



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96108191.0

[43]公开日 1997 年 1 月 22 日

[11] 公开号 CN 1140964A

[22]申请日 96.7.2

[30]优先权

[32]95.7.3 [33]US[31]498257

[71]申请人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72]发明人 迈克尔·J·安德森

凯斯·安德鲁·奥尔兹

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标
事务所

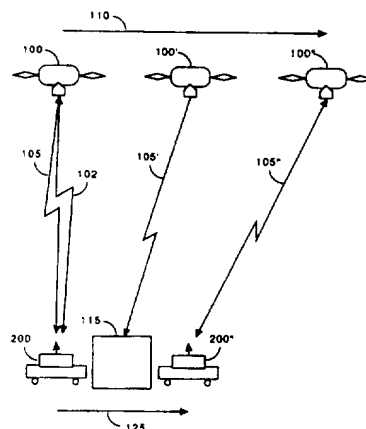
代理人 杨晓光

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 用于重建被暂时中断的动态通信链路的方法与参数预测系统

[57]摘要

在一个通信时通信参数明显变化的动态通信系统(90)，用户单元(200)敏感于线路的障碍，该障碍会导致在一个通信线路(105)上连续通信所运用的通信参数进行调整时所需的连续反馈指令的丢失。一种方法和系统用来预测连续的通信参数，在线路中断时应用这些预测来重建通信，在线路中断终止时，用户单元(200)运用预测的通信参数恢复通信，而不需要附加通信链路的复杂的重新分配操作。



权 利 要 求 书

1.一种在通信系统中在基站和用户单元之间的通信链路发生中断时恢复通信服务的方法,其中所述的基站和所述用户单元是动态对准的,所述方法其特征在于,包括如下步骤:

运用动态通信参数在所述的基站和所述用户单元之间建立所述的通信链路;

当所述的基站和所述用户单元之间的方向发生改变时,修正在所述基站和所述用户单元之间的通信链路所运用的所述动态通信参数;

一旦所述通信链路发生中断,所述的用户单元将预测用于所述基站和所述用户单元之间现在的动态通信参数; 以及

当所述的通信链路的中断终止时,所述用户单元采用所述的现在的动态通信参数用以在所述的基站和所述用户单元之间恢复所述的通信链路。

2.根据权利要求1所述的方法,其中在建立所述的通信链路以前,所述的方法其特征在于,还包括步骤:

从所述的基站到所述的用户单元传递广播通道的所述动态通信参数的初始值;

在所述的建立步骤里所述用户单元运用所述的动态通信参数的所述初始值。

3.根据权利要求1所述的方法,其中所述的修正步骤其特征在于,包括如步骤:

运用所述的动态通信参数在所述的通信链路上从所述的用户单元向所述的基站发送信息;

在所述的基站估计所述的用户单元所采用的所述动态通信参数的精度;

当所述的动态通信参数的所述的精度超过所述动态通信参数的容许误差时,向所述的用户单元发送表明对所述动态通信参数进

行调整的反馈通信参数；

从所述基站接收所述的反馈通信参数； 以及

所述的用户采用所述的反馈通信参数产生所述的动态通信参数，用于随后的发送操作。

4.根据权利要求3所述的方法，其中所述的采用步骤还具有如下特征：

当所述的反馈通信参数为所述的用户单元接收时，滤除所述动态通信参数的先前值而代之以所述的反馈通信参数的现在值；

当由于所述动态通信参数的所述精度并没有超出所述动态通信参数的所述容差而使所述反馈通信参数被所述用户所接收到，滤除所述动态通信参数的先前值；

所述用户单元在所述滤除步骤产生滤过的通信参数，所述的滤过的通信参数与所述的反馈通信参数相比连续递增增幅更大；以及

所述用户单元运用所述的滤过的通信参数作为所述的动态通信参数。

5.根据权利要求1所述的方法，其中所述的动态通信参数以在所述的基站和所述的用户单元之间的多普勒频移为特征。

6.根据权利要求5所述的方法，其中所述的动态通信参数进一步以在所述的基站和所述的用户单元之间的传输延时为特征。

7.一种当通信系统的基站和用户单元之间的通信链路发生中断时在用户单元恢复通信服务的方法，其中所述基站与所述用户单元是动态对准的，所述的方法其特征在于包括步骤：

所述的用户运用动态通信参数建立与所述的基站的所述通信链路；

所述的用户当所述基站与所述用户单元之间的方向发生变化时修正用于所述基站与所述用户单元之间的所述通信链路中的所述动态通信参数；

一旦所述的通信链路发生中断，所述的用户单元预测用在所述基站和所述用户单元之间的现在的动态通信参数； 以及

当所述的通信链路中所述的中断终止时，所述的用户单元采用

所述的现在的动态通信参数，在所述基站和所述用户单元之间重建所述的通信链路。

8.一种用户单元，用户在通信系统的所述基站与所述用户单元之间的通信链路发生中断时恢复通信服务，其中所述的基站和所述的用户单元是动态对准，所述的用户单元其特征在于包括：

一个接收机，用来接收来自所述基站的反馈通信参数，所述的反馈通信参数是由所述的基站在所述的通信链路上前次发送的信息决定的；

一个发射机，与所述接收机相配合建立所述的通信链路，所述的发射机采用动态通信参数与所述的基站进行通信；

一个控制器，用来从所述的接收机提取所述的反馈通信参数；

一个通信参数预测器，用来从所述的控制器接收所述的反馈通信参数，并且从所述的反馈通信参数及所述动态通信参数的先前值预测所述动态通信参数的当前值；

一个合成器，根据动态通信参数修正所述的发射机和所述的接收机，从而在所述的通信链路上实现其后的交互通信。

9.根据权利要求8所述的用户单元，其中所述的接收机接收广播通道上的缺省通信参数，所述的缺省通信参数是所述的动态通信参数的近似值。

10.根据权利要求8所述的用户单元，其中，所述的通信参数预测器是一卡尔曼滤波器。

说明书

用于重建被暂时中断的动态通信链路 的方法与参数预测系统

本发明涉及远距离通信，特别涉及在动态远距离通信系统中，已经建立但被暂时中断的通信链路，该系统的通信参数如多普勒频移、传输延时是时间变量。

在远距离通信系统中，在传送信息的系统的节点建立起通信链路。这些链路的有效利用需要执行规定何时链路每一端的节点处理来自另一方信息的通信参数。在有效带宽系统中，这些参数保证有最严格的容差，以满足最大的信息交换量。这些参数包括网格节点间的传输延时和加入通路引入的频差例如多普勒频移的发送频率。若接口节点的通信参数更加可预测与精确的话，通信通道的防护频带如频率和时隙可以减小，从而适应附加信息的变化。

