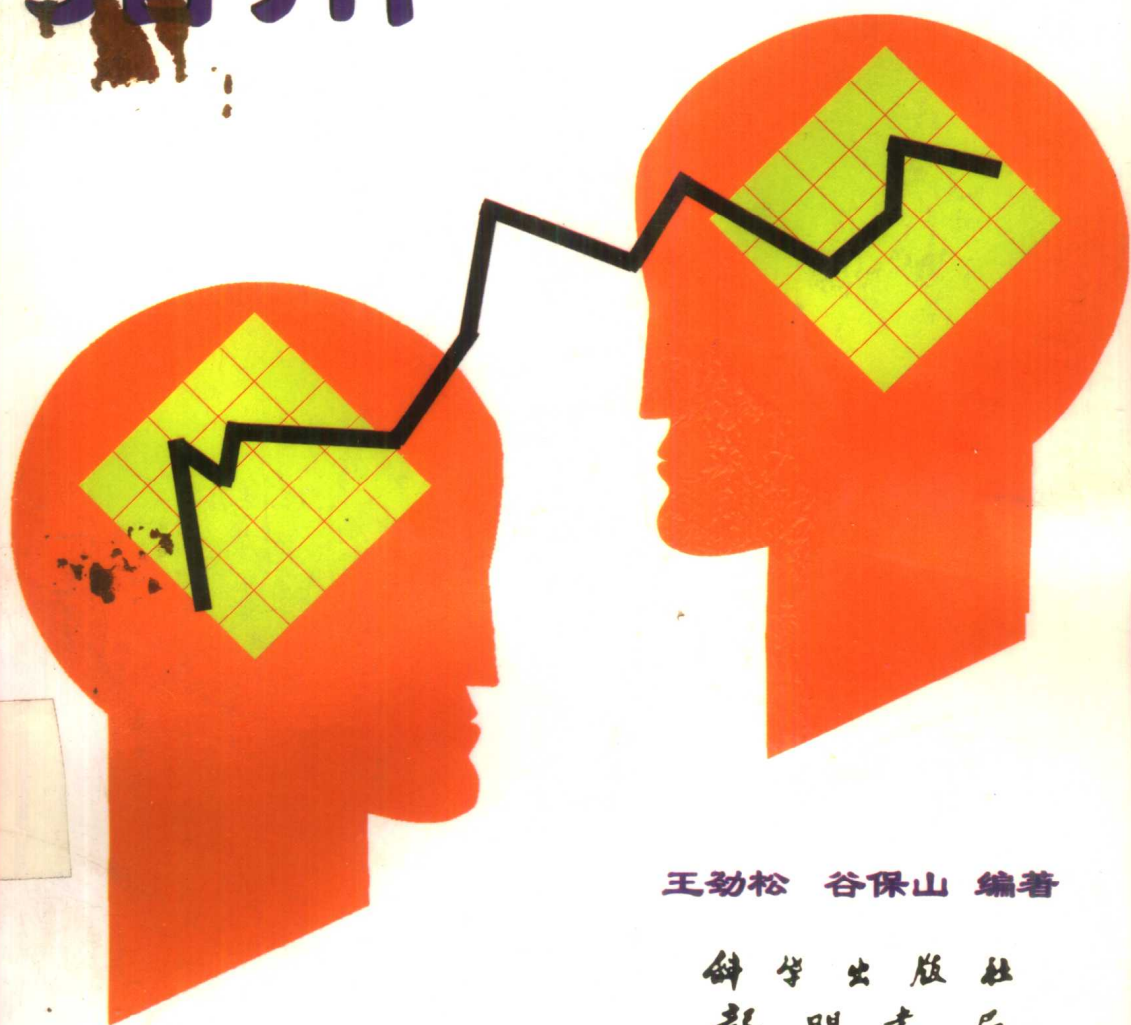


# 网间网技术 基础与设计 指南



王劲松 谷保山 编著

科学出版社  
龙门书局

# 网间网技术基础与设计指南

王劲松 谷保山 编著

邵哲如 蒋丽萍 审订

科学出版社  
龙门书局

1 9 9 7

## 内 容 简 介

本书详细介绍了网间网技术的基本概念、原理、技术基础和设计指南,内容共分为两大部分。第一部分主要包括网间网基本知识、介质的访问技术、封包的交换技术、路由选择协议和路由选择协议中通常采用的路由选择算法、与网间网密切相关的网桥技术和网络管理技术。第二部分主要包括网间网设计基础知识、大型IP网间网设计、SRB网间网设计、SDLC、SDLLC和QLLC网间网设计、ATM网间网设计、分组交换网间网设计以及DDR网间网设计。附录中还提供了参考练习题,同时还为所有的练习题提供了参考答案,供读者查阅。

本书可供计算机网络专业设计、大型网络管理人员以及高等院校有关专业的师生参考,也可以作为“网间网技术”或类似课程的培训教材。

需要购买本书或技术咨询的读者,请直接与北京海淀8721信箱书刊部(邮编:100080)联系,电话:010-62562329或010-62541992,传真:010-62579874。

## 网间网技术基础与设计指南

王劲松 谷保山 编著

邵哲如 蒋丽萍 审订

责任编辑 战晓雷



北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

广益印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1997年3月第 一 版 开本:786×1092 1/16

