



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107615330 B

(45) 授权公告日 2021.07.27

(21) 申请号 201680029235.0

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2016/153911 EN 2016.09.29

(22) 申请日 2016.03.17

(73) 专利权人 数字标记公司

地址 美国俄勒冈州

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107615330 A

(72) 发明人 J·B·舒尔特 E·D·埃文斯
R·K·夏尔马 V·霍勒布
D·海伽

(43) 申请公布日 2018.01.19

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322
代理人 龙淳

(30) 优先权数据

62/136,146 2015.03.20 US
14/725,399 2015.05.29 US
62/303,320 2016.03.03 US
62/308,057 2016.03.14 US

(51) Int.Cl.

G06T 1/00 (2006.01)
H04L 9/32 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 游群霞

2017.11.20

(86) PCT国际申请的申请数据

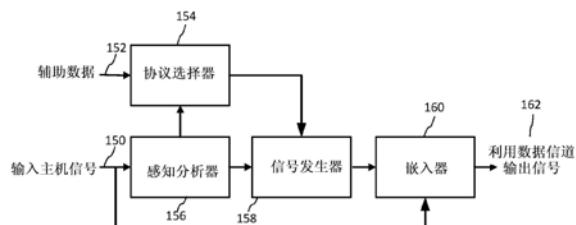
权利要求书3页 说明书38页 附图31页

(54) 发明名称

用于鲁棒信令和同步的稀疏调制

(57) 摘要

稀疏信号调制方案以鲁棒、灵活的方式对宿主图像上的数据信道进行编码，以实现感知质量约束，并提供改进的数据容量。宿主图像通过多种手段中的任何一种来打印，以将具有稀疏信号的图像应用于对象。在对象的图像捕获之后，解码器处理所捕获的图像以检测并提取调制到稀疏信号中的数据。稀疏信号可以包含隐式或显式同步分量，其由数据信号形成或与其互补。



1. 一种用于将稀疏可变数据承载信号插入数字图像的方法,所述方法包括:

提供第一信号分量,所述第一信号分量促进所述稀疏可变数据承载信号的同步功能,并且包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值;

提供第二信号分量,所述第二信号分量被调制以承载可变数据信号,并且包括在所述二维块内的坐标处的第二信号分量值;

通过在所述二维块内的坐标处设置稀疏元素来组合所述第一信号分量和所述第二信号分量以产生所述稀疏可变数据承载信号,其中所述第一信号分量值和所述第二信号分量值提供图像的兼容调制,并且组合所述第一信号分量和所述第二信号分量符合一致性规则,所述一致性规则要求所述第一信号分量和所述第二信号分量沿亮或暗的相同方向修改图像;和

将所述稀疏可变数据承载信号插入数字图像设计的至少第一数字图像层或第一数字图像信道。

2. 如权利要求1所述的方法,其中兼容调制包括在所述二维块内的坐标处的光学特性的一致调制方向。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,兼容调制包括在所述第一信号分量的值和所述第二信号分量的值均落入由至少一个阈值限定的公共范围内的坐标处的调制。

4. 如权利要求3所述的方法,其中,兼容调制包括在所述第一信号分量的值和所述第二信号分量的值均被量化为公共量化值的坐标处的调制。

5. 如权利要求1所述的方法,其中所述第一信号分量和所述第二信号分量被提供或转换为二进制形式,并且其中通过在坐标处应用所述第一信号分量和所述第二信号分量的二进制值之间的逻辑与操作来确定兼容调制,并且兼容调制对应于第一信号分量和第二信号分量的二进制值一致的坐标。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述第一信号分量或所述第二信号分量中的至少一个通过应用阈值而被转换成二进制形式。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,第一信号分量或第二信号分量中的至少一个是多值信号,并且通过应用至少第一阈值而被转换为稀疏信号分量,并且所述组合包括在稀疏信号分量与第一信号分量或第二信号分量的另一个的值一致的坐标处设置稀疏元素。

8. 如权利要求7所述的方法,其中所述第一信号分量是多值信号分量。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所述多值信号分量表示由变换域中的一组峰值形成的同步模板。

10. 一种用于将稀疏可变数据承载信号插入数字图像的系统,所述系统包括:

用于存储表示所述数字图像的数据的存储器;和

一个或多个处理器,所述一个或多个处理器被编程为:

提供第一信号分量,所述第一信号分量促进所述稀疏可变数据承载信号的同步功能,并且包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值;

提供第二信号分量,所述第二信号分量被调制以承载可变数据信号,并且包括在所述二维块内的坐标处的第二信号分量值;

通过在所述二维块内的坐标处设置稀疏元素来组合所述第一信号分量和所述第二信号分量以产生所述稀疏可变数据承载信号,其中所述第一信号分量值和所述第二信号分量

值提供所述图像的兼容调制，并且组合所述第一信号分量和所述第二信号分量符合一致性规则，所述一致性规则要求所述第一信号分量和所述第二信号分量沿亮或暗的相同方向修改图像；和

将所述稀疏可变数据承载信号插入数字图像的至少第一数字图像层或第一数字图像信道。

11. 如权利要求10所述的系统，其中，所述兼容调制包括在所述二维块内的坐标处的光学特性的一致调制方向。

12. 如权利要求10所述的系统，其中，所述兼容调制包括在所述第一信号分量的值和所述第二信号分量的值均落在由至少一个阈值限定的公共范围内的坐标处的调制。

13. 如权利要求12所述的系统，其中，兼容调制包括在所述第一信号分量的值和第二信号分量的值均被量化为公共量化值的坐标处的调制。

14. 如权利要求10所述的系统，其特征在于，所述第一信号分量或第二信号分量中的至少一个是多值信号，并且通过应用至少第一阈值被转换成稀疏信号分量，并且所述组合包括在稀疏信号分量与第一信号分量或第二信号分量的另一个的值一致的坐标处设置稀疏元素。

15. 如权利要求10所述的系统，其中所述第一信号分量和所述第二信号分量被提供或转换为二进制形式，并且其中通过在坐标处应用所述第一信号分量和所述第二信号分量的二进制值之间的逻辑与操作来确定兼容调制，并且兼容调制对应于第一信号分量和第二信号分量的二进制值一致的坐标。

16. 如权利要求15所述的系统，其特征在于，所述第一信号分量或所述第二信号分量中的至少一个通过应用阈值而被转换成二进制形式。

17. 如权利要求16所述的系统，其中所述第一信号分量是多值信号分量。

18. 如权利要求17所述的系统，其中所述多值信号分量表示由变换域中的一组峰值形成的同步模板。

19. 一种包含由处理器执行的指令的非暂时性计算机可读存储介质，所述指令当被所述处理器执行时使得执行以下用于将稀疏可变数据承载信号插入数字图像的方法的步骤，所述步骤包括：

提供第一信号分量，所述第一信号分量促进所述稀疏可变数据承载信号的同步功能，并且包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值；

提供第二信号分量，所述第二信号分量被调制以承载可变数据信号，并且包括在所述二维块内的坐标处的第二信号分量值；

通过在所述二维块内的坐标处设置稀疏元素来组合所述第一信号分量和所述第二信号分量以产生所述稀疏可变数据承载信号，其中所述第一信号分量值和所述第二信号分量值提供图像的兼容调制，并且组合所述第一信号分量和所述第二信号分量符合一致性规则，所述一致性规则要求所述第一信号分量和所述第二信号分量沿亮或暗的相同方向修改图像；和

将所述稀疏可变数据承载信号插入数字图像设计的至少第一数字图像层或第一数字图像信道。

20. 如权利要求19所述的非暂时性计算机可读存储介质，其中兼容调制包括在所述二

维块内的坐标处的光学特性的一致调制方向。

21. 如权利要求19所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,兼容调制包括在所述第一信号分量的值和所述第二信号分量的值均落入由至少一个阈值限定的公共范围内的坐标处的调制。

22. 如权利要求21所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,兼容调制包括在所述第一信号分量的值和所述第二信号分量的值均被量化为公共量化值的坐标处的调制。

23. 如权利要求19所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中所述第一信号分量和所述第二信号分量被提供或转换为二进制形式,并且其中通过在坐标处应用所述第一信号分量和所述第二信号分量的二进制值之间的逻辑与操作来确定兼容调制,并且兼容调制对应于第一信号分量和第二信号分量的二进制值一致的坐标。

24. 如权利要求23所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述第一信号分量或所述第二信号分量中的至少一个通过应用阈值而被转换成二进制形式。

25. 如权利要求19所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,第一信号分量或第二信号分量中的至少一个是多值信号,并且通过应用至少第一阈值而被转换为稀疏信号分量,并且所述组合包括在稀疏信号分量与第一信号分量或第二信号分量的另一个的值一致的坐标处设置稀疏元素。

26. 如权利要求25所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中所述第一信号分量是多值信号分量。

27. 如权利要求26所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中所述多值信号分量表示由变换域中的一组峰值形成的同步模板。

用于鲁棒信令和同步的稀疏调制

技术领域

[0001] 本发明涉及在噪声环境中的信号通信，并且具体涉及宿主媒体信号内的鲁棒信号通信，诸如数字水印。

背景技术

[0002] 已经开发了许多用于编码对象上的机器可读信息的方法。最知名的技术也许是无处不在的条形码。多年来，各种条形码类型已经创建，这与明亮背景上的黑色线条的为了显示名称的图案显著不同。现在，术语条形码已被用来包含各种形状、尺寸、图案和颜色的机器符号。

[0003] 这些类型的代码主要被开发成可靠的数据载体，可以在许多类型的对象上应用各种各样的打印和标记技术。在大多数情况下，它们的设计并不美观，或被编织成产品包装、标签或显示部上的其他图像，可能是图形设计，文字等。因此，在大多数应用中，这些代码占据对象上的专用位置，其中不存在其他信息。这种方法运行良好，可以将识别信息可靠地应用于对象，包括包装、零件（“直接部件标记”）等。尽管如此，将代码放置在专门的位置限制了查找和读取代码的能力。用于消费品时，通常位于产品的背面或底部，以免干扰消费者信息和产品美学。代码的这种放置通常需要额外的组件来捕获对象的多个视图，从而减慢了代码读取速度或增加了扫描器成本。由于需要工人重新定位对象以扫描自动识别码，这也增加了受伤的风险。显然，这破坏了自动识别的理论速度和可靠性优势。

[0004] 已经开发了数据信令技术，这些技术有望解决这些缺点，同时提供附加的优点。一种这样的技术被称为数字水印。数字水印提供了在图像内容或对象表面拓扑内编码信息的方法。因此，它可以以最小的成本应用在对象的整个表面上，并改变工作流程，解决条形码在与其完全兼容时的缺点。另外，数字水印适用于许多不同类型的媒体，包括模拟和数字形式的图像（包括视频）和音频。这使企业能够在其所有资产（包括物理和数字媒体）上实施自动识别和辅助数据编码。

[0005] 水印有利地利用现有的图像或音频信息作为附加信息的载体。该附加信息通常被称为“水印有效载荷”，即每单位宿主内容插入的可变消息符号序列。当然，在不影响宿主的感知质量的情况下，可以在现有图像或音频（宿主信号）中插入该有效载荷的程度是有限的。一般而言，具有更多可变信息的宿主信号为插入有效载荷提供了更大的机会，而具有统一或纯色色调的宿主信号提供了更少的有效载荷插入机会。在宿主信号含量很少的情况下，可能无法对有效载荷进行编码，或者如果进行了编码，则对感知质量的影响更大。

[0006] 感知质量与人感知图像变化的程度有关。这是一个具有挑战性的指标，因为它有重要的主观成分。尽管如此，人类视觉系统已经被建模，用户测试的数据可以被用来构建一个分类器，以量化的方式来衡量一个图像或者视频的变化是否会被看到或者被认为令人反感。基于它们的人类视觉系统模型和分类器提供了对图像的改变是否可能是可见的测量，并且还可以通过诸如最小可觉差（JND）单位的单位对可见性进行量化。对于图像被修改以插入数据信号的应用，感知质量是数据信号设计和编码策略的约束。信号设计和编码方法

的这种限制的重要性随着应用而变化。水印信号的灵活性允许以各种方式将其转换为对象设计的视觉元素，并且因此提供了许多选项来使信号满足不同类型的图像和应用的感知质量约束。

[0007] 记录我们早期工作的文献描述了处理缺乏与数据编码兼容的信号内容的宿主信号类型的各种方法。我们将一种方法称为“稀疏”标记，因为数据承载信号形成为信号元素的稀疏阵列。对于可视媒体，元素的稀疏阵列在宿主图像的多个部分为统一或纯色或在很大程度上空白的情况下工作良好。由于信令更加复杂，因此我们的信令方案采用鲁棒的数据编码策略来减轻来自文本的干扰的影响，因此在编码文档，标签，视觉显示或包装的文本周围的空白区域时也是有效的。在一个实施例中，稀疏标记由墨水沉积或不沉积的空间位置的图案组成。例如，稀疏信号可以包括亮色背景上的墨点，使得该信号形成微妙变暗的空间位置的图案。该信号被设计为通过亮色背景上较暗位置的间隔而变得稀疏。相反，信号可以被设计成在相对较暗的背景上的较亮的“孔”的阵列。参见例如美国专利号6,345,104、6,993,152和7,340,076。

[0008] 如美国专利第6,345,104号所述，形成明暗元素图案的策略与我们之前调制亮度的数字水印策略一致。例如，较亮元素编码第一消息符号（例如二进制的一），而较暗元素编码第二符号（例如，二进制的零）。

[0009] 稀疏信号由于其稀疏的排列而对视觉质量的影响最小。然而，像自动对象识别这样的应用的折衷是数据信令方法需要更复杂的手段，以确保稀疏信号内承载的数据可以在许多不同的和具有挑战性的环境中可靠和有效地恢复。信号的稀疏性决定了每单位对象表面积可以编码较少的有效载荷。此外，在稀疏信号内，在有效载荷容量的分配信号与用于鲁棒性的信号之间存在折衷。在后一类鲁棒性中，信号方案必须支持在存在易于干扰数据信号的各种类型的噪声的情况下，在各种角度、视角和距离下对稀疏信号进行成像时出现的几何失真环境中的恢复。

[0010] 存在各种几何失真的来源，需要处理以可靠地恢复稀疏信号中的有效载荷。几何失真的例子包括信号裁剪和扭曲。例如，在由于其他对象的遮挡或扫描仪的不完全捕获而仅捕获一部分的情况下，裁剪截短稀疏信号的部分。当施加稀疏信号的表面弯曲（在杯子或罐子上）或起皱（在袋子和柔性塑料或铝箔袋上）时，以及当以各种视角从表面成像稀疏信号时，会出现弯曲。

[0011] 信令方案的设计也必须解决用于编码和解码的数字电路、处理器和存储器的限制带来的实际挑战。这些包括计算效率、功耗、存储器消耗、存储器带宽、网络带宽的使用、硬件电路或可编程处理器/电路的成本，在信号发送器和接收器、设备等中设计和集成编码器和解码器的成本。例如，一些编码方案可以提供优化的编码或解码，但是可能不适用，因为它们对于实时编码或解码来说太慢，例如，因为宿主信号正在被发送、接收、更新或者正在被多个其他信号处理操作同时进行。

[0012] 设计还必须考虑到标记技术的实际挑战。打印技术必须能够重现信号可靠性。这包括在光栅图像处理器中的数据信号转换以及将图像应用到对象。

[0013] 该设计还必须考虑图像捕捉和相关光学所带来的实际挑战。例如，销售点（POS）处的扫描仪倾向于被调谐以检测黑白条形码（例如，具有专注于660nm处或附近的图像内容的图像捕获的频谱范围），并且因此，照明类型和传感器可能具有设备能够感测的频谱带和分

分辨率的范围更有限的范围。

[0014] 稀疏信令特别具有挑战性,因为信号的稀疏特性提供较少机会将有效载荷和鲁棒性的信号包括在内。特别是包含有效载荷和同步的机会较少。同步策略可以依赖于显式同步(“同步”)分量或隐式同步分量。在后一种情况下,可以以提供便于检测和同步的模式的方式来布置有效载荷的编码。

[0015] 对于某些应用程序而言,另一个重要考虑因素是与其他消息传递协议的兼容性和互操作性。例如,在对对象表面应用识别的情况下,信号编码和解码策略应该优选地支持各种协议来处理各种图像类型,打印技术和扫描仪技术。这种设计考虑决定了稀疏信令应该与编码和解码其他信令(如旧的对象上的传统编码方案和各种类型的稠密水印信令策略和条形码)兼容。优选地,解码器技术的安装基础应该能够有效地解码来自各种信令类型的信号,包括新的稀疏信号排列。

发明内容

[0016] 本公开的一个方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入图像的方法。该方法提供了第一信号分量,其有利于稀疏信号的同步功能。它还提供了第二个信号分量,它被调制来传送可变的数据信号。第一和第二信号分量具有位于二维块内的坐标处的值。该方法将第一信号分量和第二信号分量组合,以通过在第一和第二分量信号值提供图像的兼容调制的二维块内的坐标处设置稀疏元素来产生稀疏可变数据承载信号。该方法将稀疏可变数据承载信号插入图像设计的至少第一图像层或信道。

[0017] 在这种方法中,稀疏信号元素被设置在信号分量提供兼容调制的坐标处。兼容的调制是两个组件的信号符合一致性规则的地方。例如,信号在二维块内的坐标处具有一致的光学性质的调制方向。一种光学性质是亮度,并且可以在较暗或较亮的方向上进行调制。其他光学性质的例子是色度和色调。以相同方向调制图像的分量(例如,都是较暗或都是较亮)都具有相容的调制方向。

[0018] 一致性规则也可以通过调制量的一致性来确定。例如,如果信号分量的值落入由至少一个阈值限定的公共范围内,则分量的调制是兼容的。在一些情况下,分量是多值的,然后量化为量化水平或分箱(落入二进制空间的多维值被量化为二进制)。这可以通过应用阈值来实现,其中将范围内的值设置为特定值。例如,多值分量被转换成二进制级(例如,1或0)或者多于两个级(例如,1、0、-1)。一致性规则在这个过程的输出上通过比较一个坐标上的信号分量的值和基于一致性的坐标来设置稀疏元素的值来评估。可以使用逻辑“AND(与)”操作或类似比较来确定信号分量是否满足一致性规则,例如量化到由阈值限定的公共量化级别或范围。

[0019] 信号的量化可用于确定块中稀疏元素的分布。在一个实施例中,例如,信号分量(例如,同步分量)被量化以提供块内的稀疏分布。然后基于信号分量符合一致性规则的地方形成稀疏信号。一致性规则评估这些位置处的信号分量,并在它们一致的坐标处设置稀疏元素。

[0020] 本公开的另一方面是一种用于将稀疏可变数据承载信号插入采用正交信号分量的图像中的方法。提供第一和第二正交分量,其中至少一个用可变数据调制。正交分量被组合以通过选择第一和第二正交分量的子集来产生稀疏可变数据承载信号。然后将该稀疏信

号插入到图像设计的至少第一图像层中。这些分量可以被量化成稀疏信号，然后被组合。或者，它们可以被组合，然后被量化成稀疏信号。

[0021] 本公开的另一方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入到图像中的替代方法。在该方法中，提供二维块内的坐标处的元素的稀疏图案以及经调制以承载可变数据信号的信号分量。该方法通过基于元素的稀疏图案的位置在二维块内分布信号分量来生成稀疏可变数据承载信号。在一种这样的方法中，通过在信号分量不与稀疏图案的坐标重合的坐标处去除信号分量的信号元素，将信号分量转换为稀疏可变的数据承载信号。信号分量在图像内的二维块中重复。可以使用不同的稀疏图案来在块中不同地分配信号分量。

[0022] 在本文中，我们详细介绍了各种稀疏信令方案，包括生成信号的方案，以及在各种对象类型和对象标记技术中对它们进行编码和解码。我们描述了在宿主信号载体内以一种鲁棒灵活的方式编码稀疏信号的方案，以实现感知的质量约束，并提供改进的数据容量。

附图说明

- [0023] 图1是用于将数据信号编码成宿主信号的信号编码器的框图。
- [0024] 图2是用于从宿主信号提取数据信号的信号解码器的框图。
- [0025] 图3是说明信号发生器的操作的流程图。
- [0026] 图4是示出稀疏信号生成器的示例的图。
- [0027] 图5是图示如图4中的稀疏信号发生器的改进的图。
- [0028] 图6是数字水印信号分量的直方图。
- [0029] 图7是另一个数字水印信号分量的直方图。
- [0030] 图8是图6和7的数字水印信号分量的组合的直方图，并且还描绘了用于从包括多值像素的图像中生成包括黑色和白色像素的二进制图像的不同阈值的示例。
- [0031] 图9是图示图4的稀疏信号生成器的另一改进的图。
- [0032] 图10是示出将阈值应用于水印信号以及三个不同阈值的结果输出的图。
- [0033] 图11示出了稀疏信号的一部分。
- [0034] 图12示出了图11的稀疏信号，其被修改以使用直线筛方法来减小信号。
- [0035] 图13是示出解码水印信号或稀疏信号的方法的图。
- [0036] 图14示出了一类图案检测方法，其中模板（标记为“信号”）和可疑信号（标记为“测量的”）的滤波频谱被转换为对数极（LP）坐标系，并彼此相关产生LP相关性。
- [0037] 图15是描绘用于增强编码数据信号的检测的添加物的性质的图。
- [0038] 图16A显示了打印的标签。图16B和16C显示了来自图16A的放大的摘录。
- [0039] 图17A显示了机器编码的标签。图17B和17C显示了来自图17A 的放大的摘录。
- [0040] 图18A示出了围绕打印文本定义的保护带区域。图18B示出了与图16A的完整标签相关联的保护带区域。
- [0041] 图19A显示了一个打印的标签，其中机器编码不应用在文本周围的保护带区域内。图19B和19C显示了图19A的放大的摘录。
- [0042] 图20A和20B并排重现了图17B和19B。
- [0043] 图21显示，连续较大的区域可以包围打印文本，使机器标记能够以不同的强度水平应用。

- [0044] 图22显示了标记元素。
- [0045] 图23显示了标签图样的摘录,包括不同区域,不同区域的机器编码强度不同。
- [0046] 对于两个不同的实施例,图24A和24B列出具有低于不同阈值的值的同步信号元素的百分比。
- [0047] 图25A、25B、25C和25D示出 2×2 标记块。
- [0048] 图26A、26B、26C、26D、26E、26F、26G、26H和26I示出了示例性的 3×3 标记块。
- [0049] 图27显示了标签图样的摘录,包括不同区域,不同区域以不同的强度进行机器编码。
- [0050] 图28A显示了示例性的 3×3 标记块,其中没有变暗的单元与另一个变暗的单元边缘相邻。
- [0051] 图28B与图28A相似,但是用于示例性的 4×4 标记块。
- [0052] 图29A和29B显示了两个 3×3 标记块的不同连接。
- [0053] 图30说明机器编码标记如何可以是线性梯度的函数。
- [0054] 图31显示了标签图形的摘录,机器编码根据梯度函数的强度而变化。
- [0055] 图32A示出了空间域中的同步信号块的元素。
- [0056] 图32B示出了图32A的同步元素的较高分辨率的对应部分。
- [0057] 图33详细示出了图32B的同步单元中的单元的排序。
- [0058] 图34A、34B、34C和34D分别示出了同步单元块,其中图32B 中的最低值的一个、两个、三个和四个单元变暗。
- [0059] 图35示出了如何调整图34D的方框以避免边缘相邻的暗单元。
- [0060] 图36帮助解释了用于调整图34D的信号元素块的另一种方法,以避免边缘邻接暗单元。
- [0061] 图37示出了通过涉及图36的过程进行调整之后的图34D的方框。
- [0062] 图38显示了两个相邻的同步信号单元块。
- [0063] 图39详细示出了图38的最右侧同步元素中的单元的排序。
- [0064] 图40示出了单独缺少边缘邻接的暗单元的信号单元块如何在彼此并置时呈现边缘邻接的暗单元。
- [0065] 图41示出了在调整之后的图40的信号元素块,以避免边缘相邻的暗单元。
- [0066] 图42帮助解释了用于调整图40的配对的单元块的另一种方法,以避免边缘邻接的暗单元。
- [0067] 图43示出了在通过涉及图42的过程进行调整以避免边缘邻接暗单元之后的图40的成对信号元块。
- [0068] 图44示出了可以实现编码和解码的电子设备。

具体实施方式

- [0069] 信号编码器和解码器
- [0070] 图1是用于编码稀疏信号的信号编码器的框图。图2是兼容信号解码器的框图,用于从编码在视频显示器上显示的对象上或图像内的稀疏信号中提取有效载荷。
- [0071] 编码和解码通常以数字方式应用,而且希望信号在数字到模拟转换和模拟到数字

转换中存在。例如，编码器生成包括被转换成渲染形式(例如打印图像，显示图像或视频)的稀疏信号的图像。我们使用术语“打印”来涵盖各种各样的标记技术，包括雕刻、蚀刻、冲压等等，因为有多种方式将带有稀疏信号的图像传递给对象。在解码之前，接收设备通过其图像传感器(例如，相机(例如，CMOS或CCD))捕获对象的图像或图像流，并将其转换为电子信号，该电子信号由信号解码模块数字化并处理。

[0072] 对信号编码器的输入包括宿主信号150和辅助数据152。编码器的目标包括对每个宿主信号单位具有期望容量的鲁棒信号进行编码，同时将感知质量保持在感知质量约束内。在某些情况下，宿主信号的可变性或存在的可能性非常小，在这种情况下，宿主干扰很少，一方面，在视觉上掩盖数据信道的存在的宿主内容很少。一些示例包括没有太多图像可变性(例如单一统一颜色)的包装设计的区域，零件的表面，标签或收据，或没有自然图像的视频显示(例如，仅仅简单的图形，统一或纯色色调和文字)。

[0073] 辅助数据152包括要在数据信道中传送的可变数据信息(例如有效载荷)，可能与用于促进通信的其他协议数据一起。

[0074] 该协议定义了信号的结构和编码方式，以提高鲁棒性，感知质量或数据容量。对于任何给定的应用程序，可能有单个协议或多个协议。多种协议的示例包括存在不同版本的信道，不同信道类型(例如，宿主内的多个稀疏信号层)的情况。一个例子是封装设计或文件，其中丰富的图像是用密集的水印信号协议编码的，而空白的或统一的或纯色色调区域是用色彩或稀疏信号协议编码的。不同的协议版本可能采用不同的鲁棒性编码技术或不同的数据容量。协议选择器模块154确定由编码器用于生成数据信号的协议。它可以被编程为根据输入变量采用特定协议，例如用户控制，应用程序特定参数或基于宿主信号分析的派生。

