

从天河二号谈起

超级计算机的今生后世

本报记者 余惠敏

热点
追踪

6月17日,最新全球超级计算机500强排行榜榜单公布,中国国防科学技术大学研制的天河二号以每秒33.86千万亿次的浮点运算速度,成为全球最快的超级计算机。这是时隔两年半后,中国再一次获得世界超级计算机运算速度第一的桂冠。

在2013国际超级计算大会上,专家们认为,天河二号的性能表明,中国的超级计算机取得了飞跃。超级计算机的开发,已经真正进入了美中日欧并立的四强时代。

为何还得用外国芯?

时至今日,计算机早已成为进入千家万户和厂矿学校的日常工具,大众对其并不陌生。然而什么是超级计算机?

其实,超级计算机的基本组成与你我手中的个人电脑相比并无太大差异,规格与性能则强大太多。以处理器CPU为例,目前的个人电脑一般是两到四核,而像天河二号这样的超级计算机则会集成数以万计的CPU。这就好比双人战斗小组和集团军的区别,前者灵活机动,用于完成各种个性化小任务;后者威武雄壮,用于达成各类关系重大的战略目标。

在超级计算机超级运算速度下,人们可以完成普通计算机不能完成的大型复杂课题。假设每人每秒钟进行1次运算,需要我国13亿人同时用计算器算上1000年才能完成的运算工作,天河二号花上1小时就能搞定了。

天河二号的性能在全世界超级计算机中可以称得上是“一骑绝尘”,它把第二名远远地抛在了后面。排行榜主要编撰人之一、美国田纳西大学教授杰克·唐加拉曾于今年5月对天河二号进行了现场考察。他在研究报告中指出,标准测试显示,天河二号运算速度比排行榜上的亚军——美国的“泰坦”快了74%。唐加拉表示:“天河二号颇富中国特色,互联网络、操作系统、前端处理器、软件等都主要由中国技术人员发明创造。”

一骑绝尘的天河二号是国人的骄傲,但这种骄傲里也不乏遗憾:天河二号的计算阵列由国际商用CPU构建,服务阵列由中国自主研发的CPU“飞腾1500”构建。国产CPU仅仅占全部CPU的1/8。

当然,人们也可以从另一个角度看成绩,比如说,国产CPU已经占全部CPU的1/8。美国劳伦斯·伯克利国家实验室副主任霍斯特·西蒙就是采取的这种视角。他表示,尽管天河二号仍主要采用英特尔公司芯片,但中国自主研发的芯片达到4000块左右,显示出中国超级计算机对国外技术的依赖正在减弱。“在一些美国传统的领先领域,中国正切实地加入比赛,并且获得胜利。”

为什么有了中国芯,天河二号还得用外国芯?

天河二号副总指挥、新闻发言人李楠坦陈,天河二号无法完全使用国产CPU,是出于软件兼容性的需要。

超级计算机有5个核心要素:体系结构、互联技术、操作系统、CPU和应用软件,缺一不可。李楠说,天河二号独创的异构多态体系结构(见链接1)很可能再次引领国际潮流,自主研发的高速互联性能是国际商



用产品的两倍,国产“麒麟”操作系统具有很高的安全性。“因此,前三个要素我们都解决得很好,但后两个要素是短板。”

“飞腾1500”性能比用于天河一号的“飞腾1000”提高了18倍,与国际商用CPU已经属于同一代产品。但目前我国大多数大型应用软件都从国外引进,只能在国际商用CPU上运行。如果全部使用国产CPU打造超级计算机,将只能用于天气预报等我国拥有自主知识产权应用软件的行业。而天河二号需要面向各领域用户,只能用国际商用和国产的CPU共同构建系统。

【链接 ①】

异构多态体系结构:

体系结构是超级计算机的筋骨。我国科技人员首创的独具匠心的“CPU+GPU异构融合体系”曾在天河一号中获得成功。之后,这种结构已被国际上很多超级计算机采用。

这一回,中国设计师们再辟蹊径:天河二号没有继续使用GPU,而是用被称为MIC的英特尔部件作为加速器。这一被称为“新型异构多态体系结构”的全新搭配方式不仅大大提高了机器的计算速度,还将天河二号的应用从科学计算拓展至高效大数据处理、高吞吐率和高安全信息服务等多个领域。

第一名的大旗能扛多久?

