

高等学校计算机专业规划教材

Network Plan and Design, Second Edition

# 网络规划与设计

(第2版)



尤国华 师雪霖 赵英 编著



清华大学出版社

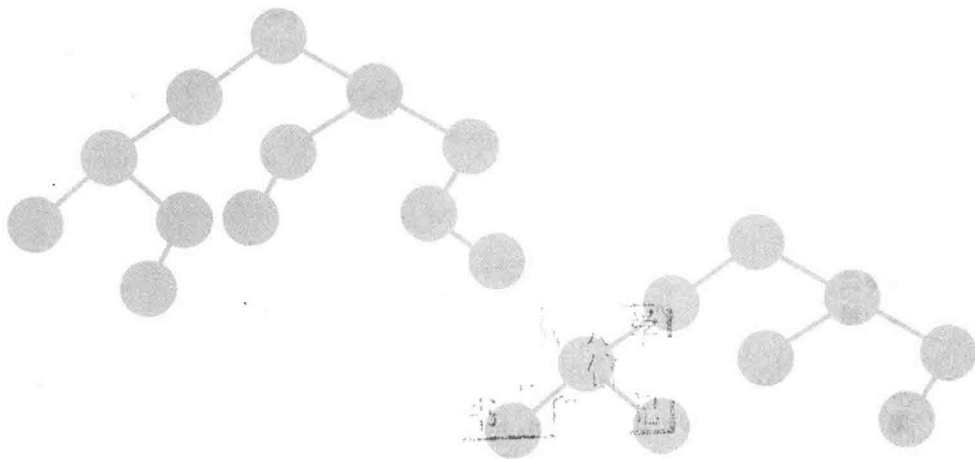
高等学校计算机专业规划教材

Network Plan and Design, Second Edition

# 网络规划与设计

## (第2版)

尤国华 师雪霖 赵英 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书详细介绍了计算机网络规划和设计方面的知识,书中内容涵盖了计算机网络设计过程、网络生命周期、设计模型、具体实现技术、工程标准规范等方面的技术以及网络安全、网络管理、基础网络服务等相关技术。本书还通过综合案例,详细展示了从需求分析、逻辑网络设计、物理网络设计、部署施工和验收的一系列网络建设过程,以及如何设计网络安全保障、网络管理策略,如何搭建网络基础信息服务等。

本书作者不但多年从事相关课程的教学工作,并且负责大学校园网规划与日常管理,具有丰富的实践工程经验。本书是学习和设计大型园区网络的实用指南,可供高等院校计算机及信息专业学生作为计算机网络课程之外的相关选修课教材,也可作为工程技术人员的参考手册。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

网络规划与设计/尤国华,师雪霖,赵英编著. --2版. --北京:清华大学出版社,2016

高等学校计算机专业规划教材

ISBN 978-7-302-43598-3

I. ①网… II. ①尤… ②师… ③赵… III. ①计算机网络—网络规划—高等学校—教材 ②计算机网络—网络设计—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第082049号

责任编辑:龙启铭

封面设计:何凤霞

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14 字 数:327千字

版 次:2012年12月第1版 2016年7月第2版 印 次:2016年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

产品编号:067875-01



网络规划与设计课程近年来在越来越多的高校里作为计算机高年级本科生专业选修课开设。如何引导学生在计算机网络理论知识的基础上掌握网络规划设计方法,熟悉网络建设实施的相关工程标准,是教学的重点和难点。

与软件工程课程类似,网络规划与设计课程也应首先介绍方法论:即网络生命周期、网络规划设计建设步骤、设计模型等,其次针对每一步细节具体展开。本书以设计方法论为主体,减少对计算机网络基本知识的重复介绍,重点突出设计方法论,补充工程标准内容。

