

Mobile IP 시스템 환경 하에서 사용자의 시공간적 이동 성향을 고려한 위치정보 관리 방법의 제안 및 성능분석

김서영* · 김정호**

1. 서 론

차세대 이동통신 시스템에서는 사용자들에게 음성 서비스 뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하며 고속 인터넷 접속 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 노트북이나 핸드폰, PDA 등 이동 단말들은 사용자들이 주로 IP를 사용하여 인터넷 서비스에 접속할 수 있도록 지원한다. 이렇게 무선으로 인터넷을 사용하고자 하는 수요가 증가할수록 무선 통신 서비스 제공자들은 사용자들의 이동 중에도 끊김 없이 서비스를 이용할 수 있도록 하는 문제에 더 큰 관심을 보이고 있다. 따라서 차세대 이동 통신 시스템에서는 데이터 서비스를 제공하는 것을 중점으로 디자인 되어야 한다. Mobile IP는 IP 망에서 전체적인 사용자 이동성을 지원하도록 IETF (Internet Engineering Task Force)에서 개발된 이동성 지원 프로토콜이다[1,2]. 이 표준을 사용하여 거의 대부분의 패킷 기반 무선 이동통신 시스템에서 사용자의

이동성 문제를 해결할 수 있다.

그러나 Mobile IP는 사용자가 자주 이동하는 경우에 지나치게 많은 위치등록 트래픽이 발생하여 이동성 관리에 따르는 네트워크의 부하가 증가하여 시그널링 트래픽의 처리지연에 따른 서비스 품질저하를 유발할 수 있으므로 기존방법을 개선하여 보다 효과적인 이동성 관리방안을 적용하는 것이 필요하다. Mobile IP 프로토콜에서는 MH가 하나의 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동하는 경우 다른 단말들과 통신하고 있지 않더라도 항상 새로운 CoA(care-of-address)를 HA로 전달하여 갱신하도록 해야 한다. 그림 1에서와 같이 Mobile IP에서는 위치 등록을 위한 트래픽이 과도하게 발생할 수 있으며 특히 사용자가 자주 이동하거나 HA까지의 거리가 먼 경우에 과도한 트래픽으로 인한 영향이 더 커질 수 있다. 또한 사용자 증가로 인해 불필요한 트래픽으로 인한 네트워크 부하가 심각해질 수 있다. 이와 더불어 사용자가 자신의 HA로부터 멀리 떨어져 있거나 HA의 처리 용량을 초과하는 과도한 양의 등록 메시지가 집중된 경우에는 사용자 위치 등록으로 인해 네트워크 상의 메시지 지연 현상이 길어지게 되며 이로 인해 현재 전달되고 있는 패킷들 중 다수가 손실되어 QoS가 저하되는 결과를 가져올 수 있다.

기존의 진행된 연구를 살펴보면 1, 2 세대 통신

* 교신저자(Corresponding Author): 김정호, 주소: 서울 서대문구 대현동 11-1(120-750), 전화: 02)3277-3596, FAX: 02)3277-3596, E-mail: jho@ewha.ac.kr

* TAT Korea Inc

** 이화여자대학교 대학원 전자정보통신학과 조교수
(E-mail: jho@ewha.ac.kr)

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (ITA-2006-(C1090-0603-0002)).

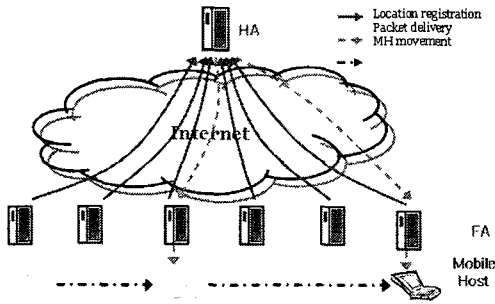


그림 1. Mobile IP에서의 위치등록과 패킷 라우팅

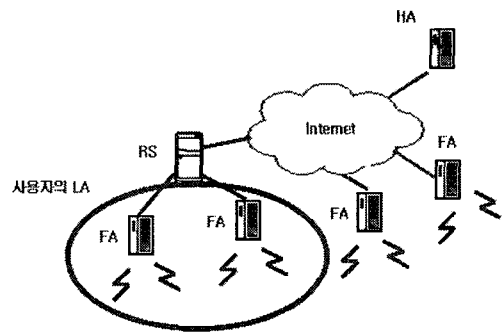


그림 2. 계층 구조

시스템을 기반으로 위치정보 관리 방법들이 다양하게 연구되었다[3-7]. 그러나 이 방법들은 사용자의 이동 성향 중 일부분만을 반영하였기 때문에 네트워크의 부담을 가중시키고 정확한 위치정보 관리에 한계를 나타낸다.

본 논문에서는 MH(mobile host; 본 논문에서는 단말과 동일한 의미로 병행하여 사용함)의 시공간적 이동 성향을 고려하여 일정한 행동 성향을 갖는 사용자가 자주 방문하는 지역을 분류하여 관리하며, 이 지역 내에서 이동하는 경우 위치 등록비용을 줄이고, 사용자 체류 확률을 산정하여 정확하고 정밀한 페이징이 이루어 질 수 있도록 하는 위치 등록 방법을 제안하고 기존의 방법과 상호 성능을 비교하고 평가하고자 한다.

2. 시공간적 이동성향을 고려한 위치정보 관리방법

2.1 시스템 구조

Mobile IP에서는 HA와 FA로 구성된 2 계층 구조를 갖고 있다. 본 논문에서 제안하는 방법에서는 그림 2에서와 같이 기존 2 계층 구조에 RS라는 계층을 추가한 3 계층 구조를 고려한다[8]. RS는 region server이며 사용자의 LA(location area)를 관리한다. LA란 사용자의 시공간적 이동 성향을 고려하여 설정한 사용자 고유의 지역으로

LA 내의 셀 간 이동하는 경우에는 위치등록을 하지 않도록 설정된 지역이다. MH가 LA내에 있는 경우 MH의 위치를 파악하기 위해 도입한 RS 계층은 MH가 LA 외부에 있는 경우에는 MH의 위치정보 관리에 관여하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 완벽한 3계층 구조가 아닌 부분적인 3계층 구조를 사용한다. 즉, 기존의 Mobile IP 계층 구조를 모두 변화시키지 않고 RS 라우터를 추가하여 구현할 수 있는 시스템이다. RS는 기본적으로 다수의 사용자 지역 정보를 관리한다. 다수의 셀 당 하나 비율의 RS를 두어 근접한 지역의 LA들을 관리하는 역할을 담당한다.

