

# 무선 ATM 망에서 이동성 지원을 위한 위치 등록기의 논리적 계층 구조

정회원 김도현\*, 조유제\*\*

## A Logical Hierarchy Architecture of Location Registers for Supporting Mobility in Wireless ATM Networks

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

요 약

본 논문에서는 PNNI(Private Network to Network Interface) 기반의 무선 ATM 망에서 단말의 이동성을 보장하기 위해 기존의 위치 등록기 구조를 개선하고자 한다. 기존의 위치 등록기 구조는 위치 등록기를 물리적 계층으로 배치함으로써 다수의 데이터베이스가 요구되고, 데이터베이스 액세스 회수와 신호 트래픽 및 호 설정 지연 등이 증가하는 문제점을 갖고 있었다. 이 문제점을 보완하기 위해 본 논문에서는 논리적 계층 형태로 이루어진 위치 등록기 구조를 제시하고자 한다. 제안된 논리적 계층 구조에서는 위치 등록기를 논리적인 그룹으로 묶고, 이 그룹들을 다시 그룹으로 묶어서 위치 등록기의 논리적인 트리 형태로 만들어 상위 레벨의 위치 등록기의 역할을 하위 레벨의 위치 등록기 중 하나가 수행하도록 하고 있다. 기존의 위치 등록기 구조와 성능을 비교한 결과에서 제안된 논리적 계층 구조는 데이터베이스 수와 위치 관리 비용 측면에서 우수한 성능을 보여주고 있다.

Key Words : mobility management, location registers, logical hierarchy architecture, wireless ATM

### ABSTRACT

This paper attempts to improve the existing architecture of location register for location management in Private Network to Network Interface(PNNI)-based wireless ATM networks. Our approach enhances the hierarchical architecture of location registers based on a PNNI hierarchical architecture, which is referred to as the logical hierarchy architecture of location registers. This paper introduces a logical hierarchy architecture for location registers to reduce the cost of their location management. This logical hierarchy architecture of location registers begins with the lowest level physical location registers that are organized into clusters called logical groups. These logical groups are then represented in higher layers by logical nodes. These logical nodes are again grouped into clusters that are treated as single nodes by the next higher layer. In this way, all location registers are included in this tree-type logical hierarchy architecture. Compared with the existing physical hierarchy architecture of location registers, the analysis results show that the proposed logical hierarchy architecture can reduce the number of databases and thereby the average total location management cost.

\* 전남대학교 정보통신학부 컴퓨터네트워크 연구실(dhkim@cheonan.ac.kr)

\*\* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 통신망연구실(yzcho@ee.kyungpook.ac.kr)

논문번호 : 020107-0311, 접수일자 : 2002년 1월 7일

※ 본 논문은 한국과학재단 특정기초사업(과제번호:R01-1999-000-00239-0)의 연구비 지원으로 수행되었음.

## I. 서론

무선 ATM(Wireless ATM)은 미래의 무선 멀티미디어 서비스를 중단간 ATM 기술로 제공하기 위한 차세대 통신망 기술이다. 무선 ATM은 기존에 유선 구간에만 적용되던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 비교적 저속의 이동성을 제공하면서 옥내외에서 무선을 통해서 25Mbps급 이상의 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 그리고 무선 ATM에서는 B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)과의 연동뿐만 아니라, 기존의 셀룰러, PCS 및 IMT-2000 등의 다양한 무선 시스템과 연동되어 다양한 형태의 멀티미디어 통신 서비스를 제공하려고 한다<sup>[1]</sup>.

무선 ATM 기술은 초기에는 주로 무선 LAN 분야에 응용될 것으로 전망되며, 이와 같은 무선 ATM LAN 구현은 사설 ATM 망에서 교환기 간의 표준 인터페이스로 사용되고 있는 PNNI(Private Network-to-Network Interface) 기반으로 이루어질 것으로 예상된다<sup>[2]</sup>. 따라서, 계층적 구조인 PNNI 기반의 무선 ATM 망에서 단말기의 이동성을 제공하기 위해서는 기존 PNNI의 호환성과 확장성 등을 고려한 위치 관리에 대한 연구가 필요하다.

무선 ATM 망에서 위치 관리는 셀룰러 망의 표준 위치 관리 기법인 IS-41과 GSM MAP(Mobile Application Part) 기법과 같이 이동 단말기의 위치를 저장하고 문의하는 위치 등록기를 사용하는 위치 서버(location servers) 방식과 위치 정보를 특정 지역의 모든 노드에게 전파하는 위치 광고(location advertisement) 방식으로 나눌 수 있다<sup>[3][4]</sup>. 위치 서버 방식은 두 계층의 데이터베이스 구조를 갖는 two-tier 기법<sup>[5]</sup>과 위치 등록기의 계층 구조를 사용하는 LR(Location Registers) 기법<sup>[3][6]</sup>이 있다. 위치 광고 방식에는 무선 ATM LAN에서 단말기의 위치 정보를 모든 노드에게 전달하는 VCT(Virtual Connection Trees) 기법<sup>[7]</sup>, PNNI 라우팅 프로토콜을 확장한 mobile PNNI 기법<sup>[3][8][9]</sup> 및 ATM 시그널링 방식을 확장한 통합(integrated) 기법<sup>[10]</sup>이 있다. 특히, 이들 위치 관리 기법 중에서 PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망을 위해 ATM 포럼에 제시된 LR 기법이 있다. LR 기법과 two-tier 기법 등의 위치 서버 방식에서는 위치 등록기의 물리적인 계층 구조를 이용하고 있다. 물리적 계층 구조는 위치 정보를 한 곳에

집중시키지 않고 분산하는 장점이 있으나, 각 계층별로 위치 등록기를 물리적으로 배치로 함으로 인하여 다수의 데이터베이스가 필요하고 데이터베이스 액세스 회수를 증가시키고 위치 파악을 위한 신호 트래픽이 증가하는 단점이 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 무선 ATM 망에서 각 계층별로 위치 등록기를 두는 기존의 물리적 계층 구조의 위치 등록기 수량과 시그널링 트래픽이 증가하는 문제점을 보완하기 위해 위치 등록기의 논리적인 계층 구조를 제안한다. 제안된 구조에서는 PNNI 계층 방식을 이용하여 최하위 레벨에 물리적인 위치 등록기를 두고, 하위 레벨의 위치 등록기를 논리적인 그룹으로 묶어서 상위 레벨의 위치 등록기로 구성하는 논리적인 트리 형태의 계층 구조를 만든다. 논리적 계층 구조는 기존 물리적 계층 구조에 비해 데이터베이스 수를 감소시키고, 위치 관리 비용 측면에서 상위 레벨의 위치 등록기에 소요되는 데이터베이스 접속 비용과 시그널링 비용이 감소로 인해 기존의 위치 등록기 구조에 비해 적은 위치 관리 비용이 소요됨을 알 수 있다.

