

移动 IP 中基于分布式注册服务器的指针优化策略^{*}

The Pointer Optimization Strategy Based on the distributed RSs in the Mobile IP Network

康 凯 郭 伟 吴诗其

(电子科技大学通信抗干扰国防重点实验室 成都610054)

Abstract Mobility management is one of the key problems in the mobile communication techniques. The performance of the mobile communication networks is heavily depended on the effectiveness of the mobility management. In this paper, we have presented a protocol of the mobility management in the mobile IP networks, based on the distributed RSs. When the mobile user in the inactive connection handoffs, some pointers are constructed and modified by the RSs and routers. It can realize the local registration; only when a call arrives, the possible update operations of the mobile database are needed. Consequently, the access of the RS is limited, and the cost of the mobility management is also reduced.

Keywords Mobile IP, Mobility management, RS, Routing

1. 引言

移动 IP 是一个在互联网上支持移动性功能的网络层解决方案,可以使移动节点以一个永久 IP 地址接入到任何网络上,并实现将 IP 包路由到位置不断改变的移动节点上。标准移动 IP 协议^[1,2]和路由优化协议^[3]都是通过家乡代理实时维护对移动节点的绑定来实现网络层的移动性管理。家乡代理中集成了数据传输和移动性管理功能,对所注册节点执行代理 ARP,维护移动绑定,截获并封装转发分组,使家乡代理的设计和实现复杂化,而且要求家乡代理必须始终在家乡子网中保持工作状态,如果家乡代理移动或者失效,发往移动节点的分组只能路由到其家乡子网。Ravi Jain 提出了一种与此不同的实现方式,称为 MIP-LR(Mobile IP with Location Registers)协议^[3,4],将网络层的移动性管理功能从家乡代理中分离出来,设置专门的移动数据库,称为位置寄存器(LR)实现。对端节点在向移动节点通信前,先向位置寄存器查询确定移动节点的位置信息,直接发送 IP 包。MIP-LR 协议能够有效地支持路由优化和端到端的 QoS 机制。通过在网络中设置多个移动数据库可以增强系统的可靠性和容错性,对于企业级网络和军用区域通信网,都具有实际应用意义。

为了保证对移动节点维护位置信息的一致性,MIP-LR 协议要求分布式移动数据库同步更新。每次移动节点切换子网时,要向所有移动数据库提交注册请求,并等待所有注册应答。我们称这种移动性管理方案为同步策略。由于移动用户大部分时间处于待机而无数据收发的被动连接状态,从而引起大量不必要的报文交互及相应的处理开销。当网络连接业务量过重时,移动数据库会成为瓶颈而限制了网络的通信性能,而且对远端移动数据库的访问和更新开销通常要远大于对本地移动路由器的访问和更新开销。本文中提出了一种在移动 IP 网络下的基于分布式注册服务器的移动性管理的优化策略,能够有效地降低对移动数据库的频繁访问和减小网络中移动性管理的处理开销。

2. 基于分布式注册服务器的指针优化策略

我们所提出的新方案称为指针策略,基本思想是采用了

指针技术实现分布式移动数据库的异步更新。当移动节点切换子网时,并不向移动数据库注册,取而代之的是,通过在移动路由器间创建并修改指针,建立对移动节点的定位路径,跟踪移动节点的位置变化;有连接请求到达时,根据指针实现对移动节点的寻址,同时完成可能的对移动数据库的更新。我们引用文[6]中的定义,称移动数据库为注册服务器(RS)。RS 为每个向其注册的移动节点都创建一个绑定记录: [MN, RN]。注册节点(RN 节点)是一个路由器, RN 为 RS 中记录的对移动节点的绑定,用于指示连接请求时可能的绑定更新消息的目的地址。RS 执行对发往移动节点位置请求消息的封装转发操作,因此 RS 同时也是一个具有移动代理功能的路由器。

