

总体结构取决于信息流程的分布处理系统

计算机教研室 陈光照

摘 要

本文描述的信息分布处理系统,主要由大量单片微型计算机(MC)及一总控程序构成。每一MC有其编号,代表它的专用功能,信息在各MC间“分包”地传输,每包冠以一组编号,顺序地对应,在处理过程中,信息包经过的各MC编号。总控程序包括两个方面:一是赋予各MC以专门功能,二是控制信息的分包传输,因此具体的信息处理任务动态地决定着系统的结构。MC间导线的联结采取一种“树形”型网络,使得处理所需的时间趋向于 $O(\log N)$, N 为所牵涉到的MC数。本系统具有下列特点:(1)动态可变的总体结构,(2)可同时进行不同类型的信息处理,(3)自然的可扩展性,(4)高度并行运算,(5)造价低廉,易于实现。

关键词: 分布处理系统,总控程序,信息的分包传输,动态可变结构,“树形”连接性。

一、引 言

廉价的微型计算机,包括“个人计算机”,单板机,单片微处理器,以及单片微计算机的充斥市场为八十年代发展多机系统或分布式信息处理系统提供了有利的物质条件,一般地说,分布式信息处理系统所面临的任务是信息量庞大,要执行的操作并不是高精度的数值计算而是相对简单的比较,分类,排序,求均值等操作,或是DFT, Laplace差分,样板匹配, Fourier descriptor 计算等,多机系统与多处理器系统有所不同,后者由若干处理器共享一个容量较大的内存,形成一台紧凑的并行运算计算机,如IBM 370/168, CDC CYBER—170, UNIVAC 1100/80, BURROUGHS B7700, Carnegie-Melon 大学的 CM*等[1],在多计算机系统中,各机拥有各自的内存,各自独立的时钟,机间关系以信息,即被处理的大量信息的联系为主,是一种松散的结构。

本文介绍一种多机系统,它既能面向信息有待并行处理的要求,也能面向信息有待串行地通过不同操作的要求,各机具有固化了的系统程序或微程序,俨然成为一群专用机,能够高效率地执行各种必需的专门操作,集体地完成复杂的信息处理任务,各机间存在着信息联系,决定于用户对信息要求进行的处理任务,任务若有所变更,机间的联系也就随之而变,所以我们称呼本多机系统为一种“可动态改组的分布式信息处理系统”。

本文于1985年10月收到。

信息传送所形成的机间联系说明信息在各机间流通与被处理的过程，是信息流决定着各微机有条不紊的平行加工与流水作业，将本系统称之为信息流系统，它是当之无愧的。

二、信息流引导原理

为了使信息根据处理任务的要求，按步就班地在各微机间流通无阻，我们采取以下二种原理加以引导：

1. 信息包（块）的导流编码。信息在各机间的传送，采取成包传送的方式，每包信息冠以一识别码，识别码的选择必须属于预定的保留模式范围以内，信息本身不得有保留模式渗杂其中，否则会导致信息流中途迷失方向。

每一微机，在参加集体协作的具体任务中，只能接收某一种信息包，为此赋予它识别该信息包的功能，设计识别功能是比较简单的，例如，在等待接收信息的情况下，在它的累加寄存器A中，存放允许它接受的信息包识别码K，当它每次接到一个码子J时，它执行一次比较操作 $J=K?$ 接着进行一次条件转移操作“如果 $J \neq K$ ，则不被接收，如果 $J=K$ ，则允许信息K以DMA包方式流入该微机的内存， $K \neq J$ 时还必需在A中恢复K码，这些都属于单片机固有的功能范围之内。

当某一微机发送一个信息包K时，它只是将该信息包，通过总线，向系统内各微机广播传输，并不指向哪一微机，但能接受该信息包的只是在它的A中存放着K的那一微机，这样就保证了信息包到达指定的目的地。