사용자의 위치 등록과 위치 파악 과정은 그림 3과 같다. 그림에서 ①은 LA 외부의 셀에 있던 MH가 자신의 LA 내부의 셀로 이동하는 경우를 나타내며 내부 셀로 이동한 MH는 새로운 FA로부터 새로운 CoA를 할당받는다. 이 새로운 CoA를 포함한 등록 메시지는 새로운 FA를 거쳐 RS 단에 전달된다. RS에서는 등록메시지를 통해 MH의 위치를 확인하고 새로운 CoA_R을 생성하여 source address를 CoA_R로 바꾼 등록메시지를 HA로 전송한다. MH가 자신의 LA 내부 셀에 있는 경우에는 MH가 전송 받을 모든 패킷들을 HA가 MH의 RS로 터널링하게 된다. 즉, MH가 LA 내부 셀에 있는 경우에는 해당 RS가 HA에게

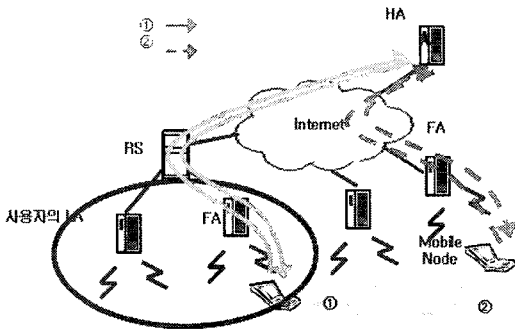


그림 3. MH의 위치등록 절차

MH의 FA로 인식된다. 그림에서 ②는 LA 외부의 셀 간 MH가 이동하는 경우를 나타낸다. 이 경우에는 Mobile IP 표준에서 지원하는 등록 방식을 그대로 사용한다. 즉, MH가 새로운 CoA 정보를 포함한 등록메시지를 RS를 거치지 않고 바로 HA로 전달하여 등록을 수행한다. 마지막으로 MH가 LA 내부의 FA간 이동하는 경우에는 HA로든 RS로든 위치등록을 하지 않는다.

2.2 사용자 LA 설정 및 관리

사용자가 처음으로 Mobile IP 서비스를 이용하게 되면 우선 MH는 최초의 위치 등록을 하고 동시에 MH가 현재 있는 셀에서의 체류 시간을 측정하게 된다. 즉, 처음 MH가 어느 셀에 들어간 것을 인식한 순간부터 다른 셀로 이동했음을 인식할 때까지의 시간 차이를 계산하여 한 셀에서의 체류 시간을 측정한다. 일정 기간 동안 그 셀에서의 평균 체류 시간을 측정하여 이 값이 미리 설정된 임계값보다 크게 되면 그 셀은 사용자의 LA에 편입될 수 있다. 하나의 셀이 사용자의 LA에 편입되기 위해서는 임계값 이상의 평균 체류 시간 외에 고려해야 할 변수는 해당 셀의 방문 빈도수이다. MH가 특정 셀에서 어느 시점에 장시간 체류했다 할지라도 일정 기간 내 (예를 들면 1주일 이내)에

재방문하지 않는다면 사용자가 그 셀을 자주 방문한다고 볼 수 없으므로 사용자의 LA에 그 셀을 추가하지 않도록 하여 사용자 위치정보 관리 관점에서 더 효율적이라고 할 수 있다. 반면 사용자가 출퇴근 등으로 매일 지나가는 도로 등의 경우는 절대적인 평균 체류 시간 자체는 매우 짧을 수 있지만 출퇴근 시간이라는 특정 시간대의 경우 사용자가 체류하고 있을 가능성이 매우 높으므로 사용자의 LA에 추가하여 관리할 필요가 있다. 즉, 사용자의 단순한 평균 체류 시간뿐만 아니라 사용자의 그 셀로의 방문 빈도수도 고려하여 특정 셀의 사용자의 LA로의 추가 여부를 결정한다.

사용자의 LA는 2개 이상의 셀로 구성되어 있다. 복수의 셀로 구성된 LA 내에서는 MH가 이동하여도 등록절차를 수행하지 않기 때문에 패킷을 MH로 전달하려면 우선 MH의 현재 위치를 파악해야만 한다. 그러나 MH의 위치를 파악하기 위해 LA 내의 모든 셀을 동시에 페이징한다면 페이징 트래픽이 과도하게 발생하게 되며, 이 경우 MH의 위치 등록 트래픽을 줄였다 하더라도 Mobile IP 표준을 적용한 경우보다 전체 위치정보 관리에 소요되는 트래픽이 증가될 수 있다. 즉, MH의 불분명한 현재 위치를 가능한 정확하게 추정하여 페이징 트래픽을 최소화 하는 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 시공간적 이동 성향을 고려하여 요일 별 시간대 별로 체류확률을 계산하여 어느 셀을 먼저 페이징 할지를 결정하는 방법을 제안하고자 한다.

2.2.1 Database

셀 별 평균 체류시간 계산은 MH가 담당한다. 새로운 셀이 사용자의 LA에 편입되면 MH는 새로운 셀의 정보와 변경된 페이징 순서를 RS로 보낸다. 표 1은 RS에 저장된 사용자 별 LA와 HA정보를 포함하는 데이터베이스를 나타낸다. Asso-

ciated FA 항은 한 사용자의 LA에 어떤 셀들이 포함되어 있는지를 보여준다. 이 항목에는 LA에 포함된 모든 셀들의 FA 리스트를 저장하고 있다. 사용자의 LA에 새로운 셀이 추가되거나 탈락되는 경우 이 항목이 갱신된다. Home Address 항목은 MH의 고유 주소인 Home Address를 저장하고 있으며 Care-of-Address 항목은 가장 최근에 패킷을 터널링 한 CoA를 저장하고 있다. 가장 최근 패킷을 터널링 한 이후 동일한 시간대에 새로운 패킷을 전송해야 하는 경우에는 이 항목에 저장된 CoA로 우선 페이징한다. 새로운 패킷 전송 요청 없이 일정 시간이 경과하면 이 Care-of-Address 항목은 Null주소로 초기화된다. 표 2는 한 사용자의 LA내 셀들의 페이징 순서를 저장한 데이터베이스를 나타낸다. 생활 성향과 이동 성향을 고려하면 요일이나 시간대역에 따라 사용자가 체류하고 있을 확률이 가장 큰 셀이 변하게 된다.

표 1. RS table

User ID	Associated FAs	Home Address	Care-of-Address
MH1	FA1, FA2, FA3, ...	0.0.0.0	0.1.0.0
MH2	FA2, FA4, FA5	0.0.0.1	0.1.0.1

표 2. Paging table

User ID	Week-day	Time Zone	Paging Order
MH1	Mon.	T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7, T20,T21,T22,T23,T24	FA1,FA3, FA4,FA2
MH1	Mon.	T8,T9,T17,T19	FA2,FA4, FA1,FA3
MH1	Mon.	T10,T11,T12,T13,T14, T15,T16	FA4,FA2, FA3,FA1
MH1	Mon.	T18	FA3,FA2, FA1,FA4
...

이렇게 사용자의 체류 확률 순으로 페이징 순서를 정하고 이를 요일 별 시간대 별로 구분하여 RS에서 저장하고 관리한다. Weekday 항목은 요일을 나타내며, Time Zone 항목은 같은 요일 내에서 동일한 페이징 순서를 갖는 시간 대역의 리스트를 저장하고 하루는 총 24개의 시간 대역으로 나뉜다. Paging Order 항목은 페이징 할 순서대로 FA를 기록하고 있다. 사용자의 페이징 순서가 바뀌게 되면 MH는 RS로 새로 변경된 페이징 순서와 더불어 변경된 요일과 시간대역 정보까지 함께 전송하며 RS에서는 Time Zone과 Paging Order 항목을 갱신한다. MH로 전송될 패킷을 HA로부터 터널링 받은 RS는 시간대역을 확인하여 이 페이징 순서에 따라 MH의 현재 위치를 파악하고 MH로 패킷을 터널링해 준다.