1997年3月第一次印刷 印张:22 1/8

印数:1 5000 字数:518 000

ISBN 7-03-005819-4/TP·750

定价: 30.00元

# 前 言

计算机网间网技术有着非常广阔的发展前景，在不久的将来我们每个人都会在日常学习、工作和生活中处处与网间网打交道，譬如通过网间网召开视频会议，与远在海外的亲朋好友发送和接收电子邮件等等。正是为了让所有的人都能了解和掌握有关计算机网间网技术方面的知识，作者根据多年来从事网间网系统设计和实现的经验，编著了这本《网间网技术基础与设计指南》。

按照由浅入深编写的指导原则和网间网技术本身的特定要求，我们将全书划分成两大部分。第一部分主要介绍网间网技术方面的基础知识和一些原理，内容共分为六章，分别包括：网间网技术的基本概念和组成、几种比较常用的介质访问技术、几种比较常用的封装交换技术、国外著名计算机网络厂商研制和开发的路由选择协议、路由选择协议所采用的路由选择算法、三种类型的网桥以及简单网络管理协议 SNMP 和 IBM 的网络管理模型。

第二部分主要介绍在设计网间网时所采用的一些指导性原则，它是在读者具备第一部分知识基础上的一个升华。第二部分的内容分七章讲述，分别包括：设计网间网所需的基础知识、大型 IP 网间网的设计原则、SRB 网间网的设计原则、SDLC、SDLLC 和 QLLC 网间网的设计原则、ATM 网间网的设计原则、分组交换网间网的设计原则以及 DDR 网间网的设计原则。

附录 A 中还提供了一定数量的参考练习题。练习题的内容非常丰富，包含有术语解释题、图表的解答题、选择题和一般问答题，包含的知识范围十分广泛、难度有深有浅，非常适合于复习和巩固所学的内容。另外，本书还为所有的练习题提供了参考答案，供读者查阅之用。

在附录 B，C 和 D 中分别介绍了如何进行 IP 子网地址空间的配置，如何进行 SRB 网络的 SNA 主机的配置，以及如何进行 SDLC 网络的 SNA 主机的配置。所有这些内容都非常有助于读者在设计各种网间网时参考。

在本书的资料收集和编写过程中，我们参阅了国内外同行们在各类书刊上发表的专业论文，其中大量参阅了美国 Cisco 公司和美国 3COM 公司有关技术方面的一些英文资料。因本书的篇幅所限，不一一列出，在此一并表示由衷的谢意。

由于计算机网间网技术较新且发展神速，限于作者对网间网的实践经验和理解程度，加之时间仓促，书中难免会有错误和疏漏之处，欢迎读者批评指正。

# 目 录

## 第一部分 网间网技术基础

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第一章 网间网基础知识</b> .....  | 1   |
| 1.1 基本概念.....             | 1   |
| 1.2 路由技术基础.....           | 6   |
| 1.3 网桥技术基础.....           | 12  |
| 1.4 网络管理技术基础.....         | 16  |
| <b>第二章 介质访问技术</b> .....   | 20  |
| 2.1 以太网和IEEE 802.3.....   | 20  |
| 2.2 令牌环和IEEE 802.5.....   | 22  |
| 2.3 光纤分布式数据接口.....        | 26  |
| 2.4 高速串口与点对点协议.....       | 33  |
| 2.5 综合业务数字网络.....         | 37  |
| 2.6 同步数据链路控制.....         | 42  |
| <b>第三章 封包交换技术</b> .....   | 47  |
| 3.1 X.25网络.....           | 47  |
| 3.2 帧中继网络.....            | 51  |
| 3.3 多兆位数据交换服务.....        | 56  |
| 3.4 异步传输模式.....           | 63  |
| <b>第四章 路由选择协议分析</b> ..... | 77  |
| 4.1 AppleTalk网络.....      | 77  |
| 4.2 DECnet网络.....         | 85  |
| 4.3 网间网IP协议.....          | 89  |
| 4.4 NetWare协议.....        | 101 |
| 4.5 OSI协议.....            | 104 |
| 4.6 虚拟综合网络服务(VINES).....  | 109 |
| 4.7 施乐网络系统.....           | 114 |
| <b>第五章 路由选择算法分析</b> ..... | 118 |
| 5.1 路由选择信息协议.....         | 118 |
| 5.2 内部网关路由选择协议(IGRP)..... | 121 |
| 5.3 开放式最短路径优先(OSPF).....  | 127 |
| 5.4 外部网关协议(EGP).....      | 131 |
| 5.5 边界网关协议(BGP).....      | 134 |
| 5.6 OSI路由选择.....          | 137 |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>第六章 网桥技术和网络管理</b> | <b>143</b> |
| 6.1 透明网桥             | 143        |
| 6.2 源路由网桥            | 147        |
| 6.3 混合介质网桥           | 149        |
| 6.4 简单网络管理协议         | 154        |
| 6.5 IBM网络管理          | 162        |

