



国际信息工程先进技术译丛

IEEE WILEY

大数据爆炸时代的 移动通信技术与应用

Techniques for Surviving the Mobile Data Explosion

[美] 迪内希·钱德拉·维玛 (Dinesh Chandra Verma)
帕利德·维玛 (Paridhi Verma)

著

郎为民 张锋军 王大鹏 王逢东 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

大数据爆炸时代的移动 通信技术与应用

[美] 迪内希·钱德拉·维玛 (Dinesh Chandra Verma)
帕利德·维玛 (Paridhi Verma)

著

郎为民 张锋军 王大鹏 王逢东 等译



机械工业出版社

Copyright© 2014 by The Institute of Electrical Electronics Engineers, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled < Techniques for Surviving the Mobile Data Explosion >, ISBN: 978-1-118-29057-6, by Dinesh Chandra Verma and Paridhi Verma, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由 Wiley 授权机械工业出版社出版, 未经出版者书面允许, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。版权所有, 翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记号图字: 01-2014-5105 号。

图书在版编目(CIP)数据

大数据爆炸时代的移动通信技术与应用/(美)维玛(Verma, D. C.)等著; 郎为民等译. —北京: 机械工业出版社, 2016.2

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Techniques for Surviving the Mobile Data Explosion

ISBN 978 - 7 - 111 - 52349 - 9

I. ①大… II. ①维…②郎… III. ①移动通信—通信技术
IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 301099 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张俊红 责任编辑: 朱 林

责任校对: 张玉琴 封面设计: 马精明

责任印制: 李 洋

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 10 印张 · 203 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 52349 - 9

定价: 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: (010)88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010)68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

(010)88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书紧紧围绕大数据爆炸时代的移动通信技术与应用问题展开研究,比较全面和系统地介绍了移动数据系统、基于 TCP/IP 的数据网络和移动应用开发等领域的相关内容。全书共分为 3 个部分 14 章,第 1 部分为介绍与综述,主要对移动数据支撑技术、移动数据系统、宽带优化技术和降低成本技术进行了简要分析和综述;第 2 部分为移动网络运营商技术,主要对无线接入网络中的带宽优化技术和成本降低技术、回程和核心网络中的带宽优化技术和成本降低技术、面向消费者的数据商业化服务、面向企业的数据商业化服务和面向应用服务提供商的数据商业化服务等进行了分析;第 3 部分为企业及应用开发技术,涉及移动应用电源效率、移动应用带宽效率及企业移动数据问题等内容。本书内容权威丰富,体系结构完整,内容新颖翔实,知识系统全面,行文通俗易懂,兼备知识性、系统性、可读性、实用性和指导性。

本书可作为移动运营商、网络运营商、应用开发人员、网络架构人员和电信管理人员的技术参考书或培训教材,也可作为高等院校通信与信息系统专业的本科生、研究生教材。

译者序

近年来，随着移动数据支撑技术的快速发展，移动数据服务得到了广泛应用，GSM 协会预计，全球范围内移动运营商的数据营收将在 2018 年超过语音营收。在 2012 年，日本成为首个数据营收超过语音营收的国家，其原因主要是因为日本推出了先进的移动宽带网络，并且加大了最新的智能电话、平板电脑和互联网设备的采用。移动数据的迅猛发展受到互联网设备和机器对机器通信需求激增的推动，正在改变世界各国人们的社会经济生活。目前，针对支撑移动数据应用服务的技术研究已经成为一个新的研究方向，也已成为业界极为关注和研究的热点，如何从服务应用角度来对移动数据技术进行分析研究，从而构建移动数据爆炸支撑技术整个体系，进而在各个应用领域发挥其巨大的效益，成为困扰着广大业内从业人员和研究人员的一大难题。同时，相关通信企业开发人员也迫切需要一本能够对支撑移动数据爆炸进行深度分析的参考书目，以帮助他们对支撑移动数据爆炸的技术进行全面深入的了解，从而指导他们实际的工作。

