

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

# 计算机网络设计

易建勋 编著

人民邮电出版社

北 京

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

计算机网络设计 / 易建勋编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.7  
(21 世纪计算机应用技术系列规划教材)

ISBN 978-7-115-16090-4

I. 计... II. 易... III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 050809 号

## 内 容 提 要

本书以一个全新的视野介绍计算机网络的设计方法。全书分为两大部分, 第一部分 (第 1~6 章) 主要讲述网络工程设计的基本原则和方法, 内容包括网络设计的基本原则、网络设计的模型、用户需求分析、网络拓扑结构设计、VLAN 设计、网络性能设计、QoS 设计、网络安全设计、VPN 设计、网络设备选型和网络综合布线等内容。第二部分 (第 7~10 章) 主要介绍常用计算机网络的设计, 内容包括存储网络设计、工业以太网设计、IP 电话网设计、WLAN 无线网络设计、LMDS 无线网络设计、各种城域接入网设计、SDH 传输网设计、DWDM 传输网设计和中国主要互联网结构等内容。

本书以拓扑结构设计为主线, 分析了 100 多个网络拓扑结构, 提出了一些良好的解决方案。为了适合教学需要, 各章均附有习题、多媒体课件等教学参考资料。为了对网络工程技术人员有所帮助, 本书特别注意到技术资料的完整性和实用性。

本书可作为网络工程、通信工程、计算机科学技术专业的大学本科教材, 也可作为计算机网络设计人员的参考用书。

21 世纪计算机应用技术系列规划教材

## 计算机网络设计

- 
- ◆ 编 著 易建勋  
责任编辑 张 鑫
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京华正印刷有限公司印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 23.75  
字数: 574 千字  
印数: 1-3 000 册
  - 2007 年 7 月第 1 版  
2007 年 7 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-16090-4/TP

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

# 第 1 章

## 网络设计概论

---



在网络设计中会涉及许多协议与标准，核心标准主要是 ITU-T、IEEE、RFC 三大系列标准。在数据通信网络设计中，ITU-T 系列标准更接近于物理层的定义，IEEE 802 系列标准则关注物理层和数据链路层，RFC 系列标准则更加注重数据链路层以上的规范。

### 1.1 计算机网络概论

#### 1.1.1 计算机网络定义

计算机网络是利用通信设备、通信线路和通信协议，将分布在不同地点、功能独立的多台计算机互连起来，通过功能完善的网络软件，实现网络资源共享和信息传输的系统。

根据以上定义可以看到，计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物，其主要连接对象是计算机和数据终端等。网络设备包括交换机、路由器、服务器主机等，也包括调制解调器、光端机等通信设备。通信线路的传输介质有双绞线、光纤、微波等。计算机网络之间的通信必须遵守一系列的网络协议和通信标准，最常用到的协议和标准有 RFC 文档（如 TCP/IP）、IEEE 标准（如 IEEE 802.3）、ITU-T 建议（如 V.92）等。计算机网络互连包括了硬件、线路之间的互连，以及软件之间的连接。计算机网络的应用必须具有相应的网络软件，这些软件包含网络操作系统（如 Windows Server、Linux、FreeBSD、Sun Solaris 等）、网络服务器软件（如 IIS、Exchange Server、Sendmail 等）、客户端软件（如 Internet Explorer、QQ、FlashGet 等）。

计算机网络的目的在于实现资源共享和信息交流。资源包括硬件资源和软件资源。硬件有网络存储、网络打印机、网络计算等；软件资源如文件下载、数据共享等。在计算机网络中，信息交流以交互方式进行，主要有网页、邮件、论坛、即时通信、IP 电话、视频点播等形式。计算机网络为远程教育、远程管理、协同工作等新的工作方式提供了一个很好的平台。

计算机网络是通信网络的一种，虽然它可以传输和处理文字、图形、声音、视频信号等，但是所有这些信息在计算机内部必须转换为“数据”的形式进行处理，因此计算机网络是一种数据通信网络。这些数据在传输过程中，既可以采用数字通信方式，也可以采用模拟通信

方式。由于以上原因，我们将计算机网络的数据传输处理过程称为“通信”，而将传统的模拟信号传输处理过程称为“通讯”。

### 1.1.2 计算机网络分类

根据 IEEE 802 系列标准规定，计算机网络按照地理范围可以分为局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN），这是一种最常见的分类方法。

局域网通常在一幢建筑物内或相邻几幢建筑物之间。局域网是结构最简单的计算机网络，也是目前应用最广泛的计算机网络。尽管局域网是最简单的网络，但并不意味着它们必定是小型网络。由于光通信技术的发展，局域网覆盖范围越来越大，我们往往将直径达数千米的连续的园区网（如大学校园网、智能小区网）也归纳到局域网的范围。

城域网的覆盖区域为数十千米以内的城市和郊区，城域网往往由多个园区网以及城域接入网、城域传输网等组成。

广域网的覆盖范围通常在数百千米以上，一般为多个城域网的互连（如 ChinaNet），甚至是全球各个国家之间网络的互连（如 Internet）。

网络的各种分类方法如表 1-1 所示。

**表 1-1** 常见的网络分类方法

分类方法	网络类型
按地理范围分类	局域网、城域网、广域网
按拓扑结构分类	点对点型、总线型、星型、树型、环型、网状型、蜂窝型等
按业务类型分类	计算机网、电信网、电视网
按传输方式分类	广播式网络、点对点网络
按网络协议分类	以太网、令牌环、Apple Talk、Novell Netware、FDDI、ATM
按交换技术分类	电路交换网、分组交换网
按信号复用分类	空分复用、频分复用、时分复用、统计时分复用
按接入技术分类	有线：PSTN、ISDN、X.25、FR、DDN、ADSL、HFC、Ethernet 等； 无线：LMDS、MMDS、WLAN、GPRS、VSAT、DBS 等
按通信技术分类	用户驻地网（CPN）、接入网（AN）、交换网（IP、ATM）、传输网（PDH、SDH、DWDM）
按通信性质分类	业务网（如电话网、数据网、电报网、传真网、多媒体网、综合业务网、智能网等）、支撑网（如信令网、同步网、管理网等）

