

논문 2004-41TC-3-1

# 이동 통신에서 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 기법

## (A Location Management Strategy Based on the Call Arrival Probability(CAP) in Mobile Communication)

장 성 식\*, 박 선 영\*\*, 이 원 열\*\*\*, 한 기 준\*\*\*\*

(Seong Sik Jang, Sun Young Park, Won Yeoul Lee, and Ki Jun Han)

### 요 약

이동 통신망의 수요가 증가함에 따라 보다 많은 가입자를 수용하기 위해 셀의 크기가 소형화되고 이는 잦은 위치 갱신을 유발시켜 위치 관리 비용의 증가를 가져왔다. 이와 같은 위치 관리 비용을 줄이기 위해 본 논문에서는 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 기법을 제안한다. 제안된 기법은 단말이 새로운 LA로 진입 할 때 그 LA에서 호 수신 확률과 현재까지의 위치 갱신 생략 횟수를 고려하여 위치 갱신 여부를 결정한다. 이 때 호 수신 확률은 단말의 이동 성향에 관한 예측 정보에 의해서 계산된다. 성능을 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과, 예측 정보가 맞을 경우 위치 갱신 비용을 상당히 줄일 수 있으며 예측 정보가 어긋나더라도 최소한 기존 표준안(IS-41)의 위치 관리 비용을 초과하지 않음을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다. 또한 예측 정보 유지와 같은 유사한 형태의 오버헤드를 요구하는 AS(Alternative Strategy)와도 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하고 제안한 기법의 성능이 우수함을 보였다.

### Abstract

With the increasing number of subscribers in the mobile communication, the reduction of the cell size and the increment of roaming frequency have increased the cost of location management. In order to reduce the cost of location management, we propose a new strategy of location management. In this scheme, whether the terminal executes location update or not is decided both by the call arrival probability in a new LA and by the number of location updates which are unexecuted despite that the terminal moved into a new LA. The call arrival probability is computed using the predicted information about the terminal mobility pattern. We simulated to evaluate our strategy's performance. In the high mobility prediction level, this scheme reduces the cost of location update considerably. Even though it is in the low mobility prediction level, the cost does not exceed that of IS-41 at most. This scheme also showed better performance, compared with that of AS(Alternative Strategy) which requires an overhead such as predicted information maintenance.

**Keywords:** Location Management, Call Arrival Probability, Mobility Pattern

### I. 서 론

\* 정희원, 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열  
(Yeungnam College of Science & Technology, Division of Computer Technology)

\*\* 정희원, 계명문화대학 컴퓨터정보계열  
(Keimyung College, Department of Computer Information)

\*\*\* 정희원, 영산대학교 네트워크정보공학부  
(Yongsan University School of Network and Information Engineering)

\*\*\*\* 정희원, 경북대학교 컴퓨터공학과  
(Kyungpook National University Department of Computer Engineering)

접수일자: 2003년11월26일, 수정완료일: 2003년3월1일

단말의 이동성을 지원하기 위해 개발된 이동통신 기술은 더 나은 서비스 품질을 제공하기 위해 ITU, 3GPP, 3GPP2 그리고 3GPPs 등에서 표준화를 통해 지속적인 기술 개발을 추진하고 있다. 무선 자원의 이용 효율을 높이고 단말기의 전력 소모를 감소시키며 고속 대용량의 멀티미디어 통신을 효율적이고 원활히 제공하기 위해 셀의 크기를 피코 셀 단위로 줄이고 있는 추세에 따라 좀 더 효과적인 단말의 위치 관리 기술이 필요하다. 셀 크기의 축소는 단말의 잦은 위치 변경을 야기

시키고 이에 따라 관련된 제어 정보의 증가, 제어 정보 발생 장소 편중 등의 문제를 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법들이 [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9]등에서 제안되었다.

초기에 제안된 위치 관리 정책들은 주로 효율적인 알고리즘과 망 구조를 제안하는 것에 중점을 두었는데 이를 비메모리기반(Memoryless-based) 기법이라고 한다<sup>[10]</sup>. 최근에는 모든 사용자에게 동일한 위치 등록 기준을 적용하지 않고 각 사용자의 이동 성향 및 호 도착률에 의존적이며 적응적이고(Adaptive) 동적인(Dynamic) 위치 관리 정책들이 제안되었다. 적응적이고 동적인 위치 관리 기법을 위해 각 단말과 망측 시스템은 미리 필요한 정보를 수집 및 관리해야 하는데 이렇게 사용자들의 이동성향과 같은 동적인 정보를 이용하는 위치 관리 기법들을 메모리기반(Memory-based) 기법이라고 한다<sup>[10]</sup>. 메모리 기반 위치 관리 기법의 경우 단말의 이동 특성에 따라 위치 관리를 수행함으로써 비메모리기반의 기법보다 위치 관리 측면에서는 더 효율적이다. 그러나 비메모리기반 기법에 비해 메모리기반 기법은 처리 오버헤드를 가지는 단점이 있는데 처리 능력(Computing Power)의 비약적인 발전으로 그 영향이 미미하다<sup>[11]</sup>.

