

---

# 이동 IP의 최적경로 방식에서 단거리 터널링 기법의 성능평가

변태영\*, 이경훈\*\*

Performance Evaluation of Short-cut Tunneling Schemes in Optimized Path Method over Mobile IP Networks

Tae-young Byun\*, Kyung-hoon Lee\*\*

## 요약

이동 IP 망에서 이동 IP의 삼각 라우팅 문제를 해결한 최적경로 IP 라우팅 기법은 이동 IPv6망에서의 이동성을 지원하는 기본 동작으로 되어있다. 본 논문에서는 이동 IP망의 최적 경로 기법을 ATM망에서의 NHRP를 이용한 단거리 터널설정 기법을 적용하여 그성능을 평가하였다. 종단간 패킷 전달지연 시간 측면에서 기존 IP 라우팅 기법과 최적경로에서의 단거리 터널링 기법을 상호 비교하기 위하여 수학적 분석 및 모의실험을 수행하였다. 최적 경로의 단거리 터널링 기법은 기존IP 라우팅 방식보다 초기 데이터의 경우 종단간 전달 지연시간이 클 수 있으나 이후 패킷부터는 종단간 데이터 전달 지연시간이 대폭 개선됨을 확인하였다.

## ABSTRACT

In this paper, we propose a tunnel establishment scheme using Next Hop Resolution Protocol over mobile IP networks, which consist of LAN-based IP networks and ATM-based IP networks. As a basic idea, we use the shortest path algorithm to establish a short-cut tunnel between HA and FA. Also, we classify methods for establishing a short-cut tunnel into four cases considering the locations of HA, FA, CN and MN.

To confirm the advantages of our schemes, which deliver packets using short-cut tunnel in optimizedpath method over mobile IP networks, we performed mathematical analysis and simulation, compared proposed schemes with existingIP routing method in terms of transmission delay between CN and MN.

The simulation results show that our scheme have superior performance to that of existing IP routing mechanism, because the store-and-forward delay which occurred in IP routing mechanism is considerably reduced in short-cut tunnel over ATM networks.

## 키워드

Mobile IP, Optimized Path Routing, NHRP

## I. 서 론

이동 컴퓨팅 장비의 확산으로 언제 어디서나 무선 인터넷을 접속할 수 있는 환경이 요구되고

있다. 더불어 높은 QOS (Quality of Service)를 필요로 한다. 기존의 LAN 기반의 인터넷 망에서는 IP 패킷을 다음 흡으로 전달할 경우 저장 후 전달(Store & Forward) 방식을 사용함으로써

\* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 조교수  
접수일자 : 2003. 4. 1

\*\* 경주대학교 교육개발센터 연구원

패킷의 전달 지연 시간이 길어지는 문제가 있었다. 또한 이동 IP(mobile IP)에서는 삼각 라우팅(triangle routing) 문제가 발생한다. 이러한 문제들은 이동 IP에서 최적 경로(optimized path) IP 라우팅 방식을 이용함으로써 해결할 수 있다 [1,2,3,4].

본 논문에서는 이질적인 망 연동을 위한 기술 중에서, NHRP(Next Hop Resolution protocol)[5]를 이용하여 고속 패킷 전송을 제공할 수 있는 단거리 터널링기법을 소개한다. 원래 NHRP는 IpoA[4]의 문제점을 보완하기 위해 등장한 기술로서 구체적인 구성과 동작 과정은 관련 연구에서 다루기로 한다. 따라서, 본 논문에서는 이동 IP 망에서 이질적인 두 망(LAN 기반 인터넷 망과 ATM 기반 인터넷망) 사이의 종단간 패킷 전달에 있어, (i) 최적경로 라우팅 경로와 NHRP를 이용하여 연결한 단거리 터널링 구간으로 패킷을 전달할 때와 (ii)기존의 일반적인 IP 라우팅 경로로 패킷을 전달할 때의 전달 지연시간을 비교하였다. 비교 방법으로서는 수학적 분석과 모의실험을 통하여 수행하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 관련 연구로서 이동 IP와 NHRP의 동작구조 및 단거리 터널링 설정기법을 소개한다. 3장에서는 단거리 터널링 설정 기법 및 기존 IP 라우팅 방식 O래서 종단간 전달 지연 시간을 수학적으로 분석 및 비교하였으며, 4장에서는 모의실험을 통해 두 방안의 성능을 상호 비교 하였다. 그리고, 마지막으로 결론을 맺는다.

