



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104123740 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201410323782. 2

(22) 申请日 2014. 07. 08

(71) 申请人 浙江传媒学院

地址 310028 浙江省杭州市下沙高教园区学
源街 998 号

(72) 发明人 张根源

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

G06T 9/00 (2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种基于压缩感知的图像重构方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于压缩感知的图像重构方法,该方法首先从待重构图像的原始场景中选取若干像素点作为观测点,同一时刻采集所有观测点的观测值作为观测值矩阵,然后基于压缩感知贪婪算法计算观测值矩阵的压缩观测值矩阵,根据压缩观测值矩阵进行图像重构。本发明同时采集多个观测点的观测值,可以避免现有方法在连续采样期间场景发生变化而引起的图像失真问题,且通过压缩感知贪婪算法获取压缩观测值矩阵,能够保证得到的压缩观测值矩阵包含构建待重构图像的原始场景的所有必要信息。

1. 一种基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,包括:

(1) 在待重构图像的原始场景中选定若干个像素点作为观测点,并在某一时刻获取所有观测点的观测值作为观测值矩阵;

(2) 采用压缩感知贪婪算法按照设定的压缩矩阵计算所述观测值矩阵的压缩观测值矩阵;

(3) 利用所述的压缩观测值矩阵进行图像重构,得到重构图像。

2. 如权利要求1所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述步骤(1)按照泊松盘分布选定若干个像素点作为观测点。

3. 如权利要求2所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,相邻观测点之间的距离为1~3个像素。

4. 如权利要求3所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述观测点的个数为待重构图像中像素点个数的10~90%。

5. 如权利要求4所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述观测点的个数为待重构图像中像素点个数的25%。

6. 如权利要求5所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述的压缩矩阵为:

$$S\Phi(\Psi^T)^{-1}y,$$

其中,S为设定的采样矩阵, Φ 为可逆模糊滤波器, Ψ 为小波基,y为观测值矩阵。

7. 如权利要求6所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述步骤(2)中根据以下公式计算压缩观测值矩阵 \hat{x}_b :

$$\hat{x}_b = S\Phi(\Psi^T)^{-1}y。$$

8. 如权利要求7所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述的可逆模糊滤波器为高斯滤波器。

9. 如权利要求7所述的基于压缩感知的图像重构方法,其特征在于,所述的步骤(3)中根据以下公式获得重构图像X:

$$X = \Phi^{-1}\Psi^{-1}\hat{x}_b。$$

一种基于压缩感知的图像重构方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理领域,具体涉及一种基于压缩感知的图像重构方法。

背景技术

[0002] 众所周知,实际生活中图像在变换域中是可以被压缩的,这也是 JPEG 以及 JPEG2000 等变换编码压缩算法得以实现的原因。绝大多数图像重构系统都没有在图像采集阶段进行压缩,而是度量完整的像素信息,然后在压缩阶段又会丢失掉相当一部分信息。自然会想到是否可以在采集阶段直接只度量图像中那些“重要的”信息,而不耗费资源(时间,带宽,能量等)去度量那些在压缩阶段会被丢失的信息。

[0003] 为了实现这个目标,将压缩感知理论应用于图像重构应用近年来成为热点,形成了压缩图像重构研究领域。压缩感知理论提出:如果信号在一个变换域内是稀疏的,在特定条件下使用简单优化算法,可以基于一小部分线性测量值重构出完整的信号。

[0004] 不同于传统相机的传感器阵列中每个像素同时度量不同值,单像素相机使单片感光器每次只度量一个强度值。虽然单像素相机很早就存在了(比如 1920 年代的 flying spot 相机),但是将压缩感知应用于成像的推广促进了单像素相机系统的发展。2005 年,Sen 等人利用一台 DLP 投影仪和一个感光器演示了第一个单像素相机,他们把这称为“双摄影”(dual photography)。由于压缩感知理论还没有发展起来,他们实现了一种高效的适应算法,可以在使用少于 1000 种模式的情况下获得高质量图像。后来 Sen 和 Darabi 将这项技术进行了发展,引入了压缩感知,使得采集过程大大简化。

