



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116559895 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 08

(21) 申请号 202310527641.1

(22) 申请日 2023.05.11

(71) 申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
街道孝陵卫街200号

(72) 发明人 来建成 吴寒 严伟 王春勇
李振华 纪运景 赵艳 吴志祥

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

专利代理师 岑丹

(51) Int. Cl.

G01S 17/10 (2020.01)

G01S 7/48 (2006.01)

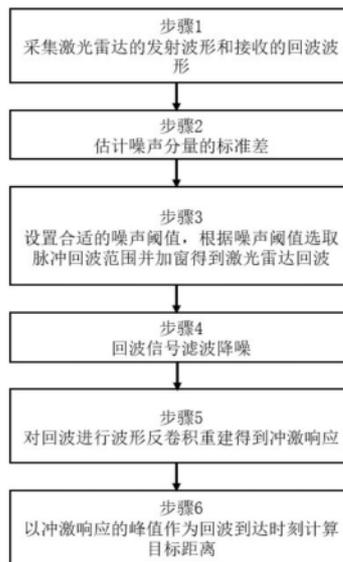
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,属于全波形激光雷达测距领域。该方法包括以下步骤:采集激光雷达的发射波形和接收的回波波形;估计噪声分量的标准差;设置合适的噪声阈值,根据噪声阈值选取脉冲回波范围并加窗得到激光雷达回波;对回波信号滤波降噪;对回波进行波形反卷积重建得到冲激响应;以冲激响应的峰值作为回波到达时刻计算目标距离。本发明通过波形反卷积重建,消除了激光雷达发射波波形的影响,保留了蕴含目标属性的冲激响应,与现有技术相比,本发明有更高的激光雷达测距精度。



1. 一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:采集激光雷达的发射波形和接收的回波波形;

步骤2:估计噪声分量的标准差;

步骤3:设置噪声阈值,根据噪声阈值选取脉冲回波范围并加窗得到激光雷达回波;

步骤4:对回波信号进行滤波降噪;

步骤5:对滤波降噪后的回波进行波形反卷积重建得到冲激响应;

步骤6:以冲激响应的峰值作为回波到达时刻计算目标距离。

2. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤1中的激光雷达发射波和回波采集的时间分辨率不大于1ns。

3. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤2中选取发射信号之前接收到的信号进行噪声估计。

4. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤3中选取信号幅度大于噪声阈值,且持续时间至少对应于幅度高度一半的发射脉冲的长度的脉冲回波。

5. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤4中的滤波降噪采用SG滤波方法。

6. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤5中对滤波降噪后的回波进行波形反卷积重建得到冲激响应的具体方法为:

$$\hat{H} = \arg \min \{ \|Y - XH\|_2^2 + \mu(\chi \|H\|_1 + (1 - \chi) \|H\|_2) \}$$

式中,H为冲激响应的矩阵形式,Y为回波的矩阵形式,X为发射波组成的模糊矩阵, μ 和 χ 为正则化参数;

采用广义交叉验证选取正则化参数,求解出H。

7. 根据权利要求1所述的基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,其特征在于,步骤6中的目标距离采用冲激响应峰值位置进行计算,激光雷达发射脉冲时刻开始计时,峰值位置作为结束计时时刻,目标距离计算公式为:

$$d = \frac{c(t_2 - t_1)}{2}$$

式中,c为光速, t_1 和 t_2 分别为计时时刻和结束计时时刻。

基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法

技术领域

[0001] 本发明属于全波形激光雷达信号处理技术,具体为一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法。

背景技术

[0002] 激光雷达技术发展日益成熟,在机器人导航、自动驾驶、测绘、航空航天和安全监控等领域得到了广泛的应用。近年来快速发展自动驾驶技术把激光雷达的发展推进到了一个历史的至高点。传统激光雷达系统只能获取少数几个回波峰值的返回时刻,而全波形激光雷达系统可以记录完整的回波波形。全波形激光雷达通过对激光回波的数字信号处理获取目标距离和表面形态特征,相比于传统模拟信号处理激光雷达能使用更加灵活的信号处理手段,实现更高的测距精度,是目前激光雷达发展的重要方向。

[0003] 全波形激光雷达系统的出现使得对其回波波形进行波形反卷积处理成为可能。测距是激光雷达最基础的功能之一,现有的测距方法有恒阈值法、峰值法及恒定比值法等,而通常这些方法的测距精度较低,有时无法满足测距要求。因此通过对全波形激光雷达的回波进行反卷积处理,发展测距方法对于改善激光雷达测距精度具有重要意义。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中的上述技术缺陷,本发明通过了一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法。

[0005] 实现本发明目的的技术方案为:一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1:采集激光雷达的发射波形和接收的回波波形;

[0007] 步骤2:估计噪声分量的标准差;

[0008] 步骤3:设置噪声阈值,根据噪声阈值选取脉冲回波范围并加窗得到激光雷达回波;

[0009] 步骤4:对回波信号进行滤波降噪;

[0010] 步骤5:对滤波降噪后的回波进行波形反卷积重建得到冲激响应;

