

高职高专通信专业“十三五”规划教材



EPON 技术及应用

主编 胡 霞
参编 胡冰云 李 聪
张 炯 申 静



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

EPON 技术及应用

主 编 胡 霞
参 编 胡冰云 李 聪
张 炯 申 静

内 容 简 介

本书全面介绍了 EPON 的关键技术及其应用。全书共 8 章,分为理论基础篇、业务配置篇及故障处理篇。理论基础篇为第 1 章和第 2 章,内容包括数据网络基础以及 EPON 系统的关键技术与安全保障。业务配置篇为第 3 章至第 7 章,内容包括 EPON 设备认知、OLT 设备基本操作、宽带业务开通及配置、组播业务开通及配置、语音业务开通及配置。故障处理篇为第 8 章,内容主要是 EPON 网络故障处理。

本书可作为高职高专通信技术等专业的教材,也可作为接入网维护人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

EPON 技术及应用/胡霞主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.5

高职高专通信专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4489-9

I. ① E… II. ① 胡… III. ① 光纤通信—宽带通信系统—接入网

IV. ① TN915.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 077029 号

策 划 马乐惠

责任编辑 杨天使 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17.5

字 数 414 千字

印 数 1~3000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-4489-9/TN

XDUP 4781001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前言

本书是为适应高职高专院校通信工程等专业的教学需求,培养“零距离”上岗的企业前端技术人员而编写的。

以太网无源光网络(EPON)是在以太网及无源光网络的基础上产生的。其中,无源光网络(PON)的概念由来已久,它具有节省光纤资源、对网络协议透明的特点,在光接入网中扮演着越来越重要的角色。同时,以太网(Ethernet)技术经过多年的发展,以其简便实用、价格低廉的特性,几乎已经完全统治了局域网领域,并在事实中被证明是承载 IP 数据包的最佳载体。随着 IP 业务在城域和干线传输中所占的比例不断攀升,以太网在通过传输速率、可管理性等方面的改进,也逐渐向接入网、城域网甚至骨干网渗透。EPON 同时具备了以太网和无源光网络的优点,正成为光接入网领域中的热门技术。随着 EPON 技术的成熟,业界主流的运营商已经开始大规模应用 EPON 系统,展开 FTTX 应用,并在此基础上实现 Triple Play(三重播放,提供语音、数据和视频业务),构建三网合一的接入平台。

本书密切结合“理实一体”的教学方法,分为理论基础篇、业务配置篇及故障处理篇三大大模块。本书的理论基础篇主要对企业接入网工作岗位所需要的理论知识进行提炼,其知识难度循序渐进地加深。业务配置篇和故障处理篇主要列举了一些接入网维护工作中出现的案例,其实用性较强。理论基础篇主要是针对 IP 基础和 EPON 理论知识的学习,尽量将复杂的文字描述简单化,多采用图表的形式,让学生容易理解,轻松掌握基础知识。业务配置篇主要模拟企业的网络结构,帮助学生掌握业务开通所必须具备的理论知识点,掌握企业宽带、组播、电话业务的配置过程。故障处理篇主要介绍企业实践中频繁出现故障的处理方法,使学生通过学习能基本掌握解决故障的思路、方法及过程。

通过对本书的学习和实践应用,可为学生今后到企业从事接入网设备的维护和管理打下良好的基础,实现企业高职高专毕业生零距离上岗的目标。

本书在编写的过程中得到了湖南通信职业技术学院领导、同事,中国电信常德分公司技术经理胡冰云,中兴公司胡良稳等大力的支持,并参考了许多专家的论文和专著,在此表示衷心的感谢!

编者

2017 年 1 月

目 录

理论基础篇

第 1 章 数据网络基础	2	2.3 EPON 技术与其他 PON 技术的比较	41
1.1 TCP/IP 基础	2	2.3.1 APON 技术	41
1.1.1 OSI 参考模型	2	2.3.2 GPON 技术	42
1.1.2 TCP/IP 协议参考模型	6	2.3.3 三种 PON 技术的比较	44
1.1.3 TCP/IP 协议栈	8	2.4 EPON 中的 QoS	47
1.2 IP 地址与 IP 路由	11	2.4.1 QoS 基本概念	47
1.2.1 IP 地址	11	2.4.2 QoS 的指标	47
1.2.2 IP 路由	14	2.4.3 QoS 的三种模型	49
1.3 VLAN 原理	18	2.4.4 QoS 技术综述	50
1.3.1 VLAN 概述	18	2.5 EPON 的安全保障	58
1.3.2 VLAN 的划分方法	18	2.5.1 EPON 的线路保护	58
1.3.3 VLAN 之间的通信	20	2.5.2 OLT 上联口保护	61
1.3.4 802.1Q 的帧结构	21	2.5.3 ONU 设备接入和认证保护	62
1.4 QinQ	21	2.5.4 用户的认证和绑定	62
1.4.1 QinQ 概述	21	2.5.5 业务隔离保护	62
1.4.2 QinQ 的帧结构与工作原理	22	2.5.6 信息安全保护	63
1.4.3 QinQ 实现方式	23	2.5.7 网络安全	63
1.4.4 QinQ 的组网	24	2.5.8 设备安全	64
习题	24	2.5.9 系统冗余和备份	64
第 2 章 EPON 系统的关键技术与安全保障	26	2.5.10 系统保护	64
2.1 EPON 的基本原理	26	2.6 EPON 系统典型应用类型	64
2.2 EPON 的关键技术	27	2.6.1 EPON 系统结构	64
2.2.1 EPON 的帧结构	27	2.6.2 光纤到路边 (FTTC)	65
2.2.2 EPON 的上下行原理	29	2.6.3 光纤到楼 (FTTB)	66
2.2.3 EPON 的物理层	31	2.6.4 光纤到户 (FTTH)	67
2.2.4 MPCP 协议	33	2.6.5 光纤到办公室 (FTTO)	67
2.2.5 ONU 的自动注册	35	2.7 PON 系统的容量测算	68
2.2.6 测距和时延补偿	36	2.7.1 单 PON 口接入用户数的测算	68
2.2.7 突发发射技术	38	2.7.2 OLT 上联口带宽的测算	69
2.2.8 动态带宽分配	39	习题	69

