



策略驱动型数据中心 ACI技术详解

The Policy Driven Data Center with ACI

Architecture, Concepts, and Methodology

[美] Lucien Avramov 著
[意] Maurizio Portolani 译
刘军 周超

ciscopress.com

思科数据中心系列

策略驱动型数据中心 ACI技术详解

The Policy Driven
Data Center with ACI
Architecture, Concepts, and Methodology

[美] Lucien Avramov 著
[意] Maurizio Portolani 著
刘军 周超 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

策略驱动型数据中心 : ACI技术详解 / (美) 阿拉莫夫 (Avramov, L.), (意) 珀特兰尼 (Portolani, M.) 著 ; 刘军, 周超译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-115-38768-4

I. ①策… II. ①阿… ②珀… ③刘… ④周… III. ①数据库管理系统 IV. ①TP311.132

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第050364号

版权声明

The Policy Driven Data Center with ACI: Architecture, Concepts, and Methodology

Lucien Avramov and Maurizio Portolani

Copyright© 2015 Cisco Systems, Inc.

本书中文简体字版由美国 Cisco Press 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

◆ 著 [美] Lucien Avramov [意] Maurizio Portolani

译 刘 军 周 超

责任编辑 赵 轩

责任印制 张佳莹 焦志炜

◆ 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>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 20.25

字数: 435 千字

2015 年 4 月第 1 版

印数: 1—3 500 册

2015 年 4 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2015-1255 号

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

推荐序一

从业二十余载，我亲身经历了中国企业网络由“无”到“有”，由追随欧美先进企业之“形”到取领先实践之“意”，由“粗放管理”到“卓越运营”的巨变。欣然之余，伴随着对企业网络“供”与“需”两方之间的更深层次接触，我感受到从业者与业务方之间的“距离”感在增大。与数据管理、应用开发等 IT 的其他领域相较，企业网络近年来缺乏“质”的革新，始终围绕着“盒子”在做文章，越做越专，却且行且远。一方面网络技术专业性令系统管理员和开发人员都望而生畏，另一方面网络资源难以做到云时代“按需获取”、“自如扩展”的要求，更不必说和应用与业务事实上的“脱媒”。毫不夸张地说，自 IP 一统企业网络天下以来，这个行业再一次站在了“不破不立”的三岔路口。

思科在 2013 年末推出了 ACI 解决方案，以从应用出发的视角构建企业级数据中心网络，通过开源开放的方式来包容云化的基础架构资源，更重要的是具化网络与应用、与业务之间的关联，从而凸显网络对于企业的价值。当然，天下没有免费的午餐，企业网络从业人员需要用全新的视角来审视自身的工作，从枯燥的网络协议和命令行中抬起头来，更多地去理解企业应用和背后的技术架构，从思考“How：怎么实现”到更多思考“Why & What：为什么实现 & 实现什么”。

ACI (Application Centric Infrastructure, 以应用为中心的基础架构) 的出现，引领了网络行业，尤其是 SDN 新的发展趋势，并得到了业内的积极响应，为此这本关于 ACI 的技术专著也于 2014 年末孕育而生，本书同时还是思科公司成立 30 周年纪念特别版。

作为 20 年来中国市场和客户值得信赖的合作伙伴，思科中国公司在第一时间组织并推动了该书中文版的出版，以最快速度将这一革命性的网络新技术与中国客户分享。以实现“思科将一如既往地为中国客户提供全球最领先的技术与最佳实践经验，助力客户实现更大的商业价值与创新，为消费者打造前所未有的全新体验，并与客户一道，共同推动中国信息通信产业的变革”的“互信互励，相益相成”的承诺。

我希望读者能在学习 ACI 这项企业网络近年来最重要的革命性技术的同时，能够思考网络从业人员如何增添自身价值，实现“破局”。

——思科全球副总裁，大中华区企业业务部总经理，张思华

推荐序二

以应用为中心的基础架构（ACI）是思科一次前所未有的战略布局，在 IT 市场建立了一个新的标准，更为广大客户提供了新的承诺、新的前景。它不仅仅是一项技术或产品的创新，更是一种思维模式的转变。

