

模式识别与图象处理 (PRIP) 计算机发展评述

张 大 鹏
(清 华 大 学)

摘 要

本文分析了促进模式识别与图象处理 (PRIP) 计算机发展的若干重要因素, 评述了近年来发展的现状、特点及其趋势, 并提出了结构分类的四种类型。这些探讨作为有益的借鉴, 对于我国 PRIP 计算机的发展是有意义的。

关键词: 模式识别, 图象处理, 计算机结构, 并行处理

一、引 言

近十年来, 随着模式识别与图象处理 (PRIP) 的广泛应用, 各种 PRIP 计算机系统大量地涌现出来。由于它们具有高效、实用的特点, 并带来廉价的前景, 所以, 它们异军突起, 正活跃在许多应用领域, 成为当前不容忽视的重要发展趋势^[1-4]。

研究 PRIP 计算机迅速发展的原因, 不妨建立“推-拉”模型来说明。这里, “拉”模式表示必要性, 而“推”模式表示可行性。它们共同作用的结果使得 PRIP 计算机得以高速地向前发展 (见图 1)。



图 1 PRIP 计算机发展的“推-拉”模型

1. 必要性

主要包括如下几种因素:

(1) 形势需要: 为了谋取二十一世纪在经济、军事等方面的主动权, 一些国家纷纷不惜重资, 拼命寻求高技术来实现所谓“星球大战计划”、“尤里卡计划”以及“FGCS (第五代计算机) 计划”等, 其中的 PRIP 技术是这些计划中的关键技术之一。因此: 它的研究与实现已普遍引起各国的重视。

(2) 社会需求: 满足各种实际应用需要,特别是实践中提出的实时性要求,是衡量一个系统是否实用的重要标志。在军事侦察、遥感探测、生物医学等许多 PRIP 实际应用中,都存在着这种实时性的迫切需求。而以解决此问题为宗旨,研究实用的 PRIP 计算机就成为必然结果。

(3) 运算要求: PRIP 本身涉及到巨大的图象数据阵列。以遥感为例,一幅典型图象具有 10^6 — 10^9 象素,平均每个象素要进行 10^2 — 10^3 次操作。若允许处理时间在 10^{-1} —10 秒,则现行的 Von Neumann 计算机是难以胜任的。同时,它也并非具有高性能/价格比,甚至实践证明,它完成 PRIP 中相当简单的局部操作都是很麻烦的。因此,必须寻求其它有效的解决途径。

2. 可行性

主要存在如下几种因素:

(1) 并行处理: PRIP 的许多处理功能均可分解为若干基本操作。这些基本操作包括“积-和”运算、非线性变换以及坐标变换等。它们一般都潜在着固有的并行性,其操作规则可以均匀地作用于整个图象平面。这就为并行处理提供了可能。

(2) VLSI 设计: 微电子技术的迅猛发展,使得人们不得不重新审视以往的设计。器件昂贵已成为过去的旧观念。采用 VLSI 设计,可直接导致用硬件实现某些 PRIP 算法,这样不仅可获得廉价的元件,而且可获得廉价可靠的系统^[5-7]。显然,这种设计方法为 PRIP 进入实用化奠定了基础。

(3) 计算机技术: 其中并行技术有助于构造新型的适于 PRIP 操作的系统结构;先进的存贮技术可以组成足以容纳高分辨率图象的大容量存贮器;数据库技术可以有效地对图象数据进行管理;I/O 技术实现处理图象的人-机交互。

正是基于上述诸种“推力”和“拉力”的相互配合,PRIP 计算机应运而生,并成为今天方兴未艾的一种重要发展趋势。本文试图探讨这一趋势的发展现状及其特点,这对于发展我国 PRIP 计算机是有益的。

二、PRIP 计算机的基本概念

1. 基本系统

一个典型的 PRIP 计算机系统应由三部分,即图象输入部分、处理部分及输出部分组成。其中图象输入部分的主要任务是完成对图象的扫描、光电转换、取样、量化以及与图象处理机的接口,其目的是把研究对象转换为适于计算机处理的形式。主要输入装置包括 TV 摄象机、飞点扫描器、析象管以及自动显微密度计等。图象输出部分的主要任务是接收并输出经计算机处理过的信息,并把计算机中存贮的数据变换成适于人们理解的形式。主要输出装置包括 CRT、打印以及摄影胶片、相纸等显示。图象处理部分则是整个系统的中间环节,担负着图象数据加工处理的任务。依图象规模和处理模式的不同,它可以是处理一般 PRIP 算法的通用机,也可以是依存于某一应用环境的专用机;可以是综合应用的单处理机,也可以是由大量处理元构成的多处理机;可以是操作简单的微处理机,也可以是功能完备的巨型机。

