



国际信息工程先进技术译丛



WILEY
www.wiley.com

自组织网络： GSM, UMTS和LTE的 自规划、自优化和自愈合

**Self-Organizing Networks: Self-Planning,
Self-Optimization and Self-Healing for
GSM, UMTS and LTE**

(西) Juan Ramiro

编著

(美) Khalid Hamied

吕召彪 彭木根 潘三明 李勇

等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

自组织网络：GSM，UMTS 和 LTE 的自规划、自优化 和自愈合

(西) Juan Ramiro 编著
(美) Khalid Hamied

吕召彪 彭木根 潘三明 李勇 等译



机械工业出版社

本书针对多无线接入网共存的异构无线网络环境,详细介绍了网络自组织(SON)的计算原理、协议结构、功能流程、关键技术、算法设计、性能结果和组网应用等。主要包括:多无线接入网的SON、异构无线网络自配置、自优化、自愈合等。

本书可供从事无线通信的专业技术人员、管理人员,特别是从事SON标准化和先进关键技术研究、无线网络设计、下一代宽带移动通信系统技术研究的人员,以及学习无线通信系统的大专院校相关专业师生阅读参考。

Self-Organizing Networks: Self-Planning, Self-Optimization and Self-Healing for GSM, UMTS and LTE by Juan Ramiro and Khalid Hamied. ISBN: 978-0-470-97352-3.

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with China Machine Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

Copyright © 2012 John Wiley & Sons, Ltd.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版,未经出版者书面允许,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有,翻印必究。

本书版权登记号:图字01-2012-1895号

图书在版编目(CIP)数据

自组织网络: GSM, UMTS 和 LTE 的自规划、自优化和自愈合/(西)拉米罗(Ramiro, J.), (美)哈米德(Hamied, K.) 编著;吕召彪等译. —北京:机械工业出版社, 2012. 12

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Self-Organizing Networks: Self-Planning, Self-Optimization and Self-Healing for GSM, UMTS and LTE

ISBN 978-7-111-40347-0

I. ①自… II. ①拉…②哈…③吕… III. ①无线电通信-移动网-自组织系统 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第265551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:顾谦 版式设计:霍永明

责任校对:陈立辉 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年2月第1版第1次印刷

169mm×239mm·17印张·340千字

0 001—2 500册

标准书号:ISBN 978-7-111-40347-0

定价:78.00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

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

译者序

新一代宽带蜂窝移动通信系统 (IMT-Advanced) 无论是在技术和网络结构上, 还是在业务支撑和服务环境上, 都和传统的蜂窝结构有很大的不同, 具有以下特征: ①将采用多输入多输出 (MIMO)、无线中继、小区间干扰协调等先进技术为各种多媒体分组业务提供高达 1Gbit/s 的传输速率, 并且能够有效保证小区边缘用户的性能; ②为了减少传输时延等, 采用扁平化网络结构, 使得基站间必须采用协调方式进行相应的无线资源管理操作; ③为了满足室内高速和绿色通信要求, 采用家庭基站等异构技术增强室内组网; ④2G、3G 以及 3G 增强和 IMT-Advanced 等多种无线接入系统共存, 为了实现各系统的平滑切换且减少异构系统间的各种模式干扰, 将需要采用网络融合协作和干扰协调技术有效提高网络整体性能; ⑤提高 IMT-Advanced 应急通信能力, 实现便捷灵动的高效组网。这些特征和技术需求使得传统蜂窝移动通信系统的网络规划、网络优化和网络管理方法和流程不再高效, 需要具有自动学习能力的智能化网络规划优化及管理方法, 增强网络的健壮性和鲁棒性, 同时提高网络的传输性能。

