(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108123723 B
(45)授权公告日 2020.11.10

(21)申请号 201711405381.1

(22)申请日 2017.12.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108123723 A

(43)申请公布日 2018.06.05

(73)专利权人 西安烽火电子科技有限责任公司
地址 710075 陕西省西安市雁塔区高新区高新六路28号烽火科技园

(72)发明人 张宝强 路盼 王君方 李瑞 唐宏震 胡山锋 乔建 张忠波 赵微 刘洋

(74)专利代理机构 西安睿通知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 61218
代理人 寇兰英

(51)Int.Cl.
H04B 1/00(2006.01)
H04B 1/12(2006.01)
H04W 4/024(2018.01)
G01S 5/02(2010.01)

(56)对比文件
CN 102253364 A,2011.11.23
CN 105099577 A,2015.11.25
CN 105676171 A,2016.06.15
US 9807570 B1,2017.10.31
陈华东.超短波无线电测向定位新算法探讨.《2011全国无线及移动通信学术大会论文集》.2011,第420-422页.

审查员 梁柱杰

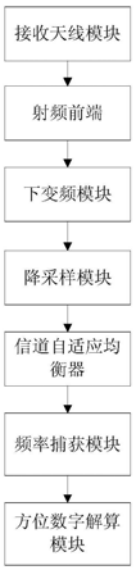
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种基于无线电技术的定位系统及方法

(57)摘要

本发明属于超短波信号处理领域,公开了一种基于无线电技术的定位系统及方法,包括:多个被定位设备和一个定位设备,多个被定位设备作为多个发射机,一个定位设备作为一个接收机;多个发射机分别在预设频率范围内发射具有某一频率的超短波信号,且每个发射机发射的超短波信号具有不同的频率;接收机包含:接收天线模块、射频模块、下变频模块、降采样模块、信道自适应均衡器、频率捕获模块以及方位数字解算模块;其中,接收天线模块由电子开关和呈圆形均匀分布的多根天线组成,电子开关用于依次接通不同的天线,能够快速达到精确定位的目的。



CN 108123723 B

1.一种基于无线电技术的定位系统，其特征在于，所述定位系统包括：位于设定区域内的多个被定位设备和位于设定区域内的一个定位设备，将所述多个被定位设备分别作为多个发射机，将所述一个定位设备作为一个接收机；

所述多个发射机分别在预设频率范围内发射超短波信号，且每个发射机发射的超短波信号具有不同的频率；

所述接收机包含：依次连接的接收天线模块、射频模块、下变频模块、降采样模块、信道自适应均衡器、频率捕获模块以及方位数字解算模块；

其中，所述接收天线模块由一个电子开关和呈圆形均匀分布的多根天线组成，所述电子开关用于依次接通多根天线中的一根；

其中，所述接收天线模块，用于分时获取多个发射机分别发射的超短波信号；

所述射频模块，用于对接收天线接收的超短波信号进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；

所述下变频模块，用于对滤波放大后的射频信号进行混频，得到模拟中频信号；

所述降采样模块，用于对所述模拟中频信号进行模数转换，得到数字中频信号；

所述信道自适应均衡器，用于调节信道参数使所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

所述频率捕获模块，用于获取从信道自适应均衡器输出的数字中频信号的频率，判断所述数字中频信号的频率是否在所述预设频率范围内；

所述方位数字解算模块，用于当所述数字中频信号的频率在所述预设频率范围内，提取所述数字中频信号的方位信息；所述提取所述数字中频信号的方位信息，具体为：

(1a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_C t+p(t)+c]$；

其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_C表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

(1b)则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

$$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$表示多普勒频率相关项，$\lambda$为该发射机发射信号的波长，$\theta$即为该发射机对应的方位角信息；

(1c)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

2.根据权利要求1所述的一种基于无线电技术的定位系统，其特征在于，预设频率范围内的超短波信号的频率范围为100MHz至300MHz。

3.根据权利要求1所述的一种基于无线电技术的定位系统，其特征在于，所述数字中频信号的功率维持在设定的-10dBm至-30dBm范围内。

4.一种基于无线电技术的定位方法，所述定位方法应用于如权利要求1所述的基于无线电技术的定位系统，其特征在于，所述定位方法包括：

(2a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_C t+p(t)+c]$；

其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_C表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

