

DOI:10.11992/tis.201512014

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20160715.1409.004.html>

# 一种面向无线图像传输的视觉平台

梁义辉, 战强

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

**摘要:** 机器视觉在智能科技领域的应用越来越广泛, 但当前大多数视觉系统存在可推广性和复用性较差的问题。分析了一般视觉系统的基本组成, 设计了可进行图像无线传输和处理的硬件结构, 并基于此在嵌入式 Linux 系统下利用 OpenCV 构建了一种可扩展视觉平台, 实现了 Wi-Fi 环境下数字图像的无线传输和实时处理。使用该平台进行了数字图像的传输和对象跟踪实验, 实验表明该平台可实现对远程图像的实时传输, 并根据实际需要进行相应的图像处理。为机器视觉的广泛应用提供了技术保障和开发平台。

**关键词:** 机器视觉; 无线图传; 图像处理; OpenCV; 对象跟踪

**中图分类号:** TP391.4    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1673-4785(2016)05-0608-05

中文引用格式: 梁义辉, 战强. 一种面向无线图像传输的视觉平台[J]. 智能系统学报, 2016, 11(5): 608-612.

英文引用格式: LIANG Yihui, ZHAN Qiang. A visual platform for wireless image transmission[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2016, 11(5): 608-612.

## A visual platform for wireless image transmission

LIANG Yihui, ZHAN Qiang

(School of Mechanical Engineering &amp; Automation, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** In recent years machine vision has experienced increased use and application in the field of intelligent technology. However, most current visual systems have poor levels of promotability and reusability. This paper describes the basic components of a general visual system, and a hardware system designed for wireless transmission and use; this formed the basis for a vision platform using OpenCV in Linux. This platform can transmit images wirelessly via a Wi-Fi network in addition to real-time image processing. Experiments completed on the platform prove it can realize image transmitting and processing remotely according to the requirements, can provide technical support, and a development platform for the wide application of machine vision.

**Keywords:** machine vision; wireless image transmission; image processing; OpenCV; object tracking

随着计算机处理器速度和内存容量的持续增长, 人工智能领域的各项技术也正在快速向前推进, 机器视觉日益凸显出其重要性。在智能硬件快速发展的今天, 为可移动机器人等自动化设备配备视觉系统变得可能而且必要。视觉系统的主要任务是对图像进行采集, 然后根据需求做必要的处理, 最后将处理结果反馈给主机或决策者, 从而完成智能感知的任务<sup>[1-2]</sup>。如基于图像的避障导航、基于视觉的无人驾驶以及基于图像学的 3-D 测绘等, 都展示了机器视觉的智能性及其在现实世界中的实用性。

然而, 由于不同的设备所针对的目标不同, 导致大部分视觉系统都是针对特定目标搭建的专用系统<sup>[3]</sup>, 可移植和扩展性受限。此外, 由于在一般设备上配备视觉系统的成本极高, 且业内并没有对此形成统一标准, 使得机器视觉的应用并没有得到普及和推广。针对以上这些问题, 本文设计了一种无线视频传输和图像处理平台, 该平台可以方便地应用在需要安装视觉系统的机器人和自动化系统中, 大大简化了视觉系统的设计流程, 降低了开发成本, 为机器视觉的应用提供了有利的环境支持。

### 1 视觉平台的整体框架

一般的视觉系统主要由图像信号的采集和图像

收稿日期: 2015-12-09. 网络出版日期: 2016-07-15.

基金项目: 北京航空航天大学基本科研项目(YWF-14-JXXY-025).

通信作者: 战强. E-mail: qzhan@buaa.edu.cn.

信号的处理 2 大模块组成,可以根据应用场景对采集到的图像进行必要处理。本文所设计的无线图传视觉平台主要包括硬件系统、软件系统以及可以进行图像处理的 OpenCV 开发环境,能够完成图像信号的采集、数据的压缩与无线传输、数据信号的解压还原和图像处理等任务,其整体框架及信号的流向如图 1 所示。该平台在 Linux 环境下开发,可以实现图像的无线传输,且基于 OpenCV 的图像处理环境可以根据实际需要调用具体的处理方法,完成对远程图像的实时处理,为机器视觉的应用提供了便利的开发平台。