当前，虽然市面上与移动数据技术有关的图书不少，但是大多数技术性比较强，要求读者具有一定的专业技术背景，或者是专注于移动数据技术的某一部分。本书则是以教学辅导书的方式，由浅入深，从 3 个部分对移动数据爆炸支撑技术进行研究。第 1 部分为前 4 章，分别对移动数据支撑技术、移动数据系统、带宽优化技术和降低成本技术进行了简要介绍；第 2 部分为接下来的 5 章，主要针对移动网络运营商相关技术进行了分析，分别对回程网络 and 核心网络的带宽优化与成本降低技术、无线电接入网络中的带宽优化和成本降低技术、面向用户的数据货币化服务、面向企业的数据货币化服务和面向应用服务提供商的数据货币化服务进行了分析研究；第 3 部分为后 5 章，着重分析了面向企业和应用程序开发人员的技术，分别对移动应用综述、移动应用的能量效率、移动应用的带宽效率、企业的移动数据问题和相关议题进行了分析研究。

本书主要由郎为民、张锋军、王大鹏、王逢东翻译，解放军国防信息学院的陈凯、陈红、毛炳文、邹祥福、瞿连政、徐延军、余亮琴、张丽红、王昊、张国峰、黄美荣、李建军、夏白桦、蔡理金、高泳洪、靳焰、任殿龙、孙月光、陈于平、孙少兰参与了本书部分章节的翻译工作，马同兵、王会涛绘制了本书的全部图表，和湘、李官敏对本书的初稿进行了审校，并更正了不少错误。本书是译者在忠实于原书的基础上翻译而成的，书中的意见和观点并不代表译者本人及所在单位的意见和观点。

由于移动数据爆炸支撑技术还在不断完善和深化发展之中，加之译者水平有限，翻译时间仓促，因而本书翻译中的错漏之处在所难免，恳请各位专家和读者不吝指出。

郎为民

2016 年初于江城武汉

原 书 前 言

移动终端已经改变了商业模式和人们的生活方式，通过使用智能手机，我们可以随时随地打电话、检查电子邮件、读书、购买商品、预订机票、拍照、与老朋友联络和玩游戏，它对社会和人们生活的改变是非常明显的。

尽管移动终端可提供很多强大的功能，但距离我们充分使用它并实现最大利益还有一些障碍。移动终端的可用通信带宽是有限的，在网络的空中接口部分，由于受自然法则和政府规章的限制，其带宽是有限制的，在网络的其他部分，例如蜂窝回程网络，其带宽的限制则是由于商业和移动数据与应用程序的原因。随着移动应用的不断普及，需要越来越依赖移动应用的移动网络运营商、移动应用开发人员和企业来共同解决由此产生的移动数据增长的方法。

移动数据的增长是一个很多人都意识到的问题，但很难找到解决方案。移动数据增长的问题很难解决，因为它涉及3个极为复杂的技术领域：移动蜂窝网络领域、基于TCP/IP的数据网络和移动应用开发领域。要解决移动数据增长带来的挑战，需要在3个领域都精通而不是单在某一个领域精通的专家。本书内容跨越3个领域并试图为某个领域的专家解决其他两个领域提供了足够的细节。

本书描述了解决在移动数据系统中用户进行移动应用时可用带宽受限的不同方法，移动数据系统由许多不同实体组成，包括移动网络运营商、移动应用开发者以及为员工提供移动应用的企业。本书从移动数据系统中不同实体的角度，探讨了由于移动数据的增长而对他们带来的挑战，并列举了可解决这些挑战的各种方法。

谁将是这本书合适的读者呢？

这本书是为管理人员、技术领先者、研究生、网络从业人员、应用开发商和从事移动数据和移动应用的系统架构师而写的。如果你是一个移动网络运营商的管理人员和技术领导者，或开发移动应用的公司，或使用移动应用的企业，这本书将有助于你了解移动数据通信带来的挑战，本书对移动数据通信带来的挑战进行了全面介绍，尽管描述具有一定的技术性，但对于读者而言，其可用于处理移动数据爆炸的不同选择的总结却不失一般性。