## II. 기존 연구

### 1. 이동 IP(Mobile IP)

이동 IP는 호스트가 등록되어 있던 소속 서브넷을 벗어나 외부의 서브넷에 접속하였을 때 새로운 IP 주소를 추가하고 받아야 하는 번거로움이 있다. 이런 단말기의 이동성을 체계적으로 지원하기 위하여 이동 IP 프로토콜[1]이 정식으로 1996년에 제안되었다. 이동 IP의 구성요소는 이동노드(Mobile Node)와 대응노드(Correspondent

Node)가 있다. 그리고 홈 에이전트(HA:Home Agent)와 외부 에이전트(FA:Foreign Agent)로 분류된다. 이동 IP는 전송 계층의 연결 유지와 IP 계층의 라우팅 문제를 해결하기 위하여 2개의 IP 주소를 가진다. 즉, 자신의 고유식별 IP와 이동한 곳의 위치를 파악하기 위하여 사용되는 COA (Care-of-Address)를 가진다. 이 COA주소는 MN이 다른 망으로 이동할 때마다 부여받는 주소로 자신의 위치정보를 FA를 통해 HA에게 이동정보를 알려주어서 연결을 유지할 수 있다.

동작구조는 MN이 자신의 네트워크를 벗어나 다른 서브넷으로 이동하였을 경우 FA는 이동하여 온 MN의 등록을 유도하기 위하여 주기적으로 광고 메시지(Advertisement Message)를 보낸다. 이 광고 메시지를 접한 MN은 자신이 HA를 벗어나 FA의 네트워크로 이동하였음을 인지하고 FA에게 등록을 한다. 그리고 FA로부터 COA주소를 획득한다. FA는 MN이 획득한 COA주소를 HA에게 알려주고 HA는 이 메시지에 담긴 MN의 이동정보를 자신의 캐쉬 테이블에 갱신한다.

MN의 이동 사실을 알지 못하는 CN은 MN과 통신을 하기 위해 HA를 목적지 주소로 하여 패킷을 보낸다. 이 패킷을 받은 HA는 자신의 캐쉬 테이블을 검색하고 MN이 이동한 COA주소로 데이터를 캡슐화(encapsulation)하여 터널링(tunneling) 구간을 설정하여 전송한 후 FA는 MN에게 패킷을 전송한다. 이 경우, 캡슐화 된 패킷이 유효한 동안의 전송을 터널링이라 한다. 반대로 MN이 CN에게 패킷을 보낼 때는 HA를 거치지 않고 CN에게 터널링 구간을 설정하여 바로 보낸다. 여기서 이동 IP의 문제점인 삼각 라우팅(triangle routing)이 발생한다. MN이 CN에게 패킷을 보낼 때는 직접적으로 터널링 구간을 설정하여 보내지만 CN은 FA로 패킷을 바로 보내지 못한다. 항상 HA를 거쳐 패킷을 MN에게 전달함으로써 전달 지연시간이 길어지는 것이다. 이 문제는 바인딩 업데이트 메시지를 사용하여 해결 할 수 있다.

HA가 MN의 COA주소를 자신의 캐쉬 테이블에 갱신하는 것까지 과정은 동일하다. 이후 HA가 CN으로부터 패킷을 받으면 MN의 COA주소

를 'Binding Update'라는 메시지에 실어 CN에게 전달한다. Binding Update 메시지를 받은 CN은 자신의 캐쉬 테이블에 MN의 주소를 갱신한다. 이후 패킷부터는 CN으로부터의 패킷은 HA를 거치지 않고 MN의 COA주소로 직접 터널링 구간을 설정하여 전달된다. Binding Update 메시지를 사용하여 터널링 구간을 설정하는 것을 최적 경로IP 라우팅이라고 한다. 최적경로 IP 라우팅 기법에는 Binding Update 메시지를 이용하는 것 외에도 smooth handoff, special tunneling 등이 있다.

## 2. NHRP

LAN 망에서의 IP는 비연결 패킷을 사용하는 반면 ATM은 연결 지향형 셀을 사용하고, IP는 방송(Broadcast) LAN 기반하의 망에 있는 반면 ATM은 점대점(Point-to-point) 연결 방식을 사용하므로 IP와 ATM은 근본적으로 차이가 있다. 이때 두 IP 호스트가 ATM을 통해 통신하기 위해서는 IP와 ATM 주소를 사상(mapping) 시킬 필요가 있다.

