



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105934684 B

(45)授权公告日 2018.06.12

(21)申请号 201380081217.3

姜·Q·勇

(22)申请日 2013.12.26

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105934684 A

代理人 龙淳 岳磊

(43)申请公布日 2016.09.07

(51)Int.Cl.
G01S 5/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.05.26

(56)对比文件
US 2010/0039929 A1,2010.02.18,参见说明书第0040-0088段,说明书附图1-7.

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/077841 2013.12.26

US 2009/0247185 A1,2009.10.01,全文.

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/099738 EN 2015.07.02

US 2011/0059698 A1,2011.03.10,全文.

CN 102404844 A,2012.04.04,全文.

(73)专利权人 英特尔公司
地址 美国加利福尼亚州

审查员 崔瑞云

(72)发明人 潘小勇 J·李普曼 杨磊 杨雪

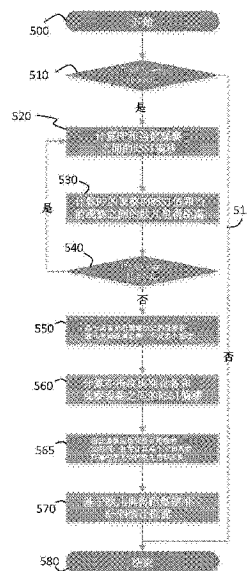
权利要求书3页 说明书11页 附图10页

(54)发明名称

用于跨设备自动校准的方法和装置

(57)摘要

本公开涉及在基于Wi-Fi指纹的领域中的用于跨设备的自动校准。在示例性实施例中,在线设备从本地接入点扫描并获得多个信号强度值(RSSI^o_i)。在线设备可访问指纹数据库并获得一组指纹。每个指纹包括已知位置、一组RSSI值(RSSI^f_i)并视情况包括设备名称/型号名称。对于每个指纹,所述在线设备:(1)实时计算指纹RSSI偏移(fpOff);(2)将指纹RSSI偏移(fpOff)应用到指纹RSSI值以确定调整的指纹值。然后在线设备识别具有最小欧几里得距离的指纹并使用它们的RSSI偏移(fpOff)确定设备RSSI偏移值。设备偏移值可用于校准在线设备并提供准确的位置信息。



1. 一种用于在线设备的实时位置确定方法,所述方法包括:

在所述在线设备处从多个可观察的接入点(AP)测量一组所观察的信号强度值(RSSI^o);

检索由离线设备收集的多个指纹,每个指纹具有一组来自所述多个可观察的AP的指纹信号强度值(RSSI^f);

基于由所述在线设备测量的信号强度值和由所述离线设备收集的信号强度值,确定RSSI设备偏移值(devOff);

将所述RSSI设备偏移值(devOff)应用到所述指纹信号强度值(RSSI^f)中的每个,以确定多个调整的RSSI值;以及

计算每组所述多个调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度值之间的多个欧几里得距离,

所述方法还包括:

对于每个指纹,确定所述指纹信号强度值(RSSI^f)和所观察的信号强度值(RSSI^o)之间的实时RSSI指纹偏移(fpOff);

对于每个指纹,将所述实时RSSI指纹偏移(fpOff)应用到所述指纹信号强度值(RSSI^f),以获得一组调整的指纹RSSI值;

对于每个指纹,计算所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值(RSSI^o)之间的欧几里得距离;

识别具有最小欧几里得距离的一个或多个指纹;以及

根据与具有所述最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的所述指纹偏移(fpOff),确定实时RSSI观察偏移(obsOff)。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:从多个计算出的欧几里得距离识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹位置。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:在未知位置处从多个可观察的AP测量一组信号强度值(RSSI^o)。

4. 根据权利要求1或权利要求2所述的方法,其中所述一组指纹由离线设备在多个已知位置处记录。

5. 根据权利要求4所述的方法,还包括:

根据来自所述离线设备的一组信号强度值(RSSI^f)和来自所述在线设备的一组信号强度值(RSSI^o),确定实时RSSI观察偏移(obsOff)值;以及

根据所述RSSI观察偏移(obsOff)值和由另一个大体相似的设备确定的至少一个RSSI偏移值,确定所述RSSI设备偏移(devOff)值。

6. 根据权利要求1或权利要求2所述的方法,还包括:根据所识别的指纹位置,确定所述在线设备的位置。

7. 根据权利要求3所述的方法,还包括:

基于在所述在线设备上接收的信号强度值(RSSI^o)和在所述离线设备上接收的对应的信号强度值(RSSI^f),确定第一AP的RSSI ap偏移(apOff)值;以及

根据所有AP的RSSI ap偏移(apOff),确定所述指纹的RSSI指纹偏移(fpOff)。

8. 根据权利要求1或权利要求2所述的方法,还包括:提供包含用于多个在线设备的

RSSI偏移值的数据库,所述数据库配置成提供所述在线设备和已知的离线设备之间的RSSI偏移值。

9. 一种用于实时位置确定的设备,包括:

第一模块,其确定RSSI设备偏移值 ($devOff$) 和多个调整的RSSI值,所述RSSI设备偏移值 ($devOff$) 是根据一组所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 和至少一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 确定的;

第二模块,其确定所述多个调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的最小欧几里得距离,

其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:为每个指纹 确定所述指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的实时RSSI指纹偏移 ($fpOff$);将所述实时RSSI指纹偏移 ($fpOff$) 应用到所述指纹信号强度值 ($RSSI^f$),以获得一组调整的指纹RSSI值;计算所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹;以及根据与具有所述最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的所述指纹偏移 ($fpOff$),确定实时RSSI观察偏移 ($obsOff$)。

10. 根据权利要求9所述的设备,其中所述第一模块还配置成从数据库检索至少一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$)。

11. 根据权利要求9所述的设备,其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:根据所述指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$),确定实时RSSI观察偏移 ($obsOff$) 值;以及根据所述RSSI观察偏移 ($obsOff$) 值和由另一个大体相似的设备确定的至少一个RSSI偏移值,确定所述RSSI设备偏移 ($devOff$) 值。

12. 根据权利要求9所述的设备,其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:确定在指纹数据库和在实时观察两者中识别的至少一个接入点 (AP) 的RSSI ap 偏移 ($apOff$);以及根据所有AP的RSSI ap 偏移 ($apOff$),确定所述指纹的所述RSSI指纹偏移 ($fpOff$)。

13. 一种用于实时位置确定的系统,包括:

无线电装置;

与所述无线电装置通信的一个或多个天线;

与所述无线电装置通信的处理器,所述处理器具有第一模块和第二模块,第一模块配置成确定RSSI设备偏移值 ($devOff$) 和多个调整的RSSI值,所述RSSI设备偏移值 ($devOff$) 是根据一组所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 和一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 确定的,并且所述第二模块配置成确定所述多个调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的最小欧几里得距离,

其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:确定所述指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的实时RSSI指纹偏移 ($fpOff$);将所述实时RSSI指纹偏移 ($fpOff$) 应用到所述指纹信号强度值 ($RSSI^f$),以获得一组调整的指纹RSSI值;计算所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹;以及根据与具有所述最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的所述指纹偏移 ($fpOff$),确定实时RSSI观察偏移 ($obsOff$)。

14. 根据权利要求13所述的系统,还包括提供多个具有信号强度值 ($RSSI^f$) 的指纹组的

数据库。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中所述第一模块还配置成从数据库检索所述一组指纹信号强度值(RSSI^f)。

16. 根据权利要求13所述的系统,其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:根据所述一组指纹信号强度值(RSSI^f)和所述一组所观察的信号强度值(RSSI^o),确定实时RSSI观察偏移(obsOff)值;以及根据所述RSSI观察偏移(obsOff)值和由另一个大体相似的设备确定的至少一个RSSI偏移值,确定所述RSSI设备偏移(devOff)值。

17. 根据权利要求13所述的系统,其中所述第一模块或所述第二模块中的一个还配置成:确定在指纹数据库和在实时观察中识别的每个AP的RSSI ap偏移(apOff);以及根据所有AP的所述RSSI ap偏移(apOff),确定所述指纹的RSSI指纹偏移(fpOff)。

18. 根据权利要求13所述的系统,其中所述第一模块或所述第二模块还配置成:通过所述天线与外部数据库通信,以检索所述一组指纹信号强度值(RSSI^f)。

19. 根据权利要求13所述的系统,还包括用于存储所述RSSI设备偏移值的存储电路。

20. 一种机器可读介质,其包括代码,所述代码在被执行时使机器执行权利要求1-8中任一项所述的方法。

用于跨设备自动校准的方法和装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于跨设备自动校准的方法、系统和装置。具体地，本公开涉及在基于Wi-Fi指纹的环境中用于跨设备的自动校准。

背景技术

[0002] 在构造物内部对人员、动物和移动终端进行定位变得越来越重要。所述构造物可以为通过传统的全球定位系统(GPS:Global Positioning Systems)难以接近的覆盖构造物。传统的室内地理地位技术依赖包括接收信号强度指示(RSSI:received signal strength indication)、到达角(AOA:angle of arrive)、到达时间(TOA:time of arrival)和到达时间差(TDOA:time differences of arrival)的信息。然后操纵信号信息以确定构造物内部的发射器位置或编译所谓的构造物指纹。

[0003] Wi-Fi指纹识别(fingerprinting)是一种用于定位移动设备的技术，其通过将一组由移动设备从多个无线接入点(AP:access point)获得的所观察的信号强度测量值(接收信号强度指示,RSSI)匹配到位置指纹数据库中一组已知的相似信号强度值来定位移动设备。该处理包括两个阶段:离线阶段和在线阶段。

