



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113189542 A

(43) 申请公布日 2021.07.30

(21) 申请号 202110498671.5

(22) 申请日 2021.05.08

(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 黄超 刘鑫 任澳东 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 李茂林 徐海晟

(51) Int.Cl.

G01S 5/06 (2006.01)

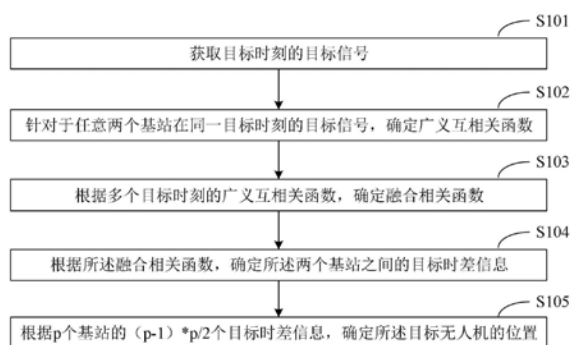
权利要求书4页 说明书10页 附图4页

### (54) 发明名称

窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统

### (57) 摘要

本发明提供了一种窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统,其中的方法包括:获取目标时刻的目标信号,目标信号匹配于对应一个基站在目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数,广义互相关函数表征了两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;根据多个目标时刻的所述广义互相关函数,确定融合相关函数,融合相关函数表征了两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;根据融合相关函数,确定两个基站之间的目标时差信息;根据 $p$ 个基站的 $(p-1)*p/2$ 个目标时差信息,确定目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。



1. 一种窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,包括:

获取目标时刻的目标信号,所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数,所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的目标时差信息;

根据p个基站的 $(p-1)*p/2$ 个目标时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。

2. 根据权利要求1所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,获取目标时刻的目标信号,包括:

获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

3. 根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

4. 根据权利要求3所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,所述窄带信号片段是通过以下公式确定的:

$$r_i(t) = m_i(t - \Delta t)e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)}u_i(t - \Delta t) + n_i(t);$$

$$n_i(t) = F_i(n(t));$$

式中:

$r_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段;

$n_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

$F_i(n(t))$  表征了对所述目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

$m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段的幅度函数;

$u_i(t - \Delta t)$  表征了所述窗函数;

$\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延。

5. 根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,所述目标信号是通过以下公式确定的:

$$v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t);$$

式中:

$v_k(t)$  表征了第k个目标时刻的所述目标信号;

M表征了所述目标信号包括M个所述窄带信号片段。

6. 根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,包括以下至少之一:

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相关函数;

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值,将得到的函数作为所述融合相关函数;

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和,将得到的函数作为所述融合相关函数。

7.根据权利要求6所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的:

$$\rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau);$$

式中,

$\tau$ 表征了a基站与b基站接收到所述目标信号的时差;

$\rho^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的L个目标信号的融合相关函数;

$\rho_k^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的第k个广义互相关函数。

8.根据权利要求1至7任一项所述的窄带跳频信号TDOA定位方法,其特征在于,根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息,包括:

确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

9.一种窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,包括:

目标信号获取模块,用于获取目标时刻的目标信号,所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

广义互相关确定模块,用于针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数,所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

融合函数确定模块,用于根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

时差信息确定模块,用于根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息;

无人机定位模块,用于根据p个基站的 $(p-1)*p/2$ 个时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。

10.根据权利要求9所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,目标信号获取模块具体用于:

获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

11.根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

12.根据权利要求3所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,所述窄带信号片段是通过以下公式确定的:

$$r_i(t) = m_i(t - \Delta t) e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)} u_i(t - \Delta t) + n_i(t);$$

$$n_i(t) = F_i(n(t));$$

式中:

$r_i(t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段;

$n_i(t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

$F_i(n(t))$  表征了对所述目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第*i*个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

$m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段的幅度函数;

$u_i(t - \Delta t)$  表征了所述窗函数;

$\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延,所述无人机定位信号是所述目标无人机向所述基站发射的信号。

13. 根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,所述目标信号是通过以下公式确定的;

$$v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t);$$

式中:

$v_k(t)$  表征了第*k*个目标时刻的所述目标信号;

*M* 表征了所述目标信号包括*M*个所述窄带信号片段。

14. 根据权利要求2所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,融合函数确定模块,具体用于以下至少之一:

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相关函数;

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值,将得到的函数作为所述融合相关函数;

对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和,将得到的函数作为所述融合相关函数。

15. 根据权利要求6所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的:

$$\rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau);$$

式中,

$\tau$  表征了*a*基站与*b*基站接收到所述目标信号的时差;

$\rho^{ab}(\tau)$  表征了所述*a*基站与所述*b*基站的*L*个目标信号的融合相关函数;

$\rho_k^{ab}(\tau)$  表征了所述*a*基站与所述*b*基站的第*k*个广义互相关函数。

16. 根据权利要求9至15任一项所述的窄带跳频信号TDOA定位装置,其特征在于,时差信息确定模块具体用于:

确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

17. 一种窄带跳频信号TDOA定位系统,其特征在于,包括*p*个基站和控制器,

所述*p*个基站被配置为能够接收到目标无人机发射的无人机定位信号,所述*p*个基站还被配置为能够和所述控制器进行通信,

所述控制器用于实现权利要求1至8任一项所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

18. 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任一项所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

19. 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任一项所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

