

从图灵到乔布斯带来的启示 ——关于信息科技的思考与展望

路甬祥

中国科学院, 北京 100864

今年是信息科学奇才阿兰·图灵 (Alan Turing, 1912—1954) 诞辰 100 周年, 也是信息技术奇才史蒂夫·乔布斯 (Steven Paul Jobs, 1955—2011) 逝世 1 周年。借此机会, 我们纪念信息科技领域杰出人物的贡献, 回顾思考百年信息科技发展的轨迹, 认知信息科技的本质、特征与价值, 科学基础与核心技术, 发展进化的动力与环境, 展望信息科技的前沿和未来, 对于推进我国信息科技的发展和信息社会的建设, 无疑很有意义。

1 信息的本质、特征和价值

客观世界本质上是由物质、能量和信息构成的。信息是物质世界进化发展过程中数量、形态、性状变化和多样性存在的反映, 是人与人相互间交流感觉、数据、情感和知识的方式与内容。人类在生存进化过程中认知、积累、应用、发展了信息获取、存储、处理、认知、传送、演示的方法和技术, 发展了信息和知识的应用。信息已经成为人类社会文明进步的结晶和财富, 成为经济社会发展中不竭的资源 and 动力。

信息——尤其是在网络时代——具有与物质不同的特点。它更具有可共享利用、可共创发展、可低成本快捷远程传播和持续保存、可加密管理、可无限挖掘知识和发展多样应用等特征。它具有更广泛的渗透力和影响力, 可使有限不可再生资源能源更高效、持续、增值利用, 可使得人类的科技创新、设计制造、交通物流、金融商务、管理服务更加精确、高效、绿色、智能, 使得地球生态环境变化得以更全面地认知和有效保护, 使得法律、教育、保健、能源、水务等公共服务得以更公平地分享, 可使政府决策、管理、服务、监督更加民主科学, 可促进人文艺术得到更好地传承、发展与创新, 促进世界多样文化之间更好地交流融会、相互包容和理解, 可以提升预测、预警、预防和应对自然和人为引发的灾难的能力, 可提升国家和公共安全的保障能力, 使得经济社会更和谐协调、可持续发展。当然也必须应对信息不对称、信息垃圾、虚假信息、信息安全、网络诚信、网络黑客、网络犯罪等新生的挑战。

信息技术与产业发展还显示出快速性、集约性和多样性的特征。无论是基于微电子、光电子技术的存储器、处理器、

I/O 接口和传输技术与设备、超级计算机等的集成密度、带宽、速率都如摩尔预言按指数规律提高, 能耗与成本快速下降, 软件的可靠性、安全性、效率和适用性快速提升, CPU、存储器、系统软件、通用软件、网络平台、显示器等生产服务的集约程度越来越高, 有的甚至形成垄断半垄断态势, 但应用技术和服务业态则始终呈现出多样性、分布式、充满创新活力的竞争发展态势。

信息技术与信息基础设施已经成为科技创新、民主科学决策、经营管理、公共服务和一切经济社会生活的基础平台, 成为绿色智能、科学和谐、可持续发展的重要基石和支柱。已经成为构建智慧城市、智能中国、数字地球、建设创新型国家最重要的基础设施。也是构建民主法治、公平正义、文明和谐、共同持续繁荣的现代化国家和人类知识文明的不可或缺的条件和基础。

2 信息科技的科学基础

信息科技包括信息理论、软硬件以及各类应用技术, 形成了应用需求推动、理论突破、创新发展日新月异的整体格局。

信息理论包括信息论、控制论、计算机结构理论、网络理论等。信息论应用近代数理统计方法研究信息的度量、编码和通信等。美国数学家诺伯特·维纳 (Norbert Wiener, 1894—1964) 在二战期间, 为了解决防空火炮控制和雷达噪声滤波问题, 于 1942 年首先建立了在最小均方误差下将时间序列外推实现预测的维纳滤波理论, 为火炮自动控制提供了数学方法。他认为“信息是人们在适应和反应外部世界变化过程中进行互相交换的内容的名称”, 将信息看作可测事件的时间序列, 把通信看作统计问题, 进而阐明了信息量化的原则和方法, 为评价通讯和控制系统的品质开辟了途径。维纳滤波至今仍是处理和预测气象、水文、地震勘探等各类动态数据的有力工具之一。创立控制论是他的另一重大贡献。1947 年 10 月, 维纳的著作《控制论》以数学为纽带, 揭示了机器的通信、控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律。突破了人机割裂的传统观念, 为控制论研究和技术创新提供了新

