

셀룰라 이동통신 환경에서 효율적인 사용자 이동성 관리를 위한 Layered Sub-LA 방식

정회원 박상준*, 김병기*

An Efficient Mobility Management using Layered Sub-LA Strategy for Cellular Mobile Radio Systems

Sang-Joon Park*, Byung-Gi Kin* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 셀룰라 이동통신 환경에서 효율적인 사용자 이동성 관리를 위한 계층적 Sub-LA 방식을 제안한다. 효율적인 사용자 위치 추적을 위해서는 위치 등록과 페이징의 총비용을 최소화해야한다. 이러한 총비용은 가입자의 이동성과 호출생율에 크게 의존한다. 또한, 총비용을 최소화하기 위해서는 최적 Location Area(LA) 크기를 구하는 일이 중요하다. 본 논문에서는 기존에 제안된 여러 가지 방식들을 소개하고, 유동적인 이동성 모형을 사용한 fixed LA(FLA) 방식과 distance-based LA(DBLA) 방식에 대한 최적화 기법을 유도한다. 유도된 수치들로부터 세 가지 방식의 성능을 비교, 분석한다. 그리고, 시뮬레이션을 통해 많은 경우에 본 논문에서 제안된 방식인 layered sub-LA 방식이 기존의 방식들의 성능을 능가함을 보인다.

ABSTRACT

This paper presents a layered Sub-LA strategy for efficient mobility management in cellular mobile radio systems. An efficient mobile location tracking strategy should minimize the combined cost of paging and location update. This combined cost depends on a mobile's mobility as well as its incoming call arrival rate. Also, we must derive the optimal location area (LA) size, so that minimize the combined cost. We introduce the exist location tracking strategies, and we derive the optimal location area size for the fixed location area (FLA) strategy and the distance-based location area (DBLA) strategy using the fluid mobility model. We then compared these two strategies to Sub-LA strategy. And, Numerical examples show that the Sub-LA strategy gives better performance than the FLA and the DBLA strategies in many cases.

I. 서론

차세대 셀룰라 시스템인 microcell 시스템은 트래픽 전송 용량을 증가시킨 반면, 더 작아진 셀 크기로 인해 여러 가지 문제점을 갖게되었다. 첫 번째, 이동 트래픽의 공간적 변화의 심화와, 효율적인 주

파수 운영이 매우 어려워졌다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 동적 채널 할당방식^[1, 2, 3]이 제안되었고, 이로 인해 중앙 교환기의 처리 부담이 한층 완화되었다. 두 번째, 이동성 관리 문제의 발생이다. 이동 가입자의 이동성 관리는 크게 핸드오버 처리 문제와 위치추적 문제로 나누어 살펴볼 수 있다. 먼저, 핸드오버 절차에 따른 문

* 숭실대학교 컴퓨터학과(lubimia@hanmail.net)

논문번호: 00119-0417, 접수일자: 2000년 4월 17일

※ 본 논문은 한국과학재단 핵심연구과제(981-0917-086-2) 지원으로 수행되었습니다.

계점은 셀 교차율의 증가로 인한 처리량이 증대되었다는 것이다. 이를 해결하기 위하여 많은 빠른 핸드오버 수행 알고리즘^{4, 5}이 제안되고 있다. 다음으로, 본 논문에서 다루고자 하는 이동 가입자의 위치추적 문제인데, 위치추적 과정은 크게 두 가지 절차에 의해 수행된다. 하나는 위치등록 과정이고, 다른 하나는 페이징이다. 그러므로, 효율적인 사용자 위치추적을 위해서는 위치등록과 페이징 과정동안 발생하는 총비용을 최소화하는 것이 바람직하다^{6, 7}. 총비용을 최소화하기 위해서는 각 이동 가입자의 이동성과 호발생율을 고려한 최적 LA size 선택 기법이 요구된다. 이동성 관리 문제를 효율적으로 해결하기 위한 최소 비용의 위치추적 방식들이 제안되고 있다.^{8, 9, 10, 11} 본 논문에서는 이동 가입자의 이동성 관리를 효율적으로 수행하기 위한 위치추적 방식을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 기존의 제안된 방식들과 성능을 비교 분석하고자 한다.

