

机械设计 CAD

计算机制图

结构模型

(13)

计算机科学1994 Vol. 21 No. 3

S3-S6, 机械智能 CAD 的结构模型和发展趋势*)

7/11/26

殷国富

(成都科技大学机械工程系 CAD 研究室 成都610065)

摘要 The future trends of mechanical CAD is directed towards using artificial intelligence (AI) and knowledge engineering ideas. The paper is intended to give overview of concepts and methods which are relevant for intelligent CAD (ICAD) system, and presents a logic model of mechanical ICAD and some implementing methods based on expert system techniques.

关键词 Intelligent CAD, Expert system, Mechanical design, Architecture model, Inference methods, Knowledge representation

1 智能 CAD 概念的提出

以计算机辅助绘图和依据算法的结构性能分析为主要特征的计算机辅助设计(CAD)技术在机械产品设计中成功地获得广泛应用,已成为提高产品设计质量和效率的一种现代化工具。由于机械产品设计是人的创造力与环境条件交互作用的物化过程,是一种智能行为,所以在产品设计方案的确定、分析模型的建立、主要参数的决策、几何结构设计、评价选优等设计环节中,有相当多的工作是不能建立起精确的数学模型并用数值计算的方法求解的,而是需要设计人员发挥自己的创造性,应用多学科知识和实践经验,分析推理,运筹决策,综合评价,才能取得合理的结果。建立在冯·诺依曼型计算机基础上的CAD系统,尽管在数值计算和图形绘制上扩展了人的能力,但在没有智能支持的情况下,尚有如下不足:①未能在设计的全过程中提供有效的计算机支持;②不能处理模糊知识或不充分条件描述的设计问题;③缺乏宏观知识结构分析、设计思想原则与实现设计的具体方法技巧,处理算法与表示处理对象的环境混在一起,这样难以随着环境的改变或处理技术的更换而作必要的修改和扩充;④现有CAD系统一般没有考虑与CAM的集成和规格化,不同的设计开发者使用不同的数据模式,导致不必要的混淆和不同的CAD系统之间的某些接口问题;⑤交互式CAD系统把需要由经验或知识决策的设计问题留给用户,使用过程中往往需要人为地进行较多地干预,因而设计质量在一定程度上也取决于用户的经验和知识水平。

随着生产的发展,多品种中小批量生产比重的不断提高,对产品的性能、质量等指标的要求也越来越高,这就迫切要求CAD系统具有较大的柔性并使设计过程自动化。当产品越大和越复杂时,设计者在包括思维过程的整个设计范畴内越需要计算机支持,为了提高生产率,缩短生产周期又要求同CAPP、CAM集成一体。因此,CAD系统智能化集成是今后一段时期内发展的主要趋势。现有CAD系统显然不能满足这种要求。

灵活性、适应性、扩展性、实用性、通用性是CAD系统必须满足的条件。为了满足这些条件,开发新的通用信息处理系统是必要的,这个新系统的求解方法应不同于传统计算机技术所使用的方法,智能CAD(ICAD)系统就是这种新系统的模型。

通常我们把提供了诸如推理、知识库管理、查询机制等信息处理能力的系统定义为知识处理系统。具有传统计算机能力的CAD系统被这种知识处理技术加强后称之为智能CAD系统。智能CAD系统的目标就是尽可能地使计算机参与设计过程,利用设计专家的知识、经验的数据完成产品的方案决策、结构设计、性能分析、图形处理的全过程。

2 智能 CAD 系统结构

智能CAD最明显的特征是拥有解决机械设计问题的知识库,具有选择知识、协调工程数据库、图形库资源共同完成设计任务的推理决策机制。因此,智能CAD系统除了具有图形库、工程数据库等CAD功能部件外,还应具有工程专家系统中知识库、推理机等智能模块,图1是一种智能CAD系统