## 窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统。

### 背景技术

[0002] TDOA到达时差定位技术是利用无人机信号到达不同探测站点的时间差来进行定位的技术,所以其定位精度主要取决于时差估计精度。广义互相关法,其可以用来估计时延,两路信号经过广义互相关处理后会得到互相关函数的相关函数信息,利用相关函数信息可以估计出时延信息,而无人机信号的带宽和是否跳频对时差估计会产生造成很大的影响。

[0003] 窄带跳频信号具有带宽窄、频率跳变和非平稳等特点,而带宽是影响TDOA定位精度的因素,带宽越宽定位精度越高。

[0004] 在现有技术中,通过窄带跳频信号对无人机进行定位的技术手段中,由于窄带跳频信号的信号带宽太窄,使得采用TDOA技术定位精确度不高。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统,以解决窄带跳频信号TDOA定位的精确度不高的问题。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种窄带跳频信号TDOA定位方法,包括:

[0007] 获取目标时刻的目标信号,所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

[0008] 针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数,所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0009] 根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0010] 根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的目标时差信息;

[0011] 根据 $p$ 个基站的 $(p-1)*p/2$ 个目标时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。

[0012] 可选的,获取目标时刻的目标信号,包括:

[0013] 获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

[0014] 提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

[0015] 将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

[0016] 可选的,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

[0017] 可选的,所述窄带信号片段是通过以下公式确定的:

[0018]  $r_i(t) = m_i(t - \Delta t)e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)}u_i(t - \Delta t) + n_i(t)$ ;

[0019]  $n_i(t) = F_i(n(t))$ ;

[0020] 式中:

[0021]  $r_i(t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段;

[0022]  $n_i(t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0023]  $F_i(n(t))$  表征了对所述目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第*i*个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0024]  $m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第*i*个窄带信号片段的幅度函数;

[0025]  $u_i(t - \Delta t)$  表征了所述窗函数;

[0026]  $\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延。

[0027] 可选的,所述目标信号是通过以下公式确定的;

$$[0028] \quad v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t);$$

[0029] 式中:

[0030]  $v_k(t)$  表征了第*k*个目标时刻的所述目标信号;

[0031] *M* 表征了所述目标信号包括*M*个所述窄带信号片段。

[0032] 可选的,根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,包括以下至少之一:

[0033] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相关函数;

[0034] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值,将得到的函数作为所述融合相关函数;

[0035] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和,将得到的函数作为所述融合相关函数。

[0036] 可选的,所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的:

$$[0037] \quad \rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau);$$

[0038] 式中,

[0039]  $\tau$  表征了*a*基站与*b*基站接收到所述目标信号的时差;

[0040]  $\rho^{ab}(\tau)$  表征了所述*a*基站与所述*b*基站的*L*个目标信号的融合相关函数;

[0041]  $\rho_k^{ab}(\tau)$  表征了所述*a*基站与所述*b*基站的第*k*个广义互相关函数。

[0042] 可选的,根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息,包括:

[0043] 确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

[0044] 根据本发明的第二方面,提供了一种窄带跳频信号TDOA定位装置,包括:

[0045] 目标信号获取模块,用于获取目标时刻的目标信号,所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

[0046] 广义互相关确定模块,用于针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确

定广义互相关函数,所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0047] 融合函数确定模块,用于根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0048] 时差信息确定模块,用于根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息;

[0049] 无人机定位模块,用于根据p个基站的 $(p-1)*p/2$ 个时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。

[0050] 可选的,目标信号获取模块具体用于:

[0051] 获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

[0052] 提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

[0053] 将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

[0054] 可选的,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

[0055] 可选的,所述窄带信号片段是通过以下公式确定的:

$$[0056] \quad r_i(t) = m_i(t - \Delta t) e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)} u_i(t - \Delta t) + n_i(t);$$

$$[0057] \quad n_i(t) = F_i(n(t));$$

[0058] 式中:

[0059]  $r_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段;

[0060]  $n_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0061]  $F_i(n(t))$  表征了对所述目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0062]  $m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段的幅度函数;

[0063]  $u_i(t - \Delta t)$  表征了所述窗函数;

[0064]  $\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延。

[0065] 可选的,所述目标信号是通过以下公式确定的:

$$[0066] \quad v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t);$$

[0067] 式中:

[0068]  $v_k(t)$  表征了第k个目标时刻的所述目标信号;

[0069] M表征了所述目标信号包括M个所述窄带信号片段。

[0070] 可选的,融合函数确定模块,具体用于以下至少之一:

[0071] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相关函数;

[0072] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值,将得到的函数作为所述融合相关函数;



[0073] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和,将得到的函数作为所述融合相关函数。

[0074] 可选的,所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的:

$$[0075] \quad \rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau);$$

[0076] 式中,

[0077]  $\tau$ 表征了a基站与b基站接收到所述目标信号的时差;

[0078]  $\rho^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的L个目标信号的融合相关函数;

[0079]  $\rho_k^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的第k个广义互相关函数。

[0080] 可选的,时差信息确定模块具体用于:

[0081] 确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

[0082] 根据本发明的第三方面,提供了一种窄带跳频信号TDOA定位系统,包括p个基站和控制器,

[0083] 所述p个基站被配置为能够接收到目标无人机发射的无人机定位信号,所述p个基站还被配置为能够和所述控制器进行通信,

[0084] 所述控制器用于实现本发明第一方面及其可选方案所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

