

# 信息网络——现代信息工程学的前沿

钟义信

(北京邮电大学, 北京 100876)

**[摘要]** 信息网络正在各地迅猛崛起, 并以史所罕见的规模和速度生长成为世界性社会基础结构, 深刻地改变着人们的生产方式、工作方式、学习方式、交往方式、生活方式和思维方式, 成为工程学界以至整个社会普遍关注的焦点、热点和前沿。文章旨在从理论上廓清信息网络的概念, 阐明为什么信息网络对于科学技术的进步、对于世界经济和人类社会的发展能够产生如此巨大和深远的作用与影响。在此基础上, 论述信息网络在现代工程学中的作用与地位, 以及信息网络工程学在当前的主要研究内容和方向。

**[关键词]** 信息网络; 智能化社会生产工具; 网络时代; 信息网络工程学

## 1 一个举世关注的工程学现象

在这世纪之交的年代, 在这千年更替的时期, 有什么比信息网络更扣动人们的心弦? 有什么比信息网络更牵动人们的关注?

20世纪80年代初, 美国SDI(俗称“星球大战”)计划的主体, 其实就是一个面向导弹大战的大规模信息网络: 负责获取信息的太空星载雷达、高空机载雷达、地面警戒雷达、水面舰载雷达、水下潜艇雷达; 负责处理信息和再生信息的分布式指挥中心超级计算机群系统; 负责利用信息实施指挥的分布式高精度控制群系统; 负责最终摧毁敌方导弹雨的太空、高空、地面、水面、水下反导弹武器系统; 以及全部通过传递信息的通信网络有机地集成为一个庞大而无缝的防御体系——大规模信息网络支持和控制下的先进武器系统。90年代初的海湾战争, 使世人亲眼目睹了一场在这种信息网络支持和控制下的信息战和网络战景象, 给人们留下了深刻的记忆。

90年代初期, 令人目眩的海湾信息网络大战刚刚烟消云散, 国家信息基础结构计划(俗称“信息高速公路”)又紧锣密鼓地亮相登场。如果说十年前的“星球大战”是以反导弹战争为名目推出了

现代信息网络的话, 那么, “国家信息基础结构”则是直接把现代信息网络推到了世界经济社会舞台的中心。以商业信息网络姿态出现的 Internet-Intranet-Extranet, 如风起云涌, 激荡全球, 短短几年之间, 用户总数直逼2亿大关。特别是近几年来, 网上贸易、网上银行、网上政府、网上学校、网上医疗、网上合作、网上生产、网上服务、网上娱乐……, 各式各样的网络计划和网络试验, 如雨后天春笋, 遍地竞生, 令人眼花缭乱, 目不暇接。

信息网络在人们面前显出如此神通, 似乎无所不能。人类也正在对信息网络编织着无尽的遐想, 寄托着无限的希望。

撇开笼罩在网络上的种种神秘光环不管, 至少有一点事实是无可争辩的: 正是网络, 使原本天涯地远的大千世界在信息联系的意义上变成了名副其实的 Global Village(地球村)。而且, 网络所拥有的信息资源和知识是如此丰富, 似乎一切问题都可以从网络上找到答案。于是, “信息全球共享”和“经济全球一体化”一类概念便在信息网络的基础上悠然而生, 并且不胫而走。

技术, 是一柄“双刃剑”: 好人可以用它来为善, 坏人可以用它来作恶。像信息网络这样一类威力无穷的现代技术体系, 更加会成为“好人和坏

**[收稿日期]** 1999-07-02

**[作者简介]** 钟义信(1940-), 男, 江西龙南县人, 北京邮电大学教授, 博士生导师

人”争锋的焦点。事实上，经济发达的超级大国和那些雄心勃发的跨国公司看重信息网络，目的是要利用基于信息网络的“经济全球一体化”来实现称霸和牟利，实现为它们的利益服务的全球范围资源最优配置，正像当年曾经一度成为“日不落”的不列颠帝国所做过的那样；广大的发展中国家和普通百姓看重信息网络，则是希望利用它来改变自己贫穷落后的面貌，摆脱受制于人的命运。总之，无论什么人，无论从哪一种角度考虑，都对信息网络给予了特别的关注。