全书共 12 章,从基本设计方法论开始,深入讲解相关技术及工业标准,每章都保证理论和实用性紧密结合,并在最后一章给出一个大型网络设计实例。

第 1 章“网络设计”主要讲述网络生命周期、进行网络需求分析的方法、衡量网络性能的技术指标以及设计模型与方法。

第 2 章“局域网设计”主要涉及以太网相关标准、网络设备、传输介质原理及物理布线技术。具体包括局域网(LAN)概述、以太网(Ethernet)技术、网络互连设备、交换式网络、网络传输介质、虚拟局域网(VLAN)、局域网布线及测试。

第 3 章“广域网接入设计”主要介绍常见的接入 Internet 技术及其原理。

第 4 章“IP 地址和路由规划”介绍网络地址规划、层次化地址模型、路由协议原理及如何选择配置路由协议,尤其是增加了 IPv6 技术介绍,包括如何实现从 IPv4 到 IPv6 迁移、IPv6 地址管理等。

第 5 章“无线局域网设计”介绍无线传输介质和无线网标准,以及如何设计无线局域网并保证其安全,尤其介绍了移动通信原理、移动通信技术发展(包括 4G 技术)等。

第 6 章“网络前沿发展与应用”介绍网络技术发展趋势及其最新应用,包括下一代互联网、三网融合、物联网和云计算等。

第 7 章“网络安全设计”介绍网络安全背景和降低风险技术,以及如何实现模块化安全设计。

第 8 章“服务质量(QoS)”介绍 QoS 的基本概念、实现方法以及 QoS 设计的指导方针。

第 9 章“网络管理”介绍网络管理概念、系统体系结构、网络管理协议以

及网络管理策略。

第10章“网络应用服务设计”介绍基本网络应用服务的实现技术和配置管理方法：包括域名系统(DNS)、Web服务器、FTP服务器和邮件系统等。

第11章“网络调试运行和验收”介绍网络工程实施中的相关法规、实施流程、工业标准和现状等。

第12章“网络规划与设计案例”以一个大型机构为案例背景，介绍了从逻辑网络设计到物理设计和网络相关服务设计等。

附录A和附录B是学习本书的必要基础知识，介绍了网络互连设备和Internet各层数据包格式。缺乏相关背景的读者可先学习这两个附录，以便对全书的理解和掌握。授课教师可根据学生情况，酌情将附录A和附录B列为教学内容。

附录C是子网掩码速查表，可作为工程实践中的快速查找表。

附录D为全书中出现的英文缩略语全称及其相应的中文翻译，供读者参考。

希望通过本书的学习，读者不仅能理解基本的设计方法论，也能掌握相关技术与工业标准，更重要的是了解新技术的发展，为将来网络扩展融合打下基础。

编者



## 第 1 章 网络设计 /1

1.1	什么是网络设计	1
1.1.1	案例一：家庭区域网络设计	1
1.1.2	案例二：小型局域网设计	1
1.1.3	案例三：大型局域网设计	2
1.2	基本概念	3
1.2.1	网络信息系统体系架构	3
1.2.2	网络生命周期	4
1.3	设计过程	4
1.3.1	需求分析	5
1.3.2	逻辑网络设计	6
1.3.3	物理网络设计	7
1.3.4	部署网络	7
1.3.5	调试和验收	7
1.4	技术指标	8
1.4.1	网络带宽	8
1.4.2	吞吐量	9
1.4.3	差错率	9
1.4.4	网络时延	9
1.4.5	网络路由	10
1.5	设计方法	10
1.5.1	层次化模型	11
1.5.2	企业复合网络模型	13
1.6	本章小结	13
	习题 1	14

