

新一代开放系统核心架构研究^{*})

——公共 Agent 请求代理体系结构 CARBA

Study of the Next Generation Open System Core Architecture

——Common Agent Request Broker Architecture(CARBA)

张云勇 胡 健 刘锦德

(电子科技大学计算机学院微机所 成都610054)

Abstract After the persistent practice in the 1990's, using "Open System" idea to integrate large scale computer systems has been the consentient fact. In this paper, the new mechanism based on mobile Agent is discussed and the core architecture called common Agent request broker architecture (CARBA) is established in order to embody intelligent collaboration in the next generation open system.

Keywords Open system, Interoperability, CORBA, Common Agent request broker architecture, Mobile Agent, Collaboration, Agent communication language, MASIF

1 新一代开放系统

八十年代中叶计算机技术界出现了“开放系统”这一名称。在随后的商战中,开放系统日显其威力。高举此旗的厂商日趋兴旺,而反其道者日益衰落。此时用户所面临的困惑问题是:何为开放系统?如何组建自己单位即将构造的开放系统?我们经过近十年的研究^[1,2],成功地完成了开放系统描述的研究,其研究成果可简明归纳为:

- 一个开放系统可以用其“轮廓(Profile)”来勾画。

- 轮廓由七个成分所组成,它们是:系统管理(A)、用户界面(U)、安全性(S)、编程服务(P)、互操作服务(I)、通信服务(C)、信息实体(E);七者可用“AUSPICE”一词概括、简称。

- 在构造系统时对其轮廓的七成分均采用适当的标准,其结果将形成开放系统。

多年的实践使我们认识到现有的开放系统与过去的专用系统并非1与0的关系,现实的开放系统在开放程度上大体处于1与0之间。同时,也认识到互操作性在开放系统中具有十分重要的地位,它是高层次开放系统的标志。由于互操作性在开放系统中的重要性,人们较早就开始对其实现作了试探性的研究,但对其作较系统的理论性研究则是九十年代中期的事。十年的努力,技术界已为互操作性的解决,研究和开发出了三种技术,它们是OSF的DCE技术、ISO/ITU的ODP技术和OMG的CORBA技术。

网络的迅猛发展和信息的快速膨胀使得人们在组织、共享、使用信息时面临更多的挑战:如何高效地组织和共享信息;信息既分布,又要紧密结合;如何使开放系统支持信息的组织和不断改变、发展的服务要求;如何使开放系统支持实时的连续媒体服务;如何在开放系统中有效地支持移动计算。传统的互操作性难以满足以上要求,需要新的标准、技术来使开放系统体现高度的智能协作性及移动性,因此移动 Agent 技术应运而生。

Agent 的研究起源于人工智能领域,Agent 是指模拟人类行为和关系、具有一定智能并能够自主运行和提供相应服

务的程序。随着网络技术的发展,可以让 Agent 在网络中移动并执行,完成某些功能,这就是移动 Agent 的思想。移动 Agent 由于具有减轻网络负载、移动性、智能协作等特性^[3],对许多领域产生了非常重大的影响,国外一些主要的厂商分别推出移动 Agent 系统^[4],由于它们采用的技术及设计框架的差异,使得它们难以很好地协调工作,正是在这种背景下,OMG 组织制定了MAF(Mobile Agent Facility)规范,随后改为MASIF(Mobile Agent System Interoperability Facility),并于98年三月正式推出^[5],有效地解决了移动 Agent 之间的互操作性问题。

新一代的开放系统中的互操作中间件如果按照一定的标准设计成移动 Agent,移动 Agent 之间则可以按照 MASIF 规范进行互操作,这样,既体现了互操作性,又体现了高协作性和移动性。

