

移动Agent

人工智能

计算机网络
计算机科学2000V.1.27 No. 10

(12)

网络管理

移动 Agent 的应用

Application of Mobile Agent

47-50,54

王继宏 胡建平

TP393.07

TP18

(北京航空航天大学计算机科学与工程系 北京 100083)

Abstract Based on the active, individuality of the mobile Agent and low-consumption of the network bandwidth, mobile Agent is the newly born network communication and complete distributed computing mode. It has largely developing potential. This paper presents the role of mobile Agent in present application and discusses the typical mobile Agent area based on the characters of mobile Agent. We provide a new way to classify the applications.

Keywords Mobile Agent, Distributed network computing mode, Activity

一、移动 Agent 概念、特征与发展

基于 Agent 的分布式计算模式是软件开发、软件体系结构的一次变革, Agent 已经开始在各个领域得到广泛的应用。对 Agent 概念的共识是, Agent 运行在一定环境中, 主动地接受环境的作用并对环境产生影响, 从而达到设计目标的计算机系统, 在这个概念里主要强调的是主动性。Agent 主动性的要求受到人工智能研究的影响, 这是 Agent 的基本性质。为了进一步研究 Agent 技术在各领域中的应用, 人工智能学派为 Agent 添加了智能性和合作性, 而网络和分布式计算学派为 Agent 添加了移动性, 所谓移动性是指 Agent 可以移动到其它节点进行计算、执行。移动 Agent 是一种全新的分布式通讯、计算结构, 克服了大量耗用网络带宽的基于请求/应答方式的 C/S 结构的缺点, 为 Agent 网络合作和网络智能化提供基础。应用和研究表明, 移动 Agent 技术确实是对传统通讯模式的补充和革新, 具有很大的应用前景。

移动 Agent 研究侧重于网络通讯、计算以及对网络资源的利用, 而且移动性是研究的重点, 因此, 不同于其他文献中对 Agent 应用的论述方式, 我们按照 Agent 在网络环境中移动的动向出发来论述移动 Agent 的应用。首先, 我们定义强机和弱机两个概念, 所谓强机是指在机器运算速度、处理能力、资源拥有量等方面具有突出优势的机器; 弱机是指机器运算速度、处理能力、资源拥有量等较弱的机器。强机和弱机是相对的概念,

在传统的 C/S 结构中, 客户机是弱机, 服务器是强机。引入强机和弱机的概念是为了确定移动 Agent 的移动方向以及 Agent 的移动目的。

二、适合于移动 Agent 的应用领域

传统的分布式通讯、计算体系结构采用客户/服务器模式, 在客户/服务器模式下, 通讯、计算方式主要有请求/问答 (Request/Reply) 方式和远程过程调用 (RPC) 方式。移动 Agent 计算模型突破了传统的客户/服务器模式, 实现了真正意义上的分布式计算, 移动 Agent 计算模式的突出优点有:

- 与 Client/Server 结构相比, 对网络连接的依赖性更小, 传送 Agent 的运行结果更少, 不需要象请求/应答结构那样在网络间频繁地传送数据, 不需要保持网络的始终连通, 允许间断式的连接, 提高网络的利用率。

- 充分利用网络带宽, 减少网络占用时间。

- 在处理访问多服务器以及协作应用方面具有 C/S 结构不可比拟的优势。

- 采用这种计算结构可以使用成本低、可移动的个人通讯设备, 并且从开发模式上大大提高移动通讯设备的功能。

- 打破网络通讯的传统模式, 克服 C/S 模式中应用层协议开发困难, 扩展性差, 局限性大以及 Server 的简单结构。

- 具有灵活的个性化特点。

王继宏 博士生, 主要从事分布式计算, Agent 理论应用研究, 胡建平 博士生导师, 主要从事分布式计算以及知识工程、人工智能等领域研究。

可以充分利用网络上其他机器的资源,代码在远程机上运行减少了通讯量,在需要通讯量大的情况下能体现出优越处。

三、移动 Agent 应用

当前的分布式通讯计算结构采用的是客户/服务器模式,网络管理采取的是集中方式,网络的管理计算功能集中在服务器方,这种集中式管理限制了网络管理的规模化、网络的扩展性差,集中式的管理中心增加了与设备之间的交互,增加了网络拥塞,访问拥塞区域的设备非常困难,有时甚至是不可能的,大量网络拥塞使得集中式管理方式变得不稳定、可靠。