각 셀 별 체류확률은 MH에서 계산하는데 우선 LA에 편입된 모든 셀들의 평균 체류시간을 산출하고 데이터베이스화 한다. 이때 셀이 LA에 편입되기 이전에는 단순 평균 체류시간과 체류 빈도수만 파악하면 되었지만 LA에 편입된 이후부터는 시간대 별로 체류시간을 각각 관리해야 한다. 즉, 하나의 시간 대역 내에서 얼마 동안 MH가 그 셀에서 체류했는지를 파악하는 것이 더 중요하다. 따라서 MH의 체류시간 카운터는 각 시간 대역이 시작하는 시점부터 다음 시간 대역이 시작하는 시점까지를 측정한다. 하나의 시간 대역 중간에 MH가 다른 셀로 이동하는 경우에는 이전 셀에서의 체류시간을 계산하고 새로 들어간 셀에서의 체류시간 측정을 시작한다. 중간에 시작된 체류시간 측정도 그 시간대역이 끝나면 일단 종료한다. 이렇게 하나의 시간 대역 안에서 측정된 체류시간은 60분 대비 비율로 환산되고, 그 비율 값으로 그 시간대역의 평균 체류시간을 계산한다. 예를 들어 월요일 T10 일 때, 셀 A에서 15분 체류한 뒤 셀

B로 이동하였다면 MH에서 측정된 체류시간은 셀 A, B 각각 0.25시간과 0.75시간이다. 이후 T1 동안 셀 B에서만 체류했다면 T1일 때 MH가 측정된 체류시간은 셀 B에서 1시간이라 할 수 있다.

표 3은 시간 대역마다 측정되는 셀 별 체류시간의 예를 보여준다. 모든 요일마다, Time Zone 마다 MH의 셀 내 체류시간을 계산하였다.

이 정보를 바탕으로 MH의 평균 체류 시간과 셀 당 방문 빈도수를 알아내어 MH의 체류 확률을 구한다. 본 논문에서 평균 체류시간 계산 단위는 25주이다. MH가 처음 통신 서비스를 이용하여 25주가 되기 이전까지는 상대적으로 부정확한 이동 정보 히스토리를 반영하여 MH의 체류 확률을 구해야 한다. 즉, 서비스 개시 후 25주가 되기 전에는 그 동안 수집된 정보만으로 확률을 계산한다. 서비스 개시 후 25주 이상이 되면 표 3의 데이터베이스에 이동 히스토리 정보를 완전히 채울 수 있다. 이후 시간이 경과되어 새로운 히스토리 정보를 얻게 되면 가장 오래된 정보를 삭제하고 새로운 정보를 추가하여 새로이 체류 확률을 계산한다.

표 3. 체류시간 table

Time Zone	Week 1	Week 2	Week 3	...	Week 25
T1	(FA1,0.5), (FA3,0.3), (FA4,0.2)	(FA1,0.5), (FA3,0.5)	(FA1,0.5), (FA3,0.3), (FA4,0.2)	...	(FA1,0.5), (FA3,0.3), (FA4,0.2)
T2	(FA1,0.8), (FA3,0.15), (FA4,0.05)	(FA1,0.8), (FA3,0.15), (FA4,0.05)	(FA1,0.8), (FA3,0.15), (FA4,0.05)	...	(FA1,0.8), (FA3,0.15), (FA4,0.05)
T3	(FA1,1)	(FA1,1)	(FA1,1)	...	(FA1,1)
...
T8	(FA2,0.75), (FA4,0.25)	(FA2,0.75), (FA4,0.25)	(FA1,1)	...	(FA2,0.75), (FA4,0.25)
...
T24	(FA4,1)	(FA4,0.8), (FA3,0.2)	(FA4,1)	...	(FA4,1)

이로써 약 6개월에 걸쳐 사용자의 이동 성향을 반영하여 체류 확률을 계산함으로써 너무 오래된 정보로 인한 오류를 줄일 수 있고, 너무 적은 정보를 기반으로 산출한 부정확 할 가능성이 높은 페이지 순서를 적용했을 때의 트래픽 낭비 또한 줄일 수 있다.

표 3의 히스토리 정보를 이용하여 평균 체류시간과 방문 횟수를 계산 할 수 있으며, 이를 바탕으로 사용자의 체류 확률도 계산할 수 있다. 표 4는 표 3의 정보를 이용하여 계산한 평균 체류시간과 전체 25주 동안 그 셀을 MH가 방문한 방문 빈도수를 나타낸다. Associated FA 항목에서 괄호로 묶은 정보는 순서대로 해당 FA와 평균 체류시간, 그리고 방문 횟수를 나타낸다. 평균 체류시간과 방문 빈도수를 고려하여 MH의 체류 확률을 계산하는 식은 다음과 같다.

$$P_r = \frac{T_{av} \times N_r}{N_t} \tag{1}$$

여기서 P_r 는 체류 확률, T_{av} 는 평균 체류시간, N_r 는 체류 빈도수, 그리고 N_t 는 총 방문 횟수 즉, 본 논문에서는 25주의 데이터를 기준으로 체류시간을 구하기 때문에 총 방문횟수는 25가 된다. 표 4의 평균 체류시간과 방문 빈도수를 고려하여

표 4. 시간대역 별 평균 체류시간 및 방문 횟수

Weekday	Time Zone	Associated FAs
Mon.	T1	(FA1,0.5,25),(FA3,0.34,25), (FA4,0.2,20)
Mon.	T2	(FA1,0.8,25),(FA3,0.15,25), (FA4,0.05,25)
...
Mon.	T8	(FA1,1,1),(FA2,0.75,24), (FA4,0.25,24)
...
Mon.	T24	(FA3,0.2,5),(FA4,0.96,25)

MH의 체류 확률을 계산해보면 우선 T1의 경우, FA1에서의 체류 확률은 $(0.5 \times 25) / 25 = 0.5$, FA2에서의 체류 확률은 $(0.34 \times 25) / 25 = 0.34$, FA4에서의 체류 확률은 $(0.2 \times 20) / 25 = 0.16$ 이다. 같은 방법으로 시간대역 별 MH의 체류 확률을 계산하면 표 5와 같다. 평균 체류시간과 방문 횟수를 고려하여 체류 확률을 계산하면 단순 평균 체류시간만으로 체류 확률 부여하는 경우에 비해 좀 더 정확한 체류 확률을 계산할 수 있다. T8의 경우 FA1에서 1회 1시간 동안 체류한 기록이 있다. 즉, 평균 체류시간만을 고려한다면 1시간이 되어 가장 긴 평균 체류시간을 갖게 되며 따라서 체류 확률이 가장 크다고 설정할 수 있다. 그러나 방문 횟수를 고려하여 계산하면 표 5에서와 같이 0.04의 체류 확률을 갖게 된다. 이 경우 비록 짧은 시간(0.25시간)동안 체류하지만 방문 횟수가 많은 FA4의 경우보다도 훨씬 작은 체류 확률을 갖는다는 사실을 확인할 수 있다. 일반적인 경우 정기적으로 방문하는 경우가 특정한 경우에 한해 오래 체류하는 것 보다 체류하고 있을 확률이 높다. 따라서 방문 빈도수 정보를 추가하여 좀 더 정확한 체류확률을 계산함으로써 효과적으로 페이징할 수 있도록 순서를 부여할 수 있다.

