

基于DM642的实时运动目标检测系统设计与实现^①

刘 静 王 玲 旷尤毓 (湖南大学 电子科学与技术系 湖南 长沙 410082)

摘要: 针对图像数据量大, 运动目标检测算法复杂, 而在实际应用中又要求实时对图像处理等特点, 以 DSP 器件 TMS320DM642 为核心搭建了实时运动目标检测系统的硬件平台。为了有效检测出运动目标, 提出一种将基于混合高斯模型的背景差分法和三帧差分法相结合的算法。实验表明, 该系统能有效检测出运动目标, 且满足实时性要求。

关键词: 运动目标检测; 混合高斯模型; 三帧差分法; TMS320DM642

Design and Realization of Real-Time Moving Object Detection System Based on DM642

LIU Jing, WANG Ling, KUANG You-Yu

(Department of Electronics Science and Technology, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Due to the large quantity of image data, the complexity of algorithm for moving objects detection and the real-time requirement in practical applications, a real-time moving objects detection system is designed which is constructed with the DSP chipset TMS320DM642 as the core. An algorithm for moving objects detection based on Gaussian Mixture Model and Three-Frame Differencing is proposed to detect the moving objects. The experimental results indicate that the system can effectively detect moving objects and meet the real-time requirements.

Keywords: moving objects detection; gaussian mixture model; three-frame differencing; TMS320DM642

1 引言

随着图像处理技术、嵌入式技术、通信技术的不断发展, 视觉跟踪已成为计算机视觉的一个重点和热点研究问题, 并被广泛应用于智能监控、视频检索、人机交互、交通监控等领域。在视觉跟踪系统中, 运动目标检测是目标分类、目标跟踪等后续处理的前提, 其性能直接影响着整个系统的有效性, 是视觉跟踪系统的关键组成部分。目前, 常用运动目标检测方法^[1]主要有光流法、帧间差分法、背景差分法。本文以 TI 公司的 TMS320DM642 为核心构建实时运动目标检测系统的硬件平台, 并在该硬件系统上, 采用一种将基于混合高斯模型的背景差分法和三帧差分法相结合的算法来实现运动目标的检测。通过实验表明, 该系统能有效检测出运动目标并具有较强的实时性。

2 运动目标检测硬件系统设计

系统的主要硬件功能模块包括视频输入模块、DSP 模块(TMS320DM642, 简称 DM642)、视频输出模块、存储模块(SDRAM、Flash、ATA)以及电源模块等。系统结构图如图 1 所示。

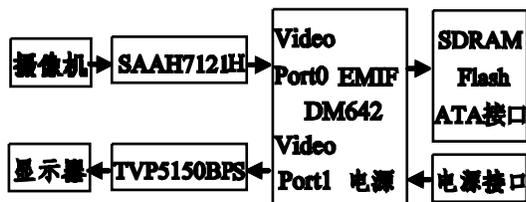


图 1 系统结构图

系统的基本工作原理: CCD 摄像头将采集到的模拟视频信号送往 TVP5150PBS(视频解码器), TVP

① 收稿时间:2009-08-18;收到修改稿时间:2009-09-30

5150PBS^[2]将该模拟视频信号转换成 BT.656 格式的数字视频信号,然后送入 DM642 视频通道(VP0 端口)以供 DM642 处理,经过 DM642 将处理过的数字视频信号通过其视频通道(VP1 端口)送入 SAA7121H(视频编码器),SAA7121H^[3]再将接收到的数字视频信号转化为 PAL 制式的模拟视频信号并送往显示器进行本地回放。

2.1 DM642 模块

TMS320DM642^[4]采用基于 C64X 的 DSP 内核,工作频率最高达 732MHz,处理性能可达 760MI/s。DM642 片内 64 位的 EMIF 接口可以与 SDRAM、Flash 等存储器件无缝连接,并提供 3 个专用的视频端口(VP0-VP2),用于接收、处理视频和音频数据,是 TI 公司的一款专门为数字媒体应用而设计的芯片。