[0004] 在离线阶段中,区域被分为指纹小区。对于每个小区,来自Wi-Fi AP的RSSI从移动设备扫描并且在指纹数据库中存储。在在线阶段中,从移动设备扫描的该组所观察的RSSI值与在指纹数据库中的RSSI值相比较。选择指纹RSSI值最接近所观察的RSSI值的小区作为移动设备的估计位置。可使用基于欧几里得距离的K最近邻(K-NN:K-Nearest Neighbor)选择最接近的小区/指纹。

[0005] 当在在线阶段中使用的设备与在离线阶段中使用的设备是相同的型号(model)时,K-NN方法运作良好。然而,当设备是不同型号(即使来自相同的制造商)时,指纹RSSI值可与观察到的RSSI值具有显著差异。即使在相同的位置接收信号时,这也是事实。因此,该组最接近的指纹RSSI值被错误地选择并且位置确定是错误的。为了解决该问题,许多指纹识别解决方案需要来自最终用户或服务提供者的人工校准。人工校准损害用户体验并增加部署成本。

附图说明

[0006] 将参考以下示例性和非限制性说明来讨论本公开的这些或其它实施例,其中对相同的要素相似地进行编号,并且其中:

[0007] 图1示出十个随机位置的指纹位置误差;

[0008] 图2示出人工校准在线设备后在十个随机位置的指纹位置误差;

[0009] 图3示出根据本公开的一个实施例使用实时实施的实时指纹位置误差的结果;

[0010] 图4是示出用于不同设备的不同RSSI偏移(以dBm为单位)的示例性表;

[0011] 图5A示出用于实施本公开的一个实施例的示例性流程图;

[0012] 图5B示出用于图5A的简化实施方式的示例性流程图;

- [0013] 图6示意性地示出用于实施本公开的实施例的示例性设备；
[0014] 图7是用于实施所公开的主体的示例性网络的示意性表示；
[0015] 图8A示出用于未校准的在线设备的位置测量；
[0016] 图8B示出用于校准的在线设备的位置测量；以及
[0017] 图9示出用于实施本公开的示例性系统。

具体实施方式

[0018] 本公开的实施例涉及在封闭环境中用于检测设备位置的方法和装置。所述封闭的环境可以是覆盖的空间或未覆盖的空间。可通过探索其位置的移动设备完成位置确定，或其可被发送至用于位置确定的另一个设备（另一个移动设备、服务器或接入点）。

[0019] 通常地，对确定其位置感兴趣的无线设备（在下文中的在线设备）在Wi-Fi指纹数据库上搜索最佳匹配（例如，最接近的位置）。指纹数据库通常覆盖具有多个小区的整个楼层（例如，每一个或四个平方米一个指纹）。一旦确定在线设备的位置，可将其添加到指纹数据库以进一步发展地图。近期研究显示离线设备和在线设备之间的任何差异增加位置误差。也就是说，在线设备和离线设备之间的制造商、型号和类型差异不利地影响位置确定。

[0020] 本公开的实施例应用数学关系式并在在线设备和离线设备之间应用以表示各种偏移影响的特性。为了描述各种偏移，将参考以下贯穿整个说明书应用的定义。校准是在在线设备和离线设备之间确定RSSI偏移的过程。在校准期间，在线设备扫描所有可观察的AP。Wi-Fi扫描被称为在为所有可观察的AP $\{ \langle AP_i, RSSI_i \rangle \}$ 识别一组观察RSSI ($RSSI^0$) 值中的观察和结果。当离线设备在已知位置进行Wi-Fi扫描并识别一个或多个AP时获得离线指纹。指纹扫描使得收集每个AP: $\langle \text{位置}, \{ \langle AP_i, RSSI_i \rangle \}$ 的指纹RSSI ($RSSI^f$) 值。因此，位置指纹可具有来自一个或多个可见AP的一组RSSI值 $\{ \langle AP_i, RSSI_i \rangle \}$ 。指纹数据可存储在数据库。在线设备可从数据库检索一组指纹并将它们与在观察期间收集的数据相比较，以便寻找具有与观察中的RSSI值最相似（或最接近）的一个或多个RSSI值的指纹。

[0021] 在离线设备和在线设备之间的RSSI偏移被认为是设备偏移 ($devOff$)。可从人工校准或从本文公开的自动校准技术确定所述 $devOff$ 值。观察偏移 ($obsOff$) 是基于通过在线设备观察（即，一组来自Wi-Fi扫描的RSSI值）的在离线设备和在线设备之间的RSSI偏移。指纹偏移 ($fpOff$) 是通过离线设备收集的指纹数据的一组RSSI值和观察期间通过在线设备收集的一组RSSI值之间的RSSI偏移。接入点偏移 ($apOff$) 被定义为来自离线设备上的指纹中的AP的RSSI值和观察期间通过在线设备收集的来自相同AP的RSSI值之间的RSSI差异。

[0022] 图1示出十个随机位置的指纹位置误差。具体地，图1示出具有十个随机选择的位置的室内环境100。所述位置是贯穿整个区域随机选择的。所述区域可被再分为多个小区（未示出）使得位置中的一个或多个落入一个小区内。使用Samsung Galaxy Tablet10.1®作为离线设备产生Wi-Fi指纹数据库（未示出）。选择Samsung Galaxy S3phone®作为在线测试设备。从人工校准确定在线设备具有距离离线设备的大约-9dB RSSI偏移。然而，不为该测试校准在线设备。当在10个随机选择的测试点（标记x的位置）使用在线设备时，观察到显著的位置误差。例如，在线设备当其实际在位置102时，识别位置103为在线设备位置（大约8米的误差）。相似地，当其实际在位置104时，位置105被识别为在线设备位置（大约15米的误差）。在图1中的剩余8个随机位置发现相似的误差。可以容易地看出，如果在线设备没

有适当地校准,那么确定的位置可在任何方向远离远至若干米。

[0023] 图2示出人工校准在线设备后在十个随机位置的指纹位置误差。在图2中,环境100与相同的在线设备一起使用。对于该试验,人工校准在线设备以调解以上讨论的-9dB RSSI偏移。如从图2所见,位置误差显著小于图1的位置误差。具体地,测量位置203距离实际位置202大约2米并且测量位置205距离实际位置204大约4米。然而,人工校正损害用户体验且增加部署成本。

[0024] 为了克服这些和其它缺陷,本公开的实施例提供一种方法、系统和装置以提供自动、实时设备校准和位置估计。因此,在线设备可以从数据库获得一组指纹RSSI值。每个指纹包括已知位置和一组RSSI值($RSSI^f$)。每个指纹视情况可包括用于收集指纹数据的离线设备的设备名称和/或型号名称。在线设备也可从多个可观察的AP获得一组所观察的RSSI值。多个AP可属于研究下的小区或更大的区域。对于每组指纹和所观察的RSSI值,校准和位置确定可通过以下来实施:(1)通过分析指纹RSSI值和所观察的RSSI值计算实时设备RSSI偏移;(2)将设备RSSI偏移应用到该组中的指纹RSSI值;以及(3)比较调整的指纹RSSI值和所观察的RSSI值;以及(4)选择具有最接近所观察的RSSI值的调整的RSSI值的一个或多个小区作为估计的设备位置。

[0025] 在另一个实施例中,在线设备扫描并识别多个AP。在线设备从每个AP测量所观察的信号强度值($RSSI^\circ$)。在Wi-Fi扫描期间,在线设备可从不同的AP获得一组所观察的信号强度值(例如, $RSSI^\circ_1, RSSI^\circ_2 \dots RSSI^\circ_m$)。在线设备可连续地进行Wi-Fi扫描以从可观察的AP获得RSSI。例如,在线设备可以每秒扫描。在线设备也访问指纹数据库以获得一组指纹。指纹数据库可以是本地或外部数据库。例如,指纹数据库可由不同设备填充并存储在云上。在离线阶段期间,每个指纹提供一组在已知位置收集的RSSI值(例如, $RSSI^f_1, RSSI^f_2, \dots, RSSI^f_m$)。

[0026] 对于每个指纹,所述在线设备:(1)通过分析指纹 $RSSI^f$ 值和所观察的 $RSSI^\circ$ 值实时计算RSSI偏移($fpOff$);(2)将RSSI偏移($fpOff$)应用到指纹RSSI值以计算调整的指纹RSSI值和所观察的RSSI值之间的欧几里得距离;(3)识别一个或多个具有到当前观察的最小欧几里得距离的指纹。这些指纹的对应($fpOff$)可以是用于从当前观察来确定离线设备和在线设备之间的RSSI偏移($obsOff$)的候选;(4)通过将来自离线设备和在线设备之间的当前观察的RSSI偏移($obsOff$)、来自先前观察的历史偏移和/或由具有相同型号的设备贡献的云中的两个设备之间的RSSI偏移加权平均,确定离线设备和在线设备之间的RSSI偏移($devOff$);(5)将偏移($devOff$)值应用到每个指纹RSSI值,重新计算指纹和当前观察之间欧几里得距离,并且选择一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹以估计设备(k-NN)的位置。其经调整的指纹RSSI值最接近所观察的RSSI值的位置或小区可被选择为设备的估计位置。

[0027] 在另一个示例性实施方式中,从数据库检索用于楼层平面图的指纹数据集。如上所述,指纹数据可用一个或多个离线设备收集并存储在数据库。指纹数据集可包括数个指纹信号强度:

[0028] $\{fpi\}, = 1, 2, \dots, m$ (1)

[0029] 在式(1)中, m 是楼层的小区(指纹)的数量。对于每个指纹:

[0030] $FP = \langle location, RSSIs, device \rangle$ (2)

[0031] 在式(2)中,location定义其中获得指纹的小区位置;device是完成指纹的设备/型号(即,离线设备);以及RSSI是在指纹识别期间从多个AP接收的一组RSSI值。RSSI可被表示为:

$$[0032] \quad \{AP_j, RSSI_j^f\}, j=1, \dots, n \quad (3)$$

[0033] 在式(3)中, $RSSI_j^f$ 是在用离线设备指纹识别期间来自AP_j的RSSI值。在在线阶段中,移动设备进行Wi-Fi扫描并通过扫描观察来自多个AP的一组RSSI。在在线设备上所收集的RSSI可被表示为:

$$[0034] \quad \{AP_j, RSSI_j^o\}, j=1, \dots, n \quad (4)$$

[0035] 在式(4)中, $RSSI_j^o$ 表示所观察的RSSI或在线设备观察。

[0036] 在本公开的示例性实施例中,通过在线设备完全或部分进行实时RSSI偏移计算。也可在远程服务器(例如,云服务器)上完成计算。通过从指纹数据库检索一组指纹RSSI值($RSSI_j^f$)开始计算,并且当移动设备扫描可用的AP以从其收集RSSI时可获得一组所观察的RSSI值($RSSI_j^o$)。

[0037] 对于每组指纹RSSI值,在线设备将:(1)通过分析指纹RSSI值($RSSI_j^f$)和所观察的RSSI值($RSSI_j^o$)实时确定RSSI偏移(fpOff);(2)将RSSI偏移(fpOff)应用到该组中的指纹RSSI值($RSSI_j^f$)以确定调整的RSSI指纹值;(3)比较调整的指纹值和所观察的RSSI值;(4)选择调整的RSSI值最接近所观察的RSSI值的指纹,以确定当前观察中离线设备和在线设备之间的RSSI偏移(obsOff);(5)通过加权平均来自当前观察的RSSI偏移、来自先前观察的RSSI偏移、在云中的两个设备之间的通过具有相同型号的设备贡献的RSSI偏移,确定离线设备和在线设备之间的RSSI偏移(devOff);(6)将RSSI偏移(devOff)应用到每个指纹中的RSSI值以确定新的调整的指纹RSSI值;(7)比较调整的指纹值和所观察的RSSI值;以及(8)选择调整的指纹RSSI值最接近所观察的RSSI值的小区作为设备的估计位置。这些步骤在下面在随后的示例性程序中描述。

[0038] 确定每个指纹和当前观察之间的RSSI偏移—两个示例性方法中的一个可以被使用以计算指纹和当前观察(fpOff)之间的RSSI偏移。

[0039] 示例方法1(最小欧几里得距离)——对于在{FP_i}中的每个指纹,计算指纹和当前观察之间的最小欧几里得距离。换句话说,我们计算以下函数的最小值:

$$[0040] \quad ED(Off) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (RSSI_j^o - RSSI_j^f - Off)^2} \quad (5)$$

[0041] 在式(5)中,Off是当前观察和指纹之间的RSSI偏移的变量。函数的最小值表示为fpED。变量Off的对应值被表示为fpOff。

[0042] 为了寻找最小欧几里得距离fpED,在线设备在候选的RSSI偏移组{off_k}中搜索fpOff。例如,如果没有实际fpOff的先验知识存在,那么在线设备可搜索保守的候选组{off_k} = {-15, -14, ..., 0, ..., 15}。如果历史RSSI偏移(historicalOff)从先前的估计或从设备RSSI偏移数据库已知,则可在较小的子集{off_k}上进行搜索,诸如{historicalOff-2, historicalOff-1, ..., historicalOff+2}。这提供用于{FP_i}中所有指纹的一组最小ED如

下:

$$[0043] \quad \{fpED_i\}, i=1, \dots, m \quad (6)$$

[0044] 并且对应地,用于 $\{FP_i\}$ 中所有指纹的一组RSSI偏移如下:

$$[0045] \quad \{fpOff_i\}, i=1, \dots, m \quad (7)$$

[0046] 在另一个实施例中,可通过设置寻找使ED(Off)的函数导数为零的Off值确定最小欧几里得距离。该Off值是可以为所有 $(RSSI_j^o - RSSI_j^f)$ 的平均值。该实施例与以下描述的方法2相似。

[0047] 示例性方法2(用于每个AP的偏移的平均值)——第二种示例性方法相对于第一种示例性方法需要更少的计算能力。在此,对于 $\{FP_i\}$ 中的每个指纹,从 $\{AP_j\}$ 中的每个AP计算所观察的RSSI值($RSSI_j^o$)和指纹RSSI值($RSSI_j^f$)之间的差:

$$[0048] \quad \{apOff_j = RSSI_j^o - RSSI_j^f\}, j=1, \dots, n \quad (8)$$

[0049] 用于每个指纹的RSSI偏移是如下的所有AP的偏移的平均值:

$$[0050] \quad fpOff = Avg(\{apOff_j\}) \quad (9)$$

[0051] 对于 $\{FP_i\}$ 组,将有如下的一组RSSI偏移(fpOff):

$$[0052] \quad \{fpOff_i\}, i=1, \dots, m \quad (10)$$

[0053] 确定每个指纹的调整的RSSI值和当前观察之间的欧几里得距离——应该注意,如果使用示例性方法#1(以上讨论的),则可能不实施该步骤,因为将在所述方法中为每个指纹计算欧几里得距离。在此,对于每个指纹,计算其调整的RSSI值和当前所观察的RSSI值之间的欧几里得距离如下:

$$[0054] \quad ED = \sqrt{\sum_{j=1}^n (RSSI_j^o - RSSI_j^f - fpOff)^2} \quad (11)$$

[0055] 因此,每组 $\{FP_i\}$ 将具有一组对应的欧几里得距离(fpED_i),如在式(12)中所示:

$$[0056] \quad \{fpED_i\}, i=1, \dots, m \quad (12)$$

[0057] 选择一个或多个具有至当前观察的最小欧几里得距离的指纹——在式(12)的所述一组 $\{fpED_i\}$ 中的最小值被表示为fpED_x,并且对应的fpOff_x被看作是来自以下观察的观察设备和离线设备之间的RSSI偏移:

$$[0058] \quad obsOff = fpOff_x \quad (13)$$

[0059] 另选地,可选择 $\{ED_i^p\}$ 中的多个最小值并且可如式(14)所示计算它们的对应Off的平均值:

$$[0060] \quad obsOff = Avg(fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, \dots) \quad (14)$$

[0061] 由于fpOff_{x_i}从对应的指纹项FP_i独立地计算,因而多个最小值 $\{fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, \dots\}$ 可包含不一致的fpOff值。这种不一致性可能是由于诸如Wi-Fi信号变化和特殊AP布局的因素。例如,在该组中: $\{fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, \dots\} = \{-5, 4, 5, 6, 5\}$, (-5dB)是与其它值不一致的且可能是离群值估计(outlier estimate)。为了使obsOff估计更健全(robust,鲁棒),可在计算Avg(fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, ...)之前移除离群值。举例来说,可移除fpOffset值直到剩余的 $\{fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, \dots\}$ 的标准差在小阈值(例如,3dB)之下。另选地,可计算中值以移除离群值:

$$[0062] \quad obsOff = Median(fpOff_{x1}, fpOff_{x2}, \dots) \quad (15)$$

[0063] 计算指纹设备和观察设备之间的RSSI偏移——指纹设备和观察设备之间的RSSI偏移可以是在最后步骤中计算的当前观察的偏移：

$$[0064] \quad devOff = obsOff \quad (16)$$

[0065] 在另一个实施例中,devOff可以是如式(17)所示的当前观察偏移和历史偏移的加权平均值：

$$[0066] \quad devOff = w1 * obsOff + w2 * historicalOff \quad (17)$$

[0067] 在又一个实施例中,devOff可被看作在云中的由具有相同制造商和型号的其它设备贡献的偏移：

$$[0068] \quad devOff = w1 * obsOff + w2 * historicalOff + w3 * cloudOff \quad (18)$$

[0069] 其中w1是来自当前观察的RSSI偏移的权重、w2是历史数据的权重以及w3是来自云的偏移的权重。

[0070] 计算K最近邻(K-NN)——在该步骤中,可应用复杂的K-NN以估计设备的位置。计算作为设备RSSI偏移(devOff)的函数的每个指纹和当前观察之间的欧几里得距离,如下所示：

$$[0071] \quad ED = \sqrt{\sum_{j=1}^n (RSSI_j^o - RSSI_j^f - devOff)^2} \quad (19)$$

[0072] 到当前观察的欧几里得距离为最小距离的小区可被识别为设备的估计位置。

[0073] 图3示出根据本公开的一个实施例使用实时实施方式的实时指纹位置误差的结果。具体地,使用配置成执行上述实施方式的在线设备进行自动校准测试。使用与图1和图2中相同的环境。如从图3可容易地看出,在实际位置(302,304)和它们的对应测量位置(303,305)之间形成的误差矢量显著小于在图1(非校准)中的那些误差矢量,并且和在图2所示的人工校准测试结果距离大致相同。有利地,实时校准测试(其结果在图3中示出)不需要人工校准并且可以动态地执行,无需来自在线设备用户操作的任何输入。