## 第 2 章 局域网设计 /16

2.1	局域网概述	16
2.1.1	局域网标准	16
2.1.2	局域网拓扑结构	17

2.2	以太网技术	18
2.2.1	以太网分类和命名规则	19
2.2.2	以太网物理层标准	20
2.2.3	快速以太网物理层标准	20
2.2.4	千兆以太网物理层标准	21
2.2.5	万兆以太网物理层标准	21
2.3	交换式网络设计	22
2.3.1	交换式以太网工作原理	23
2.3.2	广播域与广播风暴	24
2.3.3	生成树协议	26
2.4	虚拟局域网	28
2.4.1	配置 VLAN	29
2.4.2	VLAN 间路由	30
2.4.3	干线协议	30
2.5	网络传输介质	31
2.5.1	双绞线	31
2.5.2	同轴电缆	33
2.5.3	光纤	34
2.6	综合布线	36
2.6.1	工作区子系统设计	37
2.6.2	水平布线子系统设计	37
2.6.3	管理子系统设计	37
2.6.4	垂直干线子系统设计	37
2.6.5	设备间子系统设计	38
2.6.6	建筑群干线子系统设计	38
2.7	本章小结	38
	习题 2	39

### 第 3 章 广域网接入设计 /41

3.1	广域网概述	41
3.1.1	电路交换	41
3.1.2	报文交换	42
3.1.3	分组交换	42
3.2	广域网接入技术	43
3.2.1	PSTN	43
3.2.2	DDN	43
3.2.3	X.25	44
3.2.4	帧中继	44



3.2.5	ISDN	44
3.2.6	xDSL	45
3.2.7	ATM	45
3.3	广域网接入方案设计	46
3.3.1	大型园区网接入设计	46
3.3.2	广域网解决方案案例	47
3.4	本章小结	48
习题 3		48

## 第 4 章 IP 地址和路由规划 /50

4.1	IP 地址概述	50
4.1.1	IPv4 地址	50
4.1.2	IPv6 地址	51
4.2	IP 地址规划	52
4.2.1	确定所需 IP 地址数量	53
4.2.2	网络地址转换(NAT)	53
4.2.3	划分子网	54
4.2.4	层次化 IP 地址规划	56
4.3	路由协议	58
4.3.1	路由模式	58
4.3.2	路由度量	59
4.3.3	路由协议的分类	59
4.3.4	路由协议的选择	61
4.4	IPv6 迁移技术	62
4.4.1	ISATAP	63
4.4.2	6to4	64
4.5	IPv6 网络规划	65
4.5.1	IPv6 地址配置	65
4.5.2	IPv6 子网划分	66
4.5.3	IPv6 路由	66
4.6	本章小结	67
习题 4		67

## 第 5 章 无线局域网设计 /71

5.1	无线传输介质	71
5.2	无线局域网标准	72
5.2.1	IEEE 802.11 系列标准	72
5.2.2	MAC 协议	73





5.3	无线局域网设计	74
5.3.1	组网方式	74
5.3.2	WLAN 通信原理	76
5.3.3	WLAN 设计注意事项	76
5.4	无线局域网安全	77
5.4.1	基本无线安全	78
5.4.2	增强型无线安全	78
5.4.3	无线入侵检测和管理	79
5.5	其他无线网标准	80
5.5.1	HomeRF	80
5.5.2	蓝牙技术	80
5.5.3	IrDA	80
5.6	移动通信技术的发展	81
5.6.1	第一代移动通信	81
5.6.2	第二代移动通信	81
5.6.3	第三代移动通信	82
5.6.4	第四代移动通信	84
5.7	4G 技术标准	84
5.7.1	4G 技术标准	85
5.7.2	4G 核心技术	86
5.8	移动互联网技术	87
5.8.1	移动互联网终端	87
5.8.2	移动端操作系统	87
5.9	本章小结	89
	习题 5	89

## 第 6 章 网络前沿发展与应用 /91

6.1	下一代互联网	91
6.1.1	中国下一代互联网进展	92
6.1.2	网络设计中需考虑的问题	92
6.2	三网融合	93
6.2.1	三网融合在我国的发展	94
6.2.2	三网融合对园区网络设计的影响	95
6.3	物联网	95
6.3.1	物联网的发展	96
6.3.2	物联网与园区网络设计	96
6.4	云计算	97
6.4.1	云计算的发展	98

