

ATM기반의 PCS에서 분산 호 처리 구조를 위한 위치 등록 프로토콜

홍 용 표[†] · 박 선 영^{††} · 이 진[†]

요 약

본 논문에서는 셀의 소형화와 무선 통신 서비스 이용 인구의 증가에 의해 발생하는 위치 등록 빈도의 증가를 해결할 수 있는 클러스터 개념을 이용한 위치 등록 프로토콜의 성능을 분석하였다. 클러스터 크기와 시간의 흐름에 따른 위치 등록 확률을 계산하여 클러스터 크기와 위치 등록율의 관계를 정량적으로 분석하였으며, 실제로 육각형 셀 구조에 적용하여 위치 등록 확률을 클러스터의 크기에 따라 구해 보고 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

A Location Registration Protocol for Distributed Call Processing Architecture in the ATM-based PCS

Yong Pyo Hong[†] · Sun Young Park^{††} · Jin Lee[†]

ABSTRACT

In this paper, we presents performance analysis of a location registration protocol using cluster concept to minimize the number of location registrations caused by reduction of cell size and explosive increasement of wireless communication subscribers. We analyze the relationship between the size of cluster and the location registration rate, and finally we apply this analysis to the hexagonal cell structure for justification.

1. 서 론

보편화된 무선 통신 서비스를 위해서는 기존 무선 통신에서와 마찬가지로 제한된 무선 자원의 효율적인 이용이 필수적이다. 차세대 무선 통신 서비스들은 마이크로 셀 또는 피코 셀을 기반으로 하여 채널의 재사용율을 높이므로써 무선 자원의 한계를 해결하려고 한다. 그러나 셀의 소형화는 단말의 이동 특성에 의해 발생하는 위치 등록 문제를 야기시킨다. 뿐

만 아니라 급증하는 무선 통신 서비스의 이용 인구는 위치 등록 처리 문제를 가중시킬 것이다[1][2].

현재 무선 통신에서 사용하는 위치 등록에서의 자원 소비적인 정책은 앞서 언급한 셀의 소형화와 무선 통신 인구의 증가로 무선 자원의 병목 현상을 피할 수 없을 것이다. 특히 사용자가 power-on인 상태에서 고속으로 이동하는 경우, 이로 인해 빈번하게 발생하는 위치 등록은 계속적으로 무선 채널의 할당을 요구하며 또한 위치 등록 데이터 베이스의 갱신을 요구할 것이다. 이는 유무선 자원의 낭비일 뿐만 아니라 시그널을 처리하는 시스템에 과부하를 초래한다. 따라서 차세대 무선 통신에서는 단말의 이동에 의해 발생

[†] 정 회 원 : 항공대학교 통신공학과
^{††} 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
논문접수: 1997년 5월 2일, 심사완료: 1997년 10월 8일

하는 위치 등록 빈도를 감소시킬 수 있는 새로운 위치 등록 프로토콜이 필요하다. 현재 이 분야에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다[3][4][5][6][7].

본 논문에서는 ATM망을 기반으로 하는 분산 호 처리 구조를 근간으로 하여, 마이크로 셀 환경에서 발생하는 빈번한 위치 등록 문제에 대한 해결 방안과 위치 등록율을 분석하고자 한다. 분산 호 처리 구조는 기존 셀룰라 망의 MSC(Mobile Switching Center)에서 수행하는 위치 등록, 호 처리 및 핸드 오프 기능을 망 내의 여러 서버에 분산함으로써 시그널링 및 가입자 정보의 이동을 최소화하고 무선 특성에 의한 여러 기능들을 신속하게 처리하며 작업들이 한 시스템에 집중되는 병목 현상을 제거할 수 있는 이점이 있다. 특히 클러스터 개념을 이용한 위치 등록에서 호 처리시 발생하는 한번 이상의 페이징으로 인한 호 처리 지연을 효과적으로 해결할 수 있다[8].

마이크로 셀 환경을 위한 위치 등록 방법은 한 개 이상의 셀의 집합을 하나의 클러스터로 정의하고, 단말이 클러스터의 경계를 지날 때 위치 등록을 수행하므로써 위치 등록율을 감소시키자는 것이다. 단말의 위치 등록율은 클러스터의 크기, 단말의 이동 경로, 클러스터의 구성, 단말의 이동 속도 등 여러 가지 요소들에 의해 영향을 받는다. 본 논문에서는 클러스터의 크기에 따른 위치 등록율을 분석하고 이를 육각형 셀 구조에 적용하여 클러스터 크기와 시간에 대한 위치 등록율을 계산하고 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

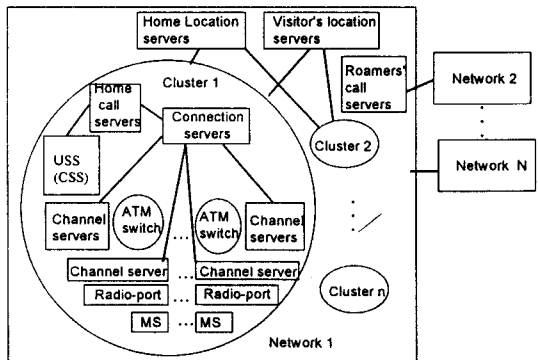
제1장의 서론에 이어서 제2장에서는 분산 호 처리 구조에 대하여 설명하고 제3장에서는 제안한 위치 등록 프로토콜에 대해 설명한다. 제4장에서는 제안한 위치 등록 프로토콜의 위치 등록율을 분석하고 이를 육각형 셀 구조에 적용한 결과와 시뮬레이션한 결과를 비교할 것이다. 제5장에서는 결론과 향후 계획을 기술한다.

