

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.06.026

## 新一代软件技术发展及其军事应用展望

吴集, 沈雪石, 赵海洋

(国防科学技术大学科研部武器装备发展研究中心, 长沙 410073)

**摘要:** 针对当前软件技术的研究热点, 归纳了软件技术发展的主要趋势和技术瓶颈, 研究了虚拟计算、人工智能软件、科学计算等新一代软件技术的发展动向, 展望了技术的军事应用前景。该研究可为进一步认识和加快应用新一代软件技术提供参考。

**关键词:** 软件技术; 发展动向; 军事应用

**中图分类号:** TJ02 **文献标志码:** A

## Development and Military Prospect of Next Generation Software Technology

Wu Ji, Shen Xueshi, Zhao Haiyang

(Weaponry Equipment Development Research Center, Dept. of Scientific & Research,  
National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Aiming at the hot topic of current software technology, main trends and technological bottlenecks of novel software technology were generalized, research on virtual computing, artificial intelligence software, scientific computing and other next generation technical trend, and then outlook its military applications prospect. This research can give reference for increasing awareness and accelerating the application of next generation software technology.

**Key words:** software technology; development trends; military applications

### 0 引言

软件是各类信息系统执行特定任务所需的程序、过程及文档的集合。软件技术的核心内容可划分为: 软件的本质和模型, 即软件实体及其结构模型; 针对特定的软件模型, 研究高效的软件开发技术, 以提高软件系统开发的效率和质量; 研制特定领域的或特定应用的软件。软件技术研究的基本内容可分为: 软件开发技术、软件工程与软件方法学, 以及软件系统<sup>[1]</sup>等。

随着计算平台从单机、局域网到大规模网络的迁移, 开放、动态、多变的网络环境给软件开发带来了新的技术挑战。硬件、软件、网络等以前看似相互独立的技术范畴也开始相互渗透、互相促进, 正共同经历着一个从量变到质变、从独立到统一的发展过程。这些因素促使软件技术获得新一轮的重大发展, 虚拟计算、人工智能和超大规模软件系统等新一代软件技术的突破, 将引领软件技术深入发展, 满足各领域对软件技术的迫切需求; 因此, 针对当前软件技术的研究热点, 研究软件新兴前沿技术的发展动向及其军事潜在前景, 有助于加快新一代软件技术在军事领域的应用。

### 1 发展趋势

软件技术从 20 世纪 40—50 年代开始, 由最初

编写机器码、汇编程序来直接操纵计算机阶段, 经历面向对象高级语言编程阶段, 发展至面向网络化运行环境、基于构件的软件开发阶段。软件技术持续不断发展的动因来源于社会发展和技术自身进步的共同推动。从社会发展而言, 软件技术将人类在生产、生活各方面的知识和智慧以软件代码和机器执行的逻辑方式进行保存, 并通过自动化系统进行重复利用, 相对于以往的书本学习方式, 具有变革性的意义。从技术进步而言, 在缓解“软件危机”的长期努力以及相关技术进步的推动下, 软件技术发展正在进入软件 2.0 时代<sup>[2]</sup>。未来一段时间内, 软件技术的发展趋势可归纳为:

1) 软件在整个信息技术领域中的地位还将进一步凸现。目前集成电路工艺已经碰到“物理极限”问题, 石墨烯器件、自旋电子器件等新的技术途径仍在探索, 而软件的发展仍在深入进行, 20 世纪 90 年代以来, 软件和信息服务业增长的速度就已经远远超过硬件。就产业规模而言, 当前软件与信息服务业更是成为全球第一的产业领域。在军事信息化装备和重大基础设施研发中, 关键软件的成败将对整个工程起决定作用, 软件占研发投入的比重也将越来越高。

2) 网络环境将成为软件开发主要面向的运行

收稿日期: 2012-01-11; 修回日期: 2012-02-02

作者简介: 吴集(1977—), 男, 广西人, 壮族, 博士, 助理研究员, 从事国防科技和武器装备发展战略、分布式仿真研究。

环境。随着网络在人所能及的物理世界中弥漫式嵌入的传感、计算和通信能力,要求软件开发必须适应随时就绪地为人提供信息与计算服务的需求。无论是在军用还是民用领域,更多的软件需求将体现在开放网络环境下的信息互连、共享、传输和互操作等服务的提供上。软件技术面向开放网络环境的趋势,已经初步在网格技术、中间件技术和云计算技术的飞速发展得以体现。

3) 基于构件组装的软件开发技术将极大提高软件开发方式的重大变革。构件作为可重用的软件组件,在软件系统的开发上,解决了重复开发的问题,提高了软件开发的效率。在当前 COM/COM+、EJB 各类软构件的基础上,下一代软件构件技术——业务构件技术,乃至“智件”、“人件”等包含更多领域知识的业务构件,将会为软件的工业化生产提供技术基础,将孕育软件生产工业化的时代。