NHRP(Next-Hop Resolution Protocol)는 ATM망 내에서 IP 라우팅을 지원하기 위해 IP 주소를 ATM 주소로 변환하는 것을 지원하는 프로토콜이다. ATM망은 LIS라는 서브네트워크로 구성되어 있다. IP 호스트들이 서로 다른 LIS에 속해 있으면 LIS간의 경계 라우터(edge router)까지 VC(Virtual Channel) 연결을 설정하여 최종적으로는 종단 호스트에 이러한 여러 개의 VC 연결이 여러 개 이어지는 모양이 된다. IPoA(IP over ATM)[6]에서 이러한 기능을 수행하였으나 두 IP 호스트가 동일한 ATM망에 연결되어 있더라도 소속된 LIS가 다른 경우에는 하나의 VC 연결을 통해서 서비스 받을 수 없는 문제점이 있었다. NHRP는 이러한 문제의 한계점을 극복하였다. NHRP가 동작하기 위해서는 NHRP 서비스를 요청하는 클라이언트 NHC와 NHRP 서비스를 제공하는 서버 NHS(Next Hop Server)가 존재한다. ATM망 내의 각 LIS에는 NHS가 존재하는데, NHS의 기능은 경계 라우터가 일반적으로 수행하지만 별도의 서버를 두어 운용할 수도 있다.

다. NHC의 기능은 일반적으로 IP 호스트가 수행  
하지만 라우터가 대신 할 수도 있다.

### 3. NHRP를 이용한 단거리 터널링 설정 기법

NHC는 목적지의 ATM 주소를 획득하기 위해  
근접한 NHS에게 주소해석 요청 NHRP Request  
메시지를 보낸다. NHRP Request 메시지를 받은  
NHS는 자신의 캐쉬 테이블을 확인한 뒤 요청 정보가  
없을 경우 이웃한 NHS에게 NHRP-Request  
메시지를 보낸다. 이렇게 이웃하여 전달 된  
NHRP-Request 메시지가 요청 정보를 가진  
NHS에 도달하게 되면 이 NHS는 변화된 주소를  
NHRP-Reply 메시지에 실어서 역순으로 전달한  
다. 다시 전달 된 NHRP-Reply 메시지를 받은  
NHC는 획득한 목적지 ATM 주소로 SVC 연결  
설정을 한 후 패킷을 전달하게 된다. 이 과정을  
단거리 터널(short-cut tunnel) 설정 기법이라 한다.  
다음 그림은 NHRP의 동작 구조를 나타내고 있다.

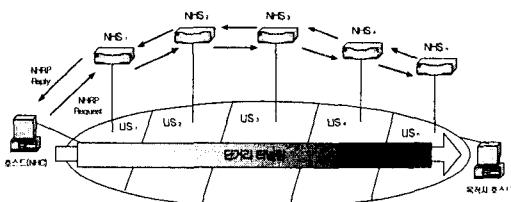


그림 1. NHRP의 동작  
Fig 1. Operations of NHRP

두 이질적인 망(LAN 기반 망과 ATM 기반 망)에서의 기존 IP 라우팅은 CN에서 MN이 존재하는 FA까지 일반적인 IP 라우팅 만으로 패킷을 전달하였다. 본 논문에서 이 기존의 IP 라우팅과 비교하고자 하는 라우팅 기법은 CN에서 HA까지는 일반적인 IP 라우팅으로 패킷을 전달하고 이후 HA에서 MN까지의 패킷 전달 시 일부 구간을 NHRP를 이용하여 주소해석을 한 후 설정된 단거리 터널구간을 이용하는 것으로 설정한다. CN과 HA, FA, MN의 구성 요소들이 두 이질적인 망 사이에 존재할 수 있는 경우는 다양하다. 이중에서 HA에서 FA까지의 단거리 터널링을 효과적으로 수행할 수 있는 4가지의 경우를

표 1에 나타내었다[8].

표 1. 단거리 터널링의 적용이 가능한 경우

시나리오 No.	호스트 위치	HA위치	FA위치	MN위치
1	LAN	LAN	ATM	ATM
2	LAN	ATM	ATM	ATM
3	ATM	LAN	ATM	ATM
4	ATM	ATM	ATM	ATM

### III. 수학적 분석

본 논문에서 수학적으로 성능을 비교하는데 있어 사용된 용어들의 정의를 표2에 나타내었다.