2. 분산 호처리 구조

클러스터를 기반으로 하는 PCS의 분산 호 처리 구조를 (그림 1)에 나타내었다[8]. 여기서 클러스터란 망의 관점에서의 개념이며 본 논문에서 제안한 클러스터는 셀 구조의 관점이다. 본 논문에서는 이를 구분

하기 위해 망의 관점에서 클러스터를 망 클러스터라고 하고 셀 구조의 관점에서 클러스터를 그냥 클러스터라고 할 것이다. 망 클러스터는 하나 이상의 클러스터를 관리할 수 있다.

분산 호 처리 구조는 호 처리를 하나의 시스템에서 수행하지 않고 여러 개의 서버들이 분산 처리하는 구조이다. 이 시스템에서는 하부에 ATM 망이 있다고 가정하고 있으며, 각 셀을 관리하는 기지국은 ATM 스위치와 연결되어 있다. 분산 호 처리 구조에서 망 클러스터란 한 개이상의 BS(Base Station)를 관리하는 서버들-HCS(Home Call Server), USS(User Signaling Server), COS(Connection Server), CHS(Channel Server) -의 집합이다. 이러한 서버들은 망 클러스터가 관리하는 셀의 호 처리를 수행한다. 망 클러스터를 구성하는 서버들은 다시 망(Network)을 구성하고 각 망에는 부가적으로 HLS(Home Location Server), VLS(Visitor's Location Server), RCS(Roamers Call Server)가 있어 망 내의 셀로 이동하는 단말의 호 처리를 수행한다. 전체 시스템에는 이러한 망이 여러 개 존재한다[9].



(그림 1) 분산 호 처리 구조
(Fig. 1) Distributed call processing architecture

두 이동 단말이 서로 통신을 하기 위해서는 두 단말 사이에 호의 설립이 필수적이며 호가 설립된 후에 유무선 채널을 통한 링크의 연결이 이루어져야 한다. 클러스터 기반 구조의 분산 처리 시스템에서 착발신 단말과 기지국 이외에 이와 같은 호와 링크의 설립 및 해체에 참여하는 서버에는 호 제어 서버, 유저 시그널링 서버, 채널 서버, 연결 서버, 홈 위치 관리 서

버, 로밍 위치 관리 서버가 있다. 호 처리에서 호의 설립 및 해제를 주로 담당하는 서버는 호 제어 서버로 발신 단말을 담당하는 호 제어 서버와 착신 단말을 담당하는 호 제어 서버 사이에서 제어 신호의 교환으로 이루어진다. 호 제어 서버에는 자신이 등록된 홈 망에서 활동하고 있는 단말의 호 처리를 담당하는 홈 호 제어 서버와 등록된 홈 망이 아닌 다른 망에서 로밍 중인 단말의 호 처리를 담당하는 로밍 호 제어 서버가 있다. 호 설립 후 링크의 연결과 호 해제 후 링크의 해제를 담당하는 서버는 연결 서버로 역시 발신 단말과 착신 단말이 로밍 중인 클러스터의 연결 서버들 사이에서 이루어진다. 연결 서버들은 링크의 연결을 위해 라우팅을 통해 경로를 설정하고, 채널 서버의 지원으로 ATM 스위치에서의 실제 물리적인 채널 및 기지국에서의 실제 무선 채널을 할당한다.

핸드오프는 단말이 하나의 기지국이 담당하는 셀의 범위를 벗어나 인접한 다른 기지국으로 이동할 때 일어난다. 즉, 이동 단말이 다수의 기지국부터의 시그널의 강도를 측정하고, 단말 자신이 수신된 시그널을 바탕으로 하여 핸드오프를 결정하는 것이다.

이동 단말이 핸드오프를 감지하고 Handoff Request를 현재 위치하는 장소의 새로운 기지국에 보내면 새로운 기지국은 이 메시지를 다시 기존의 단말을 서비스하던 기지국에게 알림으로써 핸드오프가 실제적으로 시작된다. 이 메시지를 받은 현재 기지국은 새로운 연결을 설립하기 위해 새로운 기지국의 채널 관리를 담당하는 Channel Server에게 Setup Segment 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 새로운 Channel Server는 연결 설립을 위한 채널을 할당한다.

셀룰러 시스템에서 위치 레지스터가 하던 단말 추적 기능과 위치 등록 기능을 두개의 위치 등록 서버(Location Server)-HLS, VLS가 수행한다. VLS는 그 망에서 로밍 중인 단말의 클러스터 단위까지의 위치를 추적하고, HLS는 홈 망에 있는 단말의 위치 추적과 자신의 망을 홈 망으로 하는 로밍 중인 단말의 VLS를 추적한다.