今天行业转变正从各个层面重新定义 IT。众所周知，企业内部 IT 消费模式正逐步转变为使用云服务。传统 IT 采用孤立的操作视图，应用、网络、安全、服务器、存储之间没有关联的操作模式将被云架构通用的操作模式取而代之。以硬件为中心的管理模式正在迁移到以应用为中心的管理模式。

而业界对 SDN 的情有独钟正是因为它的概念基于开放、可互操作、可控性、高度可编程性、可扩展性、灵活性等优势。从某种程度上看，SDN 是对传统网络硬件产品模式的颠覆。它正确地提出了一个全新的理念。

思科的 ACI 正是在这样的背景下孕育、开发并投入市场，它真正地将 SDN 的概念付诸实现，并创立了新的网络架构和运维思路。ACI 改变了传统以硬件为核心的产品和服务策略，它提供一个具有集中式自动化功能和策略驱动型应用配置文件的整体架构。ACI 的核心基础是以提供开放式软件灵活性和硬件扩展性有机的结合方式管理和运营支持网络。

本书的两位专家作者 Lucien Avramov 和 Maurizio Portolani 是我多年的思科同事和朋友，他们参与了 ACI 的设想、概念、硬件及软件的开发、整体架构的部署和测试，同时花费了很多精力及时间撰写本书，非常高兴看到本书的问世，更为其中文版作序而感到荣幸。

本书涵盖了数据中心很多相关技术领域，如服务器、网络、存储、虚拟化、安全和运维。前半部从数据中心的架构，云架构的建立谈到 ACI 如何实现完整的策略驱动管理模式，虚拟和物理的集成，以及 ACI（APIC）和 OpenStack 的集成合作及运营管理优势。后半部则着重探讨了 ACI 的网络设计思考，服务的嵌入，自动监测等。最后具体介绍了硬件设计。这是一本由浅入深、内容丰富的综合技术专业书，能帮助广大读者深入了解目前实现 SDN 的最佳实践方案 ACI。更希望国内的同行、IT 专家和思科一起来探讨和描绘 ACI 的蓝图。

——思科大中国区首席技术执行官 曹图强

推荐序三

中国的企业网络建设至今有 20 多年的历史，我们作为第一代的网络“攻城狮”也经历和见证了整个过程。记得曾经有一段时间大家也在谈论所谓“建设企业信息高速公路”的话题。通俗的比喻是：只要把网络建设得足够快（像高速公路一样），不管上面跑什么样的应用（车），都应该没问题。可我现在看看窗外的北京长安街及交汇东三环的 CBD 地区：路足够宽了-6 车道或 8 车道，可怎么还是那么堵车呢？车是比以前多了许多，但比起其它国际大城市来说应该还是可以承受的。回想起来，我们企业的传统应用在信息化初期受到当时条件的限制，应该说对网络带宽和服务的要求还是比较“节俭”的，而且更关键的是信息流的方向上比较单一；而在现在的企业数据中心中新的“大容量”应用不断上线，东西向的数据流的迅猛发展，对承载的网络来说提出了前所未有的要求和挑战。这时候我们是否要重新审视：什么是网络设计与建设的重要依据？最终这是一个网络为什么服务的问题。

网络当然是要为应用服务 - 其实这也是一个比较显而易见的答案。围绕应用的需求和发展，即以应用为中心，我们更加精细地理解未来网络的特征，未来网络所应具备的服务和策略上的特性，这才应该是未来网络设计的基础。

同时，软件定义网络（SDN）作为网络方面一个大的变革趋势，已经在过去的几年里被热烈地讨论着，但最终在企业网络中还没找到合适并具有重大业务影响力的场景，一直还处于实践的摸索阶段。其实我们的一些客户谈到：他们日常压力最大的就是新应用的上线 - 通常要经过几个月的努力，从准备硬件软件环境，到测试验证和压力，都要协调 IT 各个部门（应用、系统、网络、安全，等等）的共同努力。而且一旦业务上线，特别是初期，一定要严密监控应用运行的状态和健康状况，这又演变成一个常态的压力。

Application Centric Infrastructure（ACI）是实际上结合以上的需要，提供给企业用户一个更加针对应用的、商用的 SDN 环境，可以根据应用对于网络的连接，策略及服务等方面的需要给予快速的响应，并配合虚拟化实施，从而使新应用的部署时间从几个月缩短到几周，几天甚至几小时。

