

이동통신 사용자의 이력 자료를 고려한 동적 위치영역 관리 기법

Dynamic Location Area Management Scheme Using the Historical Data of a Mobile User

이재석¹ · 장인갑² · 홍정완³ · 이창훈²
J.S. Lee¹ · I.K. Chang² · J.W. Hong³ · C.H. Lie²

¹삼성전기/²서울대학교 산업공학과 / ³한성대학교 산업및기계시스템공학부

Keywords : Location management,
Location update, paging, historical data

Abstract

Location management is very important issue in wireless communication system to trace mobile users' exact location. In this study, we propose a dynamic location area management scheme which determines the size of dynamic location area considering each user's characteristic. In determining the optimal location area size, we consider the measurement data as well as the historical data, which contains call arrival rate and average speed of each mobile user. In this mixture of data, the weight of historical data is derived by linear searching method which guarantees the minimal cost of location management. We also introduce the regularity index which can be calculated by using the autocorrelation of historical data itself. Statistical validation shows that the regularity index is the same as the weight of measurement data. As a result, the regularity index is utilized to incorporate the historical data into the measurement data. By applying the proposed scheme, the location management cost is shown to decrease. Numerical examples illustrate such an aspect of the proposed scheme.

1. 서론

최근 폭발적인 사용자 수의 증가와 서비스의 다양화로 데이터 전송 및 시그널링에 의한 이동통신 시스템의 통신 자원 사용도가 급격히 증가하고 있다.

이동통신 사용자의 음성 데이터 서비스 요청 시 이동통신 시스템은 즉각적인 호의 연결을 위하여 이동통신 사용자의 위치를 지속적으로 관리하는 시스템이 필요하다. 이동통신 시스템에서 일반적인 위치관리 방법은 지리적 네트워크 형성을 통한 위치등록(Location Update)과 위치탐색(Paging)으로 구성된다. 위치등록은 이동 단말기(Mobile Terminal, 이하 MT)가 일정한 크기의 위치영역(Location Area, 이하 LA)을 벗어날 경우 시스템에 위치 변화를 알리는 과정이고, 위치탐색은 수신 호 발생 시 일정한 크기의 위치영역 중 단말기의 정확한 위치를 찾는 과정이다. 위치등록과 위치탐색은 상쇄관계가 있다. 특정한 호 도착률(Call Arrival Rate, 이하 CAR)과 평균속력을 가진 MT에 대해 평균적인 위치 정확도를 증가시키기 위해 위치영역의 크기를 감소시키면, 위치등록은 이전보다 빈번히 발생하여 위치등록 비용은 증가한다. 그러나 위치탐색의 경우는 위치영역의 축소로 위치탐색 대상 셀(Cell)의 수가 줄어들어 위치탐색 비용은 감소한다. 반대로 위치정확도를 완화하기 위해 위치영역의 크기를 증가시키면 위치등록 발생 횟수가 줄어들어 위치등록 비용은 감소

하나 위치탐색 비용은 증가한다. 따라서 단위 위치등록 비용과 단위 위치탐색 비용이 정의되면 위치등록 비용과 위치탐색 비용의 상쇄관계를 고려하여 비용 차원의 우위인 위치관리 기법을 결정할 수 있다.

지금까지 다양한 위치관리 기법들이 제안되고 있는데, 정적 위치관리 기법인 영역 기준 (Zone-based) 방식은 정해진 개수의 셀로 구성된 영역을 정의하여 위치등록 단위로 사용하고 위치탐색 방법으로는 전체 페이징(Blanket paging)을 사용해 1회의 위치탐색으로 MT를 찾을 수 있고 구현이 용이하고 간단한 장점이 있다. 그러나 정의된 위치영역의 경계에서 MT가 왕복 운동이나 원운동을 하는 경우 불필요한 추가적인 위치등록 비용이 발생하고, MT의 이동특성과 호 도착률 특성을 전혀 반영하지 못하는 단점이 있다(Akyildiz, 1996a). 이러한 단점을 극복하기 위하여 MT의 개별적인 이동 특성과 CAR 특성을 반영한 다양한 동적 방식들이 제안되었다. 위치등록의 기준으로 MT가 방문한 셀의 개수를 이용하는 이동기준 (Movement-based) 방식, 절대적인 이동거리를 이용하는 거리기준(Distance-based) 방식, 특정 주기 시간을 이용하는 시간기준 방식, 영역별로 상이한 체류 확률을 이용하는 이력기준 (Profile-based) 방식 등은 모두 MT의 개별적인 이동 특성과 CAR 특성을 반영하여 위치등록 비용과 위치탐색 비용으로 구성된 위치관리 비용의 절감이라는 공통된 연구 방향을 갖고 있다.