如果你是一名网络工程师、网络架构师或者为移动网络运营商工作的网络策略师，你会发现这本书很有用，它为你概括了互联网技术与蜂窝网络技术所涉及的问题，并提出了解决这些问题的方法。这本书探讨了可用来最大限度提升现有网络基础设施带宽量的方法、如何降低网络基础设施运营成本的方法以及如何对网络中数据流进行计费的新方式。

如果你是一个参与编写移动应用程序的软件设计师或软件开发人员，你会发现这本书对你也很有用，本书对可用于在资源有限的情况下如何能够更好运行移动设备的技术进行了概括，这些技术包括最小化功率消耗的方法和减少网络带宽消耗的方法。通过本书，你也能找到从技术社区和论坛中各种来源经过编译的最佳实践。

如果你在一家为移动网络运营商制造设备的公司工作，你会发现这本书对你也很有用，这本书将为你提供基于互联网数据通信的基础和移动应用开发中所涉及的一些问题，它也能为你提供在产品上以获得更好带宽效率和为客户提供新服务等技术的全面介绍。

如果你是一个使用移动应用企业的系统设计师或软件架构师，这本书对你也有用。除了学习可提高移动应用功率效率和带宽效率方法以外，你会发现对于在移动应用企业中的使用所涉及各种问题的讨论，你还会发现本书能为你提供对处理网络中移动数据增长各种方法的总结，这些内容可能有利于你整合企业网络基础设施。

如果你是一名研究生或从事移动计算和移动网络学术研究工作，你会发现各种不同的技术在蜂窝网络、IP 网络和移动应用中都是交叉和相关的，会对此也很感兴趣。

最后，如果你是蜂窝网络、基于 TCP/IP 的数据网络或移动应用程序开发这 3 个领域某一个领域的从业者，并对学习其他两个技术领域感兴趣，本书将为你提供对其他两个领域的概述，并探讨跨越 3 个领域的有助于解决移动数据增长所带来的挑战的方法。

这本书不适合哪些读者？

本书涵盖了对 3 个不同技术领域广泛的概述，这也意味着它在某个领域的研究不会很深入，如果你想要寻求在一个技术领域诸多的细节，那么本书并不适合你。本书仅仅是对每个技术领域进行了广泛概述，对于读者而言，这些概述对理解由移动数据增长而带来的挑战以及解决这些挑战的方法是有益的。

如果你正在寻求一个使用特定操作系统或特定设备开发移动应用程序的技术，那么本书不适合你。本书仅提供了在编写普通高效的应用程序的一般方法，以帮助了解高效应用程序开发背后的技术基础，它不会为你提供在一个特定环境中应用的具体方法。

如果你正在寻找一个特定的网络设备制造商或任何其他公司提供的带宽优化产品或技术服务，那么本书对你也没有用处。本书将帮助你了解驱动各种带宽优化产品的一般技术原理，不对任何特定的公司产品进行测试。

本书结构

本书的内容共分14章，大致可以分为3个部分。第1部分由前4章组成，它对在移动数据增长所带来的问题所涉及的3个不同技术领域进行了概述，这3个技术领域包括移动数据系统、带宽优化技术和成本降低技术；第2部分由接下来的5章构成，主要针对移动网络运营商相关技术进行了分析，分别对回程网络 and 核心网络的带宽优化与成本降低技术、无线电接入网络中的带宽优化和成本降低技术、面向用户的数据货币化服务、面向企业的数据货币化服务和面向应用服务提供商的数据货币化服务进行了分析研究；第3部分由接下来的5章组成，可被视为移动应用程序开发人员和企业用户的部分，这些章节研究了编写高效应用程序的方法和解决移动应用程序在企业的部署问题。本书的最后一章讨论与本书主题相关但不是直接相关的一些话题。

第1章对了解移动数据增长所要考虑的3个技术领域进行了概括，这3个领域是蜂窝网络、TCP/IP数据网络和移动应用程序的开发，本章对3个技术领域进行了深度的概括，简要说明了它们的突出特点。

