维普资讯 http://www.cqvip.com

计算机科学2002Vol.29№.3

边界跟踪与序贯算法在二值连通区域标记中的应用

The Application of Boundary Tracking and the Algorithm of Sequential in Labeling Connected Component

宋培华　高敦岳

(华东理工大学信息工程学院　上海200237)

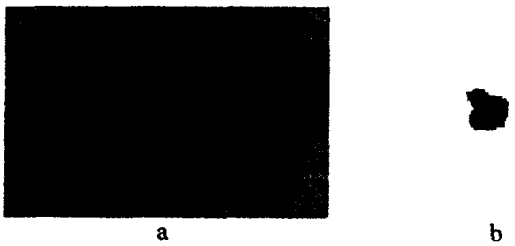
Abstract　In image recognition, the gray scale image is taken as the first data to processing, and the binary image is the processing result mostly. So it is important for binary image to analysis in image processing. In this paper, we show the application of the boundary tracking and the algorithm of continuation in locating connected component in binary image, and the contrast is made also.

Keywords　Boundary tracking, Connected component, Sequential, Labeling

1　引言

在工业检测中图像处理应用大多都是图像识别，其输入图像为灰阶图像，然后进行边缘检测、图像分割、目标识别等一系列有效的图像处理。在最终的处理结果中一般都归结为对二值图像的处理，二值图像是只具有两个灰阶的图像，它是数字图像的一种简单形式。为了简单起见，图像处理的各种方法无非是采用各种算法将目标特征以二值图像的形式表现出来，再对二值图像这种简单的图像形式进行分析、判断得出结论[1,2]。

对二值图像进行标记是二值图像分析处理的一个重要方面，如在工业检测中要求得到被检测目标的结构特征(位置坐标、周长、面积、长、宽等)，如图1.a是带有氧化点的铜箔基板图像，图1.b是二值化后的氧化点图像。在生产过程中带有氧化点的基板产品是不允许出厂的，但氧化点的特征参数也是必需的，这包括氧化点的方位坐标、面积、长和宽等，以确定氧化点在基板上的位置以及该次品的级别，这就需要对二值连通区域进行标记。人们已经研究过一些标记方法，例如递归算法：① 扫描图像，找到没有标记的1点，给它分配一个新的标记 m；② 递归分配标记 m 给1点的邻点；③ 如果不存在没有标记的点，则停止；④返回第 ①步。还有就是下面将要介绍的序贯算法[3]，但这些方法都存在一些缺点，如递归算法在串行处理器上的计算效率很低，因此这一算法主要应用于并行机上；而序贯算法要对图像处理两次，扫描两次，在实时处理中尤其是处理较大的图像时存在处理时间长、内存开销大等问题。



a　　b

图1　a. 带有氧化点的铜箔基板；b. 二值化后的氧化点

边界跟踪的应用较多，如在图像压缩、区域分割等方面都是常用的方法，但将其应用于连通成分的标记更有其优越性：不但运算速度快，而且如果将边界链码转换为连通成分区间表后，连通成分特征参数如区域长、宽、面积、周长等很容易求出。

2　相关理论分析

2.1　序贯算法

序贯算法需要对图像进行两次处理，在第一次处理中通过对所有像素点的扫描来给每一点为1的像素点分配一个标记号。当扫描到某点时先查看其右上、上、左上、左这几个已扫描过的邻点(如图2)，此时出现四种情况：①如果这四个邻点中没有一点为1，那么应该分配给该像素点一个新的标记号；②如果这四个邻点中只有一个像素点为1且分配了标记号为g，那么该像素点的标记号也应为g；③如果这四个邻点中有两个或两个以上的点为1且标记号都为g，那么该点的标记号也应为g；④如果这四个邻点中有两个或两个以上的点为1，可标记号是m、n或l、m、n，但可以看出它们属同一连通成分，那么该点的标记号取其中较小者，且同时将m、n或l、m、n在等价表中登记为等价标记号。等价表包含了给每一连通成分分配唯一标记号的信息，在第一次扫描中，所有属于同一连通成分的标记号被视为是等价的。在第二次处理中首先整理等价表，将等价表中的等价标记号按大小排序，然后进行第二次扫描，用每一连通成分最小的标记号代替该连通成分的其它等价标记号。这样经过两次扫描后每一连通成分的像素点都具有相同且唯一的标记号。

