

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>6</sup>

H04B 7/01

H04B 7/208

## [12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97180219.X

[43]公开日 1999年12月22日

[11]公开号 CN 1239612A

[22]申请日 97.9.26 [21]申请号 97180219.X

[30]优先权

[32]96.9.30 [33]US [31]08/723,724

[86]国际申请 PCT/US97/17323 97.9.26

[87]国际公布 WO98/15070 英 98.4.9

[85]进入国家阶段日期 99.5.31

[71]申请人 夸尔柯姆股份有限公司

地址 美国加州圣地埃哥

[72]发明人 S·A·克瑞姆

G·S·斯金纳

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

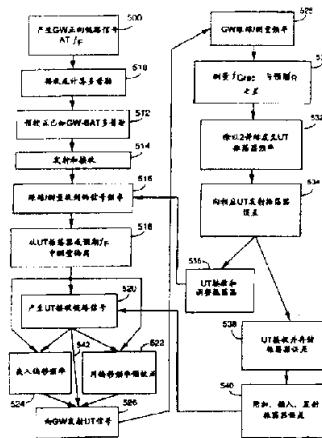
代理人 李湘

权利要求书 5 页 说明书 25 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 通信系统中频率偏移的确定

[57]摘要

一种确定通信系统内用户终端振荡器误差或多普勒效应引起的频率偏移的方法和装置。系统(100)包括至少一个用户终端(124,126)和基站(112)或网关(120,122)以通过卫星(116,118)通信。通信信号(500)的已知多普勒效应被预先校正。用户终端检测相对基准振荡器(516,518)的信号频率并将其视为完全由多普勒效应引起。频率差作为数据在反向链路发送(524,526)中传送,或者用作这种发送(522,526)的预校正因子。反向链路用户终端的频率在网关(528)处再次测量以补偿已知的多普勒效应,从而提供标称误差测量(530)。测量的频率误差或偏移随后除以2并标度至测试的频率。检测的误差可以送至用于校正振荡器输出频率或调整用户终端定时或时间跟踪的用户终端(534)内。检测的误差也可以包含在后续信号内供网关或基站(538,540)使用。



# 权利要求书

1.一种从通信系统内至少一个用户终端的所需通信信号中心频率中确定频率偏移的方法，所述通信系统包含至少一台固定信号收发机，用于在其与用户终端之间传送通信信号，所述方法包含以下步骤：

利用第一预先确定的载波频率和已知通信链路多普勒效应的第一多普勒效应预校正值从至少一个固定信号收发机发送正向链路通信信号；

在所述用户终端处接收所述正向链路通信信号，并确定相应接收载波频率相对第一预先确定载波频率的偏移；

产生第二预先确定载波频率上的反向链路通信信号，所述第二预先确定载波频率还包含被标度至其上的任何用户终端振荡器误差；

根据所述确定的偏移将频率预校正施加在所述反向链路信号上；

在再次施加已知的通信链路多普勒效应的所述第一多普勒效应预校正值之后，在所述固定信号收发机上接收所述反向链路通信信号，并确定相应载波频率相对所述第二预先确定频率的偏移；以及

将最终的差值除以 2 以产生通信期间被补偿的用户终端通信链路频率偏移。

2.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于进一步包含以下步骤：

根据所述确定的偏移应用所述频率预校正作为用户终端-固定信号收发机多普勒效应的第二多普勒值的校正；以及

对除以 2 的所述最终差值进行标度以产生用户终端基准源频率误差值。

3.如权利要求 2 所述的方法，其特征在于所述基准源包含本地振荡器。

4.如权利要求 3 所述的方法，其特征在于进一步包含向所述用户终端传送振荡器误差值作为后续通信信号一部分的步骤。

5.如权利要求 4 所述的方法，其特征在于进一步包含以下步骤：在所述用户终端处接收振荡器误差值作为所述后续通信信号一部分；并且用所述误差值调整所述振荡器输出频率以使振荡器输出频率逼近固定信号收发机基准频率。

6.如权利要求 4 所述的方法，其特征在于进一步包含以下步骤：在所述用户终端处接收振荡器误差值作为所述后续通信信号一部分；并且将所述误差值插入发送至固定信号收发机的后续通信信号中。

7.如权利要求 6 所述的方法，其特征在于所述误差值作为数据插入接入请求

信号内。

8.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于进一步包含以下步骤：

根据所述确定的偏移应用所述频率预校正作为所述用户终端内基准源频率误差的校正；以及

将所述最终差值除以 2 以产生用户终端-固定信号收发机的多普勒效应值。

9.如权利要求 8 所述的方法，其特征在于进一步包含向所述用户终端传送用户终端-收发机多普勒值作为后续通信信号一部分的步骤。

10.如权利要求 9 所述的方法，其特征在于进一步包含以下步骤：在所述用户终端处接收用户终端-收发机多普勒效应值作为所述后续通信信号一部分；并且将所述用户终端-收发机多普勒效应值插入发送至固定信号收发机的后续通信信号中作为已知的多普勒效应。

11.如权利要求 10 所述的方法，其特征在于把所述用户终端-收发机多普勒效应值作为数据插入接入请求信号内。

12.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述固定信号收发机包含基站。

13.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述固定信号收发机包含网关并且使用卫星与所述网关传送所述正向和反向链路信号。

14.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述卫星通信系统包含无线扩展谱 CDMA 通信系统。

15.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述用户终端包含无线电话。

16.一种从通信系统内至少一个用户终端的所需通信信号中心频率中确定频率偏移的装置，所述通信系统包含至少一台固定信号收发机，用于在其与用户终端之间传送通信信号，所述装置包含：

利用第一预先确定的载波频率和已知通信链路多普勒效应的第一多普勒效应预校正值从至少一个固定信号收发机发送正向链路通信信号的装置；

在所述用户终端处接收所述正向链路通信信号并确定相应接收载波频率相对第一预先确定载波频率的偏移的装置；

产生第二预先确定载波频率上的反向链路通信信号的装置，所述第二预先确定载波频率还包含被标度至其上的任何用户终端振荡器误差；

根据所述确定的偏移将频率预校正施加在所述反向链路信号上的装置；

在再次施加已知的通信链路多普勒效应的所述第一多普勒效应预校正值之

后，在所述固定信号收发机上接收所述反向链路通信信号并确定相应载波频率相对所述第二预先确定频率的偏移的装置；以及

将最终的差值除以 2 以产生通信期间被补偿的用户终端通信链路频率偏移的装置。

17.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于进一步包含：

根据所述确定的偏移应用所述频率预校正作为用户终端-固定信号收发机多普勒效应的第二多普勒值的校正的装置；以及

对除以 2 的所述最终差值进行标度以产生用户终端基准源频率误差值的装置。

18.如权利要求 17 所述的装置，其特征在于所述基准源包含本地振荡器。

19.如权利要求 18 所述的装置，其特征在于进一步包含向所述用户终端传送振荡器误差值作为后续通信信号一部分的装置。

20.如权利要求 19 所述的装置，其特征在于进一步包含：在所述用户终端处接收振荡器误差值作为所述后续通信信号一部分并用所述误差值调整所述振荡器输出频率以使振荡器输出频率逼近网关基准频率的装置。

21.如权利要求 19 所述的装置，其特征在于进一步包含：在所述用户终端处接收振荡器误差值作为所述后续通信信号一部分并且将所述误差值插入发送至网关的后续通信信号中的装置。

22.如权利要求 21 所述的装置，其特征在于所述误差值作为数据插入接入请求信号内。

23.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于进一步包含：

根据所述确定的偏移应用所述频率预校正作为所述用户终端内基准源频率误差的校正的装置；以及

将所述最终差值除以 2 以产生用户终端-固定信号收发机的多普勒效应值的装置。

24.如权利要求 23 所述的装置，其特征在于进一步包含向所述用户终端传送用户终端-收发机多普勒值作为后续通信信号一部分的装置。

25.如权利要求 24 所述的装置，其特征在于进一步包含：在所述用户终端处接收用户终端-收发机多普勒效应值作为所述后续通信信号一部分并且用将所述用户终端-收发机多普勒效应值插入发送至固定信号收发机的后续通信信号中作

为已知的多普勒效应的装置。

26.如权利要求 25 所述的装置，其特征在于所述用户终端-收发机多普勒效应值作为数据插入接入请求信号内。

27.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于所述固定信号收发机包含基站。

28.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于所述固定信号收发机包含网关并且使用卫星与所述网关相互传送所述正向和反向链路信号。

29.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于所述卫星通信系统包含无线扩展谱 CDMA 通信系统。

30.如权利要求 16 所述的装置，其特征在于所述用户终端包含无线电话。

31.一种从通信系统内至少一个用户终端的所需通信信号中心频率中确定频率偏移的装置，所述通信系统包含至少一个网关和至少一颗在网关与用户终端之间传送通信信号的卫星，所述装置包含：

用第一预先确定的载波频率和网关-卫星通信链路多普勒效应的第一多普勒效应预校正值经卫星从至少一个网关发送正向链路通信信号的装置；

在所述用户终端处接收所述正向链路通信信号并确定相应载波频率相对第一预先确定载波频率的偏移的装置；

产生第二预先确定载波频率上的反向链路通信信号的装置，所述第二预先确定载波频率还包含被标度至其上的任何振荡器误差；

根据所述确定的偏移将频率预校正施加在用户终端-卫星多普勒效应的第二多普勒效应值的所述反向链路信号上的装置；

通过所述卫星将所述反向链路通信信号发送给至少一个网关的装置；

在补偿所述第一多普勒效应预校正值之后，在所述网关上接收所述反向链路通信信号并确定相应载波频率相对所述第二预先确定频率的偏移的装置；以及

将最终的差值除以 2 以产生通信期间被补偿的用户终端通信链路频率偏移的装置。

32.一种从通信系统内至少一个用户终端的所需通信信号中心频率中确定频率偏移的方法，所述通信系统包含至少一个网关和至少一颗在网关与用户终端之间传送通信信号的卫星，所述方法包含以下步骤：

用第一预先确定的载波频率和网关-卫星通信链路多普勒效应的第一多普勒效应预校正值经卫星从至少一个网关发送正向链路通信信号；

在所述用户终端处接收所述正向链路通信信号并确定相应载波频率相对第一预先确定载波频率的偏移;

产生第二预先确定载波频率上的反向链路信号，所述第二预先确定载波频率还包含被标度至其上的任何振荡器误差;

根据所述确定的偏移将频率预校正施加在用户终端-卫星多普勒效应的第二多普勒效应值的所述反向链路信号上;

通过所述卫星将所述反向链路信号传送给所述网关;

在再次施加已知的通信链路多普勒效应的所述第一多普勒效应预校正值之后，在所述网关上接收所述反向链路通信信号并确定相应载波频率相对与所述用户终端通信有关的所述第二预先确定频率的偏移；以及

将最终的差值除以 2 以产生通信期间被补偿的用户终端振荡器误差值.