[0075] 感知分析器模块156分析输入宿主信号以适当地确定用于控制信号生成和嵌入的参数。在某些应用中不是必需的，而在其他应用中则可能用于选择协议和/或修改信号生成和嵌入操作。例如，当在将被打印或显示的宿主彩色图像中进行编码时，感知分析器156可被用于确定宿主图像的颜色内容和掩蔽能力。

[0076] 稀疏标记可以被包括在图像文件的层或信道之一中，例如对应于：

[0077] ●图像的颜色信道，例如红绿蓝(RGB)；

[0078] ●色彩模型的分量(Lab, HSV, HSL等)；

[0079] ●指定用于打印图像的打印机的墨水(青色，品红，黄色或黑色(CMYK))，专色层(例如，对应于Pantone色彩)；

[0080] ●涂层(清漆，UV层，漆)；

[0081] ●其他材料层(金属物质，例如金属墨或压印箔，其中稀疏信号通过在箔中冲孔或除去箔以留下箔的稀疏点而形成)；等等

[0082] 以上通常在设计文件中指定，并由我们的编码器操纵。例如，我们的编码器被实现为Adobe Photoshop图像处理软件的插件的软件模块。此软件中的设计文件是根据图像层或图像信道指定的。编码器可以修改现有的图层，信道或插入新的。插件可以用于其他图像处理软件，例如Adobe Illustrator。

[0083] 在编码器中执行的感知分析取决于多种因素，包括稀疏信号的颜色或多种颜色，稀疏信号的分辨率，用于打印具有稀疏信号的图像层的点结构和屏幕角度，稀疏信号的层

内的内容,稀疏信号之下和之上的层内的内容等等。感知分析可以导致选择其中编码稀疏信号的颜色或颜色的组合,其将由于将稀疏信号插入图像内的墨水层中而导致的视觉差异最小化。该选择可以随着每个稀疏信号单元的每个嵌入位置而改变。同样地,每个位置处的信号量也可以变化以控制视觉质量。根据所使用的相关打印技术,编码器可以通过控制参数来改变稀疏信号,例如:

- [0084] ●点形状,
- [0085] ●在一个点的信号幅度,
- [0086] ●在一个点的墨量(例如,稀释墨浓度以降低墨的百分比),
- [0087] ●在稀疏信号元素或元素区域的位置处的点簇或“隆起”形状的结构和排列。如下面进一步解释的,可以使用施加到相邻位置的x-y二维阵列的墨水的布置来形成具有不同形状或信号幅度的“隆起”。
- [0088] 控制打印网点大小和形状的能力是一个特别具有挑战性的问题,并随打印技术而变化。点的大小可能会因为称为点增益的效果而有所不同。打印机在特定尺寸以下可靠再现点的能力也是一个限制因素。
- [0089] 稀疏信号也可以根据混合模型进行修改,该混合模型指示将稀疏信号层的墨水与其他层和基底混合的效果。
- [0090] 在某些情况下,设计者可以指定将稀疏信号插入到特定的层中。在其他情况下,编码器可以选择其被编码的一个或多个层以实现期望的鲁棒性和可见性(其被插入的图像的视觉质量)。
- [0091] 该分析的输出以及渲染方法(显示或打印设备)和渲染的输出形式(例如墨水和基底)可以用于指定编码信道(例如,一个或多个颜色信道),感知模型和与这些信道一起使用的信号协议。请参阅我们在美国申请号14/616,686、14/588,636和13/975,919、专利申请公开20100150434和美国专利7,352,878中关于感知分析中使用的可见性和颜色模型的工作。
- [0092] 信号发生器模块158根据协议操作辅助数据并生成数据信号。它也可以使用从宿主信号(例如由感知分析器模块156提供的信号)导出的信息来生成信号。例如,数据代码信号和模式的选择,调制函数以及要在给定嵌入位置应用的信号量可以根据感知分析来调整,特别是在其产生的感知模型和感知掩模。
- [0093] 嵌入器模块160获取数据信号并通过将其与宿主信号组合来将其调制到信道上。组合操作可以是完全数字信号处理操作,例如数据信号数字调制宿主信号,可以是混合数字和模拟过程,或者可以是纯粹的模拟过程(例如,在渲染的输出图像被组合的情况下)。如上所述,稀疏信号可占据设计文件的单独层或信道。该层或信道可以在打印之前被组合到光栅图像处理器(RIP)中的图像中,或者可以在该层被打印在基底上的其他图像层之下或之上时被组合。
- [0094] 在数字操作中将数据和宿主组合起来有多种不同的功能。一种方法是根据嵌入位置处的相应数据信号值调整宿主信号值,根据感知模型和该嵌入位置的鲁棒性模型来控制嵌入位置。调整可以通过添加缩放的数据信号或者将宿主值乘以对应于嵌入位置的数据信号值规定的缩放因子来改变宿主信道,其中根据感知模型、鲁棒性模型、可用动态范围,以及对元素墨水结构的可用调整(例如,控制由RIP生成的半色调点结构)对调整量设置权重

或阈值。调整也可以通过将像素的值设置或量化为特定的稀疏信号元素值来改变。

[0095] 如下面进一步详细描述的，信号发生器产生具有被映射到数据信道中的嵌入位置的数据元素的数据信号。这些数据元素被调制到嵌入位置的信道上。

[0096] 将稀疏信号与其他图像组合的操作可以包括一次或多次调整迭代，以针对感知质量或鲁棒性约束优化调制宿主。例如，一种方法是调制宿主，使其满足感知模型（例如，可见性模型）所确定的感知质量度量，用于在信号上嵌入位置。另一种方法是调制宿主，使其满足信号的鲁棒性度量标准。另一种是根据为每个嵌入位置导出的鲁棒性度量和感知质量度量来调制宿主。下面我们举几个例子。

[0097] 对于彩色图像，感知分析器生成感知模型，其通过嵌入器评估对宿主的调整的可见性，并设置管理调整的控制级别（例如，每个颜色方向和每个掩蔽区域的调整级别）。这可以包括评估在嵌入位置处的颜色调整的可见性（例如，在CIE Lab值方面，在颜色方向上明显的感知差异的单位），对比灵敏度函数（CSF），空间掩蔽模型（例如，使用由Watson在美国公开专利申请号US 2006-0165311A1中描述的技术）等等。一种处理每个嵌入位置的约束的方法是在嵌入位置处将数据与宿主组合，然后分析编码宿主与原始之间的差别。渲染过程可以数字化建模，以产生稀疏信号的模型化版本，因为它将在渲染时出现。然后，感知模型基于针对嵌入位置计算的可见性阈值函数和由于在该位置处的嵌入而引起的变化之间的差异来指定调整是否显著。然后，嵌入器可以改变或限制每个嵌入位置的调整量以满足可见性阈值函数。当然，有不同的操作顺序来计算满足可见性阈值的调整。参见例如我们的美国申请14/616,686、14/588,636和13/975,919，专利申请公开 20100150434和美国专利7,352,878。

[0098] 在一些实施例中，嵌入器还计算鲁棒性模型。计算鲁棒性模型可以包括计算针对位置的嵌入位置或区域的检测度量。该方法是模拟解码器能够在该位置或区域恢复数据信号的程度。这可以包括应用解码操作的一个或多个解码操作和解码信号的测量以确定提取的信号有多强或可靠。可靠性和强度可以通过比较提取的信号和已知的数据信号来测量。下面，我们详细介绍几种解码操作，这些操作是嵌入器中检测度量的候选项。一个例子是提取滤波器，其利用稀疏点和相邻内容之间的差分关系在存在噪声和宿主信号干扰的情况下恢复数据信号。在编码的这个阶段，宿主干扰可以通过对调制的宿主应用提取滤波器来导出。提取滤波器模拟来自调制宿主的数据信号提取，并评估检测度量是否足以进行可靠的解码。如果不是，则可以用不同的嵌入参数重新插入稀疏信号，使得对于应用稀疏信号的宿主图像内的每个区域，满足检测度量。

[0099] 可以通过测量信号强度来评估检测度量，例如通过测量信号强度作为调制的宿主与宿主区域中的可变或固定数据分量之间的相关性的度量，或者测量强度作为提取滤波器的输出与可变或固定数据分量之间的相关性的度量。根据位置或区域的强度测量，嵌入器改变宿主信号改变的数量和位置以改善相关性测量。这些改变可以特别定制，以便为宿主图像的特定区域内的稀疏信号的有效载荷和同步分量建立足够的检测度量。

[0100] 鲁棒性模型还可以对期望由调制宿主引起的失真进行建模，将失真应用于调制的宿主，并且重复上述的测量可见性和检测度量的过程以及调整改变的量以使得数据信号将经受失真。参见例如，14/616,686、14/588,636和13/975,919的图像相关处理。

[0101] 然后利用嵌入的数据信道，该调制的宿主作为输出信号162被输出。组合的操作还

可以发生在数据信号被转换成渲染形式的模拟领域中,诸如包括套印或下打印的墨水层或者冲压、蚀刻或雕刻表面标记。在视频显示的情况下,一个例子是数据信号,其被显示驱动器组合为视频显示器上的其他视频内容的图形叠加。另一个例子是作为一层材料叠印的数据信号,雕刻在或蚀刻在基底上,在基底处可以通过类似的或其他标记方法将其与施加到基底上的其他信号混合。在这些情况下,嵌入器使用失真和宿主信号干扰的预测模型,并且调整数据信号强度以使其更可靠地被恢复。预测建模可以由分类器执行,该分类器对噪声源的类型或宿主信号的类别进行分类,并且使信号强度和数据模式的配置对噪声源和宿主信号的类别更可靠。

[0102] 来自嵌入信号的输出162通常通过其分布或使用而引起各种形式的失真。这种失真需要鲁棒编码和互补解码操作来可靠地恢复数据。

[0103] 转向图2,信号解码器接收可疑宿主信号200,并利用一个或多个处理级对其进行操作以检测数据信号,使其同步并提取数据。检测器与输入设备配对,在输入设备中,传感器或其他形式的信号接收器捕获信号的模拟形式,并且模数转换器将其转换为用于数字信号处理的数字形式。尽管检测器的各个方面可以被实现为模拟组件,例如诸如试图相对于噪声隔离或放大数据信道的预处理滤波器,但是信号解码器的很多部分被实现为数字信号处理模块。

[0104] 检测器202是检测稀疏信号和其他信令层的存在的模块。传入的图像被称为可疑宿主,因为它可能没有数据信道,或者可能会失真以至于无法检测到数据信道。检测器与协议选择器204进行通信以获得其用来检测数据信道的协议。它可以被配置成通过检测可疑信号中的协议和/或基于宿主信号的属性或其他感测到的上下文信息来推断协议来检测多个协议。数据信号的一部分可以具有指示数据信号的另一部分的协议的目的。如此,检测器被示为将协议指示符信号提供回协议选择器204。

[0105] 同步器模块206同步输入信号以启动数据提取。同步包括,例如,确定对宿主信号的失真并对其进行补偿。该过程提供图像内稀疏信号的编码数据元素的位置和排列。

[0106] 数据提取器模块208获得该位置和排列以及相应的协议并解调来自宿主的数据信号。位置和排列提供编码数据元素的位置。提取器获得编码数据元素的估计并执行一系列信号解码操作。

[0107] 如在下面的例子中详细描述的,检测器,同步器和数据提取器可以共享通用操作,并且在一些情况下可以被组合。例如,可以组合检测器和同步器,因为用于同步的数据信号的一部分的初始检测指示候选数据信号的存在,并且确定该候选数据信号的同步提供了使数据提取器以正确的方向、比例和起始位置应用提取滤波器的同步参数。类似地,在数据提取器内使用的数据提取滤波器也可以用于检测检测器或同步器模块内的数据信号的部分。解码器体系结构可以被设计为数据流,在该数据流中迭代地重复使用公共操作,或者可以在流水线数字逻辑电路中的不同级中组织,使得宿主数据有效地通过数字信号操作的流水线,使得将宿主数据的部分处理版本移入和移出共享存储器(例如RAM存储器)的需要最小。

[0108] 信号发生器

[0109] 图3是说明信号发生器的操作的流程图。图中的每个框图描绘了将输入辅助数据(例如有效载荷)转换成数据信号结构的处理模块。对于给定的协议,每个块提供根据协议

选择的一个或多个处理阶段选项。在处理模块300中，辅助数据被处理以计算错误检测比特，例如诸如循环冗余校验，奇偶校验或类似的错误检测消息符号。用于识别协议和便于检测的附加的固定和可变消息，例如同步信号可以在此阶段或后续阶段被添加。

[0110] 纠错编码模块302使用纠错方法将消息符号转换成编码消息元素（例如，二进制或M进制元素）的阵列。例子包括分组码，卷积码等

[0111] 重复编码模块304重复来自前一阶段的符号串以提高鲁棒性。例如，某些消息符号可以通过将其映射到数据信道的单位面积内的多个位置而以相同或不同的速率重复（例如，一个单位面积是位单元的图块，凸块或“waxel”，如下面进一步描述的）。

[0112] 接下来，载波调制模块306获取前一级的消息元素并将其调制到相应的载波信号上。例如，一个载体可能是一个伪随机信号元素阵列。对于稀疏信号，这可能包括相等数量的二进制1和二进制零元素。这些可以对应于稀疏信号的“墨”和“无墨”元素。稀疏信号的数据元素也可以是多值的。在这种情况下，通过使用不同的颜色、墨量、点图案或形状，在每个稀疏信号元素处可以进行M进制或多值编码。稀疏信号应用不限于在稀疏元素位置（例如，照度或亮度变化）处使对象变亮或变暗。可以进行各种调整以实现光学特性的变化，如照度。这些包括调节层的厚度，表面形状（表面凹陷或顶峰），层的半透明度等。可以修改其他光学性质以表示稀疏元素，例如色度偏移，反射角度变化，偏振角度或其他形式的光学变化。如上所述，限制因素包括标记或渲染技术的限制以及捕捉设备检测稀疏信号中编码的光学属性变化的能力。我们在下面详细阐述信号配置。

[0113] 映射模块308将每个调制载波信号的信号元素映射到信道内的位置。在提供数字宿主信号的情况下，位置对应于宿主信号内的嵌入位置。嵌入位置可以在主信号在信号编码器的存储器内表示的一个或多个坐标系统域中。位置可以对应于空间域，时间域，频域或某个其他变换域中的区域。换句话说，这些位置可以对应于稀疏信号元素插入的宿主信号特征矢量。

[0114] 这些协议的协议和处理阶段的各种详细示例在我们的先前的工作中提供，例如我们的美国专利6,614,914、5,862,260、6,345,104、6,993,152 和7,340,076以及美国专利公开20100150434。关于信令协议的更多背景以及用于管理协议中的兼容性的方案，在美国专利7,412,072中提供。

[0115] 以上对信号发生器模块选项的描述表明，用于传送辅助数据的稀疏信号的形式随着应用的需要而变化。正如本文开头所介绍的那样，信号设计涉及所需鲁棒性，数据容量和感知质量的平衡。它还涉及到许多其他的设计考虑因素，包括兼容性，打印约束，扫描仪约束等。现在我们转向考察信号产生方案，特别是使用稀疏信令的方案，以及便于检测，同步和数据提取宿主信道中的数据信号的方案。

[0116] 在美国专利6,614,914和5,862,260中详述的一种信令方法是将信号元素映射到由宿主信号的域定义的信道内的伪随机位置。参见例如 6,614,914的图9。特别地，水印信号的元素被分配给块内的子块的排列内的伪随机嵌入位置（被称为“图块”）。该水印信号的元素对应于从图3的阶段304的实现中输出的纠错编码的比特。这些比特被调制到伪随机载波上以产生水印信号元素（图3的块306），其又被分配给子块内的伪随机嵌入位置（图3的块308）。嵌入器模块通过根据用于该比特的调制载波信号的对应元素的值针对每个纠错编码比特在这些位置调整宿主信号值来将该信号调制到宿主信号上。

[0117] 信号解码器通过在非线性滤波可疑宿主图像之后获得的伪随机位置上累积证据来估计每个编码比特。通过应用在特定嵌入位置或区域处估计稀疏信号元素的提取滤波器来获得稀疏信号元素级的编码比特的估计。通过解调载波信号，执行纠错解码，然后重构有效载荷来对估计进行聚合，其利用错误检测来验证。

[0118] 这种伪随机排列传播数据信号，使其在整个图块上具有统一的频谱。然而，由于宿主图像的能量可能集中在DC附近，所以这种统一的频谱可能不是信号通信方面的最佳选择。类似地，高频分量中的辅助数据信道比其他频率分量更容易受到模糊或其他低通滤波类型失真的干扰。在2015年5月28日提交的标题为“DIFFERENTIAL MODULATION FOR ROBUST SIGNALING AND SYNCHRONIZATION”的我们的共同未决美国专利申请第14/724,729号中，我们详细描述了各种信号排列。这个应用详细介绍了几种信令策略，其可以利用稀疏信号的设计，结合本文的技术。差分编码通过在稀疏元素和其他信号（诸如背景，宿主图像或其他信号分量（例如同步分量））之间的差分关系中进行编码而应用于稀疏元素。

[0119] 基于美国专利No.5,862,260的公开内容，我们的美国专利 No.6,345,104描述了嵌入位置可以通过在该位置插入墨滴来调节，以降低该区域的亮度，或者调节线条的厚度或存在。另外，亮度的增加可以通过去除墨水或相对于相邻墨水施加较亮的墨水来进行。它还教导了同步模式可以充当消息有效载荷的可变数据元素的载波模式。同步分量可以是可见的设计，在其中合并稀疏或密集的数据信号。而且，可以使用美国专利No.5,862,260中公开的方法将同步分量设计为不可察觉的。

[0120] 在本文中，我们将进一步详细讨论稀疏信号的设计，编码和解码。如上所述，设计稀疏信号的一个考虑因素是用于数据传输和同步的信号分配。另一个考虑是在编码器和解码器处理流程方面与其他信令方案的兼容性。就编码器而言，稀疏编码器应该与各种信令方案（包括密集信令）兼容，使得每个信令方案可以自适应地应用于图像设计的不同区域，如图像设计文件中所示，根据这些地区的特点。这种自适应方法使得编码器工具的用户能够针对不同的区域选择不同的方法，并且/或者编码器工具被编程为自动选择信号传输策略，该信号传输策略将提供最可靠的信号，同时保持最高质量的图像区域。

[0121] 这种自适应方法的优点之一是在产品包装中，其中包装设计具有需要不同编码策略的不同区域。一个区域可以是空白的，另一个可以是具有文本的空白，另一个区域是纯色色调的图形，另一个区域是特定的专色，另一个区域是可变的图像内容。

[0122] 关于解码器，这种方法简化了解码器部署，因为可以部署通用解码器来解码包括密集和稀疏信号的各种类型的数据信号。

[0123] 稀疏信号设计的一种方法是构建信号以具有有效负载和同步分量的最佳分配，而不考虑与传统密集信令协议的兼容性。在这种方法中，开发了用于数据和同步的信令技术以最小化稀疏信号的可变数据承载和同步功能之间的干扰。例如，如果稀疏信号的设计不需要与密集的信号传输策略兼容，则可以从一开始就设计稀疏信号作为稀疏元素阵列，具有可变数据和同步功能。一个优点是不需要应用阈值或量化器去除信号的方面以将其转换为稀疏格式。

[0124] 另一种方法是设计稀疏信号以与传统信令方案兼容。在这种类型的方法中，可以采用技术将传统信令方案转换为稀疏信号。特别地，在一个这样的方法中，产生稀疏信号的过程从稠密水印信号开始，并选择性地去除其元素以产生稀疏信号，同时保留足够量的数

据和同步功能。

[0125] 正如我们下面进一步详细说明的那样,将密集信号转换为稀疏信号有几种方法。在探索这些方法之前,我们首先进一步考虑相对于稀疏信号的密集信号的性质。在某些情况下,密集信号由一个多值水印图块组成(例如,每个像素图像8比特接近一个连续信号),这是一个 $m \times n$ 个嵌入位置组成的块,其中 m 和 n 是块中的嵌入位置的整数坐标(例如, $m=n=128, 256, 512$ 等)。每个图块的值对应于对宿主图像中的相应位置进行的调整以对水印进行编码。图块在宿主图像的区域上沿水平和垂直方向连续重复,可能是整个图像。当调整的间隔相比稀疏信号密集时,信号被认为是相对于稀疏信号“密集”的,其信号元素在图块中分散。密集信号对于类似密集,变化和多值的宿主信号是优选的,从而通过调整嵌入位置处的宿主信号的值来实现嵌入。密集的嵌入使图块内的数据和同步功能具有更高容量的嵌入。

[0126] 由于信号和宿主的一些特性,将密集信号转换为稀疏信号仍然实现了可靠信令的目标。首先,信号在图块和重复的图块中是冗余的,因此从图块中去除一部分信号会留下足够的信号,以便可靠和完全地回收有效载荷。信号检测跨图块聚合以进一步有助于可靠恢复,如在例如美国专利号6,614,914中详细描述的。其次,稀疏信令被自适应地应用在不太可能与宿主信号内容干扰的地方,因此其稀疏特性受干扰影响相对较小。

[0127] 将致密信号转换为稀疏信号的一些方法包括但不限于:

[0128] ●量化多值信号的阵列以通过量化值的一些子集为零来产生元素的稀疏阵列;

[0129] ●选择密集信号的子集,其中选择适于在图块内保留数据信号和同步功能(记住,借助于从比单个图块更大的面积提取,这样的选择可以进行可靠检测的方式在图块边界上实现);

[0130] ●根据特定的信号模式来选择要保留的位置,每个信号模式可以是可变的或固定的;

[0131] ●基于数据信号或同步信号的图案的选择或位置;和

[0132] ●上述的组合,其中例如量化固有地起作用以选择值来保留和设置稀疏元素的值。

[0133] 这些方法不是相互排斥的,可以以各种方式组合。使用量化的情况还可以包括应用固定或自适应阈值操作以将多值密集信号转换为稀疏信号。例如在美国专利号6,993,152中描述了使用阈值操作来生成稀疏信号。下面,我们通过举例说明各种方法的例子来描述更多细节。

[0134] 无论是从稀疏信号开始还是通过转换密集信号来产生,应该注意的是用于将可变数据调制成稀疏信号的技术可能有相当大的变化。我们的美国专利第5,862,260号,第6,614,914号和第6,345,104号描述了用于在图像内容中承载可变数据的调制的几个示例,以及美国专利申请第14/724,729号描述了另外的例子,包括差分调制方法。这些文件还描述了显式和隐式的同步信号。

[0135] 如上面参照图3所介绍的那样,在编码器中存在调制/解调的阶段,因此澄清不同类型的调制是有益的。一个阶段是数据符号被调制到中间载波信号上。另一个阶段是通过调制宿主的元素将调制的载波插入到宿主中。在第一种情况下,载波可以是图案,例如空间域或变换域(例如,频域)中的图案。载波可以在幅度,相位,频率等方面进行调制。如前所

述,载波可以是1和0的伪随机字符串,或者是被取逆或者取否(例如,XOR或者符号翻转)的多值元素,以承载有效载荷或同步符号。

[0136] 正如我们的申请第14/724,729号所述,载波信号可以具有便于同步和可变数据承载能力的结构。这两种功能都可以通过在宿主信道中安排信号单元进行编码,从而使数据按宿主信号单元之间的关系进行编码。申请第14/724,729号具体阐述了一种称为差分调制的调制技术。在差分调制中,数据被调制成信号元素之间的差分关系。在一些水印实现中,这种差分关系是特别有利的,因为差分关系使得解码器能够通过计算差分编码的元素之间的差异来最小化宿主信号的干扰。在稀疏信令中,宿主信号在嵌入位置可能缺少信息,因此宿主干扰可能很少。

[0137] 尽管如此,可以利用差分调制,或者可以调整该方案以允许其被用于稀疏信令。例如,稀疏元素可以被设计为使得它们或者在稀疏信号(例如,同步分量)内或者在宿主信号内(例如每个稀疏元素的相邻背景)具有与其他元素的差分关系。例如,应用墨点的稀疏元素与没有施加墨的邻居具有差别关系。数据和同步信号可以交错,以便它们具有这样的差异关系。稀疏信号可以相对于均匀或纯色色调进行差分编码,其中一些稀疏元素使色调变暗(例如,较暗的点),而另一些使其变亮(例如,较亮的孔)。

[0138] 可以进一步采用差分方案作为生成稠密多值信号的初级阶段,然后使用上述用于转换的方案转换为稀疏信号。编码器然后将这个密集的信号转换为稀疏信号,在可能的情况下保持差分关系。

[0139] 调制数据的另一种形式是通过选择不同的载波信号来承载不同的数据符号。一个这样的例子是一组频域峰值(例如信号的傅立叶幅度域中的脉冲)或正弦波。在这样的排列中,每个集合都带有一个消息符号。通过插入对应于待编码的数据符号的几组信号分量来对可变数据进行编码。解码器通过与不同的载波信号相关来提取消息,或者用对应于每个消息载体的滤波器组来滤波接收到的信号,以确定哪些消息符号集合在嵌入位置被编码。

[0140] 现在已经说明了将数据调制成水印(稠密或稀疏)的方法,现在我们转到设计同步的问题。为了解释起见,我们将同步分为显式或隐式。显式同步信号是信号不同于数据信号并被设计成便于同步的信号。由脉冲函数,频域峰值或正弦波形成的信号就是这样一个例子。隐式同步信号是数据信号结构中固有的同步信号。

[0141] 隐式同步信号可以通过排列数据信号来形成。例如,在一个编码协议中,信号发生器重复表示数据元素的位单元的模式。我们有时将位单元模式的重复称为“平铺”,因为它意味着在嵌入域的坐标系中沿着至少一个维度彼此相邻的元素块的连续重复。在图块上重复数据图块或数据模式的模式(例如,在我们的美国专利5,862,260中对比特单元的图案化)在变换域中创建形成同步模板的结构。例如,冗余模式可以在频域或自相关域或其他一些变换域中创建峰值,这些峰值构成了用于配准的模板。参见例如我们的美国专利号7,152,021。

[0142] 显式和隐式信令的概念容易合并,因为两种技术都可以被包括在设计中,并且最终都提供信号解码器检测以确定几何失真的预期信号结构。

[0143] 在一种用于同步的装置中,同步信号形成可变数据的载波。在这种排列中,同步信号是用可变数据调制的。例子包括用数据调制的同步模式。

[0144] 相反,在另一种排列中,该调制的数据信号被排列成形成一个同步信号。例子包括

重复比特单元模式或图块。

[0145] 这些技术可以在稀疏信号设计中被进一步利用,因为用于承载可变有效载荷和在解码器中同步的公共结构被保留在稀疏设计中,同时最小化提供这些功能的信号分量之间的干扰。我们已经开发了一种技术,其中一个信号分量是另一个分量的载波,并且在这些技术中,产生稀疏信号的过程产生执行这两个功能的信号。

