

# PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 위치 관리 기법

정희원 김도현\*, 전협우\*\*, 조유제\*\*

## Location Management Scheme for Hierarchical PNNI-Based Wireless ATM Networks

Do-Hyeon Kim\*, Hyub-Woo Jeon\*\*, You-Ze Cho\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 PNNI (Private Network to Network Interface) 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 기존 mobile PNNI 기법에서의 비효율적인 연결 경로로 인한 망 자원의 낭비 문제를 해결하고, 위치 관리 비용을 줄이기 위해 개선된 위치 추적 기법과 위치 파악 기법을 제시한다. 제안된 위치 추적 기법에서는 이전 교환기의 도달 정보 (reachability information)를 갱신하여 포워딩 포인트에 이용함으로써 위치 등록 비용을 줄인다. 그리고 제안된 위치 파악 기법에서는 착신 단말기와 발신 단말기가 동일한 이웃 (neighborhood) 내에 존재할 경우에는 도달 정보를 이용하여 직접 호 설정을 시도하고, 서로 다른 이웃에 있을 경우에는 홈 교환기에 착신 단말기의 위치를 문의하여 연결을 설정한다. 마지막으로 위치 관리 비용 측면에서 PNNI 기반의 기존 위치 관리 기법들과 제안된 기법의 성능을 비교하여 우수성을 검증한다.

### ABSTRACT

This paper presents an improved location management scheme which can prevent the consumption of network resources due to inefficient routing in a mobile PNNI scheme plus reduce the cost of location management in wireless ATM networks based on a PNNI. Mobile tracking costs are reduced by updating a PG's reachability information instead of sending registration messages to an old switch when a mobile is visiting another area. Moreover, calls originating at switches within a region defined by a limited-scope (characterized by a parameter S) are directly routed towards the called party using reachability information. In contrast, calls originating at switches outside a region defined by a limited-scope are optimally routed toward the called party by querying the location information of the called party at the home switch. The proposed location management scheme was quantitatively compared with other existing location management schemes in terms of computation cost (database accesses), communication cost (signaling messages), and average total cost. The analysis results show that the proposed scheme performs better than the existing location management schemes in relation to decreasing the cost of long-distance signaling.

\* 친인대학교 정보통신학부 통신망연구실(dhkim@infocom.chonan.ac.kr),

\*\* 경북대학교 전자전기공학부 통신망연구실(yzcho@ee.kyungpook.ac.kr),  
논문번호: 99354-0830, 접수일자: 1999년 8월 30일

\* 본 연구는 한국과학재단 특정기초(과제번호: 99-2-303-004-3) 지원으로 수행되었음.

## I. 서론

무선 ATM (Wireless ATM)은 기존에 유선 구간에만 적용되던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 비교적 저속의 이동성을 지원하면서 25Mb/s급 이상의 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 현재 무선 ATM에 대한 연구와 표준화 작업은 ATM 포럼과 ETSI (European Telecommunications Standards Institute) BRAN (Broadband Radio Access Network)을 중심으로 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다<sup>[1][2]</sup>.

단말기의 이동성을 지원하는 위치 관리는 단말기의 위치에 관계없이 호의 발신뿐만 아니라 착신까지도 가능하도록 하는 것을 말한다. 위치 관리는 크게 위치 추적 (mobile tracking)과 위치 파악 (mobile locating) 과정으로 나눌 수 있다<sup>[3-6]</sup>.

ATM 포럼에서는 PNNI (Private Network to Network Interface) 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 이동 단말기의 위치 관리 기능을 지원하기 위하여 mobile PNNI와 LR (Location Registers) 기법이 제시되었다. Mobile PNNI는 ATM 라우팅 프로토콜인 PNNI를 확장한 방식이고, LR 기법은 셀룰라 전화망에서 사용되는 위치 등록기 개념을 계층적인 PNNI 기반의 ATM 망 구조에 적용한 방식이다. Mobile PNNI 기법에서 착발신 단말기가 서로 다른 이웃 (neighborhood)에 위치할 경우 호는 먼저 홈 교환기로 전송되어 착신 단말기로 전달되므로 착발신 단말기간의 비효율적인 연결 경로로 인한 망 자원의 낭비가 발생하여 경로 최적화 과정을 수행하게 된다. LR 기법은 계층적 방식을 이용하여 위치 정보를 한 곳에 집중하지 않고 분산하는 장점이 있으나 데이터 베이스 액세스 회수가 증가하고 위치 파악을 위한 시그널링 트래픽이 많은 단점이 있다<sup>[2][7]</sup>.

본 논문에서는 PNNI 기반의 무선 ATM 망에서 기존 mobile PNNI 기법의 문제점을 개선시켜 효과적으로 단말기의 위치 추적과 위치 파악을 할 수 있는 위치 관리 기법을 제시한다.

제안된 위치 추적 과정에서는 mobile PNNI 기법에서와 같이 위치 등록 메시지와 도달 정보(reachability information)를 이전 교환기에 전달하지 않고 도달 정보만을 전송하여 포워드 포인터 역할을 수행할 수 있도록 한다. 그리고 이웃 밖으로 이동할 경우에는 홈 교환기 (home switch)에 단말기의 현재의 PG(Peer Group) ID를 전달하고, PNNI 라우

팅 프로토콜을 이용하여 이전 이웃과 새로운 이웃 내의 모든 교환기의 도달 정보를 갱신한다.

