



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109319074 B

(45)授权公告日 2020.04.03

(21)申请号 201811005633.6

G01S 3/808(2006.01)

(22)申请日 2018.08.30

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109319074 A

CN 107202975 A,2017.09.26,  
EP 2964515 A1,2016.01.13,  
WO 2008048346 A3,2008.08.07,  
JP 5759392 B2,2015.08.05,  
CN 105388481 A,2016.03.09,  
CN 108267716 A,2018.07.10,  
CN 105988116 A,2016.10.05,

(43)申请公布日 2019.02.12

(73)专利权人 中国人民解放军海军工程大学  
地址 430000 湖北省武汉市解放大道717号

审查员 王厚华

(72)发明人 田振 钟何平 吴浩然 马梦博  
其他发明人请求不公开姓名

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 黄行军 胡艺

(51)Int.Cl.

B63G 8/39(2006.01)

G01S 11/14(2006.01)

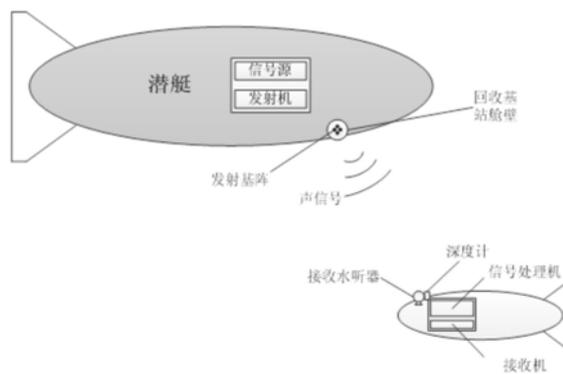
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种多正交信号发射无人潜器声引导回收系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,包括设置于回收基站的发射模块,和设置于无人潜器的接收模块,发射模块产生发射信号,接收模块依据接收到的发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息,无人潜器依据角度信息和距离信息控制航行姿态,准确进入回收基站。本发明利用无人潜器自身的定位功能,无需增设其他外部定位或引导设备,就可以提供高精度的引导信息。无须在回收基站外部加装回收辅助设备,控制航行姿态,准确进入回收基站。可以保证回收过程中回收基站的隐蔽性。



1. 一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:包括设置于回收基站的发射模块,和设置于无人潜器的接收模块,所述发射模块产生发射信号,接收模块依据接收到的所述发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息,所述无人潜器依据所述角度信息和距离信息控制航行姿态,准确进入所述回收基站。

2. 根据权利要求1所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:所述发射模块包括数个设置于所述回收基站的舱壁的发射换能器。

3. 根据权利要求2所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:包括4个所述发射换能器。

4. 根据权利要求2所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:4个所述发射换能器以正交对称方式设置。

5. 根据权利要求1所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:所述发射信号为多个相互正交的扩频信号。

6. 根据权利要求1所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:所述接收模块包括一个接收水听器,所述接收水听器包括全向接收水听器。

7. 根据权利要求1所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:所述角度信息包括方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 。

8. 根据权利要求7所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于,接收模块依据接收到的所述发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息的方法包括:

比较x轴方向上的一对阵元和y轴方向上一对阵元的时延差,利用同步测距测量无人潜器与潜艇回收基站的距离R;

获取所述接收水听器的三维坐标 $[x, y, z]$ ,和所示接收水听器的径向矢量 $\overline{OT}$ ,方位角度误差 $\alpha$ 为所述径向矢量 $\overline{OT}$ 与x轴的夹角,俯仰角度误差 $\beta$ 为所述径向矢量 $\overline{OT}$ 与y轴的夹角,依据公式 $\cos\alpha = x/R$ 和 $\cos\beta = y/R$ 计算得到方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值。

9. 根据权利要求7所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:当 $d \ll R$ 时,依据公式 $\varphi_x = 2\pi d \cos\alpha / \lambda$ 和 $\varphi_y = 2\pi d \cos\beta / \lambda$ 获取所述方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值, $\lambda$ 为信号波长, $d$ 为阵元间隔, $\varphi_x$ 为x轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差, $\varphi_y$ 为y轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差。

