内 容 简 介

本书是计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试的指定用书，依据网络规划设计师考试大纲（2021 年审定通过）编写，包含了计算机网络基础、网络互连与互联网、网络规划与设计、网络资源设备、网络安全、标准化和软件知识产权、网络系统分析与设计案例及网络规划与设计论文等内容。

本书以实用为主，兼顾基础知识，是参加网络规划设计师考试的必备教材，也可作为网络工程从业人员学习网络技术的教材或日常工作的参考用书。本书也是一本很好的计算机专业研究生参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

网络规划设计师教程 / 严体华，谢志诚， 高振江主编. —2 版. —北京：清华大学出版社，2021.12
全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

ISBN 978-7-302-59602-8

Ⅰ. ①网… Ⅱ. ①严… ②谢… ③高… Ⅲ. ①计算机网络－资格考试－自学参考资料 Ⅳ. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 237080 号

责任编辑：杨如林
封面设计：杨玉兰
责任校对：胡伟民
责任印制：丛怀宇

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：010-83470235
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：三河市君旺印务有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×230mm　　**印　张：**27　　**防伪页：**1　　**字　　数：**695 千字
版　　次：2009 年 6 月第 1 版　　2021 年 12 月第 2 版　　**印　　次：**2021 年 12 月第 1 次印刷
定　　价：99.00 元

产品编号：084069-01

前　言

网络规划设计师的职责就是规划、设计并指导实施网络工程，为人们提供高速、可靠、经济、安全、方便的网络。因此，网络规划设计师应熟悉应用领域的业务，能够进行计算机网络领域的需求分析、规划设计、部署实施、评测运维等工作。具体来说，就是在需求分析阶段，能分析用户的需求和约束条件，写出网络系统需求规格说明书；在规划设计阶段，能根据系统需求规格说明书，完成逻辑结构设计、物理结构设计，选用适宜的网络设备，按照标准规范编写系统设计文档及项目开发计划；在部署实施阶段，能按照系统设计文档和项目开发计划组织项目施工，对项目实施过程进行质量控制、进度控制、经费控制，能具体指导项目实施；在评测运维阶段，能根据相关标准和规范对网络进行评估测试，能制定运行维护、故障分析与处理机制，确保网络提供正常服务；另外，能指导制定用户的数据和网络战略规划，能指导网络工程师进行系统建设实施。

本书第 1 章介绍网络的基础知识，第 2 章介绍网络互连与互联网，第 3 章介绍网络规划与设计的知识和方法，第 4 章介绍网络资源设备，第 5 章介绍网络安全技术，第 6 章介绍标准化和软件知识产权，第 7 章介绍网络系统分析与设计案例，第 8 章介绍网络规划与设计论文写作的注意事项和评分依据。

本书由严体华、谢志诚、高振江主编。参加编写的还有吴振强、吴晓葵、张永刚、张淑平、景为、朱光明等。

《网络规划设计师教程》（第 2 版）在第 1 版的基础上，紧扣网络规划设计师考试大纲，精简部分内容来体现与初级和中级之间的差别，同时增加了一些知识，比如数据编码 MLT-3、8B/6T、4D-PAM5，冗余网关技术 VRRP、HSRP 和 GLBP，移动通信网络的 5G 核心技术，路由协议 IS-IS，软件定义网络，扁平化大二层网络结构，云计算与虚拟化等。同时在应试技巧上增加了依据大纲要求分类的案例解析和论文写作案例评分标准。

由于时间仓促，书中难免有不妥、错误之处，敬请指正。

编者

2021 年 9 月

目　录

1.2 计算机网络体系结构

1. OSI 模型

国际标准化组织（ISO）于 1978 年提出了一个网络体系结构模型，称为开放系统互连参考模型（OSI/RM）。OSI/RM 为开放系统互连提供了一种功能结构的框架，ISO 7498 文件对它做了详细的规定和描述。

OSI/RM 是一种分层的体系结构。从逻辑功能看，每一个开放系统都是由一些连续的子系统组成，这些子系统处于各个开放系统和分层的交叉点上，一个层次由所有互连系统的同一行上的子系统组成。例如，每一个互连系统逻辑上是由物理电路控制子系统、分组交换子系统和传输控制子系统等组成，而所有互连系统中的传输控制子系统共同形成了传输层。

开放系统的每一个层次由一些实体组成。实体是软件元素（如进程等）或硬件元素（如智能 I/O 芯片等）的抽象。处于同一层中的实体叫对等实体，一个层次由多个实体组成，这一点正说明了层次的分布处理特征。另一方面，处于同一开放系统中各个层次的实体则代表了系统的协议处理能力，即由其他开放系统所看到的外部功能特性。

为了叙述方便，任何层都可以称为（N）层，它的上下邻层分别称为（N+1）层和（N–1）层。同样的提法可以应用于所有和层次有关的概念，例如，（N）层的实体称为（N）实体。

