

# PCN에서 사용자 프로파일 복제를 이용한 동적 위치 관리 기법

최광희\*, 길준민, 양권우, 황중선  
 고려대학교 컴퓨터학과 분산시스템연구소

## A Dynamic Location Management Scheme Using Per-User Profile Replication in PCNs

KwangHee Choi\*, Joon-Min Gil, Kwon Woo Yang, Chong-Sun Hwang  
 Distributed Systems Lab., Dept of Computer Science and Engineering, Korea Univ.

### 요 약

본 논문에서 우리는 통신 비용과 데이터베이스 비용을 감소시키기 위해 사용자 프로파일 복제를 이용한 동적 위치 관리 기법을 제안한다. 이 기법에서는 위치 등록과 호 설정 과정이 통신 비용을 감소시킬 수 있는 복제본이 있는 VLR에서 수행되고, 복제본이 있는 VLR에서 호의 빈도 커서 데이터베이스 비용을 감소시킨다. 제안한 기법의 성능을 분석하기 위해 분석 모델을 작성하고 제안 기법, IS-41 기법, 복제 기법의 성능 분석을 한다. 사용된 비교 척도는 통신 비용, 데이터베이스 비용, 총비용 그리고 호 설정 지연이다. 이 척도들에 대해서 제안 기법이 IS-41 기법, 복제 기법보다 더 좋은 성능을 보인다.

### 1 서론

PCS(Personal Communication Service)란 여러 가지 매체를 통해서 언제 어디서나 어느 누구와도 비디오, 오디오, 음성, 일반 데이터 등의 다양한 종류의 정보를 교환할 수 있는 시스템을 의미한다. 즉, 이동 단말 사용자에게 개인화된 서비스와 이동성을 제공하는 것이 PCS의 목표이다[1].

그림 1은 PCN(Personal Communication Network)의 기본적인 구조를 보여준다. PCN이 처리하는 영역은 셀(cell)들로 구성되고 각 셀에는 기지국(base station)이 하나씩 존재한다. 이러한 셀들이 모여서 등록 영역(registration area)을 이룬다. 등록 영역내의 모든 기지국들은 MSC(mobile switch center)와 연결되어 있다. MSC는 LSTP(local signal transfer point)를 통해서, 네트워크와 연결되어 있다. 이동 단말의 위치 정보를 저장하기 위하여 HLR(home location register)과 VLR(visitor location register)이라는 두 가지 형태의 데이터베이스가 존재한다. HLR은 모든 사용자의 프로파일이 저장된 데이터베이스로 논리적으로는 하나이나 물리적으로는 분산되어 존재한다. VLR은 MSC와 함께 존재하고 해당 등록 영역을 방문한 사용자의 프로파일을 관리한다. 사용자 프로파일에는 위치 정보와 인증 정보 등이 들어 있다. STP에서 이동 단말의 식별자를 이용하여 HLR을 찾는 과정이 일어나는데 이를 GTT(global title translation)라고 한다. HLR은 RSTP(regional signal transfer point)를 통해 네트워크와 연결되어 있다. SCP(service control point)는 HLR과 함께 존재하고, HLR에 질의나 갱신을 위한 접근을 관리한다[2,3].

이러한 이동 통신 환경에서는 끊임없이 이동하는 사용자를 위한 위치 관리가 중요하다. 위치 관리란 이동 단말의 현재 위치를 유지하기 위한 위치 등록 과정과 호 처리를 위해 이동 단말을 찾는 호 설정 과정으로 구성된다.

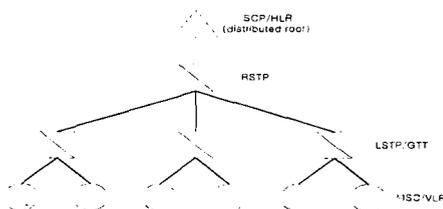


그림 1. PCN 구조

단말이 하나의 등록 영역에서 다른 등록 영역으로 이동할 때 HLR, 새로운 VLR, 이전 VLR간의 메시지 전송과 데이터베이스 갱신이 발생하는데 이를 위치 등록 과정이라 한다. 사용자를 위한 호가 발생하면 호출자(caller)가 피호출자(callee)의 위치를 찾을 때 유사하게 메시지 전송이 발생하는데 이를 호 설정 과정이라 한다.

