



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 209396012 U

(45)授权公告日 2019.09.17

(21)申请号 201821875386.0

(22)申请日 2018.11.14

(73)专利权人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明南路422号

(72)发明人 袁飞 叶晓毅 程恩

(74)专利代理机构 厦门创象知识产权代理有限公司

公司 35232

代理人 尤怀成

(51)Int.Cl.

B63C 9/00(2006.01)

G01S 5/18(2006.01)

G01P 3/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

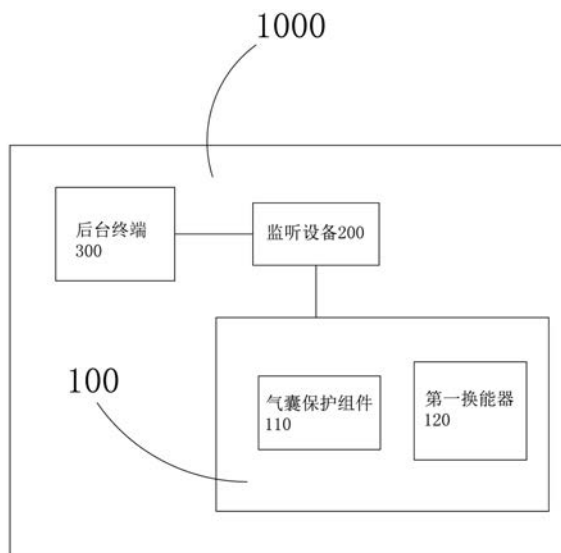
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

## (54)实用新型名称

用于游泳场所的救生系统

## (57)摘要

本实用新型公开了一种用于游泳场所的救生系统,包括:安装在游泳者身上的监测及保护设备、对应游泳场所设置的至少一个监听设备以及后台终端,该系统通过监测及保护设备监测游泳者的状态,当游泳者处于溺水时,发出求救信号,同时对游泳者进行应急保护;另外通过监听设备接收求救信号,并对求救信号进行处理后传输给后台终端,以便后台终端根据处理后的求救信号进行报警;整个系统布放方便、响应及时,极大的方便了游泳场所的安全管理,能有效减少意外事故的响应时间,从而大大提高了救援的效率,同时也能大大减轻救生员的工作压力。



1. 一种用于游泳场所的救生系统,其特征在于,包括:

监测及保护设备,所述监测及保护设备包括气囊保护组件和第一换能器,所述监测及保护设备安装在游泳者身上以对所述游泳者的状态信息进行监测,并根据所述游泳者的状态信息判断所述游泳者处于溺水状态时,通过所述第一换能器发出求救信号,同时触发所述气囊保护组件进行工作以对所述游泳者进行应急保护;

对应所述游泳场所设置的至少一个监听设备,所述监听设备与所述信号发送组件进行水声通信以接收所述求救信号,并对所述求救信号处理后进行传输;

后台终端,所述后台终端与所述监听设备进行通信以接收处理后的求救信号,并根据处理后的求救信号进行报警。

2. 如权利要求1所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述监测及保护设备还包括:

速度传感器,所述速度传感器用以采集所述游泳者在竖直方向的速度信息;

心率传感器,所述心率传感器用以采集所述游泳者的心率信息;

控制器,所述控制器分别与所述速度传感器、所述心率传感器、所述第一换能器和所述气囊保护组件相连,所述控制器根据所述游泳者在竖直方向的速度信息和所述游泳者的心率信息判断所述游泳者是否处于溺水状态,并在所述游泳者处于溺水状态时控制所述气囊保护组件进行工作和生成求救请求信号,以及将所述求救请求信号发送给所述第一换能器,以便所述第一换能器将所述求救请求信号转换为求救信号后进行发送。

3. 如权利要求2所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述监测及保护设备还包括第一电源模块和按键模块,所述第一电源模块用以给所述监测及保护设备供电,所述按键模块用以接收所述游泳者的主动触发指令,并将所述主动触发指令发送给所述控制器,以便所述控制器根据所述主动触发指令生成主动求救请求信号。

4. 如权利要求2所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述监测及保护设备以穿戴的方式制成。

5. 如权利要求2所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述监听设备包括第二换能器、处理器模块、无线传输模块和第二电源模块,所述第二换能器与所述处理器模块相连,所述第二换能器接收所述第一换能器发送的求救信号,并将所述求救信号转换为电信号后发送给所述处理器模块,所述处理器模块与所述无线传输模块相连,所述处理器模块对所述电信号进行去噪放大处理后,通过所述无线传输模块进行无线传输,所述第二电源模块用以给所述监听设备供电。

6. 如权利要求5所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述后台终端包括:

无线接收模块,所述无线接收模块用以接收所述无线传输模块发送的处理后的求救信号;

声光报警器,所述声光报警器用以发出声光报警信息;

主控模块,所述主控模块分别与所述无线接收模块和所述声光报警器相连,所述主控模块根据处理后的求救信号控制所述声光报警器进行工作。

7. 如权利要求1-6中任一项所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述监听设备为多个。

8. 如权利要求7所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述后台终端包括显示

器,所述显示器与主控模块相连,其中,所述主控模块还根据每个所述监听设备发送的求救信号,利用定位算法获取处于溺水状态的游泳者与每个所述监听设备之间的距离以确定处于溺水状态的游泳者的位置,并控制所述显示器对处于溺水状态的游泳者的位置进行显示。

9.如权利要求1所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述后台终端与所述监听设备之间通过WIFI、4G网络、或者5G网络之间无线通信。

10.如权利要求1所述的用于游泳场所的救生系统,其特征在于,所述求救信号为中心频率 $\leq 40\text{kHz}$ 的Chirp信号,所述Chirp信号的结构包括唤醒频点、LFM信号以及数据编码,其中,所述数据编码记录的是本地发射的时间和ID号,所述唤醒频点对应的唤醒频率 $F_1$ 用于系统握手,所述LFM信号用于细化同步和测距。

## 用于游泳场所的救生系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及救生技术领域,特别涉及一种用于游泳场所的救生系统。

### 背景技术

[0002] 游泳是一项深受人们喜爱的健康型体育运动,但是人们在游泳过程中,特别是对于初学者,由于受到各种因素的影响,不可避免地会出现游泳者溺水的现象,倘若救助不及时,游泳者将失去宝贵的生命。

[0003] 目前,在各个游泳场所都会配备多个救生员来保障游泳爱好者的安全,但是这种传统的人力监管模式存在一定的限制,由于人的生理条件,使得救生员很难保持长时间的注意力高度集中,而且游泳场所里往往人多声杂,单凭配备救生员经常发现不了一些游泳者的溺水状态,从而错过了最佳救援时间。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型旨在至少在一定程度上解决上述技术中的技术问题之一。为此,本实用新型的一个目的在于提出一种用于游泳场所的救生系统,通过保证水下信号准确无误的传输及定位的精确度,保证系统对溺水人员及时、可靠的发出预警,大幅减少溺亡事件的发生,从而大大提高救援效率,同时也能大大减轻救生员的工作压力。

[0005] 为达到上述目的,本实用新型实施例提出了一种用于游泳场所的救生系统,包括:监测及保护设备,所述监测及保护设备包括气囊保护组件和第一换能器,所述监测及保护设备安装在游泳者身上以对所述游泳者的状态信息进行监测,并根据所述游泳者的状态信息判断所述游泳者处于溺水状态时,通过所述第一换能器发出求救信号,同时触发所述气囊保护组件进行工作以对所述游泳者进行应急保护;对应所述游泳场所设置的至少一个监听设备,所述监听设备与所述信号发送组件进行水声通信以接收所述求救信号,并对所述求救信号处理后进行传输;后台终端,所述后台终端与所述监听设备进行通信以接收处理后的求救信号,并根据处理后的求救信号进行报警。

