

TP380.1

关于第六代计算机的研究

蔡义发 (浙江大学科仪系)

摘要 八十年代后期,在第五代计算机、神经网络、语言学、生物学、脑科学、认知科学、现代光学等学科的研究方面均取得了重大进展。这为人们利用工程的手段进一步地制造接近于大脑的机器及模拟人类的高级智能行为奠定了基础。因此,日本、美国、欧洲共同体等发达国家及组织相继提出了以神经网络为核心的第六代计算机的总体或部分研究计划,并投入了大量资金和人力。预计该研究将会导致科学、社会及人类认识本身的一系列变革。本文讨论了第六代计算机的研究计划、目标、系统组成、软件系统及其与第五代计算机和人工智能的关系。最后总结目前的研究现状和存在的问题。

1. 引言

近年来,第五代计算机和人工神经网络(Artificial Neural Networks)的研究取得了重大进展。^{[1][2][3]}研究的焦点集中在人类智能的基本机理及其模拟和应用技术上。在计算语言学、生物学、人工智能、认知科学、脑科学及现代光学等学科成果的基础上,1988年日本国际贸易工业省(MITI)提出了所谓的人类尖端科学计划(Human Frontier Science Program),即第六代计算机研究计划。^{[4][5][6]}该计划期望在多学科广泛的国际合作下开发出能够增强及模拟人类高级智能行为计算机。有关研究在日本、美国、欧洲等发达国家和地区受到了高度重视。1989年,仅政府部门已公开的部分投资,日本高达3千万美元(其中2千万用于有关生物方面的研究,1千万用于计算机方面的研究)。美国仅NSF(国家科学基金会),ONR(海军研究局)和AFOSR(空军科学研究部)三家投资高达1千万美元。欧洲的Esprit计划投资了2千万美金,DARPA(国防高级科学研究计划署)、NRL(海军研究所)和Air Force Avionics Lab(空军航

空实验室)的内部投资数及各类风险公司的投资数将会更多。预计至2000年,第六代计算机的岁入将高达600亿美元。本文主要讨论了第六代计算机研究计划的主要目标、研究内容、组成结构、软件系统及其与第五代计算机的关系等核心问题。最后对目前的研究现状及存在的问题作了简要总结。

2. 第六代计算机计划概述

2.1 第六代计算机的计划和目标

第六代计算机,即所谓类似于人脑的计算机,尽管我们不能期望它象人脑一样,但它至少可以模仿生物系统中的智能行为。由于人脑和生物智能是最复杂的研究领域,为了弄清其真象,需要多门学科,如逻辑学、计算语言学、心理学、生理学、脑科学、认知科学、光学、计算机科学及有关工程技术领域专家们的通力合作。而第六代计算机则是上述学科领域的一个共同的研究目标。它可分为科学、技术、和应用三个方面,见图1。

有关的科学研究应回答如下一系列问题:如什么是智能、意识和认知?我们是怎样听、看和想的?构造人脑的材料是什么?

