

무선 ATM 망에서 이동성 지원 기법

(A Scheme to Support IP Mobility over Wireless ATM Networks)

문 영 성^{*} 김 영 욱^{**}
(Youngsong Mun) (Youngyuk Kim)

요 약 무선 환경에서 높은 대역폭에 대한 요구가 날로 증가함에 따라 무선 ATM 기술을 활용한 기법들이 새로 개발되기 시작하였다. 이 논문에서는 무선 ATM 상에서 인터넷 사용자들에게 이동성을 제공하기 위한 방안을 제안한다. IETF나 ATM 포럼에서 개발되었던 기법들이 결합되어 Mobile IP over ATM 이나 IP over WATM 같이 운용된다면 여러 가지 단점들, 예를 들어 기능의 중복, 자원의 낭비 등을 야기할 수 있다. 이 논문에서는 이동성을 지원할 수 있도록 NHRP 표준을 확장하여 기존 기법들의 단순한 결합으로 인해 발생하는 문제점을 개선하였다. 제안된 기법의 성능을 분석하기 위해 ATM 영역과 IP 영역이 혼용된 망에서 두 영역이 서로 갈을 때와 다를 때를 구별하여 이동 단말의 이동에 따른 평균 추적 비용과 평균 파악 비용 그리고 평균 종합 비용을 계산하였다.

키워드 : 이동성 지원, 무선 ATM, 성능평가

Abstract Increasing user demand for the more bandwidths in wireless communications has motivated a new challenge to utilize the benefits of wireless ATM technology. This paper focuses on how to provide IP services to a mobile user over wireless ATM networks. By enhancing the NHRP standard, several shortcomings are improved that are resulted from the naive combinations of Mobile IP over ATM and IP over wireless ATM. This paper presents a mobile location management algorithm that is referred to as the Mobile NHRP scheme. The mobile tracking procedure and the mobile locating procedure are explicitly defined in the proposed scheme. On the locating procedure, the source station may obtain the current location of the destination from NHSs(Next Hop Servers). Therefore the optimized connection can be setup directly. The total costs per move and per setup over ATM/IP overlaid networks are estimated.

Key words : Mobility, Wireless ATM, Performance evaluation

1. 서 론

인터넷 사용자들의 멀티미디어 통신에 대한 욕구가 크게 증가함에 따라 ATM을 기반으로 하는 인터넷 서비스 제공이 필요하게 되었다. 이런 욕구를 실현하기 위해서 통칭 IPOA(IP over ATM)라 불리는 많은 기법들이 ATM Forum과 IETF에서 만들어졌다. ATM Forum에서는 LANE(LAN Emulation)과 MPOA를 개발하였으며 IETF에서는 Classical IP over ATM과 NHRP(Next Hop Resolution Protocol)를 개발하였다.

컴퓨팅과 통신환경에 있어서 이동성을 제공하는 것이 중요시되자, ATM Forum과 IETF는 이동성을 제공하기 위한 프로토콜을 개발하였다. IETF에서는 IP 망에서 호스트들에게 이동성을 제공하기 위해 Mobile IP 기법을 개발하였다. 반면에 ATM 망에서 인터넷 서비스를 받는 ATM 호스트에 이동성을 제공하기 위한 기법에 관한 연구는 전무한 상태이다. 이동성을 지원하기 위해서는 기존의 프로토콜을 분석하여 수정 및 확장을 통해 이루어져야 하며 새로운 시그널링 메시지의 정의 및 프로토콜의 개발이 필요 하였다.

ATM 망과 인터넷망에서 이동성을 제공하기 위하여 개발된 프로토콜들 즉, IPOA, Mobile IP 그리고 WATM의 조합으로 이동성을 제공하려 한다면 이런 기법은 Mobile IP over ATM이나 IP over WATM의 형태를 가진다. 아무런 수정 없이 단순히 프로토콜들을 조

· 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

^{*} 중신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
mun@computing.ssu.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부
yykim@sunny.soongsil.ac.kr

논문접수 : 2000년 11월 20일

심사완료 : 2003년 6월 20일

함하여 사용하면 비효율성, 기능의 중복, 자원의 낭비 같은 단점들을 야기한다[1]. 따라서, 본 논문에서는 기존의 기법들을 조합함에 있어서 생기는 문제점들을 확인하고 무선 ATM 망에서 인터넷 사용자에게 이동성을 제공하기 위한 새로운 기법인 Mobile NHRP를 제안하며 수식적으로 그 우수성을 입증하고 검증한다.

이 논문의 2장에서는 기존의 인터넷망과 ATM망에서 이동성을 지원하는 기법을 살펴본다. 3장에서는 제안하는 Mobile NHRP 기법을 소개하고 4장과 5장에서는 제안된 기법의 성능분석과 성능평가를 기술한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 짓는다.

2. 기존의 이동성 지원 방안

현재 인터넷 대부분의 환경에서 사용되는 IP version 4는 IP 주소를 이용하여 어떤 노드의 접속 점을 유일하게 식별할 수 있다고 가정한다. 그러므로, 어떤 한 노드가 자신에게 전달되는 데이터그램을 받기 위해서는 그 노드의 IP 주소를 포함하는 망 안에 위치해야만 한다. 만약 그 위치가 바뀐다면 데이터그램은 전송되어질 수 없다. 인터넷 노드가 통신을 유지한 채로 그 접속 점을 바꿀 수 있게 하기 위해서 IETF에서 제안한 표준화 방안이 Mobile IP이다[2,3].

