

现代通信网络技术丛书

网络新技术 概论

敖志刚 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代通信网络技术丛书

网络新技术概论

敖志刚 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

网络新技术概论 / 敖志刚编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10
(现代通信网络技术丛书)

ISBN 7-115-14881-3

I. 网... II. 敖... III. 计算机网络—新技术 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 064630 号

内 容 提 要

本书系统地讲述了当前使用广泛并有发展前景的十余种网络新技术, 内容包括 IPv6、宽带移动互联网、宽带接入新技术、10 吉比特以太网、宽带智能网、网格计算、网络存储、虚拟网络、无线传感器网络、智能代理、移动代理、全光网络、智能光网络、自动交换光网络、主动网络及其安全管理、下一代网络与软交换等。

本书取材广泛、构思新颖、内容丰富、言简意赅, 完整地反映了国际上近几年来高速宽带网络的新理论、新技术、新方法和新应用, 可以帮助读者梳理其知识结构, 尽快掌握网络新技术的重要内容, 跟踪网络学科的新发展, 全面了解网络前沿技术。

本书适合于网络技术人员和爱好者阅读, 也可作为信息领域高校师生教学和专业培训的教材或教学参考书。

现代通信网络技术丛书

网络新技术概论

-
- ◆ 编 著 敖志刚
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
河北三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.75
字数: 379 千字 2006 年 10 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2006 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14881-3/TN · 2792

定价: 30.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

前 言

计算机技术与通信技术的发展与融合,使得现代社会以前所未有的速度进入崭新的信息网络时代。网络对人类的影响是全方位的、多层次的,成为影响科技、经济和文化发展的核心因素,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。网络正面临着百年未遇的巨变,重要性与日俱增,并产生了巨大的经济效益和社会效益。跨国电信企业、有线电视公司、多媒体制造商和各类计算机软硬件公司等等的结盟、吞并收购、相互渗透、开放市场、引入竞争的进度明显加快,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。

网络技术是一个新老更替、优胜劣汰的发展过程,必然被新的、更加先进的技术所取代。以 Internet 为代表的新技术革命正在深刻地改变着传统的网络观念和体系结构。IPv6 的出现使网络摆脱了地址和空间的限制,成为三网(电话网、计算机网、有线电视网)融合的粘接剂;统一的 IP 协议的普遍采用,使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网络上实现互通。宽带移动互联网实现移动网和固定网络的融合,为固网运营商快速进入宽带移动数据市场提供机会。网络计算是互联网发展的前沿领域,其本质是全球万维网升级到全球大网格。智能代理是另外一种利用互联网信息的机制,使用自动获得的领域模型、用户模型等知识进行信息收集、索引、过滤,并自动地将用户感兴趣的、有用的信息提交给用户,从而提供个性化的服务和一种新的计算模式。计算机与无线通信的融合发展,将实现个人移动计算,可随时、随地、随意通过各类信息终端产品与互联网相连,实现无所不在的计算时代。高速宽带的骨干网固然重要,然而,宽带接入到千家万户才是网络建设的真正目的,同时也将创造一个庞大的宽带接入市场。光网络作为一株亮丽的奇葩,凭借其接近无限的带宽潜力和卓越的传送性能而备受关注;智能光网络的出现是光传送网络从静态连接的电路向动态连接的电路转化,导致网络管理向自动化、智能化、综合化的方向发展。已有 30 多年历史的以太网,由于不断更新技术,至今已发展到 10 吉比特以太网、移动和光以太网,从而为网络注入了新的活力,使以太网时至今日仍然焕发勃勃生机,令人刮目相看。网络存储的出现为备份系统从单机备份发展到集中备份和网络备份,打破了信息孤岛现象,使无盘服务器成为可能,并能为更多的用户服务。进一步发展起来的无线传感器网络,把传感器、嵌入式计算、分布式信息处理、无线通信技术和通信路径自组织能力融合在一起,使感知信息传输给用户。作为全新网络计算模型的主动网络将可编程性、计算性、开放性、灵活性、动态配置等发挥得淋漓尽致,提供了功能强大的网络平台和用户参与网络保护的可能性,大大加快了网络基础结构的更新步伐。未来理想的网络模式是下一代网络,这是全球信息基础设施的具体实现,是一种多业务的高效融合网,通过软交换结合媒体网关和信令网关,可统一提供管理和加快扩展部署业务。

