

## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1979216 B

(45) 授权公告日 2012.03.21

(21) 申请号 200610172813.4

(56) 对比文件

(22) 申请日 2001.10.29

US 5420592 A, 1995.05.30, 全文.

(30) 优先权数据

US 5874914 A, 1999.02.23, 全文.

60/244, 109 2000.10.27 US

US 6005513 A, 1999.12.21, 全文.

10/044, 194 2001.10.26 US

US 6061021 A, 2000.05.09, 全文.

(62) 分案原申请数据

US 5185610 A, 1993.02.09, 全文.

01818051.5 2001.10.29

EP 0389972 A2, 1990.10.03, 全文.

审查员 张亚玲

(73) 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A·H·巴亚诺斯

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 钱慰民

(51) Int. Cl.

H04B 7/185(2006.01)

G01S 5/14(2006.01)

G01S 11/10(2006.01)

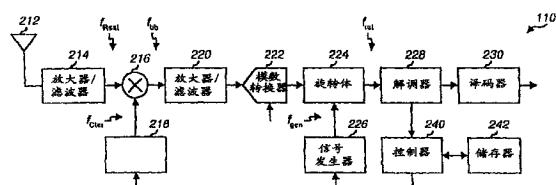
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 3 页

(54) 发明名称

估算无线通信系统中终端的速度的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及估算在无线通信系统中终端的速度的技术。终端的运动导致在终端处接收到的每个被发送信号的多普勒频移。在一个方法中，一开始，确定终端、基站和二个和更多卫星中每个卫星的位置。也可根据(1)包括由于终端运动而产生的多普勒频移在内的估算基带频率误差，(2)由于卫星运动而产生的估算多普勒频移，来确定每个卫星的伪距的剩余变化率。根据终端、基站和卫星所测定的位置及对卫星所测定的伪距的剩余变化率，则可作出一组方程式。随后，可根据此组方程式来确定该终端的速度。



1. 一种确定无线通信系统中终端的速度的方法,该方法包括下述步骤:

确定所述终端处一本机振荡器的残留误差,其中用于确定所述本机振荡器之残留误差的所述步骤包括:

基于快速付里叶转换(FFT),进行相干积分,以提供FFT结果;以及

对所述FFT结果进行非相干积分;

把经非相干积分的FFT结果分类成多个频率接收器;

估算在所述终端处接收到的来自第一发射器的第一信号的第一多普勒频移;

估算在所述终端处接收到的来自第二发射器的第二信号的第二多普勒频移;

估算在所述终端处接收到的来自第三发射器的第三信号的第三多普勒频移;以及

根据所述本机振荡器的残留误差以及第一、第二和第三多普勒频移的估算值,确定所述终端的速度。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一、第二和第三多普勒频移的估算值是由所述无线通信系统中的基站提供的。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,该方法进一步包括:

分别从第一、第二和第三信号中去除第一、第二和第三多普勒频移的估算值。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,用于非相干积分的所述步骤包括:

对所述FFT结果取平方并累加。

5. 一种确定无线通信系统中终端的速度的方法,该方法包括下述步骤:

确定所述终端处一本机振荡器的残留误差,其中用于确定所述本机振荡器之残留误差的所述步骤包括:

基于快速付里叶转换(FFT),进行相干积分,以提供FFT结果;以及

对所述FFT结果进行非相干积分,其中对所述FFT结果进行非相干积分的所述步骤包括对所述FFT结果取平方并累加;

估算在所述终端处接收到的来自第一发射器的第一信号的第一多普勒频移;

估算在所述终端处接收到的来自第二发射器的第二信号的第二多普勒频移;

估算在所述终端处接收到的来自第三发射器的第三信号的第三多普勒频移;

根据所述本机振荡器的残留误差以及第一、第二和第三多普勒频移的估算值,确定所述终端的速度;以及

对所述经非相干积分的FFT结果进行去扩展。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述去扩展步骤包括:

在多个PN相位处,把所述FFT结果与一伪随机噪音(PN)序列相关。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

对每个发射器,识别与最大相关值相关的PN相位。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

对每个发射器,识别与具有所述最大相关值的FFT接收器相对应的频率残留误差。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

根据所识别的PN相位,推导出每个发射器的伪距测量值,以及

根据所识别的频率残留误差,推导出伪距的剩余变化率。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:根据第一、第二和第

三发射器的伪距测量值,确定所述终端的位置。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,每个发射器的伪距的剩余变化率是通过把该发射器的所识别的频率残留误差与来自该发射器的信号波长相乘来确定的。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

根据所述终端的估算位置和所述发射器的估算位置,估算所述终端的速度。

## 估算无线通信系统中终端的速度的方法和设备

[0001] 本申请是国际申请日为 2001 年 10 月 29 日,申请号为 01818051.5,发明名称为“估算无线通信系统中终端的速度的方法和设备”的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明一般涉及通信系统,特别涉及估算无线通信系统中终端的速度的技术。

### 背景技术

[0003] 用来确定终端位置的常用手段是测定从已知位置的多个信号源将一些信号发送至该终端所需的时间。可提供来自已知位置的多个发射器信号的一个系统是众所周知的全球定位系统 (GPS)。GPS 系统的卫星根据 GPS 主程序表被设置在精确的轨道中。GPS 卫星的位置能用卫星自己发送的不同组的信息 (如日历和星历表) 来确定。可提供来自已知返回地球位置的发射器 (即基站) 的信号的另一个系统是无线 (蜂窝) 通信系统。

[0004] 来自卫星和 / 或基站的信号可用来估算终端的位置。通过接受和处理从这些发射器发送的信号,可以估算信号从发射器移动到终端所需的时间,并用它计算出发射器和终端之间的距离 (或范围)。信号自身还可以包括给出发射器位置的信息。通过精确地测定与已知位置的三个或更多发射器之间的距离,终端的位置可用三边测量来进行测定。

[0005] 在某些场合和对某些应用来说,也需要确定终端的速度。在一种估算速度的简易技术中,对终端的一系列的位置定位点进行测定,并用它们估算它的速度。但是,这种技术存在一些缺点。一个缺点是使用位置定位点估算速度。如果位置定位点以短时间间隔被测定,则位置定位点的小误差会导致速度估算的大误差。但是,如果位置定位点以较长时间间隔被测定,则位置定位点会更多表现为终端的平均速度而不是瞬时速度。

[0006] 第二个缺点是有关终端处的共用资源。在许多终端设计中,用于声音和 / 或数据通信中某些和所有元件也被用于位置测定。这些终端设计通常不允许共用资源被同时使用于通信和位置测定。因此,在进行位置测定时,通信一般是被禁止的,反之亦然。获取几个连续位置定位点则需要在一个延长时间段内,终端多停留在 GPS 模式,或者反复地中断通信。

[0007] 因此,现有技术需要有些能有效地和精确地估算无线通信系统中终端速度的技术。

### 发明内容

[0008] 本发明提供了一些估算无线通信系统中终端速度的技术。终端的移动导致终端处收到的每个发射信号的多普勒频率漂移。这种多普勒频率漂移与终端速度有关,其可通过接收信号进行处理,从而为一些卫星通过一组 (在终端处接收到的) 发射信号中的频率误差来精确地估算。下面将进一步详细介绍各种方案,终端速度可 (1) 基于来自基站和卫星的信号或者仅根据来自卫星的信号来估算和 (2) 对三维 (如地球中心、地球定位) 或者二维 (如东、北) 的帧来进行估算。

[0009] 本发明的一个实施例提供了无线通信系统中终端速度的估算方法。按照这个方

法,一开始,先测定终端、基站和二个或多个卫星中每个卫星的位置。还可以对每个卫星测定伪距的剩余变化率。然后,根据终端、基站和卫星的定位和对卫星所测定的伪距的剩余变化率可作成一组方程式。此后,根据这组方程式,可以估算终端的速度。

[0010] 为了测定卫星的伪距的剩余变化率,先将接收到的信号(它包括从卫星发射的信号)下变频,以提供一基带信号。然后对每个卫星测定该基带信号的频率误差。还估算来自每个卫星的信号频率中的多普勒频率漂移。然后根据对该卫星估算的基带频率误差和多普勒频移确定每个卫星的伪距离变化的剩余速率。

[0011] 有时,终端速度的估算可以不用基站进行。这时,对三个或多个卫星测定伪距的剩余变化率,并且对接收信号进行下变频的振荡器的频率误差变成一附加的未知量,该未知量可用一附加卫星测量来求出。速度估算技术将在下面进一步详细介绍。

[0012] 本发明进一步提供了其它方法、计算机程序产品、接收器装置、终端、设备和元件。用它们实施各种方案、实施例和本发明的特征将在下面进一步详细介绍。

[0013] 附图的简要说明

[0014] 通过参照附图阅读了本发明的详细描述后,读者将会跟更清楚地了解本发明的特点、本质和优点。图中,相同的附图标记所表示的意义相同。

[0015] 图1是可构成本发明各种方案和实施例的一系统的简化图。

[0016] 图2是终端进行位置和速度估算时所进行的某些处理实施例的方框图。

[0017] 图3是根据来自卫星和一基站的信号执行终端速度估算的过程的实施例的流程图。

[0018] 附图的详细说明

[0019] 图1是可执行本发明各种方案和实施例的一系统的简化图。其位置和速度待确定的终端110接收来自一些发射器发送的信号,这些发射器可以是一无线通信系统的基站120a和120b和/或GPS的卫星130a、130b和130c。一般来说,具有已知位置或能被确定位置的任何类型的发射器可被用来估算位置和速度。

