

## PCS 네트워크 상에서 효율적인 위치관리를 위한 역방향 호설정 캐쉬 알고리즘(CRCP)에 관한 연구

안윤석<sup>✉</sup>, 안석, 배윤정, 조재준, 김재하\*, 김병기  
숭실대학교 전자계산학과, 컴팩코리아\*

### Cache Algorithm in Reverse Connection Setup Protocol(CRCP) for effective Location Management in PCS Network

Yun-Shok Ahn, Seok An, Yun-Jeong Bae, Jea-Jun Jo, Jae-Ha Kim\*, Byung-Gi Kim  
Dep't of Computer Science, Soongsil Univ, Compaq Korea\*

**Abstract** - The basic user location strategies proposed in current PCS(Personal Communication Services) Network are two-level Database strategies. These Databases which exist in the Signalling network always maintain user's current location information, and it is used in call setup process to a mobile user. As the number of PCS users are increasing, this strategies yield some problem such as concentrating signalling traffic on the Database, increasing Call setup Delay, and so on.

In this paper, we proposed RCP(Reverse Connection setup Protocol) model, which apply RVC(Reverse Virtual Call setup) algorithm to PCS reference model, and CRCP(Cache algorithm in RCP) model, which adopt Caching strategies in the RCP model. When Cache-miss occur, we found that CRCP model require less miss-penalty than PCS model. Also we show that proposed models are always likely to yield better performance in terms of reduced Location Tracking Delay time.

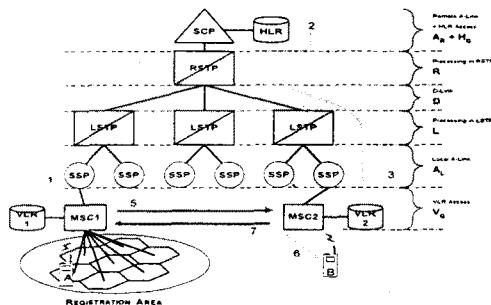
### 1. 서 론

PCS 네트워크 상에서는 사용자의 이동성을 지원하기 위해 위치관리기법을 사용하고 있다. 현재 PCS의 표준으로 자리잡고 있는 IS-41과 GSM 표준에서 사용되고 있는 위치관리 방법은 HLR(Home Location Register)와 VLR(Visitor Location Register)의 두 개의 데이터베이스를 이용하는 2단계 방식이다. 이 데이터베이스는 SS-7 프로토콜[1]을 사용하는 신호망 안에 위치하고 있다. PCS 사용자의 폭발적인 증가는 신호망, 특히 데이터베이스 액세스에 상당한 부하를 과하게 되어 전반적인 호설정 지연시간(Call Setup Delay)의 증가 등 여러 가지 문제가 발생하게 되었고, 이에 따라 신호망에 부과되는 시그널의 부하를 분산시키기 위한 많은 방법들이 연구되어 오고 있다[3-8].

본 논문에서는 RVC 알고리즘을 PCS 레퍼런스 모델에 적용시킨 역방향 호설정 프로토콜(RCP) 모델을 제안하였으며, RCP 상에서 데이터베이스에 사용자 호설정 시그널이 집중되는 현상을 막기 위해 캐쉬 방식을 적용한 역방향 호설정 캐쉬 알고리즘(CRCP)을 제안하였다. 이후의 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 PCS 네트워크 모델의 구조를 살펴보고, 3장에서 RVC 알고리즘을 PCS 네트워크 레퍼런스 모델에 적용시킨 RCP 모델을 설명하였으며, 4장에서는 제안 알고리즘인 RCP 상에서 캐쉬 방식을 적용한 CRCP 모델을 설명하였다. 5장에서는 제안 모델의 성능을 분석했으며, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

### 2. PCS 네트워크 모델

[그림-1]에서 PCS 신호망 레퍼런스 모델[3]과 이 모델에서 호설정 시 절차, 그리고 이후 성능분석에서 쓰일 각 네트워크 요소에서의 비용 기호들을 나타내었다.



