

# 이동국의 이동이력을 이용한 IS-41 기반 동적위치관리

이 태 로<sup>†</sup> · 한 치 근<sup>††</sup> · 조 동 호<sup>†††</sup>

## 요 약

개인통신 시스템과 같은 이동통신 시스템에서는 이동관리를 효율화하는 방안으로 이동국의 트래픽과 이동패턴을 이용하여 신호 트래픽을 최적화하는 방법들이 제안되고 있다.

IS-41 표준은 LA를 고정크기의 임의의 셀들을 모아 구성하였기 때문에 이동국의 이동특성을 전혀 고려하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 IS-41 표준을 기반으로 이동국의 이동이력을 이용하여 LA의 인접셀들을 LA에 선별적으로 포함시켜 새로운 동적 LA를 만들고, 이때 이동국의 이동속도에 따라 다시 LA의 크기를 조정할 수 있는 위치관리 방법을 제안하였다. 아울러 페이징 효율을 높이기 위한 방안으로 LA내의 셀들에게 페이징 우선순위를 부여하였다.

제안한 방식과 기존의 방식을 비교하기 위하여 수학적 분석을 통해 성능평가를 하였다. 성능평가 결과 본 논문에서 제안한 방식이 기존의 방식에 비하여 성능이 매우 향상된 것으로 나타났다.

## An IS-41 Based Dynamic Location Management using the Mobility History of Mobile Station

Tae-Ro Lee<sup>†</sup> · Chi-Geun Han<sup>††</sup> · Dong-Ho Cho<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In the mobile communication systems such as PCS(Personal Communication Service), several strategies have been proposed to optimize the signalling traffic load by using the characteristics of traffic and mobile patterns for effective mobility management.

According to IS-41 standard, LA(Location Area) consists of static and arbitrarily-defined set of cells, which do not take into account mobility patterns of mobile stations. In this paper, we propose an improved location management mechanism which contains the neighbor cells of the LA selectively using the mobility history of a mobile station and accommodates the LA size adaptively according to the speed of the mobile station. Also, we use the paging priorities for cells in LA to improve the paging efficiency.

We compare the performance of conventional mechanism with that of the proposed mechanism using numerical analysis. The analysis results show that the proposed location management mechanism is better than conventional mechanism significantly.

### 1. 서 론

무선자원은 한정적인데 이동가입자의 수가 계속 증

가하여 기존의 방법으로는 늘어나는 트래픽을 감당하기 어렵게 되었다. 이것을 해결하기 위한 방법으로 무선셀의 크기를 점차 줄여 현재는 피코셀의 시대를 맞이하고 있다. 이러한 작고 저전력 셀의 개념은 디지털 PCS의 차세대가 추구하는 바이다[1]. 그러나 셀의 크기를 작게 하면 위치등록을 자주하게 되어 위치관리

† 정 회 원 : 고려대학교병설 보건대학 교수  
†† 정 회 원 : 경희대학교 전자계산공학과 교수  
††† 총신회원 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수  
논문접수 : 1998년 5월 25일, 심사완료 : 1999년 2월 19일

비용을 증가시킬 뿐만 아니라 신호 트래픽을 증가시켜 사용자 트래픽에 사용될 무선 대역폭을 감소시키고 있다. 따라서 이러한 PCS 망 환경에서 이동이 자유로운 이동국을 효율적으로 지원할 수 있는 위치관리 방법이 필요하다.

현재 위치관리 방법은 2가지의 표준(IS-41과 GSM MAP)이 있다[2]. 위치관리의 목적은 망에 등록된 이동국의 위치정보를 항상 최신의 것으로 유지하로서 인입호들의 경로설정을 효율적으로 하기 위한 것이다. 위치관리의 기본적인 처리는 위치갱신과 페이징이다. 위치갱신은 이동국이 자신이 현재 속해 있는 LA(Location Area)에서 기지국에 요청하로서 시작되고, 페이징은 인입호가 도달하면 목적지 이동국을 찾기 위해 망에서 PA(Paging Area)에 페이징 메시지를 방송하는 것이다. 현재 LA와 PA는 동일한 개념으로 사용되며, 한 개 이상의 셀들로 구성된다. LA의 크기에 따른 위치등록 비용과 페이징 비용은 상대적이다. 즉, LA의 크기를 크게 하면 위치등록의 비용은 적게 드는 반면 페이징 비용이 많이 들고, 반대로 LA의 크기를 작게 하면 위치등록의 비용은 많이 드는 반면 페이징 비용이 적게 든다. 그러므로 LA의 크기를 적절하게 하므로써 위치관리 비용을 줄이는 것이 필요하며, 그 크기는 이동국의 속도에 따라 최적의 크기가 달라지게 된다.

특히 무선자원이 부족하기 때문에 이동통신에서 이용할 수 있는 무선채널은 매우 한정적이다. 비교적 적은 무선채널을 가지고 많은 PCS 가입자들을 지원하기 위해서 대부분 현재 PCS 망은 "셀룰러"구조를 사용하고 있고[3], 위치관리를 효율적으로 하기 위한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

한편, IS-41 표준은 다음과 같은 문제점을 가지고 있기 때문에 무선자원의 낭비를 초래하고 있다.

첫째, 위치등록은 주로 LA 경계에서 발생하기 때문에 경계를 통과하는 경우에는 매번 위치등록이 이루어진다. 특히, 두 LA간의 경계를 빈번히 왕래하는 경우가 현실적으로 나타날 수 있는데, 이는 신호 트래픽을 폭주시키는 원인이 된다.

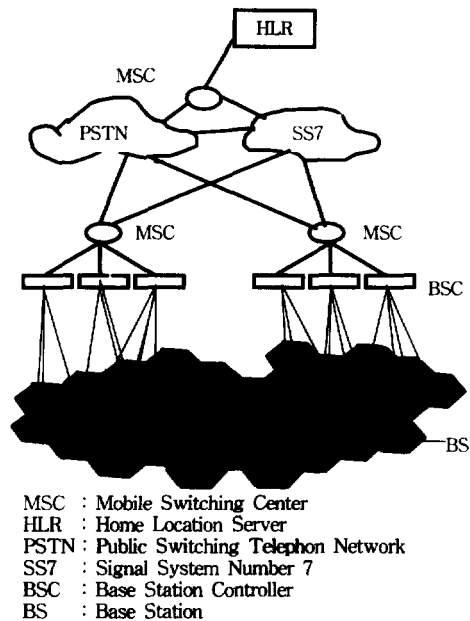
둘째, LA의 크기가 고정되어 이동국의 트래픽 밀도와 이동속도의 변화에 따른 융통성 있는 망의 운영이 어렵다.

셋째, 이동국의 이동특성(이동국이 자주 방문하는 지역이나 머무는 시간 등)이 전혀 고려되어 있지 않아 비효율적이다.

넷째, 호가 도착할 때마다 LA내 모든 셀들에게 페이징하로서 무선 방송 트래픽을 과도하게 만드는 결과를 초래한다.

또한, 이동국이 이동할 경우에 속도가 빠르면 때를 수록 LA를 더욱더 자주 통과하게 되는데, 이 경우에는 위치등록의 횟수가 증가하게 되어 위치갱신을 위한 신호 트래픽이 증가하게 된다. 그러므로 속도에 따라 LA의 크기를 조절할 수 있는 위치관리 방법이 필요하다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 이동국의 이동이력을 이용한 위치관리 방법을 제안하였으며, 사용한 망의 구조는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) PCS 망의 구조  
(Fig. 1) PCS Network architecture

본 논문의 구성은 서론에 이어, 제 2장에서는 기존 연구를 분석하여 장단점을 검토하였다. 제 3장에서는 기존 방식의 문제점들을 토대로 이동이력을 이용한 위치관리 방법을 제안하였고, 제 4장에서는 이를 수학적 분석을 통해 성능분석 하고, 제 5장에서는 제안한 방식과 IS-41 표준 및 최신의 연구와 성능비교를 하였다. 끝으로 6장에서 결론을 맺었다.