Mobile IP를 ATM망상에서 운용하기 위하여 IPOA와 결합하여 사용한다면 IP 패킷은 라우터를 통하여 전송되며 이것은 ATM망의 장점인 shortcut을 이룰 수가 없게 된다. 또한 여러 번의 주소 변환 단계를 필요로 하는데 목적지 호스트, 외부 에이전트, 홈 에이전트의 IP 주소를 각각 ATM 주소로 변환해주어야 하는 복잡성이 야기된다.

ATM은 기존의 셀룰라 전화망과 마찬가지로 연결형 서비스 방식이기 때문에, IS-41과 GSM MAP 표준은 무선 ATM 망을 위한 위치 관리 알고리즘 설계를 위한 출발점이 되었다. 또한 ATM 포럼에서 망의 토폴로지, 부하 및 도달성 정보를 전파하기 위해 제안된 PNNI 라우팅 프로토콜도 무선 ATM을 위한 위치 관리 기법의 출발점이 되었다. 이러한 기존의 관련 연구들을 기반으로 하여 무선 ATM 망에서의 이동성을 지원하는 방안으로 Mobile PNNI와 Location Registers(LR)이라는 두 가지가 제안되었다[4,5].

3. 제안하는 Mobile NHRP 기법

3.1 IP 주소와 ATM 주소의 상호 변환(NHRP)

NHRP는 IP 주소를 NBMA(Nonbroadcast Multi-access Network) 주소로, 특히 이 논문에서는 ATM 주소로 변환하는 기법이다. 이 프로토콜의 목적은 다중 LIS(Logical IP Subnet)를 가진 ATM 망에서 패킷들

이 라우터를 거치는 것을 피하는 것이다. 따라서 ATM 계층에서 직접적인 VC 연결을 통하여 계층 3의 라우팅을 허용하지 않는 것이다[6,7].

만약 목적지 호스트가 소스와 같은 ATM 망에 있다고 한다면 NHS는 목적지 호스트의 주소를 제공하지만, 만약 목적지 호스트가 ATM 망 밖에 존재한다면, NHS는 목적지 호스트와 가장 가까운 경계 라우터의 주소를 소스에게 제공하여 경계 라우터와 VC를 설정하도록 한다[8]. NHRP는 단일 LIS 내에서 주소 변환 서비스를 했던 ATMARP의 단점을 확실히 극복하였지만, 이 프로토콜은 모든 단말이 고정되어 움직임이 없는 것으로 간주하고 있기 때문에, 단말이 이동할 경우에는 NHS 내에 있는 주소 정보가 이동 단말의 현재 위치를 반영할 수 없게 되는 단점이 있다.

3.2 IP와 무선 ATM이 연동할 때 발생하는 문제점

WATM망과 IP망을 연동시키는 가장 직접적인 방안으로는 이동체의 위치를 관리해주는 Mobile PNNI/LR 기법과 IP 주소를 ATM 주소로 변환해주는 NHRP 기법을 혼용하여 사용하는 것이다. 일단 NHRP 기법을 사용하여 ATM 호스트의 주소를 얻은 후에는 Mobile PNNI/LR 기법이 이동 호스트의 현재 위치를 파악하여 연결이 이루어지는 곳에 사용될 수 있다. NHRP는 모든 호스트들을 고정 호스트라고 가정하고, 그 호스트는 홈 NHS에 자신의 고정 주소를 등록하게 된다. 따라서 호스트가 이동할 수 있다고 가정한다면 NHRP와 Mobile PNNI/LR 기법을 아무런 수정 없이 사용하였을 경우에도 비효율성이 야기될 수 있다[9].

최악의 경우를 고려해 보면, 목적지 호스트는 소스 호스트와 서로 가까운 위치에 있고, 홈 지역과는 매우 먼 거리에 있다고 생각해 보자. 또한 소스 호스트를 서비스해 주고 있는 NHS는 목적지 호스트의 주소 정보를 가지고 있지 않으며, 중간 NHS들도 주소 정보를 가지고 있지 않다. 이러한 상황에서는 연결 설정을 이루기 위해서 멀리 떨어진 홈 지역을 두 번 방문해야 하는 단점이 발생한다. LR 기법에서 목적지와 소스가 멀리 떨어져 있다는 의미는 목적지 호스트의 주소가 레벨 S까지 모든 레지스터에서 발견되지 않는다는 의미이므로, LR 기법에서도 홈 지역을 두 번 방문해야 하는 단점이 있다.

3.3 Mobile NHRP 기법 개요

Mobile NHRP 기법은 무선 ATM 환경에서 이동하고 있는 IP 사용자를 서비스 할 수 있도록 개발되었다. IP 사용자가 ATM 상에서 물리적인 위치를 바꾸어 이동한다면 NHS 내에 있는 주소 정보는 더 이상 해당 호스트의 정확한 위치를 반영할 수 없게 된다. Mobile NHRP는 NHRP 표준에 근거를 두고 있으며 IP 사용자에게 이동성을 부여하기 위하여 표준을 확장한 것이다.

이동 호스트가 새로운 LIS로 이동하였다면 호스트의 임시 ATM 주소, 호스트의 홈 ATM 주소, 호스트의 IP 주소, 시간 도장(Timestamp), 플래그 등의 정보를 새로운 NHS에게 등록하여야 한다.