观念,促进了科学思维方式和技术哲学观念的变革。

克劳德·香农 (Claude Shannon, 1916—2001) 1948年10月发表于《贝尔系统技术学报》上的论文“通信的数学理论”给出了信息熵的定义,用来推算传递经二进制编码后的原信息所需的信道带宽,被视为现代信息论的重要基础。奠定了他与维纳作为信息论创始人的地位。

1936年,年仅24岁的英国数学家图灵在伦敦数学杂志上发表了一篇重要论文《可计算数字及其在判断性问题中的应用》,构造了一台采用二进制逻辑,具有读写功能,能识别运算程序的“计算机”,他还进一步设计出后来被人们称为“万能图灵机”的原始模型。3年之后,美国的阿坦纳索夫研究制造了世界上的第一台电子计算机 ABC,采用二进制,用电路开合代表数字0与1,用电子管电路执行逻辑运算。1944年夏,参加原子弹研制的美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (John von Neumann, 1903—1957) 正为极为复杂宏大的计算问题所困扰,有一天他在火车站候车时巧遇美国弹道实验室的军方负责人戈尔斯坦,了解到正在进行的 ENIAC 计算机研制计划,诺伊曼立即意识到了这项工作的意义,他为这一计划所吸引并积极参与其中。1945年,诺伊曼在与人讨论的基础上起草了一份离散变量电子计算机 (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC) 设计报告,明确提出了计算机结构应由运算器、逻辑程序控制装置、存储器、输入和输出设备等五部分组成,并准确描述了各自的职能和相互关系。他们创立的计算机基本结构,迄今仍被普遍遵循。图灵和冯·诺依曼被尊称为“计算机之父”。



图1 阿兰·图灵



图2 冯·诺依曼

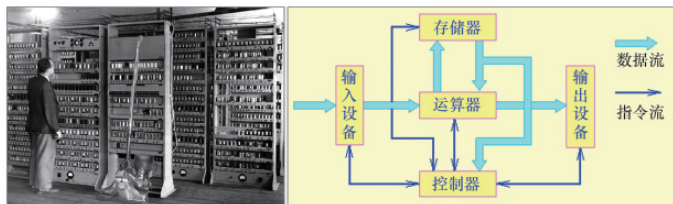


图3 离散变量电子计算机及其计算机机构图

网络如交通网、电力网和通信网等,目的都在于把某种规定的物质、能量或信息从某一供应点最优地输送到另一个需求点。网络理论是在图论基础上研究网络一般规律和网络流优化理论和方法的学科,是运筹学的一个分支。早在1845

年, G. R. 基尔霍夫 (Gustav Robert Kirchhoff, 1824—1887) 就应用图论和矩阵理论证明了电路网络中的两个重要定律,即基尔霍夫第一和第二定律,奠定了网络理论的基础。德国著名社会学家西默尔 (Georg Simmel, 1858—1918), 最早提出了传播网络理论。20世纪50年代以来,随着网络理论的广泛应用,许多学者提出网络优化计算方法。1956年,美国数学家 L. R. 小福特 (L. R. Jr. Ford, 1927—) 和 D.R. 富尔克森 (D.R. Fulkerson, 1924—1976) 提出寻找最大流量的标号算法。1959年荷兰计算机科学家 E.W. 戴克斯特拉 (Edsger Wybe Dijkstra, 1930—2002), 提出寻找最短路径的标号算法。1961年,富尔克森提出求解最短路径、最大信息流量与最小费用的更一般的状态算法等。此后人们又相继提出了聚焦于分析网络效率、可靠性和安全性等问题。

信息科技必须同时依靠硬件和软件的发展。依靠传感器获取信息,依靠物理介质和声光电磁等现象传播信息,通过物理器件、数学方法和计算机对信号实现存储、放大、变换、计算、分析和处理,并实现图形和色彩的演示。不仅需要物理、化学、数学等基础科学,还需要功能材料、微纳制造、软件科学等技术科学的支持。考虑应用于不同的领域,信息科技发展也离不开与资源能源、金融服务与监管、交通物流、设计制造、农业生物、生态环境、健康医药、海洋空天、文化创意与传播、社会管理与服务、公共与国防安全等应用领域的交叉。

