



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113342057 A

(43) 申请公布日 2021. 09. 03

(21) 申请号 202110893691.2

(22) 申请日 2021.08.05

(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 姜化京 黎秋媚

(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 徐海晟

(51) Int. Cl.

G05D 1/10 (2006.01)

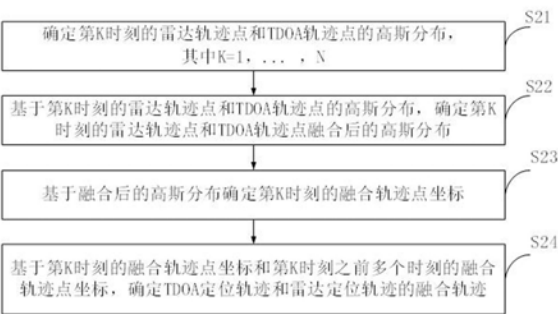
权利要求书3页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

轨迹的融合方法、装置、无人机探测系统、设备和介质

(57) 摘要

本发明提供了一种轨迹的融合方法、轨迹的融合装置、无人机探测系统、电子设备和存储介质。该方法包括：确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布；基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布，确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布；基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标；基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标，确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。本发明提供的轨迹的融合方法、轨迹的融合装置、无人机探测系统、电子设备和存储介质能够提高无人机的轨迹定位精度。



1. 一种轨迹的融合方法,其特征在于,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,包括:

确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

基于所述第K时刻的所述雷达轨迹点和所述TDOA轨迹点的高斯分布,确定所述第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

基于所述融合后的高斯分布确定所述第K时刻的融合轨迹点坐标;

基于所述第K时刻的融合轨迹点坐标和所述第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定所述TDOA定位轨迹和所述雷达定位轨迹的融合轨迹。

2. 根据权利要求1所述的轨迹的融合方法,其特征在于,所述确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,包括:

基于所述第K时刻的雷达轨迹点坐标和所述雷达轨迹点坐标的标准差,确定所述第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布;

基于所述第K时刻的TDOA轨迹点坐标和所述TDOA轨迹点的标准差,确定所述TDOA轨迹点的高斯分布。

3. 根据权利要求2所述的轨迹的融合方法,其特征在于,还包括:

基于所述第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定所述第K时刻的雷达轨迹点坐标和所述雷达轨迹点坐标的标准差;

基于所述第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定所述第K时刻的TDOA轨迹点坐标和所述TDOA轨迹点的标准差。

4. 根据权利要求3所述的轨迹的融合方法,其特征在于,还包括:

基于所述第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定所述雷达定位轨迹上靠近所述第K时刻的至少一个时刻所述无人机的移动速度和所述至少一个时刻的雷达轨迹点坐标;

基于所述无人机移动的速度、所述至少一个时刻的雷达轨迹点坐标和所述至少一个时刻与所述第K时刻的时间差,确定所述第K时刻的雷达轨迹点坐标。

5. 根据权利要求3所述的轨迹的融合方法,其特征在于,还包括:

基于所述第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定所述TDOA定位轨迹上靠近所述第K时刻的至少一个时刻所述无人机的移动速度和所述至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标;

基于所述无人机的移动速度、所述至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标和所述至少一个时刻与所述第K时刻的时间差,确定所述第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

6. 根据权利要求3所述的轨迹的融合方法,其特征在于,基于所述雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定所述雷达轨迹点坐标的标准差,其中 $M_1 > 2$ 。

7. 根据权利要求3所述的轨迹的融合方法,其特征在于,基于所述TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定所述TDOA轨迹点坐标的标准差,其中 $M_2 > 2$ 。

8. 根据权利要求6所述的轨迹的融合方法,其特征在于,所述基于所述雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定所述雷达轨迹点坐标的标准差,包括:

基于所述 M_1 个轨迹点的坐标,确定所述 M_1 个轨迹点中多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值;

计算所述多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值的标准差作为所述雷达轨迹点坐标的标准差。

9. 根据权利要求7所述的轨迹的融合方法,其特征在于,所述基于所述TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定所述TDOA轨迹点坐标的标准差,包括:

基于所述 M_2 个TDOA轨迹点的坐标,确定所述 M_2 个TDOA轨迹点中多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值;

计算所述多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值的标准差作为所述TDOA轨迹点坐标的标准差。