[0085] 根据本发明的第四方面,提供了一种电子设备,包括处理器与存储器,

[0086] 所述存储器,用于存储代码和相关数据;

[0087] 所述处理器,用于执行所述存储器中的代码用以实现本发明第一方面及其可选方案所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

[0088] 根据本发明的第五方面,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本发明第一方面及其可选方案所述的窄带跳频信号TDOA定位方法。

[0089] 本发明提供的窄带跳频信号TDOA定位方法、装置、系统,通过计算两个基站的多个目标时刻的目标信号的广义互相关函数,得到对应的两个基站的融合相关函数,进而根据融合相关函数求得无人机定位信号到达两个基站的目标时差信息,根据p个基站之间的目标时差信息,确定目标无人机的位置,相对于部分方案中直接计算多个目标信号的广义互相关函数得到的时差信息,精确度更高,进而得到的目标无人机的位置的精确度更高。

## 附图说明

[0090] 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。

[0091] 图1是本发明一实施例中窄带跳频信号TDOA定位方法的流程示意图;

[0092] 图2是本发明一实施例中步骤S101的流程示意图;

[0093] 图3是本发明一实施例中步骤S104的流程示意图;

[0094] 图4是本发明一实施例中目标信号的瀑布图;

[0095] 图5是本发明一实施例中窄带信号片段的对应的瀑布图;

- [0096] 图6是现有技术一实施例中目标信号的相关函数的对应的函数曲线示意图；
- [0097] 图7是本发明一实施例中融合相关函数的对应的函数曲线示意图；
- [0098] 图8是本发明一实施例中窄带跳频信号TDOA定位装置的程序模块示意图；
- [0099] 图9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

[0100] 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。

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 本发明实施例所提供的窄带跳频信号TDOA定位方法、装置可应用于任意对具有数据处理能力的终端或服务器,其可以为无人机管控设备的一部分,也可以是与无人机管控设备的终端或服务器。

[0104] 请参考图1,本发明一实施例中的窄带跳频信号TDOA定位方法,包括:

[0105] S101:获取目标时刻的目标信号;

[0106] 所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

[0107] 其中的TDOA接收信号为基站监测到的目标无人机与其控制端之间的无人机通讯信号,目标无人机与其控制端的无人机通讯信号为窄带跳频信号;

[0108] 目标信号匹配于对应一个基站在目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号,可以理解为目标信号为接收到的TDOA接收信号中的部分或全部信号,也可以理解为目标信号是通过对接收到的TDOA接收信号进行滤波、放大等信号处理后,得到的信号。

[0109] S102:针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数;

[0110] 所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0111] 一种举例中,同一目标时刻可以理解为在相同的时间节点,对两个基站的目标信号进行相同的处理,例如均进行FFT,对经过FFT的目标信号进行广义互相关运算。

[0112] S103:根据多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数;

[0113] 所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0114] S104:根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的目标时差信息;

[0115] 步骤S104中的目标时差信息表征了两个基站接收到TDOA接收信号的时间差(即时差),时间差的大小反映了目标无人机距离两个基站的远近(即距离)。

[0116] S105:根据 $p$ 个基站的  $(p-1)*p/2$  个目标时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中  $p \geq 3$ 。

[0117] 多个目标信号的长度可以相等,例如多个目标信号为经过FFT(英文全称为Fast Fourier transform,中文为快速傅里叶变换)后的信号,每个目标信号的长度均为 $M$ ,还可例如多个目标信号为时域信号,每个目标信号对应的时长相等;多个目标信号的长度也可以不相等,每个基站的多个目标信号的相长度可以相等。

[0118] 多个目标时刻的目标信号可以理解为目标无人机与其控制端之间的全部无人机通讯信号,也可理解为,在目标无人机与其控制端之间的全部无人机通讯信号中选取多个目标信号,选取的多个目标信号可以为连续的,也可以为不连续的。

[0119] 一种举例中,可以将目标信号通过FFT,变换为频域信号,按照频率,每个目标信号对应不同的频点或频点范围,然后选取多个目标时刻中的部分或全部TDOA接收信号,作为多个目标信号。

[0120] 一种举例中,对于 $p$ 个基站的TDOA接收信号是在相同的时刻开始进行录制,进而在计算广义互相关函数时,选取相同的目标时刻的目标信号,进行计算,例如,将目标无人机发射出无人机定位信号的时间点作为为TDOA接收信号的初始时刻的,进行信号的录制。

[0121] 通过计算两个基站的多个目标信号的广义互相关函数,得到对应的两个基站的融合相关函数,进而根据融合相关函数求得无人机定位信号到达两个基站的目标时差信息,根据 $p$ 个基站之间的目标时差信息,确定目标无人机的位置,相对于部分方案中直接计算多个目标信号的广义互相关函数得到的时差信息,精确度更高,进而得到的目标无人机的位置的精确度更高。

[0122] 一种实施方式中,步骤S103包括以下至少之一:

[0123] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相关函数;

[0124] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值,将得到的函数作为所述融合相关函数;

[0125] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和,将得到的函数作为所述融合相关函数。

[0126] 可见,融合相关函数是对多个广义互相关函数进行相加等运算处理后得到的函数,充分考虑了不同目标时刻的目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系,得到的融合相关函数中的多个目标信号之间的相关性随时差的变化函数关系更加精确,进而得到的目标时差信息的精确度更高,对目标无人机的定位的精确度也就更高。

