

이동통신 사용자의 이력자료를 고려한 동적 위치영역 관리기법

이재석¹ · 장인갑² · 홍정완^{3*} · 이창훈²

¹삼성전기 / ²서울대학교 산업공학과 / ³한성대학교 산업시스템공학과

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

J.S. Lee¹ · I.K. Chang² · J.W. Hong³ · C.H. Lie²

¹Samsung Electro-Mechanics, Suwon, 443-743

²Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742

³Department of Industrial Systems Engineering, Hansung University, Seoul, 136-792

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 characteristics. 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.

Keywords: Location management, historical data, regularity, autocorrelation

1. 서론

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 이동단말기(Mobile Terminal, 이하 MT)가 일정한 크기

의 위치영역(Location Area, 이하 LA)을 벗어날 경우, 시스템에 위치변화를 알리는 과정이고, 위치탐색은 수신 호 발생 시, 일정한 크기의 LA 중 단말기의 정확한 위치를 찾는 과정이다. 위치등록과 위치탐색 비용 간에는 서로 상쇄(trade off) 관계가 존재한다. 특정한 호 도착률(Call Arrival Rate, 이하 CAR)과 평균속력을 가진 MT에 대해 평균적인 위치 정확도를 증가시키기 위해 LA의 크기를 감소시키면, 위치등록은 이전보다 빈번히 발생하여 위치등록 비용은 증가한다. 그러나 위치탐색의 경우는

본 연구는 2004년도 한성대학교 교내 연구비 지원 과제임.

*연락처 : 홍정완 교수, 136-792 서울시 성북구 삼선동3가 389 한성대학교 산업시스템공학과, Fax : 02-760-4490,

E-mail : jwhong@hansung.ac.kr

2005년 4월 접수, 2005년 10월 게재 확정.

LA의 축소로 위치탐색 대상 셀(cell)의 수가 줄어들어 위치탐색 비용은 감소한다. 반대로 위치 정확도를 완화하기 위해 LA의 크기를 증가시키면 위치등록 발생횟수가 줄어들어 위치등록 비용은 감소하나 위치탐색 비용은 증가한다. 따라서 단위 위치등록 비용과 단위 위치탐색 비용이 정의되면 위치등록 비용과 위치탐색 비용의 상쇄관계를 고려하여 비용 차원에서 우위인 위치영역 관리기법을 결정할 수 있다(Abutaleb and Li, 1997).

지금까지 다양한 위치영역 관리기법들이 제안되고 있는데, 정적 위치영역 관리기법인 영역기준(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 용이하다는 장점이 있다. 그러나 정의된 LA의 경계에서 MT가 왕복운동이나 원운동을 하는 경우 불필요한 추가적인 위치등록 비용이 발생하고, MT의 이동 특성과 호 도착률 특성을 전혀 반영하지 못하다는 단점이 있다(Akyildiz and Ho, 1996a). 이러한 단점을 극복하기 위하여 MT의 개별적인 이동 특성과 CAR 특성을 반영한 다양한 동적 위치영역 관리기법들이 제안되었다. 위치등록의 기준으로 MT가 방문한 셀의 개수를 이용하는 이동기준 방식(Akyildiz and Ho, 1996b), 절대적인 이동거리를 이용하는 거리기준 방식(Akyildiz and Ho, 1995), 특정 주기 시간을 이용하는 시간기준 방식(Rose, 1996), 영역별로 상이한 체류확률을 이용하는 이력기준 방식(Pollini, 1997) 등은 모두 MT의 개별적인 이동 특성과 CAR 특성을 반영하여 위치등록 비용과 위치탐색 비용으로 구성된 위치영역 관리비용의 절감이라는 공통된 연구 방향을 갖고 있다.

또한 위치등록의 단위인 LA를 MT의 이동특성인 평균속력과 CAR을 고려하여 미분방정식(Peng *et al.*, 2003)이나 반복적 비용비교 방식(Xie and Akyildiz, 2002)을 이용하여 최적 LA의 크기를 결정하는 동적 위치영역 관리방식도 제안되었다. 그러나 MT의 이동 특성인 평균속력과 CAR만으로는 동적으로 변하는 MT의 특성을 정확히 반영할 수가 없다. 일반적으로 평균속력과 CAR은 위치등록이 발생하여 다음 위치등록이 발생할 때까지의 MT의 특성이다. 그러나 직전 또는 과거의 평균자료만 활용하는 경우 평균과 분산이 같음에도 불구하고 사용자의 이동 패턴과 CAR 패턴의 차이에 따라 적정 LA의 크기는 달라질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이 패턴을 반영하기 위하여 다음 LA의 크기를 결정하는 데 있어서 직전과 과거의 평균자료에 가중치를 주어 고려하고자 한다. 그리고 위치영역 관리비용을 최소로 하는 이력자료와 MT의 특성(속력과 CAR) 간의 최적 가중치를 구하는 방법은 선형탐색(linear searching)을 이용한다. 또한 이력자료의 자기상관계수(Autocorrelation, 이하 AC)를 규칙성 지수(Regularity Index, 이하 RI)로 정의하며, RI가 선형탐색에서 구한 최적 가중치와 통계적으로 동일함을 증명한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 이력자료를 반영한 동적 위치영역 관리기법을 설명하며, 3장에서는 이력자