[0074] 在线设备也可基于来自当前和先前观察的数据计算相对于离线(指纹)设备的设备RSSI偏移。在这里,可将设备RSSI偏移上传到存储在后端服务器(或云)上的数据库并与来自具有相同型号的其他设备的数据组合。随时间推移,两个设备之间的云存储RSSI偏移(或远程存储的)将更加全面、准确和稳定。举例来说,服务器可维护用于不同设备的RSSI偏移表。

[0075] 图4是示出用于不同设备的不同RSSI偏移(以dBm为单位)的示例性表。在图4中,设备0、设备1、设备2、设备3和设备4中的每个表示不同的无线设备制造商和型号。在线设备可从图4的示例性表识别它的对应RSSI偏移并且迅速确定它在环境内的准确位置。

[0076] 图5A示出用于实施本公开的一个实施例的示例性流程图。图5A的实施例可全部在在线设备上实施。在另选的实施例中,可在在线设备实施流程图的一个或多个步骤而其他步骤在远程位置诸如服务器、AP或云执行。

[0077] 在步骤500,当在线设备扫描其环境并识别可用的AP时过程开始。一旦被识别,在线(或观察)设备可测量并存储每个AP的所观察的RSSI值。在步骤510,获得一组指纹。可用离线设备或指纹设备收集指纹。每个指纹包括完成指纹的位置、来自在所述位置周围的可观察的AP的一组RSSI值,并视情况包括其上收集指纹的设备/型号。指纹可存储在在线设备或从远程数据库提供至在线设备。如果没有指纹,则如由箭头515所示过程结束。在步骤

520, 计算每个指纹和当前观察之间的RSSI偏移值 (fpOff)。

[0078] 在步骤530, 确定指纹的调整的RSSI值和当前观察的RSSI值之间的欧几里得距离。在步骤540, 对是否已经考虑该组中的所有指纹做决策。

[0079] 在步骤550, 基于具有至所观察RSSI的最接近欧几里得距离选择一个或多个指纹。在步骤560, 计算指纹识别设备 (即, 离线设备) 和在线设备之间的RSSI偏移。在步骤565, 将在指纹识别设备和观察设备之间计算 (步骤560) 的RSSI偏移应用到所有指纹的RSSI值, 并计算每个指纹和当前观察位置之间的欧几里得距离。最终, 在步骤570确定在线设备的位置。可使用上述的K-NN方法或任何等效方法确定K-NN位置。在步骤580, 流程图结束。

[0080] 图5B示出用于图5A的简化实施方式的示例性流程图。图5B的步骤大体上与图5A的那些步骤相似并且编号相似。图5B的实施方式的不同在于其不需要计算指纹设备和观察设备之间的RSSI偏移的步骤 (步骤560), 和将偏移应用到所有指纹的RSSI值以重计算每个指纹和所观察的位置之间的欧几里得距离的步骤。图5B的过程可全部在在线设备上实施, 或可在在线设备实施某些步骤而其它步骤在远程位置执行。

[0081] 图6示意性地示出用于实施本公开的实施例的示例性设备。具体地, 图6示出设备600, 其可以是较大系统的组成部分或可以是独立小区。设备600可以是配置成以实施本公开的方法的软件、硬件、固件或片上系统中的任何一种或组合。设备600也可以是具有一个或多个天线、无线电装置和存储系统的较大系统的一部分。例如, 设备600可以用指令编程以进行符合本公开的位置测量的处理器。

[0082] 所示设备600具有第一模块610和第二模块620。模块610和模块620可包括硬件、软件、固件或其任何组合。进一步地, 模块610和模块620中的每个可定义一个或多个独立的处理器电路。在示例性实施例中, 模块610或模块620中的至少一个包括处理器电路和存储电路 (未示出) 以相互通信并与其它装置 (未示出) 通信。在又一个实施例中, 模块610和模块620可定义相同数据处理电路的不同部分。虽然未示出, 但是可添加其它分立的或独立的模块以实施本文公开的实施例。

[0083] 在一个实施例中, 设备600可合并于对用户透明的在线设备上。例如, 设备600可定义配置成改善位置确定准确性的软件程序或支程序。在示例性实施例中, 第一模块610配置成从本地AP扫描获得数据。设备600可连续扫描可观察的AP并识别具有不同的所观察RSSI值的多个AP。第一模块610和第二模块620可配置成实施本文公开的步骤。例如, 第一模块610可配置成从多个可观察的AP测量一组所观察的信号强度值 (RSSI^o)。第一模块可从本地或远程数据库检索多个指纹。每个指纹可具有一组相关联的指纹信号强度值 (RSSI^f)。可预先用不同离线设备从多个已知AP收集指纹信号强度值。第一模块可然后确定在线设备和离线设备之间的RSSI设备偏移值 (devOff)。

[0084] 第二模块620可与第一模块610通信。第二模块620可向指纹信号强度值 (RSSI^f) 中的每个应用RSSI装置偏移值 (devOff) 以确定多个调整的RSSI值, 并计算每组调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度值之间的若干个欧几里得距离。一旦确定欧几里得距离, 那么第二模块620可识别一个或多个具有到当前观察的最小欧几里得距离的指纹。第二模块620可使用所识别指纹的位置以确定在线设备的位置。

[0085] 图7是用于实施所公开的原理的示例性网络的示意性表示。环境700包括AP 720、722和724, 其在云网络710之间中继通信到STA 730。为了说明的目的, 所示STA 730为平板

计算机。然而,STA可包括蜂窝电话、智能电话、笔记本电脑、平板计算机或任何其它配置成用于位置确定的无线电设备。在示例性实施例中,STA 730包括一个或多个天线、无线电装置和配置成执行所公开的实施例的一个或多个模块。每个模块可包括片上系统、处理器、固件、软件或支程序。

[0086] 在一个实施例中,STA 730具有无线电装置和处理能力以实施本文所公开的实时位置确定实施例。AP 720、722和724代表多个AP服务环境700。环境700可包括对STA 730可见的或多或少的AP。AP 720、722和724中的每个可与云710(未示出)直接通信。另选地,所述AP中的一个或多个可从另一个AP中继信号。所示云710具有示例性服务器712和数据库714。数据库714可包含离线指纹信息,其可通过AP 720、722或724通信到在线设备730。另选地,离线指纹信息可上传到AP中的一个或多个或者直接上传到在线设备730上。

[0087] 在一个实施例中,在线设备730使用一个或多个无线电装置和天线扫描环境700以识别有效的AP。现有的支程序可使在线设备对于本地AP常规地扫描。一旦识别AP 720、722和724,在线设备730可为从AP 720、722和724中的每个接收的信号测量所观察的信号强度(RSSI^o)。设备730可以是固定的或可以在环境700内移动。所述设备可在不同时间观察不同的AP和/或不同的信号强度(RSSI)。

[0088] 在线设备730可检索一组由离线设备为AP记录的指纹。每个指纹包括一组RSSI值(RSSI^f)。在线设备730可还配置成为每个指纹确定所观察的信号强度值(RSSI^o)和指纹信号强度值(RSSI^f)之间的实时RSSI偏移值(Off)。也可确定作为所观察的信号强度值、指纹信号强度值和实时RSSI偏移值(Off)的函数的距离偏移(ED(off))。

[0089] 图8A示出用于未校准的在线设备的位置测量且图8B示出用于校准的在线设备的位置测量。具体地,图8A示出用于离线设备810和在线设备820的RSSI比较。设备810未被校准。图8A示出RSSI如何在不同的设备上看起来不同,即使当它们大体同位时。图8B示出根据本公开的实施例在校准在线设备后的相似测量。在这里,两组RSSI值(即,两条曲线)显著相同并且在欧几里得距离上更接近。

[0090] 图9示出用于实施本公开的示例性系统。图9的系统900可实施包括图5A和图5B的流程图的公开的校准方法中的任一种。系统900也可定义任何用于自动校准的设备。虽然所示系统900具有天线960,但是本公开不局限于具有一个天线。可添加多个天线到系统900使得可在不同天线接收不同协议的不同信号。可将在天线960接收的一个或多个信号中继到无线电装置950。无线电装置950可包括收发器组件诸如前端接收器组件或接收器/发射器。

[0091] 无线电装置950可通信信号信息至处理器930。处理器930可包括如关于图6所讨论的一个或多个模块。处理器930也与数据库存储电路940通信。尽管在系统900示为单独的电路,但应该注意,指令可被嵌入在作为固件的处理器930上以排除存储电路940的添加。

[0092] 存储器940可包含用于处理器930的指令以实施以上概述的示例性方法的步骤中的一个或多个。存储器940可定义非暂时计算机可读媒体以用指令引导处理器930(或其模块)进行自动校准过程。一旦获得,则可将校准信息存储在存储器940。存储器940也可命令处理器930(或其模块)进行额外的校准操作。

[0093] 以下的实例关于本公开的进一步实施例。实例1包括在线设备的实时位置确定,所述方法包括:在在线设备从多个可观察的接入点(AP)测量一组所观察的信号强度值(RSSI^o);检索由离线设备收集的多个指纹,每个指纹具有一组来自多个可观察的AP的指纹

信号强度值 (RSSI^f) ; 基于由在线设备测量的信号强度值和由离线设备收集的信号强度值确定 RSSI 设备偏移值 (devOff) ; 将 RSSI 设备偏移值 (devOff) 应用到指纹信号强度值 (RSSI^f) 中的每个以确定多个调整的 RSSI 值 ; 以及计算每组多个调整的 RSSI 值和所述一组所观察的信号强度值之间的多个欧几里得距离。

