

(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
2014 年 12 月 11 日 (11.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/194482 A1

- (51) 国际专利分类号:
H03M 7/30 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/076759
- (22) 国际申请日: 2013 年 6 月 5 日 (05.06.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 中国科学院微电子研究所 (INSTITUTE OF MICROELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。
- (72) 发明人: 李冬梅 (LI, Dongmei); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。 张浩 (ZHANG, Hao); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。 梁圣法 (LIANG, Shengfa); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。 罗庆 (LUO, Qing); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。 李小静 (LI, Xiaojing); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。 谢常青 (XIE, Changqing); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。

(CN)。 刘明 (LIU, Ming); 中国北京市朝阳区北土城西路 3 号, Beijing 100029 (CN)。

(74) 代理人: 中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.); 中国北京市海淀区西三环北路 87 号国际财经中心 D 座 11 层, Beijing 100089 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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。

(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, 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,

[见续页]

(54) Title: GAS RECOGNITION METHOD BASED ON COMPRESSIVE PERCEPTION THEORY

(54) 发明名称: 基于压缩感知理论的气体识别方法

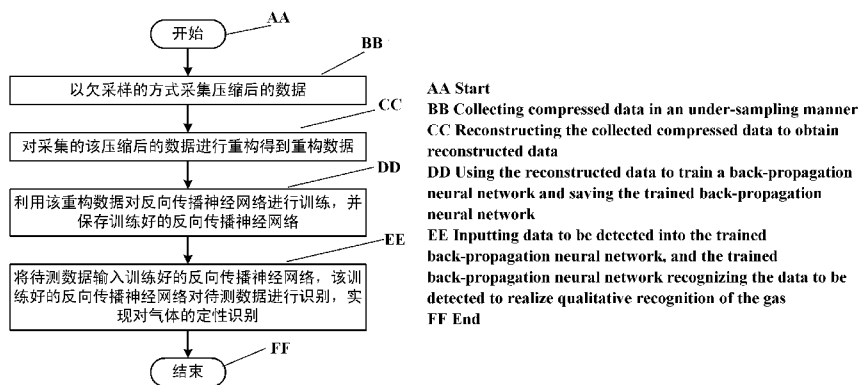


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: A gas recognition method based on a compressive perceiving theory, the method comprising: collecting compressed data in an under-sampling manner; reconstructing the collected compressed data to obtain reconstructed data; using the reconstructed data to train a back-propagation neural network and saving the trained back-propagation neural network; inputting data to be detected into the trained back-propagation neural network, and the trained back-propagation neural network recognizing the data to be detected to realize qualitative recognition of the gas. The method solves the problems of large volumes of transmission storage data and imprecise recognition in current gas detection, and achieves the target of using a small volume of data to realize precise qualitative recognition.

(57) 摘要: 一种基于压缩感知理论的气体识别方法, 该方法包括: 以欠采样的方式采集压缩后的数据; 对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据; 利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练, 并保存训练好的反向传播神经网络; 将待测数据输入训练好的反向传播神经网络, 该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别, 实现对气体的定性识别。该方法解决了目前气体检测中传输存储数据量大, 识别不精确的问题, 达到了以较少的数据量达到精确定性识别的目的。



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))。

基于压缩感知理论的气体识别方法

技术领域

本发明涉及传感器阵列信号处理技术领域，特别是涉及一种基于压缩感知理论的气体识别方法。

背景技术

气体传感器由于普遍存在交叉敏感性，其输出信号受到温度、湿度以及环境条件等因素的影响，稳定性和选择性较差，使得它的应用局限于检测精度不高或气体成份较简单的场合，如有害气体泄漏报警等。传统的解决方案是通过寻找新的敏感材料、器件结构和补偿电路来消除上述各种不利影响，然而这种解决方案不仅使器件结构复杂化，而且使器件制造成本提高。

压缩感知理论是近年来出现的一个充分利用信号稀疏性或可压缩性的全新信号采集、编解码理论。该理论的基本思路是从尽量少的数据中提取尽量多的信息。该理论指出，只要信号在某个域是稀疏的，那么就可以利用一个不相关的矩阵对其进行投影，再利用这些少量的投影值求解一个优化问题，最终以一个高概率重构原始信号，也就是说一个可压缩的信号能够以一个比奈奎斯特采样速率低得多的速率进行无失真的采样，然后利用这些少量的数据能够精确重构原始数据。

