

基于邮箱的移动 Agent 域通信机制

常朝稳, 司志刚, 王 潜

(解放军信息工程大学电子技术学院, 郑州 450004)

摘要: 提出一种基于邮箱的移动 Agent 域通信机制, 减少消息追击现象的可能性, 邮箱同步迁移提高了系统的可靠性, 通过域划分减小移动 Agent 系统的地址开销和通信开销。分析和实际应用表明, 在多域多主机的系统中, 该通信机制提高了移动 Agent 的移动性和自主性, 实现了系统的位置透明性和高效性。

关键词: 移动 Agent; 通信机制; 邮箱; 域

Mobile Agent Domain Communication Mechanism Based on Mailbox

CHANG Chao-wen, SI Zhi-gang, WANG Qian

(Institute of Electronic Technology, PLA Information Engineering University, Zhengzhou 450004)

【Abstract】 A domain communication mechanism for Mobile Agent(MA) based on mailbox is presented. Mailbox mechanism can decrease the probability on a chase issue, mailbox synchronization transfer improves system dependability, and a domain partition in reason reduces the MA system addresses costs and communication costs. Analysis and real experiment indicate that the communication mechanism for MA enhances location transparency and improves efficiency of the system.

【Key words】 Mobile Agent(MA); communication mechanism; mailbox; domain

1 概述

移动 Agent(Mobile Agent, MA)是一种新型的分布式计算技术, 它可以让智能 Agent 在 Internet 上自主移动和执行, 并完成用户指定的任务。

通信机制是 Agent 系统中的重点研究方向之一。由于 MA 特有的移动性, MA 的通信机制不再像传统的分布式进程通信那样简单, 因此 MA 通信机制应满足位置透明性、可靠性、高效性、异步性、自适应性。MA 通信机制的研究重点主要在 2 个方面^[1]: 通信效率和通信可靠性。通信效率的提高, 可以减少 MA 之间因为等待回应造成的延迟, 从而提高 MA 协同工作的效率。MA 位置的不确定、网络不稳定、寻址不完备都可能导致 MA 无法将信息传达到目的主机, 以致任务不能顺利完成, 或者在网络中产生无法回收的垃圾信息, 加重网络负担。

2 常见的几种移动 Agent 的通信机制

MA 的通信机制总体可以分为 5 类:

(1) 基于 Home 的寻址机制实现简单, 迁移和消息发送的开销都不大^[2]。缺点在于对 Home 主机的依赖性过大, 容易产生 Home 主机的瓶颈问题。

(2) 指针寻址机制实现简单, 在一定程度上加强消息发送的可靠性^[3]。但此机制每次通信都要遍历整个指针链, 响应速度缓慢, 并且存在路由迂回问题, 系统的容错性和健壮性较差。

(3) 层次注册式寻址机制缩短了路径长度, 通信效率较高, 发送 Agent 和接收 Agent 无须知道对方的当前地址即可实现位置透明的通信, 通信速度快, 消息丢失概率低, 保密性强^[4]。缺点在于通信服务器负载过大, 形成了限制系统性能的瓶颈, 仍然无法避免消息追逐目标 Agent。

(4) 广播寻址机制的优点是算法简单、通信速度快, 发送

方只需向所有可能的主机集合广播消息即可, 而无须考虑接收消息 Agent 当前所在的位置^[5]。缺点是开销过大, 浪费网络带宽, 资源利用率低。

(5) 基于邮箱的通信机制比较灵活, 支持主机的消息发送和 Agent 迁移的异步运行, 邮箱的迁移率远小于 Agent 的迁移率, 存在消息追击现象的可能性极小。缺点在于邮箱每次迁移前后, 都要求向所有网络中主机发送地址注销和更新的信息, 在多主机多域的系统中, 随着邮箱不断移动, 通信量会急剧增加, 浪费了有限的网络资源。

基于企业级系统中主机众多且隶属于多个域的特点, 本文提出一种基于邮箱的域通信机制模型, 在保证分布式查询系统中 Agent 之间的消息可靠传递的基础上, 提高了 MA 的移动性和自主性。

