



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101726724 A

(43) 申请公布日 2010.06.09

(21) 申请号 200810224998.8

(22) 申请日 2008.10.29

(71) 申请人 中国科学院微电子研究所

地址 100029 北京市朝阳区北土城西路3号

(72) 发明人 郑睿 陈杰

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

G01S 5/02(2006.01)

G01S 1/02(2006.01)

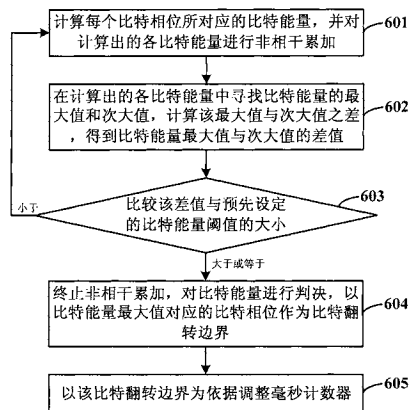
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法

(57) 摘要

本发明公开了一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法,该方法包括:计算每个比特相位所对应的比特能量,并对计算出的各比特能量进行非相干累加;在计算出的各比特能量中寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,得到比特能量最大值与次大值的差值;比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小,如果该差值小于比特能量阈值,则进行新一轮的比特能量计算及非相干累加;如果该差值大于或等于比特能量阈值,则终止非相干累加,对比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位作为比特翻转边界;以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。利用本发明,在保证错误估计概率足够低的前提下,能够有效地缩短比特同步估计时间。



1. 一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,该方法包括:  
计算每个比特相位所对应的比特能量,并对计算出的各比特能量进行非相干累加;  
在计算出的各比特能量中寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,得到比特能量最大值与次大值的差值;

比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小,如果该差值小于比特能量阈值,则进行新一轮的比特能量计算及非相干累加;如果该差值大于或等于比特能量阈值,则终止非相干累加,对比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位作为比特翻转边界;

以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。

2. 根据权利要求1所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述某个比特相位对应的比特能量是通过以该比特相位为起点,将之后相邻的20个C/A周期的相关值进行相干累加后再进行平方获得的。

3. 根据权利要求1所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述比特能量的最大值和次大值差值的计算采用归一化的方法。

4. 根据权利要求3所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述归一化方法采用未进行非相干累加的比特能量的最大值和次大值的差值为归一化单位。

5. 根据权利要求1所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述比特能量阈值与错误估计概率成反比,并与估计时间成正比。

6. 根据权利要求1所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述对计算出的各比特能量进行非相干累加的步骤中,进一步包括:

采用一个比特同步计数器,检测该比特同步计数器是否溢出,如果该比特同步计数器溢出,则对计算出的各比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位为估计的比特翻转边界,并以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。

7. 根据权利要求6所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,该方法进一步包括:

如果该比特同步计数器没有溢出,则继续寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,并比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小。

8. 根据权利要求1所述的全球定位系统接收机的快速比特同步方法,其特征在于,所述寻找比特能量最大值和次大值及计算二者之差的过程,在每轮20个比特相位对应的比特能量全部进行了一次非相干之后都进行一次。

## 一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及全球卫星定位与导航技术领域,例如 GPS 系统,特别是涉及一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法。

### 背景技术

[0002] 全球卫星定位与导航系统,例如全球定位系统 (GPS),包括一组发送 GPS 信号的一个卫星星座(又被称为 Navstar 卫星),该 GPS 信号能被接收机用来确定该接收机的位置。卫星轨道被安排在多个平面内,以便在地球上任何位置都能从至少四颗卫星接收该种信号。更典型的情况是,在地球上绝大多数地方都能从六颗以上卫星接收该种信号。

[0003] 每一颗 GPS 卫星所传送的 GPS 信号都是直接序列扩频信号。商业上使用的信号与标准定位服务 (SPS) 有关,而且被称之为粗码 (C/A 码) 的直接序列二相扩频信号,在 1575.42MHz 的载波下,具有每秒 1.023 兆码片的速率。伪随机噪声 (PN) 序列长度是 1023 个码片,对应于 1 毫秒的时间周期。每一颗卫星发射不同的 PN 码 (Gold 码),使得信号能够从几颗卫星同时发送,并由一接收机同时接收,相互间几乎无干扰。术语“卫星星号”和这个 PN 码相关,可以用以标示不同的 GPS 卫星。

[0004] GPS 的调制信号是导航电文(又被称为 D 码)和 PN 码的组合码。导航电文的速率为每秒 50 比特。D 码的基本单位是一个 1500 比特的帧,帧又分为 5 个 300 比特的子帧。其中子帧一包含了标识码,星种数据龄期,卫星时钟修正参数信息。子帧二和子帧三包含了实时的 GPS 卫星星历 (ephemeris),星历是当前导航定位信息的最主要内容。利用子帧一至子帧三的信息即可以实现定位,完成定位的基本任务。子帧四和子帧五包含了 1-32 颗卫星的健康状况,UTC 校准信息和电离层修正参数及 1-32 颗卫星的历书 (almanac)。历书是卫星星历参数的简化子集,用于预测相对于接收机的可见卫星及其多普勒频偏。历书每 12.5 分钟广播一次,寿命为一周,可延长至 2 个月。