## 1.2 计算机网络系统集成

### 1.2.1 系统集成的特点

美国信息技术协会（ITAA）对系统集成（SI）的定义是：根据一个复杂的信息系统或子系统的要求，查明多种技术和产品，并建立一个完整的解决方案的过程。

#### 1. 系统集成的组成

根据以上定义，系统集成的对象是信息系统或子系统。我们可以将“信息系统”分解为网络系统、硬件系统和软件系统三大部分，这三大部分有各自独立的功能，也相互关连。系统集成技术贯穿于系统集成工作的全过程（见图 1-1）。

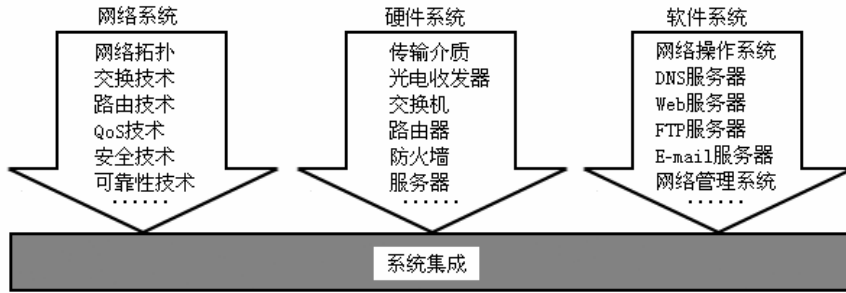


图 1-1 系统集成的组成

## 2. 系统集成的复杂性

系统集成的复杂性虽然没有一个精确的定义，但是一个大型系统集成项目的复杂性体现在技术、成员、环境、约束四个方面，它们之间互为依存关系（见图 1-2）。下面分别进行介绍。

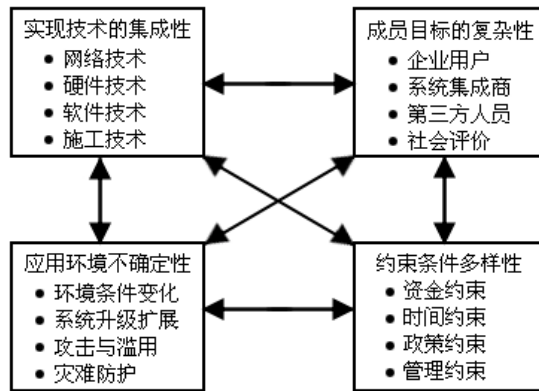


图 1-2 系统集成的复杂性

**实现技术的集成性：**系统集成涉及网络技术、硬件技术、软件技术和施工技术四个方面的有机融合，这增加了系统的复杂性。例如，在系统集成工程中选择 IBM 公司的大型专业服务器，也就意味着选择了 UNIX 软件平台，相应的网络技术和应用软件也会随之变化。

**成员目标的复杂性：**系统集成涉及用户、系统集成商、第三方人员（如专家、项目监管人员）和社会评价部门（如协作企业、政府部门），它们之间既有共同的目标，也有不同的期望。系统集成项目的最终成功是符合四方利益的，但用户期望这是一个低投入、高回报的项目；而系统集成商则期望项目能够高效率进行，而且带来高利润；第三方人员则希望项目能够保证高性能和高品质，以减少自己的责任风险；协作企业则希望不要引起自己系统工作模式的改变。因此，一个系统集成项目需要各方全力协作。

**应用环境不确定性：**系统集成应当考虑到项目今后环境发生的变化，如电力不足、用户办公环境改造、城市建设改造等问题；还要考虑到企业由于计算机使用人员增加，对系统造成的压力，以及系统的升级改造。另外，系统外部的攻击、内部人员的滥用（如多线程下载），也会给系统带来不确定的变化因素。

**约束条件多样性：**系统集成还会受到资金、时间、政策、管理等条件的约束。其中最大

的约束条件是资金问题，几乎所有系统集成项目都会受到它的约束。

### 3. 多种技术和产品的集成

按照 ITAA 定义，系统集成应包含多种产品和技术。

系统集成不是选择最好的产品和技术简单行为，而是要选择最适合用户需求和投资规模的产品和技术。这些不同的产品和技术可能是成熟和流行的技术，也可能是一种新产品和新技术，将它们集成在一个系统内时，需要“验明”系统集成的可行性。

对于硬件设备，系统集成的验明工作在于解决不同产品之间的兼容性问题。例如，在一个网络系统中，可能采用 H 公司的交换机和 C 公司的路由器，因此，只要解决了它们之间的兼容性问题，就可以实现这两个设备之间的互连。

对于软件产品，系统集成的验明工作在于解决不同软件之间输出数据格式的转换问题。例如，某个企业公司总部采用 Linux 操作系统和 Oracle 数据库，而在另一地的子公司采用 Windows 平台下的 MS SQL Server 数据库，它们之间的数据交换就需要一种双方都能接受的中间文件格式，如 TXT 文本格式或 HTML 格式。