10. 根据权利要求1-9任意一项所述的轨迹的融合方法,其特征在于,所述基于第K时刻的所述雷达轨迹点和所述TDOA轨迹点的高斯分布,确定所述第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布,包括:

将所述第K时刻的所述雷达轨迹点和所述TDOA轨迹点的高斯分布相乘得到所述第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布。

11. 根据权利要求1-9任意一项所述的轨迹的融合方法,其特征在于,所述基于所述融合后的高斯分布确定所述第K时刻的融合轨迹点坐标,包括:

确定所述融合后的高斯分布的均值,所述融合后的高斯分布的均值为所述第K时刻的融合轨迹点坐标。

12. 基于权利要求1所述的轨迹的融合方法,其特征在于,在所述确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布之前,包括:

对所述TDOA定位轨迹和/或所述雷达定位轨迹进行插值。

13. 一种轨迹的融合装置,其特征在于,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,包括:

轨迹点高斯分布确定模块,用于确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

轨迹点融合模块,用于基于所述第K时刻的所述雷达轨迹点和所述TDOA轨迹点的高斯分布,确定所述第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

坐标确定模块,用于基于所述融合后的高斯分布确定所述第K时刻的融合轨迹点坐标;

融合轨迹确定模块,用于基于所述第K时刻的融合轨迹点坐标和所述第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定所述TDOA定位轨迹和所述雷达定位轨迹的融合轨迹。

14. 一种无人机探测系统,其特征在于,包括:

雷达探测定位子系统,用于探测无人机飞行空域内的雷达定位轨迹;

TDOA探测定位子系统,用于探测所述无人机飞行空域内的TDOA定位轨迹;

处理器,与所述雷达探测定位子系统和所述TDOA探测定位子系统通信连接,用于融合所述无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,所述处理器被配置为:

确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

基于所述第K时刻的所述雷达轨迹点和所述TDOA轨迹点的高斯分布,确定所述第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

基于所述融合后的高斯分布确定所述第K时刻的融合轨迹点坐标;

基于所述第K时刻的融合轨迹点坐标和所述第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定所述TDOA定位轨迹和所述雷达定位轨迹的融合轨迹。

15. 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12任一项所述的方法。

16.一种存储介质,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12任一项所述的方法。

轨迹的融合方法、装置、无人机探测系统、设备和介质

技术领域

[0001] 本发明涉及无人机定位技术领域,尤其涉及一种轨迹的融合方法、轨迹的融合装置、无人机探测系统、电子设备和存储介质。

背景技术

[0002] 随着无人机行业的迅速发展,愈来愈多的无人机应用于各个领域,无人机的飞速发展给社会带来很多便利的同时,也带来安全威胁,因此无人机的管控显得尤其重要,而对无人机的精准定位是实现对其管控的关键环节。

[0003] 发明人知晓的相关技术中,TDOA(Time Difference of Arrival,到达时间差)探测定位系统和雷达探测定位系统都可以实现对无人机的探测与定位。

[0004] 在实现本发明的过程中,发明人发现TDOA探测定位系统与雷达探测定位系统得到的无人机飞行轨迹均与无人机的实际飞行轨迹存在偏差。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种轨迹的融合方法、轨迹的融合装置、无人机探测系统、电子设备和存储介质,以提高无人机的轨迹定位精度。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种轨迹的融合方法,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,包括:

确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标;

基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0007] 可选地,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,包括:

基于第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差,确定第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布;

基于第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差,确定TDOA轨迹点的高斯分布。

[0008] 可选地,还包括:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差;

基于第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差。

[0009] 可选地,还包括:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定雷达定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个

时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的雷达轨迹点坐标；

基于无人机移动的速度、至少一个时刻的雷达轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差，确定第K时刻的雷达轨迹点坐标。

[0010] 可选地，还包括：

基于所述第K时刻之前的TDOA定位轨迹，确定TDOA定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标；

基于无人机的移动速度、至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差，确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

[0011] 可选地，基于雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定雷达轨迹点坐标的标准差，其中 $M_1 > 2$ 。

[0012] 可选地，基于TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定TDOA轨迹点坐标的标准差，其中 $M_2 > 2$ 。

[0013] 可选地，基于雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定雷达轨迹点坐标的标准差，包括：

基于 M_1 个轨迹点的坐标，确定 M_1 个轨迹点中多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值；

计算多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值的标准差作为雷达轨迹点坐标的标准差。

[0014] 可选地，基于TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定TDOA轨迹点坐标的标准差，包括：