对于有 n 个 RS 的网络,在外地子网的移动节点创建并维护如下数据结构: [MN; FA; RN₁, RN₂, ..., RN_n; COA], 其中每个移动节点维护一个注册地址列表 {RN_i (1 ≤ i ≤ n)}, 每个 RN_i 对应于一个 RS_i。指针策略可以定义为注册和数据包路由两个系统进程。我们采用缩写方法^[2]对协议进行描述,对协议报头和净荷的名称进行简写,将重要的域和字段及其取值写在方括号中,报头和净荷的各部分间以竖线分开。最外层报头写在最左边,上层报头和数据部分写在右边。

2.1 注册

移动节点在离开家乡子网时,要向家乡代理注册。注册请求消息中转交地址域置为当前外地代理路由器的地址。

IP[MN(or CCOA), HA] UDP | Reg Req[MN, HA, FA]

家乡代理创建对移动节点的绑定表项[MN, RS]。以后并不要求移动节点每次切换子网时,都要向家乡代理进行注册。

移动节点检测到切换子网时,向外地代理提交注册请求消息。注册请求消息中的家乡地址域为外地代理的地址,此时并不涉及对 RS 中移动节点绑定的修改。移动节点将外地代理的地址和 RN 列表进行比较,如果判断有 RN_i ≠ FA (1 ≤ i ≤ n),则需要向 RN_i 节点发送绑定更新消息,通知移动节点的当前转交地址。特别地,为了避免发送重复的绑定更新消息,当有多个 RN_i ≠ FA (1 ≤ i ≤ n) 时,应进一步判断这些 RN 是否

^{*} 863 资助基金项目(2001AA120303)。康 凯 博士生、郭 伟 教授、吴诗其 教授。

相同,如果相同则只需发送一个绑定更新消息。

1) 移动节点在注册请求后附上原外地代理通知扩展(PFAN, Previous Foreign Agent Notification Extension)^[5], 发往当前外地代理。

$IP[MN, FA] || UDP || Reg Req[MN, FA, COA] || PFAN[lifetime, RN_i, FA]$

2) 当前外地代理收到注册请求消息后,根据 PFAN 扩展部分产生一个绑定更新消息,作为注册的一部分发给 RN_i 节点,并置 A 比特为 1,要求 RN_i 节点返回绑定确认。

$IP[FA, RN_i] || UDP || Binding Upd[MN, FA, Id]$

与文[5]中实现不同的是,新协议中的 PFAN 产生的绑定更新并不是发往原外地代理,而是发往注册节点,两者并不总是相同的。

3) 收到绑定更新消息的 RN_i 节点,执行如下操作:如果绑定更新消息中的生存期为零,则删除移动节点的绑定表项。如果绑定更新消息中携带了新的转交地址,则更新对移动节点的绑定为 $[MN, FA]$,作为指向当前外地代理的一个指针,中继接收到的发往移动节点的 IP 包,并向移动节点返回绑定确认。

$IP[RN_i, MN] || UDP || Binding Ack[MN, FA, Id]$

移动节点接收到 RN_i 节点返回的绑定确认消息,则认为 RN_i 节点已经正确地建立了与外地代理之间的指针。如果 RN_i 节点同时也是原外地代理,还要释放分配给移动节点的无线资源。

移动节点返回家乡子网时,要向家乡代理进行注销。

2.2 数据包路由

对端节点(CN)在向移动节点发送数据包前,首先解析移动节点的当前位置信息。我们通过对端节点和移动节点间的绑定请求和绑定更新消息的交互来实现。应当注意到,对于目的节点为固定主机和在家乡子网的移动主机,并不需要向移动数据库进行位置查询。因此,在我们的方案中,对端节点直接使用目的节点的 IP 地址发送绑定更新请求。

1) 对端节点向目的节点发送绑定请求消息:

$IP[CN, MN] || UDP || Binding Req[MN, Id]$

如果目的节点是固定主机和在家乡子网的移动主机,就会直接向对端节点返回绑定更新消息,其中转交地址域为移动节点的家乡地址,生存期为 0。

$IP[MN, CN] || UDP || Binding Upd[lifetime = 0, MN, MN, Id]$

否则,绑定请求消息会路由到移动节点的家乡子网,家乡代理将其截获后,按照所记录的绑定表项,封装转发到某个注册服务器 RS_i 。

$IP[HA, RS_i] || IP[CN, MN] || UDP || Binding Req[MN, Id]$

2) 在同步策略中, RS_i 直接将绑定请求消息转交到移动节点当前所在子网。在指针策略中 RS_i 将拆封后的绑定请求消息,重新封装在一个目的地址为 RS_i 所记录的注册节点 RN_i 的 IP 包中,经隧道发往 RN_i 节点:

$IP[RS_i, RN_i] || IP[CN, MN] || UDP || Binding Req[MN, Id]$

3) 如果 $RS_i[RN_i] = FA$, 则绑定请求消息可以直接路由到了移动节点。否则绑定请求消息首先路由到 RN_i 节点。 RN_i 将绑定请求消息拆封后,重新封装传送到移动节点的外地代理。

$IP[RN_i, FA] || IP[CN, MN] || UDP || Binding Req[MN, Id]$

同时 RN_i 节点认为 RS_i 所维护的对移动节点绑定过期,向 RS_i 发送一个绑定更新消息,通知移动节点的当前外地代理地址:

$IP[RN_i, RS_i] || UDP || Binding Upd[lifetime, MN, FA, Id]$

RS_i 会更新对移动节点的绑定,此时 $RS_i[RN_i]$ 就修改成为直接指向 FA ,同时 RS_i 向 RN_i 节点返回绑定确认,通知其已经正确完成指针修改。

4) 移动节点接收到绑定请求消息后,直接向对端主机返回绑定更新消息,通知对端节点的当前移动绑定和剩余的注册有效期。

$IP[COA, CN] || UDP || Binding Upd[lifetime, MN, COA, Id]$

5) 如果移动节点不在家乡子网,即生存期不为 0 时,对端节点在绑定缓存中建立对移动节点的绑定表项,直接做优化路由发送数据包。如果绑定更新消息中置了 A 比特为 1,则还需要向移动节点返回绑定确认消息。

因此在指针策略中,随着移动节点的运动,即建立了一个以 RS 为头节点,移动节点为末节点的指针定位路径。通过移动节点和路由器间的协作,始终使定位路径保持如下两种情况:

1) 移动节点在 RS 所记录的子网时,定位路径为 $[RS \rightarrow FA(RN) \rightarrow MN]$ 。此时有 $RS[RN] = FA$,称 $RS[RN]$ 为直接指针。

2) 移动节点不在 RS 所记录的子网时,移动路由器间的指针始终保持由 RN 节点指向当前所在路由器,定位路径为 $[RS \rightarrow RN \rightarrow FA \rightarrow MN]$,此时称 $RS[RN]$ 为间接指针。

这样保证了 RN 和 FA 之间的定位路径长度不超过 1,防止了指针延伸过长和形成环路的情况,就给连接建立过程中移动用户定位的时间提供了一个上限。

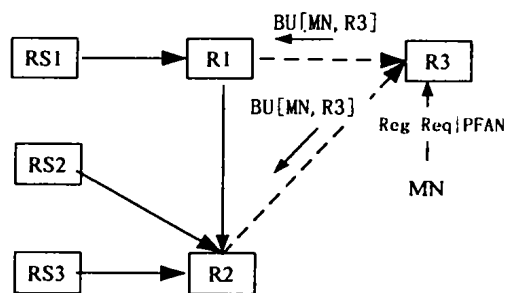


图1 MN 移动时定位路径的修正

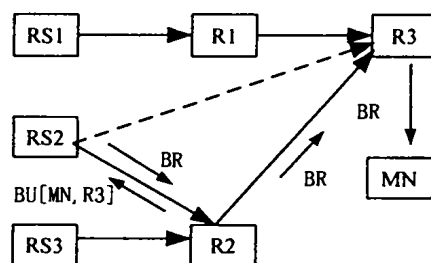


图2 连接建立时定位路径的修正

图1,2是3个 RS 网络中的指针定位路径示例。图1中移动

节点 MN 接入路由器 R_2 时, 移动节点的 RN 列表为 $[R_1, R_2, R_2]$ 。RS₁[RN₁]= R_1 为间接指针, RS₂[RN₂]=RS₃[RN₃]= R_2 均为直接指针, 如实线所示。图1中虚线所示为 MN 从路由器 R_2 移动到 R_3 时的指针修改情况, 并不涉及对 RS 中绑定的修改。当 RS₂ 接收到连接请求时, 则修改为直接指针 RS₂[RN₂]= R_3 , 如图2中虚线所示。(BR=Binding Request, BU=Binding Update)。

