

**Mobile IP Technologies and
Network Mobility**



移动IP技术与 网络移动性



李晓辉 顾华玺 党岚君 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

移动 IP 技术与网络移动性

Mobile IP Technologies and Network Mobility

李晓辉 顾华玺 党岚君 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

移动 IP 技术与网络移动性/李晓辉,顾华玺,党岚君编
著. —北京:国防工业出版社,2009.5

ISBN 978-7-118-06174-1

I. 移... II. ①李...②顾...③党... III. ①移动
通信-通信协议②移动通信-通信网 IV. TN915.04
TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 011610 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 425 千字

2009 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前言

移动计算是无线通信技术、计算能力和 Internet 不断发展的产物,其目标是实现任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)、任何地点(Wherever)与任何人(Whomever)进行任何方式(Whatever)的通信。在移动计算网络中,主要研究如何支持节点的移动性和移动性管理问题,来保证移动的透明性。

移动 IP 是 IETF(Internet Engineering Task Force, Internet 工程任务组)漫游协议工作组提出的网络层移动性管理协议,在移动主机移动到一个新的子网后,经过代理搜索机制和移动检测、向家乡代理进行注册等过程,家乡代理就能够为移动到外地的移动主机截获分组,并通过隧道转交给移动主机。移动 IP 技术作为移动计算网络中的移动性管理方案,能够整合多种多样的无线接入技术,并且能够使得上层应用意识不到主机的移动,因此具有非常广阔的前景。

但是移动 IP 会带来切换延迟、分组丢失、三角路由等问题,这些问题随着用户多种新业务的不断涌现变得尤为突出。虽然在移动 IPv6 中支持路由优化,但是如何减少切换时延、满足多种网络间的移动以及保证网络的安全问题和可靠性,仍然成为移动 IP 中迫切需要得到解决的问题,因此,移动 IP 也面临着许多严峻的考验。

本书以移动 IP 为主线,主要从下面几个方面展开移动 IP 相关领域的研究。

首先,本书描述了移动 IP 的基本工作原理,包括移动 IPv4 和移动 IPv6 的基本原理和工作过程,并且对其主要工作过程展开了详细的描述。同时讲述了相关的消息格式,以及各消息格式在移动 IP 中的作用,还讲述了移动 IP 中各实体应该具备的基本功能。

为了提高移动 IP 的实用性,还需要结合更多的通信领域新技术来研究移动 IP。本书描述了无缝切换技术,包括移动 IP 的快速切换、平滑切换以及基于层次型的区域移动管理方案;介绍了移动 IP 的双栈技术,支持移动节点在 IPv6 和 IPv4 网络间的自由移动;描述了移动 IP 的安全问题,并提出了相应的解决方案;此外,还介绍了移动 IP 的多宿技术,提高无线网络的可靠性。

随着移动 Ad hoc 网络(MANET)和无线传感器网络的出现,移动 IP 技术的研究目标从现有的主机移动性逐步向网络移动性演进,出现了移动性网络(NEMO)。本书研究了网络移动性的基本概念和组成,给出了移动性网络的优化技术,并且通过实例展示了主机移动性和网络移动性在实际中的应用。

本书分 4 部分共 11 章,具体描述了移动 IP 上述几个方面的内容。

第 1 部分为背景知识。

第 1 章从通信、网络 and 计算发展角度以及不同网络层次的 IP 移动性管理两个方面来分析研究移动 IP 的重要意义,给出了移动 IP 的起源及目前 IETF 的标准化工作进展;第

2 章对网络协议进行了回顾,该部分内容为后续内容提供了必要的基础。

第 2 部分为移动 IP 原理。

第 3 章讲述了移动 IPv4 的工作原理,第 4 章描述了移动 IPv6 的工作原理。通过这两章可以掌握移动 IP 的基本工作原理,包括其代理搜索和移动检测过程、注册过程和路由过程等。