IS-41 기법에서의 문제는 이동 단말에 대한 호와 이동의 패턴을 나타내는 CMR(call to mobility ratio)이나 LCMR(local call to mobility ratio)과 관계없이 일정한 프로토콜에 의해 위치 등록과 호 설정을 수행하는 것이다.

이동 단말을 CMR나 LCMR의 특성을 이용하여 IS-41 기법의 위치 관리보다 성능을 향상시키는 연구가 최근에 수행되었다. [2]와 [3]에서는 각각 포워딩 포인터와 지역 앵커를 이용하여 CMR이 작은 이동 단말에게 효율적인 기법을 제안했고, [4]와 [5]에서는 캐시와 복제를 이용하여 CMR과 LCMR이 큰 이동 단말에게 효율적인 기법을 제안했다.

[5]에서 사용자 프로파일 복제본은 이동에 의한 추가적으로 요구되는 갱신 비용보다 절약할 수 있는 호 설정 비용이 큰 선택된 영역에만 유지된다. 호가 발생할 때 지역적으로 피호출자의 프로파일을 접근 가능한지 알아본다. 만일 피호출자의 프로파일이 존재하면 HLR에 대한 질의는 불필요하다. 그러나, 피호출자의 프로파일이 존재하지 않으면, IS-41의 과정대로 HLR에 질의를 하여 피호출자를 찾는다. 그리고, 이동 단말이 다른 등록 영역으로 이동할 때, 시스템은 이동 단말을 위한 모든 복제본에 갱신한다. 그러나, 복제본의 활용이 호 설정 과정 시점으로 제한된다.

본 논문에서는 복제본을 호 설정뿐 아니라 위치 등록 시에도 활용하여 통신 비용과 데이터베이스 비용을 감소시키는 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 프로파일 복제를 이용한 동적 위치 관리에 대해 기술하고, 3장에서는 제안한 기법을 IS-41 기법, 복제 기법[5]과 성능 분석 및 평가를 한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2 프로파일 복제를 이용한 동적 위치 관리

### 2.1 제안 구조

그림 2는 PCS 네트워크에서 제안하는 동적 데이터베이스 구조를 보여준다. 제안 구조에서는 IS-41 표준과 달리 이동 단말을 위한 홈 데이터베이스인 HLR이 존재하지 않는다. 대신에 각 이동 단말을 위해 위치 정보를 관리하는 복제본들이 존재하고 이들은 해당 VLR에서 유지된다. 이를 R-VLR(replica-VLR for mobile user)이라 한다. STP는 몇 개의 VLR들을 관리하

는데, 각각의 이동 단말을 위한 최선의 복제본이 있는 VLR 식별자를 가리키는 RD(replica director)가 STP에 인접하여 존재한다. 제안 구조에서, VLR은 해당 등록 영역을 방문한 이동 단말을 관리하는 전통적인 기능과 특정 이동 단말들을 위한 복제본을 관리하는 기능을 갖는다. 그리고, RD는 서비스를 제공하는 모든 이동 단말들을 위한 R-VLR 식별자를 유지한다. 이 정보는 위치 등록 또는 호 설정 과정에서 이용된다.

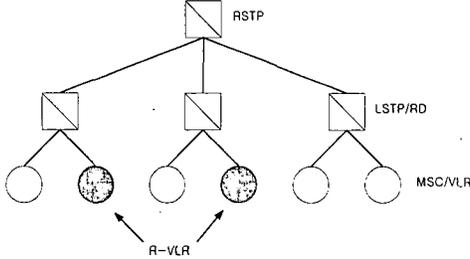


그림 2. 제안한 구조

2.2 동적 위치 관리

본 논문에서 제안하는 위치 관리 기법을 적용하기 위해서 다음 두 단계의 과정의 설정 절차가 필요하다.