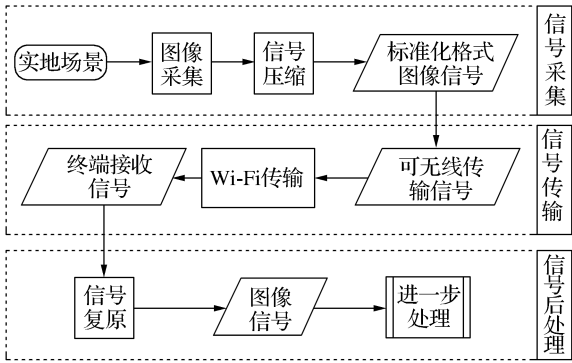


图 1 视觉系统的整体框架及信号流图

Fig.1 The framework of visual system and the signal flow

2 视觉平台的设计与实现

2.1 图像信号的采集

信号采集模块主要负责采集实时场景,并将图像信号转变为光电信号,从而将物体的可视化图像和特征转化为能被计算机处理的数字化信息<sup>[4]</sup>。图像采集模块需要满足能够及时、准确地采集清晰图像的要求,并且将图像信息以一定的数据格式输出。本文采用数字相机来实现图像信号的采集,信号采集模块配备高清 CMOS 摄像头,主要参数见表 1。该摄像头模块具有体积小、接口友好及可调焦等优点,如图 2 所示。摄像头模块将采集后的图像数据压缩为 MJPEG 格式,MJPEG(motion JPEG)是在 JPEG 基础发展起来的动态图像压缩技术,它只单独地对每一帧图像进行压缩,每一帧都分别使用 JPEG 格式编码,而基本不考虑视频流中不同帧之间的变化,得到的视频图像清晰度高且较好地保留了图像的有效信息。本文中将拍摄到的连续图像源源不断地发送到信号传输链路中,在接收端就可以获得连续的图像数据,然后根据 JPEG 格式解压复原,从而实现连续图像的传输。

表 1 数字摄像头参数	
Table 1 Digital camera parameters	
主要特性	参数
输出格式	MJPEG、YUYV
输出接口	USB
视角	90 度
分辨率(30 fps / 60 fps)	1 280×720 / 640×480
传感器类型	CMOS
尺寸	30 mm×25 mm



图 2 数字摄像头实物图

Fig.2 Digital camera

2.2 图像信号的传输

信号传输模块实现将采集到的图像信号通过无线的方式,传送到可以进行图像处理的接收端。本文选用了基于 Wi-Fi(wireless-fidelity)的无线传输方式。Wi-Fi 网络是由访问节点(access point, AP)和结构站点(station)组成的无线网络,具有传输速度快、通信距离长以及兼容性好等优点。在本文的数字图像传输中,Wi-Fi 的传输速度可以保证高清图像的实时性,同时,它作为传统的有线局域网络的延伸,可以方便地将网络中的设备连接起来。因此任何一台连接到此网络上的设备都可以访问该网络上开放的资源,其工作原理相当于一个局域网的拓扑。无线局域网的拓扑结构如图 3 所示。