[0020] 终端110可以是能测定被发射信号相对于基准时间的到达时间的任何装置。在一个实施例中,终端110是能接收来自若干个发射器的信号的蜂窝电话。在另一些实施例中,终端110可以是一个电子装置(如计算机终端、个人数字辅助设备(PDA),等等),该电子装置有一无线调制解调器、一独立应用GPS接收器、能接收来自卫星和/或基站的接收器或其它任何类型的接收器。

[0021] 终端110的位置和速度可以基于终端处收到的信号(如从GPS卫星130a、130b和130c和/或基站发射的信号)加上从其处信号产生的发射器的位置来估算。该终端110的位置和速度可以用该终端110、无线通信系统中定位装置(PDE)140、一基站、或一些其它装置来估算。向进行位置和速度估算的装置提供必要的信息(如相关的测量值和或者是发射器的位置或者是确定这些位置的装置)。

[0022] GPS卫星130a、130b和130c位置可以通过处理卫星发射的信号来确定。每个卫星发射“日历”信息,其中包括星座中所有卫星粗略的位置信息。每个卫星还发射“星历”信息,其中包括由地球跟踪站跟踪和报道的其自己轨道的较精确版本的信息。对于执行终端110位置和速度的估算的装置来说,基站120a和120b的位置可以是已知的(如经过消息)。例如,该终端110可包括一基站120a和120b位置和/或卫星130a、130b和130c位

置的数据库,或这些位置可以由 PDE 或基站来提供。作为另一个方案,基站或 PDE 可对终端进行位置和速度的估算,并且可以有卫星 130a、130b 和 130c 和 / 或基站位置的信息。卫星和 / 或基站 120a 和 120b 的位置信息也可以经过消息传输。

[0023] GPS 卫星 130a、130b 和 130c 和基站可作为估算一终端的位置的基点。通过精确量与已知位置处三个发射器的距离,该终端的位置能用三边测量来测定。通过测量信号从发射器传送到终端所需的时间,终端能估算距每个发射器的距离。如果信号从发射器发送的时间是已知的(例如,标明在信号中),则信号的传送时间可以通过观察信号在终端处被收到的时间(根据其内时钟脉冲)来测定。但是,通常发送和接收之间的时间量是不可能精确确定,这是因为发射器和终端处的时钟脉冲之间存在偏移的缘故。因此,根据基准时间和信号收到时的时间的差,一般就可获得“伪距”。

[0024] 图 2 是终端 110a 进行一些处理来估算其位置和速度的一实施例的方框图。开始时,由基站 120a 和 120b 和 / 或卫星 130a、130b 和 130c 发送的信号由天线 212 接收,并送到放大器 / 波滤器单元 214 中,这样可调节(如滤波器和放大器)收到的信号,提供经调节的射频(RF)信号。然后,混频器 216 用振荡器 218 提供的本机振荡器(LO)信号,把射频信号向下变频至基带。该基带信号接着可由放大器 / 滤波器单元 220 放大和滤波,然后由模数转换器(ADC)222 被数字化,来提供(复合)数据样本。

[0025] 在一典型的接收器设计中,可能有一级或多级放大器、滤波器、混频器等等。举例来说,接收到的信号可以首先用第一 LO 信号向下变频至中频(IF),随后用第二 LO 信号(正交)向下变频至基带。为简化起见,这些不同的信号调节级被归并成图 2 所示的方框中。例如,混频器 216 可代表一个或多个向下变频级(如从射频至中频,以及从中频到基带)。

[0026] 在图 2 所示的实施例中,数据取样送到旋转器 224,该旋转器用信号发生器 226 提供的载波信号转换数据取样的中心频率。旋转器 224 可做成一复合数字乘法器,把数据信号与载波信号相乘提供变换的数据取样。然后,一解调器 228 接收并进一步处理该旋转的数据取样,来提供各种类型的信息(如将在下文中描述的频率和定时信息),并进一步为后续的译码器 230 提供经解调的数据。

[0027] 控制器 240 接收来自解调器 228 的频率和定时信息,并把控制信号提供到振荡器 218 和 / 或信号发生器 226。这些控制信号可用来设置或调节传送到混频器 216 的 LO 信号的频率和传送到旋转器 224 的载波信号的频率。

[0028] 终端的速度可根据(在终端处接收的)发送信号的载波频率相对于标称的载波频率的偏移来进行估算。相对于对地固定的帧每个卫星以一速度矢量  $\bar{v}_{si}$  移动,而终端也可相对于该帧,以速度向量  $\bar{v}_t$  移动。每个卫星发射具有载波频率  $f_{csat,i}$  的信号,并且该信号在终端处以频率  $f_{rsat,I}$  被接收。信号的接收频率和发送频率可表示为:

$$f_{rsat,I} = f_{csat,i} + f_{vsat,i} + f_{vter,i} \quad \text{方程式 (1)}$$

[0029] 其中,  $f_{csat,i}$  是从第  $i$  个卫星发送的信号的频率,

[0030]  $f_{vsat,i}$  是由于卫星的运动而(在终端处观察到的)第  $i$  个卫星载波频率的多普勒漂移( $f_{vsat,i}$  与卫星的速度相关)。

[0031]  $f_{vter,i}$  是由于终端的运动而(在终端处观察到的)第  $I$  个卫星载波频率的多普勒漂移( $f_{vter,i}$  与终端的速度相关)。

[0032]  $f_{rsat,I}$  是在终端处收到的第  $i$  个卫星发送的信号的频率。

[0034] 如图 2 所示, 被接收的信号用具有频率为  $f_{\text{Cter}} \text{L}0$  信号, 通过混频器 216 被向下变频。由第  $i$  个卫星发送的信号频率,  $f_{\text{Csat}, i}$ , 可表示为等于标称载波频率  $f_{\text{nom}}$  加上相对于该标称频率的偏差  $f_{0\text{sat}, i}$  (即,  $f_{\text{Csat}, i} = f_{\text{nom}} + f_{0\text{sat}, i}$ ). 终端振荡器的频率  $f_{\text{Cter}}$ , 可表示为等于标称载波频率  $f_{\text{nom}}$ , 加上相对于该标称频率的偏差  $f_{0\text{ter}}$ , (即,  $f_{\text{Cter}} = f_{\text{nom}} + f_{0\text{ter}}$ ). 于是, 方程式 (1) 可表示为 :

$$[0035] f_{\text{Rsat}, i} = f_{\text{nom}} + f_{0\text{sat}, i} + f_{v\text{ter}, i} \quad \text{方程式 (2)}$$

[0036] 在由混频器 216 的向下变频, 第  $i$  个卫星的基带的信号具有 (相距 0 赫兹) 频率误差  $f_{bb, i}$ , 其可以表示为 :

$$[0037] f_{bb, i} = f_{\text{Rsat}, i} - f_{\text{Cter}}$$

$$[0038] = (f_{\text{nom}} + f_{0\text{sat}, i} + f_{v\text{sat}, i} + f_{v\text{ter}, i}) - (f_{\text{nom}} + f_{0\text{ter}})$$

$$[0039] = f_{v\text{sat}, i} + f_{v\text{ter}, i} + f_{0\text{sat}, i} - f_{0\text{ter}} \quad \text{方程式 (3)}$$

[0040] 如下文中将作进一步详所一述的那样, 由于终端的移动, 终端 110 的速度与被接收信号中的多普勒频移  $f_{v\text{ter}, i}$  相关。为了确定终端的多普勒频移,  $f_{v\text{ter}, i}$ , 等式 (3) 中的  $f_{v\text{sat}, i}$ 、 $f_{0\text{sat}, i}$  和  $f_{0\text{ter}}$  项可以估算和去除, 或可以计算出来。

[0041] 在一个实施例中, 可以估算由于卫星的运动而产生的接收信号的多普勒频移  $f_{v\text{sat}, i}$ , (例如, 通过一辅助装置, 被提供给该终端或进行计算的其它一些装置, 来估算该终端的速度和位置)。该辅助装置可以是一具有跟踪卫星和估算卫星速度和多普勒频移能力的基站。

[0042] 通常, 卫星相对于地球上一特定基准位置 (如在基站位置或终端位置) 的速度  $v_{si}$ , 是可以通过卫星星历信息而精确地确定的。此特定基准位置的准确性仅仅在一定程度上反映了卫星多普勒频移的数值。举例来说, 基准位置中一公里的误差会在卫星多普勒频移中产生小于一赫兹的误差。在这种情况下, 开始时, 可以在基站位置处估算卫星多普勒频移。如果终端位于该基站的 10 公里范围内, 则如在基站处估算的那样, 该卫星的多普勒频移, 在终端处会有小于 10 赫兹的误差, 这个误差对许多应用来说是可以接受的。以后, 只要终端位置根据现有技术中任意数量的位置测定技术可被估算出来, 则卫星多普勒频移就可在终端位置处 (而不是在基站的位置处) 被精确地估算出来。对用来估算终端速度的每个卫星, 其多普勒频移可以被估算出来。

