

WILEY

IEEE

IEEE
computer
society

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

国际先进工业技术译丛

绿色网络与 绿色技术

Harnessing Green IT PRINCIPLES AND PRACTICES

【澳】San Murugesan
【印度】G.R.Gangadharan 著

田辉 马军锋 刘述
徐贵宝 刘佳良 宋菲 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

WILEY

IEEE

IEEE
computer
society

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

国际先进工业技术译丛

绿色网络与 绿色技术

Harnessing Green IT
PRINCIPLES AND PRACTICES

【澳】San Murugesan
【印度】G.R.Gangadharan 著

田 辉 马军锋 刘 述 译
徐贵宝 刘佳良 宋 菲

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

绿色网络与绿色技术 / (澳) 穆鲁吉桑
(Murugesan, S.), (印) 甘加达兰 (Gangadharan, G. R.)
著; 田辉等译. — 北京: 人民邮电出版社, 2016. 5
(国际先进工业技术译丛)
ISBN 978-7-115-41887-6

I. ①绿… II. ①穆… ②甘… ③田… III. ①计算机
网络—资源管理 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第038536号

版 权 声 明

San Murugesan, G.R. Gangadharan.
Harnessing Green IT: Principles and Practices.
Copyright © 2012 by John Wiley & Sons Ltd.
All rights reserved. This translation published under license.
Authorized translation from the English language edition published by Wiley Publishing, Inc..
本书中文简体字版由 John Wiley & Sons Ltd 公司授权人民邮电出版社出版, 专有版权属于人民邮电出版社。

-
- ◆ 著 [澳] San Murugesan
[印度] G.R. Gangadharan
译 田 辉 马军锋 刘 述 徐贵宝 刘佳良 宋 菲
责任编辑 刘 洋
责任印制 彭志环
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.5 2016 年 5 月第 1 版
字数: 461 千字 2016 年 5 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记号 图字: 第 01-2013-3882 号
-

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

内容提要

本书探讨了使计算与信息系统更加绿色化，也就是有利于环境可持续发展的各种途径，同时又探讨了将信息技术（IT）作为工具和使能器来提高环境可持续发展能力的几种途径，既考虑了 IT 的绿色化，也考虑了绿色化的 IT，还额外给出了获得环境可持续发展的方法。本书全面覆盖了 IT 绿色化的技术、设计、标准、成熟度模型、策略和部署等内容，也包括了绿色化 IT 的使用、出售、设计、制造等方方面面，还通过多个领域的实际案例说明了如何从战略高度进行绿色 IT 实践。

本书既有理论，又有实践，既有战略高度，又有实操指导，对 IT 专家、学者、学生、产业研究人员、项目负责人、项目经理、IT 首席执行官、首席信息官、首席技术官来说，是一本不可多得的参考资料。本书也适合其他任何对绿色 IT 以及用它来提高环境质量感兴趣的人阅读。

目录

献给所有对学习和部署绿色信息技术，为我们现在和子孙后代创造可持续发展环境感兴趣的人。

致 谢

没有许多人的贡献、支持与合作，这本书是不可能出版的，在此我们向他们表示由衷的感谢。

我们感谢每一个热心的作者对本书各个章节所做出的贡献，以及与读者分享他们的专业知识、经验和见解。我们非常感谢他们的支持和合作。我们同样也向对本书章节提出宝贵意见的评审人致以谢意。

我们非常感谢 IEEE 计算机学会的 IT 专业杂志的主编 Simon Liu 为本书作序。

Wiley 的编辑团队是确保本书英文版能够高质量出版的关键角色，这值得我们赞扬。我们要特别感谢 Anna Smart、Susan Barclay 和 Mariam Cheok 投入的极大热情、支持与合作。我们要感谢我们的文字编辑 Cheryl Adam，以及我们在印度的排版人员 Lavanya 和她的团队，感谢他们为这本书所做的出色工作。

