

根源性创新及 21 世纪计算机领域的 10 大难题

Source Innovation and Ten Problems in the Computer Field in the 21st Century

高庆狮

(北京科技大学教授, 中科院计算所首席研究员, 中国科学院院士 北京 100083)

一、根源性创新是支撑计算机辉煌的基础

1. 根源性创新与“一拥而上”的“仿中有创”

创新和发展有两个不同的战场, 有两种不同的发展模式。一种是根源性创新, 即能产生新的大产业或新产业的重要分支, 能从根源上影响大产业发展的独立创新。如阴极射线管、晶体管、集成电路这几大发明, 都导致了新的大产业的产生; 磁心存储器的发明, 使原有产业又产生了重大新分支。再如, 如果没有“指令可以作为根据加工”这一发明, 也就没有现代计算机互联网的辉煌; 以及以运算器为中心转变为以存储器为中心, 等等, 都从根源上影响了大产业的发展。另一种是自己没有根源性创新, 搞所谓“仿中有创”。你能仿中有创, 别人也能, 于是数百家一拥而上, 进行生死“圣战”。结果, 虽有几家是佼佼“胜利者”, 是“英雄”, 但根源性创新是国外的。当了胜利者、英雄之后, 仍然面临生死存亡的问题。开始, 有些元件部件你不能生产, 只好进口。后来从单纯装配到部分能独立生产, 有了很大进步。但等你能独立生产了, 别人又换代了, 刚掌握的生产能力(技术和设备)又要被淘汰了。

2. 支撑计算机半个世纪辉煌的基础是数以百计的根源性创新

自从 1946 年第一台电子计算机 ENIAC 诞生以来, 计算机每 3 至 7 年, 性能提高 10 倍, 价格降低 10 倍, 可靠性提高 10 倍, 体积缩小 10 倍。这种神速发展, 导致了巨大的产业革命和社会各领域的革命。支撑计算机半个世纪辉煌的基础是数以百计的根源性创新。例如, 阴极射线管、半导体—集成电路、磁心存储器、布尔代数(逻辑部件构造性描述)、指令作为数据被加工、B—管、中心的转移(由运算器转到存储器)、分时—中断—多道程序, 管理程序—操作系统、一级存储器(即后来的虚拟存储器)、微程序、关系数据库、流水线—阵列结构、并行算法, 并行—分布式处理、模块化—符号化编程技术、高

级语言、结构程序化技术、专家系统编程技术、面向客体的编程技术、软件工程、编程工具环境、用户图形界面、库函数构件、针式打印机、激光打印机、互联网, 等等。很遗憾, 这些数以百计的众多重大根源性创新, 没有一项发明出于中国籍华人, 其中磁心存储器发明人是王安, 是个美籍华人。

3. 计算机半个世纪的辉煌与通讯根源性创新发展的结合, 构成当代互联网的繁荣

随着计算机神速地发展, 计算机的应用领域也迅猛地扩大。从军用到民用, 从大工程、大企业到中小型企业, 规模、领域均百倍千倍地迅猛扩大。到了网络年代, 其应用范畴已难以按领域计算, 已演变成成为现实世界到网络空间的全面映射。

现实世界到网络空间的全面映射的特点是:

- (1) 与仿生(从动物直接能力到人类间接能力的映射)类似, 却又不是照搬, 例如飞机与鸟、电子与钱(e—钱), 既是仿, 但是又必须服从不同的客观规律;
- (2) 与客观世界趋于融合而不是脱离, 这要求对现实世界进行改革, 使其适应和互相融合;
- (3) 不仅仅是个体的映射, 而是整个世界的映射, 这就要求技术和原则的一致性, 要有标准和协议。

二、21 世纪有关计算机领域的 10 个重大难题

这些重大难题, 每一个都蕴含数以百亿千亿美元潜在产值。

1. 网络安全

网络安全的重要性, 无论是从经济效益或者从社会效益的角度, 都是人人皆知的。每年全球在网络安全上的开支也是很巨大的。当前解决网络安全的方法主要依靠法律、管理、鉴别认证技术、加密技术和隔离技术。这里的管理, 不仅包括人事管理, 而且包括网络管理和计算机系统的管理(即操作系统)。

历史事实说明, 这些措施都是相对的。法律的

威力取决于严惩的力度,但对众多的小公司往往难以奏效。任何大型软件系统都难免有安全漏洞,操作系统也不例外。鉴别认证技术和加密技术是相对的,当新的鉴别认证技术和加密技术发明出来一段时间之后,就可能出现新的冒充技术、破译技术和新的病毒,在它们非法入侵活体(指一个程序段),起破坏作用之前难以被鉴别。杀病毒软件也难以制止新病毒对计算机系统的破坏和盗窃。

