



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103424409 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201310326601. 7

G05B 19/042 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 07. 31

(66) 本国优先权数据

201310127265. 3 2013. 04. 12 CN

(71) 申请人 安徽工业大学

地址 243002 安徽省马鞍山市花山区湖东路 59 号

(72) 发明人 李丹 张蒙 张鑫

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 蒋海军

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006. 01)

G01B 11/00 (2006. 01)

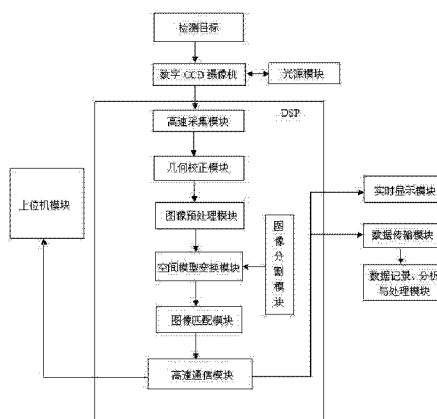
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于 DSP 的视觉检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于 DSP 的视觉检测系统,属于视觉检测技术领域。本发明的组成模块包括光源模块、数字 CCD 摄像机、DSP 图像处理模块、实时显示模块和上位机模块,其中:光源模块照射待检测区域,集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机采集光源模块照射区域的目标图像,得到原始图像数据,数字 CCD 摄像机通过其百兆以太网接口将原始图像数据发送给 DSP 图像处理模块;所述 DSP 图像处理模块处理原始图像数据,并将处理后的图像数据输出到实时显示模块;实时显示模块用于实时显示并记录图像数据;而上位机模块用于进行图像特征提取并可以根据不同产品的需要修改 DSP 内部参数以适应不同产品的检测。本发明能够更加高效智能化地进行产品的检测。



1. 一种基于 DSP 的视觉检测系统,其特征在于,所述检测系统的组成模块包括:光源模块、集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机、DSP 图像处理模块、实时显示模块、数据传输模块、数据记录、分析与处理模块和上位机模块,其中:

所述光源模块照射待检测区域,集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机采集光源模块照射区域的目标图像,得到原始图像数据;所述数字 CCD 摄像机通过其百兆以太网接口将原始图像数据发送给 DSP 图像处理模块;所述 DSP 图像处理模块处理原始图像数据,并将处理后的图像数据输出到实时显示模块,所述实时显示模块用于实时显示并记录图像数据;所述上位机模块与 DSP 图像处理模块相连接,该上位机模块用于进行图像特征提取;所述数据传输模块用于接收经 DSP 图像处理模块处理后的图像数据,通过以太网传输方式与上位机模块实时高速地交换数据,以便于上位机模块对于图像数据的后续处理及存储;所述的数据记录、分析与处理模块接收数据传输模块输送的数据,并进行记录、分析与处理;

所述 DSP 图像处理模块包括高速采集模块、几何校正模块、图像预处理模块、图像分割模块、空间模型变换模块、图像匹配模块和高速通信模块,其中:

所述高速采集模块利用 TMS320DM64 系列的百兆以太网接口对数字 CCD 摄像机采集的原始图像数据进行采集和转发;

所述几何校正模块用于消除或改正高速采集模块转发的原始图像数据的几何误差,即对原始图像进行恢复;

所述图像预处理模块是将经过几何校正后的图像数据进行加工处理;

所述空间模型变换模块将原色彩系统转换到 YCbCr 色彩系统,并在 YCbCr 色彩系统中利用图像分割模块完成图像分割,分割后图像传送到图像匹配模块;

所述图像匹配模块是在基元相似性的条件下,运用匹配准则进行最佳搜索,将具有相同影像的目标全部找到,并将搜索结果传送到高速通信模块;

所述高速通信模块分别与上位机模块、实时显示模块和数据传输模块相连,用于将处理好的数据发送出去,完成实时通信的任务。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于 DSP 的视觉检测系统,其特征在于,所述图像预处理模块,其预处理过程包括图像去噪、图像灰度级变换和图像边缘检测,其中:

1) 所述的图像去噪用于减少数字图像中的噪声,采用改进小波阈值去噪的方法,将原有的小波去噪的阈值选取公式改为:

$$T=2\ln MN[(2\delta)/\sqrt{MN}] \cdot 2^{\frac{J-j}{J}}, (j=j_0, \dots, J)$$

其中:T 为阈值,M 和 N 分别为图像的行和列,j 为分辨率级别,J 为最低分辨率级别, j_0 为最高分辨率级别, δ 为小波的噪声方差,e 为常数,即自然对数的底数;

2) 所述的图像灰度级变换,采用窗口函数对去噪后图像进行变换,突出感兴趣的区域,增强对比度,便于后续对图像进行边缘检测;假定原图像 $f(x, y)$ 的灰度范围为 $[a, d]$,变换后的图像 $g(x, y)$ 的灰度范围为 $[0, L-1]$,其公式如下:

$$g(x,y) = \begin{cases} \frac{L-1}{b-a}[f(x,y)-a] & a \leq f(x,y) \leq b \\ L-1 & b \leq f(x,y) \leq c \\ \frac{L-1}{d-c}[-f(x,y)+d] & c \leq f(x,y) \leq d \end{cases}$$

其中 :b, c 均为原图像的灰度级, 并且 $a < b < c < d$;

3) 所述的图像边缘检测, 采用的是拉普拉斯算子的改进算法, 将经过灰度级变换的图像进行边缘提取, 以便于进行后续的图像匹配, 所述拉普拉斯算子的改进算法包含一个 3×3 的矩阵, 对该 3×3 矩阵的每行每列以及两个对角线这八个方向进行拉普拉斯运算, 并对 3×3 矩阵中 9 个位置用不同的系数加权得到 3×3 矩阵中心处的值, 权值反比于各个位置与矩阵中心点的距离; 其公式如下:

$$G = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} * A$$

其中, A 代表原始图像数据中对应的 3×3 图形数据, G 代表检测后的图像数据。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于 DSP 的视觉检测系统, 其特征在于, 所述的图像匹配模块基于二次匹配误差算法进行图像匹配, 设待搜索目标的模板为 $T(m, n)$, 将该模板 $T(m, n)$ 叠放在标准搜索图 $S(H, W)$ 上平行移动, 模板覆盖被搜索的那块区域叫子图 S_{ij} , i, j 为子图左上角在标准搜索图 $S(H, W)$ 上的坐标, 搜索范围是 $1 \leq i \leq W-m; 1 \leq j \leq H-n$, 二次匹配误差算法分两步进行, 首先是粗略匹配, 对模板的数据进行隔行取样, 即 $1/2$ 的模板数据, 然后在标准搜索图 $S(H, W)$ 上进行隔行扫描, 通过衡量模板 $T(m, n)$ 和子图 S_{ij} 的误差 E_{ij} 来确定匹配位置, 误差最小值处即为匹配目标; 为进一步提高速度, 取一误差阈值 E_0 , 若 $E_{ij} > E_0$, 则停止计算该点, 继续计算下一点; 然后是精确匹配, 在第一次误差最小点 (i_{\min}, j_{\min}) 的邻域内, 即在对角点为 $(i_{\min}-1, j_{\min}-1), (i_{\min}+1, j_{\min}+1)$ 的矩阵内进行搜索匹配, 得到最后结果,

$$\text{其中: } E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_{ij}(m, n) \times T(m, n)|$$

$$E_0 = e_0 \times (m+1) \times \frac{n+1}{2}$$

上式中, e_0 为各点平均的最大误差, m 和 n 分别为模板的长和宽。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于 DSP 的视觉检测系统, 其特征在于, 所述的实时显示模块用于显示的人机界面为 LED 显示屏。

一种基于 DSP 的视觉检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于 DSP 的嵌入式计算机视觉检测系统,更具体地说,涉及一种高实时高精度的 DSP 与计算机视觉检测相集成并能适应各种不规则产品检测的系统。

背景技术

[0002] 随着科技化信息化的快速发展,对检测技术提出了更高的要求。而计算机视觉技术就是利用计算机等技术代替人工对目标进行识别、判断与测量的一种检测技术。计算机视觉技术综合了电子学、现代光学、信号处理与系统控制技术、计算机软硬件技术等多学科技术。

[0003] 在工业上应用视觉检测技术,能实现对产品的在线、快速、准确和无伤害的自动化检测,实现对产品数据的采集、分类、筛选、信息集成和分析,可以大大提高产品生产效率、生产的柔性化和自动化程度,控制产品质量,降低制造成本,提高企业的生产效率和经济效益。

