

神经与群体并行计算机

——第六代计算机

(上册)

7943

机电部计算机与微电子发展研究中心天利公司

《计算机世界月刊》编辑部

机电部华北计算技术研究所人工智能室

一九九〇年十一月

编辑说明

在世界新技术革命中,计算机科学的发展,已涉及到生物学、大脑生理学、语言学、逻辑和心理学,这是一项跨学科协同研究工作。

目前神经网络计算机系统已由实验室走向当代的信息社会,《神经与群体并行计算机—第六代计算机》对军事或民用有着更广泛的应用和发展前景,它将成为未来世界经济的主要支柱。

本书共分二十三章,第一章到第四章概述了第六代计算机计划和目标,并对知识工程系统、学习和知识的行为仿真系统、神经生物学方面的计算机系统等都分别进行了阐述。第五章到第十章论述了大脑和行为计算机模型,有选择地描述了一些生物信息处理系统的模型。第十一章到十四章论述了神经计算机和遗传系统,描述了人工神经网络和神经网络系统以及自适应学习系统和事件序列处理系统。第十五到二十二章概述了相联和群体并行计算机以及并发系统。描述了实现第六代计算机的主要方法,如数字变换系统、伪相联存储器、相联和模糊相联存储器及处理器、相联随机存取存储器、群体并行系统。并重点地描述了传式计算机系列和 OCCAM 语言等。这些系统受分布式处理器/存储器生物体系结构的影响,它们的操作速度比传统计算机要高得多。第二十三章介绍了视觉信息处理和光神经计算机及其应用实例。

本书全面简捷地论述了《神经与群体并行计算机—第六代计算机》的概念和方法,内容侧重于神经网络模型的功能概念和应用,是一本最新较好的教程和参考书。对我国计算机事业的发展,特别是对智能机系统、人工智能研究和人工神经系统的开发,既有近期指导意义,更有长远效果。

本书由机电部计算机与信息发展研究中心天利公司、《计算机世界月刊》编辑部、机电部华北计算技术研究所人工智能室联合编辑出版。

编委会名单:主任委员: 郭平欣

副主任委员:周慕昌

委员: 胡昆山 刘雅英 宋国忠 王义 张启瑞 梁大周 白光
刘丽华

参加编译本书的有:第1章到第4章和第20章到第22章由张启瑞编译,第5章到第10章和第15章由梁大周编译,第11章到第14章和第16章到第19章由赵显荣编译,第23章由王义编译,参加校对的有:陈崇,参加编辑的有:吴远珍,汪其格,责任编辑:王义。

由于水平所限,加上时间仓促,不足和错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

1990年3月

序 言

自 1946 年电子计算机问世以来,迄今已经四十四年了。最初,计算机不过是作为科学技术的运算工具。从 60 年代开发出集成电路以来,大大改变了电子器件的面貌,为计算机技术突破性的发展,开辟了道路。大致每十年,计算机就要换一代,从电子管,晶体管,集成电路,发展到第四代,进入大规模集成电路。当前微电子技术成为新技术革命的催化剂和促进剂。特别是 1971 年研制成功的微处理器件,起着巨大的作用。从 60 年代中期到现在 25 年期间,选出的世界十大工程成就,有两项与计算机有关,即微处理机与计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)。计算机发展的四十多年来,其性能提高了一千万倍,而其价格却降低了 2 万倍,有了微型机这种价廉物美的产品,才可能迅速的扩大其应用领域到社会的各个方面。

以应用来说从科学计算,数据运算,数据处理到信息处理,到建立数据库,强大的存储记忆功能,和高速的处理能力,使人们将计算机称为“电脑”。实质上计算机目前并不具备大脑的功能,内行人甚至认为,当前有每秒运算速度为 100 亿次的巨型机,但工作起来却是那样笨拙,真可谓“四肢发达,头脑简单”。

二十五年前,史丹福大学教授费根鲍姆提出了“人工智能”的设想,就是人们希望计算机有一天能够成为有“思维”的机器。世界生产了各种机器,作为体力劳动的增强器,从而建立了一个现代化的工业社会。能不能创造一个智能计算机系统作为人类脑力劳动的增强器?现在计算机部份代替人类的脑力劳动已成为可能,人们利用计算机生产知识,创造财富,使计算机成为智力劳动这种新生产力的重要工具。由于应用面的扩大,社会对计算机的需求急剧增加,据 1989 年统计,世界计算机年产量达到 2400 万台,世界装机容量达到 12000 万台。从事计算机生产,服务,应用的人员达到 15000 万人,占世界从业人口的 6%。这样反过来又推动了计算机的高速成长。

现在大家已经公认,计算机科学技术(将发展成为信息科学技术)是现代化社会的重要支柱,计算机发展水平与应用状况,是衡量一个国家国力的重要标志。计算机技术的发展和运用,将带来生产力的飞跃,和产业结构的变化,从事脑力劳动者的比例越来越大,知识越来越成为生产力竞争力和经济成长的关键。计算机技术也将大大提高人类智力和体力劳动的效率,导致劳动方式的变化。经济和技术的变革,将引起就业机会、利润和世界市场的竞争。

