

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780024129.4

[43] 公开日 2009年7月8日

[11] 公开号 CN 101479622A

[22] 申请日 2007.4.13

[21] 申请号 200780024129.4

[30] 优先权

[32] 2006.4.28 [33] US [31] 60/745,928

[32] 2007.4.6 [33] US [31] 11/697,575

[86] 国际申请 PCT/US2007/066639 2007.4.13

[87] 国际公布 WO2008/085532 英 2008.7.17

[85] 进入国家阶段日期 2008.12.26

[71] 申请人 卢克卓尼克斯有限公司

地址 美国华盛顿

[72] 发明人 迈克尔·B·马修斯 肯·L·戈登

皮特·F·马克多兰

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 王波波

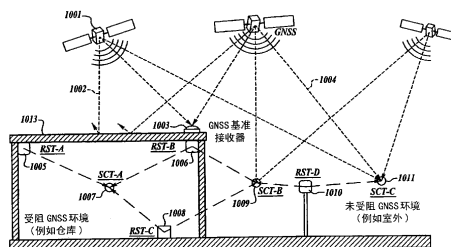
权利要求书5页 说明书41页 附图21页

[54] 发明名称

用于在配置环境中定位的系统和方法

[57] 摘要

本发明涉及一种系统和方法，其用于提供在不能获得全球导航卫星系统信号不能获得的配置环境中的位置确定。关于此点，本地信标系统产生由频谱压缩单元接收的扩频 CDMA 信号，所述频谱压缩单元取得有物理意义的可观察量而无须通过已知扩展码的拦截能量的相关性。本发明可与已就位的已知资产同时存在，并且设计允许自校准，这简化了安装和使用。本发明可用于 GNSS 信号不能获得或受限的应用，例如仓库库存管理、在搜索和营救操作和室内环境中的资产追踪中。



其中要求排他性所有权或特许权的本发明的实施例限定如下：

1. 一种用于在配置环境内提供物理状态信息的系统，包括：

至少一个发射器，在传输介质中发射能量；

至少一个拦截器，拦截从至少一个发射器穿过传输介质传播的能量，其中，所述拦截器被配置为使用频谱压缩来处理接收到的发射，以产生一组适用于物理状态估计的可观察量；以及

物理状态估计器，被配置为：

基于从至少一个拦截器接收到的一组可观察量，确定拦截器与发射器之间的相对物理状态中的至少一项；以及

基于从至少一个拦截器接收到的一组可观察量，报告相对物理状态中的至少一项。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述传输介质包括自由空间、气体和弱等离子体中的至少一个。

3. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述传输介质包括固体材料。

4. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述传输介质包括液体。

5. 根据权利要求 1 所述的系统，其中，所述拦截器被配置为同时接收结构化能量发射和非结构化能量发射。

6. 根据权利要求 5 所述的系统，其中，所述能量发射包括具有预定一般特性的结构化信号，所述预定一般特性可以在系统配置内表示。

7. 根据权利要求 6 所述的系统，其中，所述结构化能量发射包括定位和导航信号。

8. 根据权利要求 7 所述的系统，其中，所述结构化能量发射包括全球导航卫星系统内的信号。

9. 根据权利要求 6 所述的系统，其中，所述结构化能量发射包括通信信号。

10. 根据权利要求 5 所述的系统，其中，所述能量发射包括其一般特定为非预定的非结构化信号。

11. 根据权利要求 10 所述的系统, 其中, 所述能量发射包括电磁能量。

12. 根据权利要求 11 所述的系统, 其中, 所述电磁能量是无线电频率或光频带。

13. 根据权利要求 10 所述的系统, 其中, 所述能量发射包括声能。

14. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述发射器显式地用于在配置环境中进行物理状态估计的目的。

15. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述频谱压缩包括从发射器中提取能量发射的至少一个已知的物理特性。

16. 根据权利要求 15 所述的系统, 其中, 所述从发射器中提取能量发射的至少一个已知的物理特性的发生与能量发射的调制信息内容无关。

17. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 使用频谱压缩产生的一组可观察量包括以拦截到的能量在通过传输介质传播时的振幅、相位和时间导数形式的物理特性中的至少一个, 而与能量发射内调制的信息内容的保留无关。

18. 根据权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述物理状态估计器被配置为

参考存储的配置数据; 以及

在基于从拦截器接收到的一组可观察量确定拦截器与发射器之间的相对物理状态中的至少一项中, 使用所参考的存储的配置数据。

19. 一种用于在配置环境内提供物理状态信息的方法, 包括:

从至少一个发射器通过传播介质发射能量;

在至少一个拦截器处拦截能量发射;

使用频谱压缩处理接收到的能量发射, 以产生一组与发射相关联的可观察量;

接收属于发射器和拦截器中的至少一个在配置环境内的部署和配置的配置数据;

基于一组可观察量和配置数据, 确定拦截器与发射器之间的相对物理状态中的至少一项; 以及

报告相对物理状态中的至少一项。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，与发射相关联的一组可观察量适用于进行物理状态估计。

21. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，与发射相关联的一组可观察量用于确定通过传播介质的发射的至少一个物理特性。

22. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，通过对能量发射进行平方来恢复抑制载波的二次谐波振幅、频率和相位，执行使用频谱压缩处理接收到的能量发射，以产生一组与发射相关联的可观察量。

23. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，通过对包括能量发射内时间间隔所限定的至少一个周期调制的频率、振幅和相位在内的特性的恢复进行延迟相乘，执行使用频谱压缩来处理接收到的能量发射，以产生一组与发射相关联的可观察量。

24. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，通过在将能量发射内的至少两个调制相乘以恢复差分载波或调制子载波的频率、振幅和相位的带宽合成，执行使用频谱压缩处理接收到的能量发射，以产生一组与发射相关联的可观察量。

25. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，使用频谱压缩处理接收到的能量发射以产生一组与发射相关联的可观察量使用微分来恢复限定时间间隔上的任意周期调制的频率、振幅和相位。

26. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，
来自发射器的能量发射被第一和第二拦截器拦截；
以及

通过对由第一和第二拦截器拦截的发射进行互相关来产生包括第一和第二拦截器之间的振幅、相位和时间导数在内的干涉响应，来执行使用频谱压缩处理接收到的能量发射以产生一组与发射相关联的可观察量。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，其中，
对于能量发射的至少两个不同的频率信道执行互相关；以及
通过对两个干涉响应进行差分以产生两个信道之间的新的振幅、相位和时间导数，以使得相位模糊间隔由信道间频率分离确定，来进行处

理。

28. 根据权利要求 27 所述的方法，其中，通过根据第一拦截器与第二拦截器之间的物理状态的差异、在时间上将由第一拦截器拦截的能量发射相对于由第二拦截器拦截的能量发射进行偏移，来执行互相关。

29. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，使用频谱压缩产生的一组可观察量包括以接收到的能量在通过传输介质传播时的振幅、相位和时间导数形式的物理特性中的至少一个，而与能量发射内调制的信息内容的保留无关。

30. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，使用一组可观察量和配置数据确定发射器的相对物理状态包括：

估计发射器和拦截器中的至少一个相对于指定基准点的物理状态；
以及
使用配置数据相对于配置环境来校准基准点的物理状态。

31. 根据权利要求 19 所述的方法，还包括：

估计发射器和拦截器中的至少一个相对于指定基准点的物理状态；
以及
更新属于发射器和拦截器中的至少一个在配置环境内的部署和配置的配置数据。

32. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，在配置环境内，

发射器和拦截器中的至少一个被指定为基准点，其中基准点的物理状态中的至少一项是预定的；以及

发射器或拦截器中的至少一个被指定为物理状态传感器，其中相对于基准点的物理状态来确定物理状态传感器的物理状态。

33. 根据权利要求 32 所述的方法，其中，

物理状态传感器被指定为第二基准点；以及

发射器或拦截器中的至少一个被指定为物理状态传感器，其中相对于第二基准点的物理状态来确定第二物理状态传感器的物理状态。

34. 根据权利要求 32 所述的方法，其中，相对于外部基准来校准基准点的物理状态，以使得能够相对于外部基准系来估计物理状态传感器的物理状态。

35. 根据权利要求 32 所述的方法, 其中, 多个基准点被分配到区域, 使得所述区域中的所有基准点的相对物理状态关于彼此而被校准。

用于在配置环境中定位的系统和方法

本申请要求 2007 年 4 月 6 日递交的美国申请 No.11/697,575 以及 2006 年 4 月 28 日递交的美国临时申请 No.60/745,928 的优先权，上述申请如在此处完整说明一样地通过引用整体合并于此。

技术领域

本发明总体涉及一种用于定位远程资产的系统和方法，更具体地，本发明涉及一种用于在全球导航卫星系统（GNSS）不可用的局部环境下运行的系统和方法。

背景技术

全球定位系统（GPS）已经从根本上改变了在世界范围内导航、追踪定位及时间同步的方法。利用三十二颗在轨卫星，GPS 在可以接收信号的任何地方提供持续的定位服务。随着使用 GPS、精确到数米的低成本定位传感器的出现，该技术已经迅速扩大到包括动力系统、通信、运输和军事的核心基础设施。这项性能作为国有资产的重要性不可低估且由于以下事实而尤显重要，即许多其它国家此时正在运用或者开发它们自身的 GNSS，包括俄罗斯、日本、中国和欧盟。

尽管其存在诸多优点，GNSS 具有一个显著的缺陷：典型地，基于卫星的导航系统信号在到达定位接收器时非常弱。在一些情况下，如 GPS，这是其设计的关键部分，但实际上，很难操作大功率在轨传输器（transmitter）。由于障碍物往往会减弱信号功率，并使其不能用于定位，或者至少大大减弱整体测量能力，因此这些弱信号使得难以操作在如室内的受阻环境中的定位接收器。

尽管已做出巨大努力来克服这些限制，具体是辅助 GPS 和高灵敏度 GPS，实际上，在受阻环境下使用 GNSS 的米级定位无法得到广泛应

用。为了提供受阻环境下的定位，已经开发了另一种名为实时定位系统的定位技术，其源自射频识别（RFID）技术。

通过使用诸如到达时间差（TDOA）、接收信号强度（RSS）、固定读取器和地标标记之类的多种方法，RTLS 提供了多种定位能力和精度。最先进和多用途系统趋向于使用 TDOA，并且能够提供数米以内的定位精度。一些系统甚至声称米级以下的精度，虽然这趋向于处于高度控制的环境下。尽管有希望，但是 RTLS 系统的安装和运行非常昂贵。当需要高精度时，除了有限的应用，设备的成本和复杂性使得其仅理论上能够实现。RTLS 提供多种可以处理以适于多种应用的方案；然而，当与基于 GNSS 定位的相对简易性和广泛可用性相比时，它们都不尽如人意。

此外，对于需要在局域受阻和广域未受阻这两种环境下定位的组合应用，由于 GNSS 或 RTLS 均不能单独实现需要，因此选择极端受限。由于组合的 RTLS 和 GNSS 系统很大程度上不兼容并难以整合且因此非常昂贵，所以组合的 RTLS 和 GNSS 系统是不切实际的。已做出数种努力来使用伪卫星调整商用 GPS 接收器技术以提供 RTLS 能力。尽管在概念上很诱人，但这些方案充其量太昂贵且功率太密集，因而在解决多个 RTLS 应用中不可实现，最糟的是，由于它们趋向于阻塞正常 GPS 操作，因而在世界大部分地方它们的运行是非法的。

因此，需要一种成本可取、高精度的定位技术，其在使用局部配置的信标基准点的受阻环境下运行良好，且对于广域未受阻环境能够利用诸如 GPS 卫星之类的 GNSS 基准点。

术语概要

以下某些术语的定义有助于提供本发明的优选和备选实施例的讨论的基础。

“历书”指描述基准点或物理状态传感器的配置、当前物理状态或预测未来物理状态的信息。该信息可以由基准网络处理器在内部产生或由外部源（例如用于 GPS 历书和精度星历的 GPS 接收器）提供。典型地，历书信息具有适用时间，并以使其相对易于进行物理状态估计的格式来存储。

“历书校正”指对于历书信息的校正。这些校正典型地是对于历书的一个或更多个要素的调整，并且当与完全历书记录相比，其在尺寸上更紧凑，因而减少了带宽和存储需求。

“配置数据”指定义了系统配置和与外部基准的关系的信息。配置数据包括基准点的规格、坐标系变化、以及外部时间变换数据。该系统信息也可以包括综合性能准则的安全属性、物理状态传感器登记和规格。

“坐标系统可靠基准”指坐标系统基准系中已知或接受的位置，其被确定为比系统终端用户的性能需求的精度更好的精度。

“微分可观察量”指每次来自两个或更多个拦截器的可观察量被微分而产生微分测量时所形成的可观察量，所述微分测量有效地消除了由于发射器的物理状态的不确定性而导致的系统误差。注意，存在一阶、二阶和更高阶的微分可观察量。优选的实施例典型地使用一阶微分。

“发射器”指产生能量发射的任意物体。

“能量发射”指在一些传输介质中传播的结构化或非结构化能量，可以被拦截和处理。结构化发射包括其特性已知且确定、并可通过一些方法预测的任意发射。非结构化发射是不被认为是结构化的和典型地具有随机特征的任意物。

“拦截器”指能够拦截至少一个能量发射的任意物体。

“位置传感器”指被配置为产生可用于位置确定的客观察量的物理状态传感器。

“导航处理器”指一种物理状态传感器，其被配置为处理至少一个物理状态传感器的可观察量，从而产生对物理状态传感器的物理状态的估计。物理状态估计可以通过任意种方式来实现。优选的实施例使用包括最小平方、Kalman 滤波和混合法的随机估计方法的组合。

“可观察量”指在发射器与拦截器之间的某些传输介质中传播的拦截能量的测量。

“物理状态”指相对于设备的基准系的物理特性，其包括以下中的至少一个或多个：位置、海拔、时钟和时间导数。位置和海拔可以是一维、二维或三维的。位置是沿一个轴或多个轴的线性距离的测量。“海拔”是关于某些轴的角度旋转的测量。时钟是时间的测量。时间导数是初

始物理特性的时间导数。

“物理状态估计”或“PSE”指从可观察量导出的物理状态的计算估计。

“物理状态估计器”指一种系统元件，其对预定配置数据给出的可观察量进行处理，从而产生物理状态估计。

“物理状态传感器”指一种系统元件，其用于感测物理状态。该物理状态传感器可以是能量拦截器或者发射器，这取决于配置。

“基准点”指作为用于测量一个或多个位置传感器的位置的基准的点。基准点元件可以是在某种传输介质中传播的能量的发射器或接收器。它们可以位于坐标系统基准系内的已知可靠点处。基准点也可以是移动的，或者是外部起点，例如类星体、机会卫星信号、以及任意其它能量发射器。基准点的初始特性是在对基准点与物理状态传感器之间的相对物理状态进行估计之前已知的一个或多个物理特性。

“测距信号”指特意设计为具有可用于测量发射器与拦截器之间的距离的适当特性的结构化能量发射。

“测距信号发射器”或“RST”指发射测距信号的发射器。其可以是全球导航卫星、本地信标，或者产生可以用作测距信号的信号的任意发射器。

“基准网络处理器”指一种物理状态估计器，其被配置以估计至少一个基准点相对于第二基准点的物理状态，并在随后使用产生的物理状态信息来对历书和校正信息以及系统的其它相关配置数据进行更新。

“基准 SCT”指频谱压缩器和翻译器，其被指定为系统中的基准点。

“频谱压缩器和翻译器”或者“SCT”指一种被配置为拦截器的物理状态传感器，其使用至少一种频谱压缩方法来处理拦截的能量发射，产生可用于物理状态估计的可观察量。

“频谱压缩”指一种用于在能量通过传输介质进行传播时提取以所拦截能量的振幅、相位和时间导数形式的变化的物理特性的过程，而不考虑保留能量发射内潜在调制的信息内容。该提取过程利用能量发射和发射器的至少一种或多种已知的物理特征，以将宽带频谱内容提取为窄带方法，其保留了物理特性。可以执行宽带频谱内容的提取，而不考虑调制的信息内容，这能够实现有效的过程增益，从而产生用于提取物理特

性的高信噪比。

“系统控制器”指一种系统元件（典型地为软件），其具有协调系统操作管理配置、校准的责任，并协调信息到系统中其它元件的流动。系统控制器实现协调其它系统功能所需的定时和控制功能，以提供特定性能和服务质量。应注意，这些功能可以由单个控制器在物理上实现或者在一组控制器之间分布/分享，这取决于特定实现需要。

“时间基准”指一种外部信号，其提供有用于同步系统的时间和频率基准的外部时间和频率信息。最普通的外部时间基准之一是协调世界时间（UTC）和 GPS 时间，使得系统时间和频率基准能够被链接到那些特定的系统。

“传输介质”指能够以形式传播能量的任意介质；介质包括自由空间、液体、固体和气体。

发明内容

本发明提供一种用于确定物理状态传感器相对于已知基准点的物理状态和基本位置的系统和方法，已知基准点可以包括全球导航卫星（例如全球定位系统（GPS））和本地信标，以便即使在全球导航卫星系统（GNSS）不可用或另外受阻时，提供适当的覆盖。本发明提出一种用于基于信标的局域定位系统的系统和方法，利用 RF（或其它信号）给一个或多个位置传感器提供测距信号。

用于在配置环境下提供物理状态信息的本发明系统的示例性实施例包括：至少一个发射器，在传输介质内发射能量；至少一个拦截器，接收从发射器穿过传输介质传播的能量，其中该拦截器被配置为使用频谱压缩来处理接收到的发射，以产生适用于物理状态估计的一组可观察量。该系统将该可观察量则传送至物理状态估计器，物理状态估计器被配置为基于从拦截器接收的可观察量组来确定拦截器与发射器之间的一项相对物理状态。然后，系统报告基于从拦截器接收到的可观察量组而确定的相对物理状态的项。

本发明的用于提供配置环境内的物理状态信息的方法的示例性实施例包括以下步骤：从至少一个发射器通过传播介质发射能量；在拦截器

处拦截能量发射；使用频谱压缩对接收到的能量发射进行处理，以产生与发射相关联的一组可观察量；将该可观察量组传送至物理状态估计器；接收属于配置环境内的发射器和拦截器的部署和配置的配置数据；基于该可观察量组和配置数据，确定拦截器与发射器之间的一项相对物理状态；以及报告该项相对物理状态。

本发明的产生的备选实施例克服了与当前系统和方法相关联的缺点，并提供了节省成本的、实现简单且和可快速部署的系统，其具有完全独立的物理状态估计的方法，其使用局域信标和/或诸如 GPS 的广域 GNSS 卫星。

附图说明

下面将参考后面的附图详细地说明本发明的优选和备选实施例。

图 1 是逻辑系统框图，示出了根据本发明的实施例的本发明的组件，包括测距信号发射器、频谱压缩器和翻译器及处理部分，用于使用截取的能量来确定物理状态；

图 2A 显示了根据本发明实施例的本发明与现有通信资产的整合；

图 2B 图示说明了根据本发明实施例的集成有物理状态确定处理器的频谱压缩器和翻译器的部分；

图 2C 和 2D 图示说明了根据本发明实施例的集成有通信资产的频谱压缩器和翻译器的程序块级部分；

图 2E 和 2F 显示了根据本发明实施例的频谱压缩器和翻译器的附加的程序块级集成场景；

图 3 显示了根据本发明实施例的本发明在混合运算模式下与 GNSS 信号相结合的场景的逻辑框图；

图 4A 图示说明了根据本发明实施例的测距信号传输器的细节；

图 4B 图示说明了根据本发明实施例的测距信号在 RST 内的产生；

图 5A 图示说明了根据本发明实施例的频谱压缩器和翻译器的功能；

图 5B 图示说明了根据本发明实施例的 SCT 的通道处理器部分的功能；

图 6 图示说明了根据本发明实施例的物理状态估计器，其将观察到的数据转换成物理状态元素；

图 7 显示了根据本发明实施例用以产生基准校正数据集的联邦滤波的过程；

图 8A 和 8B 图示说明了根据本发明实施例的微分相对与绝对定位之间的差异；

图 9 图示说明了根据本发明实施例的 3D 定位部署场景；

图 10 图示说明了根据本发明实施例的在其中 RST 和 GNSS 信号两者均可用于混合定位的配置场景；

图 11 图示说明了根据本发明实施例的、用于搜索和营救操作的本发明的应用；

图 12 是逻辑系统框图，显示了根据本发明实施例的本发明的部分，包括发射器、拦截器和物理状态估计器，用于使用拦截的能量确定物理状态；

图 13A 图示说明了根据本发明实施例的用于在配置环境内提供物理状态信息的方法；

图 13B 图示说明了根据本发明实施例的用于在配置环境内提供物理状态信息的能量发射拦截和处理方法；

图 13C 图示说明了根据本发明实施例的使用峰值检测器的窄带数据处理的方法；

图 13D 图示说明了根据本发明实施例的使用相位跟踪环的窄带数据处理的方法；以及

图 13E 图示说明了根据本发明实施例的使用互相关的窄带数据处理的方法。

具体实施方式

存在一些情形，其中由于卫星信号或者太弱、受阻或者偶然或被有意地干扰，用于确定某些传感器的物理状态的 GNSS 实现无法实行。这种情形会发生在封闭的空间中，诸如在金属构造的仓库内、地面/碎石下、或者可能的 GNSS 干扰环境。

