



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110691981 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 17

(21) 申请号 201880029031.6

(22) 申请日 2018.03.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110691981 A

(43) 申请公布日 2020.01.14

(30) 优先权数据
62/477,796 2017.03.28 US
62/577,530 2017.10.26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.10.31

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/024950 2018.03.28

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/183571 EN 2018.10.04

(73) 专利权人 自动化公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 S·休伊特 A·布莱尔 K·塞夫
M·墨菲 M·威依迈 T·艾德林

(74) 专利代理机构 北京坤瑞律师事务所 11494
专利代理师 封新琴

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

(56) 对比文件
US 2010039228 A1,2010.02.18

审查员 金星池

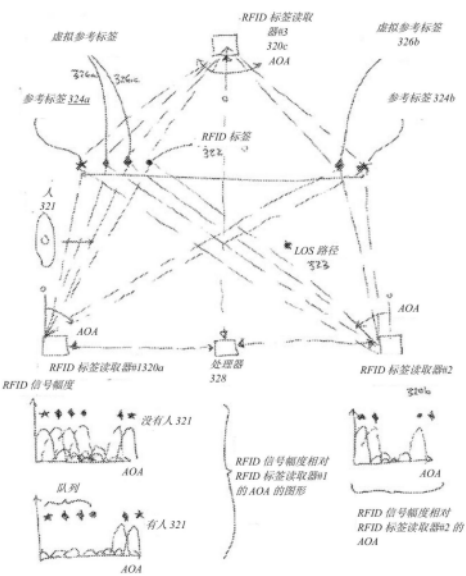
权利要求书4页 说明书33页 附图18页

(54) 发明名称

用于定位RFID标签的方法和设备

(57) 摘要

射频识别(RFID)系统包括天线阵列,以区分视线(LOS)路径与非视线(NLOS)路径。天线阵列中相邻天线之间的距离小于系统的射频(RF)信号的波长的一半。天线阵列中的每个天线也被数字控制以改变天线之间的相对相位差,从而允许数字操控天线阵列通过0与 π 之间的到达角(AOA)。数字操控生成根据AOA的信号幅度的图形。基于图形中局部极值(例如,最大值或最小值)的形状(例如,深度、梯度等)区分LOS路径与NLOS路径。



1. 一种定位射频识别 (RFID) 标签的方法, 所述方法包括:
 - 在 RFID 标签读取器处从第一未知位置处的第一 RFID 标签接收多个第一 RFID 信号;
 - 基于所述多个第一 RFID 信号确定所述第一 RFID 标签的多路径签名, 所述多路径签名表示由所述 RFID 标签读取器沿着从所述第一 RFID 标签到所述 RFID 标签读取器的视线 (LOS) 路径和至少一个非视线 (NLOS) 路径接收的射频 (RF) 功率;
 - 基于所述第一 RFID 标签的多路径签名确定所述第一 RFID 标签是固定的;
 - 响应于确定所述第一 RFID 标签是固定的, 将所述第一 RFID 标签指定为第一虚拟参考标签;
 - 从第二未知位置处的第二 RFID 标签接收至少一个第二 RFID 信号;
 - 基于所述至少一个第二 RFID 信号确定所述第二 RFID 标签的多路径签名, 所述多路径签名表示由 RFID 标签读取器沿着从所述 RFID 标签到所述 RFID 标签读取器的 LOS 路径和至少一个 NLOS 路径接收的 RF 功率;
 - 将所述第二 RFID 标签的多路径签名与所述第一虚拟参考标签的多路径签名进行比较;
 - 以及
 - 基于所述比较, 确定所述第二 RFID 标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置。
2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中接收所述多个第一 RFID 信号包括从多个到达角中的每一个到达角接收至少一个第一 RFID 信号。
3. 根据权利要求 1 所述的方法, 还包括:
 - 从第三未知位置处的第三 RFID 标签接收多个第三 RFID 信号;
 - 基于所述多个第三 RFID 信号将所述第三 RFID 标签指定为第二虚拟参考标签; 以及
 - 确定所述第二虚拟参考标签的多路径分布, 所述多路径分布表示由所述 RFID 标签读取器沿着从所述第二虚拟参考标签到所述 RFID 标签读取器的 LOS 路径和至少一个 NLOS 路径接收的 RF 功率; 以及
 - 基于所述至少一个第二 RFID 信号, 根据所述第二虚拟参考标签的多路径分布确定所述第二 RFID 标签相对于所述第二虚拟参考标签的位置。
4. 根据权利要求 3 所述的方法, 还包括:
 - 确定所述第二 RFID 标签的多路径分布与所述第一虚拟参考标签的多路径分布之间的第一误差;
 - 确定所述第二 RFID 标签的多路径分布与所述第二虚拟参考标签的多路径分布之间的第二误差, 所述第二误差大于所述第一误差;
 - 基于所述第二误差大于所述第一误差, 确定所述 RFID 标签相较于所述第二虚拟参考标签更靠近所述第一虚拟参考标签。
5. 根据权利要求 4 所述的方法, 还包括:
 - 检测来自所述第一虚拟参考标签的 RFID 信号的变化;
 - 检测来自所述第二虚拟参考标签的 RFID 信号的变化;
 - 执行来自所述第一虚拟参考标签的 RFID 信号的变化与来自所述第二虚拟参考标签的 RFID 信号的变化比较; 以及
 - 基于所述比较, 确定所述第一虚拟参考标签和所述第二虚拟参考标签是固定的。
6. 根据权利要求 1 所述的方法, 还包括:

基于所述多个第一RFID信号,确定所述第一虚拟参考标签相对于已知位置处的参考标签的位置;以及

基于所述第一虚拟参考标签相对于所述参考标签的位置和所述第二RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置,确定所述第二RFID标签相对于所述参考标签的位置。

7. 一种用于定位射频识别 (RFID) 标签的系统,所述系统包括:

RFID标签读取器,所述RFID标签读取器用以从第一未知位置处的第一RFID标签接收多个第一RFID信号,并且从第二未知位置处的第二RFID标签接收至少一个第二RFID信号;以及

处理器,所述处理器可操作地耦合到所述RFID标签读取器,以基于所述多个第一RFID信号确定所述第一RFID标签的多路径签名,所述多路径签名表示由RFID标签读取器沿着从所述第一RFID标签到所述RFID标签读取器的视线 (LOS) 路径和至少一个非视线 (NLOS) 路径接收的射频 (RF) 功率,以基于所述第一RFID标签的多路径签名确定所述第一RFID标签是固定的,以响应于确定所述第一RFID标签是固定的而将所述第一RFID标签指定为第一虚拟参考标签,以基于所述至少一个第二RFID信号而确定所述第二RFID标签的多路径签名,所述多路径签名表示由RFID标签读取器沿着从所述第二RFID标签到所述RFID标签读取器的LOS路径和至少一个NLOS路径接收的RF功率;以将所述第二RFID标签的多路径签名与所述第一虚拟参考标签的多路径签名进行比较,并且基于所述比较确定所述第二RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置。

8. 根据权利要求7所述的系统,其中所述RFID标签读取器被配置成从多个到达角中的每一个到达角接收所述多个第一RFID信号中的至少一个第一RFID信号。

9. 根据权利要求7所述的系统,其中:

所述RFID标签读取器被配置成从第三未知位置处的第三RFID标签接收多个第三RFID信号,以及

所述处理器被配置成:

基于所述多个第三RFID信号将所述第三RFID标签指定为第二虚拟参考标签,

确定所述第二虚拟参考标签的多路径分布,所述多路径分布表示由所述RFID标签读取器沿着从所述第二虚拟参考标签到所述RFID标签读取器的LOS路径和至少一个NLOS路径接收的RF功率;以及

基于所述至少一个第二RFID信号,根据所述第二虚拟参考标签的多路径分布确定所述第二RFID标签相对于所述第二虚拟参考标签的位置。

10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述处理器被配置成:

确定所述第二RFID标签的多路径分布与所述第一虚拟参考标签的多路径分布之间的第一误差;

确定所述第二RFID标签的多路径分布与第二虚拟参考标签的多路径分布之间的第二误差,所述第二误差大于所述第一误差;以及

基于所述第二误差大于所述第一误差,确定所述第二RFID标签相较于所述第二虚拟参考标签更靠近所述第一虚拟参考标签。

11. 根据权利要求9所述的系统,其中所述处理器被配置成:

检测来自所述第一虚拟参考标签的RFID信号的变化;

检测来自所述第二虚拟参考标签的RFID信号的变化;

执行来自所述第一虚拟参考标签的RFID信号的变化与来自所述第二虚拟参考标签的RFID信号的变化比较;以及

基于所述比较,确定所述第一虚拟参考标签和所述第二虚拟参考标签是固定的。

12. 根据权利要求7所述的系统,其中所述处理器被配置成基于所述多个第一RFID信号确定所述第一虚拟参考标签相对于已知位置处的参考标签的位置,以及基于所述第一虚拟参考标签相对于所述参考标签的位置和所述第二RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置,确定所述第二RFID标签相对于所述参考标签的位置。

13. 一种定位射频识别(RFID)标签的方法,所述方法包括:

在RFID标签读取器处从第一未知位置处的第一RFID标签接收多个第一RFID信号;

基于所述多个第一RFID信号确定所述第一RFID标签的多路径签名,所述多路径签名表示由所述RFID标签读取器沿着从所述第一RFID标签到所述RFID标签读取器的视线(LOS)路径和至少一个非视线(NLOS)路径接收的射频(RF)功率;

将所述第一RFID标签指定为第一虚拟参考标签;

从第二未知位置处的第二RFID标签接收至少一个第二RFID信号;

基于所述至少一个第二RFID信号确定所述第二RFID标签的多路径签名,所述多路径签名表示由RFID标签读取器沿着从所述RFID标签到所述RFID标签读取器的LOS路径和至少一个NLOS路径接收的RF功率;

将所述第二RFID标签的多路径签名与所述第一虚拟参考标签的多路径签名进行比较;

确定所述第一RFID标签的多路径签名和所述第二RFID标签的多路径签名之间的误差;以及

基于所述误差,确定所述第二RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中接收所述多个第一RFID信号包括从多个到达角中的每一个到达角接收至少一个第一RFID信号。

15. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

从第三未知位置处的第三RFID标签接收多个第三RFID信号;

基于所述多个第三RFID信号将所述第三RFID标签指定为第二虚拟参考标签;以及

确定所述第二虚拟参考标签的多路径分布,所述多路径分布表示由所述RFID标签读取器沿着从所述第二虚拟参考标签到所述RFID标签读取器的LOS路径和至少一个NLOS路径接收的RF功率;以及

基于所述至少一个第二RFID信号,根据所述第二虚拟参考标签的多路径分布确定所述第二RFID标签相对于所述第二虚拟参考标签的位置。

16. 根据权利要求15所述的方法,还包括:

确定所述第二RFID标签的多路径分布与所述第一虚拟参考标签的多路径分布之间的第一误差;

确定所述第二RFID标签的多路径分布与所述第二虚拟参考标签的多路径分布之间的第二误差,所述第二误差大于所述第一误差;

基于所述第二误差大于所述第一误差,确定所述RFID标签相较于所述第二虚拟参考标签更靠近所述第一虚拟参考标签。

17.根据权利要求16所述的方法,还包括:

检测来自所述第一虚拟参考标签的RFID信号的变化;

检测来自所述第二虚拟参考标签的RFID信号的变化;

执行来自所述第一虚拟参考标签的RFID信号的变化与来自所述第二虚拟参考标签的RFID信号的变化比较;以及

基于所述比较,确定所述第一虚拟参考标签和所述第二虚拟参考标签是固定的。

18.根据权利要求13所述的方法,还包括:

基于所述多个第一RFID信号,确定所述第一虚拟参考标签相对于已知位置处的参考标签的位置;以及

基于所述第一虚拟参考标签相对于所述参考标签的位置和所述第二RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置,确定所述第二RFID标签相对于所述参考标签的位置。

用于定位RFID标签的方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求根据美国35U.S.C.§119(e)于2017年10月26日提交的美国申请号62/577,530和于2017年3月28日提交的美国申请号62/477,796的优先权。这些申请均以全文引用的方式并入本文中。

背景技术

[0003] 射频识别 (RFID) 技术在许多商业领域中都具有应用,例如访问控制、动物跟踪、安全保障和收费系统。典型的RFID系统包括标签(也称为应答器)和读取器(也称为询问器)。读取器包括用以发射射频(RF)信号以及接收由标签反射或发射的RF信号的天线。标签也可以包括天线和专用集成电路(ASIC)或微芯片。可将唯一的电子产品代码分配给标签,以将其与其他标签区分开来。

[0004] RFID系统可使用有源标签或无源标签。有源标签包含向读取器发射RF信号的发射器和为发射器供电的电源(例如,电池)。相反,无源标签不含电源,而是通过标签的天线中的感应电流来汲取由读取器生成的功率。在无源RFID系统中,读取器使用读取器天线发送信号,以激励标签天线。一旦标签通电(被激励),标签就将所存储的数据发送回读取器。

[0005] 标签发射或反射的信号可通过多于一条路径到达读取器。例如,信号可沿着直线(被称作视线路径或LOS路径)从标签行进到读取器。信号在到达读取器之前也可从障碍物(例如,分布在环境中的墙壁和其它物体)反射或散射。这些路径被称为非视线(NLOS)路径。在某些情况下,给定信号可以经由多条路径到达接收器,使信号的若干副本到达接收器。读取器感知源自不同方向或到达角的信号的每个副本。这种现象在RFID技术领域被称为“多路径”。

[0006] 多路径可导致不希望的干扰和重影。如果信号的不同副本暂时重叠,他们可能彼此干扰。破坏性干扰导致衰减。如果信号的不同副本彼此不重叠,后续副本可以显示为“重影(ghost)”。这些重影可能欺骗接收器确定存在额外的RFID标签。

发明内容

[0007] 本技术的实施例包括用于定位射频识别(RFID)标签的方法和系统。一个示例包括使用具有一个或多个天线或RFID标签读取器的系统来从第一未知位置处的第一RFID标签接收多个第一RFID信号。耦合到天线的处理器基于多个第一RFID信号将第一RFID标签指定为第一虚拟参考标签。天线从第二未知位置处的第二RFID标签接收至少一个第二RFID信号。并且所述处理器基于所述至少一个第二RFID信号确定所述第一RFID标签相对于所述第一虚拟参考标签的位置。

[0008] 本技术的另一示例使用第一天线从RFID标签接收第一视线(LOS)信号。耦合到第一天线的处理器估计第一到达角、第一相位差和第一LOS信号的第一频率差,并且确定第一相位差相对于第一频率差的变化。第二天线从RFID标签接收第二视线(LOS)信号。所述处理器估计第二到达角、第二相位差和第二LOS信号的第二频率差,并且确定第二相位差相对于

第二频率差的变化。然后,所述处理器基于第一到达角、第一相位差相对于第一频率差的变化、第二到达角以及第二相位差相对于第二频率差的变化估计RFID标签的位置。

[0009] 又一个示例涉及用多个天线从至少一个参考RFID标签接收至少一个RFID信号。可操作地耦合到天线的处理器基于RFID信号确定参考RFID标签的估计位置。处理器执行参考RFID标签的估计位置与参考RFID标签的实际位置的比较。基于参考RFID标签的估计位置与参考RFID标签的实际位置的比较来校准处理器。天线从未知位置处的RFID标签接收至少一个RFID信号。并且处理器基于RFID信号确定RFID标签的估计位置。

[0010] 另一个示例包括用多个天线从在相应已知位置处的相应参考RFID标签接收参考RFID信号。天线还从未知位置处的RFID标签接收至少一个RFID信号。耦合到天线的处理器基于RFID信号和参考RFID信号确定RFID标签的位置。

[0011] 又一个示例包括使用天线阵列从至少一个参考RFID标签接收参考RFID信号。处理器基于参考RFID信号来确定天线阵列的接收模式。天线阵列从未知位置处的RFID标签接收RFID信号,并且所述处理器基于所述RFID信号和所述天线阵列的接收模式确定所述RFID标签的位置。

[0012] 本技术的另一示例包括通过用至少一个天线在一段时间内从RFID标签接收多个RFID信号来监测所述RFID标签。耦合到天线的处理器基于多个RFID信号在所述时间段内估计所述RFID标签的多个可能轨迹。处理器接着识别所述多个可能轨迹中与所述天线和所述RFID标签之间的视线(LOS)路径对应的第一轨迹。

[0013] 定位RFID标签的另一示例性方法包括用多个天线从RFID标签接收信号。处理器生成由所述多个天线中的第一天线检测到的响应的第一数字表示,以及由所述多个天线中的第二天线检测到的响应的第二数字表示。处理器生成第一数字表示和第二数字表示的多个和。这些和中的每一个和处于相对相位差,所述相对相位差表示来自所述RFID标签的所述信号的不同到达角。处理器使用这些和来估计RFID标签的位置。

[0014] 本发明的实施例包括用于定位射频识别(RFID)标签的设备、系统和方法。在一个示例中,定位RFID标签的方法包括用多个天线感测从RFID标签到所述发射器的信号。一个或多个模数转换器(ADC)生成由所述多个天线中的第一天线检测到的响应的第一数字表示,以及由所述多个天线中的第二天线检测到的响应的第二数字表示。耦合到ADC的处理器生成第一数字表示和第二数字表示的多个和。多个和中的每一个和处于相对相位差,所述相对相位差表示来自所述RFID标签的所述信号的不同到达角。所述方法还包括基于所述多个和估计RFID标签的位置。

[0015] 前述概念和下文更详细论述的附加概念的所有组合(前提是这些概念不相互矛盾)被设想为是本文公开的发明主题的一部分。特别地,出现在本公开的结尾处的要求保护的主题的所有组合都被设想为是本文公开的发明主题的一部分。本文中明确采用的术语也可能在通过引用方式并入的任何公开中出现,其应当赋予最符合本文所公开的特定概念的含义。

附图说明

[0016] 技术人员将理解,附图主要是出于说明性目的,而不意图限制本文所描述的发明主题的范围。附图未必按比例绘制;在某些情况下,本文公开的发明主题的各个方面可在幅

图中夸大或扩大显示,以促进对不同特征的理解。在附图中,类似的参考符号一般指代类似的特征(例如,功能上类似和/或结构上类似的元件)。

[0017] 图1A示出了在RFID标签与接收器之间具有视线(LOS)路径和非视线(NLOS)路径的环境中定位射频识别(RFID)标签的示例性系统。

[0018] 图1B示出了用于估计入射信号的到达角(AOA)的示例性系统。

[0019] 图1C是示出了在去卷积或另外校正天线接线模式之前(实心轨迹)和之后(射线)复合信号幅度相对到达角/相位差的示例的图形。

[0020] 图1D示出了四个不同RFID标签的RFID标签信号幅度相对于角度和仰角的图形,其中的每一个RFID标签相对于天线处于不同的AOA。

[0021] 图2是适用于图1A的系统的发射器和接收器的框图。

[0022] 图3A是图示使用与图1A所示的系统一样的系统定位RFID标签的方法的流程图。

[0023] 图3B图示了使用虚拟参考RFID标签、参考RFID标签,和多个读取器从不同AOA的测量值定位RFID标签。

[0024] 图3C-3F是视频帧,其示出了由圆圈指示的RFID标签的测量位置和使用神经网络或其他计算机视觉技术在用RFID标签标记的物体周围绘制的边界框。

[0025] 图3G是图示用于将RFID标签测量值与图像数据相关联的方法的流程图。

[0026] 图4图示了从移动RFID标签到一对天线的LOS和NLOS信号路径以及由LOS信号和NLOS信号导出的对应的真实和“重影”速度矢量和轨迹。

[0027] 图5A示出了零售店和库房中的RFID标签定位系统。

[0028] 图5B示出了在图5A的零售店中销售物品上方的RFID标签发射器和接收器。

[0029] 图6示出了智能手机或平板电脑的图形用户界面(GUI),其显示从RFID标签定位数据导出的员工位置和产品位置。

[0030] 图7A-7D示出了GUI可用来选择特定动作的具有RFID标签的产品或其他物品的方式。

[0031] 图8示出了GUI可以显示在商店、库房、仓库或由RFID标签定位系统监测的其他环境中的RFID标签的实时和/或历史运动的方式。

[0032] 图9A-9D示出了GUI可用于基于RFID标签定位数据规划和跟踪例如库房或仓库中的拾取路径以从拾取列表拉取物品的方式。

[0033] 图10示出了GUI可用于识别和定位带RFID标签的杂散物品的方式。

[0034] 图11示出了GUI可用来满足带RFID标签的物品的库存请求的方式。

[0035] 图12示出了GUI可用来显示在销售区上和/或库房中用RFID标签标记的所选产品的位置的方式。

具体实施方式

[0036] 到目前为止,RFID定位技术还没有达到预期期望。与计算机视觉技术结合,本发明的RFID定位技术提供了前所未有的速度和精确度。事实上,其可比传统的RFID定位技术精确300倍之多。例如,下面公开的系统和方法可以用于将RFID标签定位在其实际位置的50cm、40cm、30cm、25cm、20cm、15cm、10cm、5cm或2.5cm内。以此速度和精确度,它可以用于实时跟踪带RFID标记的物品,甚至是最轻微的移动。这种速度和精度水平使得能够几乎立即

找到和重新储存物品,并跟踪RFID标签之间的交互。对于商店内产品上的RFID标签,这会逐项生成有关客户与产品交互的数据,并且能够实现自主结账。

[0037] 除非物理不相容,本文公开的所有技术都可以彼此一起使用。例如,RFID标签定位系统可使用多个RFID标签读取器从多个到达角询问参考标签、虚拟参考标签以及RFID标签,并基于所接收的信号创建(多路径)签名。这种系统可以相对于彼此和/或绝对(已知)位置在两个或三个维度上定位标签。所得位置可以与视频数据相关联,以用于训练神经网络或管理商店或仓库的操作。位置信息也可以显示在智能手机、平板电脑或其他装置上,以进行库存和供应链管理等,这在下文更详细地描述。

