

# 一种改进的移动 Agent 主动通信算法\*

李 慧<sup>1</sup>, 王备战<sup>1</sup>, 李 涛<sup>1</sup>, 杨占华<sup>2</sup>

(1. 西北工业大学 计算机学院 网络化嵌入式与分布式计算实验室, 陕西 西安 710072; 2. 西南交通大学 计算机与通信工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要: 在主动通信算法的基础上, 采用检测法解决通信失效问题, 提出一种改进算法, 进一步降低了通信开销, 提高了通信效率。

关键词: 移动 Agent; 通信; 检测法; 通信失效

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)11-0200-03

## An Improved Active Communication Algorithm of Mobile Agent

LI Hui<sup>1</sup>, WANG Bei-zhan<sup>1</sup>, LI Tao<sup>1</sup>, YANG Zhan-hua<sup>2</sup>

(1. Laboratory of Network Embedded & Distributed Computing, College of Computer, Northwest Polytechnical University, Xi'an Shanxi 710072, China; 2. College of Computer & Information Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

**Abstract:** An improved communication algorithm of mobile Agent system is presented in this paper. In this algorithm, a solution to the matter of communication failure using Detecting methods makes the algorithm more efficient and low-costs.

**Key words:** Mobile Agent; Communication; Detecting Methods; Communication Failure

移动 Agent 技术是新型软件框架的基础技术之一, 被广泛认为是未来基于 Internet 的主流分布计算模式。虽然移动 Agent 的主要优点在于其移动性, 可以变远程通信为局部交互, 从而减少了对网络资源的消耗和依赖。但若干个移动 Agent 之间往往为协作完成一项任务又必须进行远程通信以便交换信息、协同工作。因此, 通信作为移动 Agent 系统的一项基础设施, 其可靠性和效率直接影响到整个移动 Agent 系统的性能。如何进行可靠、高效的通信是当前研究的热点问题。

### 1 当前研究现状及存在的问题

#### 1.1 移动 Agent 的寻址

一个完整的移动 Agent 通信算法至少应包含两个部分, 即 Agent 寻址和消息传送。移动 Agent 的寻址机制一般可分为集中式寻址、指针式寻址、广播式寻址和层次式寻址。

(1) 集中式寻址, 又称基于 Home 的寻址机制。基于该思想, 文献[2, 3, 5]介绍了基于 Home 的 Agent 通信机制, 其实现简单, 迁移和消息发送的开销都不大。缺点在于对 Home 有依赖性, 有 Home 瓶颈问题。

(2) 指针式寻址。在 Agent 迁移路径上的每一台主机上都留有指向 Agent 下一目的地的地址, 发往 Agent 的消息可以沿着路径上的主机链表转发到目标 Agent 的当前位置。这种机制实现简单, 可以在一定程度上加强消息发送的可靠性, 但可能存在消息追击现象。文献[6, 8]的算法中使用了这种方式。

(3) 层次式寻址。系统中的寻址或消息转发服务器被按区域组织成层次式树状结构(类似于 DNS 结构), 从根节点到

移动 Agent 所对应的叶节点之间有一条指向该 Agent 的唯一路径, 沿着该路径可以实现 Agent 的寻址和消息转发。该机制缺点在于根节点负载过大, 仍然无法避免消息追逐目标 Agent。

(4) 广播式寻址。向系统中所有主机广播以实现寻址。广播式寻址是一种纯分布式的机制, 在局域网环境下不失为一种简单的寻址机制, 但在广域网环境下则无法被接受。

#### 1.2 通信失效问题

产生通信失效的原因在于, 移动 Agent 在通信过程中位置发生了变化, 造成发送方获得的是一个失效的地址。目前对于通信失效问题的解决有三种方案: 鸵鸟法、预防法和检测法。其中, 鸵鸟法忽略问题的存在, 不采取任何措施, 无法提供可靠的通信, 故很少被采用。预防法被目前各种移动 Agent 通信算法普遍采用, 具体可以分为两种, 即同步法和 Home 存储转发法。同步法采用同步通信的方法从结构上避免通信失效的发生, 虽能彻底解决通信失效问题, 但代价太高, 不仅会增加因同步带来的通信开销, 而且会破坏移动 Agent 的自由移动性, 属于“移动受限通信方式”。文献[2, 9]的算法属于此类。Home 存储转发法要求 Home 缓存所有的消息, 然后再通过 Push 或 Pull 的方式转发给移动 Agent, 该方法虽然没有限制移动 Agent 的自由移动, 属于“自由移动通信方式”但却大大增加了 Home 的通信负担, 使之成为系统性能的瓶颈, 而且系统的通信总流量会加倍, 造成通信延迟较大。文献[4]的算法属于此类。

