

文章编号:1004-115X(2017)04-0117-04

世界超级计算机创新发展研究

司宏伟¹,冯立昇²

(1. 内蒙古师范大学 科技史研究院,内蒙古 呼和浩特 010022;

2. 清华大学 科技史暨古文献研究所,北京 100084)

摘要:超级计算机是一种超大型电子计算机,用于国家高端技术和前沿科学领域的研究,是一国科技能力的重要体现。梳理了世界超级计算机研制的历程,分析了超级计算机发展的现况、展望超级计算机技术创新的未来趋势,为相关学者提供参考。

关键词:超级计算机;创新发展

中图分类号:F416.67 **文献标识码:**A **DOI:**10.19445/j.cnki.15-1103/g3.2017.04.031

Research on the innovation and development of supercomputer

SI Hong-wei¹, FENG Li-sheng²

(1. Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia

Normal University, Inner Mongolia Hohhot 010022, China; 2. Institute for

History of Science and Technology & Ancient Texts,

Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Supercomputer is a kind of super-large electronic computer, which is used in the national high-tech field and the research of advanced technology. Supercomputer development reflects the scientific research strength of a country. This paper reviews the research history of domestic and international supercomputers, and analyzes the present situation and future trend of supercomputer development. It provides a reference for scholars in related fields.

Key words: Supercomputer; Innovation and Development

1 引言

超级计算机(Super Computer),又称巨型计算机,是指在一个时代中,各类计算机中性能最好、功能最强、运算速度最快、存储容量最大的一类计算机^[1]。工业界规定:浮点运算速度为每秒1亿次以上的电子计算机才被认为是超级计算机^[2]。

1946年,世界上第一台电子计算机埃尼阿克

(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学诞生,从而开启了计算机与信息化时代。陆续产生的小、中、大型计算机极大推动了生产力发展。但随着科技进步,核物理、空间技术等科学计算问题,计算量大、复杂、精度高,一般计算机难以完成任务。

超级计算机系统应运而生,直接用于高端技术和前沿科学研究,成为一个国家科技实力的重要体现,对国民经济发展、社会进步和国防建设的促进作用

收稿日期:2017-06-13

作者简介:司宏伟(1982-),男,内蒙古呼和浩特人,博士,内蒙古自治区档案局(馆)主任科员,主要研究方向:超级计算机技术与创新;

冯立昇(1962-),男,山西浑源人,清华大学科学技术史暨古文献研究所所长,教授,博士生导师,主要研究方向:技术史。

用巨大。

2 国际超级计算机创新发展概览

超级计算机研究最早起步于美国。二战后,美国大力发展战略核武器,涉及大量复杂计算。虽然计算机发展已由电子管型升级到晶体管型,但仍无法满足美国政府和军方的需要。于是 IBM、UNIVAC 和 CDC 公司等主流计算机公司都开始了超级计算机早期系统的研发^[3]。

UNIVAC 公司研制的利弗莫原子研究计算机 LARC 和 IBM 公司的 Stretch(IBM7030)先后成为当时世界最快计算机。

第一个研发出符合超级计算机定义产品的人是西蒙·克雷^[4]。1960 年,CDC 公司接受美国原子能委员会的委托开始研制大型机,计算机总设计师就是年仅 31 岁的克雷,1964 年 8 月推出 CDC6600,每秒浮点运算次数达 100 万次,1964—1969 年一直保持世界最快。

20 世纪 70 年代,自己创立了 Cray 公司的克雷,开始设计制造一台以向量超级计算为主的巨型计算机。1976 年 Cray-1 横空出世,创造了当时举世无双的超级速度——每秒 1 亿次运算,成为真正意义上的超级计算机,轰动了全球计算机界和科学界。Cray-1 采用了 ECL 高速集成电路等一系列技术创新,其体系结构的简捷性和新颖性实际上成为向量计算机的标准模式,以致后来许多国家研制和生产的向量计算机都以 Cray-1 为范本。此后,超级计算机成为高科技界的新贵,超级计算也开始成为除实验、理论之外第 3 种科学活动的主要方式。

1993 年,德国曼海姆大学教授汉斯·埃里克等人创建了全球超级计算机 TOP500 排行榜,对世界最强大的 500 台计算机进行排名,每年发布两次,6 月在德国的 ISC(国际超级计算大会),11 月在美国的 SC(超级计算大会),成为评测各国超级计算机水平的重要标准之一。