연결 설립에 필요한 각종 유무선 채널의 관리는 ATM 스위치에서 유선 채널을 관리하는 CHS와, 기지국에서 무선 채널을 관리하는 CHS가 수행하며 이러한 채널 서버의 지원을 바탕으로 라우팅을 담당하고 있는 COS가 있다. HCS와 RCS는 호에 대한 전반

적인 처리 기능을 가진다. USS는 단말에 관한 정보 및 단말의 기능을 가지고 단말을 대신하여 서비스를 수행한다. 각 서버의 기능을 <표 1>에서 요약하였다 [10].

<표 1> 분산 호 처리 구조에서 서버의 기능
<Table 1> Functions of servers in distributed call processing architecture

서버	기능
호 제어 서버 (Call Server)	<ul style="list-style-type: none"> • 호를 위한 망 상태 관리 • 사용자와 서버 사이의 협상 • 홈 호 제어 서버(Home call server) <ul style="list-style-type: none"> - 홈 망에 있는 자기 망 단말을 서비스 • 로밍 호 제어 서버(Roamers call server) <ul style="list-style-type: none"> - 다른 망에 있는 자기 망 단말을 서비스
유저 시그널링 서버 (User Signaling Server)	<ul style="list-style-type: none"> • 각 단말에 대응하는 유저 프로세스 관리 • 서비스 프로파일 유지 • 이동 단말의 페이징
연결 서버 (Connection Server)	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 정보를 위한 경로 설정 • 위치와 QoS에 따라 경로 배정 수행 • 연결 설립을 위해 Channel server와 상호 작용
채널 서버 (Channel Server)	<ul style="list-style-type: none"> • 링크 자원 관리 • ATM 채널 서버-VPI/VCI 할당 • 무선 채널 서버-무선 채널 할당
위치 관리 서버 (Location Server)	<ul style="list-style-type: none"> • 망 내 단말의 위치 추적 • 방문 위치 관리 서버(Visitors location server) <ul style="list-style-type: none"> - 다른 망에서 온 단말의 위치 추적 • 홈 위치 관리 서버(Home location server) <ul style="list-style-type: none"> - 자기 망 단말의 위치 추적

3. 클러스터 개념을 이용한 위치 등록 프로토콜

이 장에서는 분산 호 처리 구조에서 마이크로 셀 환경에 적합한 위치 등록 방법에 대해 기술한다. 클러스터란 여러 개의 셀로 구성되는 셀의 집합이다. 클러스터 개념을 이용할 때, 단말은 클러스터 내에서 power-on 했을 경우와 망내의 클러스터 사이를 이동했을 경우 위치 등록을 수행한다. 이는 셀 단위의 위치 등록 방법에 비해 위치 등록 확률을 현저하게 감소시키므로써 무선 자원의 효율을 높일 뿐만 아니라 셀간에 고속으로 이동하는 단말의 연속적인 위치 변화에 대한 시스템의 처리 부하, 데이터 베이스의 갱신 등 셀 소형화로 인한 많은 문제점을 해결해 준다.

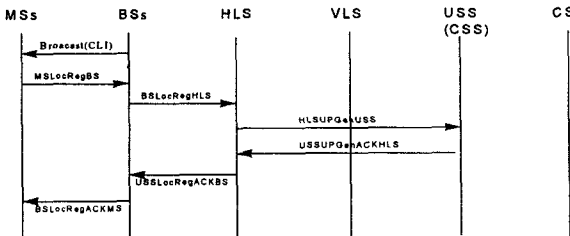
효과적인 클러스터간 위치 등록과 페이징을 위한

위치 추적을 위해 각 클러스터에는 CCS(Cluster Control Server)를 둔다. CCS는 시스템의 부하에 따라 USS (User Signaling Server)에 그 기능을 두거나, 분리시켜 독립된 시스템으로 둘 수 있다. 본 논문에서는 USS에 CCS의 기능들을 둔다고 가정한다.

이동 단말의 위치 등록을 위해 클러스터 내의 기지국들은 같은 클러스터 위치 구역 식별 번호(CLI)를 방송한다. 따라서 이동국은 클러스터 내에서 power-on 했을 때와 클러스터로의 이동에 의하여 처음으로 CLI를 받았을 때 위치 등록을 수행한다.

위치 등록 절차는 단말이 power-on 했을 때, 클러스터 사이를 이동했을 때, 단말이 홈망에 있을 때, 로밍 중일 때에 따라 달라진다. 각 경우 조합하여 위치 등록을 위한 시그널링 과정을 나타내면 다음과 같다. 단, 한 개의 망 클러스터가 하나의 클러스터를 관리한다고 가정한다.

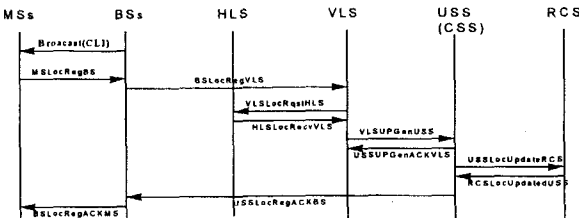
1) 홈망에서 power-on한 경우



(그림 2) 홈망에서 power-on한 경우의 위치 등록 절차 (Fig. 2) Location registration procedure for power-on at home network

(그림 2)는 단말이 홈망이 관리하는 셀에 있으면서 전원을 켜고 위치 등록하는 절차를 나타낸다. 이때 단말은 단지 HLS에게 등록하게 된다.