6.4.2	云环境中的网络设计 .....	98
6.5	本章小结 .....	99
	习题 6 .....	100
<b>第 7 章</b>	<b>网络安全设计</b>	<b>/101</b>
7.1	基本概念 .....	101
7.1.1	恶意软件 .....	101
7.1.2	黑客攻击 .....	102
7.2	安全威胁 .....	102
7.2.1	侦察攻击 .....	102
7.2.2	访问攻击 .....	103
7.2.3	信息泄露攻击 .....	103
7.2.4	拒绝服务攻击 .....	103
7.3	风险降低技术 .....	105
7.3.1	威胁防御 .....	105
7.3.2	安全通信 .....	111
7.3.3	身份认证 .....	117
7.3.4	网络安全措施 .....	118
7.4	安全设计 .....	119
7.4.1	网络安全层次模型 .....	119
7.4.2	设计原则 .....	120
7.5	本章小结 .....	120
	习题 7 .....	120
<b>第 8 章</b>	<b>服务质量(QoS)</b>	<b>/122</b>
8.1	QoS 概述 .....	122
8.2	QoS 需求 .....	123
8.3	QoS 模型 .....	123
8.3.1	IntServ .....	124
8.3.2	DiffServ .....	124
8.4	QoS 工具 .....	125
8.4.1	分类和标记 .....	125
8.4.2	管制和整形 .....	129
8.4.3	拥塞避免 .....	129
8.4.4	拥塞管理 .....	130
8.4.5	链路专用工具 .....	131
8.5	QoS 设计指导方针 .....	131
8.6	本章小结 .....	132

