



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101718859 A

(43) 申请公布日 2010.06.02

(21) 申请号 200810161869.9

(22) 申请日 2008.10.09

(71) 申请人 日电(中国)有限公司

地址 100007 北京市东城区东四十条甲 22 号南新仓国际大厦 B 座 12 层 1222 室

(72) 发明人 赵军辉 王永才

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理  
有限责任公司 11258

代理人 宋鹤 南霆

(51) Int. Cl.

G01S 5/00(2006.01)

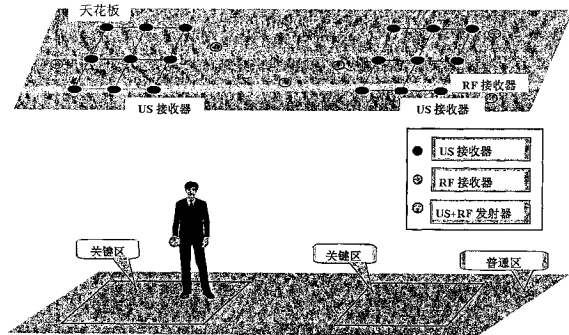
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

以自适应分辨率定位目标的方法和系统

(57) 摘要

本发明提供了用于以自适应分辨率定位目标的方法和系统。该方法包括:将被测空间划分成关键区和普通区;根据关键区和普通区的位置来布置用于高精度定位的多个高精度定位信号(US)收发器和用于低精度定位的多个低精度定位信号(RF)收发器,其中低精度定位信号收发器的检测范围覆盖被测空间,而高精度定位信号收发器的检测范围仅覆盖关键区;以及当目标在被测空间中移动时,综合高精度定位信号收发器和低精度定位信号收发器对目标的检测结果来以自适应的分辨率确定目标的位置。利用本发明的系统,对于不同区域,可以按不同的定位分辨率(精度或粒度)进行目标定位,并且由于无需使用大量高精度定位设备,而使得系统成本大大降低。



1. 一种以自适应分辨率定位目标的方法,包括:

将被测空间划分成关键区和普通区;

根据所述关键区和普通区的位置来布置高精度定位信号收发器和低精度定位信号收发器,其中所述低精度定位信号收发器的检测范围覆盖所述被测空间,而所述高精度定位信号收发器的检测范围覆盖所述关键区;以及

当所述目标在所述被测空间中移动时,综合所述高精度定位信号收发器和所述低精度定位信号收发器对所述目标的检测结果来以自适应的分辨率确定所述目标的位置。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述目标能够发射高精度定位信号和低精度定位信号。

3. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

生成电子地图,作为低精度定位时的定位参考。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中所述电子地图以如下半监督学习方法生成:

获取来自所述被测空间中的多个位置的低精度定位信号检测结果和高精度定位信号检测结果;

当一位置处于所述关键区时,用该位置的高精度定位信号检测结果标注该位置的低精度定位信号检测结果;以及

基于经标注的所述低精度定位信号检测结果和未经标注的所述低精度定位信号检测结果来生成所述电子地图。

5. 如权利要求 3 所述的方法,其中定位所述目标的步骤包括:

当所述目标位于所述关键区中时,根据所述高精度定位信号收发器的检测结果对所述目标进行定位;并且

当所述目标位于所述普通区中时,通过根据所述低精度定位信号收发器的检测结果搜索所述电子地图来进行定位。

6. 如权利要求 3 所述的方法,其中在定位所述目标的过程中,根据高精度定位结果对所述电子地图进行校准。

7. 如权利要求 1 所述的方法,还包括关键区修正步骤,用于调整所述高精度定位信号收发器的位置,以确保所述关键区被所述高精度定位信号收发器的检测范围所覆盖。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述关键区修正步骤包括:

在所述关键区的边缘上布置多个能够发射所述高精度定位信号的监控设备;

所述高精度定位信号收发器接收来自所述监控设备的高精度定位信号;并且

根据接收到的所述高精度定位信号调整所述高精度定位信号收发器的位置,以确保所述关键区被所述高精度定位信号收发器的检测范围所覆盖。

9. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述高精度定位信号是超声波信号或声音信号。

10. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述低精度定位信号是射频信号、红外信号或 Wifi 信号。

11. 如权利要求 9 所述的方法,其中所述多个高精度定位信号收发器接收来自所述目标的高精度定位信号并生成到达时间矢量,并且定位所述目标的步骤包括:

如果所述到达时间矢量中的元素个数大于等于 3,则根据所述到达时间矢量计算所述目标的位置;并且

如果所述到达时间矢量中的元素个数小于 3, 则通过搜索所述电子地图来确定所述目标的位置。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中当所述到达时间矢量中的元素个数大于等于 3 时, 三角测量或多点定位被用于计算所述目标的位置。

13. 一种用于以自适应分辨率定位目标的系统, 包括:

所述目标所携带的标签设备, 用于发射高精度定位信号和低精度定位信号;

高精度定位设备, 包含多个高精度定位信号收发器, 用于发送和接收所述高精度定位信号;

低精度定位设备, 包含多个低精度定位信号收发器, 用于发送和接收所述低精度定位信号;

结果处理设备, 用于结合所述高精度定位设备和所述低精度定位设备对所述目标的检测结果来以自适应的分辨率确定所述目标的位置,

其中, 被测空间被划分成关键区和普通区, 所述低精度定位设备的检测范围覆盖所述被测空间, 并且所述高精度定位设备的检测范围覆盖所述关键区。

14. 如权利要求 13 所述的系统, 还包括:

电子地图生成设备, 用于生成电子地图, 该电子地图被所述低精度定位设备用作定位参考。

15. 如权利要求 14 所述的系统, 其中所述电子地图生成设备包括:

结果获取器, 用于获取针对所述被测空间中的多个位置的低精度定位信号检测结果和高精度定位信号检测结果;

结果标注器, 用于当一位置处于所述关键区时, 用该位置的高精度定位信号检测结果标注该位置的低精度定位信号检测结果; 以及

电子地图生成器, 用于基于来自所述结果标注器的经标注的所述低精度定位信号检测结果和未经标注的所述低精度定位信号检测结果, 利用半监督学习方法生成所述电子地图。

16. 如权利要求 14 所述的系统, 其中所述结果处理设备按如下方式工作:

当所述目标处于所述关键区时, 根据所述高精度定位设备的所述高精度定位信号收发器的检测结果定位所述目标; 并且

当所述目标处于所述普通区时, 通过利用所述低精度定位设备的所述低精度定位信号收发器的检测结果搜索所述电子地图来定位所述目标。

17. 如权利要求 14 所述的系统, 还包括:

电子地图校准设备, 用于在定位所述目标的过程中, 根据所述高精度定位设备的所述高精度定位信号收发器的检测结果对所述电子地图进行校准。

18. 如权利要求 13 所述的系统, 还包括:

关键区修正设备, 用于调整所述高精度定位设备中的所述高精度定位信号收发器的位置, 以确保所述关键区被所述高精度定位信号收发器的检测范围所覆盖。

19. 如权利要求 13 所述的系统, 其中所述高精度定位信号是超声波信号和声音信号。

20. 如权利要求 13 所述的系统, 其中所述低精度定位信号是射频信号、红外信号或 Wifi 信号。

21. 如权利要求 13 所述的系统,其中所述结果处理设备位于位置服务器中。

## 以自适应分辨率定位目标的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明一般地涉及定位系统和位置感测,更具体而言,涉及将诸如超声波 (US) 定位之类的高精度定位技术与诸如射频 (RF) 定位之类的低精度定位技术相结合,从而为基于位置的服务提供自适应的定位分辨率的混合定位系统和方法。