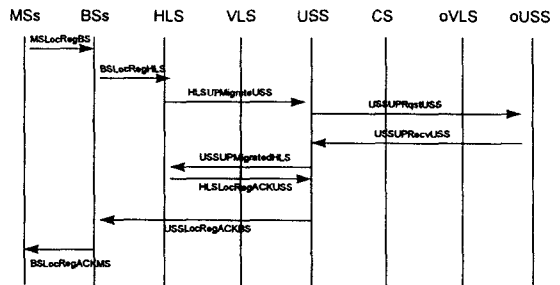
2) 로밍망에서 power-on한 경우



(그림 3) 로밍망에서 power-on한 경우의 위치 등록 절차 (Fig. 3) Location registration procedure at foreign network

(그림 3)은 로밍 중에 전원을 켜는 경우 위치 등록 절차이다. 단말이 BS로부터 CLI를 포함하는 시스템 정보 방송 시그널을 받으면 위치 등록을 한다. 위치 등록 시그널은 VLS로 전달되고 VLS는 USS에게 사용자 프로세스를 생성하도록 시그널을 보낸다. USS는 CS에게 단말이 클러스터 내에 들어 왔음을 알려 호에 대한 정보를 생성하도록 한다.

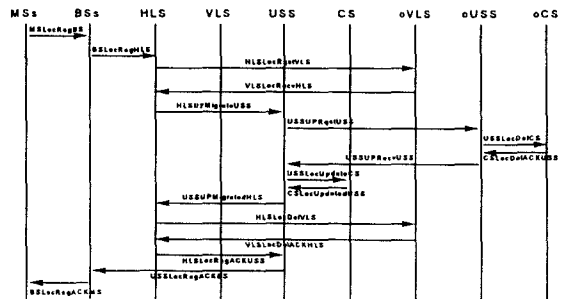
3) 홈망에서 클러스터간 이동



(그림 4) 홈망에서 클러스터간 이동한 경우 위치 등록 절차 (Fig. 4) Location registration procedure for inter-cluster roaming with in home network

홈망에서 클러스터 사이를 이동하면 단말은 위치 등록을 수행하여 HLS의 내용을 갱신 시킨다.

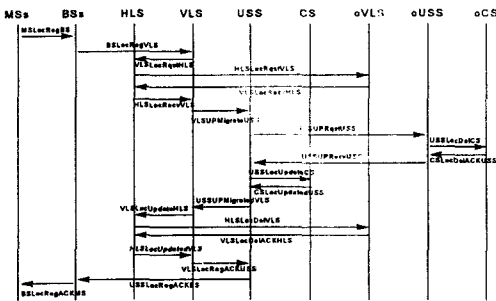
4) 로밍망에서 홈망으로 이동한 경우



(그림 5) 로밍망에서 홈망으로 이동한 경우의 위치 등록 절차 (Fig. 5) Location registration procedure for returning home network from

로밍망에서 홈망으로 이동할 때 단말은 HLS에 위치 등록을 하고 HLS는 로밍망의 VLS에 있는 단말을 정보를 없애기 위한 시그널을 VLS에게 전송한다.

5) 로밍망에서 다른 로밍망으로 이동한 경우



(그림 6) 로밍망에서 다른 로밍망으로 이동한 경우의 위치 등록 절차

(Fig. 6) Location registration procedure for roaming between foreign networks

단말이 로밍망 사이를 이동하면 새로운 로밍망의 VLS에 위치 등록을 하고 새로운 VLS는 HLS에게 단말이 이동했음을 알린다. HLS는 단말이 이동하기 전의 VLS에 이 정보를 전송해서 VLS가 단말에 관한 정보를 삭제하도록 한다. <표 2>는 위의 그림에서 본 위치 등록시 필요한 시그널들을 정리하였다.

4. 위치 등록율의 분석

클러스트 이동에 의한 위치 등록은 위치 등록 횟수를 줄이고 이는 LS(Location Server)의 갱신 확률을 감소시킴으로써 망의 시그널링 로드와, 관련된 서버

