

高等学校电子信息类教材

网络新技术 ——原理与应用

Advanced Information Network Technologies:
Fundamentals and Applications

© 王海涛 张学平 陈 晖 宋丽华 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校电子信息类教材

网络新技术——原理与应用

**Advanced Information Network Technologies:
Fundamentals and Applications**

王海涛 张学平 陈 晖 宋丽华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书较为全面、系统地论述了网络的基础理论知识和当前信息网络领域的最新技术热点，并着重对各种网络新技术提出的背景、技术特点及其面临的问题和应用发展状况进行了分析和探讨。本书的主要内容包括：网络技术和演进，网络体系结构，网络协议工程和网络通用技术手段分析，移动无线网络技术，无线自组网，下一代网络技术，网络管理和服务质量保障技术，以及网络服务和应用技术等。

本书取材广泛，内容丰富，具有一定的前瞻性，反映了近年来信息网络的新理论、新技术、新方法和新应用。

本书适合高校信息通信工程和计算机网络应用专业的高年级本科生和研究生，以及信息网络和计算机应用领域的技术人员和管理人员阅读。

本书配有教学课件（电子版），任课教师可从华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后下载。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

网络新技术：原理与应用 / 王海涛等编著. —北京：电子工业出版社，2012.11
（高等学校电子信息类教材）
ISBN 978-7-121-18751-3

I. ①网… II. ①王… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 246895 号

策划编辑：张来盛（zhangls@phei.com.cn）

责任编辑：谭丽莎

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：24.75 字数：627 千字

印 次：2012 年 11 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

作为全球信息基础设施的主要技术支撑手段，信息网络是计算机技术、通信技术与信息处理技术相互融合、共同发展的产物，涵盖电信网络、计算机网络和广播电视网络等形式。自诞生以来，它就以前所未有的速度不断发展壮大，广泛应用于人类的生产、生活、学习和娱乐等各个领域，极大地促进了人类社会的进步。当前，人类社会已迈入崭新的信息网络时代。网络对人类社会的影响是全方位和多层次的，成为影响科技、经济和文化发展的核心因素。网络改变了社会的生产方式和经济增长方式，也深刻改变着人们的工作方式、生活习惯和思维模式。

近 30 年来，网络的新概念、新方法、新技术以惊人的速度不断涌现，软、硬件不断升级换代，新的产品和业务更是层出不穷，令人欢欣鼓舞，使人目不暇接。不难发现，网络技术如同自然界的生物一样，是一个新旧更替、优胜劣汰的发展过程。正如模拟蜂窝网络被数字蜂窝网络所取代，ATM 技术被 IP 技术所取代那样，陈旧落后的技术必然被新的、更加先进的技术所替代。有志于从事网络技术研究和应用的在校学生，或者是对网络技术感兴趣的读者，必须打牢网络理论基础并且不断跟踪学习各种网络新技术，才能洞悉网络发展趋势，深入理解网络体系结构和运行机制，切实掌握各种网络技术的基本原理、相关算法协议和软、硬件设计方法。由于网络技术发展速度很快，这就要求我们时刻不能放松，不断汲取营养和更新知识结构，否则就会落伍。

信息网络技术发展日新月异，尽管目前已出版了大量通信新技术和网络新技术方面的书籍，但是这些图书存在如下问题和不足：

- (1) 书中许多内容已过时或介绍的内容没有良好的发展和应用前景；
- (2) 对网络基础理论知识和技术原理的阐述不够全面和系统，对各种网络新技术缺乏对比分析，针对性不强；
- (3) 未能站在更高的层次上抽象和归纳各类信息通信技术，理论联系实际做得不够好，各章节的联系也不够紧密，而且许多技术内容一般只介绍其然，而不说明其所以然；
- (4) 缺乏实践应用环节，难以为相关网络工程设计人员提供更有益的帮助和参考。

本书的编写以教学实践为基础，紧贴信息网络技术的最新发展，针对那些渴望掌握网络基础理论知识和了解网络新技术的读者群体，希望该读者群体通过对本书相关内容的学习，打下扎实的网络理论基础和了解网络技术的发展趋势，并在实践中充分发挥应用和创新能力。

概括起来，本教材具有如下特点：

- (1) 采用新的编写思路和架构，以技术专题为引线精心选取教材内容；
- (2) 内容系统翔实、详略得当，阐述深入浅出；
- (3) 从理论和实践结合的角度，系统讲解当前网络发展的核心和热点技术及应用；
- (4) 立足于基本的理论，探讨先进的技术，理解本质的知识，便于读者理解和掌握基本知识和技术。