文献[8]的算法既要求 Home 缓存所有发给移动 Agent 的消息, 又要求移动 Agent 在迁移前必须向 Home 提出请求。该算法既破坏了移动 Agent 的自由移动性又增加了 Home 的通信负担, 效率较低。文献[4]的算法作为对文献[2]算法的改进, 通过引入邮箱机制, 使 Agent 的移动和邮箱的移动相分离, 减弱了对移动 Agent 自由迁移的限制, 减少了移动 Agent 的迁移

开销和 Home 的负载,但却引入了移动 Agent 和邮箱之间大量的通信开销。在通信频繁的场所,移动 Agent 又不得不携带邮箱一同迁移,此时便蜕化为文献[ 2] 的算法。

检测法是在通信失效发生后,采取其他方法最终将消息正确地传递给目标,检测法采用异步通信的方法,对移动 Agent 的移动不加任何限制,通信开销少,效率高,设计合理的情况下还可以解决消息追击问题。文献[ 7] 使用了检测法。

综上所述,采用预防法控制复杂,代价高昂,效率低下;检测法既符合移动 Agent 自由移动的天性,又能保证通信的可靠性。

1.3 主动通信算法

主动通信算法( ACM)对通信失效问题的解决虽然也是采用预防法,但消息本身不发生移动,在本地缓存,减少了网络流量,接收方主动到发送方所在节点获取消息,从而既避免了通信失效问题又降低了通信开销。消息通信过程如图 1 所示。

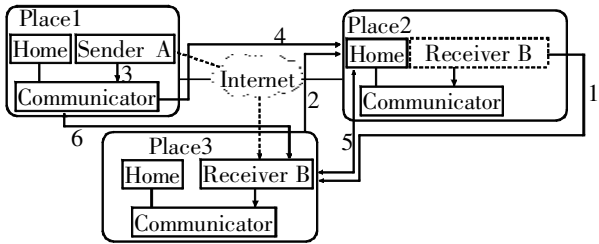


图 1 主动通信算法的通信过程

Agent B 从“出生地”Place 2 移动到 Place3(图 1 中的 1); B 到达 Place 3 以后,向其 Home 报告新位置(图 1 中的 2);发送方 A 将要发送的消息发送给当前 Place 的 Communicator(图 1 中的 3); Communicator 通知接收方 B 的 Home(图 1 中的 4); Home 通知 B 到 Place1 取信息(图 1 中的 5); B 主动联系 Place1 的 Communicator 并取回信息(图 1 中的 6)。可见,接收方的地址对于发送方是透明的,发送方在发送信息的时候只需指定接收者的名字,而不必关心接收方在哪里或是否正在移动。发送方将消息发送给本地的 Communicator 以后,即认为消息已经正确地发送到接收方,可以继续执行其他操作。

2 改进的主动通信算法

主动通信算法对通信失效问题的解决依然采用预防法,而预防法一般代价较大,通信效率不高。改进算法在 Agent 寻址上采用集中式( Home) 寻址,对通信失效的解决则采用检测法,可以取得比主动通信算法更小的通信开销,能有效应用于移动 Agent 系统。

2.1 算法思想

改进算法的通信过程如下:移动 Agent A 要和 Agent B 通信,消息内容为 Mesg。首先 A 将 Mesg 发给 Place1 的 Communicator(图 2 中的 1); Communicator 判断是否是本地通信,如果是,则直接发给接收方,否则向 B 的 Home 发出地址查询消息(图 2 中的 2); Communicator 按照获得的 B 的地址将 Mesg 发送给 B(图 2 中的 3);此时若发生通信失效,则可以判定 B 正在移动,Communicator 给 B 的 Home 发出一条通知消息,将自己的地址和 Mesg 的标志告知 B 的 Home(图 2 中的 4);当 B 迁移到 Place3 后,向 Home 发出地址更新消息,注册新地址并且检查有无发送失败的消息,获得 Communicator 的地址和 Mesg 的标志(图 2 中的 5); B 按照 Communicator 的地址和 Mesg 的