### 背景技术

[0002] 毋庸置疑,位置信息可被用于提取用户和环境之间的地理位置关系,以进一步理解用户的行为。位置感知应用的重要性使得用于提供位置信息的系统的设计和实现变得越来越流行和受关注,尤其对于室内环境和城区环境。当前,在很多不同的应用情形中,例如办公室、医疗机构、矿场、地铁、智能建筑、宾馆等环境,对于实时精确的位置跟踪的市场需要越来越大。例如,在办公室环境中,雇员可能被要求访问某一安全区中的机密信息,而在安全区之外,任意访问都将被禁止。安全区的示例可以是一个房间、工作区的一部分或者甚至一张桌子。

[0003] 迄今为止,已经开发出多种定位系统可被用于提供基于位置的服务。但是,这些现有的定位系统存在某些共同的局限性。

[0004] 首先,从技术角度来看,大多数现有的定位系统仅仅利用一种定位设备,例如 US 设备或 RF 设备,来进行目标定位。实际上,每种信号类型都具有其自己的优势和缺陷。例如,US 定位可以实现很高的精确度但规模较小,而另一方面,RF 定位可以提供大规模应用但精确度较低。

[0005] 其次,从应用角度来看,例如针对基于位置的访问控制,人们通常希望在不同区域具有不同的定位分辨率。在用户感兴趣的区域,他们需要粒度较小的精确定位来确保该区域中的定位结果足够精确,而在其他区域,粒度较大的低精度定位也是可以接受的。

[0006] 下面,将对可用于室内定位的流行的现有技术进行简要介绍。这里需要指出的是,全球定位系统 (GPS) 可以在室外以数十米的精确度提供目标的位置信息,但是,在室内环境中,GPS 是无法工作的,因为受多路径影响和信号阻碍,GPS 的定位结果在室内将急剧恶化。

[0007] 一般而言,当前存在三种常见的可被用于室内定位的技术,即超声定位、射频定位和红外定位。

[0008] 例如,题为“Detection System for Determining Positional and Other Information about Objects”的美国专利 No. 6, 493, 649 提供了一种使用超声定位的“Bat”系统,例如如图 1A 所示。在该系统中,用户可以佩戴一种包含 US 发射器的小徽章,US 发射器可以在被中央系统无线触发时发射出超声波脉冲。在被测环境的天花板上安装有密集的 US 接收器阵列,系统可以确定超声波脉冲从小徽章到 US 接收器阵列的到达时间 (TOA),并利用三角测量或多点定位算法来计算徽章的三维位置。

[0009] 图 1B 示出诸如“Bat”系统之类 US 定位系统的结构框图。附着在将被定位的目标上的 US 标签设备 101 包含 US 发射器,安装在天花板上的 US 定位设备 102 包含多个 US 接

收器。US 定位设备 102 中的 US 定位单元可以从不同的发射器收集多于 3 个 TOA 结果,然后通过使用三角测量或多点定位方法来推导出目标的位置。计算出的目标位置随后可以被存储在 US 定位结果存储器中。

[0010] 由 P. Bahl 等人所写的题为“*In-Building RF-based User Location and Tracking System*”的文章中提出一种 RADAR 系统,这是一种基于接收到的 802.11 无线网络信号强度来进行定位的定位系统。RADAR 系统的基本定位方法包括两个阶段。首先,在离线阶段,系统被校准并构建 RF 模型,该模型指示出分布在目标区域中的有限多个位置上的接收信号强度。然后,在目标区域中的在线操作期间,移动单元报告接收自每个基站的信号强度,并由系统确定在线观测结果与在线模型中的任意点的最佳匹配。最佳匹配点的位置被报告,作为位置估计结果。

[0011] 由 R. Want 提出的题为“*Infrared Beacon Position System*”的美国专利 No. 6,216,087 提出一种红外定位系统“*Active Badge*”,该系统被构建在双向红外链路上方,其中在每个房间中安装有一个红外信标,而移动单元是一种每隔固定间隔广播唯一 ID 的小型红外收发器。由于红外信号难以穿透墙壁,因此 ID 广播被容易地包含在办公室之内,从而在房间粒度上提供高度精确的定位。

[0012] 以上专利及非专利文献通过引用被整体上结合于此,以用于所有目的。

[0013] 以下表 1 示出超声波、射频和红外信号被用于室内定位应用时的详细比较。为了方便起见,以下比较是根据用于这三种信号的三种当前有代表性的系统作出的,即针对红外的“*Active Badge*”,针对射频的“*RADAR*”和针对超声波的“*Bat*”。

[0014] 表 1

[0015]

	红外 (ActiveBadge)	RF (Radar)	US (Bat)
精确度	房间粒度	3-6 米	3-5 厘米
定位策略	近似性 (Proximity)	RSSI 模型	基于 TOA 的三角测量
工作频率	20M-45MHz	433M, 915M, 2.4GHz	40KHz
成本	低	中	高

[0016] 从上表可以基本上总结出:基于红外的定位系统由于精确度低和易受自然光影响而较少使用,而使用信号强度进行位置估计的 RF 系统由于在建筑物中的 RF 传播严重偏离经验算术模型而无法得到令人满意的结果。

[0017] 关于基于 US 的 Bat 系统,实践中部署这样的网状系统是很困难的,需要很高的安装和维护成本。具体地讲,由于至少需要三个距离样本才能估计出目标位置,因此需要在建筑物中部署非常密集的 US 接收器,从而使得系统成本很高。另一方面,虽然 US 定位方法可以实现高精度,但是 US 定位设备的高密度将导致高部署成本。尤其对于不需要精确定位的普通区域,部署 US 定位设备是不划算的,因为对于这些区域,米级定位分辨率已经足够

好了。

[0018] 综上所述,在不同区域需要不同定位分辨率的环境中,上述任意一种现有定位方法都无法在降低部署成本的同时实现高精度且高效的定位。

### 发明内容

[0019] 基于以上分析,针对现有室内定位系统的缺陷而研制出本发明,本发明提供了一种混合室内定位系统(HIPS),该系统既包含用于高精度定位的高精度定位设备(例如US设备),也包括用于低精度定位的低精度定位设备(例如RF设备),从而能够为基于位置的服务提供自适应的定位分辨率。

[0020] 在本发明中,应用情形被划分成两种区域,即“关键区”和“普通区”,其中关键区需要高度精确的定位(例如厘米级),而普通区对于较低的定位精确度(例如米级或房间级)也是可以接受的。作为示例,超声定位设备(US设备)被部署在“关键区”中以实现高度精确的定位,而射频定位设备(RF设备)被部署在“普通区”中用于较大分辨率的定位。另外,本发明还提出一种在线训练算法,可被用于根据来自US定位设备的实时定位结果来训练RF模型(即RF电子地图(Radio Map))。具体地讲,在US定位设备的覆盖区域中(即关键区),可以利用精确的US定位结果来标注RF信号强度(RSS)数据,而在普通区中,由于US定位设备无法覆盖而不会对RSS数据进行标注。然后,可以执行半监督学习算法,从而通过实时地使用经标注和未经标注的RSS数据来训练RF电子地图。因此可以大大减少对于该混合定位系统的校准消耗。

[0021] 另外,根据本发明,“关键区”的设定可以根据用户需求,也可以基于启发式规则(例如桌子、房间等等)。另外,在一个实施例中,还提出可以根据标签跟踪结果来调整US定位设备的位置,以使得关键区能够被RF定位设备的感测范围所覆盖。