第2章对移动数据系统进行了概述，描述了移动数据系统的不同实体，并探讨了移动数据增长的本质和移动数据增长对移动数据系统每个实体的影响。

第3章探讨了可以在网络中用于管理带宽过载问题的各种方法，问题及解决方案都是在理想的网络环境条件下。此外本章还讨论了各种各样的网络优化的方法，这些方法将减少在瓶颈链路发送的数据量。

第4章概述了网络上使用的降低操作成本代价的方法，本章讨论的技术包括基础设施共享、整合技术如云计算及网络功能虚拟化的概念。

第5章结合第3、4章的想法并将其应用于无线接入网络的具体案例。可应用于无线接入网络的技术和非技术方法都需要考虑。技术方法包括升级网络基础设施、增加网络带宽、流量卸载、率控制及服务差异化。非技术性的方法有不同的定价计划、返回带宽独占及适时提示用户切换到Wi-Fi网络。

第6章结合第3、4章的技术并将其应用于无线回程网络的具体案例，这种网络属于移动网络运营商网络的一个组成部分，本章着眼于降低运营成本及减少在这部分网络中转发带宽的技术及非技术方法。

接下来的3章探讨可以被移动网络运营商从其数据流中获取更多价值的新服务。第7章侧重于移动运营商提供其当前用户新的面向数据的服务，而第8章概述了移动网络运营商提供给企业或其商务客户的一些服务。第9章探讨移动网络运营商可以提供给开发高层服务的应用服务提供商的新服务。虽然应用服务提供商

和移动网络运营商往往有竞争关系，各种面向数据的服务仍可通过移动网络运营商提供给应用服务提供商，使两者共同受益。

第 10 章对移动应用进行了概括，并讨论了移动应用发展面临的挑战。其中，一些挑战与在不同平台上开发标准软件有关，而另一些挑战则是移动应用开发环境所特有的。

第 11 章着眼于移动应用的功耗问题。基于一个由资源、资源管理者及资源消费者组成的简单模型，本章探讨了资源消费者如何操作以减少不同资源的能耗。此外，本章还提供了一组最佳实践，可以帮助编写功率高效的应用程序。

第 12 章探讨了发展高效带宽移动应用的问题，提出了一套可以使应用更加带宽高效的技术及使应用程序更高效带宽和可以帮助编写高效带宽应用程序的一组最佳实践。

第 13 章探讨了移动设备增长和企业间的移动设备的增长及其在企业中应用的问题，企业面临着数据安全、移动用户接入现有应用和移动设备管理等挑战，这一章将讨论其中的一些挑战，并对可用企业解决这些挑战的各种技术进行探讨。

第 14 章，在本书的最后一章，探讨了与移动数据相关但不是直接相关的一些主题，这些主题包括 M2M 通信、物联网、使用移动应用程序带来的业务流程的变化，以及一些应用如参与式感知。