现在企业尤其是大型企业用户已经在考虑（或已在进行）云计算的实施，一个开放的、开源的云管理平台也是其中非常重要的组成部分。这对原本“简单”的网络提出了更高的要求，同时也拉近了网络和应用的距离。

针对这些问题，我们希望在书中可以找到答案。

——思科中国企业技术总监 苏哲

推荐序四

组织：思科系统

年营收：近 500 亿美元

位置：加利福尼亚州，圣荷西

挑战：优化思科的数据中心（其中运行着 4000 多个生产应用），使其能够快速、安全且低成本地部署关键业务应用。

随着新应用（特别是来自云和移动环境的新应用）成为主要业务推动因素，思科面临的挑战也困扰着越来越多的企业 IT 部门。传统的 IT 基础架构阻碍或放缓了企业对应用的部署，不仅是一些新应用的部署，即使是对现有应用的升级也是一大难题。

面对挑战，思科给出了漂亮的解决方案——以应用为中心的基础架构（ACI）——来完成数据中心的升级和转型。ACI 将软硬件、系统和专用集成电路芯片（ASIC）中的创新与基于开放式 API 的动态应用感知网络策略模型完美结合在一起，可将应用部署时间从数月缩短至几分钟。

从 ACI 诞生之日起，它就不是一个自我封闭的系统。思科通过开放 API，引入管理、协调、控制、虚拟化、网络服务和存储合作伙伴，形成了一个开放有活力的 ACI 生态系统，其中包括 NetApp、Citrix、EMC、VMware、BMC、Red Hat、Microsoft、IBM、SAP、Symantec 和 F5 Networks 等。同时思科致力于与开源社区 OpenStack、OpenDaylight、Open vSwitch 等合作，带来了丰富的 ACI 扩展。作为新一代数据中心的基础架构，ACI 得到了行业的广泛认可。

需要特别指出的是，随着新一代数据中心架构的演化，设计和管理数据中心所需要的 IT 技能也正在发生着快速的变化，除了传统的 CCIE 网络知识，ACI 所需要的 Python 编程、自动化脚本和基于 REST 的 Web 服务模型正逐渐成为网络工程师和架构师的核心技术技能。

本书是业界第一本详细介绍思科 ACI 架构的原理，软硬件结构和用户实例的专著。阅读本书将会是一个相当有趣的体验，作者将新一代数据中心的架构设计原则、概念和方法娓娓道来，让读者深入理解思科创新思维的来龙去脉，更好地掌握新一代数据中心的建设和运维。

——思科全球研发总监 鲁子奕

推荐序五

纵观网络控制的发展历史，您可能想知道为什么如此简单的概念中出现了如此高深的复杂度。网络管理系统在传统上专注于控制功能，而未将网络视为系统。从核心上讲，任何网络控制方案的目的都是为解决两件事：终端行为控制和路径优化问题。终端行为控制也称为访问控制，在此领域已经有了许多规则来控制哪些终端集能否通信；路径优化问题通过管理众多网络控制平面协议来帮助解决。不幸的是，这种自然的分离已很少有实现了，最终得到的控制模型不仅难以使用，而且在运营上又很脆弱。

IT 不是为了其自身的利益而存在的。任何 IT 组织的目的都是运作业务应用。应用所有者、架构师和开发人员都非常了解他们的应用。他们完全了解应用的基础架构需求和通信所需的其它应用组件。但是，一旦涉及部署，所有这些知识、初衷就会永远埋藏在应用需求与基础架构的实际配置之间的转换实现的细节中。由此导致的不幸后果是，无法轻松地将资源和配置映射回应用。现在，如果需要扩展应用，添加更多组件，或者只是从数据中心撤销它，该怎么办？余下的配置会发生什么？

在我们创立 Insieme 时，首要的目标之一就是要让以下不需要理解网络的人们能够使用它：需要识别其应用如何与数据中心的其他应用组件交互的应用开发人员，需要配置集群扩展的操作人员，需要确保没有企业级的业务规则被违反的合规性管理人员。我们认为，需要转变运营团队与网络交互的方式，这样网络才能在演进中进入下一个逻辑发展阶段。

Lucien 和 Maurizio 阐述了新的策略驱动型数据中心和与它相关联的运营模型。一方面，本书将重点介绍构建现代数据中心来打破此范例所涉及的架构、概念和方法；另一方面，还会详细介绍思科 ACI 解决方案。