기존 mobile PNNI 기법에서 착신 단말기가 홈 교환기에 위치하지 않으면서 이웃이 서로 다른 단말기 간의 호를 설정할 경우에 발신 단말기, 홈 교환기 및 착신 단말기간의 연결을 유지하여야 하므로 망 자원을 낭비하는 문제점을 갖고 있다. 이를 해결하기 위하여 제안된 위치 파악 과정에서는 발신 교환기에서 착신 단말기의 도달 정보를 확인하여 직접 연결 설정을 시도하고, 만약 도달 정보가 없을 경우 홈 교환기에 착신 단말기의 위치 정보를 문의하여 호 설정을 수행한다.

이렇게 함으로써 연결 경로가 최적화되므로 망 자원의 낭비가 없을 뿐만 아니라 낮은 CMR (Call-to-Mobility Ratio)에서 mobile PNNI 기법에 비해, 높은 CMR에서는 LR 기법에 비해 적은 위치 관리 비용이 소요된다. 특히, 홈 교환기 근처에서 단말기가 이동하거나 호가 발생할 경우 제안된 기법은 위의 두 기법에 비해 우수한 성능을 보여주고 있다.

본 논문에서는 서론에 이어 2장에서는 PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망에 적합한 새로운 위치 관리 기법을 제시하고, 예를 들어 자세히 설명한다. 그리고 3장에서는 제안된 위치 관리 기법과 mobile PNNI 기법에 대하여 위치 추적과 위치 파악 과정으로 나누어 계산 비용 (computation cost)과 통신 비용 (communication cost) 측면에서 상호 비교 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 제안된 위치 관리 기법

본 논문에서는 PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 도달 정보와 홈 교환기의 위치 정보를 이용하여 단말기의 이동성을 효과적으로 제공하는 위치 관리 기법을 제시한다. 제안된 기법에서는 단말기 이동 상태에 따른 위치 추적 방법을 사용하고, 착발신 단말기의 위치에 따른 위치 파악 및 호 설정을 수행하도록 하고 있다.

### 1. 위치 추적

위치 추적은 이동 단말기가 전원을 켜고 끄거나 위치를 이동할 때 위치 정보를 망에 전송하여 수정하는 것을 말한다. 그림 1은 제안된 위치 관리 기법에서 이동 단말기의 위치 추적을 나타내는 흐름도이다. 단말기의 전원을 켜거나 끄는 경우 접속한 교환기에서는 단말기의 위치를 홈 교환기로 REGNOT

(REGistration NOTification) 메시지를 통해 전송한다. 그리고 PNNI 라우팅 프로토콜을 이용하여 새로운 이웃내 모든 교환기의 도달 정보를 갱신한다.

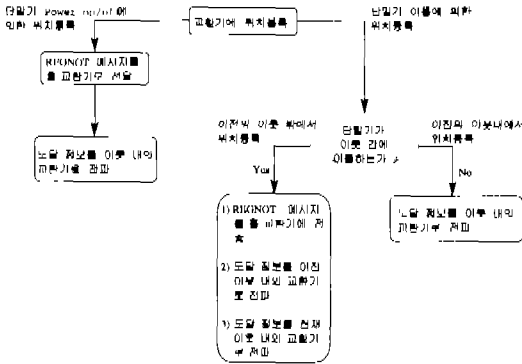


그림 1. 제안된 위치 추적 흐름도

그림 1과 같이 제안된 기법에서는 단말기의 이웃 내에서의 이동과 이웃간에 이동에 따라 두 가지 위치 추적 방법을 사용하고 있다. 단말기가 이웃 간에 이동할 경우에는 단말기의 위치 정보를 홈 교환기로 위치 등록 메시지를 통해 전송하여 홈 교환기의 위치 정보를 갱신해 준다. 즉, 이동 단말기가 접속한 교환기의 PG ID를 포함하는 REGNOT 메시지를 홈 교환기로 전송하고, PG ID를 변경함으로써 홈 교환기가 이동 단말기의 위치를 추적할 수 있도록 한다. 이때 PG ID는 단말기의 이동으로 인해 도달 정보가 갱신되는 최상위 PG의 ID를 나타내며, 홈 교환기는 자신에 속한 이동 단말기 중 다른 이웃에 위치한 단말기의 PG ID를 저장한다. 그리고 PNNI 라우팅 프로토콜을 이용하여 도달 정보를 새로운 이웃 내의 모든 교환기에 전달하여 갱신하고 이전 이웃내의 이전 교환기를 시작으로 모든 교환기의 도달 정보도 새롭게 갱신하도록 전파한다. 이렇게 함으로써 이전 교환기는 이동 단말기의 도달 정보를 이용하여 포워딩 포인트의 역할을 수행할 수 있게 된다.

단말기가 이웃 내에서 이동하는 경우에는 홈 교환기의 위치 정보는 변경되지 않으므로 홈 교환기로 REGNOT 메시지를 전송할 필요가 없다. 단지 이웃내의 이전 교환기부터 시작하여 모든 교환기의 도달 정보만 갱신하면 된다.

