

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101604010 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 22

(21) 申请号 200910141395. 6

(56) 对比文件

(22) 申请日 2003. 12. 10

US 6208290 B1, 2001. 03. 27, 全文.

US 5623414 A, 1997. 04. 22, 全文.

(30) 优先权数据

60/433, 138 2002. 12. 13 US

10/336, 125 2003. 01. 03 US

审查员 卜广东

(62) 分案原申请数据

200380105804. 8 2003. 12. 10

(73) 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 诺曼·F·克拉斯纳

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 戴开良 王英

(51) Int. Cl.

G01S 1/02(2006. 01)

G01S 5/14(2006. 01)

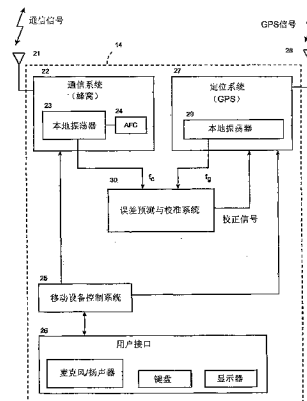
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 9 页

(54) 发明名称

用于卫星定位系统的校准和校正系统

(57) 摘要

为了在实际的移动定位系统中提供准确和快速的位置测量,对 GPS 接收机进行校准,使用锁定到外部发射信号的第一频率预测下一个时间周期中的频率误差,然后,利用 GPS 振荡器产生第二频率。为了预测下一个时间周期中的误差,进行多次相对时间的测量,进行误差估计,响应于所述误差估计的集合,近似出一个误差函数。然后,在下一个时间周期内使用该预测误差,校正 GPS 接收机。在一种实现中,公开了一种多功能便携设备,其使用多个工作在预定的理想蜂窝频率上的蜂窝基站来提供蜂窝通信,并且还使用在预定 GPS 频率上发射 GPS 信号的 GPS 卫星来提供定位。



1. 一种校准和校正移动设备中的 GPS 接收机的方法,该方法包括:
将第一本地振荡器频率锁定到接收的第一信号;
比较第一时间周期和第二时间周期内所述第一本地振荡器的频率和 GPS 本地振荡器的频率;
基于所述比较,估计所述第一时间周期和所述第二时间周期内的误差,以确定一组误差估计;
计算下一个时间间隔的误差预测值;以及
基于所述误差预测值,在所述下一个时间间隔期间,为所述 GPS 接收机中的数字本地振荡器生成校正信号;
基于所述校正信号调整所述 GPS 接收机中的所述数字本地振荡器的频率,以补偿所述 GPS 本地振荡器输出的频率中的估计的误差。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中频率锁定所述第一本地振荡器包括:
将蜂窝通信系统的参考振荡器锁定到所接收的第一信号。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中频率锁定所述第一本地振荡器包括:
将蜂窝通信系统的压控温度补偿晶体振荡器 (VCTCXO) 锁定到所接收的第一信号。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中所接收的第一信号包括:
从蜂窝基站接收的信号。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其中所述从所述蜂窝基站接收的所述信号包括:
从 CDMA 蜂窝站接收的导频信号。
6. 如权利要求 4 所述的方法,其中所述从所述蜂窝基站接收的所述信号包括:
从 GSM 蜂窝站接收的信号。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述 GPS 本地振荡器包括:
用于 RF-IF 下变频器的、且与所述 GPS 接收机中的振荡器不同的本地振荡器。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中比较所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率包括:
对所述第一时间周期和所述第二时间周期内,所述第一本地振荡器和 GPS 本地振荡器中每一个的周期数进行计数。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中比较所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率包括:
对所述第一时间周期和所述第二时间周期内,所述第一本地振荡器和 GPS 本地振荡器中每一个的零交叉点的数目进行计数。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其中比较所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率包括:
确定所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率的比值。
11. 如权利要求 1 所述的方法,其中比较所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率包括:
确定所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率之差。
12. 如权利要求 1 所述的方法,其中估计所述误差包括:
将所述第一本地振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率的频率比值与预定常数

进行比较 ;以及

确定所述预定常数和所述频率比之差。

13. 如权利要求 1 所述的方法,其中计算所述误差预测值包括:

基于所述组误差估计来近似出函数 ;以及

基于所述时间间隔和所述函数来确定所述误差预测值。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其中近似出所述函数包括:

对所述组误差估计中的误差估计进行平均。

15. 如权利要求 13 所述的方法,其中近似出所述函数包括:

利用所述组误差估计中的误差估计进行线性回归。

16. 如权利要求 13 所述的方法,其中近似出所述函数包括:

利用所述组误差估计中的误差估计计算最小均方曲线。

17. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第一时间周期包括:

多个相邻的时间周期,

其中为所述多个相邻的时间周期中的每一个获得若干单个计数。

18. 一种校准和校正移动设备中的 GPS 接收机的方法,该方法包括:

将蜂窝参考振荡器频率锁定到从蜂窝基站接收的信号;

比较第一时间周期和第二时间周期中的每一个内,所述蜂窝参考振荡器的频率和 GPS 本地振荡器的频率,以生成所述第一时间周期和所述第二时间周期中每一个内的频率测量;

基于所述频率测量,估计所述第一时间周期和所述第二时间周期内的误差,以确定一组误差估计;

基于所述组误差估计来近似出函数;

基于所述函数来计算下一个时间间隔的误差预测值 ;以及

基于所述误差预测值,在所述时间间隔期间,为所述 GPS 本地振荡器生成校正信号。

19. 一种多功能便携式设备,用于利用包括工作于预定蜂窝频率的蜂窝站的网络提供蜂窝通信,还用于利用在预定 GPS 频率发射 GPS 信号的 GPS 卫星来提供定位,该多功能便携式设备包括:

蜂窝通信系统,包括蜂窝参考振荡器,该蜂窝参考振荡器用于产生对与所述蜂窝站的网络之间的通信进行解调的频率;

GPS 系统,包括 GPS 本地振荡器,该 GPS 本地振荡器产生被耦合来处理所述 GPS 信号的频率 ;以及

连接到所述蜂窝参考振荡器和所述 GPS 本地振荡器的误差预测和校准系统,所述误差预测和校准系统比较所述蜂窝参考振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率,确定一组误差估计,使用该组误差估计来近似一个函数,使用所近似的该函数来确定下一个时间间隔的预测频率误差,使用所述预测频率误差来产生一个在下一个时间间隔被施加到所述 GPS 本地振荡器上的校正信号。

20. 如权利要求 19 所述的多功能便携式设备,其中所述误差预测和校准系统包括:

频率比较电路;

误差监视和预测电路 ;以及

频率校正生成电路。

21. 如权利要求 20 所述的多功能便携式设备,其中所述频率比较电路:

对固定的时间间隔内所述蜂窝参考振荡器和所述 GPS 本地振荡器中每一个的周期数量进行计数;以及

将所述数量提供给所述误差监视和预测电路。

22. 如权利要求 20 所述的多功能便携式设备,其中所述频率比较电路:

对固定的时间间隔内所述蜂窝参考振荡器和所述 GPS 本地振荡器中每一个的零交叉点的数目进行计数;以及

将所述数目提供给所述误差监视和预测电路。

23. 如权利要求 20 所述的多功能便携式设备,其中所述频率比较电路将所述蜂窝参考振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率之比提供给所述误差监视和预测电路。

24. 如权利要求 20 所述的多功能便携式设备,其中所述频率比较电路将所述蜂窝参考振荡器的频率和所述 GPS 本地振荡器的频率之差提供给所述误差监视和预测电路。

25. 如权利要求 20 所述的多功能便携式设备,其中所述频率校正生成电路生成校正信号作为缩放因子。

用于卫星定位系统的校准和校正系统

[0001] 本专利申请是申请日为 2003 年 12 月 10 日,最早优先权为 2002 年 12 月 13 日的第 200380105804.8 号专利申请 (PCT/US2003/039495) 的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 本申请要求 2002 年 12 月 13 日提交的美国临时专利申请 No. 60/433,138 的优先权。

发明领域

[0004] 本发明涉及一种通过使用无线信号来计算移动设备的位置的装置和方法,如 GPS 系统。

技术背景

[0005] 基于 GPS 的现有定位技术使用多个卫星的网络,这些卫星在已知时间在预定的 GPS 频率上发射信号。地面上的 GPS 接收机测量来自可被“看到”的天空中的每个卫星的信号的到达时间。信号的到达时间以及卫星的确切位置和从各卫星发射信号的确切时间被用于对该 GPS 接收机的位置进行三角测量。标准的 GPS 接收机包括本地振荡器,其用于接收来自卫星的 GPS 信号。

[0006] 对来自 GPS 卫星的信号的获取对 GPS 接收机的本地振荡器中的频率变化非常敏感。很多因素会造成使 GPS 信号的获取变得困难。以相对低的功率发射 GPS 信号,并且 GPS 卫星处于地球轨道中。在 GPS 信号到达地面之前,其起始的低功率已经被大大降低了,这使得信号非常弱。结果是,如果 GPS 接收机的本振频率即使稍微偏离 GPS 频率,那么有效地接收 GPS 信号也将变得困难且耗时。

[0007] 在很多包括 GPS 接收系统的通信系统中,存在有一个主本地振荡器,被称为“参考本地振荡器”。该参考本地振荡器的输出信号被依次馈送到一个或多个频率合成电路中,所述频率合成电路依次产生处于其他频率上的另外的信号,该另外的信号被提供给该系统中的各电路。作为一个示例,对 GPS 接收系统而言,使用其额定输出频率为 16.368MHz 的参考本地振荡器是常见的。该振荡器的输出通常被馈送给频率合成电路,该频率合成电路使用该参考频率来产生处于 1575.42MHz 附近的本振频率,随后在用于将输入 GPS 信号转换为接近基带的下变频电路中使用该本振频率。同样,该参考振荡器的输出可用于合成一个采样时钟,其频率通常为 1.023MHz 的倍数,其中,该采样时钟用作对接近基带的转换后的 GPS 信号进行采样的数字化电路的一部分。同样,在蜂窝电话接收机中,参考振荡器的振荡频率经常在 10MHz 至 20MHz 范围内(取决于设计),该振荡频率用于产生另外的频率,以对信号进行下变频和采样。

[0008] 在一些情况下,对 GPS 系统而言,采用如美国专利 No. 5,841,396、6,421,002 等中披露的频率校准方法是有利的。在一种方法中,测量蜂窝电话的本地振荡器 (VCTCXO) 的平均频率,然后,使用该平均频率来校准 GPS 接收机的振荡器的频率误差。该 VCTCXO 通常被频率锁定到非常稳定的所接收的蜂窝信号。另一种方法是将该 GPS 振荡器频率锁定到蜂窝

电话的本地振荡器。如果该蜂窝电话振荡器的短期稳定性差,那么后一种方法的性能会受到影响。此种蜂窝电话振荡器的稳定性取决于许多因素,如蜂窝电话设计和平台移动。

[0009] 所述校准方法有时会存在性能问题,包括:

[0010] (A) 由于与蜂窝电话发射机开/关相关的加热/致冷而引起的频率“竞争(racing)”问题;

[0011] (B) 还是由于与蜂窝电话发射机开/关相关的电压波动而引起的频率变化;以及

[0012] (C) 由于环境影响引起的其他加热/致冷情况。

[0013] 虽然在静止或以相对低的速度(如步行速度)移动的平台中,上述校准测量方法可以充分地工作,但是,在车用中所观察到的蜂窝振荡器的快速频率波动会导致校准性能的恶化。也就是说,由于蜂窝振荡器被频率锁定到网络,所以所接收的蜂窝信号的频率中的快速波动会导致很大的校准误差。例如,当车辆接近服务小区基站然后经过该基站时,这样的快速波动就会发生。在这个短时间内,所观察的来自该小区基站的直接导频信号的频率会在大约一秒或几秒内从大的正多普勒频率(如+100Hz)快速地变化到大的负多普勒频率(如-100Hz)。所接收的蜂窝载波频率中的快速变化,结合蜂窝电话发射机的开或关,会导致频率锁定校准方法的效率恶化。