业务配置篇

第3章 EPON 设备认知	72	第5章 宽带业务开通及配置	133
3.1 OLT 设备认知	72	5.1 FTTH(C200+F460)宽带业务的配置	133
3.1.1 OLT 功能	72	5.1.1 C200+F460 网络拓扑	133
3.1.2 中兴 OLT 设备认识	73	5.1.2 设备的配置	134
3.1.3 华为 OLT 设备认知	77	5.1.3 业务的验证	138
3.2 ODN 系列器件	78	5.2 FTTH(C220+F420)宽带业务的配置	138
3.2.1 MODF	78	5.2.1 C220+F420 网络拓扑	138
3.2.2 光分路器	82	5.2.2 设备的配置	139
3.2.3 免跳接光缆交接箱	84	习题	142
3.2.4 光缆接头盒	87	第6章 组播业务开通及配置	143
3.2.5 光缆分纤盒	95	6.1 组播基础理论知识	143
3.2.6 光缆分光分纤盒	98	6.1.1 单播/广播/组播对比	143
3.2.7 光纤光缆	103	6.1.2 组播地址	145
3.2.8 光纤信息面板及适配器	110	6.1.3 组播地址的设置方式	147
3.2.9 综合信息箱	112	6.1.4 组播的协议体系	147
3.3 ONU 设备认知	114	6.1.5 在交换机上处理组播数据流	156
3.3.1 中兴 F420 设备认知	114	6.1.6 组播的安全性	157
3.3.2 中兴 F822 设备认知	115	6.2 FTTH(C220+F460)组播业务的配置	158
3.3.3 中兴 9806H 设备认知	116	6.2.1 C220+F460 网络拓扑	158
习题	118	6.2.2 设备的配置	159
第4章 OLT 设备基本操作	120	习题	165
4.1 OLT 的基本配置	120	第7章 语音业务开通及配置	168
4.1.1 登录方式	120	7.1 VoIP 原理	168
4.1.2 硬件添加配置	122	7.1.1 VoIP 基本概念	168
4.1.3 登录账号的参数配置	123	7.1.2 VoIP 的基本传输过程	168
4.2 VLAN 参数的配置	123	7.2 VoIP 的架构	170
4.2.1 显示 VLAN	123	7.3 VoIP 的编码技术	170
4.2.2 VLAN 配置	124	7.3.1 G.711	170
4.3 ONU 的注册	126	7.3.2 G.723	171
4.3.1 ONU 模板设置	126	7.3.3 G.729	171
4.3.2 ONU 注册认证操作	127	7.3.4 各种编码方式的对比	171
4.3.3 ONU 远程下发配置	128	7.4 VoIP 传输技术	171
4.4 端口配置	129	7.4.1 RTP/RTCP 概念	171
4.4.1 上联端口模式设定	129	7.4.2 RTP/RTCP 传送机制	172
4.4.2 上联端口链路聚合设置	129		
4.4.3 端口隔离	130		
习题	131		

7.5 VoIP 语音封装流程	175	7.6.3 MGCP 协议	226
7.5.1 语音封装顺序	175	7.6.4 H.248 协议	228
7.5.2 计算 G711/G723/G729 线路占用 带宽	176	7.7 语音业务的配置	245
7.6 VoIP 协议	177	7.7.1 C220+F420 网络拓扑	245
7.6.1 H.323 协议体系	177	7.7.2 设备的配置	246
7.6.2 SIP 协议	200	习题	253

故障处理篇

第 8 章 EPON 网络故障处理	256	8.2 EPON 故障处理	259
8.1 故障处理流程与方法	256	8.2.1 EPON 常见故障处理	260
8.1.1 故障处理流程	256	8.2.2 EPON 典型故障处理	266
8.1.2 故障处理常用方法	258	习题	270