2. 信息包发送权的分配。本系统内发送信息的一般也是一具微机，暂不考虑由多机同时发送信息的情况，即假定在同一时刻只许有一台微机有权发送信息，那末对每一微机来说，如何取得信息发送权，便是个要认真对待的问题，首先，任一微机只有它在操作过程中已积累了足够的结果资料，有待于送往它机进行下一步操作时，才有发送信息包的需要，这一情况，总的来说，由系统的总管程序来掌握，但亦只有些具体情况，如为本机规定的阶段性处理操作业已完结，或本机内存已满，亟待腾出空位等，应由本微机提供。

一台微机如何取得信息发送权是必须加以明确规定的，前面排除了两机同时发送信息的情况，在通讯技术的范畴，信息发送装置取得通道分配的方式是多种多样的〔2〕，有排班等待法，申请登记法独立要求法等，后者比较灵活，它的机理大致如下（图1）。

首先假定总线有个集中的控制器，图（1，a），每一通讯设备，此处是微机及其存贮装

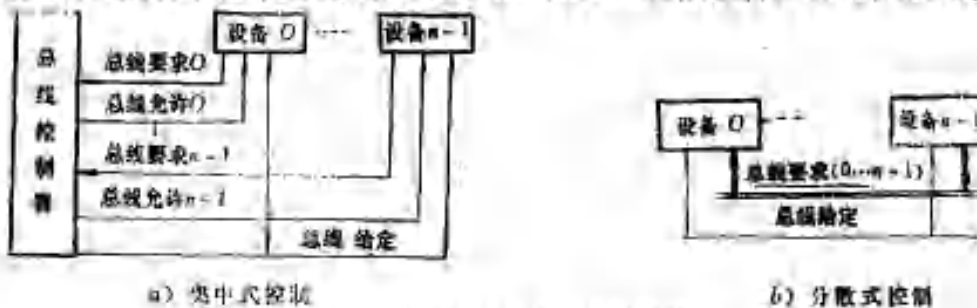


图1 信息通道分配独立要求方案

置，各有其总线要求线与允许线及给定线，与控制器建立联系，当某一微机要求使用总线时，之向总线控制器送出总线要求信号，控制器根据不同情况分别处理：（图1a）

(1) 总线未被占用, 则首先申请者被选中为总线的次使用者, 控制器向它送出总线允许信号, 被选中的设备落下总线要求信号, 建立起总线给定信号, 向控制器表示总线已被占用。当信息传输完毕后, 传输设备落下它的总线的定, 控制器随着撤销总线允许信号, 于是总线进入空闲状态, 即可以承受新的传输任务的状态。

(2) 总线处于被占用状态, 在这种情况下, 当前的请求者不一定是唯一的或最先的需求者, 总线控制器有必要考虑处理优先次序的问题。设计者可以根据系统的具体情况, 采用何种优先次序, 或者是硬性规定从某一固定设备起排优先次序, 或者是从当前占用总线的设备起排序, 周而复始。同时还可以考虑将已表现有传输故障的微机排除在候选行列之外。

在以上描述中, 假定有一个集中的总线控制器。这在一般通讯系统中往往如此。但在我们的信息分布处理系统中, 要求发送信息的设备全是计算机, 而每台单片微型机都具有比较理想的控制功能, 那末总线控制的任务, 既可以考虑由一台微机专司其职, 也可以考虑将控制任务分给各机共同承担而构成分散式的总线控制装置 (图 1 b)。

在分散式的总线控制方案中, 通道分配原则显得更为直接了当: 任一“希望”得到使用总线的微机举起它的总线要求标识线, 线号相当于它的优先序号, 如果总线是闲着的, 它就是最先的要求者, 从而无条件地获得使用权, 只需举起总线给定信号就可开始传输信息。如果总线是已被占用的, 那末要等到正在使用总线的微机落下它的总线给定信号, 从而放弃使用总线时, 要求使用总线的各机各自分别审查(比较)全部有效的总线, 判明自己为优先序最高的微机, 立刻举起它的总线给定信号, 从而获得通道的使用。同时, 使其他要求总线的微机落下它们的要求信号。如果系统用循环式顺序的话, 参加比较的各机还可以记下中选机的序号以备后用。

