

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 17 日 (17.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/010679 A1

(51) 国际专利分类号:
G01S 13/90 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/092826

(22) 国际申请日: 2017 年 7 月 13 日 (13.07.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 中山大学 (SUN YAT-SEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省广州市海珠区新港西路135号, Guangdong 510276 (CN)。

(72) 发明人: 陈崇雨 (CHEN, Chongyu); 中国广东省广州市海珠区新港西路135号, Guangdong 510275 (CN)。 林惊 (LIN, Liang); 中国广东省广州市海珠区新港西路135号, Guangdong 510275 (CN)。

(74) 代理人: 广州粤高专利商标代理有限公司 (YOGO PATENT AND TRADEMARK AGENCY LIMITED COMPANY); 中国广东省广州市天河区体育西路191号中石化大厦B塔4416室 林丽明, Guangdong 510620 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: ACTIVE SCENE THREE-DIMENSIONAL INFORMATION ACQUISITION METHOD BASED ON DIMENSIONALITY REDUCTION SPARSE REPRESENTATION

(54) 发明名称: 一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法

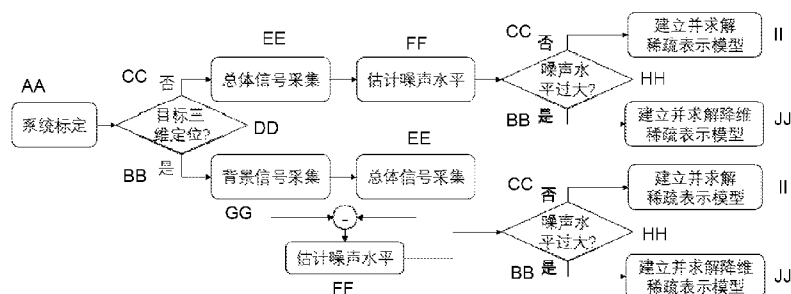


图 1

- AA System calibration
- BB Yes
- CC No
- DD Target three-dimensional positioning?
- EE Overall signal acquisition
- FF Noise level estimation
- GG Background signal acquisition
- HH Is the noise level too large?
- II Establish and solve a sparse representation model
- JJ Establish and solve a dimensionality reduction sparse representation model

(57) Abstract: The invention provides an active scene three-dimensional information acquisition method on the basis of a dimensionality reduction sparse representation. The method jointly processes multiple one-dimensional active detection signals acquired synchronously, to realize three-dimensional positioning of objects or three-dimensional reconstruction of a scene structure within a detected scene. Through an active detection system equipped with one transmitter and multiple receivers, simultaneous three-dimensional positioning of multiple targets in the scene or three-dimensional reconstruction of a scene geometry is achieved.

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法, 该方法对同步采集的多个一维主动探测信号进行联合处理, 实现被探测场景内物体的三维定位或者场景结构的三维重建, 通过配备有一个发射端和多个接收端的主动探测系统, 实现对场景中多个目标的同时三维定位或者对场景几何结构的三维重建。

一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法

技术领域

本发明涉及数字信号处理方法领域，更具体地，涉及一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法。

背景技术

基于主动探测的目标定位与场景重建技术在交通、勘探和航空等领域有着广泛的应用，人们开发出了各种雷达设备来满足不同场景对探测的需求。传统的三点定位方法通过分析目标回波到达不同测量点的时间，实现了单个目标三维位置信息的获取。尽管该方法所需传感器的数量大于目标数量，但是其应用仍然十分广泛。多输入多输出雷达系统通过在不同的地点部署发射端和接收端，实现了多个目标的同时定位。然而，此类系统对发射信号的定向性要求较高，并且能探测的目标数量仍然不大于所部署的传感器数量。在不便部署雷达的室内场景，人们主要通过目标自身携带具有射频识别标签的设备来进行定位，通过分析到设备到不同传感器处的到达时间来获取物体的位置信息。对于自身不携带设备的目标，人们则需要在被检测场景周围以网格状地部署大量的传感器，通过传感器接收到物体发射信号的强弱来感知物体的位置信息。这种方法对于噪声十分敏感，而且无法同时获取多个物体的信息。并且大量传感器的布置成本较高，扩展性差。

发明内容

本发明提供一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，该方法通过部署一个发射器和少量的一维探测信号接收器，就可以获取场景中多个目标的三维位置，或者是获得被探测场景的三维结构。