[0004] 目前,通用的视觉检测系统都是用图像采集卡加 PC 机的模式,其 CPU 运算速度慢,系统体积相对较大,不能满足对检测速度和精度的高要求,其系统的集成度低也使其达不到特定场合的应用要求。

[0005] 通过对现有技术的文献检索发现,中国专利号 ZL201110300150.0,授权公告日为 2013 年 7 月 3 日,发明创造名称为:基于 DSP 机器视觉的鸡蛋品质无损检测装置及检测方法,该申请案包括产品传输模块、高速 DSP 机器视觉模块和控制执行模块,由 CCD 相机进行拍摄并被传送至高速 DSP 机器视觉系统中对鸡蛋的裂纹、形状、新鲜度进行无损检测,然后检测结果信号通过 PCI 接口传送至控制执行模块,将不合格的鸡蛋从生产线上剔除。该申请案解决了现有技术中鸡蛋检测实时性差,效率低下的问题,使用基于 DSP 的图像获取和处理模块进行图像获取和图像处理,提高了图像获取和处理的速度和稳定性。当检测出不合格产品后,能使用工控机来控制电机对不合格产品进行剔除,提高了系统的自动化水平,降低了生产成本。然而,该申请案存在以下不足:(1)该申请案通过 PCI 接口传输数据,速度不及以太网传输;(2)其图像处理采用将 RGB 图像转为 HSL 图像的方式,而 HSL 颜色空间一般都是用台式机图形程序的颜色表示,并不适用于图像传输,进而数据传输抗干扰能力弱,不能胜任更高速度的检测要求。

发明内容

[0006] 1. 发明要解决的技术问题

[0007] 本发明的目的是针对现有工业视觉检测技术实时性低、精度不高、集成度低的不足,提供了一种高实时性高精度的 DSP 与计算机视觉检测集成的系统,该系统具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、实时性强、精度高等优点,满足了现代工业检测自动化、智能化的要求,并能够利用上位机参数的配置,适应各种不规则产品的检测,增强了视觉检测系统的设计灵活性。

[0008] 2. 技术方案

[0009] 为达到上述目的,本发明提供的技术方案为:

[0010] 本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统,所述检测系统的组成模块包括:光源模块、集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机、DSP 图像处理模块、实时显示模块、数据传输模块、数据记录、分析与处理模块和上位机模块,其中:

[0011] 所述光源模块照射待检测区域,集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机采集光源模块照射区域的目标图像,得到原始图像数据;所述数字 CCD 摄像机通过其百兆以太网接口将原始图像数据发送给 DSP 图像处理模块;所述 DSP 图像处理模块处理原始图像数据,并将处理后的图像数据输出到实时显示模块,所述实时显示模块用于实时显示并记录图像数据;所述上位机模块与 DSP 图像处理模块相连接,该上位机模块用于进行图像特征提取,并根据不同产品的需要修改 DSP 内部参数以适应不同产品的检测;所述数据传输模块用于接收经 DSP 图像处理模块高速处理后的图像数据,通过以太网传输方式与上位机模块实时高速地交换数据,以便于上位机模块对于图像数据的后续处理及存储;所述的数据记录、分析与处理模块接收数据传输模块输送的数据,并进行记录、分析与处理。

[0012] 此处值得说明的是,所述的光源模块对于本发明的视觉检测系统的输入有重要的影响。系统的成功,首先要保证图像质量好,特征明显。而好的光源能够产生最大的对比度、足够的亮度且对部件的位置变化不敏感,保证图像的质量。具体的光源选取方法需要针对特定的应用实例进行相应的选择,以期达到最佳效果。

[0013] 所述 DSP 图像处理模块包括高速采集模块、几何校正模块、图像预处理模块、图像分割模块、空间模型变换模块、图像匹配模块和高速通信模块;

[0014] 所述高速采集模块利用 TMS320DM64 系列的百兆以太网接口对数字 CCD 摄像机采集的原始图像数据进行采集和转发;

[0015] 所述几何校正模块用于消除或改正高速采集模块转发的原始图像数据的几何误差,即对原始图像进行恢复,恢复后图像数据发送到后续模块进行进一步处理;

