

基于片上可编程系统的视频车辆跟踪技术研究

魏永超

(中国民航飞行学院飞行技术与飞行安全科研基地, 四川 广汉 618307)

摘要 针对目前具体产品中算法实现复杂且基于计算机(PC)平台的纯软件环境等问题,提出了一种视频车辆跟踪的嵌入式实现方法。利用可编程片上技术,使得视频检测摆脱PC平台的依赖。以Nios II软核处理器和外设知识产权(IP)核为硬件平台,结合模拟/数字信号转换(A/D)和数字/模拟信号转换(D/A)的视频接口,以 $\mu\text{C}/\text{OS}$ 为操作系统,实现了视频检测的硬件与软件结合的嵌入式检测技术。最后实验验证了设计的有效性。

关键词 机器视觉;智能交通;可编程片上系统;车辆跟踪;违章转弯

中图分类号 TN911.73 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP48.032501

Research on Video Vehicle Tracking Based on System on Programmable Chip

Wei Yongchao

(Academy of Flight Technology and Safety, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan, Sichuan 618307, China)

Abstract Since the specific products, the current algorithms are complex and almost realized with pure software in computer, a new video vehicle tracking embedded system is proposed. Programmable chip is used to make the video detection independent of computer platform. The Nios II soft core-processing unit (CPU) and peripherals intellectual property (IP) cores are the hardware platform. They are combined with the A/D and D/A video interface, and the $\mu\text{C}/\text{OC}$ as the real-time operating system, which is the software of the embedded video detection. Finally, an experimental project is designed to verify the validity of the design.

Key words machine vision; intelligent transportation system; system on programmable chip; vehicle tracking; illegal turning

OCIS codes 250.5300; 100.3008; 110.5200

1 引言

智能交通系统(ITS)主要有交通信息采集、交通状况监视、交通控制、信息发布和通信5大子系统组成^[1]。随着城市化进程的加快和汽车普及率的提高,城市交通拥挤日益加剧,交通事故频频发生,其中车辆违章转弯是引起交通事故和拥堵的一个主要原因。对违章转弯车辆的违章行为进行有效地抓拍,并进行处理,对于城市交通状况的改善具有积极的作用。然而,目前算法研究基本基于计算机平台的软件开发,离不开实验室环境,针对具体的应用仍存在不少问题。随着科技的发展,一种新的可编程门阵列(FPGA)技术可编程片上系统(SOPC)由Altera公司提出。通过在一片FPGA上实现核处理器(CPU),数字信号处理器(DSP)及其他逻辑单元的设计,把一个完整的系统集成到一个芯片上,从而具备成本低廉,系统稳定等优势。目前已经应用到了许多领域,且发展势头良好^[2~7]。本文结合SOPC的优势,针对具体的工程应用,提出了在SOPC上视频跟踪车辆的方法,并给出了详细的设计,实现了嵌入式的车辆跟踪检测系统。

2 视频跟踪算法

运动目标跟踪是对摄像机得到的图像序列进行视觉上的分析处理,其主要目的是实时地观测被监视场

收稿日期: 2010-10-09; 收到修改稿日期: 2010-11-30

作者简介: 魏永超(1981—),男,博士,讲师,主要从事光电信息处理方面的研究。E-mail: mylife001@126.com

景的运动目标,并分析和描述它们的行为。运动目标的提取主要包括运动检测以及目标提取两个步骤,其中运动检测处于整个视觉监视系统的最底层,是各种后续高级处理(如目标分类,行为理解等)的基础。运动检测可以分为静止背景下的运动检测和运动背景下的运动检测。对于静止背景下序列图像的变化检测,主要有连续帧间差分法、背景差分法和光流场法。每种算法都有各自的优缺点:连续帧间差分法在运动目标和背景有明显区别的时候且目标运动较快的时候有效;背景差分法对于背景变化的场景比较敏感;光流场法运算量较大,若没有特定的硬件支持一般很难满足实时处理的要求。在实时跟踪系统中,人们更热衷于使用连续帧间差分法或背景差分法来获得期望的结果^[8]。然而在实际的应用中,由于上述的算法需要采集到整帧图像后才能处理,很难做到实时跟踪处理。本文提出一种简单有效的算法,针对单个像素实时处理,从而做到实时地处理跟踪,整个设计方案在 SOPC 里面得到实现。