대부분의 메모리 기반 기법은 예측 정보를 이용하여 위치 갱신을 생략함으로써 위치 관리 비용을 줄이는 방식이다. 이러한 방법들의 문제는 예측 정보가 어긋나거나 단말의 이동률에 비해 호 도착률이 커지면 페이지 비용이 급격히 증가하여 결국 전체 위치 관리 비용이 IS-41과 같은 기존 표준안의 방식보다 커질 수 있다. 이는 망의 이용 효율을 떨어뜨릴 뿐 아니라 페이지 횟수의 증가로 인한 페이지 비용의 증가 및 페이지 지연을 증가시켜 사용자에게 제공되는 서비스의 질이 저하된다는 정량화할 수 없는 비효율성을 내재하고 있다.

본 논문에서는 예측 정보를 이용하여 불필요한 위치 갱신 과정을 제거함으로써 위치 관리 비용을 줄이고 예측 정보가 맞지 않더라도 최소한 표준안의 위치 관리 비용을 초과하지 않는 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식(CAP: Call Arrival Probability)을 제안한다.

호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식은 단말이 어떤 LA(Location Area)에서 호를 수신할 확률을 미리 예측하여 호를 받을 LA로 진입 할 경우에만 위치 갱신을 수행하는 것이다. 단말의 이동 패턴을 예측하여 위치 갱신을 하는 기존의 방식들의 경우 예측 내용의 적중률이 떨어질 때 그 효율이 상당히 떨어진다. 본 논문

에서 제안한 방식에서는 예측 정보에 의한 호 수신 확률뿐만 아니라 위치 갱신의 생략 횟수의 증가에 따른 페이지 횟수의 증가치를 고려함으로써 페이지 실패에 따른 호 처리 비용의 증가를 방지할 수 있다. 또한 예측한 호 수신 확률이 어긋나더라도 위치 관리 비용이 기존 표준안의 위치 관리 방식의 비용을 초과하지 않는다.

호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식은 단말이 새로운 LA로 진입할 때 해당 단말의 이동 성향을 고려하여 진입하는 LA에서 호를 받을 확률이 높으면 위치 갱신을 수행하고 호를 받을 확률이 낮으면 위치 갱신을 생략한다. 이 때 호 발생시 현재까지 생략한 위치 갱신에 의해 발생할 수 있는 페이지 횟수의 증가치를 고려하여 위치 갱신 여부를 결정한다. 각 단말의 이동 성향을 파악하기 위해 일정 기간 단말의 이동 패턴을 모니터링하여 그 결과를 단말기와 그 단말기가 속한 홈 레지스터에 기록한다. 본 논문에서는 이를 이동성향 데이터베이스(MDB: Mobility DataBase)라고 한다. 단말은 LA간을 이동할 때 이 MDB를 이용하여 위치 갱신을 하지 않을 경우 호가 도착하였을 때의 페이지 비용을 계산하여 위치 갱신여부를 결정한다.

본 논문에서는 제안한 호 수신 확률을 이용한 위치 관리 방식과 IS-41의 위치 관리 방식을 시뮬레이션을 통해 비교하고 본 논문에서 제안한 방식과 유사한 오버헤드를 발생시키는 [11]에서 제안된 AS(Alternative Strategy)와도 그 성능을 비교할 것이다.

II장에서는 제안한 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식을 설명하고 호 수신 확률 계산 및 위치 갱신 결정 방식을 기술한다. III장에서는 기존 방식(IS-41)과 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식 및 AS를 시뮬레이션을 통해 비교한다. IV에서는 결론을 기술한다.

## II. 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식

단말의 이동률에 대한 호 도착율의 특성(CMR: Call to Mobility Ratio)에 따르면 단말의 이동시마다 위치 갱신을 수행하는 것은 비효율적이다. 단말의 위치 갱신은 단말로 호가 발생할 때 망에서 단말의 위치를 추적하기 위한 것이므로 호가 발생할 때의 단말의 위치 정보가 망에서 유지되면 된다. 현재의 이동 통신 시스템은 단말이 LA간을 이동할 때마다 위치 갱신을 하지만 그 LA에서 호를 수신하지 않는 경우 이러한 위치 갱신은 불필요한 작업이 된다.

효율적인 위치 관리는 가장 적은 비용으로 사용자들에게 가장 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 위치 관리에 필요한 비용은 위치 갱신 관련 비용과 페이징 관련 비용으로 구성되며 페이징 지연이 짧을수록 사용자들에게 높은 품질의 서비스를 제공한다고 할 수 있다. 그러나 위치 갱신 비용과 페이징 비용 사이에는 trade-off 관계가 있어 위치 갱신 비용의 최대 감소와 페이징 비용의 최소 증가를 위한 방안이 필요하다.