对于网络系统，系统集成的验明工作在于解决不同系统之间的信号交换和路由问题。例如，大部分局域网采用以太网技术；而 ISP（因特网服务提供商）可能只能提供 ASDL（非对称数字用户线路）或 PSTN（公用电话网）接入技术；而电信运营商则可能采用 ATM 交换技术进行信号转发；而信号在国家主干链路上传输时，则可能采用 DWDM（多路密集波分）传输技术。可见，IP 数据包在传输过程中经历了多种信号交换和路由。

由于多种产品和技术源于不同的标准或行业要求，将它们集成在一起时，有许多问题需要解决。系统集成不是简单的设备供货，它更多体现的是设计、调试与开发行为。

## 1.2.2 网络工程的特点与要求

计算机网络工程的目的是建立一套满足用户需求、性能价格比较高、完整可行的计算机网络硬件和软件应用平台。

### 1. 网络工程的特点

工程是指按计划进行的规范的工作。一个网络工程项目具有以下特点。

网络工程要有非常明确的目标，这个目标在工程开始之前就需要确定，在工程进行中不要轻易进行大的更改。

网络工程要有详细的规划或设计，设计可以分为不同的层次，有些设计比较概括（如总体设计），有些设计非常具体（如系统实施方案）。

网络工程要有权威的依据，如国家标准、国际标准、行业标准或地方标准。

网络工程要有完备的技术文档，如可行性论证报告、用户需求分析报告、项目总体设计方案、子项目具体设计方案、项目实施方案、项目验收方案和系统运行维护方案等。

网络工程要有固定的责任人，并有完善的实施机构。例如，用户方的项目负责人，系统集成商组成的项目小组，第三方的项目监理负责人等。

### 2. 网络工程的内容

一个成功的网络系统建立过程，需要解决以下一些问题。

用户需要一个什么样的网络系统？

如何构成一个满足用户需求的网络系统？

建立一个满足用户需求的网络系统需要投入多少资金？

最适合用户的网络系统结构是什么？

选择什么样的网络硬件设备？

选择什么样的网络操作系统和网络服务器软件？

网络系统应当提供哪些功能？

网络系统的性能如何？

网络系统的安全性如何？

网络系统的扩展性如何？

建立什么样的网络管理机制？

具有表演功能的网络系统是很容易建立的，但要达到网络系统规定的设计目标则是一项困难的工作。在网络系统应用的初期，用户只使用了网络的部分功能。如果网络的数据量比较小，网络系统存在的问题不会马上就暴露出来。随着网络系统应用的深入，网络信息量会不断增大，网络系统设计中存在的问题将逐渐显露出来。如果网络结构设计不合理，服务器数据处理能力差，网络传输速率低，那么随着网络用户数量的增多，以及网络共享数据量的增加，网络系统性能将会不断下降。失败的网络系统都存在着一个共同的问题，那就是忽视或根本没有做网络系统的设计工作。

### 3. 网络工程对技术人员的要求

所有网络专业技术人员都要全面了解通信原理、网络技术、网络协议、操作系统、设备原理、布线规范等基本知识。掌握一些常用工程软件的功能和使用方法，熟悉一些常用硬件设备的功能、性能，并掌握它们的安装和调试方法。

网络工程主管工程师应当掌握系统集成技术，能够组织和实施一个完整的网络工程。主管工程师还应当能把握网络工程的方案评审、工程监理、系统验收等关键环节。主管工程师应当具有与用户和同事有效地进行沟通的能力。

网络设计工程师应当能够评估目前流行的和正在出现的网络工程技术，预测技术的发展方向，评估新技术对个人或组织的可能应用。网络设计工程师要熟练掌握网络工程设计的原则和方法，设计的规范与流程，主要设备的功能与性能，核心技术的工程应用，项目设计的经验和经典案例；设计有效的、可用的网络工程解决方案，并能将不同产品与技术集成到系统中。

网络实施工程师要熟练掌握设备的主要技术参数，设备的接口形式与兼容性，网络操作系统的安装与配置，网络服务软件的安装与配置，系统互连后的调试方法，网络系统的故障测试与排除等技术。工程实施工程师应当具有团队协作能力，通过个人智慧和小组合作，以完成共同的目标。

网络管理工程师要熟练掌握网络安全防护技术、系统备份和恢复技术、故障测试和处理技术、网络性能优化技术等。网络管理工程师应当具有独立解决问题的能力。

### 4. 网络工程项目中各种人员的参与

一些规模较小的网络工程项目（1人·年或更少），只要向专家做些咨询，也许1至2人就可以完成所有的网络工程项目。

一些规模较大的网络工程项目，在整个项目生存期中，各种人员的参与情况是不一样的。图1-3说明了各种不同的人员随网络工程项目进展，在工程各个阶段参与的情况。

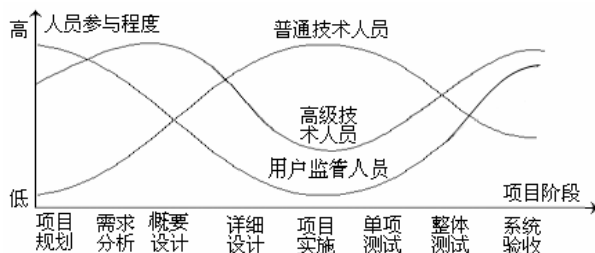


图 1-3 大规模网络工程中各种人员参与情况

### 5. 网络工程经常使用的一些软件工具

网络工程师需要了解和掌握一些常用网络操作系统，如 Windows Server、Linux、IOS 等。网络工程师还需要掌握一些常用网络服务配置和优化方法，如 DNS 服务器配置、Web 服务器配置、FTP 服务器配置、E-mail 服务器配置等。网络工程师需要掌握一些常用网络工程软件的使用和配置方法。网络工程中的常用软件如表 1-2 所示。