那么，什么是信息网络？

## 2 信息网络是什么与不是什么

虽然今天人们普遍都非常关注信息网络，信息网络这个词对谁来说都早已不算新鲜，但是要问究竟什么是信息网络，人们给出的回答却会大相径庭。这样，就难免会引出许多不必要的争论。因此，为了避免更多的无谓消耗，这里不得不要说说信息网络究竟是什么，信息网络究竟不是什么。

显然，不是信息网络的东​​西不胜枚举。这里只能就最容易引起混淆的问题作一简要的评说。

例如，我们可以非常肯定地说，既与信息资源相独立也与信息服务相隔离的信息传输通道，不管它在技术上怎样先进，都只能称为传送网络或通信网络。其实，今天的电信网络大体上就是通信网络，因为它的信息资源和服务对象都不是这个网络的组成部分；以 Internet 为代表的计算机网络以及有线电视广播网络也都算不上是信息网络。它们也都是通信网络。

为什么？

非常明确，通信的定义就是通达信息，或传递信息，不管是双向传递还是单向传递，不管是点对点传递还是点对面传递，不管传递的信息是由电话机还是电视机或计算机产生，不管所传递的信息是模拟的还是数字的，是话音、文字还是图像或数据。因此，当前的电信网络、有线电视网络和 Internet 都是传递信息的通信网络。

那么，什么是信息网络呢？

信息网络的定义是：“能够完成全部信息功能的网络”。

对照典型的实际信息过程，按照信息功能划分

的合理粒度，定义所说的“全部信息功能”具体就包括：获取信息、传递信息、处理信息、再生信息、施用信息这五项功能，它们之间的有机联系则如图 1 所示。图中，方框内标明的就是这些信息功能，方框上面标明的是承担这些信息功能的人体器官，方框下面标明的是实现这些信息功能的代表性技术系统。

容易看出，图 1 包含了三类信息节点——获取信息的节点（感觉器官或感测与识别系统），处理信息和再生信息的节点（思维器官或计算与智能系统），施用信息的节点（效应器官或控制与显示系统）；同时，还包含连接这三类节点的信息联线——传递信息的网络（神经网络或通信与存储网络）。这是一个名副其实的“节点与联线的集合”，因此，是一个非常规范的网络。而且，这个网络支持了全部信息功能，是一个正正规规的信息网络。

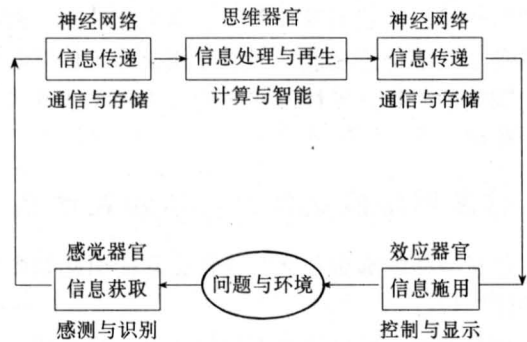


图 1 信息网络的定义

Fig. 1 Definition of information network

这里，“全部信息功能”是一个标志性的特征，依据这个特征就可以很好地把信息网络同其它网络区别开。例如，假若某个网络只具有其中某一项功能，那就只能要么是信息获取网络（如遥感遥测网络），要么是通信网络，信息处理或决策网络，或者是控制与显示网络等等，而不称为信息网络。

不过，如果图 1 所示的信息网络只是面向某个专门“问题与环境”领域的信息网络，那么就称为专用信息网络。进一步，如果这种专用信息网络只覆盖一个很小的地域，就称它为局域专用信息网络；而如果专用信息网络覆盖很大的地域，那么，这样的专用信息网络就称为广域专用信息网络。