为了达到上述技术效果，本发明的技术方案如下：

一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，包括以下步骤：

S1：对主动探测系统进行标定，其中，主动探测系统包括一个发射端和若干的一维探测信号接收端；

S2：对被探测场景进行探测，并采集一个探测周期内的多通道探测信号；

S3：根据标定结果和采集到的探测信号，建立和求解稀疏表示优化模型。

进一步地, 所述步骤S1的具体过程是:

将系统的发射端与接收端都朝向一个空旷的区域, 区域中只有一个尺寸不大于 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的物体, 启动发射端发射一个探测信号 s , 记录每一个接收端所接收到的单个反射信号的波形, 所接收到的波形记为 s_1 、 s_2 、 $\dots$ 、 s_n , 其中 n 为接收端的个数, 记录完接收到的波形之后, 对系统的标定完毕。

进一步地, 所述步骤S2的具体过程是:

将多个接收端放置在不与发射端共面的位置, 且与发射端间距不小于 L , 对于波速为 v 、持续时间为 t 的探测信号, 令 $L \geq vt$;

令发射端和接收端都朝向被探测场景, 当要获取场景中的目标信息时, 启动步骤S21; 当要获取场景三维结构时, 启动步骤S22;

S21: 对没有目标的场景发射一个探测信号 s , 记录每个接收端接收到的信号 b_1 、 b_2 、 $\dots$ 、 b_n , 当场景里面出现目标时, 再对有目标的场景发射探测信号 s , 记录每个接收端接收到的信号 z_1 、 z_2 、 $\dots$ 、 z_n , 令 $y_1 = z_1 - b_1$, $y_2 = z_2 - b_2$, $\dots$, $y_n = z_n - b_n$ 。

S22: 对场景发射一个探测信号 s , 记录每个接收端接收到的信号 y_1 、 y_2 、 $\dots$ 、 y_n 。

进一步地, 所述步骤S3的具体过程是:

S31: 将被探测场景划分为多个尺寸为 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的体素, 建立稀疏表示字典 D_1 、 D_2 、 $\dots$ 、 D_n , 其中第 i 个字典 D_i 的第 j 列元素为第 j 个体素有物体时第 i 个接收端应该接收到的波形, 可用平移到对应位置上的 s_i 来近似;

S32: 构造总体稀疏表示字典 $D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_n \end{bmatrix}$ 以及总体接收信号 $y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}$, 其中字

典 D 为 $p \times q$ 的矩阵, 并估计字典的噪声水平 σ_D 和接收信号的噪声水平 σ_s , 若 $\sigma_D^2 / \|D\|_F^2 \leq \tau$ 并且 $\sigma_s^2 / \|y\|_2^2 \leq \tau$ 时, 启动步骤S33, 否则启动步骤S34, 其中阈值 τ 取0.05;

S33: 建立并求解优化模型 $\min_x \frac{1}{2} \|y - DWx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1$, 其中 $\lambda = \sigma_s \sqrt{2 \log q}$,

得到场景的三维信息 Wx ;

S34: 令 $m = \min(p, q)$, 取适当的 k , 使得 $\sum_{i=1}^k \omega_i^2 / \sum_{i=1}^m \omega_i^2 \approx \sigma_s^2 / \|y\|_2^2$; 对字典 D

进行奇异值分解, 得到 $D = U \Sigma V^T$; 计算 $D_k = U_k \Sigma_k V_k^T$, 其中 U_k 是 U 的前 k 列, V_k 是 V 的前 k 列, 对角阵 Σ_k 是 Σ 的前 k 行和前 k 列的交集矩阵; 建立并求降维稀疏表示优化模型 $\min_x \frac{1}{2} \|U_k^T y - \Sigma_k V_k^T Wx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1$, 其中 $\lambda = \sigma_s^2 \log q$, 得到场景的三维信息 Wx 。

进一步地, 在步骤S33和S34中, 如果是获取场景中的目标信息, 则矩阵 W 为单位阵; 如果是获取场景的结构信息, 则矩阵 W 为使得 Wx 具有稀疏性的变换矩阵。

与现有技术相比, 本发明具有以下优点:

本发明对同步采集的多个一维主动探测信号进行联合处理, 实现被探测场景内物体的三维定位或者场景结构的三维重建。可以通过配备有一个发射端和多个接收端的主动探测系统, 实现对场景中多个目标的同时三维定位或者对场景几何结构的三维重建。在本发明中, 我们把被探测场景的三维信息按照体素来进行划分, 从而将三维信息获取的问题重新建模为多个一维信号的解混叠问题, 并且在稀疏表示的框架下转化为凸优化问题来进行求解。当接收信号噪声较大时, 本发明稀疏表示模型进一步转化为降维稀疏表示模型。有关实验表明, 在多目标同时定位的问题上, 所提方法突破了传统三点定位法中对传感器数量的要求; 在场景三维信息的获取上, 所提方法只需要多个一维信号传感器, 可以衍生为多种高效率、低成本、可扩展的主动探测方案; 所提方法的降维模型可以很好处理噪声水平较高的情况。

附图说明

图 1 为本发明方法流程图;

图 2 为室内定位场景的设置示意图;

图 3 为不同模型求解出来的系数;

图 4 为不同模型所重建出来的场景目标信息。

具体实施方式

附图仅用于示例性说明, 不能理解为对本专利的限制;

为了更好说明本实施例, 附图某些部件会有省略、放大或缩小, 并不代表实

际产品的尺寸；

对于本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

下面结合附图和实施例对本发明的技术方案做进一步的说明。

实施例 1

如图1所示，一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，包括以下步骤：

S1：对主动探测系统进行标定，其中，主动探测系统包括一个发射端和若干的一维探测信号接收端；

S2：对被探测场景进行探测，并采集一个探测周期内的多通道探测信号；

S3：根据标定结果和采集到的探测信号，建立和求解稀疏表示优化模型。

进一步地，所述步骤S1的具体过程是：

将系统的发射端与接收端都朝向一个空旷的区域，区域中只有一个尺寸不大于 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的物体，启动发射端发射一个探测信号 s ，记录每一个接收端所接收到的单个反射信号的波形，所接收到的波形记为 s_1 、 s_2 、 $\dots$ 、 s_n ，其中 n 为接收端的个数，记录完接收到的波形之后，对系统的标定完毕。

步骤S2的具体过程是：

将多个接收端放置在不与发射端共面的位置，且与发射端间距不小于 L ，对于波速为 v 、持续时间为 t 的探测信号，令 $L \geq vt$ ；

令发射端和接收端都朝向被探测场景，当要获取场景中的目标信息时，启动步骤S21；当要获取场景三维结构时，启动步骤S22；

S21：对没有目标的场景发射一个探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 b_1 、 b_2 、 $\dots$ 、 b_n ，当场景里面出现目标时，再对有目标的场景发射探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 z_1 、 z_2 、 $\dots$ 、 z_n ，令 $y_1 = z_1 - b_1$ ， $y_2 = z_2 - b_2$ ， $\dots$ ， $y_n = z_n - b_n$ 。

S22：对场景发射一个探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 y_1 、 y_2 、 $\dots$ 、 y_n 。

步骤S3的具体过程是：

S31：将被探测场景划分为多个尺寸为 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的体素，建立稀疏表示字典 D_1 、 D_2 、 $\dots$ 、 D_n ，其中第 i 个字典 D_i 的第 j 列元素为第 j 个体素有物体时第 i 个

接收端应该接收到的波形，可用平移到对应位置上的 s_i 来近似；

$$\text{S32: 构造总体稀疏表示字典 } D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_n \end{bmatrix} \text{ 以及总体接收信号 } y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}, \text{ 其中字}$$

典 D 为 $p \times q$ 的矩阵，并估计字典的噪声水平 σ_D 和接收信号的噪声水平 σ_s ，若 $\sigma_D^2 / \|D\|_F^2 \leq \tau$ 并且 $\sigma_s^2 / \|y\|_2^2 \leq \tau$ 时，启动步骤S33，否则启动步骤S34，其中阈值 τ 取0.05；

$$\text{S33: 建立并求解优化模型 } \min_x \frac{1}{2} \|y - DWx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1, \text{ 其中 } \lambda = \sigma_s \sqrt{2 \log q},$$

得到场景的三维信息 Wx ；

$$\text{S34: 令 } m = \min(p, q), \text{ 取适当的 } k, \text{ 使得 } \sum_{i=1}^k \omega_i^2 / \sum_{i=1}^m \omega_i^2 \approx \sigma_s^2 / \|y\|_2^2; \text{ 对字典 } D$$

进行奇异值分解，得到 $D = U \Sigma V^T$ ；计算 $D_k = U_k \Sigma_k V_k^T$ ，其中 U_k 是 U 的前 k 列， V_k 是 V 的前 k 列，对角阵 Σ_k 是 Σ 的前 k 行和前 k 列的交集矩阵；建立并求降维稀疏表示优化模型 $\min_x \frac{1}{2} \|U_k^T y - \Sigma_k V_k^T Wx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1$ ，其中 $\lambda = \sigma_s^2 \log q$ ，得到场景的三维信息 Wx 。