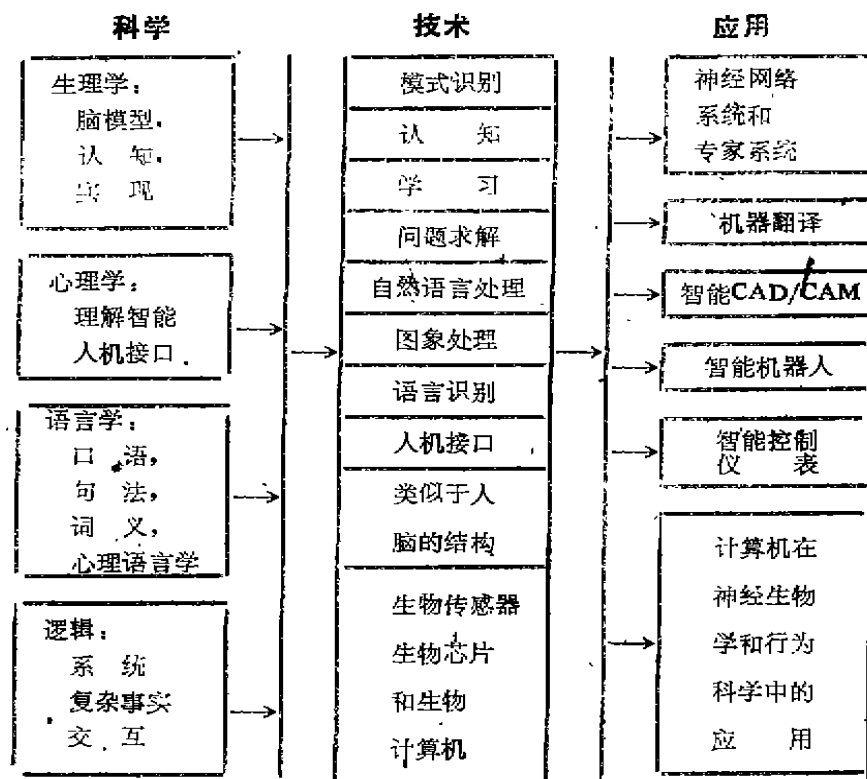


图1 第六代计算机计划

它是尖端高技术的革命，社会、经济及文化的进步，人类潜力的扩展和创造性科学的基础。

什么在控制人类的行为？以及记忆的机理是什么？等等。而技术领域的研究则利用上述信息开发用于学习、认知思维、模式识别以及决策支持的新技术。并且研究不同于第五代计算机中所使用的新型硬件结构、新算法和新材料。

第六代计算机的应用领域在传统计算机应用领域的基础上有许多增加。例如，当今的机器人仅仅是一个被编程的机器处理装置

(manipulator)，而第六代机器人将带有灵敏的传感器，并与一个知识库相关，更接近一个活的有机体。

第六代计算机的目标是将表1所示的目标集成为一个一致的系统，其集成过程按照图1所示的框架结构进行。技术进展必须能够使科学（包括生理、心理、语言和逻辑）方面的进展和应用方面有机地结合起来。

表1. 第六代计算机计划的目标

生理学方面	心理学方面	语言学方面	逻辑学方面	技术方面
一个接近于人/动物的认识过程的脑模型	澄清“理解”这一概念	对口语、句法、语义及语言的深入理解	提出一种新型逻辑，它适宜于学习和归纳(inductive)演绎过程	特征抽取，知识表示，学习，智能程序设计，应用推广，语言处理和图象处理

2.2 第六代与第五代计算机的关系

2.2.1 智能的三个层次及其与第六代计算机的关系

智能(intelligence)可以分成下述三个层次:

(1) 人工智能(AI) 人工智能是一门研究如何使得计算机具有人类问题求解能力的科学。它是第五代计算机的核心。主要通过专家系统及基于知识的程序库来求解问题。

(2) 脑-行为智能(BBI)或神经智能(NI) 脑-行为智能(又称作神经智能), 主要从外观上模拟人及动物的智能行为, 并设法接近大脑的某些功能。在大脑中, 从一个神经元中发出的信号能够激发成千上万个别的神元, 因而BBI硬件在设计上采用了大规模并行结构, 在大量的简单处理机之间有很高的联通性。此时, 编程通常已被学习和训练所取代。BBI的硬件基础即是第六代计算机。目前在硬件上主要还是依赖于VLSI及WSI技术^[20]。

(3) 分子智能(MI) 分子智能是基于这样的假设, 即活细胞内部的细胞结构是认知和信息处理在分子水平上的标志。这一方向上的研究将在生物和技术信息处理装置之间架起一座桥梁, 其最终目标即是设计出生物传感器、生物芯片和生物计算机。预计要到90年代初才能取得一些实用性成果。

第六代计算机计划与AI, BBI及MI之间的关系如图2所示:

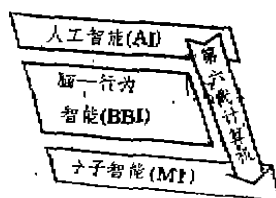


图2 第六代计算机与AI, BBI及MI的关系

注: 脑-行为智能包括: 把计算机应用到脑及行为科学中; 自适应和学习系统; 神经计算机; 目标制导的遗传系统; 事件-训练计算机; 转换(映射)系统; 联想存储器及处理器; 模糊及伪联想系统; 超立方体系统; 阵列处理机; 可编程联结机