分层的基本想法是每一层都在它的下层提供的服务的基础上提供更高级的增值服务，而最高层提供能运行分布式应用程序的服务。这样，分层的方法就把复杂问题分解开了。分层的另外一个目的是保持层次之间的独立性，其方法就是用原语操作定义每一层为上层提供的服务，而不考虑这些服务是如何实现的，即允许一个层次或层次的集合改变其运行的方式，只要它能为上层提供同样的服务就行。除最高层外，在互连的各个开放系统中分布的所有（N）实体协同工作，为所有（N+l）实体提供服务。也可以说，所有（N）实体在（N–1）层提供的服务的基础上向（N+1）层提供增值服务，如图 1-1 所示。例如，网络层在数据链路层提供的点到点通信服务的基础上增加了中继功能；传输层在网络层服务的基础上增加了端到端的控制功能。

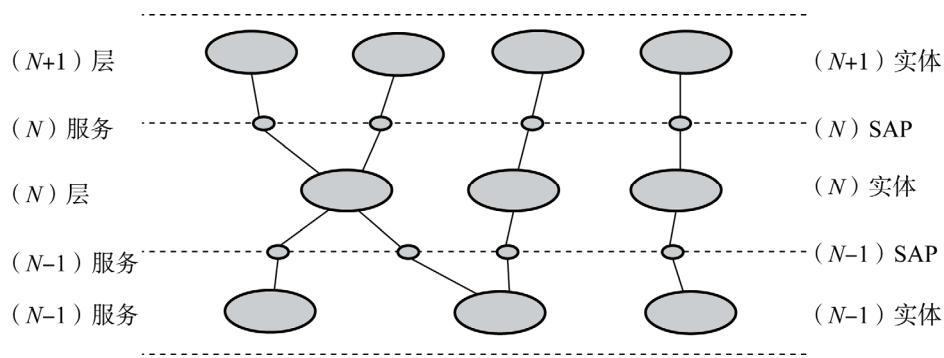

图 1-1 实体、服务访问点和协议

（*N*）实体之间的通信只使用（*N*–1）服务。最低层实体之间通过 OSI 规定的物理介质通信，物理介质形成了 OSI 体系结构中的（0）层。（*N*）实体之间的合作关系由（*N*）协议来规范。（*N*）协议是由公式和规则组成的集合，它精确地定义了（*N*）实体如何协同工作，利用（*N*–1）服务去完成（*N*）功能，以便向（*N*+1）实体提供服务。例如，传输层协议定义了传输站如何协同工作，利用网络服务向会话实体提供传输服务。同一个开放系统中的（*N*）实体之间的直接通信对外部是不可见的，因而不包含在 OSI 体系结构中。

（*N*+1）实体从（*N*）服务访问点（Service Accessing Point，SAP）获得（*N*）服务。（*N*）SAP 表示（*N*）实体与（*N*+1）实体之间的逻辑接口。一个（*N*）SAP 只能由一个（*N*）实体提供，也只能被一个（*N*+1）实体所使用。然而，一个（*N*）实体可以提供几个（*N*）SAP，一个（*N*+1）实体也可能利用几个（*N*）SAP 为其服务。事实上，（*N*）SAP 只是代表了（*N*）实体和（*N*+1）实体建立服务关系的手段。

OSI/RM 用抽象的服务原语说明一个功能层提供的服务，这些服务原语采用了过程调用的形式。服务可以看作是层间的接口，OSI 只为特定层协议的运行定义了所需的原语和参数，而互连系统内部层次之间的局部流控所需的原语和参数，以及层次之间交换状态信息的原语和参数都不包括在 OSI 服务的定义之中。

服务分为面向连接的服务和无连接的服务。对于面向连接的服务，有 4 种形式的服务原语，即请求原语、指示原语、响应原语和确认原语。（*N*）层提供（*N*）SAP 之间的连接，这种连接是（*N*）服务的组成部分。通常的连接是点到点的连接。但是也可以在多个端点之间建立连接，多点连接和实际网络中的广播通信相对应。（*N*）连接的两端叫作（*N*）连接端点（Connection End Point，CEP），（*N*）实体用本地的 CEP 来标识它建立的各个连接。另外，在网络服务中还有一种叫作数据报的无连接的通信，它对面向事务处理的应用很重要，所以后来也增添到 OSI/RM 中。

OSI 有 7 层，从低到高依次称为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层，如图 1-2 所示。

OSI 参考模型中各层的功能如下：

物理层的主要功能是在链路上透明地传输比特，包括线路配置、确定数据传输模式、确定信号形式、对信号进行编码、连接传输介质。为此定义了建立、维护和拆除物理链路所具备的机械特性、电气特性、功能特性以及规程特性。在物理层，OSI 采用了各种现成的协议，其中有 RS-232、RS-449、X.21、V.35、ISDN，以及 FDDI、IEEE 802.3、IEEE 802.4 和 IEEE 802.5 的物理层协议。