[0022] 根据本发明第一方面,提供了一种以自适应分辨率定位目标的方法,其包括:将被测空间划分成关键区和普通区;根据关键区和普通区的位置来布置用于高精度定位的多个高精度定位信号收发器和用于低精度定位的多个低精度定位信号收发器,其中低精度定位信号收发器的检测范围覆盖被测空间,而高精度定位信号收发器的检测范围仅覆盖关键区;以及当目标在被测空间中移动时,综合高精度定位信号收发器和低精度定位信号收发器对目标的检测结果来以自适应的分辨率确定目标的位置。

[0023] 根据本发明第二方面,提供了一种用于以自适应分辨率定位目标的系统,其包括:目标所携带的标签设备,用于发射高精度定位信号(例如超声波信号)和低精度定位信号(例如射频信号);高精度定位设备,包含多个高精度定位信号收发器,用于发送和接收高精度定位信号;低精度定位设备,包含多个低精度定位信号收发器,用于发送和接收低精度定位信号;结果处理设备,用于结合高精度定位设备和低精度定位设备对目标的检测结果来以自适应的分辨率确定目标的位置,其中,被测空间被划分成关键区和普通区,低精度定位设备的低精度定位信号收发器的检测范围覆盖被测空间,并且高精度定位设备的高精度定位信号收发器的检测范围仅覆盖关键区。作为示例,结果处理设备可以位于本地或远程的位置服务器中。

[0024] 如下文将详细描述,本发明的混合室内定位系统将US定位与RF定位相结合,从而对于在不同区域需要不同定位分辨率(精度或粒度)的实际应用环境,能够提供自适应

的定位分辨率。与现有技术相对照,本发明具有以下优势:

[0025] 自适应分辨率:基于定位融合算法,本发明的系统可以在不同应用区域提供自适应的定位分辨率。

[0026] 低系统成本:由于不需要密集部署大量 US 接收器来覆盖整个应用环境,系统成本可以大大降低。

[0027] 无需校准:得益于关键区中部署的 US 定位设备,RF 模型可以被在线训练,从而无需进行系统校准。

[0028] 容易的区域划分策略:基于用户需求或启发式规则,可以容易地定义出关键区,并且可以容易地调整 US 定位系统来精确地覆盖关键区。

## 附图说明

[0029] 结合附图,从下面对本发明优选实施例的详细描述,将更好地理解本发明,附图中类似的参考标记指示类似的部分,其中:

[0030] 图 1A 是示出根据现有技术的 US 定位系统的示意图;

[0031] 图 1B 是示出图 1A 所示 US 定位系统的内部框图;

[0032] 图 2A 是示出根据本发明的混合定位系统的示意图;

[0033] 图 2B 是示出根据本发明第一实施例的图 2A 所示混合定位系统的内部框图;

[0034] 图 3 是示出根据本发明的以自适应的分辨率进行目标定位的方法 300 的流程图;

[0035] 图 4 是利用图 3 所示方法部署的被测环境的示意图,其中以安全桌为例表示关键区;

[0036] 图 5 是示出带关键区修正步骤的自适应分辨率目标定位方法 500 的流程图;

[0037] 图 6 是示出进行关键区修正的过程的示意图;

[0038] 图 7 是示出根据本发明第二实施例的以半监督学习算法进行 RF 模型(电子地图)训练的定位系统的内容框图;

[0039] 图 8 是示出 RF 电子地图训练的流程图;

[0040] 图 9 是示出 RF 电子地图训练的示意图;

[0041] 图 10 是示出电子地图生成设备的内容结果的框图;以及

[0042] 图 11 是将本发明第一和第二实施例相结合的混合定位系统的内部框图,其可以在进行目标定位的同时实时地对 RF 电子地图进行修正。

## 具体实施方式

[0043] 图 2A 示出根据本发明的混合室内定位系统,该系统可以为基于位置的服务提供自适应的定位分辨率。在该被测空间中,划分出两种不同的区域:“关键区”和“普通区”。关键区是需要高度精确(例如厘米级)的定位的区域,而普通区可以接受较低的定位精度(例如米级、房间级)。超声波(US)接收器被布置在关键区上方,以进行高精度定位,射频(RF)接收器被散落布置在整个空间中(既可以是关键区也可以是普通区)以进行较大分辨率的定位。

[0044] 本发明的混合定位系统在设计时是出于以下两方面的考量:

[0045] 1. 从应用方面讲,在基于位置的访问控制中,人们通常系统在不同区域具有不同



的定位粒度。例如,在感兴趣的区域,需要粒度较小的定位技术来确保该区域的定位结果高度精确,而在其他区域,粒度较大的低精度定位技术也是可以接受的。在此情况下,使用 RF 或 US 定位都是不合理的。一方面,RF 定位在定位粒度方面存在局限,一般而言,其仅仅可以达到米级的分辨率,这对于感兴趣的区域对于高定位精确度的需求是无法满足的。另一方面,虽然 US 定位具有厘米级高分辨率,但是超声波接收器的信号覆盖范围有限并且比 RF 接收器昂贵得多。因此,直接部署多个超声接收器来覆盖较大区域的做法是很不经济的。以上考量是促使发明人将 US 和 RF 定位技术相结合来提供混合定位粒度的动机之一。

[0046] 2. 从技术方面讲,US 定位和 RF 定位可以彼此受益。US 定位是高度精确的,但受限于超声波信号的传输范围。一般而言,超声波信号的传播距离小于 10 米并且很容易被障碍物所阻挡,这在室内办公室环境中尤其严重。RF 定位不精确,并且通常采用模型训练方法来提高定位精确度。该模型训练过程通常需要很多校准工作。另一方面,RF 信号的优点在于具有较大的传输范围(例如在室内环境中可达到 30-40 米),并且可以穿透诸如墙壁之类的障碍物。从以下描述中可以发现,本发明可以利用两种信号的优点并且通过提供无需校准的解决方案来避免它们的缺陷。

[0047] 图 2B 是根据本发明的混合定位系统的内部结构框图。如图所示,由目标所携带的标签设备 201 包括 RF 发射器 11 和 US 发射器 12,它们可以分别发射射频信号和超声波脉冲。RF 定位设备 202 包含多个 RF 接收器 13-1、13-2、... 13-m,用于接收 RF 信号。如前所示,这些 RF 接收器可被散落地布置在被测空间中。RF 接收器所接收到的 RF 信号随后被传输到 RF 定位单元 15,以根据现有的 RF 定位方法获得相应的 RF 定位结果(例如 RF 信号强度(RSS)矢量)。如本领域技术人员所知,现有的 RF 定位方法主要有两类,一类是基于电子地图之类 RF 模型的 RSS 匹配算法,另一类是通过 RSS 结果推断目标与 RF 接收器之间的距离并采用三点定位算法计算目标的位置。显而易见,这些 RF 定位方法都可以被应用于本发明,以实现针对普通区的低精度定位。在以下描述中,将以基于电子地图的方法为例,介绍一种利用半监督学习算法的在线 RF 模型(例如电子地图)训练方法,作为本发明技术创新点的一部分。详情请参见随后对附图 7-9 的相关描述。随后,RF 定位结果(例如 RSS 矢量)可以被存储在 RF 定位结果存储器 17 中。相类似地,US 定位设备 203 包含多个 US 接收器 14-1、14-2、... 14-n,用于接收 US 信号。如前所述,这些 US 接收器被相对密集地布置在关键区上方。US 接收器所接收到的 US 信号被传输到 US 定位单元 16,以获得相应的 US 定位结果(例如 TOA 矢量)。US 定位结果(例如 TOA 矢量)可以被存储在 US 定位结果存储器 18 中。存储在 RF 定位结果存储器 17 和 US 定位结果存储器 18 中的 RF 和 US 定位结果在结果处理设备 204 处被综合以确定目标的位置。最终确定的目标位置可以被存储在最终定位结果存储器 205 中。作为示例,如图 2B 所示,结果处理设备 204 和最终定位结果存储器 205 可以被设置在位置服务器 200 中。在一个实施例中,结果处理设备 204 可以根据 TOA 矢量中元素的数目来确定定位策略,如果 TOA 数据数目大于等于 3,则可以利用三角测量或多点定位来根据 TOA 结果直接确定目标的位置。如果 TOA 的数目小于 3,则需要根据 RF 结果(例如 RSS 矢量)进行定位,例如,可以通过检索 RF 电子地图来确定目标的位置。

