



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110688959 A

(43)申请公布日 2020.01.14

(21)申请号 201910929448.4

(22)申请日 2019.09.27

(71)申请人 上海特金信息科技有限公司

地址 201203 上海市浦东新区中国(上海)
自由贸易试验区郭守敬路498号14幢
22301-331座

(72)发明人 姜化京

(74)专利代理机构 上海慧晗知识产权代理事务
所(普通合伙) 31343

代理人 邵晓丽

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G06N 3/04(2006.01)

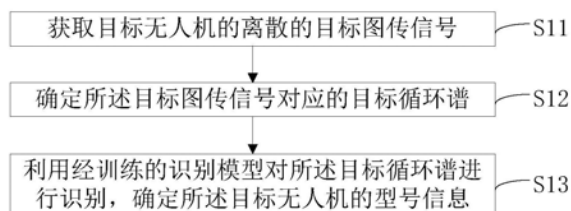
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质

(57)摘要

本发明提供了一种无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质,无人机信号识别方法,包括:获取目标无人机的离散的目标图传信号;确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。本发明以循环谱为依据识别无人机的类型信息,可避免信号特征的单独提取,从而可削弱噪声和干扰的影响,改善了信号识别的准确率,并在低信噪比环境下也可保障较高的识别准确率。



1. 一种无人机信号识别方法,应用于控制端,其特征在于,包括:
获取目标无人机的离散的目标图传信号;
确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;
利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述目标图传信号对应的目标循环谱,包括:
根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数;
对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数;
对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述识别模型是所述控制端或其他设备经以下过程训练确定的:
针对多种无人机,分别多次获取每种无人机的离散的图传信号;
根据所获取到的图传信号,形成信号样本集合;在所述信号样本集合中,针对每种无人机每次获取到的一组图传信号处于同一个信号样本组;
确定每个信号样本组对应的循环谱样本;
利用各信号样本组对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息,训练所述识别模型。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,确定每种信号样本组对应的循环谱样本之前,还包括:
根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。
6. 根据权利要求1至5任一项所述的方法,其特征在于,所述识别模型采用卷积神经网络。
7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述卷积神经网络采用ResNet34网络。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,确定所述目标图传信号对应的目标循环谱之后,还包括:
计算所述目标循环谱的模值,以使得所述ResNet34网络能够根据所述目标循环谱的模值识别确定所述目标无人机的型号信息。
9. 一种无人机信号识别装置,其特征在于,包括:
信号获取模块,用于获取目标无人机的离散的目标图传信号;
循环谱确定模块,用于确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;
识别模块,用于利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。
10. 根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述循环谱确定模块,包括:
时变自相关单元,用于根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数;
循环自相关单元,用于对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数;

循环谱确定单元,用于对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。

11.根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。

12.根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述识别模型是控制端或其他设备经以下过程训练确定的:

针对多种无人机,分别多次获取每种无人机的离散的图传信号;

根据不同无人机的图传信号,形成信号样本集合;在所述信号样本集合中,针对每种无人机,每次所获取到的一组图传信号处于同一个信号样本组;

确定每个信号样本组对应的循环谱样本;

利用各信号样本组对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息,训练所述识别模型。

13.根据权利要求12所述的装置,其特征在于,确定每个信号样本组对应的循环谱样本之前,还包括:

根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。

14.根据权利要求9至13任一项所述的装置,其特征在于,所述识别模型采用卷积神经网络。

15.根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述卷积神经网络采用ResNet34网络。

16.根据权利要求15所述的装置,其特征在于,还包括:

模值计算模块,用于计算所述目标循环谱的模值,以使得所述ResNet34网络能够根据所述目标循环谱的模值识别确定所述目标无人机的型号信息。

17.一种电子设备,其特征在于,包括处理器与存储器,

所述存储器,用于存储代码和相关数据;

所述处理器,用于执行所述存储器中的代码用以实现权利要求1至8任一项所述的方法。

18.一种存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现权利要求1至8任一项所述的方法。

无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及无人机领域,尤其涉及一种无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质。