료의 반영비율과 AC의 관계를 보여주며, 4장에서는 이력자료 AC의 통계적 검정 및 비용 비교를 하며, 마지막으로 5장에서는 결론이 제시된다.

2. 이력자료를 반영한 동적 위치영역 관리기법

2.1 이력자료의 반영

이력자료는 이동통신 사용자의 규칙적인 패턴이 반영된 자료로서 이동 특성과 CAR에 대한 자료이다. 일반적으로 개별 이동통신 사용자는 이동 특성에 있어 특정한 평균속력의 변화 형태를 일정한 주기 동안 반복하고, CAR 특성에 있어서도 특정한 패턴을 반복한다. 예를 들어, 학생의 경우 이동 특성에 있어서는 아침과 저녁 시간대는 평균속력이 빠르고 주간과 야간 시간대는 평균속력이 느다. 이러한 하루의 이동 특성 패턴을 반복한다. 이런 경우 하루 동안의 평균속력 변화자료가 이력자료가 될 수 있다. CAR 자료에 있어서도, 회사원의 경우 오전에 비해 오후에 CAR이 높고 심야시간과 새벽시간에는 CAR이 낮다. 이러한 하루를 주기로 한 CAR 패턴을 반복할 경우 하루 동안의 CAR 자료가 이력자료가 될 수 있다.

동적 위치영역 관리방식에서는 이동통신 사용자의 평균속력과 CAR 자료로 최적 LA의 크기를 결정할 수 있다. 그러나 위치등록이 발생하고 다음 상황의 LA를 설정하는 데 있어, 다음 상황에서의 이동통신 사용자의 평균속력과 CAR을 알 수 없기 때문에 이전 상황의 측정자료로 구해진 최적 LA를 다음 상황에 그대로 적용하여 사용한다. 이에 본 논문에서는 최적 LA의 지연 적용에 의한 변동을 줄이기 위해 이동속력과 CAR에 있어 사용자의 규칙성을 이력자료를 통해 반영하고자 한다.

CAR과 평균속력의 변화에 대해 고유한 변화 특성을 갖는 이동통신 사용자들의 이력자료의 최적 반영비율을 찾아, 직전 상황의 자료만을 사용할 때 발생할 수 있는 변동의 폭을 이력자료의 반영을 통해 줄여 위치영역 관리비용을 절감할 수 있다.

2.2 이력자료 반영방법

동적 위치영역 설정방식에서는 최적 LA 크기 결정을 위해 직전의 CAR과 평균속력 자료가 필요한데, 이력자료와 위치등록 간에 측정된 자료를 함께 고려하여 최적 LA의 크기 결정에 이동통신 사용자의 이력자료를 반영할 수 있다.

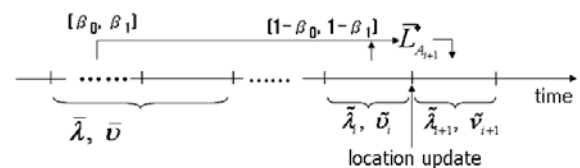


Figure 1. Combination of history data and measurement data during location update.

여기에서,

$\tilde{\lambda}_i$: 이력자료와 위치등록 간 측정자료를 함께 고려하여 계산한 기간 i 의 CAR

$\tilde{\nu}_i$: 이력자료와 위치등록 간 측정자료를 함께 고려하여 계산한 기간 i 의 평균속력

\bar{L}_A : 이력자료와 위치등록 간 측정자료를 함께 고려하여 계산한 기간 i 의 최적 LA의 크기

$\bar{\lambda}$: CAR 이력자료의 평균값

$\bar{\nu}$: 평균속력 이력자료의 평균값

β_0 : CAR의 이력자료 평균값의 반영비율

β_1 : 평균속력의 이력자료 평균값의 반영비율

$\tilde{\lambda}_{i-1}$: 기간 $(i-1)$ 동안 측정된 CAR

$\tilde{\nu}_{i-1}$: 기간 $(i-1)$ 동안 측정된 평균속력

을 의미한다.

