国际信息工程先进技术译丛

WILEY
www.wiley.com

LTE自组织网络(SON)：网络管理自动化提升运维效率

LTE Self-Organising Networks(SON)Network Management Automation for Operational Efficiency

（芬） Seppo Hämäläinen
（德） Henning Sanneck 编著
Cinzia Sartori
王健全 乌云霄 王 波 张 猛 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

关于本书

本书不仅涵盖了LTE自组织网络(SON)的主要功能，在审视当前概念之前还高水平地介绍了该主题。首先给出了LTE网络的场景、技术及SON关键功能(自配置、自优化、自愈)的具体讨论。接着，针对比较熟悉LTE和SON的读者，本书提供了具体的细节和参考，包括3GPP标准化的最新进展。



国际信息工程先进技术译丛

LTE 自组织网络（SON）：网络管理自动化提升运维效率

（芬）Seppo Hämäläinen
（德）Henning Sanneck 编著
（德）Cinzia Sartori
王健全 乌云霄 王 波 张 猛 等译

机 械 工 业 出 版 社

无线自组织网络（Self Organising Network，SON）通信技术可以有效帮助运营商降低网络运营维护成本，近年来已成为当今通信界的研究热点之一。本书内容是诺基亚西门子通信公司研发人员的心血结晶，主要阐述了 SON 技术在 LTE 网络中的发展，主要包括 SON 发展的动机、SON 技术的标准化进程、SON 的技术原理（如自配置、自优化和自愈功能及其原理）、SON 协同技术、SON 支撑功能 MDT 及 SON 在核心网中的应用。此外，本书还描述了 SON 未来研究课题，如认知无线网络、异构无线网络及云接入网络等。

本书是一部紧跟通信技术前沿研究的专业性著作，主要适于无线通信领域的研究人员和工程技术人员阅读，也可以作为通信工程及相关专业的高年级本科生、研究生和教师的专业新技术参考书。

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 - 4224 号

图书在版编目（CIP）数据

LTE 自组织网络（SON）：网络管理自动化提升运维效率/（芬）哈马莱能（Hämäläinen，S.），（德）散勒克（Sanneck，H.），（德）萨特日（Sartori，C.）编著；王健全等译. —北京：机械工业出版社，2012.10

（国际信息工程先进技术译丛）

书名原文：LTE Self - Organising Networks（SON）Network Management Automation for Operational Eppiciency

ISBN 978-7-111-39936-0

Ⅰ.①L… Ⅱ.①哈… ②散… ③萨… ④王… Ⅲ.①无线电通信—移动网 Ⅳ.①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 234477 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：纪 敬

封面设计：马精明 责任印制：张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm ×239mm • 22.5印张 • 503千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-39936-0

定价：98.00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

随着无线通信技术的不断发展和用户业务需求的持续增长，网络基站数目快速增加，2G/3G 网络长期共存，LTE 的出现使网络更加复杂。若仍采用传统的优化方法，不仅增加人工成本，网络性能也不能迅速优化。而无线自组织网络（Self Organising Networks，SON）技术能够使网络自动感知周围环境的变化，实现系统控制参数的自动调整，进而提高网络性能。

近年来，SON 技术以其能降低运营成本、减少资本开支、保护收入等优势，受到全球运营商和设备厂商的青睐。SON 技术使移动蜂窝网络具有智能性，自动感知周围环境的变化，从而可以自适应地调整控制参数，以提高网络性能。该技术已成为当今通信界的研究热点之一，相继占据各大主流会议（如 IEEE ICC 和 Globecom 等）和论坛（如 NGMN 等）的主体，并雨后春笋般地涌现了大量优秀文献和研究团队。本书的出版就是诺基亚西门子通信公司研发人员的经验之谈，它是第一部比较全面诠释 SON 通信技术的著作。本书主要阐述了 SON 技术在无线接入网络中的应用，主要包括网络管理所面临的挑战对自动化和 SON 功能的需求（第 1 章），综述性介绍了 3GPP 和 LTE 的要求和规范（第 2 章），分析 SON 的应用场景并介绍 SON 的基础（第 3 章），进而对 SON 的 3 个功能，即自配置、自优化、自愈进行阐述（第 4 ~ 6 章），SON 各功能之间不能单独运行，需要协调各功能之间的作用（第 9 章）；同时为了提高 SON 的运营效率，本书还描述了 MDT 技术（第 7 章），并将 SON 的应用扩展到了核心网（第 8 章）及异构网络（第 10 章）；此外，本书描述了 SON 未来研究课题（第 11 章），如认知无线网络、异构无线网络及云接入网络等。