习题 8 ..... 132

**第 9 章 网络管理 /133**

9.1 网络管理概述 ..... 133

9.2 网络管理系统体系结构 ..... 134

    9.2.1 ISO 网络管理标准 ..... 134

    9.2.2 网络管理系统的层次结构 ..... 134

    9.2.3 网络管理系统的配置 ..... 135

    9.2.4 网络管理软件的结构 ..... 136

9.3 网络管理协议 ..... 138

    9.3.1 SNMP ..... 138

    9.3.2 MIB ..... 140

    9.3.3 RMON ..... 141

9.4 网络管理设计 ..... 143

    9.4.1 网络管理策略 ..... 143

    9.4.2 网络管理设计 ..... 144

9.5 本章小结 ..... 146

习题 9 ..... 146

**第 10 章 网络应用服务设计 /147**

10.1 域名系统(DNS) ..... 147

    10.1.1 DNS 的域名结构 ..... 147

    10.1.2 DNS 的解析过程 ..... 148

    10.1.3 DNS 的体系结构 ..... 149

    10.1.4 DNS 的分类和配置 ..... 150

    10.1.5 安装和配置 DNS 服务器 ..... 150

10.2 Web 服务器 ..... 155

    10.2.1 Apache ..... 156

    10.2.2 IIS ..... 157

10.3 FTP 服务器 ..... 158

    10.3.1 FTP 工作原理 ..... 159

    10.3.2 FTP 服务器安装和配置 ..... 159

10.4 邮件系统 ..... 161

    10.4.1 邮件协议 ..... 161

    10.4.2 邮件服务器的安装部署 ..... 163

10.5 DHCP 服务器 ..... 163

    10.5.1 DHCP 服务器的特性 ..... 164

    10.5.2 DHCP 服务器安装和配置 ..... 164



10.6	本章小结	165
	习题 10	166
<b>第 11 章 网络调试运行和验收 /167</b>		
11.1	组网工程实施步骤	167
11.2	调试运行	168
	11.2.1 线路测试	168
	11.2.2 网络运行测试	170
11.3	验收	171
11.4	本章小结	172
	习题 11	172
<b>第 12 章 网络规划与设计案例 /173</b>		
12.1	案例背景	173
12.2	项目需求分析	174
	12.2.1 建设目标	174
	12.2.2 设计原则	174
	12.2.3 主要应用	175
	12.2.4 信息服务内容	175
12.3	设计模型	176
	12.3.1 核心层	177
	12.3.2 分布层(汇聚层)	177
	12.3.3 接入层	178
12.4	物理网络方案	178
	12.4.1 信息点的配置和布局	179
	12.4.2 结构化布线方案	179
12.5	无线网络设计	180
	12.5.1 技术模式	181
	12.5.2 部署方案设计	181
	12.5.3 无线设备部署与配置	185
12.6	IP 地址规划与路由设计	187
	12.6.1 IPv4 地址规划	187
	12.6.2 IPv6 地址规划	188
	12.6.3 路由设计	188
12.7	网络安全规划	189
12.8	网络管理设计	190
12.9	本章小结	191
	习题 12	191

**附录 A 网络互连设备 /193**

A.1	一层设备 .....	193
A.1.1	中继器 .....	193
A.1.2	集线器 .....	194
A.2	二层设备 .....	195
A.2.1	网桥 .....	195
A.2.2	交换机 .....	195
A.3	三层设备 .....	197
A.4	小结 .....	198

**附录 B 数据包格式速查表 /199**

B.1	数据链路层数据帧格式 .....	199
B.2	网络层报文格式 .....	199
B.2.1	IPv4 报文格式 .....	200
B.2.2	IPv6 报文格式 .....	201
B.3	传输层报文格式 .....	202
B.3.1	TCP 报文格式 .....	203
B.3.2	UDP 报文格式 .....	204

**附录 C 子网掩码速查表 /205**

C.1	A类地址子网划分表 .....	205
C.2	B类地址子网划分表 .....	206
C.3	C类地址子网划分表 .....	206

**附录 D 缩略语 /207****参考文献 /212**

设计通常是指计划如何创建或建设某物,各领域内的设计往往都需要一定的方法,以满足目标要求。对于任何一个项目来说,优秀的设计需要好的输入——明确的需求,当然在设计过程中也要允许修改需求,还要有专业的技能来确定方案和具体实施方法。网络设计也是同样的。

本章介绍网络设计基本过程、网络生命周期以及衡量网络性能的技术指标,重点介绍网络设计的基本方法论与模型。层次化设计模型是模块化网络设计中的常用模型,在实际工程中应用较为广泛。

## 1.1 什么是网络设计

在学习网络实际方法论和具体相关技术之前,需要对网络设计有直观的了解。什么是网络设计?网络设计要解决什么问题,达到什么目标?相信通过以下 3 个由小到大不同规模的网络规划设计案例,读者就能有一个初步印象。

### 1.1.1 案例一:家庭区域网络设计

目前 Internet 已经接入千家万户,网络设施建设与电话、有线电视一样成为家庭装修必不可少的弱电项目。如何满足多个家庭成员在不同房间的上网需要,这就是家庭区域网络(Home Area Network, HAN)设计要解决的问题。确定每个家庭成员的需求后,选择合适的 Internet 接入服务(如 ADSL、小区宽带服务等),选择合适的网络设备(集线器或路由器),采取双绞线布线或无线网络信号覆盖的方式保证各房间均有网络接入点,即完成了 HAN 基础设施的搭建,如图 1.1 所示。



图 1.1 HAN 设计场景

在此基础上,还要考虑设计相应的管理策略和安全策略,例如,配置路由器 DHCP 策略,如采用无线局域网时,是否需要加密等。至此才能算是完成了一个 HAN 的规划设计。