本教材的内容不是简单地对现有相关图书资料的重新选材、整理和编辑，而是作者在理解各种新兴网络技术的提出背景、发展现状和存在问题的基础上，面向特定的读者群体，重新构思编写思路和组织架构，以新的角度和方式将相关内容有机联系起来，进行系统论述的。本教材既反映了信息网络领域近年来的最新技术成果和发展趋势，也包含了作者多年来教学科研实践的经验和体会。

本教材的材料是作者精心选取和构思的，这些材料从理论和实践相结合的角度，系统介绍了网络基础理论知识，讲解了网络新技术的概念、方法、存在问题和实际应用。

由于本教材涉及内容较为宽泛，所以教材包括基础理论篇（包括第 1~4 章）和技术应用篇（包括第 5~9 章）两大部分。基础理论篇重在讲述网络基本原理、网络体系结构、网络协议和通用技术手段；技术应用篇则以技术专题的形式系统论述了当前得到广泛应用和具有良好发展前景的网络技术，包括移动无线网络技术专题、无线自组网技术专题、下一代网络技术专题、网络管理和服务质量保障技术专题，以及网络服务和应用技术专题。本教材力图将上述内容有机联系在一起，形成一个较为清晰、完整的体系；力图讲清楚各种网络技术的特点和内在联系，分析网络技术的原理、协议和算法及技术难点，帮助读者理解、掌握和综合相关知识，进一步开拓思路，更好地把握网络学科的最新进展，全面了解网络的最新前沿技术。

本教材是解放军理工大学多名师生群策群力、集体智慧的结晶。自 2009 年开始，本书作者就在解放军理工大学通信工程学院主讲“网络新技术专题”课程，本书的主体内容是在这门课程已有讲义的基础上经过扩充整理编写而成的。解放军理工大学的王海涛副教授负责总体章节编排和大部分书稿的撰写、整理和统稿，解放军理工大学的张学平教授、通信工程学院的陈晖副教授和指挥信息系统学院的宋丽华副教授参加了本书讨论和部分章节的编写，通信工程学院训练部的刘爱军部长、易强副部长、教保办的李宁主任和何云参谋及研究生办的王向东主任和王萌参谋对本书的编写和出版给予了大力支持和帮助；通信工程学院网管中心的张祯松、付鹰、朱震宇和黄照翠老师，硕士研究生买军、刘涛、李建州、刘波、程龙及本科学员杨亮和邓加新也参与了书中部分内容的整理和图表的绘制；电子工业出版社相关编辑为本书的出版付出了大量时间和心血。另外，书中还引用了业界一些学者的研究成果。借此机会向他们表示诚挚的感谢和敬意。最后，本书作者的部分研究工作得到了国家自然科学基金项目“基于无线自组网的应急通信关键技术问题研究”（项目编号为 61072043）的支持，在此一并表示衷心感谢！

网络学科知识错综庞杂、包罗万象，新的技术和方法日新月异，新的思想和应用层出不穷，并且至今仍大量技术问题尚未得到圆满解决，很多技术标准化工作还在制订之中。同时，作者水平能力有限，加上时间紧迫，错误、疏漏在所难免，敬请专家和读者批评指正。

作 者

于南京解放军理工大学通信工程学院

目 录

第 1 章 网络技术发展概论	(1)
1.1 网络释义	(1)
1.2 网络技术发展的推动力	(2)
1.3 网络的分类和架构	(4)
1.4 网络技术发展脉络	(5)
1.4.1 电信网络的基本概念	(5)
1.4.2 电信网络的相关技术	(6)
1.4.3 计算机网络的基本概念	(10)
1.4.4 计算机网络的产生和发展	(12)
1.4.5 计算机网络的相关技术	(15)
1.5 网络技术需求和发展趋势展望	(18)
1.5.1 基于不同视角的网络技术需求	(18)
1.5.2 网络新技术体系	(19)
1.5.3 三网融合	(19)
1.5.4 网络的发展趋势	(22)
1.6 本章小结	(25)
思考与练习	(26)
第 2 章 计算机网络体系结构与协议	(27)
2.1 计算机网络体系结构的形成与发展	(27)
2.2 计算机网络的组成和结构	(30)
2.2.1 基本组成	(30)
2.2.2 资源子网和通信子网	(31)
2.2.3 网络拓扑结构	(32)
2.3 计算机网络体系结构	(34)
2.3.1 基本概念	(34)
2.3.2 分层设计方法	(34)
2.3.3 服务和原语	(36)
2.3.4 OSI/RM 参考模型	(39)
2.3.5 TCP/IP 体系	(41)
2.3.6 5 层原理体系结构	(45)
2.4 计算机网络协议的组成和功能	(47)
2.4.1 概述	(47)
2.4.2 TCP/IP 的核心协议	(48)
2.4.3 TCP/IP 的应用层协议	(62)