[0006] 根据本实用新型提出的用于游泳场所的救生系统,通过设置监测及保护设备,且监测及保护设备包括气囊保护组件和第一换能器,监测及保护设备安装在游泳者身上以对游泳者的状态信息进行监测,这样监测及保护设备根据游泳者的状态信息判断游泳者处于溺水状态时,通过第一换能器发出求救信号,同时触发气囊保护组件进行工作以对游泳者进行应急保护;另外,对应游泳场所设置有至少一个监听设备,监听设备与信号发送组件进行水声通信以接收求救信号,并对求救信号处理后进行传输;后台终端与监听设备进行通信以接收处理后的求救信号,并根据处理后的求救信号进行报警。由此可知,整个系统布放方便、响应及时,极大的方便了游泳场所的安全管理,能有效减少意外事故的响应时间,从而大大提高了救援的效率,同时也能大大减轻救生员的工作压力。

[0007] 另外,根据本实用新型上述实施例提出的用于游泳场所的救生系统还可以具有如下附加的技术特征:

[0008] 可选地,所述监测及保护设备还包括:速度传感器,所述速度传感器用以采集所述游泳者在竖直方向的速度信息;心率传感器,所述心率传感器用以采集所述游泳者的心率信息;控制器,所述控制器分别与所述速度传感器、所述心率传感器、所述第一换能器和所述气囊保护组件相连,所述控制器根据所述游泳者在竖直方向的速度信息和所述游泳者的心率信息判断所述游泳者是否处于溺水状态,并在所述游泳者处于溺水状态时控制所述气囊保护组件进行工作和生成求救请求信号,以及将所述求救请求信号发送给所述第一换能器,以便所述第一换能器将所述求救请求信号转换为求救信号后进行发送。

[0009] 可选地,所述监测及保护设备还包括第一电源模块和按键模块,所述第一电源模块用以给所述监测及保护设备供电,所述按键模块用以接收所述游泳者的主动触发指令,并将所述主动触发指令发送给所述控制器,以便所述控制器根据所述主动触发指令生成主动求救请求信号。

[0010] 可选地,所述监测及保护设备以穿戴的方式制成。

[0011] 可选地,所述监听设备包括第二换能器、处理器模块、无线传输模块和第二电源模块,所述第二换能器与所述处理器模块相连,所述第二换能器接收所述第一换能器发送的求救信号,并将所述求救信号转换为电信号后发送给所述处理器模块,所述处理器模块与所述无线传输模块相连,所述处理器模块对所述电信号进行去噪放大处理后,通过所述无线传输模块进行无线传输,所述第二电源模块用以给所述监听设备供电。

[0012] 可选地,所述后台终端包括:无线接收模块,所述无线接收模块用以接收所述无线传输模块发送的处理后的求救信号;声光报警器,所述声光报警器用以发出声光报警信息;主控模块,所述主控模块分别与所述无线接收模块和所述声光报警器相连,所述主控模块根据处理后的求救信号控制所述声光报警器进行工作。

[0013] 可选地,所述监听设备为多个。

[0014] 可选地,所述后台终端包括显示器,所述显示器与主控模块相连,其中,所述主控模块还根据每个所述监听设备发送的求救信号,利用定位算法获取处于溺水状态的游泳者与每个所述监听设备之间的距离以确定处于溺水状态的游泳者的位置,并控制所述显示器对处于溺水状态的游泳者的位置进行显示。

[0015] 可选地,所述后台终端与所述监听设备之间通过WIFI、4G网络、或者5G网络之间无线通信。

[0016] 可选地,所述求救信号为中心频率 $\leq 40\text{kHz}$ 的Chirp信号,所述Chirp信号的结构包括唤醒频点、LFM信号以及数据编码,其中,所述数据编码记录的是本地发射的时间和ID号,所述唤醒频率 $F_1$ 用于系统握手,所述LFM信号用于细化同步和测距。

## 附图说明

[0017] 图1为根据本实用新型实施例的用于游泳场所的救生系统的结构示意图;

[0018] 图2为根据本实用新型实施例的用于游泳场所的救生系统的方框示意图;

[0019] 图3为根据本实用新型实施例的用于游泳场所的救生系统的工作方式示意图;

[0020] 图4为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的监测及保护设备的方框示意图;

[0021] 图5为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的速断传感器的方

向示意图；

[0022] 图6为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的监听设备的方框示意图；

[0023] 图7为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的后台终端的方框示意图；

[0024] 图8为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的定位算法的节点坐标映射图；

[0025] 图9为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的时延估计修正算法的结构示意图；

[0026] 图10为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的自适应动态门限的方框示意图；

[0027] 图11为根据本实用新型一个实施例的用于游泳场所的救生系统的信号逐渐滑入窗口的互相关及FRFT结果。

### 具体实施方式

[0028] 下面详细描述本实用新型的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本实用新型,而不能理解为对本实用新型的限制。

[0029] 本实用新型实施例的用于游泳场所的救生系统,通过监测及保护设备监测游泳者的状态,当游泳者处于溺水时,发出求救信号,同时对游泳者进行应急保护;另外通过监听设备接收求救信号,并对求救信号进行处理后传输给后台终端,以便后台终端根据处理后的求救信号进行报警;该系统解决了目前游泳场所因为救援不及时而导致溺亡事件大幅增加的问题,并且整个系统布放方便、响应及时,极大的方便了游泳场所的安全管理,能有效减少意外事故的响应时间,从而大大提高了救援的效率,同时也能大大减轻救生员的工作压力。

[0030] 为了更好的理解上述技术方案,下面将参照附图更详细地描述本实用新型的示例性实施例。虽然附图中显示了本实用新型的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本实用新型而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本实用新型,并且能够将本实用新型的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0031] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明。

[0032] 如图1和图2所示,该用于游泳场所的救生系统1000包括监测及保护设备100、监听设备200以及后台终端300。

[0033] 其中,监测及保护设备100包括气囊保护组件110和第一换能器120,监测及保护设备100安装在游泳者身上以对游泳者的状态信息进行监测,并根据游泳者的状态信息判断游泳者处于溺水状态时,通过第一换能器120发出求救信号,同时触发气囊保护组件110进行工作以对游泳者进行应急保护。

[0034] 作为一个具体实施例,游泳场所可以是海滨浴场,本实用新型对此并不做具体限

定。

[0035] 作为一个实施例,上述监测及保护设备100以穿戴的方式制成,可制作为腰带,佩戴于游泳者腰部;当检测到游泳者处于溺水状态,第一换能器120发出求救信号,并触发腰带内部气囊对溺水者进行应急保护。

[0036] 其中,对应游泳场所设置的至少一个监听设备200,监听设备200与信号发送组件进行水声通信以接收求救信号,并对求救信号处理后进行传输。

[0037] 作为一个实施例,监听设备200为四个,布置于游泳场所的四个角落。

[0038] 作为一个实施例,监听设备200为三个,该监听设备200为分散于游泳场所的三个浮标,各浮标之间通过无线电连接。

[0039] 作为一个实施例,监听设备200为一个,该监听设备200上绑定三个传感器,以形成测量阵列。

[0040] 作为一个实施例,上述监听设备200通过接收时间差来判断求救信号的定位方向和距离。

[0041] 其中,后台终端300与监听设备200进行通信以接收处理后的求救信号,并根据处理后的求救信号进行报警。

[0042] 作为一个实施例,上述后台终端300与监听设备200之间通过WIFI、4G网络、或者5G网络之间无线通信,并通过定位算法确定溺水人员的位置以进行显示和声光报警。

[0043] 作为一个实施例,上述求救信号为中心频率为20kHz的Chirp信号(发射的结构是一个唤醒频点+LFM信号+数据编码。数据编码记录的是本地发射的时间和ID号,而唤醒频率F1用来做系统握手,LFM信号用来做细化的同步和测距)。

[0044] 作为一个实施例,上述求救信号为中心频率为35kHz的Chirp信号(发射的结构是一个唤醒频点+LFM信号+数据编码。数据编码记录的是本地发射的时间和ID号,而唤醒频率F1用来做系统握手,LFM信号用来做细化的同步和测距)。

[0045] 在本发明的一个实施例中,如图3所示,布放于游泳场所四周的监听设备200的位置是事先精确测定并在后台终端300按照一定的比例转换成位置坐标显示的。游泳者下水游泳时开启监测及保护设备100,监测及保护设备100检测游泳者在竖直方向上的速度信息和游泳者的心率信息并通过运动解析算法和预先设定的心率阈值判读游泳者是否处于溺水状态。当系统判定游泳者处于溺水状态时或触发主动求救按钮,监测及保护设备100生成一个带有时间的求救信号发送至监听设备200,并触发气囊保护组件110充气将溺水者拉至水面,监听设备200将信号去噪放大处理后发送至后台终端300,后台终端300通过定位解析算法确定溺水人员的位置并进行显示。