应当注意的是, 家乡代理不能作为任何定位路径上的间接指针。这是因为对端节点的绑定请求消息被家乡代理转发到 RS, 然而此时 RS 会将绑定请求消息又转交回所记录的注册节点, 即家乡代理, 这样就会生成一个环路。因此, 移动节点在移回家乡子网时, 家乡代理应通知各 RS 更新绑定表项为 $[MN, FA]$, FA 的地址可以从移动节点的注册请求消息中得到。

在通信过程中切换了子网, 移动节点只以绑定更新消息通知对端节点新的转交地址, 但是不需要通知 RS。

3. 系统仿真

我们考察同步策略和指针策略两种方案在不同节点移动速率和业务强度情况下的性能评价。一个25个子网的移动网络结构如图3所示, 网络中 RS 的数量为3个。移动节点的运动状态以初始子网和二元组{驻留时间, 下一子网}来描述。初始子网在各子网中随机分布。下一子网由当前子网和运动方向矢量所唯一决定。移动节点运动方向矢量的概率分布亦如图1中所示。假定呼叫到达时间服从参数为 $ucall$ 的泊松分布, 移动节点在子网的驻留时间服从均值为 $1/usn$ 的负指数分布。考虑到移动节点在家乡子网通常驻留时间较长, 对运动模型略加以修正, 设家乡子网的驻留时间为随机产生时间的5倍。

移动性管理的开销包括以下三类:

- 1) 对 RS 的一次查询操作的代价记为 C_s , 对 RS 的平均查询次数记为 F_s 。
- 2) 对 RS 的一次更新操作的代价记为 C_{rs} , 对 RS 的平均更新操作次数记为 F_{rs} 。
- 3) 对移动路由器的一次注册或更新的代价记为 C_r , 对移动路由器的平均访问次数记为 F_r 。

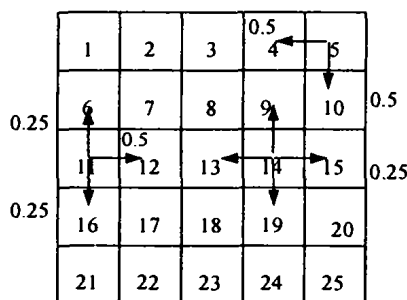


图3 网络拓扑结构和节点移动概率

指针策略与同步策略的仿真结果分别在图中以实线和虚线标识。图4中显示了指针方案通过使注册过程局部化, 可以明显地减少高代价的对 RS 的更新操作。对于指针策略在节点移动时, 移动路由器之间进行指针调整需要更多的报文交互。因此, 为了综合移动性和呼叫因素比较两种方案, 我们进一步以加权代价作为测度。移动数据库要处理域内所有移动节点的绑定维护和转发绑定请求消息, 因此对远端 RS 访问和更新的开销通常要远大于对本地移动路由器的访问和更新

开销。图5中是我们考虑设 $C_r:C_s:C_{rs}=1:2:5$ 的情况下的加权代价比较, 总的平均代价为 $C=Fr+2Fs+5Frs$; 图6是 $C_r:C_s:C_{rs}=1:1:3$ 的情况下的加权代价比较, 总的平均代价 $C=Fr+Fs+3Frs$ 。可以看到指针策略与同步策略相比明显地减少了网络中移动性管理开销。