### 1.1.2 案例二:小型局域网设计

在家庭区域网络设计的基础上,如果再复杂一些,需要为更多用户提供上网服务,必

须配置更专业的网络互连设备(如交换机、路由器等),此时就是一个局域网(Local Area Network, LAN)设计问题了,如图 1.2 所示。

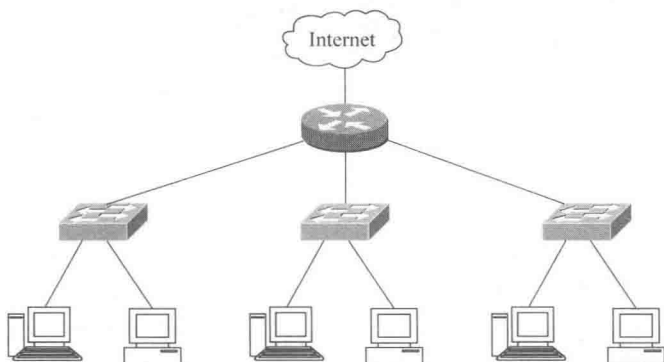


图 1.2 小型 LAN 设计场景

对于这样的小型局域网,除了要像 HAN 规划设计一样,选择合适的 Internet 接入服务,采取物理布线或无线网络信号覆盖的方式保证用户在需要的办公场所均能上网,它与 HAN 最大的区别是:由于接入的主机更多,为了网络性能、管理和安全的需要,必须分层次或者分区域设计。图 1.2 所示的网络拓扑图就体现了层次化设计的特点,多个主机通过多个交换机汇聚后接入核心层路由器;而不再像 HAN 一样只有一个路由器,所有节点都接在上面。

### 1.1.3 案例三:大型局域网设计

与案例二相比,案例三的目标客户可能是大型企业或高等院校,需要为更大规模的用户提供网络服务。而且从地理分布上看,也超过了传统 LAN 的概念,如大学的多个园区可能分布在城市的不同位置,公司的多个分部可能在不同的城市甚至不同的国家。除了同一地理区域内的园区网络设计外,还要考虑地理位置分散的分部和总部之间的安全互连,如图 1.3 所示。

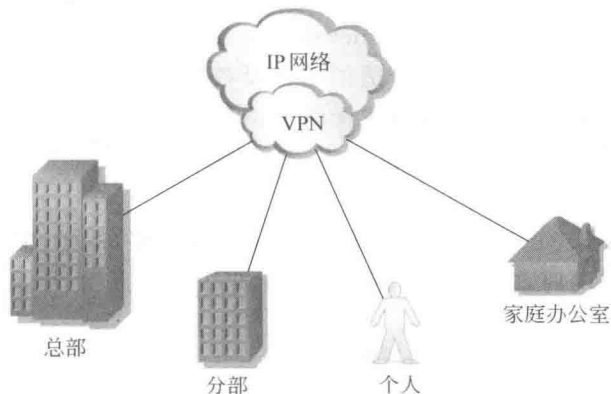


图 1.3 大型 LAN 设计场景

对于这样的大型局域网,总部和各分部都分别是一个 LAN,而两者之间还需要专线或 VPN(虚拟专用网)技术连接,为用户提供透明的网络互连服务。此外,还可能考虑为在家办公或出差的员工提供接入服务。由于网络覆盖的范围更广,需要服务的用户更多,对网络设备、安全和管理策略的要求也会更高,网络需要承载的应用服务也会更复杂,这些都是需要在网络规划与设计中解决的问题。

通过上面 3 个案例可以发现,网络设计要解决的基本问题是综合布线,即保证物理介质(包括有线或无线)覆盖到需要的区域;其次要解决网络通信问题,即采用某些网络设备、协议和软件等保证通信正常,有需要的话还要保证接入 Internet;最后则是针对网络所要承载的应用以及要服务的用户,制定合理的安全策略和管理策略,保证用户获得满意的服务质量。本章将介绍如何解决这些问题。

## 1.2 基本概念

在开始计算机网络设计之前,还需要明确两个基本概念:首先,什么是一个完整的网络信息系统;其次,什么是网络生命周期。

### 1.2.1 网络信息系统体系架构

什么是一个完整的网络信息系统?这绝不是单纯地用网线和网络设备把多台主机互连起来而形成的网络物理环境,这些基础设施仅仅是网络信息系统的底层而已。一个完整的网络信息系统体系架构如图 1.4 所示。



