

网络工程 设计与实践

◎ 李美玥 赵 滨 郭春雷 著

课外借

 吉林大学出版社



网络工程 设计与实践

© 李美玥 赵 滨 郭春雷 著



 吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

网络工程设计与实践 / 李美玥, 赵滨, 郭春雷著

. — 长春: 吉林大学出版社, 2019. 4

ISBN 978-7-5692-4384-0

I. ①网… II. ①李… ②赵… ③郭… III. ①计算机
网络—设计 IV. ① TP393.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 041393 号

书 名 网络工程设计与实践

作 者 李美玥 赵滨 郭春雷 著

策划编辑 魏丹丹

责任编辑 魏丹丹

责任校对 王瑞金

装帧设计 凯祥文化

出版发行 吉林大学出版社

社 址 长春市人民大街 4059 号

邮政编码 130021

发行电话 0431-89580028/29/21

网 址 <http://www.jlup.com.cn>

电子邮箱 jdcbs@jlu.edu.cn

印 刷 河北纪元数字印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 269 千字

版 次 2019 年 4 月 第 1 版

印 次 2019 年 4 月 第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5692-4384-0

定 价 66.00 元

前 言

因特网的不断发展与完善将我们带入信息时代、网络时代，它极大地改变了我们的生产、生活方式，改变了我们的行为和态度。今天，世界上有超过30亿人在使用因特网。我们根本无法想象回到一个没有网络、不能随时随地与朋友聊天、展示照片、观看视频或者在线购物的时代会是什么样子。在这个计算机网络已经成为社会基础设施的时代，人们急切希望了解和掌握计算机网络设计、工程实施、网络设备配置等方面的知识；社会对网络系统的强烈需求形成了一个巨大的网络建设市场。因此，亟需大量合格的网络工程师投入到网络市场的建设工作中。

网络工程必须解决好网络设计、实施和维护等一系列的技术问题。作为一门学科，网络工程只有将理论与实践相结合，才能够有针对性地了解网络工程的关键技术和方法，较快地掌握网络工程的重点和难点，学习到网络设计、网络工程、网络配置的技术和方法。为此，笔者特著《网络工程设计与实践》一书，遵循“广度优先、清晰易懂、结合应用”的写作理念，面向网络工程设计、网络设备应用，体现网络原理、网络设计、网络工程之间的知识衔接。希望能够为广大读者提供一定的帮助。

本书共由八章组成。第一章是对网络工程的概述；第二章从理论与技术层面深入阐述网络工程；第三章到六章，分别从前期准备、分析规划、方案设计以及测试验收与维护管理等不同层次出发，对网络工程进行深入浅出的分析与论述；第七章是对网络系统测试与实践的分析；第八章针对网络工程建设中可能出现的故障检测与实践进行了分析。

本书由李美玥、赵滨、郭春雷共同编写完成，具体分工如下：李美玥负责

第一章、第二章、第八章内容的编写和全书的统稿工作，赵滨负责第三章、第四章、第七章内容的编写工作，郭春雷负责第五章、第六章内容的编写工作。

由于笔者才识有限，网络工程的相关知识又涵盖甚广，书中难免有所疏漏，希望广大读者给予包容并批评指正。

李美玥

2018年9月

目 录

第一章 网络工程概述.....	1
第一节 网络工程.....	1
第二节 网络系统集成体系结构.....	5
第三节 系统集成原则和生命周期.....	8
第四节 网络工程设计中的基本问题	10
第五节 网络工程的招投标	16
第六节 网络工程文档及管理	20
第七节 网络施工的质量控制与监理	27
第二章 网络工程理论与技术	31
第一节 理论技术基础在网络设计中的作用	31
第二节 计算机网络协议层次和位置	33
第三节 TCP/IP 协议参考模型	35
第四节 计算机网络中的地址	38
第五节 IP 地址划分技术	41
第六节 网络互联技术	53
第七节 以太网技术	55
第八节 虚拟局域网 (VLAN) 技术	63
第九节 路由寻址技术	67
第十节 网络接入技术	75
第三章 网络工程设计前期准备	82
第一节 网络工程合同的签订	82
第二节 网络工程成员的确定	86

