

[韩] Hyungsuck Cho 著

李杰 毛瑞芝 王正杰 黄科伟 等 译

Opto-Mechatronic Systems Handbook:
Techniques and Applications

光机电系统手册

—— 技术和应用



科学出版社

www.sciencep.com



光机电系统手册——技术和应用

**Opto-Mechatronic Systems Handbook:
Techniques and Applications**

〔韩〕Hyungsuck Cho 著

李 杰 毛瑞芝 王正杰 黄科伟 等 译

科 学 出 版 社

北 京

图字: 01-2009-1913 号

内 容 简 介

本书以一种新的模式,提出综合光学和机电一体化技术的技术融合——光机电一体化技术,首次将利用该技术开发的设备、产品、机器、工艺、系统称为光机电一体化系统。本书共分五大部分 23 章,涵盖光机电一体化系统的基本要素和应用,通过介绍光机电技术的定义、技术基础和应用领域,使读者综合了解光机电一体化系统及其在总体系统性能中的作用和协同效应,以达到消除光学和机电一体化两大技术领域之间隔阂的目的。

本书可作为从事机电工程领域或其他工程领域中光机电一体化技术应用和开发人员的技术参考书,也可作为大专院校光学、机电工程类相关专业本科生和研究生的学习参考书。

Opto-Mechatronic Systems Handbook: Techniques and Applications by Hyungsuck Cho. ©2003 by CRC Press LLC.

All Rights Reserved.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC.

本书封面贴有 Taylor & Francis 集团防伪标签,未贴防伪标签属未获授权的非法行为。

图书在版编目(CIP)数据

光机电系统手册:技术和应用/(韩)赵恒锡(Cho, H.)著;李杰等译. —北京:科学出版社,2010.6

ISBN 978-7-03-028020-6

I. ①光… II. ①赵… ②李… III. ①光电技术-机电一体化-技术手册
IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 114893 号

责任编辑:张海娜 / 责任校对:刘小梅

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010 年 6 月第一次印刷 印张: 45

印数: 1—3 000 字数: 877 000

定价: 120.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

译者序

社会的发展推动了技术的巨大进步,产业结构的调整也促进了各个行业的互相融合、协调发展,以电子计算机、空间科学技术等为标志的第三次科技革命,大大推动了综合机械、电子、计算机的机电一体化技术的发展,而光机电一体化技术则更加扩展了机电一体化技术的应用领域,它把光集成技术和机电技术紧密结合起来,并且为机电、光学领域的技术革新指明了发展方向。

光机电一体化技术是由光学、微电子学、信息技术和机械及其他相关技术交叉与融合的综合性高新技术,而应用该技术的设备、系统、工艺等称为光机电一体化产品,军事设备、医疗器材、能源勘探、宇宙探测、海洋开发等领域的技术发展和产业化、传统产业的技术改造、武器装备的现代化都要用到光机电一体化技术。

随着光机电一体化技术日新月异的发展,该行业对技术人员的需求也与日俱增,我国也将发展光机电一体化技术列为重点高科技发展项目,北京市政府于2001年7月23日批准正式建立了北京光机电一体化产业基地。但是,在技术迅速发展的时候,国内还鲜有把光机电一体化技术作为一门完整的技术来介绍的书籍,技术人员注重技术更新、强化动手能力的同时,还必须注意自身理论水平的提高,这便是我们翻译本书的目的。

本书的第1~8章由毛瑞芝翻译,第9~15章由李杰翻译,第16~20章由王正杰翻译,第21~23章由黄科伟翻译,全书由毛瑞芝在李杰老师的指导下进行统稿整理。

翻译本书是一项艰辛而漫长的工作,感谢课题组的何光林老师对部分译稿提出的修改意见。李杰老师的博士生李大林、关震宇、刘畅、杨东晓,硕士生熊琨、李潇、邵文熙、宋佳赟等参加了部分翻译整理工作。徐超对本书的图片和表格做了大量编辑整理工作,在此一并表示感谢。

光机电一体化技术是一个多学科的交叉技术,包括光学、电子学、信息技术、机械及其他相关技术,因此,很多术语的翻译都采用传统译法,但是书中也出现很多新术语,这些术语尚无固定译法,尽管我们力图为其选择通俗易懂的中文用语,但仍难免出现词不达义之处。译文中如有不当之处,敬请读者指正,意见和建议请发往20802195@bit.edu.cn,我们将不胜感激。