最后，要感谢我们的家人对我们的鼓励、支持与合作，使我们的这次尝试成为现实。

San Murugesan
G.R. Gangadharan

序

很高兴看到由 Murugesan 和 Gangadharan 所写的《绿色网络与绿色技术》一书。可持续发展重要性的认知度正在全球范围内逐渐提高，不仅吸引了政治家的关注、公众的注意和市场的兴趣，也吸引了众多的投资者、创新者、技术开发者等的目光。由于 IT 产品和服务在其整个生命周期内都对可持续性产生着影响，IT 行业所面临的监管正变得越来越多。降低风险并利用绿色 IT 提供的机遇，需要一个具有稳健原则和最佳实践的整体性和战略性的方法。关于如何利用绿色 IT 的问题，商界领袖、政策制定者、IT 专业人士、研究人员、学生和广大市民都需要切实有效的指导意见。

遗憾的是，目前关于切实有效的绿色 IT 的书籍还相对较少。Murugesan 和 Gangadharan 的这本书由一些在绿色 IT 这一特定领域中有着实践经验和丰富学识的工业界和学术界专家共同完成。他们与商界领袖、研究人员、IT 专业人士、IT 消费者联系密切，因而增加了大量对现实世界的洞察力和相关性。他们作为从业者和研究者的个人经历也很清晰地贯穿于全书。

本书最令人印象深刻的方面之一是其对绿色 IT 的全面剖析。现代 IT 系统依赖于一个复杂的人员、流程和产品组合。本书整体上概述了具有环保意识的人应该如何采用绿色流程来生产或消费绿色产品和服务。具体说来，首先详细描述了怎样通过硬件、软件、网络通信和数据中心运营来实现绿色 IT；然后讨论了绿色化 IT 计划的战略、框架、流程和管理；最后强调了通过创新来提高 IT 产品和服务的效率。

本书献给所有致力于学习和利用绿色 IT 来为我们和子孙后代的利益创造一个可持续发展环境的人们。这里所提及的信息并不需要一个人成为专业人士才能理解和使用。其中有些信息无法在其他书籍中找到，因为它包含了近年来从绿色 IT 这一领域中拥有实践经验的业界人士和丰富学术知识的学院专家那里获得的经验和教训。

我不得不实时地学习许多在这本书中所涉及的主题，有时在第一次尝试的时候还会犯错误。对于如何利用绿色 IT，我们这些在 IT 行业工作的人发挥着关键作用。在本书中

Murugesan、Gangadharan 和其他专家为我们贡献了使明天的 IT 更加绿色和可持续发展的稳健原则和最佳实践。有了这本书，许多 IT 领袖和专业人士能够学习到他们渊博的知识和敏锐的洞察力。

无论你是否是一名 IT 产品和服务的提供者还是消费者，都需要用做出正确的绿色 IT 决策所需要的原理和实践来武装自己，依靠 IT 科技的力量创造一个可持续发展的社会，以利于我们和子孙后代。要实现这一目标，本书可以在知识和工具方面为你提供所需的优秀资源。

归根结底，这是一本优秀的书，一本经过实践证明并具有全面参考价值的书。它是一把单独的、明亮的刺穿各种绿色 IT 主题的阴暗的剑。如果说在我遨游绿色 IT 海洋的过程中收获的经验教训还有一些指导意义的话，那我就建议那些对绿色 IT 感兴趣的人每天读这本书。我祝贺 Murugesan 和 Gangadharan 写了这样一本优秀的能提供无价资源的好书。我非常喜欢读这本书，它非常实用，使我获益匪浅。我想你也会喜欢它的！