[0005] 2006 年,Rice 大学的 DSP 团队实现了另一种单像素相机,借助一台 DSP 设备,将场景图像直接调制到感光器上。这项工作的创新点在于它利用了压缩感知的概念,一开始就高效的采集了图像,而无需使用适应算法。在压缩感知研究领域,基于任意基函数采集场景投影的能力,为成像应用注入了活力。

[0006] 目前,大多数图像压缩算法是针对由随机模式投影获得的连续测量值而开发的。这类算法的扩展包括基于块的压缩感知和使用 CMOS 硬件加速系数测量。Haupt 和 Nowak 对传统像素采样和压缩感知成像进行了对比,但是在比较时对两种方法进行了区别处理:针对传统成像,在 k 像素样本中进行了插值,针对压缩成像假定图像有 k 个连续投影。除此之外,还针对频域中的样本进行压缩成像的研究工作。但是,傅立叶域成像算法不能实际应用于相机应用,大多数压缩成像算法需要通过 k 个连续样本才能重建图像。

[0007] 传统压缩图像重构中,需要进行 k 次连续度量 ($k < n$),图像 x 在每个 k 采样基函数上被投影,然后使用压缩感知重建稀疏 \hat{x} 。稀疏 \hat{x} 可以被转换成原图像 x 的近似结果 \tilde{x} ,且在转换过程中只会丢失少量信息。这个处理过程需要对场景采集 k 张照片,然而实际应用中 k 的数量依然是相当大的,导致其无法成为一套适用的压缩图像重构方案,且在 k 次连续采样期间场景可能发生变化,进而引起的图像失真问题。

发明内容

[0008] 针对现有技术的不足,本发明提供了一种基于压缩感知的图像重构方法。

[0009] 一种基于压缩感知的图像重构方法,包括:

[0010] (1) 在待重构图像的原始场景中选定若干个像素点作为观测点,并在某一时刻获取所有观测点的观测值作为观测值矩阵;

[0011] (2) 采用压缩感知贪婪算法按照设定的压缩矩阵计算所述观测值矩阵的压缩观测值矩阵;

[0012] (3) 利用所述的压缩观测值矩阵进行图像重构,得到重构图像。

[0013] 本发明中观测点的观测值实际上指各个观测点的像素值。本发明在待重构图像的原始场景中选取若干像素点作为观测点,在同一时刻采集所有观测点的观测值作为观测值矩阵,基于压缩感知贪婪算法计算观测值矩阵的压缩观测值矩阵,进一步根据压缩观测值矩阵进行图像重构。本发明同时采集多个观测点的观测值,可以避免现有方法在连续采样期间场景发生变化而引起的图像失真问题,且通过压缩感知贪婪算法获取压缩观测值矩阵,能够最大程度保证得到的压缩观测值矩阵包括待重构图像的原始场景中所有必要信息。

[0014] 所述步骤(1)按照泊松盘分布选定若干个像素点作为观测点。

[0015] 相邻各观测点之间的距离为1~3个像素

[0016] 为达到良好的采样效果,按照泊松盘分布在选择多个像素点作为观测点,为保证精度,相邻各观测点之间保持一定的距离,各有像素样本被以至少一个固定距离间隔,相对于完全随机样本而言,按照本发明的方法选定观测点,保证了观测值的有效性和全局性,且在保证最终图像重构质量的前提下降低了观测点数,降低了数据量和复杂度。选定观测点后,可以通过简单测量原始图像(待重构图像)中各个观测点的位置来模拟成像过程。

[0017] 本发明中相邻观测点之间的距离为1~3个像素,是指相邻观测点之间的距离在该范围内分布,每组相邻观测点之间的距离相互独立,可能相同,也可能不同,互不影响。