参考文献	272
------------	-----

2. 网络层协议

2.1 IP

第一章

网络层是网络体系结构中的第三层，它负责将数据从源主机传送到目的主机。网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。

网络层协议

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。ICMP协议用于传输控制消息，IGMP协议用于管理组播成员。

IP地址

IP地址是网络层的重要标识，它用于标识网络中的每一台主机。IP地址由32位二进制数组成，通常表示为点分十进制形式。IP地址分为单播、组播和任播三种类型。

路由选择

路由选择是网络层的核心功能，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。路由选择算法包括最短路径算法、距离向量算法和链路状态算法等。

理论基础篇

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

6.1 网络层

6.1.1

6.1.2

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

网络层的主要任务是路由选择和数据转发。网络层协议包括IP、ICMP、IGMP等。IP协议是网络层的核心协议，它负责将数据包从源主机传送到目的主机。

第 1 章

数据网络基础

1.1 TCP/IP 基础

1.1.1 OSI 参考模型

1. OSI 参考模型

开放系统互连参考模型(OSI, Open System Interconnect)是由国际标准化组织(ISO)和国际电报电话咨询委员会(CCITT)联合制定,该模型为开放式互连信息系统提供了一种功能结构的框架。根据分而治之的原则,在 OSI 模型中,整个通信功能划分为七个层次,划分原则是:

- (1) 网络中各节点都有相应的层次;
- (2) 不同节点的同等层具有相同的功能;
- (3) 同一节点相邻层之间通过接口通信;
- (4) 每一层使用下层提供的服务,并向其上层提供服务;
- (5) 不同节点的同等层按照协议实现对等层之间的通信。

OSI 参考模型从低到高分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,如图 1.1.1-1 所示。



图 1.1.1-1 OSI 分层结构

2. OSI 各层的功能

1) 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层,它解决的也是最高层次的问题,即程序应用过程中的问题。应用层直接面对用户的具体应用,包含用户应用程序执行通信任务所需要的协议和功能,如电子邮件和文件传输等。

通信过程中的常用设备——网关即工作在应用层,网关是一种充当转换重任的计算机系统或设备。在使用不同的通信协议、数据格式或语言,甚至体系结构完全不同的两种系统之间,网关是一个翻译器。与网桥只是简单地传达信息不同,网关对收到的信息要重新打包,以适应目的系统的需求。同时,网关也可以提供过滤和安全功能。

2) 表示层

表示层主要用于处理两个通信系统中交换信息的表示方式,为上层用户解决用户信息的语法问题,包括数据格式交换、数据加密与解密、数据压缩与终端类型的转换。

3) 会话层

会话层提供会话服务,会话可以是一个用户通过网络登录到一个主机,也可以是正在建立的用于传输文件的会话。会话层的主要功能有:会话连接到传输连接的映射、数据传输、会话连接的恢复和释放、会话管理、令牌管理和活动管理。

4) 传输层

传输层用于提高网络层服务质量,提供可靠的端到端的数据传输。传输层解决数据在网络之间的传输质量问题。

传输层主要负责端到端节点间的数据传输和控制功能。OSI 参考模型的下三层(网络层、数据链路层、物理层)面向网络通信,以确保信息准确传输;上三层(应用层、表示层、会话层)面向用户主机,为用户提供各种服务。而传输层是 OSI 中的承上启下层,不涉及中间转发节点,即与使用的网络无关。

传输层的主要功能包括映像传输地址到网络地址、多路复用与分割、传输连接的建立与释放、分段与重新组装、组块与分块。

5) 网络层

网络层负责处理子网之间的寻址和路由工作。该层主要负责解决如何使数据包通过各节点传送的问题,即通过路径(路由)选择算法将数据包送到目的地。另外,为避免通信子网中出现过多的数据包造成网络阻塞,需要对流入的数据包数量进行控制(拥塞控制)。当数据包要跨越多个通信子网才能到达目的地时,还要解决网际互联的问题。具体而言:

(1) 网络层的主要作用为选择合适的路由,使发送站传输层所传下来的数据能够正确无误地按地址送到目的站。网络层的传输单元被称为分组(或称包)。

(2) 网络层的主要功能包括:执行路径选择算法,使分组在通信子网中有一条最佳路径;拥塞控制,防止子网中同时出现过多的分组而相互阻塞通路,形成瓶颈;异种网络互联。

(3) 网络层中的常见设备为路由器和三层交换机。路由器(Router)又称网关设备(Gateway),用于连接多个逻辑上分开的网络,逻辑网络是指一个单独的网络或者一个子网。当数据要从一个子网传输到另一个子网时,可通过路由器的路由功能来完成。因此,路由器具有判断网络地址和选择 IP 路径的功能,它能在多网络互联环境中建立灵活的连接,可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各种子网,路由器只接受源站或其他路

由器的信息,属于网络层的一种互联设备。而三层交换机是具有部分路由器功能的交换机,三层交换机的最重要目的是加快大型局域网内部的数据交换,所具有的路由功能也是为该目的服务的,能够做到一次路由,多次转发。三层交换机对于数据包转发等规律性的过程由硬件高速实现,而像路由信息更新、路由表维护、路由计算、路由确定等功能,则由软件实现。