[0005] 由于每一个 GPS 导航电文的比特跨越了 20 个 C/A 码周期,因此导航电文比特边界存在不确定性。获得调制电文比特翻转边界的位置,即实现比特同步,是实现解调电文、测量伪距和利用相干累加实现高灵敏跟踪的基础。在无外部辅助时,GPS 接收机必须估计出该比特翻转边界的位置,实现比特同步。传统的比特同步方法有两种:直方图法和最大似然估计法。直方图法结构简单,计算量小,但对于低信噪比信号性能较差,同时估计时间较长。而最大似然估计方法,计算量相对直方图法较大,但对于低信噪比的错误估计概率比直方图法大大降低。传统的最大似然方法使用固定次数的非相干累加提高信噪比,但这种方法耗时较高,一个典型的估计时间为 4s,这对首次定位时间 (Time To First Fix/TTFF) 要求严格的现代接收机几乎是不能忍受的。

[0006] 因此,如何在保证错误估计概率足够低的前提下,缩短比特同步估计时间是比特同步方法一个重要的研究方向。

## 发明内容

[0007] (一) 要解决的技术问题

[0008] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法,以在保证错误估计概率足够低的前提下,缩短比特同步估计时间。

[0009] (二) 技术方案

[0010] 为达到上述目的,本发明提供了一种全球定位系统接收机的快速比特同步方法,该方法包括:

[0011] 计算每个比特相位所对应的比特能量,并对计算出的各比特能量进行非相干累加;

[0012] 在计算出的各比特能量中寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,得到比特能量最大值与次大值的差值;

[0013] 比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小,如果该差值小于比特能量阈值,则进行新一轮的比特能量计算及非相干累加;如果该差值大于或等于比特能量阈值,则终止非相干累加,对比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位作为比特翻转边界;

[0014] 以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。

[0015] 上述方案中,所述某个比特相位对应的比特能量是通过以该比特相位为起点,将之后相邻的 20 个 C/A 周期的相关值进行相干累加后再进行平方获得的。

[0016] 上述方案中,所述比特能量的最大值和次大值差值的计算采用归一化的方法。所述归一化方法采用未进行非相干累加的比特能量的最大值和次大值的差值为归一化单位。

[0017] 上述方案中,所述比特能量阈值与错误估计概率成反比,并与估计时间成正比。

[0018] 上述方案中,所述对计算出的各比特能量进行非相干累加的步骤中,进一步包括:采用一个比特同步计数器,检测该比特同步计数器是否溢出,如果该比特同步计数器溢出,则对计算出的各比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位为估计的比特翻转边界,并以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。如果该比特同步计数器没有溢出,则继续寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,并比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小。

[0019] 上述方案中,所述寻找比特能量最大值和次大值及计算二者之差的过程,在每轮 20 个比特相位对应的比特能量全部进行了一次非相干之后都进行一次。

[0020] (三) 有益效果

[0021] 从上述技术方案可以看出,本发明具有以下有益效果:

[0022] 1、利用本发明,利用基于最大似然原则的比特同步方法,所以对于低信噪比的信号也能保证较小的比特同步错误概率。测试表明对于载噪比高于 20dB-Hz 的信号,错误估计概率可以保证小于  $10^{-4}$ 。

[0023] 2、利用本发明,由于利用比特能量的最大值和最小值差值作为参考量自适应约束计算比特能量的非相干累加次数,所以能够保证较小比特同步错误概率的同时,大幅度减少比特同步时间,加快比特同步速度,对于信噪比较高的情况效果尤为明显。测试表明,本方法对于载噪比高于 30dB-Hz 的信号,平均估计时间为 0.213 秒。

[0024] 3、利用本发明,由于仅需要每 20 毫秒计算一次比特能量的最大值和最小值差值,所以相对经典的最大似然实现比特同步的方法增加的计算量不是很大,易于硬件实现。

## 附图说明

- [0025] 图 1 是典型的全球定位系统接收机实现解算定位的示意图；
- [0026] 图 2 是典型的 GPS 接收机定位的方法流程图；
- [0027] 图 3 是一个经典的直方图法实现比特同步的方法流程图；
- [0028] 图 4 是一个经典的极大似然法实现比特同步的方法流程图；
- [0029] 图 5 是计算比特能量的详细示意图；
- [0030] 图 6 是本发明提供了全球定位系统接收机的快速比特同步的方法流程图；
- [0031] 图 7 是本发明一个较优实施例的快速比特同步的方法流程图。

## 具体实施方式

[0032] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0033] GPS 基带芯片是 GPS 接收机中处理基带信号的芯片，是整个 GPS 接收机的核心。本发明的各种方法均在 GPS 基带芯片中实现。为方便起见，本发明中“接收机”均指“GPS 基带芯片”。

[0034] 图 1 描述了一个典型的全球定位系统接收机实现解算定位的示意图。已知四颗卫星的位置 101 以及这四颗卫星和接收机之间的伪距 102，即可以通过所谓“伪距观测方程”计算出接收机的位置 103 和接收机时间相对卫星时间的误差值，完成了定位解算的工作。

[0035] 图 2 描述了一个典型的 GPS 接收机定位的方法流程图。图 2 所示过程是从接收机上电初始化 201 开始，直至解算出接收机位置 206 结束。通常接收机上电后进入捕获状态 202，搜索视线内的卫星、该卫星的载波频率和 PN 码的码相位。这个状态下对载波频率的搜索是粗糙的，通常在数百赫兹的量级。之后进入频率牵引状态 203，把本地频率牵引到和卫星载波频率相差几个赫兹的量级。本发明专注的比特同步过程在 203 过程中完成。完成频率牵引后，接收机进入跟踪状态 204，完成帧同步，进而进入解调电文状态 205，将载波上调制的电文解调出来用于在随后的解算状态 206 下计算接收机位置。