2. 위치 파악 및 호 설정

제안된 위치 관리 기법에서는 발신 단말기와 착신 단말기의 위치 관계에 따라 두 가지의 위치 파

악 및 호 설정 과정이 제시된다. 그림 2는 제안된 위치 관리 기법에서 위치 파악 및 호 설정 과정을 설명하고 있다. 첫번째 방법은 발신 단말기와 착신 단말기가 동일한 이웃 내에 존재할 경우이고, 이때 위치 파악은 발신 교환기에서 도달 정보를 통해 이루어지며 직접 호를 설정한다. 이때 모든 교환기들은 자신의 도달 정보가 옴바르다고 판단하여 위치 파악 및 호 설정을 수행한다.

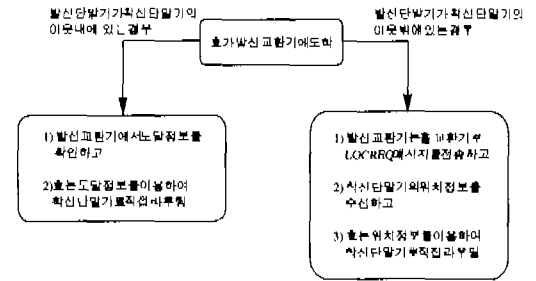
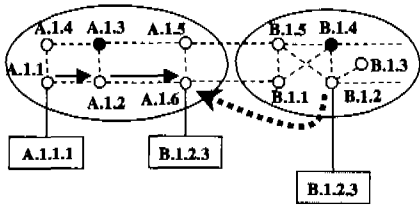


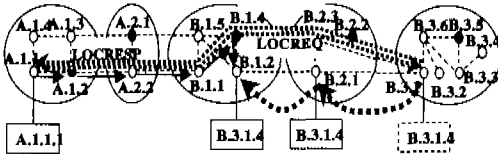
그림 2. 제안된 위치 파악 및 호 설정 흐름도

두번째 방법은 착신 단말기와 발신 단말기가 서로 다른 이웃에 위치할 경우이며, 위치 파악은 착신측 홈 교환기에 위치를 문의하고, 착신 단말기로 호 설정을 시도한다. 즉, 착신 단말기의 도달 정보가 발신측 교환기에 없을 경우 착신측 홈 교환기에게 LOCREQ (LOCation REQuest) 메시지를 전달하고, 홈 교환기는 착신 단말기가 접속된 PG ID를 포함하는 LOCREQ Response 메시지를 전송한다. 발신측 교환기는 착신측 PG ID를 사용하여 호 설정을 시도하며, SETUP 메시지에 PG ID를 포함시킨다. 호 설정 메시지가 착신측 이동 단말기의 PG의 경계 노드 (border node)에 도착하면 경계 노드의 도달 정보를 이용하여 착신 교환기에 호 설정을 수행한다. 그리고 착신 교환기가 착신 단말기를 페이징 (paging)하여 일정 시간 내에 위치한 정확한 지리적 위치를 찾아내어 호 설정을 완료한다. 만약 홈 교환기의 위치 정보가 갱신되기 전에 착신 단말기의 위치 문의 과정이 이루어지면, 호는 이전 교환기로 라우팅되고, 이전 교환기의 도달 정보를 이용하여 단말기의 현재 위치로 라우팅된다.

그림 3은 위치 파악 및 호 설정의 예를 나타낸다. 그림 3(a)에서는 발신 단말기 A.1.1.1이 동일한 이웃 A.1 내의 교환기 A.1.6에 위치한 착신 단말기 B.1.2.3로 호 설정을 요구한다. A.1.1.1은 자신의 도달 정보를 통해 B.1.2.3의 위치를 직접적으로 파악할 수 있으므로, 호 설정은 A.1 내에서 A.1.2를 통



(a) 착신 단말기와 발신 단말기가 동일한 이웃 내에 존재하는 경우



(b) 착신 단말기와 발신 단말기가 서로 다른 이웃 내에 존재하는 경우

그림 3. 위치 파악 및 호 설정 과정

하여 A.1.6로 SETUP 메시지를 전송한다. 이 과정에 사용되는 DTL (Designated Transit List)은 {A.1.1, A.1.2, A.1.6} 이다.

그림 3(b)에서 PG A.1내의 발신측 교환기 A.1.1은 착신 단말기 B.3.1.4가 동일한 이웃 내에 존재하는지를 확인하고, 없을 경우 홈 교환기 B.3.1에 B.3.1.4의 위치 문의 메시지 LOCREQ를 전달하고 B.3.1.4의 위치 정보 PG ID B.1을 포함하는 응답 메시지 LOCREQ Response를 받는다. 그리고, A.1.1.1은 PG B.1로 SETUP 메시지를 전송하고, PG B.1의 경계 노드 B.1.1은 자신의 도달 정보를 검색하여 SETUP 메시지를 B.1.2로 전달하여 호 설정 과정을 수행한다. 이때 사용되는 DTL은 {(A.1.1, A.1.2), (A.1, A.2), (A, B)} {(A.2.2), (A.1, A.2), (A, B)} {(B.1.1, B.1.4, B.1.2), (B.1), (A, B)} 이다.

