

神威曙光照银河

——浅论中国超级计算机

引言

超级计算机，是指在一定的生产工艺条件下，采用最先进技术、工艺设计生产出来的功能最强、运算速度最快、存储容量最大、档次最高、面向科学与工程电子计算机系统。超级计算机通常由成千上万个处理器(机)组成，具有巨大的数值计算能力和数据处理能力，能计算普通个人计算机和服务器不能完成的大型复杂课题。

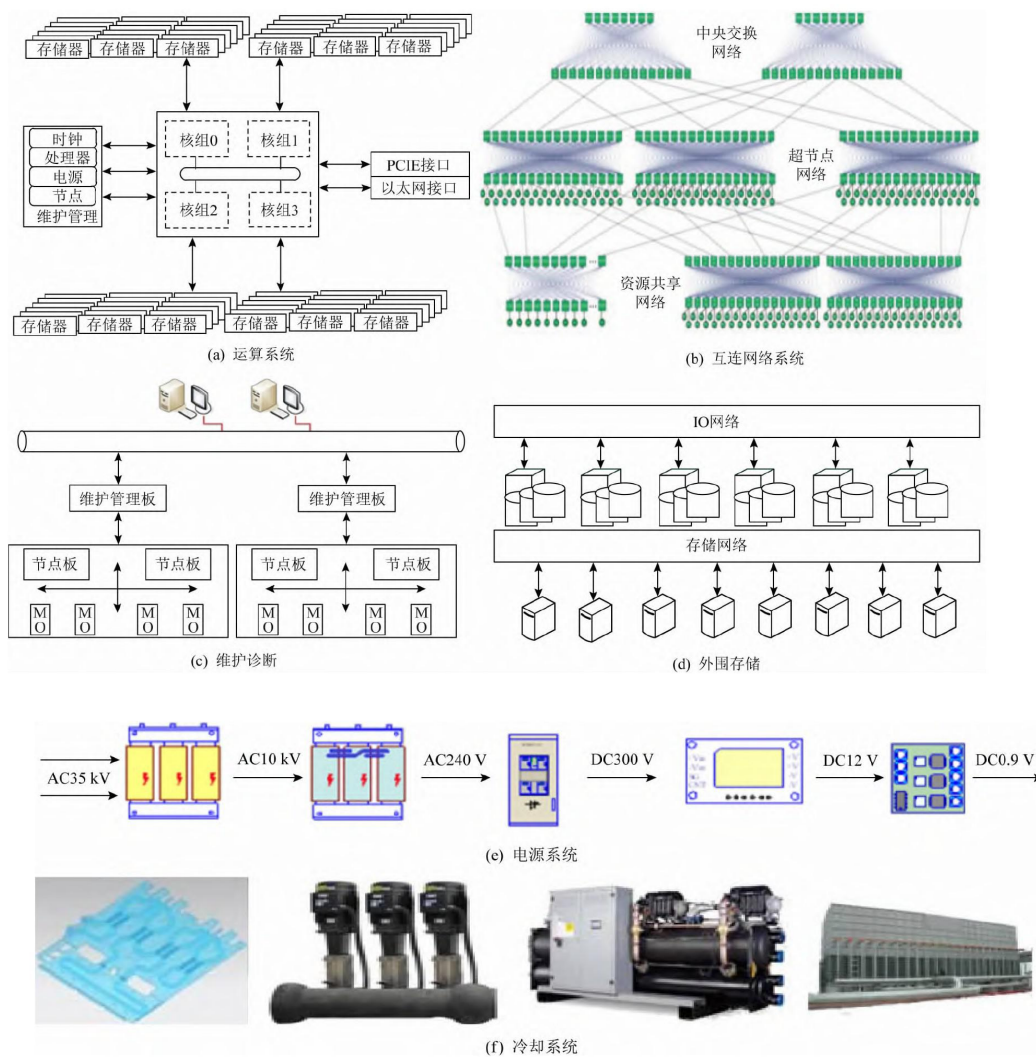
我国从 1975 年开始研发超级计算机，至今，国内主要有三家单位研制超级计算机，即中科院支持的曙光系列、江南计算所的神威系列以及国防科技大学的银河系列，下文将主要以神威“太湖之光”为例浅论我国计算机领域目前比较领先的产品——超级计算机。

神威“太湖之光”

天河和神威，是我国超算领域具有突破性进展的里程碑。神威“太湖之光”在 2016 年全球超级计算机 top500 排行榜登顶，在 19 年位列第三，20 年位列世界第四。神威不仅仅是性能强大这么简单，在美国对中国超算开展封锁之后，国内获得高性能 HPC 芯片的来源基本被截断的情况下，“太湖之光”全部使用国产“申威 26010CPU”处理器。

排名	名称	配置	所属国家	Rmax/(TFlop/s)	Rpeak/(TFlop/s)
1	Summit	IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100. Dual-rail Mellanox EDR IB	美国	148600	200794.92
2	Sierra	IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR IB	美国	94640	125712
3	Sunway TaihuLight	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	中国	93014.6	125435.9
4	Tianhe-2A	TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000	中国	61444.5	100678.7
5	Frontera	Dell C66420, Xeon Platinum8 8280 28C 2.7GHz, Mellanox IB HDR	美国	23516.4	38745.9

