

이동 환경에서 결함 포용 분산 위치 관리 방법의 설계 및 평가

Design and Evaluation of a Fault-Tolerant Distributed Location Management Method in Mobile Environments

배 인 한* 오 선 진**
Ihn-Han Bae Sun-Jin Oh

요 약

개인 통신 서비스에서 주된 당면 문제중의 하나는 위치를 자주 이동하는 많은 이동 단말기들의 위치를 찾는 것이다. 그러한 시스템 연산을 위치 관리라 한다. 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 홈 위치 레지스터를 갖는 결함 포용 전방 포인터 (FT-PFDHLR: Fault-Tolerant Pointer Forwarding with Distributed Home Location Register) 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 성능을 분석적 모델로 평가하고, 하나의 홈 위치 레지스터를 갖는 전방 포인터 (PFSHLR: Pointer Forwarding with Single Home Location Register) 방법, 분산 홈 위치 레지스터를 갖는 전방 포인터 (PFDHLR: Pointer Forwarding with Distributed Home Location Register) 방법, Biaz의 우회 전방 정책 (BFS: Bypass Forwarding Strategy) 및 2개의 경로 전방 정책 (TPFS: Two-Path Forwarding Strategy)과 성능을 비교한다.

Abstract

One of the main challenges in personal communication services (PCS) is to locate many mobile terminals that may move frequently from place to place. Such a system operation is called location management. Many network signaling traffic, and database queries are required to achieve such a task. Several strategies have been proposed to improve the efficiency of location management. These strategies use location register databases to store the current location on mobile terminals, and are vulnerable to failure of the location registers. In this paper, we propose a *fault-tolerant pointer forwarding with distributed home location register* (FT-PFDHLR) to tolerate the failure of location registers. The performance of the proposed method is evaluated by an analytical model, and is compared with the *pointer forwarding with the single home location register* (PFSHLR), the *pointer forwarding with distributed home location register* (PFDHLR), Biaz's *bypass forwarding strategy* (BFS) and *two-path forwarding strategy* (TPFS).

1. 서 론

개인 통신 시스템 (PCS: Personal Communication System)은 세계의 어느 곳에서든지 통신을 가능하게 하는 것을 목표로 한다. 그런 시스템은 여기저기를 빈번하게 움직이는 이동 단말기 (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 등

* 종신회원 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
ihbae@cuth.cataegu.ac.kr

** 정 회 원 : 세명대학교 전산정보학부
sjoh@telcom.semyung.ac.kr

록 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. 따라서, 다수의 지역에 HLR을 분산시키는 것은 HLR의 트래픽 부하를 감소시킬 수 있는 효율적인 방법이다. 그러나 IS-41에서, 분산된 HLR은 어떤 MT가 등록 지역을 변경할 경우, 다수의 HLR에서 갱신이 발생한다. IS-41 방식에서 HLR의 과중한 네트워크 부하와 값비싼 액세스 비용을 줄이기 위해 전방 포인터에 기반 한 다수의 정책들이 제안되었다. 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 기반한 정책들은 전방 포인터 체인내의 VLR들의 고장 가능성으로 인해 전방 포인터에 기반하지 않는 집중화된 IS-41 방식에 비해 결합에 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. 따라서, 본 논문에서는 HLR과 VLR의 고장에 대하여 포용력이 있는 결합 포용 분산 위치 관리 방법인 FT-PFDHLR (Fault-Tolerant Pointer Forwarding with Distributed HLR)을 제안한

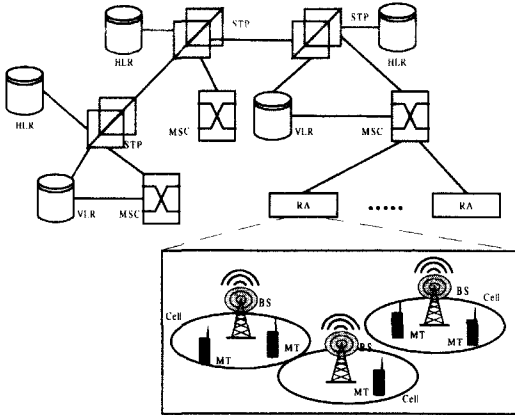
다. 그리고 제안하는 방법의 성능을 분석적 모델로 평가하고, 하나의 HLR을 갖는 전방 포인터 방법인 PFSHLR (Pointer Forwarding with Single HLR)[1, 3], 분산 HLR을 갖는 전방 포인터 방법인 PFDHLR (Pointer Forwarding with Distributed HLR)[4], 그리고 Biaz[5]의 우회 전방 정책 (BFS: Bypass Forwarding Strategy) 및 2가지 경로 전방 정책 (TPFS: Two-Path Forwarding Strategy)과 성능을 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 PCS 네트워크 구조에 관해 설명하고, 3장에서는 관련 연구를 살펴본다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 결합 포용 분산 위치 관리 방법에 관해 설명하고, 5장에서는 제안한 방법의 성능을 분석적 모델을 통하여 평가하고, 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