在电脑上模拟了一个利用超声波进行室内定位的场景，场景大小为 $10\text{m} \times 10\text{m} \times 4\text{m}$ ，被均匀的划分为3200个体素（体素大小为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ），声音的传播速度设定为 350m/s ，系统采样率7000样本/秒。我们以房间的一个角为原点建立坐标轴，并在原点处放置发射器。另外放置四个不共面的接收器，坐标分别为 $(10, 10, 4)$ ， $(6.5, 10, 2.5)$ ， $(10, 6.5, 2.5)$ 和 $(10, 10, 0.5)$ 。

环境初始化之后，我们产生一个调幅脉冲信号作为探测信号，然后基于该探测信号，为各个接收端构造稀疏表示字典 D_1 、...、 D_n 。首先，对无目标的场景进行了模拟探测。通过模拟该探测信号在室内的传播、衰减和反射，并加上高斯白噪声，我们可以计算出各个接收端应该接收到的背景反射信号，记录为 b_1 、...、 b_4 。然后，在场景中随机放置五个物体，再次模拟信号在室内的传播、衰减和反射，可以计算出各个接收端应该接收到的总体反射信号，记为 z_1 、...、

z_4 。令 $y_1 = z_1 - b_1$, $y_2 = z_2 - b_2$, $\dots$, $y_4 = z_4 - b_4$ 。构造总体稀疏表示字典 $D = \begin{bmatrix} D_1 \\ \dots \\ D_4 \end{bmatrix}$

以及总体接收信号 $y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_4 \end{bmatrix}$ 。我们分别通过建立稀疏表示模型

$$\min_x \frac{1}{2} \|y - Dx\|_2^2 + \lambda \|x\|_1 \quad (1)$$

和降维稀疏表示模型

$$\min_x \frac{1}{2} \|U_k^T y - \sum_k V_k^T x\|_2^2 + \lambda \|x\|_1 \quad (2)$$

来求解场景的三维信息向量 x 。模型 (1) 求解出来的 x 如图3 (a) 所示, 模型 (2) 求解出来的 x 如图3(b)图所示。图中红色的线代表信号的真实系数, 蓝色的线代表估计的系数。由于接收信号中包含噪声, 模型 (1) 估计出来的系数并不十分准确。相比之下, 模型 (2) 恢复出来的系数更加接近真实值, 可见模型 (2) 更适用于噪声水平较高的情况。通过重新排列 x , 使得 x 的元素排列到每个体素中, 得到图4所示的3D目标定位结果。其中, 左图是真实场景, 中间图是根据模型 (1) 求解结果所恢复出来的3D目标, 右图是模型 (2) 求解结果所恢复出来的3D目标。可见模型 (2) 在有噪声的时候更适用于恢复真实的3D目标。

相同或相似的标号对应相同或相似的部件;

附图中描述位置关系的用于仅用于示例性说明, 不能理解为对本专利的限制;

显然, 本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例, 而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说, 在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：对主动探测系统进行标定，其中，主动探测系统包括一个发射端和若干的一维探测信号接收端；

S2：对被探测场景进行探测，并采集一个探测周期内的多通道探测信号；

S3：根据标定结果和采集到的探测信号，建立和求解稀疏表示优化模型。

2. 根据权利要求1所所述的基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，其特征在于，所述步骤S1的具体过程是：

将系统的发射端与接收端都朝向一个空旷的区域，区域中只有一个尺寸不大于 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的物体，启动发射端发射一个探测信号 s ，记录每一个接收端所接收到的单个反射信号的波形，所接收到的波形记为 s_1 、 s_2 、 $\dots$ 、 s_n ，其中 n 为接收端的个数，记录完接收到的波形之后，对系统的标定完毕。

3. 根据权利要求2所所述的基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，其特征在于，所述步骤S2的具体过程是：

将多个接收端放置在不与发射端共面的位置，且与发射端间距不小于 L ，对于波速为 v 、持续时间为 t 的探测信号，令 $L \geq vt$ ；

令发射端和接收端都朝向被探测场景，当要获取场景中的目标信息时，启动步骤S21；当要获取场景三维结构时，启动步骤S22；

S21：对没有目标的场景发射一个探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 b_1 、 b_2 、 $\dots$ 、 b_n ，当场景里面出现目标时，再对有目标的场景发射探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 z_1 、 z_2 、 $\dots$ 、 z_n ，令 $y_1 = z_1 - b_1$ ， $y_2 = z_2 - b_2$ ， $\dots$ ， $y_n = z_n - b_n$ 。

