

## 무선 이동 망에서 결함 포용 위치 관리를 위한 전방 포인터 방법

천성광\*, 배인한\*

한국전자통신기술연구원 정보화기술연구본부 우정기술연구부

\* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

### A Pointer Forwarding Scheme for Fault-Tolerant Location Management in Wireless Mobile Networks

Sung-Kwang Chun, Ihn-Han Bae\*

Dept. of Postal Technology, ETRI

\* School of Computer and Information Communication Eng., Catholic University of Daegu

#### 요약

개인 통신 서비스에서 주된 당면 문제중의 하나는 위치를 자주 이동하는 많은 이동 단말기들의 위치를 찾는 것이다. 위치 관리를 성취하기 위하여 많은 네트워크 신호처리 트래픽과 데이터베이스 질의가 요구된다. 다수의 정책들은 이동 단말기의 현재 위치를 저장하기 위하여 위치 레지스터 데이터베이스를 사용하고, 그 위치 레지스터의 고장에 대해 약점을 가지고 있다. 이 논문에서, 우리는 위치 레지스터들의 고장을 포용하는 분산 홀 위치 레지스터를 갖는 결함 포용 전방 포인터 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 성능을 분석적 모델로 평가하고, Biaz의 우회 전방 정책, 두개 경로 전방 정책과 성능을 비교한다.

#### 1. 서론

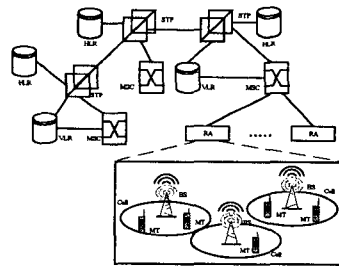
개인 통신 시스템(PCS, personal communication system)은 세계의 어느 곳에서든지 통신을 가능하게 하는 것을 목표로 한다. PCS는 빈번하게 이동하는 이동 단말(MT, mobile terminal)들의 위치를 추적하기 위해 위치 관리 정책을 사용한다. 위치 관리는 위치 탐색과 위치 갱신으로 구성된다. 위치 탐색은 어떤 MT가 위치가 알려지지 않은 다른 MT와 통신하고자 할 때 발생하고, 위치 갱신은 MT의 위치가 변경될 때 발생한다. 대표적인 위치 관리 정책으로는 IS-41(Interim Standard 41) 방법과 전방(forwarding) 방법에 기반 한 정책들이 있다.

IS-41 방식에서, 위치 갱신은 MT가 다른 VLR (visitor location register)에 의해 서비스되는 등록 지역으로 들어갈 때마다 HLR(home location register)은 그 MT에 대한 위치 정보를 새로운 VLR의 주소로 갱신함으로써 이루어진다[1, 2, 3]. 따라서, 많은 네트워크 부하와 데이터베이스 질의가 HLR에 집중된다. 위치 탐색 또한 마찬가지로 단일 HLR 환경에서는 호가 발생할 때마다, 위치 탐색 메시지가 그 시스템내의 유일한 HLR로 보내진다. 그 HLR은 목적지 MT가 현재 거주하는 VLR을 결정하고, 경로 요청 신호를 보냄으로써, 목적지 MT를 질의한다. 결국 HLR은 위치 추적에 의해 생성되는 많은 신호처리 트래픽으로 인해 병목현상을 겪을 수 있다. 전방 포인터에 기반 한 정책에서, 위치 갱신은 어떤 MT가 등록지역(RA, registration area)을 변경할 경우, 이전 VLR에서 새로운 VLR로의 포인터를 설정함으로써 가능하다. 하지만, 목적지 MT가 존재하는 VLR에 도달하기 위해 따라가야 하는 전방 포인터의 체인이 길어질 경우, 위치 탐색 비용이 증가한다. 또한 전방 포인터에 기반 한 정책들은 전방 포인터 체인내의 VLR들의 고장 가능성으로 인해 전방 포인터에 기반하지 않는 집중화된 IS-41 방식에 비해 결함에 더 취약하다는 단점이 있다. IS-41 방식은 HLR과 호를 수신 MT가 현재 거주하는 VLR에만 고장이 없으면 되지만, 전방 포인터에 기반 한 정책들은 HLR과 수신 MT가 존재하는 VLR까지의 모든 경로상의 VLR들에서 고장이 없는 경우에만, 성공적으로 호를 전송할 수 있다. 본 논문에서는 HLR과 VLR의 고장에 대하여 포용력이 있