基于 M_2 个TDOA轨迹点的坐标，确定 M_2 个TDOA轨迹点中多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值；

计算多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值的标准差作为TDOA轨迹点坐标的标准差。

[0015] 可选地，基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布，确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布，包括：

将第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布相乘得到第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布。

[0016] 可选地，基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标，包括：

确定融合后的高斯分布的均值，融合后的高斯分布的均值为第K时刻的融合轨迹点坐标。

[0017] 可选地，在确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布之前，包括：对TDOA定位轨迹和/或所述雷达定位轨迹进行插值。

[0018] 根据本发明的第二方面，提供了一种轨迹的融合装置，用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹，包括：

轨迹点高斯分布确定模块，用于确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布，其中 $K=1, \dots, N$ ；

轨迹点融合模块，用于基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布，确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布；

坐标确定模块,用于基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标;

融合轨迹确定模块,用于基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0019] 根据本发明的第三方面,提供了一种无人机探测系统,包括:

雷达探测定位子系统,用于探测无人机飞行空域内的雷达定位轨迹;

TDOA探测定位子系统,用于探测无人机飞行空域内的TDOA定位轨迹;

处理器,与雷达探测定位子系统和TDOA探测定位子系统通信连接,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,处理器被配置为:

确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标;

基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0020] 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;

存储器,用于存储代码和相关数据;

处理器,用于执行存储器中的代码用以实现本发明第一方面及其可选方案涉及的方法。

[0021] 根据本发明第五方面,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涉及的方法。

[0022] 本发明提供的轨迹的融合方法、轨迹的融合装置、无人机探测系统、电子设备和存储介质,基于同一时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定该时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布,基于融合后的高斯分布确定该时刻的融合轨迹点坐标,基于多个时刻对应的融合轨迹点坐标能够得到TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹,提高了无人机的轨迹定位精度。

附图说明

[0023] 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。

[0024] 图1是本发明一实施例中无人机探测系统的示意图;

图2是本发明一实施例中轨迹的融合方法的流程图;

图3是本发明一实施例中确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布的流程图;

图4是本发明一实施例中雷达定位轨迹的示意图;

图5是本发明一实施例中TDOA定位轨迹的示意图;

图6是本发明一实施例中轨迹的融合装置的示意图;

图7是本发明一实施例中电子设备的示意图。

具体实施方式

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 一种举例的应用场景中,请参考图1,公开了一种无人机探测系统10,能够用于探测无人机的飞行轨迹,该无人机探测系统10通过雷达探测定位子系统11和TDOA探测定位子系统12分别探测飞行空域内无人机的雷达定位轨迹和TDOA定位轨迹。该无人机探测系统10的处理器13通过通信网络与雷达探测定位子系统11和TDOA探测定位子系统12连接,以融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹。示例性地,TDOA探测定位子系统能够包括多个TDOA设备(例如,三台或三台以上TDOA设备),雷达探测定位子系统能够包括至少一台雷达设备。

[0029] 请参考图2,本发明一实施例公开了一种轨迹的融合方法,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,包括:

S21:确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$ 。

[0030] 一些实施例中,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$,可以理解为依次确定N个时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,N为大于1的整数。相邻的两个时刻能够是等时间差的时刻,也可以说非等时间差的时刻。

[0031] S22:基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布。

[0032] 一些实施例中,能够通过将第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布相乘得到第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布。

[0033] S23:基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标。

[0034] S24:基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0035] 上述实施例中,通过高斯分布来描述无人机轨迹的雷达探测结果和TDOA探测结果的不确定性。基于同一时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定该时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布,基于融合后的高斯分布确定该时刻的融合轨迹点坐标,基于多个时刻对应的融合轨迹点坐标能够得到TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。该融合轨迹是一条定位精度更高的轨迹,故而上述实施例中公开的轨迹的融合方法提

高了无人机的轨迹定位精度。

[0036] 一些实施例中,上述实施例中公开的轨迹的融合方法能够通过如图1所示的无人机探测系统10中的处理器13实现。

[0037] 一些实施例中,上述实施例中无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹能够分别通过如图1所示的TDOA探测定位子系统12和雷达探测定位子系统11获取。

[0038] 一些实施例中,上述实施例中公开的轨迹的融合方法能够是用于对监测空域内飞行的无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹进行实时融合处理,也能够是对存储的无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹进行融合处理。