## 2. 기존 위치관리 방법

위치관리 비용은 위치등록과 페이징을 위한 신호

트래픽과 데이터베이스 트랜잭션의 양에 의하여 결정된다. 따라서 신호 트래픽의 양을 감소시키기 위해서는 위치등록 및 페이징 영역을 적절히 설계하여야 한다[4].

기존 시스템의 LA는 트래픽 패턴의 통계량에 따라 고정크기로 구성하고 있다. 따라서 LA는 지형과 시간의 변화에 관계없이 크기가 동일하고, 이동국의 이동 패턴과 관계없이 모든 이동국에게 동일하게 적용한다.[1, 5] 이 방법은 모든 이동국이 공간적으로나 시간적으로 동일한 이동패턴을 갖고 있지 않음에도 불구하고 동일한 크기의 LA를 사용하여 위치관리를 하고 있으므로 효율적이지 못하다.

시스템의 성능을 향상시키기 위해 그룹화 개념을 이용한 방식이 제안되었다. 이동국들을 여러 그룹으로 분할하고, 각 그룹은 이동성, 호 도착률 등 각 그룹의 특성에 따라 최적화된 영역의 크기를 갖는다. 이동성 및 호 패턴에 기반하여 등록/페이징을 최적화할 수 있으므로 시스템 비용을 줄일 수 있다. 시스템에 영향을 미치는 또 다른 요인은 모든 등록이 영역의 경계에서 발생한다는 점이다. 따라서 모든 이동국들이 동일한 방법으로 LA에 배치되면 LA의 경계에 위치한 셀들은 같은 LA내의 다른 셀들에 비해서 신호 트래픽이 훨씬 많이 된다. 이는 시스템내의 신호 트래픽이 편중되는 것을 그룹화를 이용하면 해결할 수 있다. 이 방식에서는 이동국들이 서로 다른 그룹으로 분할되며, 각 그룹이 시스템내의 서로 다른 물리영역에 매핑되므로 등록 트래픽이 일양(uniform)분포를 이루며 전체 시스템내에 균등하게 된다[6]. 이 그룹화 방식은 위치등록으로 인한 신호 트래픽을 분산시키고, 이동특성이 유사한 이동국들을 그룹화하여 그 그룹에 맞는 크기의 LA에 할당함으로써 위치관리를 효율적으로 하지만 이동국의 이동특성은 시간에 따라 변할 수 있을 뿐만 아니라 영역의 경계를 넘나드는 "ping-pong"의 문제를 해결하지 못하고 있다. 또한 이동국의 개별 이동특성을 반영하지 못하고 있다.

한편, 이동국이 계속해서 두 영역의 경계를 넘나들 때는 "ping-pong" 효과로 인해 신호 트래픽이 증가할 수 있다. 이러한 경우에는 영역을 중복되게 배치함으로써 해결할 수 있다. 즉, 이동국이 중복영역을 가로지를 때만이 등록이 이루어진다. 중복영역에서는 이동국이 어느 한 영역에 속하므로 등록 갱신이 필요없게 되어 "ping-pong"현상이 해결된다[4]. 이는 셀들을 중복

되게 배치하였기 때문에 중복영역에 속한 셀들은 페이징 트래픽이 증가한다.

다중계층 등록(multi-layer location update)방식에서는 중복영역의 개념과 그룹화 개념을 동시에 적용함으로써 불필요한 등록과정을 피하고 등록과정에서의 "ping-pong"효과를 제거하였다[7]. 그러나 이것은 고속도로를 달리는 경우에 다중계층으로 구성되어 있기 때문에 등록 트래픽이 배로 증가할 뿐만 아니라 중복영역으로 구성하였기 때문에 페이징 트래픽 또한 증가한다. 이것을 적용영역관리 방식[8]에서 전단계의 계층에 해당하는 영역코드를 갖는 셀로 진입할 경우에만 계층을 변경하고, 그외의 경우에는 계층을 변경하지 않는 방법으로 해결하였으나 이는 다시 2차 "ping-pong"의 문제를 발생시켰다.

이동국의 이동속도와 이동국이 시스템과 가장 최근 인터액션한 지역에 관한 정보를 순차적 페이징 방식에 추가한 위치관리 방법이 제안되었다[9]. 이 방법은 이동국의 이동속도를 보행자 속도(5km/hr)와 자동차 속도(30km/hr)로 구분하고, 이동국이 판단하여 시스템에 보고하도록 하였다. 보고시기는 위치갱신, 페이징 메시지에 대한 응답, 이동국이 호를 발송할 때 여분의 비트에 기록하여 보고하므로서 무선자원을 효율적으로 이용하고 있다. 이 방법은 가장 최근에 인터액션한 지역과 시간 및 이동국의 이동속도를 시스템이 알고 있다가 호가 도착하면 이 정보로 페이징 지역을 선정하고, 이 페이징 지역을 순차적으로 페이징하는 방법이다. 그러나 이 방법은 이동국의 이동속도를 산출하는 방법을 구체화하지 못했다. 또한 이동속도의 변화에 따른 LA의 크기를 동적으로 변화시키지도 못하였다.

이동국의 이동이력 기반 위치관리 방법[10]이 제안되었다. 이 방법에서는 PC(path length counter)와 HS(Movement History Stack Register)라는 2개의 레지스터를 사용하는데, PC는 셀에서 셀로 이동한 횟수를 기억하고, HS에는 이동한 셀의 ID를 기억한다. 이동한 셀의 ID를 HS에 기억시킬 때 셀의 ID가 이미 존재하는지를 검사한 후에 저장하게 되는데, 만약 셀의 ID가 존재한다면 이미 방문했던 셀로 되돌아 온 것이 되어 경로는 loop를 이루게 된다. 따라서 loop를 이루고 있는 모든 셀의 ID를 HS에서 삭제하고, 삭제된 수만큼 PC의 값도 줄이므로써 위치등록을 줄이게 된다. 이렇게 하여 PC의 값이 문턱값과 같을 때 이동국의 위치를 망에 보고한다. 이 방법은 이동 기반 방식에서 loop

을 제거한 것인데, 페이징 영역은 항상 마지막 위치등록이 이루어진 셀을 문턱값의 크기로 둘러싼 영역이 만들어진다. 이 방법은 문턱값의 크기를 설정하는 문제, 항상 기지국에서 셀의 ID를 방송해야 하는 문제가 있을 뿐만 아니라 단순히 이동한 셀들을 카운트해서 위치갱신에 반영하므로써 이동국이 동일한 경로를 반복하여 이동한다고 하더라도 loop가 발생하지 않는 한 문턱값만큼 셀을 통과할 때마다 항상 위치갱신이 발생하여 신호트래픽을 줄이지 못하는 문제가 있다. 즉, 이동국이 자주 방문하는 셀들에 대해 동일하게 적용함으로써 이동국의 특성을 살리지 못하는 문제가 있다.