3 基于邮箱的域通信机制

3.1 应用背景

在一个企业级系统中, 所有主机被组织成多个域, 为了保证整个系统中 Agent 标识的唯一性和位置无关性, 本文采用 <域名>/<主机名>/<Agent 名> 来唯一地标识一个 Agent, 域名对于整个 Agent 系统是唯一的, 主机名对于一个域是唯一的, 一个 Agent 名在一台主机上是唯一的。Agent 若要与其他 Agent 通信, 不必知道目标 Agent 的当前位置, 只需获得它的标识, 根据标识与其通信, 目标 Agent 的标识信息可以由发送消息 Agent 在运行过程中通过查找域通信服务器的

基金项目: 国家金盾工程基金资助项目(J1GAB23W013)

作者简介: 常朝稳(1966 -), 男, 副教授、博士研究生, 主研方向: 移动安全, 移动计算; 司志刚, 副教授; 王 潜, 硕士研究生

收稿日期: 2007-09-21 **E-mail:** changchaowen@hnsi.gov.cn

Agent 状态表来获得。系统为每个 Agent 创建一个邮箱用来存放消息，如图 1 所示。

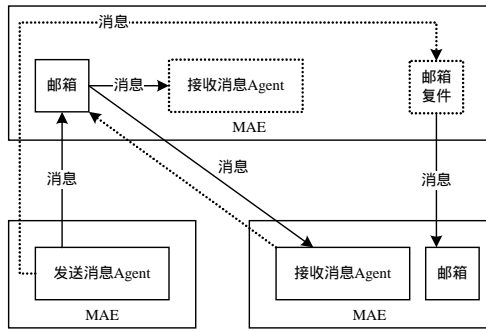


图 1 Agent 和邮箱

发送给 Agent 的消息分为实时消息和非实时消息。实时消息指的是 Agent 接收到的需要被立即处理的消息，如中断运行；非实时消息是指在 Agent 需要处理时才被处理的消息，如参数传递。所有发往 MA 的消息先被发送到该 Agent 的邮箱中，若是实时消息将由邮箱立即转发给 Agent，非实时消息将先被存放到邮箱中，等待 Agent 需要时到邮箱中来获取并进行处理。邮箱和 MA 可以分离(即分别处于不同的主机)，MA 每次迁移时根据各种因素决定是否带信箱一起迁移至目标主机，决定因素包括 Agent 在目标主机要接收消息的数目、目标主机与信箱当前所在主机的距离以及 MA 对消息实时处理的需求等。

本通信机制要求 Agent 在迁移过程中始终保证与其邮箱同处一个域内，即当 Agent 跨域迁移要求带其邮箱一起迁移。当邮箱决定迁移时，邮箱需要创建一个邮箱复件，在邮箱迁移时，复件用来接收发送给邮箱的消息，之后将消息转发到邮箱中，在确定邮箱迁移成功后，复件被注销。

在系统中为每个域设立一个域管理服务器，负责域中所有对象(包括主机站点、站点创建的 Agent 及 Agent 的邮箱)的名字管理和解析。在每个域管理服务器上设有原籍状态表(Home State Table, HST)和访问状态表(Visit State Table, VST),HST 存放本域所有主机创建的 Agent 的描述信息和相关的邮箱位置信息，VST 存放正在本域访问的 Agent 的描述信息和相关的邮箱位置信息，HST 和 VST 具体包括 Agent 标识、Agent 邮箱当前所在的域、Agent 的邮箱当前所在域的域内主机等信息。

本通信机制包括 3 部分：Agent 迁移，邮箱迁移和消息的传递。

3.2 Agent 迁移

Agent 迁移流程如图 2 所示。

(1)Agent 迁移之前需要根据多种因素(如在目标主机接收的消息数量，消息的优先程度)，决定是否携带邮箱一起迁移至目标主机。若 Agent 单独迁移，则通知邮箱在 Agent 迁移过程中暂停将实时消息发送过来，然后转(2)；若携带邮箱共同迁移，则 Agent 通知邮箱准备迁移，之后转(4)。