在分散式总线控制系统中, 由于多份设备重复着同样的解算操作, 控制系统的可靠率从而得到了提高。换句话说, 分散式总线控制系统具有内在的容错功能, 可加以利用。

三、动态可变的系统结构, 与系统的总管程序

根据前节信息导流的原则, 我们的多微机信息分布处理系统, 在为完成指定的任务而运行时, 无论就信息所经过的途径或处理过程的操作现场而言都形成一种完全由信息通路连成的, 并将未用到的微机排除在外的结构; 如果整个系统承担着不同类型的若干信息处理任务, 就形成若干彼此独立的子结构。接受一个新任务立即导致系统中有关部份结构的改组或再形成。总之, 系统内部各微机间信息流通的渠道完全决定着系统当时的结构, 而且它是随着信息处理任务而动态变化的。

动态可变结构与各微机间的导线联接并无直接关系, 后者可以是环形的树状的或其他。但实际经验说明: 实用的多处理机系统中往往存在着树状的子系统。按照树形原则接连微机群会导致信息流中的层数。随着 $\log_2 N$ 而不是 N 而增长, N 是信息流中微机总数, 这就是说将微机群以导线连成树林状阵列还是基本合理的。

动态可变的结构赋予本多机系统以无比广泛的适应能力。这种几乎是无限制的适应能力将由本系统的总管程序来体现。

总管程序的作用, 笼统地说, 是根据信息处理的具体要求, 对信息流进行引导, 使其流通于有关微机之间, 从而得到符合于要求的处理。应包括以下各点:

(1) 对用户提出的信息处理要求加以分析，这里有对信息的粗选、分包的问题，也有对信息加工操作的分类、排序、组合等问题，以及一个总的目标即：如何降低总的工作量的问题。

(2) 信息的输入，一般地说，信息来自外存或某种接收装置。在输入过程中，通常要考虑一个删除冗余、压缩、过滤的问题。

(3) 事先为各微机编好加工程序或微程序，使其成为高效率的专用设备。

(4) 安排各微机分别执行具体加工操作序列。这一步即根据第二节中所述信息导流原理的具体实现。例如一个信息包，按要求应经过哪一序列的加工操作，统管程序就给它配上那一序列的识别码 K_1, K_2, \dots, K_m ，使它在被处理的过程中，每一步都有引路的码子。

统管程序，一句话，就是给各微机安排具体操作，并明确各微机间的相互关系，使其有条不紊协调工作以完成具体的信息处理任务。

在整个系统中，相对于每一微机作为主体而言，其他的微机只不过是一种外部设备。从这一角度观察，把统管程序看作是分布处理系统的操作系统，亦未始不可。但这种多机操作系统，比之一般以管理常规外设为主的操作系统更为复杂，自不待言。随着分布式信息处理系统的日渐发展，对这种广义的操作系统的深入研究，势必成为一个重要课题。如上所述，不过是一个粗略的轮廓而已。

四、人工视觉对计算机提出的要求

1. 引言 图象处理与模式识别相结合可以构成人工视觉或计算机视觉系统的基础。该系统有先后相继的四个组成部份。即预处理、分割、描述与识别。图象预处理包括图象的加强、恢复，分割是按不同的灰度而划区。二者统称为图象处理的底层操作。参加底层操作的象素是大量的，需要运用并行操作与流水作业以提高设备的吞吐量。在描述与识别阶段需要完成复杂的鉴别工作，包括特点的采取，区域的描述，现场的分析以及利用统计的法则识别对象。这些不同的任务分配给一系列的专用处理机，并行又相继地完成是比较合理的。

2. 图象的数学表达式及其变换。为了代表由 $n \times n$ 个象素 (pixels)，其灰度分别为 x_{ij} ，所构成的图象，可以用一个二维点阵 z_{kl} ，例如著名的二维 DFT 是一种重要的图象变换或表达式：

$$z_{kl} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} x_{ij} \exp\left[\frac{-j2\pi(Ki + jL)}{n}\right]$$

式中 $\sum_{i=0}^{n-1} \exp \frac{-j2\pi Ki}{n}$, $\sum_{j=0}^{n-1} \exp \frac{-j2\pi jL}{n}$