## 第二部分 网间网设计指南

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>第七章 网间网设计基础</b>              | <b>167</b> |
| 7.1 确定网间网需求                     | 167        |
| 7.2 选择网间网功能                     | 171        |
| 7.3 评估主干服务                      | 176        |
| 7.4 评估分布服务                      | 184        |
| 7.5 评估本地访问服务                    | 188        |
| 7.6 网间网的可靠性选择                   | 193        |
| <b>第八章 大型IP网间网设计</b>            | <b>199</b> |
| 8.1 实现路由协议                      | 199        |
| 8.2 增强IGRP网间网设计指南               | 203        |
| 8.3 OSPF网间网设计指南                 | 208        |
| 8.4 OSPF网间网其它设计特征               | 214        |
| <b>第九章 SRB网间网设计</b>             | <b>217</b> |
| 9.1 SRB技术概述                     | 217        |
| 9.2 SRB实现方法                     | 226        |
| 9.3 广域网成帧技术                     | 231        |
| 9.4 SRB网络中的IP路由协议选择             | 240        |
| 9.5 路由协议的网络设计及维护                | 245        |
| 9.6 SRB网络设计                     | 248        |
| <b>第十章 SDLC、SDLLC和QLLC网间网设计</b> | <b>257</b> |
| 10.1 STUN与SDLC技术                | 257        |
| 10.2 SDLC的STUN配置                | 260        |
| 10.3 STUN实现步骤                   | 268        |
| 10.4 SDLLC实现方法                  | 269        |
| 10.5 SDLLC实现过程                  | 273        |
| 10.6 QLLC转换                     | 276        |
| <b>第十一章 ATM网间网设计</b>            | <b>279</b> |
| 11.1 ATM总述                      | 279        |

|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 11.2        | ATM数据交换接口.....              | 280        |
| 11.3        | ATM接口处理器卡.....              | 282        |
| 11.4        | Cisco HyperSwitch A100..... | 285        |
| 11.5        | ATM介质.....                  | 288        |
| <b>第十二章</b> | <b>分组交换网间网设计.....</b>       | <b>289</b> |
| 12.1        | 分组交换网间网层次设计.....            | 289        |
| 12.2        | 网络拓扑结构设计.....               | 291        |
| 12.3        | 帧中继网间网设计.....               | 294        |
| 12.4        | 帧中继网间网的广播和性能.....           | 299        |
| <b>第十三章</b> | <b>DDR网间网设计.....</b>        | <b>303</b> |
| 13.1        | DDR拓扑结构设计.....              | 304        |
| 13.2        | DDR介质选择.....                | 306        |
| 13.3        | 配置静态路由、区域和服务更新信息.....       | 308        |
| 13.4        | 建立拨号映射表.....                | 310        |
| 13.5        | 确定启动DDR连接的数据类型.....         | 311        |
| 13.6        | 有关特定协议的问题.....              | 312        |
| <b>附录A</b>  | <b>基础练习及参考答案.....</b>       | <b>315</b> |
| <b>附录B</b>  | <b>配置IP子网地址空间.....</b>      | <b>326</b> |
| <b>附录C</b>  | <b>SRB网络的SNA主机配置.....</b>   | <b>336</b> |
| <b>附录D</b>  | <b>SDLC网络的SNA主机配置.....</b>  | <b>342</b> |

# 第一部分 网间网技术基础

## 第一章 网间网基础知识

### 1.1 基本概念

本节主要解释与网间网有关的基本概念,对于网间网的初学者来说,这里所提供的信息将有助于理解本书后面的大部分内容。本部分所涉及的内容大致包括以下几个部分:开放系统互联(OSI)的参考模型、一些重要的术语和概念以及与网络有关的主要国际机构。

#### 1.1.1 OSI 参考模型

在两台不同类型和档次的计算机之间传递信息是一项非常艰巨的任务。在本世纪 80 年代初期,国际标准化组织(ISO)已经意识到迫切需要一个网络模型,用于网络设备生产厂商生产相互兼容的网络设备。1984 年发布的 OSI 参考模型恰恰满足了这种需求。

OSI 参考模型迅速成为计算机之间通讯的主要结构模型。尽管当时已有其他一些结构模型存在,但大部分网络设备生产厂商在对他们的产品进行用户培训和市场宣传时更愿意把他们的网络产品与 OSI 参考模型联系起来。由此看出,OSI 参考模型是所有希望尽快掌握网络技术的初学者最先应该了解的网络结构模型。

#### 1. 层次通讯

OSI 参考模型将两台计算机之间通过网络媒体传递信息的问题细分成七个更小和更易于管理的子问题,其中每个子问题都具有自包含性,解决这些子问题基本上不需要过多的外部信息。

根据功能的划分,每一个子问题所涉及的内容构成 OSI 参考模型的一层,大多数网络设备都有七层。为了使操作合理化,也有一些网络设备略去其中的一层或几层。OSI 参考模型中下面两层通过软件和硬件配合来实现;上面的五层一般都是通过软件来实现。

OSI 参考模型描述了信息如何从一个应用程序(比如电子表格)通过网络媒体(比如电缆)传递到另一台计算机的另一个应用程序之中。当信息通过指定系统的网络的层向下传输时,就越来越不像常规的语言文字,相反却更类似于计算机可识别的二进制代码。

我们可以参看一个 OSI 参考模型通讯的实例,如图 1-1 所示,假定图中的系统 A 需要向系统 B 发送信息。首先系统 A 的应用程序与系统 A 的第七层(最顶层)联络,第七层与

第六层联络，第六层再与第五层联络，依此类推，直到信息传递到系统 A 的第一层为止，第一层再将信息直接传递到物理网络媒体上。在信息横向穿过物理网络媒体并被系统 B 接收之后，信息通过系统 B 的网络的七层以相反的方向向上传递(首先是第一层，然后是第二层，依此类推)，直到信息最终到达系统 B 的应用程序为止。