当前微处理器件每片电路突破千万门,几千万次的微型机也研制出来。大量生产可以普及的微型机售价不过几千美元。虽然能做很多工作,但是离“电脑”的设想还差得很远。于是人们考虑是否可以完全突破现在计算机的结构概念,即当年冯·诺依曼的结构。世界上现在已承认人类耐以生存的有三种资源,即物资、能量和信息。日本虽然土地有限,能源几乎欠缺,但却有国家新财富——信息——这个极其重要和要素。他们有国民追求知识的热情,有利用这种热情来创造能够改变世界面貌的技术远见和意志。提出以高科技立国的口号。

1981 年 10 月,日本第一次向世界公布制造第五代计算机的计划,用十年时间,五亿美元的研制费用,目标是 90 年代以后使用的计算机系统,能够用自然语言同人进行会话,并且

能够理解语言和看懂图象的智能电子计算机。这种计算机能够学习、联想和推理并进行决策,在某些方面能够以我们一向认为只有人才能够有的理智方式行事。

人们都知道,所有专业人员的思考都是推理而不是计算,因此第五代计算机和以前的四代计算机按照冯·诺依曼结构的串行处理系统完全不同。要用并行处理原理,新的内存组织,新的程序语言,这种称为知识处理功能的新计算机系统有下面三个特点:

1. 有一个知识库和管理知识库的系统。把有关的知识都一一存入知识库内,经过管理系统,把这些知识整理得井井有条,随时可以查询应用,初步至少可能存一套大百科全书。

2. 有一个问题解答和推理的系统。只要你提出问题,计算机就可以针对你提出的问题进行解答。并指出什么样的知识对你有用。和你所提出的问题相关的一些知识结构。用什么样的合理途径引导你去得到答案,对问题如何才能达到合理的解释、和最合适的假设。

3. 人机联系的方法。现在的计算机系统是通过操作键盘和看监视器进行人机联系。而第五代计算机将用人类规范化的自然语言,如中国普通话,牛津腔英语,东京腔日语等和计算机直接进行对话。当然也可以用用户集团的专业语言,计算机也可以和你对话,也可以让计算机自己读出文字,称为计算机文字识别阅读。这样就可以比较容易的把几万卷分门别类的书籍或资料存进计算机中。

过去对计算机的功能简单指标是每秒钟运算速度多快(MIPS),而第五代计算机的性能指标是每秒钟可以作多少百万个逻辑推理步(MLIPS)。第五代计算机可以进行高速联想检索,并实现逻辑操作。能够容易和有效的应用自然口语和图象输入机制,使未经训练的使用者便于操作的计算机系统。

第五代计算机的第一步目标是研制一个模型机,是期望其性能达到 100~1000MLIPS,原计划 1985 年制成,后一拖再拖,其硬件需要的极大规模集成电路,需要达到千万个三极管的水平。而超高速集成电路(VHSIC)其速度要求为 10 微微秒。由于进度拖后,因此到现在才开始完成硬件的研制工作,但软件却遇到了麻烦。大家都知道,硬件换代的速度加快,而软件的发展却停滞不前,形成所谓软件危机。第五代计算机也不例外,当前核心计算机语言未能很好的解决,所选用的 prolog 并不理想,因此专家们提出希望创造一种既有 LISP 函数程序特点,又具有 prolog 关系程序特点的新一代面向目标语言,其次高询问语言也未得到解决。要研制新一代语言,谈何容易,没有十年时间,是不可能完成的。

当然在研制第五代计算机系统中,可能研制出一些能够实用的中间产品,比如自动机器翻译系统,可将目前手工文字翻译,以后是语言翻译实现自动化。此外也可以完善专家系统和决策支援系统。

日本人原来希望推出第五代计算机,以取代现在生产的四代机系统,看来还要作十年的努力。因此本世纪仍以四代机为主流。因为第五代计算机的许多功能和四代机完全不同,要改串行处理为并行处理,新的内存组织,新的程序设计语言等,都要由特殊功能的处理机来实现,再加上若干模块化的处理机。如果生产这种新的机种,生产厂需要全面更新生产设备,要求培训生产人员使其了解新的知识,同时还要改进生产工艺。对用户来说还有一个学习,适应和推广应用的过程,都要求一定时间,因此成功不可能很快。

根据科学技术发展规律的推测,每隔 50 年就有一个变革期,现在计算机技术正进入一个历史性变革阶段。前四代都是以器件作为标志来进行分期的,而从第五代起将从基本结构划分。自从人工智能兴起以后,计算机科学家更迫切要研制接近大脑功能的“电脑”来。其

实所有的动物都有神经活动,而只有较高级的动物——脊椎动物门具有大脑。而人的大脑则为最进化的高级器官。最低级的动物是原生动物门,例如线虫身长只一毫米,体粗为 0.1 毫米。但却和所有动物一样,具有知觉功能、控制运动功能和生殖功能。它有类似人类大脑的神经元 302 个,有控制运动的神经元 653 个。通过这些神经元进行生物信息处理,并有容错性能。就可以识别环境,控制运动,进行觅食,避敌等一系列生物活动。