II. 위치추적 방식

(1) Fixed LA(FLA) 방식

FLA 방식에서 전체 셀룰라 시스템의 모든 LA size는 k 로 동일하다. 이동 가입자는 새로운 LA로 들어가게 될 때마다 위치등록을 수행한다. 이 때, LA의 가장 중앙에 있는 셀이 중심셀이 된다. 이 방식은 매우 간단한 알고리즘을 통해 수행되기 때문에, 시스템 부하가 적다는 장점을 갖는다. 또한, 아주 단순한 방식으로 현재 셀룰라 이동통신 시스템에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 방식이기도 하다. 그러나, 이동 가입자의 이동성이나 호 특성을 전혀 고려하지 않기 때문에, 사용자의 이동 패턴에 유연하게 대처하지 못한다는 단점이 있다. 또한, 이동 가입자가 LA 경계를 빈번하게 이동하는 경우 “ping-ponging” effect 가 발생하므로, 불필요한 위치등록이 발생하게 된다.

(2) Distance-based LA(DBLA) 방식

DBLA 방식에서는 이동 가입자가 마지막으로 등록된 셀로부터 거리 D 를 초과했을 때 위치등록이 수행된다¹³. 그러므로, LA size는 마지막 위치등록 셀로부터 D 셀만큼 떨어진 곳에 위치한 모든 셀 집합으로 구성된다. 이동체가 새로운 LA 내의 셀로 들어갔을 때, 처음 들어간 셀이 중심셀이 된다. 이 방식에 있어서 단점은 LA 사이에 크게 겹치는 지역이 발생한다는 것이다. 이로 인해, 위치추적 비용

과 페이징비용의 낭비를 초래하게 된다. 또한, 각 이동 단말은 자신의 이동 거리 정보를 알기 위해, 전체 망 토폴로지를 인지하고 있어야 한다.

III. LA size 최적화 기법

위치등록비용을 1로 정규화하고, 셀당 위치등록을 c_p 라고 하자. 또한, 이동 가입자당 호발생율을 a 라고 하자. 일차원 셀룰라 시스템을 고려했을 때, FLA 방식에서의 위치등록율과 페이징에 대한 총비용 C_1 은

$$C_1(k) = kac_p + \mu = kac_p + \frac{v}{kL} \quad (1)$$

$$\Delta_1(k) \equiv C_1(k) - C_1(k-1) = ac_p - \frac{v}{k(k-1)L} \quad (2)$$

이므로, 총비용을 최소화하는 최적 LA size는 다음과 같다.

$$k_{opt} = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta_1(2) > 0 \\ \max\{k : \Delta_1(k) \leq 0\} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

마찬가지 방식으로, DBLA 방식에 대한 총비용을 계산하면 다음과 같다.

$$C_2(D) = (2D-1)ac_p + \frac{2v}{(k+1)L} \quad (4)$$

$$\Delta_2(D) \equiv C_2(D) - C_2(D-1) = ac_p - \frac{2v}{2D(2D-1)L} \quad (5)$$

그러므로, 총비용을 최소화하는 최적 LA size

$$D_{opt} = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta_2(2) > 0 \\ \max\{D : \Delta_2(D) \leq 0\} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (6)$$

를 얻을 수 있다.

IV. Layered Sub-LA 방식

본 논문에서 제안된 계층적 Sub-LA 방식은 전체 셀룰라 시스템이 동일한 LA size로 구성되는 FLA 방식을 기반으로 하며, 하나의 LA 내에는 계층적인 Sub-LA 가 존재한다. 그래서, 이동 가입자가 새로운 LA로 들어갈 때, 이전 LA에서의 이동성과 호발

생울에 따라 최적의 Sub-LA를 할당받게 된다. 예를 들어, 이동성이 적은 이동체에 대해서는 작은 Sub-LA를 할당해주고, 반대로 이동성이 큰 이동체는 큰 Sub-LA를 할당해줌으로써 페이징비용을 감소시킨다. 또한, 각 Sub-LA에는 ID 번호가 할당되어 있어서, 이동 가입자가 다른 Sub-LA로 이동하게 되는 경우 스위칭 동작만을 수행함으로써 위치등록비용에 대한 부담을 완화시킬 수 있다. 이동성이 급격히 변화하는 이동체의 경우에도 마찬가지로 스위칭 동작만을 통해 새로운 Sub-LA를 할당함으로써 위치등록비용과 페이징비용을 감소시킨다.