또한 위치등록의 단위인 위치영역을 MT의 이동 특성인 평균 속력과 평균 CAR을 고려하여 미분방정식(Peng et al, 2003)이나 반복적 비용 비교 방식(Xie, 2002)을 이용하여 최적 위치영역의 크기를 결정하는 동적 위치 관리 방식도 제안되었다. 그러나, MT의 이동 특성인 평균 속력과 평균 CAR만으로는 동적으로 변하는 MT의 특성을 정확히 반영할 수가 없다. 일반적으로 평균 속력과 평균 CAR은 위치등록이 발생하여 다음 위치등록이 발생할 때까지의 MT의 특성이다. 그러므로 이전 위치등록 간 측정된 자료(평균 속력과 평균 CAR)로 구한 위치영역의 크기를 다음 위치등록 직후 적용하여 다음 상황

의 위치영역의 크기를 결정하는 것은 이동통신 사용자의 이동 특성과 CAR 특성의 변화를 과대 혹은 과소하게 반영한다. 따라서, 본 논문은 이러한 과대 혹은 과소 반영의 오차를 줄이기 위해 이력자료를 반영하는 방법을 제안한다. 또한 이력자료의 자기상관계수(Autocorrelation, 이하 AC)가 이력자료와 MT의 평균 속력과 평균 CAR의 가중치가 됨을 통계적으로 증명한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 이력자료를 반영한 동적 위치관리 방법을 설명하며, 3절에서는 이력자료의 반영 비율과 AC의 관계를 보여주며, 4절에서는 이력자료 AC의 통계적 검정 및 비용 비교를 하며, 마지막으로 5절에서는 결론이 제시된다.

2. 이력자료를 반영한 동적 위치관리 방법

2.1 이력 자료의 반영

이력 자료는 이동통신 사용자의 규칙적인 패턴이 반영된 자료로써 이동 특성과 CAR에 대한 자료이다. 개별 이동통신 사용자는 이동 특성에 있어 특정한 평균 속력의 변화 형태를 일정한 주기 동안 반복 하고, 호 발생률 특성에 있어서도 특정한 CAR의 변화를 반복한다. 예를 들어 학생의 경우 이동 특성에 있어서는 아침과 저녁 시간대는 평균 속력이 빠르고 주간과 야간 시간대는 평균속력이 낮다. 이러한 하루의 이동 특성 패턴을 반복 한다. 이런 경우 하루 동안의 평균 속력 변화 자료가 이력 자료가 될 수 있다. 호 발생률 자료에 있어서도, 회사원의 경우 오전에 비해 오후에 호 발생률이 높고 심야시간과 새벽 시간에는 호 발생률이 낮다. 이러한 하루를 주기로 한 호 발생률 패턴을 반복 할 경우 하루 동안의 호 발생률 자료가 이력 자료가 될 수 있다.

본 연구에서는 기본적으로 지리적인 네트워크 정보를 가지고 있으며 각 셀이 개별 MT를 식별할 수 있음을 가정한다. 또한 위치 등록 간 평균 속력과 평균 CAR을 측정가능하다고 가정한다.

동적 위치영역 관리 방식(Peng, 2003; Xie, 2002)에서는 이동통신 사용자의 평균 속력과 평균 CAR 자료로 최적 위치영역의 크기를 결정할 수 있다. 그러나 위치등록이 발생하고 다음

상황의 위치영역을 설정하는데 있어, 다음 상황에서 이동통신 사용자의 평균속력과 평균 CAR을 알 수 없기 때문에 이전 상황의 측정 자료로 구해진 최적 위치영역을 다음 상황에 그대로 적용하여 사용한다. 이에 본 논문에서는 최적 위치영역의 지연 적용에 의한 변동을 줄이기 위해 이동 속력과 CAR에 있어 사용자의 규칙성을 이력 자료를 통해 반영하고자 한다.