<Figure 1>과 같이 이력자료의 CAR과 위치등록 간에 측정된 CAR, 이력자료의 평균속력과 위치등록 간에 측정된 평균속력을 각각 함께 적용하여 최적 LA의 크기를 구한다.

이력자료와 위치등록 간 측정자료를 함께 반영한 CAR과 평균속력은 아래 식 (1), (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$\tilde{\lambda}_i = \beta_0 \bar{\lambda} + (1 - \beta_0) \tilde{\lambda}_{i-1} \quad (1)$$

$$\tilde{\nu}_i = \beta_1 \bar{\nu} + (1 - \beta_1) \tilde{\nu}_{i-1} \quad (2)$$

이력자료의 평균값인 $\bar{\lambda}$ 와 $\bar{\nu}$ 를 각각 β_0 와 β_1 만큼 반영한 새로운 CAR과 평균속력을 $\tilde{\lambda}$ 와 $\tilde{\nu}$ 로 정의하여 최적 LA의 크기를 결정한다. 기간 i 의 $\tilde{\lambda}_i$ 와 $\tilde{\nu}_i$ 에는 이력자료와 함께 기간 $(i-1)$ 동안 측정된 $\tilde{\lambda}_{i-1}$ 과 $\tilde{\nu}_{i-1}$ 이 각각 $1 - \beta_0$ 와 $1 - \beta_1$ 만큼 반영된다.

3. 이력자료의 반영비율과 AC의 관계

3.1 사용자별 최적 위치영역 결정과 이력자료 반영비율

위의 식 (1), (2)에서 정의된 CAR과 평균속력을 적용한 위치영역 관리비용함수는 아래 식 (3)과 같다(Peng *et al.*, 2003; Lei and Rose, 1998).

$$\bar{C}_i = U_P \tilde{\lambda}_i TN \left(\frac{L_A}{L_C} \right) + U_L T \frac{\tilde{\nu}_i}{L_A} \quad (3)$$

U_L , U_P 는 각각 단위 위치등록 비용과 단위 위치탐색 비용을 의미하며, L_C , L_A 는 셀의 크기와 LA의 크기이며, T 는 평균 위치등록 간 시간, 그리고 N 은 놈(norm)함수를 의미한다. 식 (3)을

이용하여 아래 식 (4)와 같이 이력자료가 반영된 최적 LA의 크기를 정의할 수 있다.

$$\bar{L}_A^* = \sqrt{\frac{U_L \tilde{\nu}_i L_C}{U_P \tilde{\lambda}_i}} \quad (4)$$

식 (4)에서 정의된 최적 LA는 기간 $(i-1)$ 직후 계산되어 기간 i 에 적용된다. 따라서 기간 i 의 위치영역 관리비용은 아래 식 (5)와 같다.

$$C_i = U_P \tilde{\lambda}_i TN \left(\frac{\bar{L}_A^*}{L_C} \right) + U_L T \frac{\tilde{\nu}_i}{L_A^*} \quad (5)$$

이력자료는 이동통신 사용자의 이동 특성과 CAR의 규칙적 특성을 나타내는 반복 기간 동안의 측정자료다. 이력자료의 전체 측정기간(n) 동안의 위치영역 관리비용을 최소로 만드는 (β_0, β_1) 을 식 (6)과 같은 선형탐색 과정을 통해 찾을 수 있다.

$$(\beta_0, \beta_1) = \min \left[\sum_{i=1}^n C_i \left\{ \tilde{\lambda}_i, \tilde{\nu}_i, \bar{L}_A^* (\tilde{\lambda}_i (\beta_0), \tilde{\nu}_i (\beta_1)) \right\} \right] \quad (6)$$

식 (6)에서 볼 수 있듯이 위치영역 관리비용의 구성요소인 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 지수(Regularity Index)의 사용

3.1절에서 구한 이동통신 사용자의 이력자료 반영비율은 개인별로 상이하다. 그것은 이동통신 사용자의 개인별 이력 자료가 갖고 있는 내부적 규칙성과 관련된다. 평균과 분산이 같은 이력자료라도 규칙성은 다를 수 있다. 규칙성은 이력자료의 순차적인 차이를 의미한다. 예를 들어 평균속력의 이력자료에 대해 이력자료의 평균과 분산은 같아도 특정 속도의 지속성이 달라 그 규칙성은 상이할 수 있다.

이동통신 사용자들의 상이한 이력자료의 규칙성을 설명하고 개인별 이력자료의 반영비율을 상이하게 만드는 요인을 설명하기 위해 RI가 필요하다.