◆ 단계 1 : R-VLR의 결정

각 이동 단말에 대해서 프로파일의 복제본을 유지할 VLR(이하 R-VLR)을 결정한다. 이를 위한 기준은 다음과 같다. 복제본을 유지함으로써 호 설정 과정에서 절약할 수 있는 비용이 이동 단말의 이동으로 인한 추가적으로 요구되는 복제본 갱신 비용보다 크다면, 그 등록 영역에 사용자 프로파일의 복제본을 두는 것이 효율적이다. 이동 단말  $i$ 에 대한 등록 영역  $j$ 에서의 LCMR을  $LCMR_{i,j}$ 라 할 때,  $LCMR_{i,j}$ 이 미리 결정된 기준치(threshold)  $T$ 보다 크면, 등록 영역  $j$ 에는 이동 단말  $i$ 를 위한 사용자 프로파일의 복제본을 유지한다. 만일,  $LCMR_{i,j}$ 이  $T$ 보다 큰 등록 영역이 존재하지 않으면, 서비스의 지원을 위해 가장 큰 LCMR을 갖는 등록 영역에 사용자 프로파일의 복제본을 유지한다.

◆ 단계 2 : RD와 R-VLR의 매핑

각 STP 영역에서 R-VLR으로의 매핑이 정의된다. STP 영역에 있는 RD는 가장 근거리(네트워크 비용이 가장 작음) R-VLR과 매핑된다. 만일, 임의의 STP 영역에 대해 위의 조건을 만족시키는 R-VLR이 2개 이상이라면, 가장 적은 수의 STP 영역과 매핑된 R-VLR과 매핑된다. 이런 한 R-VLR과 RD의 매핑의 결정은 R-VLR이 수행한다.

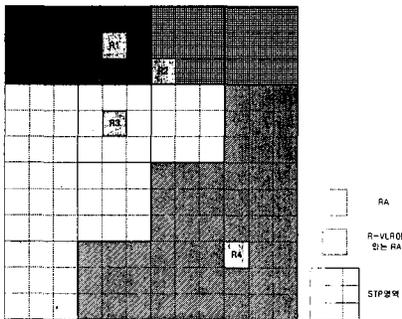


그림 3. R-VLR과 RD(STP영역)의 매핑

그림 3은 R-VLR과 STP 영역이 매핑된 예를 보여준다. 일반적으로 이동 단말의 이동과 호 패턴은 지역성이 있고 일관적인 특징을 갖기 때문에 빈번하게 LCMR이 변경되지 않는다. 그러나, 사용자의 이주, 출장, 여행, 접근 등의 이유로 각 VLR에서 이동 단말에 대한 LCMR은 변경될 수 있다. 이러한 변화는 복제본을 유지할 VLR의 재결정을 요구하고, 이에 수반되어 RD(STP영역)와 R-VLR의 매핑의 재설정을 요구한다. 이러한 처리를 수행하기 위한 메커니즘은 다음과 같다. 일정 주기  $\tau$  동안 각 VLR은 이동 단말  $i$ 에 대한 호 횟수를 유지하고, 이동 단말  $i$ 에 대한 위치 등록이나 호 설정 과정이 발생할

때 매핑된 R-VLR에게 알려 준다. 그리고, R-VLR들은 주기  $\tau$  동안 이동 단말  $i$ 의 이동 횟수를 유지하여, 각 VLR들의 LCMR을 관리한다. 그리고, 이동 단말  $i$ 의 이동으로 위치 등록 과정이 발생하여 R-VLR간의 통신이 발생할 때, 자신이 관리하고 있는 VLR들 중 다음 주기  $\tau$  동안 복제본을 유지해야 할 VLR을 알린다. 이는 R-VLR간의 위치 등록 요청 메시지나 위치 등록 ACK 메시지와 함께 전달된다[단계 1]. 주기  $\tau$ 가 지나면, R-VLR은 다음  $\tau$  동안 복제본을 유지해야 할 VLR에게 이를 알린다. 새롭게 결정된 R-VLR들은 매핑을 유지할 RD에게 메시지를 보낸다[단계 2].

2.3 위치 등록과 호 설정 과정

이동 단말이 새로운 등록 영역으로 이동했을 때, 등록 과정은 다음과 같다.