——思科全球杰出工程师、首席科学家兼 Insieme Networks 联合创始人，Mike Dvorkin

中文版序

思科给网络界带来了本行业历史上最重要的变革之一：策略模型。策略模型通过思科 ACI（以应用为中心的网络架构）解决方案和产品来实现。策略模型是近几年来讨论得最为火热的话题，这种概念有可能将网络配置从传统的 VLAN、IP 和 ACL 构架转变成更加抽象的模型。

作为本书的作者，我们非常感谢刘军和周超为将本书推向中国市场而做的辛勤工作。我们希望能够为您，在这个网络行业，特别是从数据中心开始发生重大变革时做好准备工作，并相信本书的知识也会扩展到其他很多网络实际应用案例中。

我们希望您能充分利用已有的 ACI 脚本，以及 GitHub 上已有的应用，并且也能贡献您自己的代码。

Lucien Avramov 和 Maurizio Portolani

献辞

Lucien Avramov:

感谢亲爱的父母 Michel 和 Regina 奉献了一生，给了我更好的未来。

Maurizio Portolani:

谨以本书献给我的好友和家人。

前言

欢迎您阅读本书。您即将踏上了解最新的思科数据中心矩阵及其所蕴含的众多创新的旅程。

本书的目的是阐述构建新一代数据中心矩阵所涉及的架构设计原则、概念和方法。本书的一些关键概念，例如策略数据模型、编程和自动化，它们的适用领域已经超越了 ACI 技术本身，构成了网络工程师和架构师的核心技术技能集。

思科以应用为中心的基础架构（ACI）是一种数据中心矩阵，可帮助您在高度可编程的多虚拟机管理程序（Hypervisor）环境中集成虚拟和物理工作负载，该环境是专为任意多服务或云数据中心而设计的。

要全面理解 ACI 的创新之处，需要理解网络领域关键的新行业趋势。

行业趋势

编写本书时，网络行业中的新的运营模式不断涌现。其中许多变化深受服务器领域或应用领域中出现的创新和方法的影响。

下面列出了当前影响新数据中心设计的部分趋势。

- 云服务的采用。
- 配置网络连接的新方法（即自助目录）。
- 更快地将新应用部署到生产中并执行 A/B 测试的能力。此概念与缩短为给定应用配置一个完整的网络基础架构所需时间的能力相关。
- “快速失败”的能力，即能够在有限的时间内向生产环境部署应用的新版本，当在测试期间出现错误时，迅速让其终止服务。
- 使用和管理服务器相同的工具（例如 Puppet、Chef、CFengines 等）管理网络设备的能力。
- 需要服务器和应用团队与运营团队（DevOps）之间进行更好的交互。
- 处理“长流”的能力，即在不影响剩余流量的情况下执行备份或普通的批量传输的能力。
- 使用脚本，以更加系统化且不易出错的编程方式对网络进行自动化配置的能力。
- 软件开发方法的采用，例如敏捷和持续集成。

其中一些趋势被统称为“应用加速”，这是指以比以往更快的方式建立新服务器和网络连接，

缩短应用从开发到生产（以及在需要时返回到测试）的周期的能力。

什么是“应用”？

根据使用“应用”这个词汇的人的周围环境或工作角色的不同，其含义会有所不同。对于网络专业人员，应用可能是 DNS 服务器、虚拟化服务器、Web 服务器等。对于在线订购工具的开发人员，应用是订购工具本身，它包含多种服务器：演示服务器、数据库等。对于中间件专业人员，应用可能是 IBM WebSphere 环境、SAP 等。

出于本书的目的，在思科 ACI 上下文中，应用指的是为一组给定的工作负载提供连接的一组网络组件。这些工作负载的关系就是 ACI 中所说的“应用”，该关系由 ACI 所称之的“应用网络配置文件（将在图 1 之后介绍）”来表示。