第 3 部分为实用化技术。

该部分针对移动 IP 在实用化过程中存在的问题,结合通信领域的新技术,提高移动 IP 的性能及其在现有无线网络中的实用性。第 5 章分析移动 IP 的切换技术;第 6 章给出了移动 IP 的双栈技术,支持移动节点在 IPv6 和 IPv4 网络间的自由移动;第 7 章是移动 IP 在网络应用中的安全问题及解决方案;第 8 章描述了移动 IP 的多宿技术。

第 4 部分为网络移动性。

第 9 章研究了网络移动性的基本概念和组成,分析了网络移动性与主机移动性的关系以及移动性网络和 MANET 的关系,给出了网络移动性的网络前缀授权和家乡网络模型;第 10 章讲述移动性网络的优化技术,包括路由优化和多宿技术,提高移动性网络的性能;第 11 章通过实例展示了主机移动性和网络移动性在不同场合中的应用。

本书第 2 章由顾华玺撰写,第 7 章由党岚君撰写,其余各章由李晓辉撰写,全书由李晓辉进行了统稿。感谢西安电子科技大学通信工程学院和综合业务网国家重点实验室各位领导和老师给予的帮助和支持。本书集成了西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室移动计算网络课题组多年来的研究成果,并在这些成果的基础上结合当前该领域的最新技术进行了进一步的扩展与延伸。本书的出版得到了国家自然科学基金(60702060)、国家重点实验室专项基金(ISN030800005)以及西安电子科技大学教材建设基金的资助和支持,在此表示感谢!

由于作者水平有限,加上时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正,提出宝贵意见(联系方式:xhli@mail.xidian.edu.cn)。

作者

2008 年 11 月

目 录

第 1 部分 背景知识

第 1 章 序言	2
1.1 移动计算和普适计算	2
1.1.1 移动计算	2
1.1.2 普适计算	3
1.1.3 移动计算和普适计算的关系	4
1.2 IP 移动性管理和移动 IP	5
1.3 移动透明性	7
1.4 移动 IP 的起源及发展	8
1.4.1 移动 IP 起源	8
1.4.2 IETF 移动 IP 协议	8
1.4.3 移动 IP 技术的优点	10
第 2 章 网络协议基础	11
2.1 OSI 与 TCP/IP	11
2.1.1 OSI 模型	11
2.1.2 TCP/IP 协议	12
2.2 IPv4 协议	13
2.2.1 IP 分组格式	13
2.2.2 IP 地址机制	16
2.2.3 IP 路由选择	21
2.2.4 IP 组播	23
2.2.5 网络地址转换	24
2.3 IPv6 协议	26
2.3.1 IPv4 到 IPv6	26
2.3.2 IPv6 分组格式	27
2.3.3 IPv6 地址机制	28
2.3.4 ICMPv6 概述	29
2.3.5 邻居发现协议	30
2.3.6 地址配置	31
2.4 IPv4 和 IPv6 的共存	32
2.4.1 隧道基本概念	32

2.4.2 IPv4 over IPv6	32
2.4.3 其他隧道技术	33
2.5 网络管理	34
2.6 本章小结	37

第2部分 基本原理

第3章 移动 IPv4 原理	39
3.1 协议的目标和任务	39
3.1.1 协议要求	39
3.1.2 协议目标	40
3.2 移动 IP 基本工作过程	40
3.2.1 协议概述	40
3.2.2 代理搜索和移动检测概述	42
3.2.3 注册过程概述	43
3.2.4 路由过程概述	43
3.2.5 移动 IP 的基本工作过程	45
3.3 移动 IP 的代理搜索和移动检测	46
3.3.1 代理搜索消息格式	46
3.3.2 代理搜索过程	49
3.3.3 移动检测方法	51
3.4 移动 IP 的注册过程	51
3.4.1 注册消息格式	52
3.4.2 注册请求过程	55
3.4.3 注册应答过程	59
3.5 移动 IP 的路由过程	62
3.5.1 单播分组的路由	63
3.5.2 广播分组的路由	64
3.5.3 组播分组的路由	64
3.5.4 ARP、代理 ARP 和强制 ARP	65
3.6 移动 IP 的网络管理	67
3.7 本章小结	68
第4章 移动 IPv6 原理	69
4.1 移动 IPv6 简介	69
4.2 移动 IPv6 协议概述	70
4.2.1 基本概念	70
4.2.2 移动检测和转交地址获取	71
4.2.3 绑定管理	71
4.2.4 与通信对端的通信	71