数据链路层将比特组成帧，在链路上提供点到点的帧传输，并进行差错控制、流量控制等。在数据链路层，OSI 的协议集也是采用了当前流行的协议，其中包括 HDLC、LAP-B 以及 IEEE 802 的数据链路层协议（ISO 8802）。

网络层在源节点和目的节点之间进行路由选择、拥塞控制、顺序控制、传送包，保证报文的正确性。OSI 网络层又分成了 3 个子层，ISO 8648 文件描述了网络层内部的组织，给出了 3 个子层的协议。最上面的子层完成与子网无关的会聚功能（SNIC），相当于网际协议；中间一

个子层实现与子网相关的会聚功能（SNDC），它的作用是把一个具体的网络服务改造得适合于网络子层的需要；最下面的子层利用数据链路服务，实现子网访问功能（SNAC）。

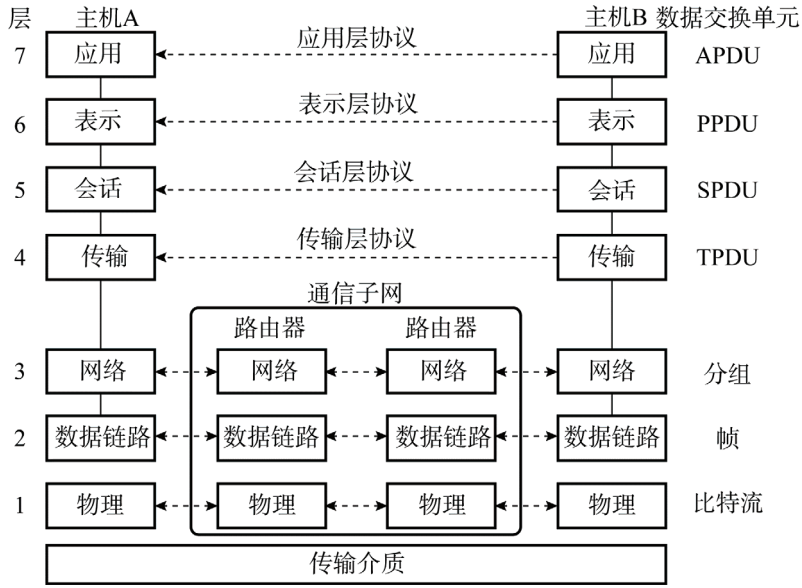

图 1-2　OSI 体系结构

传输层提供端到端的可靠的、透明的数据传输，保证报文顺序的正确性、数据的完整性。OSI 传输服务定义文件是 ISO 8072，传输层协议规范文件是 ISO 8073（连接模式）和 ISO 8602（无连接模式）。

会话层建立通信进程的逻辑名字与物理名字之间的联系，提供进程之间建立、管理和终止会话的方法，处理同步与恢复问题。会话层在传输层提供的完整的数据传送平台上提供应用进程之间组织和构造交互作用的机制，这种机制表现在会话层服务定义文件 ISO 8326（CCITT X.215）和协议规范文件 ISO 8327（CCITT X.225）中。

表示层实现数据转换（包括格式转换、压缩、加密等），提供标准的应用接口、公用的通信服务、公共数据表示方法。

应用层对用户提供不透明的各种服务，如 E-mail。

OSI 模型比较完整，但也非常复杂。除了低 3 层有实现外，其余层次没有实现，现在已基本不用。

2. TCP/IP 模型

美国国防高级研究计划局（DARPA）1969 年在研究 ARPANET 时提出了 TCP/IP 模型。和开放系统互连参考模型一样，TCP/IP 协议是一个分层结构。协议的分层使得各层的任务和目的十分明确，这样有利于软件编写和通信控制。TCP/IP 协议分为 4 层，由下至上分别是网络接口层、网际层、传输层和应用层，如图 1-3 所示。

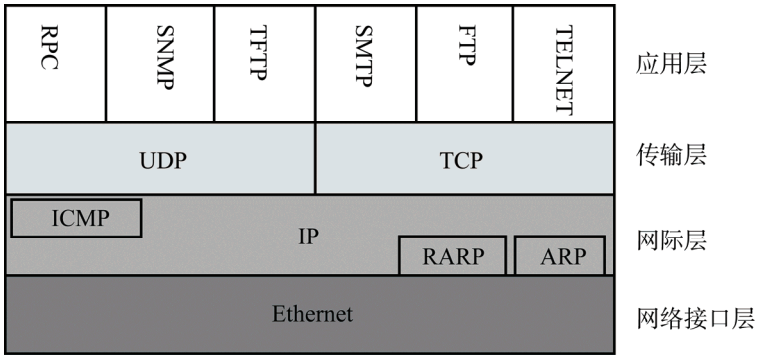

图 1-3　TCP/IP 协议分层结构

最上层是应用层，就是和用户打交道的部分，用户在应用层上进行操作，如收发电子邮件、文件传输等。也就是说，用户必须通过应用层才能表达出他的意愿，从而达到目的。其中，简单网络管理协议（SNMP）就是一个典型的应用层协议。应用层的主要协议有 DNS、HTTP、SMTP、POP3、FTP、TELNET、SNMP。