本书是以无线通信研究人员和工程技术人员为对象撰写的，是一部紧跟通信技术前沿的专业性参考书，具有一定的先进性和前瞻性。希望本书的翻译出版能起到抛砖引玉的作用，引导国内通信业者在 SON 通信技术方面开辟新的天地。

本书由中国联通研究院王健全博士主持翻译，并负责全书统稿和审核。其中，第 1 章、第 3 章、第 7 章由乌云霄完成，第 2 章由胡泽妍完成，第 4 章由王蕴实、裴郁杉、颜志完成，第 5 章由吕婷、许珺、宋蒙完成，第 6 章、第 8 章由王波完成，第 9 章由张猛完成，第 10 章、第 11 章由孙雷、赵婷婷完成。本书在翻译过程中，得到了中国联通研究院网络技术研究中心无线研究室吕召彪、王友祥、范斌、陈丹、杨艳、侯竞雄、丁焰、马彰超、盛煜、杨军、崔斐、路玮、仪鲁男、赵元、张香云、王非、李新中、胡云、邱勇、张力方、张耀旭、刘磊、刘琪等同仁的大力支持和帮助，以及潘三明、张钦娟、刘翠杰、曾璐璐、白舸、贺

媛、卢菲菲等同行，他们对全书的翻译提出了很多建议和意见，并都参与了部分翻译和其他相关工作，同时，机械工业出版社也给予了大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

需要特别说明的是，本书是译者在尽量忠实于英文原著基础上翻译的，书中观点并不代表译者及其所在单位的观点，这点请广大读者注意。最后，由于本书内容与概念的新颖性和译者不可避免存在的主观片面性，书中不妥和错误之处在所难免，敬请广大读者及同行专家批评指正。

译者

原　书　序



当我们设计第一代数字移动网络的时候，自组织网络（Self – Organising Network，SON）的概念并不是被关注的焦点。可是现在我们发现，很多 SON 功能已然存在，如功率控制、小区间的切换和基于 SIM 卡中央管理的高效用户管理。

为什么 SON 的愿景在我们这个行业变得愈加重要？有两个明显的原因：维护成本不断增加及系统复杂度不断提升。网络运营商迫切要求实现更多的自动化，从而有效地管理大型的通信网络，因为这些网络往往拥有着数以万计的基站，每个基站又需要配置多达几百个参数。优化多层网络，同时保证提供高质量的用户服务，将是一项非常复杂的工程，同时会耗费大量的人力。因此，如果网络中没有“组织、管理自己”的智能机制，其成本将会十分惊人。

在早年间较小规模的移动网络中，一般会采用现场人工维护的常见工作方式。而现在，网络运营商可以在一个或几个中央位置对所有的操作活动进行远程处理，而这种趋势的大力发展得益于 IT 产业重大的进步。

为了引导自动化控制在行业中的发展，德国电信（Deutsche Telekom）与下一代移动网络（Next Generation Mobile Networks，NGMN）联盟的合作伙伴积极推动了 SON 的发展。

在 SON 的愿景中，运营商已经为自动化操作任务定义了最相关的任务用例：通常情况下，这些任务往往需要耗费大量的人力，或者由于本身的复杂性而极易出错。NGMN 向设备制造商提出了这些用例需求，3GPP 标准化组织为这些用例制定标准化的 SON 解决方案。