#### IV. 성능 분석

##### 1. 위치 관리 비용 분석

현재 셀룰라 시스템의 EIA/TIA (Electronics Industry Association/ Telecommunications Industry Association) 표준인 IS-41 기법에 대한 LR기법, mobile PNNI 기법 및 제안된 기법의 상대적인 성능을 비교한다<sup>[2]</sup>. PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 LR 기법은 각 PG마다 LR을 두는 계층적인 구조로 이루어져 있다. IS-41 기법은 S 레벨의 PG마다 VLR (Visit Location Registers)을 두고, HLR

(Home Location Register)은 전체 통신망에 하나 존재하는 것으로 가정한다.

표 1. 파라미터 정의

Parameters	Description
L	Number of peer group levels in the network.
S	Scope indicating the stopping distance for reachability update propagation.
R <sub>k</sub>	Cost of updating or querying LR and home switch.
U <sub>k</sub>	Cost of updating reachability data sent by a node i to all nodes j such that a <sub>ij</sub> K.
a <sub>ij</sub>	The ancestors-are-siblings level of two switches i and j.
p <sub>i</sub>	Average (among all node pairs) length of the "shortest-path" between nodes of a peer group at level i.
m <sub>i</sub>	Length of the longest MST (Minimum Spanning Tree) among all peer groups at level i.
c <sub>i</sub>	Cost of updating or querying a level i location register, where c <sub>i</sub> = 0, I > L.
D <sub>ij</sub>	Distance, in terms of the number of switches on the route, from node i to node j.
h, v, o, n, c	Subscripts used to represent the home, visiting, old and new locations of a mobile, and the calling party, respectively.
r	Cost of sending a long distance message (such as the registration message)
ρ	Number of call arrivals per move, CMR (Call-to-Mobility Ratio)

##### 1.1 위치 추적 비용

위치 추적 비용은 새로운 교환기, 이전 교환기, 착신 홈 교환기 및 LR 등에서 발생하는 계산 비용과 서로 간에 시그널링 메시지를 전달하기 위한 통신 비용으로 이루어진다. 아래 식에서는 PNNI 기반의 무선 ATM 망에 적용한 IS-41 기법의 위치 추적 비용을 보여주고 있다. 여기서 o는 이전 위치를 n은 새로운 위치를 나타내며, 식 2는 홈 교환기나 LR에 위치 정보를 갱신하는 데 소모되는 비용이다.

$$\bar{M}_{ns} = \sum_{i=5}^L P(a_{on} = i) \cdot (R_L + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P(a_{on} = i) \cdot (2R_L + 2r) \tag{1}$$

$$R_k = \sum_{i=k}^L c_i \quad (2)$$

LR 기법에서는 이동 단말기가 이웃내의 교환기 사이에 이동할 경우에는 LR에서만 위치 갱신이 발생하고, 이웃 사이에 이동할 경우에는 상위 LR과 이전 LR들, 그리고 새로운 LR들에서 위치 갱신이 일어난다. 아래의 식에서는 LR 기법에 대한 위치 추적 비용을 보여주고 있다<sup>[2]</sup>.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{LR} = & \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i] \cdot (R_{a_{on}} + R_{a_{on+1}}) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i] \\ & \left( \sum_{j=S}^L P[a_{nh} = j] (2R_S + r + 1) + \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{nh} = j] \cdot (2R_S + 2r) \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Mobile PNNI 기법에서는 단말기가 등록 영역 범위(S) 내에서 이동할 경우와 영역 범위 밖으로 이동하는 경우에 따라 도달 정보를 갱신하는 비용과 시그널링 메시지를 전달하는 비용을 산출할 수 있다. Mobile PNNI의 위치 정보 갱신에 소요되는 평균 비용을 아래와 같이 표현할 수 있다<sup>[2]</sup>. 여기서 식 4는 도달 정보를 갱신하는 데 소요되는 비용이다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{PNNI} = & \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i] \cdot (U_{a_{on}} + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i] \cdot \left( \sum_{i=S}^L P[a_{nh} = j] \right. \\ & (U_S + U_{a_{nh}} + r + 1) + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} P[a_{nh} = j] (2U_S + 2r) \\ & \left. + P[a_{nh} = i] \left( \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{oh} = j | a_{nh} = a_{on} = i] \cdot (2U_S + 2r) \right) \right) \\ & + \sum_{j=S}^L P[a_{nh} = j | a_{nh} = a_{on} = i] \cdot (U_S + U_{a_{nh}} + 2r) \} \end{aligned} \quad (4)$$

$$U_K = m_K + \sum_{i=k+1}^L m_i \left( \prod_{j=k+1}^i (m_{j-1} + 1) \right) = \left( \prod_{j=k}^L (m_j + 1) \right) - 1 \quad (5)$$

표 2. 제안된 기법의 위치 추적 비용

Procedure	Relative locations	Cost
Power on	$a_{nv} \geq S$	$U_{a_n} + 1$
	$a_{nv} < S$	$U_S + r$
Move	$a_{on} \geq S$	$U_{a_{on}}$
	$a_{on} < S, a_{nh} \geq S$	$U_{a_{on}} + U_S + 1$
	$a_{on} < S, a_{nh} < S$	$2U_S + r$
Power off	$a_{nv} \geq S$	$U_{a_n} + 1$
	$a_{nv} < S$	$U_S + r$

