림 18의 시나리오 4에서 주소해석은 그림 14에서 주소해석과 동일한 과정이다. 다른 점은 시나리오 4에서는 HA부터 주소해석을 시작한다는 것이다. 주소해석이 성공하면 HA는 FA로의 단거리 터널링을 설정하여 이후 설정된 단거리 터널링 경로를 통해 IP 패킷들을 전달한다.

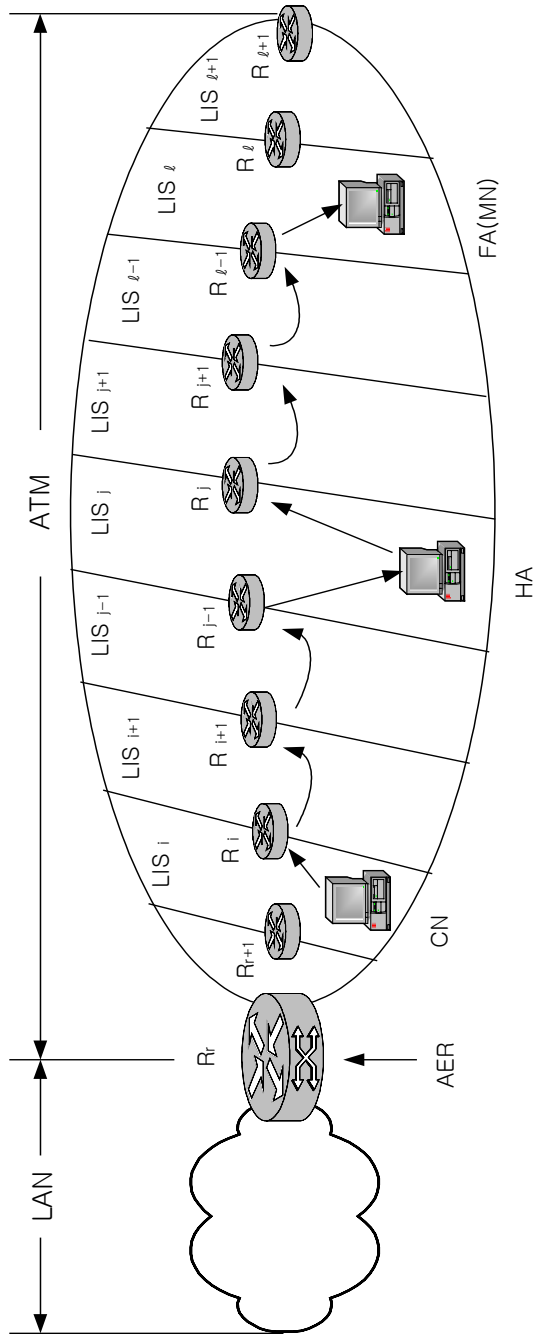


그림 18.(a) 시나리오 4의 기존 IP 라우팅

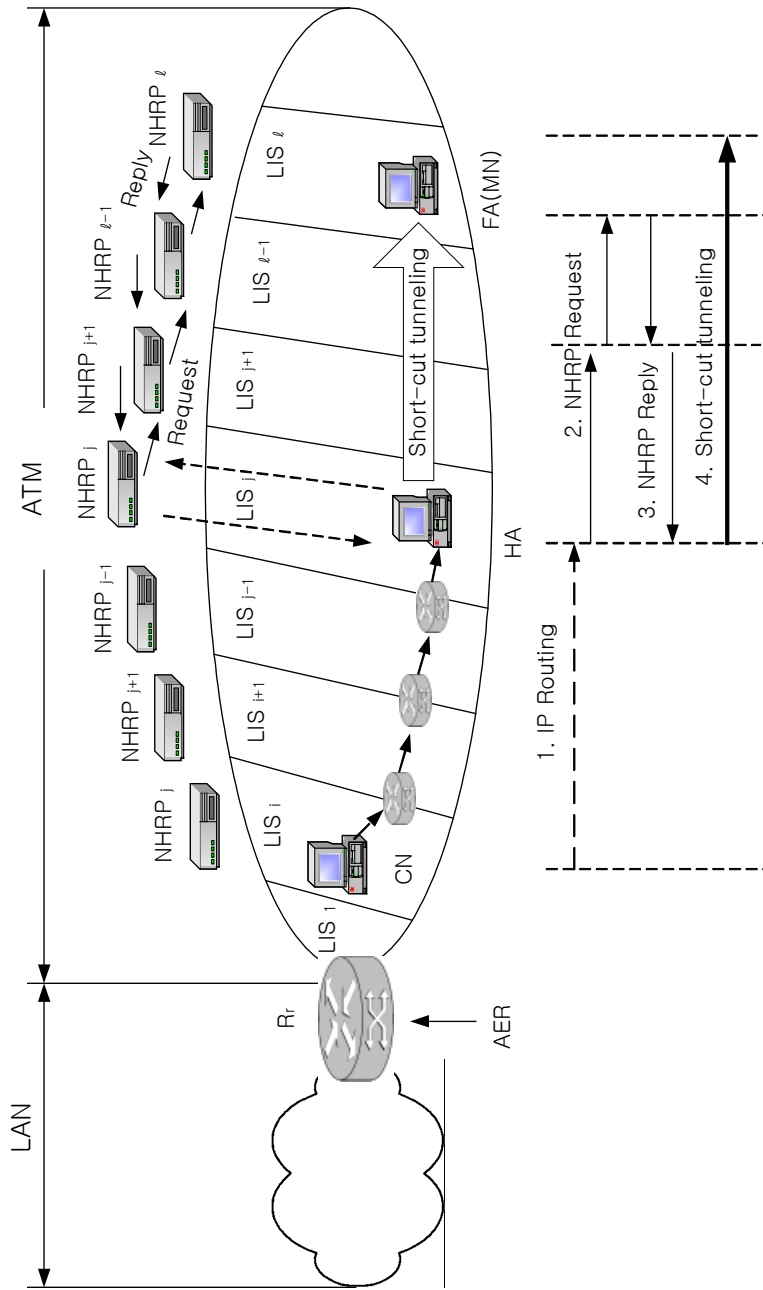


그림 18.(b) 시나리오 4의 NHRP를 이용한 단거리 터널

표2에 나타난 4가지 경우가 본 논문에서 고려하는 단거리 터널링이 적용 가능한 시나리오들이다. 이동 IP의 이동성 지원을 위한 NHRP의 적용은 모두 IP 라우팅을 이용해 HA에 패킷을 전달하고 HA에서 IP 터널링과 단거리 터널링을 결합해서 사용하거나 단거리 터널링만을 사용할 수 있다.

3.5.2 수학적 분석

■ CN에서 HA로의 패킷 전달 지연 시간은 식(25)와 같다.

$$D_{CN,HA}^{시나리오4} = L_{CN,R_i}^{ATM} + R_{R_i}^{ATM} + \sum_{k=i+1}^{j-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_j,HA}^{ATM} + HPD \quad (25)$$

■ HA에서 FA로의 패킷 전달 지연 시간

① 일반적인 IP 라우팅에 기반한 터널 경로를 이용할 경우

CN, HA, FA, MN 모두가 ATM망에 존재하므로 수식의 설명은 그림 18.(a), 그림18.(b)의 우측 부분인 ATM망 부분에 대해서만 기술한다.

$$D_{HA,FA}^{시나리오4} = L_{HA,R_j}^{ATM} + R_{R_j}^{ATM} + \sum_{k=j+1}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1},FA}^{ATM} \quad (26)$$

② NHRP를 이용한 단거리 터널링 경로를 이용할 경우

첫째, NHRP를 이용한 주소 해석 총 지연 시간은 식(29)와 같다.