按照单个 Agent 在环境中的移动可以将应用的结构分为单弱机单强机结构,单强机单弱机结构、单弱机多强机结构、单强机多弱机结构、多强机多弱机混合结构,下面,分别加以论述。

3.1 单弱机单强机结构

单弱机单强机结构应用是指移动 Agent 从弱机移动到强机上运行,Agent 移动的目的是利用强机的 CPU 处理能力或资源,高效地完成任任务。例如,我们可以将复杂、耗时的计算工作在远程的强机上运行,单弱机单强机结构体现了弱机主动性。

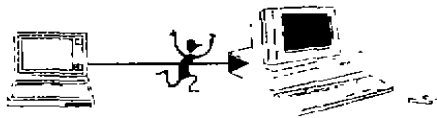


图1 单弱机单强机结构

移动 Agent 结构为应用带来了极大的灵活性,这种面向用户的结构使得用户可以在系统运行时自主地指定软件运行方式,而不是象传统的客户/服务器模式那样,客户端只能实现在服务器方已经提供了的功能。

开发具有高度灵活性的个性化系统是最能体现移动 Agent 技术的应用,也是软件开发和设计中具有新意的领域。例如,在旅游应用中,移动 Agent 可以事先为旅游者选择最好的航班或交通方式,选择适合用户要求的旅馆以及相关旅游信息和服务,重要的是,移动 Agent 可以监视这些状态的变化;例如价格的变化、航班的变化等,Agent 对这些变化做出自己的判断和处理,并及时向旅游者报告详细信息。例如,第一个商业应用系统是 SONY 公司的 Magic Link PDA^[1-2],主要用于管理用户的电子邮件、传真、电话、寻呼机以及支持 Telescript 的消息和通讯服务,例如 America Online 和 AT & T 公司的 PersonaLink 服务, Magic Link 操作通过 Magic Cap 软件平台完成,每个 Magic Cap 用

户通过电子邮件发送可执行的 Telescript Agent,移动 Agent 完成用户指定的任务。

PDA 应用 PDA 是小型的轻便的手持机,但是 PDA 的软、硬件能力有限,不能在 PDA 上进行复杂的计算,采用 Agent 技术,在个人助理方面,可以管理用户的会议日程并且与其他参与者协商以确定一个统一的时间和会议地点;在分布式计算方面可以指定任务,在远程节点中功能强大的机器上进行具体的计算、运行,充分发挥 PDA 和高性能机器各自的优点,扩展 PDA 的功能,例如,Listcenter^[3]等开发了基于个人通讯主体(Personal Communication Agent, PCA)和服务适配器来进行用户通讯管理的系统,PCA 的行为、作用由用户指定并保持用户的优先控制权,这是一个个性化很强的系统,系统的实现采用了 Java Expert System Shell(JESS)和 KQML 语言。

财政应用:例如在股票系统中,移动 Agent 能够监视股票、计算净价值、跟踪股票动态、提醒用户,Agent 可以离线运行,不断地收集信息、分析信息,并在用户希望查看时显示当前状况。

无线通讯、计算领域,特别是便携式数字设备(Portable Digital Device, PDD)移动计算软件的开发:当前,缺乏满足位置移动、网络间断、用户定制等特点的软件系统是限制 PDD 使用的最大的瓶颈,采用移动 Agent 结构和技术可以开发出符合 PDD 系统要求的软件,提高系统移动计算的能力。

3.2 单强机单弱机结构

单强机单弱机结构应用是指强机发送移动 Agent 到弱机上运行,Agent 移动的目的是减轻强机的负担,将大任务分解为小任务,在弱机上完成一部分任务,采用这一结构可以解决当前 C/S 结构中服务器负担过重的问题,典型的应用领域有网上财务结算;网络财务可以实现动态处理功能,网络财务下的会计可从事后的静态核算达到事中的动态核算,能便捷、迅速地产生各种反映企业经营和资金状况的动态财务报表、报告等,极大地提高财务处理活动的及时性。