제안된 기법의 위치 추적 비용은 PNNI 라우팅 프로토콜을 이용하여 이웃내의 교환기의 도달 정보를 갱신 비용뿐만 아니라 단말기가 이웃 사이에 이동하는 경우에는 이전 이웃의 교환기들의 도달 정보와 홈 교환기의 단말 위치 정보를 갱신하는 데 소요되는 비용으로 이루어져 있다. 위치 추적 과정에서 발생하는 각 경우에 대한 위치 추적 비용은 표 2와 같이 요약할 수 있다. 제안된 기법의 평균 위치 추적 비용은 표 2의 이동 단말기의 상대적인 위치에 대한 비용을 이용하여 아래의 식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \overline{M}_{rpor} = & \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i] \cdot (U_{a_{on}}) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i] \cdot \left( \sum_{i=S}^L P[a_{nh} = j] \right. \\ & \cdot (U_S + U_{a_{nh}}) + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} P[a_{nh} = j] \cdot (2U_S + r) \\ & \left. + P[a_{nh} = i] \left( \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{oh} = j | a_{nh} = a_{on} = i] \cdot (2U_S + r) \right) \right) \\ & + \sum_{j=S}^L P[a_{oh} = j | a_{nh} = a_{on} = i] \cdot (U_S + U_{a_{oh}} + r) \} \end{aligned} \quad (6)$$

식 (1), (3), (4) 및 (6)의 평균 비용을 계산하기 위해 사용된 확률  $P[a_{ev}], P[a_{ch}], P[a_{nv}], P[a_{nv}], P[a_{nv}], P[a_{on}]$ 과 기타 조건 확률들은 참고문헌[2]에서 구할 수 있다. 각 이동 단말기에서 발생하는 호는 균일 분포를 갖는 것으로 가정할 경우 각 교환기에서 생성되는 호의 분포는  $a_v$ 와 망의 전체 노드 수에 의존적이다.

### 1.2 위치 파악 비용

위치 파악 비용은 호 설정 시에 착신 호를 전달하기 위해 착신 단말기의 위치 정보를 찾아내는 비용과 비효율적인 경로로 인한 망 자원의 낭비 비용으로 구할 수 있다. 아래 식은 IS-41 기법의 위치 파악 비용이다.

$$\overline{S}_{IS} = \sum_{i=S}^L P(a_{ev} = i) \cdot (R_L + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{ev} = i] (2R_L + 3r) \quad (7)$$

LR 기법에서는 발신 단말기로부터 호가 발생할 때 동일한 이웃 내에 착신 단말기가 있을 경우에는 이웃내의 LR에 위치 정보를 문의하는 비용만 소요되지만, 다른 이웃에 착신 단말기가 존재할 경우에는 발신측뿐만 아니라 착신측 이웃 내 LR들에 위치 정보를 문의하는 비용이 요구된다. LR 기법에서 평균 위치 파악 비용은 아래 식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{S}_{LK} = & \sum_{i=1}^L P[a_{cv} = i] \cdot (R_{a_{cv}} + R_{a_{cr+1}} + 1) \\ & + \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{S}{S_1} \rfloor} P[a_{cv} = i] \left\{ \sum_{j=S}^{L+1} P[a_{hv} = j] \cdot (2R_S + 2r + 1) \right. \\ & + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} P[a_{hv} = j] \cdot (2R_S + 3r) \\ & + P[a_{hv} = i] \cdot \left. \left( \sum_{j=i}^{S-1} P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i] \cdot (2R_S + 3r) \right) \right. \\ & \left. + \sum_{j=S}^L P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i] (2R_S + 2r + 1) \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

Mobile PNNI 기법에서는 이동 단말기의 정확한 위치 정보가 없는 경우에도 호 설정을 시도하므로 발신측과 착신측 사이에 비효율적인 경로로 연결이 설정될 수 있다. 이로 인한 망 자원의 낭비를 줄이기 위해 비효율적인 경로를 최적화하는 과정이 필요하다. Mobile PNNI 기법에서의 평균 위치 파악 비용은 최적 경로로 호가 설정되지 않는 경우에 발생하는 낭비된 경로의 거리로써 구한다<sup>[2]</sup>. 평균 위치 파악 비용은 아래 식과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \bar{S}_{PNNI} = & \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{hv} = i] \left\{ \sum_{j=1}^L P[a_{ch} = j] \cdot D_{ch} + \sum_{j=i}^{i-1} P[a_{ch} = j] \cdot D_{hv} \right. \\ & \left. + P[a_{ch} = i] \cdot \left( \sum_{j=i}^{S-1} P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i] \cdot (2D_{ch} - D_{cv}) \right) \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 i와 j사이의 거리  $D_{ij}$  값은 아래 식과 같다.

$$D_{ij} = \prod_{k=i}^j P_k \quad (10)$$

제안된 위치 관리 기법에서는 착발신 단말기와 동일한 이웃 내에 존재할 경우에는 위치 파악 과정이 없이 착신 단말기의 도달 정보를 이용하여 연결을 설정하고, 그렇지 않은 경우에는 착신 단말기의 위치 파악 과정이 요구된다. 따라서 제안된 기법의 비용은 착발신 단말기의 위치와 발신 단말기와 착신 홈 교환기의 위치 관계에 따른 홈 교환기로의 위치 정보 문의에 소요되는 비용으로 구할 수 있다. 제안된 기법에서 각 위치 파악 과정에서 발생하는 비용은 표 3과 같이 요약할 수 있다.