<표 2> 제어신호와 신호의 의미
<Table 2> Control signals and their meanings

	제어 신호	제어 신호의 의미
1	MSLocRegBS	단말이 기지국으로 위치 등록 요청
2	BSLocRegHLS	기지국이 홈의 위치 서버에 위치 등록을 요청
3	HLSUPGenUSS	위치 서버가 유저 시그널링 서버에게 단말을 위한 프로세스 생성 요청
4	USSUPGenACKHLS	프로세스 생성 요구에 대한 응답
5	USSLocRegACKBS	기지국으로 위치 등록 수행에 대한 응답 전송
6	BSLocRegACKMS	단말에게 위치 등록 수행 완료를 알림
7	BSLocRegVLS	기지국이 VLS로 단말의 위치를 등록
8	VLSLocRqtHLS	VLS가 HLS에게 단말의 현재 위치를 등록
9	HLSLocRecvVLS	HLS가 VLS의 위치등록에 대한 응답 신호를 전송
10	VLSUPGenUSS	위치 서버가 유저 시그널링 서버에게 단말을 위한 프로세스 생성 요청
11	USSUPGenACKVLS	프로세스 생성 요구에 대한 응답
12	USSLocUpdateRCS	USS가 RCS에게 단말이 클러스터 내에 있음을 알림
13	RCSLocUpdateUSS	12번 시그널에 대한 응답
14	HLSUPMigrateUSS	HLS가 이동한 클러스터의 USS에게 전의 USS로부터 유저 프로세스에 관한 정보를 전달받도록 명령
15	USSUPRqtUSS	현재 단말이 위치한 클러스터의 USS가 전에 단말이 있었던 클러스터의 USS로부터 유저 프로세스에 관한 정보 요청
16	USSUPRecvUSS	15번 시그널에 대한 응답
17	USSUPMigratedHLS	14번 시그널에 대한 응답
18	HLSLocRegACKUSS	17번 시그널에 대한 응답
19	HLSLocRqtVLS	HLS가 VLS에게 USS에 관한 정보 요청
20	VLSLocRecvHLS	19번 시그널에 대한 응답
21	USSLocDelCS	USS가 전의 호처리 서버에게 단말에 관한 정보를 삭제할 것을 요청
22	CSLocDelACKUSS	21번 시그널에 대한 응답
23	HLSLocDelVLS	HLS가 VLS에게 단말을 정보를 삭제할 것을 요청
24	VLSLocDelACKHLS	23번 시그널에 대한 응답
25	VLSUPMigrateUSS	VLS가 이동한 클러스터의 USS에게 전의 USS로부터 유저 프로세스에 관한 정보를 전달받도록 명령
26	USSUPMigratedVLS	14번 시그널에 대한 응답

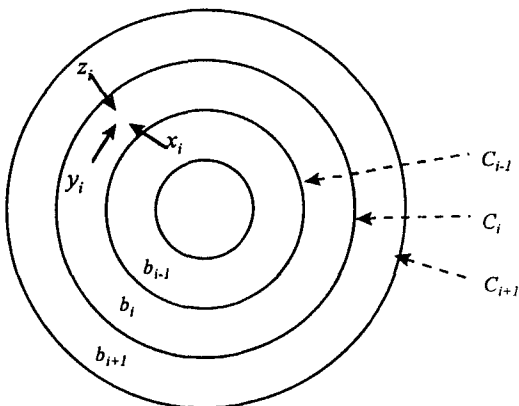
들의 메시지 처리량을 줄여 망 전체의 효율을 높인다. 단말의 위치 등록 확률은 클러스터의 크기, 단말의 이동 경로, 클러스터의 구성, 단말의 이동 속도 등 여러 가지 요소들에 의해 영향을 받는다. 클러스터를 구성할 때는 단말의 이동성에 의한 위치 등록과 핸드오버에 따른 부하가 최소가 될 경계를 찾는 것이 중요하다.

여기에서는 2차원의 셀 구조에서 클러스터의 크기와 시간에 대한 위치 등록 확률을 구하므로써 클러스터의 크기가 시간의 경과에 따라 위치 등록에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

먼저 클러스터 크기에 따른 일반화된 식을 구하기 위해 (그림 7)과 같은 클러스터 구조 모델을 이용한다. 각 원에서 안쪽 원들을 제외한 부분을 밴드라고 하며, 각 밴드는 한 개 이상의 셀들로 구성된다. 중심 원부터 차례로 밴드 0, 밴드 1, 밴드 2,...라고 하고 b_0, b_1, b_2, \dots 로 나타낸다.

클러스터는 밴드들로 구성되고 클러스터 0, 클러스터 1, 클러스터 2,...는 각각 C_0, C_1, C_2, \dots 로 나타낸다. 클러스터 k 가 포함하는 밴드는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_k = \bigcup_{i=0}^k b_i \quad (k \geq 0) \tag{1}$$



(그림 7) 클러스터 구조
(Fig. 7) Cluster architecture

C_k 일 때 시간 t 후에 단말이 적어도 한번 위치 등록할 확률, 즉 클러스터 k 밖으로 적어도 한번 나갈 확

률을 $P_{C_k}(t)$ 로 나타낸다. 이를 구하기 위해 먼저 클러스터의 크기에 관계없이 어떤 시간 t 에 단말이 b_i 에 있을 확률 $P_{b_i}(t)$ 를 구해야 하는데, 이 때 단말은 $t=0$ 일 때 밴드 0의 중심에서 출발하며 단위 시간에 인접 밴드의 셀로 이동하거나 자신의 밴드에 속한 다른 셀로 이동할 수 있다고 가정한다. 따라서 $P_{b_i}(t)$ 는 $t-1$ 시간에 b_{i-1} 에 단말이 있을 확률 $P_{b_{i-1}}(t-1)$, b_i 에 단말이 있을 확률 $P_{b_i}(t-1)$, b_{i+1} 에 단말이 있을 확률 $P_{b_{i+1}}(t-1)$ 과 이들 단말이 각 밴드로부터 b_i 로 이동할 확률 즉 b_{i-1} 에서 b_i 로 이동할 확률 P_{x_i} , b_i 에 있는 단말이 자신의 밴드에 머물 확률 P_{y_i} , b_{i+1} 에서 b_i 로 이동할 확률 $P_{z_i}(t)$ 에 의해서 영향을 받는다. 이를 식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$P_{b_i}(t) = [P_{b_{i-1}}(t-1), P_{b_i}(t-1), P_{b_{i+1}}(t-1)] \begin{bmatrix} P_{x_i} \\ P_{y_i} \\ P_{z_i} \end{bmatrix} \quad (i \geq 0, t \geq 1) \tag{2}$$

(단, b_0 에서 $P_{b_{i-1}}(t-1) = 0$ 이다.)