对于一个国家而言，必然包括大量的广域专用

信息网络和局域专用信息网络，于是，通过广域通信网络把这些专用信息网络联接和集成起来，就形成全社会的信息网络体系，如图2所示。

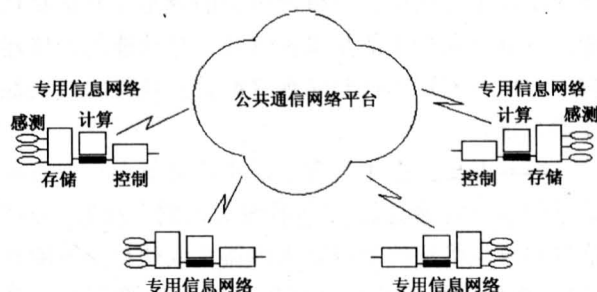


图2 信息网络体系

Fig. 2 Architecture of information networks

需要注意的是，图2信息网络体系之中，虽然每个专用信息网络都只针对某个或某些特定领域的问题与环境，但它们都具备了全部信息功能。而只有具备了全部信息功能，网络才能成为人们得心应手的聪明的工具，发挥改变人们工作和生活方式的巨大作用。

### 3 信息网络能做什么与不能做什么

信息网络能够做什么？为什么它能引起如此普遍关注？

信息网络之所以能够引起如此普遍的重视，根本原因在于它将成为人们手中的神通广大的工具，不是像锄头镰刀一类人力工具或机车机床一类动力工具那样只具有特定的局部用途，而是一代具有全局意义的、强大的、有智能的社会生产工具。

仔细研究图1就可以看出；信息网络所具备的这些功能集合不是别的，正是人类认识世界和改造世界所需要的全部信息功能。

容易理解，人类认识世界的过程，实质是一个不断从外部世界获取信息、传递信息、处理信息从而达到认知的过程；改造世界的过程则是一个再生信息、传递信息、施用信息从而使外部事物的状态发生改变的过程。换言之，信息网络具备了与人类类似的功能！这就是奥妙所在。

这里说“与人类类似”的功能，是说它可以“类似”人一样通过获得信息、传递信息、处理信息了解所面临的问题，通过再生信息、传递信息、施

用信息来改变问题的状态，直到解决问题，表现出一定程度的智能。因此，它被称为智能工具。

说它“类似于人”的另一面的含义，在于强调信息网络只是类似于人而不是等同于人，更不可能像西方曾经宣传的那样“可以全面取代”人，甚至“统治”人。

正如图1各个方框的上部所表示，在人类还没有能力利用现代信息网络之前，人类认识世界和改造世界的上述各种信息功能全部都由人类自身的信息器官承担。随着科学技术的进步，人类器官所承担的各种信息功能就逐渐地部分地转交给机器系统。例如，获取信息的一部分功能转交给了传感、测量和识别系统；传递信息的一部分功能转交给了通信（在空间中传递信息）与存储（在时间上传递信息）系统；处理信息的一部分功能转交给了计算机系统；信息再生（决策）的一部分功能转交给了智能系统；而施用信息的一部分功能则转交给了控制与显示系统等等。这样，就逐步地形成了一种“以人为本，人机合作”的人机关系格局。

事实上，在完成某些信息功能方面，机器不但可以赶上而且可以超过人类。否则，机器就没有存在的价值了。例如，在获取信息功能方面，机器可以具有比人类更广的感知域，更高的灵敏度，更高的分辨率；在传递信息功能方面，机器可以具有比人更大的传递容量，更远的传递距离，更高的传递速度；在处理信息和再生信息功能方面，机器可以具有比人更大的记忆强度，更大的工作精度，更快的工作速度；在施用信息功能方面，机器可以具有比人更高的控制精度，更快的控制速度和更高的控制强度等等。