[0018] 所述观测点的个数为待重构图像中像素点个数的10~90%。

[0019] 作为优选,所述观测点的个数为待重构图像中像素点个数的25%。

[0020] 观测点的个数直接影响到重构图像的精确度和质量,可根据实际情况设定,通常在待重构图像大小相同的情况下,观测点的个数越多,丢失的信息越少,精确度越高,质量越好,反之,精确度越低,质量越差。但是观测点多,导致计算量大,进一步导致重构速率下降。

[0021] 所述的压缩矩阵为:

[0022] $S\Phi(\Psi^T)^{-1}y$,

[0023] 其中,S为设定的采样矩阵, Φ 为可逆模糊滤波器, Ψ 为小波基,y为观测值矩阵。

[0024] 本发明中采样矩阵S大小为 $n \times k$,可逆模糊滤波器 Φ 和小波基 Ψ 均为 $k \times k$ 的矩阵,k为观测点的个数,n为待重构图像中像素点个数。

[0025] 确定压缩矩阵是得到能够重构高质量的图像的关键,本发明中采样矩阵每行每列都有唯一的非零元素,且为1,其中中为1的元素的位置由各个观测点在待重构图像中的位置对应。

[0026] 作为优选,所述的可逆模糊滤波器为高斯滤波器。

[0027] 设置可逆模糊滤波器为高斯滤波器。通过在频畴 $\Phi = F^T G F$ 中将高斯矩阵G(即

高斯滤波器)进行相乘实现。矩阵F是傅立叶变换矩阵,高斯矩阵G的对角线构成一个高斯方程。为了计算反滤波器,需要对逆高斯矩阵 G^{-1} 求值, G^{-1} 也是一个对角矩阵。由于逆高斯曲线容易放大噪点,使用线性Wiener滤波对高斯方程进行转化,这意味着的逆矩阵中的对角线元素可以表示为 $G_{i,i}^{-1} = G_{i,i} / (G_{i,i}^2 + \lambda)$ 。增加高斯滤波器之后,压缩矩阵现在由两部分组成:采样矩阵S和经过滤波的小波矩阵 $\Phi^{-1}\Psi^T$ 。

[0028] 所述步骤(2)中根据以下公式计算压缩观测值矩阵 \hat{x}_b :

$$[0029] \quad \hat{x}_b = S\Phi(\Psi^T)^{-1}y。$$

[0030] 在压缩矩阵确定时,可以使用压缩感知贪婪算法能够快速获得观测值矩阵y的压缩观测值矩阵 \hat{x}_b 。

[0031] 由于小波基与采样矩阵不是非连续的。通常,一种变换在定义局部特征表现得越好,则它使用的采样矩阵的尖峰时连续性越好,而在压缩感知框架下的可用性越差。傅立叶域中,真实图像的稀疏性还不够大,由于基于压缩感知理论进行图像重构时需要离散系数个数4到5倍的样本量,导致该方法失效。

[0032] 为提高应用范围,压缩中采用小波基提高了得到的压缩观测值矩阵的稀疏性,可以有效提高观测值的离散性,降低压缩观测值矩阵的大小,进而降低数据量,且本发明中通过对小波基进行可逆模糊滤波,降低小波基与采样矩阵的相关性,进一步提高图像重新的效果。

[0033] 所述的步骤(3)中根据以下公式获得重构图像X:

$$[0034] \quad X = \Phi^{-1}\Psi^{-1}\hat{x}_b。$$

[0035] 与现有技术相比,本发明的具有如下有益效果:

[0036] (a) 本发明采用在多个观测点上同时进行观测的方法,可以避免现有方法在连续采样期间场景发生变化而引起的图像失真问题。

[0037] (b) 本发明按照泊松分布选取观测点,保证了观测值的有效性和全局性,在保证最终图像重构质量的前提下减小了观测点的数量,降低了数据量和复杂度。

[0038] (c) 本发明的压缩矩阵使用经过高斯滤波的小波基,可以有效提高观测值的离散性,降低压缩观测值矩阵的大小,进而降低数据量,且通过高斯滤降低压缩矩阵与观测值矩阵的相关性,提高图像重建效果。

具体实施方式

[0039] 下面将结合具体实施例对本发明进一步详细描述。

[0040] 本实施例的基于压缩感知的图像重构方法,包括如下步骤:

[0041] (1) 按照泊松分布在待重构图像的原始场景中选定若干个像素点作为观测点。

[0042] 观测点的个数直接影响到重构图像的精确度,根据实际情况设定,通常在待重构图像大小相同的情况下,观测点的个数越多,丢失的信息越少,精度越高,反之,精度越低。但是观测点多导致计算量大,进而使重构速率下降。相邻观测点之间的距离为1~3个像素,观测点的个数为待重构图像中像素点个数的25%。

[0043] (2) 采用压缩感知贪婪算法按照设定的压缩矩阵计算观测值矩阵的压缩观测值矩阵 \widehat{x}_b ，具体根据以下公式计算：

$$[0044] \quad \widehat{x}_b = S\Phi(\Psi^T)^{-1}y,$$

[0045] 其中， y 为观测值矩阵， S 为设定的采样矩阵， Φ 为可逆模糊滤波器（本实施例中为高斯滤波器）， Ψ 为小波基。

[0046] 本实施例中采样矩阵 S 的每行每列都只有唯一一个非零元素，且为 1（其余元素全部为 0），大小为 $n \times k$ ， k 为观测点的个数， n 为待重构图像中像素点个数，该采样矩阵中为 1 的元素的位置由各个观测点在待重构图像中的位置决定，且采样矩阵为待重构图像矩阵的正交基。

[0047] 在频畴 $\Phi = F^T G F$ 中将高斯矩阵 G 进行相乘实现。 F 是傅立叶变换， G 的对角线构成一个高斯方程。为了计算反滤波器，对 G^{-1} 求值， G^{-1} 也是一个对角矩阵。由于逆高斯曲线容易放大噪点，使用线性维纳滤波（Wiener 滤波）对高斯方程进行转化，则逆矩阵中的对角线元素可以表示为 $G_{ii}^{-1} = G_{ii} / (G_{ii}^2 + \lambda)$ 。本实施例中令 $\lambda = 0.4$ 。高斯方程中的变量 σ^2 取决于观测点的个数与待重构图像的中像素点个数的比例，本实施例中该比例为 25%，对应设定 $\sigma^2 = 3.38 \times 10^3$ 。

[0048] 本实施例中，压缩矩阵现在由两部分组成：采样矩阵 S 和经过滤波的小波矩阵 $\Phi^{-1}\Psi^T$ 。以采样矩阵 S 和经过高斯滤波的小波矩阵 $\Phi^{-1}\Psi^T$ 中任意两个元素的最大内积的 \sqrt{n} 倍的值来衡量二者的关联性。对于滤波后小波矩阵 $\Phi^{-1}\Psi^T$ ，与采样矩阵 S 的关联性是 158.3，而没有经过滤波的值是 261.6，二者关联性越小，重构得到的重构图像的质量越高。

[0049] (3) 利用压缩观测值矩阵基于压缩感知理论进行图像重构，得到重构图像，具体根据以下公式得到重构图像 X ：

$$[0050] \quad X = \Phi^{-1}\Psi^{-1}\widehat{x}_b。$$

[0051] 以上所述的具体实施方式对本发明的技术方案和有益效果进行了详细说明，应理解的是以上所述仅为本发明的最优选实施例，并不用于限制本发明，凡在本发明的原则范围内所做的任何修改、补充和等同替换等，均应包含在本发明的保护范围之内。