在通常的静态或轻微动态通信网络中，这些通信参数可以在建立通信链路时改进并在整个通信过程中可靠工作。然而，在通信参数迅速变化的动态通信系统，通信节点如用户单元必须连续地改进和更新这些通信参数以便保持系统所确定的容差。

许多系统测定动态通信参数的传送以便确定所采用参数的精度。当参数超过系统特性如通道通信频率或时隙的阈值时，接收系统向该传送节点送出所需的修正量使该通信参数符合系统的要求。

当所建立的通信链路对于瞬态效应例如因故障或短暂干扰产生的暂时中断不敏感时，本方法很适用。然而，对于通信参数短暂作用的动态通信系统，只要通信链路有短时的中断也会造成通信参数受到破坏与失效。采用过时的通信参数的节点例如一个用户由于通道化的通信系统的严格的容差而不能被接收系统所辨识。若用户未识别，通信链路将会被终止。重建通信链路对于通信链路用户是

低效率而又麻烦的事情。

上述问题提出了一个实际的需求,即要有一种方法和手段可以在短暂中断的始终连续地预测动态通信参数,而在中断结束时,用户就已修正了它的动态通信参数以便适应当时系统的动态特性。用户单元随即应用这些已修正的通信参数进行以后对接收单元的传送。由于所修正的通信参数与系统参数一致,接收单元将能识别与处理所接收的通信,于是可以建立起连续地通信链路。

图 1 说明一个非常简化的动态通信系统图,本发明将构成其中一个部分;

图 2 说明动态通信系统的一个用户单元框图,本发明作为其中一个部分;

图 3 说明依据本发明的用户单元所采用的一个通信参数预测器的框图;

图 4 说明用于包含本发明的通信数预测器的向量滤波器的框图;

图 5 说明按照本发明的优选实施例的动态通信系统的动态参数预测流程图。

本发明用来在基站和用户单元间动态定向的通信系统中,当基站和用户之间的通信链接发生中断后立即恢复通信服务。在卫星通信系统中,这种动态定向取决于卫星相对于地面或近地用户的轨道特性。

图 1 描述了一个非常简化的包含本发明在内的动态通信系统图。动态通信系统 90 有若干动态定向的部分或节点,在节点之间距离和速度不断变化。在图 1 中,动态通信系统 90 是一个轨道卫星基系统,其中卫星 100 表示一个通信节点或基站,在本优选实施例中为星载站。动态通信系统也可以包含机载节点,甚至可以有与其它节点相对运动的地面节点。用户 200 构成动态通信系统 90 中通信链路 105 的另一端。

节点间的运动或动态就要求有在一个有效中进行实用而有效通信所需的动态通信参数。卫星 100 沿卫星轨道 110 绕着地球运

动。卫星这个术语表示多种轨道卫星，如低轨道（LEO）卫星、中轨道（MEO）卫星或高倾角轨道（HIO）卫星。

沿卫星轨道 110 的卫星在一个 LEO 系统中以大约 780 公里的高度供地球运行。该低轨道运转相对于地球的速度约 25000 公里/小时。这样的速度使卫星 100 在地面节点例如用户 200 的视场中只有大约 9 分钟。这个速度产生了动态通信参数例如多普勒频移和传输延时或定时。随着通信参数的这种变化，用户 200 必须不断地修正其通信参数以适应卫星 100 所要求的系统定时。

为了建立通信链路 105，用户 200 使用缺省的或初始的通信参数。这些参数或者是预先编程置入用户单元 200 或者是在独立广播通道 102 上被用户单元 200 可接收的。这样的通道是宽带通道，它从卫星 100 单向发送。广播通道可以携带其它系统管理信息并传送到卫星 100 视野内的所有用户。

用户 200 使用缺省通信参数作为对实际通信参数的近似。对卫星 100 的这个传送通常出现在具有对频率与时间变量小得多的带宽及更大的容差的辅助通道或探测通道上。卫星 100 估计采用缺省通信参数的用户 200 的发送信号。卫星 100 在随后对用户 200 的发送中返回对用户 200 估算的结果，该结果以反馈通信参数的形式表示对缺省通信参数的必要。在本优选实施例中，这些反馈通信参数是到达频率（FOA）、初始参数 225（图 2）和到达时间（TOA）初始参数 230（见图 2）。这些参数表示卫星 100 预期的频率和定时与卫星 100 实测值之间的差。用户单元 200 按照反馈信息修正缺省通信参数。用户 200 在随后对卫星 100 的发送采用已修正的通信参数。这一改进过程要重复多次直至动态通信参数已经充分地改善从而在一个窄带通道容许无中断传送。卫星 100 引导用户单元 200 到一个通信通道，通信链路 105 的建立就完成了。

图 1 也说明卫星 100 相对于用户 200 的运动以及通信链路 105 中断的可能性。某时刻在这一点卫星 100 和用户单元 200 已建立有效的通信链路 105。当用户 200 沿用户运行方向 125 运动，经过或穿过障碍 115，通信链路 105' 会发生与用户 200'（图中未显示）

的中断。当用户 200”通过障碍 115 后出现时，在卫星轨道 110 上的卫星 100”已显著地改变了相对于用户 200”的方向。如果在一个窄带低轨道 LEO 通信系统中，障碍 115 遮蔽通信链路只有 1 秒钟，则在卫星 100 和用户 200 位置使用的动态通信参数的用户 200”的工作将会超出通信链路 105”所需的容差。当用户 200 在都市环境使用时，周围有许多障碍如大楼、公路地道、桥梁和浓密树林情况下，修正和预测动态通信参数就变得十分明显。