发明内容

[0014] 为了在实际的移动定位设备中提供准确和快速的位置测量,这里描述的一种系统通过响应于锁定到外部发射信号的第一频率和 GPS 振荡器产生的第二频率预测下一个时间周期(period)中的频率误差,来校准 GPS 接收机。具体地讲,该校准系统进行数次相对时间的测量,估计每次测量中的误差,近似出一个误差函数,并预测下一个时间周期的误差。然后,在下一个时间周期中,使用该预测误差来校正 GPS 接收机。

[0015] 公开了一种使用外部发射信号(不是 GPS 信号)来校准和校正移动设备中的 GPS 接收机的方法和装置,其中该外部发射信号具有预定的精确载波频率。为了接收在预定 GPS 频率上发射的 GPS 信号,所述方法包括:响应于该精确载波频率,产生第一频率信号;以及在 GPS 接收机中产生被应用来处理 GPS 信号的第二频率信号。例如,第一频率可以是蜂窝接收机所接收的频率的分谐波,而第二频率可以由 GPS 接收机中的参考 GPS 振荡器直接产生,或者,可以由参考 GPS 振荡器得到。所述校准方法包括:估计第一时间周期中的第一和第二频率之间的误差;对于至少一个另外的时间周期,重复该误差估计步骤,以提供一个误差估计集合;响应于该误差估计集合,近似出第二频率的误差函数;以及使用该近似出的函数,预测下一个时间周期中的误差。产生一个校正信号,并且响应于该预测误差,在下一个时间周期中对该 GPS 接收机中的振荡器进行校正,以处理 GPS 信号。

[0016] 通常,所述校准方法包括:在多个时间周期内,重复测量第二和第一频率的比值,并且,对于每个时间周期,将该比值与一个预定数进行比较,以分别对每个时间周期估计误差。所述误差预测步骤通常包括:通过响应于所述误差估计集合,拟合一个数学函数,如对该误差估计集合求均值、使用该误差估计集合执行数学回归方法以产生该误差估计集合的最小均方拟合,从而确定第二频率的频率误差与时间的关系。

[0017] 在公开的一些方法中,所述校正步骤包括:校正 GPS 本地振荡器,该 GPS 本地振荡器提供第二频率以将在该 GPS 频率上的 GPS 信号转换为预定的中频。而在公开的其他方法

中,该 GPS 接收机包括数字处理系统,该数字处理系统包括数字本地振荡器,并且所述校正步骤包括校正该数字本地振荡器。

[0018] 在一种实现中,公开了一种多功能便携设备,其使用工作在预定理想蜂窝频率上的多个蜂窝基站来提供蜂窝通信,并且,还使用在预定 GPS 频率上发射 GPS 信号的 GPS 卫星来提供定位。该多功能便携设备包括:蜂窝通信系统,其包括第一本地振荡器,该第一本地振荡器产生用于对与多个蜂窝基站之间的通信进行解调的第一频率;GPS 系统,其包括第二本地振荡器,该第二本地振荡器产生第二频率以处理所述 GPS 信号;误差预测与校正系统,用于响应于在多个先前时间周期内的第一和第二频率的测量值,预测下一个时间周期中的误差,该系统还响应于该预测误差,产生下一个时间周期的校正信号;以及该 GPS 系统中的一个本地振荡器,用于接收校正信号,并与此响应,在下一个时间周期内处理所述 GPS 信号。

[0019] 附图简述

[0020] 为了更充分地理解本发明,下面参考附图,对实施例进行详细描述,其中:

[0021] 图 1 是多个蜂窝基站、GPS 卫星和一个手持诸如蜂窝电话之类的移动设备的用户的透视图;

[0022] 图 2 是一个包含有通信和定位系统的实施例中的移动设备的方框图;

[0023] 图 3 是通信系统、定位系统以及误差预测与校准系统的一个实施例的方框图;

[0024] 图 4 是通信系统、定位系统以及误差预测与校准系统的另一个实施例的方框图;

[0025] 图 5 是示出在一个实施例中被执行来预测误差并产生校正信号的一系列步骤的流程图;

[0026] 图 6A 是一个示例中蜂窝振荡器频率和 GPS 振荡器频率的典型频率变化的图示;

[0027] 图 6B 是使用图 6A 的频率观察结果的 GPS 振荡器频率与蜂窝振荡器频率的比值的图示;

[0028] 图 6C 是使用图 6B 的比值的误差估计的图示;

[0029] 图 6D 是示出根据图 6C 中的误差估计而近似出的频率校正的图示;

[0030] 图 7 是由接近即时的 +100Hz 到 -100Hz 频率跳变得到的线性斜率估计的图示;

[0031] 图 8 是示出一个其中小区基站塔距公路大约为 15 米、高度大约为 15 米的示例的线性斜率估计的图示;和

[0032] 图 9 是正态分布的随机频率数据的线性斜率估计的示意图。

[0033] 发明详述

[0034] 下面结合附图对本发明进行描述,在附图中,相同的数字表示相同或相似的部件。

[0035] 术语和字母缩写表

[0036] 在详细描述中,使用以下术语和字母缩写:

[0037] 基站:发射精确载波频率的站,比如蜂窝电话网络中的基站;

[0038] 校准:关于测量当前时间的误差和预测未来时间的误差的处理过程;

[0039] 校正:关于对在校准处理过程中预测的误差进行补偿的方法;

[0040] CDMA:码分多址;

[0041] FSK:频移键控;

[0042] GPS:全球定位系统,虽然术语 GPS 经常被采用来表示美国全球定位系统,该术语

在这里的含义和这里描述的所有装置的方法同样很好地适用于其他全球定位系统,如俄罗斯的 Glonass 系统和规划的欧洲 Galileo 系统。在一些系统中,用术语卫星定位系统 (SPS) 替换术语 GPS;

[0043] GSM:全球移动通信系统;

[0044] 移动设备:通常由其位置待确定的用户携带的如蜂窝电话之类的便携设备;

[0045] 多功能设备:具有两种或更多操作功能(如 GPS 系统和蜂窝通信系统)的设备;

[0046] 导频信号:一种信号,通常利用伪随机序列对其进行调制,该信号由蜂窝基站发射,用于与远程设备建立通信。虽然术语“导频”经常用于 CDMA 蜂窝系统的环境中,但该术语在这里同样可广泛地适用于所有其他蜂窝通信系统;

[0047] 精确载波频率:一种从外部信源发射的可高度预测、高度精确的频率,精确载波频率可以直接由外部信源发射,或者从外部信源发射的信号中获取,如美国专利 No. 6, 421, 002 中所披露的那样。

[0048] 变量表

[0049] 下表列出了这里讨论的一些变量:

[0050] 变量 描述

[0051] δf : (蜂窝或 GPS 频率的) 理想频率和实际频率之间的差值;

[0052] f_c :实际的蜂窝振荡器频率(例如第一振荡器频率);

[0053] f_{c0} :理想的蜂窝振荡器频率(例如精确载波频率);

[0054] f_g :GPS 振荡器频率(例如第二振荡器频率);

[0055] f_g^* :一个实施例中由频率合成器提供的 GPS 混合频率;

[0056] f_{g0} :理想 GPS 振荡器频率

[0057] f_1 :时间 $t = 0$ 时的初始 GPS 振荡器频率(例如 16.368MHz);

[0058] f_2 :时间 $t = 0$ 时的初始蜂窝振荡器频率(例如 19.2MHz);

[0059] R :第一和第二振荡器频率之间的测量比值;

[0060] R_0 :蜂窝振荡器频率和 GPS 振荡器频率之间的理想比值;

[0061] S :一个实施例中用作校正信号的缩放(scale)因子。

[0062] 如同背景部分所述,来自参考本地振荡器的参考频率可用于合成(或更通常地,“获取”)在该系统中使用的其他频率。为便于描述这里的一些实施例,使用术语“本地振荡器”或“振荡器”,在一个实施例中,该术语与参考本地振荡器是同义的。但是,其他实施例可以将术语“本地振荡器”或“振荡器”关联到例如经由频率合成过程从此种参考本地振荡器获取的任何振荡信号。由于此种所获取的信号的平均频率相对于参考振荡器的频率具有一种已知的关系,所以,将本发明的方法和装置应用于这些振荡器输出的任何一个中是可以理解的。因此,在本发明描述中,术语“本地振荡器”或“振荡器”被广泛地定义成包括参考振荡器或其频率是从参考振荡器获取的任何振荡器。同样,当使用术语“振荡器频率”时,所指的是参考振荡器的频率或其频率是从参考振荡器获取的任何振荡器的频率。在一种诸如蜂窝电话收发器和 GPS 接收机的组合设备之类的多功能通信设备中,可能存在有两个或多个参考振荡器,例如,一个用于蜂窝电话电路,一个用于 GPS 电路。使用术语 GPS 本地振荡器和蜂窝电话本地振荡器来在不同的振荡器链之间进行区分。

[0063] 还应当注意的是,参考振荡器的频率可以稍微变化,其中,为了补偿相对于理想频

率的各种误差,可以按照一些方式对该频率进行控制。例如,在蜂窝电话中,将压控温度补偿晶体振荡器(VCTCXO)用作频率参考是很常见的。在这里,使用补偿过程,在补偿过程中,所接收的非常稳定的蜂窝信号用于测量和校正 VCTCXO 频率中的误差。此外,温度测量电路被用于补偿由于环境稳定波动而导致的频率误差。

[0064] 概述

[0065] 如同背景技术中所述,所接收的蜂窝振荡器频率中的快速变化会导致校准方法的效率恶化,其中所接收的蜂窝振荡器频率中的快速变化与蜂窝电话发射机的开或关相一致,在所述校准方法中,使用由蜂窝系统的本地振荡器观察的外部精确载波频率来校准 GPS 本地振荡器。使用这里描述的系统,通过在足够长时间周期内观察蜂窝电话和 / 或 GPS 系统中的本振频率的频率变化,可以改善对 GPS 振荡器的校准。如同这里所述,可以定期地执行频率比较过程,其间隔可能是 0.5 至 1.0 秒,从而产生一个观察结果集合。然后,使用如线性(或更高阶)回归等曲线拟合技术,将这些观察结果(例如 10 至 20 个最新的观察结果)用来确定频率的变化率与时间的关系。该过程可以产生一个误差预测,然后将该误差预测用于校准 GPS 系统中的本地振荡器,这将消除由快速频率跳变而导致的误差,比如,当车辆中的移动设备经过小区基站时会发生的 +100 至 -100Hz 的频率跳变。

[0066] 这里披露的方法和装置可用于 GPS 振荡器频率相对于时间漂移的情形。因此,这里讨论的各种误差和校正是时间的函数,例如,作为环境温度快速改变的结果。如同这里所述,随后将多个此种测量值(至少两个)用于预测未来的 GPS 振荡器频率与时间的关系,因此可以用于对该振荡器的漂移进行校正。通常,在相对短的时间周期(如 30 秒)内,将这些漂移适当地模型化为时间的线性函数,而在更长的时间周期内,二阶曲线拟合(或更高阶的拟合)可能更合适。这里描述的对测量误差的曲线拟合可以用于对这种 GPS 振荡器漂移进行补偿。

[0067] 描述

[0068] 图 1 示出了一种可实现本发明的环境。在所示出的环境中, GPS 接收机和蜂窝电话在一个移动单元中一起实现,但是,显而易见的是,本发明也可用于其他系统中,在所述其他系统中,被锁定到一个精确载波频率的第一振荡器的频率可用于校准第二振荡器。