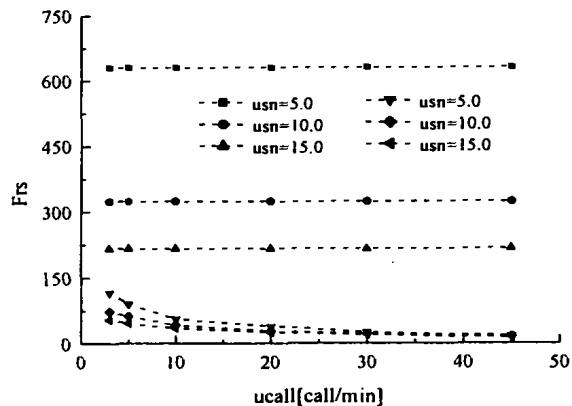


图4 对 RS 的平均更新次数

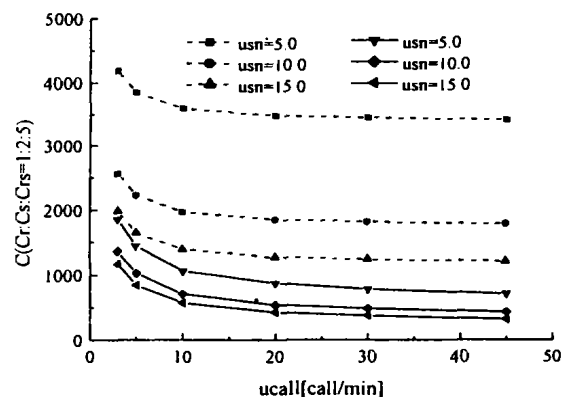


图5 移动性管理的平均代价 ($C_r:C_s:C_{rs}=1:2:5$)

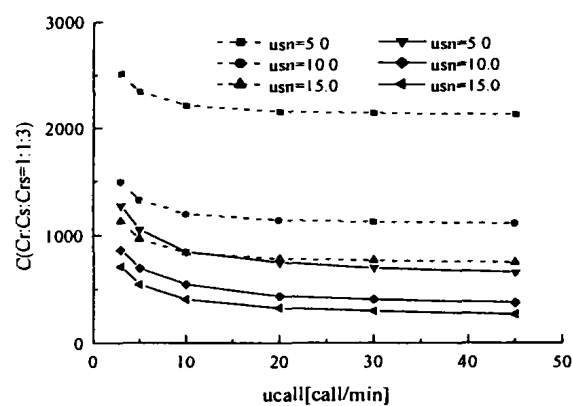


图6 移动性管理的平均代价 ($C_r:C_s:C_{rs}=1:1:3$)

结束语 移动性管理是移动通信网络协议设计中的一个关键问题。本文中提出了一种在移动 IP 环境下的基于分布式注册服务器移动性管理的指针优化策略。指针策略较同步策略具有以下特点:

- 1) 分布式 RS 不需要实时维护对移动节点绑定的一致性, 只有在连接请求到达时异步按需更新, 并且连接请求和可

(下转第92页)

和任务(资源库的调用)执行时信息的传递。多库协同器中的通信 Agent 主要完成各库之间的横向通信以及用户与各库之间的纵向通信。负责:1)将发送给各资源 Agent 的信息以 Agent 通信语言和共享信息模型打包成消息;2)接受和解释从用户和各资源 Agent 发来的消息;3)接受多库协同器自己任务发来的消息。是用户与各资源智体,以及各资源智体通信的桥梁,转换请求与应答的表达方式。