[0043] 基带频率误差  $f_{bb, i}$ , 可以被估算出来并采用下文中详述的方式用来估算终端的速度。在一个实施例中, 基带频率误差  $f_{bb, i}$ , 可以根据用来获取和跟踪来自一发射器信号频率的一频率控制环路来估算。(由频率控制环路跟踪的) 该信号的接收频率可以从信号标称载波频率中减去, 以便为该发射器提供基站频率误差  $f_{bb, i}$ 。可以用一个频率控制环路来获取和跟踪来自每个发射器的信号。

[0044] 在另一个实施例中, 基站频率误差  $f_{bb, i}$ , 是通过在数据取样上进行信号处理来估算的。为了满足联邦通信委员会 (FCC) 对日益增长的紧急 911 (E-911) 服务所托管的要求, 终端需要在恶劣的环境 (如稠密城市区和室内) 和低信噪加干扰比 (CNR) 中工作。为了达到这个目的, 需要将接收信号对较长时间段进行相干积分, 以测定噪声时的信号。为了在更长时间内对信号进行积分从而不出现显著的信号丢失, 就必须更好地估算在终端处接收的发送信号的频率, 以便使频率误差尽可能地小。此频率误差可通过估算和去除卫星多普勒频移和载波频偏 (offset) 的方法来减少。

[0045] 在一个实施例中,卫星载波频偏  $f_{osat,i}$ ,是根据卫星发送的星历信息来估算的。被估算的卫星载波频偏  $\hat{f}_{osat,I}$ ,可以与该卫星多普勒频移的一初始估算值  $\tilde{f}_{vsat,i}$  相结合,并提供到终端 110。

[0046] 终端 110 接收(也可以是导出)卫星多普勒频移的初始估算值对基站位置的测定的)和估算卫星载波频偏  $\hat{f}_{osat,I}$ ,并将旋转器的载波信号的频率设置为这样一个频率(即,  $f_{gen,i} = \tilde{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{osat,I}$ ). 在用载波信号通过旋转器 224 进行数据取样的数字旋转后,经旋转的数据取样具有的频率误差(相对于 0 赫兹)为  $f_{rot,i}$ ,其可以表示为:

$$[0047] f_{rot,i} = f_{bb,i} - (\tilde{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{osat,I})$$

$$[0048] = f_{vsat,i} + f_{vter,i} + f_{osat,i} - f_{oter} - \tilde{f}_{vsat,i} - \hat{f}_{osat,I}$$

$$[0049] = \Delta f_{vsat,i} + f_{vter,i} + \Delta f_{osat,i} - f_{oter} \quad \text{方程式 (4)}$$

[0050] 其中,  $\Delta f_{vsat,i}$  是第  $i$  个卫星的多普勒频移初始估算值误差(即,  $f_{vsat,i} - \tilde{f}_{vsat,i}$ ) ;而  $\Delta f_{osat,i}$  是第  $i$  个卫星的载波频偏估算值的误差(即,  $= f_{osat,i} - \hat{f}_{osat,i}$ )。

[0051] 频率误差  $f_{rot,i}$  一般落在根据方程式(4)以和的形式表示的每个组成元件的一估算范围而估算得到的范围内。卫星多普勒频移  $f_{vsat,i}$  一般是 ±5 千赫的数量级上,但是,卫星多普勒频移的初始估算值误差  $\Delta f_{vsat,i}$  一般在数十个赫兹数量级上。对合理车辆速度,终端的多普勒频率漂移  $f_{vter,i}$  在 ±200 赫兹范围内,卫星的载波频偏的估算值误差可忽略不计。终端的载波频偏  $f_{oter}$  与各种因素有关。但是,如果终端振荡器锁定在基站载波频率上,且该基站又具有非常精确基频,则这一项会与  $f_{vter,i}$  具有相同的范围。因此,在这些情况下,此旋转的数据取样的频率误差  $f_{rot,i}$  在 ±500 赫兹的范围内。

[0052] 在一实例中,旋转数据取样的频率误差  $f_{rot,i}$ ,可以通过(1)粗略频率选择(2)编码相位选择和(3)精确频率选择的方法来进行估算,粗略频率选择给出该终端载波频率误的粗略估算值,使  $f_{oter}$  尽可能地小,并且可从数据样本中去除该本中去除卫星多普勒频移的初始估算值,编码相位选择确定在终端处接收到的每个发送信号的时序。该时序在此后可被用来估算与发射器的伪距,精确频率选择估算旋转器频率误差  $f_{rot,i}$ 。也可以使用其他处理次序和 / 或其它方案来推导所必须的时序和频率误差信息,这些都属于本发明的范围之内。

[0053] 为了进行编码相位的搜寻,对接收信号进行处理,以确定用来估算终端位置和速度而使用的每个发送信号的时序,由于发送信号包据可用扩展码进行扩展的数据,基带频率误差,  $f_{bb,i}$ ,是一非纯音 (non-pure tone)。该扩展码通常是一伪散机噪声 (PN) 序列,例如用于 GPC 卫星的金 (Gold) PN 码。通过使旋转的数据取样与在发射器处使用的同一扩展序列相互关联,可在终端处确定被发送信号的时序。

[0054] 具体说来,在不同的频偏(或相位)下,使旋转的数据取样与本地产生的 PN 序列相互关联,并且,每个 PN 相位对应于一种发射信号的时序假设。对于每种假设来说,可以使短的数据取样段(即,相对于基带频率误差为较短者)与该假设下的 PN 序列相互关联,并且(非相干)累加多个取样段的相互关联结果,以提供该假设下的相互关联结果。通过去除卫星多普勒频移,该旋转数据取样的频率误差被减少,并且对于相干积分可用较长的积分时间(即,较长数据段)来改善信号的检测。由于相互关联而产生的较高能量也会促进

从基带获取数据而进行的解调。

[0055] 对于精确频率搜寻阶段, 使用相干积分和非相干积分, 对各种假设进行相互关联测试, 以确定各种频偏下的能量数值。可以根据快速付里叶变换 (FFT), 或其它某种合适的旋转和累积相关技术, 来进行相干积分。具体说来可以使旋转数据取样会与一本本地产生的序列相关, 而该序列是用与将被复原的特定发送信号相关的 PN 码来编码的。对  $N_{FFT}$  段进行相关处理, 以提供  $N_{FFT}$  相关值的矢量。FFT 的输出表示数据取样与本地产生序列之间的相关强烈程度。此外, 出现最高相关值时特定频率接收器 (bin) 表示, 本地产生的序列的频率与从正被处理卫星 (即与队本地生成的序列进行编码时对所用的 PN 码相关的卫星) 的信号频率之间的频偏。具有最高能量的频率接收器产生最佳频率和编码相位假设 (即比频率接收器是该旋转数据取样的最佳频率误差  $f_{rot,i}$  估算值)。

[0056] 频率搜寻阶段提供该旋转数据取样中的频率误差  $f_{rot,i}$  的一个估算值, 该频率误差可表示为:

$$[0057] \hat{f}_{rot,i} = \Delta f_{vsat,i} + \hat{f}_{vter,i} + \Delta f_{osat,i} - f_{oter} \quad (\text{方程式 5})$$

[0058] 可通过将 (1) 卫星多普勒频移  $\hat{f}_{osat,i}$  (已在基站位置处确定) 的初始估算值; 以及 (2) 所估算的卫星载波频偏  $\hat{f}_{rot,i}$ , 与在旋转数据取样的估算频率误差  $f_{rot,i}$  相加估算基带频率误差。这可用下述方程式来表示:

$$[0059] \hat{f}_{bb,i} = \hat{f}_{rot,i} + (\tilde{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{osat,i})$$

$$[0060] = \Delta f_{vsat,i} + \hat{f}_{vter,i} + \Delta f_{osat,i} - f_{oter} + \tilde{f}_{vsat,i} + \hat{f}_{osat,i}$$

$$[0061] = f_{vsat,i} + \hat{f}_{vter,i} + f_{osat,i} - f_{oter}, \quad (\text{方程式 6})$$

[0062] 其中  $\hat{f}_{bb,i}$  是估算的基带频率误差, 在方程式 (6) 中,  $\hat{f}_{bb,i}$  可由终端来估算。可从随后针对终端位置 (一旦被测定) 更精确地来估算,  $f_{vsat,i}$  是与终端速度相关的未知量,  $\hat{f}_{vter,i}$  可以通过估算和计算得到;  $f_{osat,i}$  也可以是一个可求得的未知量。

