



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103947269 B

(45)授权公告日 2018.07.24

(21)申请号 201280056807.6

(22)申请日 2012.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103947269 A

(43)申请公布日 2014.07.23

(30)优先权数据
13/236,172 2011.09.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.05.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/056046 2012.09.19

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/043681 EN 2013.03.28

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 X·张 N·张

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限
公司 31100

代理人 唐杰敏

(51)Int.Cl.
H04W 64/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 101097254 A,2008.01.02,
CN 101325802 A,2008.12.17,
CN 101275855 A,2008.10.01,

审查员 牛晓佳

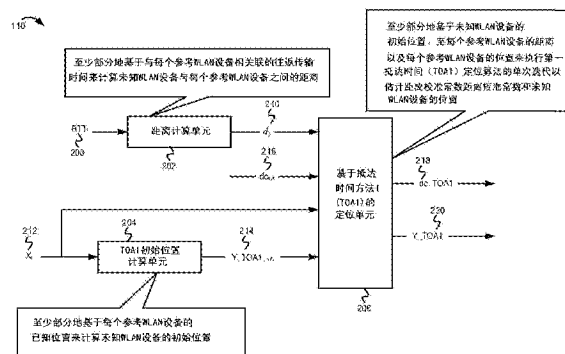
权利要求书4页 说明书20页 附图7页

(54)发明名称

基于抵达时间的定位系统

(57)摘要

可以实现采用无线网络设备的所计算出的初始位置的TOA定位系统。对于多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,至少部分地基于该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离。可以至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置。可以至少部分地基于所计算出的初始位置、至每个参考无线网络设备的距离、以及初始距离校准常数来估计该无线网络设备的位置。



1. 一种用于无线通信的方法,包括:

在第一无线设备处确定与多个参考设备中的每个参考设备相关联的往返传输时间(RTT),其中每个RTT至少部分地基于所述第一无线设备与相应参考设备之间的距离以及未知的距离校准值;

至少部分地基于与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的已知位置来确定所述第一无线设备的初始位置;以及

至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的每个参考设备之间的RTT、所述第一无线设备的所述初始位置、与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的所述已知位置、和初始距离校准值,通过执行抵达时间(TOA)定位操作来估计所述第一无线设备的当前位置和估计的距离校准值,

其中执行所述TOA定位操作包括:

确定位置误差矩阵,其中所述位置误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备的估计位置坐标与所述第一无线设备的所述初始位置的相应初始位置坐标之间的差异;

确定距离误差矩阵,其中所述距离误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备与所述多个参考设备中的一个参考设备之间的测得距离同所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的估计距离之间的差异,其中所述测得距离是至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的RTT来确定的,其中所述估计距离是至少部分地基于与所述多个参考设备中的所述一个参考设备的已知位置和所述第一无线设备的所述初始位置来确定的;

将系数矩阵确定为所述距离误差矩阵与所述位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及

至少部分地基于使所述系数矩阵与所述系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来确定所述第一无线设备的所述初始位置。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,估计所述第一无线设备的所述当前位置和所述估计的距离校准值包括:通过使用一组操作来联合地确定所述估计的距离校准值的方式确定所述第一无线设备的所述当前位置。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,估计所述第一无线设备的所述当前位置和所述估计的距离校准值包括:并发地确定位置误差和距离校准误差。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述估计的距离校准值包括所述初始距离校准值与所述距离校准误差的总和,并且其中所述当前位置包括所述位置误差与所述初始位置的总和。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述TOA定位操作包括:

求解表达式以确定使所述多个参考设备中的每个参考设备的估计误差的总和最小化的当前位置,所述估计误差是A) 基于与第*i*个参考设备相关联的第*i*个RTT的至第*i*个参考设备的估计距离与B) 基于与第*i*个参考设备相关联的已知位置的至第*i*个参考设备的估计距离之间的估计误差。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述估计距离校准值不因参考设备而不同。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述初始距离校准值是零值、预定值、和动态选择的随机值中的一者。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述第一无线设备的所述初始位置包

括：

将所述第一无线设备的所述初始位置确定为与所述多个参考设备相关联的位置坐标的加权平均。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,在所述加权平均中使用的权重基于与关联于所述多个参考设备中的至少一个参考设备的位置坐标相关联的置信度。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:

至少部分地基于与所述多个参考设备相关联的一个或多个性能测量来标识所述多个参考设备。

11. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一无线设备和所述多个参考设备包括无线局域网WLAN通信能力。

12. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:

在所述第一无线设备处确定所述第一无线设备与所述多个参考设备中的每个参考设备之间的RTT。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,确定所述第一无线设备与所述多个参考设备中的每个参考设备之间的RTT包括:对于每个相应参考设备:

记录从所述第一无线设备向所述相应参考设备传送第一控制消息的第一时刻;

记录响应于所述第一控制消息在所述第一无线设备处从所述相应参考设备接收第二控制消息的第二时刻;

从所述第二时刻减去所述第一时刻以确定所述第一无线设备与所述相应参考设备之间的相应RTT;以及

将所述第一无线设备与所述相应参考设备之间的所述相应RTT乘以光速因子以产生所述第一无线设备与所述相应参考设备之间的距离。

14. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:

确定与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,确定与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标包括:

向所述多个参考设备中的至少一个参考设备传送对所述位置坐标的请求;以及

从所述多个参考设备中的至少一个参考设备接收所述位置坐标。

16. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,对所述位置坐标的所述请求包括在还被用于确定所述第一无线设备与所述多个参考设备中的至少一个参考设备之间的RTT的控制消息中。

17. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,确定与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标包括:

向集中式服务器传送对所述位置坐标的请求;以及

从所述集中式服务器接收与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标。

18. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,确定与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标包括:

从所述多个参考设备中的至少一个参考设备接收周期性的广播消息,所述周期性的广

播消息包括来自所述多个参考设备中的相应一个参考设备的位置坐标。

19. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标包括二维(2D)坐标、三维(3D)坐标、地理经度和纬度坐标、或者球面坐标。

20. 一种第一无线设备,包括:

网络接口;以及

与所述网络接口耦合的位置计算单元,所述位置计算单元被配置成:

在第一无线设备处确定与多个参考设备中的每个参考设备相关联的往返传输时间(RTT),其中每个RTT至少部分地基于所述第一无线设备与相应参考设备之间的距离以及未知的距离校准值;

至少部分地基于与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的已知位置来确定所述第一无线设备的初始位置;以及

至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的每个参考设备之间的RTT、所述第一无线设备的所述初始位置、与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的所述已知位置、和初始距离校准值,通过执行抵达时间(TOA)定位操作来估计所述第一无线设备的当前位置和估计的距离校准值,

其中执行所述TOA定位操作包括:

确定位置误差矩阵,其中所述位置误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备的估计位置坐标与所述第一无线设备的所述初始位置的相应初始位置坐标之间的差异;

确定距离误差矩阵,其中所述距离误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备与所述多个参考设备中的一个参考设备之间的测得距离同所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的估计距离之间的差异,其中所述测得距离是至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的RTT来确定的,其中所述估计距离是至少部分地基于与所述多个参考设备中的所述一个参考设备的已知位置和所述第一无线设备的所述初始位置来确定的;

将系数矩阵确定为所述距离误差矩阵与所述位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及

至少部分地基于使所述系数矩阵与所述系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来确定所述第一无线设备的所述初始位置。

21. 如权利要求20所述的第一无线设备,其特征在于,被配置成估计所述第一无线设备的当前位置和估计的距离校准值的所述位置计算单元包括被配置成执行以下操作的位置计算单元:

通过使用一组操作来联合地确定所述估计的距离校准值的方式确定所述第一无线设备的所述当前位置。

22. 如权利要求20所述的第一无线设备,其特征在于,被配置成估计所述第一无线设备的当前位置和估计的距离校准值的所述位置计算单元包括被配置成执行以下操作的位置计算单元:

并发地确定位置误差和距离校准误差。

23. 如权利要求22所述的第一无线设备,其特征在于,所述估计的距离校准值包括所述初始距离校准值与所述距离校准误差的总和,并且其中所述当前位置包括所述位置误差与

所述初始位置的总和。

24. 如权利要求20所述的第一无线设备,其特征在于,所述位置计算单元被配置成:
确定与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的位置坐标。

25. 一种其中存储有指令的机器可读存储介质,所述指令在由一个或多个处理器执行时使所述一个或多个处理器执行包括以下动作的操作:

在第一无线设备处确定与多个参考设备中的每个参考设备相关联的往返传输时间(RTT),其中每个RTT至少部分地基于所述第一无线设备与相应参考设备之间的距离以及未知的距离校准值;

至少部分地基于与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的已知位置来确定所述第一无线设备的初始位置;以及

至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的每个参考设备之间的RTT、所述第一无线设备的所述初始位置、与所述多个参考设备中的至少一个参考设备相关联的所述已知位置、和初始距离校准值,通过执行抵达时间(TOA)定位操作来估计所述第一无线设备的当前位置和估计的距离校准值,

其中执行所述TOA定位操作包括:

确定位置误差矩阵,其中所述位置误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备的估计位置坐标与所述第一无线设备的所述初始位置的相应初始位置坐标之间的差异;

确定距离误差矩阵,其中所述距离误差矩阵的每个元素表示所述第一无线设备与所述多个参考设备中的一个参考设备之间的测得距离同所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的估计距离之间的差异,其中所述测得距离是至少部分地基于所述第一无线设备与所述多个参考设备中的所述一个参考设备之间的RTT来确定的,其中所述估计距离是至少部分地基于与所述多个参考设备中的所述一个参考设备的已知位置和所述第一无线设备的所述初始位置来确定的;

将系数矩阵确定为所述距离误差矩阵与所述位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及

至少部分地基于使所述系数矩阵与所述系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来确定所述第一无线设备的所述初始位置。

基于到达时间的定位系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于2011年9月19日提交的美国申请S/N.13/236,172的优先权权益。

背景技术

[0003] 本发明主题内容的各实施例一般涉及无线通信领域,尤其涉及基于到达时间(TOA)的定位系统。

[0004] 无线通信设备可以使用各种位置估计技术基于与具有已知位置的多个参考无线通信设备进行通信来确定该无线通信设备的未知位置。例如,无线通信设备可以通过确定无线电信号从该无线通信设备到参考无线通信设备的行进时间来采用基于往返时间(RTT)的定位技术。无线通信设备可以基于所确定的无线电信号的行进时间来确定至参考无线通信设备的距离并且可以使用到达时间(TOA)定位技术来确定未知位置。

[0005] 概述

[0006] 在一些实施例中,一种方法包括:在通信网络的无线网络设备处确定该无线网络设备与该通信网络的多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的往返传输时间;对于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,至少部分地基于该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离;至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置;以及至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、和初始距离校准常数来执行到达时间(TOA)计算以估计该无线网络设备的位置。

[0007] 在一些实施例中,所述执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置包括:至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置、以及初始距离校准常数来执行基于泰勒级数的TOA定位算法的迭代以估计该无线网络设备的位置。

[0008] 在一些实施例中,初始距离校准常数是零值、预定值、和动态选择的随机值中的一者。

[0009] 在一些实施例中,所述执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置进一步包括:响应于所述执行基于泰勒级数的TOA定位算法的迭代而至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、初始距离校准常数、以及该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来确定距离校准常数。

[0010] 在一些实施例中,所述至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算无线网络设备的初始位置包括将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置的平均。

[0011] 在一些实施例中,所述至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无

线网络设备的位置来计算无线网络设备的初始位置包括将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备的至少子集的位置的加权组合。

[0012] 在一些实施例中,所述至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算无线网络设备的初始位置包括:确定位置误差矩阵,其中该位置误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备的估计位置坐标与该无线网络设备的初始位置的对应初始位置坐标之间的差异;确定距离误差矩阵,其中该距离误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的一个参考无线网络设备之间的测得距离同该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的估计距离之间的差异,其中该测得距离是至少部分地基于该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定的,其中该估计距离是至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备的位置和该无线网络设备的初始位置来确定的;将系数矩阵确定为该距离误差矩阵与该位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及至少部分地基于使该系数矩阵与该系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来计算该无线网络设备的初始位置。

[0013] 在一些实施例中,该方法进一步包括:至少部分地基于分析与该多个参考无线网络设备中的至少每个参考无线网络设备相关联的一个或多个性能测量来标识该多个参考无线网络设备。

[0014] 在一些实施例中,对于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,所述至少部分地基于该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离进一步包括:对于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,记录从该无线网络设备向该参考无线网络设备传送第一控制消息的第一时刻;记录响应于第一控制消息在该无线网络设备处从该参考无线网络设备接收第二控制消息的第二时刻;从第二时刻减去第一时刻以确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间;以及将该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间乘以光速因子以产生该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离。

