



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104487866 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201380038013. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 07. 16

G01S 19/09(2006. 01)

(30) 优先权数据

G01S 19/42(2006. 01)

13/550, 454 2012. 07. 16 US

G01S 5/00(2006. 01)

G01S 19/25(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01S 19/34(2006. 01)

2015. 01. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/050747 2013. 07. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/014952 EN 2014. 01. 23

(71) 申请人 微软公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 J·刘 Y·金 N·A·B·皮里安塔

E·哈特 A·S·德 宝拉

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 范玮

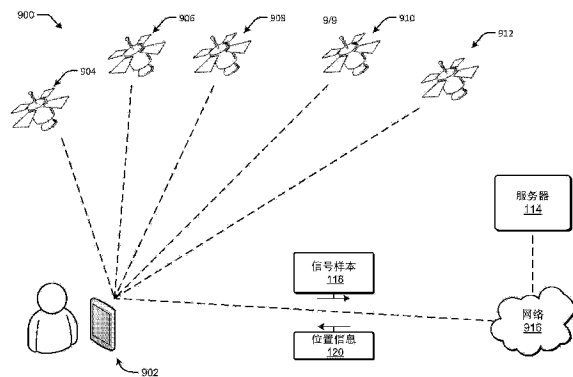
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

缩减采样的低功率 GPS

(57) 摘要

某些实现提供了对全球定位系统 (GPS) 位置的低功率缩减采样。服务器被配置成辅助移动设备根据移动设备提供的多个 GPS 信号样本和对应的时间戳来确定位置, 诸如通过标识可用于计算移动设备的位置的可能的基准位置集。在另一示例中, 移动设备可使用 GPS 接收机来采样 GPS 信号, 压缩这些样本, 并且将经压缩的样本提供给服务器以供处理。



1. 一种设备,包括:
 - 一个或多个处理器;
 - 维护所述一个或多个处理器能够执行以执行操作的指令的一个或多个计算机可读介质,所述操作包括:
 - 采样全球定位系统 (GPS) 信号以生成多个 GPS 信号样本;
 - 为所述多个 GPS 信号样本中的每一个生成时间戳;
 - 根据压缩感测理论来压缩所述多个 GPS 信号样本以生成多个经压缩的 GPS 样本;以及
 - 向服务器提供所述多个经压缩的 GPS 信号样本和所述时间戳。
2. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,所述多个 GPS 信号样本在时域中被压缩。
3. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,所述多个 GPS 信号样本在频域中被压缩。
4. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,根据压缩感测理论来压缩所述多个 GPS 信号样本包括:
 - 将所述多个 GPS 信号样本表达为在可能的偏移的多普勒频率和码相位上枚举的矩阵;
 - 以及
 - 将表达重写成压缩感测模型,所述压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量。
5. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,根据压缩感测理论来压缩所述多个 GPS 信号样本包括:
 - 固定可能的多普勒频率集;
 - 将所述多个 GPS 信号样本表达为在可能的偏移的码相位和所固定的多普勒频率集上枚举的矩阵;以及
 - 将表达重写成压缩感测模型,所述压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量。
6. 如权利要求 1 所述的设备,其特征在于,根据压缩感测理论来压缩所述多个 GPS 信号样本包括:
 - 对所述 GPS 信号样本执行离散傅立叶变换 (DFT);
 - 将由所述 DTF 产生的系数表达为在可能的多普勒频率上枚举的矩阵;以及
 - 将表达重写成压缩感测模型,所述压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量。
7. 一种存储指令的计算机可读存储介质,所述指令在由一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器:
 - 接收多个全球定位系统 (GPS) 信号样本以及对应的时间戳,所述 GPS 信号样本是根据压缩感测理论来压缩的;
 - 从所述 GPS 信号样本中标识可见卫星集以及针对每个可见卫星的对应多普勒频率和码相位;
 - 检索所述可见卫星的星历;
 - 标识可能的基准位置集;
 - 通过将粗调时间导航 (CTN) 计算应用于所述基准位置中的每一个来确定可能的位置集,所述可能的位置中的每一个对应于所标识的基准位置之一,所述可能的位置集包括实际位置和至少一个阴影位置;以及
 - 使用高程数据来去除所述至少一个阴影位置。
8. 一种方法,包括:

从移动设备接收多个全球定位系统 (GPS) 信号样本以及对应的时间戳；
由一个或多个处理器从所述 GPS 信号样本中标识可见卫星集以及针对每个可见卫星的对应多普勒频率和码相位；

从数据库检索星历数据；以及

至少部分地基于所述时间戳、所述可见卫星集以及所述星历数据来估计所述移动设备在其中接收到所述信号样本的区域。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述 GPS 信号样本是根据压缩感测理论来压缩的。

10. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 标识所述可见卫星集包括将稀疏信号恢复解算器应用于所述 GPS 信号样本。

缩减采样的低功率 GPS

[0001] 背景

[0002] 全球定位系统 (GPS) 通常由包括 GPS 接收机的设备和多个 GPS 卫星组成。GPS 接收机被配置成接收并解码从 GPS 卫星广播的 GPS 信号以便确定设备的位置。这些 GPS 卫星信号中的每一信号都是用卫星专用编码来传送的,该卫星专用编码可被 GPS 接收机用来标识进行广播的 GPS 卫星。GPS 接收机能够通过以下方式来计算设备的位置:解码卫星信号、标识进行广播的 GPS 卫星、并且对从经解码的信号中提取的数据执行一系列计算。

[0003] 当今,许多设备包括 GPS 接收机并且支持提供基于位置的服务的应用。通常,基于位置的应用依赖于位置信息来提供这些服务。各设备可从包括 GPS 接收机、蜂窝塔信号、FM 无线电信号、和 / 或 WiFi 识别标志在内的各种源之一获取位置信息。尽管 GPS 接收机常常提供移动设备可用的最准确且最可靠的位置信息,但情况常常是其他源为优选的。例如, GPS 接收机可消耗相对大量的功率以采样 GPS 信号,解码 GPS 信号,并且执行确定设备的位置所必需的计算。因此,一些设备对利用较不准确的方法可具有预编程的偏好。

[0004] 概述

[0005] 提供本概述是为了以简化的形式介绍将在以下具体实施方式中进一步描述的概念选择。本概述不旨在标识出所要求保护的主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于帮助确定所要求保护的主题的范围。

[0006] 本文描述了包括全球定位系统 (GPS) 的移动设备的各实现,该 GPS 可用来确定该移动设备的位置。在一个示例中,该移动设备利用服务器来辅助确定该设备的位置。例如,该移动设备包括 GPS 接收机以及与该服务器通信的通信接口。该移动设备可使用该 GPS 接收机来采样 GPS 信号,并且向该服务器提供这些样本以供处理。在一个示例中,该移动设备被配置成对这些样本执行预处理以压缩和 / 或解码这些样本中的至少某些部分,并且该服务器被配置成直接处理经压缩的样本而无需附加解码。在一个具体示例中, GPS 信号是根据压缩感测理论来压缩的。

附图说明

[0007] 参考附图来描述具体实施方式。在附图中,附图标记最左边的数字标识该附图标记首次出现于其中的附图。在各附图中,使用相同的标号来指示相同的特征和组件。

[0008] 图 1 是根据某些实现的 GPS 系统的示例的示图。

[0009] 图 2 是根据某些实现的 GPS 系统的示例框架的框图。

[0010] 图 3 是根据某些实现的移动设备的示例框架的框图。

[0011] 图 4 是根据某些实现的示例数据流的系统流程图。

[0012] 图 5 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程的流程图。

[0013] 图 6 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程的流程图。

[0014] 图 7 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程的流程图。

[0015] 图 8 是根据某些实现的用于确定 GPS 位置的示例过程的流程图。

具体实施方式

[0016] 所公开的技术描述了用于确定与各移动设备有关的各位置的 GPS 系统的各实现。当 GPS 接收机被激活时, GPS 接收机执行一系列功率密集的步骤以确定并维护该移动设备的位置。第一, GPS 接收机进入捕获阶段。在捕获阶段, GPS 接收机采样并解码来自每个可见 GPS 卫星的 GPS 信号 GPS 信号包括时间戳和星历数据(与进行传送的卫星的位置和迹线有关的数据)。第二, GPS 接收机基于从经解码的 GPS 信号提取的时间戳和星历数据来执行一系列计算以确定初始位置。第三, GPS 接收机进入跟踪阶段以维护移动设备的位置。

[0017] 为了采样并解码来自一个或多个 GPS 卫星的整个信号, GPS 接收机在一区间内被打开, 该区间通常在 30 秒的范围。GPS 接收机在这一长时间内保持打开部分原因是 GPS 卫星被配置成以非常低的速率传送数据, 该速率通常在每秒 50 比特 (bps) 的范围, 并且大约 32,000 个样本被用来重构 GPS 信号中包含的数据。

[0018] 接着, GPS 接收机尝试标识移动设备视野中的所有 GPS 卫星, 即, 广播收到 GPS 信号的这些 GPS 卫星。这通过在 GPS 信号中检测一个或多个卫星专用 C/A 码的存在来完成。每一 GPS 接收机存储 C/A 码模版, 该 C/A 码模版包括用于所有 GPS 卫星的 C/A 码。C/A 码被设计成彼此正交, 以使得当该模版与 GPS 信号作比较时, 与可见 GPS 卫星相对应的 C/A 码导致信号尖峰。因此, GPS 接收机可将 C/A 模版与收到 GPS 信号作比较以确定哪些 GPS 卫星正发起广播。

[0019] 然而, 在将 C/A 码模版与 GPS 信号作比较时, GPS 接收机补偿 GPS 信号中由卫星和 GPS 接收机两者的移动导致的多普勒偏移。例如, 上升的 GPS 卫星(进入移动设备视野的卫星)以高达 800 米每秒 (m/s) 的速度朝 GPS 接收机移动, 从而导致 4.2 千赫 (kHz) 的频移。同样, 下落的 GPS 卫星(移出移动设备视野的卫星)以高达 800m/s 的速度远离 GPS 接收机移动, 从而导致 -4.2kHz 的频移。GPS 接收机必需补偿特定误差余量内的多普勒偏移(例如, 在某些实现中, 500Hz 足够接近), 以使用 C/A 码模板来正确地标识进行广播的 GPS 卫星。因此, 除了卫星的移动以外, 为了补偿 GPS 接收机的运动, GPS 接收机常常在最终化对可见 GPS 卫星的确定之前执行 25-30 个多普勒偏移计算以及对应的 C/A 码比较。