[0127] 请参考图2,一种实施方式中,步骤S101,包括:

[0128] S1011:获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

[0129] S1012:提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

[0130] 一种举例中,窄带信号片段为时域信号,多组窄带信号片段可以理解为,将提取出的窄带信号片段按照其对应的时间段进行顺序编号,每组窄带信号片段对应一个编号;

[0131] 一种举例中,窄带信号片段为频域信号,多组窄带信号片段可以理解为将窄带信号片段按照其对应的频率划分为不同的频点或频点范围,每组窄带信号片段对应一个频点或频点范围。

[0132] S1013:将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

[0133] 一种实施方式中,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

[0134] 以上实施方式中,利用时频二维滤波函数提取出一个个窄带信号片段,进而得到目标信号,可以降低窄带跳频信号由于带宽窄、频率跳变和不平稳等特点对目标时差信息的影响,提高目标无人机定位的精确度。

[0135] 一种实施方式中,窄带信号片段的提取采用如下公式:

$$[0136] \quad s_i(t) = m_i(t)e^{j2\pi f_i t} u_i(t); \quad (\text{公式 } 1)$$

$$[0137] \quad s(t) = \sum_{i=1}^M s_i(t); \quad (\text{公式 } 2)$$

$$[0138] \quad r(t) = \sum_{i=1}^M g(t)m_i(t - \Delta t)e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)} u_i(t - \Delta t) + n(t); \quad (\text{公式 } 3)$$

$$[0139] \quad r_i(t) = F_i(r(t)); \quad (\text{公式 } 4)$$

$$[0140] \quad r_i(t) = m_i(t - \Delta t)e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)} u_i(t - \Delta t) + n_i(t); \quad (\text{公式 } 5)$$

$$[0141] \quad n_i(t) = F_i(n(t)); \quad (\text{公式 } 6)$$

[0142] 式中:

[0143]  $m_i(t)$  表征了在目标时刻的目标无人机的与其控制端之间的无人机通讯信号中第  $i$  个通讯信号片段的幅度函数;在目标时刻的无人机通讯信号包括  $M$  个通讯信号片段;

[0144]  $u_i(t)$  表征了目标时刻的第  $i$  个通讯信号片段对应的窗函数;

[0145]  $s_i(t)$  表征了目标时刻的第  $i$  个通讯信号片段;

[0146]  $r(t)$  表征了TDOA接收信号;

[0147]  $g(t)$  表征了目标时刻的TDOA接收信号的增益;

[0148]  $n(t)$  表征了目标时刻的TDOA接收信号中的噪声函数;

[0149]  $F_i(r(t))$  表征了对目标时刻的TDOA接收信号进行滤波,并提取出第  $i$  个窄带信号片段;

[0150]  $r_i(t)$  表征了目标时刻的第  $i$  个窄带信号片段;

[0151]  $n_i(t)$  表征了目标时刻的第  $i$  个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0152]  $F_i(n(t))$  表征了对目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第  $i$  个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0153]  $m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第  $i$  个窄带信号片段的幅度函数;

[0154]  $u_i(t - \Delta t)$  表征了第  $i$  个窄带信号片段对应的窗函数;

[0155]  $\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延。

[0156] 结合公式1至6可以看出,在目标时刻,TDOA接收信号相比于无人机通讯信号,多了增益  $g(t)$  以及噪声函数  $n(t)$ ,且TDOA接收信号相对于无人机通讯信号的时差为  $\Delta t$ ,因而,

TD0A接收信号中的幅度函数 $m_i(t - \Delta t)$ 、窗函数 $u_i(t - \Delta t)$ 相比于无人机通讯信号中的幅度函数 $m_i(t)$ 、窗函数 $u_i(t)$ 需要时移 $\Delta t$ ,利用时频二维滤波函数可以将TD0A接收信号截成一段段的信号片段,然后分别将信号片段中的除了叠加的噪声 $n_i(t)$ 之外的噪声全部滤除,得到多个窄带信号片段。

[0157] 一种实施方式中,所述目标信号是通过以下公式确定的;

$$[0158] \quad v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t); \quad (\text{公式 7})$$

[0159] 式中:

[0160]  $v_k(t)$  表征了第k个目标时刻的所述目标信号;

[0161] M表征了所述目标信号包括M个所述窄带信号片段。

[0162] 一种举例中,广义互相关函数是通过以下公式确定的:

$$[0163] \quad \rho_k^{ab}(\tau) = gcc(v_k^a(t), v_k^b(t)); \quad (\text{公式 8})$$

[0164] 式中,

[0165]  $\tau$ 表征了a基站与b基站接收到目标信号的时差;

[0166]  $v_k^a(t)$  表征了a基站的第k个目标时刻的目标信号;

[0167]  $v_k^b(t)$  表征了b基站的第k个目标时刻的目标信号;

[0168]  $gcc(v_k^a(t), v_k^b(t))$  表征了对a基站和b基站的第k个目标时刻的目标信号进行广义互相关运算。

[0169] 一种实施方式中,所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的:

$$[0170] \quad \rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau); \quad (\text{公式 9})$$

[0171] 式中,

[0172]  $\rho^{ab}(\tau)$  表征了a基站与b基站的L个目标信号的融合相关函数;