는 결함 포용 분산 위치 관리 방법인 FT-PFDHLR(fault-tolerant pointer forwarding with distributed HLR)을 제안한다. 그리고 제안하는 방법의 성능을 분석적 모델로 평가하고, Biaz[5]의 우회 전방 정책(BFS, bypass forwarding strategy) 및 두개 경로 전방 정책(TPFS, two-path forwarding strategy)과 성능을 비교하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 PCS 네트워크 구조에 대해 설명하고, 3장에서는 관련 연구를 살펴본다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 FT-PFDHLR 방법에 대해 설명하고, 5장에서는 제안한 방법의 성능을 분석적 모델을 통하여 평가하고, 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

#### 2. PCS 망 구조

PCS는 공중 교환 전화망(PSTN, public switched telephone network)과 신호처리 네트워크로 구성된다.

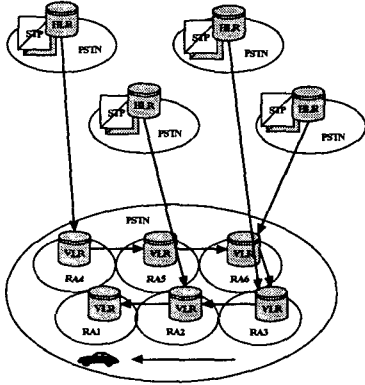


(그림 1) 단순화된 PCS 구조

PSTN은 호에 대한 정보 내용을 실질적으로 전송하는데 사용되는 네트워크인데 반해, 신호처리 네트워크는 MT의 위치를 추적하고 호를 설정하기 위해 사용되는 네트워크로 SS No. 7(signaling system no. 7) 프로토콜을 사용한다[4, 5, 6]. 그림 1은 본 논문에서 기초한 PCS 구조를 나타낸다.

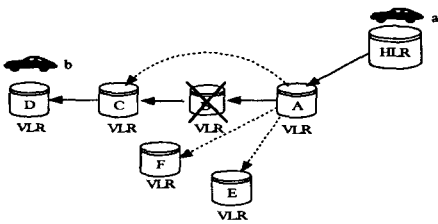
### 3. 관련연구

Lin은 분산 HLR 환경에서 이러한 오버헤드를 줄이기 위해 PFDHLR을 제안하였다[4]. PFDHLR에서, 위치 갱신은 PFSHLR에서와 동일하다. 그러나, PFDHLR에서, RA는 어떤 MT가 별개의 HLR에 의해 가장 마지막으로 탐색된 위치이므로, 분산된 HLR은 어떤 하나의 MT에 대해서도 다른 RA를 가리킬 수 있다.

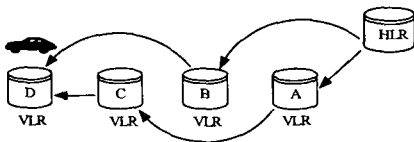


(그림 2) PFDHLR (등록 연산)

Biaz는 전방 포인터를 사용하고 HLR에서의 고장이 없는 경우, VLR들의 고장을 포용하는 2가지 정책을 제안하였다 [5, 6]. 하나는 고장난 VLR의 이웃 VLR들에게 요청을 전송함으로써 고장난 VLR을 통과하는 BFS(bypass forwarding strategy) 방법이고, 다른 하나는 HLR에서 마지막 VLR까지 두개 경로를 유지하는 방법인 TPFs(two path forwarding strategy)이다.