代表两个矩阵的列向量与行向量。因此，二维 DFT，以矩阵形式表示，可写成

$$Z = AXA$$

它的逆变换，IDFT，为

$$X = A^{-1}ZA^{-1}$$

式中 $A^{-1} = \frac{1}{n^2} \exp\left(\frac{j2\pi ik}{n}\right)$

二维 DFT 对图象处理的重要性基于以下两点：首先，DFT 是图象过滤的基础；DFT 可以用于图象划区，其次才是对分区的描述与物体的鉴别。对于灰度基本上均匀的图象，可以用灰度的限值来区分。例如用划分法则：

$$x_{b(i,j)} = \begin{cases} 1 & \text{若 } x_{i,j} \geq \sigma \\ 0 & \text{若 } x_{i,j} < \sigma \end{cases}$$

可以得到二值图象。当然，以多数个限值可以划分为灰度不等的几个区，或多个图象。

为了突出象中物体的边、棱，通常用样板匹配法。例如一个 3×3 的系数矩阵称为一个 3×3 的样板：

$$c_{i,j} = \begin{pmatrix} c_{1+1} & c_{1+0} & c_{1-1} \\ c_{0+1} & c_{0+0} & c_{0-1} \\ c_{-1+1} & c_{-1+0} & c_{-1-1} \end{pmatrix}$$

将象素 $x_{i,j}$ 及其 8 个近邻分别乘以 $c_{i,j}$ 中的系数，得

$$\underline{x}_{i,j} = \sum_{i'=-1}^1 \sum_{j'=-1}^1 c_{i+i',j+j'} x_{i+i',j+j'}$$

将此值与一指定的限值比较，如果 $\underline{x}_{i,j}$ 超过限值，则认为 $x_{i,j}$ 与样板 $c_{i,j}$ 相匹配，否则认为不匹配。

可以看出：此处所运用的，实际上是一种加权的近邻操作。因此适当地选择 $c_{i,j}$ ，它能更好地起突出各中边与线的作用。

图象的描述与识别 对于具有一定规格（形状，大小，方组）的事物，例如印刷体文字，可以不经信息的压缩，以利存贮与传递。将二维 DFT 乘以传输函数

$$1 / 1 + \left(\frac{k^2 + l^2}{\beta^2} \right)^m \quad \text{或} \quad 1 / 1 + \left(\frac{\beta^2}{k^2 + l^2} \right)^m$$

相当于使图象在传输中经过一个下通过滤器或加强高频成分的过滤器。即消除噪音，使象趋于平滑或使象中的边缘更清晰。

3. 近邻操作。图象的平滑化与尖锐化亦可以用近邻操作来实现。例如

矩阵
$$\underline{x}_{i,j} = - \text{即 } \frac{1}{9} \sum_{i'=-2}^2 \sum_{j'=-2}^2 x(i+i',j+j')$$

代表近邻的平均灰度，它对图象起平滑作用，但亦能降低清晰度。

既然取近邻灰度的均值可能会降低象的清晰度，那末它的反面，即取近邻的差分将有助于突出象中物体的边缘或棱，例如：

$$\underline{x}_{i,j} = \frac{\theta}{8} x_{i,j} - \frac{1}{8} \sum_{i'=-2}^2 \sum_{j'=-2}^2 x_{i+i',j+j'}$$

或
$$\underline{x}_{m(i,j)} = x_{i,j} - \Delta^2 x_{i,j}$$

其中 $\nabla^2 x_{i,j} = \text{Lap } x_{i,j} = [x_{i-1,j} + x_{i+1,j} + x_{i,j-1} + x_{i,j+1}] - 4x_{i,j}$

4. 图象的分割。机器识图的第一步是象的通过描述而加以区别。常用的方法是样板匹配法，对于缺乏规格的事物，则必须加以描述，才有识别的可能，一种有力的形状描述数学工具是富利哀描述器 (Fourier Descriptor)。把图象上各点的座标看成是复数座标。若一点以常速运行于一线上，该点的复数座标 u 就成为时间的复函数 $u = u(t)$ 。