사용자 프로파일을 이용하여 LA를 개별화하는 방식들이 몇 가지 제안되었다[1,11,12]. 그러나 그들의 생성과 유지관리는 물론 상세한 내용이 잘 정의되어 있지 않았다. 또한 개별 LA를 동적으로 결정하도록 제안한 알고리즘들은 일반적으로 지나치게 복잡하므로 이동국에서 지원할 수가 없다[13,14]. 또 다른 제안에서는 유사한 이동패턴을 갖는 이동국들을 그룹화하고 있다[15]. 그럴듯해 보이지만 그러한 그룹화는 각 이동국들의 이동패턴이 수시로 변하기 때문에 개별적인 이동국의 이동패턴을 고려할 수가 없다. 중요한 것은 행동이 바뀌더라도 알고리즘이 여전히 유연하고 효율적이고 복잡하지 않아야만 한다는 것이다. 또 다른 알고리즘에서는 여행(가입자의 이동)의 공간적이고 시간적인 특성을 활용하고 있다[16,17]. 고정된 LA가 사용되었을 때 특정 가입자들은 매일 한번의 여행에서 몇 개의 LA를 통과하게 된다. 이것을 해결하기 위해서 사용자 프로파일의 정보를 기반으로 자주 방문한 셀들을 기존 LA에 포함시켜서 반복된 위치갱신을 줄이고 있다[1]. 이것은 이동국의 이동패턴에 기반을 두고 LA를 동적으로 구성하는 장점을 가진 반면 시스템이 복잡하고, 이동국의 이동속도에 따라 유연하게 LA의 크기를 변화시키지 못하고 있다. 또한 프로파일 기반 위치관리 방식 중에는 정해진 시간에 이동국이 존재하는 위치를 추정할 수 있을 때 매우 효과적인 위치관리 방법[18]이 있다. 이 방법은 시스템이 정해진 시간에 어떤 이동국이 어느 위치에 있을 것이라는 것을 미리 추정하는 방식이다. 이러한 추정을 위한 정보는 이동국이 제공하거나 이동국의 이동이력을 이용하고 있다. 추정한 위치는 확률이 높은 순서대로 시스템이 리스트를 저장한다. 그래서 호가 도착하면 리스트의 순서대로 페이징을 하게 된다. 이 방법은 이동국이 낮은 곳으로 이동

할 경우에는 더욱더 많은 위치갱신이 발생하여 무선상의 신호트래픽을 가중시킬 뿐만 아니라 시스템은 각각의 셀에 대한 정보를 저장하여야 하고, 이동할 때마다 계산을 해야하므로 시스템이 복잡해지며, 이동국의 이동속도에 따른 영역의 크기를 고려하고 있지 못하므로 효율적이지 못하다.

따라서 시스템이 복잡하지 않으면서 각 이동국의 이동패턴에 따라 LA를 동적으로 구성하고, 속도에 따라 유연하게 LA의 크기를 조절할 수 있는 위치관리 방법이 필요하다. LA의 크기가 커지면 페이징 비용이 증가하게 되는 데, 이것을 최소화 할 수 있는 방식 또한 필요하다.

### 3. IS-41 기반 동적 위치관리

본 논문에서는 위치등록과 페이징으로 발생하는 신호 트래픽을 최소화하기 위해 이동국의 이동이력을 이용하여 LA의 크기를 동적으로 조정하므로써 위치등록의 횟수를 줄이고, 페이징을 효율적으로 하기 위하여 PA내의 셀들에게 페이징 우선순위를 부여하는 위치관리 방법을 제안하였다.

제안한 방식은 이동국이 LA내에서 이동하는 경우에는 IS-41 표준에 따라 정상적으로 운영하고, LA밖에 있는 셀로 진입하였을 경우에만 이동국의 이동이력을 이용하는 방법이다. 즉, 이동국이 현재의 LA에서 빈번하게 방문했던 이웃셀들을 LA에 포함시켜 확장한 ELA(Extended Location Area)를 만들므로써 위치갱신의 횟수를 줄여 위치관리를 효율적으로 하고자 하는 것이다.

이동국의 위치관리 비용을 최소화하기 위해서는 이동국의 속도에 따라 LA를 최적 크기로 만드는 것이 필요하다. 이것은 수식(4.3의 수식 8)에 의하여 산출할 수 있으며, 결과는 셀의 개수로 산출된다. 또한 기본 LA를 0 라운드, 기본 LA를 둘러싼 셀들을 1 라운드, 1 라운드를 둘러싼 셀들은 2 라운드로 한다. 이와 같은 방법으로 라운드를 설정하고, 앞에서 산출한 최적 셀을 가지고 해당 라운드를 찾는다. 이 라운드값을 차수로 활용하여 이동국의 이동속도를 위치관리에 반영한다. 이렇게 함으로써 ELA의 크기는 위치등록 전의 이동국의 이동속도에 의하여 산출된 차수에 의하여 결정되는데, 속도가 빠르면 차수가 크게 설정되어 ELA를 크게 만들고, 속도가 느리면 차수가 작게 설정되어 ELA를 작게 만들므로써 이동국의 속도이력에 따라

ELA의 크기를 동적으로 결정할 수 있는 매우 유연한 위치관리 방법이다. 또한 제안한 방식에서는 라운드내의 모든 셀들이 ELA에 포함되는 것이 아니기 때문에 실제적으로는 확률에 따라 달라지겠지만 훨씬 더 넓은 영역으로 확장한 효과를 갖게 된다.

이동국에 호가 발생하면 컨넥션을 설정하기 전에 이동국을 찾게 된다. 이때 페이징을 하게 되는 데, 앞에서 살펴본 바와 같이 LA를 확장한 만큼 PA가 커졌기 때문에 위치등록으로 얻은 이득이 감소하지 않도록 하는 페이징 방법이 필요하다. 본 논문에서의 페이징 방식은 마지막 위치등록시 이동국이 머물던 기본 LA를 먼저 페이징하고, 이 기본 LA를 제외한 확장셀들은 평균머문 시간을 기준으로 해서 우선순위를 정해 셀들을 순차적으로 페이징 한다.

### 3.1 시스템의 개요

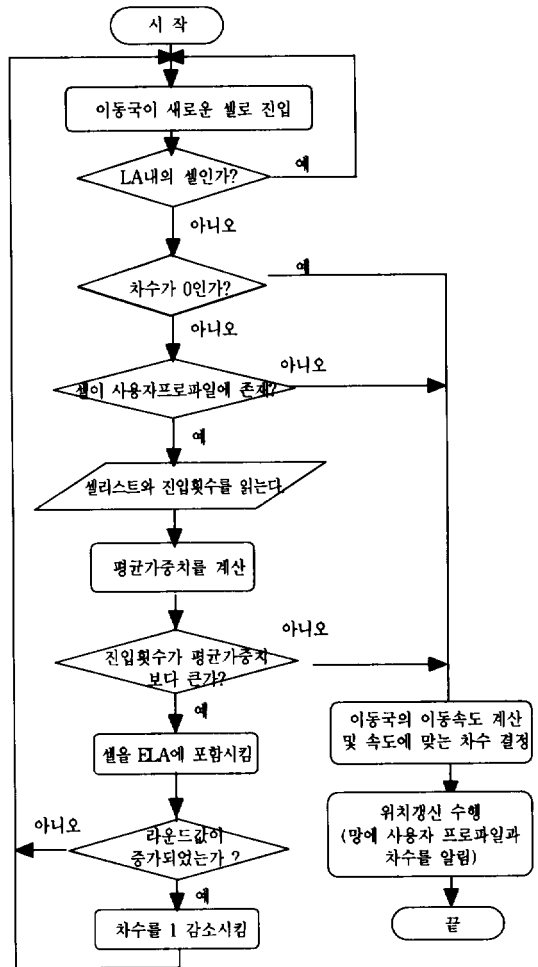
이동국에 필요한 사용자 프로파일은 이동국과 망에서 동시에 보관한다. 사용자 프로파일의 내용은 이동국이 LA 경계셀에서 LA밖의 셀로 이동한 횟수와 LA밖에 있는 셀에서 머문 평균시간, 확장영역의 라운드 정보 그리고 위치갱신 후 셀을 통과한 횟수와 시간등을 포함한다. 즉, 카운터  $N_{ab}$ 는 이동국이 셀 a(LA 경계셀 혹은 LA밖에 있는 셀)에서 이웃하는 각각의 셀 b(항상 LA밖의 셀)로 이동한 횟수이며, 각각의 셀 a에 기억시킨다. 또한 이동국이 셀 b에서 머문 평균시간  $T_b$ 를 기억시킨다. 그리고 카운터  $N_{ca}$ 는 위치갱신 후의 셀경계를 통과한 횟수(기본 LA 포함)이며,  $T_{lu}$ 는 위치갱신 후의 시간경과를 기억한다. 이동국이 셀 a에서 셀 b로 이동할 때마다 카운터  $N_{ab}$ 를 증가시키고 동시에 타이머  $T_b$ 가 작동을 시작하여 이동국이 셀 b 밖으로 나오거나 이동국의 파워를 끄면 작동이 멈춘다.  $N_{ab}$ 와  $T_b$ 의 최종값은 각각  $N_{ab}$ 와  $T_b$ 의 평균값을 갱신하는데 사용되고,  $N_{ca}$ 와  $T_{lu}$ 는 이동국의 속도를 계산하는 데 사용한다.

