

计算机网络编程 与数据通信

JISUANJI WANGLUO
BIANCHENG YU SHUJU TONGXIN



罗惠琼 杨亚玲 杨国渝 王添杨 林伯先 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

计算机网络编程与数据通信

罗惠琼 杨亚玲 杨国渝 王添杨 林伯先 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了计算机网络和数据通信的基本概念,深入讨论了异步通信技术、USB 总线协议、TCP/IP 的通信协议、无线移动通信协议和 CAN 串行通信协议。给出了网络通信软件和数据通信软件架构及各层次上的编程实现。详细描述了串口通信的驱动程序、Windows 中的串口数据通信编程实现、USB 的通信编程实现、基于套接字网络编程实现、GPRS 无线通信编程实现和 CAN 总线数据交换编程实现。

本书可作为高等学校计算机或通信专业以及其他相关专业的本科生教材。本书实践性很强,对从事计算机通信、网络通信和数据通信的广大工程技术人员和软件开发人员有很好的参考价值和继续教育之用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络编程与数据通信 / 罗惠琼等编著. —北京:
国防工业出版社, 2015. 8
ISBN 978 - 7 - 118 - 10445 - 5

I. ①计… II. ①罗… III. ①计算机网络—程序设计
②数据通信 IV. ①TP393.09②TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 189526 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 23 字数 532 千字

2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

“互联网+”就是“互联网+各个传统行业”，但这并不是简单的相加，而是利用信息通信技术以及互联网平台，让互联网与传统行业进行深度融合，创造新的发展生态。其中最重要的基础是信息通信技术以及互联网平台，为了顺应时代潮流我们编著了《计算机网络编程与数据通信》一书。本书适应信息通信技术和互联网技术的综合应用，能满足卓越工程师人才培养需要，具有“互联网+”时代的信息通信和互联网络编程的应用能力。

在实际系统中往往涉及到信息交换和网络数据通信在一个系统中的综合应用。例如，在汽车内部采用 CAN 总线信息交换，将汽车的部分信息提交到总部，由于汽车运行是移动的，地点不断变换，为了适应各种变换采用 GPRS 无线短消息的形式将数据传输到总部，在总部的管理中采用 TCP/IP 网络协议的网络通信方式实现各部门的信息共享。像这样类似的综合应用领域很多，如医疗行业、金融行业、物联网行业等，本书的内容有广泛的应用基础。

本书主要特色是：①实践性很强，大量实例能深化学生对网络知识的掌握，提高网络编程实践工程能力。②当前热门的 GPRS 无线远传的编程方法，实现短消息信息交换。③嵌入式网络中热门的 CAN 数据交换技术。④具备常用计算机网络的编程技术：基于套接字网络编程、RS232 的串口编程和 USB 编程等。本书适用于培养卓越工程师人才，使其具备有工程应用的开发知识、能力和素质，通晓主流技术，达到既有深度又有广度。

在本书编写过程中，感谢刘欢同学针对 VS2010 版套接字和串口编程实验，以及张峰魁在 CAN 总线的实验中的大力支持与帮助。

本书得到了电子科技大学的经济支持，信息与软件学院和计算机学院的关照，并提出了许多宝贵的意见，对此编者表示诚挚的谢意。

本书还得到国防工业出版社的大力支持，使本书得以尽快完成。对此表示真诚的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和不足，恳请专家和读者批评指正。

编者

2015-6-30

第1章 概述

1.1 计算机网络通信	1
1.1.1 计算机网络的定义	2
1.1.2 计算机网络的通信协议	3
1.1.3 计算机网络结构	4
1.2 无线网络中通信协议的介绍	10
1.2.1 移动通信网络的发展	10
1.2.2 GPRS 应用简介	11
1.3 嵌入式环境的数据通信	12
1.3.1 CAN 总线简介	13
1.3.2 CAN 总线的特点	13
习题	14

第2章 同步通信与异步通信

2.1 异步传输	17
2.2 同步传输	18
习题	20

第3章 异步数据通信

3.1 异步通信的基础知识	21
3.1.1 RS-232-C 接口	21
3.1.2 异步通信硬件基础	24
3.1.3 8250 内部结构	25
3.2 异步通信驱动程序	31
3.2.1 异步串口通信初始化	31
3.2.2 发送字符操作	33
3.2.3 接收字符操作	34
3.3 基于 PC 嵌入式串口通信	36
3.3.1 服务模块编号	36
3.3.2 管理服务总控模块	36

3.3.3	选择中断号,并设置中断向量	37
3.3.4	模块的加载方法	38
3.3.5	应用实例	38
3.4	基于 Windows 串口异步通信	40
3.4.1	串口参数配置	40
3.4.2	串口操作函数	54
3.4.3	串口超时设置	59
3.4.4	串口数据通信的方式	62
3.4.5	Windows 串口数据通信应用示例	72
习题		99