美国的超级计算机研制技术和产业一直处于世界前列,在 2010 年之前的绝大多数时间里占据 TOP500 第一,2010 年后逐渐被中国超过。几十年来,美国开发了用于超级计算机的大多数前沿技术,并制造了一批世界上规模最大、速度最快的超级计算机,其中一些顶级超级计算机用于模拟核试验,其他一些则用于天气预报、能源勘探等研究。

西方除美国外,日本、欧洲等国家和地区也在从事超级计算机研制^[5]。

1999 年,日本巨资研制一台超级计算机“地球模拟器”,从事地球科学研究。2002 年一经推出,就把 TOP500 长居第一的美国计算机轰下宝座。2011 年 6 月由日本政府资助的“京”超级计算机再次实现全球最快,时隔 7 年后日本重返世界超级计算机首位。

欧洲通过多国联合,共同研制超级计算机。2010 年 6 月,欧洲多国参与的“超级计算机合作平台计划”在西班牙巴塞罗那启动。该项目以建立一个连接欧洲各种计算资源的大型基础设施为目的,提升全欧洲的超级计算能力。

表 1 历年排名世界第一的超级计算机

名称	制造商	国家	位居世界第一的时间
CM-5	TMC	美国	1993. 6—11
数值风洞	富士通	日本	1993. 11—1994. 6
ParagonXP/S140	英特尔	美国	1994. 6—11
数值风洞 2	富士通	日本	1994. 11—1996. 6
SR2201	日立	日本	1996. 6—11
CP-PACS	日立	日本	1996. 11—1997. 6
ASCI Red	英特尔	美国	1997. 6—2000. 11
ASCI White	IBM	美国	2000. 11—2002. 6
地球模拟器	日本电气	日本	2002. 6—2004. 11
蓝色基因/L	IBM	美国	2004. 11—2008. 6
走鹃	IBM	美国	2008. 6—2009. 11
美洲虎	克雷	美国	2009. 11—2010. 11
天河-1A	国防科技大学	中国	2010. 11—2011. 6
京	富士通	日本	2011. 6—2012. 6
红衫	IBM	美国	2012. 6—11
泰坦	克雷	美国	2012. 11—2013. 6
天河二号	国防科技大学	中国	2013. 6—2016. 6
神威太湖之光	国家并行计算机 工程技术研究中心	中国	2016. 6—

3 中国超级计算机创新发展简况

中国计算机研究工作始于 20 世纪 50 年代。1953 年 1 月中国首个电子计算机科研组正式成立。1956 年,中科院筹建成立了计算技术研究所。1959 年,该所研制成功了中国第一台大型通用快速电子计算机^[6-8]。

20 世纪 60 年代,“两弹一星”研制成功后,我国尖端科技发展遇到瓶颈,战略核武器的发展、航空航天飞行器设计等,迫切需要运算速度极高的计算机;而中长期数值气象预报、油藏工程与能源开发等也都需要超级计算机^[9-10]。

1978 年 3 月,全国科学大会在北京召开。邓小平在会上指出:“中国要搞四个现代化,不能没有巨型机。”邓小平亲自点将,把研制任务交给了国防科技大学^[11]。

慈云桂教授担任总设计师,带领科研团队历经五年奋战,研制成功我国第一台亿次巨型计算机“银河—I”,打破国际高技术封锁,使我国成为继美、日之后世界上第3个能够自主研制巨型计算机的国家。1983年12月,银河—I通过国家鉴定,鉴定结论为:“银河计算机是中国自行研制的第一台亿次电子计算机系统,系统稳定可靠,软件较齐全,其主要技术指标均达到和超过了鉴定大纲的要求,具有国内先进水平,某些方面达到了国际水平。”^[12-13]

此后,国防科大又相继研制出银河—II、银河—III等巨型机。2010年11月,该单位研制的中国首台千万亿次超级计算机“天河一号”在TOP500排行榜上力压美国,问鼎冠军。之后“天河二号”在TOP500实现“六连冠”,“中国超算”名满全球^[14-15]。