[0069] 图 1 是所示统称为 10 的多个蜂窝基站、统称为 11 的 GPS 卫星和一个手持移动设备 14 的用户 12 的透视图。如结合图 2 进行的更详细的描述,移动设备 14 可以包括诸如蜂窝电话之类的通信系统和诸如 GPS 系统之类的定位系统。用户 12 例如可以如图所示的步行,或者也可以在汽车中或公共交通系统中移动。

[0070] 蜂窝基站 10 包括任意数量的蜂窝基站,该蜂窝基站用作与该移动设备进行连接的通信网络的一部分。所述蜂窝基站连接到蜂窝基础结构网络(infrastructure network) 15,蜂窝基础网络 15 提供与多个其他通信网络之间的通信服务,所述其他通信网络比如是公共电话系统 16、如因特网之类的计算机网络 17 以及如 18 所示的其他通信系统。蜂窝基础结构网络通常提供通信服务,该通信服务使蜂窝电话用户通过使用电话系统 16 与另一电话连接,但是,也可以使用这些蜂窝基站与其他设备进行通信和 / 或用于其他通信目的,如与手持个人数字助理(PDA)进行因特网连接。

[0071] 在一个实施例中,蜂窝基站 10 是 CDMA 通信网络的一部分,但在其他实施例中,可以使用其他类型的通信网络,如 GSM 网络。在 CDMA 系统中,每个蜂窝基站定期地发射用于惟

一标识该蜂窝基站的伪随机序列。该伪随机序列是一系列用于锁定接收机的比特。在 CDMA 术语中,该伪随机序列被称为“导频信号”,如同这里所使用的那样,术语“导频信号”可用于任何蜂窝系统以及 CDMA 系统。例如,由 GSM 蜂窝基站提供的各种同步信号。在预定的、非常精确的频率上,从蜂窝基站发射 CDMA 和 GSM 信号,其中所述预定的、非常精确的频率提供在这里描述的一个实施例中的精确载波频率。

[0072] GPS 卫星 11 包括任意数量的卫星,它们用于对 GPS 接收机进行定位。这些卫星与基于地面的 GPS 通信系统 19 进行通信,该 GPS 通信系统 19 为 GPS 系统提供控制功能。这些卫星被同步来同时定期地发送无线信号。当 GPS 接收机检测到这些信号时,GPS 系统计算所检测到的 GPS 信号从各自的卫星传输到该接收机所需的时间量。这假设 GPS 接收机具有准确的本地时钟。但是,只要同时接收到四个或更多个此种信号,该时钟也可由所接收到的 GPS 信号自身设定。

[0073] 图 2 是包含通信系统和定位系统的移动设备 14 的一个实施例的方框图。图 2 示出了与天线 21 连接的蜂窝通信系统 22。蜂窝通信系统 22 包括用于与蜂窝基站进行通信和 / 或检测来自蜂窝基站的信号的合适设备、硬件和软件,其包括本地振荡器 23 和将本地振荡器 23 锁定到蜂窝基站频率的自动频率控制 (AFC) 系统 24。在理想情况下,该频率为 f_{c} 。如上所述,虽然在 AFC 的控制下,本地振荡器可以被锁定到所接收的蜂窝基站频率,但由于比如移动设备的移动的原因,本地振荡器产生的实际蜂窝频率 f_{c} 可能与理想的基站频率 f_{c} 不同。换言之,所发射的基站频率和实际的本振频率可能没有很好地同步。蜂窝通信系统 22 被耦合到误差预测与校准系统 30,由此允许传送诸如蜂窝本振频率 f_{c} 之类的的数据,该本振频率 f_{c} 用于误差预测,如别处详细描述。

[0074] 在一个实施例中,蜂窝通信系统 22 包括适合于与基站的 CDMA 网络进行通信的 CDMA 通信系统,但是,在其他实施例中,该蜂窝通信系统可以包括诸如 GSM 之类的另一类型的网络。

[0075] 移动设备控制系统 25 与通信系统 22 和定位系统 27 连接。该移动设备控制系统 25 包括任何合适的结构,如微处理器、存储器、其他硬件、固件和软件,以为与该控制系统 25 连接的系统提供合适的控制功能。控制系统 25 连接到用户接口 26,该用户接口 26 包括任何适合于与用户交互的组件,如键盘、用于语音通信服务的麦克风 / 扬声器以及诸如背亮式 (backlit) LCD 显示器之类的显示器。连接到定位系统 27 的移动设备控制系统 25 和用户接口 26 为 GPS 接收机提供合适的功能,如控制用户输入和显示结果。

[0076] 定位系统 27,在该实施例中为 GPS 系统,其与 GPS 天线 28 连接以接收在理想 GPS 频率或附近发射的 GPS 信号。GPS 系统 27 包括用于接收和处理 GPS 信号的任何合适的硬件和软件,并执行使用合适的定位算法来确定位置所必需的任何计算。GPS 系统的示例如图 3 和 4 所示,并参照图 3 和图 4 进行描述。在 Norman F. Krasner 的美国专利 No. 5, 841, 396、6, 002, 363、6, 421, 002 中公开了 GPS 系统的其他示例。GPS 系统 27 包括一个或多个本地振荡器 29,所述本地振荡器 29 用于对来自 GPS 卫星的 GPS 信号进行下变频。

[0077] GPS 系统 27 被耦合到误差预测与校准系统 30,由此可以用于传送诸如 GPS 振荡器频率 f_{g} 之类的的数据。如同本说明书中其他地方详细描述的那样,将 GPS 振荡器频率 f_{g} 与蜂窝振荡器频率 f_{c} 一起使用,进行误差预测并产生一个校正信号,该校正信号被提供给 GPS 系统 27。

[0078] 现在参考图 3, 在图 3 中示出了定位系统 27a、通信系统 22a 和误差预测与校准系统 30a 的一个实施例。通过向前面讨论的参考标记附加一个小写字母 (如向“21”附加“a”构成“21a”) 来指定前述部件的实现。

[0079] 通信系统 22a 包括一个具有一个 AFC 电路的无线调制解调器 32, 该 AFC 电路频率锁定到所接收的通信信号, 从而提供线路 33 上的蜂窝振荡器频率输出 f_c , 该蜂窝振荡器频率输出 f_c 被提供给误差预测与校准系统 30a。

[0080] 在该实施例中的定位系统 27a 包括 GPS RF-IF 下变频器 34, 该 GPS RF-IF 下变频器 34 接收 GPS 信号并将其转换为线路 35 上的处于中频 f_{IF} 上的信号。将中频 (IF) 信号提供给模 / 数转换器 36, 然后, 将该数字输出提供给 GPS 数字处理系统 37, GPS 数字处理系统 37 用于接收该数字信号并以一种方式对其进行处理, 从而提供定位信息。

[0081] RF-IF 下变频器 34 将所接收的 GPS 信号与频率合成器 38 提供的合成频率 f_g^* 组合。下变频器中的组合处理的结果是一个处于中频 f_{IF} 上的信号。例如, 如果期望的是 IF 为 0, 那么该频率合成器必须提供一个与所接收的 GPS 信号的频率相等的频率。但是, 如果频率合成器提供的合成频率 f_g^* 不等于所接收的 GPS 信号的频率, 那么中频 f_{IF} 就不为 0, 而是有一定量的差别。如果中频 f_{IF} 与预期的 GPS 频率差别足够大, 那么获取 GPS 信号可能非常困难或者甚至不可能。

[0082] GPS 本地振荡器 39 被耦合来向频率合成器 38 提供 GPS 本振频率 f_g , 频率合成器 38 合成本振频率 f_g 以提供合成频率 f_g^* , 随后该合成频率 f_g^* 被下变频器 34 利用来处理 GPS 信号。由于合成频率 f_g^* 确定中频 f_{IF} , 并且该合成频率是由 GPS 振荡器频率 f_g 合成的, 所以, GPS 振荡器的本振频率 f_g 中的任何变化都会影响中频 f_{IF} 。由于乘法器特征, 该效果可能非常显著: 典型的频率合成器可能将本振频率乘以 100 倍或更多。因此, 本振频率 f_g 中的任何误差将被放大来提供 f_g^* , 并且, 该放大的误差会使中频 f_{IF} 与其预期值明显不同。

[0083] 为了观察和预测本地振荡器中的误差并相对于 GPS 信号来对 GPS 接收机进行校准, 误差预测与校准系统 30a 通过线路 40 从 GPS 本地振荡器 39 接收 GPS 本振频率 f_g , 并且还接收线路 33 上的蜂窝振荡器频率。频率比较电路 41 监视该两个频率, 并定期将其测量值提供给后续电路, 例如, 该频率比较电路可以在固定时间间隔内计数这两个频率中每个频率的周期数目, 并将这些数目直接提供给作为时间函数的误差的监视与预测系统 42。可选地, 频率比较电路 41 可以计数零交叉点 (zero crossing) 的数目, 它等于周期数目的 2 倍, 并且由于比较次数翻倍, 所以准确度将改善。可以以任何合适的形式来周期性地提供所计数的数量, 所述合适的形式例如是原始计数 (raw count)、该两个频率之间的比值或者频率差 δf 。也可以使用各种频率比较方法, 比如使用频谱分析方法的哪些方法, 比如快速傅立叶变换方法等。

[0084] 作为时间函数的误差的监视和预测系统 42 被耦合到频率比较电路 41, 以接收这两个频率的测量值。通常, 定期进行测量和提供测量值, 如每半秒或每 1 秒。作为时间函数的误差的监视和预测系统 42 包括任何合适的硬件或软件, 并且可以包括模拟或数字设备。例如, 可以通过包括微处理器、存储器、固件和 / 或软件来数字地实现系统 42, 以提供其预期的功能。如参照图 5 至 9 进行的更详细讨论, 例如, 误差监视系统接收频率测量值, 估计并存储每个测量的误差, 然后响应于一个误差估计集合来确定一个数学函数。根据该函数, 以任何合适的形式计算下一个时间间隔的误差预测值。

[0085] 将该误差预测值提供给频率校正产生电路 43, 频率校正产生电路 43 产生在线路 44 上的校正信号。在一个实施例中, 校正信号的形式为缩放因子 S 。将校正信号提供给 GPS 本地振荡器 39, GPS 本地振荡器 39 响应于此来调整输出的 GPS 本振频率 f_g , 从而校正预测误差。

[0086] 现在参考图 4, 图 4 例示了定位系统 27 和误差预测与校准系统 30 的另一个实施例。在图 4 中, 很多组件与图 3 中的组件相似, 但是, 替代如图 3 所示将校正信号提供给 GPS 本地振荡器 39, 将线路 45 上的校正信号提供给数字处理系统 37a 中的数字振荡器 46。在图 4 中, 数字处理系统 37a 包括与数字振荡器 46 耦合的数字下变频器 47, 以协助 GPS 下变频器 34 解调 GPS 信号。数字下变频器 47 从模 / 数转换器 35 接收数字信号, 利用数字振荡器 46 的频率对其进行数字化组合, 并产生处于数字中频 f_{IFD} 上的转换后的数字化信号。然后, GPS 数字处理系统 48 接收转换后的数字化信号, 试图获取其中所包含的 GPS 信号, 并对其进行处理。

[0087] 应当注意的是, 在图 4 的实施例中, GPS 本地振荡器 39 没有被耦合到误差校正电路 30b, 并且因此没有锁定到蜂窝振荡器频率。相反, GPS 本地振荡器被允许有正常的频率变化, 该频率变化具有改变来自 GPS 下变频器的信号的中频 f_{IF} 的效果。使用数字本地振荡器 46 和数字下变频器 47, 将中频 f_{IF} 转换为一个新的频率 f_{IFD} , 其响应该校正信号来校正中频 f_{IF} 中的误差。因此, 在图 4 的实施例中, 校正信号在形式上可以不同于图 3 的实施例中的校正信号, 因为它们用来控制不同的元件。此外, 除误差校正调整之外, 任一实施例中的校正信号可以包括其他合适的调整。