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,request} = S_{HA,NHS_j}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{\alpha_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} \quad (27)$$

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,reply} = \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_{s+1},NHS_s}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{\alpha_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + S_{NHS_j,HA}^{setup} \quad (28)$$

$$ND_{j,\lambda}^{SVC,total} = 2 \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s,NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{\alpha_{s,k} + s_{s,k}\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_j,NHS_{j+1}}^{setup} \quad (29)$$

둘째, 단거리 터널 경로를 통한 패킷 전달 지연 시간은 아래와 같다.

$$D_{HA,FA}^{\text{시나리오4}} = S_{HA,FA}^{\text{setup}} + \sum_{s=J}^{\lambda} LIS_s \quad (30)$$

■ FA에서 MN의로의 패킷 전달 지연 시간은 식(31)와 같다.

$$D_{FA,MN}^{\text{시나리오4}} = L_{FA,MN}^{ATM} \quad (31)$$

3.6 고찰

AER에서 FA로의 패킷 전달에서 일반적인 IP 라우팅을 이용한 패킷의 전달 지연 시간과 NHRP를 사용해서 단거리 터널을 이용한 패킷 전달 지연 시간을 비교해보자.

NHRP를 이용한 단거리 터널 경로를 이용할 경우의 패킷 전달 시간의 총 합은 NHRP 주소 해석을 위해 주고 받은 패킷의 지연 시간과 단거리 터널 경로를 통한 패킷 전달 지연 시간을 더한 것이다. 여기에서 일반 IP 라우팅에 기반한 터널 경로를 이용한 경우의 패킷 전달 시간을 뺀 것이다.

■ 시나리오 1

$$\begin{aligned}
 & (ND_{i,j}^{SVC,total} + D_{AER,FA}^{시나리오1}) - D_{AER,FA}^{시나리오1} = \\
 & [2 \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda} \left\{ \sum_{k=1}^{n_s} (\lambda_{s,k} + s_{s,k}) \right\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r, NHS_{r+1}}^{setup} \\
 & + S_{AER,FA}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} LIS_s] - \left[\sum_{k=r}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1}, FA}^{ATM} \right] \quad (32)
 \end{aligned}$$

■ 시나리오 2

$$\begin{aligned}
 & (ND_{j,\lambda}^{SVC,total} + D_{HA,FA}^{시나리오2}) - D_{HA,FA}^{시나리오2} = \\
 & [2 \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{(\lambda_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{NHS_r, NHS_{r+1}}^{setup} \\
 & + S_{HA,FA}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} LIS_s] - [L_{HA,R_j}^{ATM} + R_{R_i}^{ATM} + \sum_{k=j+1}^{\lambda-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1}, FA}^{ATM}] \quad (33)
 \end{aligned}$$

■ 시나리오 3

$$(ND_{r,\lambda}^{SVC,total} + D_{AER,FA}^{시나리오3}) - D_{AER,FA}^{시나리오3} =$$

$$\begin{aligned}
& [2 \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{(\lambda_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r, NHS_{r+1}}^{setup} \\
& + S_{AER, FA}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{\lambda} LIS_s] - [\sum_{k=r}^{\lambda-2} \{L_{k, k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1}, FA}^{ATM}] \quad (34)
\end{aligned}$$

■ 시나리오 4

$$\begin{aligned}
& (ND_{j, \lambda}^{SVC, total} + D_{HA, FA}^{시나리오4}) - D_{HA, FA}^{시나리오1} = \\
& [2 \sum_{s=j}^{\lambda-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=j}^{\lambda} \sum_{k=1}^{n_s} \{(\lambda_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=j}^{\lambda} N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=j}^{\lambda-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r, NHS_{r+1}}^{setup} \\
& + S_{HA, FA}^{setup} + \sum_{s=j}^{\lambda} LIS_s] - [L_{HA, R_j}^{ATM} + R_{R_j}^{ATM} + \sum_{k=j+1}^{\lambda-2} \{L_{k, k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} + L_{R_{\lambda-1}, FA}^{ATM}] \quad (35)
\end{aligned}$$

IV. 결론

본 논문에서는 ATM망과 기존 LAN망 기반의 인터넷 망 환경에서 두 이질적인 망간에 데이터의 전달이 필요한 경우, 기존의 NHRP와 이동 IP 기술의 적용 방안에서 종단간 데이터 전달 지연 시간을 수학적으로 분석하였다. 이동 IP 기술에 NHRP를 적용한 터널링 설정 기법에서는 터널의 경로 범위가 기존의 LAN 기반 인터넷 망과 ATM 기반 인터넷 망에 걸쳐서 존재할 수 있다. 따라서 ATM 망 내부에서는 NHRP의 주소 해석 기능을 이용하여 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent) 사이에 SVC(Switched Virtual Connection)를 이용한 단거리 경로(short-cut)로 터널링 구간을 설정함으로써 종단간 데이터 전달 지연을 개선 시킬 수 있었다.

