



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97180218.1

[45] 授权公告日 2005 年 2 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1188708C

[22] 申请日 1997.9.26 [21] 申请号 97180218.1

[30] 优先权

[32] 1996.9.30 [33] US [31] 723,725

[86] 国际申请 PCT/US1997/017378 1997.9.26

[87] 国际公布 WO1998/014797 英 1998.4.9

[85] 进入国家阶段日期 1999.5.31

[71] 专利权人 夸尔柯姆股份有限公司

地址 美国加州圣地埃哥

[72] 发明人 纳达夫·莱瓦依

爱德华·B·维克托 斯里达·文布

审查员 吴兴华

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 李家麟

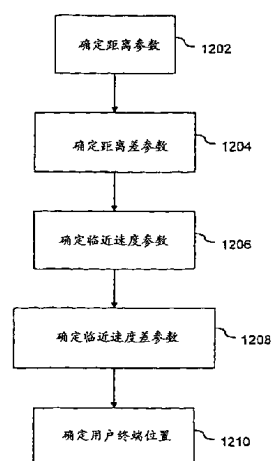
权利要求书 5 页 说明书 29 页 附图 13 页

[54] 发明名称 用两个低地球轨道卫星明确定位的方法和系统

[57] 摘要

一种明确确定低地球轨道卫星通信系统(100)中用户终端(例如移动无线电话)的位置的系统和方法。系统包括用户终端(106)、至少两个已知位置和速度的卫星(104A, 104B), 以及通过卫星(104A, 104B)与用户终端(106)进行通信的网关(102即, 地面基站)。方法包括确定距离参数(1002, 1102, 1202)、距离差参数(1004, 1104, 1204)以及临近速度参数(1106, 1206)和临近速度差参数(1008, 1208)的步骤。距离参数代表一个卫星(104A, 104B)和用户终端(106)之间的距离。距离差参数代表(1)第一个卫星(104A, 104B)和用户终端(106)之间的距离和(2)第二个卫星(104A, 104B)和用户终端(106)之间的距离之差。临近速度参数代表一个卫星(104A, 104B)和用户终端(106)之间的相对径向速度。临近速度差代表(a)第一个卫星(104A, 104B)和用户终端(106)之间的相对径向速度与(b)第二个卫星(104A, 104B)和用

户终端(106)之间的相对径向速度之差。根据卫星(104A, 104B)的已知位置和已知速度、距离参数、距离差参数以及临近速度参数和临近速度差参数中而一个或二个, 确定用户终端(106)在地球表面上的位置。



1. 一种用于卫星通信系统的定位系统，其特征在于，它包含：

用户终端；

至少两个具有已知位置和已知速度的卫星；

通过所述卫星与所述用户终端进行通信的网关；

确定距离参数的距离参数确定装置，所述距离参数代表所述卫星中的一个与所述用户终端之间的距离；

确定距离差参数的距离差参数确定装置，所述距离差参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的距离和(2)所述卫星中的另一个与所述用户终端之间的距离这两个距离之间的差值；

至少下述两个装置中的一个装置：

确定临近速度参数的临近速度参数确定装置，所述临近速度参数代表所述卫星中的一个与所述用户终端之间的相对径向速度；以及

确定临近速度差参数的临近速度差参数确定装置，所述临近速度差参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的相对径向速度和(2)所述卫星中的另一个与所述用户终端之间的相对径向速度这两个速度之间的差值；

根据所述卫星的所述已知位置和速度、所述距离参数、所述距离差参数以及所述临近速度参数和所述临近速度差参数中的至少一个参数，在所述网关中确定所述用户终端在地球表面上的位置的定位装置。

2. 如权利要求1所述的定位系统，其特征在于，所述距离参数表现为往返延迟，它还包含：

在所述网关中测量信号的往返延迟的往返延迟测量装置，来自所述网关的该所述信号通过所述卫星中的一个传送到所述用户终端并且通过所述卫星中的一个将来自所述用户终端的该所述信号再传送到所述网关。

3. 如权利要求1所述的定位系统，其特征在于，所述距离差参数表现为一延迟差，它还包含：

所述用户终端中用来测量通过所述的第一个卫星接收到的来自所述网关的第一个信号和通过所述的第二个卫星接收到的来自所述网关的第二个信号之间的

延迟差的延迟差测量装置。

4. 如权利要求3所述的定位系统，其特征在于，及时对所述第一个信号和第二个信号中的至少一个信号进行预校正，以补偿与(a)所述网关和所述第一个所述卫星之间的距离与(b)所述网关和所述第二个所述卫星之间的距离间的差值相关的延迟。

5. 如权利要求3所述的定位系统，其特征在于，所述网关调整所述延迟差，以补偿与(a)所述网关和所述第一个所述卫星之间的距离与(b)所述网关和所述第二个所述卫星之间的距离之差相关的延迟。

6. 如权利要求1所述的定位系统，其特征在于，所述临近速度参数表现为第一个信号和第二个信号的频率测量，它还包含：

在所述用户终端上测量第一个信号的频率的第一频率测量装置，通过所述卫星中的一个接收到的该第一个信号是来自所述网关的；

在所述用户终端上将所述第一个信号的所述频率测量值发送到所述网关的发送装置；以及

在所述网关上测量第二个信号的频率的第二频率测量装置，通过所述卫星中的一个接收到的该第二个信号是来自用户终端的。

7. 如权利要求1所述的定位系统，其特征在于，所述临近速度差参数表现为一频率差，它还包含：

在所述用户终端上测量通过所述卫星中的第一个接收到的来自所述网关的第一个信号的频率和通过所述卫星中的第二个接收到的来自所述网关的第二个信号的频率之间的频率差的频率差测量装置。

8. 如权利要求7所述的定位系统，其特征在于，至少对所述第一个信号和第二个信号中的一个进行频率预校正，以补偿(a)所述网关和所述第一个所述卫星之间的相对径向速度与(b)所述网关和所述第二个所述卫星之间的相对径向速度之间的差值所引起的多普勒频移。

9. 如权利要求7所述的定位系统，其特征在于，所述网关调整所述频率差，以补偿(a)所述网关和所述第一个所述卫星之间的相对径向速度与(b)所述网关和所述第二个所述卫星之间的相对径向速度所引起的多普勒频移。

10. 一种通信系统中用来确定用户终端的位置的方法，所述通信系统包含用户终端、至少两个已知其位置和速度的卫星以及通过卫星与用户终端进行通信的

网关，其特征在于，所述方法包含下述步骤：

(a) 确定距离参数，所述距离参数代表所述卫星中的一个与所述用户终端之间的距离；

(b) 确定距离差参数，所述距离差参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的距离和(2)所述卫星中的另一个与所述用户终端之间的距离这两个距离之间的差值；

(c) 确定临近速度参数和临近速度差参数中的至少一个，所述距离参数代表所述卫星中的至少一个与所述用户终端之间的相对径向速度，而所述临近速度差参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的相对径向速度和(2)所述卫星中的另一个与所述用户终端之间的相对径向速度这两个速度之间的差值；以及

(d) 根据卫星的已知位置和已知速度、所述的距离参数、所述的临近速度参数以及所述距离差参数和所述临近速度差参数中的至少一个参数，确定用户终端在地球表面上的位置。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述距离参数表现为往返延迟，其中步骤(a)还包含下述步骤：

(i) 在网关上测量信号的往返延迟，所述信号通过一个卫星从所述网关传送到用户终端，并通过一个卫星从用户终端传送到网关。

12. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述距离差参数表现为延迟差，所述步骤(b)还包含下述步骤：

(i) 在用户终端上测量接收到的通过一个卫星的来自网关的第一个信号和接收到的通过第二个卫星的来自网关接收的第二个信号之间的延迟差。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，及时对所述第一个信号和第二个信号中的至少一个进行预校正，以补偿与(a)网关和所述第一个卫星之间的距离和(b)网关和第二个卫星之间的距离之差相关的延迟。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述网关调整所述延迟差，以补偿与(a)网关和所述第一个卫星之间的距离和(b)网关和所述第二个卫星之间的距离之差相关的延迟。

15. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，当要确定所述临近速度参数时，步骤(c)还包含下述步骤：

(i) 在用户终端上测量接收到的通过一个卫星的来自网关的第一个信号的频率;

(ii) 将所述第一个信号的所述频率测量值发送到网关;

(iii) 通过一个卫星从用户终端向网关发送第二个信号; 以及

(iv) 在网关上测量接收到的通过一个卫星的来自用户终端的第二个信号的频率, 其中, 所述临近速度参数表现为所述第一个信号和第二个信号的所述频率测量值。

16. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 当确定所述临近速度差参数时, 步骤(c)还包含下述步骤:

(i) 通过第一个卫星将第一个信号从网关发送到用户终端, 并通过第二个卫星将第二个信号从网关发送到用户终端; 以及

(ii) 在用户终端上, 测量所述第一个信号的频率和所述第二个信号的频率之间的频率差, 其中, 所述临近速度差参数表现为所述频率差。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其特征在于, 对所述第一个信号和第二个信号中的至少一个信号进行预校正, 以补偿(a)网关和所述第一个卫星之间的相对径向速度与(b)网关和所述第二个卫星之间的相对径向速度之差所引起的多普勒频移。

18. 如权利要求 16 所述的方法, 其特征在于, 网关调整所述频率差, 以补偿(a)网关和所述第一个卫星之间的相对径向速度与(b)网关和所述第二个卫星之间的相对径向速度之差引起的多普勒频移。

19. 一种通信系统中的用户终端, 所述通信系统包含至少两个已知位置和速度的卫星以及通过卫星与用户终端进行通信的网关, 其特征在于, 所述用户终端包含:

通过一个卫星再传送接收到的来自网关的第一个信号的装置;

距离差参数确定装置, 用来确定所述距离参数, 所述距离参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的距离和(2)所述卫星中的另一个与所述用户终端之间的距离这两个距离之间的差值; 以及

下述两个装置中的至少一个装置:

临近速度差参数确定装置, 用来确定所述临近速度差参数, 所述临近速度差参数代表(1)所述卫星中的一个与所述用户终端之间的相对径向速度和(2)

所述卫星中的另一个和所述用户终端之间的相对径向速度这两个速度之差；和
测量通过另一个卫星由网关发送的第二个信号的频率、将所述频率测量值发送到网关并通过所述另一个卫星向所述网关发送第三个信号的装置；

其中，可以根据所述再传送的第一个信号、所述距离差参数、卫星的已知位置和已知速度、以及所述临近速度差参数、所述频率测量值和所述第三个信号中的至少一个确定用户终端在地球表面上的位置。

用两个低地球轨道卫星明确定位的方法和系统

背景技术

I. 发明领域

本发明总的涉及用卫星确定目标位置。本发明尤其涉及采用在通信链路的两端进行测量确定卫星通信系统中用户终端位置的方法。

II. 相关技术

典型的卫星通信系统包含至少一个地面基站(下文中称为网关)、至少一个用户终端(例如移动电话)以及至少一个在网关和用户终端之间中继通信信号的卫星。网关提供从用户终端到其他用户终端或通信系统(如地面电话系统)的链路。

为了在大量的系统用户之间传送信息,人们已经开发了各种多址通信系统。这些技术包括时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)和码分多址(CDMA)扩展频谱技术,其基本原理在本领域中是人们所熟知的。在多址通信系统中采用CDMA技术见授权日为1990年2月13日、标题为“*Spread Spectrum Multiple Access Communication System Using Or Terrestrial Repeater*”的美国专利4,901,307,以及申请日为1995年1月4日、标题为“*Method And Apparatus For Using Full Spectrum Transmitted Power In A Spectrum Communication System For Tracking Individual Recipient Phase Time And Energy*”的美国专利申请5,691,974。二者均已转让给本发明的受让人,在此引述供参考。

上述专利文件中揭示了多址通信系统,在该系统中,通常为大量的移动或远端系统用户采用用户终端与其他的系统用户或其他相连的系统用户(如公共电话交换网)进行通信。用户终端通过网关和卫星用CDMA扩展频谱型的通信信号进行通信。

通信卫星形成波束,而这些波束辐照由卫星通信信号投射到地球表面上而产生的“点(spot)”或区域上。辐照到点上的典型的卫星波束图形包含几个以预定覆盖图形排列的波束。通常,每一波束含有几个所谓的子波束(也称为CDMA信道),这些子波束覆盖一个共同的地理区域,每一个地理区域占有不同的频带。

典型的扩展频谱通信系统中,采用一组预选的伪随机噪声(PN)码序列,在将信息信号调制到载波信号上作为通信信号传输之前,先将信息信号调制(即扩展)到预定的扩展带上。进行 PN 扩展是一种本领域中人们所熟知的扩展频谱传输方法,它产生一个用于传输的信号,具有比数据信号宽得多的带宽。在前向通信链路(即在网关处发出而在用户终端处终止的通信链路)中,采用 PN 扩展码或二进制序列来鉴别不同的波束上网关所发送的信号,以及鉴别多径信号。这些 PN 码通常由给定子波束中所有通信信号所共享。

在典型的 CDMA 扩展频谱系统中,采用信道化码在前向链路上卫星波束中发送的给特定用户终端的信号进行鉴别。即,采用唯一的“信道化”正交码,向前向链路上的每一用户终端提供一个唯一的正交信道。沃尔什函数通常用来构成信道化码,对于地面系统来说,其典型的长度是 64 个码位的数量级,对于卫星系统来说,是 128 个码位。

典型的 CDMA 扩展频谱通信系统,如美国专利 4,901,307 中揭示的 CDMA 扩展频谱通信系统,试图将相干调制和解调用于前向链路用户终端通信。采用这种方法的通信系统中,采用“先导”载波信号(下文中称为“导频信号”)作为前向链路的相干相位基准。即,在整个覆盖区域中,由网关发送导频信号(通常不含有数据调制)。单个的导频信号通常是由每一使用频率的每一波束的每一个网关发射的。这些导频信号为从网关接收信号的所有用户终端所共享。

用户终端用导频信号来获得初始系统同步和时间、频率以及网关发送的其他信号的相位跟踪。通过跟踪导频信号得到的相位信息作为其他系统信号或业务信号的相干解调的载波相位基准。这一技术使得许多信号能够享有共同的导频信号作为相位基准,使得成本低,并且跟踪机构更有效。

当通信部分中不包含有用户终端(即,用户终端不接收或传送业务信号)时,网关可以用作为寻呼信号的已知信号将信息传送到特定的用户终端。例如,当对特定的移动电话进行呼叫时,网关通过寻呼信号提醒移动电话。寻呼信号还用来进行业务信道分配、选址信道分配和区分系统附加信息。

用户终端可以通过在反向链路(即在用户终端处发出并在网关处终止的通信链路)上发送选址信号(access signal)或选址探查,对寻呼信号作出响应。选址信号还用于用户终端发出呼叫的时候。