第4章 USB 程序设计

4.1	USB 总线协议概述	100
4.1.1	USB 技术	100
4.1.2	USB 拓扑结构	101
4.1.3	USB 数据传输模式	101
4.1.4	USB 的 4 种传输类型	103
4.1.5	USB 描述符	106
4.2	USB 设备 Windows 驱动程序简介及编译环境配置	109
4.2.1	USB 设备 Windows 驱动程序	109
4.2.2	编译环境配置	111
4.3	USB 设备 Windows 驱动程序开发	113
4.3.1	USB 驱动程序基本结构	113
4.3.2	获取设备信息	122
4.3.3	设备读写操作	138
4.4	USB 驱动程序的安装和调试	144
4.4.1	USB 驱动程序的安装	144
4.4.2	驱动程序的调试和应用程序的开发	150
习题		157

第5章 套接字网络编程

5.1	TCP/IP 协议	158
5.1.1	网络接口	159
5.1.2	网际层	159
5.1.3	IP 地址	160
5.1.4	ARP 协议和 RARP 协议	162
5.1.5	IP 协议	164
5.1.6	ICMP 协议	168
5.1.7	TCP 协议	172

5.1.8	用户数据报协议	180
5.2	Socket 编程	182
5.2.1	基本的套接字系统调用	184
5.2.2	套接字调用的一般流程	186
5.3	Winsock 编程原理	187
5.3.1	阻塞与非阻塞	187
5.3.2	Windows 的消息机制	187
5.3.3	异步选择机制	190
5.3.4	Winsock 的启动和终止	191
5.3.5	Winsock 的错误处理	192
5.4	Winsock 通信的一个实例	193
5.4.1	客户机程序	193
5.4.2	服务器程序	200
5.4.3	MFC 中的 Windows Sockets	207
习题		210

第6章 移动通信网络与 GPRS 技术

6.1	GPRS 通信在无线通信中的影响	212
6.2	GPRS 接入模块	213
6.3	GPRS 基本原理和结构	215
6.3.1	电路交换与分组交换	215
6.3.2	GPRS 网络结构	217
6.4	移动终端的信息通信	220
6.4.1	AT 命令概述	220
6.4.2	AT 指令通用流程	221
6.4.3	GPRS 模块激活	222
6.4.4	GPRS 模块初始化流程	225
6.4.5	短信流程	235
6.4.6	语音通话流程	249
6.4.7	基于 GPRS 实现 TCP/IP 协议的数据通信	256
习题		262

第7章 现场总线 CAN

7.1	CAN 总线	263
7.2	CAN 总线物理层	265
7.2.1	CAN 总线通信电平规范	265
7.2.2	CAN - Bus 数据线上的线“与”功能	265
7.2.3	数据位填充和同步	266
7.2.4	传输电缆和终端电阻	266

7.2.5	物理层小结	267
7.3	CAN 总线数据链路层	267
7.3.1	数据帧	267
7.3.2	远程帧	269
7.3.3	错误帧	270
7.3.4	过载帧	272
7.4	SAE J1939 协议	273
7.4.1	SAE J1939 报文格式	273
7.4.2	传输协议功能	274
7.4.3	应用层数据	279
7.5	数据传输的实现	279
7.5.1	CAN 模块寄存器	280
7.5.2	CAN 模块初始化	282
7.5.3	正常数据的发送	311
7.5.4	正常数据的接收	315
习题		322

附 录

附录 1	使用 Microsoft Visual Studio 2010 开发 MFC 应用程序	324
附录 2	错误代码说明	352
附录 3	缩写表	353
附录 4	PIC18F66K80 系列指令集	354
参考文献		359

在实际系统中往往涉及到信息交换和网络数据通信在一个系统中的综合应用。在计算机中的数据通信可分为不同的类型,分别涉及不同的环境和不同的通信结构,主要体现在两个方面。

一方面是近距离的、直接与设备数据信息通信,属嵌入式环境的数据通信。常见的有 CAN 总线。CAN 是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信总线,属于现场总线的范畴。现场总线是一种总线形拓扑的结构,应用在生产最底层,这种总线是现场控制系统的、直接与所有受控节点串行相连的数据通信结构。

另一方面是为多台计算机之间、可在不同的系统中进行信息传输和交换,能满足大量信息交换,即人们称谓的网络通信。网络通信主要是为共享资源和协调合作提供了必要的、数据交换的网络结构。

本书针对以上两个方面进行介绍。

1.1 计算机网络通信

计算机网络已成为计算机应用的一个重要领域。计算机网络中涉及的通信技术与计算机技术,二者之间既相互渗透又紧密结合,主要体现在两个方面:一方面,通信技术为多台计算机之间进行信息传输和交换、共享资源和协调合作提供了必要的手段;另一方面,计算机技术应用于各个通信领域,大大地提高了通信系统的各项性能。集成电路技术为这两个方面的进展,提供了很好的物质支持。