[0046] 在本实用新型的一个实施例中,如图4所示,上述监测及保护设备100还包括:速度传感器160、心率传感器150、控制器130、第一电源模块170和按键模块140。

[0047] 其中,速度传感器160用以采集游泳者在竖直方向的速度信息;心率传感器150用以采集游泳者的心率信息;控制器130分别与速度传感器160、心率传感器150、第一换能器120和气囊保护组件110相连,控制器130根据游泳者在竖直方向的速度信息和游泳者的心率信息判断游泳者是否处于溺水状态,并在游泳者处于溺水状态时控制气囊保护组件110进行工作和生成求救请求信号,以及将求救请求信号发送给第一换能器120,以便第一换能器120将求救请求信号转换为求救信号后进行发送;第一电源模块170用以给监测及保护设

备100供电,按键模块140用以接收游泳者的主动触发指令,并将主动触发指令发送给控制器130,以便控制器130根据主动触发指令生成主动求救请求信号。

[0048] 作为一个实施例,上述心率传感器150为红外脉搏传感器;上述按键模块140包括主动求救按钮和电源按钮,且通过防水保护盖进行保护;当游泳者发现自己处于或即将处于溺水状态但仍有意识时,可以主动按下求救按钮的按键进行报警自救;电源按钮用于开启或关闭监测及保护设备100。

[0049] 作为一个实施例,上述速度传感器具有SPI和I<sup>2</sup>C数字输出功能。

[0050] 具体地,监测及保护设备100通过速度传感器160测量游泳者在竖直方向上的速度,通过心率传感器150检测游泳者的心率,通过游泳解析算法判断游泳者的状态,若游泳者处于溺水状态,或游泳者感觉身体不适或其他突发情况触发主动求救按钮时,监测及保护设备100通过控制器130生成一个电信号,第一换能器120将电信号转换成水声信号,经水声信道进行发送,同时触发内部的气囊保护组件110,气囊保护组件110短时间充满气将溺水者拉至水面。

[0051] 其中,上述控制器还用于,根据游泳者在竖直方向的速度信息获取速度变化率,并根据游泳者的心率信息获取心率变化率,以及在游泳者在竖直方向的速度为负值、速度变化率大于第一预设值、游泳者的心率达到第一预设心率阈值、且心率变化率达到第二预设值时,判断游泳者处于溺水状态。

[0052] 作为一个实施例,上述游泳解析算法通过判断游泳者的状态判断游泳者是否处于溺水状态;当游泳者在游泳过程中,人体前进方向就是速度传感器方向(以下称为X),具体如图5所示,速度传感器采集到的值较大,一般为0-2m/s左右,不会出现负值;游泳者在水中站立嬉戏时,人体竖直方向即为X方向,速度较小,一般在0上下浮动,且这个变化频度较小;而当人员溺水时人体竖直方向即为X方向,速度稍快,一般在0上下反复变化,且这个变化频度较大;因此可以根据游泳者在水中X方向上的速度的不同来判断游泳者所处的状态。另外,正常成年人安静时的心率有显著的个体差异,平均在75次/分左右(60—100次/分之间),在游泳过程中,心率会偏高一些但趋于稳定;而人在溺水初期,生命体征变化主要是:在短时间内,心率先变快,后变慢;溺水时心率变化率明显大于游泳时心率变化率。由此,运动解析算法将根据速度传感器和心率传感器传回来的数据进行分析,并计算速度变化率a1、心率变化率a2。一旦检测到人体竖直方向上的速度出现负值、在0上下反复跳动且速度变化频度大即速度变化率a1较大,同时心率和心率变化率a2均达到阈值(由于每个人心率信息不同,心率阈值可在开机后测量在加以处理),并且持续1-2S,即控制器130判定为溺水。

[0053] 在本实用新型的一个实施例中,如图6所示,上述监听设备200包括第二换能器210、处理器模块220、无线传输模块230和第二电源模块240。

[0054] 其中,第二换能器210与处理器模块220相连,第二换能器210接收第一换能器120发送的求救信号,并将求救信号转换为电信号后发送给处理器模块220,处理器模块220与无线传输模块230相连,处理器模块220对电信号进行去噪放大处理后,通过无线传输模块230进行无线传输,第二电源模块240用以给监听设备200供电。

[0055] 也就是说,监听设备200的第二换能器210将接收到的水声信号转换成电信号,经去噪放大处理后由无线传输模块230进行无线传输。



[0056] 在本实用新型的一个实施例中,如图7所示,上述后台终端包括无线接收模块330、声光报警器320、主控模块310以及显示器340。

[0057] 其中,无线接收模块330用以接收无线传输模块230发送的处理后的求救信号;声光报警器320用以发出声光报警信息;主控模块310分别与无线接收模块330和声光报警器320相连,主控模块310根据处理后的求救信号控制声光报警器320进行工作;显示器340与主控模块310相连,主控模块还根据每个监听设备200发送的求救信号,利用定位算法获取处于溺水状态的游泳者与每个监听设备200之间的距离以确定处于溺水状态的游泳者的位置,并控制显示器340对处于溺水状态的游泳者的位置进行显示。

[0058] 作为一个实施例,Chirp信号又称为线性调频信号(Linearly-Frequency Modulated, LFM),其时间和频率成线性关系,可表示为:

$$[0059] \quad x(t) = \cos(2\pi f_0 t + \pi k t^2), 0 \leq t \leq T$$

[0060] 式中 $f_0$ 、 $k$ 分别代表起始频率和调频率。 $k$ 为正数则为上扫频(up-Chirp)信号,若 $k$ 为负数,则为下扫频(down-Chirp)信号, $T$ 为线性调频信号的时宽。

[0061] 以Chirp上扫频为例,其匹配滤波器的冲激响应函数的数学表达式为:

$$[0062] \quad h(t) = \cos(2\pi f_0 t - \pi k t^2), 0 \leq t \leq T$$

[0063] 则其经过匹配滤波器的输出为:

$$[0064] \quad g(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)h(t-\tau)d\tau$$

$$= \sqrt{BT} \cos(2\pi f_0 t) \frac{\sin[\pi Bt(1-\frac{|t|}{T})]}{\pi Bt} \quad 0 \leq t \leq T$$

[0065] 由上式可以看出信号的主瓣宽度为 $2/B$ ,主瓣的高度为 $\sqrt{BT}$ ,且 $BT$ 值越大,匹配滤波后输出的峰值越高,输出结果具有冲激谱峰特性,利于检测和捕获Chirp信号同步头。 $g(t)$ 的峰值在 $t=0$ 时刻出现,其峰值偏移与Chirp信号的时延变化有关。

[0066] 如图9和图10所示,待接收信号 $R(t)$ 由信号与噪声两部分组成,信号 $x(t-\tau)$ 为待接收延迟Chirp信号,噪声 $n(t)$ 表示为均值0,方差 $n_0$ 的高斯白噪声, $n(\tau)$ 表示延迟时间 $\tau$ 的函数:

$$[0067] \quad R(t) = x(t-\tau) + n(\tau)$$

[0068] 设 $y(t)$ 为干扰的虚警信号,则同步信号接收端根据假设检验法,从可能的两个假设中做出选择:

$$[0069] \quad H_0: R(t) = y(t-\tau) + n(\tau)$$

$$[0070] \quad H_1: R(t) = x(t-\tau) + n(\tau)$$

[0071] 由上文分析可知,匹配滤波法对于时间同步信号的检测原理是:将接收信号与本地副本信号做相关运算,互相关结果包含了信号部分与噪声部分的相关结果,传统匹配滤波法选取相关峰的最大值,将此峰与固定门限阈值比较,若相关峰大于门限值,则认为同步成功,反之,则不成功。然而在复杂多变的水声信道环境中,固定门限值的设置一方面要足够大以保证虚警的最小化,另一方面当信号衰减较强时,又要足够小以保证能够捕获到有效信号,难以取得较好的同步结果。本实用新型为解决固定门限的问题,采用正交相关结果作为自适应动态门限,正交参考序列与接收信号的互相关结果如下式所示,由于信号部分