当需要与用户终端进行通信时,通信系统需要确定用户终端的位置。对用户

终端位置信息的需要是出于几个方面的考虑。一个考虑是系统应当选择提供通信链路的合适的网关。这一考虑的一个方面是向合适的服务提供者(例如电话公司)分配通信链路。服务提供者通常有一个特定的地域,并且处理该地域中的用户的所有呼叫。当需要与特定的用户终端进行通信时,通信系统需要根据该用户终端所处的地域向服务提供者分配该呼叫。为了确定合适的地域,通信系统需要知道用户终端的位置。当必须根据政治边界或合约服务向服务提供者分配呼叫时,也会有类似的考虑。

对卫星通信系统进行定位时一个严格要求是速度。当需要与特定的用户终端进行通信时,应当快速地选择为该用户终端服务的网关。例如,当进行呼叫时,移动电话所能容忍的延迟不超过几秒。这种情况下对定位精确性的要求与对速度的要求相比,重要性较小。通常认为,误差小于 10 公里(km)是适当的。相反,卫星定位最传统的方法强调的是精度,而不是速度。

一种传统的方法是由美国海军 TRANSIT 系统所采用的方法。该系统中,用户终端对低地球轨道(LEO)卫星播放的信号进行连续多普勒测量。测量连续进行几分钟。系统通常需要卫星两次经过,这样就需要等待 100 分钟。另外,由于位置计算是由用户终端进行的,所以卫星必须播放有关其位置(也称为天体位置推算)的信息。尽管 TRANSIT 系统能够进行高精度(数量级为 1 米)的定位,但其中所包含的延迟对于商业卫星通信系统中的使用来说是无法接受的。

另一个传统的方法是 ARGOS 和 SARSAT(搜寻和救援卫星)系统。该方法中,用户终端向卫星上的接收机发送间断的信标信号,而卫星对该信号进行频率测量。如果卫星从用户终端接收四个以上的信标信号,它通常就求得了用户终端的位置。由于信标信号是间断的,所以无法进行持续的如由 TRANSIT 系统所进行的多普勒测量。另外,这一方案不明确,只是给出在卫星副轨道(sub-track)(即,卫星路径正下方的地球表面上的线路)的每一侧上的可能位置。

另一个传统的方法是由全球定位系统(GPS)所采用的系统。该方法中,每一卫星播放有关时间标记信号,该信号包括卫星的位置推算表。当用户终端接收 GPS 信号时,用户终端测量与其自身时钟相关的传输延迟,并确定与发送信号的卫星的位置的伪距。GPS 系统对二维定位需要三个卫星,而对三维定位需要四个卫星。

GPS 方法的一个缺点是为了定位至少需要三个卫星。GPS 方法的另一个缺点

是，由于计算是由用户终端进行的，所以 GPS 卫星必须播放它们的位置推算表信息，并且用户终端必须有计算装置进行所需的计算。

上述方法共同的一个缺点是除了需要处理通信信号以外，为了使用这些方法，用户终端还必须有单独的发射机或接收机。

另一种传统的方法见授权日为 1992 年 6 月 30 日、标题为 “*Dual Satellite Navigation System And Method*” 的共同拥有的美国专利 5,126,748，该专利在此引述供参考。该方法采用两个卫星，通过三边测量，主动确定用户终端的位置。这一方法的一个缺点是求解不明确，只给出两个可能的位置。需要进一步的信息来解决不明确问题。

所以，需要一种能够进行快速的、明确定位的卫星定位系统。

发明概述

本发明是一种快速、明确确定卫星通信系统如低地球轨道卫星通信系统中用户终端(例如移动电话)的位置的系统和方法。该系统包括用户终端、至少两个具有已知位置和已知速度的卫星以及通过卫星与用户终端进行通信的网关(即，地面基站)。该方法包括下述步骤：确定一组描述用户终端和卫星之间的时、空关系的参数，并用一些或全部参数以及已知的卫星位置和速度求解用户终端的位置。

可以使用的参数有四个：距离、临近速度、距离差和临近速度差。距离参数代表卫星和用户终端之间的距离。距离差代表(1)用户终端和第一个卫星之间的距离和(2)用户终端和第二个卫星之间的距离之间的差值。临近速度参数代表用户终端和卫星之间的相对径向速度。临近速度差参数代表(1)用户终端和第一个卫星之间的相对径向速度与(2)用户终端和第二个卫星之间的相对径向速度之间的差值。

在本发明的第一个实施例中，采用距离、距离差和临近速度差参数。在本发明的第二个实施例中，采用距离、临近速度和距离差参数。在本发明的第三个实施例中，采用全部四个参数。在本发明的较佳实施例中，采用迭代加权高斯-牛顿最小二乘法来根据所使用的参数和已知的卫星位置和速度求解用户终端的位置。

本发明的一个优点是可以进行快速且明确的定位。

本发明的另一个优点是可以仅用两个卫星进行快速的定位。

本发明的又一个优点是可以在通信系统中进行快速定位，而卫星无需为定位而向用户终端播放卫星位置推算表信息。

本发明的再一个优点是可以在通信系统中进行快速定位，而无需用户终端来确定其位置。

附图简述

从下面结合附图对本发明进行的详细描述将会清楚地理解本发明的特征和优点，图中，相同的标号表示相同的或功能相似的元件。另外，标号最左边的数字表示该标号在图中首次出现的附图的图号。

图 1 描绘的是典型的卫星通信系统；

图 2 是用户终端中使用的典型的收发机方框图；

图 3 是网关中使用的典型发射和接收装置的方框图；

图 4 是用户终端中使用的典型时间跟踪环路的方框图；

图 5 是用户终端中使用的典型频率跟踪环路的方框图；

图 6 描绘的是两个卫星的投影点(sub-points)以及与卫星有关的距离、临近速度差和距离差参数的等值线(iso-contours)在地球表面上的投影；

图 7 描绘的是临近速度差参数无法仅用距离和距离差参数来解析定位方法所代表的 GDOP 单一性时的情况；

图 8 描绘的是两个卫星的投影点以及与卫星有关的距离、距离差和临近速度参数的等值线在地球表面上的投影；

图 9A 是用户终端上测得的信号的频率分量的图示；

图 9B 是网关上测得的信号频率分量的图示；

图 10 - 12 是描绘本发明较佳实施例工作情况的流程图；以及

图 13 是本发明可以工作的典型环境的方框图。

较佳实施例的详细描述

I. 引言

本发明是使用至少两个低地球轨道(LEO)卫星的卫星通信系统中用户终端明确定位的系统和方法。

正如本领域中的技术人员所知道的那样，本发明的原理也可以应用于这样的卫星系统，即，当卫星和用户终端之间的相对运动足以进行下面描述的临近速度

测量时，在非 LEO 轨道中运行的卫星。

下面详细讨论本发明的较佳实施例。在讨论特定步骤、结构和装置时，应当理解这仅是描述性的。本领域中的技术人员将会理解，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，也可以采用其他的步骤、结构和装置。

本发明的描述分为四个部分。第一部分描述典型的卫星通信系统。第二部分描述系统的定位方法所采用的参数。第三部分通过物理表述描述它们自身的定位方法。最后，描述这些定位方法的实施。

II. 典型的卫星通信系统

图 1 描绘的是典型的卫星通信系统 100。卫星通信系统 100 包含网关 102、卫星 104A 和 104B 以及用户终端 106。用户终端通常有三种类型：固定的用户终端 106A，它通常安装成永久的结构；移动用户终端 106B，通常安装在车辆上；以及便携式用户终端 106C，通常是手提的。网关 102 通过卫星 104A 和 104B 与用户终端 106 进行通信。

用户终端 106 中使用的典型的收发机 200 如图 2 所示。收发机 200 采用至少一个天线 210 来接收传送到模拟接收机 214 的通信信号，该信号在模拟接收机 214 处向下变换、放大和数字化。双工器元件 212 通常用来使同一天线能够既具有发射又具有接收功能。然而，某些系统采用单独的天线在不同的频率下工作。

模拟接收机 214 输出的数字通信信号被传送到至少一个数字数据接收机 216A 和数字搜寻接收机 218。正如本领域中的技术人员所知道的那样，根据装置复杂性所能被接受的程度，附加的数字数据接收机 216B - 216N 可以呈“瑞克”(rake)结构，以获得所要求的信号分集程度。以这样的方式构成的接收机称为“瑞克接收机”，而每一个数字数据接收机 216(A - N)称为“接头(finger)”

瑞克接收机的接头不仅用于信号分集，而且还用于从多个卫星处接收信号。所以，对于执行本发明两个卫星定位技术的用户终端，一次至少要用两个数字数据接收机 216A - 216N 来从两个卫星处接收信号。另外，可以用第二个或更多个搜寻器接收机 218 来提供高速信号采集，为此，一个或多个接收机可以是时间共享的。

至少一个用户终端控制处理器 220 是与数字数据接收机 216A - 216N 和搜寻器接收机 218 电耦合的。控制处理器 220 在其他功能中提供基本信号处理、定时、功率和手动转换控制或协调以及用于信号载波的频率选择。控制处理器 220 经常

执行的另一个基本功能是将用于处理通信信号波形的 PN 码序列或正交函数进行选择或控制。控制处理器 220 的信号处理可以包括决定本发明采用的参数。信号参数(如相关的定时和频率)的这种计算可以采用附加的或单独的专用电路来提高测量的效率和速度或改进控制处理资源的分配。

数字数据接收机 216A - 216N 的输出与用户终端中的用户数字基带电路 222 电耦合。用户数字基带电路 222 包含用来传送往返于用户终端用户之间的信息的处理和显示(presentation)元件。即, 信号或数据存储元件, 如暂时或长期的数字存储器; 输入和输出装置, 如显示屏、扬声器、键盘终端和手机; A/D 元件、声码器和其他的话音和模拟信号处理单元; 等, 它们都用本领域中人们所熟知的元件形成用户基带电路的部件。如果采用分集信号处理, 用户数字基带电路 222 可以含有分集组合器和译码器。这些元件中的一些元件还可以在控制处理器 220 的控制下工作, 或者与控制处理器 220 通信。

当准备将话音或其他的数据用作用户终端发出的输出信息或通信信号时, 用户数字基带电路 222 用来接收、存储、处理并准备传输用的所要的数据。用户数字基带电路 222 将该数据提供给在控制处理器 220 的控制下工作的发送调制器 226。发送调制器 226 的输出被传送到功率控制器 228, 而功率控制器 228 向发射功率放大器 230 提供输出功率控制, 用来将输出信号从天线 210 最终传送到一个网关。

收发机 200 还可以采用一个或多个预校正元件或预校正器 232 和 234。这些预校正器的工作见待批且共同拥有的、标题为 “*Time And Frequency Precorrection For Non-Geostationary Satellite System*” 的专利申请(申请号待授, 律师文件号 PA338), 该专利申请在此引述供参考。预校正最好发生在处于基带频率下数字功率控制器 228 的输出处。包括频率调节的基带频谱信息在发送功率放大器 230 中执行的上变换期间被转换成合适的中心频率。预校正或频率调节是用本领域中人们所熟知的技术完成的。例如, 预校正可以通过复合信号(complex signal)旋转来实现, 而复合信号旋转等效于将信号乘以 $e^{j\omega t}$, 这里, ω 是根据已知的卫星位置推算表和要求的信道频率计算的。这在将通信信号处理成同相(I)和正交相(Q)信道时是很有用的。直接数字合成器可以用来产生某些旋转积(rotation product)。另一种情况是, 可以用坐标旋转数字计算元件, 采用二进制移位、相加和相减来执行一系列的离散旋转, 产生所要求的整体旋转。这样的技术和相关的硬件在本领

域中的人们是能够很好理解的。

另一种方法是,可以将预校正元件 234 置于发射功率放大器 230 输出处的传输路径中,用以调节输出信号的频率。这可以用众所周知的技术如传输波形的上、下变换来完成。然而,改变模拟发射机输出的频率可能比较难,这是因为那里经常有一系列滤波器用于对波形进行整形(shape),而在这关键时刻的频率变化会干扰滤波过程。另一种情况是,预校正元件 234 可以形成频率选择或控制机构的一部分用于对用户终端的模拟上变换和调制级(230),从而采用适当调节的频率一步将数字信号转换成要求的传输频率。

对接收的通信信号或一个或多个共享资源信号所测得的一个或多个信号参数相应的信息或数据可以用各种本领域中人们所熟知的技术传送到网关。例如,信息可以作为单独的信息信号被传送,或附在用户数字基带电路 222 准备的其他信息上。另外,信息也可以作为预定的控制位在控制处理器 220 的控制下由发送调制器 226 或发射功率控制器 228 写入。

数字数据接收机 216A - N 和搜寻器接收机 218 是用信号相关元件构成的,用以解调和跟踪特定的信号。搜寻器接收机 218 用来搜寻导频信号或其他相对固定的波形的强信号,而数据接收机 216A - N 用来跟踪导频信号或与检测的导频信号相关的解调信号。所以,可以监测这些装置的输出,以提供用于计算本发明的参数所采用的信息。由用户终端 106 在有关接收的通信信号或共享资源信号上所进行的测量信息可以用各种本领域中人们所熟知的技术传送到网关。例如,信息可以作为单独的数据信号被传送,或附在用户数字基带电路 222 准备的其他信息上。数字数据接收机 216(A-N)也使用可以被监测的频率跟踪元件,为被解调的信号向控制处理器 220 提供当前频率和定时信息。这将在下面参照图 4 和图 5 作进一步的讨论。

控制处理器 220 采用这些信息确定接收的信号与从基于大致在相同频带中的本地振荡器频率偏离到什么样的程度是合适的。与频率偏移、误差和多普勒频移有关的这一信息和其他信息可以根据需要存储在一个或多个误差/多普勒存储器或存储元件 236 中。可以由控制处理器 220 使用这一信息来调节工作频率,也可以用各种通信信号将这一信息传送到网关。

至少用一个时间参考元件 238 来产生并存储时间信息,如日期和一天中的时间,以帮助确定卫星的位置。时间可以定时存储起来或更新。时间也可以由网关

定期提供。另外，当前时间是每次当用户终端进入不工作状态例如被“关断”时存储起来的。这一时间值与“开启”时间一起用来确定各个依赖于时间的信号参数和用户终端位置的变化。

另外，存储器或存储元件 240 和 242 可以用来存储有关下面将进一步讨论的参数的特定信息。例如，存储元件 240 可以存储用户终端所做的与临近速度参数(例如两个到达信号之间的相对频率偏移的差值)相关的测量值。存储元件 242 可以被用来存储有关距离差参数(例如两个信号到达时间差)的用户终端测量值。这些存储元件采用本领域中人们所熟知的结构和电路，并且可以形成不同或单独的元件或更大的统一结构，该结构中可以有受控方式存储该信息，供以后检索。