此外,国家并行计算中心、中科院计算所、联想集团等单位也在从事超级计算机研究,推出了“神威”、“曙光”、“深腾”等一批国产超级计算机系统^[16]。

1996年,国家并行计算机工程技术中心成立,拉开了“神威”系列超级机研制的序幕。1999年,神威—I落户国家气象局,应用情况良好。2010年,“神威蓝光”诞生,首次完全采用我国自主生产的CPU。2016年6月,“神威·太湖之光”超级计算机登顶TOP500,创下了峰值性能、持续性能、性能功耗比3项“世界第一”的纪录,成为世界上第一台运算速度超过10亿亿次的超级计算机。

“曙光”系列超级计算机是由中国科学院计算机研究所主持研制的。1993年10月,在推出了我国第一台全对称共享存储多处理超级计算机“曙光一号”后,该所成立了曙光计算机公司,随后生产了曙光30多个型号的系列超级服务器。2010年6月,“曙光星云”超级计算机进入世界超级计算机排行榜第二名,达到了中国“曙光”系列机的最好成绩。

2002年,由联想集团研制的我国首台企业研发万亿次级超级计算机“深腾1800”在中关村诞生,并排在当年TOP500榜单第43名,这是我国企业研制的超级计算机第一次进入TOP500,标志着中国IT企业“巨舰”从此驶入世界超级计算机研发的“深海”。

表2 中国超级计算机发展简表

时间	机器	研制单位	峰值速度 (浮点运算)
1983	银河—I	国防科大	1亿次
1992	银河—II	国防科大	10亿次
1993	曙光—1	中科院计算所	6.4亿次

时间	机器	研制单位	峰值速度 (浮点运算)
1995	曙光—1000	中科院计算所	25亿次
1996	曙光—2000	中科院计算所	40亿次
1997	银河—III	国防科大	130亿次
1998	曙光—2000 I	中科院计算所	200亿次
1999	曙光—2000 II	中科院计算所	1117亿次
1999	神威—I	国家并行计算中心	3840亿次
2000	曙光—3000	中科院计算所	4032亿次
2000	银河某型	国防科大	1万亿次
2002	深腾1800	联想	1万亿次
2003	曙光—4000L	中科院计算所	4.2万亿次
2003	深腾6800	联想	5.3万亿次
2004	曙光—4000A	中科院计算所	11万亿次
2007	神威3000A	国家并行计算中心	18万亿次
2008	深腾7000	联想	106.5万亿次
2008	曙光—5000A	中科院计算所	230万亿次
2009	天河一号	国防科大	1206万亿次
2010	神威蓝光	国家并行计算中心	1100万亿次
2010	曙光星云	中科院计算所	1271万亿次
2010	天河一号A	国防科大	4700万亿次
2013— 2015	天河二号	国防科大	5.49亿亿次
2016	“神威·太湖之光”	国家并行计算中心	12.5436亿亿次

4 超级计算机发展创新当前态势

超级计算机是解决涉及一国经济、社会、科学、安全和军事等多个领域一系列重大问题的重要手段,越来越成为世界大国、强国不断争夺的战略制高点。当前世界超级计算机发展特点如下:

4.1 世界大国争相保持超级计算机研制领先地位,竞争已达超白热化

2010年“天河一号”世界第一后,加剧了国际竞争。日本投资“京”10亿多美元拿了一次世界第一;美国相继推出“红杉”和“泰坦”,夺回两次榜首;中国“天河二号”和“神威·太湖之光”于2013~2016年七次蝉联TOP500世界冠军。

4.2 超级计算机的时代正在到来

在国际金融危机、反全球化浪潮兴起的大背景下,西方把发展超级计算机作为振兴实体经济、加强贸易保护主义的工具,既可直接带动微电子与微处理器等相关产业发展,又可间接支撑金融大数据分析等高科技新兴产业的发展。美国正在将超级计算机技术推向一个全产业链融合贯通式深化发展的阶段,中小型企业普遍应用超级计算机的时代正在到来。

4.3 尽管中国超级计算机几度领先全球,但西方大国集团尤其是美国的领先优势目前并没有改变

以2016年11月公布的世界超级计算机排行榜

单看^[17],前10名中除第一、第二的“神威·太湖之光”和“天河二号”之外,其他全部是西方国家。其中美国就有5台机器进入前10,独占1/2。从整体上分析,美国占到全球超级计算机研制能力总和的33.9%,排名第一,IBM公司是世界超级计算机CPU的最大制造商,AMD公司排在第二位。此次上榜的所有超级计算机有96%都使用了美国英伟达公司的GPU核心加速器。