通过综述，本发明利用信标星座环境，其虽然发射功率低（ <1 微瓦），但其提供比 GNSS 信号强 40 到 60dB 的信号通量（flux），并因而能够在配置环境、或者换言之在能够以提供系统操作员最大灵活性的方式部署信标星座的环境的背景下，确定传感器在 GNSS 缺失或不可靠的任务下的物理状态。信标的星座使用扩频技术，而不需要时间和频率的同步，同时实现了充分稳定的频率控制，以通过其频率偏移单独地标识信标。这种信标星座可以是在陆地、海洋、空中或者空间环境中。

例如，在偶然或故意的干扰已使 GPS（GNSS 的类型）不可用的陆地情形中，可以使用无人飞行器、UAV、检测气球载或者火箭/降落伞信标部署。频谱压缩模式优选地用在具有高动态范围数字采样的 GNSS 传感器中，用以容忍海拔的残余干扰。在本实施例中，频谱压缩 GNSS 数据经由通信信道下行线传或者备选地内嵌在信标频谱中。由此，可以确定这些空中信标的动态物理状态。

信标是发射松散限制的信号结构的设备，它们被配置以简化整个设计，以最小化截取设备的成本、最小化数据链接需求并简化物理状态估计器。这些信标的概念并不限于在任何一种发射形态下运行。在备选的实施例中，这些信标在几种物理区域中运行，例如电磁（RF、光或 X 射线和伽玛的核区域）区域和声区域（通过水、空气或者固体材料）。

优选实施例的信标调制采用扩频全载波抑制，以实现多个信标的码分多址（CDMA）同时接收。来自所有信标的调制在整个信标星座之间可以是或者可以不是相位相干或者时间同步的。星座信号相干和同步状态是由所需特殊配置所做选择而产生的结果以及与远程接收器设备的成本及灵活性相关的事务。

优选的设计理念是三个部分的卫星导航结构和频谱压缩 GNSS 接收方法的结合。宽带 RF 信号结构最小化频谱密度以及与可能处于该区域中的其它 RF 设备发生干扰的可能性，同时限制对本发明系统的干扰的可能性。这优选地通过在整个最大允许频带（大约 20MHz）上扩展信号来实现，通过利用预定范围的 ISM 频带，例如根据现行美国规章以 915MHz、2.4GHz 和 5.8GHz 为中心的范围。

系统和方法纵览

优选实施例提供了一种局域定位系统和方法，其产生高精度定位（如果需要厘米），操作简单，低成本较低，从而实现利用的普遍性。更具体地，本发明混合了三种方法：射电天文空间大地测量学、扩频通信和对 GPS 信号的非线性处理方法。

诸如甚长基线干涉测量（VLBI）空间大地测量之类的射电天文采用不相干无线电源、典型地类星射电源阵列的概念，以作为基准系，从而确定两个或更多射电望远镜之间的三维向量分离性。

扩频 CDMA 通信采用使用线性抽头移位寄存器反馈数字发生器的直接序列伪随机噪声（PRN）产生方法。PRN 发生器使用内部频率源来操作移位寄存器操作的时钟控制，其用于实现载波信号抑制并扩展信号以降低频谱密度。这同时提供了信道复用、对频段内干扰的相对抗扰性以及检测和截取的低可能性的优点。

非线性 GPS 信号利用的方法提供了已知为频谱压缩的获取方法的基础，该方法最小化有关定制芯片/固件开发和 DC 功率消耗方面的费用。典型的 GPS 接收器通过具有每一卫星用于扩展遥测调制到其上的载波信号的、PRN 码序列的先验知识来起作用。这反过来使得 GPS 接收器能够提取包括每一卫星的时间和频率同步状态的导航消息，从而用于 GPS 接收器内部处理器以自动方式获得其位置和速度。通过比较，频谱压缩 GPS 方法从多个同步卫星中获得相位测距数据类型，而无任何用于扩展载波信号的 PRN 码序列的任何知识。

信标星座的设计不需要时间和频率同步，同时仍用作确定物理状态的基准系。以最简单的形式，信标形成非常低频谱密度的低功率 RF 信号的非相干阵列，从而避免干扰相同频谱区域（极可能为 ISM 频段）中的其它系统。非相干信标阵列可用于在 VLBI 的差分相对定位方法。信标和位置传感器取决于和便宜的数字腕表中所使用的那些差不多的晶体基准源，其具有大约百万分之十（10 PPM）的频率精度和稳定性。在频谱压缩方法中，不进行遥测提取。结果，通过它们相对于 PRN 序列码片速率标称频率的指定频率偏移，信标彼此不同。

位置传感器不用对已知 PRN 码序列进行互相关信号处理就能导出伪

测距。频谱压缩方法使得能够获得从恢复每一信标的码片频率的延迟相乘非线性处理导出的模糊相位测距可观察量。每一信标优选地利用同一 PRN 序列。在优选的实施例中，PRN 码具有最大长度，这意味着其具有自相关函数，即除了当位移为 0 或者值等于 2^n-1 的码长度时，所有位移值为 0，其中 n 是移位寄存器阶的数目。

利用对信标间基线向量的所有不重复对的校准处理，本发明将该 N 个信标组合成维度为 $n/2 \times (n-1)$ 组合的大地控制网调整的等同物。例如，利用根据本发明所述的校准方法而被配置为接收或发送的六个信标，在网络中将有十五个独特的基线向量。基于网络的计算产生关于数据处理的优点，尤其当存在 RF 多路污染时；例如，多路污染将为每一基线向量所特有，而非整个网络系统的。因而，作为本发明的结果所产生的网络调整在导出真实信标物理状态的最佳估计方面是有效的，并且在应用于由位置传感器所进行的测量时提供关于单个测量精度的品质因数。这些网络估计可以应用于连续监视配置数据的完整性，以使得系统自身校准，并能够监控信标的物理状态相对于共同内部参照系的不期望的变化。在本发明中，可以将位置传感器物理状态可以作为网络的部分而进行估计，或者在应用网络调整之后作为根据先验信标历书信息的校正。

作为示例，设想了本发明的不同备选实施例，这些备选实施例部分说明了该技术的范围和适用性。

集中式处理单元接收能够对所选位置传感器和基准点的物理状态进行估计的一个或多个位置传感器和基准点的频谱压缩可观察量。

在某种程度上，可以任意放置信标，因为它们自身可以用作位置传感器，在部署后校准模式下在网络内定位其自身。在本实施例中，除了水平放置至少一个信标设备之外，其垂直放置用于实现 3-D 定位。

位置确定系统可以无干扰地在已有通信频段以下。本实施例利用任一种已有系统来增加其性能，而不需要特殊通信网络的存在。同时观察来自基准位置传感器以及来自第二位置传感器的信标信号，形成了消除了共同时间偏移的差分信号。在本实施例中，定时需求降低，而不牺牲整体测量精度，同时能够实现低成本的振荡器。CDMA 信号在其 PRN 码

片频率上是分离的，该分离足以进行惟一标识。不需要诸如温度补偿晶体振荡器（TCXO）之类的优于 1PPM 精度的频率标准。在备选实施例中，利用低成本的振荡器可实现米级精度位置确定，尽管将需要信标码片频率之间成比例的更大分离，所述低成本振荡器精确至大约 50 PPM。

每一信标在多信道上发送扩频 CDMA（码分多址）调制信号，所述多信道基本上重叠，但所具有的每一信标对于其 PRN（伪随机噪声）序列产生器具有略微不同的码片频率。该处理方法不要求多个信标单元之间的信标基准频率协调、相位相干或者时间同步。以非常长周期（类似于数百日）抽头反馈移位寄存器序列来调制特定 RF 频段内的测距信号，从而使得有数百个信标同时操作于给定码生成。每一信标在长序列内时间偏移，因此其仅提供其序列在 1 天的间隔的部分。在一个备选实施例中，在所有信标中使用适当的三二重复 PRN 码序列，其具有 10.23MHz 的码片频率，且每一信标在任意时间开始。本实施例利用以下事实：存在曾具有两个相同的在 50 nsec 内重合并保留的开始事件。在配置环境内，由 PRN 序列码片频率指示对特定信标的标识。例如，标称 10.23MHz 码片频率以上的 125Hz 的偏移可能对应于位于大仓库的东北角天花板位置处的信标。

位于该信标所确定的局域定位系统的范围内的位置传感器将利用频谱压缩技术对 CDMA 信号进行解扩，从而恢复了正在接收的特定信标的码片频率。每一信标将使用具有不同码片速率（例如，10.23MHz、1.023MHz 和 0.1023MHz，分别对应于大约 29 米、293 米和 2.93 千米的模糊波长）的两个或三个 PRN 信道，从而允许下一个最高频率码片频率的相位模糊的分辨率。频率偏移、码率和信道均可基于预期应用、设备环境和精度要求而配置，并且均可完全配置。在优选实施例中，位置传感器采用 FFT 处理，根据每一接收到的信标信号来确定三个信道中的每一个的振幅、频率和相位。备选实施例也可以使用一系列锁相环提取振幅、频率和相位，每一信道上的每一信标一个。

利用充分高的信噪比，单一附加 102.3kHz 信道足以从 10.23MHz 信道分辨 29.3m 的模糊度。例如，利用操作于频谱压缩延迟相乘模式下的接收器，实现 100 到 1 的振幅信噪比，相位噪声将是 0.01 弧度或者 0.6

度或者 1.6 毫分或者 5 米。从 102.3kHz 码率信道获得的五米精度将可靠地分辨 29.3 米模糊度。102.3kHz 信道模糊度将具有其 2.93 千米模糊度，然而，对于用户远程单元之间的间隔小于 1.4km 的物理空间而言，不存在模糊度。在备选实施例中，可能具有 293km 模糊度的 1.023kHz 和 500 米相位精度的第三信道可用于根据 102.3kHz 码片频率 PRN 产生器分辨 2.93km 模糊度。

该技术应用于其中位置传感器位于待追踪资产上的 RTLS 应用，并进一步应用于诸如条形码扫描器的应用中，其中扫描单元本身用作位置传感器，并使位置与给定资产的条形码识别相关联。

本发明的这些和其它实施例提供了以下优点中的一些或全部：

能够任意放置信标，并且对于信标而言，能够确定其自身的位置，因而降低系统的安装和使用的成本和复杂度。

能够消除诸如在标签与其它系统的读取器之间的时间和频率同步的需求。这极大地降低了该系统部署所产生的复杂度和成本。该灵活度极大地提供了在诸如搜寻和营救任务需要及时响应的紧急情况之类的非标准配置环境中进行部署的可能性。

在使用分布式架构的情况下，在适当时进行数据的计算和处理。在本发明的一个实施例中，这发生在中心位置，数据从单个单元转移。在备选实施例中，这发生在传感单元自身内。本发明动态定位计算算法的能力使得能够简单且相对便宜地实现传感器（如果合适），或者如果对于其它应用合适，具有完全定位能力的更复杂和昂贵的传感器。

能够在相同平台执行混合的局域和广域位置确定。也就是说，当 GNSS 信号不可用时执行局域定位，或者如果 GNSS 信号可用，同时处理数据。

软件无线电体系结构的使用能够同时处理 GNSS 或其它机会信号，而不用显著改变硬件或软件实现。

优选的系统体系结构

在本发明中，包括用于配置环境的物理状态确定系统的功能部件（component）可以以多种方式实现，以最优化性能。图 1 显示了本发明

的逻辑功能，而不考虑特定实现或者部署场景。该框图显示了本发明的优选实现中的典型基本块和数据关系。

更具体地，参考图 1，本发明的优选实施例描述如下。以多个测距信号传输器（RST）101 开始，系统发送多测距信号传输 108，其由一个或多个频谱压缩器和翻译器（SCT）103 同时接收。RST 优选地通过 RF 信号将一个或多个测距信号发送到周围介质中，典型地为自由空间，可能在 ISM 频段中，尽管其它介质也是可以的，例如声波信号通过水、泥土、岩石或者建筑材料。这些备选信号优选地具有对于特定环境最优化配置的特性。每一 SCT103 接收来自多个 RST 101 的信号，并处理这些信号，以产生包含用于估计 SCT 的当前物理状态（例如位置、速度和时间）的信息在内的可观察量 110。这些 SCT 中的一个或多个被指定为基准 SCT 104，其可观察量 111 用于系统校准和控制的目的。

继续参照图 1，通过通信装置将来自 SCT 的可观察量 110 与基准可观察量 111 和历书及校正数据一起传递到导航处理器 105。在本发明的优选实施例中，不必在物理上协同定位导航处理器和 SCT 功能，因此块之间的数据通信相对最小，并且可由一种或多种通信形式处理，例如 Ethernet、WiFi（802.11）、Zigbee（802.15.4），或者能够进行数据传递的任何通信介质。导航处理器 105 使用可以包括具有历书数据/校正 112 的可观察量 118 和 111 在内的可观察量来确定物理状态估计 118，所述物理状态估计 118 包括特定时间点上的位置、海拔、时钟和时间导数中的至少一个。如果导航处理器使用适于在时间上向前或向后传播状态变量的模型，则信号出现时间（epoch）可以是可观察量中所指定的时间或者过去或将来信号出现时间。物理状态估计 118 可以被报告给系统的特定实现所限定的任意相关方。

系统控制器 102 用于协调和监控系统的功能。系统控制器 102 经由通信信号接收来自一个或多个基准 SCT 111 的可观察量 111。该信息可以包括可选的外部时间基准 116 和可选的坐标时间基准数据 117，其优选地被收集并传递到功能单元 106 和 107，以用于产生过去、当前、未来物理状态和配置的系统配置和校准信息。该系统配置数据 115 由系统控制器用于经由通信信号 119 来配置并调整多个 RST 101。系统控制器 111 和

RST101 之间的通信 119 在 RST 101 测距信号传输 108 被至少一个 SCT 拦截的情况下是可选的，以使得系统能够通过基准网络处理器 107 来确定 RST 101 的物理状态。基准网络处理器 107 使用所收集的可观察量和关于系统配置的先验信息来计算系统中的所有 RST 101 和基准 SCT 104 相对于彼此的物理状态。这些物理状态优选地包括对位置、速度（典型地 0）、时钟和时钟项（偏置、速率等）的估计以及 RST 传输特性，它们被结合以形成历书和校正数据 114。用于一个或多个信号出现时间的历书和校正数据 114 存储在数据库 106 中，其优选地被配置为根据要求提供这些数据。在备选实施例中，历书和校正数据 114 的格式使得能够通过一个或多个传播模型有效地计算未来状态。如前所述，历书和校正数据既由系统控制器 102 又由导航处理器 105 使用。在本发明的优选实施例中，历书和校正数据 114 包含用于每一 RST 和基准 SCT 的估计的状态向量，以及用于传播模型的附加系数，其使得历书和校正数据能够在将来成功地使用。将历书和校正数据传播到将来的能力取决于 RST/基准 SCT 振荡器的质量、需要的精度和传播模型的复杂度。

集成无线数据通信配置

本发明的优选实施例有利于降低实现 SCT 功能的单元的制造成本和复杂度，同时最大化灵活度和性能。本发明的另一优点是通过系统功能性和无线数据通信功能的集成实现的，这使得能够共享数字信号处理和 RF 前端电路。如以下更详细地描述的，与大多数无线数据通信接收器相比，本发明的 SCT 功能显著地降低了复杂度，并因此降低了成本。通过作为通信功能的扩展实现 SCT 功能，物理状态确定能力增加了很少的附加成本。此外，通过将发送/接收数据功能结合进系统控制器中，自然地出现与无线数据通信的集成。

图 2A 示出了本发明与诸如 Zigbee (802.15.4) 之类的网状无线数据通信网络的集成。SCT 103 和无线数据接收器 204 结合以形成 SCT 通信单元 201。以其最简单形式，单元 201 代表能够进行 RFID 和物理状态感测的标签。信标单元 202 优选地包括 RST 101、SCT104 和无线数据接收器 204。在整个物理区域上部署多个信标单元，以提供定位测距信号 108

和通信网络体系结构 205 和 206。SCT 104 与信标单元的集成使得每一信标单元能够用作基准 SCT，其从部署在范围内的其它信标单元收集可观察量。通过该结合的测距传输和可观察量的收集，系统有利于收集必要信息，所述信息对于使用基准网络处理器 107 来确定其自身配置而言是必须的。在一个实施例中，系统控制器 102、导航处理器 105、基准网络处理器 107 和数据库 106 结合，以形成系统控制单元 203，所述系统控制单元 203 集中了复杂的数据处理和管理功能。系统控制单元 203 优选地通过通信信号 207 经由一个或多个信标单元连接到无线数据网络 205。对于支持网状网络的无线数据网络，信标单元 202 变成无线数据网络 205 和 206 中的节点。网状网络部署有效地简化了定位系统的安装，使得每一信标单元 202 能够经由其它信标单元与系统控制单元 203 协调，而不需要安装其它通信介质（例如，Ethernet）。在本发明的优选实施例中，系统控制单元经由 Ethernet 连接物理地连接到一个或多个信标单元，这提供了稳固和成本降低的优点。对于更大便携性和灵活性，可以通过将无线数据接收器 204 直接连接到系统控制单元 203 来实现通信信号 207。

一旦部署，如与无线数据通信网络集成（如图 2A 中所示），本发明也可用于系统之外的通信装置 208 与网络服务 209 之间的多种数据网络应用。如下面将进一步详细描述，本发明的通信需求最小化了对于通信资源的需要，从而将大量带宽留给其它动作。在优选实施例中，系统控制单元 203 是网络化服务的网关，用以访问无线数据网络 205 和 206 上的设备。无线数据网络 205 和 206 可以通过数据加密和其它安全装置来保护，因此仅授权用户能够访问和使用信标单元 202 和系统控制单元 203 网关体系结构，其用于在设备与服务之间中继信息。

图 2B 显示了 SCT 通信单元 201 的备选实施例，其中导航处理器 105 直接集成有 SCT 103 和无线数据收发器 204 功能。该配置能够在能从系统获得历书和数据校正 112 的情形下在单元处实现对 SCT 状态向量 118 的计算。历书和数据校正 112 事先地或由单元 201 请求在请求时交付到 SCT 通信单元 201。在备选实施例中，单元 201 可以向一个或多个基准 SCT 请求可观察量，以确定全微分方法。与图 2A 的配置相似，图 2B 中所述的半自动配置可以根据需要利用系统控制单元确定的物理状态估

计。例如，该能力可以在以下情形下有用：导航处理器 105 由于有限的功率资源而导致不可用的情形。

图 2C 显示了 SCT 通信单元 201 的备选实施例，其中机器到机器界面 (MMI) 235 集成有核心 SCT 功能 103 和无线数据收发器功能 204，用以提供 SCT 物理状态估计 (PSE) 118 和用于外部设备 234 的数据通信 233。该配置典型地具有位置使能的通信外围设备，其中外围设备 234 包括用户驱动软件，使其能够访问 SCT 通信单元 201 的物理状态确定和通信功能。相对于 SCT 通信单元的复杂度，该配置提供了低成本实现。在本实施例中，由系统控制单元 203 来处理可观察量 111，所述系统控制单元 203 返回所产生的物理状态估计 118。该信息由 SCT 通信单元 201 经由 MMI 235 中继至外部设备 234。

图 2D 显示了 SCT 通信单元 201 的备选实施例，其中导航处理器 105 和 MMI 235 两者均集成有核心 SCT 功能 103 和无线数据收发器功能 204，用以提供半自动定位能力。与图 2B 中所示的实施例相似，该实施例能够在系统控制单元 203 传送适当历书数据和校正 112 的情形下确定 SCT 物理状态估计 (PSE) 118。如图 2C，SCT 通信单元 201 给外部装置 234 提供 PSE 118 和数据通信 233。

图 2E 显示了具有外部装置 234 的 SCT 通信单元 201 的备选实施例，其中导航处理器 105 以外部设备作为主机。在这种情况下，外部设备具有充分的处理能力，以执行导航处理功能，从而使得能够充分地简化 SCT 通信单元 201，合并 SCT 功能 103、无线数据收发机功能 204 和 MMI 功能 235，因而需要更少的功率。在设备选择禁用其自身导航处理器 105 功能的情况下，系统控制单元 203 提供历书和校正数据 112，和/或对可观察量 111 的处理，以应外部设备 234 的请求产生 PSE 118。

图 2F 显示了信标单元 202 的备选实施例，其中 GNSS 传感器能力可以使用单独的 GNSS 传感器功能 240 来提供。例如，关联接收器的单独的 GPS C/A 码可以与信标单元结合，以提供关于该单元的定时和大地测量定位信息的本源 (immediate source)，将地方时和坐标系约束到协调世界时 (UTC) 和世界大地坐标系 1984 (WGS-84)。GPS 集成信标单元具有作为 WGS-84 基准点的价值，并有利于本发明在更大户外区域

的部署，其中可以通过与 GPS 同时使用本发明来显著地提高性能。

将本发明与无线数据通信网络相集成，例如如前述系列框图所示，提供了用于特定应用配置的更优实现的灵活度。一个示例是信标被配置而不集成 SCT 或无线数据收发器的情况。该简化的信标根据在其使用前所加载的配置数据来发送测距信号。这些信标可以被部署在已知点，以用于在不需要附加通信体系结构时增强定位性能。该简化的信标实施例的生产比更完全集成的替代品成本低得多。