호 수신 확률에 근거한 위치 관리 방식은 단말이 어떤 LA에서 호를 수신할 확률을 미리 예측하고 호 수신 확률과 위치 갱신 비용 및 페이징 비용의 관계를 비교하여 위치 갱신을 수행한다. 이러한 방식을 이용하기 위해서는 단말의 이동 성향을 데이터베이스 형태로 관리하는 이동 성향 데이터베이스(MDB: Mobility DataBase)가 필요하다. MDB는 단말과 망에서 동시에 유지되어야 하는데 단말의 MDB는 단말이 새로운 LA로 진입할 경우에 위치 갱신 여부를 결정하기 위해 필요하고 망의 MDB는 위치 갱신을 생략한 경우 단말의 위치를 추적하기 위해 필요하다. MDB는 일정 기간 단말의 이동을 추적하여 반복적으로 발생하는 이동 패턴을 MDB에 저장한다. MDB는 모든 단말에 대하여 별도로 구축되며 다음과 같은 내용으로 구성된다.

$$(LA_i, Tr_i) \quad \text{with } 1 \leq i \leq l$$

$LA_i$  : 단말의 이동 패턴에 속하는 LA

$Tr_i$  :  $LA_i$  에서 단말의 평균 거주 시간(Resident Time)

단말의 MDB는 이 두가지 요소를 다 포함하여야 하나 HLR(Home Location Register)의 MDB는 단지  $LA_i$ 의 목록만 유지하며 HLR에 등록된  $LA_i$ 로의 페이징이 실패한 경우 등록된  $LA_i$  에서 인접한 LA부터 페이징한다. 단말이 MDB에 속한 LA로 이동할 경우 호 수신 확률을 계산하고 이를 이용하여 호가 발생했을 때의 페이징 비용을 계산한다. 이를 단순히 위치 갱신했을 때의 비용과 비교하여 위치 갱신 여부를 결정한다. 단말이 MDB에 속하지 않는 LA로 이동하였을 경우는 무조건 위치 갱신을 수행한다. 그러므로 위치 갱신을 생략했을 때 발생하는 추가 페이징은 단지  $LA_i$ 의 집합내에서 필요하다.

## 1. 호 수신 확률 계산

호 도착률이 포아송 분포를 따른다고 가정할 때 단말의 호 수신 확률은 단말이 LA에서 머무는 시간(Resident Time)에 비례한다. 따라서 단말이 호를 수신할 확률  $P_{LA_i}$ 는 LA에서의 평균 거주 시간  $Tr_i$  값에 비례하여 증가함을 알 수 있다. 단말의 호 수신 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

어떤 단말의 평균 호 수신 간격이 평균  $1/\lambda$ 인 지수 분포를 따르고 진입하는 새로운 LA가 그 단말의 MDB에 속한다면  $LA_i$ 에 머물 예상시간을  $Tr_i$ 이라고 하자. 호 수신 확률은 진입하는 새로운  $LA_i$ 에 머물동안 호를 수신할 확률이므로 호 수신 사건이 시간  $Tr_i$ 이내에 발생할 확률이다. 가장 최근에 호를 수신한 사건이 발생한 시점부터 새로운  $LA_i$ 로 진입할 때까지의 시간을  $h$  라고 하면 새로운  $LA_i$ 에서 호를 수신할 확률은  $P[X > h + Tr_i | X > Tr_i]$ 가 된다.  $X$ 는 호가 도착하는 사건 사이의 시간에 대한 Random Variable로, 지수분포 Continuous Random Variable들 중에서 Exponential Random Variable은 비메모리특성(Memoryless Property)을 가지고 있으므로 식 (1)이 성립된다.<sup>[12]</sup>

$$P[X > h + Tr_i | X > Tr_i] = P[X > Tr_i] \quad (1)$$

이러한 특성을 이용하여 단말이  $Tr_i$  시간 내에 적어도 한번 이상의 호를 받을 확률  $P[X \leq Tr_i]$ 은  $Tr_i$  시간 후에 호를 받을 확률  $P[X > Tr_i]$ 에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P[X > Tr_i] = e^{-\lambda Tr_i} \quad (2a)$$

$$P_{LA_i} = P[X \leq Tr_i] = 1 - P[X > Tr_i] \\ = 1 - e^{-\lambda Tr_i} \quad (2b)$$

## 2. 위치 갱신 결정 방식

본 논문에서 제안한 위치 관리 방식은 호 수신 확률을 이용하여 위치 갱신 수행시의 위치 관리 비용과 위치 갱신 생략시의 위치 관리 비용을 계산하여 위치 갱신 여부를 결정한다. 즉 위치 갱신 생략시의 위치 관리 비용이 낮을 경우에만 위치 갱신을 생략하며 그 반대의 경우와 이동 경로가 MDB에 존재하지 않을 경우에는 위치 갱신을 수행한다. 단말의 위치 갱신 수행과정을 그림 1에서 나타내었다.

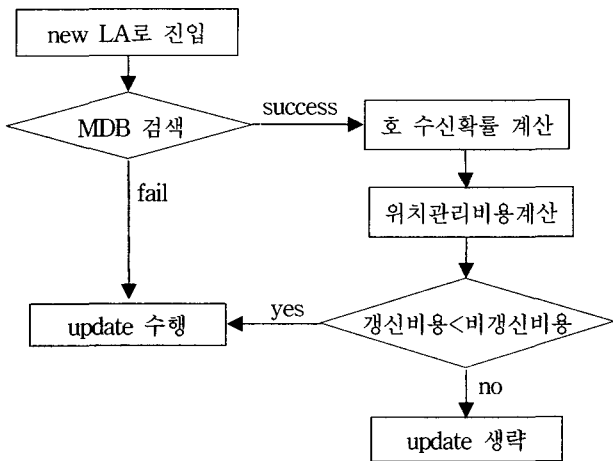


그림 1. 위치 갱신 처리 알고리즘  
Fig. 1. Algorithm for location update.

