

《1987年全国计算机
应用及新产品展览会》技术
交流·座谈译专集

计算机自动控制技术及其应用

一九八七年十月

推廣計算機應用
促進四化建設

江澤民

一九八七年
十月三日

加速产品更新，
大力开发应用，为
国民经济和国防
建设服务。

曾培炎
一九八七年十月

目 录

现代计算机技术对系统控制的影响	1
现代计算机控制系统的结构及其工作原理	13
现代化工厂中对测量技术和控制技术的挑战	20
用于工业机器人的控制系统：操作器接口和控制系统结构、安全标准	36
自适应控制系统的现状及发展趋势	42
计算机工作站的功能特征与应用范围	55
用于过程控制系统的计算机辅助工程	60
在控制系统中的实时数据库系统	65
采用图象处理实时任务的视频系统的应用	71
实时视频系统在工业中应用的例子	78
工业生产的自动化途径 (MAP)	84
使用分布式控制系统的成批过程处理控制和配方管理	90
化工专家系统的技术水平和展望	97
在化纤工业中操作系统和观测系统的使用经验	109
废气脱硫控制设备与仪器的规划经验	116
制浆与造纸工业应用的综合自动化系统	123
全自动化炼焦厂过程控制系统	129
采用多变量适配控制使蒸馏塔的耗能最佳化	134
通过信号处理器控制对轧制机的轧辊偏心度进行补偿	142
灵活制造与装配的自动控制系统	149
个人计算机用于混合连续离散过程的自动化控制	158
具有个人计算机特点的有效小规模数据控制系统 (DCS)	165
个人计算机在测试和测量系统中的应用	172
个人计算机与工业计算机在工厂自动化中的应用和结合	177
个人计算机在自动化仓库中的应用	182
散装货物连续加权的新型称量系统	185
称量系统结合进自动化和数据处理系统中的进展	190
利用自动称量装置保证玻璃生产的质量	198

现代计算机技术对系统控制的影响

S. Narita

Waseda University 电子工程部

日本 东京 160

1. 引言

通常说,系统控制需要计算机技术、通信技术和控制技术,即三“C”技术。本论文的目的是,把计算机技术在目前系统控制中的作用介绍给读者。任何一个企事业单位的机构功能都可以分解成三个方面:计划方面、执行方面和评价方面,或者简称之“计划”(plan)、“做”(do)和“看”(see)三个方面。计划方面包括诸如系统设计、生产计划和线性调度等功能。第二个方面,执行或“做”阶段,是驱动即控制作用的自然执行。第三个方面包含这样一些功能:如最终产品的测试、生产线的完整性能的评价、以及缺陷或异常现象的检测。直到七十年代的中期,在系统控制中的大多数计算机应用已经集中于第二个方面。最近几年已经证实了计算机应用的方式和场合方面的市场变化。今天,各种计算机和集成着器件的微处理器已经不仅在第二个方面广泛应用扎根,而且也在第一和第三个方面扎根。

对于这个变化,能够指出若干原因。第一,也是明显的原因,是微电子技术的市场背景,它已经推出了廉价而又非常有用的16位和32位微处理器。如今的高级现货供应的16位微处理器,比十匝的电位计还要便宜,而且比七十年代初期价格超过一万美元的小型计算机的功能还要强得多。第二,计算机应用已经扩展到加工工业以外的其它工业领域,这里所说的加工工业如机械加工自动化和装配自动化,它加工和处理分立的原材料。这个变化尤其是由于计算机辅助技术的研究开发,如CAD、CAM、CAT和CAE的研究开发。第三,但这决不是不重要的,计算机、处理设备和操作者之间的通信的发展,在可以联合组成总体最佳化的功能之前,通过上述的三个方面,已经构成了集成信息网络产业。

首先,本论文回顾在系统控制中的计算机应用的发展历史,特别是在计划与评价方面使用计算机辅助技术的系统控制中的计算机应用的历史进展,并给出计算机及其相关技术的发展现状和未来展望。随后叙述一些现代计算机技术的引人注目的例子,如图象处理技术、计算机机器诊断技术、以及知识库工程等。

2. 从加工处理自动化到计算机集约生产

近十年来已经证明了VLSI技术的令人惊奇的飞跃发展,出现了高性能的超级小型机、小型机和微型机。通信技术的发展,为系统设计者提供了将各种分离设置的计算机联接在一起的工具。现代控制理论和人工智能学科的普及,极大地改变着系统设计的基本原理。

过程自动化与工厂自动化

在过程控制中使用计算机,可回溯到1959年,那时,在用于数据逻辑的 **TEXACO Port Arthur Refinery** 计划上,已经把过程控制计算机推进入实用。在过去,“自动化”一词主要是指过程加工工业的自动化,这种过程加工工业是指连续处理气体、液体和粉末一类物质材料的加工工业。控制计算机应用的领域已极大地扩展到了包括分散物质材料的加工工业。轧钢机生产线处理钢板和钢锭,以及自动装配生产线,就是典型的例子。分散加工过程的自

动化（如上述的那种分散的、不连续的自动化加工过程），有时称作为工厂自动化（缩写为FA），它与过程自动化（PA）略有不同。目前，工业自动化可以分成为PA和FA，后者（FA）在投资的规模和计算机应用的高级程度上，都超过了前者（PA）。自动化正在渗透进工业之外的其它领域。商业自动化和办公自动化完全改变着商业工作的方式；家庭自动化也以家庭电子化的形式正在进入每一个家庭。