4.4 “协同创新”正成为支撑超级计算机技术可持续发展的重要途径

超级计算机研制正从超大规模单一系统研制为主,转变为使能技术、系统技术和应用技术相结合的“全生态系统”式发展模式。美国和日本的超算应用模式日趋成熟,而中国也相继建立了国家超级计算天津中心、广州中心等,利用协同创新模式研制更高性能的超级计算机。

5 超级计算机技术创新未来展望

超级计算机发展史表明,超级计算机的速度大约“每10年提高1000倍”^[18]。由此推断,超级计算机在2018~2020年左右将实现百亿亿次,世界将迈入E(Exascale)级计算时代,同时面临很多前沿技术上的严峻挑战^[19-20]:

5.1 存储访问墙

主要指处理器的处理速度和访存速度之间的不匹配,进而导致并行系统计算效率的严重下降。

5.2 通信墙

随着系统规模越来越大,互连网络对计算性能的影响不断增加,E级计算下的“通信墙”问题已成为制约超级计算机创新发展的关键因素之一。

5.3 可靠性墙

研究者一直致力于提高超级计算机系统的平均无故障时间,但由于并行度的不断扩大,系统可靠性问题愈来愈严重,故障导致系统经常死机,严重影响机器性能。

5.4 能耗墙

功耗问题对高性能计算发展的阻碍是多方面的:高温下运转的芯片增加了失效率,致使系统稳定性下降;骤然上升的功耗增加了制冷技术和芯片封装的成本;超级计算机对能量需求巨大,导致能源消耗呈逐年急剧增加的态势。

超级计算机的运算速度达到E级——每秒百亿亿次,必将成为计算机创新发展的里程碑,也必然引发芯片、网络到体系架构的技术变革,也意味着各

国之间的竞争会变得更加激烈。美国计划于2020年前推出E级系统,日本则定在2020年左右,两国均已启动预研。中国的新一代百亿亿次超级计算机“天河三号”样机研制工作已经启动,预计2017年底至2018年初完成。

世界超级计算机创新发展的崭新阶段即将开篇!

参考文献:

- [1]胡守仁. 计算机技术发展史[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2016:214—215.
- [2]白瑞雪. 巅峰决战[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2014:10—12.
- [3]S. Kowalik. Supercomputing[M]. World Publishing Corporation, 1990—11.
- [4]Bell, Gordon. A Seymour Cray Perspective[Z]. Microsoft Research, 1997.
- [5]新华军事. “天河一号”全球问鼎 超级计算机成大国实力新竞技场[N]. 新华网,2010—11—21.
- [6]张久春,张柏春. 20世纪50年代中国计算技术的规划措施与苏联援助[J]. 中国科技史料,2003,(3).
- [7]中国科学院计划局. 中国科学院档案,53—3—23.
- [8]中国科学院物理学数学化学部[Z]. 中国科学院档案,55—15—3.
- [9]国防科大校史编委会. 国防科技大学校史(1953—1993)[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1993:275—276.
- [10]国防科大校史编审委员会[M]. 国防科大计算机系兼研究所史(1956—1993)内部印制,116—117.
- [11]邓副主席在听取计算机问题汇报时的指示[Z]. 国防科大计算机学院档案室,档号:ZYJ—1—1—5.
- [12]慈云桂. “七八五”工程银河亿次机研制报告[R]. 国防科大计算机学院档案室,档号:KTYH—I001/06.
- [13]银河计算机国家鉴定书[Z]. 国防科大计算机学院档案室,档号:KTYH—I001/1.
- [14]薛仁,王握文,司宏伟. 超越之路[N]. 解放军报,2010—11—19.
- [15]白瑞雪,李治,司宏伟. 中国超级计算的超级任务[J]. 瞭望新闻周刊,2013—06—17.
- [16]刘益东,李根群. 中国计算机产业发展之研究[M]. 济南:山东教育出版社,2006. 115—116.
- [17]<https://www.top500.org/lists/2016/11/>.
- [18]IBM Inc. Some Challenges on Road from Petascale to Exascale[R]. 2010. 4.
- [19]杨学军. 并行计算六十年[J]. 计算机工程与科学,2012,(8).
- [20]Xuejun Yang. Thoughts on high-performance computing[J]. National Science Review,2014,(3).