集成 GNSS 配置

本发明可以容易地用于同时地支持来自 GNSS 的测距信号以及由多个 RST 发送的本地信号。图 3 显示了逻辑功能块框图，其中将 GNSS 感测与本发明合并起来。将本发明早先标记为 102、103、105、106 和 107 的功能扩展为支持对附加可观察量和历书数据的接收、处理和管理，以对 GNSS 测距信号进行处理。在本实施例中，SCT 103 在两个分离信道上同时接收 GNSS 303 和 RST 101，所述两个分离信道均被配置为支持测距信号类型的特定特性（RST 或者诸如 GPS 之类的 GNSS）。SCT 产生可观察量 110，并用信道配置数据标记该数据，从而使得可以由导航处理器 105 容易地处理该信息。导航处理器优选地被扩展为支持对 RST 和 GNSS 可观察量数据的同时处理。可以在本地坐标系统或者诸如 WGS-84 之类的一些固地坐标系中对可观察量进行处理。如同非 GNSS 支持的实现，对于每一个 SCT 可观察量组，导航处理器产生一个或多个物理状态估计 118。

为支持对 GNSS 可观察量的处理，包括图 3 中的部件 102、106 和 107 在内的系统管理功能被扩展为对诸如卫星轨道、时钟信息、状态之类的 GNSS 星座信息进行管理。GNSS 星座和可观察量 301 信息由 GNSS 基准接收器 302 收集或由一些外部源（未示出）提供，并通过通信信号 304 发送到系统控制器，系统控制器对这些数据进行格式化，以用于内部使用，并将其存储在数据库 106 中。提供给导航处理器的历书和数据校正 112 被扩展为包括除已提供的 RST 历书和校正信息之外的 GNSS 星座和当前 GNSS 可观察量校正。在 GNSS 接收器是前述信标单元一部分的

情况下（图 2E），GNSS 可观察量和信标星座信息均可由基准网络处理器 107 用以进一步改善信标的位置，并最终改进系统精度和准度。

测距信号传输

尽管存在多种可用于实现本发明的测距信号结构，本发明的优选实施例集中在选择满足以下准则的信号：（1）包括必要的精度要求；（2）可以容易地产生；（3）可以被配置为以多种 RF 或者声方式发送；（4）抗多路和噪声；以及（5）与能量发射区域中的其它 RST 测距信号相比，具有低干扰特性。在优选的实施例中，直接序列码分多址（CDMA）扩频是用于产生测距信号的优选方法，其中伪随机噪声（PRN）序列是针对其低互相关和自相关性质所选择的最大长度的码。

在优选的实施例中，信标传输合并了码正交性，因此在频谱压缩器的延迟相乘函数中将没有明显的互调产物。根据 GPS 的 gold code 获得码属性，但典型地局限于 32 或 34 码组。然而，备选的码调制方法是可行的，例如如何使用 267 天的甚长码序列来构造 P(Y) 信道的 GPS 设计，该信道具有 10.23MHz 码率。在 P(Y) 信道的示例中，将该甚长码的七日部分分配给星座中的每一个卫星，使得整个卫星星座在每个星期六的午夜将码序列的相位重置到其开始状态。该 P(Y) 码具有码正交性的属性，因此除了当码移位是零或者 267 日的倍数时，每处的码自相关均为零。在本发明中，可以配置具有最小自相关性的任意长码，包括 P(Y) 码生成，其后给每一个信标分配段。

许多信标可以在随机开始时间操作，并且这些信标之间的互相关大致为零。例如，25 阶抽头移位寄存器反馈伪随机噪声（PRN）序列生成器将具有大约 34 万码片码长度的码长度。假设 10.23MHz 的码率，将用时 3.3 秒来重复该码。

图 4A 显示了测距发送器（RST）101 的逻辑功能块框图，其实现了上述信号产生功能。RST 使用多信道测距信号产生器 406 来根据需要的特性产生特定测距信号。然后，使用该信号对信号合成器 405 产生的中频进行调制 404。基于该配置，由 408 对所产生的信号进行滤波（或者允许上频带、下频带，或者均传送），并将其传送到数模转换器 410。使用

由信号合成器 409 产生的频率，将所产生的模拟信号上变频 411 到 R.F. 频段。上变频后的 R.F.信号经过高通滤波器 412、放大器 413，并被发送。RST 控制器管理 RST 模块的特殊配置 403。每一模块功能优选地是可编程的，其提供了增强的灵活性的优点。RST 可以被编程为以各种 RF 频率发送各种不同的测距信号结构。测距信号传输器的逻辑结构基于特殊实现设计和需要的优化具有很多可能的变化。RST 的优选实施例是为了平衡成本、精度和灵活度。

图 4B 显示了多信道测距信号产生器 406 的逻辑功能块。在本发明的本实施例中，产生器具有两个可编程信道 432 和 436，其驱动用于调制由数字信号合成器 433 所产生的 I.F.信号的数字正交相移键控（QPSK）调制器。调制器的输出是集中在 I.F.频率的数字扩频测距信号 438。每一信道（432 和 436）优选地包含驱动 PRN 序列产生器 435 的数字码片时钟 434，其频率和相位是可编程的。PRN 序列产生器可编程以用于各种不同最大长度码序列和序列内的偏移。第一信道 432 优选地被选择作为粗信道（coarse channel），而第二信道 436 作为精信道（precision channel）。信道 433、434 和 436 连接到共用外部振荡器基准，以确保相位相干性。控制器 430 管理产生器配置，并提供用于配置该功能的简化的接口 431。

测距信号处理

图 5A 和 5B 图示说明了前述 SCT 103 的内部功能，并且是用于将测距信号处理为确定物理状态所需的可观察量的优选实施例。在本发明的本实施例中，SCT 处理直序扩频测距信号，例如 RST 101 测距信号和由 GNSS 同时发送的测距信号（例如 GPS C/A 和 P（Y） L1/L2 传输）。所示示例中显示的方法采用频谱压缩技术，其允许适当构造的测距信号能够被压缩为可观察量（例如振幅、频率、相位和时间基准），而不需要复杂的互相关信号处理方法，其常用于典型的扩频通信系统。利用单一信道，频谱压缩方法允许具有共同特性的所有测距信号同时压缩为一组可观察量。SCT 可优选地实现多信道，其实现了同时以相同或不同频段压缩多类型测距信号。通过该机制，该功能能够同时地接收和处理 RST

和 GNSS 测距信号，而不损失作为从一个环境到另一个的 SCT 转移的连续性。

尽管频谱压缩是用于处理拦截发射的优选实施例，本发明的备选实施例可以使用互相关的相似方法，例如 GPS，以产生用于信标和 GNSS 卫星的码相可观察量。利用产生这种码相可观察量所必需的类型传感器实现起来将更复杂和昂贵；然而，在一些应用中，如果例如需要要求传感器能够对内嵌在测距信号传输内的信息进行解码，则可能需要这种备选方法。

在图 5A 中，适当构造的测距信号或者任意适当的能量发射被连接到 SCT 前端 501 的 RF 天线 504 处的频谱压缩翻译器 (SCT) 所拦截，所述 SCT 前端 501 包括低噪声放大器 (LNA) 503 和 RF 下变频级 502。按照需要，可以实现多个前端 501 以支持多频带。例如，SCT 可以被配置为支持集中在 915MHz 的一个 RST/ISM 频带和集中在 1575.42MHz 的 GPS L1 频带或者集中在 1227.6MHz 的 L2 频带。前端 501 的输出是到模数 (ADC) 级 505 的输入，其提供数字中频 (I.F.) 输出。如下更详细所述，优选的是，ADC 具有足够的动态范围，以容纳信号电平相差很大的多个信标。将该数字化的 I.F.信号 506 传递到一个或多个 SCT 信道处理器 507，其产生用于物理状态 (例如导航) 处理的可观察量 513。RF 前端 501 和 SCT 信道处理器 507 由 SCT 控制器 508 控制并同步化。该 SCT 控制器经由控制消息 509 通信到 RF 控制器 501，并经由信道配置消息 510 通信到 SCT 信道处理器 507。多 SCT 信道处理器可用于完全地捕捉由测距信号所提供的所有可用的定位可观察量。例如，被配置为在 ISM 频带和 GPS L1 中操作的 SCT 可以操作分配给以下测距信道之一的五个 SCT 信道处理器：ISM RST 粗信道、ISM RST 精信道、GPS L1 C/A 信道、GPS L1 P (Y) 信道和 GPS L2 P (Y) 信道。如果存在分配的测距信号，这些信道中的每一个都产生可观察量。

图 5B 描述了 SCT 信道处理器 507 的优选的功能性。SCT 信道处理器由信道数据获取和控制功能 524 控制，所述信道数据获取和控制功能 524 接收时钟信息 530。首先通过抗混叠滤波器 521 对数字 IF 信号 506 进行处理，以消除伪信号或者频带外信号。从 521 输出的滤波信号通过

延迟相乘处理 522 发送。延迟相乘 522 将滤波后的数字 IF 信号 506 分离成两个分量，一个是同相，而另一个由等于信标扩频调制码片速率的一半的间隔所延迟（例如，对于精度 10.23MHz 的信道为 49 毫微秒，而对于 0.1MHz 的粗信道为 5 微秒）。延迟信号与同相版本 521 信号相混合（相乘），由此恢复所有信标 101 的码片频率。这些恢复的信号经过滤波/基带下变频器 523，在滤波/基带下变频器 523 中，将信号临时保持在缓存 525 中。利用快速傅立叶变换 526 对缓存数据进行处理，并且经由峰值检测器 527 来识别与标识的信标信号相对应的峰值。来自每一信标信号 529 的可观察量包括振幅、频率和相位以及观察时间。

由于每一卫星广播唯一的 PRN 码，因此每一 PRN 序列的互相关乘积大致为零，GPS 信号的频谱压缩操作。由于地球转动且卫星是二十四小时周期轨道，存在沿接收器的视线的多普勒频移。从时间和 GPS 轨道的大致知识，可以预测什么多普勒频移与每一单独卫星相关联。无码操作、例如 U.S.专利 No. 4,797,677 中教导的，允许通过对来自所有卫星的宽带信号的延迟相乘操作而恢复每一卫星的码片频率。使用快速傅立叶变换（FFT）处理，每一个产生的光谱线与特定卫星相关联。

本发明提供了一种信号检测方法，其相比于用于互相关检测的预检测宽带信号捕获缓存和传输是可用的，其是 VLBI 方法或典型扩频系统的预检测互相关处理。除了当码非常匹配时（在半个码片时间内），PRN 序列的数字性质是具有非自相关匹配的那些。例如，如果码片速率是 10.23MHz，码必然在 49 纳秒内对准，以产生干扰情形。相同 PRN 序列可以通过所有信标传输，如果它们不共享相同的 PRN 序列出现时间和码片频率。这些情况不能以任意开始条件和低成本自由运行基准振荡器来实现。

因此，在如本发明所教导的延迟相乘检测方法中，扩频信标的每一个都优选地解扩成信标码片频率的谱线。为避免码片频率谱线压缩成同一频率（例如 10.23MHz），每一信标包括在标称 10.23MHz 值以上或以下的其自身的频率偏移值。偏移数值由信标中提供的频率基准的精度控制。例如，使用具有 2PPM 精度的基准振荡器，频率预计为在 10.23MHz 的 $\pm 20\text{Hz}$ 以内。假设相邻信标信道的误差会带可能相反符号的相似

量，因此每一信标需要附加的保护频带。例如，如果相邻信标信道会沿相反代数意义移动，50Hz 的信道间距会被认为充分分离，因此然后信标可以仅间隔 10Hz。频率偏移图形由值（50Hz×N）设定，其中 N 是奇数。

在本发明用于高精度和稳固性的备选实施例中，可以结合此处所述的频谱压缩方法使用传统的互相关信号处理模式。在本实施例中，频谱压缩提供导出实现相关信道的迅速相关锁定所需的物理状态信息的方式，而不需要进行搜索。假设使用甚长码序列以及再次使用相同序列在时间上的偏移，本发明所述的频谱压缩方法最小化了实现复杂搜索技术的需要。通过引入互相关能力，尤其在精信道上，本发明具有以下优点：改善的信噪比和访问载波相和频率数据，其在一些应用（例如精度飞行器着陆系统）中可以是期望的能力。然而，通过引入相关追踪能力，与仅使用频谱压缩的实现相比时，显著地增加了接收传感器的成本，并且可能限制其使用。

导航数据处理

优选地，根据本发明，通过使得所有 SCT 在相同相对间隔期间观察所有信标，避免了高精度时间和频率系统对接收元件的相位相关性。在本实施例中，FFT 时间序列针对每一接收的信标信号产生一条谱线。

通过使得可观察量区别于已知基准 SCT，所有信标的特殊相位和频率偏移在该单一区别数据处理中被共模取消，从而有利于 SCT 相对于基准 SCT 的相位和相率的单一偏移（频率偏移）。在一个示例中，利用在基准和远程 SCT 周围几何学分布的四个或更多个信标，可以确定相对于基准 SCT 物理状态的物理状态。

在一个备选实施例中，通过利用基准网络处理器在集中基准地点处形成历书和校正信息、或者通过每一信标相对于至少一个基准 SCT 的物理状态估计，并然后在从 SCT 的物理状态估计给定可观察量期间应用先前计算的历书和校正信息，可以实现与上述方法中获得的那些相同的结果。当历书和校正数据的可应用性的时间大于历书时间和出现时间之间的差时（其中第二 SCT 的可观察量被收集以用于所述出现时间），该方

法是优选的。可应用性的时间随 RST 和基准 SCT 振荡器的稳定性、系统配置和所需系统的性能而变。利用分布的结构方法，导航处理器的物理状态估计可以发生在 SCT、RST 信标或者任意其它方便的位置内，诸如在控制处理器内。

图 6 图示说明了导航处理器的实施例，其处理由 SCT 产生的可观察量并处理物理状态估计。该实施例的方法包括控制反馈环，其中来自一个出现时间的解决方案馈送下一个。在先状态信息 611 用于初始化 SCT 状态向量 601，为 SCT 提供物理状态参数的最佳估计。SCT 状态向量 601 优选地也由 SCT 动态模型 602 和输出估计状态 606 初始化，所述 SCT 动态模型 602 包含关于诸如时间和频率偏置率的时间变化状态参数的信息，而所述输出估计状态 606 如稳定的 Kalman 滤波器 605 计算的来自先前出现时间（epoch）。更新的状态向量 601 报告为物理状态估计 118，其又用于初始化 SCT 动态模型 602 和 RST 观察模型 604。RST 观察模型 604 创造 Kalman 滤波器所需的状态迁移项，也创造残差 610 或者 Kalman 滤波器 605 中滤波的观察值和过滤值之间的差。RST 观察模型 604 控制数据是否在差分意义上被处理，同时 SCT 可观察量 110 被以基准 SCT 可观察量 111 差分，或者是否 SCT 可观察量 110 通过将它们与由基准网络确定的校正因数 112 结合而被校正。如果由于 SCT 具有未受阻天空视野而可获得 GNSS 数据，处理在 Kalman 滤波器 605 中的混合近似法中进行，同时残差 610 在等同的 GNSS 观察模型 603 中计算。在这些实例中，SCT 可观察量 110 包含 RST 数据和 GNSS 卫星数据，并且 SCT 可观察量使用在 GNSS 观察模型 603 中。

基准网络

图 7 图示说明了基准网络的实施例，其产生更新基准点（例如信标或者 GNSS 卫星）历书和校正数据，用于其它 SCT 的随后物理状态估计中系统的使用。到基准网络处理的输入是在先系统配置信息 705，其是系统的状态的最佳概念。实际的 SCT 可观察量 113 和历书数据 112，用于传播物理状态元素。这些都优选地用于初始化区域过程过滤器 700，其确定包括信标的位置的物理状态，并产生用于给定区域内信标的整个网络

的历书和数据校正 114 数据。如需要最优化系统的校准和管理，区域可以被限定为一组数个 RST 和基准 SCT 位于彼此附近。基于区域的配置和管理增加了配置灵活性并基准网络处理中的处理开销。在区域处理过滤器 700 内，单个导航处理器 105 或者多个导航处理器产生用于所有 SCT 的物理状态估计更新。多个处理器可以在联邦滤波意义上结合，其中多个导航处理器 105 同时处理具有相交数据组的数据组。这些多个估计由滤波器组合器 702 组合，其产生复合估计。滤波器组合器 702 自身可以是 Kalman 或者其它状态估计滤波器，或者基于统计组合处理。基准网络处理器本质上通过确定所有基准点的物理状态，也可用于校准网络，并且在更新状态 706 中报告这些。校准校正项优选地由历书校正格式器 703 格式化并存储在数据库中，并可在系统中各处位置获得。

在本发明的一个实施例中，通过选择性地改变 RST 信标的操作模式，可以实现区域的校准。主要地，RST 信标传送测距信号；然而，有时，其可中断其传送，因此其可使用集成基准 SCT 接收信号。当作为接收器操作时，RST 信标监听其它区域内的传送信标。在每个区域内，多信标可以周期性地监听星座内的其它信标，从而产生附加的可观察量，其增加强度给基准网络滤波器产生的估计。为了更新用于每一信标的当前历书状态配置，基准网络滤波器处理这些数据。用于管理信标操作模式（传送或者接收）的几种方法是可能的，并且应当平衡校准精度和整个系统性能。在优选的实施例中，应当部署足够的信标，从而可以同时地校准和操作系统而不损害性能或要求的精度。当第一次部署系统和添加新区域时，会需要初始校准的持续期间。在这些情况下，如果多个 RST 信标从传送到接收模式循环，可以使用校准式样，从而可以进行多个独立的测量而降低系统误差。一旦校准，使用实时技术（on-the-fly technique）监视系统并持续地校准，以更新振荡器状态系数并确认信标的位置。监视也提供有用的数据以确定系统的整体健康和精度。

物理状态处理方法

图 8 图示说明了给予在先组历书和校正信息和来自基准 SCT 可观察量的确定 SCT 物理状态的两种方法。在图 8A 中，来自基准 SCT805 的

可观察量用于计算实时校正 807，其在应用时将估计的物理状态校正为基准 SCT805 的历书所限定的实际状态。校正向量用于计算每一 RST801、802、803 的物理状态校正，其然后用于校正 SCT-B 804 的物理状态估计处理。使用差分估计的替代的但等同的形式在图 8B 中显示。利用 SCT-B 821 产生的可观察量对 SCT 820 产生的可观察量进行微分，所述可观察量用于计算相对物理状态 822。将相对物理状态添加到 SCT820 的基准物理状态产生 SCTB821 的物理状态。

对于忽略未建模误差的系统，这两方法本质上是相同的；然而，当由于每一 RST 的误差作用的共模抑制、未建模误差显著时，图 8B 中的差分方法会趋向于更精确。图 8A 的自治方法可能更少精确，但具有更好可量测性的优点，因为基准 SCT 的可观察量不需要由每一个物理状态估计处理。另外，它们可以计算一次并格式化成正校正，其可容易地应用到随后的处理，只要它们在可应用的时间内应用。

部署配置

图 9 显示了三维定位的图示实例，其中 SCT 单元通过拦截来自位于非共面配置的 RST 的发射而定位。在该实施例中，基准 SCT904 拦截来自 RST901、902 和 905 的发射，所述 RST901、902 和 905 处于相同的水平面内。另外，来自 RST906 的发射被 SCT904 拦截，所述 RST906 位于基准 SCT904 以下的平面。另外，第二 SCT903 拦截来自四个 RST901、902、905 和 906 的发射。信标并不必然处于 SCT 传感器同一平面的事实允许 SCT 单元 903 和 904 垂直和水平的定位，产生给定优选几何学的三维位置。

图 10 图示说明了本发明的一种可能的部署场景，其使用本地部署的 RST 以及 GNSS 卫星以提供 GNSS 受阻和未受阻情况下的物理状态估计，包括三个操作环境：受阻 GNSS 环境、半受阻 GNSS 环境和具有边缘覆盖的未受阻 GNSS 环境。图 10 图示说明了无缝传输，其从使用 GNSS 的户外广域方案到 GNSS 卫星信号完全受阻的整个局域系统。虽然为了本公开的目的简化为 2-D 说明，本发明的实施例的实现的说明同样地可应用于 3-D 部署。物理状态包含两个位置状态参数：水平位移和

垂直位移。

SCT - A1007 在受阻环境下操作，使用以此处前述方式从 RST1005、1006 和 1008 拦截的发射获得物理状态估计。GNSS 卫星信号 1002 由结构 1013 吸收或者反射，因此 SCT1007 处的信号水平太弱而不能提供有用的可观察量。为了收集存储在数据库（未显示）中用于导航处理器（未显示）随后使用的星座和可观察量校正，GNSS 基准接收器 1003 部署在结构 1013 上。