三、虚拟现实界面模型(VRIM)的学习与修正

从上面的分析可知,VRIM 需要综合技术。它是一个包括

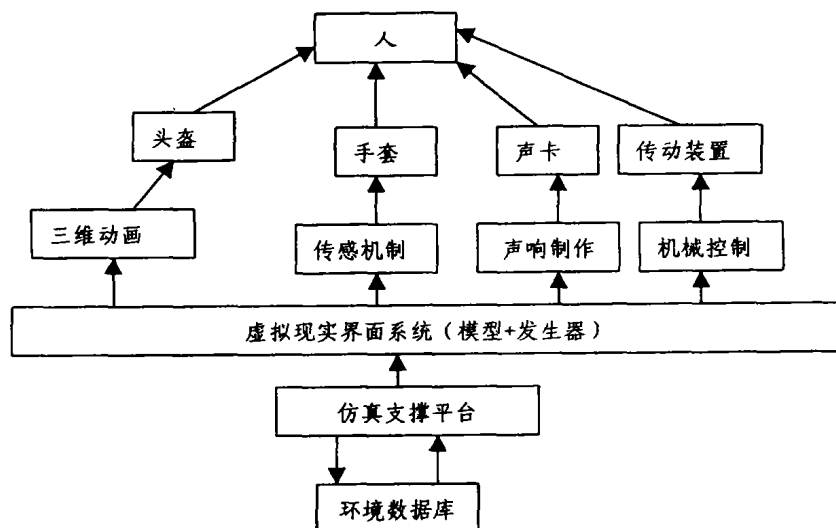


图4 虚拟现实界面系统对用户的作用路径示意图

整个工作链的核心是 VRIM,它的准确与否直接影响将来的虚拟现实效果,所以有必要对该模型进行不断修正。本文提出了一种 VRIM 模型自学习的方法,如下图5所示。

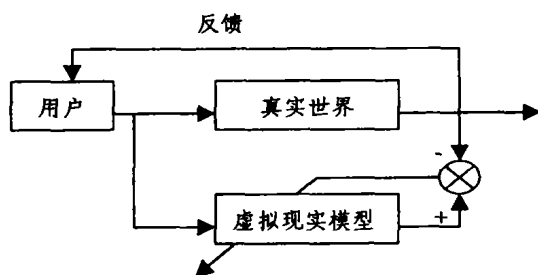


图5 虚拟现实模型自学习结构图

该模型学习方法就是要通过用户发出的信息同时作用到真实世界和虚拟现实环境,比较二者输出的反应,用其偏差不断

修正模型。

结论 本文深入分析了一种虚拟现实仿真界面自动生成的方法,讨论了有关分布式数据库协同机制 DMBC 以及多智体 MAS 在其中的应用问题,提出了基于多智体和具有智能特性的多库协同技术的虚拟现实系统,并利用该体系构建仿真界面,该界面在实际工程软件开发中得到应用,并取得良好效果。

参考文献

- 1 Dani T H, Rajit. Creation of Concept Shape Designs via a Virtual Reality Interface[J]. Computer-aided Design, 1997
- 2 Trika S N, Jeer P B, Kashyap R L. Virtual Reality Interfaces for Feature-based Computer Aided Design Systems [J]. Computer-aided Design, 1997
- 3 韦有双,王飞,冯允成. 虚拟现实与系统仿真, 1999, 16(2)
- 4 张茂军. 虚拟现实系统. 北京: 科学出版社, 2001. 9

(上接第130页)

能的对注册服务器的更新是同时完成的。

2)对端节点直接发送绑定请求消息,只有目的节点为移动节点且在外地子网时,才需要对移动数据库进行访问操作。

3)通过指针技术使移动节点的注册局部化。考虑到移动节点大部分时间处于待机而无信息收发的被动连接状态,因此很大程度上减少了对移动数据库的频繁访问和更新操作引起的不必要开销。

4)新协议采用了终端辅助的移动性管理,将一部分移动性管理功能交与移动节点来执行,减轻了网络管理的负担。

同时指针方案的实现也不需要现有的移动 IP 协议进行修改。

参考文献

- 1 Perkins, Mobile IP, IEEE communication magazine, May, 1997. 84~99
- 2 Solomon. 移动 IP. 机械工业出版社, 2000. 1
- 3 Jain, et al. Enhancing Survivability of mobile Internet Access Using Mobile IP with Location Registers, IEEE INFOCOM, 1999
- 4 Jain R. Mobile Internet Access and QoS Guarantees Using Mobile IP and RSVP with Location Registers, Proc. IEEE ICC'98 1998
- 5 Route Optimization in Mobile IP, draft-ietf-mobileip-optim-07
- 6 Distributed Registration Extension to Mobile IP, draft-chuahli-mobileip-dremip-00