(그림 3) VLR 고장에서 BFS를 사용한 탐색 연산

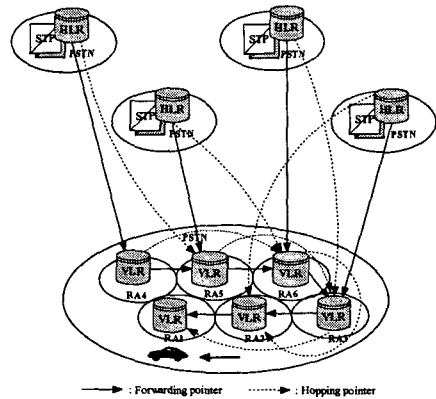


(그림 4) 이동에 따른 TPFs의 포인터 갱신

### 4. FT-PFDHLR

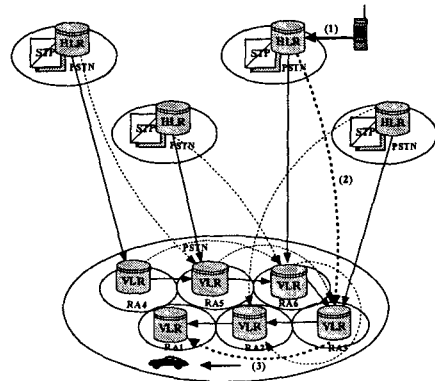
본 논문에서는 HLR 고장과 전방 포인터 체인상의 VLR 고장에 대하여 결합 포용력을 갖는 분산 HLR 방식인 FT-PFDHLR을 설계한다. 본 장에서는 FT-PFDHLR의 시스템 구조, 위치 등록 과정, 호 추적 과정 그리고 결합 포

용 처리 과정 등에 대하여 설명한다. 제안하는 FT-PFDHLR의 시스템 구조는 그림 5와 같다.



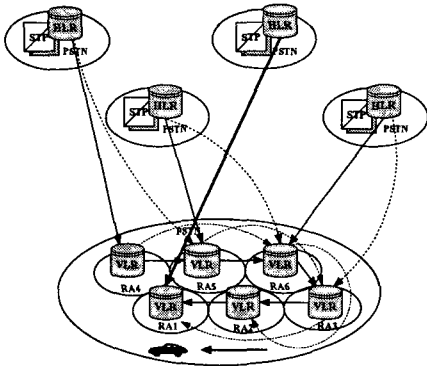
(그림 5) FT-PFDHLR

먼저, 다수의 HLR들은 원격 PSTN들에 분산된다. 각 위치 레지스터들은 이동 단말을 위해 전방 포인터 외에 호핑 포인터를 설정한다는 것을 제외하면 PFDHLR과 유사하다. 만일 어떤 MT가 HLR이 가리키는 첫 번째 VLR에서 다른 VLR로 이동하면, 이전 VLR과 HLR에 위치 갱신 정보를 전송한다. 위치 갱신 메시지를 받은 이전 VLR은 전방 포인터를 설정하고, 위치 갱신 메시지를 받은 HLR은 호핑 포인터를 그 MT가 거주하는 VLR로 설정한다. 따라서 모든 위치 레지스터들은 이동 단말을 위한 자료구조로 전방 포인터와 호핑 포인터(hopping pointer)를 관리한다.



(그림 6) FT-PFDHLR에서 탐색 연산

MT가 새로운 RA로 이동할 경우, 그 MT의 바로 이전 VLR과 앞선 이전 VLR에서 새로운 RA를 가리키는 포인터가 각각 설정된다. 이 때, 전자를 전방 포인터, 그리고 후자를 호핑 포인터라 하며, 위치 탐색 시 전방 포인터 보다 호핑 포인터를 우선적으로 추적한다. 어떤 PSTN으로부터 호가 도착하면, 그 PSTN의 HLR은 그림 6과 같이 질의한다. 그 HLR은 찾고자 하는 수신 MT가 이전에 방문했던 어떤 VLR을 가리키고, 그 VLR의 호핑 포인터를 따라 가면서 수신 MT의 현재 위치를 찾는다. 만일 호핑 포인터 체인상의 VLR의 호핑 포인터가 널(null)이면 전방 포인터를 사용하여 추적한다. 그리고 탐색 연산이 종료된 후, 그 PSTN의 HLR 포인터는 그림 7과 같이 수신 MT의 현재 거주하는 VLR로 갱신된다.

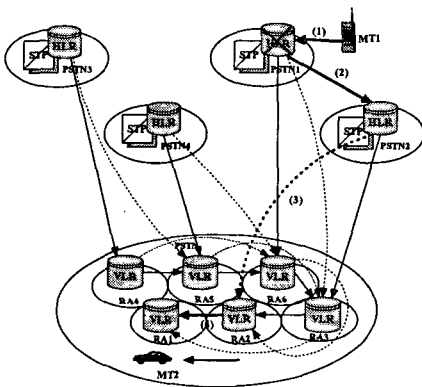


(그림 7) FT-PFDHLR에서 탐색 후 검색

PCS에서 전방 포인터에 기반 한 위치 관리 방법들은 호 추적 과정에서 HLR과 전방 포인터 체인상의 VLR의 고장이 발생하면 정상적인 호를 설립할 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 FT-PFDHLR에서 HLR 고장인 경우와 포인터 체인 상에서 VLR 고장인 경우의 결합 포용 처리 과정에 대하여 설명한다.