- $L_{R_i, R_j}^{LAN(ATM)}$  : LAN(ATM)망에서의 라우터(노드)i에서 j까지의 링크 전달 지연시간
- $R_{R_i}^{LAN(ATM)}$  : LAN(ATM)망에서의 라우터 Ri의 패킷 처리시간
- $S_{a,b}^{setup}$  : 노드 a에서 노드 b로의 ATM SVC 연결 설정 시간
- $ND_{i,j}^{SVC,request}$  : ATM망에서 NHSi에서 NHSj로의 NHRP-Request 메시지 전달 지연시간
- $ND_{i,j}^{SVC,reply}$  : ATM망에서 NHSi에서 NHSj로의 NHRP-Reply 메시지 전달 지연시간
- $ND_{i,j}^{SVC,total}$  : ATM망에서 NHSi에서 NHSj사이에 주소해석을 위한 총 지연시간
- $N_{NHS}^{request}$  : ATM망에서 NHSs의 NHRP-Request 메시지 처리시간
- $N_{NHS}^{reply}$  : ATM망에서 NHSs의 NHRP-Reply 메시지의 처리시간
- $LIS_s$  : ATM망에서 LISs 내부의 패킷 전달 지연시간
- $\ell_{i,j}$  : i번째 LIS내부의 j번째 스위치 링크의 전달지연시간

- $s_{i,j}$  : i번째 LIS내부의 j번째 스위칭 하는데 걸리는 시간

- $D_{a,b}^{시나리오#}$  : 시나리오# 환경에서 노드 a에서 노드 b로의 데이터 전달 지연시간

- $R_{HA}^{LAN(ATM)}$  : HA의 패킷 처리 지연시간

#### 1. 시나리오 1

시나리오 1은 CN과 HA는 LAN 망에 존재하고, MN과 FA는 ATM 망에 존재하는 경우이다. 일반적인 IP 라우팅 기법에서의 패킷 전달 순서를 살펴보면 그림과 같이 순서대로 CN에서 HA까지 패킷을 전달한다. 그리고 HA에서 이질적인 두 망(LAN 망과 ATM 망)사이에 존재하는 AER(ATM Edge Router)까지 패킷을 전달한다. 그리고 ATM망 내에서도 일반적인 IP 라우팅만으로 패킷을 전달한다. 최적경로IP 라우팅 방식에서 단거리 터널링 기법의 수학적분석은 CN이 바인딩 업데이트 메시지로서 MN의 COA주소를 획득하여 자신의 캐쉬 테이블을 갱신한 상태라 가정을 하고 전개한다. CN은 MN의 COA주소로 최적경로를 설정하여 패킷을 전달하는데 우선 두 망의 경계지점인 AER까지 패킷을 전달한다. 이후 ATM망 내에서는 NHRP를 구동하여 목적지의 ATM 주소를 획득한 후 단거리 터널경로로서 패킷을 전달한다.

수식 전개는 일반적인 IP 라우팅으로 패킷을 전달할 경우의 지연시간을 먼저 나타낸다. 그리고 최적경로를 이용한 패킷 전달 지연시간을 나타내는데 여기에는 NHRP의 주소해석 지연시간이 포함되어 있다. →는 패킷이 원쪽에서 오른쪽으로 전달됨을 표시한다.

① 일반적인 IP 라우팅 경로를 이용한 패킷 전달 지연시간

□ CN → HA로의 패킷 전달 지연시간

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

□ HA → AER로의 패킷 전달 지연시간

$$D_{AER, AER}^{시나리오 1} = L_{HA, R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=j}^{r-1} \{L_{k, k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (2)$$

□ AER → MN로의 패킷 전달 지연시간

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

② 최적경로 IP 라우팅 경로를 이용한 패킷 전달지연시간

□ CN → AER로의 패킷 전달 지연시간

$$D_{CN, AER}^{시나리오 1} = L_{CN, R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k, k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (4)$$

NHC와 NHS 사이 또는 NHS와 NHS사이에 NHRP 메시지(NHRP Request, NHRP Reply)를 전달하는 경우 두 노드 사이는 ATM 수준에서의 SVC 연결을 설정하는 것을 가정한다.

