

DM642 在数字图像处理系统中的应用

张锐^{1,2} 吴婉兰¹ 吴庆宪¹ 姜长生¹¹(南京航空航天大学自动化工程学院 江苏 南京 210016) ²(上海微小卫星工程中心 上海 200050)

摘要 介绍了 DM642 在数字图像处理系统中的应用,包括系统硬件组成、软件设计原理、EDMA 通道技术等。通过对 Sobel 算法以及改进的 Sobel 算法的实验验证运行,结果比较,证明了该系统稳定,运行效果良好,图像处理的速度能达到系统的实时性要求。

关键词 DSP EDMA 数字图像处理 Sobel

APPLICATION OF DM642 TO DIGITAL IMAGE PROCESSING SYSTEM

Zhang Rei^{1,2} Wu Wanlan¹ Wu Qingxian¹ Jiang Changsheng¹¹(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, Jiangsu China)²(Shanghai Engineering Center for Macro Satellites, Shanghai 200050, China)

Abstract The application of DM642 to digital image processing system is introduced, including the hardware configuration, the principle of software design, EDMA technology etc. Through the movement of the Sobel algorithm as well as the improved Sobel algorithm, the experimental result demonstrates the stability and good operation of the system. The image processing speed can meet the requirements for real-time processing of the system.

Keywords DSP EDMA Digital image processing Sobel

0 引言

近年来,随着数字多媒体技术的迅速发展,数字图像处理技术被广泛应用于各种生活领域中。然而,通用的图像处理系统主要是采用图像采集卡将图像传送到 PC 上,在 PC 上通过软件运行各种图像处理的算法。程序缺乏并行性,这样就使得很多图像处理效果不错但时间复杂度较大的算法的实际应用受到了限制,同时数据的读取、存储操作都比较缓慢。这样系统的运行速度受到了严重影响。于是如何实现实时、快速数字图像处理成为当前的一大难题。随着 DSP 芯片集成度、稳定性、运算速度、数据吞吐量等性能的不提高,采用 DSP 实现快速数字图像处理可以将软件算法嵌入到 DSP 中实现,充分利用 DSP 的高速度和并行性,可以大大提高系统的运行速度,达到数字图像处理的实时性。

本文充分利用了 TI 公司推出的 C6000 系列中 DM642 的高速处理能力以及出色的对外接口能力,发挥了 DM642 中 EDMA 进行数据传输的优势,采用 TMS320C642 为核心处理器,并结合 TDS642EVM 多路实时图像处理平台的大规模集成外设构造了一个通用数字图像处理系统。通过对经典 Sobel 边缘检测算法进行改进并验证运行,该系统能够满足运算量大、数据传输率以及实时性的要求。较原有的图像处理系统有了很大的提高。

1 TMS320C642 的性能特点

TMS320C642 是 TI 公司推出的 TMS320C6000 平台上高性

能定点系列处理器,是专用于数字媒体应用的高性能 32 位定点 DSP。其高速性能特点包括:

- ① 存储空间最大可扩展到 4GB,完全满足各种图像处理系统所需的内存空间,CPU 主频 600MHZ,峰值性能可达到 5760MIPS;
- ② 外扩了 32M Bytes 的 SDRAM,工作时钟为 100MHZ,用来存储程序、数据和视频信息;
- ③ 外扩 4M Bytes 的 Flash 存储器,用来固化程序;
- ④ 具有 Veloci TI 先进 VLEW 结构内核;
- ⑤ 64 位的高性能外部存储器接口 (EMIF),可驱动 4 个片选地址空间,支持 8、16、32、64 位宽度的同步和异步访问;
- ⑥ 采用流水线操作实现高速率、高效率。

2 应用系统简介

本次设计的数字图像处理系统需要完成视频采集、数字处理、视频合成显示等功能。为了满足实时性的要求,数字处理部分必须采用高速处理芯片。本设计选用了 TMS320C642 定点 DSP。以 DM642 为核心。结合音、视频编解码器及其它外设,完成数字信号实时处理。

