

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 7/04 (2006.01)

H04L 7/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99814118.6

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1319310C

[22] 申请日 1999.12.3 [21] 申请号 99814118.6

[30] 优先权

[32] 1998.12.8 [33] US [31] 09/207351

[86] 国际申请 PCT/US1999/028758 1999.12.3

[87] 国际公布 WO2000/035140 英 2000.6.15

[85] 进入国家阶段日期 2001.6.5

[73] 专利权人 艾利森公司

地址 美国北卡罗来纳州

[72] 发明人 T·L·福尔胡姆

[56] 参考文献

EP0757458A 1997.2.5

WO9838742A 1998.9.3

CN1136378A 1996.11.20

审查员 陈俊茹

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴增勇 傅康

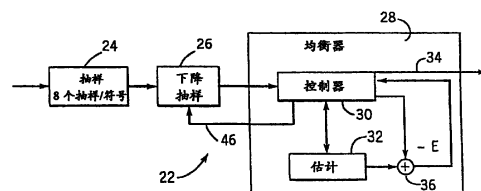
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

同步跟踪方法

[57] 摘要

一种解调器工作在承载发送符号的多径 (ISI) 信道。该解调器接收表示发送序列的信号，并且以对应于同步点的选择抽样相位产生输出抽样。产生表示多个假定序列的多个假定抽样。将所述输出抽样与所述多个假定抽样相比较以确定多个量度并根据产生最佳量度的假定序列产生每一个发送序列的初始估计。将假定抽样与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收抽样以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收抽样相比较，以确定所述发送符号的第二估计是否比初始估计产生更佳量度，并且响应产生更佳量度的第二估计来调整同步点。



1. 一种在承载发送符号序列的多径信道中解调接收信号的方法，所述方法包括如下步骤：

对表示所述发送符号序列的所述接收信号进行抽样并且在对应于同步点的选择抽样相位产生每符号选择抽样数的输出信号；

产生多个假定符号序列，并且通过这些假定符号序列，基于所述信道的当前估计产生多个假定接收抽样；

将所述输出信号与所述多个假定抽样相比较以产生所述多个假定接收序列的初始量度；

在比对应于所述同步点的抽样相位早或迟的抽样相位对所述接收信号重新抽样；

将所述假定抽样与所述早期或后期抽样相比较来产生早期或后期量度；和

根据所述初始、早期和后期中最佳量度者来调整所述同步点。

2. 权利要求 1 的所述方法，其特征在于将所述假定抽样与所述早期或后期抽样相比较的步骤仅将产生最佳量度的所述假定符号序列与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收信号以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收信号相比较。

3. 权利要求 1 的方法，其特征在于将所述输出信号与所述多个假定抽样相比较以产生所述多个假定接收序列的初始量度的步骤确定多个累积量度。

4. 权利要求 1 的方法，其特征在于进一步包括：根据所述早期和后期抽样产生累积量度。

同步跟踪方法

技术领域

本发明涉及使用信道估计的接收机解调器，更具体地说，涉及保持解调的最佳同步点。

发明背景

在一个典型的 RF 通讯系统中，被发送的信号可以通过多种路径从发送机传送到接收机，例如，可以通过直接路径也可通过反射路径传送。通过反射路径的信号通常比通过直接路径的信号要晚到达。因此，由于信道的时间分散特性，所接收到的信号会出现失真。这样的信道环境被称为多径衰落信道。

在数字高级移动电话系统 (DAMPS) 中，均衡器或解调器通常基于下面的假设来工作：所发送的信号遇上符号间隔两分支 (tap) 多径信道，而不管实际主要的信道条件。为了解调接收到的信号，必须使接收机与包含在所述信号中的已知同步序列保持同步。开始，这可以通过将接收到的波形与本地形式的同步字相关来完成。选择抽样接收数据流中使具有符号间隔隔开的两个不同延迟得到的平方相关的两点的总和为最大的同步点，其中一个点与每一个信道估计分支有关。通过选择使总和最大的同步点，使符号分支的相关接收功率最大。这使得时间上符号间隔两分支信道估计与最大功率意义上的实际信道匹配。

当发生快速衰落时，时隙突发开始的实际信道条件实质上会在所述突发传输过程中改变。使得时间上信道估计与最大能量意义上的实际信道匹配的条件实质上也会变化。这会导致最佳同步点在突发的过程中发生漂移。如果使用相同的符号抽样相位，则信道估计在时间上变得不再与那个最大能量意义上的实际信道相匹配。