[0020] 为了标识初始位置, GPS 接收机还确定移动设备与可见 GPS 卫星中的每一个之间的距离, 被称为“伪距”。伪距可使用 GPS 信号的传播延迟来计算。传播延迟被拆分成两个部分, 即, 毫秒部分和被称为“码相位”的子毫秒部分。毫秒部分可从分组帧中解码, 并且码相位可通过在 GPS 信号中监视 C/A 码的 1ms 重复来确定。

[0021] 一旦 GPS 接收机标识可见卫星、解码 GPS 信号并且计算出伪距, GPS 接收机就计算初始位置。在初始位置被确定之后, GPS 接收机切换到跟踪阶段以维护移动设备的位置。在跟踪阶段期间, GPS 接收机尝试调节多普勒频率和传播延迟, 以补偿卫星和移动设备随时间的进一步移动所导致的偏移。通过执行跟踪, GPS 接收机能够快速且不昂贵地(以相对低的功耗率)估计定位的变化。

[0022] 然而, 如果 GPS 接收机不持续执行跟踪计算, 则 GPS 接收机需要重新执行捕获阶段, 如以上讨论的该捕获阶段是功率密集且耗时的。因此, 大多数 GPS 接收机被配置成总是保持活跃并且不因移动设备而进行工作循环 (duty-cycled)。

[0023] 图 1 是根据某些实现的 GPS 系统 100 的示例的示图。GPS 系统 100 包括移动设备 102 和该移动设备可从中接收 GPS 信号的 GPS 卫星 104、106、108、110 和 112。GPS 系统 100

还包括服务器 114 和网络 116。一般而言,移动设备 102 通过网络 116 传送和接收去往和来自服务器 114 的数据。移动设备 102 可经由无线网络(诸如无线局域网(WLAN))、短程无线网络(诸如蓝牙®)、或通过蜂窝塔提供的移动网络(诸如通过码分多址(CDMA)系统)与网络 116 通信。

[0024] 移动设备 102 可以是任何启用 GPS 的设备,诸如蜂窝电话、智能电话、导航设备、跟踪传感器、GPS 传感器,或包括 GPS 接收机的任何其他设备。在本示例中,移动设备 102 被示为智能电话。

[0025] GPS 卫星 104-112 可包括与 GPS 卫星导航(sat-nav)系统相关联的卫星中的任一个。此外,尽管被示为五个卫星,但导航卫星 104-112 表示移动设备 102 可从中接收 GPS 信号的任何数量的导航卫星。如以上讨论的,GPS 卫星 104-112 可由卫星专用 C/A 码唯一地标识。一般而言,GPS 卫星 104-112 传送对地理空间定位有用的 GPS 信号。GPS 信号被编码并且包括对计算定位有用的基于时间的信息。

[0026] 移动设备 102 从移动设备 102 从移动设备 102 的当前位置可见的(在移动设备 102 视线中)GPS 卫星接收 GPS 信号。但是,在某些情况下移动设备 102 接收到的 GPS 信号可因各种障碍物而被衍射、反射和/或削弱。

[0027] 移动设备 102 包括 GPS 接收机,其被配置成采样来自卫星 104-112 的 GPS 信号。在某些示例中,移动设备 102 可被配置成在向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118 之前压缩、预处理、或以其他方式操纵 GPS 信号样本 118。在一个具体示例中,移动设备 102 可根据压缩感测理论来压缩 GPS 信号样本 118。

[0028] 移动设备 102 经由网络 116 向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118。在某些示例中,移动设备 102 是不包括无线或移动通信接口的 GPS 传感器或 GPS 跟踪设备,并且因此移动设备 102 无法(在收到 GPS 信号时)实时地向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118。在该示例中,移动设备 102 可将 GPS 信号样本 118 作为数据存储在合并到移动设备 102 中的计算机可读存储介质上。随后,数据在一稍晚时间被下载到服务器 114,以使得移动设备 102 的先前位置可在下载时被确定或重构。

[0029] 一旦服务器 114 从移动设备 102 接收到 GPS 信号样本 118,服务器 114 就确定移动设备 102 的初始位置,并且经由网络 116 向移动设备 102 返回位置信息 120。通过使用服务器 114 来确定初始位置,移动设备 102 能够节省通常在功率密集的捕获阶段所消耗的能量,从而延长总体电池寿命。

[0030] 在该示例中,移动设备 102 向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118 作为原始 GPS 样本,而在移动设备 102 上不执行预处理。在替换示例中,移动设备 102 可在向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118 之前解码、加密或以其他方式压缩信号样本 118。在一个具体示例中,移动设备 102 在向服务器 114 提供经压缩的 GPS 信号样本之前,根据压缩感测理论来配置 GPS 信号样本 118。

[0031] 在一个示例中,移动设备 102 是用来跟踪动物移动以便确定该动物的行进范围的 GPS 跟踪设备。在该示例中,实时位置较不必要,并且功率节省可被提高而超出上述那些功率节省。移动设备 102 激活 GPS 接收机以收集 GPS 信号样本 118,将 GPS 信号样本 118 存储在计算机可读存储介质中,并且使 GPS 接收机断电。该模式在一段时间上重复,并且之后,当移动设备 102 恢复时,与 GPS 信号有关的数据被下载并且服务器 114 确定与移动设备 102

相关联的位置或行进范围。在该示例中, GPS 接收机保持活跃达短时间段, 从而使移动设备 102 中所需的电池大小降低得远远小于通常与这些类型的跟踪传感器的相关联的那些电池大小。

[0032] 尽管参考 GPS 来描述, 但本文描述的这些技术中的任一种可与其他全球或区域卫星导航系统相关联地实现。在某些情况下, 这些技术可与能够从两个或更多个不同卫星导航系统接收信号的卫星导航接收机联用。作为示例, 其他全球和 / 或区域卫星导航系统可包括全球导航卫星系统 (GLONASS)、Galileo (伽利略)、BeiDou (北斗)、Compass (罗盘)、印度区域导航卫星系统 (IRNSS)、或准天顶卫星系统 (QZSS) 等等。

[0033] 图 2 是根据某些实现的 GPS 系统 200 的示例框架的框图。GPS 系统 200 包括移动设备 102、服务器 114、美国地质勘测 (USGS) 高程 API 数据库 202、以及 NASA 轨道数据库 204。

[0034] 移动设备 102 包括用于采样 GPS 信号的一个或多个 GPS 接收机, 以及用于向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118 并且作为回应接收位置信息 120 的一个或多个通信接口。服务器 114 包括一个或多个处理器 206、通信接口 208、和计算机可读存储介质 210。通信接口 208 能被处理器 206 访问以通过网络 (诸如图 1 的网络 116) 与计算设备 102 往来传递数据。

[0035] 任何数量的程序模块、应用或组件可被存储在计算机可读存储介质 210 中, 作为示例包括位置过滤指令 212。位置过滤指令 212 存储在计算机可读存储介质 210 中且可由处理器 206 执行以使得服务器 114 响应于接收到 GPS 信号样本来确定移动设备 102 的位置。计算机可读介质包括至少两种类型的计算机可读介质, 即计算机存储介质和通信介质。

[0036] 计算机存储介质包括以用于存储如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据等信息的任何方法或技术实现的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。计算机存储介质包括但不限于, RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘 (DVD) 或其他光存储、磁带盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储设备, 或者可用于存储信息以供计算设备访问的任何其他非传输介质。

[0037] 相反, 通信介质可在诸如载波之类的已调制数据信号或其他传输机制中体现计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据。如本文所定义的, 计算机存储介质不包括通信介质。

[0038] USGS 高程 API 数据库 202 能由服务器 114 经由通信接口 208 来访问, 以使得服务器 114 能够检索与服务器 114 所确定的位置有关的高程数据。通常, 服务器 114 向 USGS 高程 API 数据库 202 提供纬度和经度坐标, 并且作为回应, 接收与这些坐标有关的高程数据。

[0039] NASA 轨道数据库 204 也能由服务器 114 经由通信接口 208 来访问, 并且用来检索与 GPS 卫星 104-112 有关的历书和星历数据。历书数据涉及卫星在地球轨道上的粗略轨道和状态。星历数据与卫星的定位和迹线有关。

[0040] USGS 高程 API 数据库 202 和 NASA 轨道数据库 204 是服务器 114 可用于接收高程、历书和星历数据的各种数据库的两个示例。例如, 美国地质勘测计算 GPS 卫星的轨道、定位位置和迹线, 并且使这些轨道、位置和迹线可在 web 上公开获得。

[0041] 在一个示例中, 移动设备 102 经由通信接口 208 中的至少一个向服务器 114 提供 GPS 信号样本 118 以及与 GPS 信号样本 118 相对应的时间戳。在某些情况下, GPS 信号样本 118 从移动设备 102 被下载, 而在其他情况下, GPS 信号样本 118 经由无线或移动网络从移

动设备 102 被接收。

[0042] 一旦 GPS 信号样本 118 被接收到,位置过滤指令 212 就使得处理器 206 确定移动设备 102 的位置。为了计算移动设备 102 的位置,服务器 114 需要确定 GPS 样本 118 被收集的时间、进行广播(可见)的 GPS 卫星、与可见卫星有关的星历、以及伪距。

[0043] 在一个示例中,服务器 114 通过针对可能的多普勒偏移中的每一个将 C/A 码模板与 GPS 信号样本作比较,来标识哪些 GPS 卫星对移动设备 102 而言是可见的。此时,通常 GPS 接收机解码 GPS 信号以确定与所发起的传输有关的时间和星历。然而,该过程是耗时的,并且时间和星历可由服务器 114 以如下描述的其他方式来确定。

[0044] 从移动设备 102 接收时间作为时间戳。尽管可从 GPS 信号提取的精确广播时间更为准确,但接收 GPS 信号时所应用的时间戳足以在合理范围内(即,几米内)计算移动设备 102 的初始位置。

[0045] 星历由服务器 114 从 NASA 轨道数据库 204 检索。在一个具体示例中,服务器 114 可周期性地从 NASA 轨道数据库 204 获取星历,并且将信息存储在计算机可读存储介质 210 中以供稍后使用,诸如在 GPS 信号被采样且存储在移动设备 102 上并且在一段时间之后被下载到服务器 114 的情况下。

[0046] 服务器 114 使用星历数据和经编码的 GPS 信号样本 118 来计算可见 GPS 卫星 104-112 中的每一个的码相位。然而,在伪距被确定以及移动设备 102 的位置被标识之前,服务器 114 需要确定传播延迟的毫秒部分。如以上讨论的, GPS 接收机通过解码 GPS 信号的分组帧来确定传播延迟的毫秒部分。

