

信息防护的光学技术

刘翠红 梁铨廷

(广州师范学院物理系 510400)



数据防护的需要已变得越来越迫切。我们经常需要一张有防护的证件,如身份证、驾驶执照、信用卡、护照等。正是由于使用这些识别证件日益频繁,也给不法之徒创造了更多的机会。每年光是美国商业在信息作假上的损失就达数十亿美元,包括伪造信用卡和美钞,当中的损失多数都转嫁到消费者身上。在我国,伪造的人民币和粗制滥造的假冒商品,也越来越多地介入我们的日常生活。

由于在计算机、电荷耦合器件(CCDs)、打印机、扫描器、复印机以及图象处理硬件和软件等方面的技术迅猛发展,制作逼真的假肖像、商标、钞票和其他复杂的图案已成为可能。而高科技的防伪技术却显得捉襟见肘。前几年,全息图的信用卡和护照尚可难倒假冒者,现在却可用 CCD 照相机拍全息图,一个熟练的全息图制作者完全可以造出能对付普通人随时检查的复制品。

电子通讯和存贮在计算机上的数据亦遭受类似的威胁。在 Internet 上甚至有防护的通讯通道也难杜绝泄密。由于越来越普及的高速计算机可以减少译解编码电文的时间,即使是非常复杂的编码技术也难以抵挡住强大的破译技术的攻击。

数据防护系统的开发者和假冒者之间的较量一直在进行着,而且越来越激烈。当然,假冒者的日子将会越来越难过,因为人们正在不断地探索和发展各种新技术。本文提出的是用光

学技术来进
行数据防护

和编码的新方案。我们相信,利用以光学信息处理为基础的新系统和器件,下一代的数据防护系统将会挫败假冒者和窃听者。

光学技术的优点

与大多数计算机不同,光学器件具有并行处理的能力,一帧二维图象的每个象素可同时被转换和处理,但电子计算机则局限于进行串行处理。因此,当有大量信息待处理时,并行处理就有极大的优势。今天用光学硬件已经能够处理一个二维的数据阵列,如透明片上的图象,它包含数十万个象素,处理速度高达每秒数百幅,至少比电子计算机高出一个数量级。

除了可以快速传递信息外,光学处理器在防护方面也显露出其优势。光的位相、波长、空间频率或偏振等任何一项都可以隐藏信息。一个只对强度敏感的器件,如 CCD 照相机,不可能摄取这些信息。一个光学基本信息可以隐藏于二维阵列的很小范围内,因此,非法用户在解码前必须先要找出信息隐藏的位置。其次,一个 8 比特的光学系统可以给每个象素灰度多达 256 个分立的能级,而电子防护系统只有“1”和“0”编码。另外,非法用户在开始费力地破译一个图象之前,必须使用复杂昂贵的光电子器件和系统去处理信息。总之,这几点性质都增加了解码者的难度。

光学信息处理系统通常由光源、数据(或输入)平面、透镜、反射镜、分束器、探测器、显示器件或其他(视其用途而定)更复杂的光学元件,如起空间滤波器和显示器作用的空间光调制器组成。诸元件可有不同的排列方式以适应各类数据处理的要求。

下面给出一些基本的处理方法。

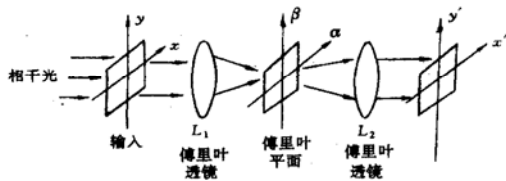


图1 图象处理的光学系统

如图 1 所示,用相干的激光束照射二维图象(比如,透明胶片上的一幅面部照片)上的信息.光在透镜 L_1 后焦面 (α - β 面)上的分布由输入图象的空间频率决定,在数学上可描述为输入图象的傅里叶变换,因此后焦面也称为傅里叶平面.如果再引入另一个透镜 L_2 ,则在 L_2 后焦面 (x' - y')上的光分布便是输入平面图象上的二次傅里叶变换.

会聚透镜的傅里叶变换能力是光学信息处理器的关键特性,因为在傅里叶平面放置相应的空间滤波器就可有选择地让所需要的空间频率通过或对其进行巧妙的处理.例如,我们把一个不透明斑点置于 α - β 平面的中央时,就会把输入图象的低频成分(如面部照片中的前额)挡掉,只允许高频成分(精细细节,如眉毛和唇)继续通过该系统.这个滤波器起着高通滤波器的作用.

如果我们要比较一个认证图象(预先存贮于光学处理器内)和一个输入平面上的未知图象,就必须找出两个图象的相似程度,这就需要光学处理器具有图象识别本领.把有特定任务的空间滤波器引入 α - β 平面,就能够进行几种信号处理的操作,包括图样识别,图象编码和图象处理.

在傅里叶空间,“匹配”滤波器相当于原始图象的傅里叶变换,其信号的振幅不变但位相相反.若在输入面放置的是正确的图象,在傅里叶平面上输入图象和匹配滤波器间的总位相将抵消,所有通过滤波器的光都以正实数的形式被检出,而强度检测器件如 CCD 就会产生一强的,轮廓分明的核实信号.若输入图象不对应于匹配滤波器,输入图象与滤波器的位相差将产生复数值的光,它们不会相长地迭加,因此不会产生强的核实信号.