식(2)에서 b_0 는 밴드 중 가장 안쪽 밴드이므로 이 밴드의 인접한 안쪽 밴드에 단말이 위치할 확률은 0이다.

$P_{C_k}(t)$ 는 시간 t 후에 클러스터 k 의 밖에 단말이 있을 확률이다. 이는 $t-1$ 시간에 클러스터 k 밖에 있는 단말의 확률에, $t-1$ 시간에 클러스터 k 밖으로 나가게 될 단말의 확률을 더한 값이 된다. 이 때 클러스터 k 밖으로 나가는 단말은 단지 $t-1$ 시간에 밴드 k 에 있던 단말뿐이다. 따라서 클러스터 k 일 때 시간 t 에 위치 등록 할 확률 $P_{C_k}(t)$ 는 다음과 같다.

$$P_{C_k}(t) = [P_{C_k}(t-1), P_{b_k}(t-1)] \begin{bmatrix} 1 \\ P_{x_{k+1}} \end{bmatrix} \tag{3}$$

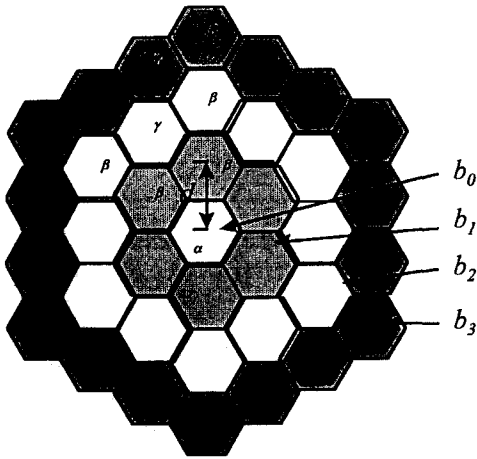
식 (3)에서 $P_{C_k}(t)$ 을 구하기 위해 필요한 확률값 $P_{b_k}(t-1)$ 을 계산하기 위해서는 시간 $t-1$ 에 밴드 k 에 단말이 있을 확률을 추적할 필요가 있다. 이는 식 (2)를 이용하되 클러스터 k 일 때 밴드 k 까지의 확률값만 구하면 된다. 따라서 $P_{C_k}(t)$ 를 위한 $P_{b_i}(t)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{b_i}(t) = [P_{b_{i-1}}(t-1), P_{b_i}(t-1), P_{b_{i+1}}(t-1)] \begin{bmatrix} P_{x_i} \\ P_{y_i} \\ P_{z_i} \end{bmatrix} \quad (0 \leq i \leq k, t \geq 1) \tag{4}$$

(단, b_k 에서 $P_{z_i} = 0$ 이다.)

식 (2)에서 b_k 의 확률 $P_{b_k}(t)$ 은 클러스터 k 밖으로 나간 단말이 다시 밴드 k 로 들어올 확률인 $P_{b_{k+1}}(t-1) * P_{b_k}(t)$ 을 포함하고 있으나 이는 한번 위치 등록된 단말이 다시 클러스터 내로 들어오는 경우로 $P_{C_k}(t-1)$ 에 이미 포함되어 있다. 즉 일단 클러스터 k 밖으로 한번이라도 나간 단말은 식 (3)의 $P_{C_k}(t-1)$ 에 의해 위치 등록 확률에 포함되므로 이들이 다시 클러스터의 내부로 들어올 확률인 P_{b_k} 를 0으로 해야한다. 따라서 시간 t 에 위치 등록 확률이란 시간 $t-1$ 에 아직 클러스터 내부에 남아 있는 단말의 확률 중에서 클러스터 밖으로 나가는 단말의 확률을 $P_{C_k}(t-1)$ 에 가산시킴으로써 구할 수 있다.

마지막으로, 식 (4)에서 계산된 값을 이용하여 식 (3)의 $P_{C_k}(t)$ 을 구할 수 있다.



(그림 8) 육각형 셀 구조 모델
(Fig. 8) Hexagonal cell structure model

본 논문에서 제시한 위치등록율 분석의 타당성을 보이기 위하여 여기까지 유도한 식을 육각형 셀 구조에 적용하여 위치 등록 확률을 계산하고 이를 같은 가정하에서 시뮬레이션한 결과와 비교한다.

먼저 유도된 식을 이용하여 (그림 8)과 같은 육각형 셀 구조에서 클러스터 크기를 정할 때 각 클러스터에서 시간이 흐름에 따른 위치 등록율을 구하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같이 가정한다.

1. 모든 셀에 대하여, 셀의 크기는 동일하다.
2. 단말은 단위 시간에 어떤 셀의 중심에서 이웃 셀

의 중심으로 이동한다.

3. 단말은 셀의 중심에서 다음 이동할 셀을 결정하고 일단 다음 이동할 셀을 결정하면 그 셀의 중심에 도달 후 다시 다른 방향으로의 이동이 가능하다.
4. 각 셀에서 6 방향의 인접 셀로 이동할 확률은 같다.
5. 단말은 밴드 b_0 의 셀 중심에서 출발한다.

