

文章编号: 1001 - 893X(2012)08 - 1317 - 03

基于 PCI/PCIX 总线实现宽带数据高速传输*

张 峰, 李燕斌

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘要:介绍了传统宽带数传的实现方式, 分析了用 FPGA 实现 PCI/PCIX 总线的优点, 实现了基于 PCI/PCIX 总线 IP 核的宽带高速数传, IP 核在 66 M/64 bit 工作方式, 以突发传输模式下, 速度达到了 420 Mbyte/s, 满足了宽带数据高速传输的要求。

关键词:图像信息传输; 宽带数据链; PCI/PCIX 总线; IP 核; 突发模式

中图分类号: TN911.73 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-893x.2012.08.019

A High-speed Transmission Method for Wideband Data Based on PCI/PCIX

ZHANG Feng, LI Yan-bin

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: The implementation of traditional wideband data transmission is introduced. An analysis is made of PCI/PCIX IP core implemented by FPGA, which indicates the advantage of the IP core method. If working in 66 M/64 bit mode, the PCI/PCIX IP core achieves a speed of 420 Mbyte/s and suffices the transmission request for wideband data link.

Key words: image transmission; wideband data link; PCI/PCIX bus; IP core; burst mode

1 引言

宽带数传通常用于空地或空空的实时预警监视图像信息传输, 目前的 ISR 图像正朝着高帧频、高分辨率方向发展, 这种海量数据是否能够高速传输, 逐渐成为限制宽带数传终端发展的瓶颈。传统数传终端采用 PCI 专用芯片 (PCI9054、PCI9656 等) 实现 PCI 协议^[1-3], 这种实现方式存在传输速度低、配置灵活性差等缺点。针对这些缺点, 本文通过 VHDL 语言在 FPGA 内实现 PCI/PCIX 总线协议, 实现了宽带数据高速传输。PCI/PCIX 总线采用 66 M/64 bit 模式, 突发长度为 512 byte, 利用率可达 80%, 即 420 Mbyte/s, 实验表明, 此通信方式稳定可靠, 且易于扩展, 是宽带高速数传终端的一种理想选择。

2 PCI/PCIX 协议简析

PCI 总线标准于 1993 年首次提出, 版本几经更新, 带宽由 33 M/32 bit 发展到 66 M/64 bit 后, 升至 PCIX 标准的 133 M/64 bit 模式。PCI/PCIX 总线可同时支持多个功能模块, 并不受限于处理器结构, 可作为处理器和高速外围功能模块的桥梁。

PCI/PCIX 总线可采用 5 V 或 3.3 V 两种供电环境, 但不能混合使用。其信号线为 CMOS 电平, 静态电流小, 可考虑在 FPGA 内直接实现 PCI/PCIX 的 IP 核, 相对于采用 PCI9054 等芯片方式, 采用 IP 核的方式能够减少 PCB 布板面积, 降低工程成本, 简化数据流向, 且具有易于升级、扩展等功能。

* 收稿日期: 2012 - 03 - 31; 修回日期: 2012 - 05 - 18

3 基于 FPGA 实现 PCI/PCIX 总线 IP 核

宽带数传终端模块硬件结构框图如图 1 所示。模块可认为由采集子单元和主控子单元构成。采集子单元主要由 FPGA 及其相连的外围芯片组成, CCD 相机数据通过 Cameralink 接口进入到 FPGA, 由 FPGA 完成对相机数据的采集, 并通过 SDRAM 乒乓缓存, 缓存后的数据通过 PCI/PCI 总线与主控子单元相连。主控子单元主要由 PowerPC 及其相连的外围芯片组成, 内存由 512 Mbyte 的 DDR 存储器组成, 外置 Flash 芯片用于存储操作系统信息, 通过网络物理层芯片实现了网络通信功能, 用于与上位机进行数据交互, 主控单元作为 PCI/PCIX 总线的主设备, 通过点对点通信, 与作为从设备的 FPGA 相连。

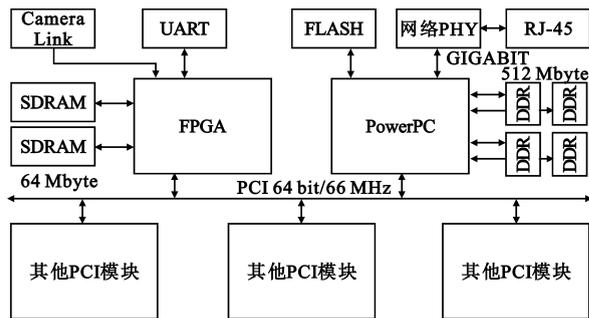


图 1 基于 PCI/PCI 总线的宽带数传框图

Fig.1 The wideband data transport structure based on PCI/PCIX

宽带数传终端模块软件主要涉及在 FPGA 内实现 PCI/PCIX 协议, 利用中断和主控单元实现基于 PCI/PCIX 的数据交互。PowerPC 加载操作系统及 PCI 设备驱动, 实现 PCI/PCIX 数据交互。其关键技术和实现难点在于如何在 FPGA 内通过 VHDL 语言实现 PCI/PCIX 协议及在 PowerPC440 下 Linux 操作系统的移植。

根据 PCI/PCIX 协议, 在 FPGA 内实现此 IP 核, 可考虑将 PCI/PCIX IP 核划分为 6 个单元, 即 PCI I/O 接口单元、极性产生/判别单元、发送单元、接收单元、配置空间单元和用户应用接口, 如图 2 所示。

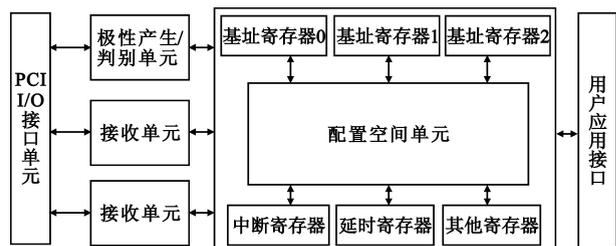


图 2 PCI/PCIX 结构框图

Fig.2 PCI/PCIX IP core structure

PCI I/O 接口模块用于 PCI/PCIX IP 核的对外接口信号, 通常通过“金手指”与 PCI 插槽相连。

极性产生/判别模块对地址数据 AD 信号, 字节使能 CBE 信号 R 进行奇偶校验, 并通过 PERR 信号和 SERR 信号上报结果。

发送模块根据用户应用需要产生发送数据状态机, 发送 PCI/PCIX 数据, 支持的数据读写方式有 PIO 32 位、PIO 64 位以及突发 32 位、突发 64 位。

接收模块根据用户应用需要产生接收数据状态机, 接收 PCI/PCIX 数据。

配置空间模块用于配置 PCI/PCIX 配置空间中的 3 个基址寄存器、命令/状态寄存器、中断线以及 Device ID 和 Vendor ID 等。

用户应用接口是 PCI/PCIX 总线 IP 核最重要的逻辑接口, 它控制发送状态机发送数据, 并对接收到的数据进行判断, 同时对中断进行控制和处理等。

实际工程中, 将配置空间中的 Device ID 和 Vendor ID 分别设置为 0x1000、0x10ee, 以在 PowerPC440 加载操作系统时加以探测并区分。将基址寄存器 0 配置为 I/O 空间, 256 byte 大小, 并使能 BAR0。BAR2 配置为 Memory 空间, 64 Mbyte, 64 bit 宽。基址寄存器 2 映射为 64 Mbyte 空间, 是根据 FPGA 外接的 64 Mbyte 的 SDRAM 的寻址范围确定的, 如图 1 所示。

在用户应用接口, 配置 PCI/PCIX IP 核为 64 bit 突发写模式, FPGA 发起数据传输, 将数据写入到 PCI 的基址寄存器 BAR2, 写完 64 Mbyte 数据, 产生中断信号, 通知处理器 PowerPC440 进行数据处理。中断信号由 FPGA 产生, 通过 INTA 信号接口, 连接到 PowerPC440 的中断控制器上。

4 PowerPC440 加载 PCI/PCIX 驱动

本文选择在 PowerPC440 处理器上运行 Linux 操作系统^[4]。

嵌入式 Linux 操作系统的移植分为四步: 第一步, 做嵌入式处理器的引导程序 boot-loader, 这一部分相当于 PC 机的 BIOS, 即需要嵌入式处理器完成一个上电自启动; 第二步, 裁减 Linux 内核, 需要嵌入式处理器自启动后加载定制的 Linux 内核, 将 PCI 编译成内核的一个模块; 第三步, 建立文件系统, Linux 通过文件系统对文件及设备进行管理, 需要文件系统对 PCI 进行管理、控制; 第四步, 编写应用层程序, 通过应用层程序, 发起 PCI 操作, 完成数据传输。

由于 FPGA 本身不是标准的 PCI 接口,在 Linux 操作系统中并不存在相应的驱动,因此需要单独开发基于 FPGA 实现的 PCI/PCIX IP 核驱动^[4]。首先在内核中注册一个 PCI 设备,将 FPGA 作为一个块设备注册(在 Linux 下,块设备比字符设备具有更大的数据吞吐速率);在 Linux 内核中调用 pci_enable_device() 函数探测并激活 FPGA。当 PowerPC440 处理器探测到 Device ID 和 VendorID 分别为 0x1000、0x10ee 时,即为发现 PCI 设备 FPGA,发起数据传输操作。

数据传输采用 DMA 方式,与配置的 PCI/PCIX 突发模式对应。

5 测试结果

将 PCI/PCIX 驱动程序采用 insmod 命令编译进 Linux 内核,加载网络文件系统后,在应用层发起 PCI/PCIX 传输操作,将 SDRAM 中的 64 Mbyte 数据由 FPGA 经 PCI/PCIX 写入到 PowerPC440 的内存,通过示波器测 PCI/PCIX 的 FRAME 信号,FRAME 为帧周期信号,表示一次访问的开始和持续时间。

实验条件如下:CPU 为 Pentium (R) Dual - Core E5200@2.5GHz;内存 2 Gbyte;操作系统为 Windows XP Professional Service Pack 3;ISE 版本:10.1.03;Linux 内核版本:2.6.26.1;示波器:Agilent Oscilloscope DSO5034A。实验结果如表 1 所示。

表 1 PCI/PCIX IP 核传输速率

Table 1 The transmission speed for PCI/PCIX

实验次数	数据量大小/Mbyte	耗时/ms	速率/(Mbyte/s)
1	64	151	423.8
2	64	150	426.6
3	64	150	426.6

实验表明,基于 FPGA 实现的 PCI/PCIX IP 核在 66 M/64 bit,以突发长度为 512 byte 的条件下,传输速度可稳定在 420 Mbyte/s 以上,总线利用率在 80% 左右,性能超过目前常用的 RapidIO (3.125 Gbit/s) 总线以及 PCIe (2.5 Gbit/s) 总线,考虑到 PCI/PCIX 总线在嵌入式系统设计中的通用性及实现难度,这种传输方式将会得到广泛应用,且已在某宽带项目中得到验证。

6 结束语

传统宽带数传通过采用 PCI9054、PCI9656 等外

围芯片实现 PCI 总线协议,这种方式增加了 PCB 板的面积与功耗,及系统复杂性,而采用 FPGA 通过 VHDL 硬件语言实现 PCI/PCIX 协议,将 PCI/PCIX 作成通用的 IP 核,增加了程序的通用性或移植性,为宽带数据处理终端提供了一种灵活的数据传输方式,是利用 FPGA 实现高速数传的一种有效尝试。目前,PCI/PCIX 总线是 66 M/64 bit 传输方式,下一步考虑升级为 133 M/64 bit 传输方式,以增加系统带宽,实现更高速度的宽带数传。

参考文献:

- [1] 杨茂,戴紫彬. 基于 PCI9656 设备驱动程序的 linux 2.6 内核研究[J]. 微计算机信息, 2006, 22(1): 126 - 128.
YANG Mao, DAI Zi-bin. Research of linux 2.6 kernel based on devic driver of PCI9656[J]. Information of Micor - Computer, 2006, 22(1): 126 - 128. (in Chinese)
- [2] 曹琦,毕笃彦,王洪迅. 基于 PCI 总线的高速 CCD 图像存储系统设计[J]. 微计算机信息, 2007, 23(19): 169 - 171.
CAO Qi, BI Du-yan, WANG Hong-xun. High-speed CCD image storage system designing based on PCI bus[J]. Information of Micor - Computer, 2007, 23(19): 169 - 171. (in Chinese)
- [3] 周磊,胡学龙. 基于 linux 平台的 PCI 数据接口卡驱动设计[J]. 国外电子测量技术, 2006, 25(12): 16 - 19.
ZHOU Lei, HU Xue-long. Design of PCI data interface card driver based on linux [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2006, 25(12): 16 - 19. (in Chinese)
- [4] Corbet J, Rubini A, Kroah - Hartman G. LINUX 设备驱动程序[M]. 魏永明,耿岳,钟书毅,译. 北京:中国电力出版社, 2007.
Corbet J, Rubini A, Kroah - Hartman G. linux device driver[M]. Translated by WEI Yong-ming, GENG Yue, ZHONG Shu-yi. Beijing: China Electric Power Press, 2007. (in Chinese)

作者简介:

张峰(1982—),男,山东东营人,2011 年于中科院获博士学位,现为工程师,主要研究方向为高速信号处理和图像处理;

ZHANG Feng was born in Dongying, Shandong Province, in 1982. He received the Ph. D. degree from the Chinese Academy of Science in 2011. He is now an engineer. His research interests include signal processing and image processing.

Email: zhangfeng1186@163.com

李燕斌(1970—),男,四川南部人,高级工程师,主要研究方向为通信信号与信息处理技术、软件无线电技术。

LI Yan-bin was born in Nanbu, Sichuan Province, in 1970. He is now a senior engineer. His research interests include communication signal and information processing technology, software defined radio.

文章编号: 1001 - 893X(2012)08 - 1320 - 04

一种核主元分析的人脸识别方法及其 DSP 实现*

刘 嵩, 谭建军

(湖北民族学院 信息工程学院, 湖北 恩施 445000)

摘要:针对核主元分析在人脸识别中的时间开销过大的不足,提出了一种核主元分析的 DSP 实现方法。介绍了核主元分析算法原理,给出了 DSP 平台的硬件框架和程序优化方案。在 DSP 硬件平台上的测试结果表明:系统运行稳定,与通用计算机平台相比,明显提高了识别速度,同时保证了人脸识别率,具有一定的实用价值。

关键词:人脸识别;特征提取;核主元分析;优化程序;数字信号处理

中图分类号: TN911.73; TP391.41 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2012.08.020

A Face Recognition Method Based on KPCA and its DSP Implementation

LIU Song, TAN Jian-jun

(College of Information Engineering, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China)

Abstract: In order to reduce recognition time of kernel principle component analysis(KPCA) algorithm, the realization scheme of KPCA based on DSP is presented in this paper. The KPCA algorithm is introduced, hardware platform frame based on DSP and program optimization scheme are given. The experimental results in DSP platform show that the system is of good stability, high recognition rate and high speed, practical value, and it shows obvious advantage over that of universal computer.

Key words: face recognition; feature extract; kernel principle component analysis; optimization program; DSP

1 引言

人脸识别是计算机视觉中的一个热点,其较为关键的技术就是特征提取。主元分析法(Principle Component Analysis, PCA)是经典的特征提取方法,它提取的特征是代数特征,满足投影方差最大的原则,且是相互正交的^[1]。但 PCA 方法没有利用样本数据的高阶信息,而高阶信息更有利于人脸分类。基于核的非线性变换因其在支持向量机(SVM)中出色应用而引起众多研究人员关注,为了利用样本的高阶信息,研究人员将核函数的思想引入到人脸识别中。Scholkopf 提出了核主元分析(Kernel Principle

Component Analysis, KPCA)的方法来提取特征,并应用于人脸识别^[2]。KPCA 基本思想是:首先通过非线性映射将原始样本数据从低维空间变换到多维特征空间,然后在这个新的空间中使用 PCA 方法。为避免“维数灾难”问题,引用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)中的核函数,即用满足 Mercer 条件的核函数来计算特征空间中向量的内积^[3-5],避免了显式的求解映射函数。实验结果表明, KPCA 不仅能够抽取非线性特征,而且有着比主成分分析更好的识别效果。

然而,基于 KPCA 的人脸识别方法需要多次计算内积来求解核矩阵,其耗时占总识别时间的 80% 以上,特别是在样本维数较高的时候更为明显。另

* 收稿日期:2012-03-27;修回日期:2012-05-15

外考虑到在工程实践中对成本、体积、后期升级等方面的要求,传统的基于 PC 机的人脸识别算法在实际应用中受到很大限制。随着数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)技术的快速发展,其运算能力显著提高,能实时处理海量数据,同时拥有较高的性价比^[6]。鉴于此,本文提出了一种利用 DSP 实现核主元分析的方法,实验结果证明了该方法的有效性。

2 KPCA 算法

假设空间映射为 $\Phi, x_1, x_2, \dots, x_M$ 为训练样本,则映射可以定义如下:

$$x \mapsto \Phi(x) \tag{1}$$

假设特征空间数据满足中心化的条件,即

$$\sum_{\mu=1}^M \Phi(x_{\mu}) = 0 \tag{2}$$

则特征空间中的协方差矩阵为

$$Q = \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \Phi(x_{\mu}) \Phi(x_{\mu})^T \tag{3}$$

现求 Q 的特征值 $\lambda \geq 0$ 和特征向量 ν 满足下式:

$$Q\nu = \lambda\nu \tag{4}$$

即有

$$(\Phi(x_{\nu}) \cdot Q\nu) = \lambda(\Phi(x_{\nu}) \cdot \nu) \tag{5}$$

考虑到所有的特征向量可表示为 $\Phi(x_1), \Phi(x_2), \dots, \Phi(x_M)$ 的线性张成,即

$$\nu = \sum_{i=1}^M \alpha_i \Phi(x_i) \tag{6}$$

则有

$$\frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \alpha_{\mu} \left(\sum_{w=1}^M (\Phi(x_{\nu}) \cdot \Phi(x_w) \Phi(x_w) \Phi(x_{\mu})) \right) = \lambda \sum_{\mu=1}^M (\Phi(x_{\nu}) \cdot \Phi(x_{\mu})) \tag{7}$$

定义 $M \times M$ 维矩阵 K :

$$K_{\mu\nu} = (\Phi(x_{\mu}) \cdot \Phi(x_{\nu})) \tag{8}$$

则式(7)可以简化为

$$M\lambda K\alpha = K^2\alpha \tag{9}$$

显然满足

$$M\lambda\alpha = K\alpha \tag{10}$$

求解式(10)就可以得到特征值和特征向量,对于测试样本在特征向量空间 V^k 的投影为

$$(\nu^k \cdot \Phi(x)) = \sum_{i=1}^M (\alpha_i)^k (\Phi(x_i), \Phi(x)) \tag{11}$$

将内积用核函数替换则有

$$(\nu^k \cdot \Phi(x)) = \sum_{i=1}^M (\alpha_i)^k K(x_i, x) \tag{12}$$

当式(2)不成立时,需进行调整:

$$\Phi(x_{\mu}) \rightarrow \Phi(x_{\mu}) - \frac{1}{M} \sum_{v=1}^M \Phi(x_v) \tag{13}$$

则核矩阵可修正为

$$K_{\mu\nu} \rightarrow K_{\mu\nu} - \frac{1}{M} \left(\sum_{w=1}^M K_{\mu w} + \sum_{v=1}^M K_{w\nu} \right) + \frac{1}{M^2} \sum_{w, \tau=1}^M K_{w\tau} \tag{14}$$

常见的核函数有线性核函数、 d 阶多项式核函数和高斯径向基函数核函数 3 种,分别为

$$K(x, x_i) = x \cdot x_i \tag{15}$$

$$K(x, x_i) = [(x \cdot x_i) + 1]^d \tag{16}$$

$$K(x, x_i) = \exp\left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{\sigma^2}\right) \tag{17}$$

3 算法的实现与优化

3.1 DSP 硬件平台

TI 公司的 TMS320C6000 系列 DSP 具有较强的数据处理能力,特别适合做图像处理。考虑到后期的升级和总的开发成本,本系统选择 TMS320C6201 芯片作为核心处理器搭建硬件平台。TMS320C6201 是一种高性能的定点数字信号处理器^[7]。

系统实现的硬件平台总体框图如图 1 所示,系统以 DSP 为核心,包括 DSP 处理模块、电源模块、LED 显示模块、存储模块和扩展接口等部分,其中电源模块为系统提供电能供应,显示模块显示识别结果,存储模块包括 SDRAM 模块和 FLASH 模块,分别用来运行程序和固化程序,接口模块是为了后期系统升级预留的接口。

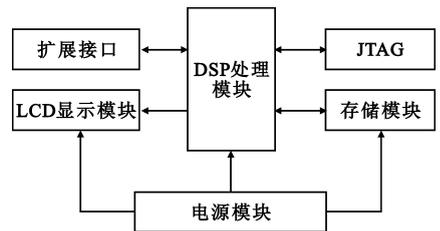


图 1 系统总体框图

Fig.1 Diagram of system hardware

3.2 算法实现

移植到 TMS320C6201 平台上的人脸识别算法实现流程如图 2 所示。系统上电后,首先进行初始化,然后按预先设定的程序读取训练图像,在预处理阶段运行几何归一化和灰度归一化程序。几何归一化

是指将图像中人脸变换到同一位置和同样大小,得到大小、位置相当的图像。灰度归一化将图像的灰度值和方差归一化到一个特定的区间,从而将减少光照变化对人脸识别率的影响。训练图像和测试图像经过预处理后再通过核主元分析方法提取人脸图像的高维非线性特征,最后经过分类器进行分类识别并显示识别结果。

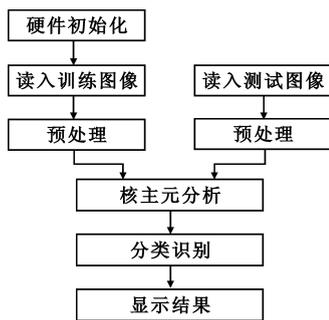


图2 算法流程图

Fig.2 Algorithm flow chart

3.3 算法优化

优化是指通过提高硬件资源的并行利用程度,提高代码运行速度,减少运行时间^[8]。DSP的算法优化一般经过3个阶段,流程如图3所示。

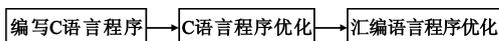


图3 算法优化流程图

Fig.3 Algorithm optimization flow chart

第一阶段是直接使用C语言实现算法功能。TI公司提供了片上支持库(Chip Support Library, CSL)来简化程序开发。CSL是一个C语言程序库,给出了配置和控制片上外设的C语言接口。虽然也可以用写汇编程序的方法来操作片上外设,但使用片上支持库可以带来以下好处:使外设的使用变得容易、缩短开发时间、提供了所有外设寄存器和寄存器字段的字符表示、方便将代码移植到其他DSP。

第二阶段是C语言程序的优化。对于耗时较长的程序段,采取从软件入手,兼顾硬件的优化原则,重新组织程序结构。

第三阶段是汇编语言优化。找出不能满足效率要求的代码段,用线性汇编语言改写,利用汇编优化器进行优化。

在本实验中主要采取了如下优化手段。

(1)存储器优化

DSP内部存储空间不大,在优化过程中需要合理配置片内存储器,避免反复的搬移数据增大程序运行时间。因为图像数据都比较大,可以存储在外存储器,而求得的特征矢量因为要反复使用,可以存储在内部存储器,同时开辟一部分片内程序作为cache,提高程序访问数据的速度。

(2)编译器优化

编译器选项用来控制编译器的行为,选择不同的编译器选项,通过设置参数来优化编译过程,可以提高编译后汇编代码的效率。

(3)EDMA技术

高效的数据处理能力也需要高效的数据供给,DMA数据搬移技术可在没有CPU参与的情况下进入后台操作,达到高效搬移的功能。

(4)软件流水

在人脸识别中有大量的循环运算,软件流水是用来安排循环指令,使这个循环的多次迭代并行执行的一种技术,是提高代码性能的最关键优化方式。可以采用人工的干预,使编译器生成效率更高的软件流水,这些干预包括消除冗余循环、向编译器传递循环次数信息、循环展开等。

(5)线性汇编

在识别程序中,内积运算的C语言程序效率较低,使用线性汇编重新改写,可以大大提高计算速度。

(6)定点运算

由于TMS320C6201是定点系列的DSP,使用浮点数运算势必会加大DSP的运行时间,不利于DSP算法的运行效率,所以在程序中将运算转为定点运算,可以节约运算时间。

4 实验测试

实验使用的人脸图像集来自ORL人脸数据库。该数据库的人脸图像分别是在不同时期、不同光照、不同头部角度和不同表情条件下摄制而得,由40个人每人10幅共400幅构成,是目前使用最广泛的标准图像。在实验中随机抽取数据库中的部分图像作为训练样本,在余下部分中选择相同数目的图像作为测试样本,训练样本数目与测试样本数目相等,而且统一选择高斯径向基函数作为核函数,核函数的参数取值为10,选择的分类器是最小距离分类器。每一个实验都重复30次,对实验结果取平均值。

实验中首先对比了 KPCA 算法在 PC 机运行和本硬件平台运行的人脸识别率和识别时间,并且也对比了程序优化对算法的改善。样本数目和测试数目都为 200,实验结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,在两种平台之上运行 KPCA 算法,其识别率没有变化,均为 93%,但是 DSP 平台在识别时间方面大为减小,PC 平台平均消耗时间为 7.8 s,而 DSP 平台的平均消耗时间在优化前是 5.0 s,而优化后仅仅需要 1.6 s,识别速度提高了 68%,效率显著提高。

表 1 不同平台的识别率和识别时间对比
Table 1 Recognition rate and time comparison between different hardware platforms

平台	识别率/(%)	运行时间/s
PC 平台	93	7.8
DSP 平台(优化前)	93	5.0
DSP 平台(优化后)	93	1.6

本文也比较了在 DSP 平台上不同的样本数目对算法移植的影响。表 2 对比了样本数目分别为 100 和 200 时算法的优化效果。从表 2 可以看出,样本数目越大,优化效果越明显,主要原因在于 DSP 在处理大量数据的时候优势更为明显。

表 2 DSP 平台不同样本数目的识别时间对比
Table 2 Recognition rate comparison between different sample numbers

样本数目	优化前识别时间/s	优化后识别时间/s
100	3.6	2.1
200	5.0	1.6

5 结束语

本文将基于核主元分析的人脸识别算法移植到 TI 公司的 TMS320C6201 DSP 平台,并进行了相关优化。经过优化后的移植算法在保证识别率的前提下,节约了大量的识别时间,效率优势明显,而且硬件系统运行稳定,可扩展性强,有一定的参考价值。如何在 DSP 平台上进一步提高人脸识别率和运行效率是下一步研究工作的重点。

参考文献:

[1] 俞宁.一种用于人脸识别的新 PCA 算法[J].电讯技术,2009,49(12):65-69.

- YU Ning, A Novel PCA Algorithm For Face Recognition[J]. Telecommunication Engineering, 2009, 49 (12): 65 - 69. (in Chinese)
- [2] Scholkopf B, Smola A. Nonlinear Component Analysis as a Kernel Eigenvalue Problem[J]. Neural Computer, 1998, 10 (2): 1299 - 1319.
- [3] Gu Y F, Liu Y, Zhang Y. A Selective KPCA Algorithm based on High - order Statistics for Anomaly Detection in Hyperspectral Imagery [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2008, 5(1): 43 - 47.
- [4] LIU Chang - ping. Gabor based kernel PCA with fractional power polynomial models for face recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(5): 572 - 581.
- [5] 杜卓明,屠宏,耿国华. KPCA 方法过程研究与应用[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(7): 8 - 10.
DU Zhuo - ming, TU Hong, GENG Guo - hua. KPCA Method Research and Application Process[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(7): 8 - 10. (in Chinese)
- [6] 舒红霞,王继红. 分布式 DSP 实时操作系统的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(7): 1407 - 1410.
SHU Hong - xia, WANG Ji - hong. Design and Implementation of a Distributed DSP Real Time Operating System[J]. Mini - Micro Systems, 2010, 31(7): 1407 - 1410. (in Chinese)
- [7] Eyre J, Bier J. The Evolution of DSP Processors From Early Architectures to The Latest Developments [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2000, 17(2): 43 - 51.
- [8] 邹垚,张超. 基于 DSP 的人脸识别算法实现与优化[J]. 计算机应用, 2010, 30(3): 854 - 856.
ZOU Yao, ZHANG Chao. Implementation and Optimization of Face Recognition Algorithm based on DSP[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(3): 854 - 856. (in Chinese)

作者简介:

刘嵩(1979—),男,湖北孝感人,2009年于中南民族大学获硕士学位,现为讲师、博士研究生,主要研究方向为信号处理、模式识别;

LIU Song was born in Xiaogan, Hubei Province, in 1979. He received the M. S. degree from South-Central University for Nationalities in 2009. He is now a lecturer and currently working toward the Ph. D. degree. His research concerns signal processing and pattern recognition.

Email: dalius@163.com

谭建军(1960—),男,湖北恩施人,教授,主要研究方向为信号处理。

TAN Jian-jun was born in Enshi, Hubei Province, in 1960. He is now a professor. His research direction is signal processing.