译者
2010年6月

前 言

过去二十年发生了一场持续的技术变革,促进了设备、机器、工艺、系统的进步,提高了它们的性能,并创造了新的价值和功能。综合机械、电子和计算机技术的机电一体化技术,无疑在这场技术变革中发挥了重要作用。

近年来,光学技术和机电一体化系统日益加速合并,可能的原因是,光学集成技术可解决单靠机电一体化技术不能解决的复杂问题,取得需要的功能和性能。因此,机电一体化或光学产品、机器、系统越来越朝“高精度、小尺寸、高智能和高度自动化”方向发展。今后这一趋势将继续为大部分机电和光学工程领域相关的下一代技术指明发展方向。

本书在一种新模式下所指的技术融合是综合了光学和机电一体化的光机电一体化技术,把该技术开发的设备、产品、机器、工艺、系统称为光机电一体化系统。尽管光机电一体化系统早已投入商业应用,但这种定义在以前的文献中并未出现过。上述讨论表明,光学和机电一体化集成技术本质上无疑涉及多个层面。尽管如此,迄今为止在完整的项目中,从概念产生到设计制造,光学工程师和机电工程师也很少合作。因此,能够实现所需功能和性能的并行设计方法很少有人去尝试。

真诚希望本书可以消除两大技术领域之间的巨大障碍。因此,本书有以下三个主要目的:首先,介绍光机电技术的定义、技术基础和应用领域;其次,为读者提供对光机电一体化系统的综合看法,使他们了解光学系统和机电一体化系统在设计 and 生产阶段如何互相融合;最后,帮助读者了解光学系统在总体系统性能中的作用,并了解其协同效应。

《光机电系统手册——技术和应用》一书涉及技术与应用,分为五大部分,共23章,涵盖光机电一体化系统的基本元件和应用。各章节由北美、亚洲和欧洲学术界与工业界的国际一流专家小组编写。

第一部分是了解光机电一体化技术及其应用,包含前两章,通过说明和分类实例,向读者介绍光机电一体化系统的定义、基本功能和分类,并提供设计光机电一体化产品和系统需要考虑的因素。

第二部分是光学元件,传感器和测量,包含第3~7章,第3~5章重点介绍激光器、光学传感器和分布式光纤传感的基本原理、理论和应用;第6章阐述基于生物学的可用于简单信号检测和信号转换的光学传感器,另外,简要介绍光机电一体化应用必不可少的光学计量,重点介绍基于三维结构的位移传感;第7章讨论视觉传感和成像的电子处理技术的原理及其对光机电一体化实际应用的重要性。

第三部分是光学信息处理与识别。光学信息处理与识别技术是光机电一体化技术的重要组成部分。事实上,根据定义,光学信息处理和模式识别系统属于光机电一体化系统,因为大多数这种系统同时包含光学和机电元件。本部分包含第8~12章,介绍对传感器获得的原始光学信号/数据/信息的处理和识别,并介绍光全息成像、实时图像特征提取,实时图像识别和光学模式识别的基本概念、原理、理论和应用。为了帮助理解光机电一体化技术的识别,引入通用模式识别方法,重点是人工智能的运用。

第四部分是光机电一体化系统控制。光学系统或基于光学的机电系统的控制渗透到光机电一体化系统的每个领域,使其根据运行条件的变化更具适应性和重构性。本部分包含第13~16章,解决光机电一体化系统的控制问题,并提出应用于各种系统的控制方法。此外,介绍广泛应用于特征提取和伺服理论的视觉反馈控制。同时,详细介绍了基于光学处理过程相关的在位监测和控制的原理和概念。

第五部分是光机电一体化工艺和系统。第一~第四部分介绍基本技术,第五部分介绍各种工艺和系统的实际应用。本部分包括第17~23章,第17~21章讨论半导体制造工艺、电子产品贴膜工艺的检验和控制、基于光学的生产工艺、应用于机器人的光学数据存储系统和光电技术捕捉系统。第22章和第23章讨论光学微机电系统的相关问题,尤其是光学阵列和基于视觉的微组装系统的设计与控制。

致 谢

我衷心地感谢所有为本书编写辛勤付出的编者，还要特别感谢 CRC 出版社的编辑 Cindy Renee Carelli，感谢她在本书编写阶段的帮助、建议和耐心指导，她的热情和鼓励是我们能提前完成任务的动力。另外，特别感谢 CRC 出版社项目编辑部主管 Helena Redshaw，确保了本书可以按期出版。Won Sik Park 是我的博士研究生，负责草稿的整理。

