基于DSP的便携式织物密度仪可行性分析

刘亚光，柯　维，陈宇翔，张长胜
（苏州大学 现代丝绸国家工程实验室，江苏 苏州 215021）

摘　要：基于计算机图像处理技术，将织物图像采集、织物密度检测及结果显示3个模块集成为一个DSP应用系统，并用快速傅里叶变换（FFT）指令进行相应的DSP检测软件设计与模拟运行。结果表明其运算时间接近实际应用要求，有一定的可行性。

关键词：便携式织物密度仪；DSP；傅立叶变换；可行性分析
中图分类号：TS103.6　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1673－0356(2010)04－0051－02

织物密度测定通常有3种方法：织物分解法，织物分析镜法和移动式织物密度镜法。这3种方法都能准确测出织物密度，但检验员劳动强度大，耗时较长，效率低。为此，20世纪80年代日本开始研究织物组织结构的自动识别，经历了从光学计算到数字分析的图像处理过程。1999年Tea Jin Kang等[1]用数码相机及自制的照明系统分别摄取织物试样的反射光图像及透射光图像，通过透射图像对纱线间隙作灰度分析从而定位纱线，并得到经纬纱的细度和密度。2005年吴小清等[2]进行了对机织物用MATLAB语言进行图像处理，并进行了机织物经纬密度自动检测的研究。2006年张长胜等[3]根据织物图像的分辨率和图像的扭曲变形程度取一定行数（5～10行）输入数字信号进行二维快速傅里叶变换，求出图像的频谱，从频谱的峰值频率求出纺织品的经纬密度。

用计算机处理图像可以准确测出织物密度，但是需要经过繁琐的过程，及时性不足。数字信号处理（Digital Signal Process，DSP）利用数字信号处理芯片，通过数字方法实现信号处理，具有灵活、精确、可靠性好，体积小、功耗低、易于大规模集成等优点。DSP芯片配有独立的乘法器和加法器，在同一时钟周期内可以完成乘、累加两种运算，而且提供专门的快速傅里叶变换（FFT）指令。本文基于DSP密度仪的软件模拟，对数字式密度仪作一可行性分析。

1　DSP织物密度仪设计

1.1　DSP织物密度仪的结构

基于DSP的数字便携式织物密度仪的工艺原理基本流程是：织物图像采集→图像处理→结果显示；主要由图像采集模块、DSP处理模块和液晶显示模块3部分组成。

首先是通过摄像头对织物图像进行实时采集，然后将采集得到的图像送入DSP处理模块进行处理分析，最后将结果输出显示在液晶面板上。

仪器的基本结构框架如图1所示。

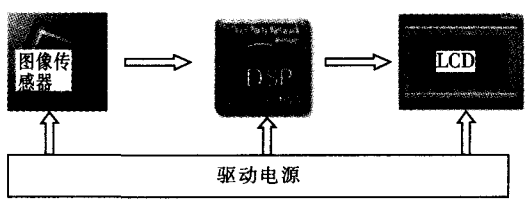

图1　便携式数字织物密度仪框架

1.2　DSP芯片与开发工具的选择

DSP芯片的选择是根据实际应用系统的需要而定的[4]。然后依据系统的运算速度，运算精度和存储器的需求等来选择合适的DSP芯片。

（1）DSP芯片的运算速度　这是一个最重要的性能指标，由以下几种性能指标来衡量：

①指令周期　即执行一条指令所需要的时间，以ns为单位；

②MAC时间　即完成一次乘法—累加运算所需要的时间；

③MIPS　即每秒执行百万条指令。

（2）DSP芯片的硬件资源　有片内RAM、ROM的数量，外部可扩展的程序和数据空间，总线接口，I/O接口等。

（3）DSP芯片的功耗　便携式DSP设备对功耗有

收稿日期：2007-03-10；**修回日期**：2007-06-04
作者简介：刘亚光（1985-），男，硕士研究生在读，主要研究方向为数字化纺织技术，E-mail：doubleguang@163.com。