10. 根据权利要求8所述的一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,其特征在于:所述x轴方向上的一对阵元为x轴上两个换能器所在位置阵元,所述y轴方向上的一对阵元为y轴上两个换能器所在位置阵元。

## 一种多正交信号发射无人潜器声引导回收系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于无人潜器航行引导技术领域,具体涉及一种多正交信号发射无人潜器声引导回收系统。

### 背景技术

[0002] 随着无人潜器及其相关技术的发展,无人潜器已经被广泛用于扫雷、侦察、情报收集以及海洋探测等各种领域。为完成特定任务,无人潜器上搭载的设备或是独一无二,或是价格昂贵。此外,无人潜器收集的数据也相当重要。因此,必须考虑无人潜器完成使命任务后的回收问题。

[0003] 无人潜器回收平台分为水面和水下两种。在军事领域,水上平台主要是指水面舰艇,水下平台主要是指潜艇。水面回收时,受海况影响,回收难度较大,回收时间长,严重影响水面舰艇及无人潜器自身的隐蔽性。水下回收时,无人潜器和潜艇的稳定性、隐蔽性都可以得到较好的保证。

[0004] 传统的无人潜器回收系统主要有电磁回收系统、光学回收系统以及声学+机械臂回收系统。电磁回收系统回收精度高,作用距离近,回收系统比较复杂。光学回收系统作用距离有限,且受水文环境影响较大,能见度低时无法使用。声学+机械臂回收系统需要在潜艇外部加装设备,导致潜艇航行阻力增加,并且会产生较大的流噪声,影响潜艇的机动性和隐蔽性。

### 发明内容:

[0005] 为了克服上述背景技术的缺陷,本发明提供一种多正交信号发射无人潜器声引导回收系统,很好的解决无人潜器完成使命任务后的回收问题。

[0006] 为了解决上述技术问题本发明的所采用的技术方案为:

[0007] 一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,包括设置于回收基站的发射模块,和设置于无人潜器的接收模块,发射模块产生发射信号,接收模块依据接收到的发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息,无人潜器依据角度信息和距离信息控制航行姿态,准确进入回收基站。

[0008] 较佳地,发射模块包括数个设置于回收基站的舱壁的发射换能器。

[0009] 较佳地,包括4个发射换能器。

[0010] 较佳地,4个发射换能器以正交对称方式设置。

[0011] 较佳地,发射信号为多个相互正交的扩频信号。

[0012] 较佳地,接收模块包括一个接收水听器,接收水听器包括全向接收水听器。

[0013] 较佳地,角度信息包括方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 。

[0014] 较佳地,接收模块依据接收到的发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息的方法包括:

[0015] 比较x轴方向上的一对阵元和y轴方向上一对阵元的时延差,利用同步测距测量无

人潜器与潜艇回收基站的距离R;

[0016] 获取接收水听器的三维坐标 $[x, y, z]$ ,和所示接收水听器的径向矢量 $\overline{OT}$ ,方位角度误差 $\alpha$ 为径向矢量 $\overline{OT}$ 与x轴的夹角,俯仰角度误差 $\beta$ 为径向矢量 $\overline{OT}$ 与y轴的夹角,依据公式 $\cos\alpha = x/R$ 和 $\cos\beta = y/R$ 计算得到方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值。

[0017] 较佳地,当 $d \ll R$ 时,依据公式 $\varphi_x = 2\pi d \cos\alpha / \lambda$ 和 $\varphi_y = 2\pi d \cos\beta / \lambda$ 获取方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值, $\lambda$ 为信号波长, $d$ 为阵元间隔, $\varphi_x$ 为x轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差, $\varphi_y$ 为y轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差。

