

新大话信息通信丛书

# 大话通信

(第2版)

杨波 王元杰 周亚宁◎编著 插画师◎纪旻旻

热销10年，销量突破70000册的经典好书

深受通信人喜爱的**专业科普**读物  
见证通信业发展的下一个10年

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 大话通信

(第2版)

杨波 王元杰 周亚宁◎编著 插画师◎纪旻旻



RFI

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

大话通信 / 杨波, 王元杰, 周亚宁编著. — 2版

. — 北京: 人民邮电出版社, 2019.6

(新大话信息通信丛书)

ISBN 978-7-115-50990-1

I. ①大… II. ①杨… ②王… ③周… III. ①通信技术 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第051632号

## 内 容 提 要

本书从通信发展的历程切入,从人们熟知的通信手段着手,以独特的视角说明通信的目的和方式。本书作者用独特、风趣的写作方式,从通信网络的基础架构到先进的技术,从通信的服务和运营到通信在人们生活中的应用,从基础设施建设到产品开发基础,通俗地诠释了现代通信的主要技术。

本书的主要读者为信息行业中的非技术部门的管理人员、前端的服务人员和销售人员,以及初入信息行业的非通信专业毕业的员工等。本书还可用作通信知识培训的辅助阅读材料。当然,本书作为一本科普读物,适合所有对通信感兴趣的读者。

---

◆ 编 著 杨 波 王元杰 周亚宁

责任编辑 李 强

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京市艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 26.75

2019年6月第2版

字数: 460千字

2019年6月北京第1次印刷

---

定价: 119.00元

读者服务热线: (010) 81055493 印装质量热线: (010) 81055316

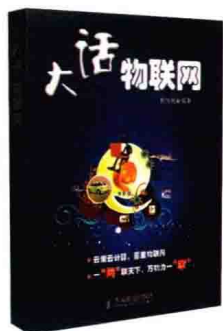
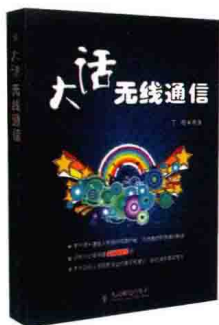
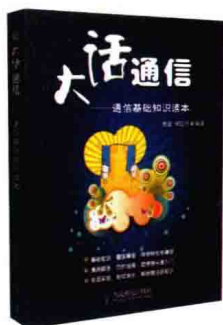
反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147号

它们是通信圈子里的“古典名著”

十载风雨砥砺，十载春华秋实

“大话通信”系列：成就专业科普图书品牌



## 作者简介

### 杨波

通信行业20年从业经历，曾供职于大唐电信，后独立创业，著有《大话通信》《一本书读懂TCP/IP》，目前创业公司从事数据通信、物联网等方面的产品开发工作。

### 王元杰

中国通信学会普及与教育工作委员会委员，中国通信学会高级会员，高级工程师，中国联通战略人才、技术能手、知识型员工，参与出版《无处不在的网络》《走近传送网》《一本书读懂TCP/IP》《努力奔跑，只为遇见更好的自己》等12本著作。

### 周亚宁

通信行业20年从业经历，供职于中国联通集团，高级工程师，从事网络维护工作。

封面设计：宁静王宇 

# 导 言

## 在快乐中学习

先问你一个问题。你知道中国有多少人在干通信这一行么？10万？20万？不，粗略估计，应该有几百万人！你和老杨都属于这个人群中的一员。随着信息技术与通信技术的融合，越来越多的人已经分不清自己是不是干通信的，但日常工作都要和通信网络打交道，如果这么算来，人数会更多。