3 信息技术的核心技术

二战期间,由于社会需求的推动,无线通讯、雷达、声纳等大量应用,电子计算机也发明问世,但都采用真空电子管作为整流放大逻辑器件,其体积重量、功耗和可靠性等不适应用户要求,人们希望能找到一种更紧凑、可靠的固体器件。1945年夏,贝尔实验室确定以固体物理为重要研究方向,次年1月,正式成立了以肖克利 (William Bradford Shockley, 1910—1989) 为组长的半导体研究小组,1947年12月23日,巴丁 (John Bardeen, 1908—1991)、布拉顿 (Walter Houser Brattain, 1902—1987) 和肖克利在美国新泽西州的贝尔实验室发明出晶体三极管,开启了微电子革命的序幕。1955年,肖克利离开贝尔实验室,创建了肖克利半导体实验室,并吸引了一批才华横溢的年轻人,但他的管理方法和行为引起员工们的不满。罗伯特·诺伊斯、戈登·摩尔等8人辞职,并于1957年10月创办仙童半导体公司 (Fairchild Semiconductor), 致力于发展平面制造工艺批量生产半导体器件。1959年2月,德克萨斯仪器公司 (TI) 工程师基尔比 (J. Kilby, 1923—2005) 申请了第一个集成电路发明专利,时任仙童公司总经理的罗伯特·诺伊斯 (Robert Noyce, 1927—1990) 十分震惊,当即研究对策。诺伊斯提出可以用蒸发沉积金属的方法代替热焊接导线,这是解决集成电路元件相互连接的最好途径。1959年7月30日,诺伊斯也向美国专利局提交了一份利用平面制造工艺生产半导体集成电路的专利申请。1966年,基尔比和诺伊斯同时被富兰克林学会授予巴拉丁奖章,基尔比被誉为

“第一块集成电路的发明家”而诺伊斯被誉为“提出了适合于工业生产的集成电路理论”的人。但由于业务快速发展,公司管理失衡。1968年7月两位创办人罗伯特·诺伊斯、戈登·摩尔(Gordon Moore, 1929—)请辞,并以集成电路为名创办 Intel 公司,安迪·葛洛夫(Andy Grove, 1936—)也随后加入。1971年,英特尔推出了全球第一个微处理器,并以“超越未来”为口号。1965年,摩尔发表文章,预言集成电路上的晶体管密度会以每年翻一番的速度增长,次年他又对增长率估计做了修正。50年来集成电路的演进与摩尔的预言惊人地一致,故被称为“摩尔定律”。至2012年,商用CPU的晶体管数量已超过2.5亿个晶体管,英特尔的10-核 Xeon 的 Westmere-EX 含有26亿个晶体管。2011年5月4日,英特尔宣布新一代的3D结构晶体管(FinFET)将于今年投产,这标志着使用了50多年的平面硅晶体管将被3D晶体管所取代。最近英特尔还宣布14nm制造工艺的芯片已在英特尔实验室研制成功。在集成电路领域,自1991年以来,英特尔一直居于领先地位。紧随其次的芯片制造公司有AMD、三星、德州仪器、东芝与意法半导体等,近年来我国自主知识产权的芯片“龙芯”、“银河飞腾”、“申威”等也在急起直追,改变中国信息产业“无芯”的历史,差距正日渐缩小。集成电路持续不懈的技术创新,深刻地影响了全球IT产业的发展,带来了计算机和互联网的革命,改变了人们的工作和生活方式,也改变了世界。



图4 巴丁、肖克利和布拉顿(从左至右)



图5 第一只晶体管的实验装置

20世纪50年代正值冷战时期,美国军方为了使自己的计算机网络在受到袭击时,即使部分网络被摧毁,其余部分仍能保持通信联系,便由美国国防部高级研究计划局(ARPA)建设了一个军用“阿帕网”(ARPAnet),1969年正式启用,当时只连接了4台计算机,到70年代,ARPAnet已经有了好几十个计算机网络,但是在网络之间仍不能互联互通。为此,ARPA又致力研究发展局域网间互联互通的方法。由于