# 说 明 书

---

## 通信系统中频率偏移的确定

### 发明领域

本发明一般涉及频率和定时的控制，特别是涉及用于通信系统接收机中基准振荡器频率误差的确定和补偿方法。本发明进一步涉及确定和补偿因发射机与接收机之间相对运动引起的多普勒效应的技术。

### 背景技术

典型的先进陆基通信系统(例如无线数据或电话系统)利用预先划分地理区域或小区内的基站(又称为小区站点)将通信信号中转给一个或多个终端或系统订户。卫星通信系统利用称为网关的基站和一颗或多颗卫星在网关与一个或多个用户之间中转通信信号。基站和网关向每位用户终端提供了与其它用户终端或者其它相连的通信系统(例如公用电话交换网)用户的通信链路。这类系统中的用户终端可以是固定用户也可以是移动用户(例如移动电话)，可以是靠近网关也可以是相距较远。

正如在 1990 年 2 月 13 日授权的题为“利用卫星或陆基中继站的扩展谱多址通信系统”的美国专利 No.4,901,307 和 1995 年 1 月 4 日提交的题为“在扩展谱通信系统中利用全谱发射功率跟踪各接收方相位定时和能量的方法和装置”的美国专利申请 No.08/368,570 中所揭示的那样，有些通信系统采用了码分多址(CDMA)扩展谱信号，上述专利或专利申请都已转让给了本发明的受让人，并作为参考文献包含在本发明中。

在典型的扩展谱通信系统中，在将信息信号调制到载波信号上以作为通信信号发送之前，先利用一条或多条预先选定的伪噪声(PN)代码序列在预定的频带上调制或者“扩展”信息信号。作为一种本领域内公知的扩展谱发送方法，PN 代码扩展产生的发送信号，其带宽远大于数据信号。在基站-用户终端或网关-用户终端的通信路径或链路上，PN 扩展代码或二进制序列被用来区分不同基站发送的信号或者不同波束上的信号，同样也被用来区分多路径信号。这种链路又称前向链路。

在典型的 CDMA 扩展谱系统中，信道化代码被用来分辨小区内或前向链路卫星子波束上各用户终端的信号。利用唯一的“信道化”正交代码，每台用户收发机在前向链路上都有自己的正交信道。这些信道上传送的信号通常被称为“业务信号”。附加前向信道或信号被用于“寻呼”、“同步”和向系统用户发送的其它信号。Walsh 函数通常用来实现信道化代码。

在题为“CDMA 蜂窝电话中产生信号波形的系统和方法”的美国专利 No.5,103,459 中揭示了这种发射装置的其它操作细节，该述专利已转让给了本发明的受让人，并作为参考文献包含在本发明中。

诸如上述专利所揭示的 CDMA 扩展谱通信系统考虑在前向链路用户终端通信中采用相干调制和解调。在利用这种方法的通信系统中，“导频”载波信号(或者简称为“导频信号”)被用作前向链路信号的相干相位基准。导频信号一般不包含数据调制，它由网关或基站作为基准向整个所覆盖地区发射。

导频信号被用户终端用来获取初始的系统同步和定时、频率以及基站或网关发射的其它信号的相位跟踪。跟踪导频信号载波获得的相位信息在相干解调其它系统信号或业务(数据)信号时被用作载波相位基准。这种技术使得许多业务信号可以将共同的导频信号共享为相位基准以提供低成本和更高效的跟踪机制。每个基站或网关一般为每个所用频率(称为 CDMA 信道或子波束)发射一个导频信号，并且由接收来自该频率上发射源信号的所有用户终端共享该导频信号。

当用户终端未接收或发射业务信号时，可以利用称为寻呼信号或寻呼信道的一个或多个信号将信息传送给它们。例如，当向某一移动电话呼叫时，基站和网关借助寻呼信号提醒移动电话。寻呼信号被用来指定呼叫的存在，使用哪个业务信道并分配系统开销信息以及系统订户专用报文。通信系统可拥有几种寻呼信号或寻呼信道。同步信号也可以用来传送用于定时同步的系统信息。所有这些信号与导频信号一样被资源共享。

用户终端可通过在反向链路上发送接入信号以响应寻呼信号内的报文。这是一条从用户终端到基站或网关的信号路径。接入信号也被用户终端用来启动呼叫，所以有时被称为接入探测信号。此外，附加的非正交长 PN 代码一般用来生成反向连接业务信道。与此同时，采用正交代码集的 M-ary 调制方式也可用来改善反向链路数据传送。

对于任何通信系统，前向链路通信信号由用户终端接收并下变频为基带频率

作进一步处理。一旦完成下变频，信号就以数字方式处理以检测接收的特定导频信号，并解调相关的寻呼、同步和业务信号。对于扩展谱系统，PN 扩展码在解调期间被用来解扩展信号并且将信道化代码与信号作相关处理以提供数据。

为了在这类系统中正确地进行接收、下变频和解调处理，用户终端必须与发射被处理信号的基站或网关共享同一频率基准。即，由于在信号载波的相位中携带了信息，所以必须精确检测载波频率并确定多个载波的相对相位。如果不能合理地准确调谐频率，则无法适当地去除载波并精确地解扩展和解调数字信号。

如果系统定时或信号同步不准确，则无法精确地去除 PN 扩展代码和正交信道化代码。如果采用不正确的同步处理代码，则信号仅仅表现为噪声并且传送的不再是信息。确定卫星、用户终端的位置和这类系统中所用的代码定时偏移还需要精确确定时间或相对的时间偏移。用户终端根据本地振荡器的精度维持正确的时钟速率、事件定时和相对基站或网关定时的相对时间值以及绝对定时记录或关系。

为了有助于这种处理，用户终端内的本地振荡器频率源可以高精度运行，或者可以植入高级定时电路或频率发生器。可以增加接收机接收“统一时间”维持定时精度，例如已知的 GPS 系统信号。但是出于各种原因，这类单元通常是不值得的。首先，材料或制造成本阻碍其在许多商用领域(例如蜂窝电话)内的应用。其次，其复杂性影响了用户终端的可靠性，特别是对典型的商用环境而言。此外随着复杂性或专用电路数量的增加，功耗也随之增加，这缩短了便携式通信设备的电池使用时间。

利用各种反馈控制也可以校验和调整或调谐基准源的输出频率。但是采用非静止轨道卫星的通信系统使得用户终端与卫星之间存在较大的相对运动。这在通信链路内信号的表观载波频率上形成相当严重的多普勒偏移。当确定振荡器使用期间误差或者漂移必须考虑到这种多普勒偏移，否则就会妨碍普通锁相环路和其它反馈控制的使用。而且要解决这些问题，系统复杂性也不得不增加。对于与高速运动的移动用户终端或其它类型运动中继站平台进行通信的非卫星通信系统也存在同样的问题。

因此任何需要检测振荡器输出频率内漂移或误差的系统都必须能处理被传送信号的多普勒效应。遗憾的是，虽然网关与卫星之间的相对运动可以精确确定，但是卫星与用户终端之间的却无法精确确定。目前的通信系统设计还不能处

理后一运动引起的多普勒效应，特别是同时存在振荡器误差时。

一种有助于补偿多普勒或振荡器误差的技术采用了称为去歪斜缓冲器的技术，它暂时存储一部分接收信号，因此这部分信号可以随时间偏移。去歪斜缓冲器的大小和存储容量决定了可以补偿的频率偏移或误差量的极限。缓冲器的大小受到众所周知的成本和电路设计因素的限制。遗憾的是，对于较大的多普勒偏移量，补偿所需的信号存储量超出了典型去歪斜缓冲器的容量。此外，如果用户终端振荡器漂移严重或者在通信期间持续漂移，就极有可能使采用便宜振荡器的系统出现超出去歪斜缓冲器容量的频率误差并且失去通信链路的同步。

因此需要一种方法和装置，用来分离和确定通信系统内振荡器精度或频率调谐误差与用户终端经受的多普勒效应。这应该是在不增加成本和复杂性的情况下实现。特别是需要一种测量和处理用户终端与中继通信信号的卫星之间的多普勒效应。

### 发明内容

本发明的一个目标是提供一种技术，用于分离通信系统内用户终端的接收机振荡器误差与多普勒效应。

本发明的另一个目标是提供一种技术，用于确定通信系统内接收机振荡器相对误差量，其中通信信号包含严重的多普勒偏移。

本发明的另一个目标是提供一种技术，用于确定通信系统内用户终端的接收信号频率上相对多普勒偏移量。

本发明的一个优点是实现起来的复杂程度最低，它甚至无需调整用户终端振荡器的频率。

上述以及其它目标、优点等实现于快速检测频率偏移的方法和装置中，这些偏移由通信系统内用户终端所用振荡器误差或多普勒效应产生。示例性的通信系统包含了利用低空地球轨道卫星的无线扩展谱 CDMA 通信系统，并且用户终端一般包含无线电话。但是对于本领域内技术人员来说显而易见的是，本发明也可以用于各种卫星系统和波形或者非卫星中继站系统。

按照本发明的较佳实施例，利用模拟信号发射机从网关或基站向用户终端在预定的载波频率上发送信号。虽然也可以采用其它类型的信号或信号指示，但是这里的信号一般是导频信号或寻呼信号。比较好的是，对于发生于基站或网关与

传送信号卫星之间的已知多普勒频率偏移的第一多普勒因子，信号作预校正处理。当信号传送不使用卫星时无需补偿这种多普勒效应。这种处理利用与基站或网关模拟发射机耦合的预校正单元，比较好的是该单元位于基带输入路径上。

用户终端接收机测量相对于到达用户终端处信号的预期标定发射载波频率的频率偏移量。该偏移相对于具有合适频带标度的用户终端振荡器确定。所测得的偏移被视为单独源自发生于卫星与用户终端之间的第二多普勒因子或多普勒偏移，并且建立所需的频率预校正因子用于产生合适的返回或反向链路通信信号。如果不用卫星从通信系统接收信号，则所测得的偏移就按照发生于基站与用户终端之间的第二多普勒因子那样处理。

用户终端利用发射机产生反向链路通信信号以经所用的同一颗卫星向网关或基站发射。反向链路信号一般(但不是必须)产生于另一载波频率上，但是包含了振荡器误差，由于是上变换所以这种误差位于发射频带内。该信号可以利用所需的预校正因子对频率作预校正，或者将预校正因子附属或嵌入信号内作为频率偏移信息发送。当在网关上接收该反向链路信号时，例如通过调整接收机基准频率或利用旋转器从测量频率中移去了第一多普勒因子，如这里有的话。如果用户终端未对第二多普勒因子作频率预校正(加上误差)，则网关利用用户终端提供的信息作频率预校正。

测量结果由频率偏移或者第一多普勒因子校正的用户终端反向链路信号频率与网关预期的该用户终端反向链路频率之差构成。该偏移提供了额定误差量度，由于它代表两倍的用户终端振荡器误差，所以基站或网关可以利用一个或多个控制处理器将该数值除以 2 并标度为终端振荡器频率，由此移去了反向链路通信路径的多普勒效应。

随后可以将本发明检测的误差发送至用户终端以供调节或补偿振荡器输出频率之用，或者由基站和网关用来补偿接收信号中的频率误差。即，用户终端可以调整或补偿振荡器的频率误差以逼近网关振荡器的精度，从而减少终端的频率误差。这种调整可以一定的周期间隔进行或者根据特定通信系统精度的要求进行。

除了频率以外，振荡器误差数据也可以用来调整用户终端定时、时间跟踪或相对时间。即，调整用户终端的本地时间来处理振荡器频率误差或不精确引起的误差，从而更加精确地确定随时间变化的参数。此外，可以调整定时和内部时钟

信号从而通过提前或滞后预先确定的时隙施加代码以处理振荡器误差引起的定时误差，由此调整 PN 和正交代码的定时。

在一些通信系统或终端中，对于用户终端来说根据精确的频率校正需要对发射频率进行微调可能不大方便或者成本上不合算。作为替代方法，用户终端可以不对振荡器频率进行调整而是将误差值存储在存储器单元或其它已知的存储设备内。随后根据预先确定的依据检索出误差值并将其附属或嵌入通信信号内，以给定的定时通知接收网关大致的振荡器误差量。误差值可以作为接入请求或探测报文或业务信号的一部分发送。也可以根据需要将误差只作为特殊信号中的数据向网关发射。

本发明人将振荡器基准频率实际上未经校正的误差数据的发送称为“虚拟预校正”。即，只要接收的信号包含这样的数据，基站或网关就可以将其当作预校正信号处理。

在替换实施例中，用户终端处测得的频率偏移被视为只源于振荡器误差，并且被用来建立反向链路通信信号的所需频率预校正值。在这种结构中，基站或网关处测得的反向链路信号的频率除去了已知的网关-卫星多普勒效应，提供了卫星-用户终端或基站-终端的多普勒效应的标称估值。由于该数值表示用户终端处两倍的多普勒效应，并且除去了用户终端处振荡器误差，所以被除以 2。如上所述，该多普勒估值被传送至用户终端，用来改善频率预校正或者用于虚拟预校正中。

该结果就是快速地将振荡器误差从用户终端多普勒效应中分离的机理，从而无需过度复杂或昂贵的电路就能确定多普勒效应。因此无需用户终端校正这类误差或多普勒效应就能实现。

### 附图的简要说明

通过以下结合附图对本发明的描述可以进一步理解本发明的特征、目标和优点，附图中相同的部分采用相同的标号，其中：

图 1 示出了采用本发明的典型通信系统；

图 2 示出了用户终端内所用示例性的收发机装置；

图 3 示出了网关或基站内所用示例性的发送和接收装置；

图 4 示出了图 1 通信系统内接收机所用示例性的频率跟踪装置；

图 5 示出了实现按照本发明的频率误差检测过程的步骤；以及

图 6 示出了实现按照本发明的多普勒偏移检测过程的步骤.

