

一种CDMA2000系统的位置管理优化技术*

刘彩霞** 俞定玖 邬江兴

(国家数字交换系统工程技术研究中心 郑州 450002)

【摘要】在CDMA2000系统的研发过程中,发现了运行在CDMA2000核心网络上的位置管理技术存在效率问题。该文在CDMA2000系统业务模型的基础上,提出了一种优化技术,这种优化技术无需改变当前核心网络的体系结构,但能大大提高用户位置管理的效率,而且在现存的已初具规模的CDMA2000系统中,很容易通过软件改造实现。

关键词 位置管理; 位置更新; 位置查询; 临时本地目录号

中图分类号 TN929.5 文献标识码 A

Optimized Location Management Scheme in CDMA2000 System

Liu Caixia Yu Dingjiu Wu Jiangxing

(National Digital Switching System Engineering and Technological Research Center Zhengzhou 450002)

Abstract Location management scheme is very important in mobile communication system. During developing the CDMA2000 system, it is found that location management scheme of CDMA2000 core network works inefficiently. In this paper, an optimized scheme is proposed based on the service model of the current CDMA2000 system. Not changing the system structure of CDMA2000, this optimized scheme can work efficiently. At the same time, this scheme can be easily realized only via software alteration in the current CDMA2000 system.

Key words location management; location-updating; location searching; temporary local directory number

移动通信系统中位置管理主要包括移动用户的位置更新和位置查询。CDMA2000系统核心网络技术规范IS-41规定了移动通信系统中实现电路交换的核心网络实体间的信令交互规程^[1],相关的网络实体包括移动交换中心(Mobile Switching Center, MSC)、拜访位置寄存器(Visitor Location Register, VLR)、归属位置寄存器/鉴权中心(Home Location Register/Authentication Center, HLR/AC)等。其中用户的位置信息和签约信息存放于HLR/VLR数据库中,任一MSC/VLR均为本服务区内的用户服务。当一移动用户(Mobile Station, MS)漫游到一新的位置区后, MSC通过登记通知消息(REGNOT),请求VLR/HLR数据库更新该用户的位置信息;当呼叫传递时,主叫方服务MSC会向被叫的归属HLR发送位置请求消息(LOCREQ),若当前主、被叫不在同一服务区,则HLR向被叫的服务MSC/VLR发送路由请求消息(ROUTREQ),请求分配一临时本地目录号(Temporary Local Directory Number, TLDN),如图1所示。当用户漫游到一新的MSC/VLR服务区或进行呼叫传递时,位置更新和位置申请消息都要发送给HLR,但这种位置管理技术存在以下两点不足:1)当用户容量扩大引起事务处理增加时,大大增加了HLR信令处理负荷和数据库查询时延,HLR将成为核心网络的瓶颈;2)如果一移动用户漫游到离归属地较远的位置区,这种机制将增加位置更新和位置请求的时延,同时