风云变幻的世界超级计算机500强排行榜,鲜明地体现着“皇帝轮流做,明年到我家”的自由竞争精神。冠军的宝座常常不等招摇,就被新的竞争对手夺去。天河二号的哥哥天河一号曾于2010年夺冠,此后不足8个月,就被日本的超级计算机“京”超越。

所以人们不禁要问:对天河二号来说,第一名的大旗能扛多久?

大多数专家认为,因为领先第二名太多,天河二号的冠军称号应该至少能保持一年,没准还能维持到2015年。内存总容量1400万亿字节、存储总容量12400万亿字节、最大运行功耗17.8兆瓦的天河二号,与第二名(也是前冠军)的美国“泰坦”相比,持续计算速度约是“泰坦”的2倍,计算密度是“泰坦”的2.5倍,能效比则相当。

中国科学院超级计算中心主任迟学斌

的统计表明,最近10年,美国超级计算机性能提升了500倍,中国超级计算机性能则提升了5000倍。这意味着中国超算的发展速度和发展潜力已经进入世界领先行列。

3年中两度研发出全球速度最快的超级计算机,短短十几年里拥有超级计算机的数量从零跃居世界第二,这个成绩显示了中国科技实力的巨大进步。不过美国仍是超级计算机运用最为广泛的国家,因为超级计算机500强中,有超过一半属于美国。日本、欧洲也实力强劲,今后的国际竞争将会非常激烈。

过去30年,高性能计算机发展惊人,其性能每10年提高1000倍。如今,一台个人掌上电脑Ipad2的速度,就相当于1985年的超级计算机世界冠军Cray2。超级计算机的发展速度甚至超过了广为人知的摩尔定律。(见链接2)

未来的超级计算机将是什么模样?在一些科幻小说及电影中,人们已经设想更高级的超级计算机,例如将全球电脑融为一体,成为超级电脑。但现实中的竞争如此激烈,理想中的合作是否可能?

科学家们对此表示了乐观的态度,李楠就从中看到了合作机遇。他说,将来的超级计算机技术越来越复杂,编程、能耗等众多问题非一国科学家能够解决,所需资金也会是一个庞大的数字。更重要的是,气候、能源、生命科学、宇宙科学等关系人类未来命运的全球性问题,离不开全球性的解决方案,离不开全球科学家协同创新。

目前,国家超级计算天津中心已与欧盟相关研究机构联合开展基于天河一号核心技术的并行计算技术研究。李楠认为,未来应该建立国际性的超算中心作为共同应对挑战的平台。“集中全球智慧发展高性能计算是人类长远发展的需要,也是我们中国计算机科学家的愿望。我相信这一天不会太远。”

美国工程院院士、超级计算机Top500主持人之一杰克·唐加拉也认为,在工程资金竞争激烈的情况下,一些国家难以承担超级计算机的巨额费用,联合各国共同研制计算机,将使各方受益。

【链接 ②】

摩尔定律:

我们从广义上将摩尔定律表述为计算机芯片的性能每18个月翻一番。看看Top500榜单的变化你会发现,超级计算机的性能其实是每14个月就增加一倍,比摩尔定律预言的更快。这是计算机采用了并行处理的结果。

超级计算机到底能算啥?

顾名思义,超级计算机,最强大的就是它们的超级算力。可是超级计算机到底能算啥?

哈勃望远镜看不到亿万年前前的太空,计算机能算出来。实验无法预知未来气候,计算机能算出来。海啸来袭速度极快,但美国科学家最近在超级计算机上发现了海啸和地震声波的关系,可以通过探测声波提前预警。超级计算机能算出这些关系人类未来生存和发展的大科学问题,这就是超算发展的根本驱动力。

“超级计算机是高度复杂的科学构体,就像能够预知未来的水晶球。”杰克·唐加拉说,“未来气候变化、星系撞击、药物设计,这一切都可以在计算机上进行模拟。高性能计算让我们能够更深入地观察问题,解析度和结果的逼真度更高,当然,求得结果的速度也更快。比如天气预报。如果计算机很慢,要想知道明天天气怎样,也许得24个小时。那么运算就失去意义了——24小时后你完全可以朝窗外看看天气怎样即可。因此,我们要求计算机速度快、求解精确,这两项指标都得靠高性能运算。”

从天河二号与此前超级计算机的对比,我们也能看到超级计算机的性能进步对解决实际问题的影响。用于科研:回溯地球上的气候变迁历史,天河一号可以模拟2000年前的变化,天河二号则可以模拟到5000年前甚至更远。用于艺术:电影《阿凡达》动画渲染制作耗时一年多完成,如果用天河二号,仅用1个月就可完成。用于工业:传统手段研发新车要经过上百次碰撞实验、历时两年多才能完成,而利用天河二号进行模拟,只需3到5次实车碰撞、两个月即可实现。