시계열 자료의 자기 상관성을 분석하는 모수인 AC는 순차적인 자료의 상관관계를 설명할 수 있다. 본 연구에서는 이동통신 사용자의 이력자료의 규칙성을 설명하는 모수인 RI로 AC를 사용한다.

AC의 정의에 따라 CAR 이력자료와 평균속력 이력자료의 AC는 식 (7), (8)과 같다.

$$AC(\tilde{\lambda}_i, \tilde{\lambda}_{i-1}) = \frac{\sum_{i=2}^n (\tilde{\lambda}_i - \bar{\lambda})(\tilde{\lambda}_{i-1} - \bar{\lambda})}{\sum_{i=1}^n (\tilde{\lambda}_i - \bar{\lambda})^2} \quad (7)$$

$$AC(\tilde{v}_i, \tilde{v}_{i-1}) = \frac{\sum_{i=2}^n (\tilde{v}_i - \bar{v})(\tilde{v}_{i-1} - \bar{v})}{\sum_{i=1}^n (\tilde{v}_i - \bar{v})^2} \quad (8)$$

n 개의 평균속력 이력자료와 CAR 이력자료의 규칙성을 AC로 설명할 수 있다.

위 식 (7), (8)을 이용하여 이력자료의 RI를 정의하면 식 (9), (10)과 같다.

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

$$R(\tilde{v}_i) = \begin{cases} A(\tilde{v}_i) & \text{if } A(\tilde{v}_i) > 0 \\ 0 & \text{if } A(\tilde{v}_i) \leq 0 \end{cases} \quad (10)$$

단, $R(\tilde{\lambda}_i)$: CAR 이력자료의 RI

$A(\tilde{\lambda}_i)$: CAR 이력자료의 AC

$R(\tilde{v}_i)$: 평균속력 이력자료의 RI

$A(\tilde{v}_i)$: 평균속력 이력자료의 AC

이동통신 사용자들은 RI로 설명되는 이력자료의 규칙성이 다르기 때문에 3.1절에서 선형탐색으로 구한 개인별 이력자료의 반영비율이 달라진다.

3.3 이력자료의 반영비율과 RI

Table 1. Experiment environment for validating the relation of RI and the ratio of history data

Contents	Values
History data	Average velocity data, CAR
Number of data	1000
Cell size(L_C)	1
U_L	10
U_P	1

이력자료의 반영비율과 RI의 관계는 다음의 실험을 통하여 알아볼 수 있다. 3.1절에서 언급되었듯이 CAR 이력자료와 평균속력 이력자료의 최적 반영비율은 동일한 방법으로 구할 수 있다.

평균속력 이력자료와 CAR 이력자료에 대한 최적 반영비율에 대하여 논의하기 위한 실험환경은 <Table 1>과 같다.

3.3.1 $1 - \beta_1$ 와 평균속력 이력자료의 RI

이동통신 사용자의 평균속력 이력자료의 최적 반영비율은

식 (6)과 같이 선형탐색으로 찾고, RI는 식 (8)로 계산하여 두 값을 비교한다.

아래 <Figure 2>는 평균과 분산이 각각 50, 391이고 실제 평균속력이 10, 60의 값만으로 구성된 평균속력 이력자료에 대한 실험 결과이다. 그래프 가로축의 자료조합 번호는 평균과 분산이 같고 동일한 값만으로 구성된 자료이지만 RI가 다른 자료의 조합들이다. 즉, 평균속력의 수치의 배열이 다른 조합들로서 이동통신 사용자의 이동 특성을 다르게 반영하기 위한 것이다.

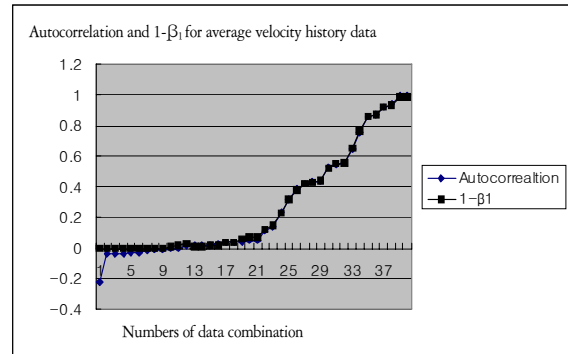


Figure 2. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [50, 391/(10, 60)].

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

<Figure 2>에서 볼 수 있듯이 AC와 $1 - \beta_1$ 는 모든 조합에 대하여 유사한 값을 가짐을 알 수 있다.