4.3	移动 IPv6 的路由器搜索和移动检测	72
4.3.1	路由器搜索消息格式	72
4.3.2	路由器搜索过程	75
4.3.3	移动检测过程	75
4.3.4	转交地址形成过程	76
4.4	移动 IPv6 的绑定管理过程	77
4.4.1	概念性数据库	77
4.4.2	绑定管理消息格式	78
4.4.3	家乡代理注册	84
4.4.4	通信对端注册	86
4.4.5	移动主机返回家乡的绑定管理	91
4.5	移动 IPv6 中的路由过程	92
4.5.1	第二类路由头	92
4.5.2	家乡代理中转的分组路由	93
4.5.3	路由优化分组通信	94
4.5.4	组播分组的路由	97
4.6	移动 IPv6 的动态家乡代理地址发现	97
4.6.1	概念性数据库	97
4.6.2	消息格式	98
4.6.3	自动发现家乡代理的地址	100
4.6.4	家乡网络前缀的自动配置	101
4.7	移动 IPv6 的管理信息库	103
4.8	本章小结	104

第 3 部分 实用化技术

第 5 章	移动 IP 的无缝切换技术	107
5.1	移动 IP 的快速切换技术	107
5.1.1	移动 IPv6 快速切换概述	108
5.1.2	预先注册快速切换	112
5.1.3	过后注册快速切换	114
5.1.4	联合切换方法	115
5.2	移动 IP 的平滑切换技术	115
5.2.1	IPv6 平滑切换技术	115
5.2.2	平滑切换的缓存管理	116
5.2.3	平滑切换基本过程	120
5.2.4	平滑切换的缓存管理	123
5.3	区域移动性管理方案	125
5.3.1	层次型移动 IPv6 概述	126

5.3.2	HMIPv6 中的消息扩展	127
5.3.3	HMIPv6 工作过程	128
5.3.4	移动锚点发现机制	130
5.3.5	移动锚点更新	132
5.3.6	其他区域移动性管理方案	132
5.4	本章小结	133
第 6 章	移动 IP 中的双栈技术	134
6.1	双栈技术简介和应用场景	134
6.1.1	移动 IPv6 中的双栈技术概述	134
6.1.2	应用场景	135
6.1.3	双栈移动的基本要求	137
6.2	家乡代理发现过程	137
6.2.1	家乡代理发现	137
6.2.2	移动前缀请求和通告	138
6.3	绑定消息格式扩展	138
6.3.1	绑定更新扩展	139
6.3.2	绑定确认扩展	140
6.4	绑定管理过程	142
6.4.1	外地网络支持 IPv6 的绑定管理	142
6.4.2	仅支持 IPv4 的外地网络	143
6.4.3	动态 IPv4 家乡地址分配	144
6.5	网络地址转换检测与维持过程	144
6.5.1	网络地址转换检测和穿越	144
6.5.2	维持网络地址转换	146
6.6	协议操作	146
6.6.1	移动节点操作	146
6.6.2	家乡代理操作	148
6.6.3	路由优化	150
6.7	本章小结	150
第 7 章	移动 IP 的安全	151
7.1	移动 IP 的安全分析	151
7.1.1	移动 IP 中安全问题的根源	151
7.1.2	移动 IP 的安全需求	151
7.1.3	移动 IP 工作过程中的安全威胁和攻击	152
7.1.4	移动 IPv6 中存在的其他安全问题	158
7.2	移动 IP 的安全解决方案	159
7.2.1	安全解决方案的设计原则	159
7.2.2	移动 IP 针对各种安全攻击的解决方法	159
7.2.3	移动 IPv6 提供的安全机制	163
7.3	其他安全方案	164