S22：对场景发射一个探测信号 s ，记录每个接收端接收到的信号 y_1 、 y_2 、 $\dots$ 、 y_n 。

4. 根据权利要求3所所述的基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，其特征在于，所述步骤S3的具体过程是：

S31：将被探测场景划分为多个尺寸为 $h_1 \times h_2 \times h_3$ 的体素，建立稀疏表示字典 D_1 、 D_2 、 $\dots$ 、 D_n ，其中第 i 个字典 D_i 的第 j 列元素为第 j 个体素有物体时第 i 个

接收端应该接收到的波形，可用平移到对应位置上的 s_i 来近似；

$$\text{S32: 构造总体稀疏表示字典 } D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_n \end{bmatrix} \text{ 以及总体接收信号 } y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}, \text{ 其中字}$$

典 D 为 $p \times q$ 的矩阵，并估计字典的噪声水平 σ_D 和接收信号的噪声水平 σ_s ，若 $\sigma_D^2 / \|D\|_F^2 \leq \tau$ 并且 $\sigma_s^2 / \|y\|_2^2 \leq \tau$ 时，启动步骤S33，否则启动步骤S34，其中阈值 τ 取0.05；

$$\text{S33: 建立并求解优化模型 } \min_x \frac{1}{2} \|y - DWx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1, \text{ 其中 } \lambda = \sigma_s \sqrt{2 \log q},$$

得到场景的三维信息 Wx ；

$$\text{S34: 令 } m = \min(p, q), \text{ 取适当的 } k, \text{ 使得 } \sum_{i=1}^k \omega_i^2 / \sum_{i=1}^m \omega_i^2 \approx \sigma_s^2 / \|y\|_2^2; \text{ 对字典 } D$$

进行奇异值分解，得到 $D = U \Sigma V^T$ ；计算 $D_k = U_k \Sigma_k V_k^T$ ，其中 U_k 是 U 的前 k 列， V_k 是 V 的前 k 列，对角阵 Σ_k 是 Σ 的前 k 行和前 k 列的交集矩阵；建立并求降维稀疏表示优化模型 $\min_x \frac{1}{2} \|U_k^T y - \Sigma_k V_k^T Wx\|_2^2 + \lambda \|Wx\|_1$ ，其中 $\lambda = \sigma_s^2 \log q$ ，得到场景的三维信息 Wx 。

5. 根据权利要求5所所述的基于降维稀疏表示的主动式场景三维信息获取方法，其特征在于，在步骤S33和S34中，如果是获取场景中的目标信息，则矩阵 W 为单位阵；如果是获取场景的结构信息，则矩阵 W 为使得 Wx 具有稀疏性的变换矩阵。