[그림-1] PCS reference model

이동 사용자의 위치정보는 RA(Registration Area) 단위로 이루어진다. 사용자는 자신이 속한 RA의 최신 정보를 2단계의 데이터베이스에 저장하고 있으며, 호설정 시 데이터베이스를 액세스함으로써 위치추적이 수행된다. 하나의 RA는 무선 라디오 포트 영역을 관리하는 복수개의 셀들로 구성되며, 각각의 셀들은 MSC와 유선으로 연결되어있는 BS(Base Station)에서 관리한다. SCP(Signalling Control Point)는 신호 서비스 로직과 HLR 액세스를 관리하고, 패킷스위치인 STP(Signalling Transfer Point)와 SSP(Service Switching Point)는 신호메시지를 라우팅하는 기능을 하며, MSC(Mobile Switching Center)에서는 셀들과 유선망 간의 라우팅 역할과 VLR 액세스를 관장한다. 본 논문에서는 이후 분석을 용이하게 하기 위해 한 RA 영역은 하나의 SSP/MSC/VLR 쌍에 의해 운영된다고 가정한다.

PCS 모델에서 호설정 절차는 다음과 같다. 사용자 A에서 이동 사용자 B로 호설정 요구가 MSC1에 접수되면 MSC1은 VLR1을 액세스하여 이동수신자 B가 자기가 관리하는 RA에 존재하지 않다는게 확인되면 HLR로 이동수신자 B의 위치추적을 의뢰한다. HLR에서는 이동수신자 B의 레코드를 살펴 현재 이동수신자 B가 위치한 RA를 관장하는 VLR2로 위치추적 메시지를 포워딩한다. VLR2에서는 이 메시지를 받아서 이동수신자 B가 호를 받을 수 있는지를 판단하고 B에게 할당되어 있는 로컬 어드레스와 함께 HLR로 사용자 B의 위치정보 요구에 응답하면 순차적으로 HLR은 VLR1에 이 정보를 포워딩 한다. 응답을 받은 VLR1은 이 정보를 MSC1에게 전달하여 전달받은 로컬 어드레스와 MSC2 정보를 이용하여 실제 연결설정(Connection Setup) 과정을 진행한다.

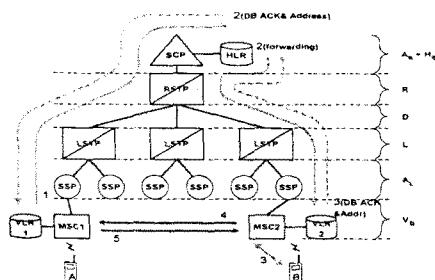
이 과정 중에서 주목할 점은 위치추적을 위한 신호 메시지가 HLR로 집중된다는 점이다. 이는 PCS 이동사용

자의 증대에 따라 HLR의 접근 비용이 점차 높아지게 되어 결국 호설정 지연시간이 늘어나는 문제점을 발생시킨다. 이러한 접촉 현상을 분산시키기 위한 많은 연구들이 진행되어 오고 있다[3, 4, 8]. 또 한가지의 문제점은 MSC2에서 이동수신자 B에게로 무선 채널을 설정하기 위한 페이징(Paging) 과정이 MSC1에서부터 MSC2로의 연결설정이 종료된 후에 시행된다는 점이다. [9]에서는 이동사용자가 이동 단말의 파워를 꺼놓고 있는 상태가 50%에 가깝다는 결과를 나타내고 있다. 이는 이동단말 B의 파워가 off 되어있는 상태에서도 MSC간의 연결설정도 가능하다는 것을 말하며 이는 결국 네트워크 차원의 낭비를 초래하게 된다.

### 3. RCP 모델

PCS 모델에서는 2장에서 언급한 문제점 이외에 상대적으로 위치추적 단계가 많아 호설정 지연시간이 길고, 신호망 전체에 부과되는 신호메시지의 부하가 많다는 단점을 안고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 [6, 7]에서는 위치추적 절차를 간략화하고 역방향으로 연결설정을 해나가는 RVC(Reverse Virtual Call Setup) 알고리즘을 제안하였다.

이번 장에서는 RVC 알고리즘을 PCS 신호망 모델에서 구현한 RCP(Reverse Connection setup Protocol) 모델과 이 모델 상에서의 호설정 절차를 설명한다. RCP를 PCS 모델에 적용함에 있어서 데이터베이스 접근에 관련된 메시지에 대해 RVC 알고리즘에서는 단지 질의만을 메시지로 전송했던 것을 RCP 모델에서는 질의/응답 개념 모두 도입하였다. 이는 데이터베이스 접근의 일반적인 사양을 반영한 것으로, 결과적으로 RCP 모델 상에서 신호망 전반적인 메시지 부하의 감소 효과는 얻을 수 없는 것으로 보인다.