信息化带动工业化离不开网络环境的改善和全体公民网络素质的全面提高。要想发展具有我国自主知识产权的网络新技术和新产品,就要不断了解网络系统中有关基础设施方面的

新知识，了解网络发展的新趋势，深入理解其体系结构和运行机制，掌握相关理论、算法、组网技术和软硬件设计方法。

我常说，学网络的人太累了，因为网络的发展太快了，真有一种一天不学就要落后，就要被新技术淘汰出局的感觉。我想，一定会有许多读者与我有同感。本书正是为那些渴望网络新技术知识，想尽快全面了解网络最新前沿技术的人写的。我们希望，通过本书的出版和推广应用，肩负历史重任的读者们通过对本书的学习，建立扎实的知识结构和科学基础，在实践中充分发挥自己的应用能力。

本书有以下特点：

1. 反映的全是最新的、前沿的、热点的、主流的、使用广泛的、发展前景看好的网络新技术。
2. 内容丰富、全面、系统、完整，做到了科学规范，在难易程度、广度与深度方面进行了综合考虑，书后还附有英文缩写语和中英文对照。
3. 在兼顾基础知识的同时，强调实用性和可操作性。
4. 通俗、简练的概述贯穿全书；用新颖、结构化的图例介绍其概念；采取由浅入深、循序渐进、层次分明、步骤详尽的写作方式。

本书经过对网络新技术的宏观分析和研究以及对材料的精心选取和构思，从理论和实践相结合的角度，系统地介绍了网络新技术的新概念、新方法、新标准、基本理论、系统组成、发展与展望、应用和实现等关键问题。具体内容包括：IPv6 协议、宽带移动互联网络、宽带接入技术、10 吉比特以太网、宽带智能网、网络计算、网络存储、虚拟网络、智能代理、移动代理、无线传感器网络、全光网络、智能光网络、自动交换光网络、主动网络及其安全管理、下一代网络、软交换等。本书力图把这些内容有机联系在一起，形成一个较为清晰、完整的体系，帮助读者梳理其知识结构，尽快掌握网络新技术的重要内容和跟踪网络学科的最新发展，全面了解网络最新前沿技术。

本书适用于网络爱好者自学；可作为高校学生选修课和专业培训的教材或教学参考书；也可作为在信息领域学习的大专生、本科生和研究生的必修课教材或教学参考书；还可供从事网络规划、设计、安装、管理的工程技术人员，从事网络研究、开发、教学的科研人员和教师研读。

本书的完稿和出版是集体智慧的结晶和成果。理工大学的康兴档、王冠同志参加了本书部分内容的讨论和写作；卢厚清主任、周先华教授（博导）、余勤讲师、李宏伟讲师和王凤山博士花费了许多心血和劳动，并给予了許多支持和帮助；人民邮电出版社做了大量的工作。借此机会向他们表示衷心的感谢和敬意。

网络新技术的研究和开发还刚刚开始，许多问题目前尚不明了，其标准化工作也正在紧锣密鼓地进行中。同时由于作者对网络的许多新技术的理解尚欠深入，文中难免有许多遗憾和错误之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 绪论	1
1.1.1 信息时代的网络技术	1
1.1.2 引领网络新技术潮流的驱动力	1
1.1.3 网络的基本架构	3
1.1.4 从不同角度看网络新技术	3
1.2 具有里程碑意义的网络技术	4
1.2.1 电信网络技术	4
1.2.2 计算机网络	9
1.3 网络技术的发展趋势	12
1.3.1 网络通信技术的发展趋势	12
1.3.2 接入网的发展	13
1.3.3 光通信技术的基本发展方向	14
1.3.4 下一代网络的发展与演变	16
第 2 章 新一代 Internet 协议与技术	19
2.1 互联网新协议——IPv6	19
2.1.1 IPv4 的局限性	19
2.1.2 IPv6 的新特性分析	19
2.1.3 IPv6 标准化工作	22
2.1.4 IPv6 的数据头标格式	25
2.1.5 软硬件厂商对 IPv6 的支持情况	28
2.1.6 移动 IPv6	30
2.2 宽带移动互联网	35
2.2.1 基本概念	35
2.2.2 研究与发展状况	37
2.2.3 移动互联网的应用与业务	40
2.2.4 统一的 IP 网和 MWIF 体系结构	42
2.2.5 移动终端	45
2.2.6 无线应用协议 WAP 和 WAP 2.0	48
2.2.7 通用分组无线业务 GPRS 技术	50
2.2.8 第四代移动通信 4G	51
第 3 章 新型宽带网络及其技术	56
3.1 宽带接入新技术	56
3.1.1 接入网与宽带接入网	56
3.1.2 基于 PSTN 的接入技术	57