[0039] 一些实施例中,轨迹的融合方法还包括:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差。

[0040] 上述实施例中,第K时刻的雷达轨迹点坐标能够是在第K时刻实际探测的雷达轨迹点坐标(例如,如图1所示的雷达探测子系统11定位的坐标),也能够是基于已有雷达定位轨迹估算的第K时刻的雷达轨迹点坐标。

[0041] 一些实施例中,轨迹的融合方法还包括:

基于第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差。

[0042] 上述实施例中,第K时刻的TDOA轨迹点坐标能够是在第K时刻实际探测的TDOA轨迹点坐标(例如,如图1所示的TDOA探测子系统12定位的坐标),也能够是基于已有TDOA定位轨迹估算的第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

[0043] 一些实施例中,以二维坐标为例,第K时刻的TDOA轨迹点坐标 T_K 能够由 (x_{TK}, y_{TK}) 表示,假设其中的坐标 x_{TK} 和 y_{TK} 均服从高斯分布且互不相关,均值分别为 x_{TK} 和 y_{TK} ,标准差分别为 σ_{TKx} 和 σ_{TKy} ,则第K时刻的TDOA轨迹点的高斯分布能够通过如下公式表征:

$$\begin{cases} \mu_T = \begin{bmatrix} x_{TK} \\ y_{TK} \end{bmatrix} \\ \Sigma_T = \begin{pmatrix} \sigma_{TKx}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{TKy}^2 \end{pmatrix}; \end{cases}$$

其中, μ_T 表示第K时刻的TDOA轨迹点的高斯分布的均值, Σ_T 表示第K时刻的TDOA轨迹点的高斯分布的协方差。

[0044] 一些实施例中,以二维坐标为例,第K时刻的雷达轨迹点坐标 R_K 能够由 (x_{RK}, y_{RK}) 表示,假设其中的坐标 x_{RK} 和 y_{RK} 均服从高斯分布且互不相关,均值分别为 x_{RK} 和 y_{RK} ,标准差分别为 σ_{RKx} 和 σ_{RKy} ,则第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布能够通过如下公式表征:

$$\begin{cases} \mu_R = \begin{bmatrix} x_{RK} \\ y_{RK} \end{bmatrix} \\ \Sigma_R = \begin{pmatrix} \sigma_{RKx}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{Rky}^2 \end{pmatrix} \end{cases};$$

其中, μ_R 表示第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布的均值, Σ_R 表示第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布的协方差。

[0045] 一些实施例中,第K时刻的融合轨迹点坐标能够是融合后的高斯分布的均值。具体地,第K时刻的融合轨迹点坐标能够是第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布相乘得到的高斯分布的均值。

[0046] 一些实施例中,基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标,包括:确定融合后的高斯分布的均值,融合后的高斯分布的均值为第K时刻的融合轨迹点坐标。

[0047] 一些实施例中,第K时刻之前多个时刻中每个时刻的融合轨迹点坐标能够是基于上述实施例中步骤S21-S23中公开的方法得到的融合轨迹点坐标。

[0048] 一些实施例中,第K时刻之前多个时刻例如能够是K-1、K-2、K-3等多个时刻。

[0049] 一些实施例中,基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹,能够通过曲线拟合方法得到融合轨迹,例如,最小二乘法、贝塞尔曲线、样条函数等方法对第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标进行拟合得到TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0050] 一些实施例中,参考图3,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,即S21,包括:

S211:基于第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差,确定第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布。

[0051] S212:基于第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差,确定TDOA轨迹点的高斯分布。

[0052] 上述实施例中,能够先执行步骤S211或步骤S212,之后再执行步骤S212或步骤S211,步骤S211和步骤S212也能够同时执行。

[0053] 一些实施例中,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标,包括:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定雷达定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的雷达轨迹点坐标。

[0054] 基于无人机的移动速度、至少一个时刻的雷达轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标。

[0055] 一些实施例中,雷达定位轨迹上靠近第K时刻的时刻能够是第K时刻之前的时刻或者之后的时刻。

[0056] 一些实施例中,雷达定位轨迹上靠近第K时刻的时刻能够是雷达定位轨迹实际采样的时刻,因此可以知道该时刻对应的轨迹点的坐标。例如,雷达定位轨迹上靠近第K时刻的时刻是如图1所示的雷达探测子系统11实际采样的时刻,故而可以直接知道该时刻的坐标。