[0094] 实例2包括实例1的方法, 还包括从多个计算的欧几里得距离识别具有最小欧几里得距离的一个或多个指纹位置。

[0095] 实例3包括实例1的方法, 还包括在未知位置从多个可观察的 AP 测量一组信号强度值 (RSSI^o) 。

[0096] 实例4包括实例1或实例2的方法, 其中所述一组指纹由离线设备在多个已知位置记录。

[0097] 实例5包括实例4的方法, 还包括: 确定作为来自离线设备 (RSSI^f) 和在线设备 (RSSI^o) 的所述一组信号强度值的函数的实时 RSSI 观察偏移 (obsOff) 值 ; 以及确定作为 RSSI 观察偏移 (obsOff) 值和至少一个由另一个大体相似的设备确定的 RSSI 偏移值的函数的 RSSI 设备偏移 (devOff) 值。

[0098] 实例6包括实例1或实例2的方法, 还包括确定作为所识别指纹位置的函数的在线设备的位置。

[0099] 实例7包括实例1或实例2的方法, 还包括: 对于每个指纹, 确定指纹信号强度值 (RSSI^f) 和所观察的信号强度值 (RSSI^o) 之间的实时 RSSI 指纹偏移 (fpOff) ; 对于每个指纹, 将实时 RSSI 指纹偏移 (fpOff) 应用到指纹信号强度值 (RSSI^f) 以获得一组调整的指纹 RSSI 值 ; 对于每个指纹, 计算所述一组调整的指纹 RSSI 值和所观察的信号强度值 (RSSI^o) 之间的欧几里得距离 ; 识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹 ; 以及确定作为与具有最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的指纹偏移 (fpOff) 的函数的实时 RSSI 观察偏移 (obsOff) 。

[0100] 实例8包括实例3的方法, 还包括: 基于在在线设备上接收的信号强度值 (RSSI^o) 和在离线设备上接收的对应的信号强度值 (RSSI^f) 确定第一 AP 的 RSSI ap 偏移 (apOff) 值 ; 以及确定作为所有 AP 的 RSSI ap 偏移 (apOff) 的函数的指纹的 RSSI 指纹偏移 (fpOff) 。

[0101] 实例9包括实例1或实例2的方法, 还包括为多个在线设备提供包含 RSSI 偏移值的数据库, 所述数据库配置成提供在线设备和已知的离线设备之间的 RSSI 偏移值。

[0102] 实例10针对用于实时位置确定的设备, 包括: 第一模块, 其确定 RSSI 设备偏移值 (devOff) 和多个调整的 RSSI 值其, (devOff) 作为一组所观察的信号强度 (RSSI^o) 值和至少一组指纹信号强度值 (RSSI^f) 的函数被确定 ; 第二模块, 其确定在多个调整的 RSSI 值和所述一组所观察的信号强度 (RSSI^o) 值之间的最小欧几里得距离。

[0103] 实例11针对实例10的设备, 其中所述第一模块还配置成从数据库检索至少一组指纹信号强度值 (RSSI^f) 。

[0104] 实例12针对实例10的设备, 其中第一模块或第二模块中的一个还配置成确定作为指纹信号强度值 (RSSI^f) 和所观察的信号强度值 (RSSI^o) 的函数的实时 RSSI 观察偏移 (obsOff) 值 ; 以及确定作为 RSSI 观察偏移 (obsOff) 和由另一个大体相似的设备确定的至少一个 RSSI 偏移值的函数的 RSSI 设备偏移 (devOff) 值。

[0105] 实例13针对实例10的设备, 其中第一模块或第二模块中的一个还配置成: 对于每

个指纹,确定指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的实时RSSI指纹偏移 ($fp0ff$);将实时RSSI指纹偏移 ($fp0ff$) 应用到指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 以获得一组调整的指纹RSSI值;计算所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹;以及确定作为与具有最小欧几里得距离所识别指纹相关联的指纹偏移 ($fp0ff$) 的函数的实时RSSI观察偏移 ($obs0ff$)。

[0106] 实例14针对实例10的设备,其中第一或第二模块的一个还配置成确定用于在指纹数据库和在实时观察两者识别的至少一个接入点 (AP) 的RSSI ap 偏移 ($ap0ff$),以及确定作为所有AP的RSSI ap 偏移 ($ap0ff$) 的函数的用于指纹的RSSI指纹偏移 ($fp0ff$)。

[0107] 实例15针对用于实时位置确定的系统,包括:无线电装置;一个或多个与无线电装置通信的天线;与无线电装置通信的处理器,所述处理器具有第一模块和第二模块,第一模块配置成确定RSSI设备偏移值 ($dev0ff$) 和多个调整的RSSI值, ($dev0ff$) 作为一组所观察的信号强度 ($RSSI^\circ$) 值和一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 的函数被确定,并且第二模块配置成确定在多个调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度 ($RSSI^\circ$) 值之间的最小欧几里得距离。

[0108] 实例16针对实例15的系统,还包括提供多个具有信号强度值 (RSSI) 的指纹组的数据库。

[0109] 实例17针对实例15的系统,其中第一模块还配置成从数据库检索所述一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$)。

[0110] 实例18针对实例15的系统,其中第一模块或第二模块还配置成确定作为来自离线设备 ($RSSI^f$) 和在线设备 ($RSSI^\circ$) 的多组信号强度值的函数的实时RSSI观察偏移 ($obs0ff$) 值;以及确定作为RSSI观察偏移 ($obs0ff$) 值和由另一个大体相似的设备确定的至少一个RSSI偏移值的函数的RSSI设备偏移 ($dev0ff$) 值。

[0111] 实例19针对实例15的系统,其中第一模块或第二模块中的一个还配置成:确定指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的实时RSSI指纹偏移 ($fp0ff$);向指纹信号强度值 ($RSSI^f$) 应用实时RSSI指纹偏移 ($fp0ff$) 以获得一组调整的指纹RSSI值;计算所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$) 之间的欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹;以及确定作为与具有最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的指纹偏移 ($fp0ff$) 的函数的实时RSSI观察偏移 ($obs0ff$)。

[0112] 实例20针对实例15的系统,其中第一模块或第二模块中的一个还配置成确定指纹数据库中的用离线设备观察的和用实时观察中的在线设备观察的每个AP的RSSI ap 偏移 ($ap0ff$);以及确定作为所有AP的RSSI ap 偏移 ($ap0ff$) 的函数的指纹的RSSI指纹偏移 ($fp0ff$)。

[0113] 实例21针对实例15的系统,其中第一模块或第二模块还配置成通过天线与外部数据库通信以检索提供所述一组指纹信号强度值 ($RSSI^f$)。

[0114] 实例22针对实例15的系统,还包括用于存储RSSI设备偏移值的存储电路。

[0115] 实例23针对包含一组指令的计算机可读存储设备,所述一组指令使计算机执行确定在线位置的过程,所述指令包括:从多个可观察的接入点 (AP) 测量一组所观察的信号强度值 ($RSSI^\circ$);获得多个指纹,每个指纹具有一组来自多个AP的指纹信号强度值 ($RSSI^f$);确

定离线设备和在线设备之间的RSSI设备偏移值 (devOff) ;将RSSI设备偏移值 (devOff) 应用到指纹信号强度值 (RSSI^f) 中的每个以确定多个调整的RSSI值;计算在每组多个调整的RSSI值和所述一组所观察的信号强度值之间的多个欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹位置;以及确定作为所识别指纹位置的函数的在线设备的位置。

[0116] 实例24针对实例23的计算机可读存储设备,其中所述指令还包括:从离线设备 (RSSI) 和在线设备 (RSSI^o) 确定作为所述一组信号强度值的函数的实时RSSI观察偏移 (obsOff) 值;以及确定作为RSSI观察偏移 (obsOff) 值和由另一个大体相似的设备确定的至少一个RSSI偏移值的函数的RSSI设备偏移 (devOff) 值。

[0117] 实例25针对实例23的计算机可读存储设备,其中所述指令还包括:确定指纹信号强度值 (RSSI^f) 和所观察的信号强度值 (RSSI^o) 之间的实时RSSI指纹偏移 (fpOff) ;将实时RSSI指纹偏移 (fpOff) 应用到指纹信号强度值 (RSSI^f) 以获得一组调整的指纹RSSI值;计算在所述一组调整的指纹RSSI值和所观察的信号强度值 (RSSI^o) 之间的欧几里得距离;识别一个或多个具有最小欧几里得距离的指纹;以及确定作为与具有最小欧几里得距离的所识别指纹相关联的指纹偏移 (fpOff) 的函数的实时RSSI观察偏移 (obsOff) 。