6) 数据链路层

数据链路层负责处理信道上的数据传输工作。数据帧中包含物理地址(又称 MAC 地址)、控制码、数据及校验码等信息。该层的主要作用是通过校验、确认和反馈重发等手段,将不可靠的物理链路转换成对网络层来说无差错的数据链路。此外,数据链路层还要协调收发双方的数据传输速率,即进行流量控制,以防止接收方因来不及处理发送方传来的高速数据而导致缓冲器溢出及线路阻塞。

(1) 数据链路层的主要作用为负责相邻节点之间的可靠传输,通过加强物理层传输原始比特的功能,使网络层表现为一条无错线路。数据链路层的传输单元为帧。

(2) 数据链路层的主要功能包括:成帧与拆帧,以帧(Frame)为单位(产生帧、识别帧的边界);差错控制;流量控制(防止高速的发送方的数据将低速的接收方的数据“淹没”)。

(3) 数据链路层的常见设备为网桥和交换机。

网桥(Bridge)也称为桥接器,是连接两个局域网的存储转发设备,可以使具有相同或相似体系结构的网络系统连接,这样不但能扩展网络的距离或范围,而且可以提高网络的性能、可靠性和安全性。网桥工作在数据链路层,将两个 LAN 连起来,根据 MAC 地址来转发帧,可以看做是一个“低层的路由器”(路由器工作在网络层,根据网络地址如 IP 地址进行转发)。

交换机是主导网络系统的集线设备。大部分交换机是在 OSI 参考模型的数据链路层(第二层)工作。如果把集线器看成一条内置的以太网总线,交换机就可以看做由多条总线构成交换矩阵的互连系统。每一个交换机端口对应着一条高出一个数量级的背板总线(Core Bus),背板总线与一个交换引擎(Switch Engining)相连接。不同端口间的数据包经背板总线进入交换引擎,通过存储转发、直通转发和准直通转发模式进行交换。

7) 物理层

物理层是 OSI 参考模型的最底层,它利用传输介质为数据链路层提供物理连接,主要提供机械和电气接口,包括电缆、物理端口和附属设备,如双绞线、同轴电缆、接线设备(如网卡等)、RJ-45 接口、串口和并口等。物理层提供的服务包括:物理连接、物理服务数据单元顺序化(接收物理实体收到的比特顺序与发送物理实体所发送的比特顺序相同)和数据电路标识。

(1) 物理层的主要作用为实现相邻节点之间比特数据流的透明传送,尽可能屏蔽具体传输介质和物理设备的差异。利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接(物理信道)和比特流服务。

(2) 物理层的主要功能包括:物理连接的建立、维持和拆除;实体之间信息的按比特传输;实现四大特性的匹配(机械特性、电气特性、功能特性、规程特性)。

① 机械特性:规定数据终端设备(Data Terminal Equipment, DTE)和数据通信设备(Data Communication Equipment, DCE)之间的连接器形式,包括连接器形状、几何尺寸、

引线数目和排列方式等；

② 电气特性：规定 DTE 和 DCE 之间多条信号线的连接方式、发送器和接收器的电气参数及其他有关电路的特征，电气特性决定了传送速率和传输距离；

③ 功能特性：对接口各信号线的功能给出确切的定义，解释某些连线上出现某一电平的电压所表示的意义；

④ 规程特性：规定 DTE 和 DCE 之间各接口信号线实现数据传输的操作过程(顺序)。

(3) 物理层标准的主要任务：规定 DCE 设备和 DTE 设备的接口，包括接口的机械特性、电气特性、功能特性和规程特性。

(4) 物理层的常见设备包括：中继器(Repeater)和集线器(Hub)。中继器的功能是连接相同的 LAN 网段，对从入口输入的物理信号进行放大和整形，然后再从出口输出(转发)。中继器是典型的单进单出结构。集线器是多端口中继器，常见的端口规格有 4 口、8 口、16 口和 24 口等，如图 1.1.1-2 所示为 16 口集线器。

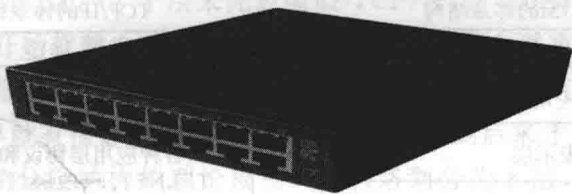


图 1.1.1-2 集线器

3. OSI 的数据封装过程

OSI 参考模型中每层接收到上层传递过来的数据后都要将本层次的控制信息加入数据单元的头部，一些层次还要将校验等信息附加到数据单元的尾部，这个过程叫做封装，如图 1.1.1-3 所示。