* 国家自然科学基金资助项目(No. 592751K6),殷国富 教授,博士

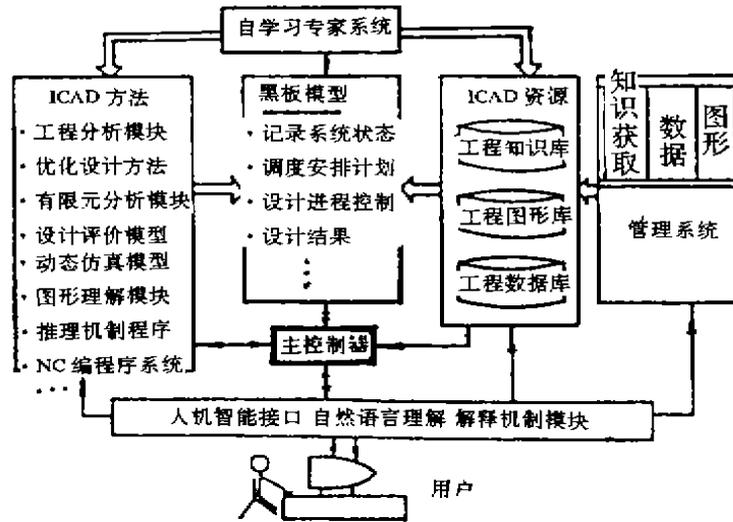


图1 ICAD系统逻辑结构

结构图。

ICAD涉及的领域知识复杂,需将数据处理、模型处理和知识处理相结合,要求设计过程中与知识资源合作,因此,与通常的专家系统的区别是除了需要知识库外,它还需工程数据库、图形库和设计分析程序方法的支持。在问题求解动态过程中,还需要多种知识表示、多种推理机制相结合,才能完成复杂的设计任务。通过主控模块的规划调度,协调ICAD系统的运行,所有信息通过黑板进行交换、反馈、存贮和输出。

人之所以能成为专家,是因为人在设计实践中能不断总结经验,提高自己的知识水平。因此,真正的ICAD系统同样应具备这种功能,自学习专家系统是ICAD的重要功能模块。下面讨论ICAD系统实现的几个关键技术。

2.1 黑板控制结构的应用

机械设计问题具有如下特点:1)涉及的知识面广,有工艺的、结构的、经验的等;2)问题本身可分解成若干个子任务,每个子任务由一个独立的知识源支持;3)知识类型多,需要几种方法表示设计知识,如规则、框架、框架+规则;4)解空间较大。鉴于这些特点,ICAD系统采取黑板控制结构的方法组织问题求解。

黑板定义由 Erman 和 Lessen 首先引入,并在 Hearsay-I 语音理解系统中实现,以后逐渐抽象为一种问题求解模型。在这种模型中,把求解过程看作

是一个产生部分解,并由部分解组合出一个满意的解的过程。黑板结构通常由三个主要部分组成,见图2。

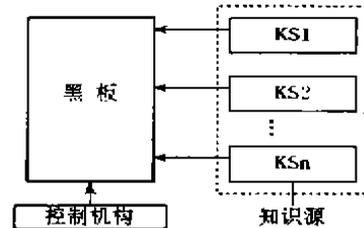


图2 基本黑板结构

知识源:解决问题所需的知识划分成若干知识源,它们分别存放且相互独立。知识源具有“条件-动作”的形式。条件描述了知识源可应用于求解的情况,动作描述了知识源的行为。当条件满足时,知识源被调用,其动作部分对黑板操作,增加或修改局部解。知识源是相互独立的,它们通过黑板进行通讯、合作求出问题的解。

全局数据库:问题求解的状态数据存放在全局数据库——黑板中,知识源改变黑板内容,从而逐步导出问题的解。在问题求解过程中所产生的部分解全部记录在黑板上。各知识源之间的通讯和交互只通过黑板进行,黑板是公共可访问的。