2.2.2. 第六代计算机与第五代计算机的关系

第六代计算机是从第五代产生出来的。第五代计算机的核心是人工智能, 而第六代计算机则包括AI、BBI及MI。

AI方面的主要进展是目标驱动的自适应

专家系统, 以及超高速实时专家系统, 它们是基于最近提出的遗传算法及联想存储(associative memory)方法的。

BBI方面的主要进展包括神经计算机(neurocomputer), 学习系统, 联想及大规模并行系统。

MI方面的研究尚刚刚起步。

第五代计算机的标志是知识工程(KE)。它主要研究符号处理及符号推理, 使计算机从数据处理转变为智能化知识处理。

第六代计算机的标志, 即为“心理/智能/神经/知识工程”, 我们简称为“心智工程”(或PINK工程)。它比KE的范围更广, 包括高级、实时自适应、符号推理以及模糊推理, 其基础是大规模并行全局综合。其产物为知识件(Knowledge-ware)。心理件(psychware)和神经件(neuroware)。它们将开辟一个全新的应用市场。PINK工程产物的特点包括与用户之间的不受限制的自然语言接口, 口语及图象接口, 脑波及神经信号接口。其类似于人的行为将使用户对意识及人体自身有一种新的感受。对于周围环境的感知也将通过传感器数据、自组织、自适应、学习及自动程序设计来完成。因此, PINK工程将克服当今的一些“瓶颈”, 如知识获取、软件开发等, 并以知识件、心理件和神经件打开“超工业化”(superindustrialism)社会的大门, 从而导致人类生活的一系列变革, 其标志即是恢复人与自然之间已经失去的平衡。

大多数传统的计算机是单处理机串行计算机, 而第六代计算机则是多处理机并行计算机。它具有联想、大规模并行、神经网络、遗传等特征。人工智能与专家系统是传统计算机与第六代计算机之间的关系链。类似于人脑左右半球的分工, 传统计算机将致力于串行任务(如逻辑推理、串行数学运算、规划、生产、定序、及小型的基于规划的专家系统等); 而不会被第六代计算机所取代。而第六代计算机则致力于并行任务(如图像

处理、并行数学运算、机体及机器人协调、模糊专家系统,大型的基于规则的专家系统、模式识别、模拟及模糊推理和学习等)。

3. 第六代计算机的组成结构

以神经网络为核心的第六代计算机的一种组成结构如图3所示:

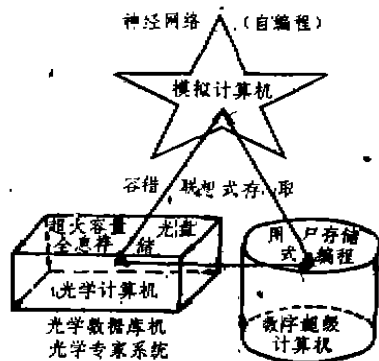


图3 以神经网络为核心的第六代计算机的一种组织结构

它由三大模块组成:

(1) **超导神经网络计算机** 处于顶端的超导神经网络计算机采用了星形配置,以使得处于每个顶点上的处理机具有相等的连通性(connectivity)。它的功能是监督执行与用户之间的高级输入输出,和协调光学计算机与数字超级计算机之间的内部问题。

超导神经网络计算机内部采用无线的光学互联分层结构、外部与下述三个功能模块相联:

- (a) 一个对用户友好的联想存储(associative memory)回忆模块;
- (b) 一个可编程的基于规则的人工智能模块;
- (c) 一个二维神经网络知识表示模块,以用于非基于规则的人类智能问题,如抽象、演绎、以及不精确推理。

神经网络计算机中的各处理部件(PE)间具有相同的连通性。每个处理部件通过全局通讯链与局部星形区域中的1000个其它处理机相联,从而保证它们可以平等地利用输入信息。这种局部的全连通(global connectivity)便构成了完成特定功能的同质区