同样的原理也用于另一光学相关方法:非线性联合变换相关器.它不再需要空间滤波器,并有好得多的图象识别性能.在这种方法里,进行相关处理的图象一起放在输入面,它们的联合傅里叶变换在第一个透镜 L_1 的傅里叶平面 (α - β 面)上生成.如果联合傅里叶变换被记录在感光胶片上,并再取第二次傅里叶变换,

两个图象便在第二傅里叶平面 (x' - y' 面)发生关联.这种相关器的主要优点是输入图象和参考图象同时作傅里叶变换,因此,变换之间的干涉可一步实现.这样,参考图象和输入图象可以很容易在显示器件上校验,这时它们的相关可及时得出.

防护相位编码

再考察一种光学防护技术.把一片相位掩膜永久性地贴在认证物上,如文件、商品、身份证的肖像或指纹上.位相掩膜可以是一块透明塑料片,具有高和低的光学密度(或不同的折射率)的区域.由于光通过掩膜的位相延迟取决于材料的光学密度,因此照射位相掩膜的相干光就以不同的位相图样进行编码.只有物件的指定生产人知道在掩膜上的图案,其他人用肉眼或显微镜都看不见,更不用说用摄影胶片或 CCD 相机来复制.若把掩膜从原始象中分离开就会损坏掩膜.

市面上的光学胶片和材料的高分辨率使得现时的掩膜只有几平方毫米大小就包含约一百万个象素.若用函数 $\exp[iM(x,y)]$ 表示位相掩膜, $g(x,y)$ 表示图象,如身份证上的指纹,则贴有位相掩膜的图象构成的复合输入信号可表示为:

$$s(x,y) = g(x,y) \exp[iM(x,y)] \quad (1)$$

其中 $M(x,y)$ 为实函数.若校核时没有原图象,则 $g(x,y)$ 为恒量.

信息处理器具有掩膜 $\exp[iM(x,y)]$ 的既定的信息,它以空间滤波器的形式放置在光学相关器的傅里叶平面上.用 CCD 图象传感器可检测出位相掩膜图样和滤波器之间的相关.相关强度量度出输入与存储在滤波器掩膜之间的相似程度.若输入位相与滤波器匹配,CCD 传感器将检测到一个高强的斑点,并产生一个核准信号.若输入是假冒的,相关斑点的强度就低于原先设定的阈值,因此不会产生核准信号.这种防护系统也可以构成一个非线性联合变换相关器(见图 2).

若原始图象需要被校验,信息处理器就要有图象 $g(x,y)$ 的既定的信息.在这种情况下,

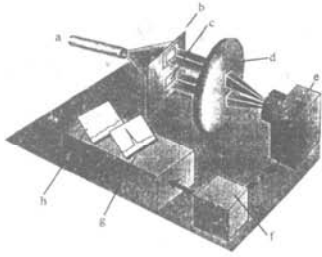


图2 光学防护系统

- a. 激光管 b. 带空间位相编码图象的信用卡
- c. 参考位相掩膜 d. 透镜 e. 探测器阵列
- f. 电子信号处理 g. 有相关峰表明真实
- h. 没有相关峰表明假冒

位相掩膜和原始图象两者均被校验。

为要做到更好的防护,可对原始图象本身进行位相编码,使之形成复合的输入图象:

$$s(x,y) = \exp[ig(x,y)] \exp[iM(x,y)] \quad (2)$$

用肉眼或其他任何使用普通光源的探测器是看不见该复合图象的。非法用户想要知道原始图象是面形、指纹或是其他图象都是很困难的。即使得到了原始图象,他仍要分辨出掩膜的随机位相图样。

光学编码

当今编码技术几乎完全依赖电子信息处理器,但最近亦出现了一些光学编码技术。它们用钥匙来编码数据,所谓钥匙是一种数学上把原始数据变换成外观上是随机图样或白噪声的算法。甚至钥匙本身也可以白噪声图样的形式出现。接收者必须用这把钥匙去解码和复原数据。上一节叙述的防护系统只依靠一把钥匙(位相码),而下面的编码技术则依赖两把钥匙:一把是在输入面的位相码,另一把是在傅里叶面。这两个位相码共同把输入图象转变为稳定的白噪声,即一种相邻象素之间没有相关的编码分布,见图3。

假设要保护某些秘密数据以防非法用户盗用。以 $f(x,y)$ 表示这些数据,随机位相函数在空间域表示为 $\exp[in(x,y)]$,而在傅里叶域表示为 $\exp[ib(\alpha,\beta)]$,秘密数据的编码形式表为:

$$\varphi(x,y) = f(x,y)\exp[in(x,y)] * \mu(x,y) \quad (3)$$

其中 $\mu(x,y)$ 是 $\exp[ib(\alpha,\beta)]$ 的逆傅里叶变换,

* 标记卷积运算.