系统的整体结构框图如图 1 所示。

前端通过 CCD 摄像机获得视频图像,经过解码器的数字化处理后,形成数字并行码流以 EDMA 传输方式将数据传送到

收稿日期:2005-07-13。张锐,博士,主研领域:图像处理,卫星姿态控制。

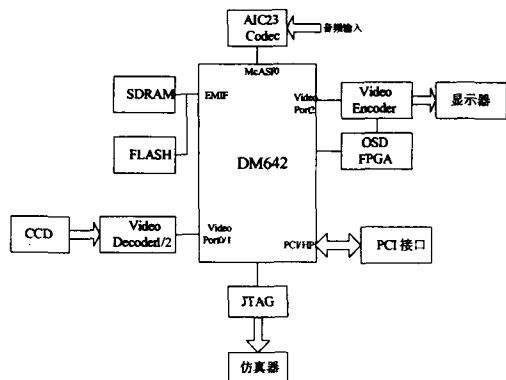


图1 应用系统框图

DM642 芯片,该芯片对图像进行实时的处理后数据自动通过 EDMA 将结果输出,通过编码器形成码流后传送到显示器显示结果。整个系统的实现过程中,为了满足实时性的要求,都是以 EDMA 的传输方式进行数据的边传输边处理。

3 图像处理算法

3.1 Sobel 图像边缘检测算法

图像边缘是图像的基本特征。对于一张暗色背景下有亮条纹的图像,由水平扫描线的灰度剖面图及其一阶导数图可追现一个边缘,这就是边缘检测的基本理论。它是图像分割所依赖的重要特征。

经典 Sobel 算法的边缘检测,是在图像空间利用两个方向模板实现的。模板如图 2 所示。



(a) 水平梯度方向,检测垂直边缘 (b) 垂直梯度方向,检测水平边缘

图 2

根据图 2 的 3×3 模板可设图像各领域的灰度值为 Z_1, Z_2, \dots, Z_9 , 位置分布如下所示:

$$\begin{matrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ Z_4 & Z_5 & Z_6 \\ Z_7 & Z_8 & Z_9 \end{matrix}$$

对经典 Sobel 算法主要是利用图 2 中模板的各个元素与图像进行领域卷积。公式如下:

$$\begin{aligned} G_x &= (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3) \\ G_y &= (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7) \end{aligned} \quad (1)$$

在式(1)中 G_x 检测水平边缘, G_y 检测垂直边缘, 比较后的最大值作为该点的输出位。梯度方向与边缘方向总是正交垂直。对算出的梯度大小取一临界值, 大于临界值的像素设为 1, 表示边缘像素, 反之则为 0, 表示背景像素。

经过 Sobel 锐化处理后, 提取了许多细节, 除了景物边缘之外, 还包括画面中因光照变化, 或者是硬件设备带来的各种影响。然而经典 Sobel 算法虽然计算简单、速度较快, 对边缘的定位也较精确, 但是由于只采用了两个方向模板, 只能检测水平方向和垂直方向的边缘, 能检测的边缘方向有限, 对于纹理较复杂的图像, 其边缘检测效果欠佳, 对噪声的干扰也很敏感, 这就给它的使用带来了局限性。为此对经典 Sobel 算子进行了改进。

3.2 Sobel 算法改进

首先, 在边缘检测的过程中检测精度和抗噪性能之间存在着一定的矛盾, 由于图像边缘和噪声均为频域中的高频分量, 简单的微分运算会增加图像中的噪声。因此, 在进行微分运算之前采取了高斯滤波来减少高频分量中噪声的影响。

紧接着, 由于一幅图像中边缘有很多方向, 除了水平方向和垂直方向以外, 还有其它的边缘方向, 而且经典 Sobel 算子只有水平和垂直两个方向的模板, 其模板的方向仅表示灰度由低到高(或由高到低)的变化方向, 而不能表示图像的实际边缘方向。因此为了能有效检测各个方向的边缘, 这里选取了 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ 八个方向模板, 为了便于描述, 首先对各个边缘方向进行了编号, 如图 3 所示。

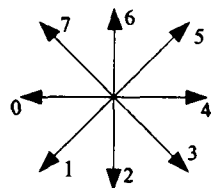


图 3

于是在经典 Sobel 两个方向模板的基础上, 又增加了 6 个方向模板。如图 4 所示。

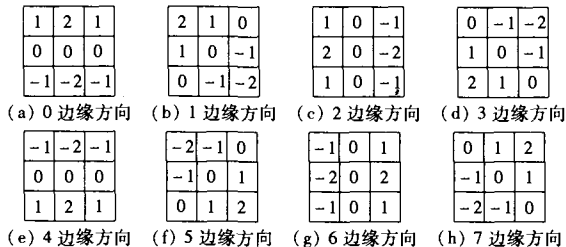


图 4

算法实现过程: 先用高斯滤波去除图像中的噪声, 然后用图 4 中的八个模板对图像中的每一个像素点分别进行计算, 取其其中的最大值作为该点新值, 该最大值对应的模板所表示的方向为该像素点的方向。