域。这些区域功能联接起来便构成了一种层次拓扑结构。例如,完成特征抽取的输入层之后紧接着的便是为完成一致化的内部知识表示层,然后再联到输出层以进行分类。

各“神经元”(PE)间的连通性(即权值)是根据给定的输入输出训练样本,通过一个负反馈迭代过程来确定,从而以自组织的方式来完成知识表示的这一环节。

(2) **光学数据库机** 它将能够完成实时A/D及D/A转换,并与存储的程序和有关的库数据进行接口,如图4所示:



图4 光学数据库机的配置

光学数据库机的基本功能是:

- (a) 在神经网络的控制下对压缩的自适应光盘数据进行模拟读和写。
- (b) 提供一些内部联想存储器以进行容错检索。
- (c) 数据处理。这需要300MB的帧传输速率。利用光学关系型数据库操作能达到这个目标,因为它能够消除无关数据,并以每秒3MB的帧速率抽取有关的信息,并与数字计算机终端用户协调。除此之外,系统中还使用大容量的页定位全息存储。

(3) **通用的快速数据处理超级计算机** 它具有以下基本组成部分:

- (a) 向量编程语言,例如Gibbs记号;
- (b) 一些精确的用硬件实现的内部程序;
- (c) 一定数量的可编程并行自适应子程序。

然而,只有适当的信息可被数字化并用该超级计算机来处理。

用户的命令可以通过声音输入装置,串行查询机器或终端工作站进入系统,但最终命令总是由神经网络检验后生成的。

4. 第六代计算机的软件系统

第六代计算机的软件系统包括下述几个方面(图5):

- (1) **在超导神经网络计算机上运行的**

软件 它包括:

- 监督软件: 包括主程序、输入数据生成器和网络输出生成器, 以及与协同处理器及用户交互用的接口子程序等。

- 网络描述语言: 如Axon等,

- 高级的面向目标的语言,

- 网络构件^{*} (netware) 开发语言,

- 模糊软件,

- 基于神经网络的各类应用软件: 如图象处理软件、大型的基于规则的专家系统等。

(2) 在通用的数字超级计算机上运行的软件 它包括:

- 各类传统的计算机软件,

- 新型的分布式及大规模并行软件: 如OCCAM, 并行机Lisp等,

- 高级智能软件,

- 自适应子程序库,

- 等等。

(3) 在光学计算机上运行的软件 它包括:

- 光学计算机系统软件: 如光学联想存储器管理及通讯软件等,

- 光学数据处理软件,

- 其它光学应用软件: 如光学专家系统等;

第六代计算机软件系统的主要特点是:

- 自适应、自学习和自编程;

- 高度智能化;

- 分布式及高度并行;

- 综合性。

5. 研究现状及存在的问题

目前, 在作为基准点的第五代计算机的研究方面已经取得了重大进展^[1], 在光计算方面已完成**初步实验研究**^{[7][8][9]}。对于人脑神经信息处理机制、思维及宏观认知机理已有了较深的认识^{[10][11][12][13]}。在技术方面已提出了各种学习算法^[14]及联想存储器技术^{[15][16]}。在大规模并行计算机方面, 已提出多种体系结构^[17], 并已制造出超立方体并发计算机IPSC^[18]、大规模并行处理机

MPP^[19]、联结机^[20]以及Transputer等, 并提出了OCCAM^[21]等并发语言。

在作为核心的神经网络计算机方面, 已提出各种算法、模型, 制造出了Mark、ANZA、Delta-Sigma等神经网络计算机, 并已应用到许多领域^{[22][23][24][25][26][27]}。此外, 在其它有关的领域也已取得了一定的进展。

但是, 目前尚存在着下述严重问题有待进一步研究解决:

- 对人类智能的认知机理认识不足, 即对于MI所知甚少。

- 缺乏有效的新型逻辑系统。

- 缺乏高效的训练及学习算法。

- 缺乏一致的神经网络计算机的设计及实现技术。

- 神经网络上的知识应如何分布, 表示。

- 如何统一协调系统中的各个模块。

- 大规模并行计算机的编程、实现问题。

- 光学计算机的设计及有效实现问题。

此外, 还有多学科交叉合作、研究经费等社会问题。尽管如此, 第六代计算机计划的提出已预示着超工业化社会的到来为时不远了。

参考文献

- [1] T. Kurozumi, T. Ichiko, "Targets and Results from Phase One and Two of the Fifth Generation Computer Systems Study", FGCS, Vol. 4, No. 4, pp. 307-326, 1988.
- [2] D. E. Rumelhart, J. L. McClelland, Parallel Distributed Processing, Vol. 1 and Vol. 2, MIT Press, 1986.
- [3] J. L. McClelland, D. E. Rumelhart, Parallel Distributed Processing, Vol. 3, MIT Press, 1987.
- [4] Science and Techn. Agency, Promotion of Research and Development on Electronic and Information Systems

* netware是Hecht-Nielsen提出的, 用以指不可编程的但可训练的 (trainable) 网络。

- that may Complement on Substitute of Human Intelligence. STA, Tokyo, 1985.
- [6] R.E. Chapman, Biologically-Related Computing (Japan's Six Generation), Back-ground paper. Technicom Int. Corp., Falls church, VA, 1985.
- [6] R.B.Gaines, "Six generation computing, A Conspectras of the Japanese proposals", Sigart News, 95, pp. 39—44, 1986.
- [7] T.Yatagai, "Optical Computing in Japan", FGCS, Vol.4, No.3, pp. 159—176, 1988.
- [8] Y. S. Abu-Mostafa, et al, "Optical Neural Computers", Scientific American, 256, pp.88—95. March 1987.
- [9] T.E.Bell, "Optical Computing, A Field in Flux", IEEE Spectrum, pp. 34—57, Aug.1986.
- [10] H.M.Pinsker, et al, Information Processing in the Nervous System. Raven Press, 1980.
- [11] H.A.Buchtel, The Conceptual Nervous System. Pergamon Press, 1982.
- [12] W.Kintsch, et al (eds.), Methods and Tactics in Cognitive Science. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1984.
- [13] S.Grossberg, The Adaptive Brain I: Cognition, Learning, Reinforcement, and Rhythm, and The Adaptive Brain II: Vision, Speech, Language, and Motor Control. Elsevier/North-Holland, 1986.
- [14] 蔡义发, 神经网络中的学习算法, 待发表.
- [15] T. Kohonen, Self-Organization and Associative Memory. Springer-Verlag. Berlin, 1984.
- [16] G.E.Hinton, J.A.Anderson (eds.), Parallel Models of Associative Memory. Hillsdale, 1981.
- [17] C.G.Bell, "Expert Opinion", IEEE Spectrum, pp.36—38, Jan.1986.
- [18] R.Asbury, et al, "Concurrent Computers Ideal for Inherently Parallel Problems", Computer Des., 1, Sept. 1985.
- [19] Goodyear Aerospace Corporation, MPP Manuals, 1985.
- [20] W.D.Hillis, The Connection Machine, MIT Press, 1985.
- [21] D.Pountain, Occam Tutorial, INMOS, 1987.
- [22] R.Hecht Nielsen, C.A.Smith, DARPA ADAPT Program MARK IV ADAPT Processor. TRW Rancho AI Center, Camel, CA 1985.
- [23] ANZA User's Guide, Hecht-Nielsen Corp., Release 1.0c, 1987.
- [24] DELTA/ SIGMA / ANsim, Editorial: Neurocomputer, 2(1), 1988.
- [25] J.Anderson, E.Rosenfeld, Neurocomputing, MIT Press, 1988.
- [26] 蔡义发, 神经网络计算机系统及其应用, 待发表.
- [27] R.Eckmiller, C.v.d.Malsburg, Neural Computers, Springer-Verlag. Berlin. 1988.

(接第77页)

参考文献

- [1] 吴信东、熊范纶, 自动知识获取, 模式识别与人工智能, 1989(待出)
- [2] 吴信东、邹燕编著, 专家系统技术, 电子工业出版社, 1988
- [3] P.R. Cohen and E. A. Feigenbaum, The Handbook of Artificial Intelligence, Vol.3, William Kaufmann, Inc., 1982, Chapter X
- [4] F.Hayes-Roth, D.A. Waterman and D.B. Lenat, Building Expert Systems, Addison-Wesley, 1983