[0016] 所述图像预处理模块是将经过几何校正后的图像数据进行加工处理,以得到效果更加理想的视觉图像;

[0017] 所述空间模型变换模块将原色彩系统转换到 YCbCr 色彩系统,并在 YCbCr 色彩系统中利用图像分割模块完成图像分割,分割后图像传送到图像匹配模块;

[0018] 所述图像匹配模块是在基元相似性的条件下,运用匹配准则进行最佳搜索,将具有相同影像的目标全部找到,并将搜索结果传送到高速通信模块;

[0019] 所述高速通信模块分别与上位机模块、实时显示模块和数据传输模块相连,用于将处理好的数据发送出去,完成实时通信的任务。

[0020] 上述涉及各个模块均嵌入在系统级芯片(SoC)中,该系统级芯片集成了可编程数字信号处理器(DSP)内核、ARM 处理器以及视频加速协处理器。该系统级芯片凭借高效的处理能力、存储器、I/O 带宽、平衡的内部互连以及专用外设组合,能够完全满足系统对于高速、高实时性的要求。

[0021] 更进一步地,所述图像预处理模块,其预处理过程包括图像去噪、图像灰度级变换和图像边缘检测,其中:

[0022] 1) 所述的图像去噪用于减少数字图像中的噪声,采用改进小波阈值去噪的方法,

将原有的小波去噪的阈值选取公式改为：

$$[0023] \quad T = 2 \ln MN [(2\delta) / \sqrt{MN}] \cdot 2^{\frac{J-j}{e}}, (j = j_0, \dots, J)$$

[0024] 其中： T 为阈值， M 和 N 分别为图像的行和列， j 为分辨率级别， J 为最低分辨率级别， j_0 为最高分辨率级别， δ 为小波的噪声方差， e 为常数，即自然对数的底数；

[0025] 2) 所述的图像灰度级变换，采用窗口函数对去噪后图像进行变换，突出感兴趣的区域，增强对比度，便于后续对图像进行边缘检测；假定原图像 $f(x, y)$ 的灰度范围为 $[a, d]$ ，变换后的图像 $g(x, y)$ 的灰度范围为 $[0, L-1]$ ，其公式如下：

$$[0026] \quad g(x, y) = \begin{cases} \frac{L-1}{b-a} [f(x, y) - a] & a \leq f(x, y) \leq b \\ L-1 & b \leq f(x, y) \leq c \\ \frac{L-1}{d-c} [-f(x, y) + d] & c \leq f(x, y) \leq d \end{cases}$$

[0027] 其中： b, c 均为原图像的灰度级，并且 $a < b < c < d$ ；

[0028] 3) 所述的图像边缘检测，采用的是拉普拉斯算子的改进算法，将经过灰度级变换的图像进行边缘提取，以便于进行后续的图像匹配，所述拉普拉斯算子的改进算法包含一个 3×3 的矩阵，对该 3×3 矩阵的每行每列以及两个对角线这八个方向进行拉普拉斯运算，并对 3×3 矩阵中 9 个位置用不同的系数加权得到 3×3 矩阵中心处的值，权值反比于各个位置与矩阵中心点的距离；其公式如下：

$$[0029] \quad G = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} * A$$

[0030] 其中， A 代表原始图像数据中对应的 3×3 图形数据， G 代表检测后的图像数据。

[0031] 更进一步地，所述的图像匹配模块基于二次匹配误差算法进行图像匹配，设待搜索目标的模板为 $T(m, n)$ ，将该模板 $T(m, n)$ 叠放在标准搜索图 $S(H, W)$ 上平行移动，模板覆盖被搜索的那块区域叫子图 S_{ij} ， i, j 为子图左上角在标准搜索图 $S(H, W)$ 上的坐标，搜索范围是 $1 \leq i \leq W-m; 1 \leq j \leq H-n$ ，二次匹配误差算法分两步进行，首先是粗略匹配，对模板的数据进行隔行取样，即 $1/2$ 的模板数据，然后在标准搜索图 $S(H, W)$ 上进行隔行扫描，通过衡量模板 $T(m, n)$ 和子图 S_{ij} 的误差 E_{ij} 来确定匹配位置，误差最小值处即为匹配目标，这样使运算的数据量大幅减少，提高了匹配速度；为进一步提高速度，取一误差阈值 E_0 ，若 $E_{ij} > E_0$ ，则停止计算该点，继续计算下一点；然后是精确匹配，在第一次误差最小点 (i_{\min}, j_{\min}) 的邻域内，即在对角点为 $(i_{\min}-1, j_{\min}-1)$ ， $(i_{\min}+1, j_{\min}+1)$ 的矩阵内进行搜索匹配，得到最后结果，