如图 2 所示，本地或参考振荡器 250 用作模拟接收机 214 的基准，以将输入信号下变换至所要求的频率下的基带。如果需要，该振荡器还可以应用于多个中间转换步骤中，直到信号达到所要求的基带频率。如图所示，振荡器 250 还用作模拟发射机 230 的基准，以在反向链路传输时从基带上变换到所要求的载波频率，以及用作定时电路 252 的频率标准或基准。定时电路 252 为用户终端 200(如定时跟踪电路、数字接收机 216A - N 和 218 中的相关器、发送调制器 226、时间基准元件 238 和控制处理器 220)中其他级或处理元件产生定时信号。还可以这样构成定时电路 252，使得在处理器控制下在相关的定时或时钟信号定时时，产生滞后或超前的延迟。即，可以以一个预定量对时间跟踪进行调节。还可以使编码的应用超前或滞后于“正常”定时，超前或滞后的量通常为一个或多个位元周期，从而根据需要，组成编码的 PN 码或位元可以适用不同的定时。

网关 102 中使用的典型的传输和接收装置 300 如图 3 中所示。图 3 中所示的部分网关 102 具有与接收通信信号的天线 310 相连的一个或多个模拟接收机 314，通信信号用本领域中所熟知的各种技术下变换、放大和数字化。某些通信系统中采用多个天线 310。模拟接收机 314 输出的数字化信号作为输入提供到用虚线表示的至少一个数字化接收机模块 234。

每一数字接收机模块 324 与用于管理网关 102 和一个用户终端 106 之间的通信的信号处理元件对应，尽管在本领域中还可以有熟知的各种变异。一个模拟接收机 314 可以为许多数字接收机模块 324 提供输入，网关 102 中通常用几个这样的模块以适应任意给定时刻被处理的所有卫星波束和可能的分集模式信号。每一数字接收机模块 324 有一个或多个数字数据接收机 316 和搜寻器接收机 318。搜寻

器接收机 318 通常搜寻除导频信号以外的合适的信号分集模式，并且可以并行采用几个搜寻器来提高搜寻速度。在通信系统中实施时，多个数字数据接收机 316A - 316N 用于分集信号接收。

将数字数据接收机 316 的输出提供到后面的基带处理元件 322，该元件含有本领域中人们所熟知的装置，这里未进一步详细示出。典型的基带装置包括分集组合器和译码器，将多径信号组合到每一用户的一个输出中。典型的基带装置还包括接口电路，用来向通常为数字转换器或网络提供输出数据。各种其他熟知的元件如(但不是局限于)声码器、数据调制解调器，数字数据交换和存储元件组成基带处理元件 322 组件。这些元件用来控制或指挥数据信号传送到一个或多个发射模块 334。

要传送到用户终端 106 的信号每一个均与一个或多个合适的发送模块 334 电耦合。典型的网关采用几个这样的发送模块 334，从而同时向许多用户终端 106 提供服务，并同时为几个卫星和波束提供服务。网关 102 所使用的传输模块 334 的数量是由本领域中所熟知的因素决定的，包括系统复杂性、通常看到的卫星的数量、用户容量、所选择的分集度等。

每一发送模块 334 包括对用于传输的数据进行扩展频谱调制的发送调制器 326，并具有与数字发送功率控制器 328 电耦合的输出，控制器 328 控制用于输出数字信号的传输功率。数字发送功率控制器 328 通常为减小干扰功率和资源分配而施加最小量的功率，当需要补偿传输路径和其他路径传输特征的衰减时要施加适当大的功率。PN 发生器 332 被发送调制器 326 用于对信号的扩展，这一编码生成还可形成网关 102 中使用的一个或多个控制处理器或存储元件的功能部分。发送功率控制器 328 的输出被传送到加法器 336，在此与来自发送功率控制电路的输出相加。这些输出作为发送功率控制器 328 的输出是以相同频率且在相同波束内传输到其他用户终端 106 的信号，。加法器 336 的输出被提供到模拟发射机 338 用于数-模转换，转换成合适的 RF 载波频率，并经放大、滤波和输出到一个或多个天线 340 以用于向用户终端 106 辐射。依赖于通信系统的复杂性和结构，天线 310 和 340 可以是相同的天线。

至少一个网关控制处理器 320 和接收机模块 324、发送模块 334 和基带电路 322 电耦合。这些装置在物理上可以是相互分开的。控制处理器 320 提供命令和控制信号，实现如(但非局限于)信号处理、定时信号发生、功率控制、手动控制、

分集合并和系统接口连接等功能。另外，控制处理器 320 分配 PN 扩展码、正交码序列和特定的发射机和接收机或模块以在用户通信中使用。另外，控制处理器 320 还可以用来计算参数，并执行本发明的定位方法。

控制处理器 320 还控制导频、同步和寻呼信道信号的发生和功率以及它们与发送功率控制器 328 的耦合。导频信道就是一个简单的不经数据调制的信号，并且可以采用重复不变的波形或不变的帧结构。即，用来形成导频信号信道的正交函数通常具有恒定值，例如，全部为“1”或“0”，或者是人们熟知的“1”和“0”交替的码型。

尽管控制处理器 320 可以直接和模块(如发送模块 334 或接收模块 324)的元件电耦合，但每一模块通常含有特定的处理器模块，如发送处理器 330 或接收处理器 321，对模块的元件进行控制。所以，在一种较佳实施例中，如图 3 所示，控制处理器 320 与发送处理器 330 和接收处理器 321 电耦合。采用这一方法，信号控制处理器 320 可以更有效地控制大量模块和资源的运行。发送处理器 330 控制先导、同步、寻呼信号和业务信道信号的发生和信号功率，它们各自与功率控制器 328 耦合。接收处理器 321 控制搜寻、用于解调的 PN 扩展码以及监测接收功率。处理器 321 还可以用来确定本发明的方法中所使用的信号参数，或者可以检测和传送从与这些参数相关的用户终端接收的信息，从而降低控制处理器 320 上的负担。

为了实施本发明的实施例，可以采用一个或多个预校正器或频率预校正元件 342 和 344。最好用预校正元件 342 将数字功率控制器 328 的数字输出的频率调节在基带频率下。与在用户终端中一样，在模拟发射机 338 中执行的上变换期间，将包括频率调节的基带频谱信息变换成合适的中心频率。频率预校正用本领域中人们所熟知的技术来完成的，如上面讨论的复合信号旋转，其中，旋转的角度是根据已知的卫星位置推算表和要求的信道频率来计算的。与用户终端中一样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，也可以使用其他信号旋转技术和有关硬件。

除了频率预校正以外，可能要求进行时间预校正，以改变信号或 PN 码的相对定时。这通常是在基带处产生信号以及在功率控制器 328 的输出之前，通过调节编码生成和定时或其他的定时信号参数来完成的。例如，控制器 320 可以确定何时产生编码以及编码的相对定时并应用于信号，以及信号何时受发送调制器 326

作用和何时由功率控制器 328 传送到各个卫星。然而，可以根据需要，在没有或加上频率预校正元件的情况下，可以采用已知的时间预校正元件或电路，它们既可以预校正元件 342 和 344 的一部分也可以以与预校正元件 342 和 344 相似的独立的装置(未图示)组成。

图 3 中，预校正器 342 置于加法器 336 前的传输路径中。这使得可以根据需要，对每一用户终端信号进行单独的控制。然而，当在加法器 336 以后进行预校正时，可以使用单个的频率预校正元件，这是因为用户终端可以享有从网关到卫星的同一传输路径。

另一种情况是，预校正器 344 可以置于模拟发射机 338 输出处的传输路径上，用众所周知的技术调节输出信号的频率。但是，改变模拟发射机输出的频率可能更难，并且会干扰信号滤波过程。也可以这样，由控制处理器 320 直接调节模拟发射机 338 的输出频率，用以提供与正常中心频率偏移的输出频率。

对输出信号施加的频率校正量是基于建立起通信的网关和每一卫星之间已知的多普勒参数而进行的。因卫星多普勒参数而需要的频移量可以用已知的卫星轨道位置数据由控制处理器 320 计算。该数据可以存储在一个或多个存储元件 346(如查询表或存储元件)中，并从中检索出。该数据也可以根据需要从其他的数据源提供。各种已知的装置如 RAM 和 ROM 电路或磁性存储装置可以用来构成存储元件 346。这一信息被用来对每一个在给定时刻由网关所使用的每一卫星建立多普勒调节。

如图 3 所示，时间和频率装置(TFU)348 提供模拟接收机 314 的基准频率信号。来自 GPS 接收机的世界时(UT)信号可以在某些应用中用作这一过程的一部分。也可以根据需要，将其用在多个中间转换步骤中。TFU 348 也可以用作模拟发射机 338 的基准。TFU 348 还向网关传输和接收装置 300(如数字接收机 316A-N 和 318、发送调制器 326 和控制处理器 320 中的相关器)中的其他级或处理元件提供定时信号。根据需要，TFU 348 还在处理器控制下被配置成使(时钟)信号的相对定时滞后或超前一个预定的量。

执行定时测量的一个实施例如图 4 所示，它代表用户终端的时间跟踪环路 400。正如本领域中人们知道的那样，这种类型的时间跟踪环路称为 Tau Dither 类型。图 4 中，来自模拟接收机的输入通信信号通常被过取样，并且随后输入到抽取器 402。抽取器 402 在预选的速度和定时下工作，仅传送某些取样至接收机

中的后续级中。

经抽取的取样被传送到组合元件 404(通常是一个乘法器)中, 与 PN 发生器或 PN 源 406 提供的合适的系统 PN 扩展码组合, 对信号进行去扩展。去扩展的信号被传送到组合元件 408, 在此与所使用的编码发生器或编码源 410 提供的合适正交码函数 W_i 组合, 用以获得数据。正交码函数是用来产生通信信号信道的函数。通常这一过程采用导频和寻呼信号, 当然也可以采用其他的强信号。所以, 正如本领域中人们知道的那样, 正交码通常是一个用来产生导频信号或寻呼信号的编码。也可以是, 将 PN 扩展码和正交码组合在一起, 并且随后在一个步骤中与取样组合在一起, 正如本领域中人们知道的那样。

如同上面讨论的美国专利 4,901,307 中所揭示的那样, 时间跟踪电路可以采用一种“早/迟”方案。该方法中, 输入信号和数字接收机 216 的定时相同或对齐的程度是通过对与正常位元(chip)时间偏移的输入数据流进行取样得到的。这一偏移或者是正半个 PN 码位元周期, 或者是负半个 PN 码位元周期, 并且分别称为迟或早。

如果正或负偏移数据的定时对称地与标称去扩展输入信号峰值的定时不同, 则“迟”和“早”取样值之间形成的差值为零。即, 当一个“半”位元偏移被置于接收信号的“按时(on-time)”定时的中心时, 形成“迟”和“早”信号之间的差值所产生的值变成零。如果接收机 216 使用的相对定时不是精确地跟踪接收信号定时, 并且相对于输入信号数据较快, 则迟减早差值产生具有正值的校正信号。另一方面, 如果信号定时太慢, 差值产生具有负值的校正信号。很明显, 也可以根据需要, 采用相反的(inverse)或其他的关系。

为了实施这一技术, 控制抽取器输出, 使一个“半”位元发生得比正常用来对信号解调的情况早些。抽取器输出随后经去扩展和译码, 并且合成的数据在累加器 414 中预选的周期(通常为一个符号周期)上累加。累加的符号数据提供符号能量, 这一能量在平方元件 416 中取平方, 以给“早”信号提供非负幅度值。

另一组取样用累加器 414 在后续预选周期上累加和相加或取积分。然而, 在该周期中, 用一组延迟元件 412 使 PN 码和正交码的应用延迟一个位元周期。这与改变取样或抽取的定时具有相同的效果, 产生去扩展数据和译码数据的“迟”形式。在累加器 414 中在预选周期内累加去扩展数据和译码数据。可以根据需要采用附加元件和存储装置。在平方元件 416 中对经累加的迟符号数据取平方。产

生的早和迟平方值或者彼此相减，或者相互比较，在元件 418 中得到要求的迟/早定时差。用定时滤波器 420 滤波该差值，得到一个“超前/滞后”信号 422。时间跟踪环路继续在采用非延迟码和采用延迟码之间交替，产生早和迟符号，用以更新或生成“超前/滞后”信号 422 的值。一直进行到接收机定时复位为止，例如直到接收机不再工作或偏移至跟踪新的信号时，正如本领域中的技术人员清楚的那样。

抽取过程和编码延迟的初始的和不断进行的定时控制由诸如控制电路 424 的电路提供。即，定时控制电路 424 确定来自抽取器 402 的取样选择的定时。同时，PN 扩展码和正交码的产生也受来自定时控制电路 424 的信号控制。这一较后的定时有时称为 PN 起动，这是因为它能够起动编码的应用。可能还有初始化或 EPOCH 定时信号。定时控制电路 424 选择的定时根据定时环路输出由超前/滞后信号 422 调节。通常，定时超前一个时间长度，该时间长度是一定比例的位元周期，例如在 8 倍取样的场合，用 $1/8$ 位元，以收集抽取前的输入信号。采用这样的定时和超前及滞后机构是本领域中人们所熟知的。

采用每一个接头或数字接收机调节其定时以使得与输入信号同步或对齐的调节量，以确定信号到达时间中的相对延迟。这是通过跟踪定时环路 400 使用的时间变化(超前/滞后)的总量来完成的。累加器 426 可以用来在预选周期中简单地累加和加和每一个超前/滞后信号或命令。这提供使输入信号和接收机定时对齐所需的总的或净的变化量。这代表了信号与本地用户终端或接收机定时的偏移。在用户终端定时与网关相当接近或同步的场合，这提供了对在网关和用户终端之间传送的信号所经历的延迟的测量，使得可以进行距离的计算。不幸的是，许多如本地振荡器不精确性或漂移某因素常常阻止了这样的直接计算。

然而，来自两个数字接收机 216 的定时调节可以用来提供到达时间的相对差值。这里，每一数字接收机既从卫星 104A 也从卫星 104B 接收信号，并确定跟踪该信号所需的定时调节。所需的定时调节既可直接提供到控制处理器也可提供到专用的计算元件，在二者之间形成差值。该差值表示两个信号到达用户终端处的相对时间差，可将该相对时间差报告回网关。

正如前面所提到的那样，该数据作为其他信息的一部分，或作为专用的时间信息信号可以被发送到网关，该数据可以存储在暂态存储元件内，留待以后转发和使用。该信息还可以以某种形式的反映收集时间的“时间标记”提供并存储

起来,从而使网关具有精确的数据时间关系,并且可以更精确地确定用户终端位置。然而,正如上面提到的那样,通信系统中所要求的精度不是一个很精确的要求。如果信息是在收到后的很短的时间内发送的,那么时间标记不是很有用的。通常情况下,数据是在其测量的几个数据帧内发送的,并且如果存在转发问题的话,在转发之前再次生成该数据,所以数据不会比以前几个帧的数据更早。但是,时间标记使得数据传输中有更多的灵活性,并且不管时间所需的时间多长,可以重复进行信号或信号组的转发。否则,如果时间标记不是用来保持所要求的精度的话,系统可以采用固定的时隙和报告要求。