传输层的主要功能是对应用层传递过来的用户信息进行分段处理，然后在各段信息中加入一些附加的说明，如说明各段的顺序等，保证对方收到可靠的信息。该层有两个协议：一个是传输控制协议（TCP）；另一个是用户数据包协议（UDP），SNMP 就是基于 UDP 协议的一个应用协议。传输层的主要协议有 TCP、UDP。

网际层将传输层形成的一段一段的信息打包成 IP 数据包，在报头中填入地址信息，然后选择好发送的路径。本层的网际协议（IP）和传输层的 TCP 是 TCP/IP 体系中两个最重要的协议。与 IP 协议配套使用的还有地址解析协议（ARP）、逆向地址解析协议（RARP）、Internet 控制报文协议（ICMP）。

网络接口层是最底层，也称链路层，其功能是接收和发送 IP 数据包，负责与网络中的传输媒介打交道。网络接口层一直没有明确地定义其功能、协议和实现方式。

TCP/IP 本质上采用的是分组交换技术，其基本意思是把信息分割成一个个不超过一定大小的信息包传送出去。分组交换技术的优点是：一方面可以避免单个用户长时间占用网络线路；另一方面是在传输出错时不必全部重新传送，只需要将出错的包重新传输就可以了。

TCP/IP 规范了网络上的所有通信，尤其是一个主机与另一个主机之间的数据往来格式以及传送方式。数据传送过程可以形象地理解为，TCP 和 IP 就像两个信封，要传递的信息被划分成若干段，每一段塞入一个 TCP 信封，并在该信封上记录分段号信息，再将 TCP 信封塞入 IP 大信封，发送上网。在接收端，每个 TCP 软件包收集信封，抽出数据，按发送前的顺序还原，并加以校验，若发现差错，TCP 将会要求重发。因此，TCP/IP 在互联网中几乎可以无差错地传送数据。

1.3　数据通信基础

计算机网络采用数据通信方式传输数据。数据通信和电话网络中的语音通信不同，也和无

只要收、发信双方保证时-频域上的调频顺序一致，就能确保双方的可靠通信。在每一个跳频时间的瞬时，用户所占用的信道带宽是窄带频谱，随着时间的变换，一系列的瞬时窄带频谱在一个很宽的频带内跳变，形成一个很宽的调频带宽。

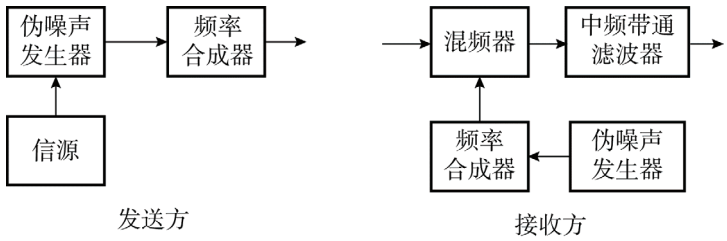

图 1-18　跳频系统原理图

3. 跳时

在跳时（Time Hopping，TH）方式中，把每个信息码元划分成若干个时隙，此信息受伪随机序列的控制，以突发的方式随机地占用其中一个时隙进行传输。因为信号在时域中压缩其传输时间，相应地在频域中要扩展其频谱宽度。

4. 线性调频扩频

线性调频扩频（Chirp Spread Spectrum，CSS）是指在给定脉冲持续间隔内，系统的载频线性地扫过一个很宽的频带。因为频率在较宽的频带内变化，所以信号的带宽被展宽。

1.3.8　差错控制

通信过程中出现的差错可大致分为两类：一类是由热噪声引起的随机错误；另一类是由冲击噪声引起的突发错误。

通信线路中的热噪声是由电子的热运动产生的，香农关于噪声信道传输速率的结论就是针对这种噪声的。热噪声时刻存在，具有很宽的频谱，且幅度较小。通信线路的信噪比越高，热噪声引起的差错越少。这种差错具有随机性，影响个别位。冲击噪声源是外界的电磁干扰。例如，打雷闪电时产生的电磁干扰，电焊机引起的电压波动等。冲击噪声持续的时间短而幅度大，往往引起一个位串出错。根据它的特点，称其为突发性差错。

此外，由于信号幅度和传播速率与相位、频率有关而引起的信号失真，以及相邻线路之间发生串音等都会产生差错，这些差错也具有突发性的特点。

1. 检错与纠错

在数据传输过程中，由于信道受到噪声或干扰的影响，信号的波形传到接收方就可能会发生错误。为了把这些错误减少到人们预期要求的最低限度，就需要进行差错控制。

差错控制的原理很简单。在被传送的 k 位信息后附加 r 位冗余位，被传送的数据共 $k+r$ 位，

而这 r 位冗余位是用某种明确定义的算法直接从 k 位信息导出的，接收方对收到的信息应用同一算法，将结果与发送方给它的结果进行比较，若不相等则数据出现了差错。如果接收方知道有差错发生，但不知道是怎样的差错，然后向发送方请求重传，这种策略称为检错。如果接收方知道有差错发生，而且知道是怎样的差错，这种策略称为纠错。

