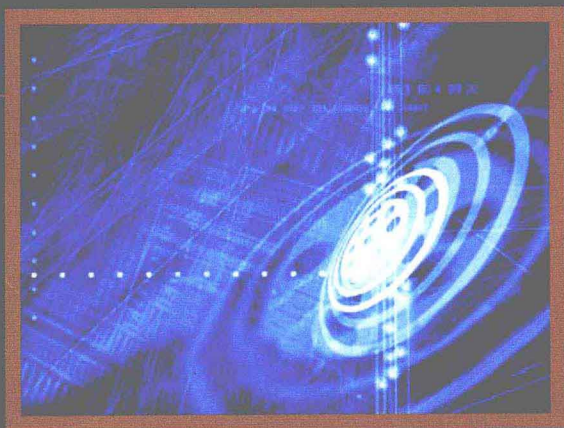


高等学校计算机科学与技术教材

高等计算机网络 与安全

□ 王雷 冯湘 编著



- 原理与技术的完美结合
- 教学与科研的最新成果
- 语言精炼，实例丰富
- 可操作性强，实用性突出

清华大学出版社

● 北京交通大学出版社

高等学校计算机科学与技术教材

高等计算机网络与安全

王雷 冯湘 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书主要在介绍计算机网络的基础知识的基础上,深入介绍当前计算机网络发展中所使用到的主要关键技术,以及当前计算机网络发展中出现的主要新型的计算机网络类型。全书分为三个大的部分,第一部分为计算机网络基础,重点介绍计算机网络的定义与分类、演变与发展、以及计算机网络的体系结构与计算机网络发展中的若干关键技术;第二部分为现代计算机网络,重点介绍 PSTN 网络、P2P 网络、移动通信网络、无线传感器网络、机会网络,以及物联网等现代计算机网络及其网络新技术;第三部分为计算机网络安全,重点介绍计算机网络中的传统加密技术、现代分组密码加密技术、公开密钥加密技术、信息认证技术、远程接入控制技术、Web 安全机制等基于加密技术的安全保障机制,以及防火墙技术与网络入侵检测技术等其他安全保障机制。

本书适合作为计算机相关专业本科生与研究生的教材,也可作为计算机网络技术的爱好者和计算机应用技术相关的工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

高等计算机网络与安全/王雷编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2010. 10

(高等学校计算机科学与技术教材)

ISBN 978-7-81123-630-9

I. ①高… II. ①王… III. ①计算机网络-安全技术-高等学校-教材 IV. ①TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 186275 号

责任编辑:谭文芳

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969 <http://www.tup.com.cn>
北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:28.5 字数:730千字

版 次:2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-630-9/TP·409

印 数:1~4 000册 定价:45.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

背景动机

现代社会是信息社会，随着 Internet 在全球范围内的迅速普及，网络对人们的学习、工作、生活，以及对社会的影响越来越大。计算机网络技术被誉为是“近代最深刻的技术革命”，人们用“网络时代”、“网络经济”等术语来描述计算机网络对社会信息化与经济的影响。

社会的信息化、数据的分布式处理、各种计算机资源的共享等应用需求，推动着计算机网络的迅速发展，各种网络新技术，如 3G 技术、无线传感器网络技术、P2P 网络技术、物联网技术等层出不穷。虽然目前已有大量的相关专业书籍与文献对上述网络新技术进行了分门别类的深入介绍，但作为综合介绍这些网络新技术的教材却还尚不多见。

传统的教材主要是以 OSI 与 TCP/IP 参考模型为出发点，重点在于介绍计算机网络的体系结构与协议等计算机网络的基础知识，而忽略了对当前计算机网络的发展现状与网络新技术的全面介绍与分析，因此，难以让学生通过计算机网络这门课程的学习真正了解或掌握现代的计算机网络技术。

上述这些原因构成了编著本书的一个主要背景动机。另外，本科生与研究生所处的年龄段是每个人一生之中的一个黄金阶段，很多伟人都是在这个年龄段做出了杰出的成就，如伽罗华 19 岁提出了群论、牛顿 22 岁发现了二项式定理、爱因斯坦 26 岁提出了相对论。与前人相比，现代大学生不但具有更广博的知识，同时也不缺乏研究的激情，因此，如何引导学生在掌握已有技术的基础上进一步学会思考与研究，也是编著本书的主要背景动机之一。