人的大脑则不同,分为左右两个半球,左脑主管逻辑思维,即对语言文字的理解,逻辑推理问题求解等功能,而右脑主管形象思维,如视象识别,认知,文字识别等。而人脑有 100 至 150 亿字节的记忆能力,有 1000 亿个神经元。虽然处理速度很慢,每秒只有 5~50 位,但有强大的信息接收和预处理能力,可以认为每个神经元是一个处理器。人接收信息从眼睛占 78%,从耳朵占 18%,其余为味觉,嗅觉和触摸感觉,此外还有第六感如平衡感,饥饿、疲劳感等。视觉占接收信息比重最大,因此有 100 万感受元,有 1 万亿条传导光纤。人耳中的纤毛几万条,能接收从 50 周到 4 万周的音频和音色等信号。因此人的输入是多信道,极其灵活,虽然速度不快,但却有 1 比 10 亿的宽动态范围。人的输出是多维的,多信道的,例如语言,乐声,手书或打字文字,图形图象绘制,手势,哑语,信号,以及用手脚控制各种设备,全身的姿态动作,身体还输出各种电信号,如心电,脑电,肌电等,虽然速度较慢,但却十分灵活和同时多样化。人最大的特点是能从各种干扰的背境条件下分离出他所需要的信息,不管如何嘈杂。也能听出个别人和你的谈话,不管多少人,你能从其中辨认出你要寻找的对象。

综上所述,计算机科学家认为,要真正革新计算机的功能和性质,必需致力于探索生物大脑的奥秘,特别是人类大脑的奥秘,从中得到借鉴,从而能够创造出真正接近大脑功能的“电脑”。虽然提出了第五代计算机的计划,但是按照大脑的实际,只能接近大脑左半球的逻辑思维模拟。即使达到目标也算不上是一种“电脑”,必须把人类大脑右半球的功能加上去,这样就形成了第六代计算机的基本总体设想。必须研制神经计算机。

八十年代初期,美国加州工学院的霍普菲尔德教授,提出了模拟人脑功能神经网络模型,能够通过集成电路来实现,如果研制出神经网络芯片,则可以不但从软件而且从硬件上来实现神经计算机。1988 年日本宣布开发出神经计算机,这种由日本电气公司开发出的样机,硬件与超级小型机差不多,运算速度达到每秒 21.6 万条指令,用这种神经计算机开发文字或声音识别系统,开发时间可以缩短到十分之一。1988 年 11 月日本三菱电机宣布研制成世界上第一个光神经元芯片。开创为光神经计算机的基础器件。

神经计算机的特点是具有学习和自我组织和表现外界信息的功能,和通过神经网络来实现联想记忆。它是按照神经场兴奋力学的原理来实现并行处理。由集合论的理论指导下,在计算机上建立符号处理系统,以接近人类的知识。结合论者提出了并行思考和认识模型,竞争学习,逆向传播学习,皮尔兹曼机学习等设想,从而作为神经计算机的发展的准备。从本质上说具有上述功能的神经计算机非常适合于某些难以用数字或文字表达的信息处理范畴。如模式识别,声音及语言处理,动态控制等领域。神经网络的原理最适合用光技术来实现,因此光神经计算机可能有着广阔的前景。如果第六代——神经计算机将是计算机技术发展的另一重大事件。目前世界上已掀起神经计算机热。日本各大公司在通产省指导下,大力发展,首先取得成果。美国也制定神经信息及行为科学计划(NIBS)大力开发神经计算机。西欧也开始在行动。目前日本已开发出一个具有 10 万个神经元和 200 万个突触结合

的神经网络模拟机,并于1989年6月由富士通公司推出了个人神经微机。于1989年10月份开始出售,其FMR系列,性能为4000KCPS(等于400万结点/秒)和NEUROSIM/L型1000个神经元的网络模拟器。

由于神经网络进入了集成电路将使集成电路发生革命变化。可以采用专用集成电路技术(ASIC)。将放大器作为神经元,用电阻作结点(突触)的权重,来分别实现,权重的值可以通过学习予以变化,电阻应是可变电位器方式,这样就可以用超大规模集成电路的工艺,来研制成神经专用集成电路,但这都是以半导体为基础的芯片。

鸡蛋能够孵出小鸡,这是生物基因的定向反应。如果能够应用生物工程原理和技术,给一种有机物植入或改变某种基因,也可能生长出一只“生物电脑”。既然所有的生物大脑都是由蛋白质构成,为什么不可以模拟这种结构,制成以生物化学方式运行的蛋白质电路。目前已命名这种电路为“生物芯片(Biochip)”。用这种生物芯片集成的微计算机,其每立方厘米含有几十亿个元件,运行时间为微微秒。现代计算机的典型信息密度为每立方厘米100万比特,而自然界三维生物基本元件每立方厘米高达100亿比特。比现在的电路小一万倍。当然,要寻找如此细的导线来连续这些基本生物元件来进行连接。采取何种方式处理信息的输出输入,宏观和微观的信息如何转换,人类及生物如何压缩信息等都是今后长期研究的课题。

一下子就要达到生物分子电路是有困难的,可以考虑分几个步骤来逐步实现。首先可以考虑采用分子级有机化合物聚合键或有机晶体。虽然这些分子结构复杂、精密、三维和完全不对称。但实验结果证实,聚合物的P型和N型聚乙炔,或其他两种性能完全相反的有机化合物分子结合在一起时,即成为P-N结,和半导体类似,能产生振荡、旋转、激励、传输、开关和位置变化等一系列功能。就可以成为基本三级管性能的元件基础,构成逻辑电路。由于半醌分子是由氢连接的,在电激励下能从一种稳态翻转成为另一种稳态,因此可以制成分子存储器,其存取响应时间为微微秒级,比任何半导体存储器速度都要快。

