

新一代电子计算机的研究与发展¹⁾

陈 树 楷

(中国科学院计算技术研究所)

新一代电子计算机(也有称为第五代计算机或智能计算机……)近10年来在国际国内都是热门研究领域。本文扼要介绍这一研究领域的形成、基本概念和主要内容以及当前出现的一些主要成果和对计算机科学技术发展的影响。

电子计算机发展至今已有40多年的历史。人们常说第几代计算机。所谓“代”的含义,通常是从构成计算机电子电路的元器件而划分的,即电子管、晶体管、集成电路、大规模和超大规模集成电路等四代。然而从计算机处理的对象及功能结构来讨论,计算机的发展则完全是另外一种概念了。首先,从1946年世界上第一台电子计算机问世时,其处理的对象是数学问题求解,也就是数值计算,求解数学物理方程。因为由人来求解(包括使用电子计算机问世之前的诸如齿轮或继电器等制成的计算机)都无法完成这种庞杂数学问题的求解,因此出现了电子计算机。然而由于电子计算机的功能和基本原理(记忆和程序)决定了计算机绝不是简单的“计算的机器”,而是一种处理信息的机器,仅仅因为它是由于求解数学问题的应用开始,因而被称之为“计算机”。电子计算机发展至今,短短40多年,其应用领域可以说无所不包了,从数值计算发展到数据处理,进而发展到信息处理。新一代计算机的“代”的含义,似乎更应理解为从信息处理的这一代向处理知识、处理智能的新一代发展,所以不言而喻,把新一代计算机称之为第五代计算机,容易混淆概念。

从器件划分的“代”的发展历史来看,出现了后一代基本上就淘汰了前一代,已经制造出了集成电路计算机就决不会再去生产电子管和晶体管的计算机。然而从处理对象概念的“代”来分析,则在发展到处理知识和智能的新一代计算机时,仍然需要继续解决数值计算的问题,

即新一代的功能和处理问题的对象,包含着前几代的功能,还要发展处理对象的能力。

无论是以器件来划分,(或者说由构造电子计算机的中心技术而定名的“代”来划分)还是由处理对象的发展各阶段来划分(即数值计算—数据处理—信息处理以及部分地进入知识处理阶段),这种计算机都是冯·诺伊曼体系结构,这种体系是由控制器、存储器、运算器以及输入输出设备组成。它大体上是以串行方式运行。要使新一代计算机适应于知识处理并发展到智能处理,必须采取新的并行的体系结构、新的存储系统、新的程序设计语言以及可以处理符号而不仅仅是可以处理数码的新的操作方法。因此,新一代计算机与以前各代计算机相比将有本质上的不同,不是由第四代简单地进入第五代,而是产生了质的飞跃,所以有人叫知识信息处理系统或叫智能机。1982年日本人首先提出知识信息处理系统的研究计划,日本人称之为第五代计算机。

一、日本的研究计划与进展

日本政府在1982年4月提出了第五代计算机研究计划,其研究工作分为三个阶段,计划预期十年完成,研究目标是在九十年代推出知识信息处理系统(knowledge information processing system, KIPS),由日本新世代计算机研究所

1) 新一代电子计算机在日本等国家称为第五代计算机;在我国,新一代电子计算机又称为智能计算机。

(ICOT) 执行。

1. 日本 KIPS十年研究和发展计划的三个阶段

1982—1985年,为基础研究阶段,投资为 10×10^9 日元。1985—1989年,为子系统研究开发阶段,投资为 5×10^9 日元。1989—1992年,为样机系统研制阶段,投资为 40×10^9 日元。日本为了制定这项计划花了三年时间。日本认为计算机的发展对他们国家的经济前途来说是至关重要的,知识将成为国家的新财富。1979年4月,日本集中了大学、企业、用户60多人,成立了由东京大学元 岡达(Motooka)教授为首的一个委员会,调查研究新一代计算机的情况。该委员会于1981年10月15日在日本情报处理学会(即日本计算机学会)第23次

全国大会上发表了题为《第五代计算机的构想》的演讲。1981年10月19—22日在日本东京由元 岡达主持召开了第五代计算机国际会议(FGCS'81)。元 岡达教授1983年10月到我国北京参加第一届中文信息处理国际会议时,在会上向我们介绍了他们的研究开发计划。

2. 日本提出的第五代计算机系统的功能配置

该配置如图1所示^[1]。它由应用系统、软件系统和硬件系统三部分构成。软件系统主要具有问题求解和推理功能,……以及知识库管理功能。软硬件系统之间的接口是核心语言。整个软件系统将用核心语言实现,硬件系统将直接执行这种核心语言^[2]。

