

# 采用 TMS320C6203 的运动点目标检测系统设计

刘 卜<sup>1,2,3</sup> 屈有山<sup>1</sup> 李英才<sup>1</sup> 樊学武<sup>1</sup> 相里斌<sup>1</sup>

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

(2 西安工业大学, 西安 710032)

(3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要** 为了实现大视场运动点目标的实时检测和识别,设计了一种基于 TMS320C6203 为核心处理器件,FPGA 为辅助控制处理器的硬件处理系统.在对点目标检测识别算法仿真实验分析的基础上,开发了实时运动点目标检测处理的软件系统.实验测试结果表明,该系统能够对信噪比不小于 3 dB,帧频为 10 fps 的 1024×1024 运动点目标图像序列进行实时检测和识别,准确检测概率达到 96%,满足实际工程要求.

**关键词** 图像处理;运动点目标;检测;光流场;目标识别

**中图分类号** TP391 **文献标识码** A

## 0 引言

数字图像处理器件的快速发展,推动了实时图像检测、跟踪系统在交通管理、计算机视觉、工业自动化等许多领域的广泛应用.每一类实时图像处理系统必须针对具体的应用环境和性能要求进行具体设计.现代光电探测跟踪系统正朝着人工智能和综合化的方向开拓和发展,要求系统所处理的图像帧频更高、视场更大、算法更优良.因此,如何提高系统的灵敏度、准确度和实时性是系统设计的关键问题.

本文通过对国内外先进图像跟踪系统的调研和分析,设计了一种基于 TMS320C6203 的实时图像处理硬件结构,完成了运动点目标检测的软件设计.实验测试结果表明,所设计的系统能够有效地对运动点目标进行实时检测和识别,准确检测概率达 96%.

## 1 系统硬件结构

系统硬件主要由 FPGA 系统逻辑控制单元、DSP 处理单元、DSP 与测试主机的接口和图像传感单元等组成,结构如图 1.

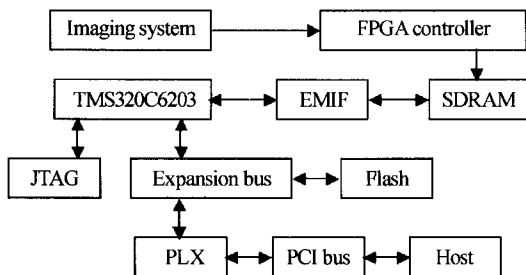


图 1 处理系统硬件结构  
Fig. 1 Hardware configuration of the processing system

处理系统采用 FPGA 将成像系统图像传感器的原始数据存入 DSP 的外部 SDRAM 存储器中,并对图像进行必要的预处理,同时对系统各硬件单元进行逻辑控制. DSP 处理器选择了 TI 公司推出的 TMS320C6203,它具有如下的特点<sup>[1]</sup>:CPU 内置 8 个独立的功能单元,能在一个指令周期内并行执行 8 条 32 位指令;有硬件乘法器;总线结构采用的是修正的哈佛总线结构,一套 256 位的程序总线;具有专用寻址单元,地址产生器与 ALU 并行工作;高速片内存储器;流水线处理等.

C6203 的峰值运算能力为 2400MIPS;具有高达 384K 的内部程序空间和 2 个 Block 组成的 512K 内部数据存储空间,存储分配如图 2;4 个 DMA 通道和一个辅助 DMA 通道;支持扩展总线.扩展总线的主机口工作方式采用同步主机模式,C6203 作为扩展总线的从属机,能很方便地实现与芯片桥的接口.

Program memory 384K		0000,0000h
CE0		0040,0000h
CE1(Flash)		0140,0000h
CE2(Original image memory)		0200,0000h
CE3(Original image memory)		0300,0000h
BLOCK0		8000,0000h
BLOCK1		8000,8000h

图 2 存储分配结构  
Fig. 2 Memory distribution

## 2 系统软件设计与优化

系统软件在 CCS2.0 环境下,通过 JTAG 口、主机接口或 FLASH 下载程序.程序的基本流程是:采集的图像通过 FPGA 逻辑控制电路直接存入 C6203 外部存储器 CE0 和 CE1 的空间中. DSP 存

储映射采用 MAP1 方式. CE0 和 CE1 采用交叉存储方式, 保证采集与处理同步进行. 外部存储空间图像通过 DMA 方式传入内部 RAM. 内部 RAM 被分成相等的两片, 位于不同的 BLOCK 中, 因此 CPU 与 DMA 能够以 Ping-Pong 方式并行工作, 这样保证了图像数据到达内部 RAM 几乎不花时间. 图像经过处理后的结果通过扩展总线传到主控微机. 整个软件代码以 C 语言为主, 对写好的程序用定时器测试运行时间, 并采用 CCS 的集成优化器进行优化. 对关键部分采用线性汇编代码, 其中优化的方法包括使用内联函数、优化级别设置、DSP 资源分配、写并行代码、使用数据打包处理技术以减少内存读写等. 在整个程序优化完成后测试其功能的完整性和时间的实时性等系统性能.

