

中国矿业大学研究生教材

Yidong Zhineng Daili Jishu

移动智能代理技术

殷兆麟 王潜平 丁颖 刘厚泉 朱长征 编著

YIDONG ZHINENG DAILI JISHU
China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学研究生教材

移动智能代理技术

殷兆麟 王潜平 丁 颖 编著
刘厚泉 朱长征

1

中国矿业大学出版社

内容简介

本书简要介绍了分布式技术的发展背景及在相关领域发挥的作用,并就移动代理技术、智能代理技术、言语行为智能代理的 FIPA 规范、MASIF 与 FIPA 两种代理规范的代理系统的集成、代理与非代理软件的集成技术、代理系统支持的动态虚拟企业和基于代理系统 Grasshopper 的移动代理开发技术等内容进行了较为详细的介绍。

本书可作为大学计算机科学与技术系、通信信息系高年级学生和研究生的教材或教学参考书,也可供相关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动智能代理技术/殷兆麟等编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2006.8

ISBN 7 - 81107 - 297 - 1

I. 移… II. 殷… III. 互联网络—网络服务器
IV. TP368.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 042770 号

书 名 移动智能代理技术

编 著 殷兆麟等

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 印张 20 字数 400 千字

版次/印次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着网络技术和网络应用的飞速发展,越来越需要灵活而高效的计算模式。从 Client/Server 到 Browser/Server,伴随网络应用的逐步发展,面向对象的分布式计算模式和环境(CORBA、.NET、J2EE 等)越来越普遍地得到应用,但是 Internet 的规模性、复杂性和应用多样性的无限膨胀,呼唤着革命性的计算模式。代理技术则是在这种背景下产生的一种新的计算模式。

网络技术和人工智能技术的发展,智能代理(简称代理)技术成为这两个领域最佳的切合点。代理更适合动态、实时、分布环境下的信息搜索、决策等应用,因此也成为构造非静态和非封闭环境下应用的重要工具。基于 BDI 理论的代理具有传统人工智能的符号推理和可验证的特点,而代理协作融合了分布环境下各代理的自我认知和推理能力,将原先分散和局部知识的代理构造成一个相对强大的具有各种知识背景的智能社会,从而能解决许多单代理无法解决的问题。

移动代理技术在复杂的网络应用中有着明显的优势,如减少网络流量、支持客户机和服务器的异步、便于负载均衡和容错、支持移动客户和服务定制等,因而在通信领域已得到令人信服的应用。

代理平台是方便用户开发的代理技术应用环境。为了支持不同开发者开发的代理平台的开放性,目前出现了两种有代表性的代理系统规范 MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility)和 FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)。MASIF 主要针对移动代理规范,FIPA 主要针对智能代理。虽然移动代理和智能代理的起源、侧重点、实现、应用平台以及使用领域明显不同,但两者的目标都是实现代理之间交互的灵活性和适应性,尤其是在经常变化的环境里分布式系统之间或者内部的互操作。每个模式都有它自己最适合的应用背景。探讨协调和集成这两种标准将对代理技术未来的发展产生影响。

代理技术有着广泛的应用领域。但是,目前移动代理的安全问题成为其商业应用的障碍,智能代理的本体,特别是中文本体还有许多理论与技术的问题等待研究。本书更多地从工程的观点介绍了代理技术的研究热点、新技术和新方法,理论与应用密切结合。

本书是“代理平台的分析与开发”和“代理规范融合与代理安全”两项科研项目的结晶。这两项科研项目得到教育部东南大学计算机网络重点实验室、南京

大学国家软件新技术重点实验室的资助,得到中国矿业大学研究生教材出版资金的资助,作者在此表示衷心的感谢。

感谢我国著名人工智能科学家史忠植向我们提供他们自己开发的代理平台 MAGE 及相关资料。

本书多处引用了沈琦有关代理安全的博士论文、胡晶晶有关代理技术在虚拟企业中应用的博士论文,以及秦国华、时百顺、朱敏、赵嫣红、李小彬、徐月美等 10 多位有关代理技术研究的硕士论文,在此表示感谢。