Simon Y. Liu 博士

IEEE 计算机学会《IT Professional》主编

美国全国农业图书馆主任

译者序

我们经常会听到有人慨叹全球变暖，抱怨环境恶化。是的，随着各类污染物的排放量增加，全球气温正在逐渐升高，雾霾、酸雨等自然灾害越来越多，正在持续侵蚀我们的健康，有时我们自己也不免加入到慨叹和抱怨之列，煞有介事地去分析原因、探索解决方案。然而，可曾想到，信息通信技术可以在其中所扮演的角色和起到的作用？一方面，信息通信技术的广泛应用，可以大幅度降低、监测各类温室气体、废弃物和污染物的排放量；另一方面，世界各地的大数据中心已经成为用电和散热大户，废弃的电脑、iPad、手机等终端，打印机、复印机等外设，硒鼓、线缆等耗材，都正在或已经成为了日益严重的污染物。据测算，到2020年可将降低全球16.5%温室气体（GHG）的排放量，信息通信技术的碳排放约占总排放量的3%。信息通信技术在自身发展过程中带来了远远超出自身排放量的减排贡献，被称为低碳经济的使能器。

有鉴于此，美国、英国、德国、日本等都已经纷纷将绿色技术与绿色网络作为一项国家战略来实施，国际上也已经出现了绿色和平组织等社会性非政府组织，力图推广节能降耗减排，ITU、ISO等国际标准化组织也相继推出了相关标准。我国日益重视绿色技术与绿色网络的发展，尤其是近些年来，绿色发展已经成为我国的国家战略之一，SAC、CCSA等标准化组织也发布了相关标准。党的十八届五中全会更是将绿色发展做为我国未来发展的基本原则和根本理念，并强调“要实现十三五时期发展目标，必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念”。

在世界范围内各个行业都在推进绿色可持续发展的理念和行动，国内也不例外，绿色通信、节能减排、绿色数据中心等从概念到实践都已经如火如荼地展开，相关从业人员、学者和研究人员也迫切需要从理论到实践的指导、借鉴和参考。《绿色网络与绿色技术》一书各章的作者都是绿色网络与绿色技术领域的权威专家。丰富的实际项目经验使作者能够将绿色IT的方方面面，如设备与硬件、软件、数据中心、存储、网络和通信、企业IT战略、管理、标准和协议等，进行深入浅出的系统阐述。本书是绿色网络与绿色技术的

理论思想与实践总结的代表作品，同时，本书也带来了许多绿色 IT 方面的案例和最佳实践。本书必将对电信和互联网行业的技术设计人员、主管、项目经理、产品经理和首席执行官产生极大的帮助，是有志于研究和实施 IT 绿色化的从业人员必读的参考书。在此郑重介绍给国内读者，希望能够对我国的绿色技术发展有所借鉴，为我国的碧水蓝天和清洁空气做出贡献。

本书各章翻译的人员如下：第 1、2 章由徐贵宝、曹蓟光翻译；第 3、4 章由马军锋、陈墨、李洁翻译；第 5、6 章由刘述、陈凯、张德华翻译；第 7、8 章由田辉、段世惠、王子豪翻译；第 9、10 章由马军锋、栗蔚、季磊翻译；第 11、12 章由刘述、张恒升、赵锋翻译；第 13、14 章由宋菲、孙明俊翻译；第 15、16 章由刘佳良、郭亮、马科翻译；第 17、18 章由徐贵宝、朱晓云、朱刚翻译；其他部分由徐贵宝翻译。参与本书审核的有毕立波、聂秀英、叶永学、张宇华、唐锡京、吴英桦、唐浩、刘媛、姜春宇、马飞、牛晓玲、于涛、韩宝鱼、王敬敬等。徐贵宝对全书进行了审校。

在翻译过程中，我们在尽量保持与原文风格一致的同时，也尽量统一语言风格。但由于本书各章的作者不同，写作风格也不尽相同，加之翻译和审核人员能力有限，因此可能存在诸多不尽人意之处，敬请广大读者在阅读本书的过程中，提出宝贵意见和建议。如有任何建议和意见，请与译者联系，联系邮箱：xuguibao@ritt.cn。