美国网络科学家温顿·瑟夫(Vinton G. Cerf, 1943—)和罗伯特·卡恩(Robert Elliot Kahn, 1938—)的共同努力,于1974年成功提出了网络间互联通信协议IP和传输控制协议TCP。TCP/IP协议的特点就是开放性,它使互联网成为一个完全开放互通的系统。1989年3月,英国科学家蒂姆·伯纳斯·李(Tim Berners Lee, 1955—)正式提出了万维网的设想,次年12月25日,他在日内瓦的欧洲粒子物理实验室开发出世界上第一个网页浏览器,并引入超文本格式,创建了万维网。迄今全球互联网用户已达21亿,中国互联网用户达4.85亿。互联网深刻改变人们的学习、工作、娱乐、商务、社交和思维方式,并影响改变着人类社会的每个领域。



图6 温顿·瑟夫(左)和罗伯特·卡恩(右)



图7 蒂姆·伯纳斯·李

比尔·盖茨(William Henry Gates, 1955—)在13岁时就开始设计电脑程序,17岁就以4200美元的价格卖掉了他的第一个电脑编程作品——一个时间表格系统,当时他便断言自己会在25岁时成为亿万富翁。1973年他进入哈佛,并与少年时的伙伴保罗·艾伦(Paul Allen, 1953—)一起为第一台微型计算机MITS Altair开发了BASIC编程语言,后来发展成为Microsoft BASIC,成为MS-DOS操作系统的基础。鉴于当时电脑界受到黑客文化影响,认为程序与知识一样应该被无偿共享。盖茨却认为软件应如专利、著作权一样受到保护,他写了一封著名的《致爱好者的公开信》,宣称电脑软件将会是一个巨大的商业市场,电脑爱好者们不应该在未获得原作者同意的情况下随意复制电脑程序。大学三年级时他从哈佛退学,并把全部精力投入到他与艾伦在1975年创立的微软公司。他坚信计算机将成为每个家庭、每个办公室中最重要的工具。1978年,在Apple-II月销售量超千台的冲击下,IBM董事会也决定实施旨在超越苹果的“跳棋计划”,投资个人电脑研发。项目负责人唐·埃斯特利奇(Don Estridge, 1937—1985)对

于个人电脑的眼光可以与盖茨媲美,他一改 IBM 传统,提出了“开放”和“兼容”概念,第一台 IBM PC 采用了主频为 8MHz 的 Intel 8088,操作系统采用 Microsoft 提供的 MS-DOS,采购市场上最便宜的零部件,营销也全交给代理商和零售商,IBM 只做整机设计和组装。1981 年 8 月 12 日,IBM-PC 问世,不到三年就给 IBM 带来了 40 亿美元的收入。不幸的是 IBM 换上了对 PC 几乎一窍不通却自视甚高的洛伊代替了埃斯特利奇,这给了微软一个史无前例的机会。1985 年 6 月,微软和 IBM 达成协议,联合开发 OS/2 操作系统。根据协议,IBM 可随意安装使用,但允许微软向其他电脑厂商销售并收取使用费。由于当时 IBM 在 PC 市场拥有绝对优势,洛伊便不加思索地同意了。但到了 1989 年,兼容机市场已经上升到 80% 份额,微软仅从操作系统许可费就赚了 20 亿美元。1995 年 8 月,微软发布 Windows95,并持续发展改进 Windows 软件,使其更加易用、可靠、快捷,这样,微软成为全球个人计算机和商业计算机软件的领导者。盖茨为个人电脑和联网应用普及做出了举世公认的贡献。他不仅是一位软件奇才,也是一位商业奇才,他曾长期担任微软公司董事会主席兼首席软件设计师,他总是能以独到的眼光看到 IT 业的未来,还能够以独特的经营管理思想,持续保持微软创新发展的活力。2011 财年,微软公司收入近 730 亿美元,在全球近 9 万名全职员工中,研发人员高达 3.5 万名。他 39 岁便成为世界首富,连续 13 年登上福布斯榜首的位置。2008 年 6 月 27 日,他正式退出微软公司日常工作,并把 580 亿美元个人财产尽数捐到比尔与美琳达·盖茨基金会,将更多的精力投入诸如教育、卫生、粮食、赈灾、环保等公益工作。

