

文章编号:1000-582X(2002)06-0001-04

机器视觉在精密测量中的应用^{*}

廖强¹, 周忆¹, 米林², 徐宗俊¹

(1.重庆大学机械学院,重庆400044;2.机械传动国家重点实验室,重庆400044)

摘要:机器视觉技术正广泛地应用于各个方面,从工业检测到文件处理,从医学图象到遥感图象,从毫微米技术到多媒体数据库,不胜枚举。可以说,需要人类视觉的场合几乎都需要机器视觉。文章围绕自行研制的二维显微摄像精密检测系统,描述了机器视觉的基本原理、基本组成以及制造业中精密测量的现状和发展趋势;展示了机器视觉技术在机械制造微尺寸精密测量中的成功应用,以及其在精确定量感知等方面特有的优越性。

关键词:精密测量;机器视觉;微小尺寸

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

1 机器视觉

1.1 基本原理

人类在征服自然、改造自然和推动社会进步的过程中,为了克服自身能力、能量的局限性,发明和创造了许多机器来辅助或代替人类完成任务。这类机器,我们通常称为智能机器,它能模拟人类的功能,能感知外部世界并有效地解决人所希望解决的问题。人类感知外部世界主要是通过视觉、触觉、听觉和嗅觉等感觉器官,而视觉,是人类最重要的感觉功能。视,就是看;觉,就是感觉、感知。通过看来感知外部世界丰富多采的信息。“百闻不如一见”,这句话生动地说明了视觉对获得客观世界信息的重要性。据统计,人所感知的外界信息有80%以上是由视觉得到的^[1],通过视觉,我们可以感受到物体的位置,亮度以及物体之间的相互关系等。因此,对于智能机器来说,赋予机器人类的视觉功能对发展智能机器是极其重要的,由此形成了一门新的学科——机器视觉。

机器视觉是研究用计算机来模拟生物视觉功能的科学和技术,机器视觉的主要目标是用图象来创建和恢复现实世界模型,然后认知现实世界。简单的说,机

器视觉就是使机器具备“看”的功能,使机器能认识和看懂所要看的东 西,能确定它所见范围内目标的位置。然而,视觉本身也是人类最复杂的感知过程之一,视觉数据中通常含有大量的无关或者甚至使人误解的偏差,而其数据本身并不显示出相应的相关性和不相关性。所以,机器视觉所要完成的是一系列复杂的信息处理任务。

目前,由于对于人的视觉生理机制还缺少足够的了解,在一定程度上限制了机器视觉的发展。然而,正是如此激发了人们对其进行深入研究的激情,从上世纪80年代至今,全球性的机器视觉研究热潮,经久不衰。机器视觉获得了蓬勃发展,新概念、新理论、新方法不断涌现,在各个方面得到了广泛的应用,从工业检测到文件处理,从医学图象到遥感图象,从毫微米技术到多媒体数据库,不胜枚举。可以说,需要人类视觉的场合几乎都需要机器视觉。而许多人类视觉无法感知的场合,如精确定量感知、危险场景感知、不可见物体感知等,机器视觉更具优势。可以说,机器视觉的发展不仅将大大推动智能系统的发展,也将拓宽计算机与各种智能机器的研究范围和应用领域^[2-3]。

图1是机器视觉系统的基本结构,在一定的光照

* 收稿日期:2002-03-26

基金项目:航天工业总公司“八·五”工艺预先研究计划课题(42.2/910023)

作者简介:廖强(1963-),男,重庆垫江人,重庆大学副教授,在读博士研究生。主要从事机械制造、机械电子工程方面的研究。

(包括可见光,红外线甚至超声波等各种成象手段)条件下,成象设备(摄象机,图像采集板等)把三维场景的图像采集到计算机内部,形成强度的二维阵列——原始图象;然后,运用图像处理技术对采集到的原始图像进行预处理以得到质量改善了的图像;其次,运用机器视觉技术从图像中提取感兴趣的特征,构成对图像的描述;进一步,运用模式识别技术对抽取到的特征进行分类整理;最后,运用人工智能得到更高层次的抽象描述。完成视觉系统的任务。

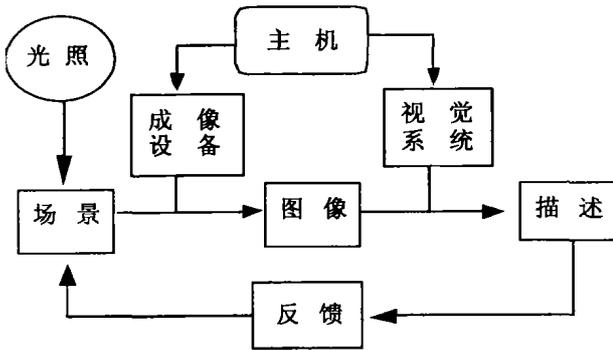


图1 机器视觉的基本结构

1.2 机器视觉的理论框架

人类视觉器官通过亿万年的生物进化已经达到非常完美的地步,而我们对它的认识却非常肤浅。自70年代末,80年代初,MIT的马尔(D. Marr)教授创立了视觉计算理论,使视觉的研究前进了一大步。马尔首先解决了研究视觉理论的策略问题,他认为视觉是一个复杂的信息处理问题,要完整地理解视觉,必须从3个不同的层次上对它进行解释:

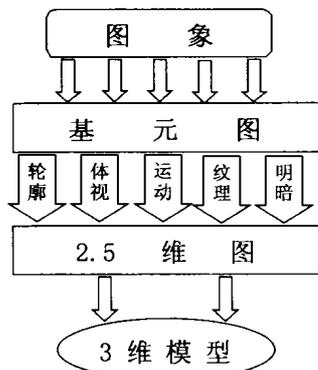


图2 Marr视觉理论的分层模型

第1个层次是信息处理问题的计算机理论,在这个层次上所研究的是对什么信息进行计算和为什么要进行这些计算;第2个层次是算法;第3个层次是执行,它研究完成某一特定算法的具体机构。

从计算理论这个层次来看,马尔教授提出视觉信息处理必须用三级内部表像加以描述。这三级表像是:要素图(图象的表像),2.5维图(可见表面的表像)和三维模型表像(用于识别的三维物体表像)。

因此,机器视觉可以看作从三维环境的图象中抽取、描述和解释信息的过程,它可以划分为以下6个主要部分:感觉、预处理、分割、描述、识别、解释。再根据实现上述各过程所涉及的方法和技术的复杂性将它们归类,可分为3个处理层次:底层视觉处理;中层视觉处理和高层视觉处理。这种划分对于将机器视觉系统的固有处理过程加以分类提供了一种有用的结构。Marr理论是计算机视觉研究领域的划时代的成就,虽然它还不十分完善,但它给了我们许多研究计算机视觉的珍贵的哲学思想和研究方法,同时也给计算机视觉研究领域创造了许多新的研究起点^[2-4]。

2 微尺寸测量技术

2.1 概 述

精密测量技术是工业发展的基础和先决条件,这已被生产发展的历史所确认。从生产发展的历史来看,机械加工精度的提高总是与测量技术的发展水平密切相关的。因此,有人认为,材料、精密加工、精密测量与控制是现代精密工程(包括宇航)的三大支柱。对于科学技术来说,测量与控制是使其发展的促进因素,测量的精度和效率在一定程度上决定着科学技术的水平。

纵观几何量测量仪器的发展,30到40年代出现了电动量仪、光学量仪与气动量仪;50年代Talyrond园度仪和Talysurf轮廓仪开创了机电结合精密量仪的先例;60到70年代的激光干涉仪与坐标测量机的出现将之推到一个新的高度;80年代出现了隧道扫描显微镜(STM)等新的测量原理和方法,从更广的范围推进了几何量测量仪器的发展。

随着科学技术发展与制造业的发展,对微小尺寸的测量要求越来越迫切。从机械工业、电子工业到生物工程以及环境保护等;从尖端科学的热核反应到日常生活中的化学纤维,都有微小尺寸测量的问题。如:制导系统的毫米级大小的轴承;机械加工中的小孔、细丝、小球面;光学加工中的镀层厚度;计算机中磁头-磁盘间的微小间隙等等,尽管微小尺寸测量的对象各种各样,测量方法不尽相同,但它们共同的特点是:测

量范围小,分辨力及精度要求高,自动化程度高,难度很大。面对这样的课题,迫切需要一些新的测量原理方法。

2.2 发展趋势

1) 新的物理、新材料及新技术的应用。如电子显微镜,超声显微镜,光电技术,激光干涉技术,电视图像分析技术,新材料及相应的涂覆工艺等;

2) 利用电子计算机技术和数据处理的方法,检验和控制处理过程。如圆度仪、三坐标测量机等;

3) 利用图像测量与识别技术测量复杂或微小零件。如高精度大规模集成电路路线宽的精密测量,航空、航天领域所需的陶瓷类微小元件的精密测量等;

4) 在线测量用坐标测量机的开发与应用。如FMS线上与加工中心组成一体的坐标测量机。它主要用于判别工件的合格性,以掌握线内各机床的工作状态,指导机床调整等工作;

5) 纳米测量技术的开发与应用。如精密长度、角度、定位以及表面微细形状与表面粗糙度的测量;

6) 新的测量原理的研究与应用。新的测量方法的研究是几何量精密测量仪发展的排头兵,其最为关键,难度也最大。它综合了物理、物性、电子、电磁、材料、机械等多学科的内容,诸如 CCD、SMT 等都属于创新之列;

7) 各种技术的综合应用。这些技术包括微电子技术、控制技术、数字技术、计算机技术、光电技术、新材料和精密机械等。这种综合或集成的发展趋势,必将促使各种技术的紧密结合与综合应用,推动几何量精密测量仪向更高的层次发展^[5-6]。