除了不检测导频信号以外,对网关接收的信号的处理是相似的,并且正交码通常与选址(access)探查信号相关。网关的一个优点是可以将定时看作是一个绝对时间基准。即,如上面所讨论的那样,网关具有精确的系统定时,并且可以精确地确定 PN 码或正交码的应用相对于其自身时间的的时间差。这就使得网关能够确定从用于每一接收机或接头的 PN 码状态开始的精确的发送时间或距离。这些发送时间或距离可以被用来确定本发明的距离和距离差参数。所以,当用在某些应用场合时,每一接头的信息可以单独处理,并且无需用元件 428 组合起来,这与前面一样。

执行频率测量的一个实施例如同 5 中所示,它代表用户终端的频率跟踪环路 500 的概况。这些频率测量可以被用来确定本发明的临近速度和临近速度差参数。图 5 中,将来自模拟接收机的通信信号输入到旋转器 502 中。旋转器 502 在预选但可调的相位下工作,用以从数字接收机或接头处的模拟接收机到达的数字取样中去除剩余的频率误差或偏差。

采用 CDMA 类型的信号时,可以将取样转发到一个或多个组合元件 504(通常是乘法器)中,用来与一个或多个编码发生器或编码源 506 提供的合适的系统 PN 扩展码组合,从而得到数据。这种 PN 扩展码或正交码可以在一个步骤中单独或一起与信号组合。业务信道用来调节频率,快速 Hadamard 变换(FHT)元件可以用来代替组合器 504 和编码发生器 506。这种技术见标题为“*Frequency Tracking For Orthogonal Walsh Modulation*”的美国专利申请 08/625,481,该专利申请已转让给本发明的受让人,在此引述供参考。

在累加器 514 中,在一个符号周期上将旋转且去扩展并译码的信号累加,以提供数据符号,并将结果提供到矢量叉积发生元件或发生器 518。同时,将每一

符号提供到一个符号时间延迟元件 516，在将符号提供给叉积发生器 518 前，延时元件 516 提供一个符号周期延迟。

叉积发生器 518 在给定的符号和前一个符号之间形成矢量叉积，以确定符号之间的相位变化。这就对输入信号给出相位旋转中的误差的量度。叉积发生器 518 的输出作为频率误差估算或调节因子提供到旋转器 502 和编码发生器 506。

如上面讨论的那样，去扩展和译码过程的定时控制由诸如定时控制电路 524 的电路提供。该定时可以提供作为上面讨论的定时环路的输出。

每一接头或数字接收机调节其相位使之与输入信号对齐的调节量用来确定到达信号中的相对频率偏移。即，旋转器相位必须调节的以去除信号对齐中的剩余误差的调节量表示到达信号频率与用户终端的期望的或本地基准频率的偏移量。

由于通信系统是在多组固定的通信信号频带内工作的，所以接收机知道所使用的中心或标称载波频率。然而，由于多普勒频移和其他的影响(这影响可能是最小的)，到达信号将不会在期望的中心频率处。上面讨论的调节定义了一个偏移，它可以用来确定到达信号的多普勒频移和实际频率。

这可以通过跟踪频率跟踪环路 500 所实施的总变化量来容易地完成。累加器 522 可以用来简单地在预选的周期上累加因误差估算、信号或命令而产生的相位变化。这给出了使输入信号和接收机频率对齐所需的总的或净值变化量，并且代表在合适频带范围内的与本地用户终端或接收机频率的信号频率偏移。

如前所述，该数据可以被发送到网关作为其他信息的一部分或作为专用的频率信息信号。数据可以被存储在暂态存储器中留待以后转发，并且还可以以某种形式的“时间标记”来提供。然而，由于数据是在其测量的几个数据帧中发送的，并且在有问题的情况下还可以再生，所以通常是不必要的。否则，如果时间标记不是用来保持所需的精度水平的话，系统可以采用固定的时隙和报表要求。

III. 可得到的参数

在一个较佳实施例中，本发明采用四个参数的组合：距离、临近速度、距离差和临近速度差。这些参数描述了用户终端 106 与卫星 104A 和 104B 之间的空间和时间关系。下面描述这些参数及它们的测量和应用。

图 6、7 和 8 描绘的是代表这些参数的等值线在地球表面上的投影。参数的等值线是连接具有相同参数值的所有点的曲线。图 6 和图 7 分别描绘的是两个卫星

104A 和 104B 的投影点 614A 和 614B(即, 卫星正下方的地球表面上的点)以及与卫星 104A 和 104B 相关的距离、距离差和临近速度差参数的等值线在地球表面上的投影。以几千公里累进的两个轴: x 轴 602A 和 y 轴 602B 给出典型的比例。图 8 分别描绘的是两个卫星 104A 和 104B 的投影点 614A 和 614B 以及与卫星 104A 和 104B 相关的距离、距离差和临近速度差参数的等值线在地球表面上的投影。

距离。距离参数代表卫星和用户终端之间的距离。在本发明的一个较佳实施例中, 距离参数是卫星 104 和用户终端 106 之间的距离 R 。 R 等值线在地球表面上的投影绘出一个中心在相关卫星下方的圆, 如图 6 中 604 处点划线所描绘的那样。在本发明的一个较佳实施例中, R 是通过测量从卫星 104 发射到用户终端 106 并返回到同一卫星 104 的信号的往返延迟 (RTD) 而得到的。而 R 是通过将 RTD 除以 2 得到一个单向延迟, 并将结果乘以光速来确定的, 其中, 光速代表信号的速度。在另一个实施例中, RTD 用作距离参数。

在本发明的一个较佳实施例中, RTD 是通过下面的测量方法测得的。首先, 由网关 102 发射含有已知运行 PN 序列或扩展码的信号。由卫星 104 将该信号中继到用户终端 106。用户终端 106 立即或在已知的延迟以后再发射该信号。由同一卫星 104 将再发射的信号中继回到网关 102。接着, 网关 102 将接收信号中的 PN 序列的状态与本地的 PN 序列的状态比较。接着, 用状态差异来确定总的往返延迟, 该延迟包括已知的网关 102 和卫星 104 之间的延迟。正如相关领域中人们所熟知的那样, 因为卫星 104 和网关 102 之间的距离是由网关保持的, 所以这些延迟是已知的。从总的往返延迟中减去这些已知的延迟得到 RTD。用已知的卫星位置推算表, 由本领域中众所周知的各种方法计算网关 102 和卫星 104 之间的已知延迟。

在另一种实施例中, R 是通过测量从一个卫星 104A 发射到用户终端 106 并回到第二个卫星 104B 的信号的“混合”往返延迟得到的。然而, 在该实施例中, 单程延迟无法简单地通过将混合往返延迟一分为二来确定的。由于测量中包含两个卫星, 需要有关它们的相对位置的一些信息。在本发明的较佳实施例中, 如下面讨论的那样, 该信息是由距离差参数提供的。正如对相关技术人员中的技术人员来说很明显的是, 其他的参数和参数可以提供该信息。一旦对卫星 104 求得了单程延迟, 则 R 通过将单程延迟乘以光速确定。

在本发明的一个较佳实施例中, 混合往返延迟由下面的方法测量。首先, 由

网关 102 发射含有运行 PN 序列的信号。由第一卫星 104A 将信号中继到用户终端 106。用户终端 106 立即或者在已知的延迟以后再发射信号。再发射的信号由第二卫星 104B 中继回到网关 102。随后，网关 102 将接收信号中 PN 序列的状态与本地 PN 序列的状态比较。接着，根据已知的位元速度，用状态差确定总的混合往返延迟。从混合往返延迟中减去网关 102 和第一卫星 102A 之间以及网关 102 和第二卫星 104B 之间的已知延迟得到混合往返延迟。

正如对本领域中的技术人员来说是很清楚的是，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，可以用其他的方法来得到 R。

在本发明的一个较佳实施例中，RTD 可以在呼叫期间或呼叫建立期间测得。如果测量是在呼叫建立期间进行的，那么测得的信号通常从网关 102 传送到用户终端 106 作为寻呼信号的一部分，并且再从用户终端 106 传送到网关 102 作为选址信号(access signal)的一部分。如果测量是在呼叫期间进行的，那么测得的信号通常从网关 102 传送到用户终端 106 并返回作为业务信号的一部分。正如对于本领域中的技术人员来说是清楚的那样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，根据需要，测得的信号可以是另一种类型的信号，也可以是与其他的信号组合。

距离差。距离差参数代表用户终端 106 和两个卫星 104A 和 104B 之间的距离。在本发明的一个较佳实施例中，距离差参数是(1)特定用户终端 106 和第一个卫星 104A 之间的距离与(2)该用户终端 106 和第二个卫星 104B 之间的距离之间的差值 dR。等 dR 值线在地球表面上的投影给出一组双曲线，如同 6 中 606 处的虚线所示，并且 $dR=0$ 的等值线给出一条直线。

在本发明的一个较佳实施例中，dR 是由下述方法确定的。首先，网关 102 发射两个信号。第一个信号通过第一个卫星 104A 发送到用户终端 106，而第二个信号通过第二个卫星 104B 发送到用户终端 106。在本发明的一个较佳实施例中，如图 3 中所示的那样，在网关 102 处及时对第一个信号和第二个信号进行预校正，从而基本上同时分别由第一个卫星和第二个卫星发送这些信号。

其次，用户终端 106 确定(1)用户终端从第一个卫星接收到信号的时间和(2)用户终端 106 从第二个卫星接收到信号的时间之间的延迟差。该延迟差在下文中记为 Δt 。第三，用户终端 106 向网关 102 报告 Δt 。最后，网关 102 根据 Δt 确定 dR。正如本领域中的技术人员所知道的那样，在不偏离本发明的精神和方法的情况下，还可以采用其他的方法来获得 dR。

在本发明的另一个较佳实施例中， Δt 用作距离差参数。

在本发明的一个较佳实施例中，第一个信号和第二个信号是导频信号。正如本领域中的技术人员知道的那样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，可以采用任何合适的信号。

在本发明的一个较佳实施例中，如参照图 3 讨论的那样，在传输之前，由网关 102 对第一个信号和第二个信号进行预校正，以确保信号的 PN 码在由卫星 104A 和 104B 再发射前被同步(包括对子波束合适的 PN 码偏移)，并且用户终端 106 通过比较两个接收信号中 PN 码的状态来确定 Δt 。在另一个较佳实施例中，第一个信号和第二个信号不是及时预校正的，而是在信号接收以后，第一个信号和第二个信号之间的再发射的时间差的影响在网关 102 处被消除。正如对本领域中的技术人员来说很明显的是，也可以采用其他的预校正方法来补偿网关 102 和卫星 104A 和 104B 之间的路径长度差。

临近速度。临近速度差参数代表用户终端和卫星之间的相对径向速度。在本发明的一个较佳实施例中，临近速度参数是用户终端 106 和卫星 104 之间的相对径向速度 R 。在本发明的另一个较佳实施例中，临近速度参数是用户终端 106 和卫星 104 之间传送的信号中的多普勒频移 $RTDop$ 。 R 可以通过将 $RTDop$ 乘以光速并除以中心载波频率来得到。等 $RTDop$ 线在地球表面上的投影给出一组类似于双曲线的曲线，并且如图 8 中 804 处实线所示的那样，曲线关于相关卫星的速度矢量对称。通过卫星 104A 的投影点 614A 的 $RTDop = 0$ 等值线是一条直线。

在本发明的一个较佳实施例中， R 是通过下面的方法取两次频率测量来确定的，一次测量在用户终端 106 处，另一次测量在网关 102 处。用户终端 106 测量通过卫星 104 接收到的一来自网关 102 的信号的频率，并向网关 102 报告该频率。网关 102 测量通过同一卫星 104 接收到的来自用户终端 106 的信号的频率。所以，在网关 102 处可得到两次频率测量。在一个较佳实施例中，测量相对于本地振荡器频率的频率。随后，如在下文中讨论的那样，得到实际频率。这一技术见待批且共有的专利申请“*Determination Of Frequency Offsets In Communication System*”(申请号待授，律师文件号 PA300)，在此引述供参考。

这些测量可以用含有两个未知数的两个方程来表示。一个未知数是相对径向速度 R ，另一个未知数是用户终端 106 的本地振荡器的归一化频移 f_{off}/f_0 。这两个方程可以对两个未知数来求解，不仅得到 R ，而且还得到 f_{off}/f_0 ，正如本领域

中的技术人员知道的那样，这是一个在卫星通信系统运行其他方面很有用的测量。

图 9A 和图 9B 中示出这两个等式的推导。图 9A 绘出的是用户终端 106 处测得的频率分量。图 9B 是网关 102 处测得的频率分量。

R = 卫星 104 和用户终端 106 之间的相对径向速度

c = 传播速度(光速)

f_F = 前向链路标称频率

f_R = 后向链路标称频率

f_0 = 用户终端 106 的本地振荡器的标称频率

f_{off} = 用户终端 106 的本地振荡器的频率偏移

$\frac{f_{\text{off}}}{f_0}$ 用户终端 106 的本地振荡器的归一化频率偏移

参照图 9A，用户终端 106 处测得的频率由下式给出：

$$f_{\text{meas, UT}} = f_F \left(-\frac{R}{c} - \frac{f_{\text{off}}}{f_0} \right) \quad (1)$$

参照图 9B，网关 102 处测得的频率由下式给出：

$$f_{\text{meas, GW}} = f_R \left(-\frac{R}{c} + \frac{f_{\text{off}}}{f_0} \right) \quad (2)$$

将(1)和(2)相加和相减，即按照下面的关系式得到频率偏移和相对径向速度：

$$R = \frac{c}{2} \left(\frac{f_{\text{meas, GW}}}{f_R} + \frac{f_{\text{meas, UT}}}{f_F} \right) \quad (3)$$

$$\frac{f_{\text{off}}}{f_0} = \frac{1}{2} \left(\frac{f_{\text{meas, GW}}}{f_R} - \frac{f_{\text{meas, UT}}}{f_F} \right) \quad (4)$$

正如本领域中的技术人员知道的那样，在不频率本发明的精神和范围的情况

下,也可以采用其他方法来得到 R 。

在另一个实施例中, R 是通过包含两个卫星 104A 和 104B 的“混合”方法得到的。该实施例中,用户终端 106 测量通过第一个卫星 104A 接收的来自网关 102 的信号的频率,并将该频率报告回网关 102。网关 102 测量通过第二个卫星 104B 接收的来自用户终端 106 的信号的频率。所以,在网关 102 处可得到两次频率测量,并且因此有两个方程式用于求解。但是,该实施例中三个未知数:第一个卫星 104A 的相对径向速度、第二个卫星 104B 的相对径向速度以及本地振荡器的归一化偏移 f_{off}/f_0 。所以,为了求得 R 还需要更多的信息。在本发明的一个较佳实施例中,该信息可以由下面讨论的临近速度差参数来提供。正如本领域中的技术人员所知道的那样,其他的参数和测量可以提供该信息。所以,甚至在同一卫星 104 无法被用于前向链路信号和后向链路信号的时候,该实施例也可以用于本发明的实施。例如,由于突发的阻塞、信号退化等情况而出现的情况就是这样。