最后，感谢我的博士研究生 Young Jun Roh 和我的秘书 Hwa Yong Lim 为本书作出的贡献。

光机电系统



作者简介

Hyungsuck Cho, 博士, 1971 年于韩国汉城国立大学获学士学位; 1973 年于美国伊利诺伊州埃文斯顿西北大学获硕士学位; 1977 年于加州大学伯克利分校获博士学位。1977~1978 年, 在加州大学伯克利分校机械工程学院做了一年博士后。

从 1978 年开始, Cho 博士被聘为汉城大学产品工程、自动化与设计系的教授, 同时兼任韩国太田高等科学与技术学院 (KAIST) 的研究员。1984~1985 年, Cho 博士作为德国 IPA 的访问学者, 进行了基于机器人组装的研究, 并应邀在日本立命馆大学 (1987 年)、德国帕德博恩大学 (1992 年)、美国新泽西州理工学院 (1998 年) 等几所大学做短期访问学者。1995~1996 年, 受聘为美国圣地亚哥加州大学研究生院先进生产项目 (AMP) 的客座教授。



Cho 博士的研究方向集中在以下领域: 运用移动机器人、机器视觉和模式分类、人工智能/机器智能的应用对环境的感知和识别。他出版了七部著作, 发表了超过 377 篇科研论文 (307 篇发表在国际期刊或者国际会议上, 70 篇发表在朝鲜语刊物上)。并受邀在五个国际期刊上撰文, 包括: *Journal of Robotic Systems*、*Robotica*、*Control Engineering Practice* (IFAC)、*Journal of Advanced Robotics* 和 *Journal of Engineering Manufacture* (PIME)。1998 年, 受邀担任 *Robotica* 关于“智能机器人大会”的客座编辑。

除了学术活动, Cho 博士一直在机器人、先进生产、机器人测量等领域, 担任 IFAC 和 IMEKO 委员会委员。他组织并参加国际专题讨论会, 并任职于七个国际会议的项目委员会, 包括 IEEE R&A、IEEE/RSJ IROS、IFAC、ASME 和 SPIE 等。Cho 博士发起了有关光机电系统的会议 (ISAM), 主持或参与主持了几次专题会议, 包括: 两次美国机械工程师学会 (ASME) 年度研讨会动机会议 (1991 年, 1993 年)、IFAC 智能生产研讨会 (1997 年)、IEEE/RSJ IROS (1999 年)、机械电子科技国际研讨会 (1999 年) 和 SPIE 光电一体化系统会议 (2000 年, 2001 年)。

1984 年, Cho 博士获得德国 Alexander von Humboldt 奖学金, 并于 1994 年获得 ISAM 会议的最佳论文奖。1998 年, 基于其在机器人与自动化方向的研究, 英国机械工程师协会授予其撒切尔兄弟奖。2001 年受聘为韩国控制自动化与系统工程学院的校长。

目 录

译者序

前言

致谢

作者简介

第 1 章 光机电技术及其应用	1
1.1 简介	1
1.2 光机电技术的历史背景	2
1.3 光机电集成是移动技术的主流发展方向	4
1.4 光机电系统的定义和基本概念	5
1.4.1 光学元件的基本作用	5
1.4.2 光机电系统的应用	7
1.4.3 光机电系统的种类	11
1.5 光机电系统的基本功能	13
1.5.1 光机电技术的要素	13
1.5.2 基本功能	14
1.6 光机电一体化系统的相互作用	20
1.6.1 创造新功能	21
1.6.2 提升自动化水平	21
1.6.3 增强系统的性能	21
1.6.4 实现高功能性	22
1.6.5 分布式功能	22
1.6.6 微型化	23
1.7 小结	23
术语定义	23
参考文献	24
第 2 章 光机电产品和制作流程——设计中考虑的问题	27
2.1 引言	27
2.2 传统设计与光机电设计方法	27
2.3 光机电设计过程	29
2.3.1 需求和设计规格的确定	31