本发明就是要以一种新颖和简单的方式来克服以上讨论的一个或多个问题。

发明概述

按照本发明，公开一种同步跟踪系统和方法，它使用当前抽样滞后和之前的抽样在均衡器中重新计算量度。

概括地说，在此公开一种用于在承载发送符号的多径信道中工作接收机的解调器。所述解调器包括用于接收代表发送符号序列的信号并在对应于同步点的选择的抽样相位输出抽样的装置。提供用于从假定序列产生假定抽样的装置。第一装置将所述输出抽样与多个所述假定抽样相比较以确定多个量度，并基于产生最佳量度的所述假定抽样产生每一个发送序列的初始估计。第二装置将所述假定抽样与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收抽样以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收抽样相比较，并确定所述发送符号的第二估计是否比所述初始估计产生更佳量度，并响应所述第二估计产生调整所述同步点的更佳量度。

本发明的特征在于所述第二装置仅仅将产生最佳量度的所述假定抽样与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收抽样以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收抽样相比较。

按照本发明的另一方面，公开一种用于工作于承载发送符号序列的多径信道的接收机的解调器，所述解调器包括用于对表示发送符号序列的接收信号进行抽样并在对应于同步点的选择抽样相位产生每符号选择抽样数的输出信号的装置。装置产生多个假定符号序列和有关假定抽样的装置。第一装置将所述输出信号与所述假定符号序列的抽样相比较以确定多个量度，并基于产生最佳量度的所述假定序列产生发送符号序列的初始估计。第二装置将所述多个假定抽样与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收信号以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收信号相比较。根据

从所述比较计算的量度是否比从所述初始比较计算的量度更佳，调整所述同步点。

本发明的特征在于所述第二装置仅仅将产生最佳量度的所述假定符号序列与在所述选择抽样相位之前的早期抽样相位的接收信号以及在从所述选择抽样相位滞后的后期抽样相位的接收信号相比较。

本发明的特征在于由所述第一比较装置确定的所述多个量度包括累积量度。

本发明的特征在于由所述第二比较装置产生的量度包括累积量度。

本发明的特征在于所述第一比较装置包括最大似然序列估计器。

按照本发明的另一个方面公开一种在承载发送符号序列的多径信道中解调接收信号的方法，所述方法包括如下步骤：对表示所述发送符号序列的所述接收信号进行抽样并且在对应于同步点的选择抽样相位产生每符号选择抽样数的输出信号；产生多个假定符号序列，并且通过这些假定符号序列，基于所述信道的当前估计产生多个假定接收抽样；将所述输出信号与所述多个假定抽样相比较以产生所述多个假定接收序列的初始量度；在比对应于所述同步点的抽样相位早或迟的抽样相位对所述接收信号重新抽样；将所述假定抽样与所述早期或后期抽样相比较来产生早期或后期量度；以及根据所述初始、早期和后期中最佳量度者来调整所述同步点。

更具体地说，即使所述信道估计的分支布局与所述实际信道分支布局不匹配并且对于突发传输长度所述信道衰落迅速的情况下所述解调器也保持最佳的同步点。所述解调器利用量度的计算，所述量度利用了早于当前抽样点的接收信号抽样和迟于当前抽样点的抽样。通过将 these 量度与用当前抽样点计算出的量度相比较，改变定时偏移以按照显示最佳计算量度的方向来调整最佳同步点。

通过本描述和附图，本发明的其它特征和优点将容易清楚。

附图说明

图 1 是包括按照本发明的接收机的移动电话的概略方框图；

图 2 是说明按照本发明的解调器的功能方框图；

图 3-5 说明由图 1 的处理器执行的程序的流程图；

图 6 是说明按照本发明的图 1 的电话实现的早期或延时的抽样点的曲线。

本发明详细描述

图 1 说明包括按照本发明的解调器的典型移动电话 10。电话 10 包括用于在它自己和诸如蜂窝通讯系统的无线通讯系统之间发送和接收无线电信号的天线 12。天线 12 连接到发射机/接收机电路 14 以向网络发送无线电信号或从网络接收无线电信号。可编程的处理器 16 对控制信道中的消息进行响应而利用存储在存储器 18 中的程序和数据来控制并协调电话的功能。处理器 16 还响应输入/输出电路 20 的输入信号来控制电话 10 的操作。输入/输出电路 20 可以连接到键盘，后者作为向用户提供信息的显示器中的用户输入装置，象常规的那样。