[그림 1]에서 계층적 Sub-LA 방식에 대한 이동성 모형이 제시되었다.

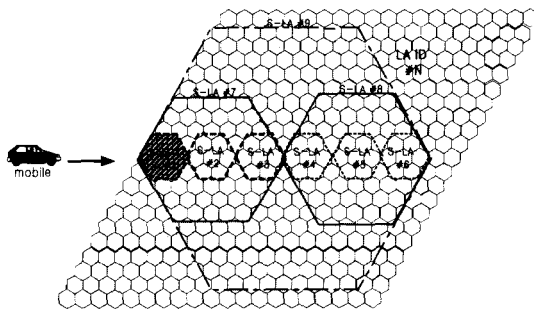


그림 1. 계층적 Sub-LA방식을 이용한 이동성 모형

[그림 1]에서 Sub-LA를 편의상 3 계층으로 분할한 모형을 보여주고 있다. 이러한 환경에서 이동체의 이동성 프로토콜을 간단한 예를 들어 살펴볼도록 하자. 이 때, Large Sub-LA인 Sub-LA #9는 FLA 방식의 LA size와 같다고 가정한다. 만약 이전 LA에서의 이동성이 큰 이동체가 위의 그림에 나타난 새로운 LA로 들어가게 되는 경우, 시스템은 일단 Sub-LA #9를 이동체에 할당하게 된다. 이러한 경우 Sub-LA 방식과 FLA 방식은 동일한 성능을 보일 것이다. 이와 반대로 이동성이 적은 이동체에 대해서는 Sub-LA #1이 할당될 것이므로, 더 작은 LA size로 인해 Sub-LA 방식의 성능이 FLA 방식에 비해 훨씬 향상될 것임을 알 수 있다. 또한, 각 Sub-LA 사이에서는 스위칭 동작만을 수행함으로써 위치등록비용에 대한 부담을 완화시켰다.

1. 이동성 추적 모델링

각각의 이동 가입자는 이전 LA 에서의 자신의 이동성과 호발생율에 따라 새로운 LA 내의 Sub-LA로 할당된다. 예를 들어, 이동성이 큰 가입

자에 대해서는 [그림 1]의 Sub-LA #9를 할당하고, 반대로, 이동성이 작은 가입자에 대해서는 S-LA #1을 할당하게 된다. 또한, 호발생율이 많은 가입자에 대해서는 S-LA #1을 할당하고, 반대의 경우에는 S-LA #9를 할당하게 된다. 만약, 새로운 LA 내에서 이동체의 이동성이 급격히 변화하는 경우에는 스위칭 동작을 통해 새로운 Sub-LA를 할당함으로써, 페이징비용을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 이동성이 큰 이동체에 대해 Sub-LA #9를 할당했다고 하자. 만약, 이 이동체가 Sub-LA #9 내에서 이동성이 제로가 되었을 때, 엄청난 페이징 비용의 낭비를 초래하게 된다. 이러한 경우 이동체의 로컬 클럭을 바탕으로 이동성을 다시 계산하여 더 작은 Sub-LA를 할당받게 한다면, 페이징 비용의 낭비를 줄일 수가 있다. 이 때, 단순한 스위칭 동작만으로 충분히 수행이 가능하다. 또한, 하나의 LA 내에서 이동체가 이동하는 경우도 마찬가지로 스위칭 동작을 통해 새로운 Sub-LA로 이동함으로써, 위치등록비용에 대한 부담을 완화시킬 수 있다.

2 Layer Sub-LA 방식의 프로토콜

2.1 시스템 측면

① 각각의 기지국은 자신이 속해있는 LA ID 번호와 함께, Sub-LA ID 번호를 브로드캐스팅 제어 채널을 통해 브로드캐스팅한다.

② 기지국에 이동체로부터 자신의 단말 번호를 포함한 위치등록 요청이 수신 되면, 그것을 시스템에 전달한다.

③ 시스템은 { LA ID #, Sub-LA #, 단말기 식별 # }를 데이터베이스에 저장 한다.

④ 이동체에 대한 호 요청이 들어오면, 데이터베이스에 저장된 정보를 가지고 이동체가 속한 Sub-LA에 페이징한다.