[0146] 可以选择稀疏信号的可变数据和同步分量以便通过正交向量传送。这种方法限制了数据承载元素和同步分量之间的干扰。在这样的排列中,解码器将接收信号与正交同步分量相关以检测信号并确定几何失真。同步分量然后被滤除。接下来,例如通过与正交数据载波相关或者用适于从正交数据载波提取数据元素的滤波器进行滤波来对数据承载分量进行采样。在我们的共同未决申请14/724,729中描述了信号编码和解码,包括采用相关和滤波的解码器策略,并且可以采用这些策略来实现这种用于稀疏信令的方法。

[0147] 在我们先前引用的专利6,614,914和5,862,260中提供了显式和隐式同步信号的其他示例。具体而言,显式同步信号的一个示例是由具有伪随机相位的一组正弦波组成的信号,其在可疑信号的傅里叶域中表现为峰值。参见例如6,614,914和5,862,260,其描述了使用同步信号结合鲁棒数据信号。也参见美国专利号7,986,807。

[0148] 我们的美国公开20120078989提供了用于检测具有这种类型的结构的嵌入信号并且从这些方法恢复旋转,缩放和平移的附加方法。

[0149] 在6,614,914、5,862,260和申请14/724,729以及6,625,297和 7,072,490中提供了隐式同步信号的附加示例及其用途。

[0150] 现在回到稀疏信号设计,我们现在提供稀疏信号技术的详细例子。图4是示出稀疏信号发生器的实施例的图。信号发生器以两个信号分量的图块开始,一个承载可变数据400,另一个提供同步功能402。同步信号是每个像素的多值(例如0-255),并且它通过量化器404将其转换为每个像素级别较少的信号。在其最简单的形式中,量化器通过阈值操作将多值信号转换成二进制信号,表示为黑白像素。图块内每个像素的阈值操作将每个值与阈值进行比较。对于二进制信号,阈值以下的元素在这里显示为黑色,而阈值以上的元素为白色。如上所述,这仅仅是代表稀疏元素处的光学特性的调制状态,例如相对于背景较暗或较亮,并且不特别限于呈现黑色和白色像素。

[0151] 可变数据信号400由具有两个值之一(例如1或0,A,-A)的元素组成。如先前所解释的,可以通过一个或多个调制级将有效载荷信号变换成鲁棒的数据信号,例如纠错和将纠错编码的信号调制到二进制载波信号上,这是本实施例中使用的方法。该调制的载波被映射到图块内的像素位置以形成数据图块400。

[0152] 图4的信号发生器通过选择性地组合数据块400的元素和量化的同步信号406来产生稀疏信号。在这里所示的实施例中,信号发生器执行矩阵运算408,其有选择地保留数据和同步图块的分量,同时产生稀疏信号输出410。如在此所示,用于在较亮背景上产生暗色稀疏元素的一个特定矩阵运算是计算数据和同步块内的相应像素位置之间的逻辑与操作,使得在每个图块中相同坐标处的黑色在输出中保持黑色。对于其他输入(白色和白色,黑色和白色,或白色和黑色),输出像素在该坐标处为白色。

[0153] 在这种方法中,消息信号的黑色像素保持在同步信号也具有黑色像素的图块中的所有坐标处。这种技术根据同步信号的空间分布在一个图块内分配稀疏的消息元素。它确

保了有足够的信号能量来有效地承载有效载荷,同时保持足够的信号能量用于同步。它还确保同步信号不会干扰稀疏的消息元素。如果目标是在较暗的背景下产生具有光照孔的稀疏信号并且量化水平设置适当(参见稍后在暗色背景中设置孔的阈值的图示),则这种方法可以逆反。

[0154] 这种方法也演示了一种信号生成方法,其中多值组件与二进制组件有效地合并。多值同步图块是由频域中的峰值形成的同步模板的空间域表示。二进制值载荷承载组件被冗余编码并分布在图块上。具体而言,具有相同数量的二进制0和1值的调制载波元素均匀地分布在图块内的空间位置上。

[0155] 该方法的原理可以应用于可选的信号分量输入。同步和数据分量可以是多值的并且在与每个图块位置的分量的选择性组合合并之前被选择性地量化为二进制或M进制形式。或者,同步和数据分量都可以是二进制值,并与逻辑操作合并。最后,数据分量可以是多值的并且同步分量是二进制值,其中数据分量在与同步分量合并之前被量化。用于组合图块坐标处的元素的矩阵运算可以适于保持可兼容的同步和数据分量(例如,一致地估值或落在相同的量化库内)。这种方法允许发生器在较亮的背景上形成具有暗色元素的稀疏标记,在较暗的背景上具有较亮的元素,或者在中等色调背景下组合较亮和较暗的稀疏元素。

[0156] 可以使用自适应参数来设置量化级别(包括阈值)和合并函数,以将稀疏信号偏向数据或同步元素。

[0157] 图5是图示如图4中的稀疏信号发生器的精细化的图。在该精细化中,稀疏信号发生器的输出被进一步处理以变换稀疏信号元素。从发生器输出的稀疏信号块具有 $m \times n$ 的尺寸,其中m和n是整数坐标。为了说明起见,我们使用 $m=n=128$ 的例子。在准备应用于对象时,图块坐标被映射到目标空间分辨率的坐标,其通常以每英寸点数(DPI)表示。在图5中,图块坐标的映射对应于 4×4 块,这意味着图块的有效DPI是目标图像分辨率的DPI的四分之一。例如,稀疏标记图块可以被生成为75DPI以插入到300DPI的图像中,这转换为在300DPI的图像坐标系中的为 4×4 像素块(waxel区域)的每个图块坐标(称作waxel)。我们将该区域称为“凸块”,并将目标图像分辨率与waxel分辨率的比率称为凸块尺寸。

[0158] 在图5的精细化中,稀疏图块的亮色和暗色的waxel(500,502)被转换成更高的输出分辨率。这种转换使得每个稀疏元素的形状和位置具有更大的灵活性。光元素500简单地在waxel坐标处转换成 4×4 区域的光元素(504)。在亮色背景上的暗色稀疏元素的例子中,灵活性在于选择暗色元素的位置。在图5的技术中,暗元素的位置是从waxel的 4×4 像素区域内的中心 2×2 正方形内的4个位置中伪随机选择的。在框506、508、510和512中描绘了这四个替代位置。所得到的经转换的稀疏信号输出被显示为输出图块514。将稀疏输入信号(例如,在75DPI)转换为目标分辨率(例如300DPI)下的稀疏输出图像信号执行以下操作:

[0159] ●使稀疏信号更稀疏;

[0160] ●改变每个嵌入位置的稀疏元素的位置,使得稀疏元素不一致地落在图块的水平行和垂直列上,以使稀疏信号在视觉上不易察觉;

[0161] ●提供了一些防止打印过程的点增益引起的错误的保护。即使由于点增益而导致点大小和位置出现错误,由此产生的稀疏元素仍位于正确的图块区域内。

[0162] 正如我们下面进一步解释的那样,这个稀疏输出信号还可以在RIP处理中被进一步转换,并且在打印或者标记到对象表面上时被应用,或者被渲染用于在屏幕或者投影图

像上显示。

[0163] 图6-8描绘了信号分量的直方图,以帮助说明从不同类型的信号产生稀疏信号的方面。图6是数字水印信号分量的直方图,其waxel值处于两个不同的水平(-1,1)之一。这是通过将符号调制到二进制对极载波(例如,片段序列)上以产生伪随机地映射到图块中的位置上的消息片段而生成的二进制对映水印图块的直方图的示例。

[0164] 图7是具有多级值的另一个数字水印信号分量的直方图。这是以伪随机相位形成频域峰值的同步信号块的空间域转换的例子。

[0165] 图8是图6和7的数字水印信号分量的组合的直方图,其也描绘了阈值操作的示例,以从包括多值像素的图像生成包括黑色和白色像素的二值图像。在这个例子中,二进制交叉信号元素乘以一个比例因子10,然后加到图7分布的多值信号分量上。为了在较亮的背景上产生较暗点的稀疏信号,阈值操作被应用,例如在虚线的阈值水平。具有低于阈值的图块元素被设置为暗色(“黑”),并且具有高于阈值的图块元素被设置为亮色(“白”)。该图提供了稀疏信号生成过程的图形描述,该过程保留了数据承载和同步分量的信号。有效载荷被调制到具有半正和半负值的载波上的方式确保了可以从负值的waxel或正值的waxel中恢复完整的信号。在这里,对于亮色背景上的暗色,保留负值的waxel。另外,同步信号的足够的信号能量也被保持。

[0166] 图9是说明图4的稀疏信号发生器的另一种精细化的图。该精细化利用结合图5论述的在凸块区域中建立稀疏点的相同灵活性。在这种情况下,稀疏点位于同步信号电平最低的凸块区域(对于亮色背景稀疏标记上的暗色)。类似的方法可以用于较暗背景中的稀疏孔,稀疏孔位于凸块区域内同步信号电平最高的地方。由于可能出现点增益误差,这种方法(如图5所示)将点位置的选择限制在凸块区域的中心四个像素处。

[0167] 在稀疏信号生成的这种变型中,以目标图像的分辨率(例如,在继续实例中的300DPI,其中waxel的分辨率为75DPI)提供多值同步图块(600)。waxel的中心 4×4 区域内的低点位于位置602处。信号发生器将稀疏点放置在该位置602处,该位置602是四个候选位置604、606、608、610中的一个(606),可由信号发生器选择。这个变体提供了更多的同步信号强度,因为稀疏信号是基于对waxel中同步信号电平的更详细分析而生成的。

[0168] 图10是示出将阈值应用于连续水印信号以及三个不同阈值的结果输出的图。前三个图表620、622和624示出了连续的水印信号(这里是同步信号)的直方图,具有三个不同的阈值设置“T”,如虚线所示。值低于阈值的waxel被设置为黑色(较暗的像素),而高于阈值的被设置为白色(较亮的像素)。在这三个不同设置下的阈值的选择对应于每个直方图下方所示的二值图像信号406a,406b和406c。这些图示出了如何调整阈值T以控制量化的连续信号的分布(稀疏性)(其依次控制最终输出信号的稀疏性)。量化的连续信号的最强信号输出是阈值T被设置为连续信号的中点的地方。

[0169] 二进制数据信号和使用逻辑与操作的连续同步信号的组合具有根据同步信号分配数据信号的效果。

[0170] 详细的排列在几个方面是有利的。例如,两个信号分量之一(同步和二进制数据)的表达都不会破坏另一个信号分量。无论在哪里形成暗像素,都有助于表示两个信号分量。

[0171] 相关地,表示同步信号而不向二进制数据信号增加任何噪声。

[0172] 而且,对于任何给定数量的暗像素,不可能将二进制数据信号嵌入更强。

[0173] 图11展示了处于放大状态的稀疏信号的一部分,以更详细地显示点结构,并设置我们对稀疏信号的附加变换的解释。在这个特定的例子中,图像分辨率是300DPI,黑色方形是在 4×4 waxel区域(waxel的“凸块”区域,其中waxel在75DPI)的中心的 2×2 黑色像素。与图5和图9的实例相比,其中从中心 2×2 像素的4个像素中选择稀疏点,这里 2×2 像素中的全部4个被设置为黑色。

[0174] 图12示出了图11的稀疏信号,其被修改以使用直线筛方法来减小信号。图12的稀疏信号是从图11的信号中通过用175直线筛将黑点从100%筛选回15%得到的。这只是稀疏信号如何通过减少稀疏元素而使其不易察觉的一个例子。在这种情况下,信号被屏蔽。另一种方法是通过稀释用于打印的墨水(例如,稀释墨水以形成15%的墨水点)来减少稀疏元素。

[0175] 虽然我们用亮色背景上的黑色或暗色像素举例说明了几个示例,但同样的方法也可以应用于不同颜色的墨水,包括专色。使用青色墨水应用稀疏信号在使用扫描仪捕获信号时尤为有效,该扫描仪主要捕获大约660nm波长的图像信号,就像大多数商业条码扫描仪一样。稀疏元素可以通过在RIP中应用的筛选,稀释墨水或其他还原技术和/或在稀疏元素施加到基底上时被减少。

[0176] 上面的例子也表明稀疏信号是由连续的或多值的信号分量和二进制信号分量构成的。一个分量是可变数据载体,而另一个组件是同步信号。这些分量的功能可能会颠倒过来。或者,数据和同步分量都可以是被选择性量化和组合的连续信号。

[0177] 例如,替代稀疏信号生成过程是以同步和数据分量为频域中的峰值开始的过程。同步峰值被固定以形成同步模板,而根据正被编码的数据符号,数据峰值在频率坐标中的位置不同。当组合的峰值信号被变换到空间域时,这些信号分量形成连续的空间域信号。然后使用上述方法将该连续信号转换成具有阈值操作的稀疏信号,以产生具有数据和同步分量的稀疏图像信号。这种方法能够选择用于同步和数据的频率分量,以使两个分量之间的干扰最小化。

[0178] 具体而言,频率可以被选择为正交载波信号,一些用于同步,一些用于数据,一些用于同步和数据。载波可以用可变数据调制,例如使用频移,相移等。

[0179] 上述技术的一个好处是它们与设计用于稀疏信号的稠密水印信号对应部分的信号解码器兼容。关于解码器的细节,包括同步方法,请参见我们在美国专利6,614,914、5,862,260和6,345,104中详细描述的解码器以及20120078989中的同步方法。同步方法和可变数据解调以与密集水印方案中类似的方式操作。然而,如上所述,提取滤波器可以适合于针对稀疏标记提取进行优化。

[0180] 二进制,多值和连续的水印信号分量也可以使用在我们共同未决的申请14/724,729中描述的各种技术来生成,其描述了各种水印信号布置,差分调制策略和同步方法。然后可以使用本文档中描述的技术将这些二进制和多值信号分量转换为稀疏信号。尽管这种稀疏信号的解码遵循密集的解码对应部分,但是我们提供了下面的处理流程的示例。

[0181] 图13是示出了对嵌入的水印信号和兼容的稀疏信号进行解码的方法的流程图。这种方法特别设计用于申请14/724,729中的区分调制方法,下面的描述来源于该文件。

[0182] 在处理模块700中,该方法通过近似初始变换参数来开始,在这种情况下,该初始变换参数包括旋转和缩放。该模块包含对可疑信号的预处理操作,以便为检测做好准备。这

些操作包括将信号转换到数据信号被编码的区域，并对信号进行滤波以减少对宿主和其它噪声的干扰。例如，如果数据信道以特定的分辨率和频率范围被编码在特定的一个或多个信道中，则模块700将该信号转换成信道。这可以包括一个或多个滤波级以去除被检测到的稀疏信号的信道之外的噪声和宿主信号内容。

[0183] 模块700利用模式识别方法来近似编码信号结构的初始旋转和缩放参数。编码信号结构具有在信号频谱中形成模板的配置。有多种模式匹配方法可用来逼近疑似信号中该模板的旋转和缩放。图14示出了一类这样的方法，其中模板(标记为“信号”)和可疑信号(标记为“测量的”)的滤波谱被转换为对数极(LP)坐标系并相关。定位LP坐标系中相关性的最大相关峰值。该峰的位置对应于模板的近似旋转和缩放。

[0184] 在图像信令的一个实施例中，模块700采用以下方式：

[0185] 1. 双边和高斯滤波器去除图像内容，同时保留编码的数据信号；

[0186] 2. 灰度转换，均值减法和2D FFT来估计空间频率；

[0187] 3. 幅度和对数极坐标变换使2D平移等同于旋转和缩放；和

[0188] 4. 削减幅度和高斯滤波器去除处理伪影和噪声。

[0189] 返回图13，信号提取模块702使用初始旋转和比例估计来提取辅助数据信号的近似以补偿旋转和缩放。模块702包括采样运算器(例如，内插器)以对通过初始旋转和缩放校正的可疑信号内的嵌入位置进行采样。模块702还包括提取滤波器，其利用如前所述的用于编码信号元素的关系来重建数据信号的估计。

[0190] 模块704访问重建的数据信号并确定使其与模板对齐的精细化的旋转和缩放参数。模块704根据重建的数据信号估计来计算频谱。从这个频谱中，模块702获得旋转和缩放的更精确的估计。具体来说，重构的数据信号中的谱峰的位置被用于通过确定将它们与模板对齐的几何变换来确定旋转和缩放。该过程可以使用各种模式匹配技术，包括上述的对数极坐标法和/或前面引用的20120078989的最小二乘法。

[0191] 在提取数据之前，如20120078989和6,614,914中所述，可以包括额外的精细化模块以确定可疑信号中的块的平移的估计。平移提供可疑信号的图块内的嵌入位置的坐标(例如，图块的开始和位单元相对于图块的开始的位置)。过采样也可以用来恢复平移。

[0192] 数据提取模块706现在从基于精细化几何变换参数(精细化旋转，缩放和平移)采样的图块内嵌入位置提取数据序列。数据序列提取应用提取滤波器，在适当的情况下再次利用编码关系，但是这次更精确地确定稀疏嵌入位置。

[0193] 对于有效载荷提取，解码器采用适于从稀疏数据元素与其他信号内容之间的关系提取数据元素的估计的滤波器。滤波器通过利用编码每个数据元素的信号之间的差分关系来增加数据信号相对于噪声的信噪比。这个滤波器既可以用于同步过程，也可以用于数据提取过程。滤波器的形状对应于其对信号值进行采样的区域以及其评估的利用关系的嵌入位置的位置关系。

[0194] 在一些实施例中，稀疏信号解码器应用称为oct轴的提取滤波器来提取稀疏信号的估计，同时抑制干扰。有关这些滤波器的更多信息，请参阅我们的美国专利7,076,082和8,687,839。Oct轴将比特单元与八个相邻单元进行比较，以提供比较值(例如，+1为正差，-1为负差)，并且将比较值相加。根据不同的功能，可以应用不同的邻居布置和权重来形成滤波器。另一种是十字形滤波器，其中如美国专利6,614,914所述，将样本兴趣与水平邻居和

垂直邻居的平均值进行比较。

[0195] 提取滤波器的输出为每个稀疏元素提供估计。通过解调载波信号来汇总估计值。解调后的有效载荷被输入到纠错解码器处理。对于卷积编码信号，这是一个维特比解码器。结果是可变数据有效载荷，包括错误校验位，用于验证有效载荷的可变数据字段。

[0196] 以上描述提供了可以开发许多不同的信令策略的各种技术。下面，我们进一步描述如何在上述框架的基础上推导出各种类型的稀疏信号。

[0197] 差分调制和稀疏性

[0198] 当差分调制与同步信号分量一起使用时，用于从同步和消息分量生成稀疏标记的上述方法也适用。

[0199] 当可变数据分量的差分调制被自身用于提供自同步能力时，则不存在显式同步分量。所有像素都承载消息信号。这些像素可以形成为具有二进制值（-1或+1）或多个值（例如，近似连续信号）。

[0200] 在二进制值像素的情况下，可以引入连续同步分量以提供在图块内分布数据值的手段。

[0201] 在多值像素的情况下，可以使用量化（包括阈值操作）来从密集差分调制输入信号生成稀疏信号。因为消息信号值可以取很多值（不仅仅是-1或+1），所以正交差分调制（参见例如共同未决申请14/724,729）提供了生成稀疏性的方式。这里，阈值方法可以用来产生稀疏性。

[0202] 没有显式同步分量的稀疏性

[0203] 在一些实施例中，可变数据信号可以不具有显式同步分量并且具有二进制值的像素。它可以通过多种方法进行稀疏处理，例如：

[0204] ●随机地将信息的不同部分白化（或者说，黑化）；

[0205] ●使用噪声分布来发挥与同步信号分配类似的作用：

[0206] o附加信息可以通过这种噪音分布传达；

[0207] o对于图像中的不同块，噪声分布可能不同（对稀疏图案提供一些随机性）；

[0208] o通过在检测之后计算条件概率，可以解码特定块来自哪个噪声分布；

[0209] o使用协议（版本，纠错码，错误检测码，重复码和载波扩展或调制）的知识来确定将稀疏信号分量（即，在较亮的背景上的墨点）放置在何处以获得给定稀疏的最佳SNR；

[0210] o扰乱在任意位置的消息信号值，并使用目标函数（例如，消息相关性）来确定要保留哪些扰动以及哪些丢弃。

[0211] 关于稀疏信号的一般观点

[0212] 总之，我们现在提供额外的观察和设计变化。多值信号分量在空间域中的分布提供了调整稀疏度的控制参数（例如，阈值）。这个信号分量在确定稀疏性方面起主导作用，稀疏性由阈值控制。这个信号的强度提供了一个额外的参数来控制稀疏性。

[0213] 稀疏信号可以使用多比特值进行编码。这些可以使用多种墨水打印（而不是通常情况下只使用墨水或不使用墨水）。这可以使用直方图中的多个阈值或量化水平（例如，图10的直方图）来实现。

[0214] 对于平铺配置中的稀疏标记，编码器还可以通过选择每个图块稍微不同的阈值（或者将一些随机化引入到像素位置优化技术中，例如图5）来改变不同图块中的稀疏元素

的图案。

[0215] 稀疏标记可以被编码在一个或多个墨水层中。墨水层可以是已经在设计文件中的专色，也可以是添加的墨水，但是被选择为最佳地匹配设计中指定的墨水。参见例如14/616,686中的颜色匹配优化。在其他实施方式中，本专利文献中公开的稀疏标记可以用作14/616,686申请的图7中的“水印图案”。稀疏标记也可以形成为打印色的加权组合，例如CMYK。

[0216] 可以通过根据稀疏信号元素值调制稀疏元素位置处的对象的光学属性来应用稀疏元素。以上，我们经常注意到相对于背景的较暗或较亮的调制，并且有很多方法来进行这种调制。例子包括添加或去除墨水或涂层，或雕刻或蚀刻基底表面。可以修改稀疏元素位置处的材料的形状、厚度或半透明度以应用稀疏元素。

[0217] 包括激光雕刻在内的激光标记尤其是将稀疏标记应用于各种对象类型和材料的有效方式。这种标识适用于多个不同行业，包括手机部件（如键盘），塑料半透明部件，电子元件，集成电路（IC），电器，通讯产品，卫生洁具，工具，配件，刀具，眼镜钟表，首饰，汽车配件，箱包扣，炊具，不锈钢制品等行业。其适用于包括金属（包括稀有金属），工程塑料，电镀材料，涂料，涂料，塑料，橡胶，环氧树脂，陶瓷，塑料，ABS，PVC，PES，钢，钛，铜和其他材料的多种基底类型。

[0218] 激光标记可以通过手持设备来应用，例如来自Bodor的手持式激光打标机型号BML-FH。这在标识具有识别信息的各种类型的对象中是特别有用的，然后可以通过手持式扫描仪读取，例如在零售环境中提取GTIN。

[0219] 稀疏标记可以通过合成在显示驱动器的显示缓冲区中而与显示图像合并。它们可以被实现为图形叠加，并且可以通过比特位（比特边界块传送）操作与其他位图图像组合，这些操作是使用光栅运算符来组合位图的操作。

[0220] 可以在半色调转换操作中生成、插入或转换稀疏标记。上面，我们举例说明了应用直线筛来稀疏元素。可以在半色调转换中生成稀疏元素，或者可以在半色调转换处理中将稀疏元素转换成各种点结构排列。半色调转换可用于生成稀疏元素作为集群或点的图案。这个转换过程可以通过颜色，筛角度和点图案的组合将稀疏的点转换成半色调点。半色调转换还可以适用于在与这种插入兼容的图像的区域（例如，均匀或纯色色调区域，亮色背景，暗色背景，文本字体周围的区域等）中插入稀疏标记元素。

[0221] 尽管这些操作可以减少稀疏元素，如图11-12的例子中那样，但是这些操作是通过使用与waxel分辨率兼容的图像扫描器来保持和捕获信号的方式来完成的。在我们的示例中，稀疏元素以比waxel分辨率（例如75DPI）更高的图像渲染分辨率（例如，300DPI或更高）被应用，然而解码器可以从较低分辨率图像中提取稀疏信号，因为稀疏元素尽管在较低分辨率阅读时模糊，仍然可恢复，因为稀疏元素相对于背景的基本编码关系是完整的。

[0222] 稀疏标记与许多打印技术兼容。尽管不太可能列出所有这些，但我们列举了以下内容：柔版打印，凹版打印，胶印（包括干胶印），数字打印，喷墨打印，染料升华，热打印（包括直接热转印和热转印），激光，3D打印，凹版浮雕打印，压印，照相平版打印，平版打印，激光标记（包括激光雕刻）和激光蚀刻。

[0223] 稀疏标记对于零售中使用的标签和收据打印机特别有效。这些打印机通常使用热敏打印在白色标签或纸张上打印收据的文本。稀疏标记可以与文本结合并用热敏打印机在

这种类型的打印基材上打印。这允许将关于新鲜食品和熟食品的可变信息(例如产品SKU和重量)编码成稀疏标记或与稀疏标记中编码的标识符相关联,然后用热敏打印机在不干胶标签或收据上打印项目。该标识符可以动态链接到为项目捕获的可变信息,以便POS扫描仪可以查找项目标识符及其可变信息以在零售检验时分配价格。

[0224] 稀疏信号与打印层之上和之下的混合是可能的,并且稀疏信号插入在其他颜色或墨水中由混合模型控制。考虑到包装设计中的其他墨水,混合模型可用于实现稀疏元素的所需输出颜色。请参阅我们的共同未决的申请14/616,686以获得关于混合模型的更多细节以及它们用于水印信号编码的使用。这些技术可以用于实现期望的颜色匹配(例如,限制颜色匹配误差)或颜色修改,以在设计中的其他层或信道中编码稀疏信号元素(例如,以确保由稀疏元素引入的修改对于扫描仪相对于稀疏元素附近的周围背景)。

[0225] 我们的稀疏信号编码也可以利用各种频谱编码和读取技术,例如在我们的美国申请公开2015-0071485, INFORMATION CODING AND DECODING IN SPECTRAL DIFFERENCES中详述的那些技术。稀疏信号可以被编码在用于相对于背景的材料打印稀疏元素或孔的材料之间的频谱差异中。

[0226] 当与多频谱成像器一起使用时,稀疏元素也可以被更有效地编码和解码,例如在题为SENSOR-SYNCHRONIZED SPECTRALLY-STRUCTURED-LIGHT IMAGING的我们的PCT申请PCT/US14/66689(公开为W02015077493)以及美国申请公开 2013-0329006和我们的申请14/616,686中描述的协调照明。后面的文献描述了使用脉冲光源和/或频谱滤波以使得能够捕获不同频谱带的成像设备。稀疏标记可以在这些设备很好地适应于检测的频谱带中编码,并且还可以使用进一步的处理来处理不同频带中的图像以放大稀疏信号(例如,放大稀疏元素及其相邻背景之间的差异)。稀疏标记还可以利用多个色度方向上的稀疏信号的编码,如在我们的申请公布 2010-0150434中详细描述的。