2.1 视频跟踪原理

从摄像机输入进来的视频信号分为两路:一路输入到模拟/数字信号转换模块(A/D),变为数字信号;另一路直接输入到波门叠加电路。A/D 输出的数字信号直接输入 FPGA 检测,根据检测算法,检测形成目标的位置信息,输出到波门叠加电路。波门叠加电路根据输入的位置信息和摄像机的视频信号,叠加形成新的视频,可以动态显示具体的跟踪过程。其原理框图如图 1 所示,其中 D/A 为数字/模拟信号转换模块。

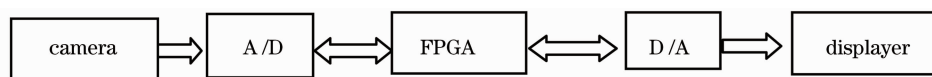


图 1 原理框图

Fig.1 Block diagram

2.2 FPGA 视频检测的算法

视频中每帧图像由奇数场和偶数场组成,为了加快检测的速度,检测算法仅对奇数场或偶数场中的一场。而且对于跟踪来说,一场数据是足够的。从 A/D 输出的信号是数字信号,由于芯片类型不同,得到的信号类型也不同,常见的是 YUV 信号。整个算法分为以下 8 个步骤。1) 设置检测区域的起始位置。可以设置一个矩形检测框,此矩形框就是虚拟跟踪线圈。2) A/D 的数字信号输出到 FPGA,得到每个像素的灰度值。3) 判断像素灰度值与其阈值的关系,当其大于阈值时记录该点的位置信息,若该点在初始矩形框之内,则记录该点的位置为初始点,设置检测目标的水平和垂直方向的尺寸为零。4) 继续读入下一点,判断该点的灰度值和阈值的关系,若大于阈值且在矩形之内,且和初始点在同一行,则水平尺寸加 1,若为新的一行,则垂直尺寸加 1。5) 循环步骤 4),直到整场处理完毕,得到初始位置目标的大小,根据目标大小判断是否是噪声干扰,从而确定是否跟踪。6) 继续读入下一场数据,在设置的初始已出现目标的线圈内检测,判断车尾是否已出现,出现的话,就可以确定跟踪(车尾判断是通过判断线圈上下部分,若上部分有目标,而下半部分没有目标,就判断为车尾)。7) 继续读入新一场数据,在得到的线圈位置内检测目标,得到目标车辆的尾部,然后把检测线圈的中心提到尾部部分。8) 循环步骤 7),把每场目标的跟踪位置固定在车尾位置,实现目标的跟踪。

阈值是一个重要的参数,直接影响目标分割的好坏,进而影响跟踪效果。这里采用动态阈值,可以很好地适应背景的变化。通过采集多帧图像,求每个像素值的均值,进而得到图像的背景阈值。为了得到较好的动态阈值,且不影响处理的速度,假设周期时间阈值内背景信息恒定,根据周期进行定时更新,即通过定时求取多幅图像每个像素点的灰度均值进行更新。具体的操作流程如图 2 所示,其中 FIFO 是光入光出组件。

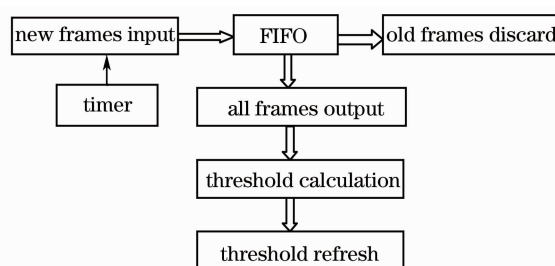


图 2 阈值的更新流程

Fig.2 Threshold refresh flow

3 系统的 SOPC 实现

片上系统(SOC)包括一个完整系统所有需要的硬件和电路实现的芯片,典型的 SOC 包括微处理器、芯片内

存储器(RAM和ROM)、并行端口和输入/输出(I/O)逻辑端口等一些组成计算机系统的其他组件。在一个可编程硬件上面实现SOC就是所说的SOPC^[9~13]。一个典型的SOC系统如图3所示,其中PLIP是并口。

系统在Altera公司的Quartus II设计软件环境下设计,采用的Altera芯片是EPIC20,SOPC添加以下组件:Nios II,片上存储器(引导只读内存)[On-chip memory (boot-rom)],闪存(FLASH),静态存储器(SRAM),动态存储器(SDRAM),串口[UART(Rs232)],时钟(clock)。其中On-chip memory用于存放引导程序,FLASH用于存放整个程序镜像和初始数据,SRAM和SDRAM作为数据缓存或程序的执行,I2C用于控制A/D芯片,UART用于跟踪信息的传输。整个系统的组件框图如图4所示。