MH에서는 체류시간 정보를 측정하고 계산하

표 5. 시간대역 별 체류확률 table

Weekday	Time Zone	Associated FA
Mon.	T1	(FA1,0.5),(FA3,0.34), (FA4,0.16)
Mon.	T2	(FA1,0.8),(FA3,0.15), (FA4,0.05)
...
Mon.	T8	(FA2,0.72),(FA4,0.24), (FA1,0.04)
...
Mon.	T24	(FA4,0.96),(FA3,0.04)

여 얻은 확률 값에 따라 페이징 순서를 정한다. 이 경우 MH의 체류 확률 순으로 순서를 부여하고 동일한 순서를 갖는 Time Zone을 요일 별로 정리한다. 표 5에서 T1과 T2의 경우 체류 확률은 각기 다르지만 확률 크기 순으로 정한 페이징 순서는 동일하기 때문에 (FA1, FA3, FA4, FA2)의 순서를 갖는 Time Zone으로 묶을 수 있다. 이와 같이 페이징 순서만을 고려하여 여러 개의 Time Zone을 묶음으로써 RS에 저장해야 하는 데이터의 양을 줄일 수 있다. 최종적으로 MH는 표 2와 같은 paging table을 만들어 RS에 전송한다.

정리하면, 단말은 체류시간 table과 체류확률 table을, RS는 RS table과 Paging table을 갖고 사용자의 요일 별 시간대 별 위치정보를 관리하며, 트래픽을 최소화 할 수 있는 효과적인 페이징 순서를 부여하여 전체 망에서 위치 정보 관리에 필요한 트래픽을 획기적으로 줄일 수 있다.

3. 수치예제를 통한 성능 평가

3.1 수치예제 분석 모델

이 절에서는 제안된 시공간적 이동 성향에 따른 위치정보 관리 방법에서의 위치 등록 및 사용자 위치 파악 후 패킷 전송에 이르기까지의 비용을 계산하기 위한 분석 모델을 제시한다. 분석 모델에 사용되는 변수들을 표 6에 정리하였다. 사용자의 LA영역인 구역 0과 그 외 지역인 구역 1로 구역을 구분한다. 사용자의 구역 간 이동을 표현한 state diagram은 그림 4와 같다. 사용자는 자신의 LA 영역 내부 셀 간, LA 영역 외부 셀 간, 그리고 LA 영역 내부 셀과 외부 셀 간 이동한다. 외부 활동이 많지 않은 일반 사무직 회사원처럼 사용자가 비교적 한정적인 지역에서만 활동하는 경우에는 λ_0 는 크고 λ_1 은 작은 편이며, 영업직 회사원처

표 6. parameters

Parameter	Description
ρ	message-to-mobility ratio (MMR)
K	LA내의 셀의 갯수
U	MIP 시스템에서 HA로의 평균 위치등록 비용
F	MIP 시스템에서 foreign network상의 MH로의 평균 패킷 전달 비용
M'	제안한 시스템에서의 평균 위치등록 비용
S	RS를 거친 후 HA로의 평균 위치등록 비용
F'	제안한 시스템에서 foreign network상의 MH로의 평균 패킷 전달 비용
H	HA에서 RS를 거쳐 MH로의 평균 패킷 전달 비용
T	RS와 FA간의 평균 메시지 전달 비용
G	평균 paging list update 비용
P_0, P_1	P_0 :MH가 자신의 LA 내에 있을 확률 P_1 :MH가 자신의 LA 외부에 있을 확률
$a(i)$	두 패킷 전달 사이의 시간 동안 MH가 i번 셀 간 이동할 확률
$\beta(i)$	MH가 LA내의 i 셀에서 체류할 확률
λ_i	MH가 동일한 지역 내에서 이동할 확률
P_L	MH가 셀 간 이동시에 paging list가 바뀌어 확률

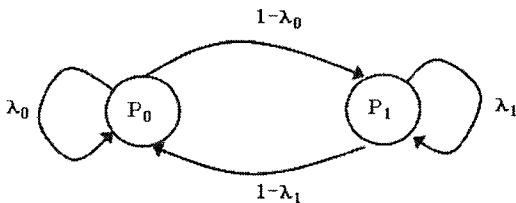


그림 4. MH의 이동 모델

럼 특히 자주 방문하는 곳은 정해져 있으나 그 외의 지역은 무작위로 빈번하게 방문하는 사용자의 경우에는 λ_0 는 상대적으로 작고 λ_1 은 상대적으로 큰 값을 갖는 것으로 특징지을 수 있다. 사용자가 시간 대역에 관계없이 구역 간 이동 시 동일한

이동 성향을 갖는다고 가정하더라도 시스템 모델을 정립하는데 실제와 큰 차이가 발생하지 않을 것이다. 왜냐하면 시스템 전체적으로 확률적인 정상상태에 있으므로 구역으로 나눈 local interval에서도 정상상태로 볼 수 있기 때문이다. 따라서 이동으로 인한 위치 변동 추이는 확률적 평형상태에 도달하여 정상상태에 있으므로 분석 상 편리할 수 있다. 제안한 방식의 성능 평가를 위해 패킷이 전달되는데 요구되는 평균 비용을 평가지수로 사용하며 전체 위치 등록과 위치 파악을 위한 시그널링 비용과 패킷 전송 비용을 고려하였다. 전체 위치정보 관리 비용의 계산을 위해 패킷 전송이 끝난 이후 다음 패킷 전송까지의 시간을 기준으로 하였다[9].

Mobile IP 표준을 적용한 경우의 전체 시그널링 비용과 패킷 전송 비용은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$C(\rho) = \sum_{i=0}^{\infty} i U \alpha(i) + F = \frac{U}{\rho} + F \quad (2)$$

첫 번째 항은 패킷과 패킷 사이에 발생 가능한 평균이동 횟수에 따른 비용이고 두 번째 항은 Mobile IP 시스템에서 foreign network상의 MH로의 평균 패킷 전달 비용을 나타낸다. 여기서 ρ 는 MH의 MMR이다. 이 논문에서 MMR은 다음과 같이 정의한다. 패킷이 MH에 λ 의 비율로 전달되고 사용자가 한 셀에서 체류하는 시간이 평균적으로 $1/\mu$ 라고 한다면 MMR ρ 는 다음과 같이 나타낸다. 즉,

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

위에서 정의한 식을 바탕으로 시공간 이동 성향을 반영하여 위치정보 관리에 필요한 비용 중 평균적으로 위치 등록에 필요한 비용은 다음의 식으로 나타낼 수 있다. 이 식에서 사용자의 위치

가 LA내부에 있는 경우와 외부에 있는 경우의 평균 위치등록 비용을 고려하였다. 즉,

$$\begin{aligned}
 M &= (1 - \lambda_0) \cdot P_0 \cdot U + P_0 \cdot P_L \cdot G \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot \alpha(i) \\
 &+ P_1 \cdot \lambda_1 \cdot U \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot \alpha(i) + P_1 \cdot (1 - \lambda_1) \cdot S \quad (4) \\
 &= \frac{1}{\rho} \{ P_0 \cdot P_L \cdot G + P_1 \cdot \lambda_1 \cdot U \} \\
 &+ P_0 \cdot (1 - \lambda_0) \cdot U + P_1 \cdot (1 - \lambda_1) \cdot S
 \end{aligned}$$