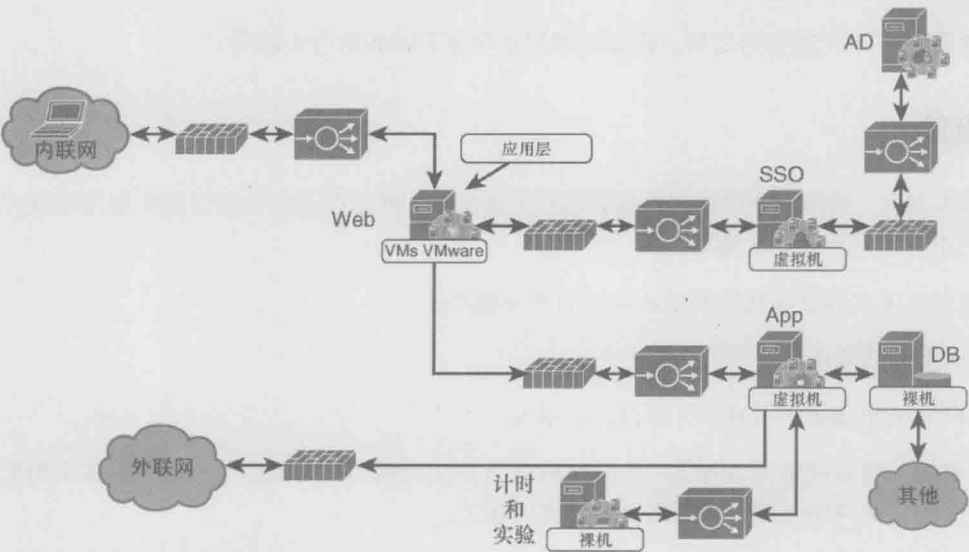


图 1 “应用”的示例

图 1 提供的示例演示了某个应用，它可从公司内联网访问，并连接到提供了一些业务功能的外部公司。例如，这可能是一个差旅预定系统、订购工具、计费工具等。

在 ACI 中，此关系可使用应用网络配置文件（ANP）的概念来表示，该概念是对组建模块所在的特定 VLAN 或子网的抽象。网络连接的配置使用策略来表示，策略定义哪些终端使用（或提供）其他终端所提供（或使用）的服务。

使用 ACI 不需要深入理解这些应用关系。这些关系常常以 VLAN 和访问控制列表的方式隐含在现有的网络配置中。因此，可只使用 ANP 和相关策略作为现有配置的容器，而无需映射到精确的服务器与服务器间的通信模式。

ANP 的使用价值是，它使网络管理员能够以更抽象的方式表达网络配置，网络配置与业务应用（比如订购工具、差旅预定系统等）的组建模块具有更密切的对应关系。定义应用后，可在测试环境中对它们进行验证并立即迁移到生产环境。

应用抽象的需要

即使没有 ACI，各种应用如今也可以在数据中心运行。网络管理员通过使用 VLAN、IP 地址、路由和 ACL 来在组建模块之间建立连接，转换 IT 组织支持给定工具的需求。但是，没有 ACI，管理员就无法真正以与网络具有对应关系的格式来直接表达这类配置，他们唯有选择表达一种非常开放的连接策略，确保公司内部的服务器可彼此通信，DMZ 或外联网上的服务器可与外部通信。这需要管理员加固 ACL 和设置防火墙，限制服务客户端和其他服务器在一组给定服务器中的访问范围。

此方法所产生的配置不是很容易移植。它们在实现它们的特定的数据中心环境硬编码。如果必须在不同的数据中心中构建同样的环境，则必须执行重新配置 IP 地址和 VLAN 并判读 ACL 这样的单调工作。

ACI 彻底改良了这一过程，引入了创建应用网络配置文件，创建配置模板来表达计算网段之间的能力的关系。然后，ACI 将这些关系转换为路由器和交换机可实现的网络构造（例如 VLAN、VXLAN、VRF、IP 地址等）。

什么是思科 ACI

思科 ACI 矩阵由一些独立组件组成，这些组件发挥着路由器和交换机的作用，但却是作为单个实体来配置和监测。它的操作类似于一种分布式的交换机和路由器配置，提供了高级的流量优化、安全性和遥测功能，将虚拟和物理工作负载缝合在一起。控制器称为应用策略基础架构控制器（APIC），是该矩阵的中央管理节点。此设备将 ANP 策略分发给该矩阵中所包含的设备。