$$[0032] \quad \text{其中：} E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_{ij}(m, n) \times T(m, n)|$$

$$[0033] \quad E_0 = e_0 \times (m+1) \times \frac{n+1}{2}$$

[0034] 上式中， e_0 为各点平均的最大误差， m 和 n 分别为模板的长和宽。

[0035] 更进一步地，所述的实时显示模块用于显示的人机界面为 LED 显示屏。

[0036] 3. 有益效果

[0037] 采用本发明提供的技术方案,与已有的公知技术相比,具有如下显著效果:

[0038] (1)本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统,采用高实时性高精度的 DSP 与计算机视觉检测相集成,能够更好地适应现代工业检测自动化、智能化的要求;

[0039] (2)本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统,基于 DSP 芯片强大的数据处理能力和以太网的高速传输速度,通过各个模块的有机结合以及算法的改进提高了工业检测速度和精度,其图像采样率能达到 250 帧 / 秒,平均检测一个产品的速度达到 0.3 秒;

[0040] (3)本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统,将数字 CCD 摄像机、DSP 与控制芯片集成一体化,与 PC 机独立开来,PC 机只用来设置参数,使系统更小型化、低功耗,能够节省成本,并能够满足在狭窄环境中的检测要求;

[0041] (4)本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统,通过对上位机模块进行参数配置,可用于不同不规则产品的检测,增强了视觉检测系统的设计灵活性。

附图说明

[0042] 图 1 为本发明的一种基于 DSP 的视觉检测系统的结构框图。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图和实施例对本发明作详细说明:

[0044] 实施例 1

[0045] 如图 1 所示,本实施例的一种基于 DSP 的视觉检测系统,其组成模块包括:光源模块、集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机、DSP 图像处理模块、实时显示模块、数据传输模块、数据记录、分析与处理模块和上位机模块。其中:光源模块照射待检测区域,本实施例中光源模块采用激光,可以保证拍摄对多种颜色光比较敏感的物体时,有非常好的拍摄效果。集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机采集光源模块照射区域的目标图像,得到原始图像数据,所述数字 CCD 摄像机通过其百兆以太网接口将原始图像数据快速发送给 DSP 图像处理模块,所述 DSP 图像处理模块处理原始图像数据,并将处理后的图像数据输出到实时显示模块,所述实时显示模块用于实时显示并记录图像数据,其用于显示的人机界面,可以选用 LED 显示屏;所述上位机模块与 DSP 图像处理模块相连接,该上位机模块用于进行图像特征提取,并根据不同产品的需要修改 DSP 内部参数以适应不同产品的检测,此项功能可通过 VC++ 参照相关产品自行研制开发;所述数据传输模块用于接收经 DSP 图像处理模块高速处理后的图像数据,通过以太网传输方式与上位机模块实时高速地交换数据,以便于上位机模块对于图像数据的后续处理及存储;所述的数据记录、分析与处理模块接收数据传输模块输送的数据,并进行记录、分析与处理。

[0046] 光源模块对于视觉检测系统的输入有重要的影响,系统之所以成功,首先要保证图像质量好,特征明显。好的光源除了使摄像头能够拍摄到部件外,还应该能够产生最大的对比度、足够的亮度并且对部件的位置变化不敏感,使需要寻找的特征非常明显。具体的光源选取方法需要针对特定的应用实例进行相应的选择,以期达到最佳效果。本实施例中光源模块采用激光,激光是单色光,能够定向发射,且高度高、能量密度大,对环境的抗干扰性强,能够获得一幅最佳的测量图像。

[0047] 集成的带有百兆以太网接口的数字 CCD 摄像机灵敏度高、体积小、传输速度快、实时数据吞吐率高,满足了本实施例的高速实时要求。

[0048] 本实施例中, DSP 图像处理模块是基于一款由 Texas Instruments 公司提供的系统级芯片(Soc),型号为 TMS320DM6437。该 DSP 图像处理模块包括:高速采集模块、几何校正模块、图像预处理模块、图像分割模块、空间模型变换模块、图像匹配模块和高速通信模块(如图 1 所示)。