[0038] 1多路径和RFID信号

[0039] 为解决已知射频识别(RFID)技术中的多路径问题,并准确地定位RFID标签,本文中所描述的系统、方法和设备使用天线阵列来区分沿着视线(LOS)路径行进的RF信号与沿着非视线(NLOS)路径行进的RF信号。天线阵列中相邻天线之间的距离可比系统的射频(RF)信号的波长的一半小。天线阵列中的每个天线也被数字控制,以改变其相对于天线阵列中的其他天线的相对相位差。天线阵列的每个不同相位设置对应于由天线阵列测量的不同到达角(AOA)。只要阵列包括三个或更多个天线,就能够以数字方式操控天线阵列通过0与 π 之间(即,0与180度之间)的仰角AOA和0与 2π 之间(即,0与360度之间)的方位角AOA。

[0040] 数字操控继而使得可以根据AOA来生成信号幅度的图形或其它表示。基于图形中的局部极值(例如,最大值或最小值)将LOS路径与NLOS路径区分开来。例如,最高(下部)最陡的最大值(最小值)可以在对应于LOS路径的AOA处。针对两个或更多个不同LOS路径对AOA进行三角测量产生RFID标签的三维(3D)位置。理论上,该方法可在完美的环境条件下将物品定位到完美的精度。在现实的室内条件下,使用此技术可以使位置准确度优于50cm。

[0041] 上面估计的LOS路径可以用于经由三角测量确定RF标签的位置。第一天线或天线组用于估计到RF标签的第一LOS路径,第二天线或天线组用于估计到同一RF标签的第二LOS路径。随后,两个LOS路径中的三角测量提供RF标签的3D位置的估计。

[0042] 上述方法利用了天线阵列的数字操控,并且在实践中可以具有成本效益。另外,所述方法可以方便地扩大到多个天线阵列。这些天线阵列可以分布在给定空间(例如,在商店或仓库的天花板上)中,以确保对在该空间中的RFID标签,至少两个天线阵列具有LOS路径。这在可能存在多个障碍物的室内环境中尤其有利。该RFID方法的室内应用示例包括零售店、图书馆和仓库等(见下面的更多详情)。

[0043] 数字操控也可以用于定位其它RF收发器,包括智能手机、可穿戴设备、平板电脑、笔记本电脑和具有WiFi、蓝牙或类似天线的其他便携式电子装置中存在的那些收发器。与上文简要描述并在下文更详细描述的RFID标签定位一样,发射器将触发信号发射到具有WiFi、蓝牙或其它RF收发器的装置。响应于此触发信号,装置发出响应,该响应经由LOS和/或NLOS路径由两个或更多个接收器检测到。耦合到接收器的处理器通过对接收器的不同组合(例如,接收器的两两组合)数字操控AOA并根据AOA寻找最强的信号来操控接收器的接收模式。

[0044] 2用于区分LOS路径和NLOS路径的系统

[0045] 图1A示出了系统100,其用于将到具有RF收发器(例如,RFID标签10)的装置或物品、智能手机、可穿戴计算装置、平板电脑或笔记本电脑的LOS路径11与NLOS路径13相区分。

系统100包括RFID读取器(发射器)110和两个接收器120a和120b(统称为接收器120,也称为接收器天线120)。读取器110和接收器120耦合到处理器130。出于说明性目的,图1A中示出了两个接收器120。实际上,系统100可包括多于两个接收器120。这些接收器120可以一维(1D)或二维(2D)阵列设置。在另一个示例中,接收器120随机地或不规则地分散在给定空间中。

[0046] 接收器120可以形成(一部分)相移天线阵列。在这种情况下,两个接收器120a、120b之间的距离 d 基本上等于或小于用于询问RFID标签10的射频(RF)信号的载波波长 λ 的一半,即, $d \leq \lambda/2$ 。系统100可被配置成在各种载波波长(相应地各种载波频率)中的任一个处操作。

[0047] 例如,系统100可使用电磁频谱的超高频(UHF)区中的RF信号(例如,约850MHz到约960MHz)或微波信号(例如,2.45GHz)。对于UHF信号,对应载波波长为约31cm到约35cm,而对于微波信号,其为约12.2cm。在这种情况下,两个接收器120a、120b之间的距离 d 在UHF频率下可以基本上等于或小于17.5cm,在微波频率下可以小于6.1cm。在其他应用,例如室外应用中,所述系统可以对应较长波长(例如,22米,2400米等)的较低频率(例如,13.56MHz,125kHz等)操作。为了定位WiFi或蓝牙装置,所述系统可在未经授权的工业、科学和医疗(ISM)频带中以2.0GHz至2.4GHz操作,或在任何其它合适的频带(例如,5GHz)上操作。较高频率(较短波长)通常提供比较低频率(较长波长)更精确的位置估计。

[0048] 两个接收器120a、120b分别包括天线122a、122b(统称为接收器天线122),以接收RF信号。接收器天线122可以数字方式控制,以改变其从RFID标签10接收的信号相位差。此数字控制可允许朝向不同到达角(AOA)方便地操控两个天线122。

[0049] 在一个示例中,读取器110和接收器120可以设置在单个外壳中以形成集成装置。处理器130也可集成到该装置中。在另一示例中,读取器110、接收器120和处理器130可以分布在不同的位置。例如,接收器120可设置在具有监测标签10的空间的清晰视场的位置(例如,在房间的天花板上),而处理器130设置在人员更好访问的位置处(例如,在控制室中)。读取器120可经由一个或多个有线连接或通过无线链路(例如,WiFi链路)连接至处理器130。

[0050] 操作中,读取器110朝向RFID标签10发射RF信号。在一个示例中,读取器110在给定空间(诸如房间)中发射RF信号。在另一示例中,读取器110发射具有较小发散的RF信号,并在空间上操纵或扫掠RF信号。在任一种情况下,如果RFID标签10在给定空间内,RFID标签10可发射在RFID标签的领域中理解的响应信号。

[0051] 取决于RFID标签10和接收器120的位置,响应信号可沿着LOS路径11直接从RFID标签10传播到接收器120,而不反射或散射。响应信号也可在其它方向上传播。例如,响应信号可以从墙壁12(或分布在整个给定空间中的任何其它障碍物)反射或散射。在这种情况下,响应信号沿着一个或多个NLOS路径13到达接收器120。如上所述,这可能导致多路径问题并损害系统100的准确性和可靠性。

[0052] 图1中所示的系统100可基于信号的相应的到达角(AOA)来区分沿着LOS路径11的信号与沿着NLOS路径13的信号。可以通过确定对应于天线接收模式中的极值(例如,局部最大值和最小值)的到达角来进行区别。例如,系统处理器130可对在几个相位角的每一个处由相邻天线122接收的信号相干地求和,相位差中的每一个对应于不同的AOA。产生最大值

的相干和对应于这样的AOA, LOS信号和NLOS信号从该AOA到达。没有衰减时, 最高且最陡的最大值大体上对应于LOS路径11, 而其它最大值对应于NLOS路径13的AOA。

[0053] 图1B示出了用于基于由两个天线122a、122b接收的信号相位差来估计AOA θ 的接收器120。分别到达两个天线122a、122b的RF信号125a、125b可被视为基本上彼此平行, 前提是与接收器120和RFID标签10之间的距离相比距离d足够小 ($d < \lambda/2$)。在这种情况下, 信号125a、125b相对于由两个天线122a、122b限定的天线平面15具有相同的AOA θ 。不受任何特定理论或操作模式的约束, 分别由两个天线122a、122b检测的两个信号125a、125b之间的相位差 $\Delta \phi$ 可写为:

$$[0054] \quad \Delta \phi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin(\theta) \quad (1)$$

[0055] 其中 Δ 是由两个信号125a、125b所采用的两条路径之间的长度差。确定相位差后, 可根据等式 (1) 计算AOA θ 。

[0056] 等式 (1) 还表示朝向不同AOA θ 数字操控天线122。在这种情况下, 两个天线122a、122b之间的相位差 $\Delta \phi$ 可以通过例如向一个或两个天线122a、122b施加数字延迟来调整。此数字延迟抵消了图1B中所示的传播延迟 Δ 。一旦相位差 $\Delta \phi$ 变化, AOA θ 相应地改变, 这意味着天线122a、122b朝向不同的AOA θ 操控以接收信号125a、125b。

[0057] 相位差 $\Delta \phi$ 可在一个范围内变化, 使得相应的AOA θ 从0变成 π 。可以在每个AOA θ 处记录对应的信号幅度。信号幅度可为由两个天线122a、122b检测到的信号的相干总和。完成AOA θ 的扫描后, 可以生成图形以显示根据AOA θ 的信号幅度并查找LOS路径11 (参见例如图1C和下文描述)。

[0058] 在系统100中, 处理器130可用于通过控制施加在天线122上的延迟量来控制AOA θ 的扫描。扫描的步长 $\Delta \theta$ 可以为约 $\pi/1000$ 至约 $\pi/10$ (例如, 约 $\pi/1000$ 、约 $\pi/500$ 、约 $\pi/200$ 、约 $\pi/100$ 、约 $\pi/50$ 、约 $\pi/20$ 、或约 $\pi/10$, 包括其间的任何值和子范围)。

[0059] 处理器130也可以利用估计的、已知或测量的对称性来减少扫描和/或处理时间。例如, 处理器130可以选择并以数字方式计算相位差 $\Delta \phi$, 以对称角 (例如, $\pm 45^\circ$), 而不是不对称角 (例如, -45° 和 $+44^\circ$) 操纵天线122。因为角是对称的, 它们产生反对称结果 (例如, 结果仅具有符号差), 且因此可以不对称角的大约一半的时间计算。

[0060] 另外, 对天线模式的了解还可以用于减少针对给定测量精度需要计算的角的数目。例如, 天线122的灵敏度可围绕某些角快速变化。在这些角处或附近, 扫描的步长 $\Delta \theta$ 可减少以采样更多AOA并产生更精确的结果。相反, 在天线122的灵敏度保持相对恒定的角处, 扫描的步长 $\Delta \theta$ 可增加以较少采样, 从而缩短扫描时间和处理时间。

[0061] 图1C示出了对于由如图1A中所示的一对天线122接收的RFID信号, 名义信号幅度A相对于AOA θ , 即A(θ)的图形150。上部轨迹151表示通过数字递增由天线接收的信号之间的相位差而形成的复合信号。在这种情况下, 复合信号包括接近于 $-3\pi/8$ 的第一最大值155a和接近于 $+\pi/4$ 的第二最大值155b。第二最大值155b相对高且窄 (陡峭), 而第一最大值155a相对短且宽。在这种情况下, 高且窄的第二最大值155b对应于沿着LOS路径 (例如, 路径11) 到达接收器的信号, 而宽且短的第一最大值155a对应于沿着NLOS路径 (例如, 路径13) 到达接收器的信号。

[0062] 处理器130可以进一步用于从信号幅度A校正天线接收模式S(θ), 从而产生沿着水

平轴线示出的射线152。此校正可简化对应于天线与RFID标签之间的LOS路径和NLOS路径的到达角的识别。不受任何特定操作模式理论的束缚,这种校正可以通过校准天线设计并划分校准后的增益模式或通过从测得的信号幅度 $A_{\text{测得的}}$ (曲线151)有效地对校准模式去卷积来完成,因为测得的信号基本上是用天线接收率模式 $S(\theta)$ 卷积的真实信号 $A_{\text{真实}}$ 幅度的卷积:

$$[0063] \quad A_{\text{测得的}}(\theta) = A_{\text{真实}}(\theta) \otimes S(\theta) \quad (2)$$

[0064] 此去卷积可用于根据AOA恢复真实信号幅度。

[0065] 可使用具有已知发射模式(例如, $A_{\text{真实}}$)的参考天线测量天线接收模式 $S(\theta)$ 。使用该参考天线作为照明源,可以记录 $A_{\text{测得的}}$ 。接着根据等式(2)可以计算接收模式 $S(\theta)$ 。

[0066] 在去卷积或其他校正之后,幅度曲线151被转换成两个峰156a、156b。较高峰156b对应于天线与RFID标签之间的LOS路径,而较小峰156a对应于天线与RFID标签之间的NLOS路径。如果需要,处理器可将曲线(例如,洛仑兹或高斯)拟合到峰156,以便生成针对LOS路径和NLOS路径的AOA的更精确估计。

[0067] 3估计RFID标签的位置

[0068] 基于LOS路径的AOA,处理器130可使用三角测量来估计RFID标签10的位置。可以使用两组或更多组天线阵列。例如,第一天线阵列,例如两个天线122,用于识别RFID标签10与第一天线阵列之间的第一LOS路径。第二天线阵列(未示出)用于识别RFID标签10与第二天线阵列之间的第二LOS路径。两个LOS路径彼此交叉(或它们之间的误差最小化)的位置是LOS路径与第一和第二天线阵列的平面中RFID标签10的可能位置。

[0069] 如果需要,处理器可基于每个LOS信号的幅度或所接收信号强度指示(RSSI)或基于相位差相对于频率差的斜率来估计每个天线与RFID标签之间的距离。有了两个或更多个距离估计,除了或代替基于AOA的三角测量,处理器可以三边测量RFID标签的位置。这些距离估计可以用于在无AOA的情况下更精确地或更唯一地估计RFID标签的位置。

[0070] 相位差相对于频率差的斜率是指通常在雷达和雷达类系统中使用的技术,在该系统中,将所接收信号的相位直接与所发射信号的相位进行比较。对于距读取器给定距离的物品(在此情况下为标签),此相位偏移应以可预测方式以其载波频率变化。因此,在多个载波频率 f 下捕获此相对相位偏移 ϕ ,允许将与读取器的距离估计为:

$$[0071] \quad d = \frac{d\phi}{df} c$$

[0072] 其中 c 是光速。

[0073] 4训练和操作RFID标签定位系统

[0074] RFID标签定位系统可在开始操作之前经过训练阶段。在本训练阶段,RFID标签定位系统估计在已知位置处的参考RFID标签或其它收发器的位置。系统通过将参考RFID标签的估计位置与其实际位置进行比较来校准自身。训练完成后,所述系统可定位未知的RFID标签、智能手机和/或其他装置。所述系统可定期(例如,在夜晚、在周末等)或根据需要(例如,响应于用户命令)重复训练。

[0075] 为了弄清楚示例性系统(例如,图1A的系统)如何确定LOS路径和NLOS路径并进行估计,考虑发射波长为 λ 的连续波(cw)RF询问信号的读取器。在第一(训练)阶段,读取器对一组位置已知的标签进行询问。这些标签被称为参考标签。每个参考标签接收此询问信号,

并在响应中发出信号,该响应依次由 $k=1\cdots K$ 个天线中的每一个天线接收,其中的每一个天线沿着长度 D 的线段定位,其中 $x_k=kD/(K-1)$ 是第 k 个天线的侧向位置。(其他天线布置也是可能的)。阵列中的每个天线检测标签的输出,并发出复杂的表示标签输出的基带信号 s_k 。

[0076] 如果没有多路径,在到达角 θ 处,对于标签每个天线的预期空间响应为:

$$[0077] \quad w(k, \theta) = \exp\left(-j \frac{2\pi}{\lambda} x_k \cos \theta\right) \quad (3)$$

[0078] (由于系统不是波束成形系统,因此无需考虑增益)。在 θ 方向上在整个天线阵列中接收的功率可计算为:

$$[0079] \quad B(\theta) = \left| \sum_{k=0}^{K-1} w(k, \theta) \cdot s_k \right|^2 \quad (4)$$

[0080] $B(\theta)$ 还被称为天线阵列的多路径分布,因为它(即, $B(\theta)$)考虑了沿着LOS路径和NLOS路径两者的信号的入射功率。所述系统针对所有参考标签并针对一个或多个读取器,测量在几个AOA中的每一个处的天线阵列的多路径分布。一旦处理器已确定了天线与参考标签之间的LOS路径的AOA,处理器可以如上所述使用三角测量和/或三边测量来计算参考标签的位置。

[0081] 上述技术可以扩展到2D(或甚至3D)天线阵列拓扑。例如,对于 2×2 均匀矩形阵列中的简单2D阵列,假设 xy 平面上的元件同向性,操控矢量由以下给出:

$$[0082] \quad \mathbf{a}(\theta, \phi) = \exp\left[j \frac{2\pi}{\lambda} \cos(\theta) (\mathbf{p}_x \cos(\phi) + \mathbf{p}_y \sin(\phi))\right]$$

[0083] 其中,位置矢量 $\mathbf{p}_x$ 和 $\mathbf{p}_y$ 由以下给出:

$$[0084] \quad \mathbf{p}_x = \frac{d}{2} \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ 和 } \mathbf{p}_y = \frac{d}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

[0085] 其中, d 表示阵列行与列之间的元素间隔。

[0086] 在每个3D角 (θ, ϕ) 接收的功率,且因此3D多路径分布由如下计算:

$$[0087] \quad \begin{aligned} B(\theta, \phi) &= \left| \mathbf{a}^H(\theta, \phi) \cdot \mathbf{s} \right|^2 \\ &= \left| \sum_{k=0}^{K-1} a^*(k, \theta, \phi) \cdot s_k \right|^2 \end{aligned}$$

[0088] 图1D示出了相对于共同的接收器(天线)在不同位置和不同到达角测量的RFID标签的3D多路径签名。每个图形示出了RFID标签信号幅度相对于方位角和仰角。峰值表示标签与天线之间的LOS路径和NLOS路径,每个图形中的最高、最陡的峰值表示LOS路径。这些多路径签名可相互比较以确定相对AOA以及RFID标签的位置,这在下文更详细地描述。

[0089] 在系统已完成训练后(其已经测量了所有期望到达角的多路径分布),其进入在环境(或重复环境)中进行的第二(操作)阶段。在该操作阶段,系统对非参考标签(即,位置未知的标签)进行询问并计算每个未知标签/读取器组合的多路径分布。系统将每个未知标签的多路径分布与参考标签的多路径分布进行比较,以确定未知标签的位置。

[0090] 系统可以通过获取三个或更多个参考标签位置的加权总和,其中权重取决于对应

的多路径分布之间的距离,来估计未知标签的位置。例如,多路径分布更紧密匹配未知标签的多路径分布的参考标签的位置可以比另一参考标签的位置更大权重地加权。可以使用合适的距离度量,例如欧几里德距离,或“度量学习”确定精确加权,所述距离度量利用参考标签的位置和其他未知标签的估计位置。替代地或另外,所述系统可以根据属性(例如,多路径分布)来聚类参考标签和未知标签,并定义该属性的代表性示例以用于加权。

[0091] 所述系统可例如周期性地重复训练阶段,以应对环境变化,例如,参考标签的数量和位置的变化,以及造成多路径效应的障碍物的数目、类型和位置的变化。也可在第三(训练后)阶段测试所述系统,其中例如,使用无人机或机器人将未知标签移动通过环境内的一系列已知位置。如在操作阶段中,所述系统测量未知标签的位置,并将所测量位置与机器人或无人机的坐标进行比较,以确定用于加权参考标签位置的最佳距离度量(度量学习)。

[0092] 在某些情况下,不是从一个天线阵列计算解(例如,AOA和LOS路径),然后与来自另一天线阵列的另一解叠加,而是可以获取来自两个阵列的原始数据以产生单个复合解。这可以为间距比 $\lambda/2$ 更远的阵列产生多种解。可通过检查所得位置估计的合理性来排除混淆解。

[0093] 5用于LOS和NLOS确定的发射器和接收器

[0094] 图2示出了RFID系统200,其包括多个读取器210a-210n(统称RFID读取器210)和多个接收器220a-220n(统称接收器220)。RFID系统200还包括处理器230、公共本地振荡器(L0)240和模拟前端250a-250n(统称前端250)。每个读取器210与对应的接收器220和对应的前端250为一组,如图2中所示。读取器210、接收器220和前端250的其他布置也是可能的。例如,多于一个接收器220和/或多于一个前端250可共享公共读取器210。

[0095] 每个读取器210包括对应的数模转换器(DAC)218。DAC 218的输入耦合到处理器230,且DAC 218的输出耦合到低通滤波器216。操作中,DAC218生成由处理器230生成的数字RFID标签询问信号的模拟表示。滤波器216从模拟RFID标签询问信号中去除高频毛刺和噪声。滤波器216的输出耦合到混合器214的中间频率(IF)输入。混合器214的L0输入耦合到L0240。混合器214将模拟RFID标签询问信号与来自L0 240的高频(例如,902-928MHz)载波混合以产生RF输出,该RF输出耦合到功率放大器212。功率放大器212放大RF输出并将其耦合到环行器256,该环行器通过带通滤波器254a将放大的RF输出传输到天线252a。天线252a可以是任何合适的单个天线元件。环行器256基本上防止放大的RF输出传播到接收器220或通过该接收器传播。天线252将放大的RF输出传输到RFID标签,该RFID标签用其自身的模拟响应信号作出响应。

[0096] 天线252从RFID标签接收响应信号,并将其耦合到带通滤波器254,该带通滤波器对响应信号进行滤波且将其耦合到环行器256。环行器256继而将所有或基本上所有响应信号耦合到低噪声放大器(LNA)222。LNA 222提高响应信号的幅度并将其耦合到混合器224,该混合器将响应信号与L0混合以产生下转换的RFID信号。低通滤波器226从下转换的RFID信号去除高频噪声和毛刺,该下转换的RFID信号由模数转换器(ADC)228数字化并被馈送到处理器230。

[0097] 图2中所示的天线252形成天线阵列,在相邻天线252对之间有固定或已知相位差。接收器220和前端250中的部件和部件之间的连接可以被校准、调谐、加长或修整以提供由最近的相邻天线252接收的信号之间的已知和稳定的相位关系。例如,每对相邻天线中的至

少一个天线可耦合到相位调谐器(未示出)以设定或调节相邻天线252之间的相位关系。也可使用处理器(例如,处理器230或图2中未示出的不同处理器)来数字测量和校准相邻天线252之间的相对相位关系。维持相邻天线252之间的固定相位关系允许通过数字调节信号之间的相位差来对天线的接收模式进行数字操控。

[0098] 图2中所示的系统架构可用于定位任何无线系统,包括蓝牙和WiFi;它将仅在不同频率下操作。定位RFID、蓝牙和/或WiFi装置的系统可以包括图2中所示部件的多个副本,每个副本用于每种类型的装置,并在不同频带(例如,对于RFID为865-868MHz或902-928MHz,对于蓝牙为2400-2835.2MHz,对于WiFi为2.4GHz或5GHz)中操作。