본 논문에서는 서론에 이어 2장에서는 PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망의 구성을 알아보고, LR 기법을 중심으로 기존 관련 연구 내용을 살펴본다. 3장에서는 효과적으로 단말기의 이동성을 제공하기 위하여 위치 등록기를 논리적으로 묶은 트리 형태의 계층 구조를 제시한다. 4장에서는 제안된 논리적 계층 구조와 기존의 물리적 계층 구조에 대해 망의 규모에 따른 위치 등록기의 정량적인 양과 위치 관리에 소요되는 비용을 비교 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

ATM 포럼에서는 사설 ATM 망에서 라우팅을 용이하게 하고 교환기의 추가나 변경과 같은 망 토폴로지 변화에 역동적으로 대처하기 위해 PNNI를 제시하고 있다. PNNI는 사설 ATM 망에서 교환기 간의 연결성을 지원하기 위해 표준화된 라우팅과 시그널링을 제공하고 있다<sup>[2]</sup>.

PNNI를 기반한 무선 ATM 망은 그림 1에서 보는 바와 같이 계층화된 논리적 그룹으로 구성된 계층 구조를 가진다. PNNI 계층의 제일 하단에 있는 노드들은 물리적인 ATM 교환기를 나타내고 중간 노드들은 가상적인 노드이다. 이들 두 가지 형태의 노드를 모두 합쳐서 논리 노드(logical node)라

고 부른다. 최하위 레벨의 물리적으로 연결된 ATM 교환기나 동일한 상위 계층의 논리 노드를 묶어서 하나의 그룹으로 만들어 놓은 논리 노드의 집합을 PG(Peer Group)라 말한다.

그리고, PNNI에서 무선 ATM 단말기의 이동성을 지원하기 위해서는 기존의 PNNI에 이동성 지원 기능을 가진 ATM 교환기와 이동 단말기를 유선망에 접속시켜 주는 기지국 등이 추가된다. 그림 1에서 이동 단말기들은 기지국에 접속되고, 셀룰라 망에서와 같이 여러 개의 기지국들이 하나의 교환기에 연결된다. 단말기의 이동성을 지원하는 교환기는 무선 단말기와 유선 ATM 망을 연결시키는 기지국들을 서로 연결하고, 하나의 ATM 교환기와 여기에 연결된 기지국들의 모임을 존(zone)이라 한다. 존을 구성하는 ATM 교환기가 모여서 PG를 이루고, 다수의 PG가 다시 모여 상위 레벨에 PG를 구성하는 형태이다.

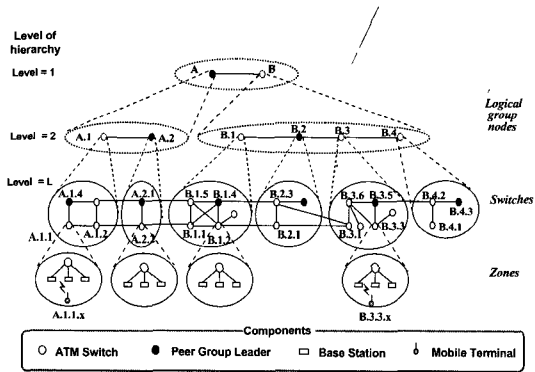


그림 1. PNNI 기반의 계층적 무선 ATM 망

무선 ATM 망에서는 초기 연결 설정과 라우팅은 기존의 유선 PNNI 기반의 ATM 망의 방식을 따르며, 단지 단말기가 이동하면서 서비스를 제공받기 위해서는 핸드오버와 위치 관리 기능이 필요하다<sup>[3]</sup>.

ATM은 기존의 셀룰라 전화망과 마찬가지로 연결형 서비스 방식이므로 무선 ATM 망의 새로운 위치 관리 기법을 위한 연구는 GSM MAP(Mobile Application Part) 표준이 자연스러운 출발점이 되고 있다. 이러한 기존의 관련 연구를 기반으로 하여 무선 ATM 망에서의 위치 관리 기법으로 LR 기법이 제안되고 있다<sup>[2]</sup>. LR 기법은 셀룰라 전화망에서 사용되는 위치 등록기 개념을 계층적인 PNNI 기반의 ATM 망 구조에 적용한 기법이다. 따라서, LR 기법은 PNNI 라우팅 프로토콜에 관련된 정보를 사용하지 않는 대신, 위치 등록

기를 사용하여 위치 추적과 위치 파악 과정이 PNNI 기반의 계층화된 ATM 망 위에서 수행된다. 위치 등록기들은 일종의 데이터베이스로 ATM 망의 PG내에 존재하며, 이동 단말기의 위치를 추적하고, 연결 설정 전에 이동 단말기의 위치 문의에 대한 응답한다. LR 기법은 발신 호가 발생하게 되면, 계층적인 일련의 LR의 추적을 통해 상대편 이동 단말기가 접속된 교환국의 위치 정보를 알아낸 다음, 호 설정 과정을 수행하게 된다. LR 기법에서는 위치 등록기의 물리적 계층 구조를 이용하고 있다. 이 구조는 위치 정보를 한 곳에 집중하지 않고 분산할 수 있는 장점이 있으나, 각 계층별로 위치 등록기를 물리적으로 배치로 인한 다수의 데이터베이스가 필요하고 데이터베이스 액세스 회수가 증가하며 위치 파악을 위한 신호 트래픽이 많고 호 설정 지연이 증가하는 문제점을 갖고 있다.