[0018] 较佳地,x轴方向上的一对阵元为x轴上两个换能器所在位置阵元,所述y轴方向上的一对阵元为y轴上两个换能器所在位置阵元。

[0019] 本发明的有益效果在于:

[0020] 1、利用无人潜器自身的定位功能,无需增设其他外部定位或引导设备,就可以提供高精度的引导信息。

[0021] 2、利用无人潜器自身定位信息,无须在回收基站外部加装回收辅助设备,控制航行姿态,准确进入回收基站。

[0022] 3、发射信号采用扩频信号,可以保证回收过程中回收基站的隐蔽性。

[0023] 4、仅需在无人潜器上安装单个接收水听器,体积小,成本低,设备简单,安装与维护方便。

[0024] 5、无人潜器无需发射信号,仅被动接收,功耗低,可以长时间航行,同时保证回收过程中无人潜器的隐蔽性。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明实施例总体方案示意图;

[0026] 图2为本发明实施例发射基阵4个发射换能器的安装示意图;

[0027] 图3为本发明实施例距离解算空间直角坐标系示意图。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明。

[0029] 一种基于多正交信号发射的无人潜器声引导回收系统,如图1所示,包括设置于回收基站的发射模块,和设置于无人潜器的接收模块,发射机用于将信号放大后输出至发射基阵。发射基阵主要实现电声信号转换,发射模块产生发射信号,接收模块依据接收到的发射信号获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息,无人潜器依据角度信息和距离信息控制航行姿态,准确进入回收基站。

[0030] 发射模块包括数个设置于回收基站的舱壁的发射换能器,发射信号为多个相互正交的扩频信号。

[0031] 接收模块包括一个接收水听器,接收水听器包括全向接收水听器。

[0032] 角度信息包括方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 。接收模块依据接收到的发射信号

获取无人潜器相对于回收基站中心点的角度信息和距离信息的方法包括：

[0033] 比较x轴方向上的一对阵元和y轴方向上一对阵元的时延差,利用同步测距测量无人潜器与潜艇回收基站的距离R;x轴方向上的一对阵元为x轴上两个换能器所在位置阵元,所述y轴方向上的一对阵元为y轴上两个换能器所在位置阵元。

[0034] 获取接收水听器的三维坐标 $[x, y, z]$ ,和所示接收水听器的径向矢量 $\overline{OT}$ ,方位角度误差 $\alpha$ 为径向矢量 $\overline{OT}$ 与x轴的夹角,俯仰角度误差 $\beta$ 为径向矢量 $\overline{OT}$ 与y轴的夹角,依据公式 $\cos\alpha = x/R$ 和 $\cos\beta = y/R$ 计算得到方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值。

[0035] 当 $d \ll R$ 时,依据公式 $\varphi_x = 2\pi d \cos\alpha/\lambda$ 和 $\varphi_y = 2\pi d \cos\beta/\lambda$ 获取方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 的具体数值, $\lambda$ 为信号波长, $d$ 为阵元间隔, $\varphi_x$ 为x轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差, $\varphi_y$ 为y轴上相邻发射换能器发射信号在接收水听器处的相位差。

[0036] 本实施例如图2所示,由4个发射换能器构成,嵌入式正交对称安装于潜艇回收基站舱壁上,如图2所示。

[0037] 接收模块安装于无人潜器上,包含接收水听器、接收机、信号处理机等。接收水听器采用球形全向换能器,具备全向接收功能,同时接收发射模块的发射信号。接收机完成信号的采集、放大、滤波等功能,并将信号发送给信号处理机。信号处理机分析接收机发送过来的带有不同编码的正交信号,利用角度和距离解算公式,解算出无人潜器相对于潜艇回收基站的角度和距离信息。无人潜器根据这些信息,控制航行姿态,准确进入潜艇回收基站。