(2b)接收机中的接收天线模块获取该发射机发射的超短波信号，通过射频模块进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；并通过下变频模块得到模拟中频信号，通过降采样模块得到数字中频信号，并通过信道自适应均衡器使得所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

(2c)所述频率捕获模块将所述数字中频信号与本地载波产生的I、Q两路信号相乘，将相乘后的信号经低通滤波器得到数字基带信号，将所述数字基带信号进行降采样，并将降采样后的信号做FFT变换，得到降采样后的信号的幅频特性，根据所述幅频特性得到数字中频信号的频率；

(2d)若所述数字中频信号的频率在预设频率范围内，则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

$$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$表示多普勒频率相关项，$\lambda$为该发射机发射信号的波长，$\theta$即为该发射机对应的方位角信息；

(2e)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

一种基于无线电技术的定位系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于超短波信号处理领域，尤其涉及一种基于无线电技术的定位系统及方法。

背景技术

[0002] 现在普遍使用的定位系统主要有GPS定位、北斗定位等，GPS的优点是定位精度高，缺点是受天气和位置的影响较大，尤其是在城市这种复杂的环境中，且准确定位需要的时间比较长。北斗定位系统还处于发展阶段，主要应用于军用，民用推广还没做到全面普及。随着近年来无线电技术的发展，无线电定位技术越来越广泛地应用到人们的日常生活中，因此，研究一种定位时间短、精度高且受环境影响较小的数字化定向系统具有重要的实际价值。

发明内容

[0003] 针对上述问题，本发明的目的在于提供一种基于无线电技术的定位系统及方法，能够快速达到精确定位的目的。

[0004] 为达到上述目的，本发明采用如下技术方案予以实现。

[0005] 技术方案一：

[0006] 一种基于无线电技术的定位系统，所述定位系统包括：位于设定区域内的多个被定位设备和位于设定区域内的一个定位设备，将所述多个被定位设备分别作为多个发射机，将所述一个定位设备作为一个接收机；

[0007] 所述多个发射机分别在预设频率范围内发射超短波信号，且每个发射机发射的超短波信号具有不同的频率；

[0008] 所述接收机包含：依次连接的接收天线模块、射频模块、下变频模块、降采样模块、信道自适应均衡器、频率捕获模块以及方位数字解算模块；

[0009] 其中，所述接收天线模块由一个电子开关和呈圆形均匀分布的多根天线组成，所述电子开关用于依次接通多根天线中的一根。

[0010] 本发明技术方案一的特点和进一步的改进为：

[0011] (1)所述接收天线模块，用于分时获取多个发射机分别发射的超短波信号；

[0012] 所述射频模块，用于对接收天线接收的超短波信号进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；

[0013] 所述下变频模块，用于对滤波放大后的射频信号进行混频，得到模拟中频信号；

[0014] 所述降采样模块，用于对所述模拟中频信号进行模数转换，得到数字中频信号；

[0015] 所述信道自适应均衡器，用于调节信道参数使所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

[0016] 所述频率捕获模块，用于获取从信道自适应均衡器输出的数字中频信号的频率，判断所述数字中频信号的频率是否在所述预设频率范围内；

[0017] 所述方位数字解算模块，用于当所述数字中频信号的频率在所述预设频率范围内，提取所述数字中频信号的方位信息。

[0018] (2)所述提取所述数字中频信号的方位信息，具体为：

[0019] (1a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_c t+p(t)+c]$；

[0020] 其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_c表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

[0021] (1b)则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

[0022] $$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0023] 其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$表示多普勒频率相关项，θ即为该发射机对应的方位角信息；

[0024] (1c)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0025] 从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

[0026] (3)预设频率范围内的超短波信号的频率范围为100MHz至300MHz。

[0027] (4)所述数字中频信号的功率维持在设定的-10dBm至-30dBm范围内。

[0028] 技术方案二：

[0029] 一种基于无线电技术的定位方法，所述定位方法应用于技术方案一所述的基于无线电技术的定位系统，所述定位方法包括：

[0030] (2a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_c t+p(t)+c]$；

[0031] 其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_c表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

[0032] (2b)接收机中的接收天线模块获取该发射机发射的超短波信号，通过射频模块进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；并通过下变频模块得到模拟中频信号，通过降采样模块得到数字中频信号，并通过信道自适应均衡器使得所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