表 1-2 网络工程中的常用软件

软件类型	软件名称	软件说明
网络操作系统	Windows Server	Microsoft 公司网络操作系统
	Red Hat Linux	红帽子公司网络操作系统
	FreeBSD	美国伯克利分校 UNIX 操作系统
	Solaris	Sun 公司 UNIX 网络操作系统
	AIX	IBM 公司 UNIX 操作系统
	IOS	思科公司网络设备操作系统
	VRP	华为公司通用路由平台
服务器软件	IIS	Microsoft 公司 Web 服务器、FTP 服务器
	ISA Server	Microsoft 公司防火墙
	Exchang Server	Microsoft 公司邮件服务器
	Domino Notes	IBM 公司群件服务器
	Sendmail	Linux/UNIX 下的邮件服务器
设计软件	AutoCAD	网络拓扑图设计和布线设计
	Visio	网络拓扑图设计和布线设计
	VisualNet	综合布线设计与管理系统
	Dreamweaver	网站设计工具
工程管理软件	Project	网络工程进度规划
	Excel	网络工程预算
网络管理软件	HP Open View	拓扑图、性能分析、故障分析等
	Ciscoworks	思科公司网络管理软件
	MRTG	网络流量监控
	Backup Exec	综合完全备份
网络工具软件	Boson NetSim	交换机、路由器模拟调试
	Network Simulator	开源的网络模拟器
	Sniffer Pro	网络协议分析器，数据包检测分析
	CHARIOT	网络及网络设备测试软件

### 1.2.3 网络系统集成的步骤

近年来网络技术研究已经达到了一个很高的水平，构成一个实用的、可靠的网络系统的条件已经成熟。网络工程师应当很好地掌握和应用网络系统集成技术，通过认真分析与设计，建立一个高性能、高可靠、实用的网络系统。网络系统集成的步骤如图 1-4 所示。

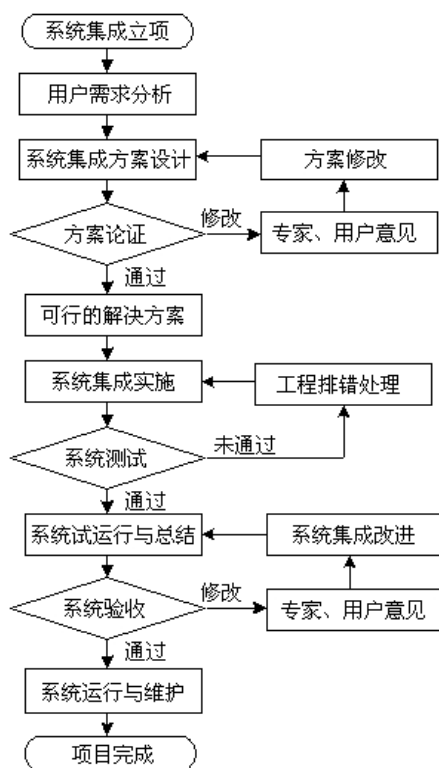


图 1-4 网络系统集成的步骤

#### 1. 网络系统规划

在网络规划工作中，用户需要组织技术专家对网络系统的可行性进行论证，论证网络系统是否具备建设的客观条件。在可行性论证过程中，用户要明确提出自己的应用需求、建设目标、网络系统的功能、技术指标、现有条件、工期、资金预算等方面的内容。可行性论证结束后，要形成“可行性论证报告”，作为网络工程的纲领性文件。

#### 2. 网络系统设计

网络系统的承建者（网络工程集成商）在进行用户需求调查后，在用户的配合下，对网络系统的用户需求进行调查，以确定网络工程应具备的功能和应达到的技术指标。

网络工程集成商应当根据用户的需求，对网络工程建设范围、建设目标、建设原则、总体技术思路等问题给出概括性的回答。

接下来，网络工程集成商进行系统设计。这项工作是要对网络工程的具体问题给出明确的、可行的、系统的解决方案。设计过程是网络工程师运用计算机网络的原理和技术知识解决实际工程问题的过程。设计工作结束后，要形成《网络系统总体设计方案》（也称为《网络

工程设计说明书》), 用户应当聘请第三方专家对设计方案进行评审。

### 3. 网络系统实施

**实施计划:** 网络工程进入实施阶段后, 集成商要制订一个详细的实施计划。计划要明确工程的时间安排、分期达到的目标、施工方式、资金使用、竣工验收等内容。网络工程实施计划必须是规范的技术文档, 它是工程实施的基本依据。

**设备选型:** 网络工程集成商根据设计方案的技术要求, 选择合适型号的设备与软件。如路由器、交换机、防火墙、服务器、布线系统、存储设备、网络操作系统、网络管理系统等。

**综合布线:** 这一阶段的核心工作是进行网络综合布线、设备安装调试、软件环境的配置以及系统测试等工作。

### 4. 网络系统验收

系统基本完成后, 应当进行系统试运行工作, 以及工程文档整理工作。如果在试运行阶段网络系统满足“设计说明书”和“工程合同要求”, 接下来就可以进行网络系统验收工作了。验收工作包括以下几方面的内容:

所选设备质量是否合格, 能否达到用户要求;

网络综合布线是否合理、规范, 以及留有的扩展空间;

硬件设备安装调试是否正常, 各种应用环境是否已经实施或模拟实施;

