

文章编号:1671-6833(2010)03-0054-03

# 基于图像处理和 DSP 的交通灯实时智能控制系统研究

张爱梅, 孔文杰

(郑州大学 机械工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 针对道路交叉口各通行方向出现车辆分布不均的场合, 例如在城市郊区或主干道和非主干道的交叉口, 提出一种以 DSP 嵌入式系统为硬件平台的交通信号灯智能化控制系统设计方案。该系统用 CCD 摄像机采集反映道路交通现场情况的视频图像, 然后对获取的视频图像进行一系列的处理, 并用背景减法来快速获得道路交叉口各相位的车辆信息, 然后根据各相对相位车辆多少的不同来实时地控制相应红绿灯的时间和变化, 以实现交通管制信号灯的自适应控制。试验证明该系统具有实时性好, 扩充灵活等特点。

**关键词:** DSP 嵌入式系统; 图像处理; 交通信号灯; 实时智能控制

**中图分类号:** TP273.24 **文献标识码:** A

## 0 引言

在车流较为集中的城市道路交叉路口, 我们常看到这样的情形: 在南北方向的车道上停留了非常多的车辆, 在东西方向的车道上只有少数的车辆甚至是没有, 而这时绿灯时间却一直保持在这个东西方向的相位上。显然, 这样是不合理的, 造成了交通延误和对时间的浪费。造成这种现象的原因是现在交叉路口红绿灯的时间, 绝大部分是通过一个固定的时间参数机械地控制的, 如每 60 s 或 30 s 变换一次红绿灯状态, 这显然是有待改进的。

现有的一种根据现场情况控制红绿灯状态的方法是依据车流量<sup>[1]</sup>的变化来调整红绿灯状态, 车流量是通过统计一段时间内道路上通过的车辆数目的方法得到的。这种方法反映的是一个时间段内通过的车辆情况, 数据中包括已经通过的车辆, 它不能实时地反映现场在某一时刻的情况。这显然无法满足复杂多变的现场的需要, 因为现场的变化是非常快的。而且当一个方向的车辆拥堵、另一个方向畅通时, 通过测试区的相对车流量计算误差就会大大增加。

基于此, 笔者提出了一种基于图像处理技术和 DSP 的实时地根据现场情况自动地调整红绿灯状态的控制系统。

## 1 系统设计指导思想

由于本系统设计的目的就是要实时地根据现场状况控制交通信号灯, 以使交通信号灯因地制宜, 更好地控制、疏导交通, 达到智能化。因此设计本系统首先要满足实时性。

本交通灯实时智能控制系统涉及到硬件系统和软件系统, 按照系统实时性的要求, 硬件系统不仅要具有很强的数据处理能力, 而且处理速度要快; 软件系统要求算法尽可能的简单实用, 执行快速。

## 2 硬件系统设计

该系统的硬件主要由图像采集模块、图像处理模块、控制模块三部分组成。图像采集模块的主要部分是 CCD 摄像机, 完成对现场图像的采集。图像处理模块完成对拍摄的图像的处理, 硬件基础是 DSP 芯片及一些外接存储器。控制模块负责: 图像处理模块得到的参数传递到 PLC 控制器后, PLC 通过这个参数控制红绿灯的状态。其中图像处理模块是最重要的, DSP 芯片和外接存储器的选择是硬件系统的核心。

根据本系统的设计指导思想及通过查阅大量的资料和实验, 本系统选择 Tms320dm642 作为硬件系统的基础, 它是 TI 公司开发的众多 DSP 系列

收稿日期: 2009-12-25; 修订日期: 2010-03-03

作者简介: 张爱梅(1964-), 女, 河南南阳人, 郑州大学副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为图形图像处理, E-mail: zhangaimei@zzu.edu.cn.

产品之一. 相关的其他硬件以能够和其相匹配以及反映灵敏和快速为准则<sup>[2]</sup>.

Tms320dm642 是 Tms320c6000 系列 DSP, 具有快速的数据处理能力和强大的接口能力, 而且易于编程. 它是为图像及音频处理等功能而设计的专用 DSP, 本系统选用它作为系统处理核心, 其主要结构如图 1 示.



图 1 DM642 主结构图

Fig. 1 DM642 main structure

其中有 3 个视频输入输出端口 VPORT0 - 2, 1 个以太网口 EMAC 及丰富的外围接口 EMIF 等, 以便于系统功能的扩展.

在系统的硬件部分选定后, 系统的工作流程可确定为如图 2 所示.