因此，在人机合作的格局中，合作的界面在不断地向纵深发展：随着科学技术的不断进步，机器的能力——包括力量和智能水平将不断增强，人类将有望把越来越多的功能转交给机器，人类自己则可以集中精力从事那些更富有创造性和挑战性的工作，以及为此所需要的学习和娱乐。

这就是信息网络能做什么的远景分析。当然，今天的信息网络能力，不管是中国的还是外国的，距离这个目标还相去甚远。与这个目标相比，今天的网络能力是真正的初级阶段。

有没有信息网络做不了的事情呢？当然有。

虽然图 1 所示信息网络模型的计算与智能系统可以模拟人类的思维能力，但是，人类进化的历史表明，人是万物之灵，而人的思维能力则是灵中之灵。认知和决策这类创造性思维功能是人类得天独厚的优势，机器永远也不可能赶上，更不要说超过。机器可以用远胜于人的速度和精度进行那些能够被人们用数学描述出来的逻辑性推理（如下棋等），也有可能进行一些相对简单的直观“思维”（如识别模式等）。但是，从目前所理解的科学理论和哲学原理表明，机器不可能有灵感，也不可能产生顿悟，不可能进行创造性的辩证思维。

因此，在以人为主、人机合作的格局中，以人为主是根本的、永恒的、不可改变和不可逆转的。人与信息网络之间的“人机合作，以人为主”格局只能使人类总体能力不断得到加强，不可能使人机关系逆转。

总之，只要人类自身的问题处理得好，那么，在人类认识世界和改造世界的伟大事业中，信息网络将成为人类最可信赖的伙伴和聪明能干的助手。这就是信息网络对人类所显现的最大魅力。

#### 4 技术进步是乘法法则不是除法法则

人们可能会提出一些重要的质疑：信息网络为什么会具有这样强大的能力？信息比物质还重要吗？

作为智能工具的信息网络的能力为什么这么强大？这是几千年人类文明成就积累的结果。

社会发展历史告诉我们，人类迄今所创造的社会生产工具可以划分为三代：古代的人力工具，近代的动力工具和现代的智能工具，如表 1 所示。

表 1 生产工具进步的历史规律

Table 1 The law of productive tools advancement in history

时代	特征资源	加工产物	所用资源	所制工具	扩展能力
古代	物质	材料	1 种	人力工具	体质
近代	能量	动力	2 种	动力工具	体力
现代	信息	知识	3 种	智能工具	智力

表 1 揭示了一个非常有意义的规律：一方面，人类利用资源的能力不断积累，由只能利用一种资源到能够利用两种三种资源；与此相应，人们制造工具的能力也在积累；由只能扩展体质到可以同时

扩展体质和体力，再到综合扩展体质体力和智力。这就是工具和技术进步的法则：不是做减法和除法，而是做加法和乘法。

这是一个非常重要的、可惜又是特别容易疏忽的法则；即表面看到的都是做减法除法（被淘汰，被取代），然而实质却是做加法乘法（被发展，被集成）。因此，不少人会在这里犯糊涂。

作为新一代的社会生产工具，信息网络不是简单地继承动力工具的成果，更不是简单地取代或淘汰，而是把动力工具集成到信息网络之中，使它不仅具有动力，而且具有智能。其实，当初动力工具对人力工具所采取的做法也是如此：不是抛弃人力工具，而是给它配上动力系统，并集成到动力工具体系之中。

大家知道，任何好的工具都应当具备三个基本条件：首先要有实体（不能虚无飘渺），同时要有活力（不能靠人拉肩扛），还必须要有智能（不能靠人包揽一切）。颇为有趣的是，人类可以利用的战略资源恰好也有三大类：物质，能量，信息。

人类聪明才智的全部精髓就在于逐步发现了资源与工具能力之间的秘密：可以把物质资源加工成材料，因此就能够给工具赋予实体；可以把能量资源转换为动力，因而能够给工具注入活力；可以把信息资源提炼为知识，因而能够为工具提供智能，如图 3 所示。