图 10 中的下一情形是半受阻 GNSS 环境，其中 SCT1009 接收来自 GNSS 和 RST 的信号。在此实例中，不充分的卫星是可见的（仅两个）以获得物理状态估计；卫星 1001 测距信号被结构 1013 从视线阻挡。使用本发明，SCT1009 拦截来自用于定位的 RST1006、1008 和 1010 以及另外两个可见 GNSS 卫星的发射。这显著地提高了物理状态估计的准度和精度。由 GNSS 基准接收器 1003 收集的卫星星座信息提供卫星轨道信息，其用于使用 GNSS 可观察量估计物理状态。因此，本发明的该实施例提供与半受阻环境下 GNSS 覆盖的传播相关的优点。

图 10 中的未受阻 GNSS 环境由 SCT1011 表示。在该实例中，GNSS 提供充分的覆盖（此处由三颗卫星表示，虽然可以存在另外的卫星）以估计物理状态。仅单一的 RST1010 可见，其不足以通过其自身产生可用的物理状态估计。SCT1011 从 GNSS 和 RST 收集可观察量，并利用无线网络（未显示）以将可观察量处理成物理状态估计。

本发明的备选应用

在此部分，展示本发明的特殊应用以说明本技术许多预期使用中的一些。这些应用对于本发明的优选实施例都是可能的；它们仅说明本发明所教导的备选方案，并且并不意在限定惟一的可能应用。

集成条码扫描应用

本发明的备选实施例提供 SCT 通信单元与条码扫描器的集成。当与物体相关的条码被扫描时，时间和位置被保持为物体被观察的最后已知位置和时间的记录。对于存货和仓库后勤，本发明的该应用实现了物品

的 3-D 室内追踪而无利用其自有 SCT 通信单元实际标识该物体的花费。位置标识条码扫描提供了实现完全 RFID 追踪和定位系统的备选方法，其中追踪资产的尺寸和/或成本不调整额外的成本。

集成无源 RFID 标识读取器应用

本发明的备选实施例提供 SCT 与被动 RFID 标识读取器的集成。当 RFID 标识读取器检测无源 RFID 标识，读取器在该检测时间的位置与扫描到的 RFID 数据流相关联，以提供 RFID 标识的大致位置。另外，通过将关于测量标识数据的相对功率与标识读取器的位置和姿态相组合，可以确定 RFID 标识位置的进一步精确的估计。

室内/室外后勤应用

本发明的备选实施例提供联合运输中后勤、工程和建筑的优点。这种应用得益于在受阻环境内外移动的资产的追踪和管理。例如，如本发明所教导集成的 Zigbee 或 GNSS 解决方案使得该技术能够广泛应用于在三维定位区域中定位资产并与其通信。

由于其对于自配置和校准的内在能力，本发明也尤其适合于该应用。和手机差不多大的 SCT 通信单元可以用于迅速地观测多个点，比单独的经纬技术或 GNSS 所可能地更快。进一步，在与激光能级相似的方式下工作，SCT 通信单元能够确定任意建筑构件相对于任意需要的基准点厘米级以下的水平和垂直对齐。

对于工地后勤，相似的手机尺寸的装置（也潜在地支持声音）可提供整个建筑工地上人和资产的实时追踪，包括基于 GNSS 的解决方案不可靠或完全不能获得的地方。利用集成遥感勘测，系统成为用于工地活动的协调和监视的强大工具。利用对于网状网络的支持，实质上任意带工头和尺寸的工地可以被容易地覆盖并集中地管理，而无广域解决方案（例如 GSM/GPS 解决方案）的事务费用（on-going expense）。

健康护理应用

本发明的备选实施例可以容易地在健康护理设备中应用。例如，与

Zigbee 或 WiFi 集成的 SCT 通信单元可以提供病人和资产的实时监控。监视和病人服务人员需要能力以定位在医院内的医生、护士和移动设备。具有严重精神疾病的病人引起严重的挑战，如果他们活动出关怀区域（geo-fence），并且在这种情形下会触发警报以限制病人的进一步移动并为工作人员的搜寻提供病人的位置。担架上的病人也可以容易地定位—如果他们长时间在分配区域之外（诸如应急管理或当病人超出医院病床能力的情形下），将是非常重要的。进一步，利用来自 GNSS 信号的支持，当病人离开健康护理设施边界而未经允许或释放时，SCT 通信单元会通知经理。这对于老年痴呆病人尤其有用。

可选择地，健康护理用的另一实施例可以用装有 SCT 的便携式 RFID 读取器装备工作人员，因此通过 ad-hoc（点对点）抽样可以确定无源标识的大致位置。在此实施例中，工作人员将通过正常活动进行，其中 SCT 装备的读取器将有规律地调查无源 RFID 标识，任意接收到的响应将被标上由本发明计算的当前时间和位置。

定位商业应用

利用同时处理 GNSS 和局域 RST 信号的结合能力，本发明实现了受阻区域内和 GNSS 典型地提供服务（例如室外）区域中高精度定位商业应用。本发明的备选实施例是将诸如手机或其它移动装置的消费者通信装置配备有 SCT 功能，因此可以在大型地质区域以及在诸如商厦的局域内确定位置。SCT 装备的通信装置可以用于确认个人的位置，实现了关于个人的精确位置的位置相关内容的交付。以最小的成本，本发明同时执行广域定位和局域定位，产生 GNSS 单独不能够起作用的精度和定位信息。不像使用 GNSS/网络辅助定位服务的当前定位商业应用，本发明的该备选实施例允许以室内和室外米级精度精确地定位个人。进一步，本发明可以从局域定位平衡地迁移到广域 GNSS 而无覆盖损失。例如，如果一个商店为了定位而已部署 RST 信标单元阵列，紧邻的货物和服务的选择相关的信息可以被发布给具有 SCT 装备的手机的个人；该信息可以包括广告、产品信息、礼券、购买统计和定额（rating）。进一步，在该实施例中，装置中已支持的通信网络可以用于传输位置相关内容。

紧急服务应用

在诸如没有求生区域通信网络的卡特里娜后的新奥尔良的情况下，具有其集成通信体系结构的本发明可以提供第一响应器、车辆、补给和其它关键移动资产的遥测网络和精确追踪。在此实施例中，SCT 通信单元集成有 Zigbee 和 P25VHF 以形成稳固的局域和广域定位和通信管理解决方案。该实施例实现了营救人员的实时监视（当他们在搜索和营救期间进入建筑物时）并提供区域监视（当在室外时）（经由 GNSS）。在无第一响应器没有移动的情况下，这可能表示紧急情况，警报会被触发。

空中搜索和营救（SAR）应用

本发明的备选实施例可以用于搜索和营救作业。在一个实例中，两个 SCT 通信单元可以被部署入空中环境（自由飞行器或者一个飞行器和一个牵引设备（towed package））。每一 SCT 通信单元被配置以同时地处理 GNSS 信号与 RST 测距信号。信标单元被部署在受害者所在的位置。信标单元发送 RST 测距信号，其可以在上方接收。在特定情形下，受害者可能会深陷于森林覆盖的环境中、埋在雪中、或者阻碍 GNSS 传感器正常使用的一些受阻环境中。

该地面部分（GS）包括这些空中平台的一对 UAV 控制器和 Zigbee 双向通信子系统，其控制空中操作并检索来自 UAV 的 SCT 可观察量。地面部分还具有传统的 GNSS 接收器，其允许获取 GNSS 轨道和时间。地面处理器接收 Zigbee 下行链路，确定动态 SCT 通信单元间基线向量分离、信标三角相（delta phase）并获得分割的双曲面（intersected hyperboloid），其给出与碎片（即雪崩或坍塌建筑物）下的受害者相关的信标的地面位置。

这些 UAV 可以是非常小型的模型飞机，其可考虑为可消耗资产，根据情况。在关注区域中飞行的最小两个 UAV 足以能够在关注的综合区域上方飞行数秒后发现具有数米精度的信标。当 SAR 组到达如空中部分所指示的综合区域时，如本发明所述的手持 SCT 型器可以在完全功率控制模式下操作，所述完全功率控制模式提供米级精度保证，用于挖掘和

影响实际营救作业。

图 11 图示说明备选实施例，其中本发明用于搜索和营救作业。在此实施例中，在需要搜索或营救的情况下，RST 信号发射器 1104 随待追踪和定位的资产或人员定位。RST 信标产生测距信号 1101，所述测距信号 1101 由位于自动飞行器或其它飞行平台的 SCT 上的 SCT 单元 1102 和 1103 拦截。利用此处前述技术，距离测量 1106 和 1107 在飞行平台 1102 和 1103 与待定位资产 1104 之间确定。UAV1102 和 1103 也同时接收来自 GNSS 卫星星座 1101 的数据，其可用于确定在它们拦截 RST 测距信号 1101 时的自主定位。与观察 SCT 的定位相结合的每一距离测量产生发射器的可能位置的双曲线脱离轨迹弧。例如，如果从 GNSS 数据 1101 已知 UAV1102 的位置，且 UAV1102 和发射器 1104 之间确定距离 1106，可以说发射器位于位置 1108 的双曲线脱离轨迹弧上。第二个该弧 1109 的同时观察可以用于确定在这些弧 1108 和 1109 的两个可能交点之一上的发射器 1104 的位置。在搜索和营救操作中，这两个交点中的一个可基本废除为平面外，和定位的资产。

海事站保持和紧迫导航 (close-quarters navigation)

本发明的备选实施例涉及海上和靠近水闸期间的拖船和驳船索引作业。信标允许在拖船、水闸入口和驳船上多点处的相稳定 GNSS 传感器。

拖船将提供信标基准信号（可能在 2.4GHz ISM 频带）以相锁定驳船 GNSS 传感器。拖船还具有 915MHz ISM 频带接收器以接收来自水闸的初始基准信号（如果其可获得）。水闸还具有由水闸基准源驱动的 GNSS 接收器，所述水闸基准源按照需要向拖船和其它船只广播。使用同样的岸上基准振荡器还获得 GNSS 传感器数据。915MHz 的水闸基准信号将用于相锁定驳船上的多个 GNSS 传感器，并且然后 2.4GHz 的拖船基准信标，其相锁定驳船上的多个 GNSS 传感器。如果拖船在 915MHz 岸上水闸基准信号的范围以外，拖船内部基准是相锁定驳船上 GNSS 传感器的阵列的源。来自岸上、驳船和拖船的所有 GNSS 传感器信号在拖船处被收集和处理。该相相干阵列被实时地、精度高于 30cm 且在 WGS84

基于地心地固坐标系中处理。船上拖船、位置和速度态势感知信息可以在拖船的网桥控制处获得。低成本的体系结构允许通过其它方式不可实现的可承受的系统的形成。

在轨操作—具有绕轨飞行的子卫星的母卫星

本发明的备选实施例涉及子卫星的空间中的相对定位，该子卫星与处于 GNSS 信号不可获得的高度的另一母卫星同轨道。小型微功率信标位于已知机会的位置处的母卫星上。这些已知的信标位置形成用于定位副卫星的基准框架。所有这些信标相对于母卫星内部时间和频率基准源被时间同步和相位相干。子卫星在母卫星附近移动。可观察量是来自到达子卫星的不同信标信号的相位距离。可观察量被链接回母卫星用于处理。为了估计母卫星的 3D 位置和同步子卫星时间基准源，需要四个或更多可观察量。基于母/子之间的距离间隔，由于子卫星将趋于把这些多个信标视为大约二十倍于母卫星上信标之间的最大间隔的距离处的点源，GDOP 参数将成为重要因素。对于母卫星处五米最大信标间隔，及子卫星处几毫米范围测量精度，子卫星相对于母卫星的 3D 位置可以被估计，且精度为对于这些卫星之间的 100m 间隔大约 20cm。

低成本 3D 土地测量系统

本发明的备选实施例可以用于低成本土地测量系统。共用的信标用于使所有 GNSS 传感器相位锁定，所述所有 GNSS 传感器使它们的 SCT 数据交叉耦合到中央处理器。中央处理器具有卫星轨道和 GNSS 时间。伪距和载波相位数据类型提供公里级操作的毫米精度。由于多路径污染产生的系统误差将成为该方法的限制的误差源、并可由特定 GNSS 天线减弱。在典型地涉及局域结构的短基线上，来自对流层和电离层的大气误差将成为共模自消除误差。相对于当前可获得的仪器，测量系统设计可以减少多仪器系统成本达 70%到 90%。

用于船载水平螺旋桨飞行器的精度起飞/着陆

本发明的备选实施例可以用于在船载环境中操作的螺旋桨飞行器的

起飞和着陆期间的定位。传统的基于 GPS 的追踪系统包括用于这种应用的明显限制，因为传统的 GPS 接收器不能解码 50bps 导航数据流，且因为来自其它船载导航和通信系统的干扰的潜在性。通过将 RST 信号布置在船上和 SCT 接收器布置在飞行器上，本发明的技术减轻了这些担心。系统和方法不需要数据流的解码以确定用于操作的信标位置，且操作频率可以调整以最小化与其它系统的干扰。另外，本发明的迅速更新率解决了船只和飞行器的相对动态。

增强的 GNSS 飞行器精密进近

本发明的备选实施例可以用于增强飞行器的精密进近和着陆操作。本地 RST 网络位于起降跑道的跑道周围。机载 SCT 恢复信标数据并利用该数据以增强来自 GNSS 或其它装置的定位。该数据可以通过组合的方法处理，并且由于 RST 频率是可调整的，RST 信标系统和 GNSS 系统之间没有干扰。该应用可以用于陆基飞行器起降跑道，和船上应用，诸如来自航空母舰的战斗机部署。利用 RST 信标和 SCT 接收器可获得的高更新率解决了这种飞行器的极端动态。

本发明的又一备选实施例为飞行器提供迅速的部署和防御能力，而不依赖 GNSS 信号。该实施例将起作用而不依赖于可获得以支持空中操作的 GNSS 信号。起降跑道处的基准 SCT 提供 RST 信标校准数据，其上行链路至飞行器。飞行器接收地基信标和基准现场校准数据并处理来自环绕起降跑道的数个信标的飞行器相对于地基系统的位置和速度的估计。在该配置中，每一飞行器具有其自身的导航处理器并保持在发射静默模式。

系统水平定位精度将被 RST 信标位置校准限制在大约 10cm。由于这些 RST 信标将趋向于同平面，精度的水平稀释 (HDOP) 将在附近单元是好的；然而，飞行器的垂直 DOP 将在 10 到 20 的因数的域内。由于系统具有数厘米的高精度，当飞行器靠近飞机跑道时，飞行器垂直精度估计为在高度的广域上在一米内。飞机外一个或多个 RST 信标的布置及剩下的信标将增进垂直估计的精度。作为备份，当飞行器到大约 5 米的高度时，利用声模式 SCT 和低概率检测可以启动声 RST，所述声模式

SCT 能提供数厘米的高度准度，所述低概率检测将允许飞行器闪光以用于落地。

飞行器也能够携带三个信标接收器以提供姿态确定能力。这些姿态接收器天线将位于飞行器的下侧，可能在每一翼尖和机身的尾端。将飞行器处理器将计算来自每一信标的相差到达，并能够确定飞行器的姿态，且精度为几度，取决于相对于地面信标的特定飞行器几何形状。

机场地面追踪和监视系统

本发明的备选实施例可用于机场地面追踪和监视系统。在此应用中，本发明将在诸如机棚的建筑物内部、及仅 GNSS 导航将不可靠的受阻区域内起作用。当已处于封闭环境达一段时间的飞行器离开机棚时，GNSS 接收器需要相当多的时间开始定位。该应用为这种接收器提供位置和时间的辅助数据，并因而增强飞机跑道侵入检测和碰撞避免警报。进一步，该应用实现了集中监视并保护被追踪资产的数据库开发。

局域位置识别

在本发明的又一备选实施例中，由 RST 发射的信号可以被用于通过处理由 SCT 捕获的观察到的数据及基准 SCT 可观察量来识别 SCT 的位置，从而确定 SCT 是否位于 SCT 的预知位置。由 SCT 收集以确认的可观察量包含位置（位置签名）所特有的有用信息，所述位置可以通过经由基准 SCT 观察 RST 的当前状态和位置签名中的观察到的误差而识别。多个 RST 未同步且它们的 PRN 码片相对于彼此相位不相干的事实需要 RST 阵列连续的校准，但又随之带来安全属性，对方不能足够好地预测各种码相位或者码率以实现次米级精度。假定被保护的基准 SCT 将感应和报告 RST 阵列所实际发生的情况。由于这些不可预测的特征使本发明实现了在受阻环境中的位置识别，这是非常有用的属性。另外地，利用本发明的处理 GNSS 信号的能力，它也可提供 GNSS 获得的位置签名。

设计考虑

已对优选实施例的变形进行传输功率级、电池消耗、识别和信标信

号的区别和其它特性的分析。这些在以下部分是详细的，其单独被提供以论证本发明的不同和备选的本实现。

RST 信标/SCT 接收器设计考虑

粗糙信道接收器自身噪声假设为 3dB 噪声系数，则低噪声放大器将是： KTB 噪声功率 = $(1.38 \times 10^{-23} \text{W/Hz-K}) (300 \text{ Kelvin}) (2 \times 10^6 \text{Hz}) = 8.2 \times 10^{-15} = -140 \text{ dBW} = -110 \text{ dBm}$ 。

考虑距离为 3 公里的 0.1 微瓦 ($1 \times 10^{-7} \text{W}$) 信标功率。

距离 D 处的信标通量， $P_{\text{rec}} = P_{\text{xmitr}} / (4 \pi D^2)$ ， $P_{\text{rec}} = (1 \times 10^{-7} \text{W}) / 4 \pi (3000)^2 = 9 \times 10^{-16} \text{W} = -150 \text{ dBW} = -120 \text{ dBm}$ 。

信标信号功率 = -120 dBm ，Post-LNA SNR = $-120 - (-110) = -10 \text{ dB}$

延迟相乘 (D&M) 处理器对信号&噪声进行平方，因此 SNR D&M = -20 dB 。

假设 1.023MHz 码率的信标和 1 秒时间序列的 SCT FFT 处理器具有 1.0Hz 二进制宽度 (bin width) 和有效过程增益， $G_p = 2 \text{ MHz} / 1 \text{ Hz} = 63 \text{ dB}$ 。

整体系统功率 SNR = $63 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$ 或者 22dBV 或者 22dBV 振幅 SNR = 140: 1。

FFT 相位噪声估计是电压 SNR 的倒数，因此相位噪声 = 7×10^{-3} 弧度 = 0.4 度 = 1 毫周波 (milli-cycle)

1.023 MHz 的 PRN 码率、293 米波长的信标。1 毫周波精度将提供 30cm 粗糙信道相位测距精度。

现在考虑精确信道接收器自身噪声假设 3dB 噪声系数低噪声放大器将是： KTB 噪声功率 = $(1.38 \times 10^{-23} \text{W/Hz-K}) (300 \text{ Kelvin}) (20 \times 10^6 \text{Hz}) = 82 \times 10^{-15} = -130 \text{ dBW} = -100 \text{ dBm}$ 。

考虑 3km 处的 0.1 微瓦 ($1 \times 10^{-7} \text{W}$) 信标功率。

距离 D 处的信标通量， $P_{\text{rec}} = P_{\text{xmitr}} / (4 \pi D^2)$ ， $P_{\text{rec}} = (1 \times 10^{-7} \text{W}) / 4 \pi (3000)^2 = 9 \times 10^{-16} \text{W} = -150 \text{ dBW} = -120 \text{ dBm}$ 。

信标信号功率 = -120 dBm 。Post-LNA SNR = $-120 - (-100) =$

-20dB。

延迟相乘 (D&M) 处理器平方信号 & 噪声, 因此 $SNR_{D\&M} = -40dB$ 。

假设具有 10.23MHz 码片频率的信标和具有 1 秒时间序列的 SCT FFT 处理器具有 1.0Hz 二进制宽度 (bin width) 和有效的过程增益, $G_p = 20MHz/1Hz = 73dB$ 。

整体系统功率 $SNR = 73dB - 40dB = 33dB$ 或者 16.5dBV 振幅 $SNR = 50:1$ 。

FFT 相位噪声估计是电压 SNR 的倒数, 因此相位噪声 $= 2 \times 10^{-2}$ 弧度 $= 1.2$ 度 $= 3.2$ 毫周波。

信标具有 10.23MHz 的 PRN 码率、29.3m 的波长。3.2 毫周波精度将提供 9cm 精确信道相位测距精度。

电池功率要求

信标功率要求将由数字电路控制, 而非传输的非常低的 0.1 微瓦信标功率。信标将需要呈现 1.8V 逻辑的大约 40mW。考虑 1500mA 小时能力的 3.3V 锂-锰电池, 其电压在 50 小时或大约两天降至 1.5V。如果在室外情形, 功率源也可以是具有太阳能充电的电池, 或者从传统建筑物功率供能, 并具有电池备用以提供用于连续的操作。

信标识别

信标识别将从额定 10.23MHz 粗糙信道码率偏离其频率, 同时信标之间具有 5Hz 间距偏离的倍数。因此, 对于 100 个信标, 处理器将具有 $10.23MHz \pm 250Hz$ 的总检索间隔。一旦特殊信标码率被识别, 处理器将访问寄存器数据库以确定识别标签分配给什么人或资产。

相似地对于精确信道, 信标识别将从额定 10.23MHz 精确信道码率偏离其频率, 同时信标之间具有 50Hz 间距偏离的倍数。因而, 对于一百个信标, 处理器将具有 $10.23MHz \pm 2500Hz$ 的总检索间隔。一旦特殊信标码率被识别, 处理器将访问寄存器数据库以确定识别的信标已分配给什么人或资产。