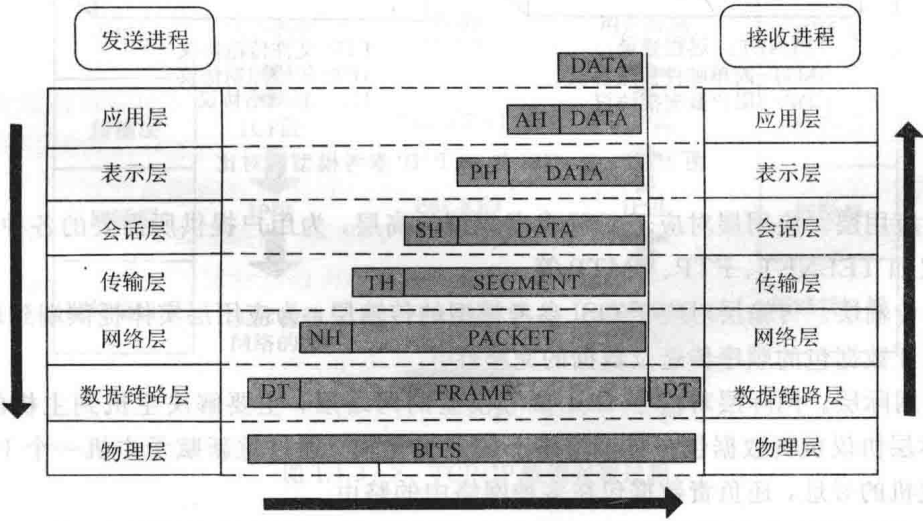


图 1.1.1-3 OSI 的数据封装

每层封装后的数据单元的叫法不同，在应用层、表示层、会话层的协议数据单元统称为 Data(数据)，在传输层协议数据单元称为 SEGMENT(数据段)，在网络层协议数据单元

称为 PACKET(数据包)，在数据链路层协议数据单元称为 FRAME(数据帧)，在物理层协议数据单元称为 BITS(比特流)。

当数据到达接收端时，每一层读取相应的控制信息，根据控制信息中的内容向上层传递数据单元。在向上层传递数据单元之前需去掉本层的控制头部信息和尾部信息(如果有的话)，此过程叫做解封装。

这个过程逐层执行直至将对端应用层产生的数据发送给本端的相应的应用进程。

1.1.2 TCP/IP 协议参考模型

1. TCP/IP 协议参考模型与 OSI 参考模型比较

TCP/IP 是一组用于实现网络互连的通信协议。Internet 网络体系结构以 TCP/IP 为核心。基于 TCP/IP 的参考模型将协议分成四个层次，它们分别是：应用层、传输层、网际层和网络接口层。TCP/IP 与 OSI 的比较如图 1.1.2-1 所示。

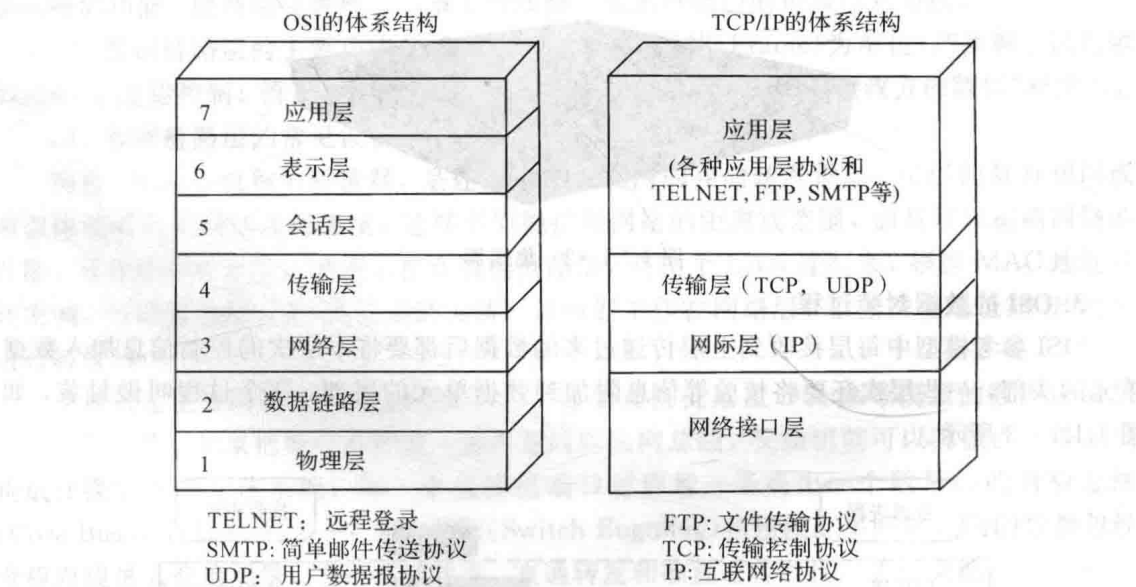


图 1.1.2-1 OSI 与 TCP/IP 参考模型的对比

(1) 应用层。应用层对应于 OSI 参考模型的高层，为用户提供所需要的各种服务，应用层协议如 TELNET、FTP、SMTP 等。

(2) 传输层。传输层对应于 OSI 参考模型的传输层，为应用层实体提供端到端的通信功能，保证数据包的顺序传送及数据的完整性。

(3) 网际层。网际层对应于 OSI 参考模型的网络层，主要解决主机到主机的通信问题。网际层协议负责数据包在整个网络上的逻辑传输，通过重新赋予主机一个 IP 地址来完成对主机的寻址，还负责数据包在多种网络中的路由。