(1) PSTN내의 HLR이 고장인 경우

FT-PFDHLR에서 어떤 MT의 위치 정보는 HLR들에 분산되어 있고, 각 HLR이 갖는 그 MT의 위치는 서로 다르다. 만일 MT의 위치 정보에 대한 질의를 받은 HLR이 고장이면, 그 질의 메시지는 결합이 발생한 HLR의 이웃 STP의 다른 HLR로 보내지게 된다.



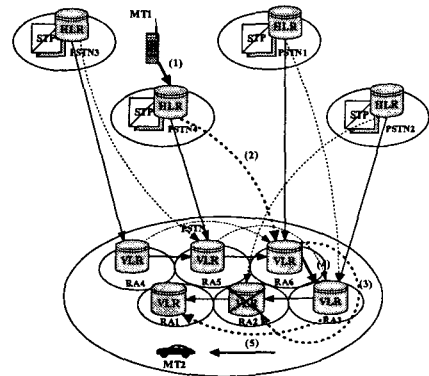
(그림 8) PSTN의 HLR 고장에 대한 FT-PFDHLR의 결합 포용 처리

예를 들어, PSTN1의 발신 MT1에서 수신 MT2로의 호 요청 메시지를 도착했다고 하자. 이 때, 호 요청 메시지를 수신한 PSTN1의 HLR에 고장이 발생했다면, 그 질의 메시지는 PSTN1의 STP에 의해 이웃한 PSTN2의 HLR로 보내진다. PSTN2의 HLR은 수신 MT2에 대한 호평 포인터를 따라가면서 목적 노드인 수신 MT2의 위치를 추적한다.

(2) 포인터 체인상의 VLR이 고장인 경우

포인터 체인상의 VLR에서 고장이 발생할 수 있다. 이것은 VLR에 전방 포인터와 호평 포인터를 사용하여 VLR 고장을 해결한다. 수신 MT와 관련된 위치 질의 메시지가 VLR들의 호평 포인터를 따라 가는 도중에 중간 VLR에서

고장이 발생한 경우, 그 질의 메시지는 고장이 발생한 VLR을 호평 포인터로 갖는 이전의 VLR에서 전방 포인터를 따라 다른 VLR로 전송되고, 그곳에서 다시 호평 포인터를 따라 수신 MT가 발견될 때까지 계속해서 추적하게 된다. 예를 들어, 그림 9에서 발신 MT1이 PSTN4의 HLR을 통해 수신 MT2에 대한 위치 탐색을 요청했고, RA2의 VLR에서 결합이 발생했다고 하자. 위치 질의 메시지를 수신한 PSTN4의 HLR은 수신 MT2에 대한 엔트리의 호평 포인터에서 RA6의 VLR을 발견하고, RA6의 VLR로 질의 메시지를 전송한다. RA6의 VLR은 먼저 호평 포인터를 따라 RA2의 VLR로 질의 메시지를 전송하지만, RA2의 VLR 고장으로 긍정응답이 오지 않으므로 RA6의 VLR은 다시 전방 포인터를 따라 RA3의 VLR로 질의 메시지를 전송하고, RA3의 VLR은 다시 호평 포인터를 따라 수신 MT2가 현재 존재하는 RA1의 VLR로 보내지게 된다. 따라서 발신 측 교환기는 MT2의 위치 정보인 TLDN을 받게 된다.



(그림 9) 포인터 체인상의 VLR 고장에 대한 FT-PFDHLR의 결합 포용 처리

5. 평가

본 논문에서는 분석적 모델을 사용하여 제안하는 FT-PFDHLR의 성능을 평가한다. 여기서는 위치 탐색 비용과 전체 위치 관리 비용으로 알고리즘의 성능을 평가하였다. 성능 평가에 사용된 매개변수는 다음과 같다.