[0118] 尽管关于本文所示的示例性实施例已经示出了本公开的原理,然而本公开的原理不在限于此并且包括其任何修改、变化或置换。

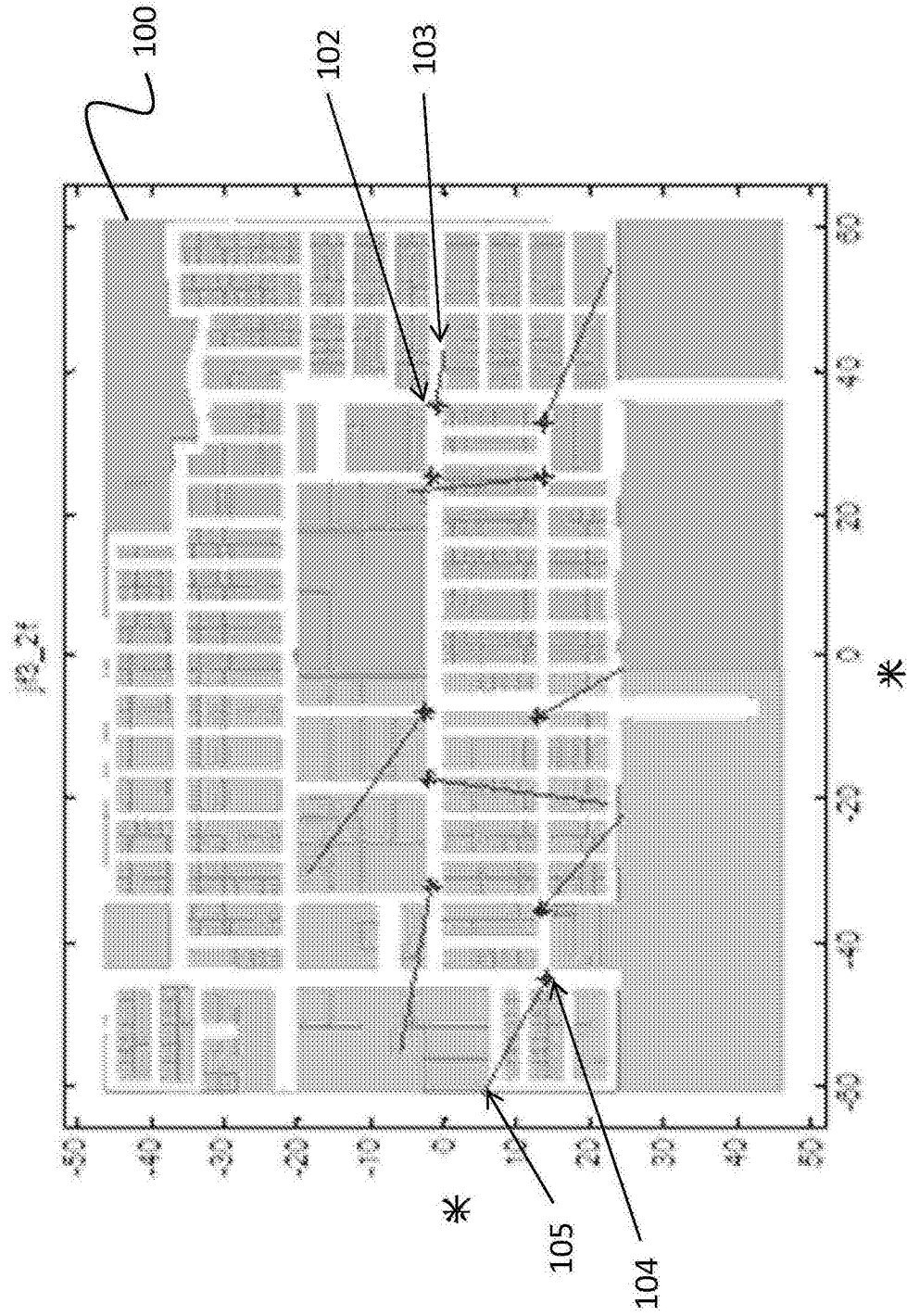


图1

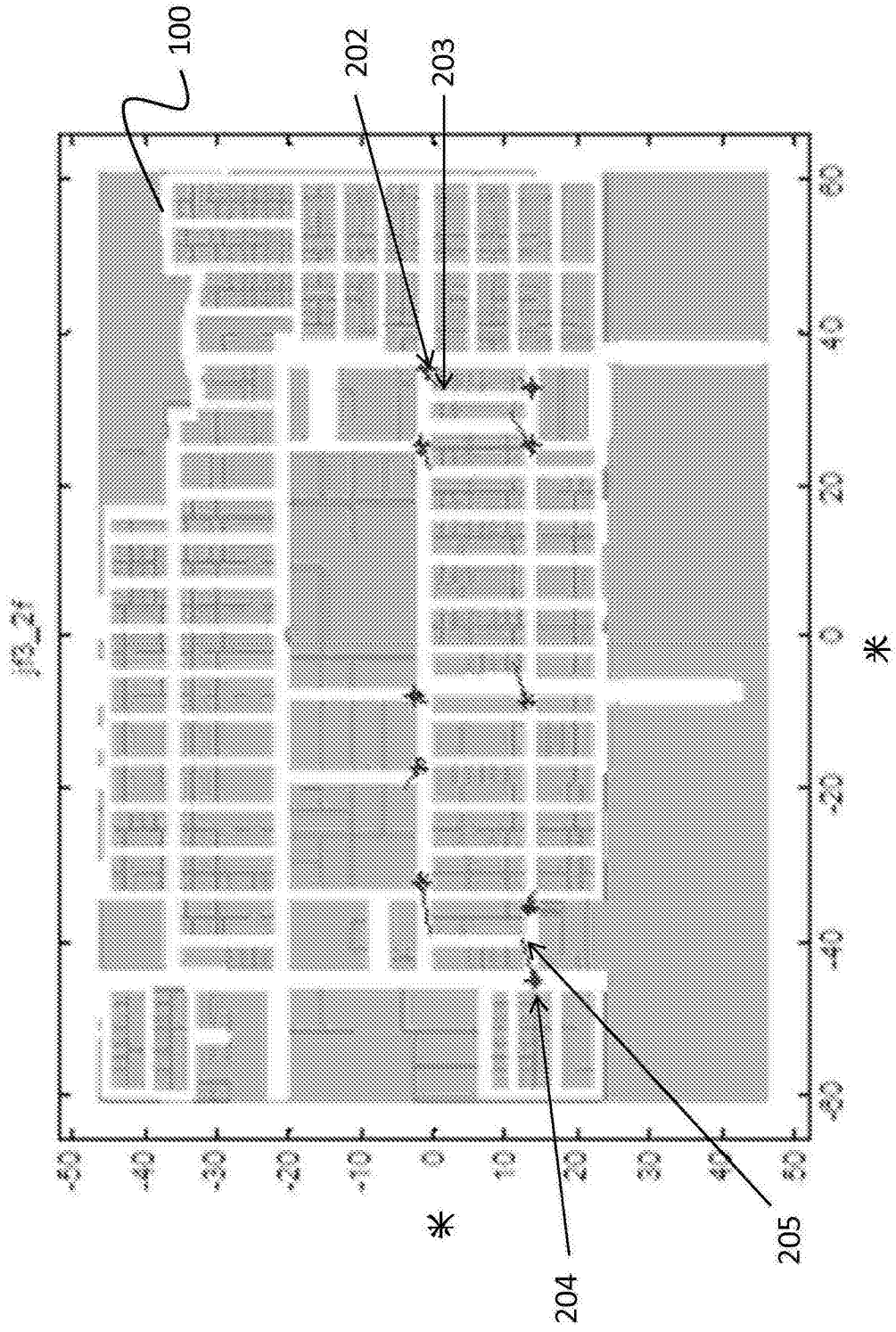


图2

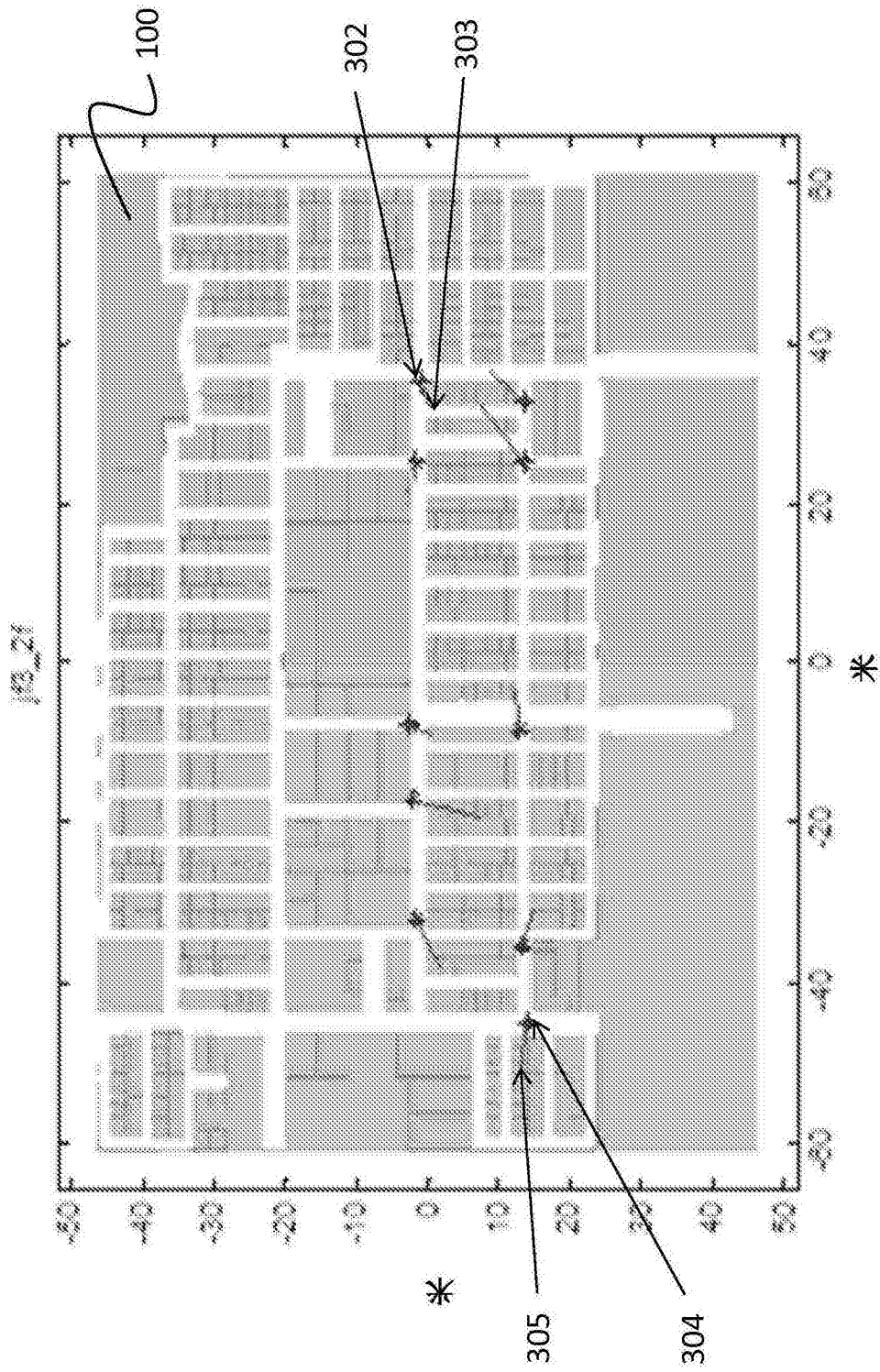


图3

| 设备 | RSSI 偏移 |
|----------|---------|
| 设备0 (基础) | 0 |
| 设备1 | +2 |
| 设备2 | -3 |
| 设备3 | -5 |
| 设备4 | +8 |