[0099] 6估计RFID标签位置的方法

[0100] 图3A图示了使用与图1A和图2中所示的系统一样的系统估计具有RF收发器的RFID标签、智能手机或其他装置的位置的方法300。在步骤302,发射器向感兴趣体积(诸如商店、库房、仓库或使用RFID标签的其它环境)内的一个或多个RFID标签发出或发射RFID标签询问信号。(在定位具有有源发射器的装置,诸如蜂窝、WiFi或蓝牙发射器时,可省略步骤302。)RFID标签通过发射模拟RFID信号来对RFID标签询问信号进行响应,所述模拟RFID信号称作响应信号。在步骤304,两个或更多个两个天线接收该响应信号。在步骤306,一个或多个ADC数字化模拟响应信号。另外,耦合到天线的电子部件还可下转换模拟响应信号并对其进行滤波以促进后续处理。所得数字RFID信号可被存储,并被实时地处理、后处理,或两者。

[0101] 如上所述,耦合到电子部件的处理器使用数字RFID信号来识别相对于天线的信号的AOA。例如,在步骤308,处理器可以电子方式操控遍及一个或多个AOA的天线的接收模式。在一个示例中,可事先选择AOA。例如,均匀步长(例如,约 $\pi/1000$ 至约 $\pi/10$)可用于扫描0与 π 之间的角。替代地或另外,可以基于之前的测量来选择AOA,以减少处理时间。例如,在天线的灵敏度快速变化的角处,处理器可以使用较小的步长来获取更多样本。另外,处理器可使用关于RFID标签和环境(包括对称考虑因素)的信息选择更有可能产生结果的AOA,以便减少处理时间。

[0102] 处理器可基于先前接收到的信号的主要分量分析(PCA)选择可能的AOA。例如,天线可监测指定RFID标签的移动。在通过天线连续地获取响应信号之间,RFID标签可能仅移动少量 ΔL ,其可远小于RFID标签与天线之间的距离。在这种情况下,对应于这些相邻测量中的较强信号的AOA可以是基本上相同的,因此,在先前测量中估计的AOA可用在后续测量中。

[0103] 每个候选AOA对应于由天线测量的特定相位偏移(也称为相位设置)。因此,处理器可通过以下方式确定每个AOA的信号强度:用已知的相位关系(例如,最近的相邻天线)数字调节来自两个或更多个天线的数字化RFID信号之间的相位差,接着在步骤310对数字化RFID信号相干地求和。这操控通过相应的AOA中的每一个的天线的接收模式。它还根据AOA(天线之间的相位差)产生由天线检测的信号幅度和相位。这种操控根据AOA生成信号幅度的图形(例如,参见图1C)。

[0104] 在可选步骤312,处理器可以从信号幅度图形去卷积或以其他方式校正天线模式(参见,例如图1C中的峰值152)。这促进通过检查峰值的高度来确定LOS路径。一般,最高峰值对应于沿着LOS路径行进的信号。为了更精确地估计,处理器可以例如使用多项式或非线

性回归将曲线拟合到峰值,并且基于用来减少或最小化与曲线拟合相关联的误差的系数来估计AOA。

[0105] 在根据信号幅度和相位对天线模式进行去卷积或以其他方式进行校正后,处理器可寻找最小值(谷)而非最大值(峰值)。在这种情况下,处理器可基于谷深度、谷宽度、谷斜率或其某种组合识别LOS和NLOS路径。例如,处理器可识别信号幅度相对于AOA的表示中与沿着到RFID标签的LOS路径为零的AOA对应的最深、最陡的谷。其它谷可对应于到RFID标签的其它NLOS路径的为零的角。

[0106] 在步骤314,处理器比较AOA偏移处的幅度和相位,以确定最可能表示RFID标签的LOS信道的到达角。处理器可基于最大值的高度、最大值的宽度、信号幅度相对于AOA的斜率(变化率)、曲线拟合系数或其组合识别LOS和NLOS路径。例如,处理器能够在信号幅度相对于AOA的表示中寻找最高最陡的最大值。此最大值表示在RFID标签处沿着LOS路径指向天线的接收模式中的峰值的角。其它最大值可表示在RFID标签处沿着NLOS路径指向峰值的角。

[0107] 在某些情况下,处理器将响应信号与来自RFID标签的预期响应相关联。这可以例如在方法300中的步骤308处完成。在这种情况下,所述(例如,图1A的)系统可以构建或使用来自RFID标签的预期响应库。每个预期响应对应于不同的AOA。处理器将检测到的响应信号与预期响应进行比较,以找到最接近的预期响应。最接近预期响应的AOA被视为响应信号的AOA。此技术类似于匹配滤波,并且可将信噪比(SNR)提高高达20dB或更多。

[0108] 在可选步骤316,处理器使用来自不同天线对的不同到达角来估计RFID标签在环境中的位置。例如,处理器可以在至少两个维度(例如,在平行于地板的平面中)使用同一平面中的两个或更多个估计的到达角对RFID标签的位置进行三角测量。如果天线位于不同平面中,处理器可基于不同平面中的三个或更多个估计的到达角来估计RFID标签在3D空间中的位置。

[0109] 如果在步骤304中使用两个以上的天线,并且这些天线并非全部共线,每个RFID接收器可在3D空间中找到与标签的角度。借助此,在可选步骤316,在没有将天线阵列约束在不同平面上的情况下,可以确定标签的位置。

[0110] 在另一可选步骤318,处理器可跟踪标签的位置随时间的变化。更具体地,处理器可以将标签位置的平稳改变的变化映射到2D或3D空间中的路径。为此,所述系统在许多时间点,例如,以每秒或每几秒一次的速度测量标签的位置。它在每个时间点计算标签的位置,接着在连续位置之间进行矢量距离确定以确定标签的速度。处理器可以通过速度和方向对标签的速度进行分类,并基于所述速度和方向确定标签的可能轨迹,以及谁(可能)携带或移动RFID标签。例如,如果标签正在以步速朝向出口移动,则所述系统可以确定客户正将有标签的物品带到结账处或商店出口。替代地,如果标签正快速移动到库房或者从库房移出,则所述系统可以确定员工正在存货或上架带标签的物品。

[0111] 所述系统还可在许多时间点使用测量值来区分LOS信号与NLOS信号。如果所述系统检测到LOS信号和一个或多个NLOS信号,其中每一个都显示为单独“重影(ghost)”标签,则它可以构建每个信号的轨迹。LOS信号的轨迹应该平稳地变化,而当标签相对于天线以及散射或反射NLOS信号的障碍物移动时,NLOS信号的轨迹可能会急剧地改变方向。更具体地,处理器可使用对LOS信号和NLOS信号的时变测量来生成标签轨迹的主要矢量。求解平滑轨迹的矢量可能是LOS,求解粗糙轨迹或不可能轨迹的矢量(例如,由于人的某种给定或预定

的最大速度)作为多路径(NLOS)射线抛出。

[0112] 在具有多对天线(即,三个或更多个天线)的系统中,处理器可以对读取器和天线对的不同组合执行步骤302、304、306、308、310、312及314,从而为环境中的一个或多个RFID标签导出额外的LOS和NLOS路径信息。采用单个读取器和三个或更多个天线,例如,处理器可计算LOS路径到每对邻近天线的到达角。如果连接不同天线对的线段的中点在不同位置,每一对天线可具有一个到RFID标签的LOS路径,其具有不同到达角。

[0113] 处理器还可以对单对天线和多个读取器的组合,执行步骤302、304、306、308、310、312及314。例如,读取器可发射在时间和相位上同步的信号,使得读取器以交错或轮询调度方式询问RFID标签。处理器使用关于询问信号的时间和相位以及每个读取器相对于天线对的位置的信息来确定LOS路径和NLOS路径的到达角。

[0114] 对于具有多个读取器的系统,处理器可基于触发所检测信号的读取器的位置来求解该信号的每个主要分量的到达角。处理器可确定位置重合/到达角相交的那些读取器共享到RFID标签的相同LOS路径。处理器可使用此信息确定其它射线是多路径(即,NLOS)而非LOS路径的结果。

[0115] 另一种方法是将标签的轨迹映射到位于一个或多个相机的视角内的人的轨迹。可设置相机以监测其中使用天线监测RFID标签的相同的体积。该方法可以与上面的方法结合使用以提供单个轨迹,这与具有一些竖直或水平偏移的多个轨迹相反。更具体地,一个或多个相机可用于检测移动像素组(例如,表示用RFID标签标记的人或物体)。耦合到相机的处理器确定组的轨迹并且将RFID标签位置分配给具有匹配轨迹的组。处理器还可划分人体或执行姿势估计。例如,处理器可以评估袋子在人的手中摇摆的轨迹与人的轨迹的差异。

[0116] 一个或多个读取器、天线和处理器可重复地执行步骤302、304、306、308、310、312和314。在一个示例中,以规则间隔执行步骤302到314。例如,所述步骤可具有约0.1Hz到约100Hz(例如,约0.1Hz、约0.2Hz、约0.5Hz、约1Hz、约2Hz、约5Hz、约10Hz、约20Hz、约50Hz,或约100Hz,包括其间的任何值和子范围)的重复率。

[0117] 在另一个示例中,步骤302到314可以在预定的时间、响应于命令或触发事件,或两者执行。例如,步骤302到314可以定期(例如,每小时、每天、晚间库存盘点等)执行。可以响应新装运到达、库存或补充库存活动、用户命令或可能盗窃的检测而执行这些步骤。例如,商店经理可以在商店在早晨开门并在晚上关门时触发过程300。或者处理器可以,例如,在预定时间或响应于来自其它传感器(包括监测与RFID标签定位系统相同的空间的摄像机)的数据自动触发过程300。

[0118] 在又一示例中,可响应于测量的RFID标签的数目或位置的变化而更频繁或不太频繁地重复步骤302到314。例如,如果第一RFID标签的位置或对应的LOS路径到达角随时间平滑地改变,则处理器可确定第一RFID标签正在移动。处理器可根据人的视频或图像数据或关于第二RFID标签、智能手机或由人携带或附加到人的其它RF收发器的信息将第一RFID标签的移动与人的移动相关联。如果处理器将第一RFID标签的移动与人的移动相关联,处理器可确定所述人也携带第一RFID标签。

[0119] 处理器可使用关于第一RFID标签的移动的信息连同对第一RFID标签的位置的了解,触发其他动作。例如,如果第一RFID标签到达特定区域或体积或横跨区域或体积周围的边界,处理器可将与第一RFID标签相关联的物品的购买记入所述人的借方账户。处理器还

可以更新产品库存以反映产品的移动或购买,或者在第一RFID标签的移动未经授权时发出警报。

[0120] 7虚拟参考标签

[0121] 图1和图2中所示的系统 and 图3A中所示的过程可用来识别“虚拟参考RFID标签”或“虚拟参考标签”,他们是可用于生成针对其它RFID标签的精确位置估计的RFID标签。对于参考之间存在多个标签的情景,使用虚拟参考标签提供了更大的位置精度:环境的密度越大,位置越精确。虚拟参考标签还使得在即使不存在非虚拟参考标签时能够测量物品之间的相对距离。例如,即使标签A和C的确切位置未知,但知道标签B在标签A与标签C之间可能是非常有用的。

[0122] 图3B中示出了查看参考标签的简单方式,其显示了在商店或其它环境中具有询问RFID标签的若干RFID读取器320a-320c(统称为RFID读取器320)的系统。RFID标签读取器在不同的到达角(AOA)处测量RFID标签的LOS和NLOS签名。每个读取器的图形显示了标签子集的LOS签名。无线耦合到RFID读取器320的处理器328将这些签名进行相互比较以产生关于RFID标签的相对位置的信息。此处理器328还可耦合到远程服务器或计算机网络,诸如互联网,以经由智能手机、平板电脑或计算机共享和使用关于标签的位置的信息,这在下文更详细地描述。

[0123] 处理器328可通过将签名拟合到表示RFID读取器的接收模式的曲线,确定每个曲线的峰值(最大值),并在相邻峰值之间进行插值以确定峰值之间的欧几里德距离来确定RFID标签位置。此欧几里德距离代表对相应RFID标签和RFID读取器AOA的误差或偏差。对于一对AOA,如果两者均不知道,则误差代表AOA的差异(即,相对AOA);如果一个AOA已知,可以估计另一个。单个RFID标签的多个相对(或绝对)AOA可用于估计RFID标签的相对(或绝对)位置。例如,通过在更多的AOA上用更多的RFID读取器进行更多测量采集有关RFID标签的更多数据,将位置估计精度提高,例如,到超过50cm、40cm、30cm、25cm、20cm、15cm、10cm,或5cm。

[0124] 图3B图示了这可用于将RFID标签322定位在相对于其它RFID标签且相对于一个或多个已知位置的未知位置处的方式。其示出了参考标签324a和324b(统称为参考标签324)在线性机架的任一端上的已知位置的1D视图。虚拟参考标签326a-326c和未知RFID标签322位于参考标签324之间的机架上。

[0125] 第一RFID标签读取器320a和第二RFID标签读取器320b下方的图形显示了不同RFID标签的RFID标签信号幅度相对到达角。这些分布表示如上文描述的多路径签名,最高峰值表示标签与RFID标签读取器320之间的LOS路径323。(每个峰值上方的符号匹配机架上相应标签的符号。)

[0126] 第一RFID标签读取器320a有两个图形:上部图形显示了无任何障碍物在RFID标签读取器320a与标签之间的多路径签名,下部图形显示了人321在RFID标签读取器320a与左边标签之间的多路径签名。注意,人321衰减/改变某些标签但不是其它标签的多路径签名,且不影响由第二RFID标签读取器320b和第三RFID标签读取器320c接收的多路径签名。

[0127] 处理器328可通过将标签的多路径签名相互比较来确定标签的相对位置。在此示例中,最接近任一参考标签324的RFID标签(例如,RFID标签326a、326b)的标签签名与对应参考标签324的标签签名相比具有最低误差。用于比较多路径签名的误差度量可以是均方

误差 (MSE)、动态时间规整 (DTW), 或可用于比较签名的相似性的任何其他度量。使用 MSE 的示例, 度量越低, 多路径签名越相似。在将 RFID 标签 322 的多路径签名与参考标签 324a、324b 的多路径签名进行比较的情况下, 如果 RFID 标签 322 和参考标签 324a 的多路径签名之间的误差小于 RFID 标签 322 和参考标签 324b 的多路径签名之间的误差, 处理器 328 确定 RFID 标签 322 相较于参考标签 324b 更靠近参考标签 324a。如果 RFID 标签 322 和参考标签 324b 的多路径签名之间的误差是 RFID 标签 322 和参考标签 324a 的多路径签名之间的误差的两倍, 则 RFID 标签 322 与参考标签 324b 的距离是与参考标签 324a 距离的两倍。其它非线性加权也可以适用。

[0128] 如果重复的 RFID 信号测量结果显示 RFID 标签 326a、326b 不移动, 则即使它们的绝对位置未知 (至少达到参考标签 324 的位置的相同精度水平), 也可以作为“虚拟参考标签”添加它们。对其它固定 RFID 标签可继续此过程。例如, RFID 标签 326c 最靠近 RFID 标签 326a, 因此, 其 RFID 签名应最类似于 RFID 标签 326a 的 RFID 签名。如果重复的测量结果显示 RFID 标签 326c 也是固定的, 则它也可以被指定为虚拟参考标签。继续该过程, 所述系统可确定 RFID 标签的顺序 (并且因此用 RFID 标签标记的物品)。误差度量可用作相对距离的代理, 并且可基于相对距离和参考标签 324 的已知位置建立对绝对位置的估计。

[0129] 因为上述方法依赖于标签签名的相对误差, 通过在多个读取器处使用签名, 由读取器计算误差, 并且对不同读取器处的误差求和 (或以其他方式组合) 可进一步改进该方法。这是可以使用虚拟参考标签来减少位置测量误差的情况。一旦所述系统识别了所有固定 RFID 标签, 将他们指定为虚拟参考标签, 并且相对于至少最近的邻居标签定位这些标签, 处理器 328 可基于其多路径签名而相对于一个或多个附近的虚拟参考标签 326 定位期望的 RFID 标签 322。通过测量 RFID 标签 322 和虚拟参考标签 326 的多路径签名的不同组合之间的误差, 处理器 328 可将其对 RFID 标签的实际位置的估计精度提高例如, 到其实际位置的 50cm、40cm、30cm、25cm、20cm、15cm、10cm, 或 5cm 之内。精度随着虚拟参考标签 326 的数目上升变得更好, 并且每个虚拟参考标签的位置的准确度提高。

[0130] 通过在 2D 空间 (例如, 墙壁或地板) 中铺设参考标签, 并比较该空间内标签、参考标签和虚拟参考标签的误差, 上面铺设的 1D 示例也可以扩展到 2D。通过在 3D 空间中铺设参考标签并比较最近的邻居标签, 此示例可进一步扩展到 3D。

[0131] 可以通过改变标签于与读取器之间的 RF 通信信道的任何方法进一步改进这种方法。这可以包括移动读取器, 改变读取器在操作时的频率, 或者甚至在某人 (或物体) 在读取器和/或标签占据的空间内移动。例如, 考虑在虚拟参考标签 326 与第一 RFID 读取器 320a 和第二 RFID 读取器 320b 之间行走的人 321, 如图 3B 所示。此人衰减或散射从虚拟参考标签 326 (和未知 RFID 标签 322 和参考标签 324) 朝向第一 RFID 读取器 320a 和第二 RFID 读取器 320b 传播的 RFID 信号。这在第一 RFID 读取器 320a 和第二 RFID 读取器 320b 处创建与在信道变化之前的签名组不完美地相关联的新的签名组, 并且因此可以用于减少虚拟参考标签 326 和未知 RFID 标签 322 的估计位置的误差。

[0132] 使用虚拟参考标签的问题往往围绕用于将每个标签签名与每个其他标签签名进行比较的大量处理功率。通过首先将 RFID 标签的签名与其最后签名进行比较, 可降低处理功率量。如果签名没有变化, 则没有必要进行比较。其他减少处理功率的方式包括使用辅助信息源 (例如, 在 RFID 标签周围的区域的视频和现有位置信息), 来限制与已知彼此足够接

近以至于重要的RFID标签的签名的比较。

[0133] 为了将RFID标签识别或指定为虚拟参考标签,所述系统在一段时间内随着RFID标签周围环境的变化(例如,使用如上所述的方法)多次测量RFID标签的位置。这些位置估计可以分布在其大小取决于噪声和测量不确定性的面积或体积上。随着测量数量增加,平均位置估计可收敛到其大小受到基本测量不确定性限制的较小面积或体积。一旦面积或体积的大小达到预定阈值,处理器设置适当的标签位置(例如,该面积或体积的质心)并使用该标签位置作为类似标签的参考。所述系统可以重复此过程,直到已将所需数量的RFID标签或一组RFID标签添加到虚拟参考标签池。设置参考标签(位置已知)后,计算此参考标签位置的方法证明是可靠的,并且该方法可用于估计其他标签的位置。

[0134] 如果RFID标签的位置改变,所述系统可从虚拟参考标签池中移除RFID标签,除非相似的RFID标签表现出类似的变化(例如,由于环境变化,诸如,如图3B中所示被人阻挡)。所述系统可通过查看队列中每个RFID标签相对于其队列成员的签名的签名来识别RFID标签队列中的变化。所述系统还可以寻找在从队列的其他AOA接收到的签名的变化(或没有变化)。在图3B中,例如,人321可以相关方式改变第一RFID读取器320a和第二RFID读取器320b接收的LOS签名,但不应影响第三RFID读取器320c接收的LOS签名。RFID标签的队列中某些AOA的相关变化和其他AOA的无变化的组合可以指示该队列没有移动。

[0135] 在以下情况中的一种或多种情况下,可以减少RFID位置的变化。例如,如果不同RFID标签之间没有任何相对变化,则可能所有标签都被阻塞或一起移动。在另一示例中,相对变化低于预定阈值(例如,测量不确定性)。在又一示例中,相对变化足够短暂(例如,在一个、两个或三个测量周期内)。

[0136] 关于虚拟参考标签的信息可与其它信息组合,以增加RFID标签定位精度。例如,RFID标签定位系统可以使用虚拟参考标签的(估计的)位置、产品计数数据,和来自一个或多个相机的视觉数据以确定虚拟和/或真实参考标签之间的产品的平均密度。另外,可以使用视觉数据来确定某人是否正或曾足够接近以拿起或放下产品或RFID标签(也可以进行姿势/达到估计)。如果视觉数据显示虚拟参考标签或带虚拟参考标签的产品移动或已经移动,所述系统可以从虚拟参考标签池中移除该虚拟参考标签。相反,如果视觉数据显示特定RFID标签长期(例如,数小时或数天)没有移动,则所述系统可将该RFID标签指定为虚拟参考标签。

[0137] 8计算机视觉系统和计算机视觉系统训练

[0138] 上述RFID技术可以用来训练计算机视觉系统,以定位和/或识别由计算机视觉系统中的相机或耦合到计算机视觉系统的相机捕获的不同对象。例如,计算机视觉系统可以包括或可以耦合到多个相机,所述多个相机可以被设置成监测广角区域。另外,发射不同波长和/或强度的光的光源也可以用来产生不同的环境,以便增强计算机视觉系统的训练。训练图像在不同环境下由相机获取。

[0139] 组合计算机视觉/RFID标签定位系统可以交叉参考扫描的条形码/交易的时间戳数据、条形码/交易中的物品,和对应于所述出纳机或结账台的位置的相机数据,以便拉取包含那些物品的帧。对那些帧运行对象检测的处理器可以围绕图像绘制边界框,以产生额外的标记图像。

[0140] 在计算机视觉系统(诸如执行人工神经网络的处理器)的训练期间,上述RFID技术

用于定位和识别训练图像中的对象。这些对象被分成离散图像,离散图像被馈送到计算机视觉系统(例如,人工神经网络)的训练集中。如果计算机视觉系统不区分太靠近在一起的对象,强化学习可用于过滤多个对象。另外,这种训练可训练计算机视觉系统以识别对象,例如灯具、门和购物车,例如在零售店中在计算机视觉系统的使用期间,所述对象可能是不相关的。接着,可以从训练数据集中移除这些对象,并且包含这些对象的图像的帧可以标记为封闭帧。由于上述RFID技术可以有效的方式自动识别带RFID标签的对象,可以在不需要人验证或校验数据库内容的情况下构建产品图像的巨大数据库。