2. 海明码

1950 年，海明（Hamming）研究了用冗余数据位来检测和纠正代码差错的理论和方法。按照海明的理论，可以在数据代码上添加若干冗余位组成码字。码字之间的海明距离是一个码字要变成另一个码字时必须改变的最小位数。例如，7 位 ASCII 码增加一位奇偶位成为 8 位的码字，这 128 个 8 位的码字之间的海明距离是 2。所以，当其中一位出错时便能检测出来。两位出错时就变成另外一个码字了。

海明用数学分析的方法说明了海明距离的几何意义，n 位的码字可以用 n 维空间的超立方体的一个顶点来表示。两个码字之间的海明距离就是超立方体的两个对应顶点之间的一条边，而且这是两个顶点（两个码字）之间的最短距离，出错的位数小于这个距离都可以被判断为就近的码字。这就是海明码纠错的原理，它用码位的增加（因而通信量增加）来换取正确率的提高。

按照海明的理论，纠错码的编码就是要把所有合法的码字尽量安排在 n 维超立方体的顶点上，使得任意一对码字之间的距离尽可能大。如果任意两个码字之间的海明距离是 d，则所有小于等于 d–1 位的错误都可以检查出来，所有小于 d/2 位的错误都可以纠正。一个自然的推论是，对于某种长度的错误串，要纠正它就要用比仅仅检测它多一倍的冗余位。

如果对于 m 位的数据增加 k 位冗余位，则组成 $n=m+k$ 位的纠错码。对于 2^m 个有效码字中的每一个，都有 n 个无效但可以纠错的码字。这些可纠错的码字与有效码字的距离是 1，含单个错误位。这样，对于一个有效的消息总共有 n+1 个可识别的码字。这 n+1 个码字相对于其他 $2m$–1 个有效消息的距离都大于 1。这意味着总共有 $2m$ (n+1)个有效的或者可纠错的码字。显然，这个数应≤码字的所有可能的个数，即 $2n$。于是，有

$$2^m(n+1)\leqslant 2^n$$

因为 $n=m+k$，得出

$$m+k+1\leqslant 2^k$$

对于给定的数据位 m，上式给出了 k 的下界，即要纠正单个错误，k 必须取的最小值。海明建议了一种方案可以达到这个下界，并能直接指出错在哪一位。首先把码字的位从 1 到 n 编号，并把这个编号表示成二进制数，即 2 的幂之和。然后对 2 的每一个幂设置一个奇偶位。例如，对于 6 号位，由于 6=110（二进制），所以 6 号位参加第 2 位和第 4 位的奇偶校验，而不参加第 1 位的奇偶校验。类似地，9 号位参加第 1 位和第 8 位的校验而不参加第 2 位或第 4 位的校验。海明把奇偶校验分配在 1、2、4、8 等位置上，其他位放置数据。下面根据图 1-19 举例说明编码的方法。

		校验位			
		8	4	2	1
数据位	3	0	0	1	1
	5	0	1	0	1
	6	0	1	1	0
	7	0	1	1	1
	9	1	0	0	1
	10	1	0	1	0
	11	1	0	1	1

图 1-19　海明编码的例子

假设传送的信息为 1001011，把各个数据放在 3、5、6、7、9、10、11 等位置上，1、2、4、8 位留做校验位。

		1		0	0	1		0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

根据图 1-19，3、5、7、9、11 的二进制编码的第一位为 1，所以 3、5、7、9、11 号位参加第 1 位校验，若按偶校验计算，1 号位应为 1。

1		1		0	0	1		0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

类似地，3、6、7、10、11 号位参加 2 位校验，5、6、7 号位参加 4 位校验，9、10 和 11 号位参加 8 位校验，全部按偶校验计算，最终得到：

1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

如果这个码字传输中出错，比如说 6 号位出错，即变成：

√	×		×				√			
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

当接收端按照同样的规则计算奇偶位时，发现 1 和 8 号位的奇偶性正确，2 和 4 号位的奇偶性不对，于是 2+4= 6，立即可确认错在 6 号位。

在上例中，k=4，因而 $m<2^4-4-1=11$，即数据位可用到 11 位，共组成 15 位的码字，可检测出单个位的错误。

3. 循环冗余校验码

循环码是这样一组代码，其中任一有效码字经过循环移位后得到的码字仍然是有效码字，不论是右移或左移，也不论移多少位。例如，若（$a_{n-1}\,a_{n-2}\ldots a_1\,a_0$）是有效码字，则（$a_{n-2}\,a_{n-3}\ldots a_0\,a_{n-1}$），（$a_{n-3}\,a_{n-4}\ldots a_{n-1}\,a_{n-2}$）等都是有效码字。循环冗余校验码（Cyclic Redundancy Check，CRC）是一种循环码，它有很强的检错能力，而且容易用硬件实现，在局域网中有广泛应用。