7.3.1	匿名通信	164
7.3.2	IPsec 协议	165
7.3.3	移动虚拟专用网技术	167
7.4	集成 AAA 的移动 IP	172
7.5	移动 IP 在未来移动通信系统中的安全	178
7.6	本章小结	180
第 8 章	移动 IP 中的多宿技术	181
8.1	多宿技术简介	181
8.2	应用场景	182
8.2.1	无处不在地接入 Internet	182
8.2.2	重定向已建立的会话	183
8.2.3	用户配置选择	183
8.2.4	选择最佳接入技术	183
8.2.5	在不同路径分发业务	183
8.2.6	可靠性	184
8.2.7	提高发送速度	184
8.3	多宿技术的目标和优势	184
8.3.1	多宿技术的优点	184
8.3.2	移动 IPv6 的目标和节点性能	185
8.4	移动 IPv6 中多宿配置分类和分析	186
8.4.1	多宿配置分类	186
8.4.2	实现多宿的动态机制	191
8.4.3	移动 IPv6 中的多宿问题	193
8.4.4	移动 IPv6 中的多宿扩展	194
8.5	多转交地址注册	195
8.5.1	移动 IPv6 扩展	198
8.5.2	移动节点的操作	200
8.5.3	家乡代理和通信节点的操作	205
8.5.4	双栈(DS)移动 IPv6 的应用	207
8.6	本章小结	208

第 4 部分 网络移动性

第 9 章	移动网络基础	210
9.1	NEMO 起源与研究进展	210
9.2	NEMO 网络基本组成	212
9.3	NEMO 发展的基础	213
9.3.1	移动 IPv6 向 NEMO 的发展	213
9.3.2	MANET 与 NEMO 的关系	215

9.4	NEMO 分类	217
9.4.1	NEMO 基本支持模型	217
9.4.2	NEMO 嵌套网络模型	218
9.4.3	基于移动锚点的 NEMO 区域管理	220
9.5	移动网络的前缀授权	221
9.5.1	DHCP 消息传递	221
9.5.2	DHCPv6PD 和 DHAAD	222
9.5.3	其他 DHCPv6 功能	224
9.6	家乡网络模型	224
9.6.1	扩展家乡网络模型	225
9.6.2	汇聚家乡网络	226
9.6.3	虚拟家乡网络	228
9.6.4	移动家乡网络	229
9.7	NEMO 管理信息库	230
9.8	本章小结	231
第 10 章	NEMO 优化技术	232
10.1	引言	232
10.2	NEMO 的路由优化分析	233
10.2.1	NEMO 非优化路由的问题	233
10.2.2	胶着现象的产生过程	235
10.2.3	NEMO 路由优化方案分析	236
10.3	路由优化实现	239
10.3.1	非嵌套 NEMO 路由优化	239
10.3.2	嵌套 NEMO 路由优化	240
10.3.3	基于多跳的 NEMO 路由优化模型	244
10.4	NEMO 中的多宿技术	246
10.4.1	NEMO 多宿技术概述	246
10.4.2	NEMO 多宿问题分类	247
10.5	多宿技术的作用	249
10.5.1	多宿技术在 NEMO 中的应用	249
10.5.2	多宿技术在 NEMO 中的注意事项	254
10.6	本章小结	255
第 11 章	NEMO 应用案例	256
11.1	引言	256
11.2	智能交通现状和 NEMO	256
11.2.1	术语	257
11.2.2	C2C-CC	257
11.2.3	ISO TC204 WG 16(CALM)	261
11.3	NEMO 在 ITS 的应用	262

11.4 ITS 路由优化	263
11.4.1 路由优化方案	263
11.4.2 ITS 路由优化的特殊需求	264
11.5 NEMO 在航空通信中的应用	265
11.5.1 基于 IP 的航空和深空通信网络概述	265
11.5.2 NEMO 的应用场景	266
11.5.3 空间通信对 NEMO 的基本要求	272
11.5.4 空间通信希望 NEMO 具备的特征	277
11.6 本章小结	277
缩略词表	278
参考文献	284