단말이 새로운 LA<sub>i</sub>로 진입하면 위치 갱신 작업을 하기 전에 단말의 MDB에 그 LA<sub>i</sub>에 관한 정보가 있는지 먼저 검색한다. MDB에 LA<sub>i</sub>에 관한 정보가 있다면 위치 갱신 조건은 LA<sub>i</sub>에서의 단말의 거주시간을 이용하여 계산된 호 수신 확률과 위치 갱신 비용 및 페이징 비용에 의해 결정된다.

위치 갱신을 생략할 경우, 진입하는 새로운 LA에서의 전체 위치 관리 비용(위치 갱신 비용 + 페이징 비용)은 두가지 경우로 나타낼 수 있다.

$$Cost_{(no-update, call-arrival)} = C_{p_i} + C_{p_s} \cdot n + C_{p_d} \cdot m \quad (3a)$$

$$Cost_{(no-update, no-call)} = 0 \quad (3b)$$

- $Cost_{(no-update, call-arrival)}$  : 위치 갱신을 생략한 경우 그 LA에서 호가 발생했을 때 위치 관리 비용(위치 갱신을 생략했으므로 위치 갱신 비용은 0 이다.)
- $Cost_{(no-update, no-call)}$  : 위치 갱신을 생략한 경우 그 LA에서 호가 발생하지 않을 때 위치 관리 비용
- $C_{p_i}$  : 첫 페이징을 위한 페이징 비용
- $C_{p_s}$  : 첫 페이징되는 LA와 같은 VLR(Visitor Location Register)에 속하는 LA로 페이징할 때의 비용
- $C_{p_d}$  : 첫 페이징되는 LA와 다른 VLR에 속하는 LA로 페이징할 때의 비용

- $n$  : 첫 페이징의 LA와 같은 VLR에 속한 LA로 페이징할 횟수
- $m$  : 첫 페이징의 LA와 다른 VLR에 속한 LA로 페이징할 횟수

식(3a)는 새로 진입한 LA에서 호가 발생하게 될 경우 전체 위치 관리 비용인데  $C_{p_i}$ 는 페이징이 성공한 경우의 페이징 비용으로 기존 방식에서의 페이징 비용과 같다. 따라서 첫 페이징이 성공한다면 전체 페이징 비용  $Cost_{(no-update, call-arrival)}$ 는  $C_{p_i}$ 이 된다.

$C_{p_s}$ 는 첫 페이징이 실패하여 추가적인 페이징이 필요할 때 첫 페이징되는 LA와 같은 VLR에 속하는 LA로 페이징할 때의 비용이다. 그러므로  $n$ 은 첫 페이징의 LA와 같은 VLR에 속한 LA로 페이징할 횟수에 해당된다.  $C_{p_d}$ 는 첫 페이징이 실패하여 추가적인 페이징이 필요할 때 첫 페이징되는 LA와 다른 VLR에 속하는 LA로 페이징할 때의 비용이며  $m$ 은 첫 페이징의 LA와 다른 VLR에 속한 LA로 페이징할 횟수에 해당된다. 식 (3b)는 새로 진입한 LA에서 호가 발생하지 않을 경우 위치 관리 비용으로 위치 갱신도 하지 않고 페이징도 필요없으므로 위치 관리 비용은 0 이다.

한편, 단말이 위치 갱신을 하는 경우 전체 위치 관리 비용은 식 (4a), (4b)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{(update, call-arrival)} = C_u + C_{p_i} \quad (4a)$$

$$C_{(update, no-call)} = C_u \quad (4b)$$

- $C_{(update, call-arrival)}$  : 위치갱신을 수행한 경우 그 LA에서 호가 발생했을 때 위치관리 비용
- $C_{(update, no-call)}$  : 위치갱신을 수행한 경우 그 LA에서 호가 발생하지 않을 때 위치 관리 비용
- $C_u$  : 위치 갱신 비용

식 (4a)는 위치 갱신을 하고 호를 수신한 경우로 위치 관리 비용은 위치 갱신 비용  $C_u$ 와 수신 호에 대한 호 처리 비용  $C_{p_i}$ 의 합이다. 식 (4b)는 단말이 위치 갱신을 수행하고 호를 수신하지 않을 경우 전체 위치 관리 비용으로 단지 위치 갱신 비용이 전체 위치 관리 비용이 된다. 식 (4a)와 (4b)는 기존 표준안에서의 위치

관리 비용과 같다.

