



季卜枚 主编

全球热点

——信息高速公路

华中理工大学出版社

全球热点

——信息高速公路

季卜枚 主编

华中理工大学出版社

(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

全球热点——信息高速公路/季卜枚 主编
武汉:华中理工大学出版社, 1998.3
ISBN 7-5609-1714-3
I. 全…
II. 季…
III. 计算机网络-通信理论-普及读物
IV. TP393;TN911

全球热点——信息高速公路

主 编: 季卜枚
责任编辑: 黄以铭 杨 鸥

*

华中理工大学出版社出版发行
(武昌喻家山 邮编:430074)
新华书店湖北发行所经销
华中理工大学出版社照排室排版
荆州市今印集团有限责任公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17 字数:418 000

1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印数:1-2 000

ISBN 7-5609-1714-3/TP·278

定价:19.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

国家信息基础设施(“信息高速公路”)建设,是全球的一个热点问题。它是当今时代高新技术尤其是电子信息技术高度发展的标志。本书通过对数字化信息革命的剖析,通俗地介绍了“信息高速公路”的来龙去脉、组成原理及有关基础技术;分析了在科学技术与现代战争的发展进程中诞生的一种新的战争模式(信息战)对国防信息基础设施的要求;阐明了建设全球性的信息网络是构筑“信息高速公路”的目标,以及如何加强“信息高速公路”的政策法规建设等。

本书可供广大科技工作者、有关领导者阅读,也是大专院校学生了解现代化科技知识的良师益友。

前 言

当今世界,声势浩大的信息革命浪潮正拍击着新世纪的大门。人类社会已由农业时代、后农业时代,工业时代、后工业时代逐步步入崭新的信息时代。进入21世纪,信息产业将成为世界第一大产业,信息领域的竞争将成为竞争的核心。谁拥有先进的信息技术,谁就能跻身于世界先进国家之林,在21世纪的世界发展和激烈的国际竞争中保持领先地位;反之,如果在信息技术的掌握和运用上不占优势,就难以稳操胜利之券,乃至失去了“球籍”。“今后的时代,控制世界的国家将不是靠军事,而是信息能力走在前面的国家”,这不是危言耸听的话语,而是从某种意义上反映了时代发展的客观规律。

即将过去的20世纪,是人类社会发展史上最丰富多彩的一页。爆发了两次世界大战,进行了近半个世纪的冷战。进入下半叶以来,虽然新的世界大战没有发生,然而局部战争和武装冲突此起彼伏,连绵不断。而这些战争和冲突,或多或少都伴有高技术战争的特征,充分显示着信息技术在抗争中的威力。1991年,在举世瞩目的号称“2.5次世界大战”的“沙漠风暴”中,美军借助于先进发达的高速信息网络,使“爱国者”导弹成功地拦截了伊军“飞毛腿”导弹。美军从发现“飞毛腿”升空的目标,到把“飞毛腿”发射地点、弹道轨迹等信息,遥传到设在澳大利亚的美军大型数据处理中心,再将电子计算机运算结果传送给远离澳洲的美国五角大楼和驻沙特的美军作战指挥司令部,有效地控制“爱国者”导弹起飞拦截,整个过程只用了两三分钟,远远小于“飞毛腿”导弹的飞行时间,开创了运用信息技术成功控制导弹对弈的先河。战争实践一次又一次地表明了这样一个事实:“电子计算机中一盎司(约28.35克)硅产生的效应要比一吨铀还大”。一些未来学家所预言的“靠信息技术防止或打赢战争”的观点,将成为现实。信息技术无愧为当今世界军事革命的核心。

当我们站在世纪之交,还没有来得及回眸和展望时,堪称“21世纪神行太保”——“信息高速公路”,已支撑着新时代的列车,飞速地闯入我们的视野。“信息高速公路”的问世,象征着人类发展史上一场崭新的信息革命已悄然来临,它预示着人们的工作、学习和生活将要发生革命

性的变革,人类梦寐以求的信息社会即将在“地球村”上出现。

“信息高速公路”,只是一个通俗形象的比喻,就像能够同时高速、并行地通过大量车辆的汽车高速公路一样,它是一种能够同时高速、并行地通过大量信息的高速信息通道。这项宏大的跨世纪工程,是首先由美国政府,于1993年9月作为一项经济发展战略推出的。美国建造“信息高速公路”,旨在建立起一个贯通美国各大学校园、科研机构、工矿企业、政府部门以至寻常百姓家庭、波及各个角落的全国信息网络,目标是将现在的电子计算机处理能力至少提高1000倍,将计算机的通信能力起码提高100倍,将真正使人们在家里办公、实行“电子化政府”变为现实。

美国的“信息高速公路”计划,犹如投石激浪那样,在国际上引起了巨大反响。短短两年多光景,“信息高速公路”已越过国界席卷全球。如今,各国筑路热浪烽烟四起,成为全球性的最热门话题之一。

