

基于 System Generator 的快速视频跟踪系统设计

谢方方,杨文飞,韩月霞,崔 静,于 越

(军械工程学院 计算机工程系,河北 石家庄 050003)

摘 要:文中基于 System Generator 和 FPGA 技术设计了一种快速视频跟踪系统,构建了图像采集和处理的硬件平台,给出了归一化互相关匹配算法的 System Generator 模型,在 Simulink 仿真环境下进行了算法验证,并将该模型转化为 VHDL 语言下载进 FPGA 中进行硬件调试,最后将系统成功应用于实践中。相比于传统环境下实现的目标跟踪算法,本系统一方面实现了算法和硬件的分离,提高了系统开发速度,另一方面大大提高了目标跟踪的速度和精度。实践结果表明,该系统能够迅速准确地识别目标,从而实现对目标的实时跟踪。

关键词:视频跟踪;System Generator;FPGA;归一化互相关匹配算法

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)01-0221-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.01.054

Design of Quick Video Tracking System Based on System Generator

XIE Fang-fang, YANG Wen-fei, HAN Yue-xia, CUI Jing, YU Yue

(Department of Computer Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: A quick video tracking system is designed based on System Generator and FPGA technology in the paper, which is successfully applied to practical project. The hardware flat for image capture and processing and the System Generator model of normalized correlation matching algorithm is constructed. The algorithm is verified in Simulink and the model is translated to VHDL language which is wrote and debugged in FPGA. Compared with object tracking algorithm in traditional environment, on the one hand the separation of algorithm and hardware is realized and the development speed is increased, on the other hand the speed and precision of object tracking is greatly increased. The practical results show that the system can identify object quickly and track the object in real time.

Key words: video tracking; System Generator; FPGA; normalized correlation matching algorithm

0 引言

一般而言,视频跟踪系统由视频采集、图像处理和跟踪结果输出三个部分组成^[1]。针对本系统的关键部分图像处理过程,传统的实现手段主要采用通用计算机、数字信号处理器 DSP、可编程门阵列 FPGA 等,但这些方法在实际应用中都存在不同程度的局限性^[2]。

Xilinx 公司提供的 System Generator 是一款嵌入 Matlab 的开发工具,它为工程师利用 FPGA 开发图像处理算法提供了捷径。System Generator 提供了各种基本的小模块用于构建大系统,一方面这些模块可以自动转化成所需的 VHDL 语言,另一方面这样设计的系

统不需要再利用第三方的仿真工具,能够直接在 Matlab 的 Simulink 环境中进行仿真和调试,并且可以方便地调整参数、修改时序设计等^[3-6]。

文中设计了一种基于 System Generator 和 FPGA 的快速视频跟踪系统,利用 Xilinx 公司的 FPGA 芯片和 System Generator 软件,实现图像的快速匹配和目标的确跟踪,由于采用硬件实现算法,因此具有很高的处理速度和充分的灵活性,能够满足系统的实时性要求,以下分三部分进行阐述:系统设计与实现、图像处理算法的 System Generator 建模以及结果分析。

1 系统设计与实现

本系统的硬件电路设计包括图像采集模块、图像存储模块、图像显示模块、图像处理模块、输出云台控制模块以及外围接口,如图 1 所示。

系统采用 Xilinx 公司的 FPGA 芯片 Spartan-3A DSP1800A 为硬件平台,以 Xilinx 公司的数字信号处理

收稿日期:2012-04-08;修回日期:2012-07-11

基金项目:国防科技重点基金项目(9140C8702020803)