图2 单强机单弱机结构

3.3 单弱机多强机结构

单弱机多强机结构应用是指由弱机发送的移动 Agent 在多个强机上移动,Agent 移动的目的是充分利用多强机(服务器)提供的服务或利用强机的丰富资源,典型的应用领域有:

群件管理,在群件规划应用中,当用户分布比较广、经常出现网络断开的情况下,应用移动 Agent 结构比较理想,Agent 可以作为代理来解决网络连接不稳定的问题,多个移动 Agent 也可以合作地解决全局规划问题,并可以负责将重要事件通知给用户。



图3 单弱机多强机结构

工作流应用:移动 Agent 可以在分布环境下实现工作流应用,移动 Agent 的特点使得 Agent 适合于观察、等待和动态决策,移动 Agent 携带用户的请求,在用户与系统、系统与系统之间移动,对相关的异构数据库进行查询、操作,并在关键事件发生时执行相关动作。这种在系统间携带动态工作流移动的方式一般是由用户驱动事件实现的。以下是几个典型的系统。

SportsFinder^[5]是由澳大利亚 Melbourne 大学开发的移动 Agent,系统从 WWW 中收集体育记录,由用户填写查询表格,根据用户填写的内容,Agent 自动产生运行代码,在 Agent 运行的过程中,可以动态地进行学习,从而提高移动 Agent 系统的性能。

MIT 媒体实验室开发了 Hive 系统^[6],Hive 的结构采用了生物体结构,由 cell、shadow 和 Agent 组成,分别对应着网络节点环境、本地资源和计算实体。Agent 可以在 cell 间移动使用 cell 中的本地资源,并可以与其它 Agent 合作,这使得系统更为灵活、开放。

电子商务:电子商务涉及计算机研究和应用的各个领域,具有信息丰富、处理内容、方式丰富的特点,既包括顾客从不同商家收集信息的过程,也包括商家之间或商家内部之间的货物调剂、系统安全性保障、支付机制、仓储管理等过程。因此,电子商务应用中既存在单弱机多强机结构,也包括单强机多弱机结构,还可以包含混合结构。在实际中,虽然客户购买行为(Consumer Buying Behavior, CCB)模型有多种,如 Nicosia 模型、Bettman 信息处理模型等,但是所有模型的共性是都必须具备六个基本的商务过程,即身份认证、商品经纪(购买何物)、批发(从何处购买)、协商(确认购销业务)、购买与发货以及商品服务与购买决策评价。在每个商务过程中,移动 Agent 都能扩充电子商务系统的功能,例如在传统客户/服务器模式下,商家一般是被动的,引入了移动 Agent 后,商家可以具有一定的主动性等商务才能真正地得以实现;对商家来说,主动行为包括移动销售,移动广告、移动咨询。对于买家来说,可以主动地对不同商家的产品进行比较、挑选。下面是几个典型的基于移动 Agent 的电子商务系统。

PDA@Shop^[7]是由 MIT 开发的基于移动 Agent 的 PDA 系统,该系统是用户方主动的系统,用户自主地确定购物意向,系统根据用户的要求进行比较购物。例如,电子市场中的动态购物(监测),为客户服务的 Agent,由客户指定允许该 Agent 购物的基本条件,即让 Agent 在多个电子商店的柜台间四处游走,关注指定商品的价格,当价格降到客户指定的水平之下的时候返回给客户,由客户确认是否实施购买动作。

Personalogics 系统^[8]可以按照用户的需求缩小产品的搜索范围,由购买者指定货物的特征,系统引擎排除不符合指定特征的产品并返回所有满足硬性条件的商品列表。

Jango 系统^[9]是对另一个移动 Agent 系统——BargnFinder 系统的扩展,两者都是基于在线价格对比机制的移动 Agent 购买系统,主要的区别在于后者在商家不提供商品价格查询服务时,系统无法对商品的价格进行比较,而前者不同,当顾客确定了商品后,只要各商家在各自网站上公布了商品的价格,系统就可以查询各商家该产品的价格,即使商家不希望顾客查询、比较商品价格时也能工作。