工厂自动化是以大量使用现代计算机辅助技术（如计算机计划系统、设计系统和测试系统一类功能）为特征的。在PA和FA之间的区别点上，看来似乎值得研究。在连续的过程加工工业（例如石油化工、电力公用事业）中所使用的计算机，把重点放在过程操作和管理上。那些过程加工工业，除少数的以外，都是消耗能源和资源（材料）的、且大量生产的工业。在工厂自动化（即机械加工、汽车制造和造船等行业）中的计算机应用，集中于设计、机械加工过程、材料处理、装配和测试等范围内。在大多数情况下，这些工业不会消耗大量的能源和资源，而且，生产场地通常是中等或较小的。此外，它们常常是劳动密集的并需要许多人介入。

在工厂自动化中计算机应用的历史可以追溯到数控机床（NC）。控制型数控机床的早期品种，已从单一的改变成了多集成方式的，如机器（机床）中心与机器复合体。数控机床与工业机器人的结合，产生了灵活的工业制造系统（FMS）和FMS综合体。材料处理的自动化已经以自动化仓库、计算机控制的起重机、无人制导的载运工具和高级的运送机系统等形式出现。除了在上述领域的计算机化以外，工厂自动化更是以工程自动化（EA）为其特征的。在工程工作中的计算机化已经实现，并以计算机辅助技术的形式被人们广泛接受，这些计算机辅助技术如CAD、CAM、CAE、CAPM（计算机辅助生产管理）和CAT（计算机辅助测试）。计算机辅助设计（CAD）在其早期开发阶段，也只不过是计算机辅助绘制草图而已。它已经发展成ICAD（即人-机对话式CAD），而且它与计算机辅助制造相结合，已经逐渐地集成CAD—CAM。目前，要求形状相当复杂的部件的机械加工操作，几乎可以不用中间人介入就能够完成。超高速的超级小型机与巨型计算机的研究开发，对快速模拟已做出很大贡献，它能够对几种设计方案，在材料力学的领域和结构设计方面，进行优先权评价。数字信号处理与图形识别都是以已实现的计算机辅助测试为理论基础的。

计算机集约生产制造

如上所述，计算机的智能已经渗透进了各个领域以及生产制造活动的各个方面。现在，正在通过局部网络组合各个工程数据库的方法，来把单一的计算机辅助技术集合起来。

在过去已经存在着这种广泛采用各种计算机辅助技术的系统。例如，航空工业早在六十年代就已经全面采用了计算机。称为联锁设备（Interlock）的信息系统，是由洛克希洛·乔治亚航空公司建成的，它采用了两个巨大的主机和总共260个工作站与数据采集终端。该集成信息系统具有每小时处理3700个信息、每天大约处理60000个信息的能力。对于这个系统而言，为了技术协调，喷气发动机设计者可通过使用安装在他们办公室内的远程终端，来参考各个工程数据库，从而与机翼设计者通信。在那时，大多数先进的和高级的计算机图形算法可用作为CAD和CAM。计算机模拟也被广泛地用于几种航空设计方案的优先权评价。

联锁设备方案决不是说就是很成功的了，其原因是很多的。第一，包括大容量外部存储器和外部设备在内的计算机硬件是极其昂贵的，即使是由空军给予巨大的财政支持且在经济上是可行的，也是感到极其昂贵。不管用于计算资源的投资多么巨大，计算能力还是远远不能充分满足不断增长着的计算需求。第二，用于软件开发和维护的费用大大超出了系统计划者

所制定的估算额。（这种低估了软件开发费用的现象，在一些计算机控制应用中，是经常碰到的）。第三，由于缺乏非数字技术（如过程设计一类的非数字技术等，它们一般必需要有专家的专门技术的强有力支持），所以整个系统的极小一部分能实现计算机化。第四，通信技术在防止工程部门与生产部门之间的平滑数据传输上，也还是不成熟的。而且，点到点的通信需有昂贵的电缆费用，而对于分布式计算机系统和数据库的结构而言，还没有系统的基本原理。

由于计算机技术在硬件与软件两方面的不完善，所以该联锁设备方案将很难达到开拓系统计划者所预期的结果。但是，这已经留下了许多无法估价的教训和经验。在特殊情况下，联锁设备的基本思想正在以计算机集成制造（CIM）的形式实现着，CIM大量地采用了新的计算机辅助技术。

用几句话是很难给 CIM 下定义的，因此，让我们用从不同角度观察它的方法，来说明 CIM 的特性。

第一，CIM 旨在把人与计算机功能组合在一起。换句话说，它并不试图实现完全无人的自动系统。相反，CIM 的首要目的是实现高级的人—机系统，这种人—机系统使用计算机辅助技术制成。CIM 的一个显著的特点是，所有的过程处理功能都以数据的形式表示出来，而无论是数字的还是非数字的。所以，使用了各种度量技术来构成数字数据库；难于定量处理的那部分信息，是以“知识库”的形式存储和利用的。

对于 CIM 而言，最主要的是：可以通过计算机技术产生、传输、使用和存储数据。这些划线的功能可使用计算机及其相关的技术来加以完成。换言之，为了数据产生，各种智能的或者灵敏的传感器件和输入终端是必需的。为了快速、可靠和廉价的数据传输，采用了先进的通信技术（如工业的局部网络和技术办公自动化局部网络）。现代的人—机接口器件和强有力的工程工作站，都是要求完全使用数据的。为了大量数据的累加，必须仔细地设计数据结构 and 数据库。不言而喻，CIM 的核心是计算机，这些计算机包括从巨型计算机和大型计算机主机到极小的微处理器芯片的各类机种。

