

一种基于特征的二维工程图信息隐藏算法

彭 飞, 孙星明

PENG Fei, SUN Xing-ming

湖南大学 计算机与通信学院, 长沙 410082

School of Computer and Communication, Hunan University, Changsha 410082, China

PENG Fei, SUN Xing-ming. Information hiding algorithm for two-dimensional engineering graphics based on characteristics. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(15): 53-56.

Abstract: An information hiding algorithm based on characteristics is proposed to protect the copyright of digital engineering graphics. The randomization operations are performed to ordered thread set and information to be embedded. According to the random information, the line type of the thread in the out-of-order thread set is modified based on the characteristics of human vision system. Experiment results show that the proposed algorithm is robust against the attacks such as rotation, moving and equal scaling.

Key words: information hiding; two-dimensional engineering graphic; characteristic

摘 要: 针对数字工程图的版权保护问题, 基于二维工程图的特征提出了一种信息隐藏算法。该算法先获得工程图中的有序线段集并进行乱序处理, 然后将待嵌入的信息转化为伪随机序列, 并以此为依据并结合人体视觉系统特征对乱序线段集中线段的线型按序进行修改, 从而实现信息的隐藏。试验结果表明, 该信息隐藏算法对旋转、平移以及均匀缩放等攻击具有较好的鲁棒性。

关键词: 信息隐藏; 二维工程图; 特征

文章编号: 1002-8331(2007)15-0053-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391.72

1 引言

随着计算机技术、网络技术的迅速发展, 大量的文件与信息通过网络进行传输和交换, 信息安全成为一个广泛关注的问题。成熟的密码技术可以保护数字文档的安全传递与访问控制, 但是数字文档一旦解密, 其内容可以被随意拷贝和传播, 信息隐藏作为一种很有潜力的解决手段, 最近几年成为了商业界和学术界共同关注的热点。目前, 信息隐藏的研究主要集中在图像、视频、音频以及文本的版权保护, 而对于工程图的版权信息隐藏的研究相对较少。工程图广泛应用在机电行业、建筑行业以及服装等行业, 它是设计师们的工作成果, 也是企业的重要资产, 其版权与图像、视频、音频以及文本一样需要得到有效的保护。目前, 已经出现一些针对二维工程图信息隐藏的研究。文献[1]提出了一种通过修改二维工程图中各实体顶点间的距离比例来嵌入信息的信息隐藏方法; 文献[2]提出了一种在文献[1]基础上改进的信息隐藏方法。虽然这些方法能够有效地抵抗旋转、平移、均匀缩放以及删除等攻击, 但是由于修改了顶点间的距离, 则改变了二维工程图的尺寸, 会在实际应用中影响产品的加工与制造。本文提出一种针对二维工程图的信息隐藏算法, 该算法先获得工程图中的有序线段集并进行乱序处理, 然后将待嵌入的信息转化为伪随机序列, 并以此为依据并结合人体视觉系统(HVS)特征对乱序线段集中线段的线型按序进行修改。试验结果表明, 该信息隐藏算法对旋转、平移以及均匀缩放等攻击具有较好的鲁棒性。

2 二维工程图线段特征与信息隐藏

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司的产品, 已经广泛应用于机电、建筑以及服装等行业的工程图纸设计中, 是一种典型的工程图设计软件。这里将以 AutoCAD2005 为应用背景, 讨论二维工程图的信息隐藏。

2.1 二维工程图线型特征

在二维工程图中, 组成图形的主要元素为点、线段、圆, 其中又以线段最多。

线型是属于层的特性。AutoCAD 的层可以简单而形象地理解为: 一层挨一层放置的透明的电子纸。人们可以根据需要增加或删除某一层或多个层。在每一层上, 都可以进行图形绘制, 能够设置任意的线型与颜色。AutoCAD 支持 255 种颜色选择, 线型库中包括了多种待选线型。选择设置不同的颜色和线型, 可以使得屏幕上的图形美观且便于区分。图 1 为 AutoCAD2005 中线段的属性框信息。

在缺省状态下, AutoCAD 中有一种线型: 即 continuous 类型, 同时还可以选择随层(Bylayer, 即和所在层中设置的线性类型一致) 或者随块(Byblock, 即和所在块中设置的线性类型一致) 两种方式。线段的另外一个重要属性是线宽, 线宽的范围从 0 mm~2.11 mm, 也可以选择随层或者随块, 缺省值一般为 0.25 mm。