4) 规模达数十亿行的超大规模软件系统将成为软件系统开发的新的挑战。超大规模软件系统包含数十亿行代码,分布于数以千计的,通过异构有线和无线网络连接在一起的软硬件平台,复杂程度远超过现有软件系统(如美军 F-22 战斗机的航电系统代码为 700 万行)。超大规模软件系统由于规模纬度的增大,将对当前软件保障、生产、部署、管理和升级活动带来前所未有的挑战。

在软件技术飞速发展的同时,软件技术发展的环境和自身技术特点等因素促使软件众多技术瓶颈的日益凸现,“软件危机”广泛进入软件。当前,制约软件技术发展突出的瓶颈包括:

1) 软件开发技术不能匹配日益庞大的软件系统规模,开发成本和风险越来越高。随着软件运行环境向网络化发展,大型软件系统规模惊人。未来代码达到数十亿行、开发成本数亿乃至数十亿的超大规模软件系统已构成软件开发技术的重大挑战。美军未来战斗系统(future combat system, FCS)计划下马,原因之一是软件系统规模和开发成本巨大、各有人/无人战斗分系统软件及系统集成技术的成熟度尚不能满足装备研发需求。天基红外系统(space based infra-red system, SBIRS)预警卫星软件超支高达数十亿美元,数次遭到美国政府审计办公室(government account office, GAO)斥责。

2) 软件技术发展滞后于硬件技术,软件硬件间的鸿沟不断增加。集成电路工艺的不断更新换代,促使硬件的处理速度和存储容量以指数的速度增长,软件在充分发挥硬件技术性能方面进展速度远

跟不上硬件的发展。同时,对于不同类型硬件平台,软件编译和执行有很大差异。造成软件硬件间鸿沟主要原因,除了缺乏软硬件协调的标准外,也包括软件复用和软件移植技术不能满足要求。

3) 软件设计验证和质量测试仍然缺乏理论基础,软件质量无法得到根本的保证。软件开发过程技巧性极强,软件的计算机语言表达和机器逻辑运算执行的实际间缺乏直观的表达关联。软件发生错误的原因可能是软件自身难以避免的缺陷,也可能是与不同硬件平台的匹配。测试技术对于复杂的软件系统来说,尚不能保证发现所有设计缺陷。

这些制约软件技术发展的瓶颈,将随着软件技术尤其是软件开发、软件工程技术的不断发展,以及软件技术与硬件、网络技术的深度融合得以有效缓解,从而促进软件系统呈现服务、高可信、智能、网络、协同的发展特点。

## 2 发展动向

### 1) 新一代操作系统技术。

操作系统是包括军用系统在内的一切信息系统运行的基础,在信息系统中发挥着用户应用和机器执行的桥梁作用。新一代操作系统技术正经历“以机器为中心”向“以网络为中心”、“以计算为中心”向“以数据为中心”的重大变革。云模式、虚拟化、可信可靠和人机友好成为新一代操作系统重要的技术特点。

① 个人桌面操作系统。云操作系统进入人们视野,对以往操作系统软件产生重大变革。谷歌公司于 2009 年 7 月推出 Chrome OS 操作系统和微软公司在同一周推出的 Windows Azure 操作系统是面向个人手持信息终端的纯粹的云操作系统,预计于 2012 年发布的微软 Windows 8、苹果 Lion OS 也将更大程度地支持基于互联网的云服务。以 Chrome OS 为例,操作系统直接是云计算的入口点,用户的业务处理完全通过浏览器使用基于 Web 的云计算服务。同时,更为友好的人机界面也是各类个人桌面操作系统竞争的焦点,触摸交互、三维立体界面和软件使用智能助理成为下一代操作系统人机交互的模式。

② 高端服务器操作系统。计算需求和安全需求促使高端操作系统向虚拟化、可信可靠方向发展。美军采用 2008 年 11 月发布的 Solaris 10 安全操作系统来构建高速战区支援舰(theatre support vessel)的指挥控制系统。Solaris 10 是目前商业操作系统安

全等级最高的操作系统，达到美国国土安全部 CA+7 级。Solaris 10 采用虚拟化技术，可将 32 路 CPU 的 Ultra SPARC T1 处理器逻辑分为 32 台 Solaris 虚拟服务器，为军舰信息系统的不同类型服务功能提供支撑。同时，采用专为国防部开发的安全中间件确保操作系统“不可攻”(unbreak-able)。

③ 嵌入式操作系统。以 Vxwork、QNX、PalmOS、Windows CE、uC/OS 和 Linux 等主流嵌入式操作系统向实时高效、快速移植、专用特制方向发展。美国 F-35 战斗机的综合核心处理器系统中使用美国嵌入式计算机巨头 Mercury 计算机系统的 RACE++ 系列嵌入式系统，该系统支撑 100~200 多个嵌入式处理器，提供信号处理能力达 500G FLOPS 运算，计算结点网络总带宽达到 24 GB/s。