- ① 이동 단말은 새로운 등록 영역으로 이동하고 위치 등록 메시지를 새로운 VLR에 보낸다.
- ② 새로운 VLR는 등록 메시지를 LSTP/RD로 보내고, RD는 이동 단말을 위한 R-VLR에 전달한다.
- ③ R-VLR은 등록 ACK 메시지를 새로운 VLR에 보낸다.
- ④ R-VLR은 등록 메시지를 협력하는 R-VLR들에게 보내고, 등록 해지 메시지를 이전 VLR에 보낸다.
- ⑤ 협력하는 R-VLR들은 등록 ACK 메시지를, 이전 VLR은 등록 해제 ACK 메시지를 R-VLR에게 보낸다.

이동 단말에 대한 호 설정을 위해서는 호출자(caller)가 피호출자(callee)를 찾는 과정이 필요하다. 호 설정 과정은 다음과 같다.

- ① 호출자가 위치하는 VLR에서 피호출자를 지역적으로 찾는다. 만약 호출자와 피호출자가 같은 등록 영역에 있다면, 지역적으로 위치 정보가 반환된다.
- ② 피호출자를 위한 복제본을 유지한다면(호출자의 VLR이 피호출자의 R-VLR이라면), ④단계로 넘어간다.
- ③ 피호출자가 발견되지 않으면, 호출자 측 VLR은 위치 정보 요청 메시지를 LSTP로 보내고, RD를 이용하여 피호출자를 위한 R-VLR에 전달한다.
- ④ R-VLR은 위치 요청 메시지를 피호출자 측 VLR에 보낸다.
- ⑤ 피호출자 측 VLR에서 피호출자의 셀 위치를 결정하고 TLDN(Temporary Location Directory Number)을 R-VLR에 보낸다.
- ⑥ R-VLR은 피호출자의 위치 정보를 호출자 측 VLR에 보낸다.
- ⑦ 이 TLDN을 통해서 호출자와 피호출자간의 연결이 설정된다.

3 성능 분석 및 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 현존 시스템인 IS-41 기법, Shivakumar의 복제 기법[5]과 비교한다.

이동 단말에 대한 호 도착률은  $\lambda_c$ 를 갖는 포아송 분포를 따르고 등록 영역에서 이동 단말의 상주 시간은  $1/\lambda_m$ 를 갖는 지수 분포를 따른다고 가정한다. 그러면, 임의의 이동 단말  $i$ 에 대한 호출과 이동의 비인 CMR은 다음과 같다.

$$CMR_i = \lambda_c / \lambda_m \tag{1}$$

LCMR은 임의의 이동 단말  $i$ 에 대한 영역  $j$ 에서의 호와 이동의 비율의 미한다. 전체 VLR들의 집합을  $N$ 이라하면 CMR과 LCMR은 다음 관계가 성립한다.

$$CMR_i = \sum_{j \in N} LCMR_{i,j} \tag{2}$$

각 등록 영역에서 호 발생 확률은 zipf 분포를 따른다고 가정한다. 그러면, 호 발생 확률의 순위가  $k$ 인 등록 영역에서의 호 발생 확률은 다음과 같다.

$$P(k) = \frac{b}{k^a} \tag{3}$$

각 등록 영역의 호 발생 확률의 합은 1이므로 (3)에서 매개변수  $b$ 는 다음과 같다.

$$b = 1 / \sum_{k \in N} \frac{1}{k^a} \tag{4}$$

성능 분석을 위한 매개 변수는 표 1과 같다. HLR이나 VLR과 같은 데이터베이스를 갱신 또는 절의하기 위해 접근하는 비용은 같다고 가정한다.

$k_1$ 은 임의의 VLR에서 이동 단말  $i$ 를 위한 고정된 HLR로의 메시지 전송하는 기대 비용이다. 반면에  $k_2$ 은 임의의 VLR에서 단말  $i$ 를 위한  $r$ 개의 R-VLR들 중에 통신 비용이 가장 적은 것으로 기대되는 R-VLR로의 메시지

전송 기대 비용이다. 따라서,  $k_1 \geq k_2$ 라고 할 수 있고, 통신 비용은 지역적인 거리에 비례한다고 가정하면  $k_1/r = k_2$ 라 할 수 있다.

$k_3$ 은 R-VLR간의 메시지 전송 비용인데, 각 R-VLR은 통신 상대자를 지역적으로 이미 알고 있다. 따라서, STP에서 RD에서의 탐색 과정이 불필요하며,  $k_1 \geq k_3$ 라 할 수 있다.