ISM 频带实现

在备选实施例中，描述 RF 实现，其中每一信标传送直接序列扩频信号的多相相干信道。例如，为实现在接收器装置是先验位置的限定环境中定位已知在 500 米内，存在码率为 1.023kHz（波长为 3km）的信道。利用位置传感器，其实现频谱压缩延迟相乘操作和产生的振幅信号到 20: 1 的噪声比，相位噪声将为 0.05 弧度或 2.8 度或 7.9 毫周波或者 24 米。

利用 SNR 为 20 和码率为 1.023MHz 的第二信道，相位测距精度为 2.4 米。利用 SNR 为 20 和码率为 10.23MHz 的第三信道，相位测距精度为 24cm。利用 SNR 为 20 和码率为 102.3MHz 的第四信道，相位测距精度为 2cm。

估计的 20SNR 是非常适度的，且有效的 100SNR 会更合理。在该更高信号情况下，10.23MHz 码率信道将产生 5cm 精度。利用 U.S.规则，ISM 频带是：

5725—5875MHz（150MHz 中心频率 5800MHz）

2400—2500MHz（100MHz 中心频率 2450MHz）

902—928MHz 在区域 2 中（26MHz 中心频率 915MHz）

信标位置可以通过 WSG84 坐标系统表达，以维持与 GNSS 一致的参照系。因而，产生的物理状态估计将表达 GNSS 框架中的位置，好像它们对于 GNSS 卫星具有清晰的视线。

对于广大区域中定位的应用

在备选实施例中，应用参照 100 米×100 米限定的区域（10000 平方米，110000 平方英尺）。位置传感器能够离开信标的最大水平距离为大约 141 米。考虑拦截相位测量精度为 3cm 的频谱压缩系统的设计。利用 10.23MHz 的最大码率，存在 29.3m 波长。3cm 精度要求 0.1%周波（0.36 度）相位测量精度或者 6.3 毫弧度。6 毫弧度相位精度要求 FFT 振幅 SNR 为 160 或 44dB 信号功率。

对于本发明的远程通信考虑

在备选实施例中，会描述各种测试情况。

测试情况：ISTAC 2002 无码 GNSS 陆地测量器

接收器自身噪声假设 1.5dB 噪声系数低噪声放大器将是 KTB 噪声功率 = $(1.38 \times 10^{-23} \text{W/Hz-K}) (120 \text{Kelvin}) (2 \times 10^6 \text{Hz}) = 3.3 \times 10^{-15} = -145 \text{dBW} = -115 \text{dBm}$ 。

GPS C/A 信道信号功率 = -130dBm 。Post-LNA SNR = $-130 - (-115) = -15 \text{dB}$ 。

延迟相乘处理器平方信号 & 噪声因此 SNR D&M = -30dB 。

具有 40 秒时间序列的 FFT 处理器具有 0.025Hz 二进制宽度，有效过程增益， $G_p = 2 \text{MHz} / 0.025 \text{Hz} = 79 \text{dB}$ 。

整个系统 SNR = $79 - 30 = 49 \text{dB}$ 或者 25dBV 振幅 SNR = 316: 1，按照 ISTAC 2002 陆地测量器产品的实际 C/A 信道性能。

仓库环境下的远近降级 (Near-Far Degradation)

在备选实施例中，会描述仓库环境下的远近降级。

在最近处，1 纳瓦信标可以在远程接收器的 10m 内。

距离 D 处的信标通量， $P_{\text{rec}} = P_{\text{xmtr}} / (4 \pi D^2)$ ， $P_{\text{rec}} = (1 \times 10^{-9} \text{W}) / 4 \pi (10)^2 = 8 \times 10^{-13} \text{W} = -121 \text{dBW} = -91 \text{dBm}$ 。

141 米处的信标将呈现 -114dBm ，同时信标 10 米远的信标将呈现 -91dBm 。因而，远近问题是一 91dBm 减去 -114 的绝对值 23dB 。利用 12 位模数转换，接收器将具有 72dB 的动态范围，并允许 49dB 的余量以容纳会偏移噪声本底的其它相对高功率频带内信号。

接收器的简明性

对于信标使用扩频的优点是发散最小量的功率，减少可能由电池供能以操作达长时间期间的信标对 DC 功率的需要。扩频利用提供对强频带内信号的高水平抗扰度，所述强频带内信号否则会对传统信号发送模式产生实质干扰。

普惠系统体系结构和方法

对于配置环境中物理状态估计的该系统和相关方法的各种实施例的先前讨论显示了对于大量应用的广泛可适用性。以上披露和教导的系统和方法可以在普惠体系结构的以下说明中概括，所述普惠体系结构将系统精简到其标准形式，基本包括发射器、执行频谱压缩的拦截器和物理状态估计器，并覆盖绝大多数可能的实现体系结构。该形式也教导：通过合适的设计和构造，本发明的优选实施例可以容易地调整以支持大频谱的应用、配置和环境。

图 12 图示说明了本发明的优选实施例的标准形式，详细描述了系统基本元件之间的基本关系。至少一个或更多个发射器 1201 已为系统所知，其发射通过传输介质 1206 传播的能量。这些发射被至少一个拦截器 1202 拦截并由频谱压缩器 1205 执行的频谱压缩的至少一种方法处理。来自至少一个拦截器的合成的可观察量 1207 由某通信装置通信到物理状态估计器 1203。配置数据 1208 和可观察量 1207 由物理状态估计器处理以确定至少一个发射器 1202 和拦截器 1202 之间的相对物理状态估计器 1209 的一个或更多个成员。来自多个发射器的可观察量 1207 可用于相对物理状态的多成员的同时估计，其可包括 X, Y 和/或 Z 轴中的位置，关于某轴线的方向、时钟偏置和潜在任何时间导数。

确定绝对物理状态估计 1209 需要指定至少一个发射器或者拦截器作为基准点，其具有在相对物理状态估计之前已知的其物理状态的某方面。绝对物理状态 1209 的确定是相对物理状态附加到由基准点限定的先验物理状态。

限定在配置数据 1208 内的一个或更多个基准点可以共同地处理以形成用于定位和计时信息的本地基准系。优选地，所有物理状态估计 1209 在该基准系内报告。进一步，基准点可以将 1210 和 1211 与配置数据 1208 内的坐标系可靠基准 1204 相关联。尽管这些关联，内部基准系中确定的估计可以转化为外部基准系。

例如，在室内应用中，多个信标（例如发射器 1201）首先被校准，使得配置数据和系统校准数据的组合使信标能够建立为位置传感器（例如拦截器 1202）的物理状态估计的基准点。然后，在外部 WGS-84 基

准系中确定这些基准点的位置。这可以利用支持 GNSS 测距信号发射的接收的位置传感器通过调查或通过直接测量以多种方式实现。利用这些外部可靠基准的确定，可以指定变换矩阵，其从内部基准系转换为外部基准系。在优选的实施例中，与外部可靠点相关联的三个非线性对应的基准点用于建立三维转换。一旦其实现，位置传感器的物理状态的最终估计可以在外部基准系中报告。内部和外部时间范围中的时间历书（epoch）、诸如通用坐标时间（UTC）的报告可以相对于外部时间范围的基准点时间以相同方式实现。

一些发射器可以为系统已知，但不由系统控制和外部考虑。GPS 卫星、类星射电源、通信卫星、电视台和自动信标均是基准点的实例，其存在由系统已知和监视而不由系统控制。

在限定系统体系结构的标准形式的相同方法中，相关标准形式被确定为用于配置环境中的物理状态确定的方法。图 13A 显示了使用频谱压缩的配置环境中物理状态确定的通用方法。以 1301 开始，至少一个发射器发射宽带能量 1305 到传播介质。这些发射由至少一个拦截器在 1302 处拦截和处理，这产生可观察量 1306。处理 1302 应用至少一种频谱压缩的方法。在 1303 处对来自至少一个拦截器的可观察量 1306 进行处理，以确定至少一个发射器和拦截器之间的估计的相对物理状态 1307。在 1304 处报告这些估计的相对物理状态，产生外部消耗的物理状态 1308 的报告。报告的物理状态也可用于更新 1310 系统配置数据 1308，提供响应于各种拦截器和发射器的状态的变化而校准和调节系统操作的方式。如由配置数据所指定的，物理状态 1308 可以或者在内部限定基准系中相对于基准点报告，或者在由外部提供的转换矩阵确定的外部基准系中。

利用该方法，可以得出所有变体，并且因而其用于进一步解释本发明的所有实施例中工作的基本过程。该通用方法的重要益处在于该过程被确定，而与实现无关。处理元件 1302、1303 和 1304 之间的物理位置和通信之间的约束仅是方法所具体化的系统的逻辑体系结构的功能。处理的不同物理布置可以按需要提供某些优化。如此前所述，处理块 1302、1303 和 1304 通常在物理上被布置为最小化通信带宽，并减小对位置传感器的功率要求。

图 13B 更详细地说明了图 13A 的拦截和处理元件 1302。宽带能量发射 1305 在 1311 处被拦截，导致由某非线性操作 1312 操作的拦截的宽带发射 1314，从而产生窄带数据 1315，所述窄带数据 1315 包含执行物理状态估计所需要的变化物理特性。在 1313 处执行进一步的处理，其提取这些有用的变化物理特性。这产生至少一个历书的拦截器的可观察量 1306。可观察量可以包含拦截器与至少一个发射器之间的变化物理特性中的至少一个或更多个。对于频谱压缩，这些最经常表现为针对每一拦截的宽带发射和针对每一应用的非线性方法的实例的频率、振幅和相位。每一不同的非线性操作实现形成信道，可以在 1306 中观察对于所述信道的多宽带拦截。对于拦截器的 1312 中的拦截的宽带发射 1314 的特定非线性操作可以包括但不限于：平方，其中 1314 自身相乘；延迟相乘，其中 1314 乘以自身的延迟样本，且延迟的量由宽带能量发射的已知或认为的物理特征之一（例如调制 CDMA PRN 扩展函数的码率）确定；带宽合成，其中 1314 在两个不同宽带的特定带宽和频率偏移中采样，以便当相乘时，它们产生单一合成的窄带数据，其中频率偏移、带宽是宽带能量发射的物理特性的函数；微分，其中 1314 自微分产生大约第一导数；和抽选，其中减小 1314 采样率，以产生作为宽带能量发射的一小部分的窄带输出。对于微分，附加导数可以通过进一步对 1314 的先前导数进行微分而产生。对于抽样，抽样的输出可以利用混叠或下变频或低通滤波，以将窄带数据限制到包含需要的物理特性的关注频带。

图 13C 显示了图 13B 中窄带数据处理元件 1313 的一个实施例。窄带数据 1315 由快速傅立叶变换 (FFT) 运算，产生 1315 的频率空间转换（振幅、频率和相位）。然后由峰值检波器处理这些数据，所述峰值检波器优选地提取满足配置数据 1309 所指定的某些需求的峰值的振幅、频率和相位。典型地，选择满足某些阈值（例如 5 个振幅的信噪比）和频率范围（例如必须在 -10 和 50Hz 之间）。将每一信道所选的峰值进行分组，以形成可观察量 1306，其包含针对至少一个历书的频率、振幅和相位值。

图 13D 显示了图 13B 中窄带数据处理元件 1313 的备选实施例。窄带 1315 由至少一个或更多个相位追踪环 1322 处理，所述相位追踪环

1322 被配置为追踪对应于包含在窄带数据内的期望频率的信号。每一追踪环 1322 输出频率、相位和信噪比的估计，其一起形成一组用于至少一个历书的可观察量 1306。各种类型的相位追踪环可以根据特殊应用的需要而实现。经常，追踪环将实现有某种比率辅助能力，实现能够增加积分时间的非常窄检测后带宽，从而产生更好的信噪比和测量精度。

图 13E 显示了图 13B 中窄带数据处理元件 1313 的另一备选实施例。在 1331 中选择来自至少两个拦截器的窄带数据 1315，以形成来自第一拦截器的窄带数据 1335 和来自第二拦截器的窄带数据 1336。窄带数据 1336 在时间上关于 1335 延迟一定量，所述一定量由配置数据和/或发射器、第一拦截器和第二拦截器指定。然后，将产生的窄带数据进行互相关，以产生校正数据 1337，其表示作为时间的函数的最大和最小相关值。然后通过 1334 来处理这些数据，以检测最大相关峰值，从而提取第一和第二拦截器之间的变化物理特性。1334 可以通过多种方式实现，但最常用的方法是采用延迟锁定环或者与图 13C 中相似的 FFT/相关峰值检测。在 1334 中产生的可观察量典型地是频率、相位和信噪比。

尽管已图示说明和描述了本发明的优选实施例，如上提到的，在不背离本发明的精神和范围的前提下可做出许多变化。因此，本发明的范围并不受到优选实施例的公开的限制。相反，本发明应当完全参照随后的权利要求确定。