[0047] 代替解码 GPS 信号,服务器 114 应用被称为粗调时间导航(CTN)的技术,以使用在移动设备 102 位置的 150 千米(km)内的基准位置、时间戳和码相位来确定移动设备 102 的位置。例如,蜂窝电话可将最接近的蜂窝塔标识为已知基准位置。然而,在某些实例中,基准位置不是容易获得的。

[0048] 在一个示例中,移动设备 102 被配置成以规律的间隔采样 GPS 信号,并且服务器 114 可假定移动设备 102 没有行进超过 150km。在该示例中,服务器 114 利用过去的位置作为基准位置来计算移动设备 102 的位置。例如,移动设备 102 可以是放置在动物上的 GPS 跟踪设备,并且服务器 114 可假定在采样之间该动物没有行进超过 150km。因此,如果初始位置(诸如该动物被加标记的位置)是已知的,则服务器 114 可使用各先前位置(以标记位置开始,并且依次为每个所计算的位置)作为基准位置来确定下一位置。

[0049] 然而,在某些实例中,没有过去的位置是已知的,并且移动设备 102 没有提供基准位置。在该实例中,服务器 114 需要标识基准位置以应用 CTN。为此,服务器 114 使用多普勒交叉和星历数据来确定可能的定位以及 GPS 信号被采样时移动设备 102 可能位于的一个或多个区域。服务器 114 随后在空间上采样这些区域以标识具有已知位置数据的可能的基准位置集。例如,服务器 114 可采样这些区域以寻找已知界标。

[0050] 针对每个可能的基准位置,服务器 114 应用 CTN 来确定可能的位置集。在某些实例中,给定猜测的基准位置,经 CTN 计算的位置对于每个可见 GPS 卫星不会收敛,并且因此该位置被丢弃。根据不收敛的这些 CTN 计算,标识可能的位置集。然而,可能的位置集中只有一个是移动设备 102 的实际位置。其他可能的位置被称为“阴影位置”并且可被服务器 114 从候选中去除。

[0051] 去除阴影位置中的第一步是将可能的位置限制于地球表面。由于猜测基准位置导致的误差,所标识的许多可能的位置位于远高于或远低于地球表面的高程处并且这些位置可被去除。例如,将可能的位置限制于接近地球表面的高程范围,诸如,-500 到 8000 米 (m) 的高程之间。

[0052] 不幸的是,应用高程范围本身通常不产生唯一或肯定地标识的位置。为了去除剩余阴影位置,服务器 114 经由通信接口 208 利用其对 USGS 高程 API 数据库 202 的访问。服务器 114 使用纬度和经度坐标针对剩余可能的位置中的每一个来检索地球表面的真实高程。利用真实高程,服务器 114 去除剩余阴影位置。服务器 114 将剩余可能的位置中的每一个处的高程与真实高程作比较,并且如果这些高程匹配,则移动设备 102 在 GPS 信号被采样时的实际位置已被标识。然而,如果这些高程不匹配,则可能的位置是阴影位置并且被去除。

[0053] 一旦移动设备 102 的位置被标识,就将该位置提供给移动设备 102 作为位置信息 120。在替换方案中,可将该位置存储在计算机可读存储介质中以供稍后分析或提供给显示器以供例如在科研中使用。

[0054] 图 3 是根据某些实现的移动设备 102 的示例框架 300 的框图。移动设备 102 包括一个或多个处理器 302、一个或多个通信接口 304、GPS 接收机 306、时钟 308、以及计算机可读存储介质 310。计算机可读存储介质 310 被示为存储压缩指令 312 和一个或多个 GPS 样本 314。

[0055] 通信接口 304 被用来向服务器 (诸如,图 1 和图 2 的服务器 114) 传达数据。通信接口 304 被配置成与无线网络 (诸如无线局域网 (WLAN))、短程无线网络 (诸如 **Bluetooth®**)、通过蜂窝塔 (诸如通过 CDMA 系统) 提供的移动网络、或通过有线连接 (诸如经由通用串行总线 (USB) 接口) 进行通信。

[0056] GPS 接收机 306 被配置成接收来自一个或多个卫星 104-112 的 GPS 信号,并且能够确定移动设备 102 的定位。尽管被示为与移动设备 102 集成,但 GPS 接收机 306 可以是外部的而不是本地的。外部 GPS 接收机可通过有线 (例如 USB) 或无线接口 (例如 **Bluetooth®**) 与移动设备 102 通信。在某些情况下,GPS 接收机 306 与通信接口 304 之一集成。该集成模块提供蜂窝连接和 GPS 功能。在某些示例中,集成模块的天线由蜂窝和 GPS 子系统共用。

[0057] 时钟 308 被配置成提供与 GPS 接收机 306 收到 GPS 信号样本的时间相关联的时间戳。在一个示例中,时钟 308 是 WWVB 接收机。WWVB 是经由连续的 60kHz 载波在全世界广播世界时间信号的无线电站,世界时间信号从位于发射机站点处的一组原子钟导出。

[0058] 在一个示例中,GPS 接收机 306 周期性地采样来自卫星 104-112 的 GPS 信号,并且 GPS 信号样本 314 中的每一个被时钟 308 加上时间戳。加时间戳的 GPS 信号样本 314 被存储在计算机可读存储介质 310 中或是经由通信接口 304 提供给服务器 114 以供处理。如果 GPS 信号样本 314 被提供给服务器 114,则作为响应移动设备 102 可从服务器 114 接收位置。如果 GPS 信号样本 314 被存储,则 GPS 信号样本 314 稍后可被下载或提供给服务器 114 以供处理。

[0059] 在某些示例中,根据压缩指令 312 来压缩 GPS 信号样本 314。压缩指令 312 在被处理器 302 执行时可使处理器 304 以各种方式压缩 GPS 信号样本 314,解码 GPS 信号样本的某些部分,或以其他方式对 GPS 信号样本 314 执行某种类型的预处理。在一个实例中,使用标

准压缩技术来压缩 GPS 信号样本 314。在其他实例中,根据压缩感测理论来压缩 GPS 信号样本 314。

[0060] 如果 GPS 信号样本 314 是根据压缩感测理论来压缩的,则服务器 114 可被配置成在不解码的情况下直接从经压缩的样本确定移动设备 102 的位置。GPS 信号样本 314 可根据压缩感测理论在时域或频域中被压缩。根据压缩感测理论来压缩的 GPS 信号样本 314 的示例配置在下文中参考图 5-7 提供。一旦根据压缩指令 312 处理了 GPS 信号样本 314,就如上所述地将 GPS 信号样本 314 存储在计算机可读存储介质 310 中或经由通信接口 304 提供给服务器 114。

[0061] 上述服务器 114 和移动设备 102 可在通用或专用计算机系统的环境或配置中使用。示例包括个人计算机、服务器计算机、手持式设备或便携式设备、平板设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、机顶盒、可编程消费电子设备、网络 PC、以及包括以上任何系统和设备的分布式计算环境。

[0062] 图 4 是根据某些实现的示例数据流 400 的系统流程图。数据流 400 示出了服务器 114 的各模块与移动设备 102、USGS 高程 API 数据库 202、NASA 轨道数据库 204、以及界标数据库 402 之间的数据传输。

[0063] 如以上讨论的,移动设备 102 包括用于采样 GPS 信号的一个或多个 GPS 接收机,以及用于向服务器 114 提供 GPS 信号样本或经压缩的 GPS 信号样本的一个或多个通信接口。USGS 高程 API 数据库 202 提供与服务器 114 所确定的各位置有关的高程数据。NASA 轨道数据库 204 提供与 GPS 卫星 104-112 有关的历史和星历数据。界标数据库 402 是包括可提供给服务器 114 的、遍布美国的已知基准位置的一个或多个数据库。

[0064] 如以上讨论的,服务器 114 包括计算机可读存储介质以及可存储在该计算机可读存储介质中的任何数量的程序模块、应用、或组件。如图所示,服务器 114 包括恢复和捕获模块 404、基准位置模块 406、以及位置确定模块 408。

[0065] 恢复和捕获模块 404 被配置成接收来自移动设备 102 的 GPS 信号样本,以便为可见卫星中的每一个恢复 ID 和对应的多普勒频率以及码相位。在一个示例中,移动设备 102 向恢复和捕获模块 404 提供原始 GPS 信号样本。作为响应,恢复和捕获模块 404 通过如上所述地执行通常由 GPS 接收机所执行的捕获阶段,从原始 GPS 信号样本重构 GPS 信号并且恢复卫星 ID、多普勒偏移、以及码相位。在另一示例中, GPS 信号样本可由移动设备 102 根据压缩感测理论来压缩,并且恢复和捕获模块 404 可使用压缩感测技术在不重构 GPS 信号的情况下直接从经压缩的样本为可见卫星中的每一个恢复 ID 和相对应的多普勒频率以及码相位。

[0066] 基准位置模块 406 被配置成在给定与可见卫星相对应的、来自恢复和捕获模块 404 的多普勒频率以及来自 NASA 轨道数据库 204 的星历的情况下,确定其中移动设备 102 采样 GPS 信号的一个或多个区域。在确定一个或多个区域之后,基准位置模块 406 被配置成访问界标数据库 402 以确定区域内可能的基准位置。

[0067] 位置确定模块 408 被配置成在给定可能的基准位置、码相位和星历集的情况下,标识移动设备 102 的可能的位置集。位置确定模块 408 被进一步配置成部分地通过使用从 USGS 高程 API 数据库 202 中检索的高程数据来从可能的位置集中标识移动设备 102 的实际位置。

[0068] 在一个示例中,恢复和捕获模块 404 从移动设备 102 接收多个 GPS 信号样本或经压缩的 GPS 样本。恢复和捕获模块 404 为可见卫星中的每一个恢复 ID 和对应的多普勒频率以及码相位。例如,如果原始 GPS 信号样本被接收,则恢复和捕获模块 404 重构 GPS 信号,并且针对每个可能的多普勒频率范围将 C/A 码模板与经重构 GPS 信号作比较。一旦可见(进行广播的)卫星被确定,恢复和捕获模块 404 就通过利用 GPS 信号中 C/A 码的重复模式来确定码相位。

[0069] 恢复和捕获模块 404 向基准位置模块 406 提供卫星 ID、多普勒频率以及码相位。恢复和捕获模块 404 还向 NASA 轨道数据库 204 提供卫星 ID, NASA 轨道数据库 204 进而向基准位置模块 406 提供与每个卫星 ID 有关的星历。