### III. 논리적 계층에 의한 위치 등록기

#### 1. 위치 등록기의 논리적 계층 구조

기존의 물리적 계층 구조에서는 최하위 레벨의 위치 등록기는 하나의 등록 영역(registration area)내 현재 등록된 단말기의 식별자와 서비스 프로파일 정보 같은 호 설정에 필요한 부가적인 정보를 가지고 있다. 상위 레벨의 위치 등록기는 자신의 하위 레벨의 위치 등록기에 등록된 단말기에 대한 정보를 저장하고 있다.

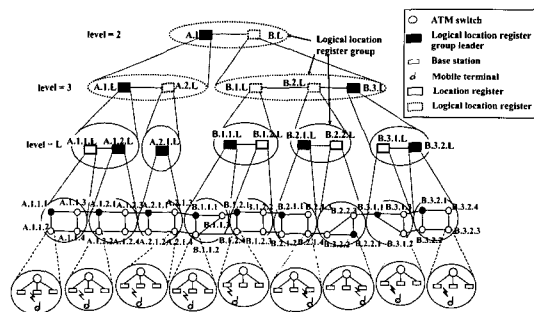


그림 2. 위치 등록기의 논리적 계층 구조

효율적인 위치 관리를 위해서 그림 2에서 보는 바와 같이 계층화된 논리적 그룹으로 구성된 위치 등록기의 논리적 계층 구조를 제안한다. 논리적 계층 구조에서는 각 계층에 배열되어 있는 위치 등록기를 논리 그룹으로 묶고, 그런 논리 그룹들을 다시 그룹으로 묶어 상위의 논리 그룹을 형성한다. 이 과

정을 최상위 계층까지 확대하여 하나의 큰 트리 형태의 위치 등록기의 논리적 계층 구조를 만든다.

위치 등록기의 논리적 계층 구조에서는 최하위 레벨에 있는 위치 등록기는 최하위 레벨의 PG를 등록 영역으로 가지고 있고, 이들 지역의 단말기들의 위치 정보를 관리한다. 이들 위치 등록기를 묶어서 하나의 위치 등록기 논리 그룹을 형성하고 각 논리 그룹을 구성하는 위치 등록기 중에서 위치 등록기 그룹 리더(location register group leader)가 하나 정해진다. 이 위치 등록기 리더는 현재 레벨의 위치 등록기 논리 그룹을 대표하면서, 바로 위에 위치한 상위 레벨 위치 등록기의 역할을 수행한다. 이러한 과정을 최상위 계층으로 이어감으로써 위치 등록기에 대해 트리 형태의 논리적 계층 구조를 형성할 수 있다. 이때 최하위 레벨에 위치한 위치 등록기는 실질적으로 존재하고, 상위 레벨의 논리 그룹에 속한 위치 등록기는 가상적으로 존재한다. 예를 들어 그림 2에서 최하위 레벨에 실질적으로 존재하는 위치 등록기 B.1.1.L, B.1.2.L, B.2.1.L, B.2.2.L, B.3.1.L, B.3.2.L을 두 개씩 묶어 논리 그룹 B.1, B.2, B.3을 형성하고, 이들 논리 그룹에서 위치 등록기 그룹 리더 B.1.1.L, B.2.1.L, B.3.2.L은 상위 논리적 위치 등록기 B.1.L, B.2.L, B.3.L의 역할을 수행한다. 이들 논리적 위치 등록기를 다시 묶어 상위 논리 그룹 B를 형성하고, 상위 논리 그룹 내 위치 등록기 B.L은 PG B 내의 모든 이동 단말기의 위치 정보를 관리한다. 이때 B.L은 위치 등록기 그룹의 리더 B.3.L에 해당하면서 물리적으로 최하위 레벨의 위치등록기 B.3.2.L이 된다. 이와 같이 물리적으로 존재하는 위치 등록기는 최하위 레벨에만 존재하게 되고, 나머지 상위 레벨의 위치 등록기는 논리적으로 구성하게 됨으로써 기존 기법에서 사용하는 물리적 계층 구조에 비해 필요한 전체 위치 등록기 수가 줄어 들게 된다.

## 2. 논리적 계층 구조에서의 위치 관리

### 1) 위치 추적 과정

위치 등록기의 논리적 계층 구조에서는 단말기가 등록 영역의 경계를 넘어 이동할 때 위치 등록이 발생한다. 최하위 레벨의 위치 등록기에 단말기의 위치 정보를 등록하고, 공통 상위(least common ancestor) 위치 등록기를 발견할 때까지 위치 등록 메시지를 상위 레벨의 위치 등록기에 전달하여 위치 정보를 저장한다. 그리고 공통 상위 위치 등록기에서부터 이전 최하위 레벨의 위치 등록기까지 단

말기의 위치 정보를 제거한다. 그러나 상위 위치 등록기가 하위 레벨의 위치 등록기 그룹 리더인 경우 두 위치 등록기는 동일한 위치 등록기이므로 위치 등록 메시지를 전달하지 않는다.

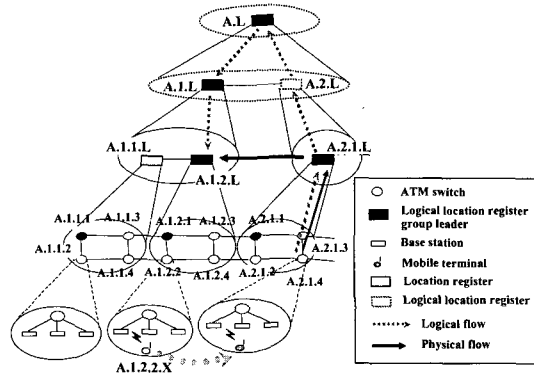


그림 3. 논리적 계층 구조에서의 위치 추적 과정

위치 등록 과정은 그림 3에서와 같이 단말기가 등록 영역 A.1.2에서 A.2.1로 이동할 경우 발생한다. 여기서 위치 등록을 위한 메시지 전달 경로를 논리적 흐름과 물리적 흐름으로 나타내며, 논리적 흐름은 단말기의 위치 추적을 위해 위치 등록을 수행하는 가상적인 경로를 나타내고 있으며, 물리적 흐름은 통신 회선을 통해 위치 등록 메시지가 직접 전달되는 실질적인 경로를 의미한다. 기존의 물리적 계층 구조에서는 논리적 흐름이 물리적 흐름과 동일하지만 제안된 논리적 계층 구조에서는 두 흐름이 서로 다른 경우를 가질 수 있다. 다음은 그림 3의 논리적 흐름과 물리적 흐름을 예를 들어 위치 추적 과정을 자세히 설명하고 있다.