[0173]  $\rho_k^{ab}(\tau)$  表征了所述a基站与所述b基站的第k个广义互相关函数。

[0174] 请参考图3,一种实施方式中,根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息,包括:

[0175] 确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

[0176] 请参考图4至图6,一种举例中,图4为中a基站和b基站某一目标时刻的部分TD0A接收信号的瀑布图,其中横坐标表征了TD0A接收信号的频率,纵坐标表征了TD0A接收信号的幅度,其中的灰度值较大的图像部分对应于一个个窄带跳频信号片段,灰度较浅以及灰度为零部分对应于TD0A接收信号中的噪声函数 $n(t)$ ,利用公式4提取出的一个窄带信号片段可例如图5所示;

[0177] 图6中融合前相关函数为根据两个基站的目标信号直接通过广义互相关算法,得到的相关函数对应的函数曲线,图7中融合后相关函数为本发明一实施例中得到的融合相关函数对应的函数曲线,横坐标表征了时差,纵坐标表征了两个基站的多个目标时刻的目标信号的相关性,可以看出,融合后相关函数对应的曲线的主瓣更加尖锐,进而根据融合后相关函数得到的目标时差信息会更加精确,进而,对目标无人机进行定位的精确度更高。

[0178] 请参考图8,窄带跳频信号TD0A定位装置2,包括:

[0179] 目标信号获取模块201,用于获取目标时刻的目标信号,所述目标信号匹配于对应一个基站在所述目标时刻自目标无人机接收到的TDOA接收信号;

[0180] 广义互相关确定模块202,用于针对于任意两个基站在同一目标时刻的目标信号,确定广义互相关函数,所述广义互相关函数表征了所述两个基站在同一目标时刻的一对目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0181] 融合函数确定模块203,用于根据所述多个目标时刻的广义互相关函数,确定融合相关函数,所述融合相关函数表征了所述两个基站的多个目标信号之间的相关性随时差变化的函数关系;

[0182] 时差信息确定模块204,用于根据所述融合相关函数,确定所述两个基站之间的时差信息;

[0183] 无人机定位模块205,用于根据p个基站的 $(p-1)*p/2$ 个时差信息,确定所述目标无人机的位置;其中 $p \geq 3$ 。

[0184] 一种实施方式中,目标信号获取模块201具体用于:

[0185] 获取所述目标时刻的TDOA接收信号;

[0186] 提取所述TDOA接收信号中的多个窄带信号片段;

[0187] 将所述多个窄带信号片段合成为所述目标信号。

[0188] 一种实施方式中,所述窄带信号片段是通过时频二维滤波函数提取的,所述时频二维滤波函数包括窗函数。

[0189] 一种实施方式中,所述窄带信号片段是通过以下公式确定的:

$$[0190] \quad r_i(t) = m_i(t - \Delta t) e^{j2\pi f_i(t - \Delta t)} u_i(t - \Delta t) + n_i(t); \quad (\text{公式 } 5)$$

$$[0191] \quad n_i(t) = F_i(n(t)); \quad (\text{公式 } 6)$$

[0192] 式中:

[0193]  $r_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段;

[0194]  $n_i(t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0195]  $F_i(n(t))$  表征了对所述目标时刻的TDOA接收信号中的噪声信号进行滤波,并提取出第i个窄带信号片段中叠加的噪声信号函数;

[0196]  $m_i(t - \Delta t)$  表征了所述目标时刻的第i个窄带信号片段的幅度函数;

[0197]  $u_i(t - \Delta t)$  表征了所述窗函数;

[0198]  $\Delta t$  表征了所述目标时刻目标无人机发出的无人机通讯信号到达对应基站的时延。

[0199] 一种实施方式中,所述目标信号是通过以下公式确定的;

$$[0200] \quad v_k(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t); \quad (\text{公式 } 7)$$

[0201] 式中:

[0202]  $v_k(t)$  表征了第k个目标时刻的所述目标信号;

[0203] M表征了所述目标信号包括M个所述窄带信号片段。

[0204] 一种实施方式中,融合函数确定模块203,具体用于以下至少之一:

[0205] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加,将得到的函数作为所述融合相

关函数；

[0206] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行相加并求得平均值，将得到的函数作为所述融合相关函数；

[0207] 对所述多个目标时刻的广义互相关函数进行加权求和，将得到的函数作为所述融合相关函数。

[0208] 一种实施方式中，所述融合相关函数是通过以下公式进行确定的：

$$[0209] \quad \rho^{ab}(\tau) = \sum_{k=1}^L \rho_k^{ab}(\tau); \quad (\text{公式 } 9)$$

[0210] 式中，

[0211]  $\tau$ 表征了a基站与b基站接收到目标信号的时差；

[0212]  $\rho^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的L个目标信号的融合相关函数；

[0213]  $\rho_k^{ab}(\tau)$ 表征了所述a基站与所述b基站的第k个广义互相关函数。

[0214] 一种实施方式中，时差信息确定模块204具体用于：

[0215] 确定所述融合函数中相关性最大值对应的时差为所述目标时差信息。

[0216] 本发明一实施例还提供了一种窄带跳频信号TDOA定位系统，包括p个基站和控制器，

[0217] 所述p个基站被配置为能够接收到目标无人机发射的无人机定位信号，所述p个基站还被配置为能够和所述控制器进行通信，

[0218] 所述控制器用于实现前文所涉及的方法。

[0219] 请参考图9，本发明还提供了一种电子设备30，包括

[0220] 处理器31；以及，

[0221] 存储器32，用于存储处理器的可执行指令；

[0222] 其中，处理器31配置为经由执行可执行指令来执行以上所涉及的方法。

[0223] 处理器31能够通过总线33与存储器32通讯。

[0224] 本发明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，该程序被处理器执行时实现以上所涉及的方法。