你可了解“信息高速公路”是怎样构筑的吗?它用什么材料作“路基”?在“路”上开的是什么“车”?“车”上装的是什么“货”?汽车高速公路上有一座座“立交桥”,路旁有供汽车上下的“道口”,这些在“信息高速公路”上有没有?怎样为“信息高速公路”制定“交通法规”,设置“交通岗”?修筑“信息高速公路”对发展经济、繁荣文化、加强国防建设和推动社会进步有何重要意义?兴建“信息高速公路”已成为全球性的行动,不少国家和地区业已“破土动工”,国外筑路对我们有哪些启示?怎样在古老的黄土地上建造华夏“未来之路”?“国际计算机互联网络”——Internet被人们喻为是全球“信息高速公路”的雏形和蓝图,你可了解它的来龙去脉和奇功妙用么?……在这本小册子里,将逐一介绍这些问题。

作者

1997.10

目 录

1. 数字化信息革命悄然来临	(1)
1.1 信息化——未来社会的标志	(1)
1.2 数字化——信息革命的特征	(16)
2. 信息高速公路的来龙去脉	(31)
2.1 科幻作家梦成真	(31)
2.2 白宫官吏露真名	(33)
3. 信息高速公路的奠基石	(42)
3.1 微电子技术	(43)
3.2 光电子技术	(50)
3.3 现代通信技术	(60)
3.4 现代计算技术	(122)
4. 信息高速公路透视	(144)
4.1 铺的是什么“路”?	(144)
4.2 开的是什么“车”?	(150)
4.3 运的是什么“货”?	(153)
4.4 上的是什么“桥”?	(161)
4.5 下的是什么“道”?	(174)
5. 战场信息高速公路	(179)
5.1 信息抗争的呼唤	(179)
5.2 兵不血刃的战场	(184)
5.3 反“黑客”防病毒	(187)
6. 信息高速公路的雏型	(192)
6.1 互联网络的由来和特征	(192)
6.2 互联网络的接入方式	(198)
6.3 互联网络的奇功妙用	(199)
7. 全球一网——信息高速公路的真谛	(226)
7.1 编织环球信息网	(226)

7.2 网潮涌动地球村	(237)
7.3 CHINA——华夏“未来之路”	(247)
8. 信息高速公路上的“交警”	(257)

数字化信息革命悄然来临



伴随着科学技术的飞速发展,人类开始步入了梦寐以求的信息化社会。物质、能量和信息是支撑现代社会文明的三大支柱,已成为人们之共识。在这三大支柱中,信息尤其显得重要,堪称“现代社会之魂”。因为现代社会的物质、能量的流动,无不取决于信息的畅通。只有在正确的时间、正确的地点,提供正确的信息,物质和能量才能转化为生产力。如果信息不畅,即使有众多的物质和强大的能量,也不能发挥出其应有的效能。

90年代初,发达国家中美国率先提出了国家信息基础结构(NII)的发展规划,一个兴建“信息高速公路”的热潮迅速涌动全球。它预示着一场世界性的信息革命正在孕育,即将诞生。这场人类有史以来前所未有的信息革命,是以“数字化”革命为先导、以实现社会信息化为标志的,因此,也称为“数字化信息革命”。

1.1 信息化——未来社会的标志

“现代化”是我们经常提到、听到、看到的名词,诸如现代化的工业、现代化的农业和国防现代化、科技现代化等等。

现代化具有动态性,它不是一经形成就成为静止的固定的形态,而是一种不断向前发展的过程。科学技术的飞速发展,为现代化推出了一个又一个高潮,而每次高潮的形成,都显现出其鲜明的时代特征。

不同社会的发展时期,有不同意义上的现代化标准和内涵。500年前的“现代化”,主要是指实现社会的农业化,50年前的“现代化”,主要旨在实现社会的工业化,今天,甚至21世纪的“现代化”,则应主要是指“信息化”。

这是因为自本世纪中叶以来,尤其是近30年来,信息革命在全球蓬勃兴起,为社会生产力的发展,注入了新的活力,开辟了更加广阔的前景。通过贯通全球的信息网络,可以将地球上处于任何地点的人们都拉得近在咫尺。曾几何时,神话中的“千里眼”、“顺风耳”令不少人敬慕,然而,在神奇的信息技术面前,它们的能耐已相形见绌,日显贫乏。世界上尽管有些国家经济发达,有些则正处于发展之中,工业基础相差明显。但是走向信息化,或者说向信息化时代迈进,都是一个不可避免的发展趋势。只是向信息社会逼近的速度有快有慢,时间有早有迟罢了。用不了太久,信息化就将成为现代化的核心,这是一条不以人们意志为转移的客观规律。没有信息化的现代化,不可能是真正的现代化。正如江泽民主席指出的那样,“四个现代化,哪一化也离不开信息化。”只有大力推进信息化,才能真正实现工业、农业、科学技术和国防的现代化。

所谓信息化,简单地说主要是指电子计算机化。不难设想,在当今时代,乃至未来社会,倘若没有电子计算机参与,将会出现什么样的情景!可以预言,到了信息社会,整个社会的方方面

面,都将被嵌入计算机信息网络之中。

1. 见智见仁话信息

要探讨“信息化”,不妨先从什么是“信息”谈起。

信息是目前报刊上出现频度很高的时尚名词,其实,它源远流长,自古有之。我们的祖先早在1000多年前就创造了“信息”词语,并广泛应用到唐诗宋词中。大约距今1160年前,唐代诗人许浑的《寄远》诗中,就用到了“信息”这两个字:“塞外音书无信息,道傍车马起尘埃。”稍后100多年,南唐李中的七律诗有“梦断美人沉信息,目穿长路倚楼台”(《暮春怀古人》)。宋词中有毛滂的《浣溪沙》:“雁过故人无信息,酒醒残梦寄凄凉”。