图 2 说明一个动态通信系统 90（图 1）中用户单元 200 的组成框图，本发明是其中一部分。接收机 215 通过天线 205 接收包含缺省通信参数的广播通道 102（图 1）。接收机 215 缓冲所有来自卫星 100 的传送信息例如广播通道信息、探测通信信息及通信链路 105 的信息。控制器 220 接受来自接收机 215 的缓冲信息、控制器处理这些信息以便从所接收信号中提取缺省的或反馈的通信参数。在优选实施例中，动态通信参数包括频率和定时或传输参数。控制器 220 输出 FOA 初始参数 225 和 TOA 初始参数 230 至通信参数预测器 240。控制器 220 还估计图 1 中通信链路 105 的状态并产生一个链路检测状态 235 表明是否中断可能发生。

在建立一个通信链路的探测过程中，初始的通信参数用于传送以便获得满足通信链路 105 的通信通道严格容差的用户传送的定时和频率。初始反馈参数的利用容许用户 200 以与本发明的向量滤波器所具有的较精细的预测增量相比较大步长迅速调整通信参数。在进站时，控制器 220 抑消全同步状态 238 告知通信参数预测器 240 旁路向量滤波器 310（图 3）。

通信参数预测器 240 接收参数和状态信号，对它们进行处理并产生预测的频率参数 245 和预测的定时参数 250。这些信号向频率合成器 255 和定时器 260 送出所需的传送特性，这些传送特性在适当的通道（即在通道化系统的频率和时隙）由通信链路 105 的用户单元 200 的发射机 265 所发送而为卫星 100 所接收。

图 3 说明本发明作为其中一部分的用户单元的通信参数预测器的原理框图。通信参数预测器应用一个平滑和预测向量滤波器

310 而改善了用户 200 的性能。向量滤波器 310 在距离测量 ($R(k)$) 330 和速度测量 ($V(k)$) 325 作用下产生一个相对于用户单元 200 的卫星 100 距离与速度的平滑估计。

到达频率初始参数 225 和到达时间初始参数 230 被转换为通信参数预测器 240 的距离和速度测量而送入向量滤波器 310。光速 C 和用户单元时间基准定义了一个参考点, 该参考点决定了用户的传送的接收定时, 并用来将到达时间参数转换为距离参数或进行反转换。平滑和预测的距离估计 380 和预测和速度估计 375 被反向转换而成为预测频率参数 245 和预测定时参数 250, 用于图 2 所示的频率合成器 255 和定时器 260。

图 3 还显示在图 2 所说明的同步接收期间被全同步状态 238 所控制的向量滤波器 310 的旁路开关, 用来建立图 1 所示的通信链路 105。在同步操作时, 通信参数预测器 240 与回路之外的向量滤波器一起工作。此时平滑滤波器不起作用, 在接入操作和工作方式由同步转向通信以后, 向量滤波器 310 被接通, 充分的初始测量数据使向量滤波器的状态向量初始化。向量滤波器 310 的初始化在图 4 中说明。通信参数预测器 240 将图 3 所示的 TOA 初始参数 230 和 FOA 初始参数 225 转换为初始距离参数 330 和初始速度参数 325, 它们被送入向量滤波器 310 形成 2×1 矩阵。

图 4 说明了本发明构成其一部分的通信参数预测器 240 的向量滤波器的原理框图。向量滤波器 310 的优选实施例是一种三态滤波器。为了提高精度, 可以加入其它一些状态量。在向量滤波器 310, 加速度是第三个状态, 动态随机过程是加速度变化的速率。可以用来进一步改进性能的有关滤波器将是第四个或更多的状态或者是扩展的卡尔曼 (Kalman) 滤波器。

滤波器设计需要物理过程的模型和观测过程的模型。物理过程模型的选择要有尽可能多的有关距离、距离变化率、距离变化率的变化率等关系的信息。模型越完善、滤波器就越复杂、跟踪效果就越好。观测模型则基于对系统有效的测量值和影响测量的噪音。

对一个向量滤波器, 表示为一阶向量动态方程的过程模型为

$$x(k+1) = A x(k) + w(k)$$

其中， $W(K)$ 是物理模型的噪音过程。它的协方差矩阵被定义为

$$Q(k) = E\{w(k) w^T(k)\}$$

观测模型为

$$y(k) = C x(k) + z(k)$$

其中， $Z(K)$ 是测量噪音处理，测量噪音协方差矩阵被定义为

$$R(k) = E\{z(k) z^T(k)\}$$

给出其先前值 $X(K-1)$ 的卡尔曼滤波器估计值 $X(K)$ 为

$$x(k) = A x(k-1) + K(k) [y(k) - C A x(k-1)]$$

其中增益矩阵为

$$K(k) = P_1(k) C^T [C P_1(k) C^T + R(k)]^{-1}$$

其中，

$$P_1(k) = A P(k-1) A^T + Q(k-1)$$

$$P(k) = P_1(k) - K(k) C(k) P_1(k)$$

加速度的离散时间差分方程被表示为时间 $(K+1)T$ 的加速度乘以加速度变化速率。用数学表示径向加速度 $a(K)$ ：

$$a(k+1) = a(k) + T a'(k)$$

其中， $a'(K)$ 是时间 KT 的径向加速度的变化速率。

积分加速度可得速度 $V(K)$ ：

$$v(k+1) = v(k) + T a(k) + \frac{T^2}{2} a'(k)$$

再次积分可算出斜倾斜距离 $r(K)$ ：

$$r(k+1) = r(k) + T v(k) + \frac{T^2}{2} a(k) + \frac{T^3}{6} a'(k)$$

现定义

$$x(k) = \begin{bmatrix} r(k) \\ v(k) \\ a(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix}$$

$$x_1(k+1) = x_1(k) + T x_2(k) + \frac{T^2}{2} x_3(k) + \frac{T^3}{6} a'(k)$$

$$x_2(k+1) = x_2(k) + T x_3(k) + \frac{T^2}{2} a'(k)$$

$$x_3(k+1) = x_3(k) + T a'(k)$$

以矩阵形式表示

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & T & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} \frac{T^3}{6} \\ \frac{T^2}{2} \\ T \end{bmatrix} a'(k)$$

为一阶向量方程，因此

$$A = \begin{bmatrix} 1 & T & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad w(k) = \begin{bmatrix} \frac{T^3}{6} \\ \frac{T^2}{2} \\ T \end{bmatrix} a'(k)$$