2.2 视频输入模块

视频输入模块由 TVP5150PBS 及其外围电路组成,主要功能是将输入的模拟视频信号发送到 TVP5150PBS 进行解码,并向 DM642 的 VP0 端口输出数字视频信号。TVP5150PBS 与 DM642 的连接图如图 2 所示:TVP5150PBS 的视频输出口 YOUT[7:0] 与 DM642 的 VP0[9:2]连接,用于数据的传输。TVP5150PBS 的系统时钟 SCLK 和 DM642 上的 VP0_CLK 相连,用于数据传输的时钟信号。DM642 通过 I2C 总线对 TVP5150PBS 内部寄存器进行读写来控制该芯片。

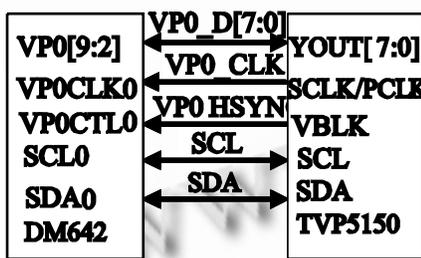


图 2 DM642 与 TVP5150PBS 的连接示意图

2.3 视频输出模块

视频输出模块由 SAA7121H 及其外围电路组成,主要功能是从 DM642 的 VP1 端口将处理后的数字视频信号送往 SAA7121H 进行编码,再将编码成的模拟视频信号送往显示器显示。DM642 与 SAA7121H 的连接图如图 3 所示:SAA7121H 的时钟信号 LLC 为 27MHz,由 DM642 的 VP0CLK1 提供。DM642

通过 I2C 接口对 SAA7121H 芯片内部的 48 个寄存器进行配置,实现对该芯片的控制。

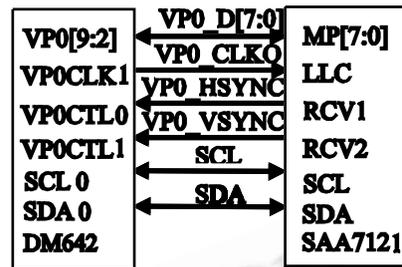


图 3 DM642 与 SAA7121H 的连接示意图

2.4 存储模块

DM642 的 EMIF(外部存储器接口)在内存中自地址 0x80000000 起映射为 4 个可独立寻址的空间 CE[3:0]。本系统中配置 CE0 空间为 64 位宽度的 SDRAM 内存的映射,用于保存采集和显示视频数据,其中数据采集缓存区地址为 0x80000000,数据显示缓存区地址为 0x80100000;配置 CE1 空间为 8 位宽度,用于 Flash 的映射;配置 CE2 空间为 32 位宽度,用于 ATA 的映射;CE3 在本系统中未用。

3 运动目标检测算法

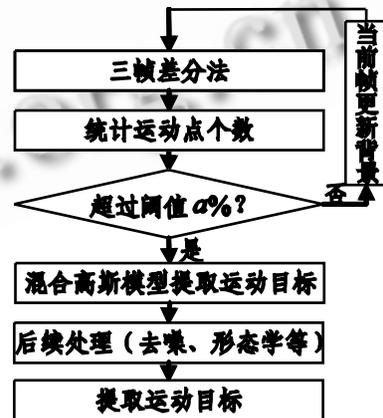


图 4 目标提取流程图

基于混合高斯模型背景差分法^[5]是一种常用的运动目标检测算法,该方法对背景的自适应性高,能够较好的描述复杂背景,且能较完整提取出运动目标。然而该方法也存在算法复杂、计算量较大、对大而慢的运动目标检测效果差的缺点。针对这些不足,本文提出了一种将基于混合高斯模型背景差分法