[그림-2] RCP 모델에서 호설정 절차

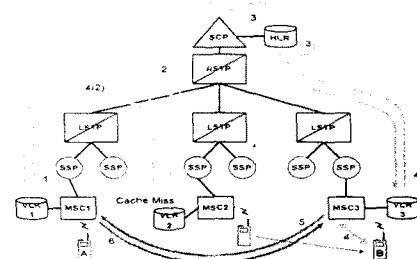
[그림-2]은 RCP 프로토콜 상에서 호설정 절차를 나타내고 있다. 이동사용자 A가 이동사용자 B로 호설정을 요구할 때 MSC1이 VLR1을 살펴보고 동일한 RA에 없으면 HLR로 메시지를 보낸다. 이 때 보내지는 메시지는 2장의 PCS 레퍼런스 모델 상에서 HLR로 보내지는 위치추적의뢰 메시지와는 달리 호설정 자체를 의뢰하는 CSReq(Call Setup Request) 메시지로 그 성격이 다르다. 메시지를 받은 HLR에서는 현재 이동사용자 B를 관리하는 VLR2로 이 메시지를 포워딩하고, 이와 동시에 이동사용자 B의 위치정보(MSC2/VLR2)와 함께 VLR1으로 ACK메시지를 전송한다. 이때부터 MSC1은 MSC2로부터의 연결설정을 기다리고 있다. 한편 HLR로부터 호설정 의뢰를 받은 VLR2는 막바로 이동단말 B로 페이징을 한 후 응답하면 MSC1으로 역방향 연결설정(Reverse Connection Setup)을 수행해 나간다.

RCP 모델에서의 호설정 절차는 그림에서 보는 바와 같이 이동사용자 B의 위치추적단계가 2단계로 종료되어 호설정 지연시간이 기존의 PCS 모델에서의 위치추적 과정보다 현저하게 줄어들음을 알 수 있다.

### 4. CRCP 모델

RCP 모델은 호설정시 위치추적의 단계를 줄여 위치추적 지연시간 감소 효과를 얻을 수 있지만 신호망에서 또 하나의 문제점인 신호 트래픽이 HLR로 집중되는 현상을 개선시키지는 못했다. 본 장에서는 이러한 점을 보완하기 위해 캐쉬 예측기법을 적용한 CRCP(Caching algorithm in RCP) 모델을 제안한다.

CRCP 모델에서 각각의 VLR<sub>(1)</sub>은 자신이 관리하는 RA<sub>(1)</sub>로부터 다른 RA<sub>(2)</sub> 영역에 위치하는 이동수신자로의 호설정 정보를 캐쉬 테이블을 두어 이동수신자마다 하나의 레코드로 관리한다. 이후에 다시 그 이동수신자로 전달되는 호가 발생한다면 HLR로 위치추적을 의뢰하지 않고 해당 수신자가 아직 RA<sub>(2)</sub> 영역에 머무른다는 예측 하에 캐쉬에 저장된 VLR<sub>(2)</sub>로 직접 위치추적을 의뢰하는 방식이다. 만일 그 예측이 맞다면(cache-hit) HLR로의 메시지 전송이 생략되어 신호망의 시그널 부하를 줄일 수 있으며, 위치추적 단계도 RCP의 절차보다 한 단계 줄어들어 그만큼 호설정 지연시간을 줄인다.



[그림-3] CRCP 모델에서 호설정 절차

[그림-3]에서는 CRCP 모델에서의 호설정 절차를 설명하였다. 그림은 cache-miss가 발생했을 때의 절차를 나타내는데 먼저 cache-hit일 경우를 보면, 사용자 A가 이동사용자 B로 호설정을 요구할 때 MSC1은 먼저 VLR1을 액세스해서 B가 자신이 관리하는 RA 영역 내에 있는지 살피고, 그렇지 않다면 캐쉬 테이블에 B의 위치정보가 있는지 검색하여 정보가 있으면 직접 그 영역의 VLR(VLR2)로 CSReq 메시지를 전송한다. 만일 이동수신자 B가 아직 그 RA 영역 내에 머무르고 있다면(cache-hit) 이제까지의 한 단계로 위치추적 과정이 끝나고 그 시점부터 MSC2는 페이징 및 MSC1으로의 역방향 연결설정을 수행한다.

cache-miss시의 절차도 cache-hit 절차와 마찬가지로 MSC1이 VLR1을 통해 먼저 자기 RA<sub>(1)</sub> 영역을 살피고, 그후 캐쉬 테이블을 검색하여 해당 VLR2로 호설정 의뢰 메시지를 전송한다. 만약 이 시점에서 이동수신자 B가 다른 RA<sub>(3)</sub>로 이동해 갔다면(cache-miss), VLR2는 즉시 자신에게 전달되어온 CSReq 메시지를 자신의 주소를 포함하여 HLR로 전송한다. 이후의 진행 과정은 RCP의 호설정 과정과 동일하며, VLR2는 자신에게로 전달되는 HLR로부터의 ACK 메시지를 VLR1으로 포워딩하여 실제 MSC1이 MSC2가 아닌 MSC3에서부터의 역방향 연결설정을 기다릴 수 있게 한다.