4 系统设计

4.1 系统的硬件实现

4.1.1 视频的采集与显示模块

在本系统中,视频通过A/D输入到FPGA,信号从FPGA输出后,通过D/A转换为视频信号显示。其中A/D芯片采用Philips公司的SAA7113,D/A芯片采用Philips公司的SAA7129,具体的芯片的介绍可以参考公司的芯片说明。A/D芯片通过I2C总线和FIFO与Nios II连接,A/D芯片的配置通过Nios II的I2C总线,I2C的配置可以参考I2C总线规范和芯片的说明。从A/D输入的数据,通过FIFO缓存,当数据达到一定数量后,开始输出,输出的数据分两路,一路到检测电路,另一路直接到输出电路。FPGA输出的数据和同步信号经过D/A之后,转换为视频信号。

4.1.2 检测模块

从FIFO输出的数据,根据虚拟检测线圈的位置和检测阈值,判断是否是目标。若是,则更新状态信息。在整个检测模块中,只涉及到外部存储器的读写。所有的程序镜像和初始状态信息存储于外部FLASH中,当程序运行时,读入到外部SDRAM中,所有的状态信息保存在外部SRAM中。

4.2 系统的软件实现

整个系统利用Nios II生成的软件开发包(SDK),用C语言实现的,相当于直接操作硬件,从而提高了运算速度。软件的流程图如图5所示。

5 工程实验分析

为了验证设计的有效性,开发了相关的实验板,其硬件平台构成如表1所示。并选择一个具体的交通路口进行系统的安装,通过一周的运行分析,整个系统的跟踪抓拍有效率(跟踪目标一致图片数与剔除无效格式图片后图片总数的比值)为91%。由于测试路口情况复杂,非机动车横穿马路、天气突变和车辆间距过近等情况很有可能出现跟踪丢失现象或者误跟踪。为了直

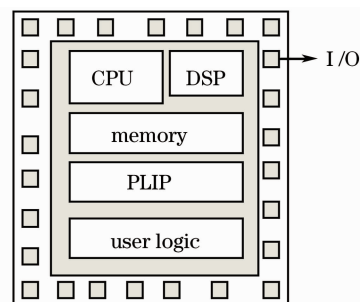


图3 典型SOC组成图

Fig. 3 Typical SOC composition diagram

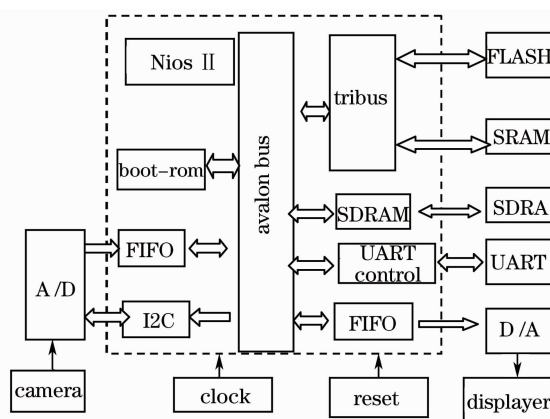


图4 系统的组件框图

Fig. 4 System component diagram

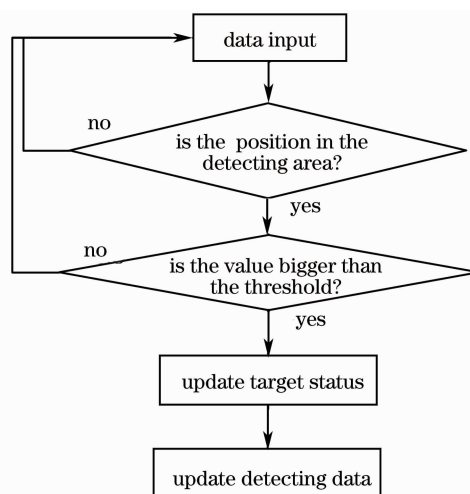


图5 检测算法流程图

Fig. 5 Detecting algorithm flow chart

观表达跟踪的效果,分别给出了直行跟踪、转弯跟踪和混合跟踪三组跟踪抓拍的效果图。

表 1 实验用硬件构成

Table 1 Hardware constitution in experiment

Hardware	Tool	Chip	Outer SRAM	Outer SDRAM
Type	Quartus II	EP1C20F400C	$3 \times 256 \times 16$ bit	64 M
Hardware	Outer FLASH	A/D	D/A	Serial port
Type	16M	SAA7113	SAA7129	RS232