[0015] 在一些实施例中,该无线网络设备和该多个参考无线网络设备包括无线局域网(WLAN)通信能力。

[0016] 在一些实施例中,一种无线网络设备包括网络接口;以及与该网络接口耦合的位置计算单元,该位置计算单元操作用于:确定该无线网络设备与通信网络的多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的往返传输时间;对于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,至少部分地基于该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离;至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置;以及至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、和初始距离校准常数来执行抵达时间(TOA)计算以估计该无线网络设备的位置。

[0017] 在一些实施例中,该位置计算单元操作用于执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置包括该位置计算单元操作用于:至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、该多个参

考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置、以及初始距离校准常数来执行基于泰勒级数的TOA定位算法的单次迭代以估计该无线网络设备的位置。

[0018] 在一些实施例中,该位置计算单元操作用于执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置进一步包括该位置计算单元操作用于:响应于该位置计算单元执行基于泰勒级数的TOA定位算法的单次迭代而至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、初始距离校准常数、以及该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来确定距离校准常数。

[0019] 在一些实施例中,该位置计算单元操作用于至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置包括该位置计算单元操作用于:将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置的平均,或者将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备的至少子集的位置的加权组合。

[0020] 在一些实施例中,该位置计算单元操作用于至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算无线网络设备的初始位置包括该位置计算单元操作用于:确定位置误差矩阵,其中该位置误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备的估计位置坐标与该无线网络设备的初始位置的对应初始位置坐标之间的差异;确定距离误差矩阵,其中该距离误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的一个参考无线网络设备之间的测得距离同该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的估计距离之间的差异,其中该测得距离是至少部分地基于该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定的,其中该估计距离是至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备的位置和该无线网络设备的初始位置来确定的;将系数矩阵确定为该距离误差矩阵与该位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及至少部分地基于使该系数矩阵与该系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来计算该无线网络设备的初始位置。

[0021] 在一些实施例中,一个或多个机器可读存储介质中存储有指令,这些指令在由一个或多个处理器执行时使该一个或多个处理器执行以下操作,包括:在通信网络的无线网络设备处确定该无线网络设备与该通信网络的多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的往返传输时间;对于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备,至少部分地基于该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定该无线网络设备与该参考无线网络设备之间的距离;至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置;以及至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、和初始距离校准常数来执行抵达时间(TOA)计算以估计该无线网络设备的位置。

[0022] 在一些实施例中,所述执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置的操作包括:至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置、以及初始距离校准常数来执行基于泰勒级数的TOA定位算法的单次迭代以估计该无线网络设备的位置。

[0023] 在一些实施例中,所述执行TOA计算以估计该无线网络设备的位置的操作进一步包括:响应于所述执行基于泰勒级数的TOA定位算法的单次迭代而至少部分地基于该无线网络设备的初始位置、该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备之间的距离、初始距离校准常数、以及该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来确定距离校准常数。

[0024] 在一些实施例中,所述至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算该无线网络设备的初始位置的操作包括:将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置的平均,或者将该无线网络设备的初始位置计算为该多个参考无线网络设备的至少子集的位置的加权组合。

[0025] 在一些实施例中,所述至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的每个参考无线网络设备的位置来计算无线网络设备的初始位置的操作包括:确定位置误差矩阵,其中该位置误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备的估计位置坐标与该无线网络设备的初始位置的对应初始位置坐标之间的差异;确定距离误差矩阵,其中该距离误差矩阵的每个元素表示该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的一个参考无线网络设备之间的测得距离同该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的估计距离之间的差异,其中该测得距离是至少部分地基于该无线网络设备与该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备之间的往返传输时间来确定的,其中该估计距离是至少部分地基于该多个参考无线网络设备中的该一个参考无线网络设备的位置和该无线网络设备的初始位置来确定的;将系数矩阵确定为该距离误差矩阵与该位置误差矩阵的转置的逆的乘积;以及至少部分地基于使该系数矩阵与该系数矩阵的转置的乘积的行列式最大化来计算该无线网络设备的初始位置。

[0026] 附图简要说明

[0027] 通过参考附图,可以更好地理解本发明的诸实施例并使众多目的、特征和优点为本领域技术人员所显见。

[0028] 图1是解说用于在无线通信网络中估计网络设备的未知位置的机制的示例框图;

[0029] 图2是包括TOA定位机制的位置计算单元的一个实施例的示例框图;

[0030] 图3是解说TOA定位机制的示例操作的流程图;

[0031] 图4是包括混合TOA定位机制的位置计算单元的一个实施例的示例框图;

[0032] 图5描绘了解说混合TOA定位机制的示例操作的流程图;

[0033] 图6是图5的延续并且也解说混合TOA定位机制的示例操作;以及

[0034] 图7是包括用于在无线通信网络中确定电子设备的位置的机制的电子设备的实施例的框图。

[0035] 实施例描述

[0036] 以下描述包括体现本发明主题内容的技术的示例性系统、方法、技术、指令序列、以及计算机程序产品。然而应理解,所描述的实施例在没有这些具体细节的情况下也可实践。例如,尽管诸示例涉及执行本文中所描述的位置估计技术的无线局域网(WLAN)设备(例如,802.11n兼容设备),但是诸实施例并不被如此限定。在其他实施例中,各种其他设备和标准(例如,WiMAX)可以执行位置估计技术。在其他实例中,公知的指令实例、协议、结构和

技术未被详细示出以免混淆本描述。

[0037] 与未知位置相关联的网络设备(“未知网络设备”)可以使用基于TOA的定位算法以基于多个参考网络设备来确定自己的位置。取决于实现,TOA定位算法可以或者可以不要求准确已知的距离校准常数来估计未知网络设备的位置。常规TOA定位算法通常将未知网络设备的任意选择的初始位置、任意选择的距离校准常数、以及至每个参考网络设备的距离和每个参考网络设备的位置作为输入来迭代地计算未知网络设备的位置。通常,未知网络设备的初始位置为0(例如,其中X、Y和Z坐标为0)或者是随机选择的值。同样,初始距离校准常数也通常为0或者是随机选择的值。然而,常规TOA定位算法可能对未知网络设备的初始位置非常敏感。此外,一些常规TOA定位算法可能对距离校准常数敏感。采用初始位置的随机选择的值或者零值可能使常规TOA定位算法无法求解(例如,通过使一个或多个行列式的值逼近0或无穷大)并且可能导致常规TOA定位算法不能收敛到恰适的解(即,未知网络设备的位置)。同样,不知道或随机地选择距离校准常数可能导致常规TOA定位算法较差的性能,可能导致常规TOA定位算法不能收敛到未知网络设备的恰适位置,和/或可能导致常规TOA定位算法收敛到错误的解。

[0038] 在一些实现中,可实现采用未知网络设备的所计算出的(而非任意选择的)初始位置的第一TOA定位系统来使一些常规TOA定位算法对未知网络设备的初始位置的敏感性最小化。第一TOA定位系统通常不对距离校准常数敏感并且可以将任意选择的距离校准常数用于定位计算。可以利用任意选择的距离校准常数的第一TOA定位系统在本文中被称为“TOA1定位系统”。未知网络设备的初始位置可以至少部分地基于参考网络设备的已知位置来计算。TOA1定位系统可以至少部分地基于未知网络设备的所计算出的初始位置和至每个参考网络设备的距离来执行单次迭代(而非多次迭代)以计算未知网络设备的位置和距离校准常数。计算(而非任意地猜测)未知网络设备的初始位置可以减轻位置敏感性问题的,确保TOA1定位系统在确定未知网络设备的位置时收敛,并且改善TOA1定位系统的性能和定位准确性。此外,通过仅执行单次迭代来估计未知网络设备的位置,TOA1定位系统可以使为计算未知网络设备的位置所消耗的资源和时间最小化。

[0039] 在一些实现中,混合TOA定位系统可以改善估计未知网络设备的位置的性能。作为混合TOA定位系统的一部分,以上描述的TOA1定位系统可以执行单次迭代以估计未知网络设备的位置(本文中被称为“未知网络设备的中间位置”)和距离校准常数(本文中被称为“中间距离校准常数”)。未知网络设备的中间位置和中间距离校准常数(连同参考网络设备的位置和至每个参考网络设备的距离)可随后被用来计算目标(或估计)距离校准常数和未知网络设备的第二中间位置。另外,混合TOA定位系统还可以包括本文中被称为“TOA2定位系统”的第二TOA定位系统。第二TOA定位系统通常对距离校准常数敏感并且可以不是将任意选择的距离校准常数用于定位计算。取而代之的是,TOA2定位系统可以将由TOA1定位系统所计算出的中间距离校准常数用于定位计算,如以下将描述的。混合TOA定位系统可以至少部分地基于目标距离校准常数和第二中间位置来迭代地执行TOA2定位系统以估计未知网络设备的位置(“估计位置”)。计算(而非猜测)目标距离校准常数可使对距离校准常数的敏感性最小化,使与确定未知网络设备的位置相关联的定位误差最小化,增加定位准确性并且改善性能增益,由此改善未知网络设备的总体性能。

[0040] 图1是解说用于在无线通信网络100中估计网络设备的未知位置的机制的示例框

图。在一个示例中,无线通信网络100包括具有未知位置的WLAN设备102(“未知WLAN设备”)和四个参考WLAN设备104、106、108和112。未知WLAN设备102包括位置计算单元110。在一些实现中,位置计算单元110可以在未知WLAN设备102的通信单元中实现,该通信单元实现协议和功能性以启用无线通信网络100中的WLAN通信。注意,尽管在图1中未描绘,但是在一些实施例中,参考WLAN设备104、106、108和112中的一个或多个也可包括位置计算单元以及用于确定其各自相应位置的相应功能性。在一些实现中,未知WLAN设备102和参考WLAN设备104、106、108和112可以各自是具有WLAN通信能力的电子设备,诸如膝上型计算机、平板计算机、移动电话、智能电器、游戏控制台、接入点、或者其他合适的电子设备。未知WLAN设备102可以执行诸操作以确定其位置,如以下将在阶段A-F中所描述的。

[0041] 在阶段A,位置计算单元110确定未知WLAN设备102与无线通信网络100中的参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的往返传输时间(RTT)。在一个实现中,位置计算单元110可以向参考WLAN设备104传送一个或多个控制消息并且可以从参考WLAN设备104接收相应的一个或多个响应控制消息(例如,确收(ACK)消息)。位置计算单元110还可以记录向参考WLAN设备104传送控制消息以及从参考WLAN设备104接收相应的响应控制消息的时刻。位置计算单元110可随后将未知WLAN设备102与参考WLAN设备104之间的RTT(“与该参考WLAN设备相关联的RTT”)计算为传送控制消息与接收相应的响应控制消息之间所流逝的时间,如将在图3的框304-308中进一步描述的。同样,位置计算单元110还可以计算与参考WLAN设备106相关联的RTT和与参考WLAN设备108相关联的RTT。注意,在其他实现中,可以采用其他合适的技术来确定与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的RTT。

[0042] 在阶段B,位置计算单元110基于与参考WLAN设备相关联的相应RTT来计算未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的距离。用于计算未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的距离的操作将在图2和3中进一步描述。

[0043] 在阶段C,位置计算单元110确定参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的位置。在一些实现中,位置计算单元110可以请求并接收与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备相关联的位置坐标。例如,位置计算单元110可以在阶段A处所传送的控制消息中传送对位置坐标的请求并且在响应控制消息中接收位置坐标。作为另一示例,位置计算单元110可以向每个参考WLAN设备传送位置请求消息(不同于阶段A处所传送的控制消息)并且可以接收包括与每个参考WLAN设备相关联的位置坐标的相应的位置响应消息。在另一实现中,位置计算单元110可以查询集中式服务器(或者可以访问预定的存储器位置)以确定与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的位置坐标。在另一实现中,参考WLAN设备104、106、108和112可以按周期性的间隔广播其各自相应的位置坐标(例如,在信标消息或另一合适的控制消息中)。位置计算单元110可以基于接收和分析周期性接收到的消息来确定与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的位置坐标。注意,位置计算单元110可以确定与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的二维(2D)坐标(例如,X和Y坐标)、三维(3D)坐标(例如,X、Y和Z坐标)、纬度和经度、球面坐标、和/或其他合适的位置指示符。

[0044] 在阶段D,位置计算单元110至少部分地基于参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的位置来计算未知WLAN设备102的初始位置。作为一个示例,位置计算单