在我们讨论现代计算机技术对目前的系统控制技术应用及未来进一步开发的影响之前，似乎应描述一下现代计算机技术和相关的工程开发，因为它们将决定较大的范围或者较小的范围、系统控制发展的未来方向。

3. 计算机与相关技术的新发展

近几年已经证明了在计算机和相关技术方面的显著进步。在过程监视和控制中使用计算机可以回溯到1960年代，当时计算机标价大约是今天价格的几百倍甚至几千倍。计算机的可靠性也是低的，它通常是以并行方式采用两个计算机或者因防止计算机失效而采用同类的备用计算机。计算机的运算速度是低的，以致有些具有大量运算负载的控制算法，甚至在研究实验室已经证明了它们的有效性的情况下，也还是不能执行。

今天，情况完全不同了。由于早在七十年代期间微处理器的发展，计算机成本急骤地下降。微处理器的可靠性比硬连线的逻辑电路的可靠性高得多，这是因为它们含有很少的连接引线接点。

VLSI 技术

早在七十年代就已开始的微电子技术的飞快发展，给计算机系统的结构和计算机应用的道路带来了根本的变化。集成电路技术和计算机技术已经互为依存而发展了。由于 MOS 工艺技术，使得在芯片中集成的逻辑单元数目很快将超过100万个。另一方面，对于 VLSI 电路

的设计而言，计算机辅助设计是必不可少的。

就集成电路的集成度而言，集成电路可分成SSI（每个芯片上含几十门）、MSI（每个芯片上含几百门）、LSI（每个芯片上超过几千门）、VLSI（每个芯片上超过几十万门）和ULSI（超过几百万门）。这种逻辑电路尺寸的减小真是奇迹，在1946年制成的第一台计算机ENIAC共采用了18000个电子管，而其总重量为30吨！

现代VLSI技术还产生了大容量的IC存储器。现用的动态RAM存储器容量已超过1兆位。能够存储1兆字节的IC存储器的体积，在IBM4341系统的箱柜里，大约是2升。这大约是老的IBM650的磁芯存储器体积的1/5000，这种老技术制造的IBM650是在1953年出现在市场上的。动态RAM的价格也已经迅速地下降。存储器成本以每六年下降一个数量级（十倍）的速率而降低着。微处理器和存储器成本的降低又带来了数据处理费用的下降。在1953年，那时电子管是计算机的关键元件，用于十万条指令的计算成本据说是1.26美元。而对于后来的晶体管和集成电路来说，计算成本已下降到12~26美分。对于VLSI计算机来讲，该计算成本更是小得微乎其微。

控制计算机/嵌入式计算机/专用计算机

计算机按照它所采用的逻辑电路分为第一代到第四代。目前采用LSI技术的商用计算机主机是第3.5代计算机，而采用VLSI技术的微型计算机都是第四代计算机。

惊人的进步也是令人瞩目的控制计算机和嵌入式计算机。放置在最高控制层次上的管理型计算机的性能迅速地增加着，其容许通过能力已达到每秒几兆惠斯登（Wheatstone）指令。这些计算机通常使用32位处理器和具有高达64K字节能力的高速存取存储器。虚拟存储器方法通常在以降低响应速度为代价时，用于改进软件生产率。

在分级结构的下层或者传感器用层上，传统的小型计算机绝大多数已经由嵌入式8位和16位微型计算机所代替。这些微型计算机能够为完成系统控制功能提供足够的处理能力，这里所说的系统控制功能如顺序控制、直接数字控制（DDC）、最优化控制、监控、数据采集、以及统计处理等。现货供应的标准16位微处理器（即i-8086和z-8000）的处理能力，以DDC混合为基础，按其吞吐量来说，为0.3MIPS左右，大约相当于七十年代中畅销的小型计算机的水平。

新近进入工业领域的一种计算机称为FA计算机，它是专门为工厂自动化的特殊需要而定制的。它以用户与办公室计算机紧密地人-机接口以及用于业务管理的数据处理能力为特色，还以其易于与机器人和NC机器控制器相连接的备用接口为特色。FA计算机的系统结构类似于高级个人计算机。它通常含有16位微处理器、256~512K字节的主存储器、软磁盘驱动器和/或者温切斯特磁盘驱动器、以及串行/并行通信接口。与一般个人计算机不同的特点之一在于其防尘的、健全的结构，如使用热交换器来消散来自密封机壳和片状键盘的热量。FA计算机还具有包括自诊断在内的性能最佳性特点（性能最佳性指可靠性、可用性和可修性最佳，缩写为RAS）。

就人-机通信而言，已经研制开发出了计算机与操作者之间的各种接口。CRT长期以来一直扮演人-机通信一般工具的主要角色。就高分辨率、大屏幕（70~100英寸）的CRT显示器而言，操作者可以以更高级的方式与计算机通信。与一般的镶嵌显示板相比较，CRT的特点之一在于：操作者可以在系统工作的任一瞬间选择含有用信息项的真实图象。此外，新的人-机接口器件也已经进入实用阶段，如语言输入-输出器件、触摸按钮敏感板、触摸敏感屏幕和“窥视”器件。