⑤ 만약, 이동체가 Sub-LA 사이를 이동하는 경우, 이동체로부터 스위칭 요청 이 들어오면, 기지국은 시스템에 { 새로운 Sub-LA #, 단말기 식별 # }를 전송함으로써 Sub-LA # 만을 변경해 줄 것을 요청한다.

⑥ 시스템은 { LA ID #, 새로운 Sub-LA #, 단말기 식별 # }로 데이터베이스 정보를 갱신한다. 이 때, 위치등록 과정은 수행되지 않는다.

2.2 이동체 측면

① 각각의 이동체는 자신이 현재 속해있는 LA ID 번호와 함께, Sub-LA ID 번호를 자신의 레지스

터에 저장한다.

② 이동체가 새로운 셀에 들어갔을 때, 기지국이 브로드캐스팅하는 제어 채널을 검사하여 새로 들어간 셀의 LA ID 번호와 자신의 레지스터에 저장된 LA ID 번호가 다른 경우 위치등록을 요청한다.

③ 이 때, 새로 들어간 셀의 LA ID 번호와 저장된 LA ID 번호는 같지만, Sub-LA 번호가 다르면 스위칭 동작을 요청한다.

④ 현재 이동체가 속해있는 LA 내에서 자신의 이동성이 급격히 증가하거나, 감소하는 경우에도 Sub-LA 스위칭 동작을 요청한다.

⑤ 각 이동 단말은 실시간 속도 측정 알고리즘^[18],^[19]을 이용한 간단한 하드 웨어만이 필요하고, 이동 단말의 개별적 운영이 가능하므로, 알고리즘 계산부잡도를 낮출 수 있다.

V. 성능평가

1. 시뮬레이션 환경

최적화 기법을 기반으로 이차원 셀룰라 환경에서 이동 가입자의 속도 v 와 호발생율 a 에 대한 시뮬레이션이 수행된다. 이 때, 수치적 예제들을 통한 제안된 방식과 기존 방식들간의 성능 분석이 이루어진다. FLA 방식의 최적 LA size는 최적화 기법으로부터 7이 됨을 알 수 있고, 마찬가지로 방법으로 DBLA 방식의 최적 LA size도 유도할 수 있다. LA내의 셀 반지름 $r = 0.5\text{km}$, $c_p = 1$ 로 가정하였다. 시뮬레이션을 수행하는데 있어서 주요한 성능 측정 파라미터는 최적 LA size와 위치등록비용과 페이징비용을 합한 총비용이다.

2. 성능분석

2.1. 속도에 대한 성능분석

호 발생율 $a = 2 \text{ calls/hr}$ 인 이동체의 경우, 속도에 대한 FLA 방식, DBLA 방식, Sub-LA 방식간의 성능을 비교한다. 최적화 기법을 바탕으로 FLA 방식과 DBLA 방식의 최적 LA size를 유도할 수 있다. Sub-LA 방식의 LA size는 small, medium, large Sub-LA의 3 계층으로 분할하고, 각각의 Sub-LA size 비율을 1 : 3 : 6, 1 : 4 : 7, 2 : 4 : 8 의 세 가지 경우로 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션에서는 이동체의 속도를 고려하여 새로운 Sub-LA를 할당하도록 하였다. 즉, 속도가 빠른 이동체는 large Sub-LA를 할당하고,

저속 이동체는 small Sub-LA를 할당하도록 하였다. 이를 다음과 같이 구체적인 수치를 예로 들어 세분화하였다. 10km 미만의 속도를 갖는 이동체는 small Sub-LA에, 10km~50km 사이의 속도를 갖는 이동체는 medium Sub-LA에 할당된다. 그리고, 50km 이상의 고속 이동체의 경우는 large Sub-LA에 할당되게 된다.