第三节	网络工程的前期沟通	87
第四节	网络工程背景的了解	88
第五节	工程计划的拟定	91
第四章	网络工程分析与规划	93
第一节	网络工程分析	93
第二节	网络工程规划的目标与原则	102
第三节	网络工程规划设计的一般方法	105
第四节	网络工程设计应用约束	109
第五节	网络工程设计的技术指标	111
第五章	网络工程方案设计	133
第一节	网络工程设计方案综述	133
第二节	网络拓扑设计	135
第三节	设备选型	140
第四节	常用网络技术	148
第五节	现场工程勘测	164
第六章	网络工程测试验收与维护管理	168
第一节	网络工程的测试	168
第二节	网络工程的验收	173
第三节	网络维护和管理	179
第七章	网络系统测试与实践分析	186
第一节	网络系统测试	186
第二节	常用的测试仪器与软件	190
第三节	电缆的测试	198
第四节	光缆的测试	204

第八章 网络工程建设中的故障检测与实践分析..... 212

 第一节 常见的网络系统故障..... 213

 第二节 网络故障的分析与检测方法..... 217

 第三节 排除网络故障的常用工具..... 221

 第四节 网络测试..... 224

 第五节 以太网故障排除..... 225

 第六节 网络故障的解析举例..... 229

 第七节 网络系统工程评估..... 233

参考文献..... 238

后记..... 240



第一章

网络工程概述

网络工程实质上是将工程化的技术和方法应用于计算机网络系统中，系统、规范、可度量地进行网络系统的设计、构造和维护的全过程。

第一节 网络工程

一、网络工程的基本概念

网络工程是指根据网络用户的需求和投资规模，进行网络需求分析、网络设计、优化选择各种网络软件和硬件设备、网络组网实施、网络性能测试、网络验收和维护，通过网络系统集成方法，建设性价比合理、满足用户需要的计算机网络的过程。简而言之，就是以工程的方式建设一个计算机网络。

采用 TCP/IP 体系结构的计算机网络已经成为企业、国家乃至全球的信息基础设施。设计、建造和测试基于 TCP/IP 技术的计算机网络是网络工程师的任务。网络工程师必须研究与网络设计、实施和维护有关的概念与客观规律，从而根据这些概念、规律来设计和建造满足用户需求的计算机网络。

计算机网络作为信息社会的基础设施，与人们的生活、学习和工作息息相关。设计和构建稳定可靠、高效经济的计算机网络，涉及网络工程的理论基础知识和技术实现方法。当前，与人们联系最为紧密的是局域网（LAN）。网络设计人员、网络工程师要做到了解网络工程设计的一般步骤和方法，培养分析和解决网络工程应用问题的能力，掌握设计小、中、大型局域网的基本技术和



方法,积累网络工程建设经验,具有设计、实现局域网,以及对网络工程质量进行管理的能力。

对网络工程知识的学习和掌握,强调将理论与实践相结合,需要进行设计性实验,以知识验证、知识综合、创新设计为原则。由于网络工程实施有它自身的特点,网络工程师应根据网络应用需求,关注网络系统的总体功能和特性,选用多种适用的网络设备和部件来构造网络信息系统。网络工程师仅需要关注各种网络设备和部件的外部特性,即接口,可以忽略这些网络设备和部件的内部技术细节。

笔者在这里使用系统集成方法对计算机网络工程所涉及的一些基本概念、基本过程进行定义和讨论。网络工程是采用系统集成方法建设计算机网络的一组元素的集合。这些元素涉及网络工程实施的各个步骤,以及采用的网络设备、技术和用到的方法等。