이 과정에서 주목할 점은 cache-miss가 발생했을 때 cache-miss 정보가 직접 calling-party 쪽으로 전달되지 않는다는 점이다. VLR1은 cache-miss에 상관없이 ACK 메시지에서 지정한 수신 주소가 캐쉬 테이블의 정보와 다르면 캐쉬 레코드를 새로 생성하고 그 주소로부터의 연결설정을 기다리는 작업만 한다. 즉 VLR1에서는 부가적인 cache-miss penalty 없이 항상 정확한 캐쉬정보를 유지해 나갈 수 있다. 이러한 특성은 연결설

정과정이 역방향으로 진행된다는 점에 기인한다. 연결설정이 순방향으로 진행되어야 한다면 cache-miss 정보가 calling-party 쪽에 전달되어야 하며 그만큼의 지연시간 증가와 신호망의 부가적인 메시지 처리과정(miss penalty)을 초래하게 된다.

## 5. 성능 평가

이 장에서는 제안한 모델을 기존의 PCS 모델과 비교 분석한다. 먼저 [표-1]에서는 [그림-1]에서 나타낸 각 네트워크 요소당 비용의 기호들을 정리하였다.

$A_R$	Remote A-Link를 사용하는 비용
$H_Q$	HLR 데이터베이스 액세스 비용
$R$	RSTP에서의 프로세싱/라우팅 비용
$D$	D-Link를 사용하는 비용
$L$	LSTP에서의 프로세싱/라우팅 비용
$A_L$	Local A-Link를 사용하는 비용
$V_Q$	VLR 데이터베이스 액세스 비용
$D_P$	PCS 모델에서 위치추적 총 지연시간
$D_R$	RCP 모델에서 위치추적 총 지연시간
$D_C$	CRCP 모델에서 위치추적 총 지연시간
$D_{Ch}$	CRCP 모델에서 cache-hit 시 위치추적 총 지연시간
$D_{Cm}$	CRCP 모델에서 cache-miss 시 위치추적 총 지연시간
$p$	CRCP 모델에서 cache-hit 발생 확률
$q$	CRCP 모델에서 calling-party의 캐쉬정보가 동일한 LSTP와 연결되어 있는 VLR의 확률

[표-1] 비용분석 기호들

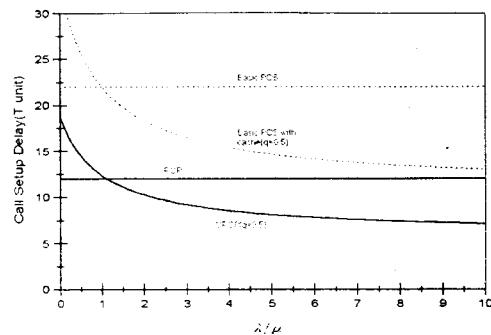
[그림-1], [그림-2]에서 나타내었던 신호망의 각 요소에서 메시지 전달에 드는 비용을 그곳에서 지연되는 시간 개념으로 정하고 앞장에서 살펴보았던 각각의 레퍼런스 모델 상에서의 위치추적에 드는 지연시간을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 D_P &= HLR \text{ 액세스에 드는 총 시간} + \\
 &\quad VLR \text{ 액세스에 드는 총 시간} \\
 &= 4(A_R + D + A_R + L + R) + H_Q + V_Q \\
 D_R &= HLR \text{로 메시지를 전달하는 총 시간} + \\
 &\quad VLR \text{로 메시지를 전달하는 총 시간} \\
 &= 2(A_L + D + A_R + L + R) + H_Q + V_Q \\
 D_C &= p * D_{Ch} + (1-p) * D_{Cm} \\
 D_{Ch} &= q * (\text{local VLR에 메시지 전달 총시간}) + \\
 &\quad (1-q) * (\text{remote VLR에 메시지 전달 총시간}) \\
 &= q * (2A_L + L + V_Q) + \\
 &\quad (1-q) * [2 * (A_L + D + L) + R + V_Q] \\
 D_{Cm} &= D_{Ch} + D_R
 \end{aligned}$$