元110可以将未知WLAN设备102的初始位置计算为参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置的平均,如将在图2和3中所描述的。位置计算单元110可以将未知WLAN设备102的所计算出的初始位置用作第一抵达时间 (TOA1) 定位算法的输入以估计未知WLAN设备102的位置,如以下将在阶段F和图2-3中所描述的。在一些实现中(例如,在混合TOA定位系统中),位置计算单元110可以使用在TOA1定位算法的输出处生成的未知WLAN设备的先前计算出的位置输出(本文中被称为“未知WLAN设备的第一中间位置”)、至少部分地基于参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置和与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的RTT来计算未知WLAN设备102的第二中间位置,如将在图4-6中所描述的。在这一实现中,位置计算单元110可以将未知WLAN设备102的第二中间位置用作第二抵达时间 (TOA2) 定位算法的输入以确定未知WLAN设备102的估计位置,如以下将在阶段F和图4-7中所描述的。

[0045] 在阶段E,位置计算单元110确定距离校准常数。在一些实现中,如将根据图2所描述的,初始距离校准常数可以是预定值或者随机选择的值。位置计算单元110可以将初始距离校准常数用作TOA1定位算法的输入以估计未知WLAN设备102的位置和距离校准常数,如以下将在阶段F和图2-3中所描述的。在其他实现中,位置计算单元110可以使用TOA1定位算法的输出处的距离校准常数(本文中称为“中间距离校准常数”)来计算目标(或估计的)距离校准常数。在这一实现中,位置计算单元110可以将目标距离校准常数用作TOA2定位算法的输入以估计未知WLAN设备102的位置,如以下将在阶段F和图4-7中所描述的。

[0046] 在阶段F,位置计算单元110至少部分地基于未知WLAN设备102的初始位置、距离校准常数、以及至参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的距离来估计未知WLAN设备102的位置。在一些实现中,如将在图2-3中描述的,计算未知WLAN设备102的位置可以是单阶段过程。在这一实现中,可以通过至少将未知WLAN设备102的所计算出的初始位置以及参考WLAN设备的已知位置用作输入来执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的迭代来计算未知WLAN设备102的位置。在一些实现中,如将在图5-7中所描述的,计算未知WLAN设备102的位置可以是双阶段过程。在这一实现中,位置计算单元110可以首先执行基于泰勒级数的TOA1定位算法(如以上所描述的)并且确定未知WLAN设备102的第一中间位置。此外,TOA1定位算法还可被用于确定中间距离校准常数。接下来,位置计算单元110可以基于第一中间位置和中间距离校准常数来确定未知WLAN设备102的第二中间位置(如在阶段D中所描述的)以及目标距离校准常数(如以上在阶段E中所描述的)。位置计算单元110可以随后迭代地执行基于泰勒级数的TOA2定位算法以估计未知WLAN设备102的位置。

[0047] 图2是包括TOA定位机制的位置计算单元110的一个实施例的示例框图。位置计算单元110包括距离计算单元202、TOA1初始位置计算单元204、以及TOA1定位单元206。距离计算单元202和TOA1初始位置计算单元204与TOA1定位单元206耦合。

[0048] 距离计算单元202可以至少部分地基于与每个参考WLAN设备相关联的往返传输时间 (RTT) 来计算未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的距离。如图2中所描绘的,距离计算单元202将未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的RTT₂₀₈用作输入参数。如果*i*表示针对每个参考WLAN设备的计数并且*N*表示通信网络100中的参考WLAN设备的数目,则至距离计算单元202的输入为RTT_{*i*}(即,RTT₁,RTT₂,⋯,RTT_{*N*}),如图2中所描绘的。距离计算单元202的输出是未知WLAN设备102与第*i*个参考WLAN设备之间的估计距离210(\hat{d}_i)。因此,如果RTT_{*i*}表示与第

i 个参考WLAN设备相关联的RTT并且 c 表示光速,则可根据式1a来计算距离 \hat{d}_i 210。注意,未知WLAN设备102与第 i 个参考WLAN设备之间的实际距离(d_i)可被表示为TOA1距离校准常数(d_{c_TOA1})与未知WLAN设备102站和第 i 个参考WLAN设备之间的估计距离(\hat{d}_i)之和,如式1b中所描绘的。

$$[0049] \quad \hat{d}_i = c \times \frac{RTT_i}{2} \quad \text{式1a}$$

$$[0050] \quad d_i = \hat{d}_i + d_{c_TOA1} \quad \text{式1b}$$

[0051] 距离校准常数(d_{c_TOA1})可以表示估计距离(\hat{d}_i)与实际距离(d_i)之差并且可以指示与该参考WLAN设备相关联的内部处理时间(或周转时间)。例如,距离校准常数可以计及参考WLAN设备检测来自未知WLAN设备102的控制消息与参考WLAN设备向未知WLAN设备102传送响应控制消息之间所流逝的时间。距离校准常数还可以取决于参考WLAN设备的类型和配置。在一些实现中,距离校准常数可以随参考WLAN设备而不同,而在其他实现中,距离校准常数可以跨参考WLAN设备没有不同。

[0052] TOA1初始位置计算单元204可以至少部分地基于参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的位置212来计算未知WLAN设备102的初始位置。如图2中所描绘的,参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置212被提供作为至TOA1初始位置计算单元204的输入参数。如本文中所描述的, i 表示针对参考WLAN设备的计数并且 X_i 表示第 i 个参考WLAN设备的位置212(例如,也被称为绝对位置、实际位置、或真实位置)。在一个实现中,第 i 个参考WLAN设备的位置可按 $X_i = \{x_i^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 的形式来表示,其中 D 表示用于指定参考WLAN设备的位置的坐标系的维度(例如,如果参考WLAN设备的位置是按照 X 、 Y 和 Z 坐标来指定的,则 $D=3$), s 表示针对该坐标系的维度的计数(即,维度索引),并且 x_i^s 表示第 i 个参考WLAN设备的位置的第 s 个维度的值。注意,可以使用其他合适的坐标系(例如,笛卡尔坐标、球面坐标、大地坐标等)来表达参考WLAN设备的位置。此外,可以在其他合适数目的维度(例如,二维坐标、三维坐标等)中表达参考WLAN设备的位置。如图2中所描绘的,TOA1初始位置计算单元204的输出是未知WLAN设备102的初始位置($Y_{TOA1_{init}}$) 214。在一个实现中,未知WLAN设备102的初始位置可被表示为 $Y_{TOA1_{init}} = \{Y_{TOA1_{init}}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$,其中 $Y_{TOA1_{init}}^s$ 表示未知WLAN设备102的初始位置的第 s 个维度的值。在一些实现中,未知WLAN设备102的初始位置214可被表达为 N 个参考WLAN设备的已知位置212的函数 $f(\cdot)$,如式2a中所描绘的。在一些实现中,未知WLAN设备102的初始位置214可被计算为参考WLAN设备的已知位置212的平均,如式2b中所描绘的。在另一实现中,可以通过使在执行基于泰勒级数的TOA1定位算法期间生成的矩阵的乘积的行列式最大化来计算未知WLAN设备102的初始位置214,如式2c中所描绘的。使如式2c中所描绘的表达式 $\det(B_{TOA1}^T B_{TOA1})$ 最大化可以确保(以下描述的)TOA1定位算法收敛到未知WLAN设备102的位置。在式2c中, B_{TOA1}^T 表示 B_{TOA1} 矩阵的转置,并且 B_{TOA1} 矩阵将在以下参照图2的式11和参照图3来进一步描述。

$$[0053] \quad Y_{TOA1_{init}} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) \quad \text{式2a}$$

$$[0054] \quad Y_{TOA1_{init}} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i \quad \text{式2b}$$

$$[0055] \quad Y_{TOA1_{init}} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \max_{Y_{TOA1_{init}}} \{ \det(B_{TOA1}^T B_{TOA1}) \} \quad \text{式2c}$$

[0056] 注意,在其他实现中,TOA1初始位置计算单元204可以采用其他合适的技术来计算未知WLAN设备102的初始位置214。例如,未知WLAN设备102的初始位置214可被计算为参考WLAN设备的已知位置212的加权平均,其中基于参考WLAN设备的位置的置信度和/或基于参考WLAN设备与未知WLAN设备102之间的距离来选择权重。作为另一示例,未知WLAN设备102的初始位置214可被计算为仅参考WLAN设备的子集的已知位置212的加权(或非加权)组合。

[0057] TOA1定位单元206可以至少部分地基于未知WLAN设备102的初始位置214、至每个参考WLAN设备的估计距离210、和每个参考WLAN设备的位置212来执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的单个迭代以计算未知WLAN设备102的位置220并且估计距离校准常数218。如图2中所描绘的,(由距离计算单元202计算出的)未知WLAN设备102与每个参考WLAN设备之间的估计距离210被提供作为至TOA1定位单元206的一组输入。由TOA1初始位置计算单元204计算出的未知WLAN设备102的初始位置214($Y_{TOA1_{init}}$)被提供作为至TOA1定位单元206的另一输入。参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置212(X_i)也被提供作为至TOA1定位单元206的输入。另外,初始距离校准常数($d_{c_{mit}}$)216也被提供作为TOA1定位单元206的输入。如以上所描述的,初始距离校准常数216可以指示与参考WLAN设备相关联的内部处理时间(或周转时间)。在一些实现中,初始距离校准常数216可被选择为0,而在其他实现中,初始距离校准常数216可被选择为另一合适的随机值。在一些实现中,初始距离校准常数216可被预配置,而在其他实现中,初始距离校准常数216可被动态地选择(例如,可以为初始距离校准常数216动态地选择随机值)。

[0058] TOA1定位单元206可以随后执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的一次迭代以求解由式3a描绘的表达式并且估计未知WLAN设备102的位置(Y_{TOA1})220。根据式3a,TOA1定位单元206可以尝试标识 Y_{TOA1} 的值,该值使A)在式1中基于与第i个参考WLAN设备相关联的RTT所确定的至第i个参考WLAN设备的测得距离与B)基于第i个参考WLAN设备的已知位置的至第i个参考WLAN设备的估计距离之间的估计误差(跨所有参考WLAN设备)的总和最小化。在式3a中, $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 表示第i个参考WLAN设备与未知WLAN设备102之间的估计距离。 $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 可以根据式3b来计算。参考WLAN设备与未知WLAN设备之间的估计距离可以基于参考WLAN设备的实际位置与未知WLAN设备的估计位置(Y_{TOA1})来确定。

$$[0059] \quad Y_{TOA1} = \arg \min_{Y_{TOA1}} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} (d_i + d_{c_{TOA1}} - \|X_i - Y_{TOA1}\|) \right\} \quad \text{式3a}$$

$$[0060] \quad \|X_i - Y_{TOA1}\| = \left[\sum_{s=0}^{D-1} (x_i^s - y_{TOA1}^s)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{式3b}$$

[0061] 在一些实现中,通过假定没有估计误差{例如,通过假定 $(d_i + d_{c_{TOA1}} - \|X_i - Y_{TOA1}\|) = 0$ },TOA1定位单元206可以简化式3a并且可以取而代之针对i的所有值求解式4以估计未知WLAN

设备102的位置。

$$[0062] \quad \hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1}\| - d_{c_TOA1} \quad \text{式4}$$

[0063] TOA1距离校准常数 (d_{c_TOA1}) 218可被表达为初始距离校准常数 (d_{c_init}) 216与距离校准误差 (Δd_c) 之和,如式5a中所描绘的。换言之,距离校准误差 (Δd_c) 可被表达为估计距离校准常数 (d_{c_TOA1}) 218与初始距离校准常数 (d_{c_init}) 216之间的差异 (或者误差)。同样,未知WLAN设备102的位置220 (Y_{TOA1}) 可被表达为未知WLAN设备的初始位置214 (Y_{TOA1_init}) 与TOA1位置误差 (ΔY_{TOA1}) 之和,如式5b中所描绘的。换言之,TOA1位置误差 (ΔY_{TOA1}) 可被表达为未知WLAN设备102的估计位置220 (Y_{TOA1}) 与未知WLAN设备的初始位置214 (Y_{TOA1_init}) 之间的差异 (或者误差)。注意,在一些实现中,TOA1位置误差可被表达为 $\Delta Y_{TOA1} = \{\Delta y_{TOA1}^s, s=0, 1, \dots, D-1\}$, 其中D表示坐标系的维度并且 Δy_{TOA1}^s 表示TOA1位置误差的第s个维度的值。TOA1定位单元206可将式5a和5b代入式4以产生式6。

$$[0064] \quad d_{c_TOA1} = d_{c_init} + \Delta d_c \quad \text{式5a}$$

$$[0065] \quad Y_{TOA1} = Y_{TOA1_init} + \Delta Y_{TOA1} \quad \text{式5b}$$

$$[0066] \quad \hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1_init} - \Delta Y_{TOA1}\| - d_{c_init} - \Delta d_c \quad \text{式6}$$

