

# 基于 DM6437 的动态目标检测算法研究

赵晨萍, 王应军, 郭运瑞  
(河南科技学院 河南新乡 453003)

**【摘要】:** 基于 TI 公司的高端数字媒体处理器 DM6437, 设计了一种实时动态目标检测系统。采用非参数核密度估计方法, 对静止和动态背景下动态目标检测算法进行了研究和分析, 指出了算法的有效性和实用性。

**【关键词】:** 动态目标; 检测; 非参数化的核密度估计; DM6437

## 1、引言

近年来, 新一代智能视频监控技术的研究逐渐受到广泛的关注。现有的目标检测算法大部分都是基于 PC 平台, DSP 拥有专用信号处理的硬件结构和流水线技术, 随着 DSP 器件性能的不断f提高, 在图像处理的某些方面其性能系统体积、性价比、功耗等因素的要求更高, 使得基于 DSP 平台的视频图像处理算法研究和软件开发成为一种趋势。

## 2、系统硬件平台

TI 公司的 DM6437 是一款在达芬奇技术框架下的面向数字视频设计应用的数字媒体处理器, 采用 C64x+核, 相比于 C64x 核, 一方面增加了适合流媒体处理的指令, 提升了 DSP 在流媒体方面的处理能力, 另一方面提升对操作系统的支持的鲁棒性。芯片主频达到 600MHz, 采用增强型超长指令字结构, 使得单时钟周期能够处理多条指令。

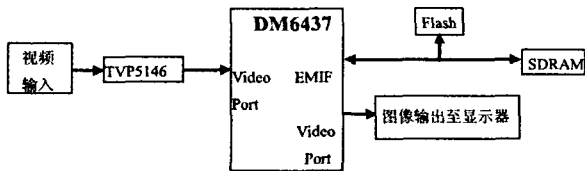


图 1 系统硬件图

系统的硬件框图如图 1 所示。系统首先从摄像头采集 PAL 制式模拟视频信号, 通过 TVP5146 解码为 YUV4:2:2 格式的数字图像信号, 为了方便后期图像处理算法, 需要将采集的 YUV422 格式的数字图像转化 YUV420 格式, 这里充分利用硬件结构通过 EDMA3 完成图像格式的转换, 结果存储于 DDR2 中, DM6437 访问 DDR2 完成数据处理后将结果送出显示器显示。

## 2、系统算法设计

### 2.1 静止背景动态目标检测算法

常用的静止背景建模方法是采用参数化的方法, 典型的有单高斯背景模型和混合高斯背景模型, 但此两种方法均为参数方法。相比于参数方法的背景建模, 非参数的方法不需要确定概率密度函数, 也不需要考虑如何设置模型的参数, 实现起来比较简单, 算法复杂度低, 非常适合嵌入式系统的实现。常用的方法是核密度估计的方法。非参数的核密度估计方法早在 20 世纪 50-60 年代就被提出, 对概率密度函数  $f(x)$  的估计, 通过一系列样本点来表示, 如下式所示。

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - x}{h}\right)$$

其中  $n$  表示样本的数目,  $h$  为核带宽, 表示样本点的参与程度,  $h$  越大参与的样本点越多,  $K(\cdot)$  为核函数,  $K$  的不同代表了不同的样本点加权方式。将核密度估计的方法引入了目标检测的背景减法中, 算法的本质就是对当前时刻以前的历史数据进行开窗处理, 消除原始的陈旧数据对当前判决的影响, 对背景中的

每一个像素点的概率密度的估计采用窗口内的数据点加权的方方式得到, 算法中唯一需要确定的参数就是核带宽的大小, 核带宽通常可以根据经验值得到。算法采用了 RGB 空间的核密度估计背景减法。写成向量的形式为:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^3 \frac{1}{h_j} K\left(\frac{x_j - x}{h_j}\right)$$

其中  $x=(R,G,B)^T$ , 算法中假设 R、G、B 三个通道相互独立, 并且具有相同的核带宽。为了省去不必要的浮点运算, 核函数选择了三角核, 当  $n$  和  $h$  确定时,  $\frac{1}{nh}$  和  $\frac{1}{h}$  为常数项, 去掉  $\frac{1}{nh}$  和  $\frac{1}{h}$  不影响最终判断结果, 则上式可进一步简化为:

$$\hat{f}_R(x^R) = \sum_{i=1}^n K(x_i^R - x^R)$$

$$\hat{f}_G(x^G) = \sum_{i=1}^n K(x_i^G - x^G)$$

$$\hat{f}_B(x^B) = \sum_{i=1}^n K(x_i^B - x^B)$$

$$\text{其中, } K(x) = \begin{cases} h-x & x \leq h \\ 0 & x > h \end{cases}$$

基于背景减法的目标检测方法, 首先需要考虑到背景初始化的问题。通常情况下系统很难得到一帧很干净的背景, 因此可以采用时间平均的方式得到背景图像队列, 即队列中的每一幅背景图像都是通过一段时间采集并对图像做平均后得到的, 当背景图像队列建立完成, 背景的初始化也随之完成。最终的背景减法为如下公式:

$$D(x, y) = \begin{cases} foreground & \min(\hat{f}_R(x^R), \hat{f}_G(x^G), \hat{f}_B(x^B)) < th \\ background & else \end{cases}$$

背景模型的更新对于实现稳定、准确的目标检测和跟踪十分重要, 盲目更新会将运动区域也作为背景添加到背景当中来, 这样在接下来的目标检测过程中会出现误检测、漏检测的问题。

算法中的背景由 8 个背景图像序列构成, 8 个背景图像序列组成 FIFO 队列, 队头存放较新的背景数据, 队尾存放较旧的背景数据, 背景更新一次队列向队尾方向移动一次, 最陈旧的背景从队尾被剔除, 队首存放最新更新的背景。

考虑背景不应该对场景中突然的变化干扰很敏感, 算法中并没有每一帧都对背景进行更新, 而是建立了一段时间内图像中每个像素化分为运动前景和背景的概率分布图, 通过对概率分布图设置阈值来判断该点是划分为运动点还是背景点, 当概率分布大于或等于设定阈值时认为该点为运动点, 反之为背景点。如下式所表示:

$$p\_map(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n binary\_image_i(x, y)}{n \times 255}$$

其中  $p\_map$  为一段时间内图像中每个像素化分为运动前景和背景的概率分布图,  $binary\_image_i$  为第  $i$  幅通过检测得到的二值图像,  $n$  表示背景更新的间隔, 以图像帧表示, 假设二值图像中运动点值为 255, 背景点值为 0。

在实际中可能出现一种临界的情况, 即在更新时刻之前图像中的某个像素点都被判为背景点, 而从更新时刻或离更新时刻很近的时刻起该点变为运动点这时如果简单地按照上述概率统计的方法很可能真正的运动点也被判为了背景点。因此引入了参量  $i^{\lambda}$ , 对概率分布图的统计进行加权, 离更新时刻越近, 统计的结果对最终的判别影响越大。重新改写上式得到:

$$p\_map(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n i^{\lambda} \times binary\_image(x, y)}{n \times 255 \times \sum_{i=1}^n i^{\lambda}}$$

在算法中选择每 20 帧更新一次背景, 此时  $\lambda$  取 5。考虑到式中含有指数运算, 为了降低算法复杂度, 通过离线表格化  $i^{\lambda}$ , 最终通过查表方式实现上述运算, 大大降低了算法复杂度。

## 2.2 动态背景动态目标检测算法

算法流程如下: 首先在检测阶段采用非参数核密度估计方法分割出运动对象作为待跟踪目标; 然后在跟踪阶段依据目标的颜色分布特征用 CamShift 算法计算出后续帧中此目标的窗口位置和大小; 再通过 Kalman 滤波器预测下一帧目标的位置和速度等运动信息, 由此控制摄像机运动并更新目标信息。

算法采用非参数核密度估计方法分别估计各像素属于前景和背景的概率密度, 再通过比较前景概率得出运动对象。

假设  $x_1, x_2, \dots, x_n$  是属于同一像素位置不同时间的背景颜色采样值, 那么  $t$  时刻该像素的观测值属于  $x_i$  背景的概率为:

$$P_b(x_t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\sigma}(x_t - x_i)$$

式中,  $K_{\sigma}(x)$  是核密度估计器, 一般选择高斯核为:

$$K_{\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x}{\sigma}\right)^2}$$

式中,  $\sigma$  表示频宽, 决定核密度估计作用范围的大小, 可定义为:

$$\sigma = \frac{m}{0.68\sqrt{2}}$$

式中,  $m$  表示各相邻样本间差值的平均。

前景建模与背景类似, 如果  $x_1, x_2, \dots, x_M$  是同一像素位置不同时间的前景颜色采样值, 那么  $t$  时刻的观测值  $x_t$  属于前景的概率可表示为:

$$P_f(x_t) = \alpha \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M K_{\sigma}(x_t - x_i) + (1 - \alpha)\gamma$$