现在，有一些比较典型的 SON 方案已经得以实现。例如，“即插即用”式的基站部署方案只需要人工在现场安装好硬件，之后便可自动实现复杂、特殊的参数配置和软件管理。又如，使用自动邻居关系（Automatic Neighbour Relationship，ANR）配置不仅可以有效节省人力，同时也提高了可感知的网络质量。

LTE 网络为 SON 的价值体现提供了一个很好的机会，不过 SON 潜在的使用范围显然也包括了如 UMTS 和 GSM 等现有的网络。

本书很好地展示了 SON 的世界，可以为相关的研究学者和工业设计的技术人员提供充实的知识基础，进而推动 SON 解决方案在电信部门的发展。

Klaus – Jürgen Krath 博士

Deutsche Telekom AG

原书前言

在未来几年里，移动通信网络运营商将会面临诸多挑战。预计到2015年，使用有线和无线网络连接的用户的数量将会达到50亿。与此同时，人们会使用更多的无线服务应用，并期望获得与使用现有固定网络相似的用户体验。正因为如此，在不久的将来网络流量将会达到现在的100倍。同时，网络通信市场将趋向于饱和，运营商每比特的收入会不断下降。

为满足用户日益增长的高比特率通信服务的需求，第三代合作伙伴计划（Third Generation Partnership Project，3GPP）正在进行下一代蜂窝网络的标准化工作，也就是长期演进（Long Term Evolution，LTE）。由于原有的2G、3G网络在短时间内不会退出市场，因此当运营商引入LTE以后，LTE将会与现有的2G、3G网络长期并行运作。LTE相对现有网络是一个重大的进步，它可以满足高速数据和媒介传输的需求，并支持高容量的语音服务。为达到这些要求，需要引入一些新的网元，如中继、家庭基站节点以及不同的小区层次。这样，为了保证覆盖和容量，基站数量将会大幅增加。而这些基站需要进行合适的管控，复杂的无线网络参数也需要进行维护和优化。

移动网络运营商的切身利益是最小化运营工作量和运营成本。下一代移动网络（Next Generation Mobile Networks，NGMN）联盟于2007年提出了自组织网络（Self Organising Networks，SON）的概念，SON能够有效简化下一代移动网络的操作和维护。SON的目标在于：

1）通过减少网络设计、建设和运营阶段中的人工干预程度来降低运营成本。

2）通过优化可用资源的利用率来减少资本开支。

3）通过减少人工错误的数量来保护收入。

通过如自配置、自优化和自治愈等机制可以简化操作任务，进而实现上述目标。SON可以看作将早先的需要通过手动完成的（“离线的”）许多网络规划和优化工作，转移到现有的网元和OAM系统来实现（“在线的”）的方法。

NGMN为SON用例设计需求，而3GPP为这些用例制定技术方案并开展相关标准化工作，然而并非所有的SON功能都需要进行标准化。本书对3GPP已经标准化的SON用例和功能，以及不使用标准化接口或信令的SON功能都进行了讨论。

本书着重描述SON这项新功能在LTE系统中的实现，因为SON功能可以从LTE系统设计的初始阶段便进行全面考虑，因而可以达到最优的效果。在3G和2G网络中同样可以使用SON相似的概念。由于SON主要的挑战在于无线网络的

管理，所以本书更加侧重无线接入部分的介绍。为了实现端到端的流程，也介绍了一些核心网和传输网（回传链路）的内容。有关核心网侧的内容在单独的章节里介绍，并介绍了相关必要的传输网内容。而单独的传输网的SON功能并不在本书的描述范围内。

本书的结构如下：第1章介绍了网络管理所面临的挑战以及对自动化和SON功能的需求，此外对LTE网络使用SON的需求也进行了讨论。

第2章对3GPP及LTE的要求和规范进行了综述性介绍，同时也包括了LTE无线接入网的场景及演进。

在第3章，讨论了SON愿景所面临的挑战，并介绍了NGMN和3GPP的SON用例。通常情况下，当讨论SON带来的优势时，第一个便是节省运营成本。然而，这并不是SON带来的惟一好处。例如，SON对资本开销和网络服务质量也会产生影响。本章对这种SON产生的商业利益也进行了讨论。此外，第3章介绍了SON的基础，包括SON的基本技术原理、早期的SON研究项目、带有SON功能的系统架构设计以及SON操作和技术方面的挑战。