[0036] 图 3 描述了一个经典的直方图法实现比特同步的方法流程图。这种方法首先计算 GPS 输入信号和接收机本地的 C/A 码的相关值 301，相关长度为一个 C/A 码周期。这项工作由相关器完成，其具体细节本领域内熟练人员都应了解，不再赘述。进一步地，计算相邻两个相关值的符号变化 302，进而统计每一个可能的比特边界位置上的符号翻转次数 303。由于每一个导航电文的比特包含了 20 个 C/A 码，所以共有 20 个可能的比特边界（比特相位），即需要统计 20 个可能比特边界位置上的相关值符号翻转。直方图法一般固定一个估计时间，例如 2 秒，当统计了 2 秒内所有相关值的符号翻转 304 之后，寻找相关值符号翻转次数的最大值 305，并认为相关值符号翻转次数最大值所对应的比特相位即是比特翻转边界。进一步地，以此为依据调整毫秒计数器 306，实现比特同步。术语“毫秒计数器”是指 GPS 接收机内部的一组时间寄存器中以 1 毫秒为精度的寄存器。毫秒计数器是和比特相位直接联系。

[0037] 当完成比特同步后，接收机估算卫星信号的载噪比 307，并以此为依据判断是否锁定该卫星信号 308。若载噪比大于锁定阈值，则接收机转入跟踪状态 309，否则转入捕获

310,进行新一轮的搜索。

[0038] 直方图法原理清晰,结构简单,便于实现,因而被很多早期的 GPS 接收机所采用。但是计算相关值符号翻转的过程本质上是对计算相关值做硬判决,对于低信噪比的信号,直方图法的估计性能有限。现代商业接收机追求高灵敏度能,因而越来越多地抛弃直方图法而使用最大似然方法实现比特同步。

[0039] 图 4 描述了一个经典的非相干法实现比特同步的方法流程图。图 4 与图 3 所示的直方图法的最大的区别在于使用了比特能量作为判决量,在一定次数的非相干累加之后才进行判决,而不是每次累加之前做硬判决,从而提高了低信噪比下的估计性能。非相干法首先计算所有 20 个比特相位中每一个比特相位对应的比特能量 401,计算比特能量的详细步骤将在图 5 中详细描述。进而对比特能量进行非相干累加提高信噪比 402。由于相邻两个导航电文比特区域内的取值符号是随机的,所以只能采用非相干累加而不是相干累加来提高信噪比。和直方图法类似,非相干法通常也设定一个固定的估计时间(即非相干累加次数),且为了保证对于弱信号的估计性能,通常设定一个较大的估计时间,如 2~4 秒/100~200 次非相干累加。在完成了预设次数的非相干累加 403 之后,寻找比特能量的最大值 404,并以比特能量最大值所对应的比特相位作为比特翻转的边界。

[0040] 进一步地,以估计的比特边界的位置为依据调整毫秒计数器 405,估算卫星信号载噪比 406,若载噪比大于锁定阈值 407,接收机则转入跟踪状态 408,否则转入捕获 409,进行新一轮的搜索。405~409 过程和直方图法的 306~310 过程是一致的。

[0041] 非相干法很大程度上解决了弱信号的比特同步问题。但是由于非相干法对信号不加区分地使用单一固定非相干累加次数,使得对于所有信号,比特同步时间维持在 2~4 秒左右,这对 TTFF 性能要求严格的现代 GPS 接收机是不能忍受的。

[0042] 图 5 描述的是非相干法计算比特能量的详细示意图。该过程对应图 4 中的 401 过程。501 为输入的信号流,每一个小格为一个 C/A 码周期。502 为调制在 C/A 码上的导航电文,导航电文在 +1 和 -1 之间取值。在 503 和 504 之间共有 20 个 C/A 码周期,即一个导航电文比特周期。506 为真实的比特翻转边界。每一个可能的比特翻转边界对应的比特能量是由以该边界为起点,将之后相邻的 20 个 C/A 周期的相关值相干累加后平方获得,如 507。这样对于每一个比特周期,都可以获得 20 个检测量 506,即 20 个比特能量。进而对每个比特周期的比特能量进行累加,获得 20 个最终的比特能量检测量。

[0043] 图 6 描述本发明提供了全球定位系统接收机的快速比特同步的方法流程图,该方法包括以下步骤:

[0044] 步骤 601:计算每个比特相位所对应的比特能量,并对计算出的各比特能量进行非相干累加;

[0045] 步骤 602:在计算出的各比特能量中寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,得到比特能量最大值与次大值的差值;

[0046] 步骤 603:比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小,如果该差值小于比特能量阈值,则执行步骤 601,进行新一轮的比特能量计算及非相干累加;如果该差值大于或等于比特能量阈值,则执行步骤 604;

[0047] 步骤 604:终止非相干累加,对比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位作为比特翻转边界;

[0048] 步骤 605 :以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。

[0049] 上述步骤 601 中所述对计算出的各比特能量进行非相干累加,进一步包括:采用一个比特同步计数器,检测该比特同步计数器是否溢出,如果该比特同步计数器溢出,则对计算出的各比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位为估计的比特翻转边界,并以该比特翻转边界为依据调整毫秒计数器。如果该比特同步计数器没有溢出,则继续寻找比特能量的最大值和次大值,计算该最大值与次大值之差,并比较该差值与预先设定的比特能量阈值的大小。