与正交参考序列的不匹配,  $C_0(t)$  只包含了环境噪声部分的相关结果。

[0072]

$$C(t) = R(t) \otimes r(t) = \frac{1}{N_c} \left[ \sum_{i=(k-1)N_c+1}^{kN_c} R(t)r(t+i) \right] = \frac{1}{N_c} \left[ \sum_{i=(k-1)N_c+1}^{kN_c} x(t-\tau)r(t+i) + \sum_{i=(k-1)N_c+1}^{kN_c} n(t)r(t+i) \right]$$

$$[0073] \quad C_0(t) = R(t) \otimes r_0(t) = \frac{1}{N_c} \sum_{i=(k-1)N_c+1}^{kN_c} R(t)r_0(t+i) = \frac{1}{N_c} \sum_{i=(k-1)N_c+1}^{kN_c} n(t)r_0(t+i)$$

[0074] 式中:  $C(t)$  表示接收到的序列  $R(t)$  与本地参考序列  $r(t)$  的互相关值,  $C_0(t)$  表示序列  $R(t)$  与本地正交参考序列  $r_0(t)$  的互相关值,  $N_c$  为每个窗口的长度,  $k$  代表第  $k$  个窗口。

[0075] 将正交相关结果作为自适应动态门限, 评估出水声信道实时的噪声水平, 较好地适应复杂多变的水声信道环境, 如果接收序列相关结果超过了动态门限, 则认为同步信号可能到达。而当疑似信号出现后, 相关结果远远高于门限, 此时认为可能捕获到了同步信号。

[0076] 如图9所示, Chirp信号在合适阶次的FRFT上是一个冲激函数, 该特性被称为Chirp信号的分数阶聚集特性, 可以进行有效的信号检测; 同时, FRFT还具有频移特性, 适用于检测具有多普勒频偏的Chirp信号。

[0077] 信号  $x(t)$  的  $p$  阶FRFT可以定义为如下线性积分的形式:

$$[0078] \quad X_p(u) = \int_{-\infty}^{\infty} K_p(u, t)x(t)dt$$

[0079] 其中,

$$[0080] \quad K_p(t, u) = \begin{cases} A_\alpha \exp[j\pi(u^2 \cot \alpha - 2ut \csc \alpha + t^2 \cot \alpha)], & \alpha \neq n\pi \\ \delta(u-t), & \alpha = 2n\pi \\ \delta(u+t), & \alpha = (2n \pm 1)\pi \end{cases}$$

[0081] 为FRFT的核函数,  $p$  为分数阶傅里叶变换的阶数,  $\alpha$  表示时频轴旋转角度

$$[0082] \quad A_\alpha = \sqrt{1 - j \cot \alpha}, \quad \alpha = \frac{p\pi}{2}, \quad p \neq 2n \quad (n \text{ 为整数})。$$

[0083] 经变量代换可简化为

$$[0084] \quad X_p(u) = \sqrt{\frac{1 - j \cot \alpha}{2\pi}} e^{j/2 \cot \alpha u^2} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j \csc \alpha ut} e^{j/2 \cot \alpha t^2} x(t) dt$$

[0085] 当信号的调频率  $k = -\cot \alpha = \left(\frac{p\pi}{2}\right)$  时,

$$[0086] \quad X_p(u) = A_\alpha e^{j\pi u^2 \cot \alpha} \delta(u - f_0 \sin \alpha)$$

[0087] 即在合适阶次的FRFT域上, Chirp信号将呈现出明显的分数阶聚集特性, 能量聚集在  $u = f_0 \sin \alpha$  点上。

[0088] 为进一步解决虚警信号问题, 结合FRFT的分数阶聚集特性, 用  $U$  进行模值平方计算, 如下所示

$$[0089] \quad U = |F(p) + F(n)|^2 = F^2(p) + 2|F(p)F(n)| + F^2(n)$$

[0090] 式中 $F(p)$ 与 $F(n)$ 分别表示信号部分与噪声部分的FRFT变换值,令 $2|F(p)F(n)|+F^2(n)=N_1$ ,则上式可化简为

$$[0091] \quad U = |F(p) + F(n)|^2 = F^2(p) + N_1$$

[0092] 令 $W_{st}$ 为匹配滤波法结果,用 $W$ 表示其相关结果

$$[0093] \quad W = \text{std}(W_{st})$$

[0094] 如图11所示,FRFT的能量积聚与匹配滤波峰值呈现出类似波形,且都与信号的时间长度呈现正相关关系。

[0095] 由于FRFT的峰值位置与匹配滤波峰值出现的位置并非完全一致,所以我们选取标准差 $W_{st}$ 作为判决门限,可以反映其峰值特性,并将其转化为窗口等长的形式,便于滑窗处理的过程。当有效信号到达的时刻,信号峰值将超过设置门限,即可捕获同步信号。

[0096] 由此,本实用新型利用FRFT能在合适阶次上实现信号噪声分离的良好特性,对捕获的同步结果进行再检测,并修正时延误差。

[0097] 作为一个实施例,估计出时延后,通过TOA定位原理解算出定位信息。

[0098] 通常采用球面模型进行定位交汇解算,假设待定位物体坐标为 $(x, y, z)$ ,三个锚节点位置分别为 $(x_1, y_1, z_1)$ ,  $(x_2, y_2, z_2)$ 和 $(x_3, y_3, z_3)$ ;由于待定位物体深度 $h$ 与各锚节点的深度信息 $z_1, z_2, z_3$ 可以通过其上加装的深度传感器获取,因此可将三维定位问题转化为与水平方向的二维平面位置估计问题,如图8所示。

[0099] 则由TOA计算公式可得:

$$[0100] \quad \begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = s_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = s_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = s_3^2 \end{cases}$$

[0101] 联立求解方程组,即可得到待定位目标的坐标,即:

$$[0102] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_3) & 2(y_1 - y_3) \\ 2(x_2 - x_3) & 2(y_2 - y_3) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + s_1^2 - s_3^2 \\ x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + s_2^2 - s_3^2 \end{bmatrix}$$

[0103] 其中 $s_1, s_2, s_3$ 分别是水下目标到浮标节点的距离。这个距离可以通过时延乘以声速得到。最后通过勾股定理计算 $z$ 轴坐标,考虑到实际测量误差,分别使用 $s_1, s_2, s_3$ 计算 $z$ 轴坐标然后取平均:

$$[0104] \quad z = \text{mean} \left( \begin{array}{c} -\sqrt{s_1^2 - (x_1 - x)^2 - ((y_1 - y)^2)} \\ -\sqrt{s_2^2 - (x_2 - x)^2 - ((y_2 - y)^2)} \\ -\sqrt{s_3^2 - (x_3 - x)^2 - ((y_3 - y)^2)} \end{array} \right)$$

[0105] 同时,由于实际定位过程中,目标节点和参考节点的距离是通过声信号传播时间与估测声速相乘获得,由于水下信道的声线是弯曲传播的,采用固定声速计算得到的距离存在一定的误差,影响定位的精度。

[0106] 不考虑声速变化时, $c_1 = c_2 = c_3 = c_0$ 为定值,

$$[0107] \quad s_1' = \sqrt{(c_0 t_1)^2 - (h - h_1)^2}$$

$$[0108] \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_3) & 2(y_1 - y_3) \\ 2(x_2 - x_3) & 2(y_2 - y_3) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + h_3^2 - h_1^2 + 2h(h_1 - h_3) + c_0(t_1^2 - t_3^2) \\ x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + h_3^2 - h_2^2 + 2h(h_2 - h_3) + c_0(t_2^2 - t_3^2) \end{bmatrix}$$

[0109] 具体地,上述定位算法根据匹配滤波法设置自适应动态门限捕获同步信号,利用FRFT在合适阶次上实现信号与噪声分离的特性进行FRFT再检测,剔除虚警信号后再通过FRFT的尖峰偏移量进行时延误差修正,估计出时延,解算出定位信息,然后封装成帧,利用WIFI申请云端数据计算,云端数据经过处理后,返回到后台终端,后台终端对所有定位数据汇总并进行定位显示,从而使得救生员可以快速知道溺水者的位置,提高救援的效率。