参看图 2，图 2 说明用于电话 10 中接收机的解调器 22 的方框图。解调器 22 的功能可以通过发射机/接收机电路 14 的接收机部分的电路来实现，或者通过处理器 16 中的软件来实现，或者由两者结合来实现。

通过天线 12 接收到的信号是 RF 信号。按照常规方式把 RF 信号转换到基带并将其提供给抽样单元 24。在所说明的本发明实施例中，抽样单元 24 从每个接收信号的符号获取 8 个抽样。抽样单元 24 的输出信号输入到下降抽样单元 26。接收的基带信号按因子 N 过抽样。在所说明的本发明实施例中， $N=8$ 。换句话说，按照符号速率的

N 倍速率对接收的信号抽样。抽样的数据存在存储器 18 中的阵列中，其中 $x[n]$ 为所述阵列中第 n 个元素或抽样。下降抽样单元 26 对所述数据二次抽样到符号速率，

$$r[k]=x[kN+n_0],$$

其中 n_0 为突发传输的开始点，由初始同步例程确定， $r[k]$ 是对应于第 k 个符号的抽样。利用均衡器 28 中最大似然序列估计 (MLSE)，用接收到的抽样 $r[k]$ 来计算量度。在所说明的本发明实施例中，均衡器 28 使用众所周知的维特比 (Viterbi) 算法。使用常规维特比均衡器，用于接收机处理的抽样相位 n_0 的使用限制在时隙开始所确定的值。根据本发明，使用偏移 n_{off} 因此

$$r[k]=x[kN+n_0+n_{\text{off}}],$$

其中 n_{off} 可以为正或负，并且可以在解调的过程中变化。根据本发明，创新的均衡器 28 通过滞后和早于当前抽样的抽样，或者通过“后期”和“前期”抽样的抽样在维特比均衡器中重新计算量度来改变那个偏移。

估计单元 32 产生假定符号序列，通过信道的估计模型馈送的每一符号序列，产生要馈送给加法器 36 的假定抽样。控制器 30 把接收的信号抽样馈送到加法器 36，从假定接收的抽样中减去所述接收的信号抽样而产生误差，在控制器 30 中对该误差求平方以产生量度。然后，控制器 30 将该量度与合适的假定序列相关联，并基于所述序列和相关量度形成累积量度。控制器 30 使用维特比算法来处理这些量度以在线 34 上产生最后的符号输出序列，后者最有可能已被发送。维特比算法在本领域是众所周知的。

参考图 6，曲线 38 代表接收的信号。在所说明的实例中，每一符号获得 8 个抽样。由下降抽样单元 26 输出的特定抽样用点 40 来表示。根据本发明，均衡器 28 还使用用正方形 42 表示的早期抽样和用三角形 44 表示的晚期抽样。均衡器 28 计算与早期和晚期抽样有关的量度以确定应该较早还是较晚构成抽样相位，并在线 46 上产

生相应的控制信号给下降抽样单元 26。使用早期和晚期量度是为了观察传输过程中信道的变化。

参考图 3-5，图中的流程图说明图 2 的控制单元 30 中执行的按照本发明的同步跟踪方法。

图 3 一般地描述本领域众所周知的维特比算法的过程。维特比对于包括多个节点的格子进行运算，每一个节点代表一个符号时间间隔，每一个节点都具有多个状态。节点的每一个状态表示接收的抽样的可能状态。通过转移（transitions）而从一个节点到另一个节点连接状态，代表可能的发送符号。通过计算给定节点的所有转移的量度并产生累积量度，然后比较这些累积量度，可以通过仅仅保留对具有最佳量度的状态的转移来删除许多可能接收的序列。

当过程开始时，在单元 50 中设置累积量度和节点为 0。在单元 52 中对每一个节点计算量度并执行修整处理。判定单元 54 确定是否对时隙中所有节点、即符号都完成上述计算和处理。如果没有，则控制回到单元 52。如果完成，则单元 56 选择产生最佳累积量度的最后一个节点的状态。众所周知，哪一个量度最佳取决于正被使用的特定处理。在单元 58 中，所述处理从该状态沿所述路径追溯，对相关符号进行解码。然后，完成解调过程。