등록 요청 메시지를 받은 새 NHS는 위와 같은 주소 정보를 저장하기 위하여 캐쉬에 새로운 엔트리를 만든다. 여기서 플래그는 등록하는 호스트가 고정 단말인지 (Flag=0), 이동 단말(Flag=1)인지를 나타내는 역할을 한다. 소스와 목적지 호스트가 동일한 LIS 내에 존재 할 경우에는 주소 변환 요청 메시지에 대한 응답 메시지를 로컬 NHS로부터 얻을 수 있기 때문에 연결 설정이 바로 이루어질 수 있다.

이동 호스트의 주소가 바뀔 때마다 망 전반에 걸쳐있는 중간 NHS들(Transit NHS)의 캐쉬 테이블을 갱신하지 않는다면 앞에서 언급한 비효율성이 다시 야기된다. NHRP 동작 원리에 따르면, NHRP 주소 변환 응답 메시지를 받은 중간 NHS는 메시지 안의 D 플래그가 설정되어 있으면 응답 메시지 안의 주소 정보를 캐쉬에 기록한다. 이 캐쉬에 저장되어 있는 주소 정보는 이후에 주소 변환 요청 메시지(Non-Authoritative Message)가 왔을 때 응답 서비스를 하는데 사용된다. Mobile NHRP 기법에서는 이 문제를 해결하기 위하여 NHS는 D 플래그가 세트되어 있는 주소 변환 응답 메시지를 보낼 NHS의 주소를 기록한다. 이런 절차는 일종의 포인터 설정과 같은 방법이다. 갱신 메시지를 받은 NHS는 자신의 캐쉬 테이블을 검토하여 해당 엔트리에 대해 응답 메시지를 보낼 NHS가 있는지 확인하여 갱신 메시지를 해당 NHS들에게 보내어 망 전체에 전파되도록 한다. 이런 포인터는 해당 엔트리가 캐쉬에서 지워질 때 함께 사라진다.

홈 NHS는 언제나 이동 호스트의 최신 정보를 지니고 있어야 한다. 첫째 이유는 목적지 호스트에 관하여 아무 정보도 없는 LIS에서 발생한 주소 변환 요청 메시지는 중간 NHS들이 응답할 수 없다면 홈 NHS까지 전파되어야 하기 때문이다. 둘째 이유는 Non-authoritative 메시지로 얻은 주소를 사용한 연결 설정이 실패하였다면 호스트는 authoritative 요청 메시지를 보내게 되고 이 메시지는 반드시 홈 NHS가 응답 메시지를 만들어 보내야 하기 때문이다. 옛 갱신 메시지가 망을 돌아다니다 새로 갱신된 캐쉬 테이블을 다시 갱신하는 일이 발생할 수도 있다. 이런 상황을 피하기 위하여 각 갱신 메시지는 시간 도장이나 메시지 버전 번호를 가지고 있다.

4. Mobile NHRP 성능 분석

4.1 무선 ATM에서의 Scope과 IPOA에서의 LIS의 혼용

Mobile PNNI/LR 기법에서는 계층화된 Peer Group (PG)들을 일정한 레벨(S 레벨)까지 묶어 이웃(neighborhood)으로 정하고 이웃 내에 있는 스위치나 LR들은 해당 이웃 내에 있는 이동 단말의 위치 정보를 알 수 있다. 한편 IPOA에서의 LIS는 ATM 망을 논리적으로 구분해 놓은 것으로 같은 LIS 내에 속한 단말들은 동일한 IP 망 주소와 마스크 주소를 지니고 각 단말끼리는 직접적으로 ATM 연결을 이룰 수 있는 반면 서로 다른 LIS에 속한 단말과는 IP 라우터를 거쳐 패킷을 전달한다. 이러한 두 가지의 영역을 혼용한다면 그림 1과 같은 구조를 가진다.

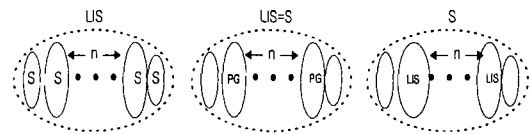


그림 1 IP의 LIS와 ATM의 S의 혼용 구조

4.2 파라미터 정의

이 논문에서 사용되는 파라미터들의 정의는 표 1에 나타나 있다.

4.3 Mobile NHRP에서의 위치 추적 비용

Mobile NHRP에서는 이동 단말이 이동함에 따라 자신의 위치를 각 NHS들과 스위치들에게 전달해야 한다. NHS들과 스위치를 갱신하는 비용은 LIS와 Scope에 따라 달라지는데 이 논문에서는 LIS와 S의 크기를 변화시키면서 그 비용을 비교하였다.

4.3.1 Mobile NHRP와 Mobile PNNI를 함께 사용하였을 때의 평균 위치 추적 비용

Mobile PNNI 기법은 PNNI 라우팅 프로토콜을 기반으로 하고 있기 때문에 레벨 k까지의 스위치들에게 도달성 정보를 전파하는 비용 U_k 를 계산하면 식 (1)과 같다.

$$U_k = \prod_{i=k}^L M_i - 1 \tag{1}$$

이동 단말이 LIS를 벗어나는 이동을 하였거나 S를 벗어나는 이동을 하였을 경우에는 홈 NHS를 갱신할 필요가 있다. 홈 NHS를 갱신하는 비용은 홈 NHS와 연결되어 있는 스위치와 이동 단말의 새로운 스위치간의 거리를 고려하여 식 (2)를 도출하였다.

$$U_{N_h} = U_{N_l} + D_{N_h} \tag{2}$$

홈 NHS를 갱신하면 해당 이동 단말의 주소 정보를 가지고 있을 중간 NHS들을 갱신해야 한다. 중간 NHS의 수는 소스와 목적 단말의 홈과의 거리와 관계가 있