将网络自组织 (SON) 引入 IMT-Advanced 系统的主要目的是满足以上的特征和技术需求, 提高网络的自组织能力, 实现网络自配置 (self-configuration)、网络自优化 (self-optimization) 和网络自愈合 (self-healing), 并且增强传统的网络规划、优化和管理, 以适应新一代宽带移动通信系统的需求。网络自配置目标是尽量减少网络规划和网络管理的人工参与, 降低网络建设和维护成本, 期望基站能够自动发现建立邻区关系, 能自动配置每个小区的识别号 (ID), 并使配置的结果满足网络工作的要求。网络自优化是通过监测网络性能指标的变化和一些异常事件的发生, 来发现网络参数配置不合适的或者设备故障的情况; 通过自动调整基站相关参数来达到减少干扰、优化网络性能的目的; 与无线资源管理算法不同, SON 的自优化考虑的不是单个小区的性能, 而是一个 (局部) 网络的性能, 目标是使局部网络的整体性能得到改善。网络自愈合是指由于基站或其他服务节点的故障, 使得小区内部局部区域或整个小区的覆盖或容量出现严重损失时, 通过对故障进行检测、定位、补偿、恢复, 来缩短网络故障持续时间, 加速网络恢复正常工作状态的技术手段。

目前 3GPP 和 IEEE 802.16 都展开了对 SON 的标准化研究工作, 主要是针对 3G 或者 3G 长期演进系统 (LTE) 的 SON 进行标准化工作。3GPP 和我国的 CCSA 将陆续开展对 IMT-Advanced 的 SON 标准化工作。本书主要针对多无线接入网络共

存时带来资源池的扩大、载波资源的增加、调度等控制节点数量膨胀等，详细介绍了相应的自配置、自优化、自愈合等先进技术，包括它们的原理、协议设计、流程方法、算法性能等。

本书由吕召彪、彭木根、潘三明、李勇、魏焱、江甲沫、闵世军、陈华、李雪娜、刘恋、李玥、喻晶洁、张洪岩、孙成丹、宋磊、胡荣贻、程奥林等翻译。本书的翻译工作受国家科技重大专项新一代宽带无线移动通信网课题“IMT-Advanced 自组网（SON）关键技术研发”（编号 2011ZX03003-002-01）的资助，在此特别表示感谢。在本书的翻译过程中，我们还得到了中国移动通信集团公司、中国联通研究院、大唐移动通信集团、工业与信息产业部电信研究院等单位的大力支持，它们提供了许多宝贵建议和有益帮助，在此表示诚挚的谢意。

由于 IMT-Advanced 系统的 SON 研究和标准化工作还在进一步深入，本书主要侧重介绍了多无线接入网的网络自组织技术，而针对家庭基站、无线中继等无线分层异构覆盖场景下的网络自组织技术是未来发展方向，本书对此涉及较少，所以本书的内容希望能起到抛砖引玉的作用，让大家来共同完善和推进 SON 技术的发展。再加上译者水平有限，谬误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

原 书 序

在当今的各种通信技术中，消费者对于移动宽带技术的接受速度是最快的。我们已经明显感觉到，智能手机技术的广泛应用和接受速度，比因特网和前几代的移动通信技术更快。平板电脑、安卓设备、苹果手机、应用商店、社交媒体以及用户与云端数据的交互，都在以飞快的速度发展，而运营商（我们消费者）也极力跟进步伐。作为一个行业，需要竭力提供全世界各地人们期望的必要的传输带宽和容量。

第四代 LTE 网络为消费者提供值得信赖的消费体验。我生活在瑞典斯德哥尔摩，自运营商 TeliaSonera 开始布置 LTE/4G 网络后，我就一直在使用 LTE 应用。这是第一个投入商业运营的 LTE 网络，我十分荣幸能参与其中。作为一个 4G 用户，无论在世界的哪个角落，我发现我已逐渐习惯使用最佳的无线连接进行无线通信。这对于 3G/2G 网络用户也是一样的。根据我的消费经验，最佳的无线连接对消费者来说是非常重要的，而且像多数消费用户期望的一样，最佳无线连接最好能够是无缝工作。