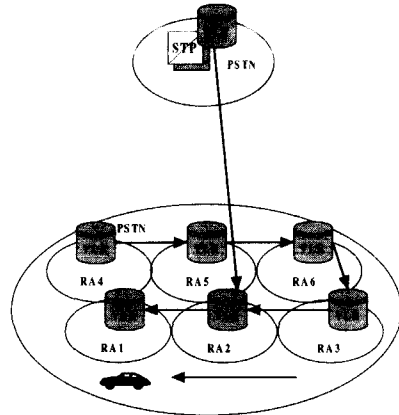
2. PCS 네트워크 구조

PCS는 공중 교환 전화망 (PSTN: Public Switched Telephone Network)과 신호처리 네트워크로 구성된다. 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.

MT는 무선 링크를 사용하여 기지국 (BS: Base Station)을 통하여 PSTN에 대한 액세스를 얻는다. 어떤 기지국에 의해 커버되는 지역을 셀이라 하고, 지리적으로 근접한 셀들의 집합을 등록 지역 (RA)이라 한다. 어떤 등록 지역의 VLR은 그 등록 지역내의 모든 이동 단말기들의 위치 정보 엔트리를 가진다. 그리고 각 이동 단말기는 HLR에 영원히 등록된다. HLR은 사용자 프로파일과 이동 단말기를 찾는데 필요한 정보를 유지한다. HLR과 VLR은 이동 단말기 위치의 트랙을 유지하기 위



(그림 1) 단순화된 PCS 구조



(그림 2) PFSLHR (등록 연산)

하여 SS No. 7 신호처리 네트워크를 통하여 통신한다. VLR은 HLR에 등록 메시지를 전송하고, 그 메시지는 PSTN내의 SS7을 사용하여 배달된다.

등록 메시지는 다수의 SS No. 7 네트워크 요소들을 거쳐 신뢰성 목적을 위해 쌍으로 설치된 STP (Signal Transfer Point)에 전송된다. STP는 HLR 주소를 확인하기 위하여 GTT (Global Title Translation)라 부르는 테이블 검색 기법을 사용한다. 그리고 등록 메시지는 STP로부터 HLR로 전송된다. 이동 교환국 (MSC: Mobile Switching Center)은 전형적인 교환 기능을 제공하고 등록과 호 배달에서 능동적 역할을 한다. MSC와 VLR은 STP 라우터를 통하여 또는 직접 X.25 링크로 연결될 수 있다[7].

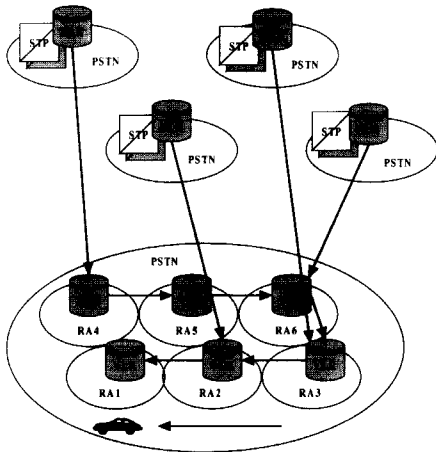
3. 관련 연구

이동성 관리를 위해 유럽과 북미에서 각각 GSM (Global System for Mobile Communication)과 IS-41이라는 표준을 정하여 사용하고 있는데 이 두 가지 알고리즘은 기본적으로 HLR과 VLR, 두 종류의 데이터베이스를 사용하는 2-단계 계층적 방법을 사용하고 있다[2]. GSM과 IS-41은 이동 단말기가 등록 지역을 이동할 때마다 HLR과 VLR을 갱신하므로 위치 관리 과정이 비교적 간단하지만,

HLR과 VLR간의 신호처리 부하가 클 뿐만 아니라 HLR에 집중된다는 단점이 있다.

PFSLHR은 IS-41 방식에서의 비싼 위치 갱신 비용을 줄이기 위해 제안되었다[1, 3]. PFSLHR에서 위치 갱신은 HLR을 갱신하지 않고 대신에 RA를 변경한 MT의 이전 VLR에서 새로운 VLR로 전방 포인터를 설정함으로써 이루어진다. 위치 탐색은 목적지 MT의 HLR을 거쳐 VLR들간에 설정된 전방 포인터를 따라가면서 수행된다. 여기서 전방 포인터를 관리하기 위한 여러 가지 방법이 있다. 간단한 알고리즘은 다음과 같다. 이동 단말기가 새로운 RA로 이동하면, 전방 포인터가 그림 2와 같이 생성된다. 이동 단말기가 RA2에서 RA1로 이동했을 때, RA2는 RA1을 가리키는 전방 포인터를 생성하고 그 이동 단말기를 해제하는 작업을 수행한다.