参看图 4，图 4 说明用于图 3 的单元 52 进行量度计算和修整处理的方法的流程图。开始，在单元 60 中，目的状态被初始化为零。然后开始计算所有可能的源状态的转移的量度的循环。单元 62 将源状态和转移初始化为 0。在单元 64 中，计算特定的源状态和转移的量度。通过把所述转移的量度加到所述转移的源状态的累积量度来产生所述转移的累积量度。对于所有源状态重复上述过程直到判定单元 66 确定所有源状态都已经被处理。如果没有处理完，则单元 67 设置源状态为下一个状态并返回到单元 64。一旦所有状态都已经被处理，则在单元 68 中除了具有最佳累积量度的转移外的所有转移都被修整以把幸存者提供给来自一个源状态的目的状态。然后所述目

的状态采用这个幸存者转移的累积量度作为它自己的累积量度。在单元 70 中对所述幸存者计算早期和晚期量度。具体以扩展的形式来说明这个功能，其中，在单元 72 中计算具有稍早接收抽样的早期量度，见图 6 的单元 42。在单元 74 中，将早期量度加到幸存者转移的源状态的累积量度以形成早期累积量度。在单元 76 中，用稍晚接收的抽样来计算晚期量度，见图 6 的单元 44。在单元 78 中，把晚期量度加到幸存者转移的源状态的累积量度以形成晚期累积量度。

一旦对某个目的状态完成所有转移，参考图 5，单元 80 比较早期、当前和晚期累积量度的量度。判定单元 82 确定早期累积量度是否最佳。如果是，则在单元 84 中，幸存者转移的源状态的目的状态所采用的定时偏移 τ 减去选择的较小量。如果早期累积量度不是最佳，象在判定单元 82 中确定那样，则判定单元 86 确定后期量度是否最佳。如果是，则在单元 88 中，所采用的目的状态的定时偏移加上选择的较小量，然后控制进行到单元 90。如果后期累积量度不是最佳，象判定单元 86 确定那样，则当前累积量度为最佳，并且控制进行到单元 90。

在单元 90 中，最后所得到的目的状态的定时偏移 τ 被用来通过舍入 τ 值为整数值而产生运行定时偏移。在单元 92 中目的状态适应该运行定时偏移，并且将使用该运行定时偏移来确定用于计算下一节点上该状态（当该状态变成源状态时）的量度的抽样定时。判定单元 94 测试是否已经处理所述节点中的所有目的状态。如果是，则控制进行到单元 98，并且对于下一个节点重复上述处理。对该节点而言，如果没有处理完所有目的状态，象在单元 94 中确定那样，则在单元 96 中对下一个目的状态重复上述处理，经由节点 B 返回图 4。

上述方法遵循按幸存者处理（PSP: per survivor processing）的基本原则。利用传统的方法来完成初始同步过程，其中在传统的方法中，在过抽样接收数据中选择符号抽样相位。

更具体地说，网格中的每一状态保持实数偏移 $\tau_{\text{off}}^{\text{state}}$ ，按照抽样

时间 T_s 来表示它, $T_s=T/N$, T 是符号时间。该实数被用来确定抽样的整数偏移

$$n_{\text{off}}^{\text{sta}} = \text{round}(\tau_{\text{off}}^{\text{state}})$$

式中 round 表示舍入运算。

在维特比均衡器中, 对网格中的每一个状态的每一转移计算出量度。在该 PSP 实现过程中, 每一个状态使用一个特定抽样相位偏移 $n_{\text{off}}^{\text{sta}}$ 以产生符号速率抽样, 用于计算那个状态的转移的量度。

$$r^{\text{sta}}[k] = x[kN + n_o + n_{\text{off}}^{\text{sta}}]$$

对于基本的维特比处理, 将这些转移量度加到所述转移的源状态的累积量度, 产生每一个转移的累积量度。基于这些量度, 修整到某个状态的转移以留下具有最佳累积量度(在我们最终的执行中的最小值)的转移作为幸存者。

跟踪该同步点的基本思想是: 在使用当前抽样相位计算维特比网格中的每一个转移的量度的过程中, 使用早于当前抽样相位的抽样相位来计算平行转移的量度, 并且对于平行的转移, 使用迟于当前抽样相位的抽样相位, 或者

$$r_{\text{early}}^{\text{sta}}[k] = x[kN + n_o + n_{\text{off}}^{\text{sta}} - 1]$$

$$r_{\text{late}}^{\text{sta}}[k] = x[kN + n_o + n_{\text{off}}^{\text{sta}} + 1]$$