显然,基本系统中这三个部分的不同组合可以构成各种类型的 PRIP 计算机。本文重点旨在研究、设计和构造其中综合性能指标最佳的系统,这依赖于三个方面,即描述给定的 PRIP 应用问题的算法;选定适于表述 PRIP 的程序设计语言;实现 PRIP 操作的处理

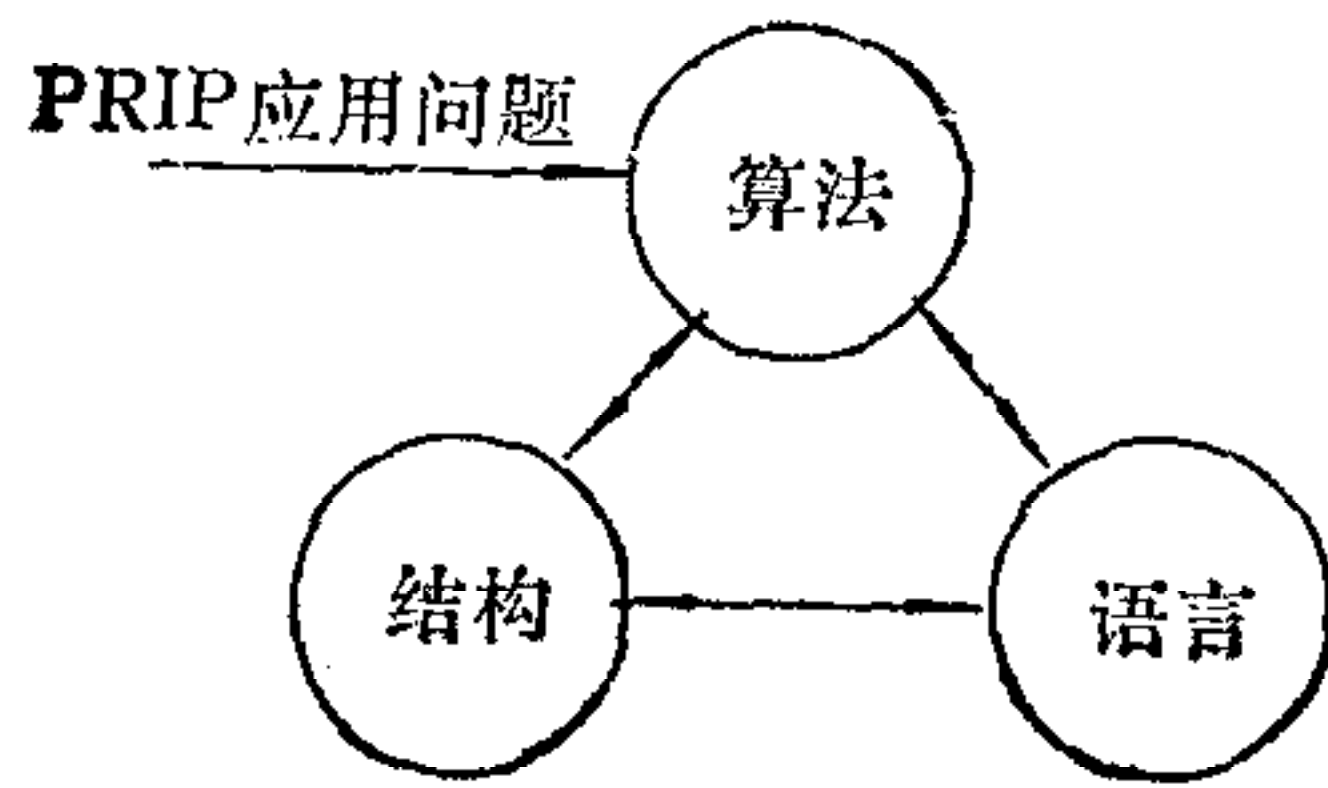


图2 PRIP 算法、结构与语言关系图

机结构。这三个方面相互依存,且有机地结合(见图2)。任何偏重一方,都不会获得最佳效果。而它们三者的共同基点在于并行性。

2. 并行算法分析

PRIP 算法来源于给定的应用问题。作为对并行计算机的支持,传统的算法已不适应这类机器运算,因此,必须提供相应的并行算法。

PRIP 算法一般包括两个独立的、不同层次的处理,即低层次处理和高层次处理^[8-9]。其中低层次处理主要完成诸如图象滤波与特征增强等基于图象的操作;而高层次处理则实现对图象特征的各种分析判别。由于低层次图象处理算法较成熟,且可开发 2-D 图象处理算法中潜在的并行性,因此,它成为发展 PRIP 计算机的主要推动力。一般说来,PRIP 算法主要存在如下四种并行性:操作并行、图象并行、邻域并行和象素位并行。它们的处理规则都可均匀地作用于整个图象平面。