호가 도착했을 때, 전방 포인터가 추적된다. 탐색 연산이 완료된 후, 라우트 가능한 주소인 TLDN (Temporary Location Directory Number)이 현재 RA로부터 HLR로 반환되고, HLR은 이동 단말기의 현재 RA로 그것의 포인터를 갱신한다. 결국, 단일 HLR 환경에서는 호가 발생할 때마다 모든 위치 탐색 메시지가 그 시스템내의 유일한 HLR로 보내지기 때문에 HLR에서는 위치 추적에 의해 생성되는 많은 신호처리 트래픽으로 인해



(그림 3) PFDHLR (등록 연산)

병목현상이 발생할 수 있다.

다수의 PSTN에 HLR을 분산시키는 것은 HLR의 트래픽 부하를 감소시킬 수 있는 효율적인 방법이다. 그러나, 분산된 HLR은 어떤 MT가 등록 지역을 변경할 경우, 다수의 HLR에서 갱신이 발생한다. Lin은 분산 HLR 환경에서 이러한 오버헤드를 줄이기 위해 PFDHLR을 제안했다[4]. PFDHLR에서, 위치 갱신은 PFSHLR에서와 동일하다. 그러나, PFDHLR에서, RA는 어떤 MT가 별개의 HLR에 의해 가장 마지막으로 탐색된 위치이므로, 분산된 HLR은 어떤 하나의 MT에 대해서로 다른 RA를 가리킬 수 있다 (그림 3 참조).

Biaz는 전방 포인터를 사용하고 HLR에서의 고장이 없는 경우, VLR들의 고장을 포용하는 2가지 정책을 제안했다[5, 6]. 하나는 HLR에서 마지막 VLR까지 두개의 경로를 유지하는 방법인 TPFS (Two Path Forwarding Strategy)이고, 다른 하나는 고장난 VLR의 이웃 VLR들에게 요청을 전송함으로써 고장난 VLR을 통과하는 BFS (Bypass Forwarding Strategy) 방법이다. 그리고 Pitoura는 계층적 트리-구조 위치 데이터베이스에서 전방 포인터의 사용에 대하여 연구하였다[8]. 위치 갱신 비용을 줄이기 위하여 계층 구조에 포함된 모든 위치 데이터베이스를 수정하는 대신에 트리의 특정

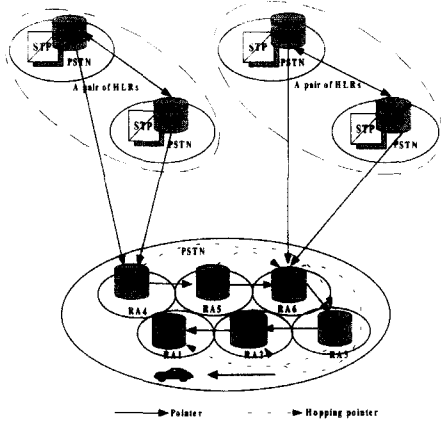
단계까지의 데이터베이스만을 갱신하고 다수의 하위 단계 데이터베이스에서 전방 포인터가 적절히 설정되어진다.

4. 결합 포용 분산 위치 관리 방법

PCS 위치 추적에 의해 생성되는 과중한 신호 처리 트래픽 때문에, HLR은 병목현상을 일으킬 수 있다. HLR에 대한 트래픽을 줄이기 위한 일반적인 해결책은 다수의 위치에 HLR 기능을 분산하는 것이다. 이러한 분산 HLR 방법의 장점은 HLR 버퍼가 가득 찬 다음 질의가 도착하여 질의가 분실되는 질의 분실 확률과 질의 예상 대기 시간이 크게 감소된다는 것이다[4]. 그러한 분산 HLR은 전방 포인터로 효율적으로 구현될 수 있다. 그러나 기존의 분산 HLR을 갖는 전방 포인터 방식인 PFDHLR은 아직도 전방 포인터들의 체인상의 VLR 고장에 대하여 약점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 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 포용 처리 과정 등에 대하여 설명한다.

4.1 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 FT-PFDHLR의 시스템 구조는 그림 4와 같다. HLR들은 원격 PSTN들에 분산되며, 다수의 분산된 HLR은 항상 쌍으로 존재하며 쌍으로 연결된 HLR 중에서 어느 한 쪽이 갱신되면, 다른 쪽도 함께 갱신된다. VLR은 이동 단말기를 위한 자료구조로 전방 포인터와 호핑 포인터(hopping pointer)를 관리한다. 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



(그림 4) FT-PFDHLR

전방 포인터 보다 호핑 포인터를 우선적으로 추적한다.