단말이 다른 LA로 이동할 경우 단말이 자신의 MDB에 새로 이동한 LA에 관한 정보가 있는가를 확인하고 정보가 있다면 식 (5)와 같은 호 수신 확률에 따른 위치 갱신 조건을 검사한다. 호 수신 확률  $P_{LA_i}$ 는 식 (2b)에 의해 구할 수 있다.

$$P_{LA_i} \cdot Cost_{(no-update, call-arrival)} + (1 - P_{LA_i}) \cdot Cost_{(no-update, no-call)} > P_{LA_i} \cdot C_{(update, call-arrival)} + (1 - P_{LA_i}) \cdot C_{(update, no-call)} \quad (5)$$

식 (5)의 좌변은 위치 갱신을 수행하지 않는 경우 전체 위치 관리 비용이고 우변은 위치 갱신을 한 경우 전체 위치 관리 비용이다.

식 (5)의 각 값들로 식(3a), (3b), (4a), (4b)에서 구한 위치 관리 비용들을 대입하면 식 (6a)와 같이 단말에서 위치 갱신을 수행하기 전에 검사할 호 수신 확률에 따른 위치 갱신 조건식을 유도할 수 있다.

$$P_{LA_i} \cdot (C_{p_f} + C_{p_s} \cdot n + C_{p_d} \cdot m) > P_{LA_i} \cdot (C_u + C_{p_f} + (1 - P_{LA_i}) \cdot C_u) \quad (6a)$$

$$P_{LA_i} \cdot (C_{p_s} \cdot n + C_{p_d} \cdot m) > C_u \quad (6b)$$

식 (6a)를 간단히 정리하면 식 (6b)와 같다. 식(6b)에서 좌변의 비용이 크다는 것은 위치 갱신을 하지 않는 경우 호를 받을 확률에 대한 전체 위치 관리비용이 위치 갱신을 한 경우 호를 받을 확률에 대한 전체 위치 관리 비용보다 크다는 것이므로 위치 갱신을 수행해야 한다. 우변이 큰 경우는 위치 갱신을 하지 않는 것이 전체 위치 관리 비용을 줄일 수 있을 것이다.

### III. 시뮬레이션

이 장에서는 시뮬레이션을 위한 LA의 구조와 단말의 이동 패턴을 모델링하고 단말이 이동할 때 발생하는 위치 갱신 시그널의 수와 단말로 호가 도착할 때 발생하는 페이징 시그널의 수를 시뮬레이션을 통해 구한다. 기존 IS-41의 위치 관리 방식(CS : Classical Strategy), Alternative Strategy(AS), 호수신확률에 의한 위치 관리방식(CAP)에 대해 각각 시뮬레이션하여 발생하는 시그널의 수를 각 방식들의 성능을 비교할 것이다.

#### 1. LA의 구조 및 단말의 이동 패턴

시뮬레이션을 간단히 하기 위해 LA의 구조는 그림 2와 같이 사각형의 집합으로 구성한다. 단말은 어떤 시점에서 상, 하, 좌, 우의 네 방향 중 한 방향으로 이동할 수 있다. 어떤 LA에서 이웃 LA로 이동할 확률은 같다고 가정한다.

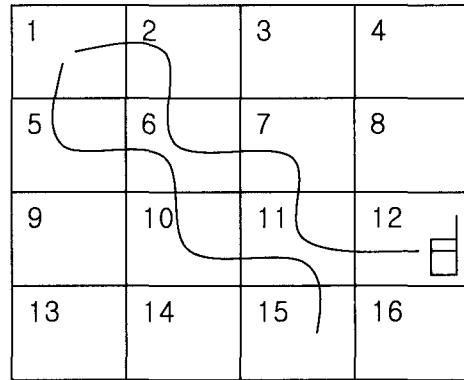


그림 2. LA 구조  
Fig. 2. Structure of LAs.

이러한 LA 구조에서 어떤 단말의 이동 패턴에 속하는 LA의 집합은 그림 2에서 보여지는 곡선이 지나가는 경로상에 있는 LA라고 가정하자. 또, 이러한 이동 경로상의 각 LA에서 거주하는 평균시간이 표 1과 같다고 가정한다면 단말의 MDB를 표 1과 같이 구성할 수 있다.

표 1. MDB  
Table 1. MDB

$LA_i$	$T_{T_i}$
1	200
2	5
5	5
6	50
7	5
10	5
11	7
12	100
15	200

단말로 요청되는 호의 도착률은 평균  $\lambda$ 의 포아송분포를 따른다고 가정한다.

시뮬레이션에서 이용된 파라미터들은 다음과 같다.

- $C_{u_1}$  : 이동전 LA와 이동후 LA가 같은 VLR에 속할 때 위치 갱신 비용
- $C_{u_2}$  : 이동전 LA와 이동후 LA가 다른 VLR에 속할 때 위치 갱신 비용

- $C_{p_i}$  : 호가 발생했을 때 페이징 비용
- $C_{p_s}$  : 같은 VLR내의 LA로의 추가페이징 비용
- $C_{p_d}$  : 다른 VLR에 있는 LA로의 추가페이징 비용
- $T_m$  : MDB에 속하지 않은 LA에서의 평균 거주 시간

한편, VLR당 한 개의 MSC(Mobile Switch Center)가 연관되며 각 VLR이 서비스하는 LA의 수는 4개이다.