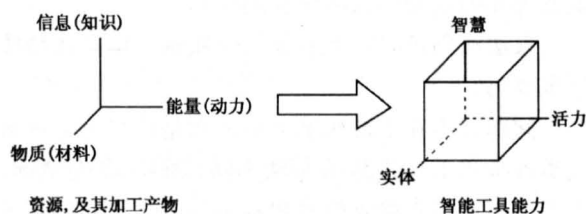


图 3 资源与工具

Fig. 3 Relationship between resources and productive tools

古代人类利用物质一种资源所制造的工具，只能是没有动力也没有智能只有实体的人力工具。近代人类懂得了同时利用物质和能量两种资源来制造工具，就制造出了具有实体和动力但没有智能的动力工具。现代人类正在学会综合利用物质、能量和信息三种资源来创制工具，于是就有可能制造既有

实体和活力而且也有智能的智能工具。

因此,生产工具进步的加法和乘法法则是:首先构成工具的实体(人力工具);然后,给已经具有实体的工具注入动力(动力工具);再给已经具有实体和动力的工具提供智能(智能工具)。

例如,锄头镰刀是农业时代的人力工具,当工业时代的动力工具——拖拉机和收割机等等被创制出来的时候,锄头镰刀并不是被简单地抛弃了,而是被配备了动力,并与动力系统一起被集成到更大的系统——拖拉机和收割机里去了。由于自身具有动力,集成在拖拉机收割机里的带动力的锄头镰刀的威力更大了。进一步,当智能化的农业机械被创造出来的时候,现在这种形态的拖拉机收割机也不会简单地消亡,而是会给它们配备以传感与识别系统、通信与存储网络、计算与智能系统、控制与显示系统,使拖拉机、收割机能在信息网络控制下聪明地自主地高质高效地完成农业活动。

这种工具进步的加法和乘法规律,同样也发生在工业等其它各个领域。例如,给工业时代的机车机床装备上传感与识别系统、通信与存储网络、计算与智能系统、控制与显示系统,就使传统的机车机床成为在信息网络控制下的智能工业生产系统。

所以,信息网络之所以神通广大,并不是信息一种因素在起作用,而是在信息的控制下、在动力的推动下、在材料的支撑下整个人类知识协调一致地发挥作用,是加法乘法在起作用。

乘法法则也可以回答第二个质疑:信息比物质还重要吗?

问题并不在于谁比谁重要,而是应当充分理解人类进步和工具进步的加法乘法法则。毫无疑问,人类决不可能直接吃信息和直接穿信息;同样毫无疑问,只有有了信息网络,才可能使人们越来越有效地在更高水平上把吃和穿的问题解决得更好。

重要的结论是,人们不应当把信息网络的巨大作用仅仅看作是信息一种因素单独的贡献,而应当如实地把它看作是物质、能量、信息三者集成的贡献,是几千年人类文明成就的现代结晶。

从图1可以看出,真正高级的信息网络应当是能够与人类默契合作的智能化信息网络。从图2则可以看出,一个国家的信息网络应当是一个覆盖全社会的特大规模的复杂系统。无论从它的复杂度和

智能度水平来看,信息网络都是现代科学技术和现代信息工程学研究的前沿。如果人们没有知识上的门户之见,如果人们具有同人类历史一样宏伟的气度和宽阔的胸怀,他就会满怀深情地认同这一点。

## 5 信息网络工程学的研究内容与方向

作为现代社会先进的信息基础结构,作为现代科学技术和现代信息工程学研究的前沿,信息网络工程学包含着非常丰富的研究内容和引人入胜的研究方向。这里只指出其中最重要的几个方面。

(1) 信息的基础理论 信息网络的灵魂是信息,它的全部功能的核心是把信息提炼成为知识以及把知识激活成为智能。因此,需要建立相应的信息理论来阐明这些工作的机制以及信息与能量和物质之间的相辅相成的关系。现有的 Shannon 信息理论显然不可能解决这些问题,已经无法满足信息网络特别是智能化信息网络发展的需要。于是,发展新的信息理论已经成为一项特别紧迫的研究任务。