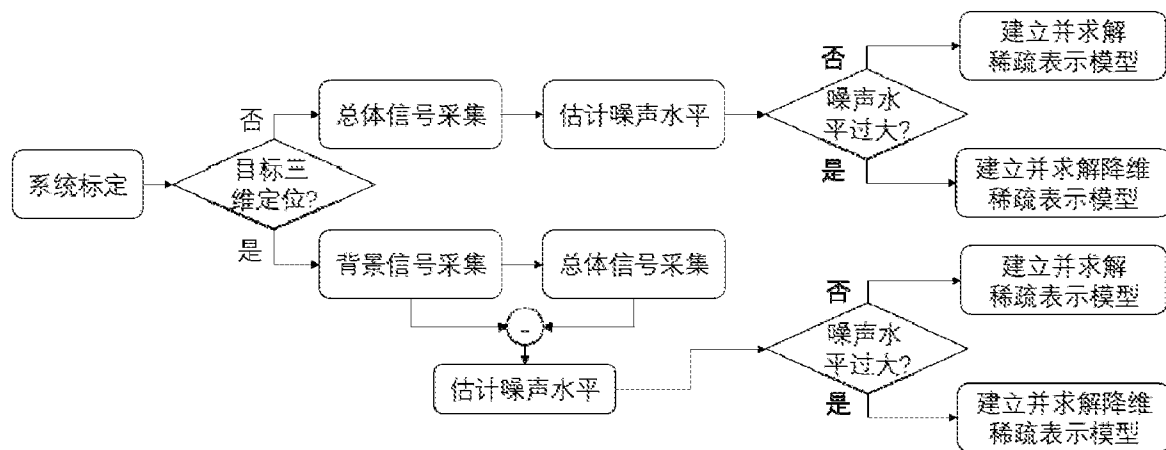


图 1

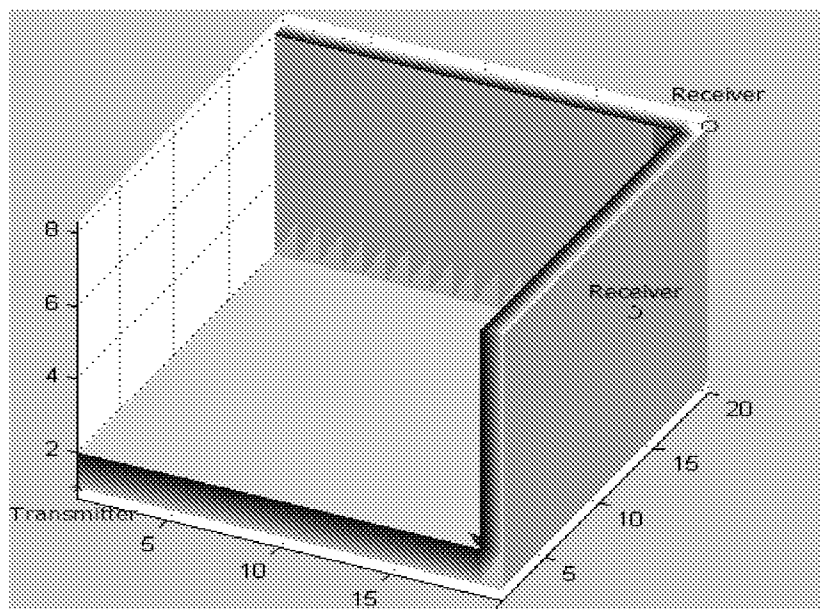


图 2

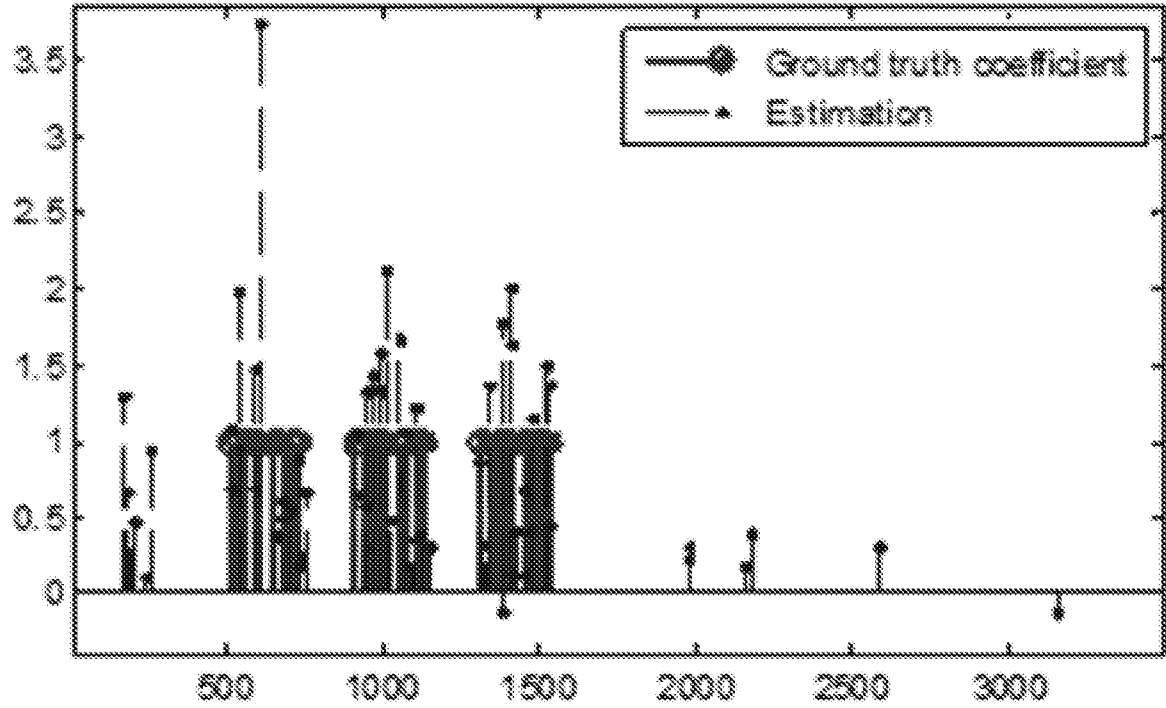


图 3(a)