移动网络的生命周期包括设计、建设和运营/维护三个阶段。后两个阶段可以通过SON来实现自动化。在建设阶段，可以通过自动连接、自动运营和动态的无线配置来实现自动化，从而简化人工操作（见第4章）。在运营阶段，自优化和自愈功能可以根据网络性能和网络事件来自动修正网络配置。自优化和自愈功能将在第5章和第6章分别讨论。

3GPP计划在R10（Release 10）阶段引入最小化路测（Minimisation of Drive Tests，MDT）功能。MDT可以主动搜集用户设备（User Equipment，UE）的测量和UE的位置信息。这些信息，联同无线接入网络侧提供的信息可以细致形象地显示网络的性能和健康状况。因此，MDT有助于自优化和自愈的实现，将在第7章进行详细描述。NGMN也在研究核心网的SON用例，这些用例与无线网侧的SON紧密相关（见第8章）。

当许多不同的SON功能在一个系统中同时运行时，它们之间便需要进行交互协作，因此需要一个系统级的机制来管理SON功能。这包括不同SON功能之间的预防协调机制，一方面可以避免冲突的发生，另一方面可以保证SON有效运营（并行运行）。另外，最重要的是操作维护人员可以通过这种机制来操作和控制SON系统，具体的操作将在第9章讨论。

第2章已经介绍了SON相关的网络场景。其中，一个特定的场景是“由几种不同类型的小区、技术或小区层次所构成的异构网络场景”。这种网络形式对SON的可扩展性、互操作性和增强的功能提出了更高的要求。因此，本书用第10章来专门讨论异构网络中的SON应用。

最后，第11章展望了未来SON相关的课题，如认知无线电网络，以及新的技术对SON的推动。

由于可以提高运营商的成本优势，自动化网络运营的概念近期引起了运营商浓厚的兴趣。本书重点描述了在网元以及 OAM 系统中创新的 SON 功能。虽然已有大量的研究出版物（除了 NGMN 的需求文档和 3GPP 的标准材料外），但是目前为止还没有一本书能够非常全面地描述 LTE 自配置和自优化的课题。本书介绍了 3GPP 的最新动态，旨在向读者展现一个全面、权威、完整的 SON 应用系统。