제안된 기법의 평균 위치 파악 비용은 표 3의 착발신 단말기의 위치 관계, 발신 단말기와 착신 홈 교환기의 위치를 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

표 3. 제안된 기법의 위치 파악 비용

Relative locations	Cost
$a_{cv} \geq S$	0
$a_{cv} < S, a_{ch} \geq S$	$R_L + 1$
$a_{cv} < S, a_{ch} < S$	$R_L + 2r$

$$\begin{aligned} \bar{S}_{PROP} = & \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{cv} = i] \cdot \left( \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{ch} = j] (R_L + 2r) \right. \\ & \left. + \sum_{j=S}^L P[a_{ch} = j] \cdot (R_L + 1) \right) \end{aligned} \quad (11)$$

식 (7), (8), (9) 및 (11)에서 비용을 계산하는 데 사용된 확률 분포  $P[a_{cv}]$ ,  $P[a_{ch}]$ ,  $P[a_{hv}]$ ,  $P[a_{hv}]$ ,  $P[a_{hv}]$ ,  $P[a_{mv}]$ 와 조건 확률들은 참고문헌[2]를 통해 구할 수 있다.

위치 관리에 소요되는 총 비용은 이동 단말기의 호 도착률( $\lambda_c$ )과 등록 영역 간의 이동률( $\lambda_m$ )을 고려하여 위치 추적 및 위치 파악 비용의 합으로 구할 수 있다. 기존의 mobile PNNI 기법, LR 기법 및 제안된 기법을 효과적으로 평가하기 위해 IS-41 기법을 기준으로 정하고 상호 비교한다. 따라서 총 비용은 식 (12)와 같이 이들 기법들을 IS-41 기법의 위치 관리 비용( $M_{IS}$ ,  $F_{IS}$ )에 대해 정규화하여 구할 수 있다. 여기서  $\rho$ 는 이동에 대한 호 도착률을 나타내는 CMR이고 구할 수 있다. 여기서 M은 IS-41 기법, LR  $\lambda_c/\lambda_m$  기법, mobile PNNI, 및 제안된 기법의 위치 추적 비용을 의미하고, F는 기존 기법들과 제안된 기법의 위치 추적 비용을 나타내고 있다<sup>[10]</sup>.

$$T = (\lambda_m \bar{M} + \lambda_c \bar{F}) / (\lambda_m \bar{M}_{IS} + \lambda_c \bar{F}_{IS}) = (\bar{M} + \rho \bar{F}) / (\bar{M}_{IS} + \rho \bar{F}_{IS}) \quad (12)$$

## 2. 결과 분석

본 절에서는 PNNI 기반의 mobile PNNI 기법과 제안된 기법에 대하여 정량적인 분석 결과를 보여 준다. 두 기법에 대하여 계산 비용, 통신 비용 및 총 평균 위치 관리 비용을 중심으로 비교한다. 여기서 기존 기법들과 제안된 기법을 동일한 환경에서 비교하기 위해 영역 제한 변수 S에 의해 정의되는 이웃의 범위를 최하위 계층의 PG로 가정한다. 수학적 분석을 위해 표 4와 같이 입력 파라미터를 가정한다<sup>[2]</sup>.

표 4. 입력 파라미터

Parameter	Value
$m_i, 1 \leq i \leq L$	4
$p_i, 1 \leq i \leq L$	2
$c_i, 1 \leq i \leq L$	1
$N_b$	37
$L$	10

2.1 계산 비용

계산 비용은 홈 교환기와 LR들에서 위치 정보를 갱신하거나 문의하고, 이웃 내의 도달 정보 갱신하기 위한 소요 비용이며, 식 (12)에서 위치 정보를 전달하거나 문의하는 데 소요되는 시그널링 메시지 전달 비용을 무시하고 계산하여 구할 수 있다.

그림 4에서 보는 바와 같이 CMR에 대해 제안된 기법과 mobile PNNI 기법 동일한 결과를 나타내고 있다. LR 기법에 대해서는 낮은 CMR에서는 비용이 높으나 CMR이 증가함에 따라 제안된 기법의 계산 비용이 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 위치 추적 과정에서 mobile PNNI 기법과 제안된 기법은 LR 기법의 LR 갱신 비용에 비해 교환기의 도달 정보물 갱신하는 데 소요 비용이 많이 들지만 호 요청에 의한 위치 파악 과정에서는 LR 기법에 비해 mobile PNNI 기법과 제안된 기법이 다소 적은 계산 비용이 소요되기 때문이다.