그림 3은 호도착률  $\lambda$ 의 변화에 따른 CAP의 위치 관리 비용과 CS의 위치 관리 비용의 비를 그래프로 나타내었다. 단말이 MDB에 속하는 LA로 이동하였을 경우 거주시간  $T_{ri}$ 은 MDB의 내용을 따르되 편차를 0.1로 하였고 MDB에 속하지 않는 LA로 이동하였을 경우 거주시간  $T_m$ 은 50으로 동일하게 하되 편차를 0.1로 두었다.

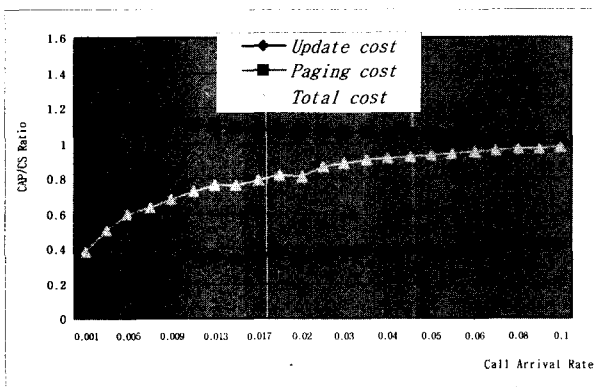


그림 3. 호 도착률에 따른 위치 관리 비용의 비  
Fig. 3. Ratio of Location Management Cost for Call Arrival Rate.

그림 3에서 호 도착률  $\lambda$ 가 0.001~0.1로 증가될 때 전체 위치 관리 비용의 비는 증가하지만 그 비가 1을 넘지 않는다. 위치 갱신을 생략한 경우 호 발생이 잦아지면 그 만큼 한번의 호에 의한 페이징 수가 증가하여 추가 페이징의 부담은 가중될 것이다. 그러나 그래프에서 보는 바와 같이 페이징 비용의 비는  $\lambda$ 가 증가할수록 오히려 감소한다. 그 이유는 두가지로 요약할 수 있다.

첫째, 위치 갱신 비용 곡선에서  $\lambda$ 가 증가할수록 위치 갱신 비용이 증가한데 기인한다. 즉 CAP의 위치 갱신 조건은 식 (6)에서 보는 바와 같이  $P_{LA_i}$ 의 영향을 받고  $P_{LA_i}$ 는 식 (2)에서  $\lambda$ 의 영향을 받는다. 따라서  $\lambda$ 가 증가할수록 위치 갱신은 빈번히 일어나게 되어 CAP의 위치 갱신 비용은 증가하게 되고 CAP/CS의 비도 증가한다. 반면 위치 갱신이 빈번히 발생할수록

CAP에서 호 처리를 위한 페이징시 적중률이 높아져 CAP/CS의 페이징 비용의 비는 감소하게 된다.

둘째, 위치 갱신의 생략에 의해 HLR에 단말의 정확한 위치가 없더라도 호 도착에 의해 페이징이 수행되면 단말의 위치를 파악하게 되어 HLR에서 단말의 위치 정보를 갱신할 수 있다. 따라서 호 도착률이 높아질수록 HLR의 단말 위치 정보가 정확하게 되어 페이징 시 적중률이 높아지고 CAP/CS의 페이징 비용의 비는 감소하게 된다. 또한, 예측 정보가 어느 정도 맞는 한, 전체 페이징 비용이 일정한 값( $C_{u_i}$ , with  $i = 1, 2$ )이상이 될 경우 위치 갱신이 수행되므로 CAP의 전체 위치 관리 비용은 CS의 전체 위치 관리 비용을 초과하지 않는다.

따라서 CAP/CS은  $\lambda$ 의 증가시 증가하나 1을 넘지 않는다.

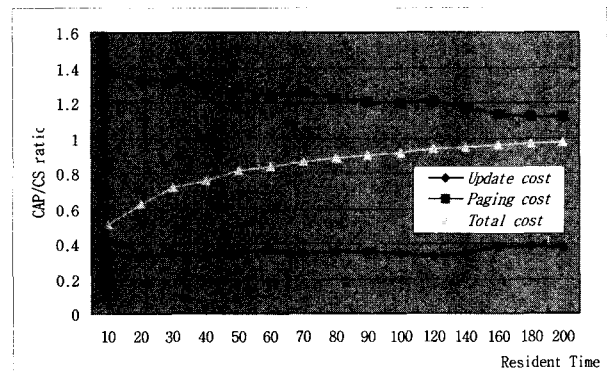


그림 4. 단말의 이동 시간 간격에 따른 위치 관리 비용의 비  
Fig. 4. Ratio of Location Management Cost for Resident Time.