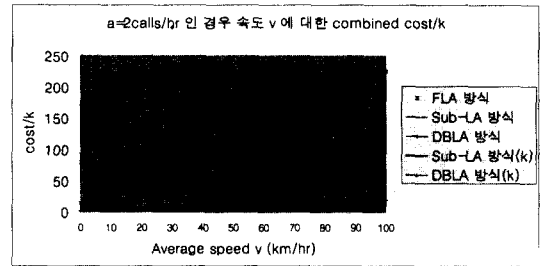


그림 2. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 1 : 3 : 6 인 경우

[그림 2]를 살펴보면, DBLA 방식의 성능이 가장 나쁘다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 DBLA 방식에서는 이동체의 위치등록 과정 중에 오버랩되는 지역이 많이 생겨나기 때문이다. 이로인해, 페이징 비용이 낭비되고, FLA 방식에 비해 상대적으로 위치등록율도 높아지게 된다. 50km 미만의 저속 이동체의 경우에는 Sub-LA 방식이 FLA 방식의 성능보다 향상되었음을 볼 수 있다. 이것은 small Sub-LA 와 medium Sub-LA에 대해 페이징해야 하는 셀 개수가 각각 1개와 3개로 FLA 방식에서의 페이징 셀 수보다 적기 때문이다. 이와 반대로, 고속 이동체의 경우에는 Sub-LA 방식이 FLA 방식보다 성능이 떨어지는 현상을 보이고 있다. 이것은 Sub-LA 방식에서 페이징해야 하는 셀 개수는 FLA 방식보다 적지만, 상대적으로 증가되는 위치등록율로 인한 것이다.

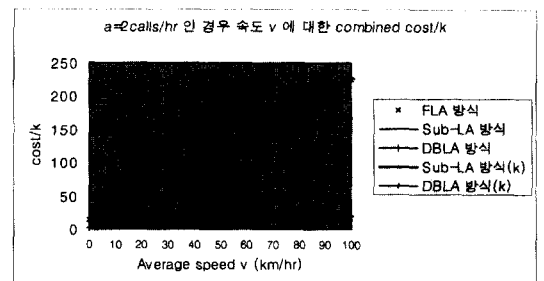


그림 3. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 1 : 4 : 7 인 경우

[그림 2]에서 본 결과와 마찬가지로 위의 경우도 DBLA 성능이 가장 나쁘다는 것을 알 수 있다. [그림 3]에서 고속 이동체의 경우 Sub-LA 방식의 성능이 FLA 방식과 같음을 볼 수 있다. 이것은 Sub-LA 방식의 large Sub-LA size가 7개로 FLA 방식과 같기 때문이다. 그러므로, 두 가지 방식의 위치등록비용과 페이징비용이 모두 같게 된다.

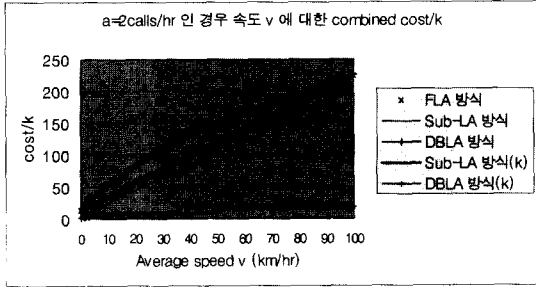


그림 4. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 2 : 4 : 8 인 경우

[그림 4]을 통해 전 구간에 걸쳐 Sub-LA 방식의 성능이 향상되었음을 볼 수 있다. 저속 이동체의 경우에는 Sub-LA 방식에서 페이징해야 하는 셀 개수가 FLA 방식에 비해 적기 때문에 Sub-LA 방식의 성능이 향상되었다. 이와 반대로, 고속 이동체의 경우에는 Sub-LA 방식의 large Sub-LA size가 FLA 방식의 LA size보다 크기 때문에 페이징에 대한 비용은 더 높아지지만, 상대적으로 낮아진 위치등록을 로 인해 전체적으로 성능은 향상될 수 있었다.

2.2. 호 발생율에 대한 성능분석

이동체의 속도 $v = 50 \text{ km/hr}$ 로 일정하다고 가정할 경우, 호발생율에 대한 FLA 방식, DBLA 방식, Sub-LA 방식간의 성능분석이 이루어진다. Sub-LA 방식에서는 호발생율에 따라 이동체를 각 Sub-LA에 할당한다. 예를 들어, 적은 호발생율을 갖는 이동체의 경우에는 large size를 할당하고, 많은 호발생율을 갖는 이동체는 small size를 할당하는 것이다. 편의상, 단위시간당 1개의 호발생율을 갖는 이동체는 large Sub-LA에, 2~3 개의 호발생율을 갖는 이동체는 medium Sub-LA에, 4~5 개의 호발생율을 갖는 이동체는 small Sub-LA에 할당하였다. 이 때, Sub-LA size 비율은 2.1에서의 비율과 같은 수치를 사용한다.