与通用计算机相比较，专用计算机是如此设计的：对于特殊的应用或功能而言，它们的性能达到最大指标。

数字信号处理（如快速富里叶变换）通常包括系统的和周期的算法，并适合于并行处理。为了更加专用，包括实数值和复数值的加法与乘法的组合运算在内的一些基本操作运算是重复进行的，尽管要进行处理的数据量是很大的。为了获得这个方面的优势，处理能力超过1百万次运算/秒的数字信号处理器不久也将在市场上出现。

图形处理器都是专用于随座标变换的基本几何图形操作、图形的剪辑或删减、以及图形的绘制。这些功能的高速执行对于计算机辅助设计和图形应用来说是绝对必需的。而且把并行析取成全范围的，以实现实时响应。

还存在有其它类型的专用处理器，它们是专门为完成如下一些功能而设计的，这些功能如通信控制（通信处理器）、文件的输入/输出操作（I/O处理器）、数据库管理（数据库机器）、高级语言的计算与执行、表格与信息串处理（LISP机器）。

并行处理

为了依靠功能的分布或者负载的布局来改进信息吞吐量，并行使用几个同类的处理器或者并行使用几个异类处理器，这已经变成了现实。Co-处理器被用于高精度浮点运算和快速的方程计算。在增援处理器方案中，第一级处理器管理程序控制和输入-输出操作，并通过共用存储器接到专用于数字处理的第二级处理器上。

对于数学运算（包括阵列和矢量的数学运算）而言，计算速度也可通过使用外部的专用处理器来加以提高，这里所说的外部专用处理器如阵列处理器和流水线处理器。该流水线方案是一般用于巨型计算机的实时化矢量处理器的关键技术。一些巨型计算机的“峰值”性能超过了1千兆(10^9)次浮点运算/秒。但是，实际吞吐量或“有效”吞吐量常常远远低于峰值吞吐量，这是因为包含条件转移数目、小矩阵运算或赋值语句的程序不能利用流水线计算机的矢量特点。

在最近几年内，多处理器系统由于它们极佳的成本有效性和可扩展性，已经被广泛地接受了。通过高速总线、转换开关网络或共用存储器，把几个相同的处理器连接在一起，则这些处理器相互之间就可以通信。与流水线计算机比较，处理速度实质上是由用于转换开关部件的器件工艺技术所限制的，多指令流、多数据流（MIMD）型的多处理器系统，在处理能力增长、以及并行处理器部件的数目方面，从理论上讲是先进的。在这儿，关键问题是怎样把程序分配成任务组或处理组，以及怎样在处理器部件上分配它们。这个问题一般称作为多处理器调度问题，众所周知这是一个极其困难的组合问题。最近，一种叫做DF/IHS（Depth-First/Implicit Heuristic Search，即深度-第一/隐探试搜索）的有效调度算法已经由另一个同行制定出来，对于包含几百个任务的问题来说，它可获得最佳的或较精确的近似解，这几百个任务相互之间具有复杂的数据关系。

该多处理器方案适用于许多控制应用，如高级机器人手臂控制（包括机器人运动动态的计算）、动态系统（如连续轧钢机连续动作的时间极短，仅有几毫秒的数量级）的快速或实时模拟。在机器人和人工智能的领域中，兼有流水线和并行处理特点的专用处理器可作为现货供应产品。当使用主处理器的时候，专用计算机称为前端处理器或者后端处理器，这要取决于它们执行的功能。

高级微处理器

集成度（它是用LSI芯片上的门数来表示）和门选通速度每两年就翻一番。作为现代高

级微处理器的一个例子，Intel公司的32位微处理器 i-80386 的性能和结构（它都排在 Intel 8086系列的上面）已经问世。这个处理器在12~16兆赫的时钟速度上工作。16兆赫型处理器的吞吐量高达3~4 MIPS。它可提供给六级流水线。该物理地址可用空间是4千兆字节，逻辑间隔达到64兆兆(10^{12})字节。虚拟机器的思想已正式采用，并支持了多任务。i-80386在结果代码电平上时，具有与同类系列中的其它处理器相兼容的性能。这节省了在应用中的投资，也节省了为iAPX-86系列微处理器开发操作系统软件的投资。为了有利于系统调试，该芯片把硬件调试特点与自诊断能力结合在一起。今天，微型计算机在尺寸上是“微小的”，但是，它们的处理能力是“最大的”。

强有力的微处理器（诸如i-80386、Z-80000和许多其它新出现的微处理器），确实将开辟计算机应用的新时代。采用32位微处理器的工程工作站（EWS）是第一流的计算机，它备有许多熟练的、具有主机计算机能力和一些专门程序设计能力的工程师。但这也决不是说，在使计算机回到产生或利用信息的场合方面，强有力的工程工作站（EWS）的进步就是历史性的事件了。它实现了极好的工作环境，在这儿象专家和管理者一类的脑力工作者可以使用综合软件开发工具和备用应用软件包来完成他们的工作。

软件开发

自从所谓“软件危机”至今，已经过去几年了。实际上，计算机软件的发展一直与快速发展的硬件不匹配。为工业应用而开发的应用软件，大多数是为了用户的特殊需要而定制的。因此，应用软件（它需要花费大量的人力）不考虑可重复使用的问题。软件工程中的最新发展，尤其是软件的结构，已经多少有点促进了制造应用软件。这种应用软件的制造，是通过把几个先前为其它应用开发的“软件部件”组合起来而形成的。