神经网络以其非线性映射、并行处理和高度自学习、自组织、自适应的能力，能有效地解决气体传感器交叉敏感性所产生的非线性问题，并在一定程度上抑制传感器的漂移或噪声，有助于气体检测精度的提高。因此，高性能、低成本的气体传感器与以神经网络为代表的智能识别技术相结合的检测技术已成为时下气体检测的流行趋势。

在神经网络中，反向传播（Back Propagation，BP）神经网络是一种按照误差逆传播算法训练的多层前馈网络，一般由多个网络层构成，其中包括一个输入层、一个或几个隐层、一个输出层，层与层之间采用全

互连接，同层神经元之间不存在相互连接。隐层神经元通常采用 Sigmoid 型传递函数，输出层采用 purelin 型传递函数。BP 神经网络的学习过程由前向传播和反向传播组成，在前向传播过程中，输入模式经输入层、隐层逐层处理，并传向输出层。如果在输出层不能得到期望的输出，则转入反向传播过程，将误差值沿连接通路逐层反向传送，并修正各层连接权值，直到达到预期的训练误差。

发明内容

（一）要解决的技术问题

为了克服上述现有技术的不足，本发明提供了一种基于压缩感知理论的气体识别方法，以解决目前气体检测中传输存储数据量大，识别不精确的问题，达到以较少的数据量达到精确定性识别的目的。

（二）技术方案

为达到上述目的，本发明提供了一种基于压缩感知理论的气体识别方法，该方法包括：步骤 1：以欠采样的方式采集压缩后的数据；步骤 2：对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据；步骤 3：利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络；步骤 4：将待测数据输入训练好的反向传播神经网络，该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，实现对气体的定性识别。

上述方案中，步骤 1 中所述以欠采样的方式采集压缩后的数据，具体包括：传感器网络的阵列节点采集可压缩的原始数据；对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是一个与原始数据相关的稀疏矩阵；对该第一稀疏矩阵进行非线性投影处理，得到第二稀疏矩阵，该第二稀疏矩阵中的元素是该第一稀疏矩阵中元素的随机组合；对该第二稀疏矩阵中系数较大的数据以小于奈奎斯特采样频率的频率进行低速欠采样。

上述方案中，所述对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，

包括：构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵。所述构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，包括：选择一个维度为 $M \times N$ 的高斯矩阵，该高斯矩阵的每一个元素都服从高斯分布，然后对该高斯矩阵的每一列进行归一化处理得到稀疏矩阵 Ψ 。

上述方案中，所述将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵，包括：将采集的可压缩的原始数据 X 与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵 Ψ 相乘，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是可压缩的原始数据 X 最稀疏表示，若第一稀疏矩阵中非零元素的个数 K 小于可压缩的原始数据 X 中的非零元素的个数，则第一稀疏矩阵是可压缩的。

上述方案中，步骤 2 中所述对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据，包括：选择一个观测矩阵，该观测矩阵与第一稀疏矩阵不相关；将采集的该压缩后的数据与该观测矩阵相乘，得到观测数据；对该观测数据进行反变换得到重构数据。

上述方案中，所述选择的观测矩阵为 $M \times N$ 维的观测矩阵 P ，该观测矩阵 P 与第一稀疏矩阵不相关；将采集的该压缩后的数据 X 与观测矩阵 P 相乘，得到观测数据 Y ， Y 就是第一稀疏矩阵中非零向量对应观测矩阵 P 中列向量的线性组合。所述对该观测数据进行反变换，是求解方程 $P\Psi X = Y$ 中的 X ，其中 $\Theta = \Psi X$ ，由于这个方程未知数的个数多于方程组的个数，所以 X 的解并不唯一，在此采用最小 1 范数逼近求解，求得的结果就是重构后的数据。

上述方案中，步骤 3 中所述利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络，具体包括：将该重构数据作为输入样本输入到反向传播神经网络，该反向传播神经网络对该重构数据进行迭代处理，每一步迭代误差与上一步迭代误差进行对比，当迭代误差达到初始设定阈值时，训练结束，保存该反向传播神经网络。