[0063] 如上所述, 基带频率误差可以在不使用频率控制或跟踪回路的情况下进行估算。在这种情况下, 基带频率误差可通过一些 PN 相位假设和一些频率器相关进行估算, 频率发射器的大小与相干积分周期相关。较长的相干积分周期需要较小的频率接收器, 以便减少积分损失, 从而得到较高的精度。

[0064] 如果终端的振荡器被从属于或锁定于基站载波频率, 且如果通信系统的基频或者是 (1) 精确的 (从 GPS 系统或从非常精确时钟中导出); 或是 (2) 稳定但 (相对于精确源测出的) 偏离了某一已知值, 则由于该终端相对于基站的运动, 该终端振荡器频偏  $f_{oter}$  的未知部分, 与多普勒频移相对应。

[0065] 终端速度  $\bar{V}_t$  可按照下述方法, 根据所估算的基带频率误差  $\bar{f}_{bb,i}$  来进行估算。一开始, 根据 (如, 用采用编码相位搜寻而得到的 PN 偏移所标识的) 发射器发射信号的到达期间, 可以确定用于估算终端速度和位置的每个发射器 (即每个卫星和 / 或每个基站) 的伪距测量值。终端位置则可以用对发射器的伪距测量值及其位置来进行估算。可利用现有技术中已知的各种技术来进行定位。

[0066] 剩余伪距变化率, 则可根据方式 (6) 所示的估算基带频率误差推导出来。为了估算此基带频率误差, 可以在一开始, 估计因每个发射器 (例如每个卫星) 的运动而造成的多普勒频移 (如, 在基站处), 并提供终端 (或 PDE 或其它某些装置)。然后, 采用上述对每一

发射器（如每一卫星）进行位置和速度估算的方法，可以估算基带频率误差。对于上述实施例来说，可以通过确定旋转数据取样的频率误差并加回发射器多普勒频移的初始估算值来进行估算基带频率误差。对每个发射器来说，基带频率误差的估算值  $\bar{f}_{bb,j}$  可用如方程式(6)来表述为：

[0067]  $\hat{f}_{bb,i} = f_{v_{sat,i}} + \hat{f}_{v_{ter,i}} + f_{o_{sat,i}} - f_{o_{ter}}$  (方程式 7)

[0068] 其中 i 是发射器的一个指数（即， $i = 1, 2 \dots$ ）。

[0069] 终端的速度  $\bar{v}_T$ （例如，在 X, Y 和 Z 平面内）和终端载波频率  $f_{o_{ter}}$  是待求解的未知量。为了求得这些未知量，对于标称载波频率  $f_{nom}$  的（或终端或卫星振荡器频率），通过乘以  $\lambda$  估算值可以转换成速度（米 / 秒）乘以相对于标称载波频率  $f_{nom}$ （或终端或卫星振荡器频率）的波长  $\lambda$ ，可以将每一发射器的基带频率误差估算值  $\hat{f}_{bb,i}$  转换成速度（以每秒的米数为单位）。假定卫星位置是已知的，已知终端位置是如上所述被确定的，则未知量可用下述表示。

[0070]  $\hat{f}_{bb,i} \cdot \lambda = \hat{f}_{v_{sat,i}} \cdot \lambda - \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{si} + \hat{f}_{o_{sat,i}} \cdot \lambda - f_{o_{ter}} \cdot \lambda$  (方程式 8)

[0071] 其中， $\hat{f}_{v_{sat,i}}$  是经修正的（一般更精确）的卫星多普勒频移（例如，在终端位置处所确定的）估算值。

[0072]  $\bar{v}_T$  是该终端的速度向量（等求解的未知量）和

[0073]  $\bar{l}_{si}$  是从终端到卫星的单位向量（根据卫星和终端的已知座标确出）

[0074] 从方程式(7)和(8)，终端的速度可以表示为：

[0075]  $\hat{f}_{v_{ter,i}} \cdot \lambda = -\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{si}$  (方程式 9)

[0076] 第 i 个卫星的剩余伪距变化率（在已经估算和去除了卫星运动和载波频偏以后）可以表示为：

[0077]  $\dot{\rho}'_{si} = -(\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{v_{sat,i}} - \hat{f}_{o_{sat,i}}) \cdot \lambda = \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{si} + f_{o_{ter}} \cdot \lambda$  (方程式 10)

[0078] 对每个卫星的剩余伪距变化率  $\dot{\rho}'_{si}$  可以基于 (1) 估算的基带频率误差  $\hat{f}_{bb,i}$ ，(2) 该卫星多普勒频率漂移  $\hat{f}_{v_{sat,i}}$  的待修正估算值，(3) 该卫星载波频偏  $\hat{f}_{o_{sat,i}}$  和 (4) 振荡器频率的波长  $\lambda$ ，来进行测定，方程式(8)和(10)也表明，卫星的剩余伪距变化率是由于该终端多普勒频移  $f_{v_{ter,i}}$  和该终端载波频偏  $f_{o_{ter}}$  造成的。

[0079] 方程式(10)可用来各种情况下终端的速度  $\bar{v}_T$ 。举例来说，当来自卫星和基站的信号都用来进行位置和速度估算时，或者当只有来自卫星的信号用来进行位置和速度估算时，可以使用方程式(10)。同样，方程式(10)也用应用于任何产生标帧和维数。某些这类方案将在下面进一步介绍。

#### 用卫星和单一基站进行一终端的三维速度估算

[0081] 如果从服务基站发送的信号的载波频率等于标称的载波频率（或载波频偏是已知的并且是可以进行调节或计算的），则该终端处的任何振器频率误差  $f_{o_{ter}}$  将是由于该终端相对于该服务基站的运动而造成的，在这种情况下，将不需要该终端载波频率当作独立的未知量，而要把它处理成是该终端的一个函数。因此，可以在进行速度估算时，选择其中的一个未知量，并且所需的测量数也被减少一个。但是，因为靠近对基站，在进行速度计算前必须精确地知道该终端的位置。

[0082] 为了根据从卫星和一单一基站发射的信号来估算该终端的三维(3D)速度，使用

下列表达式：

- [0083]  $\bar{x} = (x \ y \ z)$  是在 ECEF( 地球中心, 地球固定 ) 帧中该终端的座标；
- [0084]  $\bar{x}_{Si} = (x_{Si} \ y_{Si} \ z_{Si})$  是第 i 个卫星在 ECET 帧中的座标；
- [0085]  $\bar{x}_B = (x_B \ y_B \ z_B)$  是该基站在 ECEF 帧中的座标；
- [0086]  $\bar{v}_T = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]$  是在 ECEF 帧中该终端地速度矢量, 其中  $\dot{x}, \dot{y}$  和  $\dot{z}$  分别是在 x, y, z 平面上终端速度；
- [0087]  $\bar{l}_{Si} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{Si}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Si}|}$  是在 ECEF 帧中表述的从第 i 个卫星位置指向到终端位置的单位矢量；
- [0088]  $\bar{l}_B = \frac{\bar{x} - \bar{x}_B}{|\bar{x} - \bar{x}_B|}$  是在 ECEF 帧中表述的从终端位置指向到基站位置的单位矢量。
- [0089]  $\dot{\rho}_{Si}$  是第 i 个卫星的剩余伪距变化率 ( 在已经估算和去除了卫星运动的影响以后 )。
- [0090] 由于存在三个未知量 ( 即  $\dot{x}, \dot{y}$  和  $\dot{z}$  ), 因而需要使用三个或更多卫星来估算终端的速度。开始时, 每个卫星的剩余伪距变化率 ( 在已经估算和去除了该卫星运动和载波频偏以后 ) 可表示为
- [0091]  $\dot{\rho}_{Si} = \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Si} - \bar{v}_T \cdot \bar{l}_B = \bar{v}_T (\bar{l}_{Si} - \bar{l}_B)$  ( 方程式 11 )
- [0092] 根据方程式 (10) 中所示的估算的基带频率误差  $\hat{f}_{bb, i}$ , 估算的卫星多普勒频移  $\hat{f}_{v_{sat}, i}$  和估算的卫星载波频偏  $\hat{f}_{C_{sat}, i}$ , 可以估算卫星的剩余伪距变化率  $\dot{\rho}_{Si}$ 。由于频率误差估算值  $\hat{f}_{bb, i}$  和  $\hat{f}_{v_{sat}, i}$  噪声造成的影响, 因而剩余伪距变化率  $\dot{\rho}_{Si}$  也受噪音造成的影响。
- [0093] 所有卫星的测量值可用来作出一组方程式, 该组方程式可表示为 :

$$[0094] \begin{bmatrix} \dot{\rho}_{S1} \\ \dot{\rho}_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x - X_{S1}}{|\bar{x} - \bar{X}_{S1}|} & \frac{x - X_B}{|\bar{x} - \bar{X}_B|} & \frac{y - Y_{S1}}{|\bar{x} - \bar{Y}_{S1}|} & \frac{y - Y_B}{|\bar{x} - \bar{Y}_B|} & \frac{z - Z_{S1}}{|\bar{x} - \bar{Z}_{S1}|} & \frac{z - Z_B}{|\bar{x} - \bar{Z}_B|} \\ \frac{x - X_{S2}}{|\bar{x} - \bar{X}_{S2}|} & \frac{x - X_B}{|\bar{x} - \bar{X}_B|} & \frac{y - Y_{S2}}{|\bar{x} - \bar{Y}_{S2}|} & \frac{y - Y_B}{|\bar{x} - \bar{Y}_B|} & \frac{z - Z_{S2}}{|\bar{x} - \bar{Z}_{S2}|} & \frac{z - Z_B}{|\bar{x} - \bar{Z}_B|} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & \\ \frac{x - X_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{X}_{Sn}|} & \frac{x - X_B}{|\bar{x} - \bar{X}_B|} & \frac{y - Y_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{Y}_{Sn}|} & \frac{y - Y_B}{|\bar{x} - \bar{Y}_B|} & \frac{z - Z_{Sn}}{|\bar{x} - \bar{Z}_{Sn}|} & \frac{z - Z_B}{|\bar{x} - \bar{Z}_B|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix}$$