[0011] 步骤6:以冲激响应的峰值作为回波到达时刻计算目标距离。

[0012] 优选地,步骤1中的激光雷达发射波和回波采集的时间分辨率不大于1ns。

[0013] 优选地,步骤2中的噪声估计选取发射之前接收到的信号进行估计。

[0014] 优选地,步骤3中选取信号幅度大于噪声阈值,且持续时间至少对应于幅度高度一半的发射脉冲的长度的脉冲回波。

[0015] 优选地,步骤4中的滤波降噪采用SG滤波方法。

[0016] 优选地,步骤5中对滤波降噪后的回波进行波形反卷积重建得到冲激响应的具体方法为:

[0017]
$$\hat{H} = \arg \min \{ \|Y - XH\|_2^2 + \mu(\chi \|H\|_1 + (1 - \chi) \|H\|_2) \}$$

[0018] 式中, H 为冲激响应的矩阵形式, Y 为回波的矩阵形式, X 为发射波组成的模糊矩阵, μ 和 x 为正则化参数;

[0019] 采用广义交叉验证选取正则化参数, 求解出 H 。

[0020] 优选地, 步骤6中的目标距离采用冲激响应峰值位置进行计算, 激光雷达发射脉冲时刻开始计时, 峰值位置作为结束计时时刻, 目标距离计算公式为:

$$[0021] \quad d = \frac{c(t_2 - t_1)}{2}$$

[0022] 式中, c 为光速, t_1 和 t_2 分别为计时时刻和结束计时时刻。

[0023] 本发明与现有技术相比, 其显著优点为: 本发明采用回波波形反卷积重建, 消除了发射波形的影响, 得到与目标属性有关的冲激响应, 以激光发射时刻作为计时时刻, 测距结果不再受到发射波脉宽和形状的影响, 测距精度更高且不用考虑测距偏移量。

[0024] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述, 并且, 部分的从说明书中变得显而易见, 或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0025] 附图仅用于示出具体实施例的目的, 而并不认为是对本发明的限制, 在整个附图中, 相同的参考符号表示相同的部件。

[0026] 图1为本发明的流程图。

[0027] 图2为本发明的冲激响应峰值点。

具体实施方式

[0028] 容易理解, 依据本发明的技术方案, 在不变更本发明的实质精神的情况下, 本领域的一般技术人员可以想象出本发明的多种实施方式。因此, 以下具体实施方式和附图仅是对本发明的技术方案的示例性说明, 而不应当视为本发明的全部或者视为对本发明技术方案的限制或限定。相反, 提供这些实施例的目的是为了使本领域的技术人员更透彻地理解本发明。下面结合附图来具体描述本发明的优选实施例, 其中, 附图构成本申请一部分, 并与本发明的实施例一起用于阐释本发明的创新构思。

[0029] 本发明构思为, 一种基于激光雷达信号反卷积重建的测距方法, 图1为本发明的实现流程图, 该方法包括以下步骤:

[0030] 步骤1: 采集激光雷达的发射波形和接收的回波波形, 时间分辨率为0.1ns, 具体时间分辨率需要根据实际发射脉冲的脉宽选择。

[0031] 步骤2: 估计噪声分量的标准差, 使用未接收到脉冲回波时的信号部分进行计算。

[0032] 步骤3: 设置噪声阈值为 S_{th} , 根据噪声阈值 S_{th} 选取脉冲回波范围, 对选取范围加窗得到激光雷达回波信号。在加窗时, 要注意确保以足够的窗长考虑存在有用信号的整个信号范围。

[0033] 步骤4: 对回波信号进行SG滤波降噪。SG滤波方法能够更有效地保留信号信息, 避免波形失真。

[0034] 步骤5: 根据采集到的发射波和回波构造矩阵 X 和矩阵 Y , 反卷积重建求解写为:

$$[0035] \quad \hat{H} = \arg \min \{ \|Y - XH\|_2^2 + \mu(\chi \|H\|_1 + (1 - \chi) \|H\|_2) \}$$

[0036] 式中, H为冲激响应的矩阵形式, Y为回波的矩阵形式, X为发射波组成的模糊矩阵。 μ 和 χ 为正则化参数。采用广义交叉验证选取合适的正则化参数, 求解出H。

[0037] 步骤6: 激光雷达发射脉冲时刻开始计时, 冲激响应的峰值作为结束计时时刻, 如图2为冲激响应峰值点, 计算目标距离, 计算公式为:

$$[0038] \quad d = \frac{c(t_2 - t_1)}{2}$$

[0039] 式中, c为光速, t_1 和 t_2 分别为计时时刻和结束计时时刻。

[0040] 如图2所示, 激光雷达回波反卷积重建得到的目标冲激响应反映了目标属性, 且冲激响应的宽度较回波的宽度小, 因此使用重建响应计算激光时延具有更好的精度。冲激响应峰值点表示目标对激光雷达波形影响最大的位置, 选取重建响应峰值点作为计时截至时刻来表示目标的距离。