(4) 网络接口层。网络接口层与 OSI 参考模型中的物理层和数据链路层相对应。它负责监视数据在主机和网络之间的交换。事实上，TCP/IP 本身并未定义该层的协议，而由参与互连的各网络使用自己的物理层和数据链路层协议，然后与 TCP/IP 的网络接口层进行连接。

2. OSI 与 TCP/IP 体系结构的比较

OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的共同之处是它们都采用了分层的思想，并且在同一层都采用了协议栈的概念。但它们在层次划分和功能设计上存在很大的区别。

(1) OSI 先有分层模型，后有协议规范，这就意味着该分层模型不偏向任何特定的协议，具有通用性。而 TCP/IP 先有协议后有模型，模型是对协议的分层描述，所以该模型只适用于 TCP/IP 协议，对非 TCP/IP 网络并不适用。OSI 协议与服务具有明确的区别，而 TCP/IP 并未充分明确区分服务与协议，因此，在 TCP/IP 中(N)实体可以越过(N-1)实体而调用(N-2)实体，使(N-2)实体直接提供服务，故 TCP/IP 的灵活性大，在某些情况下可以减少一些不必要的开销。

(2) TCP/IP 一开始就考虑到多种异构网的互联问题，并将网际协议 IP 作为 TCP/IP 的重要组成部分。但 OSI 和 CCITT 最初只考虑到全世界都使用一种统一的标准公用数据网将各种不同的系统互连在一起。后来，OSI 认识到网际协议的重要性，然而已经来不及了，只好在网络层中划分出一个子层来完成类似 TCP/IP 中 IP 的作用。

(3) TCP/IP 一开始就建立在面向连接服务和无连接服务并重的基础上，而 OSI 在开始时只强调面向连接服务，一直到很晚才开始制定无连接服务的有关标准。

(4) TCP/IP 较早就有很好的网络管理功能，而 OSI 到后来才开始考虑这个问题。

(5) OSI 是严格的分层结构的理论模型，把网络划分为七层，但实现起来比较困难。而 TCP/IP 是简化的分层结构的实用模型和技术模型，理论上是四层，实际上只有三层，实现起来比较容易。

3. TCP/IP 的数据封装过程

同 OSI 参考模型数据封装过程一样，TCP/IP 协议在报文转发过程中，封装和解封装也发生在各层之间，如图 1.1.2-2 所示。

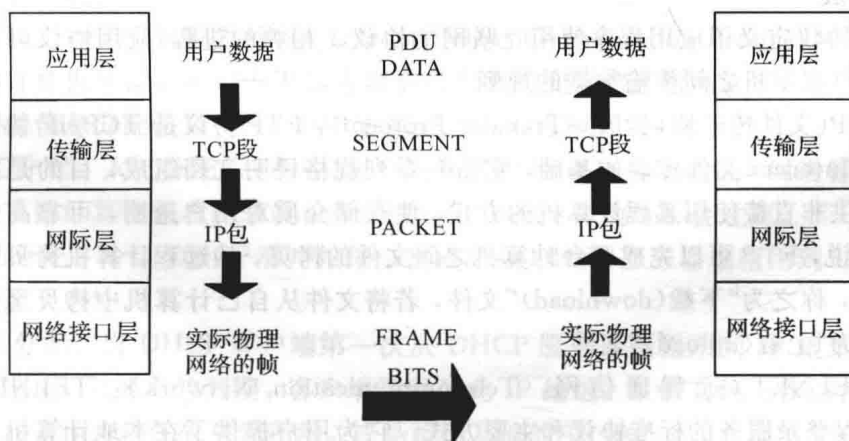


图 1.1.2-2 TCP/IP 数据封装过程

在发送方，加封装的操作是逐层进行的。各个应用程序将要发送的数据送给传输层；传输层把数据分段为大小一定的数据段，加上本层的报文头，发送给网际层。传输层报文头中包含接收它所携带的数据的上层协议或应用程序的端口号，例如，TELNET 的端口号是 23。传输层协议利用端口号来调用和区别应用层各种应用程序。网际层对来自传输层

的数据段进行一定的处理(利用协议号区分传输层协议、寻找下一跳地址、解析数据链路层物理地址等),加上本层的 IP 报文头后,转换为数据包,再发送给网络接口层(以太网、帧中继、PPP、HDLC 等)。网络接口层根据不同的数据链路层协议加上本层的帧头,发送给物理层以比特流的形式将报文发送出去。