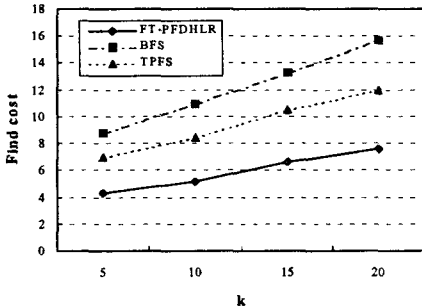
- $k$  : 발신 MT가 수신 MT를 찾기 위하여 VLR들간에 운행된 포인터의 개수
  - $\gamma$  : 등록 지역 횡단 당 호의 평균 개수(call-mobility ratio)
  - $\delta$  : 상대적 포인터 운행 비용 ( $\delta \ll 1$ )
- 성능 분석을 간단히 하기 위하여, 발신 MT로부터 분산 HLR까지의 위치 요청 비용을 1로 정규화하고, HLR에서 첫 번째 VLR로 질의하는 비용도 1로 하였다. 그리고 VLR로부터 다른 VLR로의 포인터 운행 비용은 새로운 VLR과 이전 VLR은 서로 인접하므로  $\delta \ll 1$ 로 예상할 수 있다.

전방 포인터 체인상의 VLR에서 고장이 발생한 경우, 본 논문에서 제안한 FT-PFDHLR과 Biaz의 BFS와 TPFs의 위치 탐색 비용,  $C'_{find}$ 는 다음과 같다.

- FT-PFDHLR :  $C'_{find} = 2 + \frac{1}{k+1} + (\frac{k}{2} + 1)\delta$
- BFS :  $C'_{find} = 3 - \frac{1}{N} + \frac{5}{k+1} + (5+k)\delta$
- TPFs :  $C'_{find} = 4 - \frac{1}{N} + (\frac{k}{4} + 1 + \frac{k}{2})\delta$

BFS에서는 고장난 VLR의 모든 이웃 RA의 VLR들에게 질의 메시지를 전송하여 고장난 VLR을 통과하므로 육모꼴의 셀을 기반으로 하는 셀룰러 시스템에서는 6개의 이웃 RA들이 있으므로 5개의 부수적인 메시지가 필요하다. 그리

고 TPFS에서는 전방 포인터 체인내의 VLR이 고장이면, HLR로 다시 돌아와서 나머지 다른 경로를 따라 MT의 위치를 찾는다. 따라서 경로중의 몇 번째 VLR에서 고장이 발생했는지가 성능에 영향을 미친다. 경로내의 VLR에서 고장이 발생했을 때  $i$ -번째 VLR이 고장일 조건확률은  $\frac{1}{k+1}$  이고, HLR이 가리키는 첫 번째 VLR에서 고장난  $i$ -번째 VLR 까지의 경로 길이는  $i$ 이므로 평균 탐색 경로는  $\frac{1}{k+1} \sum_{i=1}^k i = \frac{k}{2}$  만큼 더 길어진다.



(그림 10) 위치 레지스터 고장을 고려한 위치 탐색 비용:  $N=30, \delta=0.5$

그림 10은  $k$ 에 따른 FT-PFDHLR, BFS 그리고 TPFS의 탐색 비용을 보여준다. 그 결과, 본 논문에서 제안하는 FT-PFDHLR은 전방 포인터 체인의 길이에 관계없이 다른 결합 포용 정책들에 비하여 성능이 우수하였고, 체인의 길이가 길어질수록 더 좋은 성능을 가짐을 알 수 있었다.

전체 비용의 성능은  $C_{total} = X C_{update} + Y(C_{find} + C_{find\_update})$ 로 평가할 수 있다. 여기서 다음 조건을 만족하는  $X$ 와  $Y$ 의 선택이 필요하다.

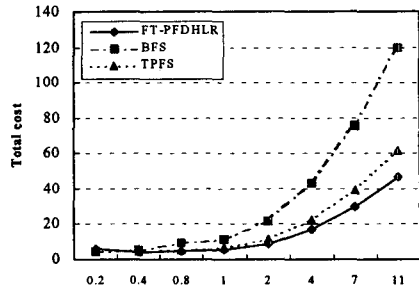
- 낮은  $\gamma$  (이동이 호 수신 보다 더 자주 일어난다)를 갖는 MT에 대해, 갱신 비용은 전체 비용을 좌우하는 요소이다.
- 높은  $\gamma$  (호 수신 이 이동 보다 더 자주 일어난다)를 갖는 MT에 대해, 탐색 비용은 전체 비용을 좌우하는 요소이다.