### 实施发明的较佳方式

本发明是一种测量方法和装置，用于测量存在多普勒效应时用户终端振荡器频率的误差或变化，或者用于测量存在振荡器误差时的多普勒效应。本发明有效地将振荡器误差从一定的正向链路多普勒偏移中分离从而进行检测和补偿。为此本发明测量用户终端接收的正向链路信号频率(适当预校正网关-卫星多普勒效应)与本地基准或者预期频率之间的偏移。测得的偏移被视为完全是基站或卫星与用户终端之间多普勒效应的结果，并且被用来建立反向链路通信信号的所需频率预校正值或因子。测量的频率偏移是从用户终端到基站或网关的相对预期频率的反向链路通信信号，已知的网关-卫星多普勒效应已经去除从而提供了标定的误差测量结果。由于该测量结果表示用户终端处振荡器误差的两倍(反向链路通信路径各部分的多普勒效应已经被除去)，所以它被除以 2 并标度至用户终端振荡器频率。

另一方面，用户终端处测得的偏移也可被视为唯一源于用户终端振荡器误差，并且被用来建立所需的频率预校正值。此外，测量了到达基站或网关处的反向链路信号频率偏移，其已知的网关-卫星多普勒效应已经移除，从而提供了标定的正向链路信号或者卫星-用户终端多普勒效应估值。该数值随后被除以 2 并用作用户终端多普勒效应估值。

本发明特别适用于采用低空地球轨道卫星的通信系统。但是对于本领域内技术人员显而易见的是，本发明的概念同样可以用于非通信用途的卫星系统。如果网关或基站与用户终端之间的相对运动对所接收的载波频率足以产生重大影响，则本发明也可以用于卫星在非 LEO 轨道上飞行的卫星系统或非卫星中继器系统。

以下详细论述本发明较佳实施例。虽然这里讨论了特定的步骤、结构和布局，但是这仅仅是示意性质的。本领域内技术人员将发现，在不偏离本发明范围和精神实质的前提下也可以采用其它的步骤、结构和布局。本发明可以用于各种无线信息和通信系统，其应用包括位置确定和卫星以及陆基蜂窝电话系统。较佳的应用是在一般采用卫星中继站的为移动或便携式电话服务的 CDMA 无线扩展谱通信系统。

图 1 示出了利用本发明的示意性无线通信系统。值得指出的是，虽然该通信

系统采用 CDMA 通信信号，但是对于本发明来说却不是必须的。在图 1 所示通信系统 100 的某一部分内，包括一个基站 112、两颗卫星 116 和 118 以及两个相关的网关或集线器 120 和 122，用来实现与两个远地用户终端 124 和 126 的通信。基站和卫星/网关一般是称为陆基和卫星的分离的通信系统单元。正如本领域内技术人员所理解的那样，这类系统内基站、网关和卫星的总数取决于所需的系统容量和其它因素。

用户终端 124 和 126 包含诸如蜂窝电话、数据收发机或寻呼或定位接收机之类的无线通信设备（但是不局限于上述设备），并且可以是手持设备或者安装在交通工具上。这里的用户终端用手持电话举例。但是应该理解的是，本发明同样可用于需要远程无线服务的固定单元，包括“内部”位置和“开放空间”位置。

来自卫星 116 和 118 的波束一般覆盖预先确定的不同地理区域。不同频率的波束（又称为 CDMA 信道或“子波束”）可以指向覆盖同一区域。值得指出的是，对本领域内技术人员来说显而易见的是可以根据通信系统设计和提供服务类型以及是否取得空间分集将多颗卫星的波束覆盖或服务区域或多个基站的天线方向图设计为完全或部分交叠于给定区域。

在已经提出的各种多卫星通信系统中采用了 48 颗以上飞行在低空地球轨道（LEO）8 个不同轨道平面内的卫星，向大量用户终端提供服务。但是，本领域内普通技术人员将会很容易理解如何将本发明应用于各种卫星系统和网关结构，包括其它的轨道距离和星座。同时，本发明也同样可以应用于各种基站结构的陆基系统。

在图 1 中示出了一些可能的信号路径，用于在用户终端 124 和 126 与基站 112 之间或者经卫星 116 和 118 与网关 120 和 122 建立通信。基站-用户终端通信链路用直线 130 和 132 表示。卫星 116 和 118 与用户终端 124 和 126 之间的基站-用户终端通信链路用直线 140、142 和 144 表示。网关 120 和 122 与卫星 116 和 118 之间的网关-卫星通信链路用直线 146、148 和 150 表示。网关 120 和 122 以及基站 112 可以用作单向或双向通信系统的一部分或者简单地将报文或数据传送至用户终端 124 和 126。

通信系统 100 一般包含一个或多个系统广域网控制器或交换网络 160。这种控制器内的示意性单元是移动电话交换局，它包括控制公用交换电话网（PSTN）与网关之间电话呼叫路由的接口和处理电路。其它示意性设备包括地面运行控制

和命令中心，它们为网关和卫星提供了对定时的系统范围的控制、PN 和正交代码和频率分配、系统访问等等。将控制器 160 与各种网关或基站耦合的通信链路 162 可以利用已知的技术建立，例如但不局限于专用电话线路、光纤链路或微波或专用卫星通信链路。

图 2 示出了用户终端内所用的示意性收发机 200。收发机 200 采用至少一根天线 210 接收传送至模拟接收机 214 的通信信号，并进行下变频、放大和数字化。多路复用器单元 212 一般用来使同一天线兼具发射和接收功能。但是有些系统采用工作在不同发射和接收频率的分离天线。

模拟接收机 214 输出的数字通信信号被传送至至少一台数字数据接收机 216A 和至少一台数字搜索接收机 218。附加的数字数据接收机 216B-216N 可以用来根据单元复杂性的允许程度获得信号分集的所需水平，这对于本领域内技术人员来说是显而易见的。

至少一个用户终端控制器 220 与数据接收机 216A-216N 和搜索器接收机 218 耦合。控制处理器 220 提供了其它功能，包括基本的信号处理、定时、功率和切换控制或协调以及信号载波的频率选择。另一经常由控制处理器 220 完成的基本控制函数是选择和操纵处理通信信号波形所用的 PN 代码序列或正交函数。控制处理器 220 的信号处理可以包括相对信号强度的确定和各种相关信号参数的计算。这种信号参数计算(例如相对定时和频率)可以包括利用新增或分立的专用电路在测量或改进的控制处理资源分配时提供更高的效率或速度。

数字数据接收机 216A-216N 的输出与用户终端内的数字基带电路 222 耦合。用户数字基带电路 222 包含用于将信息往来于用户终端之间传送的处理和表示的单元。即，信号或数据存储单元(例如晶体管或长期数字存储器)、输入和输出设备(例如显示器屏幕、扬声器、键盘终端和手机)、A/D 单元、声码器和其它声音和模拟信号处理单元等都构成了使用单元的订户基带电路部分。如果采用分集信号处理，则用户数字基带电路 222 可以包含分集组合器和译码器。有些单元也可以在控制处理器 220 的控制或与其通信的基础上运行。

当语音或其它数据准备作为源于用户终端的输出报文或通信信号时，用户数字基带电路 222 被用来接收、存储、处理和制作所需的发射数据。用户数字基带电路 222 向控制处理器 220 控制下运行的发射调制器 226 提供该数据。发射调制器 226 的输出被传送至发射功率放大器 230 用于最后从天线 210 向网关发射输出

信号。

如上所述，为了实现本发明的实施例，用户终端可以采用一个或多个预校正单元或预校正器 232 和 234。比较好的是，预校正单元 232 被用来调整数字功率控制器 228 在基带频率处的输出。包含频率调整的基带频谱信息在发射功率放大器 230 完成上变频期间被转换为合适的中心频率。利用本领域已知的技术完成了预校正或频率调整。例如，可以用复数信号旋转实现预校正，它等同于将信号乘以因子  $e^{j\omega t}$ ，这里<sup>①</sup> 根据已知的卫星方位和所需的信道频率计算得到。当通信信号作为同相(I)和正交相信道(Q)处理时这非常有用。直接数字合成设备可以被用来产生某些旋转乘积。也可以采用坐标旋转数字计算单元，它采用二进制移位、加法和减法以完成一系列分立的旋转，最终完成所需的整个旋转。这种技术和有关硬件在本领域内都是公知的。

作为替换实施例，预校正单元 234 可以位于发射功率放大器 230 输出的发射路径上以调整输出信号的频率。这可以利用熟知的技术完成，例如发射波形的上或下变换。但是由于经常有一系列的滤波器整形波形形状并且连接变化可能会干扰滤波过程，所以改变模拟发射机输出频率可能更为困难。另外，预校正单元 234 也可以构成用户终端模拟上变频和调制阶段(230)的频率选择或控制机构部分从而采用合适调整的频率在一步内将数字信号转换为所需的发射频率。

对应接收的通信信号的一个或多个用于接收通信信号的测量信号参数的信息或数据或者一个或多个共享资源信号可以利用本领域内各种技术送至网关。例如信息可以作为分立的信息信号传送或者将其附属在用户数字基带电路 222 制作的其它报文内。另外信息可以作为预定的控制比特由发射调制器 226 或者发射功率控制器 228 在控制处理器 220 的控制下插入。

数据接收机 216A-N 和搜索器接收机 218 由信号相关单元构成以解调和跟踪特定的信号。搜索器接收机 218 被用来搜索导频信号或其它模式相对固定的强信号，而数字接收机 216A-N 被用来解调其它与检测的导频信号相关的信号。因此可以监视这些单元的输出以确定导频信号或其它信号的能量或频率。这些接收机采用频率跟踪单元，可以对其监视以在解调信号时向控制处理器 220 提供当前频率和定时信息。

控制处理器 220 采用这些信息来在标度至同一频带时确定接收信号偏离预期接收频率或振荡器频率的程度。与频率误差和多普勒偏移有关的各种信息如下所

述可以根据需要存储在一个或多个误差/多普勒存储或存储器单元 236 内。这些信息可以被控制处理器 220 用来调整振荡器频率或者可以传送至利用各种通信信号的网关或基站。

至少一个时间基准单元 238 被用来产生和存储时间信息，例如日期和时间。这种信息的一种用途是帮助确定卫星在已知轨道内的位置。时间可以周期性地存储和更新，并且可以采用 GPS 接收机的通用时间(UT)信号作为某些应用场合下这种过程的一部分。该时间也可以由网关周期性地提供给用户终端。此外，每次用户终端进入诸如“关闭”之类的休眠模式时都存储当前时间。该时间与“开启”时间一起被用来确定各种随时间变化的信号和用户终端位置的变化。本地振荡器通常作为时钟电路基准被用来产生或跟踪时间基准单元 238 内的时间，并且其误差可能会使“时间”漂移或不精确。