4.2 위치 등록 과정

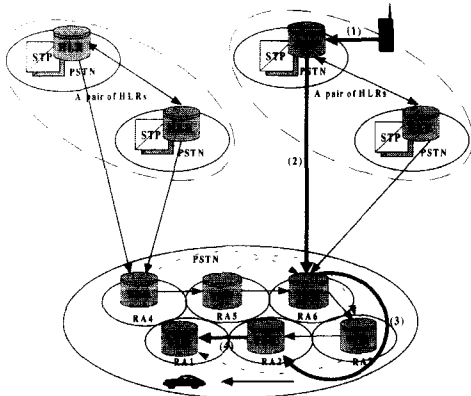
FT-PFDHLR의 등록 과정은 호핑 포인터를 설정한다는 것 외에는 PFDHLR과 유사하다. MT가 새로운 등록 지역으로 이동한 경우, 새로운 VLR에서 그 MT를 등록하고, 이전 VLR 및 앞선 이전 VLR에서 전방 포인터와 호핑 포인터만을 설정하므로 다수의 HLR 갱신은 필요치 않다 (그림 4 참조). 자세한 위치 등록 과정은 다음과 같다.

- 단계 1: MT가 새로운 등록 지역에 있다는 것을 탐지한다.
- 단계 2: MT는 이전 VLR의 id를 전달하여 새로운 VLR에 등록한다.
- 단계 3: 새로운 VLR은 이전의 VLR에게 등록 해제 메시지를 전송한다.
- 단계 4: 이전의 VLR은 전방 포인터에 새로운 VLR을 MT의 위치 정보로 설정하여 등록 해제한다.
- 단계 5: 이전의 VLR은 새로운 VLR에게 ACK와 사용자의 서비스 프로파일을 전송한다.
- 단계 6: 호핑 포인터 설정을 위해, 바로 이전 VLR은 앞선 이전 VLR에게 그 MT의 위치 정보를 전송한다.
- 단계 7: 바로 앞선 VLR은 호핑 포인터에 새로운 VLR을 MT의 위치 정보로 설정한다.

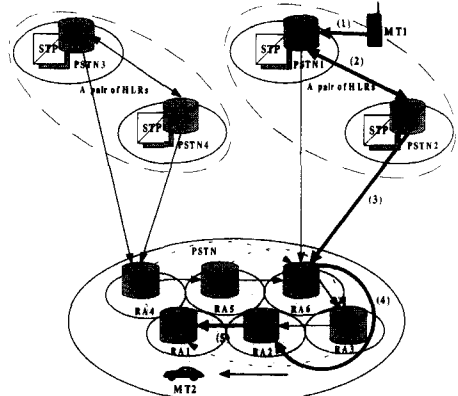
4.3 위치 탐색 과정

어떤 PSTN으로부터 호가 도착하면, 그 PSTN의 HLR은 그림 5와 같이 질의한다. 그 HLR은 찾고자 하는 수신 MT가 예전에 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 HLR과 짝 지워진 HLR의 포인터는 그림 6과 같이 수신 MT의 현재 거주하는 VLR로 갱신된다. 자세한 호 추적 과정은 다음과 같다.

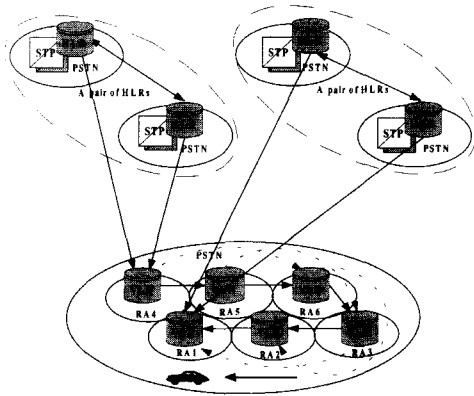
- 단계 1: 수신 MT에 대한 호가 어떤 PSTN에 도착한다.
- 단계 2: 수신 MT가 같은 등록 지역에 있으면 위치 정보를 반환한다. 아니면 그 PSTN의 HLR로 수신 MT의 위치 정보를 질의한다.
- 단계 3: HLR은 수신 MT에 대한 포인터가 가리키는 첫번째 등록 지역인 VLR₀로 응답한다.
- 단계 4: HLR은 VLR₀에게 수신 MT의 위치 정보를 질의한다.
- 단계 5: 질의된 수신 MT가 현재 VLR_i에 존재할 때 까지 다음 과정을 수행한다.
만일 VLR에 호핑 포인터가 있으면 그 호핑 포인터가 가리키는 다음 VLR_{i+2}에게 수신 MT의 위치 정보를 질의한다.
아니면 현재 VLR의 전방 포인터가 가리키는 다음 VLR_{i+1}에게 수신 MT의 위치 정보를 질의한다.
- 단계 6: 수신 MT가 존재하는 현재 VLR은 그 MT 위치 정보를 HLR에 전송한다.
- 단계 7: HLR은 수신 MT의 위치 정보를 발신측의 교환기로 반환한다.
- 단계 8: HLR에서 수신 MT의 포인터를 수신 MT의 현재 VLR로 설정한다.
- 단계 9: HLR은 짝 지워진 HLR에 수신 MT의 위치 정보를 전송한다.
- 단계 10: 짝 지워진 HLR은 수신 MT의 포인터를 수신 MT의 현재 VLR로 설정한다.