2.2 基于二维工程图线型特征的信息隐藏

由于在大多数情况下, 工程图主要是由线段组成, 可以将

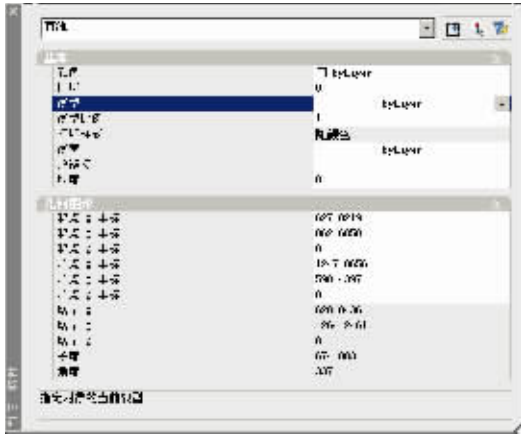


图1 AutoCAD 中线段属性

隐秘信息隐藏在线段的特征中。由于改变线段长度会改变工程图的标注,并进一步影响工程图的准确性。

Maxenchuk 等人曾在相关文献中提出,在人的视觉条件下,如果字符间距的改变量不大于 1/150 in(约 0.5 磅≈0.176 mm),肉眼是看不出来的^[3]。相类似的,在工程图中,如图两条线段的线宽差别小于 0.176 mm 的话,从人体视觉系统特性来看,也是无法辨识出来的。图 2 为两条不同线宽的线段,其中,线段 A 的线宽为 0.25 mm,线段 B 的线宽为 0.30 mm,很难通过肉眼分辨两条线段线宽的差别。

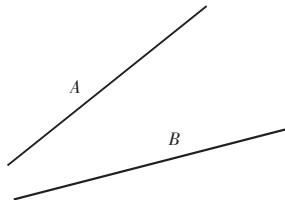


图2 两条不同线宽的线段

因此从人体视觉系统特性来看,采取改变工程图中线段线宽的方法来隐藏信息会具有较好的隐藏效果。与此同时,线宽的改变并不会改变工程图的标注尺寸,隐藏信息改变线宽后的工程图与没有隐藏信息的工程图的实际使用效能是一样的。

在 AutoCAD2005 中,线宽范围从 0 mm~2.11 mm,一共分为 24 级,相邻级线宽最小为 0.02 mm,最大为 0.42 mm,大部分的线宽级差在 0.01 mm~0.15 mm 之间。故可以通过以下方法来隐藏信息:当需要隐藏的信息为“0”时,保持该线段的线宽不变;当需要隐藏的信息为“1”时,将线段的线宽增大一级。

3 基于特征的二维工程图信息隐藏算法

对于一幅二维工程图,组成工程图的所有线段可以看作是一个集合,可表示为: $L=\{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}$ 。基于特征的二维工程图信息隐藏与隐秘信息检测算法流程图分别如图 3 与图 4 所示。

3.1 信息隐藏算法

信息隐藏算法描述如下:

(1) 将要隐藏的信息 $M=\{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n\}$ 和由密钥 K 生成的伪随机序列 $R=\{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n\}$ 异或得到序列 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n\}$;

(2) 获得二维工程图的顺序线段索引集 $L=\{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}$;

(3) 在密钥 K 的作用下,将顺序线段索引集 L 经过乱序处理,得到乱序线段索引集 $L'=\{l'_1, l'_2, \dots, l'_i, \dots, l'_n\}$;