CAR과 평균 속력의 변화에 대해 고유한 변화 특성을 갖는 이동통신 사용자들의 이력 자료의 최적 반영 비율을 찾아, 직전 상황의 자료만을 사용할 때 발생할 수 있는 변동의 폭을 이력 자료의 반영을 통해 줄여 위치관리 비용을 절감할 수 있다.

2.2 이력 자료 반영 방법

동적 위치영역 설정 방식에서는 최적 위치영역 크기 결정을 위해 CAR(λ)과 평균 속력(v) 자료가 필요한데, 이력 자료와 위치등록 간에 측정된 자료를 함께 고려하여 최적 위치영역의 크기 결정에 이동통신 사용자의 이력자료를 반영할 수 있다.

아래 <그림 2>와 같이 이력 자료의 평균 CAR($\bar{\lambda}$)과 위치등록 간에 측정된 CAR(λ_i^o), 이력 자료의 평균 속력(\bar{v})과 위치등록 간에 측정된 평균 속력(v_i^o)을 각각 함께 적용하여 최적 위치관리 영역의 크기를 구한다.

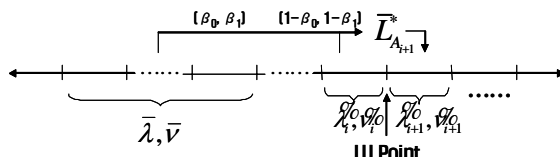


그림 2. 이력 자료와 위치등록 간 측정 자료의 조합 반영

단, $\hat{\lambda}_i$: 이력 자료와 위치등록 간 측정 자료를 함께 고려한 i 기간의 CAR

\hat{v}_i : 이력 자료와 위치등록 간 측정 자료를 함께 고려한 i 기간의 평균 속력

\bar{L}_A : 이력 자료와 위치등록 간 측정 자료를 함께 고려

하여구한 i 기간의 최적 위치영역의 크기

$\bar{\lambda}$: CAR 이력 자료의 평균값

\bar{v} : 평균 속력 이력 자료의 평균 값

β_0 : CAR의 이력 자료 평균값의 반영 비율

β_1 : 평균 속력의 이력 자료 평균값의 반영 비율

λ_{i-1}^o : i-1 기간 동안 측정된 CAR

v_{i-1}^o : i-1 기간 동안 측정된 평균 속력

이력 자료와 위치등록 간 측정 자료를 함께 반영한 평균 CAR과 평균 속력을 정의하면 아래 식 (3)과 같다.

$$\begin{cases} \hat{\lambda}_i = \beta_0 \bar{\lambda} + (1 - \beta_0) \lambda_{i-1}^o \\ \hat{v}_i = \beta_1 \bar{v} + (1 - \beta_1) v_{i-1}^o \end{cases} \quad (3)$$

이력 자료의 평균값인 $\bar{\lambda}$ 와 \bar{v} 를 각각 β_0 와 β_1 만큼 반영한 새로운 CAR과 평균 속력을 $\hat{\lambda}_i$ 와 \hat{v}_i 로 정의하여 최적 위치영역의 크기를 결정한다. i 기간의 $\hat{\lambda}_i$ 와 \hat{v}_i 에는 이력 자료와 함께 i-1 기간 동안 측정된 λ_{i-1}^o 과 v_{i-1}^o 이 각각 $1 - \beta_0$ 와 $1 - \beta_1$ 만큼 반영된다.

새롭게 정의된 i 기간의 CAR과 평균 속력인 $\hat{\lambda}_i$ 와 \hat{v}_i 로 최적 위치관리 영역의 크기를 결정함으로써 위치영역 결정에 이력 자료를 반영할 수 있다.

3. 이력자료의 반영 비율과 AC의 관계

3.1 사용자 별 최적 위치영역 결정과 이력 자료 반영 비율

이력 자료는 식 (3)과 같이 위치영역 크기 결정에 있어 (λ_{i-1}^o , v_{i-1}^o)와 함께 가중치의 개념으로 각각 (β_0 , β_1)의 비율로 반영된다.

반영 비율을 구하는 과정은 다음과 같다.