就说传统的“通信领域”，在这个庞大的行业中，大大小小的你和大大小小的“老杨们”被分工细化为无数工种：软件工程师、硬件工程师、安装工程师、维护工程师、测试工程师、售前工程师、优化工程师、培训师、管理者、美工师、系统分析员、编辑、记者、教师、咨询师、销售等，我们所在的单位可能是工业和信息化部或者下属机构、广电总局或者下属机构、三大电信运营商、铁塔公司、各个行业的网管中心、网络公司，或者是设备制造商、代理商、服务商、渠道商、增值服务提供商、虚拟运营商（VNO）、互联网服务提供商（ISP）、互联网内容提供商（ICP）、网络服务商（NSP）、应用服务提供商（ASP）、系统集成商（SI）、媒体、展商、咨询公司、出版商、研究院、设计院、学校、招投标公司、进出口贸易商，等等。还有在这个领域中的许多岗位，如财务、商务、采购、人力资源、行政、库管，甚至是公司的前台、助理、秘书、打字员，这些岗位本身和通信技术的关系并不是很大，但不可避免地要与各种通信技术打交道，不可避免地要接触大量难以记忆或理解的词汇。遇到陌生的词——中文词组或者英文简写——查教科书吧，枯燥的语言和冰冷的公式又让人望而却步，去“某某百科”？广告充斥，商贾云集，鱼目混珠，真假难辨。“耳濡目染”固然可以，但是要想真正较为系统地了解通信的全貌，还不得不从理论上开始学习。

相对而言，通信专业毕业的人应该是理论最扎实的，但其人数却远远无法满足行业的巨大需求。琳琅满目的新技术、新术语、新概念、新知识、新产品带来了欣欣向荣的新形势、新思路、新理念、新方法、新领域！即使是通信专业的学生，都已经应接不暇，其他专业的学生更是无从下手！因此，中国的信息技术类企业里面充斥着大量“菜鸟级”员工，很多甚至占据着重要的工作岗位。这是事实，绝不是耸人听闻！于是，问题就来了——很多甲方中参与招标选型的员工不懂要选的产品，很多设备供应商中的员工弄不明白自己的方案，很多贸易公司的商务专员只会处理合同金额及付款方式，很多系统集成商的销售人





员只会像卖白菜一样推销自己的产品，许多软件提供商的售前人员只能默写自己产品的技术细节而对整个行业缺乏基本的理解和认知，对行业中的替代型技术不够了解，甚至一无所知，许多技术服务工程师只会安装和配置自己企业的产品而对其实现原理一窍不通，以致遇到稍微复杂点的故障就束手无策、四处求人……诸如此类的事情，在行业内屡见不鲜。这些问题的出现，会影响企业中个人的长期发展，对企业本身的创造力也是一种巨大的束缚。为此，老杨决心用最切实可行的方法把自己所熟悉的通信专业知识传授给从业人员。

那么，究竟采用何种途径和方式呢？老杨从自身多年的学习经验中得出了一个结论：最好的方法，就是采用轻松、愉快的方式学习知识，并在学习知识的过程中，学习“掌握知识的方法”。我喜爱的《数理化通俗演义》的作者梁衡老师对学习给出了以下建议：将枯燥的知识包上一层“薄薄的糖衣”。如何帮助从业人员建立通信网络的基础知识结构，并为非行业人士提供一些有关通信的科普知识呢？

经过两年的努力，《大话通信》第1版于2009年出版了。让我没有想到的是，接近10年时间，这本书竟然卖掉了几万本！占据了通信专业类书籍除课本外的首位！这种意想不到让我们诚惶诚恐，多年来不断有读者通过邮件联系我，提出自己的问题，有技术方面的，也有事业方面的，我在能力范围内尽可能一一作答。2013年以后，第1版中的知识逐渐跟不上时代脉搏，出版社编辑李强建议我再版，但由于通信行业发展迅猛，我创立的公司一直在努力寻找新的业务突破口，忙得昏天黑地，而夫人一直在忙于工作的同时照看孩子，也没有了闲情逸致，于是这件事就一直处于搁浅状态。

2018年年初，就职于中国运营商多年的传输网络专家、我们的老朋友王元杰，和人民邮电出版社的新老编辑都给我们提意见，说10年过去了，老版本还在卖，你有义务再版一本。

我吃了一惊，如果不是版税从未间断地打过来，我几乎都忘了这件事。10年前是什么样子，3G还是“未来”，云计算还是“探索”，IMS“将要”占据移动网核心，ADSL以2~8Mbit/s“为主”……这类的话还在书里写着，关键是书还在书店里或者淘宝、京东上摆着！书架上摆着的那本，没事我翻一翻，就翻出一身冷汗——这让我这个第一作者情何以堪？