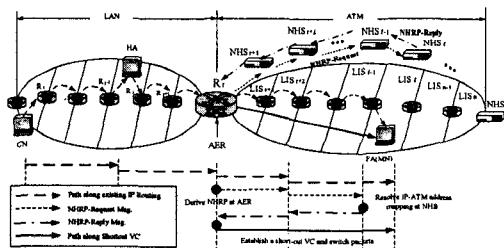


그림 2. 시나리오 1의 망 구성도  
Fig 2. A network example of scenario no. 1

첫째, NHRP를 이용한 주소해석 지연시간

$$ND_{r,t}^{SVC, request} = S_{R_r, NHS_{r+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^{t-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + \sum_{s=r+1}^t \{\sum_{k=1}^{n_s} (\ell_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=r+1}^t N_{NHS_s}^{request} \quad (5)$$

$$ND_{r,t}^{SVC, reply} = \sum_{s=r+1}^{t-1} S_{NHS_{s+1}, NHS_s}^{setup} + \sum_{s=r+1}^t \{\sum_{k=1}^{n_s} (\ell_{s,k} + s_{s,k})\} + \sum_{s=r+1}^t N_{NHS_s}^{reply} + S_{NHS_{r+1}, R_r}^{setup} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} ND_{r,t}^{SVC, total} &= ND_{r,t}^{SVC, request} + ND_{r,t}^{SVC, reply} \\ &= 2 \sum_{s=r+1}^{t-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^t \{\sum_{k=1}^{n_s} (\ell_{s,k} + s_{s,k})\} \\ &+ \sum_{s=r+1}^t N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^t N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r, NHS_{r+1}}^{setup} \end{aligned} \quad (7)$$

둘째, 단거리 터널경로를 통한 패킷 전달지연시간

$$\overline{D}_{AER, FA} = S_{AER, FA}^{setup} + \sum_{s=r+1}^t LIS_s + L_{FA, MN}^{ATM}$$

$$\text{여기서 } LIS_s = \sum_{k=1}^{m_s} (\ell_{s,k} + s_{s,k}) \quad (8)$$

LIS는 ATM망 내부에 존재하는 서브네트워크를 칭한다. LIS마다 존재하는 스위치들의 수는 각각 다르다. ms는 LISs내에 놓여져 있는 ATM 스위치들의 개수이다. 즉, 예를 들어 단거리 터널링전체 경로 중 LIS에 속한 일부 단거리 경로상에 존재하는 스위치 개수를 ms개라 한다. li,j는 단거리 터널의 전체경로 중 LISs에 속한 링크들을 칭하는데, 일부 터널 경로상에 존재하는 링크들을 번호로 매길(numbering)경우, i번째 링크의 전달 지연시간을 나타낸다. si,j는 LISs내의 j번째 ATM 스위치의 스위칭 시간을 나타낸다.

## 2. 시나리오 2

CN만 LAN망에 존재하고 HA, FA, MN은 ATM망에 존재하는 경우이다. ATM망 내 구성요소들의 배치 순서에 따라 6가지의 경우가 존재하지만 모든 경우를 다루지는 못하고 그림 2와 같이 순서대로 배치됨을 가정하고 수식을 전개하였다.

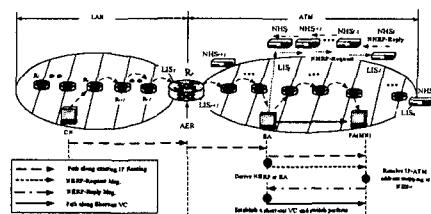


그림3. 시나리오 2의 망 구성도  
Fig 3. A network example of scenario no. 2

- ① 일반적인 IP 라우팅 경로를 이용한 패킷 전달지연시간
- CN → AER로의 패킷 전달 지연시간

$$D_{CN,AER}^{시나리오 2} = L_{CN,R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (9)$$

- AER → HA로의 패킷 전달 지연시간

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

- HA → MN로의 패킷 전달 지연시간

$$\begin{aligned} D_{HA,FA}^{시나리오 2} &= L_{HA,R_i}^{ATM} + R_{R_i}^{ATM} + \sum_{k=j+1}^{t-2} \{L_{k,k+1}^{ATM} + R_{k+1}^{ATM}\} \\ &+ L_{R_{t-1},FA}^{ATM} + L_{FA,MN}^{ATM} \end{aligned} \quad (11)$$