<Figure 3>은 평균과 분산이 각각 36, 624이고 실제 평균속력이 10, 60의 값만으로 구성된 평균속력 이력자료에 대한 실험 결과이다. <Figure 4>는 평균과 분산이 36, 950이고 실제 평균속력이 5, 15, 35, 85의 값만으로 구성된 평균속력 이력자료에 대한 실험 결과이다. <Figure 5>는 평균과 분산이 81, 824이고 무작위 값으로 구성된 평균속력 이력자료에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

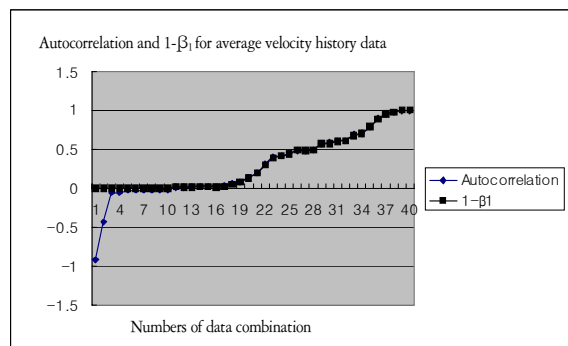


Figure 3. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [36, 624/(10, 60)].

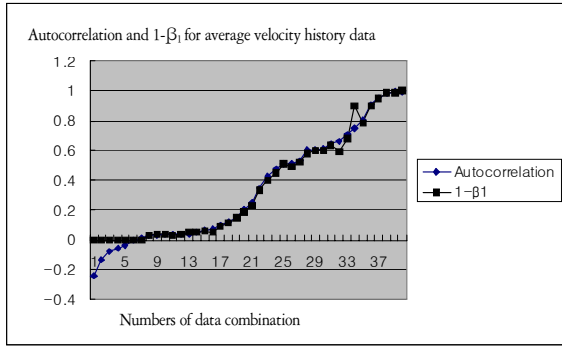


Figure 4. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [36, 950/(5,15,35,85)].

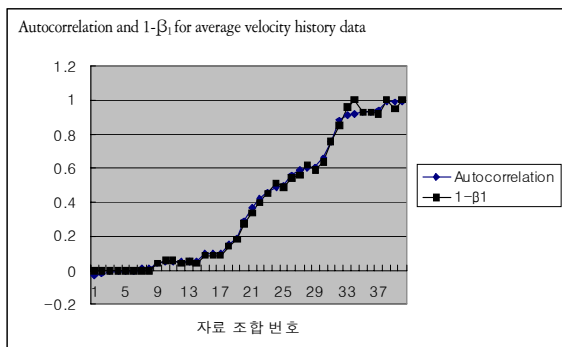


Figure 5. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [51, 824/random data].

이상 네 가지 상황의 실험 결과에서 $1 - \beta_1$ 과 AC가 유사한 값을 갖고 있음을 확인할 수 있다.

3.3.2 $1 - \beta_0$ 와 CAR 이력자료의 RI

평균속력 이력자료에서의 $1 - \beta_1$ 과 RI의 관계와 마찬가지로 CAR 이력자료에서의 $1 - \beta_1$ 와 RI의 관계 역시 식 (6)과 (7)에 의해 구해진 값을 비교한다.

<Figure 6>은 평균과 분산이 3, 3.01이고 [1, 4] 값만으로 구성된 CAR 이력자료에 대한 실험 결과이다. <Figure 7>은 평균과 분산이 2, 5.74이고 [1, 4] 값만으로 구성된 CAR 이력자료에

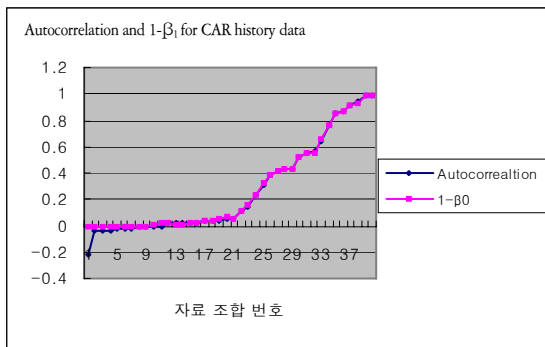


Figure 6. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [3, 3.01/(1, 4)].

대한 실험 결과이다. <Figure 8>은 평균과 분산이 7.42, 31.8이고 [1, 3, 8, 15]값만으로 구성된 CAR 이력자료에 대한 실험 결과이다. <Figure 9>는 평균과 분산이 4.2, 28.1이고 무작위 값으로 구성된 CAR 이력자료에 대한 실험 결과이다.