对“信息”这个词的含义,古人多半把它当作消息使用,而且认为这种消息可以寻觅,可以储存积累。“梦断美人沉信息”的“沉”字就含有将消息存储在记忆中的意思。在古人眼中,信息有时价值连城,宋代李清照《上枢密韩肖胄诗》道:“不乞随珠与和璧,只乞乡关新信息。”她认为信息远比世上珍贵的“随珠”和“和璧”的价值要高。

“信息”词意演化到当代,人们不断赋予它以现代内涵意念。然而,信息究竟是什么,却是众说纷纭,歧义颇多,国内外科学界都各有自己的界定。德国语言学家乌本·波克森称“信息”为“变形词汇”,因为这个词的含义迄今多达几十种,甚至上百种。当前,虽然人们对信息的定义还没有一个公认的定论,但是这并不妨碍信息在社会生活中所处的地位。正如人们至今还未能给“电”下一个确切的定义一样,然而这并不影响100多年来“电”在人类生活中所起的巨大作用。

信息一词最早来源于拉丁文“Information”,原意是解释与陈述。信息,是一个近几十年来才被人们认识和广泛研究的、内涵和外延都是极为广阔的概念。学者们从不同的角度给予信息以不同的定义:

有的学者从资源角度分析信息,认为信息与物质(材料)、能量(能源)是社会、经济发展的三大支柱。物质作为资源,它为社会提供各式各样的材料;能量作为资源,它为社会提供各种形式的动力;信息作为资源,它向社会提供的是人类最宝贵的知识和智慧。信息是一切知识和智慧赖以生长的原材料,没有信息就不可能加工出知识,也就不可能产生智慧。

信息、物质和能量被推崇为社会、经济发展的三大支柱是逐渐被人们所认识、所接受的。纵观社会发展史,人类最早认识的是物质,又经过了漫长的时间,进入了工业化社会才从本质上认识了能源。直到本世纪中叶,特别是第二次世界大战以后,由于科学技术的飞跃发展,社会经济中的信息流量与日剧增,人们强烈地意识到,我们不仅离不开阳光与空气,同样离不开信息。1979年,美国卡特发表了一篇题为“照亮了道路”的讲话,指出“信息就像我们呼吸的空气一样,同样是一种资源。精确有用的信息,就如同我们身体所需要的氧气。”

信息、物质和能源是互为依存的共生物,在人类社会长河中,它们都是同时投入的,但投入的比重随着社会的发展有所不同。当前,新技术革命的浪潮,以其锐不可挡之势,叩开了信息时代的大门,以知识密集型为标志的高技术产业独树一帜,信息成了推动社会发展的筹码,正如我国著名科学家钱学森所说,“新的技术革命的核心内容是信息”。

有的学者从数学观点描述信息,认为信息是使随机概率分布发生变动的事物;有的学者从物理学观点阐明信息,认为信息是物质和能量在时间和空间中分布的不均匀性;有的学者从情报角度阐述信息,认为信息就是情报,情报是狭义的信息,信息是广义的情报,当今时代,信息闭塞情报不灵是落后的代名词;有的学者则从广义角度赋予信息以更广泛的含义,认为世间任何物质运动状态的变化以及能量的传递和转化,都会产生不同形态的信息,因此,从广泛意义

上说,信息就是关于客观事物运动的知识,它是物质和能量的多种属性的表征。比如,冰融化成水时,物质由固态变成液态,体积减小,温度升高,诸如此类现象,都可以认为是冰融化为水时所产生的信息。

下面,是信息论的奠基人申农等科学家对信息的具体论述。早在信息论(诞生于1948年)问世以前,哈脱莱于1928年发表了论文《信息传输》,首次把“消息”和“信息”区别开来,澄清了人们许多模糊认识。按照哈脱莱的观点,信息是一种事先未知的消息,能给人增加新的知识,不具备这种作用的消息,也就是说没有用处的消息,就不能称之为信息。《辞海》注释中指出,“对消息接受者来说预先不知道的报道”就是信息,其中的关键在于“新”。旧的消息、情况、动态和知识等就不能参与信息之列,而且同样一条消息、报道,可能对一些人来说是信息,而对另一些人来讲,则不能称之为信息。基于此种观点,现在有些报刊上常出现“最新信息”、“新到信息”等词汇,似有重叠用词之嫌,实属没有必要。但对前面提到的古人李清照“只乞乡关新信息”中的“新信息”就另当别论不能苛求了。但也不能以此为据,说明“新信息”此类提法是科学的。

信息论的创始人申农和控制论的创始人维纳对什么是信息,有过异曲同工的描述,申农认为,“信息是用来消除随机不确定性的东西”,维纳也认为“凡是在一种情况下能减少乃至消除不确定性的任何事物都叫信息”。他俩都提到了“不确定性”的问题。