值得注意的是,并行算法与处理机结构息息相关。一般说来,并行机的结构类型不同,其实现的最优算法也不相同。同时,并行算法的选取也影响到相应的语言描述。而算法的计算复杂性是评价并行算法优劣的重要标志之一。

3. 特殊系统结构

系统结构是提高计算机性能的重要途径。多年来占统治地位的 Von Neumann 结构,其特征是顺序控制、串行执行。要在这种 SISD (单指令流单数据流) 计算机上处理多维信息,显然不能有效地开发 PRIP 操作中存在的并行性。因此,必须构造特殊的系统结构^[10]。

新型的系统结构,其实质是并行结构。它一般从如下两个方面着力进行开发,即时间并行性和空间并行性。

实现 PRIP 运算的处理机结构,不仅取决于它执行的并行算法;更重要的是,它与构造计算机的器件密切相关。诚然,器件的变化直接影响到计算机的性能,甚至作为最活跃、最根本的因素,成为计算机发展换代的物质基础。但是,如何合理地利用这些器件构成优化的系统,却是单纯器件改革所不能解决的,而器件本身的物理极限也限制了它的进一步发展。因此,需要系统结构与器件的相辅相成、互相促进,以更有效地改善机器的性能指标。

4. 图象处理语言

发展图象处理语言主要基于如下原因。

(1) 通用语言不适应 PRIP 算法。以频繁使用的卷积匹配模板为例,希望表述时能把其作为一个整体来考虑。但是,一般通用语言却只能对模板中的每一个象元进行定义,这就给编程带来困难。

(2) 新型结构需要相应语言描述。目前开发的各种适于 PRIP 操作的并行结构,例

如流水线结构、阵列结构等,都需要有适宜其本身特点的专用语言,以求得与其系统的协调,从而获得高性能/价格比。

(3) 特定的用途决定了采用特殊的语言。PRIP 计算机的基本属性在于它的应用性。由于应用不同,描述的应用对象亦不同。因此,对于某种应用是优化的语言,并非对另一种应用也是优化的,需要视研究应用对象,采用适宜的专用语言。

总之,图象处理语言依赖于 PRIP 算法及其结构,伴随着 PRIP 计算机的发展而不断发展起来。目前,已有几百种语言用于图象处理操作。例如,基于通用语言的 Parallel-FORTRAN, 独立语言 GLOL, 专用图象处理语言 C_3PL , 可移植的语言 LISP, 以及微机系统语言 RIPS 等^[11]。

三、PRIP 计算机的发展特点

目前,据不完全统计,国外已有数百种 PRIP 计算机活跃在各个应用领域。许多已作为商品机推向市场。分析当前 PRIP 计算机的发展,可有如下特点:

1. 系统小型化、微型化

早期的 PRIP 计算机多半是体积庞大的巨型机(如 ILLIAC-IV, STARAN 等)。近年来,由于微电子技术的发展与普及,以小型机加专用处理部件(如卷积器、FFT 处理器及预处理器等),以至微处理器构成并行结构的 PRIP 计算机,已呈明显势头^[12]。PRIP 计算机日趋小型化、微型化。例如近年来出现的 Model 75、IP8500、DS-30 以及 Vicom 等系统。

2. 功能分散,终端智能化

由于微机的普遍使用,高性能多功能的单处理机已由功能分散、终端智能化的多处理机所取代。输入输出、显示打印等装置的控制功能均可由各个设备独立完成。它们都有其自身的微处理机以及存贮器等,可以和中心处理机并行工作。这种方式现已为许多 PRIP 计算机所采用。

3. 结构模块化、功能专用化

为了满足不同用户要求,便于用户在性能和价格上有较多的选择余地,一些 PRIP 计算机设计成积木式模块化结构。选用不同的功能模块,就可获得相应处理能力的系统。例如用于指纹识别的 Printrak 系统以及 AFIS 系统等均具有这样的特点。