计算机网络中按各个节点分布的地理范围分类,可分成局域网 LAN(Local Area Network)和广域网 WAN(Wide Area Network),二者的主要差别在于通信距离和传输速率。通常,局域网的通信距离一般限于几千米之内,传输速率为 $10 \sim 1000 \text{ Mb/s}$ 。广域网的通信距离可达几十千米、几百千米,甚至几千、几万千米;传输速率则比较低,一般为 $1200 \text{ b/s} \sim 2 \text{ Mb/s}$ 。在一般情况下,局域网主要用来构造一个单位的内部网。例如,学校的校园网、企业的企业网等。它们属于该单位所有,单位拥有自主管理权,并且网络以资源共享为主要目的。广域网主要是指公用数据通信网,一般由国家委托电信部门建造、管理和经营,以数据通信为主要目的。一般用户若要使用广域网,就如同要使用电话系统那样:首先,用户要办理入网手续,安装线路和终端;然后,按月交纳租金和通信费用,这样才可入网。

计算机网络在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、金融贸易、科学研究以及国防建设等领域中有其广泛的应用,工矿企业借助计算机网络进行生产过程的检测和控制,实现管理和辅助决策;交通运输部门利用网络进行交通运输信息的收集、分析,实现运行管理、跟踪和车船调度;邮电部门则利用遍及全国乃至全球的计算机通信网为用户提供快速而廉价的电子邮件服务;文化教育部门可运用计算机网络进行情报资料检索和计算机辅助教育;金融贸易部门利用网络实现范围广泛的金贸服务;科学研究部门利用它进行大型的科学计算;国防部门则利用计算机网络进行情报收集、跟踪、控制与指挥。目前,计算机应用领域已逐渐深入到人们家庭的日常生活当中,这些都与计算机网络的建设分不开。

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络的确切定义至今尚未统一,其原因是处于不同阶段或从不同角度往往能得出不同的定义。

计算机网络最简单的定义是:以实现远程通信为目的,一些互连的、独立自主的计算机的集合。这里,所谓“互连”是指各计算机之间通过有线通信信道或无线通信信道彼此交换信息,而“独立自主”则强调它们之间没有明显的主从关系。若按此定义,则早期的面向终端的计算机系统就有名不副实之嫌,而只能称为联机系统,因为当时的许多终端并不具有智能的特征。后来随着硬件价格的下降,“终端”和“自治的计算机”之间的严格界限逐渐模糊,尤其是实现了终端智能化之后,无论是面向终端的计算机系统,还是面向计算机的计算机系统,以及以后发展起来的以共享通信子网为特征的公用数据网系统均可视为计算机网络,面向终端的计算机系统解决了计算机通信的许多基本方法,而面向计算机的计算机系统则解决了计算机之间通信的一系列问题。

随着计算机网络发展,计算机网络又被定义为:以相互共享资源(硬件、软件和数据)方式连接起来,各自具有独立功能的计算机系统的集合。这一定义是由美国信息学会联合会于1970年春提出来的,得到广泛采纳。此定义包括三个含义。

(1) 计算机之间相互通信的目的是为了共享计算机网络中硬件、软件和数据等资源。

(2) 计算机网络中的各个计算机系统不仅在地域上是分散的,而且各自具有独立的功能。

(3) 计算机网络应有一个全网性的网络操作系统,用户只需向网络操作系统提出使用资源的要求,而不必指出资源的具体归属,由网络操作系统自动地分配给该用户所需的资源。

按照此定义的上述含义,当时称得上计算机网络的寥寥无几,近期的描述为云计算的领域,而极大多数的计算机网络(包括美国的分组交换网 APRANET 在内)都只能算做是计算机通信网络,因为它们都没有全网性的网络操作系统。显然,这个定义侧重于应用目的,忽视了物理结构,没有充分反映计算机网络的内涵。

随着计算机网络技术的进一步发展,一般认为计算机网络应当包括三个主要组成部分(或三大组成要素)。

(1) 能向用户提供服务的若干主机。

(2) 由一些专用的通信处理机(即通信子网中的节点交换机)和连接这些节点的通信链路所组成的一个通信子网。

(3) 为主机与主机、主机与通信子网,或者通信子网中各个节点之间通信而建立的一系列协议,即通信双方事先约定的、共同遵守的一组规则。

计算机网络的结构形式多种多样,一般的基本结构形式有总线形、环形、星形和树形。在这些基本结构形式的基础上可构成各种各样的拓扑结构。

计算机网络的功能主要体现在以下几个方面。

(1) 实现资源共享。

这里所述的资源包括硬件、软件和数据。硬件资源有:处理机、内(外)存储器和输入输出设备等,它是共享其他资源的基础。软件资源是指各种语言处理程序、服务程序和应用程序等。数据则包括各种数据文件和数据库中的数据等。通过资源共享,消除了用户使用计算机资源受地理位置的限制,也避免了资源的重复设置所造成的浪费。