目 录

译者序
原书前言
本书结构

第 1 部分 介绍与综述

第 1 章 支持移动数据技术 1

1.1 概述 1

1.2 计算机通信网络 2

1.3 IP 网络 5

1.4 蜂窝网络 7

1.5 移动应用 9

第 2 章 移动数据系统 11

2.1 概述 11

2.2 移动数据系统 11

2.3 移动数据增长 14

2.4 瓶颈在哪里 15

2.5 移动数据增长对移动系统的影响 16

第 3 章 宽带优化技术综述 19

3.1 概述 19

3.2 网络模型 19

3.3 对象缓存 21

3.4 对象压缩 22

3.5 数据包压缩 23

3.6 流共享 25

3.7 内容转换 27

3.8 实时传输 28

3.9 速率控制 29

3.10 差异化服务 29

第 4 章 降低成本技术综述 31

4.1 概述 31

4.2 基础设施共享 32

4.3 虚拟化 33

4.4 整合 34

4.5 信息技术在网络中的应用 36

第2部分 移动网络运营商技术

第5章 无线接入网络中的带宽优化和成本降低 38

5.1 概述 38

5.2 升级无线接入网络 38

5.2.1 技术更新 39

5.2.2 高密度无线接入网络 40

5.2.3 多跳蜂窝网络 42

5.2.4 箱内网络 44

5.3 补充额外带宽 44

5.3.1 家庭基站 44

5.3.2 Wi-Fi 卸载 46

5.4 带宽管理 47

5.4.1 速率控制 47

5.4.2 差异化服务 49

5.5 非技术性方法 49

第6章 回程和核心网络中的带宽优化和成本降低 52

6.1 回程网络和核心网络综述 52

6.1.1 回程网络技术探究 53

6.1.2 回程网络带宽受到限制的原因 54

6.2 技术更新 55

6.3 流量卸载 55

6.4 压缩 55

6.5 转换 56

6.6 缓存 57

6.7 核心网络整合 60

6.8 网络功能虚拟化 61

6.9 配套基础设施的成本降低 62

第7章 面向消费者的数据商业化服务 64

7.1 移动网络运营商面向消费者服务的差异 65

7.2 单点登录服务 65

7.3 隐私服务 70

7.4 内容定制服务 72

7.5 基于位置的服务 73

7.6 手机交易 76

7.7 其他服务 76

第 8 章 面向企业的数据商业化服务	78
8.1 移动网络运营商面向企业服务模型	78
8.2 移动网络运营商面向企业服务的差异	79
8.3 缓存与内容分发服务	81
8.4 面向移动的内容转换	82
8.5 雾计算	83
8.6 基于位置的服务	85
8.7 安全管理服务	86
第 9 章 面向应用服务提供商的数据商业化服务	88
9.1 面向应用服务提供商的差异化服务	88
9.2 缓存与内容分发	90
9.3 雾计算	91
9.4 信息聚合	92
9.5 信息补充	94
9.6 基于历史信息的方案	94

第 3 部分 企业及应用开发技术

第 10 章 移动应用概述	96
10.1 移动应用解析	96
10.2 移动应用类型	97
10.3 多平台开发	99
10.4 操作系统版本管理	101
10.5 资源受限	101
10.6 一般应用开发注意事项	102
第 11 章 移动应用电源效率	103
11.1 电量消耗模型	103
11.2 工作循环	105
11.3 功耗模式管理	106
11.4 通信与计算群聚	106
11.5 高效的资源利用	107
11.6 应用软件电源效率最佳做法	108
11.6.1 最佳做法 1: 设备应用与内容最小化	109
11.6.2 最佳做法 2: 服务器端能力使用最大化	109
11.6.3 最佳做法 3: 批量处理网络请求	109
11.6.4 最佳做法 4: 应用行为自适应	109
11.6.5 最佳做法 5: 最小化屏幕亮度设计	110
11.6.6 最佳做法 6: 当前设备上下文感知	110

第 12 章 移动应用带宽效率	112
12.1 预加载	112
12.2 通信群聚	113
12.3 上下文感知通信	113
12.4 离线操作	114
12.5 缓存	114
12.6 压缩	115
12.7 通信控制的影响	116
12.8 改善带宽效率的最佳做法	116
12.8.1 最佳做法 1: 提供对网络带宽使用的用户控制	117
12.8.2 最佳做法 2: 外部资源最小化	117
12.8.3 最佳做法 3: 提高请求效率	117
12.8.4 最佳做法 4: 合并数据对象	117
12.8.5 最佳做法 5: 避免低效的重定向	118
12.8.6 最佳做法 6: 交换数据的压缩与最小化	118
12.8.7 最佳做法 7: 善于使用 Cookies	118
12.8.8 最佳做法 8: 使用智能缓存	119
12.8.9 最佳做法 9: 上下文感知通信	119
第 13 章 企业移动数据问题	120
13.1 与移动有关的企业问题	120
13.2 安全问题	121
13.2.1 设施安全	121
13.2.2 数据安全	122
13.3 后向兼容性	127
13.4 设施问题	128
第 14 章 相关主题	130
14.1 M2M 通信	130
14.2 物联网	130
14.3 参与式感知	131
14.4 业务的移动性变革	132
14.5 软件定义网络	132
14.6 移动至上理念	133
14.7 网络分析	134
14.8 结论	135
参考文献	136
附录 中英文缩略语对照表	142