如需更多的信息，请访问合作网站 www. wiley. com/go/Hamalainen。

目　　录

译者序

原书序

原书前言

第 1 章　引言 …… 1

1.1　SON …… 2

1.2　从传统网络运维到 SON …… 5

1.2.1　网络自部署 …… 7

1.2.2　网络自优化和自排障 …… 8

1.2.3　SON 的特性及其挑战 …… 9

参考文献 …… 10

第 2 章　LTE 概述 …… 11

2.1　LTE 和 SAE 的介绍 …… 11

2.1.1　3GPP 结构、进展和 LTE 规范 …… 11

2.1.2　LTE 需求 …… 13

2.1.3　系统架构概述 …… 14

2.1.4　演进的 UTRAN …… 16

2.1.5　E – UTRAN 的功能网元 …… 16

2.1.6　演进的分组核心网 …… 17

2.1.7　LTE 承语音技术（VoLTE） …… 21

2.1.8　LTE – Advanced 长期演进 …… 21

2.1.9　网络管理 …… 27

2.2　LTE 无线接入网络场景和解决方案 …… 28

2.2.1　LTE 无线覆盖场景 …… 30

2.2.2　LTE 对现网的扩容 …… 31

2.2.3　多层 LTE …… 31

2.2.4　LIPA – SIPTO 的数据分流 …… 31

2.2.5　多种无线接入网络场景或非 3GPP 接入场景 …… 32

参考文献 …… 33

第 3 章　SON …… 35

3.1　背景 …… 35

3.2　NGMN 运营商用例和 3GPP 中的 SON 用例 …… 37

3.2.1　操作用例 …… 37

3.2.2 NGMN 的 SON 用例和需求 …… 41
3.2.3 3GPP 的 SON 用例 …… 43
3.3 SON 基础 …… 46
3.3.1 控制工程：反馈环 …… 47
3.3.2 自主计算和自主管理 …… 48
3.3.3 SON 研究项目 …… 50
3.4 架构 …… 53
3.4.1 用例相关准则 …… 54
3.4.2 系统级准则 …… 56
3.5 商业价值 …… 57
3.5.1 eNB 选址的经济学 …… 57
3.5.2 SON 的通用运营模式 …… 59
3.5.3 安装和规划 …… 61
3.5.4 网络优化 …… 62
3.5.5 故障管理 …… 63
3.5.6 小结 …… 64
3.6 SON 运行和技术挑战 …… 64
3.6.1 运营过程向 SON 的过渡 …… 65
3.6.2 技术（工程）挑战 …… 68
参考文献 …… 69
第 4 章 自配置（即插即用） …… 71
4.1 自连接和自调试 …… 72
4.1.1 准备阶段 …… 74
4.1.2 连接建立、站址鉴权和自动调试 …… 76
4.1.3 LTE – A 中继自动连接 …… 81
4.1.4 小结 …… 87
4.2 动态无线配置 …… 88
4.2.1 初始传输参数生成 …… 93
4.2.2 物理小区标识分配 …… 97
4.2.3 自动邻区关系建立（ANR） …… 102
4.2.4 DRC 结构 …… 112
4.2.5 小结 …… 114
参考文献 …… 115
第 5 章 自优化 …… 117
5.1 MRO …… 118
5.1.1 MRO 的目标 …… 118
5.1.2 小区改变和干扰的挑战 …… 118
5.1.3 MRO 相关参数 …… 121

5.1.4　移动性问题的起因 …… 125
5.1.5　MRO 解决方案 …… 127
5.1.6　MRO 时间尺度 …… 131
5.1.7　MRO 性能 …… 132
5.2　移动性负载均衡与流量控制 …… 138
5.2.1　流量控制介绍 …… 138
5.2.2　移动负载均衡的 SON 策略 …… 139
5.2.3　负载均衡的理论分析 …… 140
5.2.4　UE 分配至特定网络层的标准流程 …… 145
5.2.5　MLB 结果举例 …… 158
5.2.6　上行负载均衡 …… 164
5.2.7　TS/MLB 与 MRO 的互操作 …… 165
5.3　节能 …… 167
5.3.1　背景简介 …… 167
5.3.2　节能需求 …… 169
5.3.3　节能管理 …… 169
5.3.4　eNB 全覆盖场景 …… 170
5.3.5　容量受限网络 …… 172
5.3.6　设备/本地节能 …… 173
5.3.7　实例场景和期望增益 …… 175
5.3.8　小结 …… 176
5.4　覆盖与容量优化 …… 177
5.4.1　基于自适应天线的覆盖与容量优化 …… 178
5.4.2　基于 CCO 的天线参数优化的性能分析 …… 181
5.4.3　带传输功率的 CCO …… 189
5.5　随机接入信道 RACH 的优化 …… 189
5.5.1　概述 …… 189
5.5.2　物理随机接入信道的 PRACH 配置 …… 191
5.5.3　随机接入信道配置 …… 192
5.5.4　RACH/PRACH 配置实例 …… 193
5.5.5　随机接入性能 …… 194
5.5.6　自优化体系 …… 195
5.5.7　UE 上报信息 …… 196
5.5.8　eNB 间通信 …… 197
5.6　RRM 和 SON（干扰协调，P0 参数优化） …… 198
5.6.1　干扰协调 …… 198
5.6.2　P0 优化 …… 201
参考文献 …… 204