[0088] 现在参照图 5, 图 5 例示了本发明一个实施例中的被执行来预测误差和产生校正信号的一系列步骤的流程图。参照图 5 的下面讨论用来提供误差预测和校正方法的概述。在其他地方还详细描述了该方法的各个方面, 如参考图 6A 至 6D、7、8 和 9。

[0089] 在 51 中, 开始一个观察时间间隔 (周期)。

[0090] 在 52 中, 观察 GPS 振荡器和蜂窝本地振荡器的频率。在一个实施例中, 通过比较这两个频率之间的差别, 来观察 GPS 振荡器和本地振荡器的频率。在另一个实施例中, 比较这两个频率的比值。

[0091] 在 53 中, 在观察间隔结束时, 进行频率测量。例如, 如果该观察涉及观察 GPS 振荡器信号和本地振荡器信号之间的频率比值, 那么, 将该间隔内观察的平均频率比值 (比如通过计算) 作为测量值。然后, 观察过程返回到 51, 以开始下一个间隔并重复每个后续周期的观察和测量。通常定期进行测量, 例如每 0.5 秒到 2 秒的间隔。

[0092] 在 54 中, 频率测量被用来估计其各个时间周期的频率误差。54 中的频率误差估计过程包括将该周期内的频率比值与一个预定常量进行比较, 例如, 由于 GPS 和理想蜂窝频率的比值是一个预定常量 R_0 , 所以, 通过考虑预定常量和这两个频率之间的观察比值之间的差值, 可以估计测量误差。

[0093] 在 55 中, 在已经估计误差之后, 将误差存储到一个合适的位置中, 比如以数字方式实现的存储器。例如, 误差监视系统 42 (图 3 和 4) 可以包括一个数据库, 用于存储多个时间周期的误差估计的相关信息。

[0094] 在 56 中, 选择一个误差估计集合, 以便为下一步骤提供数据, 该下一步骤是函数近似步骤。可以预先选择该集合, 使其包括多个最新的误差估计, 如最新的 10 到 20 个误差

估计。

[0095] 在 57 中,使用该误差估计集合来近似一个函数。例如,可以使用以下方法来近似出一个数学函数:比如对所述集合中的所述误差估计求均值;使用所述集合中的误差估计来执行线形回归法;或者,使用所述集合中的误差估计来计算最小均方曲线。

[0096] 在 58 中,使用该近似函数,确定下一个时间间隔的预测频率误差。例如,可以直接使用该近似函数来预测下一个时间间隔中的频率误差。

[0097] 在 59 中,使用所预测的频率误差,产生一个在下一个时间间隔被施加到合适的本地振荡器上的校正信号。例如,在图 3 的实现中,校正信号被提供给 GPS 本地振荡器 39,在图 4 的实现中,校正信号被提供给数字本地振荡器 46。

[0098] GPS 振荡器和蜂窝电话主振荡器中的频率误差

[0099] 现在参考图 6A、6B、6C 和 6D。下面对两种情况下的频率误差进行分析:对于情况 1,平台移动的影响被假设为最小,并且基站发射机载波频率的精确度被假设为近乎理想,正好被蜂窝电话振荡器跟踪;情况 2 的不同之处在于,假设蜂窝电话振荡器中存在变化。

[0100] 为便于参考,被频率锁定到所接收的蜂窝电话信号(或信号)的振荡器被称为蜂窝电话主振荡器,其频率被称为“蜂窝参考”或“蜂窝振荡器”频率,用于驱动 GPS 电路的振荡器被称为“GPS 参考”或“GPS 振荡器”。

[0101] 图 6A 是在一个示例中在紧张情况(stressed condition)下蜂窝振荡器频率和 GPS 振荡器频率的典型频率变化的图示。如图 6A 所示,蜂窝振荡器频率 f_c 从其初始值 f_2 开始增加,与此同时,GPS 振荡器频率 f_g 从其初始值 f_1 开始增加,但速率更快。这是很典型的,因为主要的频率误差经常存在于 GPS 振荡器而非蜂窝振荡器中。

[0102] 图 6B 是使用图 6A 的频率观察结果的 GPS 振荡器频率与蜂窝振荡器频率的比值与时间的关系的图示。从中可以看出,该比值是这两个频率的函数,但通常由 GPS 振荡器频率起主导作用。尽管将该比值表示为 GPS 振荡器频率除以蜂窝振荡器频率,但也可以使用其倒数(即蜂窝振荡器频率除以 GPS 振荡器频率)。在其他地方还提供了有关频率测量和比值计算的详细讨论。

[0103] 图 6C 是使用图 6B 中的比值的误差估计的图示。在图 6C 中,在每 1 秒间隔的中点执行误差估计。在其他实施例中,其他合适的点可用于误差估计。此外,在一些实施例中,可以使用频率测量和 / 或误差校正来计算校准校正的集合,然后在曲线拟合过程中用它来近似出一个函数。

[0104] 图 6D 是根据图 6C 中的误差估计近似出的频率校正曲线的图示。下面将更详细地描述一个用于产生该频率校正曲线的过程。应当注意的是,y 轴的单位是无量纲的“GPS 振荡器频率校正因子”,这是提供给 GPS 振荡器频率的一个缩放因子,用于补偿其误差。

[0105] 情况 1:理想的蜂窝振荡器、非理想的 GPS 振荡器

[0106] 假设锁定到蜂窝基站的移动振荡器(蜂窝振荡器)具有第一频率 f_c 并且用于驱动 GPS 电路的移动振荡器(GPS 振荡器)具有第二频率 f_g 。假设写成:

$$[0107] \quad f_g = f_{g0} + \delta f \quad (1)$$

[0108] 其中, f_{g0} 为理想的 GPS 频率,这是期望的 GPS 振荡器频率, δf 被定义为理想 GPS 频率和实际 GPS 振荡器频率之间的差值。图 6A 示出了蜂窝振荡器频率和 GPS 振荡器频率的一个示例。

[0109] 理想 GPS 频率相对于理想的蜂窝频率具有特定的比值：

$$[0110] \quad R_0 = f_{g0}/f_{c0} \quad (2A)$$

[0111] 如果假设蜂窝振荡器频率 f_c 是理想的（即假设 $f_c = f_{c0}$ ），则：

$$[0112] \quad R_0 = f_{g0}/f_c \quad (2B)$$

[0113] 图 6B 示出了使用图 6A 中的观察结果计算的比值的一个示例。在其他实施例中，也可以采样类似的处理，其中，测量蜂窝振荡器频率与 GPS 参考振荡器频率的比值，即，计算值 f_c/f_g ，而非 R （参见 (3)）。

[0114] 在一个示例中，所期望的 GPS 振荡器频率 f_{g0} 可能是 16.368MHz，而 f_c （理想的）可能是 19.2MHz，在这种情况下， $R_0 = 0.8525$ 。图 6C 是通过产生比值来示出连续间隔的误差测量的图示：

$$[0115] \quad R = f_g/f_c = (f_{g0} + \delta f)/f_c = R_0 + \delta f/f_c \quad (3)$$

[0116] 由于已知 R_0 ，所以可以将其从该比值中减去（如下所述，例如通过使用频率计数型操作来测量该比值），剩下误差比值 $\delta f/f_c$ 。当然，在知道 f_c 后，就可以确定 δf 。

[0117] 在一个实施例中，为了校正 GPS 误差，可以以一个能产生频率 f_{g0} 的量对 GPS 振荡器频率 f_g 进行缩放，也就是说，希望找到一个缩放因子 S ，其为 $S = f_{g0}/f_g$ 。然后，该缩放因子被计算为：

$$[0118] \quad S = f_{g0}/f_g = f_{g0}/(f_{g0} + \delta f) = 1/(1 + \delta f/f_{g0}) = (1 - \delta f/f_{g0} - (\delta f/f_{g0})^2 - \dots) \quad (4)$$

$$[0119] \quad \approx (1 - \delta f/f_{g0})$$

[0120] 其中，后面的近似值遵循这样的事实：该振荡器频率中的微小误差通常非常小（在 10 和 100PPM 之间）。在一个示例中对其进行计算，如图 6D 所示。我们发现，出于实际应用的目的，GPS 频率的修改是因子 $(1 - \delta f/f_{g0})$ 。应当注意的是，缩放因子校正的符号与误差比值校正相反（参见等式 (3)）。

[0121] 情况 2：非理想的蜂窝振荡器和 GPS 振荡器

[0122] 这里，对于 GPS 振荡器，我们写成：

$$[0123] \quad f_g = f_{g0} + \delta f_g$$

[0124] 对于蜂窝振荡器，我们写成：

$$[0125] \quad f_c = f_{c0} + \delta f_c$$

[0126] 其中， f_{g0} 和 f_{c0} 是理想的 GPS 振荡器频率和蜂窝振荡器频率， δf_g 和 δf_c 是各振荡器中存在的误差。

[0127] 通常，这些误差是作为时间的函数而变化。在进行如上述情况 1 的分析之后，得到这两个频率的比值为：

$$[0128] \quad R = f_g/f_c = (f_{g0} + \delta f_g)/(f_{c0} + \delta f_c) = f_{g0}/f_{c0} (1 + \delta f_g/f_{g0}) / (1 + \delta f_c/f_{c0})$$

$$[0129] \quad \approx R_0 (1 + \delta f_g/f_{g0}) (1 - \delta f_c/f_{c0})$$

$$[0130] \quad \approx R_0 (1 + \delta f_g/f_{g0} - \delta f_c/f_{c0}) \quad (5)$$

$$[0131] \quad = R_0 + \delta f_g/f_{c0} - \delta f_c f_{g0}/f_{c0}^2$$

[0132] 其中，我们忽略了更高阶项，因为 $\delta f_c/f_{c0}$ 和 $\delta f_g/f_{c0}$ 很小，所以这种忽略是有效的。查看 (5)，发现与 (2) 基本相同，区别在于最后一项 $-\delta f_c f_{g0}/f_{c0}^2$ ，因为我们假设 δf_c 不是 0，所以最后一项不为 0。我们还看到，蜂窝振荡器误差相对于 GPS 振荡器误差的影响的

比值与这两个误差的比值成正比,即与 $\delta f_c / \delta f_g$ 成正比。因此,例如,如果蜂窝振荡器误差(用 Hertz 表示)为 GPS 振荡器误差的 10% 并且这两个标称振荡器频率相同,那么,蜂窝振荡器误差的影响将是由于 GPS 振荡器自身导致的影响的 1/10。

[0133] 当通过使用一个仅基于 (5) 的右侧的前两个量的公式来补偿 GPS 振荡器误差时,将会出现误差。也就是说,由于通常无法测量 δf_c , 因此假设它是 0 (尽管在某些情况下,长期平均会导致该量中的短期变化非常小)。如果 δf_c 为 0, 与 (4) 类似, 对于这种情况的校正缩放因子的计算将是 $(1 - \delta f_g / f_{g0})$ 。但是,从 (5) 可以看出,残留误差(减去 R_0 之后)是 $+\delta f_g / f_{c0} - \delta f_c f_{g0} / f_{c0}^2$, 而不是量 $+\delta f_g / f_{c0}$ 。因此,我们应用的是不正确的缩放因子 $(1 - \delta f_g / f_{g0} \delta f_c / f_{c0})$, 而不是正确的缩放因子 $(1 - \delta f_g / f_{g0})$ 。因此,最后一项是误差项。该量的该误差项与第二项的比值为 $-(\delta f_c / \delta f_g) (f_{g0} / f_{c0})$ 。通常,后一项大约为 1, 因此,误差比值 $-(\delta f_c / \delta f_g)$ 确定补偿过程之后得到的残留误差。