2.4.4 TCP/IP 网络的诊断工具	(64)
2.5 本章小结	(66)
思考与练习	(66)
第 3 章 网络协议及其设计方法	(68)
3.1 网络协议的基本概念	(68)
3.2 网络协议的发展历程	(69)
3.2.1 早期的通信系统及协议	(69)
3.2.2 电报通信系统及协议	(71)
3.3 网络协议的基本要素	(72)
3.4 协议缺陷示例分析	(74)
3.4.1 克莱顿隧道事故	(74)
3.4.2 Lynch 简单文件传送协议的缺陷	(76)
3.5 网络协议工程技术与方法	(77)
3.5.1 基本概念	(77)
3.5.2 协议的表现形式	(78)
3.5.3 协议开发的一般过程	(78)
3.5.4 协议开发模型	(82)
3.6 网络协议设计	(82)
3.6.1 协议设计事例	(82)
3.6.2 协议设计模型	(83)
3.6.3 协议设计的内容	(85)
3.6.4 协议设计的原则和方法	(91)
3.7 协议形式(化)描述技术	(94)
3.7.1 形式描述技术的特性和分类	(94)
3.7.2 形式描述模型介绍	(96)
3.7.3 形式描述语言介绍	(100)
3.7.4 形式描述技术的评价准则	(102)
思考与练习	(103)
第 4 章 网络通用技术手段分析	(104)
4.1 编码技术	(104)
4.1.1 数据编码	(104)
4.1.2 数字信号编码	(105)
4.1.3 数据压缩编码	(107)
4.1.4 差错控制编码	(109)
4.2 差错控制技术	(114)
4.2.1 确认	(114)
4.2.2 计时器	(115)
4.2.3 重传	(116)
4.2.4 序号	(116)

4.2.5	差错控制与协议层次的关系	(117)
4.3	复用技术	(118)
4.3.1	频分复用	(118)
4.3.2	时分复用	(119)
4.3.3	统计时分复用	(119)
4.3.4	其他复用技术	(120)
4.4	交换技术	(122)
4.4.1	电路交换	(122)
4.4.2	报文交换	(123)
4.4.3	分组交换	(124)
4.4.4	数据报与虚电路	(125)
4.4.5	三种交换方式的比较	(126)
4.4.6	IP 交换技术	(127)
4.4.7	标记交换技术	(127)
4.5	流量控制技术	(129)
4.5.1	基本概念	(129)
4.5.2	理想情况下的数据传输	(129)
4.5.3	简单流量控制协议	(130)
4.5.4	X-on/X-off 协议	(130)
4.5.5	停止等待 (Stop and Wait) 协议	(130)
4.5.6	滑动窗口 (Sliding Window) 协议	(131)
4.6	拥塞控制技术	(133)
4.6.1	拥塞控制的概念和作用	(133)
4.6.2	拥塞控制的措施和策略	(134)
4.6.3	电路交换网络的拥塞控制	(135)
4.6.4	分组交换网络的拥塞控制	(136)
4.6.5	TCP 拥塞控制机制	(139)
4.6.6	流量整形	(140)
4.6.7	小结	(141)
4.7	路由选择技术	(141)
4.7.1	基本概念	(141)
4.7.2	电路交换网络的路由选择	(142)
4.7.3	分组交换网络的路由选择	(142)
4.7.4	因特网的路由选择	(143)
	思考与练习	(144)
第 5 章	移动无线网络技术专题	(146)
5.1	概述	(146)
5.1.1	发展历程	(146)
5.1.2	技术特点	(148)

5.2	无线个域网 (WPAN)	(148)
5.2.1	红外技术 (IrDA)	(149)
5.2.2	蓝牙技术 (Bluetooth)	(149)
5.2.3	家庭射频技术 (HomeRF)	(151)
5.2.4	ZigBee 技术	(151)
5.2.5	超宽带技术 (UWB)	(152)
5.2.6	射频识别技术 (RFID)	(152)
5.3	无线局域网 (WLAN)	(153)
5.3.1	IEEE 802.11 系列	(153)
5.3.2	HiperLAN	(158)
5.3.3	无线 ATM (WATM)	(160)
5.4	无线城域网 (WMAN)	(160)
5.4.1	IEEE 802.16/WiMAX	(161)
5.4.2	IEEE 802.20/MBWA	(164)
5.5	无线广域网 (WWAN)	(165)
5.5.1	GSM	(165)
5.5.2	GPRS	(166)
5.5.3	EDGE	(168)
5.5.4	3G 技术标准	(169)
5.5.5	E3G/B3G 系统	(172)
5.6	移动互联网	(176)
5.6.1	移动互联网的提出和发展	(176)
5.6.2	移动互联网的参考模型	(177)
5.6.3	移动互联网的展望	(179)
	思考与练习	(181)
第 6 章	无线自组网技术专题	(182)
6.1	Ad Hoc 网络技术	(182)
6.1.1	提出背景和基本概念	(182)
6.1.2	Ad Hoc 网络的特点	(183)
6.1.3	Ad Hoc 网络的关键技术分析	(185)
6.1.4	Ad Hoc 网络的体系结构	(196)
6.1.5	Ad Hoc 网络的应用、产品现状和发展趋势	(204)
6.2	无线传感网络	(208)
6.2.1	基本概念	(208)
6.2.2	无线传感网络的目标、特征和种类	(208)
6.2.3	相关研究工作	(210)
6.2.4	无线传感网络的体系结构	(211)
6.2.5	无线传感网络的设计	(213)
6.2.6	无线传感网络的 QoS 保障	(219)

6.2.7	无线传感网络的分簇算法	(221)
6.3	无线 Mesh 网络	(224)
6.3.1	基本概念	(224)
6.3.2	研究和应用现状	(224)
6.3.3	相关技术标准	(225)
6.3.4	技术特点	(226)
6.3.5	WMN 的网络结构	(228)
6.3.6	关键技术分析	(229)
6.3.7	WMN 的应用	(231)
6.4	本章小结	(232)
	思考与练习	(233)
第 7 章	下一代网络技术专题	(234)
7.1	下一代网络 (NGN)	(234)
7.1.1	背景需求	(234)
7.1.2	基本概念和特征	(235)
7.1.3	NGN 的功能模型和网络结构	(237)
7.1.4	NGN 中的网关	(239)
7.2	软交换技术	(241)
7.2.1	基本概念和特点	(241)
7.2.2	提供的主要功能	(243)
7.2.3	软交换的系统结构	(244)
7.2.4	软交换支持的主要协议	(246)
7.3	下一代因特网 (NGI)	(247)
7.3.1	提出背景和基本概念	(247)
7.3.2	研究发展现状	(248)
7.3.3	NGI 的网络结构	(249)
7.3.4	Internet 2 的体系结构	(250)
7.4	下一代 IP 协议——IPv6	(251)
7.4.1	IPv4 的缺陷和 IPv6 的优势	(252)
7.4.2	IPv6 基本报头 (首部) 结构	(254)
7.4.3	IPv6 扩展首部	(257)
7.4.4	IPv6 寻址	(262)
7.4.5	IPv6 的路由技术	(266)
7.4.6	邻居发现协议	(267)
7.4.7	IPv6 中的安全协议	(268)
7.4.8	IPv4 到 IPv6 的过渡	(269)
7.5	SIP 协议	(270)
7.5.1	背景需求	(270)
7.5.2	SIP 协议的功能和优点	(271)

7.5.3	SIP 系统的结构	(272)
7.5.4	SIP 协议分析	(273)
7.5.5	SIP IP 系统的基本工作过程	(274)
7.5.6	SIP 与 H.323 的比较	(275)
	思考与练习	(276)
第 8 章	网络管理和服务质量保障技术专题	(277)
8.1	网络管理技术	(277)
8.1.1	背景需求和基本概念	(277)
8.1.2	网络管理系统的组成和功能	(277)
8.1.3	网络管理协议	(280)
8.1.4	网络管理新技术	(285)
8.2	网络测量技术	(289)
8.2.1	基本概念	(289)
8.2.2	网络测量技术和方法的分类	(289)
8.2.3	网络性能主动测量技术	(291)
8.2.4	网络流量被动测量技术	(292)
8.3	移动性管理	(294)
8.3.1	基本概念	(294)
8.3.2	位置管理	(295)
8.3.3	网络层的移动性管理	(297)
8.3.4	移动切换	(307)
8.4	无线资源管理	(309)
8.4.1	基本概念和目标	(309)
8.4.2	无线资源管理的研究内容	(309)
8.4.3	基于博弈论的无线资源管理	(311)
8.4.4	接纳控制	(312)
8.4.5	队列管理与分组调度	(313)
8.4.6	信道分配	(315)
8.5	IP 网络服务质量保障	(315)
8.5.1	QoS 的定义和分类	(315)
8.5.2	QoS 保障的通用框架	(316)
8.5.3	IP QoS 服务模型	(319)
8.5.4	QoS 路由	(325)
	思考与练习	(327)
第 9 章	网络服务和应用技术专题	(329)
9.1	对等网络 (P2P) 技术	(329)
9.1.1	基本概念和发展历程	(329)
9.1.2	技术特点	(330)
9.1.3	P2P 网络结构分析	(331)

9.1.4	P2P 网络的资源发现机制	(335)
9.1.5	P2P 技术的典型应用	(335)
9.1.6	P2P 技术面临的问题和挑战	(337)
9.2	主动网络技术	(338)
9.2.1	基本思想和相关概念	(338)
9.2.2	主动网络的特点和优势	(340)
9.2.3	主动网络的体系结构	(341)
9.2.4	主动网络的安全问题	(346)
9.3	认知网络技术	(347)
9.3.1	提出背景和基本概念	(347)
9.3.2	目标和要求	(348)
9.3.3	认知网络的关键技术	(348)
9.3.4	认知网络的设计和实现	(351)
9.3.5	认知网络的应用	(353)
9.4	普适计算技术	(354)
9.4.1	提出背景	(354)
9.4.2	基本概念和特征	(354)
9.4.3	当前研究现状	(355)
9.4.4	关键技术的分析	(357)
9.5	云计算技术	(359)
9.5.1	产生背景	(359)
9.5.2	相关概念和技术特点	(359)
9.5.3	云计算的主要服务形式	(362)
9.5.4	云计算的技术体系架构和实现机理	(363)
9.5.5	云计算的关键技术	(365)
9.5.6	云计算的发展现状和主要问题	(367)
9.6	物联网技术	(368)
9.6.1	基本概念和特征	(368)
9.6.2	物联网的发展和应用概述	(369)
9.6.3	物联网的体系架构和关键技术	(371)
9.6.4	物联网发展面临的主要问题	(373)
9.6.5	物联网的前景展望	(375)
	思考与练习	(375)
	参考文献	(377)

第 1 章 网络技术发展概论

物质、能量和信息是人类赖以生存和发展的三大基础条件。20 世纪 90 年代以来，随着通信与计算机技术的蓬勃发展和不断融合，信息技术革命迅速兴起，网络新技术不断涌现，人类跨入信息网络时代已成为客观发展的必然趋势，信息已被公认为一种重要的战略资源，社会信息化和经济网络化已成为新时代的重要标志。今天，网络的应用领域众多，它无处不在，人们的工作、生活和学习都与信息网络息息相关，各种通信网络和计算机网络对人类的影响是全方位的、多层次的，极大地改善了人们的生活、工作和学习环境，促进了人与人之间的交流和社会文明的发展。网络已成为影响科技、经济和文化发展的核心要素之一，也成为国家信息化建设和现代化建设的重要组成部分。网络正改变着社会的生产力方式和经济增长方式，也深刻地改变着人们的工作方式、生活习惯和思维模式。网络的新概念、新方法、新技术以惊人的速度涌现，软、硬件不断升级换代，令人耳目一新的产品更是层出不穷，极大地推动了社会信息化的进程和社会的不断进步。作为本教材的引子，本章首先说明网络的内涵、作用和网络技术发展的推动力，概述网络技术的发展脉络，然后简要回顾电信网络和计算机网络的产生和发展历程，介绍网络的架构和新技术体系，最后展望网络技术的未来发展趋势。

1.1 网络释义

网络一词有多种含义，如交通网络、电力网络、网络结构图、人际网络、通信网络和计算机网络等。依据不同的学科应用领域，网络具有不同的定义。例如，在地理学科中将网络定义为由具有无结构性质的节点（又称结点）与相互作用关系构成的体系；在电力和电子学科中将网络定义为作为一个整体看待的、由相互连接的电路元件所构成的集，可用支路和节点来表示；在数学学科中将网络定义为由节点和连线构成的图，表示研究对象及其相互联系；在社会学领域将网络视为人与人之间关系的逻辑表示；而在通信和计算机学科中将网络定义为在物理上或/和逻辑上，按一定拓扑结构连接在一起的多个节点和链路的集合。也可以说，网络是从同类问题中抽象出来的用数学中的图论来表达并研究的一种模型。

显然，本教材讨论的网络属于最后一种定义，特指信息网络，是指存储、传输、接收、共享和处理信息的物理平台，其种类众多，主要包括电信网络、计算机网络和广播电视网络三大类。信息网络是信息技术、计算机和通信技术发展融合的产物，是人们获取信息的重要基础设施和工具手段，在人们的工作和生活中发挥着越来越重要的作用。简单来说，网络就是用物理链路将各个孤立的工作站或主机连在一起，组成数据链路，从而达到资源共享和通信的目的。从广义上讲，网络是将各种通信、信息处理和计算设备按照一定的拓扑结构组织起来构成的信息系统，是一种用于支持信息交换的硬件和软件架构环境。网络的硬件一般由终端设备、传输系统和交换系统组成；而网络的软件包括各种规则，如信令、协议和各种标准等。网络为人们提供了点对点、点对多点及多点对多点的单向或双向的本地及跨地域的信

息交互手段，不仅为人们提供了社交、学习、工作、休闲和娱乐的全新模式，如网上即时聊天、远程教育、远程医疗、电视会议、网上购物、电子邮件等，而且也为经济运行、政府工作、灾害预警及突发事件的应对和处置等提供了快捷、高效的信息传输和资源共享平台。网络给人类社会带来了巨大变革，已成为衡量一个国家综合国力的重要标志之一。21 世纪是数字化、网络化和信息化时代，以电话网为代表的电信网络和以因特网为代表的计算机通信网络已成为现代信息社会最重要的基础设施。

1.2 网络技术发展的推动力

回顾网络发展的历程，不难发现在信息网络发展的各个阶段出现了大量网络技术，其中有些技术已经落伍而被淘汰了，有些技术依然展现出强大的生命力，还有些技术焕发出崭新的活力，具有很好的应用前景。网络技术就像生物界的任何生物一样，它的发展是一个新老更替、优胜劣汰的过程，落后、陈旧的技术必将被先进、崭新的技术所取代，这是自然界一个永远不变的规律。当前，以移动互联网为代表的新兴网络技术革命正深刻改变着传统的网络观念和体系结构，各种新型网络技术和协议层出不穷，网络发展充满活力。举例来说，以异步转移模式 (Asynchronous Transfer Mode, ATM) 为代表的宽带综合业务数字网 (Broadband ISDN, B-ISDN) 的发展一度被业界看好，认为它是迈向宽带网络的必由之路，但事实并非如此。20 世纪 80 年代以来，人们在 ATM 上投入了大量人力、物力和财力，制定了许多标准，结果随着 IP 技术的迅速发展，复杂的 B-ISDN 并没有得到推广应用，ATM 也逐渐被更灵活、更先进的千兆以太网技术所取代。与此类似，基于开放系统互连参考模型 (Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM) 开发的消息处理系统 (Message Handling System) 在当时被认为是功能完善的消息转发系统，但由于它没有成为事实上的网络体系标准而没有得到广泛应用，结果现在已被因特网上简便易用的 E-mail 系统所替代。

推动网络技术发展的因素有很多，总的来说可以归纳为 4 种推动力，即科学技术的驱动、政府的引导、市场的需求和标准的作用。

科技进步与技术创新是网络发展的内在推动力。信息技术相关领域理论研究的突破、科技成果的发明、新型专利的提出和标准的制定都推动了网络新技术的出现和新产品的上市。特别是信息处理技术、数字计算和存储技术在近 30 年来得到了持续快速的发展，CPU 的处理能力、内存容量和信息传输速率以每隔 18~24 个月翻一番的速度增加。IBM 前首席执行官郭士纳曾说：“计算模式每隔十五年发生一次变革”。这一判断像摩尔定律一样准确，人们把它称为“十五年周期”定律。此外，软件的设计、开发、测试等技术也取得了长足发展。这些技术的迅猛发展直接推动了网络技术的发展，使得网络系统功能更为强大、规模更加庞大，它不仅能够处理更大容量的信息，支持更高的数据传输速率，而且能够执行更复杂的计算，从而可以支持更为广泛的服务。不难看出，网络与各种设备的计算能力密不可分，从 1946 年首台计算机¹的诞生到个人计算机的普及、互联网的兴起乃至崭露头角的信息物理融合系统/物联网 (参见图 1.1)，网络从早期的实验室和科研机构已步入普通大众的工作、学习、生活当中。

¹ 1946 年 2 月 15 日，第一台真正意义上的数字电子计算机宣告研制成功，取名为 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)，中文名为“埃尼阿克”。