[0033] (2c)所述频率捕获模块将所述数字中频信号与本地载波产生的I、Q两路信号相乘，将相乘后的信号经低通滤波器得到数字基带信号，将所述数字基带信号进行降采样，并将降采样后的信号做FFT变换，得到降采样后的信号的幅频特性，根据所述幅频特性得到数字中频信号的频率；

[0034] (2d)若所述数字中频信号的频率在预设频率范围内，则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

[0035] $$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0036] 其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接

收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$表示多普勒频率相关项，θ即为该发射机对应的方位角信息；

[0037] (2e)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0038] 从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

[0039] 本发明的有益效果为：1)无线电定位方案硬件实现复杂度低且资源使用较少、利用率高，本发明的定位时间和传统的定位系统相比，时间大大减少；2)能够有效克服高动态引起的较大的多普勒频移和频移变化率带来的频率捕获不精确、困难等缺点，适用范围领域更广；3)能够解决电磁干扰对定向精度的影响的问题，适合高速移动的物体的方位确定。

附图说明

[0040] 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的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本发明实施例提供的一种基于无线电技术的定位系统的场景示意图；

[0042] 图2为本发明实施例提供的接收机的结构示意图；

[0043] 图3为本发明实施例提供的频率捕获模块的原理示意图；

[0044] 图4为本发明实施例提供的调制信号解调原理示意图；

[0045] 图5为本发明实施例提供的接收机中接收天线模块的结构示意图。

具体实施方式

[0046] 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。

[0047] 本发明实施例提供一种基于无线电技术的定位系统，如图1所示，所述定位系统包括：位于设定区域内的多个被定位设备和位于设定区域内的一个定位设备，将所述多个被定位设备分别作为多个发射机，将所述一个定位设备作为一个接收机；

[0048] 所述多个发射机分别在预设频率范围内发射超短波信号，且每个发射机发射的超短波信号具有不同的频率；

[0049] 如图2所示，所述接收机包含：依次连接的接收天线模块、射频模块、下变频模块、降采样模块、信道自适应均衡器、频率捕获模块以及方位数字解算模块；

[0050] 其中，所述接收天线模块由一个电子开关和呈圆形均匀分布的多根天线组成，所述电子开关用于依次接通多根天线中的一根。

[0051] 进一步的，

[0052] 所述接收天线模块，用于分时获取多个发射机分别发射的超短波信号；

[0053] 所述射频模块，用于对接收天线接收的超短波信号进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；

[0054] 所述下变频模块，用于对滤波放大后的射频信号进行混频，得到模拟中频信号；

[0055] 所述降采样模块，用于对所述模拟中频信号进行模数转换，得到数字中频信号；

[0056] 所述信道自适应均衡器，用于调节信道参数使所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

[0057] 所述频率捕获模块，用于获取从信道自适应均衡器输出的数字中频信号的频率，判断所述数字中频信号的频率是否在所述预设频率范围内；

[0058] 所述方位数字解算模块，用于当所述数字中频信号的频率在所述预设频率范围内，提取所述数字中频信号的方位信息。

[0059] 其中，所述提取所述数字中频信号的方位信息，具体为：

[0060] (1a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_c t+p(t)+c]$；

[0061] 其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_c表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

[0062] (1b)则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

[0063] $$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0064] 其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$表示多普勒频率相关项，θ即为该发射机对应的方位角信息；

[0065] (1c)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0066] 从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

[0067] 具体的，预设频率范围内的超短波信号的频率范围为100MHz至300MHz。

[0068] 具体的，所述数字中频信号的功率维持在设定的-10dBm至-30dBm范围内。

[0069] 本发明实施例还提供一种基于无线电技术的定位方法，所述定位方法应用于上述实施例所述的基于无线电技术的定位系统，所述定位方法包括：

[0070] (2a)设某一发射机发射的超短波信号为：$s(t)=m(t)\cos[\omega_c t+p(t)+c]$；

[0071] 其中，$m(t)$表示超短波信号的幅度，$p(t)$表示超短波信号的相位调制信号，ω_c表示超短波信号的载频角频率，c表示超短波信号的初相，t表示时间变量；

[0072] (2b)接收机中的接收天线模块获取该发射机发射的超短波信号，通过射频模块进行滤波放大，得到滤波放大后的射频信号；并通过下变频模块得到模拟中频信号，通过降采样模块得到数字中频信号，并通过信道自适应均衡器使得所述数字中频信号的功率维持在设定范围内；