在本书编写过程中郭天文、孔亮亮、朱学伟、孙奎、路鹏、张赛男、张丽丽等帮助做了大量工作,本人也深表谢意。

由于作者的水平有限,书中难免存在某些缺点,恳请广大专家和读者赐教。

殷兆麟

2005 年 12 月于江苏徐州

目 录

第 1 章 分布式技术概述	1
1.1 背景	1
1.1.1 通信和应用技术的进步	2
1.1.2 电信市场的垄断在打破	2
1.2 开放式系统中交互技术的发展	6
1.3 在基于知识交互中代理技术的作用	7
1.4 本章小结	9
第 2 章 移动代理技术	10
2.1 引言.....	10
2.2 移动代理.....	10
2.2.1 移动技术.....	10
2.2.2 标准.....	12
2.2.3 移动代理平台.....	14
2.3 本章小结.....	18
第 3 章 智能代理技术	19
3.1 智能代理.....	19
3.1.1 代理的广义概念.....	19
3.1.2 代理的狭义概念.....	19
3.2 智能代理结构.....	20
3.2.1 反应型.....	20
3.2.2 慎思型.....	23
3.2.3 混合型.....	28
3.3 BDI 模型.....	29
3.3.1 分支时间逻辑.....	30
3.3.2 可达世界语义.....	31
3.3.3 一阶公式中的语义.....	32

3.3.4	事件的语义	33
3.3.5	信念、目标和意图的语义	33
3.3.6	公理约束	34
3.3.7	承诺	36
3.4	BDI 代理推理	37
3.4.1	BDI 结构的概率和效益扩展	38
3.4.2	引入概率及效益的可达世界语义	39
3.4.3	语义条件	42
3.4.4	决策树建模	43
3.4.5	可达世界的慎思	47
3.5	代理协作	49
3.5.1	代理联合意图	50
3.5.2	代理协作的体系结构	53
3.5.3	一个用于协作解决问题的信念— 愿望—联合意图结构	56
3.5.4	智能代理交互技术	59
3.5.5	言语行为代理	63
3.6	智能代理平台	66
3.6.1	IBM 代理构建环境开发工具包	66
3.6.2	JATLite	68
3.6.3	Bee—gent	68
3.6.4	JIAC	69
3.7	本章小结	69
第 4 章	言语行为智能代理的 FIPA 规范	70
4.1	言语行为智能代理的 FIPA 规范	70
4.1.1	概述	70
4.1.2	FIPA 代理管理结构	70
4.1.3	FIPA Ontology Service	73
4.2	FIPA 代理通信语言	73
4.2.1	对代理的要求	74
4.2.2	消息的结构	74
4.2.3	消息参数	75
4.2.4	消息内容	75

4.2.5	消息内容的表示	76
4.2.6	通信动作	77
4.3	通信动作详解	78
4.4	交互协议	94
4.4.1	协议操作的约定	95
4.4.2	定义协议	95
4.5	本章小结	98
第 5 章	兼容 MASIF 与 FIPA 的代理平台	99
5.1	解决方案	99
5.1.1	代理框架	99
5.1.2	集成 IA 和移动代理的框架	99
5.1.3	电信服务交互的 Speech Act	108
5.1.4	代理通信面向对象、知识、Web 的内容语言	109
5.2	代理平台结构	110
5.2.1	基于知识的代理交互的层次结构	110
5.2.2	代理平台	111
5.2.3	代理通信语言	111
5.2.4	代理通信的内容语言	113
5.2.5	XML 作代理通信语言	114
5.2.6	RDF 作代理通信语言	116
5.3	IA 和移动代理集成平台的实现	121
5.3.1	集成平台的体系结构	121
5.3.2	AMS	124
5.3.3	DF	125
5.3.4	ACC	128
5.4	本章小结	131
第 6 章	代理与非代理软件集成技术	132
6.1	概述	132
6.1.1	ARB 代理	133
6.1.2	WRAPPER 代理	133
6.2	代理与软件系统集成规范	134
6.2.1	参考模型	134

6.2.2	ARB 服务	136
6.2.3	FIPA-ARB Ontology	137
6.2.4	WRAPPER 服务	142
6.3	本章小结	155
第 7 章	代理平台支持的动态虚拟企业	156
7.1	概述	156
7.2	基于 Agent 的企业过程建模	157
7.2.1	虚拟企业业务域分析和说明	157
7.2.2	虚拟企业体系结构设计	160
7.3	虚拟市场及业务过程说明、注册和管理	161
7.3.1	虚拟市场	161
7.3.2	业务过程说明和注册	161
7.3.3	业务过程管理	163
7.4	基于 Agent 的工作流管理系统	165
7.4.1	分布式工作流管理系统体系	165
7.4.2	多代理系统的组织	166
7.5	虚拟企业应用示例	168
7.5.1	业务过程说明	168
7.5.2	业务过程库	175
7.5.3	业务过程注册	177
7.5.4	业务过程管理	178
7.5.5	虚拟企业中代理设计	180
7.6	本章小结	188
第 8 章	代理平台支持下的代理应用开发	189
8.1	代理平台 Grasshopper	189
8.1.1	概述	189
8.1.2	分布式代理环境	189
8.1.3	代理通信服务	191
8.1.4	代理平台的安全	193
8.1.5	基于 Grasshopper 的代理开发	194
8.2	简单代理示例	198
8.2.1	Grasshopper 支持四种代理	198