10年，这10年通信业发生的变化可谓天翻地覆！10年前我们在头痛3G上了以后还能挖掘出什么新业务，现在还需要讨论吗？10年前我们在争议云计算何时才能落地，现在还需要讨论吗？10年前我们说手机将支持类似对讲机的按键通话（Push to Talk）功能，可今天，你按下微信的“按住说话”按钮，应该知道这是在干什么了吧？10年前我们在分析语音的全IP化还要多久，今天看来，我们还是保守了！

10年来的读者都成长起来了，并成为ICT领域的中坚力量。对于通信新人，我们这些



通信“老革命”是要讲点什么给他们的。

于是，我们和元杰商议，合作出第2版。在第1版的基础上，我们大量删减了已经过时的内容，个别过时的内容我们做了简化，做了少许保留，毕竟先进离不开“先驱”，如果不了解前面的，就没办法理解后面的。另外，我们根据当前行业的新趋势、新技术、新动向，增加了不少更具现实意义的一部分，也对与通信关系并不十分直接的大数据、云计算、AR/VR、人工智能等，有了一定篇幅的描述。能力有限，但初心不改，愿以文飨读者，以文交挚友，岂不快哉！

10年前，我们写这本书的目的，就是让初涉通信的人远离复杂的公式、抛开大段大段晦涩的专业论述，放松心情，愉快地接受通信技术这一人类文明的瑰宝。让我们放眼看看各种各样的通信技术，它们距离现实世界原来是这么近，并不是那么神秘兮兮、遥不可及。对于初学者而言，复杂的公式和烦琐的图表都一样面目可憎，而对于大多数人而言，这些公式和图表对他们的实际工作并非刚需。为了不让读者感到枯燥乏味，我们花了大量的心思，用普通的生活常识来类比复杂的通信知识，并且让任何学到的知识具有可延展性而不是简单地就事论事。也许这就是“授人以渔”吧！

10年后，我们依然不指望任何人读完这本书就能成为通信专家，但是希望读者通过阅读这本书，对通信世界的复杂概念有更加清晰的理解，认识到大量的通信术语其本身的设计思想并没有想象中那样难以理解，同时能够认识到通信技术的一脉相承，认识到中国通信业发展的艰辛和坚强。

在这一方面，我们仍信心满怀！

如果你是通信爱好者而非通信专业人士，也可以把它理解为一本通信科普读物，任何你认为复杂的部分，都可以略过，只阅读对你有价值、有帮助的部分。

总结一下本书的特点：

- 全书没有繁杂的公式、没有对某个技术细节长篇大论的描述，强调定性而非定量，当然也是不可避免的，本书有三处有公式的地方，我们尽可能写得浅显易懂；
- 对通信技术中比较难理解的细节，用生活中的例子来做比较，尽可能用生活语言描述晦涩的术语和复杂的逻辑；
- 尽可能涵盖通信、IT行业最主流的技术和最新的成果，但都不会涉足太深；
- 用类比诠释理论，本书有部分图单拉出来你可能看不出与通信有何关系，通过讲解你就会明白其中的关联；
- 对通信的历史和现状，以“我们”或者“老杨”的视角发表观点和看法，期待与读者共同思考，其实书中的“老杨”代表我们所有主创人员。

从第一版创意之初，我们就知道这几乎是一个前无古人的创意，想把复杂的问题简单化，有可能词不达意，想用比喻来描述某项技术，有可能只是用喻体的某个方面而非全部。





通信技术的每个细节不可能都拿来作比喻，专业人员如果需要更深入了解某个技术领域，还需要阅读专门针对这方面的资料或书籍。道理浅显，这里不再赘述。

总之，初学者能够在快乐中学习，在轻松中提高，在提高中有所思考，是本书希望达到的目标。良药未必苦口，忠言未必逆耳。这，也许是我们的自负吧！不管实际上是否能够完美地达到预期的目标，我们都将为之不懈努力，这就开始吧！

# 前言

## 话说“通信”的基本概念

我们正处在一个高速变革的时代。信息技术、通信技术和数据技术的发展，改变了全人类的经济、政治、军事、工作、生活、娱乐以及你能想到的和想不到的所有领域。我们身在其中，每天感同身受。而如果你手里正捧着这本书，恭喜你，你和我们一样，是这个大行业中的一员，而正是这个行业，充当着这次科技浪潮的中流砥柱。