2.3.2	概念的提出和评估	32
2.3.3	细节的发展和评估	32
2.4	光机电技术	32
2.4.1	光学传感器	34
2.5	光机电系统的应用	47
2.5.1	全自动照相机	47
2.5.2	智能洗衣机	49
2.5.3	基于 SISO 规则控制器的光学执行元件	51
2.6	结论	53
	术语定义	54
	参考文献	54
第3章	半导体激光器原理及其应用	56
3.1	介绍	56
3.2	半导体激光器的原理	56
3.2.1	普通材料的光辐射过程	56
3.2.2	半导体激光振荡器的机理	58
3.2.3	门限条件和振动模式	60
3.3	应用	63
3.3.1	光学开关激光器及其数据存储的应用	63
3.3.2	耦合腔激光器的干涉波动及其在光学测量中的应用	67
3.3.3	锁模激光器和及其通过微机电系统的调谐	74
3.3.4	波长可调的带有半导体光放大器的环状激光器	84
3.4	结论	90
	术语定义	91
	参考文献	92
第4章	光学传感器及其应用	95
4.1	介绍	95
4.2	位移光学传感器	96
4.3	基本原理和方法	97
4.4	计量遥感技术的新型应用	105
4.4.1	用于直线性测量的新式位置传感器	105
4.4.2	光学编码与节距调整光学二极管阵列	108
4.4.3	集成光栅图像类型编码器	111
4.4.4	集成干涉型传感器	117
4.5	结论	122

参考文献	122
第 5 章 分布式光纤传感	124
5.1 介绍	124
5.2 基本原理	127
5.2.1 光线基础	127
5.2.2 DOFS 基本原则	131
5.2.3 DOFS 系统参数	134
5.3 准分布式光纤传感系统	135
5.3.1 布喇格光栅准分布式光纤传感系统	135
5.3.2 总结	137
5.4 全分布式光纤传感系统	137
5.4.1 偏振光时域反射计	139
5.5 总结	139
术语定义	140
参考文献	140
第 6 章 基于生物学的光学传感器和变换器	143
6.1 简介	143
6.2 基于生物学的光学传感器	144
6.2.1 生物体发光的光源	145
6.2.2 <i>Vibrio fisheri</i> 细菌	146
6.2.3 毒素生物传感器——一个例子	146
6.3 基于蛋白质的光学变换器	148
6.3.1 噬菌调理素胶片	148
6.3.2 光学变换器	151
6.4 噬菌调理素胶片的应用	156
6.4.1 灰度图像缩减	156
6.4.2 非线性对数滤波器	157
6.4.3 可编程空间滤波器	157
6.4.4 实时缺陷增强	159
6.4.5 全息联想存储器	160
6.4.6 光地址直接显示	161
6.5 结论	162
术语定义	163
参考文献	163

第7章 机器视觉基础及其在机电系统中的应用	165
7.1 介绍	165
7.2 基本原理	166
7.2.1 低级视觉	166
7.2.2 中级视觉	173
7.3 三维视觉及其应用	176
7.3.1 三维视觉	176
7.3.2 运动	183
7.3.3 主动视觉	184
7.3.4 机电系统应用	185
7.3.5 自主移动机器人的导航	189
7.3.6 创建平面图的方法	191
7.3.7 影响机器人视觉导航的其他因素	192
7.4 其他参数在实时应用中的重要性	194
7.5 经济因素	194
7.6 总结	195
术语定义	196
参考文献	197
第8章 体全息成像	199
8.1 绪论	199
8.2 数字式成像和混合成像	200
8.3 体全息成像的描述	202
8.4 体全息成像的定量表示	206
8.5 体全息成像的应用	207
8.6 进一步的信息资源	209
8.7 结论	209
参考文献	209
第9章 模式识别	212
9.1 引言	212
9.1.1 分类和识别	212
9.1.2 特征、向量和原型	212
9.2 分类	214
9.2.1 使用 k 均值算法的聚类	214
9.2.2 类的数字 K 和聚集有效性	215
9.2.3 一种改进的 k 均值算法	216

9.3 识别	220
9.3.1 概率神经网络	220
9.3.2 模糊神经网络	221
9.3.3 径向基函数神经网络	221
9.3.4 径向基函数连接网络	224
9.3.5 一种 RBFNN 和 RBFLN 的简化方法	225
9.3.6 使用椭圆基函数	226
9.4 模糊分类器	227
9.4.1 使用一个模糊椭圆分类器	227
9.4.2 计算协方差矩阵	228
9.4.3 计算逆协方差矩阵	229
9.5 图像中的边缘识别	230
9.5.1 图像边缘探测	230
9.5.2 像素分类和它们的特征向量	231
9.5.3 模糊分类器的结构	232
9.5.4 竞争边缘规则	233
9.5.5 运算法则	233
9.5.6 边缘探测结果	234
9.6 总结	238
术语定义	238
参考文献	241
第 10 章 实时特征提取	243
10.1 介绍	243
10.2 背景	243
10.3 像素分类	244
10.4 窗口放置	246
10.5 特征像素代表	247
10.6 特征描述和测量	248
10.6.1 孔穴特征描述	250
10.6.2 转角特征描述	250
10.6.3 Hough 变换	252
10.6.4 基于窗口的追踪方法	253
10.7 窗口追踪和调整	254
10.8 误差分析	256
10.9 总结	257