作者在深入研究开放系统、协作移动计算的基础上,参考了OMG的CORBA,建立了一种基于移动 Agent 的开放系统体系结构,本文即为此工作的总结。

2 公共 Agent 请求代理体系结构 CARBA

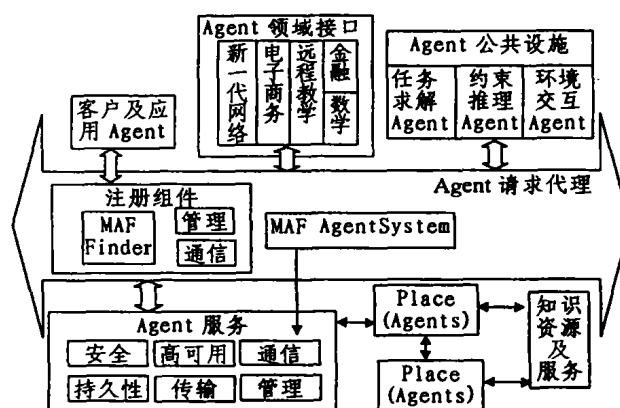


图1 CARBA 体系结构框图

^{*}) 本文得到国防预研基金和国家教育部博士点基金资助,基金编号:99J6. 3. 2. DZ0210。张云勇 博士研究生,研究方向:开放系统与互操作,移动 Agent。胡 健 博士,工程师,研究方向:开放系统与互操作,协作信息系统。刘锦德 教授,博导,四川省科学技术带头人,研究方向:开放系统与互操作、网络多媒体。

如图1, CARBA 主要由四部分构成: 软总线 Agent 请求代理 ARB (Agent Request Broker)、Agent 公共设施、Agent 领域接口和 Agent 服务。另外还有知识库等资源, 保存在移动过程中获取的知识和任务求解结构。CARBA 以 ARB 为核心, 定义了移动 Agent 通过 ARB 透明地发送请求和接受响应的机制; Agent 公共设施提供了较高层次的服务; Agent 领域接口按照应用领域的要求, 建造各种具体的、与领域有关的接口; Agent 服务则提供各种所需的 Agent 底层服务。

2.1 Agent 请求代理 ARB

ARB 为 CARBA 的核心, 负责在分布、异构的环境下传播 Agent 的请求和响应, 是分布式 Agent 间透明通信的基础, 它必须能在异构环境下提供 Agent 的可移植性和互操作性, 为此它必须具有 MAFAgent 系统和注册组件。

2.1.1 MAFAgent 系统是 ARB 提供的主要接口, 具体负责接收 Agent、列出 Agents/places、获得 MAFFinder 接口、获得 Agent 系统类型、获得 Agent 状态等。

2.1.2 注册组件 提供了 Agent 注册机制, 负责管理所有已经注册的 Agent 的信息。为达到此目的, 必须提供以下的服务:

- 管理: 主要提供区域内 Agent 的定位。
- 通信: 与 Agent 内部的通信机制类似, 只不过它提供区域间以及本地 Agent 与远地 Agent 间的交互。
- MAFFinder: 是本组件里主要的接口。提供注册、注销 (unregister)、查询 Agent 等服务。

2.2 Agent 公共设施

提供高层的共享 Agent 集合, 如任务求解 Agent、约束推理 Agent、环境交互 Agent, 可用来组建应用系统。

任务求解 Agent 包括 Agent 任务相关的推理方法和规则。环境交互 Agent 实现 Agent 通信语言 (ACL) 语义, 保证使用相同 ACL 的 Agent 和服务设施之间的正确通信和协调。

2.3 Agent 领域接口

为面向特定领域的接口, 如新一代网络、电子商务、远程教学、金融证券等, 将在第3节阐述。

2.4 Agent 服务

Agent 服务为生成和使用 Agent 提供基本的底层服务集合, 具有:

- 安全: 用访问控制支持内部安全机制。
- 高可用: 提供容错、服务质量、负载均衡等服务。
- 持久性: 本机制提供 Agent 在 Agent 之间迁移时由于某些原因迁移失败、Agent 所驻留的机器意外崩溃等情况下, 有效保存 Agent 相关数据的功能。
- 管理: 负责创建、删除、挂起、恢复执行 Agent 以及拷贝 Agent 的管理。
- 传输: 负责 Agent 状态的串行化、通过 Agent 通信服务迁移 Agent 到目的区域并在目的地重新启动 Agent。
- 通信: 负责不同 Agent 之间 Agent 的迁移, 主要由上述传输服务激发, 提供同步、异步、动态及多播模式。

2.5 Agent 请求/服务

从客户端发出请求, 到执行完成, 应有以下步骤:

- 初始化, 主要由 MAFFinder 接口利用 register-agent() 完成一些相关信息的注册。
- 由 MAFAgent 系统接口利用 receive-agent() 方法接收到客户端 Agent 的请求。随后利用 get-agent-info() 得到 Agent 的类型, 并利用 get-authinfo() 进行认证。