首先介绍 CRC 怎样实现，然后对它进行一些数学分析，最后说明 CRC 的检错能力。CRC 可以用图 1-20 所示的移位寄存器实现。移位寄存器由 k 位组成，还有几个异或门和一条反馈回路。图 1-20 所示的移位寄存器可以按 CRC-CCITT 标准生成 16 位的校验和。寄存器被初始化为 0，数据从右向左逐位输入。当一位从最左边移出寄存器时就通过反馈回路进入异或门和后续进来的位以及左移的位进行异或运算。当所有 m 位数据从右边输入完后再输入 k 个 0（本例中 k=16）。最后，当这一过程结束时，移位寄存器中就形成了校验和。k 位的校验和跟在数据位后边发送，接收端可以按同样的过程计算校验和并与接收到的校验和比较，以检测传输中的差错。

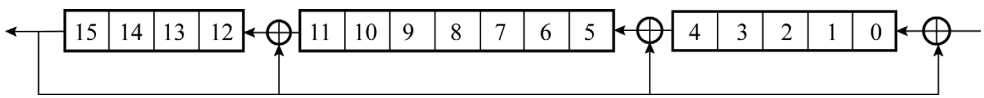

图 1-20　CRC 的实现

以上描述的计算校验和方法可以用一种特殊的多项式除法进行分析。m 个数据位可以看作 m–1 阶多项式的系数。例如，数据码字 00101011 可以组成的多项式是 x^5+x^3+x+1。图 1-20 中表示的反馈回路可表示成另外一个多项式 $x^{16}+x^{12}+x^5+1$，这就是所谓的生成多项式。所有的运算都按模 2 进行，即

$$1x^a+1x^a=0x^a,\quad 0x^a+1x^a=1,\quad 1x^a+0x^a=1x^a,\quad 0x^a+0x^a=0x^a,\quad -1x^a=1x^a$$

显然，在这种代数系统中，加法和减法一样，都是异或运算。用 x 乘一个多项式等于把多项式的系数左移一位。可以看出，按图 1-20 的反馈回路把一个向左移出寄存器的数据位反馈回去与寄存器中的数据进行异或运算，等同于在数据多项式上加上生成多项式，因而也等同于从数据多项式中减去生成多项式。以上给出的例子，对应于下面的长除法：

```
    0010  1011  0000  0000  0000  0000
  – 10    0010  0000  0100  001
  ------------------------------------
    00    1001  0000  0100  0010  0000
  –       1000  1000  0001  0000  1
  ------------------------------------
          0001  1000  0101  0010  1000
  –         1   0001  0000  0010  0001
  ------------------------------------
            0   1001  0101  0000  1001（余数）
```

得到的校验和是 9509H。于是看到，移位寄存器中的过程和以上长除法在原理上是相同的，因而可以用多项式理论来分析 CRC 代码，这就使得这种检错码有了严格的数学基础。

把数据码字形成的多项式叫作数据多项式 $D(x)$，按照一定的要求可给出生成多项式 $G(x)$。用

第 3 章　网络规划与设计

3.1　网络规划与设计基础

3.1.1　网络生命周期

一个网络系统从构思开始到最后被淘汰的过程被称为网络系统的生命周期。一般来说，网络系统的生命周期至少包括网络系统的构思计划、分析和设计、运行和维护等过程。对于大多数网络系统来说，由于应用的不断发展，这些网络系统需要不断重复设计、实施、维护的过程。因此，网络生命周期是一个循环迭代的过程。每次循环迭代的动力都来自于网络应用需求的变更，每次循环过程都存在需求分析、规划设计、实施调试和运营维护等阶段。

网络生命周期迭代模型的核心思想是网络应用驱动理论和成本评价机制。当网络系统无法满足用户的需求时，就必须进入到下一个迭代周期。成本评价机制决定是否结束网络系统的生命周期：当对已有投资的再利用成本小于新建系统的成本时，网络系统可以进入下一次迭代周期；否则就必须舍弃迭代，新建网络系统。网络生命周期的迭代模型如图 3-1 所示。