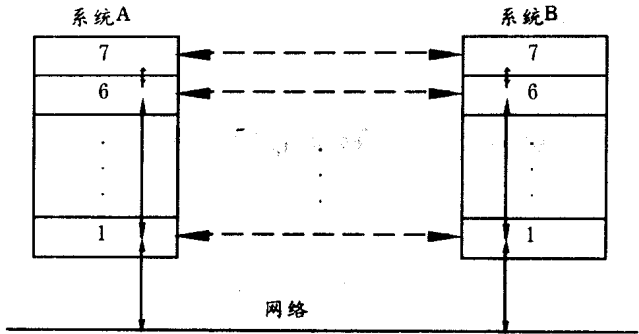


图 1-1 两台计算机之间的通讯

虽然系统 A 中的每一层都与本系统内的相邻层联络，但是它的主要目的是与系统 B 中的同名层联络。也就是说，系统 A 中的第一层主要目的是与系统 B 中的第一层联络；系统 A 的第二层是与系统 B 的第二层联络，其余各层也都如此。由于系统中的每一层都有特定的任务要执行，因此这样实现也是必然和可以想象的。为了执行这些任务，它们必须与另一系统中的同名层联络。

OSI 模型的层的概念事实上没有实现不同系统的同名层之间的直接通讯联络，系统 A 中的每一层都必须依赖于相邻层所提供的服务才能达到与系统 B 中同名层联络的目的。同一系统的相邻两层之间的关系如图 1-2 所示。

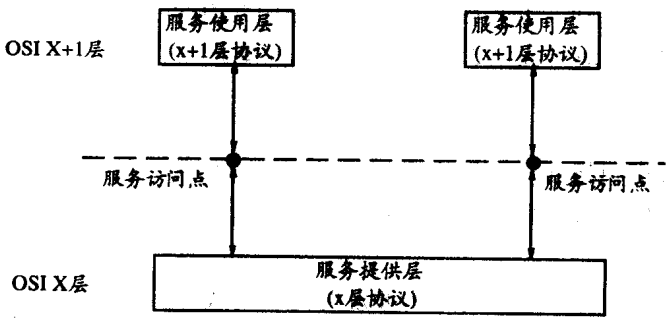


图 1-2 同一系统中相同两层之间的关系

假定系统 A 的第四层必须与系统 B 的第四层联络，则系统 A 的第四层必须首先接受系统 A 的第三层所提供的服务，因此第四层就被称为服务使用层，而第三层则是服务提供层，第三层的服务在服务交接点(SAP)提供给第四层。正如图 1-2 中所示，第三层能够为第四层的多个实体提供服务。

2. 信息格式

系统 B 的第四层如何知道系统 A 的第四层的需求呢？第四层的特殊要求被当作控制信

息存储，控制信息在信息块的构造过程中被当作信息头附加在信息块的前面。例如，假定系统 A 需要向系统 B 发送下列文字(数据或信息)：

The small gray cat runs up the wall to try to catch the red bird.

这段文字首先从系统 A 的应用程序传递到系统 A 的最顶层。系统 A 的应用层必须向系统 B 的应用层传输特定的信息，所以需要将控制信息附加在实际传输的文字之前。这些信息单元传递到系统 A 的第六层，第六层在信息前附加上自己的控制信息。信息单元在通过系统 A 的层向下传递时尺寸会逐渐变大，然后原始文字和所有相关的控制信息到达系统 B，被系统 B 的第一层接收。系统 B 的第一层首先剥去信息头，根据信息头的内容来处理该信息单元，然后将稍小一些的信息单元向上传递到第二层。同样第二层也剥去其信息头，分析信息头所记录的需要执行的操作，依此类推，直到信息最终到达系统 B 的应用程序，仅仅包含原始的文字为止。

信息头和数据的概念是相对的，它们依赖于现在系统中正在处理的信息单元的层。例如，对于第三层来说，一个信息单元包含其自身的信息头和跟随其后的数据。然而第三层的数据仍潜在地包含着第 4，5，6，7 层的信息头，而且第三层的信息头对于第二层来讲又是数据，图 1-3 将解释这样的概念。当然，并非所有的层都必须在数据之前附加信息头，一些层仅仅对它们所接收的实际数据进行格式转换，使这些数据更易于被下一相邻层识别和接收。

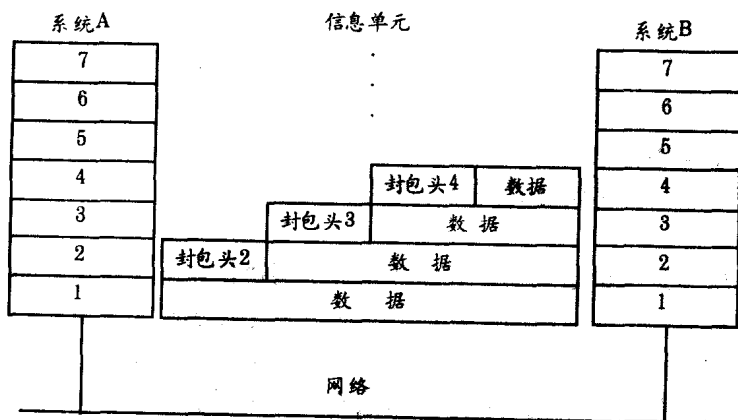


图 1-3 信息头和数据

### 3. 兼容性问题

OSI 参考模型本身并不是网络的实现，它仅仅规定了每一层的功能。在这一点上，它就像制造一辆汽车，在蓝图设计完成之后，厂商才能根据蓝图来制造汽车。可能会有许多汽车制造厂商来签约同时制造一批汽车，就像许多网络设备生产商根据协议的规范说明来完成协议的实现。然而，如果所设计的蓝图不是非常详尽和细致，不同的汽车制造厂商生产出来的汽车或多或少会有一些差异，比如至少有可能汽车轮胎上的花纹有所不同。