如图 2 所示，本地或基准振荡器 240 被用作模拟接收机 234 将输入信号下变频为所需频率基带的基准。根据需要它也可用于多个中间变频步骤直到信号位于所需基带频率。如图所示，振荡器 240 也可以用作模拟接收机 230 将反向链路发射信号从基带上变频为所需载波频率的基准。因此本地振荡器误差影响着输入和输出信号处理。

振荡器 240 也可以用作定时电路 242 的频率标准或基准。定时电路 242 在用户终端 200 内产生其它部分或处理单元(例如时间跟踪电路或数字接收机 216A-N 和 218 内的相关器或者发射调制器 226、时间基准单元 238 和控制处理器)所用的定时信号。振荡器输出频率可以利用已知的电路调整以形成所需定时信号。这种定时信号对于许多电路都称为时钟信号。定时电路 242 也可以配备为在处理器控制下产生相对时钟信号定时的延迟或滞后或提前。即，时间跟踪可以调整为预先确定的量。这也使得代码可以提前或滞后于“正常”定时施加(一般称为一个或多个时隙周期)，从而可以根据需要以不同的定时施加构成代码的 PN 代码。

由此可见振荡器 240 的输出在通信信号的接收和解调以及输入通信信号产生中起着关键的作用。振荡器 240 频率输出的误差或者使用期间该频率的漂移实际上影响着用户终端 200 所有输入和输出部分的频率值和定时。图 3 示出了用于网关 120 和 122 或基站内示意性的发射和接收装置 300。图 3 示出的网关 120、122 部分包含一个或多个与天线 310 相连的模拟接收机 314，用来接收通信信号，随后利用本领域内各种熟知的技术对这些信号进行下变频、放大和数字化。在有些

通信系统中采用多根天线 310。模拟接收机 314 输出的数字信号作为输入被提供给至少一个数字接收机模块(在 324 处用虚线表示)。

每个数字接收机模块 324 对应用来管理网关 120 和 122 与用户终端 124 或 126 之间通信的信号处理单元，当然对于本领域内技术人员来说也可以作一定的改动。一台模拟接收机 314 可以向多个数字接收机模块 324 提供输入，并且在网关 102 内一般采用一定数量的这种模块来容纳所有的卫星波束和任意给定时刻处理的可能分集模式信号。每个数字接收机模块 324 包含一台或多台数字数据接收机 316 和搜索器接收机 318。搜索器接收机 318 一般搜索除导频信号以外信号合适的分集模式。在通信系统中，多台数字数据接收机 316A-316N 被用于分集信号接收。

数据接收机 316 的输出被提供给随后的基带处理单元 322，它包含本领域内熟知的转增，再次不作赘述。示意性的基带装置包含将多路径信号组合为每个用户的一个输出的组合器和译码器。示意性的基带装置还包括接口电路，它一般向数字开关和网络提供输出数据。其它各种已知单元(例如但不局限于声码器、数据调制解调器和数字数据交换和存储单元)可以构成基带处理单元 322 的一部分。操纵这些单元以控制或将数据信号导向一个或多个发射模块 334。

向用户终端发射的信号与一个或多个合适的发射模块 334 耦合。典型的网关采用多个这样的发射模块 334，一次向许多用户终端 124、126 提供服务并一次向多颗卫星和波束提供服务。网关 120、122 所用发射模块 334 的数量根据各种因素确定，包括系统复杂性、卫星数量、用户容量、选择的分集度等。

每个发射模块 334 包括发射调制器 326，它扩展谱调制发射数据并包含与控制用于输出数字信号发射功率的数字发射功率控制器 328 耦合的输出。数字发射功率控制器 328 施加最低的功率电平以用于抑制干扰和资源分配，但是当需要补偿发射路径衰减和其它路径传送特性时施加合适的功率电平。至少一个 PN 发生器 332 由发射调制器 326 用于扩展信号。这种代码生成也可以构成网关 122、124 或基站 112 内所用一个或多个控制处理器或存储单元的功能部分，并且可以是时间共享的。

发射功率控制器 328 的输出被传送至求和器 336，在那里与来自其它发射功率控制电路的输出相加。这些输出作为发射功率控制器 328 的输出以同一频率并在同一波束内向其它用户终端 124、126 发射。求和器 336 的输出被提供给模拟

发射机 338，用于转换为合适 RF 载波频率的数字-模拟转换，作进一步放大、滤波并输出至一根或多根天线 340 以向用户终端 124、126 发射。根据通信系统的复杂程度和通信系统的结构，天线 310 和 340 可以是同一根天线。

至少一个网关控制处理器 320 与接收机模块 324、发射模块 334 和基带电路 322 耦合；这些单元可以在物理上是分隔的。控制处理器 320 提供了实现一定功能的命令和控制信号，例如(但不局限于)信号处理、定时信号产生、功率控制、切换控制、分集组合和系统接口。此外，控制处理器 320 分配 PN 扩展码、正交代码序列和特定发射机和接收机或者用于用户通信中的模块。

控制处理器 320 还控制导频、同步和寻呼信道信号的产生和功率以及与发射功率控制器 328 的耦合。导频信号或信道仅仅是未被数据调制的信号并且可以采用重复的非变化模式或者非变化帧结构类型输入送至发射调制器 326。即用于构成导频信号信道的正交函数 Walsh 代码一般具有恒定的数值，例如全部为 1 或零或者熟知的重复模式，例如 1 与 0 交替。这使得只发送 PN 发生器 332 施加的 PN 扩展代码。

虽然处理器 320 可以直接与诸如发射模块 334 或接收模块 324 之类的模块单元耦合，但是每个模块通常包含诸如发射处理器 330 或接收处理器 321 之类的模块专用处理器，它们控制模块单元。因此，在较佳实施例中，如图 3 所示，控制处理器 320 与发射控制器 330 和接收处理器 321 耦合。这样，单个控制处理器 320 可以更有效地控制大量模块和资源的运行。发射处理器 330 控制导频、同步、寻呼信号以及业务信道信号的产生和信号功率，这些信号与功率控制器 328 耦合。接收处理器控制搜索、PN 扩展解调代码和监视接收的功率。

对于诸如共享资源功率控制之类的某些操作，网关 120 和 122 从用户终端接收通信信号中诸如接收信号强度、频率测量或其它接收信号参数之类的信息。该信息可以由接收处理器 321 从数据接收机 316 的解调输出中得出。此外，该信息可以在控制处理器 320 或接收处理器 321 监视的信号预定位置上检测到并被送至控制处理器 320。控制处理器 320 利用该信息(如下所述)来控制被发射信号的定时和频率并利用发射功率控制器 328 和模拟发射机 338 进行处理。

为了实现本发明的实施例，采用一个或多个预校正器或预校正单元 342 和 344。比较好的是，采用预校正单元 342 来调整处于基带频率的数字功率控制器 328 数字输出的频率。与在用户终端内一样，包含频率调整的基带频谱信息在模

拟发射机 338 完成上变频期间被转移为合适的中心频率。频率预校正利用公知的技术实现，例如上述复数信号旋转，其中根据已知的卫星方位和所需的信道频率计算出旋转角度。与在用户终端中一样，其它信号旋转技术和相关的硬件都是熟知的。

在图 3 中，预校正器 342 位于发射路径上先于求和器 336。这使得可以根据需要对每个用户终端信号进行单独控制。但是当预校正在求和器 336 之后时，由于用户终端共享从网关到卫星的同一发射路径，所以可以采用单个频率预校正单元。

作为替换，预校正器 344 可以位于模拟发射机 338 输出的发射路径上以利用公知的技术调整输出信号的频率。但是改变模拟发射机输出频率可能更加困难，并且可能干扰信号的滤波过程。模拟发射机 338 的输出频率也可以直接由控制处理器 320 调整以提供偏离中心频率的偏移输出频率。

叠加在用户终端信号正向链路上的频率校正量是基于已知的建立通信的网关与每颗卫星之间的多普勒效应。处理卫星多普勒效应所需的偏移量可以由控制处理器 320 利用已知的卫星轨道位置数据计算。该数据可以存储在一个或多个存储单元 346(例如查询表或存储器单元)内并进行检索。该数据也可以根据需要从其它数据源提供。诸如 RAM 和 ROM 电路或磁存储设备之类的公知装置可以用来构成存储单元 346。该信息被用来在任意给定时刻建立被网关使用卫星的多普勒效应调整。

如图 3 所示，时间和频率单元(TFU)348 为模拟接收机 314 提供了基准频率信号。来自 GPS 接收机的统一时间(UT)信号在一些应用中可以用作该处理的一部分。它也可以根据需要用于多个中间变频步骤中。如图所示，TFU348 还用作模拟发射机 338 的基准。TFU348 还向网关或基站 300 内诸如数字接收机 316A-N 和 318 中相关器或发射调制器 326 和控制处理器 320 之类的其它部分或处理单元提供定时信号。TFU348 还配置为在处理器控制下对相对的信号定时(时钟)延迟或提前预定的量。

在通信系统 100 运行期间，网关(120,122)利用其生成的载波频率  $f_F$  向用户终端(124,126)发射的通信信号  $s(t)$  由于多普勒效应和其它效应而经历了时间延迟、频率偏移。首先当从网关向卫星(116,118)发送时，其次是从卫星向用户终端发射时。一旦接收到信号，则发送返回信号还有一定的延迟，并且有从用户终端

(124,126)向卫星(116,118)和从卫星到网关的多普勒效应。

如果大气效应或卫星收发器和发射机特性引起的变化可以忽略，则到达接收机信号的频率基本上(表观上)因多普勒效应而偏离初始基准值或基准频率  $f_F$ 。因此按照关系式卫星在正向链路上从网关接收的通信信号具有新的或偏移的载波频率  $f_{SatF}$ 。

$$f_{SatF} = f_F(1 - v_{gs}/c) \quad (1)$$

这里  $v_{gs}$  是网关-卫星的相对速度或者举例或范围随时间的变化(称为范围速率)，并且  $c$  是光速，大约等于信号通过传输介质(空气)时的速度。

当经历该多普勒偏移的通信信号由卫星以同一频率( $f_{SatF}$ )再次发送并且随后由用户终端接收时，按照关系式它们在新的载波频率  $f_{Urec}$  上接收：

$$f_{Urec} = f_{SatF}(1 - v_{su}/c) = f_F(1 - v_{gs}/c)(1 - v_{su}/c) \quad (2)$$

这里  $v_{su}$  是卫星相对用户终端的速度或范围速率。用户终端接收的载波频率  $f_{Urec}$  是由多普勒效应引起偏移后的发送载波频率  $f_{SatF}$ ，其大小在该点是未知的。

如果用户终端接收机调谐至接收新的频率( $f_{Urec}$ )，并且以同一频率返回或发射，则从用户终端到达网关的返回链路信号按照关系式具有新的载波频率：

$$f_{GreC} = f_{Urec}(1 - v_{sg}/c)/(1 - v_{us}/c) \quad (3)$$

这里  $v_{us}$  是用户终端相对卫星的速度或范围速率，它等于  $v_{su}$ ，并且  $v_{sg}$  是卫星相对网关的速度，它等于  $v_{gs}$ 。