2002年6月24日收稿

* 国家863计划资助项目,编号:MII-C3G-02-20/863-317-03-01-02-20

** 女 29岁 在职博士生 主要从事第三代移动通信方面的研究

会大量增加中继网络的信令负荷。

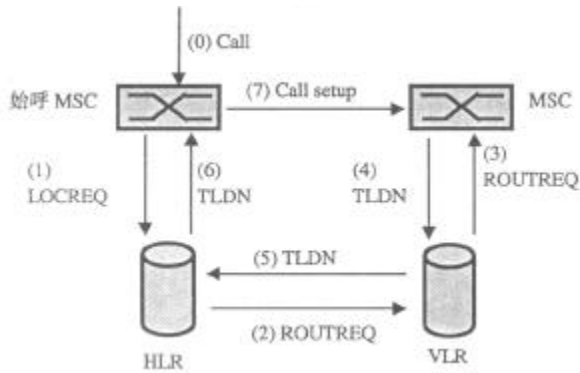


图1 IS-41中呼叫传递流程

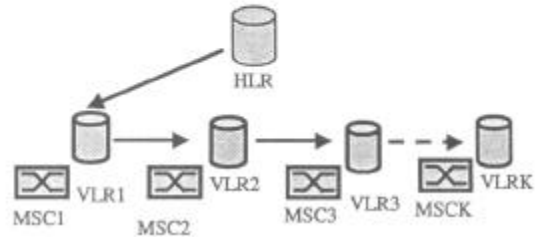


图2 前向指针位置管理机制

在CDMA2000系统的研发过程中，IS-41规范所提供的位置管理技术效率不高，尤其当用户量增加时，HLR的处理时延明显上升。针对IS-41在网络运行过程中存在的问题，国内外有关专家提出了许多改进方法和实现机制，并采用不同的移动呼叫模型进行了分析，比较典型的方法有本地缓存机制、前向指针技术、本地支撑点技术、用户profile复制技术和数据库分级技术等^[2-5]。其改进方法在特定的移动通信网络模型中，某些性能相对IS-41有所改善，但大多是以损失其他性能指标为代价，或者是需要改变当前IS-41规定的核心网络体系结构，对现存的已初具规模的CDMA2000系统所需代价太高。例如，前向指针技术要求每次用户位置更新时，需向前一服务VLR发送REGNOT消息；先前服务VLR保存有当前用户所在VLR的位置指针；每次用户被呼时，主叫服务MSC先到其归属HLR查找路由信息，HLR中存有第一级VLR的指针，然后按图2所示的方向定位用户，前向指针技术虽然降低了用户位置更新的系统开销，却导致用户位置查询系统开销的增加，其他几种方法也存在类似问题。

1 优化技术

本文在不改变IS-41核心网络体系结构的前提下提供一种优化技术，不仅可以大大降低CDMA2000核心网络实体间的信令传递负荷和位置查询时延，而且在已投入运行的移动通信系统中，只需升级部分软件即可实现，降低了运营商和制造商的成本。本文是根据以下因素提出优化技术的：1) 经移动通信系统的话务统计表明，移动用户呼叫固定用户的比例为57%，移动用户呼叫移动用户的比例为3%，固定用户呼叫移动用户的比例为40%，当移动用户作被叫时，无论主叫是移动用户还是固定用户，绝大多数呼叫的主被叫双方都属于本地。集团通信，如公司里的同事间、家人间的通信已成为移动业务的主体，这些频繁通信的被叫用户通常为本地用户。2) 用户评价移动网络提供的服务质量主要是呼叫传递的时延，而非位置登记的时延，呼叫传递的时延主要来自被叫用户的位置查询过程。

为了解决被叫为本地用户时的位置查询系统开销，本文把呼叫传递过程的信令优化为无论主叫在何地发起呼叫，主叫服务MSC先查询本地VLR数据库，若被叫在本MSC/VLR服务区，则MSC直接向被叫发起寻呼。否则，主叫VLR向被叫的归属HLR发送LOCREQ消息，HLR向主叫返回被叫服务系统给被叫用户分配的TLDN，新呼叫的传递流程如图3所示。显然，这种查询机制在被叫以本地用户为主体的网络中，可以大大降低HLR的信令负荷，解决了网络瓶颈问题。从图3可以看出，当被叫为外地用户时，HLR仍然需要到被叫的服务系统请求路由信息，如果一被叫用户漫游到离归属地较远的地区，这种优化技术仍然不能解决“位置查询时延大”和“中继网络信令负荷高”的问题，故提出下面的改进机制来降低被叫为外地用户时的位置查询开销。

当用户位置更新时，服务MSC/VLR给首次(指VLR中没有该用户的记录)漫游到本服务区的用户分配一TLDN，并随REGNOT消息送往HLR保存，当主叫MSC/VLR向该HLR发送请求位置信息的LOCREQ消息时，HLR直接返回数据库中存放的该用户的TLDN，优化后的位置管理流程如图4所示。