植物的光化学作用的秘密现已开始揭开,发现叶绿素细胞能使电流单向流动。因此,可以用人工模拟一个分子内带正电荷的质子单向流动,制成有机逻辑电路,使之具有触发器作用。同时也发现血液中红血细胞的血红蛋白,在红血球的输载电荷发生变动时,随之也产生形态变化,利用这种机理,也可以构成开关电路。

蛋白质的单分子结构可以作为激活场的框架。例如酶,起催化作用的并非整个分子,而只是分子的一小部份。蛋白质存在着空间运行的操作系统,又有一个执行开关的“工具”。这些工具中有的可以存储或传输信息,有的具备逻辑电路的形态。今后可能利用好几十种活性组织的基础氨基酸,组成具有各种逻辑功能的蛋白质元件和电路。

微电子学的进展是十分高速的。以半导体集成电路为例,每十年集成度提高1000倍,目前已可以制成千万门的微处理器,但离人脑的1千亿个神经元,实在差得太远。而且半导体的极限可能比这个数字小,因此第七代电脑必须走生物微电子学的道路。虽然这些都要在21世纪才能实现,但是生物微电子学的先驱科学家们,从1983年就开始进行理论和实验的研究工作。可以预言,生物逻辑将代替布尔逻辑,生物微电子技术和生物微电脑肯定是人类信息科学技术发展的方向。

中国目前计算机的装机量已达40万台,推广应用的范围已进入各行各业,从事这项工作的科学技术人员已有十余万人,其中不乏有识之士,愿意了解世界这门尖端先导技术的

发展动向。张启瑞、王义、梁大周、赵显荣同志收集整理了有关“第六代电脑”的资料,汇编成集,作出了有效的贡献,托我写一篇序言,希望读这本书的计算机科学技术专家、学者或进修人员能从中吸收一些有用的知识,特别是年轻的朋友,当你们进入二十一世纪以后,这些知识将对你们有用。因为从现在起神经网络计算机系统已经不只是研究所的课题,已经有了初步的成品进入市场,并开发了相应的软件。神经网络计算机已成为世界重视的尖端前沿技术,对军事或民用都将有着广泛的应用和发展前景。

本书所论述的第六代计算机涉及到下列范畴的问题:自组织、自适应和学习系统、人工神经系统、神经计算机、目标制导的基于遗传变异的专家系统、事件序列计算机、转换或映照系统、超立方体结构、阵列处理机、可编程连接机、并发系统(包括传式计算机系列和 OC-CAM 语言)、神经生物学及行为计算机等。第六代计算机的目标是真正的智能计算、测量、控制、机器人或信息系统。虽然我们还不能期望在短期内研制成一个仿真大脑的计算机,但可以仿真神经和行为系统的许多逻辑智能功能。这是一项跨学科的研究工作,它涉及计算机科学技术、生物学、大脑生理学、语言学、逻辑和心理学。此项研究的成果将产生新的体系结构、新的算法、新的元件、新的系统和新的应用。并创立了一门迅速成长的全新学科,即:心理/智能/神经/知识工程或称 PINK 工程。PINK 工程包括如下技术:

- 智能系统测量和分析。
- 智能系统设计模拟。
- 智能系统设计和接口。
- 智能系统编码、程序设计和训练。
- 智能系统应用。

本书第一章到第四章概述了“第六代计算机”,描述如下四类计算机系统:1. 基于自动程序设计和知识工程的系统,它们是第五代计算的继续。2. 具有知觉,学习和认知特性的仿真或匹配人类行为的系统。3. 仿真大脑一行为功能的系统,建立近似于动物和人类神经和行为过程的各种大脑模型,以建立基于这些模型的新的计算机体系结构。4. 适用于神经生物学和行为的系统。其目的旨在说明 PINK 工程的目前技术水平并探讨未来的发展趋向。

第五章到第十章概述了“大脑和行为计算机模型”,有选择地描述了一些生物信息处理系统的模型。对五种模型作了较详细的说明,即:昆虫、鸟类、神经突触结、大脑窗口和大脑窗口语言。每种模型使用其独特的编码:时间间隔、频率模式、0—或—1 信号、适应性很强的模糊窗口或消息量子。编码和体系结构建立在数字元件、模拟元件和非线性耦合振荡器的基础上。行为以事件的时间序列形式编排程序。可调节的集合说明上下文切换和大脑行为之间的关系。这种编码和程序设计对硬件和软件设计者都是有意义的。对生物信号的研究表明除了当今计算机所用的二进制信息外还有多种不同的表示信息的方法。

第十一章到第十四章概述了“神经计算机和遗传系统”,描述直接仿真神经结构和神经网络的系统以及遗传杂交算法。通过生物模型提出了自适应学习系统的概念,其具体例子有:视觉控器、新认知控制器、NETTALK、能学习朗读的并行网络、双向相联存储器和模糊认知映射。还描述了大型人工神经系统,包括 MARK、ANZA 和 DELTA。MARK 是为美国国防部高级研究计划署研制的,它包含 250,000 个分布处理部件。这些系统不但能识别相同的模式,还能识别相似的模式。他们能归纳和得出结论。这里还介绍一个基于规则的目标制导自适应专家系统作为遗传系统的一个例子。此外还描述了事件序列的处理系统,这些系统受