上述关系假定采用单一的标定频率。但是卫星通信系统一般采用不同的标定频率或频带用于各种正向和反向通信链路部分。例如，它们可以用来在卫星内减少干扰或增强某些放大器控制和增益功能。即，不同的中心频率或标定频率被分别用于网关-卫星、卫星-用户终端、用户终端-卫星和卫星-网关链路上。例如网关可以在  $f_{F1}$  上发送信号而正向链路卫星-用户终端信号发送可以采用标定频率  $f_{F2}$ ，用户终端发送的反向链路信号可以采用标定频率  $f_{R1}$ ，而反向链路信号采用标定频率  $f_{R2}$ 。在这种情况下，这些链路的接收信号频率  $f_{SatF}$ 、 $f_{Urec}$ 、 $f_{SatR}$  和  $f_{GreC}$  在受多普勒偏移影响之后分别为：

$$f_{SatF} = f_{F1}(1 - v_{gs}/c) \quad (4)$$

$$f_{Urec} = f_{F2}(1 - v_{su}/c) \quad (5)$$

$$f_{SatR} = f_{R1}(1 - v_{us}/c) \quad (6)$$

$$f_{GreC} = f_{R2}(1 - v_{sg}/c) \quad (7)$$

但是为便于阐述，在以下描述中只采用两个频率，分别用于整个网关-用户正向链路和反向链路，链路信号关系为：

$$f_{U_{rec}} = f_F(1-v_{gs}/c)(1-v_{su}/c) \quad (8)$$

$$f_{G_{rec}} = f_R(1-v_{us}/c)(1-v_{sg}/c) \quad (9)$$

这里  $f_F=f_{F1}=f_{F2}$  并且  $f_R=f_{R1}=f_{R2}$ 。对于本领域内技术人员来说是很容易将本发明应用于各种多频率环境中的。

在卫星通信系统中，任意时刻卫星在其轨道上的位置和相对运动具有很大的确定性。在某种程度上任意时刻的卫星位置是变化的，本领域有精确确定这种变化或新位置和轨迹的技术。例如，信号可以从网关传送至卫星或者相反以确定与预存储数据比较的速度和距离变化。因此利用诸如查询表、存储器单元、内插和各种计算技术之类的已知技术可以确定通信系统内卫星相对网关的位置和运动。该信息可被存储或在网关处计算或者周期性地从集成控制中心提供。

在任一情况下，利用已知的卫星位置和运动信息，可以确定网关-卫星的多普勒因子( $1-v_{gs}/c$ )和卫星-网关的多普勒因子( $1-v_{sg}/c$ )。这些多普勒值可以由网关产生或确定，用于任何卫星与网关的通信链路组合。

因此通过将卫星-网关路径多普勒项标为  $D_1$  和卫星-用户终端路径多普勒项标为  $D_2$ ，可以将  $f_{G_{rec}}$  和  $f_{U_{rec}}$  的关系表示为：

$$f_{U_{rec}} = f_F D_1 D_2 \quad (10)$$

$$f_{G_{rec}} = f_R D_1^2 D_2^2 \quad (11)$$

对于单一标定频率模式( $f=f_R=f_F$ )，则

$$f_{G_{rec}} = f_R D_2 D_1 \quad (12)$$

对于双标定频率模式(分开的反向链路频率， $f_R \neq f_F$ )， $D_2$  是信号传送时网关(或用户终端)唯一不知道的量。

由于卫星方位或轨道位置对于网关是已知的，所以网关可以预校正多普勒效应。即，网关在发送之前对正在使用的卫星的网关-卫星多普勒效应( $D_1$ )作信号频率调整。这可以利用图 3 中讨论的预校正单元完成。在这种情况下，接收频率  $f_{G_{rec}}$  和  $f_{U_{rec}}$  变为：

$$f_{U_{rec}} = f_F D_2 \quad (13)$$

$$f_{G_{rec}} = f_R D_2 D_1 \quad (14)$$

后一频率由网关在接收之后调整以去除或补偿已知的多普勒效应( $D_1$ )。在替

换实施例中，在某些系统的初始发送期间正向链路发送可以对反向链路已知的多普勒效应( $D_1$ )作预校正。

但是如上所述，用户终端内的基准振荡器可能不是精确地在预期的接收频率 $f_F$ 或发射频率 $f_R$ 下工作。相反，由于不精确或振荡器漂移，振荡器的输出偏移一个误差 $\chi$ ，它一般表示为所需频率的百万分之几(ppm)。这种误差因子分别引起 $f_F$ 或 $f_R$ 的偏移 $f_{\text{off}F}$ 或 $f_{\text{off}R}$ 。即，振荡器不是工作在合适的频率下从而在通过所需变频过程标定频率时提供所需或预期的 $f_F$ 或 $f_R$ 。归一化的正向和反向链路信号频率偏移(标定频率)与误差 $\chi$ 的关系为：

$$\chi = f_{\text{off}F}/f_F = f_{\text{off}R}/f_R$$

对于两个频率模式，并且

$$\chi = f_{\text{off}F1}/f_{F1} = f_{\text{off}F2}/f_{F2} = f_{\text{off}R1}/f_{R1} = f_{\text{off}R2}/f_{R2}$$

对于四个频率模式。

因此，当通信信号由用户终端接收时，“测量的”载波频率 $f_{\text{MUrec}}$ 与发射频率 $f_F$ 的关系为：

$$\begin{aligned} f_{\text{MUrec}}(1+f_{\text{off}F}/f_F) &= f_F D_1 D_2 \\ f_{\text{MUrec}} &= f_F D_1 D_2 / (1+f_{\text{off}F}/f_F) \end{aligned} \quad (15)$$

或者

$$f_{\text{MUrec}} = f_F D_1 D_2 / (1+\chi) \quad (16)$$

如果对于所使用特定卫星的网关-卫星多普勒效应( $D_1$ )的网关预校正信号，则变为

$$f_{\text{MUrec}} = f_F D_2 / (1+\chi) \quad (17)$$

用户终端随后在 $f_R$ 频率上利用处理卫星-用户终端多普勒效应( $D_2$ )的预校正发射反向链路信号。但是这种预校正因子包含了振荡器误差或频率偏移因子 $(1+\chi)$ ，并且频率误差 $\chi$ 或偏移 $f_{\text{off}R}/f_R$ 将直接影响该信号的生成，导致到达卫星的信号频率 $f_{\text{SatR}}$ 为：

$$f_{\text{SatR}} = f_R (1+f_{\text{off}R}/f_R) D_2 / (D_2 (1+f_{\text{off}F}/f_F)) \quad (18)$$

或者

$$\begin{aligned} f_{\text{SatR}} &= f_R (1+\chi) D_2 / (D_2 (1+\chi))^2 \\ &= f_R (1+\chi)^2 \end{aligned} \quad (19)$$

并且当信号在网关处接收时：

$$f_{Grec} = f_R(1+\chi)^2 D_1 \quad (20)$$

根据定义，网关或基站、振荡器的频率误差不存在。该信号由网关通过施加负的多普勒偏移去除多普勒偏移值  $D_1$  再次作多普勒补偿。

上述振荡器误差的分析暗示另一种程度的不确定性或者在系统内解决问题的变数。但是发明人发现有一种不大复杂的方案来获取频率偏移并由此校正用户终端振荡器误差。因此按照本发明，频率信息和与往返双程通信信号相关的多普勒效应以唯一的方式处理以获得随后被补偿的振荡器误差。

首先，注意到  $f_{Grec}$  的关系式可以表示为：

$$f_{Grec} = f_F D_1 (1+2\chi + (\chi)^2) \quad (21)$$

对于通信信号或系统，第三项指数项趋于零。这是频率误差项非常小的结果，通常是百万分之几( $10^{-6}$ - $10^{-5}$ )，从而使得平方后基本上变为( $10^{-12}$ - $10^{-10}$ )。载波频率( $f_F, f_R$ )非常大，通常在几吉赫量级( $10^9$ )。例如，对于发射和接收采用 1.618GHz 和 2.492GHz，典型的误差 10ppm( $10^{-5}$ )产生的频率偏移分别为 16.18kHz 和 24.92kHz，而产生的影响量级为 0.16Hz 和 0.24Hz。

因此对于典型通信系统内的信号，上述  $f_{Grec}$  的关系可以简化为：

$$f_{Grec} = f_0 D_1 (1+2\chi) \quad (22)$$

它作为确定频率误差的基础用于本发明。

为了在本发明较佳实施例中确定和分离频率误差，假定在每个用户终端处，网关接收的信号的额定载波频率的偏移是多普勒  $D_2$  的结果。即，通过调整发射频率将  $f_{MUrec}$  对基于振荡器预期频率  $f_F$ (用作基准  $f_F$ )的偏离作为  $D_2$  处理。因此在通过同一卫星向同一网关发射信号时，用户终端通过调整发射频率对这种多普勒  $D_2$  进行补偿。例如利用上述预校正单元将大小等于  $D_2$  平方的负多普勒因子施加上去。

当信号到达卫星时， $D_2^2$  因子被补偿，从而使得反向链路的接收信号频率在卫星处为：

$$f_{SatR} = f_R (1+2\chi) \quad (23)$$

并且在网关处为：

$$f_{Grec} = f_R D_1 (1+2\chi) \quad (24)$$

如上所述，网关知晓  $D_1$  的数值并且一旦接收信号频率确定，则可以补偿已知的多普勒效应并去除存在的  $D_1$  因子。利用上述预校正单元将大小等于  $D_1$  的负

多普勒因子施加上去。因此网关处接收的环路频率经过多普勒补偿后变为：

$$f_{Grec} = f_R(1+2\chi) \quad (25)$$

或

$$f_{Grec} = f_R(1+2f_{OffR}/f_R) = f_R + 2f_{OffR} \quad (26)$$

由于网关知道接收载波信号的频率  $f_{Grec}$ (测量的), 并且预期发射频率  $f_R$ (在系统内指定的), 所以按照关系式计算用户终端内误差引起的链路的振荡器误差或偏移:

$$(f_{Grec} - f_R)/2f_R = \chi \quad (27)$$

并且

$$(f_R - f_{Grec})/2 = f_{OffR} \quad (28)$$

这里  $f_{OffR}/f_R = \chi$  .

用户终端返回网关的信号仅仅包含两倍于振荡器误差形成的频率偏移或两倍于误差。当用户终端从网关处接收信号时考虑了这种误差，并且跟踪或测量频率，并在产生向网关或基站返回的信号时再次跟踪和测量。接收频率于预期频率之间的测量值差除以 2 以提供误差偏移(这里是  $f_{OffR}$ )并且标定至用户终端振荡器频率( $f_{OffR}/f_R$ )以提供误差 $\chi$ 。

此时，网关或基站确定与其通信的特定用户终端(124,126)的振荡器误差和所需的振荡器误差信息。用户终端振荡器误差或偏移信息可以发送至响应的用户终端以使该终端校正振荡器频率。

图 4 示出了实现频率测量的一个实施例，它示出了用于用户终端或网关接收机内的频率跟踪环路 400 的总体图。在图 4 中，来自模拟接收机的通信信号被输入旋转器 402，它工作在预选频率或相位旋转量下以向后续部分传送样本。旋转样本被传送至一个或多个组合单元 404(一般是乘法器)内以分别同所用的合适的系统 PN 扩展和正交代码组合。这些代码至少由一个代码生成器或源 406 提供。对于频率跟踪，正交代码一般用于生成导频或寻呼信号。PN 扩展和正交代码可以组合在一起随后在单个步骤内与样本组合。在题为“正交 Walsh 调制的频率跟踪”的美国专利申请 No.08/625,481 中示出了这种技术，该发明已经转让给了本发明的受让人并作为参考文献包含在本文中。

在累加器 414 内扩展和译码信号在一个符号周期内累加以提供数据符号，其结果提供给矢量叉积生成单元或生成器 418 和符号时间延迟单元 416。延迟单元

416 在向叉积生成器 418 发送符号之前提供一个符号周期的延迟。叉积生成器 418 形成给定符号于前一符号(符号周期)之间的矢量叉积以提供符号之间的相位误差。对于导频信号，这提供了输入信号相位旋转误差的量度。叉积生成器 418 的输出作为频率误差估值或者调制因子提供给旋转器 402 和代码生成器 404。

对于抽取解扩展和译码过程的定时控制由诸如定时控制电路 424 提供。如上所述，该定时可以作为一个或多个时间跟踪环路或控制单元的输出而提供。

每个搜寻器指或数字接收机调制相位或频率以对准输入信号的量用来确定到达信号内相对频率偏移。即，十分之一抽取器必须调整至对准信号的量表示到达信号频率偏离接收机的预期或本地基准频率的量。