Fierfly 系统^[10]也是一个查找产品的系统,但是采用的不是基于商品特征的过滤方法,而是通过 ACF (自动合作过滤, Automated Collaborative Filtering)机制来推荐商品,这个方法类似于查找同类商品排行榜为用户提供满意的商品,当前的系统主要用于推荐音乐和书籍。

Kasbah 系统^[11]是由 MIT 媒体实验室开发的电子商务系统,用户或商家首先根据自己的购买策略和意向创建移动 Agent 将其发送到 Agent 市场中,Agent 可以自主地挑选潜在的购买者或销售者,并且根据自己的利益与对方协商,在这里买方或卖方指定的条件可能是价格、交易完成日期等。

AuctionBot^[12]是位于 Michigan 大学的拍卖服务器, AuctionBot 用户可以选择拍卖类型及指定相关参数来创建新的拍卖会,拍卖发起者预先给出价介, AuctionBot 对拍卖过程进行管理,保证买卖双方根据拍卖方式进行投标,系统提供了 API 供用户创建自己的 Agent, AuctionBot 系统与其他拍卖系统,如 Onsale 公司^[13]和 Ebay 公司^[14]的拍卖系统不同的是,系统提供了 API 允许用户自主地选择竞标方针、创建自己的 Agent, Agent 在投标市场上自主地完成投标任务。

分布式决策支持领域:例如,在进行商品购买应用中,顾客希望在比较多个节点上的商品价格之后,再决定是否购买、在何处购,这将是处理时间较长的应用,为了避免对网络的不必要占用,可发送移动 Agent 进行信息的自动收集、价格的比较等。

移动电话网络应用:随着移动电话网络数字化以及传送数据的可靠性的提高,附有微型互联网浏览器(Microbrowser)的移动电话将会面世。使用这种移动电话,用户在电话的屏幕上浏览经特别设计的网页。部分电话还会附有特大的屏幕和键盘,使上网更容易。不过,这只是移动电话功能扩展的开始,实现了与 Internet 的连接,但是,其面临的问题仍然是网络带宽利用率、网络间断性等 PDD 应用所必须解决的,移动 Agent 技术提供了一种有效的解决方式。特别是,Web 浏览器环境,包括 Java 虚拟机、安全认证、通讯方式等,对移动 Agent 的支持使得移动 Agent 技术成为新一代网络应用开发的关键技术。

3.4 单强机多弱机结构

单强机多弱机结构应用是指由强机发送的移动 Agent 在多个弱机上移动。Agent 移动的目的是收集弱机的有关信息供强机使用,例如,收集网络节点的信息以便进行有效的网络管理。

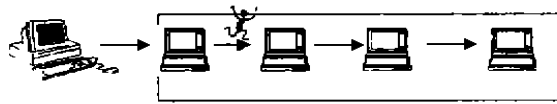


图4 单强机多弱机结构

网络管理:网络管理应用集中解决如何对动态的网络节点进行有效的管理^[15,16]。首先,网络结构的特点之一是广域网、局域网具有不同的传输速率,集中式网络管理没有充分利用这个特点,管理中心为了实现任务大量地消耗了网络带宽,采用移动 Agent 技术可以指定移动 Agent 的任务,让移动 Agent 在局域网上不同节点收集信息,而不需要与每个节点直接通讯;其次,采用移动 Agent 可以有效地将管理中心处理的功能合理地划分到相应的节点上,减轻服务器的负担;最后,采用移动 Agent 技术可以进一步促进人工智能技术在网络管理中的应用,如多个移动 Agent 间通过交流网络信息进行合作,不需要访问所有节点以快速收集所有节点的信息。例如,Nelson^[17,18]等采用移动 Agent 模拟计算机网络结构,实验以移动 Agent 都具有网络结构的完备知识作为模拟结束条件,移动 Agent 在网络上自由移动,线程可以从一个计算机移动到其它计算机上运行,Agent 负责收集在移动过程中所路过节点的路由信息,并创建一个映射用于未来的路由决策,实验表明移动 Agent 能够很好地完成网络路由管理功能。