目标读者

本书的目标读者包括计算机相关专业的本科生与研究生、计算机网络技术的爱好者，以及计算机应用技术相关的工程技术人员。

组织结构

考虑到读者在阅读本书之前对计算机网络的了解程度不尽相同，为此，本书主要分为以下三个大的部分，其中：

- ① 第一部分为计算机网络基础，主要重点介绍了计算机网络的定义与分类、演变与发展，以及计算机网络的体系结构与计算机网络发展中的若干关键技术；
- ② 第二部分为现代计算机网络，主要重点介绍了 PSTN 网络、P2P 网络、移动通信网络、无线传感器网络、机会网络及物联网等现代计算机网络及其网络新技术；

③ 第三部分为计算机网络安全，主要重点介绍了计算机网络中的传统加密技术、现代分组密码加密技术、公开密钥加密技术、信息认证技术、远程访问控制技术、Web 安全机制等基于加密技术的安全保障机制，以及防火墙技术与网络入侵检测技术等其他安全保障机制。

作 者
2010 年 9 月

目 录

第一部 计算机网络基础

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的定义与分类	1
1.1.1 计算机网络的定义	1
1.1.2 计算机网络的分类	3
1.2 计算机网络的演变与发展	6
1.2.1 计算机网络的演变历程	6
1.2.2 计算机网络的发展趋势	9
1.3 计算机网络的参考模型	13
1.3.1 OSI 参考模型	13
1.3.2 TCP/IP 参考模型	16
1.3.3 OSI 与 TCP/IP 模型的比较	18
1.4 本章小结	19
1.5 本章习题	19
第 2 章 计算机网络的体系结构	21
2.1 物理层	21
2.1.1 物理层的功能	21
2.1.2 信息、数据与信号	21
2.1.3 传输介质	27
2.1.4 数字数据的通信方式	29
2.1.5 数字数据的编码方法	31
2.1.6 模拟信道的数字数据传输速率	32
2.1.7 多路复用技术	35
2.1.8 数据交换技术 (广域网)	37
2.2 数据链路层	39
2.2.1 数据链路层的功能	39
2.2.2 成帧	40
2.2.3 错误控制	41
2.2.4 流控制	41
2.2.5 错误检测与纠正	41
2.2.6 滑动窗口协议	44
2.2.7 高级数据链路控制协议	47

2.2.8	点到点协议	49
2.2.9	多路访问协议	50
2.2.10	协议验证	57
2.3	网络层	61
2.3.1	网络层的功能	61
2.3.2	路由算法	62
2.3.3	拥塞控制策略	67
2.3.4	服务质量 (QoS)	69
2.3.5	Internet 网络层协议	70
2.4	传输层	76
2.4.1	传输层的功能	76
2.4.2	Internet 传输层协议	78
2.4.3	TCP 拥塞控制	82
2.4.4	TCP 定时器管理	83
2.5	会话层	83
2.6	表示层	84
2.7	应用层	85
2.8	本章小结	85
2.9	本章习题	86
第3章	网络发展中的若干关键技术	89
3.1	宽带 (无线) 接入技术	89
3.1.1	接入网的定义与概念	89
3.1.2	宽带接入技术	91
3.1.3	宽带无线接入技术	94
3.2	IPv6 技术	98
3.2.1	IPv6 地址的表示	99
3.2.2	IPv6 的地址分类	99
3.2.3	IPv6 的报头结构	99
3.2.4	IPv6 的安全性	101
3.3	光交换技术与智能光网络技术	102
3.3.1	光交换技术	102
3.3.2	智能光网络	104
3.4	软交换技术	106
3.4.1	软交换概念的起源与定义	106
3.4.2	软交换网络的拓扑结构	108
3.4.3	软交换的工作原理	110
3.5	Web 2.0 技术	111
3.5.1	Web 2.0 技术的基本概念	111
3.5.2	Web 2.0 应用的基本组成	113