由于通信系统工作在通信信号的固定频带组内，所以接收机知道所用或预期的中心或标定载波频率。但是由于多普勒效应，到达的信号不在预期的中心频率上。上述调整定义了一种偏移，它可以用来确定多普勒效应和到达信号的实际频率。

通过由频率跟踪环路 400 跟踪变化总量很容易做到这一点。累加器 422 可以被用来简单地累加和求和预选周期上的每个误差估值、信号或命令。这提供了对准输入信号和接收机信号所需的变化总量或净变化量，并且表示了信号相对本地用户终端或接收机频率的频率偏移(标定至合适的频带)。

图 5 示出了本发明方法和处理的流程图。在该处理期间，确定了一个或多个用户终端内的相对频率偏移或误差。检测的误差随后被用来补偿信号解调期间的频率误差。

如图 5 所示，在步骤 500 内，网关处产生的通信信号的频率为标定频率  $f_F$ 。该信号一般是诸如导频信号之类的共享资源信号，对于 CDMA 信道基本上通过基站(经过分区)或网关接收而服务所有用户终端。信号也可以是其它共享资源或强信号，例如由网关定期发送的寻呼或同步信号。

在发送之前，在步骤 512 中对输入信号作多普勒预校正。即，对网关于传送信号的卫星之间的信号的已知多普勒效应进行补偿。预校正可以利用频率预校正单元完成。在发送之前调整信号频率的技术是本领域内公知的技术并且不再赘述。在步骤 510 中，处理卫星多普勒效应所需的偏移量从查询表或信息存储设备中检索，或利用已知的卫星轨道位置数据计算。该信息被用来建立用于给定时刻正向链路上的多普勒调整。不用卫星传送正向链路信号时多普勒效应一般是未知

量并且此时不作补偿。

由于所有有关的用户终端都共享同一条从网关到卫星的传输路径，所以如果需要此时可以采用单个频率预校正单元。当卫星将通信信号传送至不同子波束内位置不同的各用户终端时发生了路径差异。

虽然可以利用业务信号，但是在步骤 514 中，用户终端通信信号再次作为导频或寻呼信号发生或接收。每个用户终端利用搜索器型接收机或接收机搜索可能的通信信号和寻呼以获取从网关或基站到达的通信信号。作为处理的一部分，接收机搜索几种频率和 PN 代码、假设或潜在的数值以检测通信信号。在步骤 516 中，用户终端跟踪输入通信信号的频率并在步骤 518 中测量频率或根据用户终端振荡器输出确定相对预期正向链路频率(由通信系统设定)的差值或偏移。

随后在步骤 520 中用户终端制作经同一卫星向网关发送的通信信号。用户终端采用图 2 所示基带型数字调制和模拟电路。返回信号可以是请求呼叫的业务信道、对寻呼或广播信号的响应或者其它类型的已知信号。该信号不是简单地利用振荡器基准制作，而是在制作基本信号之后在步骤 522 内进行频率调整以补偿卫星与用户终端之间的多普勒效应。

在步骤 522 中，用户终端施加的频率预校正涉及利用上述频率预校正器，并且对网关同样如此。叠加在输出用户终端信号反向链路上的频率校正量根据步骤 518 的结果确定。

每个用户终端发送的信号在步骤 526 内由合适的卫星传送至网关，在步骤 528 中网关测量频率或者其相对预期反向链路信号频率的频率偏移。除非卫星工作在对传送信号进行频率预校正的结构下，否则到达网关的信号包含多普勒效应。因此网关首先通过减去根据测量频率确定的已知多普勒偏移(步骤 512)来补偿多普勒效应。在替换实施例中，所有从给定卫星接收的信号在搜索接收机试图获取信号和确定其频率偏移之前自动校正多普勒效应。

在任一情况下，随着已知多普勒效应的去除，在步骤 530 中，网关测量接收频率  $f_{Grec}$  与预期反向链路频率  $f_R$  的网关基准(在系统内设定并且是已知的)之差。在步骤 532 中其结果除以 2 以构成估计的振荡器偏移误差( $f_{off}$ )。这种偏移标定至用户终端振荡器频率以构成最终的误差值  $\chi$ 。振荡器误差随后在步骤 534 内作为正向链路信号的一部分被送至相应的用户终端(124,126)。

在步骤 536 中，用户终端利用本领域内熟知的技术调整振荡器输出频率。这

种调整可以定期进行，可以在建立通信链路之前或通信期间。根据所需的最低系统精度选择校正间隔或定时并且也可以根据误差阈值或前一校正后经过的预定时间。这些都是本领域内熟知的因素并且部分基于使用期间频率的预期漂移和特定用户终端振荡器的变化，它们也可能受到工作环境的影响。

在有些系统中，用户终端无频率细调或精细的调谐能力。即，振荡器可以预设为固定频率而不在使用期间调整，或者配置为使用预选频率组而不作微调。由于在一些通信系统中(其中以极低的成本提供通信是重要的考虑因素)要考虑到成本因素，所以可以采用这些结构。在这类系统中，许多用户终端无法利用检测的振荡器误差来实际改变振荡器输出。

但是即使当用户终端无法调整振荡器频率以补偿误差时，由于信息网关接收机可以用于从用户终端获取和跟踪信号，所以它也可以在后续信号发送中包含误差确定信息。用户终端通知接收网关基准频率的调整量(如果能够调整)。该信息在许多地方与采用已知的多普勒效应一样，被用于网关或基站来调整搜索器频率以获取和跟踪信号。

此外，如果不能对振荡器进行微调，则无法对步骤 522 中所用接收信号作多普勒补偿。在这种情况下，用户终端可以在步骤 518 中确定偏移值，并向网关提供该信息。这可以象在步骤 524 中一样通过将信息嵌入或附加在反向链路信号中完成，或者通过生成发送该信息作为数据的信号完成(520)。网关借助该数据和实际测量的来自用户终端的反向链路信号确定振荡器误差，如前所述。

但是由于用户终端不调整振荡器频率，所以用户终端在步骤 538 中接收和存储振荡器误差，例如在存储器单元 236 内。该信息随后如在步骤 540 中那样被附加、嵌入或在后续通信信号内向网关发送。这里如直线 542 所示没有对频率作预校正。

上述频率校正可以定期进行或根据特定通信系统精度的需要进行。如果用户终端将误差值存储在存储器内或其它已知的存储设备内，则可以根据预定的假设检索误差值以将给定时刻振荡器误差量告知接收的网关。误差值可以作为接入请求报文的一部分传送，或者可以构成业务信号的一部分。误差可以仅仅作为特定信号中的数据根据需要向网关发送。

除了频率以外，按照上述步骤确定误差值也可以用来调整用户终端定时或时间。例如，可以调整由用户终端计算或存储的本地时间以处理振荡器频率误差引

起的误差。用户终端控制处理器可以定期或在开始时改变存储在存储器内的频率误差。在这种方式下，用户终端维护的用于某些信号处理任务的时间和/或用户终端存储并更新的时间可以更加精确。由于当从休眠进入激活工作模式或者经历“冷”或“热”启动时时间信息用来获取信号，所以对于用户终端状态变化的情况这点特别重要。

此外，可以通过提前或滞后预定数量的时隙施加 PN 代码来调整 PN 代码定时以处理振荡器误差引起的定时误差。这种调整可以利用上述时钟/定时单元的控制输入实现。也可以采用本领域内其它电路接收或截获并调整用户终端所用信号的定时。

通信信号的频率测量可以在建立通信链路期间或实际通信周期内进行。如果测量发生在呼叫设立或建立期间，则用户终端 124、126 测量的信号通常作为寻呼信号从网关 122、124 发送。这种信号的“再发送”过程通常作为访问信号或访问信道探测的一部分完成。如果频率测量在呼叫时进行，则测量的信号从网关 122、124 发送并且作为正向和反向链路业务信号返回。对于本领域内技术人员显而易见的是，在不偏离本发明的前提下，测量的信号可以具有其它功能或者可以包含或构成其它信号。

虽然上述方法使得改进的技术能够检测和校正或补偿用户终端内的振荡器误差，但是如果确定了卫星-用户终端多普勒偏移，则可以对系统运行作进一步的改进。通过返回上述表达式和预校正频率误差代替多普勒效应完成改进。

在本发明的替换实施例中，每个用户终端假定网关接收的本地产生的载波中心频率的偏移是振荡器误差或偏移的结果。在向网关或基站回送信号时，用户终端通过调整发送频率补偿振荡器误差。当信号到达卫星时，振荡器误差经过预校正(补偿)，从而使得卫星的反向链路信号的接收频率  $f_{Star}$  为：

$$f_{SatRT} = f_R (1 + \chi) D_2 / ((1 + \chi) / D_2) = f_R D_2^2 \quad (29)$$

并且当信号在网关接收时：

$$f_{Grec} = f_R D_2^2 D_1 \quad (30)$$

在校正已知的多普勒效应并且插入多普勒因子( $D_2$ )的定义后变为：

$$f_{Grec} = f_R [1 - 2(v_{us} / c) + (v_{us} / c)^3] \quad (31)$$

最后一项趋于零，或者对通信信号或系统的影响较小，可得

$$f_{Grec} = f_R [1 - 2(v_{us} / c)] \quad (32)$$

并且

$$(f_{Grec} - f_R) / 2f_R = -(v_{us} / c) \quad (33)$$

它可以用来估计或确定卫星与用户终端之间的多普勒效应。

图 6 示出了本发明补偿卫星与用户终端之间多普勒偏移的方法和过程的流程图。这里通信信号由网关一般在预校正多普勒效应之后以频率  $f_F$  发送并由用户终端获取(与步骤 500、510、514 和 516 相同)。用户终端随后在步骤 518 内根据振荡器频率测量相对预期正向链路频率的差值或偏移，并且在步骤 620 内制作通过同一卫星向网关发送的通信信号。

与前面一样，在步骤 622 中可以在制作基本信号之后预校正或调整频率以补偿用户终端振荡器误差。在步骤 622 中的频率预校正涉及利用上述频率预校正器，并且根据步骤 518 的结果确定叠加的频率校正量。本实施例的差别是施加预校正以去除振荡器误差而非多普勒偏移。

在步骤 626 中用户终端发送的信号由合适的卫星向网关发送，在步骤 628 中再测量频率。除非卫星对频率作了预校正，否则网关通过减去测量频率偏移引起的已知多普勒效应(步骤 512)进行补偿。当然对于利用基站的系统，无需对卫星多普勒效应进行预校正。在替换实施例中，所有从给定卫星接收的信号可以在接收机试图获取或跟踪信号并确定频率之前自动校正多普勒效应。

在任一情况下，随着已知多普勒效应的去除，在步骤 530 中，网关测量接收频率  $f_{Grec}$  与网关预期反向链路频率  $f_R$  的差值。在步骤 532 中其结果除以 2 并标度至链路频率以构成估计的未知多普勒偏移。估计的多普勒效应随后在步骤 536 内作为正向链路信号的一部分被送至相应的用户终端(124,126)。

在步骤 540 中，用户终端利用本领域内熟知的技术调整振荡器输出频率。这种调整可以定期进行，可以在建立通信链路之前或通信期间。与前述一样，根据本领域内熟知的因素选择校正频率，它们也可能受到工作环境的影响。

对于振荡器误差，如果无微调能力或者没有必要，则由于信息网关接收机可以用于从用户终端获取和跟踪信号，所以它也可以在后续信号发送中包含多普勒确定信息。用户终端通知接收网关反向链路信号的调整量(如果能够调整)。该信息在许多地方与采用已知的多普勒效应一样，被用于调整获取和跟踪信号的接收机频率。此外该信息可以用于用户终端以调整定时和时钟信号。例如可以调整应用 PN 代码的定时以补偿代码多普勒效应。