3 基于机器视觉的精密测量系统

3.1 系统基本组成

本系统是机器视觉技术在(几何量)精密测量中比较成功的应用,它主要由专用显微图像处理单元、精密移动平台、步进控制单元及高精度计量光栅组成,其基本结构如图3所示。其中,显微摄像(CCD)部分完成对工件轮廓图像的摄取,图像处理单元对得到的数字图像进行滤波,校正等预处理之后,再通过精心设计的边缘提取算法,最终给出工件边缘的精确位置及其走向;控制部分则根据图像处理部分给出的位置信息控制平台进行相应的移动,以便完成对整个工件边缘的精密检测任务。而精密光栅则在整个测量过程中准确

地给出平台的精确位置信息,并且提供整个检测系统的参考坐标系。

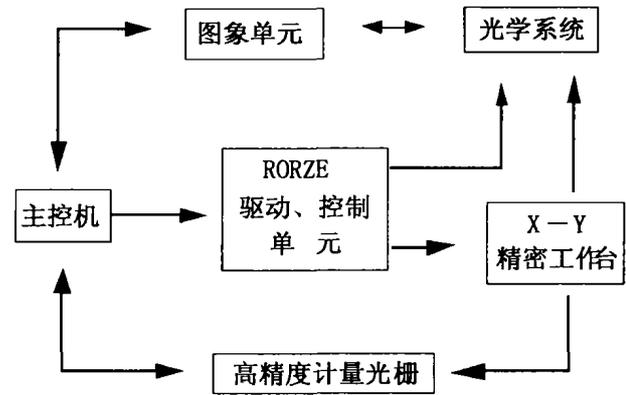


图3 测量系统基本组成

3.2 系统特点

本系统基于机器视觉,集精密制造、测量技术,计算机技术,光电技术等于一体,具有以下特点:

1) 非接触性测量,不会对工件造成永久性损伤;
2) 测量方法灵活,既可以手动,也可以实现全自动跟踪工件轮廓;

3) 适应范围广,从十几丝至三十毫米的二维外轮廓及孔均可测量,特别是对于微小零件,复杂边缘轮廓(如图4、图5),更显其独到之处,而这些都是常规方法很难或无法实现的。如使用三坐标测量仪就无法测量图4、图5所示的零件,而用常规的光学方法其精度却难到达;

4) 稳定性好,抗干扰力强,可在常规环境中使用。对同一工件,在同一状态下进行长时间(3 h 以上)大量测量,其误差为 $\pm 3 \mu\text{m}$;



图4 直径为(0.2mm)的内孔轮廓 图5 复杂(任意)轮廓零件跟踪结果

5) 本系统利用边缘轮廓跟踪的方法来获取工件的边缘轮廓图像,再利用高精度的边缘提取算法,精确的确定工件的边缘轮廓曲线。所得结果,从宏观来看是一条连续的曲线(直线),从微观来看是一系列离散的数据点。它们完全再现了实际工件的边缘变化趋势,无常规测量中的漏点之嫌,完全再现了工件边缘轮廓的变化趋势(当然这也要取决于边缘提取的精度),

再则,数据一经确定就不会改变,在今后的各种处理过程中,就不存在工件安装、环境变化等因素的影响。

6) 系统界面友好,操作方便、直观。

4 结论

该系统的研制成功为微小零件(或小孔)的几何量测量开辟了新的途径。也是视觉技术在精密测量中的一次成功应用。机器视觉正在大踏步的走进我们的生活和工作,提高我们的生活质量,改善我们的工作条件。但是,机器视觉技术仍处于十分不成熟的阶段,其发展远远落后于人们所希望达到的发展水平。要真正

达到实用,还有很多工作要做。

参考文献:

- [1] 罗宇华. 计算机视觉[M]. 北京:人民邮电出版社,1990.
- [2] 章毓晋. 图象分割[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [3] 贾云得. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [4] [美]D. 马尔. 视觉计算理论[M]. 北京:科学出版社,1988.
- [5] 张鄂. 几何量测量仪器的新进展[J]. 航空计测技术,1995,15(1):3-9.
- [6] 钟玉琢. 机器人视觉技术[M]. 北京:国防工业出版社,1994.

The Applications of Machine Vision to Precision Measurement

LIAO Qiang¹, ZHOU Yi¹, MI Lin², XU Zhong-jun¹

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. State Key Lab. of Mechanical Transmission, Chongqing 400044, China)

Abstract: Machine vision has been widely used in general, from industrial measurement to managing document, from medical graphic to remote sensing image and from micro-technology to multimedia database, too numerous to mention one by one. As it were, where there is human vision, there is almost needs machine vision. Take "Two-dimension Photomicrography Precision Measurement System" as a example, it illustrates the basic principle, fundamental structure of machine vision, gives us the present status and development trend of precision measurement in manufacturing, show us the successful application of machine vision for small size precision measurement in manufacturing, and the advantages of machine vision to accurate measurement.

Key words: Precision Measurement; Machine Vision; Small Size

(责任编辑 成孝义)