作者简介:谢方方(1984-),女,助教,研究方向为图像识别与处理、电磁仿生理论与实现;杨文飞,副教授,研究方向为图像识别与处理、电磁仿生理论与实现。

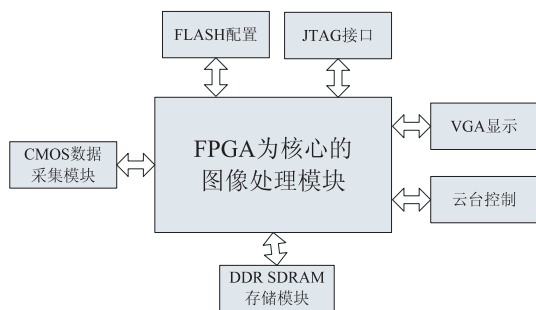


图1 系统硬件结构

工具 System Generator10.1 为软件平台,实现对系统中各个模块的控制,其中系统的核心模块图像处理模块完成图像数据的目标匹配和跟踪等算法,文中的侧重点也是阐述该模块中各种算法的原理、System Generator 模型搭建以及仿真结果分析,其他模块略写。

2 图像处理算法的 System Generator 建模

由于图像序列的亮度分量已经包含了目标的大部分信息,因此文中所采用的图像处理算法只关心图像序列的亮度分量,即图像的灰度值信息。系统采用基于灰度模板的归一化互相关匹配算法实现目标的快速匹配,并在结果输出时,在目标中心加上白色跟踪框,实时观察目标的状态。

归一化互相关匹配算法通过计算模板图像和待匹配图像的互相关值来确定匹配的程度。设模板图 T 大小为 $M_x * M_y$,待匹配图 S 大小为 $N_x * N_y$,算法实现时,模板图在待匹配图上平移,模板覆盖下的区域图设为 $F(p,q)$, (p,q) 为 F 的右下角像素点在 S 图中的坐标位置^[7,8]。

归一化互相关算法的定义如下:

$$UC(p,q) = \frac{\sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} T(i,j) F^{p,q}(i,j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} T^2(i,j) \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} [F^{p,q}(i,j)]^2}} \quad (1)$$

上式 UC 的值越大说明待匹配图上此位置与模板

越相似,当 UC 的值为 1 时,说明该位置为匹配位置。但实际视频处理系统中,因为每帧图像都是在不同时间或不同场景拍摄的,因此模板与待匹配图被覆盖位置的对应像素点不可能完全相等,因此找不到 UC 值为 1 的位置,只能认为 UC 值为最大的位置为匹配位置^[9~12]。

系统采用 System Generator 工具进行建模的顶层模型如图 2 所示。

其中 System Generator 模块是每个顶层模块必须包含的标志,它用来驱动整个 FPGA 实现过程,WaveScope 模块是 System Generator 系统中必不可少的调试工具,相当于信号示波器,可以观察多路信号,PP_System 完成归一化互相关算法的建模,如图 3 所示。

模型中 line_parallel 实现 M_x 行数据的同时输出,PP_System_A 模块实现模板 T 和待匹配图中被模板覆盖区域 F 之间的对应像素点相乘相加,PP_System_B 模块完成覆盖区域 F 与本身之间的对应像素点相乘相加,PP_System_C 模块计算模板 T 和本身之间的对应像素点相乘相加。由于式(1)中分母是开方形式,而通过 System Generator 所建立的模型最终要下载入 FPGA 中运行,但在 FPGA 系统中,除非不得已,一般情况下最好不要出现开方,因此本系统在设计时将 PP_System_A,PP_System_B 和 PP_System_C 三个模块的乘加结果变成平方后的值再处理。Cordic Divider 模块实现平方后结果的除法运算,从而得到 UC 的平方值。