8.2.2	Agent 类的重要方法	199
8.2.3	MobileAgent 类	200
8.2.4	StationaryAgent 类	200
8.3	代理创建和撤消	201
8.3.1	代理创建	201
8.3.2	代理撤消	202
8.4	代理信息	205
8.4.1	AgentInfo 类	205
8.4.2	代理标识 Identifier	208
8.4.3	代理名称和描述	209
8.4.4	代理类地址 codebase	210
8.4.5	Grasshopper 地址和位置(Place)	212
8.4.6	状态和生命周期	213
8.5	移动代理	214
8.5.1	强移动与弱移动	214
8.5.2	移动过程	215
8.5.3	移动信息	216
8.5.4	live()方法的结构化	217
8.5.5	BoomerangAgent 代理	218
8.5.6	方法 action()	221
8.5.7	复制代理 copy()	223
8.6	通信服务	228
8.6.1	简单通信示例	228
8.6.2	创建 Proxy 对象	228
8.6.3	同步和异步通信	235
8.6.4	动态的通信	243
8.6.5	单点广播和多点广播通信	248
8.6.6	访问代理系统和代理域服务器	253
8.6.7	搜索 Grasshopper 代理	254
8.6.8	移动客户代理和服务代理	255
8.6.9	移动通信中的代理	256
8.6.10	与外部应用程序交互	266
8.7	持久服务	275
8.7.1	保存	276

8.7.2 撤出	276
8.7.3 重装载	276
8.8 代理位置 Place	278
8.9 安全服务	284
8.9.1 外部安全	284
8.9.2 内部安全	285
8.10 Grasshopper 和 CORBA	287
8.10.1 CORBA 增强式 Grasshopper 代理	287
8.10.2 CORBA 增强式代理	290
8.11 本章小结	300
附录 缩写词、术语中英文对照	301
参考文献	303

第1章 分布式技术概述

1.1 背景

随着开放的分布式系统的普遍应用,分布式系统中的互操作性已经成为主要问题。因此,计算机科学研究兴趣目前正从计算转向合作。互操作性是异构环境中一个系统与另一个系统合作的能力,在开放的分布式环境中,互操作性决定了应用可重用的程度。传统开放的分布式系统对互操作性的支持主要基于远程过程调用(RPC)、客户机/服务器技术(C/S)及分布式对象技术(DOT)。RPC是分布式资源协同工作的基本机制,图1.1所示是RPC方法的抽象描述。

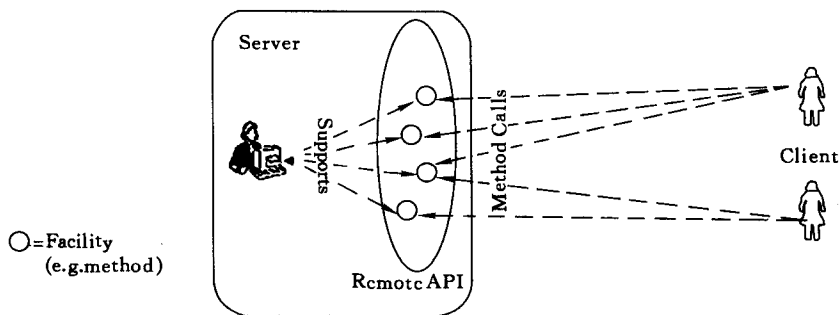


图 1.1 RPC 方法的抽象描述

在 RPC 方法中,服务器方使用按规范定义了的类、方法、属性,提供远程调用接口 API,以方便远程客户使用;远程方法调用基于 C/S 方法。分布式对象技术扩展了 C/S 方法,它使分布式对象在不同的合作环境中既可以作客户也可作服务器。