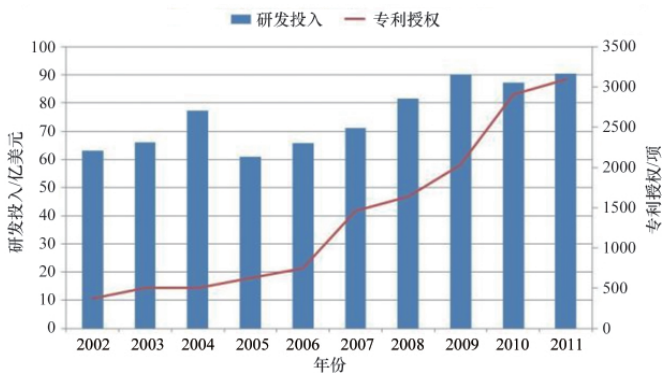


图 8 微软 2002—2011 年研发投入和美国专利授权量趋势图

史蒂夫·乔布斯少年时就已着迷于奇思妙想。他才华横溢、卓尔不群、精于决策,融合了对科技与生俱来的理解力和对社会消费需求的超常预感力,他坚信设计是产品创新的核心,是推动将艺术和科技完美结合的 IT 传奇人物。他不仅给苹果带来了前所未有的成功,还在全球提升了创新设计的地位,他主导设计创造了 Apple-I、Apple-II、Macintosh、Pixar、iMac、iBook、MacBook Air、iPod、iPhone、iPad、iOS、iTunes 等一个又一个风靡全球的产品和创新创业的奇迹。在初中时,乔布斯就与斯蒂夫·沃兹尼亚克 (Stephen Gary Wozniak, 1950—

) 结为好友。1972 年乔布斯高中毕业后进入俄勒冈州波特兰的里德学院,但只念了一学期就因经济原因休学,成为雅达利电视游戏机公司的一名职员,借住沃兹尼亚克家的车库,并常到社区大学旁听书法等课程。1974 年,他去印度灵修,吃尽了苦头,后重新返回雅达利公司做工程师,并继续与少时的伙伴沃兹尼亚克一起琢磨电脑。他们梦想拥有一台自己的计算机,可是当时市面上卖的都是商用机,不但体积庞大,而且价格昂贵,他们决定自行研发。制造个人电脑需要微处理器,当时英特尔公司的 8080 芯片零售价要 270 美元,并且不售给个人。两人在 1976 年度旧金山-威斯康星计算机展销会上买到了摩托罗拉公司的 6502 芯片,功能与 8080 相近,但只要 20 美元,他们在车库开始了“伟大”的创新,数周以后亲手创造的第一台 PC 诞生。他们对 PC 市场充满信心,乔布斯卖掉了自己的大众牌小汽车,沃兹也卖掉了珍贵的惠普 65 计算器,获得了奠基伟业的 1300 美元资金。1976 年 4 月,21 岁的乔布斯,与 26 岁的斯蒂夫·沃兹尼亚克在自家的车库里正式成立了苹果公司 (Apple, Inc),并将自制的 PC 命名为“Apple-I”。同年 7 月,零售商保罗·特雷尔 (Paul Jay Terrell) 来到乔布斯的车库,在看完乔布斯的演示后,他认为“Apple-I”大有前途,决定订购 50 台,但要求在一个月內交货。乔布斯和沃兹冒着酷暑每周工作 66 小时,终于在第 29 天完成了任务,50 台电脑很快销售一空,苹果公司名声大振。为了开始批量生产,他们分头筹措资金,但遗憾的是包括沃兹就职的惠普公司都没有意识到其中蕴藏的市场和商机。但机遇总是垂青努力而有准备的人。1976 年 10 月,百万富翁马尔库拉慕名拜访沃兹和他们的车库工场,他是一位电气工程师且擅长推销。当他看了两个年轻人的产品,决定给他们贷款并帮助制定了商业计划。1977 年 4 月,美国第一次计算机展览会在西海岸开幕,乔布斯在展览会上弄到了最好的摊位展出 Apple-II 样机,它一改过去个人电脑笨重复杂、难以操作的形象,它操作简便,仅用 10 只螺钉组装,美观小巧,像一台打字机。“Apple-II”在展会一鸣惊人,订单纷至沓来。《华尔街日报》刊登了全页广告称“苹果电脑就是 21 世纪人类的自行车”。1980 年 12 月 12 日,苹果公司股票上市,成为历史上发展最快的公司,但好景不长。1983 年,乔布斯发布 Apple-Lisae,定价 9935 美元,由于价格太贵没有多少市场,却消耗了大量研发和生产经费。尽管乔布斯在 1985 年获得了里根总统颁授的国家技术勋章,但由于他的经营理念与众不同,加上 IBM 公司也开始醒悟,推出个人电脑抢占了大片市场,苹果电脑节节败退。人们把失败归罪于乔布斯,1985 年 4 月董事会决议撤销了他的经营权。乔布斯几次想夺回权力均未成功,便在 9 月 17 日愤而辞去苹果公司董事长职务,并卖掉了所有苹果股票。当年乔布斯就创办了“NeXT”电脑公司,开始他的二次创业。次年他花 1000 万美元收购了 Lucasfilm 旗下的 Emeryville 电脑动画工作室,并成立了独立的 Pixar 公司。十年后的 1995 年, Pixar 推出全球首部全电脑制作的 3D 立体动画电影《玩具总动员》,一举获得了三亿五千万的票房,导演约翰·拉塞特