中国人流行谈论计算机的发展，老杨也经常给朋友们讲，本人当年买过 CPU 主频 133MHz、硬盘 1.2GB、内存 32MB 的计算机，这样的配置足以把同宿舍的人羡慕得要死。每个人都能如数家珍地聊自己用过的手机，无论是 N 牌、E 牌还是 M 牌，那些曾经带给我们无数惊喜的新手机，如今它们都哪里去了？那些当年高贵的“奢侈品”，今天大部分已经成为“电子垃圾”。如今我们广泛应用的最新科技产品，很可能在几年后又成为新的垃圾，无论你手上、桌面上、客厅里的电子产品在今天看来有多么炫酷。“摩尔法则”一次又一次被验证。

10 多年前，中国人流行谈论电话号码的不断升位和手机的更新换代。然后是计算机的更新换代，然后是手机的屏幕大小变化——越来越小，然后越来越大，屏幕上角的显示，从 GSM 到 3G 到 4G 再到 5G 字样。我们曾经为拥有第一部手机欣喜若狂，后来为能春节群发短信热泪盈眶，再后来为拥有一个 QQ 号与朋友天南海北地聊天、没事发个表情觉得难以置信，而今天抱着手机看着抖音、快手，聊着微信、陌陌，看着微博、朋友圈，没事上美团、饿了么订个餐，到京东、天猫下个单，出远门用滴滴打个车，路上顺便玩一玩《绝地求生》或者《王者荣耀》，休息前听一听罗辑思维或者喜马拉雅，这都是通信技术带给这个社会的变化。

这 10 年，越来越多的企业开始谈论云计算、大数据、人工智能、物联网、AR/VR。这些都深刻改变着所有企业的生产经营方式。企业的服务器，要虚拟化、云化、资源池化，企业的市场营销手段，越来越多地需要大数据支撑，企业的决策机制，需要人工智能，各个领域都可能需要 AR/VR，企业的生产、制造、销售全过程需要物联网，企业的门禁系统需要人脸识别，企业的网络安全需要态势感知，企业的个性化需求需要按需定制网络、定制服务……

计算机技术和通信技术在飞速发展，它们的结合具有划时代的意义。以计算机为代表的 IT 产业和以语音、数据通信为代表的 CT 产业，在进入 21 世纪后，融合为 ICT 产业，



这是 IT 和 CT 产业融合的新产业。近 10 多年又有数据技术 (DT) 的发展, DICT 成为新的行业总称号。DICT 带来了一切可能带来的东西, 不管这些东西是好的还是坏的。

通信人在不经意间成为历史的见证者。通信与每个人关系最密切的, 应该就是各种通信终端了, 如手机、电话机、PAD、电视机, 当然也包括计算机。本书除了介绍这些大家都能见到的“终端”外, 还要介绍让这些终端成为通信手段和工具的“背后”的东西——通信网!

本书就将专注于通信网的发展变迁及实用技术的讲解。

让我们暂时放下你手上的所有通信设施, 放下手机、计算机, 放下微信、“吃鸡”游戏, 放下微博、抖音, 从头开始梳理人类“沟通”这一最原始的诉求。

所有人人与人之间近距离的直接交流, 要么通过面对面地说话, 要么用体态 (如手势、身形等) 表示。如果两个人之间隔着一定距离, 那么方法无非以下两种: 要么把要表达的内容写到纸上寄给对方, 于是从信鸽发展到了邮政业; 要么把需要表达的内容转换为文字、声音、标识, 再通过某种装置变成电磁信号, 通过光纤、铜线、无线等传送方式, 从地球的某个角落传送到另外一个角落, 于是, 从烽火台、信号灯开始, 发展到近现代通信业。

我们常常感到, 越是简单的词汇越难以解释: 它可能随着岁月的流逝而不断演进, 比如“宽带”一词, 最早带宽高于 64kbit/s 就算“宽带”, 现在恐怕 100Mbit/s 带宽在很多企业都不够用; 有的词汇也可能在某个历史瞬间就被人们摒弃了, 比如“宽带综合数字网”(B-ISDN); 还可能被其他技术所替代, 如“步进式交换机”早已被“程控交换机”所取代, 而下一代网络 (NGN)、IP 多媒体子系统 (IMS) 又在逐步替换程控交换机。现在这些名词, 在不久的将来被演进、替代或者干脆彻底消失, 这只是个时间问题。