上述方案中，步骤 4 中所述该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，是该训练好的反向传播神经网络对比训练时各个连接权值，

以最多相近权值输出二进制量化数，该输出的二进制量化数代表不同种类的气体，进而实现对气体的定性识别。

（三）有益效果

从上述技术方案可以看出，本发明具有以下有益效果：

1、本发明提供的这种基于压缩感知理论的气体识别方法，将压缩感知技术应用于传感器网络中阵列信号的传输过程，并在接收端用 BP 神经网络训练识别，将计算复杂度从在线检测转移到离线的网络训练，从而可大幅提高检测系统的在线检测的实时性和准确性，解决了目前气体检测中传输存储数据量大，识别不精确的问题，达到了以较少的数据量达到精确定性识别的目的。

2、本发明提供的这种基于压缩感知理论的气体识别方法，与现有技术相比，将压缩感知理论和神经网络结合，同时对数据进行压缩和传输，然后在后端利用 BP 神经网络训练识别压缩重构的信号，可以有效提高数据存储能力和带宽利用率，并且能够做到准确识别，有助于提高气体检测的精度。

附图说明

为了更进一步说明本发明的内容，以下结合附图及实施例子，对本发明做详细描述，其中：

图 1 是本发明提供的基于压缩感知理论的气体识别方法流程图；

图 2 至图 4 示出了依照本发明实施例的基于压缩感知理论的气体识别方法，其中：

图 2 为原始信号和重构信号对比图；

图 3 为 BP 神经网络的训练状态图；

图 4 为定性识别的训练误差图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

本发明提供的基于压缩感知理论的气体识别方法，将压缩感知技术应用于传感器网络中阵列信号的传输过程，并用 BP 神经网络训练识别，将计算复杂度从在线检测转移到离线的网络训练，从而可大幅提高检测系统的在线检测的实时性和准确性。

如图 1 所示，图 1 是本发明提供的基于压缩感知理论的气体识别方法流程图，该方法首先以欠采样的方式采集压缩后的数据，对压缩后的数据进行重构得到重构数据，然后利用该重构数据对 BP 网络进行训练，并保存训练好的网络，最后将待测数据输入训练好的神经网络，训练好的神经网络对待测数据进行识别，输出代表不同气体的二进制量化数，实现对气体的定性识别，该方法具体包括以下步骤：

步骤 1：以欠采样的方式采集压缩后的数据；

步骤 2：对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据；

步骤 3：利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络；

步骤 4：将待测数据输入训练好的反向传播神经网络，该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，实现对气体的定性识别。

其中，步骤 1 中所述以欠采样的方式采集压缩后的数据，具体包括：传感器网络的阵列节点采集可压缩的原始数据；对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是一个与原始数据相关的稀疏矩阵；对该第一稀疏矩阵进行非线性投影处理，得到第二稀疏矩阵，该第二稀疏矩阵中的元素是该第一稀疏矩阵中元素的随机组合；对该第二稀疏矩阵中系数较大的数据以小于奈奎斯特采样频率的频率进行低速欠采样。

所述对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，包括：构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵。

所述构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，包括：选择一个维度为 $M \times N$ 的高斯矩阵，该高斯矩阵的每一个元素都服从高斯分布，然后对该高斯矩阵的每一列进行归一化处理得到稀疏矩阵 Ψ 。

所述将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵，包括：将采集的可压缩的原始数据 X 与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵 Ψ 相乘，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是可压缩的原始数据 X 最稀疏表示，若第一稀疏矩阵中非零元素的个数 K 小于可压缩的原始数据 X 中的非零元素的个数，则第一稀疏矩阵是可压缩的。

步骤 2 中所述对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据，包括：选择一个观测矩阵，该观测矩阵与第一稀疏矩阵不相关；将采集的该压缩后的数据与该观测矩阵相乘，得到观测数据；对该观测数据进行反变换得到重构数据。所述选择的观测矩阵为 $M \times N$ 维的观测矩阵 P ，该观测矩阵 P 与第一稀疏矩阵不相关；将采集的该压缩后的数据 X 与观测矩阵 P 相乘，得到观测数据 Y ， Y 就是第一稀疏矩阵中非零向量对应观测矩阵 P 中列向量的线性组合。所述对该观测数据进行反变换，是求解方程 $P\Psi X = Y$ 中的 X ，其中 $\Theta = \Psi X$ ，由于这个方程未知数的个数多于方程组的个数，所以 X 的解并不唯一，在此采用最小 1 范数逼近求解，求得的结果就是重构后的数据。