[0049] 高速采集模块,该模块利用 TI 第 3 代超长指令集结构 (VelociTI.3) 的 TMS320C64x+DSP 内核、2 级 Cache 存储器体系结构、64 通道增强型 DMA 控制器 EDMA3 及丰富的外部存储器接口对采集来的原始图像数据进行高速处理。

[0050] 几何校正模块,用于消除或改正高速采集模块转发的原始图像数据的几何误差,即对原始图像进行恢复;图像在生成和传送的过程中,很可能会产生畸变,如:偏色、模糊、几何失真、几何倾斜等等。不正确的显影,打印、扫描、抓拍受反射光线的影响等方式,都会使图像产生偏色现象。模糊、几何畸变主要是在仪器采集图片过程中产生,大多是因机器故障或操作不当影响导致。畸变的存在不利于图像的辨认、分析和判断,可通过几何校正消除。

[0051] 本实施例选择了一种根据畸变的产生原理,在原模型关系中引入反映畸变影响的修正参数,然后基于控制点或其他方法求解修正系数来对图像进行校正的方法。运用基于摄像机模型的校正方法,通过控制摄像机的近似姿态来简化摄像机模型,以达到求解摄像机非线性变形系数的目的,进而对图像畸变进行校正。

[0052] 图像预处理模块,该模块的功能是将经过几何校正后的图像数据进行加工处理,以得到效果更加理想的视觉图像,预处理过程分为以下三个部分:

[0053] 1) 图像去噪,是减少数字图像中噪声的过程,采用改进小波阈值去噪的方法,将原有的小波去噪的阈值选取公式改为:

$$[0054] \quad T = 2 \ln MN [(2\delta) / \sqrt{MN}] \cdot 2^{\frac{J-j}{e}}, (j = j_0, \dots, J)$$

[0055] 其中:T 为阈值, M 和 N 分别为图像的行和列, j 为分辨率级别, J 是最低分辨率级别, j_0 为最高分辨率级别, δ 为小波的噪声方差, e 为常数,即自然对数的底数。

[0056] 该算法中随着分辨率级别的减小,噪声的方差以 e 的指数级别减小。随着变换的进行,图像总体结构信息越加明显,使噪声得到很好的抑制,便于进行后续图像处理。

[0057] 2) 图像灰度级变换,是改变输入像素值与输出像素之间的映射关系的过程,将图像的对比度拉伸或动态范围压缩;采用窗口函数对去噪后图像进行变换,突出感兴趣的区域,增强对比度,便于后续对图像进行边缘检测。假定原图像 $f(x, y)$ 的灰度范围为 $[a, d]$, 变换后的图像 $g(x, y)$ 的灰度范围为 $[0, L-1]$, 其公式如下:

$$[0058] \quad g(x, y) = \begin{cases} \frac{L-1}{b-a} [f(x, y) - a] & a \leq f(x, y) \leq b \\ L-1 & b \leq f(x, y) \leq c \\ \frac{L-1}{d-c} [-f(x, y) + d] & c \leq f(x, y) \leq d \end{cases}$$

[0059] 其中:b, c 均为原图像的灰度级,并且 $a < b < c < d$ 。

[0060] 3) 图像边缘检测,即使用数学方法提取图像像元中具有亮度值(灰度)空间方向梯度大的边、线特征的过程,将数字图像中亮度变化明显的点标识出来,采用的是拉普拉斯算子的改进算法,工业零件一般灰度对比度较低,边缘线较细,拉普拉斯算子属于二阶微分算子,能更好地提取边缘,以便于进行后续的图像匹配。该算子包含一个 3×3 的矩阵,对该 3×3 矩阵的每行每列以及两个对角线这八个方向进行拉普拉斯运算,并对 3×3 矩阵中9个位置用不同的系数加权得到 3×3 矩阵中心处的值,权值反比于各个位置与矩阵中心点的距离。其公式如下:

$$[0061] \quad G = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} * A$$

[0062] 其中 A 代表原始图像数据中对应的 3×3 图形数据, G 代表检测后的图像数据。

[0063] 除上述几种预处理技术外,考虑到计算机视觉检测系统实时性要求较高,环境可变,也可根据实际情况采用其他预处理方法。

[0064] 图像分割模块和空间模型变换模块,我们平常用到的图像一般是用 RGB 色彩系统来表示的,用 RGB 三基色来表示彩色的确很直观,但是对于同一个颜色属性物体,在不同的条件下,其测得的 RGB 颜色很分散,容易把非指定颜色的物体包括进去,而漏掉应该识别的部分物体。这种方法用作图像传输也不是一个好的方法,它与黑白图像不兼容,占用带宽,抗干扰能力差,所以在计算机视觉检测系统中,需要对色彩系统进行变换,将其变换到 YCbCr 色彩系统,则能够弥补 RGB 色彩系统在图像识别与传输中的缺陷,减少图像处理的复杂性,提高处理的快速性。在 YCbCr 色彩系统中利用图像分割模块完成图像分割处理,分割后图像传送到图像匹配模块;

[0065] 其中:数字 RGB 转为数字 YCbCr 色彩系统的公式为:

$$[0066] \quad Y = (77 * R(d) / 256) + (150 * G(d) / 256) + (29 * B(d) / 256)$$

$$[0067] \quad Cb = -(44 * R(d) / 256) - (87 * G(d) / 256) + (131 * B(d) / 256) + 128$$

$$[0068] \quad Cr = (131 * R(d) / 256) - (110 * G(d) / 256) - (21 * B(d) / 256) + 128$$

[0069] 其中:Y 表示图像亮度分量;Cb 表示蓝色色度分量;Cr 表示红色色度分量;R(d), G(d), B(d) 分别表示一幅彩色图像中红绿蓝三个分量。

[0070] 图像匹配模块,该模块是在基元相似性的条件下,运用匹配准则进行最佳搜索,将具有相同影像的目标全部找到。基于二次匹配误差算法进行图像匹配的原理如下:设置待搜索目标的模板为 T(m, n),将该模板 T(m, n) 叠放在标准搜索图 S(H, W) (即经过相关处理的采集图像)上平行移动,模板覆盖被搜索的那块区域叫子图 S_{ij} , i、j 为子图左上角在标准搜索图 S(H, W) 上的坐标,搜索范围是 $1 \leq i \leq W-m; 1 \leq j \leq H-n$ 。二次匹配误差算法是分两步进行,首先是粗略匹配,对模板的数据进行隔行取样,即 12 的模板数据,然后在标准搜索图 S(H, W) 上进行隔行扫描,通过衡量模板 T(m, n) 和子图 S_{ij} 的误差 E_{ij} 来确定匹配位置,误差最小值处即为匹配目标。这样使运算的数据量大幅减少,提高了匹配速度;为进一步提高速度,取一误差阈值 E_0 ,若 $E_{ij} > E_0$,则停止计算该点,继续计算下一点。第二次匹配是精确匹配。在第一次误差最小点 (i_{min}, j_{min}) 的邻域内,即在对角点为 $(i_{min}-1, j_{min}-1)$, $(i_{min}+1, j_{min}+1)$ 的矩阵内进行搜索匹配,得到最后结果。

[0071] 其中：
$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_{ij}(m, n) \times T(m, n)|$$

[0072]
$$E_0 = e_0 \times (m+1) \times \frac{n+1}{2}$$

[0073] 上式中， e_0 为各点平均的最大误差， m 和 n 分别为模板的长和宽。

[0074] 高速通信模块，该模块分别与上位机模块、实时显示模块和数据传输模块相连，将处理好的数据发送出去，完成实时通信的任务。

[0075] 本实施例的一种基于 DSP 的视觉检测系统，能够更好地适应现代工业检测自动化、智能化的要求，在基于 DSP 芯片强大的数据处理能力和以太网的高速传输速度上，通过各个模块的有机结合以及算法的改进提高了工业检测速度和精度，其图像采样率能达到 250 帧 / 秒，平均检测一个产品的速度达到 0.3 秒，而且本实施例是将数字 CCD 摄像机、DSP 与控制芯片集成一体化，与 PC 机独立开来，PC 机只用来设置参数，使系统更小型化、低功耗，能够节省成本，并能够满足在狭窄环境中的检测要求。本实施例通过对上位机参数的配置，用于不同不规则产品的检测，增强了视觉检测系统的设计灵活性。