图 1.1 从科学计算到网络服务的发展历程

与科学技术驱动力不同，政府在网络技术发展方面主要起着引导和激励作用，即进行宏观调控和指导，弥补市场竞争的不足，创建一个宽松、和谐的网络技术发展环境。例如，政府在构建国家信息网络基础设施方面所起到的引导和协调作用是显而易见的：政府可以利用政策、经济和法律手段鼓励和约束市场各方主体的行为，合理调度和分配资源，保障绝大多数合法用户的利益，促进网络高速、协调发展。另外，尽管网络发展的总趋势是自由竞争、融合互通，但是信息产业的发展不能完全脱离政府的管制和调控。例如，我国近年来大力推动和发展的“三网融合”就是在政府引导下逐步推进实施的。

用户需求和市场竞争是推动网络技术发展的关键一环。随着社会的发展进步，人们对网络服务的需求日益提高：希望能够获得包括网络电视、电子商务、网络购物、网络游戏、远程教学和远程医疗在内的全面的网络服务，并且能够对业务进行个性化定制和组合；希望获得更多的信息资源、更好的通信服务质量和更高的网络安全性。网络技术和应用成功与否，最终由用户是否愿意使用来决定，这既依赖于服务的质量、成本和效用，也离不开强有力的市场竞争。另外，网络技术的推广应用与用户的规模息息相关，用户规模的增加既可以降低网络服务成本，又可以通过提升服务质量来吸引更多用户使用网络，从而步入良性发展轨道。例如，在网络接入领域，ASDL 在服务质量和成本上都低于 ISDN，因而获得了巨大成功。与此类似，蜂窝电话满足了广大用户梦寐以求的“动中通”的通信需求，因而获得了市场和用户的青睐。同时，移动蜂窝电话用户数量的爆炸式增加也促进了移动无线技术的快速发展。再如，TCP/IP 的成功在很大程度上是因为它是在实践中制定的标准，而且在 OSI/RM 标准推广之前就已迅速占领了市场。

标准的作用体现在它能够降低生产和投资成本，加快技术推广和产品流通，从而在很大程度上促进了网络技术的发展。标准是一组即定的规则、条件或要求，往往包含了一系列接口，规定了设备的物理操作过程和电气规范。标准对网络界而言至关重要，一般来说，标准是由政府机构或相关组织制定的，其作用范围往往关系到整个行业，可以推动落后地区的技术进步和产品升级，也可以强化标准制定方的行业地位和市场地位。标准提供了统一框架，用以指导网络技术和产品发展相关的各种活动，从而有力推动了网络技术的快速革新和发展。

1.3 网络的分类和架构

依据不同的标准，网络有多种分类方法。按照网络建设的主体和用途来分，可以分为公用网和专用网两大类；按照信息传输的途径和目的来分，主要包括三大类网络，即通信网络、计算机网络和广播电视网络，也称为电信网、互联网和广电网。电信网的基本业务是语音，互联网的基本业务是数据，而广电网的基本业务是电视（语音和视频）。相比而言，广电网的网络结构和业务比较单一。

按照物理结构，从水平方向看，网络可分为用户驻地网（Customer Premises Network, CPN）、接入网和核心网。用户驻地网是指用户终端至用户网络接口之间所使用的机线设备及用户室内布线系统；接入网是沟通用户驻地网和核心网的部分，由一系列传送实体（如线路设备和传输设备等）组成，为传送信息业务提供所需的承载能力，向用户提供包括有线和无线、固定或移动等在内的多种通信接入手段；核心网是传送信息的主体网络，是指除用户驻地网和接入网之外的全部网络，包括传输、交换等部分，在电话网中即指长途网和中继网。

按照功能结构，从垂直方向看，网络可分为传送网、业务网、应用网三层。其中，传送网向业务网提供实现这些业务所需的传输和连接能力，包括有线传送网、无线传送网和卫星传送网等；业务网是基于传送网并由各种电路层设备（如交换机、路由器等）组成的网络，提供各种不同特定目的的信息服务，如电话网、分组数据网、移动通信网、广播电视网及因特网等；应用网由基于业务网络的各种应用系统构成，它直接向用户提供各种应用，如远程教育、远程医疗、视频会议、电子商务、即时通信等。此外，为了支持上述各种网络的有效管理，还需要各种支撑网络，主要包括信令网、管理网和同步网等。

构成网络的设备包括用户终端设备、传输设备和交换设备。用户终端设备对应于信源和信宿，其作用是为传输的信息进行信源编码和解码，为用户提供入网接口，以及产生和识别网络内所需的信令与控制信号。传输设备和交换设备对应于信道。传输设备包括信道编解码设备及传输链路。交换设备完成通信链路的汇集、交叉连接、交换和分配。不同业务的通信网采用不同体制的交换设备，如报文交换、电路交换、分组交换等。用户终端设备通常放置于用户侧，而传输和交换设备放置于电信部门的通信局内。终端用户和通信局之间的传输线路称为用户环路，通信局之间的传输线路称为中继线路。