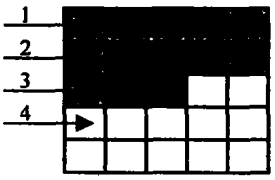


图2　1—已扫描过像素点；2—已扫描过邻点像素点；3—当前像素点；4—待扫描像素点

5	6	7
4	*	0
3	2	1

图3　链码定义

2.2　边界跟踪

链码的定义　见图3，它是用中心像素的八个邻点来定义

维普资讯 http://www.cqvip.com

的。定义时坐标原点取在屏幕左上角，即X轴由左向右，Y轴由上至下。

方向的旋转 链码值加一，其所指方向就是顺时针旋转45度角，链码值递增，其所指方向就按顺时针方向旋转。因为每个像素只有八个邻点，所以链码值只有八个。链码值超过八时，就得除去八的倍数(可用模8运算求得)。

邻点的地址 为了取得邻点的灰阶，就得知道此点的坐标，这可由中心点的坐标加上与中心点的坐标偏移得到。各邻点与中心点的坐标偏移量见表1。

表1 邻点与中心点坐标偏移表

链码值	0	1	2	3	4	5	6	7
X坐标偏移	1	1	0	−1	−1	−1	0	1
Y坐标偏移	0	1	1	1	0	−1	−1	−1

链码表到有序边表的转换 在图像处理中，只得到链码表往往是不够的，因为要获得区域的各种特征参数必须求出有序边表[4]，即将区域表示成水平扫描行上的一个个区间。为了将链码表转换成有序边表，我们对边界点进行了分类，并给不同的边界点分配了类型号，再配合转换表就可以将链码表转换为有序边表了。

1)边界点分类

(1)左、右端点：该点的右边为区域中的点，而其左边不是区域中的点，则此点称为左端点；反之则为右端点。见图4中b、d、g为左端点，c、f、h为右端点。

(2)中间点：该点的左右两边均为区域中的点，则此点称为中间点。图4中e、i为中间点。

(3)尖点：该点为区域的边界点，而其左右两边均非区域中的点，则此点称为尖点。图4中a为尖点。

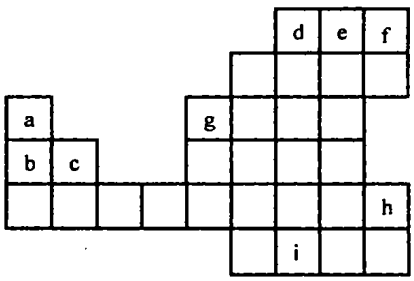


图4 边界点类

表2 边界点类型转换表

离开时的链码									
0	1	2	3	4	5	6	7		
0	2	2	2	2	0	0	0	0	进
0	2	2	2	2	3	0	0	1	入
0	2	2	2	2	3	3	0	2	时
0	2	2	2	2	3	3	3	3	的
1	0	0	0	0	1	1	1	4	链
1	3	0	0	0	1	1	1	5	码
1	3	3	0	0	1	1	1	6	
1	3	3	3	0	1	1	1	7	

2)类型转换表

(1)边界点类型的定义。为了便于处理，给各类点进行了编码，定义中间点的类型号为0，左端点为1，右端点为2，尖点为3。

(2)转换表结构。有序边表是由链码表转换得到的，边界点类型可由进入该点的链码和离开该点的链码确定，链码有八种类型，故可构成一个8×8的转换表，见表2。表中水平方向为进入此点的链码，垂直方向为离开此点的链码，且区域总在跟踪方向的右边。

3)有序边表的生成

先扫描链码表，根据类型转换表确定各边界点的类型，再将左、右端点的坐标存入临时数组中，为了保证每个区间有两个端点，尖点的坐标存两次，中心点的坐标则不存入。链码表扫描完毕再对临时数字进行排序，Y轴先进行，X轴后进行。此时即得有序边表，此表中从表头开始每两个点组成一个区间。