第 1 部分

背景知识

第 1 部分首先阐述了移动 IP 的研究背景、研究意义以及相关工作组的进展,给出移动计算和普适计算的概念,分析了两者之间的关系。在此基础上,分析了移动透明性的含义;描述了 IP 网络各种不同的移动性管理方案;介绍了移动 IP 的起源以及 IETF M2P 和 MZXT 工作组的研究进展。

为了便于对移动 IP 的理解,该部分还对网络协议进行了回顾,给出了 OSI 模型和 TCP/IP 模型,分析了两种模型的层次划分和各层的基本功能;研究了 IPv4 的 IP 分组格式、IP 地址机制、IP 路由选择、IP 组播机制等,介绍了 ARP 协议和 ICMP 协议及其在 TCP/IP 协议中的重要作用;给出了 IPv6 的技术特点、分组格式和地址机制,重点描述了 IPv6 用于支持移动性机制,包括邻居发现协议、地址自动配置机制等;最后简单给出了网络管理技术的基本概念。

第 1 章 序 言

本章的目的在于明确移动 IP 的研究背景、研究意义以及相关工作组的研究进展。本章首先从通信、网络 and 计算三个方面的发展角度研究了移动计算和普适计算的含义,说明了移动透明性在移动计算和普适计算中的重要意义;然后比较了不同网络层次的 IP 移动性管理技术,为了更好地支持移动节点在整个网络范围内的无缝移动,就需要实现移动透明性,而移动 IP 技术就是实现这一目标的关键技术之一。本章给出了移动 IP 的起源及目前 IETF 的标准化工作进展,并分析了移动 IP 和其他移动性管理技术相比所具有的功能与优点。

1.1 移动计算和普适计算

1.1.1 移动计算

随着 Internet 的普及和发展、无线通信技术的成熟以及计算机处理能力的不断提高,新的业务和应用不断涌现。这些变化在对人类的信息处理能力提出更高要求的同时,也为人们提供了更有力和更方便的工具和手段。为了提高工作效率和随时能够交换和处理信息,人们提出了移动计算的概念,使得人们可以随时、随地地进行计算。

移动计算包括三个要素:计算、通信和网络。这三个方面既相互独立又相互关联。在移动计算中,三要素之间的关系可以用一个三维空间来表示,如图 1.1 所示。



图 1.1 移动计算的三要素及相互关系

在过去的几十年里,计算机软件 and 硬件技术都得到了飞速的发展,以网络为特征的计算机操作系统、大型数据库、客户服务器技术得到了广泛的应用。随着集成电路工艺的提高,计算机硬件的处理速度、功耗、体积等指标都已非昔日可比。移动电话、个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)、笔记本计算机的普及与应用标志着计算机设备小型化技术已经成熟,移动性也随之大大提高。因此,计算能力的飞速提高大大推动了移动计算网络的发展。

在通信技术领域,无线通信特别是移动通信取得了巨大的进步。随着数字信号处理技术的发展,以数字化为特征的第二代移动通信系统在系统的频谱利用率、容量、多种业务支持能力、保密性、系统的抗衰落能力、网络管理和控制的灵活性等方面都比第一代模

拟移动通信系统有了很大的提高。第二代移动通信系统已在全球范围内得到了普及和应用。目前第三代(3G)移动通信系统正逐步商业化,而专家和学者又致力于开发和研究下一代(B3G 或 4G)移动通信系统。于是就随之出现了大量的面向未来移动通信系统的新技术,如支持高速数据传输的物理层技术、多小区多用户的无线资源管理技术和移动性管理技术等。

Internet 的出现和发展是 20 世纪以来科技领域的又一重大事件,全世界几乎所有国家都有计算机网络直接或间接地与 Internet 相连,使之成为一个全球范围的计算机互联网络。Internet 提供的基本服务包括 WWW、电子邮件(E-mail)、文件传输和远程登录等。人们可以通过 Internet 与世界各地的其他用户自由地进行通信,可从 Internet 中获得各种信息。随着形形色色的新应用(如远程教学、电子商务、视频会议等)不断涌现,人们在无线或移动环境中接入 Internet 的需求正在不断地提高。为了满足人们在移动中高速接入 Internet 的需要,出现了各种宽带无线 IP 技术,如无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)和无线城域网(Wireless Metropolitan Area Network, WMAN)等。