是什么原因造成上述的差异呢？有一种可能是：规范说明不可能非常详尽地规定每一局部的实现细节，而且不同的生产厂商对规范说明的理解也会有差异，当然生产厂商本身

的疏忽大意也会造成最终产品的不同。这也就是为什么在当今网络设备生产厂商中, 厂商甲实现的某一协议与厂商乙实现的同一协议不能互相兼容的原因。

#### 4. OSI 的层

前面已经介绍过, OSI 参考模型采用了层的概念, 下面将分别简单介绍 OSI 的每一层及其功能。事实上 OSI 参考模型的每一层在执行具体事务时都有一组预定义的功能集合。

##### (1) 应用层

应用层是 OSI 参考模型的层中距离用户最近的一层, 它与其他层的区别在于它不需为其他任何一层提供服务, 也可以说是位于 OSI 参考模型范围之外的一些应用程序, 一般经常使用的应用程序有电子表格程序、字处理程序、银行终端程序等。

应用层识别预期通讯伙伴存在的可能性, 如果有可能就会建立通讯伙伴之间的连接关系。应用层具有使应用操作同步、错误恢复和控制数据完整性的功能, 同时也决定是否存在足够的资源可用于预期通讯。

##### (2) 表示层

表示层确保一个系统应用层发送的信息能被另外一个系统的应用层识别。如果可能的话, 表示层还可以使用一个通用的数据表示格式在多种数据格式之间进行转换。

表示层本身不仅与实际用户数据的表示和格式有关, 而且与程序所使用的数据结构有关, 所以除了实际的数据格式转换之外, 表示层也为应用层协调数据传输的表示方法。

##### (3) 会话层

顾名思义, 会话层就是建立、管理以及终止两个应用系统之间会话的功能层, 会话包括两个或多个表示实体之间的对话。会话层使表示层实体之间的会话同步, 并且管理它们的数据变换。除了基本的会话规则之外, 会话层还为数据的传递、服务的分类、以及会话层、表示层和应用层出现错误时的报告等提供了规则。

##### (4) 传输层

会话层与传输层之间的边界可以被看作是应用层协议与下层协议之间的边界。下面四层与数据传输问题有关, 而应用层、表示层以及会话层则与应用问题有关。

传输层试图提供数据传输服务使上面几层避开传输实现的细节, 尤其是像通过网间网完成数据传输的可靠性之类的问题都与传输层有关。为了提供可靠的服务, 传输层通常提供多方面的机制, 用于建立、维护以及有序地终止虚拟电路, 检测和恢复传输错误, 以及控制信息的流量(即防止数据传输顺序的紊乱)。

##### (5) 网络层

网络层是相对比较复杂的一层, 它为位于异地子网上的两个终端系统提供连接和路径选择。子网这里通常是指一段小的局域网络(有时也称之为网段)。

由于地理位置相距较远, 过多的子网有可能隔断两个终端系统预期的通讯, 所以网络层的主要任务就是提供路由。路由协议在一系列子网中寻找最佳的路径, 传统的网络层可能会沿最佳路径传输数据。

##### (6) 链路层

链路层(正式的说法为数据链路层)通过物理链路提供可靠的数据传输。链路层通常与

物理(而不是网络或逻辑)地址、网络拓扑、布线方法(即终端系统如何使用网络链路), 错误提示、帧的有序发送以及流量控制紧密相关。

## (7) 物理层

物理层定义了电子和机械的过程及功能的规则说明, 用于启动、维持和终止终端系统间的物理链路, 而且还定义了电位的高低、电位变化的间隔、物理数据率、最大传输距离、物理连接装置以及其他类似的特性。

### 1.1.2 重要术语及概念

像其他学科一样, 网间网也有自己专门的术语和知识基础。不幸的是, 由于网间网是一门新兴的学科, 目前一些网间网的概念及术语的含义尚未形成统一的认识。我们相信, 随着网间网产业的不断发展, 相应的术语及概念也会迅速地得到统一。

#### 1. 寻址方式

在网间网中定位计算机系统是任何网络系统的基本组成部分。为了实现这个目的, 不同的协议族提供了不同的寻址方式, 也就是说, AppleTalk 的寻址方式与 TCP/IP 不同, 与 OSI 的寻址方式也不同。

链路层地址和网络层地址是两种重要类型的网络地址。链路层地址(也称为物理或硬件地址)对每一个网络连接来说都是唯一的, 而且实际上对大多数局域网(LAN)而言, 链路层地址通常驻留在接口电路中, 它们是由制定协议标准的机构来分配的。大多数计算机系统有一个物理网络接口, 每个网络接口只有一个链路层地址, 但连接于多个物理网络的路由器和其他系统通常有多个链路层地址。顾名思义, 链路层地址位于 OSI 参考模型的第二层。