(그림 5) FT-PFDHLR에서 탐색 연산



(그림 7) PSTN의 HLR 고장에 대한 FT-PFDHLR의 결합 포용 처리



(그림 6) FT-PFDHLR에서 탐색 후 갱신

4.4 결합 포용 처리 과정

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 체인상에서 VLR 고장인 경우의 결합 포용 처리 과정에 대하여 설명한다.

4.4.1 PSTN내의 HLR이 고장인 경우

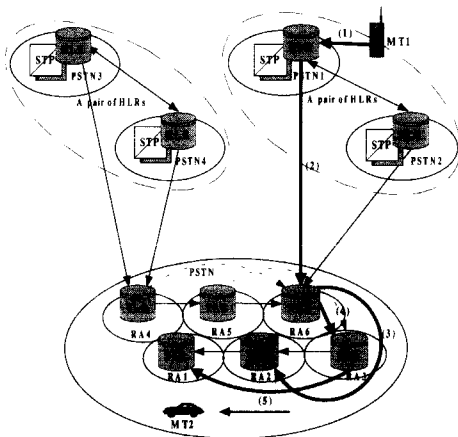
시스템 내에서 어떤 HLR은 이웃한 다른 HLR과 한 쌍을 구성한다. 따라서, MT의 위치 정보에

대한 질의를 받은 HLR이 고장난 경우, 그 질의 메시지는 결합이 발생한 HLR과 쌍을 이루는 다른 HLR로 보내지게 된다. 예를 들어, 그림 7에서처럼 PSTN1의 HLR과 PSTN2의 HLR이 한 쌍으로 구성된 HLR이고, 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 쌍으로 구성된 PSTN2의 HLR로 보내진다. PSTN2의 HLR은 수신 MT2에 대한 호핑 포인터를 따라가면서 목적 노드인 수신 MT2의 위치를 추적한다. 만약 쌍으로 묶인 HLR도 고장난 경우, 수신 MT2의 위치 정보에 대한 질의 메시지는 STP를 통해 시스템내의 분산된 다른 HLR로 보내진다.

4.4.2 포인터 체인상의 VLR이 고장인 경우

포인터 체인상의 VLR에서 고장이 발생할 수 있다. 이것은 VLR에 전방 포인터와 호핑 포인터를 각각 유지하여 해결한다. 수신 MT와 관련된 위치 질의 메시지가 VLR들의 호핑 포인터를 따라 가는 도중에 중간 VLR에서 고장이 발생한 경우, 그 질의 메시지는 고장이 발생한 VLR을 호핑 포인터로 갖는 이전의 VLR에서 전방 포인터를

따라 다른 VLR로 전송되고, 그곳에서 다시 호핑 포인터를 따라 수신 MT가 발견될 때까지 계속해서 추적하게 된다. 예를 들어, 그림 8에서 발신 MT1이 PSTN1의 HLR을 통해 수신 MT2에 대한 위치 탐색을 요청했고, RA2의 VLR에서 결함이 발생했다고 하자. 위치 질의 메시지를 수신한 PSTN1의 HLR은 수신 MT2에 대한 엔트리에서 RA6의 VLR을 발견하고, RA6의 VLR로 질의 메시지를 전송한다. RA6의 VLR은 먼저 호핑 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 호핑 포인터를 따라 수신 MT2가 현재 존재하는 RA1의 VLR로 보내지게 된다. 따라서 발신 측 교환기는 MT2의 위치 정보인 TLDN을 받게 된다. 그리고 HLR이 가리키는 첫 번째 VLR인 RA6의 VLR에서 고장이 발생한 경우, HLR은 고장난 VLR의 모든 이웃 RA들의 VLR들에게 질의 메시지를 전송하고, MT2가 이동한 RA3의 VLR로부터의 긍정응답에 기초하여 HLR의 포인터를 RA3의 VLR로 설정하여 고장난 VLR을 통과한다.



(그림 8) 포인터 체인상의 VLR 고장에 대한 FT-PFDHLR의 결함 포용 처리

5. 분석적 모델

본 논문에서는 분석적 모델을 사용하여 제안하는 FT-PFDHLR의 성능을 평가한다. 여기서 평가된 항목으로는 위치 탐색 비용, 위치 갱신 비용, 전체 비용 그리고 상대적 전체 비용 등이다. 제안하는 FT-PFDHLR의 성능을 PFSHLR 및 PFDHLR의 성능과 비교하였다. 성능 평가에 사용된 매개 변수는 다음과 같다.