标志到 Place1 的 Communicator 处取回 Mesg(图 2 中的 6)。

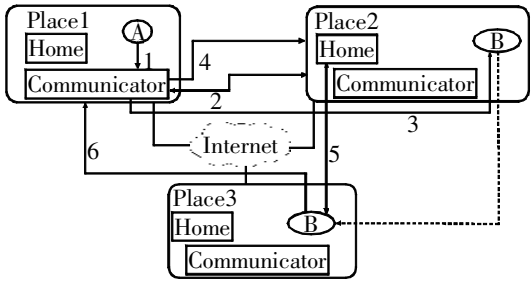


图 2 改进算法的通信过程

以下是 Communicator, Home 和 Agent 三者与通信过程有关的操作描述:

Communicator 与通信有关的操作有五个。Communicator 为每个移动 Agent 创建一个消息队列 Queue,用来存放移动 Agent 要发送的消息。Queue 有一个状态标志 Clear,当移动 Agent 离开当前节点时, Clear 被置为 Ture,会触发清空消息队列的操作 ClearQueue()。

```
ReceiceMessage( msg)
// Communicator 收到移动 Agent 发送的消息时,该操作被触发
{ if ( Queue 存在) 将 msg 放入 Queue;
  else CreateQueue(); }
CreateQueue( ) // 移动 Agent 第一次发送消息时触发改操作
{ 创建 Queue; }
ClearQueue( ) // 移动 Agent 离开当前节点时触发
{ 释放 Agent 的消息队列等本地资源; }
QueryAddr( )
// Communicator 向消息接收方的 Home 查询接收方的当前地址
{ addr = Agent. CurAddr; }
ForwardMessage( msg , addr)
// Communicator 将消息转发给接收方
{ 将消息送达接收方;
  if ( 发送失败) //接收方已经离开
    Home- > ReceiveFailMessage( msg); }
Home 与通信相关的操作有三个。FailQueue 为发送失败的消息队列, NewAddr 为移动 Agent 的新地址, HaveMessage 标志消息队列是否存在消息。
Update ( NewAddr, HaveMessage) //移动 Agent 到达新节点时触发
{ Agent. CurAddr = NewAddr;
  if ( FailQueue 非空) HaveMessage = true;
  else HaveMessage = false; }
CreateFailQueue( ) //第一次接收发送失败的消息时被触发
{ 创建发送失败的消息队列 FailQueue; }
ReceiveFailMessage( msg) //接收发送失败的消息
{ if ( FailQueue 存在) 把消息放入 FailQueue;
  else CreateFailQueue(); }
Agent 与通信有关的操作有四个。FailQueue 为 Agent 未能接收到的消息队列,存放于 Home 处。
OnArrive ( ) //Agent 到达新节点时触发该操作
{ Home- > Update ( NewAddr, HaveMessage);
  if ( HaveMessage == true) GetMessageFromHome(); }
GetMessageFromHome ( ) // HaveMessage 为 true 时触发该操作
{ While ( Home-> FailQueue 非空)
  从 Home-> FailQueue 读取一个消息,并放入自身消息队列,进行处理; }
SendMessage( msg) //移动 Agent 发送消息时触发该操作
{ Communicator- > ReceiveMessage( msg); }
OnLeave( ) //移动 Agent 离开当前节点时触发该操作
{ Communicator- > ClearQueue(); }
```

2.2 算法特性分析

改进算法同原算法一样既保证了通信的可靠性,又保证了移动 Agent 的自由移动性,但处理通信失效的方法有别于原算法,通过采用检测法而不是预防法,使得通信效率方面取得比原算法更好的效果,主要体现在通信开销更小。

(1) 保证通信的可靠性。改进算法采用检测法,当发生通

信失效问题后, 消息由发送方的 Communicator 缓存, 并告知接收方的 Home, 当接收方完成迁移, 向 Home 注册新地址时, 获得 Communicator 的地址, 并主动取回被缓存的消息, 从而保证了通信的可靠性。