网络拓扑结构是指网络中各节点（各种通信设备）与通信链路相互连接而构成的各种几何形态，反映了通信网络的物理结构。网络拓扑的基本模式包括星状结构、网状结构（网格形状和全互连结构）、环状结构、总线结构和复合结构（如树状结构）等，如图 1.2 所示。网状网是全互连网结构。具有 N 个节点的全互连结构需要 $N(N-1)/2$ 条传输链路。这种网络结构的经济性较差，但接续质量和网络稳定性较好。具有 N 个节点的星状网共需 $(N-1)$ 条传输链路，与网状网相比，它节省了大量的链路，但它因需要设置转接中心而增加了费用，并且可靠性较低。复合网由网状网和星状网复合而成，它以星状网为基础，在通信量较大的地区构成网状网，这种网络结构兼有上述两种网络的优点。环状网和总线网在计算机通信中应用较多，一般数据传输速率较高，且要求各节点和总线终端有较强的信息识别和处理能力。拓扑结构是决定通信网络性能的关键要素之一，对于不同环境和不同要求的通信网络，应根据网络的可靠性和可扩展性等要求，以及所采用的传输介质和媒体访问控制技术来选择合适

的拓扑结构。一个实际的通信网的拓扑结构往往是由各种基本模式构成的混合型网络结构。

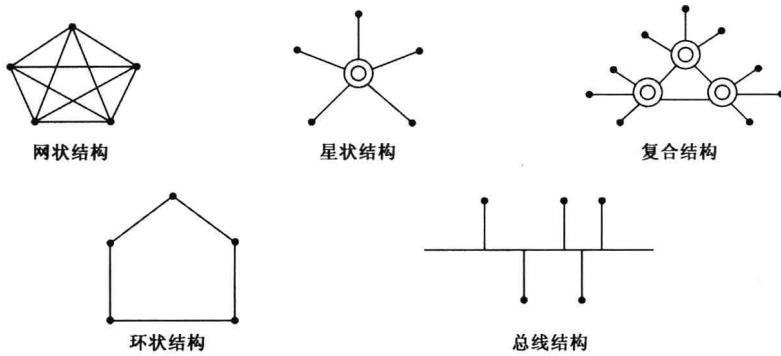


图 1.2 网络的基本拓扑结构

1.4 网络技术发展脉络

为了全面了解网络技术的发展轨迹和历程，本节从电信网络和计算机网络两条路线出发，简要介绍一些在网络发展过程中出现的曾经轰动一时、具有里程碑意义的网络技术。

1.4.1 电信网络的基本概念

目前，电信网络（以下简称电信网）早已不仅仅指电话网和电报网，随着通信技术的不断进步，电信网的类型及通过电信网向公众提供的电信业务的类型不断增加，服务质量不断提高。电信网的发展方向是数字化、宽带化、综合化、个人化和智能化。电信网按业务种类可以分为电话网、电报网、数据通信网、移动通信网和广播电视网等；按网络服务范围可以分为本地网、长途网、国际网等；按传输媒介可以分为电缆通信网、光缆通信网、微波通信网和卫星通信网等；按交换方式可以分为电路交换网、报文交换网、分组交换网等；按信号形式可以分为模拟通信网、数字通信网和数字模拟混合网等。

电信网按功能可以分为业务网、传送网和支撑网。业务网是指向公众提供电信业务的网络，包括固定电话网、移动电话网、IP 电话网、数据通信网、智能网、窄带综合业务数字网（N-ISDN）和宽带综合业务数字网（B-ISDN）。传送网是指数字信号传送网，包括骨干传送网和接入网。支撑网包括 No.7 信令网、数字同步网和电信管理网。业务网、传送网和支撑网之间的关系如图 1.3 所示。

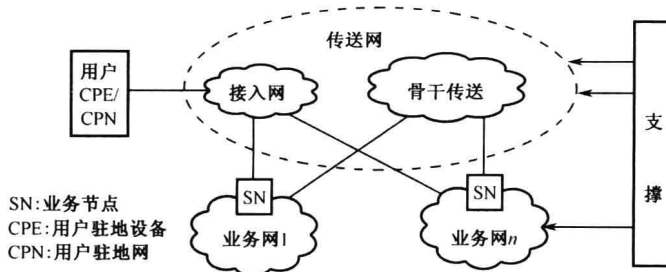


图 1.3 业务网、传送网和支撑网之间的关系