[0073] (2c)所述频率捕获模块将所述数字中频信号与本地载波产生的I、Q两路信号相

乘，将相乘后的信号经低通滤波器得到数字基带信号，将所述数字基带信号进行降采样，并将降采样后的信号做FFT变换，得到降采样后的信号的幅频特性，根据所述幅频特性得到数字中频信号的频率；

[0074] (2d)若所述数字中频信号的频率在预设频率范围内，则方位数字解算模块得到的数字中频信号为：

[0075] $$s1(t) = k_i m(t)\cos[\omega_C t + \frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t - \theta) + p(t) + c]$$

[0076] 其中，k_i表示接收天线模块的传输系数，R表示发射机到接收机的距离，ω_k表示接收天线中多根天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t - \theta)$表示多普勒频率相关项，θ即为该发射机对应的方位角信息；

[0077] (2e)对所述数字中频信号进行非相干解调和滤波，得到数字基带信号：

$$s2(t) = k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t - \theta) + p(t) + c]$$

[0078] 从而对所述数字基带信号进行FFT处理，得到所述数字基带信号的相频特性曲线，根据所述相频特性曲线在角频率ω_k处对应的相位角θ得到该发射机的方位角信息。

[0079] 示例性的，

[0080] 参照图1，为本发明的应用场景示意图。多个被测物体分布于一定区域内，每个被测物体发射在100MHz～300MHz范围内某一频率的超短波信号，且每个被测物体发射的超短波信号的频率不相同；接收机固定于一定区域的某个最高点，接收机通过天线接收在其设定范围内的超短波信号。

[0081] 参照图2，为本发明接收机的结构示意图。射频模块将天线接收到的射频信号经过前置滤波器和前置放大器的滤波放大后，再与本机振荡器产生的本振信号进行混频而变频成模拟中频信号，模拟中频信号经过高速的模数转换器(ADC)后得到数字中频信号，数字中频信号经过信道自适应均衡器，使信号功率维持在-10dBm～-30dBm范围内，频率捕获模块对输入的数字中频信号进行处理得到接收信号的频率，判断接收信号的频率是否在100MHz～300MHz范围内，如果判定信号在设定的范围内，则接收机切换到相应的频点，进行调制信号的解调，完成对方位信息的提取。

[0082] 下变频模块采用数字混频低通滤波算法完成，输入的数字中频信号分别与来自数字压控振荡器的两路相位相差90度的数字本振进行数字混频，混频后的数据经低通滤波器后生成两路基带信号。

[0083] 下变频模块采用乘法器核完成，在核生成过程中可以设置输出比特位数，即包含自适应量化位数转换功能。

[0084] 降采样模块采用常用的CIC抽取滤波。

[0085] 其中信道自适应均衡器为采用最小均方(LMS)类算法的Bussgang盲均衡器，能够较好地适应信道的随机变化，提高了系统的稳定性，使信号功率维持在-10dB～-30dB范围内，便于后续信号处理。

[0086] 其中频率捕获模块的原理框图如图3所示。输入的模拟中频信号经高速模数转换器(ADC)变成数字中频信号后，分别与本地载波产生的I、Q两路信号相乘(相位相差90度)，

然后经低通滤波器后得到数字基带信号，数字基带信号经过降采样模块后数据量大大减少，最后对降采样后的信号做N点FFT得到信号的幅频特性，根据信号的幅频特性得到接收信号的频率。频率捕获模块功能是在有用频段内(100MHz～300MHz)找到被定向物体发来的频率，完成信号的检测功能。

[0087] 参照图4，为本发明的调制信号解调原理框图，输入的数字中频信号经整流后去除中频载波分量，得到数字基带信号，数字基带信号经过两级降采样和滤波后，解调出接收信号携带的相位调幅信息，交给方位数字解算模块，完成方位信息的解算。

[0088] 本发明的方位数字解算方法如下所述。

[0089] 如图5所示为本发明使用的接收天线结构示意图；通过控制在一个圆上的8根天线之间切换，依次接通各个天线单元，这样就相当于单一天线高速旋转，其结果便产生了多普勒频移。

[0090] 当电子开关的频率fs＝0时(表示一直接通某一根天线，不进行天线切换，不会产生多普勒频移)，电子开关输出端的信号为s(t)为：

[0091] $s(t)=m(t)\cos[\omega_c t+p(t)+c]$

[0092] 其中：m(t)、p(t)分别是超短波信号的幅度和相位调制信号。c是超短波信号的初相，ω_c是超短波信号的载频角频率。

[0093] 当电子开关频率fs≠0时(表示8根天线进行切换，结果会产生多普勒频移)，电子开关输出端信号s1(t)为：

[0094] $$s1(t)=k_i m(t)\cos[\omega_C t+\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$$