4. 高速度、高分辨力

由于 PRIP 计算机采用专用部件或并行结构,故图象处理速度一般都很高(达到 20 ms/幅),可以满足实时(或准实时)的要求。机器所配置的大容量存贮器,允许保持图象矩阵至少是 $256 \times 256 \times 8$ 比特,甚至可达到 1024×1024 以上的分辨能力。

5. 基本操作固化、硬化

基于分析 PRIP 并行算法,抽取其中频繁使用的公共操作作为基本操作,使它们实现固化、硬化,不仅可获得高速度,而且也提高了可靠性及性能价格比^[13](某些 VLSI 实现的 PRIP 基本操作见表 1)。

6. 整机兼容化、系列化

表 1 VLSI 实现的 PRIP 基本操作

处理内容	基 本 操 作
图象处理	增强、滤波、细化、边缘检测、分割、配准、恢复、聚类、纹理分析、卷积、乌里哀分析
模式识别	特征提取、模板匹配、统计分类、图解算法、语法分析、变换检测、语音识别、景物分析与综合
图象询问处理	询问分解、询问优化、属性处理、图象重建、搜索/分类算法、询问到图象检出的实现
图象数据库管理	关系算子(连接、合并、求反、影射、求补)、相似检索、图象/关系变换、数据结构、优先排队、动态程序设计、空域算子

一些 PRIP 计算机生产厂家,为了考虑到功能的扩展,以及未来的发展需要,推出系列化的兼容产品。例如 PICAP 系列、CLIP 系列等。其中英国研制的 CLIP 系列已发展到 CLIP₇。

四、PRIP 计算机的结构类型

系统结构最能描绘出计算机的全貌,各种 PRIP 计算机也恰恰在这一点上表现出它们各自的重要差异。因此,PRIP 系统结构的研究就成为其发展的关键。依照运算的性质,不妨把 PRIP 计算机分为四种结构类型。

1. SIMD 阵列结构

阵列是一种应用广泛的结构类型。它对于实现 PRIP 典型操作具有高性能,且具有简单、易于系统扩展等优点。特别是这种结构形式与 SIMD 工作原理相结合,具有很强的生命力。它的主要特点是:

- 利用资源重复开发空间并行性,是获得其高速度的主要原因;
- 直接与给定的算法相关,其效率取决于计算程序向量化的程度;
- 简单的互连网络决定了所适应的算法类型,是阵列结构中最有特色的组成部分;
- 阵列处理构成向量处理专用机,需辅助以相应的标量运算及管理功能。

用于图象处理的并行阵列机概念是 Unger 于 1959 年提出的。60 年代初,Slotnick 等人在设计的 SOLOMON 机(32 × 32 阵列)上进行了首次尝试。1972 年,美国 Illinois 大学研制的 ILLIAC-IV 巨型机(8 × 8 阵列)进一步进行了采用和改进。以后,陆续推出了不少阵列机(见表 2)。其中最有代表性的阵列机是 1983 年由美国 Goodyear 公司与 NASA 共同研制的 MPP 位面式处理机。它具有 128 × 128 个同步操作的处理元(PE)阵列,主要用于 NASA 的卫星图象处理^[4]。

2. MISD 流水线结构

流水线结构通常提供系统的灵活性,易于发展小型廉价系统。对于某些 PRIP 操作,特别是对具有串行传输方式的图象数据来说,流水处理往往比阵列处理更直接和更有效。它的主要特点是:

- 流水线各处理级操作重叠,以开发时间并行性;
- 处理功能部件分离,并未重复设置,是构成廉价系统的重要因素;

表 2 典型阵列处理机

机型	结构特点	研制者	时间	备注
DAP	64×64 阵列 4096 比特/ PE 网状连接	U. K. ICL 公司	1980	采用 ADA-FORTRAN 语言, 图象处理
CLIP ₄	96×96 阵列 八邻连接 1 比特处理元	U. K. London 大学	1982	采用图象处理 C 语言, 位平面 图象处理特征提取的窗口, 邻域操作
MPP	128×128 阵列 位平面结构 4096 比特/PE, 网状连接	U. S. A. NASA/ Goodyear 公司	1983	Parallel-Pascal 语言, 陆地卫 星图象处理, 目标屏蔽, 战术侦察
GRID	64×64 阵列 8K 比特/PE, 八 邻连接 VLSI 芯片, 64PE/芯片	U. K. GEC 公司	1985	可扩展 C 语言, 图象处理
CLIP ₇	512×4 阵列, 8 比特处理元 VLSI 芯片	U. K. London 大学	1985	图象分析 模式识别
Connection Machine	256×256 阵列 1 比特处理元, VLSI 芯片, 64PE/芯片	U. S. A. TMC 公司	1985	计算机视觉图象处理