在接收方,这种去封装的操作也是逐层进行的。从物理层到数据链路层,逐层去掉各层的报文头部,将数据传递给应用程序执行。

1.1.3 TCP/IP 协议栈

TCP/IP 协议栈是由不同网络层次的不同协议组成的,如图 1.1.3-1 所示。

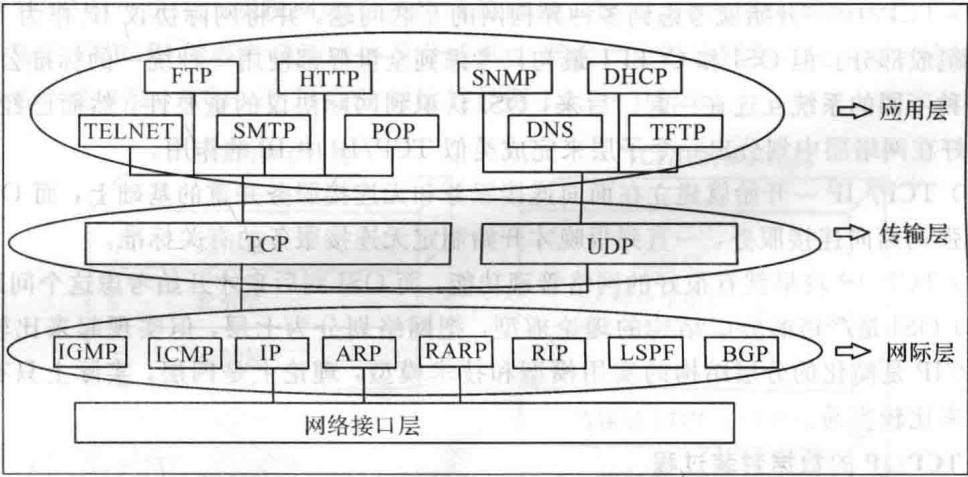


图 1.1.3-1 TCP/IP 协议栈

1. 应用层

应用层协议定义了应用程序使用互联网的协议。相关的进程/应用协议可用于充当用户接口,提供在主机之间传输数据的规则。

(1) FTP(文件传输协议,File Transfer Protocol): FTP 协议是 TCP/IP 协议组中的协议之一,是 Internet 文件传送的基础,它由一系列规格说明文档组成,目的是提高文件的共享性,提供非直接使用远程计算机的方式,使存储介质对用户透明,可靠高效地传送数据。简单地说,FTP 可以完成两台计算机之间文件的拷贝,从远程计算机拷贝文件至自己的计算机上,称之为“下载(download)”文件,若将文件从自己计算机中拷贝至远程计算机上,则称之为“上载(upload)”文件。

(2) TELNET(远程通信网,Telecommunication Network): TELNET 协议是 Internet 远程登录服务的标准协议和主要方式。它为用户提供了在本地计算机上完成远程主机工作的能力,允许用户登录到另外的 TCP/IP 主机,从而访问网络资源的虚拟终端协议(终端仿真)。TELNET 能将用户的击键传到远程主机,同时也能将远程主机的输出通过 TCP 连接返回到用户屏幕。

(3) SMTP(简单邮件传输协议,Simple Mail Transfer Protocol): SMTP 协议是通过 Internet 交换电子邮件的标准协议,用于 Internet 上的电子邮件服务器之间或允许电子邮件客户向服务器发送邮件。SMTP 独立于特定的传输子系统,且只需要可靠有序的数据流

信道支持。SMTP 的重要特性之一是其能跨越网络传输邮件，即“SMTP 邮件中继”，使用 SMTP 可实现相同网络上处理机之间的邮件传输，也可通过中继器或网关实现某处理机与其他网络之间的邮件传输。

(4) POP(邮局协议, Post Office Protocol): POP 协议定义用户邮件客户机软件和电子邮件服务器之间的简单接口。用于将邮件从服务器下载到客户机, 并允许用户管理邮箱。POP 协议支持“离线”邮件处理。其具体过程是: 邮件发送到服务器上, 电子邮件客户端调用邮件客户机程序以连接服务器, 并下载所有未阅读的电子邮件。这种离线访问模式是一种存储转发服务, 将邮件从邮件服务器端送到个人终端机器上, 一般是 PC 机或 MAC。一旦邮件发送到 PC 机或 MAC 上, 邮件服务器上的邮件将会被删除。

(5) HTTP(超文本传输协议, Hypertext Transfer Protocol): HTTP 协议是一种详细规定了浏览器和万维网(World Wide Web)服务器之间相互通信的规则, 通过因特网传送万维网文档的数据传送协议, 是互联网上应用最为广泛的一种网络协议。它可以使浏览器更加高效, 使网络传输减少, 可以保证计算机正确快速地传输超文本文档, 还可以确定传输文档中的哪一部分, 以及哪部分内容首先显示等。

(6) DNS(域名系统, Domain Name System): DNS 定义了 Internet 名称的机构, 以及名称与 IP 地址的联系。DNS 是因特网的一项核心服务, 它作为可以将域名和 IP 地址相互映射的一个分布式数据库, 能够使人更方便地访问互联网, 而不用去记住能够被机器直接读取的 IP 数串。