(2)邮箱收到该消息后，向 Agent 回复确认消息，同时在 Agent 迁移的过程中暂停转发那些发往 Agent 的实时消息。

(3)Agent 收到邮箱的确认消息后，迁移至目标主机，并发送迁移成功的消息给邮箱。邮箱收到该消息后，更新邮箱中记录的 Agent 当前地址，并将实时消息发送给 Agent 处理。迁移结束。

(4)邮箱收到该消息后，向 Agent 回复确认消息，并做好

迁移前的准备，准备进行迁移。

(5)Agent 收到确认消息后，迁移至目标主机。当 Agent 和其邮箱都迁移成功后，邮箱更新其记录的 Agent 当前地址，同时 Agent 也更新其记录的邮箱当前地址，从邮箱中将消息取出使其能被实时处理。迁移结束。

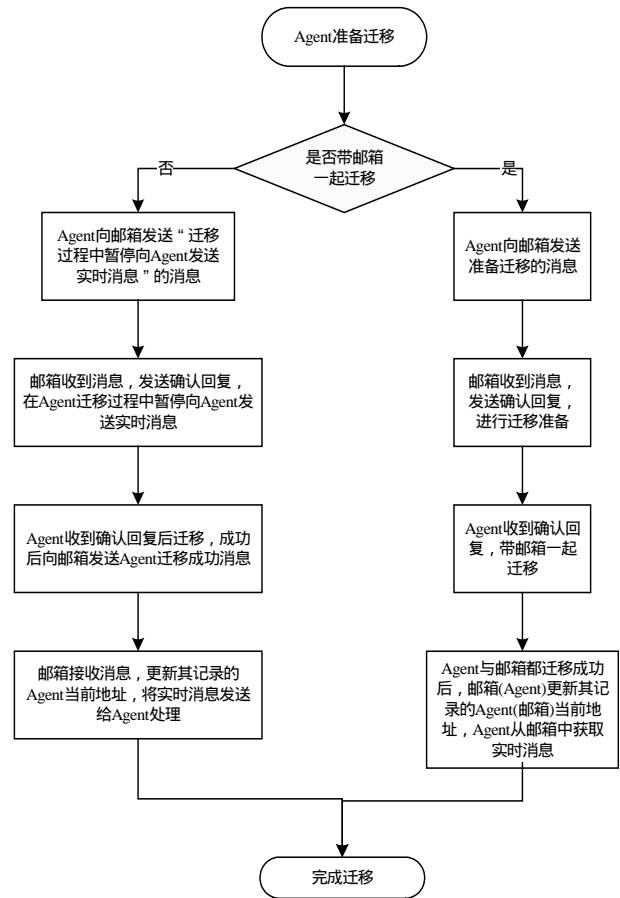


图 2 Agent 的迁移流程

3.3 邮箱迁移

邮箱的迁移是当 Agent 迁移时根据多种因素决定带邮箱一起迁移至目标主机而发生的，决定迁移的因素包括目标主机接收消息的数量、目标主机与邮箱当前所在主机的距离、MA 对消息实时处理的优先程度等。

根据迁移范围不同，邮箱迁移可以分为 2 类情况：

(1)域内迁移。域内迁移可再分为在原籍域(创建 Agent 和其邮箱的域)内作域内迁移、在外域内(即非原籍域)作域内迁移。

(2)域间迁移。域间迁移可再细分为出籍迁移(即从原籍域迁移到外域)、标准域间迁移(即从某一外域迁移到另一外域)、回籍迁移(即从外域迁移到原籍域)。

以下将通过相关的主机、域、域管理服务器的参数设置，详细说明邮箱的迁移过程，流程见图 3。

(1)主机 M_Host(邮箱迁移之前所在的主机)接收 Agent 发来的其邮箱准备迁移的消息后，在 M_Host 上生成一个邮箱复件，复件记录了目标主机 T_Host(邮箱和 Agent 一起迁移到的目标主机)的地址，邮箱记录当前主机 M_Host 的地址。

(2)邮箱开始迁移，当邮箱成功迁移到 T_Host 后，判断 T_Domain(T_Host 所属的域)和 AM_Domain(Agent 迁移之前所在的主机 A_Host 和 M_Host 所属的域)是否为同一域。如果是同一域，则邮箱迁移为域内迁移，转(3)；如果不是同一