### 3 运动点目标检测算法

性能优良的运动点目标检测算法的运算量都比较大, 一般采用增加图像预处理, 减少检测算法需要处理的候选像素点数, 从而实现减少运算量的目的. 常用的运动图像序列预处理算法有三种: 高通滤波法<sup>[2]</sup>、连续分割法<sup>[3]</sup>和顺序形态滤波法<sup>[4,5]</sup>. 但是这些算法的运算量本身很大, 需要采用专门的硬件支持才能实现. 本系统的预处理算法采用了计算量相对较小的差分向量范数算法<sup>[6]</sup>做预处理, 然后用光流场法分割运动点目标并进行运动特征提取和判定.

#### 3.1 图像预处理

设运动图像序列为  $\{E(x_i, y_j, t_k), i, j = 0, 1, \dots, N-1, k = 0, 1, 2, \dots, K\}$  表示在  $t_k$  时刻图像平面中  $(x_i, y_j)$  点的图像灰度值. 差分向量范数的计算公式如下<sup>[6]</sup>

$$M(x_i, y_i, t_k) = \left| \frac{\partial E_{ij}}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial E_{ij}}{\partial y} \right| + \left| \frac{\partial E_{ij}}{\partial t} \right| \quad (1)$$

式中,  $\partial E_{ij} / \partial x$ ,  $\partial E_{ij} / \partial y$  和  $\partial E_{ij} / \partial t$ ——分别表示灰度函数  $E$  关于  $x$  轴,  $y$  轴和  $t$  轴方向的偏导数. 计算得到每个像素的差分范数后, 根据差分范数大小对原始图像进行分割, 当范数大于设定阈值  $T$  时保留该像素, 否则去掉.

#### 3.2 图像分割

经过预处理可以去掉大量低频背景和低频噪声, 留下较少的高频候选点, 然后采用光流场法进一步分离运动点目标.

光流场法的基本方程是<sup>[6~9]</sup>

$$(\partial E_{ij} / \partial x)u + (\partial E_{ij} / \partial y)v + \partial E_{ij} / \partial t = 0 \quad (2)$$

式中:  $(u, v)$  被定义为光流矢量, 也就是  $(u, v) = (dx/dt, dy/dt)$ . 该方程不能直接求解, 一般根据灰度恒定假设采用最小二乘法求解<sup>[6]</sup>或迭代求解<sup>[7]</sup>.

本系统中对于 1~3 个像素的点目标采用迭代求解, 对于大于 3 个像素的点目标采用最小二乘求解.

#### 3.3 特征提取与判定

特征提取用于对自适应阈值分离出的区域或斑点进行统计分析和识别. 首先对每个分割的区域进行唯一编号标记, 然后对标记的区域进行统计分析.

对标记区域的像素数, 像素列索引号的和, 像素行索引号的和, 像素灰度和等基本统计信息进行计算, 并根据基本统计信息进一步计算其它统计参量. 首先计算被识别区域的形状和位置统计信息, 包括: 大小, 质心(列, 行)位置, 估计长半轴和短半轴的长度, 方向, 偏心率, 以及长轴与短轴的比率等. 然后计算被识别区域强度统计信息, 包括: 平均亮度, 最大亮度, 总亮度, 以及平均亮度与最大亮度的比率等. 最后跟踪被判定目标的统计信息量来确定被判定目标运动连续性和一致性, 实现运动点目标的最终判定.

### 4 实验

本实验测试系统前端成像系统的焦距 66 mm, 图像传感器采用 FUG1000, 图像大小为  $1024 \times 1024$ , 灰度为 12 位, 帧频为 10 帧. 测试效果见图 3. 图 3 中的“1-2”, “2-3”, “3-4”分别表示第 1、2 帧, 第 2、3 帧和第 3、4 帧原始图像检测的结果, 根据特征统计分析, 系统探测到两个运动点目标.