术语定义	258
参考文献	258
第 11 章 实时图像识别	260
11.1 绪论	260
11.2 过去和当前的工作	260
11.2.1 目标探测	261
11.2.2 对象识别	261
11.2.3 事件识别	262
11.3 统计学学习基本原理	263
11.3.1 准备知识	263
11.3.2 新型探测	264
11.4 图像相似性测量	266
11.4.1 Hausdorff 距离	266
11.4.2 核函数	268
11.5 实验	269
11.5.1 系统结构	269
11.5.2 脸部识别	269
11.5.3 三维目标识别	274
11.6 结论	277
11.7 总结	278
参考文献	278
第 12 章 光学模式识别	281
12.1 概述	281
12.2 单相关信号的光学模式识别	282
12.2.1 光学模式识别系统的基本运算	282
12.2.2 单相关过滤器的设计	283
12.3 复相关器光模式识别	284
12.3.1 单相关器模式识别系统的局限	284
12.3.2 复相关器模式识别的概念	285
12.3.3 复相关过滤器的设计	287
12.4 光学复相关系统的运行	289
12.4.1 光学复相关系统	289
12.4.2 机器人视觉系统的应用	290
12.4.3 光学复相关系统的性能	292
12.5 总结	292

术语定义	293
参考文献	293
第 13 章 光机电系统的实时控制	294
13.1 导论	294
13.2 光机电控制系统的特点及分类	295
13.3 控制器设计方法	302
13.3.1 基于模型的控制与智能控制	303
13.3.2 控制器设计的方法	303
13.3.3 线性最优控制	304
13.3.4 自适应控制	305
13.3.5 模糊规则控制方法	307
13.4 光机电系统的在线控制	311
13.4.1 MEM 装置的微型组件	311
13.4.2 激光发生系统的控制	316
13.4.3 激光器材料处理:激光器开槽处理	318
13.4.4 带有光学信息反馈的电弧焊接过程控制	321
13.5 总结	323
术语定义	324
参考文献	324
第 14 章 特征提取与视觉伺服规划	326
14.1 简介	326
14.2 特征提取标准	327
14.2.1 任务约束	327
14.2.2 特征提取、姿态估计及控制约束	336
14.3 特征提取和规划	342
14.3.1 特征代表	343
14.3.2 可行特征集合选择	344
14.3.3 可行特征集合的形成	344
14.3.4 可容许特征集合的选择	344
14.3.5 最优特征集合选择	344
14.4 计算效率和实时特征提取	344
14.4.1 并行的处理方法	345
14.4.2 减少约束的方法	345
14.4.3 可容许特征集空间的方法	345
14.5 例子	346

14.6 总结	349
术语定义	350
参考文献	350
第 15 章 视觉伺服:理论及其应用	352
15.1 引言	352
15.2 背景	353
15.3 伺服结构	355
15.3.1 基于位置的视觉伺服(PBVS)	358
15.3.2 基于图像的视觉伺服(IBVS)	361
15.3.3 混合视觉伺服(HVS)	363
15.4 实例	367
15.5 应用	371
15.6 总结	373
术语定义	374
参考文献	374
第 16 章 基于光学方法的过程监控	376
16.1 引言	376
16.2 基本原理	376
16.2.1 在线监控的作用	376
16.3 在线监控的基本概念	379
16.3.1 测量方法的选择	379
16.3.2 光学测量方法中的理想传感器	381
16.3.3 控制技术	381
16.4 传感器融合	384
16.4.1 概述	384
16.4.2 数据处理技术	386
16.4.3 决策过程	387
16.5 光学系统组成概述	394
16.5.1 光盘加载装置	395
16.5.2 光学探头	396
16.5.3 旋转平台	399
16.5.4 纠错编码	399
16.5.5 聚焦/跟踪伺服系统	399
16.5.6 光学探头存取机构	402
16.5.7 信号的数字化	402