위 식 (3)에서 정의된 CAR과 평균 속력을 적용하여 위치관리 비용 함수를 정의하면 식 (4)

와 같다.

$$\bar{C}_i = P_p \hat{\lambda}_i TN \left(\frac{L_A}{L_C} \right) + P_u T \frac{\hat{v}_i}{L_A} \quad (4)$$

P_u, P_p 는 각각 단위 위치등록 비용과 단위 위치 탐색 비용을 의미하며, L_C, L_A 는 셀의 크기와 위치영역의 크기이며, T 는 시간을 의미한다. 식 (4)를 이용하여 아래 식 (5)와 같이 이력 자료가 반영된 최적 위치영역의 크기를 정의할 수 있다.

$$\bar{L}_{A_i}^* = \sqrt{\frac{P_u \hat{v}_i L_C}{P_p \hat{\lambda}_i}} \quad (5)$$

식 (5)에서 정의된 최적 위치관리 영역은 $i-1$ 기간 직후 계산되어 i 기간에 적용된다. 따라서 i 기간의 위치관리 비용은 아래 식 (6)과 같다.

$$C_i = P_p \hat{\lambda}_i TN \left(\frac{\bar{L}_{A_i}^*}{L_C} \right) + P_u T \frac{v_i^0}{\bar{L}_{A_i}^*} \quad (6)$$

이력 자료는 이동통신 사용자의 이동 특성과 CAR의 규칙적 특성을 나타내는 반복 기간 동안의 측정 자료다. 이력 자료의 전체 측정 기간 (n) 동안의 위치관리 비용을 최소로 만드는 (β_0, β_1) 을 식 (7)과 같은 선형탐색 과정을 통해 찾을 수 있다.

$$(\beta_0, \beta_1) = \min \left[\sum_{i=1}^n C_i \{ \hat{\lambda}_i^0, v_i^0, \bar{L}_{A_i}^* (\hat{\lambda}_i(\beta_0), \hat{v}_i(\beta_1)) \} \right] \quad (7)$$

식 (7)에서 볼 수 있듯이 위치관리 비용의 구성 요소인 위치등록 비용과 위치탐색 비용은 상호 독립적인 합의 관계이기 때문에 β_0 와 β_1 은 같은 방법을 이용하여 개별적으로 구할 수 있다.

3.2 규칙성 지표(Regularity Index, 이하 RI)의 사용

3.1절에서 구한 이동통신 사용자의 이력 자료 반영 비율은 개인별로 상이하다. 그것은 이동통신 사용자의 개인별 이력 자료가 갖고 있는 내부적 규칙성과 관련된다. 평균과 분산이 같은 이력 자료라도 규칙성은 다를 수 있다. 규칙성

은 이력 자료의 순차적인 차이를 의미한다. 예를 들어 평균 속력의 이력자료에 대해 이력 자료의 평균과 분산은 같아도 특정 속도의 지속성이 달라 그 규칙성은 상이할 수 있다.

이동통신 사용자들의 상이한 이력 자료의 규칙성을 설명하고 개인별 이력 자료의 반영 비율을 상이하게 만드는 요인을 설명하기 위해 RI가 필요하다.

시계열 자료의 자기 상관성을 분석하는 모수인 AC는 순차적인 자료의 상관관계를 설명할 수 있다. 자료 내부의 연속된 두 수치들의 순차적인 상관관계는 단위 구간이 1인 AC를 계산하여 알아볼 수 있다. 일반적으로 AC 값이 0보다 크면 양의 상관관계가 있는 것이고, 0보다 작으면 음의 상관관계를 갖고 있다. AC 값이 0이면 두 자료는 독립적이다. 이동통신 사용자의 이력 자료의 규칙성을 설명하는 모수인 RI로 AC를 사용한다.

AC의 정의에 따라 CAR 이력 자료와 평균 속력 이력 자료의 AC는 아래 식 (8)과 같다.

$$AC(\hat{\lambda}_i^0, \hat{\lambda}_{i-1}^0) = \frac{\sum_{i=2}^n (\hat{\lambda}_i^0 - \bar{\lambda})(\hat{\lambda}_{i-1}^0 - \bar{\lambda})}{\sum_{i=1}^n (\hat{\lambda}_i^0 - \bar{\lambda})^2}$$

$$AC(v_i^0, v_{i-1}^0) = \frac{\sum_{i=2}^n (v_i^0 - \bar{v})(v_{i-1}^0 - \bar{v})}{\sum_{i=1}^n (v_i^0 - \bar{v})^2} \quad (8)$$

n 개의 평균 속력 이력 자료와 CAR 이력 자료의 규칙성을 AC로 설명할 수 있다.