照这样, 如果存在保证早期或后期抽样相位的信道条件下的漂移, 则这作用在于计算早期或后期抽样的最佳量度。

为了更新每一状态的偏移值 $\tau_{\text{off}}^{\text{state}}$, 新的状态从幸存转移的源的状态继承所述偏移,

$$\tau_{\text{off}}^{\text{new}} = \tau_{\text{off}}^{\text{old}}$$

然后根据早期量度和后期量度计算的结果刷新继承偏移。对于给定的状态, 如果幸存转移的早期量度最佳, 则所述偏移减去步长 α ,

$$\tau_{\text{off}}^{\text{new}} = \tau_{\text{off}}^{\text{new}} - \alpha$$

如果幸存转移的后期量度最佳, 则所述偏移加上 α ,

$$\tau_{\text{off}}^{\text{new}} = \tau_{\text{off}}^{\text{new}} + \alpha$$

另外，如果初始的、当前的量度胜过早期和后期量度，则不去动偏移。照这样，同步偏移朝着显示最佳计算量度的方向（较早或较迟）调整。对于这个方法，通常希望较小步长(< 0.5 ，或者抽样时间间隔的一半)，以致在遇到适合的早期或后期量度时同步不会立即发生变化，而是在实现实际同步偏移 $n_{\text{off}}^{\text{sta}}$ 之前需要多次递增。

对上面讨论的方法有许多变化，其中一些是所述处理的子集（复杂性减少），而其中一些是所述处理的超集（通常复杂性增加）。

不是象上面那样仅仅对幸存转移计算早期或或后期量度，而是可以对所有转移计算早期或后期量度（在本示例中，计算量度的总数为 48）。然后，根据所有量度而不是仅仅根据上述的当前量度来修整转移。根据哪一个使得转移幸存就使用哪一个量度（早期、后期或当前）来更新定时偏移。然后，将路径量度加入单个累积量度。这意味着通过网格的路径包括基于在可能多个不同同步点计算的量度的转移。

上面讨论的发明是基于按照幸存者处理的原则构成，其中在均衡器网格中保持每一状态各自的定时偏移。然而这么做是不必要的，并且可以将所述处理简化为保持单个抽样偏移，这个抽样偏移是用于所有量度计算的抽样的基础。因为只有单个偏移要保持，幸存转移可以减少到用于更新的一个转移。这可以通过检查与每一个幸存转移有关的累积量度并获得具有最佳累积量度的那个（用来为进行符号判定而选择最佳路径的处理）来完成。然后，“获胜者”转移将具有为它计算的早期或晚期量度，而更新将基于最占优势的转移量度。

因此，根据本发明，按照提供最佳计算量度的方向把定时偏移调整到最佳同步点。这种跟踪同步点的漂移使得符号间隔信道估计在时间上尽可能与实际信道匹配，因此改进 MLSE 均衡器的性能。

尽管是关于 MLSE 均衡器来公开本发明，但本发明不仅限于用在 MLSE 均衡器。本发明可用于其它种类的解调器，例如差分检波

器，这一点是明显的。

本领域的普通技术人员将懂得，本发明可以作为方法或装置来实施。因此，本发明可以表现为完全的硬件实施例、完全的软件实施例、或结合软件和硬件的实施例。已经关于本发明的实施例的图 3-5 的流程图说明部分地描述了本发明。当然，流程图说明中的每一个单元或流程图说明中的单元组合可以通过计算机程序指令来实现。可以把这些代表步骤的程序指令提供给处理器来产生机器。

因此，流程图说明的单元支持完成指定功能的装置和完成指定功能的步骤的组合。当然，流程图说明中的每一单元、和流程图说明中的单元的组合可以通过完成特定功能或步骤的特定目的基于硬件的系统、或特定目的硬件和计算机指令的组合来完成。