由于范围和速度的独立观测是分别通过时间和频率跟踪回路进行的，观测方程为：

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x(k) + z(k)$$

其中定义了 2×3 C 矩阵，

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

如前所述，通信参数预测器 240 将 TOA 初始参数 230 和 FOA 初始参数 225（见图 3）转换为初始的距离参数 330 和初始速度参数 325，它们被送入向量滤波器 310 作为一个 2×1 矩阵。一个反馈回路被加到输入端并与 3×2 增益矩阵 K 相乘。结果是 3×1 矩阵 D。 3×1 矩阵 B 加到 D 上，产生 3×1 矩阵输出，这是距离、速度和加速度的平滑化估计值。 B 和 D 矩阵是存储中介，它们并不直接地出现在向量滤波器方程中。

通信参数预测器 240 和它的内含向量滤波器 310 必须在若干时间周期中作用，此时输入没有有效数据但是对于跟踪回路还需要更新的估计。它发生在包含有反馈通信参数的保持脉冲之间跟踪之时或在通信链路 105 偶然发生故障时。测量值的有效性可通过链路检测状态 235 来确定。在有效时，向量滤波器闭环作用，所有的协方差矩阵都被更新。当没有有效数据时，回路增益矩阵的反馈接点被打开，增益矩阵和协方差矩阵则不做更新，于是只由几何矩阵 A 和先前状态估计矩阵来得出估计值。

由于状态变量按照帧速率和增益来更新，协方差矩阵按维持进程速率来更新，而该速率表示在本优选实施例中每一第 4 帧的速率，因而两个 A 矩阵必须保持。用于状态变量的计算矩阵用 A1 表示：

$$A1 = \begin{bmatrix} 1 & T_1 & T_1^2/2 \\ 0 & 1 & T_1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

用于增益和方差矩阵计算的矩阵在一个 4 帧时间中计算，它表示为矩阵 A4：

$$A4 = \begin{bmatrix} 1 & T_4 & T_4^2/2 \\ 0 & 1 & T_4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

增益矩阵和误差协方差矩阵的计算

下面讨论误差协方差矩阵计算方框 410 中的用来进行误差协方差矩阵 P 和 P_1 的计算步骤。循环第一次执行时, P 矩阵的初始值 $P(0)$ 必须有效。所使用的初始化数值将在后面讨论。首先计算 $P_1(1)$ 。然后计算增益矩阵计算方框 420 中的增益矩阵 $K(1)$, 并用于向量滤波器 310 的滤波回路以更新状态变量估计。增益矩阵也用来更新 P 矩阵的 $P(1)$, 它被存储直到下一次循环被执行。

在循环的后续执行时, $P(K)$ 的先前值被用于 $P_1(K)$ 和 $K(K)$ 计算而不是用矩阵的初始值。然而, 如果用户单元 200 发现出现了链路中断, P 矩阵将返回设置在 $P(0)$ 。这就允许误差方差重新初始化回到它的初值并增大回路增益以便迅速建立从用户单元 200 到卫星 100 上行链路的重新探测。

在一个链接中断后, 用户单元 200 也应重新设置状态向量为初始值。在通信链路 105 被重建以后, 初始值就由反馈通信参数确定。

一个简化的 P 矩阵计算示于误差协方差矩阵计算方框 410, 并由下列方程通过代替 C 矩阵和参数 P_1 的数值定义:

$$\begin{aligned} P(k) &= P_1(k) - K(k) C(k) P_1(k) \\ &= [I - K(k) C(k)] P_1(k) \\ &= \begin{bmatrix} 1-K_{11}(k) & K_{12}(k) & 0 \\ K_{21}(k) & 1-K_{22}(k) & 0 \\ K_{31}(k) & K_{32}(k) & 1 \end{bmatrix} P_1(k) \end{aligned}$$

P 矩阵被迭代多次, 它的输入将会稳定在它的稳定状态值上。 P 矩阵的输入从它的估计值的初始误差方差改变到它的最终值。

一个增益矩阵计算方框 420 示于图 4。 K 矩阵通过 P_1 矩阵和常数 C 和 R 进行计算。参加计算的每个矩阵的维数也在图中示出。注意, 虽然在优选实施例中包含有三态滤波器, 反函数的操作仅为

2 × 2 矩阵。当向量滤波器 310 被迭代时，该滤波器增益接近它的稳态值。

测量噪音协方差矩阵

测量噪音 Z (K) 被定义为：

$$z(k) = \begin{bmatrix} z_1(k) \\ z_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{距离测量噪音} \\ \text{速度测量噪音} \end{bmatrix}$$

距离和速度测量分别从 TOA 初始参数 230 和 FOA 初始参数 225 (见图 3) 直接获得。由于 TOA 初始参数 230 和 FOA 初始参数 225 的方差已知，距离和速度方差可以确定。该测量过程为均值 0 (即无偏差)，因此，该方差 = $E\{Z_2i (K)\}$ ，它是定义 R 矩阵所需的参数。

在优选实施例中，FOA 初始参数 225 的标准偏差为：

在 4.1dB Eb/No 时， $S_f = 31.97\text{HZ}$

因此，

$$s_v = s_f \frac{c}{f_c} = 31.97 \frac{3 \times 10^8}{1625 \times 10^6} = 5.9 \text{ m/s}$$

$$s_v^2 = 34.84 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

相似地，TOA 初始参数 230 标准偏差为：

在 4.1dB Eb/No 时， $S_t = 0.0028\text{ms}$

因此，

$$s_r = c S_t = 3 \times 10^8 \times 0.0028 \times 10^{-3} = 840.0 \text{ m}$$

$$s_r^2 = 705,600 \text{ m}^2$$

关于外交叉项，它们是在距离和速度测量之间交叉相关的。由于下述原因，这些测量误差被认为是不相关的。

(i) 在静态条件下，TOA 初始参数 230 的测量比 FOA 初始参数 225 更可靠。它在工作信号与噪音比范围为有很小的标准偏差，而 FOA 初始参数 225 则有宽得多的范围；

(ii) 在实时轨道条件下，TOA 初始参数 230 和 FOA 初始

参数 225 在同一时间并非同样重要的。TOA 初始参数 230 在低仰角时具有大的误差值，而此时径向速度最大但加速度最小。FOA 初始参数 225 在高仰角时有大的误差值，而此时径向加速度最大但速度为最小。

(iii) 在链路阻塞或减弱的条件下，对于向量滤波器 310 (或跟踪回路)，没有 FOA 初始参数 225 和 TOA 初始参数 230 的更新，因此，该条件下的相关误差不被考虑。