- k : 발신 MT가 수신 MT를 찾기 위하여 VLR들간에 운행된 포인터의 개수
- γ : 등록 지역 횡단 당 호의 평균 개수 (call-mobility ratio)
- δ : 상대적 포인터 운행 비용 ($\delta \ll 1$)

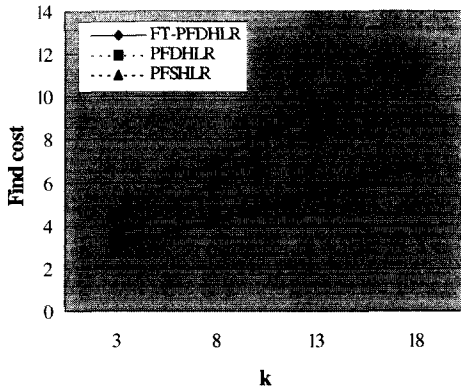
성능 분석을 간단히 하기 위하여, 발신 MT로부터 분산 HLR까지의 위치 요청 비용을 1로 정규화하고, HLR에서 첫 번째 VLR로 질의하는 비용도 1로 하였다. 그리고 VLR로부터 다른 VLR로 포인터 운행 비용은 새로운 VLR과 이전 VLR은 서로 인접하므로 $\delta \ll 1$ 로 예상할 수 있다.

5.1 위치 탐색 비용

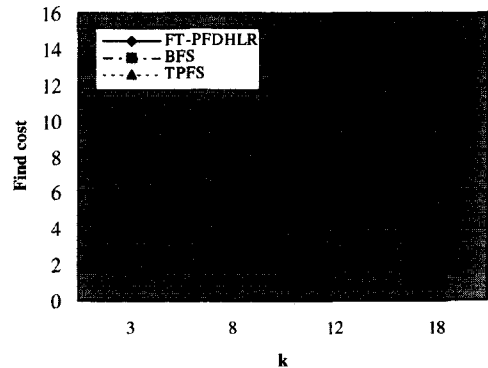
FT-PFDHLR은 위치탐색 비용은 발신 MT에서 HLR로의 위치 요청 비용, HLR에서 첫 번째 VLR로의 질의 비용, 그리고 VLR들간의 포인터 운행 비용의 합으로 계산된다. 그리고 PFSHLR의 위치 탐색 비용에서 N 은 PCS 시스템에 있는 PSTN의 개수를 나타낸다.

- FT-PFDHLR : $C_{find} = 2 + i \frac{k}{2} + \delta$
- PFDHLR : $C_{find} = 2 + k\delta$
- PFSHLR : $C_{find} = 3 - \frac{1}{N} + k\delta$

그림 9는 k 에 따른 FT-PFDHLR, PFSHLR 그리



(그림 9) 위치 탐색 비용: $N=30, \delta=0.5$



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

고 PFDHLR의 탐색 비용을 보여준다. 여기서, FT-PFDHLR이 수신 MT의 위치 추적에 호핑 포인터를 우선적으로 사용하기 때문에 VLR간의 포인터 체인의 길이가 PFSHLR과 PFDHLR에 비해 거의 절반으로 줄어든다. 따라서 FT-PFDHLR의 위치 탐색 비용이 PFSHLR과 PFDHLR보다 위치 탐색 비용보다 크게 감소된다는 것을 알 수 있다.

전방 포인터 체인내의 VLR에서 고장이 발생한 경우, 본 논문에서 제안한 FT-PFDHLR과 Biaz의 BFS와 TPFS의 위치 탐색 비용, C'_{find} 는 다음과 같다. 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. 그리고 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 $\frac{1}{k}$ 이고, HLR에서 i -번째 VLR까지의 경로의 길이는 i 이므로 평균적으로 $\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k i = \frac{k+1}{2}$ 만큼 경로가 더 길어지게 된다.

- FT-PFDHLR :

$$C'_{find} = 2 + \frac{1}{k} \left\{ \left(6 + \left\lceil \frac{k-1}{2} \right\rceil \right) + \left(\left\lceil \frac{k+1}{2} \right\rceil (k-1) \right) \right\} \delta$$

- BFS : $C'_{bfs_find} = 3 - \frac{1}{N} + (5+k)\delta$

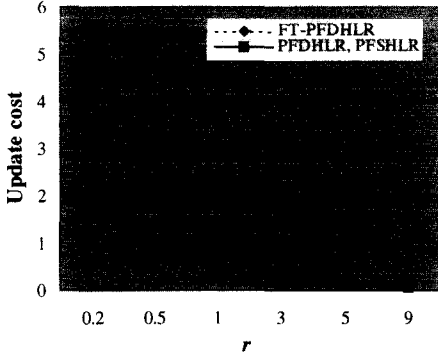
- TPFS :

$$C'_{tpfs_find} = 3 - \frac{1}{N} + \left(\left\lceil \frac{k+1}{4} \right\rceil + 1 + \left\lceil \frac{k}{2} \right\rceil \right) \delta$$