步骤 3 中所述利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络，具体包括：将该重构数据作为输入样本输入到反向传播神经网络，该反向传播神经网络对该重构数据进行迭代处理，每一步迭代误差与上一步迭代误差进行对比，当迭代误差达到初始设定阈值时，训练结束，保存该反向传播神经网络。

步骤 4 中所述该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，是该训练好的反向传播神经网络对比训练时各个连接权值，以最多相近权值输出二进制量化数，该输出的二进制量化数代表不同种类的气体，进而实现对气体的定性识别。

基于图 1 所示的本发明提供的基于压缩感知理论的气体识别方法流

程图，图 2 至图 4 示出了依照本发明实施例的基于压缩感知理论的气体识别方法，具体包括以下步骤：

步骤 1、以欠采样的方式采集压缩后的数据；

以传感器阵列作为传感器网络的一个节点，节点测得的输出电压为 $X[n]$ ， $n=1、2、3...180$ ，即得到我们所需的可压缩的原始数据 X 。对该可压缩的原始数据 X 进行离散傅里叶变换得到原始数据的稀疏表示结果 θ ，然后以伪随机高斯矩阵作为观测矩阵 P 对稀疏表示结果进行非线性投影操作，即两个矩阵相乘得到经稀疏压缩后的观测数据 $Y[m]$ ， $m=1、2、3...30$ ，可以看到经过处理后的数据量不到原始数据量的 20%。

步骤 2：对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据；

利用压缩后的 30 个数据重建原始信号，即求解方程 $P\Psi X = Y$ (其中 $\theta = \Psi X$) 中的 X ，由于未知数的个数小于方程组的个数，所以 X 的解并不唯一，需要采用非线性逼近，在此本发明采用采用最小 1 范数逼近求解，具体算法是采用正交匹配追踪算法 (OMP) 重构原始信号。图 2 是传感器阵列采集到的数据利用压缩感知重构后数据与原始数据的对比，逼近误差为 0.87031。

步骤 3：利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络；

将重构后的数据还原成为一个 6×30 的向量矩阵作为 BP 神经网络的输入，同时目标向量也被定义成一个三维矩阵。每个目标向量都含有 3 个元素，向量代表着某种气体，与其对应位置的元素值即为 1，而其他位置的元素值为 0。例如，CO 对应的向量，其第一个位置的元素值为 1，另外两个位置的元素值为 0，即 $[1, 0, 0]$ 。

基于上述考虑，本发明设计采用的 BP 神经网络的结构为 6:7:3，即输入层有 6 个输入(节点的传感器数目)，中间单隐层节点数目是 7 个，输出层则需要 3 个神经元(目标向量的维数)。采用单隐层的神经网络和多隐层的神经网络都可以完成定性检测的任务，不同点仅在于：多隐层神经网络的训练时间明显高于单隐层神经网络的训练时间。根据本文的实际问题，采用单隐含层 BP 网络，对不同稀疏度的重构信号进行训练。

本实施例中，采用单隐层的 BP 网络，即一个输入层，一个隐层，一个输出层。

进行训练时，先把样本数据均分成两组，其中奇数组数据为训练样本，偶数组数据用来检验训练好的网络的实际性能。使用快速 BP 算法来训练网络，将网络的隐层神经元数选为 7。为了使网络对新的输入有良好的泛化能力，将网络的训练函数选为 `trainbr`，该函数使用了 Bayesian 框架结构，假设网络的权值和阈值是特殊分布的随机变量，然后用统计学方法得到估计值。针对网络的训练部分，把训练样本分成训练、验证、测试三部分，使用均方误差来评估网络的训练结果，训练状态如图 3 所示：