(2) 保证移动 Agent 的自由移动性。无论从接收方还是从发送方的角度来看, 改进算法都没有限制移动 Agent 的自由移动, 接收方在移动前不需要向 Home 提出申请; 发送方在将消息提交给 Communicator 后便认为本次通信结束, 可以自由移动了。

(3) 通信效率分析。将改进算法同原算法进行通信开销的比较。通信开销取整个通信过程的网络流量( 所有消息的总和)  $C$  和通信延迟  $T$ , 移动 Agent A 向移动 Agent B 发消息 Mesg, A 和 B 分处不同节点; 假定发送一条消息的开销为  $M$ , 共发送  $n$  次, 发送一条通知、寻址等控制类消息的开销为  $N$ , 网络带宽为  $\delta$

原算法的通信过程为: A 向本地 Communicator 发送消息 Mesg; Communicator 向 B 的 Home 发出“新消息”通知消息; Home 向 B 发送“消息到来”通知消息; B 从 Home 处取回“新消息”通知; 到 A 的 Communicator 处取回消息 Mesg。

原算法的通信开销为  $C_{ACM} = n( M + 3N )$ ;  $T_{ACM} = C_{ACM} / \delta$   
改进算法通信过程为: A 向本地 Communicator 发送消息 Mesg; Communicator 向 B 的 Home 发出寻址消息; Communicator 向 B 发送消息 Mesg; 假如失败, 即发生了通信失效, Communicator 向 B 的 Home 发出“新消息”通知消息; B 完成迁移后, 在注册新地址时获得“新消息”通知; B 到 A 的 Communicator 处取回消息 Mesg。

假设发生通信失效的概率  $P$ , 则改进算法的通信开销为  
 $C_{Improved} = n[ N + ( 1 - P ) M + P ( N + 2M ) ] = n[ ( 1 + P ) M + ( 1 + P ) N ] = n( 1 + P ) ( M + N )$ ;  
 $T_{Improved} = C_{Improved} / \delta$

在最坏的情况下,  $P = 1$ , 即每次通信都发生失效问题, 改进算法的通信开销  $C_{Improved} = 2n ( M + N )$ ;  $C_{Improved} > C_{ACM}$ , 通信延迟  $T_{Improved} > T_{ACM}$ 。在最优的情况下,  $P = 0$ , 不发生通信失效,  $C_{Improved} = n( M + N )$ ,  $C_{Improved} < C_{ACM}$ ,  $T_{Improved} < T_{ACM}$ , 可见, 改进算法的通信开销  $C_{Improved} [ n( M + N ) , 2n( M + N ) ]$ 。

假设  $M = \lambda N$ , 令  $C_{Improved} < C_{ACM}$ , 即  $n( 1 + P ) ( M + N ) < n( M + 3N )$ , 可得:

$P < 2 / ( \lambda + 1 )$  (1)  
当发生通信失效的概率小于临界值  $P_{threshold} = 2 / ( \lambda + 1 )$  时, 改进算法的通信开销小于原算法。

假设移动 Agent 在每个节点的驻留时间服从指数分布, 期

望值为  $T$ ; 完成一次迁移的时间为  $t$ , 令  $\theta = T / t$ 。在底层的网络通信不出现故障的条件下, 通信失效只可能发生在移动 Agent 的迁移阶段, 故可以认为发生通信失效的概率

$$P = t / ( T + t ) = 1 / ( \theta + 1 )$$

令  $P < P_{threshold}$ , 可得

$$\theta > \lambda / 2 + 1.5 \tag{2}$$

可见, 当  $\theta$  和  $\lambda$  满足式(2) 时, 改进算法的通信开销小于原算法。

### 3 结束语

通信是移动 Agent 系统必备的基础设施, 其可靠性和效率直接影响到整个移动 Agent 系统的性能。本文主要研究了移动 Agent 的通信问题, 在主动通信算法的基础上, 采用检测法解决通信失效问题, 进一步降低通信开销, 使得改进算法在通信效率方面有了进一步的改善。

#### 参考文献:

[ 1 ] 杨博, 刘大有, 杨鲲, 等. 移动 Agent 系统的主动通信机制[ J ]. 软件学报, 2003, 14( 7 ): 1338.