目前的安全技术产品基本上是将软件技术产品或者软件予以固化,或者在通用机中建立软件系统(例如防火墙)。未来,计算机系统结构和软件结合的软硬一体化方法是值得注意的。

2. 网络计算

全世界数以亿计上网的计算机多数时间里被闲置或者利用率不高。而当今的PC机计算能力已达每秒数千万次、亿次左右。如果被利用起来就是一笔巨大的财富。因为从技术上说,人们就有可能利用手机在短时间内调用每秒数以百万亿次的神奇计算能力为自己服务。但是这是件难度很大的事情。待解决的问题很多,首先是双向安全问题。既要确保主系统的安全不受客户干扰,同时又要确保客户的计算不受主人的安全干扰。

3. 网络上巨量信息的查找

网上不仅有无政府主义的WAB海量资源,而且还有需要开发费用的海量有用信息资源。你想要的信息常常是查不到的,你所不需要的,却给你一大堆。解决这个问题的潜在经济效益和社会效益显然是巨大的。

这个问题的解决,不仅首先要理顺人类的混乱术语、混乱的概念、中小学的一致性教育这些环节,还要解决计算机对自然语言的真正理解、对知识的自动理解。这些都不是简单的集类技术所能解决的。处理无政府主义的WAB资源,或许还需要开发无形的“网络机器人——e-记者”。

4. 一体化服务

互联网本质是一个服务系统,包括通讯服务、计算服务、信息服务、教育服务、娱乐服务、金融服务、购物服务、求职服务,等等。人们喜欢把上网比喻为冲浪,比喻为鸟儿在天空翱翔,自由自在。但目前,你若要求某种服务,想购买一件东西,你就需要记住许多地址,问问这家,卖完了;问问那家,还没有到货。这哪谈得上是冲浪翱翔!但这个问题的解决,有点像当年从管理程序飞跃到操作系统。不过操作系统要处理的对象是有限的确定的事和物;而一体化服务要处理的将是数不清的、一脑门儿无政府的我行我素的独立主体。因此就不仅要考虑科学性、合理性,还要考虑标准协议最终能否被众多的独立主体所接受。

5. 自然语言自动翻译

自然语言自动翻译的研究历史已经有半个多世纪了。因为其社会效益和经济效益都非常巨大,自然引起人们的重视。以目前水平,作为旅游工具,或者在确定的小领域内,已可做到实用,但是在广泛领域范围内,可谓“不及格”,不仅水平低,有些还语无伦次、对错混杂,离实用距离甚大,无法满足电话翻译的需求。虽不及格,现在都还很赚钱,这种现象能维持多久?值得思考。目前自动翻译之所以水平不高,其根源是理论上没有解决。打个比方说,用代数方程组来描述客观物理世界,难以正确精确。因为只有用偏微分方程才能正确和精确地描述客观物理世界。自然语言本身及其自动翻译的理论,有待于进一步解决。

6. 软件研制效率

随着计算机的神速发展,软件研制效率的发展也十分迅速。无论是编程语言、技术、方法、工具、界面与环境,以及软件本身的质量,包括使用界面,都有重要的发展。但每一个方面都有一个下一步问题。例如,OOP的下一步是什么?WINDOWS的下一步是什么?(真的是三维空间的WINDOWS?)从本质上说,软件最核心的难题有4个:可靠性,再用技术,时空群体工作和自然化。如何确保软件的正确性是可靠性的核心。库函数和构件是常见的再用技术。但是,如果一个新的软件的功能与已经存在的软件大体相同,例如,只有5%不同,而且不同之处是分散的,那么新的软件的研制工作量到底是原有的5%、10%、40%,还是更多?如果数以百计的软件研制人员共同研制一个大型软件系统,其中部分人员甚至是流动的,他们的工作分布在不同的时间段,那么该如何有效地组织大的群体来开发大型软件系统?特别是在保持软件人员的自由创造力的前提下,如何才能达到有效的群体工作?自从引入图形用户界面之后,非计算机专业人员的用户,可以不需要计算机专业知识,而仅仅应用他们的专业知识就可以使用计算机。这是自然化的第一步,现在可以说是实现了。但是能不能让对计算机不懂或者懂得不多的各种专业人员自己来开发他们的专业软件?当前,这似乎是天方夜谭,很难,但不等于不可能。

7. 三大科学之一——计算科学

计算科学将与理论科学和实验科学有同等的重要性。在20世纪后期,计算流体力学、计算化学、计算物理学发展已经十分成熟。当今的生物信息学,计算量远远超过以往的各种科学。比起预测未来的计算智能,有过之而无不及。70年代初期,钱学森院士曾提出过当时计算流体力学的计算要求:浮点64位以上的1万亿字存储容量,每秒1万亿次计算速度。其计算速度的需求,现在要让位给生物信息学的需求了。

8. 继续发展中存在热门课题的背景之一: 集成电路的下一步

人们还记得 70 年代就开始议论集成电路的极限, 以及光逻辑集成器件将代替集成电路的预测。20 多年过去了, 集成电路的极限还没有达到, 光逻辑集成器件热了 10 多年现在已经无影无踪。集成电路之后会是什么? 它一定会出现, 但是现在就肯定它是什么似乎早了一些。