要研究通信, 就要先了解最简单的、最常用的沟通表现形式——就是两个人的交谈。两个人站在那里, 你一言, 我一语, 说得不亦乐乎——千万别小看这生活中每天都发生无数次的细节, 里面蕴含着通信的诸多要素呢。首先, 通话至少需要甲乙双方 (一个人的自言自语当然不能归结为“通信”的范畴), 甲说一句话, 乙听到了, 甲就是信息的源头, 而乙呢, 是信息的“宿”, 就是信息“目的地”。甲的声带、腹腔、胸腔的振动, 通过声波传到乙的耳朵里, 乙接收; 接着乙做相同的动作, 发出声波并在空气中传到甲的耳朵里, 甲接收。当然, 假如甲在讲台上做报告, 乙、丙、丁等人坐在下面听, 这也是一种沟通交流的方式。甲对乙说话叫作“单播”, 甲对一群人说话叫作“广播”。假如甲是老师, 他对教室里喊一句: “所有男生请起立!” 这种情况叫作“组播”。因为他并不是给每个人说话, 教室里坐的有男生, 也有女生, 他说话的对象是人群的一部分 (“男生”)。沟通的目标对象不同, 在通信技术中采用的技术制式就有可能有差异 (如图 1 所示)。

通信技术研究的就是从信息的源头到信息的目的地整个过程的技术问题。但是不管什么情况, 你都可以把通信的源头和目的地分别想象为一个人群或者物群, 比如想象成两个人、三个人或者一万个人, 两个物体、三个物体或者一万个物体。



图1 单播、组播与广播

如果本书研究上面所提到的所有沟通过程，恐怕会成为一部鸿篇巨著！因为需要研究的方向太多了！信件、书法、口才、邮路、声波的传送、声带的构造、耳朵的构成、大脑皮层的工作原理等，恐怕都得成为我们的研究内容。而实际上，本书要探讨的仅仅是上述诸多研究对象中的一小部分，从严格意义上说，应该叫“电信”。其他大部分内容，应该在生理学、解剖学、社会学、物理学、文学、流体力学、邮政学中进行探讨，不属于本书的讨论范畴。

上面的内容并不难理解，难理解的是我们经常遇到的一些词义的混乱。比如“通信”“电信”两者经常混为一谈。“电信”是什么？专家如是说：通过电磁信号传送媒体情报的方式叫作电信。简单讲，可以说电信就是用电或者磁信号，把要表达的信息传递到目的地去。在这里，老杨不想过多地解释“媒体情报”是什么，因为人人都知道通过通信网要传送、能传送什么信息，但是为了规范化，专家们用这么一个稍显神秘的词汇来表示，是为了涵盖所有可能传送的信息以及规避那些钻牛角尖的人的发问。若干年前就有人提出，用手电筒开关打出“三长两短”算不算电信呢？如果这“三长两短”是从灯塔向外发出的信号，表示发送人正处于危险的状态，那么当然算电信，并且还算光通信呢！因为它的确利用了电磁信号（光也是一种电磁信号），并且传递了“媒体情报”！专业化术语，可能会让初学者感到茫然和不知所云，但也许当你再深入学习一段时间后，你会认为这样的定义其实是有价值的。

在工程实践中，人们常说的“通信”和“电信”已经混乱了。“通信原理”其实应该是“电信原理”，“通信网”其实应该是“电信网”。我们只能按照人们的一般习惯，继续使用“通信”这个词，但是大家一定要知道，本书涉及的所有内容，都与电磁信号传送媒体情报有关。

研究通信的人不得不研究网络，因为通信要将信息从源头送达目的地，信息就必须通过中间的各种线路、设备、转换装置等，或者通过空气进行传送。而这些线路、设备等连接在一起就构成了网络，来满足信息传递的相关条件。

我们举个例子来说明通信网络到底是怎么回事，对读者会有所帮助。生活中与通信学类比最好的例子，是道路交通。本书很多通信的概念，都会用道路交通来做比对。繁忙的

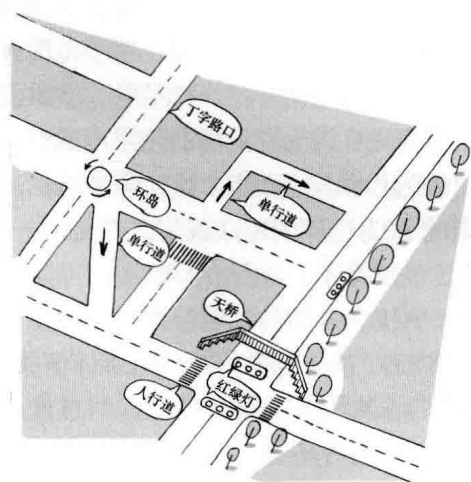


城市，货物要被运送，人要去往自己的目的地，整个城市的交通道路网络是极其重要的。城市就好比整个通信系统，货物、人就像通信系统要传递的信息，道路交通设备就像通信系统中的传送网、交换网、路由网等各种技术体系的网络架构，道路交叉点就是通信网络中的交换机、路由器等。当然，道路交通中的交叉点，也就是十字路口、丁字路口、多岔路口等，我们是不需要购买的，而通信网络中的这些“交叉点”，是价格昂贵的通信设备。

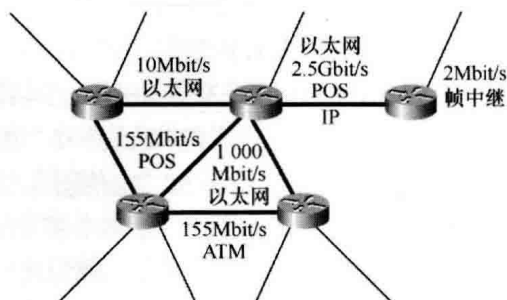
在交通规划中，必须保证任何地点出发的交通工具（无论装载着货物还是人）都能安全、顺利、完整地到达目的地。如果是运送货物，你需要将货物拆分、打包；如果是运送人，你要将人群分组。接着，就要选择合适的交通工具，比如选择大型货车、小型货车、公交车、出租车或是地铁。交通工具不能超载，要严格遵守交通规则……这就是通信网中的编解码以及数据分组格式的选择。当然，通信网与道路交通网的另一大区别是，如果在道路交通中丢失了货物或者人，“补办”成本非常高，有的甚至无法补办。但在通信网络中，通过合理的握手协议的设置，在丢失了信息后，接收端或者中间节点可以要求发送端重新发送一份一模一样的信息，而这个成本，是很低的。

好，假设你开车从王府井去鸟巢，你可以根据自己的经验或查看地图来选择最畅通的道路行驶，也可以收听 FM103.9 北京交通台，实时获取最新的路况信息来选择路径。在通信网中，这就是路由协议、流量工程等涉及的知识了。

形象地说，通信人不断地进行通信中的“道路”“车辆”以及“信号灯装置”和“交通规则”的标准定义、设计、开发、制造、建设、维修及维护，并向有运送需求的人提供有偿服务，如图 2 所示。



复杂的道路  
人行道、单行道、双向车道



网络也很复杂

图 2 道路交通和网络架构



这时候我们发现了一个重大问题：我们人与人之间的沟通，有特定的语言，比如中国人之间说话用汉语，双方能够比较好地表达思想。但是，通信过程中涉及的都不是生物，除了通信终端边上的人以外。带有路由、交换、传输、转换、复用功能的通信设备，都没有真正意义上的智能，最多也就是“人工智能”。在科技还没达到人工智能完全代替人类的时候（当然，人类是否愿意被完全替代，还要另议，这也不属于本书的讨论范围），通信各个环节之间的沟通是靠什么？靠信号！而这些信号必须具备一些基本的规则，比如我告诉你我正在吃饭，我可以直接用嘴告诉你。可是如果我不想说话呢？我可以左手端在下巴下 20cm 处，手心朝上，右手握成窝状，频繁在左手和嘴之间上下移动，对方看到后就知道，这大概是表示吃饭的动作。你的眼睛要根据看到的東西判断我表达的意思。通信各个环节之间的沟通也是一样的，手机如何告诉基站其所在的位置？电话机如何告诉对方“我摘机了，准备拨号”？如何向对方表达我正在拨号？交换机 A 怎么知道交换机 B 是北京的交换机，而自己身处上海呢？有大量的消息要在人所发明的机器之间相互传送。一方要表达的含义，另外一方如何能接收并且接受？很简单，我们要设置一些让对话双方都看得懂或者理解得了的“消息”。在通信技术中，如果 A 告诉 B 一件事情，它们之间必须预置共同的、双方都能理解的语言。这种语言，在通信技术中被称作“通信协议”。通信信号所经过的所有节点设备，都要通过硬件和软件的配合，让它们都“内置”相关的通信协议，这就是通信产品开发人员及安装配置人员所要做的事情。

虽然现代通信技术的发展时间在人类整个历史中的占比非常小，但是人类创造出的通信协议却非常多，它们互相继承、竞争、取代，也经常互相配合、互相取长补短，共同发展。很多通信专业书籍，都在讲通信协议的创建目的、创建过程、协议本身以及由此带来的新问题。在本书中，我们将为各位读者描述当代最流行的众多通信协议究竟要解决哪些问题，以及它们是如何解决这些问题的。

对于新入门的读者，一定要明确：通信和数学不同。数学是诠释大自然普遍规律的基础学科，任何定律，虽然是人发现的，但没有人感性的成分存在。而通信则不同，通信中的大量协议，是在科学基础上人为定义的，比如 IP 数据包的长度范围，它符合科学规律，能够提高效率，但并非只能是这个范围，当然，在人们定义明确以后，就不能再去随意更改和调整了；再比如 PCM 编码，就是打电话的声音在铜线上传送时编成的二进制码，就像发电报要用电报码一样，也是人定义的，你当然可以自己做一套新的编码方式，但是必须让国际标准化机构认可，否则你无法与其他厂家的产品进行互连互通，如若不然，再好的编码方式，恐怕都不会被大众所应用。这就像人类的语言，我们有科学的、合理的部分，但有些也是人类约定俗成的，为什么英语疑问句要倒装，为什么汉语多个字可以是同一个音？这是人类自己定义的，只要大家都遵守即可，无须过度纠结。

上述状况，造就了在同一个技术规范下，不同的标准化组织可能会定义不同协议的情





况,就像同是汉语的同一个词,不同方言的读法、用法也未必完全相同一样。本书中会提到很多这样的案例。所有的通信协议都是通过通信标准进行定义和规范的。通信标准是各个国家之间、机构之间、企业之间或者国家内部协商确定的。这就好比每个国家都要指定各自的官方语言,以统一各种方言一样,中国就要推广普通话,这是所有中国人沟通交流的基础。当然,也有一些行业自己定义了自己的标准,我们一般称之为“行业标准”。

上述内容,虽然描述啰唆一些,但对后续章节的理解有益。接下来,老杨需要对通信中诸多基本技术术语进行简要解释。这些解释,很遗憾,就像新华字典的词条一样,很多都属于“自己解释自己”,如果读者仍无法完全理解下面所谓的“基本概念”,不妨去查查相关资料,或者硬着头皮背下来,并在后面文字中提到这些词汇的时候多思考,以期领悟并最终融会贯通。

- 信号:通信信道上传输的电编码、电磁编码或光编码叫作信号。信号分为模拟信号和数字信号两类。
- 信道:信道是传送信号的通路。信道本身可以是模拟方式的,也可以是数字方式的。用以传输模拟信号的信道叫作模拟信道,用以传输数字信号的信道叫作数字信道。
- 信息:这是一个人人都知道是什么但要严格表达其概念又十分困难的术语。从哲学的观点看,信息是一种带普遍性的关系属性,是物质存在方式及其运动规律、特点的外在表现;从通信的角度考虑,可以认为是生物体通过感觉器官或具有一定功能的机器通过特定装置同外界交换的内容的总称。信息的含义是信息科学、情报学等学科中广泛讨论的问题。一般认为,信息是客观世界内同物质、能源并列的三大基本要素之一。信息总是与一定的形式相联系,就像是灵魂,需要搭载在不同的载体上,这些载体可以是语音、图片、文字、视频等,信息是通过通信系统传递的内容。好了,有人问,孩子的哭声是不是信息?回答:是的。因为孩子的哭声是孩子通过感觉器官(喉咙、嘴巴)同外界交换的内容(要吃饭、要睡觉等),只是这个信息不容易被常人理解罢了,做了父亲的老杨当然还是有些研究的。
- 数据:它是任何描述物体概念、情况、形势的事实、数字、字母和符号。可以说,数据是传递信息的实体,而信息是数据的内容或表达形式。在通信中传递的信息一定要“数据化”,无论什么内容,一定要通过某种数据的形式传递到对端,无法用数据描述的信息是无法传递的,比如至今人类还无法通过电信网传递的气味、直觉等。数据的形式要明确,但数据本身未必是明确的。这仿佛有点逻辑混乱,我们举例说明:A通过电话告诉B,他不一定有空赴宴——其表达的意义是模糊的、不确定的,但是其数据形式是清楚的、确定的——因为A赴宴的可能性有3种,我们用3个数字表示:一定不去(“00”),不一定去(“01”),一定去(“11”),而A告诉B的,是第二种(“01”),这是非常明确的。因此,在A表达了此意以后,B