[0134] 频率测量

[0135] 在一个实施例中,使用频率计数型处理来计算频率比值,其中,将蜂窝振荡器用作“时间基准 (timebase)”,将 GPS 振荡器用作待计数的频率。通常情况下,计数该时间基准的固定数量的周期,以产生一个时间间隔。

[0136] 例如,如果蜂窝振荡器频率标称为 19.2MHz, 那么,计数 19.2 百万个周期将产生 1 秒的时间间隔。在此时间间隔内,计数周期的数目或 GPS 振荡器的零交叉点的数目。在这 1 秒内计数的 GPS 振荡器周期的数目与 GPS 振荡器频率成正比。实际上,对于该具体示例,在 1 秒间隔内计数的周期数目是以 HZ 计量的 GPS 振荡器频率的估计。因为在任何间隔内零交叉点大约为完整周期的两倍,所以对该振荡器的零交叉点进行计数能够提供改进的精确度。

[0137] 上述的一种替代方法是将 GPS 振荡器用作时间基准,即产生计数间隔,然后计数该蜂窝振荡器的零交叉点或周期的数目。显然,该比值与 GPS 振荡器频率的频率倒数成正比,即与 GPS 振荡器频率的周期成正比。该方法也被称为倒数计数法,或倒数法,而前一种方法则被称为直接法。

[0138] 当 GPS 振荡器频率超过蜂窝振荡器频率时,直接计数法通常优于倒数计数法,相反,当蜂窝振荡器频率超过 GPS 振荡器频率时,倒数计数法通常优于直接计数法。

[0139] 在另一个实施例中,可以得到计算频率比值的更精确的方法,代价是更加复杂。在上述计算过程中误差的一个主要来源是由于以下事实:一个时间间隔内振荡器的计数数目是以一个周期或半个周期为单位来进行量化的,这取决于使用的方法。可以采用几种方法来降低这种时间量化的影响。在一种方法中,取代在一个时间周期 T 内执行单频率计数处理,在每个相邻的时段 T/M 内执行一次,共执行 M 次计数处理而不停止计数器。这 M 个间隔中每一个间隔的计数数目将被获取,并且可用一个线性回归过程(假设频率漂移是线性的)来对该数目集合进行拟合,以确定该频率的最小均方拟合。相对于使用长度为 T 的时间间隔的处理,该方法将由于量化(甚至其他噪声源)而引起的 RMS 误差降低一个大约等于 $M^{1/2}$ 的量。

[0140] 在另一个实施例中,可以将来自待测量的频率源的时钟作为模拟信号处理,并由该时间基准确定的时间对其进行采样(例如,在等于该时间基准的 N 个时钟周期的时间)。对如此获得的数据进行傅立叶分析,在与该参考时钟的频率处相关的频率上产生一条

谱线。可以使用各种插入技术对该频率进行精确的估计。该方法还提供高于单间隔计数法的改善的性能。

[0141] 也可以使用其他频率估计方法,但最终结果是对蜂窝振荡器和 GPS 振荡器的频率比值进行估计。

[0142] 用于近似函数的线形回归示例

[0143] 下面是近似出频率误差与时间的函数的方法的一个示例。例如,可以定期地执行频率校准处理,可能以 1 秒的间隔。使用线形(或甚至更高阶)回归,将误差估计集合用于确定频率变化率与时间的关系曲线,这将趋向于消除快速的频率跳变,如驾车经过蜂窝基站时发生的 +100- 至 -100Hz 的频率跳变。

[0144] 如果最近的 m 个误差估计包括用于确定频率漂移分布图(profile)的集合,那么,在一个示例中,如下给出对线形漂移的最小均方误差拟合:

$$[0145] \quad \hat{f}_1 = \frac{\sum_n y_n (n - \bar{n})}{\sum_n n (n - \bar{n})} \quad (6A)$$

$$[0146] \quad \hat{f}_0 = \bar{y} - \hat{f}_1 \bar{n} \quad (6B)$$

[0147] 其中, y_n 是 M 个频率测量值的集合,每个测量值的方差为 σ^2 , n 为测量次数, \hat{f}_1 是相对于时间特性的线形频率的估计, \hat{f}_0 是与该 m 个频率测量值中的第一个测量值对应的频率的估计。上划线表示对应量的均值。如果存在随机 RMS 误差 / 幅度测量值 σ , 则 (6) 的测量均方误差为:

$$[0148] \quad \text{Var} \hat{f}_1 = \frac{\sigma^2}{\sum_n (n - \bar{n})^2} \quad (7A)$$

$$[0149] \quad \text{Var} \hat{f}_0 = \frac{\sigma^2}{m} \quad (7B)$$

[0150] 在一个多模式设备的实施例中,测量的量化步长是所提供的校正信号(例如,来自蜂窝振荡器)的 1/2 周期。如果该信号为 19MHz,那么,1 秒测量间隔的量化步长为 $1/38e6 = 2.6 \times 10^{-8}$ 。如果在该步长上误差均匀分布,那么,1 秒测量间隔的频率中的 RMS 误差只有 $2.6 \times 10^{-8} / \sqrt{12} = 7.6 \times 10^{-9}$,这对应于 GPS L1 频率上的 12.0Hz。从 (7B) 可以看出,如果处理 12 个这样的测量值,那么 RMS 频率误差将大约是 3.45Hz。此外,从 (7A) 得到频率斜率的误差为 RMS 误差 / 测量值的 0.084 倍,或 $0.084 \times 7.6 \times 10^{-9} = 6.35 \times 10^{-10}$ Hz/秒。这对应于 GPS L1 频率上的大约 1.0Hz/秒。显然,使用 12 个测量值的校准方法可以产生较好的频率斜率测量。我们发现,该校准方法本身足以提供确定频率偏移和 GPS 振荡器改变率所需的频率测量精确度。在线形斜率模型不能提供精确拟合的情况下,二次斜率拟合通常是合适的。具体而言,在那些情况下,替换 (6) 的二次回归法会工作得更好。

[0151] 当然,在一些实施例中,上述误差可能主要由蜂窝振荡器而非 GPS 振荡器中的误差决定。但是,对于 CDMA 系统,蜂窝振荡器跟踪一个蜂窝信号,该蜂窝信号基本上实现与铯标准相称的长期稳定性。在 GSM 系统中,蜂窝信号也非常稳定,同步于一个高质量的 TCXO。通常,蜂窝振荡器中的误差的主要来源是与平台移动相关联的。

[0152] 这里描述的方法的一个优点在于,正常的频率变化通常由与该车辆移动相关联的多普勒频率限制来界定。因此,下面的讨论将分析平台移动对估计的不利影响。

[0153] 在一些情况下,当使用如上面讨论的线形回归方法时会出现问题。假设未校正的 GPS 本地振荡器表现出频率误差与时间的关系曲线为线性。如果某人在 M 个时间周期的时间内观察该误差,那么,得到的校正将是一个常量加上一个时间的线形函数。因此,在时间周期 $M+1$,校正后的 GPS 本地振荡器将表现出非常小的误差。所以,如果某人然后使用前面 M 个时间周期的误差(包括在时间周期 $M+1$ 的微小误差)来执行线形回归,则会得到错误的结果。该问题的一个解决办法是,对于每个时间周期 ($M+1$ 、 $M+2$ 等),计算在不进行频率校正时存在的 GPS 本振频率。由于只需要累加 GPS 本振频率校正的集合,然后将它们从当前振荡器设定中减去,以得到未校正的频率,所以这是非常容易理解的。然后,将这些未校正频率应用于线形(或更高阶)的回归过程中。避免上述影响的其他方法为基于闭环校正过程的方法,其中,当前测量误差的一部分被馈送到一个滤波器,其中该滤波器的输出表示对该振荡器控制的当前校正。

[0154] 由于移动引起的跟踪误差

[0155] 现在结合图 7、8 和 9,说明对在使用这里描述的误差校准方法的环境中的车辆移动进行的分析。运动应当只是车辆速度的结果;在步行速度下,如 1.0 米/秒,L1 频率上的最大多普勒频率只有 5.3Hz,并且,明显的加速是不常见的。这样小的多普勒频率对跟踪性能的影响可以忽略不计。

[0156] 由于车辆靠近蜂窝塔引起的快速频率跳变

[0157] 图 7 是示出由近似即时 +100Hz 到 -100Hz 频率跳变所导致的线形斜率估计的图示。具体而言,在图 7 中,从蜂窝塔观察到的多普勒频率,如同针对 GPS 频率所计算的那样,在一秒钟内从 +100Hz 变化到 -100Hz。例如,如果蜂窝基站塔紧靠着一条其上汽车正以大约 42 英里/小时通过的公路,那么将发生这种现象。当然,对于更高速车辆,多普勒频率可能更高。但是,蜂窝塔通常离公路远得多,因此,并不经常观察到此种频率的突然改变,相反,更可能的是观察到可能在数秒内平滑改变的多普勒频率。对这种更现实的情况进行简略地分析。

[0158] 假设使用前面部分中描述的处理,并且使用 12 个校准测量值以及线形回归拟合。根据上面的假设,如果不使用线形回归拟合,可能观察到最大值为 200Hz/秒的快速频率改变。然而,在图 7 中示出了线形回归的平滑效果。

[0159] 为了获得图 7 的曲线,在不存在附加的噪声或任何其他线形斜率的情况下,使用 12 个测量值的集合,执行作为时间函数的频率斜率的连续(running)估计。从图中可以看出,斜率估计中的最大误差大约是 -25.1Hz。

[0160] 如果存在 +100 到 -100Hz 的跳变以及附加的线形斜率(例如由于振荡器漂移),那么,估计误差仍与图 7 所示相同。在一个实验中,分析 25Hz 频率斜率误差的性能损失,并且输出的 SNR 损失被发现仅仅大约为用于高灵敏度跟踪期间使用的典型设定的 0.6dB。前面部分的讨论还表明,与该误差相比,斜率估计中的量化相关误差是微不足道的。

[0161] 图 8 是示出更现实情况的线形斜率估计的图示,其中,蜂窝基站塔距离公路大约 15 米,其高度大约为 15 米,车辆行驶速度为 60 英里/小时(27 米/秒)。这是靠近公路的较低蜂窝塔。这导致在数秒时间内从 +142Hz 到 -142 的多普勒漂移。所得到的线形斜率估

计如图 8 所示。还假设只有来自蜂窝塔的直接导频信号用于 AFC 测量（即没有利用其他反射的导频信号加权）。如果有其他的导频信号，通常会改善这种情形。在单个导频信号的情况下，可以看出，误差的最差情况估计大约为 34.2Hz。分析表明，这种情况的输出 SNR 的恶化大约为 1.13dB。

[0162] 由于导频音调功率变化引起的随机波动

[0163] 上面结合图 8 分析的蜂窝塔情形被期望为多数情况下的最糟情形。其他关心的情形包括这样一些情形，在这些情形中，接收几个导频信号并将其组合，以控制 AFC 环路。一个或其他这样的导频信号主要体现为时间函数，导致 AFC 漂移。但是，可以预期的是，这种快速的漂移在严重的市区环境中是很常见的，其中车辆速度通常被期望为远低于上面所分析的。此外，作为时间函数的 AFC 随机波动趋向于导致能够降低频率斜率漂移的平均影响。

[0164] 图 9 是描述正态分布的随机频率数据的线形斜率估计的示意图。假设车辆移动的影响导致 AFC 频率在 $[-50\text{Hz}, 50\text{Hz}]$ 范围内游动，每秒一个随机值。那么，对该情形进行的 1000 秒内的模拟产生如图 9 所示的频率斜率估计。使用前面 12 个测量值的线形回归对该模拟进行的分析，表现出 4.2Hz 的 RMS 斜率估计误差，这与 (7A) 对于这种情况的预测是一致的，(7A) 的预测是 4.18Hz。这么小的误差导致可以忽略性能损失。