표 1 파라미터 정의

L	계층적 구조에서 레벨의 총 수. L레벨은 최하위 레벨이며 1은 최상위 레벨을 의미한다. (L+1은 각각의 스위치를 표현함)
S	이웃을 경계짓는 레벨
D	계층적 구조에서 LIS가 포함하는 최상위 레벨
a_{ij}	i와 j의 상위 노드가 ancestors-are-siblings가 되는 레벨
h_v, o, n, c	home, visiting, old, new, calling 스위치를 각각 나타낸다
N_h, N_o, N_r	home NHS, 발신 NHS, 응답하는 중간 NHS와 각각 연결되어 있는 스위치
$U_{N,l}, U_{N,h}, U_{N,t}$	local, home, transit NHS를 각각 갱신하는데 드는 비용
$C_{N,l}, C_{N,h}, C_{N,t}$	local, home, transit NHS로부터 주소 정보를 각각 가지고 오는데 드는 비용
U_k	노드 i에서 $a_{ij} \leq k$ 를 만족하는 모든 노드 j에게 갱신 메시지를 보내는데 드는 비용
R_k	레벨 k까지의 LR들을 갱신하는데 드는 비용
c_i	레벨 i에 있는 LR을 갱신하는데 드는 비용. $i > L$ 인 경우는 $c_i = 0$
M_k	레벨 k의 Peer Group이 가지는 Peer Node들의 수
D_{ij}	노드 i와 노드 j간의 거리 (i.e 스위치 수)
p_k	레벨 k의 Peer Group이 가지는 Peer Node들간의 평균 최단 거리
h	장거리 메시지를 보내는 데 드는 비용 (예: 홈 스위치에 등록 메시지를 보내는 비용)
ρ	CMR(Call-to-Mobility Ratio) 이동에 따른 호의 비율

으며, LIS나 S내에서 거주하는 시간과 관계가 있다. 즉, 소스와 목적 단말의 홈이 멀면 NHRP 응답 메시지가 거쳐갈 중간 NHS의 수가 많아지게 되고, 한 지역에서의 거주시간이 길면 그 시간만큼 발생하는 호 수가 많아지게 되므로 중간 NHS를 갱신하는 비용은 커지게 된다. 중간 NHS를 갱신하는 비용은 식 (3)과 같다.

$$U_{N,t} = \lambda \cdot \left(U_{N,l} + \prod_{k=D}^L p_k \right) \cdot \sum_{i=1}^{D-1} P(a_{N,N_c} = i) \prod_{k=i}^{D-1} p_k$$

$$t = \min[h, T] \tag{3}$$

여기서 λ 는 포아송 분포를 따르는 평균 호 발생 수를 나타내고, h_t 는 단말의 정보가 NHS 캐쉬 테이블에 유효하게 남아 있는 시간이며, T 는 단말이 한 LIS 내에서 서비스 받는 시간이고 지수 분포를 따른다. 이동 단말이 한 지역에서 오래 거주한다고 하더라도 중간 NHS를 갱신하는 비용이 계속 올라가는 것은 아니다. 그 이유는 NHS의 캐쉬테이블의 정보는 일정 시간이 지나면 지워지게 되므로 갱신해야 할 중간 NHS의 수가 감소하기 때문이다.

4.3.1.1 D = S인 경우의 평균 위치 추적 비용

“D=S”인 경우는 LIS의 범위와 파라미터 S로 결정되는 이웃의 영역이 동일한 경우로서 이동 단말의 이동이 초래하는 평균 위치 추적 비용은 식 (4)와 같다. 식 (4)에서 첫 번째 항은 이동 단말이 LIS 내에서 움직였을 경우이며, 첫 번째 중괄호 안의 식은 이동 단말의 움직임 정도가 LIS를 벗어났을 경우이다. 영역 S 안에서 메시지를 보내는 비용을 h 로 $POI = P(a_{on} = i)$, $PHJ = P(a_{hn} = j)$, $X = U_{N,h} + U_{N,l} + U_{N,t}$, $Y = P(a_{ho} = j | a_{hn} = a_{on} = i)$, $YN = P(a_{hn} = j | a_{hn} = a_{on} = i)$ 로 정의한다.

$$M_{M.NHRP}^{M.PNNI} = \sum_{i=D}^L P(a_{on} = i)(U_{a_n} + 1 + U_{N,l}) + \sum_{i=1}^{D-1} P(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=D}^L P(a_{hn} = j)(U_S + U_{hn} + h + 1 + U_{N,l} + U_{N,t}) + \sum_{j=1, j \neq i}^{D-1} P(a_{on} = j)(2U_S + 2h + X) + P(a_{hn} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=1}^{D-1} P(a_{ho} = j | a_{hn} = a_{on} = i)(2U_S + 2h + X) + \sum_{j=D}^L P(a_{ho} = j | a_{hn} = a_{on} = i)(U_S + U_{oh} + 2h + U_{N,l} + U_{N,t}) \right\} \right\} \tag{4}$$

확률 $P(a_{hn})$ 를 계산하기 위하여 이동 단말의 이동 범위 분포가 자신의 홈 지역 내에서 이동할 확률을 높게 하였으며 먼 거리로 이동할 확률은 적게 하였다. 따라서 이동 단말의 이동 분포 확률은 식 (5)와 같다. 즉, 이동 단말이 자신의 홈 이웃 내에서 움직일 확률은 f , (S-1)레벨에서 움직일 확률은 f^2 등으로 이러한 확률분포를 따르는 이동은 $L = 8$ 일 때 $f \approx 0.5$ 임을 알 수 있다.