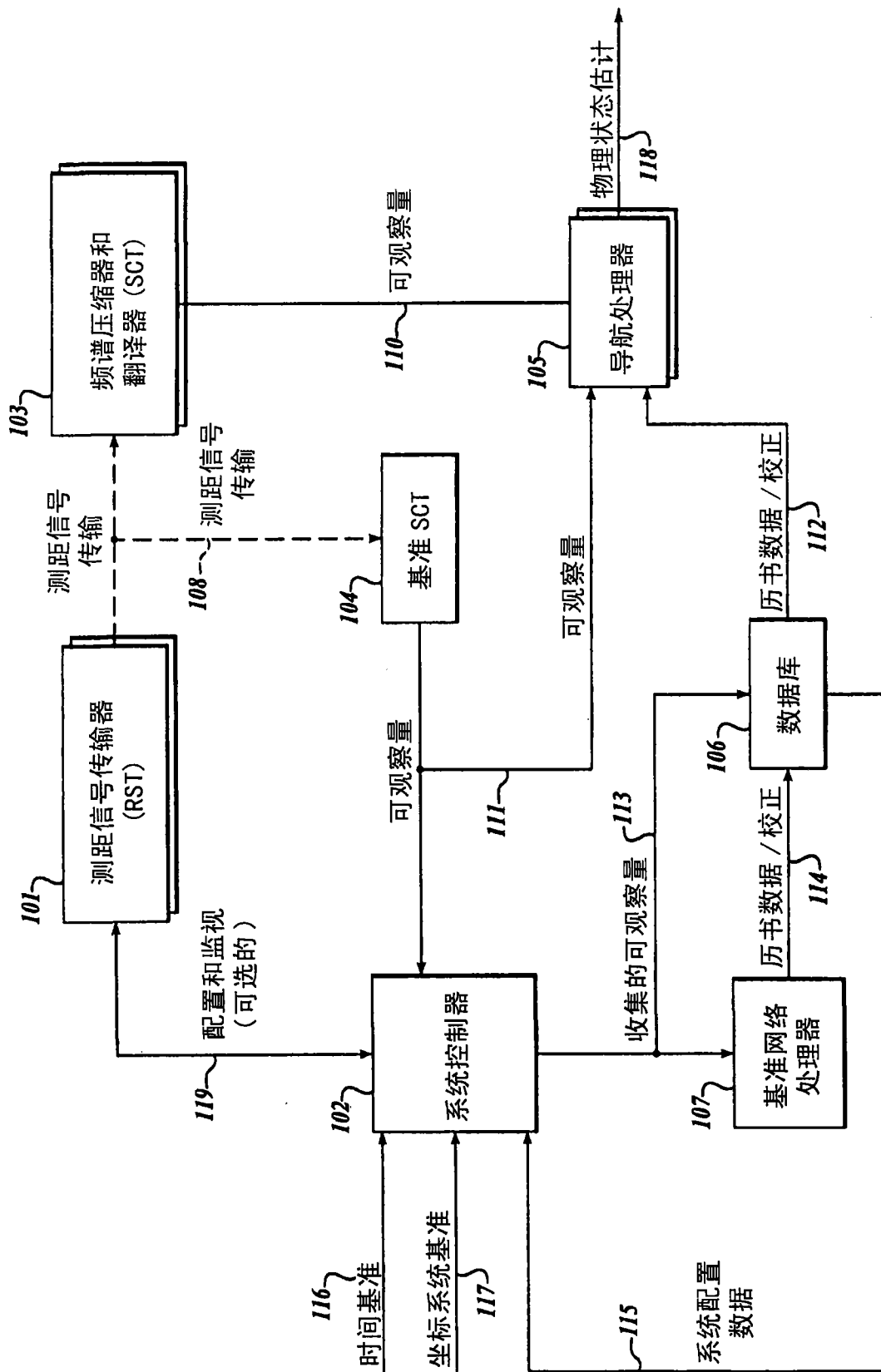


图 1

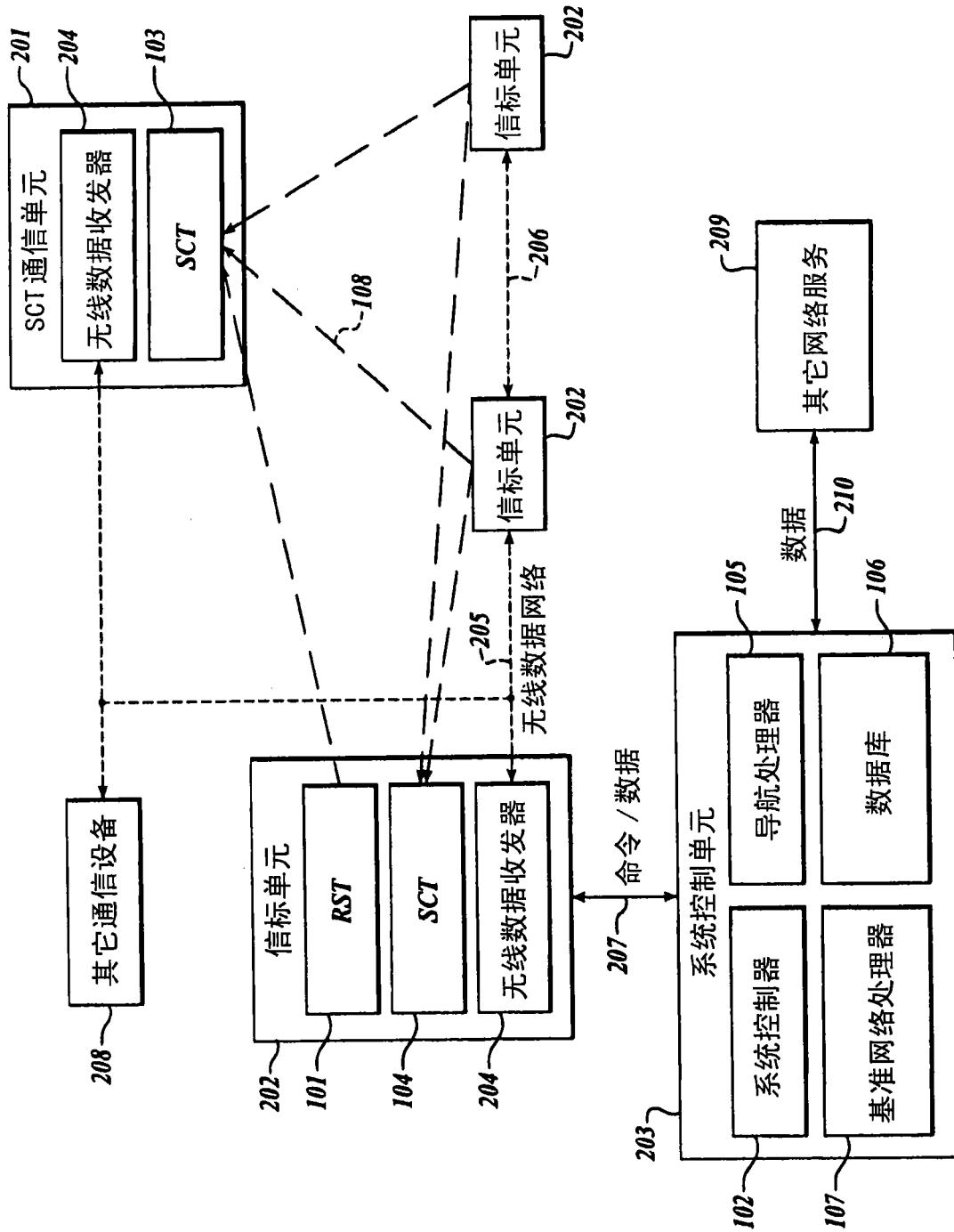


图 2A

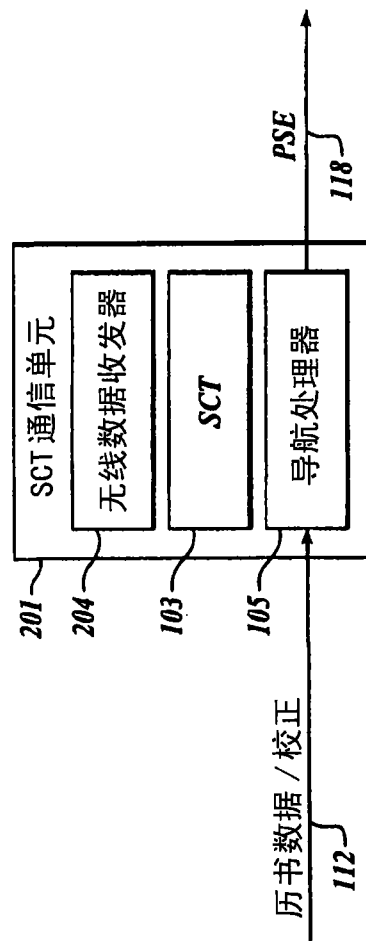


图 2B

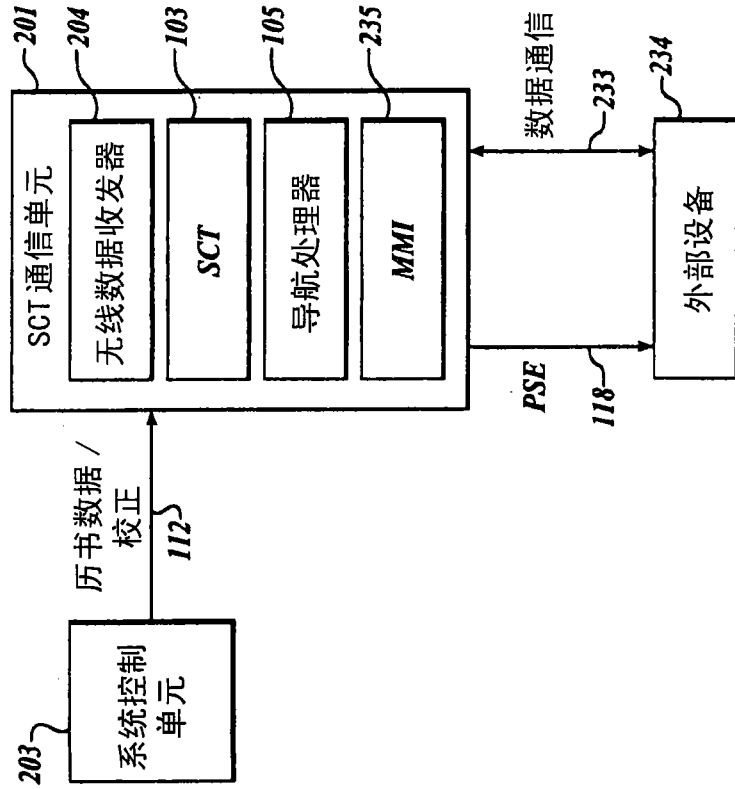


图 2D

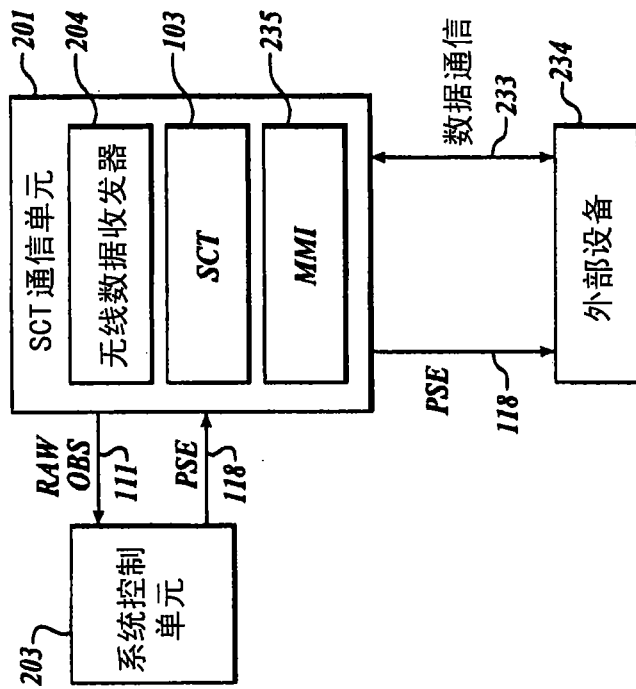


图 2C

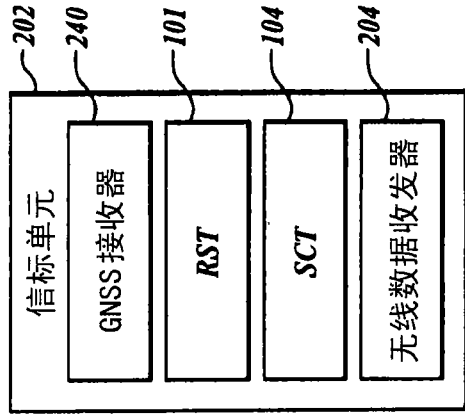


图 2F

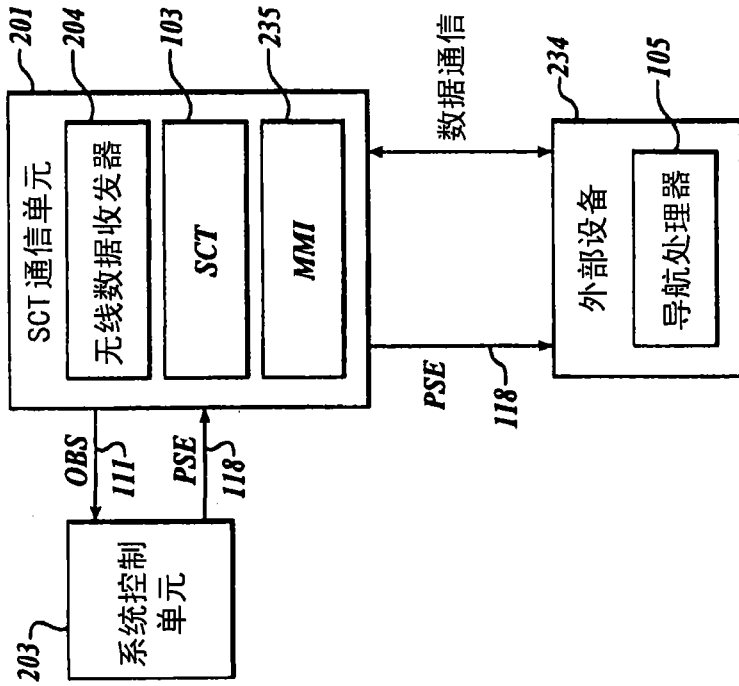


图 2E

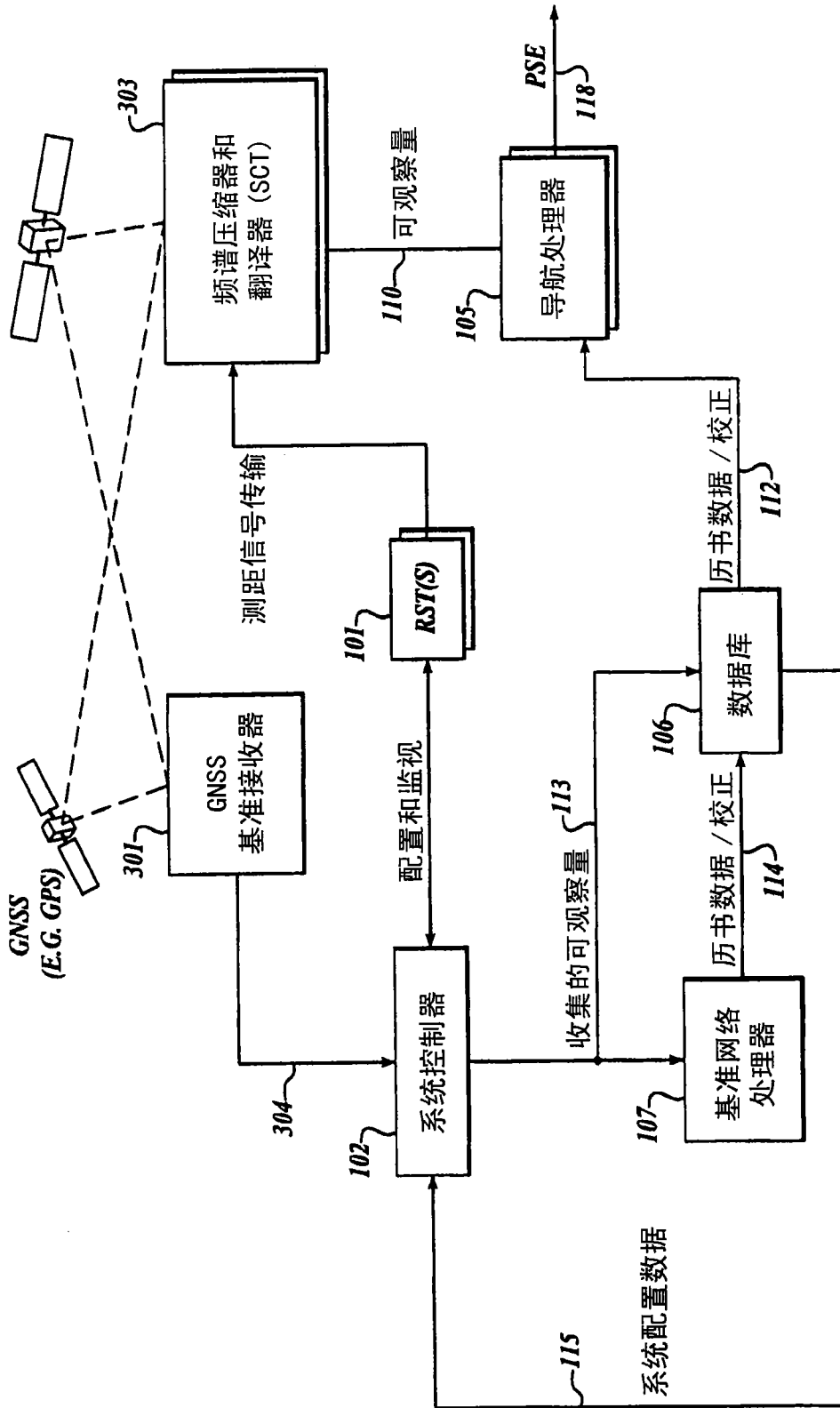


图 3