3 算法实现

下面给出了序贯算法和边界跟踪算法的实现方法。

3.1 连通成分序贯算法

(1)从左至右、从上到下扫描图像。

(2)如果像素点为1，则：如果右上、上、左上、左邻点有一个标记号，则复制这一标记号。如果右上、上、左上、左邻点有相同的标记号，则复制这一标记号。如果右上、上、左上、左邻点有不同的标记号，则复制最小标记号且将不同的标记号记入等价表中作为等价标记号。否则给这一像素点分配一个新的标记号并将这一标记号记入等价表。

(3)未完成则回到第(2)步。

(4)在等价表的每一等价集中找到最小的标记号。

(5)第二次扫描图像，用等价表中的最小标记号取代每一标记号。

3.2 边界跟踪算法

(1)从左至右、从上到下扫描图像，查找区域的边界点(1)。

(2)若为区域边界的起始点，则标记为S且以S为始点按顺时针方向查找闭合区域的边界，直到回到S点为止。

(3)将此闭合区域的边界链码转换为区间码。

(4)以区间码为此区域边界点的坐标，把此区域标记为非边界点(1)，同时可以求出此连通成分的特征参数(长、宽、周长、面积等)。

(5)重复(1)～(4)步，直至整幅图像中的所有边界点都被处理过。

实验结果与结论 本算法用C++语言编写，开发环境为Win98平台下的VC6.0编译环境。两种算法在铜箔基板在线检测中运行良好，图5为两种算法的实验结果。其中，a为CCD摄像机在线摄取的原始灰阶图像，是铜箔基板上的一处划伤，要求在线检测出该划伤，并求出其特征参数，包括该划伤在铜箔基板上的位置坐标、划伤的长、宽、面积等。b为用边界链码算法给定阈值后直接对a图的检测结果，d为用序贯算法对a图的二值化图c的检测结果。从检测结果来看两种算法均能达到检测要求，即对连通成分的所有点均进行了标记。但序贯算法要经过两次对图像的扫描，且只能对阈值后的图像进行处理，而边界链码算法可以直接给定阈值参数对灰阶图像进行处理，所以边界跟踪算法速度快，更适于在线检测。在处理器为PⅢ-733，内存为128M的实验条件下，我们对700×500像素点的灰阶图像进行标记处理，序贯算法约为150毫秒，而边界跟踪算法只需50毫秒左右。

(下转第139页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

```
#ifndef_Top_Package_Package2_SendableInvoice_
#define_Top_Package_Package2_SendableInvoice_
//Include files
#include"Invoice.h"
#include"SendableDocument.h"
namespace Package2
{
class SendableInvoice:public Invoice,public SendableDocument
{
public:
        SendableInvoice();
        ~SendableInvoice();
        int createInvoice();
        int mailInvoice(String name,String address);
        int eMailInvoice(String name,String e_address);
        int faxInvoice(String name,String fax_number);
protected:
private:
};
//END CLASS DEFINITION SendableInvoice
}//Package2
#endif//_Top_Package_Package2_SendableInvoice_
```

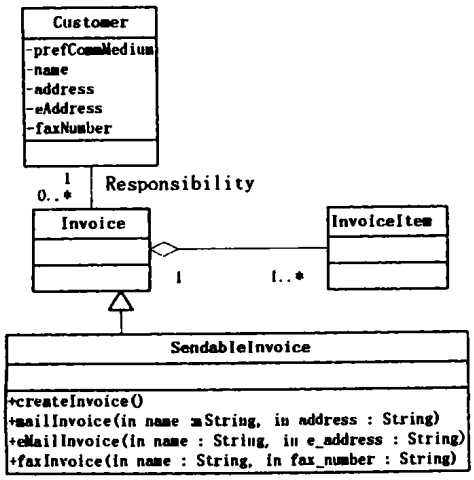


图 4 具有发送能力的发票类

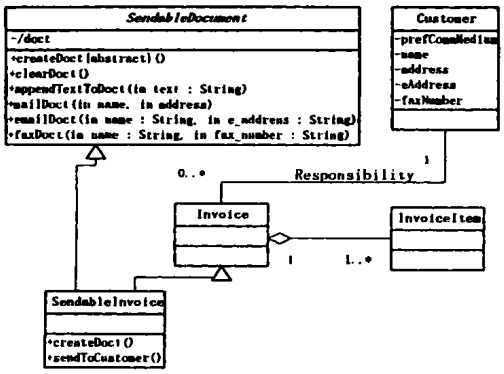


图 5 带混合类的层次结构

从以上的类的说明文件的框架中可以看到，UML 自动生成的代码能够表达类的设计，即 SendableInvoice 类由 Invoice 类和 SendableDocument 类通过公有继承而得到。