传统的互操作性是通过共享 API 的定义来实现的,它在合作的客户和服务端之间达成一致。API 定义决定了在服务者和客户应用程序之间所有交互的语法(方法、参数)。

在传统的分布式环境下已经规范了许多标准化框架,以在异构的环境中支持 RPC 交互。在这些结构中,按 API 的定义通常能够自动地为客户/服务器生

成顾客 stub/服务者 skeleton 的代码。通过选择 API, 分布式应用开发环境就能够使用扩展的 stub/skeleton 来实现这种合作。

如果用户需要修改上述 RPC API, 通常必须重新编辑 API 的定义, 重新生成新的 stub/skeleton, 重写应用程序, 然后重新安装/更新受到影响的软件部分。由此可见, 在基于 RPC 的方法中, 对分布式系统动态修改 API 相对困难。

面向 RPC 的软件设计方法是基于语法交互的, 依靠的是相对静态的合作接口和功能。为了降低服务方和客户方应用程序的复杂性, RPC API 接口就要尽量简明, 这迫使 RPC 机制提供给客户的是基本的, 也就是细颗粒(Fine Grain)服务功能。这样, 不同的客户通过组合调用这些细小颗粒的功能, 获得自己所要求的服务。然而, 频繁使用细颗粒服务通常会导致更大量的基本网络资源(信道)的开销。此外, 这种细粒度 RPC 通常会造成服务端通信的拥挤。因此, 传统分布式软件设计方法具有某些局限性。

电信领域目前正经历着引人注目的变化, 这些变化给电信服务和管理带来了新的机遇和挑战。这些变化主要由下面一些因素驱动, 这些变化又成为代理技术发展的动力。

1.1.1 通信和应用技术的进步

电信业在通信和计算技术方面的发展速度惊人, 目前这些新技术包括 ATM/SDH、高性能多媒体设备、移动和卫星电信基础设施, 这些新技术正在彻底地改变电信的面貌, 其发展对电信业有两种直接影响:

(1) 新的通信和计算技术、设备迅速出现, 现有技术、设备、服务换代加快, 通信和计算设施能力迅速扩充, 要求通信和计算方法有更高的灵活性和复杂性(如动态 QoS 管理)。

(2) 通信和计算技术不断革新出现了大批新的应用, 尤其是基于多媒体和面向电子商务的电信应用, 用传统的方法实现它们是不可能的, 这些新的应用对现有的电信基础设施和它们的服务提出了新的要求。

1.1.2 电信市场的垄断在打破

在某些情况下, 电信市场普遍由部门主宰, 他们既是网络提供商又是服务提供商, 其潜力难以挖掘。传统电信服务的客户通常都是终端用户(End-user)。这种市场的垄断阻碍了市场的发展, 导致了相对单一和静态的市场结构。

电信市场垄断的现象在一些国家几乎结束了, 其他国家在不远的将来也将结束, 传统垄断的电信市场将由众多商家去参与。客户个性化的需求要求一个灵活、方便、动态适应的电信服务基础设施。

在传统的垄断的电信市场里,电信服务的管理者承担两种类型的角色:服务提供者(Provider)和用户(User)。图 1.2 所示为信息基础设施中的增值服务链。

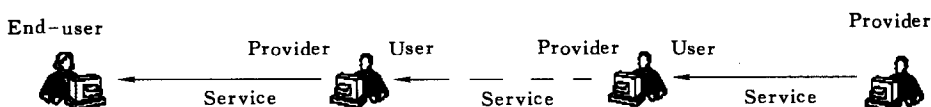


图 1.2 信息基础设施中的增值服务链

该增值服务链中用户和提供商的关系表现为提供商向用户提供服务,正象图 1.3 描述的那样,这种关系是稳定的,不经常变化。

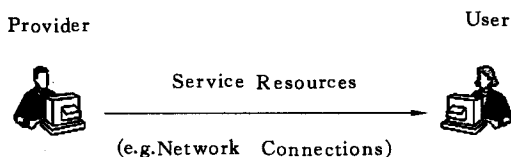


图 1.3 在电信服务中提供商与用户的关系

电信市场的发展导致用户/电信服务提供商关系的许多新特性:

(1) 动态特性。用户与提供商的合作关系具有动态特性,用户可以改变他们的提供商,以便获得最优的用户服务性能,这就是服务关系具有动态特性的含义。

(2) 异构性和复杂性。在电信服务中,许多提供商都能够加入到多个增值服务链中,每个用户都能够选择很多服务来构建他自己的电信服务,因此能与很多服务提供商或网络资源提供商建立联系,同时每个提供商又给很多用户提供服务,提供商的异构性以及服务要求的不同导致内部关系的复杂性。