这种滤波器的 R 矩阵为：

$$R(k) = E\{z(k) z^T(k)\}$$

$$= \begin{bmatrix} E\{z_1^2(k)\} & E\{z_1(k)z_2(k)\} \\ E\{z_2(k)z_1(k)\} & E\{z_2^2(k)\} \end{bmatrix}$$

过程噪音协方差矩阵

滤波器研制取决于径向加速度的建模。该加速度的实际特性是当以低仰角观测卫星 100 时接近于 0；当处于顶点，卫星 100 相对于用户单元 200 减速时具有负最大值。当仰角减少至 0 时，加速度的幅度减少回到 0。非越顶运动具有相似的曲线，但达不到最大的加速度幅值。从一个用户到另一个用户的一次传送的加速度将有显著的相关，因为加速度是一个慢变过程。然而，用户单元 200 的车载运动可能引入其它附加的加速度，它会减少从一次传送到另一次传送之间的相关。

在本优选实施例中，加速度变化速率的特征为过顶运动数值为 ± 0.5 米/秒³，侧面通过数值为 ± 0.3 米/秒³。最大加速度出现在卫星 100 直接穿过用户单元 200 的头顶时。在本优选实施例中，加速度变化速率达到最大值发生在卫星 100 处于用户单元 200 的上方前后 1 分钟之时，其幅度约为 0.5 米/秒³。它相应于大约 70° 仰角。

加速度变化速率的直方图 $Pa'(a')$ 可以构造以便估计该过程的方差：

$$E\{a'(k) a'(k)\} = \int_{-\infty}^{\infty} a'^2 Pa'(a') da' = 0.153 \text{ m}^2/\text{s}^3$$

已知本优选实施例的加速度变化速率方差, 可以估计出该方差矩阵:

$$\begin{aligned}
 Q(k) &= E\{w(k) w^T(k)\} \\
 &= E\left\{ \begin{bmatrix} T^3/6 \\ T^2/2 \\ T \end{bmatrix} a'(k) \begin{bmatrix} T^3/6 & T^2/2 & T \end{bmatrix} a'(k) \right\} \\
 &= \begin{bmatrix} T^6/36 & T^5/12 & T^4/6 \\ T^5/12 & T^4/4 & T^3/2 \\ T^4/6 & T^3/2 & T^2 \end{bmatrix} E\{a'(k) a'(k)\}
 \end{aligned}$$

设 $T = 0.36$ 秒 (本优选实施例的反馈参数回路更新速率), 利用 a'^2 期望值的结果, Q 矩阵可得:

$$Q(k) = \begin{bmatrix} 3.51e-6 & 2.67e-5 & 1.48e-4 \\ 2.70e-5 & 2.23e-4 & 1.24e-3 \\ 1.48e-4 & 1.24e-3 & 6.87e-3 \end{bmatrix}$$

滤波器的初始化

滤波器的状态变量 ($r(0)$ 、 $v(0)$ 和 $a(0)$) 和 3×3 预测均方差矩阵 $p(0)$ 都需要初始值。

状态变量 $r(0)$ 和 $v(0)$ 通过距离和速度估计值进行初始化。该估计值是当用户单元 200 执行同步方式以满足通信链路 105 的通信参数规范时确定的。 $a(0)$ 是利用两个速度测量 $[v(1)-v(0)]/T$ 进行初始化。注意, 为使 $a(k)$ 初始化两个测量是需要的。由于通信链路 105 现在工作于通信方式, 在本优选实施例, 这些测量大约相隔 0.36 秒。在用户 200, 跟踪回路在测量参数对滤波器有效以前将处于旁路向量滤波器情况下运行。

均方差矩阵 $P(K)$ 通过初始状态测量值方差进行初始化。 $P(0)$ 矩阵为:

$$P(0) = \begin{bmatrix} E\{r \cdot r\} & E\{r \cdot v\} & E\{r \cdot a\} \\ E\{v \cdot r\} & E\{v \cdot v\} & E\{v \cdot a\} \\ E\{a \cdot r\} & E\{a \cdot v\} & E\{a \cdot a\} \end{bmatrix}$$

其中:

$$E\{r \cdot r\} = s_r^2$$

$$E\{r \cdot v\} = E\{v \cdot r\} = 0$$

$$E\{r \cdot a\} = E\{a \cdot r\} = 0$$

$$E\{v \cdot v\} = s_v^2$$

$$E\{v \cdot a\} = E\{a \cdot v\} = E\left\{ \frac{v_1 - v_0}{T} \quad v_1 \right\} = \frac{s_v^2}{T}$$

and,

$$E\{a \cdot a\} = E\left\{ \frac{v_1 - v_0}{T} \quad \frac{v_1 - v_0}{T} \right\} = \frac{2s_v^2}{T^2}$$

更新该矩阵

$$P(0) = \begin{bmatrix} s_r^2 & 0 & 0 \\ 0 & s_v^2 & \frac{s_v^2}{T} \\ 0 & \frac{s_v^2}{T} & \frac{2s_v^2}{T^2} \end{bmatrix}$$

用上节所得值代换 S_r^2 和 S_v^2 并使 $T = 0.36$ 秒, 由于初始值是在 4 帧间隔内计算的, 在本优选实施例中, 误差协方差矩阵的初始值为:

$$P(0) = \begin{bmatrix} 705600 & 0 & 0 \\ 0 & 34.84 & 96.78 \\ 0 & 96.78 & 537.65 \end{bmatrix}$$

图 5 说明按照本发明的优选实施例在一个动态通信系统中预测动态通信参数的流程图。在本优选实施例中, 用户单元 200 执行链路中断保护, 步骤如下:

在任务 505，用户单元 200 通过其操作者提出的初始通信指令来启动与卫星 100 通信的建立，该指令或者是来自输入呼叫的通知或者就是操作者的操作。

在任务 510，接收来自卫星 100 的反馈通信参数，或者是通过广播通道或者是处于通信链路 105 的维持阶段。在本优选实施例中，这些反馈通信参数包括与数据传送有关的频率和定时方差，这些数据是在卫星 100 进行估计时从用户单元 200 传送给卫星 100 的数据。