표 1. 매개변수

매개 변수	의미
$k_1$	STP/GTT를 통한 VLR과 HLR간의 메시지 전송 비용
$k_2$	STP/RD를 통한 VLR과 R-VLR간의 메시지 전송 비용
$k_3$	직접적인 R-VLR간의 메시지 전송 비용
$D$	HLR 또는 VLR과 같은 데이터베이스 접근 비용
$n$	VLR(RA)의 개수
$r$	단말에 대한 복제본의 개수
$\alpha$	호 발생시 호출자와 피호출자가 같은 VLR 영역에 있을 확률
$\beta$	호 발생시 호출자의 VLR에 피호출자의 복제본이 있을 확률

호 발생시 호출자와 피호출자가 같은 영역에 있을 확률  $\alpha$ 는  $1/n$ 이고, 확률  $\beta$ 는 LCMR에 영향을 받는다. 임의의 이동 단말  $i$ 를 위한 R-VLR들의 집합을  $R_i$ 이라 하면,  $\beta$ 는 다음과 같다:

$$\beta = \frac{\sum_{i \in R_i} LCMR_i}{CMR_i} \quad (5)$$

IS-41 기법에서 단위 이동에 의한 위치 갱신 비용과 단위 호출에 의한 호 설정 비용의 기대값을 각각  $M_{ii}$ ,  $F_{ii}$ 라 하자.

$$M_{ii} = 4k_1 + 3D \quad (6)$$

$$F_{ii} = D + (1 - \alpha)(4k_1 + D) \quad (7)$$

따라서, 단위 시간당 발생하는 총비용은 다음과 같다.

$$C_{ii} = \lambda_m M_{ii} + \lambda_c F_{ii} \quad (8)$$

Shivakumar의 기법에서 단위 이동에 의한 위치 갱신 비용과 단위 호출에 의한 호 설정 비용의 기대값을 각각  $M_{rep1}$ ,  $F_{rep1}$ 라 하자.

$$M_{rep1} = 4k_1 + 3D + r(2k_3 + D) \quad (9)$$

$$F_{rep1} = D + \beta \cdot 2k_3 + (1 - \alpha - \beta)(4k_1 + D) \quad (10)$$

따라서, 단위 시간당 발생하는 총비용은 다음과 같다.

$$C_{rep1} = \lambda_m M_{rep1} + \lambda_c F_{rep1} \quad (11)$$

제안하는 기법에서 단위 이동에 의한 위치 갱신 비용과 단위 호출에 의한 호 설정 비용의 기대값을 각각  $M_{prop}$ ,  $F_{prop}$ 라 하자.

$$M_{prop} = 4k_2 + 3D + (r-1)(2k_3 + D) \quad (12)$$

$$F_{prop} = D + \beta \cdot 2k_3 + (1 - \alpha - \beta)(4k_2 + D) \quad (13)$$

따라서, 단위 시간당 발생하는 총비용은 다음과 같다.

$$C_{prop} = \lambda_m M_{prop} + \lambda_c F_{prop} \quad (14)$$

본 논문에서는 IS-41 기법 비용에 대한 Shivakumar의 복제 기법 비용의 비와 제안하는 기법의 비의 비교를 수행한다. 즉, 그림 4에서 각 비용은 IS-41 기법 비용을 1이라 할 때의 상대적인 비용을 의미한다.

통신 비용은 위치 등록이나 호 설정 과정이 발생할 때, 네트워크를 통한 메시지 전송에 의한 비용이고 데이터베이스 비용은 데이터베이스에 대한 갱신이나 질의를 위한 접근 비용이다. 총 비용은 두 가지를 함께 고려한 비용이고, 호 설정 지연은 호 설정과 관련된 비용이다. 그림 4는 제안 기법과 Shivakumar의 복제 기법이 모두 IS-41 기법에 비해 CMR이 증가함에 따라 성능이 우수함을 보여준다. 그러나, 비용의 감소 폭은 제안하는 기법이 Shivakumar의 복제 기법보다 크다. 제안 기법에서 그림 4의 (a)와 같이 통신 비용이 감소하는 이유는 CMR이 증가함에 따라 복제본의 수가 증가하고 위치 등록이나 호 설정 과정 시 발생하는 메시지 전송 비용  $k_2$ 를 감소시키기 때문이다. 그림 4의 (b)에서 데이터베이스 비용이 감소하는 이유는 CMR이 증가