(3) 分布性和移动性。随着电信市场的全球化,服务提供商、网络资源提供商构成的网络与传统电信环境相比将具有更广的地理分布性和管理的松散性。例如:基于全球 Internet 和 WWW 的信息结构中,客户、提供商和资源分布在世界各地。此外,客户移动(如移动主机、旅行的用户)、设备的移动以及移动的应用程序可能动态跨越地理和管理的边界,这种移动性又进一步增加了全球电信环境里的动态特性,这对不可靠的异构网络环境提出了更高的要求。

VPN(Virtual Private Network)服务是这种环境下重要的一类电信服务,它的主要目的是提供和管理数据通信中的信道资源,并提供多媒体高层服务,如多媒体会议或者协同工作。因此,许多基于代理技术的研究也选择 VPN 作为

商业示范应用来证明代理技术的价值。

在开放的和全球化的电信环境中,VPN 服务通常由多个自治、合作的服务提供商和网络提供商提供(见图 1.4),连接多个用户的链接通常由多个网络提供商提供。

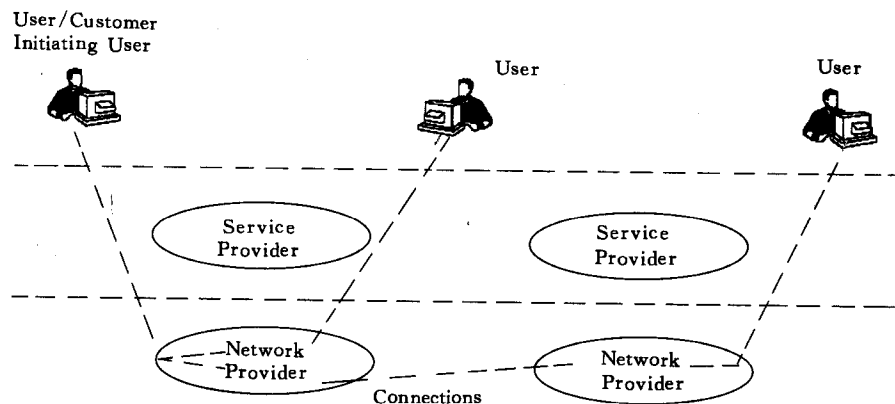


图 1.4 VPN 结构

在这个环境中,VPN 服务提供商是个实体,它的作用是:

- (1) 直接与用户交互,提供和管理 VPN 服务。
- (2) 与不同的网络提供商交互,以获得、管理物理 VPN 连接。

VPN 用户是 VPN 连接的终端用户,有些用户也扮演 VPN 服务发起者的角色,这个情况下服务发起者代表所有相关的用户负责磋商、启动和管理 VPN 服务和特性,一般来说,如果用户拥有足够权限的话,任何用户都能起到服务发起者的作用。

用户能够通过某些便携设备访问 VPN 服务,如便携式电脑,能够在全局电信环境中旅行。因此,VPN 服务必须能管理移动用户和移动主机,就服务环境来说,能够确定用户与 VPN 服务提供商、VPN 服务提供商与网络提供商之间的关系,即 VPN 用户与 VPN 服务提供商之间的关系、VPN 服务提供商与网络提供商之间的关系。

在 VPN 服务情况下,随着新的应用,用户要求有更高的带宽和可靠性,服务提供商同样需要动态地调整,以满足他们的要求。用户能够按照自己的需要动态地选择满足自己需求的提供商。在开放和竞争的电信市场中,提前磋商和静态服务越来越变得不合适。

传统分布式系统基于 RPC 机制的设计模式,由于它具有相对静态、不灵活的交互方式(基于语法的接口),因而越来越不能够应对开放的电信环境提出的

新挑战。由于 RPC 交互的静态特性,因此存在以下缺点:

- (1) 它难于动态适应电信业的发展。
- (2) 它限制了按照各个用户要求定制个性化服务的可能性。
- (3) 限制了用户、软件和设备在外部和异构环境中移动和运行的可能性。