위와 유사하게 단말의 위치 파악 및 패킷 전송 시의 비용을 구하기 위한 식을 유도할 수 있다. 시공간 별 이동 성향에 따른 위치정보 관리 방법에서는 기존 Mobile IP 표준에서 보다 몇 가지 비용이 추가되었는데 사용자가 자신의 LA 영역 내의 셀에 있는 경우에는 반드시 RS를 거쳐서 패킷이 터널링 된다. 또한 기존 방법에서는 사용자의 위치와 CoA를 정확하게 파악하고 있지만 제안된 방법에서는 RS에서 체류 확률 순으로 MH의 위치를 파악하기 위해 FA로 확인 메시지를 전송해야 한다. 따라서 MH에게 패킷을 전달할 때 발생하는 총 비용 F'는 자신의 LA밖에 있을 경우의 비용과 그렇지 않을 경우에 소요되는 비용의 합으로 표현할 수 있는데 후자의 경우 HA에서 RS까지의 패킷 전달비용과 RS로부터 MH까지의 전달 비용의 합으로서 나타나고 전체 비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F' = P_1 \cdot F + P_0 \cdot \{ H + \sum_{i=0}^K i \cdot \beta(i) \cdot T \} \quad (5)$$

따라서 시공간 별 사용자 이동 성향에 따른 위치정보 관리 방법에 필요한 총 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 C &= M + F' \\
 &= \frac{1}{\rho} \{ P_0 \cdot P_L \cdot G + P_1 \cdot \lambda_1 \cdot U \} \\
 &+ P_0 \cdot (1 - \lambda_0) \cdot U + P_1 \cdot (1 - \lambda_1) \cdot S \quad (6) \\
 &+ P_1 \cdot F + P_0 \cdot \{ H + \sum_{i=0}^K i \cdot \beta(i) \cdot T \}
 \end{aligned}$$

기존의 Mobile IP 표준에서의 위치정보 관리 방법, 사용자의 평균 체류시간만 반영한 위치정보 관리 방법과 제안된 방법을 수치예제를 사용하여 비교하는데 평가를 위해서 4가지 이동 특성을 갖는 모델을 사용한다. 첫째로 시간대 별 비교적 규칙적인 이동 성향을 갖고 LA 내에 주로 머무는 사무직 회사원과 두 번째로 LA내에서는 시간대 별 비교적 규칙적인 이동 성향을 갖지만 낮 시간대에 LA를 자주 벗어나는 영업직 회사원과 세 번째로 비교적 규칙적인 이동 성향을 갖고 주로 이동하는 영역이 매우 좁아 LA의 크기가 작은 학생과 마지막으로 LA내에서 주로 이동은 하지만 비교적 불규칙적인 이동 성향을 갖는 주부 모델로 나누어 각각의 경우에 대해 위에서 구한 비용 모델을 이용하여 평가를 시행한다. 모든 모델은 동일한 지역을 기준으로 각각의 LA를 설정하는데 그림 5, 그림 6, 그림 7과 같이 가정한다. 그림에서 G(Gym), H(House), M(Mart), S(School), I(institute), O(Office), C(shopping Center) 등의 기호들은 각각 스포츠센터, 주거지역, 할인마트, 학교, 학원, 회사, 쇼핑센터를 나타내며 1, 2, 3, 4로 명명된 셀들은 각 단위 지역을 연결하는 도로가 지나가는 셀들이다. 그림에서 하나의 네모는 하나의 셀을 나타낸다.

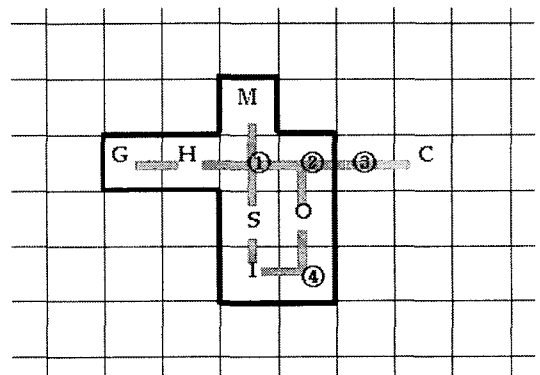


그림 5. 사무직 및 영업직 회사원의 LA 모델

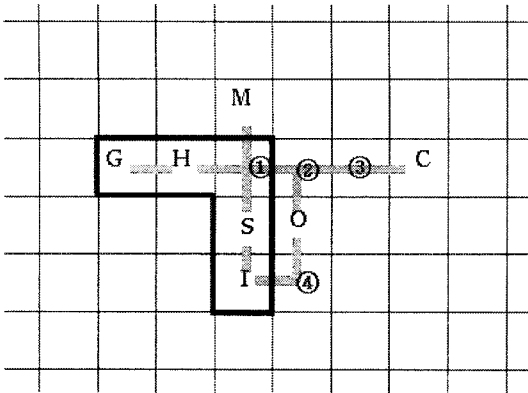


그림 6. 학생의 LA 모델

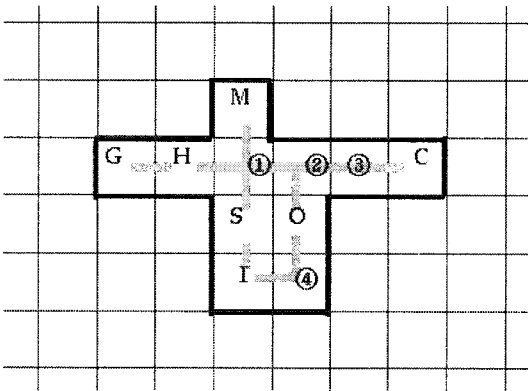


그림 7. 주부의 LA 모델

사용자 별 시공간적 이동 성향에 따른 위치정보 관리 방법의 성능을 평가하기 위해 메시지 시그널링과 패킷 전달과 관련된 비용을 산출해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 표 7과 같은 기호들을 사용한다.

표 7에서 설명된 기호들과 Mobile IP와 제안된 위치정보 관리 방법들에 따라 HA로의 위치 등록 비용인 U, Mobile IP 표준에서의 패킷 전송 비용인 F, 제안한 방법을 적용하여 RS를 통해 HA로 위치 등록하는 경우의 비용인 S, 제안한 방법을 적용한 경우 패킷 전송 비용인 H, 그리고 제안한 방법에서 사용자의 위치를 파악하기 위해 RS가

FA를 통해 페이징하는 비용인 T는 각각 다음과 같이 표현할 수 있다. 아래에서 왕복으로 소요되는 비용은 2를 곱하여 나타내고 단방향으로 소요되는 비용은 단순 합으로 나타내었다. 즉,

$$\begin{aligned}
 U &= 2 \times m_{mf,u} + 2 \times m_{fh,u} + 2 \times p_{f,u} + p_{h,u} \\
 S &= 2 \times m_{mf,u} + 2 \times m_{fr,u} + 2 \times m_{rh,u} + 2 \times p_{f,u} + 2 \times p_{r,u} + p_{h,u} \\
 H &= m_{rf,d} + m_{hr,d} + m_{fm,d} + p_{f,d} + p_{r,d} \\
 T &= 2 \times m_{fr,u} + p_{f,u} \\
 F &= m_{hf,d} + m_{fm,d} + p_{f,d} + p_{h,d}
 \end{aligned} \tag{7}$$

또한 성능 평가를 위해 본 논문에서는 표 8[9]과 표 9의 파라미터 값을 사용한다. 아래의 표 8에서 알 수 있는 바와 같이 FA로부터 MH로 패킷을 전달하는데 발생하는 비용과 FA로의 위치등록 처리를 하는데 발생하는 비용을 각각 1이라고 하였을 경우 상대적인 비용을 나타낸 것이다.