系统软件和应用软件能否实现相应功能, 并已经进行系统快速恢复备份;

网络系统的各项测试是否严格遵循相关标准, 测试参数是否合格;

网络工程文档是否完整、规范;

用户培训教材、时间、内容、地点是否合适等。

工程验收完成后, 应当形成《网络工程验收报告》。

## 1.3 网络设计标准与规范

标准是一组规定的规则、条件或要求。标准往往以公开的文档进行表述。对于成功的标准和行业规范来说, 最重要的因素在于是否能够满足用户的实际需求, 没有实际用途的标准是没有生存空间的。标准在网络设计中起重要作用。

### 1.3.1 标准的制定

#### 1. 标准制定的目的

在网络设计工作中标准之所以重要, 原因之一是目前网络工程所使用的硬件、软件种类繁多, 如果没有标准, 可能会导致一种硬件不能与另一种硬件兼容, 或者一个应用程序不能与另一个软件进行数据交换。原因之二是通过标准或规范, 不同的生产厂商可以确保产品、生产过程以及服务达到公认的规定品质。原因之三是为了保护标准制定组织的利益。原因之四是降低系统集成商的开发成本, 同时也降低了用户维护系统和扩展系统的成本。

#### 2. 标准制定过程中的利益群体

标准的制定往往源于利益集团的需求, 不同的利益集团往往会推出不同的标准。最典型的标准组织是 ITU (国际电信联盟) 和 IEEE (电气与电子工程师协会), ITU 为联合国官方组织, 它制定的标准更多地反映了各国电信运营商的利益; IEEE 是世界上最大的民间工程师

组织，它制定的标准大部分反映了各个设备制造厂商和用户的利益。

对于生产厂商而言，标准有它的两面性：一方面，生产厂商必须保证他们的产品符合标准；另一方面，他们又必须进行创新，以使自己的产品与别人不同。有时生产厂商也去掉标准中一些不重要的部分，以达到降低产品成本的目的。一些主要网络设备生产厂商的产品质量较高，而且市场占有率很大，这促使其他厂商也会围绕大厂商的标准来设计自己的产品。

用户一般希望购买符合标准的网络产品，因为这样才能保证产品和服务相互兼容。用户选择符合标准的产品也避免了用户被限制在一个厂商的范围内，这样有利于多个厂商并存竞争的环境。用户不能保证设备生产厂商之间能够相互合作，但是一定要保证产品接口符合行业标准，并且能够协同工作。

在标准制定过程中，用户的作用并不明显，因为一旦标准组织由厂商和用户组成，双方都会把自己的意愿加入到标准中。由于双方的利益存在根本性的冲突（如版权问题），所以有可能出现激烈的争吵。

### 1.3.2 ITU-T 关于通信网络的标准

IP 技术标准主要由 IETF(因特网工程任务组)研究和开发，电信标准的权威机构是 ITU-T(国际电信联盟标准化部门)。现行的 ITU 标准几乎是强制性的，因此，国内与国外的企业都要求标准组织尽可能制定统一的标准。随着因特网业务的迅速发展，电信网络支持 IP 技术的标准成为人们关注的课题。ITU-T 自 1999 年开始进行全面的战略转移，各研究组开始研究 IP 相关的标准。在近几年的时间里，开发了一系列电信网络支持 IP 技术的标准。

ITU 制定了许多通信和网络方面的标准，这些标准称为“建议”，标准分为很多系列，这些标准系列往往以英文字母 A~Z 开头作为分类（见表 1-3）。

表 1-3 通信网络常用 ITU-T 系列标准

标准系列	标准内容
E 系列建议	网络运营、电话业务、业务运营。如 E.750 个人通信
F 系列建议	有关电报、数据传输和远程通信业务。如 F.742: 远程学习业务
G 系列建议	传输系统、数字系统、网络系统。如 G.703 定义的 E1 接口标准
H 系列建议	视频、音频和多媒体系统。如 H.323 定义的 IP 电话标准
I 系列建议	ISDN(综合业务数字网)系列标准
J 系列建议	广播或组播方式的业务。如 J.83 关于电视多节目系统的标准
M 系列建议	电信管理网络。如 M.3010 电信管理网的原则
T 系列建议	多媒体通信规范。如 T.120 多媒体数据会议系统
V 系列建议	电话通信、调制解调器、模拟数据通信等。如 V.92 Modem 通信标准
X 系列建议	通过公网进行数据传输。如 X.25 分组交换网, X.61 定义的 7 号信令标准
Y 系列建议	IP 网络规范。如 Y.1231 定义的 IP 接入网结构

### 1.3.3 IEEE 802 系列计算机网络标准

以太网最早出现在 20 世纪 70 年代，由于不断地更新技术，至今以太网仍然焕发勃勃生机。以太网有结构简单、成本低廉、带宽易于扩展、兼容性好等诸多优点。近年来 1 000M 以太网的实用化及与光纤技术的有机结合，出现了“光以太网”，使以太网信号可以实现长距

离传输（达 40km）。这不但使以太网技术占领了局域网领域，而且在向城域网迈进。

IEEE 802 系列标准是由 IEEE 制定的关于 LAN 和 MAN 的标准，IEEE 802 系列标准已被接纳为 ISO 标准，并命名为 ISO 8802。IEEE 802 系列标准的主要内容如表 1-4 所示。