$$f + f^2 + \dots + f^S = 1 \text{ or } P(a_{hn} = x) = f^{S-x+1} \quad (\text{if } x > S, \text{ then } p(a_{hn}) = f) \tag{5}$$

$P(a_{ho}), P(a_{no}), P(a_{ho})$ 와 같은 확률 분포도 식 (5)와 같다. 또한 이동 단말과 연결 설정을 이루고자 하는 단말은 망 전반에 걸쳐 동일하게 분포한다는 가정으로 확률 $P(a_{hc})$ 는 식 (6)과 같다. 확률 $P(a_{cv})$ 와 $P(a_{nhNc})$ 의 분포도 식 (6)을 따른다.

$$P(a_{hc} = x) = \frac{(M_K - 1) \prod_{k=x+1}^L M_k}{\prod_{k=1}^L M_k} \tag{6}$$

확률 $p(a_{hn}=i)$ 인 경우에는 a_{ho} 의 레벨 값에 따라 위치 추적 비용이 변하기 때문에 조건부 확률을 적용하여 식 (7)과 같이 계산한다.

$$p(a_{ho} = j | a_{hn} = a_{on} = i) = \frac{p(a_{ho} = j)}{\sum_{k=i}^L p(a_{hn} = k)} \quad (7)$$

4.3.1.2 D > S인 경우의 평균 위치 추적 비용

“D > S”인 경우는 ATM 망에서 이웃의 영역이 IP의 LIS 영역보다 넓은 경우이다. 한 번의 이동으로 초래되는 평균 위치 추적 비용은 식 (8)과 같다. 식 (8)은 이동 단말의 움직임 정도에 따라 그 경우들을 분리하여 각 경우에 따른 비용을 계산하였다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{M_NHRP}^{M_PNNI} = & \sum_{i=D}^L P(a_{on} = i) \cdot (U_{on} + 1 + U_{N,i}) + \sum_{i=S}^{D-1} P(a_{on} = i) \\ & \cdot \left\{ \sum_{j=D}^L P(a_{hn} = j) \cdot (U_{on} + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) \right. \\ & + \sum_{j=S}^{D-1} P(a_{hn} = j) \cdot (U_{on} + 1 + X) + \sum_{j=1}^{S-1} P(a_{hn} = j) \\ & \cdot (U_{on} + 1 + h + X) \\ & + \sum_{j=1}^{D-1} P(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=D}^L P(a_{hn} = j) \cdot (U_S + U_{hn} + h + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) \right. \\ & + \sum_{j=S}^{D-1} P(a_{hn} = j) \cdot (U_S + U_{hn} + h + l + X) \\ & + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2U_S + 2h + X) \\ & \left. \left. + p(a_{hn} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=1}^{S-1} Y \cdot (2U_S + 2h + X) \right. \right. \right. \\ & \left. \left. + \sum_{j=S}^L Y \cdot (U_S + U_{ho} + 2h + X) \right\} \right\} \quad (8) \end{aligned}$$

4.3.1.3 D < S인 경우의 평균 위치 추적 비용

“D < S”의 경우는 IP의 LIS 영역이 ATM의 이웃 영역보다 더 넓은 경우이다. 한번의 이동으로 초래되는 위치 추적 비용은 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{M_NHRP}^{M_PNNI} = & \sum_{i=S}^L p(a_{on} = i) \cdot (U_{on} + 1 + U_{N,i}) \\ & + \sum_{i=D}^{S-1} p(a_{on} = i) \left\{ \sum_{j=S}^L p(a_{hn} = j) \cdot (U_S + U_{hn} + h + 1 + U_{N,i}) \right. \\ & + \sum_{j=D, j \neq i}^{S-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2U_S + 2h + U_{N,i}) \\ & + \sum_{j=1}^{D-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2U_S + 2h + X) \\ & + p(a_{hn} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=1}^{S-1} p(a_{ho} = j | a_{ho} = a_{hn} = i) \cdot (2U_S + 2h + U_{N,i}) \right. \\ & \left. + \sum_{j=S}^L p(a_{ho} = j | a_{on} = a_{hn} = i) \cdot (U_S + U_{ho} + 2h + U_{N,i}) \right\} \\ & + \sum_{j=1}^{D-1} p(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=S}^L p(a_{hn} = j) \cdot (U_S + U_{hn} + h + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) \right. \\ & + \sum_{j=D}^{S-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2U_S + 2h + U_{N,i} + U_{N,i}) \\ & \left. + \sum_{j=1, j \neq i}^{D-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2U_S + 2h + X) + p(a_{hn} = i) \right\} \end{aligned}$$

$$\left\{ \sum_{j=1}^{S-1} p(a_{hn} = j | a_{on} = a_{hn} = i) \cdot (2U_S + 2h + X) + \sum_{j=S}^L p(a_{hn} = j | a_{on} = a_{hn} = i) \cdot (U_S + U_{ho} + 2h + X) \right\} \quad (9)$$

4.3.2 Mobile NHRP와 LR을 함께 사용하였을 때의 평균 위치 추적 비용

LR을 사용한 기법에서의 위치 추적이란 이동 단말의 이동에 따라 각 레벨의 LR을 갱신하는 비용으로서 식 (10)과 같이 정의될 수 있다.

$$R_k = \sum_{i=k}^L c_i \quad (10)$$

c_i 는 표 1에 정의되어 있다. 이동 단말의 이동 정도가 $a_{on} \geq S$ 인 경우에는 새로운 지역 쪽에서부터 레벨 a_{on} 까지의 LRs에 포인터를 설정하는 비용과 이전 지역 쪽에서부터 a_{on+1} 레벨까지의 LRs에 포인터를 삭제하는 비용, 그리고 이전 스위치에 포인터를 설정하는 비용으로 구성된다.