#### 2) 中间件技术。

中间件技术已成为软件技术的研究热点，已有的主要中间件包括：事务中间件、消息中间件和面向对象中间件等。随着分布系统运行的网络环境规模不断扩展，中间件的定义逐步形成更为广义的内涵。仿真中间件、人工智能中间件等对系统高层设计和专用领域系统开发的支持的中间件成为技术发展热点。

美军国防信息基础设施公共操作环境(DII COE)是共性中间件的代表。美军运用网络化思想和面向服务技术不断提升 DII COE 的能力，至今已发展至 5.0 版本。美国国防部已在包括旅战斗队系统(FBCB2)、全球指挥控制系统(GCCS)和全球作战保障系统(GCSS)等软件系统中使用了 DII COE。

#### 3) 虚拟化技术。

虚拟化技术包括将单个资源划分成多个虚拟资源的裂分模式，也包括将多个资源整合成一个虚拟资源的聚合模式。目前，主要热点包括：虚拟计算技术、虚拟网络技术等。其中，虚拟计算技术通过虚拟机软件在同一台物理机上创建完全配置的独立虚拟机，可支持同时运行多个具有异构操作系统，提供更高的信息基础设施资源利用率和灵活性。虚拟网络技术采用类似的虚拟化思想，在同网络设备上虚拟多个异构网络和虚拟子网，提高网络控制和管理设备的资源。虚拟化技术是未来云计算、网络服务和大规模网络模拟系统(如网络靶场)的基础。

#### 4) 机器智能软件技术。

近年来，支撑军(民)用机器人和模拟高级智能的机器智能软件技术发展迅速。2007 年 2 月，比尔·盖茨做出“家家都有机器人”的预言，人工智能可

能成为信息科技领域下一次的新的浪潮<sup>[3]</sup>。人工智能软件是实现机器人智能的核心，也是整个软件技术领域最具挑战的领域。美国 DARPA 在 2007 财年国防预算投入了 17 亿美元开展无人机关键技术的预先研究，人工智能软件是其中的重点。卡内基梅隆大学的汉斯·莫拉维克教授预测在 2040 年前会出现四代通用机器人：第一代通用机器人可能出现在 2010 年，处理能力 3 000 MIPS，智能达到蜥蜴级。第二代通用机器人可能出现在 2020 年，处理能力 10 万 MIPS，智能达到老鼠级。第三代通用机器人可能在 2030 年出现，处理能力 300 万 MIPS，智能达到猴子级。第四代通用机器人可能出现在 2040 年，处理能力 1 亿 MIPS，智能达到人类级。

目前，美军无人作战系统软件是人工智能软件中发展最快和应用最广的典型。美军无人机已经具有较高的自主控制等级，“RQ-4A”计划正在验证“全球鹰”自主实现空中加油，相应的自主控制等级为 3。DARPA 和美国陆军正在研制的无人武装战斗旋翼机(UCAR)，UCAR 自主控制等级将达到 7~9。从而，使无人机摆脱昂贵的地面遥控站，只需简单通信指令即可进行指挥作战。

#### 5) 超大规模系统技术。

超大规模系统(ultra large system, ULS)由隶属美国国防部国家实验室体系的卡内基·梅隆大学软件工程研究所最早提出<sup>[4]</sup>。超大规模系统研究的出发点是开发未来数十亿行规模的军用信息系统(当前最复杂的信息系统如 F-35 航电系统约为 800 万行代码级别)。超大规模系统指“一种多维系统，至少有一维的规模极其巨大，以至当前软件开发过程和技术无法解决系统构建任务”。针对超大规模软件系统的工程协同难度大、需求频繁变化、部署持续时间长、异构平台兼容要求高等难点，软件工程研究所提出未来软件开发主要关注的技术倡议包括：智能化人机交互技术、新的计算理论、基于全视角的设计方法、大系统资源调度规划技术、高适应性基础设施、大规模软件系统质量和保障技术等。

#### 6) 工业 CAE 软件技术。

计算机辅助工程分析(CAE)软件以计算机软硬件技术、计算结构力学、计算流体力学、计算数学和计算物理等学科为支撑，是综合程度高、知识密集型软件产品。面向“虚拟制造”、“数字化制造”和“精细设计”的 CAE 技术得到飞速发展，CAE 技术可以解决的问题的覆盖面日益拓宽。CAE 软件用于对工程结构与产品的性能及其生产加工过程的