背景技术

[0002] 随着信息技术与社会生产生活的融合程度逐渐提升,无人机市场呈井喷式发展。然而,有大量无人机都处于缺乏监管的状态,并且很难实施有效掌控,导致无人机影响公共安全的事件频出,因此,有效监测、识别并且压制无人机对公共安全至关重要。其中,需对无人机信号属于哪一个型号的无人机进行识别。

[0003] 现有相关技术中,无线电信号方式识别无人机的主要思路是:先提取信号特征(例如时域特征、频域特征、空域特征、调制信息等),再根据信号特征进行识别。

[0004] 然而,信号识别准确率受限于信号特征提取的有效性,在低信噪比环境下,提取单个或多个特征时很容易受噪声和干扰的影响,信号特征提取的有效性不佳,进而,无法实现较佳的信号识别效果,识别的准确率较低。

发明内容

[0005] 本发明提供一种无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质,以解决提取单个或多个特征时很容易受噪声和干扰的影响,识别的准确率较低的问题。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种无人机信号识别方法,应用于控制端,包括:

[0007] 获取目标无人机的离散的目标图传信号;

[0008] 确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;

[0009] 利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。

[0010] 可选的,确定所述目标图传信号对应的目标循环谱,包括:

[0011] 根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数;

[0012] 对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数;

[0013] 对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。

[0014] 可选的,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。

[0015] 可选的,所述识别模型是控制端或其他设备经以下过程训练确定的:

[0016] 针对多个无人机,分别多次采集每个无人机的图传信号;

[0017] 根据不同无人机的图传信号,形成信号样本集合;在所述信号样本集合中,每个无人机每次采集到的一组图传信号作为图传信号样本处于同一个信号样本组;

[0018] 确定每个信号样本组对应的循环谱样本;

[0019] 利用各信号样本组对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息,训练所述识别模型。

- [0020] 可选的,确定每个信号样本组对应的循环谱样本之前,还包括:
- [0021] 根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。
- [0022] 可选的,所述识别模型采用卷积神经网络。
- [0023] 可选的,所述卷积神经网络采用ResNet34网络。
- [0024] 可选的,确定所述目标图传信号对应的目标循环谱之后,还包括:
- [0025] 计算所述目标循环谱的模值,以使得所述ResNet34网络能够根据所述目标循环谱的模值识别确定所述目标无人机的型号信息。
- [0026] 根据本发明的第二方面,提供了一种无人机信号识别装置,包括:
- [0027] 信号获取模块,用于获取目标无人机的目标图传信号;
- [0028] 循环谱确定模块,用于确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;
- [0029] 识别模块,用于利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。
- [0030] 可选的,所述循环谱确定模块,包括:
- [0031] 时变自相关单元,用于根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数;
- [0032] 循环自相关单元,用于对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数;
- [0033] 循环谱确定单元,用于对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。
- [0034] 可选的,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。
- [0035] 可选的,所述识别模型是所述控制端或其他设备经以下过程训练确定的:
- [0036] 针对多种无人机,分别多次采集每个无人机的图传信号;
- [0037] 根据不同无人机的图传信号,形成信号样本集合;在所述信号样本集合中,每种无人机每次采集到的一组图传信号作为图传信号样本处于同一个信号样本组;
- [0038] 确定每个信号样本组对应的循环谱样本;
- [0039] 利用各信号样本组对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息,训练所述识别模型。
- [0040] 可选的,确定每个信号样本组对应的循环谱样本之前,还包括:
- [0041] 根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。
- [0042] 可选的,所述识别模型采用卷积神经网络。
- [0043] 可选的,所述卷积神经网络采用ResNet34网络。
- [0044] 可选的,所述的装置,还包括:
- [0045] 模值计算模块,用于计算所述目标循环谱的模值,以使得所述ResNet34网络能够根据所述目标循环谱的模值识别确定所述目标无人机的型号信息。
- [0046] 根据本发明的第三方面,提供了一种电子设备,包括处理器与存储器,
- [0047] 所述存储器,用于存储代码和相关数据;
- [0048] 所述处理器,用于执行所述存储器中的代码用以实现第一方面及其可选方案涉及的方法。

[0049] 根据本发明的第四方面,提供了一种存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现第一方面及其可选方案涉及的方法。