和三帧差分法相结合的运动目标检测算法。该算法结合二者优点,运算量小,灵敏度高,在满足系统实时性的同时能够有效的提取运动目标。算法流程图4所示。

3.1 三帧差分法检测运动区域并判断是否存在目标

三帧差分法^[6]是将相邻3帧图像 f_{k-1} , f_k , f_{k+1} 两两差分后分别得二值图像 d_{1k} , d_{2k} ,然后将 d_{1k} , d_{2k} 相与进一步得出变化区域 d_k ,在 d_k 中像素值为1的点为前景点,为0的点为背景点。设阈值 $T = 3\sigma + \mu$, μ 和 σ 分别为差分图像背景区域的均值和方差。其计算公式如下:

$$d_{1k} = \begin{cases} 1, & |f_k - f_{k-1}| > T \\ 0, & |f_k - f_{k-1}| \leq T \end{cases}, d_{2k} = \begin{cases} 1, & |f_k - f_{k+1}| > T \\ 0, & |f_k - f_{k+1}| \leq T \end{cases}$$

$$d_k = d_{1k} \cap d_{2k}$$

然后统计 d_k 中像素值为1的像素点的个数,当统计值与 d_k 的总像素数的比值超过设定阈值 $a\%$ (a 根据具体监控场景来设定,本文取 $a = 6$)时,才认为有运动目标存在,此时,用混合高斯模型背景法对其进行目标匹配和提取,否则,认为变化区域为噪声干扰,只需用当前帧更新背景模型,以保证背景的及时更新。

3.2 混合高斯模型背景法提取运动目标

混合高斯模型^[7]是由Stauffer等人提出,它对图像中的每个像素点 $x_{i,t}$ 用多个高斯分布构成的混合高斯模型来建模,即:

$$f(x_{i,t}) = \sum_{k=1}^K \omega_{i,t,k} * \eta_k(x_{i,t}, \mu_{i,t,k}, \Sigma_{i,t,k})$$

式中, K 取3-5, $\eta_k(x_{i,t}, \mu_{i,t,k}, \Sigma_{i,t,k})$ 是高斯分布函数, $\mu_{i,t,k}$ 为均值, $\Sigma_{i,t,k}$ 为协方差矩阵, $\omega_{i,t,k}$ 为权重,且有 $\sum_{k=1}^K \omega_{i,t,k} = 1$ 。

对新帧图像每个像素值 $x_{i,t}$ 与其 k 个高斯分布进行匹配,若满足条件 $|x_{i,t} - \mu_{i,t-1}| \leq 2.5\sigma_{i,t-1}$,则认为 $x_{i,t}$ 与此高斯分布匹配,否则,为不匹配。

若 $x_{i,t}$ 与其混合高斯模型存在匹配,则对所有的高斯分布的权值按公式(1)更新,对匹配的高斯分布的方差和均值分别按公式(2)和公式(3)更新,不匹配的分

$$\rho = \alpha / \omega_{i,t}, \omega_{i,j,k} = (1 - \alpha)\omega_{i,t-1,k} + \alpha M_{i,t,k} \quad (\text{模型匹配, } M_{i,t,k} = 1, \text{ 否则, } M_{i,t,k} = 0) \quad (1)$$

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1} + \rho x_{i,t} \quad (2)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = (1 - \rho)\sigma_{i,t-1}^2 + \rho(x_{i,t} - \mu_{i,t-1})^T(x_{i,t} - \mu_{i,t-1}) \quad (3)$$

若 $x_{i,t}$ 与其对应的混合高斯模型均不匹配,则将其混合高斯模型中权重最小的模型用一个新的模型取代。新的模型以 $x_{i,t}$ 为均值,并初始化一个较大的标准差 σ_0 和一个较小的权重 ω_0 。剩下的模型保持其均值,标准差不变,权重按公式(1)更新。