2G/3G 演进到 LTE 需要重点考虑的问题是这些多无线标准进行重叠覆盖时如何进行运维操作、如何满足运营商减少运维费用的需求。大多数运营商必须保持它们的 OPEX 在一个恒定水平，甚至有时需要以更低的运维成本而同时提高它们的服务和数据传输能力。许多先进的技术，包括机器对机器（m2m）服务，对成本是极其敏感的，如果成本超过了预设的门限值，不能无限制地任意使用，也不能充分发挥一些先进技术的潜力。上面所述的要求和特征是非常明晰的，为此我们必须考虑这些进行相应的技术选择和设计。

密集化是网络的一个新特征，更小型化的小区 and 异构网络（HetNets）技术正迅速发展。我们可以预测，这些正在发生的变化会带来更多的无线标准和多运营商共存的局面。面对非线性增长和多因素联合决定的密集化无线场景，需要采用高效的运维方法。惟一可以高效的、可人为控制的、高性价比的克服这些挑战的方法是使用更多的自动化技术或自治系统，如网络自组织（SON），而这也正是这本书介绍的内容。

我们正迎来巨大的机会。我们正在大力创新，为个人、企业和社会造福。本书只是其中的一部分，希望能够提供一个研讨的初始平台。完全可以相信，还有相当多的工作有待进行。

Ulf Ewaldsson

爱立信公司无线部门副总裁
瑞典斯德哥尔摩

原 书 前 言

本书针对 2G、3G 和长期演进 (LTE) 系统深入描述了多无线制式的网络自组织 (SON) 技术, 并给出了 SON 功能的关键内容描述。多无线制式的 SON 允许运营商彻底改变和简化它们的运维模式, 在所有无线接入技术中都可以进行 SON 扩展, 从而进行节省成本的智能运维。针对多无线制式共存场景, 好的 SON 解决方法是一种更全面、更系统和更强大的优化策略。

本书专门献给那些负责移动网络管理或优化的工程师, 网络运营商、商界领袖和科研学术专家也能从本书的相关章节受益。随着 LTE 的展开, 大多数运营商将同时管理三个无线接入网络, 这将给它们已经很紧张的成本开销增加额外的压力。部署和运维蜂窝网络是一个复杂的任务, 包括许多工作, 如规划、测量、安装、测试、运行前优化、运行后优化、综合性能监测、故障缓解、差错校正和一般性维护等。目前这类活动都是劳动密集型的, 所以依靠人力进行网络部署和运维是昂贵且易出错的, 这还会引发客户的不满意甚至用户退网等事件的增多。

为了缓解这种情况, 下一代移动网络 (NGMN) 联盟已经发布明确要求, 健全 LTE 网络自组织功能, 使 LTE 等新网络在规划、部署、优化及维护时, 确保人为干预尽量少。与此同时, 在 E-UTRAN 第三代合作项目标准化 (3GPP) 进程中正在对这种新的网络管理技术进行标准化, 定义具体的功能、接口和过程。

面对多无线技术和多无线运营商共存的无线环境, 本书的目的是介绍 SON 在工程和实践方面的最新成果, 每一章都经过精心组织。通过这些章节的学习, 读者能够全面且有层次地理解 SON 的发展和部署, 深入掌握如何逐步优化蜂窝网络的性能和最大化效率。

本书的布局结构如下。第 1 章论述了移动宽带爆炸性增长的挑战, 分析了可能的解决方案, 并介绍了 SON 技术在 2G/3G 网络的应用方案。第 2 章高度概括了涵盖 NGMN 和 3GPP 下的 SON 技术。期望对 3GPP 定义的 SON 有更全面了解的读者建议直接参考本章涉及的 3GPP 参考资料, 在这些 3GPP 参考资料中有 SON 的最新标准进展的相关内容描述。第 3 章主要描述了多无线制式的 SON 结构体系, 提出了一个具有协调功能的 SON 整体概念框架。