[0225] 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。

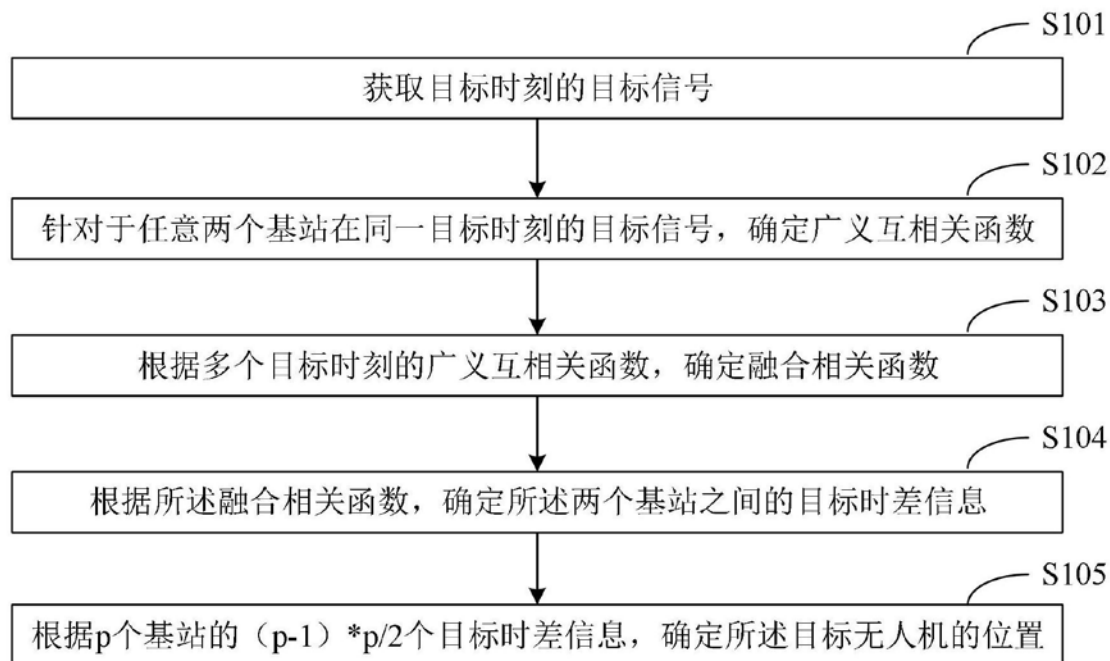


图1

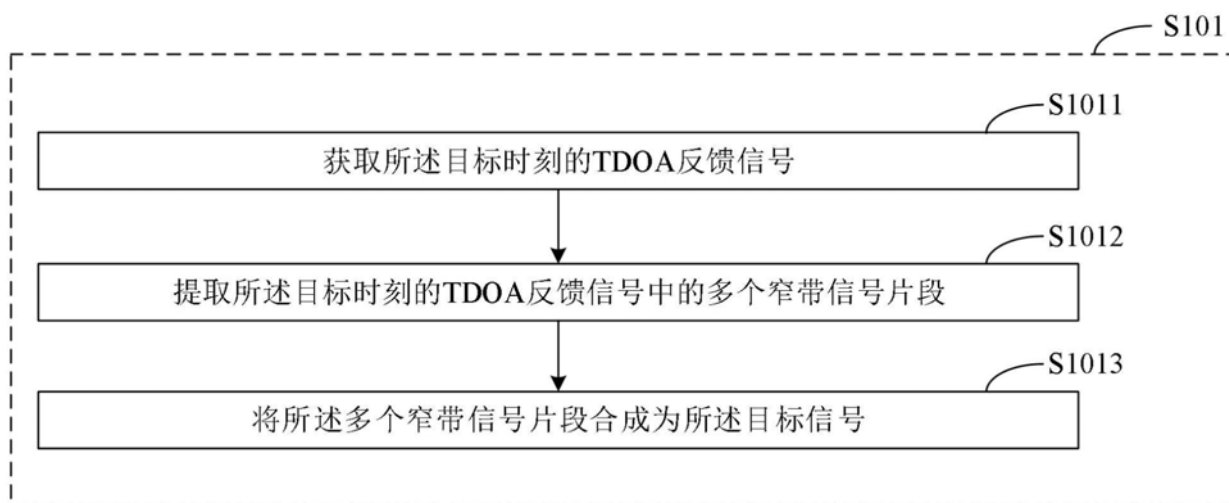