此外，已经开发出来了若干用于设计和编码的支持软件工具，它帮助增强软件设计者的创造力，并改进程序设计效率。

就软件开发的环境而言，采用32位微处理器的高级工程工作站已经变成普及使用的了。那些工作站与微处理器开发系统、局部小型计算机和中央计算机主机结合在一起，接到技术办公室部局网络（LAN）上，从而构成一个综合的软件开发环境。

4. 对系统控制的影响——一些著名的例子

在前一章中回顾的计算机和相关技术的重大发展已经在三类系统控制中引起了各种根本性的变化。这里将叙述一些著名的例子，而不是试图详尽地罗列这些变化。所选择的题目是：(1)数字信号处理，(2)知识库工程。

(1)数字信号处理

数字信号处理决不是代替一般的模拟处理；其目的在于完成更高级的智能功能，如判断与识别等功能。数字信号处理的主要特点在于可变的或者可编程序的用于信号处理的控制结构、极佳的与其它计算机互连的可连接性能、以及由于LSI工艺技术使之减小了尺寸。但是在某些简单的应用中，数字信号处理却遭到了冷遇，例如与专用模拟信号处理相比较，有限的处理速度即可。

基本的数字信号处理技术包括采样、编码、二维信号处理（如空格筛选、快速傅里叶变换、频谱和带宽压缩的估算）。这些技术都与随机事件和随机处理过程有关。

在过去，科学运算计算机主机主要用于数字信号处理，因为它的很重的计算负荷和数字信号分析通常都是脱机进行的。就共同都以数字信号处理器（DSP）为基准的现代专用计算机和微处理器来说，数字信号处理已经普及应用为能满足今天高速系统控制要求的实时处理

的适合媒介工具了。图象处理（包括图形识别、语音识别与合成、以及机器诊断等都是数字信号处理的典型范畴）更加广泛使用了。

图象处理

图象处理在医学和遥感等领域中的应用已有很长的历史了。在系统控制和工厂自动化的领域中，其应用正迅速地向两维或三维的测量、识别与鉴别方面扩展。

虽然包含处理算法的数字图象处理技术不断地进步，但是，必须不断指出其不足的地方是它的有限的处理速度。一般的时序计算机并不适用于处理按二维矩阵方式存储的图象数据。这种缺陷在小规模实验室试验时还不是严重的问题，但是，当在线、实时处理大量的大型尺寸图象的时候，这种缺陷就变为不可接受的了。

已经进行研究开发专用于图象处理的高速处理器的工作。对于快速图象处理而言，基本上存在有两种方法，即并行处理和流水线处理。感谢LSI工艺技术的飞速发展，现在有可能使那些按照图象处理的特殊需要而定制的LSI专用芯片价格减低在适当的价格上。多微处理器系统也可用作局部并行处理，在这儿 3×3 邻近的象素是按平行处理的。

许多指令、子程序和软件包都可用于原始图象的预处理、特征抽取、Affin变换和特殊图形的产生，因此，用户用很少的人力就可以构成他的应用程序。

图象处理技术的应用包含很宽的应用范围，如用作工业机器人的机器观察，代替人的眼睛进行自动缺陷检查。典型的应用是检查缺陷，包括用X射线图象检测铸铁部件、精细化工处理中的等级测量、自动校准温度计、自动部件插件的位置控制、以及三维目标的识别。

交通监控系统说明如下：对于系统控制来说，尤其有趣的是运动图象处理技术。

用于汽车公路长隧道的交通监控系统的目的，是为了获取交通信息细节，如交通车速、拥挤情况和事故条件。在隧道沿线放置的几个工业电视摄像机摄下了运动的图象，而这些工业电视摄像机都由专用计算机处理，在这儿，识别和跟踪汽车尾灯的动作。用两个连续尾灯的图象之间的偏差来计算该车速，整个精确度在10%的范围内。

把机器图象与机器人臂一起用于图象反馈也是一个有意义的领域。已经存在这样一些应用，如家用电器的自动部件插入和装配，这里所说的家用电器象真空吸尘器和盒式录象机一类。假如人们想实现用手一眼系统来完成人的动作（这些动作甚至由小孩也可以很容易地做出）的话，则人们将马上发现计算机工作是极好的。

考虑把控制转矩的、具有CCD摄像机的六个自由度操纵器用作为图象反馈。假如人们想用这个手一眼系统来监控飞轮下来，计算机器臂的运动力学以及用于跟踪飞轮运动的图象处理的话，估计将超过几个MFLOP（每秒几百万次浮点运算）。

机器诊断

使用数字信号处理技术进行处理设备的缺陷和故障的诊断，也是一个有意义的方面。不用说，这是该系统的各设备或分系统的基本，这个系统的各个设备或者分系统将正常地为该系统工作，以便能够成功地完成所给定的任务。在现代的大型、高度自动化系统中（如现代工业设备、交通控制系统、以及供电系统），设备或部件的极其小的缺陷或者故障，都可能会使系统遭到破坏（如总断电）。

机器诊断并不是新技术，预防或者定期维修（如人工对机车轮的定期检查），长期以来已经是众所周知的常规。现代以计算机为基础的机器诊断是指称作预先维修的那种，在这儿，设备缺陷或者不规则现象的出现或存在，都是在线监控的，并且在必要的时候进行必须的检查或更换。换言之，机器诊断是一种硬件和软件的综合技术，它估计产生的缺陷，并预