3.1.3	宽带以太网接入	60
3.1.4	下一代光接入网	61
3.1.5	基于无线的接入方式	64
3.1.6	综合宽带接入平台	67
3.2	10 吉比特以太网	67
3.2.1	技术背景	67
3.2.2	10 吉比特以太网的技术特色和显著特征	68
3.2.3	10 吉比特以太网适合的领域及应用	69
3.2.4	10 吉比特以太网产品	70
3.2.5	10 吉比特以太网的物理层	71
3.2.6	相关物理介质层	72
3.2.7	帧结构	72
3.2.8	芯片接口	73
3.2.9	网络的监控与管理	76
3.3	宽带智能网及其关键技术	76
3.3.1	基本概念	76
3.3.2	智能网的概念模型	77
3.3.3	宽带智能网的体系结构	81
3.3.4	移动智能网	82
第 4 章	扩展的宽带网络及其应用新技术	85
4.1	网络计算	85
4.1.1	网络计算的概念	85
4.1.2	网络系统的主要功能	87
4.1.3	网络计算的关键技术	88
4.1.4	网络计算的应用	89
4.1.5	网络体系结构	93
4.2	网络存储	97
4.2.1	服务器附加存储结构	97
4.2.2	网络附加存储结构	98
4.2.3	存储区域网络存储结构	99
4.2.4	光纤通道存储区域网络	100
4.2.5	基于 IP 的存储网络	101
4.2.6	网络存储的未来	103
4.3	虚拟网络技术	103
4.3.1	虚拟网络的基本概念	103
4.3.2	虚拟局域网的实现技术	104
4.3.3	虚拟局域网配置的自动化	106
第 5 章	无线传感器网络	108
5.1	无线传感器网络概述	108

5.1.1	无线传感器网络的发展历程	108
5.1.2	概念与特点	109
5.1.3	无线传感器网络的生成	111
5.1.4	传感器网络的标准	112
5.1.5	无线传感器网络的性能评价	113
5.2	无线传感器网络的主要研究内容与应用领域	114
5.2.1	主要研究内容	114
5.2.2	主要应用领域	115
5.3	无线传感器网络体系结构	117
5.3.1	网络结构	117
5.3.2	传感器网络的层次结构	119
5.4	无线传感器网络传输协议	122
5.4.1	路由协议	122
5.4.2	媒体访问控制协议	125
5.5	无线传感器网络应用支撑技术	129
5.5.1	时间同步	129
5.5.2	节点定位	131
5.5.3	传感器网络管理与节能	133
第 6 章	智能代理和移动代理技术	135
6.1	代理 (Agent) 的基本知识	135
6.1.1	概念、分类与特点	135
6.1.2	代理的研究学派和编程语言	137
6.2	智能代理	138
6.2.1	智能代理技术的概念	138
6.2.2	智能代理的资源管理器	140
6.2.3	智能代理的工作过程	141
6.2.4	智能代理技术的应用	142
6.3	移动代理	146
6.3.1	移动代理的基本概念	146
6.3.2	移动代理的基本结构	148
6.3.3	移动代理的技术实现	150
6.3.4	移动代理的标准化情况	153
6.3.5	移动代理的模型	154
第 7 章	全光与智能光网络	157
7.1	几种典型的光网络	157
7.1.1	光链路网络	157
7.1.2	广播和选择网络	158
7.1.3	波长路由网络	158
7.1.4	光子包交换网络——光脉冲交换网络	159

7.2	全光网络	159
7.2.1	全光网络的概念	159
7.2.2	全光网络的层次结构	160
7.2.3	全光网网络节点	160
7.2.4	全光网络的关键技术	162
7.3	智能光网络	165
7.3.1	智能光网络的概念	165
7.3.2	智能光网络的层次结构	165
7.3.3	智能光网络中的几个关键技术	166
7.4	自动交换光网络 ASON	169
7.4.1	基本概念	169
7.4.2	ASON 的体系结构	171
7.4.3	ASON 的关键技术	175
第 8 章	主动网络	177
8.1	主动网络简介	177
8.1.1	主动网络的研究背景	177
8.1.2	基本概念	177
8.1.3	基本原理	180
8.2	主动网络的体系结构	181
8.2.1	主动网络的构成	181
8.2.2	主动节点体系结构	182
8.2.3	主动网络中的通信机制	184
8.2.4	主动节点中的数据包处理	185
8.2.5	主动节点处理流程	187
8.3	主动节点的封包协议	188
8.3.1	代码嵌入方式	188
8.3.2	精明信息包 (Smart Packets) 方案	189
8.3.3	主动节点封装协议 ANEP	189
8.3.4	Active IP 报文	191
8.4	主动网络管理	192
8.4.1	基本概念	192
8.4.2	主动网络管理分层设计	195
8.4.3	主动网管的组成	197
8.4.4	工作细节描述	198
8.5	主动网络的安全	200
8.5.1	主动网络安全性研究分类	200
8.5.2	主动网络的威胁模型	201
8.5.3	主动网络的安全机制分析	203
8.5.4	主动安全信包的格式及流程	208