[0110] 根据本实用新型提出的用于游泳场所的救生系统,通过设置监测及保护设备,且监测及保护设备包括气囊保护组件和第一换能器,监测及保护设备安装在游泳者身上以对游泳者的状态信息进行监测,这样监测及保护设备根据游泳者的状态信息判断游泳者处于溺水状态时,通过第一换能器发出求救信号,同时触发气囊保护组件进行工作以对游泳者进行应急保护;另外,对应游泳场所设置有至少一个监听设备,监听设备与信号发送组件进行水声通信以接收求救信号,并对求救信号处理后进行传输;后台终端与监听设备进行通信以接收处理后的求救信号,并根据处理后的求救信号进行报警。由此可知,整个系统布放方便、响应及时,极大的方便了游泳场所的安全管理,能有效减少意外事故的响应时间,从而大大提高了救援的效率,同时也能大大减轻救生员的工作压力。

[0111] 本领域内的技术人员应明白,本实用新型的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本实用新型可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本实用新型可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0112] 本实用新型是参照根据本实用新型实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0113] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0114] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0115] 应当注意的是,在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的部件或步骤。位于部件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的部件。本实用新型可以借助于包括有若干不同部

件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中,这些装置中的若干个可以通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

[0116] 尽管已描述了本实用新型的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本实用新型范围的所有变更和修改。

[0117] 显然,本领域的技术人员可以对本实用新型进行各种改动和变型而不脱离本实用新型的精神和范围。这样,倘若本实用新型的这些修改和变型属于本实用新型权利要求及其等同技术的范围之内,则本实用新型也意图包含这些改动和变型在内。

[0118] 在本实用新型的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本实用新型的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0119] 在本实用新型中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0120] 在本实用新型中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0121] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本实用新型的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不应理解为必须针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0122] 尽管上面已经示出和描述了本实用新型的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本实用新型的限制,本领域的普通技术人员在本实用新型的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