移动计算网络(Mobile Computing Network, MCN)是指能够支持移动计算的网络,它能够融合下一代互联网络和未来移动通信网络,其目标是实现任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)、任何地点(Wherever)与任何人(Whomever)进行任何方式(Whatever)通信。

1.1.2 普适计算

移动计算当前的趋势是集成化、普及化和网络化,在未来 5 年~10 年,强大的计算和通信功能将可能融合到一个可随身携带的手持网络化多媒体设备中,通过记录周围的地点、天气、任务、知识甚至思维等集成的情感感知功能来进一步改变人们生活方式,从而使移动计算进一步演化为普适计算。

普适计算又称普存计算或普及计算(Ubiquitous Computing 或 Pervasive Computing),其主要思想是把计算机嵌入到环境或日常工具中去,让计算机本身从人们的视线中消失,使人们注意力的中心回归到要完成的任务本身,其目的是为了使计算机更好地为人类服务,提高人们的生活质量。因此,普适计算是“以人为中心的计算”,使计算机的使用符合人的习惯,使计算机融入人的生活空间,形成一个“无时不在、无处不在而又不可见”(Anytime, Anywhere, Invisible)的计算环境。在这样的环境中,计算不再局限于桌面,用户可以通过手持设备、可穿戴设备或其他常规、非常规计算设备无障碍地享用计算能力和信息资源。普适计算将对人们享用计算和信息的方式带来另一场变革。

普适计算有三个重要指标:

- (1) 移动性。移动性指信息设备应该能够方便、快速、灵活地移动。
- (2) 嵌入性。嵌入性指信息设备可以嵌入到日常用具及环境中。
- (3) 泛在化。泛在化指计算能力无处不在。

在普适计算时代,电脑是多样化的,可以是穿戴在身上的穿戴式电脑,也可以嵌入到书桌、墙壁、汽车、微波炉、洗衣机等生活物品上,进入到我们生活的每一个角落之中。泛

在计算时代,计算机将更加普及、更加便捷,无论何时何地,我们都可以在不知不觉中获得计算服务,其方式更为智能化、简单化和人性化。

普适计算代表了计算技术发展的方向,是对现有“以计算机为中心”的桌面计算方式的革新,这是计算机技术与其使用方式的根本性变革,因此对它的研究具有重要的战略意义。人们正在设想“普适计算时代”的前景,它将使数以百万计的企业、数以亿计的用户以及形形色色的设备通过计算机网络连接在一起,以进一步推动未来移动通信和下一代互联网朝着“在任何时候、任何地点访问任何需要的信息”的目标发展。将来,普适计算将存在于人们周围的环境中、人们身上、人们体内,人类将与普适计算共存。

1.1.3 移动计算和普适计算的关系

普适计算包括移动计算,但普适计算并不是移动计算。

移动计算更强调环境驱动性,具有移动连入 Internet、访问移动设备的信息、支持各种不同的应用、具有位置感知和能量感知等特点。

普适计算对环境信息具有的高度可感知性远远超过移动计算,它的人机交互更自然,设备和网络的自动配置和自适应能力更强大。普适计算要解决的问题包括扩展性、异构性、不同构件的集成、情感感知和不可见性(Invisibility)。其中不可见性对普适计算来说是至关重要的,它要求系统无需用户干预或只需要最少干预,也就是要求系统具有自动和动态的配置机制。

美国卡耐基·梅隆大学(Carnegie Mellon University, CMU)的 M. Satyanarayanan 认为,除了包括了移动计算的研究内容之外,普适计算至少还要增加以下四个方面的研究内容:

(1) 有效使用智能空间。智能空间(Smart Space)是在一定的空间(如一间房子、一个大厅或一座庭院)中嵌入计算设施而形成的,它能够自动感知环境并做出适当的反应。例如,在一个智能空间中,它能够感知人体的体温、表情,自动调整空调的温度、电灯的亮度以及选择音乐的旋律等。