[0050] 本发明提供的无人机信号识别方法、装置、电子设备与存储介质中,采用了循环谱作为无人机型号信息识别的依据。由于不同型号无人机的信号的循环平稳特性是不同的,本发明以循环谱为依据识别无人机的类型信息,可避免信号特征的单独提取,从而可削弱噪声和干扰的影响,改善了信号识别的准确率,并在低信噪比环境下也可保障较高的识别准确率。

附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0052] 图1是本发明一种应用场景的示意图;

[0053] 图2是本发明一实施例中无人机信号识别方法的流程示意图;

[0054] 图3是本发明一实施例中步骤S12的流程示意图;

[0055] 图4是本发明一实施例中训练识别模型的流程示意图;

[0056] 图5是本发明一实施例中无人机信号识别装置的程序模块示意图;

[0057] 图6是本发明一实施例中循环谱确定模块的程序单元示意图;

[0058] 图7是本发明一实施例中电子设备的构造示意图。

具体实施方式

[0059] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0060] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0061] 下面以具体地实施例对本发明的技术方案进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合,对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例不再赘述。

[0062] 图1是本发明一种应用场景的示意图。

[0063] 请参考图1,其可理解为本实施例所涉及方法、装置、电子设备与存储介质所适用的一种场景,其中,控制端可通过接收机302接收无人机301发出的无人机信号,该无人机信号可例如包括图传信号。该图传信号可以指适于图像数据传输的信号。

[0064] 其中的无人机301,具体为无人驾驶飞机,其可理解为能够通过无线电信号被控制端操控的不载人飞行机器。本实施例所涉及的无人机,可以为任意构型、任意尺寸、任意活动半径、任意高度、任意用途的无人机。即:不论将本实施例所涉及的方案应用于对何种无人机的信号进行接收与识别,均不脱离本实施例的描述。

[0065] 其中的接收机302,可理解为能够接收到无人机301所发出信号的任意电路构造。一种举例中,接收机302可以连接控制端,另一举例中,接收机302可以为控制端的一部分,本实施例及其可选方案所涉及的方法、装置、电子设备与存储介质,可理解为应用于该控制端,通过其处理器的处理来实现。

[0066] 图2是本发明一实施例中无人机信号识别方法的流程示意图。

[0067] 请参考图2,无人机信号识别方法,包括:

[0068] S11:获取目标无人机的离散的目标图传信号。

[0069] 离散的目标图传信号,可理解为对目标无人机的当前的图传信号进行处理后获取到的,进而,获取目标无人机的目标图传信号的过程可例如包括:先利用接收机接收目标图传信号,再对接收到的目标图传信号进行采样,得到离散的目标图传信号,同时,本实施例也不排除在接收到目标图传信号时或之后,还对其进行初步处理的实施方式,例如可对其进行放大、滤波、归一化处理等。

[0070] 目标图传信号可表征为: $u = \{u(1), \dots, u(p), \dots, u(P)\}$,其中 $u(p)$ 是信号 u 的第 p 个采样点。

[0071] 任意针对于连续信号采样得到离散信号的方式均可适用于本实施例,进而,不同采样频率、采样方式可能会产生不同的离散信号,不论何种采样频率、采样方式得到的离散信号,均可对应形成目标循环谱,进而,本实施例所涉及的识别模型均能对其进行识别。

[0072] S12:确定所述目标图传信号对应的目标循环谱。

[0073] 目标循环谱,可理解为目标图传信号对应的循环谱,该循环谱可理解为对信号的循环平稳特性进行表征的一种图谱。

[0074] 其中,不同型号的无人机循环平稳特性可以是不同的,进而能够以循环谱为依据区分不同型号的无人机,其中一个原因在于:

[0075] 不同无人机可采用不同的信号传输协议,信号传输协议需设计用于数据同步的对应的导码序列,进而,针对于不同传输协议的导码序列间隔,其导码序列的重复特性等都不相同,这些特性会使得不同型号无人机的信号有不同的循环平稳特性;同时,信号的循环谱是信号的循环自相关函数的频谱,不同循环平稳信号的循环谱会有不同的分布。

[0076] 图3是本发明一实施例中步骤S12的流程示意图。

[0077] 请参考图3,其中一种实施方式中,步骤S12可以包括:

[0078] S121:根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数。

[0079] 具体实施过程中,可通过以下公式来计算时变自相关函数 $R_u(p; \tau)$:

[0080] $R_u(p; \tau) = E\{u(p) u^*(p-\tau)\}$

[0081] 其中:

[0082] $\tau = 1, \dots, P$,表示时延参数;

[0083] p 表示第 p 个采样点;

[0084] P 为采样点的数量;

[0085] $u^*(p-\tau)$ 表示样本数据时延 τ 后的采样点 $u(p-\tau)$ 的共轭。

[0086] 步骤S121之后,还可包括:

[0087] S122:对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数。

[0088] 具体实施过程中,可通过以下公式实施傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数 $R_u^\alpha(\tau)$:

$$[0089] \quad R_u^\alpha(\tau) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} R_u(p; \tau) e^{-j2\pi\alpha p}$$

[0090] 其中, $\alpha = \frac{r}{P}$ 为循环频率, r 为任意整数。

[0091] 步骤S122之后,还可包括:

[0092] S123:对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。

[0093] 具体实施过程中,可通过以下公式实施傅里叶变换,得到对应的目标循环谱 $S_u^\alpha(k)$:

$$[0094] \quad S_u^\alpha(k) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} R_u^\alpha(\tau) e^{-j2\pi k\tau/p}$$

[0095] 其中:

[0096] $k=1, \dots, P$ 。

[0097] 可见,本实施例中,信号的循环谱是信号的循环自相关函数的频谱,不同循环平稳信号的循环谱会有不同的分布。

[0098] 在步骤S12之后,还可包括:

[0099] S13:利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。

[0100] 其中的型号信息,可理解为区分不同种类无人机的图传协议类型和/或所属厂家,从而在一定程度上对无人机进行区分的任意信息。不论区分的精度与准确度如何,只要是基于循环谱所实施的区分,均不脱离本实施例的范围。

[0101] 其中的识别模型,可理解为任意的在输入循环谱或与循环谱相关联的信息时能对应输出识别结果的模型。其中,识别结果可以是与型号信息相关联的任意信息,也可以为型号信息本身。

[0102] 其中一种实施方式中,所述识别模型可以采用卷积神经网络。卷积神经网络具体为Convolutional Neural Network,其可缩写为CNN。其人工神经元可以响应一部分覆盖范围内的周围单元,对于图像处理有出色表现,故而,本实施例将其应用于对循环谱的图像进行识别。具体实施过程中,所述卷积神经网络可以采用ResNet34网络,同时,本实施例也不排除采用AlexNet网络的实施方式。

[0103] 具体实施过程中,可将目标循环谱的模值输入训练好的识别模型进行型号识别。进而,步骤S12之后,还可包括:计算所述目标循环谱的模值,以使得所述ResNet34网络能够根据所述目标循环谱的模值识别确定所述目标无人机的型号信息。

[0104] 同时,本实施例也不排除直接将目标循环谱输入到识别模型,从而对型号进行识别的实施方式。

[0105] 其中一种实施方式中,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。其中,所标定的型号信息,可以指标定为特定的型号,也可用任意自定义的标识来表征型号信息。

[0106] 具体实施过程中,训练时可将循环谱样本的模值输入到识别模型进行训练,也可将循环谱样本输入到识别模型进行训练。

[0107] 对识别模型进行训练的设备可以是用于识别的控制端,也可以是其他能够运行该识别模型,且能够利用接收机接收无人机信号的设备,例如可以是其他控制端,或用于训练的专用设备。

[0108] 图4是本发明一实施例中训练识别模型的流程示意图。

[0109] 请参考图4,具体实施过程中,所述识别模型是所述控制端或其他设备经以下过程训练确定的:

[0110] S21:针对多种无人机,分别多次获取每种无人机的离散的图传信号。

[0111] 其中的获取,可理解为接收到图传信号,并将其处理为离散的图传信号的过程。其中每种无人机的数量可以为一个,且多种无人机可理解为多种型号的无人机。本实施例也不排除每种无人机选用多个的实施方式。

[0112] 具体实施过程中,以K种无人机为例,步骤S21可以包括:

[0113] S211:利用接收机接收其中任意之一无人机的图传信号,处理后得到离散的图传信号,其可表征为:

[0114] $\omega = \{\omega(1), \dots, \omega(p), \dots, \omega(P)\};$

[0115] 其中: $\omega(p)$ 是信号 ω 的第p个采样点;

[0116] S212:重复M次步骤S211,可针对于该种无人机获取到M组离散的图传信号,即: $\omega_1, \dots, \omega_m, \dots, \omega_M$,其中 $\omega_m = \{\omega_m(1), \dots, \omega_m(p), \dots, \omega_m(P)\}$,M为大于等于1000的整数;

[0117] S213:重复步骤S211与步骤S212,获取到剩余K-1种无人机每次获取到的离散的图传信号。

[0118] S22:根据所获取到的图传信号,形成信号样本集合。

[0119] 在信号样本集合中,针对每种无人机每次获取到的一组图传信号处于同一个信号样本组。进而,一个信号样本组中的图传信号样本,可以仅包含所获取到的图传信号,也可包含其他扩容得到的图传信号。

[0120] 具体实施过程中,在步骤S22中,还可包括:根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。该过程可在步骤S23之前步骤S21之后的任意时刻实施。

[0121] 若信号样本组中经步骤S21所获取到的信号样本足够多,本实施例也不排除不扩容的实施方式。

[0122] 经以上过程,可联合并顺序随机扰动组成信号样本集合,进而,信号样本集合可被表征为:

$$[0123] \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_h \\ \vdots \\ \varepsilon_H \end{bmatrix};$$

[0124] 其中:

[0125] $H=K \times M, \varepsilon_h = \{\varepsilon_h(1), \dots, \varepsilon_h(p), \dots, \varepsilon_h(P)\}$ 。

[0126] 在步骤S22之后,还可包括:

[0127] S23:确定每个信号样本组对应的循环谱样本。

[0128] 其中,确定每个循环谱样本的过程,可参照于步骤S12中确定目标循环谱的过程理解。即:可以先计算对应的时变自相关函数,再通过对自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数,然后通过对循环自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环谱。

[0129] 以下以第h组信号样本组 $\varepsilon_h = \{\varepsilon_h(1), \dots, \varepsilon_h(p), \dots, \varepsilon_h(P)\}$ ($h=1, \dots, H$) 为例,对确定过程进行描述:

[0130] 先对信号样本组 ε_h 计算其时变自相关函数;对应的时变自相关函数可按如下公式进行计算:

$$[0131] \quad R_{\varepsilon_h}(p; \tau) = E\{\varepsilon_h(p) \varepsilon_h^*(p - \tau)\};$$

[0132] 其中:

[0133] $\tau = 1, \dots, P$, 表示时延参数, $\varepsilon_h^*(p - \tau)$ 表示图传信号时延 τ 后的采样点 $\varepsilon_h(p - \tau)$ 的共轭。

[0134] 然后,可对信号样本组 ε_h 的时变自相关函数 $R_{\varepsilon_h}(p; \tau)$ 按如下公式进行傅里叶变换,得到循环自相关函数 $R_{\varepsilon_h}^\alpha(\tau)$:

$$[0135] \quad R_{\varepsilon_h}^\alpha(\tau) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} R_{\varepsilon_h}(p; \tau) e^{-j2\pi\alpha p}, \quad \tau = 1, \dots, P;$$

[0136] 其中:

[0137] $\alpha = \frac{r}{P}$ 称为循环频率, r 为任意整数。

[0138] 最后,可对信号样本组 ε_h 的循环自相关函数 $R_{\varepsilon_h}^\alpha(\tau)$ 按如下公式进行傅里叶变换,得到循环谱 $S_{\varepsilon_h}^\alpha(k)$:

$$[0139] \quad S_{\varepsilon_h}^\alpha(k) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} R_{\varepsilon_h}^\alpha(\tau) e^{-j2\pi k\tau/P}, \quad k = 1, \dots, P。$$

[0140] 在步骤S23之后,还可包括:

[0141] S24:利用各信号样本组对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息,训练所述识别模型。

[0142] 其中,若识别模型采用ResNet-34网络,则:

[0143] 每组信号样本组的循环谱维度可以为 $P \times P \times 1$,将H组样本数据的循环谱模值按批大小B分批输入例如ResNet-34网络,每批样本数据的维度为 $B \times P \times P \times 1$;

[0144] ResNet-34网络的输出维度大小可设为无人机类型的数目K;

[0145] 可利用交叉验证的方式对ResNet-34网络进行训练,直到识别准确率大于预设的阈值 p_{th} 则停止,得到此时的识别模型为所需的识别模型。

[0146] 若采用其他例如AlexNet网络的神经网络,也可采用以上描述对识别模型进行配置。

[0147] 具体实施过程中,在步骤S24中,还可包括:计算循环谱的模值,再将该模值输入ResNet-34网络,从而对ResNet-34网络进行训练,进而使其能够在训练后能够根据所输入的模值实现型号信息的识别。

[0148] 同时,本实施例也不排除直接将循环谱输入例如采用卷积神经网络的识别模型,从而对识别模型进行训练,进而使其能够在训练后能够根据所输入的循环谱实现型号信息的识别。

[0149] 综上,本实施例提供的无人机信号识别方法,采用了循环谱作为无人机型号信息识别的依据。由于不同型号无人机的信号的循环平稳特性是不同的,本发明以循环谱为依据识别无人机的类型信息,可避免信号特征的单独提取,从而可削弱噪声和干扰的影响,改善了信号识别的准确率,并在低信噪比环境下也可保障较高的识别准确率。

[0150] 图5是本发明一实施例中无人机信号识别装置的程序模块示意图。

[0151] 请参考图5,无人机信号识别装置400,包括:

[0152] 信号获取模块410,用于获取目标无人机的目标图传信号;

[0153] 循环谱确定模块420,用于确定所述目标图传信号对应的目标循环谱;

[0154] 识别模块430,用于利用经训练的识别模型对所述目标循环谱进行识别,确定所述目标无人机的型号信息。

[0155] 图6是本发明一实施例中循环谱确定模块的程序单元示意图。

[0156] 请参考图6,所述循环谱确定模块420,包括:

[0157] 离散单元421,用于根据所获取到的目标图传信号,确定离散的目标图传信号;

[0158] 时变自相关单元422,用于根据所述离散的目标图传信号,计算对应的时变自相关函数;

[0159] 循环自相关单元423,用于对所述时变自相关函数进行傅里叶变换,得到对应的循环自相关函数;

[0160] 循环谱确定单元424,用于对所述循环自相关函数进行傅里叶变换,得到所述目标循环谱。

[0161] 可选的,所述识别模型是利用不同无人机的图传信号对应的循环谱样本,以及所标定的各无人机的型号信息训练确定的。

[0162] 可选的,所述识别模型是所述控制端或其他设备经以下过程训练确定的:

[0163] 针对多种无人机,分别多次采集每个无人机的图传信号;

[0164] 根据不同无人机的图传信号,形成信号样本集合;在所述信号样本集合中,每种无人机每次采集到的一组图传信号作为图传信号样本处于同一个信号样本组;

- [0165] 确定每个信号样本组对应的循环谱样本；
- [0166] 利用各信号样本组对应的循环谱样本，以及所标定的各无人机的型号信息，训练所述识别模型。
- [0167] 可选的，无人机信号识别装置400，还可包括：
- [0168] 多次采集模块，用于针对多种无人机，分别多次采集每个无人机的图传信号；
- [0169] 集合形成模块，用于根据不同无人机的图传信号，形成信号样本集合；在所述信号样本集合中，每种无人机每次采集到的一组图传信号作为图传信号样本处于同一个信号样本组；
- [0170] 循环谱样本确定模块，用于确定每个信号样本组对应的循环谱样本；
- [0171] 训练模块，用于利用各信号样本组对应的循环谱样本，以及所标定的各无人机的型号信息，训练所述识别模型。
- [0172] 可选的，确定每个信号样本组对应的循环谱样本之前，还包括：
- [0173] 根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。
- [0174] 可选的，无人机信号识别装置400，还可包括：
- [0175] 扩容模块，用于根据随机扰动对每个信号样本组中的图传信号样本进行扩容。
- [0176] 可选的，所述识别模型采用卷积神经网络。
- [0177] 可选的，所述卷积神经网络采用ResNet34网络。
- [0178] 综上，本实施例提供的无人机信号识别装置，采用了循环谱作为无人机型号信息识别的依据。由于不同型号无人机的信号的循环平稳特性是不同的，本发明以循环谱为依据识别无人机的类型信息，可避免信号特征的单独提取，从而可避免提取时受噪声和干扰的影响，改善了信号识别的准确率，并在低信噪比环境下也可保障较高的识别准确率。
- [0179] 图7是本发明一实施例中电子设备的构造示意图。
- [0180] 请参考图7，提供了一种电子设备50，包括：
- [0181] 处理器51；以及，
- [0182] 存储器52，用于存储所述处理器的可执行指令；
- [0183] 其中，所述处理器51配置为经由执行所述可执行指令来执行以上所涉及的方法。
- [0184] 处理器51能够通过总线53与存储器52通讯。
- [0185] 本实施例还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该程序被处理器执行时实现以上所涉及的方法。
- [0186] 本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。
- [0187] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