클러스터 k 일 때 위치 등록 확률을 구하기 위해서는 먼저 각 시간에 밴드 0에서 밴드 k 에 단말이 있을 확률을 구하고 여기서 밴드 k 에 있는 단말이 밴드 $k+1$ 로 이동할 확률을 구해야 한다. (그림 8)에서 보는 바와 같이 육각형 셀 구조에서는 각 밴드에 포함되는 셀 α, β, γ 에 따라 자신이 속한 밴드에서 바깥 밴드로 이동할 확률, 안쪽 밴드로 이동할 확률, 자신의 밴드에 속하는 다른 셀로 이동할 확률이 달라진다. 이 값을 <표 3>에서 나타내었다.

<표 3> 단말의 이동 확률표
<Table 3> Probability of terminal movement

	α	β	γ
바깥 밴드로 이동할 확률	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
안쪽 밴드로 이동할 확률	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$
자신의 밴드에 머물 확률	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

예를 들어, 클러스터 1인 경우 위치등록율을 구하기 위해서는 식 (4)를 이용해 밴드 0과 밴드1에 단말이 있을 확률을 구한다.

$$[P_{b_k}(t)] = [P_{b_{-1}}(t-1), P_{b_0}(t-1), P_{b_1}(t-1)] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 6 \end{bmatrix} (t \geq 1) \tag{5}$$

식 (5)에서 밴드 -1 은 존재하지 않으므로 확률을 0, 밴드 0에는 단지 한 개의 셀만이 있으므로 어떤 셀에 밴드 0의 다른 셀로부터 단말이 이동할 확률은 0, 밴드 1의 어떤 셀에서 밴드 0에 있는 셀로 단말이 이동할 확률을 $\frac{1}{6}$ 이다.

$$[P_b(t)] = [P_{b_0}(t-1), P_{b_1}(t-1), P_{b_2}(t-1)] \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{3} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (t \geq 1) \tag{6}$$

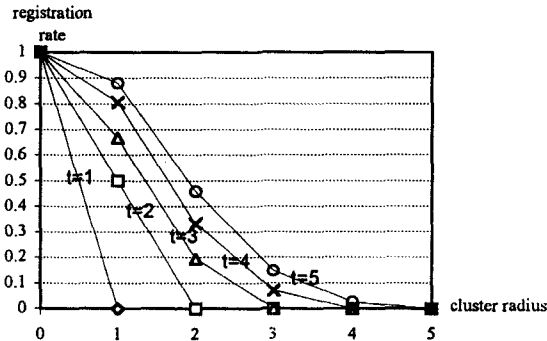
식 (6)은 밴드 0에 있는 어떤 셀이 밴드 1의 셀과 접한 면은 6면중 6면이므로 밴드 0에서 밴드 1로 이동할 확률은 1, 밴드 1의 셀이 밴드 0의 셀로 이동할 확률은 접한 면이 2면이므로 $\frac{1}{3}$, 클러스터 1인 경우의 확률을 구하므로 앞서 설명한 이유로 클러스터 경계면인 밴드 2에서 밴드 1로 이동할 확률은 0이다.

식 (5)와 (6)에서 구한 값을 이용하여 클러스터 1인 경우의 위치 등록 확률을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$[P_{C_1}(t)] = [P_{C_1}(t-1), P_{b_1}(t-1)] \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix} \tag{7}$$

식 (7)에서 밴드 1에 있는 단말이 밴드 2로 이동할 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 어떤 시간 t 에 위치 등록 확률은 $t-1$ 에 위치 등록 확률과 밴드 1에 있는 단말이 밴드 2로 이동할 확률의 합이다.

각 클러스터 크기에 대해 각 시간에 위치 등록이 일어날 확률을 그래프로 나타내면 (그림 9)과 같다.



(그림 9) 분석에 의한 위치 등록 확률

(Fig. 9) Location registration probability by analysis

(그림 9)에서 보는 바와 같이 클러스터의 크기가 커질수록 위치 등록 확률은 감소함을 알 수 있다. 특히 클러스터가 단지 1개의 셀로 구성된 경우 즉, 클러스

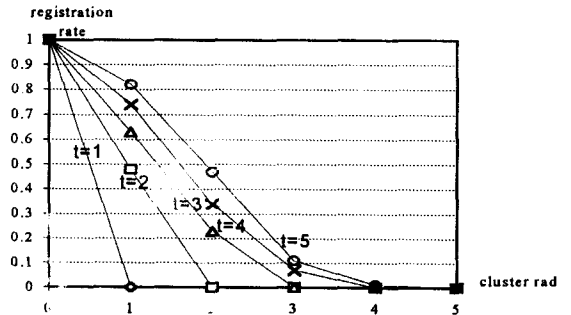
터 0인 경우와 비교할 때 클러스터의 크기가 커질수록 위치 등록율은 현저하게 감소된다.

시뮬레이션을 위한 셀 구조는 x 와 y 에 의한 좌표로 나타낼 수 있다. 시뮬레이션에서 사용한 셀 구조의 크기는 11x11로 정하였다. 각 셀은 (x, y) 좌표에 의해 구분되고 셀 (i, j) 의 인접 셀은 $(i-1, j-1), (i-1, j), (i, j+1), (i+1, j+1), (i+1, j), (i, j-1)$ 이 된다. 임의의 셀에 있는 단말은 단위 시간에 6면에 인접한 셀 중의 한 셀로 이동한다. 이것은 랜덤하게 생성되는 값에 의해 결정된다. 각 셀은 자신의 밴드 번호를 가지고 있어 단말이 클러스터의 경계를 지난 것을 검사할 수 있도록 하였다.