[0141] 在某些情况下,标签位置相对于实际对象可能存在误差。在这些情况下,可逐帧地相对于人或对象的位置逐帧地绘制标签位置(例如,经由光学流或重新识别获得连续移动像素组),并对n个帧上从连续像素组的每个集合到每个RFID标签的距离求平均,然后基于哪些配对产生最低误差/平均距离对他们进行分组。卡尔曼滤波器会正常工作,以过滤/分组对象和/或物体。还可以结合RFID标签和像素斑点运动函数的第一导数和第二导数以用于对匹配进行加权。如果目标是将产品归属于人,可在每个帧中运行人的检测,以仅选择对应于人的图形的像素。如果目标是采集标注的图像,则可以使用人的检测来简单地忽略对应于边界框生成/像素分割中的人的图形的像素。

[0142] 图3C-3F示出了一系列视频帧,其显示了用RFID标签标记的衬衫的移动。小圆圈表示附着到衬衫的RFID标签的估计位置。方框围绕像素斑点(blob),系统将从由RFID标签读取器接收的RFID信号导出的RFID标签运动与所述像素斑点相关联。如图3C-3F所示,在系统逐帧地估计RFID标签所在之处相对于对象实际上来自哪里之间存在显著误差,但所述系统仍能够将RFID位置估计值与像素斑点联系。

[0143] 图3G图示了用于将RFID标签位置估计与视频数据相关联的过程340。此过程340可用于训练神经网络,以识别用RFID标签标记的物品或将标记对象和未标记对象(例如,带RFID标签的服装和人)的运动相关联。过程340始于用训练过的神经网络识别、划分并且忽略图像中表示人的像素斑点(342)。然后,给图像中的剩余像素斑点分配跟踪器,所述跟踪器逐帧地查看像素斑点的运动(344)。然后,将每个像素斑点与在给定某一阈值时最紧密地跟随其轨迹的RFID标签匹配(346)。像素组与相应RFID标签配对后,可以对每个帧中的每个像素组运行对象检测,以抛弃由于环境阻塞(诸如袋子、推车、外套、人,和其他此类阻塞源)与RFID标签描述显然不匹配的图像(348)。将标签数据归属于像素斑点还用以减少或消除标签位置与物品位置之间的误差。

[0144] 换个说法,RFID位置向人工神经网络提供恒定反馈,使得其总是学习其在每个帧中正确的内容以及错误的内容。这延伸到自主结账和人/产品交互,其中,过程340可以用于逐帧地教导视觉系统对错之处。

[0145] 9跟踪移动的RFID标签

[0146] 图4图示了上述RFID系统和过程可以用来跟踪在充满障碍物的环境,诸如商店、库房或仓库中移动的RFID标签402。在此示例中,一对RFID标签读取器410a、410b(统称为RFID标签读取器410)通过以定期(例如,约0.01Hz至约1.0Hz的速率)间隔发射RFID询问信号来询问RFID标签402。RFID标签读取器410可基于从RFID标签410接收的信号而改变询问率。如果RFID标签的响应信号指示RFID标签正在以高速、变化速度,或变化方向移动,RFID标签读取器410可增加其询问率以提供RFID标签的运动的更加精细的空间时间分辨率。相反,如果

RFID标签的响应信号指示RFID标签静止或缓慢移动,则RFID标签读取器410可降低其询问率以节省能量。RFID标签读取器410可以根据RFID标签402的相对运动一起或独立地增加或减少其询问率。

[0147] RFID标签读取器410可以例如,经由同向发射天线在广泛范围的角度内广播询问信号,或者如上所述用天线阵列在不同的角度上扫描它们。无线耦合到RFID标签读取器410的处理器(未示出)使用来自RFID标签402的RFID信号来计算RFID标签402的速度矢量481和轨迹491。为了计算给定速度矢量481,处理器可在不同时刻确定RFID标签的位置471,接着确定在2D或3D空间中连接那些位置的矢量。按时间差缩放该矢量产生速度矢量。

[0148] 处理器可使用位置测量值和/或速度矢量481来确定RFID标签的轨迹491。这可以是历史轨迹(即,RFID标签402曾处于的位置)或预测轨迹(即,RFID标签402基于其估计的速度正处于的位置)。如果需要,RFID标签的当前速度、近期轨迹和/或预测轨迹可以显示在智能手机、平板电脑或其他电子装置上,并用于触发交易(例如,与RFID标签402相关联的物品的销售),防止误放或失窃,或在物品转移仓库时跟踪物品,这在下文更详细地描述。如果速度矢量481和轨迹491指示RFID标签402不移动,则处理器可以将RFID标签402选择为如上所述的虚拟参考RFID标签。

[0149] 处理器还可以使用位置测量值、速度矢量481和轨迹491,来区分“真实”RFID标签(例如,图4中的RFID标签410)与混叠或“重影”RFID标签482。在这种情况下,重影RFID标签482由多路径效应引起。更具体地,图4示出了在真实RFID标签402与RFID标签读取器410a、410b之间传播的RFID信号可采取LOS路径411a、411b,导致精确测量RFID标签的位置、速度和轨迹。这些RFID信号还可在真实RFID标签402与RFID标签读取器410之间采取NLOS路径413。在此示例中,由RFID标签402辐射的RFID能量的一部分从墙壁412反射或散射到第一接收器410a。且当RFID标签402在某些位置时,此墙壁412防止其将RFID信号发送到第二接收器410b。简言之,墙壁412使得第一RFID标签读取器410a接收假的RFID信号,并且当RFID标签402在墙壁412与第一RFID标签读取器412a之间时阻止第二RFID标签读取器410b接收任何RFID信号。

[0150] 在这种情况下,处理假的RFID信号天真地导致图4所示的重影RFID标签482的出现,包括重影位置473、重影速度矢量483和重影轨迹493。处理器可以基于重影速度矢量483和重影轨迹493中的不连续性和/或重影速度矢量483与真实速度矢量481之间以及重影轨迹493与真实轨迹491之间的相似性来区分重影标签482与对应的真实标签402。特别地,真实速度和轨迹与重影速度和轨迹关于由墙壁412限定的线或平面镜像对称地出现。处理器可以使用这一镜像对称以及在重影轨迹493(墙壁412开始和结束之处)的开始和结束处的突然不连续性来区分真实RFID标签402与重影RFID标签482。

[0151] 相机420也可用于跟踪RFID标签402。在图4中,相机420(例如,以视频速率或约以视频速率)拍摄携带RFID标签402的人401的照片。处理器可以使用人工神经网络来识别出现在图像中的人401(例如,为普通人、为员工,或为特定人员),且将此人的运动与RFID标签402的运动相关联。如果RFID标签402位于名称标签、腕带或ID卡上,这可以作为训练神经网络以识别与RFID标签402相关联的人的过程的一部分来完成。如果神经网络已经被训练,则处理器可使用人和RFID标签402的重叠或重合运动以跟踪或触发另一动作,例如销售由人携带的物品或者RFID标签402所附着的物品。

[0152] 10在具有零售空间和库房的商店中的RFID标签定位系统

[0153] 图5A和5B示出了商店500中RFID标签定位系统的不同视图。RFID标签定位系统包括遍布整个商店销售区590、库房592和更衣室580的若干RFID标签读取器510。RFID标签读取器510可放置在天花板处或附近,例如,如图5B所示,以对销售区590上和库房592中的商品上的RFID标签502提供更清楚的视线。将RFID标签读取器510放置在RFID标签502上方也使得可以使用从由RFID标签读取器所接收的RFID信号导出的方位角和仰角信息来测量每个标签的3D位置。

[0154] RFID标签502可分布在整个商店500中,包括销售物品上,如衣服和其他商品。RFID标签502可嵌入物品中或用标签、夹子或贴纸附着到物品。商店500中可能存在其他类型的RFID标签,包括在已知位置(诸如固定或可移动衣架、墙壁或桌子)的参考RFID标签504。另外,如果可移动RFID标签502中的一些在足够长的时间段内保持不动,那么可将他们指定为虚拟参考RFID标签506。并且一些RFID标签可以附着到ID卡508a、508b(统称为ID卡508)、钥匙链、手环或由员工503a-503c(统称为员工503)或客户501穿戴或携带的其他物品。这些ID卡508可以标识特定的员工及其位置。同样,在商店的入口596处,RFID标签502可以嵌入或附着到购物袋、购物篮或者手推车。

[0155] RFID标签读取器510经由无线路由器540或其它合适的装置与处理器/控制器530无线通信。显示为与RFID标签读取器510并置的相机还与处理器530通信。处理器530继而可与客户501和员工503携带的平板电脑530和智能手机540进行通信。该处理器还可以通过合适的通信网络,诸如互联网与一个或多个服务器、数据库或跟踪商店库存和操作的远程装置通信。

[0156] 操作中,RFID标签读取器510测量RFID标签的位置、速度和如上所述的轨迹。它使用此信息监测库存并触发与用RFID标签502标记的物品相关的动作。例如,如果RFID标签读取器510检测到RFID标签502正朝向商店的出口598移动,且相机520检测到客户501正沿着相同轨迹移动,处理器530可触发客户501自动购买相关物品。这使得客户501能够跳过结账582,节省时间。处理器530还可以基于RFID标签读取器520的精确RFID位置估计来将客户501和员工503引导至特定物品。此特征可用于将客户501引导至期望的物品,例如,特定尺寸或颜色的衬衫;控制和重新上架存货,例如留在更衣室中的物品;或确定库存设置影响销售的方式。下文更详细地描述这些和其它应用。

[0157] 11RFID技术应用于高精度对象定位

[0158] 上述RFID标签定位技术提供了精细的空间分辨率和高精度,使其适合广泛应用,其中的许多应用用其他RFID标签定位技术无法实现。这些应用中的一些将在下文描述,并且可以与图5A和5B所示的系统和环境类似的系统和环境一起使用。

[0159] 11.1跟踪RFID标签移动

[0160] 在一个示例中,可在零售店,特别是在全渠道(omnichannel)(也拼写为omni-channel)商店中使用RFID技术。“全渠道”是指多渠道销售方法,旨在为客户提供无缝购物体验,无论客户是否正通过电话从台式电脑或移动装置在线购物,或在实体店购物。将全渠道客户体验与多渠道客户体验相区分的是后端的渠道之间的真正整合。例如,当商店已采用全渠道方法时,商店中的客户服务代表可像电话客户服务代表或客户服务网络聊天代表一样容易地立即参考客户的先前购买和偏好。或者客户可以使用计算机、平板电脑或智能

手机查看公司的网站或应用程序上的商店的库存,之后通过网店或应用程序购买物品,并在客户选定的地点领取产品。

[0161] 零售商使用全渠道订单的一个问题是检测物品已通过全渠道订单领取。为了解决此问题,RFID标签(称为手提袋标签)可放置在手提袋、购物袋、购物车或任何其他合适的容器上。每个待售物品还包括或附着到单独的RFID标签(称作物品标签)。天线阵列监测每个手提袋标签和每个物品标签的位置。如果一个物品标签与一个手提袋标签之间的距离低于阈值(例如,小于手提袋的尺寸),所述系统确定对应于物品标签的物品在手提袋中。为了提高检测的可靠性,所述系统可进一步监测手提袋标签和物品标签的移动。如果他们一起移动超过阈值的距离(例如,超过1米),所述系统可确定物品和手提袋正由客户携带。

[0162] 所述系统还可监测移动客户以确定客户是否领取了物品。例如,如果物品与客户一起移动超过阈值(例如,超过1米)的距离,所述系统可确定物品正由客户携带。例如,客户可以在他/她的智能手机上安装用户应用程序,并且所述系统可以通过与用户应用程序通信来检测客户的智能手机的存在。接着,所述系统可使用蓝牙、WiFi、LTE、3G、4G或任何其他无线技术跟踪智能手机(并因此跟踪客户)的移动。

[0163] 在某些情况下,所述系统可以维护不属于客户的所有智能手机(例如,商店自己的装置或员工的个人装置)的记录。一旦所述系统检测到未在记录中的智能手机,所述系统可确定客户进入商店,并可通过跟踪智能手机跟踪客户的移动。

[0164] 所述系统还可以使用面部识别、步态识别或其他识别技术来跟踪客户的移动。例如,相机可放置在商店的入口以识别客户,并且一个或多个相机可以分布在商店内以监测整个商店空间。每次客户被相机捕获并识别时,可以记录识别位置并与之前的位置一起编辑,以制订出客户的移动。此监测的分辨率(例如,相同客户的两次识别之间的距离)可以取决于商店中相机的数量(例如,商店的更大数量可以提高分辨率)。然后,如果一起移动大于阈值的距离时,所述系统可以确定物品被客户领取。替代地或另外,如果他们在超过3个位置处一起出现,所述系统可以确定物品被客户领取。如果他们一起出现的两个位置相隔超过1米,所述系统还可以确定物品被客户领取。

[0165] 当确定之前确定由客户领取的物品被放回并可用于销售时,所述系统还可更新库存。如果物品在较长的时间段(例如,长于5分钟)内未移动,则所述系统可确定物品被放回。为了提高可靠性,所述系统还可检查在物品不移动时物品附近是否有任何客户。在没有任何客户在物品附近时,所述系统可确定物品被放回(例如,因为先前挑选物品的客户改变了想法,并放弃了物品)。

[0166] 在另一示例中,可使用RFID技术确定物品是否处于商店的正确位置。在这种情况下,一个或多个标签(称为货架标签)可放置在保持供销售物品的每个货架上。每个货架标签识别对应物品在货架上的特定位置。每个物品还有一个物品标签。例如,货架标签可指示男士裤子的位置,并且可以将物品标签附着到一条男士裤子。所述系统询问货架标签和物品标签的位置,以估计它们之间的距离。如果距离低于阈值,所述系统可确定物品处于正确的位置。另一方面,如果距离大于阈值,所述系统可以警告一个或多个商店员工物品处于错误的地方,并应移至正确的地方。所述系统还可向员工提供关于物品的实际位置及其适当位置的指令。

[0167] 所述系统还可以使用附着到任何其他零售固定装置的标签(这些标签被称为固定

装置标签)确定物品是否在正确地方。一般而言,每个固定装置标签可以提供关于固定装置(例如,货架、桌子、柜台、陈列柜、篮子、网格,等)的识别、固定装置的位置以及固定装置中物品的类型和数量的信息。在某些情况下,固定装置中的物品的类型和数量可以基于行业标准确定。替代地,可为每个商店定制固定装置中物品的类型和数量。

[0168] 另外,每名员工都可以佩戴标签(称为员工标签)。在一个示例中,员工可以佩戴包含RFID标签的手环。在另一个示例中,可以将RFID标签缝制到员工的制服中。在又一示例中,RFID标签可以包括在员工佩戴的徽章中。所述系统可以使用这些标签来估计和跟踪员工的位置,例如,用于管理库存,如下所述。

[0169] 在某些情况下,员工的移动可以通过软件监测,而不使用附着到员工的RFID标签。例如,所述系统可通过跟踪员工的智能手机来监测员工的移动。在这些情况下,员工可以安装用户应用程序以便于智能手机与所述系统之间的通信。所述系统可以从例如用户应用程序上他/她的账户识别员工。

[0170] 在另一个示例中,所述系统可跟踪员工的可穿戴装置,诸如智能手表、活动跟踪器(例如,Fitbit),或智能眼镜(如,具有嵌入式电子器件的眼镜),及其他装置。在此示例中,所述系统可以维护属于每个员工的可穿戴装置的记录,以便在检测到可穿戴装置时识别员工。带有相机的系统还可以通过相机识别为由员工保持或携带的物品上的RFID标签来跟踪员工。

[0171] 例如,如果所述系统确定物品错放,或应从后部库存拿到正确的货架,所述系统可以使用员工标签估计所有员工的位置。然后可以识别最靠近或正朝向错放的物品移动的的员工。所述系统可警示该员工将物品放到正确的地方。所述系统还可估计和/或测量员工完成任务所需的时间(例如,从警报到完成的时间段)。此信息可用于评价员工绩效,并识别可以提高效率的商店布局的变化。

[0172] 所述系统可以使用若干标准来确定接收警报的适当员工。例如,所述系统可基于员工接收并响应警报的可用性向员工传达警报。在此示例中,员工可以通过其员工装置,例如安装有用户应用程序的智能手机向系统传达其可用性(或不可用性)。员工可以表明其处于不可以被中断的其他任务中。

[0173] 在另一个示例中,所述系统可以基于员工与问题物品的接近度,向员工发送警报。对于错放的物品,接近度可由员工与错放的物品之间的距离量化。对于待放置的物品,接近度可由员工与库房之间的距离量化。在某些情况下,接近估计考虑商店的建筑或结构。例如,所述系统可优选将警报发送给与问题物品在相同楼层上的员工,而不是向不同楼层的员工发送警报。

[0174] 在又一示例中,所述系统可以基于员工完成任务的能力向员工发送警报。例如,如果女士服装部门中的某个物品被错放,或者某个物品被发现丢在女士试衣间中,所述系统可优选向女士服装部门的员工而非杂货部门的员工发送警报。

[0175] 完成任务的能力也可以基于员工正处理的当前任务确定。例如,如果一个员工已经在处理某些错放的物品,则由他来处理类似的任务可能更加有效。所述系统还可以咨询质量保证系统,以确定员工的能力。例如,所述系统可包括员工之前处理的每个任务的员工绩效考核数据库。如果所述系统确定某个员工重新上货错放的物品的效率良好,所述系统可以优选地向该员工发送警报。

[0176] 在又一示例中,所述系统可以使用以上标准的组合或加权组合来确定处理该问题的最适当的员工。例如,所述系统可以首先查找可用的员工。然后在这些可用员工之中,所述系统找出在问题物品某一距离内的人。在这些员工中,所述系统接着可以基于员工完成任务的能力确定最适当的员工。

[0177] 在某些情况下,所述系统可以仅向(通过任何合适的方法确定的)最合适的员工发送警报。替代地,所述系统可向一组适当的员工发送警报,并且每个接收者可以使用他/她的装置(例如,智能手机)响应。一旦接收者通过指示他或她将处理任务进行响应,所述系统可以将问题的状态更新为例如“进行中”。

[0178] 所述系统还可向系统确定的适当员工的主管发送警报。替代地或另外,所述系统还可以向质量保证部门的人员复制警报,以便警示他们监测问题的进度。

[0179] RFID技术也可以用于以实时方式监测商店库存的可用性。在这种情况下,所述系统可跟踪客户领取的物品的移动。如上所述,所述系统可以在物品与手提袋一起移动时确定客户已经领取该物品。更具体地,所述系统可使用物品RFID标签的运动/轨迹以及如从视频数据和/或关于手提袋上或手提袋中的RFID标签的数据确定的手提袋的运动/轨迹确定物品在手提袋中。一旦所述系统确定物品被领取,所述系统从可用库存中扣除该物品。替代地,所述系统可以从库存中扣除该物品,直到该物品通过对其结账的出纳机。在某些情况下,如果客户正在穿戴物品,比如服装或一双鞋子,所述系统还可以扣除物品。

[0180] RFID技术还可以促进对电子商务订单的验证,特别是在密封好装运箱之后。RF信号通常可以穿透装运箱,因此可以使用上述RFID技术来识别装运箱中带RFID标签的物品。然后,将已识别的物品与对应于此装运的订单进行比较,以确定是否缺失任何物品,或者任何物品是否不应该在装运箱中。如果已确认缺失物品,所述系统可检查库存或其他数据库以查明替换物品是否在配送中心(DC)或附近商店中。所述系统还可以防止装运箱离开商店和/或DC,直到物品放入装运箱中或者位于单独的装运中。

[0181] 在某些情况下,RFID技术可用于更衣室以跟踪客户试穿的物品。所述系统可确定更衣室中留下的物品是否已在更衣室中超过阈值时间(例如,长于15分钟)。替代地,所述系统可跟踪物品的位置以及更衣室的状态。例如,在所述系统确定物品在更衣室中并且更衣室未使用的情况下,所述系统可确定物品留在更衣室中。在这些情况下,所述系统可以警示员工拾取物品,并将其放回货架进行销售。

[0182] 所述系统可通过跟踪试衣间中客户的移动或可穿戴装置的存在来确定试衣间的状态。例如,所述系统可生成试衣间的地图,并显示在每个试衣间中检测到的移动和可穿戴装置。如果在试衣间中找不到任何装置,所述系统可以指示试衣间可能未使用。在这种情况下,员工可以进入试衣间来拾取放弃的物品。

[0183] 所述系统还可使用附着到试衣间的门(例如,在门的活动边缘上)的RFID标签确定试衣间的状态。在这种情况下,试衣间的门可被设计成在解锁时远离框架移动。因此,RFID标签在门关闭或锁定时(即,当试衣间被占用时)处于第一位置,在门打开或解锁时(即,当更衣室未被占用时)处于第二位置。所述系统接着可基于RFID标签在门上的位置确定试衣间的状态。类似地,另一种选择是在试衣间幕帘中或幕帘上安装若干参考标签,并检测由于某人打开和关闭幕帘参考标签的移动更靠近在一起或分开得更远。

[0184] 替代地,每个试衣间可使用两个RFID标签:一个放置在门的活动边缘上,另一个放

置在门的框架上。替代地,可将RFID标签放置在试衣间门上的锁的不同部分上或整合到其中。然后,所述系统可确定这两个标签之间的距离。如果它们处于阈值(例如,约10cm)内,所述系统可以确定门关闭或锁定;否则,所述系统可确定门打开或解锁,且试衣间未被占用。

[0185] 另外,所述系统可使用RFID信号的位置和幅度位移的组合来确定带RFID标签的衣服是否在人身上。例如,如果衣服在试衣间中间的空中悬垂,它很可能在身体上。如果RFID标签定位系统检测到RSSI明显下降,并伴随着RFID标签靠近人体的(例如,来自相机数据的)指示,则可以确定用RFID标签标记的对象/衣服很可能在人体上。