第 6 章 自愈 …… 207
6.1 背景简介 …… 207
6.1.1 3GPP 应用场景 …… 207
6.1.2 3GPP 自愈流程及其管理 …… 208
6.1.3 小区恶化管理 …… 210
6.2 小区恶化检测 …… 213
6.3 小区恶化诊断和预测 …… 217
6.3.1 规则化的系统 …… 219
6.3.2 贝叶斯网络 …… 220
6.3.3 基于用例的推理 …… 222
6.3.4 神经元网络 …… 223
6.3.5 测试 …… 225
6.3.6 预测 …… 225
6.4 小区失效补偿 …… 227
6.4.1 激活小区失效补偿 …… 228
6.4.2 小区失效补偿的方法 …… 228
6.4.3 小区失效补偿和自配置功能之间的协同 …… 231
参考文献 …… 231
第 7 章 支撑功能：最小化路测（MDT） …… 234
7.1 背景介绍 …… 234
7.1.1 概述 …… 234
7.1.2 历史和背景 …… 236
7.2 与 SON 的关系 …… 238
7.3 要求 …… 239
7.4 功能用例 …… 241
7.4.1 运营场景 …… 241
7.4.2 覆盖优化 …… 242
7.4.3 移动性优化 …… 246
7.4.4 容量优化 …… 246
7.4.5 公共信道参数化 …… 246
7.4.6 QoS 检验 …… 247
7.5 整体架构 …… 247
7.6 MDT 操控 …… 249
7.6.1 用户与设备跟踪 …… 249
7.6.2 MDT 配置参数 …… 249
7.6.3 基于用户的 MDT …… 251
7.6.4 基于区域的 MDT …… 254
7.6.5 管理系统的支持功能 …… 256

7.6.6　MDT 上报 …… 256
7.7　MDT 无线接口流程 …… 258
7.7.1　Immediate MDT …… 258
7.7.2　Logged MDT …… 261
7.7.3　RLF 上报 …… 265
7.7.4　测量参数 …… 268
7.7.5　位置信息 …… 270
7.8　小结 …… 270
参考文献 …… 271
第 8 章　核心网的 SON …… 272
8.1　背景介绍 …… 272
8.2　分组核心网的 SON …… 272
8.2.1　分组核心网元自配置 …… 272
8.2.2　自动邻居关系 …… 273
8.2.3　S1 – Flex（MME 池） …… 274
8.2.4　信令优化 …… 276
8.2.5　时延优化 …… 277
8.2.6　双向转发检测的快速网关收敛 …… 277
8.2.7　动态 IP 地址池分配 …… 278
8.2.8　节能 …… 278
8.3　语音核心网的 SON …… 279
8.3.1　语音 IP 质量监测和管理 …… 279
8.3.2　语音核心网的资源优化 …… 280
参考文献 …… 281
第 9 章　SON 运行 …… 282
9.1　SON 功能的相互影响 …… 282
9.1.1　空间特性 …… 283
9.1.2　时间特性 …… 283
9.1.3　SON 冲突类别 …… 286
9.1.4　SON 功能相关的网络参数 …… 287
9.1.5　SON 功能间冲突举例 …… 288
9.2　SON 功能协作 …… 291
9.2.1　SON 协作的基本选项 …… 291
9.2.2　SON 功能协作的目标 …… 294
9.2.3　SON 协作功能的概念 …… 296
9.2.4　协作方案 …… 300
9.2.5　相关的研究工作 …… 305
9.2.6　SON 功能协作举例 …… 305