상기 조건을 만족시키기 위하여,  $x = \frac{1}{\gamma}$  과  $y = \gamma$ 를 선택한다[1].

위치 데이터베이스의 고장을 고려한 경우, 결합 포용 위치 관리 정책들의 전체 비용을

$C'_{total} = \frac{1}{\gamma} C_{update} + \gamma(1 - P_f) C_{find} + P_f C_{find}$ 로 평가하였다. 여기서  $P_f$ 는 위치 탐색 연산에서 고장난 VLR을 만날 확률을 나타낸다.

그림 11은  $\gamma$ 에 따른 VLR 고장을 고려한 결합 포용 위치 관리 정책들의 전체비용을 보여준다. 여기서  $\gamma$ 가 낮은 경우 고려된 3가지 정책들이 비슷한 성능을 보이지만,  $\gamma$ 가 높을수록 본 논문에서 제안하는 FT-PFDHLR이 다른 정책들에 비해 성능이 우수할 뿐만 아니라  $P_f$ 가 높아질수록 FT-PFDHLR의 성능이 더 우수하였다. 그리고 TPFS에서는 HLR이 고장인 경우와 HLR에서 목적 VLR로의 2개 경로상의 고장난 VLR이 각각 존재하는 경우에 영원히 목적 MT의 위치를 찾을 수 없는 반면에, FT-PFDHLR은 HLR의 고장 뿐만 아니라 연속적인 2개의 VLR 고장인 경우를 제외하고는 전방 포인터 체인내의 다중 VLR 고장에도 포용력이 있다.



(그림 11) 위치 레지스터 고장에 따른 전체비용:  $N=30, k=7, P_f=0.3, \delta=0.5$

## 6. 결론

본 논문에서는 PCS의 위치 관리에 사용되는 위치 데이터베이스인 HLR과 VLR의 고장에 대하여 포용력이 있는 결합 포용 분산 위치 방법을 제안하고, 분석적 모델을 통하여 성능을 평가하였다. 그 결과, 제안한 FT-PFDHLR은  $\gamma$ 나  $k$ 가 큰 경우에 더 효율적이라는 것을 알 수 있었고, 위치 탐색 연산에서 전방 포인터 체인내의 VLR 고장인 경우에, 기존의 다른 정책들: BFS, TPFS에 비해 효율적으로 고장을 복구함을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] P. Krishna, N. H. Vaidya, D. K. Pradhan, "Efficient Location Management in Mobile Wireless Networks," Technical Report #96-030, Dept. of Computer Science, Texas A&M Univ., p.49, July 1996.
- [2] S. Mohan, R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services," *IEEE Personal Communications*, pp. 42~50, 1994.
- [3] Ravi Jain, Y. B. Lin, "An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impacts of PCS," *Proceedings of ICC'95*, pp. 740~744, June 1995.
- [4] Y. B. Lin, "Location Tracking with Distributed HLRs and Pointer Forwarding," *Proceedings of 1995 Int. Symp. Communi.*, pp. 31~37, 1995.
- [5] S. Biaz, N. H. Vaidya, "Tolerating Visitor Location Register Failures in Mobile Environments," *Proceedings of the 17th IEEE SRDS'98*, October 1998.
- [6] S. Biaz and N. H. Vaidya, "Tolerating Location Register Failure in Mobile Environments," Dept. of Computer Science, Texas A&M Univ., Technical Report 97-015, p. 24, 1997.
- [7] Y. B. Lin and S. K. DeVries, "PCS Network Signaling Using SS7," *IEEE Personal Commun.*, pp. 44~55, June 1995.
- [8] E. Pitoura and I. Fudos, "An Efficient Hierarchical Scheme for Locating Highly Mobile Users," *Proceedings of the 6th ACM Int. Conf. on Information and Knowledge Management*, pp. 218~225, 1998.
- [9] B. R. Badrinath, A. Acharya and T. Imielinski, "Structuring Distributed Algorithms for Mobile Host," *Proceedings of the 14th Int. Conf. on Distributed Computing Systems*, pp. 21~28, 1994.