所谓不确定性,通俗地说,是指人们在获取某一信息之前,对其知晓程度呈模糊状态,对其多种可能性难以判断。由此可见,“信息的实质是对不确定性的否定”,不确定性程度越大,信息量也越大。例如有同志问:10月1日是不是国庆节?或者问今天是不是国庆节?答案只有“是”与“否”两种可能,根据计算,信息量为1(比特)。倘若这样问:10月1日是星期几?答案就将有多种可能,其信息量就远比1(比特)大。由此看来,状态越不稳定,信息量就越大。

从信息论观点看,信息传输(通信)的目的是为了消除信息接收者在认知上的不确定性,也就是说,是使信息接收者对一些问题由认识模糊转变为认识明确,由情况不明难以决断转变为情况明能决断。因此,判断一条消息是否含有信息量,含有多大的信息量,主要是看这条消息能在多大程度上消除信息接收者的认识上的不确定性。

控制论创始人维纳,从自动控制的角度研究信息,认为要对一个系统进行有效的控制,离不开对信息的收集、传输和处理。但必须把信息的概念作进一步推广,使它不仅仅局限于通信系统,于是把专门研究通信问题的信息论(叫狭义信息论)推广到研究各个领域的广义信息论的新阶段。

信息,人类用得最早,但却懂得最晚。早在远古时代,人类尚未出现语言时,就会运用表情、手势等传递视觉信息,然而,直到20世纪才开始重视探讨它的量和质,以及信息的种种特征。

基于对信息的定义尚无统一的说法,因此,对信息特征也有各种各样的描述。主要有:

- 可测性 常言道,尺寸量长度,斤两度重量,信息的多少也可以度量,这就是“信息量”。

信息量是信息抽象化、定量化的描述,信息量的大小同信息作用的大小不是一个概念。对于信息接受者来说,获得某个信息可能事关重大,也可能无足轻重,这是信息作用的大小。但是,信息量不是根据它的作用来确定的,按照信息论创始人申农关于“信息是一种用来消除接收者认知上不确定性东西”的观点,信息量可以根据接收者不确定性被消除的程度来确定、来计量。其表达公式为

$$\text{信息量} = -\log_N \frac{\text{接受信息后可能性空间}}{\text{接受信息前可能性空间}}$$

当对数的底数为2时,信息量单位称比特;

当对数的底数为 10 时,信息量单位称哈特;

当对数的底数为 $e(2.718)$ 时,信息量单位称奈特。

举个例子,假设我们到 1000 人的学校中去找 1 名学生,当校门口值班员告之该学生在某班级(假设该班级有 100 人)时,则这个信息的“信前可能性空间”为 1000,“信后可能性空间为 100”,根据公式可计算出其信息量为

$$\text{信息量} = -\log_N \frac{100}{1000}$$

当对数底数 N 取 10 时,则信息量为 $-\log_{10} \frac{100}{1000} = 1$ 哈特。

到了班级后,有人告之,那名学生在某一学习小组(设该学习小组有 10 人),那时,我们又获得了 1 哈特信息量 $\left(-\log_{10} \frac{10}{100} = 1\right)$,至此,总共获得了 2 哈特信息量:

$$\text{总信息量} = \left(-\log_{10} \frac{100}{1000}\right) + \left(-\log_{10} \frac{10}{100}\right) = (1+1) \text{哈特} = 2 \text{哈特}。$$

此结果同直接告之该学生在某一班组时所获得的信息量 $\left(-\log_{10} \frac{10}{1000} = 2 \text{哈特}\right)$ 是相等的。

从信息传输观点看,以上公式可以改写成

$$\text{信息量} = -\log_N \frac{\text{后验不确定性}}{\text{先验不确定性}}$$

前面曾经提到,信息论是利用数学的方法,研究信息的计量、传递、交换和存储的一门新兴学科,也称为统计通信理论。任何一个信息传输系统都是由发送端、接收端以及连接它们的通道三者组成。信息在传递之前,接收信息者不可能确切了解信息发送者究竟会发出什么样的具体信息,这种情形通常被称作信息接收者对于信息发送者状况具有不确定性。因为这种不确定性产生于信息传输之先,因而可简称为“先验不确定性”。只有当信息传输完毕,信息接收者收到了信息发送者送过来的信息,这种“先验不确定性”从理论上才能被消除,实际上只能被减少到一定程度。这是因为信息在传输过程中,由于种种原因,总会受到这样那样的随机干扰(包括各种噪声和串、杂音),使信息传输受到影响,严重时受到破坏。这样,信息接收者收到的信息往往总是不完全的。换句话说,“先验不确定性”不能全部被消除,只能部分地消除。在信息传输之后,信息接收者还仍然存有一定程度的不确定性,这种现象称作“后验不确定性”,它通常小于“先验不确定性”。

在理想情况下,“后验不确定性”等于零,这表示信息接收者收到了信息发送者送出的全部信息,从公式中不难看出,此时信息量最大。如果“后验不确定性”与“先验不确定性”的数值相等,表明信息接收者根本没有收到信息,信息传输失败。