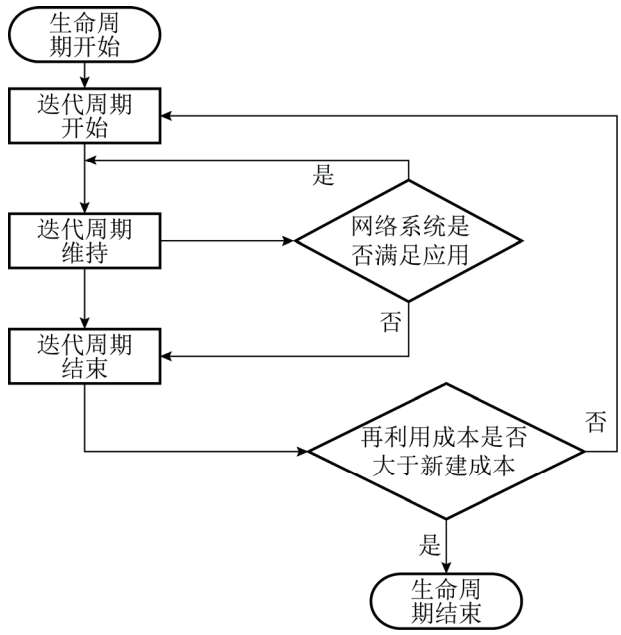

图 3-1　网络生命周期的迭代模型

每一个迭代周期，都是一个网络重构的过程。不同的网络设计方法中，对迭代周期的划分方式是不同的，常见的迭代周期构成方式主要有三种。

1. 四阶段周期

四阶段周期的特点是，能够快速适应新的需求，强调网络建设周期中的宏观管理，灵活性较强。四阶段周期的长处在于工作成本较低、灵活性高，适用于网络规模较小、需求较为明确、网络结构简单的网络工程。

如图 3-2 所示，四个阶段分别为构思与规划阶段、分析与设计阶段、实施与构建阶段和运行与维护阶段，这四个阶段之间有一定的重叠，保证了两个阶段之间的交接工作，同时也赋予了网络工程设计的灵活性。

（1）构思与规划阶段：明确网络设计或改造的需求，同时确定新网络的建设目标。

（2）分析与设计阶段：根据网络需求进行设计，形成特定的设计方案。

（3）实施与构建阶段：根据设计方案进行设备购置、安装、调试，建成可试用的网络环境。

（4）运行与维护阶段：提供网络服务，并实施网络管理。

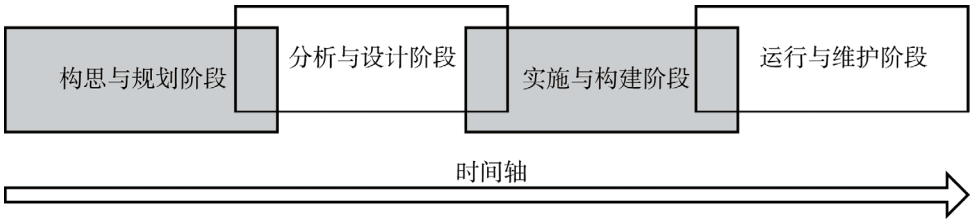

图 3-2　四阶段周期

2. 五阶段周期

五阶段周期是较为常见的迭代周期划分方式，将一次迭代划分为五个阶段：需求规范阶段、通信规范阶段、逻辑网络设计阶段、物理网络设计阶段、实施阶段。每个阶段都是一个工作环节，每个环节完毕后才能进入下一个环节，类似于软件工程中的“瀑布模型”，如图 3-3 所示。

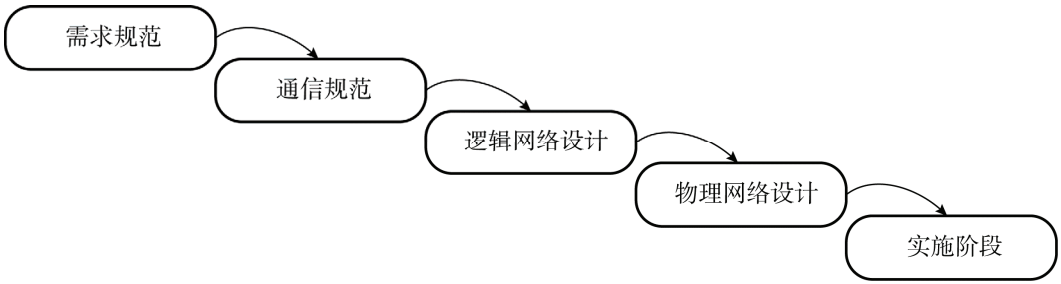

图 3-3　五阶段周期

按照这种流程构建网络，在下一个阶段开始之前，前面每个阶段的工作必须已经完成。一

般情况下，不允许返回到前面的阶段。如果前一阶段的工作没有完成就开始进入下一个阶段，则会对后续的工作造成较大的影响，甚至产生工期拖后和成本超支。

五阶段周期的主要优势在于所有的计划在较早的阶段完成，该系统的所有负责人对系统的具体情况以及工作进度都非常清楚，更容易协调工作。五阶段周期的缺点是比较死板，不灵活。因为往往在项目完成之前，用户的需求经常会发生变化，这使得已开发的部分需要经常修改，从而影响工作的进程，所以基于这种流程完成网络设计时，用户的需求确认工作非常重要。

五阶段周期由于存在较为严格的需求和通信分析规范，并且在设计过程中充分考虑了网络的逻辑特性和物理特性，因此较为严谨，适用于网络规模较大，需求较为明确，在一次迭代过程中需求变更较小的网络工程。

3. 六阶段周期

六阶段周期是对五阶段周期的补充，是对其缺乏灵活性的改进；通过在实施阶段前后增加相应的测试和优化过程，提高网络建设工程中对需求变更的适应性。六个阶段分别由需求分析、逻辑设计、物理设计、设计优化、实施及测试、监测及性能优化组成，如图 3-4 所示。