经过以上模型运算得到的结果送给最大值判定模型 PP_Max,从而得到 UC 值最大时所对应的坐标位置,模型建立如图 4 所示。

其中 Refresh 模块控制最大匹配寄存器的清零时刻和匹配位置的更新时刻,当下一帧图像的坐标 $p = M_x - 1, q = M_y - 1$ 时更新。

利用上述模型得到的最大匹配点坐标,一方面能够指导云台跟踪目标,另一方面指示 FPGA 在输出视

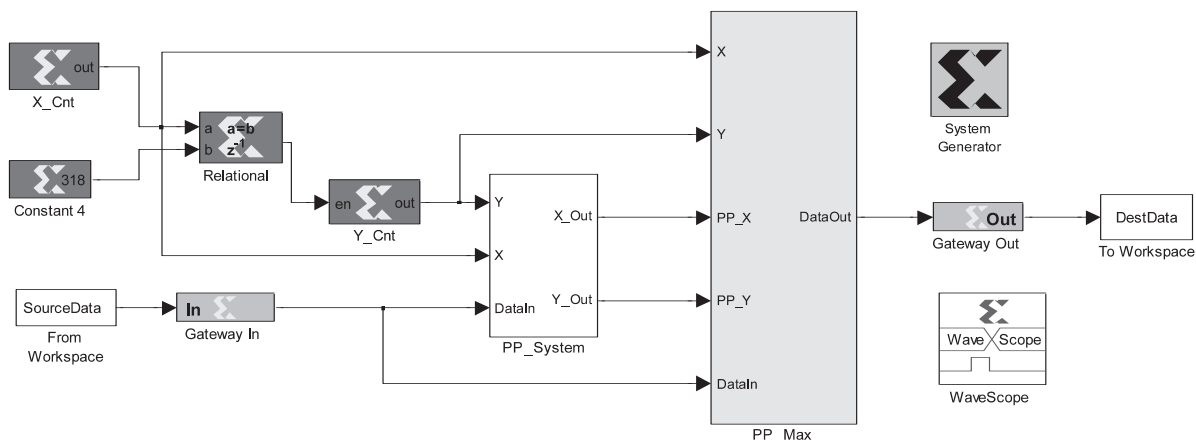


图2 顶层模型

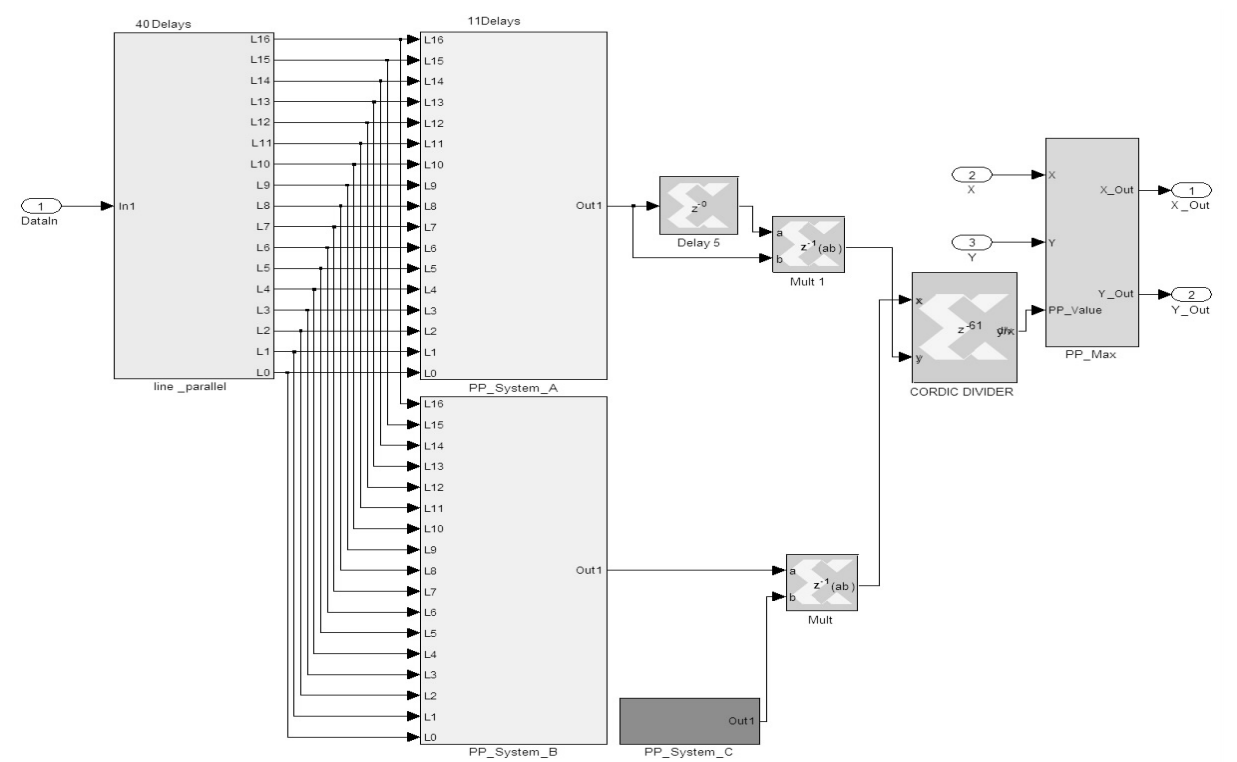


图 3 归一化互相关算法的建模

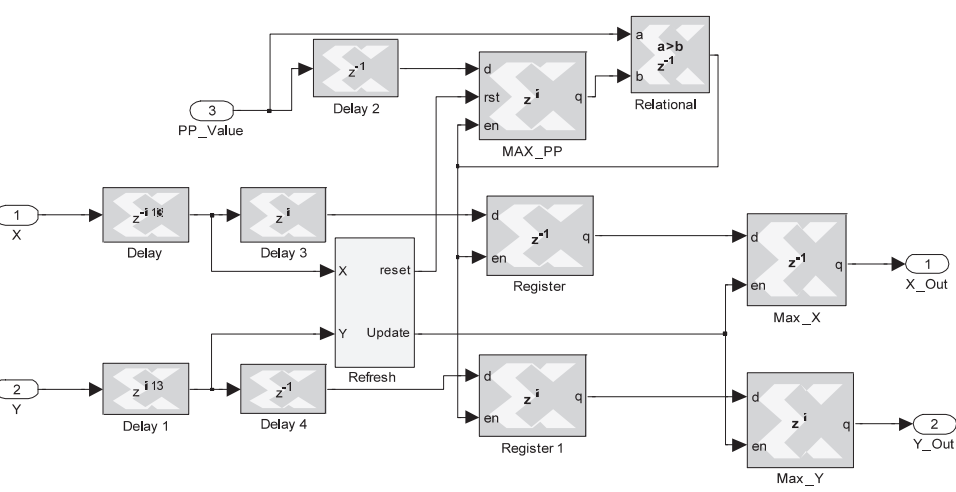


图 4 PP_Max 最大值判定的建模
频数据流时能正确地叠加上一个白色跟踪框。

3 结果分析

本系统在 Matlab 的 Simulink 仿真环境下进行验证,为了验证归一化互相关算法的正确性,文中首先采用 3×3 的模板 T 和 5×5 的待匹配图像 S ,如下所示。

			1	2	3	4	5
8	9	10	6	7	8	9	10
13	14	15	11	12	13	14	15
18	19	20	16	17	18	19	20
			21	22	23	24	25
3 * 3 模板 T			5 * 5 待匹配 S				