[0165] 3、进一步的评论和改进

[0166] 可以使用上述线形回归的各种修改来进一步改进上述结果。例如，可以对校准采样进行特殊滤波。在上述一种方案中，频率与时间的函数基本为一个阶跃函数，因此，如果对该阶跃函数进行求微分，结果将是一个很大的脉冲，可以经由合适的门限技术将该脉冲滤去。进一步的集成操作产生校准采样，其频率阶跃函数被移除。可以基于识别校准值与时间关系的特定“模式”来研究其他方法，其中所述特定“模式”很可能与期望的情况相关联。此外，应当明白的是，这里描述的系统通常适用于任何定位系统，如俄罗斯的 Glosnass 系统、规划的欧洲 Galileo 系统、美国的全球定位系统以及任何其他卫星定位系统。

[0167] 鉴于这些教导，本领域技术人员应当认识到，可以在不偏离本发明精神或保护范围的前提下，实现其他实施例。本发明仅由下面的权利要求书进行限定，当结合上述说明书和附图考虑时，该权利要求书包括所有此种实施例和修改。

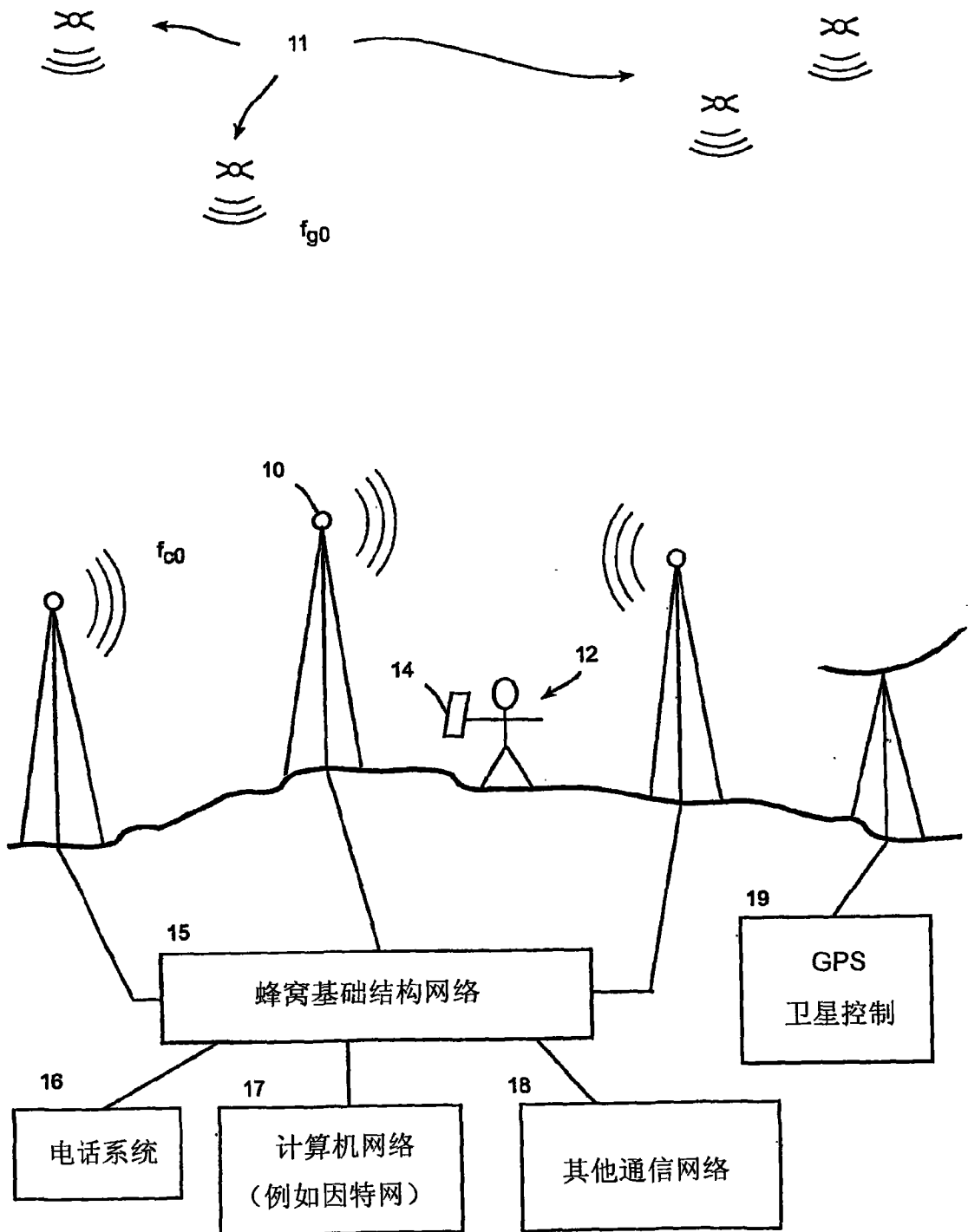


图 1

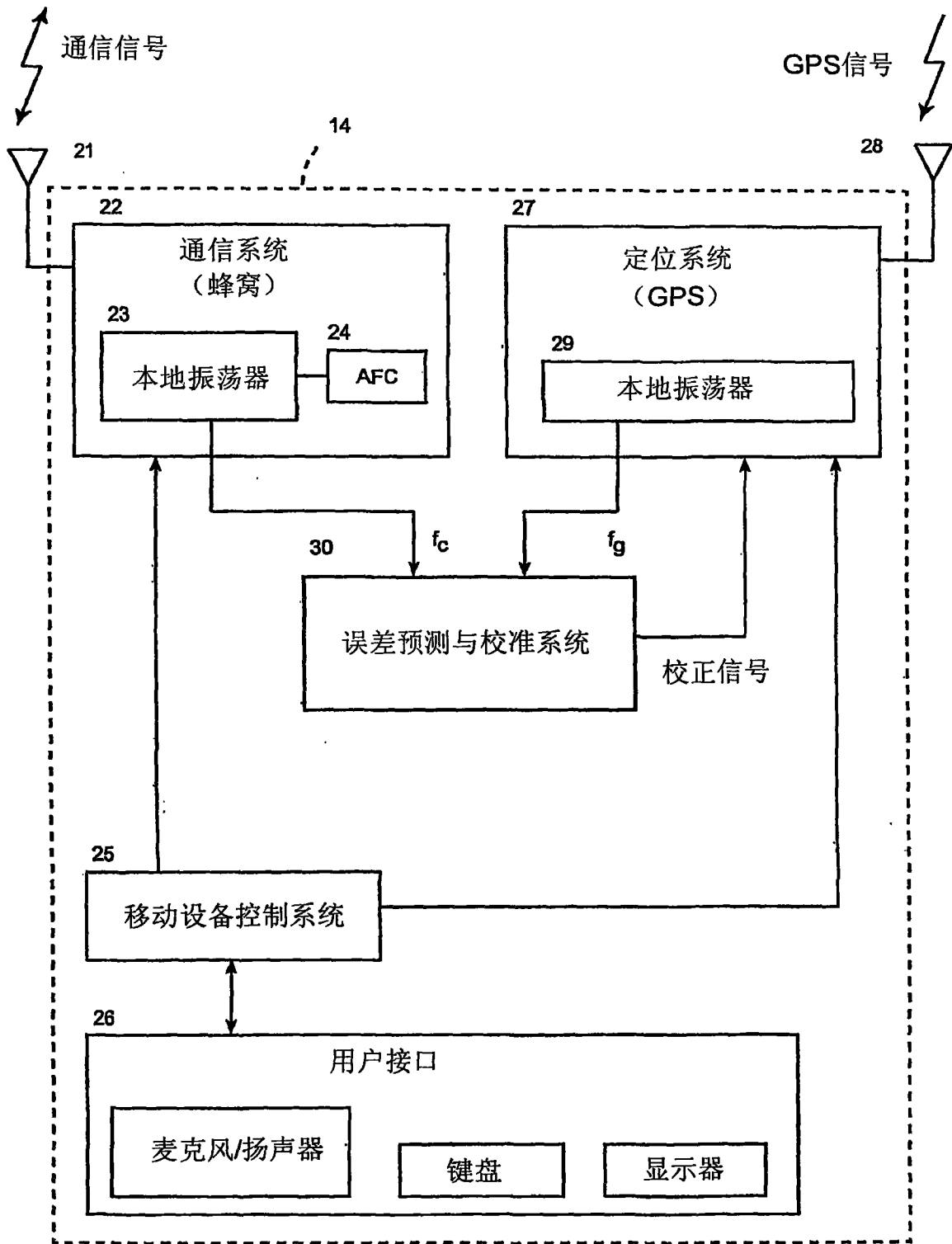


图 2

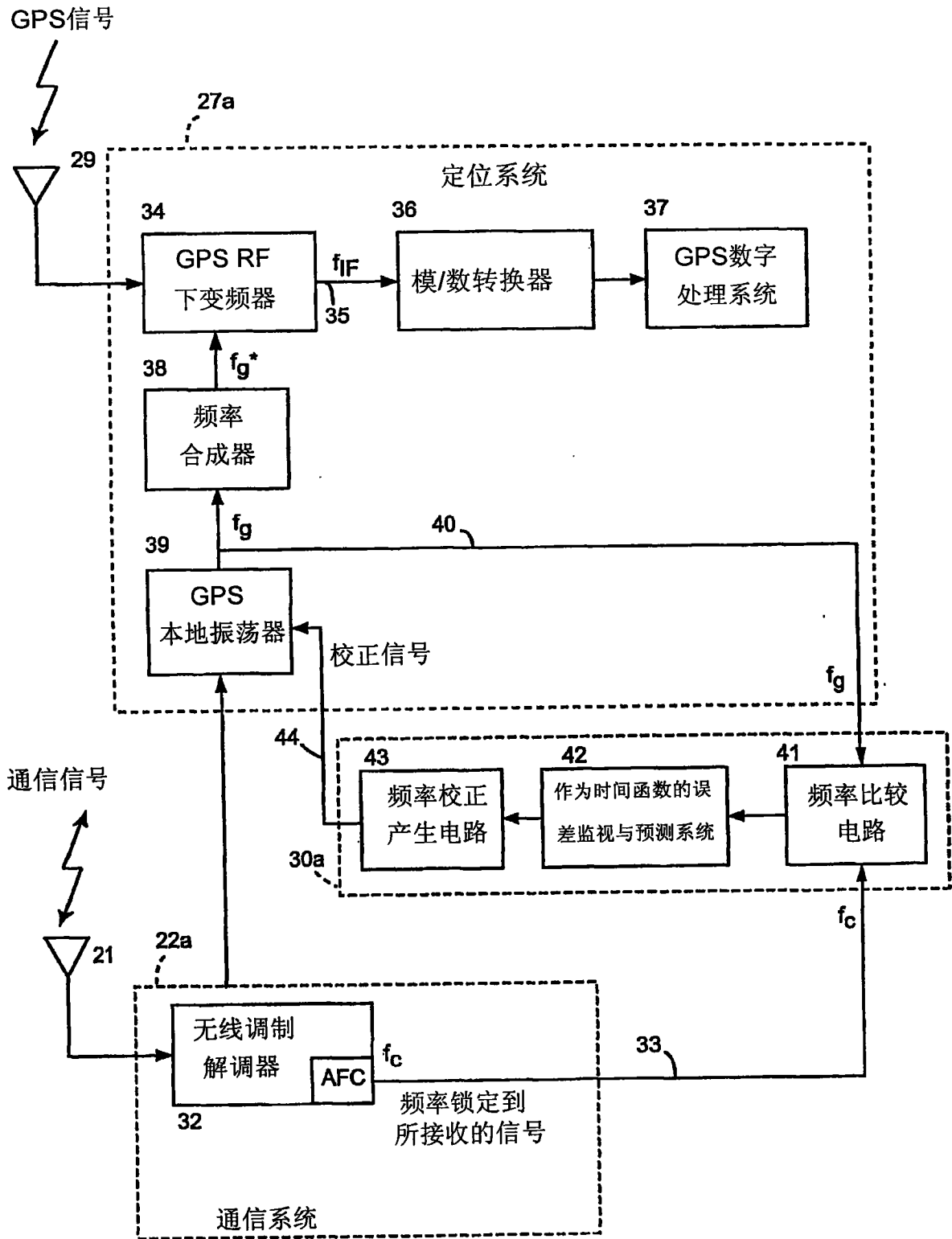


图 3

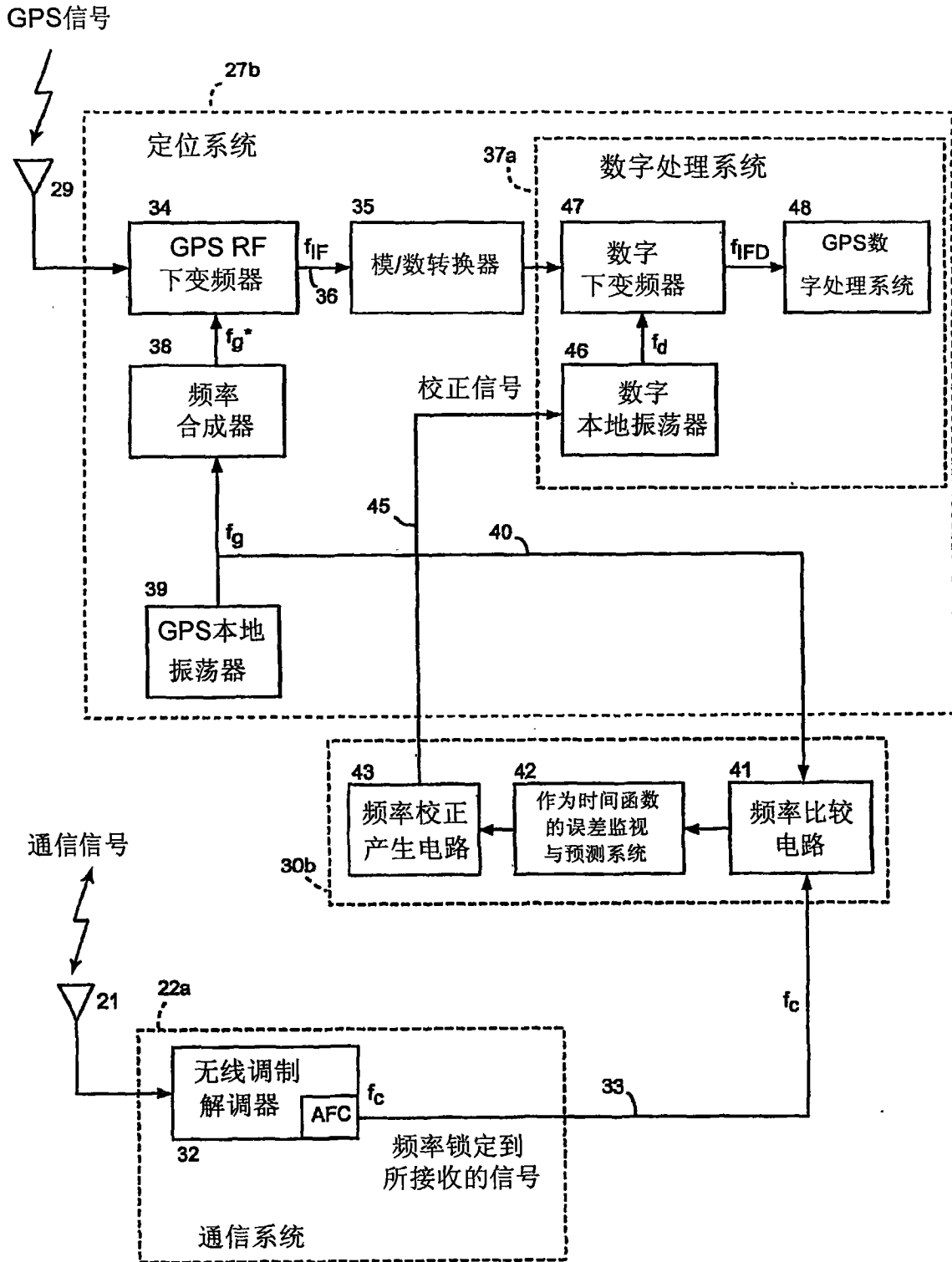


图 4

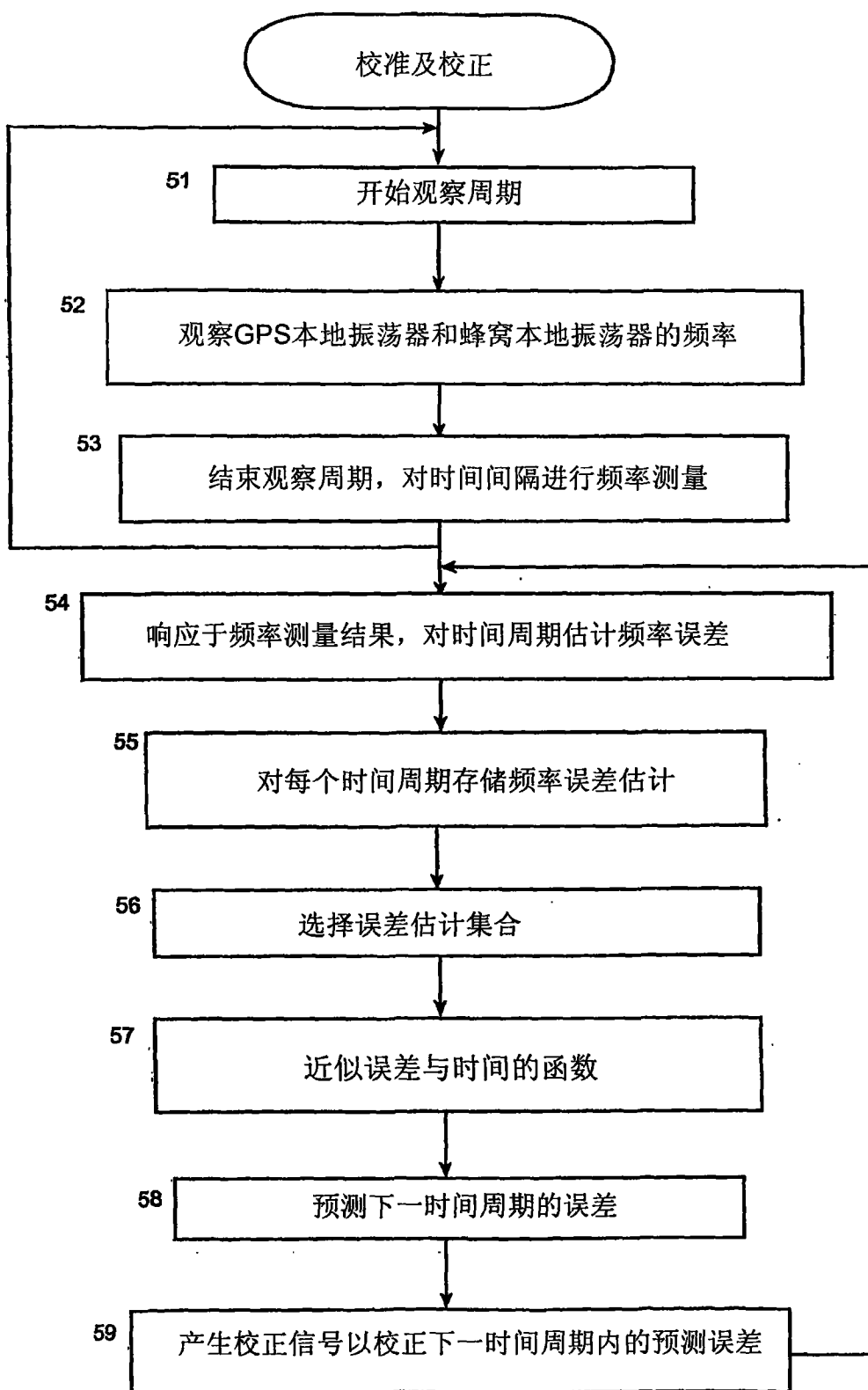


图 5

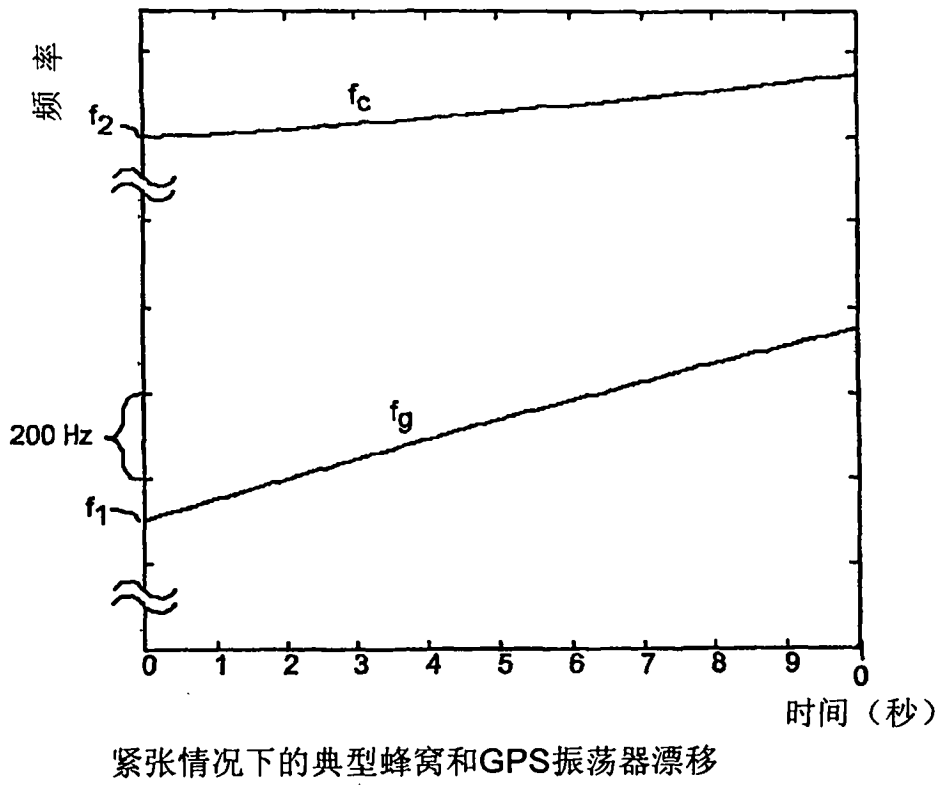
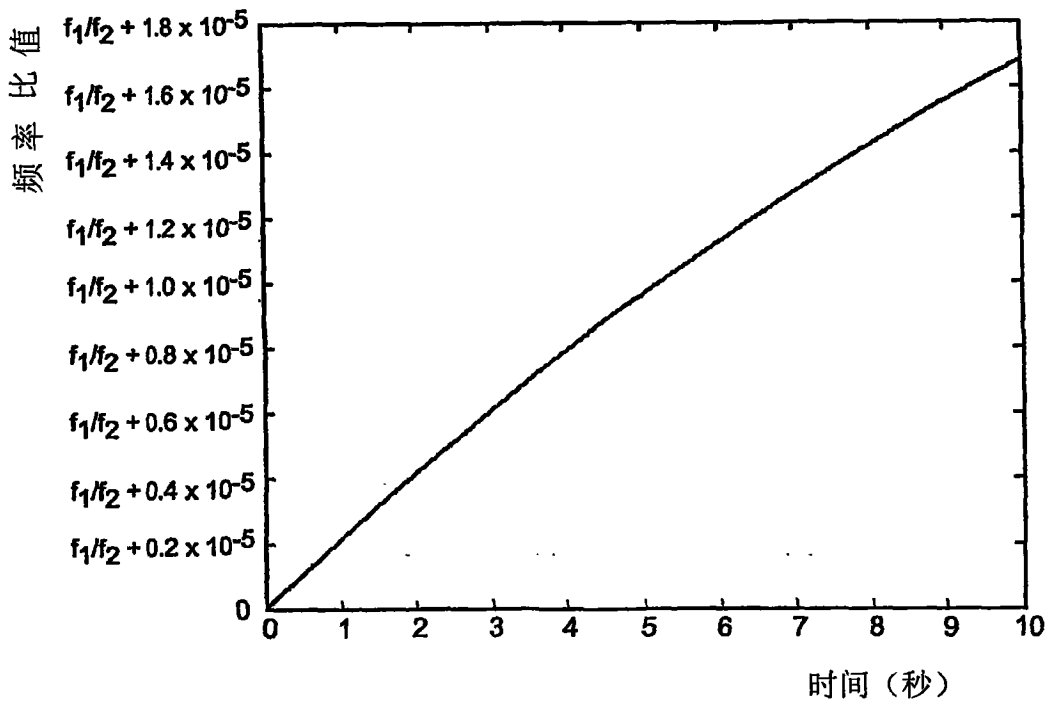