表 3 典型流水线处理机

机型	结构特点	研制者	时间	备注
UPIC	硬件卷积器 总线结构 流水实现两种方式	比利时 Leuven 大学	1981	图象局部操作卷积处理
Cytocomputer	1.6MB/s 的频带宽 113 级处理级的流水线	USA Michigan 大学 与 ERIM	1982	细胞分析 生物学医学图 象处理 C ₃ PL 专用语言
GOP	4 条计算流水线 多级存储器	瑞典 Linkoping 大学	1982	一般图象处理与模式分类
Cell Image Analyzer	Cell 流水线 主机控制 专用部件	USA 喷气发动机实验室	1983	生物学医学
CRS	四种流水实现的专用功能部件 VLSI 器件	U. K. Rutherford 实验室	1985	卷积、边缘检测直方图 统计、中值滤波
MITE	256 流水处理级其处理级可 重构成任意流水线	IBM 公司 Yorktown	1985	模式分析 图象处理

- 与线扫的传感方式相匹配, 流水处理可以和扫描的同一速率进行;
- 各处理级功能专用, 同步控制简单。

流水技术始于 60 年代初, 曾用于美国 IBM 公司生产的 STRETCH 计算机中。1965 年, L. W. Cotten 明确提出了流水线概念, 并在 IBM360/91 机中得到了应用。但是, 真正用于 PRIP 处理则是在 70 年代末, 各种 PRIP 流水线处理机不断涌现出来 (见表 3), 其中典型系统是美国 Michigan 环境研究所以及 Michigan 大学共同研制的 Cyto-computer 处理机。它具有 113 级不同操作的高度流水线, 主要用于细胞分析和生物学医学图象处理^[15]。它的最新系统 Cyto-HSS 处理 3×3 窗口操作甚至可达到 10M/s 速率^[16]。

3. MIMD 多机结构

它具有更大的通用性、灵活性以及并行性, 可满足高层次图象处理 (例如模式识别) 的要求。它的特点主要有:

- 各处理机间任务协调分配、重叠执行, 以开发时间-空间并行性;
- 利用多种途径 (如算法、程序设计、系统软件、任务操作以至指令、硬件等) 挖掘各种

表 4 典型MIMD多处理机

机型	结构特点	研制者	时间	备 注
PICAP-II	组合式可扩充的总线结构 15个专用处理机 MIMD/SIMD	瑞典 Linkoping 大学	1982	开发图象处理新算法
FLIP	16个处理机,公共存贮器结构,可 组合的数据通道流水线, MIMD	西德 IPPR 研究所	1982	一般图象处理
ZMOB	流水总线交互的 256 个处理机 MIMD 方式	USA Maryland 大学	1982	人工智能 图象处理
PUMPS	共享功能设备和后端图象数 据库机的多机系统	USA Purdue 大学	1982	模式分析 图象处理 图象数据库管理
PX-1	总线与环形构造, 32 个通用 处理机, 分布图象存贮器, 64K / 处理机	Japan Tokyo 工业大学	1982	实时 PRIP 处理
PICAP-III	64 个 PE, 2MB/PE 存贮器-I/O 总线	瑞典 Linkoping 大学	1986	3-D 图象操作

并行性是其最大特点;

- 互连网络在很大程度上决定多机的性能,其互连方式成为多机系统的结构特征;
- 资源共享,设立软、硬件同步基元实现处理机间协作。

MIMD 结构是由 Flynn 在 1966 年定义的。尽管它存在着算法划分与资源分配的困难,但是,由于人们对高层次图象处理需求的不断增加,近年来仍然有许多 MIMD 多处理机问世(见表 4)。一般说来, MIMD 结构可以分为四种类型,即:

- 总线结构
- 公用存贮器结构
- 环形结构
- 可重构结构

它们各自的典型系统分别是瑞典 Linkoping 大学研制的 PICAP-II 机^[17], 西德 IPPR 研究所研制的 FLIP 机^[18], 美国 Maryland 大学研制的 ZMOB 机^[19]以及 Purdue 大学研制的 PUMPS 机^[20]等。