神威“太湖之光”超级计算机系统包括硬件系统、软件系统与应用系统。其中硬件系统由运算系统、互连网络系统、维护诊断、外围存储、电源及冷却系统组成。



软件系统由国产众核处理器基础软件、并行操作系统环境、高性能存储管理系统、并行语言与编译环境以及并行开发环境组成。应用系统包括应用平台基础框架、行业应用平台和典型应用软件。

功能

以神威“太湖之光”为代表的超级计算机，顾名思义，其主要功能自然是计算，然而和普通计算机不同的是，它具有单位为TFlop/s的计算速度，神威“太湖之光”浮点计算峰值为125436 TFlop/s，Linpack(HPL)为93 petaflops。超级计算机高性能还体现在：更快的工作主频、更快的存储系统、更快互联、更高可靠性、更高效的编程环境以及更高的能效。

表 2.1 “神威·太湖之光”超级计算机主要系统参数^[20]

内存总容量	网络带宽	磁盘容量	I/O聚合带宽	持续性能	性能功耗比
1,310 TB	16 GB/s	20 PB	341 GB/s	93 PFLOPS	6.05 GFLOPS/W

特点

超级计算机主要特点包含两个方面：极大的数据存储容量和极快速的数据处理速度。具体体现在：①缩短机器时钟周期，采用超高速电路。②存贮器容增大，访问周期缩短，带宽增加。③具有支持超高速计算的硬件结构。④采用高密度组装技术与先进的冷却技术。⑤支持多皿处理和并行处理的软件系统。

应用

作为国家重大科研基础设施，超级计算机是真正意义上的“大国重器”，常用于国家高科技领域和尖端技术研究，同时也为日常经济、科技、国防等领域一系列复杂、大型问题的解决提供了强大算力支撑。如地球环境和宇宙环境模拟、生物医学、石油勘探等。

模拟地球环境

借助于 E 级超算，人们可以更加顺利地模拟现在地球环境的变化，比如详细的大气环流、海洋洋流情况，不但可以让天气预报更加准确，也可以更加准确模拟出全球的气候“微变化”以及其所带来的深度影响。超级计算机也可对较长时间，如半个月后某一局部区域的天气状况进行较为准确地预报，如台风、暴雨等，进而实现对重要大型活动的保障。

天气预报

目前的中短期天气预报主要是根据气象卫星等观测的大气实况资料，通过求解描述天气演变过程的动力学方程组实现的，这种大规模的数值计算必须由超级计算机完成。例如，在 2008 年北京奥运会举办时，北京市气象局所购置的 IBM Systemp575 超级计算机的计算能力是原有系统的 10 倍，基于 IBM Systemp575 更高的计算性能，新的天气预报系统可覆盖 4.4 万平方公里的区域，且能为每平方公里按小时提供天气和空气质量预报等。

药品研制

开发一种新的药品，通常需要从研制和试验的很多步骤，一般需要大约 15 年的时间，而利用超级计算机则可以对药物研制、治疗效果和不良反应等进行模拟试验，从而将新药的研发周期缩短 3~5 年且可显著降低研发成本。例如，美国基因工程技术公司的研究团队曾将超级计算机应用于一种致活酶类药物的研发，在 14 个月之内从 50 多万个化学分子中筛选出两个候选药物进行最终合成和临床试验，整个过程中真正在实验室里合成的分子只有 2000 个，其余均用超级计算机模拟完成，仅此就节省了上百倍的时间和成本。

石油勘探

石油勘探大多采用地震勘测的办法，即在地面进行爆破后，用探测仪器检测和采集震动反射波的大量数据，利用对这些数据计算、处理和分析结果确定地下储油位置。石油勘探中大量数值的快速计算、处理和分析，必需由高性能的超级计算机完成。2007 年曙光 4000L 超级计算机就曾在发现储量高达 10 亿吨的渤海湾冀东南堡油田的过程中发挥了关键作用，而其后的曙光 5000A 超级计算机的应用，则进一步达到了地下数千米的勘探深度。

结语

40 多年来，我国超级计算机经历了从无到有、从跟跑到局部领先、从关键核心技术引进到实现自主可控的艰难发展历程，超算在我们的生活中也逐渐发挥着越来越重要的作用。显然，中国超级计算机的曙光已经到来，可曙光不能只满足于曙光，我们的超算梦还有很长一段路要走。自主创新路向何方，“重硬轻软”的历史顽疾如何根除，应用能力还待提高，超算人才怎么培养……难题在不断产生，但我们有信心一个个攻破，神威的曙光一定会照亮整个银河。

参考文献：

- [1] 高剑刚, 胡晋, 龚道永, 方燕飞, 刘骁, 何王全, 金利峰, 郑方, 李宏亮. 神威太湖之光可靠性及可用性设计与分析[J]. 计算机研究与展, 2021, 58(12):2696-2707.
- [2] 现代超级计算机系统_胡守仁. (长沙工学院, 长沙, 410073)
- [3] 方粮. 超级计算机发展现状及趋势分析[J]. 智能物联技术, 2020, 3(05):1-8.
- [4] 司宏伟. 中国超级计算机研制反思 从第一台国产超级计算机“银河-I”说起[J]. 科学文化评论, 2021, 18(01):109-119.