- 단말기가 교환기 A.1.2.2에서 A.2.1.4로 이동하면 위치 등록기 A.2.1.L에 등록한다. 그러면 논리적 흐름에서는 A.2.1.L이 위치 등록 메시지를 자신의 상위 논리적 위치 등록기 A.2.L로 보내어서 단말기의 위치 정보를 문의하지만, 물리적 흐름에서는 위치 등록기 A.2.1.L이 A.2.L에 해당하므로 메시지를 보내지 않는다.
- 논리적 흐름에서는 단말기에 대한 위치 정보가 A.2.L에 없는 경우 위치 등록 메시지를 단말기에 대한 위치 정보가 발견될 때까지 상위 계층으로 전달한다.
- 논리적 흐름에서는 단말기의 위치 정보를 갖고 있는 공통 상위 위치 등록기 A.L에서, 하위 계

층의 위치 등록기 A.1.L을 가리키는 단말기의 위치 정보를 A.2.L로 갱신하지만, 물리적 흐름에서는 A.L에서 단말기의 위치 정보를 A.1.2.L에서 A.2.1.L로 변경한다. 그 이유는 실질적으로 A.1.2.L은 A.1.L이고, A.2.L도 A.2.1.L이기 때문이다.

- 논리적 흐름에서는 위치 제거 메시지를 A.L에서 하위 위치 등록기 A.1.L과 A.1.2.L에 전달하여 이동 단말기의 위치 정보를 삭제한다. 반면 물리적 흐름에서는 A.1.2.L에만 이 메시지가 전달되어 위치 정보를 제거한다.

이와 같이 그림 3에서 논리적 흐름의 위치 추적에 관련된 메시지는 다섯 곳의 위치 등록기를 거치고 있으나 물리적 흐름의 위치 등록 메시지는 두 곳의 위치 등록기에 전달되고 있다.

### 2) 위치 파악 과정

제한된 위치 등록기의 논리적 계층 구조에서는 발신 단말기가 접속된 교환기에 호를 요청할 때 위치 파악 과정이 수행된다. 먼저 최하위 레벨의 위치 등록기에 착신 단말기의 위치 정보를 문의하고, 착신 단말기의 위치 정보를 갖고 있는 공통 상위 위치 등록기를 발견할 때까지 위치 문의 메시지를 상위 계층으로 전달하여 단말기의 위치를 파악한다. 이때 상위 위치 등록기는 착신 단말기의 위치 정보를 갖고 있는 바로 아래 레벨의 위치 등록기에 관한 정보만 갖고 있기 때문에 공통 상위 위치 등록기에서부터 착신측 최하위 레벨의 위치 등록기까지 착신 단말기의 위치 정보를 문의하는 과정이 수행된다. 이 과정에서 상위 레벨과 하위 레벨의 위치 등록기가 동일한 위치 등록기가 될 경우 위치 문의 메시지를 하위 레벨의 위치 등록기에만 전달된다.

위치 파악 과정은 그림 4에서와 같이 발신 단말기가 접속한 교환기로 호 요청을 할 경우에 시작된다. 여기서도 위치 등록 과정에서처럼 논리적 흐름과 물리적 흐름을 보여주고 있으며, 논리적 흐름은 단말기의 위치 파악을 위한 가상적인 경로를 나타내고, 물리적 흐름은 위치 문의 메시지를 회선을 통해 직접 전달하는 실질적인 경로를 나타낸다. 기존의 물리적 계층 구조에서는 논리적 흐름이 물리적 흐름과 동일하지만 제안된 계층 구조에서는 서로 다른 경우를 가질 수 있다. 그림 4의 논리적 흐름과 물리적 흐름의 예를 통해 위치 파악 과정을 자세히 나타내고 있다. 여기서 논리적 흐름은 다섯 곳의 위

치 등록기를 거치지만, 물리적 흐름은 세 곳의 위치 등록기에서 착신 단말기의 위치를 문의하고 있다.

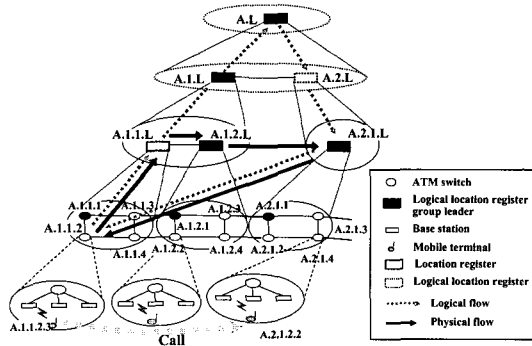


그림 4. 논리적 계층 구조에서의 위치 파악 과정

## IV. 성능 분석

본 장에서는 제안된 위치 등록기의 논리적 계층 구조에 대한 성능 평가를 위하여 위치 등록기의 정량적 수량과 위치 관리 비용 측면에서 기존의 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조를 상호 비교 분석한다. 기존의 물리적 계층 구조 및 제안된 논리적 계층 구조의 상대적인 성능 비교를 위해 두 구조뿐만 아니라 two-tier 구조에 대한 위치 관리 비용을 구한다. Two-tier 구조는 현재 셀룰라 시스템의 EIA/TIA 표준인 IS-41 기법에서 사용하고 있으며, VLR과 HLR로 이루어진 두 계층 구조이다. PNNI 기반의 무선 ATM 망에서 two-tier 구조는 S 레벨의 PG마다 VLR을 두고, HLR은 전체 통신망에 하나 존재하는 것으로 가정하고 있다.