本书在翻译和出版过程中，本书编辑刘洋先生为本书的出版做了大量联系和沟通工作，译者在此表示感谢。

译者

2016 年 3 月

前言

虽然围绕着全球变暖问题，在科学、政治和社会方面还存在着一些分歧，但是越来越多的人接受了这样一种观点，即现在如果不采取行动来解决这个问题和其他环境问题，就会造成危险的后果。气候变化是一个现实，其主要原因是人为的排放温室气体（GHG），特别是二氧化碳（CO₂）。解决环境问题和采取对环境负责的做法是企业、政府和社会的一个新的重要议题。此外能源成本飙升、环保法规和条例的出台、废弃物处置成本的上升、电力能源短缺和公众对企业形象的看法等一些其他因素，都在促使企业和个人转向绿色化发展。

作为这个日益重要的全球性议题的一部分，我们正在呼吁使我们的信息技术（IT）系统和工作方法更加绿色环保，并利用 IT 科技的力量来解决我们所面临的环境问题。因此，如同政府机构，首席信息官（CIO）、IT 经理、IT 专业人员、企业和个人都在寻求问题的答案：IT 对环境究竟造成了何种关键影响？什么才是我们必须解决的主要环境问题？怎样才能使我们的 IT 基础设施、产品、服务、业务、应用和实践对环境负责？如何衡量和比较我们对环保所做努力的有效性？我们需要遵守何种法规或标准？进行更环保的 IT 实践可以为组织带来何种效益？IT 需要做出何种努力，才能帮助企业和社会来改善环境的可持续性？

绿色 IT 是指对环境无害的信息技术和系统，以及应用程序和做法，包括 3 个相辅相成的 IT 方法，用以改善环境的可持续性：（i）将硬件、软件和通信系统这些计算资源在其生命周期内的能耗和对环境的影响降到最低；（ii）IT 和信息系统的运用，也就是支持、协助和利用其他企业的环保措施；（iii）利用 IT 来帮助建立利益相关者之间的认识和推动绿色议程和绿色倡议。绿色 IT 在经济及环境方面都已势在必行。此外，许多绿色化的倡导者也将证明，这是我们的社会责任。

绿色运动正在为 IT 专业人士、审计师和其他人士在绿色 IT、能源效率、符合道德规范的 IT 资产处置、碳足迹评估报告和发展的绿色环保产品的申报和研发、应用和服务等领域具有特殊技能的人员创造新的就业机会。一些大学和培训机构已经率先开设了绿色 IT 课程，其他人也在努力效仿。为了帮助创造一个更加可持续发展的环境，利益相关者需要了解绿色

IT 及其承诺。但公司之间存在着差距, IT 专业人士、学生和用户在他们对绿色 IT 的理解水平上也存在着差距。他们中的许多人不知道如何或从何处开始实施绿色 IT。

《绿色网络与绿色技术》旨在帮助那些在 IT 领域的人员全面地理解绿色 IT 及其潜力和应用。

关于本书

在本书中, 全面讨论了什么是绿色 IT, IT 如何能变得更环保, 以及 IT 如何能够帮助改善环境的可持续性。本书涵盖了广泛的主题: 绿色技术、设计、标准、成熟度模型、策略和采用的方法。为了帮助读者进一步探索这一新的学科并不断对发展的现状进行了解, 每一章还提供了一个额外的信息资源列表。这个主题和范围是与当前的技术和市场的发展趋势相契合的, 从而使绿色运动获得更清晰的认识和意义。

本书的目的是为了让感兴趣的人们了解绿色 IT 的原则和做法, 并在他们感兴趣的领域应用或部署绿色 IT。本书假定读者事先不知道这方面的知识, 因而深入、全面地介绍了覆盖该领域的知识。这将使 IT 专业人士、学生、学者、研究人员、管理人员和政策制定者产生兴趣, 并且对他们而言有巨大价值, 也将帮助他们更好地了解绿色 IT 的承诺——创建一个可持续发展的环境, 利用 IT 科技的力量为我们当前和子孙后代造福。