图2



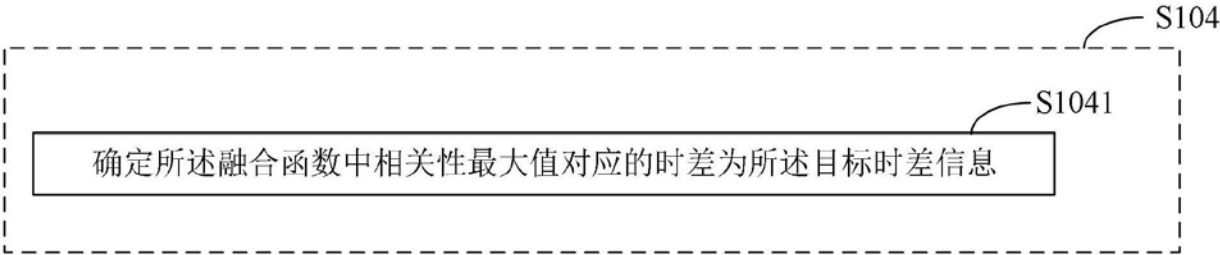


图3

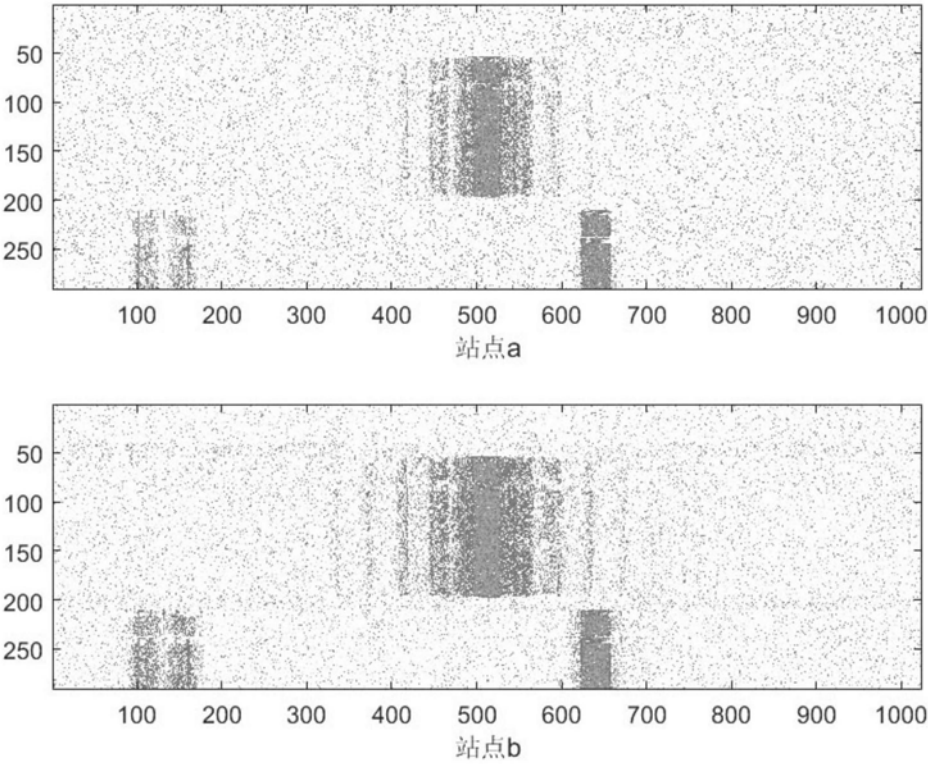


图4



图5

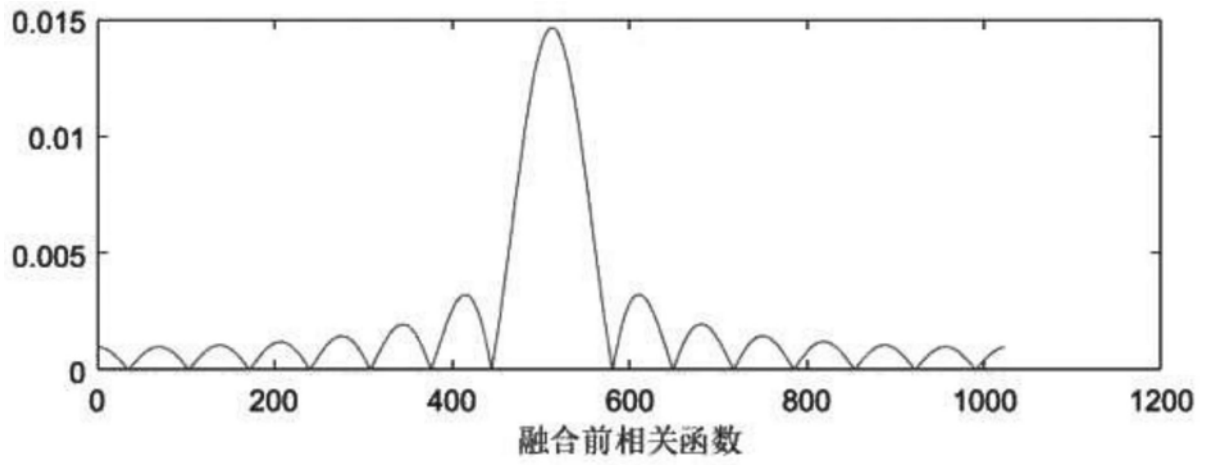