망 전체셀에 대한 데이터가 필요한 것은 아니다. 실질적으로 방문한 기본 LA 인접셀들에 대한 데이터만을 필요로 한다. 또한 ELA를 일정기간 사용하지 않을 경우에는 자동적으로 삭제하는 방식 혹은 등록된 ELA의 개수를 제한하는 방식으로 데이터량을 줄이는 것도 고려해 볼 수 있다. 데이터 양은 많지 않지만 제안한 방식에서는 이동국의 이동특성이 개별적으로 반영되었기 때문에 위치등록 횟수를 현저하게 줄일 수 있고,

셀경계에서 발생하는 핑퐁효과를 개선하는 등 위치관리를 훨씬 효율적으로 할 수 있다.

### 3.2 위치갱신의 방법

제안한 IS-41 기반 동적 위치관리 방법에 대한 흐름도는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) IS-41 기반 동적 위치관리 알고리즘의 순서도  
(Fig. 2) Flowchart of the IS-41-based dynamic location management algorithm

(그림 2)의 흐름도를 보면 알 수 있듯이 이동국이 새로운 셀로 진입한 경우에는 우선 LA내에 있는 셀인가를 먼저 판단하게 된다. LA내의 셀이라면 IS-41 표준에서처럼 위치등록이 일어나지 않는다. 그러나 LA

밖의 셀이라면 IS-41 표준에서는 위치등록을 무조건 하지만 제안한 알고리즘에서는 자주 방문한 셀인지를 판별하기 위하여 사용자 프로파일에 새로 진입한 셀이 존재하는지를 확인한다. 만일 존재한다면 프로파일에서 방문셀 리스트와 방문횟수를 읽어 평균가중치를 계산하여 진입한 셀로의 진입횟수와 비교한다. 그래서 진입횟수가 크다면 위치등록은 일어나지 않는다. 그러나 리스트에 없거나 진입횟수가 평균가중치보다 작다면 위치등록이 일어난다. 위치갱신을 수행할 경우에 이동국은 자신의 이동속도를 계산하여 속도에 맞는 차수를 망에 알린다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 위치등록이 발생한 후 이동국이 셀로 진입할 때마다 카운트를 계속 증가시키고 아울러 시간 타이머도 작동하여야 한다. 또한 LA밖의 셀로 이동할 때마다 이동횟수에 대한 사용자 프로파일을 갱신하여야 한다.

자주 방문하는 셀을 판별하는 방법으로는 이웃셀로 이동한 링크들의 평균가중치  $W$ 를 계산한다. 링크 가중치가 평균링크 가중치  $W$  이상인 셀들은 ELA에 추가된다. 평균링크 가중치는 이동국이 자주 이동하는 경로와 자주 이동하지 않는 경로를 식별하는데 사용된다. 이 방법은 이동국이 빈번하게 방문한 셀과 드물게 방문한 셀을 공정하게 판정하는 비교적 간단한 방법이다. 이와 같은 방법으로, 기본 LA로부터 선택된 셀들을 ELA에 추가시키고, 추가된 셀에서도 동일한 방법을 적용하여 반복한다. 링크들은 이전 노드로 되돌아가는 것이 가능하기 때문에 셀들이 중복해서 ELA에 추가되지는 않는다.

또한 이동국은 라운드값을 기억하게 되는데, 초기값은 0(기본영역)이고, 확장영역에 속한 셀로 진입하면 셀이 속한 라운드값으로 바뀌게 된다. 이때 라운드값이 증가할 때마다 차수는 1씩 감소된다. 그러나 이동국이 라운드값이 낮은 셀로 이동한다고 하더라도 라운드값은 바뀌지 않는다. 즉, 방문한 셀들 중 가장 큰 라운드값을 항상 기억하게 된다. 그래서 이동국이 최종적으로 기억하고 있는 라운드값과 방문한 셀이 속한 라운드값을 비교하여 방문한 셀이 속한 라운드값이 더 큰 경우에만 차수를 1 감소시킨다. 이렇게 하여 차수가 0이 될 때까지 반복한다.

따라서 이동국의 속도가 빠르면 차수를 크게 하고, 느리면 차수를 적게 함으로서 ELA의 크기를 자유로이 조절할 수 있어 불필요한 위치등록을 줄일 수 있다. 여기서 ELA의 크기를 결정할 때 자주 방문한 셀을 라

운드내의 절반으로 가정한다고 해도 실제적으로는 확장한 셀의 영역이 배로 늘어난 효과가 있다. 또한 이동국의 이동속도는 위치등록이 셀로 진입하는 것과 관계가 있기 때문에 실제 이동속도 보다는 위치등록이 발생한 시점에서부터 다음 위치등록이 발생하는 시점까지의 경과시간 동안에 셀 경계를 통과한 횟수로 계산하였다.

### 3.3 페이징 방법

ELA내에서 이동국을 찾을 때 이동국이 셀에서 머문 시간과 매우 밀접한 관계가 있다. 즉, 어떤 셀에서 머문 평균시간이 길다는 것은 이동국을 찾을 경우에 이동국이 존재할 확률이 그만큼 더 높다는 것을 의미한다. 따라서 이동국을 찾기 위해서 ELA내의 모든 셀에게 동시에 모두 페이징하는 것보다는 이동국이 존재할 확률이 높은 셀 순서대로 페이징을 할 수만 있다면 무선자원의 낭비를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 위치갱신을 할 때 확장 셀들에서 평균머문 시간을 망으로 전송하는데, 이것을 페이징 순서로 활용한다.

페이징 순서를 결정하는 문제는 이동국의 위치관리 방법의 성능에 지대한 영향을 미치기 때문에 신중하게 고려해야 한다. 그래서 본 논문에서는 기본 LA를 제일 먼저 페이징하여 이동국을 찾는다. 만일 찾지 못한다면 이동국이 확장영역의 셀들에서 머물렀던 평균시간을 계산하여 오래 머물렀던 셀 순으로 페이징하여 찾는다.

이동국의 이동속도가 빠르면 해당 셀에서 머무는 시간이 짧기 때문에 호드착 확률이 낮다. 따라서 제안한 알고리즘에서는 오랫동안 머문 셀에 우선 순위를 높게 부여하므로써 페이징확률을 높여 페이징영역 확장으로 인한 손실을 최대한 줄인다. 이러한 페이징 방법은 지연이 발생할 수 있는데, 기본 LA의 셀들을 한꺼번에 페이징하고 난 다음에 확장영역에 대한 셀을 순차적으로 페이징하고, 셀의 개수가 지연을 우려할 만큼 많지 않다. 그리고 서비스가 지연에 민감하다면 순차적 페이징을 셀단위로 하는 것이 아니라 라운드 단위로 페이징 하는 방법도 고려하여 볼 수 있다.

## 4. 성능분석 및 결과고찰

본 장에서는 수학적 분석을 통해 제안한 위치관리 방법의 성능평가 지수를 얻는다. 성능평가 지수는 프

로파일의 분포에 따른 무선상의 성능이득으로 하며, 5장에서 성능을 평가한다. 성능평가 지수는 기존 위치관리 비용과 제안한 위치관리 비용의 차로 구할 수 있으며, 이때 이동국이 영역내에 존재할 확률과 이동국의 이동속도를 고려한다. 분석과정을 통해 균등분포, 선형분포, 지수분포일 경우에 기존방식에 비해 무선상의 성능이득을 살펴보고, 이동국의 이동속도를 고려한 성능평가 지수를 구한다.