위 식 (8)을 이용하여 이력 자료의 RI 값을 정의하면 아래 식 (9)와 같다.

$$R(\hat{\lambda}_i^0) = \begin{cases} A(\hat{\lambda}_i^0) & \text{if } A(\hat{\lambda}_i^0) > 0 \\ 0 & \text{if } A(\hat{\lambda}_i^0) \leq 0 \end{cases}$$

$$R(v_i^0) = \begin{cases} A(v_i^0) & \text{if } A(v_i^0) > 0 \\ 0 & \text{if } A(v_i^0) \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

단, $R(\hat{\lambda}_i^0)$: CAR 이력 자료의 RI 값

$A(\hat{\lambda}_i^0)$: CAR 이력 자료의 AC 값

$R(\%)$: 평균 속력 이력 자료의 RI 값

$A(\%)$: 평균 속력 이력 자료의 AC 값

이동통신 사용자들은 RI로 설명되는 이력 자료의 규칙성이 다르기 때문에 3.1절에서 선형탐색으로 구한 개인별 이력 자료의 반영 비율이 달라진다.

3.3 이력 자료의 반영 비율과 RI

이력 자료의 반영 비율과 RI의 관계는 다음의 실험을 통하여 알아볼 수 있다. 3.1절에서 언급되었듯이 CAR 이력 자료와 평균 속력 이력 자료의 최적 반영 비율은 동일한 방법으로 구할 수 있기 때문에 본 연구에서는 CAR은 고정시키고 평균 속력 이력 자료에 대한 최적 반영 비율만을 구하고 $1-\beta_1$ 을 AC와 비교하여 RI와의 관계를 분석한다.

< : 1> 이력 자료의 반영 비율과 RI | 관계 검증 실험 환경

항 목	내 용(값)
실험 대상	이력 자료의 반영비율과 RI의 관계
이력 자료	평균 속력 자료
자료의 수	1000 개
셀 크기(L_c)	1
P_u	10
P_b	1

이동통신 사용자의 평균속력 이력 자료의 최적 반영 비율은 식 (7)과 같이 선형탐색으로 찾고 AC는 식 (8)로 계산하여 두 값을 비교 한다.

아래 <그림 3>은 평균과 분산이 각각 50, 391이고 [10, 60]의 값만으로 구성된 평균 속력 이력 자료에 대한 실험 결과이다. 그래프 가로 축의 자료 조합 번호는 동일한 자료(평균과 분산이 같고 동일한 값만으로 구성된 자료)이지만 RI값이 다른 자료의 다른 조합들이다.

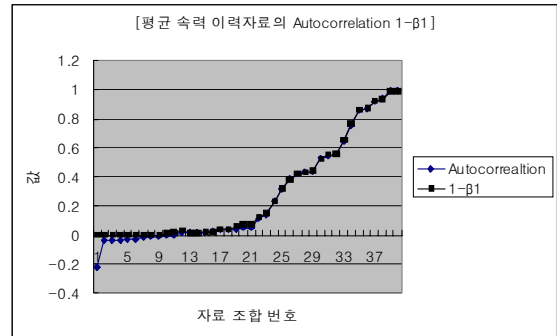


그림 3. [50, 391/(10, 60)]의 AC와 $1-\beta_1$

세로축의 값은 AC는 -1에서 1까지를 $1-\beta_1$ 은 0에서 1까지의 값을 가진다.

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 AC는 음수 일 때는 $1-\beta_1$ 이 0이다. 따라서 식 (9)에 의해 $R(\%)$ 와 $1-\beta_1$ 은 모든 조합에 대하여 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

<그림 4>는 평균과 분산이 각각 36, 624이고 [10, 60]의 값만으로 구성된 평균 속력 이력 자료에 대한 실험 결과이다.