[0227] 稀疏标记也可以使用材料将标记应用于增强其检测的对象。可以在其中添加添加物(例如颜料是染料)的涂层或墨水层中应用稀疏标记以增强稀疏元素相对于背景的可检测性。这样的添加物可以插入用于施加稀疏元素的层,背景或两者。为了说明,我们描述了针对典型条形码扫描设备的频谱响应而优化的实施例,其被设计成检测在 660nm波长附近或其附近的条形码。这种类型的扫描仪难以检测在 660nm处以低吸收的颜色编码的信号,诸如光基底,以及白色,红色或黄色的对象。另外,在例如蓝色、绿色和黑色等660纳米处没有反射的图样也有困难。

[0228] 解决的办法是找到不添加可察觉视觉差异的添加物,但要么在扫描仪的窄带处或周围吸收,要么反射,以便扫描仪在暗色的背景下看到光线(例如,在暗色的背景中标记稀疏的孔)。优选地,用于低吸收性对象的添加物显得清澈(例如,不会使亮色变脏),而在扫描仪的窄带中具有吸收性。

[0229] 对于这种情况,将窄带吸收染料添加到与可见光区域中扫描仪的窄带照明的中心波长和宽度相匹配的标记材料上。典型地,窄带照明由条形码扫描仪的LED照明(例如,红色照明)产生。图15是说明扫描器窄带周围的添加物(例如染料)的吸收特性的图。

[0230] 在另一种反射率低的图形的情况下,一些诸如蓝色或饱和色的点状墨水在扫描仪的窄带处具有低反射率。在这种情况下,可以在稀疏信号标记层中插入添加物以在扫描器光源的照射下产生更多的光。具体地说,如图15所示,加入不同的染料,其在660nm吸收扫描

仪的照射,然后在更高的波长发荧光。

[0231] 印在低反射率区域上的染料区域显得较亮。这非常适合在较暗的背景下应用稀疏的洞。利用当前可用的成像条码设备,该方法通过提供具有<900nm的荧光波长的添加物来工作。

[0232] 具有这些性质的墨水、涂料和添加物可以从供应商如Gans Ink and Supply Co.获得。

[0233] 在2015年12月4日提交的共同未决申请62/263,369中提供了关于上述布置的进一步的细节。

[0234] 进一步披露

[0235] 图16A示出了可以粘贴到熟食品上的标签,例如奶酪或肉的纸包裹包装,或者包含其他食品的塑料桶。这种标签通常通过热敏标签打印机在店内打印到热敏标签介质上。示例性的打印机是Dymo SE450。SE450具有水平线性排列的元素,英寸间隔203,当介质沿垂直方向前进时,SE450被选择性地加热以使相应的点在邻近的标签介质上变色。图16B示出了图16A的放大摘录。图16C显示了图16B的放大摘录。

[0236] 打印到图16A的标签上的图样可以被修改为包括上述类型的稀疏标记,冗余编码多比特消息。图17A中显示了这种稀疏标记的标签。但是,如放大的图17B和17C所示,标签的易读性受到标记的影响。(这样的标记也会干扰图17A左下方所示的条形码的机器解码。)

[0237] 根据本技术的另一方面,定义了围绕包括在标签图样中的文本字符(和条形码)的保护带。在一个简单的实施例中,稀疏标记仅在保护带外的区域被添加到图样。

[0238] 在一个特定实施例中,例如使用常规图像处理软件(例如,GIMP 或 Adobe Photoshop)将扩张处理应用于文本(和条形码)图样的像素表示。图18A是说明性的。应用区域生长过程,从每个文本字符的每个像素开始。该过程基本上膨胀了文本(和条形码)的每个字形-围绕构成原始标签文件的这些元素的像素扩展保护带(安全区域)181。在这个扩大的保护带内没有添加数据标记。

[0239] 保护带的宽度取决于应用和所需的美观性。保护带越大(达到某个点),标签文本就越容易读取。在一些实施例中,文本可以在所有方向上仅由单个像素膨胀。在其他实施例中,文本可以被放大3个、5 个或更多个像素。

[0240] 在一些实现中,保护带的大小将与线高度有关(图18A中的h)。尽管有时使用较大的保护带,但是保护带可以小于这样的高度(或者小于这种高度的一半)。

[0241] 无论保护带的宽度如何,文本字符符号(例如,图18A的“o”和“a”的内部环绕部分)内的任何环绕区域都理想地包括在保护带内。

[0242] 应该注意,图18A中的保护带的边界是非线性的;这个边界反映了字母的轮廓。虽然边界在“N”的左侧具有笔直的部分,但边界在其大部分范围内是非线性的。(在不太有利的实施例中,可以使用矩形保护带来包围整个字符块。)

[0243] 图18B示出了图16A的完整标签的保护带区域。

[0244] 图19A,19B和19C对应于图17A,17B和17C,但是图18B的保护带区域如上所述被保护免于标记。

[0245] 图20A和20B并排示出了图17B和19B,能够比较它们各自的可读性。

[0246] 在其他实施例中,标记不是简单地应用在边界之外,而是不存在于其内。相反,标

记在强度(密度)上被调制。在文字旁边,标记更加微妙。随着与文本字符的距离增加,应用更密的标记。

[0247] 这在图21中概念性地示出。在保护带区域211中,不应用标记。在区域212(其包围或围绕保护带区域)中,施加微妙的标记形式(其可以被称为强度1)。在区域213中(其包围区域212)施加稍微更强的标记(其可被称为强度2)。在区域214(其包围区域213)中,施加稍强的标记(可以称为强度3)。在区域214之外,应用最强的标记(可以称为强度4)。标记的强度因此沿着各种梯度增加(如图21中的黑色箭头所示)。

[0248] 不同强度的标志可以通过各种方式实现(其中一些已经在前面讨论过)。

[0249] 一种方法是改变标记的空间密度。图22示出了可以包括在稀疏标记存在的标签图形中的每个位置处的暗色元素221。利用这样的元素(其可以是热打印机示例中的单个打印点或像素-或者多个这样的暗色像素的正方形阵列,例如 2×2 或 3×3),具有不同强度的标记可以通过包括元素221分布在不同的空间密度。

[0250] 图23显示了一个标签艺术图样的摘录。顶部是靠近一些打印文本的保护带(未示出)。在此保护带中,不包括标记元素。在“区域1”的下方是其中标记(即,稀疏水印)信号以强度1表示的区域,例如约1%的密度。也就是说,大约1%的面积被元素221变暗。在“区域2”下面的区域是包含强度2的水印信号的区域,例如大约2.5%的密度(即大约2.5面积的百分比被元素221变暗)。在其下面的是“区域3”,其以强度3标记,例如约4%的密度。

[0251] 因此,获得不同强度标记的一种方法是采用统一的标记,以不同的局部密度在标签上空间分布。

[0252] 根据由前述程序(例如,结合图4、5等)产生的稀疏标记的位置将标记放置在图样内。如图10所示,不同的密度是通过施加到同步信号的不同阈值T实现的。

[0253] 由阈值T选择的一半同步信号元素由于与二进制数据信号(其元素在两个值之间按50%-50%分配)的与(AND),不会导致打印的暗色标记。因此,为了实现具有1%打印密度的标记,阈值T必须选择具有最低值的2%的同步信号元素。(同样,为了实现2.5%和4%打印密度的标记,阈值T必须分别设置为分别选择具有最低值的5%和8%的同步信号元素。)

[0254] 如上所述,同步信号通常是一个 128×128 的元素图块,因此包括16,384个元素,每个元素具有在0和255之间的值。示例性的同步信号是几十个正弦函数的和,导致大部分同步元素值紧密聚集在90到160之间。

[0255] 如果理解同步函数的统计数据(通常情况如此),那么可以数学地确定在其下面例如其元素的2%被赋值的数字阈值。但是这些阈值也可以通过在0-255的范围内步进阈值并且注意具有等于或低于每个这样的阈值的值的同步信号样本的累积百分比来启发式地确定。在图24A中示出了针对示例性 128×128 元素同步信号块收集的这种数据。

[0256] 参照图24A,可以看出,设置102的阈值用于识别同步信号块(全部具有102或更小的值)中的元素的1.8%。当这些识别的元素被设置为黑色(如图10中406a所示)并且与 128×128 数据信号块的对应元素(如图4中的408)进行与运算时,组合水印块中的16,384个元素的0.9%从而选择变暗。这样识别的稀疏标记元素用于在图23的区域1中打印。

[0257] 类似地,通过将同步信号阈值设置为107,同步信号中的元素的4.6%被选择。这导致复合水印块中的元素的2.3%变暗-适合在图23的区域2中打印。

[0258] 类似地,通过将同步信号阈值设置为110,识别7.5%的同步信号元素,产生3.75%

的打印密度-适合于在图23的区域3中打印。

[0259] 在大多数实施例中,稀疏 128×128 复合水印块通过在标签的左上角开始平铺而被空间映射到标签。标签上的每个位置都对应于稀疏块的一个元素。(由于平铺,稀疏块的一些元素对应于标签上的多个位置。)

[0260] 对于所有标签,同步信号通常是固定的。因此,同步信号的统计信息-一旦被理解-可以被重新使用,用于为不同的标签图样生成稀疏标记。在一些实施例中,类似于图24A中的表格的数据结构被存储在用于生成稀疏标记的软件中,并且用于识别实现不同打印密度所需的阈值T。

[0261] 在图23(如图4)中,表示标记的元素全部相同。水印信号以双色的形式表示:它在那里,或者不在。

[0262] 这样的表示不能表示组件元素的值的任何变化。有时在稀疏标记中表示同步信号中的变化是有用的。一种这样的排列使用抖动的标记块,例如采用 2×2 或 3×3 的元素块。

[0263] 图25A显示了四个 2×2 块-每块包括一个暗单元和三个亮单元。图25B示出了另外六个这样的块-每个块包括两个暗单元。图25C示出了包括三个暗单元的四个块(即,图25A的相反情况)。图25D显示由所有暗色单元组成的块。(虚线仅用于视觉上将块拼合在一起;它们不构成打印标记的任何部分。)

[0264] 图26A-26I示出了使用 3×3 个元素阵列的一些可能的块。图26A 显示了其中单个元素变暗的九个不同块。图26B示出了其中两个元素变暗的36个不同块。

[0265] 图26C显示了其中三个元素变暗的许多不同的 3×3 块中的几个。类似地,图26D,26E,26F,26G和26H示出了其中四个,五个,六个,七个和八个元素分别变暗的示例性块。图26I显示了所有九个元素变暗的单个 3×3 块。

[0266] (应当认识到,许多可能的块是彼此简单的旋转变体-或者横跨水平、垂直或对角轴的镜像-例如,考虑图26A,应该认识到前三个块261, 262和263是唯一的,但以下六个块只是块262和263的旋转变体。)

[0267] 抖动标记块的使用使得打印的标记能够表示水印信号的不同元素之间的值的一些变化。在所示的具体例子中,数据信号是双电平的,但同步信号是连续的。以分级度表示同步信号(对应于其分量元素的值之间的变化)有时可以提高所得标记的可解码性。

[0268] 在刚刚描述的配置中,对应于暗标签标记的同步信号元素通常具有范围从大约100到大约110的值。但是在其他实施例中,存在更大的可变性。图24B示出了类似于图24A的表格,但是对应于由四个正弦波组成的同步信号。在这样的实施例中,对应于暗色标记的同步信号元素通常具有范围从大约28到64的值-大于2:1的变化。可以在复合水印信号的不同部分使用不同的标记来表示一些这种变化。

[0269] 图27显示了如图23所示的标签摘录,但是对一些稀疏信号元素使用抖动表示。

[0270] 在图27的区域1中,描绘了单个黑色标记271。这可以是与图23 中相同的元素221。(其也可以是 2×2 或 3×3 块内的单个变暗元素,诸如图25A中的块251或图26A中的块261)。

[0271] 区域2包括不同类型的标记。一些(272b,272c)是区域1中使用的单个元素。还有一个 2×2 图块272a,其具有两个对角线单元变暗。(这可以被称为2/4加权标记块,表示从4个单元的阵列中变暗的2 个单元)。后一个标记可以用在对应于数据信号与特别低值的同步信号(例如值为30)的“与”运算的空间位置中,而前面的标记可以用于对应于较高值的同

步信号(例如,值58和62)的位置。

[0272] 比较图23和图27,将注意到,图23中的标记232d在图27中没有对应物。因为块272a包括两个变暗的单元,所以在区域2的其他地方可以省略变暗的单元以保持1%的打印密度。

[0273] 图27中的区域3包括不同类型的其他标记-这里包括 3×3 块273a 和273b。(块273a 可以被称为3/9加权标记块,块273b可以被称为2/9 加权标记块)。因为块273a包括三个变暗的元素,并且块273b包括两个变暗的元素,所以总计与图23相比,可以在图27的区域3中的其他地方省略三个变暗的元素。再次,具有不同权重的抖动块用于表示对于具有不同值的同步信号元素的水印元素。

[0274] 可以出于除了表示水印元素值的变化之外的原因而使用抖动块。例如,使用抖动的元素可以使标签上的标记对于观看者不那么显眼。

[0275] 备份时,用于识别来自打印标签的水印信息的相机系统通常也被设计为读取条形码。众所周知,条形码通常包括一系列粗细的线条。细线可能只有千分之几英寸的宽度。为了从典型的阅读距离中辨别这样的线条,相机系统必须具有非常高的分辨率。

[0276] 这种高分辨率图像对于水印解码是不需要的。实际上,大多数水印解码器希望以低于由条形码相机系统产生的分辨率来接收水印的描绘。为了实现这种降低的分辨率,捕获的图像通常在水印解码之前被下采样。在一个说明性实施例中,应用2:1下采样。因此,以 1600×1200 分辨率获取的原始图像被转换为 800×600 分辨率。这是通过组合原始图像中的 2×2 个像素邻域来完成的,以在下采样图像中产生单个像素(例如,通过平均)。其他系统可采用3:1下采样,例如,在原始图像中组合 3×3 像素邻域以产生下采样图像中的单个像素。

[0277] 因此,图25A-D的抖动的 2×2 块可以被下采样成单个像素。与图 26A-I的 3×3 块一样。

[0278] 将 2×2 或 3×3 的元素邻域下采样成单个像素而产生的信号值并不非常取决于原始邻域内的暗色元素的特定分布;通常只有暗色的元素的数量很重要。但是,元素的分布对于人眼而言是重要的。

[0279] 图26C示出了53个不同的 3×3 块,其中三个单元变暗(即,3/9 加权标记块)。没有显示更多3/9加权标记块。尽管每一个都产生相同的聚合抖动暗色(即1/3),但是申请人已经发现暗色的单元不是边缘相邻的块对于观察者来说不那么显眼。其中暗化单元被白色空间分隔开的块在人类美学方面是最好的(例如,图26C中的块264),随后是黑化单元仅对角地(即,在它们的拐角处,如图26C中的块265)相接的块。图28A和图28B中示出了几个这样的块。

[0280] 因此,抖动块可以用于标签标记中,仅仅为了更好的美观性-不管可变信息是否也由此被表示。

[0281] (如果两个抖动块彼此相邻放置,最好选择它们,使得变暗的单元不跨越一个块边界相邻。例如图29A所示的3/9加权标记块与一个 2/9加权的标记块的结合比图29B所示的相同块的结合更不优选,其中右块已经顺时针旋转了90度)。

[0282] 在前面的讨论中,标签的不同区域被标记有不同的打印密度,例如从1%到2.5%到4%。在其他实施例中,可以采用连续的梯度。图 30帮助说明。

[0283] 图30显示了一行同步信号的摘录。倾斜的虚线是线性变化的梯度。只有那些低于梯度线的同步信号的元素才是标记的候选(与数据信号进行“与”操作)。在其他地方,标签上不会出现相应的标记。

[0284] 如果使用均匀元素291,则该过程产生对应的暗色标记行,如箭头“A”所示。同步信号低于阈值的量不重要;所有的标记都是一样的。

[0285] 如果使用抖动标记块,则产生对应的候选标记行,如箭头“B”所示。这里,同步信号低于梯度阈值的量是重要的。如果阈值几乎不超过同步信号值,则使用1/9加权标记块。对于更实质的偏移,使用相应更密集的标记块(例如2/9-,3/9-,4/9-和5/9-加权标记块)。通过这样的排列,相同的同步信号值可以在标签上的不同位置处被不同地表示,这取决于在这些位置处的相应的梯度值。

[0286] 在另一种排列中,标记块的密度不取决于同步信号值与阈值的差异,而仅取决于同步信号的值。在这样的排列中,相同的同步信号值将总是由标签上的相同权重标记表示(假设基于“与”运算进行标记)。

[0287] 图30还突出显示了打印分辨率的变量。在示例性实施例中,采用具有203点每英寸分辨率的标签打印机。但是,这里相应的水印检测器采用3:1下采样。因此,希望稀疏标记的每个元素对应于 3×3 点图案(在下采样后产生单个元素)。也就是说,稀疏标记渲染为每英寸约67个waxel。

[0288] 如方框291所示,稀疏标记信号的每个元素可以由暗色的 3×3 点块表示。但是备选地,每个元素可以由暗色 2×2 点块或单个 1×1 点块表示,如方框292和293所示,沿箭头“C”和“D”

[0289] 图31显示了使用 3×3 抖动块形成连续梯度水印的标签图样的白色摘录。 3×3 块出现的空间密度(即,每单位面积的这种块的数量)是有多少水印元素落在该图样的该部分的阈值梯度之下的函数。每个抖动块的权重(例如2/9、3/9等)取决于标签那部分的阈值梯度超过相应的同步信号元素的量。

[0290] 可以随机地从(通常)多个可用选项中选择期望权重的特定标记块。可以检查边缘邻接的暗单元(如图29A所示)的结果,并且如果找到,可以随机选择另一个标记块(或者可以旋转或翻转最初选择的标记块以检查图29A情况是可以避免的)。或者,可以选择每个权重的单个标记块,并且每当需要这样的权重时一致地使用。(再次,可以对图29A情况进行检查,如果发现,可以尝试单个标记块的不同方向)。

[0291] 另一种从多个候选中选择具有所需权重的特定标记块的方法是选择最好模拟理想模拟同步信号的更精细细节的标记块。如果这样的选择不适合(例如,由于边缘邻接的黑色区域),则可以使用次最佳模拟理想模拟信号,或者第三最佳模拟理想信号的块等。

[0292] 在附图中,同步信号通常被描述为像素化的2D信号。例如,2D信号已经被称为16384个单元的 128×128 块,每个单元具有相应的值。但是这样的表现不符合理想。这样的表示包括信号值不改变的空间区域(即,每个像素的空间区域),并且包括在像素边界处的信号值的逐步改变。那些是数学理想的失败。

[0293] 数学理想(通过空间和幅度量化从中导出像素化版本)是在2D中连续变化的信号。该连续信号是在空间-频率域中定义的信号的空间域对应物:即,具有随机相位的许多(有时是数十个)不同的频率峰值。在空间领域,这样的信号呈现出二维连续变化的波动形式,

有点像将一些小卵石散布在池塘上的(复杂干扰)波纹。

[0294] 粗略地说,上面讨论的2D块通过计算(在空间域中 128×128 个均匀间隔的位置中的每一个处)这个连续变化的理想函数的值来定义。然后将每个所得到的采样值量化(例如,变为8比特值),并将其分配为跨越小但特定空间区域的像素的值。这样的过程产生,例如图4的框402中的每个像素区域的值。

[0295] 不是在 128×128 点的网格上计算连续变化的理想值的样本值,而是可以在两个方向上密度是4倍的网格上计算这样的值,即 512×512 。计算负担是更大,但结果数据的保真度也是如此。

[0296] 图32A显示了 128×128 同步信号中的单个像素。它具有119的值。该同步值是通过在空间-频率域中的已知参考频率(即空间-频率域中的同步信号的连续表示)求和多个随机相位峰而得到的,然后执行傅立叶逆变换以在空间域(即,空间域中的同步信号的量化表示)中产生对应的一组 128×128 值。119是这些值之一。

[0297] 图32B示出了相同的空间区域,但是同步信号现在被量化为更高的空间分辨率。不是对空间频率域中的同步信号的连续表示执行 128×128 的傅立叶逆变换,而是执行 512×512 的傅立叶逆变换。结果是 16个值而不是一个。它们的平均值是119,但是它们在这个平均值左右是不同的。

[0298] 如果需要权重为 $1/16$ 的块,则具有最低值的单元变暗;所有其他单元可以留白。这如图34A所示。类似地,如果需要权重为 $2/16$ 或 $3/16$ 的块,则具有最低值的两个或三个单元可以变暗,如图34B和34C所示。

[0299] 如果需要 $4/16$ 的权重,则使四个最低值单元变暗将导致图34D中所示的块。这样的排列通常是不希望的,因为两个暗色的单元邻接边缘到边缘。

[0300] 在这种情况下可以使用各种方法。说明可以通过用参考字母A,B, C……识别块中的不同单元来辅助,其中字母按照递增单元值的顺序来分配。图33中显示了图32B中这些单元的这种识别。

[0301] 在这种情况下,一种方法是不使第四最低值(即,单元D连同单元A,B和C)变暗,而是尝试第五最低值(单元E)以查看它是否避免了暗色边对边情况(即单元A,B,C和E)。它的的确如此,并且这产生了图35中所示的 $4/16$ 加权块。如果选择单元E仍然导致边到边变暗的单元,则可以尝试单元F,G等等。

[0302] 与其替换排序第五的单元作为第四排序,另一种方法是确定是否存在邻近单元D的单元可以变暗而不违反暗色单元邻接边对边的约束条件。

[0303] 如图36所示,单元D的值为94,五个单元连接在一起。西面的单元(值为55)已经变暗了(它是单元A),所以它不能用于变暗。在不违反约束条件的情况下,西北方的单元不能变暗。

[0304] 北方的单元可以变暗,但不是东北方向的单元-因为这又会违反约束条件。最后,东边的单元可以变暗。

[0305] 在这里,如同存在多个用于变暗的相邻候选单元(即,向北和向东)那样,选择最低值的单元,即值为149的单元H。得到的 $4/16$ 加权块包括变暗的单元A,B,C和H,如图37所示。

[0306] 相同的技术可以扩展到多个相邻的 4×4 块。图38是示例性的。在左边是与图32B所示相同的方框,并在上面讨论。相邻的右边是第二块。第二块中的单元排序如图39所示。

[0307] 参照图40,第一种方法通过识别在第一块中变暗的单元开始。如上所述,这导致其单元A,B,C和E变暗。对第二块单独施加相同的过程,导致其单元A,B,E和F变暗。(单元C和D是由于违反了暗色边到边的约束,所以不符合变暗的条件)。可以看出,两个暗单元在块边界上边缘相邻:第一块中的单元E和第二块中的单元A。

[0308] 在这种情况下,在边缘邻接的暗色单元之间,应该优先考虑具有最低值的单元,并保持在原来的位置。在这种情况下,第一块中的单元E具有值108,而第二块中的单元A具有值57。因此,应该改变第一块中的单元E。

[0309] 在决定第一块中的哪个单元变暗而不是单元E时,可以使用上述两种方法中的任何一种。第一种是连续尝试排列顺序中的下一个单元,即从单元F开始(这种方法可以被称为“按等级试验”。)单元F在左下角,并且其变暗将违反约束条件。接下来尝试的是单元G。它也违反了约束条件。然而,单元H是满足的。图41显示了调整的一对块,第一个块中的单元H变暗而不是单元E。

[0310] 解决图40违反约束的另一种方法是使用上面讨论的邻近方法(可能被称为“邻居试验”)。如图42所示,识别与要被替换的暗单元相邻的单元。首先考虑最低点,以确定是否违反约束。在这里,最低值的相邻单元是向西北的(值为131),但是其变暗将使其与值84的暗色单元边对边。次最低值的相邻单元是到北(值159)。在不违反约束条件的情况下可以变暗,因此选择变暗-以代替原来变暗的单元E。这导致图43中示出的两个块。

[0311] 图38-43假设独立的第一块和第二块中的暗单元最初是由第一种方法选择的,即按排序方法进行试验。在其他实施例中,独立块中的暗单元可以通过第二邻居试验方法(例如,导致图37中示出的块用于第一块)来选择。同样,块并列时产生的约束违反可以通过排序试验或邻居试验来解决。

[0312] 随着块的权重增加(例如,到6/16,10/16等),无边邻接暗单元约束变得越来越困难,并且最终不可能遇到。

[0313] 一种方法是根据需要放宽约束条件。如果上述方法无法满足约束,则重复此过程-这次只允许违反约束条件。如果不能满足这种条件,则允许两次违反约束条件等。目标是达到所需权重的块,并具有尽可能少的违反约束的条件。同样用于多个块的组合。

[0314] 对于给定的块,如果权重需要违反约束条件,则可能有几种可能的暗色单元排列。在这种情况下,偏好块的排列往往是单个约束违反是在其值相加到最小数目的一对相邻单元之间。(如果要在视觉上引人注目的暗色单元配对,那么作为补偿,这样的违反至少应该忠实地描述同步信号中最重要的部分-最极端的值)。

[0315] 因此,在图32B的方框中,如果有一个违反约束条件,则应该使底部行中的单元A和D都变暗(值为55和94)。没有其他边缘邻接单元的配对具有较低的总和。

[0316] 同样,如果需要两个约束违反来满足块的权重要求,则第一次违反应该包括具有最低总和的两个相邻单元,并且第二次违反应该包括具有次低总和的两个单元。(如果一个单元对于两个配对是公共的,则这种方法产生暗色单元的视觉“L”,在 2×2 单元区域中填充4个中的3个,在这种情况下,第二次违反可以相反地将具有最低总和的两个相邻单元配对-取消第一次违反已经变暗的两个单元。)

[0317] 尽管主要关注的约束是边缘邻接的暗色单元,但是也可以采用相同的方法来检查并纠正对角邻接的暗色单元的次要问题。

[0318] 将认识到,当最低值的单元变暗时,同步信号以最大的保真度被再现,而不管它们与其他变暗的单元(例如,边缘邻接)的空间关系如何。相反,排列暗色的单元使最小数量邻接,这在美学方面是最好的。信号保真度和美学因此处于紧张状态-提升一方往往会降低另一方。

[0319] 上述算法倾向于提高信号保真度的美学。在某些情况下,这些方法可能会被追踪到信号保真度显著受损的程度。(例如,为了达到8/16 的权重块,从美学的角度来看,最佳的图案是棋盘空间的黑/白交替。但是只有两种这样的图案是可能的,并且同步信号是通常都不会被模仿。)

[0320] 为了缓和这些算法的信号退化方面,试验调整的次数可以限制在固定的数量。例如,在按照等级方法在单个图块中使单元变暗的试验中,当发现单元不适合变暗时(由于边缘邻接另一个暗单元),尝试连续的剩余单元。例如,如果单元D不能与单元A,B和C一起使用,则尝试单元E,F等。这些试验可以被限制次数,例如2或4。如果在该尝试次数内不满足约束条件,则使用边缘邻接暗单元的原始配对。