Sub-LA 방식이 FLA 방식에 비해 탁월한 성능 향상을 나타냄을 볼 수 있다. 이동체의 호발생율이

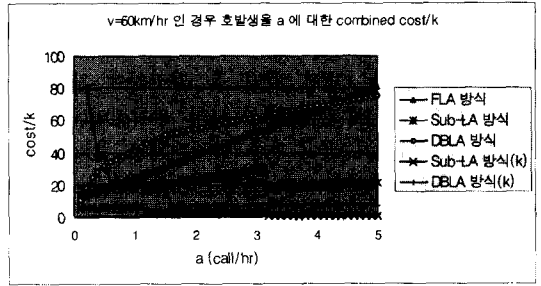


그림 5. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 1 : 3 : 6 인 경우

1개 이하인 경우에는 Sub-LA 방식이 FLA 방식에 비해 약간의 이득을 얻을 수 있다. 이것은 large Sub-LA의 size가 FLA 방식의 LA size와 크게 차이가 나지 않기 때문이다. 그러나, medium 과 small Sub-LA에 이동체가 할당되는 경우는 FLA 방식에 비해 훨씬 작은 크기의 LA에 페이징하기 때문에 페이징비용에 있어서 상당한 이득이 있음을 [그림 5]을 통해 알 수 있다.

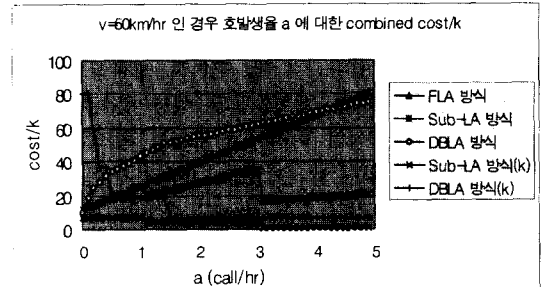


그림 6. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 1 : 4 : 7 인 경우

이동체가 large Sub-LA에 할당되는 경우, large Sub-LA size가 FLA 방식의 LA size와 같기 때문에 Sub-LA 방식과 FLA 방식의 성능이 같음을 볼 수 있다. 또한, medium과 small Sub-LA에 이동체가 할당되는 경우는 [그림 5]의 경우와 마찬가지로 Sub-LA 방식의 성능이 가장 좋다는 것을 알 수 있다.

[그림 7]에서 단위시간당 호발생율이 1개 이하인 이동체의 경우 Sub-LA 방식이 FLA 방식보다 성능이 다소 저하된 그래프를 보여주고 있다. 이것은 Sub-LA 방식의 large Sub-LA size가 FLA 방식의 LA size보다 약간 크기 때문이다. 그러나, medium 과 small Sub-LA에 이동체가 할당되는 경우는 앞의 두 가지 비율에서와 마찬가지로 Sub-LA 방식의 성능이 FLA 방식의 성능을 능가함을 볼 수 있다.

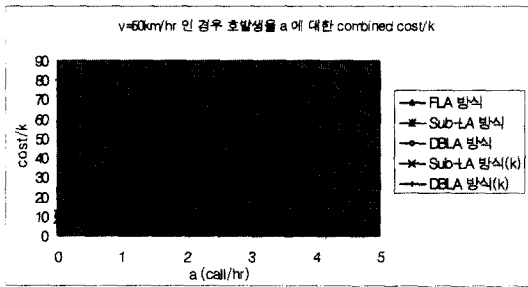


그림 7. Sub-LA 방식에서 small : medium : large = 2 : 4 : 8 인 경우

VI. 결론

본 논문에서는 셀룰라 이동통신 환경에서 이동성을 효율적으로 관리하기 위한 계층적인 Sub-LA 방식을 제안하였다. Sub-LA 방식의 기본 개념은 현재 가장 널리 사용되고 있는 FLA 방식을 기반으로 하고 있으며, 하나의 LA (location area) 내에 계층적 Sub-LA를 두는 방식이다. 본 논문에서는 최적화 기법을 바탕으로 FLA 방식과 DBLA 방식의 LA size와 총비용을 계산하였으며, Sub-LA 방식이 FLA 방식을 기반으로 하므로 FLA 방식과 동일한 방법으로 총비용을 계산할 수 있다. 시뮬레이션 결과 DBLA 방식이 가장 나쁜 성능을 보였으며, 본 논문에서 제안된 Sub-LA 방식이 가장 나은 성능을 보였다. Sub-LA size 비율을 다양하게 변화시키면서 시뮬레이션을 수행한 결과 거의 대부분의 경우 FLA 방식에 비해 성능 향상을 보였다.