(2) 有利于均衡负荷。

计算机网络还具有均衡网络负荷的功能。通过合理的网络管理,将某时刻处于重负荷计算机上的任务分送给其他轻负荷的计算机去处理,可达到均衡负荷的目的。对地域跨度大的远程网络来说,充分利用时差因素来达到均衡负荷尤为重要。

(3) 提供多种网络服务。

网络服务实质上是提供给用户和系统的高级应用接口,用户通过这些高级应用接口能方便地使用网络资源。例如,文件传送、电子邮件、作业的传递和管理、虚终端、查询服务等。

(4) 提供了非常灵活的工作环境。

用户通过网络把终端连接到办公地点的计算机上,就可以在家里工作。商业经营人员携带着终端或便携式计算机外出进行商务活动,在各经营点利用电话与他们自己的网络连接,这样就可以与主管部门及时交换销售、管理等方面的重要数据,确定商务对策。

1.1.2 计算机网络的通信协议

计算机网络中都有多台计算机,相互之间有复杂的数据传输关系,怎样相互配合?为了说明该问题,先假设多台计算机相互通信时会出现的问题。

(1) 硬件故障。网络传输路径上可能出现不通的情况,例如,线路连接不通,或某些硬件失效等,希望通信软件能检查出这些问题,以使用户处理。

(2) 网络拥挤。网络中信息传输是随机的,信息量忽多忽少,网络传输中允许的信息流是有限的,需要通信软件采取一些措施来均衡传输的信息流量。信息传输高峰时,多的数据暂时存放,不忙时再传输,使得网络资源得到更充分的利用。

(3) 重包。在网络中一般采用信息包传输,从源节点到目的节点常常有多条线路可到,由于出现中断等意外情况,会在目的节点上收到多个相同的信息包,需要通信软件能够具有相应的措施,去掉相同的信息包,以保证信息的正确性。

(4) 包丢失。网络中由于线路接触不可靠或信息包传输失误时,可能会引起信息包丢失。需要通信软件能够检测到这种情况,并进行相应的处理,例如,要求信息重发,以弥补丢失的信息包。

(5) 数据出错。信息包在长距离的传输中,由于电磁干扰,可能引起接收到的数据内容出错。需要通信软件能够进行数据校验,并对其校验结果进行相应的处理,以保证接收

数据的可靠性。

(6) 包延时(TIME OUT)。网络中常常采用应答式包交换。由于硬件或软件故障,使发出去的信息包在规定的时间内没有收到应答信息,则说明传输中出现了问题,需要通信软件能够按照一定的算法,进行相应的处理。

以上描述是传输中出现的主要问题,当然,在网络中还有许多其他的问题,例如,多用户多任务等问题。前面还描述了网络的主要功能。要实现这些功能和解决这些问题,对一个完整的通信软件来讲是极其复杂的。在设计通信系统软件时,一般采用分层的设计方法,可以将复杂的问题分解成一些简单的问题,然后按层次进行软件设计,实现也容易,各层之间相互独立,每一层都有自己的格式,上层与下层之间有一定的依赖关系,使得各层的添加和修改功能变得容易,这样就将复杂的问题简化。当然要相互通信,必须要相互约定通信规则,才能在信息交换中互相理解,这就是协议问题。不同的网络有不同的协议标准。现在有许多网络制造商和供应商,他们都有自己的网络品牌,如果不能相互协调和兼容的话,就会影响企业的发展,用户也不能得到更多的实惠,唯一的办法是建立一致同意某种网络标准。标准不仅使不同的计算机可能通信,而且可以使符合标准的产品扩大市场,这将导致大规模生产、制造业的规模经济、VLSI 实现,以及降低成本,更进一步提高用户可接受性的好处。

国际上有许多机构和团体在为制定网络国际标准而努力。有的代表官方国际组织,在全力制定网络标准文本,有的则只是企业的甚至是民间团体,旨在研究如何实现网络的国际性标准化或标准化应该具备哪些内容等。标准可分为两大类:既成事实的标准和合法的标准。既成事实的标准是那些没有正式计划,而又被认可的标准,例如,IETF 的因特网技术标准则已经成为事实上的国际标准。合法的标准是由一些权威标准化组织采纳的、正式的、合法的标准。在众多的标准化组织中,目前国际上公认最著名、最具权威的是国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)、国际电信联盟 ITU(International Telecommunication Union)和因特网活动委员会 IAB(Internet Activities Board)。在这些组织的主持下,完成了很多网络通信标准,后面会简述有关局域网和广域网的通信协议。