网络工程的设计、实施和测试维护,涉及科学、技术和工程的诸多知识。科学是对各种事实和现象进行观察、分类、归纳、演绎、分析、推理、计算和实验,从而发现规律,并对各种定量规律予以验证和公式化的知识体系。技术是为某一目的共同协作组成的各种工具和规则体系。工程是应用科学知识实现自然资源对人类的最优化服务的专门技术。

任何工程方法必须以有组织的质量保证为基础。全面的质量管理和类似的理念刺激了过程的不断改进,从而使更加成熟的网络工程方法不断出现。网络工程的核心就是对网络质量的关注。

网络工程分为硬件工程和布线工程。硬件是指计算机网络所使用的设备,包括交换机路由器、服务器主机等。硬件工程涉及网络需求分析、网络设备的选择、网络拓扑结构的设计施工技术要求等。布线工程也称综合布线,是指使用传输介质,如光缆、铜缆,连接网络设备,涉及线缆、路由的选择、桥架设计,以及传输介质、连接器、连接插件的选型等。

网络工程设计的目的是为网络用户提供一个适用的计算机网络平台。网络设计人员应依据网络设计的目标进行用户需求分析,在需求分析的基础上进行网络的逻辑设计和物理设计,然后确定组网的网络设备,并准备网络工程实施过程中所需的各种技术文档。网络工程设计是一个迭代和优化的过程,所设计的网络应能适应技术的发展和网络应用的变化。



工程是指按计划、按规范进行的工作任务。网络工程的特点包括明确的目标、详细的设计、权威的依据（如标准）、完备的技术文档、完善的实施机构。

在进行网络工程建设时，需要回答和解决的问题有以下几点。

- (1) 用户对网络系统的需求是什么。
- (2) 如何构建一个满足用户需求的网络系统。
- (3) 需要的建设投入。
- (4) 最适合用户的网络系统结构是什么。
- (5) 网络系统可以提供的功能。
- (6) 网络系统可以达到的性能。
- (7) 网络的安全性支持。
- (8) 网络系统的扩充性要求。
- (9) 网络设备的选择。
- (10) 怎样保障网络安全。
- (11) 采用何种管理机制。
- (12) 怎样实现最优性价比。

与网络工程设计有关的技术标准组织有 ITU-T、IEEE、IETF。ITU-T 制定的标准多应用于通信网络，更接近物理层定义；IEEE 的 IEEE 802 系列标准涉及局域网和城域网，主要关注物理层和数据链路层；IETF 的 RFC 文档是因特网的技术标准，注重数据链路层以上的规范。

计算机网络工程就是使用系统集成的方法，依据网络设计原则，根据建设目标，将网络工程涉及的各种技术、实现方法集成在一起，构建基础网络平台、传输平台和网络应用服务。网络工程的基础是计算机网络技术。计算机网络的建设涉及网络需求分析、网络设计、工程施工、测试验收、维护和管理等方面。其中，网络设计是网络建设的关键环节。

二、网络系统集成

系统集成是指在系统工程学的指导下，提出系统的解决方案，将部件或子系统综合集成，形成一个满足设计要求的自治整体的过程。系统集成是一种目前常用的实现复杂系统的工程方法。它通过开放的标准接口将选购的标准系统组件与自主开发的部分关键系统组件互联互通，从而构造和实现复杂系统的全



部功能。

集成是将一些孤立的元素或事物通过某种方式集中在一起，产生联系，从而构成一个有机整体的过程 and 操作方法。系统集成是目前建设网络信息系统的一种高效、经济、可靠的方法，它既是一种重要的工程建设思想，也是一种解决问题的思想。美国信息技术协会（Information Technology Association of America, ITAA）对系统集成的定义是：根据一个复杂的信息系统或子系统的要求，对多种技术和产品进行验证，把它们组织成一个完整的解决方案的过程。

系统集成度最高的是航天飞机和现代汽车工业。汽车作为一个复杂的系统，在系统集成过程中，采用标准化的生产工艺和产品生产流水线，形成零部件生产的专业化和标准化。这些零部件由不同的厂商进行专业化生产，有利于实现大批量、高质量、低成本、高生产效率的目标。