(2) 融合性。普适计算技术尽可能不引起人们的注意,就像空气和水一样,自然地融入到我们的日常生活中。网络不是被动地满足用户的需求,而是主动感知用户场景的变化并进行信息交换,通过分析人的个性化需求主动提出服务。

(3) 局部化扩展性。随着智能空间的复杂化,用户的个人计算空间与环境的交互强度也在逐渐加大,这将严重分散用户的注意力。在用户较多时,这一问题尤为明显。用户与环境的交互强度随着用户的减少而逐渐减小,因此,在研究普适计算的可扩展性方面,需要考虑用户的通信范围。

(4) 降低不均匀影响。普适计算技术渗透到各种基础设施的能力因不同的因素(如组织结构、经济、商务模式等)而异,因此普适计算技术很难在短时间内获得一致的效果。于是,不同环境中的“智能”程度是不均匀的,甚至有很大的差距。这种动态的“智能”变化会引起用户的注意,分散用户的注意力,从而影响不可见性的实现。因此,普适计算需要采取措施减少这种“智能”的明显变化,以提高不可见性。

根据上面的分析,移动计算和普适计算的关系如图 1.2 所示。

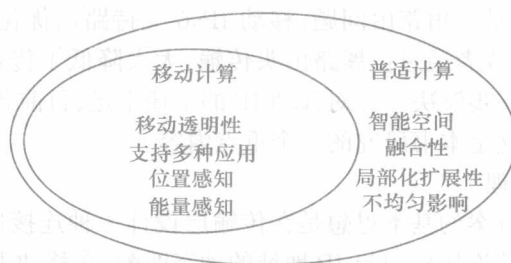


图 1.2 移动计算和普适计算的关系

1.2 IP 移动性管理和移动 IP

移动通信和 Internet 的共同发展趋势是构建基于 IP 核心网络的移动性网络。根据 TCP/IP 协议栈的不同网络层次划分(详见第 2 章),IP 移动性管理还可以进一步分为链路层移动性管理、网络层移动性管理、传输层移动性管理和应用层移动性管理。这些移动性管理方案在不同网络层次上实现全球或区域范围内对 IP 网络的移动性支持。下面简单描述不同网络层次的 IP 移动性管理的特点,说明移动 IP 与 IP 移动性管理的关系。

1. 链路层移动性管理

数据链路层的移动性管理方案支持移动主机在同一子网不同小区间的移动。例如, WLAN 中的越区切换就是一种链路层的移动性管理方案。蜂窝数字分组数据网(CD-PD)、通用分组无线业务网(GPRS)以及各种第二代、第三代(3G)移动通信系统中也都规定了其链路层移动管理方案。

链路层移动性管理的优点在于它能够支持快速切换,在支持同一子网内移动主机移动的同时,还可以把链路层切换信息传递到高层,从而支持移动主机跨子网移动的快速切换(见第 5 章)。

链路层移动性管理是一种区域范围移动的移动性管理方案,对于移动主机跨子网移动的情况,链路层移动必须结合其他层次的移动性管理共同完成。

2. 网络层移动性管理

移动 IP 是 IETF 提出的基于网络层的移动管理方案,本书第 3 章~第 8 章重点描述了移动 IP 的工作原理、工作过程和关键技术。IP 地址在 Internet 中有两个作用:一是用于用户在 Internet 中的身份识别;二是用来进行路由。在移动 IP 中,这两个作用分别用不同的地址来完成,家乡地址作为主机的身份标识,而转交地址用做路由,然后使用移动代理来维护这两个地址的绑定关系,并负责分组转发。传输层看到的是用户的家乡地址,所以通信过程不会中断。在传输的过程中,经过封装的数据分组使用移动主机当前的转交地址寻址,能够准确地送到移动主机当前的位置。

由于移动 IP 是基于网络层设计的,因此它最大的优点是:对于传输层及应用层来说,移动是透明的,可以支持各种基于 TCP 或 UDP 的不同应用的透明传输,满足移动计算和普适计算的基本要求;此外,经过多年的制定、修改,移动 IP 技术的标准化工作已趋于完善,为移动 IP 的大规模发展打下了坚实的基础。