1.1.3 计算机网络结构

不同网络之间要信息共享和交换,就必须要实现网络互连。网络互连的目的是使一个网络的用户能访问其他网络的资源,使不同网络上用户能够互相通信和交换信息。由于网络分为局域网(LAN)和广域网(WAN)两大类,因此网络互连的形式也就有:LAN—LAN、LAN—WAN、WAN—WAN 和 LAN—WAN—LAN 等四种形式。不同的互连形式所采用的互连方法和协议是不尽相同的,即采用的网络互连设备是不相同的。网络互连设备根据它所工作的网络层次和所支持的协议可分为四种类型:中继器、网桥、路由器和网关。

1. 中继器

中继器可以说是最简单的一种网络连接设备,其作用是在其所连接的两个物理网段间通过增强物理层的信号,以增加其网段间的有效长度。所以当网络的节点间的距离较远时,一种连接这两节点的简单方法就是使用中继器。严格地说,中继器不能算做互连网络设备,而仅仅是应用于网络内部的网络连接设备,以完成数据的中继转发。

中继器的特点是,仅仅在所连接的网段间进行信息流的简单复制,而不是进行甄别,

即所谓的过滤(Filter)。按照 OSI 参考模型,中继器是在 OSI 的第一层(物理层)上实现 LAN 的连接,因此也可以说中继器是一种用于实现在网络物理层连接的产品。中继器的使用与网络所采用的网络协议无关,但与网络连接所采用的介质有关,这主要是对传输中衰减信号再进行放大整形,以使其能传输更远的距离。例如,对于采用细缆连接的以太网,根据 802.3 规范,其长度在 185m 内,但利用多个中继器可以使该长度增加到 2500m。

在使用中继器时要注意的问题是:由于它不具有过滤的功能和协议处理,因而,使用它后有可能增加所连接的两个物理网络段的数据负荷量。避免这种情况的办法即是利用下面将介绍的网桥或路由器。另外,考虑到时延及衰耗等原因,在局域网中采用的中继器的数目不宜太多,按 802.3 协议规定:网经最大距离不能超过 2500m。

2. 网桥

网桥(Bridge),用于连接两个或多个网络,它是一种互连网络设备。早在 20 世纪 80 年代,当初的网桥主要是用于桥接相同或者相近类型的网络。后来,出现了用于桥接不同类型网络的网桥,并完成了相应标准的制定。与中继器不同,网桥是作用在 OSI 的第二层,即是在数据链路层上实现网络系统的互连。网桥所要完成的功能有:数据流控制、传输错误处理、提供与逻辑地址相对应的物理地址并管理物理介质的接入。衡量网桥的一个重要参数是转发数据的速率。网桥所用缓冲区的溢出和帧时延的增加都有可能引起网桥在转发数据的过程中出现数据丢失。总的来说,网桥具有如下两个特点。

(1) 它具有过滤的功能,因为它能对输入的数据帧进行分析,并根据信宿的 MAC 地址来决定数据的传送。对于那些不是发往网桥另一侧的信息,可不予转发,从而避免了中继器中信息简单复制转发所产生的额外数据负荷。另外,它还可根据程序设定对来自某一网络的数据帧予以拒绝。正因网桥具有过滤能力,因此,较之中继器,它更适于 WAN 的连接。

(2) 高层协议的透明性,因为它是在数据链路层上进行操作的,无需检查高层的信息,与网络高层协议无关,对高层协议也不做任何修改,因而对高层应用软件来说是不受影响的。

网桥的选用与网络的介质访问技术有关,如以太网、FDDI 或令牌环网,它们在物理层和数据链路层是不同的。网桥目前可分为 4 种,即透明网桥(Transparent Bridge)、源路由网桥(Source - route Bridge)、转换式网桥(Translational Bridge)和源路由透明网桥(Source - route Transparent Bridge)。一般来说,透明网桥常用于以太网环境中;源路由网桥常用于令牌环网环境中;转换式网桥则可在具有不同介质类型格式及传输机制的网络间进行转换,如以太网和令牌环网间;以下将具体介绍透明网桥、源路由网桥和转换式网桥。

(1) 透明网桥。对于透明网桥来说,很重要的一点是,信源的 MAC 层不需要了解信宿是位于本地或是位于远端,因为 MAC 层的数据包均是按相同的格式来生成,这里所谓的本地是指信宿与信源位于同一个 LAN,若二者位于不同的 LAN,则称信宿位于远端。另外,透明网桥具有学习的能力,因此它也可称为学习式网桥,它的学习过程实际上是指它对交换表的自行调整,也即是根据它所连接的网段上出现的所有数据包的信源地址来建立和维护其自身的一个地址数据库。该数据库可记录该网桥所连接的所有网络站点地址。当某一数据包明显不是发向网桥所连接的另一物理网络时,则网桥不会向该网络端