第 1 部分 介绍与综述

第 1 章 支持移动数据技术

1.1 概述

由于移动终端的普及呈指数性增长，遍布在世界各地移动终端的数量急剧上升。这些移动终端多种多样，如智能手机、个人数字助理和平板。移动终端的另一个重要的类型是笔记本电脑，它可通过蜂窝数据网络或 Wi-Fi 提供的网络接口来支持移动无线数据的使用。

移动终端数量的增加促使人们研发了许多针对企业和消费者新的应用软件，对于任何一个流行的移动终端平台，这样应用程序的数量都可能有几十万个，在这些应用软件中，有些需要交换的网络数据很少，但有些应用软件却在极短的时间内使用大量的数据，比如在移动终端上看视频。

由此造成的是通过移动蜂窝网络发送的数据量一直持续增长，有几家公司对移动网络中的数据量的增长进行了跟踪调查，这几家公司^[1,2]进行的研究表明，从 2009 年后，移动数据以每年 3 倍的速度增长，移动数据增长的一个重要因素是视频数据，它占到了整个移动数据的一大半。此外，通过这些研究及其他的研究表明，这种增长趋势没有丝毫减缓。

目前所有的移动应用程序和未来的发展对带宽的需求很有可能超过目前部署的无线蜂窝网络提供的网络能力。要解决这种能力与需求的不匹配，可以采取多种方式进行处理，哪些技术可以用于解决能力与带宽需求不匹配的问题呢？这正是本书的主题。

在理想状态下，仅仅通过升级网络基础设施就可以解决所有与带宽有限的挑战。但在现实生活中，这种简单的解决方案会消耗巨大的费用。对移动数据感兴趣的有几类人员，例如移动终端用户、移动网络运营商、移动应用程序开发人员和使用移动计算应用的企业。每类人员都希望带宽升级由其他类型人员承担所需的大部分费用。为了解决带宽需求与能力不匹配的问题，需要对每类人员采取的控制措施也不同。本书第 2 章对移动领域的多种类型人员及移动数据增长对其的影

响进行了介绍。

可用于解决移动数据增长的方法除了具有系统复杂性外还具有技术复杂性，移动数据通信涉及 3 个不同但相互交叉的技术领域，即移动应用程序、移动应用网络和移动蜂窝网络，解决移动数据增长的方法需要跨越 3 个技术领域，这比解决任何一个单一技术领域内的方法更为复杂。