참고 문헌

- [1] R. Deck and H. Panzer, "Strategies for handover and dynamic channel allocation in micro-cellular mobile radio systems," Proc. of IEEE VTC '89, 1989.
- [2] L. J. Cimini and G. J. Foschini, "Distributed algorithms for dynamic channel allocation in microcellular systems," Proc. of IEEE VTC '92, pp.641-644, 1992.
- [3] H. Panzer and R. Deck, "Adaptive resource allocation in metropolitan area cellular mobile radio systems," Proc. of IEEE VTC '90, 1990.
- [4] S. T. S. Chia and R. J. Warburton, "Handover criteria for city microcellular radio systems," Proc. of IEEE VTC '90, 1990.
- [5] I. C. Symington, "Handover control in micro-cellular systems," Proc. of IEEE VTC '89, 1989.
- [6] K. Meier-Hellstem, E. Alonso, and D. O'Neil, "The use of SS7 and gsm to support high density personal communications," Proceedings of International Conference on Communications, pp.1698-1702, Chicago, June 1992.
- [7] S. Mohan, "Two user location strategies for personal communications services," IEEE Personal Communications Mag., pp.42-50, First Quarter, 1994.
- [8] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yasuda, and A. Maebara, "A new location updating method for digital cellular systems," Proc. of IEEE VTC '91, pp.345-350, May 1991.
- [9] H. Xie, S. Tabbane, and D. J. Goodman, "Dynamic location area update management and performance analysis," Proc. of IEEE VTC '93, pp.536-539, 1993.
- [10] A. Bar-Noy and I. Kessler, "Tracking mobile users in wireless communications networks," Proc. of IEEE Infocom, pp. 1232-1239, 1993.
- [11] S. Tabbane, "Evaluation of an alternative location strategy for future high density wireless communications systems," Technical Report WINLAB-TR-51, Rutgers University, 1993.
- [12] R. Thomas, H. Gilbert, and G. Mazziotto, "Influence of the movement of the mobile station on the performance of a radio cellular network," Proc. of 3rd Nordic Seminar, Sept 1998.
- [13] A. Bar-Noy and I. Kessler, "Mobile users : to update or not to update?," Proc. of IEEE Infocom, pp.570-576, 1994.
- [14] Wing Ho A. Yuen, Wing Shing Wong, "A Dynamic Location Area Assignment Algorithm for Mobile Cellular Systems", Proc. of IEEE VTC '98, pp.1385-1389.
- [15] Z. Lei, C. Rose, "Wireless subscriber Mobility Management using Adaptive Individual Location Areas for PCS Systemss", Proc. of IEEE VTC '98, pp.1390-1394.

- [16] Z. Lei, C. Rose, "Probability Criterion Based Location Tracking Approach for Mobility Management of Personal Communication Systems", Proc. IEEE Globecom '97, Phoenix, Arizona, November 1997, pp.977-981.
- [17] Z. Lei, C. Rose, "Wireless Subscriber Location Tracking for Adaptive Mobility Management", WINLAB Tech. Report TR-131, Rutgers University, September 1996.
- [18] H. Xie and D. J. Goodman, "Mobility models and biased sampling problem," 2nd International Conference on Universal Personal Communications, Ottawa Canada, 1993.
- [19] M. D. Austin and G. L. Stuber, "Velocity adaptive handoff algorithms for microcellular systems," IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol. 43, No. 3, pp.549-561, Aug. 1994.

박 상 준(Park Sang-Joon)

한국통신학회 제 24권 11B호 참조

현재 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

김 병 기(Kim Byung-Gi)

정회원

한국통신학회 제 23권 23호 참조

현재 : 숭실대학교 정보과학대학 컴퓨터학부 교수