查询任务 515 判断是否同步已经完成。当通信参数充分准确使卫星 100 允许用户单元 200 在一个严格容差的通信通道上进行通信之时，同步即告完成。在本优选实施例中，当向量滤波器 310 的矩阵被始化之时同步即可完成。

若学习或查询任务 505 的同步没有完成则转入任务 550。在任务 550 中，反馈或通信链路 105 的初始参数被用于和卫星 100 的通信中。当通信参数的粗调开始时，这些反馈参数提供较大的接入增量。

在同步完成后，任务 520 采用由向量滤波器 310 提供的通信参数。这些参数连续递增并对通信链路 105 所利用的通信参数进行平滑。这种平滑对通信链路 105 产生间接的好处即在向量滤波器 310 跟踪通信参数的方差并预测这些参数将来的变化。这些预测的通信参数的预测与使用减少了通信链路 105 上反馈参数的传送频率。

查询任务 530 判断通信链路 105 是否保持正常或因链路障碍而出现中断。如果链路中断没有发生，程序将返回任务 510 去接受反馈参数的后续传送并伴之以通信参数未来预测值。

若检测出链路中断，任务 535 预测将来通信参数以用于通信链路 105。当链路检测状态 235 禁止输入通路和向量滤波器 310 周期性产生通信参数预测值时，这些参数就被发出。

任务 540 接着通过着手利用这些预测通信参数向卫星的发送信号而应用这些预测通信参数。这些预测的参数粗略地跟踪为重建通信所必须的实际通信参数。

查询任务 545 接着重新判断通信链路 105 以便确定链路故障是否已经消除。如果链路还没有成功地重建，程序将返回任务 535 以便为下一步重建通信链路 105 所需的通信参数进行随后的预测。参数的重复预测将不断进行直至链路已经恢复或者在达到预定的查询次数以后而终止。由于后续通信参数的预测存在有固有的误差，该误差决定于用于向量滤波器 310 的步骤数，因此通信参数的预测与为重建通信链路 105 所需的实际值有偏移。可以采用预定的暂停或如任务 505 所说明的采用通信的自动重新初始化方法。

如果在查询任务 545 中，通信链路 105 的重建已被测知，程序将返回任务 510 以便接受反馈通信参数并对向量滤波器 510 重新初始化。

本发明在链路因公路桥梁、隧道或屏蔽建筑物而发生中断时，用来维持卫星和用户单元之间同步而发挥了效用。它也能应用于飞机上，其中由于机翼、尾翼或其它控制表面阻断通信链路而发生链接的中断。