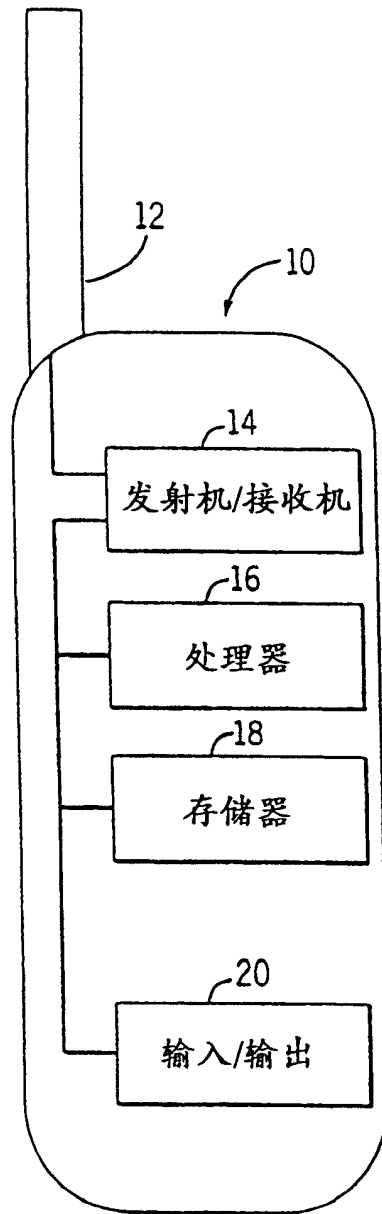


图 1

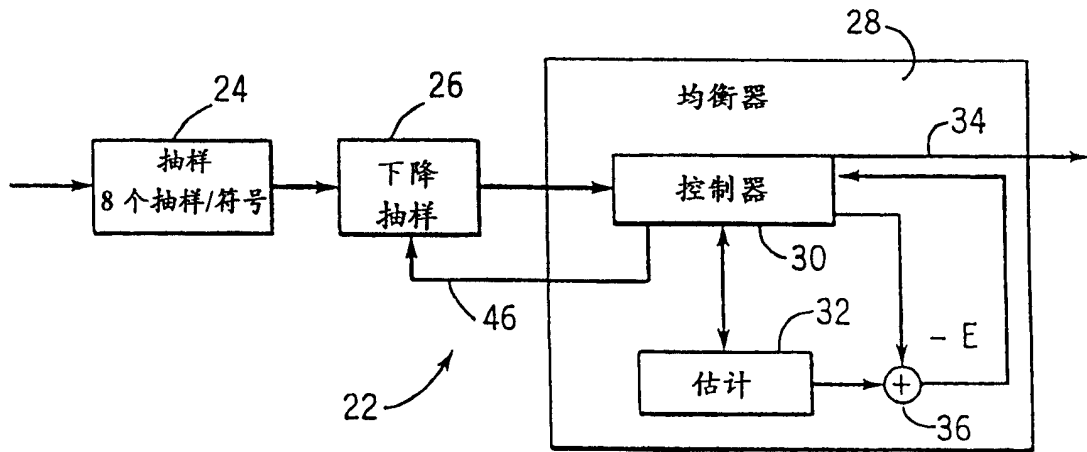


图 2