对于一条封闭的区域边缘线, $u(t)$ 具有周期性, 命此周期为 2π , 于是 $u(t)$ 可以展并
为富利哀级数,

$$u(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \exp(jnt)$$

同时

$$a_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(t) \exp(-jnt) dt$$

对于每一类形状, 例如长方形, 某一型号的飞机等, 算出描述器的数值及统计性度量。最简单的统计度量为描述器数值的均值与协变矩阵。以描述器数值的统计为基础, 对各类图形求出其判别函数, 建立一个各类图形的判别函数库, 以备查对。以上称为模式自动识别的“学习”阶段。第二阶段才是识别或分类阶段: 算出有待识别的形状的描述器值或特点值, 依次代入库中各类图象的判别函数, 并相互比较, 导致判别函数获得最大值的图形类别即待识别图形所属的类别。

综上所述, 应用于图象处理、模式识别以构成人工视觉基础的数学工具的种类并不过于繁复, 大致可以归纳为二维 DFT, 矩阵操作, 象素近邻操作, 富利哀描述器等。都是可以通过为微型机或机组编制管理程序或微程序来实现计算的, 处理与识别过程中各步骤是先后相继的, 处理过程具有树枝状结构, 以本文所推荐的系统来实现是比较自然的。

五、数据库管理对计算机的需求

1. 引言计算机工业的发展产生数据库事业的兴隆。七十年代后期已有人估计发达国家的计算机运行时间用于数据库管理的已达 70~80%, 数据库一般贮存在磁盘或磁带上, 一个新型磁盘组的容量大致为 100 兆字节, 相当于一百本 500 页的书。拥有上千个磁盘组的数据库已不能算为特大型的, 其容量相当于十万册 500 页的书或五千万页书的内容。但向数据库检索一次资料, 其内容可能还不到半页, 即不到库容量的百万分之一, 而这百万分之一的内容又往往分散存在于库的各部。检索的不易, 于此可见一斑。

一般情况下, 人们在数据库中保存的资料乃是事物的各种属性。对人类有意义的事物有千千万万种, 而每一事物有意义的属性又会有许许多多。从如此大量而又庞杂的资料中, 要检出有助于解决某一问题的对口数据, 其主要操作就是筛选。

2. 关系数据库。关系数据库由若干个关系组成, 每一关系可以看作是具有行与列的二维表格, 表的每一行是某一事物各种属性的具体形式或“值”, 每一行的内容称为属性组的一个纪录, 全部纪录构成的二维表格就是关系, 表中每一纵列代表某一属性在不同纪录中的值, 对属性可以赋予序号 1, 2, ..., k, 于是各属性必须按序排列, 亦可以对每一属性定个名称, 于是同名属性排成的纵列就不必有固定的列次, 这样, 表的顶行是属性的序号或属性的名称, 那末表的最左列呢? 它可以是各记录的序号或名称, 一个纪录的名, 往往就是该记录的各属性值中最具有代表性或关键性的一个或几个的组合, 称为键, 同时亦可以将键进行剥碎 (hashing) 压缩而为序号, 建立数据库时的种种安排, 除了考虑为以后的增、删、修改, 为不同用户间必要的保密条件提供方便外, 主要的问题是要便于信息的检索。关系代数操作的效用只是为检索服务。

3. 关系代数有以下五种基本操作, 即:

(1) 联合 (union), 二关系 R, S 的联合, 写作 $R \cup S$, 是另一关系, 它的纪录包括属于 R 的或 S 的, 但属于二者的不予重复。 $R \cup S$ 的属性数同于 R, S 的。

(2) 集合差 (Set Difference), 二关系 R, S 的集合差, 写作 $R - S$, 由属于 R 但不属于 S 的纪录组成, R, S 只能有相同的属性数。

(3) 笛卡积 (Cartesian Product), 设关系 R, S 的属性数为 K_1, K_2 , R 与 S 的笛卡积, 写作 $R \times S$, 共有 $K_1 \times K_2$ 个纪录, 每纪录的首 K_1 个属性是 R 的, 其余的 $K_2 - K_1$ 个是 S 的。