가령 $m_{fm,d}$ 가 10일 경우 의미하는 바는 RS와 FA간에 패킷을 전달하는데 드는 비용은 위의 두

표 7. Cost notation

Notation	Description
$m_{mf,u}$	MH와 FA 간 location update 전송 비용
$m_{fh,u}$	FA와 HA 간 location update 전송 비용
$m_{fr,u}$	FA와 RS 간 location update 전송 비용
$m_{rh,u}$	RS와 HA 간 location update 전송 비용
$p_{f,u}$	FA에서의 location update processing 비용
$p_{r,u}$	RS에서의 location update processing 비용
$p_{h,u}$	HA에서의 location update processing 비용
$m_{fm,d}$	MH와 FA 간 패킷 전송 비용
$m_{hf,d}$	FA와 HA 간 패킷 전송 비용
$m_{rf,d}$	FA와 RS 간 패킷 전송 비용
$m_{hr,d}$	RS와 HA 간 패킷 전송 비용
$p_{f,d}$	FA에서의 패킷 전송 processing 비용
$p_{r,d}$	RS에서의 패킷 전송 processing 비용
$p_{h,d}$	HA에서의 패킷 전송 processing 비용

표 8. parameter value

Parameter	value	Parameter	value
P_{h_d}	10	P_{h_u}	10
P_{f_d}	1	P_{f_u}	1
P_{r_d}	0.5	P_{r_u}	1
m_{rf_d}	10	m_{mf_u}	10
m_{fm_d}	5	m_{fr_u}	20

표 9. 확률

	P_0	P_1	λ_0	λ_1
Businessman	0.987	0.013	0.997	0.8
Salesman	0.88	0.12	0.9836	0.88
Student	0.995	0.005	0.999	0.8
Housewife	0.995	0.005	0.999	0.8

가지 경우보다 10배의 비용이 든다는 의미이다. 그리고 사용자의 이동 성향이 변함에 따라 페이징 리스트가 변경될 수 있다. 그러나 수치 예제 평가 시에는 페이징 순서가 바뀌지 않는다고 가정하여 $P_L = 0$ 이라고 가정하였다.

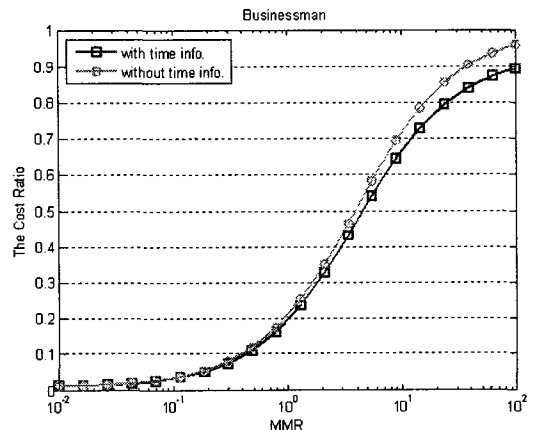
표 9에서 알 수 있는 바와 같이 영업직 회사원의 경우 자신의 LA내에 체류할 확률은 0.88이고 사무직 회사원의 경우는 0.987로 LA내에 체재할 확률을 MH를 사용하는 사용자의 특성에 맞게 설정하여 제안한 시스템을 평가할 수 있다.

3.2 수치예제 분석 결과

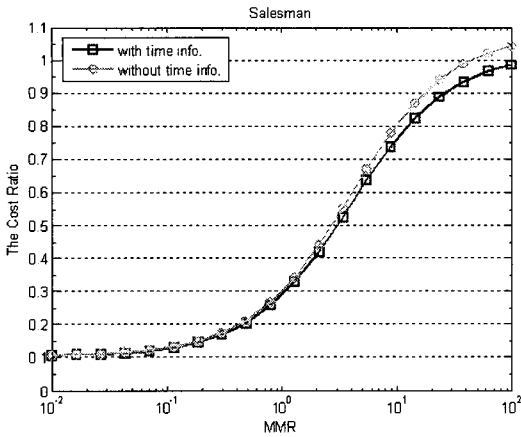
사무직 회사원은 주 중에 자신의 LA 영역에서 대부분 체류하는 특성을 갖도록 본 논문에서 적용한 확률 모델에서는 총 25주 중 한 번의 외근이 있음을 가정하였고 영업직 회사원은 사무직 회사원과 LA 내에서의 이동 성향은 같지만 주 중에 자신의 LA영역에서 벗어나는 경우가 총 25번 중 13번 정도 발생한다고 가정하였다. 주부나 학생의

경우에는 주 중에는 25번의 경우 모두 자신의 LA 영역에서 체류하는 것으로 가정하였다.

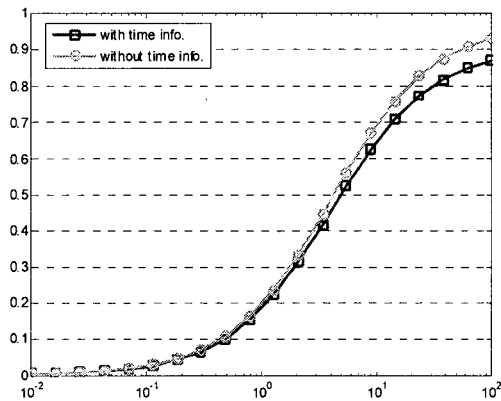
그림 8은 Mobile IP 표준의 방법을 사용 시 위치정보 관리 비용 대비 평균체류시간만을 고려하여 제안된 방법을 사용하였을 경우와 시간대별 사용자의 체류확률을 계산하여 위치정보관리에 사용한 경우의 비용의 비율인 cost ratio를 사용하여 비교하였다. 그림 8에서 MMR이 작은 경우에는 제안한 방식을 적용한 경우에 Mobile IP 표준을 적용한 경우보다 전체 위치정보 관리 비용이 모든 확률 모델에서 크게 감소한 것을 알 수 있다. 이것은 MMR이 낮은 경우에는 패킷의 수신보다는 사용자의 위치 이동이 상대적으로 잦은 편이어서 전체 위치정보 관리 비용에서 사용자의 위치 이동에 따른 위치 등록 비용의 비중이 매우 크기 때문이다. 따라서 사용자가 자신의 LA에서 이동 시에 위치 등록을 하지 않아 감소되는 비용이 전체 위치정보 관리 비용 감소하는 데 큰 영향을 주고 특히 위치 등록 비용이 대부분을 차지하는 MMR이 낮은 구간에서 큰 효과를 나타낼 수 있다. 영업직 회사원의 경우 위치정보 관리 비용이 유사한 이동 성향을 갖는 사무직 회사원에 비해 상대적으로 높은 것을 알 수 있는데 이것은 사용