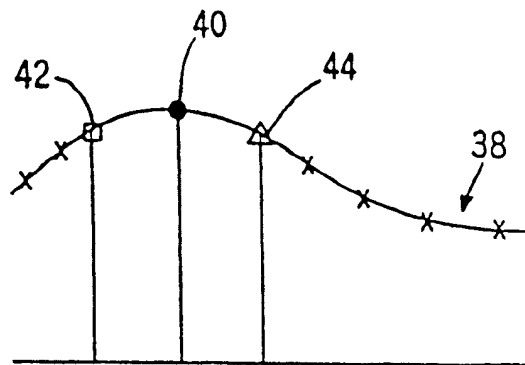


图 6

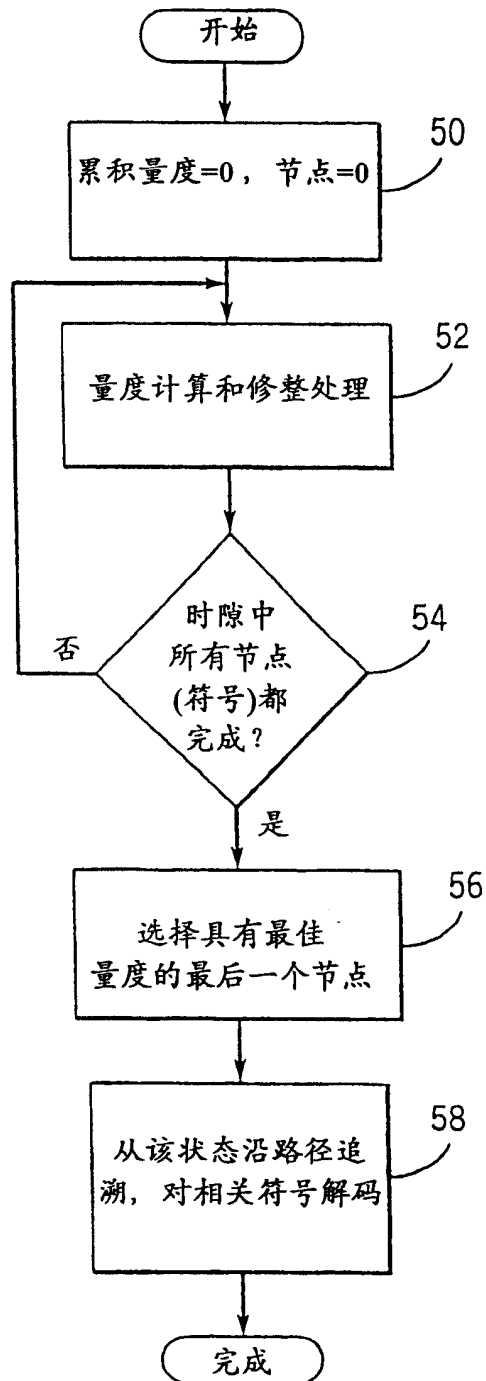
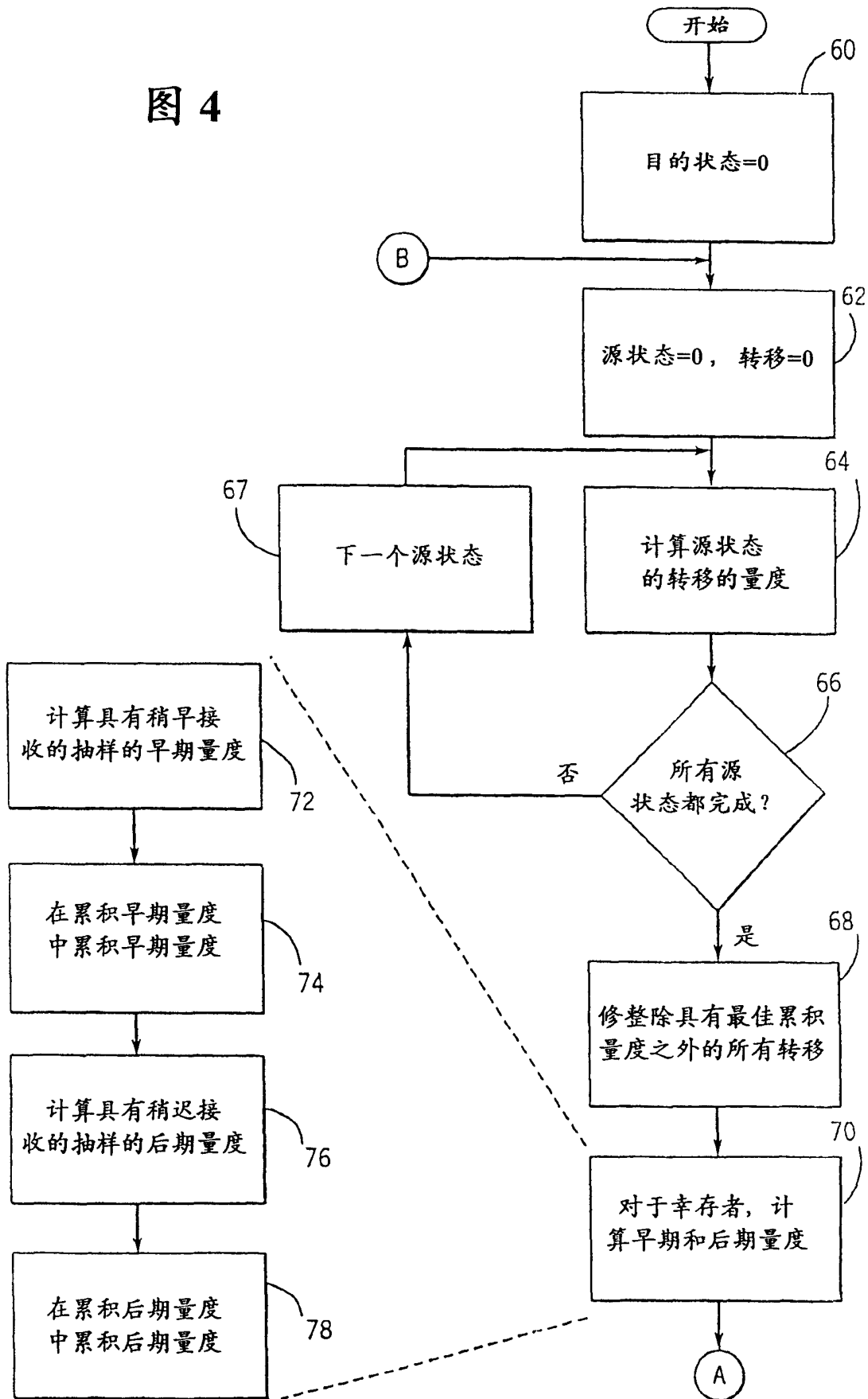