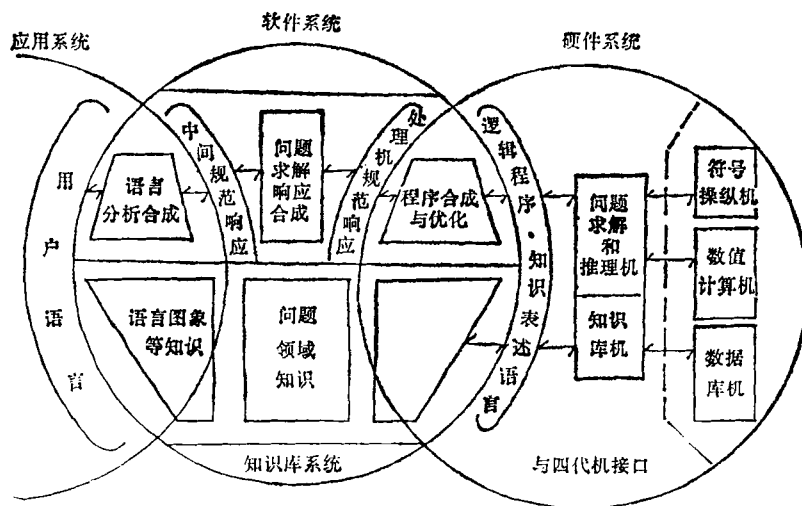


图1 第五代计算机(知识信息处理系统 KIPS) 功能配置示意图

(1) 问题求解和推理系统

日本选用逻辑语言 PROLOG 作为核心语言,研制和开发问题求解和推理机,最大能力可以执行每秒1亿到10亿次的逻辑推理(LIPS)。每条逻辑推理操作使用第四代计算机需要100到1000步。

(2) 知识库系统

日本选择关系数据库和关系代数为基础,研究和开发知识库机,满足知识表达系统和大规模知识库系统的要求,支持大量知识数据的存储、检索和更新。知识库机的容量为1000亿

到10000亿字节,可以在几秒钟之内检索得到结果。

(3) 智能接口系统

该接口系统能通过自然语言、声音、图象、图形、文字等进行人机通信。

3. 第五代计算机关键技术

上面谈的三方面的功能是第五代计算机的关键技术,也是技术难点,实现了这三种功能的软件和硬件系统,可以构成通用机器,其体系结构如图2所示^[4]。它结构非常灵活,不仅可以提供为通用目的服务的机器,而且还可以构成

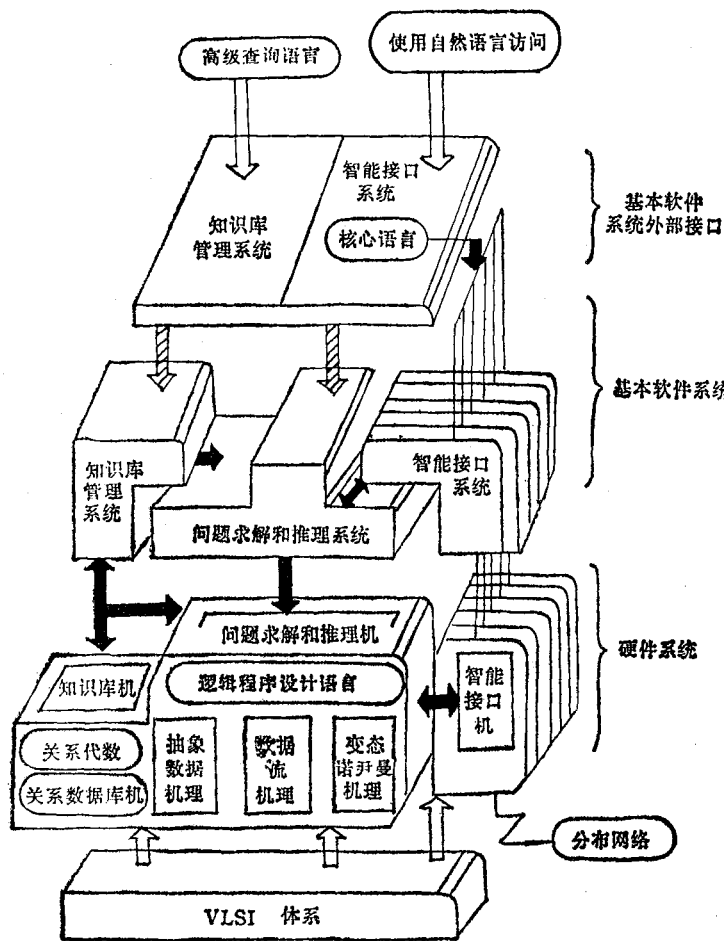


图2 第五代计算机体系结构(日本)