转发该数据包,但若数据包的地址不明确的话,在默认情况下网桥会向前转发该数据包。另外,它还利用生成树算法来防止路径出错。

(2) 源路由网桥,它不是根据有关站点地址的数据库来决定是否转发数据包,而是根据该数据包中的路由信息来确定数据包应向何处转发。像令牌环网这种源路由网络,在某一站点与另一站点间通信之前,需由源站点向整个网络发出一个路由探测信息包来确定通向目的端站的路由。在该路由探测信息包经过每个源路由网桥时,各网桥会将相应的路由信息放入该信息包中,当其回到源站时,源站便拥有了一份全网络的路由信息表,在接下来的数据包通信中,源站便会将路由信息及目的端站的物理地址一并加入被传递的数据包中,供沿途的源路由网桥使用。

(3) 转换桥。它具有对位和位组进行重新排列的功能,以此来达到消除不同 MAC 系统在编帧机制上出现的差别,因而,它具有将一种帧转换为另一种帧格式的能力,如从 CSMA/CD 到 Token Ring,或反之亦然。

另外,还有一种网桥称为嵌装桥,在这类网桥中,通信双方局域网帧被装在中间网的 MAC 帧中,然后,包像穿越隧道一样通过互连网络,在抵达目的地后再进行解包。不过嵌装桥仅仅能起到中间传输的作用。随着交换技术越来越被人们所重视,也出现了一种交换式的网桥它与传统网桥技术的最大区别在于它只需要收到一个帧的目的地址,便可以开始帧的转发工作,而不是像现行的传统网桥那样非得等到全部的帧均收到后才开始转发。

利用网桥具有这样一些好处,首先,由于网桥具有过滤的功能,它能减少网段上的通信流量,而中继器不能做到这一点;再者,网桥可对某些潜在的破坏性网络错误起到防火墙的作用。另外,网桥还像中继器一样,可以扩展网络的有效距离。总之,网桥使用较方便,不像下面将介绍的路由器那样需要较复杂的路由算法,价格也较便宜,但由于网桥需对数据包进行处理,以决定转发情况,所以,网桥对数据包的处理速度要较中继器慢。

3. 路由器

路由器和网桥一样,也是一种构造互连网络的设备。路由器是在 OSI 的第三层(网络层)上实现网络的互连,因而,路由器是与网络协议紧密相关的。在通过路由器实现互连的网络中,路由器要对数据包进行检测,以便决定转发的方向,若该数据包不是发向本地局域网的话,则会在数据包中加入相应的地址信息并转发出去。

路由器的特点是,它是一种主动的、智能型的网络节点设备,它可参予网络的管理以及网络资源的动态管理,一般地,路由器有以下几个基本功能。

(1) 连接功能。它能提供单段 LAN 间通信的能力,并可提供不同网络类型(如 LAN 或 WAN)、不同速率的链路或子网接口,如在连接 WAN 时,可提供 X.25、FDDI、帧中继、SMDS 和 ATM 等接口。另外,通过路由器,可在不同的网段之间定义网络的逻辑边界,从而将网络分成各自独立的广播网域。正因如此,路由器可用来作流量隔离以实现故障的判断,并将网络中潜在的问题限定在某一局部,而避免扩散到整个网络。

(2) 网络地址判断、最佳路由选择和数据处理功能。路由器为每一种网络层协议建立路由表并加以维护。路由表可以是人工静态配置,也可由利用距离向量或链路状态路由协议来动态产生。在路由表生成之后,路由器要判别每帧的协议类型,取出网络层的目的地址,并按指定协议路由表中的数据决定数据的转发与否;另外,路由器还根据链路速

率、传输开销、延迟和链路拥塞情况等参数,而不是仅仅靠信宿 MAC 地址来确定最佳的数据包转发路由。在数据处理方面,其加密和优先级等处理功能有助于有效利用宽带网的带宽资源,特别是它的数据过滤功能,可限定对特定数据的转发。如不转发它所不支持的协议数据包,不转发以未知网络为信宿的数据包,以及不转发广播信息,从而起到了防火墙的作用,这样,可避免广播风暴的出现。但由于路由器需依靠多帧操作,这增加了传输延时,与相对简单的网桥相比,在数据传输的实时性方面性能要相对差些。

(3) 设备管理。由于路由器工作在 OSI 第三层,可以了解更多的高层信息,还可以通过软件协议本身的流量控制参量来控制其所转发的数据的流量,以解决拥塞问题。另外,还可以提供对网络配置管理、容错管理和性能管理的支持。

(4) 可支持复杂的网络拓扑结构,以支持冗余信道。路由器与网桥和下面将要介绍的交换机的非环路拓扑结构有所不同。路由器对网络拓扑结构不加限制,甚至对冗余路径和活动环路拓扑结构也不加限制。此外,它还能执行相等开销路径上的负载平衡操作,以便最佳地利用有效信道。