无论是经典 Sobel 算法还是改进后的 Sobel 算法, 在系统的运行实现过程中运算量都是比较大的, 尤其是改进后的算法, 在增加了高斯滤波和其它方向上的边缘检测后, 运算量更是增加了。并且要处理的一帧图像 (720×576) 数据量很大, 所以要提高程序的执行速度, 就必须很好的利用 DM642 的性能特点。

4 用 DM642 实现快速边缘检测

在实际的图像处理过程中, 摄像头采集速度为每秒 25 帧图像, 考虑到系统有一定的延时以及处理后图像的存储时间, 那么 DSP 处理一幅图像的时间不能超过 30ms。按照 DM642 的处理速度, 在 30ms 内可以处理 $0.03 \times 5760\text{MIPs} = 172.8\text{M}$ 条指令。图像大小为每场 720×288 (宽 × 高), 每帧 720×576 (宽 × 高)。因此在图像数据的传输过程中, 每秒数据流量: $720 \text{ 像素} \times 576 \text{ 行} \times 25 \text{ 帧} \times 1 \text{ 字节} = 10368000 \text{ 字节/秒}$ 。这样的数据流量如果采用处理一帧后再传送一帧的方法进行传输, 很难满足实时性的要求。这里我们便充分利用了 DM642 芯片中 EDMA (扩展的直接存储器访问) 的传输方式进行边传输边处理, 提高数据的处理速度。

具体说明如下:

EDMA 作为负责片内 L2 存储器与其他外设之间的数据传输控制器, 其最大的优势在于可以直接访问存储器而不占用 CPU 的时间, 这样就能够节省系统进行图像处理的时间。为了

(下转第 246 页)

机、已感主机发送不同的智能疫苗,如标记疫苗、补丁疫苗、追杀疫苗;在接种后,智能疫苗对易感主机进行修补,对已感主机进行查杀,并与智能疫苗控制中心交互网络蠕虫信息;最后,根据智能疫苗控制中心指定的主机列表,智能疫苗依次进行查杀。

多发阶段,多个主机发现不同种类的网络蠕虫,向网络管理员报告。随后,网络管理员的处理与单发阶段大致相同。与单发阶段的不同之处就在于智能疫苗的变换上。具体体现在智能疫苗对已感主机进行查杀后,能够根据已感主机的网络蠕虫种类,下载相应的智能疫苗进行查杀;最后,智能疫苗向局域网的相邻主机依次进行查杀。

6 结束语

网络蠕虫的防治技术在不断发展,目前的研究主要集中在主动防御、整体防御方面。我们在分析现有疫苗技术的基础上,提出了一种针对多种网络蠕虫的智能疫苗,并应用于智能防治系统。该系统的主要特点是智能疫苗控制中心的调度和智能疫苗的接种,用于解决对于多种网络蠕虫同时感染的问题。目前,智能防治系统在模拟的局域网环境进行了大量实验。实验数据显示,该系统取得了明显的智能防治效果。下一步的工作,将集中解决智能疫苗的查杀速度问题和跨平台查杀问题。

参 考 文 献

- [1] Hanson D, Kostanecki B, Jagodzinski R, Miller J. A Comparison Study of Three Worm Families and Their Propagation in a Network. Security-focus, 2003, 12. Available at: <http://www.securityfocus.com/infocus/1752>.
- [2] 文伟平,卿斯汉,蒋建春,等.网络蠕虫研究与进展[J].软件学报,2004,15(8):1208-1218.
- [3] Tom Vogt. Simulating and optimising worm propagation algorithms. 2004, 2. Available at: <http://web.lemuria.org/security/WormPropagation.pdf>.
- [4] Jason Gordon. Lessons Learned from Virus Infections. Securityfocus, 2004, 10. Available at: <http://www.securityfocus.com/infocus/1804>.
- [5] 丁睿,云晓春,包秀国,等.主动式网络病毒防治模型[J].计算机工程与应用,2003,27:174-176.
- [6] 彭国军,张焕国,傅建明,等.以“毒”攻毒不是异想天开[J].计算机工程与应用,2003,29:159-160.
- [7] 郑辉.主动 Internet 蠕虫防治技术-接种疫苗[J].计算机工程与应用,2004,40(25):5-8.
- [8] 蔡铭,孙乐昌,陆余良,等.一种基于 MADP 协议的移动 agent 通信框架[J].计算机应用研究,2004,5:242-244.