思科 ACI Fabric OS 在该矩阵的组建模块上运行，在编写本书时，这些组建模块是思科 Nexus 9000 系列节点。思科 ACI Fabric OS 是面向对象的，支持针对系统的每个可配置元素来执行对象编程。ACI Fabric OS 将策略（例如 ANP 和它的关系）从控制器呈现到一个在物理基础架构中运行的具体模型中。这个具体模型类似于已编译的软件；它具有交换机操作系统可执行的模型形式。

思科 ACI 的设计适用于许多类型的部署，包括公有云和私有云、大数据环境，以及众多虚拟和物理工作负载的主机托管业务。它提供了几乎实时地具现化新网络和同样快地删除它们的能力。ACI 旨在简化自动化，可轻松集成到通用编排工具的工作流中。

图 2 演示了包含主干-叶节点架构和控制器的 ACI 矩阵。物理和虚拟服务器可连接到 ACI 矩阵，也可接收与外部网络的连接。

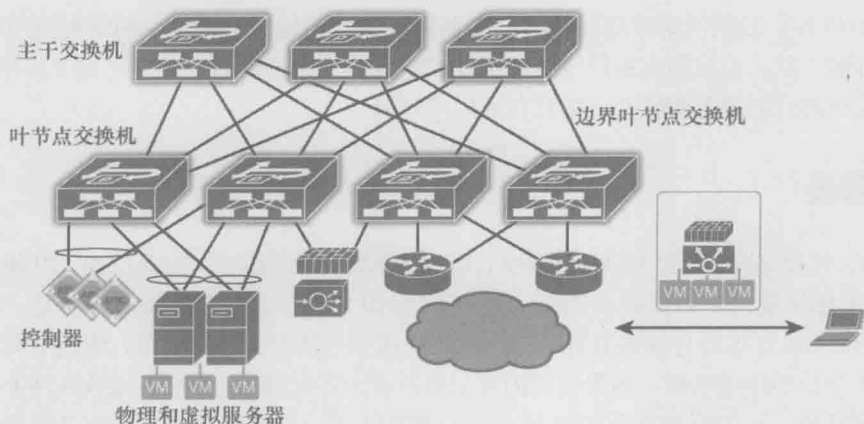


图2 ACI 矩阵

思科 ACI 创新

思科 ACI 引入了以下众多创新。

- 整个矩阵作为单个实体来管理，但没有集中化的控制平面。
- 矩阵通过对象树来管理，该对象树包含可使用 REST 调用来访问的方法和类。
- 引入了新的管理模式，该模式基于陈述式方法而不是命令式方法。
- 允许将应用之间的关系清晰地映射到网络基础架构。
- 是专为多租户模式而设计的。
- 支持多个虚拟机管理程序。
- 允许定义抽象配置（或模板），使配置更容易移植。
- 更改了网络配置的表达方式，即从用 VLAN 和 IP 地址表达更改为用策略来表达。
- 使用 flowlet 负载均衡、动态流优先化和拥塞管理来彻底改造等价多路径和服务质量（QoS）。
- 引入新的遥测概念，例如健康评分和原子计数器的概念。

本书结构

第1章：数据中心架构考虑因素

本章介绍不同服务器环境的网络需求，以及如何在网络设计上满足它们。

第 2 章：云架构的组建模块

在编写本书时，大多数大规模数据中心部署都是按照云计算原则设计的。不管是运营商还是大型企业，他们所构建的数据中心都是如此。本章演示构建云的设计和技术需求。

第 3 章：策略数据中心

本章阐述对业务应用进行建模的思科 ACI 设计方法。此方法提供了将软硬件功能映射到应用部署的独创方法组合，可以通过思科应用策略基础架构控制器（APIC）GUI 来图形化地映射，或者通过思科 APIC API 模型以编程方式映射。本章将详细介绍 APIC 概念和原则。最后，ACI 矩阵不仅适用于全新部署，许多用户还会考虑如何将 ACI 矩阵部署到现有的环境中。因此，本章最后一部分介绍如何将 ACI 矩阵与现有网络相集成。

第 4 章：运营模型

命令行界面（CLI）是对配置进行交互式更改的好工具，但它们的设计既不利于自动化，也不利于轻松地解析（CLI 抓取既不高效又不实用）或自定义。此外，CLI 没有能力与 Python 等复杂脚本语言可提供的解析能力、字符串操作或高级逻辑抗衡。本章介绍新管理员和操作人员必须熟悉的关键技术和工具，还将介绍如何在基于 ACI 的数据中心使用它们。