[0321] 类似地,应用这些方法的块内的单元的数量也可以被限制。(如上所述,如果限制违反持续存在,最好包括信号值最低的单元,因为这样的极值通常是同步信号的最重要的部分,因此,如果待由一种算法处理的单元的数目是有上限的,通常最好从具有相对较高值的单元开始,例如,为了获得6/16加权块,理想的是使单元A,B,C,D,E 和F变暗。如果对可以交换其他单元的单元的数量加上2的上限,那么通常最好以单元F开始并向后工作。因此,未被上限过程处理的任何剩余的约束违反将涉及单元A,B等中的更重要的同步信号值。)

[0322] 这样的上限也适用于算法的应用来纠正跨越块边界的约束违反(即,限制单个单元的重定位尝试次数,以及限制尝试重定位的单元的数目)。

[0323] 以这种方式限制算法的应用保留了一些信号保真度,不论其视觉影响如何。尝试次数的限制(例如,上限)可以由设计者根据特定应用的要求来设定。

[0324] 将认识到的是,上面详述的特定布置是示例性的而不是限制性的。

[0325] 例如,尽管讨论考虑使最低值的同步信号元素变暗,但是将认识到,在其他实施例中,最高值的同步信号元素可以变暗。也就是说,任一种类的极值可能变暗。类似地,变暗的可变数据块(例如,图4 中的400)中的元素值可以从所描述的配置反转。

[0326] 类似地,尽管上述某些例子涉及线性梯度,但是应该认识到,可以替代地采用非线性梯度,例如遵循指数和其它函数。类似地,将认识到也可以使用二维梯度(例如,在水平和垂直方向上都变化的梯度)。

[0327] 应该理解,术语“梯度”并不总是指标签标记密度增加的方向。该术语也可以用来指标记密度减小的方向。

[0328] 虽然所示的抖动标记特征是方形的,但情况并非如此。也可以使用非方形的特征,例如矩形或其他形状。

[0329] 说到方形,将会注意到在所有的图形中使用具有尖角的方形元素来表示暗色印记。在实际操作中,不会产生尖角的方形。相反,打印过程输出更圆的配置点。而且,如前所述,可以应用直线筛来进一步降低标记的可视性。

[0330] 在代表性标签中,宽度为1英寸且高度足以跨越10,000个像素(例如,在示例性实施例中为大约四分之一英寸)的第一水平打印条带的稀疏水印编码可能已经在100和200个

像素之间变暗,或者介于1%和 2%的条带区域。在同一标签上的第二个这样的条带的稀疏水印编码可能有225到350个像素变暗。第三个这样的条带可能有375到500像素变暗。不同的梯度函数-阶梯式或连续式-可以用于实现这种不同的标记密度。

[0331] 术语“水印”通常用来指代人类观察者察觉不到的标记。上面讨论的标记往往不是这样的。例如,观察者可以在打印的标签上看到不连续的打印点或灰色印版。

[0332] 由细节标记提供的灰色印版以及也可以实现的渐变灰色标记可以是图形艺术家从构成标签图样中可以绘制的一系列图案。例如,如果图样的蓝色区域在相同色度的亮蓝色和深蓝色之间的亮度转变,则可以添加梯度灰色标记-相应地改变图样的亮度。(所谓的“信号丰富艺术”在申请人的公开专利申请20110214044中进一步详述)

[0333] 尽管优选的设置影响连续同步信号的阈值,然后是与二进制数据信号的布尔组合,但是其它实施例可以不同地进行。例如,一些水印信号是自同步的,并且在没有同步信号分量的情况下操作。在这个和其他这样的情况下,可以如上所述处理编码二进制数据的连续信号以产生稀疏标记。

[0334] 说明书中对“连续”数据的引用应理解为包括以多位量化方式表示的数据,例如表示为8位样本的阵列的同步信号。

[0335] 虽然示例性实施方式使用具有每英寸分辨率203点的水平和垂直方向的打印机,但是该技术当然不限于此。热敏打印机通常具有更高的分辨率(例如,300×600dpi),并且更高的分辨率正在变得可用。

[0336] 而且,详细的配置适用于除热以外的打印技术,导致除了热变暗点之外的标记。例如,在墨水沉积在介质上的替代实施例中,可以施加有色墨水(例如红色,蓝色,青色或黄色)以形成详细的标记。在一些实施例中,基底可以比标记更暗,而不是更亮,在这种情况下,上述布置可以相反使用。

[0337] 尽管讨论特别集中在按需打印的熟食食品的粘合剂上,但同样的原理同样适用于罐装食品的标签,以及印在盒装零售商品上。

[0338] 在一个特定的这种布置中,通过采用多个印版的胶版打印机,上述形式的稀疏标记被打印在盒子上和罐上的纸标签上。例如,一个印版可能会在标签的某些区域放置大片蓝色墨水的图案背景,另外三个印版可能会定义印在另一个标签区域的照片图像和其他图样的青色,品红色和黄色层。而另一印版可以定义一组营养信息和其他黑色印刷文本。后一个版可以包括上述稀疏标记,在文本字形周围具有保护带。或者,稀疏标记可以被包括在另一个版中,例如用于青色。在这样的后一种布置中,从文本层导出的保护带可以被应用到青色版以定义其中省略了水印标记的安全区域。(当然,由这些详细的水印标记编码的特定的多比特信息对于这种包装的观察者来说是不明显的)。

[0339] 正如所熟悉的,机器可读的编码可以用来指示相应的机器采取某些动作,例如将项目添加到结账计数器中,并且通过优惠券数额来调整总计。这些行为不需要客户结帐;一些动作涉及产品测试和诊断。例如,扫描器可以被配置为通过启动各种自检程序和诊断测试来响应某些编码标记(例如,在打印的稀疏水印的有效载荷中编码的指令)的解码。

[0340] 将认识到,详细的排列使机器编码能够在标签面积的大范围内(例如,通常大于50%,有时甚至75%,90%或更多)应用,而对标签文本的可读性的影响可以忽略。(图18B中所示的保护带区域留下了可用于机器编码的标签区域的63%)。此外,通过在空间上改变编

码的强度,人类观众的注意力并不会被吸引到突然开始全强度编码的严格边界。没有这种分心会进一步帮助观察者快速理解打印文本。

[0341] 由于对标签区域的大面积进行了编码,所以这种信息的解码,例如在销售点系统,就变得更加可靠。与现有条形码标记相比,用信息编码的大面积导致单刷读取百分比更高。与此相反,条形码项目必须更频繁地通过扫描仪系统两次或更多次,以便将小型条形码标记适当地定位以进行解码。(图16A中的条码跨越标签区域的大约7%。如上所述,水印编码跨越标签区域的60%。)

[0342] 由于能够解码水印数据的销售点扫描仪(例如,Datalogic Magellan 9800i扫描仪和Zebra MP6000扫描仪)增加,标签上的条形码将变得不必要,可以使用更小的粘贴标签,并降低材料成本,所有都具有改进的性能。

[0343] 操作环境

[0344] 编码器和解码器的组件和操作以模块实现。尽管在此提出了对实施例的任何具体讨论,但术语“模块”可以指被配置为执行本文描述的方法,过程,功能或操作中的任一个的软件,固件或电路。软件可以体现为记录在非暂时性计算机可读存储介质上的软件包,代码,指令,指令集或数据。用于实现详细功能的软件指令可以由技术人员从本文提供的描述中结合关联的数据进行创作而无需过度的实验,例如用C,C++,Visual Basic,Java,Python,Tcl,Perl,Scheme,Ruby 等等编写。固件可以体现为代码,指令或指令集或在存储器设备中硬编码(例如,非易失性)的数据。如本文中所使用的,术语“电路”可以包括例如单独地或以任何组合的形式,硬连线电路,诸如包括一个或多个单独的指令处理核的一个或多个计算机处理器的可编程电路,状态机电路或存储由可编程电路执行的指令的固件。

[0345] 为了说明起见,图44是其中可以实现上述编码器和解码器实施例的组件的电子设备的图。这不意图是限制性的,因为这些实施例可以在其他设备体系结构或电子电路中实现。

[0346] 参考图16,用于电子设备的系统包括总线100,许多设备,模块等(其中的每一个可以统称为“组件”)可通信地耦合到该总线100。总线100可以组合直接存储器访问(DMA)总线和编程输入/输出(PIO) 总线的功能。换句话说,总线100可以促进DMA传输和直接的CPU 读取和写入指令。在一个实施例中,总线100是高级微控制器总线架构(AMBA)兼容的数据总线之一。尽管图16示出了其中所有组件都可通信地耦合到总线100的实施例,但是应该理解的是,组件的一个或多个子组可以以任何合适的或有益的方式通信地耦合到单独的总线,任何组件可以以任何合适的或有益的方式通信地耦合到两条或更多条总线。尽管未示出,但是电子设备可以可选地包括一个或多个总线控制器(例如,DMA控制器,I2C总线控制器等或其任何组合),通过其可以在某些组件之间路由数据。

[0347] 电子设备还包括CPU 102。CPU 102可以是本领域已知的任何微处理器,移动应用处理器等(例如,来自ARM有限公司的简化指令集计算机(RISC),Krait CPU产品系列,英特尔公司提供的任何基于X86 的微处理器,包括Pentium,Xeon,Itanium,Celeron,Atom,Core i 系列产品系列等)。CPU 102运行电子设备的操作系统,运行应用程序(例如,诸如通过诸如Apple App Store,Google Play等的应用程序分发平台可用的移动应用程序),并且可选地管理电子设备。CPU 102可以包括或可以耦合到只读存储器(ROM)(未示出),该只读存储器可以保存操作系统(例如,“高级”操作系统,“实时”操作系统,移动操作系统等或其任何

组合)或在电子设备上运行的其他设备固件。电子设备还可以包括电耦合到总线100的易失性存储器104。易失性存储器104可以包括例如任何类型的随机存取存储器(RAM)。虽然未示出,但是电子设备还可以包括存储器控制器,该存储器控制器控制去往和来自易失性存储器104的数据的流动。电子设备还可以包括连接到总线的存储器106。存储器106通常包括一个或多个非易失性半导体存储器件,诸如ROM,EPROM和EEPROM,NOR或NAND闪存等或其任何组合,并且还可以包括任何类型的电子存储器件,诸如例如磁盘或光盘。在本发明的实施例中,存储器106被用来存储一个或多个软件项目。软件可以包括系统软件,应用软件,中间件(例如实时系统的数据分发服务(DDS),MER等),一个或多个计算机文件(例如,一个或多个数据文件,配置文件,库文件,档案文件等),一个或多个软件组件等或任何堆栈或其他组合。系统软件的示例包括操作系统(例如,包括一个或多个高级操作系统,实时操作系统,移动操作系统等或其任何组合),一个或多个内核,一个或多个设备驱动程序,固件,一个或多个实用程序(例如,帮助分析,配置,优化,维护电子设备的一个或多个部件等),等等。应用软件通常包括帮助用户解决问题,执行任务,渲染媒体内容,检索(或访问,呈现,遍历,查询,创建,组织等)网络上的信息或信息资源的任何应用程序(例如,万维网,web服务器,文件系统,数据库等)。软件组件的示例包括设备驱动程序,软件CODEC,消息队列或邮箱,数据库等。软件组件还可以包括任何其他数据或参数提供给应用程序软件,网络应用程序等或其任何组合。数据文件的示例包括图像文件,文本文件,音频文件,视频文件,触觉签名文件等。

[0348] 还连接到总线100的是用户界面模块108。用户界面模块108被配置为便于用户控制电子设备。因此,用户界面模块108可以通信地耦合到一个或多个用户输入设备110。用户输入设备110例如可以包括按钮,旋钮,触摸屏,轨迹球,鼠标,麦克风(例如驻极体麦克风,MEMS麦克风等或其任何组合),IR或超声发射触笔,超声发射器(例如,检测用户手势等),一个或多个结构化发光器(例如,以投射结构化IR光检测用户手势等),一个或多个超声换能器等或其任何组合。

[0349] 用户界面模块108还可以被配置为向用户指示用户对电子设备的控制的影响,或者与电子设备正在执行的操作有关的任何其他信息或电子设备所支持的功能。因此,用户界面模块108还可以通信地耦合到一个或多个用户输出设备112。用户输出设备112可以例如包括显示器(例如,液晶显示器(LCD),发光二极管(LED)显示器,有源矩阵有机发光二极管(AMOLED)显示器,电子墨水显示器等),灯,蜂鸣器,触觉致动器,扬声器等或其任何组合。

[0350] 通常,用户输入设备110和用户输出设备112是电子设备的组成部分;然而,在替代实施例中,任何用户输入设备110(例如麦克风等)或用户输出设备112(例如,扬声器,触觉致动器,灯,显示器或打印机)可以是物理上分离的设备,通信地耦合到电子设备(例如,经由通信模块114)。打印机包含许多不同的设备,用于将我们的编码信号应用于对象,如2D和3D打印机,蚀刻,雕刻,浮雕,激光打标等。

[0351] 虽然用户界面模块108被图示为单独的组件,但是应该理解,用户界面模块108(或其部分)可以功能上集成到电子设备的一个或多个其他组件(例如,CPU 102,传感器接口模块130等)。

[0352] 还连接到总线100的是图像信号处理器116和图形处理单元(GPU) 118。图像信号处理器(ISP) 116被配置为处理由一个或多个相机120 或者由任何其他图像传感器捕获的

图像(包括静止帧图像,视频图像等或其任何组合),由此生成图像数据。通常由ISP 116执行的一般功能可以包括拜耳(Bayer)变换,去马赛克(demosaicing),降噪,图像锐化等或其任何组合。GPU 118可以被配置为处理由ISP 116生成的图像数据,从而生成经处理的图像数据。通常由GPU 118执行的一般功能包括压缩图像数据(例如,成JPEG格式,MPEG格式等或其任何组合),创建照明效果,呈现3D图形,纹理映射,计算几何变换(例如,旋转,平移等)到不同的坐标系等,并且经由总线100将压缩的视频数据发送到电子设备的其他组件(例如,易失性存储器104)。GPU 118还可以被配置为执行一个或更多的视频解压缩或解码过程。由ISP 116产生的图像数据或由GPU 118产生的经处理的图像数据可由用户接口模块108访问,其中它被转换为可被发送到用户输出设备112(诸如显示器,打印机或扬声器)的一个或多个合适的信号。

[0353] 总线100还耦合到音频I/O模块122,其被配置为对来自和去往一个或多个麦克风124(其中的任何一个可以被认为是用户输入设备110) 和扬声器126(其中的任何一个可被认为是用户输出设备110)的数据进行编码,解码和路由。例如,声音可以存在于电子设备周围的周边声音环境(例如,作为一个或多个传播声波)中。可以通过使用一个或多个麦克风124感测传播声波来获得这样的环境声音的样本,并且麦克风124然后将感测到的声音转换为一个或多个对应的模拟音频信号(典型地,电信号),从而捕获感测到的声音。然后可以由音频I/O 模块122处理由(一个或多个)麦克风124生成的信号(例如,将模拟音频信号转换成数字音频信号),然后输出所得到的数字音频信号(例如,到诸如音频DSP 128的音频数字信号处理器(DSP),到诸如歌曲识别模块,语音识别模块,语音识别模块等的另一个模块到易失性存储器104,存储器106或者类似的或它们的任何组合)。音频I/O 模块122还可以从音频DSP 128接收数字音频信号,将每个接收到的数字音频信号转换成一个或多个相应的模拟音频信号,并将模拟音频信号发送到一个或多个扬声器126。在一个实施例中,音频I/O模块122 包括两个通信信道(例如,使得音频I/O模块122可以发送所生成的音频数据并且同时接收音频数据)。

[0354] 音频DSP128对由音频I/O模块122生成的数字音频信号(诸如压缩,解压缩,均衡,来自不同音源的音频的混合等)进行各种处理,并随后输出经处理的数字音频信号(例如,到音频I/O模块122,到诸如歌曲识别模块,语音识别模块,语音识别模块等的另一个模块到易失性存储器104,存储器106等或其任何组合)。通常,音频DSP 128 可以包括一个或多个微处理器,数字信号处理器或其他微控制器,可编程逻辑器件等或其任何组合。音频DSP128 还可以可选地包括高速缓存或其他本地存储设备(例如,易失性存储器,非易失性存储器或其组合),DMA信道,一个或多个输入缓冲器,一个或多个输出缓冲器,以及促进它支持的功能的任何其他部件(例如,如下所述)。在一个实施例中,音频DSP 128包括核心处理器(例如,Audio® AudioDE™ 处理器,Hexagon处理器(例如,QDSP6V5A))以及数据存储器,程序存储器,DMA信道,一个或多个输入缓冲器,一个或多个输出缓冲器等。虽然音频I/O模块122和音频DSP 128被示出为分离的组件,但是应该理解,音频I/O模块122和音频DSP 128可以在功能上集成在一起。此外,将会理解,音频DSP128和诸如用户接口模块108的其他组件可以(至少部分地)在功能上集成在一起。

[0355] 前述的通信模块114包括电路,天线,传感器以及便于通过一个或多个有线链路(例如,经由以太网,USB,火线等等)或一个或多个无线链路(例如,根据任何标准或其他期

望的或合适的无线协议或技术,例如蓝牙,低功耗蓝牙,WiFi,WiMAX,GSM,CDMA,EDGE,蜂窝3G或LTE,Li-Fi(例如,IR-或可见光通讯),声波或超声波通讯等)等或其任何组合来发送或接收数据(例如,在网络内)的任何其它合适或期望的技术。在一个实施例中,通信模块114可以包括一个或多个微处理器,数字信号处理器或其他微控制器,可编程逻辑器件等或其任何组合。可选地,通信模块114包括高速缓存或其他本地存储器设备(例如,易失性存储器,非易失性存储器或其组合),DMA信道,一个或多个输入缓冲器,一个或多个输出缓冲器等或任何组合。在一个实施例中,通信模块114包括基带处理器(例如,执行信号处理并实现电子设备的实时无线电传输操作)。

[0356] 还连接到总线100的是传感器接口模块130,其通信地耦合到一个或多个传感器132。传感器132可以例如包括加速度计(例如用于感测加速度,定向,振动等),磁力计(例如用于感测磁场的方向),陀螺仪(例如,用于跟踪旋转或扭曲),气压计(例如,用于感测高度),湿度传感器,环境光传感器,IR或UV传感器或其它光电探测器,压力传感器,温度传感器,声学矢量传感器(例如,用于感测粒子速度),电流皮肤响应(GSR)传感器,超声波传感器,位置传感器(例如, GPS接收器模块等),气体或其他化学传感器等或其任何组合。尽管在图16中单独示出,但是任何相机120或麦克风124也可以被认为是传感器132。通常,传感器132响应于施加的刺激的改变等或其任何组合而在存在某种刺激(例如,光,声音,湿度,引力场,磁场,电场等)的情况下生成一个或多个信号(通常为电信号)。在一个实施例中,耦合到传感器接口模块130的所有传感器132是电子设备的组成部分;然而,在替代实施例中,一个或多个传感器可以是通信地耦合到电子设备(例如,经由通信模块114)的物理上分离的设备。就任何传感器132可以用于感测用户输入而言,这样的传感器132也可以被认为是用户输入设备110。传感器接口模块130被配置为激活,去激活或以其他方式控制一个或多个传感器132的操作(例如,采样率,采样范围等)(例如,根据内部存储的指令或外部存储在易失性存储器104或者根据由诸如CPU102,用户接口模块108,音频DSP128,提示检测模块134等的一个或多个组件发出的命令或其任何组合发出的命令来存储或存储存储器106,ROM等)。在一个实施例中,传感器接口模块130 可对一个或多个传感器132生成的信号进行编码,解码,采样,滤波或以其他方式处理。在一个示例中,传感器接口模块130可集成由多个传感器132生成的信号,并且可选地处理集成的信号。信号可以从传感器接口模块130路由到电子设备的一个或多个上述组件(例如,经由总线100)。然而,在另一个实施例中,由传感器132产生的任何信号可以在被处理之前被路由(例如,到CPU 102)。

[0357] 通常,传感器接口模块130可以包括一个或多个微处理器,数字信号处理器或其他微控制器,可编程逻辑器件等或其任何组合。传感器接口模块130还可以可选地包括高速缓存或其他本地存储设备(例如易失性存储器,非易失性存储器或其组合),DMA信道,一个或多个输入缓冲器,一个或多个输出缓冲器以及促进其支持的功能(例如,如上所述)的任何其他组件。在一个实施例中,传感器接口模块130 可以被提供为来自Qualcomm的“传感器核心”(传感器处理器子系统 (SPS)),来自Megachips的“frizz”等等或其任何组合。尽管传感器接口模块130被图示为单独的部件,但是应该理解,传感器接口模块 130(或其部分)可以功能上集成到一个或多个其他部件(例如,CPU102,通信模块114,音频I/O模块122,音频DSP128,提示检测模块134 等或其任何组合)。

[0358] 回顾

[0359] 在下面的讨论中回顾了上面详述的一些发明方案。

[0360] 本技术的一个方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入到数字图像中的方法。这种方法包括提供便于稀疏可变数据承载信号的同步功能的第一信号分量，并且包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值。还提供了第二信号分量，如被调制以承载可变数据信号。再次，该第二信号包括在二维块内的坐标处的分量值。通过在第一和第二分量信号值提供图像的兼容调制的二维块内的坐标处设置稀疏元素，第一和第二信号分量被组合以产生稀疏可变数据承载信号。所产生的稀疏可变数据承载信号被插入到数字图像设计的至少第一数字图像层或第一数字图像信道中。

[0361] 该技术的另一个方面是用于将稀疏的，可变的数据承载信号插入到图像中的方法。该方法包括提供包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值的第一正交信号分量。还提供了第二正交信号分量，该第二正交信号分量被调制以承载可变数据承载信号，并且包括在二维块内的坐标处的第二信号分量值。第一和第二信号分量被组合以通过选择第一和第二正交分量的子集来产生稀疏可变数据承载信号。然后将得到的稀疏可变数据承载信号插入图像设计的至少第一图像层或第一图像信道中。

[0362] 该技术的另一方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入到图像中的方法。这种方法包括在二维块内的坐标处提供元素的稀疏图案，并且还提供经调制以承载可变数据信号的信号分量。通过基于元素的稀疏图案的位置在二维块内分布信号分量来生成稀疏可变数据承载信号。然后将得到的稀疏可变数据承载信号插入图像的至少第一图像层或第一图像信道中。

[0363] 该技术的另一方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入到数字图像中的系统。该系统包括用于存储表示数字图像的数据的存储器，以及一个或多个处理器。处理器被编程用于提供促进稀疏可变数据承载信号的同步功能的第一信号分量，并且包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值。处理器还被编程为提供被调制以承载可变数据信号的第二信号分量。像第一个那样，该第二信号分量包括在二维块内的坐标处的分量值。处理器被进一步编程以组合第一信号分量和第二信号分量以通过在二维块内的坐标处设置稀疏元素来产生稀疏可变数据承载信号，其中第一和第二分量信号值提供图像的兼容调制。最后，处理器将稀疏可变数据承载信号插入数字图像的至少第一数字图像层或第一数字图像信道。

[0364] 该技术的另一个方面是用于将稀疏可变数据承载信号插入到数字图像中的设备。该设备包括用于存储表示数字图像的数据的存储器，该存储器包括第一数字图像层或第一数字图像信道的表示。该设备还包括用于提供第一正交信号分量的装置，该第一正交信号分量包括在二维块内的坐标处的第一信号分量值。该设备还包括用于提供第二正交信号分量的装置，该第二正交信号分量被调制以承载可变数据承载信号，并且包括在二维块内的坐标处的第二信号分量值。该设备还包括用于通过选择第一和第二正交分量的子集来组合第一信号分量和第二信号分量以产生稀疏可变数据承载信号的装置。最后，该设备包括用于将稀疏可变数据承载信号插入至少第一数字图像层或第一数字图像信道的装置。

[0365] 该技术的另一方面是用于将稀疏的，可变的数据承载信号插入到数字图像中的设备。该设备包括用于存储表示数字图像的数据的存储器。其进一步包括：用于在二维块内的坐标处提供元素的稀疏图案的装置；用于提供被调制以承载可变数据信号的信号分量的装置；用于通过基于所述元素的稀疏图案的所述位置在所述二维块内分布所述信号分量来产

生所述稀疏可变数据承载信号的装置;用于将所述稀疏可变数据承载信号插入所述数字图像的至少第一图像层或第一图像信道中从而产生经变换的数字图像的装置;最后是显示转换的数字图像的显示器。

[0366] 在每个这样的布置中,可以在信号分量与稀疏图案的坐标不重合的坐标处从信号分量中去除信号元素。

[0367] 也可以配备这样的布置以在数字图像内的二维块中重复信号分量,其中使用不同的稀疏图案来分配二维块中不同的信号分量。

[0368] 在一些实施例中,通过使用筛(例如直线筛)来减小稀疏可变数据承载信号。

[0369] 在采用兼容调制的实施例中,兼容性可以指在二维块内的坐标处的光学特性的一致调制方向。它也可以指在第一和第二信号分量的值落入由至少一个阈值限定的公共范围内的坐标处的调制。也可以参考在第一和第二信号分量的值被量化为公共的量化值的坐标处的调制。

[0370] 在第一和第二信号分量被提供(或转换成)二进制形式的实施例中,可以通过在坐标处应用第一和第二分量的二进制值之间的逻辑“与”操作来确定兼容的调制。在这种情况下,兼容调制对应于第一和第二分量的二进制值一致的坐标。(转换为二进制可以通过应用阈值。)

[0371] 在一些实施例中,第一或第二分量中的至少一个是多值信号,并且通过施加至少第一阈值而被转换为稀疏信号分量。然后,组合操作可以包括在稀疏信号分量和第一或第二分量中的其他分量的值一致的坐标处设置稀疏元素。

[0372] 在示例性实施例中,多值信号分量表示由变换域中的一组峰值形成的同步模板。

[0373] 该技术的另一个方面开始于接收由像素组成的产品包装图样的数字表示。然后定义一个保护带区域,包围在图样中的文字字符。然后改变图样以在图样的不同区域上冗余编码机器可读的多比特有效载荷。这种改变只会改变保护带外的图样。

[0374] 在一些这样的实施例中,定义保护带包括对文本字符应用扩张处理。在一些实施例中,在保护带之外,机器可读编码的强度沿着远离文本字符延伸的梯度增加。在一些实施例中,第一区域包围保护带区域,并且第二区域包围第一区域。通过这样的排列,机器可读编码的强度在第一区域中具有第一值,并且在第二区域中具有第二更强值。