·如果认证失败, 错误返回; 如果认证成功, MAF Agent 系统接口利用 get-MAFFinder() 获得 MAFFinder 接口的引用, 并进行以下的步骤。

·MAFFinder 接口利用注册库中的相关信息, 并利用 lookup-place()、lookup-agent-system()、lookup-agent() 方法得到客户端请求中所迁移目的地的信息。

·客户端 Agent 迁移到目的地, 交互完成工作, 然后返回。

步骤中所列出的接口及其方法, 可利用 IDL 语言定义, 限于篇幅, 这里不再列出, 具体可参考文[6]。

3 Agent 领域接口

3.1 Agent 在新一代网络领域中的应用

3.1.1 Agent 在主动网络中的应用^[7] 由于主动网络的众多优点, 近年来成为研究的热点, 传统的研究方法采用主动节点法和普通的主动包方法, 传统的方法只支持代码迁移, 而移动 Agent 不仅仅如此, 它还继承了 Agent 的主要特性, 如减轻网络负载、异步执行、自治性、动态自适应等, 所以我们提出了利用移动 Agent 来实现主动网框架的构想和方案。框架中包含一组传统节点, 如果使此节点上具有了 Agent 的执行环境及活动模块 (含有定制的协议), 便称其为活动节点。我们的思路是通过移动 Agent 把相关的活动模块利用 ATP 协议携带到目的传统节点上, 使其转化为活动节点, 这样节点间的应用程序便可有效地交互, 具体框架及其流程可参考文[7]。

3.1.2 Agent 在 QoS 管理中的应用 QoS 综合模型要求路径上的路由器都支持 RSVP, 但现实网络中并不如此, 如何在不支持 RSVP 路由器存在的情况下, 保证服务质量, 成了一个非常重要的课题。这里给出一种基于移动 Agent 的 RSVP 隧道 (没有 RSVP 模块的路由器集合) 解决方案, 方案中包含多种 Agent, 如用户 Agent、隧道 Agent 等。其思路如下:

·通过 SNMP, 用户 Agent 查询 RSVP 路由器各自的邻居以及直接的连接, 如果一个 RSVP 路由器没有直接的连接, 说明它必然是边缘路由器, 最后必然会知道所有的边缘路由器, 这样就确定了隧道的结构。

·对隧道路由器, IP 包只是透明穿过, 这样不可避免地带来了延迟, 从而影响了预先协商的 QoS。RSVP 有保证的服务质量建立在漏桶算法基础上, 这种算法里, 整个延迟 (假设为 τ) 平均分布在网络里, 只要平均预留资源的速率 (假设为 R) 不低于 $1/\tau$, 也就是说, 只要每个 RSVP 路由器预留资源的速率不低于 R , 就可以得到有保证的服务质量。但是在隧道存在的情况下, 每个 RSVP 路由器, 由于在隧道里产生了大量的延迟 (定义为 τ' , 可以通过隧道 Agent 发送一个带有时间戳的消息, 然后再接收此消息, 计算而得到), 如果预留资源的速率仅仅满足不低于 R , 还是不能得到有保证的服务质量的, 所以解决隧道问题, 关键是提高每个 RSVP 路由器预留资源的速率, 以弥补在隧道里产生的延迟。即每个 RSVP 路由器新的资源预留速率至少是 $R' = R + \delta$, 其中 $\delta = 1/\tau'$ 。隧道 Agent 正是通过速率的弥补来解决 QoS 隧道问题的。

另外 Agent 还可以用于多播的构造、网络即插即用 (PnP) 的实现等方面, 这里不再赘述。

3.2 Agent 在电子商务/远程教学领域中的应用^[8]

在 B2B 电子商务系统中引入 Agent, 可以提高协作性和实时性。基于 Agent 的 B2B 电子商务系统流程如下:

·用户通过 Web 浏览器向智能用户 Agent 发出信息访问请求。

·智能用户 Agent 请求本地信息查询 Agent 完成本地信息查询服务。

·在完成本地信息查询后,可以根据用户请求进一步提供协同信息查询服务。首先由协同信息查询 Agent 向中介 Agent 系统请求有关其它 Agent 系统的属性信息。

·在获取其它 Agent 系统的上下文环境信息后,协同信息查询 Agent 便可将携带相关操作请求的移动 Agent 派往其它信息节点,在代表它们的 Agent 系统的上下文环境中请求本地信息查询 Agent 完成有关操作,操作完成后再将结果一次返回。