4. VLSI 结构

随着 VLSI 应用于 PRIP 领域,标志着一种新型的 VLSI 处理结构的崛起。由于这种结构控制简单、规则,扩展性强,且提供高性能/价格比,故具有更大的应用潜力。Systolic 设计与 Wavefront 设计是 VLSI 处理结构中最有影响的两种设计方法,特别是 systolic 设计结构,它具有如下特点:

- 只需要几种类型的简单细胞元 (cell) 组成;
- 数据流、控制流简单、规则;
- 利用可扩展的流水处理和多重处理,充分挖掘并行性;
- 重复利用每个输入数据,不增加频带宽,就可扩大吞吐量。

根据 PRIP 的不同应用要求, systolic 可构成各种相应的阵列形式,如线性阵列、正交阵列、六边阵列及三角阵列等(见图 3)。

systolic 概念是美国 Carnegie-Mellon 大学的 H. T. Kung 教授于 70 年代末提出

来的^[21]。由于它适于 VLSI 的结构特点,因此,从一开始就受到人们的普遍重视。1983 年,可编程的 systolic 专用芯片 (PSC) 投入使用;1986 年, systolic 设计的 Warp 机研制成功,用于实现自主车辆的机器人视觉,使得 VLSI 结构进入实用化阶段。

在各种 PRIP 实际应用中,往往单一的结构类型不能满足复杂的应用要求。于是,近年来又出现了上述结构的各种扩展型以及它们的结合。锥体 (pyramid) 是其中一种具有代表

性的结构。目前正被设计的典型系统,是美国 Massachusetts 大学用于图象处理及计算机视觉的相联阵列并行处理机 CAAPP^[23]。它是由 512×512 (1 比特) 的 SIMD 阵列、 64×64 (16 比特) 的 SIMD 阵列及 8×8 (32 比特) 的 MIMD 多机构成的三个层次的锥体,分别完成图象的低级、中间变换级及高级处理。