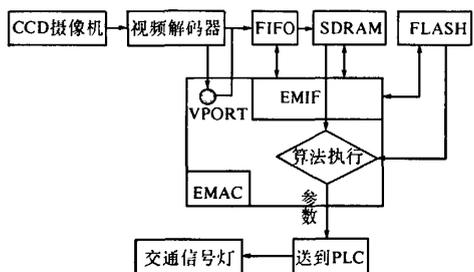


图 2 系统的工作流程

Fig. 2 Working flow chart of the system

当系统工作时, 由 CCD 摄像机拍摄的图像经过视频解码器完成 A/D 转换后通过视频输入端口 VPORT0 或 VPORT1 被送到 FIFO 缓冲器, 然后到数据存储器 SDRAM, 最后到 DM642 处理单元经过算法执行得到所需结果, 这个结果是一个数字参数. PIC 控制器通过这个参数控制红绿灯的状态. 另外对交通灯的控制还要可手动控制以应对突发事件, 这要通过控制中心来完成. 各单元工作时序的控制是通过 CPLD 时序控制电路完成的, 数据间的传输由 DSP 的增强型直接内存访问控制器 EDMA 完成. 程序存储器 FLASH, 数据存储器 SDRAM 及 FIFO 缓冲通过 EMIF 接口与芯片相连, 构成了典型的 DSP 嵌入式系统. 这些配置都是基于快速处理的目的而选用的.

### 3 软件系统设计

软件系统设计涉及到软件开发环境的配置、

程序设计语言的选择和软件的算法的设计. 软件的算法是软件系统的核心, 算法的优劣直接关系到系统的实时性效果问题.

#### 3.1 软件开发环境

TI 公司针对不同型号的 DSP 提供了一套集成的开发环境 CCS<sup>[3]</sup> (Code Composer Studio), 借助于 CCS 可以大大地缩短 DSP 软件开发周期, 提高开发效率.

CCS 是一个开放式的、具有强大集成能力的开发环境, 它集文件管理、代码编辑、代码生成代码调试、代码实时调试和测试等功能于一体, 几乎可以完成 DSP 软件开发过程的各个环节. 而且, CCS 具有良好的用户界面, 使用方便简单.

#### 3.2 程序语言选择

由于 C 语言既有低级语言的直接控制硬件的能力, 又有高级语言的灵活性, 因此我们选择 C 语言作为我们主要的程序开发语言<sup>[4]</sup>.

C 语言编程开发周期短, 可读性、可移植性强, 便于维护, 但考虑到它不能充分利用 DM642 的资源. 采用 C 语言和汇编语言混合编程的方式. 即以 C 代码为主要框架, 实现系统调度, 中断响应等; 汇编代码以 C 语言可调用的函数或内联代码的形式出现, 主要通过汇编代码实现核心算法和反复访问的代码段.

#### 3.3 算法方案设计

基于系统对实时性的极高要求, 我们希望设计的算法要尽量的快速, 以保证系统的实时性.

所以, 选择这样一种算法: 经过一系列的图像处理<sup>[5]</sup>后, 分别获得各相对相位车辆所占的面积, 比较其大小, 获得比较值以合理地调整红绿灯的状态和时间. 其软件流程框图如图 3 所示.

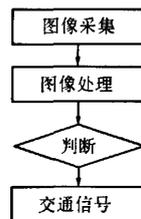


图 3 软件设计框图

Fig. 3 Flow diagram of software design

获得图像后, 首先对将要处理的一帧图像进行待处理区域截取, 只对这个区域内的图像进行处理, 以尽可能的减少数据处理量, 节省处理时间. 在本系统中待处理区域可理解为道路交叉口

相对相位车道区域.为了便于后续处理,对截取出的区域进行灰度化处理,使图像成为灰度图像.然后,用背景减除法<sup>[6]</sup>获得目标车辆信息,完成目标提取,这是一种被证明了的行之有效的交通图像目标提取的方法.对处理后的图像进行二值化处理,目标区域成为白色像素区,背景区域成为黑色像素区.如图4所示,(a)为摄像机获取的未经处理的相位*i*的车辆状况,(b)为处理后图像,(c)、(d)分别为相位*i*的相对相位*ii*的处理前和处理后的图像.

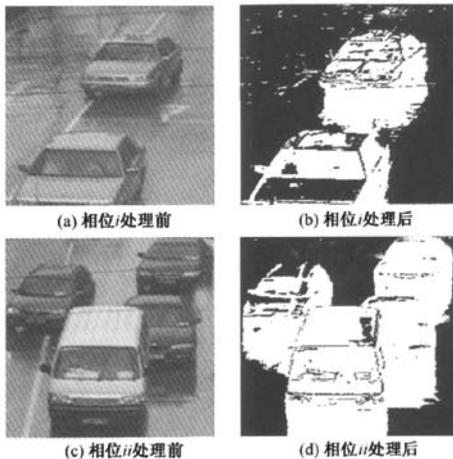


图4 相对相位图像处理结果

Fig.4 Image processing result of the relative phases

最后,通过编程计算获得白色像素点面积,即车辆所占面积,从而获得两个方向的相对相位参数.

我们设定,只有在车辆多寡相差明显的时候,才去改变交通灯的状态.当相对相位车辆状况相差比较明显的时候,通过比较车辆占地面积的方法有效地区别出来.这种情况下,本算法更显优越性.