[0070] 基准位置模块 406 首先通过基于可见卫星计算信号的多普勒交叉来确定所估计的移动设备 102 的定位。例如,根据多普勒偏移,可确定每个可见卫星朝向或远离移动设备 102 的速度。每个可见 GPS 卫星的定位和速率在星历中被接收。如果卫星的方向、速率和定位是已知的,则可确定该卫星的角度。一旦每个可见 GPS 卫星的角度被基准位置模块 406 确定,就能为每个可见卫星找到表示 GPS 信号的已广播地区的锥形。这些锥形的交叉提供了移动设备 102 的一个或多个区域。

[0071] 在基准位置模块 406 确定移动设备 102 的这些区域之后,基准位置模块 406 在空间上采样这些区域中的每一个以建立可能的基准位置集,即具有位于这些区域中的至少一个内的已知定位的已知界标。已知界标从界标数据库 402 中被标识并检索。

[0072] 基准位置模块 406 向位置确定模块 408 提供可能的基准位置集,位置确定模块 408 标识移动设备 102 的实际位置。为此,位置确定模块 408 首先使用这些基准位置中的每一个来应用 CTN,以便为移动设备 102 确定可能的位置集。如上所述,由于对基准位置的猜测,可能的位置集中的许多位置是阴影位置。

[0073] 一旦可能的位置集被确定,位置确定模块 408 就开始通过将可能的位置限制于接近地球表面的高程(例如,-500 和 8000m 之间)来去除阴影位置。接着,位置确定模块 408 从 USGS 高程 API 数据库 202 中检索与剩余可能的位置中的每一个有关的高程数据,并且将所计算的高程与检索到的高程作比较。如果这些高程不匹配,则该可能的位置从移动设备 102 的实际位置的候选中被去除。然而,如果这些高程匹配,则位置确定模块 408 标识了移动设备 102 的可行实际位置。对于所有这些可行位置,位置确定模块 408 确定具有最小精度衰减的一个位置,并且将该位置提供给移动设备 102,将该位置存储在计算机可读存储介质中,或将该位置提供给另一计算设备以供分析。

[0074] 用于执行本文中所描述的技术的示例方法在以下进行详细描述。这些示例方法可在计算机可执行指令的一般上下文中描述。一般而言,计算机可执行指令可以包括执行特定功能或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构、过程、模块、功能等等。这些方法还能在其中功能由通过通信网络或通信云链接的远程处理设备执行的分布式计算环境中实现。在分布式计算环境中,计算机可执行指令可位于本地和远程存储器两者中。

[0075] 这些示例方法有时被示出为逻辑流程图中框的集合,这表示可用硬件、软件、固件、或其组合来实现的一系列操作。描述方法的次序并不旨在被解释为限制,并且任意数量的所描述的框可以按任何次序组合以实现这些方法或替换方法。另外,可从方法中省去各

个操作,而不背离此处所述的主题的精神和范围。在软件的上下文中,各个框表示当由一个或多个处理器执行时完成既定操作的计算机可执行指令。

[0076] 图 5 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程 500 的流程图。在 502, 移动设备 102 采样来自一个或多个卫星(诸如卫星 104-112)的 GPS 信号。GPS 信号是组合信号,包括来自移动设备 102 当前可见的每个 GPS 卫星的各信号。这些 GPS 信号样本各自包含 GPS 信号的一部分,其可被表示为以下等式:

[0077]

$$\mathbf{r}(t) = \sum_{k=1}^N \sqrt{2P_{\text{rcv}}} \mathbf{x}^{(k)}(t - \tau^{(k)}) \mathbf{D}^{(k)}(t - \tau^{(k)}) \cos(2\pi(f_{L1} + f_D^{(k)})t + \theta_{\text{rcv}}^k) + \mathbf{n}^{(k)}(t),$$

[0078] 对于 $t = 1, 2, \dots, M$ 。

[0079] 在以上等式中, $\mathbf{r}(t)$ 是 GPS 接收机 306 处的收到信号, k 是可使用 C/A 码确定的卫星 ID, \mathbf{D} 是数据(其可被作为常量来对待), $\mathbf{n}(t)$ 是信号噪声, $\tau^{(k)}$ 是传播延迟, 以及 $f_D^{(k)}$ 是多普勒频率。

[0080] 在 504, 移动设备 102 将 GPS 信号样本表达为在针对每个可能被采样的卫星的可能码相位和多普勒频率上枚举的矩阵。可能的偏移的码相位和多普勒频率中的每一个对于卫星导航系统中全部 31 个当前活跃的 GPS 卫星而言是已知的。因此, 移动设备 102 可将等式 $\mathbf{r}(t)$ 表达为以下矩阵:

[0081]

$$\begin{bmatrix} z^{(1)}(1, \tau_1^{(1)}, f_1^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(1, \tau_a^{(1)}, f_K^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_1^{(N)}, f_1^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_a^{(N)}, f_K^{(N)}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z^{(1)}(M, \tau_1^{(1)}, f_1^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(M, \tau_a^{(1)}, f_K^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_1^{(N)}, f_1^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_a^{(N)}, f_K^{(N)}) \end{bmatrix}$$

[0082] 在以上矩阵中, $\tau_i^{(j)}$ 意味着来自卫星 j 的 GPS 信号的第 i 个可能延迟值, $f_i^{(j)}$ 表示卫星 j 的第 i 个可能多普勒频率。因此, 该矩阵中的所有列表示具有所有可能的码相位和多普勒频率组合的、从视野中可见和隐藏的所有卫星的 C/A 码模板的全组合。

[0083] 在 506, 移动设备 102 根据压缩感测理论将以上矩阵表达为压缩感测模型, 该压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量。所得矩阵表达如下:

[0084]

$$\begin{bmatrix} z^{(1)}(1, \tau_1^{(1)}, f_1^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(1, \tau_a^{(1)}, f_K^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_1^{(N)}, f_1^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_a^{(N)}, f_K^{(N)}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z^{(1)}(M, \tau_1^{(1)}, f_1^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(M, \tau_a^{(1)}, f_K^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_1^{(N)}, f_1^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_a^{(N)}, f_K^{(N)}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_{aKN} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ \vdots \\ n_M \end{bmatrix}$$

[0085] 以上向量 \mathbf{c} 由这样的系数构成, 这些系数是矩阵 \mathbf{z} 的对应列的加权平均。已知或者可假定系数向量 \mathbf{c} 是稀疏的, 因为对于每个可见卫星仅仅填充一个码相位和一个多普勒频率。

[0086] 由于稀疏向量被生成, 因此服务器 114 可将压缩感测技术应用于经压缩的样本, 以便使用远远少于在使用原始 GPS 信号样本或经常规压缩的 GPS 样本的情况下所需的本来确定可见卫星、多普勒偏移以及码相位。例如, 使用在时域中公式化的以上矩阵表达, 可见卫星、多普勒偏移和码相位可使用 1014 个 GPS 信号本来确定, 如果 8 个卫星在视野中, 则存在 40 个可能的多普勒频移以及 1000 个可能的码相位。与使用原始 GPS 信号样本相比,

服务器 114 需要在 32000 个样本的范围内确定可见卫星、多普勒偏移以及码相位。因此，移动设备 102 收集较少样本并且移动设备 102 可向服务器 114 传送较少样本，从而导致移动设备 102 的改善的电池寿命。

[0087] 在 508, 移动设备 102 向服务器 114 提供 GPS 信号样本。在一些示例中, 移动设备 102 可经由 WiFi 或移动网络实时地向服务器 114 提供 GPS 信号样本。在其他示例中, 移动设备 114 可根据压缩感测理论来压缩的 GPS 信号样本存储在计算机可读存储介质中, 并且在稍后时间向服务器 114 提供 GPS 信号样本。

[0088] 在一个具体示例中, 向服务器 114 提供的每个 GPS 信号样本是以上矩阵表达的线性投影, 其可被写成:

[0089] $r(1) = c(1)*z(1)+c(2)*z(2)+c(23)*z(3)\dots$

[0090] 图 5 提供可如何使用压缩感测理论来在时域中表达移动设备 102 接收到的 GPS 信号样本的第一示例。图 6 提供根据压缩感测理论来在时域中配置 GPS 信号样本的附加示例过程。

[0091] 图 6 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程 600 的流程图。在 602, 移动设备 102 采样来自一个或多个卫星的 GPS 信号。GPS 信号是从当前可见的 GPS 卫星集 (诸如图 1 的 GPS 卫星 104-112) 接收到的。如以上参考图 4 讨论的, 这些 GPS 信号样本各自包含 GPS 信号的一部分, 其可被表示为以下等式:

[0092]

$$\mathbf{r}(t) = \sum_{k=1}^N \sqrt{2P_{rcv}} \mathbf{x}^{(k)}(t - \tau^{(k)}) \mathbf{D}^{(k)}(t - \tau^{(k)}) \cos(2\pi(f_{L1} + f_D^{(k)})t + \theta_{rcv}^k) + \mathbf{n}^{(k)}(t),$$

[0093] 对于 $t = 1, 2, \dots, M$ 。

[0094] 在以上等式中, $r(t)$ 是 GPS 接收机 304 处的收到信号, k 是可使用 C/A 码确定的卫星 ID, D 是数据 (其可被作为常量来对待), $n(t)$ 是信号噪声, $\tau^{(k)}$ 是传播延迟, 以及 $f_D^{(k)}$ 是多普勒频率。

[0095] 在 604, 移动设备 102 生成多普勒频率的固定集。例如, 移动设备 102 可基于已知物理限制来固定多普勒频率集。多普勒频率的固定集可被表达为 $f_j^{(i)}$, $i = 1, \dots, N$ 。

[0096] 在 606, 移动设备 102 将这些样本表达为在针对每个可能被采样的 GPS 卫星的可能码相位和多普勒频率的固定集上枚举的矩阵。使用多普勒频率的固定集, 可从 GPS 信号样本中形成以下矩阵:

[0097]

$$\begin{bmatrix} z^{(1)}(1, \tau_1^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(1, \tau_a^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_1^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_a^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z^{(1)}(M, \tau_1^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(M, \tau_a^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_1^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(M, \tau_a^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) \end{bmatrix}$$

[0098] 在以上矩阵中, $\tau_i^{(j)}$ 同样表示来自卫星 j 的 GPS 信号的第 i 个可能的延迟值。

[0099] 在 608, 移动设备 102 将以上矩阵表达为压缩感测模型, 该压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量。所得矩阵表达如下:

[0100]

$$\begin{bmatrix} z^{(1)}(1, \tau_1^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(1, \tau_M^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_1^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_M^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z^{(1)}(a, \tau_1^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(1)}(a, \tau_M^{(1)}, f_{j_1}^{(1)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_1^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) & \dots & z^{(N)}(1, \tau_M^{(N)}, f_{j_N}^{(N)}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_{aKN} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ \vdots \\ n_M \end{bmatrix}$$

[0101] 同样, 向量 c 由这样的系数构成, 这些系数是矩阵 Z 的对列的加权平均。同样, 已知或者可假定系数向量 c 是稀疏的, 因为对于每个可见 GPS 卫星仅仅填充一个码相位和一个多普勒频率。

[0102] 由于稀疏向量被生成, 因此服务器 114 可将压缩感测技术应用于 GPS 信号样本的样本, 以便使用远远少于在使用原始 GPS 信号样本或经常规压缩的 GPS 信号样本的情况下所需的样本来确定可见 GPS 卫星、多普勒偏移以及码相位。例如, 使用在时域中公式化的以上矩阵表达, 服务器 114 可以对 719 个 GPS 信号样本使用提早终止 L1 最小化 (Lasso) 解算器来确定可见卫星、多普勒偏移和码相位, 如果 8 个卫星在移动设备 102 的视野中并且 1000 个码相位是可能的。

[0103] 在 610, 移动设备 102 向服务器 114 提供 GPS 信号样本。在一些示例中, 移动设备 102 可经由 WiFi 或移动网络实时地向服务器 114 提供 GPS 信号样本。在其他示例中, 移动设备 114 可将 GPS 信号样本存储在计算机可读存储介质中, 并且在稍后时间向服务器 114 提供这些样本。

[0104] 图 5 和 6 提供用于在时域中将 GPS 信号样本表达为压缩感测模型的方法的两个示例。图 7 提供在频域中将 GPS 信号样本表达为压缩感测模型的示例。

[0105] 图 7 是根据某些实现的用于压缩 GPS 信号样本的示例过程 700 的流程图。在 702, 移动设备 102 采样来自一个或多个 GPS 卫星的 GPS 信号。GPS 信号是从当前可见的卫星集 (诸如图 1 的卫星 104-112) 接收到的。如以上参考图 4 和 5 讨论的, 这些 GPS 信号样本各自包含 GPS 信号的一部分, 其可被表示为以下等式:

[0106]

$$r(t) = \sum_{k=1}^N \sqrt{2P_{rcv}} x^{(k)}(t - \tau^{(k)}) D^{(k)}(t - \tau^{(k)}) \cos(2\pi(f_{L1} + f_D^{(k)})t + \theta_{rcv}^k) + n^{(k)}(t),$$

[0107] 对于 $t = 1, 2, \dots, M$ 。

[0108] 在以上等式中, $r(t)$ 是 GPS 接收机 304 处的收到信号, k 是可使用 C/A 码确定的卫星 ID, D 是数据 (其可被作为常量来对待), $n(t)$ 是信号噪声, $\tau^{(k)}$ 是传播延迟, 以及 $f_D^{(k)}$ 是多普勒频率。

[0109] 在 704, 移动设备 102 对 GPS 样本执行离散傅立叶变换 (DFT)。在 DFT 期间, 由于码相位、多普勒频率以及码相位和多普勒频率两者引起的不确定性可被表达为各单独的项。因此, $r(t)$ 的 DFT 系数可被表达为以下等式:

[0110]

$$R_l = \sum_{k=1}^N \left(\frac{1}{2} e^{-j\frac{2\pi l}{L}\tau^{(k)}} \cdot e^{j(\beta + f^{(k)}\tau^{(k)})} \cdot Z_{l - \frac{L f^{(k)}}{2\pi}}^{(k)} + \frac{1}{2} e^{-j\frac{2\pi l}{L}\tau^{(k)}} \cdot e^{j(-\beta - f^{(k)}\tau^{(k)})} \cdot Z_{l + \frac{L f^{(k)}}{2\pi}}^{(k)} \right) + N_l$$

[0111] 在 706, 移动设备 102 将 $r(t)$ 的 DFT 系数表达为在针对每个可能被采样的卫星的

可能的多普勒频率上枚举的矩阵。在可能的多普勒频率 $f^{(k)}$ 上进行枚举, 以上等式可被重写成如下:

$$[0112] \quad R_l = \sum_{k=1}^N \sum_{p=-(K-1)}^{K-1} a(l, k) \times b(p, k) \times c(l, p, k) + N_l$$

[0113] 其中

$$[0114] \quad a(l, k) \triangleq \frac{1}{2} e^{-j \frac{2\pi l}{L} \tau^{(k)}}$$

[0115]

$$b(p, k) = \begin{cases} e^{j \operatorname{sign}(p)(\beta + |p| f_0^{(k)} \tau^{(k)})}, & \text{当 } p f_0^{(k)} \text{ 为卫星 } k \text{ 的正确多普勒频率时, 且 } p \neq 0 \\ e^{j(\beta)} + e^{-j(\beta)}, & \text{当 } p f_0^{(k)} \text{ 为卫星 } k \text{ 的正确多普勒频率时, 且 } p = 0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

[0116] 并且

$$[0117] \quad c(l, p, k) \triangleq Z^{(k)} l^{-\frac{L p f_0^{(k)}}{2\pi}}$$

[0118] 以上表达随后可被表达为以下矩阵, 即在可能的多普勒频率上枚举的矩阵 C:

[0119]

$$\begin{bmatrix} c(0, -(K-1), 1) & & c(0, -(K-2), 1) & & \dots & c(0, (K-1), N) \\ & & & & & \vdots \\ & & c(L-1, -(K-1), 1) & & & c(L-1, (K-1), N) \end{bmatrix}$$

[0120] 在 708, 移动设备 102 将该矩阵表达为压缩感测模型, 该压缩感测模型包括每一列的加权平均的系数向量 g 。所得矩阵表达如下:

$$[0121] \quad \begin{bmatrix} R_1 \\ \vdots \\ R_L \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} g_1 \\ \vdots \\ g_{LN(2K-1)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_1 \\ \vdots \\ N_L \end{bmatrix}$$

[0122] 向量 g 由这样的系数构成, 这些系数是矩阵 C 的对应列的加权平均。已知或者可假定系数向量 g 是稀疏的, 因为对于每个可见卫星仅仅填充一个码相位和一个多普勒频率。

[0123] 由于稀疏向量被生成, 因此服务器 114 可应用压缩感测技术, 以便使用远远少于在使用原始 GPS 信号样本或经常规压缩的 GPS 信号样本的情况下所需的 GPS 信号样本来确定可见 GPS 卫星、多普勒偏移以及码相位。例如, 使用在时域中形成的以上矩阵表达, 服务器 114 可以通过应用压缩感测理论对 1032 个 GPS 信号样本使用组稀疏信号恢复解算器来确定可见 GPS 卫星、多普勒偏移和码相位, 如果 8 个卫星在视野中并且存在 40 个可能的多普勒频率。

[0124] 在 710, 移动设备 102 向服务器 114 提供 GPS 信号样本。在一些示例中, 移动设备 102 可经由 WiFi 或移动网络实时地向服务器提供 GPS 信号样本。在其他示例中, 移动设备 114 可将 GPS 信号样本存储在计算机可读存储介质中, 并且在稍后时间向服务器 114 提供 GPS 信号样本。

[0125] 图 5-7 提供用于将 GPS 信号样本表达为压缩感测模型的方法的示例。图 8 提供服务器可将用于解决压缩感测问题的技术应用于被表达为压缩感测模型的 GPS 信号样本以确定移动设备 102 的位置的示例方法。

[0126] 图 8 是根据某些实现的用于确定 GPS 位置的示例过程 800 的流程图。在 802, 服务器 114 接收来自移动设备 102 的多个 GPS 信号样本以及每个 GPS 信号样本的时间戳。GPS 信号样本可以是原始 GPS 数据或经压缩的 GPS 信号样本。例如, GPS 信号样本可根据以下参考图 5-7 描述的压缩感测理论来配置。

[0127] 在 804, 服务器 114 标识可见 GPS 卫星以及针对每个可见 GPS 卫星的多普勒偏移和码相位。如果服务器 114 接收到原始 GPS 数据, 则服务器 114 将 C/A 码模版与 GPS 信号作比较以确定可见 GPS 卫星。

[0128] 然而, 如果 GPS 信号样本是使用压缩感测理论来配置的, 则服务器 114 可对 GPS 信号样本应用组稀疏信号恢复解算器, 以确定可见卫星以及对应的多普勒频率和码相位。不同的解算器可用于解决压缩感测问题, 例如 L1 最小化 (Lasso) 解算器。另外, 在某些示例中, 在解决方案会违反可在服务器 114 处配置的已知物理限制时, 可以将提早终止应用于该解算器的迭代。通过利用提早终止解算器, 为确定可见 GPS 卫星以及对应的多普勒偏移和码相位所需要的 GPS 信号样本数量可被进一步减少。

[0129] 在 806, 服务器 114 从 NASA 轨道数据库 204 检索每个卫星的星历数据。在一个具体示例中, 服务器 114 可周期性地从 NASA 轨道数据库 204 检索星历和历书数据, 并且将信息存储在存储器 (诸如计算机可读存储介质 210) 中以供稍后使用。存储星历和历书数据在 GPS 信号样本被收集、存储在移动设备 102 上达一段时间并且稍后被下载到服务器 114 的情况下尤其有用。

[0130] 在 808, 服务器 114 使用多普勒偏移交叉和星历来标识基准位置集。例如, 根据多普勒偏移, 确定每个可见卫星朝向或远离移动设备 102 的速度。每个可见 GPS 卫星的定位和速度是使用星历和时间戳提供的时间来确定的。如果卫星的方向、速率和定位是已知的, 则可确定该卫星的角度。

[0131] 一旦确定每个可见 GPS 卫星的角度, 就能为每个可见卫星找出具有该角度的表示广播 GPS 信号的地区的锥形。这些锥形的交叉提供了移动设备 102 的一个或多个区域。在确定这些区域之后, 在空间上采样这些区域以建立基准位置集, 即这些区域中具有已知定位的已知界标。

[0132] 在 810, 服务器 114 使用这些基准位置中的每一个来应用 CTN, 以便为移动设备 102 确定可能的位置集。然而, 基准位置是猜测的, 并且可能的位置集可包括以上参考图 2 讨论的一个或多个阴影位置。