图6

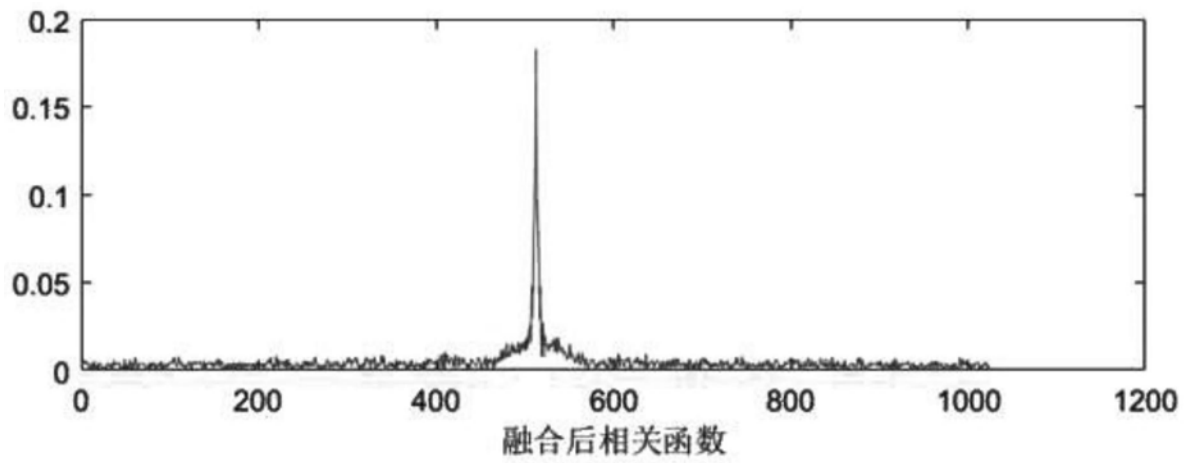


图7

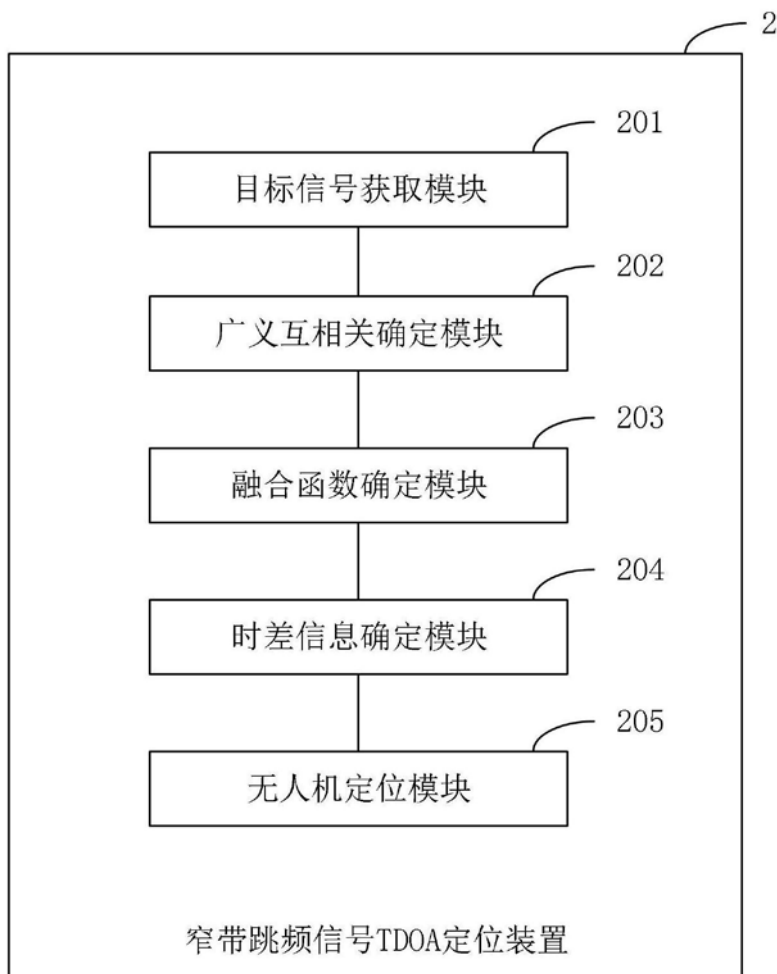


图8

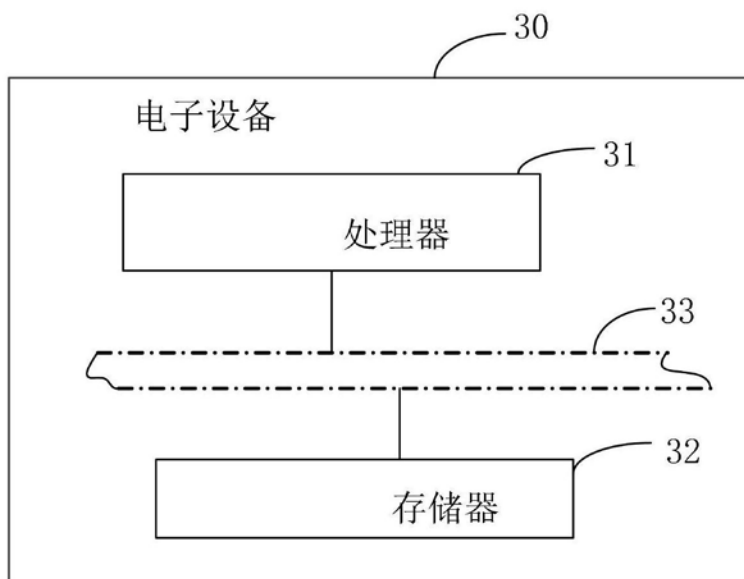


图9