网络层地址(也称为虚拟或逻辑地址)位于 OSI 参考模型的第三层。网络层地址通常具有层次性, 不像链路层地址存在于一个非层次地址空间中。换言之, 它们就像一般邮件的地址, 包括国家、省、市、街道及门牌号码、收信人的姓名及邮政编码。身份证的编码系统就是非层次地址空间的较好范例, 在这个系统中每个人有且只有一个身份证号码。

层次地址通过一系列的比较操作排除了大块的逻辑相似地址, 从而使地址排序和检索变得较为容易。例如, 如果地址指定在新加坡, 那么就可以省略所有其他的国名。因此易于排序和检索是路由器将网络层地址用作路由选择基础的一个重要原因。

#### 2. 帧、封包和消息

一旦计算机系统已经定位, 信息就可以在两个或多个系统之间进行交换。在两个计算机系统间移动的按逻辑分组的信息单元, 大部分网络方面的文献对它们的命名有所不同, 其中帧、封包、协议数据单元(PDU)、消息以及其他一些术语全部被使用过, 具体情况与协议说明的作者当时的想法有关。本书中帧表示源和目标是数据链路层实体的信息单元; 封包表示源和目标是网络层实体的信息单元; 消息表示源和目标实体位于网络层之上的信息单元, 消息过去也指位于某一低层具有特定含义的信息单元。

### 1.1.3 主要国际机构

如果没有几个关键的标准化组织的帮助, 网络这个领域目前或许仍旧杂乱无章。标准

化组织负责召集学术讨论会，将讨论成果转化成为正规的标准。一旦标准化过程完成之后，他们负责标准规范说明的推广普及工作。

大多数标准化组织在制定正规标准时都有特定的过程。尽管这些过程之间存在细微的差别，但它们也有许多类似的方面，即都需要进行若干轮反复的过程，来组织观点、讨论观点、草拟标准并对标准的部分或全部进行表决，最后向公众正式发布。

下面列举了一些与网络有关的著名国际标准化组织：

- ✧ 国际标准化组织 (ISO) ——负责制定包括网络标准在内的所有标准，该组织负责 OSI 参考模型和 OSI 协议族。
- ✧ 美国国家标准化协会 (ANSI) ——美国国内所有自愿标准组织的协调机构。ANSI 是 ISO 的成员，ANSI 的著名通讯标准是 FDDI。
- ✧ 电子工业联合会 (EIA) ——制定电子传输标准的组织，其知名的标准是 EIA/TIA-232 (即以前的 RS-232)。
- ✧ 电气和电子工程师协会 (IEEE) ——制定网络标准的专门化组织，IEEE 的 LAN 标准包括 (IEEE 802.3 和 IEEE 802.5) 是非常著名的 IEEE 通讯标准，也是目前使用最广泛的 LAN 标准。
- ✧ 国际电讯联合会电讯标准化组织 (ITU-T) ——其前身是国际电报电话委员会 (CCITT)，ITU-T 是一个制定通讯标准的国际标准化组织。ITU-T 的著名协议是 X.25。
- ✧ 以太网活动机构 (IAB) ——由众多网间网的研究人员组成，他们定期会晤讨论与以太网相关的学术问题。IAB 通过对诸多问题的讨论来制定有关以太网的规则，由 IAB 负责的文档《问题征解 (RFC)》定义了许多以太网的标准，其中包括目前非常流行的传输控制协议和网际协议 (TCP/IP) 和简单网络管理协议 (SNMP)。

## 1.2 路由技术基础

路由是指通过互联网由源向目标传递的通道。沿着路由，信息总会通过至少一个中间节点。路由器和网桥粗看起来似乎是完成同样的工作，其实它们是相对的。它们之间最大的区别在于网桥用于 OSI 参考模型的第二层 (数据链路层)，而路由器则用于第三层 (网络层)。因此在由源向目标传递信息的过程中，网桥和路由器采用不同的方法完成它们各自的任务。当然，网桥和路由器也有它们自己的不同种类。

路由器这个概念在计算机科学的文献中出现已有 20 年的历史，但只有到 80 年代中期在应用领域受到广泛的欢迎。路由器落后于时代的主要原因是由 70 年代网络本身的特点所决定的，因为当时的网络都是非常简单的同构网络，只有到 80 年代中期大规模的互联网才受到大众的普遍欢迎。

### 1.2.1 路由选择过程

路由选择包括两个基本的活动：决定最佳路由路径和通过互联网传输信息组 (通常称之为封包)。在本书中后一活动通常是指封包交换，相对比较简单明晰，相反决定最佳路径要复杂得多。

### 1. 路径决定

路径选择算法首先需要确定一种标准度量方式，比如路径的长度或路径上的节点数等，用以确定到达目标的最佳路径。在最佳路径的决定过程中，路由选择算法初始化和维护路由表(RT)，RT中包含有路径信息。当然因使用的路由选择算法的不同，路由信息会有一些的差别。

路由选择算法用搜集到路由信息来填写路由表。根据路由表，目标站点或相关的站点会告诉当前路由器，将封包发送给位于通向最终目标站点的路径上的某一个站点会使路由最优。当路由器接收到抵达的封包时，它将检查目标地址，并将目标地址与相关的所有可能站点相比较。图 1-4 显示了一个路由表的实例。

| 到达网络 | 发送节点 |
|------|------|
| 27   | 节点 A |
| 57   | 节点 B |
| 17   | 节点 C |
| 24   | 节点 A |
| 52   | 节点 A |
| 16   | 节点 B |
| 26   | 节点 A |
| ...  | ...  |