获得的消息是“A对赴宴的选择是01”。

通信网中的很多概念其实是模糊的，比如有了异步转移模式（ATM）技术之后，把以前的同步数字序列叫作同步转移模式（STM），但是，分组交换（如IP交换）是哪种转移模式？很遗憾，没人把IP称为“异步转移”。HFC本来是混合光纤同轴技术，应该说所有“光纤+同轴”传送技术都应该被称为HFC，但是现在却被特指为双向改造后广电网络的“光纤+同轴”技术了。

历史变革形成了复杂的、多样的技术体制，产生了数不清的名词术语，这让初学者们叫苦不迭，很多传统的学习方法不能有效利用，很多“举一反三”往往得到错误的结论，看似不合理的设计其实是有无数苦衷的。造成这种情况的原因，老杨归纳如下。

- 我们要用发展的眼光看待这种状况。任何时代都不可能忽略过去多年的技术积累和资本投入，去重新设计一套与原有技术毫不相干的革命性技术并付诸实践。
- 由于电信概念、机理和技术发展太快，专家们来不及仔细考虑某个标准定义可能带来的后果；工作在一线的人因为工作繁忙，来不及理解透彻，而工作在二线的人因为离开了一线，未必能认识到讨论某些概念有何意义。
- 某些企业出于商业运作的考虑，不断推陈出新，这些概念，有些成长起来了，而有些中道夭折了，但也带来了学习中的困难。
- 相互替代性较强的概念，有的定义比较含糊，如雾计算和边缘计算，它们其实是有一定区别的，必须深入了解才能得其详。
- 通信专家的工作习惯和命名时存在的某些缺陷扩大了概念混淆，如前文提到的ATM和STM，又比如接入网（AN，Access Network）仅指语音网的V5接入系统，很少用AN来表示数据接入网。

总之，很多通信概念的模糊，都是事出有因的。概念模糊和混淆不可能完全澄清，但也不能放任自流。人们可以识别一些一时出现的概念混淆，却不能脱离永恒的技术融合与技术发展，而在此过程中又不断产生新的、混淆的概念。这种“大体的平衡”将在通信行业或者电信行业中长期存在。

# 目 录

第 1 章 通信发展史 .....	1
古代通信：信息沟通的起步 .....	3
近现代通信：电磁通信和数字时代的起步 .....	4
当代通信：移动通信和互联网时代 .....	7
未来通信：大融合时代 .....	9
第 2 章 用什么实现通信 .....	11
电信网中的通信工具 .....	13
互联网的通信手段 .....	15
专业领域的通信工具 .....	18
家电中的通信工具 .....	20
第 3 章 通信到底是干嘛的 .....	23
第 1 个问题：用什么信息格式传递给对方——编码 .....	25
第 2 个问题：如何找到对方——寻址 .....	27
第 3 个问题：信息传递的额外要求——网络优化 .....	28
额外的一个问题——人性化 .....	30
第 4 章 说说“编码” .....	31
开场白 .....	32
从声音到模拟信号 .....	34
模数 / 数模转换 (A/D 和 D/A)、PCM 和线路编码 .....	36
复用与解复用 .....	41
波特率和比特率 .....	45
几种典型数据技术的数据格式 .....	46
数据包、帧和信元名称的统一问题 .....	59
图像和视频编码 .....	59
第 5 章 讲讲“寻址” .....	61
开场白 .....	62