[0095] ( 方程式 12 )

[0096] 为了简单起见, 定义了下述标记 :

[0097]  $\bar{M} = [\dot{\rho}_{S1} \ \dot{\rho}_{S2} \ \cdots \dot{\rho}_{Sn}]^T$  是卫星的剩余伪距变化率矢量, 其中, “T” 表示置换 ;

[0098]  $\bar{u} = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]^T$  是待求解未知量的一个矢量, 本例中是终端速度矢量。

[0099] 方程式 (10) 则可表示为 :

[0100]  $\bar{M} = Au + \bar{N}$  ( 方程式 13 )

[0101] 其中  $\bar{N}$  是噪音矢量。

[0102] 矢量  $\bar{u}$  的最小方差线性估算值可以表达为。

[0103]  $\bar{u} = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{M}$  ( 方程式 14 )

[0104] 其中,  $R_N$  是该噪音测量值的协方差矩阵。该协方差矩阵  $R_N$  通常 是根据现有技术中众所周知, 但在此不作介绍的接收器装置和系统的特定设计 ( 例如, 信号频宽, 被接收信号能量等 ) 来估算的。

[0105] 该  $\bar{u}$  的估算协方差矩阵  $R_T$  可以表达为 :

[0106]  $R_T = (A^T R_N^{-1} A)^{-1}$  (方程式 15)

[0107] 协方差矩阵  $R_T$  提供了  $\bar{u}$  的估算值 (或其质量) 的置信度。因此, 该协方差矩阵  $R_T$  可与一特定阈值作比较, 且此比较结果可用于各种目的 (例如, 来决定是否使用或抛弃  $\bar{u}$  的估算值)。

[0108] 用卫星和一单一基站来进行一终端的二维速度估算

[0109] 在多数场合下, 人们对于纵向速度是不感兴趣的。因此, 如果在与基站相关的 ENU (东, 北, 向上) 帧中进行计算的话, (在终端与基站之间的距离较小的时候, 与终端位置处 ENU 帧的轴取向几乎相同), 不估算“向上”矢量, 就可以减少未知量的个数。可以使用下列标记:

[0110]  $\vec{x}_{3D} = (x' \ y' \ z')$  是在 ENU 帧中终端的三维座标矢量;

[0111]  $\vec{x}_{Si3D} = (x'_{Si} \ y'_{Si} \ z'_{Si})$  是在 ENU 帧中第 i 个卫星的三维座标矢量;

[0112]  $\bar{x}' \ (x' \ y')$  是在与服务基站相关的 ENU 帧中该终端开头二个座标;

[0113]  $\vec{x}'_{Si} = (x'_{Si} \ y'_{Si})$  是在 ENU 帧中第 i 个卫星的二维座标矢量;

[0114]  $\bar{v}_T = (\dot{x}' \ \dot{y}')$  是在 EN (东、北) 平面 (假设为水平平面中) 内该终端速度矢量;

[0115]  $\vec{l}'_{Si} = \frac{\vec{x}' - \vec{x}'_{Si}}{|\vec{x}' - \vec{x}'_{Si}|}$  是在 ENU 帧中表述的从第 i 个卫星位置指向到终端位置的单位矢量;

[0116]  $\vec{l}'_B = \frac{\vec{x}' - \vec{x}'_B}{|\vec{x}' - \vec{x}'_B|}$  是在 ENU 帧中表述的从终端位置指向到基站位置的单位矢量;

[0117]  $\cos \vartheta = \frac{|\vec{x}' - \vec{x}'_{Si}|}{|\vec{x}'_{3D} - \vec{x}'_{Si3D}|}$  是在终端指向卫星的矢量和东北平面之间所成角度的余弦; 以及

[0118]  $\dot{\rho}'_{Si}$  是在东北平面中第 i 个卫星的剩余伪距变化量的分量 (在已经估算和去除了卫星运动和载波频偏以后)。

[0119] 由于地球地曲率, 与服务基站相关的 ENU 帧, 几乎与和终端相关的 ENU 帧是相同的 (如果该终端被假设为在该服务基站 10 公里范围内)。

[0120] 由于有两个未知量 (即  $\dot{x}'$  和  $\dot{y}'$ ), 可以使用两个或更多卫星来估算该终端的速度。每个卫星的剩余伪距变化率可以被确定为:

[0121]  $\dot{\rho}'_{Si} = (\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{Vsat,i} - \hat{f}_{Osat,i}) \cdot \lambda \cdot \cos(\theta)$  方程式 (16a)

[0122] 这种剩余伪距变化率可以如下所述的表达为该终端速度和该卫星和服务基站位置的函数。

[0123]  $\dot{\rho}'_{Si} = \bar{v}'_T \cdot \bar{l}'_{Si} - \bar{v}'_T \cdot \bar{l}'_B = \bar{v}'_T (\bar{l}'_{Si} - \bar{l}'_B)$  方程式 (16b)

[0124] 所有卫星的测量值可用来作出一组方程式, 该组方程式可用下式表示。

$$[0125] \begin{bmatrix} \dot{\rho}'_{S1} \\ \dot{\rho}'_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}'_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x' - x'_{S1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S1}|} - \frac{x' - x'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} & \frac{y' - y'_{S1}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S1}|} - \frac{y' - y'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} \\ \frac{x' - x'_{S2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S2}|} - \frac{x' - x'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} & \frac{y' - y'_{S2}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{S2}|} - \frac{y' - y'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{x' - x'_{Sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{Sn}|} - \frac{x' - x'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} & \frac{y' - y'_{Sn}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{Sn}|} - \frac{y' - y'_{B}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{B}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \end{bmatrix}$$

[0126]

方程式 (17)

[0127] 利用标记  $\bar{\mathbf{M}}' = [\dot{\rho}'_{s1} \quad \dot{\rho}'_{s1} \quad \cdots \dot{\rho}'_{s1}]^T$  和  $\bar{\mathbf{u}}' = [\dot{x}' \quad \dot{y}']^T$  方程式 (17) 可用下式来表示。

[0128]  $\bar{\mathbf{M}}' = \mathbf{A}' \quad \bar{\mathbf{u}}' + \bar{\mathbf{N}}$  方程式 (18)

[0129] 矢量  $\bar{\mathbf{u}}'$  的最小方差线性估算值可用下式表示：

[0130]  $\bar{\mathbf{u}}' = (\mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A}')^{-1} \mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \bar{\mathbf{M}}'$  方程式 (19)

[0131]  $\bar{\mathbf{u}}'$  的估算值的协方差矩阵  $\mathbf{R}_t'$  可用下式表示。

[0132]  $\mathbf{R}_t' = (\mathbf{A}'^T \mathbf{R}_N^{-1} \mathbf{A}')^{-1}$  方程式 (20)

[0133] 用卫星和多个基站进行终端的三维速度估算

[0134] 如果终端与多个基站进行通信 (如在软越区转换), 则终端振荡频率是来自这些基站的信号载波频率的加权平均值。如果加权系数在终端处是已知的, 则可以测定和计算这些基站的载波频率, 且终端处任何振荡误差  $f_{0ter}$  将是由于该终端相对于这些基站的运动而造成的。

[0135] 从第  $i$  个卫星接受到的信号的频率可以表达为如上述方程式 (2) 中所示的  $f_{Rsat, i} = f_{nom} + f_{0sat, i} + f_{Vsat, i} + f_{Vter, i}$  同样, 从第  $i$  个卫星接受到的信号的频率也可表达为相等于标称载波频率  $f_{nom}$  加上 (1) 与标称频率有关的该基站载波频偏  $f_{obs, j}$ , (2) 由于该终端相对于基站运动而产生的基站载波频率的多普勒频移 (即,  $f_{Rbs, j} = f_{nom} + f_{obs, j} + f_{Vbs, j}$ )。如果卫星基站和终端的载波频率之间的关系是已知的, 则卫星载波频偏  $f_{0sat, i}$  和基站载波频偏  $f_{obs, d}$  也是已知的并且是可以计算得到的。为简便起见, 在下面的推导中, 假设该基站载波频偏  $f_{obs, j}$  为 0。