生物编码和体系结构的直接影响。可预见不久将会出现越来越多的这种系统。

第十五章到第二十二章概述了“相联和并行计算机,并发系统”,描述了实现第六代计算机的主要方法:数字变换系统、伪相联存储器、相联和模糊相联存储器及处理器、相联随机存取存储器、群体并行系统,包括:超立方体、DAP 和 MPP 系统、在数千个处理器之间其路径可进行编程的连接机、传式计算机系列和 OCCAM 语言等。这些系统受分布式处理器/存储器生物体系结构的影响,它们的操作速度比传统计算机要高得多。在许多智能系统中,相联和群体并行处理机是重要的功能块,这些智能系统包括:人工智能机、实时专家系统、空中监督和跟踪系统、数据库机、智能仪器和控制系统。

提到类脑计算机,许多设备、系统、应用和服务现在都已经可以实现,但还须使计算机科学和脑行为科学之间进行强有力的相互配合才能取得新的进展。对于认知、感觉、记忆和学习是怎样工作的我们已有了部分的了解,许多方面的研究都同时取得了突破性的进展。本书描述了各种突破的情况:三级人造智能;五个脑行为原理和计算机模型;七种学习算法;十二种遵循不同操作原理的机器;在线的实时智能机器人;和并发计算机。

第二十三章概述了视觉信息处理和光神经计算机及其应用实例

本书大部分资料都是从美国,日本和欧洲收集而来,由于有一些名词术语并没有规范化的汉语描述,而且《第六代计算机—神经与群体并行计算机》还没有达成熟的阶段,因此不完美之处在所难免,希望读者批评指正。

中国计算机学会副理事长

世界计算机科技奖获得者

郭平欣教授

1990 年 3 月

目 录

第一章 知识工程和自动程序设计	(1)
引言	(1)
1.1 第六代计划	(1)
1.2 人工智能和专家系统	(4)
1.3 现有的专家系统	(7)
1.4 智能总线	(10)
1.5 神经计算机会代替专家系统吗?	(11)
1.6 自动程序设计	(12)
第二章 模仿人类行为的系统	(15)
引言	(15)
2.1 感知	(15)
2.2 人-计算机接口	(16)
2.3 人类感知的容量	(17)
2.4 短期记忆的容量	(18)
2.5 计算机与人的对比	(20)
2.6 被唤起的响应	(22)
2.7 对话	(23)
第三章 仿真脑—行为功能的系统	(27)
引言	(27)
3.1 遗传密码	(27)
3.2 微管码	(28)
3.3 生物芯片	(31)
3.4 大脑理论和模型	(32)
3.5 层次目标制导的行为	(38)
3.6 受大脑模型影响的体系结构	(40)
第四章 神经生物学和行为方面的计算机	(46)
引言	(46)
4.1 有生命的有机体之间及其体内的通信	(47)
4.2 神经的点过程	(48)
4.3 行为或通信的点过程	(50)
4.4 神经的连续过程	(55)
4.5 行为或通信连续过程	(58)
第五章 模拟和模型化	(59)
引言	(59)

5.1	确定性数据模拟	(59)
5.2	随机数据和概率分布	(64)
5.3	蒙特卡洛技术	(67)
5.4	试验模拟和理论数据的实例	(69)
第六章	昆虫的时间编码	(76)
	引言	(76)
6.1	鲁斯啁啾声的实例	(76)
6.2	响应函数	(79)
6.3	典型序列和噪声	(81)
6.4	稳定序列,可调整序列和转换函数	(83)
6.5	挑衅	(87)
6.6	基于响应函数和转移函数的模型	(89)
第七章	频率模式序列	(91)
	引言	(91)
7.1	基本元件和音节	(91)
7.2	对	(95)
7.3	三元组	(96)
7.4	相联树	(100)
7.5	树方法的意义	(101)
7.6	语音识别系统	(102)
第八章	神经末梢上量化的信息传递	(111)
	引言	(111)
8.1	端板电势的例子	(111)
8.2	计算机模型	(113)
8.3	固定的和可变的延迟时间	(120)
第九章	脑窗口逻辑	(123)
	引言	(123)
9.1	萤火虫通信的实例	(123)
9.2	接收和发送窗口	(124)
9.3	基本振荡器	(125)
9.4	窗口产生器	(126)
9.5	回答振荡器	(127)
9.6	基于耦合非线性振荡器的体系结构	(129)
9.7	计算机模型	(132)
第十章	脑窗口语言	(139)
	引言	(139)
10.1	萤火虫模型	(139)
10.2	语言	(142)