[0067] TOA1定位单元206可以随后使用泰勒级数展开并且忽略二阶或更高阶的项 (例如,因为较高阶的项具有零值或可忽略的值) 以产生式7。TOA1定位单元206可以根据式7针对参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备生成等式并且可以按矩阵形式组织该多个生成的等式以产生式8。

$$[0068] \quad \hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1_init}\| - d_{c_init} + \sum_{s=0}^{D-1} \left(-\frac{x_i^s - y_{TOA1_init}^s}{\|X_i - Y_{TOA1_init}\|} \right) \Delta y_{TOA1}^s - \Delta d_c \quad \text{式7}$$

$$[0069] \quad A_{TOA1} = B_{TOA1} [\Delta Y_{TOA1} \quad \Delta d_c]^T \quad \text{式8}$$

[0070] 在一些实现中,TOA1位置误差矩阵 (ΔY_{TOA1}) 可以是 $1 \times D$ 行矩阵,该矩阵可以表示未知WLAN设备102的估计位置与未知WLAN设备102的初始TOA1位置之间的差异,如式9中所描绘的。TOA1距离误差矩阵 (A_{TOA1}) 可以是 $N \times 1$ 列矩阵,其中 A_{TOA1} 矩阵的每个元素 (即,每一行) 由式10表示并且每一行与参考WLAN设备之一相关联。如由式10所描绘的,TOA1距离误差矩阵的每个元素表示以下各项的组合:A) 未知WLAN设备与参考WLAN设备之间的估计距离 (例如,基于与参考WLAN设备相关联的RTT,如在式1中所描绘的), B) 初始距离校准常数216, 以及C) 基于参考WLAN设备的已知位置和未知WLAN设备102的初始位置214的未知WLAN设备与参考WLAN设备之间的估计距离。TOA系数矩阵 (B_{TOA1}) 可以是 $N \times (D+1)$ 矩阵,其中N表示参考WLAN设备的数目,并且D表示用于指定参考WLAN设备的位置的坐标系的维度。TOA1系数矩阵的每个元素可以根据式11来表示。TOA1系数矩阵 (B_{TOA1}) 可以包括TOA1位置误差矩阵 (ΔY_{TOA1}) 的系数并且可以表示TOA1位置误差矩阵 (ΔY_{TOA1}) 与TOA1距离误差矩阵 (A_{TOA1}) 之间的关系。

$$[0071] \quad \Delta Y_{TOA1} = [\Delta y_{TOA1}^0 \quad \Delta y_{TOA1}^1 \quad \dots \quad \Delta y_{TOA1}^{D-2} \quad \Delta y_{TOA1}^{D-1}] \quad \text{式9}$$

[0072] A_{TOA1} 的第*i*个元素： $\hat{d}_i + d_{c_{init}} - \|X_i - Y_{TOA1_{init}}\|$ 式10

[0073] B_{TOA1} 的第(*i*, *s*)个元素： $-\frac{X_i^s - Y_{TOA1_{init}}^s}{\|X_i - Y_{TOA1_{init}}\|}$ 式11

[0074] 在一个实现中,维度(例如,*s*的值)可以随列而变,而在考虑中的参考设备(例如,*i*的值)可以随行而变。维度可以贯穿特定的列保持不变,而在考虑中的参考设备可以贯穿特定的行保持不变。 $TOA1$ 定位单元206可以随后根据式12来计算 $TOA1$ 位置误差 ΔY_{TOA1} 和距离校准误差 Δd_c 。注意,在一些实现中,在评价式12之前, $TOA1$ 定位单元206可以首先确定条件 $\det(B_{TOA1}^T B_{TOA1}) \neq 0$ 是否得到满足以确保基于泰勒级数的 $TOA1$ 定位算法的收敛。

[0075] $[\Delta Y_{TOA1} \quad \Delta d_c]^T = (B_{TOA1}^T B_{TOA1})^{-1} B_{TOA1}^T A_{TOA1}$ 式12

[0076] 在 $TOA1$ 定位单元206(根据式12)计算了 $TOA1$ 位置误差和距离校准误差的值之后, $TOA1$ 定位单元206可以使用式5a通过对距离校准误差(Δd_c)与初始距离校准常数($d_{c_{init}}$)进行求和来计算 $TOA1$ 距离校准常数(d_{c_TOA1})218。同样, $TOA1$ 定位单元206可以使用式5b通过对 $TOA1$ 位置误差(ΔY_{TOA1})与未知WLAN设备102的初始位置214($Y_{TOA1_{init}}$)进行求和来计算未知WLAN设备的估计位置220(Y_{TOA1})。在一个实现中, $TOA1$ 定位单元206的输出处的未知WLAN设备102的位置220可被表示为 $Y_{TOA1} = \{y_{TOA1}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$,其中 y_{TOA1}^s 表示未知WLAN设备102的位置的第*s*个维度的值。注意, $TOA1$ 定位单元206可以仅执行本文中参照式3a-式12所描述的操作一次(即,仅一次迭代)来计算未知WLAN设备102的估计位置。

[0077] 图3描绘了解说TOA定位机制的示例操作的流程图(“流程”)300。流程300在框302处开始。

[0078] 在框302,未知网络设备确定通信网络的多个参考网络设备以基于该多个参考网络设备来估计未知网络设备的位置。参照图1的示例,未知WLAN设备102的位置计算单元110可以标识参考WLAN设备104、106、108和112以基于参考WLAN设备104、106、108和112来估计未知WLAN设备102的位置。在一些实现中,位置计算单元110可以基于分析与无线通信网络100中的多个WLAN设备相关联的一个或多个性能测量来从该多个WLAN设备中标识参考WLAN设备104、106、108和112。例如,位置计算单元110可以标识无线通信网络100中具有最高收到信号强度指示符(RSSI)、最低分组差错率(PER)等的*N*个WLAN设备。在一些实现中,如果无线通信网络100包括多个接入点,则这些接入点可以(例如,在信标消息中)向无线通信网络100中的其他WLAN设备广告它们的存在/位置。位置计算单元110可以检测这些信标消息、标识传送这些信标消息的接入点、以及至少选择这些接入点的子集作为参考WLAN设备(例如,基于分析与接收自每个接入点的信标消息相关联的性能测量)。流程在框304处继续。

[0079] 在框304,向该多个参考网络设备中的每个参考网络设备传送控制消息。例如,位置计算单元110可以向参考WLAN设备104传送控制消息。该控制消息可以包括与未知WLAN设备102相关联的标识符、与参考WLAN设备104相关联的标识符、以及合适的有效载荷(例如,码元的预定组合、空有效载荷等)中的一者或多者。位置计算单元110还可以记录向参考WLAN设备104传送控制消息的时刻。同样,参照图1,位置计算单元110还可以记录向参考WLAN设备106、108和112传送控制消息的时刻。流程在框306处继续。

[0080] 在框306,从该多个参考网络设备中的每个参考网络设备接收响应控制消息。例

如,位置计算单元110可以从参考WLAN设备104接收响应控制消息。该响应控制消息可以是WLAN确收(ACK)消息或者指示在参考WLAN设备104处接收到(在框304处传送的)控制消息的任何合适的消息。位置计算单元110还可以记录在未知WLAN设备102处从WLAN设备104接收响应控制消息的时刻。同样,参照图1,位置计算单元110还可以记录从参考WLAN设备106、108和112接收响应控制消息的时刻。流程在框308处继续。

[0081] 在框308,确定与每个参考网络设备相关联的往返传输时间(RTT)。在一个实现中,位置计算单元110可以基于(在框304处记录的)向参考WLAN设备104传送控制消息的时刻以及(在框306处记录的)从参考网络设备104接收响应控制消息的时刻来确定与参考WLAN设备104相关联的RTT。位置计算单元110可以通过从接收响应控制消息的时刻减去传送控制消息的时刻来计算与参考WLAN设备104相关联的RTT。注意,在其他实现中,位置计算单元110可以采用其他合适的技术来确定与参考WLAN设备104相关联的RTT。同样,参照图1,位置计算单元110还可以确定与参考WLAN设备106、108和112相关联的RTT。流程在框310处继续。

[0082] 在框310,对于该多个参考网络设备中的每个参考网络设备,至少部分地基于与该参考网络设备相关联的RTT来计算未知网络设备与该参考网络设备之间的距离。例如,位置计算单元110(例如,图2的距离计算单元202)可以至少部分地基于与相应的参考WLAN设备相关联的RTT来计算未知WLAN设备102与参考网络设备104、106、108和112中的每个参考网络设备之间的距离,如以上参照图2的式1a所描述的。注意,在其他实现中,位置计算单元202可以使用其他合适的技术来确定未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的距离。流程在框312处继续。

[0083] 在框312,至少部分地基于参考网络设备的已知位置来计算未知网络设备的初始位置。例如,位置计算单元110(例如,图2的TOA1初始位置计算单元204)可以计算未知WLAN设备102的初始位置214。如以上参照式2a所描述的,未知WLAN设备102的初始位置214可根据参考WLAN设备的位置212来计算。在一些示例中,如以上在式2b中所描述的,未知WLAN设备102的初始位置可被计算为参考WLAN设备的位置的平均。在其他示例中,如以上在式2c中所描述的,未知WLAN设备102的初始位置可被计算为参考WLAN设备的位置的另一合适的加权(或非加权)组合。更具体地,如以上图2中所描述的,位置计算单元110可以确定TOA1位置误差矩阵(ΔY_{TOA1}),以使得TOA1位置误差矩阵的每个元素表示未知WLAN设备的估计位置的坐标(例如,估计的X坐标)与未知WLAN设备102的初始位置的初始位置坐标(例如,未知WLAN设备102的初始位置的X坐标)之间的差异。位置计算单元110可以根据式10来计算TOA1距离误差矩阵(A_{TOA1})。位置计算单元110可以随后根据式11来计算TOA1系数矩阵(B_{TOA1})。位置计算单元110可以至少部分地基于使 B_{TOA1} 矩阵与 B_{TOA1} 矩阵的转置的乘积的行列式最大化来计算无线网络设备的初始位置,如式2b中所描绘的。该流程在框314继续。

[0084] 在框314,至少部分地基于未知网络设备的初始位置和未知网络设备与每个参考网络设备之间的距离来执行第一抵达时间(TOA1)定位算法的单次迭代以估计未知网络设备的位置。例如,位置计算单元110(例如,图2的TOA1定位单元206)可以执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的单次迭代以计算未知WLAN设备102的位置。另外,TOA1定位单元206还可以接收初始距离校准常数216(作为输入)。如以上图2中所描述的,初始距离校准常数216可以为0、预定值、或者随机选择的值。如以上在式3a-式12中所描述的,TOA1定位单元206可以将(在框312处确定的)未知WLAN设备102的初始位置214、(在框310处确定的)至每个参考

WLAN设备的距离210、初始距离校准常数216、以及参考WLAN设备的已知位置212用作输入以执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的单次迭代并且计算未知WLAN设备102的位置。因此，TOA1定位单元206还可以至少部分地基于(以上描述的)初始距离校准常数216通过执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的单次迭代来确定TOA1距离校准常数218。注意，在其他实施例中，TOA1定位单元206可以采用其他合适的技术以至少部分地基于未知WLAN设备102的所计算出的初始位置214来估计未知WLAN设备102的位置(例如，如将在以下进一步描述的)。该流程从框314结束。

[0085] 图4是包括混合TOA定位机制的位置计算单元110的一个实施例的示例框图。位置计算单元110包括先前在图2-3中描述的距离计算单元202、TOA1初始位置计算单元204、以及TOA1定位单元206。另外，位置计算单元110还包括TOA2初始值计算单元402和TOA2定位单元404。如图4的示例中所示，距离计算单元202和TOA1初始位置计算单元204与TOA1定位单元206耦合。TOA1定位单元206和距离计算单元202与TOA2初始值计算单元402耦合。距离计算单元202和TOA2初始值计算单元402与TOA2定位单元404耦合。

[0086] 距离计算单元202可以至少部分地基于与参考WLAN设备相关联的相应RTT208来计算未知WLAN设备102与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备之间的距离210，如以上根据图2的式1a所描述的。TOA1初始位置计算单元204可以至少部分地基于参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的位置212来计算未知WLAN设备102的初始位置214，如以上根据图2的式2a、式2b和式2c所描述的。TOA1定位单元206可以采用基于泰勒级数的TOA1定位算法的单次迭代以至少部分地基于未知WLAN设备102的初始位置212、初始距离校准常数216和距离210来估计未知WLAN设备102的TOA1位置220和距离校准常数218，如以上根据图2的式3a-式12所描述的。在混合TOA机制中，TOA1定位单元206的输出处的距离校准常数218和位置220可分别被称为“中间距离校准常数”和“未知WLAN设备的第一中间位置”。