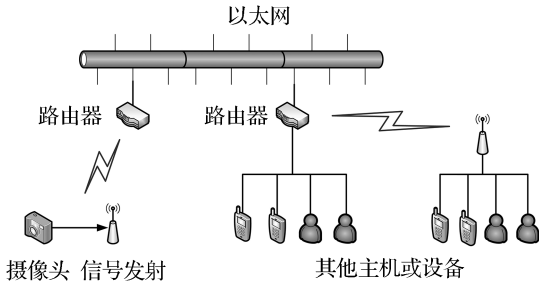


图 3 无线视频网络拓扑图

Fig.3 Wireless video network topology

图像信号的传输链路包括信号发送和信号接收 2 个部分,传输过程如图 4 所示。本文中信号发送部分使用 CHD-T5 Wi-Fi 模块,模块使用 MIPS24KE

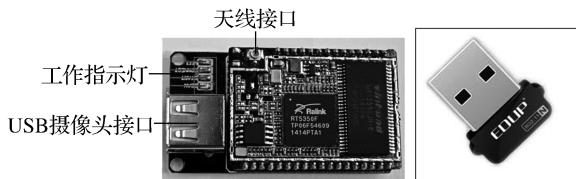
内核,主控芯片采用雷凌科技的 RT5350F,无线速率达到 150 Mbps,如图 5(a)所示。集成的发送模块支持 UVC 标准摄像头,可将 USB 接口中的数据发送到无线链路中,从而使得网络中的其他设备可以根据需要来访问图像数据。发送模块有 2 种工作模式:AP 模式和 STA 模式,既可作为热点,也可作为终端连接到路由器。使用 AP 模式时,模块相当于是一个小型路由器,其他终端接收设备可以通过授权接入到该模块。使用 STA 模式工作时,模块作为一个终端通过搜索热点信号,授权后连入已经搭建好的无线网络中。在同一个网络中的其他主机和终端设备都可以访问模块的网络数据,从而将图像信号传到其他的设备上。



图 4 Wi-Fi 链路信号流图

Fig.4 The signal flow of Wi-Fi link

信号接收部分是插接在图像处理板上的 USB 无线网卡,经过配置后可以通过无线网络连接图像发送模块,从而实现图像信号的接收。图像接收模块使用的是 EDUP 的迷你 USB 无线网卡,该模块采用 Realtek 8188cus 芯片,使用 802.11 n 标准无线传输技术,传输速率高达 150 Mbps,轻巧隐形工艺设计,模块尺寸只有 18 mm×14 mm×6 mm,如图 5(b)所示。



(a) 信号发送端 (b) 信号接收端

图 5 图像信号传输模块

Fig.5 Video signal transmission module

## 2.3 数字图像的处理

### 2.3.1 图像处理的平台环境搭建

图像信号处理模块主要包括信号处理硬件平台、嵌入式 Linux 操作系统以及 OpenCV 开发环境。系统硬件平台的选用原则是:处理器计算能力有适量冗余、系统架构升级方便、集成度高以及接口友好等。本文选用了基于 ARM 架构的卡片式电脑平台。该平台采用的是飞思卡尔(Freescale)的四核 Cortex-A9 架构的 i.MX6Quad 主控芯片,芯片为 1.2 GHz 主频,平台具备 2GB DDR3 内存和 8GB EM-

MC Flash 存储空间,视觉系统硬件平台的主要特性见表 2,其功能模块及接口如图 6 所示。

表 2 图像处理板主要特性参数

Table 2 Image processing board parameter

主要特性	参数
尺寸	100mm×72mm×20 mm
CPU	Freescale i.MX6Q(四核) Cortex-A9
功耗	<4W(5V-800mA,开机峰值)
USB OTG	1 路 USB_OTG 2.0 下载接口
LCD 接口	接口 40P 的 FPC 接口
可扩展接口	2 路 USB、15 路可中断 IO 口、1 路 I2C 总线、2 路 CAN 总线、3 路串口、1 路 SPI、1 路 SDIO、2 路 PWM

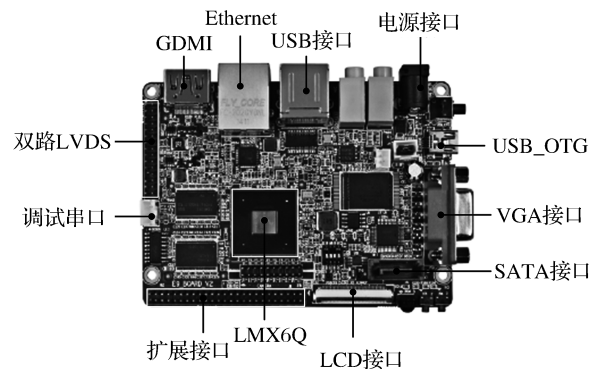


图 6 图像处理功能模块示意图

Fig.6 Image processing board module schematic

操作系统的选用原则是:稳定性高、开发方便、易操作以及方便升级等。结合本系统平台的设计要求,选择 Linux 作为本平台的操作系统。嵌入式 Linux 系统是对 Linux 发行版的系统进行适当裁剪后,可以运行在嵌入式处理器上的系统,由一个内核及一些根据需要进行定制的系统模块组成,保留了多任务、多进程的系统特征<sup>[5-7]</sup>。嵌入式系统的一般开发流程如图 7 所示。智能视觉平台选用了 Linux 发行版的 Ubuntu 系统,支持×86/×64、ARM 和 PPC 架构。

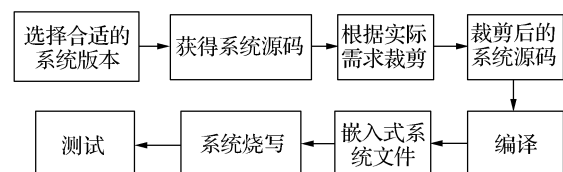


图 7 嵌入式操作系统开发流程

Fig.7 The development flow of embedded system

另外,为了在 Linux 上使用 USB 无线网卡,需要在系统上安装相应的驱动程序,从而获得图像传输链路中的图像数据。安装驱动时,进入驱动程序的.../drivers 目录下,执行 make 和 make install 命令,或者使用驱动目录下的 install.sh 批处理命令,即可将驱动程序安装到系统中。驱动安装完成后,可以使用 ifconfig 命令来查看网卡的信息,如图 8 所示。

```
linaro@linaro-ubuntu-desktop:~$ ifconfig
eth0      Link encap:以太网 硬件地址 1e:ed:19:27:1a:b3
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  跃点数:1
          接收数据包:0  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          发送数据包:0  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          碰撞:0  发送队列长度:1000
          接收字节:0 (0.0 B)  发送字节:0 (0.0 B)

lo        Link encap:本地环回
          inet 地址:127.0.0.1  掩码:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  跃点数:1
          接收数据包:129  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          发送数据包:129  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          碰撞:0  发送队列长度:0
          接收字节:12679 (12.0 KB)  发送字节:12679 (12.0 KB)

wlan1     Link encap:以太网 硬件地址 e8:4e:06:20:2e:0a
          inet 地址:10.10.1.9  广播:10.10.1.255  掩码:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  跃点数:1
          接收数据包:156  错误:0  丢弃:5  过载:0  帧数:0
          发送数据包:168  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          碰撞:0  发送队列长度:1000
```

图 8 USB 无线网卡 IP 地址查看

Fig.8 IP address of USB wireless adapter

为了在视觉平台上进行图像处理,本文在 Linux 系统下搭建了 OpenCV 开发环境。OpenCV 计算机视觉库(open source computer vision library)是一个开源的跨平台视觉库,具有轻量级而且高效的特点,实现了计算机视觉方面用于图像处理的大部分算法。OpenCV 移植至 ARM 板上的流程如图 9 所示。

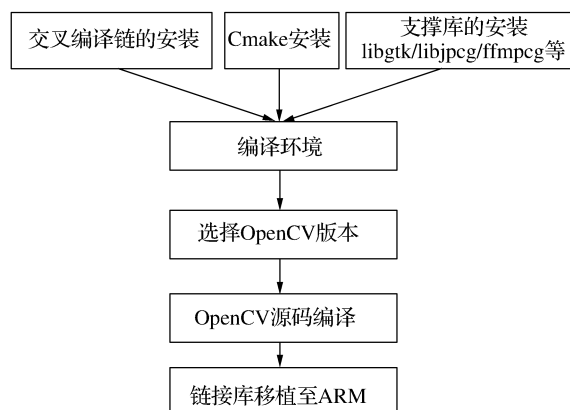


图 9 移植 OpenCV 至 ARM 流程图

Fig.9 Transplant flow of install OpenCV to ARM

本文选用的 OpenCV 版本为比较新而且稳定的版本 2.4.9,为了使 OpenCV 可以在 ARM 的平台上使用,需要对其源码进行编译,得到可以在相应平台上运行的文件,一般使用 Cmake 工具进行编译操作。使用 Cmake 工具配置编译参数,设置 C 和 C++ 编译器为之前配置好的 arm-linux 交叉编译链,然后 Cmake 会自动根据配置生成编译所需要的 Makefile<sup>[8]</sup>。编译完成之后,由于本文中用的是 arm 工具链编译的,所以生成的 OpenCV 库可以在对应的 arm 平台下使用。编译后生成的文件主要有 bin、lib 和 include 等目录,其中 lib 目录下的文件即为 OpenCV 应用程序调用的动态链接库。在图像处理板上运行

OpenCV 程序时,将编译好的库拷贝至处理板上的库目录,默认可以放在系统文件中的/usr/local/lib 目录或者/usr/lib 目录下,配置环境变量 LD\_LIBRARY\_PATH 和 LIBRARY\_PATH,令其包含库文件所在目录。在 include 目录下存放的是 OpenCV 库被调用时所需要的头文件,这里将 include 目录下拷贝至用户 include 目录,一般也放在/usr/include 或者/usr/local/include 目录下面。

### 2.3.2 图像信号的复原

图像复原的流程大致如图 10 所示,图像信号接收端从无线通信链路中获取的数据是 MJPEG 视频流,在接收端需要对图像信号进行复原与显示。根据 TCP 协议编程可从 socket 中获得数据流,网络数据流的获取主要包括设置服务器 IP 和对应端口、网络协议选择、网络连接和接收数据。接收到的数据是以 MJPEG 格式存储的图像,在接收端只需要从数据流中将各副图像分割开来,得到 JPEG 格式的图像。然后使用 OpenCV 的 imread 函数进行解压,将 JPEG 格式的图像解压成 OpenCV 内部可使用的 Mat 矩阵,再使用 imshow 函数将图像进行显示。

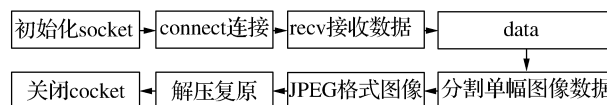


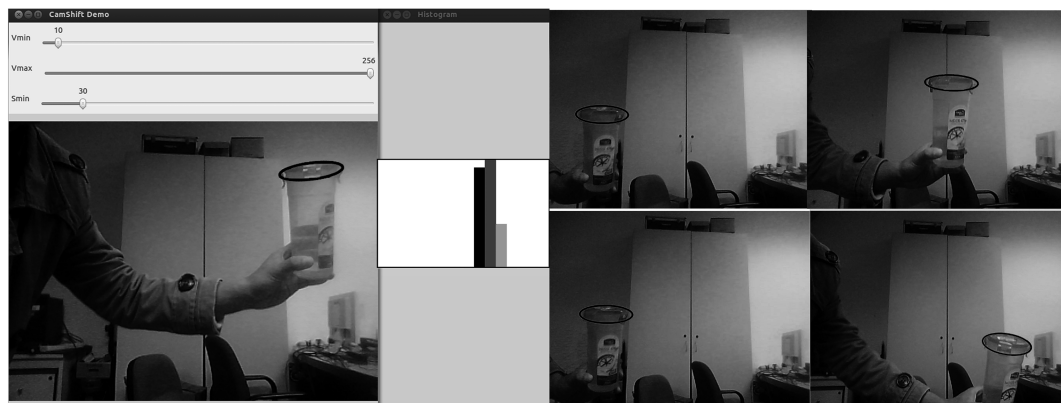
图 10 图像复原流程

Fig.10 The flow of image restoration

## 3 视觉系统平台试验

无线图传视觉系统平台搭建完成后,可以实现将远程视频通过无线的方式传送到接收端,然后在接收端可以对图像进行相应的处理。为了验证平台的性能,进行了图像接收和处理的开发试验。首先,打开视频采集设备和图像接收设备,让摄像头工作在 AP 模式。然后在接收终端设置无线网卡连接至摄像头网络,对收到的图像进行复原。

另外,对复原的图像进行图像处理实验,本文使用 OpenCV 库 demo 中的 Camshift<sup>[9-10]</sup> 例程来做对象跟踪。CamShift (continuously apative meanShift) 算法,即连续自适应 MeanShift<sup>[11]</sup> 算法,是一种运动跟踪算法,它主要通过视频图像中运动物体的颜色信息来达到跟踪的目的。其基本思想是对视频序列中的所有图像都做 MeanShift 运算,并将上一帧结果作为下一帧运算初始值。在 OpenCV 中,Camshift 算法的实现可分为 BackProjection、MeanShift 和 CamShift 3 个步骤。本文将无线链路中复原的图像作为图像处理帧的来源,根据 Camshift 算法即可实现对象跟踪。例程运行界面和跟踪结果如图 11 所示,在运行界面中定义跟踪对象,此处定义的是水杯盖,图(a)右侧即为该对象的颜色直方图,图(b)为在移动杯盖时,程序对杯盖的跟踪结果。



(a) Camshift 运行界面

(b) 杯盖对象跟踪

图 11 CamShift Demo 运行界面及跟踪试验示意图

Fig.11 Experiment of camshift demo

实验可知,根据本文介绍的方法所搭建的视觉系统可以完成视频的无线传输,视频的实时性和稳定性满足图像处理的要求。同时对象跟踪实验证明该视觉平台能够实现对远程视频的处理,并且结果十分理想。因而,可以在此视觉平台上根据需要开发出对应的视觉功能。

## 4 结束语

本文分析了一般视觉系统的基本组成,针对视觉系统的图像传输和可移植性问题设计一套视觉平台,该视觉平台可以完成对远程视频的实时处理,基于 Wi-Fi 的图像传输为视频的远程传输和组网拓扑提供了可能,基于 OpenCV 设计的图像处理环境为视觉平台的二次开发提供了便利。该视觉平台的可移植性能有着广阔的应用空间。

## 参考文献:

- [1] 桂卫华, 阳春华, 徐德刚, 等. 基于机器视觉的矿物浮选过程监控技术研究进展[J]. 自动化学报, 2013, 39(11): 1879-1888.
- [2] GUI Weihua, YANG Chunhua, XU Degang, et al. Machine-vision-based online measuring and controlling technologies for mineral flotation-a review[J]. Acta automatica sinica, 2013, 39(11): 1879-1888.
- [3] SZABO S, COOMBS D, HERMAN M, et al. A real-time computer vision platform for mobile robot applications[J]. Real-time imaging, 1996, 2(5): 315-327.
- [4] SCHINDELIN J, ARGANDA-CARRERAS I, FRISE E, et al. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis[J]. Nature methods, 2012, 9(7): 676-682.
- [5] 刘焕军, 王耀南, 段峰. 机器视觉中的图像采集技术[J]. 电脑与信息技术, 2003(1): 18-21.
- [6] LIU Huanjun, WANG Yaonan, DUAN Feng. Image capture technology in vision image[J]. Computer and information technology, 2003(1): 18-21.
- [7] 张欢庆. 基于 ARM 处理器的嵌入式 Linux 系统关键技术研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2013: 17-23.
- [8] ZHANG Huangqing. Research of critical technologies in embedded Linux system based on ARM processor[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2013: 17-23.

- [9] HU Jie, ZHANG Genbao. Research transplanting method of embedded linux kernel based on ARM platform[C]//Proceedings of the 2010 International Conference of Information Science and Management Engineering. Xi'an, China: IEEE, 2010, 2: 35-38.
- [10] 尤盈盈, 孟利民. 构建嵌入式 linux 交叉编译环境[J]. 计算机与数字工程, 2006, 34(6): 30-32, 78.
- [11] YOU Yingying, MENG Limin. Building embedded linux cross-compiling environment[J]. Computer & digital engineering, 2006, 34(6): 30-32, 78.
- [12] BRADSKI G, KAEHLER A. Learning OpenCV: computer vision with the OpenCV library[M]. USA: O'Reilly Media Inc., 2008.
- [13] 徐琨, 贺昱曜, 王卫亚. 基于 CamShift 的自适应颜色空间目标跟踪算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(3): 757-760.
- [14] XU Kun, HE Yuyao, WANG Weiya. Object tracking algorithm with adaptive color space based on CamShift[J]. Journal of computer applications, 2009, 29(3): 757-760.
- [15] ALLEN J G, XU R Y D, JIN J S. Object tracking using camshift algorithm and multiple quantized feature spaces[C]//Proceedings of the Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing. Darlinghurst, Australia: Australian Computer Society, Inc, 2004: 3-7.
- [16] CHENG Yizong. Mean shift, mode seeking, and clustering[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 1995, 17(8): 790-799.

## 作者简介:



梁义辉,男,1990年生,硕士研究生,主要研究方向为机器视觉和机器人运动控制。



战强,男,1972年生,教授,博士生导师,IEEE 会员,机械工程师学会(CMES)高级会员,深圳自动化学会专家,海淀区科委项目评审专家。主要研究方向是仿生灵巧手、球形机器人、特种机器人和机器视觉。获得国家发明专利 8 项、软件著作权 1 项、新型专利 5 项。发表学术论文 60 余篇,其中被 SCI 检索 10 余篇,被 EI/ISTP 检索 30 余篇,参与编写著作 2 部。