[0375] 保护带通常定义一个边界,该边界包括反映一个文本字符的非线性轮廓的部分。

[0376] 在其中每个像素具有对应于黑色和背景颜色的第一或第二值的实现中,改变包括切换第一和第二值之间的某些像素。

[0377] 在一些实施例中,改变涉及在图样中创建多个抖动块,其中每个块包括连续的二维N元素区域,其中 $N > 2$,其中至少一些块中的M个元素是暗色的,其中 $1 > M > N$ 。

[0378] 有时,沿着图样中的梯度方向,M增加,沿梯度方向产生更大的变暗改变密度,尽管相反的布置也是可能的。

[0379] 有时候,图样中的所有抖动块都具有相同的尺寸。在其他排列中,图样中的第一和第二抖动块具有不同的尺寸。

[0380] 扩张过程可以包括从每个像素向外延伸N个像素的区域生长过程,其中N是2、3、4或5。

[0381] 经编码的机器可读的多比特有效载荷通常包括数字水印。

[0382] 该技术的又一方面再次从接收产品包装图样的数字表示开始。生成冗余编码多比特消息的二维数据信号。数据信号包括多个元素，每个元素具有两个值中的一个。接收包括多个元素的二维同步信号，每个元素具有多比特值。数据信号的每个元素具有与其对应的同步信号的元素。同步信号被量化，包括：(a) 用第一阈值量化同步信号的第一二维部分，其中具有低于第一阈值的值的第一部分的元素被分配第一值，并且第一具有高于第一阈值的值的部分被分配第二不同的值；(b) 用不同于第一阈值的第二阈值来量化同步信号的第二二维部分，其中具有低于第二阈值的值的第二部分的元素被分配第一值，并且第二部分的元素具有高于第二阈值的值被分配第二值。然后，通过将数据信号的元素的值与量化的同步信号中的对应元素的值进行“与”运算，产生多元素二维标记信号，其中标记信号的每个元素对应于位置在图样。对于图样中与具有TRUE值的标记信号的元素相对应的每个位置，亮度或色度被改变为不同的状态。

[0383] 在一个这样的实施例中，亮度或色度的改变是通过将抖动图案引入到图样中来实现的。抖动图案包括N个连续元素的二维阵列，其中 N至少是四，其中至少一些区域中的M个元素是暗的，并且其中 $1 > M > N$ 。

[0384] 根据本技术的另一方面，接收图样的数字表示，其中图样具有均匀颜色的区域。生成冗余编码多比特消息的二维数据信号。该数据信号包括多个元素，每个元素具有单个比特值。接收包括多个元素的二维同步信号。每个元素都有一个多比特值。数据信号的每个元素具有与其对应的同步信号的元素。用二维同步信号和梯度函数处理二维数据信号以产生二维梯度标记信号。然后可以将梯度标记信号的墨水对应物打印在具有图样的介质上。这种打印可以包括打印多个至少四个连续元素的抖动二维块，其中每个块的一个或多个元素被打印为黑色。在这种布置中：在打印介质的第一区域中，在均匀颜色的区域内，第一块中的M个元素被打印为黑色；在打印介质的第二区域中，在均匀颜色的区域内，在第二个图块中的P个元素被打印为黑色；其中 $P > M$ ，并且每个块对应于同步信号的单个元素。

[0385] 第二个块可能比第一个块大。例如，第一块可以是 3×3 元素块，第一块可以是 2×2 元素块。或者 4×4 与 3×3 。在大多数实施方案中，M至少为2，P至少为3。在许多实施例中，M至少是三，P至少是四。

[0386] 该技术的另一个方面是包含容纳食物的圆柱形金属外壳的食品罐。圆柱形外壳被包装在一个印有标签的纸张上。该打印包括以第一图案沉积在标签上的第一颜色的第一墨层和以第二图案沉积在标签上的第二颜色的第二墨层。其中一种着墨图案包括从图28A或图28B中选择的标记块。该模式对多比特有效载荷进行编码，该有效载荷在由装有照相机的计算机系统成像并由这样的计算机系统解码时使计算机系统通过采取相应的动作对其作出响应。

[0387] 在一些实现中，上墨图案之一包括从图28A中选择的多个不同的 3×3 标记块。在另一些中，其中一种着墨图案包括从图28B中选出的多个不同的 4×4 标记块。

[0388] 该技术的另一方面包括一种产生用于在基板上打印的信号模式的方法。2D同步信号被定义在空间频率域中。将 $NM \times NM$ 反傅里叶变换应用于同步信号，以在空间域中产生同步信号值的 $NM \times NM$ 阵列。空间域中这个同步信号值的 $NM \times NM$ 阵列在逻辑上与 $N \times N$ 可变数据阵列组合。通过这样的排列，可变数据的每个数据对应于同步信号值的 $M \times M$ 子块，产生定义模式的合成值的 $NM \times NM$ 阵列。在合成值的 $NM \times NM$ 阵列内的单个 $M \times M$ 子块中，第一组P个元素

被识别为变暗的候选者。该识别动作包括从合成值的阵列中确定 $M \times M$ 子块中值最为极端的P个元素。最后,产生包括第二组P个元素的图案,所述第二组P个元素被变暗以进行打印。

[0389] 之后,可以用图案打印标签。

[0390] 在一些实施例中,第一组P元素和第二组P元素是相同的。在其他方面,它们不是。例如,该方法可以进一步包括确定第一组P个元素中的边缘邻接元素的存在,并且通过修改第一组P个元素来识别第二组P个元素以避免边缘邻接元素。

[0391] 在示例性实施例中,N是128并且M是4。如果M是4,则该模式可以包括从图28B中选择的至少一个块。

[0392] 结束语

[0393] 已经参考具体实现描述和说明了本技术的原理,将会认识到,该技术可以以许多其他不同的形式来实现。

[0394] 上述的方法,过程和系统可以用硬件,软件或硬件和软件的组合来实现。例如,上面描述的信号处理操作可以被实现为存储在存储器中并且在可编程计算机(包括软件和固件指令)中执行的指令,被实现为专用数字电路中的数字逻辑电路,或者被执行的指令的组合在一个或多个处理器和数字逻辑电路模块中。上述方法和过程可以在从系统的存储器(计算机可读介质,诸如电子,光学或磁存储设备)执行的程序中实现。该方法,指令和电路对电子信号或其他电磁形式的信号进行操作。这些信号进一步代表物理信号,如图像传感器捕获的图像信号,音频传感器捕获的音频以及传感器捕获的其他物理信号类型。这些电磁信号表示如上所述被转换成不同的状态,以检测信号属性,执行模式识别和匹配,编码和解码数字数据信号,计算来自不同源的源信号的相对属性等。

[0395] 上述方法,指令和硬件对参考和可疑信号分量进行操作。由于信号可以表示为通过将信号投影到基函数形成的信号分量之和,所以上述方法通常适用于各种信号类型。例如,傅立叶变换将信号表示为一组基函数上的信号投影的总和。