图 6A



GPS 振荡器频率与蜂窝振荡器频率的比值

图 6B

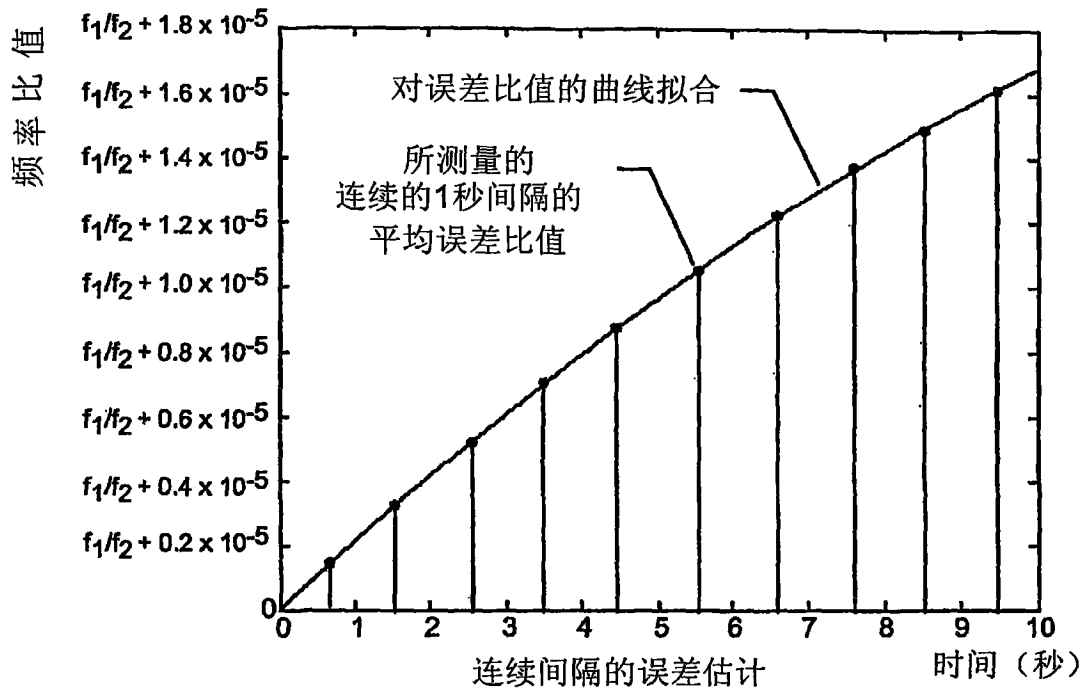


图 6C

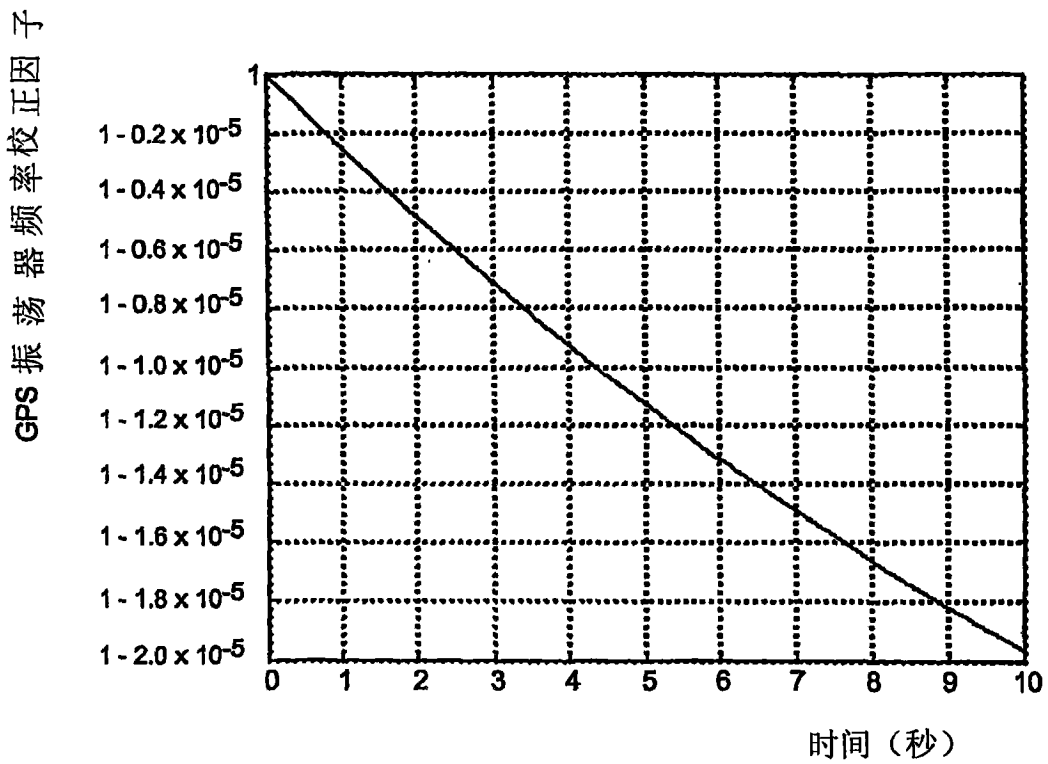
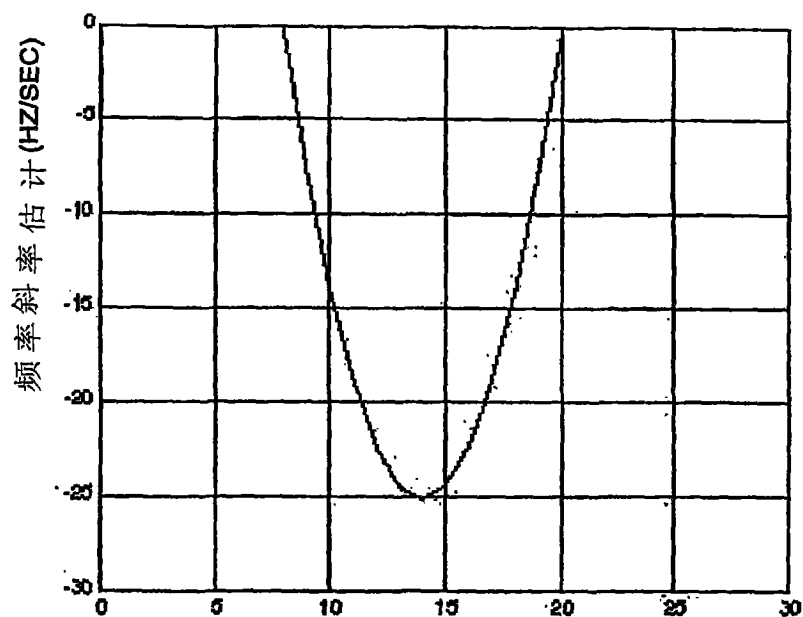
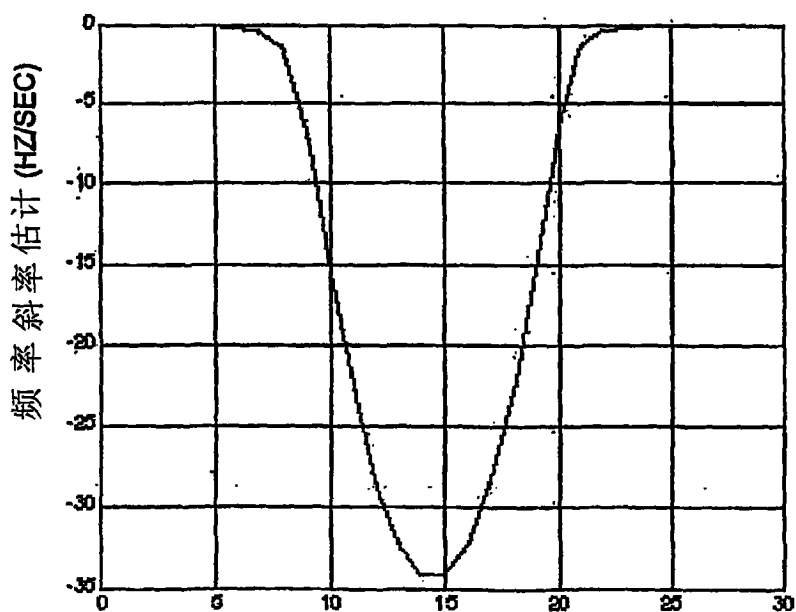


图 6D



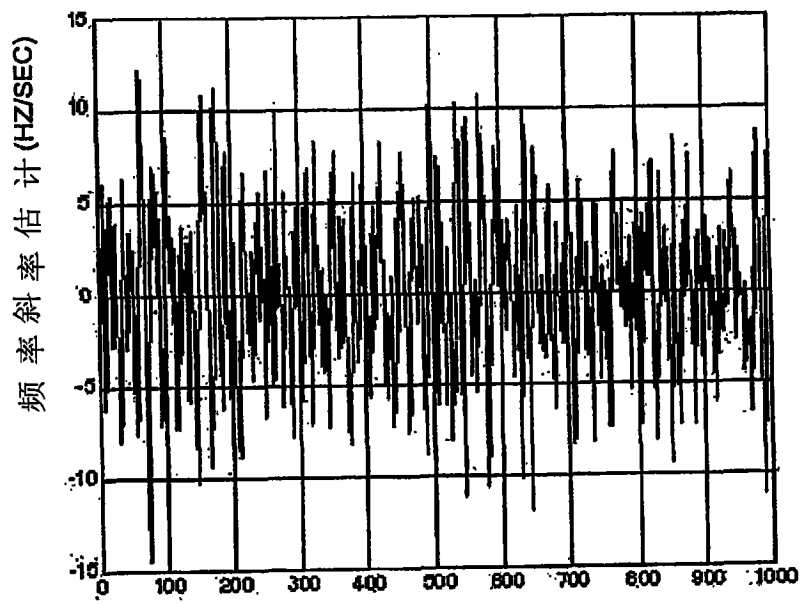
由于即时+100Hz到-100Hz的频率跳变
(在1秒内) 造成的线性斜率估计

图 7



从以60MPH行驶接近距离公路15米、高15米的
的基站塔的车辆看到的线性斜率估计

图 8



具有RMS50Hz的正态分布的随机频率数据
线性斜率估计（平均的12个校准测量结果）

图 9