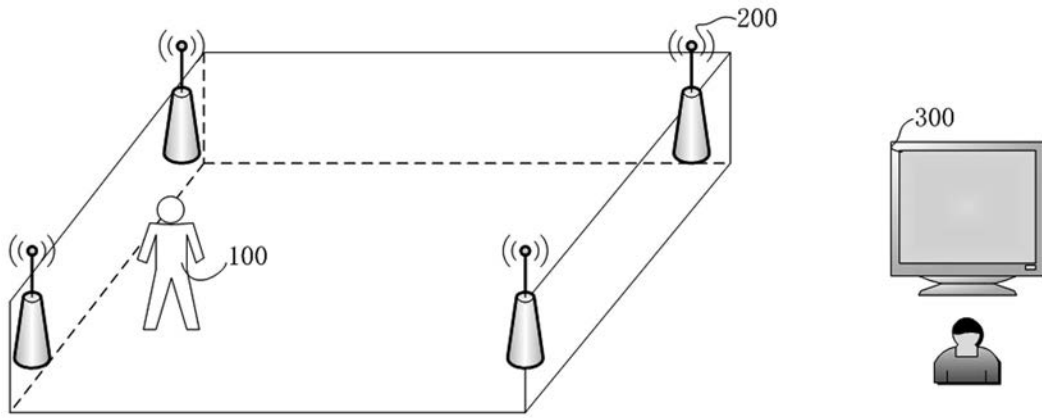


图1

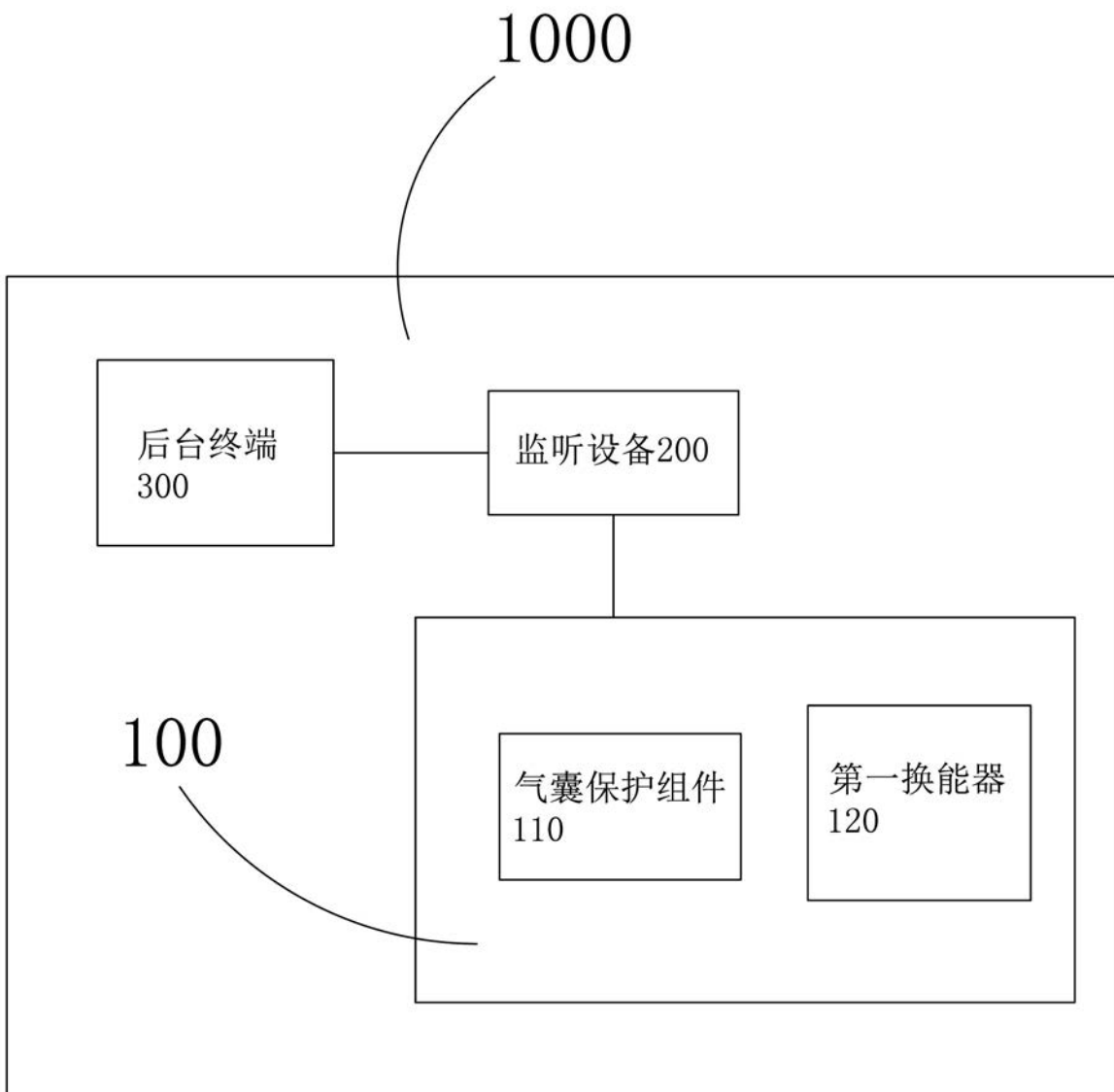


图2

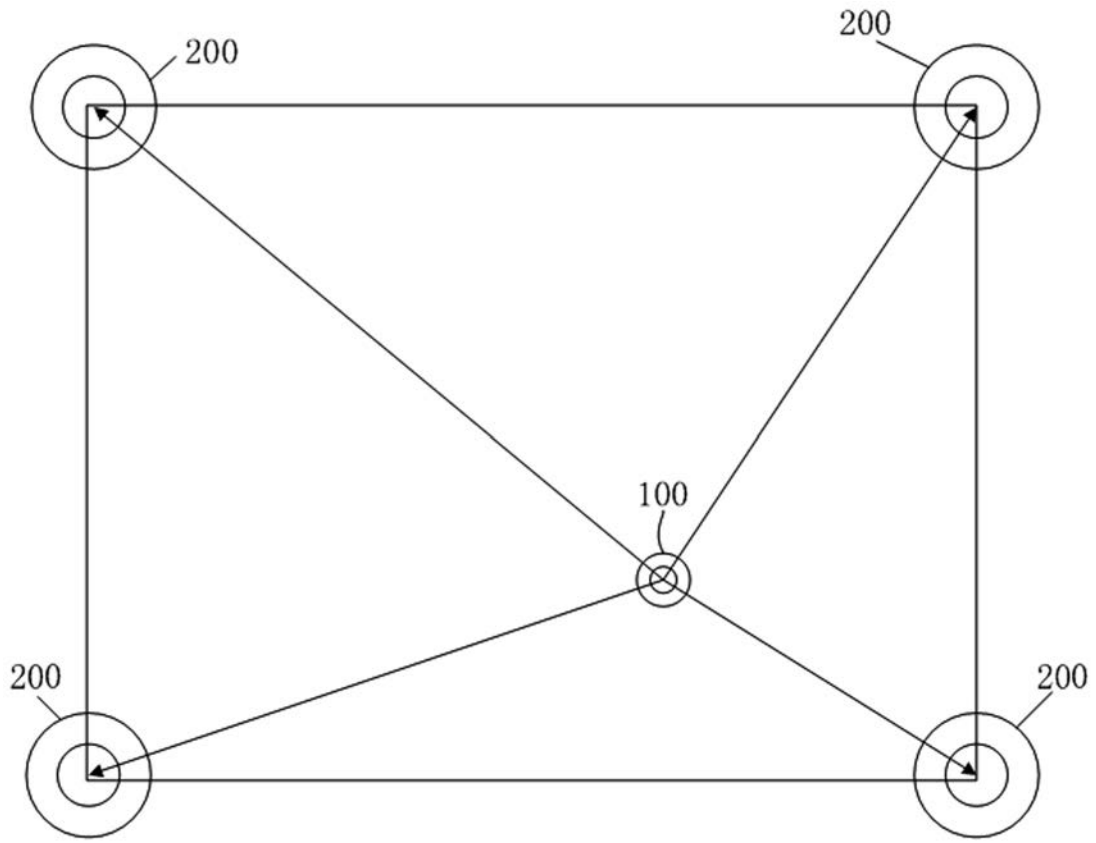


图3