事实上,想用天河二号做算题的用户已经排上了大队。天河二号将作为广州超级计算中心的主机,在2013年下半年安装交付。而国家超级计算天津中心主任刘光明透露,天河二号研制成功后,很多天津中心天河一号的老用户已经迫不及待地提出对天河二号的使用申请。

超算是一种能力,这种能力可能用于各个方面。只要发现规律,建立数理模型、写出应用软件,就能把超级计算机的计算能力转化为具体成果。超级计算机到底能算啥?那要看你能教它算啥。(图为天河二号工程研究人员查看系统运行情况。)

天河二号本身就是协同创新的产物,但芯片未能国产的现实,还是暴露了国产芯片的相对落后和国产大型应用软件的极度匮乏。超级计算机的5个核心要素中,我们在体系结构和互联技术上领先,国产操作系统也不弱于人,国产CPU稍显落后,但最短板的还是大型应用软件。

事实上,中国芯并不是不能拿来造超级计算机,去年已经安装在国家超级计算济南中心的神威蓝光,就是我国以国产CPU为基础制造的第一台“中国芯”超级计算机。但要让超级计算机发挥出更大作用,我们还需要更多的人,为基于中国芯的超级计算机,写出为各行各业服务的各种大型应用软件。

中国芯的超级计算机要想跃马超算江湖,还需要与其他各行业合作,展开更广泛、更深入的协同创新。

“智慧能源”系列谈(5)

迈向智慧能源的未来旅程

□ 刘建平

能源保障是文明演进的根本条件。人类学会利用能源并推动文明演进是一个无比漫长的过程。摆脱束缚,寻求自身更大的自由,是人类文明的不懈追求。我们用火,摆脱了饥饿的威胁,获得了温饱的保障,获取了繁衍生息的自由,燃烧出了一段农耕文明,但还远远不够;我们用风、水和畜力,摆脱了江河的阻隔,获取了迁徙扩展的自由,吹送出了漫长的农耕文明,依旧不够;我们用煤驱动的水蒸气,摆脱了引力的束缚,获取了飞天遁地的自由,推送出了一个工业文明的伟大时代,仍然不够;我们用煤、油、电,摆脱了大气层的阻挡,获取了追星逐月的自由,编织出了一个信息文明的奇妙当代,这也还不够……我们向往更加广阔、更加无限的未来。

从火堆到水车、风车、马车和帆船,再从蒸汽机到内燃机乃至发电机,我们得温饱、涉江河、游寰宇、探星辰——通过一代又一代的智慧积累与技术探索,人类不断转换能源形式,提高能源利用效率,开发和利用新的能源,将文明与自身的自由解放推向了更高层次。没有能源的默默支撑,我们的文明演进是无源之水,无本之木,只能走向萎缩与枯竭。

能源更替是文明演进的客观规律。荀子曰:“君子性非异也,善假于物也。”在漫长的历史长河中,人类不断借用能源的伟大力量,变化和发展能源利用形式,不断提高能源利用效率,降低能源对资源环境的负面影响,因而得以生存和发展,谱写文明演进的辉煌篇章。

先祖以钻木取火的智慧,开始了对自然力量的驾驭,这条道路远比将野兽驯化为牲畜,将野生植物“驯化”为粮食蔬菜困难得多,充满坎坷甚至惊心动魄。然而,越是曲折就越能激发出人类的智慧和热情,我们尝试着造出帆船,驾驭桀骜不驯的风,抵达一个个未知的海岸,发现一片片全新的沃土;我们还尝试着造出水车,驾驭流动无形的水,灌溉出肥沃的土地,哺育了世世代代的子孙。

蒸汽机的发明,使生产力水平大大提高,引领人类步入工业文明的新纪元。曾被马可·波罗视为“黑色怪物”的煤炭,驱动着呼啸而驰的火车和扬帆远洋的轮船,推进了世界各地的贸易往来。内燃机的诞生更是彰显出人类的智慧,被誉为“工业血液”的石油,流淌在地上的汽车、空中的飞机和海底的潜艇中,人类文明大放光彩。电磁感应效应的发现和发电机的问世,拉开了电力时代的序幕,掀起了第二次工业化高潮,科技极大改变了人类生活。