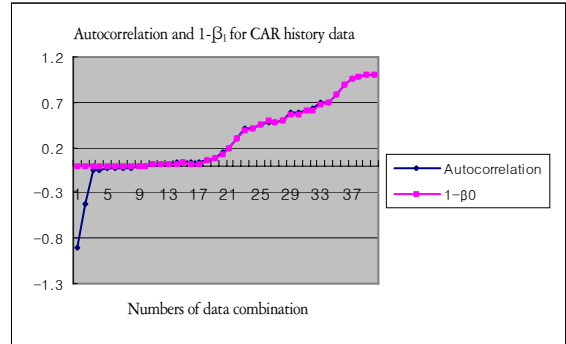


Figure 7. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [2, 5.74/(1, 4)].

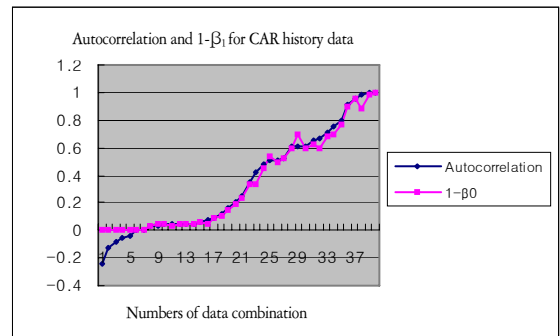


Figure 8. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [7.42,31.8/(1,3,8,15)].

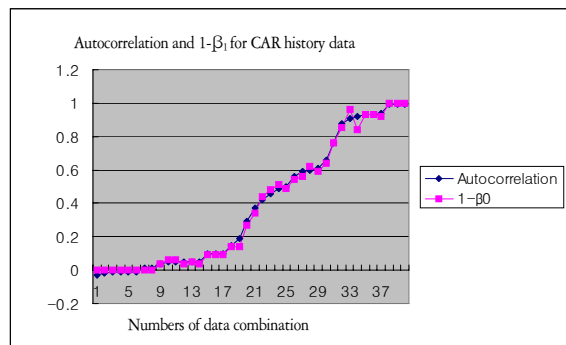


Figure 9. Representation of AC and $1 - \beta_1$ for [4.2,28.1/random data].

이상 네 가지 상황의 실험 결과에서 볼 수 있듯이 평균속력 이력자료에서의와 마찬가지로 CAR 이력자료에 대해서도 $1 - \beta_0$ 와 AC가 수치적으로 유사한 값을 갖는다는 것을 확인할 수가 있다.

4. 이력자료 AC의 통계적 검정 및 비용 비교

4.1 이력자료 AC의 통계적 검정 ($1 - \beta_1$)

$1 - \beta_1$ 과 AC가 같은 값을 갖는지를 통계적으로 증명하기 위해 95% 유의수준의 검정을 수행하였다.

검정의 결과가 개인 사용자뿐만 아니라 전체 시스템에서도 유의함을 보이기 위해 위 3.3절에서의 네 가지 상황에 대한 개별검정과 함께 통합검정도 수행하였다.

검정을 위한 평균속력 이력자료의 AC와 $1 - \beta_1$ 의 차이인 D_i 는 정규분포를 따른다고 가정하였다. 이 경우 귀무가설과 대립가설은 아래와 같다.

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

이 경우 H_0 의 기각역은 $|t| > t_{0.025, 39}$ 이다. 그런데 $t_{0.025, 39} = 1.96$ 이므로 아래 <Table 2>와 같이 모든 이력자료에 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 경우와 네 가지 이력자료의 통합자료에 대해서 AC와 $1 - \beta_1$ 은 통계적으로 같다고 할 수 있다.

Table 2. Results of $1 - \beta_1$ and AC for each history data

	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/Random]	40	-0.00375	4.45*10 ⁻⁴	-1.13
Total	160	-0.00187	3.47*10 ⁻⁴	-1.27

4.2 이력자료 AC의 통계적 검정 ($1 - \beta_0$)

$1 - \beta_0$ 와 AC가 같은 값을 가짐을 통계적으로 증명하기 위해 4.1절에서와 같은 가정과 조건으로 95% 유의수준의 검정을 수행하였다.

<Table 3>에 의하면, 개별 상황과 네 가지 이력자료의 통합

Table 3. Results of $1 - \beta_0$ and AC for each history data

	n	\bar{D}	s_D^2	t
[3,3.01/(1, 4)]	40	0.0017	5.66*10 ⁻⁵	1.46
[2, 5.47/(1, 4)]	40	-0.00097	4.88*10 ⁻⁵	-0.88
[7.42,31.8/(1,3,8,15)]	40	-0.0058	1.09*10 ⁻³	-1.12
[4.2,28.1/Random]	40	-0.004	4.43*10 ⁻³	-1.2
Total	160	-0.0022	4.09*10 ⁻⁴	-1.38

자료에 대해서 H_0 는 기각되지 않는다. 즉, 95% 신뢰 수준에서 전체 통합자료의 AC와 $1 - \beta_0$ 은 통계적으로 같은 값을 갖는다고 말할 수 있다.