[0057] 一些实施例中,该至少一个时刻无人机的移动速度能够通过如图1所示的雷达探测子系统11直接测量得到,也能够基于雷达定位轨迹上包括该至少一个时刻的多个时刻的坐标与时间差计算得到。

[0058] 示例性地,如图4所示, A_1 、 B_1 、 C_1 三点分别为雷达定位轨迹R上 K_1 、 K_2 、 K_3 时刻对应的雷达轨迹点,第K时刻位于 K_2 、 K_3 时刻之间。一些实施例中,第K时刻的雷达轨迹点坐标 (x_{RK}, y_{RK}) 能够基于如下公式确定:

$$\begin{cases} x_{RK} = x_{RK_2} + v_{xRK_2} \times \Delta K \\ y_{RK} = y_{RK_2} + v_{yRK_2} \times \Delta K \end{cases};$$

其中, (x_{RK_2}, y_{RK_2}) 为无人机在 K_2 时刻的雷达轨迹点坐标; (v_{xRK_2}, v_{yRK_2}) 为无人机在 K_2 时刻的雷达定位轨迹R上对应的速度; ΔK 为第K时刻和第 K_2 时刻之间的时间差。

[0059] 一些实施例中,无人机在 K_2 时刻的雷达轨迹R上对应的速度能够基于雷达定位轨迹R上包括该 K_2 时刻的多个时刻的坐标与时间差计算得到,例如:

$$\begin{cases} v_{xK_2} = \frac{x_{RK_2} - x_{RK_1}}{\Delta K_{12}} \\ v_{yK_2} = \frac{y_{RK_2} - y_{RK_1}}{\Delta K_{12}} \end{cases};$$

其中, (x_{RK_1}, y_{RK_1}) 为无人机在 K_1 时刻的雷达轨迹点坐标; ΔK_{12} 为第 K_1 时刻和第 K_2 时刻之间的时间差。

[0060] 一些实施例中,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标,包括:

基于第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定TDOA定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标;

基于无人机的移动速度、至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

[0061] 一些实施例中,TDOA定位轨迹上靠近第K时刻的时刻能够TDOA定位轨迹实际采样的时刻,因此可以知道该时刻对应的轨迹点的坐标。例如,TDOA定位轨迹上靠近第K时刻的时刻是如图1所示的TDOA探测子系统12实际采样的时刻,故而可以直接知道该时刻的坐标。

[0062] 一些实施例中,该至少一个时刻无人机的移动速度能够通过如图1所示的TDOA探测子系统12直接测量得到,也能够基于TDOA定位轨迹上包括该至少一个时刻的多个时刻的坐标与时间差计算得到。

[0063] 示例性地,如图5所示, A_2 、 B_2 、 C_2 三点分别为TDOA定位轨迹T上 K_1 、 K_2 、 K_3 时刻对应的

TDOA轨迹点,第K时刻位于 K_2 、 K_3 时刻之间,则第K时刻的TDOA轨迹点坐标 (x_{TK}, y_{TK}) 能够基于如下公式确定:

$$\begin{cases} x_{TK} = x_{TK_2} + v_{xTK_2} \times \Delta K \\ y_{TK} = y_{TK_2} + v_{yTK_2} \times \Delta K \end{cases};$$

其中, (x_{TK_2}, y_{TK_2}) 为无人机在 K_2 时刻的TDOA轨迹点坐标; (v_{xTK_2}, v_{yTK_2}) 为无人机在 K_2 时刻的TDOA定位轨迹T上对应的速度; ΔK 为第K时刻和第 K_2 时刻之间的时间差。

[0064] 一些实施例中,无人机在 K_2 时刻的TDOA轨迹T上对应的速度能够基于TDOA定位轨迹T上包括该 K_2 时刻的多个时刻的坐标与时间差计算得到,例如:

$$\begin{cases} v_{xTK_2} = \frac{x_{TK_2} - x_{TK_1}}{\Delta K_{12}} \\ v_{yTK_2} = \frac{y_{TK_2} - y_{TK_1}}{\Delta K_{12}} \end{cases};$$

其中, (x_{TK_1}, y_{TK_1}) 为无人机在 K_1 时刻的TDOA轨迹点坐标; ΔK_{12} 为第 K_1 时刻和第 K_2 时刻之间的时间差。