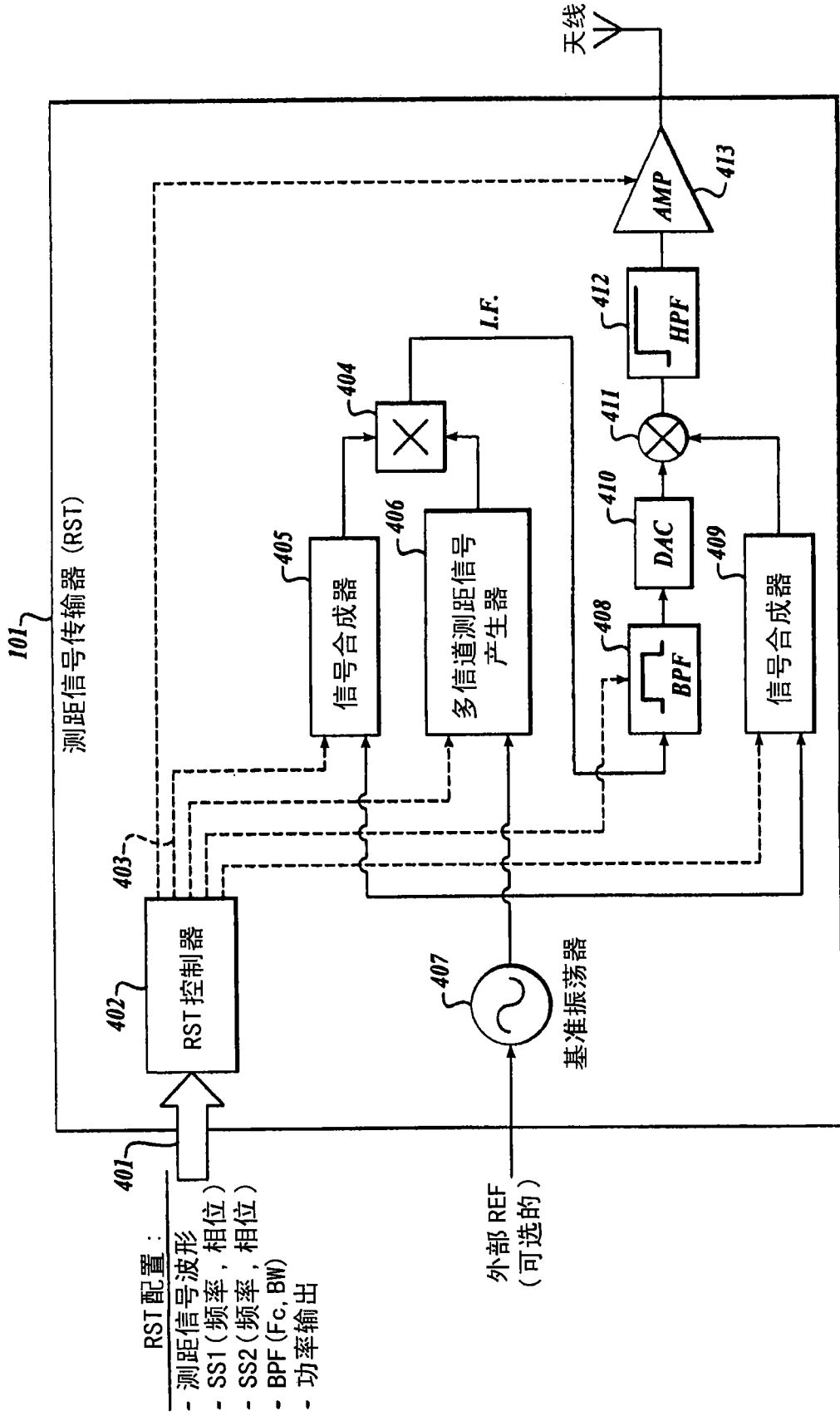


图 4A

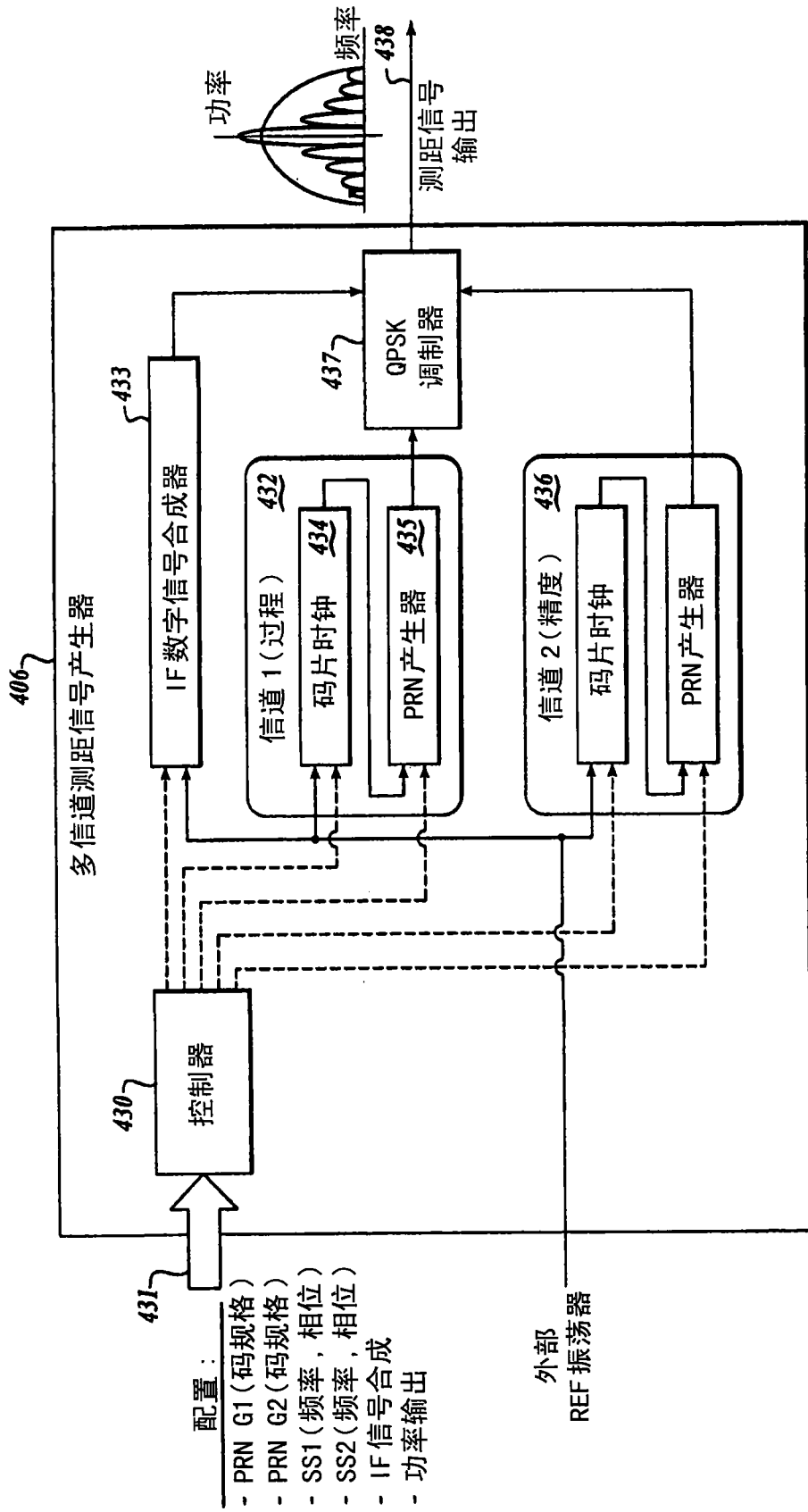


图 4B

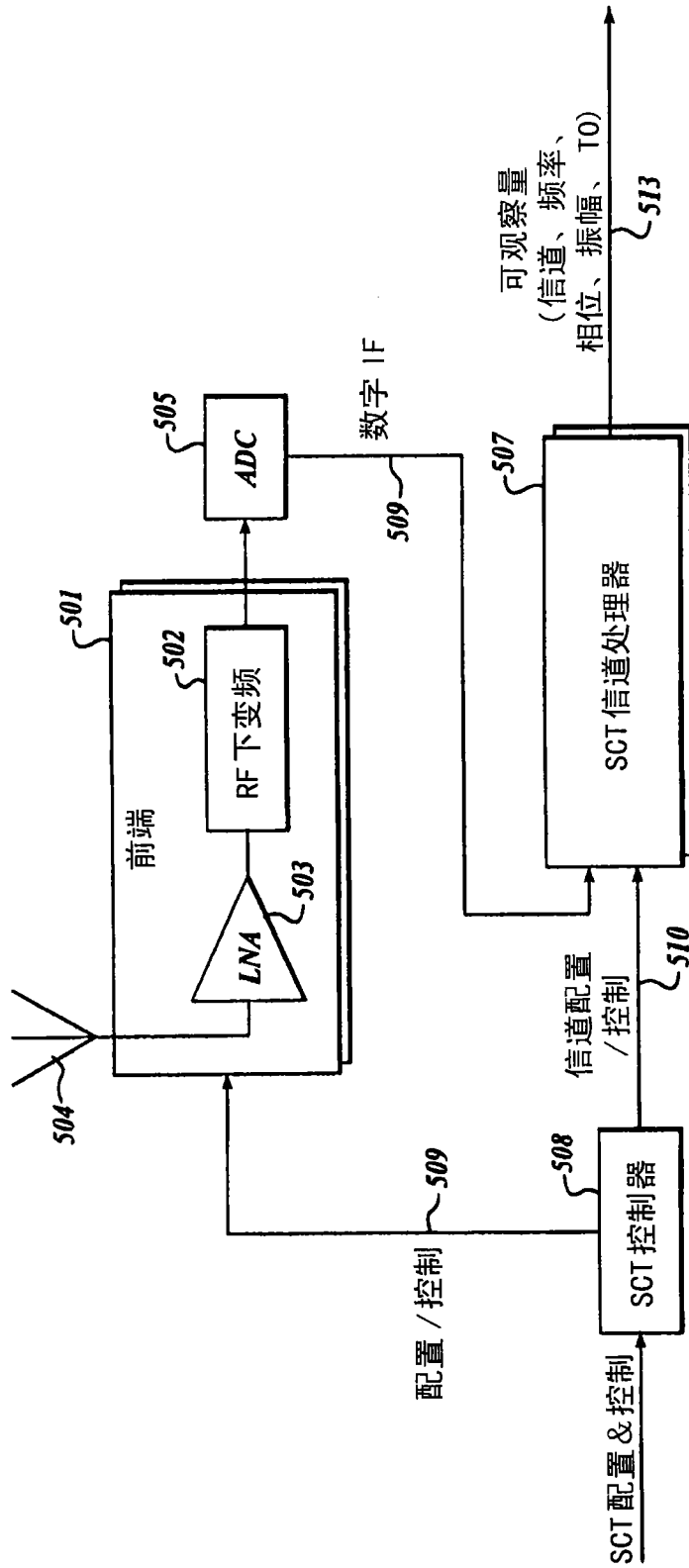


图 5A

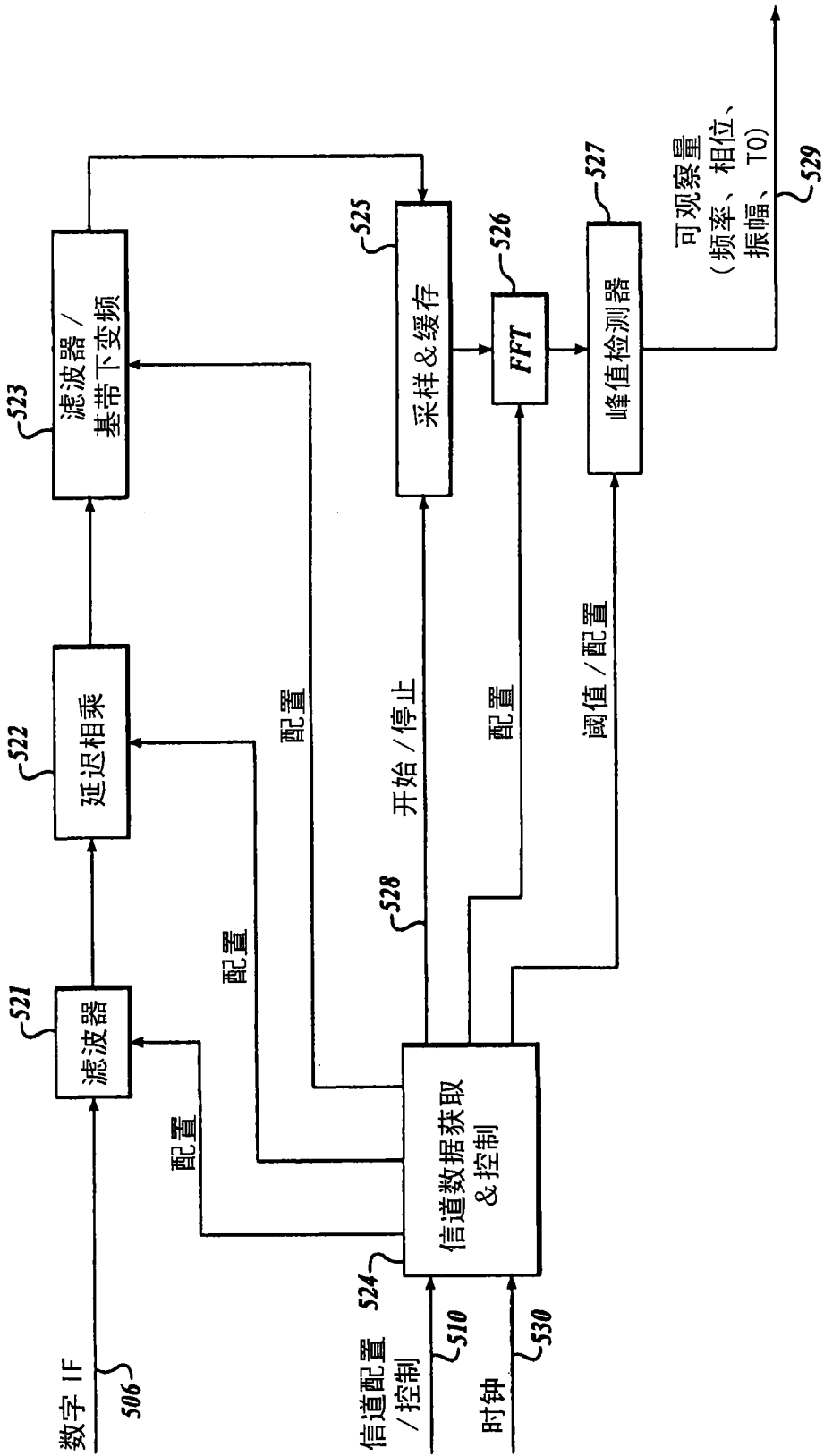


图 5B

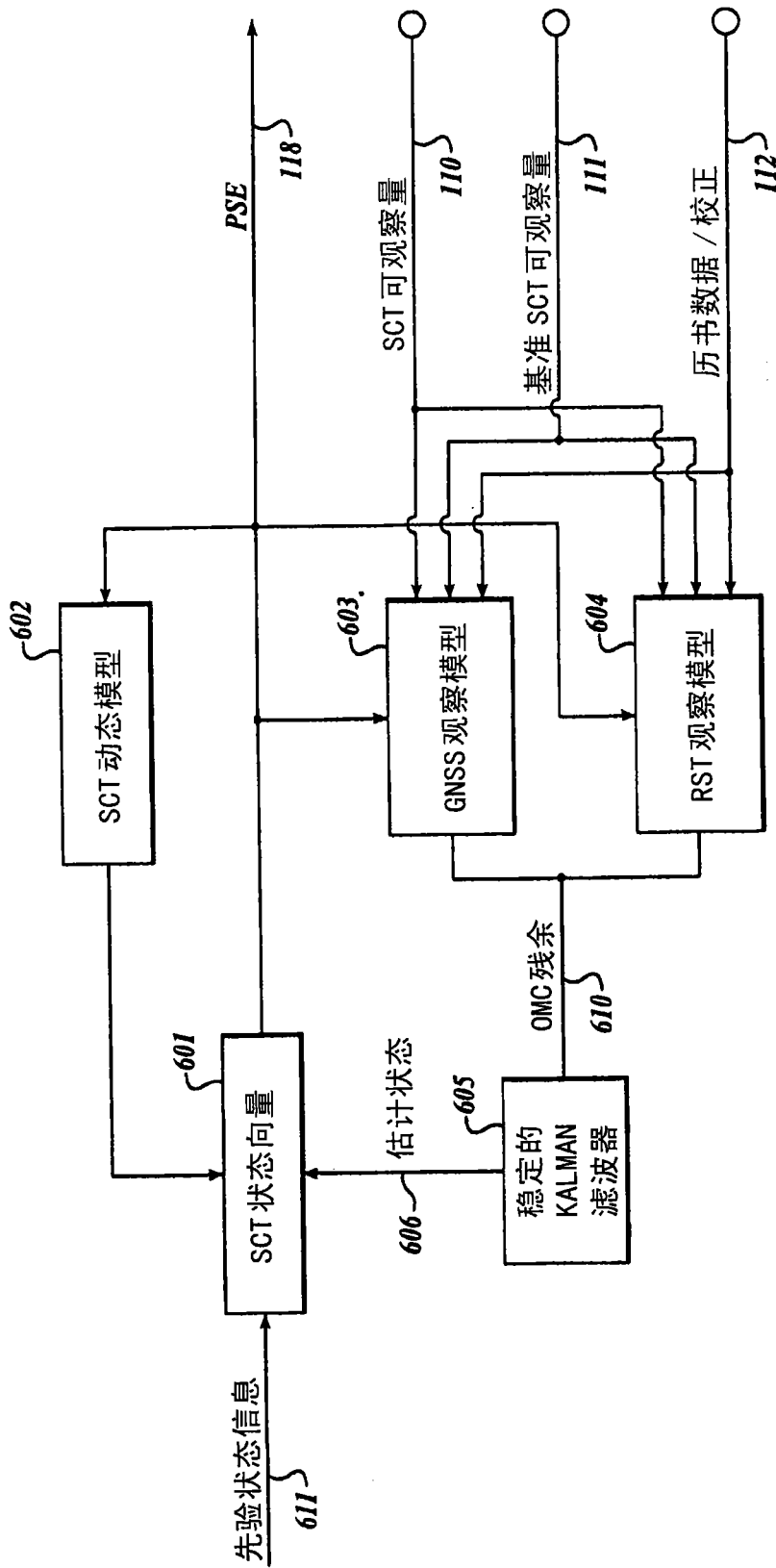


图 6

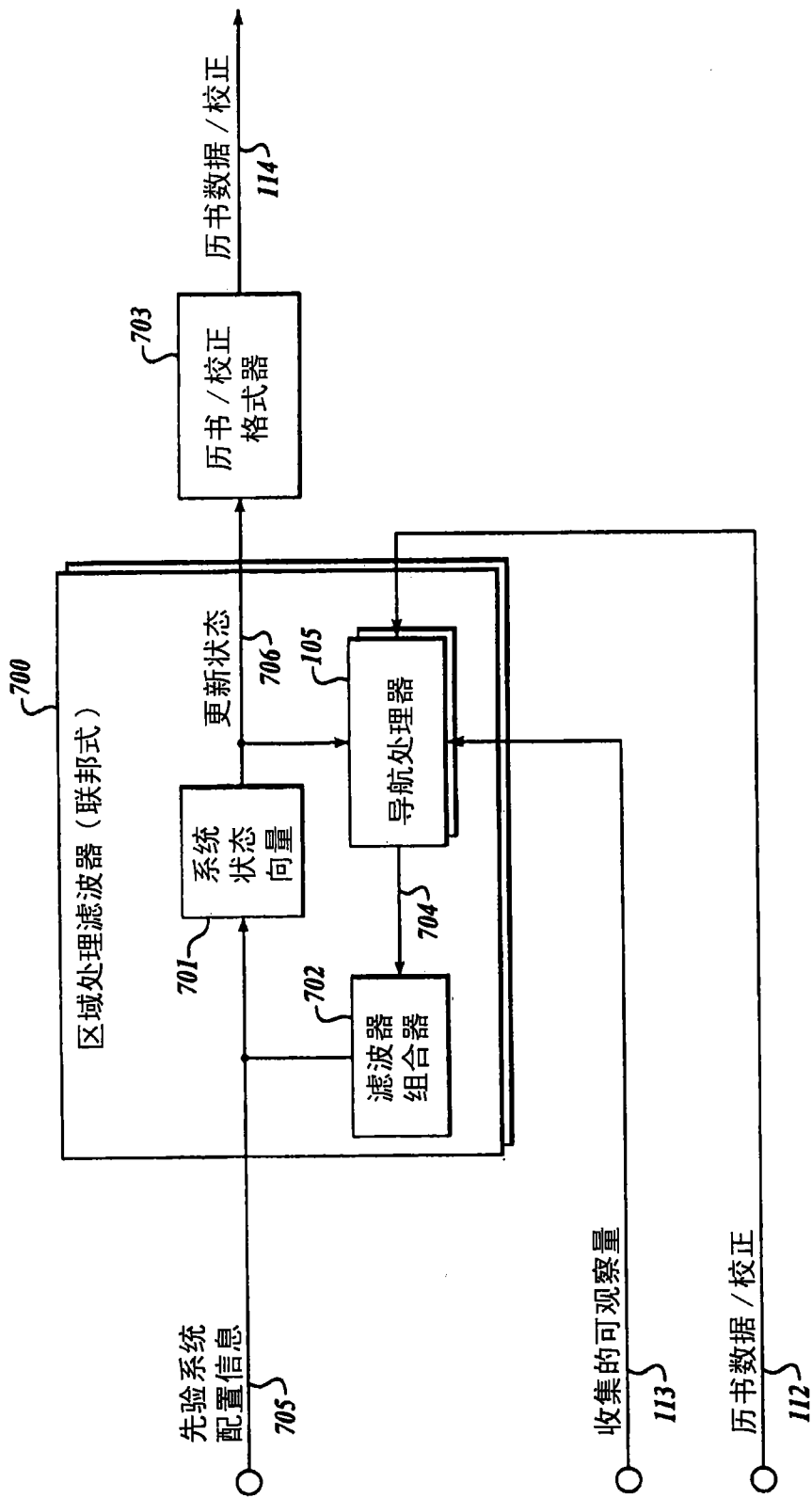


图7

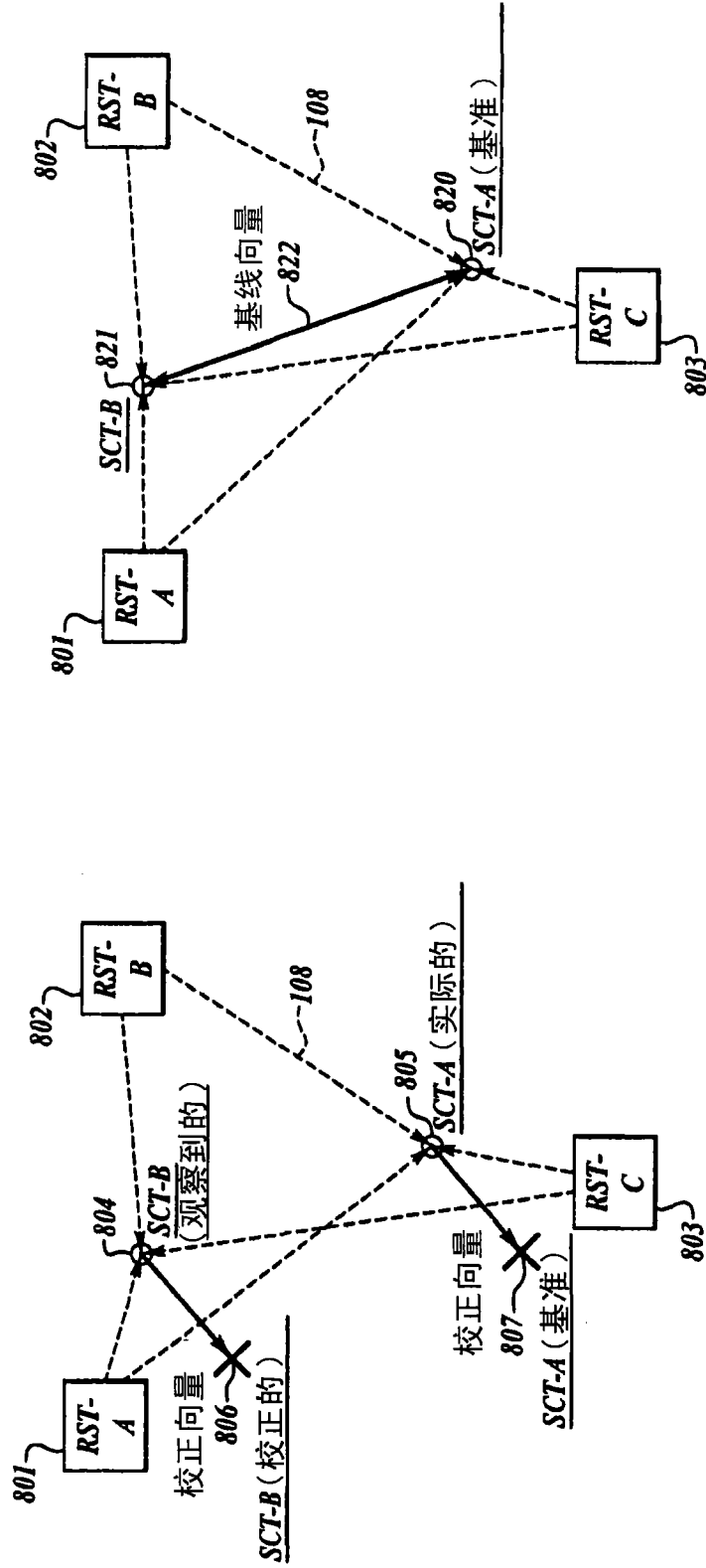


图 8B

图 8A

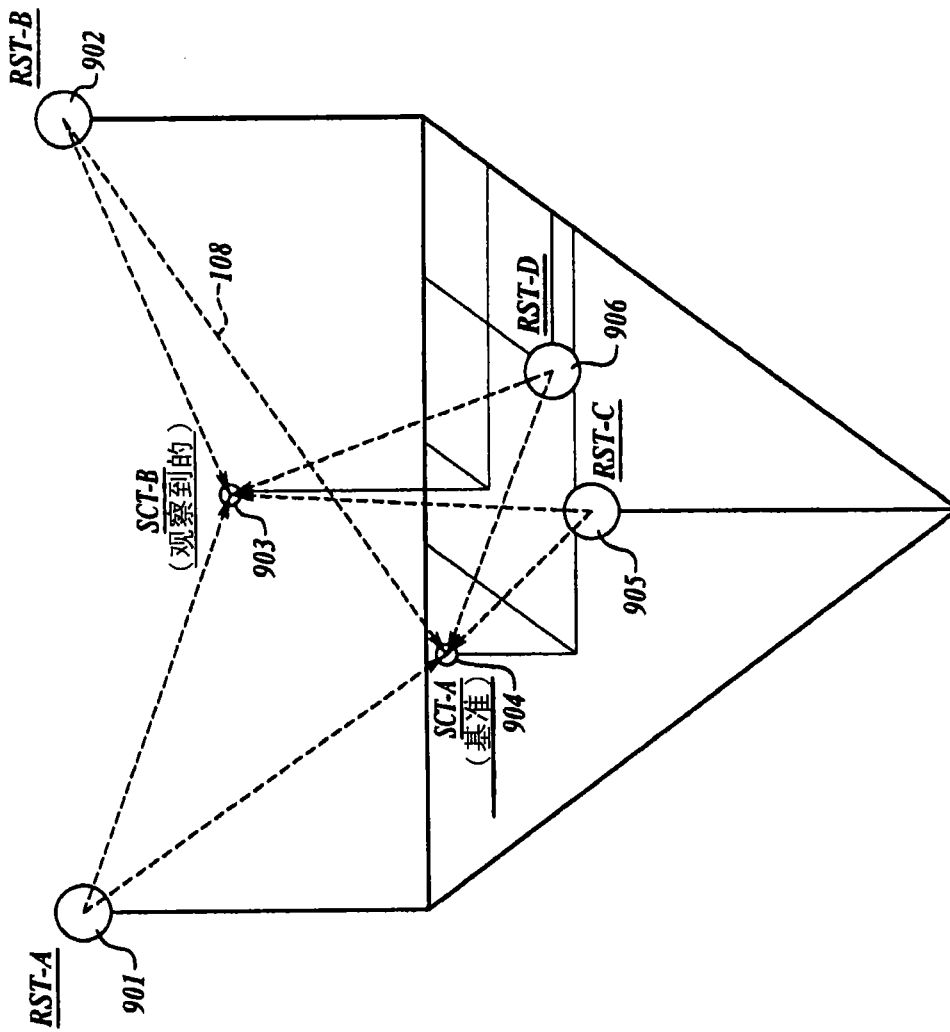


图9