따라서 이력자료 자체의 RI를 이용하여, 반복적인 계산 과정이 필요한 선형탐색 과정으로 구해지는 최적 반영비율을 간단히 결정할 수 있다.

4.3 이력자료 반영에 따른 위치영역 관리비용 비교

본 절에서는 이력자료를 반영한 동적 위치영역 관리방식의 비용절감 효과를 실험을 통해 증명한다. MT의 이력자료의 평균을 이용한 방법과 이력자료가 반영되지 않고 측정 자료만을 이용한 방법, 그리고 두 자료를 함께 고려하는 제안된 방법을 이용한 위치영역 관리비용을 각각 비교한다.

일반적인 실험 환경은 3.3절과 같으며 실험에 사용된 이력자료는 평균과 분산이 36, 950이고 [5, 15, 35, 85]의 값만으로 구성된 1,000개의 평균속력 자료다. CAR은 고정시키고 자료의 조합이 다른 16개의 자료(각 자료의 RI가 다름)에 대해 각각의 단위 시간당 위치관리 비용을 가로축인 $AC(1 - \beta_1)$ 에 대하여 나타내면 그 결과는 <Figure 10>과 같이 나타난다.

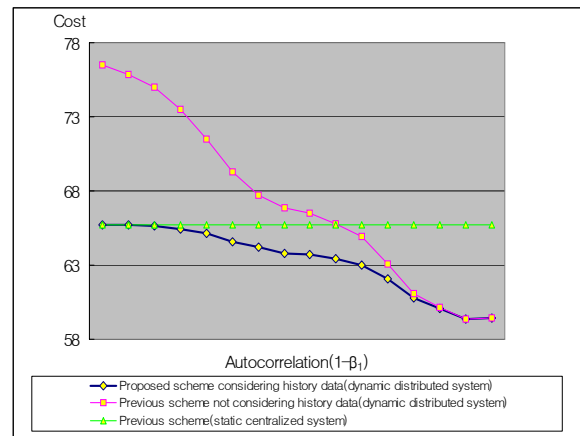


Figure 10. Location management cost of three dynamic location update schemes with respect to the average velocity.

기존 연구의 이력자료를 반영하지 않고 측정자료만을 이용한 방법의 위치등록 비용 그래프는 $AC(1 - \beta_1)$ 가 증가할수록 비용이 현저히 낮아진다. 이것은 AC가 이력자료의 순차적인 상관관계를 표현하는 지표이기 때문에 AC가 클수록 자료의 순차적인 규칙성이 높아져 이전 상황의 최적 LA의 다음 상황의 최적 LA에 대한 예측력이 높아지기 때문이다.

<Figure 10>의 $1 - \beta_1$ 이 0인 경우에는 위치등록 간 측정자료는 반영하지 않고 이력자료의 평균값만을 반영한 경우이기 때문에 이력자료를 반영한 방법과 MT의 이력자료의 평균을 이용한 방법의 위치관리 비용이 동일하다. 또, $1 - \beta_1$ 이 1인 경우에는 이력자료의 평균값은 반영하지 않고 위치등록 간 측정

자료만을 반영한 경우이기 때문에 이력자료를 반영한 방법과 이력자료를 반영하지 않은 방법의 위치관리 비용이 동일하다.

결과적으로 β_1 의 모든 영역에 있어 본 논문에서 제안하는 이력자료를 반영한 동적 위치영역 관리방식의 위치관리 비용이 가장 낮음을 알 수 있다.

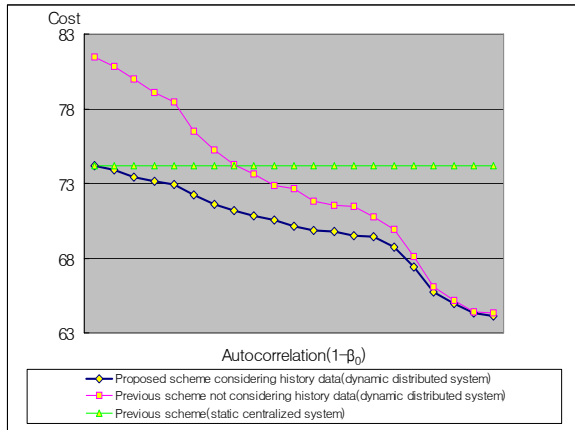


Figure 11. Location management cost of three dynamic location update schemes with respect to CAR.