图 6 为直行跟踪的结果图,整个白色的区域为虚拟跟踪线圈的位置。由图可见,跟踪线圈可以很好地跟踪车辆的尾部位置。图 7 为转弯跟踪的结果图,其中白色矩形框选的部分为虚拟跟踪线圈。由图可见,跟踪线圈可以很好地跟踪转弯车辆的尾部。图 8 为混合跟踪的结果图。由图可见,虚拟跟踪线圈可以很好地跟踪出现的每个运动目标车辆的尾部。



图 6 直行跟踪图

Fig. 6 Strait tracking chart



图 7 转弯跟踪图

Fig. 7 Turn tracking chart



图 8 混合跟踪图

Fig. 8 Mixed tracking chart

从整个实验的结果可以看出,本系统可以实现车辆的跟踪情况。系统可以设置跟踪车道数,每个车道目前可以同时跟踪两个目标。然而,对于车辆密度特别大的跟踪,本系统有一定的跟踪误差。

6 结 论

提出了一种新的基于 SOPC 的视频车辆跟踪技术,该技术在 ITS 应用领域有很好的前景。从跟踪实验结果来看,本文的算法是可行的,可以作为产品应用到具体嵌入式智能交通领域。另外,文中一些算法是在

软件环境下实现的,由于软件的实现速度不及硬件,所以一定程度上也限制了跟踪速度。因此,下一步目标就是把整个系统全部使用硬件实现,这样就可以提高跟踪处理的速度,从而也可以进一步提高系统的稳定性。

参 考 文 献

- 1 ITS. The brain of urban transport [EB/OL]. (2008-08-21)[2010-10-06]. <http://www.itsc.com.cn>
- 2 T. S. Hall, J. O. Hamblen. Using an FPGA processor core and embedded linux for senior design projects[C]. 2007 IEEE international conference on microelectronic systems education, 2007, (3-4): 33~34
- 3 Altera About us. [EB/OL]. (2007-05-10)[2010-10-06]. <http://www.altera.com>
- 4 Yuan Hailin. Designing of the high-speed image acquisition sysem on Nios II[J]. *Chinese J. Electronic Device*, 2007, **30**(4): 1329~1336
袁海林. 基于 NIOS II 的高速图像采集系统的设计[J]. 电子器件, 2007, **30**(4): 1329~1336
- 5 Pan Song, Huang Juye, Zeng Yu. Pratical Course on SOPC Technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005
潘 松, 黄继业, 曾 毓. SOPC 技术实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- 6 Zhou Bo, Qiu Weidong, Chen Yan *et al.*. Challenges of SOC —— Design and Praticce of SOPC Based on NOIS[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004
周 博, 邱卫东, 陈 燕 等. 挑战 SOC ——基于 NIOS 的 SOPC 设计与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004
- 7 J. O. Hamblen. Using second generation socp boards for student design projects[C]. Proceedings of the 2005 IEEE international conference on microelectronic systems education, 2005, 69~70
- 8 Yu Huimin, You Yusai. Detecting and segmenting multiple moving objects using level-set method[J]. *J. Zhejiang University(Engineering Science)*, 2007, **41**(3): 412~417
于慧敏, 尤育赛. 基于水平集的多运动目标检测和分割[J]. 浙江大学学报(工学版), 2007, **41**(3): 412~417
- 9 A. Pavan Kumar, V. Kamakoti, Sukhendu Das. System-on-programmable-chip implementation for on-line face recognition [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2007, **28**(3): 342~349
- 10 Liu Tiegen, He Jin, Deng Jijie *et al.*. A seal imprint identification system based on embedded structure[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(11): 3043~3049
刘铁根, 何 瑾, 邓集杰 等. 基于嵌入式系统结构的印鉴鉴别系统[J]. 光学学报, 2009, **29**(11): 3043~3049
- 11 Zuo Kaizhong, Jin Yi, Peng Junjie *et al.*. Design of hundred-bit decoder for ternary optical computer[J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(4): 823~827
左开中, 金 翊, 彭俊杰 等. 三值光计算机百位量级解码器的设计[J]. 中国激光, 2009, **36**(4): 823~827
- 12 P. W. M. Tsang, J. P. Liu, K. W. K. Cheung *et al.*. An enhanced method for fast generation of hologram sublimes[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2009, **7**(12): 1092~1096
- 13 Mo Site. Circuit of 1.4 mega pixels digital video camera[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2010, **47**(3): 032501
莫思特. 140 万像素高清数字摄像机电路设计[J]. 激光与光电子学进展, 2010, **47**(3): 032501