[0186] 11.2上架带RFID标签的物品

[0187] 对物品的精确跟踪还允许所述系统无需人的干预使用自主车辆(例如,机器人装置、无人机等)将物品放置在货架上。例如,可以将RFID标签附着到每个物品,提供在商店中关于物品的期望位置的信息。自主车辆可包含标签读取器,以读取RFID标签并将物品递送到期望位置。期望位置(例如,指定货架)也可由RFID标签(称作固定装置标签)标记。在某些情况下,自主车辆使用其内部标签读取器来定位固定装置标签,并估计从其当前位置到固定装置标签的距离和方向,并使用所述估计值朝向固定装置导航。

[0188] 在某些情况下,所述系统可使用车辆上或嵌入车辆中的RFID标签监测遥控车辆的位置。如果需要,所述系统或用户可引导车辆朝向固定装置移动。在这些情况下,车辆可以不包括任何标签读取器。

[0189] 替代地,RFID标签可包括物品的识别信息(例如,序列号),但并非物品的期望或预期位置。相反,识别信息与数据库中的期望位置信息关联。(例如,自主车辆上的)RFID标签读取器可以读取识别信息并与数据库通信以检索位置信息。

[0190] 可以在每晚商店关闭之后和/或每天早晨商店开门之前用自主车辆执行自动上架。在某些情况下,上架程序是自动的,使得可在无人监测的情况下执行上架程序。因此,上架可在数小时后执行,以节省加班成本。

[0191] 在某些情况下,可按需执行上架。例如,当所述系统确定物品有需求时,所述系统可以派人或机器人到库房,拾取一个物品并将该物品递送到期望位置。在某些情况下,人或机器人也可以被引导到拾取错放的物品,并将其放在正确的位置。所述系统可以将机器人引导到错放的物品的位置和物品的期望位置。在一些情况下,RFID标签数据和/或相机数据还可揭示对象的方向和其它信息,例如重量、几何形状,和重量分布,以帮助解决诸如抓握的复杂问题。

[0192] 11.3监测带RFID标签的物品的库存

[0193] 所述系统可以基于用RFID标签精确跟踪物品位置来监测物品的库存。如上所述,所述系统可确定物品已被拾取或正由客户携带,在此情况下,所述系统可从可用物品的列表中移除该物品。所述系统还可以将该物品放在客户考虑购买的临时物品列表中。一旦物品由客户结账(例如,在客户带着物品离开商店的情况下),所述系统可从临时列表中移除该物品。然而,如果客户改变想法,并在结账之前将物品放回(或简单地放弃物品),所述系统可将此物品放回可用列表。

[0194] 在某些情况下,一旦所述系统确定物品在客户考虑中,所述系统可以以大于1Hz的频率询问附着到物品的RFID标签以跟踪物品的移动。在物品放回货架后,可降低询问频率以减少系统的计算负担。

[0195] 员工可通过处理有缺陷的物品参与库存监测。有缺陷的物品可以由员工或客户识别。在任一种情况下,员工可使用员工装置扫描物品上的RFID标签,并将物品的状态(例如,“有缺陷”或“损坏”)输入到系统中。员工装置可包括标签读取器和交互式接口(例如,触摸屏),供员工更新库存。响应于接收到该状态,所述系统可从可用列表中移除物品,并将物品放入另一列表(例如,修理列表或返回列表)中。所述系统还可向相关人员发送一个或多个警报,以处理有缺陷的物品。

[0196] 11.4使用RFID标签定位系统的员工和产品定位

[0197] RFID标签定位系统可包括多个相机、RFID标签和无线通信系统,例如蓝牙或Wi-Fi,以跟踪商店内的员工和产品的精确位置。员工和产品的位置可从由RFID标签定位系统采集的RFID标签定位数据导出,然后使用智能手机或平板电脑上的GUI显示。图6示出了示例性GUI,其显示员工和若干产品在商店的楼层平面图上的位置。因为RFID标签定位系统可识别员工和产品的确切位置,员工与产品之间的相关位置也可显示,如图6所示。除了显示产品在楼层平面图上的位置之外,如图6中所示,还可以在商店的虚拟巡视中、在商店的3D视图中或在线购物特征中显示产品的位置。

[0198] 11.5使用GUI选择产品

[0199] 如所描述,GUI可以显示商店的楼层平面图上的一种或多种产品。GUI还可以允许用户、员工或客户与所显示的产品交互,以便执行特定动作。可通过若干方法,包括指向装置(如鼠标)、基于触摸的系统(如用户的手指或触控笔)等等,实现用户与GUI的交互。例如,在基于触摸的系统中,用户可以通过用其手指在GUI中显示的产品周围绘制形状来选择一种或多种产品。此过程在图7A到图7D中示出。图7A示出了显示于GUI中的多个产品。用户可以使用他们的手指来开始围绕多个产品绘制圆形形状,如图7B中所示,直到完成如图7C所示的圆形形状。因此,选择包含在该圆形形状内的产品。在用户指定的动作之前,可以显示关于所选产品的信息,例如所选产品的数量,如图7D所示。

[0200] 一旦用户选择了产品,用户然后可以指定要对所选产品执行的许多动作。这些动作可包括以下内容:(1)列出产品细节,例如,款号、颜色、价格、尺寸等,(2)列出出售数量或价值,(3)指示RFID读取器只读取所选产品,例如,在接收到新装运、进行库存盘点期间等,(4)改变特定产品的落地陈列,(5)选择接收所选产品的价格提醒,(6)显示关于类似产品的信息,(7)接收关于所选产品的类似产品或更新型号的推荐,或(8)使所选产品被递送或领取以供购买。某些动作仅可根据其功能对员工或客户可用。

[0201] 11.6更新库存和新产品装运的自动通知

[0202] RFID标签定位系统也可以用于当新产品装运到达商店时促进更新库存。例如,装运可从制造商、仓库、配送中心或另一商店交付到商店。为了验证装运的产品的数量,可使用RFID读取器和用户应用程序。RFID读取器可最佳地位于商店装运处理区中,例如库房、销售区或零售商可以用来处理入站装运的其他地点。

[0203] 装运中包含的产品可以包含或不包含RFID标签。对于具有RFID标签的产品,员工可使用RFID读取器和用户应用程序验证所接收的产品数量符合产品订单的相应发票。对于没有RFID标签的产品,员工可向产品添加RFID标签,并使用RFID读取器和用户应用程序给标签编码适当的产品信息。然后可以在确认装运中收到的产品的数量之前添加这些产品。

[0204] 一旦验证了所收到的产品的数量,产品的RFID库存和产品的主要企业库存(可包

括在多个商店内带和不带RFID标签的产品)将会被更新,以在收到装运的商店以及在多商店的企业级别显示产品的准确库存水平。如果在所收到的产品的数量和发票中的产品的数量之间存在差异,RFID标签定位系统可通过检查产品是否在装运中到达,到达的产品是否不带RFID标签,以及到达的产品是否具有不正确的RFID标签,来促进解决所述差异。

[0205] 也可自动向客户发送电子通知,通知他们新装运的产品递送到商店。可以使用各种方法,包括电子邮件、文本消息、消息传递应用程序,例如,WhatsApp、Facebook信使、地理围栏应用程序,或与RFID标签定位系统集成的其他电子消息服务,来发送通知。可以基于客户偏好针对优先产品,例如新产品、畅销产品或客户选择通知的产品定制通知。还可以将通知发送到先前访问特定商店的客户,或者已经订阅从特定零售商或零售位置接收通知的客户。也可以将重新定向的广告或电子消息发送给先前访问过商店但因缺少可用性而无法购买特定产品(例如,优先产品不具有期望的尺寸)的客户。

[0206] RFID标签定位系统还可以促进发现丢失RFID标签的产品或在递送之后或在库存检查期间具有不正确RFID标签的产品。例如,员工在检查一堆相同衣物时可能发现该衣物的库存水平为零,这表明由于丢失或错误的RFID标签,RFID库存出现误差。在另一示例中,员工可能正在搬运特定产品,并在视觉上注意到该产品缺少RFID标签。如果在收到和验证装运后发现产品丢失RFID标签或有错误的RFID标签,员工可将RFID标签添加到该产品或更换该产品的RFID标签,并使用RFID读取器和用户应用程序给标签编码正确的产品信息。编码了新RFID标签后,产品的RFID库存将被更新,并且可以向客户发送自动电子通知,如前所述。

[0207] 11.7产品移动和保持的自动通知

[0208] RFID标签定位系统也可监测产品移动,例如,优先产品是否未被移至适当的地点,如销售区,或监测产品保持,例如,产品没有设置为客户保留。基于RFID标签定位数据,如果产品移动或产品保持在由零售商设定的特定时间阈值,例如,30分钟内未发生,可向授权员工、区域管理人员,或者企业管理人员发送电子通知。可以使用各种方法,包括电子邮件、文本消息、消息传递应用程序,例如,WhatsApp、Facebook信使、地理围栏应用程序,或与RFID标签定位系统集成的其他电子消息服务,来发送通知。

[0209] 11.8基于RFID标签的产品状态

[0210] RFID标签定位系统还可以在产品的RFID标签中编码额外信息。例如,可使用RFID状态标签,其可包括各种产品状态和跟踪信息。RFID状态标签区别于RFID标签,其中RFID状态标签可将相同的产品信息分配给对应于RFID状态标签的一组RFID标签。

[0211] 多种产品状态可以编码到RFID标签中,并且可以基于包括转出(Transfers Out)、电子商务订单和损坏的各种类别。在转出类别中,产品状态可包括:(1) 将从第一商店发送至第二商店、仓库或配送中心的商品,(2) 产品状态创建的时间和日期,(3) 转出类型,例如,转移到不同的商店,转移到仓库,转移到分配中心,损坏或召回产品的转移,如果产品的清洁或定制在商店外发生,则转移需要此类服务的商品,(3) 商品来源,例如,商店编号,(4) 商品目的地,例如,商店编号、配送中心、制造设施编号,或(5) 转出数量,例如,由RFID标签定位系统或现有传统系统创建的跟踪编号。

[0212] 在电子商务订单类别中,产品状态可包括:(1) 将从商店发送到客户下单指定的第三方送货地址的商品,(2) 产品状态创建的时间和日期,(3) 商品来源,例如,商店编号,(4)

客户账号,例如,由电子商务系统创建的账户,(5)电子商务订单号,例如,由RFID标签定位系统或现有传统电子商务系统创建的订单号,或(6)电子商务状态,例如,进行中-产品被拾取并且当前在处理区中等待打包,或已打包-已经被拾取且针对出站装运打包。

[0213] 在损坏类别中,产品状态可包括:(1)因污染、损坏或缺陷当前无法销售的商品,(2)产品状态创建的时间和日期,或(3)损坏转移号,例如,由RFID标签定位系统或现有传统系统创建的参考编号。

[0214] 使用RFID状态标签可基于RFID标签定位系统的位置准确性或根据产品类型促进在商店的特定区域中的产品状态的分配。例如,特定产品上的RFID状态标签可以将相同的状态自动分配给其紧邻的其他产品,例如,位于带RFID标签的产品4英寸内的产品。在另一示例中,特定产品上的RFID状态标签可在整个商店中向一组产品分配相同状态。可以对一组产品使用不同的颜色或符号在GUI中显示这些产品的状态变化。该视觉指示符可帮助员工验证产品的状态。

[0215] RFID标签定位系统还可基于产品的RFID库存自动更改产品状态。例如,只要商店未确认转出流程,具有转出状态(例如,转移到另一个商店,转移到仓库,或转移到配送中心)的带RFID标签的产品就可以被视为可通过发送所述产品的商店来履行电子商务订单的可用库存。确认可包括产品处于密封箱中,完成转移文档,等。

[0216] 11.9跟踪产品的到达和离开路线

[0217] RFID标签定位系统可包括RFID读取器、(深度)相机以及准确地确定RFID标签的位置的技术,RFID标签定位系统可用于记录当一个或多个RFID标记产品(例如,带RFID标签或RFID状态标签的分组在盒子、袋子或手推车中的产品)进入或离开商店时,所述产品通过商店的路径。使用用户应用程序,然后,所述路径可以作为覆盖在商店的楼层平面图上的动画在GUI中显示给用户,如图8所示。

[0218] RFID标签定位系统还可以使用日期、时间以及系统的定位技术和由如图8所示的相机记录的定位数据,回放RFID标记的产品的到达或离开的记录视频馈入。另外,RFID标签定位系统还可基于面部或步态识别、个体的支持蓝牙或Wi-Fi的装置或用户ID识别伴随RFID标记的产品的个体。

[0219] 为了确保商店被RFID标签定位系统完全覆盖,RFID标签定位系统的部件可以根据商店的布局和环境安装在天花板或墙壁上,每500至1000平方英尺递增。这使得RFID标签定位系统能够跟踪商店内的所有RFID标记的产品和支持蓝牙或Wi-Fi___33的装置。另外,所述系统还可识别商店的边界,例如,多层、房间、入口、出口等。商店的边界可以用RFID参考标签或其他手动标记方法标记以用于检测。特别地,通过识别入口和出口,RFID标签定位系统在产品已经进入或离开商店时自动登记。

[0220] 11.10产品数量的智能、适应性落地陈列

[0221] RFID标签定位系统可以使用户,例如员工能够设置要位于商店的特定区域中的期望数量的产品,例如,在落地陈列上的12个产品单元。此外,RFID标签定位系统可基于关于产品性能的历史数据,向用户建议产品的理想放置,以便最大化销售。例如,特定产品可以具有多种变型,例如,鞋类、服装、饰品,具有不同尺寸的女士结婚礼服。RFID标签定位系统可向用户建议性能最高的产品变型以放置在该特定商店的落地陈列上。历史性能数据可以包括:历史销售,客户查看或测试的产品或产品变型的次数,或产品或产品变型的转化率,

例如,查看相比于销售,客户测试相比于销售等。

[0222] RFID标签定位系统还可基于商店处可用的库存清单实时地动态修改商店中产品的数量和位置。例如,在表1中,示出了一种理想情景,其中M和L尺寸的产品是表现最佳的变型,随后是S和XL尺寸的产品。基于对要显示的产品总数的用户定义要求,例如,在此示例中为12个,RFID标签定位系统自动计算要放置在落地陈列上的每个尺寸的产品数量。在这种情况下,由于M和L尺寸的产品表现更好,因此,显示比S和XL尺寸的产品更多的M和L尺寸的产品。

[0223] 表1

[0224]	理想情景			
	陈列总数	12		
		S	M	L
				XL
	落地陈列数量	2	4	4
	销售区数量	3	1	3
			2	

[0225]	库房数量	10	12	8	9
--------	------	----	----	---	---

[0226] 在另一示例中,表2示出了一种修改情景,其中M尺寸的产品库存不足且因此无法满足表1中先前展示的理想落地陈列。作为响应,RFID标签定位系统基于下一个表现最佳的产品变型,重新分配要放置在落地陈列上的产品变型的数量。这不必要显示零个M尺寸的产品,而是减少M尺寸的产品的数量以适应可用的库存和客户需求。在这种情况下,显示更多的L尺寸的产品,随后是S和XL尺寸的产品。

[0227] 表2

[0228]	修改情景 A			
	陈列总数	12		
		S	M	L
				XL
	落地陈列数量	3	1	5
	销售区数量	3	1	3
			3	3
	库房数量	10	0	8
				9

[0229] 表3示出了又一修改情景,其中M和L尺寸的产品均售空了,其他产品变型库存不充足,无法满足所需的产品总数。在这种情况下,RFID标签定位系统将重新分配产品变型的数量,以满足尽可能更好地显示的产品的总数目,同时优先排序表现最佳的尺寸。

[0230] 表3

[0231]

修改情景 B				
陈列总数	12			
	S	M	L	XL
落地陈列数量	6	0	0	3
销售区数量	3	0	0	3
库房数量	3	0	0	0

[0232] 如果销售区数量设置为零,RFID标签定位系统将落地陈列上的产品数量也设置为零。此外,如果至少一个产品在销售区并且没有产品在落地陈列上,则可向员工发送通知。这基于一种可能的零售商策略,其中销售区上可用的所有产品也应放置在落地陈列上。RFID标签定位系统还可被配置成检测销售区和落地陈列上的产品数量的差异,特别是补偿所述系统的输入误差。

[0233] 11.11拾取列表的创建和优化

[0234] 如前所述,RFID标签定位系统可准确地跟踪位于商店不同区域(例如,销售区或库房)中的产品的数量,并且因此可确定哪些产品或产品变型可能需要实时移动到销售区。例如,表4示出了商店中的产品变量的分布。如表所示,基于落地陈列上展示的产品数量,销售区上可用的M和XL尺寸的产品数量不足。结果,两个M尺寸以及一个XL尺寸的产品应从库房移至销售区。

[0235] 表4

[0236]

产品在商店内的分配				
陈列总数	12			
	S	M	L	XL
落地陈列数量	3	3	3	3
销售区数量	3	1	3	2
库房数量	10	12	8	9

[0237] 为了促进产品或产品变型的补充,RFID标签定位系统可立即编辑需要实时补充的拾取列表或所请求产品的列表。然后可以将拾取列表发送至用户,例如,库房员工,其然后通过拾取所有请求的产品并将这些产品递送到销售区来完成该请求。

[0238] 拾取列表的使用也可适用于满足电子商务订单,其中RFID标签定位系统编辑在线客户请求的要在商店内领取的产品列表。拾取列表中的产品也可以由员工代表客户、由客户使用零售商的网站或应用程序,或由用户应用程序的客户变体设置成保留。拾取列表也可用在客户库存请求中,其中由店内客户通过销售区员工从库房请求产品,或者用于错放产品,其中产品放置在销售区上或库房中的不正确位置。

[0239] 因为RFID标签定位系统可跟踪用户(例如,库房员工)的位置和拾取列表中所有产品的位置,所以基于员工拾取所有产品的最短时间或距离可生成优化的拾取路径(OPP)。可将OPP在用户应用程序的GUI中显示给用户。在图9A中,以虚线显示OPP,以及拾取列表上最近的产品和用户的位置。OPP将随着用户移动而更新,如图9B所示。当用户开始拾取拾取列

表上的产品时,OPP将继续更新,并且还将显示用户拾取的产品的数量,如图9C和图9D所示。同样,用户要拾取的下一个产品也将显示在GUI中。OPP亦可用于电子商务订单,客户库存检查,以及移动库房中或销售区上的错放的产品。

[0240] 如果第一用户的拾取列表上的产品被第二用户拾取并递送至销售区,并且第一用户仍在满足请求的过程中且在领取所述产品之前,RFID标签定位系统将在第一用户的拾取列表上特别标记该产品,以通知第一用户不再需要该产品。可使用RFID标签定位系统实时地执行此通知过程。

[0241] 11.12拾取列表过滤器

[0242] RFID标签定位系统还可以使得用户能够基于产品属性或位置来细化拾取列表。例如,用户可根据女士结婚礼服、库房1、或库房1中的女士结婚礼服过滤拾取列表。此外,用户可以设置拾取列表中要包含的产品的最大数量,例如,10个单元。然后,RFID标签定位系统将显示具有最多10个单元的拾取列表。基于用户过滤器和最大数量,RFID标签定位系统可优化拾取列表上为商店生成最多销售额的产品。

[0243] 11.13杂散产品

[0244] 杂散产品是放置在商店内不正确位置的产品,例如,产品被指定为在销售区上,但是位于库房中。RFID标签定位系统可主动且准确地跟踪特定产品单元的位置,例如,男士黑色V领T恤的所有单元都位于销售区上或库房中。RFID标签定位系统的定位准确度和监测特定产品的所有单元的能力的组合可以实现商店中杂散产品的自动检测。如果检测到杂散产品,可以立即自动将产品单元处于不正确的位置的通知发送至用户,例如,员工,或在用户定义的时间阈值之后发送,例如,大于10分钟。

[0245] 此外,用户应用程序还可以在GUI内生成将用户引导至所有杂散产品的路径。此路径生成特征也可用于非杂散产品。举例来说,图10示出了在商店内选择特定产品的GUI。所选择产品的单元可能不位于同一库房或特定库房的相同区域中,例如,产品的单元可能不位于彼此六英尺内。在这些情况下,GUI可向用户显示用户必须访问以检索产品的所有单元的总位置数。

[0246] 11.14将产品通知智能路由至用户

[0247] RFID标签定位系统,特别是RFID读取器、用户应用程序和系统的位置跟踪特征可用于准确地监测产品的位置或产品的变型。通过跟踪商店内的所有RFID标记的产品,所述系统可实时地自动通知用户,例如,员工,在商店的特定区域内是否需要补充产品。产品补充的阈值或标准可以由用户决定。例如,可能要求产品有10个单元位于落地陈列上。如果最初产品有10个单元在落地陈列上,并且客户购买了1个单元,可向员工发送通知落地陈列上的产品数量已降低到低于指定要求,从而提示员工将1个产品单元转移至落地陈列。

[0248] 收到产品补充通知的员工还可以向另一名员工发送对产品的请求,例如,销售区员工可使用内部库存请求向库存员工请求产品。如果所请求的产品在第一商店没有库存,员工可以转而使用外部商店请求,以向第二商店或仓库请求产品,并递送至第一商店或客户的首选地址。此跟踪特征也可由客户借助其移动装置使用用户应用程序来使用,以在商店或另一附近商店中定位带RFID标签的特定产品。

[0249] RFID标签定位系统还可智能地将库存请求路由至特定员工或位置,以最小化向商店的特定区域或客户递送所请求的库存的时间。内部库存请求可以基于其与商店区域、客

户或库房的接近度以及在最短时间内完成任务的能力被路由至员工。例如,员工A正在处理其它客户的5个库存请求,其必须优先完成这5个库存请求。RFID标签定位系统接着可将额外请求路由至最近的可用员工,例如,员工B,以履行库存请求。如果当前在执行不相关的任务,员工还可以选择关闭或静音库存请求的通知。RFID标签定位系统还可通过产品和员工在商店移动时对其进行跟踪,来监测从初始收到向客户或商店区域递送产品的库存请求起员工完成库存请求所花费的时间。

[0250] 对于外部库存请求,RFID标签定位系统可主动监测并更新多个商店的产品的可用性。例如,如果第二商店的客户在他们的购物车中有所请求的产品,RFID标签定位系统将从第二商店的可用库存移除该产品,以确保第一商店的客户有关于产品可用性的准确信息。RFID标签定位系统还可用于预测外部请求的产品递送到商店或客户的首选地址所需的时间,这是基于起始位置(例如第二商店或仓库)和目的地之间的距离,以及详述库存请求被履行并由起始位置运输的速度的数据的。