- ② 최적경로 IP 라우팅 경로를 이용한 패킷 전달지연시간

$$D_{CN,AER}^{시나리오 2} = L_{CN,R_i}^{LAN} + R_{R_i}^{LAN} + \sum_{k=i}^{r-1} \{L_{k,k+1}^{LAN} + R_{k+1}^{LAN}\} \quad (12)$$

첫째, NHRP를 이용한 주소해석 지연시간  
시나리오 1과 동일하게 동작을 하므로 ND svc,total시간만을 나타내었다.

$$\begin{aligned} ND_{r,t}^{SVC, total} &= 2 \sum_{s=r+1}^{t-1} S_{NHS_s, NHS_{s+1}}^{setup} + 2 \sum_{s=r+1}^t \{\ell_{s,k} + s_{s,k}\} \\ &+ \sum_{s=r+1}^t N_{NHS_s}^{request} + \sum_{s=r+1}^{t-1} N_{NHS_s}^{reply} + 2S_{R_r,NHS_{r+1}}^{setup} \end{aligned} \quad (13)$$

둘째, 단거리 터널 경로를 이용한 패킷 전달지연시간 HA를 거치지 않고 AER에서 FA로 단거리 터널링 경로로 패킷을 전달한다. 수식은 시나리오 1과 동일하다.

$$D_{AER,FA}^{시나리오 2} = S_{AER,FA}^{setup} + \sum_{s=r+1}^t LIS_s + L_{FA,MN}^{ATM} \quad (14)$$

### 3. 시나리오 3

시나리오 3은 HA가 LAN망에 존재하고 나머

지 구성 요소들이 ATM망 내에 존재하는 경우이다. 일반적인 IP 라우팅으로 패킷을 전달할 경우 FA가 같은 망 내에 있음에도 불구하고 HA까지 거쳐서 패킷을 전달하게 된다. 최적경로 IP 라우팅과 단거리 터널경로를 이용한 패킷 전달은 그림상에서 동일한 경로를 지나지만 실제 패킷의 전달 경로는 다르다. 즉 최적경로 IP 라우팅은 일반 IP 라우팅으로 패킷을 전달하지만 단거리 터널경로를 이용한 패킷 전달은 ATM 수준에서 설정된 SVC 연결 경로를 따라서 패킷을 전달한다. 전달지연시간을 구하는 수식 전개 과정은 앞서 소개된 시나리오 2와 유사하므로 본 절에서는 생략한다.

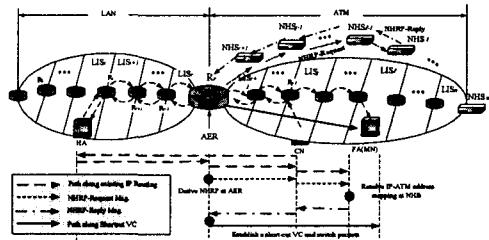


그림4. 시나리오 3의 구성도  
Fig 4. A network example of scenario no. 3

### 4. 시나리오 4

구성요소 CN, HA, FA, MN 모두 ATM망 내에 존재하는 경우이다. 배치순서에 따라 존재할 수 있는 경우의 수는 8가지가 존재하지만 대표적인 경우를 그림 5에 나타내었다. 전달지연시간을 구하는 수식 전개 과정은 앞서 소개된 시나리오 2와 유사하므로 본 절에서는 생략한다.

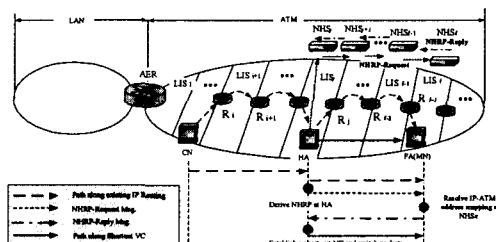


그림 5. 시나리오 4의 구성도  
Fig 5. A network example of scenario no. 4

#### IV. 모의 실험

모의 실험은 수학적으로 분석한 일반적인IP 라우팅 방식과 최적경로 IP 라우팅 경로를 이용하고 NHRP를 구동하여 설정된 단거리 터널경로로 패킷을 전달할 때의지연시간을 실험하였다. 모의 실험은 네트워크 모의 실험도구인 COMNET III를 이용하였다. 주요 성능 평가 요소는 CN과 MN사이의 종단간 패킷 전달 지연시간만을 고려하였다. 성능평가를 위하여 설정한 구체적인 모의실험 매개변수는 표 3에 나타내었다.