第 9 章 下一代网络及其核心技术	210
9.1 下一代网络	210
9.1.1 下一代网络的概念和特征	210
9.1.2 下一代网络的功能模型	211
9.1.3 下一代网络的网络结构	212
9.1.4 下一代网络中的网关	213
9.2 软交换	217
9.2.1 软交换的基本概念	217
9.2.2 软交换系统的体系结构	221
9.2.3 软交换涉及的几种主要协议	223
9.2.4 软交换网络的关键技术	224
附录 缩略语	227
参考文献	240

第1章 概 述

1.1 绪 论

1.1.1 信息时代的网络技术

网络是人们获取信息的基础设施，在人们的生活中发挥着越来越重要的作用。如今的网络技术，不仅为人们提供了社交、学习、工作、休闲和娱乐的全新模式，如远程教育、远程医疗、电视会议、居家购物、电子函件等；而且也为经济运行、政府工作、突发事件的应对、灾害的预警、处置与救助等提供了快速高效的平台。可以说网络带来人类社会的巨大变革，已成为衡量一个国家综合国力强弱的重要标志之一。网络技术的发展，正推动着社会不断进步。

21 世纪的特征就是数字化、网络化和信息化，它是一个以网络化为核心的信息时代。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。我国提出在“十一五”时期网络发展的主要目标是：到 2010 年全国电话用户总数 10 亿户，互联网用户 2 亿户，农村实现“村村通电话，乡乡能上网”。可见，研究与开发网络新技术是我们每一个人的事。

展望网络发展的历史轨迹，网络技术是一个新老更替、优胜劣汰的过程。例如，有人认为程控交换机是经典的技术，异步转移模式（ATM, Asynchronous Transfer Mode）是先进的技术，其实并非完全如此。1988 年以来人们在 ATM 技术上投入了许多人力与物力，如今却在走下坡路。综合业务数字网（ISDN, Integrated Services Digital Network）的发展一度曾为全世界所看好，事实上发展很慢。宽带综合业务数字网（B-ISDN, Broad Band ISDN）曾一度被看做是走向宽带的必由之路，标准写了一大堆，结果是束之高阁。消息处理系统（MHS, Message Handling System）是严格按开放系统互联参考模型（OSI, Open System Interconnect Reference Model）七层模型开发的，当时被认为是最完善的消息转发系统，但结果只有极少数地方采用，现在已经由 E-mail 等因特网技术所替代。此外帧中继（FR, Frame Relay）原先是为 ISDN 开发的，是属于 ISDN 的协议族，而 ATM 是为 B-ISDN 开发的，是 B-ISDN 协议族。然而这两种技术后来都只用到了数据网络中，并没有提供综合服务。为什么世界上会有那么多的大家都看好的技术，结果并不成功（或者有点成绩也很不理想），这说明网络技术必然被新的、更加先进的技术所取代。这也是网络新技术不断产生的原因。

1.1.2 引领网络新技术潮流的驱动力

1. 技术的作用

许多关键技术 in 通信网络的发展过程中不断发展。这些新技术包括信息传输容量、信号

处理技术和数字计算机技术。特别是计算机存储容量和计算机处理能力在操纵网络交换机和实现网络协议方面扮演着重要的角色。近 30 年来, 计算机技术得到了持续的发展, 其处理能力、内存和传输能力以每 18~24 个月翻一番的速率增加, 每个芯片的晶体管的数量每隔 18 个月翻一番。这些技术上的提高使得网络不仅能够处理更大容量的信息和更高的数据速率, 而且能够执行更复杂的处理, 因此可以支持更为广泛的服务。

核心技术的发展体现在更高的传输速率、存储容量和更强的处理能力, 这些方面的发展推动了更大和更为复杂的系统的出现。这些发展允许实现和配置更加智能的、基于软件的算法, 以此来控制和管理规模不断扩大的网络。软件技术方面的重大发展是必需的, 以此来实施设计、开发和测试以及确保这些极其复杂的系统能可靠和连续地运转。