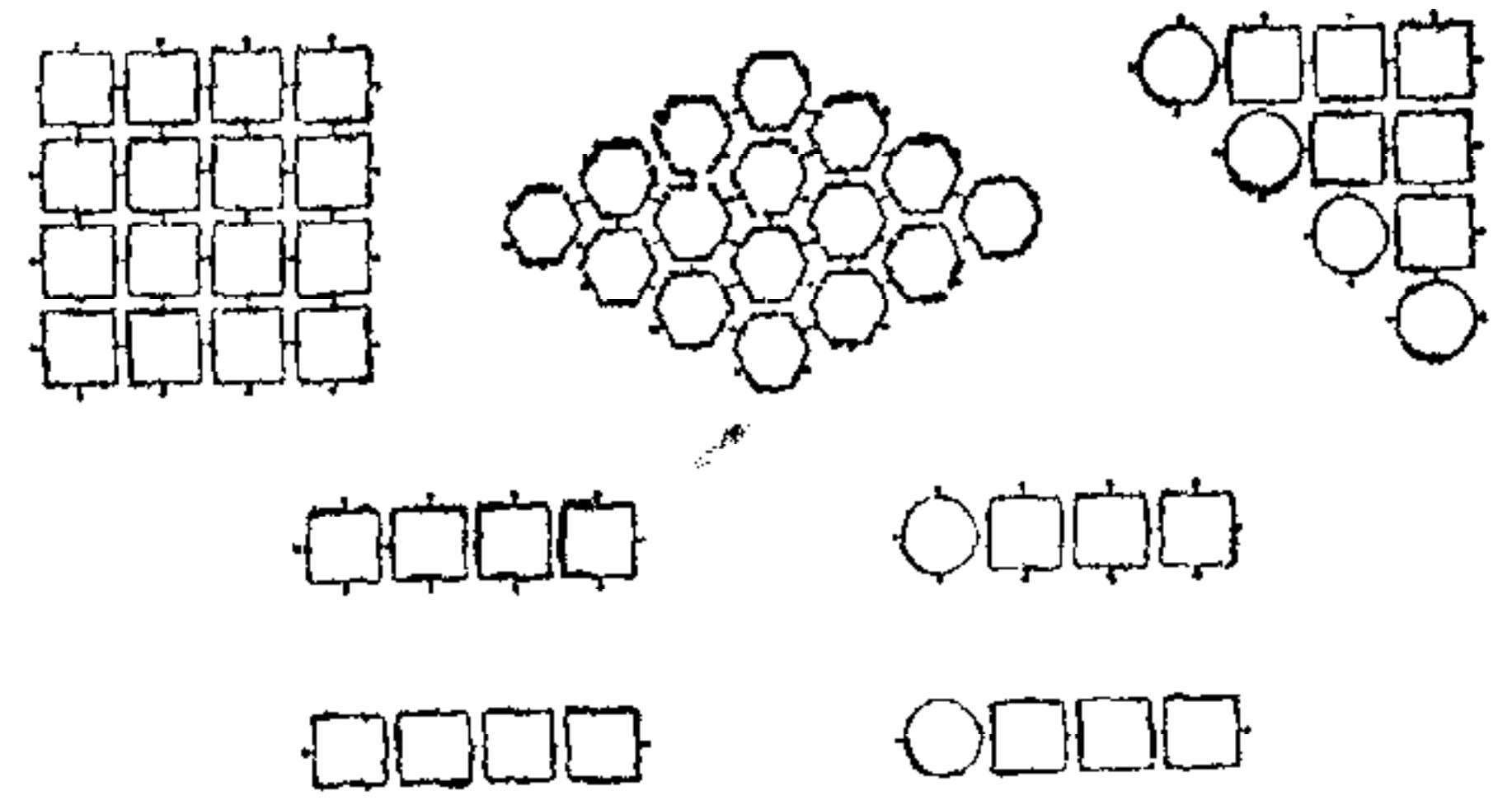


图3 systolic 阵列结构

五、发展趋势

纵观 PRIP 计算机的发展,大致可有如下几种趋势:

1. 图象处理 VLSI 化

VLSI 技术的不断发展,必将实现图象处理 VLSI 化。基于 VLSI 的单功能处理器到可编程的多功能处理器,分别实现 PRIP 的各种操作,并构造完成各种实时应用的全并行处理机。

2. 面向应用,向专用机方向发展

PRIP 技术是一门试验性很强的学科,它的最大特点在于应用。大量实践证明,采用一般语言、常规算法及通用结构来处理特定的应用问题是非常不经济的,甚至也不能满足应用要求。因此,出现了针对不同应用领域研制各种 PRIP 专用机的势头。

3. PRIP 与图象数据管理的综合系统

只有有效地管理和分析成象数据,一个图象信息系统才被认为是效率高的。基于这一思想,近年来出现了把 PRIP 技术与图象数据库管理综合为一体的趋势。目的在于发展多维信息处理用的实时交互系统。

4. 图象处理的智能化

基于知识的图象理解、分析系统,是图象处理智能化发展的重要方向之一。它充分应用所研究问题的有关知识,来实现对单个图象或图象序列的自动描述。这种人工智能与 PRIP 的结合,必将给 PRIP 应用带来新的生机。

5. 图象处理的标准化与模块化

PRIP 计算机的发展还存在着标准化问题,其中主要是计算机语言的标准化。国际标准化组织已开始重视这一点,曾对国际上 20 多个较为流行或成熟的图象处理语言进行了考查。相信在不远的将来会有标准化语言得到广泛应用。

另外,为了编制、调试以及使用方便,图象处理软件应向功能模块化发展。同时,还应

兼有交互化、多样化等特点。

6. 采用新技术, 扩大应用领域

为了促进 PRIP 实用化, 不断采用新技术是其中的重要途径。如近年来正把 CCD 固体图象传感器, 以及光盘存储器应用于 PRIP 计算机。这些新技术、新器件的广泛使用, 又会开拓出许多新的应用领域, 从而进一步扩大 PRIP 计算机的应用范围。