第 4~6 章涵盖了多无线网络厂商和多无线技术的自规划、自优化和自愈合内容, 包括这些内容的流程、算法和使用的技术。无线网络管理或优化方面的工程师 (例如运营商的工程师和顾问) 可能对这些章节的内容非常感兴趣。

第 7 章介绍了一种针对 SON 功能和使用案例的投资回报率 (ROI) 模型。该

模型可以运用到业务建立中，并可提供 ROI 的优化分析。运营者和供应商的相关技术经理、主管人员和销售人员会对第 7 章的内容感兴趣。

附录 A 讨论了 UMTS 的地理定位技术，介绍关于地理定位观察时间差 (OTD) 的使用和应用。附录 B 概述了 LTE X-map 估计和针对一个给定场景的两种不同方法的详细仿真结果。附录 C 给出了本书常用的缩略语。

目 录

译者序

原书序

原书前言

第 1 章 运营移动宽带网络	1
1.1 移动业务增长的挑战	1
1.1.1 智能手机之间的差异	2
1.1.2 推动数据业务——流媒体和其他服务	4
1.2 容量和覆盖的短缺	5
1.3 迎接挑战——网络运营商的工具包	5
1.3.1 资费结构	5
1.3.2 高级无线接入技术	6
1.3.3 家庭基站	9
1.3.4 新频谱的收购和激活	9
1.3.5 同伴网络、负载转移和业务管理	11
1.3.6 高级的信源编码	13
1.4 网络自组织	15
1.5 小结和本书结构	16
参考文献	17
第 2 章 SON 协议规范	19
2.1 NGMN 驱动和目标	19
2.2 SON 用例	20
2.2.1 用例分类	20
2.2.2 自动处理与自主处理	23
2.2.3 自规划用例	23
2.2.4 自部署用例	23
2.2.5 自优化用例	25
2.2.6 自愈合用例	27
2.2.7 SON 使能器	30
2.3 SON 与无线资源管理	30

2.4	3GPP 中的 SON	32
2.4.1	3GPP 组织	32
2.4.2	3GPP 中的 SON 现状 (更新到 R9 版本)	33
2.4.3	3GPP R10 版本的 SON 目标	35
2.5	研究社群中的 SON	36
2.5.1	SOCRATES: 无线网络的自优化和自配置	36
2.5.2	Celtic Gandalf: 多系统网络中 RRM 参数的监视和自我调节	37
2.5.3	Celtic OPERA-Net: 移动无线网络中的能效优化	37
2.5.4	E3: 端到端效率	37
	参考文献	38
第 3 章	多无线制式的 SON 技术	42
3.1	多无线制式 SON 的驱动力	42
3.2	多无线制式 SON 的架构	44
3.2.1	网络自组织的部署架构	44
3.2.2	SON 架构的比较	44
3.2.3	SON 功能的协调	47
3.2.4	集中式多无线制式 SON 的分层架构	53
	参考文献	58
第 4 章	多无线制式的网络自规划	59
4.1	2G、3G 和 LTE 自规划的必备条件	59
4.2	自规划的多无线制式约束	59
4.3	自规划的完整过程	60
4.4	规划与优化	62
4.5	自规划的信息来源	63
4.5.1	传播路径损耗预测	63
4.5.2	路测	64
4.6	自动容量规划	64
4.6.1	自动容量规划的主要输入数据	65
4.6.2	业务和网络负荷预测	67
4.6.3	自动容量规划过程	68
4.6.4	网络容量升级的实现和此过程的输出	71
4.7	自动传输规划	72
4.7.1	自组织协议	73
4.7.2	自动传输规划的其他要求	74
4.7.3	自动传输规划过程	75

4.7.4	自动传输规划算法	75
4.7.5	实际范例	78
4.8	自动选址与射频规划	79
4.8.1	解空间	80
4.8.2	射频规划评估模型	81
4.8.3	射频规划优化引擎	82
4.8.4	射频规划的特定技术	83
4.9	自动邻区规划	89
4.9.1	邻区列表的技术细节	90
4.9.2	自动邻区列表规划的原理	93
4.10	GSM/GPRS/EDGE 自动频谱规划	95
4.10.1	频谱规划的目标	97
4.10.2	频谱规划的输入	98
4.10.3	自动频率规划	102
4.10.4	GSM/GPRS/EDGE 的频谱自规划	103
4.10.5	折中和频谱规划评估	105
4.11	3G 扰码的自动规划	107
4.11.1	UMTS-FDD 中的扰码	107
4.11.2	主扰码规划	108
4.11.3	自组织网络中的 PSC 规划和优化	112
4.12	LTE 物理小区标识自规划	113
4.12.1	LTE 物理小区标识	113
4.12.2	LTE 物理小区标识规划	114
4.12.3	网络自组织中的 PCI 自动规划	115
	参考文献	116
第 5 章	多无线制式的网络自优化	119
5.1	2G、3G 和 LTE 系统的自优化需求	119
5.2	自优化在不同无线制式下的限制	119
5.3	最优化技术	120
5.3.1	最优化控制工程技术	120
5.3.2	最优化蜂窝通信系统的技术讨论	123
5.4	蜂窝网络自优化的起源	124
5.4.1	传播预测	124
5.4.2	路测	124
5.4.3	OSS 的测量工具——性能统计信息	124

5.4.4 呼叫追踪	125
5.5 自规划与开环自优化	125
5.5.1 在开环自优化系统中使人为干预最小	126
5.6 自动自主优化架构	127
5.6.1 集中式开环自动自优化	127
5.6.2 集中式闭环自主自优化	127
5.6.3 分布式自主自优化	129
5.7 蜂窝网络的开环自动自优化	130
5.7.1 天线配置	130
5.7.2 邻区列表	132
5.7.3 频率规划	134
5.8 2G 网络闭环式自主自优化	135
5.8.1 多层 2G 网络的移动负载均衡	135
5.8.2 多层 2G 网络中的移动鲁棒性优化	137
5.9 3G 网络闭环式自主自优化	138
5.9.1 UMTS 优化因素	139
5.9.2 UMTS 优化的关键参数	141
5.9.3 UMTS RRM 自优化的外场测试结果	147
5.10 LTE 网络闭环式自主自优化	148
5.10.1 自动邻区关系	149
5.10.2 移动负载均衡	151
5.10.3 移动鲁棒性优化	158
5.10.4 容量与覆盖优化	160
5.10.5 RACH 优化	160
5.10.6 小区间干扰协调	161
5.10.7 接入控制优化	165
5.11 多无线制式网络的自主负载均衡	166
5.11.1 基于容量的负载均衡	167
5.11.2 基于覆盖的负载均衡	170
5.11.3 基于质量的负载均衡	170
5.11.4 路测结果	170
5.12 绿色 IT 的多技术节能	171
5.12.1 从不同角度实现节能	172
5.12.2 静态节能	173
5.12.3 动态节能	175

5.12.4	运营挑战	175
5.12.5	路测结果	176
5.13	与网络管理系统共存	177
5.13.1	网络管理系统概念和功能	177
5.13.2	其他管理系统	180
5.13.3	SON 优化功能和 NMS 间的相互配合	180
5.14	多设备商自优化	181
	参考文献	183
第 6 章	多无线制式的网络自愈合	186
6.1	2G、3G 以及 LTE 系统中的自愈合需求	186
6.2	自愈合步骤	187
6.2.1	检测	188
6.2.2	诊断	188
6.2.3	愈合	189
6.3	自愈合的输入	189
6.4	多层 2G 网络的自愈合	189
6.4.1	检测问题	189
6.4.2	诊断	189
6.4.3	愈合	192
6.5	多层 3G 网络的自愈合	192
6.5.1	检测问题	192
6.5.2	诊断	192
6.5.3	愈合	195
6.6	多层 LTE 网络的自愈合	198
6.6.1	小区中断补偿概念	199
6.6.2	小区中断补偿算法	200
6.6.3	调整 P_0 的结果	201
6.6.4	天线倾角优化的性能	201
6.7	多厂商自愈合	205
	参考文献	205
第 7 章	多无线制式网络自组织的投资回报率	207
7.1	网络自组织技术的效益综述	207
7.2	计算投资回报率的通用模型	208
7.3	案例研究：自规划的 ROI	210
7.3.1	自规划范围和 ROI 成分	211