数据挖掘等数据库领域,Goldberg 和 Sentor 开发的 FAIS 系统^[19]对大现金事务进行考察以确定潜在的

洗钱行为,决策的关键在于对大数据空间进行数据挖掘和信息收集,移动 Agent 对各节点的现金情况进行分析、过滤并收集各节点的信息,最后将各节点的信息汇总处理,这一过程耗时长,而且没有必要长期保证网络的连接性,因此,采用移动 Agent 模式是合适的。

3.5 多弱机多强机混合结构

多弱机多强机结构应用是指移动 Agent 在多个弱机和强机上移动。Agent 移动的目的是利用多强机(服务器)提供的服务或资源以及收集弱机的信息来完成任



图5 多弱机多强机混合结构

移动 Agent 可以方便地访问和利用网络资源,并且和其它 Agent 进行通讯,它们既可以相互之间交换各自的知识,也可以共同合作并发性地完成任

务。在分布式人工智能、网络管理等领域具有广泛的应用前景。例如,在网络管理应用部分所提到的 Nelson 等人的研究中,不仅采用了单移动 Agent 方式,而且对相互合作的多移动 Agent 方式、不同移动算法进行了研究,实验表明采用可进行路由信息交换的多移动 Agent 方式能够大大提高网络管理系统的效率和性能。

保健医疗:保健医疗体系^[20]的过程包括定期健康检查(应用计算机技术,健康检查可以更为频繁)、健康宣传、健康咨询、病情推测、病情确认、治疗、健康复查等。疑难病的治疗常常需要多个专家会诊,移动 Agent 的对等结构具有很大的优势,移动 Agent 既可以从被服务方(病人)发出,也可以从服务提供方(专家)发出。专家具有大量的医疗知识,因此,每个病人不可能配备一个专家,专家方主动发送的 Agent 多用于对不同节点的人群或病人进行某一领域知识的宣传;在某一医疗领域对不同节点的人进行定期的健康检查,并对检查结果进行分析,这类检查比较适合与突发的专门性疾病,如流行性肝炎等。被服务方发送的移动 Agent 对用于到各个节点上的专家处进行健康咨询和健康复查,在治疗时,监护 Agent 时刻注意病人的情况,一旦出现异常,监护 Agent 可以根据情况判断是否发送移动 Agent 到远程专家。采用与多个远程专家交流的方式或访问位于不同节点的医疗知识库,并由决策 Agent 对各移动 Agent 进行管理、对各 Agent 返回的结果进行分析后采取相应的治疗方法。

(下转第54页)

形式以更清晰地描述网络的行为,例如用二维时间轴表示的三维统计图可表达一段时间内同一时刻的网络行为比较;使用 VRML 技术可以获得可动态旋转和放大缩小的三维拓扑结构表示。

此外,位映象显示也是网络行为的一种图形化表示方法,例如,可以对显示进行设置,使得当某个连接的使用率升高时,它在网络地图中的图像就变粗或改变颜色;网络连接出现错误时其图形可以闪烁;网络连接发生高出错率时可用虚线表示;当设备使用率上升时,它在网络图上的图像可以变大;出错率正在上升的网络设备可以显示出一条裂纹等等,利用位映象显示法的好处是可以对网络设备和连接的一般性能一目了然。

结论 随着计算机互联网络应用的日益广泛,了解网络行为的需求越来越迫切。然而现实的情况是 ISP 将主要精力放在了自己网络的管理和用户需求的满足,缺乏彼此之间的合作来协调对整个网络行为的控制,例如处理性能问题和安全事件;而且缺乏作为判别依据的历史数据(baseline)来发现系统行为的变化。另外网络行为观测的策略与规则也不能适应当前的需要,例如用户或 ISP 信息的私有性与进行网络行为观测的关系并不清晰,这就给确定观测粒度和观测结果

的使用范围带来了困难。网络行为观测的概念主要来自于网络的性能管理,目前面临的问题分为两个方面:高速网络的行为观测和性能管理的可用性,前者主要涉及网络测量的问题;现有的监测工具不适应高速信道;OC-3和 OC-12信道用得越来越多;传统的网管性能数据采集不能满足对于流量模式和发展趋势分析管理的需要;后者涉及用户对网络行为的验证和了解能力;用户缺乏适当的工具和方法来确信或证明自己得到了(或没有得到)应得到的服务质量。

