

XIANDAI TONGXIN LILUN YU JISHU YANJIU

现代通信 理论与技术研究

李宏升 © 著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

现代通信理论与技术研究

李宏升 著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信理论与技术研究 / 李宏升著. — 天津 :
天津科学技术出版社, 2019. 7
ISBN 978-7-5576-6958-4

I. ①现… II. ①李… III. ①通信理论②通信技术
IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 157298 号

现代通信理论与技术研究

XIANDAI TONGXIN LILUN YU JISHU YANJIU

责任编辑: 王 冬

责任印制: 兰 毅

出 版: 天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

地 址: 天津市西康路 35 号

邮 编: 300051

电 话: (022) 23332397

网 址: www.tjkjcs.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 济南大地图文快印有限公司

开本 787×1092 1/16 印张 9 字数 120 000

2019 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 50.00

前 言

纵观通信技术的发展，从 20 世纪 70 年代开始，通信即进入了现代通信的新纪元。现代通信技术，伴随着科学技术的不断进步，不停地采用高新技术来补足、完善、优化人们进行信息交流的各种方式，让人与人的沟通变得更为便捷、有效。现代通信技术主要有：数字通信与 SDH、程控交换、光纤通信、移动通信、数字微波、卫星通信、图像通信、电话网、支撑网、智能网、数据通信与数据网、ISDN、ATM、IP 技术、接入网等技术及其新的发展。

回顾研究历程，不难发现对通信技术与社会经济和社会形态之间的关系有一个逐步深化的过程。从商周时期的烽火到今天的 4G 通信，现代通信技术随着人类文明的进步而迅速发展。同时，人们的生活中对于通信技术的依赖也是日益加深。在 20 世纪 80 年代末，诺贝尔奖美国经济学家罗伯特·索洛提出了著名的“索洛悖论”，即人们认识到通信技术对经济增长具有促进作用，但是又找不到确实的证据。索洛悖论是指“IT 产业无处不在，而它对生产率的推动作用却微乎其微”。但是到了 20 世纪 90 年代，该问题随着现实证据的增加，以及理论研究的深入，被逐渐解决。

20 世纪以来，基于微电子的信息和通信技术以一种充满革命性的力量推动着人类社会的进步，它悄无声息地进了人们的日常生产生活，促使我们人类的政治、经济、文化体制发生了巨大改变，使人们的思维方式以及生活方式发生了巨大改变，不仅把每个人变成了通信技术的直接受益者，而且使他们转变成长期演变过程中的参加者、相关利益者以及见证人。

从通信技术的发展历史来看，在这短短一百年中，变化巨大，从以前那种只能靠人完成转接，到如今的靠电路实现转接，程控交换和分组交换，到未来有可能出现用作分组化核心网的 IP 路由器和 ATM 交换机；在当今科学技术以及通信技术日新月异的时代，我们从以前每家每户只使用一个固定电话到如今

的移动电话，IP 电话以及卫星电话的出现，还有与通信技术相关的其他业务，表明了第三代通信技术已经完全普及，第四代通信也即将全面上市，这就带来了人们生活方式的改变。但长时间以来，通信技术一直被当作是普通的通用目的技术，即把它和蒸汽机、铁路以及电力相提并论，只是被简单地当作一个分水岭，即产业革命分水岭看待。从人类技术发展史来看，蒸汽机成为“第一次工业革命”的代表，象征着人类从此进入了工业时代，这一时期主导产业主要是纺织、钢铁以及铁路产业；“第二次产业革命”的代表是电机，这一时期主导产业则是石化、电力、汽车产业；通信技术作为“第三次产业革命”的代表，这一期航空航天、生物以及集成电路被视为产业主导，由于通信技术发展迅速，人们把这种趋势误判成是技术发明所造成的，但是通信技术的确是一个独立存在的，它与那些带动产业革命的电力和蒸汽机中重要技术不同，人们可以利用它，然后通过长时间努力，把它当作一个“使能性技术”去创造一个“大工程”加“大科学”的时代。与所有通用目的的技术相比，没有哪一种技术同通信技术一样能够非常快速地实现技术进步、经济增长和人们生活质量的同步改进，没有哪一种技术像通信技术一样能够如此快速地提出了制度变革和经济社会发展转型的诉求，也没有哪一种技术能像通信技术一样能够快速普惠大众并为大众所熟稔。事实上，通信技术也并不是只要投入巨大资金就能促进它的快速发展。实际上，通信技术是社会组织形态和技术共同不断适应和革新的结果。

通信技术发展迅速，其代表就是数字技术的出现，它可以在一套系统出现多种类型的业务，使他们进行交换和传输；尤其是全球互联网技术的飞速发展，以及基于互联网技术的业务和即时通讯业务的大规模发展，彻底颠覆了传统通信产业的内涵，为全世界经济社会带来了全新的环境以及新的挑战，因此，我们国家以及各个企业必须打破和调整以往的模式，去建立起一个新的技术模式，促进通信技术的发展。

本书共计 5 章，合计 12 万字，由黄淮学院的李宏升撰写。由于时间比较仓促，加上作者水平有限，在撰写的过程中难免出现纰漏之处，敬请读者谅解。

目 录

第一章 现代通信的基本概述.....	1
第一节 通信概念.....	1
第二节 现代通信研究背景.....	2
第三节 通信系统分类与业务研究内容.....	10
第四节 现代通信技术标准化组织与发展趋势.....	13
第二章 现代通信有线传输技术.....	19
第一节 传输介质.....	19
第二节 同轴电缆概述.....	21
第三节 双绞线概述.....	23
第四节 光纤与光缆概述.....	26
第五节 光端机与光放大器概述.....	33
第六节 光纤通信系统概述.....	41
第三章 现代移动通信技术.....	49
第一节 移动通信介绍.....	49
第二节 电波传播、编码、解码.....	55
第三节 移动通信组网.....	63
第四节 GSM 与 GPRS 通信系统分析.....	73
第五节 CDMA 移动通信系统分析.....	97
第四章 现代数字微波通信技术.....	109
第一节 数字微波通信概述.....	109
第二节 微波传输特性.....	113
第三节 数字微波通信系统.....	115

第五章 现代卫星通信技术.....	122
第一节 卫星通信原理.....	122
第二节 卫星通信组成.....	129
第三节 卫星通信技术应用.....	131
参考文献.....	136

第一章 现代通信的基本概述

第一节 通信概念

一、通信的定义

通信按传统理解就是信息的传输与交换，信息可以是语音、文字、符号、音乐、图像等。任何一个通信系统，都是从一个称为信息源的时空点向另一个称为信宿的目的点传送信息。以各种通信技术，如以长途和本地的有线电话网（包括光缆、同轴电缆网）、无线电话网（包括卫星通信、微波中继通信网）、有线电视网和计算机数据网为基础组成的现代通信网，通过多媒体技术可为家庭、办公室、医院、学校等提供文化、娱乐、教育、卫生、金融等广泛的信息服务。可见通信网络已成为支撑现代社会的最重要的基础结构之一。

（1）通信的定义：通信是传递信息的手段，即将信息从发送器传送到接收器。

（2）相关概念。

①信息：可被理解为消息中包含的有意义的内容。信息一词在概念上与消息的意义相似，但它的含义却更普通化，抽象化。

②消息：消息是信息的表现形式，消息具有不同的形式，如符号、文字、语音、音乐、数据、图片、活动图像等。也就是说，一条信息可以用多种形式的消息来表示，不同形式的消息可以包含相同的信息。例如，分别用文字（访问特定网站）和语音（拨打特服号）发送的天气预报，所含信息内容相同。

③信号：信号是消息的载体，消息是靠信号来传递的。信号一般为某种形式的电磁能（电信号、无线电、光）。

（3）通信的目的：通信的目的是完成信息的传输和交换。

二、消息、信息与信号

一般将语言、文字、图像或数据称为消息，将消息给予受信者的新知识称为信息。因此，消息与信息不完全是一回事，有的消息包含较多的信息，有的消息根本不包含任何信息，为了更合理地评价一个通信系统传递信息的能力，需要对信息进行量化——即用“信息量”这一概念表示信息的多少。

如何评价一个消息中所含信息量为多少呢？既可以从发送者角度来考虑，也可以从接收者角度来考虑。一般我们从接收者角度来考虑，当人们得到消息之前，对它的内容有一种“不确定性”或者说是“猜测”。当受信者得到消息后，若事前猜测消息中所描述的事件发生了，就会感觉没多少信息量，即已经被猜中；若事前的猜测没发生，发生了其他的事，受信者会感到很有信息量，事件越是出乎意料，信息量就越大。

事件出现的不确定性，可以用其出现的概率来描述。因此，消息中信息量的大小与消息出现的概率 P 密切相关，如果一个消息所表示的事件是必然事件，即该事件出现的概率为 100%，则该消息所包含的信息量为 0，如果一个消息表示的是不可能事件，即该事件的出现概率为 0，则这一消息的信息量为无穷大。

为了对信息进行度量，科学家哈莱特提出采用消息出现概率倒数的对数作为信息量的度量单位。

第二节 现代通信研究背景

一、信源编码

信源编码是一个做“减法”的过程。它以信源输出符号序列的统计特性来寻找某种方法，把信源输出符号序列变换为最短的码字序列，使后者的各码元所载荷的平均信息量最大，即优化和压缩了信息。同时又能保证无失真地恢复原来的符号序列，并且打成符合标准的数据压缩编码。信源编码减小了数字信号的冗余度，提高了有效性、经济性，最原始的信源编码就是莫尔斯电码，另外还有 ASCII 码和电报码。现在常用的数字电视通用编码 MPEG-2 和 H.264

(MPEG-Part10AVC) 编码方式都是信源编码。

按编码效果, 信源编码可分为: 有损编码和无损编码。无损编码常见的有 Huffman 码、算术编码、L-Z 编码。

按编码方式, 信源编码又可分为: 波形编码和参量编码。

1. 波形编码

将时间域信号直接变换为数字代码, 力图使重建语音波形保持原语音信号的波形形状。其基本原理是抽样、量化、编码。

优点: 适应能力强、质量好等。

缺点: 压缩比低、码率通常在 20Kbit/s 以上。

适用场合: 适合对信号带宽要求不太严格的通信, 如高品质音乐和语音通信; 不适合频率资源相对紧张的移动通信等场合。

包括: 脉冲编码调制和增量调制, 以及它们的各种改进型自适应增量调制 (ADM), 自适应差分编码 (ADPCM) 等。它们分别在 64Kbit/s 以及 16Kbit/s 的速率上, 能给出高的编码质量, 当速率进一步下降时, 其性能会下降较快。

2. 参量编码

又称为声源编码, 它将信源信号在频率域或其他正交变换域提取特征参量, 并将其变换成数字代码进行传输。

优点: 可实现低速率语音编码, 比特率可压缩到 2Kbit/s~4.8Kbit/s, 甚至更低。缺点: 在解码时, 需重建信号, 重建的波形只能保持原语音的语意, 而同原语音信号的波形可能会有相当大的差别。语音质量只能达到中等, 特别是自然度较低, 连熟人都一定不能听出讲话人是谁。

二、信道编码

信道编码是一个做“加法”的过程。为了使信号与信道的统计特性相匹配, 提高抗干扰和纠错能力, 并区分通路, 在信源编码的基础上, 信道编码按一定规律, 增加冗余开销, 如校验码、监督码, 以实现检错、纠错, 提高信道的准确率和可靠性。

1. 信道编码定理

在香农以前，工程师们认为要减少误码，要么增加发射功率，要么反复发送同一段消息——就好像在人声嘈杂的酒馆里人们需要大声地反复呼叫要啤酒一样。1948年，香农的标志性论文证明，在使用正确的纠错码的条件下，数据可以以接近信道容量的速率几乎无误码地传输，而所需的功率却十分低。也就是说，如果你有正确的编码方案，就没有必要浪费那么多能量和时间。这从理论上解决了理想编/译码器的存在性问题，也就是解决了信道能传送的最大信息率的可能性和超过这个最大值时的传输问题。此后，编码理论就发展起来了，成为“信息论”的重要内容。编码定理的证明，从离散信道发展到连续信道，从无记忆信道到有记忆信道，从单用户信道到多用户信道，从证明差错概率可接近于零到以指数规律逼近于零，正在不断完善。

2. 编码效率

有用比特数/总比特数。在带宽固定的信道中，总传送码率是固定的，增加冗余就要降低有用信息的码率，也就是降低了编码效率。这是信道编码的缺点或者说代价。不同的编码方式，其编码效率有所不同。打个比喻：在运送玻璃杯时，为防止打碎，人们常用泡沫、海绵等东西将玻璃杯包装起来，这种包装使玻璃杯所占的容积变大，原来一部车能装 5000 个玻璃杯的，包装后就只能装 4000 个了。

3. 编码方法

在离散信道中，一般用代数码形式，其类型有较大发展，各种界限也不断有人提出，但尚未达到编码定理所启示的限度，尤其是关于多用户信道，更显得不足。在连续信道中，常采用正交函数系来代表消息，在极限概况下可达到编码定理的限度。

注：但不是所有信道的编码定理都已被证明。只有无记忆单用户信道和多用户信道中的特殊情况的编码定理已有严格的证明；其他信道也有一些结果，但尚不完善。

常见的信道编码：奇偶校验码、循环码、线性分组码、BCH 码。这里简单

介绍以下几种常见码型：

(1) RS 编码：能纠正多个字节的错误。

(2) 卷积码：善于纠正随机错误。

(3) 交织：实际中，比特差错经常成串发生，交织技术分散了这些误差，使长串的比特差错变成短串差错，从而可以用前向码对其纠错，例如，在 DVB-C 系统中，RS (204.188) 的纠错能力是 8 个字节，交织深度为 12，那么纠可抗长度为 $8 \times 12 = 96$ 个字节的突发错误。

(4) Turbo 码：香农编码定理指出：如果采用足够长的随机编码，就能逼近香农信道容量。但是传统的编码都有规则的代数结构，远远谈不上“随机”；同时，出于译码复杂度的考虑，码长也不可能太长，所以，在 Turbo 码以前，即使最好的编码方案，也需要香农定理要求的功率的 2 倍才能达到必要的可靠性。理论数值和实际要求数值之间的能量差距，用对数坐标表示大约为 3.5 分贝。要想缩小这一差距，工程师需要更精细的编码，这成为困扰通信界近 40 年的难题。所以长期以来，信道容量仅作为一个理论极限存在，实际的编码方案设计和评估都没有以香农限为依据。

而 Turbo 码的出现，大大提高了编码效率，被一些特殊场合，主要是卫星链路选用。现在，Turbo 码已走上主流舞台，与下一代移动电话结合，使手机能够进行多媒体数据，如视频信号及图形图像信号的通信。在直扩 (CDMA) 系统中的应用，也就受到了各国学者的重视。同时，为了克服其译码器复杂度高的缺点，又出现了 LDPC 等更先进的编码方式。

三、差错控制技术

信息传输中的差错有多种表现形式：失真 (Distortion)、丢失 (Deletion)、重复 (Duplication)、失序 (Reordering)。差错程度的评估是用误码率来衡量的。

差错控制技术就是为了发现并纠正传输中出现的错误而采取的措施。除了在信道编码一节已经介绍的方案以外，还有一些属于数据链路层的基本方法。

1. 停止等待协议 (stop-and-wait)

即每发送一帧，都要停下来等待反馈信息。发送速度完全受控于接收端的

响应帧。应答帧有两种：ACK：确认帧；NAK：否认帧。

(1) 死锁：若发送端迟迟等不到反馈，就会出现死锁。这时，需要设置超时定时器（timeouttimer），超时后自动重发。

(2) 重复帧：应答为 ACK，但该 ACK 在反馈时候丢失了，启动超时重发后，就会出现重复帧。可以通过给帧设定发送序号的方法来解决这个问题。对于停等协议来说，只需要 2 个编号，也就是 1bit，其取值为 0, 1 交替出现即可。

优点：比较简单，因而被广泛地应用在分组交换网络中。

缺点：在等待状态下，信道利用率不高。并且，反馈信息增加了网络负担，也影响了传输速度。

2. 自动请求重发协议（Automatic Repeat Request, ARQ）

发送端连续发送若干带有序号的数据帧，无须等待响应帧。接收端按序接收数据帧。根据重发策略的不同，分为连续 ARQ 和选择 ARQ。

连续 ARQ：采取后退力帧的重发（go-back-n）方式。在第力帧出错时，接收端发“否认帧”，同时丢弃该帧及以后各帧。发送端重发第力帧及以后各帧。

选择 ARQ：只选择重传出错的帧，后面正确接收的帧，就先存在收方缓冲区中，等所缺序号的帧收到后，再一并交给主机。这样减少了重传，减少了网络负担，但与此同时要求收方加大缓冲区。因而在早期存储器价格昂贵时，应用不多。但如今的存储器沿着摩尔定律，变得越来越便宜，因而选择 ARQ 也就越来越受到重视。

混合 ARQ：即使出错也不丢弃，仅重传出错帧中出错的部分，然后与先前收到的信息进行合并，以恢复报文信息。

在 WCDMA 和 CDMA2000 无线通信中，采用的就是选择性重传 ARQ 和混合 ARQ。

3. 滑动窗口协议（slide-window）

收发双方各拟定一个允许一次性连续发送的多少个帧的最大限度，称为窗口大小。窗口大小多为可变的，发送窗口和接收窗口的长度也可以不相等。滑动窗口协议是在连续收到几个正确的帧后，才对最后一帧发送确认信息的。收

到确认帧后，窗口就向前滑动相应格数。滑动窗口同时也是一种流 E 控制技术。通过调整发送端窗口大小，来改善吞吐量。例如，TCP 协议就是采用的动态滑动窗口。

滑动窗口同时也是一种流量控制技术。通过调整发送端窗口大小，来改善吞吐量。例如，TCP 协议就是采用的动态滑动窗口。

4. 前向纠错 (ForwardErrorCorrection, FEC)

又称自动纠错，不需储存，不需反馈，实时性好，在广播系统、卫视接收等系统中广泛采用。

5. 混合纠错 (HEC)

是 FEC 和 ARQ 两种方式的结合：错误较少时，自动纠错；错误超过纠错能力时，要求重发。

四、多路复用和多址技术

信道资源有限，因而一个信道往往需要同时传输多路信号，这种多用户如何共用一套资源的方法就是多路复用 (Multiplexing) 和多址技术 (exactly)。

从原理本质上来说，多址是在多路复用的基础上实现的，原理是一样的，但对象不同——复用针对资源。多址针对用户。

多路复用技术是在点对点通信中，研究怎样将单一媒介 (medium)，划分成很多个互不干扰的独立的子信道 (subchannel)。从媒介的整体容量上看，每个子信道只占用该媒介容量的一部分。这种分配是永久的，静态的。例如，无线或者电视广播站、微波通信、电话数字中继中的 PCM。

多址技术则是点对多点的，信道资源是动态分配 (dynamicassignment)，用户仅仅暂时性地占用信道，如手机和基站间的通信。

就复用方式而言，有以下 6 大方式。

1. 频分复用和频分多址：FDM 和 (Frequency Division Multiplex Access, FDMA)

优点：容易实现，技术成熟，适合模拟信号。

缺点:

- (1) 保护频带占用带宽、降低效率。
- (2) 信道的非线性失真改变了它的实际频率特性, 易造成串音和互调干扰(交调干扰)。
- (3) 所需设备随输入路数增加而增多, 不易小型化。
- (4) 不提供差错控制技术, 不便于性能监测。

适用范围: FDMA 技术是使用最早的一种多址技术, 技术较为成熟, 应用也很广泛, 目前仍在有线电视、无线电广播、卫星通信、一点多址微波通信系统中应用。在移动通信中, FDMA 模拟传输是效率最低的网络, 这主要体现在模拟信道每次只能供一个用户使用, 使得带宽得不到充分利用。此外, FDMA 信道大于通常需要的特定数字压缩信道, 而且对于通信静默过程 FDMA 信道也是浪费的。但第一代模拟蜂窝移动通信系统中, 采用频分多址技术方式是唯一的选择。到了数字蜂窝移动通信系统阶段, 就很少采用纯频分的方式了。

2. 时分复用和时分多址: TDM 和 TDMA (Time Division Multiple Access)

优点: 无保护频带, 效率高, 占用频带窄, 传输质量高, 保密较好, 系统容量较大。

缺点: 同步要求严格, 必须有精确的定时和同步, 技术上比较复杂。

适用范围: 适合数字信号。如多数计算机网、固定电话网的脉冲编码调制复用(PCM)技术、同步数字体系(SDH)技术、时分多址的 GSM 制式数字移动通信技术等。

在 TDM 之后, 又出现了“统计时分复用 STDM: Statistical TDM”。在 STDM 中, 各帧的长度不确定, 每个时隙都需自带地址信息。

分别给各用户分配一个特殊的编码, 用户可同时占用全部频带, 也没有时间的频率限制(可以互相重叠), 靠信号的不同波形来区分各个用户。在接收端, 只能用相匹配的接收机才能检出相符合的信号。接收机用相关器可以在多个 CDMA 信号中选出其中使用预定码型的信号, 其他使用不同码型的信号因为和接收机本地产生的码型不同而不能被解调。它们的存在类似于在信道中引入了

噪声和干扰,通常称之为多址干扰。CDMA 技术是无线通信中主要的多址手段,应用范围涉及数字蜂窝移动通信、卫星通信、微波通信、微蜂窝系统、一点多址微波通信和无线接入网等领域。CDMA 最早由美国高通公司推出,近几年由于技术和市场等多种因素作用得以迅速发展,它能够满足市场对移动通信容量和品质的高要求,具有频谱利用率高、话音质量好、保密性强、掉话率低、电磁辐射小、容量大、覆盖广等特点,可以大量减少投资和降低运营成本。

3. 波分复用 (Wave Division Multiplex, WDM)

由于波长 $\times$ 频率=速度,而电磁波的速度是一定的,即 $3 \times 10^8 \text{m/s}$,因此波分复用和频分复用的原理实质是一样的,只不过叫法不同,无线通信里多用频率来描述,对应频分复用;而光通信中多用波长来描述,对应的就是波分复用。

4. 空分复用 (Space Division Multiplexing, SDM)

这是最原始、最简单、最无处不在的一种复用方式,但是浪费太大。例如,双向通信的每一个方向各使用一根光纤。两个方向的信号在两根完全独立的光纤中传输,互不影响,再如智能天线技术。

配合电磁波被传播的特征,可使不同地域的用户在同一时间使用相同频率,实现互不干扰的通信。例如,可以利用定向天线或窄波束天线,使电磁波按一定指向辐射,局限在波束范围内:不同波束范围可以使用相同频率,也可以控制发射的功率,使电磁波只能作用在有限的距离内。在电磁波作用范围以外的地域仍可使用相同的频率,以空间来区分不同用户。

充分运用 SDMA 技术,能用有限的频谱构成大容量的通信系统。该频率再用技术主要应用在蜂窝移动通信系统、卫星系统中,但是在应用中,它总是与其他多址技术结合使用。

5. 极化复用 (Polar Multiplex, PM)

利用电磁波的极化特性进行复用。电磁波的极性,取决于瞬时电场矢量端点所描绘的轨迹,有 3 种类型:a.线极化是由水平极化和垂直极化构成;b.圆极化是由左旋极化和右旋极化构成;c.另外还有椭圆极化。在同一个频带利用一对正交的极化波可以传送 2 个载波信号,多用于卫星通信系统中。

多址方式是在多路复用的基础上实现的,因此也有 TDMA、FDMA、CDMA 等方式。在不同多址方式中,其信道的内涵不同。

- (1) 在 TDMA 中,指各站占用的时隙。
- (2) 在 FDMA 中,指各站占用的转发器频段。
- (3) 在 CDMA 中,指各站使用的正交码组。

例如在卫星通信中,我们经常会看到以下两种写法。

FDM-FM-FDMA: 即基带模拟信号以频分复用方式复用在一起,然后以调频方式调制到一个载波频率上,最后再以频分多址方式发射和接收。

PCM-TDM-PSK-FDMA: 这是把话音进行 PCM 编码 (64Kbps),然后用时分复用方式进行多路复用,变为 PDH (或 SDH) 系列的数字信号,再以相移键控 PSK 方式调制到一个载波上,最后进行频分多址方式发射和接收。

第三节 通信系统分类与业务研究内容

一、分类

现代通信网从各个不同的角度出发,可有各种不同的分类,常见的有以下几种。

(1) 按实现的功能分:业务网、传送网、支撑网。业务网负责向用户提供各种通信业务,其技术要素包括:网络拓扑结构、交换节点技术、编号计划、信令技术、路由选择、业务类型、计费方式、服务性能保证机制。传送网独立于具体业务网,负责按需要为交换节点/业务节点之间的互联分配电路,提供信息的透明传输通道,包含相应的管理功能,其技术要素包括:传输介质、复用体制、传送网节点技术等。支撑网提供业务网正常运行所必需的信令、同步、网络管理、业务管理、运营管理等功能,以提供用户满意的服务质量,包括同步网、信令网、管理网。

(2) 按业务类型分:电话通信网、电报通信网、电视网、数据通信网、综合业务数字网、计算机通信网和多媒体通信网等。