[0095] 其中：k_i是接收机的传输系数；ω_k是天线切换的角频率，$\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)$是多普勒频移相关项。

[0096] 在数字信号处理时先使用非相干解调加滤波的方式去除掉载波后基带信号为s2(t)为：$s2(t)=k_i m(t)\cos[\frac{2\pi R}{\lambda}\cos(\omega_k t-\theta)+p(t)+c]$，再进行FFT处理得到幅频特性和相频特性，在$\omega_k$对应的相频特性角度就是θ。(θ为最终得到的方位信息，即被测物体的方位角)

[0097] 在本发明实施例中，频率捕获阶段为了排除偶然因素对频率捕获结果的影响，在进行频率确认的时候，采用多次累加求均值的方法减少将干扰信号判断为有用频率的概率，虽然消耗了一定的时间，但是准确率大大提高。

[0098] 在本发明实施例中，本发明的硬件实现需要较小点数的FFT核，能够有效节省硬件资源。

[0099] 本领域普通技术人员可以理解：实现上述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计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；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。

[0100] 以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵

盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

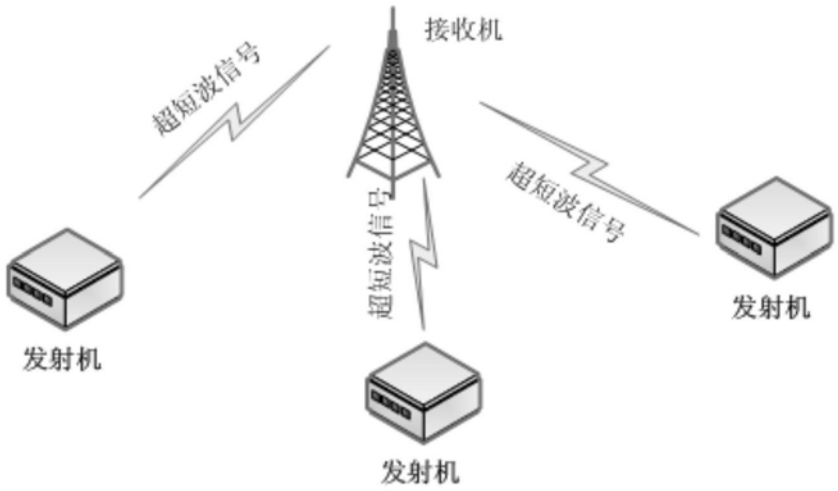

接收机
超短波信号
超短波信号
超短波信号
发射机
发射机
发射机

图1

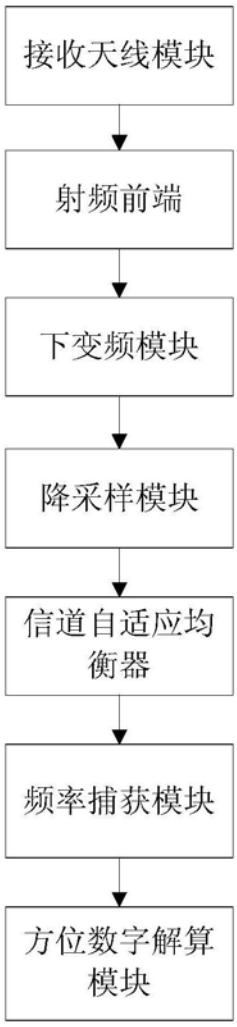

接收天线模块
射频前端
下变频模块
降采样模块
信道自适应均衡器
频率捕获模块
方位数字解算模块

图2

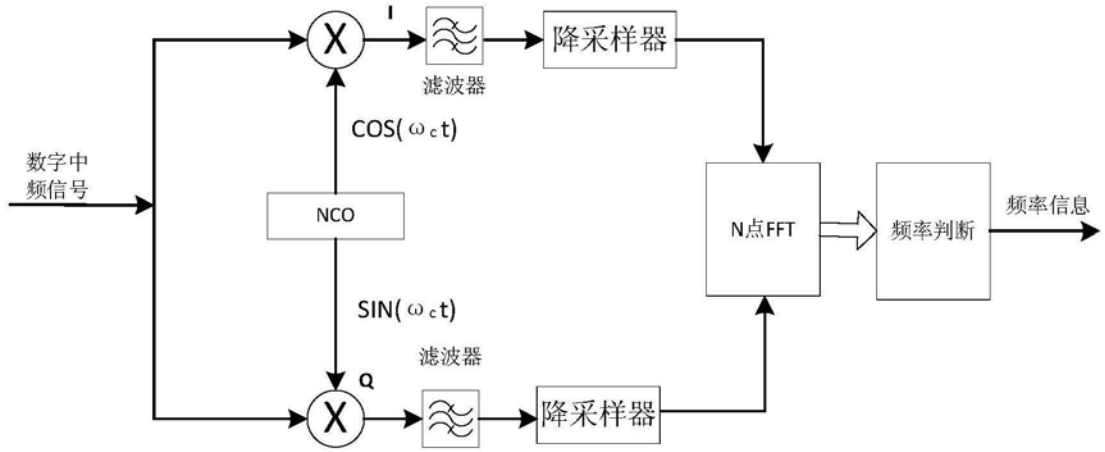

I
降采样器
滤波器
COS(ωct)
数字中
频信号
NCO
N点FFT
频率判断
频率信息
SIN(ωct)
滤波器
Q
降采样器

图3

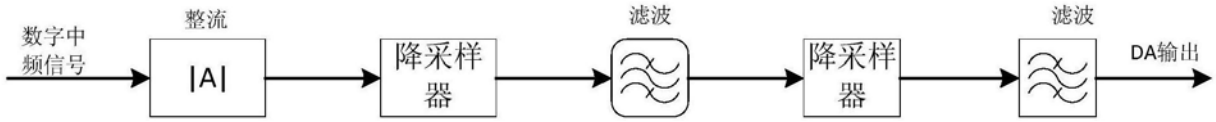

数字中
频信号
整流
|A|
降采样
器
滤波
降采样
器
滤波
DA输出

图4

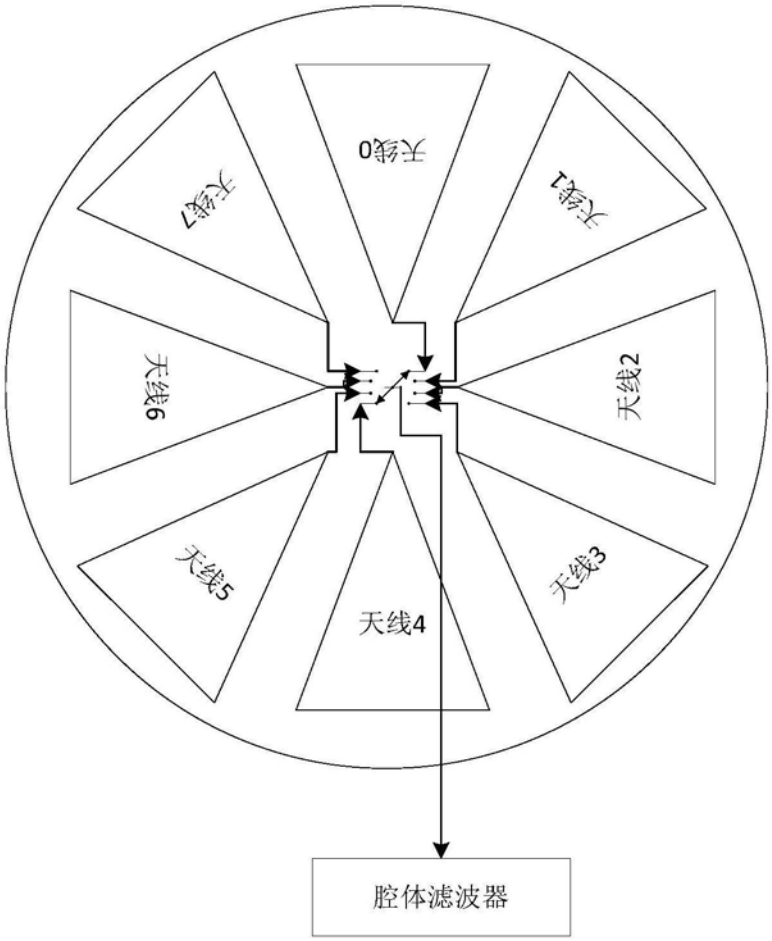


图5