图 4 是训练过程的误差曲线，由图中可以看出迭代次数是 24 次，训练目的达到，误差指数收敛于预期指标，训练停止，保存训练好的网络，留待后面预测使用。

步骤 4、将待测数据输入训练好的反向传播神经网络，该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，实现对气体的定性识别。

将待测数据样本输入到训练好的网络中，确保输入格式跟训练时格式相同，该训练好的网络对比训练时的各个连接权值，以最多相近权值输出二进制量化数，输出的二进制量化数则代表不同种类的气体，网络预测输出的识别的精确率达到 100%，而其输出平均误差仅为 $6.0206e^{-6}$ 。

上述实施例中， $\mathbf{X}$ 代表采集到的可压缩的原始数据， Ψ 表示稀疏表示用的稀疏矩阵， M 、 N 表示稀疏矩阵的维度， Θ 是原始数据的稀疏表示结果， K 代表稀疏结果中非零元素的个数，也叫做 $\mathbf{X}$ 的稀疏度，表示的是原始数据的可压缩程度， $\mathbf{P}$ 表示非线性投影用的观测矩阵， $\mathbf{Y}$ 表示原始数据的观测结果。

由于压缩感知不同于传统方法先采样后压缩掉其中的冗余信息的方法，而是直接“采集”压缩后的信息，使得采样的数据量减少，同时省去了压缩的步骤，同时结合单隐层神经网络结构简单的优势，综合考虑数据传输存储量和识别精度，本发明提出的基于压缩感知理论的气体识别方法性能最优。

以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求

1、一种基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，该方法包括：

步骤 1：以欠采样的方式采集压缩后的数据；

步骤 2：对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据；

步骤 3：利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络；

步骤 4：将待测数据输入训练好的反向传播神经网络，该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，实现对气体的定性识别。

2、根据权利要求 1 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，步骤 1 中所述以欠采样的方式采集压缩后的数据，具体包括：

传感器网络的阵列节点采集可压缩的原始数据；

对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是一个与原始数据相关的稀疏矩阵；

对该第一稀疏矩阵进行非线性投影处理，得到第二稀疏矩阵，该第二稀疏矩阵中的元素是该第一稀疏矩阵中元素的随机组合；

对该第二稀疏矩阵中系数较大的数据以小于奈奎斯特采样频率的频率进行低速欠采样。

3、根据权利要求 2 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，所述对该原始数据进行稀疏分解，得到第一稀疏矩阵，包括：

构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵。

4、根据权利要求 3 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，所述构造一个随机高斯分布的稀疏矩阵，包括：

选择一个维度为 $M \times N$ 的高斯矩阵，该高斯矩阵的每一个元素都服从高斯分布，然后对该高斯矩阵的每一列进行归一化处理得到稀疏矩阵 Ψ 。

5、根据权利要求 4 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其

特征在于，所述将采集的原始数据与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵相乘，得到第一稀疏矩阵，包括：

将采集的可压缩的原始数据 $\mathbf{X}$ 与该构造的随机高斯分布的稀疏矩阵 Ψ 相乘，得到第一稀疏矩阵，该第一稀疏矩阵是可压缩的原始数据 $\mathbf{X}$ 最稀疏表示，若第一稀疏矩阵中非零元素的个数 K 小于可压缩的原始数据 $\mathbf{X}$ 中的非零元素的个数，则第一稀疏矩阵是可压缩的。

6、根据权利要求 1 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，步骤 2 中所述对采集的该压缩后的数据进行重构得到重构数据，包括：

选择一个观测矩阵，该观测矩阵与第一稀疏矩阵不相关；

将采集的该压缩后的数据与该观测矩阵相乘，得到观测数据；

对该观测数据进行反变换得到重构数据。

7、根据权利要求 6 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，所述选择的观测矩阵为 $M \times N$ 维的观测矩阵 $\mathbf{P}$ ，该观测矩阵 $\mathbf{P}$ 与第一稀疏矩阵不相关；将采集的该压缩后的数据 $\mathbf{X}$ 与观测矩阵 $\mathbf{P}$ 相乘，得到观测数据 $\mathbf{Y}$ ， $\mathbf{Y}$ 就是第一稀疏矩阵中非零向量对应观测矩阵 $\mathbf{P}$ 中列向量的线性组合。