수학적 모델을 위한 가정 및 전제조건으로는 이동국의 이동성은 유체흐름 모델, 효율은 포아송 분포를 따른다고 가정한다.

4.1 이동국의 이동성

이동국의 이동성은 위치갱신을 추정하기 위한 것으로 유체흐름 모델[18]을 사용하였다. 유체흐름 모델은 셀경계를 통과하는 이동국들의 평균치를 나타내며 본 논문의 평균 위치갱신 횟수로 사용한다. 초당 평균 셀경계 통과 이동국의 수 M에 대한 수식은 다음과 같다.

$$M = \frac{\rho VL}{\pi} \tag{1}$$

여기서, ρ는 이동국 밀도, V는 이동국의 평균 이동속도, L은 셀둘레의 길이를 나타낸다. 이를 N개의 셀을 모아 만든 LA에서 이동국당 평균 위치갱신률(R<sub>L</sub>)을 구하면 다음과 같다.

$$R_L(N) = \frac{VL_{LA}}{\pi A_{cell}N} = \frac{VL}{\pi A_{cell}\sqrt{N}} \tag{2}$$

여기서, N은 LA셀의 개수, L<sub>LA</sub>는 LA의 둘레의 길이로 L√N과 같다. A<sub>cell</sub>은 한 셀의 면적을 나타낸다.

4.2 호 모델

호는 이동국마다 평균 효율 λ를 갖는 포아송 분포[18]를 따르며 발호와 착호를 모두 포함한다. 이동국마다 착호를, 즉 페이징률은 다음과 같다.

$$R_p = \lambda P(term) \tag{3}$$

여기서, P(term)은 호가 이동국에서 종료될 확률을 나타낸다. 발호를 또한 다음과 같다.

$$R_o = \lambda P(orig) \tag{4}$$

여기서, P(orig)는 발호 확률이다. 따라서 P(term) + P(orig) = 1이 된다.

4.3 이동국의 속도변화에 따른 최적 영역의 크기

페이징 비용(C<sub>p</sub>)은 LA내의 이동국 밀도(ρ), LA에 포함된 셀 수(N), 셀의 크기(A<sub>cell</sub>), 효율(λ), 페이징 메시지가 무선채널을 점유하는 시간(T<sub>p</sub>), 셀내의 페이징 대역(B<sub>p</sub>) 등에 비례하므로 다음과 같다.

$$C_p(N) = \rho N A_{cell} \lambda T_p B_p \tag{5}$$

또한, LA 경계에서의 등록비용(C<sub>u</sub>)은 영역내의 이동국 밀도(ρ), 이동국의 평균속도(V), 등록 메시지가 무선채널을 점유하는 시간(T<sub>u</sub>), 셀내의 등록 대역(B<sub>u</sub>) 등에 비례하므로 다음과 같다.

$$C_u(N) = \frac{L(N)\rho V}{\pi} T_u B_u \tag{6}$$

여기서, L(N)은 N개의 셀로 이루어진 LA둘레의 평균길이이며, T<sub>p</sub>B<sub>p</sub>와 T<sub>u</sub>B<sub>u</sub>는 각각 한 셀에서 한번 페이징하는 비용과 한번 등록하는데 소요되는 비용으로, T<sub>p</sub>B<sub>p</sub>를 1로 보았을 때 T<sub>u</sub>B<sub>u</sub>의 비율로 표시할 수 있다. 따라서, 경계셀에서의 총 비용은 식 (5)와 식 (6)의 합으로 산출할 수 있다.

$$C(N) = C_p(N) + C_u(N) \tag{7}$$

LA와 PA의 크기가 동일할 때 등록비용은 LA의 크기(N)의 제곱근에 반비례하므로 영역의 크기가 커짐에 따라 점차 0에 수렴하는 단조감소 함수이고, 페이징 비용은 PA의 크기(N)에 비례하는 선형함수이므로 이들의 합계비용 함수는 변곡점에서 최소값을 갖게 된다. 따라서 합계비용을 최소화하려면 N값은 합계비용의 미분식이 0이 되도록 유도하여 얻을 수 있다[12]. 따라서 최적영역의 크기 N의 값은 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$N^*(0.15)^{2/3} \left[ \frac{V}{\sqrt{A_{cell}}} \frac{1}{\lambda} \frac{T_u B_u}{T_p B_p} \right]^{2/3} \tag{8}$$

여기서,  $\frac{V}{\lambda \sqrt{A_{cell}}}$ 은 호당 이동성을 나타내며,  $\frac{T_u B_u}{T_p B_p}$ 는 등록비용 대 페이징 비용의 비율을 나타낸다. 식 (8)에서 알 수 있듯이 이동국의 속도가 빠르면 빠를수록 최적 LA의 크기는 크게 나타난다.

4.4 위치갱신의 비용

프로파일 기반 위치관리 방법에서는 위치갱신 비용과 페이징 비용을 산출하는 데 확률의 개념을 도입한다[19]. 모든 셀에서 위치갱신 비용( $C_L$ )이 동일하다고 가정하자. 앞에서 언급한 바와 같이 이동국이 ELA내에 있을 경우에는 ELA의 밖으로 이동하는 경우에만 위치갱신을 수행하고, ELA의 밖에 있는 경우에는 이동국이 새로운 영역으로 들어가는 경우에만 위치갱신을 수행한다.

식 (1)에서 이동국이 균등모델이고, 기본 LA의 크기가  $m$ 개의 셀로 구성되었다고 가정하자. 그리고  $R_L$ 이 ELA(기본영역 + 확장영역( $A_k, k = 1, 2, 3, \dots, n$ ))의 바깥에 있는 한 이동국의 평균 위치 갱신률이라고 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R_{L1} = \frac{1}{\sqrt{k+m}} R_L \quad (9)$$

이동국의 평균 위치갱신의 비용은 위치갱신의 비용과 위치갱신의 발생률을 곱하여 구할 수 있다. 이렇게 하여 셀당 위치갱신 비용을 정규화 하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{즉, } S_L &= C_L(x R_{L1} + (1-x) R_L) \\ &= C_L R_L \left(1 - x \left(1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}}\right)\right) \end{aligned} \quad (10)$$

여기서,  $x$ 는 이동국이( $k+m$ )개의 셀내에 존재할 확률로  $m\bar{a} + \sum_{j=1}^k a_j$ 이며,  $\bar{a}$ 는 기본 영역,  $a$ 는 확장 영역의 한 셀내에 이동국이 존재할 확률이다. 즉, ELA내에 존재할 확률이다. 수식에서  $x$ 의 값이 0인 경우에는  $S_L = C_L R_L$ 이 된다. 이는 본 논문에서 제안한 방법이 전혀 고려되지 않은 경우이다. 또한  $x$ 의 값이 1인 경우에는  $S_L = \frac{C_L R_L}{\sqrt{k+m}}$ 이 된다. 이는 위치갱신의 비용이 영역의 크기의 제곱근에 반비례함을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법의 효율성은 이동국이 ELA내에 존재할 확률  $x$ 에 달려 있다.