由于通常从初始条件中并不能直接获取前景信息, 所以对检测帧来说, 可以假设任何颜色在前景中出现的概率相等。上式中,  $\alpha$  是控制参数, 当前景模型存在时,  $\alpha=1$ , 表示此时利用核密度估计方法来估计前景概率, 反之当前景模型不存在时,  $\alpha=0$ , 前景概率由  $\gamma$  值设定, 对于彩色图像而言,

$$\gamma = \frac{1}{256 \times 256 \times 256}$$

属于前景和属于背景的概率为:

$$R(x_t) = \begin{cases} \text{Background}, & P_f(x_t) \leq P_b(x_t) \\ \text{Foreground}, & P_f(x_t) > P_b(x_t) \end{cases}$$

通过比较, 可得到对象分割结果。

## 3、结语

本文采用 TI 公司的 DM6437 DSP 搭建了实时动态目标检测系统, 并对静止和动态背景下动态目标检测算法进行了研究和分析, 为动态目标检测系统的后续研究提供了软硬件支持。

## 参考文献:

- [1] Texas Instruments. TMS320DM6437 Digital Media Processor [M]. 2008.
- [2] Texas Instruments. TMS320C6000 DSP Application Programming Interface (API) Port Reference Guide [M]. 2004.
- [3] Texas Instruments. TMS320C6000 DSP External Memory Interface Reference Guide [M]. 2005.
- [4] SHEIKH Y, SHAH M. Bayesian modeling of dynamic scenes for object detection [J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27 (11): 1778-1792.
- [5] 周建雄, 张笑微. 基于 DM6437 的运动目标检测系统 [J]. 信息化纵横, 2009(12).
- [6] 顾建栋, 刘志, 张兆扬. 基于摄像机运动控制的实时对象检测与跟踪算法 [J]. 电视技术, 2008, 32(11).
- [7] 虞旦, 韦巍, 张远辉. 一种基于卡尔曼预测的动态目标跟踪算法研究 [J]. 光电工程, 2009, 36(1).
- [8] 李之乾, 王清理, 别晓武. 基于红外视频数字图像的动态目标检测技术研究 [J]. 计算机工程与技术, 2008, 29(6).

(上接第 13 页)

换方式统计复用网络资源传输数据包, 报文在网络所经历的时延不能得到控制。由于路由改变及其该路径的负载变化, 数据包传递端到端时延可能相差很大。

端到端时延抖动 (IP Packet Delay Variation, IPDV)<sup>[1]</sup>是指从发送者到接收者的数据包统计延时的变化。有些业务, 如流媒体业务, 可以通过适当的缓存来减少时延抖动对业务的影响; 而有些业务则对时延抖动非常敏感, 如语音业务, 稍许的时延抖动就会导致语音质量迅速下降。IPDV 对 VoIP、网络视频会议等网络实时交互和流媒体应用的性能有很大影响。这类应用对网络有一个根本的性能要求: 数据包基本要定期到达, 较大的 IPDV 意味着应用可能出现停顿甚至中止。在源和目的主机设置缓冲区可以缓解时延变化对应用性能的影响, 但缓冲区大小通常根据应用先前所接受数据包的时延变化确定, 若某个时刻时延变化超过缓冲区所能容忍的最大值, 应用仍要停顿或者中止。

了解网络路径时延变化 IPDV 是网络工作负载特性的一个表征。网络负载较轻时, 数据包几乎不在路由器缓存排队, 直接转发; 负载平衡机制也不会触发, 转发路由由稳定, 表现为时延变化较小。网络负载较重, 甚至趋于网络最大容量时, 多数数据包

在路由器缓存排队, 等候转发; 负载平衡机制被触发, 数据包转发路由频繁变动, 导致了时延变化的急剧增大。因此 IPDV 是衡量 IP 网络性能的一个重要指标。

## 4、结束语

测量往返延迟是我们网络日常维护的一项基本工作。本文从四个方面探讨了与往返延迟相关的问题: (1) 往返延迟的定义、组成原理; (2) 瓶颈延迟及其作用; (3) 延迟抖动及其作用。这些工作能从不同角度辅助网络维护人员分析网络性能, 定位性能瓶颈, 为网络优化改造提供直接的决策依据。

## 参考文献:

- [1] 林宇, 程时端, 邬海涛等. IP 网端到端性能测量技术研究的进展. 电子学报, 2003, 31 (08): 1227-1233
- [2] 张文杰, 钱德沛, 李忠诚等. 网络测量中的性能数据空间分析. 计算机研究与发展, 2004, 41 (02): 276-281
- [3] 黎文伟, 张大方, 谢高岗等. 基于通用 PC 架构的高精度网络时延测量方法. 软件学报, 2006, 17 (02): 275-284