按 $\omega_{i,t,k} / \sigma_{i,t,k}$ 的比值将每个像素的 K 个高斯分布降序排序。取上述序列中的前 B 个高斯分布作为背景模型,其余高斯分布为运动前景模型。本文中, T 取经验值为0.85。

$$B = \arg \min_b \left\{ \sum_i^b \omega_{i,t} > T \right\}$$

将像素值 $x_{i,t}$ 与它的前 B 个高斯分布进行匹配,若与存在匹配,则该像素点为背景点,否则该像素点被检测为前景点,即为运动目标。

3.3 对混合高斯背景法的背景更新策略的改进

在实际的背景更新过程中,背景模型^[8]的每个点都受到了一个颜色序列的“训练”,这种训练应该是只针对静止的背景,而不是运动的目标。但在混合高斯模型背景差分法中,却是对背景和运动目标同时进行这种训练的,这样做将影响对目标的检测灵敏度,特别是当运动物体大而慢时,会导致在运动目标的尾部产生“空洞”等现象。由于因运动目标遮挡所引起的背景改变是暂时的,且目标移过后的背景显露区与目标遮挡前的背景基本相同,因此对被运动目标暂时遮挡的背景点不进行更新,保持其原来的背景,即不对这些点进行颜色序列的训练;而对于被混合高斯模型检测为背景点以及被三帧法检测为背景点的像素点按3.2节所述方法进行背景更新。通过这种改进能有效提高算法对大而慢的运动物体的检测灵敏度,同时也能提高背景模型的收敛速度,减少运动目标对背景模型的影响。

对提取出的运动目标再进行一些必要的后续处理(如去噪,形态学处理等)工作,就能够获得完整的运动目标。

4 系统软件设计

系统配置 DM642 的视频端口 VP0 的通道 A 为视频采集口，视频端口 VP1 的通道 A 为视频显示口；配置 INT_11 为采集中断，与 VP0 对应，配置 INT_12 为显示中断，与 VP1 对应。当 VP0 采集完一帧图像时，VP0 的 VPIS(视频口中断状态寄存器)的 CCMPA (采集完成中断标志位)被置 1，从而触发 INT_11，在 INT_11 中将置 CapFlag=1(采集完成为 1，否则为 0)，同时写 CCMPA=0，继续采集图像；当 VP1 显示完一帧图像时，VP1 的 VPIS 的 DCMAP(显示完成中断标志位)被置 1，从而触发 INT_12，在 INT_12 中将置 DisFlag=1(显示完成为 1，否则为 0)，同时写 DCMAP=0，继续显示图像。系统软件设计流程图 5 所示，步骤如下：

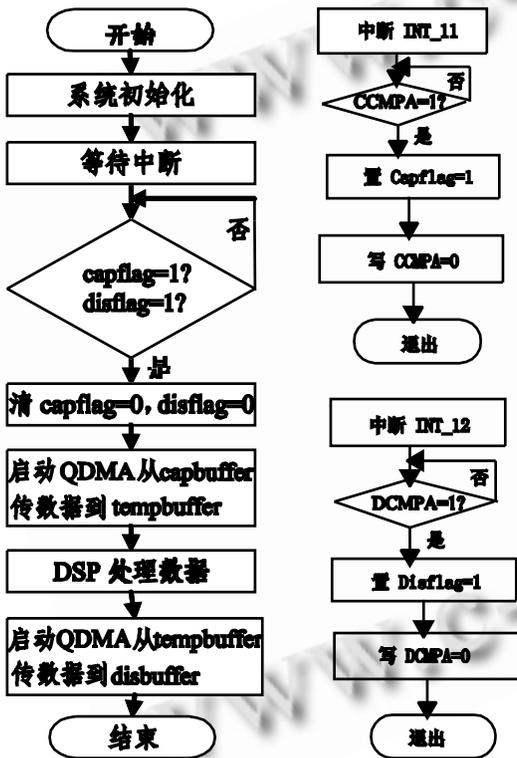


图 5 系统软件设计流程图

(1) 系统初始化：系统上电后，DM642 首先对其工作方式初始化设置，包括设置 EMIF、EDMA、视频解码编码芯片等，然后等待中断 INT_11 采集图像。

(2) 视频采集：当中断 INT_11 采集好图像后，将采集的模拟视频数据经 TVP5150PBS 转换为数字视频数据，并送往 DM642 的视频采集端口 VP0 的 FIFO 中。当 FIFO 中采集的数据超过了 VCTHRLD(门