HA와 FA사이의 IP 터널링 구간 중 일부가 ATM 망 내부에 존재할 경우, NHRP를 이용한 단거리 터널 경로와 일반적인 IP 라우팅을 이용한 터널 경로상의 패킷 전달 지연 시간을 수식으로 표현하였고, 종단간 데이터 전달 지연 시간 관점에서 상호 비교하였다.

NHRP를 이용한 단거리 터널 경로를 이용할 경우의 패킷 전달 지연 시간이 일반적인 IP 라우팅 터널 경로를 이용할 경우보다 초기 값은 크다. 왜냐하면 NHRP 주소 해석을 위해 NHRP-Request와 NHRP-Reply 메시지를 처음에 주고 받기 때문이다. 하지만 NHRP 주소 해석을 위한 NHRP-Request와 NHRP-Reply 메시지를 주고 받은 뒤부터는 단거리 터널 경로를 이용해서 패킷을 전달 하므로 패킷을 전달 할 때마다 IP 라우팅으로서 패킷을 전달해야 하는 일반적인 IP 라우팅보다 전체적으로는 패킷 전달 지연 시간이 향상된다.

따라서 본 논문의 내용은 ATM 망 이외의 기타 NBMA(Non-Broadcast Multiple Access) 망에 적용하여 이동 IP의 터널링을 효과적으로 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] ATM Forum, "LANE v2.0 LUNI Interface," af-lane-0084.000, July. 1997
- [2] ATM Forum, "LAN Emulation Client Management Specification Version 2.0," af-lane-0093.000, Oct. 1998
- [3] M. Laubach, J. Halpern, "Classical IP and ARP over ATM," RFC 2225, Apr. 1998
- [4] ATM Forum, "Multi-protocol Over ATM Specification, Version 1.1," af-mpoa-0114.000, May. 1999
- [5] ATM Forum, "Multi-protocol Over ATM Version 1.0 MIB," af-mpoa-0092.000, July. 1998
- [6] C. Perkins, "Mobile IP," IEEE Communication Magazine, Vol. 35, No.5, pp.84-99, 1997
- [7] James D. Solormon, "Mobile IP : The Internet Unplugged," Prentice Hall, 1998
- [8] J. Luciani, D. Katz, A. Piscitello, B. Cole, N. Doraswawy, "NMBA Next Hop Resolution Protocol(NHRP)," RFC 2332, APR. 1998
- [9] 조성기, 이성탄, 변태영, "ATM망에서 Short-cut 경로를 이용한 개선된 NHRP의 설계," 한국정보처리학회 제15회 춘계학술발표회, Vol. 8, No. 1, 2001. 4.
- [10] 조성기, 변태영, "ATM망에서 P-NNI 라우팅을 이용한 개선된 NHRP의 성능 평가," 한국정보과학회 제28회추계학술발표회, Vol.28,No.2, 2001. 10.
- [11] 이성탄, 조성기, 변태영, "ATM망에서 Mobile IP의 이동성 지원을 위한 NHRP의 적용," 한국정보처리학회 제15회 춘계학술발표회, Vol. 8, No. 1, 2001. 4.
- [12] 이성탄, 변태영, "ATM망에서 NHRP를 이용한 Mobile IP 이동성 지원 방안의 성능평가," 한국정보과학회 제28회 추계학술발표회, Vol. 28, No. 2, 2001. 10.
- [13] 변태영, 조무호, 김현철, "개선된 NHRP를 이용한 Mobile IP 의 이동성 지원 방안," The 5th Conference on Next Generation Communication Software, 한국통신학회, 2001. 12.