3.6 本章小结	115
3.7 本章习题	116

第二部 现代计算机网络

第4章 PSTN 网络	117
4.1 PSTN 网络概述	117
4.1.1 PSTN 的基本概念	117
4.1.2 我国 PSTN 的拓扑结构	119
4.2 七号信令网	120
4.2.1 信令的定义与分类	120
4.2.2 信令网的拓扑结构	122
4.2.3 七号信令网	124
4.2.4 PSTN 与七号信令网	126
4.3 智能网	129
4.3.1 智能网的基本概念	129
4.3.2 PSTN 用户的智能网接入	131
4.3.3 智能网业务及其实现流程	132
4.3.4 综合智能网	138
4.4 VoIP 网络	139
4.4.1 VoIP 网络概述	139
4.4.2 VoIP 网络中的相关协议	141
4.4.3 H. 323 标准架构下的 IP 电话呼叫实现流程	143
4.4.4 SIP 协议架构下的 IP 电话呼叫实现流程	146
4.4.5 Skype 协议架构下的 IP 电话呼叫实现流程	150
4.5 PSTN 与下一代网络	152
4.5.1 PSTN 与下一代网络的互通	153
4.5.2 PSTN 向下一代网络的演进	153
4.6 本章小结	155
4.7 本章习题	156
第5章 P2P 网络	158
5.1 P2P 网络概述	158
5.1.1 P2P 网络的基本概念与特点	158
5.1.2 P2P 网络的拓扑结构	159
5.1.3 P2P 网络的应用领域	162
5.1.4 P2P 应用软件及其工作原理	163
5.1.5 P2P 技术带来的问题	166
5.2 P2P 网络中的资源定位技术	167
5.2.1 基于集中目录的资源定位技术	168
5.2.2 基于洪泛的资源定位技术	168

5.2.3	基于分布式哈希表的资源定位技术	169
5.3	P2P 网络中的流媒体技术	173
5.3.1	应用层组播技术	173
5.3.2	容错机制	175
5.3.3	媒体同步技术	175
5.3.4	资源复制技术	175
5.3.5	激励机制	176
5.3.6	安全机制	178
5.4	P2P 网络中的匿名通信技术	178
5.4.1	匿名通信技术概述	178
5.4.2	基于重路由机制的匿名通信技术	179
5.4.3	匿名性能的衡量方法	180
5.5	本章小结	182
5.6	本章习题	182
第 6 章	移动通信网络	183
6.1	移动通信网络简介	183
6.1.1	移动通信网络的发展历程	183
6.1.2	移动通信网络的发展趋势	185
6.2	GSM 网络	187
6.2.1	GSM 网络的体系结构	187
6.2.2	GSM 网络的接口与协议	190
6.2.3	GSM 网络中的空中接口信道	192
6.2.4	GSM 网络中的识别码	194
6.2.5	GSM 网络中的呼叫接续流程	196
6.3	窄带 CDMA 网络	199
6.3.1	扩频通信技术	199
6.3.2	窄带 CDMA 网络的体系结构	202
6.3.3	窄带 CDMA 与 GSM 网络的比较	203
6.4	3G 移动通信网络	204
6.4.1	3G 移动通信网络概述	204
6.4.2	CDMA 2000 网络	205
6.4.3	WCDMA 网络	208
6.4.4	TD-SCDMA 网络	210
6.4.5	WiMAX 网络	212
6.5	本章小结	215
6.6	本章习题	215
第 7 章	无线传感器网络	217
7.1	无线传感器网络的体系结构	217
7.1.1	传感器结点的物理结构	217

7.1.2	传感器网络的拓扑结构	219
7.1.3	传感器网络的特点与挑战	220
7.2	传感器网络中的路由协议	221
7.2.1	基于 AC 的路由协议	222
7.2.2	基于 DC 的平面路由协议	222
7.2.3	基于 DC 的层次/分簇路由协议	225
7.2.4	组播与选播路由协议	227
7.3	传感器网络中的结点调度方法	229
7.3.1	基于轮次的结点调度算法	229
7.3.2	基于分组的结点调度算法	235
7.4	传感器网络的覆盖判定算法	244
7.4.1	基于 Voronoi 网格的单覆盖判定算法	245
7.4.2	基于立方体剖分的三维 k -覆盖判定算法	248
7.5	传感器网络中的数据管理方法	250
7.5.1	传感器网络中的数据压缩方法	250
7.5.2	传感器网络中的数据存储方法	256
7.5.3	传感器网络中的数据查询方法	257
7.6	传感器网络中的安全通信技术	259
7.6.1	传感器网络所面临的安全问题	259
7.6.2	基于层次超立方体模型的对偶密钥建立算法	260
7.6.3	基于信誉模型的安全路由建立方法	262
7.7	传感器网络中的反监控技术	266
7.7.1	基于局部 Voronoi 网格的反监控算法	267
7.7.2	基于各向异性 Voronoi 网格的反监控算法	270
7.8	本章小结	275
7.9	本章习题	275
第 8 章	机会网络	277
8.1	机会网络的基本概念	277
8.1.1	机会网络的定义	277
8.1.2	机会网络的应用领域	278
8.2	机会网络中的路由技术	279
8.2.1	机会网络路由算法的性能评价	279
8.2.2	基于复制的转发机制	280
8.2.3	基于编码的转发机制	281
8.2.4	基于效用的转发机制	281
8.2.5	基于冗余效用的混合转发机制	283
8.2.6	基于结点主动移动的转发机制	284
8.3	机会网络中的结点移动模型	285
8.3.1	个体移动模型	285