4.3.2.1 D = S인 경우의 평균 위치 추적 비용

한 번의 이동으로 초래되는 위치 추적 비용은 식 (11)과 같다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{M_NHRP}^{LR} = & \sum_{i=D}^L POI \cdot (R_{on} + R_{on+1} + 1 + U_{N,i}) + \sum_{i=1}^{D-1} POI \\ & \left\{ \sum_{j=D}^L PHJ \cdot (2R_S + h + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) + \sum_{j=1}^{D-1} PHJ \cdot (2R_S + 2h + X) \right\} \quad (11) \end{aligned}$$

4.3.2.2 D > S인 경우의 평균 위치 추적 비용

한 번의 이동으로 초래되는 위치 추적 비용은 식 (12)와 같다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{M_NHRP}^{LR} = & \sum_{i=D}^L P(a_{on} = i) \cdot (R_{on} + R_{on+1} + 1 + U_{N,i}) + \sum_{i=S}^{D-1} P(a_{on} = i) \\ & \cdot \left\{ \sum_{j=D}^L P(a_{hn} = j) \cdot (R_{on} + R_{on+1} + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) \right. \\ & + \sum_{j=1}^{D-1} P(a_{hn} = j) \cdot (R_{on} + R_{on+1} + 1 + X) \\ & + \sum_{j=1}^{S-1} P(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=D}^L P(a_{hn} = j) \right. \\ & \cdot (2R_S + h + 1 + U_{N,i} + U_{N,i}) \\ & + \sum_{j=S}^{D-1} P(a_{hn} = j) \cdot (2R_S + h + 1 + X) \\ & \left. \left. + \sum_{j=1}^{S-1} p(a_{hn} = j) \cdot (2R_S + 2h + X) \right\} \right\} \quad (12) \end{aligned}$$

4.3.2.2 D < S인 경우의 평균 위치 추적 비용

한 번의 이동으로 초래되는 위치 추적 비용은 식 (13)과 같다.

$$\overline{M}_{M_NHRP}^{LR} = \sum_{i=S}^L p(a_{on} = i) (R_{on} + R_{on+1} + 1 + U_{N,i})$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{i=1}^{S-1} p(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=3}^L p(a_{hn} = j) \cdot (2R_S + h + 1 + U_{N-1}) \right. \\
 & + \sum_{j=2}^{S-1} p(a_{hn} = j)(2R_S + 2h + 1 + U_{N-1}) \\
 & + \left. \sum_{j=1}^{S-1} p(a_{hn} = j)(2R_S + 2h + X) \right\} \\
 & + \sum_{i=1}^{D-1} p(a_{on} = i) \cdot \left\{ \sum_{j=3}^L p(a_{hn} = j) \cdot (2R_S + h + 1 + U_{N-1} + U_{N-1}) \right. \\
 & + \sum_{j=2}^{D-1} p(a_{hn} = j)(2R_S + 2h + U_{N-1} + U_{N-1}) \\
 & + \left. \sum_{j=1}^{D-1} p(a_{hn} = j)(2R_S + 2h + X) \right\} \quad (13)
 \end{aligned}$$

4.4 Mobile NHRP에서의 평균 위치 파악 비용

Mobile NHRP 기법에서는 호가 발생하면 목적 단말의 ATM 주소를 얻어 오기 위하여 NHS를 검색하는 위치 파악 단계가 있다. 이 단계에서 초래되는 비용은 Mobile PNNI 기법이나 LR 기법에 상관없이 그리고 LIS나 S의 영역의 대/소에 상관없이 NHS를 검색하는 비용이다. 로컬 NHS를 검색하는 비용과 홈 NHS를 검색하는 비용, 그리고 중간 NHS를 검색하는 비용이 각각 식 (14), (15), (16)이다. 여기서 $P(a_{Nc})$ 의 분포는 식 (6)의 분포를 따른다.

$$C_{N-1} = U_{N-1} \quad (14)$$

$$C_{N-h} = 2(U_{N-1} + D_{Nc}) \quad (15)$$

$$C_{N-1} = 2 \left(U_{N-1} + \prod_{k=D}^L p_k \right) \cdot \sum_{i=1}^{D-1} p(a_{Nc} = i) \prod_{k=i}^{D-1} p_k \quad (16)$$

평균 위치 파악 비용은 식 (17)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 \overline{S_{M_NHRP}} = & \sum_{i=S}^L P(a_{cv} = i) \left\{ \sum_{j=D}^L p(a_{hc} = j) \cdot (C_{N-1} + 1) + \sum_{j=1}^{D-1} p(a_{hc} = j) (C_{N-h} + 1) \right\} \\
 & + \sum_{i=1}^{S-1} P(a_{cv} = i) \left\{ \sum_{j=D}^L p(a_{hc} = j) \cdot (C_{N-1} + h) + \sum_{j=1}^{D-1} p(a_{hc} = j) (C_{N-h} + h) \right\} \quad (17)
 \end{aligned}$$

4.5 Mobile NHRP에서 이동에 따른 종합 비용

이동 단말이 한번 이동함에 따라 초래되는 종합적 비용은 위치 추적 비용과 위치 파악 비용의 합으로 계산된다. 또한 이동단말의 이동에 따른 호의 비율(CMR = ρ)을 고려하면 종합 비용은 Mobile PNNI 기법을 함께 사용했을 경우의 식 (18)과 LR 기법을 함께 사용했을 경우의 (19)와 같다.

$$T_{M_NHRP}^{M_PNNI} = M_{M_NHRP}^{M_PNNI} + \rho S_{M_NHRP} \quad (18)$$

$$T_{M_NHRP}^{LR} = M_{M_NHRP}^{LR} + \rho S_{M_NHRP} \quad (19)$$

5. Mobile NHRP 성능 평가

Mobile NHRP의 성능을 평가하기 위하여 표 2와 같은 파라미터를 설정하였다.