9.3 小结 …… 308
参考文献 …… 309
第 10 章 异构自组织网络（HetNet） …… 310
10.1 背景介绍 …… 310
10.2 标准化情况及网络架构 …… 311
10.2.1 异构网络的网络架构 …… 313
10.3 自配置 …… 314
10.3.1 自动连接建立和自动接入授权 …… 315
10.3.2 自动站点识别及硬件到站点的映射 …… 316
10.3.3 自动邻区关系建立 …… 317
10.4 自优化：干扰管理 …… 317
10.4.1 异构场景下的干扰特性 …… 317
10.4.2 基本的干扰管理技术 …… 318
10.4.3 宏基站和微基站/微微基站共存的场景 …… 320
10.4.4 增强型时域干扰管理：eICIC …… 321
10.4.5 未来干扰管理的展望 …… 325
10.5 自优化：移动性、MRO 和业务控制 …… 325
10.5.1 移动鲁棒性优化 …… 325
10.5.2 多层业务控制及负载均衡 …… 327
10.5.3 与 IEEE 802.11（WiFi）的融合及协同 …… 327
参考文献 …… 328
第 11 章 未来研究展望 …… 329
11.1 未来移动网络的应用场景 …… 329
11.1.1 异构网络 …… 329
11.1.2 云无线接入网 …… 329
11.1.3 未来 OAM 系统需求 …… 331
11.2 认知无线网络 …… 331
11.2.1 从 SON 到 CRN …… 331
11.2.2 定义 …… 331
11.2.3 网络架构 …… 332
11.2.4 人工智能技术 …… 334
11.3 应用 …… 335
11.3.1 自配置 …… 336
11.3.2 自优化 …… 336
11.3.3 自愈 …… 336
11.3.4 SON 运行 …… 337
11.4 小结 …… 337
参考文献 …… 338
附录 英文缩略语对照表 …… 339

第1章　引　　言

Cinzia Sartori，Henning Sanneck，Jürgen Goerge，Seppo Hämäläinen 和 Achim Wacker

在过去的十年中，移动通信用户数量增长迅猛，同时即使在用户数目趋近饱和的发达国家，无线业务量也仍在以前所未有的速度持续增长。

全球移动通信系统（Global System for Mobile communication，GSM）的应用推动了语音移动电话的普及，迄今为止，世界范围内移动通信网络的人口普及率已达90%。然而，GSM 的设计初衷为承载语音业务，对后增的数据业务支持能力不足。近年来，在第三代（3G）移动通信系统宽带码分多址（Wideband Code Division Multiple Access，WCDMA）、高速分组接入（High Speed Packet Access，HSPA）及增强型高速分组接入（High Speed Packet Access Plus，HSPA +）的驱动下，产生了“移动数据风暴”现象。HSPA 的引入标志着网络由语音业务为主向分组数据为主的转型开始。这些 3G 演进技术可以以相对较低的成本实现网络升级，因此在未来很长一段时间内仍将占据至关重要的地位。然而很显然，一项新的无线接入技术（Radio Access Technology，RAT）只有同时包括新的空中接口和新的网络架构，才是应付上述数据风暴的长久之计。2011 年，Holma 和 Toskala 的著作《长期演进（Long – Term Evolution，LTE）》尚未问世时，LTE 技术就已经推出并在几个国家投入商用。本书第 2 章将对 LTE 的关键技术理念及其无线接入网场景进行介绍。

既有业务和新型数据业务（如移动互联网接入、社交网络、基于位置的服务/个人导航等）的需求激增，又有先进终端（如智能终端、平板手写终端等）的强大数据处理和存储能力，致使移动宽带业务量呈指数级增长，如图 1.1 所示。用户终端

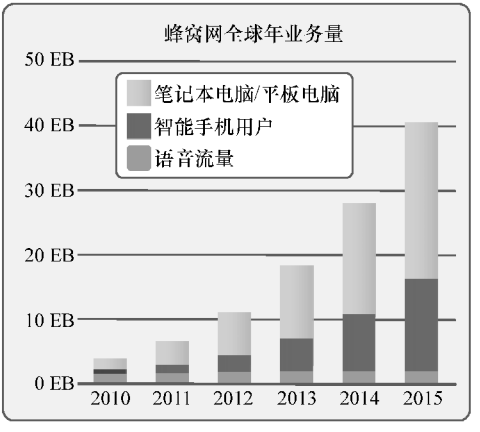


图 1.1　数据量增长趋势（来源：诺基亚西门子网络）