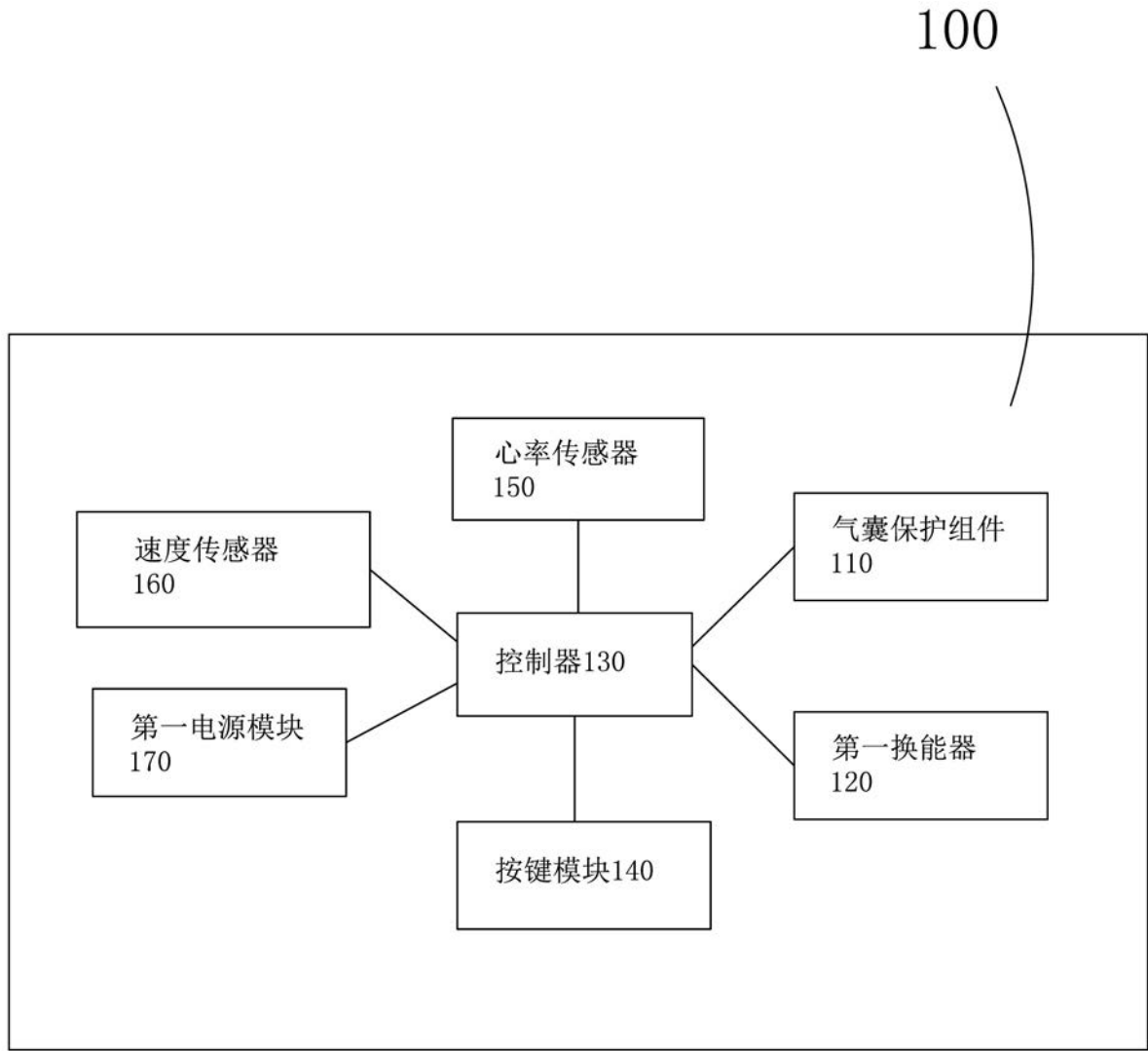


图4





图5

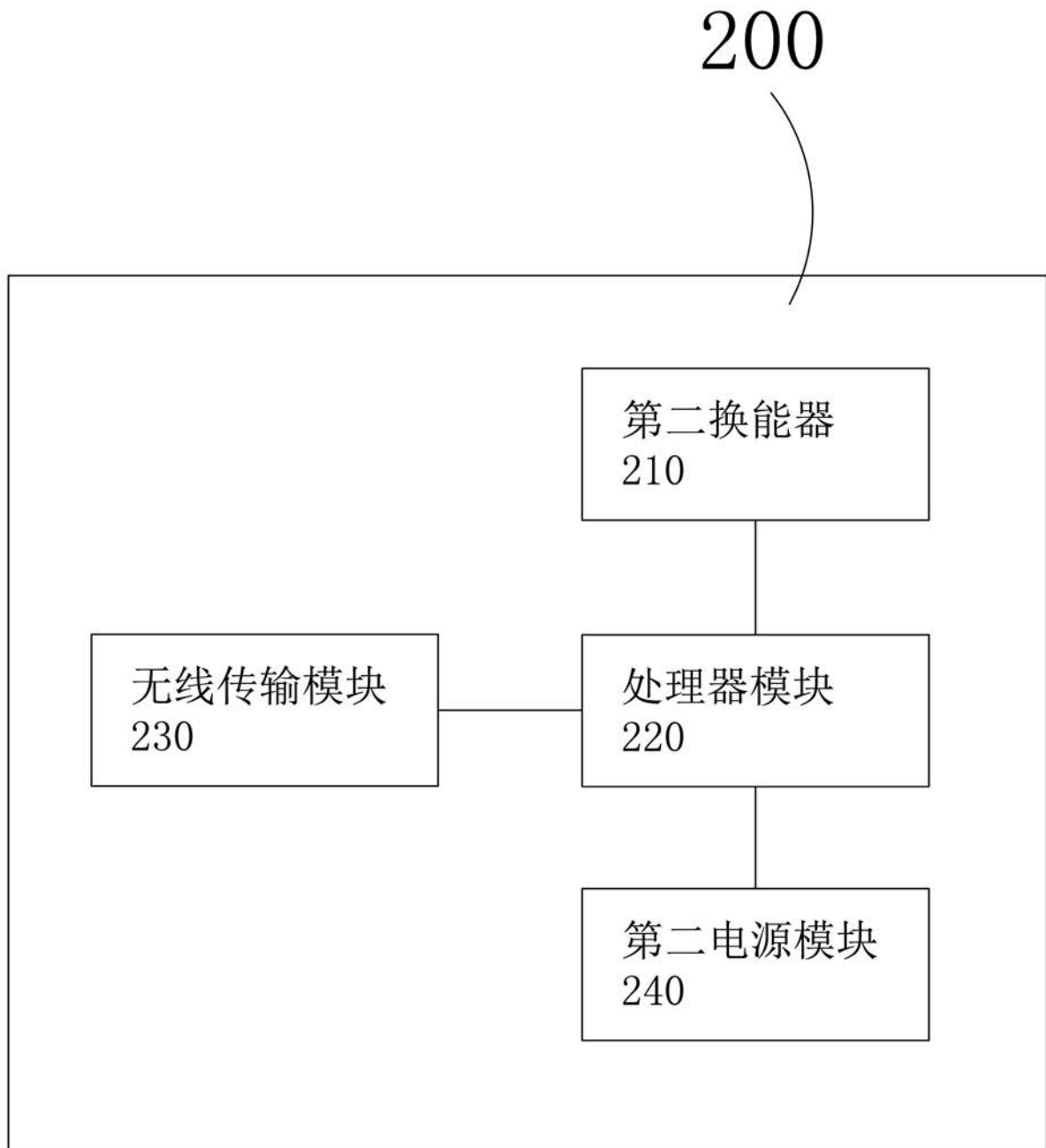


图6

300

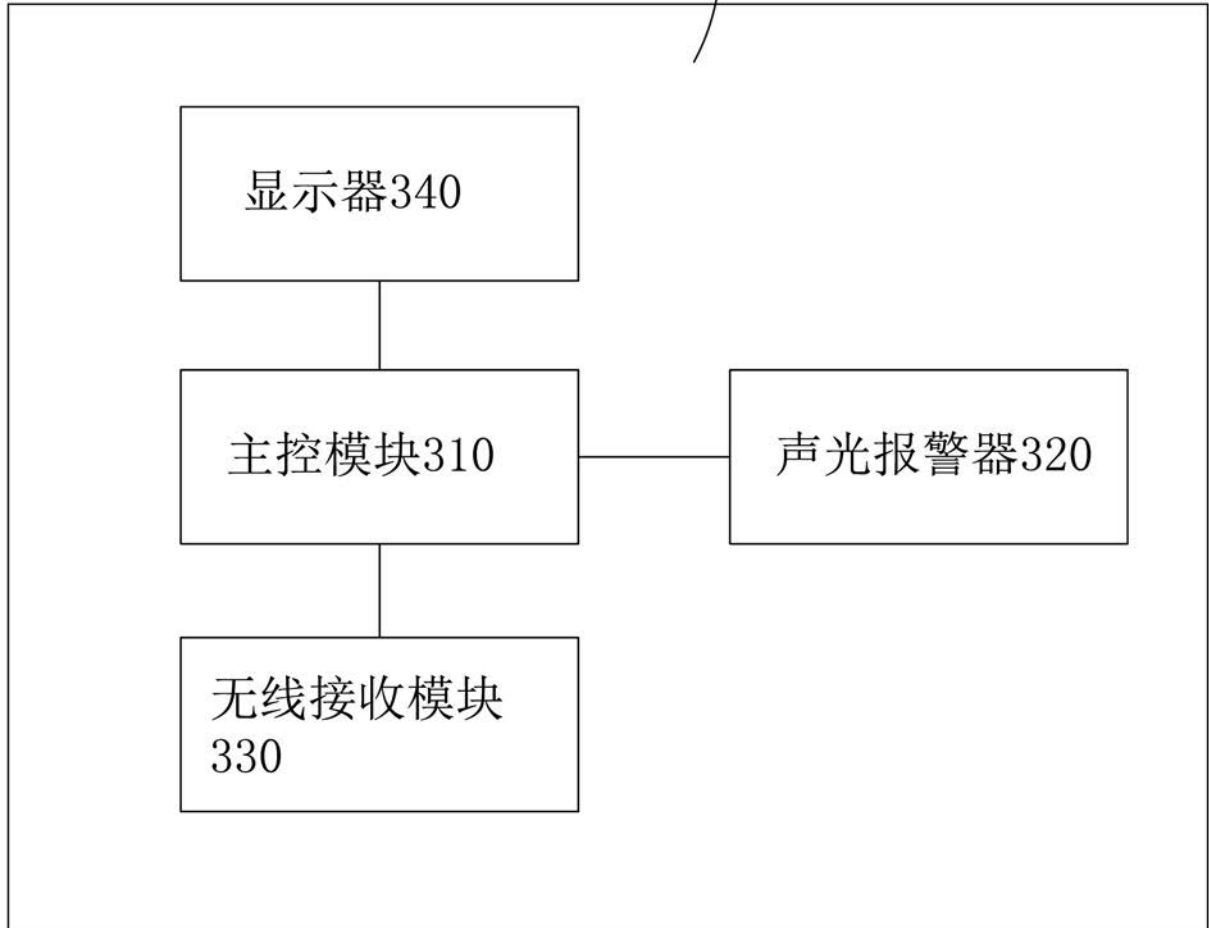


图7

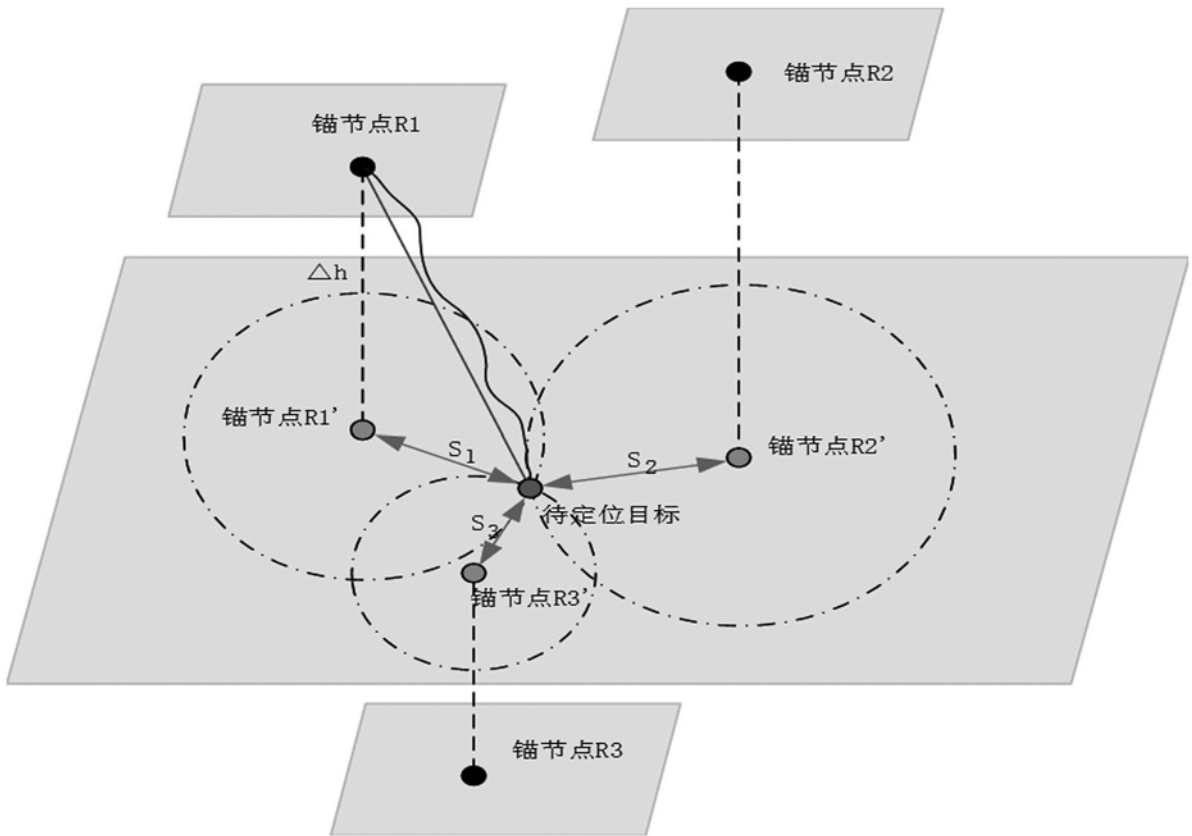