[0087] TOA2初始值计算单元402可以计算将被提供作为TOA2定位单元404的输入的距离校准常数(“目标距离校准常数”)和初始位置(“未知WLAN设备的第二中间位置”)。TOA2初始值计算单元402可以至少部分地基于(由距离计算单元202确定的)至参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备的估计距离(\hat{d}_i)210、(由TOA1定位单元206计算的)未知WLAN设备102的第一中间位置(Y_{TOA1})220和中间距离校准常数218来计算目标距离校准常数和未知WLAN设备的第二中间位置。另外，参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置(X_i)210被提供作为至TOA2初始值计算单元402的输入参数。如图4中所描绘的，TOA2初始值计算单元402可以估计目标距离校准常数(d_c)406和未知WLAN设备102的第二中间位置($Y_{TOA2_{min}}$)408。在一些实现中，目标距离校准常数406可被表示为中间距离校准常数218、未知WLAN设备的第一中间位置220、参考WLAN设备的已知位置212、以及至参考WLAN设备的距离210的函数 $g(\cdot)$ ，如式13a中所描绘的。在一个示例中，TOA2初始值计算单元402可以将目标距离校准常数406的值计算为A)基于参考WLAN设备的已知位置和未知WLAN设备的第一中间位置的未知WLAN设备与参考WLAN设备之间的估计距离($\|X_i - Y_{TOA1}\|$)，与B)基于与参考WLAN设备相关联的RTT的未知WLAN设备与参考WLAN设备之间的测得距离的差的加权和，如由式13b所描绘的。作为另一示例，TOA2初始值计算单元402可以将中间距离校准常数220

指派为目标距离校准常数406,如根据式13c所描绘的。

$$[0088] \quad d_c = g(d_{c_{TOA1}}, Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}, \hat{d}_0, \hat{d}_1, \dots, \hat{d}_{N-1}) \quad \text{式13a}$$

$$[0089] \quad d_c = \sum_{i=0}^{N-1} \beta_i (\|X_i - Y_{TOA1}\| - \hat{d}_i) \quad \text{式13b}$$

$$[0090] \quad d_c = d_{c_00A1} \quad \text{式13c}$$

[0091] 在式13b中, β_i 表示与每个参考WLAN设备相关联的加权因子,并且可被选择成使得每个加权因子都大于或等于0并且所有加权因子的总和等于1。在一个示例中,与每个参考WLAN设备相关联的加权因子 β_i 可被计算为参考WLAN设备的数目的倒数,如由式13d所描绘的。在另一示例中,与每个参考WLAN设备相关联的加权因子 β_i 可根据式13e来计算。

$$[0092] \quad \beta_i = \frac{1}{N}, i = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{式13d}$$

$$[0093] \quad \beta_i = \frac{1}{\|X_i - Y_{TOA1}\| \sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{\|X_j - Y_{TOA1}\|}}, i = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{式13e}$$

[0094] 参照式13e,加权因子可基于对参考WLAN设备的距离测量(例如,参考WLAN设备的位置的置信度)来确定。换言之,未知WLAN设备102与第*i*个参考WLAN设备之间的距离($\|X_i - Y_{TOA1}\|$)可被用来计算加权因子并且可被用作对与第*i*个参考WLAN设备相关联的测量的置信度的指示。例如,如果参考WLAN设备104接近未知WLAN设备102,则 $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 具有较小值、其倒数具有较大值,并且因此参考WLAN设备104与较大的加权因子(例如,较高重要性)相关联。作为另一示例,如果参考WLAN设备108远离未知WLAN设备102,则 $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 具有较大值、其倒数具有较小值,并且因此参考WLAN设备108与较小的加权因子(例如,较低重要性)相关联。因子 $\sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{\|X_j - Y_{TOA1}\|}$ 是恒定的乘法因子,该乘法因子是未知WLAN设备102与每个参考WLAN设备之间的距离的倒数的总和。注意,在其他实现中,TOA2初始值计算单元402可以采用其他合适的技术来计算与每个参考WLAN设备相关联的加权因子 β_i 。

[0095] 另外,TOA2初始值计算单元402还将未知WLAN设备102的第二中间位置($Y_{TOA2_{init}}$) 408确定为(由TOA1定位单元206计算的)未知WLAN设备102的第一中间位置(Y_{TOA1}) 220和参考WLAN设备的位置210的函数 $h(\cdot)$,如在式14a中所描绘的。在一些实现中,未知WLAN设备102的第二中间位置408可被计算为参考WLAN设备的位置210的平均,如式14b中所描绘的。在另一实现中,未知WLAN设备102的第一中间位置(Y_{TOA1}) 220可被指定为未知WLAN设备102的第二中间位置408,如在式14c中所描绘的。

$$[0096] \quad Y_{TOA2_{init}} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) \quad \text{式14a}$$

$$[0097] \quad Y_{TOA2_{init}} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i \quad \text{式14b}$$

$$[0098] \quad Y_{TOA2_{init}} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = Y_{TOA1} \quad \text{式14c}$$

[0099] 注意,在一些实现中,未知WLAN设备102的第二中间位置可被表示为

$$Y_{TOA2_{init}} = \{Y_{TOA2_{init}}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\},$$

其中 $Y_{TOA2_{init}}^s$ 表示未知WLAN设备102的第二中间位置的第s个维度的值。还注意,在一些实现中,TOA2初始值计算单元402可以采用其他合适的技术来计算未知WLAN设备102的第二中间位置408。例如,未知WLAN设备102的第二中间位置408可被计算为参考WLAN设备的位置的加权平均,其中基于参考WLAN设备的位置的置信度和/或基于参考WLAN设备与未知WLAN设备102之间的距离来选择权重。作为另一示例,未知WLAN设备102的第二中间位置408可被计算为第一中间位置 (Y_{TOA1}) 220与参考WLAN设备的位置212的组合。

[0100] TOA2定位单元404可以使用基于泰勒级数的TOA2定位算法以至少部分地基于未知WLAN设备102的第二中间位置408、目标距离校准常数406以及至参考WLAN设备104、106、108和112的距离210来迭代地计算未知WLAN设备102的位置。如图4中所描绘的,对于每个参考WLAN设备i,由距离计算单元202计算出的距离210被提供作为TOA2定位单元404的一组输入。由TOA2初始值计算单元402计算出的未知WLAN设备102的第二中间位置408和目标距离校准常数406也被提供作为至TOA2定位单元404的输入。另外,参考WLAN设备104、106、108和112的已知位置212也被提供作为至TOA2定位单元404的输入。TOA2定位单元404可以随后迭代地执行由式15描绘的表达式以在若干次迭代之后逐渐逼近未知WLAN设备102的真实位置 (Y_{TOA2}) 410。根据式15,TOA2定位单元404可以尝试标识 Y_{TOA2} 的值,该值使A) 在式1中基于与第i个参考WLAN设备相关联的RTT所确定的至第i个参考WLAN设备的测得距离与B) 基于第i个参考WLAN设备的已知位置的至第i个参考WLAN设备的估计距离之间的估计误差的总和最小化。在式15中, $\|X_i - Y_{TOA2}\|$ 表示第i个参考WLAN设备的位置 (X_i) 与未知WLAN设备102的真实位置(即,要确定的 Y_{TOA2} 位置) 之间的距离。

$$[0101] \quad Y_{TOA2} = \arg \min_{Y_{TOA2}} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} (d_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2}\|) \right\} \quad \text{式15}$$

[0102] 在一些实现中,通过假定没有估计误差{例如,通过假定 $(d_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2}\|) = 0$ }, TOA2定位单元404可以简化式15并且可以取而代之针对i的所有值求解式16以估计未知WLAN设备102的位置。

$$[0103] \quad d_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2}\| \quad \text{式16}$$

[0104] 未知WLAN设备102的位置410 (Y_{TOA2}) 可被表达为未知WLAN设备的第二中间位置408 ($Y_{TOA2_{init}}$) 与TOA2位置误差 (ΔY_{TOA2}) 之和,如式17中所描绘的。注意,在一些实现中,TOA2位置误差可被表示为 $\Delta Y_{TOA2} = \{\Delta y_{TOA2}^s, s=0, 1, \dots, D-1\}$ 其中 Δy_{TOA2}^s 表示TOA2位置误差的第s个维度的值。TOA2定位单元404可以将式17代入式16以产生式18。

$$[0105] \quad Y_{TOA2} = Y_{TOA2_{init}} + \Delta Y_{TOA2} \quad \text{式17}$$

$$[0106] \quad d_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2_{init}} - \Delta Y_{TOA2}\|, \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{式18}$$

[0107] TOA2定位单元404可以随后使用泰勒级数展开并且可以忽略二阶或更高阶的项以产生式19。TOA2定位单元404可以根据式19针对参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备生成等式,并且可以按矩阵形式来组织该多个生成的等式以产生式20。

$$[0108] \quad \vec{d}_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2_{init}}\| + \sum_{s=0}^{D-1} \left(-\frac{x_i^s - y_{TOA2_{init}}^s}{\|X_i - Y_{TOA2_{init}}\|} \right) \Delta y_{TOA2}^s \quad \text{式19}$$

$$[0109] \quad A_{TOA2} = B_{TOA2} \Delta Y_{TOA2}^T \quad \text{式20}$$

[0110] 在一些实现中,矩阵 ΔY_{TOA2}^T 可以是 $D \times 1$ 列矩阵,该矩阵表示与未知WLAN设备102相关联的TOA2位置误差矩阵(即,未知WLAN设备102的估计位置与未知WLAN设备102的第二中间位置之间的差异)的转置。如参照图2所描述的,TOA2距离误差矩阵 (A_{TOA2}) 可以是 $N \times 1$ 列矩阵,其中 A_{TOA2} 矩阵的每个元素(即,每一行)与参考WLAN设备之一相关联并且根据式21a来表示。TOA2系数矩阵 (B_{TOA2}) 可以是 $N \times D$ 矩阵,其中 N 表示参考WLAN设备的数目,并且 D 表示用于指定参考WLAN设备的位置的坐标系的维度。 $N \times D$ B_{TOA2} 矩阵的每个元素可由式21b来表示。

$$[0111] \quad A_{TOA2} \text{的第} i \text{个元素: } \vec{d}_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2_{init}}\| \quad \text{式21a}$$

$$[0112] \quad B_{TOA2} \text{的第} (i, s) \text{个元素: } -\frac{x_i^s - y_{TOA2_{init}}^s}{\|X_i - Y_{TOA2_{init}}\|} \quad \text{式21b}$$

[0113] 如以上参照图2所描述的,在一个实现中,维度(例如, s 的值)可以随列而变并且可以贯穿特定的列保持不变。在考虑中的参考设备(例如, i 的值)可以随行而变并且可以贯穿特定的行保持不变。TOA2定位单元404可以随后根据式22来计算TOA2位置误差 ΔY_{TOA2} 。

$$\Delta Y_{TOA2}^T = (B_{TOA2}^T B_{TOA2})^{-1} B_{TOA2}^T A_{TOA2}$$

$$[0114] \quad \text{式22}$$

[0115] TOA2定位单元404可以随后使用式17通过对根据式22确定的TOA2位置误差 (ΔY_{TOA2}) 与未知WLAN设备102的第二中间位置408 ($Y_{TOA2_{init}}$) 进行求和来迭代地估计未知WLAN设备的位置410 (Y_{TOA2})。在一个实现中,TOA2定位单元404的输出处的未知WLAN设备102的位置410可被表示为 $Y_{TOA2} = \{y_{TOA2}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$, 其中 y_{TOA2}^s 表示未知WLAN设备的位置的第 s 个维度的值。

[0116] 在下次迭代中,TOA2定位单元404可以将前一次迭代处计算出的TOA2定位单元404的输出用作TOA2定位单元404的输入处的未知WLAN设备102的初始位置{即, $Y_{TOA2_{init}}$ (下一次迭代) = Y_{TOA2} (前一次迭代)} ,并且使用式17和式22来确定下一次迭代处的TOA2位置误差 (ΔY_{TOA2}^T) 和未知WLAN设备102的估计位置 (Y_{TOA2}) 直至TOA2位置误差低于阈值误差值或者直至已执行了阈值次数的迭代。

[0117] 图5和图6描绘了解说混合TOA定位机制的示例操作的流程图(“流程”)500。流程500始于图5中的框502。

[0118] 在框502,未知网络设备确定通信网络中的多个参考网络设备以基于该多个参考网络设备来估计该未知网络设备的位置。参照图1的示例,未知WLAN设备102的位置计算单元110可以标识参考WLAN设备104、106、108和112以基于这些参考WLAN设备来估计未知WLAN设备102的位置。如以上图3中所描述的,位置计算单元110可以从多个WLAN设备中选择与最佳性能测量(例如,RSSI、PER等)相关联的参考WLAN设备104、106、108和112。该流程在框504继续。