[0048] 图 3 示出根据本发明的目标定位方法 300 的流程图。根据本发明的目标定位方法包含两个阶段:设定阶段(步骤 301 和 302)和定位阶段(步骤 303)。

[0049] 在设定阶段中,首先在步骤 301 处将被测空间划分成“关键区”和“普通区”。区域

划分的策略可以基于用户需求,也可以根据某些启发式规则。然后,在步骤 302 处,根据划分出的“关键区”和“普通区”进行定位器部署。在一个实施例中,对于需要高度精确定位的“关键区”,可以相对密集地部署 US 接收器,而对于可以接受较大分辨率定位的“普通区”,可以部署 RF、红外或 Wifi 等接收器。这些接收器不仅具有规模较大的优点,而且部署成本也相对较低。

[0050] 在定位阶段(步骤 303),当目标携带标签设备在被测空间中移动时,如果其处在超声波可以覆盖的关键区中,则可以通过 US 定位设备来进行定位,这是因为 US 定位通常能够实现比 RF 定位更高的定位分辨率。如果目标处于关键区之外,则可以通过搜索经训练的 RF 电子地图来确定目标的位置。

[0051] 图 4 示出被测区域划分的一个示例。在该示例中,安全桌被定义为“关键区”,其他空间被定义为“普通区”。

[0052] 图 5 示出通过跟踪预先安装的监控标签来进行关键区修正的流程图,在该过程中实时监控关键区是否被 US 定位设备的感测范围所覆盖。图 6 以安全桌为例对关键区修正作出进一步说明。

[0053] 在图 6 中,安全桌被视为关键区。四个监控标签被分别布置在安全桌的四个桌角,并且可以发射超声波信号。US 定位设备所包含的 US 接收器可以定时(或随机)检测来自监控标签的超声波信号,并根据检测结果调整 US 接收器的位置,以确保关键区能够被 US 定位设备的感测范围所覆盖。

[0054] 图 7 示出根据本发明第二实施例的混合定位系统的结构框图,其中以半监督学习算法对 RF 电子地图进行在线训练。图 8 是示出 RF 电子地图训练的流程图,而图 9 是示出 RF 电子地图训练的示意图。除了前述混合定位系统的基本组件之外,图 7 所示系统还包括电子地图生成设备 701 和电子地图存储器 702。电子地图生成设备 701 获取来自于 RF 和 US 定位设备的定位结果,并利用半监督学习算法对 RF 电子地图进行训练。当目标处于普通区时,RF 电子地图可以被用作参考进行 RF 定位。

[0055] 一般而言,用户可以携带标签设备在被测环境中移动。目标标签可以同时发出超声波和 RF 信号,从而使得这两个信号对应于同一位置。假设在空间中存在  $n$  个 US 接收器和  $p$  个 RF 接收器。每次当标签设备的 US 发射器和 RF 发射器发射 US 和 RF 信号时,US 和 RF 接收器例如可以获得如下结果矢量:

[0056]  $[toa_1, toa_2, \dots, toa_m, rss_1, rss_2, \dots, rss_q]$  (1)

[0057] 其中  $toa_i, 1 \leq i \leq n$  代表从第  $i$  个 US 接收器接收到的 TOA 距离信息, $m$  是成功检测到 TOA 结果的 US 接收器的数目,并且  $rss_j, 1 \leq j \leq p$  代表从第  $j$  个 RF 接收器接收到的 RSS 信息, $q$  是成功检测到 RSS 结果的 RF 接收器的数目。注意, $m \leq n$ ,因为可能存在障碍物使得某些 US 接收器无法检测到 US 信号,并且  $q \leq p$ ,因为有可能来自某些 RF 接收器的 RSS 结果太微弱,从而被忽略。

[0058] 参考图 8 所示流程图和图 9 所示示意图,在超声波覆盖的“关键区”中,目标可以通过使用 US 定位设备来定位。对于 RF 信号,在各个 RF 接收器处的 RF 信号强度(RSS)可以构成一个 RSS 矢量。当某些 RSS 矢量是在关键区中被收集到的时,这些矢量可以利用 TOA 定位设备所检测到的位置来进行标注。而且,在某些预定地标位置(例如房间墙角)处收集到的某些 RSS 矢量,也可以利用相应的预定位置坐标来进行标注。当然,这部分矢量应该

非常少,以便节省人为校准的消耗。其余在普通区中收集到的 RSS 矢量是未经标注的,从而如图 9 所示,可以获得经标注的和未经标注的 RSS 数据。

[0059] 随后,如图 8 所示,经标准的 RSS 矢量和未经标注的 RSS 矢量通过运用半监督学习算法被用于 RF 电子地图的训练。半监督学习算法是一种公知的机器学习技术,在此不对其进行赘述。由于 RSS 矢量可以通过 US 定位系统来进行标注,因此 RF 电子地图可以按在线的方式被训练。

[0060] 经过训练的 RF 电子地图可以被用于定位阶段的目标定位。在一个实施例中,具体而言,目标的位置可以例如基于如下融合策略来估计:

[0061] ●如果  $m \geq 3$ ,则只有  $[toa_1, toa_2, \dots, toa_m]$  矢量被用于定位,在此情况下,可以采用三角测量或多点定位来实现高度精确的定位。

[0062] ●如果  $m < 3$ ,则只有  $[rss_1, rss_2, \dots, rss_q]$  矢量被用于定位,在此情况下,使用该矢量搜索 RF 电子地图,以找到匹配的位置。利用该方法所获得的定位精确度较低,但对于无需很高定位粒度的普通区而言是可以接受的。

[0063] 图 10 示出电子地图生成设备 701 的内部结构的框图。参考以上图 8 的流程图以及图 9 的示意图所述,电子地图生成设备 701 通过结果获取器 71 获取由 RF 定位设备和 US 定位设备各自提供的低精度定位结果(例如 RSS 矢量)和高精度定位结果(例如 TOA 矢量)。然后,结果标注器 72 处,如果目标处于关键区,则可以用 US 定位设备所获取的 TOA 结果来标注 RSS 结果。经标注的 RSS 和未经标注的 RSS 都被提供给电子地图生成器 73。在电子地图生成器 73 处,其采用半监督学习算法生成电子地图。

[0064] 最后,图 11 是将本发明第一和第二实施例相结合的混合定位系统的内部框图。在图 11 所示系统中还包括电子地图校准设备 703,用于在进行目标定位的同时实时地对 RF 电子地图进行修正,即通过实时地参考 US 定位设备的位置测量结果来修正或校准 RF 电子地图的内容。