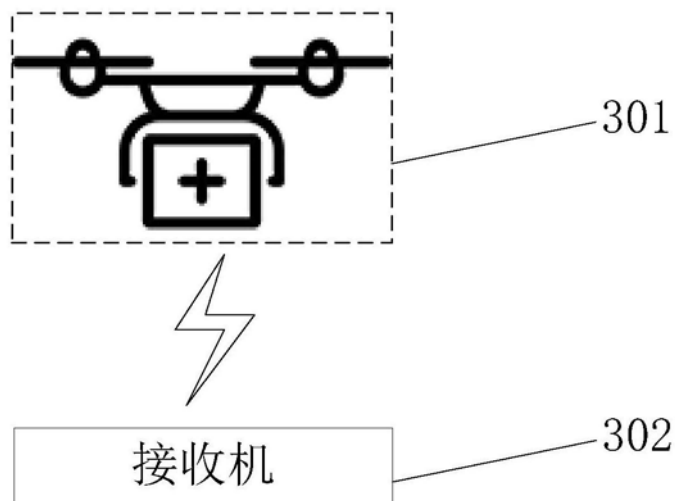


图1

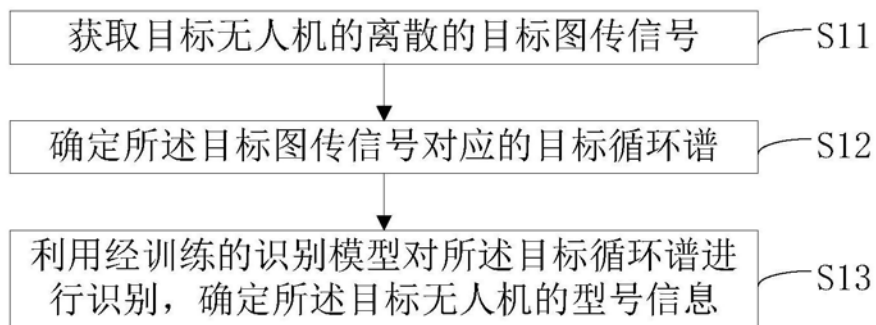


图2

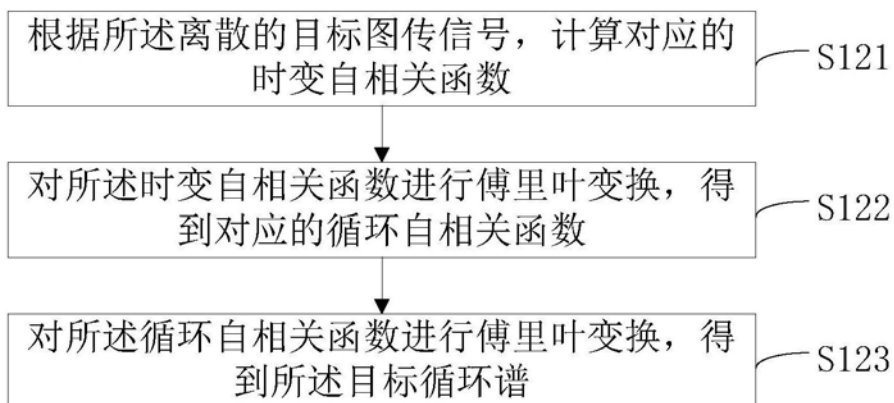


图3