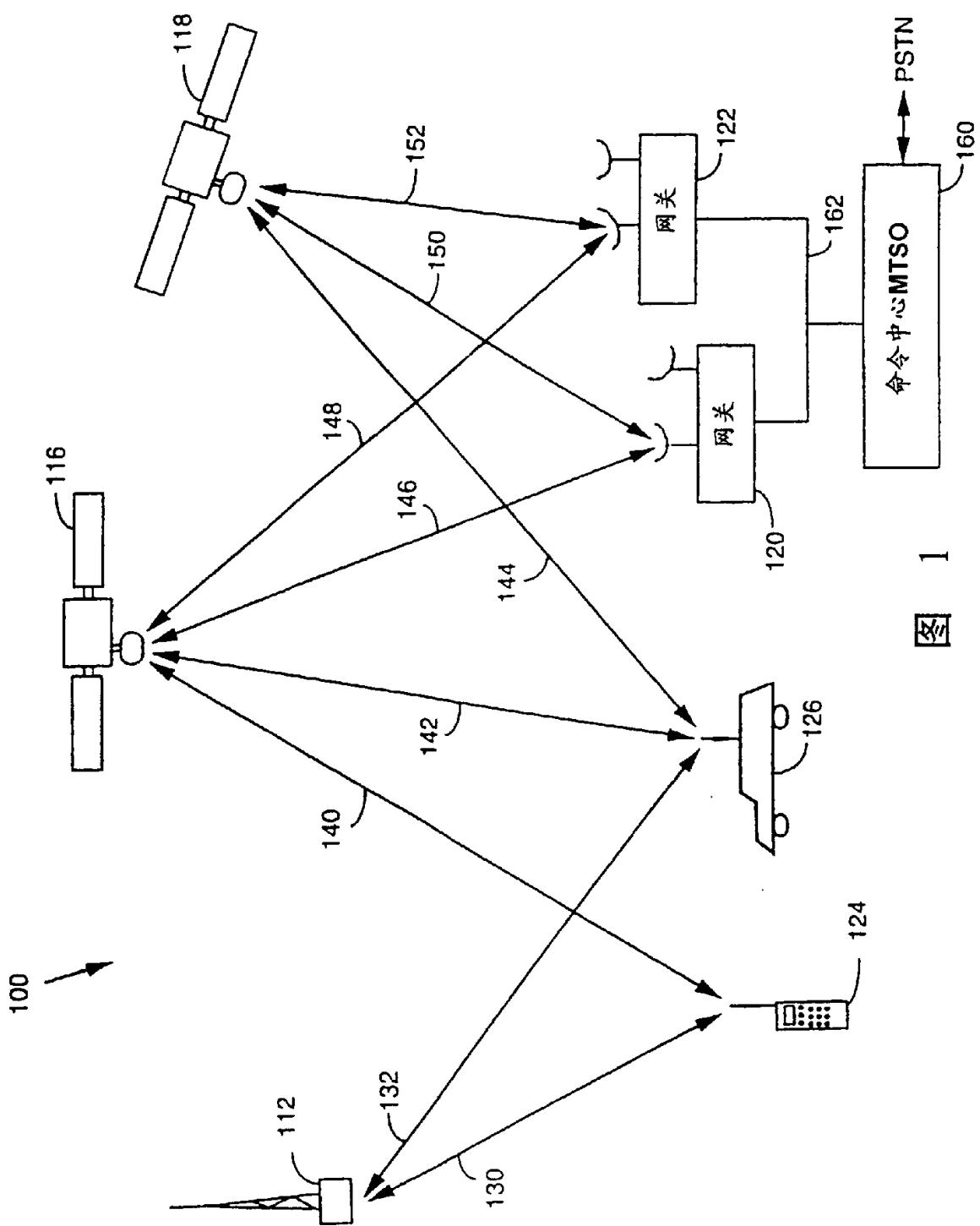
在这种情况下，用户终端在步骤 538 中接收和存储多普勒估值，例如在存储器单元 236 内。在步骤 540 中，该信息随后被附加、嵌入或在后续通信信号内向网关发送。如直线 542 所示，频率没有经过预校正。

此外，如果不能对振荡器进行微调，则无法对步骤 522 中所用接收信号作振荡器误差补偿。在这种情况下，用户终端可以在步骤 416 中确定偏移值，并在步骤 524 中向网关提供该信息。网关借助该数据和来自用户终端的测量反向链路信号确定多普勒效应。