因此获得了奥斯卡特殊成就奖, 乔布斯也成为了电影业最有影响力的新锐, 而此时的苹果公司却已濒临绝境。1996年12月17日, 全球各大计算机报刊几乎都在头版刊出了“苹果收购Next, 乔布斯重返苹果”的消息。他重归故园, 大刀阔斧地改革, 改组了董事会, 并与苹果公司的宿敌微软公司达成战略性的全面交叉授权协议。1998年5月6日, 苹果公司首次推出代表着一种全新理念的 iMac, 外表似太空时代的产物, 加上发光的鼠标, 以及 1299 美元的价格, 非同凡响。《时代》杂志授予 iMac 最佳电脑称号。1999年7月又推出笔记本电脑 iBook, 在市场上迅即受到用户追捧, 夺得“美国消费类便携电脑”市场第一名。乔布斯刚上任时, 苹果公司的亏损高达 10 亿美元, 一年后却奇迹般地盈利 3.09 亿美元。2002年, 推出第二代 iPod 播放器, 带来了音乐视频文化的变革。5年之后, 苹果又凭借 iPhone 开创了智能手机的新纪元。综合 iPod、iPhone、和 iTunes 的影响, 迄今几乎没有一种传媒载体能不受苹果的影响。2008年2月19日, 乔布斯又在 Mac World 发布会上从黄色信封中取出了 MacBook Air, 这是当时最薄的笔记本电脑。2010年1月27日, 平板电脑 iPad 正式发布, 它的功能涵盖了浏览互联网、收发电子邮件、操作表单文件、玩视频游戏、收听音乐、观看视频, 世界上的信息、美景都可一览无遗, 世界上每本图书你都能一点即来, 改变了从报纸、杂志到图书整个出版业。乔布斯创造了信息技术与消费终端产业的又一个奇迹, 不幸的是他因患胰腺癌于 2011年10月5日英年早逝。2012年4月10日苹果股价一度高达 644 美元, 总市值曾突破 6000 亿美元, 而被誉为“欧洲乐园”的瑞士 2011年 GDP 才为 5224.35 亿美元。



图9 创业阶段的史蒂夫·乔布斯和斯蒂夫·沃兹尼亚克

4 信息科技的发展动力和环境

回顾信息科技发展的历史, 无论是图灵等创建信息科技的理论基础, 还是晶体管的发明和计算机、网络技术的创新与发展都源于应用需求的推动, 得益于市场竞争的动力, 受益于杰出人才和无数青年信息发烧友们的兴趣爱好、奇思妙想和不懈创新创业的推动。展望未来, 全球不断发展开放、互联的网络环境不但将造就日新月异发展的多样、宏大的需求, 还将面临诸如生命计算、社会计算、智慧地球、资源海洋、气候环境等永无止境新的应用挑战, 将成为信息科技发展的无穷动力。物理前沿、功能材料、微纳技术、计算数学等创新突破将不断为信息技术进步注入新的可能。包括中国、印度

等在内的数十亿新兴发展中国家人民, 尤其是青年人的参与, 将为信息技术创新和应用提供更强大的动力和史无前例的宏大市场和多样需求。信息网络世界将继续面临网络诚信、公平普及、信息安全等新的挑战, 必须通过法律、标准、技术、制度、管理创新和网络文化建设积极应对。

展望未来, 人类将全面进入信息网络社会和知识文明时代。信息网络将成为经济社会最重要的基础设施和公共资源, 国家、社会法人和个人最宝贵的基本能力和可增值资产。人人将成为信息科技的使用者和信息科技价值的创造者。信息科技将进入信息网络、物理世界和人类社会三者动态交互、全面融合的时代。信息网络将更加全面深刻地渗透嵌入到整个物理世界和人类社会。信息科技的创新将会更紧密结合物理世界的特点、人的认知能力和人类社会的多样需求而展开, 并发生更加广泛而深刻的影响。信息科学和技术必须有新的突破和发展。