Tr은 트래픽 제너레이터로 LAN망과 ATM망 내에 각각 하나씩을 두어 망내의 트래픽을 유입하여 일정 유지시켰다. 모의 실험은 시나리오 1과 시나리오 4에 한하여실험하였다. 시나리오 1에서의 일반적인IP 라우팅에 기반한 경우 종단간 패킷 전달지연시간은 평균적으로 4426.3(ms)이다. 이 값은 약 50회의 모의실험을 통한 값들의 평균치이다. 다음 그림은 모의실험에 사용된 망 구성도이다.

표 3. 모의실험 매개변수

구성요소	매개변수	비고
LAN 개수	8	LAN
LAN의 대역폭	100Mbps	
LIS 개수	3	ATM
LIS 내 스위치 개수	19	
ATM 링크 대역폭	155Mbps	
NHRP 메시지 길이	1KByte	NHRP 제어 메시지
NHRP 메시지 발생빈도	주소해석요청 시	
패킷 길이	10MByte	트래픽 생성 노드
패킷 발생 빈도	1패킷/초	

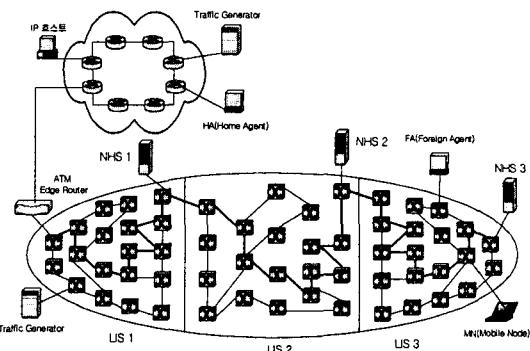


그림 6. 시나리오 1의 모의실험 망 구성도

Fig 6. Network topology in scenario no.1

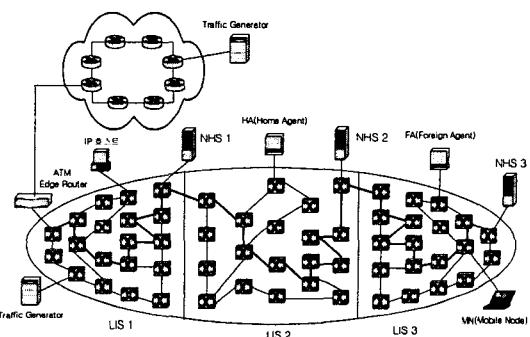


그림 7. 시나리오 4의 모의실험 망 구성도

Fig 7. Network topology in scenario no.4

그림 8과 그림 9는 트래픽 생성노드에서 트래픽 유입량이 10 Mbyte/s인 경우 모의실험에 대한 결과 값인데 최적경로 IP 라우팅 경로에 이용된 ATM 망 내에서의 단거리 터널링 기법을 이용한 종단간 전달시간과의 비교 대상이 된다.

여기서 Short-cut 비율이란, 터널링 구간 중 ATM망 내부에서 일반적인 IP 라우팅을 적용할 경우 거치게되는 ATM 스위치의 수를 기준으로 볼 때 단거리 터널링 기법에서 거치게 되는 ATM 스위치 개수의 상대적인 비를 말한다. 따라서 Short-cut 비율이 크다는 것은 상대적으로 단거리 터널링 구간이 기존의 IP 터널링 구간보다 더욱 짧다는 것을 의미한다. 즉, 단거리 터널링 경로상에 존재하는 스위치의 수가 감소됨을 말한다. NHRP를 동작이 필요한 초기 패킷의 경우에는 NHRP 주소해석지연시간으로 인해 상대적으로 종단간 전달 지연 시간이 커짐을 알 수

있다. 그러나 NHRP 주소해석이 이루어진 이후 패킷들은 단거리 터널링 경로(즉, CN과 MN 사이의 일부 또는 전체 경로를 터널링 구간으로 설정할 수 있다)를 통하여 패킷이 전달되므로 기존의 '저장 후 전달'에 기반한 IP 라우팅 방식보다 빠르고 안정되게 패킷을 전달할 수 있음을 알 수 있다.