그림 4는 MDB의 데이터와는 상관없이 단말이 각 LA에 거주하는 시간을 10~200으로 변화시키면서 위치 관리 비용을 시뮬레이션 하였다. 즉 예측 정보가 틀린 경우 시뮬레이션 결과이다. 이 때 호도착률  $\lambda$ 는 0.01로 두고 거주시간의 편차는 0.1이다. 그래프에서 CAP/CS의 위치 관리 비용의 비는 거주시간이 길어질수록 높아진다. 즉 CAP의 성능이 효과적으로 작용하기 위해서는 거주시간이 짧아 위치 갱신 요청이 발생하여야 하고 위치 갱신을 생략함으로써 CS와는 상대적으로 비용을 많이 줄일 수 있게 되므로 위치 관리 비용의 비는 작아진다. 이 시뮬레이션에서 CAP의 경우 위치 갱신시 사용한 MDB의 데이터와는 무관하게 단말의 거주시간이 주어지므로 MDB의 예측 내용이 틀린 경우에 대한 CAP의 위치 관리 비용을 알 수 있다. 그래프에서 나타나는 바와 같이 MDB의 예측이 틀리더라도 CAP/CS의 위치

관리 비용의 비는 1을 넘지 않는다. 즉 비록 단말의 이동 패턴에 대한 예측이 어긋나더라도 기존 방식보다 CAP의 성능이 우수함을 알 수 있다.

2. AS와의 비교

[1]에서 제안된 AS는 단말의 이동 패턴에 관한 프로파일을 사용하여 위치 갱신 시그널 비용을 줄이는 위치 관리 기법이다. 이 기법은 어떤 기간 동안에 단말이 존재할 확률이 높은 LA의 집합을 프로파일로 유지하여 호 처리 요청이 발생하면 단말이 존재할 확률이 높은 LA부터 차례로 페이징한다. 즉 CAP의 경우는 단말이 어떤 LA로 진입하여 한번 진입에서 거주하는 시간이 이 기법의 성능에 중요한 요소로서 작용하며 AS의 경우는 어떤 기간 내에 단말이 어떤 LA에 가장 오랜 시간 거주했는가 중요한 요소로 작용한다. 그러나 단말과 망에서 단말의 이동 패턴에 관한 데이터 베이스를 필요로 한다는 점에서 본 논문에서 제안한 CAP 방법과 유사하다. 두 기법에서는 데이터 베이스를 유지하기 위한 오버헤드가 존재한다. 이 절에서는 앞서 설명한 바와 같이 비슷한 형태의 오버헤드 비용을 필요로 하는 두 기법의 성능을 시뮬레이션하여 비교하였다.

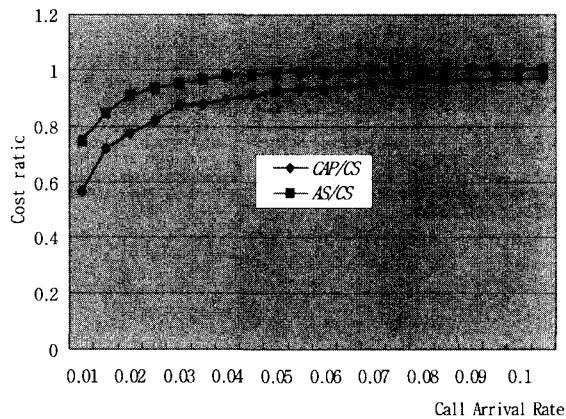


그림 5. 호 도착률에 따른 CAP와 AS의 비교  
Fig. 5. Comparison between CAP and AS for Call Arrival Rate.

그림 5는 호 도착률이 증가할 때 각 기법의 위치 관리 비용을 나타내었다. CAP의 경우 단말이 LA에 거주하는 시간은 MDB를 따르되 편차를 0.1로 두었다. AS의 경우 거주시간이 긴 LA순으로 정렬된 데이터 베이스를 유지하고 각 LA에서의 거주시간이 이를 따르되 편차를 0.1로 두었다. 그래프에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 CAP의 성능이 더 나음을 알 수 있다. 특히 호 도착률이 0.07이상이면 AS의 경우 위치 관리 비용의 비가 1을 넘어 기존 방식(CS)보다 효율이 떨어

어짐을 알 수 있다.

그림 6은 단말의 각 LA에서의 거주시간이 관련 데이터 베이스의 내용을 따르지 않고 20~200으로 동일하게 두고 시뮬레이션한 결과이다. CAP이 AS보다 더 나은 성능을 보이며 이 경우에도 단말의 거주시간이 길어지면 AS의 경우 기존 방식보다 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

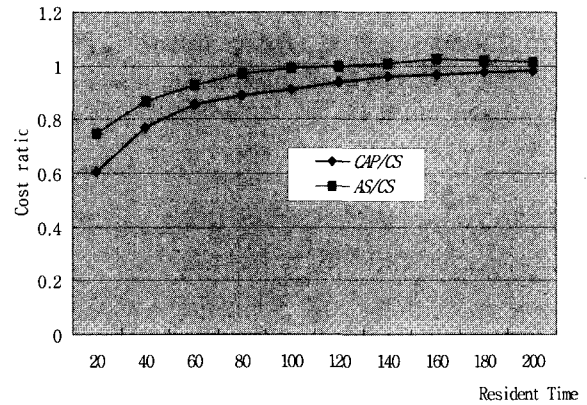


그림 6. 단말의 이동 시간 간격에 따른 CAP와 AS의 비교  
Fig. 6. Comparison between CAP and AS for Resident Time.