各种为专用目的服务的系统。它们也可以通过网络互连,构成分布式处理系统。

4. 日本第五代计算机研究和开发计划

它分为五个项目组开展工作:

(1) 问题求解和推理系统

(a) 问题求解和推理机理: 第五代计算机的核心语言; 协同问题求解机理; 并行推理机理。

(b) 问题求解和推理机: 数据流机; 支持抽象数据类型的硬件机理; 并行推理的硬件机理。

(2) 知识库系统

(a) 知识库机理: 知识表示系统; 大型知识库系统; 分布式知识库管理系统。

(b) 知识库机: 关系数据库机; 支持并行

关系操作和知识操作的硬件机理; 基本知识库管理系统的硬件机理。

(3) 智能人机接口系统

(a) 智能人机接口系统: 自然语言处理; 语言处理; 图形和图象处理。

(b) 高级人机接口设备: 专用处理机(语言和其他)。

(4) 开发支持系统

(a) 软件开发的试验模型: 顺序推理机的硬件系统; 顺序推理机的软件系统。

(b) 超大规模集成电路(VLSI)和系统体系的集成技术: 智能 VLSI-计算机辅助设计(CAD)系统。

(5) 基本应用系统

(a) 机器翻译系统。

(b) 咨询系统。

(c) 智能编程系统: 模块编程系统; 元/规范描述和检验系统; 程序合成和算法库。

5. 日本第五代计算机计划的中期情况

1984年,在第五代计算机研究与开发计划的第一阶段结束后,ICOT于1984年11月在东京召开了第二次“第五代计算机系统国际会议(FGCS'84)”。会上发表了若干研究成果:在硬件技术方面,研究了并行推理方法,开发出由16个并行部件组成的数据流机和能够进行关系式计算的关系数据库机 Delta,并推出作为逻辑程序设计硬件环境的个人顺序推理机 PSI;在软件技术方面,设计出以 Prolog 为基础的逻辑式核心语言 KLO,通过在 KLO 中增加面向对象的程序设计功能,形成了 KLI,并开发出控制 PSI 机的软件系统 SIMPOS。

作为日本第五代计算机中期计划结束的标志,1988年12月 ICOT 在东京召开了第三次“第五代计算机系统国际会议(FGCS'88)”。在

这四年期间, ICOT 完成了由 64 个顺序推理机组成的 Multi-PSI 系统的构体, 开发出由八个专用知识库处理部件组成的并行知识查询机原型和 PSI 的改进型 PSI-II, 开始在 Multi-PSI 的固件上实现 KLI 和开发 PSI-II 上的并行程序设计环境, 并以此为基础, 正在使用 KLI 语言开发最后阶段推出的并行推理机 PIM 上的操作系统 PIMOS。此外, 在 PSI/SIMPOS 环境中, 开发出分布式知识库管理软件 KAPPA 基本部分, 在卫式 Horn 子句概念的基础上, 提出了并行逻辑式程序设计语言 GHC, 并用 GHC 编写了 Multi-PSI 和并行知识库查询机之间接口的测试程序。在自然语言对话理解系统的研究方面也进一步开展了工作, 推出了 DUALS 系统的新版本和通用日语处理系统 LTB。

在 FGCS' 88 会议上, ICOT 及其有关单位举办了系统演示, 演示项目共 30 个, 即:

- (1) 并行软件开发系统 Multi-PSI 和 PIMOS;
- (2) 演讲理解实验系统 DUALS-III;
- (3) 面向知识应用的先进 DBMS/KBMS Kappa;
- (4) 计算机辅助证明 CAP-LA;
- (5) 约束逻辑程序设计语言实验系统 CAL;
- (6) 通用推理辅助系统 EUODHILOS;
- (7) 句法学习支持系统 LESSON;
- (8) 并行程序设计的可视和变换的初学者 VISTA;
- (9) 实验程序分析验证系统 Argus;
- (10) 并发程序的原型环境 MENDELS ZONE;
- (11) 使用 LTB 的实验调度支持系统 IS³;
- (12) 面向任务的对话理解系统 TOR;
- (13) 对话模型实验系统;
- (14) 操作指导的自然语言会话系统;
- (15) 数字系统的实验设计支持系统;
- (16) 实验知识库系统 $Mu-x$;
- (17) DNA 序列的实验知识库系统