本书共有 18 章, 分别由来自学术界和工业界的绿色 IT 专家编写。本书可以按章节顺序或凭读者的兴趣阅读, 即在读完第 1 章绿色 IT 的概述后, 可以跳到任意的或感兴趣的章节阅读。每章还有复习题和讨论题, 以帮助读者对绿色 IT 领域进行进一步的研究和探索。书中还设有一个词汇表及一个配套网站 wiley.com。如果教师采用本书作为教程, 也可以找到补充的 PowerPoint 演示材料 (请与所在地区的出版代理联系)。

每章预览

第 1 章介绍绿色 IT 的概念, 说明绿色化 IT 和 IT 服务绿色化的原则和做法, 探讨了 IT 对环境的影响, 勾勒出绿色 IT 的定义并界定了绿色 IT 1.0 与 2.0 的概念。它提出了一个绿色化 IT 的全面方法, 并简要介绍了数据中心、云计算、存储系统、软件和网络可以更环保。这也突显了 IT 如何能帮助企业建立环保措施、减少其碳排放量、并为其余的章节提供背景。

接下来的 3 章对绿色 IT 的硬件和软件进行了说明, 详细介绍了硬件和软件本身如何具备可持续性, 怎样利用硬件和软件来实现可持续发展。第 2 章全面介绍了绿色硬件, 包括 PC 电源管理、节能高效的电源转换器、使用多核处理器、新类型显示器、使用更少的有毒物质。第 3 章讨论了如何使软件更环保和节能, 并专门介绍了通过软件实现更加环保的方式、方法和选项。作为延续, 第 4 章讨论了软件特点如何影响计算应用的可持续性 or 绿色性, 勾勒出

可持续软件工程的概念。

第 5 章讨论了数据中心的可持续发展面临的主要挑战，以及最大限度地减少数据中心能源消耗和碳足迹的策略，描述了一种数据中心 IT 和设备能源管理的整体分析方法。第 6 章全面介绍了高效节能的存储技术和数据存储系统，说明了计算机网络和通信也可以变得更加绿色。第 7 章探讨了计算机网络和通信高效节能的需求，并介绍了新兴的绿色网络协议及其相关持续发展的情况。

为了实现更充分的利益，企业目标和减少碳排放的绿色战略需要更加紧密地结合。第 8 章强调了这一结合的必要性，并介绍了发展绿色 IT 战略的关键步骤和注意事项。第 9 章在包括组织架构、业务功能、产品与服务、个人水平在内的多个层面上探讨了信息需求，并讨论了可持续发展的框架、原则和工具；也提出了一个用于评估一个组织可持续发展能力的模型。第 10 章提出了一个用来显示绿色 IT 输入、转换和输出能力的绿色 IT 就绪（G-就绪）框架，提出了一系列与 G-就绪规模相关的建议，并通过借鉴在澳大利亚、美国和新西兰搜集的数据显示框架的效用。

作为一个关键的推动者，IT 还可以成为企业可持续发展整体战略的主要驱动力。第 11 章讨论了具有可持续性发展能力的 IT 服务、应用程序，并为企业的生态和社会问题提供了创新的解决方案；还从不同的利益相关者的角度出发，探讨了可持续发展的 IT 服务和它们的价值，并概述了这些服务的改进与可持续发展战略之间的一致性标准。第 12 章强调了整个企业（或尽可能多的部门）需要更加绿色，概述了各种绿色倡议组织内部和组织之间的关系。此外，还讨论了 IT 和 IS 在绿色化企业过程中的角色。

第 13 章概述了从环境的角度处理与再造业务流程和使业务与物理流程更加绿色环保的需求。第 14 章通过 IT 和企业绿色化的管理和执行问题引导出管理的作用。此外，还讨论了绿色 IT 计划的生命周期，并用案例进行说明。第 15 章叙述了监管、非监管和其他方式的混合操作对 IT 业务及产业的影响，使它们以更环保的方式可持续发展。这一章描述了全球性法规对绿色 IT 的控制，讨论了已有和新兴绿色 IT 法规和公共政策执行的范围。