特殊的要求。

(4)DSP芯片的价格　这影响到DSP织物密度仪的生产成本。

经筛选，C6000系列芯片基本符合织物密度仪的要求，特别是C6416芯片，主频在400～600 MHz之间，运算能力达到4 800 MIPS，适合本开发要求。

快捷方便的开发工具和完善的软件支持是开发大型、复杂DSP系统的必备条件。在选择DSP芯片的同时必须注意其开发工具的支持情况，包括软件和硬件的开发工具等。为此，选择3TI公司推出的Code Composer Studio集成开发环境CCS V3.3。

2　密度检测的核心算法程序

目前织物经纬密度的检测算法有：中值滤波法[5]，傅立叶变换法[6-7]，小波变换法[8-9]等。对于有一定倾斜、旋转、扭曲的织物图像的检测，傅立叶变换法具有较强的适应能力，所以基于前人的研究采用了傅立叶变换法作为检测的核心算法。

对于数字图像$f(x,y)$的二维傅立叶变换，其数学表达式为：

$$F(u,v)=\frac{1}{M}\sum_{X=0}^{M-1}[\frac{1}{N}f(x,y)e^{-j2\pi(v\frac{y}{N})}]e^{-j2\pi(u\frac{x}{M})}$$

式中　$-M<\mu\leqslant M-1$，$-N<v\leqslant N-1$；N为图像水平像素个数，M为图像垂直像素个数。

3　CCS的算法程序实现

Code Composer Studio简称CCS，是TI公司推出的为开发TMS320系统DSP软件的集成开发环境(IDE)。CCS在Windows操作系统下工作采用图形接口界面，将汇编器、链接器、C/C++编译器、建库工具等集成在一个统一的开发平台。CCS集成的代码调试工具具有各种调试功能，能对TMS320系列DSP进行指令级的仿真和可视化的实时数据分析。它还提供了丰富的输入/输出库函数和信号处理的库函数，极大地方便了TMS320系列DSP软件开发过程。

本实验在C6416上使用像素为512×512的织物密度图片，并研究使用FFT算法在C6416上对图片的处理速度是否能够满足便携式织物密度仪的要求。选用的FFT算法是由C6416厂商TI公司提供的DSPLIB里的FFT16×16 t，在Build option选择库文件及编译参数(FFT16×16 t用到的库为dsplib64x.lib)，添加链接命令文件cmd，编译。

经测试，在一维FFT时，用clock()函数测得时间为0.039 166 s，实验结果较为理想；在二维FFT时(图片像素设为512×512)，用clock()函数测得的时间为4.253 130 s。

由于所做实验未对数组进行赋值，所以CPU的L1D运算周期数很小，不包含子程序时，甚至为0。与之相反的是，L1P的运算周期数很大，这是由于函数中循环段很多，特别是在二维傅里叶变换，需要运行262 144次(512×512)。

4　结语

在数字图像为512×512像素情况下进行全二维FFT软件模拟实验所得到的时间为4.253 130 s，接近便携式数字织物密度仪的实际应用要求，说明应用DSP开发便携式数字织物密度仪是可行的。下一步还需要对FFT作进一步优化，使运算速度更快，时间更短。随着计算机科学技术的发展，纺织行业已经愈来愈多地使用DSP技术，这就需要更精确、及时的检测手段来完成相关工作。DSP的飞快发展及更加完善的核心算法程序都将为便携式数字织物密度仪的研发打下坚实的基础。

参考文献：

[1] Tea Jin Kang, Chang Hoon Kim, Kyung Whaoh. Automatic recognition of fabric weave patterns by digital Image analysis[J], Textile Research Journal, 1999, 69 (2): 77－83.

[2] 吴小清，郑中民，王　芳，等. 基于MATLAB的机织物密度自动检测[J]. 纺织科技进展，2005，(6)：70－71，74.

[3] 张长胜，司　伟，段亚峰. 用图像处理技术快速测量织物经纬密度的研究[J]. 毛纺科技，2006，(2)：48.

[4] 韩　非，胡春海，李　伟. TMS320C6000系列DSP开发应用技巧[M]. 北京：中国电力出版社，2008.

[5] 高卫东，刘基宏，徐伯俊，等. 织物中经纱排列参数的自动识别[J]. 棉纺织技术，2002，30(3)：159－162.