[0065] 以上分别参考附图详细描述了根据本发明的混合定位系统以及利用该系统以自适应的分辨率进行目标定位的方法,根据上述描述可以看出,本发明具有以下效果:

[0066] 基于定位融合算法,本发明的系统可以在不同应用区域提供自适应的定位分辨率,并且由于不需要密集部署大量 US 接收器来覆盖整个应用环境,系统成本可以大大降低。另外,得益于关键区中部署的 US 定位设备,RF 模型(电子地图)可以被在线训练,从而无需进行系统校准。在本发明中,基于用户需求或启发式规则,可以容易地划分出关键区和普通区,并且可以容易地调整 US 定位系统来精确地覆盖关键区。

[0067] 在上述实施例中,描述和示出了若干具体的步骤作为示例。但是,本发明的方法过程并不限于所描述和示出的具体步骤,本领域的技术人员可以在领会本发明的精神之后,作出各种改变、修改和添加,或者改变步骤之间的顺序。

[0068] 本发明可以以其他的具体形式实现,而不脱离其精神和本质特征。例如,特定实施例中所描述的算法可以被修改,而系统体系结构并不脱离本发明的基本精神。因此,当前的实施例在所有方面都被看作是示例性的而非限定性的,本发明的范围由所附权利要求而非上述描述定义,并且,落入权利要求的含义和等同物的范围内的全部改变从而都被包括在本发明的范围之内。