接下来的两章概述了语义 Web 和云计算在绿色 IT 方面的作用。第 16 章讨论了在环境可持续发展背景下的云计算，以及构成能源消费总量的云的各种元素，并概述了建设更加绿色的云方面的关键概念。第 17 章涉及可持续发展的信息化管理，讨论了如何利用语义 Web 技术和理念进行信息搜集和共享，并描述了一个基于语义 MediaWiki 的生态系统工具，可以使数据的使用效率更高。

第 18 章是最后一章，介绍了一些新兴技术如何支持绿色 IT，探讨了绿色 IT 的机遇和挑战以及出现的新趋势，并明确了未来的研究方向。

我们相信，本书涵盖了一系列绿色 IT 方面的关键主题和解决方案，能够帮助许多读者了解绿色 IT 的前景与未来，并运用 IT 科技的力量，创造一个可持续发展的环境，使我们和子孙后代受益。采用本书中所描述的步骤和方法，你就能开始改变这个世界了。正如 Mahatma

Gandhi 所说的,“欲变世界,先变其身”。现在,我们很高兴地把本书呈献在你的面前。如果你有好的意见和建议,请通过邮件的方式发送到 greenITbook@gmail.com。

欲了解更多信息,请访问网站 www.wiley.com/go/murugesan_green。

San Murugesan
G.R.Gangadharan
greenITbook@gmail.com

目 录

第 1 章 绿色 IT: 概览	1
1.1 引言	1
1.2 环境问题和可持续发展	2
1.2.1 难以忽视的真相	3
1.2.2 可持续发展	4
1.2.3 为什么需要绿色行动	4
1.3 IT 对环境的影响	4
1.4 绿色 IT	5
1.4.1 OCED 绿色 IT 框架	6
1.4.2 绿色 IT 1.0 和 2.0	6
1.5 绿色 IT 的体系化方法	7
1.5.1 “绿色化”计算机的全生命 周期	8
1.5.2 绿色 IT 的 3R	8
1.6 “绿色化”IT	9
1.6.1 绿色 PC、笔记本电脑和 服务器	9
1.6.2 绿色数据中心	10
1.6.3 绿色云计算	11
1.6.4 绿色数据存储	11
1.6.5 绿色软件	12
1.6.6 绿色网络和通信	13
1.7 应用 IT 系统加强环境 可持续性	13
1.8 绿色 IT 标准和 IT 的 生态标签	14

1.9 企业绿色 IT 策略	14
1.10 绿色 IT: 负担还是机会?	16
1.11 结论	17
复习题	18
讨论题	18
参考文献	19
延伸阅读及相关网站	19
第 2 章 绿色设备和硬件	21
2.1 引言	21
2.2 设备或硬件的生命周期	22
2.2.1 设计	23
2.2.2 制造	23
2.2.3 包装和运输	25
2.2.4 使用	26
2.3 再利用、回收和销毁	30
2.4 结论	32
复习题	32
讨论题	33
参考文献	33
第 3 章 绿色软件	35
3.1 引言	35
3.2 节能软件技术	37
3.2.1 计算效率	38
3.2.2 数据效率	40
3.2.3 上下文感知	43