[0038] 如图2所示,本实施例中发射基阵的发射换能器数量优选为4个,4个发射换能器构成xoy平面直角坐标系,2、4号阵元位于x轴上,1、3号阵元位于y轴上。

[0039] 建立图3所示空间直角坐标系,接收水听器为点T,接收水听器同时接收发射基阵4个发射换能器的发射信号,点T'为点T在xoy平面上的投影。通过比较x轴和y轴方向上两对阵元的时延差,可以获得接收水听器相对于x轴和y轴的方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ 。

[0040] 利用同步测距测量无人潜器与潜艇回收基站的距离R。

[0041] 具体计算公式如下：

[0042] 设接收水听器坐标为 $[x, y, z]$ ,接收水听器径向矢量为 $\overline{OT}$ ,方向余弦为

$$[0043] \quad \cos\alpha = x/R \quad (1)$$

$$[0044] \quad \cos\beta = y/R \quad (2)$$

$$[0045] \quad R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (3)$$

[0046] 式中: $\alpha$ 为径向矢量 $\overline{OT}$ 与x轴的夹角, $\beta$ 为 $\overline{OT}$ 与y轴的夹角,R为目标斜距。

[0047] 当基阵尺寸很小时,可近似为平面波,故有

$$[0048] \quad \varphi_x = 2\pi d \cos\alpha/\lambda \quad (4)$$

$$[0049] \quad \varphi_y = 2\pi d \cos\beta/\lambda \quad (5)$$

[0050] 其中: $\lambda$ 为信号波长, $d$ 为阵元间隔, $\varphi_x$ 为x轴上相邻发射换能器(2号和4号发射换

能器)发射信号在接收水听器处的相位差,  $\varphi_y$  为y轴上相邻发射换能器(1号和3号发射换能器)发射信号在接收水听器处的相位差。

[0051] 从而得到距离R、方位角度误差 $\alpha$ 和俯仰角度误差 $\beta$ ,无人潜器根据这些参数控制航行姿态,安全准确地进入回收基站。

[0052] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

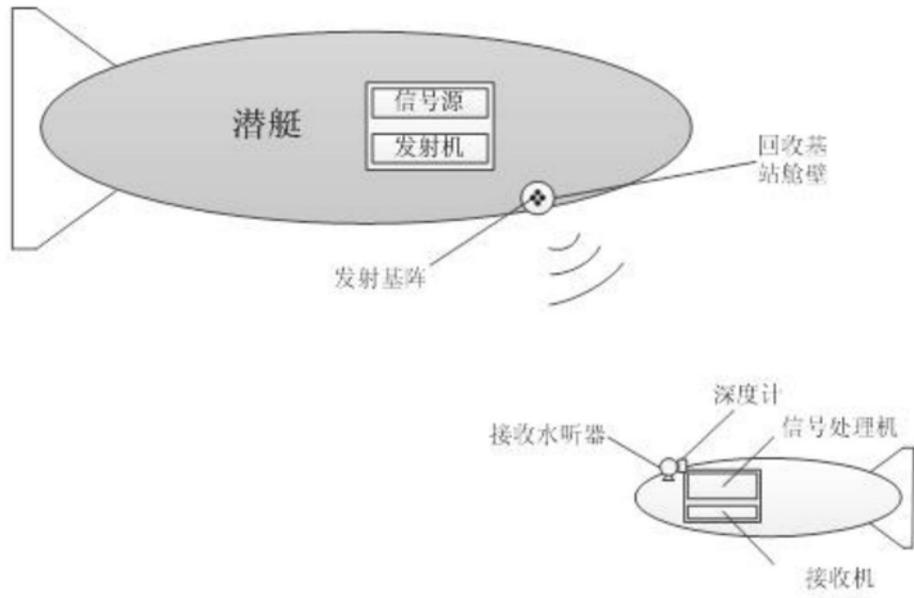


图1

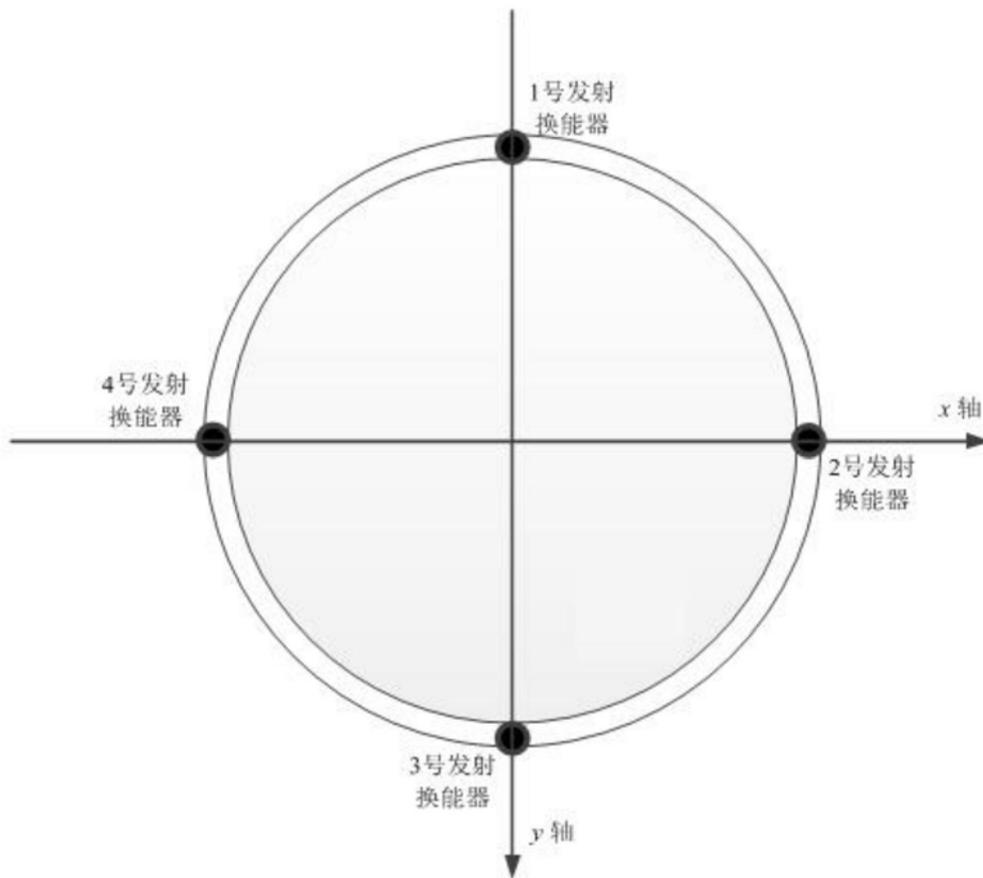


图2

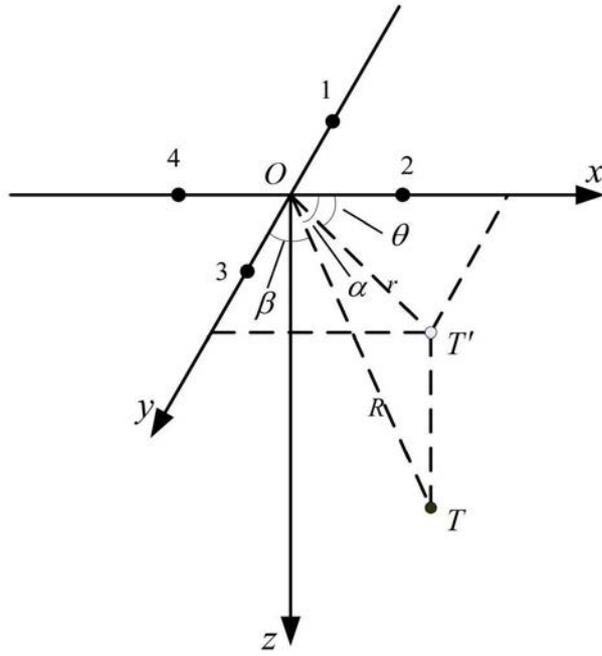


图3