[0119] 在框504,确定与该多个参考网络设备中的每个参考网络设备相关联的往返传输时间(RTT)。在一个实现中,如以上图3的框304-308中所描述的,位置计算单元110可以记录向每个参考WLAN设备传送控制消息的时刻以及在未知WLAN设备102处接收相应的响应控制消息的时刻。相应地,位置计算单元110可以确定与参考WLAN设备104、106、108和112中的每个参考WLAN设备相关联的RTT。注意,在其他实现中,位置计算单元110可以采用其他合适的技术来确定与参考WLAN设备104、106、108和112相关联的RTT。流程在框506处继续。

[0120] 在框506,对于该多个参考网络设备中的每个参考网络设备,至少部分地基于与该参考网络设备相关联的RTT来计算未知网络设备与该参考网络设备之间的距离。例如,位置计算单元110(例如,图4的距离计算单元202)可以确定未知WLAN设备102与该多个参考WLAN设备中的每个参考WLAN设备之间的距离,如以上参照图2的式1a和参照图3的框310所描述的。流程在框508处继续。

[0121] 在框508,至少部分地基于参考网络设备的已知位置来计算未知网络设备的初始位置。例如,位置计算单元110(例如,图4的TOA1初始位置计算单元204)可以计算未知WLAN设备102的初始位置,如以上参照图2的式2a-2c和图3的框312所描述的。流程在框510处继续。

[0122] 在框510,确定与参考网络设备相关联的初始距离校准常数。例如,位置计算单元110可以确定与参考网络设备相关联的初始距离校准常数216。如以上参照图2所描述的,初始距离校准常数216可以为0、先前确定的值、随机选择的值等。流程在框512处继续。

[0123] 在框512,至少部分地基于未知网络设备的初始位置、初始距离校准常数、和至每个参考网络设备的距离来执行第一抵达时间(TOA1)定位算法的单次迭代以估计未知网络设备的第一中间位置和中间距离校准常数。TOA1定位算法可被用于确定距离校准常数的中间值,该中间值可最终被提供给TOA2定位算法,如以下将描述的。在一些实现中,位置计算单元110(例如,图2的TOA1定位单元206)可以执行基于泰勒级数的TOA1定位算法的单次迭代以估计未知WLAN设备102的第一中间位置220和中间距离校准常数218,如以上根据图2的式3a至式12所描述的。注意,在其他实现中,TOA1定位单元206可以采用其他合适的技术以至少部分地基于未知WLAN设备102的初始位置214来估计未知WLAN设备102的第一中间位置220和中间距离校准常数218。该流程在图6中的框514处继续。

[0124] 在框514,至少部分地基于中间距离校准常数、未知网络设备的第一中间位置、参考网络设备的位置、以及至每个参考网络设备的距离来计算目标距离校准常数。例如,位置计算单元110(例如,TOA2初始值计算单元402)可以计算目标距离校准常数406,如以上参照图4的式13a-式13e所描述的。注意,TOA2初始值计算单元402可以使用其他合适的技术来估计目标距离校准常数406。目标距离校准常数406可以随后被用作第二抵达时间(TOA2)定位算法的输入参数用于迭代地估计未知WLAN设备102的位置,如将在框518中所描述的。流程在框516处继续。

[0125] 在框516,至少部分地基于未知网络设备的第一中间位置和参考网络设备的位置来确定未知网络设备的第二中间位置。例如,位置计算单元110(例如,TOA2初始值计算单元402)可以计算未知WLAN设备102的第二中间位置408,如以上根据图4的式14a-14c所描述的。注意,TOA2初始值计算单元402可以使用其他合适的技术来确定未知WLAN设备102的第二中间位置408。未知WLAN设备102的第二中间位置408可随后被提供作为至TOA2定位算法

的输入参数以迭代地估计未知WLAN设备102的位置,如将在框518中所描述的。流程在框518处继续。

[0126] 在框518,至少部分地基于未知网络设备的第二中间位置和目标距离校准常数来迭代地执行TOA2定位算法以计算未知网络设备的估计位置。例如,如以上参照图4的式15-式22所描述的,位置计算单元110(例如,TOA2定位单元404)可以至少部分地基于(在框516处确定的)未知网络设备的第二中间位置、(在框514处确定的)目标距离校准常数、以及参考网络设备的位置来执行基于泰勒级数的TOA2定位算法的多次迭代以计算未知WLAN设备102的位置410。注意,TOA2初始值计算单元402可以采用其他合适的技术来确定未知WLAN设备102的估计位置410。该流程从框518结束。

[0127] 应理解图1-6是旨在帮助理解诸实施例的示例,而不应被用来限定实施例或限制权利要求的范围。诸实施例可执行附加操作、执行较少操作、以不同次序执行操作、并行地执行操作、以及以不同方式执行一些操作。注意,在一些实现中,位置计算单元110可以(为每个参考WLAN设备)确定多个RTT测量和多个距离测量。例如,位置计算单元110可以向参考WLAN设备104传送预定数目的控制消息并且可以接收相应数目的响应控制消息。因此,位置计算单元110可以计算预定数目个与参考WLAN设备104相关联的RTT测量。在一些实现中,位置计算单元110可以确定平均RTT值并将其用于后续操作。在其他实现中,位置计算单元110可以针对每个RTT测量确定至参考WLAN设备104的距离,以及可以确定至参考WLAN设备104的平均距离并将其用于后续操作。

[0128] 尽管附图涉及未知WLAN设备102,该未知WLAN设备102执行本文中所描述的操作以估计未知WLAN设备102的位置,但是诸实施例并不被如此限定。在其他实施例中,用于确定未知WLAN设备102的位置的功能性可由一个或多个其他合适的电子设备来执行。在一些实现中,参考WLAN设备、集中式服务器、和/或另一合适的电子设备中的一者或多者可以执行用于确定未知WLAN设备102的位置的操作中的一些操作或全部操作。例如,未知WLAN设备102可以确定与参考WLAN设备102、106、108和112中的每个参考WLAN设备相关联的RTT并且可向集中式服务器(或者处理已被卸载到其上的另一设备)提供RTT值。集中式服务器可以随后计算未知WLAN设备102的位置(如由图1-6所描述的)并且可以向未知WLAN设备102传达所计算出的位置。

[0129] 各实施例可采取全硬件实施例、软件实施例(包括固件、常驻软件、微代码等)、或组合了软件与硬件方面的实施例的形式,其在本文可全部被统称为“电路”、“模块”或“系统”。此外,本发明主题内容的各实施例可采取实施在任何有形表达介质中的计算机程序产品的形式,该有形表达介质具有实施在该介质中的计算机可使用程序代码。所描述的实施例可作为可包括其上存储有指令的机器可读介质的计算机程序产品、或软件来提供,这些指令可用来编程计算机系统(或其他(诸)电子设备)以根据实施例来执行过程——无论本文中是否有所描述,因为本文中未枚举每种可构想到的变体。机器可读介质包括用于以机器(例如,计算机)可读的形式(例如,软件、处理应用)来存储或传送信息的任何机构。机器可读介质可以是机器可读存储介质、或机器可读信号介质。例如,机器可读存储介质可包括但不限于磁存储介质(例如,软盘);光存储介质(例如,CD-ROM);磁光存储介质;只读存储器(ROM);随机存取存储器(RAM);可擦除可编程存储器(例如,EPR0M和EEPROM);闪存;或适于存储电子指令的其它类型的有形介质。机器可读信号介质可包括其中实施有计算机可读程

序代码的所传输数据信号,例如电、光、声、或其他形式的所传输信号(例如,载波、红外信号、数字信号等)。实施在机器可读信号介质上的程序代码可以使用任何合适的介质来传送,包括但不限于有线、无线、光纤缆线、RF或其他通信介质。

[0130] 用于执行诸实施例的操作的计算机程序代码可以用一种或更多种编程语言的任何组合来编写,包括面向对象编程语言(诸如Java、Smalltalk、C++或类似语言)、以及常规过程编程语言(诸如“C”编程语言或类似编程语言)。该程序代码可完全地在用户的计算机上、部分地在用户的计算机上、作为自立软件包、部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上、或者完全地在远程计算机或服务器上执行。在后一情景中,远程计算机可通过任何类型的网络(包括局域网(LAN)、个域网(PAN)、或广域网(WAN))连接到用户的计算机,或者该连接可(例如,使用因特网服务供应商来通过因特网)对外部计算机进行。

[0131] 图7是包括用于在无线通信网络中确定电子设备的位置的机制的电子设备700的一个实施例的框图。在一些实现中,电子设备700可以是膝上型计算机、平板计算机、上网本、移动电话、智能电器、游戏控制台、或包括无线通信能力的其他电子系统之一。电子设备700包括处理器单元702(可能包括多个处理器、多个内核、多个节点、和/或实现多线程处理等等)。电子设备700包括存储器单元706。存储器单元706可以是系统存储器(例如,高速缓存、SRAM、DRAM、零电容器RAM、双晶体管RAM、eDRAM、EDO RAM、DDR RAM、EEPROM、NRAM、RRAM、SONOS、PRAM等中的一者或多者)或者上面已经描述的机器可读介质的可能实现中的任何一个或多个。电子设备700还包括总线710(例如,PCI、ISA、PCI-Express、HyperTransport®、InfiniBand®、NuBus、AHB、AXI等)、以及网络接口704,该网络接口704包括无线网络接口(例如,WLAN接口、蓝牙®接口、WiMAX接口、ZigBee®接口、无线USB接口等)和有线网络接口(例如,电力线通信接口、以太网接口等)中的至少一者。

[0132] 电子设备700还包括通信单元708。通信单元708包括位置计算单元712。在一些实现中,位置计算单元712可以至少部分地基于计算出的电子设备700的初始位置、电子设备700与多个参考WLAN设备中的每个参数WLAN设备之间的距离、以及该多个参考WLAN设备中的每个参考WLAN设备的位置来执行第一TOA定位算法的单次迭代以估计电子设备700的位置,如参照图1-3所描述的。在其他实现中,位置计算单元712可以执行混合TOA定位算法以估计电子设备700的位置,如以上参照图1和4-6所描述的。这些功能性中的任一个都可部分地(或完全地)在硬件中和/或在处理器单元702中实现。例如,该功能性可用专用集成电路来实现、在处理器单元702中实现的逻辑中实现、在外围设备或卡上的协处理器中实现等。此外,诸实现可包括更少的组件或包括图7中未解说的附加组件(例如,视频卡、音频卡、附加网络接口、外围设备等)。处理器单元702、存储器单元706以及网络接口704被耦合至总线710。尽管被解说为耦合至总线710,但是存储器单元706也可耦合至处理器单元702。

[0133] 尽管各实施例是参考各种实现和利用来描述的,但是将理解,这些实施例是解说性的且本发明主题内容的范围并不限于这些实施例。一般而言,如本文中所描述的用于基于TOA的定位系统的技术或者用于基于混合TOA的定位系统的技术可以用与任何一个或多个硬件系统一致的设施来实现。许多变体、修改、添加和改进都是可能的。

[0134] 可为本文描述为单个实例的组件、操作、或结构提供复数个实例。最后,各种组件、操作、以及数据存储之间的边界在某种程度上是任意性的,并且在具体解说性配置的上下

文中解说了特定操作。其他的功能性分配是已预见的并且可落在本发明主题内容的范围内。一般而言,在示例性配置中呈现为分开的组件的结构和功能性可被实现为组合式结构或组件。类似地,被呈现为单个组件的结构和功能性可被实现为分开的组件。这些以及其他变体、修改、添加及改进可落在本发明主题内容的范围内。