3.2.4 闲置效率	45	4.8 案例研究	68
3.3 评估和测量软件对平台功率的 影响	48	4.8.1 可修改性和可重用性	68
3.3.1 Fluke NetDAQ® (网络化 数据采集单元)	48	4.8.2 可移植性	68
3.3.2 软件工具	49	4.8.3 支持	69
3.4 结论	51	4.8.4 性能	69
致谢	51	4.8.5 可靠性	69
复习题	52	4.8.6 易用性	69
讨论题	52	4.8.7 辅助功能	70
参考文献	52	4.8.8 可预测性	70
延伸阅读	53	4.8.9 效率	70
第 4 章 可持续的软件开发	55	4.8.10 项目的碳排量	70
4.1 引言	55	4.8.11 结果和行动	71
4.2 现行做法	56	4.9 总结	71
4.3 可持续软件	57	复习题	72
4.4 软件可持续发展的属性	58	讨论题	72
4.5 软件可持续的指标	60	参考文献	72
4.5.1 可修改性和可重用性	61	第 5 章 绿色数据中心	73
4.5.2 可移植性	61	5.1 数据中心和相关的能源挑战	73
4.5.3 支持	61	5.2 数据中心 IT 基础设施	74
4.5.4 性能	62	5.2.1 服务器	75
4.5.5 可靠性	62	5.2.2 网络	76
4.5.6 易用性	62	5.2.3 存储	77
4.5.7 辅助功能	62	5.2.4 IT 平台创新	77
4.5.8 可预测性	63	5.3 数据中心设施基础结构: 对能源效率的影响	79
4.5.9 效率	63	5.3.1 电力系统	79
4.5.10 项目碳排量	63	5.3.2 冷却	82
4.6 可持续的软件方法	64	5.3.3 基础设备管理	83
4.6.1 指标收集	64	5.4 IT 基础设施管理	84
4.6.2 代码指标工具	64	5.4.1 服务器电源	84
4.6.3 简单的易用性研究	65	5.4.2 整合	87
4.6.4 平台分析	66	5.4.3 虚拟化	88
4.6.5 现有项目统计	67	5.5 绿色数据中心指标	90
4.7 行为定义	67	5.5.1 PUE 和 DCiE	90
		5.5.2 功率与能量消耗	91

5.6 数据中心管理策略:	7.1.2 下一代网络所面临的挑战	111
案例研究	7.1.3 节能型网络的好处	111
5.6.1 挑战	7.1.4 绿色网络的目标	112
5.6.2 测试解决方案	7.1.5 绿色网络技术中的核心部件	113
5.6.3 影响	7.2 绿色网络协议的目标	113
5.6.4 综合评价	7.2.1 能源优化协议设计	114
5.7 结论	7.2.2 与网络通信协议相关的比特成本	115
复习题	7.2.3 绿色网络协议的目标	119
讨论题	7.3 绿色网络协议和标准	120
参考文献	7.3.1 减少碳排放的战略	120
延伸阅读及相关网站	7.3.2 EMAN 工作组的贡献	121
第 6 章 绿色数据存储	7.3.3 标准化组织的贡献	121
6.1 介绍	7.3.4 利用上下文细节来推动能源效率提升	122
6.2 存储媒介的用电特点	7.4 结论	123
6.2.1 硬盘	致谢	124
6.2.2 磁带	复习题	124
6.2.3 固态硬盘 (SSDs)	讨论题	124
6.3 硬盘的能源管理技术	参考文献	125
6.3.1 状态迁移	延伸阅读及相关网站	126
6.3.2 缓存	第 8 章 企业绿色 IT 战略	127
6.3.3 动态 RPM	8.1 引言	127
6.4 系统级能源管理	8.2 走进绿色 IT 战略	128
6.4.1 电量感知的 RAID	8.3 绿色 IT 战略的商业驱动力	130
6.4.2 电量感知的数据分布	8.3.1 成本降低	131
6.4.3 分级存储管理	8.3.2 法律和法规需求	131
6.4.4 存储虚拟化	8.3.3 社会文化和政治压力	132
6.4.5 云存储	8.3.4 对自身利益明智的考虑	132
6.5 总结和研究领域	8.3.5 协同商务生态系统	132
复习题	8.3.6 新的市场机遇	133
讨论题	8.4 绿色 IT 转变的业务维度	133
参考文献	8.4.1 经济	134
第 7 章 绿色网络和通信		
7.1 引言		
7.1.1 绿色网络通信与管理: 背景		