표 2 시뮬레이션에 사용된 파라미터와 값

파라미터	값
$M_k \quad 1 \leq k \leq L$	5
$P_i \quad 1 \leq k \leq L$	2
$c_i \quad 1 \leq k \leq L$	1
h	10
U_{N-1}	1
L	8

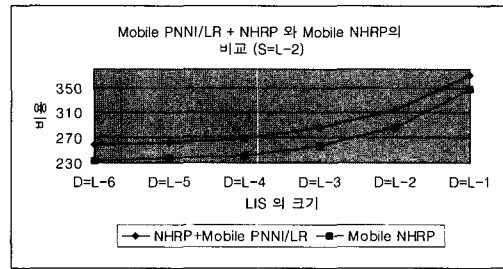


그림 2 호 설정 지연의 비교

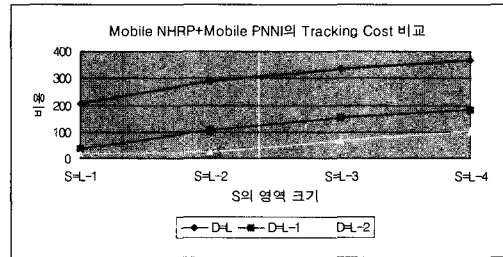


그림 3 Mobile NHRP와 Mobile PNNI의 위치 추적 비용 비교

그림 2는 호가 연결 설정이 이루어지기 위하여 거쳐 가야 할 평균 스위치 수를 비교한 것이다.

Mobile NHRP 기법이 NHRP 기법과 Mobile PNNI/LR 기법을 혼용한 것보다 평균적으로 성능이 좋다는 것을 알 수 있다. LIS의 영역의 변화에 대해 LIS의 영역이 작아질수록 그 비용이 많아지는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 소스 단말과 목적지 단말이 LIS가 좁아질수록 같은 LIS에 있을 확률이 적어지기 때문에 홈 NHS로 NHRP Resolution Request를 보낼 확률이 높아지며 LIS의 영역이 좁기 때문에 라우팅되어야 할 NHS 서버가 상대적으로 많아진다.

그림 3은 Mobile NHRP와 Mobile PNNI를 혼용하여 사용하였을 때 발생하는 위치 추적 비용을 이동 단말이 이동함에 따라 이웃 내에 있는 스위치들을 갱신하는데 드는 비용과 NHS를 갱신하는데 드는 비용을 계산한 것으로 LIS 영역의 크기와 S 영역의 크기를 변화시키면서 각 비용을 비교하였다. 그래프는 S의 영역이 커질수록

록 비용이 증가하는 것을 볼 수 있는데 그 이유는 단말의 이동에 따른 도달성 정보를 전달해야 할 노드들이 많아지기 때문이다. 동일한 이웃 영역에서는 LIS의 영역이 커질수록 그 비용이 작아진다. 그 이유는 단말의 이동 범위가 LIS의 영역을 벗어날 확률이 적어지고 그로 인하여 홈 NHS에 등록해야 하는 비용이 적어지기 때문이다.

그림 4는 Mobile NHRP 기법의 위치 파악 비용을 보여주고 있다. 위치 파악 비용은 NHS를 검색하여 목적 단말의 주소를 얻어오는 비용으로서 Mobile PNNI 기법이나 혹은 LR 기법 둘 중 어느 것과 같이 사용하더라도 그 비용은 같게 나온다. 그 이유는 Mobile NHRP의 동작만으로도 목적 단말의 주소를 얻어올 수 있기 때문에 Mobile PNNI 기법에서 스위치가 가지고 있는 도달성 정보를 검색할 필요가 없으며, LR 기법에서의 LR들을 검색할 필요가 없게 된다.

Mobile NHRP 기법에서 이웃 영역의 크기 변화는 위치 파악 비용에 큰 영향을 주지 못하며 LIS의 영역이 커질수록 비용이 작아진다. 그 이유는 NHS가 목적 단말의 주소를 정확히 전달하여 주기 때문에 소스는 목적 단말과 직접적으로 연결을 이룰 수 있고 따라서 그 비용이 아주 적게 되고 LIS의 영역이 작을수록 외부 NHS에서 홈 NHS까지 라우팅 되는 홉 수가 많아지기 때문이다.

그림 5는 Mobile NHRP 기법과 LR 기법을 함께 사용했을 때의 위치 추적 비용을 나타낸다. 위치 추적 비용은 이동 단말의 이동으로 인하여 LRs를 갱신하는데 드는 비용과 NHS를 갱신하는데 드는 비용을 합산한 것으로 LIS의 영역이 작아질수록 NHS를 갱신하는 비용이 많아지게 된다. S의 영역의 크기 변화는 위치 추적 비용에 큰 영향을 끼치지 못하는데 그 이유는 LRs를 갱신하는 비용이 상대적으로 작기 때문이다.