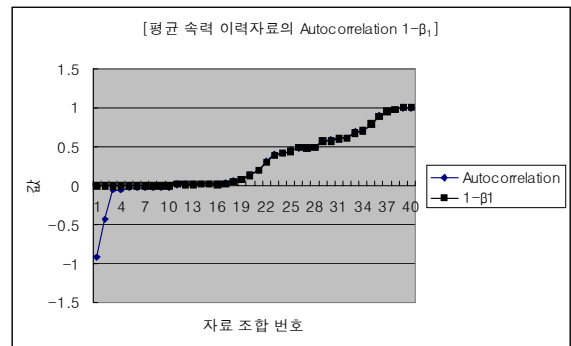


그림 4. [36, 624/(10, 60)]의 AC와 $1-\beta_1$

<그림 3>과 마찬가지로 <그림 4>에서도 $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 이 모든 자료 조합에 대해 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

아래 <그림 5>은 평균과 분산이 36, 950이고 [5, 15, 35, 85] 값만으로 구성된 평균 속력 이력 자료에 대한 실험 결과이다.

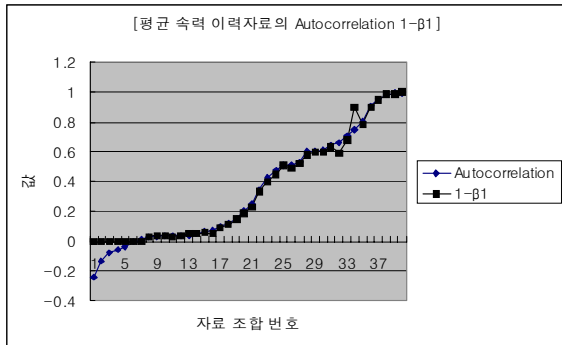


그림 5. [36, 950/(5,15,35,85)]의 AC와 $1-\beta_1$

마찬가지로 $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 이 모든 자료 조합에 대해서 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

아래 <그림 6>은 평균과 분산이 81, 824이고 무작위 값으로 구성된 평균 속력 이력 자료에 대한 실험 결과이다.

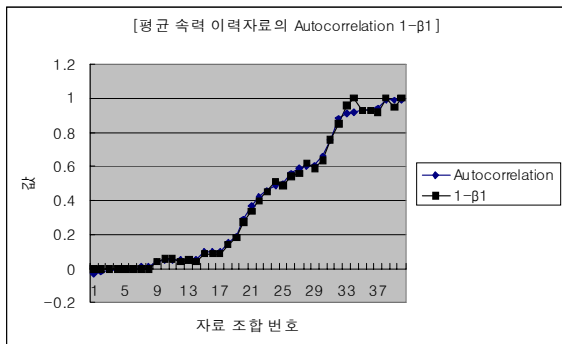


그림 6. [51, 824/무작위 자료]의 AC와 $1-\beta_1$

마찬가지로 $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 이 모든 자료 조합에 대해서 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

이상 네 가지 상황의 실험 결과에서 $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 이 유사한 값을 갖고 있음을 확인할 수 있다.

4. 이력자료 AC의 통계적 검정 및 비용 비교

4.1 이력자료 AC의 통계적 검정

$1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 이 같은 값을 갖는지를 통계적으로 증명하기 위해 95% 유의수준의 검정을 수행하였다.

검정의 결과가 개인 사용자뿐만 아니라 전체 시스템에서도 유의함을 보이기 위해 위 2.5절에서의 네 가지 상황에 대한 개별 검정과 함께 통합 검정도 수행 하였다.

검정을 위한 기본 가정은 아래와 같다.

가정 1.

1) 평균 속력 이력 자료의 $R(\%)$ 과 $1-\beta_1$ 의 차이인 D_i 는 정규분포를 따른다.

귀무가설과 대립가설은 아래와 같다.

$$\begin{cases} H_0 : \mu_D = \mu_{D0} \\ H_a : \mu_D \neq \mu_{D0} \end{cases}$$

H_0 의 기각역은 $|t| > t_{0.025, 39}$ 이다. 그런데 $t_{0.025, 39} = 1.96$ 이므로 아래 <표 3>과 같이 모든

이력 자료에 대해 $|t| < t_{0.025, 39}$ 이다. 따라서 H_0 는 기각되지 않는다.