함에 따라 복제본이 존재하는 VLR에서의 호 설정 확률이 높기 때문이다. 통신 비용과 데이터베이스 비용이 감소하므로 그림 4의 (c)에서 총 비용 역시 감소하는 경향을 보여준다. 호 설정 지연은 호 설정 비용과 관련이 있다. 즉, 호 설정 비용이 작을수록 호 설정 지연은 작게 된다.

그림 4의 (d)는 호 설정 비용의 비교를 보여준다. CMR이 증가함에 따라 복제본의 개수가 증가한다. 이로 인하여 호 설정 비용이 감소하므로 호 설정 지연이 감소한다.

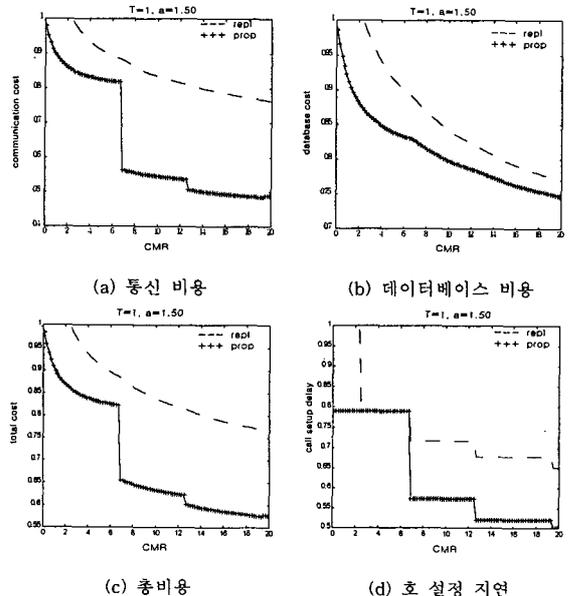


그림 4. 성능 비교 결과

### 4 결론

PCS 시스템에서 사용자의 이동성을 효과적으로 지원하기 위해서는 위치 관리가 매우 중요하다. 본 논문에서는 사용자 프로파일 복제를 이용하여 HLR을 두지 않는 새로운 구조를 제안하였고, 이러한 동적 데이터베이스 구조에서 위치 관리 프로토콜을 제안하였다. 제안 기법에서는 위치 등록과 호 설정 과정이 통신 비용을 감소시킬 수 있는 복제본이 있는 VLR에서 수행되고 또한, 복제본이 있는 VLR에서 호의 빈도가 증가하여 데이터베이스 비용을 감소시킨다. 즉, 호 설정 과정뿐만 아니라 위치 등록 과정에서도 복제본을 이용함으로써 이동 단말의 CMR이 증가함에 따라 통신 비용과 데이터베이스 비용 측면에서 모두 성능 향상을 얻을 수 있었다. 또한 복제본을 이용하여 사용자에게 빠른 호 설정을 가능하게 하여 사용자에 대한 서비스의 질을 향상시킬 있다.

### [참고 문헌]

- [1] Victor O. K. Li, "Personal Communication System," Proceeding of the IEEE, vol. 83, no. 9, pp. 1208-1243, 1995.
- [2] R. Jain and Y.-B. Lin, "An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impact of PCS," *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, vol. 1, no. 2, pp.197-210, 1995.
- [3] J. S. Ho and I. F. Akyildiz, "Local Anchor Scheme for Reducing Location Tracking Costs in PCNs," *ACM Mobicom 1995*, pp. 181-193.
- [4] R. Jain, Y. B. Lin, and S. Mohan, "A Caching Strategy to Reduce Network Impacts of PCS," *IEEE JSAC*, vol. 12, no. 8, pp.1434-1444, 1994.
- [5] N. Shivakumar, J. Jannink, and J. Widom, "Per-User Profile Replication in Mobile Environments: Algorithms, Analysis, and Simulation Results," *ACM/Baltzer Journal of Mobile Networks and Applications*, pp. 129-140, 1997.