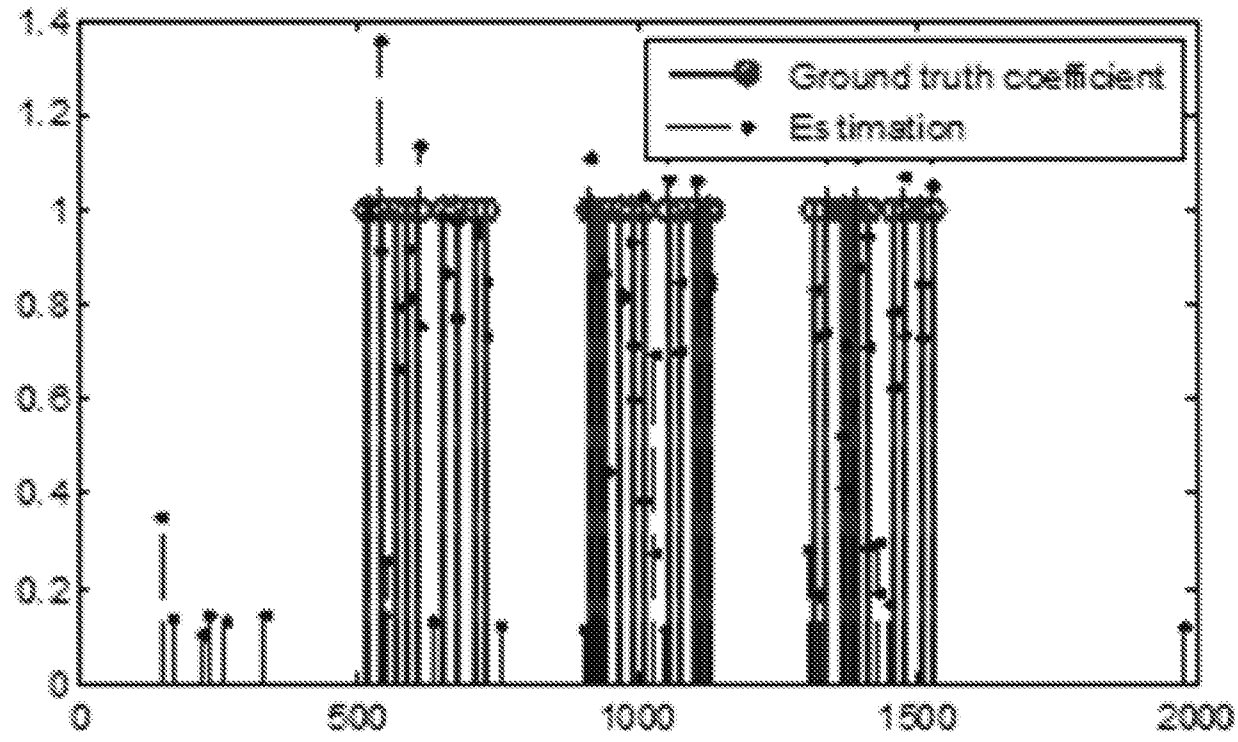


图 3(b)