图 1-4 路由表实例

路由表有可能包含的信息，例如有关预期路径的信息等。路由器通过比较所有可能路径的权值来决定最佳的路由。权值与所使用的路由选择算法有关，本节后面的部分将讨论几种不同的权值算法。

路由器之间通过大量的控制消息传输来维护它们的路由表，如路由刷新就是这样一种控制消息。路由刷新通常可以构造出部分或全部的路由表，通过分析来自所有路由器的刷新消息，路由表可以构造出非常详细的完整网络拓扑关系。链路状态广播是另外一种上述的控制消息，链路状态广播通知其他的路由器有关发送者的链路状态，可以被路由器用来构造网络拓扑关系。一旦网络拓扑关系清楚明朗了之后，路由器就能决定通向目标的最佳路由。

### 2. 封包交换

交换算法相对比较简单，而且对于大多数路由协议来说基本相同。在大多数情况下，一台主机决定向另一台主机发送封包，源主机通过一些途径获取路由器的地址(即媒体访问层地址)之后，采用目标主机的协议地址(即网络地址)，将封包发送给路由器。

根据封包的目标协议地址，路由器确定其是否知道如何将封包转发至下一个站点。如果路由器不知道如何转发封包，那么它会将目标物理地址改变成下一个站点的目标物理地址后转发封包。

下一站点有可能是最终的目标主机。如果不是最终目标主机，下一站点通常为另一路由器，它执行相同的交换处理过程。当封包通过网间网传输时，它的物理地址将改变，但协议地址仍保持不变。图 1-5 将说明这个过程。

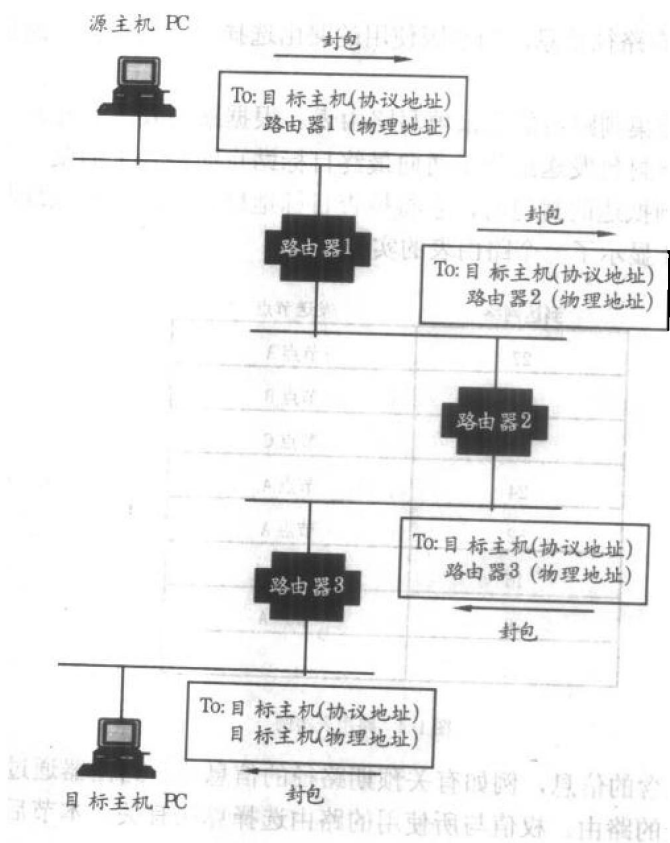


图 1-5 封包交换过程

以上讨论了终端系统中源和目标之间的交换问题。国际标准化组织已经规定了一整套术语来描述上述过程。术语中规定，没有在意网中转发封包能力的网络设备称为中间系统 (IS)。中间系统又细分为只能在路由域内部通讯的中间系统(域内中间系统)和既可在路由域内部也可在路由域间通讯的中间系统(域间中间系统)两类。路由域一般认为是互联网的一部分，通常由一组特定的管理规定来控制。路由域也叫做自主系统。采用某一协议，路由域也能被划分为若干路由区，但域内的路由协议仍然用于路由区之间和内部的交换。

1.2.2 路由选择算法的设计目标

路由选择算法之间的差别在于几个关键特性的不同。首先，算法设计者的特殊目的会影响路由协议操作的结果；其次，现有的几种不同的路由选择算法，每种算法对网络和路由器资源都有不同的影响；最后，路由选择算法使用不同的度量方法，也会影响最佳路径的计算结果。下面几节将分析这些路由选择算法的优劣。

路由选择算法通常满足下面列举的一个或多个要求，包括最佳性、简易性及低开销、强壮性及稳定性、迅速收敛性和灵活性。

### 1. 最佳性

最佳性是指路由选择算法具有选择最佳路由的能力。最佳路径取决于度量方法和用来计算结果的度量权值。例如，某种路由选择算法可能使用站点的数目和延迟开销，但在计算时延迟开销的权值较大。所以，路由协议必须严格定义它们的度量计算方法。

### 2. 简易性和低开销

路由选择算法设计得越简单越好，换句话说，路由选择算法必须使用最少的软件和最低的开销来高效实现其功能。当实现路由选择算法的软件在有限的物理资源的计算机运行时，效率就显得尤为重要。