通过这些研究，我们可以得出一个结论：在不破坏类的内聚的前提下，采用混合类来增强类的功能，提高可复用性。UML 的支持可以使类的设计质量得到提高，它可以生成多种模型的汇总报告以及其他各类的反馈信息。此外，代码框架的生成能力有助于提高开发速度。

结论 通过以上研究，可知 UML 对面向对象业界具有的重要意义。虽然 UML 独立于语言和方法学，但支持所有的方法学。它覆盖了最重要的对象分析和设计的概念和相关方法。UML 是一种广谱的建模语言，适用于所有类型的系统建模，如实时系统、客户/服务器系统等。通过使用 UML 建模，它的图形化的元素易于理解、便于交流，同时还具有很强的描述定义能力，通过在早期建立原型和迭代式的增量开发，可以分解软件项目的风险，为开发过程提供多级反馈和多次循环过程。本文研究显示了在面向对象的设计中使用 UML 方法后，可以产生结构更清晰的类层次结构，更能够说明面向对象的一些抽象原则，有助于解决传统的面向过程方法所面临的各种问题。但是，如何通过 UML 的支持，产生可以评价类层次结构优劣、可以提供修改建议的辅助工具，如何将诸多的面向对象的原则集成到 CASE 工具中，都是值得我们进一步研究的问题。

参 考 文 献

1 Hatley, Hruschka P. Process for System Architecture and Requirements Engineering. New York: Dorset House Publishing, 2000
2 Rumbaugh J, Jacobson I, Booch G. The Unified Modeling Language Reference Manual. Mass.: Addison Wesley, 1999
3 Booch G, et al. The Unified Modeling Language User Guide. Addison-Wesley Longman, Inc, Oct. 1998
4 Rational Software Corp. UML Summary V1.1. Sep. 1997
5 Rational Objectory Process-Introduction. Rational Corp. Press, 1997
6 林扬帆，李师贤. UML 分析模型中功能点计算的探讨. 计算机科学，2001，28(8)：85～88
7 王云，周伯生. 基于 UML 集成化支持环境的柔性软件开发过程. 计算机科学，1999，26(10)：73～77
8 邵维忠，梅宏. 统一建模语言 UML 评述. 计算机研究与发展，1999，36(4)：385～394

(上接第109页)

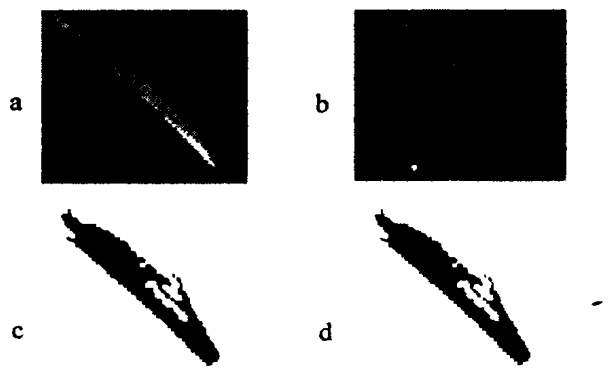


图5

边界跟踪不仅可以对任何连通成分进行标记，而且可以给定阈值参数来对灰阶图像中的任何区域进行边缘跟踪、标记，在图像处理中有着广泛的应用。

参 考 文 献

1 Hoang K, Nachimuthu A. Image processing techniques for leather hide ranking in the footwear industry. Machine Vision and Application Journal, 1996, 9: 119～129
2 Wilder J. Finding and evaluating defects in glass. In: Freeman H, Rummel P, eds. Machine Vision for Inspection and Measurement, Academic Press, 1989. 237～255
3 Jain R C, Kasturi R, Schunk B. Machine vision, McGraw-Hill Inc, New York, 1995
4 Rogers D F, 梁友栋，等译. 计算机图形学的算法基础. 科学出版社，1987. 78～83