8.3.2	群组移动模型	289
8.4	基于机会通信的数据分发和检索	291
8.4.1	机会数据分发机制	292
8.4.2	机会数据检索机制	292
8.5	本章小结	293
8.6	本章习题	293
第9章	物联网	294
9.1	物联网概述	294
9.1.1	物联网的基本概念	294
9.1.2	物联网的体系结构	295
9.1.3	物联网的应用场景	296
9.1.4	物联网存在的主要技术难题	297
9.2	RFID 技术	298
9.2.1	RFID 系统的组成与工作原理	298
9.2.2	RFID 标签的分类	299
9.2.3	RFID 系统的分类	300
9.3	物联网中的安全与隐私保护技术	301
9.3.1	基于物理方法的安全与隐私保护机制	301
9.3.2	基于密码技术的安全与隐私保护机制	302
9.4	本章小结	303
9.5	本章习题	303

第三部 计算机网络安全

第10章	计算机网络安全概述	304
10.1	计算机网络所面临的安全问题	304
10.1.1	网络安全的定义与分类	304
10.1.2	网络攻击的一般过程与常用方法	306
10.2	网络安全与密码学	308
10.2.1	网络安全模型与安全服务要求	308
10.2.2	密码学的基本概念	309
10.2.3	密码系统的定义与分类	310
10.2.4	密码系统的安全与密码破译	311
10.3	本章小结	313
10.4	本章习题	313
第11章	传统加密技术	315
11.1	传统加密技术简介	315
11.1.1	传统加密系统的通用模型	315
11.1.2	传统加密技术的缺陷	315
11.1.3	传统加密技术的数学基础	316

11.2	几类典型的传统加密方法	317
11.2.1	移位密码	317
11.2.2	替换密码	318
11.2.3	置换密码	321
11.2.4	维吉尼亚密码	322
11.2.5	希尔密码	325
11.2.6	流密码	326
11.2.7	乘积密码	329
11.3	本章小结	329
11.4	本章习题	330
第 12 章	现代分组密码	331
12.1	分组密码概述	331
12.1.1	分组密码的定义	331
12.1.2	分组密码的数学基础	331
12.2	数据加密标准	333
12.2.1	DES 的基本概念	333
12.2.2	对 DES 的攻击	337
12.2.3	DES 模型与三重 DES	338
12.3	高级加密标准	340
12.4	本章小结	343
12.5	本章习题	343
第 13 章	公开密钥加密技术	345
13.1	公开密钥加密技术简介	345
13.1.1	公开密钥加密技术的发展起因	345
13.1.2	公开密钥加密技术的数学基础	346
13.2	几类经典的公开密钥加密系统	348
13.2.1	RSA 公开密钥系统	348
13.2.2	ElGamal 密码系统	350
13.2.3	其他公开密钥系统	352
13.2.4	公钥系统与私钥系统	352
13.3	本章小结	353
13.4	本章习题	353
第 14 章	信息认证	354
14.1	签名技术	354
14.2	消息认证与哈希函数	358
14.3	密钥分发	363
14.4	公开密钥基础设施	365
14.5	本章小结	366
14.6	本章习题	366

第 15 章 远程访问控制技术	368
15.1 UNIX 密码系统	368
15.2 一次性密码	369
15.3 SSH 协议	371
15.4 本章小结	374
15.5 本章习题	374
第 16 章 Web 安全技术	375
16.1 应用层的安全机制	375
16.1.1 PGP 协议	375
16.1.2 S/MIME 协议	379
16.1.3 SET 协议	381
16.2 传输层安全机制	385
16.2.1 SSL 协议	385
16.2.2 TLS 协议	388
16.3 网络层安全机制	389
16.3.1 IP 协议存在的安全问题	389
16.3.2 IPSec 协议概述	389
16.3.3 认证头协议格式	392
16.3.4 封装安全载荷协议格式	393
16.3.5 IPSec 中的密钥管理	394
16.4 本章小结	398
16.5 本章习题	398
第 17 章 防火墙技术	400
17.1 防火墙技术简介	400
17.1.1 防火墙的基本概念	400
17.1.2 防火墙的优缺点	401
17.2 防火墙的分类	402
17.2.1 基于包过滤技术的防火墙	402
17.2.2 基于代理技术的防火墙	403
17.2.3 复合型防火墙	405
17.2.4 防火墙的其他分类方法	407
17.3 防火墙的一般实现方法	408
17.4 本章小结	409
17.5 本章习题	409
第 18 章 网络入侵检测技术	411
18.1 入侵检测系统概述	411
18.1.1 入侵检测系统的定义	411
18.1.2 通用入侵检测系统模型	413
18.1.3 入侵检测系统的组成与设计	415