言它们的未来作用，所有这些都是通过监视该系统元部件或各分系统的工作状态来实现的。

已经为检测缺陷提出了各种方法，并投入实际应用，如使用化学试剂、超声波、放射性同位素进行液态漏泄检查，使用声传播进行铸铁的裂缝检测、以及使用麦克风和振动传感器进行不规则振动或噪声的检测。

在机器诊断中，数字信号处理的任务是处理由传感器收集来的信号，并把它转换成数据，这个数据可以用作为出现故障和缺陷的指示器。

作为一个例子，用于热轧带钢生产线的设备诊断系统就是可考虑的。这个系统收集与设备恶化有关的数据，并决定检查、更换部件或者购买备件的时间。把总计450个传感器安装在设备上，来检测设备恶化。用那些传感器采集的信号，通过局部工作站、光LAN、中央工作站以及主管信号处理的小型计算机，输送到中央管理计算机。局部工作站处理数据压缩和传感器的开关。大约450个传感器的一半是隶属于压延机。

用于压延机的每个转动机器的状态均由隶属于旋转轴承的振动传感器进行连续地监视。用快速富里叶变换来分离出那些对应于转动机器内部的特殊缺陷的频率分量。例如，旋转的排架可以通过用监视包含在测量信号中的二次谐波分量的方法来检查。当该信号长度非常短的时候，也可把自动恢复样品用于谐波分量的精确估计值。为了诊断压油伺服机构，叙述用于步进输入的指数响应特性，总共30个指数用于压延机的诊断。除去那些一般的设备诊断方法以外，已使用目前正在广泛研究的Fuzzy方法原理。在完全精确的样品是可用于系统的动态状态的情况下，至少在理论上是可以通过使用输入信号与输出信号或估计状态变化的方式来检查所存在的故障。现在已经努力把这种思想应用于飞机和核电站设备的诊断。

(2) 知识库工程

关于人工智能的研究可追溯到1956年的Dartmouth代表大会。在研制开发的早期阶段，研究成果仅局限于学会行业的范畴内，如验证原理和检验智能机器人。在目前，人工智能在三个领域中是有重大的实际意义的，这三个领域是：图象识别、自然语言的理解、以及知识库工程。但是，对于现代计算机技术来说，这三个领域却仍然保留在学会行业研究的阶段。

知识库工程(KE)是以人工智能为理论基础的现代技术。用于特殊场合内解题的高级知识是以知识库的形式存储的，而该问题是通过使用计算机进行“推理”来解出的。这个“高级系统”是用知识库和具有能够找出解答能力的推理机装备起来的。该高级系统在某种情况下也是一个人-机系统，这某情况就是指：没有任何专业知识的用户都可以通过所用的计算机来解决该问题。

知识库工程方法对于那些可以由专家很快解决的问题来说，是极其有效的。这里所说的专家是指那些以他们的专业实践经验和直觉知识为基础来解决问题的专家，但是这些专家的用于分析方法的公式是很难得出的，或者假如采用一般的程序方法的话需要的时间太长。

知识库工程方法有效的领域可以分成几类：(1).系统计划和设计；(2).系统操作和控制；(3).监控和机器诊断，它们分别对应于系统控制的三个方面。

在第一个应用领域中，来自进行详细系统设计的综合判定的一系列活动，都必须用计算机来代替，这种详细的系统设计是指在人的直觉知识和以往经验的基础上已经完成了的系统设计。计划与设计活动包括高度创造性的智能，并构成组合的问题，从而从大量的可供选择的问题中选出最好的解。在关于环境、布线和仪器额定值的若干限制条件的分工作站中安排各种电源仪器设备的问题，与二维知识库交往。规定复杂设备中的流水线线路是在三维知识库的基础上决定的。

已经使用计算机仿真来有力地作为方便的媒介工具，并用它来设计复杂的系统，如核设备，在那儿实验性方法有时是不可能做到的。为了选择专用核代码和处理大量的计算机输入与输出数据，正在开发为核设备设计者所使用的数据库。大型的分立系统（如煤运载体）的计划，要求有最佳的设备结构选择。此外，知识库工程方法对于一个要学会怎样进行系统计划的系统计划者来说，是很有用的。

就系统操作和控制而论，知识库工程正在应用于为那些系统建立起操作制导或控制过程，在这儿所说的那些系统是指包含有非线性事件驱动、实时动作或者定量的方法不适当一类系统。在这儿，目的是增强系统在紧急状态下的适应能力，以及在一般正常状态下总是达到高控制性能。已经研制开发了一种专家系统，以确定大多数动力设备的最佳操作调度，因此，当遇到加载要求时，总燃料费用是最少的。各种专家系统也可以用于燃料动力设备、核设备和动力系统的操作制导。它们特别适用于设备起动、关闭、以及复位操作。

为了控制钢铁厂的高炉，过程处理工程师在考虑热算法的基础上，准备了知识和数学方程；选择了用于特殊生产指标的最佳算法，并且向下加载联机到高炉控制计算机。知识库工程的方法，对于工厂自动化来说，也已经变成普通的了。一个典型的例子是用于实时管理和调度变化的FA控制器，在这儿，注意观察设备操作的知识库通过操作人员反馈进事件驱动推论系统的法则数据库内。

无人管理的电气运载工具的自动控制也早已在PID控制定律的基础上制造出来了。在最近几年中，努力实现采用叫做预见性的模糊控制系统方案，这种方案知道怎样把专家驱动器的连续系列操作存储到以模糊控制理论为基础的知识数据库内。该控制方案的目的是同时达到减少移动传送时间、改进适用性和使能耗最小化。