为了研究信息网络、物理世界和人类社会三者动态交互、开放融合的基本规律以及建模和计算, 将通过学科的交叉和融合, 创新信息网络科学, 发展创建适应大规模复杂信息网络系统的网络系统论、信息论和计算理论与方法。为解决网络结构优化、及其稳定性、安全性、可靠性与可监管性判据提供科学基础、为信息与知识挖掘、科学计算、工程计算、社会计算、经济金融监测预警、决策评估、生态环境、自然灾害与气候变化等预测评估等提供网络计算方法与工具。

已有建立在硅芯片和 CMOS 技术基础上的集成电路技术在未来 15—20 年可能将走到尽头, 已有网络框架和 IP 协议也已不能适应未来网络融合与应用无限发展的需要, 当今世界每年产生并存储的数据已高达 10^{18} , CPU/GPU 芯片集成规模、存储密度、网络带宽、高性能计算机性能等都将继续以指数规律增长, 集成电路技术、互联网技术、存储技术、高性能计算机和三维演示技术等都必须有新的突破。

为了使信息网络惠及普通大众, 促进社会民主法治、科学文明、公平正义、和谐繁荣。信息网络技术必须更加可靠安全、节能高效、健康普及、方便易用, 不仅需要增加公共投入, 更需要通过制度与管理创新, 促进资源共享, 打破垄断、促进市场公平竞争、促进技术和服务创新、使得计算机和信息网络应用的能耗和价格持续下降、更好更广泛地惠及广大用户。

5 结语

5.1 信息科学的大师先驱奠定了信息科技的基石

图灵和冯·诺依曼奠定了计算机结构的理论基础, 维纳、克劳德·香农创造了信息论, 基尔霍夫、西默尔、小福特、富尔克森和戴克斯特拉等奠定了网络理论的基础, 他们当时都很年轻却为现代信息科技的发展作出了不可磨灭的理论贡献。他们的贡献多源于需求的推动, 也在于他们对于创新的自信心、创造思维和数学家严谨的科学思维和分析归纳的能力。

5.2 信息奇才们为信息技术发展和应用做出不可估量的贡献

肖克利、巴丁、布拉顿发明半导体三极管到基尔比、诺依

斯发明集成电路,从温顿·瑟夫和罗伯特·卡恩、蒂姆·伯纳斯·李开启互联网时代,到比尔·盖茨、乔布斯创新发展的个人电脑和软件等,对信息技术发展与应用普及都做出了举世公认的重大贡献,使得集成电路、因特网、PC机、数字智能终端、网络应用等进入了每个办公室和家庭,改变了我们的工作和生活。他们成功的原因不仅在于对信息技术创新的激情和执着追求,还在于对市场需求的预见能力,在于对技术创新价值实现的强烈追求,在于他们对信息技术、文化艺术、管理创新的超常理解和融会能力,使得他们那么年轻便成为成功的创新者,而且有的还成为成功的创业者,不仅创造了财富的奇迹,而且为推进人类社会信息化和知识文明做出了杰出的贡献。

5.3 信息技术的发展中包含着无数无名英雄的贡献

在信息技术与产业的发展进程中,无论是从第一个鼠标诞生到今天普遍应用的无线激光鼠标,还是CRT-PDP-LCD-OLCD……显示技术的进步,无论是从磁带-软盘-磁盘-CVD-DVD-固体闪存直到寄存器的技术进步,还是I/O的进化,光通信技术,无线通信技术的演化,以及信息技术的应用等,无不包含着无数物理学家、化学家,材料科学家、微纳加工工程师、信息工程师、软件工程师、各类用户、青年网络创业者和网络发烧友们的贡献。