在本发明的一个较佳实施例中,频率测量可以是在呼叫期间进行的,或者是在呼叫建立期间进行的。如果测量是在呼叫建立期间进行的,则用户终端 106 处测得的信号是寻呼信号,而网关 102 处测得的信号是选址(access)信号。如果测量是在呼叫期间进行的,那么用户终端 106 和网关 102 处测得的信号是业务信号。正如本领域中的技术人员知道的那样,在不偏离本发明的精神和范围的情况下,可以采用其他的信号。

临近速度差。临近速度差(也称为多普勒差)参数描述的是(1)特定的用户终端 106 和第一个卫星 104A 之间的临近速度与(2)用户终端 106 和第二个卫星 104B 之间的临近速度之间的差。在本发明的一个较佳实施例中,临近速度差参数是(1)特定的用户终端 106 和第一个卫星 104A 之间的相对径向速度与(2)该用户终端 106 和第二个卫星 104B 之间的相对径向速度之间的差值 ΔR 。

在本发明的另一个较佳实施例中,临近速度差参数是在用户终端 106 处测得的通过第一个卫星 104A 接收的来自网关 102 的信号的频率与通过第二个卫星 104B 接收的来自网关 102 的信号的频率之间的频率差 Δf 。 ΔR 与 Δf 有关: ΔR 可以通过将 Δf 乘以光速并除以中心载波频率计算得到。等 Δf 线在地球表面上的投影给出图 6 中 608 处实线所示的一组曲线。

在本发明的一个较佳实施例中, ΔR 是由下述方法来确定的。首先,网关发射两个信号,第一个信号通过第一个卫星 104A 发射到用户终端 106,而第二个

信号通过第二个卫星 104B 发射到用户终端 106。在本发明的一个较佳实施例中，第一个信号和第二个信号的频率在网关 102 处预校正，从而第一个卫星和第二个卫星发射的信号具有相同的频率。

其次，用户终端 106 确定(1)接收的来自第一个卫星的信号的频率与(2)接收到的来自第二个卫星的信号的频率之间的差。该频率差是 Δf 。最后，用户终端 106 通过将 Δf 乘以光速并将结果除以第一个信号和第二个信号的中心载波频率来计算得到 ΔR 。正如本领域中的技术人员所知道的那样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，可以采用其他的方法来得到 ΔR 。

在本发明的第一个较佳实施例中，第一个信号在通过调整信号频率以补偿第一个卫星 104A 和网关 102 之间已知的相对运动而引起的多普勒频移而传输之前由网关 102 预校正，第二个信号用类似的方法预校正。在另一种实施例中，二信号均不经过频率预校正。正如本领域中的技术人员所知道的那样，可以采用其他的预校正方法来补偿卫星 104A 和 104B 的运动。

在本发明的一个较佳实施例中，第一个信号和第二个信号是导频信号。正如本领域中的技术人员知道的那样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，可以采用任何合适的信号。

IV. 定位方法上述参数可以应用于至少三种不同的组合，以确定用户终端 106 的位置。这三种不同的定位方法如下所述。为了便于理解本发明，参数的物理表述是投影到地球表面上的等参数曲线。

在本发明的第一个实施例中，定位是基于距离、距离差和临近速度差参数。图 6 描绘的是这些参数的等值线。图 6 中，距离参数是 R ，距离差参数是 dR ，而临近速度差参数是 Δf 。如图 6 所示，604 处点划线绘出的等 R 线形成一个圆，代表在用户终端 106 和卫星 104A 之间代表 2750 km 的距离。卫星 104 的投影点 614 由基线(baseline)连接。注意，任意一条等 R 线与基线相交成 90° 角。图 6 中 606 处绘出一族等 dR 线，用虚线表示。每一等 dR 线是一条连接所有具有相同 dR 值的点的双曲线，并与基线 612 相交成 90° 角。图 6 中， dR 线的梯度变化有几千公里。 $dR = 0$ 线是基线 612 的垂直平分线。 $dR = + 0.5$ 线靠近 $dR = 0$ 线的右边，连接所有与卫星 104A 的距离超过与卫星 104B 的距离 500km 的点。

仅采用距离和距离差参数的定位方法有两个问题。第一个问题是位置不明确。例如，考虑 $R = 2750$ km 和 $dR = + 500$ km 的情况。如图 6 所示， $R = 2750$ km

线与 $dR = 500\text{km}$ 线相交于两个点 610A 和 610B。在没有其他信息的情况下，是无法确定用户终端 106 是在 610A 处，还是在 610B 处。因此，其解不明确。

第二个问题是精度的几何稀释(GDOP, Geometric Dilution of Precision)。GDOP “单一性”出现在参数的小误差引起位置求解中大误差的时候。由于 R 和 dR 线与基线 612 均相交成 90° 角，所以它们相切或几乎相切。所以，参数的小的误差会引起大的位置误差。在没有其他位置信息的情况下，仅采用距离和距离差参数的定位方法会引起 GDOP 单一性的问题。

在大多数情况下，采用合适的第三个参数可以解决这两个问题。如图 6 所示，临近速度差参数 Δf 由 608 以 kHz 相间的一组实线所描绘。 Δf 曲线的形状是卫星 104A 和 104B 的相对速度的函数。卫星 104A 和 104B 的代表速度矢量在 616A 和 616B 处如沿旅行线沿中的方向的箭头所描绘。 Δf 最大值的区域靠近图 6 的上方，与 104A 和 104B 的副轨道(sub-track)相交。

参照图 6， Δf 线几乎垂直于 R 线和 dR 线。为此，临近速度差参数 Δf 解决了定位的不确定性和 GDOP 的问题。例如，点 610A 位于 $\Delta f = 20\text{ kHz}$ 线上，而 610B 几乎位于 $\Delta f = 84\text{ kHz}$ 线上。由于 610A 和 610B 清楚地由它们的 Δf 值所区别，所以临近速度差参数 Δf 可以解决定位不确定性的问题。由于相同的原因，临近速度差参数 Δf 解决了 GDOP 问题。正如本领域中的技术人员知道的那样，临近速度差参数 ΔR 也可以解决这些问题。

图 7 描绘的是临近速度差参数不能仅用距离和距离差参数解决定位方法中所包含的 GDOP 单一性问题的情况。这时，用户终端 106 所看到的两个卫星 104A 和 104B 的速度矢量(因此也是路径和副轨道)几乎是平行的。这一几何特征使得靠近用户终端 106 的 Δf 线是闭合的，并且几乎平行于在基线 612 上 712 点附近的 R 和 dR 线运行。由于所有三条线几乎在靠近用户终端的地方是几乎平行的，所以存在 GDOP 单一性。GDOP 奇异性问题可以通过用下面讨论的路径速度参数替代路临近度差参数来解决。

图 10 是描绘本发明第一个实施例运行的流程图。如上所述，以及在步骤 1002 中所示的那样，确定一个或多个距离参数。如上所述以及如在步骤 1004 中所示的那样，确定一个或多个距离差参数。如上所述以及如步骤 1008 中所示的那样，确定一个或多个临近速度差参数。随后，如步骤 1010 中所示以及下面讨论的那样，根据卫星的已知位置和速度以及距离、距离差和临近速度差参数，确定用户

终端在地球表面上的位置。

在本发明的第二个实施例中，根据距离、距离差和临近速度参数来定位。图 8 描绘的是图 7 的情况，其中，等 Δf 线由等 RTDop 线替代，该等 RTD 是相对于卫星 104A 测定的，如 804 处的实线所描绘的那样。等 RTDop 线象双曲线，并且相对卫星 104A 的速度矢量对称。每一 RTDop 线连接地球表面上那些经历了相对于卫星 104A 的相同的多普勒频移的点。等 RTDop 线以 kHz 相间，RTDop = 0 线穿过卫星 104A 的投影点 614A。因此，对于站立在 RTDop = 0 线上的一个观察者来说，卫星 104 象是既不朝向观察者运行，也不远离观察者运动。

图 11 是本发明这一第二个实施例运行的流程图。如上所述以及如步骤 1102 中所示的那样，确定一个或多个距离参数。如上所述以及如步骤 1104 中所示的那样，确定一个或多个距离差参数。如上所述以及如步骤 1106 中所示的那样，确定一个或多个临近速度参数。随后，如步骤 1110 中所示以及如下面讨论的那样，根据已知的卫星位置和速度以及距离、距离差和临近速度参数确定用户终端在地球表面上的位置。

从图 8 可以看，临近速度参数 RTDop 可以缓解仅用距离和距离差参数的定位方法中出现的 GDOP 单一性问题。然而，在很偶然的情况下，仅有临近速度参数是不能解决 RDOP 单一性问题的。这时，可以用全部四个参数来解决 GDOP 单一性。因此，在本发明的第三个实施例中，定位是根据距离、距离差、临近速度和临近速度差参数来进行的。正如相关技术领域中的技术人员知道的那样，在上述任意一个实施例中，用一个以上的每一参数可以使精度进一步提高。

图 12 是本发明第三个实施例运行的流程图。如上所述以及如步骤 1202 中所示的那样，确定一个或多个距离参数。如上所述以及如步骤 1204 中所示的那样，确定一个或多个距离参数。如上所述以及如步骤 1206 中所示的那样，确定一个或多个临近速度差参数。如上所述以及如步骤 1208 中所示的那样，确定一个或多个临近速度差参数。随后，如步骤 1210 中所示以及下面讨论的那样，根据已知的卫星位置和速度以及距离、距离差、临近速度和临近速度差参数确定用户终端在地球表面上的位置。

V. 定位的完成

在详细描述定位的完成之前，首先描述本发明的定位方法所能工作的典型环境是有用的。图 13 是描绘这样一种典型环境的方框图。这一环境是一个计算机

系统 1300，该计算机系统可以形成控制处理器 220 和/或控制处理器 320 的一部分。计算机系统 1300 包括一个或多个处理器，如处理器 1304。处理器 1304 与通信总线 1306 相连。通过这一典型的计算机系统来描述各种实施例。在阅读了本说明书以后，相关技术领域中的技术人员将会理解，如何用其他的计算机系统、计算机结构、硬件机器、查询表等及其各种组合来实施本发明的定位方法的。

计算机系统 1300 还包括主存储器 1308，最好是随机存取存储器(RAM)，也可以包括一个二级存储器 1310。二级存储器 1310 可以包括如硬盘驱动器 1312 和/或可板装存储驱动器 1314(如软盘驱动器、磁盘驱动器、光盘驱动器等)。可板装存储驱动器 1314 以众所周知的方法从可板装存储单元 1318 中读取和/或写入该可板装存储单元 1318。可板装存储单元 1318 如软盘、磁带、光盘等。正如读者会理解的那样，可板装存储单元 1318 包括已经存放在计算机软件和/或数据中的计算机能使用的存储介质。

在另一种实施例中，二级存储器 1310 可包括其他类似的装置，使得可以将计算机程序或其他指令装入计算机系统 1300。这样的装置例如可以包括可板装存储单元 1322 和接口 1320。例如，可以包括程序盒和盒式接口(如电视游戏装置中的接口)、可板装存储芯片(如 EPROM 或 PROM)以及相关的插座，以及其他使得软件和数据可以从可板装存储单元 1322 转移到计算机系统 1300 中去的可板装存储单元 1322 和接口 1320。

计算机系统 1300 还可以包括通信接口 1324。通信接口 1324 使得软件和数据可以在计算机系统 1300 和外部装置之间通过通信路径 1326 传送。例如，通信接口 1324 可以包括调制解调器、网络接口(如以太网卡(Ethernet card))、通信端口等。通过通信接口 1324 传送的软件和数据。信号形式出现，这些信号可以是能够由通信接口 1324 经通信路径 1326 接收的电、电磁、光信号或其他信号。

借助于这个典型环境描述本发明的定位方法的运行。这样进行描述仅是为了方便。这并不意味着本发明定位方法的工作方式仅限于这一典型环境。事实上，在阅读了下面的描述以后，相关技术领域中的技术人员将会清楚看到，是在其他的环境中如何来完成本发明的定位方法的。

在本发明的一个实施例中，用户终端 106 的位置是通过在计算机系统 1300 上执行下面描述的定位方法来确定的。正如相关技术领域中的技术人员知道的那样，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，定位方法可以由硬件机器、查询表

等来执行。

构筑一个标注 z 的参数的 $M \times 1$ 矢量，它由 M 个将用于定位的参数组成。矢量 z 可以包括上面描述过的每一种参数中的一个或多个。正如本领域中人们所熟知的那样，这些参数是一个二维用户终端位置矢量 x 的非线性函数，

$$x = [lat \ long]^T \quad (5)$$

式中，上标“ T ”表示按照下式矩阵或矢量的转置：

$$z = h(x) + v \quad (6)$$

其中， $M \times 1$ 矢量 v 代表测量误差，而 h 是描述测得的参数和用户终端 106 的位置之间的关系的非线性函数。 h 也是卫星 104A 和 104B 的位置和速度的函数。在另一个实施例中，用户终端位置矢量 x 可以如等式(7)所示的那样由三个迪卡尔坐标而不是经度和纬度来定义。

$$x = [x \ y \ z]^T \quad (7)$$

按照高斯的线性化方法，构筑一个 $M \times K$ 的偏导数矩阵 H 来求解用户终端 106 的位置，其中， K 是未知位置的个数，其 (m, k) 元是在给定位置 x 处确定的关于第 k 个位置参数的第 m 次测量的偏导数。例如，如方程式(5)中那样，如果位置矢量描述的是纬度和经度，则 K 等于 2，而矩阵 H 的 $k = 1$ 列中的元素描述的是相对于用户终端的纬度的偏导数，而 $k = 2$ 列中的元素描述的是相对于用户终端 106 的经度的偏导数。如果位置矢量是在迪卡尔坐标($K = 3$)中，则 H 的 $k = (1, 2, 3)$ 列分别是 (x, y, z) 坐标。当使用迪卡尔坐标时，用另外一个方程式来表示坐标的平方和是地球半径的平方。 x 和 H 之间的关系由下式给出：

$$H = H(x) = \frac{\partial h}{\partial x}(x) \quad (8)$$

用迭代加权最小二乘法来求解未知的位置参数。在本发明的较佳实施例中，所采用的方法是加权高斯-牛顿方法，这种方法见 H.W.Sorenson 的 *Parameter Estimation - Principles and Problems*(New York, Marcel Dekker, 1980)一书。迭代方程由下面的关系式给出：

$$\hat{x}_{i+1} = \hat{x}_i + (\hat{H}^T W \hat{H})^{-1} \hat{H}^T W (z - \hat{z}) \quad (9)$$