7.3.2	自动容量规划	212
7.3.3	自动容量规划的 SON 模型化	212
7.3.4	业务特点简介	213
7.3.5	对容量扩充需求的建模	215
7.3.6	CAPEX 计算	217
7.3.7	OPEX 计算	218
7.3.8	示例场景和 ROI	218
7.4	案例研究：自优化的 ROI	223
7.4.1	自优化和 ROI 的组成	223
7.4.2	自优化的 SON 建模	223
7.4.3	描述业务特性	224
7.4.4	扩容建设的需求建模	224
7.4.5	质量、用户退出和收益	224
7.4.6	CAPEX 的计算	227
7.4.7	OPEX 计算	228
7.4.8	示例场景和 ROI	228
7.5	案例分析：自愈合的 ROI	232
7.5.1	自动化带来的 OPEX 降低	232
7.5.2	提高质量和减少客户退出带来的额外效益	232
7.5.3	示例场景和 ROI	232
	参考文献	233
	附录	234
	附录 A UMTS 的地理定位技术	234
	A.1 简介	234
	A.2 OTD	234
	A.3 算法描述	235
	A.3.1 地理定位	235
	A.3.2 同步恢复	236
	A.3.3 事件滤除	236
	A.4 场景和可行的假设	236
	A.5 结果	237
	A.5.1 每个事件上报的站点	237
	A.5.2 事件状态报告	237
	A.5.3 地理定位精度	239
	A.5.4 使用 PD 测量的影响	239

A.6 小结	241
参考文献	241
附录 B LTE 的 X-map 估计	242
B.1 简介	242
B.2 X-map 的估测方法	243
B.3 仿真结果	244
参考文献	245
附录 C 缩略语	247

第 1 章 运营移动宽带网络

Ken Stewart、Juan Ramiro 和 Khalid Hamied

1.1 移动业务增长的挑战

移动蜂窝网络性能的优化和效率的最大化，长期以来一直是无线网络供应商追求的目标。自从 20 世纪 80 年代后期引入 GSM 以来，首个 2G 和 3G 无线网络的业务（和每用户的收益）的增长一直都很显著，且未来还有很好的发展也可预见。对移动通信网络来说，语音和信息服务，包括短信息服务（SMS）和多媒体信息（彩信）服务（MMS），正占据着主流。然而，在 21 世纪的第一个十年里，高性能广域无线分组数据网络的发展，例如 3GPP HSPA 和 3GPP2 HRPD，由于融合了数字信号处理（DSP）能力，具有多媒体资源编码、流媒体协议和低功耗的高分辨率显示器的优势，能够更好地支持智能手机。实际上，智能手机已经从根本上改变了无线宽带网络的业务增长趋势。

2010 年 6 月，尼尔森（Nielsen）公司年度报告^[1]（见图 1.1）中提到智能手机平均数据消费 2010 年第一季度比 2009 年第一季度增长 230%。尼尔森公司进一步报道，一些用户每个月总数据业务的使用量接近 2GB，而智能手机前 6% 的用户数据使用接近总数据带宽的 50%。因此，随着越来越多的用户会效仿那些高端用户的各种流行应用，每个用户的数据消费预计将进一步增长。最重要的是，从未来增长趋势看，尼尔森公司估计智能手机在美国市场的普及率只有 23%。事实上，在这些用户中，几乎 1/4 的人使用的数据业务量为零，而 1/3 根本没有订制过数据业务套餐。这预示着潜在的数据连接需求巨大，无线网络也只是刚刚开始受到智能手机引起的业务量攻击。