4.5 페이징 비용

이동국마다의 페이징률은 위치갱신과는 별개이다. 단지 트래픽 패턴, 즉 얼마나 많은 호들이 이동국으로 보내지는가에 달려있다.  $C_P$ 를 한 영역내에서 이동국에게 페이징하는데 드는 비용이라고 하자. 이동국이 ELA내에 있을 때 페이징 비용은 기본영역의 페이징

비용과 확장영역의 페이징 비용의 합으로 구할 수 있다. 즉, 기본 LA의 페이징 비용은  $mC_P$ 이고, 확장영역의 페이징은 이동국이 존재할 확률이 높은 셀부터 이동국이 발견될 때까지 순차적으로 페이징 한다. 이때 페이징 비용은 처음 시도하는 셀의 페이징과 그 다음에 시도하는 페이징의 비용이 동일하다고 가정하지 않는다면 선형적으로 비례하여 증가하지 않는다. 즉, 페이징시 이동국이 존재하는 셀에 얼마나 빨리 페이징을 시도하느냐에 따라 페이징 비용은 달라지게 된다. 따라서 본 논문에서 페이징 비용은 바로 이전 페이징 비용의  $wf$  비율 정도의 비용이 든다고 가정한다. 이동국이 ELA내에 존재할 때 페이징의 평균 비용은 다음과 같다.

$$C_{PI} = C_P(m + wf(E[K]-1)) \quad (11)$$

여기서,  $E[K]$ 는 시스템이 이동국에게 페이징할 영역의 기대치이다. 수식 (11)에서 만약 첫 번째 페이징(기본영역)에서 성공한다면 페이징 비용은  $mC_P$ 이고, 두 번째 페이징에서 성공한다면 페이징 비용은  $wf C_P + m C_P$ 가 된다. 따라서 셀당 페이징 비용을 정규화 하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S_P &= \frac{R_P}{m}(x C_{PI} + (1-x) C_P) \\ &= \frac{C_P R_P}{m}(1 + x(m-1 + wf(E[K]-1))) \end{aligned} \quad (12)$$

이 수식에서  $x$ 가 0일 경우에는 이동국이 페이징영역의 바깥쪽에 있는 경우로서  $S_P = \frac{C_P R_P}{m}$ 이다. 또한  $x$ 가 1일 경우에는  $C_P R_P + \frac{1}{m} wf(E[K]-1)$ 이다. 이는 이동국이 페이징영역의 안쪽에 있는 경우로서 페이징할 기대치에 영향을 준다.

4.6 리스트의 유지보수 비용

프로파일 기반 방법으로 얻은 이득은 ELA의 리스트 갱신과 관련된 비용에 의하여 부분적으로 상쇄된다. 이 리스트의 유지보수 비용은 리스트를 형성하고 있는 사용자의 청구기록을 처리하는 비용이다. 이 비용은 기본영역과 관계가 없기 때문에  $C_M(k)$ 이며, 리스트의 크기  $k$ 에 영향을 받는다. 따라서 시스템 제공자들은 우수 고객에 대한 더 상세한 기록을 유지하여 더 좋은 서비스를 하려고 할 것이다. 리스트의 유지보



수의 주기는 이동국이 만들고 수신한 호의 수에 비례한다. 시스템이 M개의 호가 발생할 때마다 리스트 데이터베이스를 갱신한다고 하면 리스트 유지보수 비용은 다음과 같다.

$$S_M = \frac{R_P + R_O}{M} C_M(k) \quad (13)$$

여기서,  $R_P$  는 이동국에서 종료된 호율이고,  $R_O$  는 이동국에서 만든 호율이다. 해당 이동국에 대한 호가 아니라면 리스트를 갱신해서는 안된다. 만일 이동국이 많은 호를 만들어 낸다면 시스템은 M개의 호마다 리스트를 변경하도록 하여야 한다.

4.7 전체 비용계산 및 이득

정규화 된 전체 비용 S는 위치갱신 비용, 페이징 비용, 리스트 유지보수 비용 등을 합한 비용으로 다음과 같다.

$$S = S_L + S_P + S_M \quad (14)$$

기존방식의 셀 단위로 정규화 된 전체 비용이 ( $C_P R_P + C_L R_L$ ) 이므로 제안한 방식의 비용 이득은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta S = [C_P R_P + C_L R_L] - S \quad (15)$$

식 (15)에 식 (10), 식 (12), 식 (13)을 셀 단위로 정규화 하여 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta S^r = & C_L R_L x \left(1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}}\right) \\ & + C_P R_P \left(1 - \frac{1}{m} (1 + x(m-1 + w f(E[K] - 1)))\right) \\ & - \frac{R_P + R_O}{M} C_M(k) \end{aligned} \quad (16)$$

이 수식을 이용하면 제안한 방식이 이득을 얻을 수 있도록 파라미터들의 범위를 정할 수 있다.

4.8 무선링크 상에서의 성능평가

제안한 위치관리 방법에서는 유선상의 비용이 무선상의 비용에 비하여 매우 저렴하다고 보고, 무선링크에 대해서만 평가하였다. 그리고 무선 대역비용이 줄어든다는 가정하에서 여러 가지 조건들을 살펴보았다.

유선부문에서 리스트의 유지보수 비용을 0으로 가

정하면 식 (16)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta S^r = & C_L R_L x \left(1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}}\right) \\ & + C_P R_P \left(1 - \frac{1}{m} (1 + x(m-1 + w f(E[K] - 1)))\right) \end{aligned} \quad (17)$$

여기서, 위치자 “r”은 유선망과 구별하기 위하여 무선망이라는 것을 나타낸 것이다. 또한 페이징에 대한 위치갱신의 상대적인 비율  $\gamma_r$ 는 다음과 같다.

$$\gamma_r \triangleq \frac{C_L R_L}{C_P R_P} \frac{1}{w f} \quad (18)$$

비용개선을 정규화하기 위해 식 (17)을  $C_P R_P w f$ 로 나누고 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta S^r_n = & \gamma_r x \left(1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}}\right) \\ & + \frac{1}{m w f} ((1-x)(m-1) - w f x (E[K] - 1)) \end{aligned} \quad (19)$$

여기서, 전체 무선링크 비용을 절약하려면  $\Delta S^r_n$ 이 0보다 크거나 같아야 한다. 즉 다음 수식을 만족해야만 한다.

$$\frac{-\frac{1}{m w f} ((1-x)(m-1) - m f x (E[K] - 1))}{x \left(1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}}\right)} \leq \gamma_r \quad (20)$$

만일 위치갱신 비용이 상대적으로 높다면 즉,  $\gamma_r$ 이 크다면 매우 긴 리스트, 즉 k가 큰 값이 유리하고, 반대의 경우는 제안된 방법이 무선링크를 줄이는데 도움이 되지 않는다.

전체 비용은  $\Delta S^r_n$ 을 미분한 것이 0이 될 때 k에 대해서 최소가 된다. 최적 k는 다음 수식에 의해서 구할 수 있다.

$$\gamma_r = \frac{2(k+m)}{m} \frac{d}{d k_{opt}} E[K] \quad (21)$$

최적 k값과 정규화된 비용이득은 단지 검색 기대치 E[K]에 영향을 주는 확률분포  $a_i$ 에 의존한다. 주어진 x와 k값에 대한 다른 형태의 프로파일 분포는 기대치 E[K]가 당연히 다른 형태로 나타난다.

프로파일의 분포가 균등분포, 선형분포, 지수분포일 경우에 각각의 기대치와 최적 리스트의 길이, 정규화된 비용이득을 계산해 볼 수 있다.

4.8.1 균등분포

이동국이 리스트내에서  $i$  번째 영역에 존재할 조건 확률은  $\beta_i = \alpha_i / x$ 이다.