式中， $\hat{x}_i$ 和 x_{i+1} 分别是当前的位置估计数和下一个位置估计数，而 W 是一个 M

$\times M$ 权矩阵。下标 i 代表迭代次数, $i = 0$ 代表第一次迭代。基于位置估计数的矩阵或矢量是用上标 “ $\wedge$ ” 表示的。参考点, 诸如用户终端 106 最终得知的位置被选择为初始位置计数。如果不知道最终的位置, 则可以用任何一个位置如网关 102 的位置。

$$\hat{H} = H(\hat{x}_i) \quad (10)$$

是在当前位置估计数处确定的偏导数矩阵, 而

$$\hat{z} = h(\hat{x}_i) \quad (11)$$

是用当前位置估计数确定的期望无误差参数。当 $\hat{x}_i$ 和 $\hat{x}_{i+1}$ 之差落在预定阈值以下时, 迭代终止。正如相关领域中的技术人员知道的那样, 阈值是由系统设计人员和/或操作人员根据系统的精度来确定的。例如, 阈值可以是根据测量的位元精度和位元速度来确定的。

$M \times M$ 权矩阵 W 的元素在参数比未知数多时为强调特定参数对估计的位置 $\hat{x}$ 的影响提供了工具。在一个较佳实施例中, 加权矩阵 W 是一个对角矩阵, 其元素反映每一参数可以被确定的相对精度。所以, 正如相关领域中的技术人员知道的那样, 矩阵元素的值是根据已知的系统测量精度来设置的。所以, 给出一个基于精确测量的参数比起一个无法精确测量的参数更有意义。加权矩阵的元素被初始化成预定值, 但可以动态调整。如果将加权矩阵选择为测量误差协方差矩阵的逆矩阵, 就得到最佳精度。

如果测量误差是相互独立并具有零平均值和方差:

$$\sigma_m^2, \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (12)$$

则 W 是一个以 σ_m^2 为其对角线元素的对角矩阵。

由于 W 的这一选择, 使得估计的位置矢量 x 的第 k 个元素的方差由下式给出:

$$\sigma_m^2 = (H^T W H)^{-1}_{kk}, \quad k = 1, 2 \quad (13)$$

最后, 以距离为单位的组合理论水平位置误差由下式给出:

$$\sigma_{pos} = R_E \sqrt{\sigma_{k=1}^2 + \sigma_{k=2}^2 \cos(lat)} \quad (14)$$

式中 R_E 是地球半径。

一般情况下, 如果按照误差方差选择正确的加权矩阵, 则迭代可以收敛到一

个相应于在基线 612 相对面上的真实解的镜象的局部最小值。人们可以使用通过将其相对于基线 612 的反射的这第一解求得其他解的邻域。需要几个循环的迭代来求得正确的第二解。一旦得到了两个可能的解，仍然需要找出哪一个解是真实解。这是通过将每一解相应的计算出的频率与测得的频率比较来完成的。

下面描述一个更好的技术，它确保迭代直接收敛成正确的解。这一技术称为“加权矩阵自适应(weight matrix adaptation)”。举例来说，当频率测量比起时间测量有更多的误差方差时，在正确形成加权矩阵时，给频率测量较小的权重。然而，正如前面指出的那样，这导致收敛至镜象解。所以，特意选择初始加权矩阵(转向加权矩阵, steering weight matrix), 使得根据误差方差, 与“正确”的相比, 对频率测量(上例中)给出更多的权重。这确保了迭代朝向真实的解而不是镜象解。在固定的预定次数的迭代(通常是小数量的)以后, 或者在我们认定收敛(这是由测量 $\hat{x}_i$ 和 $\hat{x}_{i+1}$ 之间的差值来检测的)以后, 进行一次切换而转换到上述“正确的”(最佳)加权矩阵 W 。后一个步骤确保了我们的解中的最终误差可能是最小的。上述技术可以被一般化为多次改变加权矩阵。

在一个较佳实施例中, 定位方法采用地球表面为光滑的椭球模型。在另一个实施例中, 定位方法一开始采用地球表面为光滑的椭球模型, 如 WGS - 84 地球模型。当 x 的值收敛从而 $\hat{x}_i$ 和 $\hat{x}_{i+1}$ 之差小于预定的阈值时, 用详细的数字地形模型来代替光滑模型, 并继续进行迭代, 直到 x 的值收敛到 $\hat{x}_i$ 和 $\hat{x}_{i+1}$ 之差小于第二个预定的距离阈值。因此就缓解了用户终端 106 的高度 (elevation) 所引入的误差。在另一个实施例中, 在进行了预定次数的迭代以后, 替换详细的数字地形模型。正如相关技术领域中的技术人员知道的那样, 按照各个因素确定上述的距离阈值的值和迭代的次数。

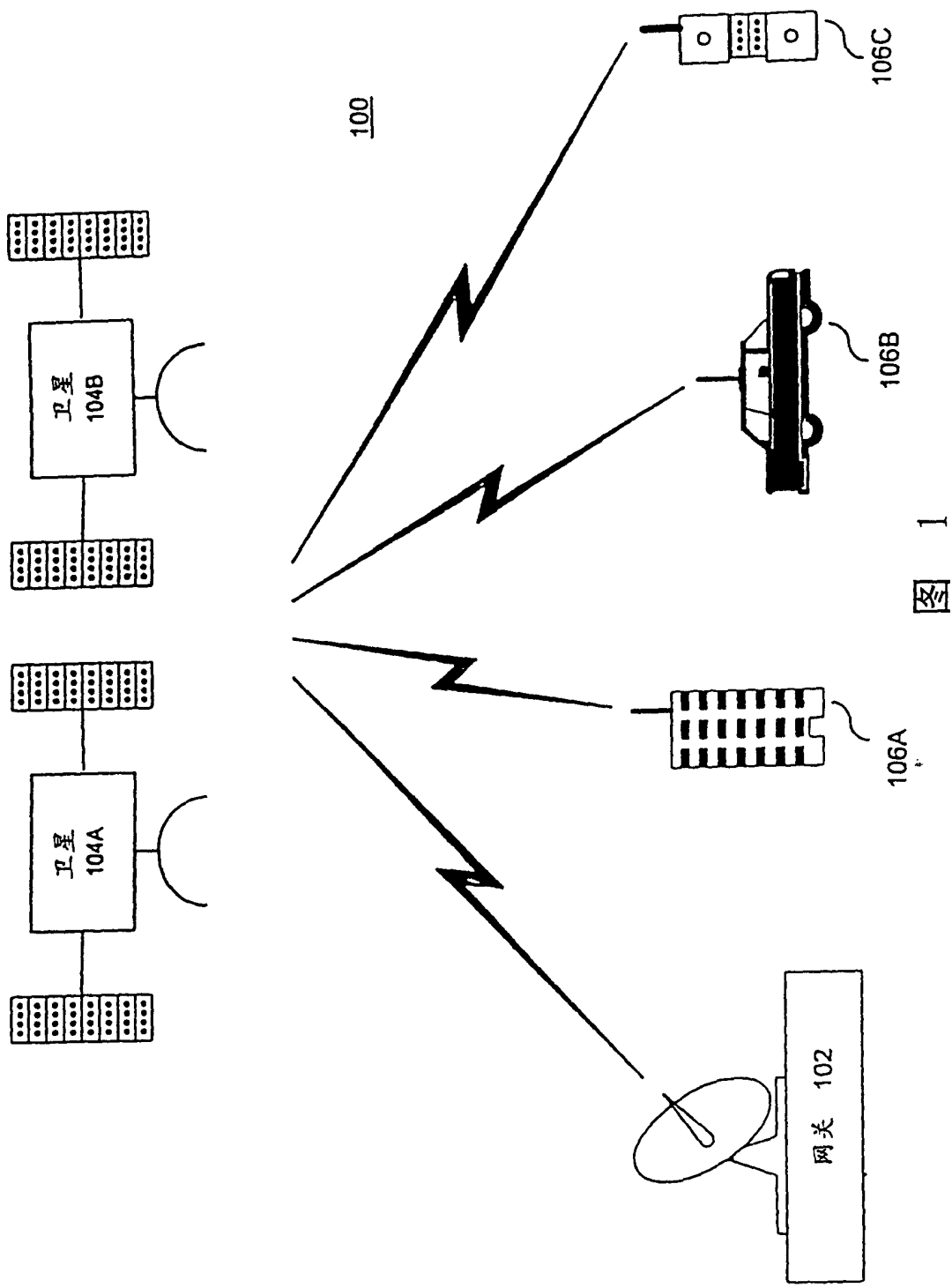
在另一个实施例中, 可以估算地球上面的位置的高度。附加的假想测量 - 与地球中心的距离 - 采用的是迪卡尔坐标, 不必作为完全的测量来对待。与其相关的误差 σ_h 和相应的权重 $1/\sigma_h^2$ 将适度地从二维定位变迁为三维定位, 在三维定位时, 也对光滑地球模型上方的高度进行估算。加入未知的高度可以类似地在极坐标(横向(lat), 长(long), h)中实现。这时, 加入假想的高度测量。

赋予假想测量的误差控制了自由度, 在该自由度内允许估算高度在假设的高度周围波动。随着误差的增加, 赋予该测量的权重降低, 并且定位更加向三维定

位的方向变迁。加入未知高度的缺点是它使得在实际测量中未知的水平位置对误差有更高的灵敏度。所以，最好仅在高度作为水平距离的函数快速变化并且无法有效地使用地形图的情况下对假想高度测量赋予大误差(小权重)。

V. 结论

尽管上文中描述了本发明的各种实施例，但应当理解，这些实施例的描述是非限定性的。对于相关技术领域中的技术人员来说，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，还可以对形式和细节作各种变更。所以，本发明不应当被上述实施例限制，本发明的保护范围以权利要求书为准。