[0065] 一些实施例中,在确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布之前,包括:对TDOA定位轨迹和/或雷达定位轨迹进行插值。

[0066] 若雷达定位轨迹与TDOA定位轨迹的采样时间不同步,通过对TDOA定位轨迹和/或雷达定位轨迹进行插值,使得插值处理后的雷达定位轨迹与TDOA定位轨迹在相同时刻均具有对应的坐标。

[0067] 一些实施例中,若第K时刻为雷达定位轨迹实际采样的时刻,则第K时刻的雷达轨迹点坐标能够是在第K时刻实际探测的雷达轨迹点坐标(例如,如图1所示的雷达探测子系统11定位的坐标)。此时,可基于上述实施例中确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标的方法得到第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

[0068] 一些实施例中,若第K时刻为TDOA定位轨迹实际采样的时刻,则第K时刻的TDOA轨迹点坐标能够是在第K时刻实际探测的TDOA轨迹点坐标(例如,如图1所示的TDOA探测子系统12定位的坐标)。此时,可基于上述实施例中确定第K时刻的雷达轨迹点坐标的方法得到第K时刻的雷达轨迹点坐标。

[0069] 一些实施例中,确定雷达轨迹点坐标的标准差包括:

基于雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定雷达轨迹点坐标的标准差,其中 $M_1 > 2$ 。

[0070] 一些实施例中,基于雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定雷达轨迹点坐

标的标准差,包括:

基于 M_1 个轨迹点的坐标,确定 M_1 个轨迹点中多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值;

计算多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值的标准差作为雷达轨迹点坐标的标准差。

[0071] 一些实施例中,确定TDOA轨迹点的标准差包括:

基于TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定TDOA轨迹点坐标的标准差,其中 $M_2 > 2$ 。

[0072] 一些实施例中,基于TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定TDOA轨迹点坐标的标准差,包括:

基于 M_2 个TDOA轨迹点的坐标,确定 M_2 个TDOA轨迹点中多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值;

计算多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值的标准差作为TDOA轨迹点坐标的标准差。

[0073] 请参考图6,提供了一种轨迹的融合装置60,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,包括:

轨迹点高斯分布确定模块61,用于确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

轨迹点融合模块62,用于基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

坐标确定模块63,用于基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标;

融合轨迹确定模块64,用于基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0074] 一些实施例中,轨迹点高斯分布确定模块61包括:

雷达轨迹点高斯分布确定子模块,用于基于第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差,确定第K时刻的雷达轨迹点的高斯分布;

TDOA轨迹点高斯分布确定子模块,基于第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差,确定TDOA轨迹点的高斯分布。

[0075] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括:轨迹点坐标和标准差确定模块,用于:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标和雷达轨迹点坐标的标准差。

[0076] 基于第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标和TDOA轨迹点的标准差。

[0077] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括雷达轨迹点坐标确定子模块,用于:

基于第K时刻之前的雷达定位轨迹,确定雷达定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的雷达轨迹点坐标;

基于无人机移动的速度、至少一个时刻的雷达轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差,确定第K时刻的雷达轨迹点坐标。

[0078] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括TDOA轨迹点坐标确定子模块,用于:

基于第K时刻之前的TDOA定位轨迹,确定TDOA定位轨迹上靠近第K时刻的至少一个时刻无人机的移动速度和至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标;

基于无人机的移动速度、至少一个时刻的TDOA轨迹点坐标和至少一个时刻与第K时刻的时间差,确定第K时刻的TDOA轨迹点坐标。

[0079] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括雷达轨迹点标准差确定子模块,用于:基于雷达定位轨迹上的 M_1 个雷达轨迹点的坐标确定雷达轨迹点坐标的标准差,其中 $M_1 > 2$ 。

[0080] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括TDOA轨迹点标准差确定子模块,用于:基于TDOA定位轨迹上的 M_2 个TDOA轨迹点的坐标确定TDOA轨迹点坐标的标准差,其中 $M_2 > 2$ 。

[0081] 一些实施例中,雷达轨迹点标准差确定子模块进一步用于:

基于 M_1 个轨迹点的坐标,确定 M_1 个轨迹点中多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值;

计算多组相邻的两个雷达轨迹点的坐标差值的标准差作为雷达轨迹点坐标的标准差。

[0082] 一些实施例中,TDOA轨迹点标准差确定子模块进一步用于:

基于 M_2 个TDOA轨迹点的坐标,确定 M_2 个TDOA轨迹点中多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值;

计算多组相邻的两个TDOA轨迹点的坐标差值的标准差作为TDOA轨迹点坐标的标准差。

[0083] 一些实施例中,轨迹点融合模块62进一步用于:基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布,包括:

将第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布相乘得到第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布。

[0084] 一些实施例中,坐标确定模块63进一步用于:

确定融合后的高斯分布的均值,融合后的高斯分布的均值为第K时刻的融合轨迹点坐标。

[0085] 一些实施例中,轨迹的融合装置60还包括插值计算模块,用于在确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布之前,对TDOA定位轨迹和/或雷达定位轨迹进行插值。

[0086] 请参考图1,提供了一种无人机探测系统10,包括:

雷达探测定位子系统11,用于探测无人机飞行空域内的雷达定位轨迹;

TDOA探测定位子系统12,用于探测无人机飞行空域内的TDOA定位轨迹;

处理器13,与雷达探测定位子系统11和TDOA探测定位子系统12通信连接,用于融合无人机的TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹,处理器13被配置为:

确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,其中 $K=1, \dots, N$;

基于第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点的高斯分布,确定第K时刻的雷达轨迹点和TDOA轨迹点融合后的高斯分布;

基于融合后的高斯分布确定第K时刻的融合轨迹点坐标;

基于第K时刻的融合轨迹点坐标和第K时刻之前多个时刻的融合轨迹点坐标,确定TDOA定位轨迹和雷达定位轨迹的融合轨迹。

[0087] 请参考图7,提供了一种电子设备70,包括处理器71与存储器73;

存储器73,用于存储代码和相关数据;

处理器71,用于执行存储器73中的代码用以实现以上实施例中所涉及的轨迹的融合方法。

[0088] 处理器71能够通过总线72与存储器73通讯。

[0089] 本发明还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以上实施例中所涉及的轨迹的融合方法。

[0090] 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的存储介质中。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。