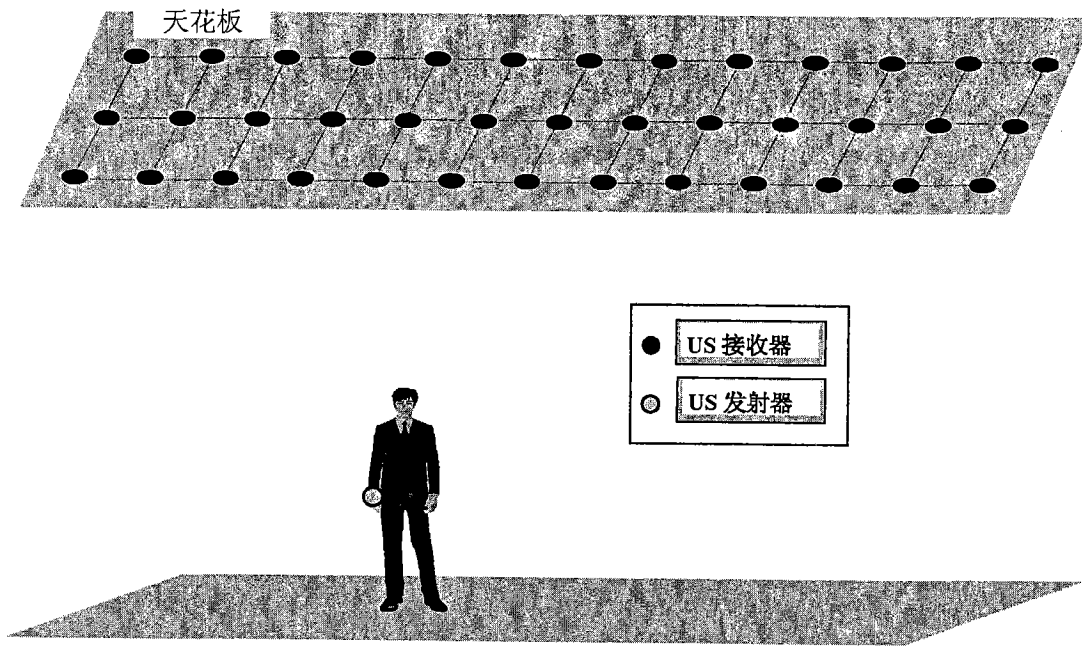


图 1A

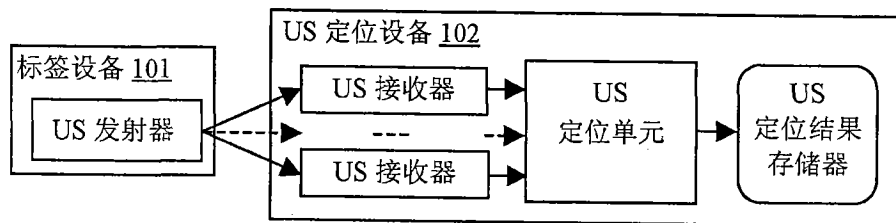


图 1B

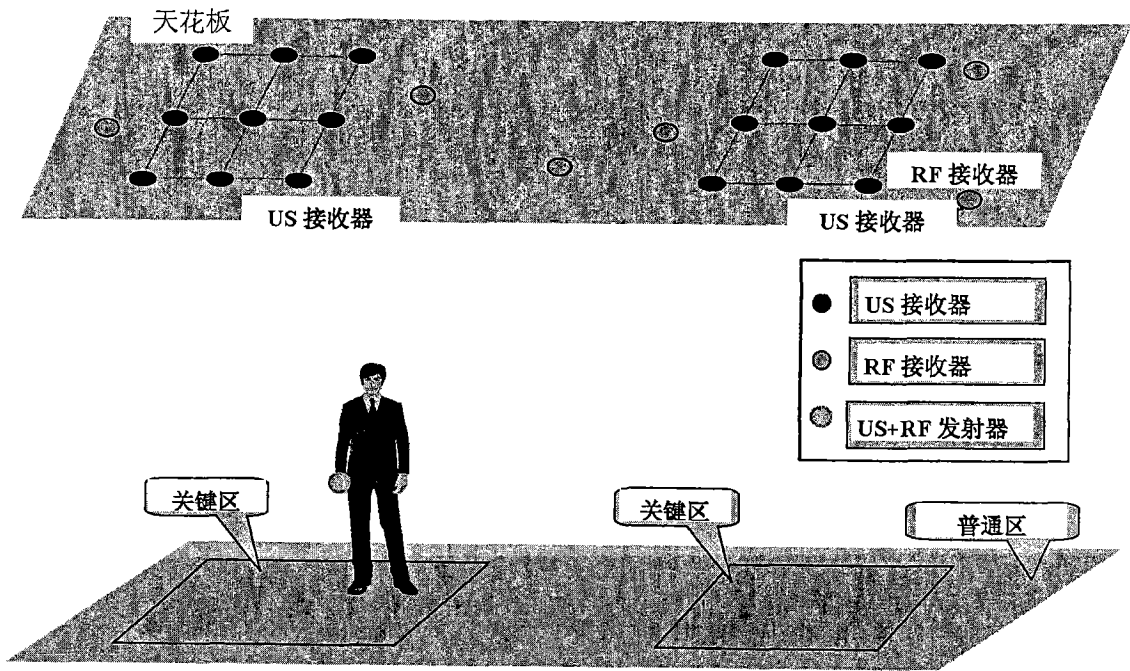


图 2A

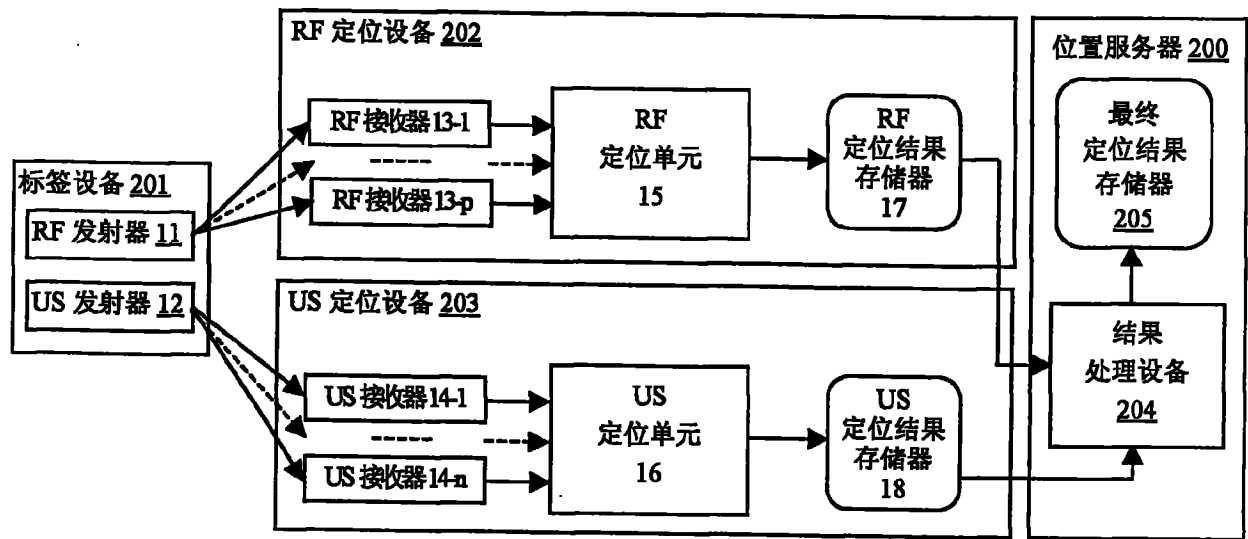


图 2B