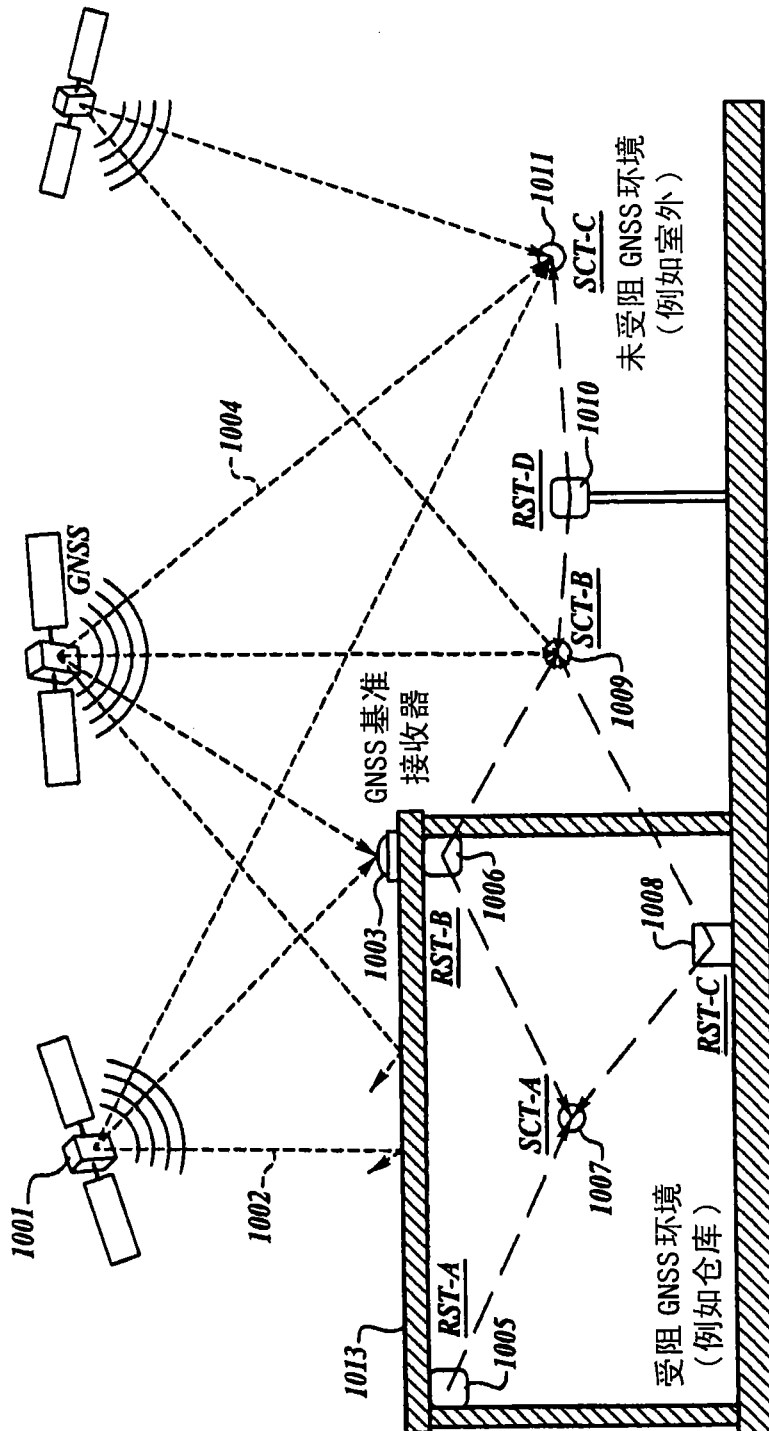


图 10

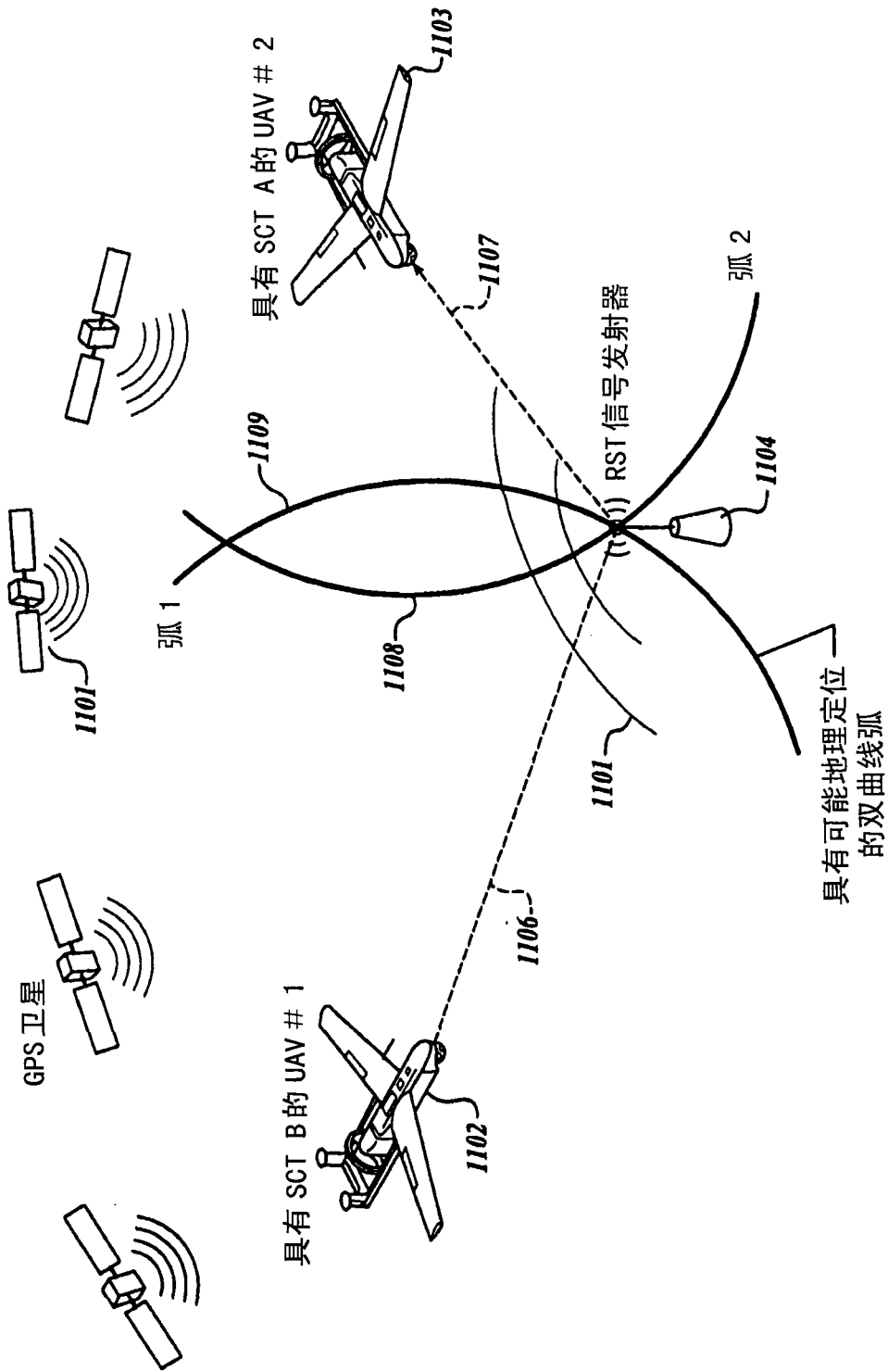


图 11

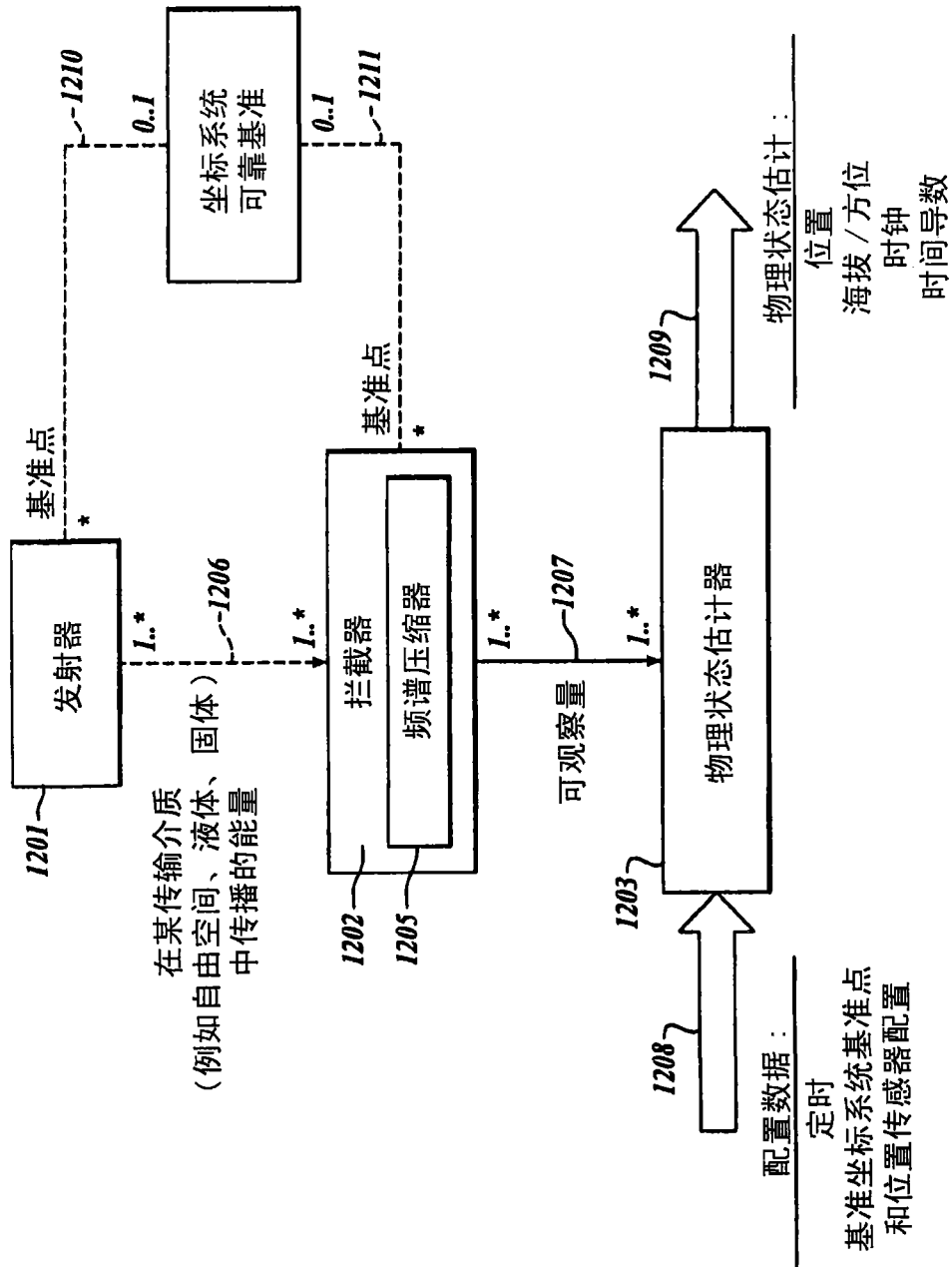


图 12

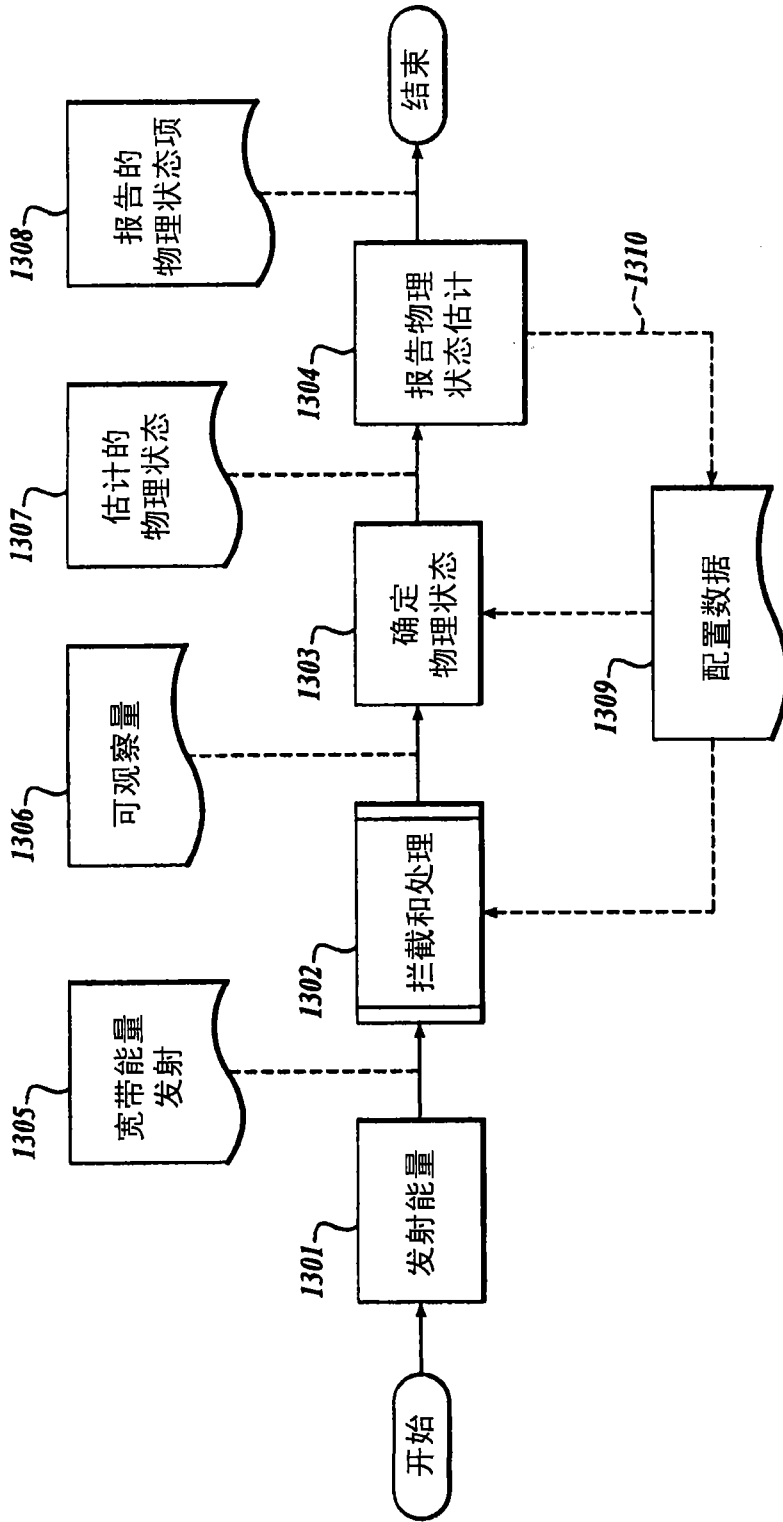


图 13A

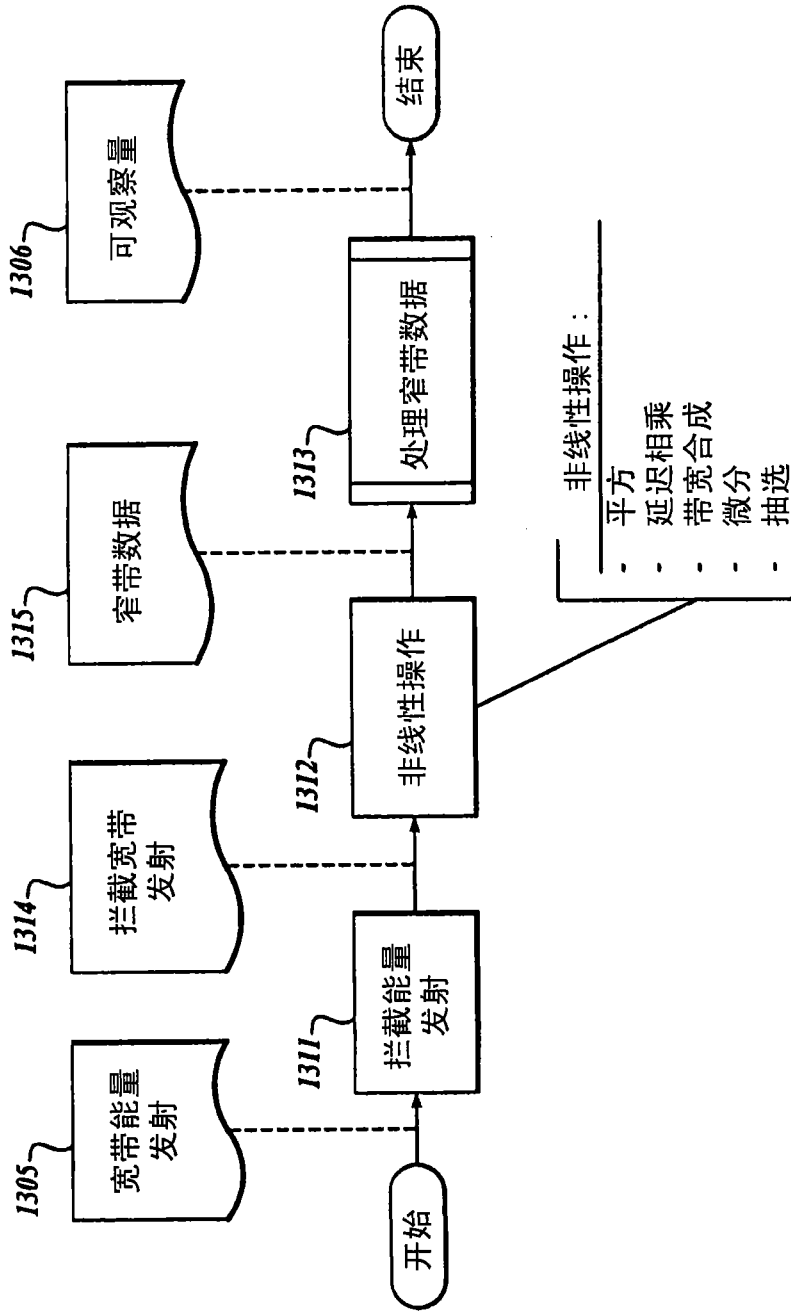


图 13B

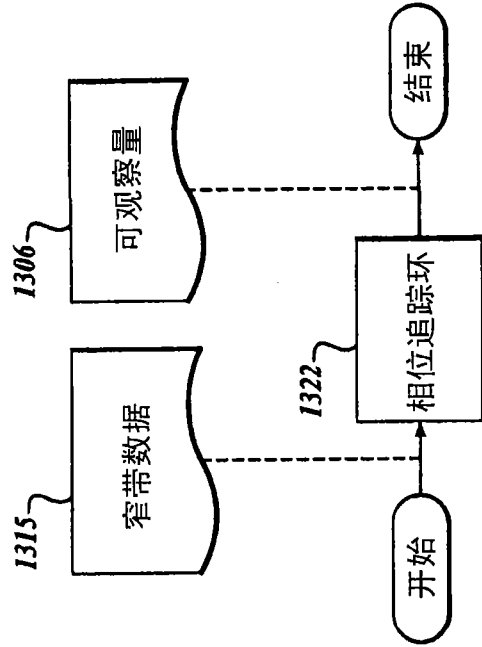


图 13D

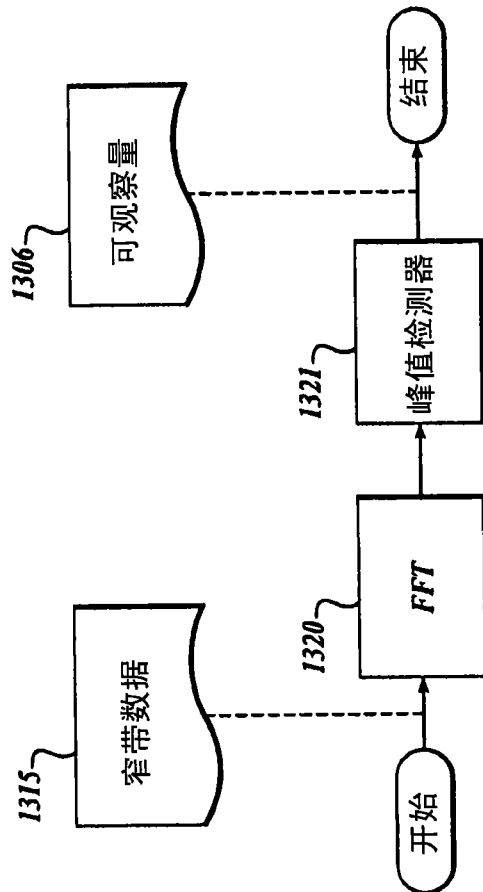


图 13C

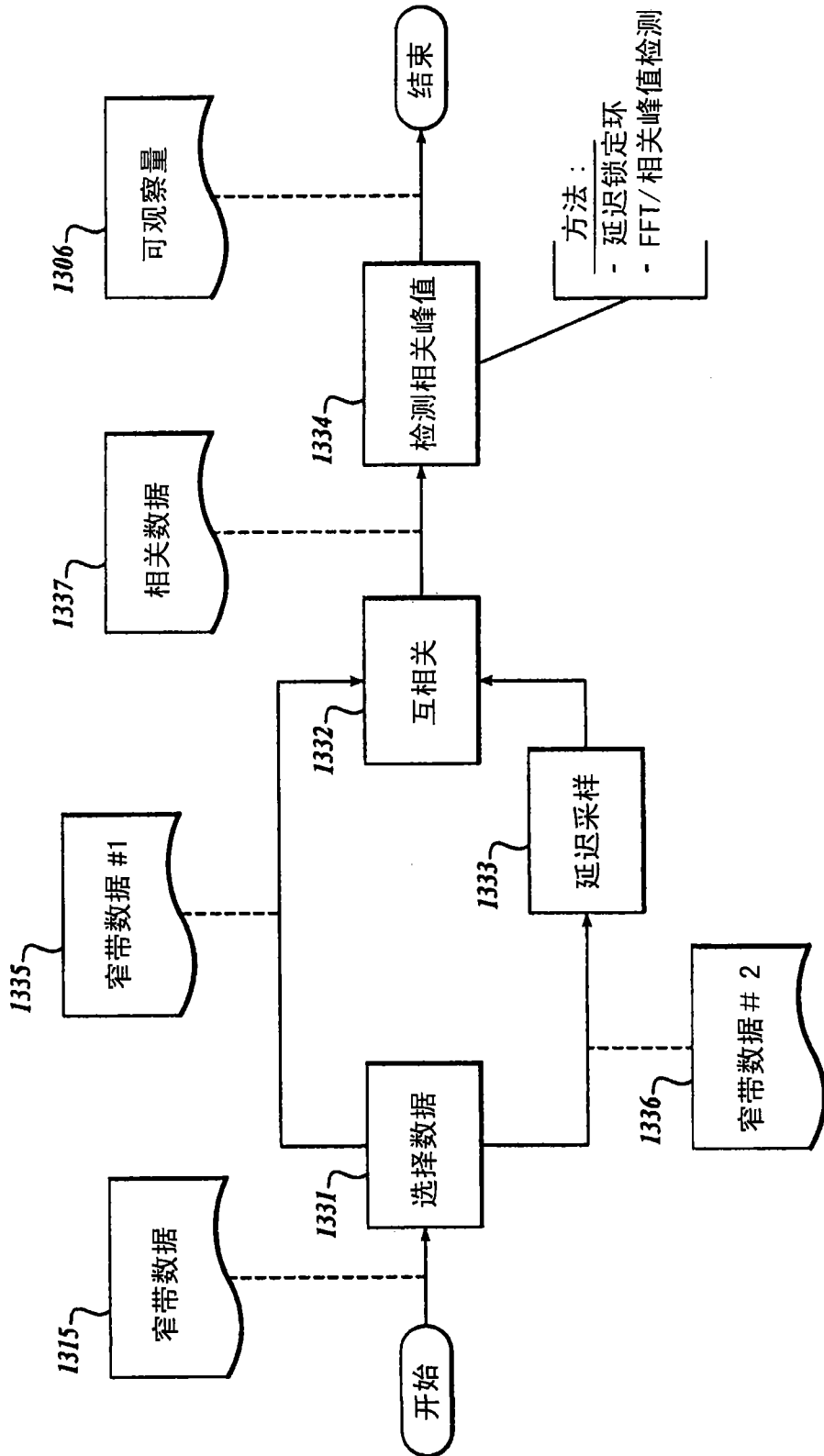


图 13E