在信息传输系统中,计量信息大小常用比特为单位。比特(bit)一词源于英语“binary digit”(二进制数字)的缩写,以 bit 的发音取名。二进制数字中,每一个“0”或“1”,就包含有一个比特的信息量。如果每秒钟传输 1000 个二进制“0”(或“1”),其传输速率记作 1000 比特/秒(简记作 1000 比/秒,或 1kb/s)。此外,还有兆比特/秒(记作 Mb/s)和吉比特/秒(记作 Gb/s)等。

既然“信息是消息中不确定性的消除”(哈脱莱的观点),而某一事件的不确定性是由它的随机性产生的,因此,信息量的大小,也可以用事件发生的概率来度量。其计算公式是:

$$I = -\log_N P$$

式中, P ——某事件出现的概率; I ——该事件所具有的信息量。

如前所说,信息量的单位取决于对数的底数。

概率又称几率,是表示随机事件的可能性大小的一个量。必然发生的事件概率为 1,不可能发生的事件概率为零。一般随机事件的概率是介乎零与 1 之间的一个数。由于概率(P)是不大于 1 的非负数,从对数性质可知,上式中, $-\log_N P$ 不会是负数。

当某一事件的发生与不发生具有同等的可能性时(即 $P=1/2$),这样的事件称为“二中取一”的等概率事件。例如,向上抛一枚质地均匀的硬币,人们只能预言下落到地上硬币的国徽面和数字面朝上的概率各为 $1/2$ 。抛之前,不能确定何面向上,只知道出现两种情况的机会是均等的,等抛过以后,原来存在的 $1/2$ 的不确定性被消除了。因此,获得的信息量为

$$I = -\log_2 \frac{1}{2} = 1 \text{ 比特}$$

由此看来,1 比特信息量是表示含有两个独立等概率事件所具有的不确定性被消除所需要的信息量。或者说,获得 1 比特信息量的涵义是事件的不确定性空间刚好缩小了一半。消除的不确定性越多,信息量就愈大。

信息量和热力学中的“熵”是紧密相关的,而且度量的方法也是一样的。在热力学中,熵表示粒子之间排列的无规则程度,或者说,表示粒子系统中的紊乱程度。粒子排列得愈无规则,系统就愈乱,熵就愈大。反之,粒子排列得愈有规则,系统就显得井井有序,熵就愈小。从不确定性观点看,熵愈大,其不确定性也愈大;熵愈小,其不确定性也愈小。而这一点正好与确定信息量的大小相一致。有的时候,称信息为负熵就是基于这个道理。

信息量的度量方法,对研究信息传输系统的工作状况关系非常密切。在“数字化——信息革命的特征”一节中,将会看到,数字通信系统中的数字波形在同一时间只有两种状态:或者是“有电流脉冲”(“正电流脉冲”),或者是“无电流脉冲”(“负电流脉冲”)。如果“有电流脉冲”用数字“1”表示,则“无电流脉冲”可用数字“0”代表。“1”和“0”的出现,实质上是“二中取一”的等概率事件,所以,它们均含有 1 比特的信息量。

• 共享性 多方共享信息是信息区别物质、能量的一大特征。信息对于人们是十分公平的,就像人们公平地汲取阳光、呼吸空气一样。电视节目、新闻广播、报刊杂志人人都可以收视。当前,在国际计算机互联网络(Internet)上只要申请加入,所有联网用户都可享用网上的信息资源。在未来的“信息高速公路”上,任何人都可驱“车”上“路”行驶。

• 时效性 信息的价值在于它的时效性,因此,及时地占有信息、迅速地传递信息和准确地处理信息显得十分重要。据报导,中国科学院理论物理研究所一位青年科学家,经过辛勤劳动取得了一项开创性的科研成果,他立即书就研究论文,用普通邮件寄往某国际学术组织,邮路耗时约需 1 周~2 周。不巧,一位外国学者也进行了相同内容的科学研究并写好了论文,由于它使用了电子邮件,虽然比中国学者晚几天发出,由于电子邮路耗时甚短,因而捷足先登,一举成了世界首创。中国青年科学家多年呕心沥血的结晶,失去了应得的荣誉。现在世界各国纷纷建造高速信息网络(“信息高速公路”)正是为了加快对信息的获取、传输、存储和处理。据报导,未来的高速信息网络的传输速率可以达到 10 亿比特/秒以上,比目前的信息网络的传输速率快 1 000 倍~10 000 倍。1 个汉字约有 16 比特的信息量,10 亿比特相当于 6 000 多万个汉字的信息量。如果用未来的高速信息网络传递每天 8 版(约 8 万个汉字)的两年多的《人民日报》,1 秒钟就可完成,信息传递的时效性得到前所未有的提高。马克思有句至理名言,无论是对于个人,还是对于社会,其发展的全面性,取决于是否节省时间。任何一种节省归根结蒂是为了节省时间(摘引自《马克思恩格斯全集》第 46 卷)。赢得了时间就能创造财富,就能赢得胜利。

• 泄能性 信息是一种能量,信息是一种武器,已被第二次世界大战以来的局部战争和武

装冲突所证实。统计资料表明,摧毁一个钢筋混凝土飞机掩蔽部,在第二次世界大战期间平均需要 9 000 枚炸弹;在越南战争期间平均需要 300 枚普通导弹;海湾战争中,由电子信息技术武装起来的 F-117A 隐身战斗机仅用 1 枚激光精确制导导弹即可将其摧毁。这充分说明信息可以泄放出能量,可以转换成能量。