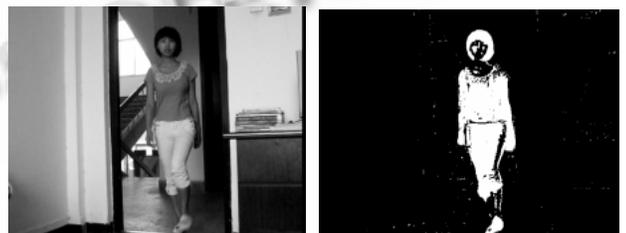
限值寄存器)中设定的门限值时，触发一个 EDMA 传输，将数据从采集 FIFO 搬运到 capbuffer(采集缓存区)给 DSP 进行处理。

(3) 视频处理：由于系统的实时性要求，使 capbuffer 和 disbuffer(显示缓存区)被连续的填满和清空，为防止数据冲突，在 SDRAM 中开辟 tmpbuffer(临时缓存区)。只有当 CapFlag=1 且 DisFlag=1(即数据采集好而 disbuffer 为空时)时，才启动 QDMA 将 capbuffer 中数据搬运到 tmpbuffer，再在 tmpbuffer 中对数据进行运动目标检测，当数据处理完后，再次启动 QDMA 将数据搬运到 disbuffer。

(4) 视频显示：当视频显示端口 VP1 的 FIFO 中数据为空时，触发 1 个 EDMA 传输，将处理后数据从 disbuffer 搬运到该 FIFO 中，并经 SAA7121H 转化为模拟视频数字信号，然后等待中断 INT_12 显示图像。

5 检测结果

本系统软件部分在 TI 的 CCS3.1 集成开发环境下进行开发，并通过 JTAG 口把程序下载到系统设计的硬件平台上进行脱机运行。在实验室环境下对运动目标进行检测结果如下图 6 所示。实验表明系统的处理速度达到了 10 帧/s，满足实时处理的要求，同时，从检测结果图中可以看出，系统能够有效的检测出进入摄像头的运动目标，达到了设计的要求。



(a) 检测场景 (b) 提取目标

图 6 实验结果图

6 结语

本文以 TI 公司的 TMS320DM642 为核心构建了实时运动目标检测系统的硬件平台，并在其上实现了一种将混合高斯模型背景法与三帧差分法相结合的运动目标检测改进算法。实验结果表明，该系统在满足实时性的同时能有效的检测出运动目标，能适用于智

(下转第 93 页)

(上接第 8 页)

能监控、运动图像分析、可视化人机交互等系统中。

参考文献

- 1 代科学,李国辉,涂丹,袁见.监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望.中国图象图形学报, 2006,11(7):919-927.
- 2 TVP5150A datasheet. Texas Instruments Incorporated, March 2004.
- 3 SAA7120H_21H datasheet. Texas Instruments Incorporated, October 2002.
- 4 The TMS320DM642 Video / Imaging~xed-Pdnt Digital Signal Processor Data Manual. Literature Number: SPRS200B. Texas Instruments Incorporated, July 2002.
- 5 马义德,朱望飞,安世霞,邱会银,汤书森.改进的基于高斯混合模型的运动目标检测方法.计算机应用, 2007,27(10):2544-2546,2548.
- 6 姚敏.数字图像处理.北京:机械工业出版社, 2006. 256-258.
- 7 Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real time tracking. Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999,2:246-252.
- 8 Daniela Hall, Nascimento J, Ribeiro P, et al. Comparison of target detection algorithms using adaptive background models. The Second Joint IEEE International workshop on Visual Surveillance and Performance evaluation of Tracking and Surveillance, 2005, 10(15):113-120.