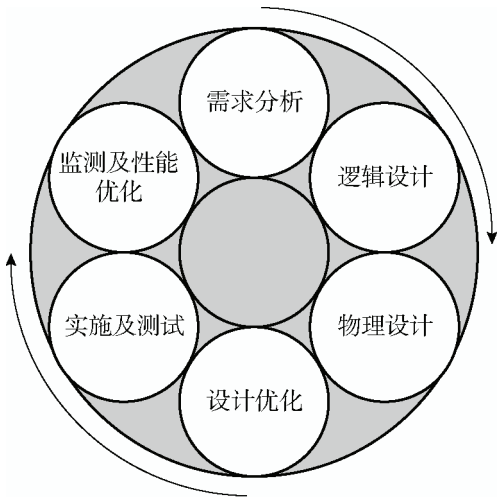

图 3-4　六阶段周期

（1）需求分析：网络分析人员通过与用户和技术人员进行交流来获取新系统（或系统升级）的商业目标和技术目标，然后归纳出当前网络的特征，分析出当前和将来的网络通信量、网络性能、协议行为和服务质量要求。

（2）逻辑设计：主要完成网络的逻辑拓扑结构、网络地址分配、设备命名、交换及路由协议选择、安全规划、网络管理等设计工作，并且根据这些设计选择设备和服务提供商。

（3）物理设计：根据逻辑设计的结果选择具体的技术和产品，使得逻辑设计成果符合工程设计规范。

（4）设计优化：完成工程实施前的方案优化，通过召开专家研讨会、搭建试验平台、网络

仿真等多种形式，找出设计方案中的缺陷，并进行方案优化。

（5）实施及测试：根据优化后的方案进行设备的购置、安装、调试与测试，通过测试和试用发现网络环境与设计方案的偏差，纠正过程中的错误，必要时修改网络设计方案。

（6）监测及性能优化：通过网络管理、安全管理等技术手段，对网络是否正常运行进行实时监控；如果发现问题，通过优化网络设备配置参数，达到优化网络性能的目的；如果发现网络性能已经无法满足用户需求，则进入下一次迭代周期。

六阶段周期偏重于网络的测试和优化，侧重于网络需求的不断变更，由于其严格的逻辑设计和物理设计规范，使得该模式适合于大型网络的建设工作。

3.1.2　网络开发过程

网络生命周期的迭代模型为描绘网络项目的开发提供了特定的理论模型，一个网络项目从构思到最终退出应用，一般会遵循迭代模型，经历多个迭代周期。例如，在网络建设初期建设的是试点网络，网络规模较小，宜采用四阶段方式；进行全面网络建设和互连时，网络规模越来越大，宜采用五阶段或六阶段方式。由于网络工程中，中等规模的网络较多，并且应用范围较广，在后续的章节中主要介绍五阶段迭代周期方式。在较为复杂的大型、超大型网络中，采用六阶段周期时，也必须完成五阶段周期中要求的各项工作，只是增强了灵活性和必须的验证机制。

根据五阶段迭代周期的模型，网络开发过程可以被划分为五个阶段。如图 3-5 所示，这五个阶段分别是：

- 需求分析；
- 现有网络系统分析，即通信规范分析；
- 确定网络逻辑结构，即逻辑网络设计；
- 确定网络物理结构，即物理网络设计；
- 安装和维护。

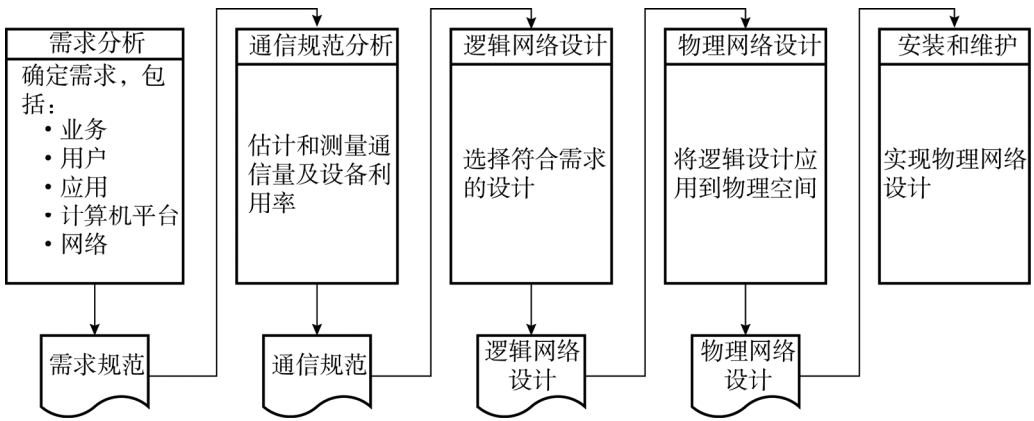

图 3-5　五阶段网络开发过程