10.3	消息量化.....	(144)
10.4	冗余性.....	(145)
10.5	距离.....	(145)
10.6	上下文的使用.....	(145)
10.7	灵活、模糊的可调整的窗口语言	(146)
第十一章	自适应学习系统.....	(148)
	引言.....	(148)
11.1	训练模式分类器.....	(148)
11.2	线性机.....	(149)
11.3	训练的数字实例.....	(151)
11.4	视感控器.....	(153)
11.5	Hebb 定律	(154)
11.6	学习规则.....	(155)
11.7	新认知器.....	(158)
11.8	NET talk:学习朗诵的并行网络	(159)
11.9	巡回售货员.....	(161)
11.10	作为模式相联器用的双向相联存储器	(162)
11.11	KOSKO 模糊认知映射和模糊熵	(165)
11.12	BAM 和 FCM 的存储容量	(170)
第十二章	人工神经系统或神经计算机.....	(171)
	引言.....	(171)
12.1	术语.....	(171)
12.2	虚拟神经电子计算机.....	(175)
12.3	MARK III 神经网络	(177)
12.4	ANZA 神经计算机协处理机	(183)
12.5	ANZA 用户接口子程序库,UISL	(186)
12.6	Delta-Sigma 神经计算机	(192)
12.7	神经计算机和数字计算机.....	(192)
第十三章	基于规则的自适应专家系统和目标制导系统.....	(194)
	引言.....	(194)
13.1	基于规则的知识表示法.....	(194)
13.2	遗传算法.....	(195)
13.3	Zeigler 自适应系统.....	(197)
第十四章	事件序列处理系统.....	(203)
	引言.....	(203)
14.1	事件序列的自动相关和交叉相关.....	(203)
14.2	事件序列相关函数的一些特性.....	(204)
14.3	多事件序列.....	(207)

14.4	实例:实时系统,神经网络和行为系统	(207)
14.5	作为联机相关器用的小型计算机	(208)
14.6	事件序列发生器	(210)
14.7	Ostojic 重合冗余多路传输	(211)
第十五章	树结构和数字变换	(215)
	引言	(215)
15.1	表列	(215)
15.2	一个树方法	(216)
15.3	变换方法	(218)
15.4	伪随机数的变换	(221)
15.5	除多项式的伪随机变换的性质	(223)
15.6	计算机视觉中的 Hough 变换	(225)
第十六章	伪相联存储器	(228)
	引言	(228)
16.1	程序化伪相联分析器	(228)
16.2	多参数分析用的最大活动区编码器	(229)
16.3	变换型分析器	(232)
16.4	自适应伪相联存储器	(235)
16.5	窗口预选	(236)
第十七章	相联存储器和处理机	(240)
	引言	(240)
17.1	按内容寻址的存储器或相联存储器	(240)
17.2	ASPRO 高速相联处理机	(241)
17.3	实时专家系统	(246)
17.4	关系数据库	(247)
第十八章	相联随机存取存储器 (ARAM)	(249)
	引言	(249)
18.1	ARAM 模块	(249)
18.2	相联存储器阵列	(250)
18.3	相联处理机系统	(252)
18.4	指令系统	(254)
第十九章	群体并行计算机	(258)
	引言	(258)
19.1	并行处理	(258)
19.2	超立方体并发计算机:ipsc	(261)
19.3	分布式阵列处理机	(263)
19.4	群体并行处理机	(265)
19.5	连接机	(270)

19.6	连接机的程序设计.....	(273)
第二十章	ipsc 程序设计概念	(275)
	引言.....	(275)
20.1	立方体软件.....	(276)
20.2	立方体管理程序软件.....	(277)
20.3	程序设计方法.....	(277)
20.4	立方体管理程序和结点系统接口库.....	(280)
20.5	应用程序实例.....	(284)
第二十一章	传式计算机(Transputer)家族	(296)
	引言.....	(296)
21.1	IMS T800 方框图	(296)
21.2	T800 的引脚名称	(297)
21.3	处理器.....	(299)
21.4	可进行程序设计的链路开关.....	(304)
21.5	链路.....	(306)
21.6	开关的实现.....	(307)
第二十二章	并发性和 OCCAM 程序设计	(312)
	引言.....	(312)
22.1	原进程.....	(313)
22.2	结构.....	(313)
22.3	通道类型和规程.....	(314)
22.4	抉择(Alternation)进程	(315)
22.5	OCCAM 中的实时程序设计	(316)
22.6	优先权和配置.....	(320)
第二十三章	视觉信息处理和光神经计算机.....	(322)
	引言.....	(322)
23.1	原始图象.....	(322)
23.2	推测三维形状的方法.....	(326)
23.3	中间视觉的作用.....	(329)
23.4	神经网络.....	(331)
23.5	基本光学系统和基本元件.....	(332)
23.6	光神经计算机的基本组成.....	(335)
23.7	神经元计算机的应用实例.....	(339)

第一章 知识工程和自动程序设计

引言

第六代计算机计划确立了科学和工程之间的合作关系。本章以叙述第六代计划的结构定义、状态和目标作为开始。因为第六代是从第五代逐步发展起来的,因此我们对第五代、人工智能和专家系统作了概述,并探讨以下主要发展趋向:

- 凭借大批的小型处理/存储单元而开发适用于专家系统的若干并行计算机系统结构。
- 已经开发出适用于从知识推导出结论并满足语言学和推理机制要求的专家系统外壳。
- 市销的硬件/软件系统将可用于简化并加速专家系统的开发和应用。
- 开辟了人工智能应用的新领域,其中包括过程控制、仪器、机器人、软件工程系统设计及测试。

本章也探讨了自动程序设计系统和神经计算机的发展趋势。用硬件代替软件这一发展趋势可简化程序设计过程。最终的系统是不需要程序设计的系统——学习系统。机器学习自动程序设计是进入未来计算的二座主要的桥梁。