2. 政府的作用

以电报和电话形式出现的传统通信服务是由政府管制的。由于部署必需的基础设施的高昂成本和控制通信的重要性, 政府经常作为垄断商来选择运行通信网络。通信网络规划需要数十年才能完成。这种规划导致了只限于提供数量有限的一组定义明确的通信服务。

尽管总的趋势是取消管制, 但电信业不可能完全脱离政府的调节。例如, 电话业务在很多国家被看作必需的“生命线”业务, 并且管制在确保每个人都可以得到最低级别的服务方面起着一定的作用。法规还在解决通过通信网络为人们提供何种信息的问题上发挥着作用。例如, 许多人都赞同应该采取一些措施来防止儿童访问 Internet 上的色情文学, 但是对于在网络上传输的哪些信息应当保密缺乏共识; 是否应加密得足够安全, 使得没有人甚至连负责国家安全的政府都无法破解加密信息。不过这些问题的法规可以提供一个决定实现何种服务和何种网络的框架。

3. 市场的作用

是否存在适于新服务的市场是决定一种新服务能否成功的第三个要素。服务的成功与否最终由顾客是否愿意购买而决定, 当然这依赖于服务的成本、效用和吸引力。对基于网络的服务, 服务的效用经常依赖于是否存在一定数量的用户。例如, 如果可访问的对象数量很少, 用途会大大受限。另外, 由于规模经济的模式, 服务的成本通常会随着用户基数的增加而减少, 例如终端设备和它们的部件的成本。因而实际的挑战是如何管理服务的配置部署, 先吸收一批关键用户, 然后再发展到较大的规模。

例如在 20 世纪 70 年代初期, 美国有大量的投资致力于发展可视电话服务, 以提供音频和视频通信。但是开展这种服务的市场并不成熟, 随后的多次尝试也相继失败。只是最近随着个人计算机的广泛应用, 我们才开始看到这种服务的可用性。又例如蜂窝式无线电话的部署, 这种服务最早出现在 70 年代后期。这种部署成功地建立起最初的市场。能够在移动时进行通信的效用又具有如此广泛的吸引力, 使得该服务在短的时间内得到了急速的发展。蜂窝式电话用户数量的爆炸式增长促使了新的无线技术的发展。

4. 标准的作用

标准的作用范围是整个行业, 可能是一个国家, 也可能是全世界范围的, 它使不同的厂商制造的设备可以实现互操作。标准包含了一系列接口, 它规定了设备在物理上采用什么样

的过程来操作不同的设备。标准对网络系统而言极为重要，因为网络价值很大程度上取决于它所能影响的用户群。另外，有时网络需要的投资非常高昂，所以网络运营者特别关心从多个相互竞争的供应商处购买设备的选择权，而不是只能从一个单独的运营商购买设备。

从严格意义上来说，法律上的标准是一个以国家，甚至是以国际为基础的协商过程的结果。例如，很多网络标准是在联合国资助下运转的组织发起的。几乎每一个国家都有自己相应的组织，承担国家网络标准的制定任务。也有一些标准是由非政府性组织制定的。标准的存在使得小公司能够进入像通信网络一样的大市场。这些公司可以专注于开发核心产品，例如实现某种协议的芯片。标准保证这些产品能够在整个网络中运转。标准提供了框架，用以指导与网络的发展和进化相关的各种商业、工业和政府组织的各种活动。这种环境产生的结果就是技术和标准都以更快的速度革新和发展。

1.1.3 网络的基本架构

不管是用通信方式、广播方式，还是用检索方式，不管是用有线方式，还是无线方式，凡能传递信息的网络都是信息网络。按照信息流通的不同途径来分，主要有六种网络，即公众电话网、移动通信网、互联网、地面广播电视网、有线电视网、用于直播的卫星网。当然，除此以外还有别的网，如数据网和专用网等。在上述六种主要网络中，最有代表的是公众电话网、互联网、有线电视网。

网络按物理结构，即从水平方向看，可分为用户驻地网（CPN，Customer Premise Network）、接入网和核心网三大部分。CPN是指用户终端至用户网络接口之间所实用的机线设备及用户室内布线系统；接入网即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，向用户提供了包括有线和无线、固定或移动等多种通信接入手段；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。

网络按功能结构，即从垂直方向看，可分为传送网、业务网、应用层三层。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。传送网又分为物理层、通道层和电路层。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，提供各种不同特定目的的信息服务，例如电话网、分组网、移动网、通信网、广播网、电视网以及计算机网等。应用层由基于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、电视会议、居家购物、电子邮件等。为了支持上述各层的有效管理，还需要所谓支撑网的介入，包括信令网、电信管理网、同步网。