图4

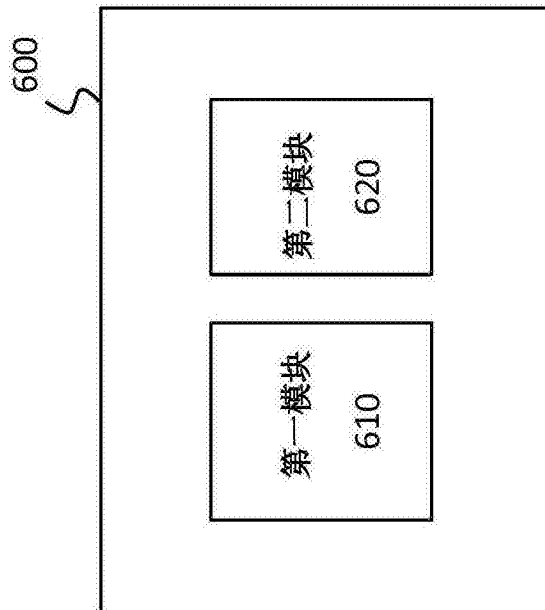


图6

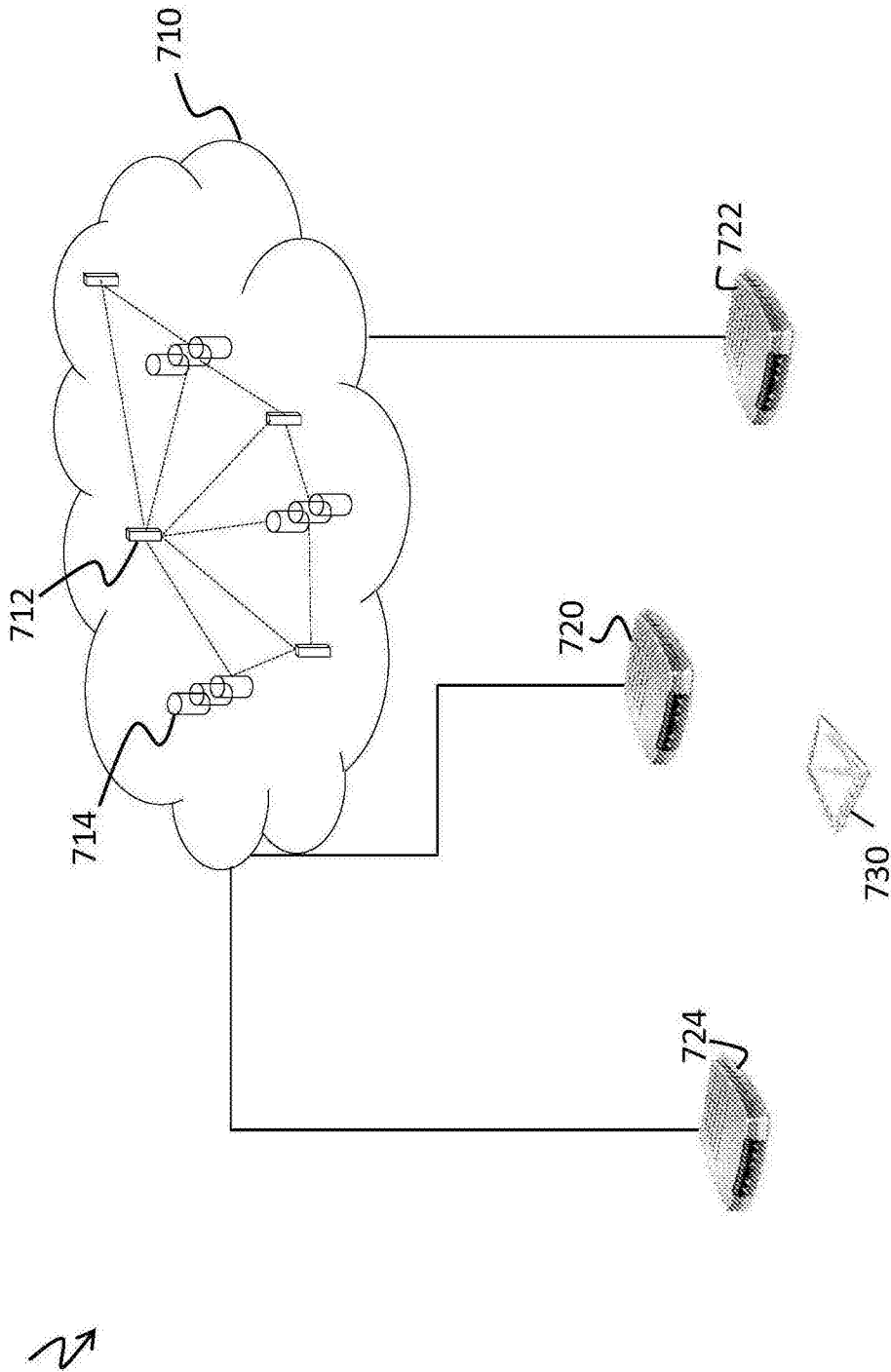


图7

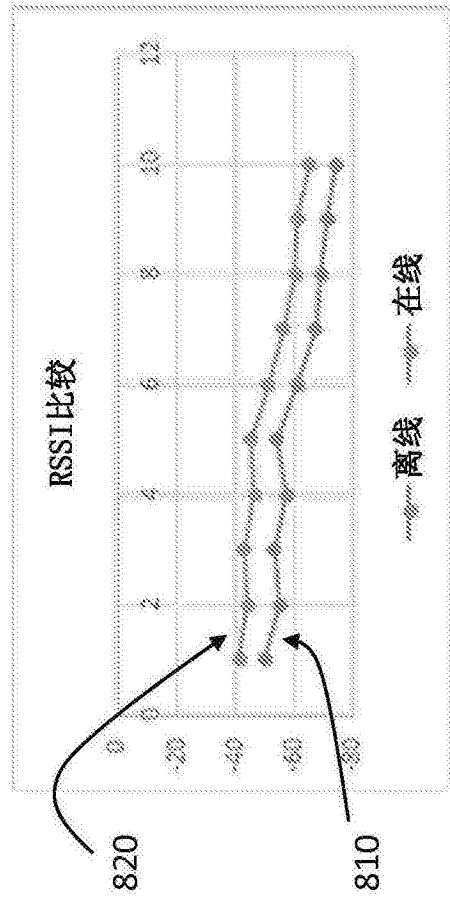


图8A