즉, 95% 신뢰 수준에서 [50, 391/(10, 60)], [36, 624/(10, 60)], [36, 950/(5, 15, 35, 85)], [51, 824/무작위 자료]의 각 경우에 대해 $R(\%)$ 와 $1-\beta_1$ 은 통계적으로 같다.

표 3. $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 의 이력자료 별 검정 과정

	n	\bar{D}	s_D^2	t
[50,391/(10, 60)]	40	0.00192	6.05×10^{-5}	1.56
[36,624/(10, 60)]	40	-0.00075	4.81×10^{-5}	-0.68
[36,950/(5,15,35,85)]	40	-0.0049	8.31×10^{-4}	-1.08
[51,824/무작위 자료]	40	-0.00375	4.45×10^{-4}	-1.13

그리고 네 가지 이력 자료의 통합 검정 과정은 아래 <표 4>와 같다.

표 4. $1-\beta_1$ 과 $R(\%)$ 의 전체 통합 검정 과정

	n	\bar{D}	s_D^2	t
전체 통합 자료	160	-0.00187	3.47×10^{-4}	-1.27

위 <표 3>의 개별 상황에서와 마찬가지로 네 가지 이력 자료의 통합 자료에 대해서도 H_0 는 기각되지 않는다. 즉, 95% 신뢰 수준에서 전체 통합 자료의 $R(\%)$ 와 $1-\beta_1$ 은 통계적으로 같다.

위 검정 결과로부터 선형탐색으로 구한 이력 자료의 반영비율과 이력 자료의 AC로 얻어지는 RI 값 사이에는 식 (10)의 관계가 있음을 알 수 있다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_0 + R(\%) = 1 \\ \beta_1 + R(\%) = 1 \end{array} \right. \quad (10)$$

식 (10)과 같이 이력 자료의 최적 반영 비율과 RI 값의 합은 1이 된다.

따라서 이력 자료 자체의 RI 값을 이용하여, 반복적인 계산 과정이 필요한 선형 탐색 과정으로 구해지는 최적 반영 비율을 간단히 결정할 수 있다.

4.2 이력 자료 반영에 따른 위치관리 비용 비교

본 절에서는 이력 자료를 반영한 동적 위치영역 관리 방식의 위치관리 비용절감 효과를 실험을 통해 증명한다. MT의 이력자료의 평균을 이용한 방법과 이력자료가 반영되지 않고 측정자료만을 이용한 방법, 그리고 제안된 방법을 이용한 위치관리 비용을 비교한다.

일반적인 실험 환경은 3.3절과 같으며 실험에 사용된 이력 자료는 평균과 분산이 36, 950이고 [5, 15, 35, 85]의 값만으로 구성된 1000개의 평균 속력 자료다. CAR은 고정시키고 자료의 조합이 다른 16개의 자료 조합(RI가 다름)에 대해 각각의 단위 시간당 위치관리 비용을 가로 축인 $AC(1-\beta_1)$ 에 대하여 <그림 7>과 같이 나타난다.

기존 연구의 이력 자료를 반영하지 않고 측정자료만을 이용한 방법의 위치등록 비용 그래프는 $AC(1-\beta_1)$ 값이 증가할수록 비용이 현저히 낮아진다. 이것은 AC가 이력 자료의 순차적인 상관관계를 표현하는 지표이기 때문에 AC값이 클수록 자료의 순차적인 규칙성이 높아져 이전 상황의 최적 위치영역의 다음 상황의 최적 위치

영역에 대한 예측력이 높아지기

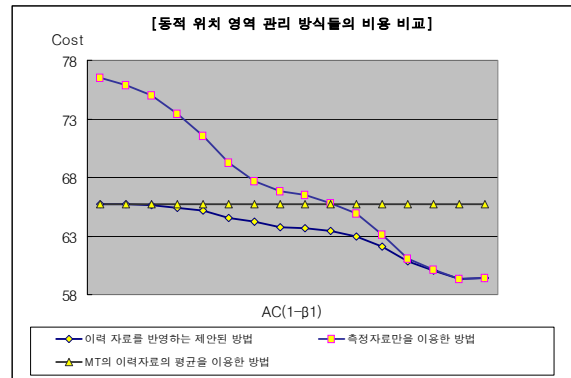


그림 7. 동적 위치 영역 관리 방식들의 비용 비교

때문이다.