控制结构:知识源适时地响应黑板上发生的变化,在每一个问题求解循环中,调度机构从许多可执行的动作中选择一个动作执行。

黑板结构是一种通用的适于大解空间复杂的问

题求解模型,许多较著名的专家系统都采用了黑板结构。

2.2 设计模型

所采用的设计模型,称为再设计模型,将复杂的设计问题,多次分解为一系列子问题,直到这些问题足够的小,并且是完整的,可以通过迭代再设计过程得到解决为止。在再设计中,每一次迭代都生成一个完整的设计。图3概略地表示了迭代再设计过程。在这个模型中,通过对问题的叙述所获得的启发式的知识,与/或以前的设计,生成一个初步设计,然后对该设计进行分析、评价,以决定其可接受性。如果该设计是可接受的,解答就完成了。否则进行再设计,设计过程迭代地返回分析阶段,该过程不必是收敛的,实际上经常也是不收敛的,这样,正如图3所示,可能必须返回到起始点,以便改变某些设计要求或限制(通常是放宽设计要求)。

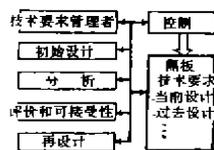


图3 再设计过程

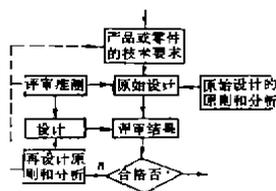


图4 再设计系统体系结构

对于每一次再设计,系统照例按照由专家们协商所确定的准则和尺度去评价当前方案的有关特性,然后,程序推荐并执行又一次再设计。系统反复执行这一过程,直到达到由评价准则所确定的可接受目标为止。

再设计系统的体系结构表示在图4中,它由一些独立的知识源组成(如初始设计、分析、再设计等)。“黑板”用于信息共享,控制模块管理整个过程。在设计过程中,各知识源把新的或修改后的信息存入黑板,这些信息包括问题的技术要求,设计的评价准则、标准数据、物理常数,以及以往的和当前的设计。

初始设计是根据专家知识的经验性设计,多数情况下仍是令人并不十分满意的设计。

“可接受性”决定于当前的设计是否可行或最终

解答是否较好,而这个判断建立在评价的基础上,评价的过程通常是分析的过程,可以采用诸如有限元法的各种先进方法来分析和评价。如果设计在可行性和接受性两者中有一个通不过,知识库就可以在结构上,而且可能在信息上揭示设计不能令人满意的原因。

根据黑板上的信息,控制部分决定整个设计的进程,决定各知识源参与设计活动的顺序。这部分还是设计者与系统对话的窗口。

3 智能CAD展望

智能CAD概念是七十年代后期提出的,由于其应用潜力和经济意义,它越来越受到关注。一大批AI专家和CAD专家开发出智能CAD系统,对集成电路、建筑物外形、分子模型、机械零件等应用领域进行智能化设计,取得了不少实用的成果。同时对智能CAD的知识表示、自动推理、一致性维护、智能控制机制等技术的实现获得了一些宝贵经验,推动了智能CAD的发展,但ICAD的理论和实现技术尚未完全成熟,需进行深入研究,其内容和发展趋势是:

3.1 知识表示语言

智能CAD系统必须能表示:①目标模型;②用于分析、估值和修改模型的模型变换规则;③设计过程问题求解模型。

与传统计算机使用的过程语言不同,智能CAD采用说明性语言来描述知识。知识表示语言对知识的表示要满足以下条件:①复杂模型的表示;②易于增/删信息;③动态的模型建立和操纵;④完整的演绎推理;⑤大量数据的处理和分析;⑥一致性自动检查;⑦内部表示的转换;⑧外部表示的转换。内部表示的转换,是指推理规则对一些问题求解过程的调用;外部表示的转换,则指自易于描述概念的外部语言(自然语言、数学语言、图象语言)到知识表示语言的转换。

3.2 协作知识系统

完成一项工程产品设计常常是领域相关的专家协同作业的结果,ICAD应具有多种知识表示、多种推理决策机制、多个专家系统协同求解的功能。同时,把领域相关的基于知识的程序和方法模型组成一个协作知识系统,在元级系统推理机及调度程序的控制下协同工作,共同解决复杂的设计问题。

CIMS中的专家系统采用何种模式组织和开发是一个重要问题。目前,大多是开发某一环节的单一专家系统,这种专家系统求解问题的能力,在CIMS中与各环节的协调性、适应性受到很大限制。为了拓