海湾战争开创了导弹对弈的先河,从某种意义上讲,这场战争是高技术条件下的导弹战。海湾战争中,美军借助于一套高效、灵敏的远程信息传输系统,使伊拉克“飞毛腿”导弹飞行的全过程完全处于严密的监控之下,因而牢牢掌握了“爱国者”导弹寻歼“飞毛腿”的主动权。美军从探测“飞毛腿”的发射地点和飞行轨迹,到指挥“爱国者”导弹升空迎击,仅仅花了两三分钟时间,而这短短的时间却流过了数亿比特的信息,为美军赢得胜利创造了条件。外国评论家评介海湾战争时指出,这场“二战”以来规模最大的局部战争,是信息技术登台亮相的舞台,是“硅对钢的胜利”。

• 存储性 控制论创始人维纳对信息有过论述,他在 1948 年出版的《控制论——动物和机器中的通信与控制问题》一书中道出了一句名言:“信息就是信息,它既不是物质,也不是能量。”这表明信息与物质、能量之间有着属性上的差异。物质和能量具有可消耗性,饮水用完了就没有了,蜡烛点完了也就消失了。信息却没有消耗的问题,它可以不只一次地反复使用,而且往往越用越多,呈现自增殖的积累状态,并可长期存储起来。

任何物体都具有一定的质量,而信息本身却没有质量。信息是无形的,没有相应的实体。信息本身只是一些抽象的符号,它并不是以一定的实体形态出现的。信息有诸多的表现形式,而且可以转换。它既可以用语言、文字、图像、音乐和数据等形式进行传递和保存,也可以转变成光电(磁)信号,储存在计算机的磁盘或光盘中。

任何一种物质当它转移到别的地方去后,原来的地方就不再有这一物质了。而信息则不同,当我们将关于某一事物的信息传送给他人后,原来拥有的信息并不因此而减少或丢失,却仍然存储在原处。信息也不遵守能量守恒定律,存储在载体中的信息可能因时间的推移而丢失,大脑记忆的信息有时会遗忘即为一例。

• 无限性 信息是人类思想活动和多种知识以及人们对外界现象的反映,是一种取之不尽、用之不竭的潜在资源。透过多种信息,人类对自然世界的认知可以是无限的,这种无限的认知帮助人类找到解决多种问题的办法也会是无尽的。一条反映客观世界的信息一旦被创造出来,可以无限制地“拷贝”,供众人使用,成为大家的共同财富。

• 双刃性 现代社会中,信息的重要性是不言而喻的。对领导机构和领导者来说,信息是决策的依据,“情况明,决心大,办法对”,情况模糊,决策失误。在市场经济条件下,信息是生意场上的雷达,信息不灵,生财不成,信息加上管理等于财富。在现代战争中,信息是作战致胜的筹码,知己知彼,知天知地,得胜之道也。总之一句话,有价值的信息,无异于阳光和氧气。

然而,需要着墨一笔的是,并不是说,信息越多越好。因为事物的存在与发展,总有一定的“度”,超过了一定的数量界限,事物往往走向它的反面。常言道,民以食为天,但人如若吃的东西太多,超过了胃肠的正常承受力,则会出现消化不良。同样道理,面对汹涌澎湃的信息海洋,如果大脑总在接收大量杂乱无序的信息,又来不及理解消化,就会发生所谓的“信息消化不良”,出现“信息过剩症”。

太多的信息必然会带来太多的参照系,让人变得无所适从,不知所措,犹如“戴一块手表的人知道准确的时间,戴两块手表的人反而不敢确定当前的钟点了”。这条颇有名气的“萨盖定律”,已被许多活生生的现实所检验。举世瞩目的海湾战争,以美军为首的多国部队是胜利者,

然而,在战争初期,美军也饱饮了信息超载和泛滥干扰之苦。由于信息过量,弄得美军不知所措,乃至陷入一片混乱,无法为指挥决策者提供强有力的信息支援。

在信息时代,信息渠道堵塞是危险的,而在信息的海洋中失去选择力、辨别力,同样是危险的。

• 流通性(也叫传输性) 信息的价值在于流动,只有流动起来才能为众人所共享。信息本身不显示价值,只有通过传递才产生价值,促进经济发展。按照西方经济学观点,信息流量是国民经济发展的倍乘因子,用公式可表示为

$$\text{社会净产值} = \text{物质生产投入总和(主要包括人力和资金)} \times \text{信息流量}$$

人类进入信息化社会以后,随着高速信息网络的建立,信息流量将呈几何级数增长,因此,经济发展必将突飞猛进。

既然信息是可以流动的,因而出现了信息系统。按照信息论的观点,一个完整的信息系统,都是由“信源”、“信道”和“信宿”三部分构成。任何一种信息总有一个发源地和目的地。比如,李四向张三通报一个重要信息,那么,李四是信息的源头,叫“信源”;张三是信息的归宿,叫“信宿”;李四与张三之间的信息传输通道,叫“信道”。为了提高信息传输的效能和保证信息传递的完整性,信息在传输前、传输中和传输后都要进行科学的检测、加工和反馈。图 1-1 所示的是一个信息随机输入、输出和反馈的模式图。