域，则邮箱迁移为域间迁移，转(4)。

(3)主机 T_Host 向 AM_DomainServer (AM_Domain 中的

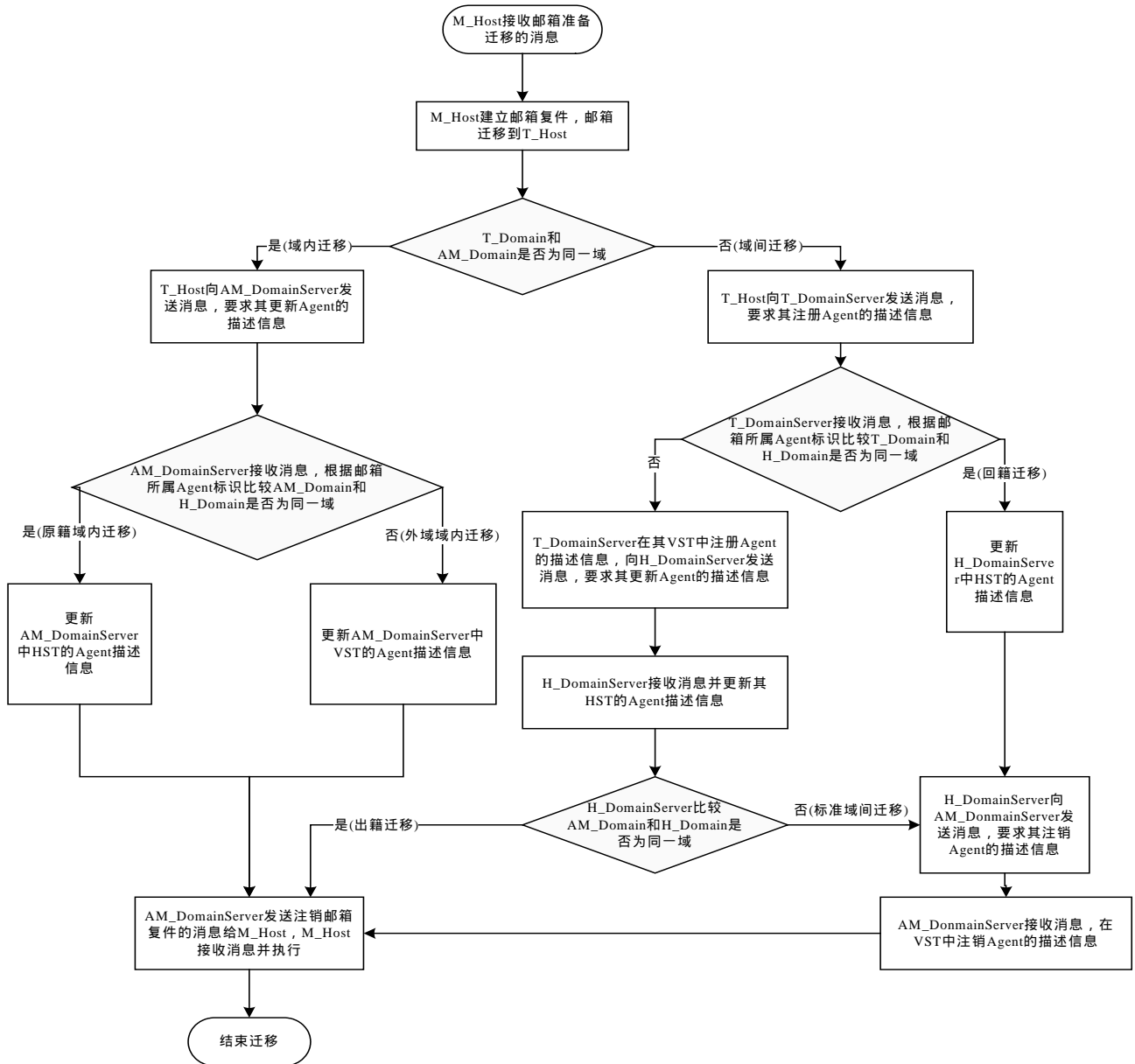


图 3 邮箱的迁移流程

域管理服务器)发送消息，要求其更新 Agent 的描述信息，AM_DomainServer 收到消息后，根据邮箱所属的 Agent 的标识判断 AM_Domain 与该 Agent 的 H_Domain(创建 Agent 及其邮箱的原籍主机 H_Host 所属的域)是否为同一域，如果是，说明迁移为原籍域内迁移，此时更新 AM_DomainServer 中 HST 中此 Agent 的描述，转(7)；如果不是，说明迁移为外域域内迁移，此时更新 AM_DomainServer 的 VST 中该 Agent 的描述，转(7)。