<그림 7>의 $1-\beta_1$ 이 0인 경우는 β_1 이 1 즉, 위치등록 간 측정 자료는 반영하지 않고 이력 자료의 평균값만을 반영한 경우이기 때문에 이력 자료를 반영한 방법과 MT의 이력 자료의 평균을 이용한 방법의 위치관리 비용이 동일하다. 또, $1-\beta_1$ 이 1인 경우는 β_1 이 0 즉, 이력 자료의 평균값은 반영하지 않고 위치등록 간 측정 자료만을 반영한 경우이기 때문에 이력 자료를 반영한 방법과 이력자료를 반영하지 않은 방법의 위치관리 비용이 동일하다.

결과적으로 β_1 의 모든 영역에 있어 본 논문에서 제안하는 이력 자료를 반영한 동적 위치영역 관리 방식의 위치관리 비용이 가장 낮음을 알 수 있다. 또한 평균 속력 이력 자료와 함께 CAR 이력 자료의 반영 효과도 이와 같은 방법으로 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 동적 위치영역 관리 방식에 이동통신 사용자의 이력 자료를 반영할 수 있는 방법을 제시하여 위치관리 비용을 감소시켰다. 이동통신 사용자의 개인별 이력 자료의 반영 정도를 고려함에 있어 이력 자료의 반영 비중을 결정하는 요소로 RI를 제안함으로써 이력 자료 반영 정도의 명백한 기준을 제시하였다. 또한 RI의 도입으로 인해 이동 특성과 CAR

특성의 평균과 분산만으로 이동통신 사용자를 분석하는 기존 연구의 한계점을 극복하여, 평균과 분산이 유사한 사용자에 대한 분석도 가능케 하였다. 유사한 평균과 분산을 가진 이동통신 사용자라도 이력 자료의 AC 값으로 얻어지는 RI 값이 다르면 이력 자료의 최적 반영 비율이 상이하다.

본 논문에서 제안한 RI를 통해 이동통신 사용자의 이동 특성과 CAR 특성의 규칙성에 대한 설명이 가능해 졌고 이러한 규칙성은 이력 자료의 반영 비율을 결정하는 모수임이 실험을 통해 밝혔다. 그러므로 이러한 RI를 이용하여 사용자들을 쉽게 분류할 수 있으며, 분류된 사용자들에 적합한 동적 위치관리 방법을 적용함으로써 위치관리 비용을 줄일 수 있다.

참고문헌

Ahmed Abutaleb, Victor O.K. Li(1997), Location update optimization in personal communication systems, *Wireless Networks* 3, pp. 205-216

Cao Peng, CaiBin, Yang Xuejun, Huang Zailu(2003), A State-based Dynamic Location Management Scheme, *Wireless Personal Communications*, Vo.25, pp. 59-64

C. Rose(1996), Minimizing the average cost of paging and registration: A timer-based method, *Wireless networks*2(2), pp.109-116

G. P. Pollini(1997), A profile-based location strategy and its performance, *IEEE journal on selected areas in communications*, Vol.15, No.8, pp. 1415-1424

Hai Xie, Sami Tabbne, David J. Goodman(1993), Dynamic Location Area Management and Performance Analysis, *Proc. 43rd IEEE Vehicular Technology Conf.*, pp. 536-539

I.F. Akyildiz and J.S.M. Ho(1995), Mobile user location update and paging under delay constraints, *Wireless networking*, Vol.1, pp.413-425

I.F. Akyildiz and J.S.M. Ho(1996a), On location management for personal communications networks, *IEEE Communications Magazine*, Vol.34, pp.138-145

I.F. Akyildiz and J.S.M. Ho(1996b), Movement-based location update and selective paging for PCS networks, *IEEE/ACM transactions on networking*, Vol.4, No.4, pp.629-638, Aug

Jiang Xie, Ian F. Akyildiz(2002), A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minizing Signaling Costs in Mobile IP, *IEEE Transactions on mobile computing*, Vol.1, No.3, pp. 163-175

Vincent W.-S. Wong and Victor C. M. Leung(2000), Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks, *IEEE Network*, Vol.14 Issue5 pp.18-24

Zhuyu Lei, Christopher Rose(1998), Wireless Subscriber Mobility Management using Adaptive Individual Location Areas for PCS systems, *IEEE*