·必要时,不同的协作信息系统可以通过各自的中介 Agent 系统结成联盟,以进行范围更为广泛的信息共享。

至于远程教学领域的接口,类似于电子商务接口。

3.3 Agent 在金融证券领域中的应用

目前金融证券领域存在一些违章操作,在此领域里引入实时预警 Agent,可通过它动态收集数据、智能分析后,实时传递给监管人员,并发出警告,大大缓解了监管的复杂性。

3.4 Agent 在求解数学领域中的应用

可用 Agent 来解决一些线性规划问题,由于 Agent 的复制可以是同时的,因此求解过程具有并行性;而且求解过程是基于目标驱动的;另外程序实现的时间复杂度低。

4 新一代开放系统智能协作性

上述的 CARBA 体现了新一代开放系统中的互操作性,至于协作性,本文提出两种方案:一种是直接体现移动 Agent 通信语言(ACL),即在 CARBA Agent 公共设施环境交互模块中实现 Agent 通信语言 ACL 模块;另一种则是间接体现 ACL,即用 IDL(接口定义语言)/ACL 网关来体现 ACL。第一种方案比较彻底,第二种方案则比较方便,但是效率略低,以下分别阐述。

4.1 基于 ACL 的方案

移动 Agent 通信语言(ACL)^[9]基于语言行为理论(speech act),定义了 Agent 及服务设施间协商过程的语法和语义。ACL 模块具有常用基本谓词模块、网络相关谓词模块和服务设施相关谓词模块,其 IDL 描述,可参考文[10]。

4.2 基于 IDL/ACL 网关的方案

在 Agent 研究领域,除了 OMG 组织,FIPA 也是一个非常重要的组织,FIPA 相应的规范^[11]中更好地体现了 Agent 的智能性。本方案以 IDL/ACL 网关为核心,将 CARBA 提供的一些 Agent 服务映射成 FIPA 的规范格式。其映射主要如下:

·CARBA ARB MAFFinder 到 FIPA 目录服务设施(FIPA DF)的映射。

·CARBA ARB Agent System 到 FIPA AMS 的映射。

·CARBA 资源接口到 FIPA Agent Wrapper 的映射。

有了这些基本的映射机制,利用 IDL/ACL 网关,便可以实现与 FIPA 规范相符的智能 Agent 系统间的互操作,充分利用 FIPA 的智能性。

5 CARBA 高可用服务

5.1 容错服务

容错机制是 CARBA 系统服务质量的重要评价标准,也是 CARBA 优势得以体现的重要手段。CARBA 系统必须考虑到移动过程中可能存在网络故障、服务设施故障、长时间停

机等情况造成的移动 Agent 破坏和失败。CARBA 中的容错策略可有:(1)创建相同任务的多个备份在网络中独立运行,在任务结束后比较结果;(2)集中式容错:特定的服务器保留移动 Agent 的原始备份并实施跟踪,通过重发原始备份恢复失效的移动 Agent;(3)分布式容错:将容错责任分配到网络中多个非固定的站点进行。这里阐述基于第一种容错策略的一个容错模块。

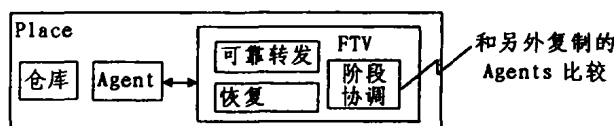


图2 容错模块示意图

如图2,在 CARBA 库所(Place)中,增加容错表决器 FTV (Fault Tolerance Vote),按照少数服从多数的表决规则,保证了系统的正确运行。

5.2 QoS 服务

CARBA 提供了分布计算所需的多项服务,但是随着 CARBA 应用于多媒体环境和实时开放系统时,端到端的 QoS 保证成为了关键,借鉴 QoS 及流规范, CARBA QoS 服务的原型采用了在 CARBA ARB 上挂接一 QoS Agent 的办法,此 QoS Agent 具体负责应用层、操作系统层、网络层间 QoS 参数的翻译、转换及和 RSVP 协议的交互工作。

5.3 负载均衡服务

为了提高 CARBA 分布处理的系统吞吐量,引入负载均衡机制非常必要。和上述 QoS 服务类似, CARBA 负载均衡服务原型中,也采用了在 CARBA ARB 上挂接一负载均衡控制 Agent,当接受到客户 Agent 的请求时,此控制 Agent 将请求动态路由到服务 Agents,为了达到最优化,控制 Agent 在动态路由时可采用蚁群算法(Ant Colony System)。