[0136] 用系数  $\alpha_{Bj}$  被用来把基站的载波频率相组合起来, 以便得到终端的 L0 频率。定义这些系数, 并使之满足下式。

[0137]  $\sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} = 1$  方程式 (21)

[0138] 该终端振荡频率  $f_{Cter}$  则可用下式表达。

[0139]  $f_{Cter} = \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot f_{Rbs, j}$  方程式 (22)

[0140] 其中,  $N_B$  是基站的个数, 在方程式 (22) 的两边乘以  $\lambda$ , 并用  $(f_{nom} + f_{Vbs, j})$  替代  $f_{Rbs, j}$  则可以得到 :

[0141]  $f_{Cter} \cdot \lambda = \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (f_{nom} + f_{Vbs, j}) \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot f_{Vbs, j} \cdot \lambda$  方程式 (23)

[0142] 由于基站载波频率的多普勒漂移  $f_{Vbs, j}$  是由于终端相对于基站的运动而引起的, 因而可用下式来表示 :

[0143]  $f_{Cter} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj})$  方程式 (24)

[0144] 在终端处用 L0 信号进行向下变频后, 第  $i$  个卫星的基带频率误差 (即为从卫星中接收到的信号的剩余频偏可表达为

[0145]  $f_{bb, i} = f_{Csat, i} + f_{Vsat, i} + f_{Vsat, i} - f_{Cter}$

[0146]  $= f_{nom} + f_{0sat, i} + f_{Vsat, i} + f_{Vter, i} - f_{Csat}$  方程式 (25)

[0147] 在方程式 (25) 两边乘以  $\lambda$ , 可得到下式 :

[0148]  $f_{bb, i} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + f_{0sat, i} \cdot \lambda + f_{Vsut, 1} \cdot \lambda + f_{Vter, 1} \cdot \lambda - f_{Cter} \cdot \lambda$  方程式 (26)

[0149] 根据方程式 (24) 和 (26), 可得到下式 :

$$[0150] f_{bb,i} \cdot \lambda = f_{nom} \cdot \lambda + f_{Osat,i} \cdot \lambda + f_{Vsat,i} \cdot \lambda + f_{Vter,i} \cdot \lambda - \left[ f_{nom} \cdot \lambda - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj}) \right]$$

$$[0151] = f_{Osat,i} \cdot \lambda + f_{Vsat,i} \cdot \lambda + f_{Vter,i} \cdot \lambda + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj})$$

$$[0152] = f_{Osat,i} \cdot \lambda + (\bar{v}_{Si} - \bar{v}_T) \cdot \bar{l}_{Si} + \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj}) \text{ 方程式 (27)}$$

[0153] 重新整理方程式 (27), 则可以得到下式 :

$$[0154] f_{bb,i} \cdot \lambda - f_{Osat,i} \cdot \lambda - \bar{v}_{Si} \cdot \bar{l}_{Si} = \left[ \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj}) \right] - \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Si} \text{ 方程式 (28)}$$

[0155] 根据所测得的基带频偏  $\hat{f}_{bb,i}$  由于卫星运动而产生的计算频偏  $\hat{f}_{Vsat,i}$  和计算的卫星振荡偏移  $\hat{f}_{Osat,i}$ , 可以确定每个卫星的伪范围剩余变化率, 即 :

$$[0156] \hat{\rho}_{Si} = (\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{Vsat,i} - \hat{f}_{Osat,i}) \cdot \lambda$$

[0157] 根据方程式 (28), 可以看出此伪范围的变化率仅是该终端速度的一个函数, 它可用下式表达 :

$$[0158] \hat{\rho}_{Si} = \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Si} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \cdot (\bar{v}_T \cdot \bar{l}_{Bj}) \text{ 方程式 (29)}$$

[0159] 为了根据从卫星和多个基站发送的信号估算终端三维速度, 表达式采用了下述标记 :  $\bar{x} = (xyz)$  代表终端座标,  $\bar{x}_{Si} = (x_{Si} y_{Si} z_{Si})$  代表第  $i$  个卫星的座标,  $\bar{v}_T = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]$  代表终端速度,  $\bar{l}_{Si} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{Si}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Si}|}$  代表从第  $i$  个卫星到终端的单位矢量,  $\bar{l}_{Bj} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{Bj}}{|\bar{x} - \bar{x}_{Bj}|}$  代表从终端到第  $j$  个基站的单位矢量以及  $\hat{\rho}_{Si}$  代有第  $i$  个卫星的剩余伪距变化率, (所有上述定义是对三维卫星加上基站的 ECEF 帧的场合)。

[0160] 所有从卫星和基站所得的测量值可用来作出如下一组方程式 :

[0161]

$$\begin{bmatrix} \hat{\rho}_{S1} \\ \hat{\rho}_{S2} \\ \vdots \\ \hat{\rho}_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x - X_{S1}}{|x - \bar{X}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - X_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{y - Y_{S1}}{|x - \bar{X}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - Y_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{z - Z_{S1}}{|x - \bar{X}_{S1}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - Z_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} \\ \frac{x - X_{S2}}{|x - \bar{X}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - X_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{y - Y_{S2}}{|x - \bar{X}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - Y_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{z - Z_{S2}}{|x - \bar{X}_{S2}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - Z_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x - X_{Sn}}{|x - \bar{X}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{x - X_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{y - Y_{Sn}}{|x - \bar{X}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{y - Y_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} & \frac{z - Z_{Sn}}{|x - \bar{X}_{Sn}|} - \sum_{j=1}^{N_B} \alpha_{Bj} \frac{z - Z_{Bj}}{|x - \bar{X}_{Bj}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix}$$

[0162] 方程式 (30)

[0163] 为简化起见, 下列表达式定义了下述标记 :  $\bar{M} = [\hat{\rho}_{S1} \ \hat{\rho}_{S2} \ \dots \ \hat{\rho}_{Sn}]^T$  及  $\bar{u} = [\dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z}]^T$ 。方程式 (30) 则可用下式表示。

$$[0164] \bar{M} = A\bar{u} + \bar{N}$$

[0165] 矢量  $\bar{u}$  的最小方差线性估算值可以用下式表达 :

$$[0166] \bar{u} = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{M}$$

[0167] 而  $\bar{u}$  的估算值的协方差矩阵  $R^T$  可以用下式表达。

$$[0168] R_T = (A^T R_N^{-1} A)^{-1}$$

[0169] 仅用卫星对终端进行的三维速度估算

[0170] 为了仅根据从卫星发射的信号来估算终端的三维速度,采用了下述标记:  $\bar{x} = (x_{\text{xyz}})$  代表终端座标,  $\bar{x}_{\text{Si}} = (x_{\text{Si}} y_{\text{Si}} z_{\text{Si}})$  代表第 i 个卫星座标,  $\bar{v}_T = [\dot{x} \dot{y} \dot{z}]$  代表终端速度,  $\bar{l}_{\text{Si}} = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{\text{Si}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{Si}}|}$  代表从第 i 个卫星到终端的单位矢量,及  $\dot{\rho}_{\text{Si}}$  代表第 i 个卫星的剩余伪距变化率

(上面所有定义是对三维卫星加基站中 ECEF 帧的场合)。而且,由于不可能在载波频率误差和终端速度之间建立起确定的关系,用来消除作为未知量的载波频率误差,在这个例子中,该终端载波频率误差  $f_{\text{oter}}$  是一个未知量。如果载波频率和终端速度之间的关系较弱,则可用一附加的卫星测量来计算此附加的未知量。

[0171] 由于存在四个未知量(即  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$  和  $f_{\text{oter}}$ ),可以使用四个或更多个卫星来估算终端的速度,每个卫星的剩余伪距变化率可用方程式 (10) 所示那样来进行确定,即

$$[0172] \dot{\rho}_{\text{Si}} = (\hat{f}_{\text{bb},i} - \hat{f}_{\text{vsat},i} - \hat{f}_{\text{osat},i}) \cdot \lambda$$

[0173] 此剩余伪距变化率可以表达为如下所示的终端速率和卫星及服务基站的函数。

$$[0174] \dot{\rho}_{\text{Si}} = \bar{v}_T \cdot \bar{l}_{\text{Si}} + f_{\text{oter}} \cdot \lambda \quad \text{方程式 (31)}$$

[0175] 同样,根据估算的基带频率误差  $\hat{f}_{\text{bb},i}$ ,估算的卫星多普勒频移  $\hat{f}_{\text{vsat},i}$  和估算的卫星载波频率误差  $\hat{f}_{\text{osat},i}$ ,可以如方程式 (10) 那样估算卫星的剩余伪距变化率  $\dot{\rho}_{\text{osat},i}$ 。