8、根据权利要求 7 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，所述对该观测数据进行反变换，是求解方程 $\mathbf{P}\Psi\mathbf{X} = \mathbf{Y}$ 中的 $\mathbf{X}$ ，其中 $\mathbf{\Theta} = \Psi\mathbf{X}$ ，由于这个方程未知数的个数多于方程组的个数，所以 $\mathbf{X}$ 的解并不唯一，在此采用最小 1 范数逼近求解，求得的结果就是重构后的数据。

9、根据权利要求 1 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，步骤 3 中所述利用该重构数据对反向传播神经网络进行训练，并保存训练好的反向传播神经网络，具体包括：

将该重构数据作为输入样本输入到反向传播神经网络，该反向传播神经网络对该重构数据进行迭代处理，每一步迭代误差与上一步迭代误差进行对比，当迭代误差达到初始设定阈值时，训练结束，保存该反向传播神经网络。

10、根据权利要求 1 所述的基于压缩感知理论的气体识别方法，其特征在于，步骤 4 中所述该训练好的反向传播神经网络对待测数据进行识别，是该训练好的反向传播神经网络对比训练时各个连接权值，以最多相近权值输出二进制量化数，该输出的二进制量化数代表不同种类的气体，进而实现对气体的定性识别。

1/3

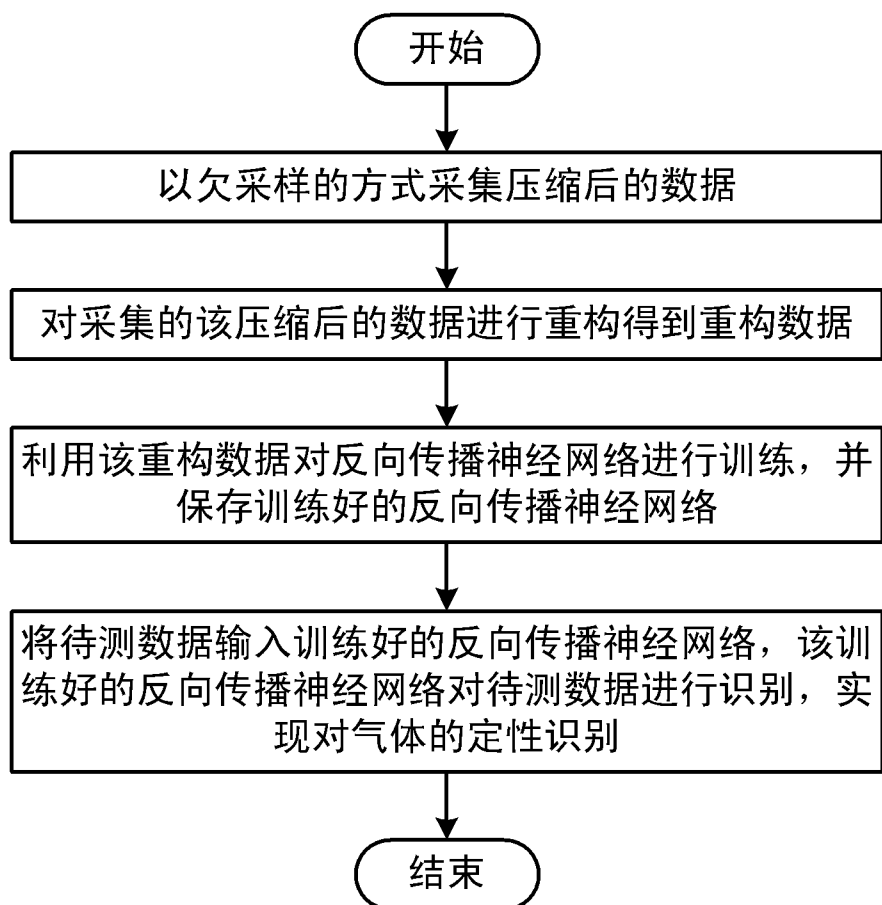


图 1

2/3

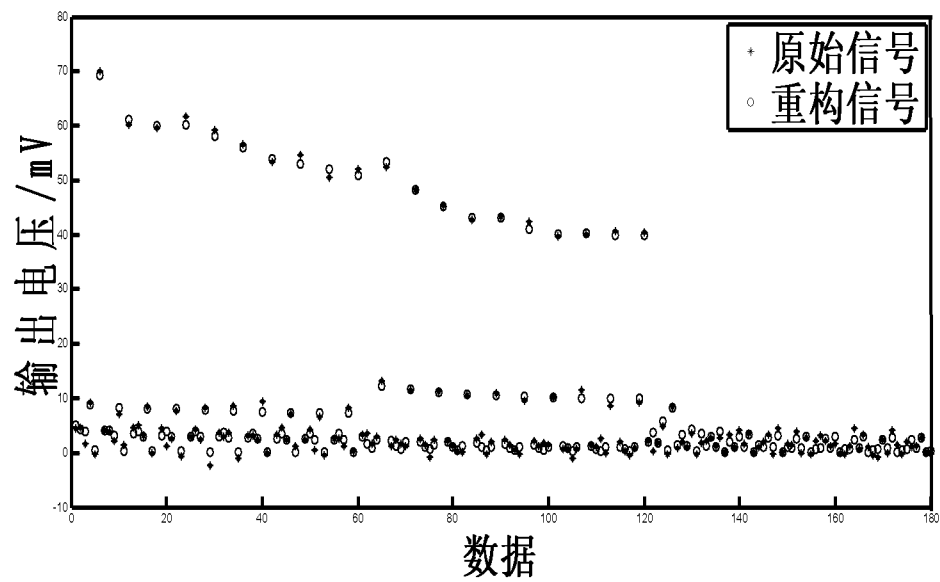


图 2

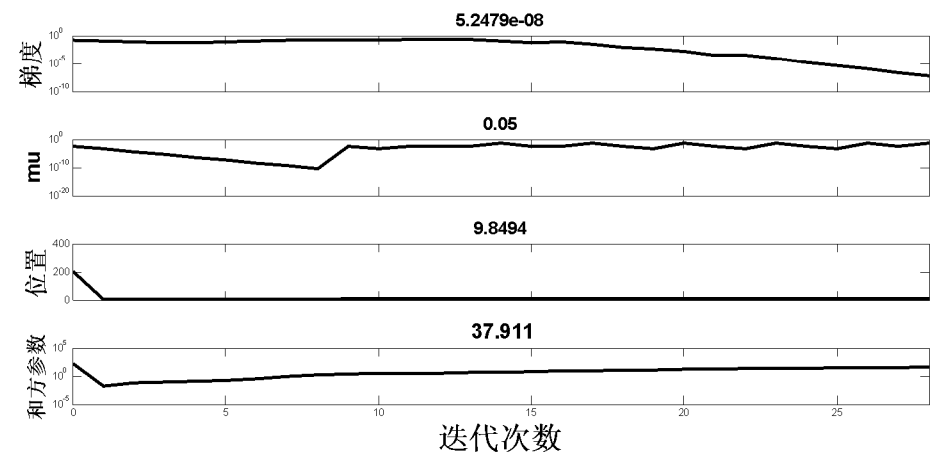


图 3

3/3

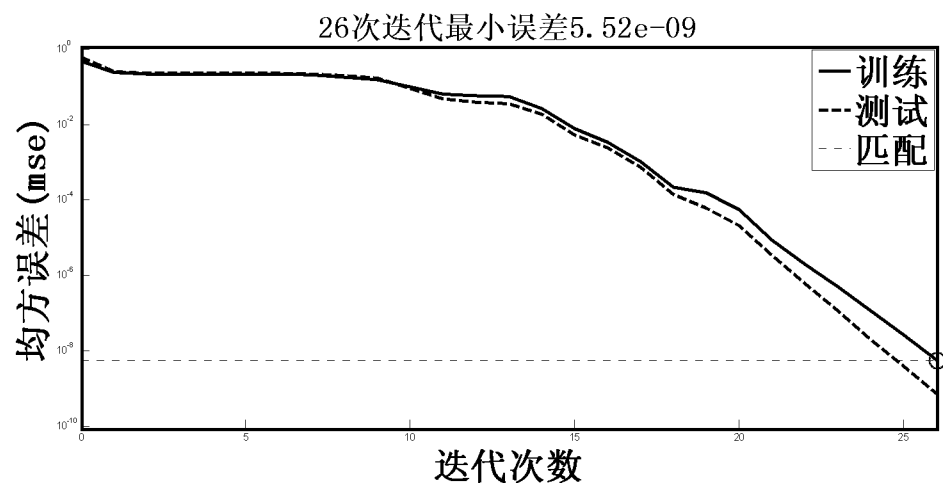


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/076759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: H03M 7/-; G01N 33/-