그림 6은 Mobile NHRP를 Mobile PNNI 기법과 LR 기법을 각각 사용했을 때의 종합비용을 비교하였다. 중

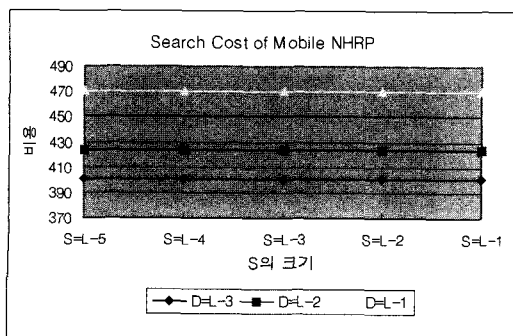


그림 4 Mobile NHRP의 위치 파악 비용

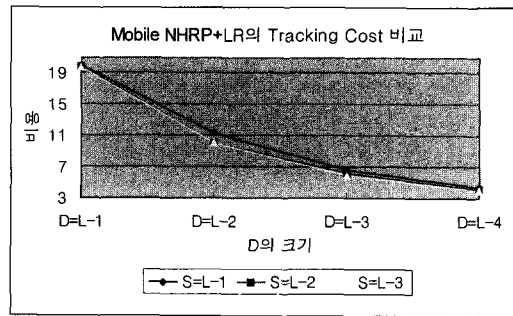


그림 5 Mobile NHRP 기법과 LR 기법을 혼용하여 사용했을 때의 위치 파악 비용

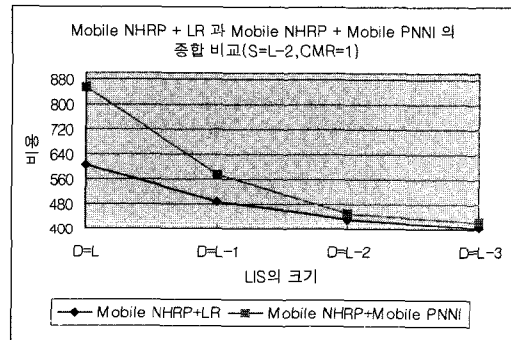


그림 6 Mobile NHRP를 Mobile PNNI와 LR과 각각 사용했을 때의 종합비용 비교

합비용은 위치 파악 비용과 위치 추적 비용을 합산한 것으로 Mobile NHRP를 LR 기법과 함께 사용했을 때가 비용이 적게 나온다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 위치 추적 비용은 두 기법이 같지만 위치 파악 비용에서 Mobile PNNI를 사용한 것이 더 많은 비용이 들기 때문이다.

6. 결론

본 논문은 무선 ATM상에서 인터넷 사용자에게 이동성을 지원하기 위한 방안을 제공하고 있다. 인터넷과 무선 ATM이 혼용된 망에서 기존의 기법들을 혼용하여 사용한다면 기능의 중복, 자원의 낭비 등 다양한 문제점을 야기한다. 제안된 Mobile NHRP 기법은 계층적 ATM 구조에서 호스트가 자신의 위치를 바꿀 때마다 주소 정보를 간직하고 있는 서버(NHS)들을 갱신하여 연결 설정이 최적의 경로로 이루어 질 수 있도록 하였다.

Mobile NHRP 기법의 결함으로 인한 SETUP 메시지가 잘못된 스위치에 도착하였을 때에 결함을 허용하기 위해 Mobile PNNI 기법과 LR 기법을 수용하였다.

본 논문에서는 Mobile NHRP 기법을 위치 파악 비용과 위치 추적 비용을 수학적으로 분석하였으며 IP 레벨에서의 LIS 영역과 ATM 레벨에서의 이웃영역을 서로 비교하면서 각 경우에 따라 이동 단말의 이동으로 인해 초래되는 종합비용을 비교하였다.

참 고 문 헌

- [1] G. Hwang, Y.J. Kim and Y. Mun, Proposed IP Mobility Support over WATM, ATM Forum WATM Documents 98-0383.
- [2] C. Perkins, Ed., IP Mobility Support, IETF RFC 2002.
- [3] W. Simpson, IP in IP Tunneling, IETF RFC 1853.
- [4] ATM Forum Technical Committee, Private network-Network Specification Interface v1.0 (PNNI 1.0), af-pnni0055.000.
- [5] M. Veeraraghavan and G. Dommetty, Location Management in Wireless ATM Networks, IEEE JSAC, vol. 15, no 8, Oct. 1997.
- [6] M. Laubach and J. Halpern, Classical IP and ARP over ATM, IETF RFC 2225.
- [7] J. Luciani and D. Katz, NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP), IETF RFC 2332.
- [8] Y. Rekhter and J.M. Halpern, NHRP for Destinations off the NBMA Subnetwork, IETF Internet Draft draft-ietf-ion-r2r-nhrp-03.txt.
- [9] H.Y. Jung, G. Hwang, Y.J. Kim, Y. Y. Kim, Y. Mun, Fault Tolerant IP Mobility Support over ATM, ATM Forum WATM Documents 98-0894.



문 영 성

연세대학교 전자공학 학사. 캐나다 Univ. of Alberta 전자공학 석사. Univ. of Texas, Arlington 컴퓨터공학 박사. 1992년 미국 Supercomputing 학술대회 최우수 학생논문상 수상. 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수. Journal of Supercomputing

편집위원. 관심분야는 Mobile IP, IPv6, Grid networking



김 영 옥

숭실대학교 컴퓨터학 석사. 관심분야는 네트워킹, 이동 인터넷