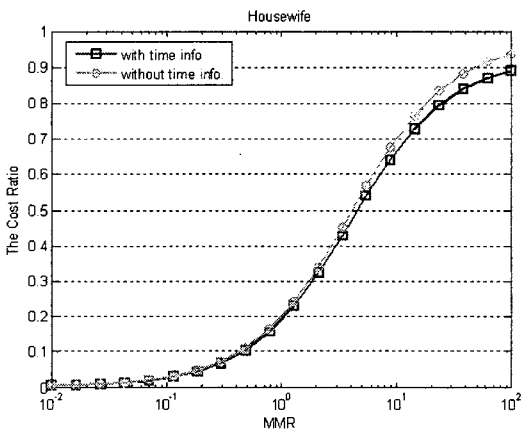
a) 사무직 회사원



b) 영업직 회사원



c) 학생



d) 주부

그림 8. 각 이동 모델을 적용한 경우 페이징 순서 결정 시 시간정보를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 cost ratio 비교

자의 이동 특성 상 자신의 LA 영역 외부에서 이동하는 경우가 많고 이로 인해 발생한 위치 등록 비용이 다른 모델의 경우보다 높기 때문이다. 학생과 주부의 경우에는 항상 자신의 LA 영역 내에서 체류하기 때문에 전체 위치정보 관리 비용이 매우 비슷하다. 그러나 이 경우의 결과 그래프가 정확하게 일치하는 것은 아닌데 이것은 학생의 경우 사용자의 LA 내의 셀의 개수가 5개로 9개인 주부의 경우보다 적기 때문에 사용자의 위치 파악을 위한 페이징에 소요되는 비용이 절감되어 약간의 차이가 나타난다. 이처럼 사용자의 이동 특성에 따라 정도의 차이가 있지만 사용자의 시공간별 이동 특성을 반영한 제안된 위치정보 관리 방법을 사용한 경우에 Mobile IP 표준에서의 위치정보 관리 방법을 사용한 경우보다 MMR이 낮은 경우 최대는 99%, 최소 90%의 위치정보 관리 비용이 감소하였음을 알 수 있다.

시간대 별 사용자의 체류 확률을 계산하여 위치정보 관리에 사용한 제안된 방법과 단순 평균 체류시간만을 고려한 체류 확률을 위치정보 관리에 사용한 경우를 비교하면 위치등록 비용이 큰 비중을 차지하는 낮은 MMR 경우보다는 사용자의 위치를 파악하기 위한 페이징 비용이 큰 비중을 차지하는 높은 MMR 경우에 성능차이가 발생한다. MMR이 낮은 경우에는 두 방법 모두 사용자가 LA 내에서 이동 시 위치 등록을 하지 않으므로 위치정보 관리 비용이 거의 같다. 반면 MMR이 높아 패킷 전송을 위해 사용자의 위치를 파악하기 위한 페이징 절차가 자주 수행되는 경우에는 두 방법 모두 기존의 Mobile IP 표준의 방법을 사용한 경우보다 성능이 많이 개선된 것을 알 수 있지만 시간대 별 체류확률을 정확하게 계산하는 방법을 사용한 경우 단순 평균 체류시간을 고려한 경우보다 크게 성능이 개선되었다.

각 모델을 사용한 경우의 cost ratio와 각 모델들의 분포비율이 25%인 경우인 평균 cost ratio를 그림 9에 나타내었다. 이 경우 최소 10%, 최대 97%정도의 성능 개선효과를 확인할 수 있다. 영업직 회사원 모델과 학생 모델처럼 성능 개선 효과가 상대적으로 적은 경우와 큰 경우에 해당하는 사용자들이 실제 통신환경에서 공존하더라도 MMR이 낮은 경우는 물론 MMR이 높은 경우에도 성능 개선효과가 나타난다. 즉, 다양한 이동 성향을 갖는 사용자 그룹에 대해서도 제안한 방법을 적용한다면 전체 네트워크에서 상당한 성능개선 효과를 기대할 수 있다.

그림 10은 4가지 모델을 적용한 경우의 위치정보 관리 비용을 단순 체류시간만을 고려한 경우와 비교하여 시간대 별 cost ratio를 나타낸 것이다.