广专家系统解决问题的领域或使一些互相关联的领域能用一个系统来解,提出了所谓协同式专家系统的概念。在这种系统中,其实有多个专家系统协同合作,这就是协同式多专家系统,多专家系统协同问题求解的关键问题是工程设计领域专家之间相互联系与协作进行问题求解模型的抽象及相应理论模型的建立(例如设计任务分级分层,求解过程动态协调,结果综合评价的分级协调式多专家系统结构模式);协同求解过程中信息传递的一致性原则与评价策略,如何判断目前所进行的工作是向着有利于总目标的方向进行;多专家系统协同求解过程中并行特征及其实现,开发具有实用意义的多专家系统协同问题求解的软件环境。

3.3 面向 CAD 的专家系统技术

CAD 系统的成败取决于软件,而软件的潜力又表现为智能化程度的高低。专家系统技术是 ICAD 的基础,其面向 CAD 应用的主要发展方向可概括为:

- 基于分布,并行思想的结构体系研究;
- 应用于 ES 的机器学习模式研究,主要目的是解决知识获取、求精、结构化等问题,对求解策略学习的研究;
- 推理技术的深化,不仅要有正向、反向、双向推理流程控制模式的单调推理,重点集中在非归纳推理、非单调推理,实用化推理技术和基于非符号的神经元推理等方面;
- 综合的知识表达模式,即如何构造深层知识和浅层知识统一的多知识表示结构;
- ES 开发工具集中在构造控制结构体系预定义机制、多知识综合表达模式等的预制件式工具套件系统。
- ES 开发工具、高性能图形处理和基础工程软件系统所构成的智能设计环境的研究将促进 ICAD 的发展。

3.4 面向制造的设计方法

机械产品 CAD 的主要特点在于设计与制造的密切联系。如果产品的几何模型及其工艺数据的描述、存储和传递过程中的任一环节不能做到完整准确,则不可能通过 CAM 加工出符合要求的产品。所以,工程界提出了面向制造的设计理论和方法,其基本思想是在新产品设计阶段就充分考虑制造的要求,使设计出来的新产品能够最大限度地利用现代化制造技术。这一设计思想将在 ICAD 研制中得到充分体现。

· 56 ·

3.5 建造智能平台

智能平台是近年来国外为工程应用开发的一种新的智能环境,是一种集专家系统、CAD 和决策支持系统为一体的智能工作站。同时,一些大型分析软件(如有限元、优化设计、仿真、图形处理等)在专家系统支持下可以提高它们的友好交互界面和商品化程度,例如优化的灵敏性分析,优化模型和约束条件的选择,有限元的前后置处理等。因此,具备有各种资源支持的平台将有利于促进 ICAD 的发展。

3.6 微机多任务工作环境

MS-DOS 操作系统的扩展 MS-Windows,是一个多任务系统,可同时运行多个应用程序,而且,各任务之间切换方便,又可方便地进行数据交换。当一个程序在前台运行,其它程序可同时后台运行,不必等待。在 Windows 环境里,前台应用程序与所有当前正在运行的其它后台应用程序共享资源,合理地分配内存,合理地使用内存,各个应用程序共享显示器,对每一个应用程序都可占据一小块显示器(窗口),也就是说,对每一个应用程序都是可见的。对于 Windows 3.1或以上版本,提供了与网络接口,实现了多任务、多用户的操作环境。这种多任务系统是由分时操作来实现的。当同时运行多个 Windows 应用程序或非 Windows 应用程序时,Windows 动态地把时间合理地分配给每一个应用程序,让每一个应用程序有自己的时间片,由一个 CPU 同时处理多件事情。而且 Windows 这种多任务的环境采用的全新图形界面,对于机械设计 ICAD 软件系统的开发是十分有用的。

3.7 CAD 与 CAM 的集成化智能化

早期的机械产品设计与制造是分别依照各自的需要应用计算机技术的,CAD 和 CAM 也就分别沿着各自的轨道发展。为了充分发挥计算机在制造过程中的作用,CAD 与 CAM 的集成自然成为人们研究的重点。集成的含义就是在设计制造的每一个环节里提供充分有效的计算机支援,其技术研究的重点是几何造型、数据交换接口标准化、分析计算数据库、CAPP、工程数据库、人机交互合理高效化、加工过程仿真、管理调度等。CAD 与 CAM 集成的实现在技术上要依靠计算机智能的支援及 CAD 与 CAM 本身的智能化。因此,在集成环境下研究 CAD/CAM 的智能化是 CAD/CAM 发展的重要方向。