시뮬레이션을 위한 파라미터는 다음과 같다.

- 클러스터 크기: 1~5
- 경과 시간: 5

단말은 항상 셀 구조의 중심 셀에서 출발하고 각 클러스터 당 100개의 단말을 출발시켜 단말이 각 시간대에 위치 등록하는 비율을 조사하였다.



(그림 10) 시뮬레이션에 의한 위치 등록 비율

(Fig. 10) Location registration probability by simulation

(그림 10)은 클러스터의 크기에 따른 위치 등록 비율을 시간별로 나타낸 시뮬레이션 결과이다. 여기서 분석에 의한 위치 등록 확률과 시뮬레이션에 의한 위치 등록 비율이 거의 유사한 값을 나타냄을 알 수 있다.

클러스터의 크기는 페이지링 수신 단말의 위치 추적 정확도에 큰 변수로 작용하므로 클러스터의 크기가 커질수록 위치 등록 횟수를 감소시킬 수 있지만

위치 추적을 위한 지연 시간을 길게 하므로 클러스터 크기를 결정하는데 이를 고려해야 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 ATM망을 기반으로 하는 분산 호 처리 구조를 근간으로 하여, 마이크로 셀 환경에 적합한 위치 등록 프로토콜에서 클러스터 크기와 시간의 흐름에 따른 위치 등록 확률을 계산하여 클러스터 크기와 위치 등록율의 관계를 정량적으로 분석하였다. 또 실제로 육각형 셀 구조에 적용하여 위치 등록 확률을 클러스터의 크기에 따라 구해 보고 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다. ATM망을 기반으로 하는 분산 호 처리 구조에서 클러스터 개념을 이용한 위치 등록은 유무선 자원을 절약할 뿐만 아니라 이를 처리하는 시스템의 과부하를 방지할 수 있을 것이다.

향후 클러스터 개념을 이용한 위치 등록에서 호 처리시 발생하는 한 번 이상의 페이징을 효과적으로 감소시킬 수 있는 클러스터의 크기와 클러스터를 구성하는 셀을 결정하는 방법에 관해 연구할 것이다. 또한 클러스터 개념을 이용한 위치 등록에서, 위치 등록율을 더욱 개선시키기 위해서 개인의 이동성을 고려한 위치 등록 방안에 관해서도 연구할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Sami Tabbane, An Alternative for Location Tracking, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 13, NO. 5, pp. 880-892, June 1995.

[2] D. Plassmann, Location management strategies for mobile cellular networks 3rd generation, IEEE Vehicular Technology Conference pp. 649-653, June 1994.

[3] Joseph S. M. Ho and Ian F. Akyildiz, A Dynamic Mobility Tracking Policy for Wireless Personal Communication Network, IEEE GLOBECOM. pp. 1-5, Nov. 1995.

[4] Bora A. Akyol and Donald C. Cox, Handling Mobility in a Wireless ATM Network, IEEE INFOCOM. pp. 1405-1413, 1996.

[5] M. Veeraraghavan, M. Karol and K. Y. Eng, Mobility Management in a Wireless ATM LAN, IEEE GLOBECOM. pp. 316-321, Nov. 1995.

[6] H. Jung, S. Mishra and O. K. Tonguz, Efficient Location Management in PCS, The Sixth IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC95. pp. 284-288, 1995.

[7] Thomas F. La Porta, Malathi Veeraraghavan, Philip A. Trenti, and Ramachandran Ramjee, Distributed Call Processing for Personal Communications Services, IEEE Communications Mag., pp. 66-75, June 1995.

[8] Malathi Veeraraghavan, Thomas F. La Porta, and Ramachandran Ramjee, A Distributed Control Strategy For Wireless ATM Networks, Proc. of ICC. pp. 750-755, 1995.

[9] Malathi Veeraraghavan, Thomas F. La Porta, An Improved Mobile Tracking and Location Procedure for ATM-based PCNs, IEEE GLOBECOM. pp. 6-11, Nov. 1995.



홍 용 표

1968년~1973년 3월 한국항공대학 졸업 통신공학과(학사)
 1984년 8월~1989년 8월 연세대학교 산업대학원 전자공학과(석사)
 1991년 3월~ 한국항공대학교 통신공학과(박사과정)

현재 : 한국통신 네트워크본부 시내교환계획국장
 관심분야 : 정보통신망 설계분야



박 선 영

1995년 경북대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1993년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사)
 1995년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과(박사과정)

관심분야 : 이동통신, 통신 프로토콜, ATM, 멀티미디어 통신



이 진

1961년 2월 한국항공대학교 통신공학과 졸업

1972년 8월 한양대학교 대학원 졸업(석사)

1987년 8월 경희대학교 대학원 졸업(박사)

현재: 한국항공대학교 항공통신 정보공학과 교수

한국항공대학교 전자정보통신개발연구소 소장

한국통신학회 회장

관심분야: 정보통신정책, 통신경영, 전파통신