图8

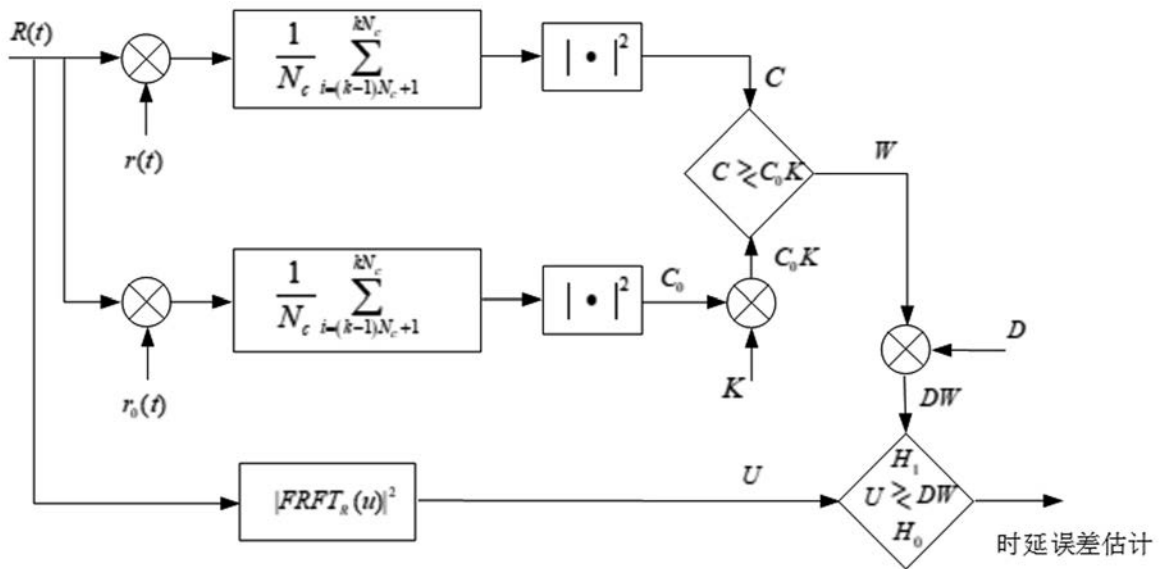


图9

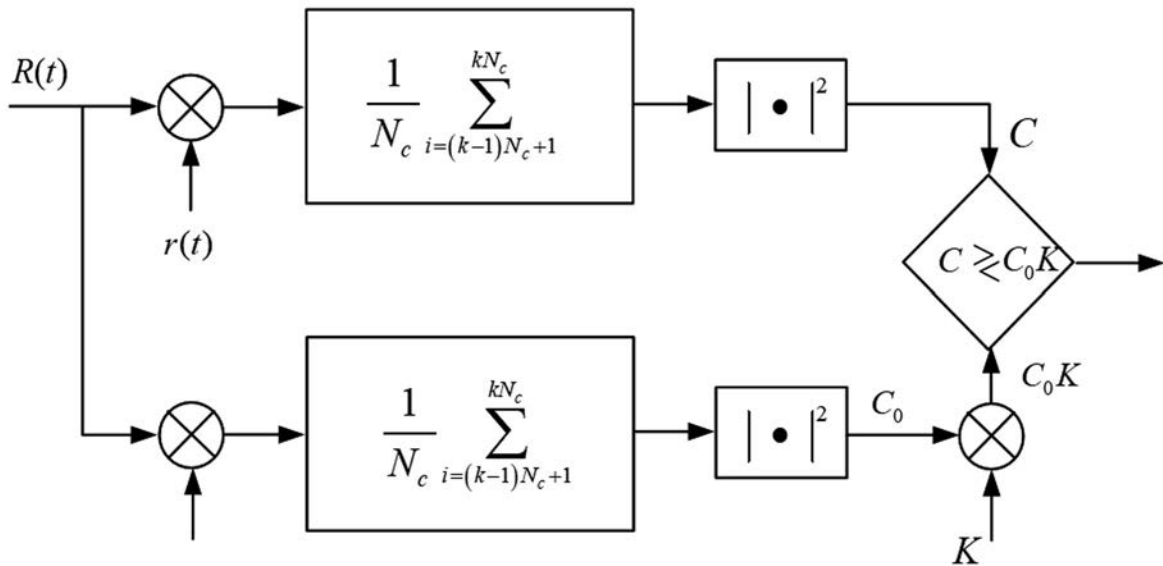


图10

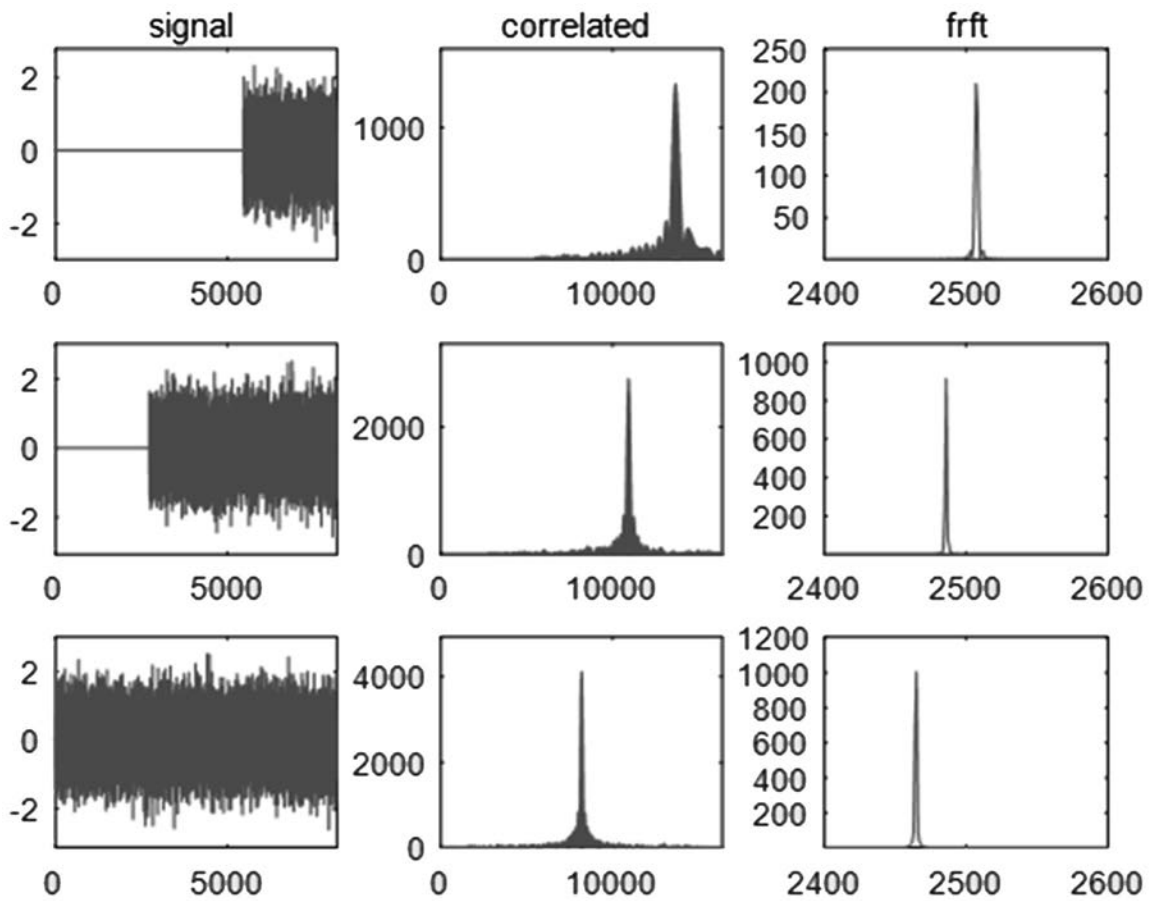


图11