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

5.2 위치 갱신 비용

FT-PFDHLR에서는 MT가 새로운 등록 지역으로 이동했을 때, 새로운 등록 지역의 VLR에 이동한 MT가 등록되고, 위치 등록 과정에서 새로운 VLR이 이전의 VLR로 전송하는 deregister 메시지를 통하여 이전 VLR에서 전방 포인터가 설정되고, 그리고 앞선 이전 VLR에서 호핑 포인터 설정을 위해 위치 정보를 전송한다. 따라서 FT-PFDHLR의 위치 갱신 비용은 다음과 같다.



(그림 11) 위치 갱신 비용 : $\delta = 0.5$

- FT-PFDHLR : $C_{update} = 2\delta$
- PFDHLR, PFSHLR : $C_{update} = \delta$

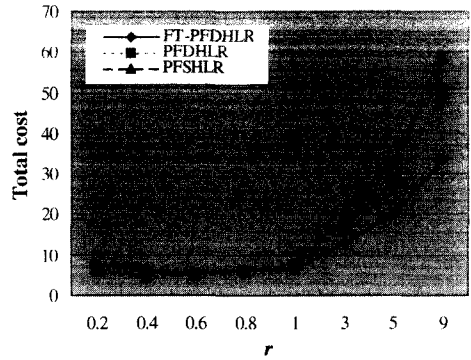
그림 11은 γ 에 따른 FT-PFDHLR, PFDHLR 그리고 PFSHLR의 호 당 위치 갱신 비용을 보여준다. FT-PFDHLR에서 MT의 RA 횡단시 새로운 VLR에서 그 MT의 등록과 호핑 포인터 설정을 위해 이전 VLR이 앞선 이전 VLR로 그 MT의 위치 정보를 전송하므로, PFSHLR과 PFDHLR에 비해 두 배의 위치 갱신 비용이 든다. 그리고 γ 가 클수록 FT-PFDHLR와 PFSHLR, PFDHLR의 위치 갱신 비용의 차이가 줄어든다는 것을 알 수 있다.

5.3 전체 비용

전체 비용의 성능은 $C_{total} = XC_{update} + Y(C_{find} + C_{find_update})$ 로 측정된다. 여기서 다음 조건을 만족하는 X와 Y의 선택이 필요하다.

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

상기 조건을 만족시키기 위하여, $X = \frac{1}{\gamma}$ 과



(그림 12) 전체 비용: $N=30, k=5, \delta=0.5$

$Y = \gamma$ 를 선택한다[1]. 따라서 고려된 위치 관리 정책들의 전체 비용의 성능 척도는 다음과 같다.

- FT-PFDHLR :

$$C_{total} = \frac{1}{\gamma} C_{update} + \gamma(C_{find} + C_{find_update})$$
- PFDHLR :

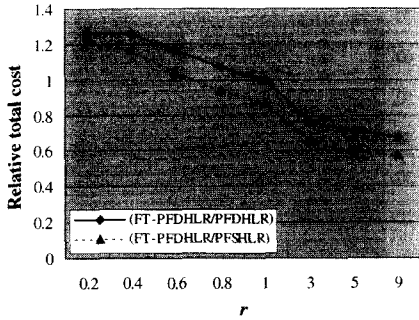
$$C_{total} = \frac{1}{\gamma} C_{update} + \gamma(C_{find} + C_{find_update})$$
- PFSHLR :

$$C_{total} = \frac{1}{\gamma} C_{update} + \gamma(C_{find} + C_{find_update})$$

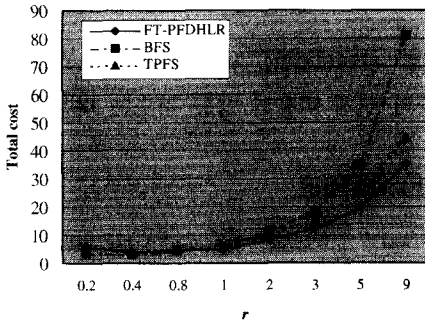
여기서 $C_{find_update}^{FT-PFDHLR}$, $C_{find_update}^{PFDHLR}$ 그리고 $C_{find_update}^{PFSHLR}$ 는 FT-PFDHLR, PFDHLR 그리고 PFSHLR이 수신 MT를 탐색한 다음 발생하는 HLR의 갱신 비용을 각각 나타내며, $C_{find_update}^{FT-PFDHLR} = 2$, $C_{find_update}^{PFDHLR} = C_{find_update}^{PFSHLR} = 1$ 이다.