[ 2 ] 陶先平, 冯新宇, 吕建, 等. Agent 系统的通信机制[ J ]. 软件学报, 2000, 11( 8 ): 1060.

[ 3 ] 冯新宇, 陶先平, 吕建, 等. 一种改进的移动 Agent 通信算法[ J ]. 计算机学报, 2002, 25( 4 ): 357.

[ 4 ] 吴刚, 王怀民, 等. 一种移动智能体的位置管理与可靠通信算法[ J ]. 软件学报, 2002, 13( 2 ): 269.

[ 5 ] 王忠群, 陶先平, 冯新宇, 等. 一种移动 Agent 通信算法[ J ]. 软件学报, 2003, 14( 7 ): 1292.

[ 6 ] 周竞扬, 陈韬略, 吕建, 等. 一种高效可靠的移动 Agent 间通信机制[ J ]. 软件学报, 2003, 14( 8 ): 1470.

[ 7 ] 周竞扬, 陈韬略, 许平, 等. 移动 Agent 系统通信失效问题研究[ J ]. 计算机科学, 2003, 30( 8 ): 108.

[ 8 ] 吴兆胜, 姜峰, 谢俊元. 一种新的移动 Agent 的可靠通信算法[ J ]. 计算机应用研究, 2004, 21( 1 ): 219-221.

[ 9 ] 贾志勇, 李振东, 谢立, 等. ACP: 一种基于局部邮区的移动 Agent 通信算法[ J ]. 计算机研究与发展, 2004, 41( 1 ): 47.

#### 作者简介:

李慧( 1981- ), 女, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 研究方向为网络与分布式计算; 李涛( 1981- ), 男, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 研究方向为网络与分布式计算; 王备战( 1965- ), 男, 陕西乾县人, 副教授, 硕士生导师, 博士, 主要研究方向为分布式计算、数据库、嵌入式计算、计算机网络。

(上接第 199 页) 速率公平分配方案, 该方案以 RIAS 公平为原则, 根据环网上各瓶颈链路的约束条件来得到各个数据流速率的取值范围, 并最终为各数据流确定出一组可行的速率分配。通过实例进一步验证了该方案能使环网中各数据流的速率分配达到 RIAS 公平要求, 实现了环网上链路带宽的公平分配与充分利用。

#### 参考文献:

[ 1 ] PR Alliance. An Introduction to Resilient Packet Ring Technology [ EB/OL ]. <http://www.rpralliance.org/articles/Whitepaper10-01.pdf>, 2004-03-18.

[ 2 ] C N Hawkins, J Green, M Sharma, *et al.* Resilient Packet Rings for Metro Networks [ EB/OL ]. [http://www.rpralliance.org/articles/RPR\\_AllianceGOC.pdf](http://www.rpralliance.org/articles/RPR_AllianceGOC.pdf), 2004-04-16.

[ 3 ] F Davik, *et al.* IEEE 802.17 Resilient Packetring Tutorial[ J ]. IEEE

Communications Magazine, 2004, 42( 3 ): 112-118.

[ 4 ] E Knightly, L Balzano, V Gambiroza, *et al.* Achieving High Performance with Darwin 's Fairness Algorithm[ C ]. IEEE 802.17 Resilient Packet Ring Standard Meeting, St. Louis, MO, 2002.

[ 5 ] V Gambiroza, Y Liu, P Yuan, *et al.* High Performance Fair Bandwidth Allocation for Resilient Packet Rings[ C ]. Wurzburg, Germany: Proceedings of the 15th ITC Specialist Seminar on Traffic Engineering and Traffic Management, 2002.

[ 6 ] V Gambiroza, *et al.* Design, Analysis, and Implementation of DVSR: A Fair High-performance Protocol for Packet Rings[ J ]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2004, 12( 1 ): 85-102.

#### 作者简介:

王汉武( 1980- ), 男, 湖南湘阴人, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机通信网络; 谭连生( 1965- ), 男, 湖南宁乡人, 系主任, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为计算机通信网络。