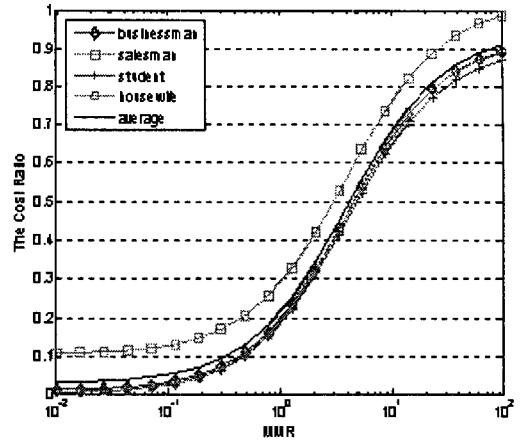


그림 9. 각 모델의 cost ratio 및 평균 cost ratio

우선 사무직 회사원과 영업직 회사원의 경우는 동일한 LA 영역을 갖고 있으며 LA내에 있는 경우의 이동 성향도 동일하다고 가정한다. 다만 영업직

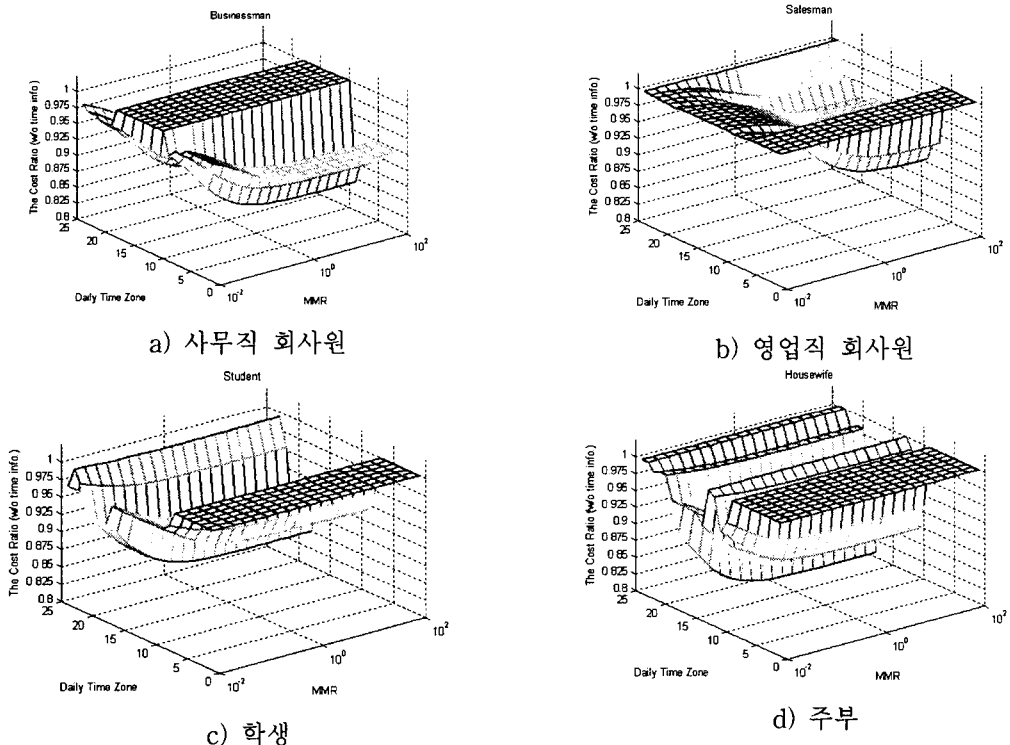


그림 10. 각 이동 모델을 적용한 경우 페이징 순서 결정 시 시간정보를 사용한 경우 대비 사용하지 않은 경우의 시간대 별 cost ratio

회사원의 경우는 근무시간의 50%정도(25번 중 13회) 외근을 하는 경우이다. 이렇게 외근으로 인해 업무 지역(O)에서의 평균 체류시간이 사무직 회사원에 비해 짧다. 따라서 두 모델의 경우 단순 평균 체류시간이 가장 긴 셀이 달라서, 사무직 회사원의 경우에는 업무지역(O)에서, 영업직 회사원의 경우에는 주거지역(H)에서의 체류시간이 가장 길다. 따라서 두 경우의 그래프는 서로 다른 모습을 나타내고 있다. 단순 평균 체류시간이 가장 긴 셀에서의 체류확률이 가장 큰 시간대역에서는 그 셀에서의 체류확률이 원래 다른 셀들에서의 그것보다 매우 크고 페이징 최우선 셀이 동일하기 때문에 제안한 방법과 단순 체류시간만 고려한 경우의 전체 위치정보 관리 비용 면에서의 차이는 거의 없다. 그러나 그 이외의 시간대에서는 큰 차이를 보이고 있는데 MMR이 높은 경우 최대 20%정도, MMR이 낮은 경우 최대 2% 정도 성능 개선 효과를 확인할 수 있다. 이렇게 시간대 별로 체류확률을 계산하여 페이징을 하는 경우에는 항상 최적화된 페이징 순서에 따라 효과적으로 단말의 위치를 파악할 수 있기 때문에 사용자의 단순한 셀 별 평균 체류시간만을 고려한 경우보다 전체 네트워크에서의 트래픽을 줄이는 데 크게 기여할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 사용자의 이동 성향을 기반으로 하여 위치정보 관리에 필요한 총 비용을 줄이는 방안을 제안하고 기존 방법들과 비교하여 성능을 분석하였다. 요일 별 시간대 별로 사용자의 LA 내의 각 셀 당 평균 체류 시간 및 빈도수를 측정하고 이를 기반으로 체류 확률을 계산, 페이징 순서를 부여함으로써 위치 등록을 하지 않은 단말의 위치를 효과적으로 찾아내는 것이 가능하도록 하고 있다. 체류정보 수집 및 체류확률 계산은 모두 단

말이 담당하며, 패킷이 도달한 경우 페이징하기 위한 기준이 되는 페이징 순서 정보와, 동일한 페이징 순서를 갖는 시간대역 정보만 단말이 RS로 전송하여 망에서 관리하게 된다. 이렇게 최소한의 데이터베이스만을 구축하여 단말의 위치 등록 트래픽의 대부분을 줄일 수 있는 동시에 단말의 위치 또한 효과적으로 파악해 낼 수 있어 위치정보에 소요되는 전체 트래픽을 크게 감소시켜 네트워크의 부하를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 수치예제를 통하여 제안한 방법이 기존의 Mobile IP 표준에서의 방법을 적용한 경우보다 동일한 조건 하에서도 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다. 특히 패킷 전달 횟수보다 사용자의 셀 간 이동 횟수가 많은 경우(low MMR)에 기존의 방식에 비해 성능이 크게 개선되었다. 또한 사용자의 이동 성향이 규칙적인 경우에는 즉, 사용자의 LA내의 셀의 개수가 많은 경우에는 더 많은 셀 간 이동으로 인한 등록비용을 줄이고 정확한 페이징은 가능함으로 인하여 훨씬 개선된 추가적인 이득을 얻을 수 있다. 그리고 시간대 별로 체류 확률을 측정하여 사용함으로써 단순한 평균 체류시간 정보만을 이용한 페이징 순서 부여 방식보다 보다 정밀하고 정확한 페이징이 가능하도록 하여 불확실한 정보를 사용한 페이징 실패 확률을 크게 낮추어서 불필요한 트래픽을 줄여 성능개선이 가능하였다.

참 고 문 헌

- [1] C.E. Perkins, "Mobile IP," *IEEE Communication magazine*, vol. 35, p 84-99, May 1997
- [2] C. Perkins, IP mobility support for IPv4, in *Internet RFC 3344, work in progress*, Aug. 2002
- [3] Kyandoghere Kyamakya and Klaus Job-

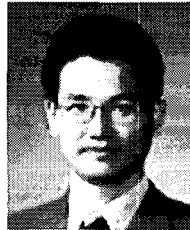
mann, "Location Management in Cellular Networks: Classification of the Most Important Paradigms, Realistic Simulation Framework, and Relative Performance Analysis," *IEEE Transactions on Technology*, vol. 54, No. 2, March 2005

- [4] Jie Li, Yi Pan and Xiaohua Jia, "Analysis of Dynamic Location Management for PCS Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 51, No. 5, September 2002
- [5] Ian F. Akyildiz and Wenye Wang, "A Dynamic Location Management Scheme for Next-Generation Multitier PCS Systems," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, No. 1, January 2002
- [6] J. Scourias and T. Krunz, "An activity-based mobility model and location management simulation," in *Proc. PIMRC '97*, Helsinki, Finland, 1997
- [7] J. Scourias and T. Krunz, "An activity-based mobility model and location management simulation," in *Proc. PIMRC '97*, Helsinki, Finland, 1997
- [8] Shou-Chih Lo and Arbee L. P. Chen, "Adaptive Region-Based Location Management for PCS Systems", *IEEE Trans.*, vol. 51, No. 4, July 2002
- [9] Wenchao Ma and Yuguan Fang, "Dynamic Hierarchical Mobility Management Strategy for Mobile IP Networks," *IEEE Journal on selected areas in Communications*, vol. 22, No. 4, May 2004



김 서 영

- 2000년 2월 이화여자대학교 정보통신학과 공학사
- 2006년 8월 이화여자대학교 정보통신학과 공학석사
- 2006년 9월 TAT KOREA Inc.
- 관심분야 : Mobile IP, Mobility management



김 정 호

- 1991년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사
- 1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1999년 2월 전기 및 전자공학과 공학박사
- 1993년 1월~1995년 7월 LG전자 멀티미디어 연구소
- 1999년 3월~2000년 2월 LG정보통신중앙연구소 선임연구원
- 2000년 3월~2001년 6월 Virginia Tech. MPRG (Mobile Radio Research Group) Visiting Scholar
- 2001년 7월~2002년 8월 LG전자 UMTS시스템 연구소 책임 연구원
- 2002년 9월~현재 이화여자대학교 공과대학 전자정보통신학과 조교수
- 관심분야 : 통신 시스템 해석 및 설계, 무선 디지털 통신, 확산대역통신, 이동통신 네트워크, 휴대 인터넷