尼尔森公司的数据统计基本与主要的网络运营商报道的情况一致，对于用户数据消费水平的分布情况更是相同。例如，在 2010 年 6 月，美国电话电报（AT&T）公司在报告^[2]中提到，尽管 AT&T 公司的智能手机使用不活跃的用户至少占 65%，平均每月数据量不超过 200MB，但数据量使用最高的 2% 用户则超过了 2GB。

尽管 AT&T 公司并未对未来的无线网络业务增长给出评论，但其他公司（例如思科系统）已经做了相关工作^[3]。思科公司认为，2010 ~ 2014 年，无线移动网络总业务增长（见图 1.2）的复合年增长率（CAGR）将达到每年增长 100%，其中视频业务占总业务的 2/3 之多。换句话说，按年率计算，至少到 2015 年，网络的

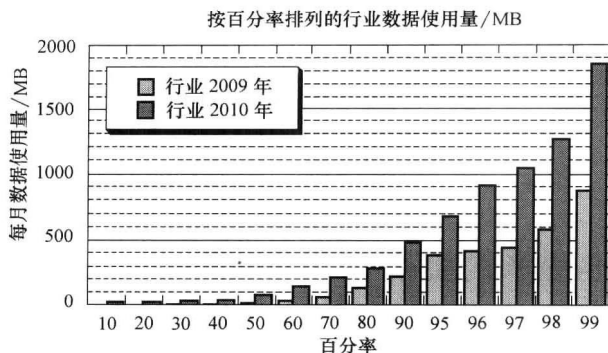


图 1.1 2009 年和 2010 年智能手机的每月数据使用量分布图
(2010 年尼尔森公司授权使用)

总数据业务量将会翻倍。这表明，与 2009 年相比，如果不解决数据带宽受限或频带不足等诸如此类的问题，到 2015 年，网络总业务量将增加 64 倍。

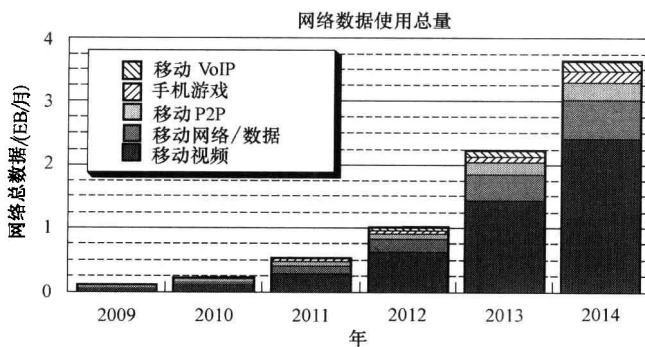


图 1.2 无线移动网络总业务增长分布图
(2010 年思科 VNI 移动允许转载)

1.1.1 智能手机之间的差异

那些配备智能手机的用户，他们的数据使用量也相差悬殊。每台设备产生的数据量受许多因素的影响，包括用户界面、可用的应用程序（受操作系统普及程度影响）、用户数据规划、数据链接推送服务的配置和在线激活技术等。然而，我们有可能根据每一台设备测量到的数据使用偏好的基础上获得普遍的趋势。例如，在 2010 年尼尔森公司给出的数据中显示（见图 1.3），连同 Palm Pre 在内，市场占主导的摩托罗拉 Droid 手机和苹果 iPhone 3GS 手机都产生了非常巨大的数据量，这与每种平台所支持的丰富体验有关。用户使用这些设备平均每月约产生 400MB 的数