[0396] 上述实施例中的元素和特征的特定组合仅是示例性的;还设想了这些教导与本文和上述专利和申请中的其他教导的交换和替换。

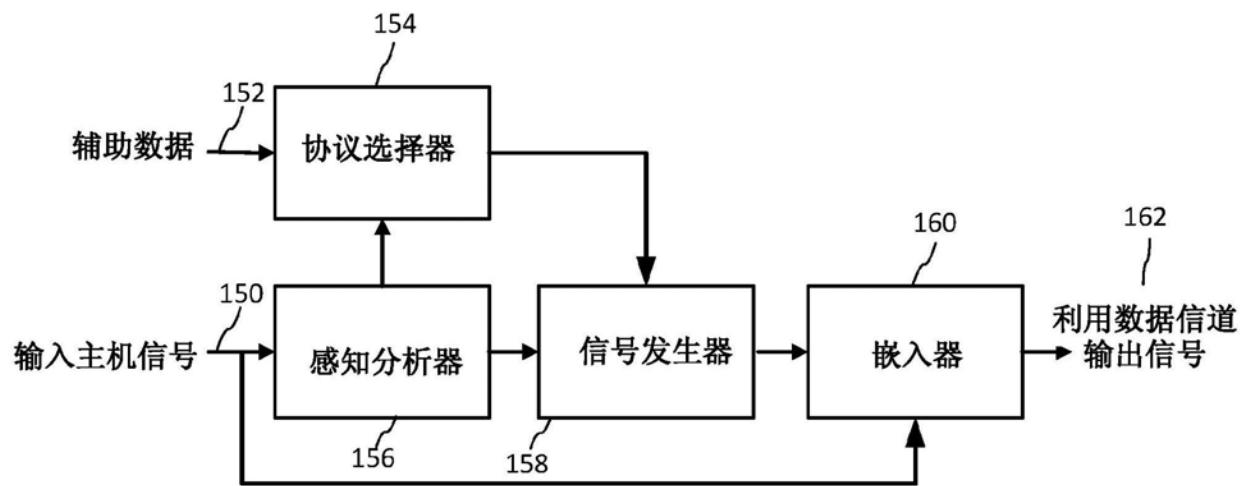


图1

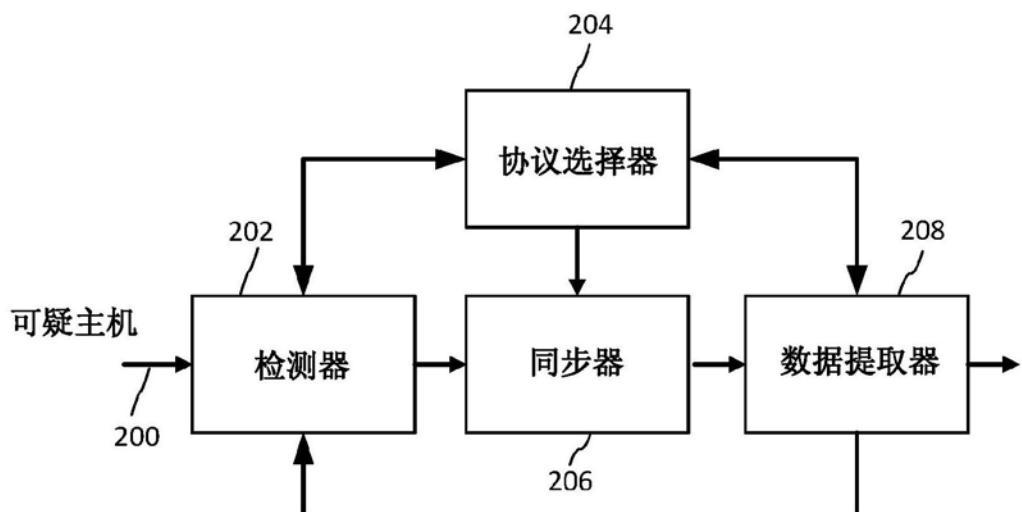


图2

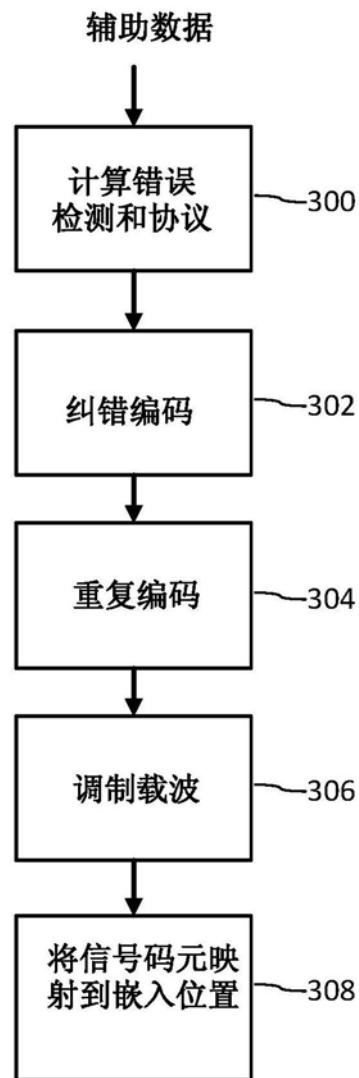


图3

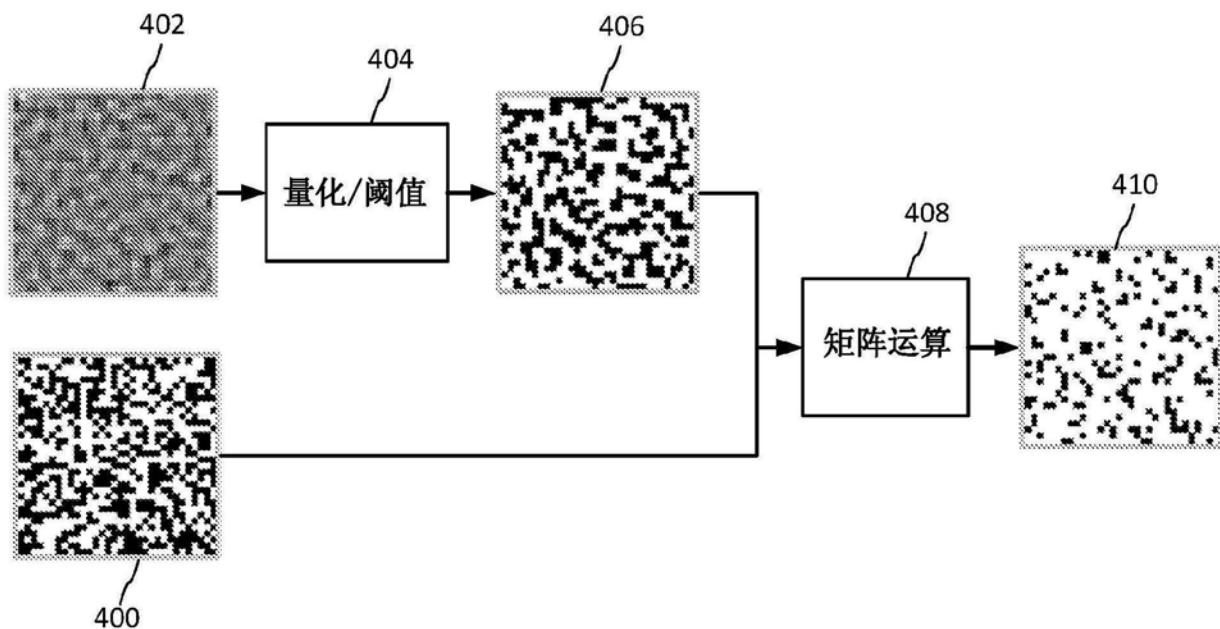


图4

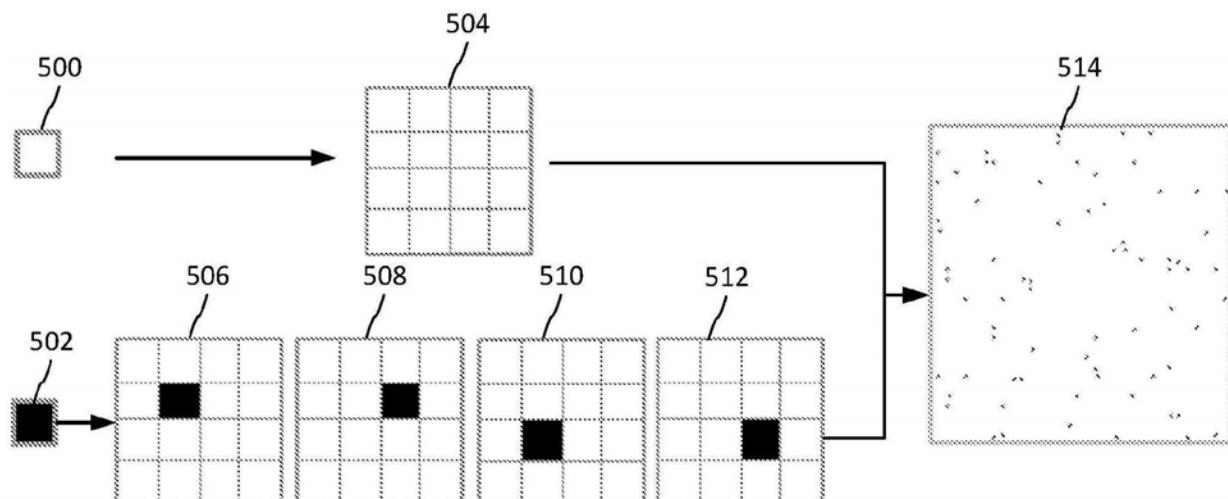


图5

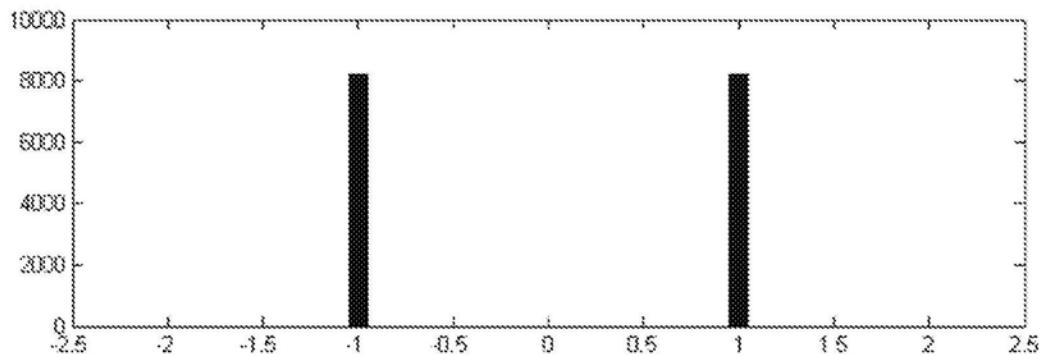


图6

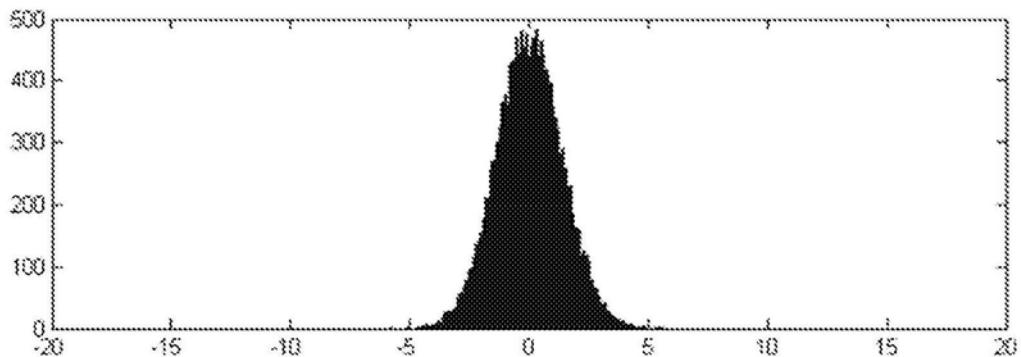


图7

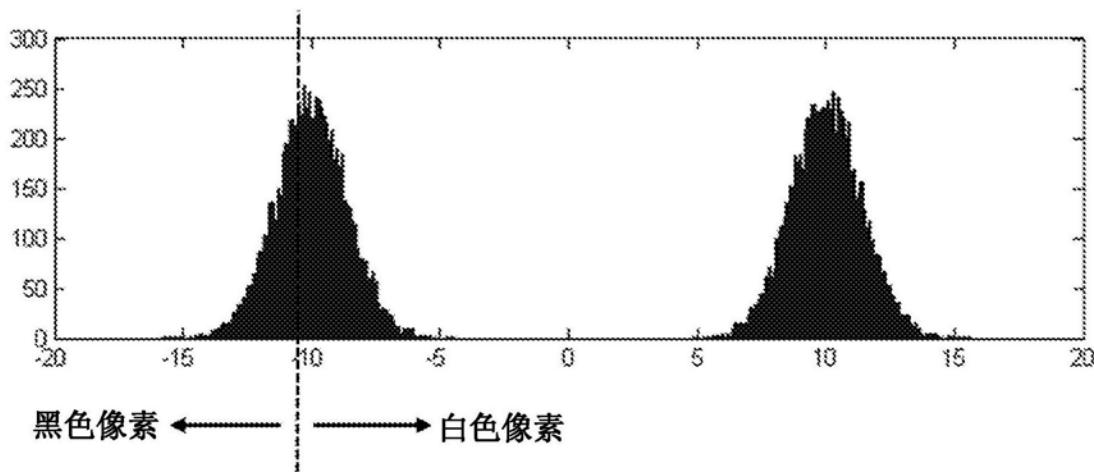


图8

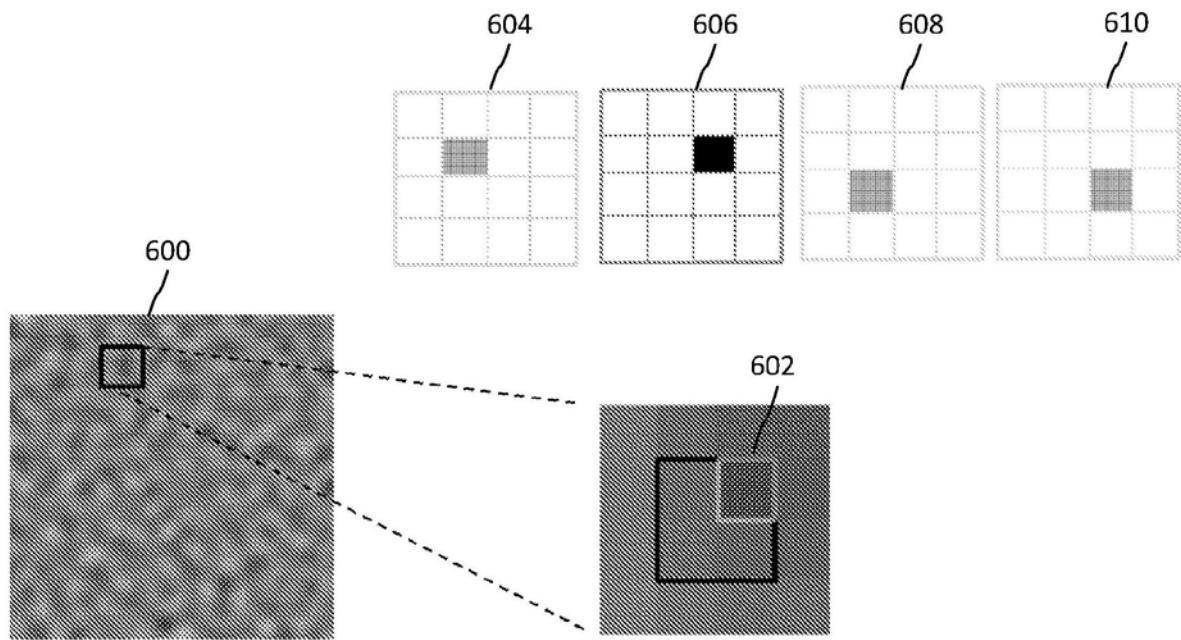


图9

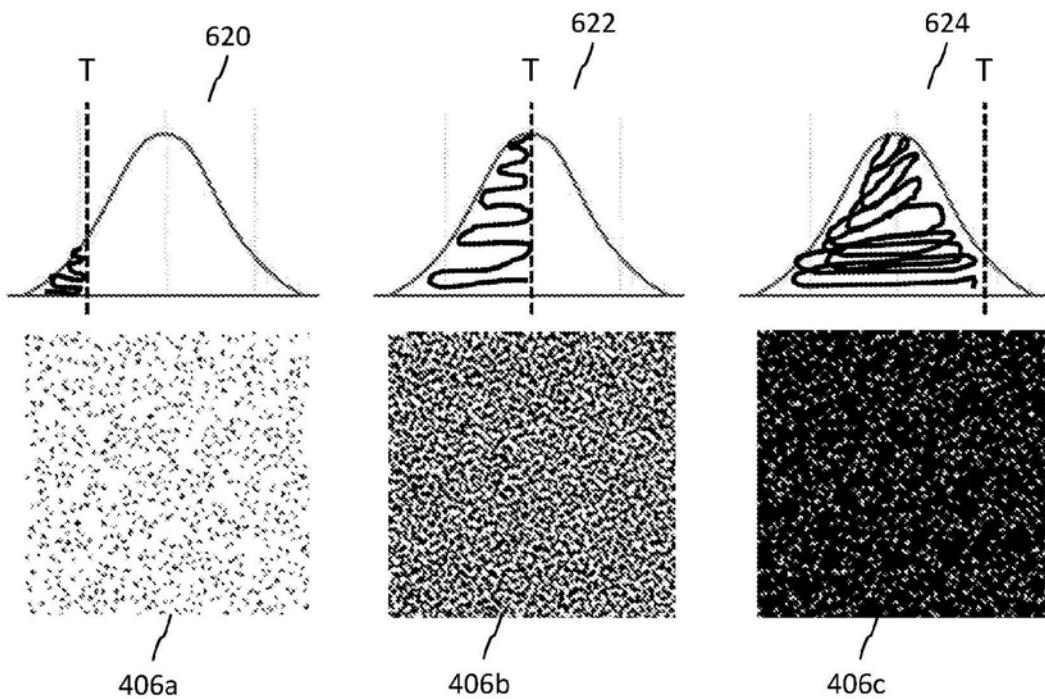


图10

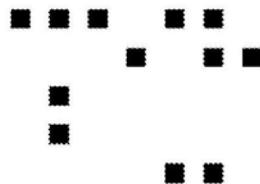


图11

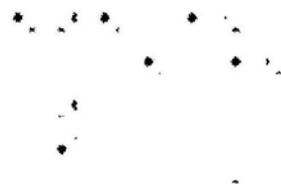


图12

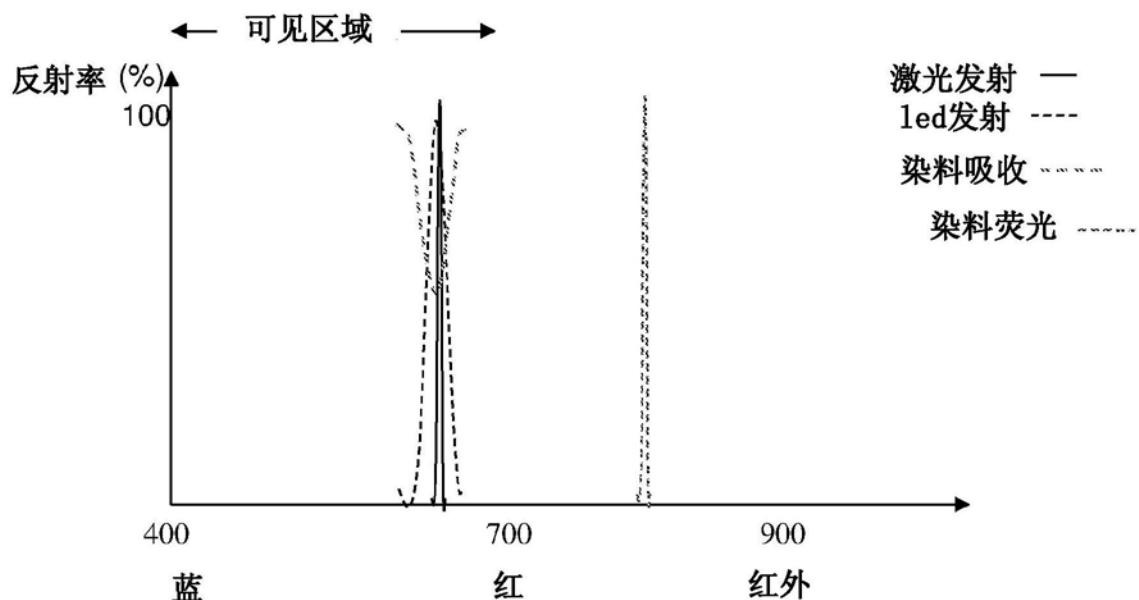


图15

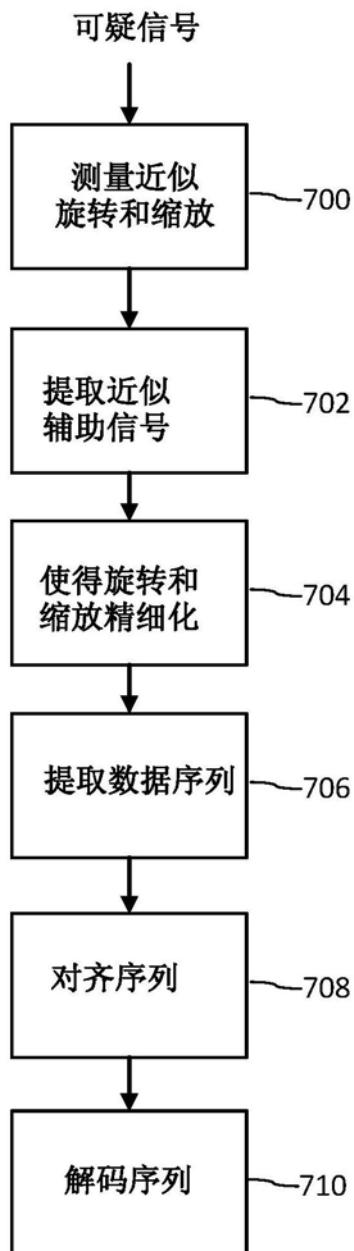


图13

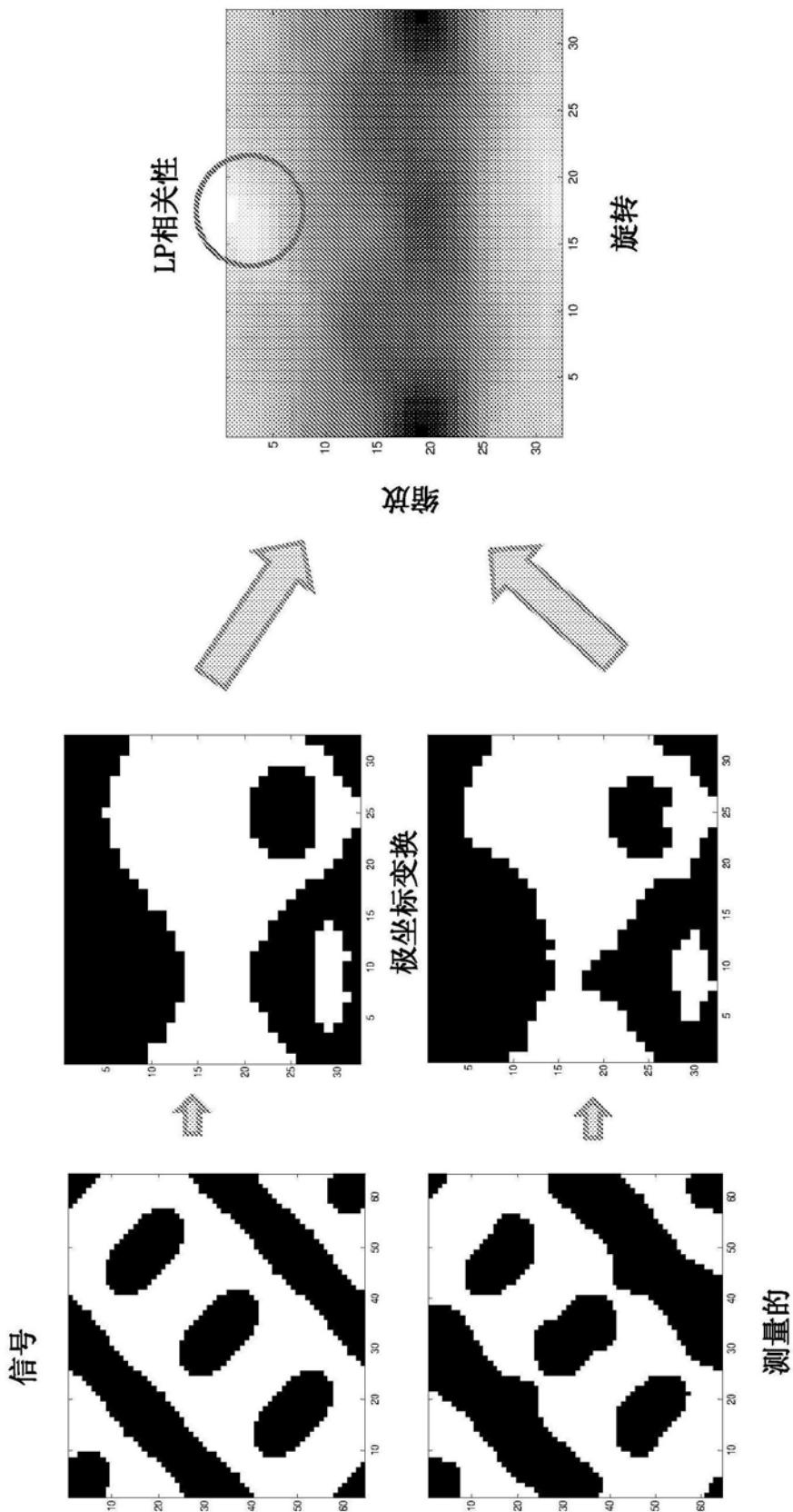


图14

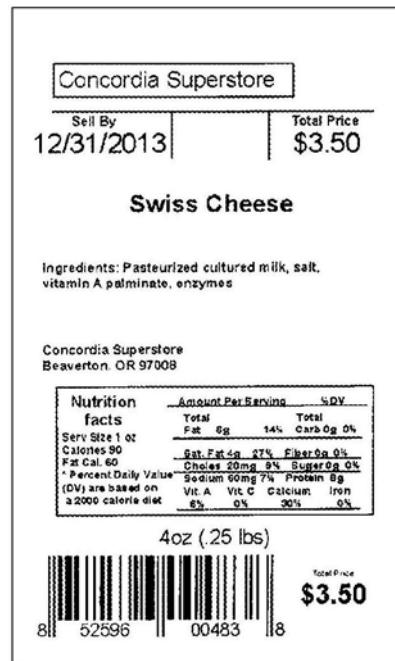


图16A

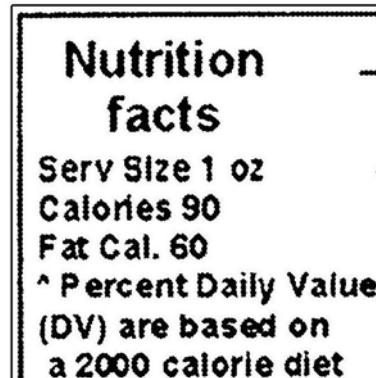


图16B



图16C

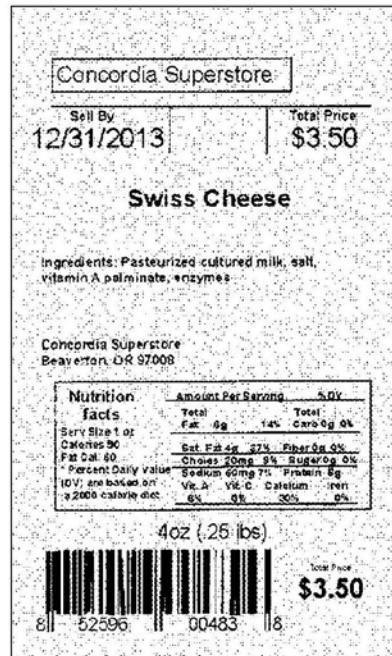


图17A

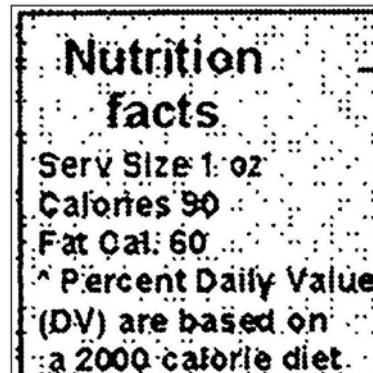


图17B



图17C

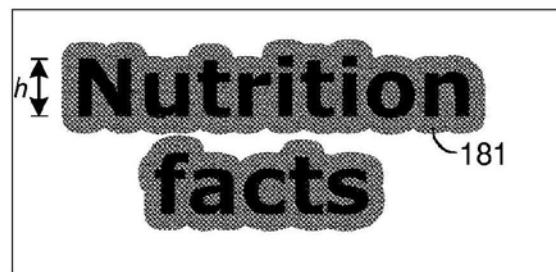


图18A

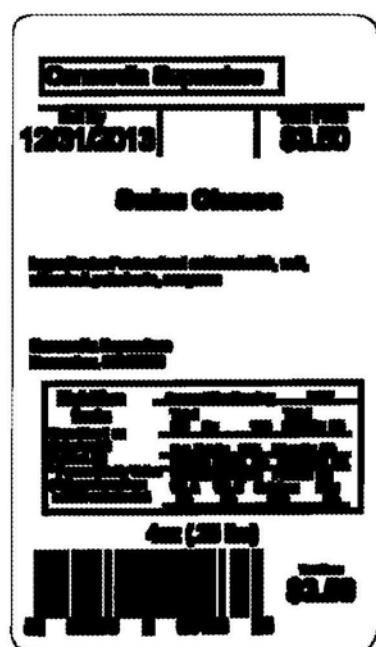


图18B

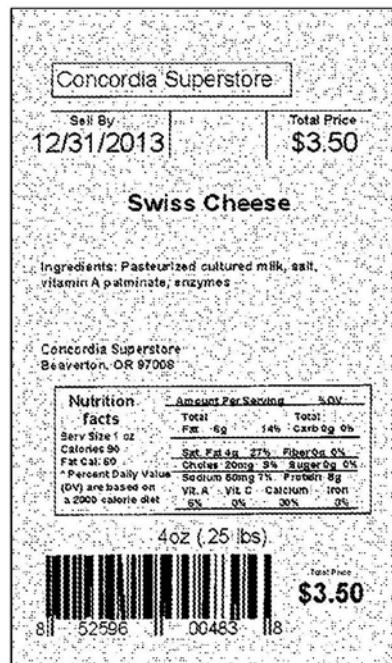


图19A

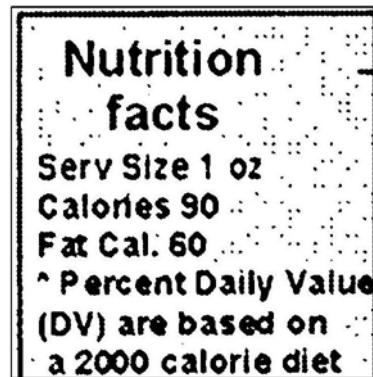


图19B



图19C

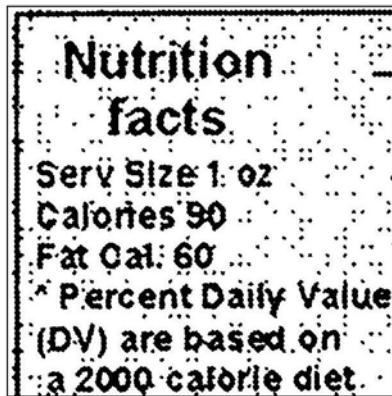


图20A

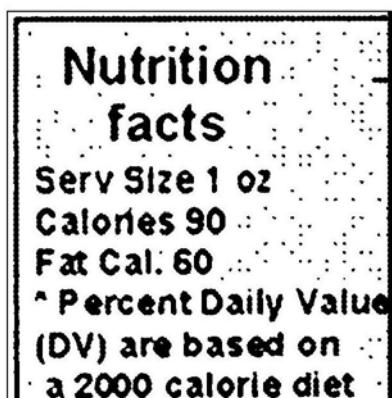


图20B

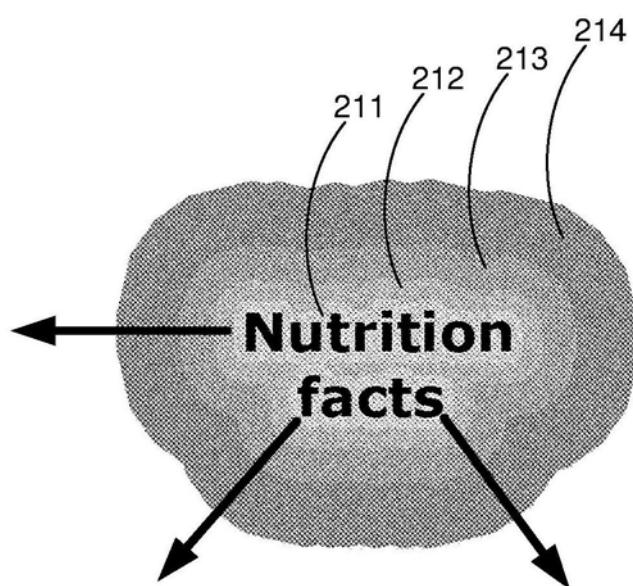


图21

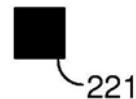


图22

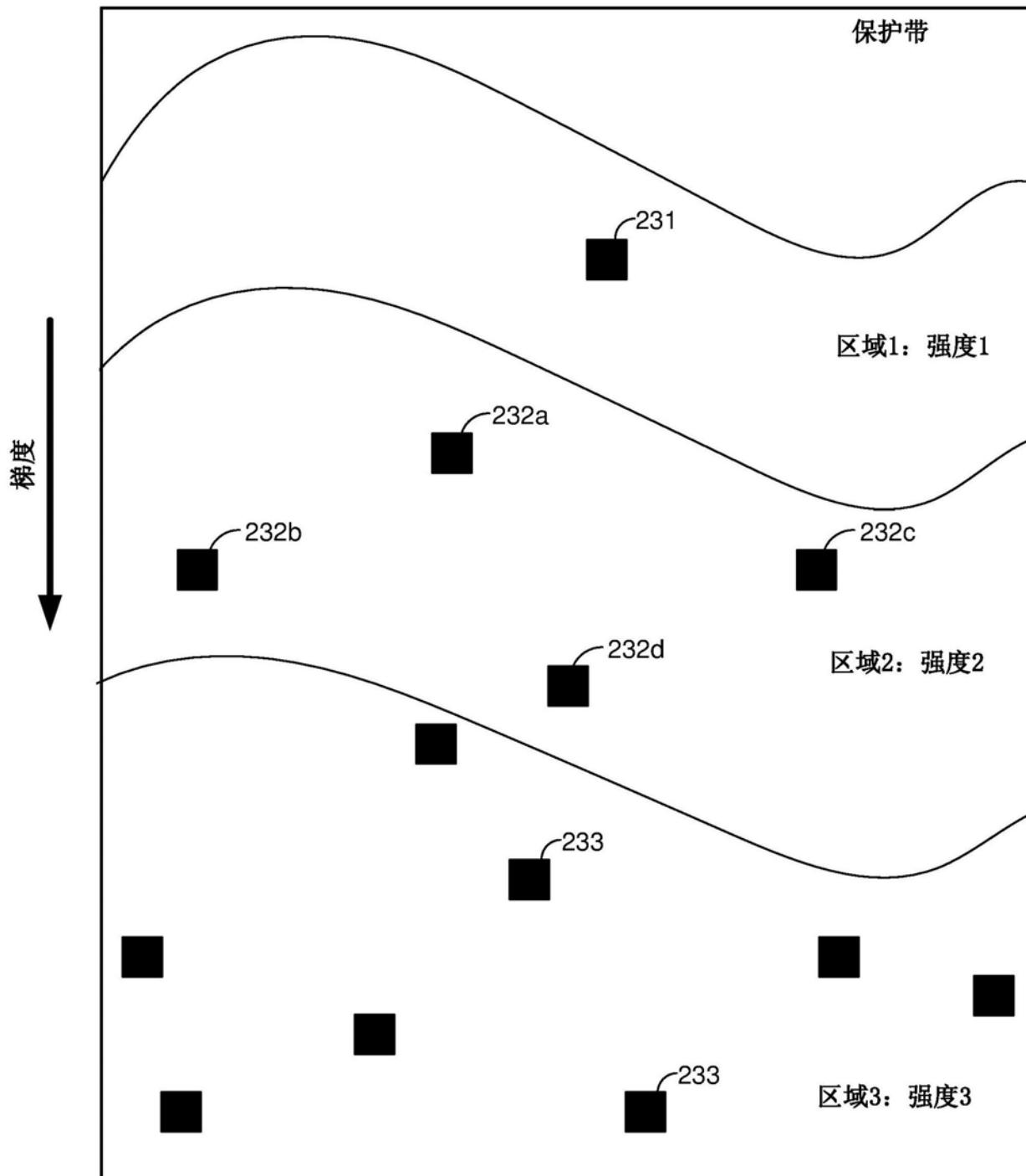


图23

同步元素值	累积%
0-92	nil
93	0.2%
94	0.3%
95	0.4%
96	0.6%
97	0.7%
98	0.8%
99	1.0%
100	1.2%
101	1.5%
102	1.8%
103	2.3%
104	2.7%
105	3.2%
106	3.9%
107	4.6%
108	5.4%
109	6.4%
110	7.5%
111	8.9%
112	10.3%
113	11.8%
114	13.7%
115	15.3%
116	17.3%
117	19.8%
118	21.9%
119	24.4%
120	27.1%
121	29.5%
122	32.4%
123	35.3%
124	38.3%
125	41.5%
126	44.8%
127	48.1%
128	51.5%
129	54.4%
...	...

图24A

同步元素值	累积%
0~11	0.03
12	0.21%
13	0.27%
14	0.31%
15	0.34%
16	0.38%
17	0.40%
18	0.45%
19	0.53%
20	0.58%
21	0.61%
22	0.63%
23	0.68%
24	0.79%
25	0.87%
26	0.93%
27	0.99%
28	1.12%
29	1.21%
30	1.29%
31	1.49%
32	1.59%
33	1.70%
34	1.82%
35	1.93%
36	2.03%
37	2.17%
38	2.27%
39	2.39%
40	2.54%
41	2.65%
42	2.83%
43	3.00%
44	3.18%
45	3.34%
46	3.52%
47	3.78%
48	4.00%
49	4.18%
50	4.41%
51	4.56%
52	4.75%
53	4.94%
54	5.18%
55	5.38%
56	5.58%
57	5.83%
58	6.10%
59	6.28%
60	6.59%
61	6.97%
62	7.27%
63	7.68%
64	8.04%
65	8.33%
66	8.69%
67	9.09%
68	9.51%
69	9.86%
70	10.36%