[0076] 以上示意性的对本发明及其实施方式进行了描述，该描述没有限制性，附图中所示的也只是本发明的实施方式之一，实际的结构并不局限于此。所以，如果本领域的普通技术人员受其启示，在不脱离本发明创造宗旨的情况下，不经创造性的设计出与该技术方案相似的结构方式及实施例，均应属于本发明的保护范围。

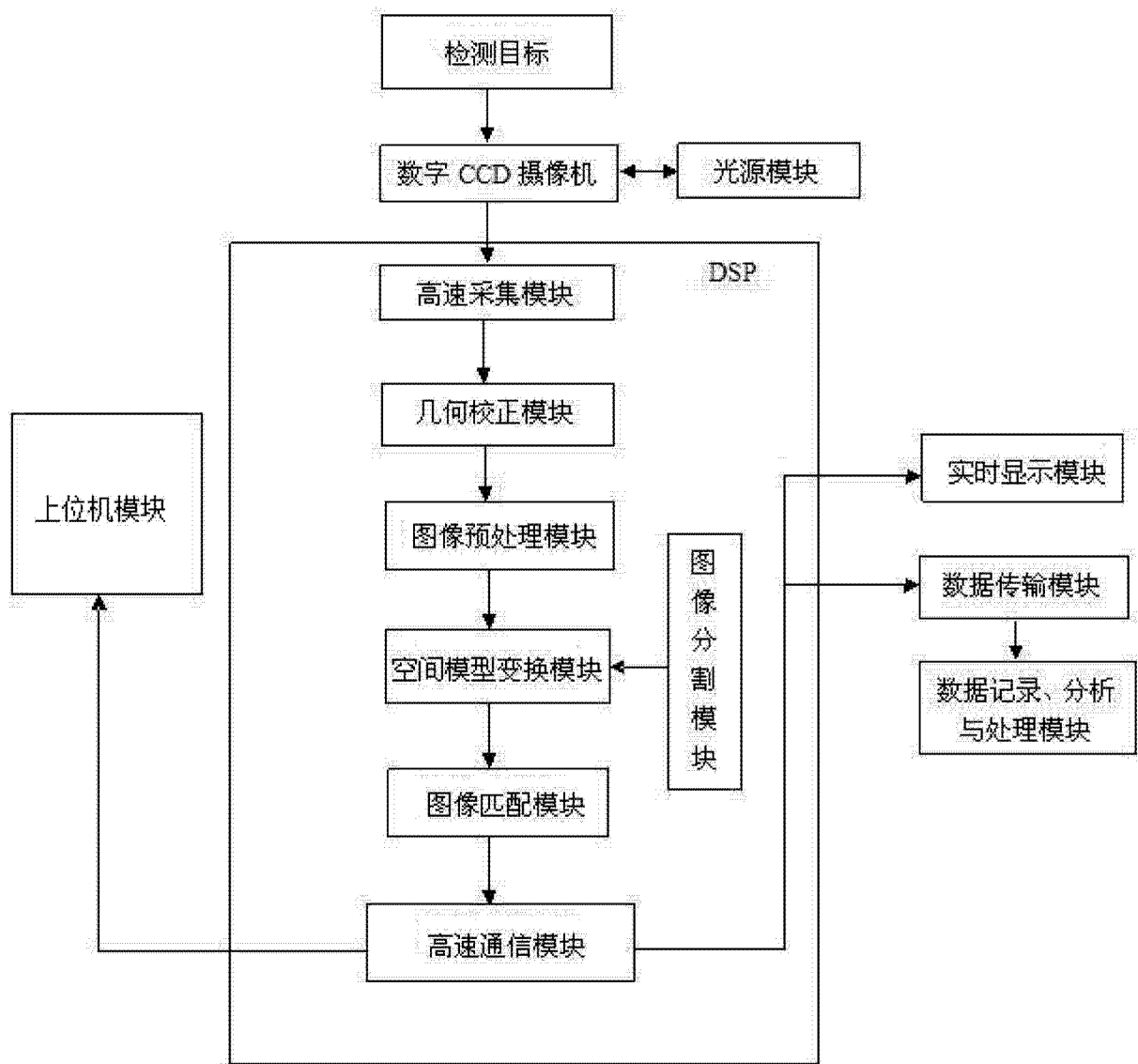


图 1