### 3. 强壮性及稳定性

路由选择算法必须是强壮的，也就是说，它们在异常和非预期的情况下也能正常工作，如硬件故障、负载过高和操作失误等。由于路由器位于网络连接点上，当它们出现故障时会导致较严重的问题发生。因此通常那些能够经得住时间的考验，并且在各种网络环境中都能保持稳定的路由选择算法才称得上是最好的算法。

### 4. 迅速收敛性

路由选择算法必须能够迅速收敛。收敛是所有路由器在最佳路径上取得一致的过程。当网络事件导致不畅通时，路由器就会广播路由刷新消息。路由刷新消息在整个网络上传播，激发路由器重新计算最佳路由，并且促使路由器在新的最佳路由上取得一致。路由选择算法收敛过慢可能导致路由选择循环或网络出现故障。

图 1-6 显示了循环的路由选择。在这种情况下，一个封包在时刻  $t_1$  到达路由器 1，这时路由器 1 已被刷新，并且知道到达目标的最佳路由由要求路由器 2 成为下一站点，所以路由器 1 将封包转发给路由器 2，但路由器 2 未被刷新，根据它的路由表，下一最佳站点应为路由器 1，所以它将封包又转发给路由器 1。这样封包将在两个路由器之间来回转发，直到路由器 2 接收到路由刷新命令，或者达到允许的最大次数为止。

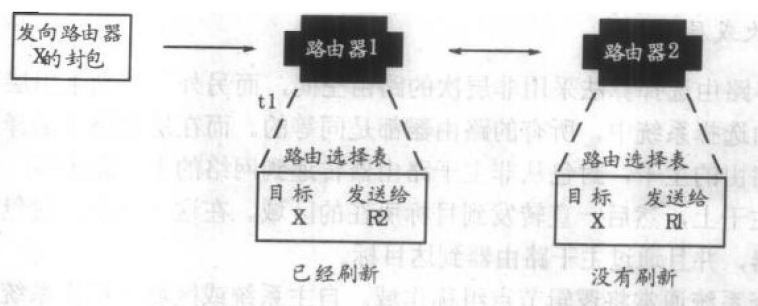


图 1-6 缓慢收敛和路由选择循环

### 5. 灵活性

路由选择算法应当具有灵活性，即能够迅速准确地适应不同的网络环境。例如，假定其中某一网段不通，许多路由选择算法在意识到这个问题后都会及时地选取其他的最佳路

径,以避免通过不通的网段。因此,路由选择算法在设计时应能适应网络带宽、路由器队列大小、网络延迟以及其他参数的改变。

### 1.2.3 路由选择算法的类型

路由选择算法可按类型来划分,例如算法可分为如下几种类型:静态或动态、单路径或多路径、非层次或层次、主机智能或路由器智能、链接状态或距离向量等等。

#### 1. 静态或动态

静态路由选择算法几乎不能称作一种算法。静态路由表在开始选择路由之前就被网络管理员建立,只有网络管理员才能将其改变。使用静态路由选择算法设计起来较为简单,只适合于网络传输状态比较容易预见、以及网络设计较为简单的环境。

由于静态路由系统不能对网络的改变做出反应,所以一般认为它们不适合使用于当今大型的经常改变设置的网络。从90年代以来大多数著名的路由选择算法都是动态的。

动态路由选择算法实时地适应网络环境的改变。它们通过分析接收到的路由刷新消息来适应网络环境的改变。如果接收到网络发生改变的消息,路由选择软件就会重新计算路由,并且发送路由刷新消息。这些消息在网络中传播,激发路由器重新运行算法,并且相应地改变路由表。

动态路由选择算法可以在恰当的时候用静态路由作补充。例如,可以分配一个路由器来充当“仓库”的角色,所有无法选择路由的封包都转发给该路由器,这样就可以所有的消息都能以某种方式来处理。

#### 2. 单路径或多路径

有些成熟的路由协议能够支持多条路径到达同一目标,这些多路径算法使用路由层次的概念。这些多路径路由选择算法允许数据传输在多条线路之间进行多路选择,而单路径路由选择算法则没有这样的功能。多路径路由选择算法的优势是显而易见的,在很大的程度上它能提高系统的数据吞吐率和可靠性。

#### 3. 非层次或层次

有一些多路由选择算法采用非层次的路由空间,而另外一些则采用层次的路由空间。在非层次路由选择系统中,所有的路由器都是同等的。而在层次路由选择系统中,一些路由器组成了路由的主干,封包从非主干路由器传递到网络的主干路由器,在这里封包被传递到网络的主干上,然后一直转发到目标所在的区域。在这一点上,封包通过一个或多个非主干路由器,并且通过主干路由器到达目标。

路由选择系统通常将逻辑节点组称作域。自主系统或区域在层次系统中域中的一个路由器能够与另一域中的路由器通讯,而另外的路由器只能与域内的路由器通讯。在超大型网络中,可能存在更复杂的层次级别,位于最高层的路由器形成的路由主干。

层次路由选择的主要优点是它基本上模仿了大多数企业的组织机构,因此能较好地支持它们的通讯方式。大多数网络通讯发生在小公司群中,这些小公司群组成了一个路由域。域内路由器仅需了解域内的其他路由器,从而使它们的路由选择算法得以简化。根据所使