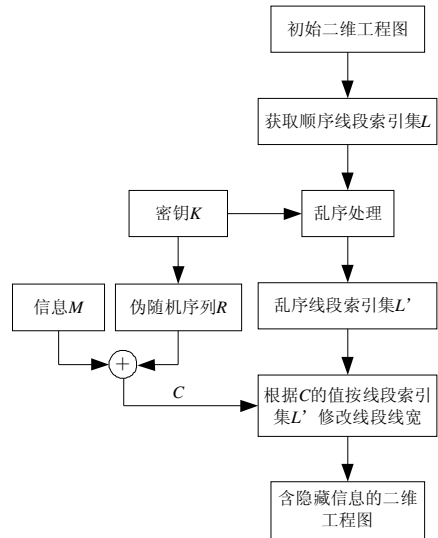


图3 信息隐藏算法流程图

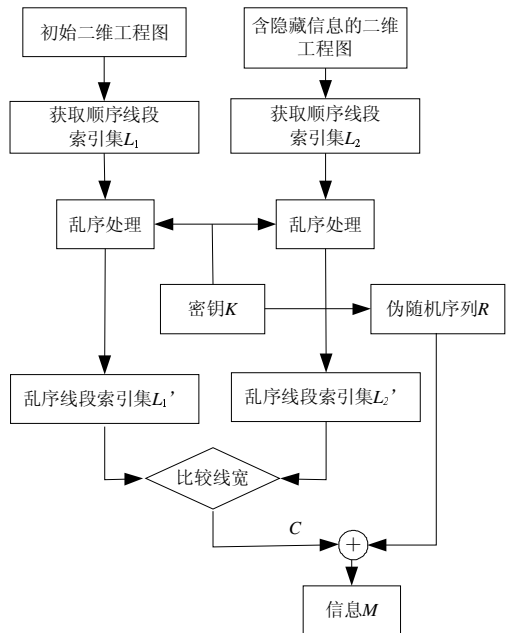


图4 隐秘信息检测流程图

(4) 根据序列 C 的值,当 c_i 值为“1”时,则通过乱序线段索引集 L' 获得对应的线段 l_i ,并将其线宽增大一级;当 c_i 值为“0”时,则保持线段 l_i 的宽度不变;

(5) 将所有信息嵌入后,即获得含隐藏信息的二维工程图。

3.2 隐秘信息检测算法

隐秘信息检测算法描述如下:

(1) 获得二维工程图的顺序线段索引集 $L_1=\{l_{11}, l_{12}, \dots, l_{1i}, \dots, l_{1n}\}$,并在密钥 K 的作用下,将顺序线段索引集 L_1 经过乱序处理,得到乱序线段索引集 $L'_1=\{l'_{11}, l'_{12}, \dots, l'_{1i}, \dots, l'_{1n}\}$;

(2) 获得含隐藏二维工程图的顺序线段索引集 $L_2=\{l_{21}, l_{22}, \dots, l_{2i}, \dots, l_{2n}\}$,并在密钥 K 的作用下,将顺序线段索引集 L_2 经过乱序处理,得到乱序线段索引集 $L'_2=\{l'_{21}, l'_{22}, \dots, l'_{2i}, \dots, l'_{2n}\}$;

(3) 比较 l'_{1i} 和 l'_{2i} 所对应线段的线宽特性,当 $l'_{1i} < l'_{2i}$ 时, $c_i=1$;当 $l'_{1i}=l'_{2i}$ 时, $c_i=0$,知道获得所有 C 中的值;

(4) 由密钥 K 生成的伪随机序列 $R=\{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n\}$ 与序列 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n\}$ 异或得到隐秘信息 M 。

4 性能分析

算法仿真在 P4 1.7 G, RAM 256 M, WinXP Professional, AutoCAD2005 以及其 VBA 开发环境中进行, 图 5 和图 6 分别为原始二维工程图和含隐藏信息“Hunan University”的二维工程图。

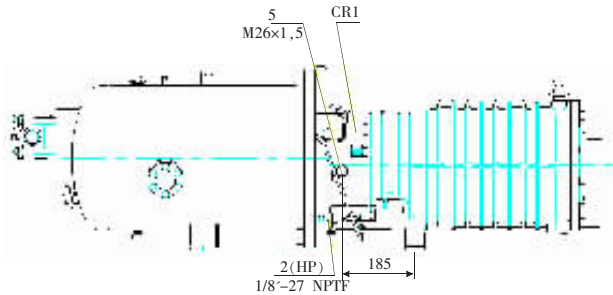


图 5 原始二维工程图

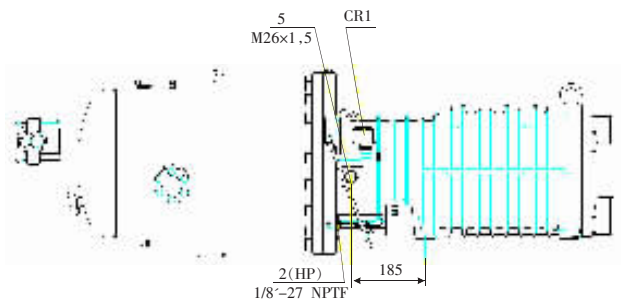


图 6 含隐藏信息的二维工程图

对比图 5 和图 6, 信息隐藏在工程图中是不可察觉的。同时经过测试, 可以正确提取隐藏信息“Hunan University”。

4.1 隐藏信息容量

由于算法是通过修改线段的线宽来隐藏信息, 且每一条线段只能隐藏 1 bit 的信息, 因此对于一个包含 n 条线段的二维工程图来说, 其理论可隐藏信息容量为 n bit。