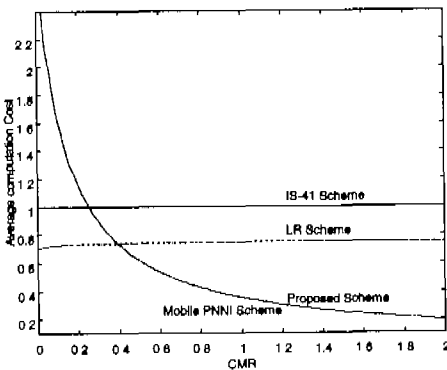


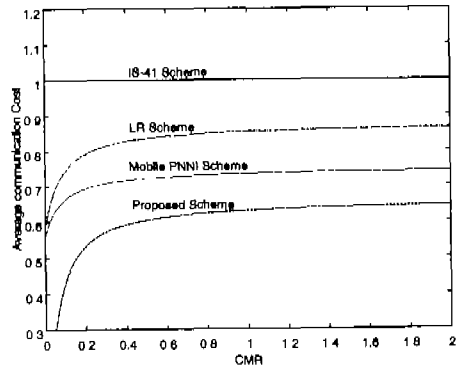
그림 4. 계산 비용의 비교

2.2 통신 비용

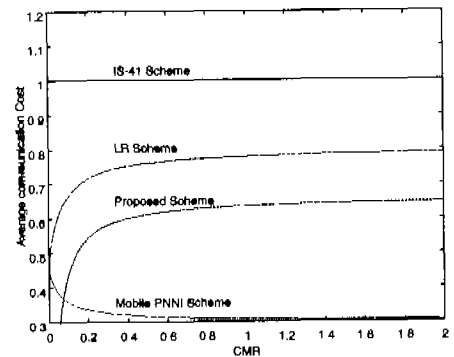
통신 비용은 이웃 사이나 이웃 내에서 시그널링 메시지를 전송하는 데 소요되는 비용이며, 식 (12)에서 LR이나 교환기의 데이터 베이스 갱신 및 질의를 무시함으로써 구할 수 있다. 그림 5는 먼 거리에 위치한 홈 교환기나 LR에 등록 메시지를 전달

하는 비용인  $r$ 에 따라 CMR에 대한 정규화된 통신 비용을 나타내고 있다. 그림 5(a)에서  $r$ 이 2인 경우에는 제안된 기법이 기존 두 방식에 비해 매우 낮은 비용이 소요됨을 알 수 있다.

그림 5(b)와 같이  $r$ 이 5인 경우에는 CMR이 0.12[calls/mobility]이하에서는 제안된 비용이 적으나, 그 이상에서는 mobile PNNI 기법의 통신 비용이 더 적은 비용이 소요됨을 알 수 있다. 그 이유는 낮은 CMR에서는 단말기의 이동 속도 증가로 인해 이웃 간의 이동이 빈번하게 발생하게 되고, 이 경우 mobile PNNI 기법에서는 이웃 내의 도달 정보의 갱신과 이전 교환기 및 홈 교환기의 위치 정보 갱신이 자주 발생하게 되고, 더불어 비효율적인 경로로 인한 통신 자원 손실 비용이 발생하게 되어 통신 비용이 증가하게 된다. 그러나 제안된 기법은 이웃 내의 도달 정보의 갱신과 홈 교환기의 위치 정보 갱신과 문의에만 비용이 소요되므로 통신 비용이 적다.



(a)  $r=2$



(b)  $r=5$

그림 5. 통신 비용의 비교

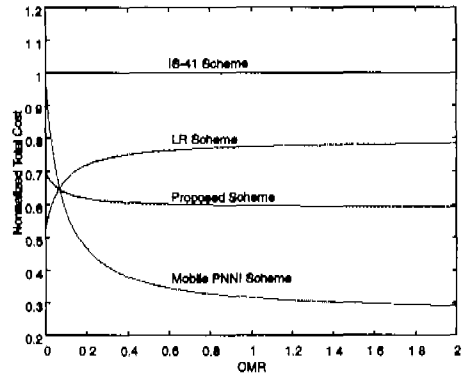
그림 5에서 위치 파악 과정에서의 제안된 기법이  $r$ 에 따른 성능의 변화가 심한 이유는 홈 교환기에

문의하는 통신 비용이 큰 비중을 차지하고, 이 비용이  $r$ 에 매우 의존적이기 때문이다. 이때  $r$ 은 원거리 메시지 전달 비용으로  $r$ 이 적은 경우는 홈 교환기 근처에서 호가 발생하는 경우를 의미한다.

2.3 평균 총 비용

평균 총 비용은 위치 추적 비용과 위치 파악 비용의 합으로 나타낼 수 있으며, 식 (12)를 통해 구해 질 수 있다. 그림 6은 CMR에 따라 LR 기법을 기준으로 두 기법에 대한 정규화된 평균 총 비용을 나타내고 있다. 그림 6(a)처럼  $r$ 이 2인 경우에는 제안된 기법이 mobile PNNI 기법에 비해 CMR에 무관하게 적은 비용이 소요됨을 볼 수 있다. 이것은 호 발생이 홈 교환기로부터 가까운 거리에서 일어나는 경우이며, 홈 교환기에 위치 등록과 서로 다른 이웃에 속한 착신 단말기간의 위치 정보를 파악하는데 소요되는 통신 비용이 적게 소요되기 때문이다. 그러나 호 도착률에 비해 단말기가 매우 빠르게 움직이는 낮은 CMR (0.15[calls/mobility] 이하)에서는 이웃 내의 LR에서 위치등록을 수행하는 LR 기법이 많은 교환기들의 도달 정보를 갱신하는 제안된 기법보다 적은 비용이 소요됨을 볼 수 있다.