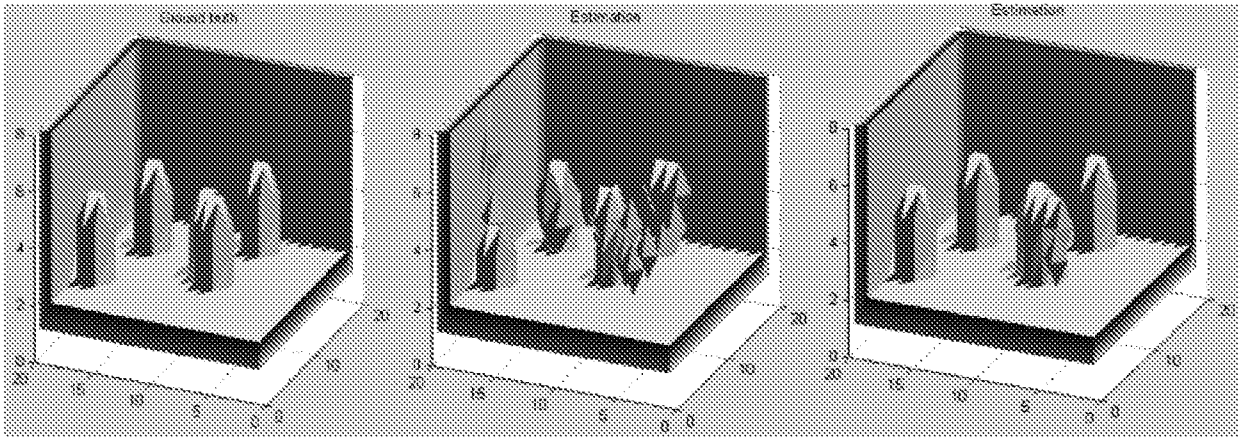


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/092826

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/90 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE: 稀疏表示, 降维, 三维, 雷达, 激光, 多路, 发射, 发送, 接收, compressive sensing, dimension reduction, three dimension, radar, laser, sender, receiver

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102221697 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA), 19 October 2011 (19.10.2011), description, paragraphs [0012]-[0017] and [0047]-[0057], and figure 2	1-5
A	CN 106066481 A (XI'AN SHENQIONG OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 02 November 2016 (02.11.2016), entire document	1-5
A	CN 104142506 A (SHANGHAI INSTITUTE OF TECHNICAL PHYSICS OF THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 12 November 2014 (12.11.2014), entire document	1-5
A	CN 102183762 A (BEIHANG UNIVERSITY), 14 September 2011 (14.09.2011), entire document	1-5
A	US 8587686 B1 (UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA RESEARCH FOUNDATION, INC.), 19 November 2013 (19.11.2013), entire document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 08 April 2018	Date of mailing of the international search report 19 April 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer YANG, Dong Telephone No. (86-10) 53961344

International application No.
PCT/CN2017/092826

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/092826

A. 主题的分类 G01S 13/90 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01S 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI, IEEE: 稀疏表示, 降维, 三维, 雷达, 激光, 多路, 发射, 发送, 接收, compressive sensing, dimension reduction, three dimension, radar, laser, sender, receiver																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 102221697 A (电子科技大学) 2011年 10月 19日 (2011 - 10 - 19) 说明书第[0012]-[0017]、[0047]-[0057]段, 图2</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106066481 A (西安深穹光电科技有限公司) 2016年 11月 2日 (2016 - 11 - 02) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104142506 A (中国科学院上海技术物理研究所) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102183762 A (北京航空航天大学) 2011年 9月 14日 (2011 - 09 - 14) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 8587686 B1 (UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA RESEARCH FOUNDATION, INC.) 2013年 11月 19日 (2013 - 11 - 19) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 102221697 A (电子科技大学) 2011年 10月 19日 (2011 - 10 - 19) 说明书第[0012]-[0017]、[0047]-[0057]段, 图2	1-5	A	CN 106066481 A (西安深穹光电科技有限公司) 2016年 11月 2日 (2016 - 11 - 02) 全文	1-5	A	CN 104142506 A (中国科学院上海技术物理研究所) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文	1-5	A	CN 102183762 A (北京航空航天大学) 2011年 9月 14日 (2011 - 09 - 14) 全文	1-5	A	US 8587686 B1 (UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA RESEARCH FOUNDATION, INC.) 2013年 11月 19日 (2013 - 11 - 19) 全文	1-5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 102221697 A (电子科技大学) 2011年 10月 19日 (2011 - 10 - 19) 说明书第[0012]-[0017]、[0047]-[0057]段, 图2	1-5																		
A	CN 106066481 A (西安深穹光电科技有限公司) 2016年 11月 2日 (2016 - 11 - 02) 全文	1-5																		
A	CN 104142506 A (中国科学院上海技术物理研究所) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文	1-5																		
A	CN 102183762 A (北京航空航天大学) 2011年 9月 14日 (2011 - 09 - 14) 全文	1-5																		
A	US 8587686 B1 (UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA RESEARCH FOUNDATION, INC.) 2013年 11月 19日 (2013 - 11 - 19) 全文	1-5																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td style="vertical-align: top;"> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期																		
2018年 4月 8日		2018年 4月 19日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																		
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		杨栋 电话号码 (86-10)53961344																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/092826

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	102221697	A	2011年 10月 19日	无	
CN	106066481	A	2016年 11月 2日	无	
CN	104142506	A	2014年 11月 12日	无	
CN	102183762	A	2011年 9月 14日	无	
US	8587686	B1	2013年 11月 19日	无	