한 RA에서 특정 이동사용자로의 호발생률이 평균  $\lambda$ 이고 그 분포가 포아손분포를 따른다고 가정하며, 그 특정 이동사용자가 한 RA에서 머무르는 시간 간격이 평균  $1/\mu$ 이고 그 분포가 지수분포를 따른다고 가정하자. 이 때  $T_c$ 가 연속적인 두 호사이의 시간간격이며  $F(T_c)$ 가 지수분포를 따른다고 보고,  $T_c$ 가 그 이동사용자가 한 RA에서 호를 받은 후 다른 RA로 이동하기까지의 시간간격이라고 하면, CRCP 알고리즘 상에서 cache-hit 확률인  $p$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 p &= P[T_c > T_r] = \int_{T_r=0}^{\infty} \lambda e^{-\lambda T_r} \int_{T_c=T_r}^{\infty} \mu [1 - F(T_c)] dT_c dT_r \\
 &= \lambda / (\lambda + \mu)
 \end{aligned}$$

[그림-4]에서는 네트워크 레퍼런스 모델 상에서 각 네트워크 요소에서 발생하는 지연비용들이 동일한 시간(단위 T)으로 발생한다고 가정하고 앞에서 정의한 수식을 사용하여 PCS 레퍼런스 모델과 RCP 모델, 그리고 CRCP 모델을 비교 분석하였다.



[그림-4] 위치추적 지연시간 비교

그림에서 점선은 각각 PCS 모델과 PCS 모델에 캐쉬 기법을 사용한 모델[5]을 나타내며 실선은 RCP 모델과 CRCP 모델을 나타낸다. x축을 나타내는  $\lambda/\mu$ 는 큐잉 분석 이론[2]에 의하여 한 특정 이동사용자가 한 RA(2) 내에서 받는 특정 RA(1)로부터의 평균 호발생 숫자를 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 이 값이 4 이상일 때 CRCP 모델에서의 지연시간은 PCS 모델에 비해 대략 1/3 정도로 줄어듬을 알 수 있다.

## 6. 결 론

PCS 네트워크 상에서는 사용자의 이동성 지원을 위해 위치관리 기법을 사용한다. PCS 이용자의 증가에 따라 기존의 위치관리 기법에서는 여러 가지 문제점들이 도출되었다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고 효율적인 위치관리를 위한 방법으로 이동 호의 설정을 역방향으로 진행하는 RVC(Reverse Virtual Call setup) 알고리즘을 PCS 레퍼런스 모델에 적용한 RCP 모델을 제안하였으며, RCP 상에서도 해결하지 못하는 또 하나의 문제점인 데이터베이스로 집중되는 위치추적 신호 트래픽 분산을 위하여 캐쉬기법을 적용한 CRCP 알고리즘을 제안하였으며 분석 결과 일반적인 경우 항상 제안 모델이 PCS 모델에 비해 위치추적 지연시간이 줄어듬을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] A.R. Modaresi and R.A. Skoog, "Signalling system no.7: A Tutorial," IEEE Commun. Mag., pp. 19-35, July 1990.
- [2] A. Papoulis, "Probability, Random Variables, and Stochastic Process", Third Edition, McGraw-Hill, Inc., 1991
- [3] S. Mohan and R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services", IEEE Commun. Mag., pp. 42-50, First Quarter 1994
- [4] Y.B. Lin, "Determining the User Location for Personal Communication Services Networks", IEEE Commun. Trans. on Veh. Vol. 43, No. 3, pp. 466-473, August 1994
- [5] R. Jain, Y.B. Lin, C.N. Lo, and S. Mohan, "A caching strategy to reduce network impacts of PCS", IEEE JSAC Commun., Oct. 1994.
- [6] Chih-Lin, "PCS Mobility Management using the Reverse Virtual Call Setup Algorithm", IEEE/ACM Transaction on networking, Vol. 5, No. 1, pp. 13-24, February 1997
- [7] C.-L. G.P.Pollini, and R.D.Gitlin, "The reverse virtual call setup algorithm for mobility management in PCS network", IEEE Veh. Tech. Conf. Chicago, IL, pp. 140-144, July 1995
- [8] N. and S. Tabhane, "Database Architectures and Location Strategies for Mobility Management in Mobile Radio Systems", Proc. Wksp. Multiaccess, Mobility and Teletraffics for Pers. Commun., Paris, France, May 1996
- [9] K. S. Meier-Hellstern, E. Alonso, and D. R. O'Neil, "The use of SS7 and GSM to support high density personal communications", Proc. ICC '92, Chicago, IL, pp. 15-18, June, 1992