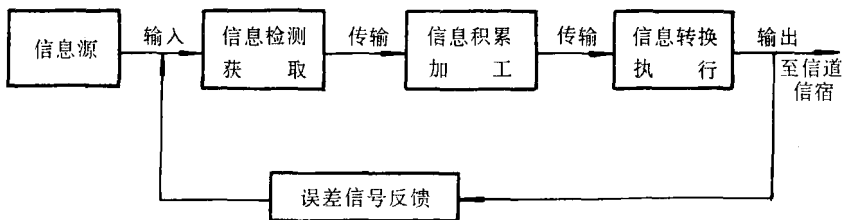


图 1-1 信息输入、输出和反馈模式

在信源、信道和信宿三个要素中,信源与信宿可以互相易位。甲、乙两方打电话,甲方讲话时传出的信息是信源,乙方接受了甲方传来的信息是信宿;但当乙方根据甲方信息作出反馈时,乙方就成了信源,甲方接受了乙方反馈的信息,此时就转变成了信宿,如此反复不已。然而,作为信源与信宿之间流通的桥梁——信道,则是相对不变的。

信源、信道和信宿有一个共同的特点,就是“多种多样”。我们说,信息是可以流通的,但不能将它理解成从信源到信宿传递的,是像电和水那样的信质。信息的内容必须通过一定的形式反映出来,这就是“信号”。换句话说,信息是通过一定的信号传递的,信号起着信息载体的作用。信源发出信息时,一般是以某种信号表现出来的,而这些信号种类繁多,有以电信号为载体的,如有线电通信、无线电通信等,有以光信号为载体的,如无线光通信(大气激光通信)、有线光通信(如光导纤维通信)等。此外,信息的表现形式也是多种多样的。同样一条信息可以用语言的方式表达(如用电话传递信息),也可以用字符(字母、数字和符号的统称)、图像的方式表达(如用电报机、传真机传递信息),还可以转换成电子计算机代码等。此外,信源送出的信息可以压缩在很短时间内快速传递,也可以缩小到很小的空间范围内先储存起来。

信宿和信源一样也是多种多样的,可以是人,也可以是机器。机器的种类因信息的表达形式而异。有接收字符的电报机,接收图像的传真机和接收数据的电子计算机等。

信道作为传输信息的媒质也是多种多样的,如有线电通信系统中的各种电缆、导线等,无

线电通信系统中的自由空间和电离层等。信息正是借助于各种媒质,利用电信号或光信号,以每秒钟 30 万公里的速度遥传四面八方。有些传播方式是定向的,即有明确固定的对象,有些则是不定向的,甚至是全方向的。不管人们愿不愿意,每时每刻都会接收到大量的信息。

信息传输系统中的信源、信道和信宿三要素与交通运输系统中的车辆和道路有点类似。交通运输中有装货和卸货的过程,信息传输时也有“装”和“卸”的问题。“装”就是将欲传递的信息变换成适合信道传输的形式,“卸”是指将从信道上送来的信号转换成使信宿能够接收的形式。在信息系统中,前者称作“编码”,后者叫做“译码”。

譬如说,传递一份电报,发报人(信源)先将自己想表达的意思拟成电文,经报务员把电文通过机器或手键转换成电码,这就是“编码”,这里的“码”就是指按照一定的规则排列起来的符号序列,经过编码,消息(信息)就演变成了信号。在实际信息传递过程中,信息往往要经过多次编码才被送入信道传输。

电码信号通过信道传送到接收端以后,收报员先将电信号接收下来,随之将电码还原成电文,这就是“译码”。译码实际上是编码的反变换,经过变换,使收报人(信宿)理解发报人要表达的意思,这就是电报传递信息的过程。

不仅发电报如此,一切信息传递过程概莫例外。只是具体的信源、信道、信宿以及编码、译码的方式方法,可能有所不同罢了。

我们知道,一定宽度(车道)和质量的道路,在一定时间内通行的车辆数量是有一定限度的。传输信息的信道也是一样,在一定时间内和在特定的信道中,传输信息的多少有个最大限度,即通常所说的信道容量,或者称作信道的传输能力。在信息系统中,通常用“带宽”(bandwidth)来描述物理信道传输信息的能力。“带宽”来源于无线电技术,它描述一个无线频道或波段的宽度,亦即其中所能传输的信息的数量。

带宽与传输速率息息相关,带宽愈宽,所能允许的传输速率就愈高,传输时间就愈短。据统计,最新版本的《牛津英语词典》,估计有 4 150 万个单词,在普通“信息公路”(电缆、导线)上以 9 600 比特/秒速率传输,约需 9.6 小时,而在宽带的“信息高速公路”上传输仅需 3.6 分钟(以 1.544 兆比特/秒传输时)乃至 0.92 秒(以 45 兆比特/秒传输时)即可。