**表 1-4 网络工程常用 IEEE 802 系列标准**

标准名称	标准内容	标准状态
IEEE 802.1	局域网总体介绍和体系结构	正常
IEEE 802.2	LLC 逻辑链路控制	已停止活动
IEEE 802.3	以太网系列规范	正常
IEEE 802.4	令牌总线网技术规范（通用汽车公司推出）	已停止活动
IEEE 802.5	令牌环局域网技术规范（IBM 公司推出）	已淘汰
IEEE 802.6	分布式队列双总线规范（早期城域网）	已淘汰
IEEE 802.7	宽带局域网推荐规程	已停止活动
IEEE 802.8	FDDI 光纤局域网规范	已淘汰
IEEE 802.9	ISDN 综合语音数据局域网规范	已停止活动
IEEE 802.10	VLAN 虚拟局域网和安全性规范	已停止活动
IEEE 802.11	WLAN 无线局域网规范	正常
IEEE 802.12	LAN 需求的优先级	已停止活动
IEEE 802.13	未使用	
IEEE 802.14	交互电视规范	已停止活动
IEEE 802.15	无线个人区域网络规范（蓝牙技术）	正常
IEEE 802.16	宽带无线网络规范（如 LMDS 等）	正常
IEEE 802.17	RPR 弹性分组环规范（以太无源光纤网，EPON）	正常
IEEE 802.18	无线管制技术专家顾问组	正常
IEEE 802.19	共存技术专家顾问组	正常
IEEE 802.20	MBWA 移动宽带无线接入规范	暂停活动
IEEE 802.21	媒质无关切换规范（不同 802 网络间的基站切换）	正常
IEEE 802.22	固定无线区域网络规范（WRAN）	正常

### 1.3.4 RFC 文档

1969 年，美国加州大学洛杉矶分校的史蒂夫（Steve Dorner）创立了一系列的 RFC（请求注解）文档。1969 年 4 月 7 日~2006 年 6 月，一共发布了 4 560 篇 RFC 文档，而且新的 RFC 文档还在不断增加。RFC 文档包含了关于因特网的所有重要标准，但 RFC 所收录的文件并不都是正在使用或为大家所公认的标准，也有很大一部分只在某个局部领域被使用，或并没有被工程实践所采用。网络工程常用的 RFC 文档如表 1-5 所示。

**表 1-5 网络工程常用 RFC 文档**

协议类型	RFC 编号	标准说明
基础类	RFC768	UDP 用户数据报协议（1980）
	RFC791	IP 规范（1981）
	RFC792	ICMP 因特网控制信息协议（1981）
	RFC793	TCP 传输控制协议（1981）

续表

协议类型	RFC 编号	标准说明
基础类	RFC821	SMTP 简单邮件传输协议 (1982)
	RFC872	局域网中的 TCP (1982)
	RFC894	IP 数据包通过以太网的传输标准 (1984)
	RFC959	FTP 文件传输协议 (1985)
	RFC1081	POP3 邮件接收协议 (1988)
	RFC1180	TCP/IP 指南 (1991)
	RFC1945	HTTP 1.0 超文本传输协议 (1996)
地址类	RFC826	ARP 以太网地址解析协议 (1982)
	RFC903	RARP 反向地址解析协议 (1984)
	RFC932	子网地址分配方案 (1985)
	RFC1860	IPv4 变长子网表 (1995)
	RFC1881	IPv6 地址分配管理 (1995)
	RFC2373	IPv6 寻址体系结构 (1998)
	RFC3022	NAT 传统 IP 网络地址转换 (2001)
	RFC3069	VLAN 聚合实现 IP 地址有效分配 (2001)
路由类	RFC1131	OSPF 规范 (1989)
	RFC1142	OSI IS-IS 域内路由协议 (1993)
	RFC1388	RIP2 距离向量路由协议 (1993)
	RFC1661	PPP 点对点协议 (1994)
	RFC1771	BGP 4 边界网关协议 (1995)
	RFC1812	IPv4 路由器技术要求
	RFC2871	一个 IP 电话路由框架 (2000)
QoS 类	RFC1633	IntServ (集成业务) 模型 (1994)
	RFC2212	有保证的质量服务说明 (1997)
	RFC2475	DiffServ (区分业务) 模型 (1998)
	RFC2914	拥塞控制原理 (2000)
	RFC2702	基于 MPLS 的流量工程要求 (1999)
安全类	RFC2281	HSRP 热备份路由协议 (1998)
	RFC2401	因特网协议的安全体系结构 (1998)
	RFC2577	FTP 安全考虑 (1999)
	RFC2764	IP VPN 的框架体系 (2000)
	RFC3093	防火墙增强协议 (FEP) (2001)
管理类	RFC1157	SNMP 简单网络管理协议 (1990)
	RFC2516	以太网上 PPP 传输的方法 (PPPoE over Ethernet) (1999)
	RFC2866	RADIUS (远程用户拨号认证系统) 记账协议 (2000)
	RFC2906	AAA 授权要求 (2000)

## 1.4 网络体系结构

网络的功能分层与各层通信协议的集合称为网络体系结构。网络体系结构是抽象的，而

实现体系结构的是一些具体的硬件和软件。主要的网络体系结构有 OSI/RM（开放式系统互连参考模型）、TCP/IP（传输控制协议/因特网协议模型），以及 OGSA（开放式网格体系结构）。

### 1.4.1 OSI/RM 网络体系结构

ISO 一直致力于制定一套普遍适用的网络规范，使得全球范围的计算机可进行开放式通信。1983 年，ISO 创建了一个有助于开发和理解计算机的通信模型 OSI/RM（开放系统互连参考模型）。OSI/RM 中的“开放”是指只要遵循 OSI 标准，一个系统就可以与世界上任何地方、遵循同一标准的任何系统进行通信。OSI/RM 模型对网络中两个节点之间数据通信过程进行了理论化描述，但是它没有规定每一层的硬件或软件模型。