[0176] 可以使用来自所有卫星的测量值来作出一组方程式,此组方程式可用下式表达。

$$[0177] \begin{bmatrix} \dot{\rho}_{\text{S1}} \\ \dot{\rho}_{\text{S2}} \\ \vdots \\ \dot{\rho}_{\text{Sn}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x - x_{\text{S1}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S1}}|} & \frac{y - y_{\text{S1}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S1}}|} & \frac{z - z_{\text{S1}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S1}}|} & + \lambda \\ \frac{x - x_{\text{S2}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S2}}|} & \frac{y - y_{\text{S2}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S2}}|} & \frac{z - z_{\text{S2}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{S2}}|} & + \lambda \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x - x_{\text{Sn}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{Sn}}|} & \frac{y - y_{\text{Sn}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{Sn}}|} & \frac{z - z_{\text{Sn}}}{|\bar{x} - \bar{x}_{\text{Sn}}|} & + \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ f_{\text{oter}} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ f_{\text{oter}} \end{bmatrix} \quad \text{方程式 (32)}$$

[0178] 同样,采用如下标记:  $\bar{M} = [\dot{\rho}_{\text{S1}} \quad \dot{\rho}_{\text{S2}} \cdots \dot{\rho}_{\text{Sn}}]^T$  代表剩余伪距变化率的矢量,  $\bar{u} = [\dot{x} \dot{y} \dot{z} f_{\text{oter}}]^T$  代表未知量矢量。方程式 (32) 则可表示为如方程式 (13) 所示那样,即:

$$[0179] \bar{M} = A \bar{u} + \bar{N}$$

[0180] 矢量  $\bar{u}$  的最小方差线性估算值可以表达为如方程式 (14) 所示那样,即,

$$[0181] \bar{u} = (A^T R_N^{-1} A)^{-1} A^T R_N^{-1} \bar{M}$$

[0182]  $\bar{u}$  的估算值的协方差矩阵  $R_T$  可以表达为如方程式 (15) 所示那样,即,

$$[0183] R_T = (A^T R_N^{-1} A)^{-1}$$

[0184] 仅用卫星进行终端的二维速度估算

[0185] 为了仅根据从卫星发射的信号来估算终端的二维速率,采用如下标记:  $\bar{x}' = (x' \ y')$  代表终端座标,  $\bar{x}'_{\text{Si}} = (x'_{\text{Si}} \ y'_{\text{Si}})$  代表第 i 个卫星座标,  $\bar{v}'_T = [\dot{x}' \ \dot{y}']$  代表终端速率,  $\bar{l}'_{\text{Si}} = \frac{\bar{x}' - \bar{x}'_{\text{Si}}}{|\bar{x}' - \bar{x}'_{\text{Si}}|}$  代表从第 i 个卫星到终端的单位矢量,而  $\dot{\rho}'_{\text{Si}}$  代表第 i 个卫星的剩余伪距变化率

(上面所有定义是对二维卫星加基站中 (ECEF 场合)。而且,在这个例子中,终端载波频率误差  $f_{0ter}$  是个未知量。

[0186] 由于存在三个未知量 (即,  $\dot{x}'$ ,  $\dot{y}'$  和  $f_{0ter}$ ), 可以使用三个或更多卫星来估算终端的速度。每个卫星的剩余伪距变化率可用下式来确定。

$$[0187] \dot{\rho}'_{Si} = -(\hat{f}_{bb,i} - \hat{f}_{vsat,i} - \hat{f}_{osat,i}) \cdot \lambda \cdot \cos(\theta)$$

[0188] 如下所述,此剩余伪距变化率可以表达为终端速度和卫星位置的函数。

$$[0189] \dot{\rho}'_{Si} = \bar{v}'_T \cdot \bar{l}'_{Si} + f_{0ter} \cdot \lambda$$

[0190] 可以使用来自所有卫星的测量值来作出一组方程式,此组方程式可用下式表达。

$$[0191] \begin{bmatrix} \dot{\rho}'_{S1} \\ \dot{\rho}'_{S2} \\ \vdots \\ \dot{\rho}'_{Sn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x' - x'_{S1}}{|x' - \bar{x}'_{S1}|} & \frac{y' - y'_{S1}}{|x' - \bar{x}'_{S1}|} & + \lambda \\ \frac{x' - x'_{S2}}{|x' - \bar{x}'_{S2}|} & \frac{y' - y'_{S2}}{|x' - \bar{x}'_{S2}|} & + \lambda \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x' - x'_{Sn}}{|x' - \bar{x}'_{Sn}|} & \frac{y' - y'_{Sn}}{|x' - \bar{x}'_{Sn}|} & + \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \\ f_{0ter} \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} \dot{x}' \\ \dot{y}' \\ f_{0ter} \end{bmatrix} \text{ 方程式 (33)}$$

[0192] 使用标记  $\bar{M}' = [\dot{\rho}'_{S1} \quad \dot{\rho}'_{S2} \quad \cdots \dot{\rho}'_{Sn}]^T$  和  $\bar{u}' = [\dot{x}' \quad \dot{y}']^T$  方程式 (33) 则可表达为如方程式 (18) 那样,即

$$[0193] \bar{M}' = A' \bar{u}' + \bar{N}$$

[0194] 矢量  $\bar{u}'$  的最小方差线性估算值可以表达为如方程式 (19) 那样,即

$$[0195] \bar{u}' = (A'^T R_N^{-1} A')^{-1} A'^T R_N^{-1} \bar{M}'$$

[0196]  $\bar{u}$  的估算值的协方差矩阵  $R_T'$  可以表达为如方程式 (20) 那样,即

$$[0197] R_T' = (A'^T R_N^{-1} A')^{-1}$$

[0198] 图 3 是根据来自卫星和基站的信号估算终端速度的过程 300 的实施例流程图。开始时,在步骤 312 估算终端位置,如现有技术中已知那样,根据从卫星和 / 或基站发送的信号的到达时间而推导出的伪距测量值,可以估算终端位置。在步骤 314 确定基站 (即服务基站) 的位置,而在步骤 316 确定两个或更多卫星中每个卫星的位置。卫星和基站的位置可通过如基站来测定,并被报告至进行终端速度估算的装置。

[0199] 然后,在步骤 318 对每个用来估算终端速度的卫星,确定其剩余伪距变化率。如上面所述的方程式 (10) 所描述的,根据对每个卫星估算用终端的基带频率误差  $\bar{f}_{bb,i}$ ,在终端位置处对每个卫星估算的卫星多普勒频移  $\bar{f}_{vsat,i}$  可以估算剩余伪距变化率。也可使用其它技术来估算剩余伪距变化率,这些都属于本发明的范围。

[0200] 根据终端、基站和两个或更多卫星的测定位置和对卫星测定的伪范围剩余变化率,则可作出一组方程式,此组方程式对三维 (如 ECEF) 帧可以用方程式 (12) 表示,对二维 (如东北) 帧可以用方程式 (17) 来表示。终端的速度则可根据该组记程式,即三维帧用方程式 (14) 及二维帧用方程式 (19),来进行估算。

[0201] 对于上文中所述的实施例,可以修改图 3 所示的流程图,其中,根据从卫星 (而不是从基站) 发送的信号来估算终端速度。对这些实施例而言,基站位置是不需要的,步骤 314 可以取消。而且,对三个或更多卫星的剩余伪距变化率是在步骤 318 被确定的,且该组方程式进一步包括如方程式 (30) 和 (32) 所示的终端载波频偏  $f_{0ter}$  的已知量。