그림 12는 γ 에 따른 고려된 위치 관리 정책들의 전체 비용을 나타낸다. 여기서 γ 가 낮은 경우에 고려된 3가지 정책들의 전체 비용은 거의 비슷하지만, γ 가 높을수록 제안된 FT-PFDHLR 정책이 다른 정책들에 비해 전체 비용이 감소됨을 알 수 있다. 이것은 MT의 위치 탐색 시 호핑 포인터를 사용하므로 포인터 체인상의 운행되는 VLR 개수가 감소하기 때문이다.

그림 13은 γ 에 따른 PFDHLR과 PFSHLR에 대



(그림 13) 상대적 전체 비용: $N=30, k=5, \delta=0.5$



(그림 14) VLR 고장에 따른 전체비용: $N=30, k=5, P_f=0.3, \delta=0.5$

한 FT-PFDHLR의 상대적 전체 비용을 나타낸다. FT-PFDHLR은 전체 비용 측면에서 γ 가 낮은 경우에 PFDHLR과 PFSHLR에 비해 성능이 조금 떨어지지만 γ 가 높을수록 PFDHLR과 PFSHLR 보다 성능이 우수하였고, 아울러 k 가 클수록 더 나은 성능을 보였다.

위치 데이터베이스의 고장을 고려한 경우, 결합 포용 위치 관리 정책들의 전체비용을 $C_{total}^f = \gamma C_{update} + \frac{1}{\gamma} \{ (1 - P_f) C_{find} + P_f C_{find}^f \}$ 로 평가하였다. 여기서 P_f 는 위치 탐색 연산에서 고장난 VLR을 만날 확률을 나타낸다. 그림 14는 γ 에 따른 VLR 고장을 고려한 결합 포용 위치 관리 정책들의 전체비용을 보여준다. 여기서 γ 가 낮은 경우 고려된 3가지 정책들이 비슷한 성능을 보이지만, γ 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 HLR에서 목적 VLR로의 2가지 경로상의 고장난 VLR이 각각 존재하는 경우에 영원히 목적 MT의 위치를 탐색할 수 없는 반면에, FT-PFDHLR은 연속적인 2개의 VLR 고장인 경우를 제외하고는 전방 포인터 체인내의 다중 VLR 고장에도 포용력이 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 PCS의 위치 관리에 사용되는 위치 데이터베이스인 HLR과 VLR의 고장에 대하여 포용력이 있는 결합 포용 분산 위치 관리 방법을 제안하고, 그 방법의 성능을 분석적 모델을 통하여 평가하였다. 본 논문에서 제안한 FT-PFDHLR의 위치 갱신 비용은 비교한 PFDHLR 방법과 PFSHLR 방법에 비해 많은 비용이 들지만, HLR과 VLR의 고장에 대하여 결합 포용력을 가질 뿐만 아니라 수신 MT의 탐색시 VLR의 호핑 포인터를 사용하므로 VLR들간에 운행되는 포인터 체인의 길이가 반으로 줄어들어 위치 탐색 비용이 PFDHLR과 PFSHLR에 비해 크게 감소한다. 또한 HLR 고장 시 이웃 HLR에 대한 탐색 없이 STP에 의해 짝 지워진 HLR로 즉시 교체 가능하므로 추가적인 탐색 비용이 요구되지 않으며, 탐색 연산을 수행한 후에는 위치 탐색을 수행한 HLR뿐만 아니라 쌍으로 구성된 HLR에서도 포인터가 갱신되므로 쌍으로 구성된 HLR에서의 위치 탐색 비용 또한 감소된다. 성능 평가 결과, 본 논문에서 제안한 FT-PFDHLR은 γ 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.

참 고 문 헌

[1] P. Krishna, N. H. Vaidya, D. K. Pradhan, "Effi-

- cient 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.

◎ 저 자 소 개 ◎



배 인 한

1984년 경남대학교 전자계산학과 (학사)
 1986년 중앙대학교 전자계산학과 (석사)
 1990년 중앙대학교 컴퓨터공학과 (박사)
 1996년~1997년 Dept. of Computer and Information Science, The Ohio State University (Postdoc)
 1989~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
 관심분야: 무선 인터넷, 인터넷 응용, 무선 이동망, 멀티미디어 시스템, 분산 시스템 등



오 선 진

1981년 한양대학교 공과대학 (학사)
 1987년 미국 Wayne 주립대학교 전자계산학과 (Post Bachelor)
 1990년 미국 Detroit 대학교 대학원 전자계산학과 (석사)
 1993년 미국 Oklahoma 주립대학교 대학원 전자계산학과 박사수료
 1999년 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 (박사)
 2000년~현재 세명대학교 전산정보학부 교수
 관심분야: 운영체제, 이동무선망, 멀티미디어 시스템, 퍼지 시스템, 인공지능, 객체지향 데이터베이스 시스템 등