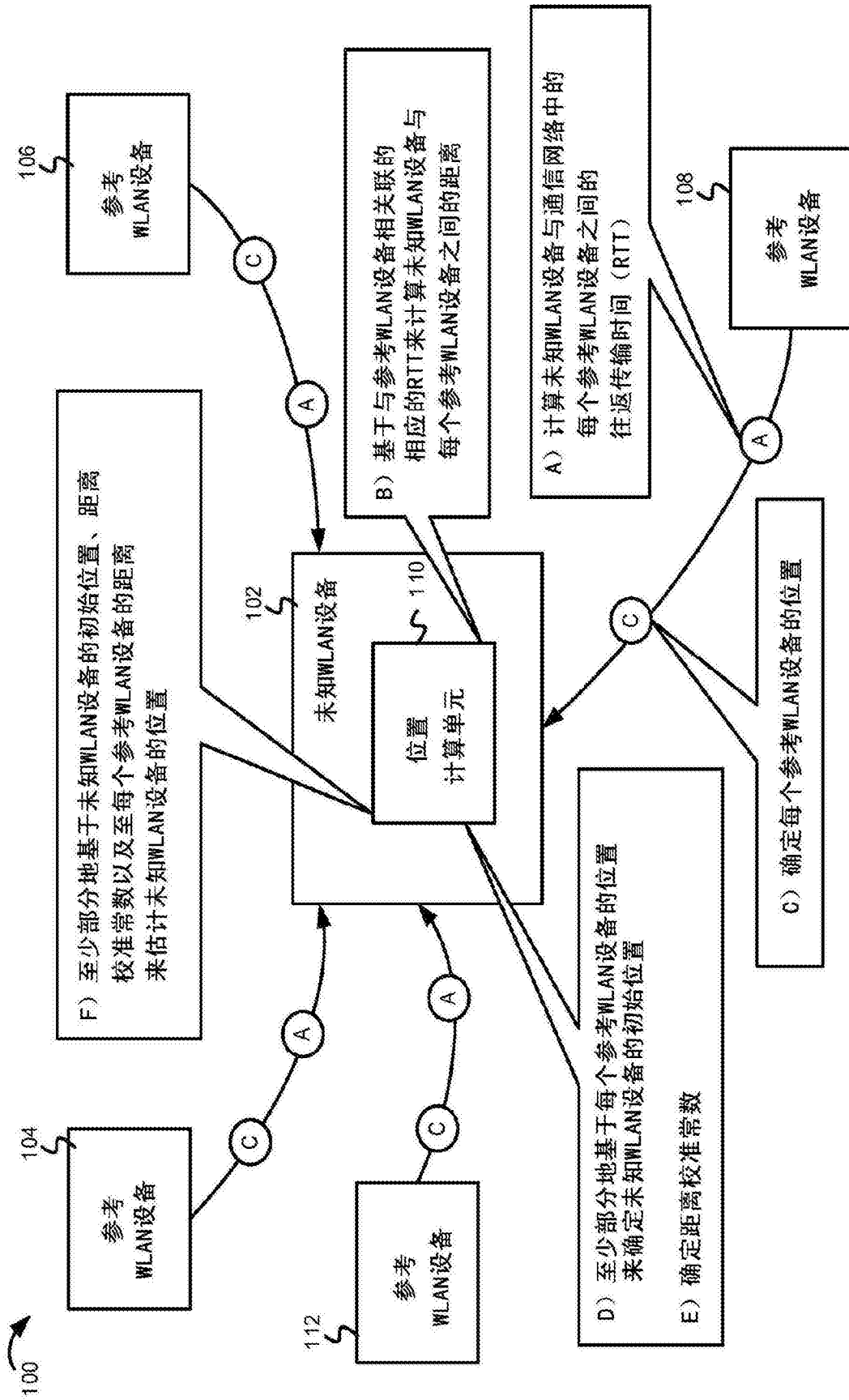


图1

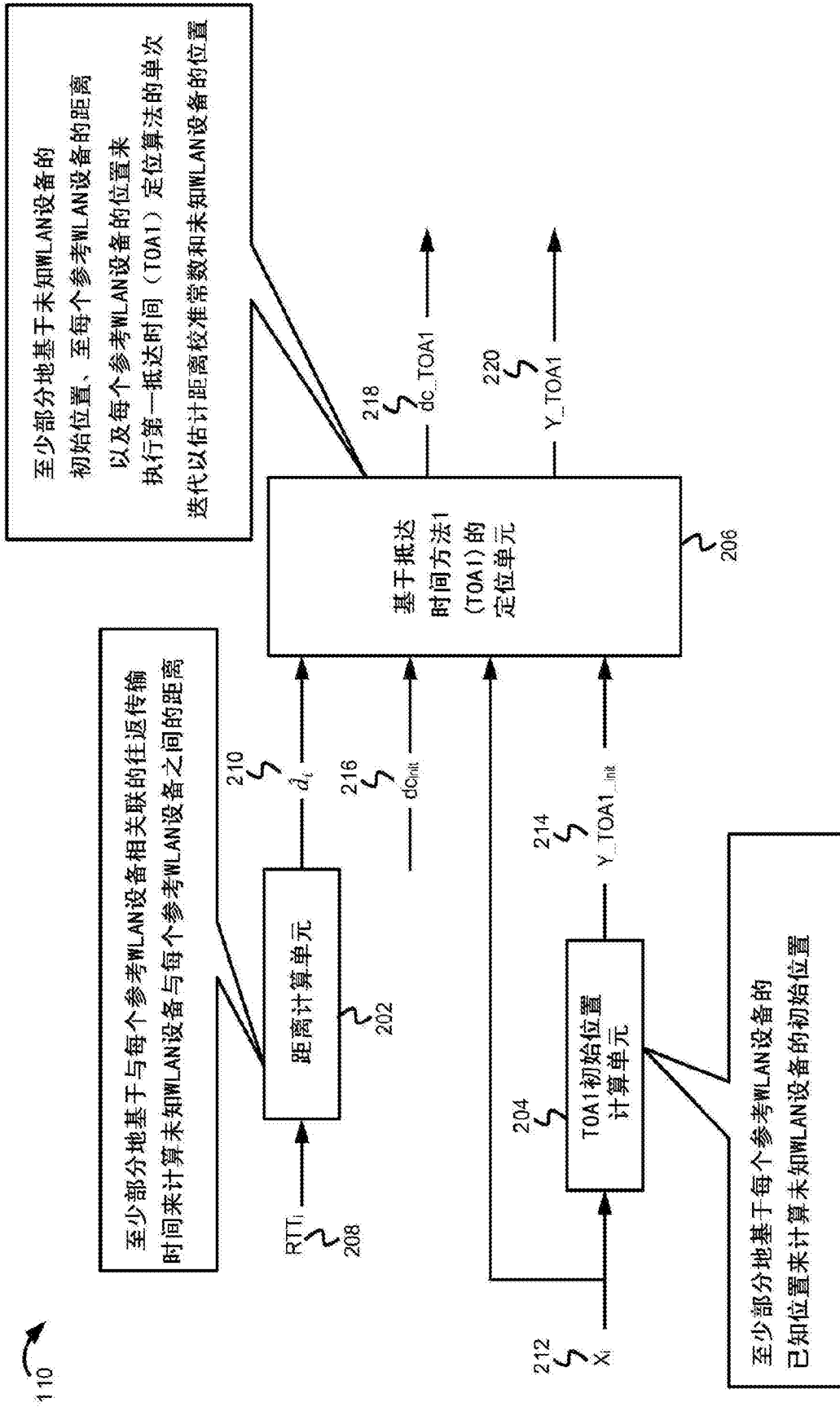


图2

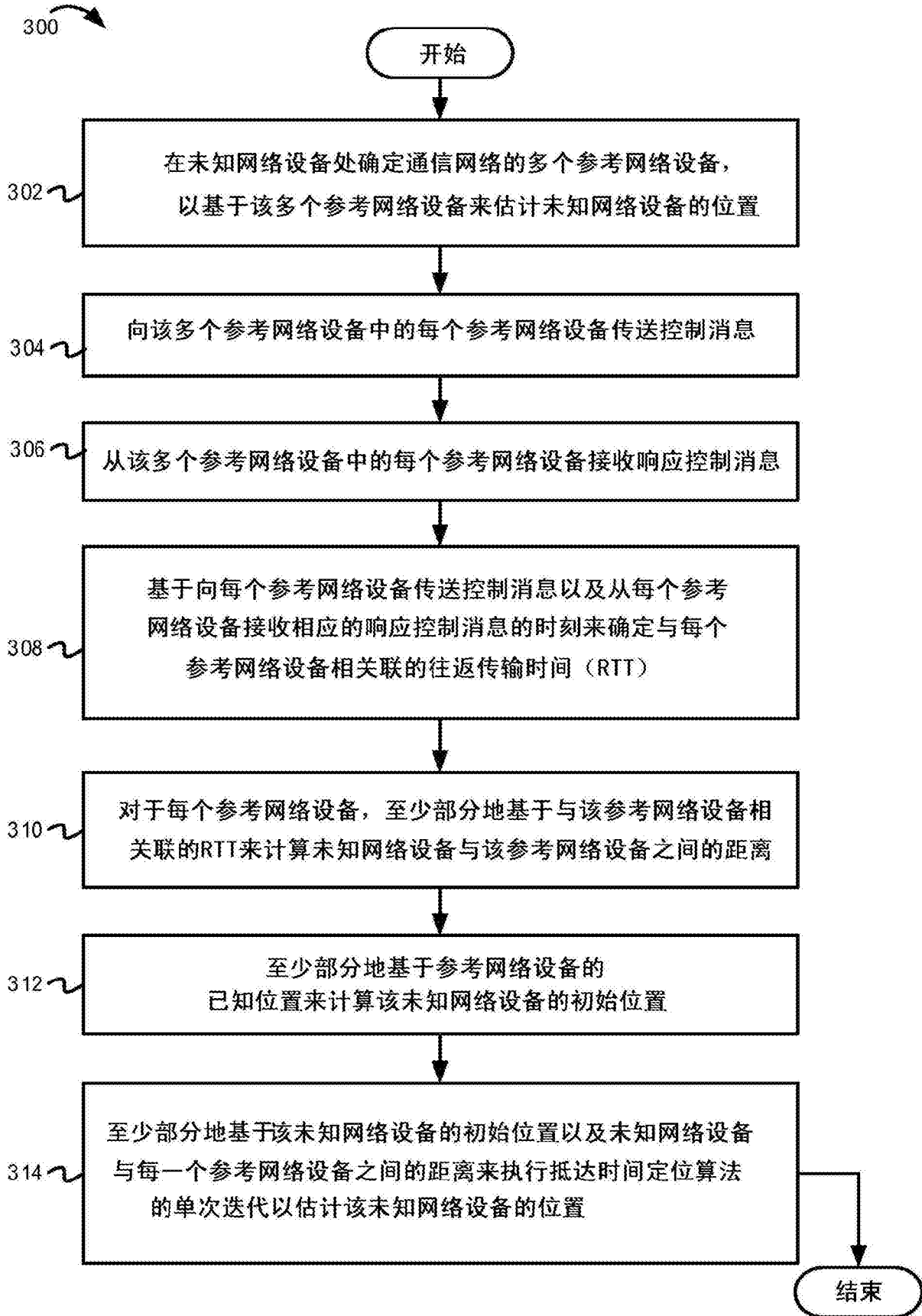


图3

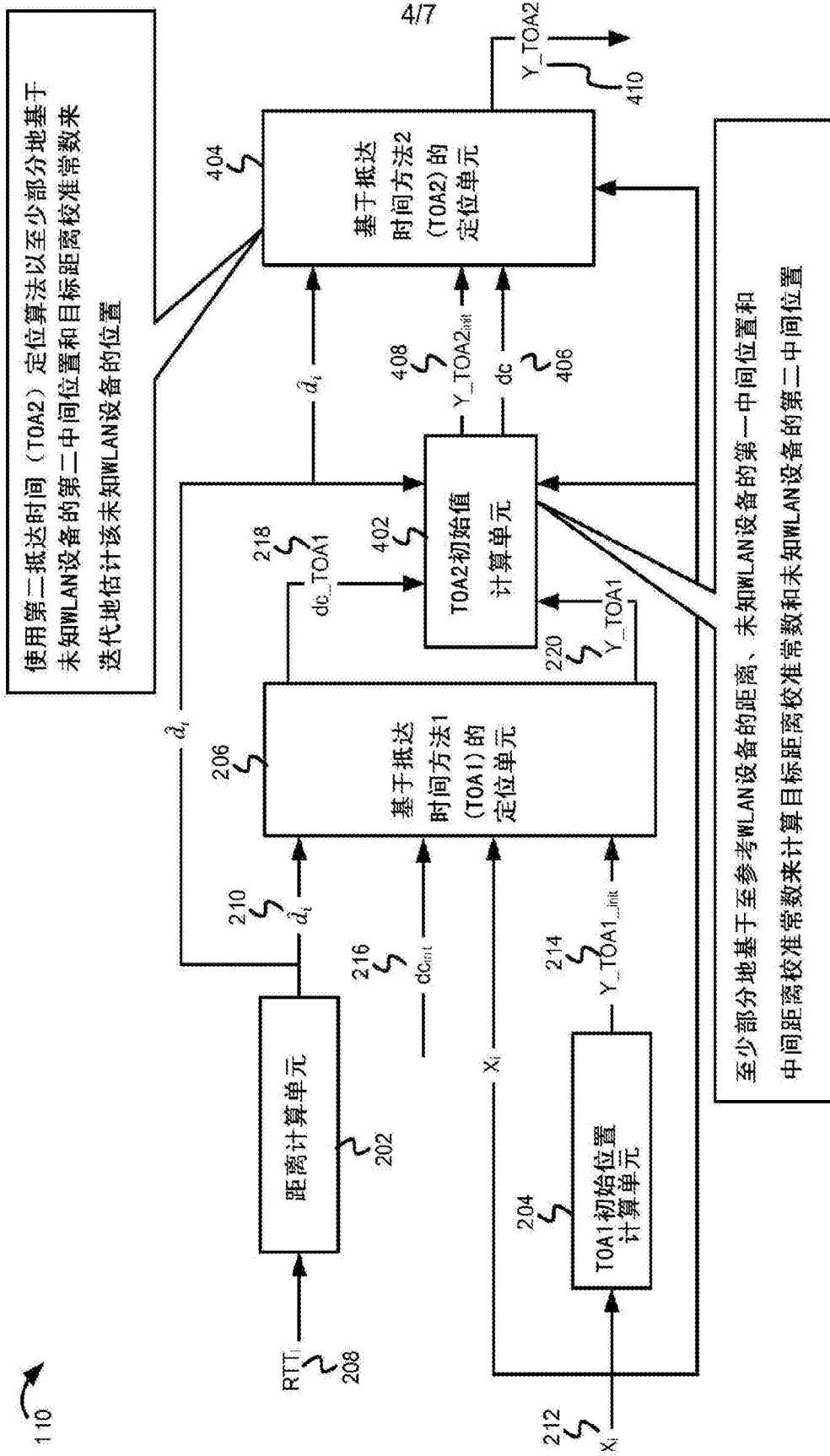