[0133] 在 812, 服务器 114 根据可能的位置集来去除阴影位置。在一个示例中, 服务器 114 将可能的位置限制于接近地球表面。由于猜测基准位置引起的误差, 由应用 CTN 产生的许多可能的位置远离地球表面。因此, 通过将可能的位置限制于接近地球表面的范围 (例如, -500 至 8000m 之间), 可以去除许多阴影位置。

[0134] 然而, 应用高程范围本身通常并不产生唯一位置, 而是将剩余可能的位置限制于可管理的数量。为去除剩余阴影位置, 服务器 114 访问高程数据库 (诸如 USGS 高程 API 数据库 202) 并且检索地球表面的真实高程。服务器 114 将剩余可能的位置中的每一个与真

实高程作比较,并且在高程不匹配的情况下去除每个可能的位置。通过利用真实高程,服务器 114 能够去除剩余阴影位置,以确定移动设备 102 的可行实际位置,并且从这些可行实际位置中选择具有最小精度衰减的一个位置。

[0135] 一旦确定移动设备 102 的位置,该位置就被提供给移动设备 102,存储在计算机可读存储介质中,以供稍后使用,或提供给另一计算设备以供分析。

[0136] 应当理解,以上定义的主题并不必限制所描述的具体特征或动作。例如,术语“技术”可以指上述上下文和本公开通篇所准许的设备、系统、方法、和 / 或计算机可读指令。

[0137] 结论

[0138] 尽管已经用结构特征和 / 或方法动作专用的语言描述了本主题,但要理解,所附权利要求书中定义的主题不必限于所描述的具体特征或动作。相反地,这些具体特征和动作是作为实现该权利要求的示例性形式而公开的。