OSI/RM 只给出了计算机网络的一些原则性说明，并不是一个具体的网络协议。许多现代的网络协议（如 TCP/IP）不完全符合 OSI/RM 模型，但是 OSI/RM 的概念与思想仍然被保留了下来。例如，网络分层的思想就被大多数计算机和通信标准所采用。

由于 OSI/RM 参考模型最早是由 ISO 和原 CCITT（ITU 的前身）制定的，因此有浓厚的通信背景和特色。例如，强调服务质量（QoS），强调差错率的保证，只考虑了面向连接的服务等，这与目前流行的 TCP/IP 网络模型有很大的不同。

ISO/RM 模型先定义了一套功能完整的构架，再根据该构架来发展相应的协议与系统。由于这个体系比较复杂，而且设计先于实现，有许多设计过于理想，因而没有一个完全实现 OSI/RM 参考模型的实际网络系统。

网络工程设计中常见的网络模型如图 1-5 所示。

OSI/RM模型	TCP/IP模型	Microsoft模型	Net Ware模型	Apple模型			
应用层	DNS、FTP、 HTTP、SNMP	服务器消息	Net Ware 核心协议	Apple Share			
表示层				NetBIOS   命名 管道	NetBIOS   命名 管道	Apple Talk编 档协议AFP	
会话层	套接字	NetBEUI	SPX			ASP	ADSP
传输层	TCP	NetBEUI	IPX	ATP	NBP	AEP	RTMP
网络层	IP		LAN驱动	LAN驱动	数据报传输协议DDP		
数据链路层	LAN驱动 MAC控制	LAN驱动 NDIS	LAN驱动	LAN驱动			
物理层	物理层	物理层	ODI   NDIS	本地 会话	以太网 会 话	令牌 会话	
			物理层	物理层			

图 1-5 网络工程设计中常见的网络模型

### 1.4.2 TCP/IP 网络体系结构

TCP/IP 是目前异种网络通信使用的唯一协议体系。TCP/IP 适用于连接多种主机，既可用于局域网，又可用于广域网。许多操作系统都采用 TCP/IP，TCP/IP 已成为目前事实上的国际标准。

TCP/IP 是一个分层的网络协议，它与 OSI/RM 模型的层次有所不同。TCP/IP 分为应用层、传输层、网络层、网络接口层 4 个层次，而 OSI/RM 模型有 7 层。TCP/IP 没有表示层和会话层，并且把数据链路层和物理层合并为网络接口层。TCP/IP 各个层次与网络功能的关系如图 1-6 所示。

TCP/IP模型	网络协议		软件与设备	网络地址	数据格式	应用
应用层	HTTP DNS FTP SMTP Telnet POP3	TFTP SNMP SLP RADIUS DHCP DSMCC	服务器软件 如 DNS服务器 Web服务器 FTP服务器 E-mail服务器	进程号	数据	面向用户
传输层	TCP	UDP	接口软件	端口号	报文	面向数据传输
网络层	IP (ARP、ICMP)		路由器 L3交换机	IP地址	分组	
网络接口层	Ethernet、PSTN ATM、X.25、DDN SDH、DWDM		L2交换机 集线器 网卡 传输介质	MAC地址	帧 比特流	

图 1-6 TCP/IP 系统结构模型

TCP/IP 目前面临的主要问题有地址空间不足问题、QoS 问题、安全问题等。地址问题有望随着 IPv6 的引入而得到解决，QoS、安全保证也正在研究之中，并取得了不少的成果。因此，TCP/IP 在很长一段时期内还将保持它强大的生命力。

### 1.4.3 网络体系结构

当单个系统难以满足复杂的大型计算（如科学计算、天气预报、军事计算、电子商务等）时，人们开始研究如何在网络环境中，利用多台地理位置上分散的大中型计算机协同工作，共同完成复杂的计算。人们开始设想网络服务资源能否像电力网一样，为用户方便地提供即插即用的电力服务。这导致了“计算网格”（Grid）概念的出现。

#### 1. 网格技术的特点

网格技术出现于 20 世纪 90 年代，它的目的是希望利用高速互联网，把分布在不同地理位置的计算机、数据库、存储器和软件等资源连成一个整体，实现全球范围的计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源、设备资源等各种资源的全面共享。网格技术的核心思想是：“整个因特网就是一台计算机”。国际知名网格专家伊安·福斯特（Ian.Foster）把计算网格描述为：在多个虚拟社团机构间实现动态资源共享和协同解决问题的过程。伊安·福斯特提出了网格系统的以下三个特点。

第一，协调非集中资源。网格需要整合各种资源，协调各种使用者，这些资源和使用者在不同的控制域中。例如，个人微机和大型计算机、不同公司的不同管理单元等。网格还要解决在这种分布式环境中出现的安全、策略、使用费用、成员权限等问题。

第二，使用标准、开放、通用的协议和界面。网格建立在多功能的协议和界面之上，这些协议需要解决认证、授权、资源发现和资源存取等问题。

第三，得到较高的服务质量。网格允许它的资源被协调使用，以得到多种服务质量，满足不同使用者的需求。例如，系统响应时间、流量、有效性、安全性及资源重定位等，使得联合系统的功效比各部分功效总和要大得多。