目前,路由器有许多种类。按照协议来分的话,可有单协议路由器和多协议路由器。单协议路由器仅能支持某一特定的协议,这往往与路由器生产厂家相关,其最大的问题是使用范围受限制。而多协议路由器可支持多种协议,并可提供一种管理手段来决定对某种协议的支持与否,但多协议路由器并不具备多种协议间的转换功能。

按路由器使用的场所来分,又可分为本地(Local)路由器和远端(Remote)路由器。本地路由器是通过一个中央交换路由器来连接所有的外围网络设备和本地路由器。这种体系结构的特点是,仅中央交换路由器需要两个以上的接口,每一个本地路由器仅需一个 LAN 和 WAN 端口,它较适于构造大型网络。另外,每一个本地路由器仅支持与它所连接的 LAN 和 WAN 上的协议。中央交换路由器负责域间路由,故路由算法会很快在最佳路径上收敛。远端路由器主要是用于实现远端工作组和个人进入骨干网,它所提供的接口必须与远距离传输介质相兼容。它一般由一个 LAN 接口、两个以上的 WAN 接口以及两三个网络层协议所组成。

路由器是唯一可提供广域网访问的互连网络设备。利用路由器,网络管理员可为其所管理的互连网络提供和选择最佳的网络配置。与网桥相比,路由器具有网络地址判断、最佳路由选择的功能。正因如此,路由器需要了解更多的信息,如通信的带宽需求等,这样,也使得路由器在处理数据包时,比网桥要耗费更多的软、硬件开销,故路由器内所运行的软件比网桥上运行的软件要复杂得多,因此,往往有的路由器与网桥的硬件结构相差不大,但功能上的差异几乎完全取决于所安装的软件。目前,有种所谓的桥路器(Brouter),就是路由器与网桥结合的产物,它的出现主要是为了适应用户在不同场合和条件下的要求,这里对桥路器不再多述。

4. 网关

所谓网关(Gateway),是指工作在比网络层更高层上的网络设备。它的基本特性是通过在各种不同协议间的转换来实现基于不同协议网络间的互连。与其他互连网络设备不同的是,网关只需要在最顶层的协议相同,而无需关心低层协议的相同与否。它比低层互连要复杂。网间互连的复杂性来自于互连网间传输的帧、分组、报文格式及控制协议的差异,以及差错控制算法、各种计数器参数及服务类别的不同等。所以,网关是将两个不同

的网络系统进行一到七层的转换。也就是说,网关的功能主要是执行互连网间协议的转换;执行报文存储转发功能及流量控制;提供虚电路接口及相应的服务;支持应用层互通及互连网间的网络管理功能。

网关的管理设施应包括活动的会话数量及每个会话支持的交通量,失败的会话数量及建立连接期间总的会话数,每条链路的容量以及每条链路的失败记录,网关状态,可获得的链路的描述,默认及活动的内部配置参数等。

简而言之,网关主要完成以下一些功能。

- (1) 完成互连网络间协议的转化。
- (2) 完成报文的存储转发功能和流量控制。
- (3) 完成应用层间的互通及互连网间网络管理功能。
- (4) 提供虚电路接口及相应的服务。

有了这些 LAN 或 WAN 协议标准,有了各种不同的桥接器、路由器、网关可以构造出满足客户需要的各种物理网络。

5. 网络规划原则

网络的规划根据客户需求为导向,并贯彻通信网“完整性、统一性、先进性和经济、高效、安全”的基本原则,因此网络建设应跟随业务的开展情况分步骤实施,既考虑到现实需求,又有长远的目标考虑,同时有明确的阶段目标和对策,使投资可继承、网络可拓展、业务可升级。在制定网络规划方案时,应致力于采用全方位的解决方案,致力于网络的平滑演进和可持续发展,同时注重综合成本/性能比,以避免以后再次造成新的重复投资。

网络规划原则:

- (1) 网络向智能化发展,具有快速的业务提供能力,具备全业务处理能力。
- (2) 能够提供充足的带宽,但要因地制宜。如果周围没有用户电缆资源,但拥有比较丰富的光缆资源,宜大量采用远端模块或新型用户接入方式使光纤尽量靠近用户;必要时,还可考虑无线接入方式。
- (3) 本地网的初期容量依市场拓展情况决定,逐步扩容。在具体运作过程中需考虑当时的市场需求、机房、资金、政策等因素。
- (4) 针对 IP 业务进行优化,提高传送效率,降低传送成本。
- (5) 在网络初期主要是网络的核心节点建设,兼顾网络互连互通,随着网络规模的扩张,有较好的扩建余地为宜。
- (6) 交换设备应能够提供不同容量的系列化交换模块或单元,低成本地实现客户的接入;交换设备本身应能够提供实用化的增值业务,如 IP 电话超市,具有向下一代网络平滑演进的能力。
- (7) 接入设备功能要求:提供灵活的组网和开放的网络接口;提供宽带窄带一体化、有线无线一体化、有源无源一体化的接入能力;提供不同容量的系列化接入单元,低成本地实现接入;接入设备还具有向下一代网络平滑演进的能力。