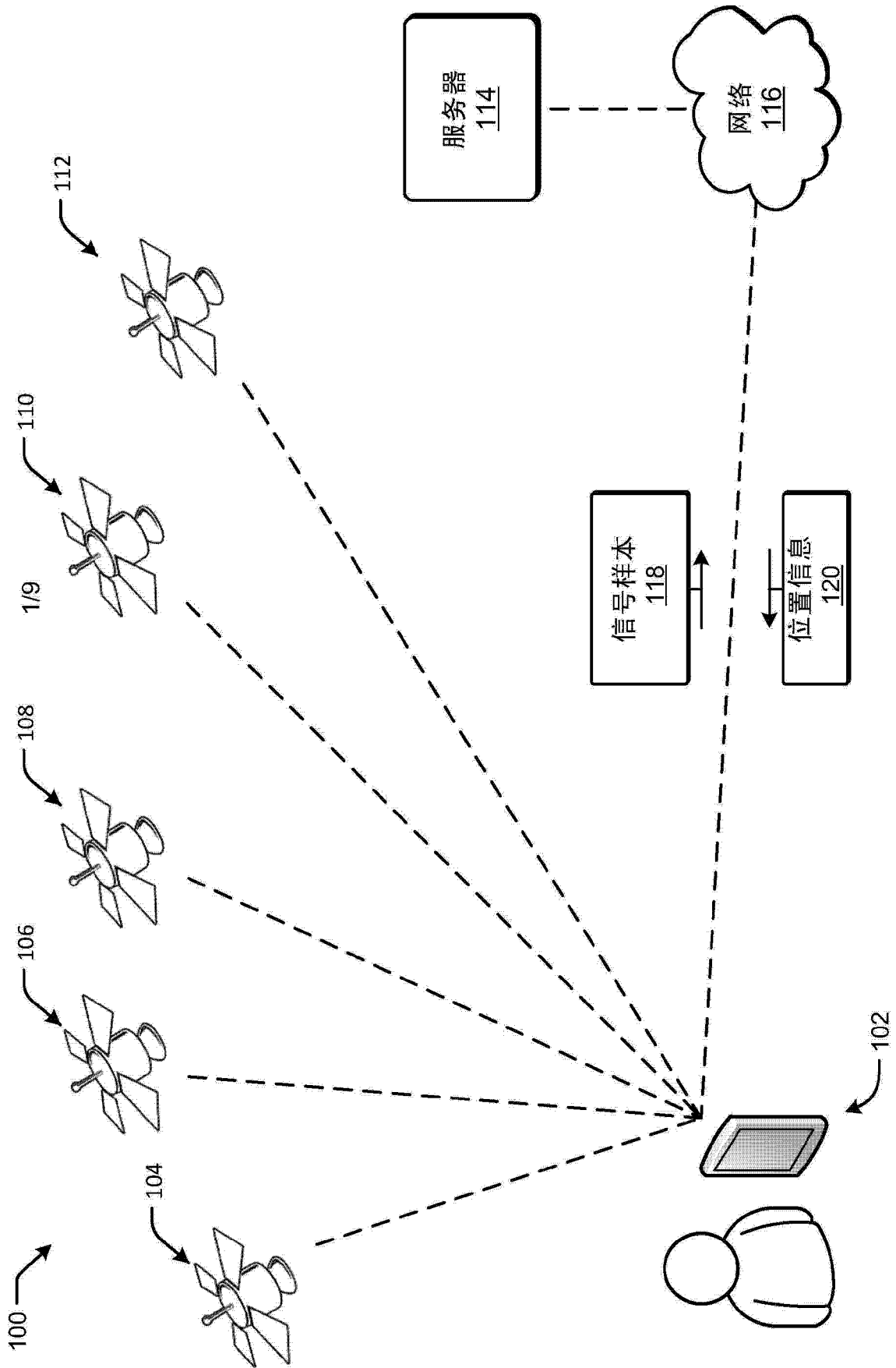


图 1

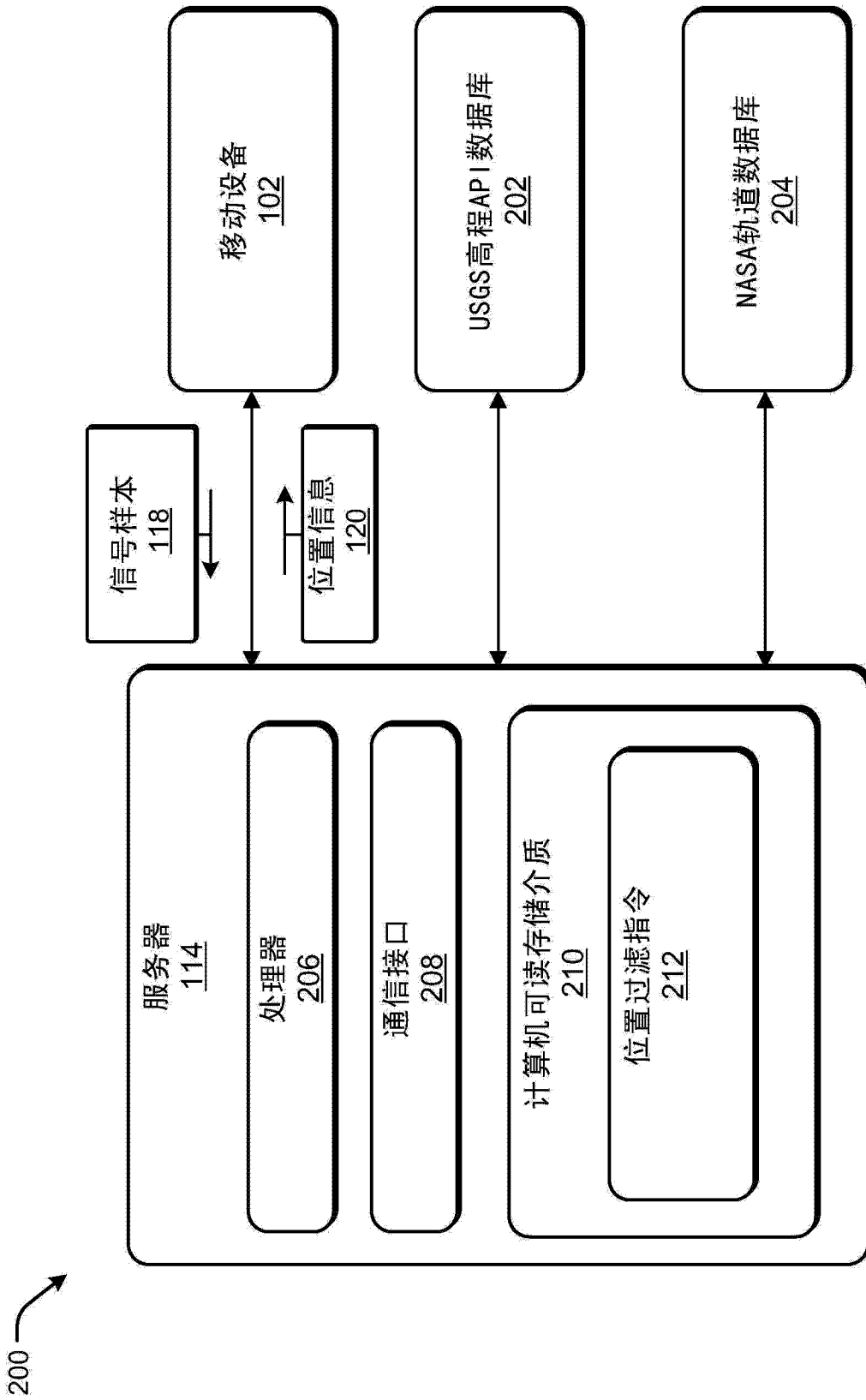



图 2

300 

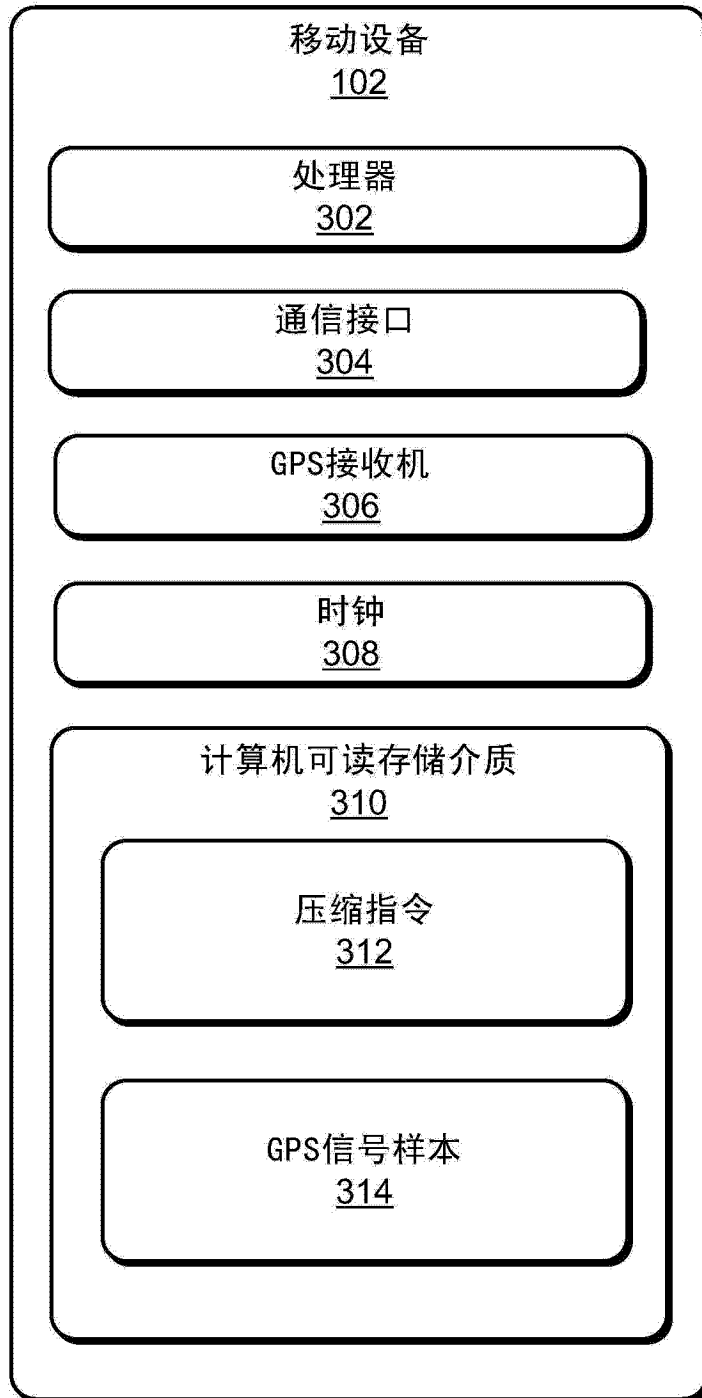


图 3

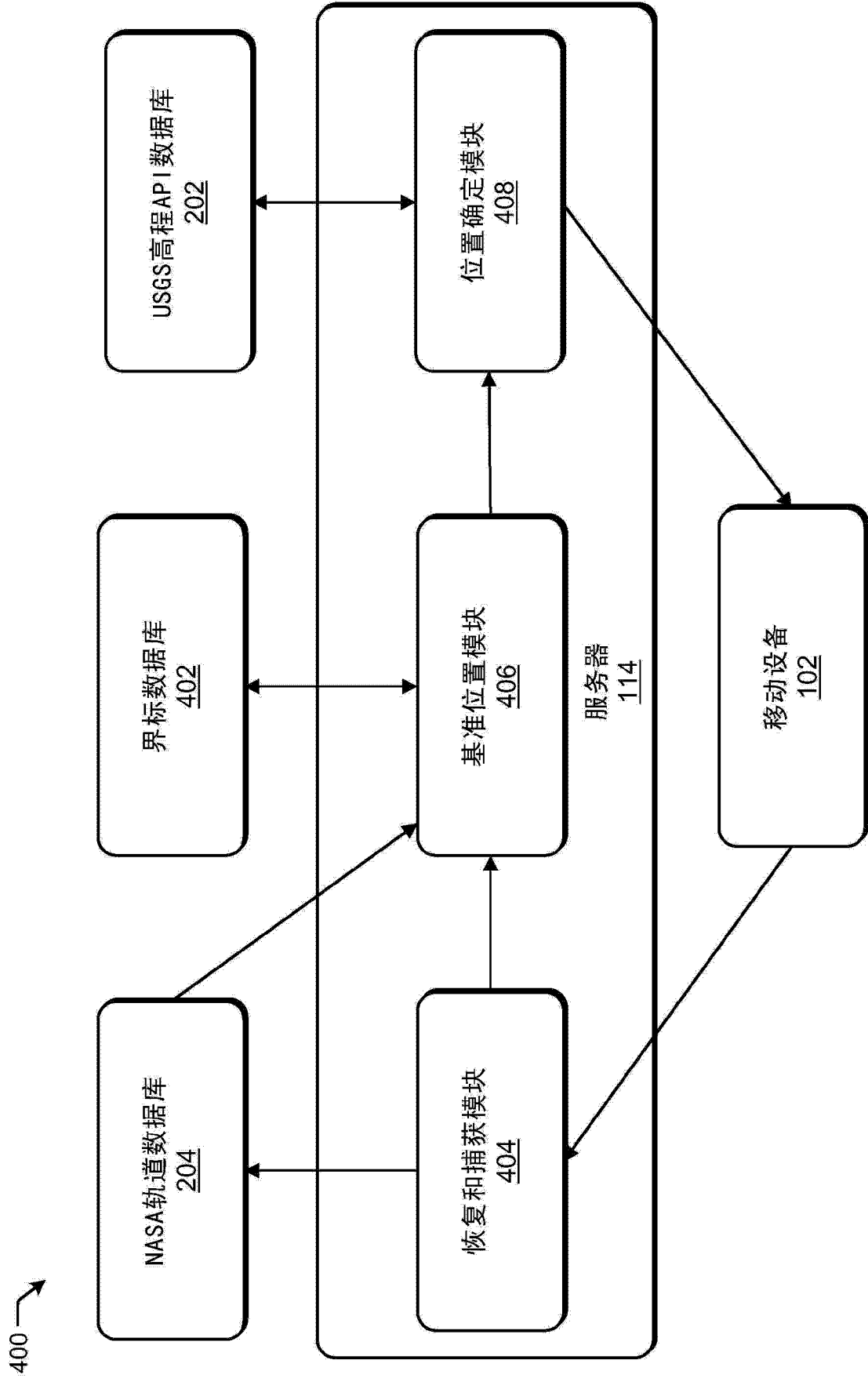