[0251] 11.15库存请求履行

[0252] RFID标签定位系统实时地且始终主动地跟踪商店的销售区和库房上可用的产品的位置。此主动跟踪可促进员工快速完成客户的库存请求。例如,客户可以使用用户应用程序请求商店中特定产品的库存水平检查。图11示出了示例性GUI,其中客户正在用规定特定产品变型,例如,中等尺寸的黑色礼服的选项从库房请求产品以在销售区递送给他们。接着可以将该请求发送给销售区的员工。销售区的员工然后可以使用用户应用程序,向库房员工请求客户所请求的产品。然后,库房员工可为不同客户找到并拾取多种所请求的产品。为了便于将产品递送至销售区的不同客户,库房员工可使用用户应用程序,用户应用程序主动地实时监测不同客户的位置。

[0253] 除库存请求外,可能有产品错放或不容易被客户找到,但仍然存在销售区的情况。用户应用程序可以提供在商店的各个区域中产品(如果存在)的位置。例如,在图12中,除了库房中可用的数量之外,GUI可向客户显示销售区上所选产品的位置。如果商店的员工未移动销售区上的错放的产品,用户应用程序还可以使得客户能够找到所述错放的产品。

[0254] 11.16拾取列表的自动标记

[0255] 拾取列表指用户所请求的产品的列表,且可以包括对内部补货、电子商务订单、库存请求、错放的产品或用户需要找到的产品的任何其他列表的请求。如果符合以下条件,拾取列表中的产品可以自动标记为拾取:(1) 用户正在使用用户应用程序处理拾取列表,(2) 用户拾取拾取列表中的产品,以及(3) 如果用户的拾取列表上的产品正在与用户一起移动,则RFID/计算机视觉物品定位系统基于用户装置或其RFID员工标签识别所述产品被用户拾取。一旦符合这些条件,RFID/计算机视觉物品定位系统应在用户拾取产品时自动标记产品。为了提高拾取列表自动标记的准确性,可使用阈值来确定产品是否由用户拾取,例如产品被拾取之后的时间或产品已移动的距离。

[0256] 11.17跟踪客户的高购物车价值

[0257] RFID标签定位系统也可以用于实时地主动跟踪客户购物车中产品的数量和类型。购物车可以包括篮子、袋子、手推车等。如果客户的购物车含有超过用户定义阈值的产品,例如,5个总单元或500美元价值,可自动将通知发送给识别这些客户的员工。另外,特定产品或产品类别也可由员工标记以优先跟踪。此跟踪特征在商店中可具有多种功能用途。例

如,跟踪特征可以用于通过跟踪其购物车中可能具有大量或高价值的产品或者可能已经选择许多标记的产品来防止入店行窃。跟踪特征也可以用来识别可能愿意花费更多金钱的客户,这可通知员工为客户提供更好的客户服务,以对这些客户追加销售,或向这些客户推荐免费产品。

[0258] 可以使用用户应用程序中的GUI以各种格式向用户显示RFID标签定位数据。例如,员工可以在GUI中查看商店内的所有客户,并基于产品的数量或者根据总价值监视他们的购物车。为了便于识别客户,如果客户使用用户应用程序的客户变体,RFID标签定位系统可以将商店中的人与客户资料相关联。否则,还可以通过跟踪产品的运动并确定产品是否与注册的员工装置相关联,仍识别在其购物车中有产品的客户。

[0259] 11.18自动通知VIP客户

[0260] RFID标签定位系统还可以存储关于客户的数据。该数据可以包括客户对商店的访问次数或客户每月或每年花费的金额。基于此数据,VIP称号可以归属于超过用户定义的阈值的客户。

[0261] 然后,RFID标签定位系统可用于检测和识别VIP客户,并在VIP进入商店或商店的特定部分时通知员工。可使用多种方法来完成对VIP的识别,包括(1)基于经由蓝牙或Wi-Fi存储在客户的移动装置上的用户应用程序中的客户的资料来检测VIP状态,(2)基于客户移动装置上的用户应用程序,识别客户移动装置id,或(3)使用RFID标签定位系统的计算机视觉能力基于面部或步态辨识来识别。

[0262] 11.19识别潜在的产品盗窃

[0263] 如前所述,RFID标签定位系统可以实时主动跟踪客户购物车中产品的移动。如果在监测产品时发生异常事件,可能会检测到产品的潜在盗窃。例如,如果客户要从产品移除RFID标签,则RFID标签定位系统可检测到此移除,并立即通知员工此确切产品及其在商店中的最后已知位置。此外,RFID标签定位系统还可识别并检索由系统的相机或RFID读取器记录的录像,以协助员工定位客户或产品。此信息提供给员工后,员工则可以接近该客户以提供对缺失RFID标签的产品的帮助。

[0264] RFID标签定位系统还可以加时间戳并存储与RFID标记的产品相关的异常事件。该信息可用于基于诸如消失的RFID标签的频率之类的数据,在GUI中向员工显示潜在高行窃区。该数据可在GUI中以用户定义的时间帧,例如,前7天,30天,180天等查看。此外,RFID标签定位系统还可以通过识别易于在商店内消失的RFID标签的当前位置来识别和突出可能变成高行窃区的商店中的区域。

[0265] 11.20自动监测试衣间

[0266] 与识别潜在的产品盗窃类似的检测策略也可用于对试衣间进行自动监测。RFID标签定位系统可在产品进入或离开试衣间时跟踪产品。进入或离开试衣间的通知可以实时发送给产品的员工。如果产品留在试衣间,RFID标签定位系统可通知员工有杂散产品存在于试衣间中,并且将产品返回到其在商店内的正确位置。如果要移除RFID标签,导致产品在RFID标签定位系统中消失,也可向员工发送通知产品可能已消失,并识别产品最后与之相关的客户。当有问题的产品消失时,客户也可能由其购物车中的其它产品所识别。

[0267] 11.21客户和产品交互的捕获和测量

[0268] RFID标签定位系统还可用于检测和测量与商店内的客户和产品交互相关的数据。

例如,系统可跟踪(1)客户领取产品的频率,(2)客户查看产品的时间有多长,(3)哪些产品被一起查看,(4)在查看新产品时客户拿着哪个产品,(5)可以从试衣间获取哪些产品,(6)客户在实现购买之前与哪些产品交互,(7)基于所测量的RF信号由于与水体(例如人体)的接近造成的畸变,可能由客户测试的产品,例如,客户试穿衣服,(8)客户测试产品的时长。对于客户测试的产品,还可以对未购买的产品(例如,留在试衣间内的衣物)采集信息,以评估制造或合身问题,例如,客户更喜欢一件衣服的外观,而不是一件合身的衣服。该数据可用于通知商店如何潜在地修改产品的制造以提高销售额。

[0269] 要测量这些参数,RFID标签定位系统能够在3D空间中以高空间和时间分辨率跟踪对象。例如,RFID标签定位系统可检测产品是否移动超过阈值距离,例如,4英寸,并保持阈值时间周期,例如,超过3秒。如果满足此类条件,产品可被视为由客户拾取或查看。

[0270] 如前所述,RFID标签定位系统可跟踪商店内产品和客户的运动。可通过以下方式识别客户:(1)客户使用其移动装置上的用户应用程序,所述移动装置由蓝牙、Wi-Fi或其他无线通信系统或传感器检测,或(2)假定员工具有标签或装置,通过基于不具有可由RFID标签定位系统识别的装置或标签的个体,检测客户。

[0271] RFID标签定位系统还可以根据产品组,诸如产品类别、子类别、产品、颜色、尺寸、价格范围、所述前面类型的任何组合,等等,采集产品性能数据。对于这些产品组,可采集的性能数据包括以下内容:(1)最多或最少查看的产品组,(2)最长或最短查看的产品组,(3)最多或最少被拿到试衣间的产品组,(4)最多或最少被测试或试穿的产品组,(5)最长或最短时间段被测试或试穿的产品组,(6)具有最好或最坏转化的产品组,转化定义为销售数量与所提及的其他类型的数据相对比。例如,如果一个产品每天被查看100次,每天售出10次,则转化率为10%。在另一示例中,如果100个产品试穿超过30秒并销售了10个,则试穿超过30秒的产品具有10%的转化率。

[0272] 基于由RFID标签定位系统收集的产品性能数据,可以通过以下方式实现商店运营的改进:(1)识别商店中表现最佳的销售区域,(2)识别最多产品交互的区域,以改善该区域人员配备,或(3)营销策略,例如基于最畅销组合(例如,黑色牛仔服和白色T恤一起表现最佳)自动计算和推荐产品类别,或识别最适合某些产品类型的商店区域,例如,在商店的区域A连衣裙具有最高转化率。

[0273] 类似地,产品性能数据可以通过以下方式改善客户购物体验:(1)基于前面定义的产品组了解客户的历史购物偏好,以通知客户先前在商店或在线搜索的新产品或补货产品到店,(2)通过在商店内或客户可能感兴趣的商店的区域内突出显示产品来个性化店内购物体验,(3)通知客户潜在的店内促销,或(4)通过经由蓝牙或WiFi检测存储在客户的移动装置上的用户应用程序中的客户资料来识别客户,基于客户移动装置上的用户应用程序识别客户移动装置id,或使用RFID标签定位系统的计算机视觉能力基于面部或步态辨识来识别客户。

[0274] 11.22结论

[0275] 尽管本文已经描述和说明了各种实施例,但是用于执行所述功能和/或获得所述结果和/或本文所述优点中的一个或多个的多种其它装置和/或结构是可能的。更一般地,所有参数、尺寸、材料和本文中所描述的配置意味着是示范性的,且实际参数、尺寸、材料和/或配置将取决于所公开的教导所使用的一种或多种特定应用。应当理解,前述实施例仅

以示例的方式呈现,并且可以以不同于具体描述和要求保护的其它方式来实践实施例。本公开的实施例涉及本文中描述的每个单独的特征、系统、制品、材料、套件,和/或方法。另外,如果两种或更多种这些特征、系统、制品、材料、套件和/或方法不相互一致,则此类特征、系统、制品、材料、套件和/或方法的任何组合包括在本公开的范围之内。

[0276] 上述实施例可以以多种方式中的任何一种来实现。例如,本文公开的技术的实施例可以使用硬件、软件或其组合来实施。在软件中实施时,软件代码可以在任何合适的处理器或处理器集合上执行,无论是设置在单个计算机中还是分布在多个计算机中。

[0277] 本文中概述的各种方法或过程可编码为可在采用多种操作系统或平台中的任一种的一个或多个处理器上执行的软件。另外,可以使用多种合适的编程语言和/或编程或脚本工具中的任何一种来编写此类软件,并且此类软件还可以被编译为在框架或虚拟机上执行的可执行机器语言代码或中间代码。

[0278] 在这方面,各种发明构思可体现为计算机可读存储介质(或多个计算机可读存储介质)(例如,计算机存储器、一个或多个软盘、紧凑型磁盘、光盘、磁带、闪存、现场可编程门阵列或其它半导体装置中的电路配置,或其他非暂时性介质或有形计算机存储介质),其编码了一个或多个程序,所述一个或多个程序在一个或多个计算机或其他处理器上执行时,执行实施上文所论述的本发明的各种实施例的方法。计算机可读介质或多个计算机可读介质可以是可移动的,使得存储在其上的程序或多个程序可加载到一个或多个不同计算机或其它处理器上以实施如上文所论述的本发明的各个方面。

[0279] 术语“程序”或“软件”在本文中在一般意义上用于指代可用于对计算机或其他处理器进行编程以实施如上文所论述的实施例的各个方面的任何类型的计算机代码或计算机可执行指令集。另外,应了解,根据一个方面,在被执行时执行本发明的方法的一个或多个计算机程序不需要驻留在单个计算机或处理器上,但可以在数个不同计算机或处理器之间以模块化方式分布以实现本发明的各个方面。

[0280] 计算机可执行指令可以采用许多形式,例如程序模块,由一个或多个计算机或其他装置执行。通常,程序模块包括例程、程序、对象、部件、数据结构等,其执行特定任务或实施特定抽象数据类型。通常,在各种实施例中,程序模块的功能性可按需要组合或分布。

[0281] 同样,各种公开的构思可体现为一种或多种方法,已对其提供了示例。作为方法的一部分执行的动作可以以任何合适的方式排序。因此,可以构造以不同于图示的次序执行动作的实施例,其可包括同时执行一些动作,即使在说明性实施例中作为顺序动作示出。

[0282] 如本文中定义和使用的所有定义应理解为控制词典定义、以引用的方式并入文件中的定义,和/或定义术语的普通含义。

[0283] 如本说明书和权利要求书中所使用的不定冠词“一个”和“一种”,除非明确指出相反,应理解为意指“至少一个”。

[0284] 本说明书和权利要求书中所使用的短语“和/或”应理解为意味着如此连结的元素中的“任一者或两者”,即,元素在一些情况下结合存在并且在其它情况下分离存在。用“和/或”列出的多个元素应以相同的方式解释,即,如此连结的元素中的“一个或多个”。除了由“和/或”从句特别标识的元素之外,其他元素可以可选地存在,无论是否与那些特别标识的元素相关或不相关。因此,作为非限制性示例,对“A和/或B”的引用,当结合开放式语言(例如“包括”)使用时,在一个实施例中,可仅指A(可选地包括除B以外的元素);在另一个实施

例中,仅指B(可选地包括除A以外的元素);在又一个实施例中,指A和B两者(可选地包括其他元素)等等。

[0285] 如本说明书和权利要求书中所使用的,“或”应理解为具有与上文定义的“和/或”相同的含义。例如,在分开列表中的项目时,“或”或“和/或”应解释为包括性的,即,包括许多元素或元素列表中的至少一个但还包括不止一个,且可选地包括附加的未列出的项目。只有明确指出为相反的术语,例如“仅……之一”或“恰好……之一”,或当在权利要求书中使用时,“由……组成”将指包括许多元素或元素列表中的恰好一个元素。一般而言,如本文中所使用的术语“或”在之前是排他性术语(诸如“任一个”、“……之一”、“仅……之一”或“恰好……之一”)时应仅解释为指示排他性替代方案(即,“一个或另一个,但不是两者”)。“基本上由……组成”当在权利要求书中使用时,应具有如专利法领域所用的普通含义。

[0286] 如本文所使用,术语“约”和“近似”通常指所述值的加或减10%。

[0287] 如本说明书和权利要求书中所使用的,引用一个或多个元件的列表短语“至少一个”应理解为指选自元素列表中的任何一个或多个元素的至少一个元素,但不一定包括在元素列表中特别列出的每个元素中的至少一个,且不排除元素列表中的元素的任何组合。此定义还可以使得除了短语“至少一个”所指代的元素列表中特别标识的元素之外的元素可以可选地存在,无论是否与特别标识的元素相关或不相关。因此,作为非限制性示例,“A和B中的至少一个”(或等效地“A或B中的至少一者”,或等效地“A和/或B中的至少一个”)在一个实施例中可以指至少一个(可选地包括超过一个)A,不存在B(且可选地包括除B之外的元素);在另一实施例中,指至少一个(可选地包括超过一个)B,不存在A(且可选地包括除A以外的元素);在又一实施例中,指至少一个(可选地包括超过一个)A,和至少一个(可选地包括超过一个)B(且可选地包括其它元素)等等。

[0288] 在权利要求书以及上述说明书中,所有过渡短语诸如“包括(comprising)”、“包括(including)”、“携带”、“具有”、“包含”、“涉及”、“保持”、“组成”等等应理解为是开放式的,即,意味着包括但不限于。仅过渡短语“由……组成”和“基本上由…组成”应分别为封闭式或半封闭式的过渡短语,如美国专利局专利审查程序手册第2111.03节所述。