(4)主机 T_Host 向 T_DomainServer 发送注册该 Agent 描述的信息，T_DomainServer 收到消息后，根据邮箱所属的 Agent 的标识判断该 Agent 的 H_Domain 与 T_Domain 是否为同一域，如果是同一域，说明邮箱迁移为回籍迁移，此时 H_DomainServer(H_Domain 中的域管理服务器)更新其 HST 中此 Agent 的描述，转(6)；如果 H_Domain 与 T_Domain 不为同一域，则 T_DomainServer 在其 VST 中注册此 Agent 的描述，并向 H_DomainServer 发送一个要求其更新该 Agent 的描述信息。

(5)H_DomainServer 收到消息后更新其 HST 中该 Agent 的描述，然后判断 AM_Domain 与 H_Domain 是否为同一域，如果是同一域，说明该邮箱迁移是出籍迁移，这样在 AM_DomainServer 的 VST 中不存在注销该 Agent 的描述信息，转(7)；如果不是同一域，说明邮箱迁移为标准域间迁移。

(6)H_DomainServer 向 AM_DomainServer 发送一个消息要求 AM_DomainServer 注销该 Agent 的描述信息，AM_DomainServer 收到消息后在 VST 中注销该 Agent 的描述信息。

(7)AM_DomainServer 发送一个注销邮箱复件的消息给 M_Host，M_Host 接到消息后注销邮箱复件，邮箱迁移结束。

当邮箱连续多次迁移时，将会创建多个邮箱复件，由于每次迁移成功后都会发送一个注销该次迁移前所创建的复件的消息给该次迁移前的主机，因此复件最后也会被全部注销。在这种情况下，消息仍会被多个复件转发到邮箱中，保证了消息的可靠性传输。

3.4 消息传递

消息传递采用直接路由转发的方式进行,具体过程如下:

(1)当发送消息 Agent (Sender Agent, SA)要将消息发送给接收消息 Agent (Receiver Agent, RA)时,先将消息发送给 SA 所属域的域管理服务器。

(2)SA 所属域的域管理服务器获取 RA 的信息,并根据 RA 的标识(域名,主机名,Agent 名)判断此域管理服务器是否为该 RA 的 H_DomainServer,如果是,则转(3);如果不是,则转(4)。

(3)根据 H_DomainServer 的 HST 中该 RA 的描述,得到该 RA 的邮箱当前所在的域和主机,若邮箱当前所在的域也是 H_Domain,则说明该 RA 和其邮箱没有迁移到其他域,此时将消息直接发送给 HST 中记录的那台主机;如果邮箱当前所在的域不是 H_Domain,则说明该 RA 和其邮箱已迁移到其他域,此时将消息路由转发到邮箱当前所在的域,消息到达邮箱当前所在域的域管理服务器后,在域管理服务器的 VST 中找到 RA 的邮箱当前所在的主机,将消息发送给那台主机。

(4)先根据该域管理服务器的 VST 中的信息判断 RA 是否为该域的访问 Agent,若是该域的访问 Agent,则通过 VST 中的记录,将消息直接发送给 RA 的邮箱所在的主机;若不是该域的访问 Agent,则将消息路由转发到该 RA 的 H_DomainServer,根据其 HST 记录的信息得到该 RA 的邮箱当前所在的域,将消息路由转发到邮箱当前所在的域的域管理服务器,再根据该域管理服务器的 VST 中记录的访问 Agent 的描述信息,找到该 RA 的邮箱当前所在的主机,将消息发送给那台主机。

(5)消息到达邮箱所在的主机,如果此时邮箱没有迁移,消息将成功地发送到邮箱中;如果此时邮箱已经迁移(或者多次迁移),消息将仍会发送给邮箱复件,由邮箱复件转发给邮箱,最后消息也将成功转发到邮箱中。