网格的根本特点是资源共享，消除资源孤岛。当然，我们也可以构造地区性的网格、企

业内部网络、局域网网络，甚至家庭网络和个人网络。

## 2. 网络与网络系统的区别

网络技术研究的重点是如何在计算机网络平台上，实现协同工作与资源共享，而不是研究计算机网络技术本身。

网络系统可以对位置分布、系统异构（如不同的硬件设备、不同的软件系统、不同的网络技术）和动态变化的资源和服务进行集成与管理。要实现这一目标的关键是实现标准化，从而将地理位置分散的资源和服务作为虚拟系统进行管理、访问、调度和监控。

网络不是因特网的替代技术，而是在因特网的基础上，提供附加的协议和服务。不能把属于应用平台的网络等同于整个因特网。网络体系结构中包括大量系统资源（如内部硬件资源，系统软件平台、文件与数据库等）的管理，这些功能属于 OSI/RM 概念范围内的资源。

网络与集群都是分布式系统，技术上也有相似的地方。但是二者条件和环境不同，集群一般是同构的（也有少量异构系统），地域上十分近，一般都在一个机房内部，最大不会超过局域网范围。网络的范围大多了，无论从地域的广度，还是系统集成的复杂性。网络的组成可以包括专用存储器、各种仪器设备等，当然也可能包括集群、各种类型的硬件和各种不同的系统软件，还有功能复杂的中间件。可以说，最集中的方式是集群，最分散的方式是网络。

## 3. 网络体系结构的五层沙漏模型

目前比较重要的网络体系结构有两个：一个是伊安·福斯特（Ian.Foster）在早些时候提出的五层沙漏结构；另一个是 IBM 等公司提出的开放式网络服务结构（OGSA）。

五层沙漏结构的主要特点是简单，它侧重于定位的描述而不是具体的协议定义。五层沙漏结构的基本思想是以“协议”为中心，但也十分强调与 API（应用程序接口）和 SDK（软件开发工具）的重要性。五层沙漏模型从底层开始分别为构造层、连接层、资源层、汇聚层和应用层（见图 1-7）。

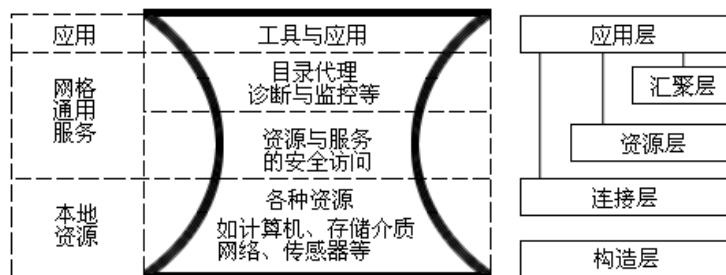


图 1-7 五层沙漏型网络体系结构模型

构造层由各种物理资源或逻辑资源构成，物理资源包括计算资源、存储资源、计算机群、网络资源等；逻辑资源包括分布式文件系统、目录、数据库等，构造层的基本功能是控制和管理局部的资源，向上提供访问这些资源的接口。

连接层的职能是支持使用方便和安全的通信，它们包括安全通信的核心协议、实现资源之间的数据交换和授权认证、安全控制等。这部分功能与网络协议相关，但是在 OSI/RM 模型中这些功能属于表示层，在 TCP/IP 网络体系结构中属于应用层。

资源层利用连接层的通信和认证服务，解决安全会话、资源初始化、资源运行状况监测、资源使用状况统计等问题，并通过调用构造层函数来访问和控制局部资源。全局状态和分布

资源的操作由汇聚层考虑。

汇聚层的功能是协调各种资源。该层组件可以实现各种共享行为，如目录服务、资源协同、资源监测诊断、数据复制、负荷控制、账户管理等功能。

应用层是在虚拟环境中存在的，它通过各层的 API（应用程序接口）调用相应的服务，并调用网格上的资源来完成任务。如果以电力系统做比喻，前四个层次就相当于发电厂、电网、变电所和配电房，而应用层相当于住宅里的电源开关、电表和电源插座。

五层沙漏结构之所以形如沙漏，是由各部分协议数量的分布不均匀引起的。考虑到核心移植、升级的方便性，核心部分的协议数量相对比较少，这样核心协议成了一个协议层次结构的瓶颈。在五层沙漏结构中，资源层和连接层共同组成了协议的核心部分，因此在沙漏模型图和协议分层图中并没有用线条单独隔离开，使图看上去像一个四层模型。

#### 4. 开放网格服务结构（OGSA）

开放网格服务体系（OGSA）结构模型如图 1-8 所示。



图 1-8 开放式网格服务体系结构模型

五层沙漏结构是以协议为中心的“协议结构”，而 OGSA 是以服务为中心的“服务结构”。OGSA 将一切看做服务，并定义了“网格服务”，该服务提供了一组接口，这些接口明确遵守特定的惯例，解决服务发现、动态服务创建、生命周期管理、通知等问题。简单地说，网格服务=接口/行为+服务数据。

#### 5. 网格存在的问题及发展前景

为了实现网格的广泛应用，还必须解决以下问题。

**标准问题：**就像 TCP/IP 是因特网的核心一样，构建网格系统也需要对标准协议和服务进行定义。迄今为止，网格系统还没有正式的标准，但在核心技术上，Globus Toolkit 已成为网格计算事实上的标准。

**网格资源动态分配问题：**如何在动态的、异构的虚拟组织之间实现资源共享及协同计算是网格中非常重要的问题。已有的一些并行和分布式计算和资源分配技术，不能很好地适应网格资源的分配问题。

**数据通过因特网时形成的延迟问题：**网格软件应确保按时传输数据，否则，某一台计算机需要等待另一台计算机的处理结果。

**目前因特网数据传输能力不足的问题：**发展网格要和建设下一代宽带互联网（如 Internet 2