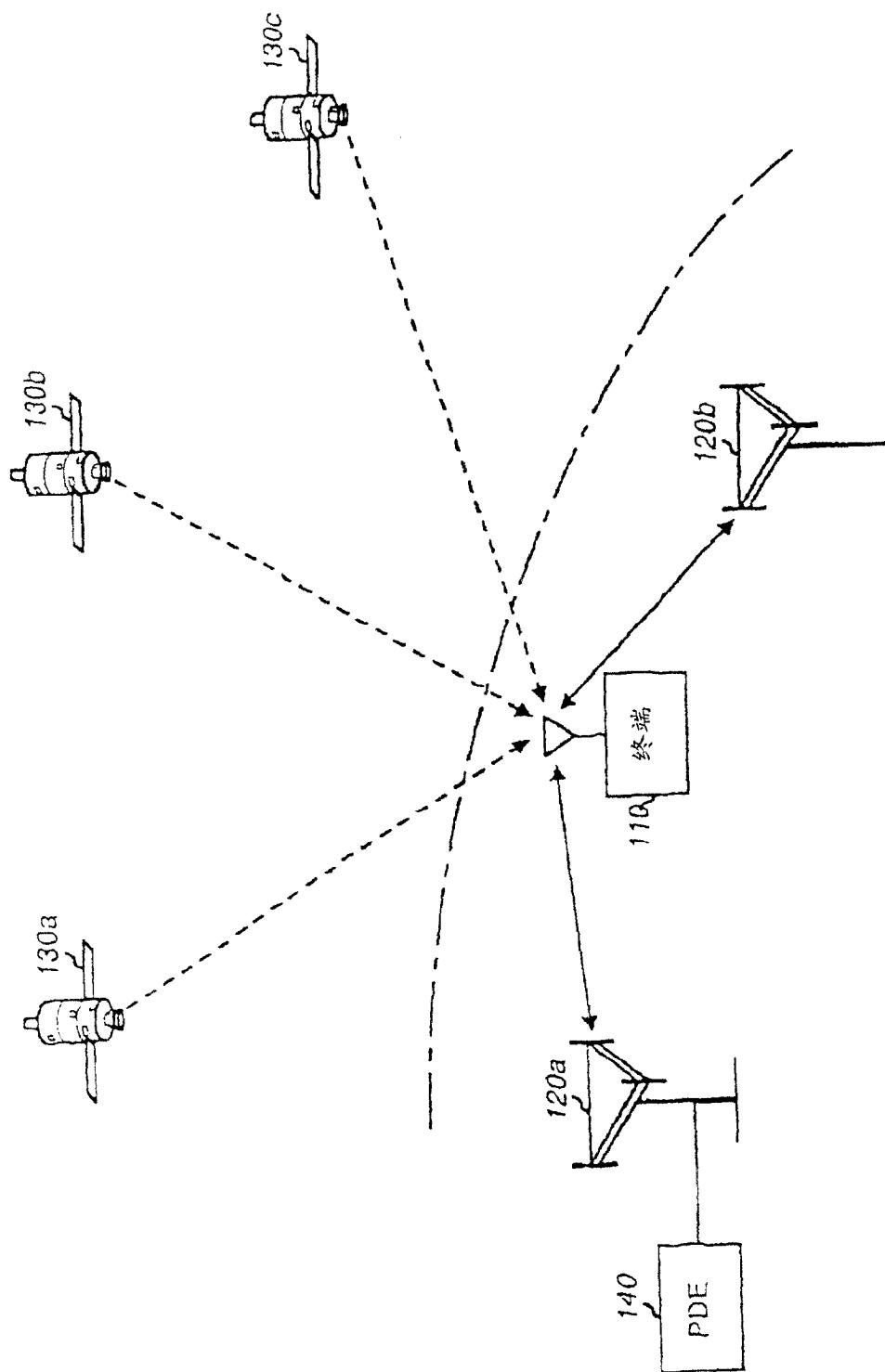
[0202] 估算终端速度的计算可以如上所述在终端,基站或其它能作出和求解合适方程式组的装置处进行。进行速度估算的装置具有所需的信息,该信息可包括(1)终端、(可能是)基站和卫星的位置,(2)对卫星的估算的基带频率误差,以及(3)卫星估算的多普勒频移,或其它等效的信息。

[0203] 本文中介绍的速度估算技术可以用各种方法来实现。例如,这些技术可以用硬件、软件或两者的结合来实现。在用硬件来实施的场合,用来估算终端速度的元件可以采用专用集成电路(ASICs)、数字信号处理(DSPs)、数字信号处理装置(DSPDs)、可编程逻辑装置(PLDs)、现场可编程门列阵(FPGAs)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、其它设计成可执行本文所述功能的电子装置或着它们的组合。

[0204] 在用软件来实施场合,速度估算技术可以用执行本文所述功能的模块(如程序、功能等)来实现。软件编码可以存储在存储装置(如图2所示的存储器242)内,并由处理器(如控制器240)来执行。存储器装置可以在处理器或在处理器外部来实现,在这种情况下,存储器可经由现在技术中各种方法与处理器通信相连。

[0205] 本文中的标题仅作参考之用,用来帮助查找某一章节。这些标题并不用来限制本章节所述的概念范围,这些概念可以用于整个说明节的其它章节。

[0206] 上述对所揭示的实施例的介绍是用来使本领域的普通技术人员来制造和使用本发明,对这些实施例的各种改进对领域的技术人员是显而易见的,本文所述的总原则可应用其它实施例中,不会超出本发明的精神和范围。因此,本发明不应局限于本文所示的实施例,而应视为与本文所揭示的原理和新特点相一致的最大范围。



1

图

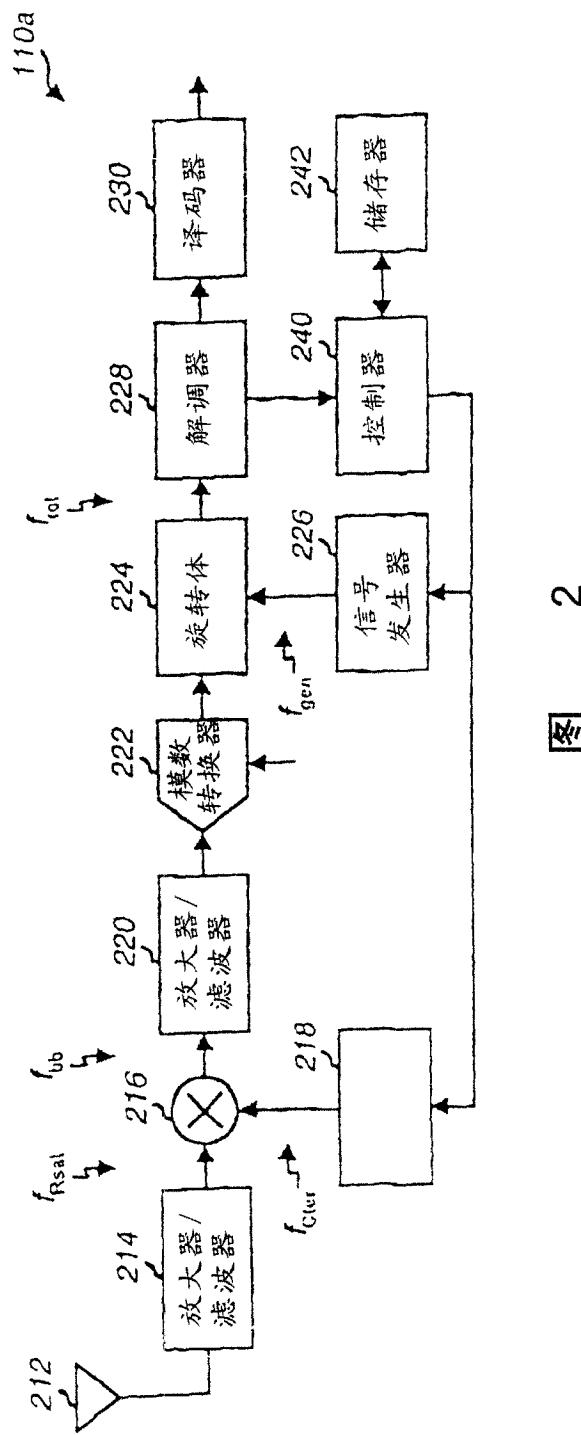


图 2

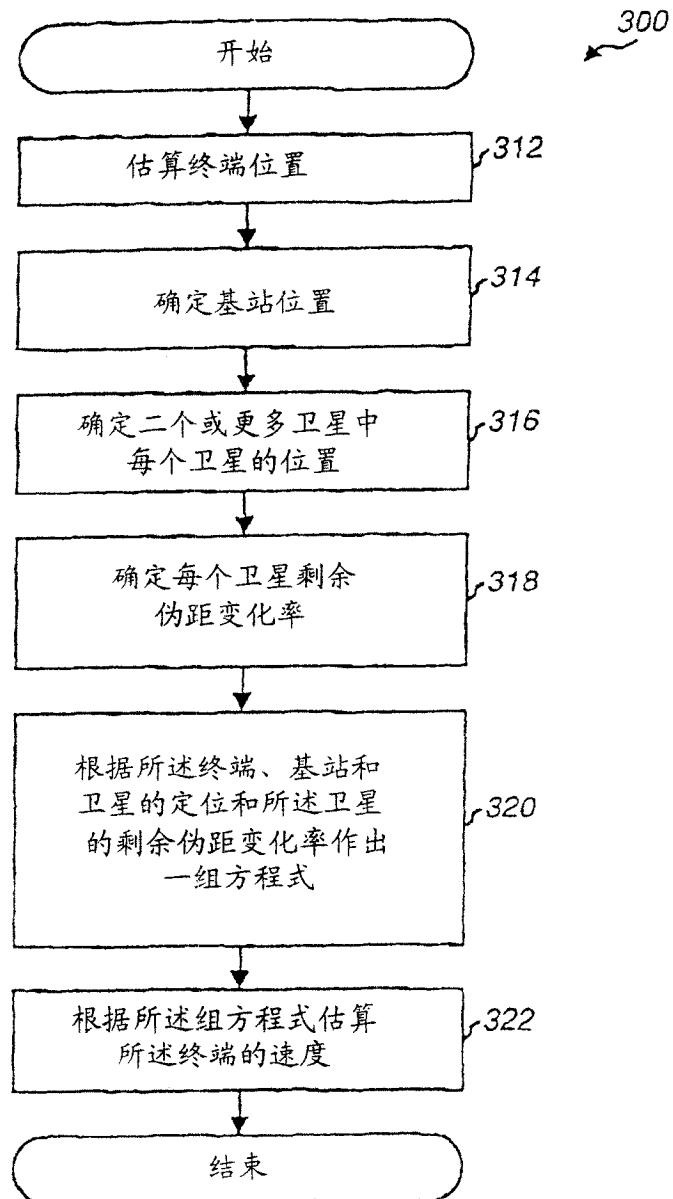


图 3