分析、模拟、预测、评价、优化和控制,是工业装备和产品创新设计的核心技术,也是国防和军工装备研制的战略技术。美国、德国等发达国家长期将高端 CAE 模块和软件列入禁运列表,以保持其领先和垄断地位。目前,我国对重大装备制造工程、飞机气动力计算和航空发动机、微纳系统和大规模集成电路等领域 CAE 软件的需求尤为突出。

#### 7) 科学计算软件技术。

科学计算软件技术将计算密集型应用领域和计算机学科的协同努力,在物理建模、计算方法、计算机体系结构与编程模型等方面取得重大突破。多时空尺度、多物理过程耦合、海量数据驱动、计算需求量大是前沿科学计算软件的特征。国际计算机学会(ACM)谷登·拜尔奖(Gordon Bell)奖是科学计算软件顶级奖,包括最高持续性能奖和最佳创新奖。2009年,研究材料科学问题的 WL-LSMS 软件获最高持续性能奖,研究适用于磁存储器、激光器和发动机等更稳定、性能更好的磁体, WL-LSMS 软件在 CRAY Jaguar 上运行,达到 1840 万亿次性能;人工模拟猫脑软件获最佳创新奖,使用 IBM BlueGene 高性能计算机的 147 456 处理器,研究大脑结构、动力和功能,利用超级计算机具备了近似猫脑的功能。目前,获 Gordon Bell 奖的科学计算软件多是运行于百万亿次(T)级别,而国内公开报道的运行于万亿次级别的科学计算软件尚不多。

### 3 军事应用展望

随着部队作战信息系统和信息化装备体系建设进程的加快,软件在作战信息系统和信息化武器装备的比重与作用越来越大。软件技术的深入发展,将对提升作战信息系统整体效能、提高信息化武器装备可靠性、自动化和智能化水平带来深远的影响。

1) 软件技术的发展将引起作战信息系统顶层设计发生重大变革。以超级计算机为支撑的科学计算软件将为各类计算密集型军事应用提供支撑,面向大规模网络化运行环境的云操作系统技术、虚拟化技术和网络中间件技术的发展,将在更大系统规模上促进作战信息系统向一体化融合。轻量化用户负载、集中式计算服务的云计算模式将在更多数量的信息系统设计中得以采用。从而,也将促进各类军用计算、网络基础设施的资源利用和调度管理进一步的科学化和合理化。

2) 软件技术的发展将进一步提高信息化装备的自动化水平和操控性能。具有先进人机交互界面

技术和集成多种信息处理功能的先进操作系统和嵌入式软件,通过对复杂操控过程和信息处理过程的“按键化”和“透明化”,使先进战机、大型舰艇、作战坦克等装备已几乎无法应付的操控要求,能最大限度地转化为自动流程。从而使操作人员对复杂装备的驾驭能力大为提高,也使装备具备更多功能和更强适应能力。

3) 软件技术的发展将对新型信息化装备研制开发产生巨大推动。软件技术的发展将对新型信息化装备研制开发将体现在装备设计试验、开发效率和开发费用上。科学计算和工业 CAE 技术将继续为新型装备研制提供更好的设计试验环境。超大规模系统软件技术、中间件技术的研究成果将通过促进软件构建复用水平提高和降低集成环节的成本,将提高装备研制尤其是软件环节的进度,使装备研制成本得以降低。

4) 软件技术的发展将促进武器装备具有更高智能,进而加快作战无人化发展趋势。现有无人作战系统在人工智能软件技术发展的推动下,将实现自主规划、协同作战、自主保障等更高智能的作战行为。例如,美军 X-45 无人机将具有自主起飞/着舰,自主空中加油等功能,UCAR 的高度智能使其作战任务几乎不用人为干预。作战无人化和“无人化战争”的趋势,将随着高智能无人作战系统承担任务能力和替代人为操作能力的提升而加强。

### 4 结束语

当前,云计算、机器智能和超大规模系统等新一代软件技术的深入发展,有望对未来信息基础设施和信息化装备效能带来深远的影响。充分了解新一代软件技术的发展动向,准确判读其军事应用前景,对于推进我军作战信息系统和信息化装备体系建设跨越发展具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 方莉英. 新一代网络技术系统下软件技术的发展趋势[J]. 教育信息化, 2005(11S): 57-58.
- [2] 孟岩. 解读软件 2.0 思想框架, 把握技术发势[EB/OL]. <http://news.csdn.net/n/20070925/109046.html>, 2007, 5.
- [3] 比尔·盖茨. 家家都有机器人[J]. 机器人技术与应用, 2007(2):10-16.
- [3] SEI. Ultra-Large-Scale Systems: The Software Challenge of The Future Software Engineering Institute[EB/OL]. <http://www.sei.cmu.edu/uls/uls.pdf>, June 2006.
- [4] ACM. <http://sc09.supercomputing.org/?pg=gordonbell.html>, 2009.