回首过去,能够清晰地看到能源形式的改进和更替始终是文明演进的动力之源。如果没有火的发现和利用,人类今天可能仍然走不出蛮荒时代;如果没有对“自然力量”的驯化,人类今天可能依旧食不果腹;如果没有煤炭、石油和天然气的利用,工业革命可能不过是梦幻泡影;如果没有电能的出现,现代信息文明的繁荣将永远只会停留在科幻作品里。

智慧能源是文明演进的必然要求。智慧构筑文明基石,推动能源更替。文明的不同形态对能源形式有着不同的要求,文明程度越高,对能源形式的要求越高,能源所凝结的人类智慧就越多。能源只有不断凝结人类注入的更大的智慧,才能满足人类文明不断发展的要求。未来的文明,需要智慧能源的强力支撑,这是文明演进的必然要求。

智慧能源凝结着人类科技创新。科技创新是探索智慧能源的根本动力,也是智慧能源的核心内容。纵观文明发展历史,无数曾被视为“不可能”的设想,都因人类智慧所带动的科技创新而奇迹般地实现,从远古的钻木取火到现代的信息技术,都深刻地打上了人类智慧的印记,这些智慧深刻地改变着世界,推动着文明进步。智慧能源凝结着人类制度变革。如果没有有效的制度,新的能源技术难以得到全面和有效的利用。如果说技术创新是“星星之火”,制度变革则是其得以“燎原”之“势”。未来人类必将通过更富智慧的制度安排最大限度地推动人类文明的更高进步。智慧能源凝结着人类合作努力。国际合作是推动智慧能源发展的强大助力,“孤雁难飞,孤掌难鸣”,人类只有团结起来,方能在探索智慧能源的道路上高歌猛进,寻找解决能源环境和气候变化之困,开拓人类文明的未来之路。

通往智慧能源和未来文明的大道铺满鲜花,也布满荆棘。例如,生产太阳能电池的重要原料多晶硅的同时,伴随着危险品四氯化硅的产生,所到之处,土壤寸草不生;风力发电机的涡轮,极易易伤到迁徙的候鸟,进而影响整个生态链。科学技术存在许多难以突破的瓶颈,制度建设也并非尽善尽美……

正因为荆棘丛生,未来世界才更加散发出神秘的吸引力,驱使我们为探索智慧能源孜孜不倦地付出努力。我们要到达的明天,是智慧能源引领下的清洁大地,是科技创新与制度变革带来的满园春色,是国际合作孕育出的碧海蓝天。怀揣这份梦想,我们在迈向未来的旅程中才会愈加坚定和执着,我们的文明才会薪火相传、生生不息,我们因能源而生的世界,才会在历史的更迭交替中找到充满智慧的永续能源动力。

(作者现任职于国家能源局,兼任中国科学院城市环境研究所研究员、博士生导师。系列谈至此结束。)

协同创新,跃马超算江湖

余惠敏

天河二号这位新晋冠军,以它的远超过第二名的性能表明,中国这名2001年还挤不进江湖风云榜的后起之秀,经过十多年磨剑苦练,已经让风云变幻的超算江湖,真正进入了美中日欧四强并立的时代。

以绝对优势再夺第一,在高兴的同时,我们也看到了不足。虽然互联网络、操作系统、前端处理器都是中国自主研发的,但天河二号还是使用了英特尔芯片。另外,全球超级计算机格局并没有改变,第一序列依然是美国、中国、日本、英国、

法国和德国只能在第二序列中争先。

在世界前500名超级计算机榜单中,美国占253席,以绝对优势居首,可谓超算界的江湖大佬。而中国这个后起之秀的成绩虽然非常显著,500席里中国大陆占65席,居世界第二位,但整体而言,我们确实处于第二梯队。

超级计算机的发展来源于对大数据处理的需求,是解决国家经济建设、社会发展、国防建设等领域一系列重大挑战性问题的关键手段,对提升综合国力也具有战略意义,早已成为世界各国争夺的一个

战略制高点。正因为有这样的重大意义,我们期待中国超级计算机将来能够全部用上中国芯,这将为提高中国计算机的研发水平奠定一个坚实的基础。在这方面,我们还有很长的路要走,尤其是要加强协同创新。

超级计算机的研发不是一个简单工程,需要由一个团队来完成。越大的项目越要讲究协同创新,整个的研发要以我为主,掌握自主知识产权,提高自我研发的能力,但是并不排除来自其他单位、国外资源的有效支撑。