这 3 个领域之间的关系和相互作用如图 1.1 所示。图中显示的是一个移动应用与互联网上另一个计算机进行数据交换时所需的基础通信设施的高层结构。

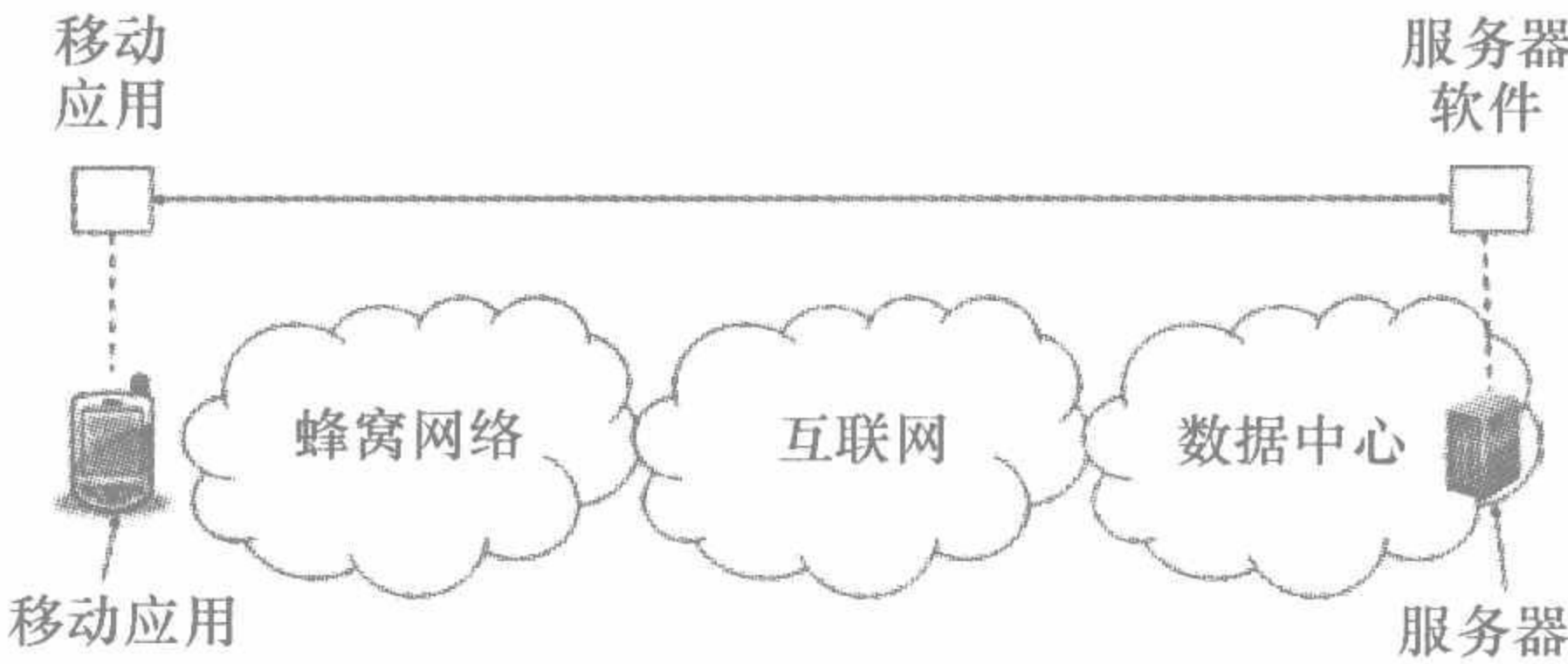


图 1.1 移动应用数据通信基础设施

移动应用软件组件上运行的移动终端如智能手机或平板计算机，它们通过运行在服务器上的应用程序组件（如图 1.1 所示的服务器软件）进行数据交换，为了能够相互通信，移动应用程序和服务器软件使用一套规则，这套规则称为通信协议。超文本传输协议（Hyper Text Transport Protocol，HTTP）是以这种方式进行通信的一个公共协议的例子，移动终端和服务器采用这种协议进行通信时可以跨越几个通信网络，这些网络包括将移动无线终端通过蜂窝网络连接到互联网，以及互联网提供一种方式将蜂窝网络连接到放置有服务器的数据中心。

如图 1.1 显示，移动应用程序运行时使用的通信协议叠加在互联网协议（Internet Protocol，IP）之上，而 IP 也部分地叠加在移动网络之上，这 3 个技术领域每个技术领域中都有各自比较成熟的技术和最佳的做法。蜂窝网络和互联网这两个领域，都是计算机通信网络的不同情形，它们具有一些公共的术语和设计原则。然而，由于历史的原因，互联网和蜂窝网络两个领域演变的术语和机制也有很大的不同。解决由于移动应用程序而带来的数据增长问题需要一种可以跨越这 3 个技术领域并考虑每个领域特征的方法。

在本章引言中，对这些技术领域进行了总体概述，先对数据网络进行介绍，而后接着对互联网（数据网络的一个实例）、蜂窝网络（数据网络的另一个实例）和移动应用协议进行讨论。

1.2 计算机通信网络

计算机通信网络的基本功能是使两个或更多的计算机之间能相互交换数据，

为了达成这种数据交换，计算机需要统一一系列规则，这些规则可为各计算机共同理解和认同。这样的一套规则被称之为通信协议。计算机通信网络就是由一组建立在各层之上的通信协议构成。

为了让分处两个不同域的两台计算机进行通信，需要几个层的通信协议。让我们考虑一个简单的通信，当用户在自己智能手机上的浏览器键入一个网站地址（如 `http://www.chandabooks.com`），另一台计算机发送回数据给用户并将其显示，为了更容易地达成这一通信，智能手机和 IEEE Web 服务器之间使用了一种名为 HTTP 的协议。该协议定义了从智能手机向 Web 服务器发送请求的格式，以及 Web 服务器回应智能手机的格式。该协议是建立在假定发送方和接收方都能可靠收到对方的信息的基础之上。