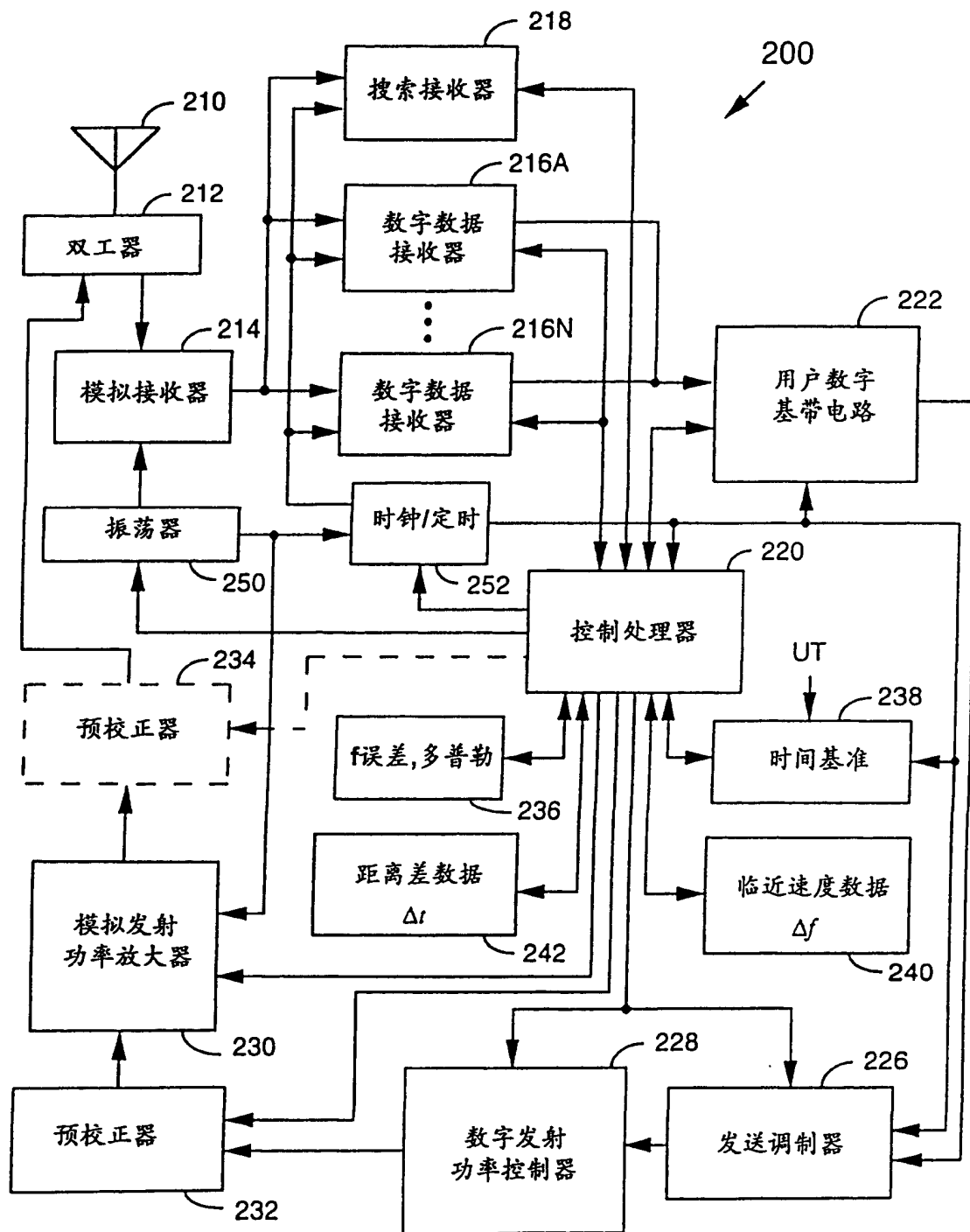


图 2

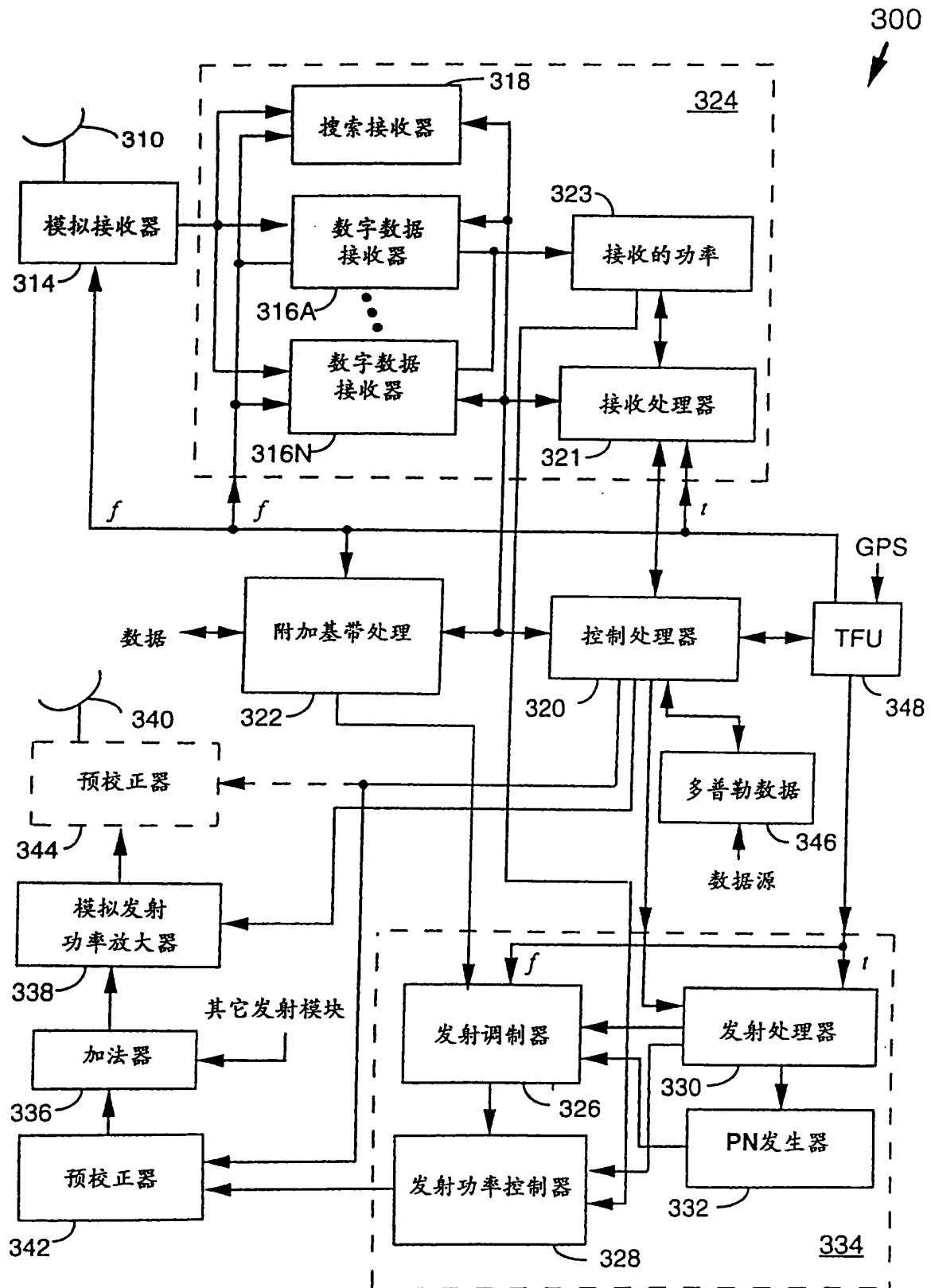
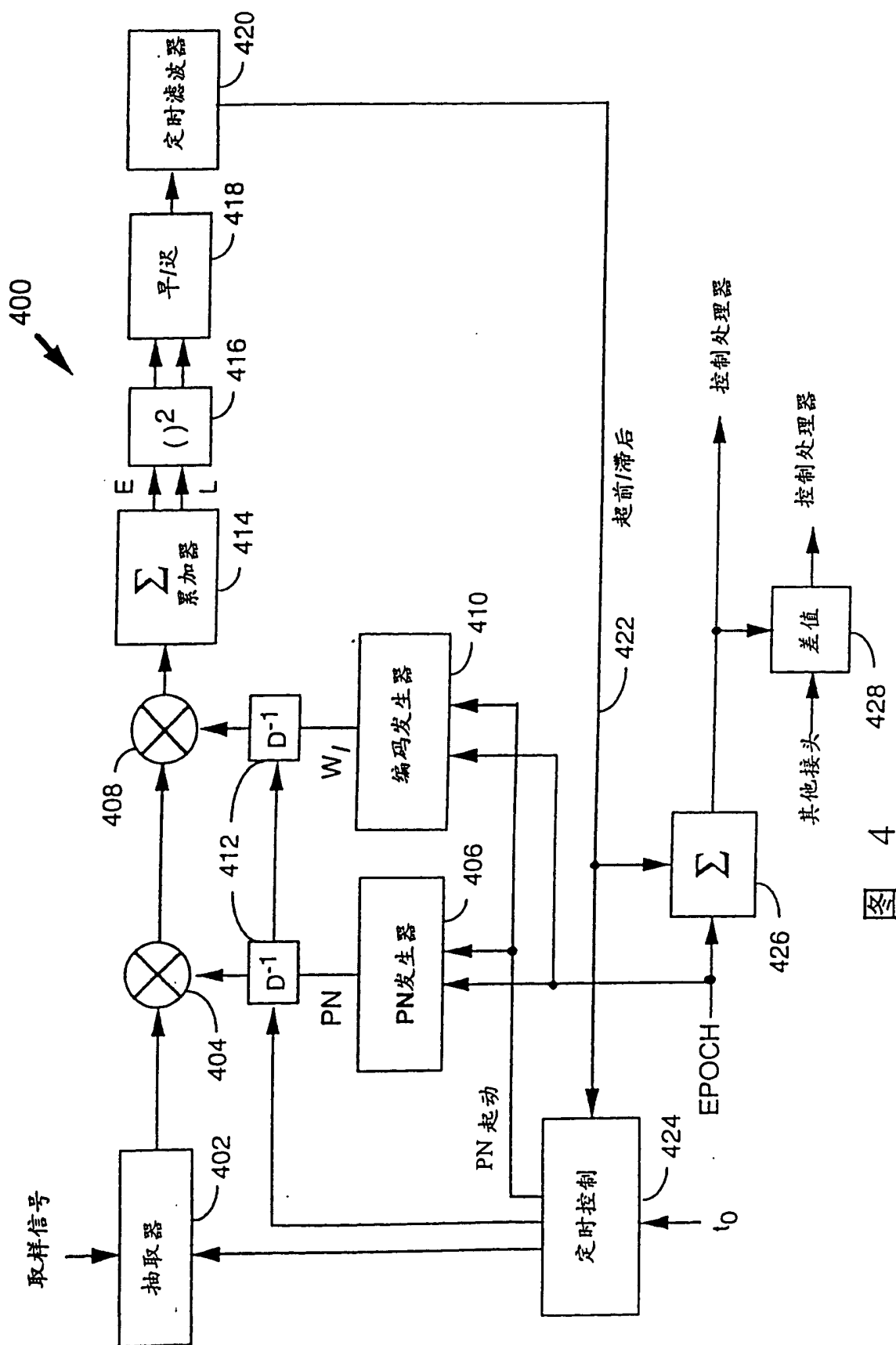