18.2	入侵检测关键技术	417
18.2.1	聚类	417
18.2.2	神经网络	425
18.2.3	数据挖掘	428
18.2.4	数据融合	430
18.2.5	基于进化计算的入侵检测技术	433
18.3	基于质心 Voronoi 图的网络异常检测算法	435
18.3.1	质心 Voronoi 图	435
18.3.2	异常检测算法 ADCVD	435
18.3.3	基于 ADCVD 的异常检测框架	436
18.4	本章小结	437
18.5	本章习题	437
参考文献		438
致谢		442

第一部 计算机网络基础

第 1 章 计算机网络概述

本章将从以下三个方面深入介绍计算机网络：首先，将对计算机网络的定义进行全面剖析，进而基于不同的分类标准，分别介绍计算机网络的分类方式；其次，将在回顾计算机网络的演变历程基础上，着重探讨计算机网络的未来发展趋势；最后，将对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型这两类目前最主要的计算机网络参考模型进行分析比较，指出两者之间的异同与各自的优缺点。

1.1 计算机网络的定义与分类

1.1.1 计算机网络的定义

所谓计算机网络（Computer Network），就是将不同地理位置的多台具有独立功能的自主计算机通过通信设备与线路互连起来，由功能完善的网络软件来实现信息交换与资源共享的系统。

首先，在上述定义中，具有独立功能的自主计算机是指这些计算机不依赖网络也能独立工作。通信设备是指在计算机和通信线路之间按照通信协议传输数据的网络组件，一般包括接入设备（Access Device）、交换设备（Switching Device）、传输设备（Transmission Device）三类。

接入设备是指一种从远程位置获取网络资源的网络组件，主要包括光纤接入设备、无线接入设备和宽带接入设备等。

交换设备是指一种在通信系统中完成信息交换功能的网络组件，主要包括集线器（HUB）、网桥或桥接器（Bridge）、交换机（Switcher）和路由器（Router）等。

传输设备是指一种完成信号转换并在线路上进行传输的网络组件，主要包括光传输设备、基带传输设备和无线传输设备等。

其次，从上述定义还可以看出，计算机网络涉及以下 4 个要点。

① 网络中应包含两台以上的地理位置不同、且具有自主功能的计算机。

② 网络中不同计算机之间需要通过通信线路（传输介质）建立一条物理通道互连，这条物理通道可以是双绞线、同轴电缆或光纤等有线传输介质，也可以是激光、微波或卫星等

无线传输介质。

③ 网络以实现计算机之间的信息交换和资源（包括硬件、软件、数据资源等）共享为目的。

④ 网络中需配备功能完善的网络软件，如网络通信协议和网络操作系统等。其中，通信协议是指通信双方必须共同遵守的规则和约定，它的存在是计算机网络与一般计算机互连系统的根本区别。

另外，由上述定义也可知，计算机网络应具有以下 4 项基本功能。

数据传输。这是计算机网络最基本的功能之一，用以实现在计算机与终端及计算机与计算机之间传送各种信息，例如：发送电子邮件、进行电子商务、实现远程登录等。

资源共享。这是计算机网络最常用的功能之一，包括软件、硬件及数据资源的共享。资源共享指的是网上用户都能部分或全部地享受这些资源，使得计算机网络中位于不同地理位置的资源之间可以互通信息，分工协作，从而可极大地提高系统资源的利用率。

提高处理能力的可靠性与可用性。当网络中一台计算机或一条传输线路出现故障时，应可通过其他无故障线路传递信息，在无故障的计算机上运行所需要的处理。分布广阔的计算机网络的处理能力，应对不可抗拒的自然灾害有着较强的应付能力。