6 实例与总结

我们利用 Orbix Web 3.0^[12]实现了 CARBA 的一个原型,并且进行了测试,测试模型如图3所示。测试平台为 Solaris(Orbix Web3.0,客户应用 Agent)和 NT(Orbix Web3.0,服务 Agent)。

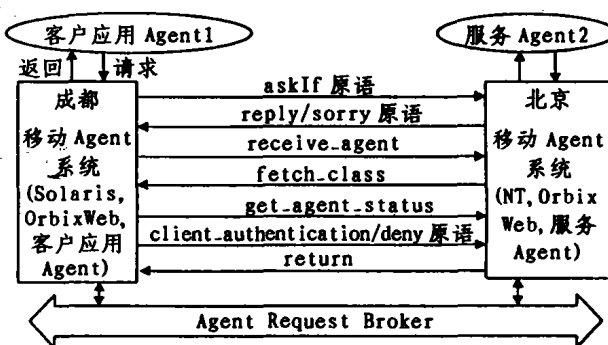


图3 利用基于 CARBA,完成查找功能的连锁店模型

```
(askIf
:content {Have goods? x}      内容层
:sender   chengdu              通信层
:receiver beijing
:reply-with idl
:language KIF//语言,也可为 Prolog
:ontology  NYSE-TICKS//共享语汇
成都向北京发送的查询货物的 askIf 原语
```

(下转第59页)

销定位过程增加要求和响应信号配对实现对 Q. 93B 信号协议移动增强。定位过程是在移动终端初始化即它通电时对网络发布的。移动终端在服务网络离开无线 ATM 网络有效区域时从服务网络撤销定位。转移过程在终端从一个接入点到另一个接入点改变其网络连接点时对负责有效连接重新布线(ATM 虚通路)。定位校正过程在终端连接到新的接入点之后才启用。MMC 从调用控制层检索有关连接及其状态的信息,转移过程能够既由移动终端也由网络始发。全部移动管理信号是与标准 UNI 信号频道平行地被送到 Q. SAAL 层之上的移动增强 ATM 交换机的。除了移动增强 ATM 交换机和调用控制层之外,MMC 层还与使用 LCP 层服务的无线子系统中的数据链路控制层交互作用。MMC 在转移决策中使用从 DLC 层检索来的信号。MMC 在成功转移之后还对 DLC 层的重新配置负责,也就是它可以指令 CC 层在转移不成功或 DLC 层表明链路损失的情况下断开一切有效连接。

调用控制(CC)层是处于 Q. 93B 信号用户层和标准 Q. 93B 信号实现之间的中间层。各信号用户层将 CC 层视为标准 Q. 93B 信号服务提供者,而 Q. 93B 层将 CC 层视为正常信号服务用户。CC 层保留各连接及其状态的频道,供移动终端的 MMC 实体使用。各连接及其状态表按 MMC 的要求在 MMC 和 CC 实体之间交换。MMC 实体也可以要求 CC 层断开全部连接。在此种情况下 CC 层向信号用户和 Q. 93B 发布拆接指令。除了与 MMC 层的信息交换之外,在新连接被请求或旧连接断开时,CC 层经 LCP 层与无线子系统交互作用。当新的连接正在建立时,CC 层为该新连接从 DLC 层请求资源。如果资源为有用的,DLC 层接受该连接并且 CC 层将连接请求向 Q. 93B 层前移。如果资源不能被 DLC 层分配,连接设置优先取舍权要对有关信号用户给以指示。当连接断开是由信

号用户和网络启动时,CC 也要给 DLC 软件发送连接断开信号,这能够停止连接的调度和撤销已保留的资源分配。CC 层还要对标准 UNI 和移动特殊信号之间的同步负责。使用 LCP 层的传输服务 CC 层和 DLC 层之间的报文交换是安全可靠的。

LCP 层实现简单的停等协议,该协议用于在移动终端和无线子系统之间对 AAL5 层传送控制报文。

结束语 无线 ATM 结构采用的是 BRAN 参考模型。在无线 ATM 系统中终端是为 ATM 核心网络优化的。无线移动终端软件的模块结构大大促进了新开发的平台的适用性。灵活的软件结构甚至可以把同一个终端服务用于另外一个核心网络和无线接入技术。比如,规定的移动终端结构能够有效地改进来支持 IP 转移技术,其作用是实现相关的 IWF 实体。无线 ATM 通信网中的移动管理控制技术仍在研究发展之中,相信有较好的发展前景。