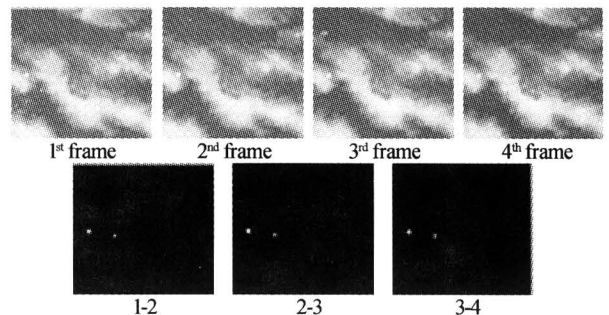


图 3 系统实时测试实验结果

Fig. 3 Experiment results of the designed system

经过多次实验测试表明, 系统能对信噪比不低于 3 dB、帧频为 10 fps 的  $1024 \times 1024$  图像序列中的运动点目标进行有效的预处理, 然后采用光流场分离可疑运动点目标, 并进行最终识别和判定, 实时检测出真正的运动点目标.

### 5 结论

设计实现了一种基于 TMS320C6203 处理器的实时点目标检测、识别系统. 系统采用差分向量范数做预处理, 采用光流场进一步分割运动点目标, 最后用统计分析对目标进行识别和判定.

实验结果表明, 系统能对信噪比不低于 3 dB、

帧频为 10 fps 的  $1024 \times 1024$  图像序列中的运动点目标,进行实时有效的预处理、检测、识别和判定,检测概率为 96%,满足工程实际应用的要求。

#### 参考文献

- 任丽春,马淑芬,李慧芳. TMS320C6000 系统 DSP 的原理与应用. 北京:电子工业出版社,2000  
Ren L C, Ma S F, Li H F. Principle and its application of TMS320C6000 DSP System. Beijing: China Electronic Industry Press, 2000
- 叶斌,彭嘉雄. 遥感序列图像中三种点目标检测预处理方法. 华中理工大学学报, 2000, **28**(2): 1~3  
Ye B, Peng J X. *Journal of Huazhong University of Science and Technology*, 2000, **28**(12): 1~3
- Ostu N. A threshold selection method from Gray-Level histogram. *IEEE Trans on SMC*, 1979, **9**(2): 62~69
- Tuzikov A V, Gorokhovik D M. Linear object extraction using mathematic morphology via discrete approximation. *Proc of SPIE*, 1992, **1902**: 200~207
- 袁慧晶,王涌天. 一种抗干扰的弱小目标检测方法. 光子学报, 2004, **33**(5): 609~612  
Yuan H J, Wang Y T. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(5): 609~612
- Qu Y S, Tian W J, Li Y C. Detecting small moving target in images sequences using optical flow based on the discontinuous frame difference. *Proc of SPIE*, 2003, **5286**: 915~918
- Horn B K P, Schunck B G. Determining optical flow. *Artificial Intelligence*, 1981, **17**(1): 185~203
- 屈有山,田维坚,李英才,等. 多通道复合式光学成像系统中运动点目标的自动检测. 光子学报, 2004, **33**(4): 501~504  
Qu Y S, Tian W J, Li Y C, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(4): 501~504
- 屈有山,田维坚,李英才. 基于并行隔帧差分光流场与灰度分析综合算法的运动点目标识别. 光子学报, 2003, **32**(2): 182~186  
Qu Y S, Tian W J, Li Y C. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(2): 182~186

## Design of Real-Time Moving Point Target Detecting System with TMS320C6203

Liu Bo<sup>1,2,3</sup>, Qu Youshan<sup>1</sup>, Li Yingcai<sup>1</sup>, Fan Xuewu<sup>1</sup>, Xiangli Bin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, CAS, Xi'an 710068

<sup>2</sup> Xi'an Technological University, Xi'an 710032

<sup>3</sup> Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039

Received date: 2005-09-21

**Abstract** In order to realize real-time detecting and recognizing of moving point targets, a real-time image processing hardware system, which uses TMS320C6203 as its core operational processor and FPGA as a control processor, is designed. According to the experimenting and analyzing of the detecting algorithm of the point targets, a real-time detecting software of the moving point targets is developed. The experiment results prove that the designed system can complete the detection and recognition of the moving point targets in the 10 fps,  $1024 \times 1024$  pixels image sequence with SNR no less than 3 dB, and the correct detecting probability is up to 96%, which can satisfy the real-time processing requirements in practice.

**Keywords** Image processing; Moving point target; Detection; Optical flow; Target recognition



**Liu Bo** was born in 1964. He received his B. S. degree in physics from Beijing University in 1985 and received his M. S. degree in Plasma Body body from Beijing Institute of Applied Physics and Computational Mathematics in 1990. Now he is an Associate Professor in Xi'an Technological University, and a Doctor candidate in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, CAS. His research interests include space optics, and image processing.