9. 继续发展中存在热门课题的背景之二: 光纤的下一步

一方面, 通讯能力力求迅速发展, 故而光纤技术相应得到了快速发展。但另一方面, 未来又似乎存在一个通讯能力过剩问题。这个问题将促成新的应用——需要更大通讯能力的应用领域的出现。

10. 人类智能及其模拟和应用, 从协助重复性劳动到协助创造性劳动

智能是指能够自动地学习知识, 以及能够自动地和有效地利用学习到的知识去解决问题的通用能力。有多种不同的学习。例如识别学习、训练学习(如, 鸟学飞, 人学习骑自行车), 许许多多动物都有这两种学习能力。但知识学习仅仅是人类及少数动物才具有的能力。人工智能的最初目标就是让计算机模仿人类的智能, 帮助人类解决部分创造性的劳动。但是, 50 多年下来, 没有任何人造系统(无论是软件还是硬件, 还是二者的混合系统)具有智能。严肃的人工智能学家, 已经把人工智能的目标改为: 人工智能是专门研究那些人类比机器做得好的领域的科学, 例如人类下棋比机器下得好, 那么机器下棋就是人工智能要研究的领域。

人类产生登月的愿望已经超过 5 000 年, 但是实现登月只用了 50 年。当然, 300 年前由牛顿创立的牛顿四大定理(1666 年的万有引力加上 1687 年力的三大定理), 奠定了登月的理论基础。光有理论基础, 仍然不可能登月。直到约 300 年之后, 控制技术、燃烧技术在近 50 年间成熟以后, 才实现了人类登月的愿望。计算机若能帮助人类进行某些创造性劳动, 其社会效益和经济效益就不能仅用“十分巨大”来形容了, 那将是划时代的, 所以迟早还会再提到人类的议事日程上来。不过, 这不仅先要解决其理论基础, 还要考虑其技术前提。半个世纪以来, 虽然某些著名的科学家的过于乐观引起了非议, 但是也未必不是好事, 它总算是促进了人们对此课题的关切和思考。

三、根源性创新人才的生长土壤

1. 人才资源与能源资源的区别

能源资源在使用中必然会消耗、减值; 而人才资源在使用中则将会成长、会增值。

2. 不同领域中一般人才与杰出人才的作用差别比例的比较

体力领域中: 1: 1.2~1.5; 软件领域中: 1: 3~10; 根源性创新研究领域: 0: 1。

3. 根源性创新人才的生长土壤

工资仅仅是提供起码的生活环境, 以下的工作环境才是人才生长、增值的关键。

目标环境 研究项目必须是前沿的、重大的。

人员环境 研究集体应该是一个火热的熔炉, 杰出的人才济济, 有一大批跨学科人才, 有数以百计的年轻、生气勃勃的硕士、博士研究生。经常有高水平的各种讨论班、学术报告会。

信息环境 信息丰富而且及时。信息应是国际化的。

实践环境 保障需求及人、财、物的支撑环境, 包括资金、人员及物质条件的及时具备。

分工环境 也是一种重要的支撑环境, 即研究—开发—市场的分工和接力。在这一支撑环境下, 任何重大创新成果, 均能迅速变成重大的经济效益和重大的社会效益。这点非常重要, 相当于成果放大器。同一成果, 在良好的分工环境下, 能够迅速增益, 变成巨大的社会效益和经济效益。而在糟糕的环境下, 常常等于零。

自由创造环境 根源性创新人员的创新成果, 一般不是根据某些人的计划产生的。而是以社会重大需求为动力, 经过长期观察、思考、研究和探索而产生的; 但由这些“必然基础”产生的过程往往是偶然的, 不可能事先被指定的。创新人员观察到的目标未必在计划或者规划中。聪明的规划人员常常会把创新人员捕获到的新的重大目标灵活地、及时地补充纳入其规划中, 并且给予及时和充分的支持。

4. 为什么领先的技术都发生在美国(包括在美国的中国人身上)

因为过去在中国尚缺乏根源性创新人才的生长土壤和创新工作环境。

5. 根源性创新与论文

重要的创新(包括根源性创新)必然体现在重要发现或者重大发明上, 因此也必然会把创新写成论文(当然, 发明是在申请并获准专利之后才公开发表)。论文发表在该领域权威杂志上的数量和论文发表总数之比, 大体上能反映论文的平均质量。

6. 创新乃是硅谷的灵魂

既然创新是硅谷的灵魂, 那么, 必然会有每年数百家公司成立(成立公司是为了把创新转换成为社会效益和经济效益)和每年也有数百家公司被收购, 或者倒闭的现象。因为任何一个创新成果都不可能万岁, 需要不断有新的创新成果才能维持一个真正的技术公司。

(责任编辑 蔡德诚)