知识库工程最新一组应用是用作系统监控和机器诊断。设备故障的检查和定位是旨在克服由于为机器诊断而大量使用计算机所造成的熟练技术人员的减少。这一组应用也包括用于那些系统的操作制导设备，这里所说的那些系统是指在这些系统中普通的定量控制定律不能正常地工作使用。

把知识库工程方法使用于动力系统操作和控制方面，已有大量的成就报道，高级专家知识库对于动力系统故障缺陷部分的识别来说是必需的，这是因为它组成若干个等级层次，而这些层次之间具有复杂的相互作用所造成的。现在已提出了用于故障缺陷部分定位的知识库工程方法，这是在关于所包含的系统结构和动力仪器的知识库的基础上，通过连续地推断简单的缺陷、设备故障和多种缺陷来进行的。知识库工程应用的另一个例子是在给水工程系统中流水线损坏的部位定位，在该供水工程系统中，用于水压计算的规则是以生产规则的形式来描述的。

上述例子表明，为了实现一般控制技术所不可能达到的高级控制功能，知识库工程将在系统控制中扮演重要的角色。

为了使知识库工程方法对于系统控制来说真正有用和可靠，还有些剩余的问题要解决。由于专家系统的知识库是通过访问具有特殊应用专门知识经验的熟练知识库工程师后构成的，所以专家系统知识库的质量和可靠性是随着知识库工程师和专家的条件（经验、知识等条件）而变化着的。通过增加新的专家知识和更新老知识库内容来保养知识库，是极其重要的。对于某些带有绝对实时要求的知识库工程的工业应用来说，整个推论时间的缩短是极为要紧的问题。因此，大量的努力都开始面向开发多处理器系统上的一些有效的推论算法。

5. 结论

在本论文中, 试图为读者提供计算机技术的现状和它们对系统控制影响的发展前景。本论文的主要论点, 特别强调它们未来发展的预测, 罗列於下:

* 计算机辅助技术的范围将继续从连续过程处理扩展到分立的不连续系统, 这类分立系统能源和资源耗费较少, 但劳力比较集中、介入的人员也较多些。

* 计划、执行和估计三个方面的系统控制将结合构成计算机集约制造业或简称CIM, 在计算机集约制造业中, 将通过工程数据库和技术—办公室 LAN 网络, 把各种计算机辅助技术 (如CAD、CAM、CAE和CAT) 结合在一起。

* 在今后几年内, 32位高级微处理器的计算能力将在计算机辅助技术的领域中扮演中心角色。包含那些微处理器的工程工作站将很快变成价格低、效益好的个人计算机, 并为智能工人提供良好的环境。

* 不管怎样试图减轻用于软件开发的人力需求 (例如利用模块软件部件来减轻对软件开发的人力需求量), 在可以预见到的未来, “软件危机” 的问题将不会完全解决。

* 感谢目前市场上可利用的、廉价有效的专用计算机和处理器, 使数字信号处理技术已应用于图形、图象的处理和识别、以及机器诊断, 这将增强系统控制的性能, 特别是在设计和评价阶段中更是如此。

* 知识库工程将作为附加而有用的工具, 逐步实际应用于系统计划、设计、操作和监控。假如必须以介入最少的人员来把知识库应用于联机、实时系统控制的话, 则将要求进一步改进该知识库的推论速度和可靠性。

参 考 文 献

1. Japan Electronics Industry Development Association: "Trend of Recent Industrial Computers, JEIDA Report No. 59-A-217, May, 1984.
2. S.B. Stanley, et al: "A Control Perspective on Recent Trends in Manufacturing Systems", IEEE Control Systems Magazine, Vol. 6, No. 2, 1986, pp. 3-15.
3. Special Issue on Pattern Measurements in Process Control, KEISOU, Vol. 24, No. 12, 1981, pp. 6-50.
4. Special Issue on Image Process Technology for Factory Automation, The Hitachi Hyouron, Vol. 67, No. 9, 1985, pp. 1-85.
5. "Workstations", Computrol, No. 14, 1986.
6. "VLSI and Computers", Computrol, No. 1, 1983.
7. Special Issue on Factory Automation, Fuji Electric Journal, Vol. 58, No. 9, 85.
8. Special Issue on Applications of General-Purpose Microprocessors, Fuji Electric Journal, Vol. 56, No. 7, 1983.
9. Special Issue on Artificial Intelligence, Nikkei Computers, March 3, 1985.
10. Special Issue on FA Computers, Factory Automation, Vol. 2, No. 12, 1984, pp 19-85