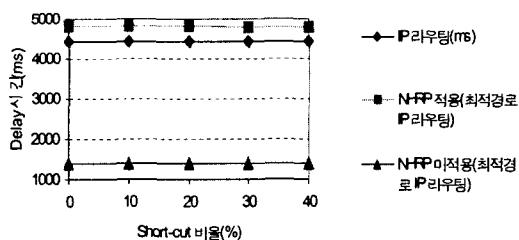


그림 8. 시나리오 1에서의  $Tr=10\text{Mbyte/s}$ 인 경우  
Fig 8.  $Tr=10\text{Mbyte/s}$  in scenario no.1

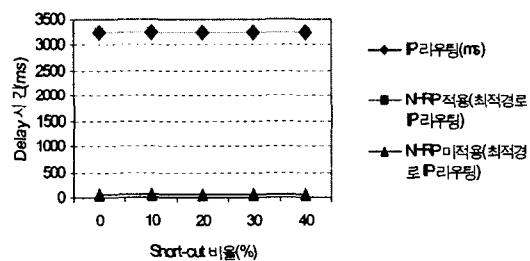


그림 9. 시나리오 4에서의  $Tr=10\text{Mbyte/s}$ 인 경우  
Fig 9.  $Tr=10\text{Mbyte/s}$  in scenario no.4

## V. 결 론

LAM 기반 인터넷 망과 ATM기반 인터넷 망 간에 패킷 전달에 있어 ATM망에서 기존의 일반적인 IP 라우팅에서는 ATM이 제공하는 셀 스위칭(cell switching)기능을 충분히 활용하지 못하고 저장 후 전달(store & forward)이라는 기법으로 패킷을 전달한다. 이로 인해 패킷 전달지연시간이 길어지는 단점이 존재하였다. 이에 본 논문에서는 종단간 패킷 전달에 있어 LAN기반 인터넷망에서는 최적경로 IP 라우팅 경로를 이용하고

ATM망 일부 구간에서는 NHRP를 이용하여 단거리터널링 경로로 패킷을 전달할 경우를 기존의 IP 라우팅 방식과 수학적으로 비교를 하였다. 그리고 모의 실험을 통하여 성능을 비교 분석하였다. NHRP를 이용하여 단거리터널링 경로를 설정할 경우 초기 패킷에 NHRP주소 해석 지연시간이 포함되어 전달지연시간이 커지는 단점이 존재한다. 그러나 단거리 터널링 경로가 설정된 이후 전달되는 패킷부터는 설정된 경로로 패킷을 전달함으로써 전달지연시간이 대폭 감소됨을 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] C. Perkins etc., "IP Mobility Support", RFC 2002, Oct. 1996.
- [2] C. Perkins, Mobile IP: Design Principles and Practice, Addison-Wesley Longman, Reading, Mass., 1998.
- [3] C. Perkins, "Mobile IP," IEEE Communication Magazine, Vol. 35, No. 5, pp. 84-99, 1997
- [4] James D. Solomon, "Mobile IP : The Internet Unplugged", Prentice Hall, 1998
- [5] J. Luciani, D. Katz etc., "NBMA Next Hop Resolution Protocol(NHRP)", RFC 2332, Apr. 1998
- [6] M. Laubach J. Halpern "Classical IP and ARP over ATM" RFC 1557, Jan. 1994
- [7] T. Y. Byun, M. H. Cho, "Integration of Mobile IP and NHRP over ATM Networks," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2642, Springer-Verlag, April, 2003

### 저자 소개



변태영(Tae-Young Byun)

1994년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
1997년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)  
2000년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1998년 3월. ~ 2000년 2월. (주)세빛정보 대표이사  
2000년 3월. ~ 2003년 8월. 경주대학교 컴퓨터전자공학부 조교수

2003년 9월. ~ 현재. 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 조교수

※ 관심분야 : 유비쿼터스 네트워킹, 이동 인터넷 및 차세대 인터넷



이경훈(Kyung-Hoon Lee)

2001년 2월. 국립밀양대학교 석유공학과 (공학사)  
2003년 8월. 경주대학교 컴퓨터전자공학과 (공학석사)

2002년 1월. ~ 2003년 8월. 경주대학교 전자계산소  
2003년 9월. ~ 현재. 경주대학교 교육개발센터 연구원

※ 관심분야 : 차세대 인터넷, 이동 IP 및 무선 LAN  
MAC 프로토콜