그림 6(b)처럼  $r$ 이 5인 경우를 보면 호의 도착률에 비해 단말기의 이동 속도가 빠른 경우, 즉 낮은 CMR에서는 mobile PNNI 기법에 비해 제안된 기법의 비용이 많이 줄어들고, 높은 CMR 0.11[calls/mobility] 이상에서는 mobile PNNI 기법의 총 비용이 제안된 기법보다 적게 소요됨을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 홈 교환기에서 먼 지역에서 단말기가 이동하고 호가 발생하는 경우 제안된 기법과 LR 기법에서  $r$ 의 증가로 인한 통신 비용이 많이 소요되는 반면 mobile PNNI 기법은  $r$ 에 대한 영향이



(b)  $r=5$

그림 6. 평균 총 비용의 비교

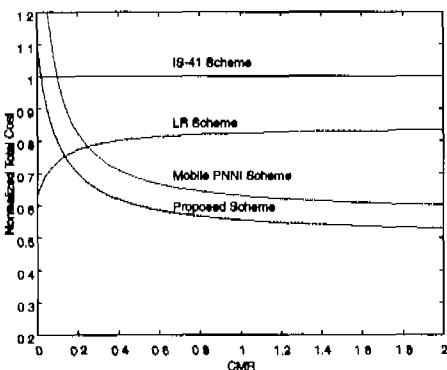
미미하므로 상대적으로 적은 비용이 소요된다. 그러나 낮은 CMR에서는 단말기의 고속 이동으로 인한 도달 정보 갱신 빈도가 증가하여 총 비용에 큰 영향을 미치므로 제안된 기법과 LR 기법이 mobile PNNI 기법에 비해 적은 비용이 소요된다.

따라서 제안된 방식의 성능은  $r$ 에 의존적이며, 특히  $r$ 이 적은 홈 교환기 근처에서 단말기가 이동하거나 호가 발생하는 경우 CMR에 무관하게 mobile PNNI 기법에 비해 우수한 성능을 보여주고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망에서 단말기의 이동 상태에 따라 효율적으로 위치를 추적하고 파악하는 새로운 위치 관리 기법을 제시하였다. 제안된 위치 추적 과정에서는 이전 교환기의 도달 정보를 갱신하여 포워딩 포인트에 이용하고, PNNI 라우팅 프로토콜을 이용하여 이웃내의 모든 교환기들의 도달 정보를 갱신한다. 만약 단말기가 이웃 사이에 이동할 경우에는 이전 이웃과 새로운 이웃내의 모든 교환기들의 도달 정보를 갱신하고, 홈 교환기에 단말기의 위치 등록 메시지를 전달한다. 그리고 위치 파악 과정에서 착신 단말기와 발신 단말기가 동일한 이웃 내에 존재할 경우에는 도달 정보를 이용하여 직접 호 설정을 시도하고, 서로 다른 이웃에 있을 경우에는 홈 교환기에 착신 단말기의 위치를 문의하여 호 설정 과정을 수행한다.

이렇게 함으로써 mobile PNNI 기법의 비효율적인 연결 경로로 인한 망 자원 낭비 문제를 해결하



(a)  $r=2$



고, 낮은 CMR에서 mobile PNNI 기법, 높은 CMR에서는 LR 기법에 비해 적은 위치 관리 비용이 소요됨을 볼 수 있다. 특히, 홈 교환기에서 가까운 거리에서 호가 발생할 경우 제안된 기법은 위치 관리 비용 측면에서 우수한 성능을 제공하고 있다.

김도현(Do-Hycon Kim)	정회원
한국통신학회논문지 제24권 제5A권 참조	
전협우(Hyub-Woo Jeon)	정회원
한국통신학회논문지 제24권 제5A권 참조	
조유제(You-Ze Cho)	정회원
한국통신학회논문지 제24권 제5A권 참조	

**참고 문헌**

- [1] M. Veeraraghavan, "A Distributed Control Strategy for Wireless ATM Networks," Proc. of ICC '95, pp 750-755, Jun. 1995.
- [2] M. Veeraraghavan and G. Dommety, "Mobile Location Management in ATM Networks," IEEE J. Select. Areas Comm., vol. 15, no. 8, pp.1437-1454, Oct. 1997.
- [3] R. Jain, "A Forwarding Strategy to Reduce Network Impacts of PCS," Proc. of IEEE INFOCOM '95, pp. 481-489, Apr. 1995.
- [4] J. S. M. Ho, "Local Anchor Scheme for Reducing Signaling Costs in Personal Communications Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 4, no. 5, pp. 709-725, Oct. 1996.
- [5] J. Z. Wang, "A Fully Distributed Location Registration Strategy for Universal Personal Communication Systems," IEEE Journal on Selected Areas in Comm., vol. 11, no.6, pp. 850-860, Aug. 1993.
- [6] S. Mohan, R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services," IEEE Personal Comm., pp 42-50, 1994.
- [7] C. Lind, "Location Management Requirements," ATM Forum/96-1704, Dec. 1996.
- [8] Private Network-Network Specification Interface 1.0 , ATM Forum/af-pnni-0055.000, Mar. 1996.
- [9] A. Acharya, P. Sheih, "Comparison of Location Management Schemes for Mobile ATM," ATM Forum/97-0161, Feb. 1997.
- [10] G. Dommety, M. Veeraraghavan, and M. Singhal, "Flat Location Management for PCNs," Proc of ICUPC'97, San Diego, pp. 146-152, Oct. 1997.