显然匹配点坐标在 (3,4) 的位置上,按照第 2 节中的方法进行建模,利用 WaveScope 模块进行仿真,得到如图 5 所示的仿真结果。

图 5 的仿真结果显示,匹配点坐标在第二帧图像的 $p = 2$ 且 $q = 2$ 时更新,此时时钟周期为 37,在第 49 个时钟周期输出匹配点坐标 (3,4),可见从一帧图像输入结束到输出匹配点坐标只经过了 12 个时钟周期的延时就能够实现目标的正确匹配。

以上采用较小的模板和待匹配图像,但在实际工程应用中,视频图像帧一般都比较大小,本系统所处理的视频数据为 120 帧 320×240 的图像序列,模板为 17×17 的大小。按照系统处理的视频数据规模首先进行 System Generator 建模,在 Matlab 的 Simulink 环境下进行了仿真测试。

测试分两步:
首先对视频源数据截图,然后针对该图进行仿真,观察其匹配坐标的位置,仿真结果如图 6 所示。
第二步:直接仿真视频源文件,方法是通过 Matlab

基于 System Generator 的快速视频跟踪系统设计

作者: [谢方方](#), [杨文飞](#), [韩月霞](#), [崔静](#), [于越](#)
作者单位: [军械工程学院 计算机工程系, 河北 石家庄 050003](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201301056.aspx