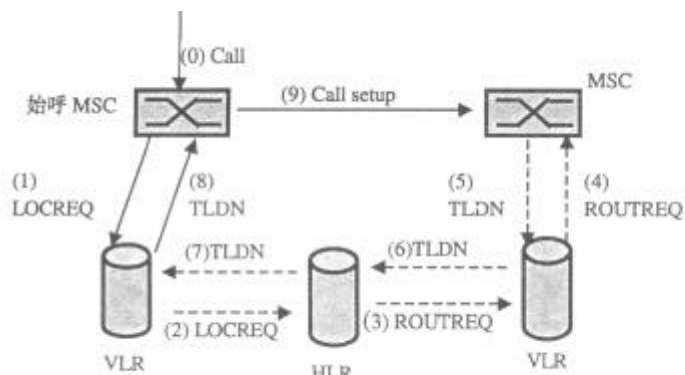


图3 新呼叫传递流程

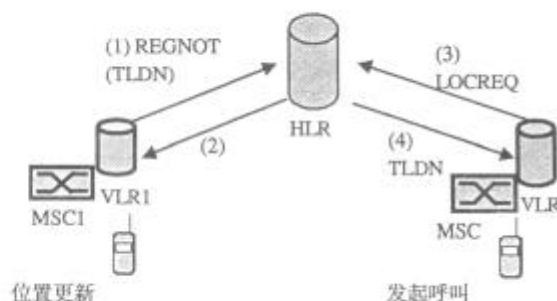


图4 优化后的位置管理流程

在现行CDMA2000系统中,一个MSC/VLR可以分配TLDN号码的数量通常按系统容量的1/100来考虑,即在一个容量为10 000用户的MSC/VLR系统中,可以分配的TLDN只有100个,这种分配方式显然不能满足MSC/VLR为所有本服务区内的用户分配一个TLDN的需求,所以将TLDN的含义延伸,并提出以下三种分配方案以保证图4所示的位置管理优化技术的实现:1)任一MSC/VLR均用一个TLDN来标识,所有在MSC/VLR服务区登记的用户,其归属HLR中保存代表同一个MSC/VLR的TLDN号码,为了寻呼时定位被叫用户,需要HLR在LOCREQ响应消息中,除了返回TLDN还要返回被叫用户的标识信息,如IMSI。这种方式需要在主被叫服务系统间的中继电路上传送用户标识,并需保证用户标识的安全,可以在中继电路上使用VPN或隧道技术,这种实现方法具有一定的复杂度,但TLDN的分配和管理相对简单;2)以中国3G试验网要求的TLDN的构成结构(国家码(86)+移动接入码(133)+特征码(44)+逻辑HLR号码(H0H1H2H3)+用户号码(AB))为基础,由于在IS-41规范中要求TLDN以BCD格式编码,特征码和用户号码(AB)可以用16 bit表示,则在TLDN其他码段固定的情况下,如果启用特征码和用户号码的16 bit的全值编码(0x0000 - 0xffff)可以有 $2^{16} - 1$ 种编码值作为用户标识,满足每一个在MSC/VLR中登记的用户提供一个TLDN。例如,给一个MSC/VLR服务区分分配的逻辑HLR号码数为5,则意味该服务区可容纳的本地用户数为50 000,而对应的TLDN值可以有 $5 \times 2^{16} = 320 000$ 。用户离开本服务区时, MSC/VLR收到来自HLR的登记删除消息后,回收分配给该用户的TLDN值;3) MSC/VLR所管理和分配的TLDN既须标识MSC/VLR,也须标识用户,考虑每一个MSC/VLR采用一套变换算法,为每个用户分配的TLDN直接由MSC/VLR号码和IMSI通过变换算法得到,并要求变换算法可逆。MSC/VLR在REGNOT消息中把通过变换算法产生的TLDN送往HLR存放,HLR在LOCREQ响应消息中向主叫MSC/VLR传送存放的TLDN,主叫MSC/VLR用该TLDN向被叫服务MSC/VLR发送呼叫建立请求,后者再用变换算法由TLDN恢复出用户信息,进行寻呼变换算法由各个MSC/VLR系统自行选择,例如可以采用简单的加/解扰算法完成。该方案的实施可以简化MSC/VLR对TLDN资源的管理和分配机制,但用户标识信息的保密性直接受选择变化算法的影响。

2 性能分析

针对位置管理优化机制,先假设 P_{mv} 为MSC与VLR间的单向信令传递开销; P_{vh1} 为主叫服务VLR与被叫归属HLR间的单向信令传递开销; P_{vh2} 为被叫归属HLR与其当前服务VLR间的单向信令传递开销; P_{mh} 为主叫服务MSC与被叫归属HLR间的单向信令传递开销; S_{hlr} 为HLR的查库开销; S_{vlr} 为VLR的查库开销; R_L 为呼叫传递时,被叫为本地用户所占的比例; $1-R_L$ 为呼叫传递时,被叫为外地用户所占的比例。下面就用户位置查询开销,将本文提供的优化机制与IS-41进行比较。

IS-41的位置查询开销 = MSC->HLR信令开销 + HLR查库开销 + R_L (HLR->MSC信令开销) + $(1-R_L)$ [HLR->VLR信令开销 + VLR查库开销 + VLR->MSC信令开销 + MSC->VLR信令开销 + VLR->HLR信令开销 + HLR->MSC信令开销],即:

$$P_{IS-41} = P_{mh} + S_{hlr} + R_L P_{mh} + (1-R_L) [2(P_{vh2} + P_{mv}) + S_{vlr} + P_{mh}]$$

式中 S_{hlr} 和 S_{vlr} 近似相等,用 S 来表示,则上式改写为:

$$P_{IS-41} = 2P_{mh} + (2-R_L)S + 2(1-R_L)P_{vh2} + 2(1-R_L)P_{mv} \quad (1)$$

优化后的位置查询开销 = MSC->VLR 信令开销 + VLR 查库开销 + RL(VLR->MSC 信令开销) + (1-RL)[VLR->HLR信令开销 + HLR查库开销 + HLR->VLR信令开销], 即:

$$P_{优化} = P_{mv} + S_{vlr} + R_L P_{mv} + (1-R_L)(P_{vh1} + S_{hlr} + P_{vh1} + P_{mv}) = 2P_{mv} + (2-R_L)S + 2(1-R_L)P_{vh1} \quad (2)$$