系统集成包括应用功能的集成、支撑系统的集成、技术集成、产品集成。计算机网络系统集成涉及网络、系统、集成三个术语。这里的网络指的是计算机网络，如校园网络、企业网络或其他计算机网络。系统是指为实现某一目标所用到的一组元素（系统组件）的集合。其中，系统本身又可以作为一个元素。例如，一个子系统参与更大系统的组合。这种组合过程被称为系统集成。计算机网络本身就含有集成的成分。在计算机网络中，作为系统的元素包括各种软硬件设备，也包括网络服务。这些元素形成了一个有机的、协调的集合体。

网络系统集成就是采用系统集成的方法，建设高效、高性价比的计算机网络。因为计算机网络系统在系统的规模、技术含量、实施难度、系统所实现的功能、系统的复杂程度、用户需求等方面存在差异，所以只由一个厂商完全自主开发一个计算机网络系统，从可用性、技术性、经济性、可靠性、时间性等方面考虑，是不可行的。建设一个计算机网络必须要借助系统集成商，采用系统集成的工程方法。

通过网络系统集成，可以充分考虑用户的网络应用需求和投资规模，优化网络系统设计，合理选择网络软硬件产品及网络服务。通过工程实施，建设一个具有优良性价比的有机整体，即计算机网络系统。

网络系统集成的特点有：可以获得较高的质量水准；可以选择可靠的系统



集成商；能够采用成熟和稳妥的方案；系统建设速度快；网络设备接口规范，可实现标准化配置；关注系统整体性能，按系统整体性能设计；重视工程规范和质量管埋；系统建设周期短；树立用户第一的思想，支持交钥匙解决方案；可建立良好的用户关系。

系统集成是多种技术和产品的集成。系统集成的组成包括硬件系统、软件系统、网络系统。硬件设备需要考虑产品的接口兼容性；软件产品涉及不同软件之间数据格式的转换；网络系统需要解决系统之间的路由和信号交换。

系统集成技术和产品涉及不同的标准和行业规则。系统集成的复杂性体现在四个方面：技术、成员、环境和约束。技术方面的复杂性涉及网络技术、硬件技术、软件技术和施工技术。成员方面的复杂性涉及系统用户、系统集成商、第三方人员和社会评价人员，需要兼顾各方的意见和利益。环境方面的复杂性涉及应用环境的不确定性、环境条件的改变、场地改变、系统升级需求和网络所面临的攻击和危险。约束方面的复杂性涉及投资额度、施工时间、政策和管理。

系统集成商组织结构可分为项目管理部、系统集成部、应用软件开发部、网络施工工程部、采购与外联部、综合管理和事务部。各部门发挥不同的功用，通过相互合作实现系统集成的最大化和最优化。

第二节 网络系统集成体系结构

一、网络系统集成的体系框架

随着网络技术的发展以及网络应用需求的增多，一个复杂的网络系统建设在网络规模性方面有了更多的扩展性需求，在系统可以支持的网络应用方面也有了更多的集成内容，同时对网络线路的布线质量、通信线路承载的数据传输率，以及对网络系统的安全性和可管理性提出了更多的要求。网络系统集成已经成为一门综合学科，涉及系统论、控制论、计算机、通信、管理学等学科的知识。

网络系统集成的体系框架用层次结构描述了网络系统集成涉及的内容，目



的是给出清晰的系统功能界面,反映复杂网络系统中各组成部分的联系。网络系统集成的体系框架如图 1-1 所示。



图 1-1 网络系统集成的体系框架

网络系统集成体系框架采用层次结构,是大量网络信息系统工程建设的凝练,较全面地覆盖了完成设计和管理实施网络信息系统的全过程。^① 体系框架与网络系统集成主要工作过程保持一致。底层是基础,为上层提供服务。采用分层可以实现复杂系统的简化处理,便于划分子系统和确定接口参数,便于管理和控制网络信息系统的质量,使网络信息系统成为有机的整体;能够更有效地实现网络信息系统的应用目标,对网络工程建设具有积极的指导作用。