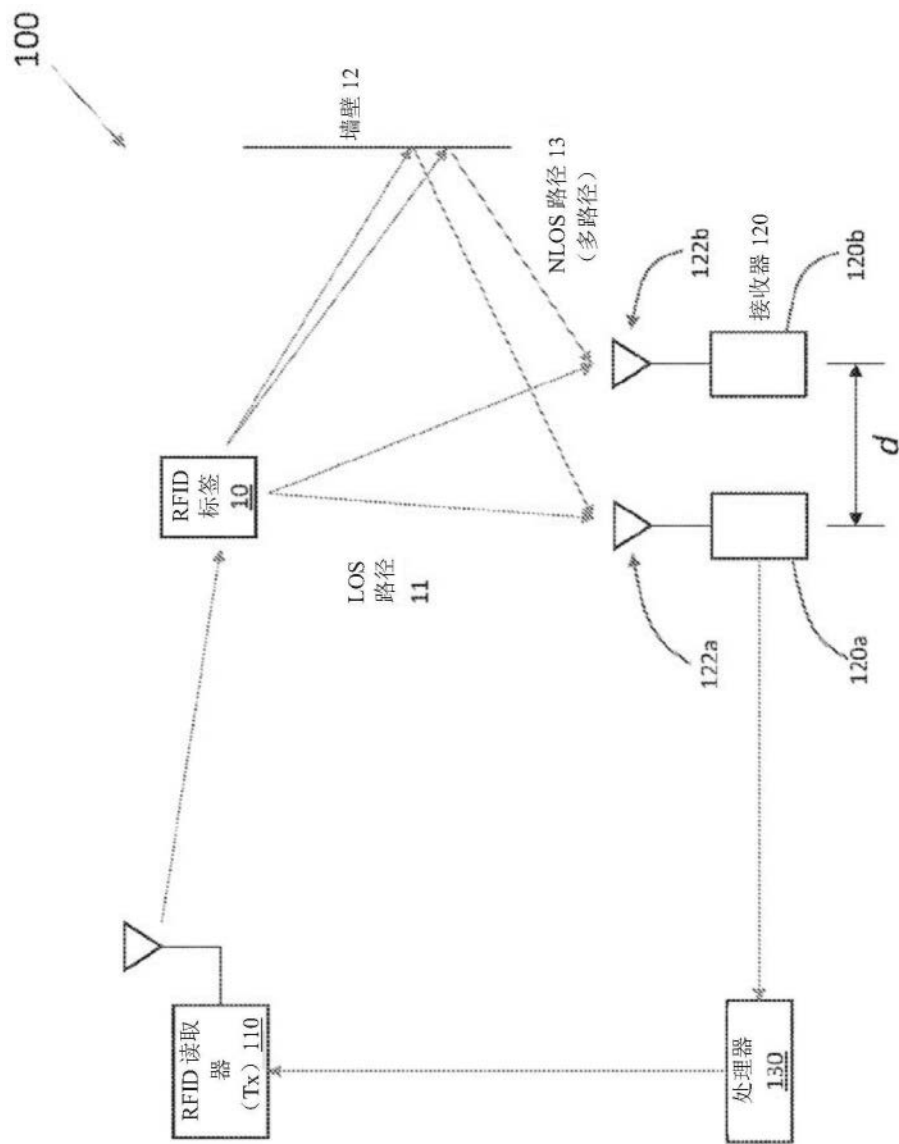


图1A

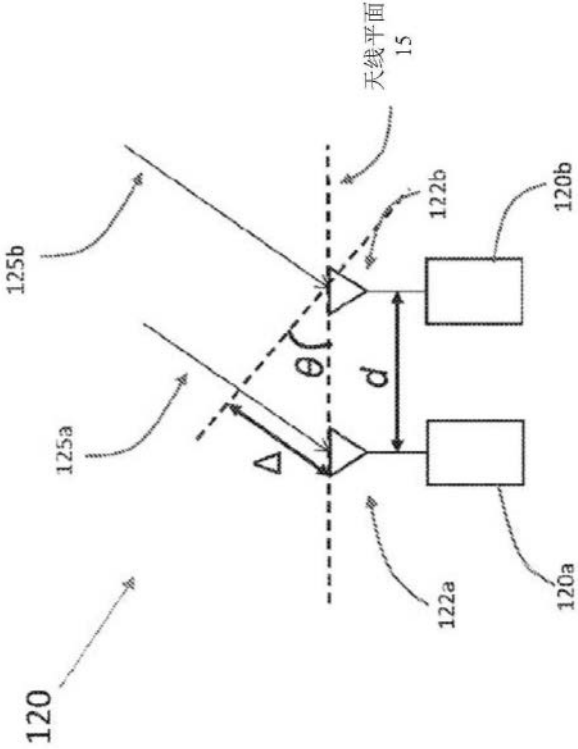


图1B

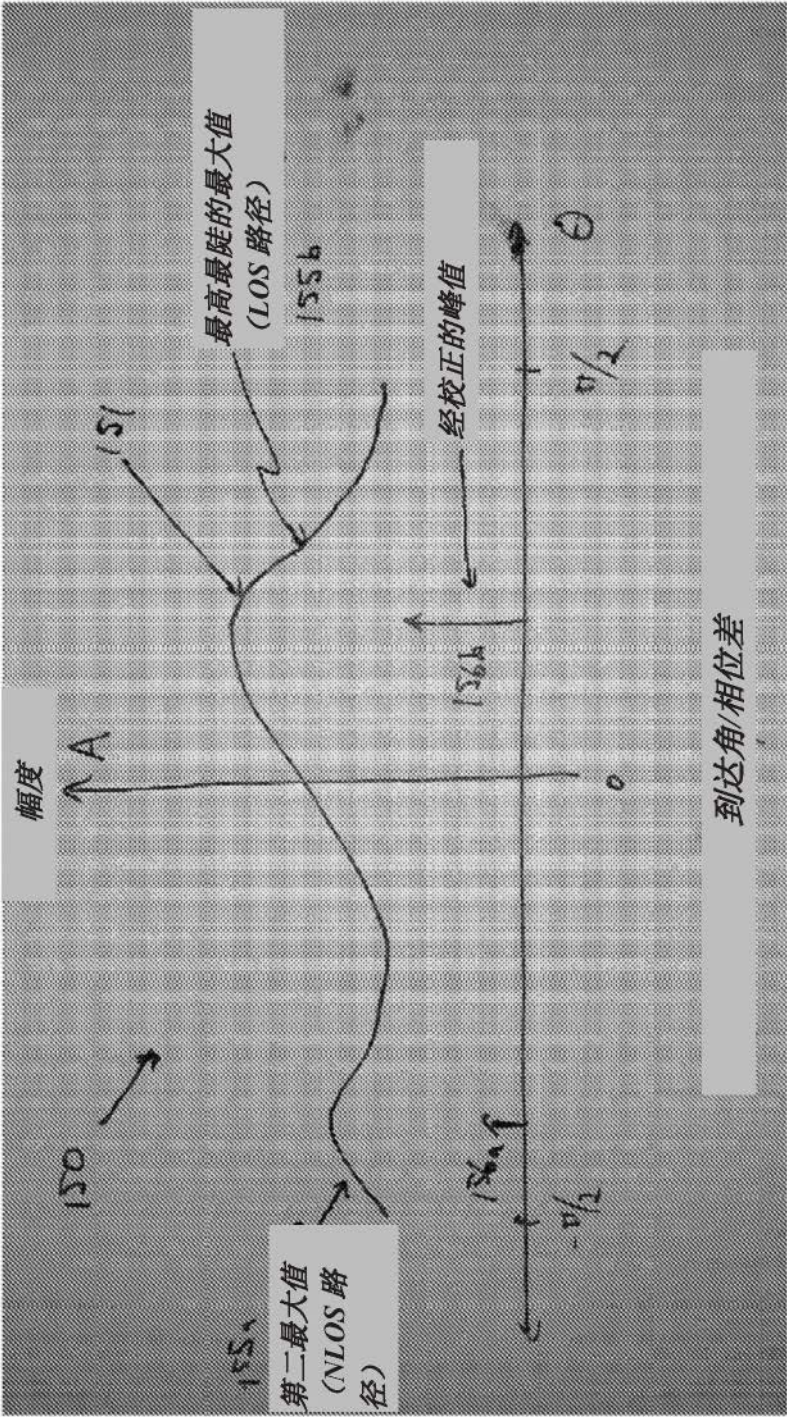


图1C

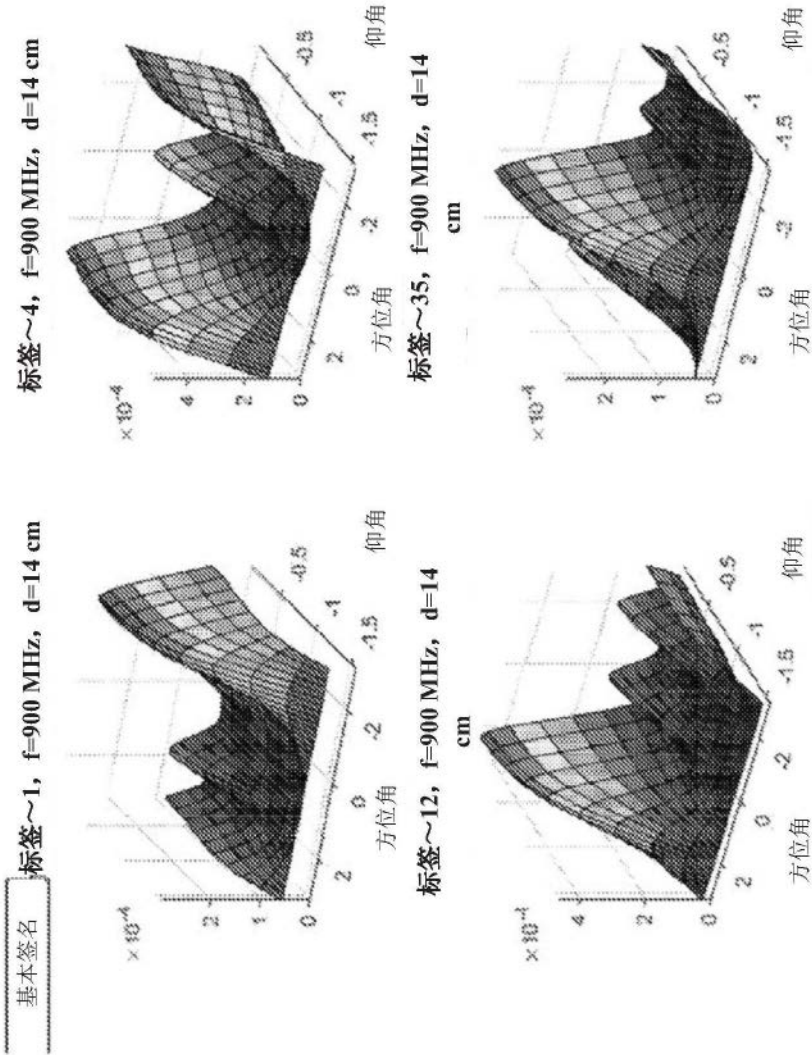


图1D

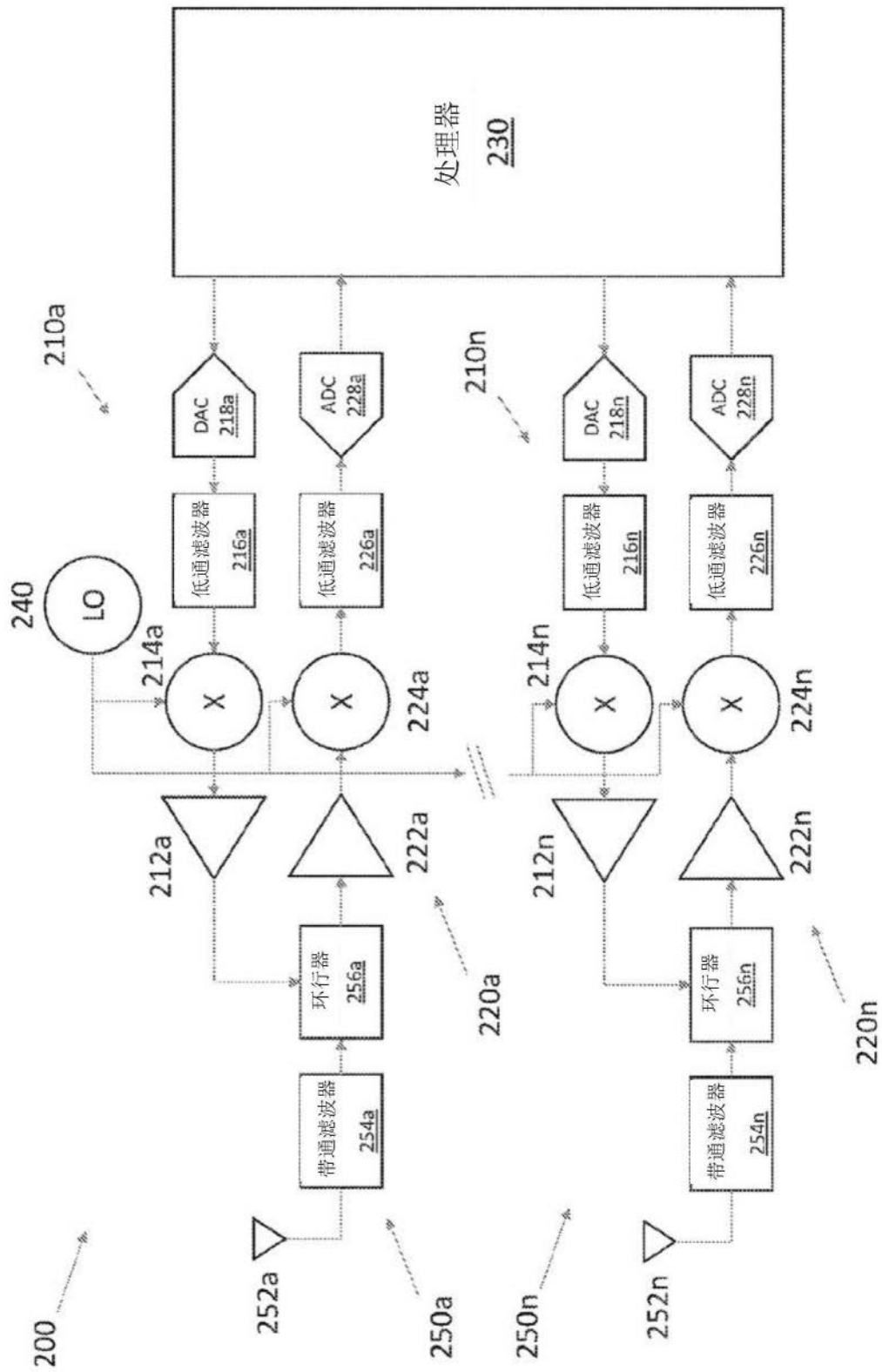


图2

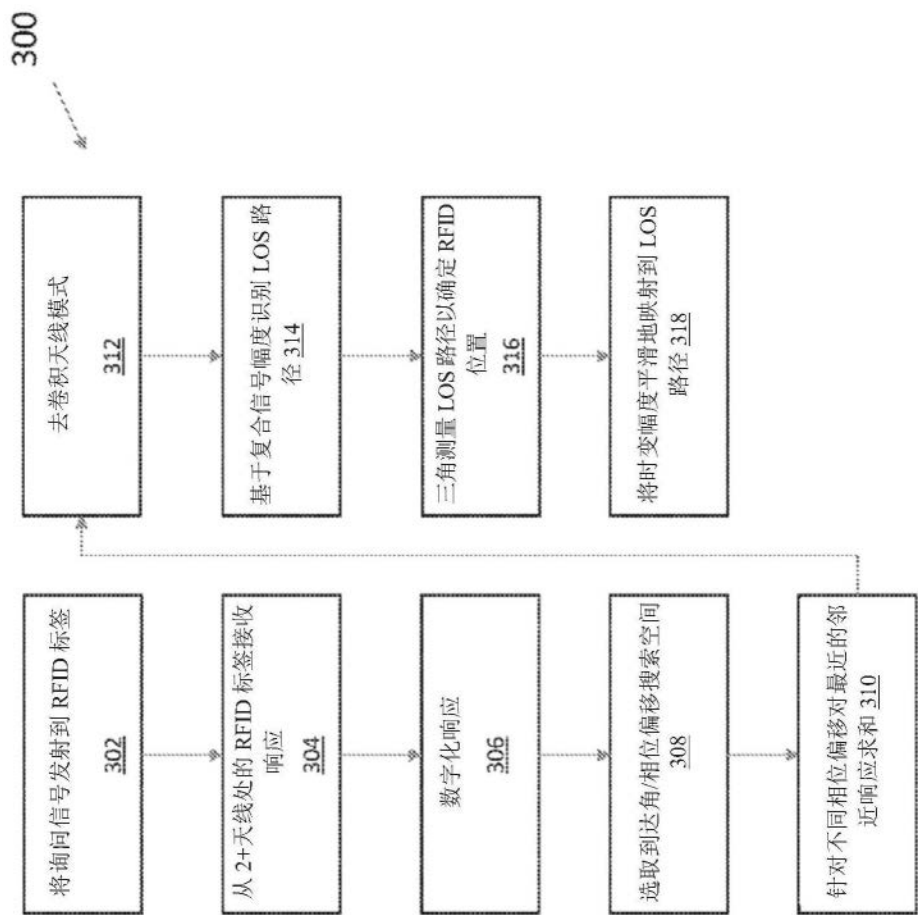


图3A

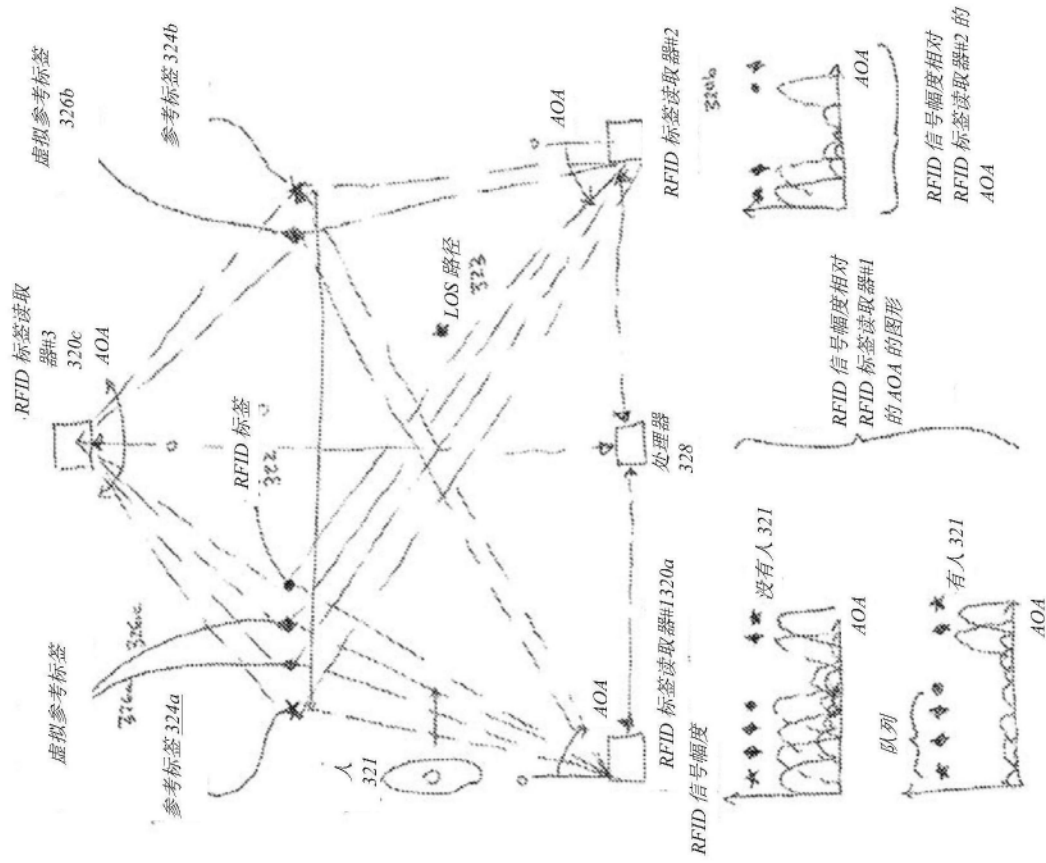


图3B

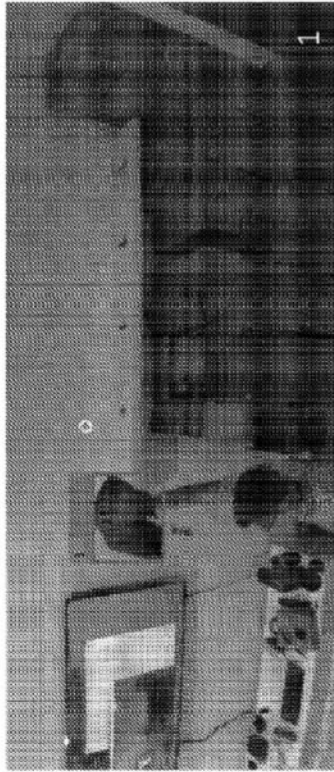


图3C

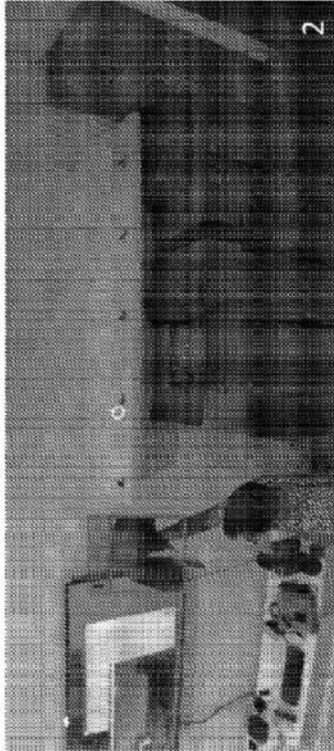


图3D

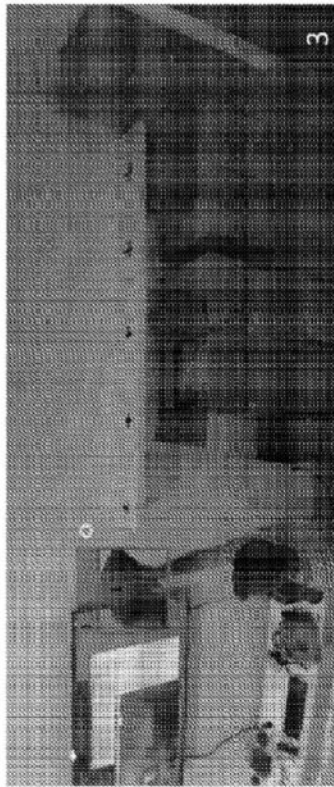


图3E

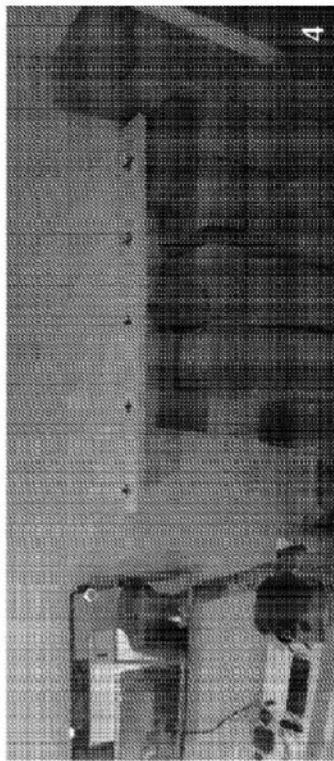


图3F

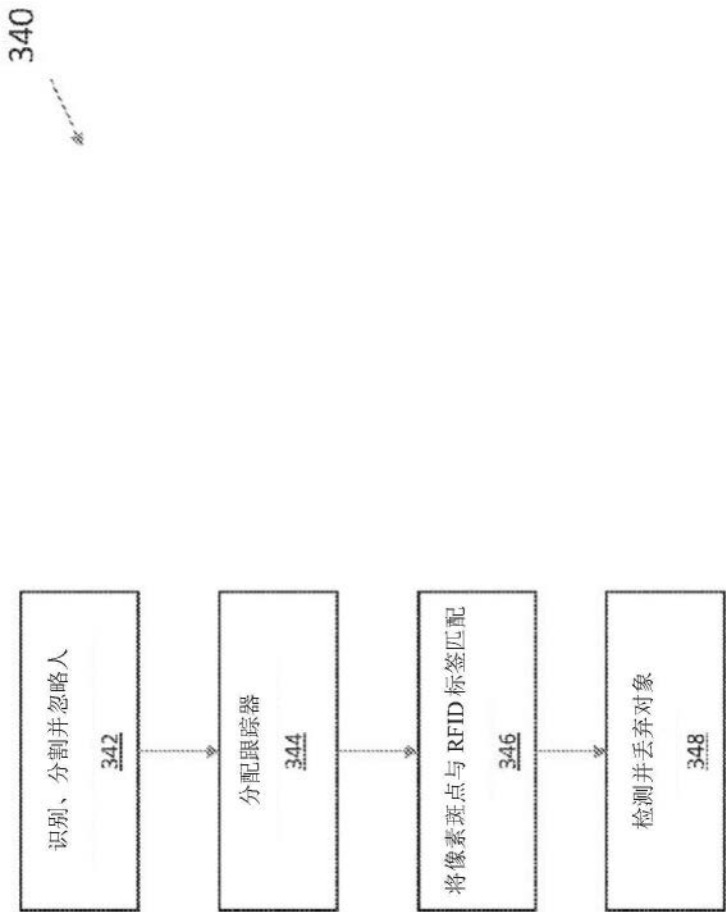


图3G

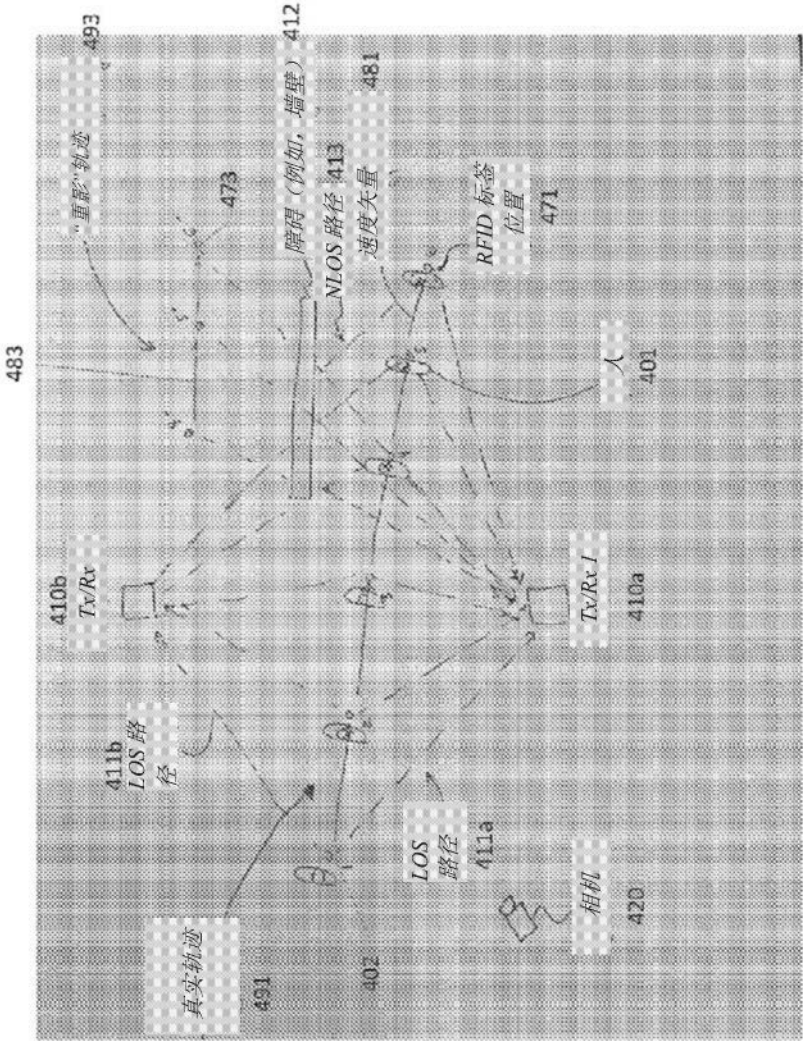


图4

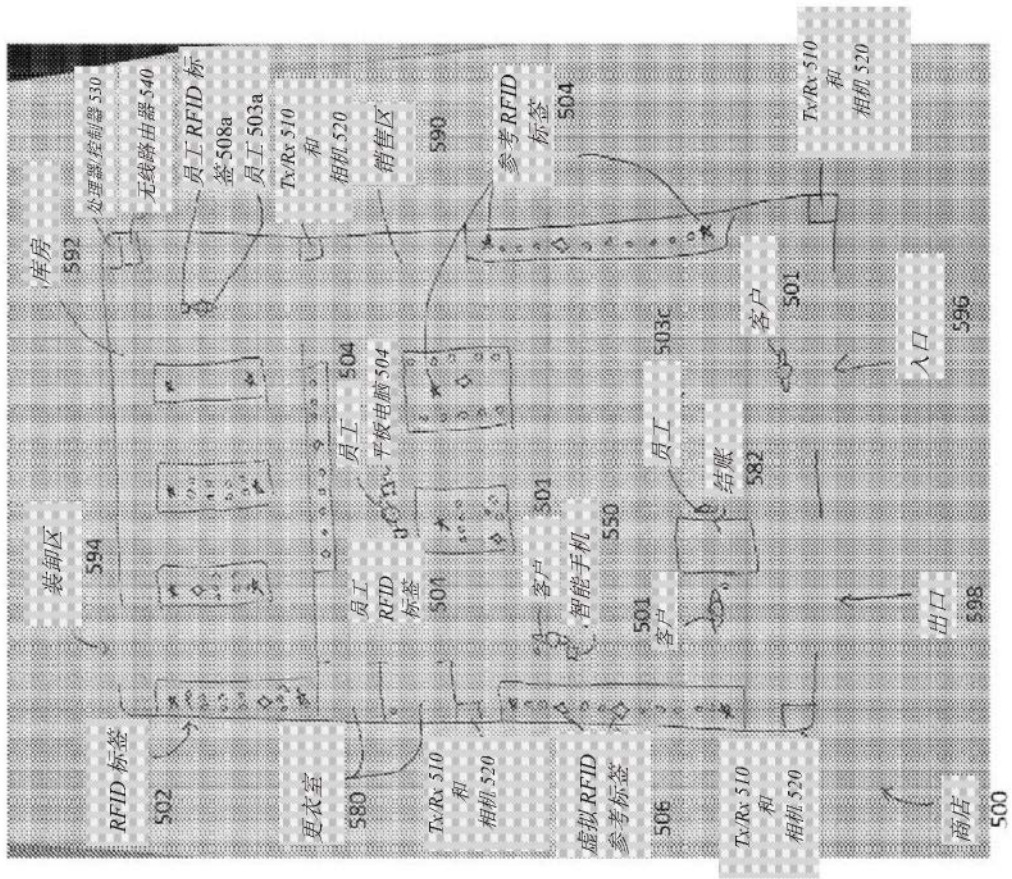


图5A