如上所述，与多普勒效应有关信息的调整或发送可以定期进行或根据特定通信系统精度的需要进行。此外该信息可以用于用户终端以调整相对于频率的定时和时钟信号。

通过以上借助实施例对本发明的描述，本领域内的技术人员可以所不偏离本发明精神和范围的前提下对本发明作出各种修改。因此本发明由后面所附权利要求限定。

# 说 明 书 附 图



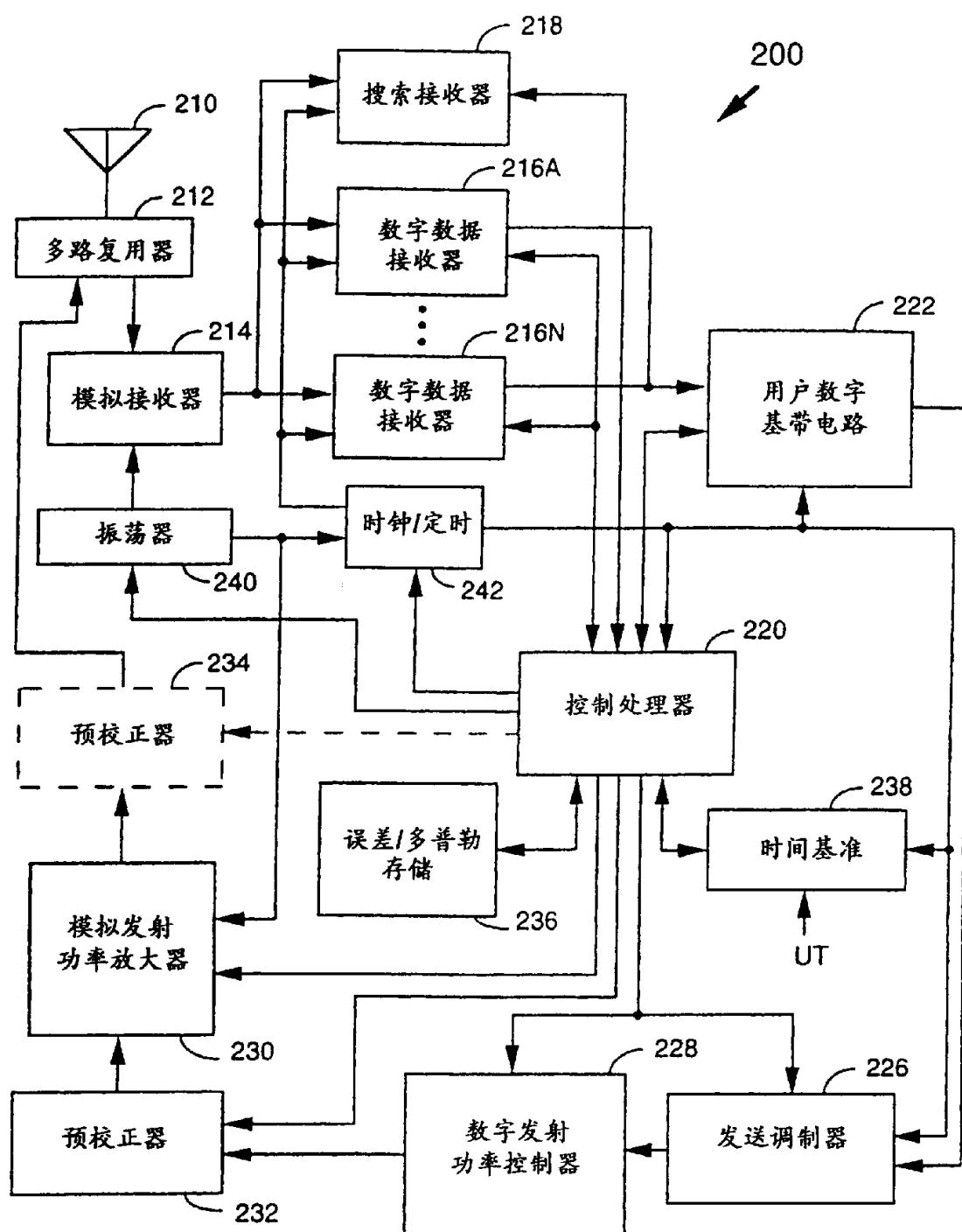


图 2

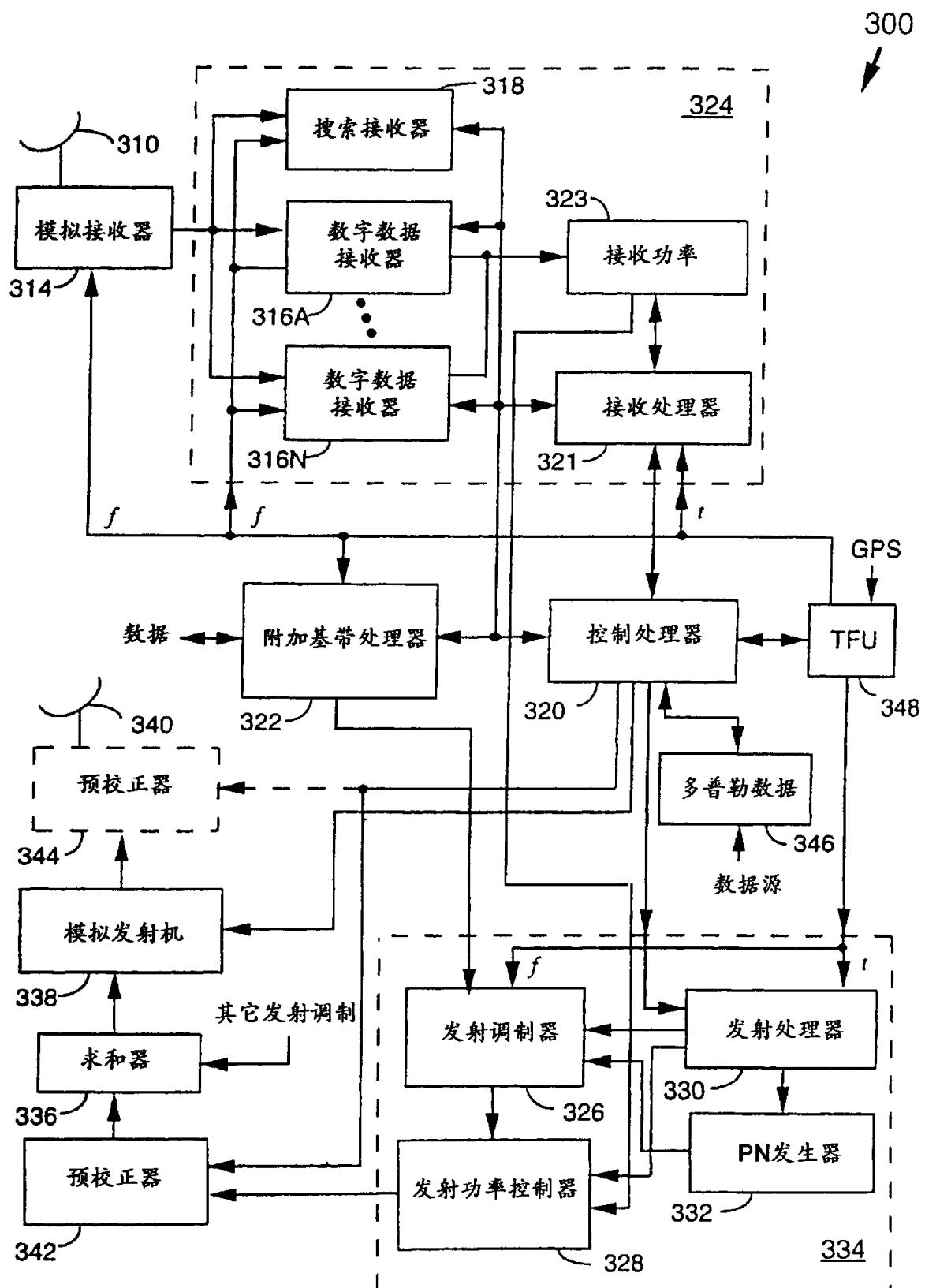


图 3

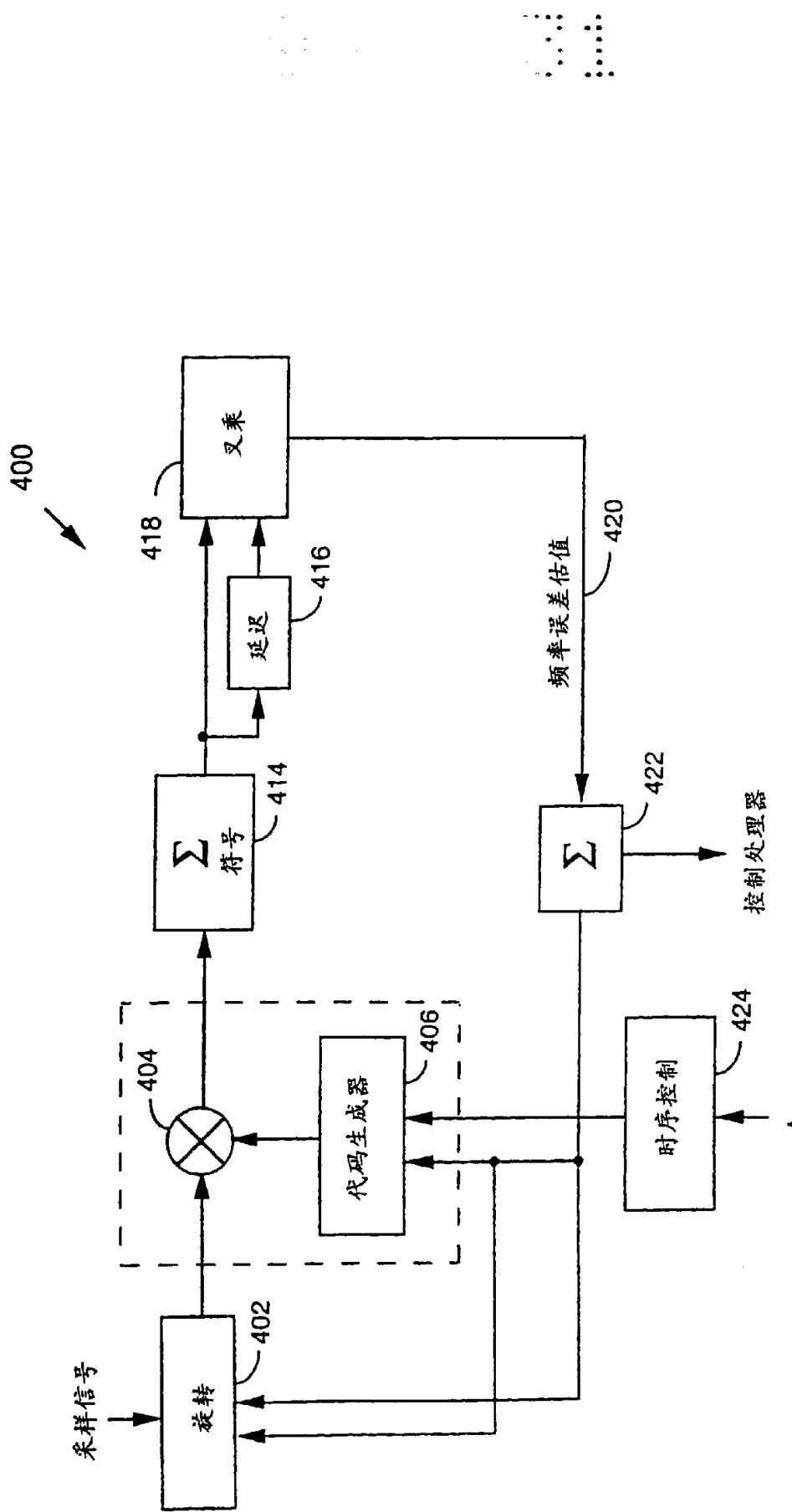


图 4  
其他接头

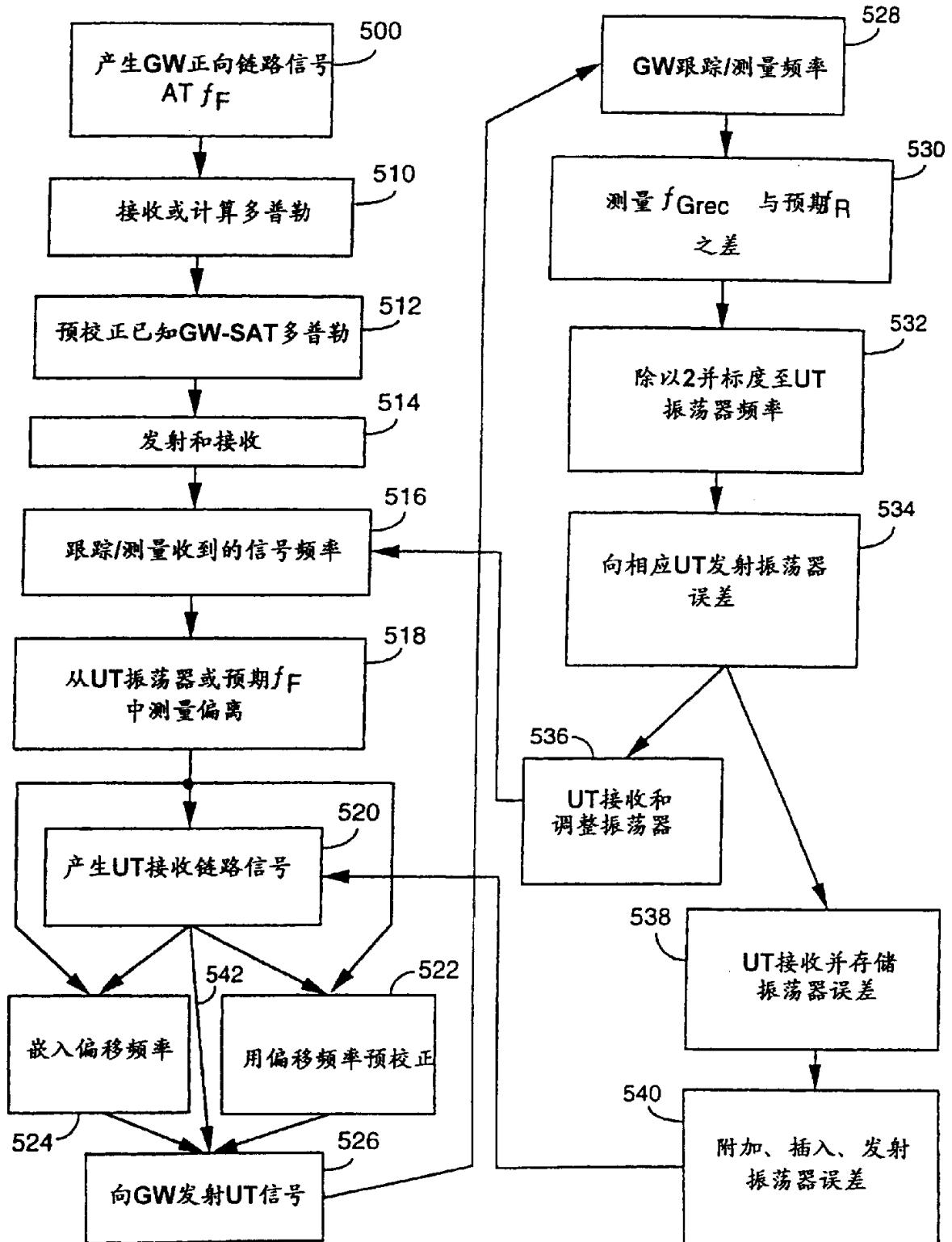


图 5

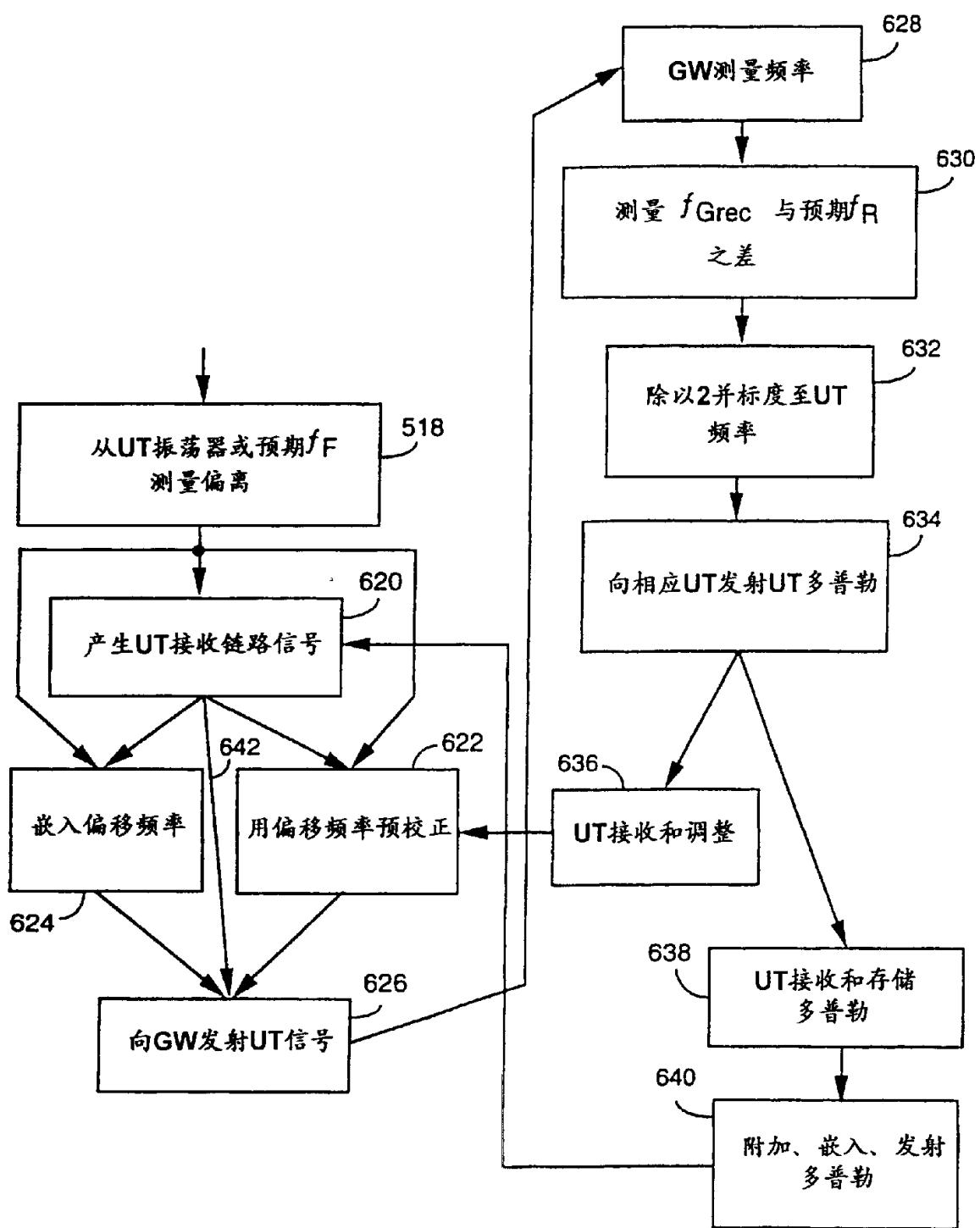


图 6