KNOA;

- (18) 开关系统故障检测专家系统;
- (19) 实验性并行协作布局设计问题求解器;
- (20) 协作逻辑设计专家系统 CO-LODEX;
- (21) 知识获取支持系统 EPSILON/One;
- (22) 协作证券选择实验系统 ESCOPS;
- (23) 基于约束的知识编译器——设计专家系统建造工具——MECHANICOT;
- (24) 自动决定车头箱拆卸顺序的实验系统;
- (25) 计算机 GO 原型系统 GOG;
- (26) ESP 的定性推理系统 QR/ESP;
- (27) 实验反射程序设计系统 Ex Repts;
- (28) 智能信息检索和信息选择系统 (IRIS);
- (29) 使用协作问题求解框架的实验用户接口——地图信息参阅系统;
- (30) 实验开发系统的并行推理系统。

演示项目反映了日本第五代计算机计划前两个阶段的成果, 从演示的内容看, 大致有如下特点:

- (1) 每个项目研制的目的明确, 针对性强, 大都针对某一方面的应用, 探求解决的技术途径。
- (2) 环境统一, 大都在 PSI-II, Multi-PSI 上用 ESP 语言实现。
- (3) 成果还处于实验阶段, 离达到产品的要求还比较远。
- (4) 研究的面比较广, 尽可能地结合实际。

通过这些演示内容可以看到, ICOT 和有关研究组织这几年确实做了不少工作, 在跨入的中间阶段取得了进展。

日本第五代计算机计划的最后阶段, 希望完成由 1000 个处理部件组成的并行推理机 PIM 及其上相应的系统软件和应用软件的开发。

作为一种工程性实验, ICOT 有可能达到预期目标, 但作为新技术的开拓和创新, 以及九

十年所需要的“新型”计算机系统的研制，目前看来，远远不是日本第五代计算机（FGCS）计划所能解决的问题。因为，我们要解决的是当今科学上最重要的难题之一。因此，ICOT 的工作仍然是十分有意义的。

在程序设计风格方面，ICOT 选择了逻辑式语言 Prolog 的风格，从语言研究的角度来看，其核心语言 KL 及其并行语言 GHC 的提出，并没有带来任何实质性的改进。ICOT 提出并行化起“跳板”作用的 GHC，仅仅是将传统程序设计语言中早已采用的“卫式”概念嵌入到逻辑式语言中。更何况人们在对研制新一代计算机系统是否应该采用逻辑式的风格（特别是 Prolog），还存在相当大的学术争议。

从软件工程的角度来看，日本第五代计算机系统提供给用户的描述语言级别较低，难以提高软件生产率。近年来，国内外在软件规格说明语言方面的研究工作非常活跃，这类语言将程序并行或串行的执行性态对用户隐蔽，由系统自动识别，并自动处理潜在的并行性，智能化水平比 FGCS 的目标更高。从这个意义上说，ICOT 即使在最后三年中完成其预期的设计目标，也已不再具有先进性了。

ICOT 研究方法主要在于吸收了 70 年代和 80 年代初国际上的研究成果，并服务于 FGCS 计划。虽然已研究出可运行的并行推理硬件子系统，但这并不意味着真正的技术革命，因为如何有效地控制该硬件系统的软件技术难点至今尚未解决。此外，以并行推理为其计划的“经纬线”也未必抓住了新一代计算机系统的主动脉。正如美国卡内基-梅隆大学著名计算机科学家 H. A. Simon 在参加 FGCS' 88 会议期间所谈的那样，人的思维方式主要还是串行与层次式的。

中国计算机学会 1986 年 8 月率团赴东京参加国际计算机教育会议之后，访问了 ICOT，得到了部分 ICOT 技术报告，存于北京大学和哈尔滨工业大学的计算机系，有兴趣者可以同他们联系。

二、一些国家第五代计算机的（FGCS）研究动向

1. 80 年代的研究动向

日本于 1979 年透露了 FGCS 的设想，1981 年宣布了 FGCS 的十年（1982—1991 年）计划，从而引起了国际计算机界乃至政府的极大重视和反响。表 1 给出了一些国家 FGCS 的研究与发展计划和召开各类学术会议的情况。