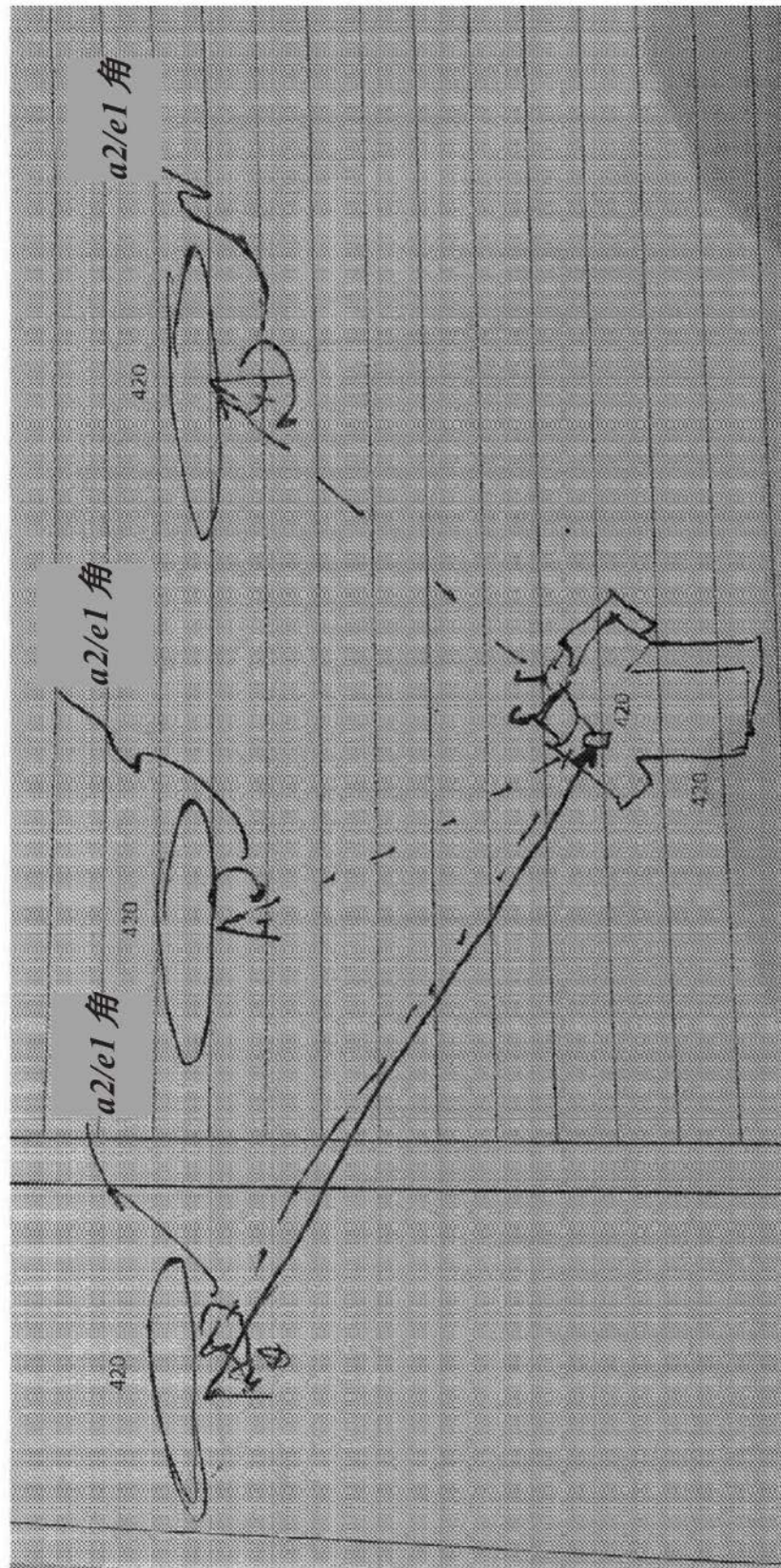


图5B

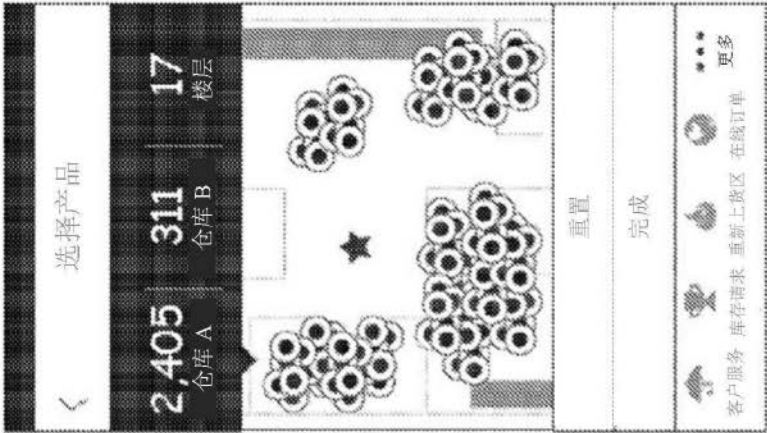


图 7A

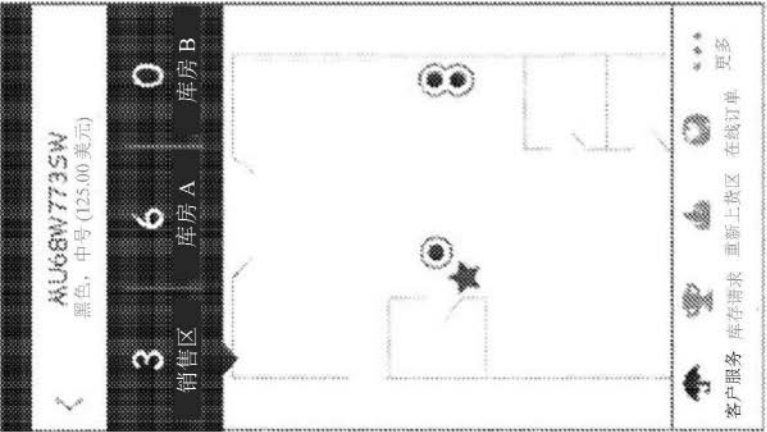


图 6

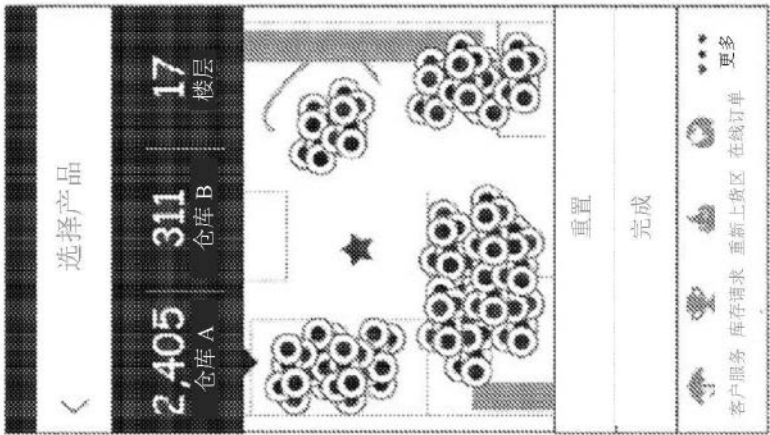


图7B

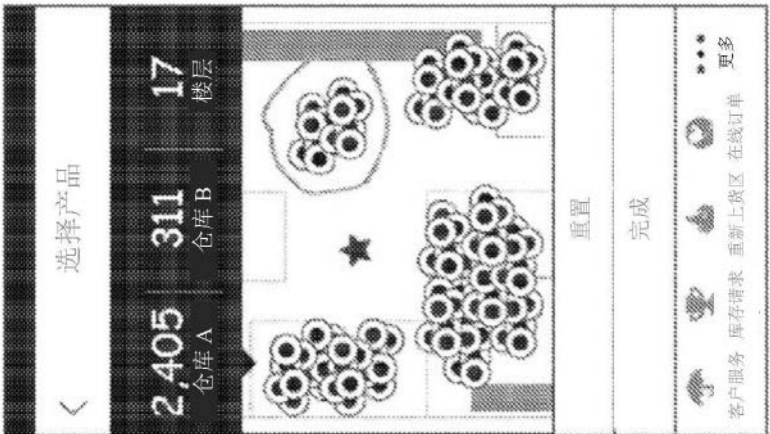


图7C

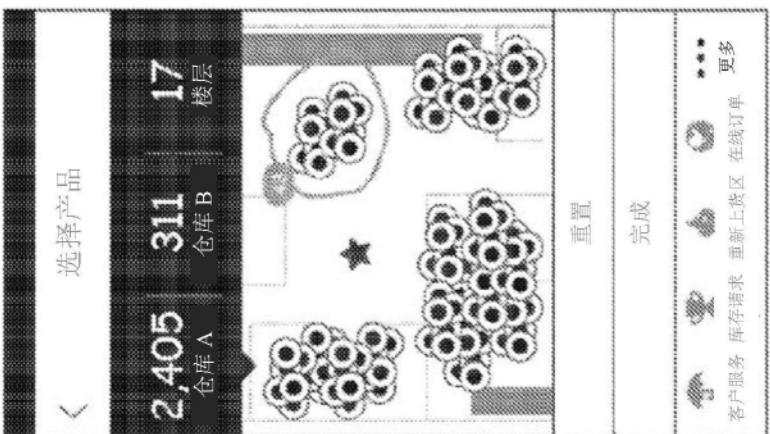


图7D

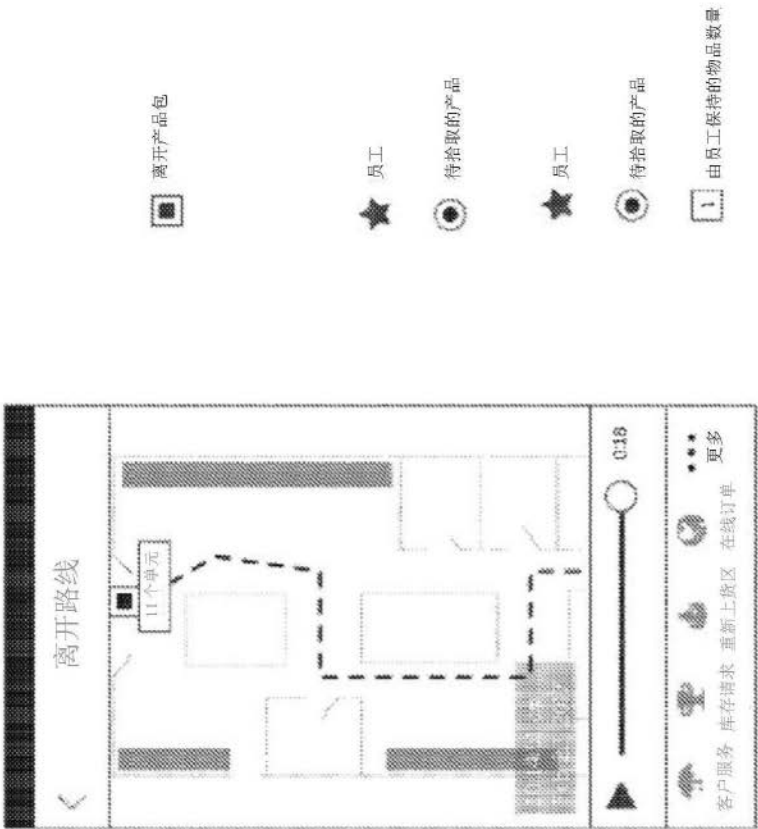


图8

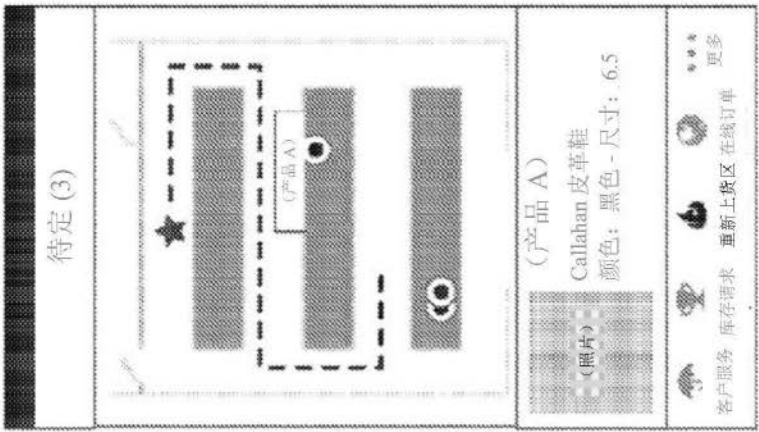


图9A

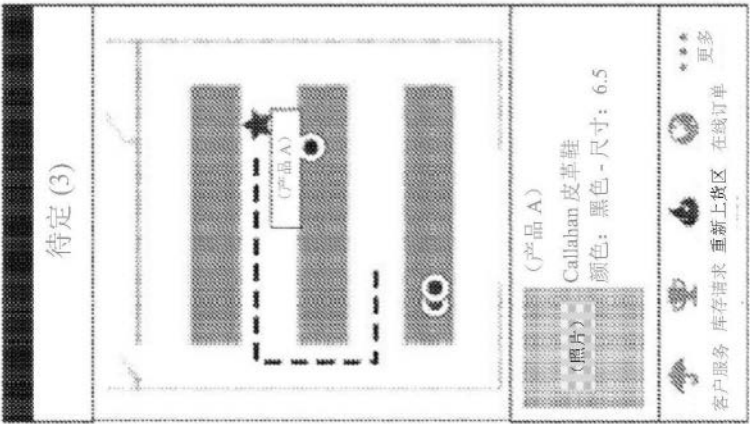


图9B

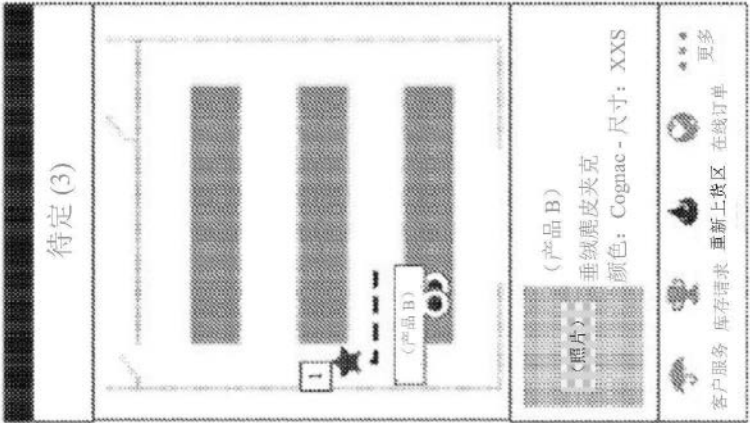


图9C

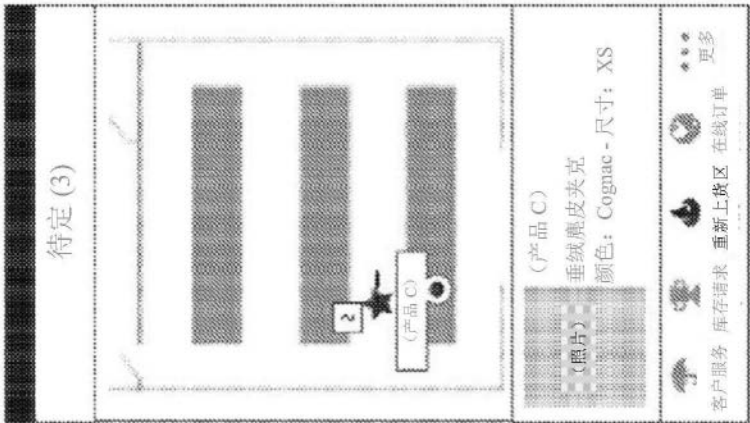


图9D

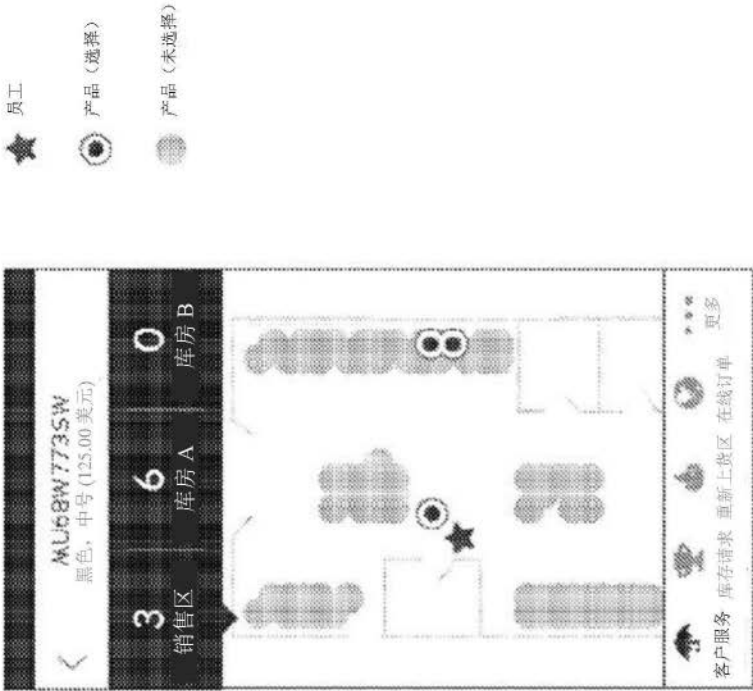


图12

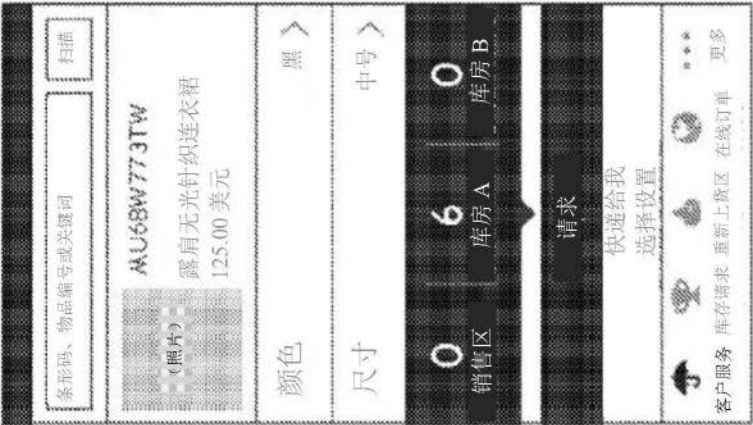


图11

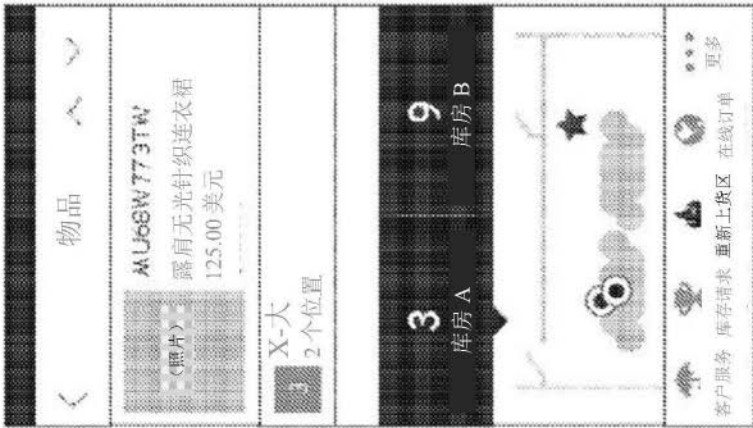


图10