1.1 第六代计划

第六代计划的关键是研制类脑计算机。虽然我们不能期望去仿真大脑,但是可以仿真存在于各种生物系统中的许多智能功能。大脑和生物智能属于最复杂的科学研究领域,着手这些问题要涉及许多不同的学科。第六代计划需要下列学科间的密切合作:逻辑学、语言学、心理学以及计算机科学和工程等。图 1.1 概述了它们之间的合作关系。该计划分成三个部分:科学、技术和应用。

在高新技术领域的创新。

社会的、经济的和文化的进步。

人类潜在能力的发掘。

创造性科学的创立。

科学应该为问题提供解答,例如:智能、智力、认知是什么?人们是如何思考,如何看和听的?大脑的体系结构和组成材料是什么?行为受什么控制?记忆是怎样进行的?

技术应该处理来自科学的信息并为学习、认知思维、模式识别和决策开发新的技术。第六代计算机需要新的硬件体系结构、新的算法和新的制作材料,因为这些和从第一代到第五代计算机中所采用的是大不相同的。

第六代计算机的应用在复盖了传统计算机的应用的同时还增加了许多新的应用领域。例如,当今的机器人仅仅是一个可编程的机械操纵器。第六代机器人则装置了与知识库相连接的高级传感器,因此其行为更像一个有生命的生物体。

图 1.2a 概述了第六代的目标。必须将这些目标结合成一个紧凑而有条理的系统。图 1.1 的总线结构体现了这种结合过程,所有参与部分都连接到总线结构上。中间的技术部分必

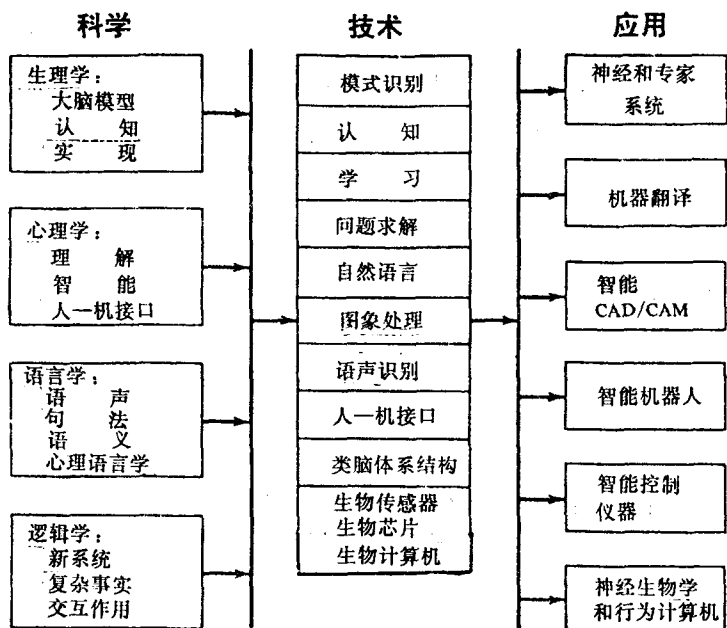


图 1.1 第六代计划

须既能与生理学、心理学和逻辑学的总线连接,又能与应用的总线连接。本书力图提供各种必须的连接。

目 标

生理学

接近于人/动物的认知过程的大脑模型。

心理学

弄清理解的特性。

语言学

了解语声、句法、语义、语言的过程。

逻辑学

需要适合于学习和归纳推理的新逻辑学。

技 术

特性抽取, 知识表达;
学习, 智能程序设计;
应用程序生成, 语言处理;
图象处理。

图 1.2a 第六代计划的目标

我们定义了三级人造(man-made)智能:

- 人工智能(AI)。
- 大脑—行为智能(BBI)或神经智能(NI)。

• 分子智能(MI)。

人工智能(AI)。它基本上应用数学(逻辑学)的一个分支。它提供基于规则的软件包即专家系统。为专家系统而优化的计算机叫第五代计算机。第五代计划在八十年代初已开始执行。

脑—行为智能(BBI)。脑—行为智能从表面上看来是模仿人类和动物的智能行为,并且接近于某些脑功能。在大脑中由一个神经无激起的一个信号可以触发一连串成千上万个别的神经元,因此采用大量简单处理器高度互连的群体并行结构来设计 BBI 硬件,常常用学习和训练来代替程序设计。现在,实现 BBI 的硬件要依靠大规模集成电路和园片规模集成电路(WSI)并称之为第六代计算机。第六代计划于八十年代末开始实施。脑—行为智能的另一个名字叫神经智能(NI)。

分子智能(MI)。分子智能基于这一前提,即活细胞骨架表征着分子级的认知和信息处理。通过这方面的研究有可能找到生物信息器件和技术信息设备之间和接合点。最终目标将是设计出生物传感器、生物芯片和生物计算机。到九十年代即当第六代计划结束或第七代计划开始时希望能取得有用的成果。