2. 美国微电子学和计算机技术组合公司（Microelectronic and Computer Technology Corporation, MCC）

该公司于 1983 年成立。这家公司是根据美国控制数据公司（CDC）董事长威廉·诺里斯建议，于 1982 年 2 月在佛罗里达州奥兰德斯集中了 16 家公司代表，研究在大规模集成电路与计算机领域内对抗日本的对策，1983 年 9 月 MCC 开始开业，到 1984 年夏，加入 MCC 的公司已增加到 18 个，选择了四个主要技术领域（即软件技术，VLSI/CAD，Packaging/Interconnect, Advanced Computer Architecture）开展研究工作。1982 年 12 月美司法部宣布 MCC 不受反托拉斯法约束。美国国防部也于 1983 年提出了研制五代机计划，为期 6—10 年，投资六亿美元，研制能看、听、说和思维的智能计算机。

3. 欧洲共同体情况

在 1982 年 6 月举行的委员会上，制定欧洲信息技术研究开发战略计划（ESPRIT）并开始小规模试验，1984 年正式执行计划，预定为期 10 年。参加 ESPRIT 的有英国通用电气公司（GEC）、法国 CII-霍尼韦尔-布尔公司、联邦德国西门子公司等，欧洲的一些大学也参加了，如英国的萨塞克斯大学。英国 1982 年初成立了以阿尔维（Alvey）为委员长的委员会，1983 年 6 月提出了 Alvey 计划（1983—1987 年）。

4. 我国的情况

在我国从 1985 年开始，举行过一系列有关

表 1

	1979—1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986—1987年	1988—1989年
日本	1979年4月成立 FGCS 调研委员会; 1981年10月发表 FGCS 构想; 1981年11月召开 FGCS 国际会议(东京)	FGCS 十年计划(1982—1991); 1982年6月 ICOT 成立	1983年12月 PSI 制成	1984年11月召开 FGCS 国际会议(东京)			1988年11月召开 FGCS 国际会议(东京)
美国			1983年9月 MCC 成立(1983—1992)	SCS 计划(1984—1990)	1985年8月 IJCAI 会议		
英国		1982年8月 Alvey 计划调研报告	1983年6月 Alvey 计划(1983—1987)	1984年12月五代机与超级计算机会议			
欧洲共同体		1982年6月 EC 委员会	ESPRIT 计划小规模试验	ESPRIT 计划公布(1984—1993)	1985年3月五代机/硬件会议		
中国					1985年6月中国计算机学会成立新一代计算机工作组 1985年5月全国五代机学术会议(涿县)	1986年3月提出计划; 1986年8月访问 ICOT; 1987年1月哈尔滨研讨会; 1987年6月杭州学术会议	1989年4月新一代计算机学术会议(北京); 1989年11月筹建智能计算机开放实验室

新一代计算机学术会议或专题研讨会。1989年4月在北京举行了“新一代计算机系统国际会议”(NGCS'89),这是由中国计算机学会及其所属新一代计算机工作组经过两年多的筹备而召开的。会议有来自荷兰、美国、苏联、日本、加拿大、法国、联邦德国及我国共114名代表,收到了来自11个国家和地区的141篇论文。论文涉及到新一代计算机系统的各个方面,包括人工智能、知识工程、认知科学、神经网络、并行计算机体系、软件及应用等方面。会议论文集由万国学术出版社出版。

三、发展前景和中间成果

FGCS 计划对于促进计算机科学技术的发展有着重大意义,虽然这个计划还远远不能解决用智能计算机来处理人类的知识和智能的问题,然而这项研究的确是朝着解决人类两大难题(一是宇宙,二是人类自身)的方向前进。更重要的是 FGCS 计划将获得许多中间成果(这是指智能计算机而言),这些中间成果同样可用

于第四代计算机上,也可用于当今人类的物质文明生产上。美国似乎更重视后者。这些计算机技术的进展有三个重要的方面:超大规模集成技术;新的体系结构,特别是并行体系和并行算法;人工智能的各种专家系统和神经网络研究。

日本富士通公司在1989年5月中旬公布,它已试制了一种可以象人的右脑一样凭直观和图象找到解答问题线索的“右脑电子计算机”。这是富士通公司根据日本东北大学工程系木村正行教授的设想,与该大学联合试制的。这项成果和现在高速的、能非常认真地逐一寻找问题答案的电子计算机一起使用,就可以迅速提高认识文字和声音的能力。据估计,这种“右脑电子计算机”阅读汉字和假名拼成的文字的速度是1秒钟300至500字,为现在最高速的电子计算机的10倍。富士通公司打算在90年代初投产这种电子计算机。富士通公司和东北大学的研究小组认为:现在的电子计算机(即第五代计算机之前的)虽说是巨型大脑,不少专家也称为“电脑”,但实际上是计算仪器,只是极大地提

(下转第288页)