通过编程计算得到:第一幅图的面积  $S_1 = 1.2728e + 004$ ;第二幅图像的面积  $S_2 = 2.6972e + 004$ .基本反映了两图像中车辆数目多寡的对比.

所以,这是一种有效的算法,且图像处理采用图像处理算法中比较基本的算法,可以保证快速性.

另外,对于图像中的车辆阴影带来的影响,用面积相减的方法可以从某种程度上减轻阴影带来的不精确问题.因为两幅图像上都会有阴影,相减可以使阴影在一定程度上相互抵消.

这种算法可能会有一辆两辆的误差,但基于当相对相位的差别大的时候才改变交通灯的状态,这不会造成大的影响.

车辆数目多寡的具体比较是这样进行的:用一个相位的面积  $S_2$  去减另一相位的面积  $S_1$  得到一个数值  $R$ ,即  $R = S_1 - S_2$ .  $R$  为正值时,说明该相位车辆多,为负值时,另一相位较多;当  $R = S_1$  时,说明另一相位是没有车的,这时把该相位置为绿灯相位;当  $R = 0$  时,说明两相位车辆多少一样,保持原来的红绿灯状况不变;当  $R = 1$  时,说明该相位车辆是另一相位的2倍;当  $R = -1$  时,说明另一相位的车辆是该相位的2倍,以此类推,我们可以设置一个正值  $C$ ,当  $|R| \geq C$  时,合理地改变红绿灯状态.我们在设置  $C$  值时,应尽量选取较大的值.

#### 4 结论

基于 DSP 的交通信号灯控制系统,采用图像处理算法来快速地计算各条道路上的车辆状况,并以此作为红绿灯控制的依据,实现交通信号灯的自适应控制.采用 DSP 和图像处理技术构建的交通灯控制系统具有硬件系统成本低、标准化程度高以及方便扩充等特点,是一种新的交通信号灯控制模式,具有良好地推广应用前景.

#### 参考文献:

- [1] 胡佩雯.基于视频的实时交通检测系统的研究[D].武汉:武汉理工大学自动化学院,2008:33-52.
- [2] 卜英勇,陈旭,周木容,等.基于 TMS320C6416 的水下微地形实时探测系统设计[J].郑州大学学报:工学版,2008,29(3):44-46.
- [3] 王中华.基于 DSP 的实时图像处理的研究[D].武汉:武汉理工大学自动化学院,2006:33-59.
- [4] 李天长.基于 DM642 的嵌入式实时图像处理的研究[D].重庆:重庆大学光电工程学院,2008:8-14.
- [5] 阮秋琦.数字图像处理学[M].2版.北京:电子工业出版社,2007.
- [6] 孙吉华.背景减除法的算法研究[D].长沙:国防科学技术大学机电工程与自动化学院,2006:12-27.

(下转第64页)

- (3972);669-675.
- [5] 冯清海,刘沐宇,袁万城. 基于径向基网络的钢管混凝土拱桥安全性评价方法[J]. 公路交通科技, 2009,26(8):67-72.
- [6] 陆敬安,梁金强,罗文造. 径向基函数神经网络在计算天然气水合物饱和度中的应用研究[J]. 海洋通报,2009,28(4):102-106.
- [7] 周开利. 神经网络模型其 MATLAB 仿真程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

## RBF Neural Network-Based Ethanol Gas Detector Simulation Analysis

JU Xin-gang<sup>1,2</sup>, GUO Hai-ou<sup>2</sup>, GUO Min<sup>1</sup>

(1. School of Physical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Key Discipline of Circuits and Systems, Henan Education Institute, Zhengzhou 450046, China)

**Abstract:** Neural network has a strong non-linear fitting capability for mapping complex non-linear relationship, and its learning rules are simple and easy for computer implementation. BP neural network prone to fall into local minimum, however, RBF neural network overcomes the shortcoming. The algorithm of Ethanol gas detector is designed by the application of neural network with the radial basis function in Matlab. The curve-fitting result according to experimental calibration data shows that the algorithm has the advantages of a small amount of data storage and has a good error performance to meet the system error requirement. Furthermore, the network has short training time and fast convergence speed.

**Key words:** radial basis function; neural networks; curve fitting; Matlab simulation

(上接第 56 页)

## Research of Traffic Lamp Real-time Intelligent Control System Based on Image Processing and DSP

ZHANG Ai-meí, KONG Wen-jie

(School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** This paper puts forward a design of traffic signal lamp intelligent control system that uses DSP-embedded system as hardware platform, in view of uneven distribution of vehicles at road intersection, for example, urban downtown and crossing of major road and minor road. It acquires video pictures that reflect the situation of traffic with CCD vidicon, then, after a series of image processing, gains vehicles information by means of background subtraction, eventually controls the timing and change of traffic signal lamp according to the difference of vehicles number at relative phases of the road intersection, realizes self-adaptive control. Experiment proves that this system is good at real time, extension and so on.

**Key words:** DSP-embedded system; image processing; traffic signal lamp; real-time intelligent control