1.1.4 从不同角度看网络新技术

从国家信息基础设施建设的角度看，网络在注重业务和应用需求的前提下，应向高速化、宽带化方向发展。统一、高效、先进、健壮的国家信息网络基础设施将为开展各类信息业务与应用提供强有力的支撑。

从业务和使用的角度看，要求更高的灵活性、更大的容量、更快的速度、更强的生存力、更好的互通性、更强大的业务支撑能力，需要更加易用、有效、价格低廉的网络。

从产业的角度看，网络运营商需要新的网络演进的关键技术及装备并保持网络的可持续发展能力；服务提供商需要开放、竞争的网络环境，以引入新的商业模式参与竞争；设备制

造商需要能够提升产业竞争力的核心技术，包括技术标准、专利等。

从运营商的角度看，网络新技术应是能为各种业务提供有保证的服务质量，在与网络传送层及接入层分开的服务平台上提供服务与多种应用，最大限度地增加资产回报，创造利润，具有开放性与灵活性的网络技术等。

从业界的角度看，网络新技术应是一个能够充分发挥容量潜力，保护运营商已有投资，能平滑演进，通过高速公共传输链路和路由器等节点，利用网际协议（IP，Internet Protocol）承载能够综合开放的多业务（如语音、数据、视像、所有比特流等）网络。

从技术的角度看，网络新技术在可扩展性（如体系结构、地址、性能等）、对实时业务的支持（如服务质量）、网络的安全性和可信性、对移动性的支持、业务支撑能力等方面均面临着严峻的挑战，需要发展新的技术来应对这些挑战。

从专家们的角度看，在新型网络中将包括三个世界：即服务层面上，将是 IP 世界；传送层面上，将是光的世界；接入层面上，将是无线的世界。

1.2 具有里程碑意义的网络技术

为了追踪网络技术发展的轨迹，对网络技术有较全面的了解，下面简要介绍一些典型的、曾经轰动一时的、具有里程碑意义的网络技术。

1.2.1 电信网络技术

电信网按不同的分类体系可以划分为：按电信业务的种类分，有电话网、电报网、用户电报网、数据通信网、传真通信网、图像通信网、有线电视网等。按服务区域范围分，有本地电信网（含农村电信网）、长途电信网、国际电信网等。按传输媒介种类分，有架空明线网、电缆通信网、光缆通信网、卫星通信网、低轨道卫星移动通信网等。按交换方式分，有电路交换网、报文交换网、分组交换网、宽带交换网等。按结构形式分，有网状网、星形网、环形网、栅格网、总线网等。按信息信号形式分，有模拟通信网、数字通信网、数字模拟混合网等。按信息传递方式分，有同步转移模式（STM，Synchronous Transfer Mode）的 ISDN 和 ATM 的 B-ISDN 等。

1. 电报

电报是在 1837 年由 Morse 发明的，作为一种最古老的用电传送信号的方法一直使用到 20 世纪 90 年代初，包括电传机、纸带转报机和后来的用户电报等。

2. 电话

电话诞生于 1876 年，发明人是 Bell。实际上，在此之前就已经有多位科学家对用电信号传送声音进行了种种试验，但一个能真正走向商用的电话装置还是由 Bell 试制成功的。

3. 人工电话交换机

人工电话交换机是人工接续的电话交换机，诞生于 1878 年，标志着网络的诞生，因为人工电话网已经具备网络的基本要素：终端（至少在两个以上）、传输线和传输节点。人工

电话交换机在我国一直使用至 20 世纪 70 年代，有长达近 100 年的历史。人工电话交换机设备简单、成本低、维护方便，但接续速度较慢、效率低。

4. 自动交换机

自动交换机经历了步进制、机动制、纵横制和电子制几个发展阶段。步进制出现最早，1915 年前后，美国贝尔系统同时发展了旋转式和升降式两种机动制交换机。纵横制原理是在 1913 年提出的，20 世纪 60 年代各国研究着重于准电子方面，70 年代着重于空分程控（即采用空分接点，计算机程序控制）方面，80 年代则着重于时分数字式程控（即采用时分数字式脉码调制，利用程序控制）方面。

自动电话交换的接续过程是由用户在电话机上拨动号盘或揿动按钮来控制交换机动作的。步进制自动交换机受用户拨号直接控制。它主要由预选器、选组器和终接器三种机键组成。机动制自动交换机是步进制的改进型。纵横制自动交换机仅采用两种基本元部件，即纵横接线器（接续元件）和继电器（控制元件）。它是机电式交换机中最完善的一种制式。步进制自动交换机出现于 1892 年，但在我国一直使用至 20 世纪 70 年代。其后又有纵横制自动交换机。空分自动交换机的发明标志着网络开始走向自动化。1965 年又出现程控模拟交换机，它标志着计算机技术与通信的结合。

电子自动交换机根据话路有空分（空间分割）与时分（时间分割）之别。根据电子化的程度，空分有全电子、半电子及准电子的差别。如果交换机的控制部分和话路接续部分都实现了电子化，则属于全电子式的；仅控制部分实现电子化的交换机，则属于半电子式的；而采用簧簧或铁簧元件的半电子交换机，因其接续速度较快，更接近于全电子，故称为准电子交换机。时分制交换机都属于全电子式的。

5. 载波传输系统

载波传输系统是把数字信号调制到载波上再送入传输信道中，它同基带传送的不同之处仅是在数字信号的输出端增加一个调制器，在数字信号输入口前增加一个解调器，而其他部分则完全相同。最早的载波电话试验在 1908 年就已开始，并于 1911 年成功地在 11km 的线路上进行了单路载波的通话。7 年之后美国又出现了四路载波机，同轴电缆的发明（1934 年）使载波系统复用的容量在 1936 年达到了 240 路，到 20 世纪 60 年代初达到了 2 700 路。载波技术在 70 年代达到了顶峰，实用的最高系统复用量为 10 800 路。由于增音机之间的间隔已经很小，进一步发展已十分困难。同时与之竞争的技术——时分复用技术的飞速发展终于使载波系统的发展终结了历史使命。

6. 同步光纤网络和同步数字体系

同步光纤网络（SONET, Synchronous Optical Network）是 20 世纪 80 年代中期由美国标准化的，主要应用于美国。同步数字体系（SDH, Synchronous Digital Hierarchy）是国际电报电话咨询委员会（CCITT，现在为国际电信联盟电信标准化部门 ITU-T 所替代）在 1989 年制定的 G.707、G.708、G.709。SONET 和 SDH 的采用解决了不同时分复用（TDM, Time Division Multiplexing）系统的兼容问题。

SONET/SDH 是一组有关光纤信道上的同步数据传输的标准协议，常用于物理层构架

和同步机制。SONET/SDH（电子收款机系统）上的数据包利用点对点协议（PPP，Point-to-Point Protocol），将IP数据包映射到SONET帧负载中。在ATM环境下，SONET/SDH线路连接方式可能为多模式、单模式或非屏蔽双绞线（UTP，Unshielded Twisted Pair）。SONET 是基于传输在基本比特率是 51.840Mbit/s 的多倍速率或 STS-1。而 SDH 是基于 STM-1，数据传输率为 155.52Mbit/s，与 STS-3 相当。常用 SONET/SDH 数据传输率如表 1-1 所示。

表 1-1 SONET/SDH 数据传输率

SONET 信号	比特率 (Mbit/s)	SDH 信号	SONET 性能	SDH 性能
STS-1 和 OC-1	51.840	STM-0	28 DS-1 或 1 DS-3	21 E1
STS-3 和 OC-3	155.520	STM-1	84 DS-1 或 3 DS-3	63 E1 或 1 E4
STS-12 和 OC-12	622.080	STM-4	336 DS-1 或 12 DS-3	252 E1 或 4 E4
STS-48 和 OC-48	2 488.320	STM-16	1 344 DS-1 或 48 DS-3	1 008 E1 或 16 E4
STS-192 和 OC-192	9 953.280	STM-64	5 376 DS-1 或 192 DS-3	4 032 E1 或 64 E4
STS-768 和 OC-768	39 813.120	STM-256	21 504 DS-1 或 768 DS-3	16 128 E1 或 256 E4

另外一些速率定义，如 OC-9、OC-18、OC-24、OC-36 及 OC-96，可参照相关标准文档，但它们使用得并不普遍。其他更高的传输速率供未来使用。

7. 程控数字交换机

程控交换机是将用户的信息和交换机的控制以及维护管理功能预先变成程序存储到计算机的存储器内。程控时分交换机一般在话路部分中传送和交换的是模拟语音信号，因而称为程控数字交换机，随着数字通信与脉冲编码调制（PCM，Pulse Code Modulation）技术的迅速发展和广泛应用，先进国家自 20 世纪 60 年代开始以极大的热情竞相研制数字程控交换机，经过艰苦的努力，法国首先于 1970 年成功开通了世界上第一个程控数字交换系统 E10，它标志着交换技术从传统的模拟交换进入数字交换时代。

8. X.25 分组数据网

第一个分组交换网于 1969 年在美国诞生。后来被 CCITT 标准化（X.25），第一个分组交换网的出现标志着将网络作为整体来进行设计的重大进步。X.25 是基于包交换的一种技术，具有信息传输可靠性高的优点，但由于 Modem 速率及交换技术本身限制，X.25 只能处理中低速数据流。第一，X.25 不能用来传送高带宽的图像和对实时性要求较高的语音信号；第二，无灵活性，即业务拓展的可能性不大，原有网络的服务质量，很难适应今后出现的新业务；第三，效率低，一个网络的资源很难被其他网络共享。X.25 在省间的汇接中心速率达 34Mbit/s，用户接入速率最高 64kbit/s，通常采用的设备是路由器或网桥，也可用数字数据网（DDN，Digital Data Network）实现接入。

9. 数字数据网

1974 年由美国贝尔电话系统建立了第一条提供数字数据服务（DDS，Digital Data Service）的电路，标志了 DDN 的诞生。DDN 利用数字信道传输数据信号，提供多种速率的高质量、

低时延的专用线路，用户接入速率： $N \times 64\text{kbit/s}$ ($N=1 \sim 31$)，最高达到 2Mbit/s 。DDN 是全透明网，是一种面向各类数据用户的公共通信网，不仅可实现各局域网 (LAN, Local Area Network) 的互联，还可满足其他网络的接入，如 Internet、X.25、帧中继等。

10. 消息处理系统

20 世纪 80 年代初，CCITT 在七层协议参考模型的指导下，开始研究电子 MHS，并制定了一系列称为电子 MHS 的协议标准 (X.400 系列)。这一标准曾一度被看好，但实际上发展有限。消息传递系统是一种分布式的系统，是基于系统组件之间的异步消息交换。它是消息处理环境的一个构成体，作为功能客体，它把信息客体从一方运送到另一方。现在它已经被因特网的简单邮件传输协议 (SMTP, Simple Mail Transfer Protocol) 所取代。

11. 七号信令系统和信令网络的建立

七号信令网是专门用来传送通信网各个节点之间网络信令的共路信令网络。自 1980 年 CCITT 提出第一份正式建议以来，七号信令系统在世界各国已得到广泛应用和发展。我国于 1986 年开始陆续颁布了一系列七号信令系统的相关规范，并于 1993 年颁布了中国七号信令网技术体制的暂行规范。到目前为止，一个全国性的七号信令网已基本建成。

七号信令系统是一个高灵活性、多功能的公共信道信令系统，它不仅可以传送电话网和电路交换数据网的接续信令，还可以用于传送移动网、ISDN、智能网和 B-ISDN 以及其他各种操作、管理和维护中心的控制信号和数据。

12. 综合业务数字网

ISDN 在 20 世纪 70 年代由美国贝尔实验室开发，在 80 年代由 CCITT 在国际上标准化。ISDN 是由电话综合数字网演变而成，它的目标是逐步地替代公共交换电话网 (PSTN, Public Switched Telephone Network)，提供端到端的数字连接，在提供电话服务的同时提供数据、文件、图像、动画等综合的公众网络服务，为用户提供一组标准的多用途用户—网路接口。简而言之，ISDN 就是由一个网路，即一套传输设备和一套交换设备来提供多种电信业务的传输和交换，以提高网路效率并给用户提供更进一步的方便。ISDN 最早 (1983 年) 应用于日本。

13. 帧中继网络

FR 技术是在 ISDN 标准化的后期提出，并作为 ISDN 的一部分进行标准化的 (Q.922)。但由于 ISDN 的发展并不理想，再加上高速数据服务的需要，它很快被直接用于数据网的建设，作为对分组交换 X.25 的发展。第一个公众 FR 数据分组交换网是 1992 年在美国首先开通的。欧洲由于 X.25 网络比较发达，FR 网络的建设相对滞后。

FR 是一种网络与数据终端设备 (DTE, Data Terminal Equipment) 接口标准，提供的是数据链路层和物理层的协议规范，任何高层协议都独立于 FR 协议，因此，大大地简化了 FR 的实现。FR 是一种宽带分组交换，使用复用技术时，其传输速率可高达 44.6Mbit/s 。目前 FR 的主要应用之一是 LAN 互联，特别是在 LAN 通过广域网进行互联时，使用 FR 更能体现它的低网络时延、低设备费用、高带宽利用率等优点。但是，FR 不适合于传输诸如语音、电视