(4) 投射 (Projection), 由关系 R 经投射而得一个新的关系 S , S 中的属性为 R 的部份属性, 而且排列次序可以不同于原来的次序。

(5) 选择 (Selection), 对关系 R 的选择写成 $\sigma_F(R)$, 式中 F 为选择的条件或规则的表达式, 式中操作对象为属性值或常数, 操作号为算术比较符如 $<, =, >, \leq, \neq, \geq$, 及逻辑操作号 \wedge, \vee, \sim 。

此外还有四种派生操作, 其中最常用的为: 连结 (join), 两个关系 R, S 的连结写作 $R \bowtie S$, 其中 θ 为算术比较符 $=, <$ 等, i, j 分别为 R, S 的某属性序号, 实际上

$$R \bowtie_{\theta} S \equiv \sigma_{\theta(i,j)}(R \times S)$$

当 θ 为 $=$ 时 $R \bowtie S$ 称为等连结。

显而易见, 投射缩小属性数, 选择缩小纪录数, 都直接起压缩信息的作用, 而其他四种操作则起减少关系数的作用, 同时亦起减少信息量的作用。

向数据库索取所需资料是通过“查询”来实现的, 每一查询会牵涉到若干个关系, 要进行一系列的关系代数操作, 这个操作序列在执行中应孰先孰后, 是个至关重要的问题, 例如, 尽量把选择、投射往前推, 能大幅度地减少后继操作中被处理的信息量, 次序按排得当能使检索工作量降低几个数量级, 这一次序按排称为查询优化, 优化的结果往往使信息通过操作序列的流程图形成树状网络。如果同时进行多种查询, 就产生许多棵树而成林, 若查询接踵而来, 并不断变更其内容, 则处理树在进行流水作业的同时还要调整信息流的路线显然本文所描述的微机系统能恰如其分地适应以上要求。

结束语: 从以上图象处理模式识别与数据库管理两种信息量庞大、处理层次复杂的领域对计算机提出的要求来看, 本文所描述的总体结构取决于信息流程的分布处理系统, 确实具有广泛的适应性。

参 考 文 献

- [1] Satyanarayanan—Multiprocessors, A comparative Study, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
- [2] E.C. Luczak—Global Bus Computer Communication Techniques, Proc. of Networking Symposium, 1978 85—71.
- [3] K.J. Thurber—Computer Communication Techniques, Computer Architecture News, Oct. 1978 7, 3.

- [4] W. Frei, and C.C. Chen, Fast Boundary Detection, A Generalization and A new Algorithm, IEEE Trans. Comp, C-26 988—998 1977.
- [5] J.E. Hall, and J.D. Awtrey, —Real Time Image Enhancement using 3×3 pixel neighbourhood operator functions, Opt. Eng. 19, (1980) .

A Dynamically Reconfigurable Distributed Information Processing System

Chen Guangxi

Abstract

This paper describes a distributed information processing system consisting mainly of a large number of single-chip micro-computers (MC) and a general control program. All the MCS are labelled, pre-programmed and used as processing elements for special purposes respectively. The MCs are loosely coupled. The general control program supervises the packets switching of information between the MCs. This switching is scheduled according to the requirements of the processing, and constitutes an effective relation among the MCs. Each packet is designated by a set of successively numbered labels corresponding respectively to those of the MCs the packets must go through. A correct routing of information flow is thus carried out according to the relevant pairs of the labels. A multi-microcomputer system with a structure dynamically reconfigurable is then established. The connection of conductors between the MCs is of a "forest pattern", and so the processing time may be lowered approximately to $O(\log_2 N)$, N being the number of the MCs involved.

The Major characteristics of the system are,

- 1) its dynamically reconfigurable structure;
- 2) natural expansibility;
- 3) simultaneous execution of different kinds of information processing;
- 4) highly concurrent operation;
- 5) low cost and ease of realization.

Key Words, Distributed processing system, general control program, packet Switching of information, dynamically reconfigurable structure, "forest pattern" of connection.