图 1.4 网络信息系统体系架构

从图 1.4 可以看出:基础设施(即综合布线)是整个架构的物理基础;第二层是计算机网络通信协议及服务,相当于软件标准基础;在此之上搭建基础网络服务,如数据库、网站服务(即 Web 系统)、文件传输(FTP)服务和电子邮件(E-mail)系统等。这三层构成了可满足一般用户的网络服务系统。但随着信息化技术的发展,越来越多的信息管理系统和信息服务系统不断涌现,它们均需要使用基础网络服务,并且对网络服务质量有一定的要求,在网络设计中必须考虑对这些信息系统的支持。因此第四层为办公自动化(OA)系统、网络电话(VoIP)、视频会议、电子商务、企业资源管理(ERP)系统等。

在这由下至上的四层中,均需要配套的网络管理机制与网络安全策略。因此,网络管理平台和网络安全平台是贯穿整个四层的支撑平台。网络管理平台和网络安全平台不仅



包括相关设备,还包括协议、软件和策略等。由此构成一个完整的网络信息系统体系架构。

明确网络信息系统体系架构的概念对网络规划设计十分重要。完善的网络设计不能只关注物理线路的连通,更要考虑对用户信息服务的支持,而且安全、管理策略的设计与支持也是不可缺少的重要环节。

## 1.2.2 网络生命周期

与软件一样,网络也有生命周期。技术的升级换代、硬件的使用寿命限制、用户需求的不断增加,都导致一个网络无法永远使用下去。根据网络所经过的不同阶段,思科公司提出了规划-设计-实现-运行-优化(PDIOO)网络生命周期,并得到业界认可,如图 1.5 所示。

- 规划(Planning): 确定详细的网络需求,并检查现有网络。
- 设计(Design): 根据初始的需求和对现有网络分析中所收集到的额外信息设计网络,并与用户一起改进设计方案。
- 实现(Implementation): 根据得到认可的设计方案构建网络。
- 运行(Operation): 网络开始运转,并且受到监测,这个阶段是设计方案的最终测试。
- 优化(Optimization): 在这个阶段会发现和纠正一些问题,或者在问题出现之前,或者在发生故障之后。如果存在的问题太多,可能需要重新设计。
- 退役(Retire): 虽然没包含在 PDIOO 中,但网络淘汰是不可避免的,当升级的代价等于甚至大于重新建设的成本时,则必须考虑网络退役。

PDIOO 循环过程描述了网络生命周期中的所有阶段,网络规划和设计是生命周期的两个重要部分,同时还会影响到其他各个阶段。

网络生命周期概念贯穿于整个网络设计实施过程中,根据用户期望的生命周期长短,并考虑网络的可扩展性、硬件使用寿命以及技术发展趋势等问题。

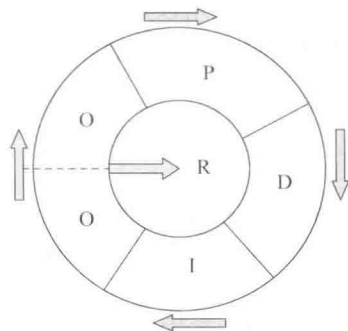


图 1.5 PDIOO 网络生命周期

## 1.3 设计过程

在 PDIOO 模型中,网络设计是生命周期的一个必要部分,同时还影响到其他各个阶段。广义的网络设计不仅是 PDIOO 模型中的一个阶段,而且是一个涵盖整个网络生命周期的工程过程,类似于软件工程,包括从需求分析到测试的一系列周期,即网络规划、设计与实施全过程,简称为网络设计过程。

典型的网络设计过程包括用户需求分析、逻辑网络设计、物理网络设计、部署网络、调试和验收,如图 1.6 所示。