第 5 章：基于虚拟机管理程序的数据中心设计

本章介绍在数据中心使用虚拟机管理程序时的网络需求和设计考虑因素。

第 6 章：OpenStack

本章详细介绍 OpenStack 及其与思科 ACI 的关系。本章的目的是解释 OpenStack 的概念，提供思科 ACI APIC OpenStack 驱动程序架构的详细信息。

第 7 章：ACI 矩阵设计方法

本章介绍 ACI 矩阵的拓扑结构，以及如何以基础架构管理员和租户管理员身份来配置它。本章的内容涵盖物理接口、PortChannel、虚拟 PortChannel 和 VLAN 命名空间的配置，这些都是基础架构配置的一部分。本章还会介绍租户配置中的分段、多租户、与物理和虚拟服务器的连接，以及外部连接等议题。

第 8 章：在 ACI 中实现嵌入式服务

思科 ACI 技术提供了使用服务图的方法来实现 4 层至 7 层功能的嵌入式服务。业界通常将在终端之间的路径中嵌入 4 层至 7 层设备的能力称为服务嵌入。思科 ACI 服务图技术可被视为嵌入式服务的超集。本章介绍服务图概念，以及如何使用服务图来设计嵌入式服务。

第 9 章：高级遥测

本章介绍了 ACI 提供用来隔离问题的集中化故障排除技术。本章包含原子计数器和健康评

分等议题。

第 10 章：数据中心交换机架构

本章详细解释了数据中心交换机的架构。本章内容分为 3 节：硬件交换机架构、数据交换的基本原理和数据中心的服务质量。

术语

节点：物理网络设备。

主干节点：放在数据中心核心部分的网络设备，它通常是具有高密度端口和较高速率的设备。

叶节点：位于数据中心接入层的网络设备，它是定义数据中心网络矩阵的第一层网络设备。

矩阵：一组叶节点和主干节点，它们一起定义数据中心网络物理拓扑结构。

工作负载：虚拟机，用来定义单个虚拟实体。

双层拓扑结构：通常由主干-叶节点矩阵拓扑来定义。

三层拓扑结构：包含接入层、汇聚层和核心层的网络拓扑结构。

服务：由以下设备（未穷举）定义的类别：负载均衡器、安全设备、内容加速器、网络监控设备、网络管理设备、流量分析器、自动化和脚本服务器等。

ULL：超低延迟。其特征是网络设备的延迟低于 1 微秒。目前的技术可达到纳秒级别。

HPC：高性能计算。使用结构化数据方案（数据库）或非结构化数据（NoSQL）的应用，其中性能的可预测性、低延迟和扩展性很重要。流量模型是东西向的。

HFT：高频交易。通常发生在金融交易环境中，要求数据中心矩阵上的延迟达到最低，以便向最终用户提供尽可能实时的信息。流量模型是南北向的。

Clos：多级交换网络，有时称为“胖树”，来源于 Charles Leiserson 在 1953 年发表的一篇文章。Clos 的理念是构建一个超高速、非阻塞的交换矩阵。

作者简介

Lucien Avramov (CCIE 19945), 思科资深技术营销工程师。Lucien 的技术专长是 Nexus 数据中心产品和 ACI 技术。Lucien 设计过世界各地的数据中心网络, 在交换机架构、QoS、超低延迟网络、高性能计算设计和 OpenStack 领域拥有丰富的经验。Lucien 是 Cisco Live 大会的杰出演讲者和前 TAC 技术主管, 拥有多项行业认证, 撰写过 IETF 的 RFC, 还拥有一项有效的技术专利。Lucien 拥有计算机科学硕士学位和法国阿莱斯国立高等矿业学校通用工程专业学士学位。在闲暇时, Lucien 喜欢在世界各地徒步旅行、骑自行车和跑马拉松。读者可在 Twitter 上@flying91 找到他。

Maurizio Portolani, 思科全球杰出技术营销工程师, 专长从事数据中心网络设计。他作为联名作者编写了 Cisco Press 的《数据中心基础》一书, 拥有多项有关最新数据中心技术的专利。他曾就读于都灵理工大学(工程学学士)和巴黎中央理工大学(工程师文凭), 主修电子学。