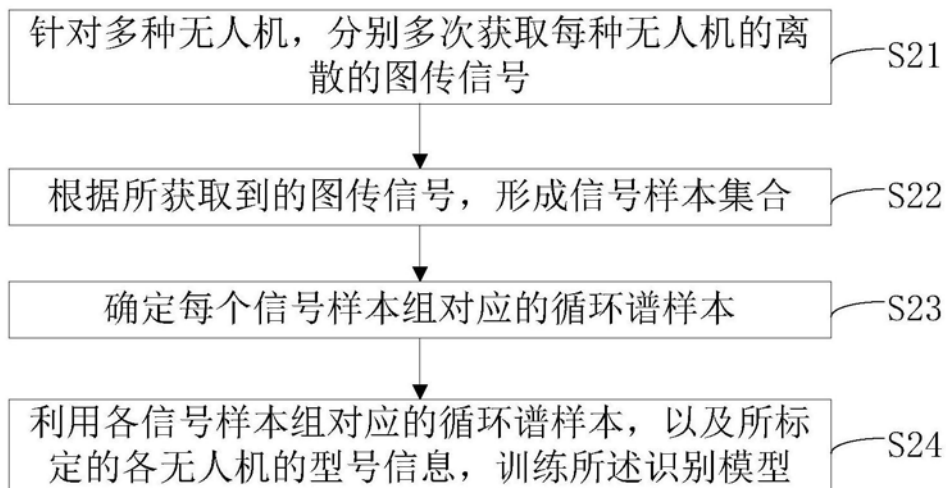


图4



图5

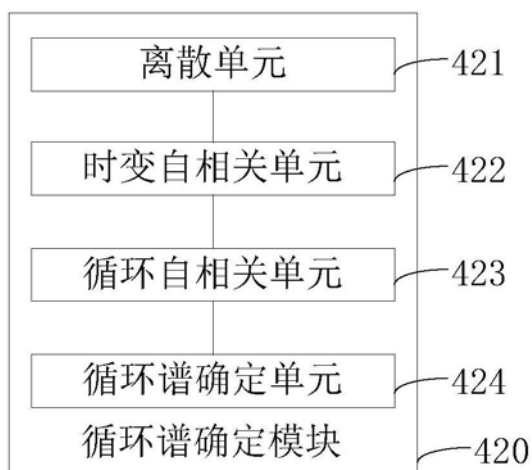


图6

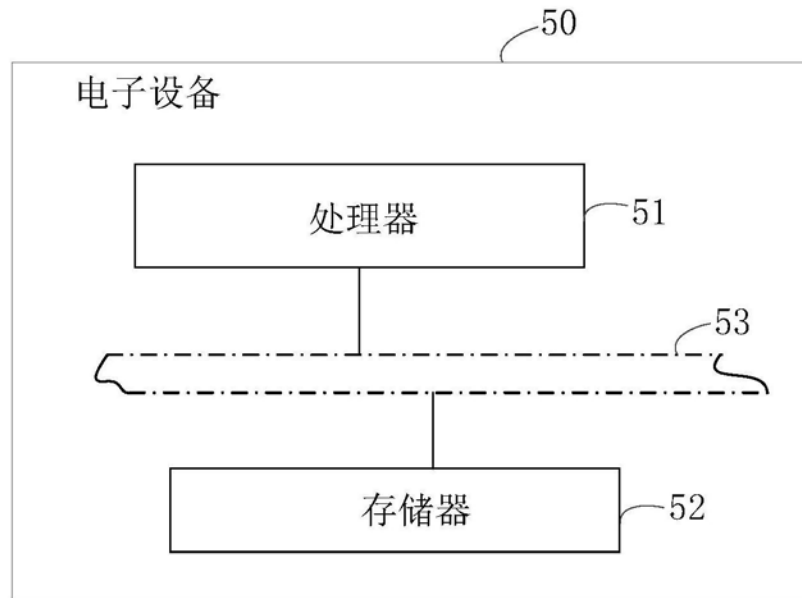


图7