由于数据库索引结构确定后, HLR和VLR的查库开销可作为常量, 同时MSC和VLR实体通常合设, 其信令传递开销也可作为常量, 所以式(1)和式(2)表示的位置查询开销是变量 R_L 、 P_{mh} 、 P_{vh1} 和 P_{vh2} 的函数, 其中 P_{mh} 的均值; 即主叫服务区离被叫归属地的距离分布有关, P_{vh1} 的均值与主叫服务区离被叫归属地的距离分布有关; P_{vh2} 的均值与被叫当前漫游区离其归属地的距离分布有关。

因为MSC与VLR通常合设, 所以, $P_{mh} = P_{vh1}$, 则式(1)和式(2)可以表示为:

$$P_{IS-41} = 2P_{mh} + (2-R_L)S + 2(1-R_L)P_{vh2} + 2(1-R_L)P_{mv} = 2P_{mh} + 2P_{vh2} - 2R_L P_{vh2} - (S + 2P_{mv})R_L + 2S + 2P_{mv} \quad (3)$$

$$P_{优化} = 2P_{mv} + (2-R_L)S + 2(1-R_L)P_{vh1} = 2P_{mh} - 2R_L P_{mh} - SR_L + 2S + 2P_{mv} \quad (4)$$

由式(3)和式(4)可得:

$$P_{IS-41} - P_{优化} = 2P_{vh2} - 2R_L(P_{vh2} - P_{mh}) - 2P_{mv}R_L = 2(1-R_L)P_{vh2} + 2R_L(P_{mh} - P_{mv}) \quad (5)$$

因为MSC与HLR间的信令传递通常要经过七号信令网, 而MSC与VLR通常合设, 所以 $P_{mh} - P_{mv} > 0$, 则式(5)一定 > 0 , 即在位置更新开销相同的情况下, IS-41的位置查询开销一定大于优化后的位置查询机制。从式(5)还可看出, 当 R_L 固定, P_{vh2} 或 P_{mh} 增大时, 差值增大, 即用户漫游到离归属区越远或主叫离被叫归属地越远, 本文提供的优化机制性能改善越明显。

图5是 $P_{IS-41} - P_{优化}$ 随 R_L 变化的曲线, 其中 $(P_{mh} - P_{mv})$ 取值均为1.5, P_{vh2} 分别取(0.5, 0.8, 1.2)。由图5可看出, $P_{IS-41} - P_{优化}$ 随 R_L 的增大而增大, 即本地用户占的比例越大, 本文提出的优化机制性能越好, 另外 P_{vh2} 越大, $P_{IS-41} - P_{优化}$ 越大, 充分说明了在被叫用户离归属地越远的网络模型中, 该优化机制的性能改善越明显。

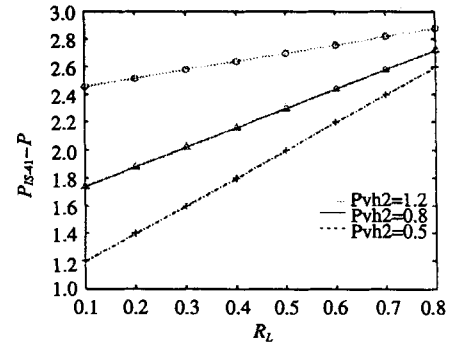


图5 R_L 对优化机制的影响

3 结束语

本文提出的位置管理优化机制与CDMA2000系统采用的IS-41机制相比, 在不改变位置更新开销的前提下, 大大降低了位置查询的开销, 解决了被叫为本地或外地用户时的呼叫传递时延。同时, 这种优化机制不受网络呼叫/移动模型的限制, 在IS-41规定的核心网络结构中, 所有可能的移动/呼叫模型的性能均有所改善, 且在IS-41的CDMA2000核心网络中很容易实现, 降低了运营商和制造商的成本。

参 考 文 献

- [1] TIA/EIA/IS-41, Cellular radio telecommunications intersystem operations[S]. 1997
- [2] Jain R, Lin Y B, Mohan S. A caching strategy to reduce network impacts of PCS[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1994, 12 (8): 1 434-1 444
- [3] Krishna P, Vaidya N H, Pradhan D K. Forwarding pointers for efficient location management in distributed mobile environments[C]. Technical Report#94-061, Dept. of Computer Science, Texas A & M University, 1994
- [4] Ho J S M, Akyildiz I F. Local anchor scheme for reducing location tracking costs in PCN[J]. IEEE/ACM Trans. Networking, 1996, 4: 709-725
- [5] Shivakumar N, Widom J. User profile replication for faster lookup in mobile environments[C]. Proc. MOBICOM' 95, Berkeley, CA, 1995. 161-169