另外, RPC 机制基于顾客/服务者计算模式,服务者往往成为瓶颈。在广域网分布式环境中, RPC 机制效率不高、可靠性低、健壮性低。

VPN 服务目前主要通过基于 TMN 和 SNMP 服务管理结构来实现,分布式的参与者(用户、服务提供商和网络提供商)之间合作以及它们的合作方法是事先定义的,在许多情况下是标准化的 CMIP/GDMO 或者 SNMP 接口。欧洲 R&D 工程提交了几个采用 ATM 或者 SDH 的欧共体的 VPN 服务试验台,它们基于 TMN / SNMP 的实现。由于在 TMN/SNMP 结构中 RPC 技术的静态特性,目前 VPN 服务的实现对服务环境动态地变化没有提供足够支持。技术或者服务的进步通常促使相应软件的重新实现。

定制服务是通过允许用户从事先编制好的一组服务中来选择不同的服务进行组合,以实现自己的服务目的,而这里网络提供商或者服务提供商仅提供有限的几个服务(大多 3~4 个),因此定制服务的可能性是有限的。

移动用户和移动主机仅在同样的或者严格兼容的环境下才能成为可能。

目前,对 RPC 和 DOT 结构也有某些改进或扩充,这些改进的技术能够部分解决上述问题。动态调用机制就是如此,目前几乎所有的 DOT 平台都支持这一技术,包括 Java 和 CORBA。这种技术的思想是在考虑程序执行位置或者状态后动态构建远程方法调用,如图 1.5 所示,这样一个协同操作的对象就能够通过“inform”(通知)方法或者消息来告诉它的合作伙伴,它所支持远程对象的具体(可能是新的)接口,然后合作伙伴就能够调用具体接口中的任一方法。

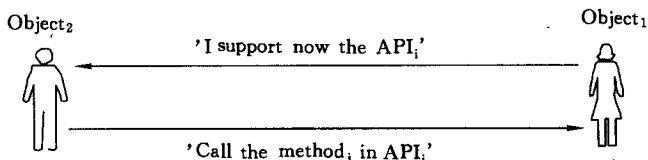


图 1.5 动态调用

动态调用技术的前提条件是合作的双方事先用能够动态选择的一组 API 和操作来编程,由于缺少动态交换有关 API 知识(相关的行为或者含义)的机制,因此限制了动态、定制的互操作的支持。

另外一个主要技术是面向对象的软件开发方法,它正在变成许多 RPC 和

DOT 应用中所必需的选择,在这个技术里,定义、实现了通用的方法,并重用它们来构建更为专门的和复杂的服务和系统。因此面向对象的方法能够有助于方便和快速地构建新的服务。

TINA—C 服务体系结构和智能网络 IN 结构能够被看作是这个环境的代表,它们致力于通过通用的/可重用的服务(具有标准接口的积木)来方便、快速地创建服务,例如:IN 结构尝试标准化的面向电话的服务特性,它能够被用来构建面向用户的和更为复杂的服务,不过,由于它们依赖于传统 RPC/DOT 模式,因而 TINA—C 和 IN 都不支持动态控制服务方法和服务接口。

1.2 开放式系统中交互技术的发展

电信技术和市场的发展要求对开放的分布式系统软件设计方法进行变革,在这种背景下,尤其要求能够提高电信应用中的互操作性的技术,其中一种可能的技术是基于分布式系统中更高层次的相互交互。

传统的交互方法是基于语法的理解,通过事先定义的接口(协商过的)或者动态交换来进行。动态的、多变的、全球分布式电信环境要求基于知识的交互,具有这种能力的系统才能够保证:

(1) 动态地调整它自己的合作接口和功能,告诉它的合作者新接口的行为以及怎样使用这些新功能。

(2) 通过告诉合作者有关功能必需的行为,动态请求定制提供的服务和功能。

(3) 通过处理相对应的语法和知识的定义,动态地学习外部应用环境中的服务。

这些新的可能性有助于克服传统软件设计模式中的许多缺点,其中基于知识的交互能够做到:

(1) 按电信市场的变化,参与者合作关系能够动态适应。

(2) 动态、灵活地提供给各类用户个性化服务。

(3) 通过降低远程交互的次数、降低瓶颈的可能性或者降低对远程网络的依赖,动态构建面向客户更高粒度服务以及通过动态分发功能。

(4) 智能,提供全球分布式环境中的可靠性和效率。

(5) 通过学习、搜索在新的环境里服务和方法的语法/知识的能力,移动的资源 and 外部环境之间能够从开始就达到默契的合作过程。

由于基于知识的交互能够提高传统的依照语法交互的能力,并且能以传统技术作为基础,因此,基于知识的交互一出现就成为解决发展中电信市场问题的