图 4

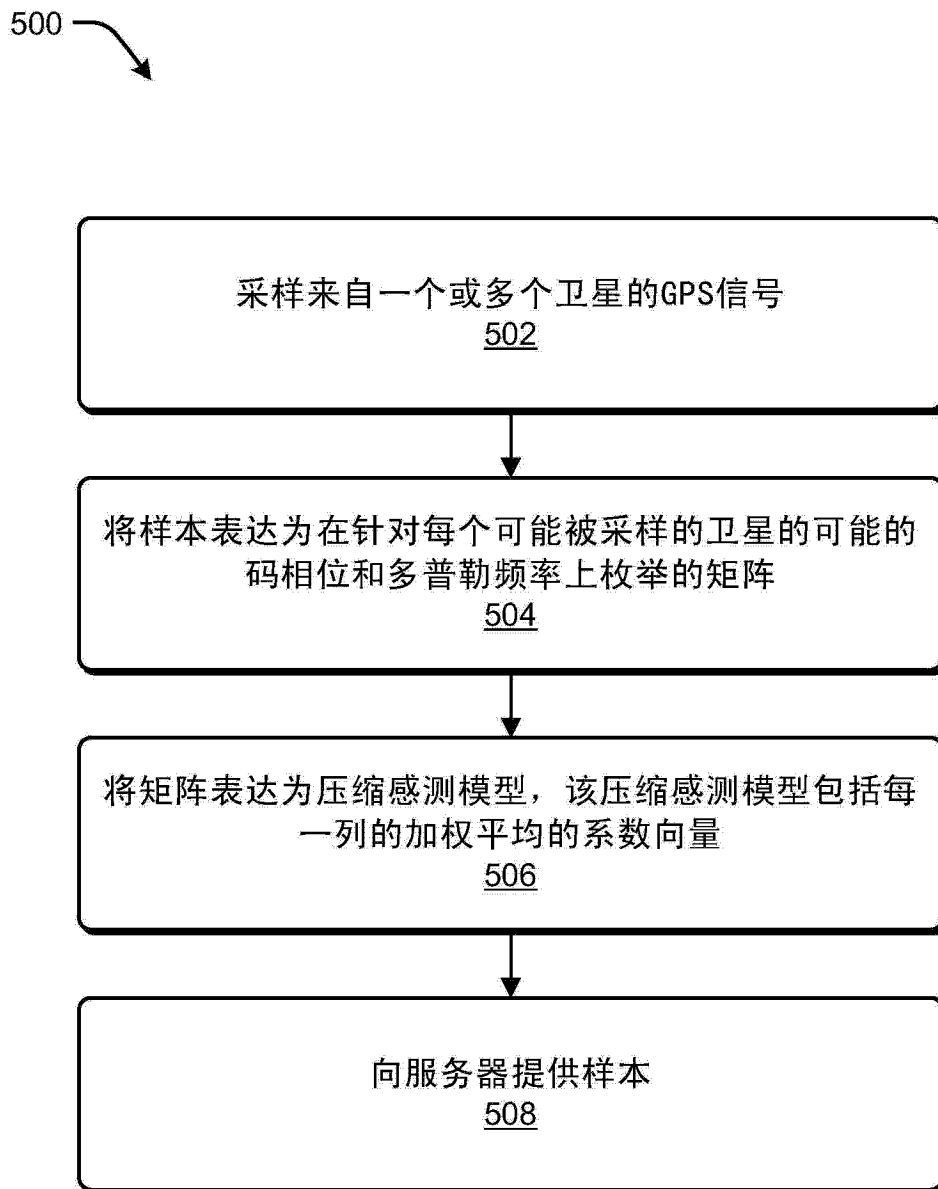


图 5

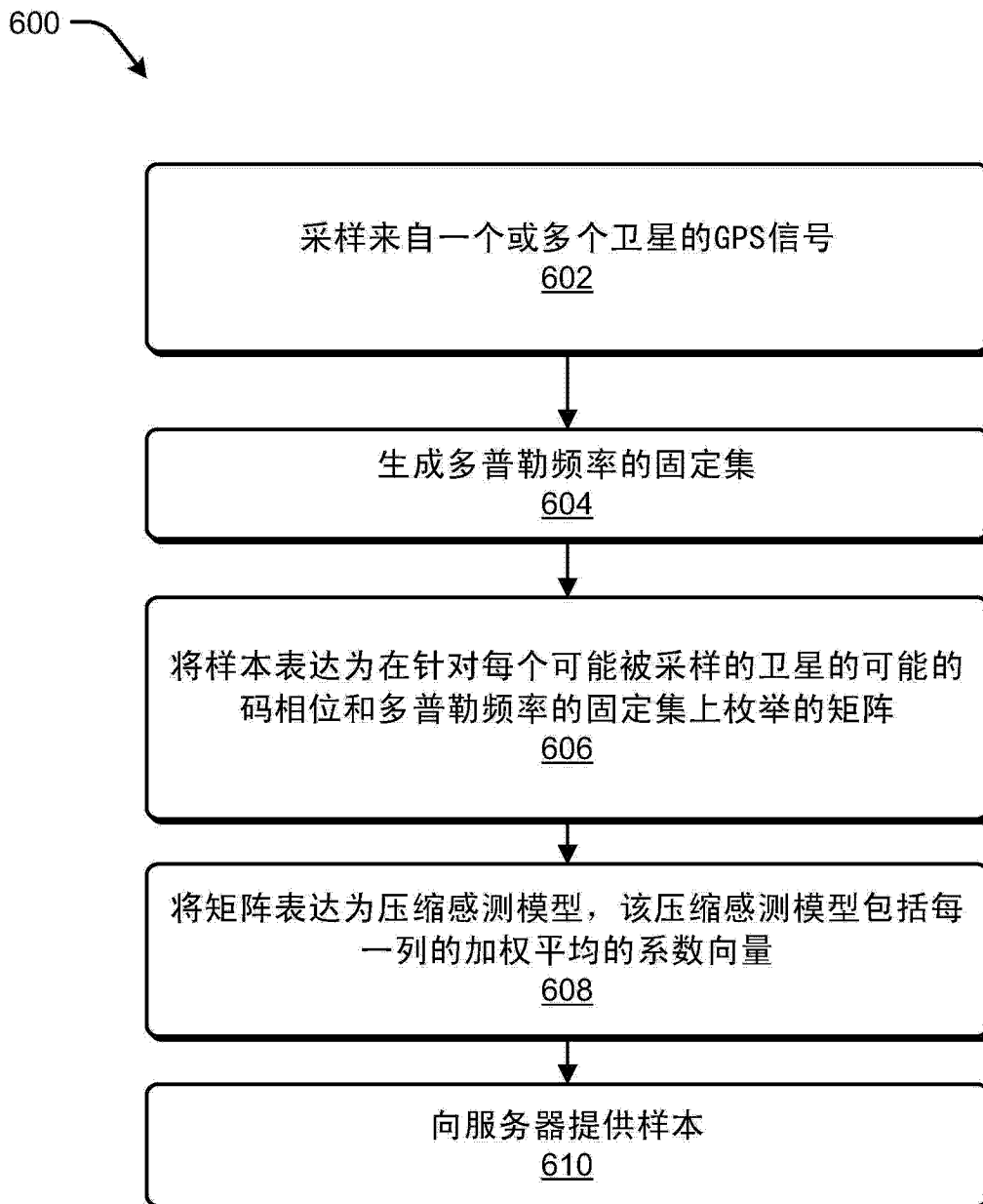


图 6

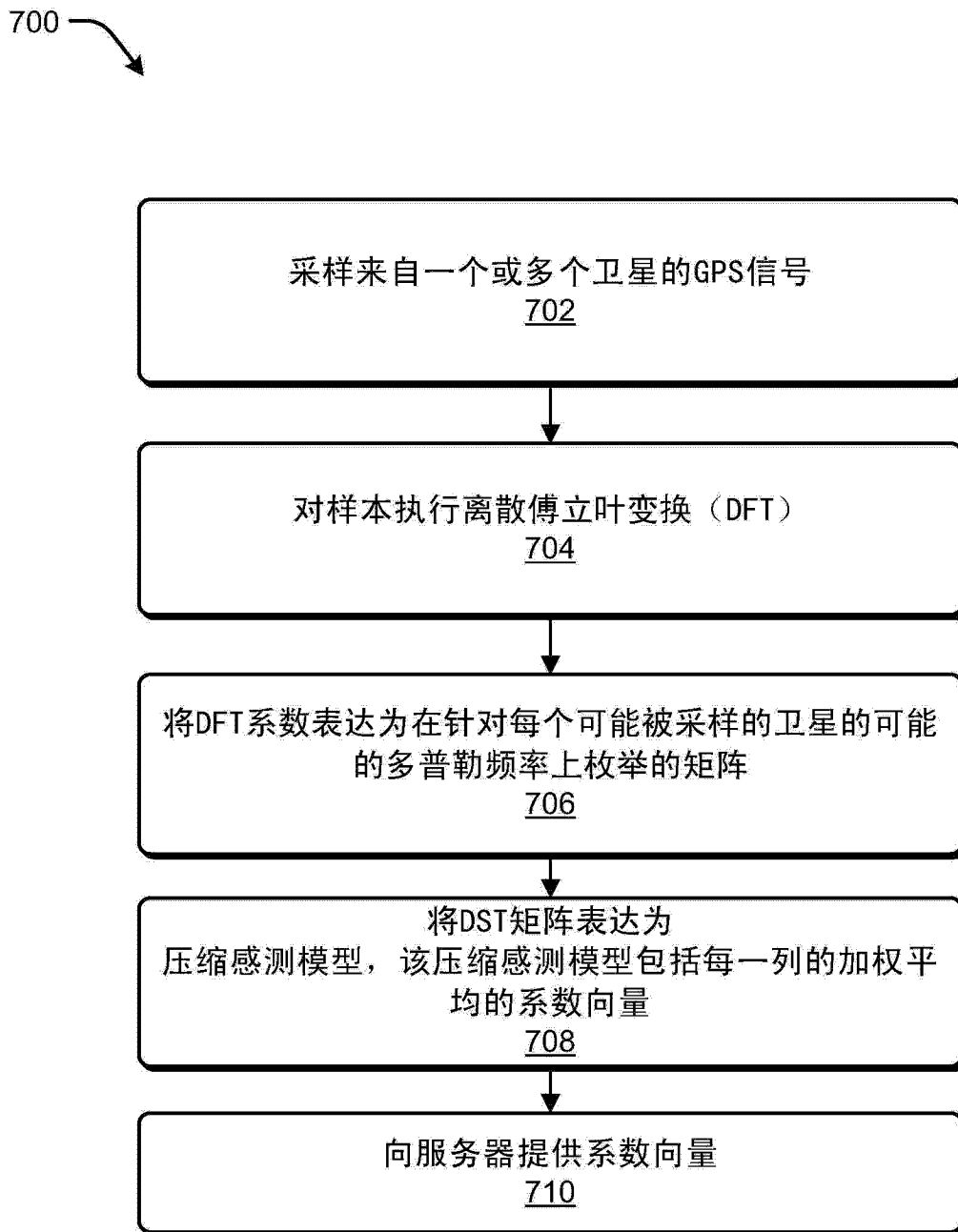


图 7

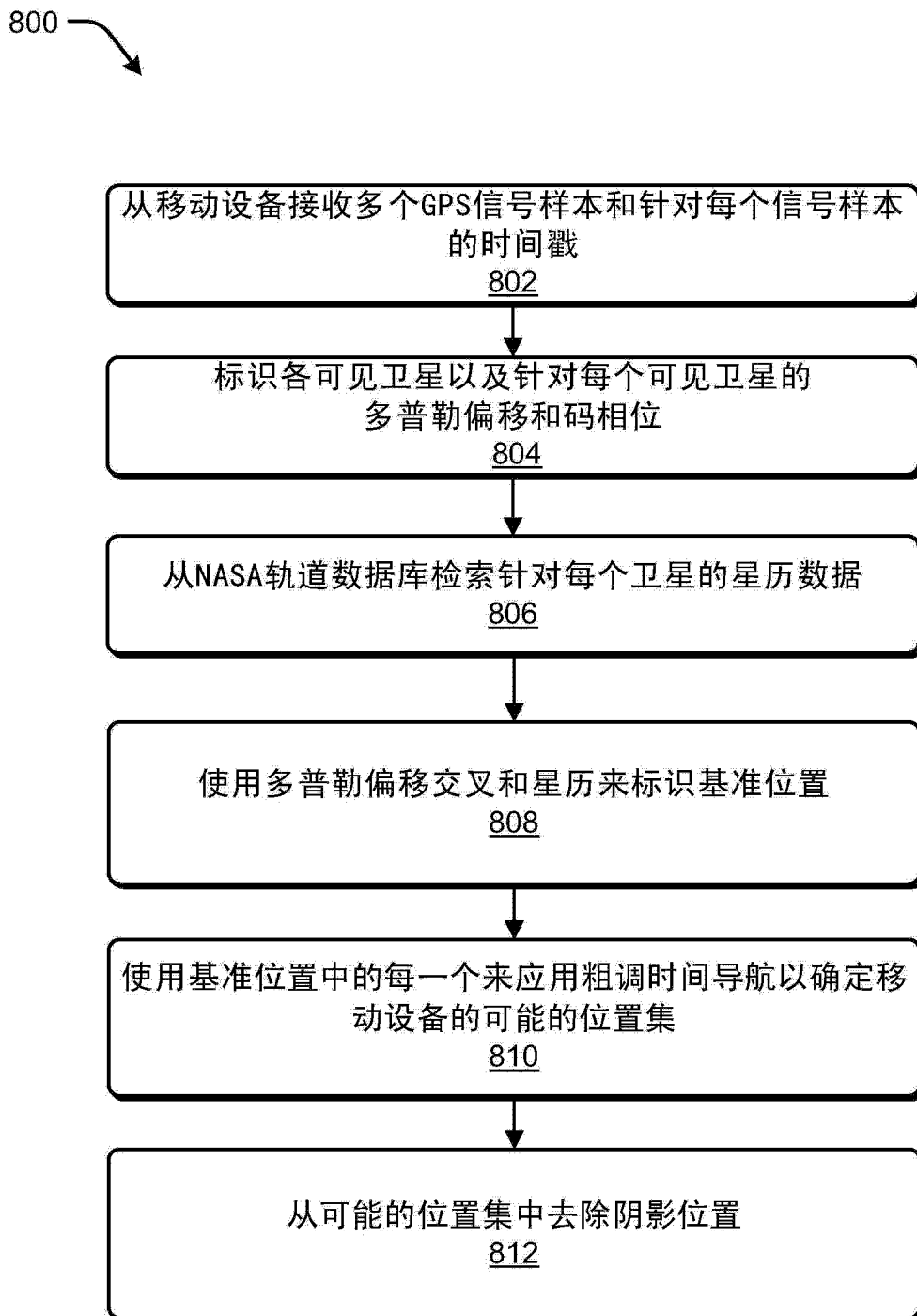


图 8