(上接第 212 页)

动态及时的更新图像,至少要开设 3 个视频缓冲区进行数据的交替处理运行。例如:开设 1、2、3 三个视频缓冲区,CPU 开始运行阶段,在 EDMA 工作方式下三个缓冲区轮流存放更新的视频数据。在开始图像处理时,应用程序的视频处理任务将会向 CPU 申请一个缓冲区,假设此时将 1 区的最新视频数据交给处理程序使用,则其他两个区继续存储更新的视频数据,当处理程序完成使用,将向 EDMA 控制器发送“切换”命令,以切换缓冲区,开始处理 2 区的数据,此时,1、3 区中的数据开始依次轮流更新。同样,当 CPU 发送命令处理 3 区中数据时,1、2 区中的数据进行处理。如果图像处理的数据量较大,还可以连续申请两

块缓冲区,这样数据处理的速度也会有所提高。

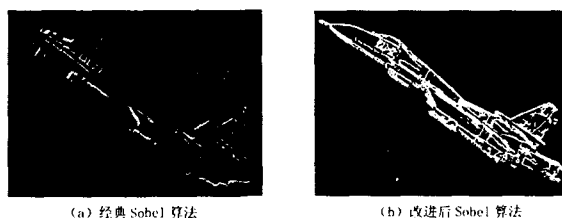
在运用了 EDMA 方式进行数据传输后,系统运行速度加快,能够满足实时性的要求。程序运行框图如图 5。

通过 EDMA 通道传输数据从实质上解决了数字图像处理的速度,且程序运行稳定,最后在对一帧图像的处理不超过 30ms,满足实时性要求。

5 实验验证结果

从下面图形给出的实验结果来看,在以 DM642 为核心的图像处理系统不仅速度上满足了实际的要求,其对每帧图像的处理速度约为 0.25s,且无论是对经典 Sobel 算法还是改进后的 Sobel 算法的实现都能够得出较好的结果。

实验后的结果如图 6 所示。



(a) 经典 Sobel 算法

(b) 改进后 Sobel 算法

图 6 实验结果

同时由实验的结果可以看出在增加模板后,实现了多方向的边缘检测,这样提取出来的边缘清晰,且抗噪能力较强。

系统软件编程和调试是在 Code Composer Studio 2.2 (CCS2.2) 环境下完成的,代码完全由 C 语言实现。

6 结 论

本文在对 DSP 以及图像处理技术的学习和掌握的基础上,合理的运用了 DM642 芯片的性能特点,设计了基于 DM642 的数字图像处理系统,并通过对经典和改进的 Sobel 算法的运行及验证,证明了系统运行稳定,图像处理效果良好,能够满足实时性的要求。

参 考 文 献

- [1] 冈萨雷斯.数字图像处理.第二版.北京:电子工业出版社,2005.
- [2] 李方慧,王飞,何佩琨,等.TMS320C6000 系统 DSPs 原理与应用.第二版.北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 王旭宇,等.基于 DSP 的实时数字图像处理平台.光学技术,2004,30(5).
- [4] 任俊,等.利用 DSP 的实时图像识别系统的设计与应用.光电工程,2004,31(2).
- [5] Index image generation using DSP in high-definition still image retrieval. Suzuki K, Ishimaru K, Adachi F, Ikeda H, Circuits and Systems, 2004. MWSCAS'04. The 2004 47th Midwest Symposium on Volume 3, 25-28 July 2004, 3:iii-503-6 Vol.
- [6] Visually distinct patterns with matching subband statistics Gluckman, J.; Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, 2005, 27(2):252-264.
- [7] 韩建栋,向健勇,刘畅.一种新的边缘检测算法.电子科技,2004(3).