图24B

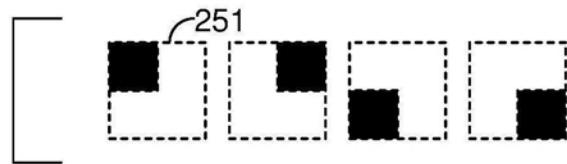


图25A



图25B



图25C



图25D

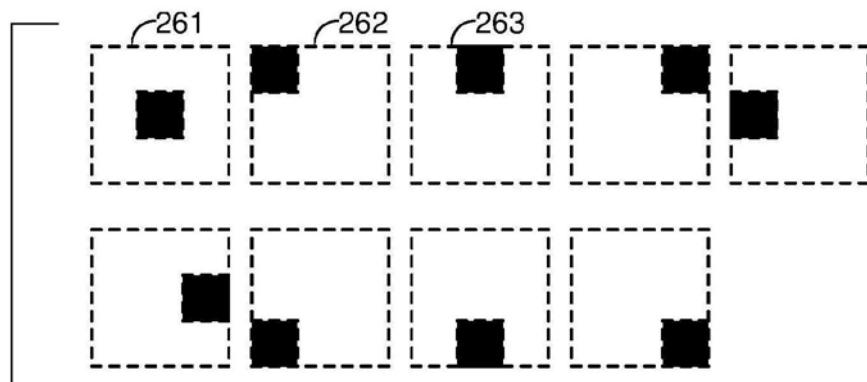


图26A

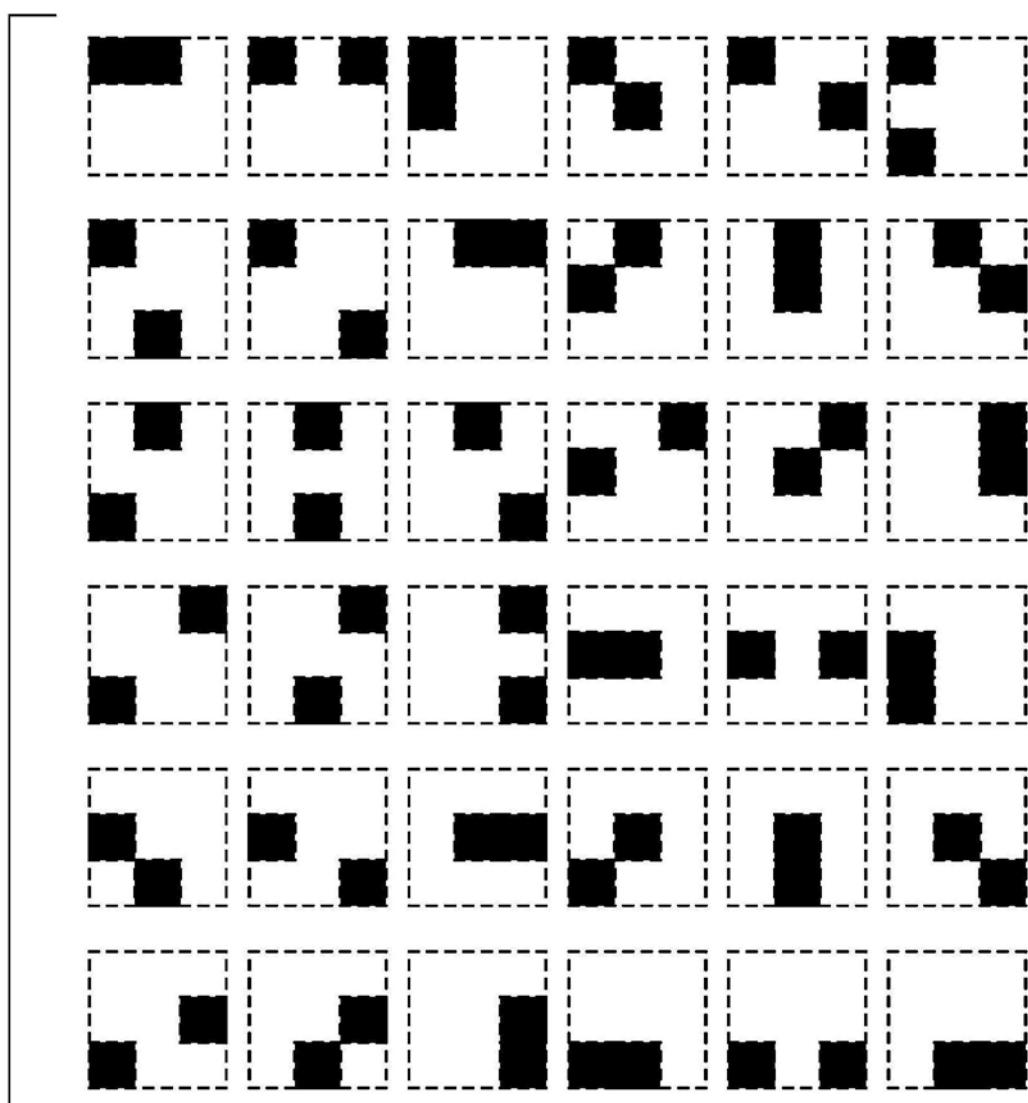


图26B

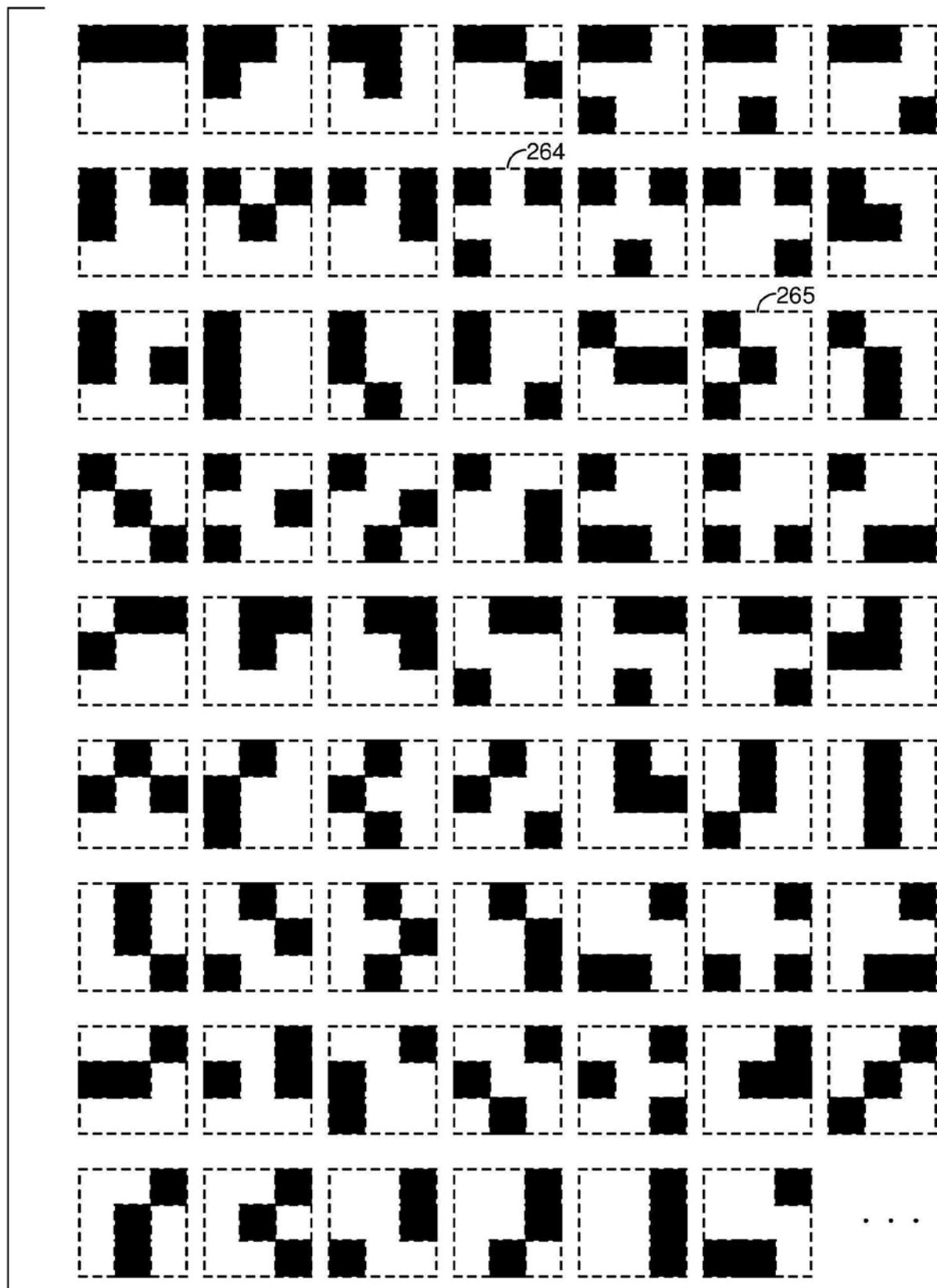


图26C



图26D



图26E



图26F



图26G



图26H

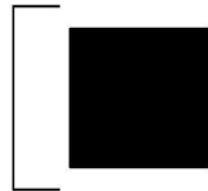


图26I

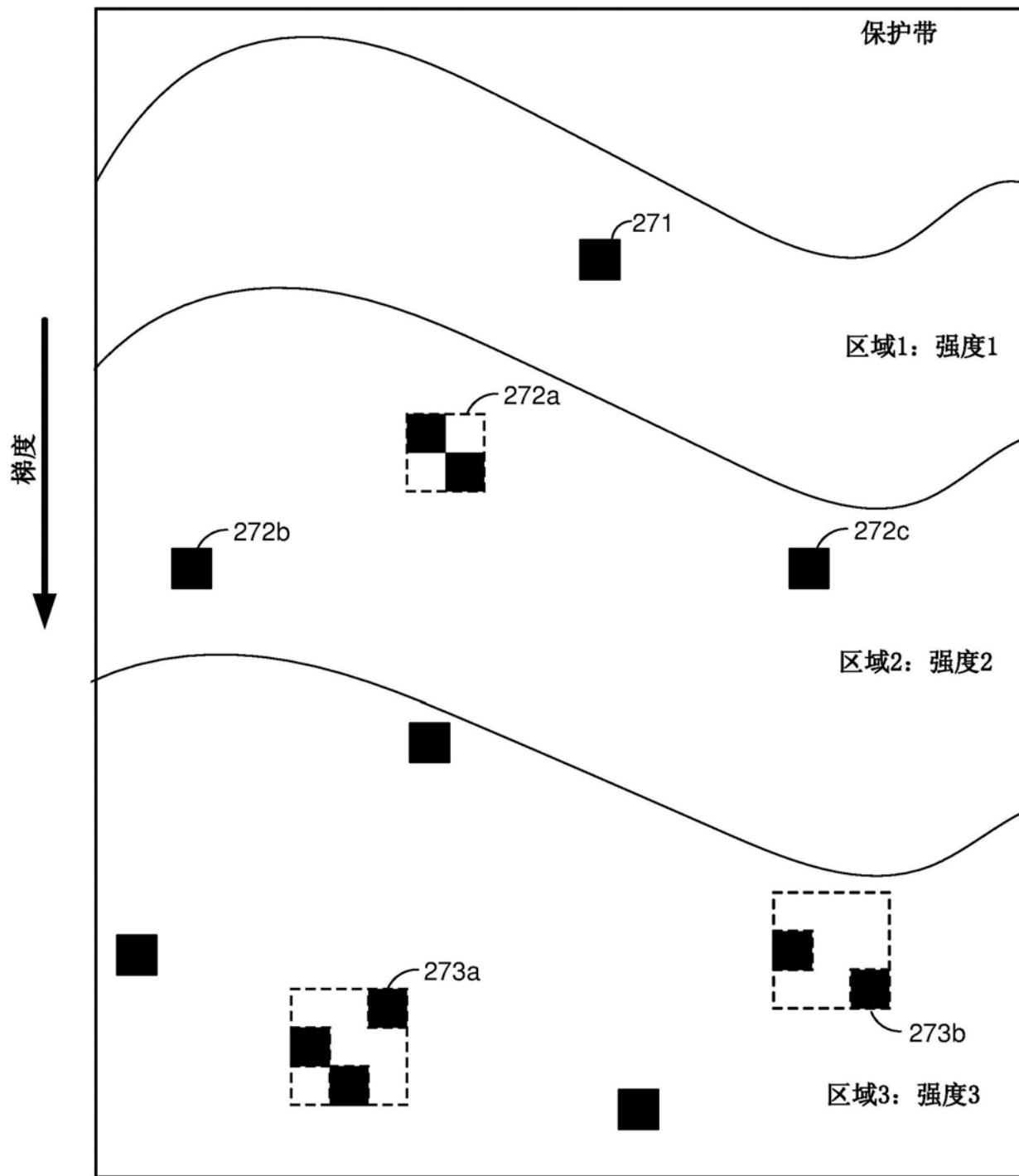


图27

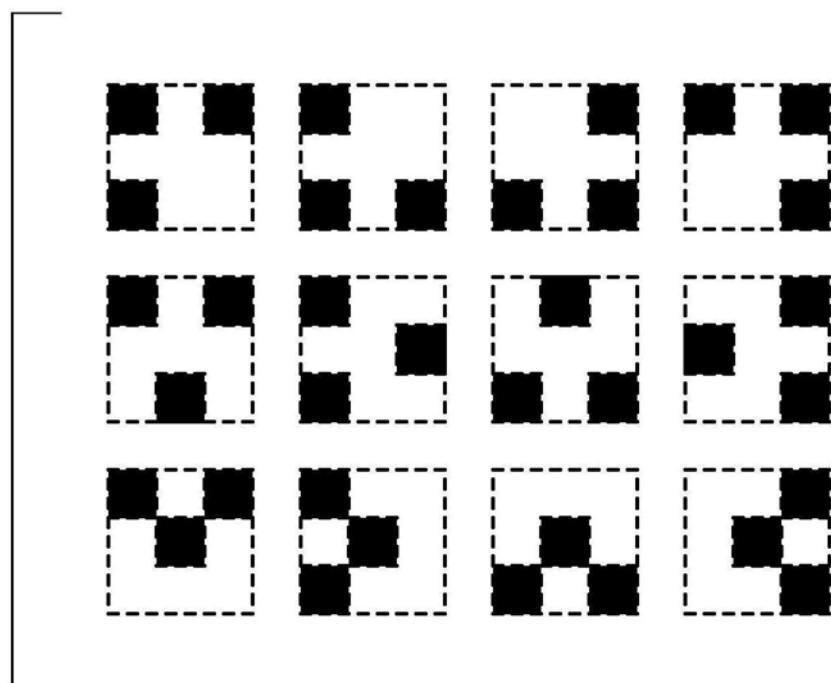


图28A



图29A



图29B

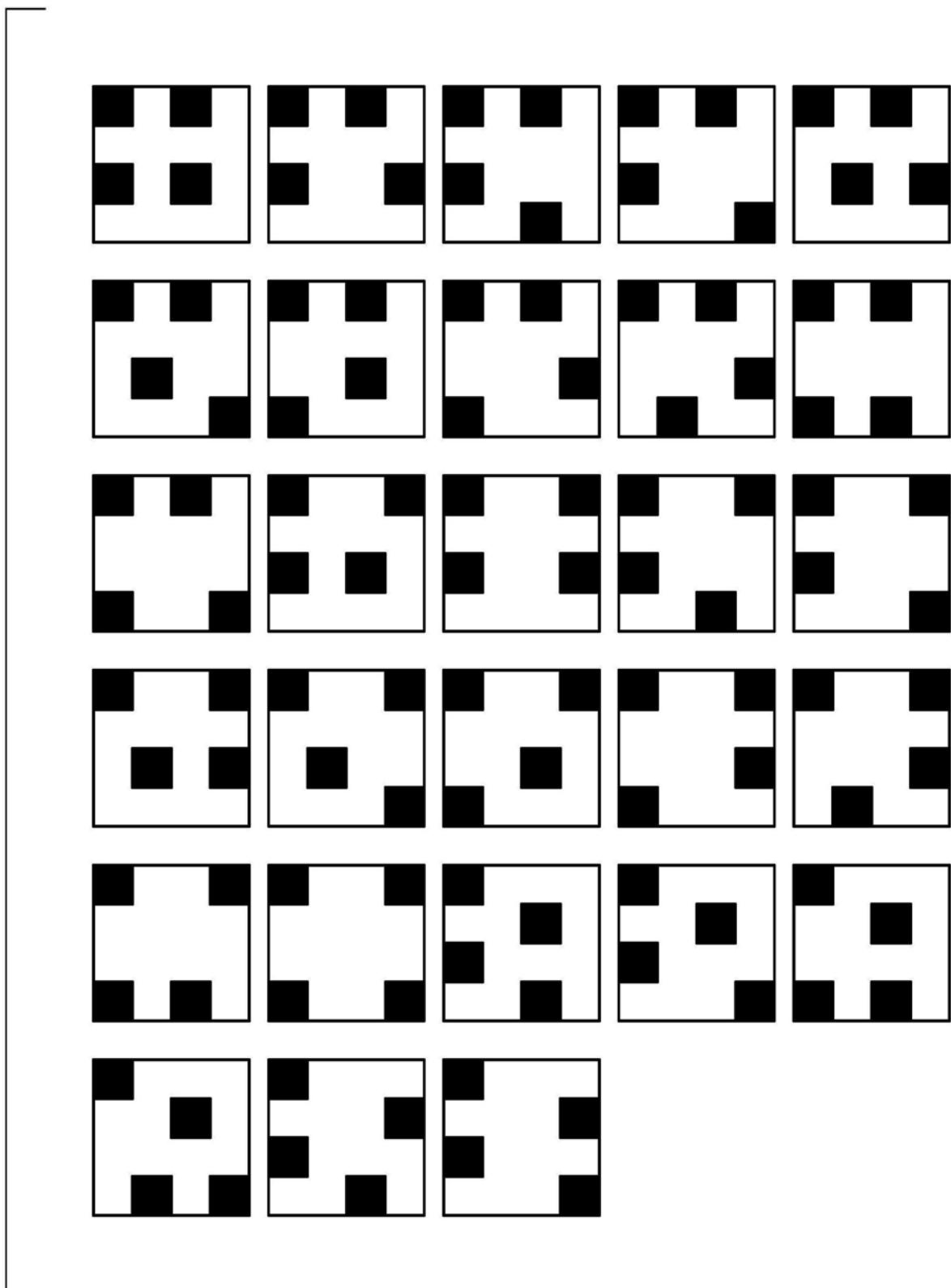


图28B

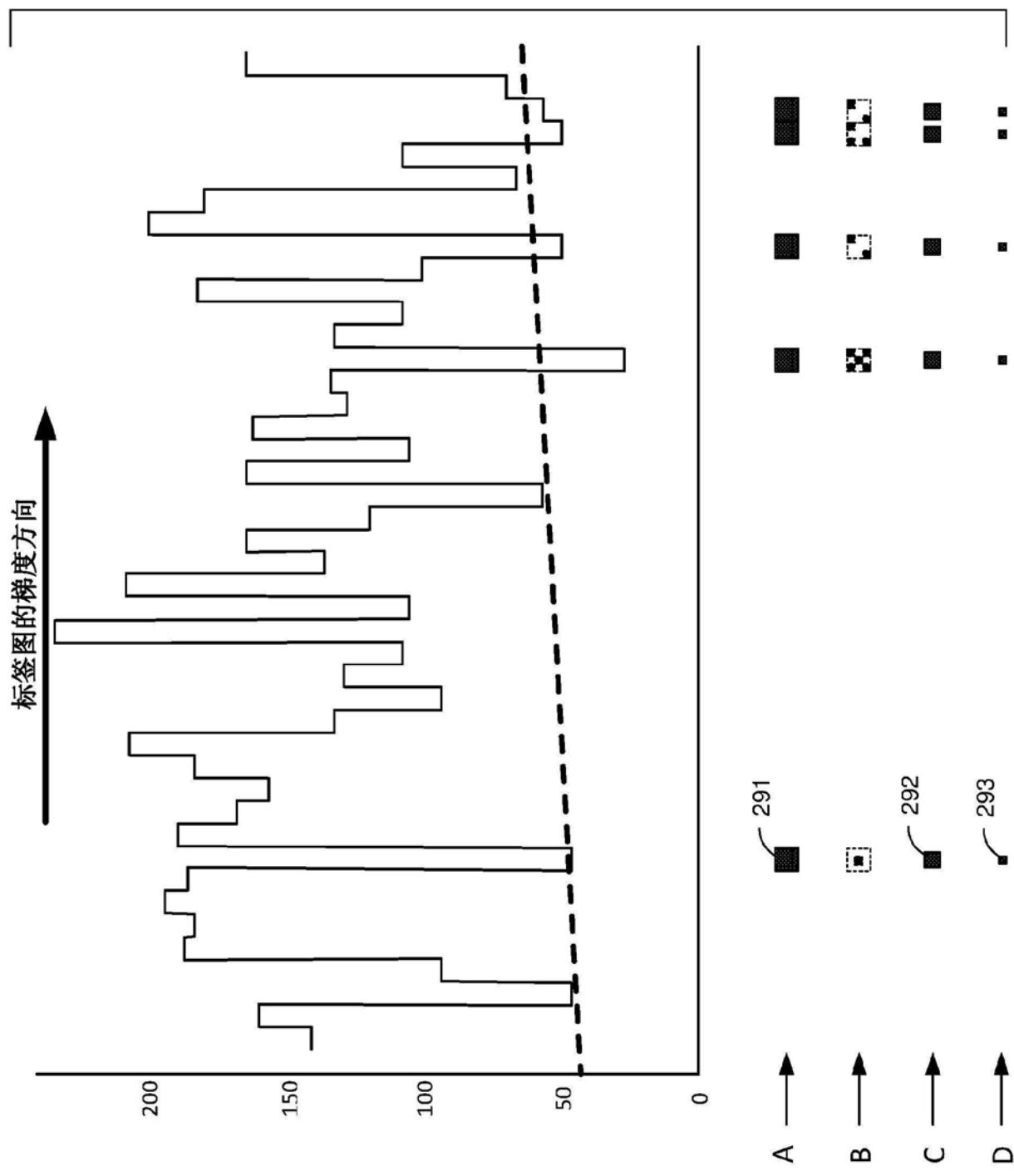


图30

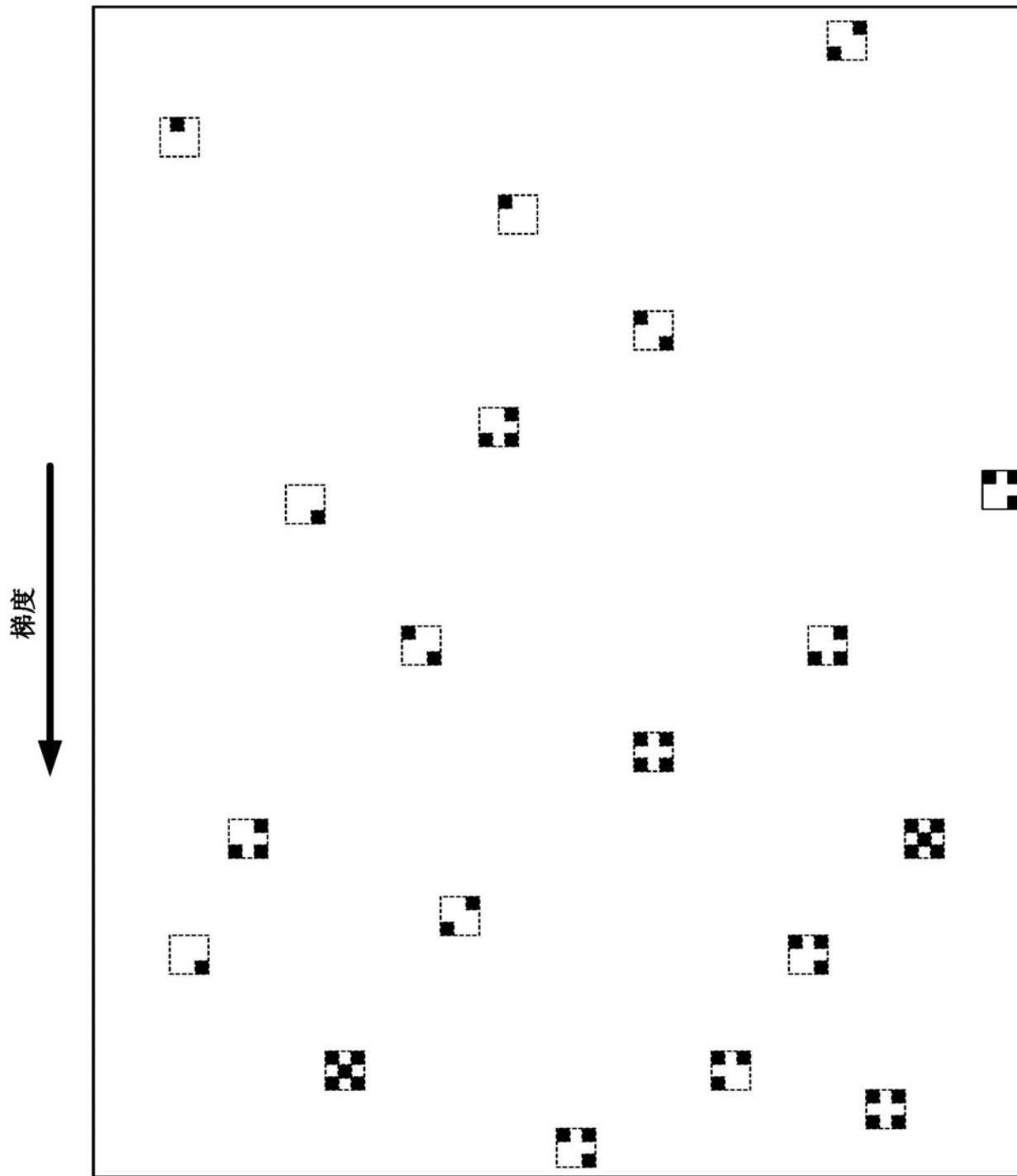


图31

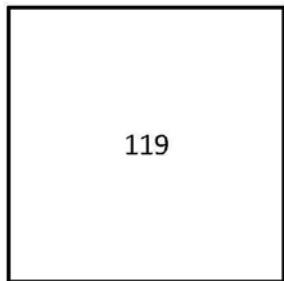


图32A

179	84	131	159
189	192	193	108
81	166	189	218
130	55	94	149

图32B

A=55 I=159
B=81 J=166
C=84 K=179
D=94 L=189a
E=108 M=189b
F=130 N=192
G=131 O=193
H=149 P=218

图33

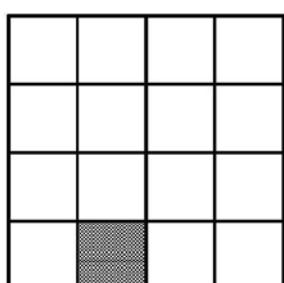


图34A

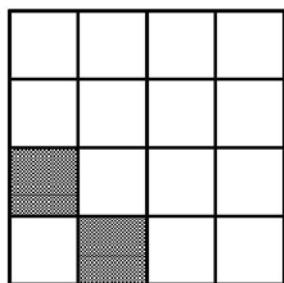


图34B

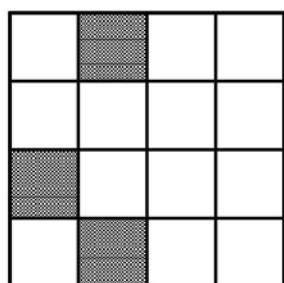


图34C

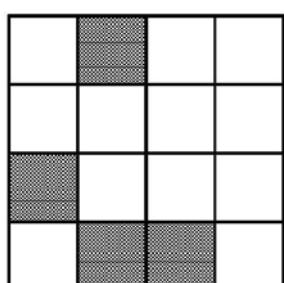


图34D

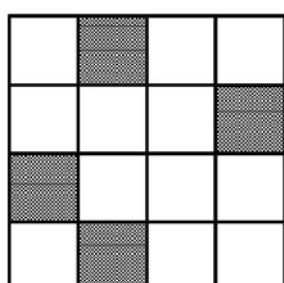


图35

179	84	131	159
189	192	149	108
81	166	189	218
130	55	94	149

图36

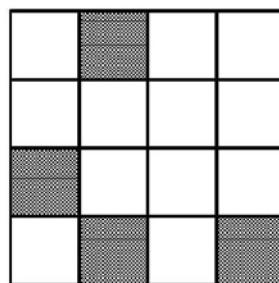


图37

179	84	131	159	217	85	123	95
189	192	193	108	57	138	67	74
81	166	189	218	115	166	83	176
130	55	94	149	96	174	190	164

图38

A=57	I=123
B=67	J=138
C=74	K=164
D=83	L=166
E=85	M=174
F=95	N=176
G=96	O=190
H=115	P=217

图39

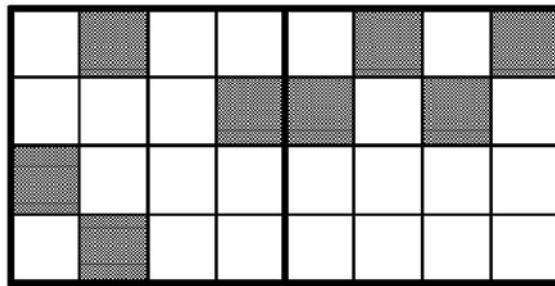


图40

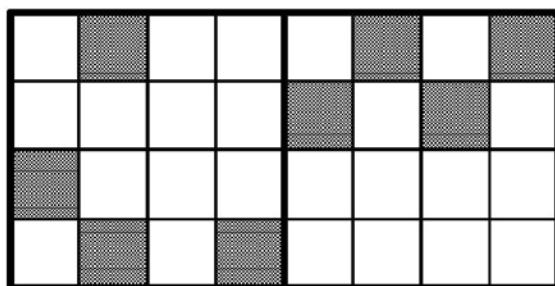


图41

179	84	131	159
189	192	193	108
81	166	189	218
130	55	94	149

图42

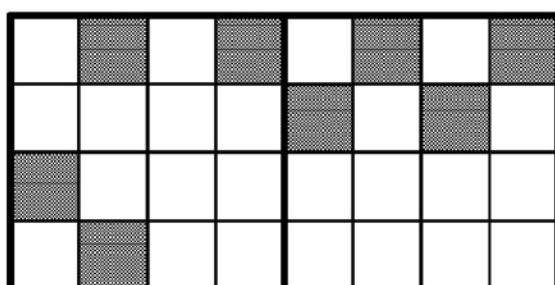


图43

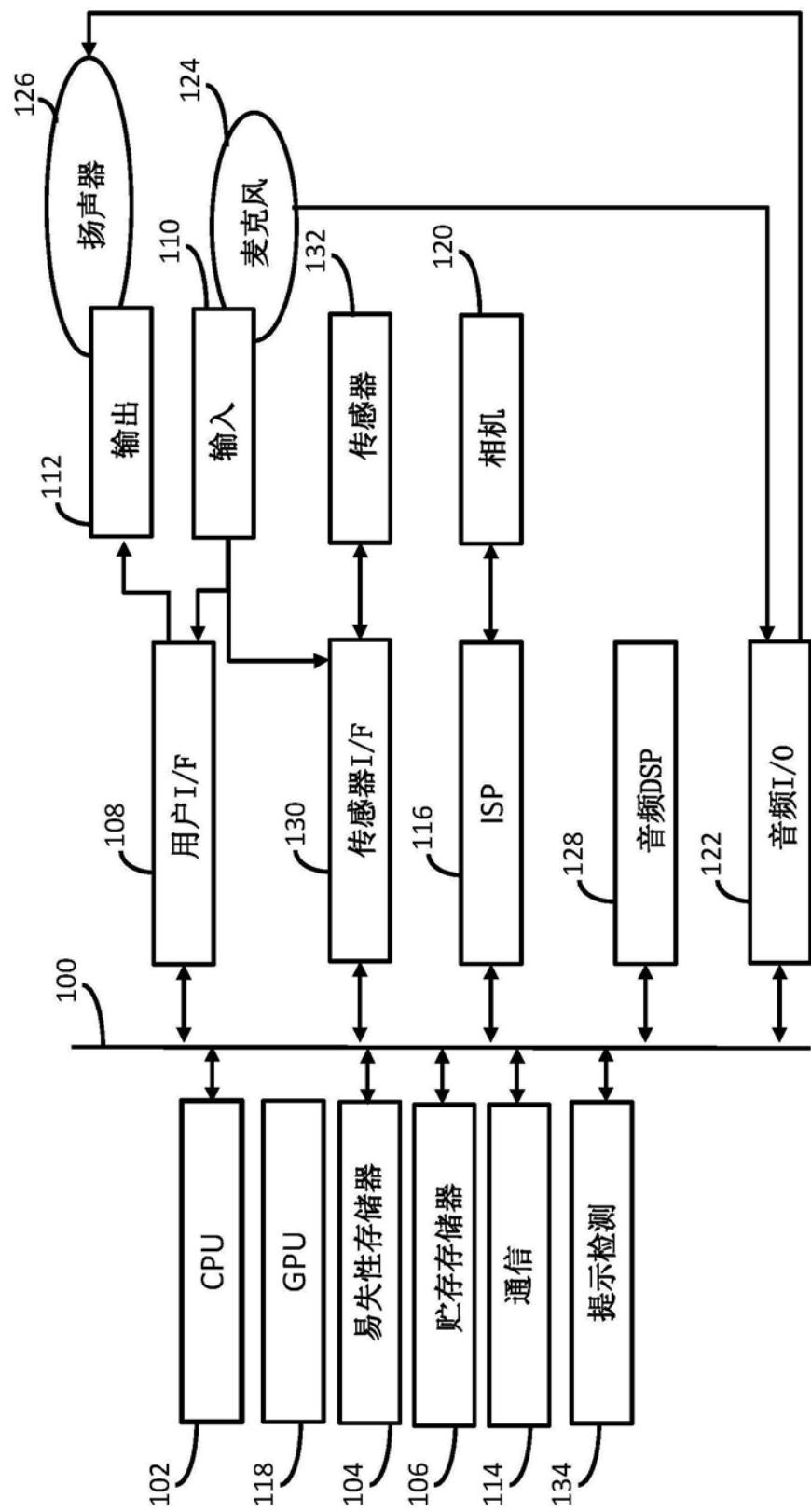


图44