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)

CNABS, VEN, CNKI, IEEE: CS, BP, compress+, sens+, spars+, gas, back propagation, gauss, neural network, sparse, distribution

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GONG, Jing, Research of Data Compression Method Based on Compressive Sensing in Wireless Sensor Networks, China Master's Theses Full-text Database, Information Technology Series, 2012 no. 04, 15 April 2012, ISSN 1674-0246, page 14, the first paragraph to page 36, the first paragraph	1, 2, 6-10
Y		3-5
Y	ZHANG, Zongnian et al. A Blind Sparsity Reconstruction Algorithm for Compressed Sensing Signal, ACTA ELECTRONICA SINICA, vol. 39, no. 1, 31 January 2011, ISSN 0372-2112, page 20, the right column, lines 39 to 42	3-5
E	CN 103346799 A (INST OF MICROELECTRONICS CAS) 09 October 2013 (09.10.2013) claims 1 to 10	1-10
A	WO 2010/120513 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 21 October 2010 (21.10.2010) the whole document	1-10

☒ 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 12 February 2014 (12.02.2014)	Date of mailing of the international search report 13 March 2014 (13.03.2014)
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 JIN, Chuan Telephone No. (86-10) 62413486

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/076759

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102665221 A (UNIV NANJING POSTS & TELECOMM) 12 September 2012 (12.09.2012) the whole document	1-10
A	CN 101867387 A (NAVAL AVIAT UNIVERSITY OF ENGINEERING PLA) 20 October 2010 (20.10.2010) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/076759

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103346799 A	09.10.2013	None	
WO 2010/120513 A1	21.10.2010	US 2010/0246651 A1	30.09.2010
		TW 201119277 A1	01.06.2011
CN 102665221 A	12.09.2012	None	
CN 101867387 A	20.10.2010	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/076759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03M 7/30 (2006.01) i

G01N 33/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/076759

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: H03M7/-; G01N33/-

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))

CNABS, VEN, CNKI, IEEE: 压缩感知, 稀疏, 气体, BP 神经网络, 反向传播神经网络, 高斯分布; compress+sens+, CS, spars+; gas; BP, back propagation; gauss

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	龚静. 无线传感器网络中基于压缩感知技术的数据压缩方法研究. 中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑. 2012 年第 04 期. 2012 年 4 月 15 日. ISSN 1674-0246. 第 14 页第 1 段至 36 页第 1 段	1,2,6-10
Y		3-5
Y	张宗念 等. 压缩感知信号盲稀疏度重构算法. 电子学报. 第 39 卷 第 1 期. 2011 年 1 月 31 日. ISSN 0372-2112. 第 20 页右栏第 39 至 42 行	3-5
E	CN 103346799 A (中国科学院微电子研究所) 09.10 月 2013 (09.10.2013) 权利要求 1-10	1-10
A	WO 2010/120513 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 21.10 月 2010 (21.10.2010) 全文	1-10

☒ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 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

12.2 月 2014 (12.02.2014)

国际检索报告邮寄日期

13.3 月 2014 (13.03.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

金川

电话号码: (86-10) **62413486**

C(续). 相关文件		
类 型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102665221 A (南京邮电大学) 12.9 月 2012 (12.09.2012) 全文	1-10
A	CN 101867387 A (中国人民解放军海军航空工程学院) 20.10 月 2010 (20.10.2010) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/076759

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 103346799 A	09.10.2013	无	
WO 2010/120513 A1	21.10.2010	US 2010/0246651 A1	30.09.2010
		TW 201119277 A1	01.06.2011
CN 102665221 A	12.09.2012	无	
CN 101867387 A	20.10.2010	无	

A. 主题的分类

H03M 7/30 (2006.01) i

G01N 33/00 (2006.01) i