参考文献

- 1 Raychaudhuri D. Wireless ATM networks: architecture, system design and prototyping. IEEE Personal Communication Magazine, 1996, 3(4): 43~49
- 2 Walke B, Petras D, Plassman D. Wireless ATM: air interface and network protocols of the mobile broadband system. IEEE Personal Communication Magazine, 1996, 3(4): 50~56
- 3 Awater G, et al. Magic WAND: the DLC implementation, ACTS Mobile Communications Summit. Aalborg, Denmark, Oct. 1997. 271~275
- 4 Mikkonen J, et al. The Magic WAND—functional overview. IEEE JSAC Journal, 1998, 16: 953~996

(上接第80页)

(sorry
:sender beijing
:receiver chengdu
:in-reply-to id1//对 id1 的回答
:reply-with id2//提供给 id1 的进一步信息)
北京无此货,向成都发送的 sorry 原语

说明:该模型可视为连锁商店模型。设 Agent1 为某连锁商店成都分店的库房主管,Agent2 为北京分店的库房主管,现在成都对某商品缺货,需查找北京有无此货。首先它利用 ask-if 原语询问北京库房主管有无此货,北京库房主管在库房里寻找,如果有此货,向 Agent 发送 reply 原语,此时成都主管创建产生一个新的 Agent 到北京分店的库房里查找(实际上基于安全上的考虑,还有一个北京对成都的认证过程,如果认证失败,北京向成都发送 deny 原语),并把货物的信息发送给成都的主管;如果没有此货,则向成都主管发送 sorry 原语,成都主管可根据原语中的 reply-with id2 域进一步和 id2 城市联系。这里特别强调两个地方系统不一样,通过这个实验,我们验证了此互操作中间件的有效性,同时也验证了智能协作性。

移动 Agent 不同于基于过程的 RPC(如 OSF/DCE 中的),也不同于面向对象的对象引用(如 OMG/CORBA,OLE/DCOM 和 Java/RMI 中的),其独特的对象传递思想和卓越的特性给开放系统带来了巨大的革新。目前国内技术界大多从人工智能的角度来研究 Agent,所以很难实用化;我们另辟蹊径,从开放系统、分布处理的角度对其作深入研究,为移动 Agent 的实用化作出了一些有益的探索。希望通过一个基于

MASIF 规范移动 Agent 的新一代开放系统 CARBA 的阐述,以期引起国内技术界对移动 Agent 实用化的关注和探索。

参考文献

- 1 刘锦德. 对于开放系统内涵的澄清. 计算机应用, 1997, 17(6): 1~3
- 2 电子科技大学微机所. 开放系统中互操作技术的发展和前景: [中国国防科学技术报告]. 2000
- 3 张云勇. 面向 Agent 的软件工程: [电子科技大学计算机学院博士生研究报告]. 2000
- 4 Agent Construction Tools, Available at: <http://www.Agent-builder.com/AgentTools/index.html>
- 5 OMG Joint Submission. Mobile Agent System Interoperability Facility. November 1997. Available at: <ftp://ftp.omg.org/pub/docs/orbos/97-10-05.pdf>
- 6 张云勇, 刘锦德. 移动 Agent 互操作性研究. 计算机科学, 2001, 28(9): 74~77
- 7 张云勇, 刘锦德. 一种基于移动 Agent 的主动网的框架方案. 计算机应用(已录待发)
- 8 张云勇, 胡健, 刘锦德. 基于移动 Agent 的 B2B 协作电子商务系统. 小型微型机系统(已录待发)
- 9 Vieira S. FIPA-ACL. Available at: <http://www.cs.helsinki.fi/u/kraatika/Courses/Agents/fipa-acl.html>, 1998
- 10 张云勇, 刘锦德. 移动 Agent 互操作插件智能性扩展. 小型微型机系统(已录待发)
- 11 FIPA. FIPA98 Draft Specification: Part11: Agent Management Support for Mobility, FIPA8415, Version 0. 3, Foundation for Intelligent Physical Agents, April 1998
- 12 OrbixWeb 3. 0 Beta Programmer's Guide, September, 1997. Available at: <http://www.iona.com/>