IV. 결론

본 논문에서는 호 수신 확률에 의한 위치 관리 기법을 제안하였고 이를 시뮬레이션에 의해 기존의 방법들과 비교하여 보았다. 호 도착률의 변화에 따른 시뮬레이션에서 호 도착률이 낮은 경우는 위치 갱신을 생략하는데서 얻어지는 비용의 감소로 전체 위치 관리 비용이 상당히 감소됨을 알 수 있었다. 또한, 호 도착률이 높아지더라도 위치 관리 비용이 기존 방식의 위치 관리 비용을 초과하지 않는 안정된 결과를 보였다. 예측 정보에 의해 위치 갱신을 생략하는 다른 연구들에서의 문제점은 예측 정보가 어긋날 경우 위치 관리 비용이 상당히 높아진다는 것이었다. 그러나 호 수신 확률에 의한 위치 관리 기법의 경우 예측 정보가 틀리더라도 그 비용이 기존 방법의 비용을 초과하지 않음을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다. 한편, 제안한 위치 관리 기법을 이용할 때 발생하는 오버헤드와 유사한 오버헤드를 가지는 AS방법과의 비교를 통해 제안된 기법의 성능이 우수함을 검증하였다.

참고 문헌

[1] Sami Tabbane, "An Alternative Strategy for Location Tracking," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol.13, No. 5, pp.880-892, June 1995.

[2] L. R. Hu and S. S. Rappaport, "Adaptive Location Management Scheme for Global Communications," Proc.IEEE Int'l. Conf. Pers. Commun., Tokyo, Japan, Nov. 6-10. 1995.

[3] A. Pashtan and I. Arich Cimed, "The CLU Mobility Management Scheme for Digital Cellular Systems," Proc. IEEE VTC, pp.1873-77, Atlanta, GA, Apr.28- May 1, 1996.

[4] H. Xie, S. Tabbane, and D. J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis," Proc, IEEE VTC '93, Secaucus, NJ, May 1993.

[5] S. J. Kim, C. Y. Lee, "Modeling and Analysis of the Dynamic Location Registration and Paging in Microcellular Systems," IEEE Trans. Vehic. Tech., vol.45, no.1, pp82-89, Feb. 1996.

[6] "Location areas, paging areas and the Network Architecture," RACE II Deliverable, R2066/PTTNL /MF1 /DS/P/001/b1, Apr. 1992.

[7] S. Tabbane, "Comparison between the Alternative Location Strategy(AS) and the Classical Location Strategy(CS)," WINSAB Tech. Rep.37, Aug. 1992.

[8] S, TAbbane, "An Alternative Strategy for Location Tracking," IEEE JSAC, vol.13, no.5, June 1995.

[9] Y. B. Lin, "Reducing Location Update Cost in a PCS Network," IEEE/ACM Trans. Networking, vol.5, no.1, pp25-33, Feb, 1997.

[10] Sami Tabbane, "Location Management Methods for Third-Generation Mobile Systems," IEEE Communication Magazine, August 1997.

[11] C. H. Rokitansky, "Knowledge-Based Routing Strategies for Large Mobile Networks with Rapidly Changing Topology," Proc. ICC'90, pp.541-51, New Delhi, India, Nov.1990.

[12] Alberto Leon-Garcia, "Probability and Random Process for Electrical Engineering," Addison Wesley.

저 자 소 개



장 성 식(정회원)  
 1987년 경북대학교 전자공학과 학사  
 1989년 경북대학교 전자공학과 석사  
 1996년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
 1994년~2001년 김천대학 컴퓨터

정보계열 조교수  
 2002년~현재 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열 조교수  
 <주관심분야: 이동통신기술, 위치제어기술, 핸드 오프 제어기술, Mobile IPv6>



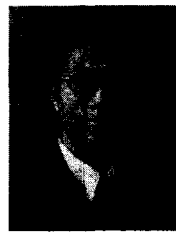
박 선 영(정회원)  
 1990년 경북대학교 컴퓨터공학과 학사  
 1993년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사  
 1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1998년~현재 계명문화대학 컴퓨

터정보계열 조교수  
 <주관심분야: wireless network, mobile IP, IPv6>



이 원 열(정회원)  
 1987년 경북대학교 전자공학과 학사  
 1993년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2002년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1997년~2002년 성심외국어대학

조교수  
 2002년~현재 영산대학교 네트워크정보공학부 전임강사  
 <주관심분야: 이동통신기술, 위치제어기술, 핸드 오프 제어기술, Mobile IPv6, 마이크로 이동성 제어 기술>



한 기 준(정회원)  
 1979년 서울대학교 전기공학과 학사  
 1981년 한국과학기술원 전기 공학과 석사  
 1985년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 석사  
 1987년 University of Arizona 전기

및 전산공학과 박사  
 1981년~1984년 국방과학연구소 연구원  
 1988년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 정교수  
 <주관심분야: 컴퓨터 네트워크, 인터넷프로토콜, 유무선 통합망, 무선 LAN>