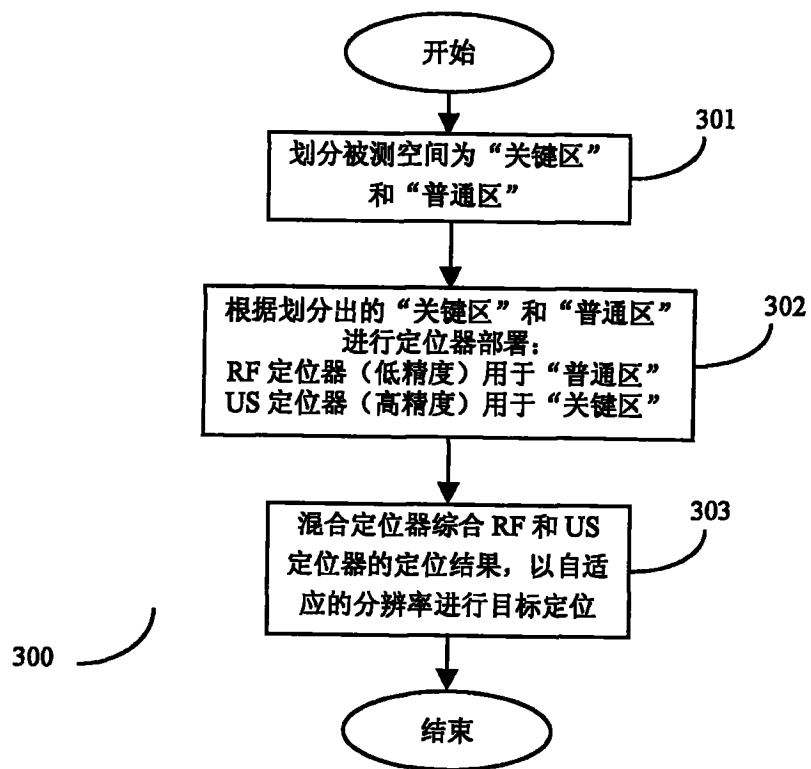


图 3

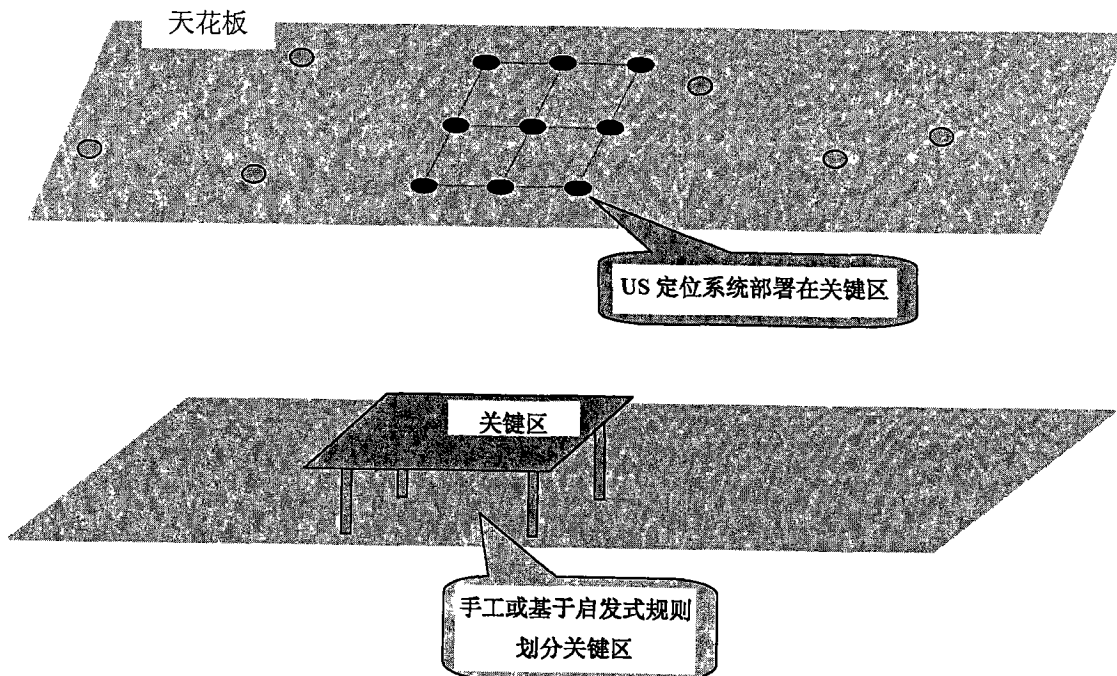


图 4

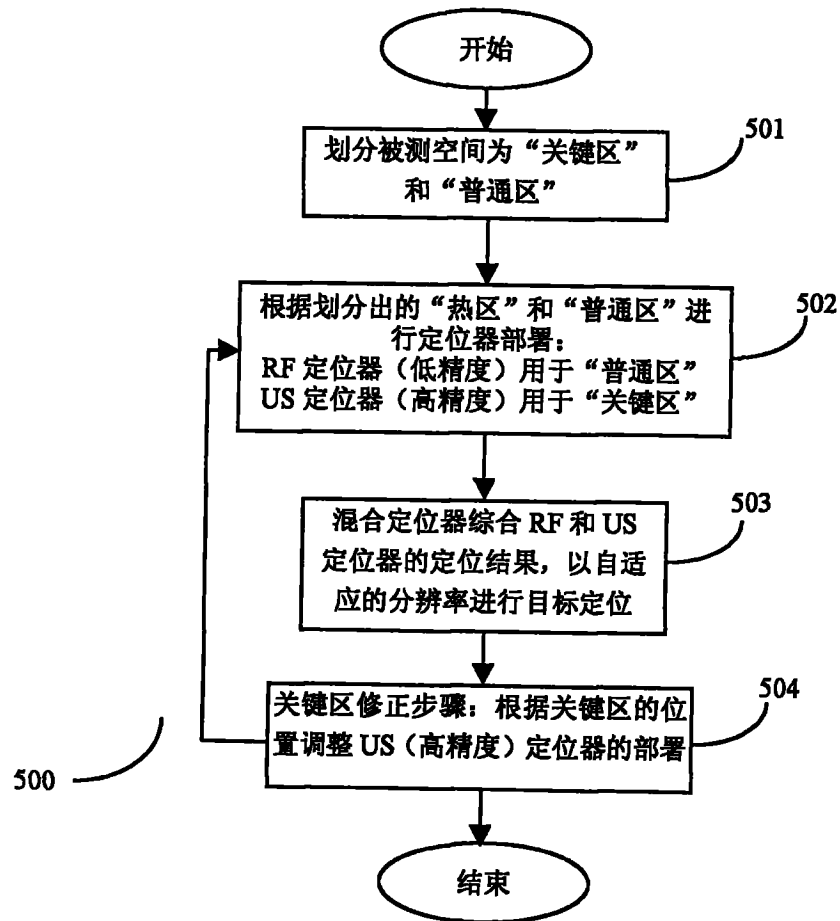


图 5

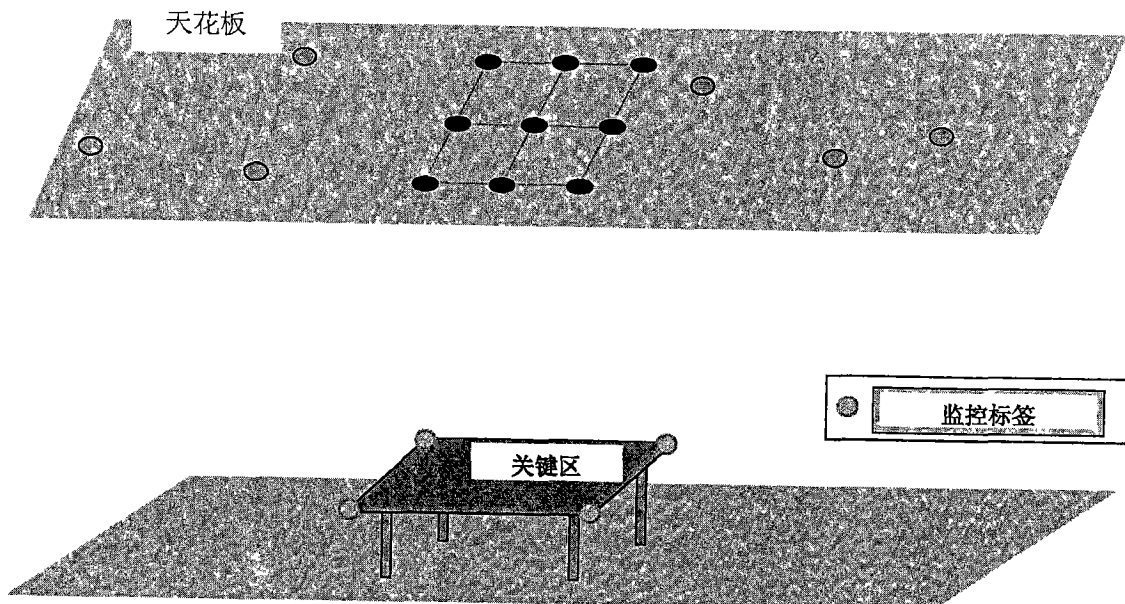


图 6

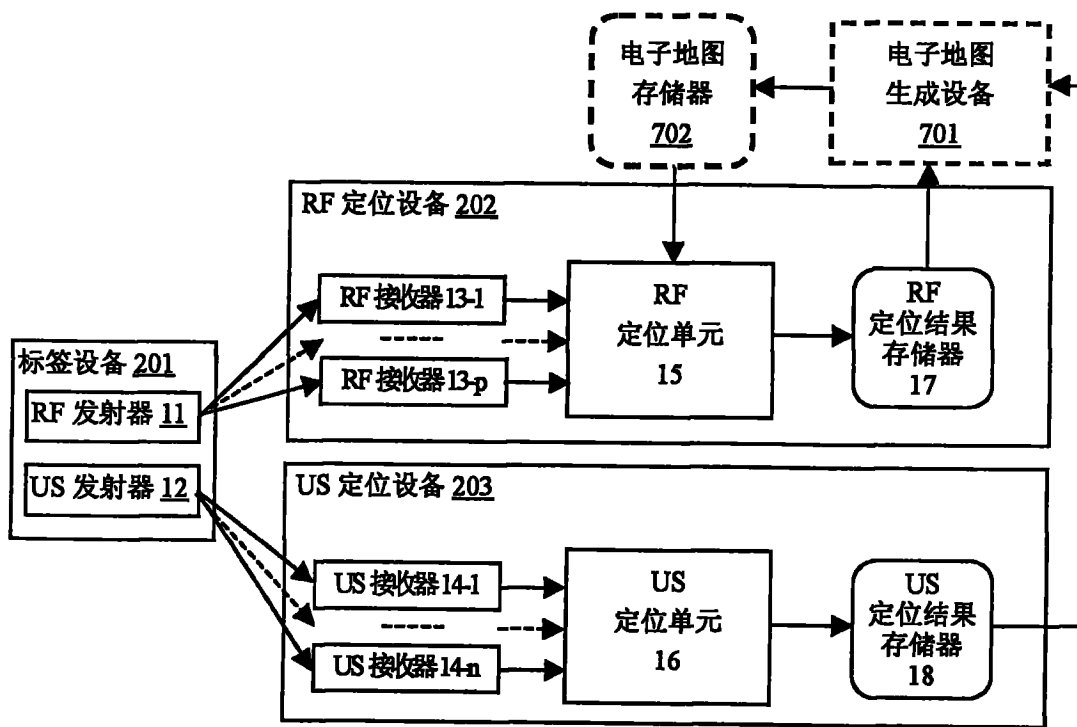