11. Special Issue on Factory Automation, Yasukawa Denki, Vol. 48, No. 4, pp. 243-285.
12. Special Issue on Industrial Robots, Mitsubishi Denki Gihou, Vol. 59, No. 10, 1985, pp. 1-34.
13. Special Issue on Application of Microprocessors, J. of IEE of Japan, Vol. 103, No. 5, 1986, pp. 391-474.
14. K.A. El-Ayat, et al: "The Intel 80386-Architecture and Implementation", IEEE Micro, Vol. 5, No. 6, 1985, pp. 4-22.
15. Special Issue on Factory Automation, Journal of the Society of Instrumentation and Control Engineers of Japan, Vol. 22, No. 11, 1983, pp. 77.
16. S. Narita: "Computer and Communication Technology for Factory Automation", J. of SICE of Japan, Vol. 22, No. 11, 1983, pp. 937-940.
17. S. Narita: "Minicomputers for Factory Automation, Present and Future", Factory Automation, Vol. 2, No. 12, 1984, pp. 1-5.
18. S. Narita, Editor, "Computer Integrated Manufacturing", Computrol, No. 11, 1985.
19. Special Issue on Ultrahigh Speed Computing, Journal of SICE of Japan, Vol. 24, No. 8, 1985, pp. 683-723.
20. Special Issue on Productivity of Software Development, The Journal of IEE of Japan, Vol. 106, No. 1, 1986, pp. 5-26.
21. Special Issue on Knowledge Engineering and Its Industrial Applications, Hitachi Hyouron, Vol. 67, No. 12, 1985, pp. 1-58.
22. T. Sumi, et al: "Industrial Automation and Microcomputers", Asakura Shoten, 83.
23. H. Kasahara: "Multiprocessor Scheduling Algorithms and Their Practical Applications", Doctoral Dissertation, Waseda University, March 1985.
24. H. Kasahara and S. Narita: "Practical Multiprocessor Scheduling Algorithms for Efficient Parallel Processing", IEEE Trans. on Computers, Vol. C-33, Nr. 11, 1985.
25. H. Kasahara and S. Narita: "Parallel Processing of Robot Arm Control Computation on a Multimicroprocessor System", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. 1, No. 2, 1985.
26. Special Issue on Systems Technology, Toshiba Rev. Vol. 40, No. 5, 85, pp 391-417.
27. Special Issue on Image Processing, Toshiba Rev. Vol. 40, No. 8, 85, pp 655-682.
28. Special Issue on Software Development, Toshiba Review, Vol. 38, No. 11, 1983, pp951-983,

29. K. Akizuki: "Machine Diagnosis and Safety" , J. of SICE of Japan, Vol. 24, No. 4, 1985, pp 301-306.
30. Special Issue on "Wabot-2" , Bulletin of Science and Engineering Research Laboratory, Waseda University, Vol. 112, 1985, pp 1-80.
31. Special Issue on Speech Recognition and Synthesis, Journal of Robotics Society of Japan, Vol. 2, No. 1, 1984, pp 3-47.
32. K. J. Astrom: "Process Control-Fast, Present and Future" , IEEE Control Systems Magazine, Vol. 5, No. 3, 1985, PP3-10.
33. H. Kasahara and S. Narita: "An Approach to Supercomputing Using Multiprocessor Scheduling Algorithms" , Proceedings of the First International Conference on Supercomputing Systems, December, 1985.

(李政译)

现代计算机控制系统的结构及其工作原理

Th. Lalive d' Epinay 及 S. Zueger

Brown, Boveri & Cie 公司

巴登, 瑞士

概述

分布式系统结构是现代计算机控制系统的结构特征。通讯系统的结构决定了现代计算机控制系统的基本工作原理。

对分级式控制系统来说, 计算机系统是一个合适的方案。

上面的控制层由带有实时条件限制的复杂计算决定。所有相互协作的子功能的通讯接口是一个分布的实时数据。对硬件和软件系统结构最优化的追求, 促进了容错系统的设计。

较低的控制层主要实现实时功能控制、过程输入/输出及数据采集功能。功能复杂的系统, 是通过将其分为一系列并行的子功能系统来实现的, 而每个子功能系统是分布的、以微处理器为主的单元来实现的。这些并行的子功能系统的最佳协作要求有一个有效的、灵活的通讯系统。作为基本的通讯原理, 本文介绍了源地址信息的广播传输,

计算机控制系统工程及其控制程序的编写, 由计算机辅助工具支持。在计算机辅助工具中带有图形功能的程序设计语言起着重要的作用。

1. 分布式的系统结构

分布式系统结构是现代计算机控制系统的结构特征。“分布式”这一形容词在具体实现一个系统时可以表示各种各样的分布, 但对任何系统来说, 它总是一种功能的划分。总的系统功能被分配给一些并行工作的子功能系统。系统的协调以及子系统之间的数据交换通过公共的通讯系统进行。分布式系统的这一定义包含了从紧密耦合的多处理机系统到遍及全国各地的大范围的分布电网系统。紧密耦合的多处理机系统可用于完成最快的控制与调节任务。

一般来说, 仅当一个系统的子功能系统之间的距离达到几米的程度时, 才能把它称为局部分布系统。

在研制计算机控制装置时, 把分布式系统结构看作为基本的结构有一系列优点。

分布式系统的模块结构允许在系统安装时对系统的功能进行调节, 以使系统适合所给的控制任务的要求。

在系统研制过程中以及在研制以后对系统功能进行扩充时, 可以毫无问题地改变(增减)系统功能。

仅仅通过在系统中增加容错的子系统, 便可以提高系统的可用性和可靠性[19]。容错子系统本身也是分布式系统, 但它其中的一个任务被多次执行。分布式系统提供了这样的可能: 仅对系统中比较关键的部分进行容错处理(误差可以事先确定)。对非容错的系统来说, 当其中的某一子系统不能正常工作时仍然有一部分工作能够有意义地继续进行下去(**graceful degradation**)。若要提高可用性, 则要求在原来无容错子系统的地方附加容错子系统。

可以自动化地进行传感器和调节器的排布。整个系统在地域上允许分布排列, 简化了各个部件之间的电缆连接, 因而所需的设计与实施费用大大减少。