5.4 关键核心技术的突破与系统集成和应用创新

在人类历史上,关键核心技术创新可以引发产业革命和社会变革,如蒸汽机、电动机、半导体、光纤的发明等,而重大集成创新同样也可导致新兴产业的诞生和人类文明的重大进化,如火车、汽车、飞机的发明等,信息技术也更是如此,半导体大规模集成电路、因特网等发明,是当代ICT技术和产业的重要物质基础。关键核心技术突破往往基于物理、化学、材料科学等基础研究的新进展,也有赖微纳制造技术与装备的创新,以及前沿技术的创造性应用。由于信息技术创新发展日新月异,必须以快制胜,由于信息基础器件、基础软件、基础设施的集约性,必须高投入实现规模产业化,因此带来了信息科技的重大创新与产业变革,呈现出基础研究与前沿技术创新的融合,产学研合作,企业主导产业技术与装备开发,快速实现规模产业化的趋势。而基于网络的应用创新,恰呈现出创意和创新设计不断引领开拓新的应用领域、不断创造新的网络应用平台和应用方式,依靠共享网络资源实现竞争、合作共创、快速应用发展的现象。

在促进信息科技和产业发展中,政府的责任是制订符合全球信息技术与产业发展规律和国情实际的发展战略和路线图;通过公共投入加强对相关基础前沿研究、国家信息基础设施建设、人才培养的投入;运用法律、政策、标准、体制改革等手段打破实际存在的分割和垄断,加快形成开放互联、安全可靠、先进高效的公共信息网络环境;加强保护知识产权,完善公平竞争、鼓励创新创业的市场环境,促进产学研联盟,加快形成以企业为主体的信息产业技术创新体系,掌握关键核心技术和信息产业先进装备的自主创新和集成制造能力;在信息产业的集聚区应进一步构建完善法律、金融、技

术、人才等公共服务平台,着力为中小信息企业和创业服务。由于信息技术具有系统性、网络化、集成性和应用的多样性等特点,决定了信息科技的发展更需要系统集成和应用创新,盖茨和乔布斯等的成功正是集成和应用创新满足和引领市场需求的典型案例,国内外大量网络创新创业的成功故事证明并将继续证明,开放共享的信息网络是人们,尤其是青年人最可以大有作为的创新创业领域,只要有新的创意和不懈的努力,人人都可能有成功的机会。

5.5 应用驱动、创新支撑,信息科技有无止境的前沿

信息科学的理论框架是在20世纪60年代前建立起来的,建立在CMOS技术基础上的集成电路技术也将可能在未来一二十年出现重大变革,已有网络框架和IP协议也已经不能适应互联网、物联网、通讯广播网等融合与应用无限发展的需要,信息科学和技术必须要有新的突破与变革。可以预计,信息科学将进一步与数学与系统科学、智能科学、脑与认知科学等融合,可能从量子物理、纳米科技、先进功能材料等基础前沿技术创新中取得突破,将从脑与基因科学、仿生学等研究中获取营养和启示,除器件物理、工艺技术突破,软件结构的创新和自动智能编程可能取得进展外,人们将致力解决复杂网络系统的优化问题、海量信息的管理和认知挖掘问题、创新人机交互方式问题等。

参考文献 (References)

- [1] Turing A M. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem.// Proceedings of the London Mathematical Society, 1936, 2(42): 230-265.
- [2] Masani P R. Norbert Wiener, 1894-1964. Basel: Birkhäuser Verlag, 1990. Contains a complete bibliography.
- [3] Shannon C E. An algebra for theoretical genetics. Ph D Thesis. Massachusetts Institute of Technology, 1940.
- [4] Shannon C E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, 27: 379-423, 623-656.
- [5] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, Illinois: The University of Illinois Press, 1949.
- [6] Taub A H, ed. Collected works of John von Neumann. Pergamon Press.
- [7] von Neumann J. First draft of a report on the EDVAC, 1945.
- [8] Jr Ford L R, Fulkerson D R. Flows in networks. NJ: Princeton University Press, 1962.
- [9] Simmel, G. On individuality and social forms. Edited by and with an introduction by Donald Levine. Chicago: University of Chicago Press, 1972.
- [10] Dijkstra E W. The Humble programmer. *Communications of the ACM*, 1972, 15(10): 859-866.
- [11] Vardalas J. Twists and Turns in the Development of the Transistor.// IEEE-USA Today's Engineer, 2003.
- [12] Internet World Stats, updated 31 March 2011. Retrieved 8 November 2011.
- [13] Bill Gates. 2011-05-11. <http://www.nndb.com/people/435/000022369/>.
- [14] Lesinski J M. Bill Gates (Biography (A & E)). A&E Television Networks, 2006.
- [15] McCracken H. Steve Jobs, 1955-2011: Mourning Technology's Great Reinventor. Second edition. 2012.
- [16] Hertzfeld A. The original macintosh. Retrieved (secondly), 2012.

(责任编辑 齐志红)