图 3



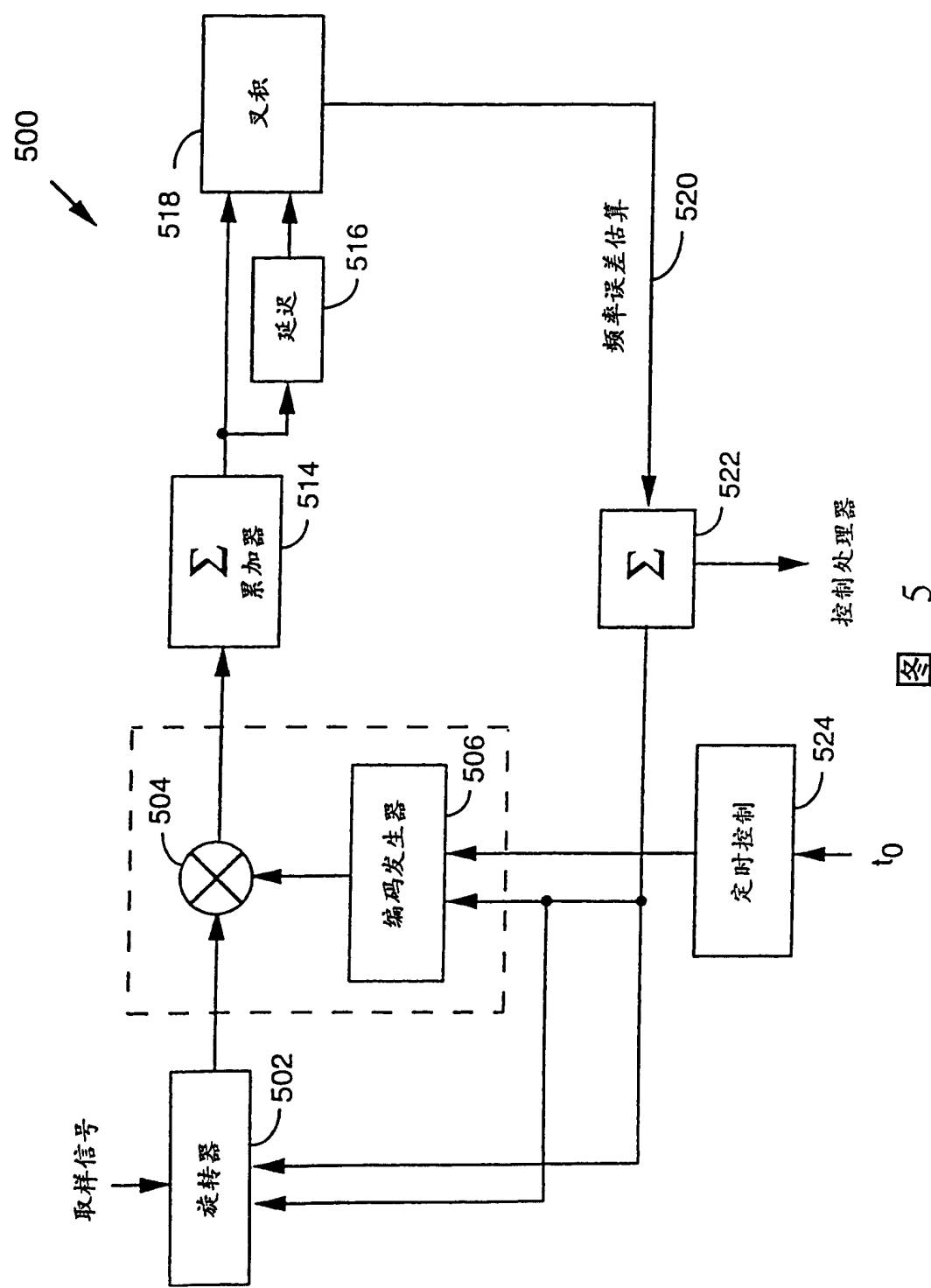


图 5

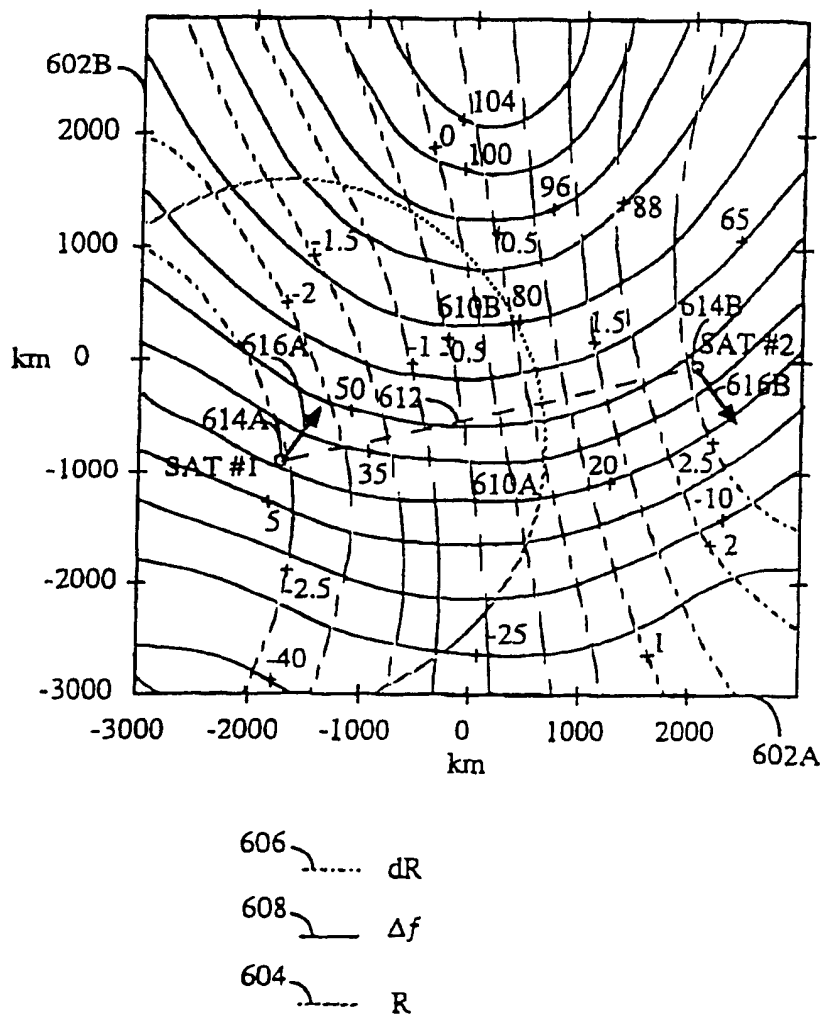


图 6

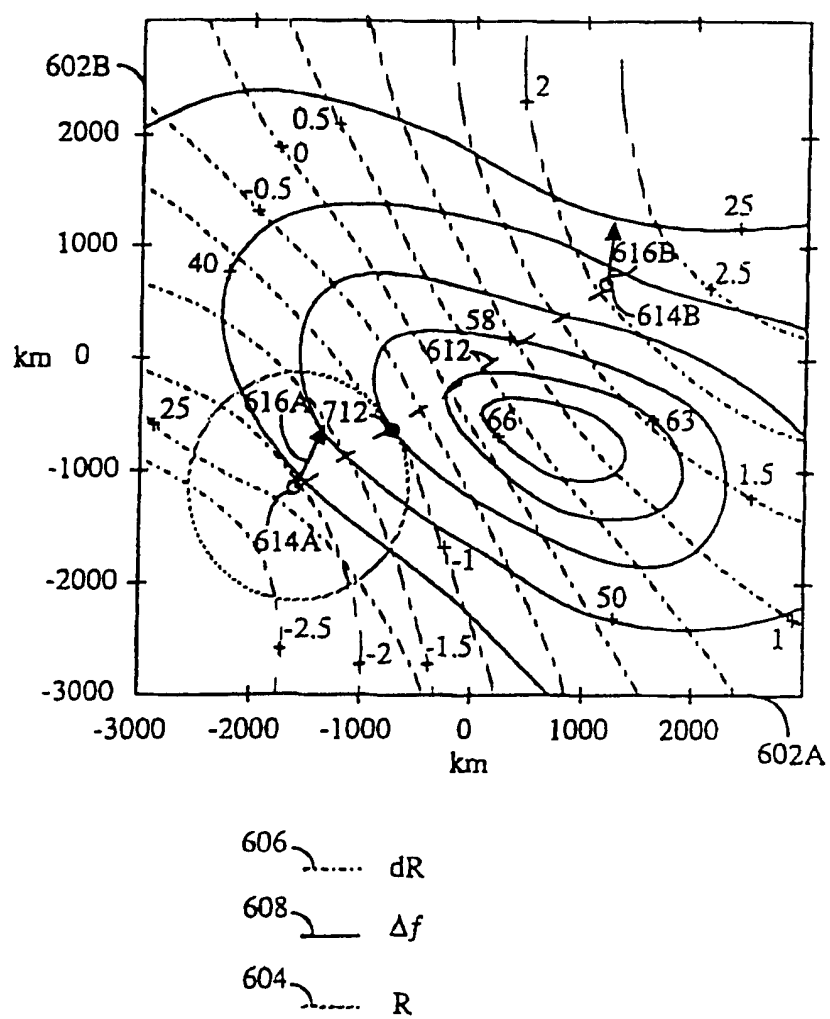


图 7

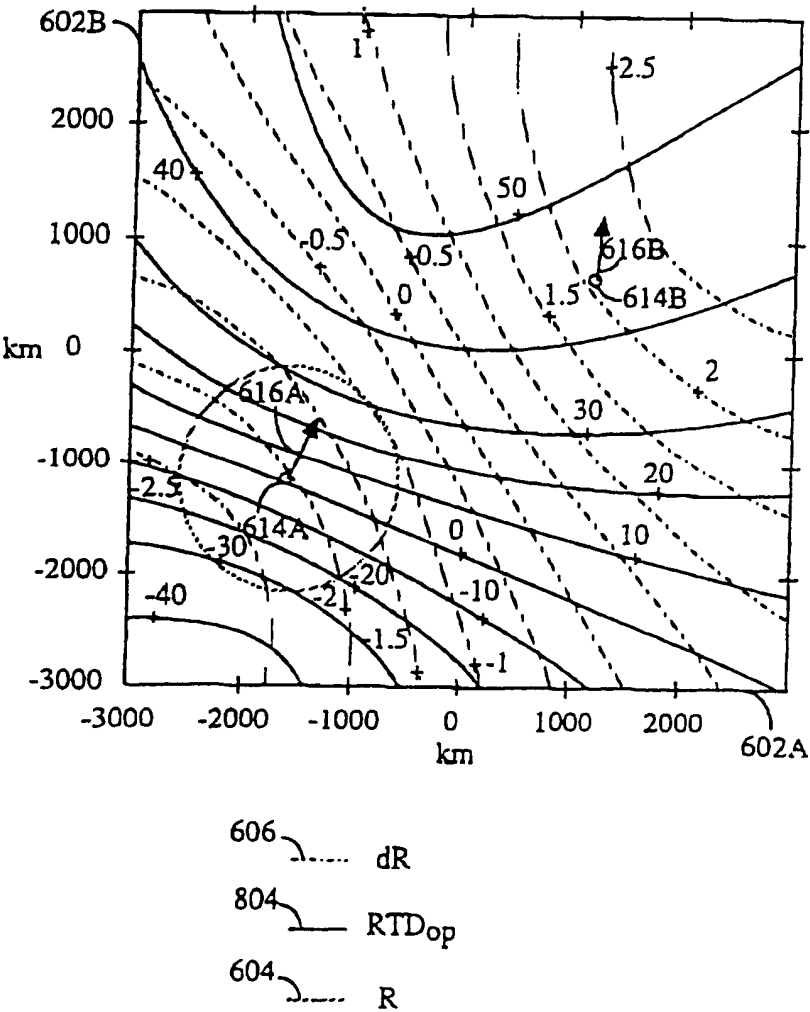


图 8

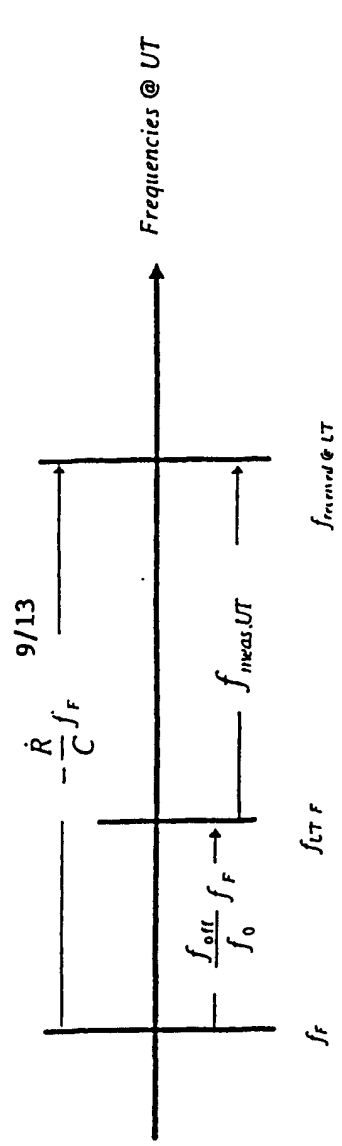


图 9A

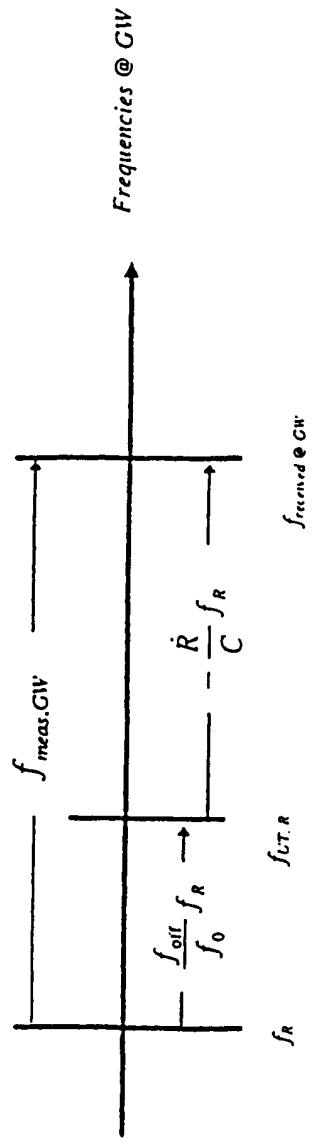


图 9B

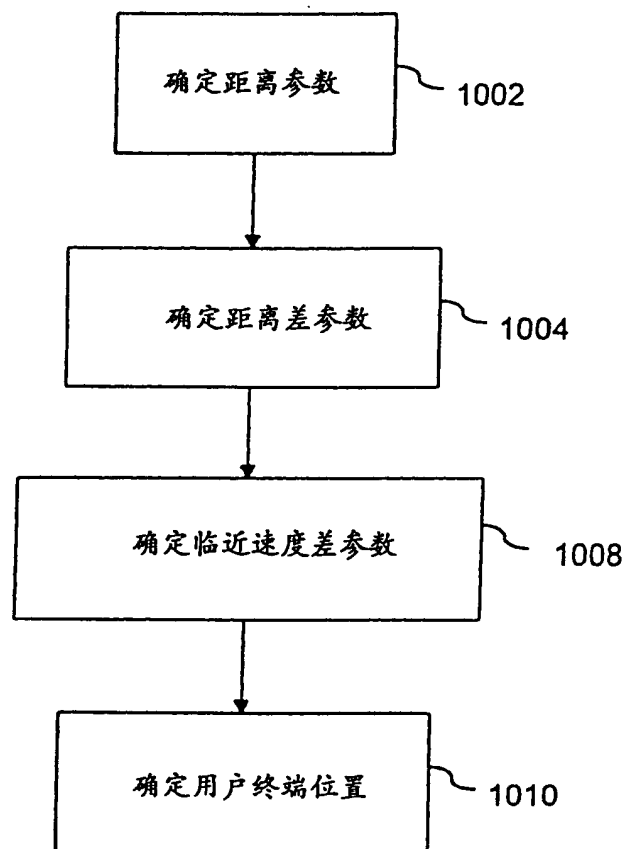


图 10

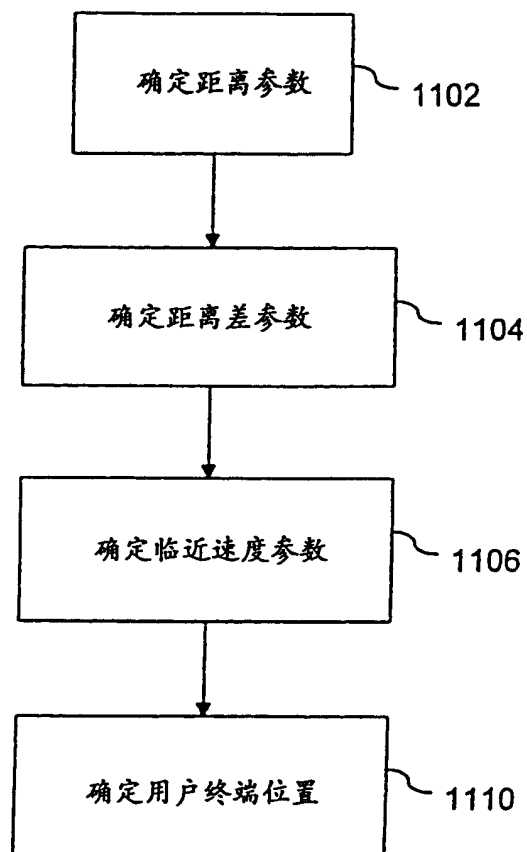


图 11

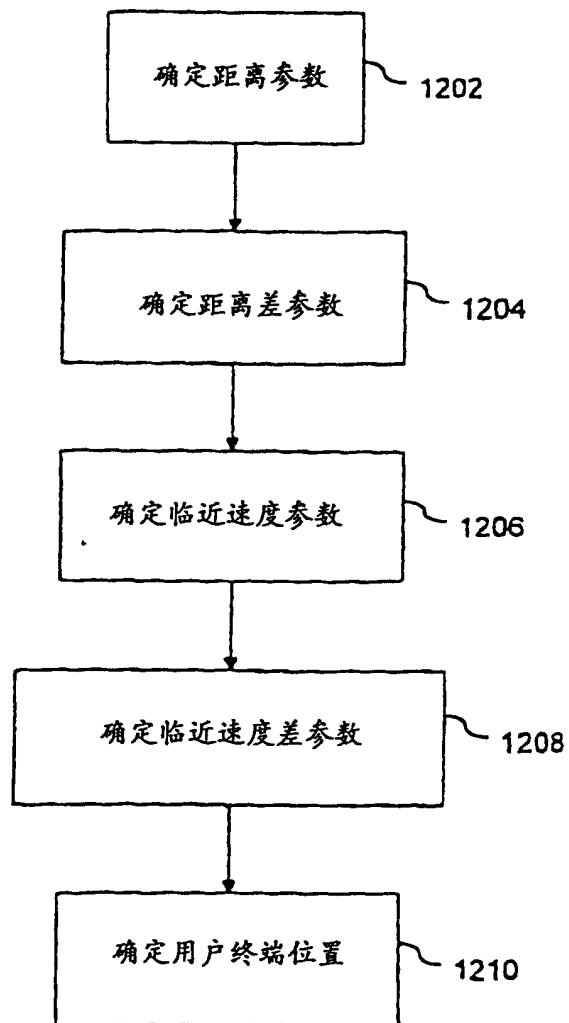


图 12

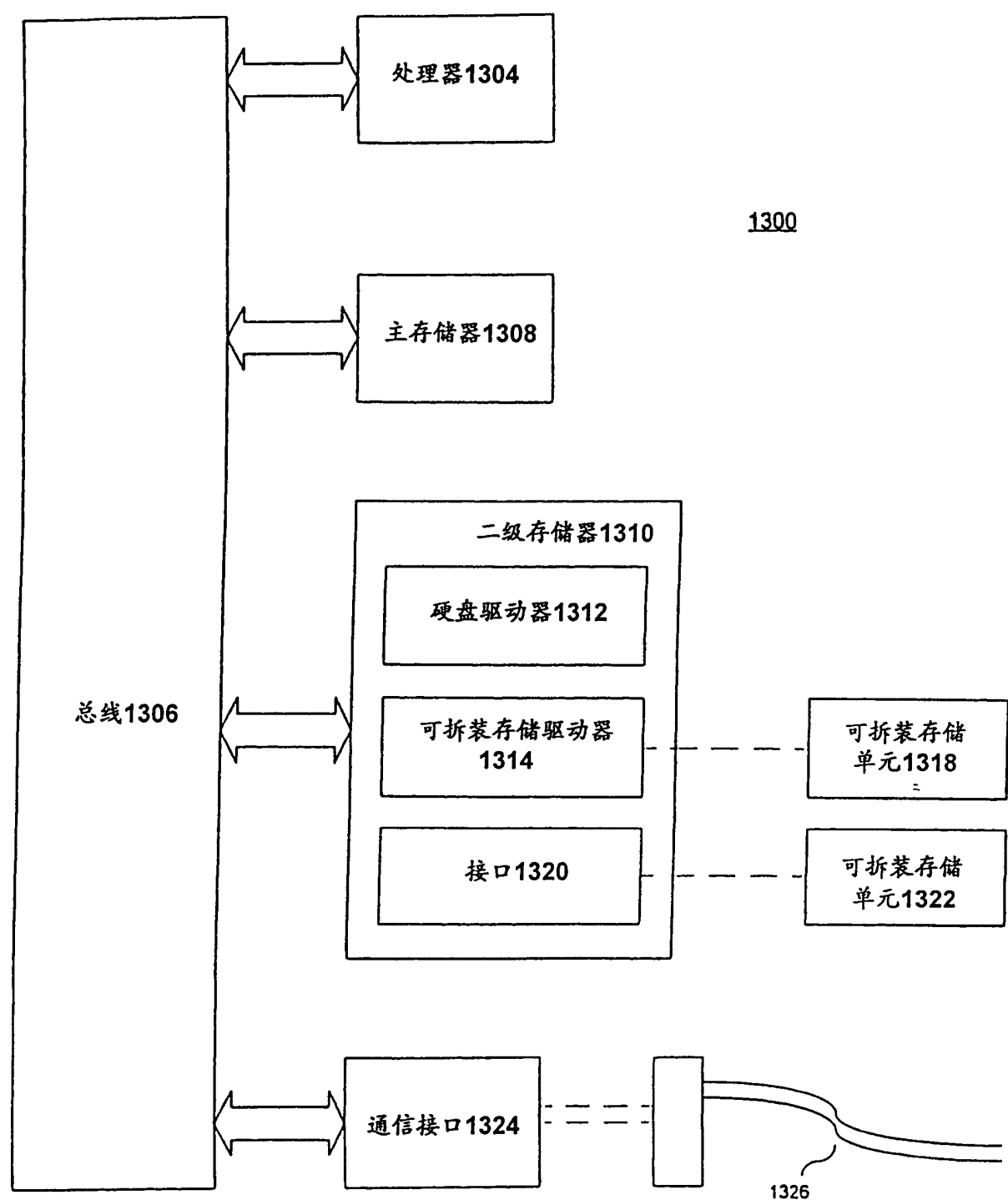


图 13