参考文献

- 1 ISMA Report-9/98 Internet Statistics and Metrics Analysis: Engineering Data and Analysis Workshop Report
- 2 Available at: <http://www.ietf.org/html.charters/uppm-charter.html>
- 3 Available at: <http://www.caida.org>
- 4 Claffy K, Monk T. What's next for internet data analysis?. In: IEEE Special Issue on Communications in the 21st Century 85, 1997. 1563~1571
- 5 Claffy K, Miller G, Thompson K. The nature of the beast, recent traffic measurements from an Internet backbone. In: Proc. of INET'98 (ISOC, Washington, DC, 1998)
- 6 Apisdorf J, et al. OC3mon: Flexible, Affordable, High-Performance Statistics Collection. Available at: <http://www.isoc.org/isoc/whatis/conferences/inet/97/proceedings/F1/F1-2.HTM>
- 7 Thompson K, et al. Wide Area Internet Traffic Patterns and Characteristics. IEEE Network, Nov. 1997

(上接第50页)

结论 移动 Agent 的固有特点、支持移动 Agent 的底层技术的不断成熟以及开发工具的不断丰富使得移动 Agent 具有广泛的应用空间, Agent 分布式计算模式是软件开发的又一次变革,一方面对传统的软件开发进行有益的补充,另一方面能够完成传统模式下的软件无法完成的功能。当前移动 Agent 的应用主要集中在弱机主动性方面,特别是单弱机多强机应用中,在强机主动性方面尚待研究;在移动 Agent 应用中,利用强机的服务的应用占多数,利用强机的处理能力的应用占少数。另外,在电子图书馆、网络广告服务、投资咨询服务等领域,移动 Agent 的应用才刚刚开始。

参考文献

- 1 Tardo J, Valente L. Mobile Agents Security and Telescript: [General Magic Technical Report]. 1995
- 2 General Magic. Telescript Language Reference, General Magic, Oct. 1995
- 3 White J E. Telescript Technology: Mobile Agents In Jeffrey Bradshaw, Editor, Software Agents, AAAI Press/MIT Press, 1996
- 4 Meech J F, Impey R. Configuring a Personal Communications Agent, Ramiro Liscano, National Research Council, Canada
- 5 Lu Hongen, et al. Sportfinder: An Information Agent to Extract Sports Result From World Wide Web. University

- of Melbourne, Australia. Available at: [Http://www.practical-application.co.uk/PAAM99](http://www.practical-application.co.uk/PAAM99)
- 6 Minar N, et al. Hive: Distributed Agents for Networking Things, ASA/MA'99, Aug. 1999
- 7 Available at: <http://agents.www.media.mit.edu/grorp/agents/projects/>
- 8 Available at: <http://personallogic.com>
- 9 Available at: <http://www.jango.com>
- 10 Available at: <http://www.firefly.com>
- 11 Available at: <http://ecommerce.media.mit.edu>
- 12 Available at: <http://auction.eecs.umuch.edu>
- 13 Available at: <http://www.onsale.com>
- 14 Available at: <http://www.bay.com/aw>
- 15 Caro G D, Dorigo M. Mobile Agents For Adaptive Routing. In: Proc. of The 31st Hawaii Intel. Conf. On Systems, Jan. 1998
- 16 Cabre G, et al. Network Management Based On Mobile Agents Using Programmable Tuple Space. PAAM99. Available at: [Http://www.practical-application.co.uk/PAAM99](http://www.practical-application.co.uk/PAAM99)
- 17 Minar N. Computer Mobile Agents For Mapping Networks. First Hungarian National Conf. On Agent Based Computing, 1998
- 18 Kramer K H, Minar N, Maes P. Tutorial: Mobile Software Agents for Dynamic Routing. Available at: <http://nelson.www.media.mit.edu/people/nelson/research/routes-coopagents/index>
- 19 Jennings, Wooldridge. Applications of Intelligent Agents. Springer-Verlag, 1997
- 20 Huang J, Jennings N R, Fox J. An Agent-based Approach to Health Care Management. Int. Journal of Applied Artificial Intelligence, 1995, 9(4): 401~420