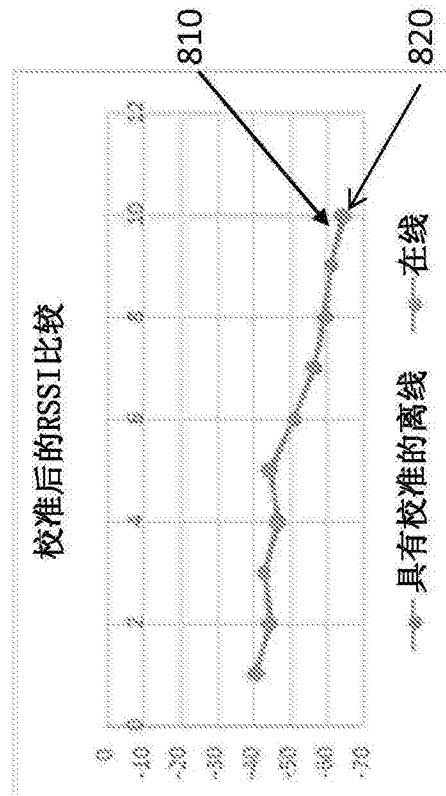


图8B

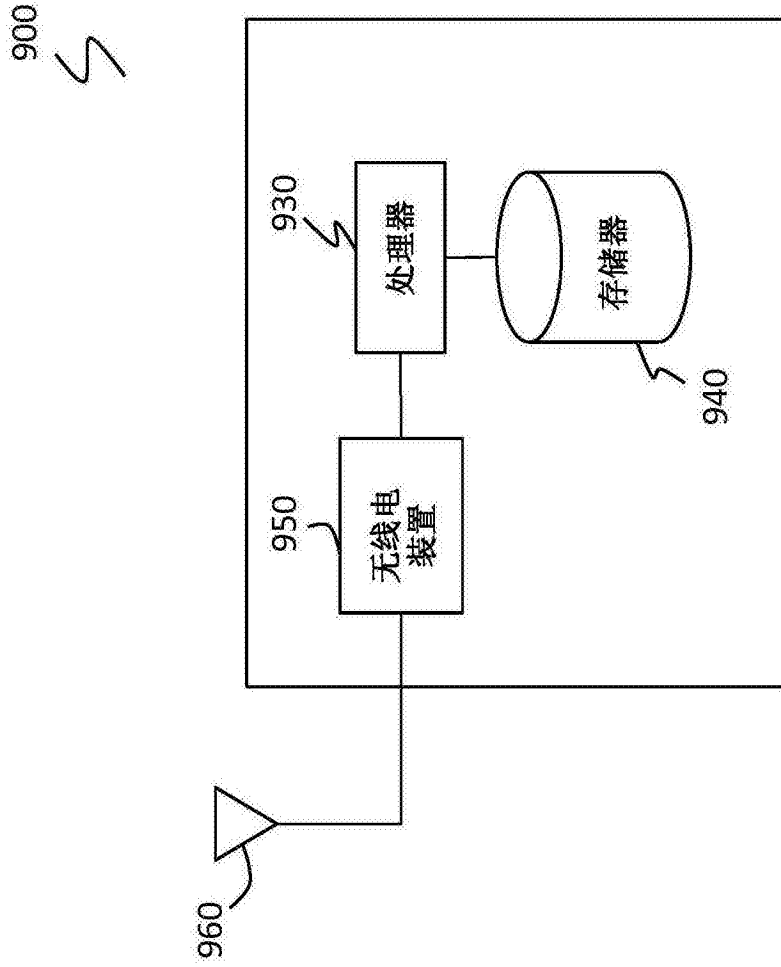


图9

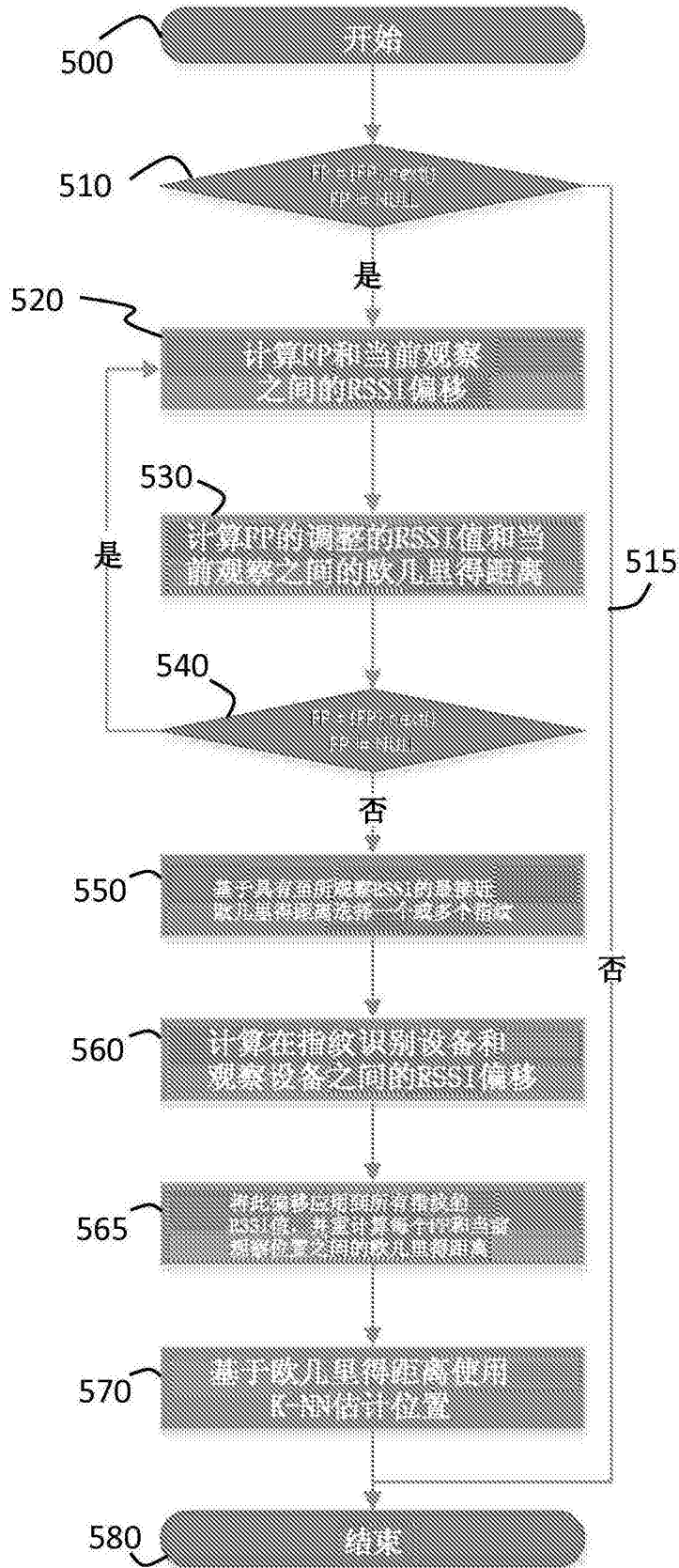


图5A

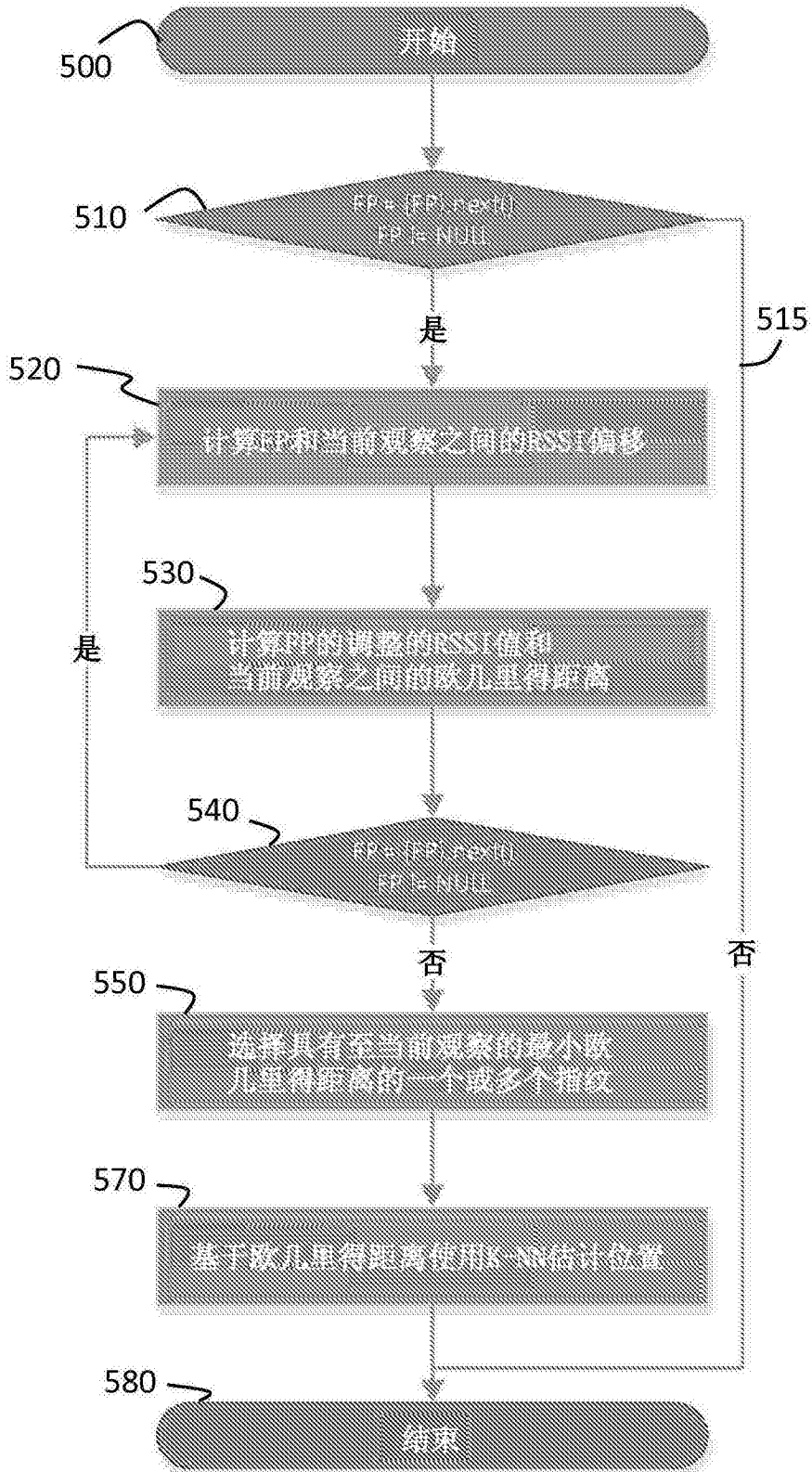


图5B