4.2 抗攻击能力分析

在实际应用中, 二维工程图需要进行整体的均匀缩放、旋转以及平移等多种操作, 因此, 需要分析该算法抵抗均匀缩放、旋转以及平移等攻击的能力。

4.2.1 抗均匀缩放攻击能力分析

为分析算法的抗均匀缩放攻击能力, 首先在二维工程图中嵌入隐秘信息“Hunan University”, 然后将已嵌入隐秘信息的二维工程图分别进行均匀缩小和放大处理后, 再提取处理后二维工程图中的隐秘信息。表 1 为二维工程图均匀缩放后信息提取的测试结果。

表 1 二维工程图均匀缩放后的信息提取结果

缩放倍数	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
测试次数	10	10	10	10	10	10	10
成功提取次数	10	10	10	10	10	10	10

由表 1 可知, 对已嵌入隐秘信息的二维工程图分别进行均匀缩小和放大处理并不影响隐秘信息的提取, 从而表明了算法

具有较好的抗均匀缩放攻击的能力。

4.2.2 抗旋转攻击能力分析

为分析算法的抗旋转攻击能力, 首先在二维工程图中嵌入隐秘信息“Hunan University”, 然后将已嵌入隐秘信息的二维工程图分别进行多次旋转处理后, 再分别提取旋转后二维工程图中的隐秘信息。表 2 为二维工程图经过旋转后信息提取的测试结果。

表 2 二维工程图旋转后的信息提取结果

旋转角度/ $^{\circ}$	120	90	60	30	-30	-60	-90	-120
测试次数	10	10	10	10	10	10	10	10
成功提取次数	10	10	10	10	10	10	10	10

由表 2 可知, 对已嵌入隐秘信息的二维工程图进行旋转后并不影响隐秘信息的提取, 从而表明了算法具有较好的抗旋转攻击的能力。

4.2.3 抗平移攻击能力分析

此外, 为分析算法的抗平移攻击能力, 首先在二维工程图中嵌入隐秘信息“Hunan University”, 然后将已嵌入隐秘信息的二维工程图分别进行多次平移处理后, 再分别提取平移后二维工程图中的隐秘信息。测试结果表明, 在经过平移后的二维工程图中均能正确提取隐秘信息, 表明了算法具有较好的抗平移攻击能力。

由以上测试可知, 在 AutoCAD 中, 对二维工程图进行整体的均匀缩放、旋转以及平移操作时, 并不会改变线段的线型特征, 也就是说, 线段的线宽并没有改变。这说明该算法对均匀缩放、旋转以及平移攻击具有较好的鲁棒性。与此同时, 与文献 [1, 2] 中提出的算法相比, 本算法通过改变线宽来隐藏信息, 不会修改顶点间的距离, 也不会改变二维工程图的加工尺寸, 不会对产品的生产和制造产生影响, 更能满足实际应用的需要。

5 结论

文中提出一种针对二维工程图的信息隐藏算法, 该算法先获得工程图中的有序线段集并进行乱序处理, 然后将待嵌入的信息转化为伪随机序列, 并以此为依据并结合人体视觉系统 (HVS) 特征对乱序线段集中线段的线型按序进行修改以嵌入隐秘信息。试验结果表明, 该信息隐藏算法对旋转、平移以及均匀缩放等攻击具有较好的鲁棒性。该算法为工程图的版权保护提供了一种新的方法。(收稿日期: 2007 年 1 月)

参考文献:

- [1] 汪亚顺, 徐铭政. 基于二维工程图的数字水印比例算法[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2003, 25(4): 29-31.
- [2] 汪亚顺, 刘良文, 徐铭政. 基于二维工程图的数字水印扩频算法[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2005, 27(4): 91-94.
- [3] Brassil J T, Low S, Maxemchuk N F. Copyright protection for the electronic distribution of text document[J]. Proceedings of the IEEE, 1999, 87(7): 1181-1196.