이수식에서  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_k = 1/k$ 인 경우에는 프로파일이 균등분포를 이룬다. 이러한 균등분포에서 평균기대치  $E[K]$ 와 최적 리스트 크기  $k_{opt}$ 는 다음과 같다.

$$E[K] = \frac{k+m+1}{2} \tag{22}$$

$$k_{opt} = (x \gamma_r)^{\frac{2}{3}} - m \tag{23}$$

정규화된 비용이득은 식 (22)를 식 (19)에 대입하여 구한다.

$$\Delta S_n^r = \gamma_r x \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}} \right) + \frac{1}{mwf} \left( (1-x)(m-1) - wfx \left( \frac{k+m-1}{2} \right) \right) \tag{24}$$

4.8.2 선형분포

조건확률  $\beta_i = (k+1-i) / (2(k(k+1)))$  일 경우에 프로파일은 선형분포를 이룬다. 여기서,  $i = 1, 2, 3, \dots, k$ 이다. 이와 같은 선형분포일 때 기대치  $E[K]$ 와 최적 리스트 크기  $k_{opt}$ 는 다음과 같이 산정한다.

$$E[K] = \frac{k+m+2}{3} \tag{25}$$

$$k_{opt} = (1.5 x \gamma_r)^{\frac{2}{3}} - m \tag{26}$$

최적 리스트의 크기는 선형분포가 균등분포에 비해 더 크게 나타난다. 선형분포일 경우에 정규화된 비용이득은 식 (25)를 식 (19)에 대입하여 산정한다.

$$\Delta S_n^r = \gamma_r x \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}} \right) + \frac{1}{mwf} \left( (1-x)(m-1) - wfx \left( \frac{k+m-1}{3} \right) \right) \tag{27}$$

4.8.3 지수분포

조건확률  $\beta_i = (1 - e^{-b}) / (e^{-b} - e^{-\alpha(k+1)}) e^{-\alpha i}$

일 경우에 지수분포[20]를 이룬다. 이와 같은 지수분포일 때 기대치  $E[K]$ 는 다음과 같다.

$$E[K] = \frac{(k+m) e^{-\alpha(k+m+1)} - (k+m+1) e^{-\alpha(k+m)} + 1}{(1 - e^{-\alpha(k+m)})(1 - e^{-b})} \tag{28}$$

$k_{opt}$  식 (28)을 미분하여 식 (21)에 대입함으로써 구할 수 있다.

정규화된 비용이득은 식 (28)을 식 (19)에 대입하여 산정 한다.

$$\Delta S_n^r = \gamma_r x \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{k+m}} \right) + \frac{1}{mwf} \left( (1-x)(m-1) + wfx \left( \frac{(k+m) e^{-\alpha(k+m+1)} - (k+m+1) e^{-\alpha(k+m)} + 1}{(1 - e^{-\alpha(k+m)})(1 - e^{-b})} - 1 \right) \right) \tag{29}$$

4.9 속도를 고려한 무선상의 성능이득

앞에서 산출한 최적 영역의 크기는 이동국의 이동속도를 전혀 고려하지 않은 상태에서 산출된 것이다. 따라서 이동국의 이동속도를 고려한 최적 확장영역의 크기(수식 8에 의해 산출)를 산출하고, 그것을 수식 (24), (27), (29)에 대입하여 제안한 방식의 성능을 평가할 수 있다.

5. 해석 결과 및 고찰

본 장에서는 성능평가를 위한 파라미터들을 구체적으로 설정하고, 수학적 분석에서 얻어진 성능평가 지수를 통해 제안한 방법의 성능평가를 한다. 이동국의 이동속도에 따른 LA의 최적영역 크기, 페이지에 대한 위치갱신 비용의 상대적인 비율( $\gamma_r$ )에 따른 위치관리 비용, 속도를 고려하지 않은 무선링크상의 성능이득 및 속도를 고려한 무선링크상의 성능이득, 기존 위치관리 방법과 성능을 비교하여 평가한다. 성능분석에 사용하는 여러 환경 파라미터는 <표 1>과 같이 가정하였다.

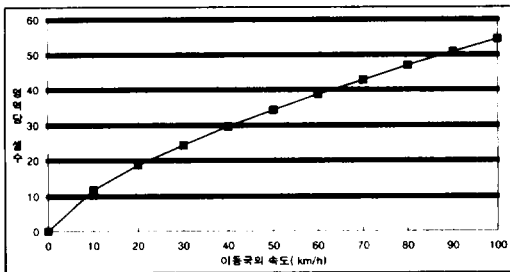
(그림 3)은 수식 (8)로부터 얻은 이동국의 이동속도에 따른 LA의 최적영역 크기를 나타낸다. (그림 3)에서 보는 바와 같이 속도가 빠르면 영역당 셀수가 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 이는 식 (1)과 (6)에서 알 수 있듯이 영역의 크기는 이동국의 속도에 비해

하기 때문이다. 그리고 이동국의 이동속도가 빠르면 위치갱신을 자주 하게되어 위치갱신 비용이 증가하므로 영역을 늘려 주는 것이 필요하고, 식 (5)에서 알 수 있듯이 영역이 커지면 페이징 비용이 늘어나게 되어 결국은 페이징 비용에 대한 위치갱신 비용의 비율  $\left(\frac{TuBu}{TpBp}\right)$  이 증가하는 기울기를 결정한다.

〈표 1〉 성능분석에 사용된 값

(Table 1) The values used in the performance analysis

| 항목                  | 설정값              | 항목       | 설정값 |
|---------------------|------------------|----------|-----|
| 셀 면적(A)             | 1km <sup>2</sup> | 1 라운드 셀수 | 8   |
| 순차 페이징 비용 비율(wf)    | 0.8              | 2 라운드 셀수 | 11  |
| 기본영역 셀수(m)          | 10               | 3 라운드 셀수 | 9   |
| $\frac{TuBu}{TpBp}$ | 20               | 4 라운드 셀수 | 8   |
| 호도착률( $\lambda$ )   | 0.6              | 5 라운드 셀수 | 8   |



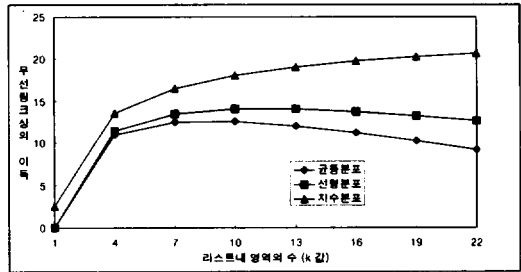
(그림 3) 이동국의 이동속도에 따른 최적영역의 크기  
(Fig. 3) Optimum Location Area size according to the speed of the mobile station

(그림 4)는 기본영역을 1(m=0), 영역내 존재할 확률( $\lambda$ )을 1로 가정하고, 속도를 고려하지 않은 상태에서 영역의 크기를 증가시켜서 이동국의 분포에 따른 제안 방식의 무선상의 성능이득을 나타내고 있다. (그림 4)에서 알 수 있듯이 이동국의 분포가 균등분포, 선형분포일 경우에는 k값이 증가함에 따라 무선 링크상의 이득이 증가하다가 균등분포에서는 10을, 선형분포일 경우에는 13을 기점으로 감소하고 있다.

그러나 지수분포(b=1)에서는 k값이 증가하면 할수록 무선상의 이득은 계속 증가함을 알 수 있다. 이것은 속도를 고려하지 않은 상태에서 균등분포일 경우에는 최적의 셀수가 10개, 선형분포일 경우에는 13개, 그리고 지수분포를 이룰 경우에는 셀수가 그 보다 더 클

을 알 수 있다. 따라서 이동국의 분포에 따라 영역당 최적셀의 크기도 달라지게 됨을 알 수 있다.

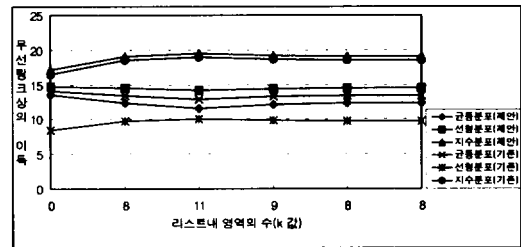
본 논문에서 기본영역의 크기를 10개의 셀로 설정한 것은 (그림 4)에서 나타내고 있는 3가지의 이동국 분포 중 영역의 크기가 가장 작은 균등분포를 모델로 한 것이다. 그 이유는 본 논문에서 제안한 방법은 항상 확장이 가능하기 때문에 이동국의 분포에 관계없이 최적의 셀로 구성하기 위해서 작은 것을 택했다.