[0050] 图 7 描述本发明一个较优实施例的快速比特同步的方法流程图。该方法是对传统比特同步方法的改进,同样使用比特能量作为检测量,从而保证了对于低信噪比信号的估计性能。同时该方法引入了一个新的检测量,可以根据信号的强度约束所需的非相干累加次数,使得比特同步时间特别是强信号的比特同步时间大幅度降低。该方法的具体步骤为:首先计算比特能量 701,该过程和图 4 中的 401 过程以及图 5 所示过程是完全相同的。进而对比特能量进行非相干累加 702,当完成了一个比特周期对应的 20 个比特能量的非相干累加,即每一个可能的比特相位对应的比特能量都完成了一次非相干累加之后 703,计算这 20 个比特能量中的最大值和次大值 704。进一步地,计算比特能量最大值和次大值之差 705。计算过程中包含了利用无非相干累加的比特能量最大值和次大值之差将非相干累加后的比特能量的最大值和次大值差值归一化的过程。

[0051] 进一步地,检测比特同步计数器是否溢出 706,该计数器用以限定比特同步时间的最大值。若比特同步计数器溢出,对获得 20 个比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位为估计的比特翻转边界,调整毫秒计数器 708。该步骤和图 4 所示的 404、405 过程完全相同。若比特同步计数器没有溢出,则检测比特能量最大值和次大值差值是否大于预设比特能量阈值 707。若比特能量最大值和次大值差值小于门限,则进行新一轮的比特能量的计算和非相干累加过程。若比特能量最大值和次大值差值大于比特能量阈值,则终止非相干累加过程,对已获得的比特能量进行判决,以比特能量最大值对应的比特相位为估计的比特翻转边界,调整毫秒计数器 708。该步骤和图 4 所示的 404、405 过程完全相同。该比特能量阈值越高,比特翻转边界的错误估计概率就越低,同时比特同步的估计时间就越大。本发明中的比特同步估计时间是由比特能量阈值和比特同步计数器共同限定的。

[0052] 进一步地,估算卫星信号的载噪比 706,若载噪比大于锁定阈值 707,接收机则转入跟踪状态 708,否则转入捕获 709,进行新一轮的搜索。这部分和直方图法的 307 ~ 310 过程以及传统最大似然方法的 406 ~ 409 过程是一致的。

[0053] 本发明提出的方法需要每轮非相干累加之后都计算比特能量的最大值和次大值,进而计算最大值和次大值的差值。但由于节省了大量的比特能量计算及非相干累加,总共增加的计算量不大。但带来了比特同步时间的尤其是高载噪比信号比特同步时间的的大幅度降低。测试表明,本方法对于载噪比高于 30dB-Hz 的信号,平均估计时间为 0.213 秒,而对于载噪比高于 20dB-Hz 的信号,错误估计概率可以保证小于  $10^{-4}$ 。

[0054] 尽管本发明的方法和装置是参照 GPS 卫星来描述的,但应当理解,这些原理同样适用于采用假卫星 (pseudolites) 或卫星与假卫星的组合的定位系统。假卫星是一种基于地面的发射机,它传播调制在 L 频段在波信号上 PN 码 (与 GPS 信号相似),并且通常是与 GPS 时间同步的。每一发射机可以被赋予一个独特的 PN 码,从而允许由远端接收机进行识

别。假卫星用在这样的情况下,即,来自轨道卫星的 GPS 信号缺失,如隧道、矿山、建筑物或者其他封闭区及明显遮挡。这里所使用的术语“卫星”包括假卫星或假卫星的等效,而这里所使用的术语 GPS 信号包括来自假卫星或者假卫星等效的类似 GPS 的信号。

[0055] 在前面的讨论中,本发明是参照美国全球定位系统 (GPS) 来描述的。然而,应当理解,这些方法同样适用于类似的卫星定位系统,如俄罗斯的格洛纳斯 (Glonass) 系统,欧洲的伽利略 (Galileo) 系统和中国的北斗 1 及北斗 2 系统。所使用的术语“GPS”还包括这样一些卫星定位系统,如俄罗斯的格洛纳斯 (Glonass) 系统,欧洲的伽利略 (Galileo) 系统和中国的北斗 1 及北斗 2 系统。术语“GPS 信号”包括来自另一些卫星定位系统的信号。

[0056] 上文中,已经描述了用于全球定位系统接收机的快速比特同步实现方法。尽管本发明是参照特定实施例来描述的,但很明显,本领域熟练人员,在不偏移权利要求书所限定的发明范围和精神的情况下,还可以对这些实施例作各种修改和变更。因此,说明书和附图是描述性的,而不是限定性的。



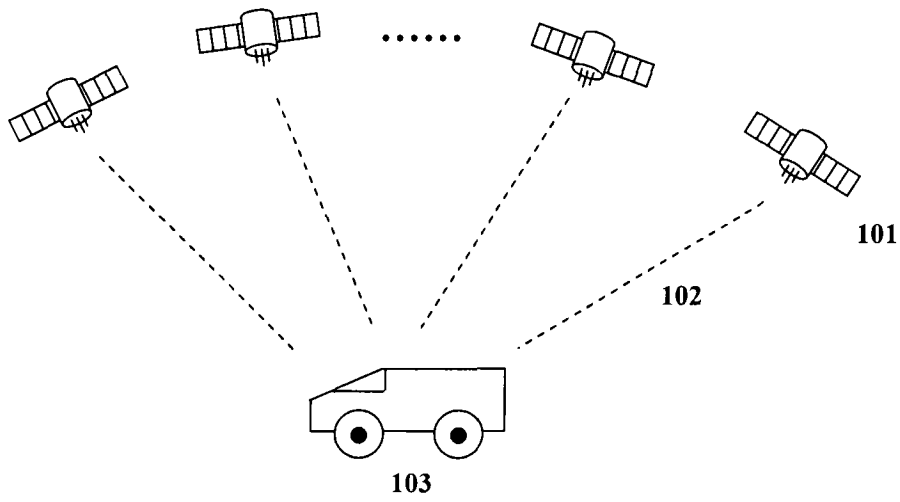


图 1

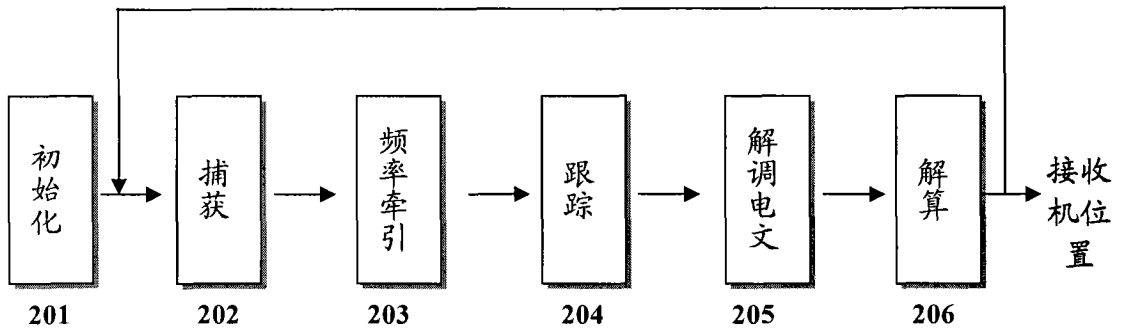


图 2

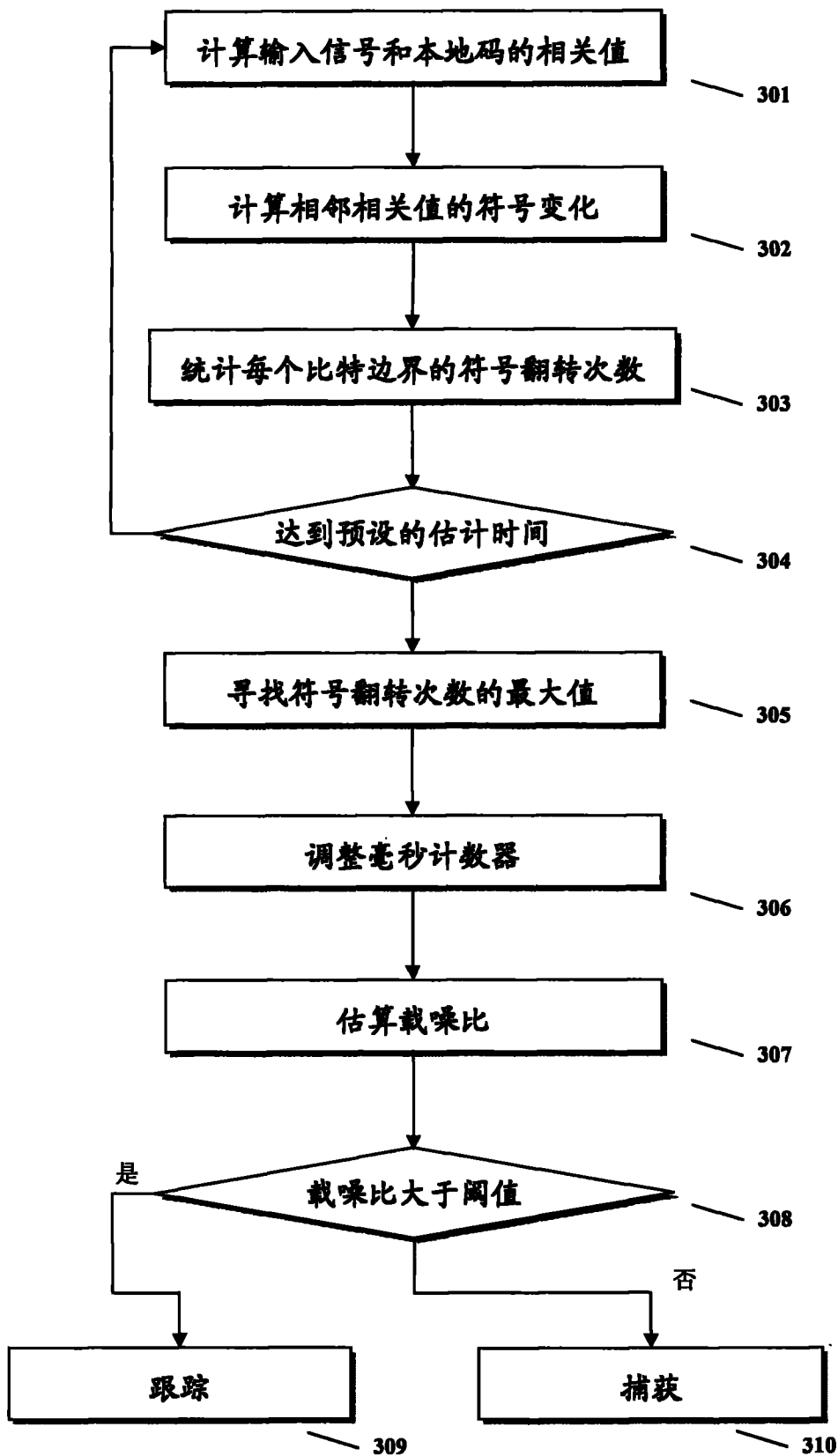


图 3

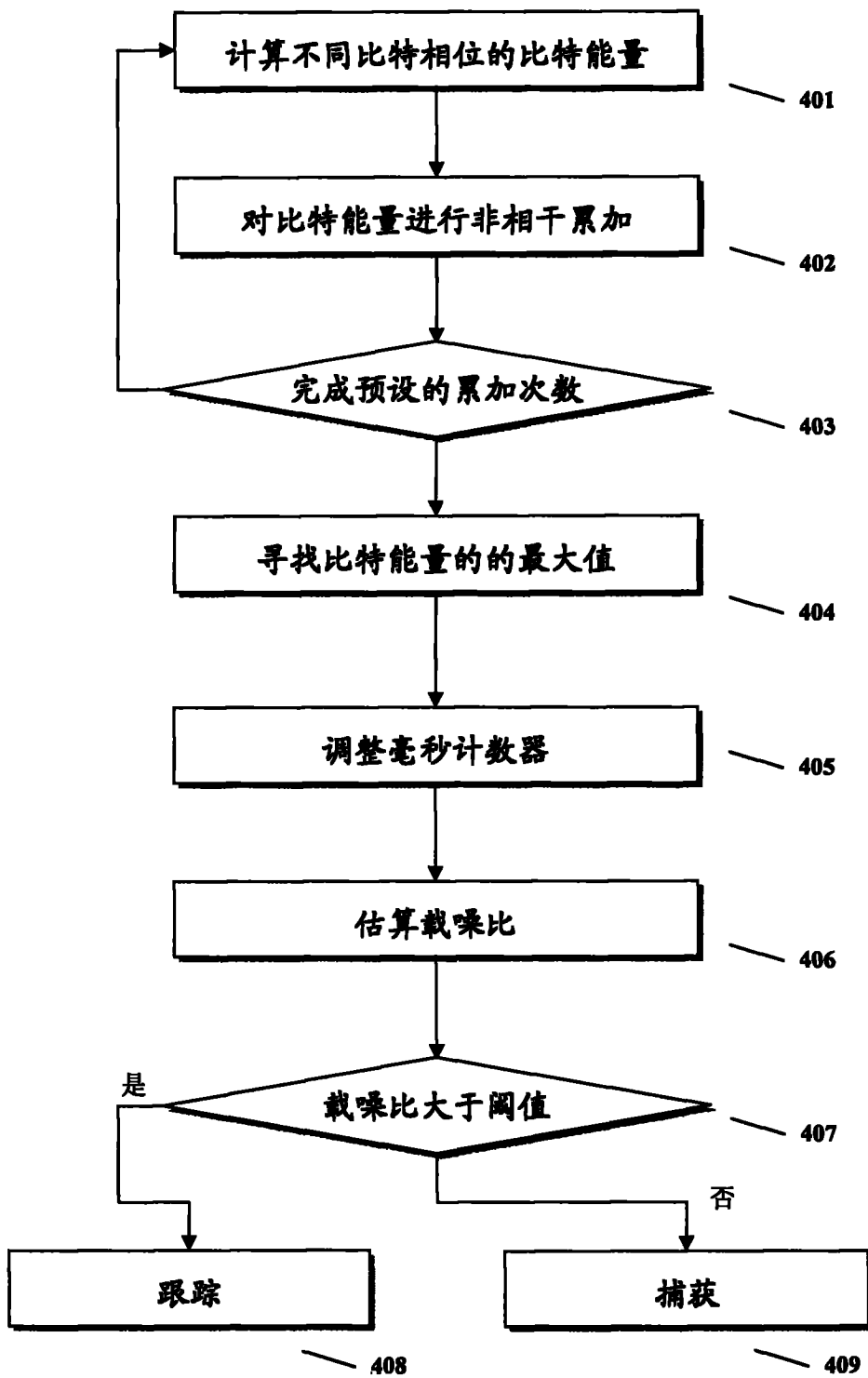


图 4

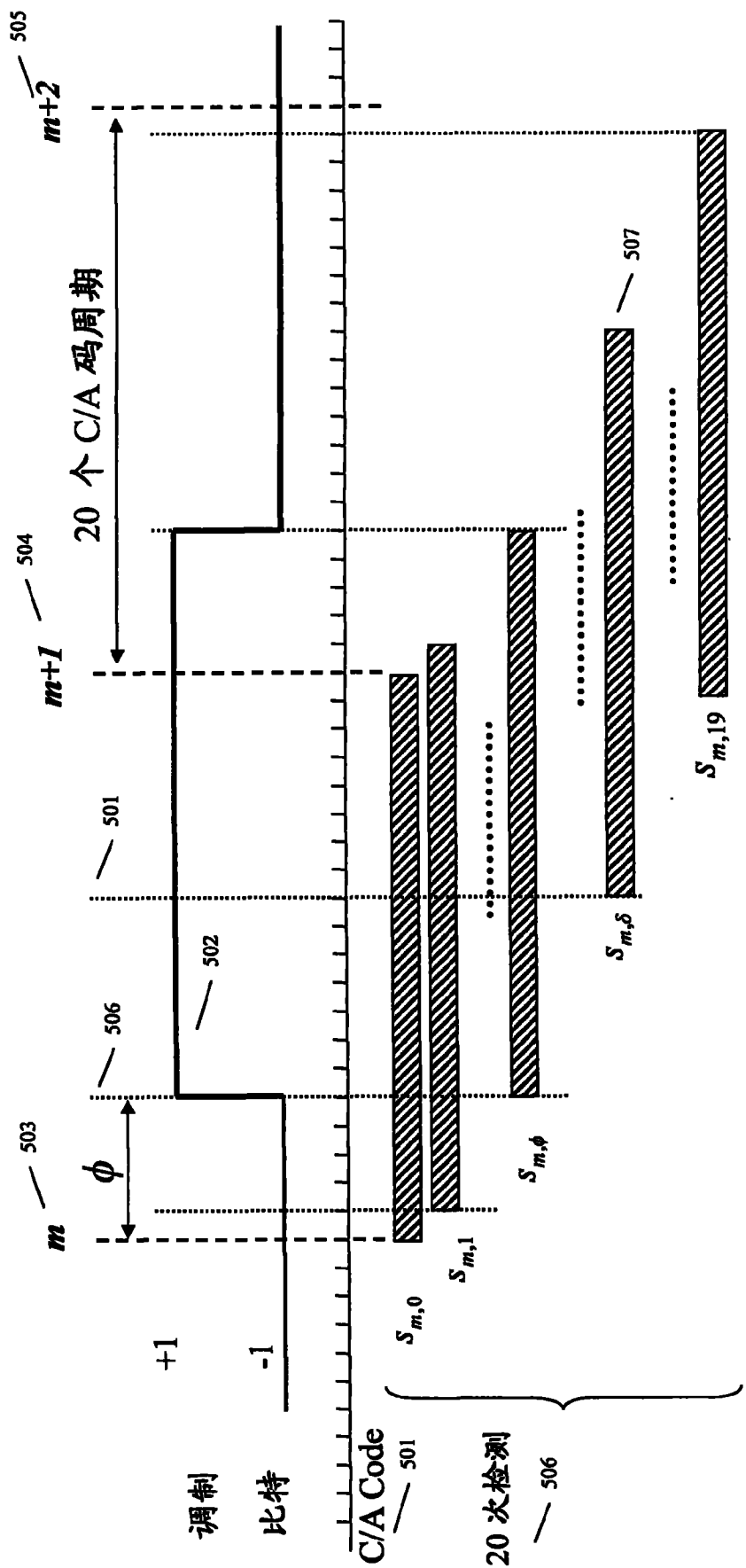


图 5

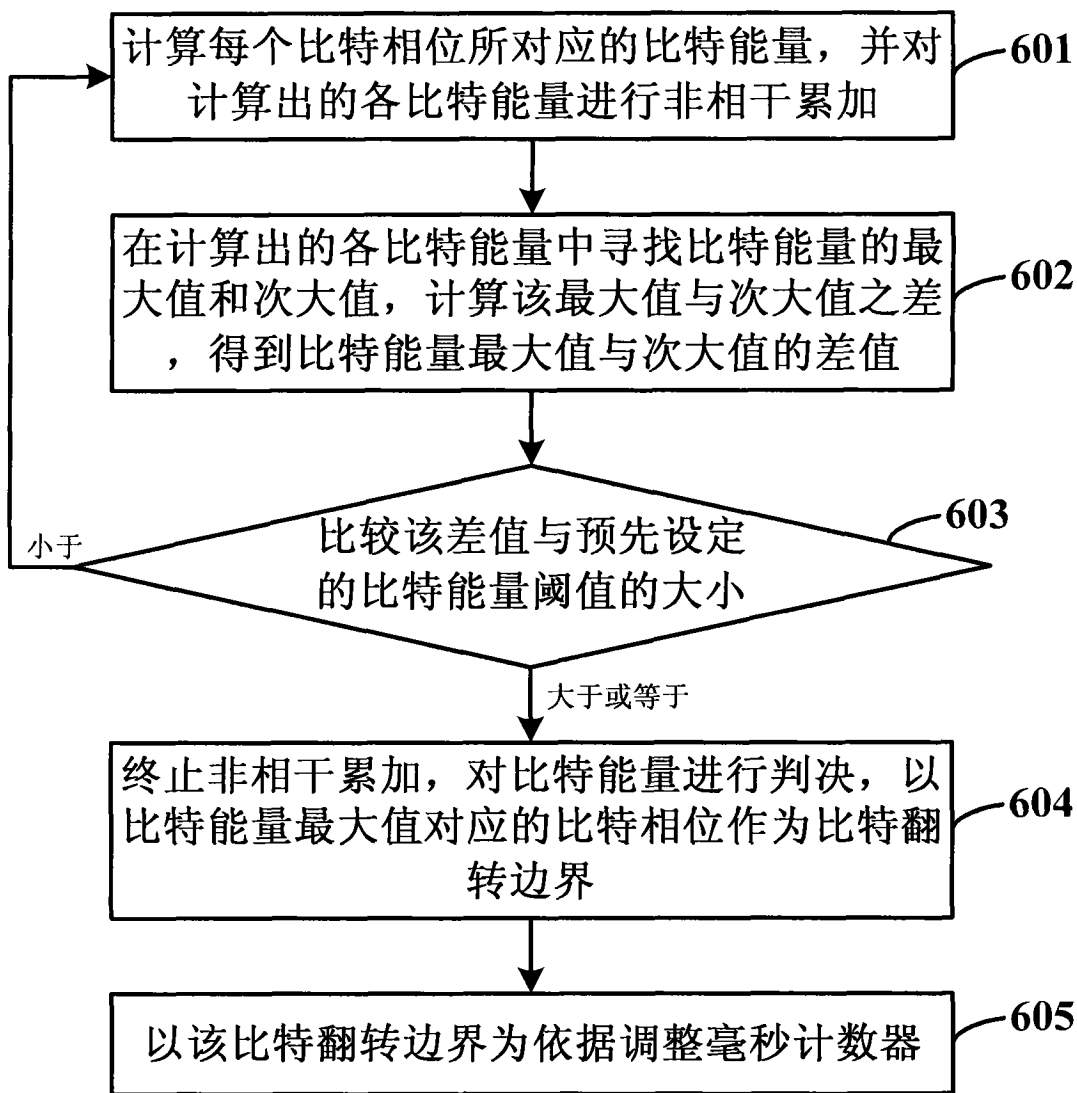


图 6

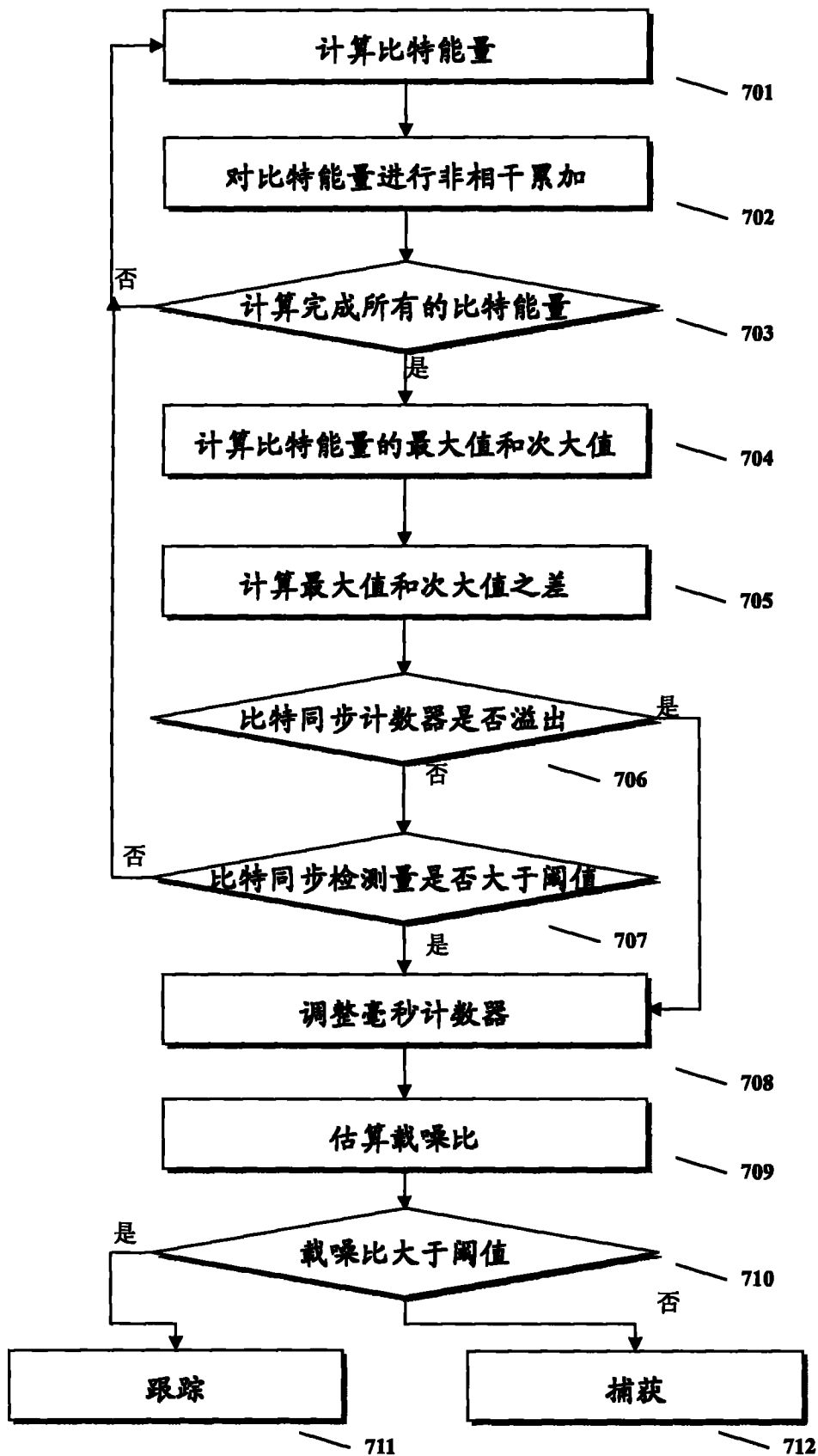


图 7