[0041] 以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此,

[0042] 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。

[0043] 应当理解, 为了精简本发明并帮助本领域的技术人员理解本发明的各个方面, 在上面对本发明的示例性实施例的描述中, 本发明的各个特征有时在单个实施例中进行描述, 或者参照单个图进行描述。但是, 不应将本发明解释成示例性实施例中包括的特征均为本专利权利要求的必要技术特征。

[0044] 应当理解, 可以对本发明的一个实施例的设备中包括的模块、单元、组件等进行自适应性地改变以把它们设置在与该实施例不同的设备中。可以把实施例的设备包括的不同模块、单元或组件组合成一个模块、单元或组件, 也可以把它们分成多个子模块、子单元或子组件。

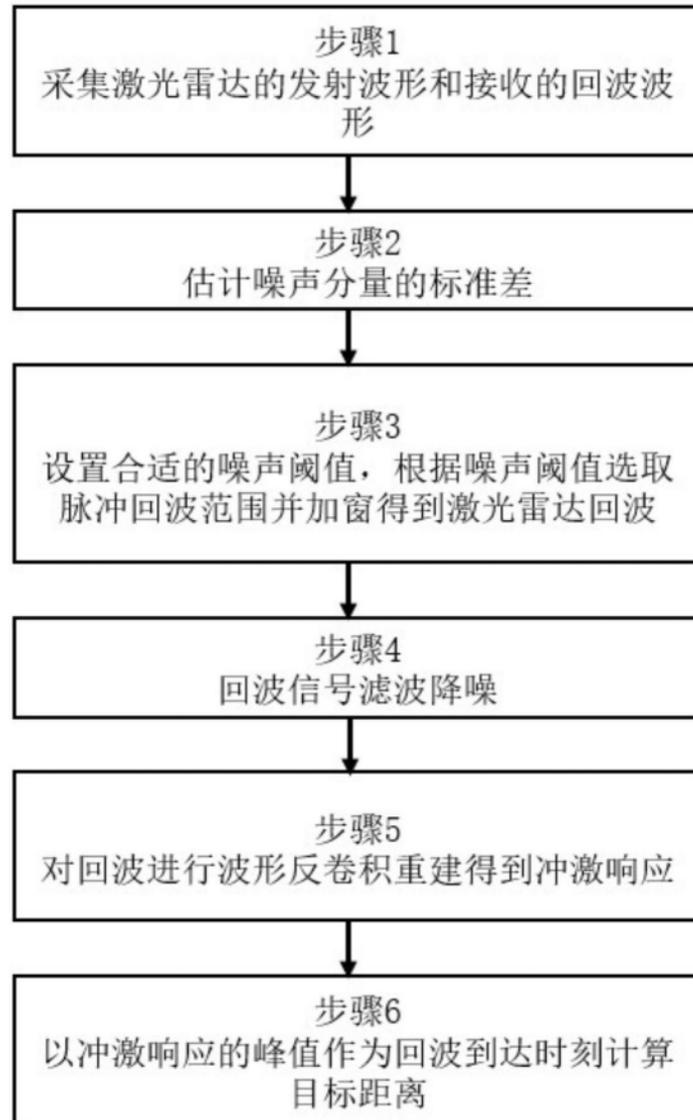


图1

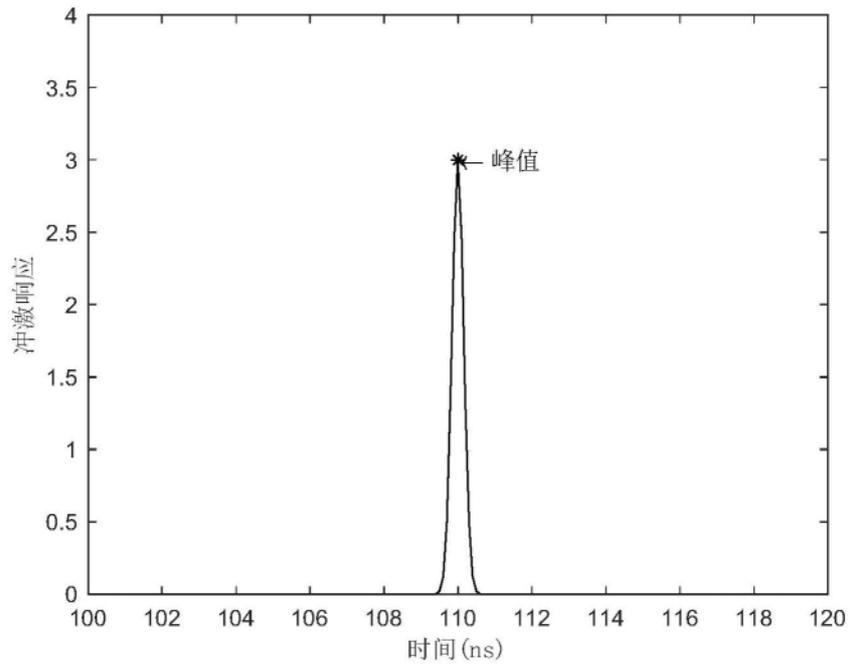


图2