图4

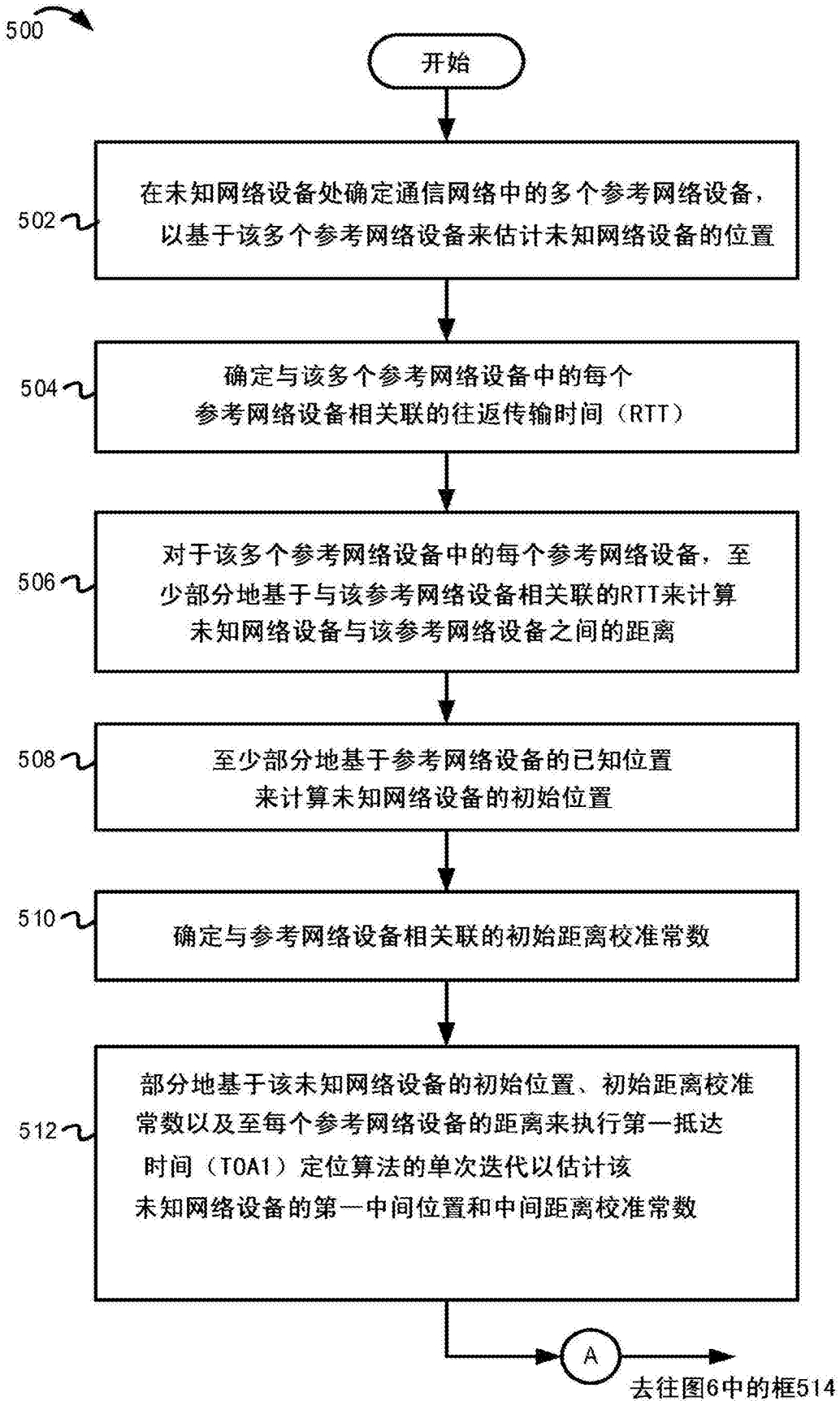


图5

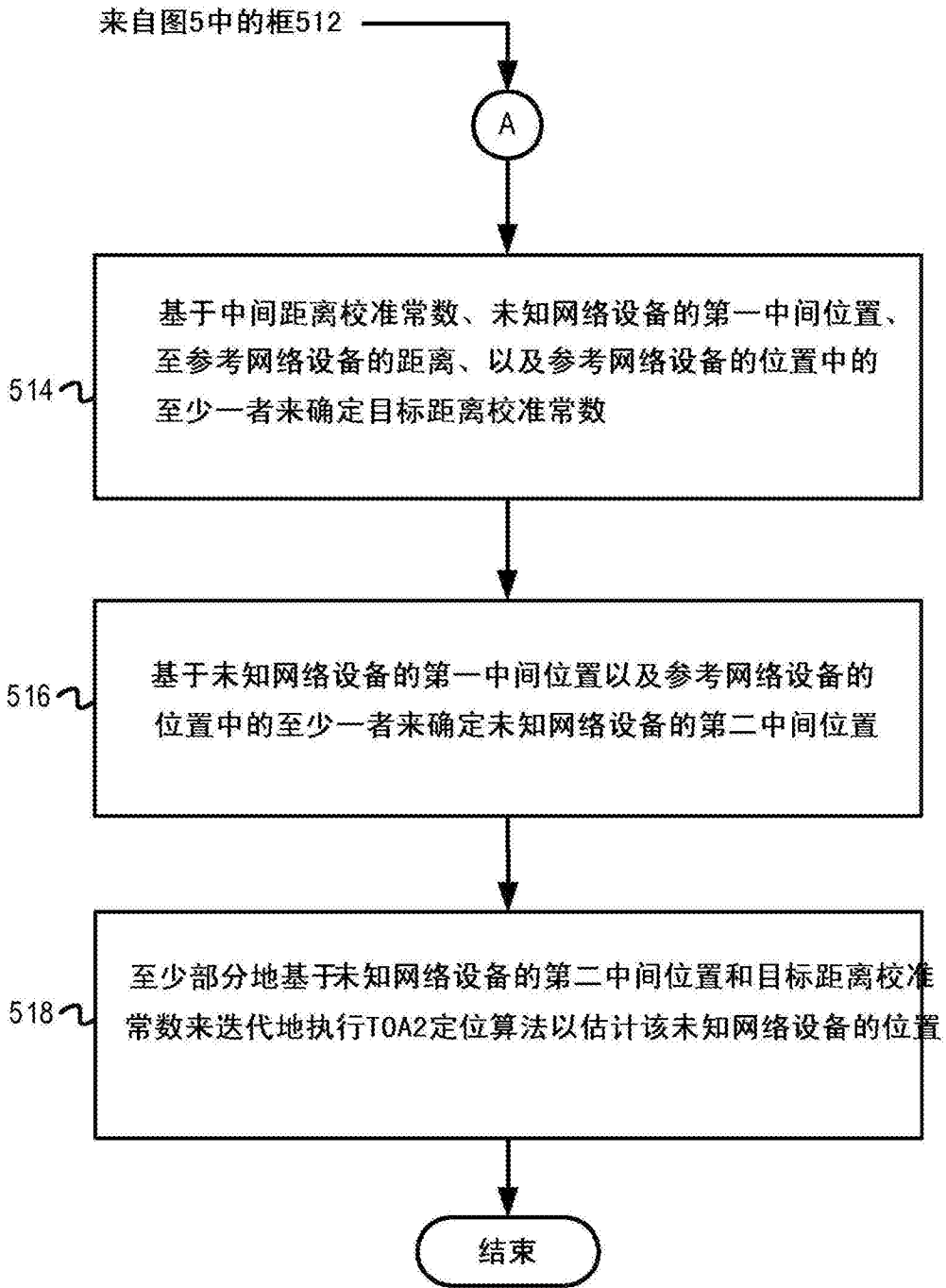


图6

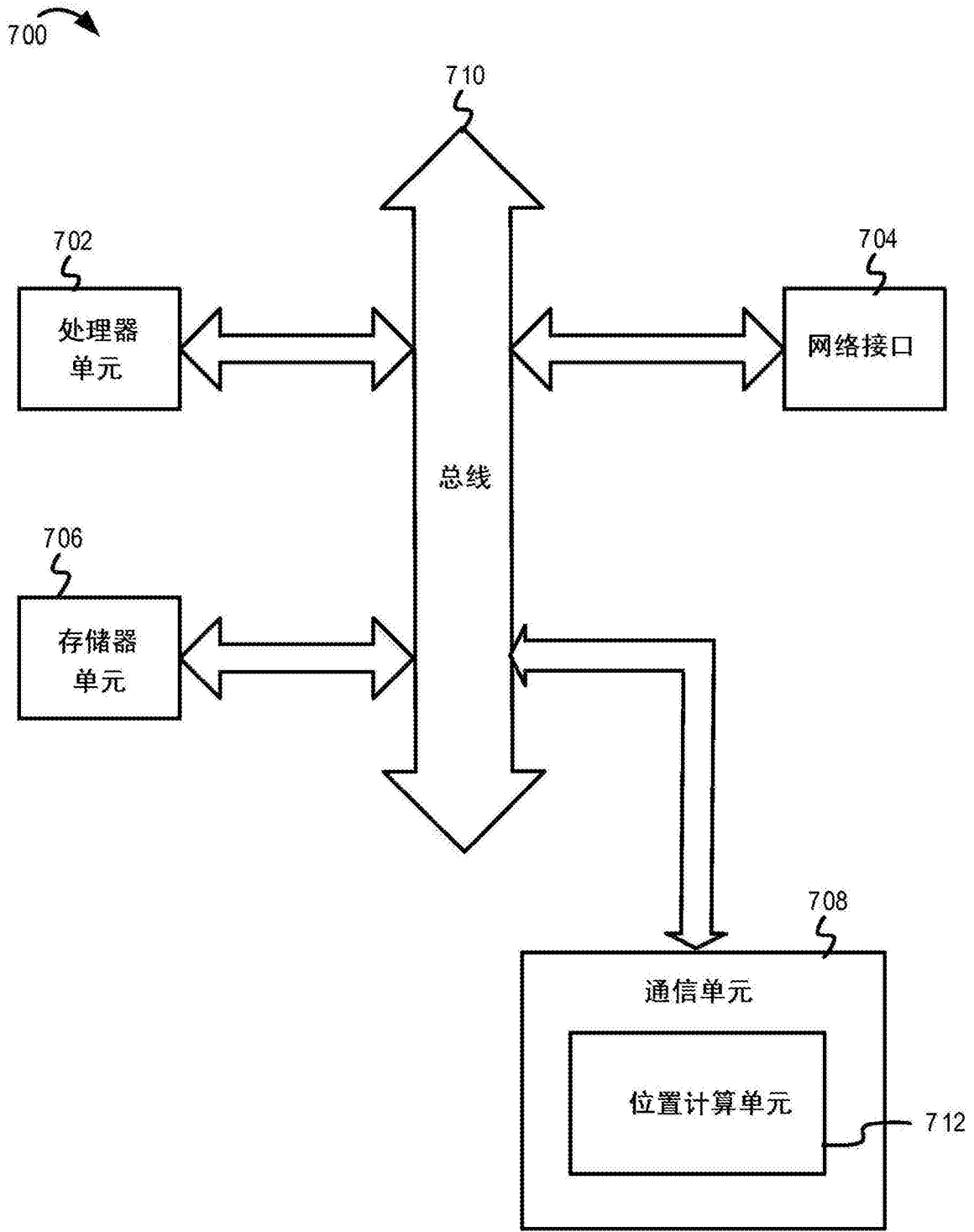


图7