本发明已参照一个优选实施例在上文中做了描述。本发明的优选实施例在技术上可以有所改变或修正，然而这项技术仍将认为属于本发明范围内。

90

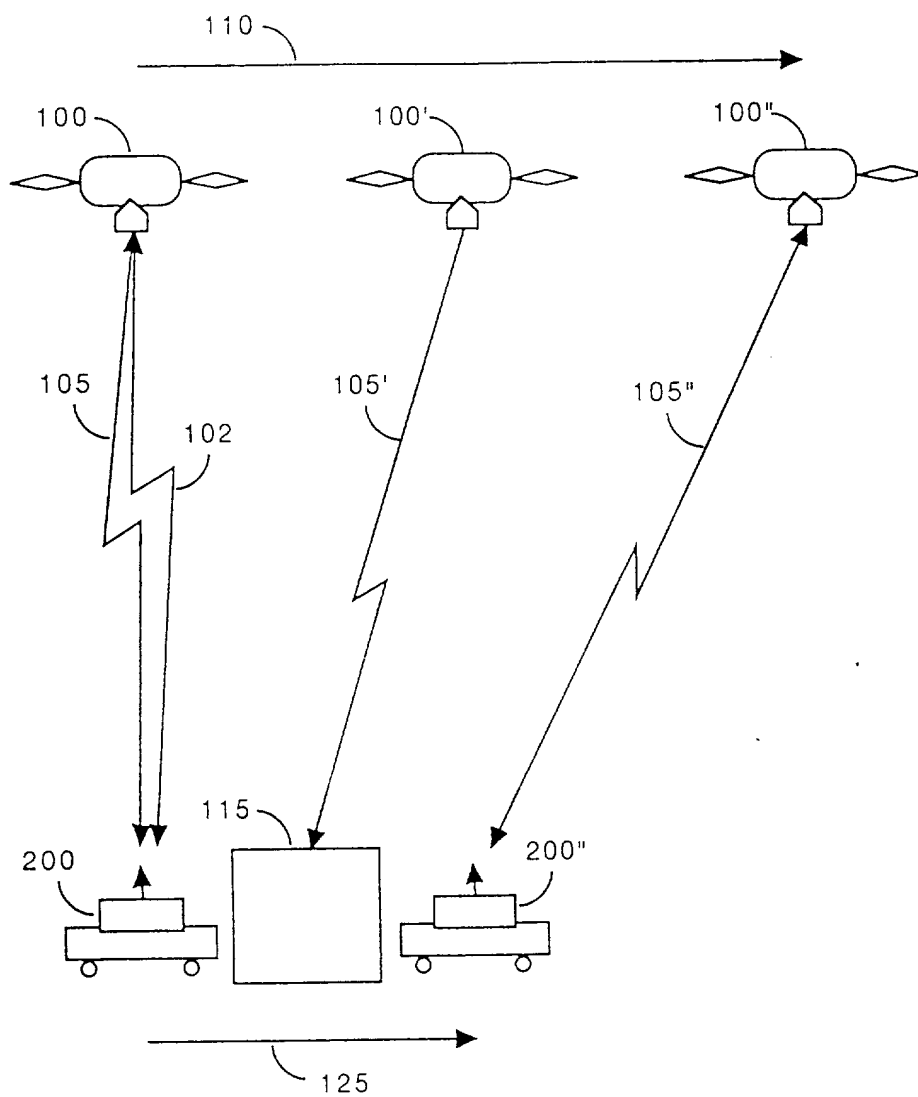


图. 1

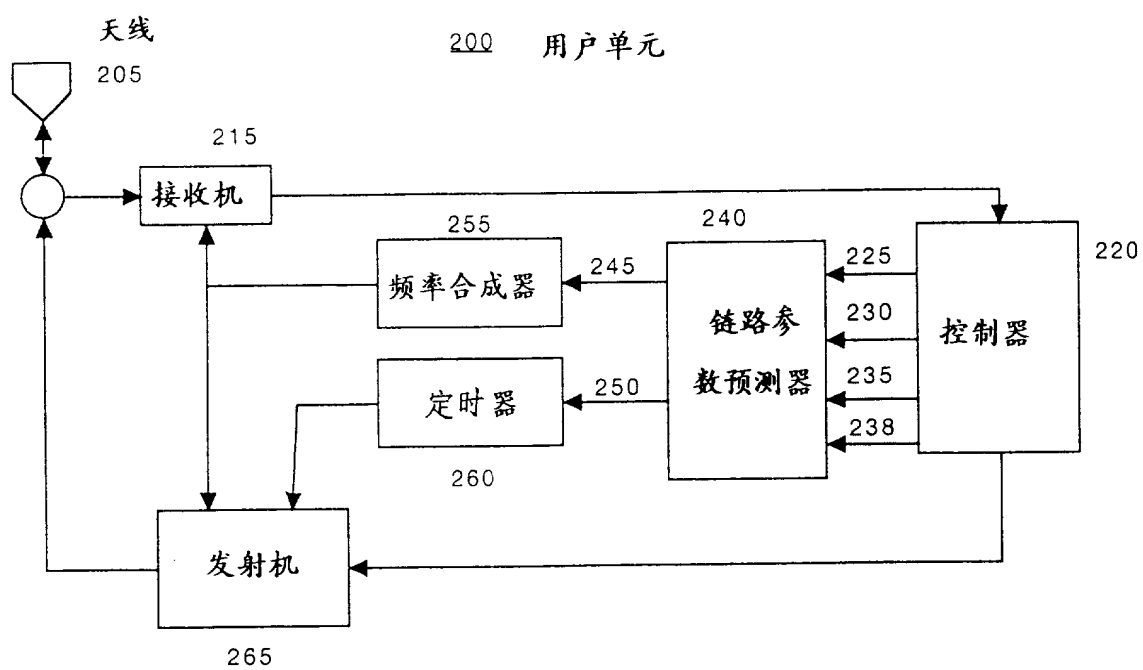


图. 2

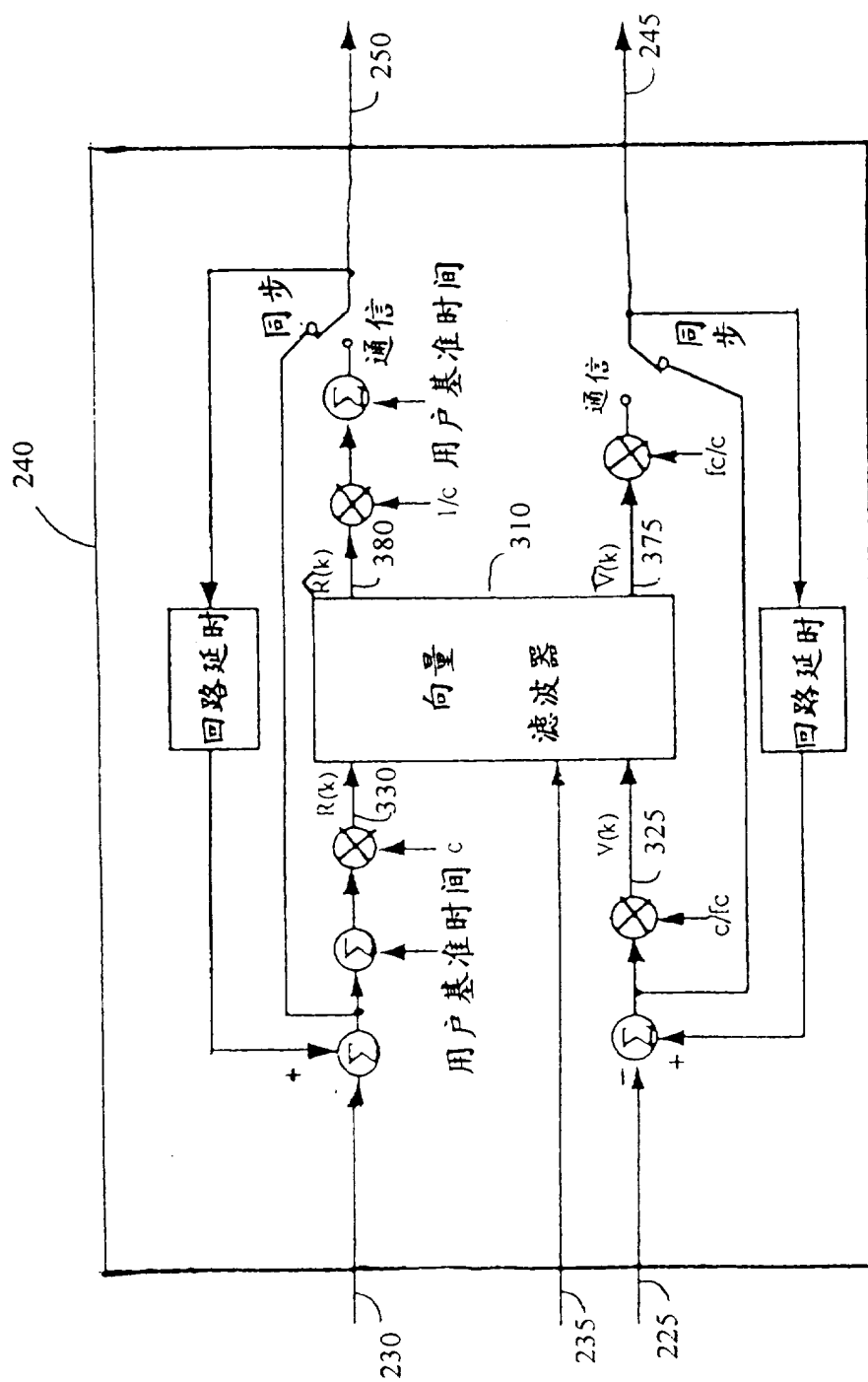
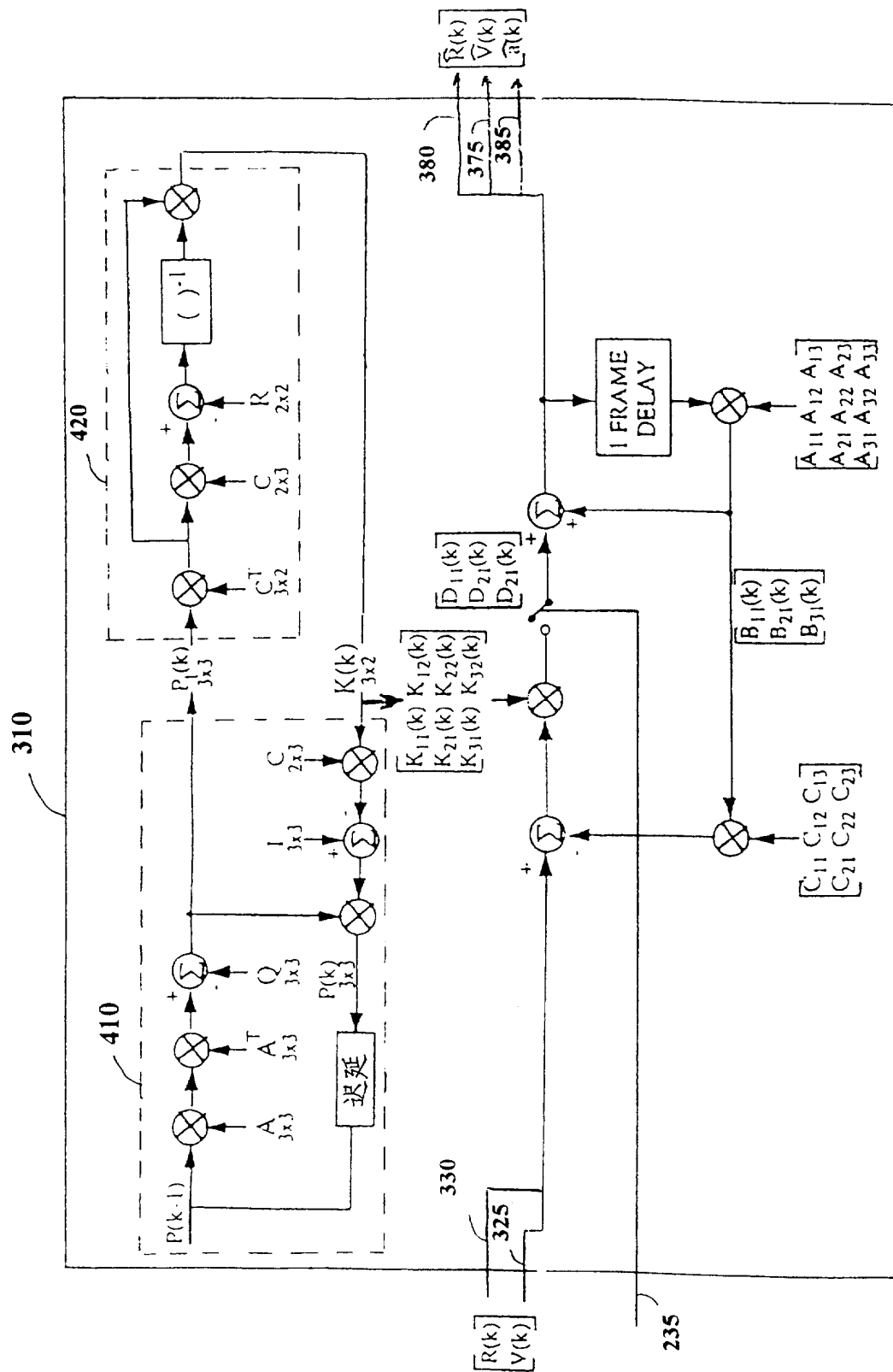