对于任何真正的网络，请求和响应都有可能在传输途中丢失，为了不担心这样的损失，HTTP 通常在另一个被称为传输控制协议（Transmission Control Protocol, TCP）的层之上，根据 TCP 的约定，其他计算机知道数据是否已可靠收到，如何检测是否有数据丢失，以及接收计算机在接收次序混乱的情况下仍能将发送方发送的信息按照顺序进行排列。值得注意的是，HTTP 无须与 TCP 进行绑定，它同样可以运行在其他可提供可靠通信的协议之上，同样，TCP 也可以在其他协议之上（如 IP）。反过来，IP 本身也在其他一些协议之上。

大多数数据网络的网络设计都有几层构成，每一层均由一个或多个协议构成，经典数据网络中一个典型的协议栈通常由七层构成。然而，在现实生活中，很少采用七层协议，因此，经典的协议栈只是纯学术的观点。然而，经典协议栈中的术语会在技术网络文献中经常遇到。我们在适当的时候将在本章其余部分指出这些术语，从七层的典型模型中，我们提到的只有一点，该模型从底层开始编号，所以在我们给出的 HTTP 和 TCP 例子中，HTTP 对应的层数要高于 TCP 对应的层数。

对于现代应用的计算机通信协议中，如图 1.2 所示的四层协议很容易理解，最底层协议被标识为链路/MAC 层，指的是允许两台物理连接的计算机可以相互通信，例如，它们之间通过有线连接或者它们都处于无线通信范围之内。该协议将通常对应于典型七层模型的一层和两层协议。第二层为网络层，指的是一个协议，该协议允许非直接相连的计算机通过一个或多个网络共享链路/MAC 层。第三层为传输层，是指运行在通过网络进行通信的两台计算机端到端的通信协议，该协议解决诸如传输可靠性问题、信息按序传输问题以及不同计算机之间通信时不会占用网络的大量资源等问题。第四层为应用层，包含了支持与传输层通信所需的任何端到端协议。

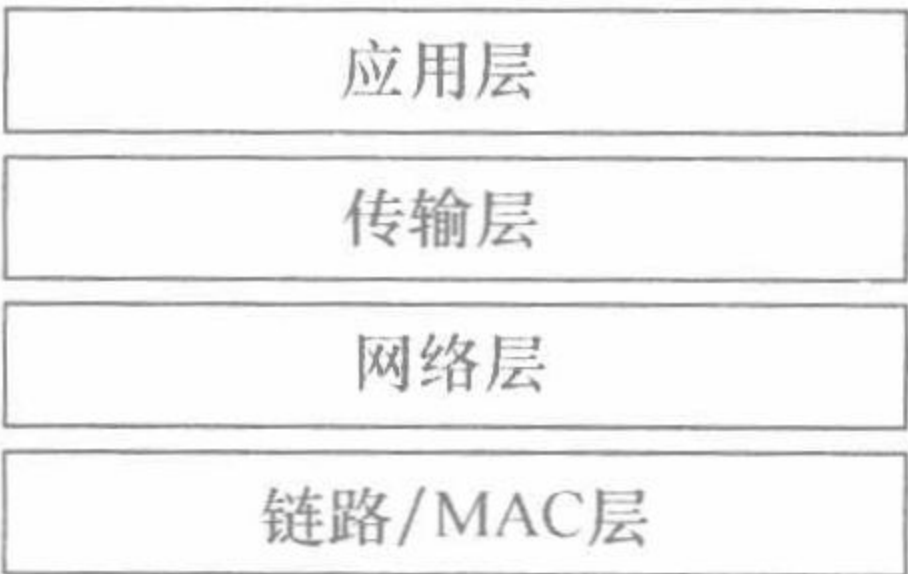


图 1.2 数据网络分层

在网络层，协议一般分为两大类，电路交换协议和分组交换协议。电路交换