鉴于以上所述,为了更好的理解,我们构造了与银行的互连网络,如图 1-1-1 所示。

在图 1-1-1 中,CTS 服务器使用 TCP/IP 与应用服务器通信,应用服务器由运营商提供,应用服务器与银行或证券公司的通信前置机用互相商定的报文通信,一般情况下,银行或证券公司会在应用服务器上提供一个动态链接库(Dll),其中内置了 DES 加密函

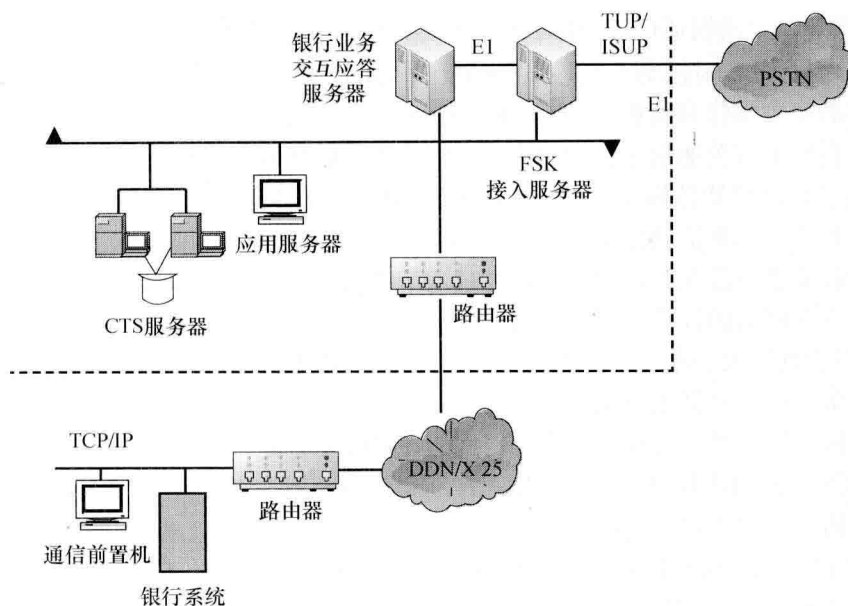


图 1-1-1 与银行互连网络

数。在通信时,只有应用服务器上的通信程序调用银行或证券公司提供的动态链接库。报文信息包在应用服务器到银行系统的通信前置机的传输中是加密的,同时加密完全由银行提供,保证了安全性。

银行业务交互应答服务器可处理包括银行特殊协议短信、语音、传真等的交互应答,提供实时动态的交互服务,并通过应用服务器与银行系统相连,完成各项银行业务,该业务的生成可由图形化的业务促成环境生成,是固网短信平台可快速开通的增值业务之一。

有了这些 LAN 或 WAN 协议标准,有了各种不同的桥接器、路由器、网关可以构造出物理网络,并不意味着构造出了一个完整的网络系统,完整的网络系统还必须要有高层协议提供更加完善的网络服务。一般来说,网络的低层协议决定了一个网络系统的传输特性,如所采用的传输介质、拓扑结构及介质访问控制方法等,通常由硬件来实现。高层协议则提供了与网络硬件结构无关的、更加完善的网络服务和应用环境,通常是由网络操作系统实现的。现代网络操作系统具有开放性的特点,能够支持多种网络协议。

最有名的高层协议是 TCP/IP 协议,它定义了网络接口层、网际层、传送层和应用层等 4 个层次。其中,网络接口层与 ISO/OSI 的物理层和数据链路层相对应,但它只是定义了 TCP/IP 与各种物理网络之间的网络接口,没有规定新的物理层和数据链路层协议,网络层相当于 ISO/OSI 的网络层;传送层与 ISO/OSI 的传输层相对应;应用层则包含了 ISO/OSI 的会话层、表示层和应用层功能。TCP/IP 协议目前成为国际标准,得到了广泛的应用,最典型的是将该协议应用在 Internet 网络上。

一般来说,不同的网络它们的通信协议是各不相同的,前面讨论的网络互连设备能够实现不同层次上的互连,互连的层次越高,互连设备就越复杂,由此产生的时延等问题就越多。不同的介质对应的电路不同,电路不同对应的网络适配器不同,网络适配器不同驱动程序不同,因此,在低层上用简单的方式互连是有难度的。对于高层,各网络虽然也是