从1985年起,制造自动化开始从CAD/CAM

(下转第61页)

并根据等式(7),在 k_1 层所有节点被顺序地激活,而根据等式(6),不存在激活值的传播过程,节点 CCU_1 的势能等于输出 $u_{1,m}$ 乘以到达接受节点的权值(或最大势能),即重新生成的势能和推理期间的势能一致。

换句话说,CCU节点有高的势能,但如果在解释期间输出 $u_{1,m}=1000$,那么CCU节点的输出为0,不存在激活值的传播过程且激活模式处于静态。

3.4.5 解释部件是如何工作的 再一次,对每个时间步,历史空间第一层的每个节点是活跃的。在这个单一时间步期间,节点执行快速权值改变过程并传送一个信号到当前节点(历史空间第一层中)的下一个节点,且启动此节点,这要求在历史空间中同时处理。快速权值改变允许在单一节点的权值里存储暂时的激活模式,换句话说,ECSN系统中的激活模式被存储在节点的连接上。历史空间第一层的节点数目必须大,足以能够存储在最终结果被到达为止的所有激活模式。如果需要执行“100步规则”^[4],那么第一层必须使用100个节点。

已存储的激活模式用于解释,这样做是可行的,因为作为ECSN系统组成部分的继承层次在语义上

是有意义的。因此,推理中的每步也是有意义的,即概念层次中激活值传播的每步和特征的结果激活值中的每步都是有意义的。另外,历史空间的结构允许存储限制推理的过程,它的目的是用于解释。启动历史空间第四层的第一个节点将引起推理过程所有中间状态的顺序重新生成,并使这一过程可为解释服务。启动历史空间第四层中的第二个节点将引起推理过程某些中间状态的顺序重新生成,因此这样得到的解释有更细的粒度。简言之,用户有可能在几种不同程度的解释中进行选择,但如果小粒度模式被使用,有可能遗失有价值的信息。

4. 结论

本文用实例说明神经网络系统里解释机制实现的方法,由此可知,神经网络系统受益于关系的显式编码和高度结构化网络的使用,使用刺激传播的结构化神经网络系统有下面的优点:处理过程中的中间状态在语义上是有意义的,且这些中间状态能用于解释,这也为神经网络系统行为的合理解释提供了一条可行的途径。(参考文献共11篇略)

(上接第56页)

进入到更高级集成的计划——计算机集成制造系统(CIMS)。CIMS的一种定义为:将计算机的自动化和决策支持系统集成地用于管理制造系统的全部操作,这些操作覆盖了从产品和库存管理以及财务、资源管理的全过程。CIMS汇集了智能机器人、FMS、局域网(LAN)及互接技术、智能CAD/CAM、工业控制装置、信息管理决策、工程专家系统等现代化技术,受到学术界和工业界的高度重视。CIMS作为一种全新的制造哲理正从体系结构、设计与制造方法论、信息处理模型等角度影响并决定着以多品种、中小批量生产占主导地位的现代化机械制造的模式,是制造业发展的方向和未来。

参考文献

[1]殷国富,余卫东,陆春进,90年代CAD/CAM技

术展望,机械,1993(3)

[2]殷国富,专家系统技术概况与工程应用,机械,1989,16(1):21~27

[3]M. L. Maher, D. Sriram and S. T. Fenres, 用于工程设计的基于知识的专家的工具和技术,计算机科学,1985(6):24~37

[4]G. M. Hare, Designing Intelligent Manufacturing System: A Distributed Artificial Intelligence Approach, Computer in Industry, 1990(15):17~25

[5]殷国富,工程专家系统技术及其应用,成都科技大学出版社,1993

[6]V. Arman et al., A Fundamental and Theoretical Framework for an Intelligent CAD system, Computer Aided Design, 1990, Vol. 22, No. 6