网络系统基础设施,涉及计算机网络的结构化布线系统、网络机房系统、供电系统,为网络系统的运行提供环境方面的支撑。

网络通信支撑平台提供开放的网络通信协议 TCP/IP,提供网络互联规则和机制,选择成熟的网络软硬件产品,进行网络设备的布局 and 配置,提供通信数据的交换和路由功能。

网络信息平台为标准的因特网应用服务,提供支撑网络应用的数据库技术、群件技术、网管技术和分布式中间件等,为设计、实现和配置各种网络应用提供支持。

网络应用平台容纳各种网络应用,直接面向网络用户。这些网络应用能够满足网络需求分析提出的目标,体现了网络系统存在的价值。用户可以选用成熟的网络应用软件,也可以研制适用的应用软件,如用于学校的教学管理系统。

网络系统安全是指保证信息产生、处理、传输、存储过程的机密性、鉴别

^① 陈新房,单维锋,刘庆杰,等.网络系统集成体系框架解析[J].计算机光盘软件与应用,2014(21):65.

性、完整性和可用性的软硬件措施。安全措施可以贯穿并服务于每一个层次。

二、网络系统集成模型

网络工程系统集成模型，用来指出设计和实现网络系统的阶段划分和各阶段之间的联系，体现了系统化的工程方法。系统集成模型的组成包括网络需求分析，逻辑网络设计，物理网络设计，网络安装与调试（组网实施），测试、验收和维护等几个部分。网络工程的系统集成模型如图 1-2 所示，图中用箭头标识出各部分之间的反馈和联系。

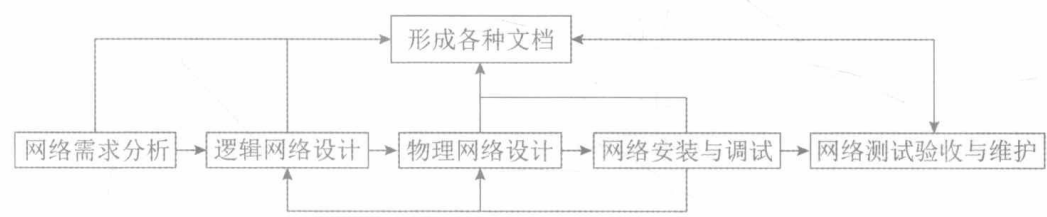


图 1-2 网络工程的系统集成模型

网络工程系统集成模型描述了网络建设的过程。网络系统集成过程包括网络系统的需求分析、选择系统集成商或网络设备制造商、逻辑网络设计、物理网络设计、网络安全设计、系统安装和调试、系统测试和验收，以及用户培训和系统维护。集成过程涉及技术、管理和用户关系这三个关键因素。

在设计网络系统集成模型时，需要注意以下原则。实用性，是网络工程建设的首要原则，是对用户最基本的承诺；先进性，包括设计思想、网络结构、软硬件设备，以及使用的开发工具的先进性；开放性，是指所设计的网络系统应该遵循国际社会认同的标准；安全性，是指要确保网络系统内部的数据和数据访问，以及数据传输的安全，避免非法用户的访问和攻击；可靠性，是指要保证网络系统能不间断地为用户提供服务，即使某些部分失效或损坏，也要保证网络系统数据完整、可用、可恢复。

三、网络系统集成模型的特点

网络系统集成模型的特点是循环、线性化。该模型支持带有反馈的循环，将该模型视为严格线性关系可能更易于处理，强调通过反馈及时修改和调整网络工程的实施内容。采用该模型实施的网络系统具有以下优点。