(그림 4) 여러 가지 이동국의 분포에 대한 무선링크상의 이득(m=1)

(Fig 4) Normalized radio link cost saving for various distributions of the mobile(m=1)

(그림 5)는 제안한 위치관리 방식과 참고문헌[19]에서 제안한 방식을 동일한 환경에서 비교한 결과이다. 무선링크상의 성능이득은 이동국의 평균 기대치에 많은 영향을 받게 되는데 (그림 5)의 결과에서도 제안한 방식의 무선링크상의 성능이득이 평균 기대치가 가장 낮은 균등분포에서 낮게 나타났을 뿐만 아니라 기존 방식에 비해서도 낮게 나타나고 있다. 그러나 평균 기대치가 높은 선형분포와 지수분포에서는 균등분포에 비해 높게 나타났고, 기존 방식에 비해서도 매우 우수한 것으로 나타났다. 이것은 제안한 방식이 기본영역을 설



(그림 5) 제안된 방식과 기존의 방식의 무선상의 이득 비교

(Fig. 5) Comparison of Radio Link Cost Saving over proposed and conventional mechanism for various distributions of the mobile station

정하고, 이동국의 이동속도에 따라 최적의 확장영역을 적용하였기 때문이다. 따라서 제안한 방식은 이동국이 지수분포를 이루고 있을 때 가장 효율적이라고 볼 수 있다. 또한 본 논문에서 이동국의 이동속도에 따른 영역의 크기는 (그림 3)을 따랐는데, 이는 <표 1>에 가정된 라운드와 연결되며 제안한 방식에서 차수로 활용한다.

## W. 결 론

이동통신 시스템에서 이동관리를 효율적으로 하기 위한 방법으로 이동국의 이동패턴과 속도 등의 사용자 프로파일을 IS-41 표준에 활용하는 위치관리 방식인 IS-41 기반 동적 위치관리 방법을 제안하고 기존의 방법과 성능을 비교하였다.

제안한 방법은 기본적으로 IS-41 표준을 따르고 있기 때문에 기존의 PCS망에 그대로 구현할 수 있고, IS-41 표준의 고정적이고 융통성이 없는 고정크기 LA로 인해 발생하는 신호트래픽의 낭비를 줄임으로서 무선자원을 효율적으로 이용할 수 있으며, 사용자 프로파일을 이용하고 있는 위치관리 방법[18]에 비하여 시스템이 간단하고 더 효율적인 것으로 나타났다.

제안한 방법을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 이동국의 이동속도에 따라 영역의 크기를 다르게 함으로서 위치관리를 보다 효율적으로 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 차수를 이동국의 속도에 따라 다르게 부여함으로서 영역의 크기를 다르게 하였다.

둘째, 속도를 고려하지 않은 상태에서 이동국의 분포에 따른 영역의 크기를 분석한 결과 영역의 크기는 지수분포, 선형분포, 균등분포 순으로 크게 나타났다. 즉, 제안한 방법에서는 이동국의 분포가 지수분포를 이루고 있는 경우에 가장 효율적이라는 것을 알 수 있다.

셋째, 이동국의 이동속도에 따라 영역의 크기를 변화시키면서 기존방법과 비교하여 무선 상의 이득을 분석한 결과 균등분포에서만 성능이 약간 떨어진 반면 선형분포, 지수분포에서는 매우 효과적인 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

[1] John Scourias and Thomas kunz, "A Dynamic

Individualized Location Management Algorithm," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.1004-1007, 1997.

- [2] Ian F. Akyildiz and Joseph S. M. Ho, "On Location Management for Personal Communications Networks," IEEE Communications Magazine, pp.138-145, September 1996.
- [3] EIA/TIA, "Cellular Radio-Telecommunications Intersystem Operations," Tech. Rep. IS-41 Revision C, 1995.
- [4] Sami Tabbane, ESPTT, "Location Management Methods for Third-Generation Mobile Systems," IEEE Communications Magazine, pp.72-84, August 1997.
- [5] Michel Mouly and Marie-Bernadette Pautet, "The GSM System for Mobile Communications," M. Mouly, 49 rue Louise Bruneau, Palaiseau, 1992.
- [6] D. Plassmann, "Location Management Strategies for Mobile Cellular Networks of 3rd generation," IEEE VTC'94, pp.649-653, 1994.
- [7] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yasuda and A. Maebara, "A new Location Updating Method for digital Cellular Systems," IEEE VTCT'91, pp.345-350, 1991.
- [8] 김태규, 조동호, "개인통신시스템의 이동관리를 효율화하기 위한 단말 이동특성 적용 영역관리 메카니즘," 정보과학회논문지(A), 제24권, 제11호, pp.1180-1190, 1997
- [9] S. Mishra and O. K. Tonguz, "Most Recent Information Area and Speed-based Intelligent Paging in PCS," IEEE VTC'97, pp.505-509, 1997.
- [10] J. S. M. Ho and Jim Xu, "History-based Location Tracking for Personal Communications Networks," IEEE VTC'98, pp.244-248, 1998.
- [11] N. Sivakumar and J. Widom, "User profile Replication for Faster Location Lookup in Mobile Environments," Proc. ACM MOBICOM '95, pp.161-169, Nov. 1995.
- [12] Sami Tabban, "An Alternative Strategy for Location Tracking," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.13-18, June 1995.
- [13] U. Madhow, M. L. Honig and K. Steiglitz, "Optimization of Wireless Resources for Per-

sonal Communications Mobility Tracking," IEEE/ACM Transaction on Networking, pp.3-9, December 1995.

- [14] R. Jain, Y. B. Lin, and S. Mohan, "A Caching Strategy to Reduce Network Impacts of PCS," IEEE JSAC, Vol.12, No.8, pp.1434-1444, Oct. 1994.
- [15] Hee C. Lee and Junpin Sun, "Multilayered Model Strategy for Optimal Mobile Location Tracking," IEEE, pp.1009-1013, 1997.
- [16] Juan de Dios Ortuzar and Luis G. Willumsen, Modeling Transport, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons, 1994.
- [17] Thomas A. Domencich and Daniel McFadden, Urban Travel Demand, A Behavioral Analysis, North-Holland, 1995.
- [18] Gregory P. Pollini and Chih-Lin I, "A Profile-Based Location Strategy and Its Performance," IEEE JSAC, Vol.15, No.8, pp.1415-1424, Oct. 1997.
- [19] R. Thomas, H. Gilbert, and G. Mazziotto, "Influence of the moving of the mobile station on the performance of a radio mobile cellular network," in proc. 3rd Nordic Seminar, Copenhagen, Denmark, Sept. 1988.



### 이 태 로

e-mail : mk107@unitel.co.kr  
 1984년 광운대학교 전자계산학과 (학사)  
 1989년 경희대학교 교육대학원 전자계산학과(교육학 석사)  
 1995년 경희대학교 대학원 전자계산공학과(박사과정 수료)

1984년~1990년 경인여자상업고등학교 교사

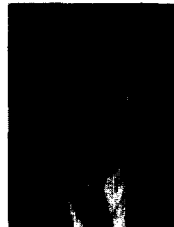
1990년~1996년 대동상업고등학교 교사  
 1996년~현재 고려대학교 병설 보건대학 조교수  
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동통신, 멀티미디어 시스템



### 한 치 근

e-mail : cghan@nms.kyunghee.ac.kr  
 1983년 서울대학교 산업공학과(학사)  
 1985년 서울대학교 산업공학과(석사)  
 1991년 미국 펜실베이니아주립대학교 (전산학 박사)

1992년~현재 경희대학교 전자계산공학과 부교수  
 관심분야 : Combinatorial Optimization, 통신망설계, 문서관리 등



### 조 동 호

e-mail : dhcho@ee.kaist.ac.kr  
 1979년 서울대학교 전자공학과(학사)  
 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)  
 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1985년~1987년 한국과학기술원 통신공학연구실 선임 연구원  
 1987년~1998년 경희대학교 전자계산공학과 교수  
 1989년~1995년 경희대학교 전자계산소 소장  
 1998년~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부 교수  
 관심분야 : 유무선 통신 프로토콜, 유무선통신서비스, 유무선 멀티미디어 통신망