(6)邮箱接收消息之后,判定消息的类型,若不是实时消息,将消息暂时保存,适当时候再交给 RA 处理,消息传递结束;若是实时消息,判断 RA 是否正处于迁移状态,如果 RA 正处于迁移状态,则将实时消息暂时保存,RA 一旦迁移成功就立即获取实时消息并处理它们;若 RA 不处于迁移状态,则将消息路由转发给 RA,消息传递结束。

4 通信机制分析

(1)可靠性

引入邮箱机制后,由于邮箱迁移的次数比 Agent 迁移次数少得多,因此存在消息追击现象的可能性极低。另外邮箱处于迁移状态时,在迁移前的主机上创建复件,发送到迁移前主机的消息会由邮箱复件转发给邮箱,邮箱复件在域管理服务器更新邮箱地址后才被注销,这样保证了消息能成功地发送到邮箱中。邮箱对消息分别进行实时处理和非实时处理,避免了通信失效,提高了通信的可靠性。

(2)地址开销

地址开销包括地址注册的开销、地址注销的开销、地址更改的开销。Agent 独自作域内迁移。这种迁移只需邮箱更新其记录的 Agent 的当前地址,由于邮箱与 Agent 在同一域,因此引起的地址更改开销很小;Agent 带其邮箱一起作域内迁移。邮箱需更新其记录的 Agent 当前地址,Agent 也需更新其记录的邮箱的当前地址,同时要求当前域管理服务器更新该 Agent 的描述,但邮箱与 Agent 在同一主机上,由此引起的地址更改开销不大;Agent 带其邮箱一起作域间迁移。这种迁移后,要求邮箱更新其记录的 Agent 当前地址,Agent 也要更新其记录的邮箱当前地址,另外,要求目标域管理服务器在 VST 中注册该 Agent 的描述信息,要求原籍域管理服务器更改 HST 中本域 Agent 的描述信息,然后要求 Agent 原所在的域管理服务器从 VST 中注销该 Agent 的描述信息,这样地址才更改成功。这种迁移引起的地址更改开销稍大,但对于查询任务集中于各个域内部的系统来说,域间迁移行为的次数非常少,对系统整体来说开销不大。

(3)通信开销

对于消息的发送,发送消息 Agent 与接收消息 Agent 及其邮箱在同一域内时,由于域管理服务器记录了本域 Agent 的描述和访问 Agent 的描述,描述中有 Agent 的邮箱的当前所在的位置,因此发送消息的开销非常小。即使发送消息 Agent 与接收消息 Agent 及其邮箱不在同一域内,也能根据原籍域管理服务器和 Agent 及其邮箱当前所在的域管理服务器,以较少的开销将消息路由转发到邮箱中,如果消息是实时消息,邮箱再优先将其转发给接收消息 Agent。

5 结束语

本文结合传统的通信机制,提出一种基于邮箱的移动 Agent 通信机制。该机制将消息分为实时消息和非实时消息来处理,保证了系统及时处理消息,但其不足在于智能性不强,不能根据系统需求及时调整,另外机制缺乏相应的定量分析,这也是今后研究的重点。

参考文献

- [1] 杨博,刘大有.移动 Agent 系统通信效率的分析与优化[J].计算机研究与发展,2004,41(4):531-538.
- [2] 冯新宇,陶先平,吕建.一种改进的移动通信算法[J].计算机学报,2002,25(4):357-364.
- [3] 吴兆胜,姜峰,谢俊元.一种新的移动的可信通信算法[J].计算机应用研究,2004,21(1):219-221.
- [4] Belle W V, Verelst K, D'Hondt T. Location Transparent Routing in Mobile Agent Systems Merging Name Lookups with Routing[C]//Proceedings of the 7th IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems. Tunis, Tunisia: IEEE Computer Society Press, 1999.
- [5] Murphy A, Picco G P. Reliable Communication for Highly Mobile Agents[C]//Proceedings of the Agent Systems and Architectures Mobile Agents. [S. l.]: IEEE Computer Society Press, 1999.