(1) 网络工程系统集成的主要部分按流水线布局,形成流畅的阶段关系,方便了设计和施工,同时强调了技术文档的作用。各部分的反馈联系显示出工程实施的灵活性和适用性。

(2) 为获得较高的网络系统质量提供保障。该模型实施的网络系统通过网络需求分析和逻辑网络设计,力求选择一流网络设备厂商的设备,选择具有高资质的系统集成商,以确保工程的质量。

(3) 可以加快网络系统建设速度。采用工程化思想组织项目实施,由具有多年系统集成工作经验的专家和配套的项目组进行集成,辅以畅通的国内外厂商设备的进货渠道,能够加快系统建设速度。

(4) 分工明确,职责清晰,可以提供交钥匙解决方案。系统集成商全权负责处理所有的工程事宜,采用成熟和稳妥的系统集成方案。网络用户可以结合网络设计目标和网络应用需求,把注意力集中在系统的性能及各阶段的检验上。

(5) 实现标准化配置。所选取的设备以及建设方法具有开放性,使得网络系统具有较好的可扩展性、可用性和设备兼容性,系统维护容易且成本较低。

第三节 系统集成原则和生命周期

一、网络系统集成遵循的原则

网络系统集成应依据建设目标,按照由整体到局部的原则,自下而上进行规划和设计。本着“实用、够用、好用”的指导思想,实现对网络系统的所有资源进行统一的管理和调配,快速响应网络用户的应用需求。

网络系统集成所要遵循的规则主要有以下几点。

(1) 开放性和标准化。所采用的技术、设计标准、系统组件、用户接口等应规范,可以互联互通,实现完全开放。

(2) 实用性和先进性。网络系统的设计目标应实用有效;网络结构设计、网络设备选型应保证先进性、实用性。尤其是网络设备的可用性,由于计算机网络硬件设备技术更新较快,应考虑网络投资在一定时间段的价值体现,保障



已有的投资。

(3) 可靠性和安全性。网络系统应能够有序、可靠、安全地运行。对重要部位采用容错设计,支持故障诊断测试和恢复。各项主要技术指标应满足平均无故障时间的要求,采用有效可信的安全措施。

(4) 灵活性和可扩展性。网络设计和设备选型应支持在规模和性能两个方面的扩展,充分考虑在今后一段时间内技术发展和用户需求的变化。系统设计应注重层次化、模块化,使系统集成或网络设备配置灵活方便,提供有备用的、各有侧重点的、可选的系统集成方案。

网络工程设计不像建筑工程、机械工程和电子工程有成熟的设计理论和完善的设计规范。目前,网络工程设计还没有一套完整的设计规范,所遵循的原则来自成功或失败的经验,或其他工程设计的做法。

网络工程设计所要遵循的原则主要有以下几点。

(1) 需求决定方案。应由需求推动网络工程设计,不应由技术和经验推动网络工程设计。

(2) 基本结构不变。一方面,基本的网络设计方案不能随意改变,可以随着网络工程的实施进行局部的改进。另一方面,网络设计方案不应完全按企业组织结构去设计。

(3) 简单实用。设计不应把简单的事情复杂化,复杂的网络结构不仅会增加成本,也会给使用、维护,以及将来网络的扩展带来不便。

二、网络系统的生命周期

网络系统的生命周期是指一个网络系统从构思、需求分析开始,到规划和设计,再到运行和维护,直到最后停止使用这一过程的持续时间。网络系统的生命周期与软件工程的周期很类似,是一个循环迭代的过程,每次的循环过程都存在需求分析、规划设计、调试、运行和维护五个阶段。一般来说,网络规模越大、投资越多,所要经历的循环周期也就越长。简单地说,一个网络从构思设计到最后被淘汰的过程就是网络的生命周期。

这里还有一个以网络应用驱动理论和成本评价机制为核心的名词——迭代周期。迭代周期就是一个网络重构的过程。在实际应用当中,迭代周期就是指建设或改建一个新的网络,但并不是每个网络都有机会进入迭代周期。