(7) SNMP(简单网络管理协议, Simple Network Management Protocol): SNMP 协议是由一组网络管理的标准组成, 包含一个应用层协议、数据库模型和一组资源对象。SNMP 的基本功能包括监视网络性能、检测分析网络差错和配置网络设备等。在网络正常工作时, SNMP 可实现统计、配置和测试等功能。当网络出故障时, SNMP 可实现各种差错检测和恢复功能。

(8) DHCP(动态主机配置协议, Dynamic Host Configuration Protocol): DHCP 协议是一种帮助计算机从指定的 DHCP 服务器获取它们的配置信息的协议, 用于将 TCP/IP 地址和其他相关信息分配给客户机。DHCP 提供了三种分配方式:

① 人工分配。人工分配后 DHCP 客户端获得的 IP 也叫静态地址, 网络管理员为某些少数特定的在网计算机或者网络设备绑定固定 IP 地址, 该地址不会过期。

② 自动分配。一旦 DHCP 客户端第一次成功从 DHCP 服务器端租用到 IP 地址之后, 就永远使用这个地址。

③ 动态分配。当 DHCP 客户端第一次从 DHCP 服务器端租用到 IP 地址之后, 并非永久使用该地址, 只要租约到期, 客户端需释放此 IP 地址, 以供其他工作站使用。不过, 客户端可以比其他主机优先更新租约, 或是租用其他的 IP 地址。

(9) TFTP(简单文件传输协议, Trivial File Transfer Protocol): TFTP 协议是 TCP/IP 协议族中的一个用来在客户机与服务器之间进行简单文件传输的协议, 可以提供不复杂、开销不大的文件传输服务。TFTP 承载在 UDP 上, 提供不可靠的数据流传输服务, 不提供存取授权与认证机制, 使用超时重传方式来保证数据的到达。

2. 传输层

传输层为两个用户进程之间建立、管理和拆除可靠而又有效的端到端连接。运输层系

统地管理信息的流动,将传送的数据划分为分组,把每个分组连同目的地址交给下一层去发送。传输协议的选择根据数据传输方式而定,在 TCP/IP 协议栈中,主要有两个不同的传输协议:传输控制协议(TCP, Transmission Control Protocol)和用户数据报协议(UDP, User Datagram Protocol)。

(1) 传输控制协议(TCP)。TCP 协议为应用程序提供可靠的通信连接。TCP 所做的工作包括把应用程序交给它的数据分成合适的小块然后交给下面的网络层,确认接收到的分组以及设置发送最后确认分组的超时时钟等。由于运输层提供了高可靠性的端到端的通信,因此应用层可以忽略可靠通信所有这些细节。TCP 主要适用于一次传输大批数据的情况,也适用于要求得到响应的应用程序。

(2) 用户数据报协议(UDP)。UDP 协议提供了无连接通信,且不提供可靠传输的保证。UDP 适用于一次传输少量数据的情况,数据传输的可靠性则由应用层来负责。

3. 网际层

网际层协议定义了互联网中传输的数据报格式,以及应用路由选择协议将数据通过一个或多个路由器发送到目的站的转发机制。

(1) IP(网际协议, Internet Protocol): IP 协议是一种互连接协议,主要负责主机和网络之间数据包的寻址和路由。

(2) ARP(地址解析协议, Address Resolution Protocol): ARP 协议用于将网络中的协议地址(当前网络中大多是 IP 地址)解析为相同物理网络上的主机的硬件地址(MAC 地址)。

(3) RARP(逆向地址解析协议, Reverse Address Resolution Protocol): RARP 协议用于将本地的主机硬件地址(MAC 地址)解析为网络中的协议地址(当前大多是 IP 地址)。

(4) ICMP(Internet 控制消息协议, Internet Control Message Protocol): ICMP 协议发现消息,并报告关于数据包传递的错误。

(5) IGMP(Internet 组管理协议, Internet Group Management Protocol): IGMP 协议由 IP 主机用于向本地多播路由器报告主机组成员。

(6) RIP(路由器信息协议, Router Information Protocol): RIP 协议是定期向其他路由器发送完整路由表的距离向量路由发现协议。

(7) OSPF(开放式最短路径优先协议, Open Shortest Path First): OSPF 协议是各个路由器定期向其他路由器广播自己的链路状态路由发现协议。

(8) BGP(边界网关协议, Border Gateway Protocol): RIP 是用来连接 Internet 上的独立系统的路由选择协议。

4. 网络接口层

网络接口层定义了将数据组成正确帧的协议和在网络中传输帧的协议。该层接收来自网络物理层(TCP/IP 未定义,实际上插在主机中的网络接口板上的软、硬件实现了物理层和数据链路层的功能)的数据帧,并转换为 IP 数据报交给网际层。该层定义通信主机必须采用某种协议联网:局域网可采用 IEEE 802.3 以太网协议、802.5 令牌网协议;广域网可采用 PPP(Point-to-Point)协议、帧中继协议、X.25 协议等。

网络接口层主要功能包括:①为 IP 模块发送和接收 IP 数据报;②为 ARP 模块发送 ARP 请求和接收 ARP 应答;③为 RARP 模块发送 RARP 请求和接收 RARP 应答。