[6] 徐步高. 快速傅立叶变换在织物结构分析中的应用[J]. 西北纺织工学院学报，1996，10(4)：343－352.

[7] 辛斌杰，余序芬，吴兆平. 机织物经纬密的图像处理技术[J]. 中国纺织大学学报，1999，25(3)：34－37.

[8] 庄国瑜，孙　悦. 织物纹理计算机图像处理的多频道分解方法[J]. 天津工业大学学报，2001，20(3)：26－28.

[9] 冯毅力，李汝勤. 用小波变换法自动测量机织物经纬密度[J]. 纺织学报，2001，22(2)：30－31.

(下转第55页)

含水率为11%：$U_{C4}=k\times U(C_4)=2\times 0.246(\%)$
$=0.492(\%)\quad(k=2)$

含水率为17%：$U_{C5}=k\times U(C_5)=2\times 0.067(\%)$
$=0.132(\%)\quad(k=2)$

含水率为25%：$U_{C6}=k\times U(C_6)=2\times 0.093(\%)$
$=0.186(\%)\quad(k=2)$

含水率为32%：$U_{C7}=k\times U(C_7)=2\times 0.078(\%)$
$=0.156(\%)\quad(k=2)$

4 结论

当含水率为11%时，其扩展不确定度为0.492%，小于规程给定含水率在<12%的允差，当含水率为17%和25%时，其扩展不确定度为0.134%和0.186%，都小于规程给定含水率在12%～25%范围内的允差，当含水率为32%时，其扩展不确定度为0.156%，小于规程含水率在>25%的允差，所以规程的技术条件是适当、合理的。

参考文献：

[1] GB/T 19113—2003，桑蚕鲜茧分级(干壳量法)[S].
[2] JJG 539—1997，数字指示秤[S].
[3] JJG(川)106—2010，智能评茧仪[S].
[4] JJF 1059—2003，测量不确定度评定与表示[S].

Organization the Verification Regulation of "Intelligent Assessment Instrument of Cocoon"

ZHU Fu-zhong , CHEN Yong , YANG Shi-zhuo
(Sichuan Province Fiber Inspection Bureau, Chengdu 610015, China)

Abstract: To ensure the veracity and reliability of the Intelligent Assessment Instrument of Cocoon resulting data and to offer a legal rule to examine the instrument, Sichuan Province Fiber Inspection Bureau has taken in charge with the organization of JJG (CHUAN)106—2010 "Intelligent Assessment Instrument of Cocoon". The publication of this regulation will protect the benefit of both cocoon purchasing enterprises and silkworm raisers so as to enhance the fairness of tradings.

Key words: Intelligent Assessment Instrument of Cocoon; regulation; organization

(上接第50页)

Correlative Analysis on the Bending Property of Bamboo/Cotton Interlacing Fabric

ZHOU Xiang, MA Shun-bin
(Nantong Textile Vocational Technology College, Nantong 226007, China)

Abstract: In order to make full use of the bamboo fiber, the rigid-flexible performance, crease recovery property and drapability of 15 kinds of cotton fabrics and bamboo/cotton fabrics were tested, and their correlation were analyzed. The results showed that, with the decreasing of bending length, bending rigidity and bending elastic modulus, the static and dynamic drape coefficient were reduced, the angle of fast-elastic and delayed-elastic recovery were increased, the fabrics were flexible and soft.

Key words: bamboo/cotton interlacing fabric; rigid-flexible performance; crease recovery property; drapability; correlative analysis

(上接第52页)

Feasibility Analysis of DSP-based Portable Fabric Densimeter

LIU Ya-guang, KE Wei, CHEN Yu-xiang, ZHANG Chang-sheng
(National Engineering Laboratory for Modern Silk, Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract: Based on the computer image processing technology, the fabric image acquisition, fabric density testing and the results show were integrated into a DSP application system. Using the Fast Fourier Transform (FFT), the corresponding DSP software design and simulation testing run were carried out. The results showed that the productive time was close to the actual application required, and it was feasible.

Key words: portable fabric densimeter; DSP; fourier transforms; feasibility analysis