为了破译秘密数据,把 $\varphi(x,y)$ 的傅里叶变换乘以起钥匙作用的解码掩膜 $\exp[ib(\alpha,\beta)]$,把编码位相掩膜抵消掉。这样通过乘以第二个位相掩膜 $\exp[-in(x,y)]$,原始数据便可以在空域复原。非法用户不知道钥匙 $\exp[ib(\alpha,\beta)]$,如果使用了其他函数,他则不能使图象复原,而只得到随机噪声。

以上技术开创了用光学信息处理方法编码数据的先河。

展望未来

光学处理方法可以广泛用于其他防护需要。例如,近年来开发了一种光电子系统,它能够以高精度实时地识别一个人的面容。对人类视角系统来说,这是一项简单的任务,但对一台普通的数字计算机来说,这是极其困难的。如果在光电子系统中使用一种神经网络,则其过程与人脑工作相似。因为神经网络是一些要求神经之间有大量的密集互联的平行系统。所以光学信息处理器是解决这类问题的自然选择。

光电子处理的基本原理如图4所示。这种系统以几百幅由 CCD 摄取的单人图象作练习,

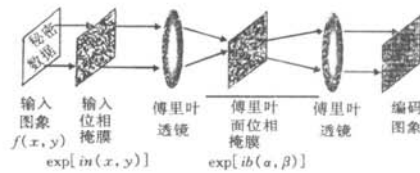


图3 带有两把钥匙的光学编码

这些图象呈现不同的面部表情和轮廓。由于系统集合了许多输入图象,它就将这些图象迭加在一起形成不同的合成图象。当各个不同的输入图象输入时,该系统通过修改合成图象去识别。这些合成图象被存贮在系统的存贮器中,或为了减少系统的尺寸和复杂性,存贮在每个使用者携带的身份证上。

当一个人的面部 CCD 象呈现在处理系统中时,非线性联合变换相关器就会立刻将它与合成图象比较。输入与合成图象之间的相关必须超过一定的阈值才能传递下去。然后,相关被加权平均产生一个输出。若平均相关超出预

物理学与显微镜技术

刘 军

(新疆塔里木农垦大学 阿拉尔 843300)

物理学经历了从经典物理学到现代物理学的发展历程。物理学一直在科学、技术及科学思维的发展中发挥着极其重要的作用,对人类的文明产生了巨大的影响。人类三次技术革命的事实说明,物理学理论的突破和革命直接导致新技术的诞生,反过来新技术又为物理学提供新的实验手段,促进物理学进一步向前发展。显微镜技术的发展便体现了物理学与技术发展的这种内在联系。

一、显微镜发展史

1. 第一代: 光学显微镜。

从16世纪到17世纪初,随着人们对光学研究的进展,有关光的性质方面知识的丰富,及透镜制作技术的提高,人类发明了显微镜。最早的发明者是谁还没有完全确定。荷兰的列文

虎克是最早用自己制作的单透镜光学显微镜来观察记录细菌、单细胞生物、原生动物的极微小生物的人。

17世纪,英国著名的实验物理学家胡克对显微镜进行了改进,并最先利用显微镜来做精细的科学研究。他用显微镜观察了木栓的细胞,发现了细胞壁,他最先指出了软木的细胞构造。特别值得提出的是,“细胞”一词是胡克最先提出来的。

随着光学理论的完善及制造技术的提高,今天的光学显微镜技术发展到了十分完善的地步。但是,由于光学显微镜受可见光波长的限制,它不能分辨原子这一级结构。

2. 第二代: 电子显微镜。

1897年,英国物理学家汤姆逊在研究阴极

定的阈值,表明当前的 CCD 图象与存贮的合成图象之间的匹配很好,因此,系统就产生一强的核实信号。

这技术的漂亮之处是不需要个人面部的完全资料,它仅依靠练习时的数据。实际上,系统可识别带眼镜的人和在各种照明下的人,甚至包括练习中没有的图象。不需要滤波器或全息图,用市面上的光电子器件就能容易地组装一个健全小巧的系统。如果做成仪器,这种方法将是神经网络硬件在商业系统中的首次普及应用。

不久的将来,似乎很可能在光学信息技术未普及应用作商业器件之前,一些高层的用户如政府机构或工业部门会利用这些技术来保护有价值的信息。尽管目前有几个公司正在制作

可以完成上述某些处理功能的样品器件,但是在工业上大规模制造小型的低成本光学系统之前,这个年轻的领域仍需要继续研究与发展。也许,有朝一日光学信息系统将普遍应用于数据防护。

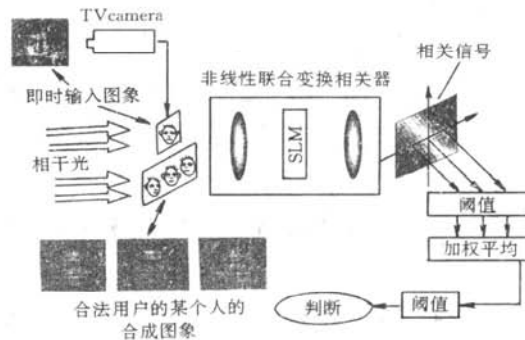


图4 光电子系统