(2) 网络的体系结构 信息网络是一类大规模的信息系统,具有复杂的技术结构和多样的功能要求,现有的电信网络、有线电视网络和计算机网络的体系结构已经显露捉襟见肘的弊端,研究和建立新的体系结构势在必行。因此,如何从复杂大系统理论的高度来探讨信息网络的合理的体系结构,也已经成为一个亟待解决的问题。

(3) 网络的集成机制 大规模的信息网络总是包含着大量的专用信息网络。由于网络的开放性,这种专用信息网络的数量会越来越多。它们可能是局域性的,也可能是广域性的。由于这些专用信息网络具有各不相同的背景和要求,它们之间也必然会形成互相竞争和互相合作的复杂关系。因此,利用一种什么样的机制把它们有效合理而方便地集成起来,也是一个重要的而且尚未满意解决的问题。

(4) 网络的智能服务 信息网络的根本任务和全部生命力在于能够为各种各样的用户提供越来越多和越来越好的智能化网络服务,实现工业生产、农业生产、国防安全、交通运输、商业贸易、科学研究、文化教育、医疗卫生等各个领域的智能化和现代化。因此,研究信息网络的智能信息服务是一个永恒的主题,而且是越来越紧迫的主题。

(5) 运行的可靠性与安全性 现代社会越来越

依赖于信息网络,越来越多的政治、经济、国防的信息在网络上运行。但是,由于自然和社会两方面的原因,信息网络的环境将变得越来越严峻。网络运行的可靠性和安全性越来越成为制约信息网络发挥作用的因素。因此,研究大规模信息网络的自适应、自学习、自组织理论,研究复杂信息网络的智能控制理论,以及研究网络信息的密码学理论已经成为刻不容缓的任务。

(6) 中文信息网络 现今的网络基本上是英语文化主导的信息网络,这是一个非常严峻的现实。研究、建设和发展中国文化的信息网络,关乎民族文化和民族精神的兴衰。因此,也是一个需要高度重视的课题。

21世纪就在眼前,我们应当加倍努力,开创信息网络工程学的新纪元。

## Information Network —— a Frontier of Information Engineering Science

Zhong Yixin

(Beijing University of Posts and Telecommunication, Beijing 100876, China)

**[Abstract]** Information Network has been grown up and spread out to the entire globe extremely swiftly in recent years. It has also very quickly turned out to be a world-wide new infrastructure of the society and made great influence to the ways people work, live, learn and think. The astonished phenomenon has been regarded as a real frontier and focus in science and engineering, extracting great attentions from science and engineering circle as well as the whole world.

An attempt is made in the paper to establish a new discipline, the information network engineering, based on the above phenomenon. First, the concept of information network is re-defined clearly here and then the working mechanism of information network is analyzed in depth. A comparative discussion on the functions embodied in human activities and that performed in information network is carried out and the working relationship between man and information network is found to be the so-called symbiosis. As a result of the analyses above, a list of the important issues and directions in information network engineering study is briefly summarized.

**[Key words]** information network; intelligent productive tools; network age; information network engineering

(cont. from p. 23)

## The Development Trend of Aeronautic Technology and the Building of Technology Innovation Bases

Zhang Yanzhong

(China Aviation Industry Corporation II, Beijing 100712, China)

**[Abstract]** In the 21st century, the next generation aircraft will be faster, larger, safer, more economic and resources saving. The aircraft such as airliner for 1000 or more passengers, hypersonic vehicle, mini-UAV, ground effect aircraft and tiltrotor aircraft will be put into market. The use of substitute aviation fuel can reduce the dependence on petroleum and the atmosphere pollution. The economy, safety and environmental protection performance will be improved several even ten times. Faced to the challenge, we must enhance the building of aeronautic technology innovation bases.

**[Key words]** aeronautic technology; development trend; technology innovation; key laboratory