参 考 文 献

- [1] Leonard, B., et al., *Digital image processing systems*, Springer-Verlag (1981).
- [2] Fu, K. S., et al., (ed.), *Special computer architectures for pattern processing*, CRC Press (1982).
- [3] Duff, M. J. B., et al., (ed.), *Computing structures for image processing*, Academic Press, (1983).
- [4] Kittler, J., et al., (ed.), *Image processing system architectures*, Research Studies Press (1985).
- [5] Offen, R. J., (ed.), *VLSI image processing*, Collins (1985).
- [6] Kung, S. Y., et al., *VLSI and modern signal processing*, Prentice-Hall (1985).
- [7] Fu, K. S., (ed.), *VLSI for pattern recognition and image processing*, Springer-Verlag (1984).
- [8] Kendall, P., Jr, et al., *Multicomputers and image processing: algorithms and programs*, Academic Press (1982).
- [9] Reeves, A. P., *Parallel algorithms for real-time image processing Multicomputers for Image Processing: Algorithms and Programs*, Academic Press (1982).
- [10] Danielsson, P. E., et al., *Computer architectures for pictorial information systems*, *Computer*, Nov. 1981, 53—67.
- [11] Duff, M. J. B., et al., (ed.), *Languages and architectures for image processing*, Academic Press (1981).
- [12] Anthony, P. R., *Survey: parallel computer architectures for image processing*, *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 25, 1984, 68—88.
- [13] Hwang, K., et al., *Integrated computer architectures for image processing and database management*, *IEEE Trans. Computer*. Jan. 1983, 51—60.
- [14] Batcher, K. E., *Design of a massively parallel processor*, *IEEE Trans, Computers*, Vol. C-29, No. 9, Sept. 1980, 836—840.
- [15] Lougheed, R. M., et al., *The cytocomputer: a practical pipelined image processor*, *Proc. of 7th Annual International Symposium on Computer Architecture*, May 1980, 271—277.
- [16] Lougheed, R. M., et al., *Multi-processor architectures for machine vision and image analysis*, *Proc. Int. Conf. Parallel Process.* (1985), 493—497.
- [17] Antonsson, D., et al., *PICAP—a system approach to image processing*, *Proc. Workshop Computer Architecture for PAIDM*, 1981, 35—42.
- [18] Leutjen, K., et al., *FLIP: a flexible multiprocessor system for image processing*, *Proc. 5th Int. Conf. on Pattern Recognition*, 1980, 326—328.
- [19] Rieger, C., *ZMOB: doing it in parallel*, *Proc. Workshop Computer Architecture for PAIDM*, 1981, 119—124.
- [20] Briggs, F. A., et al., *PUMPS architecture for pattern analysis and image database management*, *IEEE Trans. Computers*, Vol. C-31, No. 10, Oct. 1982, 969—983.
- [21] Kung, H. T., *Why systolic architectures?* *Computer Magazine* 15, (1982), 37—46.
- [22] Kung, S. Y., et al., *Eigenvalue, singular value and least square solvers via the wavefront array processor* *Algorithmically specialized parallel computers*, Academic (1985), 201—212.
- [23] Uhr, L., *Multi-computer architectures for artificial intelligence*, John Wiley & Sons (1987).

A SURVEY OF THE DEVELOPMENT OF COMPUTERS FOR PATTERN RECOGNITION AND IMAGE PROCESSING (PRIP)

ZHANG DAPENG

(Tsinghua University)

ABSTRACT

In this paper, some important facts promoting the development of PRIP computers are analysed. Then the current situation, the features, and trend of the development are evaluated. And the classification with 4 types of architecture is presented. The explorations above are useful to developing PRIP computers in China.

Key words pattern recognition, image processing, computer architecture, parallel processing

书 刊 评 介

书名: 人工智能导论 (Introduction to Artificial Intelligence), 共 700 页

著者: 尤·恰尼亚克 (E. Chaniak, 布朗大学教授)

德·马克德莫特 (D. McDermott, 耶鲁大学教授)

出版者: Addison-Wesley Publishing Company Inc.

这是一本讲授人工智能导论的教科书。过去不少教科书往往把人工智能当做各种特别方法的集合;这本书的基本思想却有所不同,它认为人工智能的学科对象是思维—信息加工过程。该书共分 11 章:(1)人工智能及内部表达,(2)LISP语言,(3)视觉,(4)自然语言语法分析,(5)搜索,(6)逻辑及演绎,(7)记忆的组织及推论,(8)外展 (Abduction), 不确定性及专家系统,(9)行为规化的管理,(10)自然语言理解,(11)学习。该书的特点是:(1)对于机器视觉这类虽然还不太成熟,但预计会有前途的学科分支,给予了较多的篇幅。(2)力图把人工智能的各个分支做为一个有机的整体介绍给读者,例如第一章的内部表达在以后的章节中同视觉和语言揉合在一起,第五章的搜索做为专家系统和行为规化中的一种不可缺少的方法。行文中,各章节都时时提及本章节与前后章节的关系,以帮助读者建立完整的概念。(3)书中重点地、系统地介绍了记忆的组织及推论这样一个极为重要而又往往被许多作者回避了的方面,其中介绍了随时间变化的推理与空间问题的推理等。(4)书中简单地介绍了必要的相关学科的知识,如语言学知识等。(5)在每一章的末尾都为读者提供了为深入探讨问题所需的有关参考书目录。该书于 1985 年出版,不失为一本介绍人工智能全貌的好书。

庞 真