交通运输中,在道路一定的条件下,提高运输效率主要是在确保安全前提下多装快跑。在信息传递过程中,当信道容量一定时,要提高传输效率,也可以在“多装”上挖潜力。就是说在编码时,使用的编码符号要尽可能的少,在信息论中这叫多余度要少。采用信息压缩技术是实现“多装”的有效途径。譬如说,传输 1 秒钟的彩色电视图像需要 9 200 万位二进制数码,而普通电话线每秒钟只能容纳 19 万位二进制数码,如此悬殊的传输速率差,只有靠数字压缩技术才能解决。这样,在普通电话线上,就可开通彩色可视电话。描写恐龙的影片《侏罗纪公园》包含有 1 000 多亿个数据字节,通过数字压缩技术可以用 40 亿个字节进行传输。

经过数字压缩技术处理过的图像,不仅可以在普通电话线上传输,也可利用无线电链路实现。英国目前研制出了一种图像压缩和传输系统,该系统能够利用普通摄像机,通过标准的窄带定频(发射频率固定)或跳频(发射频率跳变)无线电信道传送优质慢速视频图像。它首先将视频摄像机传来的图像进行数字化处理,而后实施压缩,再通过无线电链路(图 1-2)将数据流传送出去。即使在严重的干扰情况下,该系统也能可靠地工作。在接收端成功地进行解压缩,恢复成原来的图像。

利用该系统,通过一条 16 千比特/秒的无线电链路,5 秒~8 秒可传送一幅全屏图像,如果是 1/4 屏图像,1 秒钟就能传送 1 幅,从而可以获得一幅接一幅的移动目标图像。

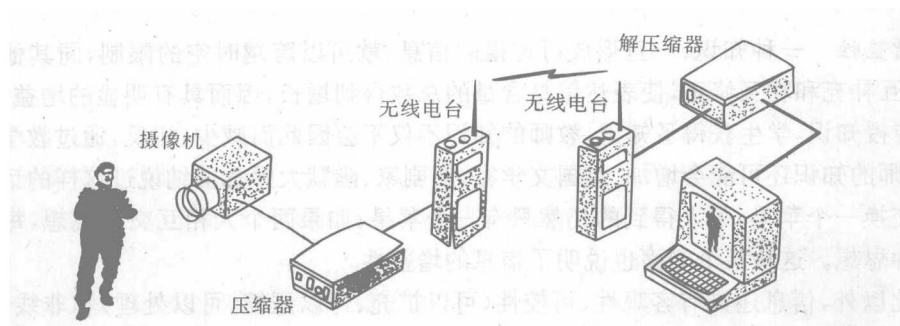


图 1-2 在无线电链路上传输图像

实现数字压缩技术的方法很多,譬如说,拍摄、传输一幅幅飞机在蓝天中飞翔的画面时,因为在一定的时间内,蓝天相对来讲变化是很小的,甚至根本无变化,而变化最大的画面是飞机的飞行状况,因此,实际传送时,可以进行压缩处理,在第一次传送全部信息(包括蓝天和飞机)以后,只需传送飞机飞行的信息就可以了,这样一来,传送的信息量可以大大地被压缩,信息传输速率就会随之降低。再譬如说,当拍摄、传输一个人的讲话头像时,因为背景画面是相对静止的,通常只需要传送一次即可,不必时时传送,而着重传送有变化的口型、眼神和面部表情。这样就可最大限度地降低表达信息所需要的传输码元的数量,或者说减少了图像真实地重现在接收方所需要的传输信息,好比是将在公路上奔驰的汽车缩小“车身”一样。到了接收端,再按照一定的规律进行逆变化,将被压缩了的信息重新展宽,“如同把水从桔汁中去掉制成桔精,然后再加水把它重新变回到桔汁那样。”

信息沿信道传输,不可避免地会受到各种噪杂音的干扰,有人为的干扰,也有自然的干扰(如雷电),有来自信息系统内部的干扰(如热噪声等),也有来自信息系统外部的干扰,使信宿不能原原本本、准确无误地收到信源发出的信息,因而导致传输质量劣化。严重时,信息甚至完全被噪杂音湮没,使信息传输无法进行。因此,如何同噪杂音作斗争就成为信息传输中的重要课题。

为了使信宿能从编码的码子序列中无失真地复制出原始信息,以最大限度地减少信息疑义度,信息论研究中提出了滤波理论。所谓“滤波”,通俗地说,是指从获得的信号与干扰的合成波中,尽可能将干扰波滤除掉,分离出所期望的信息。这与过滤嘴香烟能滤掉有害的尼古丁有点类似。

上面介绍的内容,可以用一个图(图 1-3)来表示,图中列出的构想,最早是由信息论创始人申农提出的,所以,也叫“申农通信系统模型”。

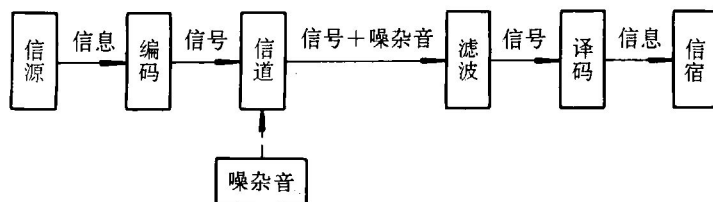


图 1-3 信息传输系统示意

运用通信系统模型传输信息仅需耗费很小的能量。应用微电子技术,仅用 10^{-12} 焦耳能量即可驱动 1 比特的信息,这是古代用燃烧烽火或马拉松疾跑传递信息所消耗的能量所无法比