표 1에서는 성능분석에 사용된 파라미터를 보여주고 있다. 여기서 교환기  $i$ 와  $j$ 의 상위 공통 레벨  $a_{ij}$ 는 두 교환기  $i$ 와  $j$ 의 상위 위치 등록기나 교환기가 동일한 그룹에 속하게 되는 계층이다. 영역 제한 변수  $S$ 는 위치 등록이나 위치 문의 메시지의 전파가 종료되는 점을 지정하는 변수이다. 여기서 교환기  $i$ 가 전송하는 위치 등록이나 위치 문의 메시지는  $a_{ij} < S$  인 어떤 교환기나 위치 등록기  $j$ 에도 전파되지 않는다. 그리고 교환기  $i$ 의 이웃은  $a_{ij} \geq S$  인 교환기  $j$ 를 비롯한 모든 위치 등록기나 교환기를 포함한다<sup>[12]</sup>.

### 1. 위치 등록기 수량

위치 관리 기법에서 위치 정보를 저장하거나 검

색하는 데이터베이스를 사용하고 있다. 이들 데이터 베이스는 위치 등록기 내에 존재하고 있으며, 이동 단말기의 프로파일이나 위치 정보를 담고 있다. 이들 위치 등록기의 정량적인 양은 무선 ATM 망을 구현하거나 관리하는 측면에서는 중요한 요소가 된다. 위치 등록기의 정량적인 양은 망의 규모에 의존적이며, 계층의 크기에 따라 망의 규모가 결정될 수 있다. 식 [1]에서는 기존의 물리적 계층 구조에서 각 계층별로 분산된 위치 등록기의 총 수를 나타내고 있다.

최하위 레벨의 계층까지 확장하여 고려할 경우 상위 위치 등록기의 물리적인 위치 등록기는 최하위 레벨의 위치 등록기가 된다. 이를 바탕으로 제안된 위치 등록기의 논리적 계층 구조에서의 위치 등록기의 총 수를 계산하면, 최하위 레벨의 위치 등록기의 총 수와 동일하게 된다. 제안된 논리적 계층 구조에서 요구되는 위치 등록기의 총 수는 아래 식과 같다.

$$N_{LOG} = g^{L-1} \quad (2)$$

표 1. 성능 분석을 위한 파라미터 정의

파라미터	설 명
$L$	PNNI 기반의 무선 ATM망에서 최하위 위치 등록기 그룹이나 PG의 레벨
$S$	위치 정보를 전달하는 이웃의 범위를 가리키는 위치 등록 영역 제한 변수
$R_k$	계층적 무선 ATM 망에서 교환기에서 $k$ 레벨 위치 등록기까지 위치 정보 등록이나 문의 비용
$a_{ij}$	$i$ 와 $j$ 의 공통 상위 레벨
$c_i$	$i$ 레벨 위치 등록기에 위치 등록 및 문의 비용, $c_1 = 0, i > L$
$U_K$	$K$ 레벨의 노드에게 도달성 정보를 전달하는 비용, $a_{ij} \geq K$
$p_i$	$i$ 레벨의 PG 노드 간의 최단 경로의 평균 거리
$m_i$	$i$ 레벨의 모든 PG 노드 간의 경로 중 가장 긴 거리, $i = 1, 2, \dots, L$
$D_{ij}$	$i$ 에서 $j$ 까지 거리 (경로 상의 교환기의 흡수)
$h, v, o, n, c$	홈(home), 착신측(visiting), 단말기의 이전과 새로운 위치(old and new locations of a mobile), 발신측(calling party)을 표시
$r$	원거리 메시지 전달 비용
$\rho$	단말기의 이동 속도에 대한 도착하는 호 수 (CMR : Call-to-Mobility Ratio)

$$N_{PHY} = \sum_{i=1}^L (g^{L-i}) \quad (1)$$

여기서  $g$ 는 각 계층에서 위치 등록기 그룹 내의 위치 등록기의 수를 의미하며, 모든 계층의 그룹 내 위치 등록기 수는 동일하다고 가정한다.

논리적 계층 구조에서 상위 위치 등록기 그룹내의 위치 등록기는 하위 레벨의 그룹 리더 위치 등록기를 나타내고 있다. 이를 무선 ATM 망 내의

## 2. 위치 관리 비용 분석

위치 관리 비용은 교환기 및 위치 등록기의 데이터베이스 접근에 의한 비용과 서로 간의 시그널링 메시지를 전달하기 위한 비용으로 이루어진다. 성능 분석은 물리적 계층 구조와 논리적 계층 구조에 대해 소요되는 위치 추적 비용과 위치 파악 비용으로 나누어 수행한다.

위치 추적 비용은 이동 단말기의 전원이 켜지거나 꺼지는 경우와 움직일 경우 발생한다. 아래 식에서는 PNNI 기반의 무선 ATM 망에서 VLR과 HLR로 이루어진 two-tier 구조에 IS-41 기법을 적용할 경우 소요되는 위치 추적 비용을 보여주고 있다.

$$\bar{M}_{IS} = \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i](R_L + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i](2R_L + 2r) \quad (3)$$

$$R_k = \sum_{i=k}^L c_i \quad (4)$$

여기서  $o$ 는 이전 위치를 나타내고  $n$ 은 새로운 위치를 보여주며, 식 (4)는 홈 교환기나 위치 등록기에 위치 정보를 갱신하는 데 소모되는 비용을 나타내고 있다.

아래의 식에서는 물리적 계층 구조에서 LR 기법을 적용할 경우 소요되는 위치 추적 비용을 보여주고 있다<sup>[3]</sup>.

$$\bar{M}_{PHY} = \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i](R_{a_{on}} + R_{a_{on}+1} + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i] \left\{ \sum_{j=S}^L P[a_{hn} = j](2R_S + r + 1) + \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{hn} = j](2R_S + 2r) \right\} \quad (5)$$

전원이 켜지거나 꺼질 경우  $S$  레벨까지의 모든 위치 등록기의 위치 정보를 갱신하고, 위치 등록 메시지를 홈 위치 등록기에 보낸다. 이 경우 단말기가 홈 이웃에 존재할 경우에는 원거리 메시지 전송을 할 필요가 없고, 홈 이웃에 있지 않을 경우에는 원

거리 메시지 전달 비용  $r$ 이 소요된다. 제안된 논리적 계층 구조에 LR 기법을 적용할 경우 발생하는 평균 위치 추적 비용은 아래의 식과 같이 구할 수 있다.

$$\bar{M}_{LOG} = \sum_{i=S}^L P[a_{on} = i](A_{a_{on}} + A_{a_{on+1}} + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{on} = i] \cdot \left\{ \sum_{j=S}^L P[a_{hn} = j](2A_S + r + 1) + \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{hn} = j](2A_S + 2r) \right\} \quad (6)$$

여기서 제안된 논리적 계층 구조에서 최하위  $L$ 레벨에서  $k$ 레벨까지 위치 정보를 갱신하거나 문의하는데 소요되는 비용은 식 7과 같다.

$$A_k = \sum_{i=k}^{L-1} \left(1 - \frac{1}{g}\right) c_i + c_L \quad (7)$$

위치 파악 비용은 호 설정 시에 착신 호를 전달하기 위해 착신 단말기의 위치 정보를 찾아내는 비용으로 구할 수 있다. 아래 식은 VLR과 HLR로 이루어진 two-tier 구조에 IS-41 기법을 적용할 경우 발생하는 위치 파악 비용이다.

$$\bar{F}_{IS} = \sum_{i=S}^L P[a_{cv} = i](R_L + 1) + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{cv} = i](2R_L + 3r) \quad (8)$$

기존의 물리적 계층 구조에서 LR 기법의 위치 파악 과정을 수행하는 데 소요되는 비용을 구할 수 있다. LR 기법에서 발신 단말기로부터 호가 발생할 때 동일한 이웃 내에 착신 단말기가 있을 경우에는 이웃내의 위치 등록기에 위치 정보를 문의하는 비용만 소요되지만, 다른 이웃에 착신 단말기가 존재할 경우에는 발신측뿐만 아니라 착신측 이웃 내 위치 등록기에 위치 정보를 문의하는 비용이 요구된다. LR 기법을 적용한 물리적 계층 구조에서 발생하는 평균 위치 파악 비용은 아래 식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{F}_{PHY} = & \sum_{i=S}^L P[a_{cv} = i](R_{a_{cv}} + R_{a_{cv+1}} + 1) \\ & + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{cv} = i] \left\{ \sum_{j=S}^L P[a_{hv} = j](2R_S + 2r + 1) + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} P[a_{hv} = j](2R_S + 3r) \right. \\ & + P[a_{hv} = i] \left( \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i](2R_S + 3r) \right. \\ & \left. \left. + \sum_{j=S}^L P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i](2R_S + 2r + 1) \right) \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

제안된 논리적 계층 구조에서 LR 기법을 적용할 경우 위치 파악 과정에서 발생하는 비용은 착신 단말기가 발신 단말기의 이웃 내에 있을 경우 발신 단말기가 위치한 최하위 레벨에서부터  $a_{cv} \geq S$ 까지의

위치 등록기와 착신 단말기가 있는  $a_{cv+1} \geq S$ 에서 최하위 레벨까지의 위치 등록기에게 착신 단말기의 위치를 문의하는 비용이 소요되고, 이들 위치 문의 비용은  $A_{a_{cv}}$ 와  $A_{a_{cv+1}}$ 로 표시되고 있다. 그리고, 착신측 최하위 레벨의 위치 등록기에서 발신측 교환기에 전달하는 위치 응답 메시지 전달 비용은 1로 주어진다. 제안된 논리적 계층 구조에 LR 기법을 적용할 경우 발생하는 평균 위치 파악 비용은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{F}_{LOG} = & \sum_{i=S}^L P[a_{cv} = i](A_{a_{cv}} + A_{a_{cv+1}} + 1) \\ & + \sum_{i=1}^{S-1} P[a_{cv} = i] \left\{ \sum_{j=S}^L P[a_{hv} = j](2A_S + 2r + 1) + \sum_{j=1, j \neq i}^{S-1} P[a_{hv} = j](2A_S + 3r) \right. \\ & + P[a_{hv} = i] \left( \sum_{j=1}^{S-1} P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i](2A_S + 3r) \right. \\ & \left. \left. + \sum_{j=S}^L P[a_{ch} = j | a_{hv} = a_{cv} = i](2A_S + 2r + 1) \right) \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

여기서  $A_i$ 는 식 (7)에서 정의하고 있다.

위치 관리에 소요되는 총 비용은 이동 단말기의 호 도착률( $c$ )과 등록 영역 간의 이동률( $m$ )을 고려하여 위치 추적 및 위치 파악 비용의 합으로 구할 수 있다. 위치 관리 비용 측면에서 기존의 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조가 two-tier 구조에서의 비해 성능이 얼마나 개선되었는지를 확인하기 위해 two-tier 구조를 '기준으로 정하고 상호 비교한다. 따라서 식 (11)과 같이 두 계층 구조에서의 위치 관리 비용을 two-tier 구조의 위치 관리 비용( $\bar{M}_{IS}, \bar{F}_{IS}$ )에 대해 정규화한다. 여기서  $\rho$ 는 이동에 대한 호 도착률을 나타내는 CMR이고,  $\lambda_c / \lambda_m$ 으로 구할 수 있다. 여기서  $\bar{M}$ 은 two-tier 구조, 물리적 계층 구조 및 제안된 논리적 계층 구조에서 이동 단말기의 위치를 추적하는 데 소요되는 비용을 의미하고,  $\bar{F}$ 는 기존 two-tier 구조, 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에서 착신 단말기의 위치를 파악하는 비용을 나타내고 있다<sup>[3]</sup>.

$$T = \frac{\lambda_m \bar{M} + \lambda_c \bar{F}}{\lambda_m \bar{M}_{IS} + \lambda_c \bar{F}_{IS}} = \frac{\bar{M} + \rho \bar{F}}{\bar{M}_{IS} + \rho \bar{F}_{IS}} \quad (11)$$

### 3. 결과 분석

본 절에서는 PNNI 기반의 무선 ATM 망에서 LR 기법을 적용한 기존 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에 대하여 정량적으로 평가하기 위해 망에 필요한 위치 등록기의 총수를 비교

분석한다.

무선 ATM 망에서 단말기의 이동성을 지원하기 위해 위치 등록기를 설치하는 것은 망을 구축하는 비용 측면에서는 큰 영향을 미치지므로 위치 등록기의 수를 가능한 줄여야 한다. 따라서 기존의 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에 대해 망 구축 측면에서 성능을 평가하기 위해 망의 크기에 따른 위치 등록기의 총 수를 비교한다. 망의 크기는 최하위 레벨로 표시되는  $L$ 에 따라 결정되어 질 수 있으며, 각 계층마다 위치 등록기 그룹내의 위치 등록기의 수  $g$ 는 동일한 값을 갖는 것으로 가정한다.

그림 5에서는 식 (1)과 (2)를 수치적으로 계산하여 기존 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에서 계층 레벨의 수에 따른 위치 등록기의 총 수를 보여 주고 있다. 이때 각 계층의 위치 등록기 그룹내의 위치 등록기의 수  $g$ 는 3 또는 5로 정하고 있다. 그림 5에서는 최하위 레벨  $L$ 을 1에서 5까지 변화시키고 있다.  $L$ 이 증가할수록 위치 등록기의 수는 기하급수적으로 증가하고 있으나,  $L$ 이 커질수록 논리적 계층 구조에서의 위치 등록기 수가 물리적 계층 구조에 비해 상대적으로 더 줄어들고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 논리적 계층 구조에서는 물리적으로 최하위 레벨  $L$ 의 위치 등록기만 존재하지만, 물리적 계층 구조에는 최하위 레벨 뿐만 아니라 최상위 레벨까지의 위치 등록기가 있어야 위치 관리 기능을 제공할 수 있기 때문이다.

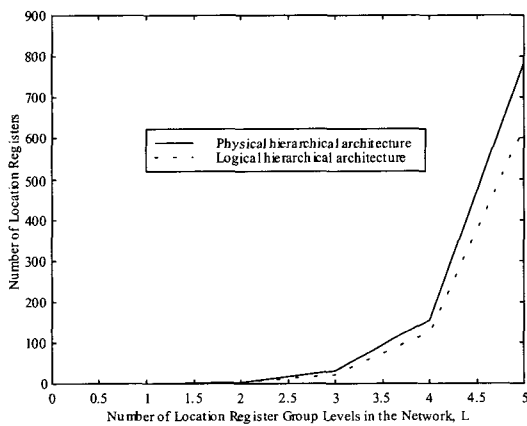


그림 5. 그룹 계층 레벨에 따른 위치 등록기의 총 수 비교 ( $g = 5$ )

그림 6에서는 기존의 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에서 각 계층의 위치 등록기 그룹내의 위치 등록기 수  $g$ 에 따른 위치 등록기의 총

수를 나타내고 있다. 이때 그룹 내의 위치 등록기 수는 1에서 10까지의 값을 가지고, 최하위 레벨  $L$ 은 3과 5로 정하고 있다.  $g$ 가 증가할수록 전체 통신망 내 위치 등록기의 수는 기하급수적으로 증가하게 되지만,  $g$ 가 증가할수록 상대적으로 물리적 계층 구조에 비해 논리적 계층 구조의 위치 등록기 수가 더 적음을 알 수 있다.

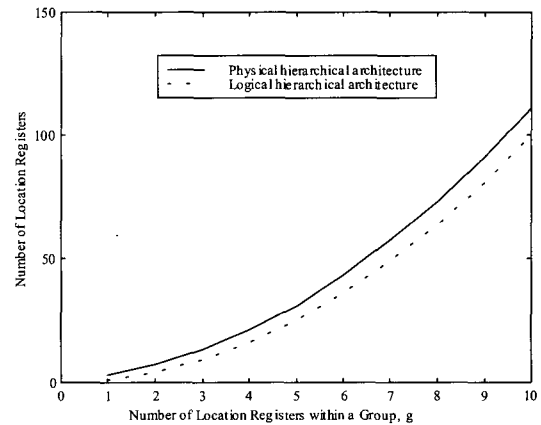


그림 6. 그룹내 위치 등록기 수  $g$ 에 따른 위치 등록기의 총 수 비교 ( $L = 3$ )

위 결과에서 알 수 있듯이 만약 최하위 레벨  $L$ 의 위치 등록기 수가 특정 값으로 정해질 경우 논리적 계층 구조에서는 그룹 내 위치 등록기 수  $g$ 가 증가에 따라 물리적 계층 구조에 비해 위치 등록기 수가 상대적으로 적은 것을 확인할 수 있다.

표 2. 입력 파라미터

파라미터	값
$c_i = 0, 1 \leq i \leq L$	1
$m_i = 0, 1 \leq i \leq L$	4
$p_i = 0, 1 \leq i \leq L$	2
$L$	10
$r$	5

다음으로 PNNI 기반의 LR 기법에 대해 기존 물리적 계층 구조와 제안된 논리적 계층 구조에 대하여 CMR에 따른 평균 위치 관리 비용을 비교한다. 여기서 두 계층 구조를 동일한 환경에서 비교하기 위해 이웃의 범위를  $S$  레벨로 하고, 수학적 분석을 위해 표 2와 같이 입력 파라미터를 가정한다<sup>[3]</sup>.

위치 추적 비용은 통신망에 단말기의 위치 정보



를 등록하기 위해 교환기와 위치 등록기에서 위치 정보를 갱신하거나 등록 메시지를 전달하는 소요 비용이며, 식 (3), (5), (6)에서 two-tier 구조, 물리적 계층 구조 및 논리적 계층 구조에 대한 위치 추적 비용을 계산하여 구할 수 있다. 위치 파악비용은 통신망으로부터 착신 단말기의 위치 정보를 얻기 위해 교환기와 위치 등록기에게 위치 문의 메시지를 전달하는 소요 비용이며, 식 (8)-(10)에서 two-tier 구조, 물리적 계층 구조 및 논리적 계층 구조에 대한 위치 파악 비용을 계산하여 구할 수 있다.

평균 총 위치 관리 비용은 식 (11)에서 정한 입력 파라미터 값을 이용하여 위치 추적 비용과 위치 파악 비용의 합으로 구할 수 있다. 그림 7은 CMR에 대한 정규화된 평균 총 위치 관리 비용을 나타내고 있으며, 논리적 계층 구조가 two-tier 구조와 물리적 계층 구조에 비해 상대적으로 적은 위치 관리 비용이 소요되고 있음을 볼 수 있다. 특히, 낮은 CMR에서 보다 단말기의 움직임 비해 호 도착률이 매우 많은 높은 CMR에서 위치 관리 비용이 크게 줄어들고 있음을 알 수 있다.

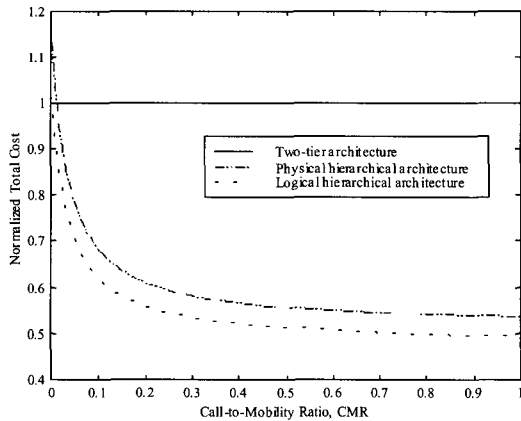


그림 7. CMR에 따른 평균 위치 관리 비용의 비교 ( $S=L-2$ )

그림 7에서는 그룹 내 위치 등록기 수  $g$ 를 3으로 정하고, 이때 이웃의 범위를 증가시키면서 CMR에 따른 평균 총 비용을 보여 주고 있다. 이 결과에서 이웃 범위가 커질수록 물리적 계층 구조에 비해 논리적 계층 구조의 위치 관리에 상대적으로 더 적은 비용이 소요됨을 볼 수 있다. 이것은 상위 레벨의 위치 등록기가 증가할수록 제안된 논리적 계층 구조는 상위와 하위 위치 등록기가 동일할 확률이 증가하게 됨으로 상대적으로 물리적 계층 구조에 비해 적은 위치 관리 비용이 소요되기 때문이다. 그

러나 논리적 계층 구조에서 상위 위치 등록기의 역할을 대행하는 위치 등록기 그룹 리더에 시그널링 트래픽이 집중되고 처리 부하가 증가하는 문제점을 갖고 있으며, 낮은 CMR에서는 물리적 계층 구조에 비해 성능 향상이 미미한 단점을 갖고 있다.

## V. 결 론

무선 ATM은 초기 단계에서는 주로 LAN 환경에서 응용되리라 예상되기 때문에, 현재 ATM 포럼을 중심으로 논의되고 있는 대부분 위치 관리 기법들은 이동성이 제한된 마이크로 셀 환경과 PNNI 기반의 무선 ATM 망을 대상으로 하고 있다. 본 논문에서는 기존의 위치 관리 기법에서 사용하는 위치 등록기의 물리적 계층 구조의 문제점을 보완하기 위한 논리적 계층 구조를 제안하였다. 제안된 논리적 계층 구조에서는 최하위 레벨에 물리적인 위치 등록기를 두고, 하위 레벨의 위치 등록기를 논리적인 그룹으로 묶어서 상위 레벨의 위치 등록기를 만드는 논리적인 트리 형태이다. 이렇게 함으로써 제안된 논리적 계층 구조에서는 물리적 계층 구조로 이루어진 위치 등록기 배치를 논리적으로 분산할 수 있어 물리적 계층 구조에 비해 위치 관리를 위한 데이터베이스 수를 감소시킬 수 있었다. 그리고, 데이터베이스에 접속하고 신호 제어 메시지를 전달하는 위치 관리 비용 측면에서 기존의 물리적 계층 구조에 비하여 우수한 성능을 가지는 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] ATM Forum Technical Committee, Draft Wireless ATM Requirements Specification, ATM Forum RTD-WATM-01.01, Aug. 1997.
- [2] ATM Forum Technical Committee, Private Network-Network Specification Interface v1.0 (PNNI 1.0), af-pnni-0055.000, Mar. 1996.
- [3] 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.
- [4] F. Akyildiz, J. McNair, J. Ho, H. Uzunalioglu, and W. Wang, Mobility

- Management for Next Generation Wireless Systems, IEEE Proc. J., vol. 87, no. 8, pp. 1347-1384. Aug. 1999.
- [5] B. Akyol and D. Cox, Handling mobility in a wireless ATM network, in Proc. of IEEE INFOCOM '96, vol. 3, no. 8, pp. 1405-1413, Mar. 1996.
- [6] M. Veeraraghavan and G. Dommety, Location Management in Wireless ATM Networks, in Proc. of IEEE ICC '97, pp.1532-1538, May 1997.
- [7] M. Veeraraghavan, M.Karol, and K.Eng, Mobility and Connection Management in a Wireless ATM LAN, IEEE J. Select. Areas Comm., vol.15, no. 1, pp.50-68, Jan. 1997.
- [8] M. Veeraraghavan and G. Dommety, Location Management in Wireless ATM Networks, ATM Forum Contribution, ATM Forum/96-1500, Oct. 1996.
- [9] M. Veeraraghavan and G. Dommety, Location Management Update, ATM Forum Contribution, ATM Forum/96-1701, Dec. 1996.
- [10] A. Acharya, J. Li, B. Rajagopalan, and D. Raychaudhuri, Mobility Management in Wireless ATM Networks, IEEE Comm. Mag., vol. 35, no. 11, pp. 50-68, Nov. 1997.
- [11] ATM Forum Technical Committee, Draft Baseline Text for Wireless ATM Capability Set 1 Specification, ATM Forum BTD-WATM-01.08, July 1998.

김도현(Do-Hyeon Kim)                      정회원  
한국통신학회논문지 제24권 제5A권 참조

조유제(You-Ze Cho)                         정회원  
한국통신학회논문지 제24권 제5A권 참조