易于分布式处理。计算机网络用户应根据情况合理选择网上资源，对于较大型的综合性问题可以通过一定的算法将任务分别交给不同的计算机去完成，以达到均衡使用网络资源、实现分布处理的目的。

为了简化计算机网络的分析与设计，便于网络的硬件与软件配置，按照计算机网络的系统功能，计算机通信网络在逻辑上可分为资源子网与通信子网两大部分，如图 1.1 所示。

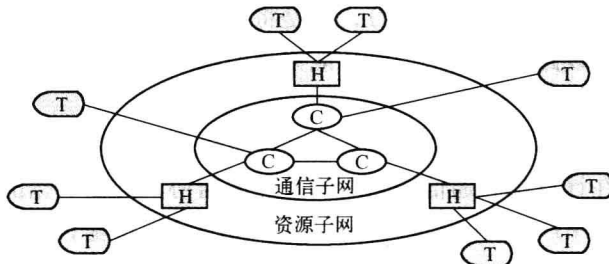


图 1.1 资源子网和通信子网

资源子网 (Resource Subnet) 主要负责全网的信息处理，为网络用户提供网络服务和资源共享功能。资源子网主要包括主计算机、终端等硬件资源，以及通信协议、应用软件等软件资源与数据资源。

通信子网 (Communication Subnet) 主要负责计算机网络中的数据通信，为网络用户提供数据传输、转接、加工及数据转换等通信处理工作。通信子网主要包括通信控制处理机 (Communication Control Processor, CCP)、通信线路及其他一些通信设备 (如网卡、Modem) 等。

1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类方式有很多种,如可以按照网络的覆盖范围、拓扑结构、传输介质、传输速率、传输技术、服务方式、信道带宽、网络管理性质及入网计算机的统一性等进行分类。

1. 按覆盖范围分类

在网络中,计算机设备之间的距离可近可远,即网络覆盖的地域面积可大可小。按照联网的计算机之间的距离与网络覆盖面积的不同,一般可将计算机网络分为局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)、广域网(Wide Area Network, WAN)。

(1) LAN

LAN 主要用于连接公司办公室或工厂、学校校园内的个人计算机与工作站等,以便共享资源(如打印机等)和交换信息。传统的 LAN 是指处于同一建筑、工厂、大学或方圆几公里地域内的专用网络,其数据传输速率一般为 10~100 Mbps,传输延迟约为几十毫秒。而现在的 LAN 则可以覆盖几十公里的范围,其数据传输速率可达数百 Mbps。

如图 1.2 所示,LAN 一般采用环状或总线拓扑结构。其中,典型的基于环状的局域网为 IBM 令牌环网,其 IEEE 标准编号为 802.5。而代表性的基于总线的局域网则包括以太网(Ethernet)和令牌总线网(Token Bus),其中,Ethernet 由美国施乐公司于 1975 年研制成功,其 IEEE 标准编号为 802.3, Ethernet 上的计算机在任何时刻都可以发送信息,如果两个或更多分组发生冲突,计算机将等待一段时间,然后再次试图发送。Token Bus 则是在总线的基础上,通过在网络结点之间有序地传递令牌(一组特定的比特模式)来分配各结点对共享型总线的访问权,其 IEEE 标准编号为 802.4。

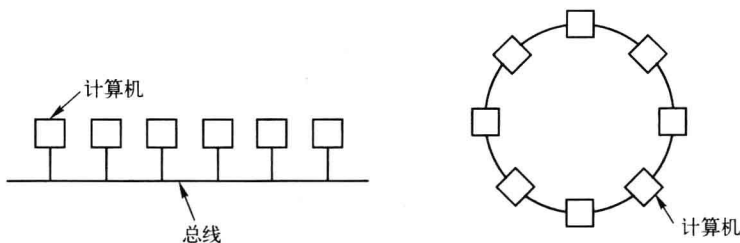


图 1.2 总线与环状 LAN 拓扑结构

(2) MAN

MAN 是介于广域网与局域网之间的一种高速网络,其设计目标是满足几十公里范围内(一个城市)的大量企业、机关、公司的多个局域网互连的需求,以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输功能。目前,MAN 的 IEEE 标准为 802.6,称为分布式队列双总线(Distributed Queue Dual Bus, DQDB)。DQDB 由两条单向总线(电缆)组成,所有的计算机均连接在上面,其拓扑结构如图 1.3 所示。

(3) WAN

WAN 又被称为远程网,其作用范围通常为几百公里到几千公里以上,目前广域网的主