图 3

图 4



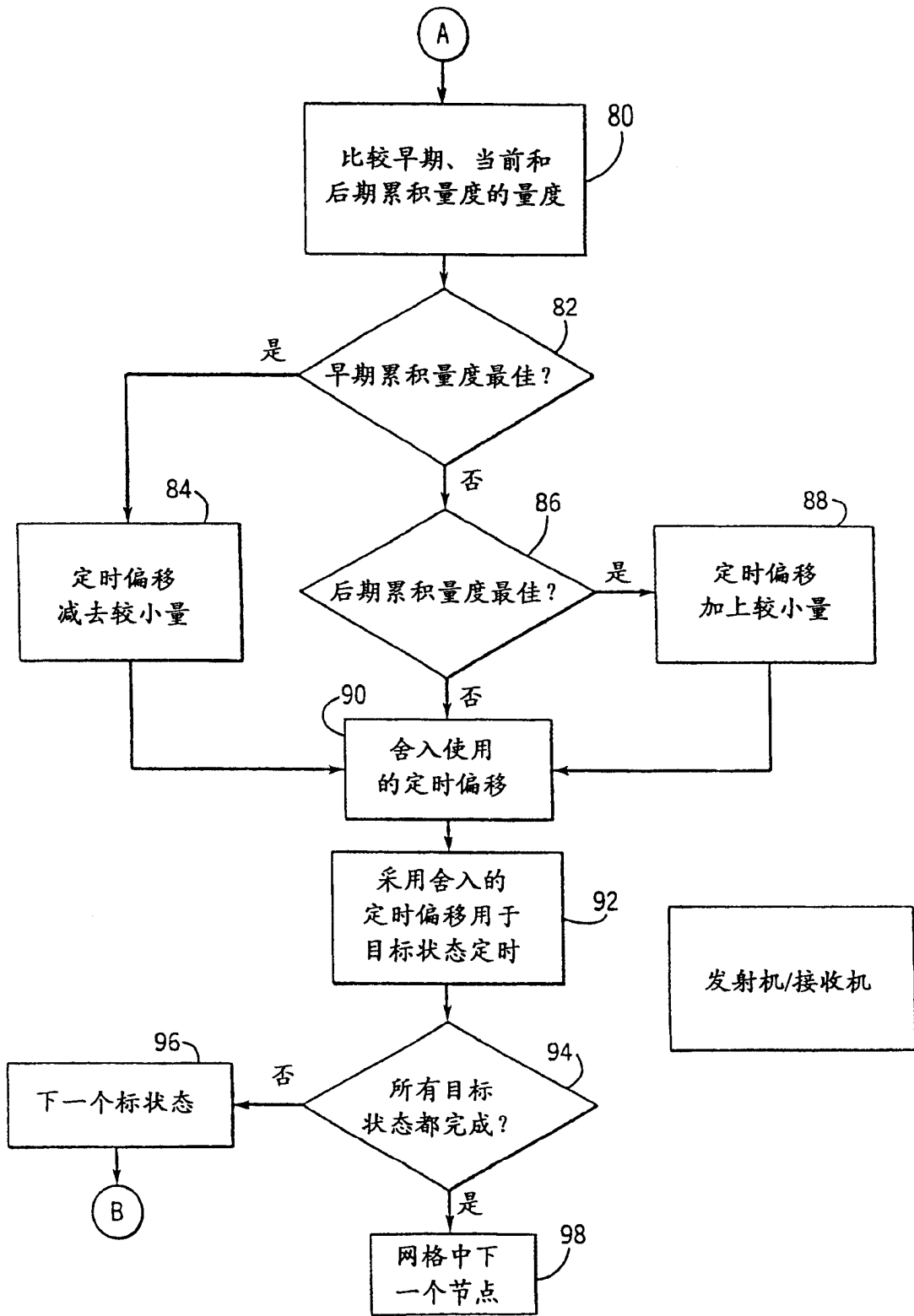


图 5