图 3



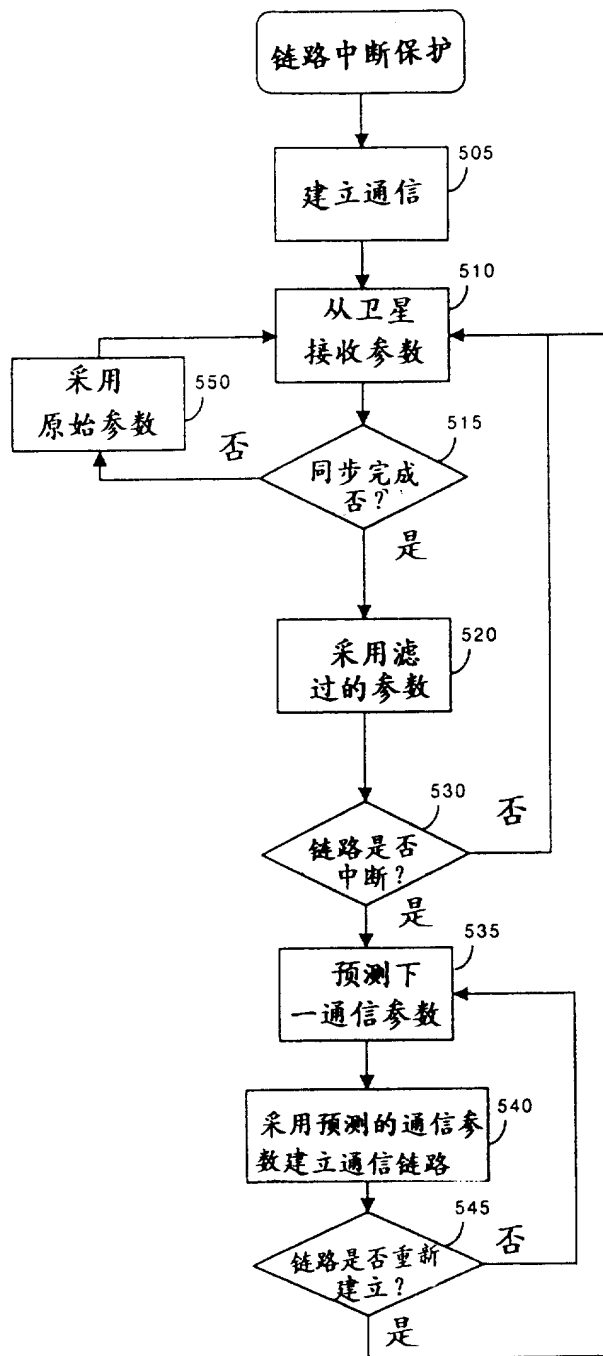


图 5