[0091] 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。

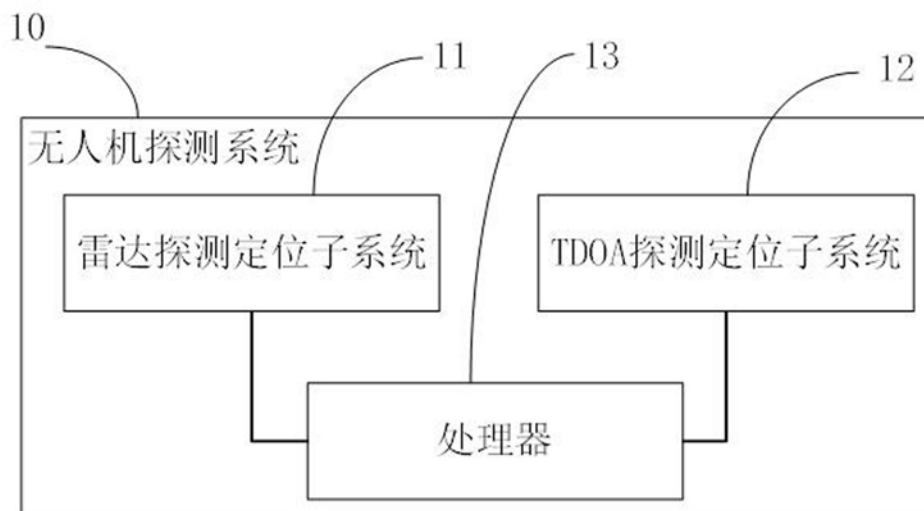


图1



图2

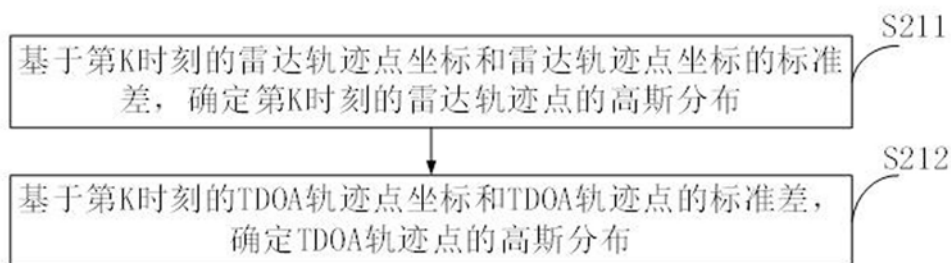


图3

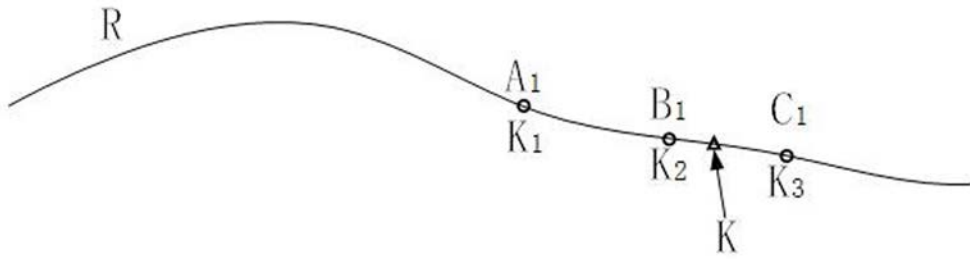


图4

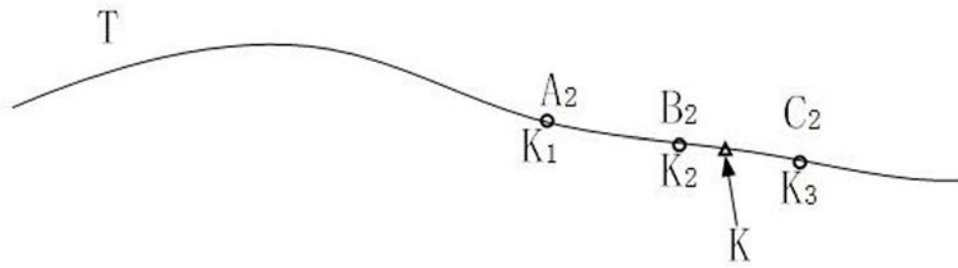


图5

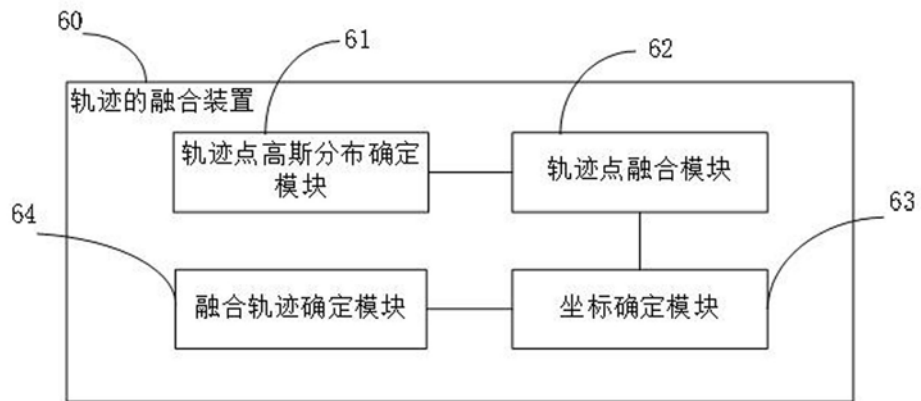


图6

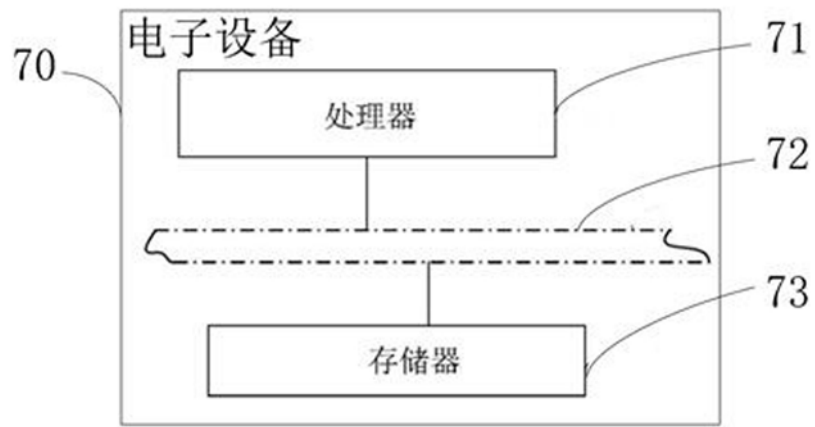


图7