图 7

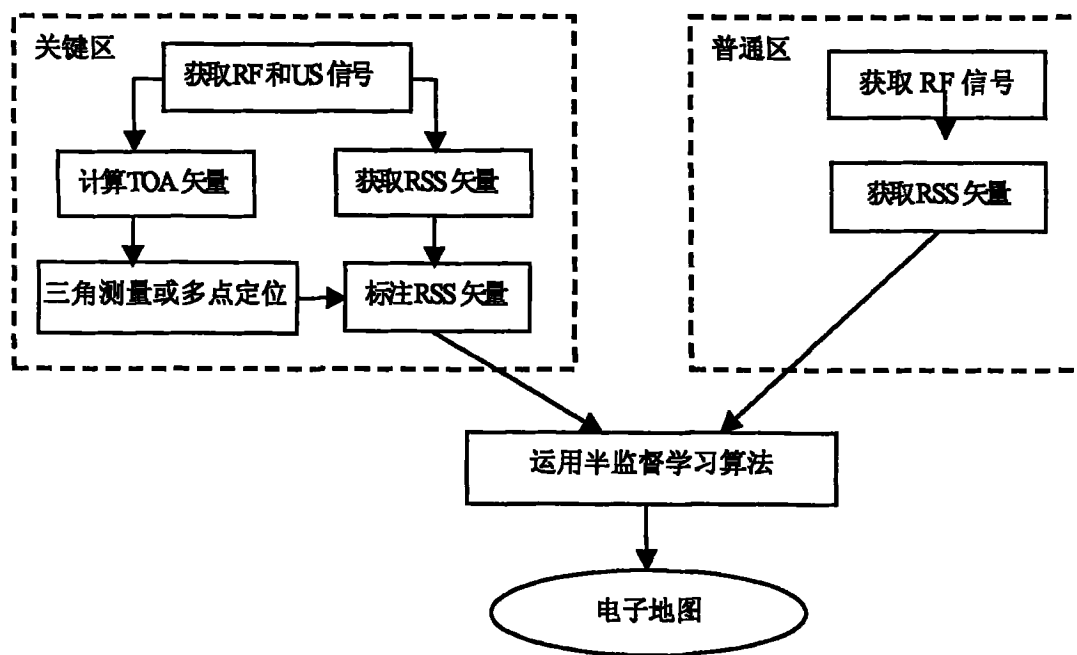


图 8



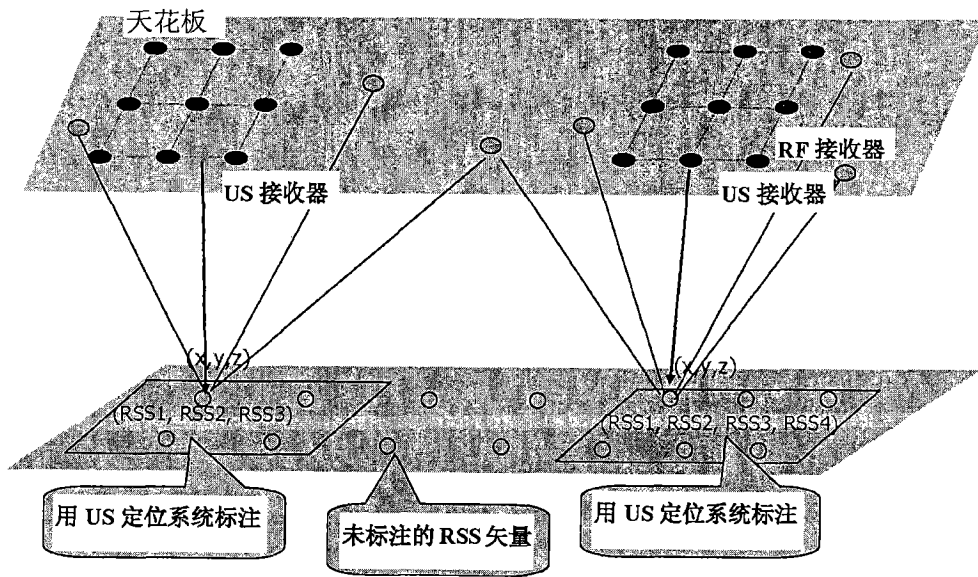


图 9

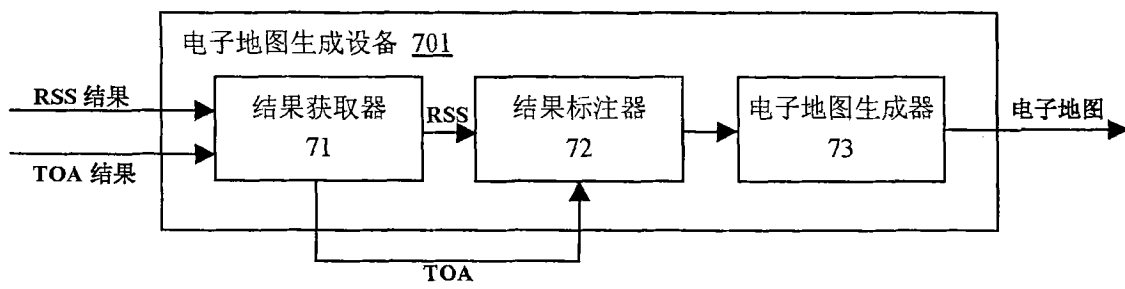


图 10

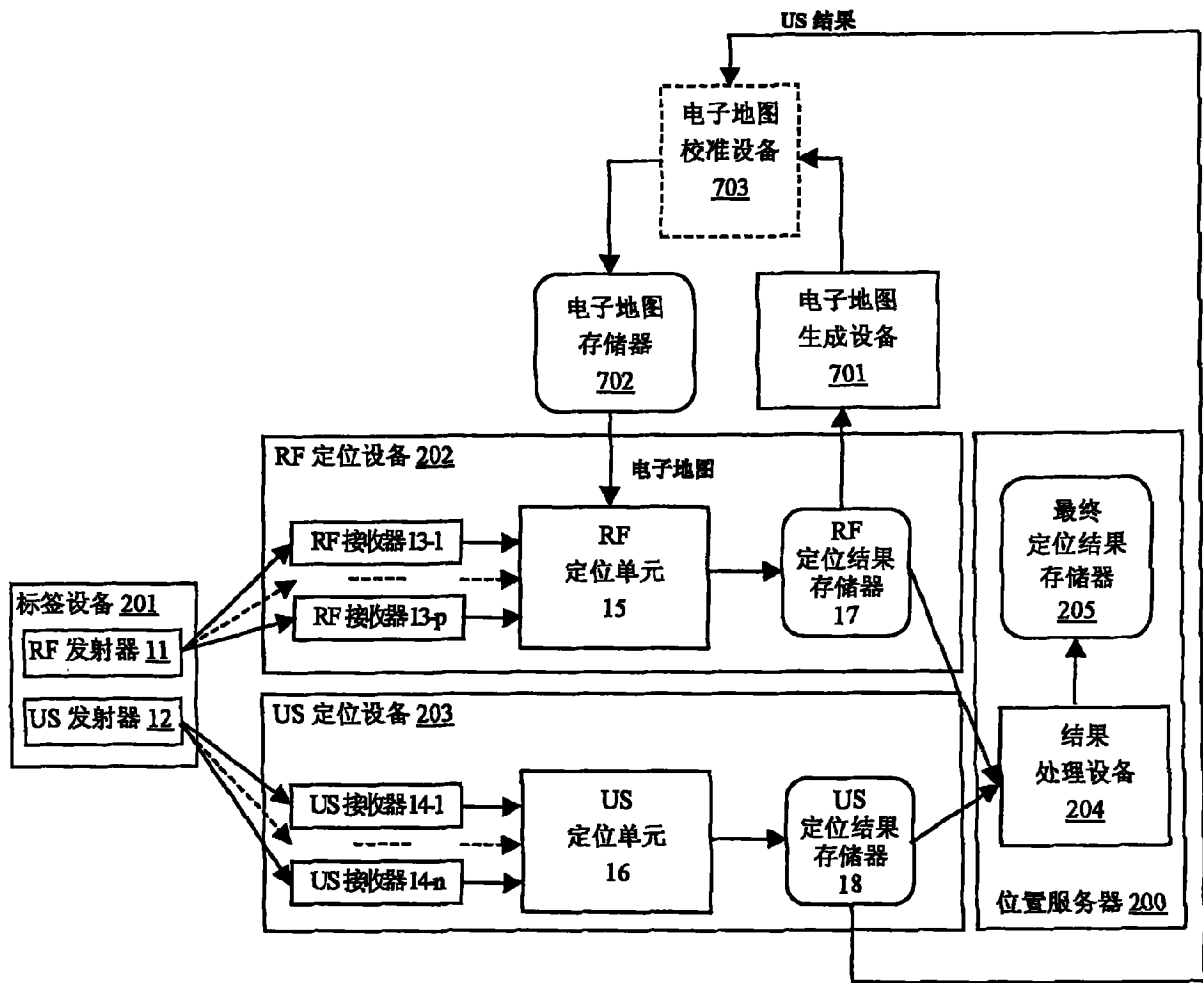


图 11