CAR에 대해서도 이번에는 평균속력을 평균이 16.25인 값으로 고정시키고 CAR 이력자료는 평균, 분산이 7.2, 38이고 [1, 3, 7, 17]만으로 구성된 1000개의 자료를 이용하여 실험하였다. 그 결과는 <Figure 11>과 같다.

<Figure 10>의 평균속력 효과 검증에서와 마찬가지로 <Figure 11>의 CAR의 경우에도 β_0 의 모든 영역에 있어 본 논문에서 제안하는 이력자료를 반영한 동적 위치영역 관리방식의 비용이 가장 작음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 동적 위치영역 관리방식에 이동통신 사용자의 이력자료를 반영할 수 있는 방법을 제시하여 위치영역 관리비용을 감소시켰다. 이동통신 사용자의 개인별 이력자료의 반영 정도를 고려함에 있어 이력자료의 반영 비중을 결정하는 요소로 RI를 제안하였으며, 이를 이용하여 이력자료 반영 정도의 기준을 제시하였다. 또한 이력자료를 반영함으로써 이

동 특성과 CAR 특성의 평균과 분산만으로 이동통신 사용자를 분석하는 기존 연구의 한계점을 극복하여, 평균과 분산이 유사하더라도 이동 특성이 다른 사용자에 대한 분석도 가능케 하였다. 유사한 평균과 분산을 가진 이동통신 사용자라도 이력자료의 AC로 얻어지는 RI가 다르면 이력자료의 최적 반영비율이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 RI를 통해 이동통신 사용자의 이동 특성의 규칙성에 대한 설명이 가능해졌고 이러한 규칙성은 이력자료의 반영비율을 결정하는 모수임을 실험을 통해 밝혔다. 그러므로 이러한 RI를 이용하여 사용자들을 쉽게 분류할 수 있으며, 분류된 사용자들에 적합한 동적 위치영역 관리기법을 적용함으로써 비용을 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- Abutaleb, A. and V.O.K. Li (1997), Location Update Optimization in Personal Communication Systems, *Wireless Networks* 3, 205-216
- Akyildiz, I.F. and J.S.M. Ho (1995), Mobile User Location Update and Paging under Delay Constraints, *Wireless Networks* 1, 413-425
- Akyildiz, I.F. and J.S.M. Ho (1996a), On Location Management for Personal Communications Networks, *IEEE Communications Magazine* 34, 138-145
- Akyildiz, I.F. and J.S.M. Ho (1996b), Movement-based Location Update and Selective Paging for PCS Networks, *IEEE/ACM Trans. on Networking* 4(4), 629-638
- Lei, Z. and C. Rose (1998), Wireless Subscriber Mobility Management Using Adaptive Individual Location Areas for PCS Systems, *IEEE International Conference on Communications* 3, 1390-1394
- Peng, C., C. Bin, Y. Xuejun and H. Zailu (2003), A State-based Dynamic Location Management Scheme, *Wireless Personal Communications* 25, 59-64
- Pollini, G.P. (1997), A Profile-based Location Strategy and its Performance, *IEEE J. on Selected Areas in Communications* 15(8), 1415-1424
- Rose, C. (1996), Minimizing the Average Cost of Paging and Registration : A Timer-based Method, *Wireless Networks* 2(2), 109-116
- Wong, V.W.S. and V.C.M. Leung (2000), Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks, *IEEE Network* 14(5), 18-24
- Xie, H., S. Tabbne and D.J. Goodman (1993), Dynamic Location Area Management and Performance Analysis, *Proc. 43rd IEEE Vehicular Technology Conferences*, 536-539
- Xie, J. and I.F. Akyildiz (2002), A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minizing Signaling Costs in Mobile IP, *IEEE Trans. on Mobile Computing* 1(3), 163-175



이재석

한성대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 현재: 삼성전자 경영혁신팀
 관심분야: 이동통신망 위치관리, 품질경영
 및 혁신



홍정완

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 서울대학교 산업공학과 박사
 현재: 한성대학교 산업시스템공학과 부교수
 관심분야: 정보통신시스템, Queuing Theory,
 산업정보시스템



장인갑

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 현재: 서울대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야: 이동통신 성능분석, 신뢰성,
 품질경영



이창훈

서울대학교 원자력공학과 학사
 Kansas State University 공학 석사
 Kansas State University 산업공학 박사
 현재: 서울대학교 산업공학과 교수
 관심분야: 신뢰성, 확률 및 통계, 품질경영,
 통신 및 네트워크 분석