图 1. 2b 表示了第六代计划与 AI、BBI 及 MI 之间的关系。现在集中于研究开发和销售 BBI,但是 BBI 与 AI 及 MI 有相当多的重迭。

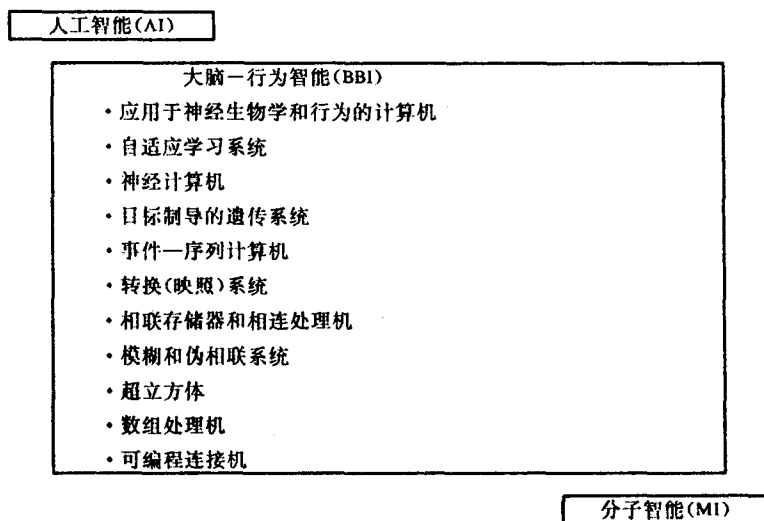


图 1. 2b 第六代计划

第六代是从第五代逐步发展出来的。第五代的研究重点是人工智能,而第六代复盖了人工智能、大脑—行为智能和分子智能。人工智能研究所取得的主要进展是目标驱动的自适应专家系统和甚高速的实时专家系统。这些基于新开发的遗传算法和相联存储器的系统将在第十三章和第十七章中详细说明。大脑—行为智能研究所取得的主要进展包括神经计算机、学习系统、相联及群体并行系统。这些将在第十一章到第二十二章中作说明。分子智能还在其婴儿期,但它的时代正在到来。

我们把二个术语与第五代、第六代相联系起来:知识工程;

心理/智能/神经/知识工程。

知识工程(KE)标志着第五代。它标志着从单纯的数据处理转变到知识智能处理。知识工程(KE)涉及到符号处理和符号推理。

心理/智能/神经/知识工程(PINK 工程)标志着第六代。它比知识工程更广阔得多。PINK 工程的基础是群体并行、全局综合,但它包含了先进的自适应实时符号推理以及模糊推理。其产品有知识件、心理件和神经件。这些产品以其新的消费类产品和工业器件确立了一个全新的市场。PINK 工程产品的特点包括:与用户进行不受限制的会话的自然语言接口;语声和图象;脑波和神经信号接口;给用户新的智力和体力感知、新的感受、偶然发现和乐趣的类似人类的行为;通过感知环境和根据感知数据进行的自组织、自适应和学习;以及自动程序设计。PINK 工程避开了当今的瓶颈口,例如知识获取和软件开发。总之,PINK 工程打开了通向超级工业化的大门,而心理件、神经件和知识件则是三大新市场。

各种新的 PINK 服务项目也在并行地成长,这些项目包括:知识的生成和分配;智能图书馆;PINK 图书;电视和电视录象盘;用于维修的智能化自适应学习工具;对计算机、神经生物学和行为的更高级的研究和服务;照看家庭分娩服务;象家一样舒服的护理中心;新的康复和娱乐活动;PINK 旅游;以及为感知环境、思维和人与人之间直接交流思想等开发新途径的个人成长服务。这些工具、消费类产品和服务已成为适合于人类相互联系的软交际工具(Self-edged)。用这种方法使人类和自然之间原先失去的平衡逐渐得到恢复。

人们称一九六零年以后的时代为信息社会。在美国,主要的职业已成为办事员式的了,关键的资源是信息,许多活动都在服务领域中进行。现在社会正在越过职员、信息及平淡的服务而向前发展。随着 PINK 工程和服务以及第六代计划的出现,一个新纪元出现了。可以称这个新纪元为 PINK 社会吗?其中:

心理学(P):意味着与自然、协调及精神价值的平衡。

智能 (I):意味着自然智能、人工智能、大脑行为和分子智能。

神经 (N):意味着类脑计算机、传感器、生物工艺学。

知识 (K):意味着心智、学习、感知。

在第六代计划中包括了上述目标中的许多目标。

在日本,第六代计划是有很高优先级的正式国家计划。此计划有二个目标:研究材料的转化和信息的变换。材料转化是为平衡地组织产生有用的产品和付产品和付产品的工艺方法而研究分子识别及物质转换。科学技术将模仿有生命的生物体的机理。生物体实现有用的工作但不产生污染而能产生使环境更加充实的各种付产品。

信息变换研究学习机理、记忆、运动(motor)控制、感觉和思考等。处理信息的方式类似于生物体所采用方式(即利用人工神经网络和生物传感器)。生物体感知周围的环境然后形成内部的描述(表示)。这种个人信息库则能帮助生物体去学习、识别、回忆、考虑和创造适应外界环境的新策略。通过对这些过程的深入细微的了解可以创造出人工智能、大脑一行为智能和分子智能的各种新技术。

1.2 人工智能和专家系统

第六代正逐渐地由第五代演变而来,因此我们对第五代和人工智能作一简要介绍。

可用许多方式来定义人工智能,其中包括: